

Green Technology Book

アジア太平洋地域における
気候変動対応の
エネルギーソリューション



In cooperation with our partners





Green Technology Book

アジア太平洋地域における
気候変動対応の
エネルギーソリューション

著作権

本著作物はクリエイティブ・コモンズ (CC) 表示 4.0 国際ライセンスに基づき提供されます。

本出版物の利用にあたり、利用者は、WIPO が情報源であることを認める出所の明示が付されること及び元の内容に変更が加えられている場合はその旨を明示することを条件として、営利目的も含めて、明示的な許諾を得ることなく複製、配布、翻案、翻訳及び公での実演を行うことができます。

出所の明示の例 (推奨):

世界知的所有権機関 (WIPO) (2025 年) 「Green Technology Book: EXPO 2025 大阪・関西万博向け特別版」ジュネーブ: WIPO. DOI 10.34667/tind.58736

翻案物 / 翻訳物 / 二次的著作物においては、WIPO による承認と許諾を得ない限り、WIPO の公式な紋章またはロゴを表示することはできません。WIPO から許諾を得るには、WIPO のウェブサイトからお問い合わせください。

二次的著作物には、次の免責事項を記載してください:

「原著作物の内容に対して加えられた変更または翻訳に関して、WIPO 事務局はいかなる義務も責任も負いません。」

WIPO により出版されるコンテンツに、第三者に権利が帰属する画像、図表、商標または社標等の資料が含まれるときには、当該コンテンツの利用者は、資料の権利者との間の権利処理について、単独で責任を負うものとします。

このライセンスの内容については、次のページをご覧ください。 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

このライセンスの下で発生し友好的に解決されなかったあらゆる紛争は、その時点で有効な UNCITRAL 仲裁規則 (UNCITRAL Arbitration Rules) に従った仲裁手続に付託されるものとします。両当事者は、かかる仲裁手続の結果として下された仲裁判断をかかる紛争の終局的判断とし、かかる仲裁判断に拘束されるものとします。

本出版物で用いられる表示及び資料提示は、国、領域若しくは地域またはその当局の法的地位、またはその国境若しくは境界の画定に関して、WIPO としてのいかなる見解の表明をも意味するものではありません。

本出版物は、WIPO 加盟国または WIPO 事務局の見解を反映することが意図されたものではありません。特定の企業やメーカーの製品に関する言及は、言及されていない類似の性質の他の企業や製品よりも優先して WIPO が支持または推奨していることを意味するものではありません。

表紙: Getty Images

WIPO 出版番号 (Publication No): 2016.1EN/25

© WIPO, 2025 / 2025 年 初版発行

世界知的所有権機関 (WIPO)

34, chemin des Colombettes

P.O. Box 18 CH-1211

Geneva 20

Switzerland

ISBN: 978-92-805-3754-3 (印刷版)

ISBN: 978-92-805-3755-0 (オンライン版)

目次

序文－WIPOより	4	1. 序章	31
序文－パートナーより	6	アジア太平洋地域における気候変動対応の グリーンエネルギーソリューション	32
謝辞	10	アジア太平洋地域における気候変動対策資金と企業	38
略語	12	クリーンエネルギー技術におけるイノベーションと知的財産権の役割	45
エグゼクティブサマリー	16	2. アジア太平洋地域におけるグリーン都市 エネルギーソリューション	53
主要メッセージ	22	都市部の家庭における低炭素エネルギーソリューション	54
方法論	27	公共空間および交通機関向けのグリーンソリューション	76
		水道事業におけるエネルギー効率	100
		3. アジア太平洋地域におけるグリーン農村 エネルギーソリューション	122
		農村世帯およびコミュニティ向けの気候変動ソリューション	123
		農場におけるクリーンエネルギーソリューション	145
		農作物収穫後のクリーンエネルギーソリューション	167
		漁業および養殖業におけるエネルギー転換	186
		4. アジア太平洋地域における主要なサービス部門向けの グリーンエネルギー・ソリューション	207
		低炭素ホテル	208
		エネルギー効率の高いショッピングモール	229
		参考文献	250

序文 — WIPO より



アジア太平洋地域は世界人口の半数が居住し、経済成長が特に著しい地域の1つでもあります。さまざまな発展段階にある各国が多様性、成長、変革の物語を織りなしています。

こうした発展に伴い、エネルギー消費も急増しています。現在、アジア太平洋地域が世界のエネルギー需要に占める割合は47%であり、この割合は増加し続けています。これにより二酸化炭素排出量も増加していることは驚きに値しません。この地域全体で、燃料消費による排出量は2000年と比較するとおよそ150%増加しています。

しかし、この課題が新世代のイノベーターを奮起させて、同地域はクリーンエネルギーと気候ソリューションのイノベーションの中心となっています。電気自動車やスマートグリッドから、大規模な再生可能エネルギープロジェクト、高効率の冷房システム、持続可能な都市インフラ、新しい浄水技術まで、多種多様なソリューションが開発および導入され、環境上の持続可能性を伴った経済成長が実現しています。

新世代のイノベーターによって同地域は
クリーンエネルギーと気候ソリューションの
イノベーションの中心となっています。

WIPO の「グリーン・テクノロジー・ブック」特別版である本書は、このような取り組みを支援するものです。EXPO 2025 大阪・関西万博に合わせて刊行され、すでに商業利用が可能なものから市場投入間近なものまで、さまざまな技術を紹介し、政策立案者、実務者、発明家、研究者、および一般の方々に向けた実用的な技術情報資産となることを目指しています。本書で紹介した技術はすべて、WIPO GREEN データベースの「ニーズとグリーン技術」からアクセスが可能です。これは国連システム内で最大のグリーン技術プラットフォームであり、140 以上の国から寄せられた 14 万件以上の技術を掲載しています。

これまでの版と同様に、掲載にあたってはエンドユーザーの視点を取り入れ、都市、遠隔地、農業地域におけるエネルギー使用を対象とする実用的な技術や、ホテル、ショッピングモールなどの多量のエネルギーを消費するサービス部門に特に注力しています。急速に成長するこうした部門では、既成技術とホライズン技術の両方の活用余地が多くあります。

他のあらゆる地域と同様に、アジア太平洋地域においても、経済成長および持続可能な開発を進めていくためには、協力した取り組みが必要です。実用的で実証済みかつスケーラブルなソリューションは、地域がこの両方を実現しようと努める中で不可欠なものであり、本書および WIPO GREEN データベースが、これに有意義な貢献ができることを願っています。

ダレン・タン (Daren Tang)

WIPO 事務局長

序文 — パートナーより



気候技術センター・ネットワーク (CTCN)

本書は、EXPO 2025 大阪・関西万博のための「グリーン・テクノロジー・ブック」特別版として、アジア太平洋地域が直面する差し迫った気候およびエネルギーの課題の解決のため、エネルギー効率が果たす重要な役割について取り上げています。アジア太平洋地域では、中所得層の成長やライフスタイルの変化に伴いエネルギー需要が高まっており、断固たる行動が求められています。一方で、シンガポール、韓国、中国、日本など、発明の才において世界上位に位置する国も複数あることから、当地域はイノベーションの主導的立場にもあります。本特別版では、住宅、交通、農業、公共サービスなど、都市から農村地域までのセクター全般にわたって、高い影響力を有するグリーンソリューションを取り上げます。

過去 10 年間、世界中の開発途上国は持続可能なエネルギーシステムへの複雑な移行に際してナビゲーションに関するガイダンスを CTCN に求めており、その数は増加しています。特に、エネルギー部門関連は技術支援要請のうち 5 分の 1 を占め、中でも再生可能エネルギーとエネルギー効率に重点が置かれています。

本「グリーン・テクノロジー・ブック」では、世界で最も気候変動の影響を受けやすい地域の1つであるアジア太平洋地域に合わせて選ばれた、実用的で拡張可能なエネルギーソリューションを紹介しています。都市の送電網から遠隔地のコミュニティでのクリーンな調理法まで、本書で紹介するケーススタディによって、イノベーションの力で気候変動緩和および気候変動適応を同時に進められることが示されています。マイクログリッド、太陽光エネルギー、バイオガス、営農ソーラーシェアリング、エネルギー効率の高いインフラなど、回復力を高めながら排出量を削減する技術を多く掲載しています。

CTCN では、2024 年にタイ政府による 2065 年までのネットゼロ目標の実現に向けた国家水素戦略および行動計画の策定を支援しました。このプロジェクトでは水素製造の選択肢、インフラ、地域リソースについて評価し、実施に向けた実現可能なロードマップと組織的な枠組みを作成しました。またこれと類似してベトナムでは 2023 年に、嫌気性消化による家畜の堆肥からバイオガスと肥料への転換についての実現可能性の研究を行いました。このプロジェクトではパイロットサイトを設け、実現可能性を分析して政策支援の推奨を行いました。このシステムでは、年間に 5 万 1,000 トン超の二酸化炭素換算値の削減と、より持続可能な廃棄物管理の実現を目指しています。

各国が気候コミットメントを次の段階へと進める準備を整えていることを背景に、WIPO による EXPO 2025 大阪・関西万博向け特別版は、意思決定者、実務者、イノベーターへ実用的な知識やアイデアを提供しその一助となることを目指しています。国家戦略の進展から地域のパイロット・プロジェクトの立ち上げまで、本書に集められたさまざまな洞察は、最も必要とされる分野において夢を現実へと変えるために役立つことができるものです。

CTCN ディレクター、**Ariesta Ningrum**



エジプト科学研究技術アカデミー (ASRT)

私たちの生きる現代において、気候変動の影響とその脅威はもはや遠くにあるものではなく、眼前にある確かな現実です。革新的で実現可能なソリューションの必要性はかつてなく重要になっています。WIPO の「グリーン・テクノロジー・ブック」は、気候変動への国際的な取り組みに対して欠かせないリソースを継続的に提供し、急速に変化する環境を緩和し適応するために役立つ技術転換のためのプラットフォームの役割を担ってきました。気候変動の影響を最も受けやすい国の 1 つであるエジプトが、WIPO のこの重要なイニシアチブのパートナーであることを誇りに思います。

EXPO 2025 大阪・関西万博のための「グリーン・テクノロジー・ブック」特別版は、アジア太平洋地域における気候変動対策のための革新的なエネルギーソリューションに特に焦点を当てています。とりわけ、気候変動との闘いにおいて不可欠かつ広大な領域である、エネルギー部門を取り上げています。本特別版ではエンドユーザーの視点からのアプローチを採用し、気候緩和と気候適応に対応するために即時導入が可能な、具体的なエネルギー関連の技術に注力しています。農村コミュニティによるバイオエネルギーや太陽光ソリューションの導入から、革新的な技術を用いた産業用の冷暖房や輸送の最適化まで、持続可能な変化を推進するための実用的な洞察とツールを提供しています。

アジア太平洋地域が経済成長および人口成長を続ける中で、持続可能かつ回復力のある革新的なエネルギーソリューションは、かつてなく早急に必要とされています。本特別版は、エネルギー技術を活用して持続可能で回復力のあるコミュニティを形成するためのロードマップとなるものです。EXPO 2025 大阪・関西万博のための「グリーン・テクノロジー・ブック」特別版を通じ、再生可能エネルギーを使用した農業技術、エネルギー効率の高い家電製品、廃棄物をエネルギーに転換する先進的なシステムなど、政策立案者、ビジネス、コミュニティが前進する上で不可欠なグリーン技術導入のためのヒントを提供しています。

パートナーである WIPO、および本書の制作にご協力くださったすべての方々に心より感謝申し上げます。気候変動との闘いを前に進めるためには国家、組織、個人が共同で取り組むことが非常に重要です。知識の共有、イノベーションの育成、技術移転の加速によって、さらに持続可能な未来を共同で作りに上げることができるでしょう。

エジプトは今後も「グリーン・テクノロジー・ブック」への支援を続け、よりクリーンかつグリーンで公平な世界のための国際的な取り組みをサポートしていきます。WIPO のすべての加入国およびステークホルダーの皆様が、世界共通の気候変動への取り組みにおいて、本書で紹介したグリーン技術やイノベーションを提供くださるよう要請いたします。私たちが皆で力を合わせれば、人類共通の財産である地球に大きな影響を及ぼすことができます。

ASRT 会長、**Gina El-Feky** 教授

謝辞

このたび、EXPO 2025 大阪・関西万博のための「WIPO グリーン・テクノロジー・ブック」特別版をお届けできることを嬉しく思います。本書は、特にアジア太平洋地域に焦点を当て、日常生活に欠かせない分野で使用されるエネルギー技術を取り上げるものです。本特別版の制作に際しては、多くの個人の方々および組織より多大なご協力とご支援を賜りました。本プロジェクトを支えてくださったすべての皆様に、心より感謝を申し上げます。本「グリーン・テクノロジー・ブック」特別版は、日本特許庁を通じた調整のもとに、Funds-In-Trust Japan Industrial Property Global (FIT/Japan IP Global) から資金提供を受けています。

本書は WIPO GREEN によるイニシアチブであり、ダレン・タン (Daren Tang) WIPO 事務局長、グローバル・チャレンジおよびパートナーシップ部門の Edward Kwakwa 事務局長補による全体指揮のもとに制作されました。グリーン・テクノロジー・リサーチ・マネージャーの Peter Oksen 氏が発案および主導し、編集を担当しました。執筆にあたり、本特別版のリードライターを務めた気候技術の専門家である Mahezabin Helal Natasha 氏に感謝申し上げます。本書は、「グリーン・テクノロジー・ブック」エネルギー版の構成に基づき、全く新たに制作されたものです。「グリーン・テクノロジー・ブック」のエネルギー版は、Shanar Tabrizi 氏 (欧州環境庁 (EEA) 産業変革エキスパート) および Heather Jacobs 氏 (WIPO 気候技術エキスパート) により執筆されました。検証、アップロード、掲載された技術企業との連絡を Maya Spencer 氏が担当し、WIPO GREEN のスタッフメンバーである Rishab Raturi 氏、Christy Nomura 氏、Tatiana Hartop 氏、Wenzao Zhen 氏が、連絡と運用面で重要なサポートを行いました。

また何よりも第一に、WIPO のパートナーである気候技術センター・ネットワーク (CTCN) およびそのディレクターの Ariesta Ningrum 氏、エジプト科学研究技術アカデミー (ASRT) およびその会長の Gina El-Feky 教授からは、さまざまなご意見とご協力、継続的な支援をいただいていることに感謝の意を表したいと思います。CTCN のコミュニケーション・スペシャリストの Anastasiia Tiurmenko 氏、ASRT 技術・イノベーションサポートセンター・スーパーバイザーの Yasmine Abd El-Monaim 氏からは、コミュニケーションとアウトリーチに際してご支援いただきました。

WIPO の出版・デザイン課長の Charlotte Beauchamp 氏、グラフィックデザイナーの Edwin Hassink 氏、出版・デザイン・オフィサーの Noah Miller 氏には、本書のレイアウトおよびデザインにおいて細部にわたって助力いただいたことを深く感謝いたします。Vanessa Harwood 氏には Westchester 氏と共同で、プロとしてふさわしい文章の品質改善に尽力いただきました。

また、本書のデジタル工程に携わった WIPO チームのメンバーである、ソリューション設計・実現課の Dan Savu 課長、Javier Aguilar López 氏、Daniel Ribeiro Pando 氏、ウェブコミュニケーション課の Virginie Roux 氏、Spencer Cabildo 氏、そして IP ポータル担当チームの Daniel Pradilla 氏にも感謝の意を表します。さらに、ニュース・メディア部のシニア・メディア・オフィサーである Edward Harris 氏には、コミュニケーションとアウトリーチの過程で協力いただきました。特許・技術部門アジア言語課長の Sally Young 氏には、サン・フレア社による日本語への翻訳にあたり監督いただきました。Lijun Fan 氏の率いる言語部は、その他の言語への翻訳を提供し、本書を幅広い読者に届けるための支援をいただきました。

また、WIPO GREEN リファレンスグループでエキスパートであり同僚として尽力してくれたメンバー、Amy Dietterich 氏 (グローバル課題部ディレクター)、Carsten Fink 氏 (経済・データ分析部チーフエコノミスト)、Kevin Fitzgerald 氏 (情報・デジタルアウトリーチ部前ディレクター)、Amr Abdelaziz 氏 (アラブ諸国部カウンセラー)、Edward Harris 氏 (ニュース・メディア部シニア・メディア・オフィサー)、Charlotte Beauchamp 氏 (出版・デザイン課長)、ディレクター Dalila Hamou 氏、カウンセラー Ryszard Frelek 氏 (ともに渉外部)、Dan Savu 氏 (ソリューション設計・実現課長)、Christopher Harrison 氏 (技術・イノベーション支援部特許分析マネージャー) にも感謝申し上げます。

最後に、以下の専門家、政策立案者、実務者の皆様、および WIPO メンバーには、インタビューへのご協力、ケーススタディの提供、本書のレビューを通じて貴重なご意見をいただきましたことに感謝します。

- 新開発銀行中国本部独立評価機関 (IEO) シニア・プロフェッショナル、Manas Puri 博士
- アジア工科大学院 (AIT) 環境資源開発学部学部長、P. Abdul Salam 教授 (工学博士)
- アジア開発銀行 (ADB) シニア・エコノミスト (気候変動)、Sabah Abdulla 氏
- 国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) プログラム・オフィサー、Adrian Gonzalez 氏
- UNEP コペンハーゲン気候センター・シニア・エコノミスト、Subash Dhar 氏
- アジア太平洋技術移転センター (APCTT) ヘッド、Preeti Soni 氏
- WIPO 特許・技術法務部ディレクター、Andras Jokuti 氏
- WIPO PCT 法務・ユーザー関連部ディレクター、Matthew Bryan 氏

略語

3G-SHS	third-generation solar home systems (第三世代ソーラーホームシステム)
AC	air conditioner (エアコン)
AC	alternating current (交流)
AD	autonomous driving (自動運転)
ADB	Asian Development Bank (アジア開発銀行)
AHU	air handling units (空調機)
AI	artificial intelligence (人工知能)
AnMBR	anaerobic membrane bioreactor (嫌気性膜分離法)
AnWT	anaerobic wastewater treatment (嫌気性排水処理)
APAC	Asia-Pacific (アジア太平洋)
APS	auto pressurization systems (自動加圧システム)
ART	autonomous rail rapid transit (高速鉄道自動輸送)
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations (東南アジア諸国連合)
ASRS	automated storage and retrieval systems (自動倉庫システム)
AWD	alternate wetting and drying (間断灌漑)
BCM	billion cubic meters (10 億立法メートル)
BEMS	building energy management system (ビルエネルギー管理システム)
BESS	battery energy storage system (蓄電池システム)
BEV	battery electric vehicle (バッテリー式電気自動車)
BIPV	building-integrated photovoltaics (建物一体型太陽光発電システム)
BLDC	brushless DC motors (ブラシレス直流モーター)
CaaS	cooling as a service (冷房サービス)
CAV	constant air volume (一定気積)
CCA	Clean Cooking Alliance (クリーン・クッキング・アライアンス)
CCFL	cold cathode fluorescent lamp (冷陰極蛍光管)
CFCs	chlorofluorocarbons (クロロフルオロカーボン類)
CIPP	cured-in-place pipe (現場硬化管)
CNG	compressed natural gas (圧縮天然ガス)
CO ₂	carbon dioxide (二酸化炭素)
CO ₂ e	carbon dioxide equivalent (二酸化炭素換算値)
COP	Conference of the Parties (締約国会議)
C-V2X	cellular vehicle-to-everything (セルラー方式車両・全対象間通信)
DC	direct current (直流)
DCS	district cooling system (地域冷房システム)

DCV	demand-controlled ventilation (デマンド制御換気)
DER	distributed energy resources (分散型エネルギー資源)
DFI	Development Finance Institution (開発金融機関)
DVI	Digital Village Initiative (デジタル・ビレッジ構想)
ED	electrodialysis (電気透析)
EDI	electro-deionization (電気脱イオン化)
E-ferries	electric ferries (電気フェリー)
EMB	electric mini- and microbus (電気ミニバスおよび電気マイクロバス)
EMS	energy management system (エネルギー管理システム)
ERD	energy recovery devices (エネルギー回収装置)
ERP	enterprise resource planning (統合業務ソフト)
ERP	electronic road pricing (自動道路課金)
ERV	energy recovery ventilation (全熱交換器)
ESCAP	Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (アジア太平洋経済社会委員会)
ETFE	ethylene tetrafluoroethylene (エチレンテトラフルオロエチレン共重合体)
EU	European Union (欧州連合)
EV	electric vehicles (電気自動車)
EXPO25	2025 World Exposition (2025 年日本国際博覧会 (大阪・関西万博))
FAO	Food and Agriculture Organization (国際連合食糧農業機関)
FBD	flatbed dryer (平型乾燥機)
FCEV	fuel cell electric vehicle (燃料電池自動車)
FO	forward osmosis (正浸透)
GBI	green building index (グリーン・ビルディング・インデックス)
GHG	greenhouse gas (温室効果ガス)
GIS	geographic information systems (地理情報システム)
GPS	global positioning systems (全地球測位システム)
GRE	green real estate (グリーン不動産)
GSHP	ground-source heat pumps (地中熱ヒートポンプ)
GWP	global warming potential (地球温暖化係数)
HCFCs	hydrochlorofluorocarbons (ハイドロクロロフルオロカーボン類)
HDV	heavy duty vehicles (重量物運搬用車両)
HEV	hybrid electric vehicles (ハイブリッド車)
HFCs	hydrofluorocarbons (ハイドロフルオロカーボン類)
HRV	heat recovery ventilation (熱回収換気)
HVAC	heating, ventilation and cooling (暖房、換気、空調)
HVLS	high-volume low-speed (大容量低速)
IAS	irrigation advisory system (灌漑諮問システム)
ICS	improved cookstoves (改良型調理用コンロ)
IEA	International Energy Agency (国際エネルギー機関)
IEC	International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議)
IER	ion-exchange resin (イオン交換樹脂)
ILR	ice-lined refrigerators (氷冷蔵庫)
IMTA	integrated multi-trophic aquaculture (多栄養段階統合養殖)
IoT	internet of things (モノのインターネット)
IP	intellectual property (知的財産)
IPF	international patent family (国際特許ファミリー)

IPR	intellectual property rights (知的所有権)
IRENA	International Renewable Energy Agency (国際再生可能エネルギー機関)
ITS	intelligent transport systems (高度道路交通システム)
kVA	kilovolt-ampere (キロボルトアンペア)
kWh	kilowatt-hour (キロワット時)
LCD	liquid crystal display (液晶ディスプレイ)
LCM	liquid crystal module (液晶モジュール)
LDCs	least developed countries (後発開発途上国)
LED	light emitting diode (発光ダイオード)
LEED	leadership in energy and environmental design (エネルギー環境設計リーダーシップ)
LFP	lithium iron phosphate (リン酸鉄リチウム)
Li-ion	lithium ion (リチウムイオン)
LNG	liquefied natural gas (液化天然ガス)
LPA	liquid pressure amplification (液圧増幅)
LPG	liquefied petroleum gas (液化石油ガス)
LPWAN	low-power wide-area network (低電力広域ネットワーク)
LTO	lithium titanate (チタン酸リチウム)
MABR	membrane aerated biofilm reactors (膜通気生物膜法)
MBRs	membrane bio-reactors (膜分離活性汚泥法)
MCS	megawatt charging system (メガワット充電システム)
MDBs	multilateral development banks (国際開発金融機関)
MEPS	Minimum Energy Performance Standards (最低エネルギー性能基準)
MFC	microbial fuel cells (微生物燃料電池)
MRL	machineroom-less (機械室レス)
MSEs	micro- and small enterprises (零細企業および小企業)
MW	megawatt (メガワット)
MWh	megawatt-hour (メガワット時)
Nb-IoT	narrowband internet of things (狭帯域 IoT)
NCA	lithium nickel-cobalt-aluminum oxide (リチウムニッケルコバルトアルミニウム酸化物)
NDB	New Development Bank (新開発銀行)
NDC	nationally determined contribution (国が決定する貢献)
NEBP	National Electric Bus Program (国家電気バスプログラム (インド))
NMC	lithium manganese cobalt oxide (リチウムマンガンコバルト酸化物)
NRW	non-revenue water (無収水)
NSI	national system of innovation (革新の国家体制)
NTO	niobium titanium oxide (ニオブチタン酸化物)
OGR	off-grid refrigeration (オフグリッド冷凍)
OLED	organic light emitting diode (有機発光ダイオード)
PA	precision agriculture (精密農業)
PCM	phase-change materials (相変化物質)
PHE	plate heat exchanger (プレート熱交換器)
PHEV	plug-in hybrid vehicles (プラグインハイブリッド車)
PMSMs	permanent magnet synchronous motor (永久磁石同期電動機)
PRVs	pressure-reducing valves (減圧弁)
PSC	perovskite solar cells (ペロブスカイト太陽電池)
PV	photovoltaics (太陽光発電)

RAS	recirculating aquaculture system (循環式養殖システム)
RCD	recirculating columnar dryer (循環式柱状乾燥機)
RE	renewable energy (再生可能エネルギー)
RO	reverse osmosis (逆浸透)
RPM	revolutions per minute (回転 / 分)
SBD	solar bubble dryer (ソーラーバブル乾燥機)
SCADA	supervisory control and data acquisition (監視制御とデータ収集)
SDD	solar direct drive (太陽直接駆動)
SDG	sustainable development goal (持続可能な開発目標)
SHP	small hydro power (小水力発電)
SHS	solar home systems (ソーラーホームシステム)
SRI	solar reflectance index (日射反射率指数)
SRI	system of rice intensification (SRI 農法)
TRL	technology readiness level (技術の成熟度レベル)
UFAD	underfloor air distribution (床下空気分配)
UN	United Nations (国際連合)
UNECCC	United Nations Environment Programme Copenhagen Climate Centre (国際連合環境計画コペンハーゲン気候センター)
UV	ultraviolet (紫外線)
V2I	vehicle-to-infrastructure (車両・インフラ間通信)
V2X	vehicle-to-everything (車両・全対象間通信)
VAV	variable air volume (可変エアボリューム)
VAWT	vertical axis wind turbine (垂直軸風車)
VIP	vacuum insulation panels (真空断熱パネル)
VMS	vessel monitoring system (船舶監視システム)
VPP	virtual power plant (仮想発電所)
VRF	variable refrigerant flow (可変冷媒フロー)
VSDs	variable speed drives (可変速ドライブ)
WGR	weak-grid refrigeration (小電力冷蔵)
WHS	wind home systems (家庭用風力システム)
WIPO	World Intellectual Property Organization (世界知的所有権機関)
W/mK	Watts per meter-Kelvin (ワット毎メートル毎ケルビン)
WRI	World Resources Institute (世界資源研究所)
WWTPs	wastewater treatment plants (下水処理場)
ZEH	zero-energy homes (ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)

エグゼクティブサマリー

クリーンエネルギー・イノベーションを先導するアジア

アジア太平洋地域は、クリーンエネルギーへの転換におけるグローバルリーダーとして存在感を示し始めています。その背景には、さまざまな部門間にわたり、気候変動の緩和および適応という二重の課題に対処するために進歩してきた多様な技術があります。この地域ではイノベーションが急増しており、特にシンガポール、韓国、中国、日本などの国（2024年版グローバル・イノベーション・インデックスに基づいた順位）は、先進的バッテリーや電気自動車からスマート農業用設備まで、クリーンエネルギーの発明を先導しています。ただし、電気自動車（EV）をはじめとする多くの技術は、気候変動に対する十分な効果を発揮するにあたり、送電網内の再生可能エネルギーの割合に強く依存しています。幸いなことに、この地域のいくつかの国では水力発電の大きな潜在能力を持つため、こうした技術の恩恵を受ける上で有利な状況にあり、再生可能エネルギーの割合が相当高い低炭素型の送電網の実現が進んでいます。例えば、ネパールでは電気供給の100%が水力発電によるものです。また、ミャンマー、ニュージーランド、韓国などの国でも電気供給のうちのかなりの部分が再生可能エネルギーによるもので、よりクリーンなエネルギーへの転換を進める有利な条件が整っています。

高効率な電動モビリティによるスマートシティの登場

技術が発展し、エネルギー効率がますます重視されるようになったことで、アジア太平洋地域全体で都市住宅に変化が起きています。急速な都市化、生活水準の向上、資源の制約、気候変動の圧力などを要因として、先進的技術の導入は加速しており、高性能の建築材料の採用や、スマートホームシステム、インバータエアコンなどのエネルギー効率の高い家電製品の導入が進んでいます。これらのイノベーションは快適性と利便性を向上させるだけでなく、エネルギー消費量と二酸化炭素排出量も大幅に削減します。スマートサーモスタットや、モノのインターネットを搭載した機器を使用すれば、例えば、リアルタイムの制御および最適化が可能で、オフピーク時の電力や再生可能なエネルギー供給を活用して家庭でのエネルギー使用量を調整できます。需要応答技術の拡大と、AIを活用した家庭用エネルギー管理システム（EMS）により、より適応性があり高効率の都市エネルギー環境が整いつつあります。また同時に、エネルギーソリューションはより包括的で持続可能なものへと進化しています。冷房サービス（CaaS）モデル、PAYGO（従量課金制）の調理機器、リースシステム、手頃なスマートホームキットなどの登場により、低所得世帯にとっては、高額な初期費用をかけることなく現代的なエネルギー技術を利用しやすくなっています。

ただし、効率的なエネルギー管理のためには設計段階からの取り組みが必要です。ウォークアブル（歩きやすい）まちなづくりや、グリーンルーフ、冷却ルーフ、自然換気などのパッシブデザイン戦略を取り入れた建物づくりの発展は、変化を起こす重要な可能性を秘めています。インドや中国などでは国を挙げて冷却行動計画を定めており、こうした政府による支援の枠組みは、設計、技術、政策の統合アプローチにより低炭素で回復力がある都市開発が促進されることを示しています。特に先駆的な都市では、スマート街灯、高度道路交通システム（ITS）などの相互接続されたデジタルソリューションを用いて、複数部門間でのエネルギー使用の最適化が進められていますが、一方で多くの都市ではいまだにこうした機会の活用に至っておらず、実施能力に格差があることが長引く課題となっています。

都市の公共交通システムは、地域のエネルギー転換を進める上で非常に重要な役割を負っています。人口増大や都市拡大に伴い、モビリティの需要は高まっています。化石燃料への依存を低減し、予測されている二酸化炭素排出量の増加に歯止めを掛けることは急務です。バス、電車、フェリー、2 輪車や 3 輪車などの公共交通を電動化し、これを太陽光や水力などの再生可能エネルギーによる低炭素型発電と組み合わせることで、脱炭素に向けた強力な道筋がつけられます。さらに、V2G（Vehicle-to-grid、車両から送電網へ）の充電インフラとバッテリーへの交換を行えば、これらのシステムはより現実的かつ効果的になります。

もちろん、それでも障壁は残ります。送電網の容量上限、充電やグリーンな水力発電のためのインフラの不足、高価な初期投資、都市における空間の制約などは、こうしたシステムを広範に導入する上で妨げとなる可能性があります。V2G 導入、リアルタイムの交通最適化、自律走行をする電気自動車などの技術によって運用効率は高められますが、これらの根本的な問題を解決することはできません。こうした課題を解決するには、政策立案者、都市プランナー、技術プロバイダーなどが連携して取り組むことが必要であり、さらに送電網のアップグレード、公共の充電スタンド、空間効率の良い都市設計などへの持続的な投資も必要です。それでもなお、技術は確かに存在しています。

技術を生かしてアジアの水とエネルギーの連環に取り組む

アジア太平洋地域は、エネルギー需要の増加と水不足の加速という、深刻さを増す二重の課題に直面しています。全世界での淡水取水量のうち、10% 近くがエネルギーシステムによるものですが、その一方で水の供給、処理、分配にも非常に多くのエネルギーを要します。急速な都市化の進行、降雨パターンの変化、インフラの老朽化によって、水部門とエネルギー部門の脆弱性はいずれも高まっています。東南アジアの多くの都市では、漏水や非効性のために最大で 50% の水が失われており、エネルギー使用の増加と運用コストの上昇を招いています。エネルギー効率と水効率の向上のためにはこのような水損失への対応が不可欠です。モノのインターネットを活用したセンサ、スマートメーター、水圧制御システムなどの技術を用いて水管理の質を高めるとともに、インフラのアップグレードとガバナンスの向上を行うことは、有効性が立証されています。こうした技術によって、水分配のリアルタイムのモニタリングと最適化が促進されます。例えば、ホーチミンやウェリントンなどの都市では、的を絞った投資とコミュニティの参画によって無収水を低減し、エネルギー消費を削減して、都市の水道設備への信頼性を高めることができました。

水インフラとエネルギー使用の中核を担うのは、ポンプや曝気システムを運転させるための電気モーターです。エネルギー効率が高く、可変速ドライブとデジタル制御を備えたモデルを採用することで、こうしたモーターはエネルギー使用量を最大で 30% 削減できます。廃水処理は、微

細気泡散気装置、膜バイオリアクター (MBR)、バイオガスを生成する嫌気性処理システムなど、エネルギー効率の高い技術により変革が進んでいます。微生物燃料電池などの近年浮上しているイノベーションも、排水から清浄水と再生可能エネルギーの両方取得するのに役立っています。その一方で、水不足と塩水侵入への対策として、シンガポール、インド、中国などの国では、高度な逆浸透 (RO)、電気脱イオン化、ハイブリッドシステムなどによって海水淡水化の容量を拡大しています。

再生可能エネルギーソリューションがエネルギー問題に直面する 農村コミュニティを支援

アジア太平洋地域の農村地域やサービス体制が不十分なエリア全般では、オフグリッドの再生可能エネルギー技術によってエネルギー利用のしやすさが急速に向上しており、従来型送電網の拡大に代わる手頃でスケラブルな手段を提供しています。ミニグリッド、マイクログリッドなどのイノベーションと再生可能エネルギー、例えば、ピコ、マイクロ、小型水力や、太陽光、家庭用風力システムと、バッテリーストレージやバックアップ電源を組み合わせることで、信頼性の高い電力を供給し、生活の質 (QOL) を向上させることができます。これらのソリューションは特に災害発生頻度の高い地域において高い価値を有し、コスト効率の良いオプションとして、先進国・途上国の両方で注目されるようになってきています。著名な成功事例としては、バングラデシュの太陽光住宅システムプログラムでは約 2,000 万人分の電力を供給しています。また、パキスタンでは太陽光発電プロジェクトは 1 万 2,000 を超える学校に導入されています。このような分散型の再生可能エネルギーソリューションは、クリーンで安価かつ地域導入型のエネルギーエコシステムへと広範に移行する上で欠かせないものであり、持続可能な開発と気候変動に対するレジリエンス (耐性) を後押しするものでもあります。

オフグリッドのグリーンなエネルギーソリューションによって電力が利用しやすくなるだけでなく、調理環境がより清潔になり、水を利用しやすくなるため、人々の健康や暮らしの向上につながっています。こうした進歩にもかかわらず、アジア太平洋地域では今なお 10 億人を超える人々が清潔な調理技術を使用することができず、不十分なバイオマス燃料と有害物質の排出や健康リスクを招く灯油に依存しています。有機廃棄物からのバイオガス生成、バイオマスガス化装置、改良型調理用コンロ、太陽光を使用した調理法により、燃料の消費量と二酸化炭素排出量が低減し、農村コミュニティの役に立っています。スマートメーターを備えた第三世代のミニグリッド、モバイルでの支払い、リアルタイムの監視などの新しく登場した技術により、信頼性と顧客エンゲージメントはさらに高まっています。しかし、こうした技術を拡大してすべての人がエネルギーを利用できるようにするためには、これを支える政策、革新的な資金調達に加え、コスト面の課題を克服し、分散型システムを導入するために国内の送電網と組織的な連携を取る必要があります。

エネルギー効率の高いイノベーションがアジアの農業変革を後押し

農業は気候変動の主要な要因の 1 つです。特に家畜などから排出される温室効果ガス (GHG)、肥料の使用、化石燃料で動く灌漑システムや機械などがその原因です。アジアでは、米の栽培によるメタンガスの排出が特に顕著ですが、灌漑システムの大半がディーゼルや電気動いていることから、現在も農業のエネルギー消費の最大要因となっています。増加を続ける食糧需要に持続可能な方法で応えるため、新しい「緑の革命」が進行中です。多くのアジアの農家では、太陽光で動く灌漑ポンプや、点滴灌漑や間断灌漑 (AWD) などの効率的な手段の導入が進んでおり、これにより水とエネルギーを効率よく消費できるようになります。営農ソーラーシェアリング (作

物の栽培と太陽光発電を組み合わせる)などのイノベーションが新たに導入され、利用が拡大しています。これによって土地の生産性が高まり、分散型の再生可能エネルギーを利用できるようになるとともに、気候変動の緩和と適応の両方に寄与します。衛星画像、モノのインターネット、AI、ドローンを使用した精密農業技術も成長し、二酸化炭素排出量の低減や、水とエネルギーの使用量削減に役立っています。ただし、導入率にはアジアの低所得国と高所得国との間で相当大きな開きがあります。

収穫後の工程も多量のエネルギーを消費します。特に、アジアが世界の生産量の90%を占める米の精米は顕著です。農村地域では、太陽光やバイオマスで動く乾燥機、精米機、保冷库への移行が進んでおり、無駄の削減と二酸化炭素排出量の低減に役立っています。都市の食糧需要と電子商取引の成長に伴い、コールドチェーン物流は迅速に現代化しています。日本やインドネシアなどの国は、エネルギー効率の高い冷蔵システムを先導しています。乳製品製造、茶葉製造などの主要な食品セクターでは、熱回収技術、太陽光発電による冷却、バイオマスによる加熱、自動化システムなどのイノベーションにより、生産品の質を保ちながら、エネルギー使用量と二酸化炭素排出量を低減しています。しかし、ソリューションの拡大には継続的な投資、実現を支える政策に加え、小規模農家にとって手の届くものにするための革新的な資金調達モデル(PAYGO、リース、協同モデルなど)が必要です。

気候に優しい漁業および養殖業のための低エネルギー化の取り組み

アジアは2022年において、世界の漁業・養殖業の総生産の75%を占めています。このうち、1億8,540万トンが水生動物です。水産物の国際的な需要は2030年までに15%増加すると想定されており、その大半が養殖生産物です。したがって、将来の需要を満たすためには養殖生産を35%から40%増加させる必要があります。エネルギー使用はこの部門全体で大きな課題です。生産、処理、保管、輸送はいずれも大きなエネルギーを必要とするため、バリューチェーンの持続可能性を高めるためには、エネルギー効率に対するイノベーションと投資が欠かせません。さらに、小規模漁業者や小規模農家にとっては良質な情報、資金、信頼性の高いエネルギーを得る機会が限られているという大きな課題があり、これが生産性や持続可能性の向上を妨げています。

燃料効率の高いエンジン、ハイブリッドや太陽光発電による漁船、先進的な漁具、デジタルナビゲーションなどのエネルギー効率の高い技術により、二酸化炭素排出量を低減し、漁業の効率化を進めることができます。養殖業の場合、太陽光や風力発電による曝気、太陽光発電による保冷库、バイオマスを使用した給餌プロセスなどの再生可能なソリューションの導入例が増加しています。養殖ソーラーシェアリングなどの革新的な技術も注目を集めています。これは、養殖場にソーラーパネルを浮かべて発電しながら、最適な水温の維持と蒸発の抑制を行うものです。特に中国、インド、日本、韓国、台湾(中国)といった地域では土地資源と水資源に制約があるため、エネルギーシステムと養殖システムの複合が促され、このアプローチが普及しています。さらに、モノのインターネット・ベースのスマート農業管理、循環式養殖システム(RAS)、多栄養段階統合養殖(自然の生態系を模倣し、エネルギー使用とエコロジカル・フットプリントを低減させるもの)を活用すれば、より環境への影響を低減し生産性を高めることができます。先駆的なプロジェクトとしては、中国のスマート養殖船、洋上風力発電を使用した養魚場があり、この部門が自動化と持続可能なエネルギーへと移行していることを際立たせています。

グリーンなサービス部門へ：ホテルとショッピングモールで利用可能な技術

ホテルおよびショッピングモールは、アジアのサービス部門の中でも特に急成長する二大勢力であり、ツーリズムと都市生活の両面で中核を担っています。ショッピングモールは複数の機能を備えるハブとして進化し、小売店だけでなく、娯楽、食事、ウェルネス、社会空間などを提供しており、特に東南アジアの国々では空調の効いたコミュニティセンターとしての役割を果たしています。同様に、ホテルも同地域で急成長するツーリズム産業の要としての役割を保持し、年間を通して数百万人もの旅行者にサービスを提供しています。いずれのタイプの建物も、冷暖房、照明、水供給を常に必要とするため、都市空間の中では特に多くエネルギーを使用します。気候変動への懸念が高まるにつれ、こうしたエネルギーを多く消費するハブでは、温室効果ガス排出量の削減、持続可能性目標の達成、さらに環境への関心を強める消費者の期待に応えて競争優位性を維持するために、クリーンでエネルギー効率の高い技術を導入することが急務となっています。

このため、いずれの部門でも先進的なエネルギーソリューションへの転換が進んでいます。冷暖房システムは特に多量のエネルギーを消費するため、最優先での性能改善が必要です。スマートな暖房、換気、空調 (HVAC) システム、インバータエアコン、ヒートポンプなどのソリューションにより大幅なエネルギー使用の削減が可能です。ホテル内では、省エネルギー設備、LED 照明、人感センサ、ビルエネルギー管理システム (BEMS) により、全体の動作が最適化されます。ショッピングモールでは区域に応じた HVAC、可変速エスカレーター、回生ドライブエレベーターの導入が進んでいます。屋上や駐車場へのソーラーパネルの設置や、電気自動車充電スタンドの設置も広がっており、建物正面の緑化や先進的な建材はエネルギー需要を低減するのに役立っています。スーパーマーケットやフードコートでは、地球温暖化係数 (GWP) の低い冷却システムや熱回収技術によって、気候に優しい運用が実現しています。こうした改善により、エネルギーにかかる費用が削減されるだけでなく、建物を持続可能性の標準に適合させることで、長期的な回復力も高まります。

給水と廃棄物処理システムも、高い効率性向上が可能です。バイオガス発生装置は食品廃棄物をクリーンエネルギーに転換します。節水型器具の使用や中水道水のリサイクル、スマート水管理を活用すれば、水の消費量とエネルギー需要をともに低減できます。ホテルのプールは以前にも増して太陽エネルギーやエネルギー効率の高いヒートポンプで加熱されています。さらに、多くのホテルでは現在、ゲストが積極的にサステナブルな取り組みに参加するよう促しています。客室の制御、ふるまいに基づくナッジ、報奨プログラムによって、ゲストに水やエネルギーの節約を促し、ゲストの行動をソリューションの一部として組み込んでいます。こうした技術は、日常的な空間にイノベーションを用いることでより持続可能な未来につなげられることを示しています。

資金調達ソリューションを、アジア太平洋地域におけるクリーンエネルギーへの転換の触媒に

国際開発金融機関および各種気候変動ファンドは、アジア太平洋地域において、投資リスクの軽減に寄与し、大小両方の規模のクリーンエネルギー・プロジェクトを支援しています。また同時に、民間部門による投資も急増しており、太陽光、風力、その他のクリーン技術のコストの低下に動かされて、特に東南アジアで顕著です。ただし、大きな課題も残されています。多くの低所得国では、クリーンエネルギー・プロジェクトは依然として非常に高額で、資金調達の利用も限られています。さらに、この地域にある非常に多くの途上国が輸入技術と、圧倒的に先進国に集中する資金源に大きく依存しています。これらの課題はあるものの、アジアには莫大な可能性が秘められており、持続可能な開発への取り組みは増加しています。経済的、技術的な不均衡に有

効に対処できれば、革新的なクリーンエネルギーの時代に向かうための準備は整っています。太平洋諸島諸国においても、地域特有の脆弱性と孤立を抱えているため、このようなエネルギー転換に平等に参画できるようにするためには、地域に合わせた解決策の必要性も強調されます。

「グリーン・テクノロジー・ブック」の本書およびほかの版では、利用可能な既存技術や、近く実用化が見込まれる技術の中でも技術的・経済的に実現可能なものを紹介しています。WIPOでは気候変動という課題へのソリューションの一環として、こうした技術の紹介がイノベーションや技術の導入を加速させる一助となることを願っています。ソリューションを求める人々が着想を得ることで、技術ソリューションを採用、適応する動機付けとなり、各自の状況に合わせた導入に役立つことを期待しています。

主要メッセージ

変化は起こせる — 多くのソリューションと高度な多様性が示す可能性

WIPO では、これまでの「グリーン・テクノロジー・ブック」のための調査において、あらゆる種類の革新的なソリューション、およびその多様性と規模の大きさを目の当たりにしてきました。数々のテクノロジーやソリューションが急成長を遂げるさまは、私たちを勇気づけ、気候変動関連の非常に深刻な課題に対処するための力を与えてくれます。こうしたイノベーションは、公共部門、民間部門、市民社会のいずれからも同様に生み出されており、地球上のあらゆる地域に創意工夫の才能が存在している証拠となっています。これらのソリューションを最大限に機能させるためには、多くの場合、地域の状況に即した適応化が必要です。これにより、さらに多様性が形成され、新しいソリューションの成功の実現への道が開かれていきます。

イノベーションの強力な主体であるアジア：多くの技術が実用化され、世界中の誰もが利用しやすく手頃に

アジアでは、クリーンエネルギーを製造する新技術の発明や改良が進められており、技術大国として台頭しています。中国、日本、韓国、シンガポールは WIPO のグローバル・イノベーション・インデックスの上位にあり、太陽電池パネル、風力タービン、先進的バッテリーなどのスマートなエネルギー供給技術により、その順位は上昇し続けています。こうした国々では研究開発に持続的な投資を行い、かつ強固な産業能力を備えています。世界中にスケーラブルでクリーンなエネルギーソリューションを届ける不可欠の原動力としての役割を担い、地球上のあらゆる地域で、このことを成功させようとしています。より効率的で手頃なクリーンエネルギー・ソリューションの開発が進めば、すべての人々にとってのコスト低減につながります。これにより、世界中の国々が、化石燃料からクリーンで再生可能な電力へと、より容易かつ安価に転換できるようになります。

アジアの再生可能エネルギーの未来の鍵を握る、効果的で利用しやすいエネルギー貯蔵

太陽光発電や風力発電による再生可能エネルギー供給が普及するにつれて、電力供給の中断を管理するための効率的な貯蔵技術はきわめて重要になってきています。特に、アジア太平洋地域の中でも過酷な気象条件や信頼性の低い送電網を抱えている地域では、これが重要です。リチウムイオン電池の大幅な低コスト化に加え、エネルギー密度、寿命、効率の向上によって、家庭においても企業においてもエネルギー貯蔵がさらに利用しやすくなりました。それに加えて、特にアジアの遠隔地や山間部にとっては、揚水発電用水貯蔵、重力式蓄電システムなどの新興技術はエ

エネルギー貯蔵の選択肢を広げるものです。こうしたイノベーションの効果は、エネルギー安全保障の向上だけではありません。再生可能エネルギーを送電網に大規模に組み入れることで、化石燃料への依存を低減し、さらに熱波、洪水、不規則な季節風の際にも信頼性の高い電力を供給して気候適応に役立ちます。

エネルギー格差とデジタル格差の解消には、地域に合わせた的確なソリューションが必要

アジア太平洋地域におけるオーストラリア、中国、日本、韓国、シンガポールなどの先進的な経済圏においては、都市住宅向けのホームオートメーションや、エネルギー効率の良い技術の導入が進んでいます。一方で、同地域の中でも比較的開発が進んでいない区域では依然として大きな障壁に直面しています。比較的豊かな都市部では、電気需要の増大、政府の支援策、消費者の意識向上によって、ホームオートメーション、モノのインターネットを搭載した機器、エネルギー効率の高い設備の導入が促進されており、快適性の向上、コスト削減、環境への影響の低減につながっています。その一方で、東南アジアや南アジアの国々の低所得地域や農村地域では、高額な初期費用や限られたインフラを要因として、このような技術の導入は遅れています。このようなデジタル格差およびエネルギー格差の拡大は、スマート技術のメリットを確保して誰もがエネルギーイノベーションを利用できるようにするためには、的確な投資、包括的な政策、地域に合わせたソリューション、知識へのアクセスが必要であることを際立たせています。

革新的なエネルギー技術で、アジアの気候変動に対する回復力と食料安全保障を大きく向上

再生可能エネルギーとエネルギー効率の良い技術を組み合わせることでエネルギーシステムを強化できます。多様な再生可能エネルギーの供給源を統合すれば、送電網の回復力が大きく向上し、過酷な気象現象下でも柔軟な管理ができるようになるためです。例えば、スマート送電網によって分散型の再生可能エネルギーの統合を進めることができれば、多様な出力を管理し、他の供給源と協調できます。これは送電網の安定性強化と気候変動適応のために非常に重要です。また、再生可能エネルギーへの投資も地域経済の活性化と雇用の創出につながり、気候崩壊に対するコミュニティの回復力を高めることができます。さらに、営農ソーラーシェアリングを活用することで、土地利用を最適化してエネルギー製造と作物栽培を同時に行うことができます。これは、農地が気候の影響や都市化の圧力にさらされている地域にとっては非常に重要です。これに類似した養殖ソーラーシェアリングは太陽光発電を水域に組み込むもので、オフグリッドの漁業や養殖業界に対し、手の届く分散型エネルギーを供給します。中国、インド、台湾 (中国)、ベトナムなど、アジアの中でも土地に制約のある地域においては、こうしたイノベーションによって持続可能な成長の実現を促し、二酸化炭素排出量を削減し、気候変動に対するレジリエンス (耐性) を高めることができます。

柔軟性、レジリエンス、エネルギー利用の多様性を向上させる分散型の再生可能エネルギー

分散型の再生可能エネルギーのインフラは、農村や遠隔地のコミュニティが直面するエネルギーアクセスという課題への対処において、きわめて重要な役割を担っています。アジア太平洋地域では、10 億人以上の人々が今なお安心して電力を利用できない状況にあります。ソーラーホームシステム、家庭用風力システム、マイクロ水力発電、ミニグリッドおよびマイクログリッドなどのオフグリッドの再生可能エネルギーは、従来の送電網に基づく電力に代わり、人々にス

ケーラブルかつ持続可能な電力を提供することができます。こうしたシステムによってエネルギーの柔軟性も高まるため、コミュニティにとっては、より効率的なエネルギー需要管理を行えるようになるとともに、過酷な気象の発生時や送電網の停止時にも継続的に電力を利用できるようになります。また、これらのイノベーションは従来の電力供給源に関連して発生する環境および健康への影響を低減することにも役立ちます。

先進的な統合システム管理によるエネルギー効率化

スマートメーター、自動化などの技術は効率向上を目的としてエネルギーシステムと水システムの両方で広く使用されています。ただし、真のエネルギー節約を行うためにはこうした技術をただ使用するだけでは不十分であり、システム全体をどのように適切に協調させ最適化するかが必要です。エネルギー効率の高い機器を個別に使用するだけに留まらず、システムレベルの取り組みを行うことで効率性を最大化できます。特に、ホテルやショッピングモールなど、大量にエネルギーを消費する大規模なサービス部門ではこれが重要です。ホテルおよびショッピングモールについては本書で別に取り上げています。現在では、一元化したビルエネルギー管理システム (BEMS) を用いることで暖房、換気、空調 (HVAC) システム、照明、設備機器による負荷をすべて監視および制御できます。このようなシステムにより、リアルタイムの最適化や、在室状況と使用パターンに基づいた運用の調整が可能です。また同様に、節水型器具の使用や、中水道水のリサイクル、スマートメーターの活用といった効率的な水管理により、ポンプによる送水や温水化のために必要なエネルギーも軽減できます。たとえ最先端の技術であっても統合的に管理しなければ、その効果を最大限に発揮することはできません。

持続可能でエネルギー効率の良い気候適応型農業ソリューションが、増加する食糧需要に対応

アジアの人口が増加し続ける中、気候変動と環境に配慮しながら将来の食糧需要に対応するためには、エネルギーを大量に消費する従来型手法に依存するのではなく、グリーンで持続可能なソリューションの導入が欠かせません。過去のイノベーションは農業の生産性を大きく高めた一方で、灌漑、化学肥料、農薬を大規模に使用するため、土壌の劣化、水質汚染、生物多様性の喪失、温室効果ガス排出の要因にもなりました。アジア地域では、気候変動の影響を受けやすいことや、水不足、消費者需要の急速な変化といった要因から、この課題はさらに深刻化しています。しかし現在、農業実務の持続可能性を高める新興技術を用いた新しい「緑の革命」が進行しています。例えば、電動の農業機械、太陽光による灌漑システム、エネルギー効率の高い畜舎用および農業温室用の換気設備、バイオ由来の農業用資材などがあります。さらに、穀物の監視や散水へのドローン活用、衛星を使用したデータ分析、AIを活用した農場管理システムなどの精密農業ツールを使用することで、水や肥料、農薬の散布がより正確にできるようになるため、無駄を減らし、環境への影響も低減できます。また収穫後の工程においても、太陽光発電による保冷库、電動の輸送、低温暖化冷媒を使用した先進的な冷蔵システムなどのイノベーションが登場しています。このようなイノベーションを活用することで、アジアの国々は持続可能な方法で食糧を増産し、環境への影響を減らし、将来にわたって気候変動に対するレジリエンス (耐性) を高めることができます。

持続可能かつ包括的な低炭素型都市モビリティの確保のため、公共交通の変革が最重要に

アジアでは都市人口が急増しており、公共交通システムは非常に大きな圧力にさらされています。これにより、渋滞や空気汚染、モビリティの利用に対する社会的不平等が発生しています。増え続ける需要に対応しながら二酸化炭素排出量を減らすには、アジアの各都市において、公共交通をクリーンで効率的かつ手頃なサービスに変革することを優先する必要があります。例えば、電気バスや電気鉄道システムへの投資、ファーストマイルやラストマイルにおける接続性の向上、デジタルチケットやリアルタイムのデータシステムの連携、社会のあらゆる集団がモビリティを利用できるように保証することなどがあります。シンガポール、ソウル、東京などの都市では、こうした変革が大きく進展しており、また、中国やインドでもこうした導入例が増えています。一方で、進展の速度や規模は地域ごとに大きく異なり、都市の大小を問わず、比較的経済的に恵まれない都市では、いまだに導入にあたっての課題が存在しています。強力な政策の枠組み、部門をまたいだ協調、持続的な公的投資は、公共交通を地域全体の持続可能な都市モビリティを支える基盤として位置づけるためにきわめて重要です。

東南アジアにおける低炭素型社会の実現には、クリーンエネルギー投資の拡大が最優先

東南アジアは今なお、世界の中でもエネルギー需要の成長が著しい地域です。一方で、国外から輸入される化石燃料にもいまだに強く依存しています。電気供給へのアクセスや、クリーンエネルギー技術の開発の面では進展が見られましたが、資金調達および投資が限られていることが足かせとなり、各国内での導入は遅れています。同地域が世界的な気候目標に合わせて、変動の激しい化石燃料市場への依存を低減するためには、エネルギー転換を加速する必要があります。そのためには、年間のクリーンエネルギー投資を5倍に拡大して2035年までにおよそ1,900億米ドルにすることや、送電網の現代化、蓄電設備の整備および再生可能エネルギーの導入を進めていくことなどが必要です (IEA, 2024e)。東南アジア全体において、持続可能かつ手頃で安定したエネルギーシステムを十分に活用できるように変えていくためには、戦略的な政策改革、地域協力の強化、民間部門による投資の実施が鍵となります。

支援の不十分な地域に対するクリーン技術の導入を加速するため、強力で包括的な資金調達への取り組みが必要

各章で示してきたように、従量課金制 (PAYGO)、サービスとしてのエネルギー (EaaS)、リースモデルといった革新的な資金調達アプローチを取り入れることで、アジア全体の準都市および農村地域の低所得コミュニティがクリーンエネルギー技術を利用しやすくなります。こうしたモデルは初期費用と経済的リスクが低いため、家庭や小規模事業者がソーラーホームシステムや効率の高い機器、マイクログリッドなどを導入しやすくなります。インド、バングラデシュ、インドネシアなどの国では、ユーザーが少額の分割払いで支払うことができる PAYGO モデルのおかげで、太陽光発電の利用が拡大しています。さらに、協同組合、太陽光発電による灌漑システムやエネルギー効率の高い設備のリースなど、農業事業者向けの柔軟な資金調達オプションは、大規模な資本投資を行うことなくサステナブルな技術を導入するのに役立ちます。こうしたソリューションはエネルギーの公平性を高め、地域全体での包括的なグリーンエネルギーへの転換を促す上で非常に重要であることがわかっています。

エネルギー消費の拡大への対処には、エネルギー効率の向上および需要側の管理が必須

エネルギー需要はアジア太平洋地域全体で急増しています。同地域で増え続ける消費を緩和するためには、エネルギー効率の向上および需要側の管理が不可欠な役割を担っています。高所得国においては、低炭素技術の開発や特許取得の面で大きな進展が見られるものの、同地域の多くの国では、今なおこうしたソリューションを効果的に導入するために必要な資金やインフラが不足しています。再生可能エネルギーへの投資は不可欠ですが、それだけではエネルギー需要の急増に追い付くことはできません。化石燃料への依存は現在も続いている一方、各政府では補助金を支給しており、エネルギー需要は拡大を続けています。これらの現状が示すのは、政策と技術がともにエネルギー効率を優先事項とすること、さらに、エネルギー消費の低減と、設備機器の使い手側にイノベーションを起こしていくことが急務であることです。供給側のソリューションだけに焦点を当て、効率性についての対応が不足していれば、持続可能な原料の確保や、リソースをめぐる対立により生じる社会的不平等の悪化といったさらなる課題を招くおそれがあります。

クリーン技術の導入には行動変容の促進が不可欠

行動変容と的確なトレーニングは、アジア全体においてエネルギー効率の高いクリーン技術の導入を成功させる上できわめて重要です。さまざまな優れたソリューションが実用化されているにもかかわらず、多くの農村世帯では今なお、調理のために木材や木炭などの従来のエネルギー源に依存しています。この要因は、価格や入手しやすさの問題に加え、健康と環境への影響についての認識が不足していることです。このようなエネルギー源に依存する状況は社会的弱者に深刻な影響を与えます。特に女性や子どもは調理で発生する屋内の空気汚染の悪影響を最も受けやすく、アジアにおける呼吸器疾患の発生率や若年死亡率の異常な高さの一因となっています。政府は、改良型調理用コンロなどの先進的な技術へのアクセスを提供したり、認知向上のためのキャンペーンを実施したり、クリーンエネルギーへの転換に補助金を給付したりといった方法で、重要な役割を果たすことができます。調理だけでなく、照明、冷房、輸送などの部門でも同様の行動変容が求められています。こうした部門では初期費用の低さや使い慣れていることを理由に、旧式の技術や非効率な技術が使用されていることが多いためです。この問題に対処するためには、効率の高い技術への利用しやすさを高めるだけに留まらず、こうした技術が長期的に経済上有利であること、健康上のメリットをもたらすことを広く周知していく必要があります。また、設備のアップグレードにインセンティブを与えること、政府主導で標準を定め、特に汚染性の高い製品の使用を段階的に廃止していくことも必要です。

方法論

「グリーン・テクノロジー・ブック」2025 年日本国際博覧会 (大阪・関西万博) 特別版は、アジア太平洋 (APAC) 地域における気候変動対策のためのエネルギーイノベーションの現状を示した報告書です。具体的な技術の例を紹介することで、エネルギートランジション (エネルギー転換) に関する議論を明確にし、実際の行動を促すことを目指しています。このため、各章は、個々の農家からショッピングモール、水道事業者まで、特定のエンドユーザーグループを対象として構成されています。

「グリーン・テクノロジー・ブック」は、着想を与える気候テクノロジーのカatalogであると同時に、誰もが貢献できる生きたプロジェクトと考えることができます。この刊行物は、無料の公開データベースであり、[WIPO GREEN データベース](#) (「ニーズとグリーン技術」) とリンクしています。ユーザーは WIPO GREEN データベース上でプロフィールを作成し、独自の気候変動ソリューションやニーズを共有することができます。「グリーン・テクノロジー・ブック」に関連するすべてのソリューションは、データベース内の専用の「グリーン・テクノロジー・ブック」[コレクション](#)でご覧いただけます。

「グリーン・テクノロジー・ブック」2025 年大阪・関西万博特別版は、初めて APAC 地域という特定の地域に焦点を当てたものです。このような広範な地理的分類は、国際機関の間で必ずしも一貫して定義されているわけではありません。ここでは、APAC を、パキスタンを最西端とする南アジア、東アジア、東南アジア、オーストラリアおよびオセアニアで構成される地域と定義します。

本書について

本書では、科学論文や灰色文献のほか、民間、公共、市民社会の団体や組織が開発した技術データベースやウェブページを幅広く検討しました。検索文字列には、気候変動の緩和およびそれへの適応に関連する幅広い用語と、3 つのテーマ分野に関するキーワード、ならびに特定の技術に関連するキーワード (「効率的な水ポンプ」「浸漬冷却」「太陽光発電システム」など) が含まれています。翻訳エンジンにより、複数の言語で記事を検索し、幅広い地域的広がりを確保しました。

特定された技術の所有者に連絡し、すべての技術が所有者または WIPO によって、WIPO GREEN データベース「ニーズとグリーン技術」にアップロードされました。

本書では、「イノベーション」、「ソリューション」、「技術」の3つの概念を用いています。ほとんど同じ意味で使われることもありますが、それぞれ異なる意味を持ちます。

イノベーションは、解決策をもたらすあらゆる知的創造性すべてをカバーする言葉として活用されています。

ソリューションとは広義には、特定の課題を解決するためにこのイノベーションの成果を展開することを意味します。

技術という言葉は広義ですが、私たちはより狭義に、特定の課題を解決するために導入される、追加設備の有無にかかわらず、あらゆる物理的な実体やテクニックを技術と呼んでいます。

私たちが関心を寄せるのは、気候変動による影響を緩和し、適応するための技術の可能性です。そのため、非常に単純なものから非常に複雑なものまで、幅広い技術を対象とします。多くの場合、気候変動対策技術の範囲は、当該技術に関連する所有権や制度的取り決め（例えば、建築基準法やエネルギー管理システム）のような実現メカニズムにまで拡大されます。このようなメカニズムの重要性を認識した上で、私たちは主に具体的な技術や実際のテクニックに焦点を当てています。

ここで紹介する技術は、WIPO によってテストや審査を受けたものではなく、一般に入手可能な資料に依拠していることを強調しておきます。したがって、「グリーン・テクノロジー・ブック」への掲載は、特定の技術を推奨するものではありません。

ここに掲載されている技術は、ある技術分野の一例として見るべきものであり、私たちの知る限り、決して劣るものではない類似のものが数多く存在する可能性があります。

技術を示す写真は、技術所有者の許可を得て使用しています。許可が得られない場合は、代わりに関連するストックフォトまたは AI 生成画像を使用しています。そのため、技術の写真は実際の技術を表していない場合があります。

技術の適切性は、多くの場合、状況に大きく依存し、地理的な場所以外の要因に関係します。したがって、いつ、どこで、どのような形で、その技術が適切であるかについての推奨は行いません。このような評価は、常に現地の専門家や利害関係者の関与のもとに行うべきです。技術所有者は、自分の技術を WIPO GREEN データベース「ニーズとグリーン技術」に自由にアップロードすることにより、同プロジェクトのコレクションの一部とすることができます。

「グリーン・テクノロジー・ブック」に掲載する技術の選定には、以下の基準が用いられました。

- 気候変動の緩和と適応との関連性
- テーマ分野との関連性

技術が以下のいずれかに該当するか

- 購入あるいはライセンス供与が可能な製品またはサービス
- フリー／オープンソースで利用可能な製品またはサービス
- メソッドやテクニックの適用に関するガイドブック
- 研究プロジェクトなど (ホライズン技術の場合)

加えて、以下の要素も考慮しました。

- 実施によって予想される影響
- 十分な質の情報や第三者による推薦の入手可能性
- 市場での利用可能性 (既成技術とフロンティア技術について)
- インパクトに対するコスト
- 地理的バランス
- ビジネスバランス (大企業、中小企業、新興企業、研究チーム、非政府組織など)
- 無害主義

我々は、技術の成熟度と利用可能性を示すために、技術を大きく3つのグループに分けました。**既成技術**は、以前から市場に出回っているため、試行錯誤を経たコンセプトに依存しています。**フロンティア技術**は、利用可能だが、まだ比較的新しい技術であるため、実世界での検証はあまり行われていません。**ホライズン技術**とは、数年以内に利用可能になると予想される開発中の新しいコンセプトのことです。つまり、現実的で、間もなく実用化される可能性が高い技術です。さらに、技術成熟度は、標準的な技術レディネス・レベル (TRL) の定義に従って大まかに評価されました。この指標によるとホライズン技術は最も低い準備レベルですが、まだ完全な開発に近く (TRL3～6)、一方、既成技術とフロンティア技術は、その有効性が検証済みで、まだスケールアップが行われていなければ、スケールアップの準備ができています (TRL7～9)。

技術を紹介する際、読者にとって関連性を簡単に知ることができるよう、いくつかの分類を行いました。さまざまな複雑さと準備段階にある技術を幅広く表現することを目指しました。我々は、技術を低、中、高のいずれかの複雑さのレベルに分類しています。これはあくまでも目安であり、複雑性の厳密な定義に従ったものではありません。ソリューションの実施に必要な人的、物的、金銭的リソースの相対的なレベルを反映しています。

さらに多くの関連技術が、[WIPO GREEN データベース「ニーズとグリーン技術」のグリーン・テクノロジー・ブック・コレクション](#)に掲載され、また追加されています。ご意見やご提案をお待ちしています。ご意見・ご提案は [WIPO GREEN ウェブサイト](#) または E メール (info@wipogreen.wipo.int) までお寄せください。

免責事項

本書、WIPO および WIPO GREEN は、掲載企業と一切関係ありません。また、本書で取り上げられている企業以外の企業またはテクノロジーソリューションが存在しないことを示唆するものでもありません。本書に掲載された内容はすべて、提供者から直接提供された情報および／または一般に入手可能な資料を利用した情報に基づき、誠意をもって提供されたものです。技術の写真は、必ずしも実際の当該技術を描写しているとは限りません。したがって、WIPO および WIPO GREEN は、提供された情報の正確性、妥当性、有効性、信頼性、可用性、または完全性について、明示的または黙示的を問わず、一切の保証を行いません。WIPO および WIPO GREEN は、本書の情報に基づいて取られた行動の結果生じるいかなる否定的な結果についても責任を負いません。

ウェブリンク

本刊行物には、WIPO または WIPO GREEN が提供・管理していない外部ウェブサイトへのリンクが含まれています。掲載されている外部サイトの内容に関する責任は、それぞれの発行者にあります。これらのリンクは、連絡および情報提供のみを目的としており、WIPO および WIPO GREEN は、いかなるコンテンツも後援または保証するものではありません。WIPO および WIPO GREEN は、各リンクサイトの正当性を確認するためにあらゆる努力を払っていますが、リンク先のコンテンツに含まれる情報の正確性については、明示または黙示を問わずいかなる保証も行わず、また、リンク先へのアクセスに起因するデータ漏洩の可能性についてもいかなる責任も負いません。

1. 序章



アジア太平洋地域における気候変動対応のグリーンエネルギーソリューション

エネルギーがすべてを動かしています。現代社会では、石油、天然ガス、石炭は、私たちが生活し、働き、移動し、消費するために必要なエネルギーの標準的な供給源となっています。しかし、この状況は変化しつつあり、その変化は必要かつ緊急を要するものです。化石燃料への依存は、最悪の気候変動と影響を回避する可能性を保つためには、終了させるか、少なくとも大幅に制限されなければなりません。この緊急の必要性は、2023年に開催された国際連合気候変動枠組条約 (UNFCCC) の第28回締約国会議 (COP28) において、国際社会で認識されました。この会議は、化石燃料の終焉の始まりを正式に宣言し、急速なエネルギー転換の道筋を開く合意で閉幕しました。目標は維持されなければなりません。

「グリーン・テクノロジー・ブック」の制作チームは、確かにやや技術楽観主義的です。そのペースは遅すぎるとはいえ、進歩は確実に見られると感じています。新たな技術の展開ペースは、気候変動の課題の深刻さに追いついていないものの、進展はあり、特に数多くのイノベーションと新たな技術がすでに利用可能で実現可能な状態にあります。「グリーン・テクノロジー・ブック」およびこれらとリンクする「ニーズとグリーン技術」のWIPO GREEN データベースは、切実に必要とされている解決策の早期導入を促進するための、私たちのささやかな貢献です。利用可能な技術と、間もなく提供される技術を紹介することで、ニーズとソリューションの間の知識のギャップを認識して埋めることを目指しています。WIPO GREEN データベースは、積極的なマッチングツールであり、データベースへのリンクを通じて、「グリーン・テクノロジー・ブック」もまた積極的なマッチングツールとなります。どちらも国連の無料リソースです。私たちは、これらのリソースが提供する内容を積極的に活用されることを強くお勧めします。

「グリーン・テクノロジー・ブック」は、2022年末の創刊以来、3つの版が発行されています。最初の版では、私たちは気候変動適応分野において利用可能な技術を紹介しました。この分野は、私たちが調査した結果、十分な注目を受けていないことがわかりました。私たちは、農業、都市、水に関する技術、特に海岸保全技術について、詳細に検討しました。第2版では、気候変動緩和技術に加え、農業と都市にも焦点を当てたほか、排出量削減が困難な産業である鉄鋼とセメントも取り上げました。第3版では特に、気候変動に対処するエネルギー技術に焦点を当て、都市部、農業を含む農村地域、および水道、スーパーマーケット、データセンターなどのサービス分野に関する章を収録しています。「グリーン・テクノロジー・ブック」各版の共通点は、シンプルでわかりやすいスタイルと、焦点領域における多様な技術開発やトレンドを簡潔に説明した短いセクションによる構成です。各セクションの最後には、技術例の一覧が掲載されています。これらは3つのグループに分類されています。既成技術は、市場に一定期間存在し、すでに定着しているもの、フロンティア技術は、利用可能ではあるが比較的新しいもの、そしてホライズン技術は、近日中に利用可能になると予想されるものです。私たちは、技術の可能性に興味を持つ誰もが、自分にとって最も関連性の高い分野やソリューションを簡単に探せるように、これらの書籍を設計しました。デジタル版では、クリック1つでWIPO GREEN データベースにアクセスし、詳細情報やソリューション提供者へのリンクを見つけることができます。ご要望の内容が見つかったかどうか、または本書の活用方法を共有いただけますと幸いです (eメール: info@wipogreen.wipo.int)。

世界知的所有権機関 (WIPO) は、1967 年に設立された国連の専門機関であり、すべての国の経済的、社会的、文化的発展のために、均衡のとれた効果的な国際知的財産 (IP) 制度を通じて発明と創造性を促進することを使命としています。WIPO GREEN および「グリーン・テクノロジー・ブック」各版では、イノベーションと技術が気候変動、食料安全保障、環境問題の解決策の一部であることを示すことに焦点を当てています。これにより、私たちは国際的な IP システムを基盤とし、その支援を受けて機能する革新の国家体制 (NSI) および技術移転を支援しています。

この版の「グリーン・テクノロジー・ブック」は、気候変動対策のためのエネルギーソリューション版の、EXPO 25 特別版として作成されました。多くの同じ技術分野を基盤としていますが、アジア太平洋地域に特に重点を置いています。2025 年日本国際博覧会 (大阪・関西万博)「いのち輝く未来社会のデザイン」は、日本の大阪で開催されます (EXPO25, 2025)。Funds-In-Trust Japan Industrial Property Global は、日本特許庁を通じて、この EXPO 25 特別版に寛大にも資金提供を行いました。

アジア太平洋地域の気候変動対策の焦点

アジア太平洋地域は、多くの点で注目に値する地域ですが、その 1 つが、いくつかの国で見られる目覚ましい経済成長です。この地域は極端な対照を持つ地域であり、世界でも最も豊かな国々と最も貧しい国々が共存しています。さらに、一部の国では高い人口増加率を誇り、世界で人口が最も多い国々を擁しています。高い経済成長と大規模で増加し続ける人口は、エネルギー需要の増加をも意味しています。人口構造の変化、特に新興の中間層の拡大と新たな食生活や生活スタイルの嗜好は、天然資源への圧力を高め、新たな家庭用家電製品や輸送ニーズを支えるためのエネルギー需要を増加させています。しかし、この地域は世界でも最もイノベーション能力の高い国々の一部を擁する地域でもあります。2024 年の WIPO グローバル・イノベーション・インデックスにおいて、シンガポール、韓国、中国、日本が順に上位 13 カ国にランクインしています (WIPO, 2024b)。

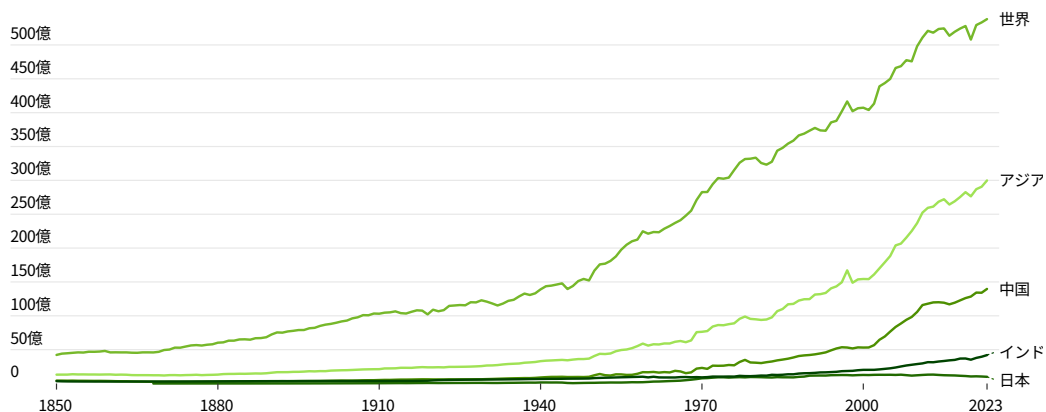
地域におけるトレンドおよびグリーン技術変革の潜在的な可能性が高い分野を反映し、本版では都市部の世帯、公共空間、交通、水道事業に焦点を当て、農村部では世帯とコミュニティ、漁業と養殖、農業 (農地内および収穫後)、サービス分野としてホテルとショッピングモールに焦点を当てます。本書の作成方法、採用技術などに関する詳細については、方法論の節をご覧ください。

化石燃料は、アジア太平洋地域のエネルギーと GHG 排出を巡る状況において依然として支配的な地位を占める

この地域は世界のエネルギーの約 46% を消費しています (Ritchie *et al.*, 2024b)。このうち、約 83% は依然として化石燃料に由来しており (Ritchie *et al.*, 2024b; Ritchie and Rosado, 2024b)、これにより、この地域は 2023 年の世界全体の GHG 排出量の約 53% を占めています (Ritchie *et al.*, 2024c)。図 1.1 は、アジア太平洋地域の GHG 排出量の推移を世界全体の排出量と比較し、同地域最大の経済大国である中国、インド、日本に特に注目しています。図 1.2 は、地域内の各経済部門が排出量にどのように寄与しているかを示しています。発電と暖房が主要な部分を占めており、製造業と建設業、工業、農業、輸送も主要な排出部門となっています。

図 1.1 世界、アジア、中国、インド、日本の GHG 排出量 (1850 年～2023 年)

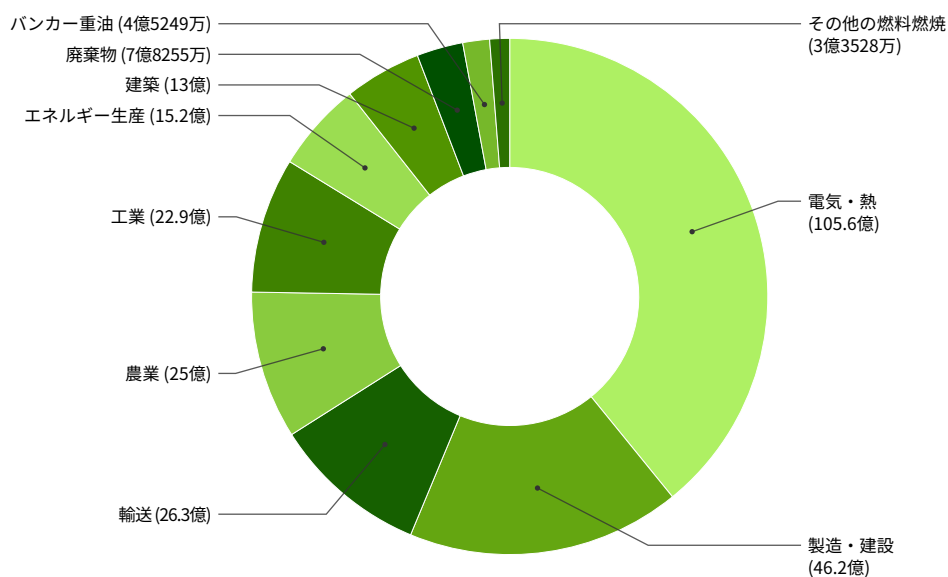
GHG の排出量には、土地利用の変化を含むすべての源からの二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素が含まれ、負の値となる場合もあります。100 年間のタイムスケールで、二酸化炭素換算値 (10 億トン) を測定しました。



出典 : Ritchie, Hannah, Pablo Rosado and Max Roser (2024). Greenhouse gas emissions. Our World in Data, Our World in Data

図 1.2 アジアにおける部門別 GHG 排出量 (2021 年)

二酸化炭素換算値 (10 億トン)



出典 : Ritchie, Hannah, Pablo Rosado and Max Roser (2024a). Breakdown of carbon dioxide, methane and nitrous oxide emissions by sector. Our World In Data.

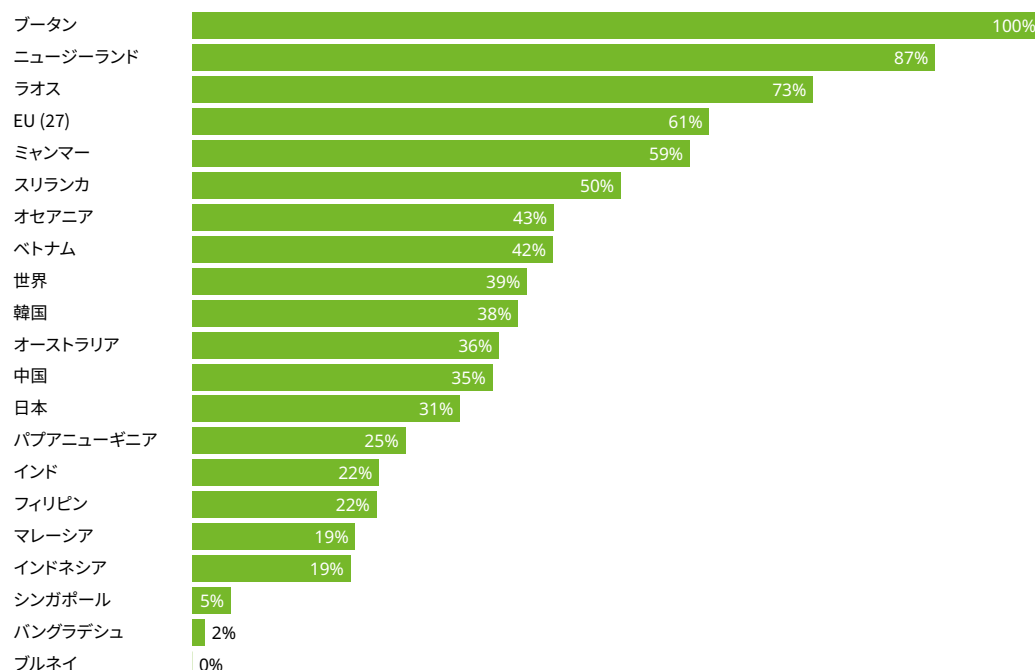
この地域は多様性が高いため、農村部の全国送電網への接続状況も大きく異なります。

送電網は、多くの実施されている低炭素ソリューションの実現に必要です。その理由は、単にこれらのソリューションが電力に依存しており、多くの場合、頻繁な充電を必要とするためです。

これは、環境への影響はそれらのソリューションに供給される電気の性質次第だということを意味します。この地域は、多くの国で豊富な水力発電の可能性を有しており、これが送電網の発電エネルギー構成の脱炭素化に貢献しています。他の再生可能エネルギー源、特に太陽光発電と風力発電への大規模な投資は、より環境に優しい送電網を目指す前向きな傾向をもたらしています。特に、中国における大規模かつ急速な太陽光発電投資が、この傾向を牽引しています。図 1.3 は、電力供給構成における低炭素エネルギー（再生可能エネルギーおよび原子力）の地域間の大きな多様性を示しています。低炭素エネルギーの割合がほとんどない国から、ブータン、ニュージーランド、ラオスのような大規模な水力発電資源を有する極端なケースまで多岐にわたっています。

図 1.3 アジア太平洋地域および欧州連合における低炭素の電力供給源の占める割合 (2022 年～ 2023 年)

低炭素電力は、原子力と再生可能エネルギー（太陽光、風力、水力、バイオマス・廃棄物、地熱、波力・潮力）から得られるものです。



出典 : Ritchie, Hannah and Pablo Rosado (2024a). Electricity mix. Our World In Data

気候変動の影響を受けやすい地域で利用可能な技術

この地域は気候変動の影響にきわめて脆弱です。その要因としては、以下の複数の要素が絡み合っています。回復力の乏しい複数の貧困国、大規模な人口、洪水やその他の極端な気象現象が全体に起こりやすい国々、そして気候変動による擾乱に対して脆弱な気候システム（例えば年間のモンスーンパターンなど）です。これは、気候変動への適応がきわめて重要であり、一部の国にとっ

て飛びぬけて最も重要な要因であることを示しています。この版の「グリーン・テクノロジー・ブック」は、気候変動の緩和と関連付けられることが多いエネルギー技術に焦点を当てています。ただし、「グリーン・テクノロジー・ブック」の気候変動の適応と緩和の版でも指摘されており、以下の章で繰り返し強調されているように、多くの解決策は、GHG の排出量を削減しつつ、脆弱性を軽減し回復力を強化する二重の利点を持ちます。

要するに、気候変動適応を支援します。

シャルム・エル・シェイク適応アジェンダは、COP27 で採択され、国家および地方レベルにおけるエネルギー計画に、エネルギーの生成、輸送、配電インフラに関する気候変動適応の視点を組み込むことを目標として設定しました。ここでは、拡張されたバッテリー貯蔵容量と送電・配電ネットワークを通じて、分散型エネルギーシステムの実現にしばしば焦点が当てられています。これらの目標はまた、新たな技術、設計、材料の採用を通じて、交通インフラが気候変動のリスクに回復力を持つようになる方法も考慮しています。これらの技術は具体的に示されておらず、この分野における世界的な基準が不足していますが、「グリーン・テクノロジー・ブック」気候変動の適応版では、数多くの適応ソリューションが紹介されています。

エネルギーレジリエンスを国家適応計画に組み込むことに関して、国際エネルギー機関 (IEA) は、各国が国家戦略や適応計画を有している場合でも、電力部門における気候変動に対するレジリエンス (耐性) の緊急の必要性が十分に考慮されていないことを指摘しています。このことは、IEA 加盟国 31 カ国のうち過半数が、電力システムの気候変動に対するレジリエンス (耐性) に関して限定的な情報しか持たないか、または情報を持っていないという事実から明らかです (IEA, 2020)。

エネルギーの利用と気候変動適応の間の関連性を理解することはきわめて重要ですが、この点はしばしば見落とされています。エネルギーサービス自体 (冷却、バックアップエネルギー、水供給など) は、干ばつ、気温上昇、自然災害を含む気候変動の影響に対応するために不可欠です (Malekpoor *et al.*, 2019)。信頼性が高く手頃な価格の現代的なエネルギーサービスが、気候変動の影響への適応を強化する上で果たす潜在的な役割は、政策や実践において広く認識されていません (Sharma, 2019)。再生可能エネルギーソリューションの普及拡大とエネルギー源の多様化は、気候変動の影響を受けている個人やコミュニティの耐性を強化します。再生可能エネルギーとエネルギー効率化を通じてエネルギーの利用を可能にする特定の技術 (例: ソーラーパネルやバイオガス消化装置) の展開と拡大は、脆弱な層に多岐にわたる利益をもたらす、気候変動の影響に対する耐性を強化します。

気候変動は短期的に無視することは可能ですが、大気中の CO₂ 濃度が増加し、世界の気温と海面水位が上昇するにつれ、その影響はますます深刻化していくでしょう。

農業と再生可能エネルギーの生産は、営農ソーラーシェアリングを活用することで、成功裏に共存可能です。営農ソーラーシェアリングと養殖ソーラーシェアリング (エネルギー生産と並行して農業または水産養殖を同時に行うことを可能にするエネルギー技術) を活用し、土地と水資源の利用を最大化することで、農村地域における緩和策と適応策の相乗効果を実現し、再生可能エ

エネルギーの供給と食料生産の両方を強化します。この二重の土地利用は、土地不足の問題に対する解決策を提供します。人口の増加と生産可能な土地の減少が進む中で、この解決策の重要性はますます高まっていくでしょう。

マイクログリッドは、気候変動により頻度と深刻さが悪化している山火事、暴風雨、洪水などの自然災害の影響を受ける人々にとって、ますます有用な存在となっています。従来のディーゼル発電機に依存するマイクログリッドは、GHG の排出の一因となり、コストも高くなります。地域規模の小さな再生可能エネルギー源は、気候変動の緩和を図りながら、より信頼性の高いサービスを提供できます。

エネルギー効率化対策は、しばしば有効に活用されていない機会です。COVID-19 パンデミック後の「より良い再建」を目指す取り組みは、パンデミック前の習慣や手続きに戻っていく中で、ますます「失われた機会」のように見えてきています。現在の (2025 年半ばの) 緊張した地政学的状況に加え、多くの国が防衛費の予算を大幅に増額せざるを得ない状況は、本来順調に進んでいた気候変動対策の進展を阻害し、遅延させるリスクがあります。しかし、気候変動は、他の優先事項に追われていても消え去ることはありません。そして、いかなる遅延もその影響をさらに悪化させるだけです。それがここで遅延を問題にしている理由です。気候変動は短期的に無視することは可能ですが、大気中の CO₂ 濃度が増加し、世界の気温と海面水位が上昇するにつれ、その影響はますます深刻化していくでしょう。

あらゆる方向への技術移転

革新の国家および国際的体制は、新たなソリューションを生み出す点で非常に効率的です。イノベーションは依然として、主に先進国や経済的に豊かな国々で発生しています。これは、イノベーションにはコストがかかるだけでなく、高度な専門知識や、効率的なイノベーションエコシステムを構築するために重要な他の要因も必要とするためです。この内容をより深く理解するため、[WIPO のグローバル・イノベーション・インデックス](#)をご覧ください、イノベーションエコシステムの評価に組み込まれている多くの要因をご確認ください。

しかし、イノベーションは、はるかに開発が遅れている国々や裕福でない国々でも進んでいます。必ずしも他のソリューションほど高度な技術でも先進的なものでもないかもしれませんが、特定の状況下ではまさに必要なものかもしれません。「グリーン・テクノロジー・ブック」制作チームは、このようなイノベーションを最前線に押し出すことを目標の 1 つとしています。南から南への技術移転は、多くのソリューションが現地の事情により容易に適応可能であるため、大きな潜在的可能性を持つと、私たちは信じています。イノベーションは、他所で生まれた解決策を現地の条件に適応させる能力にもかかっています。この要因はきわめて重要である可能性があります。技術適応能力は、しばしば見落とされたり、過小評価されたりしているようです。このような技術を見つけることは困難場合があります。なぜなら、しばしばこれらの技術は、高度に競争的な分野で台頭する先進国で開発される技術ほど目立たず、市場向きではなく競争力に欠ける場合が少なくないからです。私たちは、地域に根ざした解決策を発見するために最善を尽くしていますが、実際に存在しているものの気づいていない技術がまだ多くあることを理解しています。最後に、南から北への技術移転は、今後数年間でさらに増加する傾向にある点に留意すべきです。開発途上国発祥のものを含む、現在利用可能または急速に利用可能になりつつある解決策を示すことで、このプロセスの加速に貢献できると考えています。私たちは利用可能なすべての解決策を必要としており、それらを迅速に実施する必要があります。要するに、これが私たちが実現したいと考えていることです。

イノベーションを通じて気候変動を良いビジネスチャンスに変える

気候変動と闘うという政治的意志は弱まっているかもしれませんが、しかし、これらはイノベーションと技術開発の進展を妨げるものではありません。むしろ、これらの進展は、気候変動対策がますます良いビジネスとなるよう後押ししています。すでに太陽光と風力は化石燃料と競合するエネルギー源となっており、経済的に見ても再生可能エネルギーへの転換は当然の選択です。

急速なグリーン転換を最も確実に保証するのは、それが企業、農家、家庭にとっても良いビジネスとなるようにすることです。

ソリューションが最終的に利益になるのであれば、一時的な政府支援プログラムは必要ありません。その段階に達するためには、多様な形態の支援の取り組みが必要となるかもしれません。しかし、これは新しいことではなく、気候変動に限らず多くの新たなソリューションに当てはまることです。利益率が低い企業や農家が、単に排出量を削減するためだけにグリーン技術へ転換すると期待すべきではありません。たとえ彼らが変化を望んだとしても、それに伴うリスクを負担できない可能性があります。しかし、ソリューションが温室効果ガスの排出削減やレジリエンスの向上を実現しつつ、収益の増加も図るものである場合、気候変動対策の目標と経済的な考慮は同じ方向を向いていることになります。これが私たちが達成しなければならないものであり、これが私たちが求めているものです。「グリーン・テクノロジー・ブック」では、当然ながら、例として示すソリューションが経済的に有益であることは保証できません。これは、常に個々の状況に依存するからです。しかし、私たちはそこに存在し、利用可能なものを示すことができます。その後、それが経済的に実現可能かどうかは、読者の判断に委ねられます。そして、その可能性はますます高まっています。

アジア太平洋地域における気候変動対策資金と企業

包摂的なクリーンエネルギー成長のための気候資金の活用

気候変動金融とは、公的、民間、または代替的な資金源から調達された、地方、国家、または国際的な資金で、気候変動の緩和と適応の取り組みを支援するために使用されるものを指します。これは、UNFCCC の下にあるメカニズムを通じて、または二国間および多国間の機関を通じて動員可能です。気候変動対策基金は、アジア太平洋地域における再生可能エネルギーとエネルギー効率化プロジェクトの支援において、引き続き重要な役割を果たしています。

気候投資基金 (CIF) は、開発途上国における低炭素で気候変動に耐性がある開発を促進するための包括的な仕組みとして機能しています。2019 年現在、クリーン・テクノロジー基金 (CTF)、緑の気候基金 (GCF)、および地球環境ファシリティ (GEF) は、総投資額において最大の多国間気候変動基金であり、地域内の国々に多額の資金を提供しました (表 1.1 参照)。GCF はクリーンエネルギーとエネルギーアクセスに関する取り組みを支援しています。一方、GEF は気候変動適応と持続可能な開発により重点を置いています。GEF は最も広範な対象範囲を有し、2019 年 2 月時点で 168 の進行中のプロジェクトを抱えていました。一方、再生可能エネルギー拡大プログラム (SREP) のようなプログラムは、より少ない数の大規模なインフラ投資に焦点を当てています。2003 年から 2017 年の間、中国、インド、インドネシアの 3 カ国だけで、地域向けの気候変動

対策資金の 53% を受けており、これはこれらの国の経済規模とエネルギー市場の成熟度を反映しています (REN21, 2019)。

表 1.1 アジア太平洋地域におけるクリーンエネルギー関連気候変動金融の動向 (2019 年)

地域	国	承認された 資金調達額 (百万米ドル)	プロジェクト数	主な資金源
北東アジア	中国	222	24	GEF
	モンゴル	73	9	GCF
南アジア	バングラデシュ	79	5	SREP
	インド	1 077	34	CTF
	パキスタン	10	6	GEF
	スリランカ	6	2	GEF
東南アジア	インドネシア	538	22	CTF
	ミャンマー	14	4	GEF
	フィリピン	104	8	CTF
	タイ	125	9	CTF
	ベトナム	136	12	GCF
太平洋	フィジー	1	1	GEF
	トンガ	33	2	GCF
	その他	415	60	
地域対象		1 212	45	

出典：(ADB, 2022b) を基に一部改変

最近のデータは、COVID-19 後の世界的なエネルギー転換技術への投資の急増を示しています。2022 年、これらの技術への世界的な投資額は 1.3 兆米ドルに達し、2019 年のパンデミック前の水準からほぼ 70% 増加しました。アジアは、この資本の主要な投資先として浮上しており、東アジアと南アジアだけで、再生可能エネルギー技術への世界全体の投資の 4 分の 3 超を受けています。この傾向は、この地域がグローバルなクリーンエネルギー転換においてますます重要な役割を果たしていることを裏付けています (IRENA, 2023)。

アジア地域では他に、グローバル気候パートナーシップ基金など、クリーンエネルギーの推進を目的とした複数のグローバルプログラムが実施されています。これらの基金は、プロジェクトの準備を支援し、投資を動員する態勢が整っています。

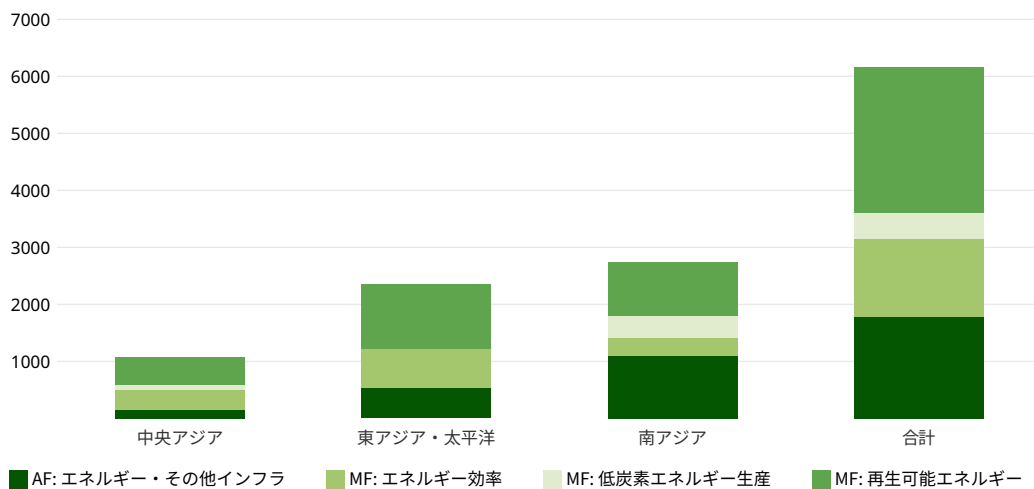
確立された存在であるものの、多くの基金は大規模なプロジェクトに焦点を当てており、取引コストの高さから、小規模で分散型の取り組みのために資金の供給ルートを構築する際に課題に直面しています。これは、特に太平洋地域と中央アジアの一部のようなエネルギー市場が比較的未発達な小規模経済にとって障壁となっています。このギャップを埋めるため、民間セクターを含む実行可能な小規模プロジェクトが資金調達基準を満たすのを支援する投資促進メカニズムの確

立が急務です。これらの資金の利用を拡大することで、地域におけるクリーンエネルギーの導入を大幅に加速させる可能性があります (REN21, 2019)。

国際開発金融機関がアジアのエネルギー金融分野における投資の促進とリスク軽減を推進している

国際開発金融機関 (MDB) は、アジアにおけるクリーンエネルギーの普及において重要な役割を果たしてきました。特に、再生可能エネルギーの導入初期段階においてその貢献は顕著です。当初、開発金融機関 (DFI) がこの地域への投資を主導し、能力開発、技術移転、実現可能性調査、技術協力を支援していました。大規模な太陽光発電と風力発電プロジェクトの資金調達可能性が高まるにつれ、2010 年以降、民間セクターの参画が著しく増加しました。これに伴い、MDB は、投資のリスク軽減と支援環境の強化を通じて、補完的な役割を果たし続けています。これは、この地域への MDB の気候変動対策資金の流れの規模と重点に反映されています。図 1.4 に示すように、2019 年だけで、当該地域は MDB 資金として 60 億米ドルを超える資金を受け入れ、そのうち 44% が南アジアに、38% が東アジアに配分されました。この資金の約 53% が再生可能エネルギーに、31% がエネルギー効率化施策に配分されました (ADB, 2022b)。

図 1.4 アジアにおけるエネルギー関連 MDB の気候変動金融 (2019 年、百万米ドル)



出典: ADB (2022b) を基に一部改変。Financing clean energy in developing Asia. 2, Manila: Asian Development Bank (ADB). <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/822906/financing-clean-energy-developing-asia-volume-2.pdf>

世界銀行とアジア開発銀行 (ADB) は、地域におけるクリーンエネルギー投資を支援する主要な MDB です。欧州復興開発銀行 (EBRD) も特に中央アジア地域で活発に活動しています。2016 年に設立されたアジアインフラ投資銀行 (AIIB) や新開発銀行 (NDB) などの新たな MDB は、クリーンエネルギーと持続可能な交通分野への貢献をますます拡大しています。2019 年末までに、NDB はクリーンエネルギー関連事業に 35 億米ドルを拠出することを約束しました (ADB, 2022b)。

2009 年から 2016 年にかけて、東南アジアは開発銀行からの投資で約 60 億米ドルを誘致しました。そのうち、融資が 73%、譲許的融資が 10%、株式投資が 3% を占めています。世界銀行、ADB、国際協力銀行 (JBIC) が最大の貢献者でした。水力発電は、特に南アジアと東南アジアで多くの MDB の重点分野です。一方、AIIB は、大規模な再生可能エネルギープロジェクトに重点を置いています (REN21, 2019)。

民間セクターは、アジア太平洋地域におけるクリーンエネルギー投資に有望な機会を提供している

民間資金は、個人や企業から調達され、多様な金融仲介機関を通じて投資に振り向けられます。2010 年以降、地域全体で大規模なクリーンエネルギープロジェクトの資金調達において、民間資金への移行が顕著に進行しています。東アジアと太平洋地域がこの傾向を先導し、年間約 1,000 億米ドルを動員している一方、南アジアはそのおよそ 10 分の 1 の金額を誘致しています。この投資の大部分は国内に留まっており、約 90% が太陽光発電と風力発電技術に充てられています。これは、これらの技術が技術的に成熟しており、融資可能性が高いことを反映しています (ADB, 2022b)。

初期段階では、ベンチャーキャピタルが再生可能エネルギー技術の進展に重要な役割を果たしました。2019 年に、ベンチャーキャピタルと未公開株投資会社は再生可能エネルギーに 30 億米ドルを投資し、そのうち 60% が太陽光発電に割り当てられました。インドが最大の受取国として浮上し、14 億米ドルを獲得しました (ADB, 2022b)。同様に、民間セクターと政府の両方に対して再生可能エネルギーとエネルギー効率化への投資を確保する 200 を超える投資家と金融機関から成る PFAN-Asia (民間資金調達支援ネットワーク) のようなネットワークは、設立以来、地域全体で 2 億米ドルを超える資金を調達してきました (REN21, 2019)。

しかし、太陽光発電と風力発電の技術が成熟し、現在再生可能エネルギー市場を支配するようになったため、資金調達の動向が変化し、多くの企業が研究開発を内部で進める傾向が強まっています。一方、淡水や沿岸近海浮体式太陽光発電など、新興のクリーンエネルギーソリューションは、依然としてベンチャーキャピタルや未公開株投資会社からの多額の支援を必要としています。海洋エネルギーや潮汐エネルギーを含む海洋技術は注目を浴びていますが、同様の課題に直面しています。同様に、グリーン水素の生産や海洋エネルギーなどのバイオ燃料の分野における進展は、予想を下回るものとなっています。その結果、これらの分野への投資は依然として限定的であり、次世代技術を大規模に展開するためのターゲットを絞ったベンチャーキャピタルとイノベーション重視の資金調達の必要性が浮き彫りになっています (ADB, 2022b)。さらに、地域におけるクリーンエネルギーの支援に、複数の代替的な資金調達手段が活用できる可能性があります (囲み記事 1.1)。グリーン水素は、しかし、中国や日本などにおいて、これまでも現在も強く推進されているエネルギー貯蔵技術です。基準が策定されており、これらは必要な主流化インフラの指針となる可能性があります。しかし、グリーン水素が他の急速に発展する選択肢、特に新しいバッテリー技術と並んでどのような位置付けとなるかは、まだ不明です (Xie *et al.*, 2022)。

民間銀行および金融機関も、開発途上国における企業への直接投資を通じて、主要な潜在的資金調達源となっています。ただし、新興の低炭素技術は、性能、サプライチェーン、収益性に関する不確実性により、資金調達における障壁がより高くなっています。その開発を支援するため、政府と開発金融機関はリスク共有の仕組み、譲許的融資、および保証を提供することができます (REN21, 2019)。

囲み記事 1.1 代替的かつ革新的な資金調達手段

財団から提供される共同出資資金が、特定の目的のために活用される新たな傾向が浮上しています。例えば、アメリカ合衆国に拠点を置く4つの財団 (William and Flora Hewlett Foundation、John D. and Catherine T. MacArthur Foundation、David and Lucile Packard Foundation、Jeremy and Hannelore Grantham Environmental Trust) は、インドにおける複数の取り組みを共同で支援してきました。これには、再生可能エネルギー部門におけるリスク軽減手段の開発を支援する US-India Catalytic Solar Finance Program が含まれます。この傾向は、今後10年間にわたってインドの再生可能エネルギー転換を支援する用意と能力を有する、世界中の機関投資家や民間資金の共同出資にも及んでいます。

(抜粋 (ADB, 2022b))

再生可能エネルギーは、アジア太平洋地域における気候変動対策資金の主要な部分を占める

2022年に、アジア太平洋地域における302の都市が CDP-ICLEI¹ Track を通じて報告し、16カ国にまたがる79の都市が201件の気候変動関連プロジェクトを公表しました。そのうち169件は資金調達を積極的に求めています。再生可能エネルギーが最も大きな部門で、プロジェクトの総額は46億米ドルに達し、未充足の資金需要はほぼ14億米ドルに上りました。建物/エネルギー効率(5億2,900万米ドル)と交通(1億4,600万米ドル)は、その他の主要な部門の1つでした (CDP, 2025a)。

2004年以降、アジア太平洋地域における再生可能エネルギーへの投資は34%のペースで増加していますが、その大半は中国とインドに集中しています (KPMG, 2025)。中国は東アジアおよび世界全体で再生可能エネルギー投資を先導しており、国内銀行と政府系金融機関による支援を背景に、太陽光発電が持続的に普及・拡大を遂げています。技術の進歩とコスト削減が成長の主要な要因となっています。南アジアと東南アジアでは、再生可能エネルギープロジェクトの多くが初期段階にあります。一方、東アジアではより先進的なプロジェクトが実施されています。南アジアでは、エネルギー利用を改善し、インフラコストを削減することを目的として、ミニグリッドや屋根設置型太陽光発電システムなどの小規模システムへの投資が急速に進んでいます。MDBは、エネルギーへのアクセス拡大とスマート計量のような技術の促進において重要な役割を果たしています。インド政府が支援するエネルギー効率サービス株式会社 (EESL) は、大規模調達プログラムを通じてエネルギー効率の高い照明機器と家電製品の普及を拡大してきました (Oksen, 2020)。一方、バングラデシュでは、再生可能エネルギー融資の最大の支援機関である IDCOL の支援を受けて、オフグリッド太陽光発電ソリューション (ソーラーホームシステムなど) の普及が進んでいます (Oksen, 2020)。これらのプロジェクトの多くは、開発銀行やその他の国際支援機関から資金提供を受ける地方銀行を通じて、低金利融資に依存しています (REN21, 2019)。

1 CDP-ICLEI Track は、都市、州、地域が、排出量、気候変動対策、リスクを含む環境データを、標準化されたプロセスを通じて開示できる統合型報告プラットフォームです。「CDP」と「イクレイ (ICLEI) ー持続可能な都市と地域をめざす自治体協議会」が共同で運営しており、気候変動報告の効率化を図り、地方自治体の気候変動対策における透明性と説明責任を強化することを目的としています。

東南アジアでは、太陽光発電と太陽熱利用が投資家の関心を集めていますが、地域内での投資パターンは、資源の可用性、人口動態、および国家の優先事項によって異なります。例えば、カンボジアやラオスのような水力発電資源が豊富な国では、国際資金は主に水力発電の開発を支援してきました。一方、インドネシアは太陽光発電や風力発電への投資を大幅に上回って地熱エネルギーに重点を置いています。

東南アジアでは、再生可能エネルギーの大規模プロジェクトの資金獲得が、関心の高まりにもかかわらず、依然として主要な課題となっています。障壁には、許可や所有権に関する制限、送電網の制約、および低所得国における未発達な金融機関が含まれます。一部の地方銀行や開発銀行は参画していますが、多くの国内銀行は専門知識や投資可能なプロジェクトが不足しているため、完全な参画が困難な状況です。金融機関の能力強化と銀行融資可能なプロジェクトの創出は、投資の拡大を実現するために不可欠です (REN21, 2019)。

全体として、都市は気候リスクの増加にもかかわらず、適応よりも緩和を優先しています。この章の導入部で説明したように、多くのエネルギー技術は緩和と適応の両方の特性を持っています。2018 年から 2019 年にかけて、特にエネルギー部門において緩和金融がアジア太平洋地域の気候変動関連資金の主要な部分を占め、総額 4,725 億米ドルに達し、全体の資金の流れの 91% を占めました (CDP, 2025b)。これは主に、中国とインドにおける太陽光発電 (PV)、風力発電、水力発電プロジェクトへの投資が要因となりました。表 1.2 は中国、インド、およびアジア太平洋地域のその他の開発途上国における技術構成を分析しています。低炭素交通の資金調達も急速に拡大しました。これは、企業や公共部門が鉄道や公共交通機関への投資を増加させたこと、および家庭における電気自動車の普及が進んだことが背景にあります。ただし、気候リスクが激化するにつれ、適応策の取り組みにはより強力な支援と資金調達が必要となるでしょう。気候変動資金フローの分析からは、先進国と開発途上国の間の資金格差も明らかになっており、障壁に対処し、気候変動資金の利用を拡大するためには、より強力な多国間協力の必要性が強調されています (CDP, 2025a)。歴史的な GHG 排出量に対する責任を認識し、先進国は 2025 年までに開発途上国に対し年間 1,000 億米ドルの気候変動対策資金を提供することを約束しています。ただし、気候変動に関連するコストが継続的に上昇する中で、約束は十分守られていません。推計によると、中国を除く開発途上国と新興市場は、2030 年までに外部気候変動資金需要を満たすために年間約 1 兆米ドルを必要とする見込みであり、公平で協調的なグローバルな資金調達努力がこれまで以上に重要となっています (WIPO, 2023)。

表 1.2 アジアにおける再生可能エネルギー投資 (2019 年、10 億米ドル)

技術	中国	インド	その他アジア・太平洋地域の開発途上国
太陽光	26	7	5
風力	55	2	9
小水力 / 地熱	1	0	0
バイオマス・廃棄物	2	0	0
バイオ燃料 / その他		0	1
合計	83	9	15

出典 : (ADB, 2022b)

太平洋島嶼国は、エネルギー転換のための技術と資金の両方を利用する上で課題に直面している

太平洋島嶼国にとっては、地理的な孤立、比較的小さな経済規模、高価な輸入燃料への依存といった要因から、エネルギー安全保障の確保が依然として重大な課題となっています。再生可能エネルギーは有望な代替手段を提供していますが、多くの島嶼地域はサイクロン、腐食性の海洋環境、および困難な物流に直面しており、インフラの展開はコストが高く、技術的に複雑です。

制約にもかかわらず、太平洋地域では小規模な再生可能エネルギーソリューションへの関心が高まっています。特に、オフグリッドやマイクロ / ミニグリッドの太陽光発電システムが注目されています (REN21, 2019)。複数の国が、2050 年までにネットゼロを達成し、100% 再生可能エネルギーへ転換することを約束しています。例えば、フィジー、ソロモン諸島、バヌアツは、2030 年までに 100% 再生可能エネルギーの実現を目指しています。全体として、太平洋地域の再生可能エネルギーの総容量は 2014 年から 2022 年の間に 30% 増加しました (WEF, 2024)。

ただし、太平洋地域におけるクリーンエネルギーへの転換において、資金調達は依然として最大の障害の 1 つとなっています。集中型のディーゼル発電システムから太陽光、風力、または水力発電所への移行には、多額の資本投資が必要となります。この投資は、地域内の多くの国が自ら賄うことはできません。さらに、太平洋地域における民間セクターの再生可能エネルギーへの投資は、非常に限定的です (ADB, 2021)。個人投資家は、高いリスク認識と、手頃な長期金融の選択肢の利用が限られているため、長期的な再生可能エネルギープロジェクトへの投資を躊躇することが多くなっています。

ADB は、地域における再生可能エネルギープロジェクトの主要な資金提供者であり、特に太平洋小島嶼国を対象とした一連の再生可能エネルギープロジェクトの資金調達を目的とした太平洋再生可能エネルギープログラム (PREP) を通じて支援を行っています。ADB はまた、太平洋地域におけるエネルギー効率化促進の長期的な取り組みを支援してきました。この取り組みは、地域全体でのエネルギー効率化投資を促進する役割を果たしてきました。エネルギー効率の向上は、燃料輸入コストの軽減にもつながり、既存の電力システムが需要をより低コストで満たすことを可能にし、その結果、発電容量の拡大に必要な投資を削減する可能性があります (ADB, 2021)。

国際的な気候変動資金協力と技術協力は、密接に連携して進められなければならない

COP28 において、各国は再生可能エネルギーの容量を 3 倍に増やし、エネルギー効率の向上を 2 倍にすることを約束しました。この目標は、エネルギー効率をグローバルおよび地域レベルのエネルギー政策の核心に据えるものです (UNFCCC, 2023)。アジアの多くの開発途上国にとって、これは、国際的な気候変動資金と効果的な技術協力に支えられて、エネルギー効率と再生可能エネルギーのソリューションを国家投資戦略に統合する緊急の必要性があることを示しています。いくつかのアジアの国々は、この点を自国の国が決定する貢献 (NDC) に反映させており、再生可能エネルギー (RE) とエネルギー効率化 (EE) の措置を優先しています。ただし、パリ協定と整合する移行シナリオに沿った取り組みのためには、特に 2025 年の NDC 更新を通じて、目標に向けた意欲の著しい向上、政策の明確化、および実施能力の強化が不可欠です。2025 年の NDC 更新は、各国が目標を引き上げるための重要な機会を提供しています (Tachev, 2025)。

この地域は、よりクリーンで持続可能なシステムへの飛躍的な移行を実現する絶好の機会を有しています。しかし、進歩はしばしば構造的な障害によって妨げられています。これには、クリーン技術の初期導入コストの高さ、手頃な資金の利用制限、および輸入技術への依存が含まれます (IEA, 2023d)。中国やインドのような一部の国が技術輸出国として台頭する一方、多くのアジアの経済は依然として低炭素技術において外国のイノベーションと輸入に大きく依存しています。

主要な課題は、金融資源と技術資源の世界的な不均衡にあります。ほとんどの金融資源は先進国が保有しているため、多くのアジア諸国は大きな変化を実現するために必要な大規模な投資を誘致することが困難です。さらに、ほとんどの気候変動技術は中国を注目すべき例外として先進国で開発され、輸出されています (Yu, 2023)。その結果、多くのアジア諸国は、最新のソリューションを利用するために、強固なパートナーシップと技術共有システムに依存しています。

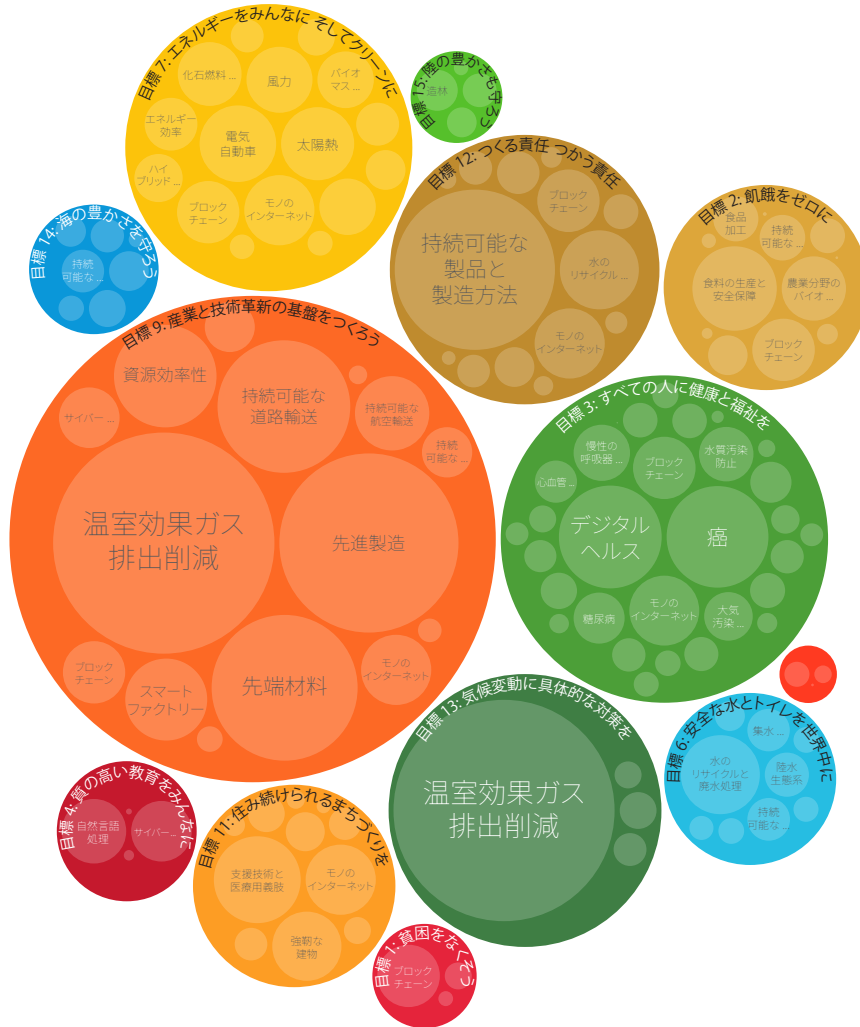
したがって、国際協力と地域協力の強化が不可欠です。より技術的に先進的なアジア諸国とその近隣諸国を含む、南南協力および三角協力の強化は、能力と利用可能性の格差を埋める上で重要な役割を果たすことができます。インドと EU のクリーンエネルギーと気候変動パートナーシップや、クリーンエネルギー大臣会合の下で中国、インド、インドネシア、日本などのアジア諸国が参加する地域プラットフォームは、知識の交換と協働イノベーションのための貴重な道筋を提供しています。

クリーンエネルギー技術におけるイノベーションと知的財産権の役割

持続可能な未来のためのイノベーション：アジアの持続可能な開発目標 (SDGs) へのコミットメント

世界中で SDGs に関連するイノベーションは着実な成長を遂げており、特に SDG7 (エネルギーをみんなに そしてクリーンに) と SDG13 (気候変動に具体的な対策を) は、他の多くの SDGs と比べて特に強い上昇傾向を示しています。これは、再生可能エネルギーの技術革新と温室効果ガス排出量の削減に向けた取り組みによって推進されています。このことはエネルギー効率の向上と二酸化炭素排出量の削減を目的とした、よりクリーンな代替手段への意識の高まりと消費者の嗜好を反映しています (図 1.5)。特許出願は、さまざまな業界における相対的なイノベーション活動水準の指標として有用です。特許出願のパターン分析によると、一部の技術は複数の SDGs に貢献しています。例えば、「温室効果ガス排出量の削減」は、SDG9 (産業と技術革新の基盤をつくろう) と SDG13 (気候変動に具体的な対策を) の両方に該当します。SDG13 は、温室効果ガスの排出削減を直接的な目的とした技術に焦点を当てているのに対し、SDG9 は、インフラの近代化や産業の改革を通じてエネルギー効率と持続可能性を向上させるような、より広範なイノベーションを含んでいます (WIPO, 2024d)。

図 1.5 SDGs 関連技術 (円の大きさは有効なパテントファミリーの数に比例)



注：円のサイズは、アクティブなパテントファミリーの件数に比例しています。目標 8、10、16、17 は、主な取組みが技術的な目標ではなく社会経済的な目標であるため、特許にマッピングされません。

出典：PatentSight 所収の特許データを基に WIPO が作成（2024 年 1 月）

アジア太平洋地域もこの傾向を反映して、クリーンエネルギーに関する特許出願活動が急増しており、これら 2 つの SDGs との強い一致を示しています。中国では、イノベーションの潮流を牽引する企業として、バッテリー分野の主要なイノベーター兼製造業者である CATL が挙げられます。同社は、中国の上位 25 社の特許出願企業の中で、SDGs 関連特許の保有シェアで第 2 位を占めており、クリーンエネルギーの普及に不可欠な蓄電技術の推進における活発なイノベーションを浮き彫りにしています。日本も SDGs の達成に向けた特許出願において、特に主要な企業イノベーターが顕著な貢献を示しています。トヨタ自動車は、SDGs 関連特許の出願件数において一貫した増加傾向を示し、2013 年にパナソニックを抜いて国内で最も多くの特許を出願する企業となりました。これらの特許動向は、日本の産業が低排出型モビリティ、水素技術、およびエネルギー効率の高い製造に戦略的な焦点を当てていることを示しています (WIPO, 2024d)。

韓国では、同国最大の特許保有企業であるサムスンが SDGs 関連特許の広範なポートフォリオを維持しており、その総特許数の約 25% を占めています。ただし、この割合は、同社の特許活動が複数の部門で拡大する中で、安定を保っています。他の韓国企業、具体的には現代自動車、

LG 化学、LG 電子、起亜自動車などはいずれも、特に電気自動車、バッテリー貯蔵、省エネルギー電子機器などに関連する分野で、多様なながらもおおむね前向きな成長傾向を示しています。全体として、韓国は状況はより多様性豊かで、企業規模、SDGs 関連特許の保有割合、成長軌道の組み合わせが、きわめてポジティブからきわめてネガティブまで幅広く分布しています。この多様性は、韓国における市場統合から生じている可能性が高く、同国では、少数の大手企業が特許の大部分を保有しています (WIPO, 2024d)。

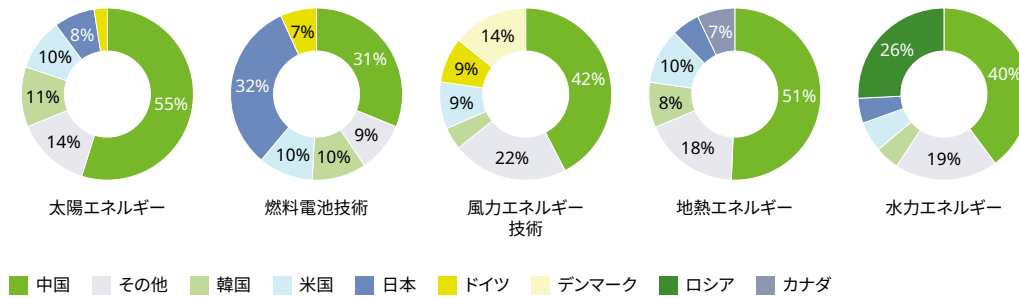
エネルギー関連の特許動向は、必ずしも市場需要を直接反映したり、技術の商業的成功を予測したりするものではありません。しかし、これらを分析することは、技術的進歩、業界の動向、および地域的なイノベーションの拠点に関する貴重な洞察を提供します。気候変動技術と知的財産制度に関するイノベーションエコシステムに関するさらなる議論については、「グリーン・テクノロジー・ブック」気候変動の適応版の第 2 章、ならびに WIPO 特許ランドスケープレポート (Patent Landscape Report) および WIPO グローバル・イノベーション・インデックス (GII) を参照してください。知的財産権に関する詳細は、囲み記事 1.2 で詳しく説明されています。

アジア太平洋地域における再生可能エネルギー (RE) ブーム

技術の進歩は、アジア太平洋地域におけるクリーンエネルギーの普及を加速する上で重要な役割を果たしています。エネルギー貯蔵、送電網の近代化、および RE 発電技術におけるイノベーションは、クリーンエネルギーシステムの効率、信頼性、および拡張性を著しく向上させています。ソーラーパネル、風力タービン、およびエネルギー貯蔵技術のコスト低下により、RE はよりアクセスしやすく経済的に魅力的となり、公共部門と民間セクターの両方から大規模な投資を促しています。2024 年までに、アジア太平洋地域における実用規模の太陽光発電 (PV) システムは、世界中で最もコスト競争力のあるものとなり、RE 発電は石炭発電に比べて約 13% 安価であることが示されました。アジア太平洋地域は、中国を牽引役として、太陽光発電と陸上風力発電の分野で世界トップを走る一方で、洋上風力発電、浮体式太陽光発電、グリーン水素など、代替クリーンエネルギー技術の導入を加速し、さらなるイノベーションを推進する見込みです (imarc, 2024)。

この勢いは、地域のイノベーションの動向と特許活動にも反映されています。2007 年から 2022 年までの間、太陽光、風力、燃料電池、水力、地熱を含むクリーンエネルギー技術に関する世界の特許出願件数は、年間約 2 万 9,400 件から 4 万 4,700 件に増加しました。アジア太平洋地域の国々、特に中国と日本は、この分野で世界的なリーダーとして台頭しています。図 1.6 に示すように、中国は 5 つの技術のうち 4 つにおいて世界全体の特許出願件数の最も高い割合を占めており、特に太陽光発電では 54.9%、水力発電では 39.9% と圧倒的なシェアを占めています。一方、日本は燃料電池のイノベーションにおいて世界トップを走り、関連特許の 32.1% を占めています。2020 年から 2022 年にかけて、太陽光発電は全世界のエネルギー関連特許出願の過半数 (54.4%) を占め、次いで風力 (19.4%)、燃料電池 (13.2%)、水力 (11.4%)、地熱 (1.5%) が続きました。ここで注目すべきイノベーションの傾向には、よりコスト効率の良い設置と製造を可能にする技術への焦点、および窓、ウェアラブルデバイス、その他の物体に太陽光を統合する新たなタイプの有機 PV セルの設計が含まれます (欧州特許庁, 2021)。これらの動向は、アジア太平洋地域がクリーンエネルギーイノベーションの拠点としての役割を強化していることを浮き彫りにしており、この地域はより持続可能で低炭素な未来への世界的な移行を形作る強い潜在力を有しています (WIPO, 2024e)。

図 1.6 2020 年から 2022 年までのエネルギー関連技術における特許出願の割合 (主要出願国別)



出典: (WIPO, 2024e)

囲み記事 1.2 知的財産権

知的財産権 (IPR) はイノベーションの核心です。国際協定が、発明者の権利をほぼ全世界で保護する IPR システムの基盤を築いてきました。多地域にわたる保護は、国境を越えた技術移転と技術マーケティングにおいてきわめて重要です。また、これは導入部で簡潔に説明したように、イノベーションエコシステムにおける基盤的な要素でもあります。WIPO は、国連の専門機関として、このシステムが機能し、発展を続けることを確保し、最終的に世界の発展の利益に資することを使命としています。技術に関しては、特許取得が IPR の保護の主要な手段です。このシステムは、各国または地域当局がそれぞれの管轄区域に対して付与する権利に基づいており、世界的な特許というものは存在しません。特許協力条約 (PCT) は、特許の一元的な付与については規定していませんが、複数の国での特許取得手続きを簡素化し、費用対効果を向上させています。

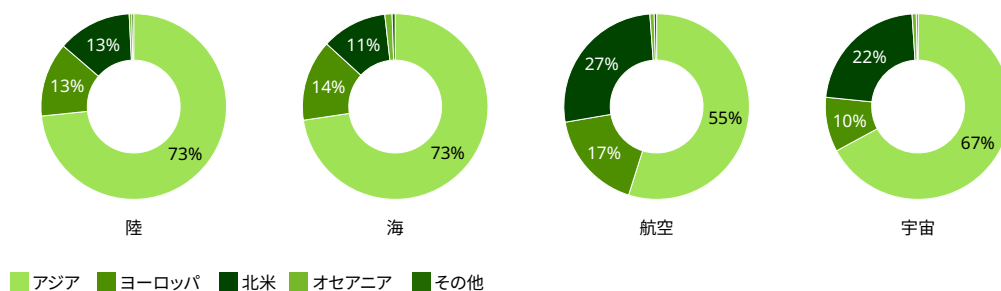
特許は、発明者に、特定の地域において特定の期間 (通常は出願日から 20 年間) にわたり、その発明の使用を許可または禁止する権利を付与します。その代わり、発明者は、発明に関する詳細な情報を公開し、発明が権利消滅状態に入った際に、誰でもその発明を理解し、製造し、さらに開発できるようにする必要があります。特許で保護されている技術は、当然ながら、特許権者の許諾を受けた場合を除き、その特許が有効な国では商業的に利用することはできません。ただし、特許が認められていない国では、そのような使用を特許権者が阻止することはできません。この IPR システムの重要な特徴は、詳細な技術情報を大量に蓄積した巨大なデータベースを創出しました。これらの情報は、複数の大規模な特許データベースを通じて一般に公開されています。例えば、WIPO の PATENTSCOPE データベースには、1 億 2,000 万件を超える特許文献が収録されています。ニーズとグリーン技術の WIPO GREEN データベースには、小規模に選び出したグリーン技術特許 (13 万 5,000 件超) が含まれています。特許には発明の記載が含まれていますが、特許文献からその発明が市場で入手可能かどうか、または実際にソリューションとして開発されたかどうかはわかりません。WIPO GREEN は、このため、特定の特許文献に基づいて利用可能なソリューションを検索する AI を活用した特別な検索機能「Patent2Solution」を創設しました。WIPO GREEN データベースの特許明細書から起動できます。特許は、トレンドや地理的分布の分析をはじめ、多くの分析に役立ちます。これはある程度までイノベーションの指標であり、数多くの特許に関する研究が定期的に発表されており、例えば、WIPO 特許ランドスケープレポート、グローバル・イノベーション・インデックス、世界知的財産指標、および技術動向報告書などが挙げられます。これらの分析は、通常、パテントファミリーを基盤としています。パテントファミリーとは、異なる地域で同じ発明を網羅する特許のグループであり、同じ「元の」出願を共有するものです。

世界の輸送部門は、電気自動車 (EV) の急速な普及、持続可能な燃料、およびスマートモビリティソリューションの進展により、根本的な変革を経験しています。EV の普及が進み、バイオディーゼル、持続可能な航空燃料、およびグリーン水素などの代替燃料が普及し始めるにつれ、化石燃料への依存度が徐々に低下し始めています (Shan, 2025)。

イノベーションは、この移行において中心的な役割を果たしています。2000 年から 2019 年までの期間において、低炭素エネルギー (LCE) 技術に関する国際特許ファミリー (IPF) の 40% 超を、世界的な輸送部門が占めています。燃料電池や充電インフラを含む EV 関連特許は急増し、2011 年までに他のすべての道路交通技術を上回りました。さらに、輸送分野におけるエネルギー効率の向上を目的とした技術は、最終用途技術特許のほぼ 3 分の 1 を占めており、同分野が持続可能性へのより広範な取り組みを推進していることを示しています (EPO and IEA, 2021)。

アジアは、輸送イノベーションの分野で主導的な地域として台頭してきました。主要な輸送手段 (陸上、海上、航空、鉄道) のすべてにおいて、アジアは特許出願活動で世界をリードしており、中国、日本、韓国が世界トップ 5 の国にランクインしています (図 1.7)。2018 年以降、中国はこの分野におけるイノベーションの主要な牽引役として台頭してきました。年間の特許出願件数は 3 万 8,900 件から 2023 年には 7 万 6,000 件へとほぼ倍増し、年間 14.3% の堅調な成長率を示しています。これは、同国が次世代輸送技術への戦略的投資を行っていることを明確に示しています (WIPO, 2025)。中国の陸上輸送技術における急速な発展にもかかわらず、日本は主要な特許保有国として依然として主導的な地位を維持しています。トヨタ、デンソー、ホンダ、パナソニック、日産、日立を含むトップ 10 の特許保有企業のうち 6 社が日本企業です。トヨタは圧倒的な差をつけて首位を走っており、2000 年から 2023 年までの特許ファミリー公開件数は 3 万 7,000 を超え、2 位のデンソーの 2 倍を超えます (WIPO, 2025a)。

図 1.7 さまざまな輸送方式における特許ファミリーの地域別内訳



出典 : (WIPO, 2025a)

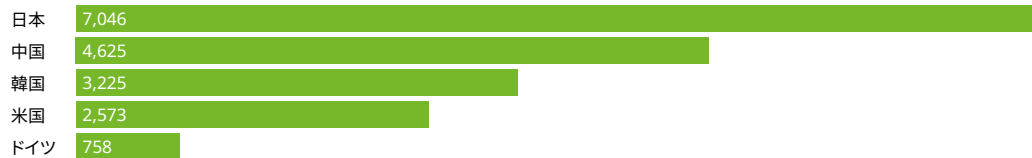
特許データはイノベーションの規模を明らかにしますが、市場動向はより広い状況を提供します。世界の輸送市場は、数兆ドル規模の産業であり、アジア太平洋地域が最大のシェアを占め、最も急速に成長している地域です。この成長は、特に中国とインドにおける、急速な都市化、人口増加、および大規模なインフラ投資に後押しされています。さらに、この部門は、電子商取引の台頭、自動化と自律走行車の技術進歩、および持続可能性と効率性を目的とした規制枠組みの変革により、再編が進んでいます (WIPO, 2025a)。

この広範な変革における重要なサブセクターの1つがスマート交通です。これは、先進技術を統合することで、移動の効率性、安全性、持続可能性を向上させることを目的としています。2024年に334億米ドルと評価された世界のスマート輸送市場は、2029年までに464億米ドルに達すると予測されており、年平均成長率(CAGR) 6.8%で成長すると見込まれています。現在、全体的な輸送業界の0.5%に過ぎませんが、その役割は急速に拡大しています。アジア太平洋地域は、交通需要の増加、温室効果ガス排出量の削減に向けた政府の取り組み、およびメガシティの台頭により、最も急速な成長を遂げると予測されています。この成長を後押しする主要な要因には、モノのインターネット(IoT)や人工知能(AI)などの技術が含まれます。これらの技術は、自動運転車両、インテリジェントな交通管理システム、統合型モビリティプラットフォームの進展に役割を果たしています。最近の動向は、スマートインフラの構築における世界的な協業の拡大と、これらの技術を現実の交通システムに統合する取り組みが加速していることを示しています(WIPO, 2025a)。

持続可能な推進システムは、交通部門が直面する気候変動、大気質、エネルギー安全保障の課題に対応するための核心的な要素です。中国と日本は、持続可能な推進技術分野における世界的な特許出願活動において主導的な地位を占めており、特にバッテリー技術と電気駆動技術において、強固な国家戦略、産業基盤、およびR&Dエコシステムを背景に、その優位性を発揮しています。2000年から2023年までの電気推進分野における特許ファミリー公開件数で、中国が4万4,000件を超え首位を保持しており、日本が3万1,000件を超えています。

企業の間では、トヨタ自動車がバッテリー、電気推進、水素/燃料電池に関する特許ファミリー公開件数でトップを走っており、2000年以降に2万6,000件を超える特許ファミリーを公開しています。一方、中国はデバイス間通信、ナビゲーション、クラウド技術において技術リーダーの地位を占めています。固体電池に関する特許出願活動は、過去10年間で急増しています。これは、学术界と業界横断的な産業界における研究開発の活発化が背景にあり、特に中国、日本、韓国で顕著です。2000年から2023年までに公開された固体電池に関する特許出願件数は7,000件を超え、そのうち日本の発明者が占める割合はほぼ40%に上っています(図1.8)。

図 1.8 固体電池に関する特許ファミリー公開情報 (2000 年～ 2023 年)



出典 : (WIPO, 2025b)

一方、アジアの発明家たちは、バッテリー駆動に適さない分野での二酸化炭素排出量を削減することで電気を補完できる代替の持続可能な燃料(バイオ燃料、合成燃料、液化天然ガス(LNG)など)の活用を積極的に探求しています(WIPO, 2025b)。

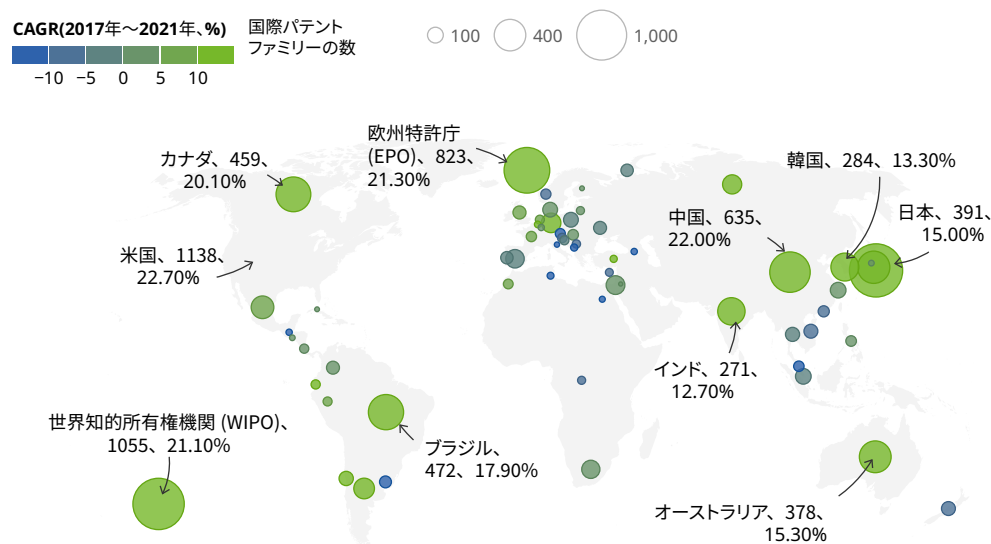
精密農業における予測技術と自律技術が急速に進展

農業食品部門における特許では、過去20年間に提出された公開された特許ファミリー(発明)が350万件を超えています。アジアは農業イノベーションにおけるリーダーシップをさらに強化しています。興味深いことに、エネルギー技術に関して、アグリテックサブドメイン(フードテッ

クと並ぶ農業食品の2つのサブドメインの1つ)における最近の特許の増加は、自動化とIoTベースのソリューションへの関心の高まりに後押しされています。イノベーションの最も活発な分野には、接続性、センサ、スマート農業システム、精密農業、およびマッピング (図化) / 画像処理が含まれます。日本は、アメリカ合衆国に次ぐ世界第2位の発明国として、ロボット工学やドローン、経営管理や農場全体管理のソフトウェア、家畜管理やカーボンファームなど、複数のIoT関連技術において主要な発明拠点となっています。これにより、農業のデジタル変革における重要な役割を果たしていることが示されています。特許出願データはこの動向を反映しており、中国がアジアで首位を走り、国際的なアグリテック特許出願件数で13万7,000件を記録しています。次いで日本(10万7,709件)、韓国(6万4,099件)、インド(5万3,766件)が続いています。これらは主に農業機械メーカー、農業メーカー、およびソニー、LG、サムスンなどのテクノロジー大手企業によって牽引されています(WIPO, 2024a)。

WIPOが特定したアグリテック分野の主要な4つの研究重点分野の1つが精密農業であり、これにはロボット / 自律型農業車両の進展やAIとソフトウェアを活用した自動化が含まれます。精密農業分野の予測モデルにおける1,500件のIPFのデータ分析結果によると、直近の年間成長率が27.1%と著しい増加を示しており、この分野における世界的な関心の高まりが浮き彫りになっています。図1.9は、アジアがこの傾向の主要な貢献地域であることを示しており、中国が635件の国際出願で首位を占め、次いで日本(391件)と韓国(284件)が続いています。オーストラリアは地域でも378件の出願件数で際立っています。これらのイノベーションは、アジアが持続可能でデータ駆動型の農業への取り組みを強化していることを反映しています。ブータン、インド、ベトナムなどの国は、農業の近代化と多様な農業生態系地域における生産性向上を目的として、デジタル技術とスマート農業システムを積極的に推進しています。具体的には、AIを活用した助言アプリや二酸化炭素排出量追跡システムから、気象警報プラットフォームやデジタル追跡可能性システムまで、幅広い技術を導入しています(WIPO, 2024a)。

図 1.9 精密農業分野の予測モデルにおける主要な特許提出機関



出典: WIPO (2024a)

精密農業における自律型デバイス分野において、アジアは主要なプレイヤーであり、土壌管理、作物の収穫、食品加工などにおいてこれらの技術の活用が急速に拡大しています。これにより、部門全体の効率性と生産性の向上が図られています。中国が1,379件の国際特許出願件数で首位

を占め、次いで日本と韓国が続いています。地域別に見ると、アジアにおける R&D の成果は顕著で、自律型農業技術に特化した IPF が 1,177 件存在しています。予測モデルと自律型デバイスにおける強い勢いは、アジアが農業の自動化とスマート農業に戦略的な投資を行っていることを示しており、同地域を未来対応型の農業食品システムの中核地域として位置付けています (WIPO, 2024a)。

2. アジア太平洋地域に おけるグリーン都市 エネルギーソリューション



都市部の家庭における低炭素エネルギーソリューション

アジア太平洋地域には、全体的な都市化と人口増加の結果、急速に成長する都市が数多く存在します。このことが、生活水準の向上と相まって、家庭用エネルギー技術の需要が高まっています。太陽光発電システムやスマートグリッドから、エネルギー効率の高い家電製品や需要応答技術に至るまで、アジア太平洋地域の都市は、エネルギー問題と持続可能性の目標の両方に対処するための革新的なアプローチを採用しています。これらの技術は、都市生活の未来を形作り、地域全体の持続可能な開発を進める上で重要な役割を果たしています。

本章では、エネルギー効率の向上、コストおよび環境への影響の最小化に重点を置いて、都市部の家庭で実施されている多様なエネルギーソリューションについて考察します。エネルギーは、暖房、冷房、照明、調理、その他の日常的なニーズに欠かすことができません。消費者の意識の高まりが、低炭素技術に関する競争の激しい市場を後押ししており、消費者が現実に影響をもたらすよう導く政策や基準がそれを支えています。

本章では、電気を利用できる世帯に焦点を当てていますが、アジアの都市部には、信頼性が高く手頃な電気、衛生設備、水を十分に利用できない約7億人のスラム街の住民がいることに留意する必要があります (Rowe, 2022)。これらの世帯の多くは、調理や照明に薪や灯油などの危険で効率の悪いエネルギー源に依存しており、それが健康や環境上のリスクとなっています。第3章 (グリーン農村エネルギーソリューション) では、クリーンな調理用コンロ、ソーラーランタン、バイオガス、分散型再生可能エネルギーなど、こうした課題に対処するための技術的ソリューションについて議論します。

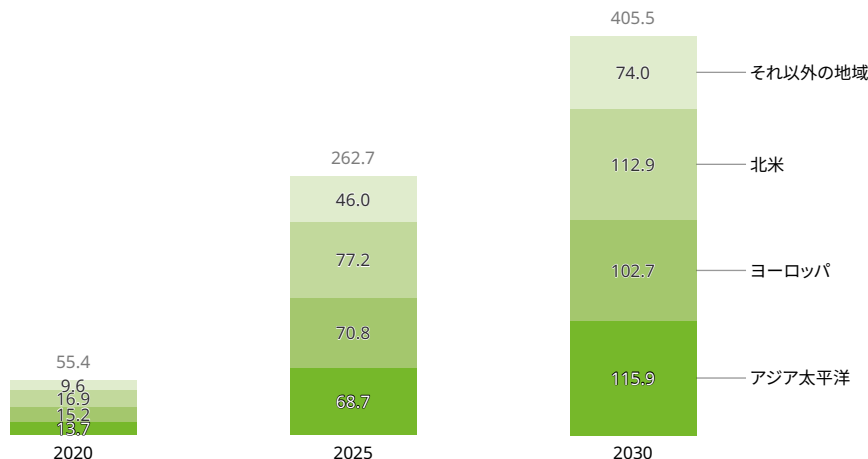
技術開発とトレンド

アジアの都市は、ホームオートメーション・システムの最前線である

ホームオートメーション・システムとは、照明、暖房、冷房、換気 (HVAC) などの相互接続されたデバイスや家電製品を、インターネット経由でスマートフォンやタブレットなどから遠隔操作および監視できる住宅のシステムを指します。これにより、性能の向上やエネルギーの節約を実現します。

都市化の進展、技術イノベーション、消費者の意識の高まりを背景に、アジア太平洋地域のホームオートメーション・システムは急速に進化しています。この地域は、2030年までに世界のスマートホーム市場をリードし、世界市場におけるシェアの25%超を占めると予測されています (図2.1)。この成長は、オーストラリア、中国、日本におけるスマートデバイスの普及と革新的技術開発によって促進されており、韓国、シンガポールなどの他の主要経済国もまた、重要な役割を果たしています。この地域の各国政府は、財政的および非財政的なインセンティブを通じて、スマートホーム技術の採用を積極的に推進しています。これには、スマートエネルギー機器に対する補助金、スマート家電に対する税制優遇措置、新築住宅におけるエネルギー効率基準の促進に関する規制などが含まれます。例えば、シンガポールでは、スマート・ネーション・イニシアチブのような政府の支援プログラムが、公共住宅にスマート技術を統合するための助成金やパイロットプロジェクトを提供しています (Smart Nation Singapore, 2025)。一方、中国では、5Gおよびモノのインターネット (IoT) インフラに対する政府の投資と支援により、家庭レベルでのスマートホームの導入が広く進んでいます (Narcotta, 2024)。

図 2.1 地域別世界のスマートホーム市場 (10 億米ドル)



出典 : ATKearney (2016) を基に一部改変。The Battle for the Smart Home: Open to All.
<https://iotnews.asia/wp-content/uploads/2017/01/The-Battle-for-the-Smart-Home-Open-to-All.pdf>.

Amazon Alexa、Google アシスタント、そして Apple Siri といった製品の人気は、スマートホーム企業をさらに後押しし、最新の AI 技術を活用した音声対応スマートデバイスの展開を加速させています。中間層の拡大と可処分所得の増加に伴い、この地域の技術に精通した消費者は、アプリを通じたスマートホーム機器の制御をますます採用するようになっていきます。住宅所有者は現在、スマートフォンや音声コマンドを使用して、照明の制御、不在時の暖房の停止、またはオフピーク時間帯の食器洗い機の起動を行うことができ、これにより大幅なエネルギー節約になる可能性があります。IoT 対応ソリューションを導入した住宅では、36% ものエネルギー削減が可能です (Context, 2023)。

しかし、初期費用の高さ、セキュリティ上の懸念、堅固なデータ接続の必要性、消費者にとっての値頃感といった課題は、この地域、特に南アジアおよび東南アジアの開発途上国において、スマートホームの普及を阻む主な障壁として残っています。人口のより幅広い層を取り込むため、企業は手頃な価格のスマートホームキットや柔軟な支払いモデルを新たに開発しており、その販売は著しい増加を見せています (Context, 2023)。再生可能エネルギーと分散型システムが都市部で拡大する中、太陽光パネルとミニグリッドをスマートホームシステムに統合することもできるようになっています。これにより、需要応答システムや家庭用エネルギー管理システムを通じて、エネルギー効率と持続可能性が大幅に向上します。

アジアの都市部の家庭では、冷房が大きなエネルギー消費源となっている

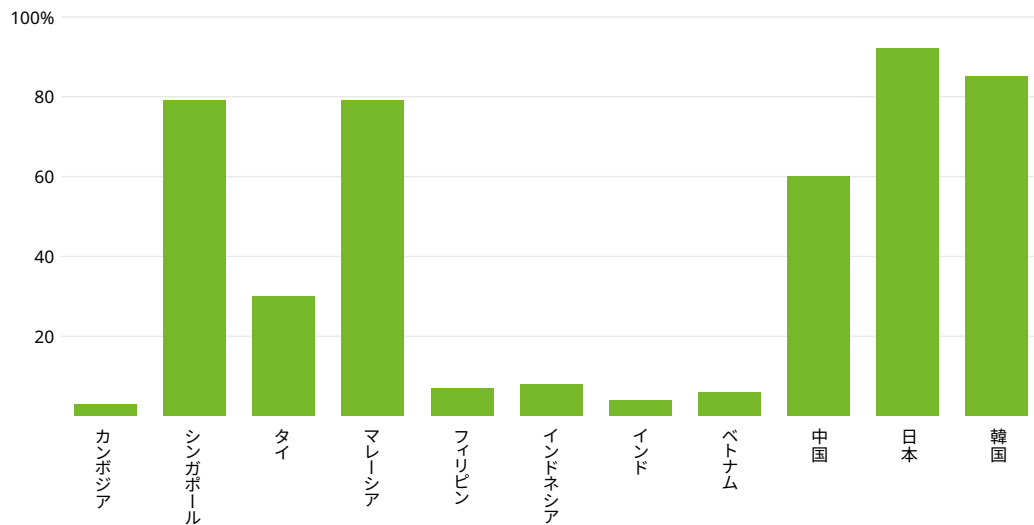
アジアでは、家庭の電力需要に占める冷房の割合が拡大しており、より強力な対策を講じなければ、ピーク時の冷房需要が電力システムに大きな負担をかけるおそれがあります (IEA, 2019)。東南アジアの発電量の 83% は化石燃料に依存しているため、冷却の増加は温室効果ガス (GHG) 排出量の増加につながります。

この地域全体では、空調が最も普及している冷却技術です。エアコン (AC) から発生する熱は、ヒートアイランド現象の一因となり、さらに冷房システムの需要を増加させます。オーストラリアとニュージーランドでは、気候帯によっては、エネルギー消費の 20% から 50% が冷房に費やされています (IEA, 2019)。その一方で、東南アジアでは需要が急増しています。今後 20 年間で、推定 3 億台の新しいエアコンが設置され、2040 年には冷房による電力需要が 300 TWh に増加する

と予測されています。これは、インドの現在の年間家庭用エネルギー使用量を上回る数字です (IEA, 2022c)。

ただし、東南アジアにおけるエアコンの保有率には大きな差があります。2017 年時点で、ブルネイ、マレーシア、シンガポールの 80% 超の世帯がエアコンを所有していたのに対して、カンボジア、インドネシア、ベトナムでは所有率は 10% 未満でした (図 2.2)。しかし、所得の増加に伴い、2040 年までにエアコンの需要は 60% まで増加するとともに、地域内の世帯あたり平均でほぼ 2 台のエアコンが設置される見込みです (Cava, 2023)。

図 2.2 2017 年のエアコン利用世帯の割合



出典：(IEA, 2022c) を基に一部改変。Roadmap towards sustainable and energy-efficient space cooling in ASEAN.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/734a5f85-db0a-4d27-a457-3b04adc3af00/RoadmapTowardsSustainableandEnergy-EfficientSpaceCoolinginASEAN.pdf>

したがって、エネルギーを節約するためには効率的な冷却が必要です。そのような技術の 1 つが、冷暖房の需要に合わせてコンプレッサーの速度を調整し、より着実な温度制御を実現する先進的なインバータです。これにより、非インバータ機と比較して消費電力を 30% から 50% 削減することが可能になります (Raiz, 2024)。住宅用インバータエアコン市場は、日本で急激に成長しています。

シンプルなサーモスタットが、家庭の温度をモニターして冷暖房を調整することができます。しかし、スマートサーモスタットなどの技術の進歩は、単に温度調節面だけのものではありません。AI 駆動の自動化とセンサの助けを借りて、ユーザーの好みを予測し、時間帯、利用状況、さらには天気予報にも基づいて冷暖房の設定を自動的に調整し、エネルギーを節約することができます。これはしばしば、スマートフォンアプリによる簡単な操作を可能にする無線通信能力や IoT 技術によって実現されます。サーモスタット技術の詳細については、「グリーン・テクノロジー・ブック」のエネルギー版をご覧ください。

アジアにおける手頃な価格の低エネルギーな冷却の代替手段としては、家庭用扇風機があります。扇風機は、最大でもエアコンの 10 分の 1 の電力しか使用しません (IEA, 2022c)。扇風機はエアコンのように室温を下げることはありませんが、適切に設計されたエネルギー効率の高い建物では、かなり快適に過ごすことが可能です。インドネシアでは、78% から 91% の世帯がスタンド

式扇風機を所有していますが、インドでは 90% 超の世帯が換気のために天井扇風機に依存しています (Surahman *et al.*, 2022)。

さらに、蓄熱とヒートポンプの統合、および効率的なエネルギー管理・運用により、エネルギーの節約に貢献することができます。

蓄熱とヒートポンプ：エネルギー消費を削減するための鍵

住宅に太陽光発電 (PV) などの再生可能エネルギー源を用いた蓄熱システムを導入することで、再生可能エネルギーの生成量が多い時間帯に余剰エネルギーを蓄え、冷暖房の需要を効果的に管理することができます。このシステムは、ヒートポンプや電気ヒーター / クーラーなどの機器に電力を供給し、それらの機器が電気を蓄熱エネルギー (熱または冷気) に変換します。この蓄熱エネルギーは、通常は水、氷、または特殊な相変化材料 (PCM) などの物質に蓄えられ、物理状態の変化によって熱エネルギーを蓄えたり放出したりします。この蓄えられたエネルギーは、必要に応じて建物の冷暖房に使用され、送電網への依存度を減らし、全体的なエネルギー効率を向上させます。ある研究によると、オーストラリアのブリスベンでは、住宅に蓄熱機能を備えた空間冷却システムと太陽光発電システム、家庭用ヒートポンプを組み合わせたシステムを導入した結果、夏の電力需要が 79% 削減されました (Yuanyuan *et al.*, 2020)。

ヒートポンプは、アジアにおける数多くのエネルギー効率の高い選択肢の中で、新たな技術として注目されています。その仕組みはエアコンと技術的に類似しており、多くの場合同じユニットに組み込まれています。熱を発生させるのではなく、熱を伝達するため、ボイラーや電気ヒーターよりもエネルギー効率に優れています。

さらに、新しいタイプの冷媒が、従来の冷媒による負の大気加熱効果を徐々に低減させています (「グリーン・テクノロジー・ブック」[気候変動の緩和版](#)を参照)。囲み記事 2.2 にヒートポンプについて詳しい説明があります。

囲み記事 2.1 ヒートポンプ技術

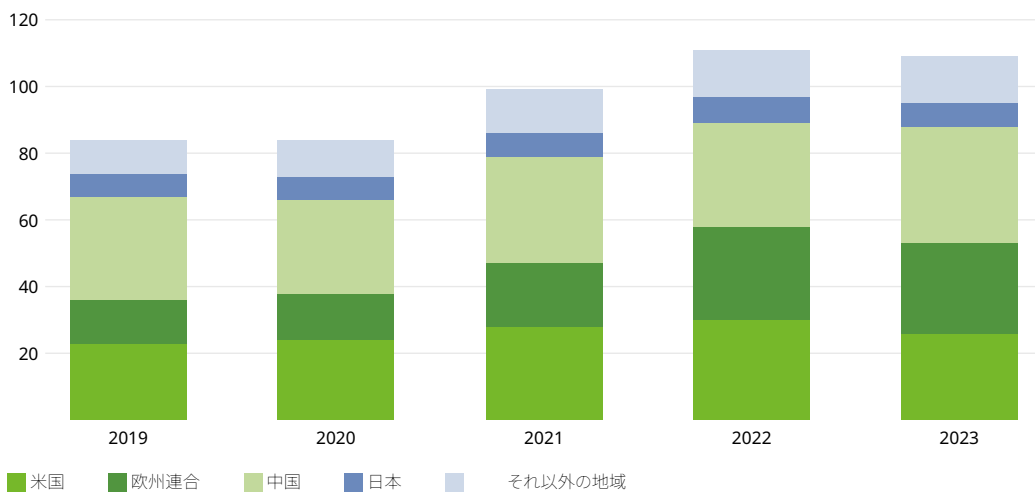
ヒートポンプは、蒸発器、圧縮機、凝縮器、膨張弁の 4 つの主要部品から成る冷却サイクルを用いて熱を伝達します。蒸発器は、空気、水、または地面から熱を吸収し、冷媒を気体に変えます。その後、圧縮機が気体を圧縮して加熱し、その気体は凝縮器に移動して、家庭や給湯システムに熱を放出します。最後に、膨張弁が圧力を下げ、冷媒を冷却して液体に戻し、このサイクルを繰り返します。一般的な家庭用ヒートポンプは、その動作に消費する電力の 4 倍の熱を生み出します (IEA, 2022b)。

空気対空気ヒートポンプは、室内の空気と室外の空気との間で熱を伝達し、冬には室外から熱を吸収して室内を暖め、夏には室内の熱を除去して室内を冷却します。このようなシステムは、ダクトや壁掛けユニットによる冷暖房によく使用されています。空気対水ヒートポンプは、空気から熱を吸収し、その熱を水に伝えて、ラジエーター、床暖房、または温水に使用します。低温暖房システムに適合します。初期費用は高くなりますが、長期的には費用対効果に優れています。中国では、アプリ制御の空気対水スマートヒートポンプが人気を集めています。

太陽熱捕集器で収集した太陽エネルギーを利用して冷媒を加熱する太陽熱ヒートポンプが普及しつつあります。地中熱ヒートポンプ (GSHP) も研究されています。閉ループパイプを利用して地下からポンプに伝わる地熱エネルギーを利用するものです。

しかし、この技術は現在世界の建築物の暖房需要の 10% にしか対応していません (IEA, 2024c)。ヒートポンプの採用状況も、アジア太平洋地域の中でさまざまです。東京、台北、ホーチミン市など、東アジアおよび東南アジアの都市景観では、ヒートポンプ技術が広く普及しています。日本では、90% の世帯がヒートポンプとエアコンの複合機器を導入しており、衣類乾燥機などの新しい用途にも利用されています。中国は現在、建物用ヒートポンプの世界市場で最大のシェアを占めています (図 2.3)。

図 2.3 2019 年から 2023 年までの国または地域別のヒートポンプの販売台数 (電力容量、GW)



出典: IEA (2024c) を基に一部改変。Heat Pumps. International Energy Agency (IEA).
<https://www.iea.org/energy-system/buildings/heat-pumps>

受動的冷却戦略—クールルーフとグリーンルーフの将来性

研究によると、建物の総熱取得量の 70% は屋根構造に由来しており、これにより冷房のためのエネルギー使用量が増加し、建物の総エネルギー消費量の約 15% を占めています (Ling Ho et al., 2024; Al-Obaidi et al., 2014)。そのため、持続可能な屋根の設計にあたっては、特に暑い気候の地域の脆弱な住民が暮らす場合、建物の省エネに大きな注目が集まっています。クールルーフやグリーンルーフなどの技術は、建物の空調のエネルギー消費量を減らし、二酸化炭素の排出量を削減することで、都市のヒートアイランド現象の緩和に役立ちます。

クールルーフとは、標準的な屋根より多くの太陽光を反射し、熱の吸収が少なくなるように設計された屋根システムです。これは通常、スレートやタイル、白いコンクリート、粘土タイルなどの反射材を使用するか、赤外線反射顔料を含む表面コーティング剤を塗布することで行われます。クールルーフは、平屋根や低勾配屋根、傾斜屋根、新築、改修など、さまざまな用途に適しています。アジア太平洋地域はクールルーフ市場をリードしており、3 分の 1 超となる最大のシェアを占めています。一方、中国とインドは世界最大の生産国であり、それぞれ総生産量の 30% と 20% を占めています (Hardman and Well, 2023)。

セメント系またはエラストマー系の結合剤を使用した高アルベド表面コーティングは、一般的に熱反射特性があり、通常は白色です。その表面温度は、周囲の空気よりもわずかに5°C程度しか高くなりません。一方、従来の屋根は、周囲の空気よりも40°C高い温度になることがあります。詳細については、囲み記事 2.1 をご覧ください。現在進んでいる研究では、建物の美観を維持するための、白色以外の革新的な表面コーティングの開発を目指しています。しかし、東南アジアでは、高反射屋根の研究と採用はまだ大きく進んでいません (Dahim *et al.*, 2022)。

囲み記事 2.2 セメント系またはエラストマー系結合剤

セメント系結合剤は、セメント、石灰、または鉱物ベースの材料から作られます。屋根の表面コーティングやタイルに使用すると、建物の温度をより低く保つのに役立ちます。耐火性、耐候性、耐湿性に優れ、さまざまな気候に適しています。

アクリル、シリコン、またはポリウレタンから作られるエラストマー系結合剤は、熱膨張および熱収縮を吸収するための柔軟性を備えています。液体の状態で塗布すると、金属、コンクリート、ポリウレタンフォームなど、さまざまな屋根材に密着する耐久性に優れたゴムのような層を形成します。最小限のメンテナンスで、日光、雨、温度変化に耐えることが可能です。

グリーンルーフとは、植生、土壌、排水システムで覆われた屋根です。自然の断熱効果により、建物のエネルギー消費量を削減し、夏は涼しく、冬は暖かく過ごすことができます。グリーンルーフはまた、雨水を吸収し、蒸発散によって水分を放出するため、周囲の環境をさらに冷却することができます。空間の利用効率を最大化し、エネルギーコストを削減するために、シンガポールなどの都市でよく採用されています。公共空間と交通に関する次の節では、グリーンルーフについてさらに取り上げます。

中国では、クールルーフによりエネルギー使用量が12.6%削減され、グリーンルーフは、夏は暑く冬は暖かい地域では9.3%のエネルギー使用量削減効果がありました (Zhao and Zhang, 2023)。その他の受動的な冷却戦略としては、断熱性の向上、高性能窓、機密性の高い構造、日射遮蔽など、エアコンの需要を削減する効果的な建築設計があります。

建築物のエネルギー基準は、エネルギー関連の排出量を削減するための強力なツールである

受動的および機械的な冷却戦略の組み合わせは、快適さを確保しながら、建物のエネルギー使用量と排出量を削減するために不可欠です (UNEP, 2021)。建築物のエネルギー基準 (設計および建設時に適用される規制基準) は、建築物の外立面や、暖房、換気、空調の各システム、照明、給湯を規制してエネルギー消費を削減するために、これを達成する上で鍵となります。受動的冷却を取り入れ機械効率を向上させることにより、これらの基準は、建物のエネルギー負荷の最大80%まで制御することができます。中国では、都市部、商業部門、住宅部門でこれらの基準を施行することで、今世紀末までにエネルギー需要を13%から22%削減できる可能性があります (UNEP, 2021)。建築基準法は最低限の要件を定めていますが、建築物のエネルギー性能評価は実際のまたは予想されるエネルギー性能を評価し、所有者や購入者に対して指針を提供します。アジアでは、シンガポールのBCAグリーンマーク、あるいは中国のBEEスター、そしてインドの

建築物エネルギーラベルなど、建築物のエネルギー効率の向上を促進するための建築物評価制度がいくつかの国で導入されています。

エネルギー効率の高いソリューションのための冷房サービス (CaaS)

CaaS は革新的で費用対効果に優れたビジネスモデルです。CaaS モデルでは、顧客は冷房設備を購入して維持する代わりに、サブスクリプションまたは従量制で冷房料金を支払います。これらの設備の購入・維持は、アジアの多くの開発途上国において大きな問題となっています。サービスプロバイダーがすべての運用および保守を担当するため、エネルギー効率の高いシステムのための資金確保も可能になります。例えば、インドのプネにあるエルプロ・ビジネスパークでは、シンガポールを拠点とする企業 Kaer が、太陽光発電のみで稼働する集中型冷水システムを活用し、住宅、オフィス、コミュニティ空間向けにエネルギー効率に優れたスマートな冷房ソリューションを提供する CaaS モデルを導入しました。商業プロジェクト以外にも、CaaS は小規模のオフグリッド冷蔵もサポートし、排出量を削減して地域社会に貢献しています。

冷房のエネルギー効率を高める政策イニシアチブ

最低エネルギー性能基準 (MEPS)、ラベル表示プログラム、インセンティブなどの一連の政策パッケージは、アジア太平洋地域全体における効率的で持続可能、かつ手頃な冷房オプションの進展の基盤となっています (IEA, 2022c)。MEPS は、オーストラリアおよびニュージーランドのエアコン市場の効率と革新に大きな影響を与えてきました。エネルギーラベルは、より優れた技術の採用を促進するのに役立ちます。東南アジアの多くの国では、エアコンのラベル表示が不正確であるため、消費者が最適な製品を見分けることが困難になっています。

インドの冷却行動計画のような別の取り組みでは、建物の空間冷却、エアコン技術、コールドチェーンおよび冷蔵、輸送用エアコンを対象とし、2038 年までに冷却エネルギー需要を 25% から 40% 削減することを目指しています。また、中国のグリーン冷却行動計画では、主要な冷却製品の効率を 2022 年までに少なくとも 30% 向上させることを目標としています (IEA, 2019)。

太陽エネルギーが都市生活のために送電網と統合される

多くのアジアの都市では、家庭での冷暖房と、日常家電製品の電力需要の増加に対応するため、太陽光発電が送電網と統合される傾向が強くなっています。屋上ソーラーパネル、ファサード (外観正面) や屋根に組み込まれた太陽光発電システム (BIPV)、および地域社会の太陽光発電プロジェクト (複数のユーザーが大型の太陽光発電設備を共有することで、個々の屋上システムを設置する必要がなくなる) は、住民が従来の送電網への依存度を減らし、エネルギーコストと二酸化炭素排出量を削減するのに役立っています。国際エネルギー機関 (IEA) は、2030 年までに、世界中で約 1 億世帯が屋上太陽光発電に依存することになると予測しています (IEA, 2022a)。ソーラー・シティ・シミュレータのようなツールは、都市部の世帯が屋上太陽光発電システムによる発電の可能性を評価するのを手伝えることで、この移行を支援することができます (IRENA, 2025)。IRENA が開発したこのウェブベースのアプリケーションは、超高解像度の 3 次元建築物の基礎伏図と太陽放射データを組み合わせて、エネルギー出力を推定し、他の電源と比較した節約推定額を算出します。

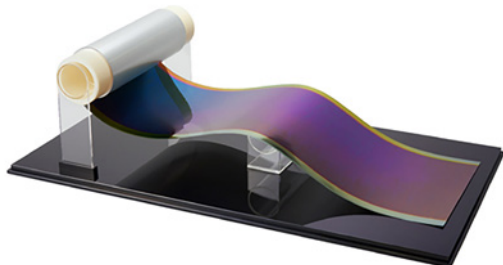
多くの都市住民は現在、太陽光パネルとバッテリー貯蔵を組み合わせ、エネルギーの生産者 (producer) であり消費者 (consumer) でもある「プロシューマー (prosumer)」として行動しています。これにより、分散型エネルギーを生産し、発電した電力の自己消費を最適化し、後で使用するための貯蔵、あるいは未使用の電力を売却して送電網に戻すことが可能になります。その結果、太陽エネルギーは単なる代替エネルギーではなく、都市の送電網を補完するエネルギー源となり、エネルギーの回復力と持続可能性を向上させています。

ペロブスカイト太陽電池：有望な次世代太陽電池技術

太陽電池技術における最近の進歩は、ペロブスカイト太陽電池 (PSC) です。これは、非常に薄く、軽量で柔軟性があり、構造物に塗布して発電することさえ可能な技術です (図 2.4)。この太陽電池は、より広いスペクトルの太陽光を電気に変換できる結晶質の「ペロブスカイト」という素材で作られています。種類の異なる太陽電池と組み合わせることで、PSC テクノロジーは、従来の結晶シリコン太陽電池では不可能な高い変換効率を実現することができます (Zhao, 2024)。さらに、PSC テクノロジーでは特殊表面コーティングにより低コスト生産が可能であり、より手頃な価格の次世代太陽電池技術として期待されています。

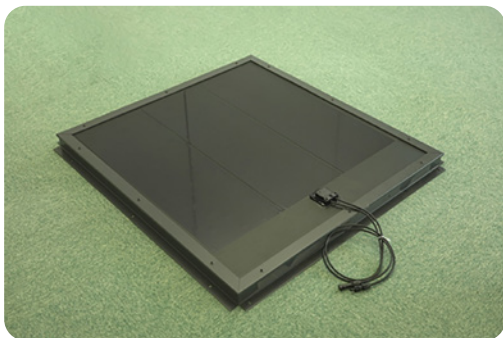
ペロブスカイト太陽電池の商業的な拡張性は、その寿命が短く、鉛含有量に関する環境面の懸念があるため、依然として不透明です。積水化学工業は、自社研究に基づき、日本の大阪本社ビルの外壁に、20 年間の安定発電を実現することを目標に設計した、世界初のフィルム型ペロブスカイト太陽電池を設置しました (Sekisui, 2023)。

図 2.4(a) フィルム型ペロブスカイト太陽電池の発電層



出典：Adapted from IEA (2024c)

図 2.4(b) フィルム型ペロブスカイト太陽電池の建築材料パネル



出典：(Sekisui, 2023)

エネルギー貯蔵システムとしての住宅用バッテリーに高まる注目

アジアが再生可能エネルギーへの移行を準備する中、特に住宅用バッテリーエネルギー貯蔵システム (BESS) が注目されています。これらのシステムは、送電網やソーラーパネルから電力を蓄え、停電時にバックアップ電源を供給し、電気自動車 (EV) の充電器とも連携します。リン酸鉄リチウム (LFP) 電池は、リチウムイオン電池の一種で、長寿命かつ火災や熱暴走のリスクが低いことから安全性に優れており、普及が進んでいます。

BESS は既存の電気設備に後付けが可能で、太陽光パネルがなくても、時間帯別料金制度を活用することでエネルギー節約を実現します。中国、インド、日本、韓国、シンガポールなどの国でよく利用可能なこのオフピーク時間帯の割引料金により、消費者は需要の少ない時間帯にバッテリーを充電し、蓄えたエネルギーをピーク時に使用することができます。エネルギーアプリと統合されたスマート制御バッテリーは、太陽光発電、バッテリー蓄電、および時間帯別料金の使用を自動的に調整することで、さらに節約を最適化することができます。AC 結合型またはハイブリッドインバータは、ソーラーパネル、バッテリー、住宅の間で通信を行い、直流電力を住宅電源用の交流電力に変換します。

ポータブル発電ステーションやプラグアンドプレイ式の家庭用バッテリーシステムも広く使用されています。これらは、電話、エアコン、冷蔵庫、オーブン、電子レンジなどの家電製品用の大型モバイルバッテリーのように機能し、停電時に家庭用のバックアップ電源となります。ブレーカーを備えた標準的な専用コンセントにプラグを差し込むだけで、家庭の電気系統に安全に接続が可能です。その使いやすさから、複雑な電気設備や屋上ソーラーパネルのないアパートや住宅に最適です。

発光ダイオード (LED) は最も効率的で急速に進歩している照明技術

標準的な LED 電球は、白熱電球や電球型蛍光灯 (CFL) に代わって、アジアの家庭で定番となっています。エネルギー消費量が大幅に少なく、寿命も長いため、長期的に見て費用対効果に優れています。従来の白熱電球と比較して、住宅用 LED 電球は、消費電力が少なくとも 75% 少なく、寿命は最大で 25 倍長くなっています (US Department of Energy, 2024)。中国、日本、韓国は、アジアにおける LED 技術で先導する役割を果たしています。香港 (中国) とシンガポールでは、埋め込み式 LED 天井灯とダウンライトが人気を集めています。特に手狭なアパートでは、明るく、手頃な価格で省スペースのソリューションであることに加え、省エネ効果も持っているからです。

アジアの一部の国では、エネルギー効率に関する政策が、住宅地での LED の普及を促進しています。例えば、インドでは、UJALA スキームのようなプログラムが、エネルギー効率の高い LED 電球を補助金価格で家庭に普及させ、エネルギー消費を削減するために何百万個もの LED 電球が配布されています。この移行による推定エネルギー節約量は、年間 1,120 億トンの CO₂ に相当する温室効果ガス削減をもたらし、20 GW の発電容量を節約できました (Oksen, 2020)。

効率的でスマートな調理器具が求められている

アジアの都市部の家庭では、電気コンロのようなクリーンで効率的な調理器具が普及しつつあります。しかし、特に都市近郊の低所得世帯にとっては、依然として価格が課題となっています。バングラデシュのような国では、高い輸入コストが、現代的な調理器具の入手を一層困難にしています。この問題に対処するため、革新的なビジネスモデルが登場しています。ATEC のような

社会的企業は、PAYGO (従量制) モデルを導入し、各世帯が省エネ型の電磁誘導加熱式コンロを月額わずか5米ドルで利用できるようにしました (IRENA, 2024a)。これらの電子調理コンロは90%を超える効率で動作し、液化石油ガス (LPG) よりも低い運転エネルギーコストを実現しています。しかし、安全でクリーンであり、安定した電力供給のある都市部の住宅に適してはいるものの、文化に根差す調理方法や調理器具の好みにより、その普及が制限される場合があります。例えば、強火や土鍋を使用する伝統的な料理は、電子調理コンロには適さない場合があります。これらの制限に対処するには、適応性の高いコンロの設計、ユーザー教育と行動の変化、そして長期的な普及を確保するための地域社会の関与が必要です。

一方、都市部の富裕層の家庭では、スマート調理家電がキッチンを変革しつつあります。スマート炊飯器は、中国、日本、韓国、東南アジアなど、米が主食である国で流行しています。センサを内蔵したスマート炊飯器は、調理時間を最適化し、エネルギー使用量を削減します。IoT 対応のコンロ、エアフライヤー、スロークッカーは、スマートフォンのアプリを操作して、リアルタイムのエネルギー監視と遠隔操作が可能です。エアフライヤーは従来のオーブンに比べてエネルギー消費量を削減します。一方、スロークッカーは低ワット数で動作するため、電気代を節約しながら風味を向上させます。所得水準を問わず、エネルギー効率の高い調理技術が家庭のキッチンの未来を形作っています。インドと東南アジアにおける世帯所得の増加は、コンベクションオーブンやスマート電子レンジなどの高級キッチン家電の需要急増を後押ししており、2020年から2023年までの間にこれらの機器の販売台数は1,500万台増加しました (Tiwari, 2024)。この地域のいくつかの国の政府は、スマートキッチン家電の開発と普及促進のために民間セクターと提携しています。しかし、高コストは依然として普及の大きな障壁です。例えば、オーストラリアの高効率誘導加熱式コンロは、従来のモデルの2倍から3倍の価格であり、1台あたり1,200米ドルを超えることもしばしばです (Tiwari, 2024)。この価格差により、特にインドのような価格に敏感な市場では、多くの世帯がこれらの家電製品に手が届かないため、普及が制限される可能性があります。

イノベーションの事例

日本発、グリーンファースト・ゼロ・エネルギー住宅



出典：積水ハウス株式会社

積水ハウスの「グリーンファースト・ゼロ (ZEH)」住宅は、快適さを損なうことなく CO₂ 排出量を削減する省エネ・発電機能で人気が高まっています。2013 年に発売された「シャームゾン・グリーンファースト」は、太陽光発電システムを備えた低層賃貸アパートで、入居者は光熱費を削減し、余剰電力を販売することができます。ZEH 基準はさまざまですが、エネルギー消費量を最大 100% 削減することができます。積水ハウスもまた、太陽光発電パネル、燃料電池、非常用電源ボードを組み合わせた、災害に強い「グリーンファースト・ハイブリッド」住宅も開発しています。停電が発生した場合、この住宅は、ソーラーパネルや燃料電池のみを備えた住宅とは異なり、必要な家電製品に電力を供給し続けることができます。これらの住宅は、標準的な住宅と比較して CO₂ 排出量を 88% 削減しており、持続可能性と災害対策の両面で優れた選択肢となっています (Sekisui, 2020)。

シンガポールの省エネ「ツリーハウス」



出典 : City Developments Limited

シンガポールの居住用ビルにある革新的なグリーンウォールが、ブキティマ地区にある「ツリーハウス」マンションです。ここには世界最大の垂直庭園の1つがあり、その圧倒的な規模で2014年にギネス世界記録に認定されています。2,289 m²、24階建ての庭園は、年間50万ドルを超えるエネルギーと水のコストを削減すると見込まれています。熱を低減する窓と、人感センサ付き照明を採用し、効率性をさらに高めています。City Developments Limited (CDL) が設計したグリーンウォールは、汚染物質や二酸化炭素を浄化し、施設の二酸化炭素排出量を削減するとともに、冷房エネルギーの需要を減らします。垂直庭園は「バイオシールド」の役割を果たし、周囲の環境との緑の一体感を高めながら、太陽放射を減らします。さらに、7階、13階、19階に3層のスカイガーデンが設けられており、これがつる植物で飾られた緑豊かな空間と日陰を住民に提供し、建物の持続可能なデザインをさらに強めています (City Developments Limited, 2014)。

技術ソリューション

既成技術

エネルギー効率 : CoolRoof® システム

BMI マレーシア



出典 : Getty Images/beekeepx

BMI CoolRoof® システムは、屋根からの熱の伝達を制限することで、室内の熱を自然に低減させます。放射熱反射性と換気用の隙間を組み合わせ、高温多湿の気候における屋根の性能を最適化します。マレーシアとヨーロッパで行われた研究では、このシステムを採用した建物は、従来の屋根の建物よりも最大 10°C 涼しいことが示されています。5 つの鍵となる要素 (屋根瓦、ThermaFoil®, カウンターバテン、CompactRoll® Plus、害虫防止ガード) は、熱の蓄積を抑え、自然な空気の流れを促進し、室内温度を下げ、エアコンの使用量の削減とエネルギーの節約を先導しています。さらに、このシステムは電気や機械部品を使用せずに動くため、メンテナンスも一切不要です。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : 既成技術
- 技術レベル : 中
- 原産地 : マレーシア
- 利用可能な地域 : 中国、インド、インドネシア、マレーシア
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率 : SEAL-N-COOL アクリル防水表面コーティング

Dolphin Floats (Pvt) Ltd.



出典 : Getty Images/Toa55

SEAL-N-COOL 表面コーティングは、テラススラブおよびコンクリート壁の太陽熱取得を大幅に軽減し、快適性を高め、空調の使用量と電気代を削減します。現場試験では、テラススラブの温度が 15°C から 17°C 低下することが確認されています。さらに、スラブや壁を防水し、最大 45 フィートの水圧に耐えることができます。耐紫外線性、耐熱性、および防カビ性によって建物は耐久性を獲得します。光沢のある白い仕上げの SEAL-N-COOL は、建築用途にも使用でき、機能的かつ審美的な長所も備えています。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : 既成技術
- 技術レベル : 低
- 原産地 : インド
- 利用可能な地域 : インド、レバノン、カタール
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

StarShield Technologies



出典：Getty Images/towfiqu ahamed

Star Cool Shield-Floor は、金属屋根、花崗岩の床、大理石の床用に設計された、最先端のナノ改質省エネ表面コーティングです。極めて優れた日射反射率指数 (SRI) 130 を示し、太陽熱の最大 97% を反射し、室内温度を効果的に低下させ、空調コストを 19.2% 削減します。高アルベド塗料による熱反射技術が太陽熱の反射を最大化し、屋根の冷却に強力なソリューションを提供します。エネルギーの節約に加え、この表面コーティングは耐久性に優れ、極端な天候、紫外線暴露、腐食性物質にも耐えることができ、最小限のメンテナンスで長期間の保護を保障します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：世界中
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

Home-A-Genius



出典：Getty Images/Thitima Uthaiburorn

Home-A-Genius スマートホーム・ハブは、住宅所有者がエアコン、冷蔵庫、照明、テレビ、洗濯機、監視カメラ、ブラインドなどさまざまなデバイスに 1 つのアプリで接続し、それらのデバイスをコントロールできるホームオートメーション・システムです。手のひらに収まるサイズです。2 つの 3.0 ポートを搭載したスマートハブは、ホームルーターと直接 LAN 接続が可能で、ほぼすべてのスマートデバイスに最適なネットワークパフォーマンスと安定した接続を確保するため、複数のアプリを使う必要がなくなります。センサ、タイマー、およびカスタムプログラミングを使用することで、Home-A-Genius は、ユーザーの好みやあらかじめ設定した条件に基づいて、家電製品を自動で制御します。また、スマートメーターやセンサを組み込み、リアルタイムのエネルギー消費量を追跡することで、住宅所有者がエネルギー使用量を削減する機会を特定し、効率的な調整を行うのに役立ちます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：シンガポール
- 利用可能な地域：シンガポール
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

機器および器具：エネルギー効率の高い スマート誘導コンロ

サムスン



出典：Getty Images/PaulVinten

サムスンのステンレス製スマート誘導コンロは、エネルギー効率と最先端の技術を組み合わせ、熱の最大 90% を調理器具に直接伝達し、エネルギー損失を最小限に抑えます。Flex Zone テクノロジーを採用しており、さまざまなサイズや形状の鍋に対応します。Virtual Flame™ LED ディスプレイは、ガスの炎の外観を再現し、ユーザーに親しみやすい視覚的な合図を提供するとともに、誘導加熱調理の正確な温度コントロールと効率を実現します。Bluetooth 接続により、換気扇と照明を稼働しているバーナーと同期させ、シームレスな操作が可能です。サムスンのホームオートメーション・アプリである SmartThings に接続して、ユーザーはスマートフォンから家電製品を操作することができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：韓国
- 利用可能な地域：世界中
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー貯蔵：オールインワン型バルコニー用 太陽エネルギー貯蔵システム

Huntkey Grevault



出典：Huntkey Grevault

Huntkey Grevault の 2.5 kWh オールインワン型バルコニー用太陽エネルギー貯蔵システムは、より高いエネルギー自立性と信頼性の高い電力供給を求める住宅所有者向けのソリューションです。高い効率と使いやすさを重視して設計されています。内蔵バッテリーとプラグアンドプレイ機能を備えたこのシステムは、壁に取り付ける場合でも、床に置く場合でも、設置が簡単です。セットアップ作業全体で 30 分もかかりません。エネルギー貯蔵ユニットは、夜間や雨天時に電力を供給し、太陽光発電が利用できない場合でも安定した電力の供給を確保します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：世界中
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率 : Bathbox、タンクレス給湯器システム

AOS Bath Pte Ltd



出典 : Getty Images/MileA

AOS Bathbox は、省スペース設計とエネルギー効率を両立させた画期的なタンクレス給湯器です。電気料金の高騰が続く中、理想的な投資対象です。洗練されたミニマルな外観デザインにより、配管が露出することなく、小さな浴室にシームレスに溶け込み、特に住宅開発行 (HDB) の住宅に暮らす住宅所有者の美観に関する懸念に対応しています。HDB のアパートは人口のかなりの部分が暮らす、シンガポールで最も一般的な住宅形態です。従来の小型ヒータータンクは、給湯量が不十分なことがしばしばありますが、Bathbox は自動温度設定機能を備えているため、手動調整が不要です。タンク式システムでよく見られる熱損失を削減し、使用後に貯湯式給湯器をオフにすることで、年間最大 124 ドルの節約になります。即時の給湯はできませんが、Bathbox は水圧を減じることなくお好みのシャワーヘッドを選択でき、環境に優しくカスタマイズ可能なシャワー体験を提供します。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : 既成技術
- 技術レベル : 中
- 原産地 : シンガポール
- 利用可能な地域 : シンガポール
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー貯蔵 : AI ベースのコントロール機能を備えた次世代ハイブリッドエネルギー貯蔵システム

Smart Star



出典 : Smart Star

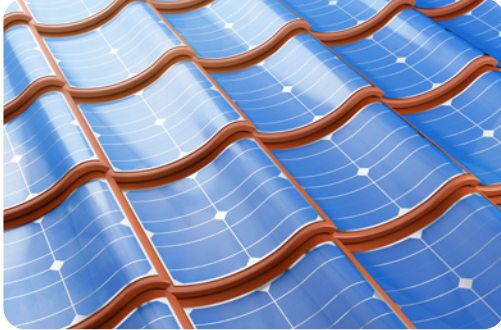
Smart Star シリーズは、AI 搭載の GridShare ソフトウェアを統合し、バッテリーの性能を最適化する次世代の家庭用エネルギー貯蔵システムです。家庭のエネルギー使用パターンを学習し、気象データを用いて太陽光発電量を予測することで、バッテリー充電と放電をスマートに管理し、効率とコスト削減を最大化します。このシステムは、太陽光発電と蓄電の両方をサポートし、信頼性が高く経済的な電力使用を保証します。9.5 kWh の容量があり、一般的な家庭の 1 日のエネルギー需要を賄うことができます。エアコンや IH クッキングヒーターなどの 200 V 機器を含む複数の家電製品を同時に使用でき、停電時も利用可能です。ユーザーは、専用アプリを使って、いつでもシステムをモニターし制御することができます。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : 既成技術
- 技術レベル : 高
- 原産地 : 日本
- 利用可能な地域 : 日本
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

フロンティア技術 (先端技術)

エネルギー供給 : 曲面ソーラー屋根瓦

San-gobuild



出典 : Getty Images/laremenko

住居の美観を保ちながらクリーンエネルギーを利用したい場合は、Apollo Tiles を選ぶことができます。従来のソーラーパネルとは異なり、この曲面ソーラー屋根瓦は屋根構造に直接組み込まれ、屋根材としてだけでなく、太陽エネルギー発電装置としても機能します。サイズ 586 × 400 mm のこの瓦は、美観を向上させながら屋根にシームレスに統合される、洗練されたコンパクトなデザインが特徴です。重量はわずか 5 kg で、軽量かつ取り扱いが容易で、設置も簡単です。各パネルは 35 ワットのピーク出力を提供し、太陽光を効果的に利用して最大のエネルギー効率を確保し、持続可能な発電を実現します。25 年を超える寿命を持つこのパネルは、長期的な価値を備えた耐久性および信頼性の高いエネルギーソリューションを提供します。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : フロンティア
- 技術レベル : 高
- 原産地 : 中国
- 利用可能な地域 : 世界中
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー供給 : 住宅用両面ソーラーパネル

Namkoo Power



出典 : Getty Images/Ivan Koliadzhyn

自然光を最大限に取り入れるためにサンルームや温室を作ること検討する一方で、建物外壁などの建物一体型太陽光発電システムからのエネルギー生産を向上させたい場合、両面ソーラーパネルは理想的なクリーンエネルギーソリューションを提供します。パネルの効率は 320 W から 460 W で、両面から同時に発電が可能であり、電力効率が大幅に向上します。これらのパネルは、高効率裏面不動態型セル (PERC) 技術をハーフセル構成で採用しており、出力の向上、温度変化に対する性能の向上、日陰の影響の低減、ホットスポットの発生リスクの削減、および機械的負荷耐性の向上を実現しています。従来の単結晶シリコンセルは光変換効率が約 19% ですが、この新しい両面太陽電池は 20% から 30% の効率を達成できます。単面パネルとは異なり、両面ソーラーパネルは前面から直接当たる太陽光と背面から反射した太陽光の両方を利用するため、エネルギー生産効率が向上します。さらに、従来の片面パネルよりも設置面積が少なく済みます。追加の土地の必要なく発電できるためです。ただし、明るい色の表面に設置した場合に最もよく性能が発揮されます。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : フロンティア
- 技術レベル : 中
- 原産地 : 中国
- 利用可能な地域 : 世界中
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：ナノガラス表面コーティング透明塗料

HeatCure



出典：Getty Images/Aleksandr Potashev

窓部、ガラス屋根、ドアなど、あらゆるガラス面に適しており、増加する熱に対抗するためのソリューションです。HeatCure は、熱保護性能を改善して住宅の内装を向上させる、透明で最先端のナノテクノロジーに基づく液体ガラス表面コーティングです。透明性があり、従来の塗料や表面コーティングよりも75%多くの自然光を通します。耐久性と快適性、省エネを実現します。その革新的な設計は、紫外線を99%遮断し、家具の退色を防ぎます。また、赤外線を98%遮断し、ガラスを通る熱の伝達を軽減して、安定した室内温度を保ちます。熱を85%遮断することで、エアコンのコストを削減し、全体的な快適性を高めます。表面コーティングは乾燥が速く、3～4時間以内で完全に硬化し、1日あたり300～400平方フィートに塗布できます。これにより、施工中の影響を最小限に抑えることができます。夏は熱の伝達を減少させることで家を涼しく保ち、冬は室内の熱を保持することで暖かく保ちます。ガラスに囲まれた室内の温度を調整することで、より安定的でエネルギー効率の高い室内環境を実現します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：世界中
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

機械および家電製品：ヒートポンプ式フロントローディングタイプ洗濯乾燥機

日立グローバルライフソリューションズ



出典：Getty Images/PaulinaOK

フロントローディングタイプの大容量洗濯乾燥機「ビッグドラム」は、ヒートポンプ技術を採用し、高速気流と強力な換気により、シワを伸ばしながら衣類を乾燥させます。ヒートポンプシステムにより時間とエネルギーを節約し、前方に流れる風が洗練された仕上がりを実現します。約65℃の低温乾燥により、衣類は柔らかく優しい肌触りになります。この洗濯乾燥機は、ドラム内の湿度を検知して乾燥ムラを防ぎ、過乾燥になる前に停止するため、エネルギー消費の削減と衣類の保護に役立ちます。高湿度環境を作り出し、高速で風を吹き付けることで、シワを最小限に抑えるだけでなく、臭いも除去します。アイロンがけができない外出前などに、実用的なソリューションです。「らくはや 風アイロン」と「スチームアイロン」機能により、シワをさらに軽減します（効果は衣類の量や生地の種類によって異なります）。従来のモデルと比較して、電力使用量を37%、水使用量を25%削減しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：世界中
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷暖房 : R290 DC インバータ空気熱源ヒートポンプ

機器および家電製品 : スマート炊飯器

SPRSUN



出典 : SPRSUN

タイガー魔法瓶



出典 : タイガー魔法瓶株式会社

R290 ヒートポンプは、戸建て、アパート、別荘、団地など、さまざまな住宅向けに、効率的で環境に優しい冷暖房および給湯ソリューションを提供します。新しい R290 ヒートポンプは、自然冷媒 R290 とインバータ暖房技術を組み合わせ、マイナス 25°C からプラス 45°C までの幅広い温度範囲で、高い性能係数 (COP) と安定性を保ちながら効率的に動作します。補助的な電気抵抗加熱に依存することなく、水を 75°C まで加熱でき、DC インバータ駆動のヒートポンプサイクルのみを利用して、低温加熱性能を向上させています。寒冷な気候では、従来のヒートポンプよりも 30% 高い暖房能力を発揮します。R290 冷媒は、その低い凝固点と高い蒸発時潜熱により、優れたエネルギー効率を実現し、冷却を高速化し、エネルギー消費を最小限に抑えます。エネルギー使用量を 15% から 35% 削減でき、地球温暖化係数 (GWP) が 3.3 と低いため、炭素排出量の削減に大きく貢献します。A+++ のエネルギーラベルを取得しており、同等のシステムよりも 50% から 80% のエネルギー節約が可能です。Wi-Fi 対応のスマートコントロールを搭載し、アプリによる遠隔操作が可能です。また、インテリジェントな除霜機能とスマートグリッド (「SG-Ready」) 対応により、エネルギー使用の最適化を実現します。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : フロンティア
- 技術レベル : 高
- 原産地 : 中国
- 利用可能な地域 : 世界中
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

誘導加熱テクノロジーを採用したスマート炊飯器は、コメ生産者の意図を反映したブランド独自の調理機能で、銘柄、季節、収穫年によるコメの味の違いを考慮しています。コメの状態に応じて水と熱を調整し、最適な結果を得るために調理プログラムを更新します。ユーザーは、スマートフォンのアプリで炊飯履歴、電力使用量、カロリーをモニターすることができます。また、エコ炊き保温モードの設定や、早炊き機能も利用できます。この炊飯器は約 106°C で動作し、高い熱効率と保温性を実現するよう設計された内釜を採用しており、セラミック鍋で炊いたような炊飯品質を可能にしています。「釜包み IH」テクノロジーを採用し、より広い表面積を加熱することで、エネルギー効率と風味を向上させます。副菜の下準備が簡単にできる機能と、調理時間の調整ができる柔軟性により、予定の変更にも問題なく対応できます。5 層構造の内釜が熱を均一に伝え、コメを素早く高温に加熱します。さらに、デジタルディスプレイで調理時間を追跡することができ、高い省エネ基準を実現します。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : フロンティア
- 技術レベル : 高
- 原産地 : 日本
- 利用可能な地域 : 世界中
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：低放射率表面コーティングを施した省エネ窓ガラス

AGC アジアパシフィック



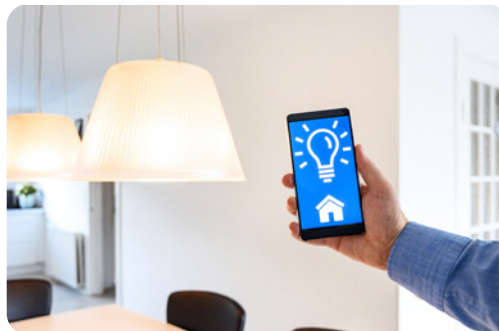
出典：Getty Images/aoldman

太陽熱制御および低放射率表面コーティングガラスは、住宅用建物におけるエネルギー効率の高いガラスソリューションです。AGCの省エネガラス製品には、これらの先進的な表面コーティングが採用されています。表面コーティングは、従来の透明ガラス窓による熱伝導によって生じがちな、居住空間内の温度変化を最小限に抑えるよう設計されています。ガラスの選択は気候によって異なります。条件によって温度調節の方法が異なるためです。熱帯気候では、太陽熱制御と低放射率表面コーティングの組み合わせにより外部からの熱を遮断し、寒冷気候では、低放射率表面コーティングと二重ガラスを組み合わせることで熱損失を防ぎ、室内を温かく保ちます。適切なガラスソリューションを選択することで、家庭では空調や暖房に必要なエネルギーを削減し、エネルギー効率を高め、CO₂ 排出量を削減することができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：世界中
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：スマート LED 照明ソリューション

Xiaomi



出典：Getty Images/mikkelwilliam

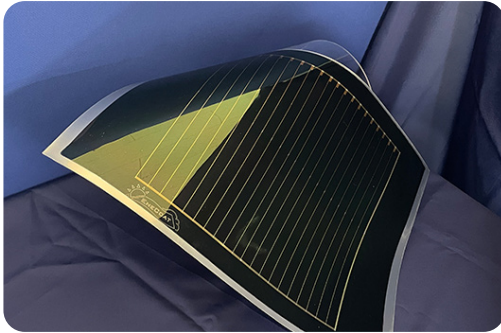
スマート LED ライトは、利便性、エネルギー効率、ユーザーエクスペリエンスを向上させるために設計された革新的な照明ソリューションです。これらの照明は、モバイルアプリや音声コマンドで遠隔操作が可能で、個々のニーズに合わせて明るさや色温度を簡単に調整できます。ホームオートメーション・システムとの統合により、日中や夜間におけるさまざまな照明設定の自動化およびカスタマイズが可能になります。スマート LED 電球の寿命は最大 2 万 5,000 時間 (平均使用で 10 から 12 年) で、低消費電力の明かりを提供します。カスタマイズ可能な設定、モバイルアプリとの互換性、そして現代的なデザインにより、エネルギー効率に優れた家庭用照明システムを実現します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：世界中
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

ホライズン技術 (近未来技術)

エネルギー供給：住宅用ペロブスカイト太陽電池

三井不動産レジデンシャルおよびエネコートテクノロジー



出典：三井不動産レジデンシャル株式会社

三井不動産レジデンシャルと、高エネルギー効率ペロブスカイト太陽電池の開発を行う京都大学からスピノフしたエネコートテクノロジーは、ペロブスカイト太陽電池の住宅への導入に関する共同研究で提携しています。京都大学若宮研究室と協力したこの共同研究では、住宅環境におけるペロブスカイト太陽電池テクノロジーの実用化を加速させることを目的としています。ペロブスカイト太陽電池は、その高い発電効率、薄型で軽量な構造、さらに製造に必要なエネルギーが少ないことから、研究が進んでいます。従来のシリコンベース電池と比較して、費用対効果に優れた代替品です。この研究プロジェクトでは、三井不動産のアパートでこの電池を試験的に導入し、共用部のデザイン性に優れた照明や家具、および同社が供給するマンションの内装に組み込み、日中に太陽エネルギーを蓄え、夜間に利用できるようにする予定です。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：エネルギー供給のバランスを取る家庭内接続用仮想発電所

Shizen Connect



出典：株式会社 Shizen Connect

Shizen Connect は、再生可能エネルギーの統合が進む中、需給のバランスを調整する仮想発電所 (VPP) プラットフォームを開発しています。2024 年から、同社は EV やダイキンのエコキュートヒートポンプなどの分散型エネルギー資源 (DER) を用いたリモート VPP コントロールの実証実験を開始します。家庭用 EV は余剰エネルギーで充電し、必要なときに放電し、エコキュートは沸騰時間を再生可能エネルギーのピーク時にシフトします。このシステムは、経済的な需要応答 (DR) および需要バランス市場向けに、EV の充電 / 放電の精度 90% を達成しています。この実証実験は、技術、経済、および CO₂ 削減に関して効果を評価することを目的としており、データ分析と翌日価格予測を通じて効率の最適化を図る計画です。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

i2cool



出典：Getty Images/babyrhino

このウィンドウアドオンには、透明な調光マイクロゲルが充填されており、入射する太陽放射に応じて色が濃くなります。既存の窓に簡単に取り付けられ、転移温度は 20°C から 32°C の間でカスタマイズ可能です。周囲の温度が転移閾を超えると、マイクロゲル粒子は親水性の膨潤状態から疎水性の収縮状態に変化し、窓は暗く不透明になり、室内の温度を受動的に調節します。遮断状態と透過状態での光透過率の差は最大 70% に達し、太陽光の強さを 54% 低下させます。香港の 12 階建てオフィスビルにこのウィンドウを設置したコンピュータシミュレーションの結果、従来の二重ガラス窓と比較して、建物全体のエネルギー消費量を年間 7% 削減できることが示されました。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：香港 (中国)
- 利用可能な地域：香港 (中国)
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

Basis



出典：Basis

Smart Panel は、従来の家庭用配電盤に代わる現代的な製品で、家庭のエネルギー使用状況をリアルタイムで把握し、コントロールすることができます。迅速に設置できるよう設計されており、1 時間以内にセットアップが可能で、120 を超える内蔵モニタリング装置、制御装置、安全装置からの 1 秒間に 230 万件超のデータポイントを処理することができます。ユーザーは、Basis Home アプリを使用して電力消費を管理し、軽微な問題を解決し、住宅用太陽光発電システムとバッテリーシステムを統合して、余剰電力を売って送電網に戻すことができます。従来のブレーカーボックスとは異なり、Smart Panel の回路は、高価なハードウェアのアップグレードを行うことなく、デジタルで再構成することができます。また、このデバイスは、新しい機能を実線で継続的にアップデートします。2025 年に、複雑さの異なる 3 つのバージョンが発売されます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：ニュージーランド
- 利用可能な地域：オーストラリア、ニュージーランド
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

公共空間および交通機関向けのグリーンソリューション

街路、公園、道路、公共の建物などの公共空間は、都市生活に欠かせない存在です。これらの場所は、街灯、建物、交通システムに電力を供給して都市の円滑な運営を確保するためにエネルギーに依存しています。都市が成長するにつれて、エネルギー需要も増加しています。特に、人口と経済が急速に拡大しているアジア太平洋地域では、旅客輸送が急増しています。しかし、公共交通機関は依然として化石燃料に大きく依存しています。介入を行わなければ、輸送関連のエネルギーの75%は依然として石油に依存し、2050年までにこの地域のCO₂排出量は2015年のレベルと比較して47%増加すると予測されています(ESCAP, 2023)。方向転換するためには、都市は再生可能エネルギーを統合する革新的かつ既成の技術を採用し、輸送部門を排出量正味ゼロへの道のりにおける重要な役割を担う存在にしなければなりません。本章では、都市計画とテクノロジーの進歩が公共空間と交通におけるエネルギー転換をどのように加速できるかを考察します。

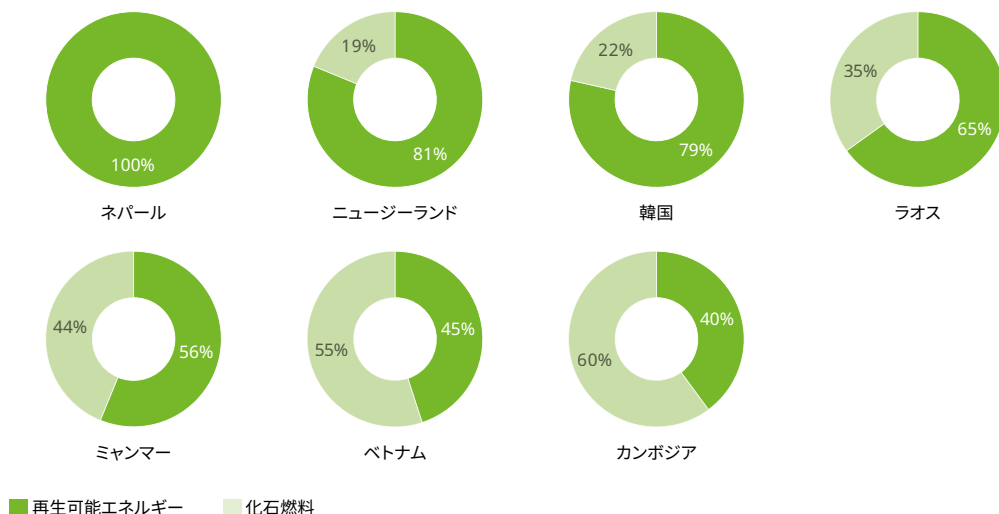
技術開発とトレンド

電気交通ソリューションで都市のモビリティに活気をもたらす

EVを公共交通システムに統合することは、化石燃料への依存を減らし、二酸化炭素排出量の削減を加速する大きなチャンスとなります。しかし、EVがクリーンであるためには、それを駆動する電力がクリーンでなければなりません。幸いにも、そして主に水力発電の大きな潜在能力のおかげで、アジア太平洋地域のいくつかの国では、エネルギーミックスに再生可能エネルギーが占める割合が相当高く、低炭素の送電網が整備されています。これにより、比較的低炭素なEVの普及を加速する機会が生まれています。図2.5は、アジア太平洋諸国の電力生産に占める再生可能エネルギーの割合を示しています。ネパールは電力の100%を水力発電で賄っている一方、ミャンマー、ニュージーランド、韓国などの国々は、電力の相当部分を再生可能エネルギーから得ています。中国やインドのような国は現在、発電におけるCO₂排出量が高いものの、2024年の水準から2027年までに排出強度は低下すると予測されています。具体的には、インドでは729から659 g CO₂/kWhへ、中国では563から478 g CO₂/kWhへ減少すると見込まれています。これは、太陽光、風力、水力発電などの再生可能エネルギーの急速な拡大によるものです(IEA, 2025)。

低炭素電力または水素を動力源とするバッテリー式電気自動車(BEV)および燃料電池(FCV)バスは、ディーゼルバスと比較して温室効果ガス(GHG)の排出量を大幅に削減することができます(IPCC, 2022)。しかし、電気や水素が化石燃料から生産される場合、その恩恵は限定的です。それでも、EVは効率が高いため、化石燃料が主流の送電網でも、一般的に従来の自動車よりも排出量が少なく、都市の大気の水質も改善されます。例えば、モンゴルでは、再生可能エネルギーの利用率が低いにもかかわらず、EVバスは圧縮天然ガス(CNG)のバスと比べてGHG排出量を30%削減しました(ESCAP, 2023)。

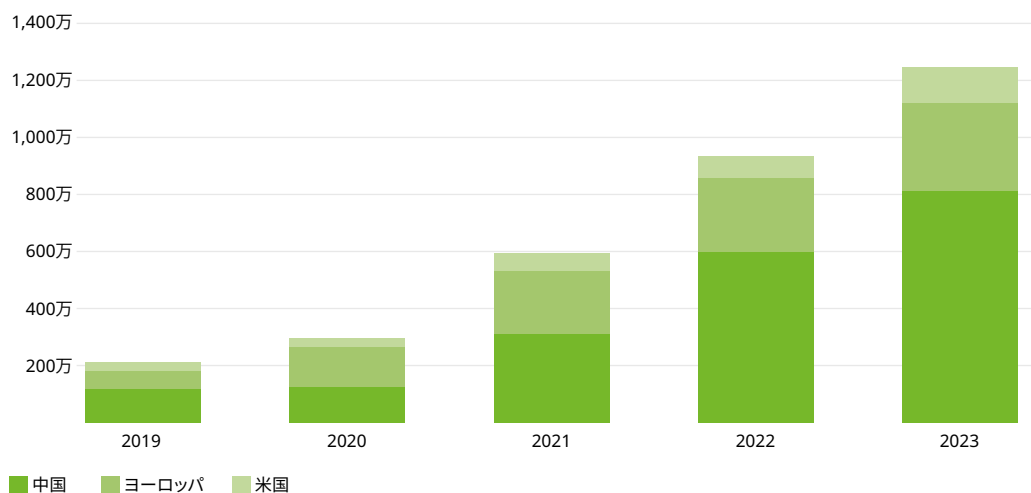
図 2.5 アジア太平洋地域の主要経済圏で電力生産に占める再生可能エネルギーの割合



出典：(ESCAP, 2019) を基に一部改変。Statistical Perspectives 2019 - Sustainable Energy in Asia and the Pacific.
<https://www.unescap.org/resources/statistical-perspectives-2019-sustainable-energy-asia-and-pacific/>

中国は、世界の EV 市場で最先端を走っています (図 2.6)。中国では 800 万台超の電気バスが走っており、北京、広州、杭州などの大都市では数千台が運行しています。すでに 2018 年の時点で、深圳は世界初の全車両が電気バスで構成される公共バスを運行する都市となっていました。2035 年までに、中国はバス、タクシー、ごみ収集車、郵便配達車など、全国 60 万台の公共車両を電氣化することを目指しています (Mengnan, 2023)。

図 2.6 市場別世界の乗用 EV 販売台数



出典：(BloombergNEF, 2024) を基に一部改変。Electric Vehicle Outlook 2024. BloombergNEF (New Energy Finance).
<https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>

EV の販売は、アジアの他の地域でも急速に伸びています。インドでは、国家電気バスプログラム (NEBP) が、2030 年までに全国で 5 万台の電気バスを導入することを目指しています (Sustainable Bus, 2024)。タイでは、CNG バスが依然として公共バスの主流ですが、ここでも変化が起こりつつあります (SLOCAT, 2023)。2023 年、公共交通機関であるタイ・スマイルバスは、バンコクとその周辺県で 2,100 台の電気バスを運行していました (Chelvan, 2024)。ネパールも、クリーンな水力発電を背景に、電気自動車を排出量削減のための重要なソリューションと捉えて

います。公共交通機関向けに 3,500 台の電気ミニバスおよび電気マイクロバス (EMB) を導入し、ディーゼルバスに比べて大幅なコスト削減を実現しています (GIZ, 2025)。

公共バスシステム以外では、タイのバンコクで、大量高速運送用の電気フェリー (e フェリー) が最近就航しています。このプロジェクトでは、バンコクのチャオプラヤ川で 27 隻の e フェリーを運航し、各船 250 人の乗客を輸送して、年間 1 万 8,900 トン分の CO₂ 相当の排出量を削減できる可能性があります (ADB, 2022a)。日本、マレーシア、シンガポール、タイなどの国には、都市電気鉄道システムが存在します。日本の新幹線 (高速鉄道) ネットワークは、すべて電化されており、主要都市間を高速かつ効率的に結んでいます。

さまざまなバッテリー技術

電気公共交通システムに関しては、バッテリーがきわめて重要な役割を果たしています。ゼロエミッション車には、走行中に燃料を燃焼しない BEV および FCV が含まれます。最も広く使用されている電池は、リチウムイオン技術に基づいています (囲み記事 2.3)。

囲み記事 2.3 さまざまなバッテリー技術

リチウムを利用した電池は、現在、電気自動車におけるエネルギー貯蔵技術の主流となっています。主に以下の 4 つのタイプがあります。リチウムマンガンコバルト酸化物 (NMC)、リチウムチタン酸塩 (LTO)、リン酸鉄リチウム (LFP) とリチウムニッケルコバルトアルミニウム酸化物 (NCA) 電池です。

1 回の充電あたりの走行距離は、バッテリーのサイズと化学的性質によって異なります。リチウムイオン電池は、高い比出力 (300 Wh/kg) とエネルギー密度 (90 Wh/kg から 140 Wh/kg) を兼ね備えています。高比出力とは、大量の電力を迅速に供給する能力のことで、電気自動車の加速など、瞬時に大きなエネルギーが必要な用途で重要です。エネルギーが高密度であるとは、システムが小さな空間や質量に多くのエネルギーを蓄えることができることを意味し、長距離走行には不可欠です。さまざまな種類のリチウムイオン電池のうち、NMC 電池および NCA 電池は LFP 電池よりも高価ですが、重量が軽く、エネルギー密度が高いため、より長い走行距離を実現できます。

リチウムイオン電池に加え、バス用の新たなテクノロジーとして、液体電解質を固体電解質に置き換え、エネルギー密度を高めた固体電池があります。ただし、コストは高くなります。ナトリウム (Na イオン) 電池は、より費用対効果に優れていますが、エネルギー密度が低く、まだ商業化の初期段階にあります。いずれも、リチウムイオン電池より安全です。

(SAARC, 2018; US EIA, 2024)

充電テクノロジーとバッテリー交換による公共交通機関向け動力供給

EV の潜在的ユーザーにとって主な懸念事項の 1 つは、公共の充電インフラの不足と初期費用の高さです。寒冷な気候もまた、バッテリーの充電時間を長くし、走行距離を短くします。中国がバスの 100% 電化を達成できていない理由は、冬の寒さが厳しい北部地域にあります (You, 2023)。このような課題に対処するために登場した代替手段は、ハイブリッド車 (HEV) とプラグ

インハイブリッド車 (PHEV) です。いずれも内燃機関とバッテリー駆動の電気モーターを使用しています。通常の HEV は、主に従来の燃料を使用し、電気モーターが内燃機関を補助して燃料消費量を削減します。バッテリーは、送電網から充電されるのではなく、エンジン自体と回生ブレーキ¹によって充電されます。回生ブレーキは、ブレーキからエネルギーを取り込み、排出量の削減に貢献します。一方、プラグインハイブリッド車は、HEV よりも大きなバッテリーを搭載しており、より長い距離を電気だけで走行することができ、「排出量正味ゼロ」を実現しています。バッテリーは、公共の充電ステーションなどの外部電源に車両を接続することで充電可能です。

電気バスにはさまざまな充電方式があり、それぞれの利点があります。中国とインドでは、バスをパンタグラフ²またはプラグインコネクタを介して送電網に直接接続する場合、コンダクティブ充電が広く用いられています。パンタグラフ充電は自動化されており、大規模な車両群に適していますが、プラグイン充電では手動で接続する必要があります。重量物運搬用車両専用の充電施設はまだ初期段階ですが、中国や日本では、最大 1.2 MW の充電が可能な超高速充電テクノロジー ChaoJi-2 メガワット充電システム (MCS) が導入されています (EV Update Media, 2023)。

しかし、高出力充電は送電網に負荷をかけ、需給の不均衡を引き起こす可能性があります (IEA, 2024f)。そこで注目を集めているのが、V2G (vehicle-to-grid 「車両から送電網へ」) または「双方向充電」です。このテクノロジーにより、EV は送電網から充電するだけでなく、送電網に電力を逆送することも可能になり、送電網の負荷を軽減し、消費者にコスト削減をもたらす可能性があります。例えば、スクールバスは需要の低い時間帯に充電し、ピーク時にエネルギーを送電網に供給することが可能です。これは、24 時間体制で運行する公共交通システムにとって理想的なソリューションです。

アジアの人口密度の高い都市では、空間が限られているため、重量物運搬用電気車両 (HDV) や電気バスの導入が妨げられています。特に、大型の充電拠点や夜間駐車スペースの不足が問題となっています。バッテリー交換やワイヤレス充電道路などのイノベーションは、スペース効率に優れた代替手段を提供しています。中国はバッテリー交換技術で世界をリードしており、消耗したバッテリーを完全に充電されたバッテリーと交換することを可能にし、これによってバッテリー寿命は延び、送電網の需要が軽減されます (ESCAP, 2023)。個別に充電する電気代に比べてコスト効率が高い方法です (Hanley, 2024)。しかし、初期費用が高く、充電インフラが整備されていないことが、普及の障害となっています。このようなテクノロジーについてさらに詳しくは、「グリーン・テクノロジー・ブック」エネルギー版をご覧ください。

ワイヤレス充電も進化しつつあるテクノロジーの 1 つで、いくつかの都市で試験的に導入されています。例えば、韓国では、韓国科学技術院 (KAIST) がワイヤレス充電テクノロジーを開発し、キャンパスと都市中心部を結ぶ路線で運用されています。ワイヤレス充電または誘導充電は、充電コイルを備えた特別なレーンを使用し、電磁場を生成することで、物理的な接触なしに、バスの走行中でも充電が可能です。これにより、固定充電のダウンタイムが短縮され、車両は中断することなくより長く稼働することができ、最終的には 1 日を通してエネルギー使用を最適化することが可能です。

- 1 回生ブレーキシステムは、ブレーキから発生する運動エネルギーを回収し、電気エネルギーに変換して車両の高電圧バッテリーを充電します。
- 2 これは、バスの屋根 (トップダウン式パンタグラフ) または充電ステーション (ボトムアップ式パンタグラフ) に取り付けられた機械式アームです。パンタグラフは、架線や充電ポイントに接続して、バスのバッテリーに電気を素早く供給します。

公共交通機関向け燃料としての水素

燃料電池はバッテリーのように機能しますが、電気を発生させるためには、水素などの燃料と酸素(空気)を継続的に供給する必要があります。この電気化学反応による発電効率は、内燃機関やタービンに比べて約2倍高いとされています。燃料電池車は、従来の自動車と同様に、水素ステーションから加圧水素を補給して燃料とします。

燃料電池バスは、今後20年間に中国、日本、韓国で成長が見込まれ、中国と韓国が新しい産業バリューチェーンの開発を先導すると予想されています(Sustainable Bus, 2025)。この分野では、いくつかの中国企業が注目すべき進歩を見せています。例えば、Citybusは香港(中国)で初の2階建て水素燃料バスの運行を開始し、2045年までに水素燃料バス70%、電気バス30%から成る排出量正味ゼロバスグループを実現すると約束しています(ITDP, 2024)。また、日本は長年にわたり水素技術を支援しています。東京では現在85台の水素バスが運行しており、2030年代までにこれを300台超まで増やす計画があります(Ahmad, 2022)。

しかし、水素を利用した技術は本質的に環境に優しいわけではありません。現在、水素の大部分は化石燃料から生産されているため、気候変動対策での恩恵は限定的です。グリーン水素の技術は進歩していますが、その生産コストは依然高いままです。さらに、補給ステーションの不足も深刻な問題です。日本や韓国のような国でも、H2補給ステーションは電気充電器の0.5%未満しかありません。このような課題が、水素技術の普及と進展を妨げています。

都市公共交通システムにおける太陽エネルギーの利用

香港(中国)、シンガポール、東京などの都市では、バスの屋根に第3世代の超薄型太陽電池を採用したソーラーバスを交通システムに導入しています。これらのパネルは、車内の温度調整や車載電子機器の電源供給を行い、燃料消費量を削減します。ソーラーバスは、1日平均で1台につき3%から4%の燃料を節約し、年間約6トンの炭素排出量を削減しています(KMB, 2023)。バス停留所も太陽光発電技術を利用し、自立型の電力システムを構築しています。中国の天津市では、図書館の外に設置されたソーラーバスシェルターに28枚の薄膜太陽電池が組み込まれ、ニュースの閲覧、電子書籍の貸し出し、都市部のWi-Fiホットスポットなどの機能を提供しています(WSL Solar, 2018)。ソーラー屋根は、照明の電源、雨水収集、家電製品の充電など、さまざまな用途に利用することができます。シンガポールでは、10を超える大量高速輸送機関(MRT)の駅、鉄道車両基地、バス車庫の屋上にソーラーパネルが設置され、最大113台の単層電気バスの年間充電需要を賄うことができます(Shan, 2024)。

開発途上国における電動道路輸送の主要セグメントとしての二輪車および三輪車

中国は、二輪車および三輪車の電動車の割合で世界一であり、全車両の3分の1超が電動車です(IEA, 2023b)。中国の中小規模の都市では、自転車シェアリング、電気自転車および電気自動車シェアリングなどのアプリを通じたサービスが、個人所有の自動車に代わる省エネ型の移動手段として存在します。しかし、何百万台ものシェアリング向け自転車を管理することは、乱雑な駐輪、安全上の懸念、事故などの問題を引き起こし、政府はその利用に関する規制を導入することになりました。北京、広州、上海、深圳を含む中国の10を超える主要都市では、電気自転車の使用が制限または全面的に禁止されています(Shepard, 2016)。しかし、2022年末の時点で、中

国には推定 3 億 5,000 万台の電気自転車があり、国内最多の上海では 1,050 万台超の電気自転車が登録されています (Jian, 2024)。

しかし、開発途上国では、ガソリンエンジンを搭載したスクーターやモーターサイクルに代わるものとして、電気自転車や電動スクーターが都市部の大気汚染を大幅に軽減する大きな可能性を秘めています。そのため、電気自転車の安全性とエネルギー効率の向上に向けた取り組みが進んでいます。これには、ペダリング中にエネルギーを蓄える自己充電式バッテリーの開発も含まれます。自転車技術のさらなる進展は、太陽光発電電池 (図 2.7) によるものです。太陽光発電は、充電ステーションの必要性を減らす可能性があります。さらに、多くの電気自転車には、自宅でも一晩で充電できる取り外し可能なバッテリーが搭載されており、実用的なハイブリッド方式が採用されています。

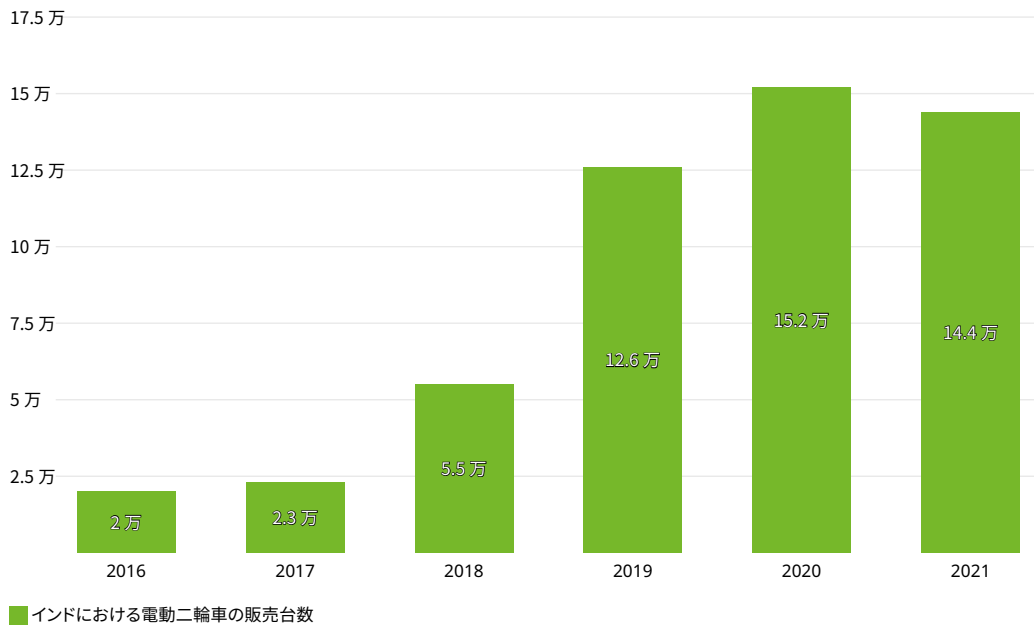
図 2.7 Stryder® Zeeta Plus ™に改造された BEM® Savitré ™ソーラー自転車



出典 : Baroda Electric Meters (BEM) Ltd.

東南アジアの多くの都市では、二輪車が自家用および公共の交通手段として広く利用されています。例えば、ベトナムでは 2020 年 6 月までに 135 万台の電動二輪車が登録されました。インドおよび ASEAN 諸国では、二輪車の在庫と販売が引き続き増加しており (IEA, 2024f)、バッテリー交換技術 (図 2.8) への関心が高まっています。この地域では、e コマースプラットフォームで電気自転車、電動モーターサイクル、電動スクーターを販売するスタートアップを含む企業の数が増えています。例えば、カンボジアやタイでは、電動トゥクトゥクなどのスマート三輪車が、リモートバッテリーモニタリングや PAYG (従量課金制) リースなどのサービスを提供しており、ドライバーにバッテリー寿命の延長、コスト削減、走行距離の延長などの利点をもたらしています。

図 2.8 インドにおける電動二輪車の売上



出典 : Kumar, Parveen (2021) を基に一部改変。 Complete Decarbonization of 2-Wheeler Segment in India by 2030: Expected e-2Ws Sales and Battery Capacity Requirement. WRI India (World Resources Institute).
<https://wri-india.org/blogs/complete-decarbonization-2-wheeler-segment-india-2030-expected-e-2ws-sales-and-battery>

交通量の最適化とスマート交通：過密都市のエネルギー効率の鍵

アジアの都市において交通量を最適化することは、移動性の向上、エネルギー消費の削減、大気の質の改善のために不可欠です。バンコク、北京、ジャカルタ、東京などの都市は人口密度が高く、都市化が急速に進んでいるため、深刻な交通渋滞に直面しています。バスシステムやスカイトレインなどの大量輸送システムの改善に加え、高度交通システム (ITS) もこうした課題への対処に重要な役割を果たすことができます。これは、公共輸送網の安全性、効率性、持続可能性を向上させるための、公共輸送の計画、運営管理、顧客サービス運用に対する、進化を続けるデータ駆動型で適応性の高いアプローチです (World Bank, 2024)。

このシステムには、リアルタイムデータと AI アルゴリズムを使用して信号機のタイミングを最適化し、車両のアイドリング時間とそれに伴う燃料消費を削減する、適応型信号制御や交通管理センターなどの技術が含まれています。一方、集中型交通センターは、交通状況を継続的に監視し、渋滞地域から車両を迂回させて、都市間の交通量を改善しています。例えば、交通において公共交通の優先に使用でき、信号機を調整してバスや路面電車により短いルートを通行させることができます (バス優先レーンなど)。また、通勤者にリアルタイムの更新情報 (バスの到着時刻、遅延、駐車場のスペースの監視、利用可能な駐車スペースへの誘導など) を提供し、渋滞や車両のアイドリング時間を最小限に抑えます。これは、エネルギー効率の重要な要素です。デリー市内の交差点における車両のアイドリングに関する研究では、アイドリングによる 1 日あたりの燃料損失はガソリン、ディーゼル、LPG で 9,036 リットルおよび CNG で 5,461 キロに上り、これにより市内で 1 日あたり約 37 トンの CO₂ に相当する排出量が発生していることが明らかになりました (Sharma *et al.*, 2019)。

その他の高度道路交通システムの構成要素には、車両・インフラ間 (V2I) 通信技術や車両・全対象間 (V2X) 通信技術などのセンサを利用した通信技術が含まれます。これらのシステムにより、

車両は交通信号や道路標識と通信し、最適な速度の奨励や代替ルートを受け取ることができます。これにより、のろのろ運転を削減し、安全性とエネルギー効率をさらに向上させます。しかし、現実の適用には、信号の劣化、建物による干渉、複雑な運転状況などの課題があります。5G 搭載のセルラー V2X (C-V2X) は、このような場合、特に見通しのよくない条件下で優れた性能を発揮します。

地磁気センサを搭載したスマート信号機は、車両の流れに応じて信号のタイミングを調整することで、効率をさらに向上させ、渋滞を緩和し、不要な燃料の使用を削減します。中国とマレーシアで使用されている AI 駆動型の City Brain プラットフォームは、交通パターンをリアルタイムで分析し、信号のタイミングを最適化して移動の際の遅延を削減します。上海では、City Brain が公共安全とコミュニティサービスに広く活用されており、交通渋滞を 15% 減らし、平均移動時間を 8% 短縮しています (Zhang *et al.*, 2019)。

電子道路料金システム (ERP) も高度道路交通システムの要素の 1 つです。バンコクやシンガポールを含む多くのアジアの都市では、ERP が導入されており、ピーク時に料金を高く設定することで、自動車の利用を減らし、高速道路での公共交通機関の利用を促進しています。スマートカード搭載の車載ユニットを使用することで、自動の非接触型決済が可能になり、渋滞の緩和につながります。衛星を利用した高度な ERP は、GPS を使用して車両を追跡し、道路の利用状況やリアルタイムの交通状況に応じて通行料金を調整することで、料金所の設置さえも不要になります。

アジアにおける自動運転公共交通の成長

アジア太平洋地域では、自動運転公共交通技術が急速に進歩しており、複数の国が都市のモビリティ向上のために無人車両の導入を先導しています。しかし、自動運転車が輸送エネルギー消費に与える影響は、非常に不確かなものです (Chase *et al.*, 2018)。自動運転 (AD) は、都市部の道路でスムーズに加速することで、最大 60% のエネルギーを節約することができます。しかし、頻繁な停止、交差点や混合交通流では、エネルギー効率を最大化するために、高感度センサとしっかりした計算による、より正確な制御が必要となります。さらに、人間による自動運転の解除の頻度が高いと、運転パターンのばらつき、加速やブレーキの滑らかさの欠如などの要因により、エネルギー消費量が 8% から 40% 増加する可能性があります (Tu *et al.*, 2024)。このようなトレードオフは、実環境における自動運転車の環境面での利点について課題をもたらします。中国は AD 技術開発の最前線に立っています。深圳などの都市では AI と 5G 技術を活用して自動運転電気バスでルート最適化と乗客の安全性向上を行っており、2024 年には 20 台の無人バスを導入する計画です (Deng, 2024)。自動運転公共交通技術についてさらに詳しくは、「グリーン・テクノロジー・ブック」のエネルギー版および気候変動の緩和版をご覧ください。

アジアにおける省エネ型発光ダイオード (LED) 信号機および街路灯の導入推進

毎年、世界中で 400 万台超の信号機が約 30 億キロワット時の電力を消費しており、その 85% は赤信号によるものです。これは、赤信号が時間の 60% で点灯し、多くの場合ワット数が高いためです (FAMA Traffic, 2020)。150 ワットの赤色白熱電球を 10 ワットの LED 電球に交換すると、エネルギー消費量を大幅に削減できます。シーメンスの 1 ワットデジタル LED ドライバースモジュールなどの技術により、信号機のエネルギー効率が 85% 超向上し、エネルギーを消費する負荷抵抗器やスイッチング素子が不要になりました (Siemens, 2016)。

LED 信号機は、消費電力と維持費用が低いことから、白熱電球に取って代わりました。信号機とポールを一体化した統合型信号機は、時計、掲示板、LED ディスプレイなどの追加機能を備え、リアルタイムの情報共有や交通安全の向上などに役立ちます。都市近郊地域では、従来の信号機にソーラーパネルとバッテリーを追加したソーラー式信号機が、費用対効果の高い代替案として採用されています。ただし、ソーラー式信号機の性能は日射量に依存します。システムの効率を最適化するためには、太陽放射マップを使用して、この技術の利用に適した地域を特定することが重要です (Ha *et al.*, 2022)。低炭素投資としての可能性にもかかわらず、ソーラー式信号機は開発途上国ではまだ一般的ではありません。

信号機以外にも、街路照明は自治体の電気代の最大 40% を占める場合があります (C2E2, 2024)。しかし、LED 街路灯は、都市にエネルギーとコストの節約、そして安全性の向上をもたらします。従来の街路灯と比較して、LED 街路灯は街灯のエネルギー消費量を最大 50% 削減できます (Yang, 2019)。最近の技術の進歩により、太陽光発電や風力発電式の LED 照明やスマート街路灯には動的照明や調光機能のためのカメラやセンサが搭載されています。これらの照明は相互に通信し、動きに応じて明るさを調整し、IoT (モノのインターネット) 統合により遠隔監視とメンテナンスアラートに対応しています。

ジャカルタのような都市では、スマートシティ化の一環として、9 万基の街路灯をエネルギー効率の高い LED にアップグレードしました (Signify, 2018)。第 2 段階では、ここから 15 万基の街路灯へ規模を拡大します。これらの街路はすべてインタラクティブな都市照明ソフトウェアによって一元的に管理されます。東南アジア最大のスマート街路灯プロジェクトです。このデータにより、市当局は都市の照明インフラを効率的に監視し、地区ごとのさまざまなニーズに応じて照明レベルを遠隔で管理することができ、その結果、エネルギーコストを最大 70% 削減できます (C2E2, 2016)。

より涼しい都市のための自然に基づく都市ソリューションの活用

自然に基づく冷却ソリューションは、都市や地域社会における気温上昇に対処するための、エネルギー効率に優れ、持続可能なアプローチを提供します。緑地、風の流れ、建物の緑化を統合することにより、これらのソリューションは気温を下げる可能性があります。例えば、都市の表面の 50% をグリーンルーフで覆うと、気温を最大 0.8°C 低下させることができます (Estrada *et al.*, 2017)。しかし、多くの都市は依然として空調に大きく依存しており、自然に基づく戦略は十分に活用されていません (Wang and Wu, 2023)。

中国の広州やオーストラリアのメルボルンなどの都市では、こうしたソリューションの導入がますます進んでいます。例えば、広州は、山々、水系、および空き地に沿って 6 つの主要な通風回廊を保全することにより、風の流れを利用した「自然空調システム」を構築しています (World Bank, 2022c)。また、森林、湖、河川などの自然冷却源の周辺に計画的な冷却対策を施すとともに、壁や屋上に植物を配置して建物の温度を下げる計画も立てています。

シンガポールも、屋上緑化、スカイガーデン、ミニ公園、歩行者用公園連絡通路など、集中的な緑化政策を実施しています。これにより、都市の緑被率は 36% から 47% に上昇し、気温は最大 5°C 低下しました。これは、都市の気候変動への適応に貢献するとともに、GHG (温室効果ガス) の削減にもつながります。なぜなら、気温が 1°C 低下すると、ピーク時の電力需要が最大 4% 減少して、エネルギー消費量と温暖化ガス排出量の削減につながるからです (World Bank, 2022b)。

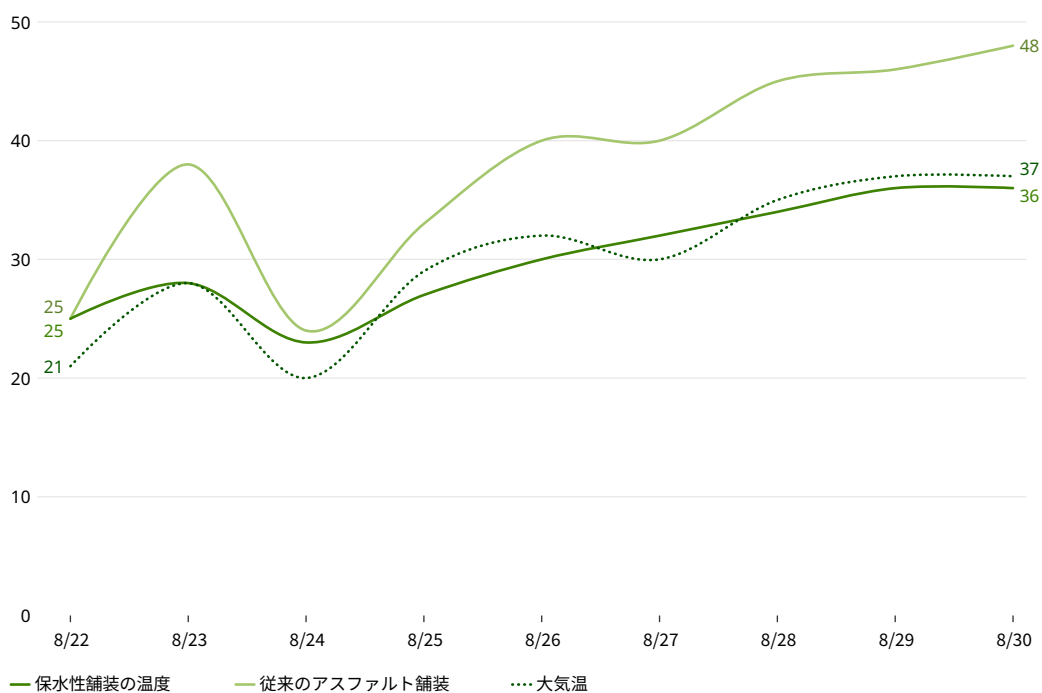
電力需要の減少は、主に都市部で大きなエネルギー消費源であるエアコンの需要の減少によるものです。

公共の建物では、壁面を利用して植物を育てる垂直庭園が進化しています。モジュール式パネルシステムは、その柔軟性と設置の簡単なことで人気があり、支持構造物に事前植栽されたパネルを取り付けることで、断熱性と防音性を高めています。自然に基づいた都市ソリューションについてさらに詳しくは、「グリーン・テクノロジー・ブック」[エネルギー版](#)と[気候変動の緩和版](#)をご覧ください。

保水性舗装と地域冷房による気温の低下

保水性舗装は、大量の雨水を貯めることができる特殊なセメントミルクなどの吸水材を充填した多孔質アスファルトでできています。水が徐々に蒸発するにつれて、周囲の環境から熱を吸収し、従来の舗装に比べ路面温度を 8°C から 10°C 低下させます (図 2.9)。ただし、従来の舗装材よりも約 30% 高価です (Sankei, 2024)。東京都は、ヒートアイランド現象の緩和のため、公共の広場や小規模公園などに約 190 キロメートルの保水性クール舗装を施しました。

図 2.9 日本の夏の道路表面温度の比較 (°C)



出典：JRCA (2014) を基に一部改変。Water Retaining Pavement. https://www.dohkenkyo.or.jp/english/tc_water.html

大規模な地域冷房システムもまた、ドバイやシンガポールなどの都市で見られるように、エネルギー消費を大幅に削減することができます。これらのシステムには、全体的なエネルギー消費を削減する、冷水貯蔵や熱回収などのよりエネルギー効率の高い技術を配置することも可能です。冷却された水は、地下の配管を通じて複数の建物に分配されるため、個別の空調装置が不要になり、エネルギーを節約できます。また、エアコンからの熱の放出を防ぎ、都市のヒートアイランド現象を軽減します。最大 50% の全体的なエネルギー節約が確認されています (Bjerregaard and Junge, 2024)。香港 (中国) では、冷却に海水を利用することで、システムの効率をさらに向上させています。

しかし、この技術の普及にはまだいくつかの障壁があります。シンガポールの地域冷房法のような適切な都市計画と規制は、その導入を促進する上で役立ちます。シンガポールのマリーナベイ地区は、世界最大級の地下地域冷房ネットワークを運営しており、2万4,000戸の住宅に電力を供給するのに十分なエネルギーを節約しています (Ruefenacht and Acero, 2017)。

公共スペースと建物に再生可能エネルギーを統合する

創造的なガバナンスモデル、政策、法律は、再生可能エネルギー源の利用拡大にしばしば重要な役割を果たします。自治体主導の再生可能エネルギーコミュニティも、公共スペースと建物における太陽光発電や風力発電を先導しています。いくつかのアジアの都市では、このようなツールを採用しています (囲み記事 2.4)。

囲み記事 2.4 公共建造物における再生可能エネルギーの統合に役立つさまざまなガバナンス戦略

ソウルは、民間発電事業者や協同組合に、利用されていない市有地を貸し出して、大規模なソーラーパネルを設置し、太陽光発電の容量を拡大しています。市の環境基準により、現在公共の建物には太陽光発電設備の設置が義務付けられています。市は、さまざまな部門と協力し、利用可能な場所に太陽光発電システムを設置し、コミュニティ規模のプロジェクトを推進するために、低利融資や固定価格買取制度を提供しています。現在、14の協同組合が29の太陽光発電所を運営しており、1.3 MWの電力を生み出しています (C40 Knowledge, 2019)。

中国では、公共の建物に屋上ソーラーパネルが導入される予定です。2021年、中国国家エネルギー局は、学校や病院などの公共建造物の40%に太陽光発電設備の設置を義務付けました (Ye, 2023)。また、インドネシアでは、APT プラント空港が同国初の太陽光発電空港となり、600 kWpのシステムから年間755 MWhの電力を生み出し、エネルギー需要の20%を賄っています。

屋上や駐車場だけでなく、湖や池に浮かぶ浮体式太陽光発電設備や建築物一体型太陽光発電 (BIPV) 装置の導入が増えています。浮体式太陽光発電所は、屋上や地上に設置された発電設備よりも多くの電力を生産できるほか、湖や貯水池の温度と蒸発の調節にも役立ちます (WEF, 2021)。シンガポールは、設置場所の制約から、浮体式太陽光発電所を利用してクリーンエネルギーの供給量を増やしています。シンガポールのテング貯水池浮体式太陽光発電プロジェクトは、45ヘクタールの面積にまたがり、7万7,300 MWhのクリーンな電力を生産しています (Power Technology, 2021)。

最新の革新的な太陽光ソリューションには、建物の前面に模様入りの垂直パネルを取り付けるなど、美観と機能性を融合させた建物一体型太陽光発電システム (BIPV) が含まれます。ただし、垂直パネルは従来の傾斜位置に比べて効率が5%から25%低下する可能性があります、新しい素材や設計によってこの問題への対処が行われています (YS and Ng, 2022)。近年、マイクロ風力タービンによる建物の改装が進んでいます。その一例が、統合型風力タービンにより建物の電力需要の11%から15%を発電しているバーレーンのワールドトレードセンターです (Kwok and Hu, 2023)。

イノベーションの事例

香港 (中国) の海水を利用した類例のない地域冷房システム



出典 : Veolia Water Technologies

香港 (中国) における環境ソリューションのリーダーである Veolia は、啓徳地域冷房システム (DCS) の設計、建設、運営を行っています。この施設は、海水を冷却媒体として使用して冷水を生成し、啓徳地区全体の商業ビルで従来の分散型空調システムに代わる存在になっています。冷却された水は、地下の水配管網を通じて供給され、オフィス、学校、大量輸送鉄道 (MTR) 駅、ショッピングモール、病院、クルーズターミナルなど、170 万 m² を超える非住宅用空調空間にグリーン冷房を提供しています。284 MW の冷却能力を備えた DCS は、フル稼働時はエネルギー効率を最適化し、必要なスペースを削減しながら、地域の年間電力消費量を最大 8,500 万 kWh 削減します (Veolia, 2025)。

スリランカにある最も高い垂直庭園



出典 : Getty Images/Veit Störmer

世界一高い垂直庭園に認定されたクリアポイント・レジデンスは、ミルロイペレラ・アソシエイツと MAGA エンジニアリングの共同プロジェクトです。この居住用タワーマンションは、総合的なグリーンビルの実践の模範例であり、47 階建て 171 戸の建物です。その特徴は、建物を囲む植栽テラスです。これらのテラスは、リサイクル水を利用した特別に設計された自動点滴灌漑システムによって維持されています。さらに、この建物には、ソーラーパネル、雨水収集、水のリサイクル、固形廃棄物管理システムなど、いくつかの自律型要素が組み込まれています。植栽されたテラスは、建物の独特な美観を高めるだけでなく、その他の利点も提供しています。緑は、エアコンのエネルギー消費を削減する天然の冷却システムとしての役割を果たしています。さらに、この緑豊かな覆いは、遮音、日陰、放射熱の緩衝材としても機能します。

技術ソリューション

既成技術

エネルギー効率：スマート街路灯

デルタ



出典：Getty Images/Lari Bat:

Smart Street Light Delta は、DeltaGrid 通信プラットフォームを統合することで、持続可能な都市のための包括的なソリューションを提供します。このシステムは、接続された高効率 LED 街路灯からデータを収集し、3G/ 汎用パケット無線システム (GPRS) 経由でクラウドサーバに送信します。リアルタイム制御 (オン / オフの切り替え、調光、ステータスおよび故障の報告など) が可能で、省エネとメンテナンス効率の最適化を実現します。この既成技術は、台湾 (中国) の新北市および桃園市で、1 万基超のスマート LED 街路灯を管理する大規模プロジェクトに導入され、成功を収めています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：台湾 (中国)
- 利用可能な地域：インド、オセアニア、東南アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

代替エネルギー自動車：極端な高温地域向けの電気バス

ユートン (Yutong)



出典：Getty Images/onurdongel

ユートンは、「酷暑チャレンジ」に立ち向かうため、サウジアラビア市場にバッテリー式電気バス、E11PRO と D8E を投入しました。このバスは、高温や過酷な砂漠の環境でも効率的に運行することができます。同社は中東で 20 年にわたり事業を展開し、カタールやサウジアラビアを含む 12 カ国で 1 万台を超えるバスを販売しており、そのうち 950 台はバッテリー式電気バスです。E11PRO モデルは、2 年近くの利用で 11 万キロメートル超の走行距離を達成し、その卓越した耐久性を実証しています。一方、D8E は、さまざまな都市交通のニーズに対応できる汎用性に優れています。バッテリー用に独立した液体冷却システムと、高い冷却能力を備えた電気式エアコンを装備しており、車両の安全性を高め、ドライバーと乗客に涼しく快適な乗り心地を提供します。さらに、電動機には、電動機が異物を吸い込んで故障の原因となるのを防ぐ独自の泥除けが装備されています。バッテリーパックには、安全でスムーズな動作を確保するための特別な衝突防止ビーム構造が追加されています。ユートンのバスは、長距離走行が可能で、酷暑下でも連続運転が可能な特徴により、特に利便性が高く、多数の乗客をスムーズに輸送することが可能です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：エンドツーエンドの移動手段 共有プラットフォーム

Gogoro



出典：Getty Images/franz12

GoShare は、Gogoro が開発した、Gogoro スマートスクーターのレンタルおよび乗車サービスを提供するアプリです。24 時間 365 日利用可能なこのアプリを使うと、スマート機能と無線通信能力を備えた高性能電動スクーターに、ユーザーが素早くアクセスして日常の移動に利用することができます。GoShare では、利用者は Gogoro ネットワークを用いていつでもバッテリーを交換できるため、バッテリー切れを心配することなく走行を延長できます。アプリは AI やリアルタイム管理などの先進技術を採用しており、ユーザーが簡単に登録し、スクーターを検索して数分で乗車予約を行うことができます。このソリューションは、都市の電気交通への移行を促進します。電気の供給源によっては、気候変動の緩和に貢献できる可能性があります。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：台湾 (中国)
- 利用可能な地域：アジア、コロンビア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

受動的冷却：垂直庭園向け格子・フレーム

レイサム・オーストラリア (Latham Australia)



出典：Getty Images/KjellBrynildsen

レイサムの格子とフレームは、プランター、鉢、植物を固定するための頑丈な構造を持ち、全体の外観を損なうことはありません。格子は、アルミニウムと真鍮で作られており、通常は安全床システムに使用されますが、垂直庭園の特定のサイズ要件に合わせてカスタムメイドすることも可能です。直立で設置すると、植物を支える信頼性の高い表面を形成し、デザイン面での美的目的も果たします。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：オーストラリア
- 利用可能な地域：中東、オセアニア、東南アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

受動的冷却：吊り下げ式垂直庭園システム

エコグリーン・ランドスケープ・テクノロジーズ (Ecogreen Landscape Technologies: ELT)



出典：Getty Images/Mystockimages

Living Globe Strings は、吊り下げ式垂直庭園、屋根付きスペース、屋内環境向けに設計された、超近代的な非モジュール式システムです。バックフレームを使用せず、ステンレス製のワイヤーに吊るされた Living Globe と呼ばれる吊り鉢を採用し、光を遮ることなく、一年中緑を楽しむことが可能です。親水性の発泡複合材で作られた球状の鉢は、メンテナンスがほとんど不要で、直径 4 インチ、7 インチ、11 インチの 3 種類があり、それぞれ 15、25、45 個の植物を収容できます。システムはモジュール式でカスタマイズ可能であり、点滴灌漑が組み込まれています。この革新的なソリューションは、限られたスペースを効率的に活用しながら、高密度植栽をサポートします。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：低
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：インド
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：無線インテリジェント太陽光発電式交通信号機制御装置

FAMA Traffic



出典：FAMA Traffic

無線インテリジェント交通信号機制御装置は、都市の交通信号機制御システムの核心的な構成要素であり、交通信号の管理、交通データの収集、通信の実現、および交差点の監視を担います。T 字路、多岐分岐、傾斜路など、さまざまな交差点タイプに適しています。制御装置は複数の制御モードで作動し、それらをインテリジェントに切り替えることができます。主な機能には、太陽光発電、信頼性を確保する内蔵中央制御システム、落雷や電力変動に対する屋外保護機能、メンテナンスやアップグレードが容易なモジュール設計が含まれます。就業日・休日設定用の 2x24 の作業時間、32 の調整可能な作業メニュー、緊急時の黄色の点滅モード、および各メニューのカスタマイズ可能なステップをサポートしています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

代替エネルギー自動車：従量課金充電技術を
採用したスマートな電動三輪車の充電システム

SOLshare



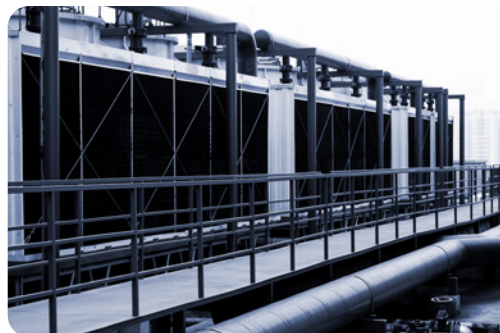
出典：SOLshare LTD

SOLmobility サービスは、電動三輪車に搭載されている従来の鉛蓄電池をリチウムイオン電池に置き換え、より高速な充電、優れた充電保持性能、および増大した電力容量を提供します。これらのバッテリーは従量課金技術と統合されており、バッテリー寿命の延長、コスト削減、走行距離の延長を実現しています。自動車修理工場のオーナーは、バッテリーをリースすることで初期費用を抑え、遠隔監視による管理の向上を実現できます。さらに、これらのリチウムイオン電池は、ソーラーグリッドなどの農村部のエネルギー貯蔵用に再利用することも可能です。SOLmobility は、SOLshare のリキシャ仮想発電所の一環として、双方向充電器と屋上太陽光発電システムを活用し、バングラデシュの送電網により多くの再生可能エネルギーを取り入れ、ピーク時の最大負荷を安定させ、電動三輪車ドライバーの収入向上を支援しています。

- 契約形態：販売およびサービス提供
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：バングラデシュ
- 利用可能な地域：バングラデシュ
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷暖房：地域冷房

SP グループ



出典：Getty Images/windcatcher

シンガポール最大の地域冷房事業者である SP グループは、地域の顧客向けに地域冷房システムの設計、建設、運営を行っています。地域冷暖房は、複数の建物に冷水または温水を供給して空調を行うシステムで、個別の冷房システムに代わる、信頼性が高くエネルギー効率に優れた選択肢を提供します。このシステムは、冷却能力と加熱能力を統合することで、専門の運用チームによって管理されるスケールメリットを活かし、エネルギー効率と費用効果の面で公共の電力供給に匹敵する性能を実現しています。

- 契約形態：販売および契約
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：シンガポール
- 利用可能な地域：オーストラリア、中国、シンガポール、タイ、ベトナム
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

受動的冷却：保水性舗装クールポリシール

NIPPO



出典：Getty Images/hellojulie

保水性舗装は、開孔アスファルトの空隙に、優れた吸水・保水特性を持つ特殊なセメント混合剤「クールグラウト」を注入・充填して作成される舗装です。この設計は、蒸発冷却を利用して路面温度を低下させ、都市部のヒートアイランド現象の緩和に貢献します。夏には道路環境を冷却することで快適性を向上させ、交通量の多い道路から歩道まで、あらゆるタイプの道路に適しています。水分を保持し、蒸発によって放出することで、舗装は表面温度を効果的に低下させ、暑い状況での歩行体験も全体的に向上させます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：中国、日本、タンザニア、タイ、ベトナム
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

代替エネルギー自動車：開発途上国向け太陽光発電電気自動車

Advanced Dynamics



出典：Getty Images/Andrey Grigoriev

Advanced Dynamics は、電気自動車用モーター、バッテリー、制御システム、太陽光発電部品、その他の必須部品を含む包括的な電動化ソリューションである BEAN テクノロジーを提供しています。革新的な太陽光発電技術により、化石燃料自動車を太陽光発電電気自動車に変換することが可能になりました。この技術は、コンパクトカーから大型商用トラックまで、さまざまな車種に対応可能であり、炭素排出量の削減と持続可能性の推進に直ちに貢献します。

- 契約形態：サービス提供
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：バングラデシュ
- 利用可能な地域：アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

代替エネルギー自動車：水素燃料電池都市バス

Higer



出典：Getty Images/Acumen86

Higer の KLQ6106 水素燃料電池都市バスは、最大 80 名の乗客を収容でき、車椅子用の専用スロープと指定エリアを備えた広々とした車内空間を提供しています。第 6 世代の水素燃料電池テクノロジーを採用しており、燃料電池の寿命を予測値で 1 万 5,000 時間まで延長しています。バスは、零下 30℃の極寒条件下でもスムーズに運行でき、零下 40℃では自動停止して車体を保護します。92 kW の水素燃料電池を動力源とし、100 km あたりの水素の消費量がわずか 5 kg という高いエネルギー効率を実現しています。車載水素貯蔵容量は 25 kg で、1 回の充填で 400 km 超の走行が可能で、充填時間は 20 分未満です。Higer の水素バスは、2008 年と 2022 年の北京オリンピックの両方で輸送業務を無事に完了しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

代替エネルギー自動車：自動運転バス用ワイヤレス充電器

WiTricity



出典：Getty Images/Chesky_W

WiTricity Halo™充電器は、プラグを差し込む必要がないため、充電プロセスを簡略化します。これは、移動中の利用に特に便利です。従来のコードやケーブルは、重くて扱いにくく、スリップや転倒につながり、商業ドライバーの労災請求の潜在的な原因となっています。WiTricity Halo は、移動効率を向上させ、ドライバーが重いケーブルを管理する必要をなくします。これは、運転手のいない自動運転バスにとってきわめて重要です。WiTricity は、中国最大のバス製造業者である Yutong Bus と提携し、同社の自動運転電気バスにワイヤレス充電システムを導入します。

- 契約形態：販売およびサービス提供
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：米国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

代替エネルギー自動車 : SmarTuk – モジュール式の完全電気式トゥクトゥク

ARVenture Studio、E-Tuk Factory



出典 : Getty Images/Itsanan Sampuntarat

Vincent Chan と Andy Lee の両氏が設計した SmarTuk のコンセプトは、カンボジアの路上販売者向けに、費用対効果に優れたモジュール式の電気自動車ソリューションを提供することを目的としています。食品や商品を販売する個人向けに設計された SmarTuk は、IoT とビッグデータを活用し、低所得者の生活を向上させるとともに、自然に優しい労働環境の促進に貢献しています。その完全電気式設計とエネルギー効率の高い基礎構造との組み合わせにより、持続可能性と手頃な価格の両方を実現しています。SmarTuk の主要な機能は、モバイルアプリと接続して近くの露店を見つけることができる追跡デバイスです。消費者の利便性を高めるとともに、非公式の露店の規制にも貢献しています。さらに、その耐水設計は、カンボジアの頻繁な洪水も考慮に入れています。モジュール式设计により、利用者は後部を交換するだけで、SmarTuk を特定のニーズに合わせて簡単にカスタマイズできます。用途は多岐にわたり、移動式カフェから食料品カート、あるいは単に商品の輸送用車両としても利用されています。この柔軟性と電気駆動の組み合わせにより、SmarTuk は効率的でメンテナンスの手間が少ない製品となっています。

- 契約形態 : 販売およびサービス提供
- 技術の成熟度 : フロンティア
- 技術レベル : 中
- 原産地 : オランダ
- 利用可能な地域 : カンボジア、オランダ
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

スマートエネルギー : ロードサイドユニット 2X 通信

Yunex Traffic



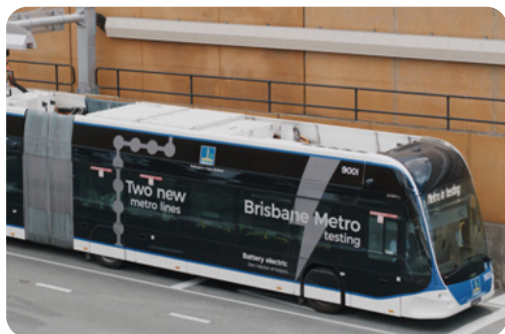
出典 : Yunex Traffic

Yunex Traffic RSU2X は、道路脇のインフラと車載ユニット (OBU) 間の無線通信の中央ハブとして機能します。リアルタイムの双方向データ交換を可能にし、きわめて重要な交通情報 (速度制限など) の送信や OBU メッセージの受信を容易にします。このテクノロジーは、現在の交通状況をより正確に把握するための重要なデータを提供し、より効率的な交通管制を可能にし、事故を減らし、排出量の削減に貢献します。RSU2X はイーサネット給電により電源供給され、内蔵アンテナにより最大 2,500 メートルの無線カバレッジを提供します。クアッドコアプロセッサと強力な無線モジュールを搭載し、毎秒最大 4,000 件のメッセージ確認と 130 件のメッセージ署名ができる高いデータ処理能力を備えています。また、イーサネット、LTE、Wi-Fi、Bluetooth などの複数の接続オプションも備えており、過酷な環境にも対応する耐候性設計を採用しています。不正アクセス対抗のタンパ・レスポンス機能と安全な鍵保管機能を備えており、高いセキュリティレベルを誇ります。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : フロンティア
- 技術レベル : 高
- 原産地 : ドイツ
- 利用可能な地域 : 全世界
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

代替エネルギー自動車：電気バス用急速充電システム

日立エナジー



出典：日立エナジー (Hitachi Energy Ltd)

日立エナジーの Grid-eMotion® 充電インフラは、長時間の充電のために電気バスの運行を停止したり、予備車両を常備したりする必要をなくし、車両運行者の運用コストと可用性を最適化します。超高速充電は数秒で開始され、24 メートルの地下鉄車両を給電ステーションに接続すると、600 kW 超の電力を供給します。Grid-eMotion® 充電システムを採用することで、大型バッテリーを搭載する必要がなくなり、座席数を増やすことが可能になります。これにより、乗客とドライバーの両方のエクスペリエンスを向上させる、より持続可能で効率的なソリューションを実現し、騒音の低減と排ガスゼロを実現します。

- 契約形態：販売およびサービス提供
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

代替エネルギー自動車：水素駆動高速鉄道自動輸送 (ART) 2.0

CRRC



出典：Getty Images/elifilm

グリーン・テクノロジーと東洋の美学を融合させた ART は、乗客収容数が中から小レベルの輸送向けに設計されています。路面電車と道路走行車の利点を融合し、都市交通の進化する需要に対応します。ゴム製の車輪で走行し、バーチャル線路を採用することで、従来のレールや架線システムが不要となり、建設費および維持管理費を削減できます。ART 2.0 モデルは、急速充電リチウム電池、スーパーキャパシタ、水素エネルギー、頭上架線式システムなど、さまざまな電源に対応可能で、多様な運用環境に対応できる柔軟性を備えています。水素を動力源とする ART 2.0 は、1 回の充填で最大 500 キロメートル走行可能で、わずか 5 分の急速充填により 20 キロメートルの走行距離を追加できます。また、完全自動運転機能を含む、高度なインテリジェンスと安全機能も備えています。このシステムは、最高の機能安全レベル (SIL4) を達成し、安全で信頼性の高い乗車体験を保証しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー貯蔵：安全性を高めた超充電 ブレードバッテリー

BYD Auto



出典：Getty Images/SweetBunFactory

BYD の次世代リン酸鉄リチウムブレードバッテリーは、車体構造に統合され、安全性、耐久性、効率を向上させています。釘の貫通や高温などの過酷な条件にも、煙や火災を発生させることなく耐えることが証明されています。ブレードバッテリーは、6-in-1 コントローラにシリコンカーバイド (SiC) テクノロジーを採用し、効率的な動作と迅速なロードサイドメンテナンスを実現しています。BYD の Cell to Pack (CTP) テクノロジーにより、スペース利用率が 50% 向上し、走行距離が延長されます。バッテリーは最大容量 500 kWh を誇り、電気バスは 1 回の充電で最大 600 km の走行が可能です。これにより、ダウンタイムを削減し、全体的なエネルギー効率を向上させることができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

スマートエネルギー：V2G アプリケーション搭載 の大型充電ステーション

Nuvve



出典：Nuvve Holding Corp.

Nuvve 大型直流充電ステーション (RES-HD60-V2G) および大型直流急速充電ステーション (RES-HD125-V2G) は、車両・送電網間 (V2G) 電力供給アプリケーション向けに特別に設計されており、電気スクールバスなどの重量物運搬車両の高速・スマート充電に最適です。これらの充電ステーションは、Nuvve の車両管理アプリと V2G プラットフォーム (GIVe™) と完全に統合されており、あらゆる車両に対する一方向充電をサポートします。また、V2G 対応車両と接続した場合、完全な双方向 V2G および車両・建物間充電 (V2B) サービスも提供します。

- 契約形態：販売およびサービス提供
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：米国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

Autotalks



出典：Getty Images/Tony Studio

TEKTON3 は、車両がリアルタイムの情報を共有し、道路の認識と安全性を向上させる V2X センサです。これにより、協調的な知覚が可能になり、ある車両が検知したものを別の車両も「見る」ことができるため、複雑な交通状況における死角が減り、反応時間が改善されます。自動ブレーキをサポートするように設計されており、ISO 26262 ASIL B 機能安全規格に適合しています。DSRC、LTE-V2X (C-V2X Rel.14/15)、5G-V2X (NR-V2X) (C-V2X Rel.16/17/18) を含む、すべての V2X 通信技術に対応しています。センサは 2 つの無線機で動作し、それぞれ 2 本のアンテナを搭載して、安定した信頼性の高い通信を実現しています。

- 契約形態：販売およびサービス提供
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：イスラエル
- 利用可能な地域：中国、イスラエル、日本、韓国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

ホライズン技術

エネルギー貯蔵：長寿命の防水型電気バス用
バッテリー

寧徳時代新能源科技 (Contemporary Amperex
Technology: CATL)



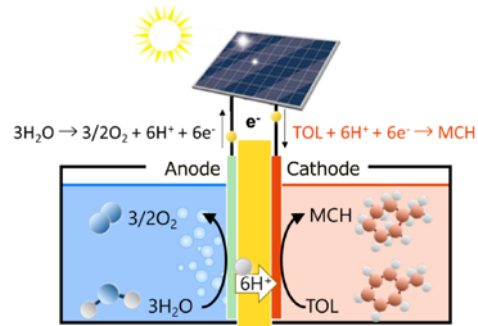
出典：Getty Images/zssp

寧徳時代新能源科技 (CATL) は、特に電気バス用に設計された Tianxing-B (Tectrans B) バッテリーを発売しました。エネルギー密度は 175 Wh/kg で、同社によれば業界最高水準です。バッテリーの寿命は 15 年または 150 万キロメートル (93 万マイル) と予想されており、保証期間は 10 年または 100 万キロメートル (62 万マイル) です。IP69 の防水規格に適合しており、バッテリーは最大 72 時間の水没に耐えることができます。Tianxing-B はすでに 13 の顧客と提携しており、80 種類超のバスモデルに採用される予定です。CATL は、世界中で 38 万 5,000 台超のバスに電力を供給しています。バッテリーは、Tianxing Bus Edition または B シリーズとも呼ばれています。CATL の Tianxing 製品は、商用車ユーザーに超高速充電体験を提供し、わずか 12 分で 60% の充電を可能にします。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

代替エネルギー自動車：効率的なサプライチェーン
を実現するグリーン水素キャリア

ENEOS



出典：ENEOS 株式会社

エネルギーを大量に消費する水素の電気分解プロセスでは、水分子 (H_2O) を水素 (H_2) と酸素 (O_2) に分解し、副産物として水のみを生成する水素ガスを燃料として自動車などに利用することができます。再生可能エネルギーが豊富な地域は、水素の「収穫」プラントにとって魅力的な場所ですが、その分布が不均一であることが、グローバルな水素サプライチェーンの拡大にとって課題となっています。ENEOS は、水素分子をトルエンに添加して水素を運ぶメチルシクロヘキサン (MCH) を生成する Direct MCH[®] プロセスの開発に取り組んでいます。この物質は既存の石油インフラと互換性があり、同じ体積で比較した場合、水素ガスの 500 倍もの水素を輸送することができます。オーストラリアの太陽光発電式 Direct MCH[®] 電解装置のデモプラントで生成された MCH は、日本へ輸送され、燃料電池バスに動力源として使用されました。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：オーストラリア、日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー貯蔵：NTO テクノロジーを用いた次世代リチウムイオン電池

東芝



出典：株式会社 東芝

東芝、双日、およびブラジルの CBMM は、ニオブチタン酸化物 (NTO) を負極に使用した次世代リチウムイオン電池を開発しました。この新しいバッテリーは、約 10 分の超高速充電と高いエネルギー密度を特徴とし、ブラジル・アラシャの CBMM 工場で公開された電気バスプロトタイプで実証されました。これは、NTO 負極を使用したリチウムイオン電池を搭載した電気自動車のプロトタイプの初走行です。ニオブ酸化物負極は、安定した電圧と、バッテリーを損傷することなく 10 分以内に完全に再充電できる特性により、安全性と効率を向上させます。これにより、従来のバッテリーに比べて長寿命化も実現しています。開発にあたったこれらの企業は、2025 年春までに NTO ベースのバッテリーを世界規模で商品化する予定です。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー供給：美観に優れたモジュール式風力発電機

Airiva Renewables



出典：Airiva Renewables, Inc.

Airiva は、現代的なフレーム内に垂直風力タービンを配列した、モジュール式で拡張可能なスマート風力エネルギーシステムです。都市および郊外の景観の建築およびインフラに調和するように設計されています。他のエネルギー技術を補完・補強し、生産した電力は、現場で直接使用したり、貯蔵したり、送電網に供給したりすることができます。モジュール式设计は、現場固有のニーズに合わせて拡張可能で、商業ビルやキャンパス、高速道路、鉄道、航空輸送ネットワーク、マリーナ、港湾など、幅広い用途に適しています。Airiva は現在、特許取得済みのプロトタイプであり、再生可能エネルギー分野において未使用の素材が頻繁に使用されるのとは対照的に、製造に最低 80% のリサイクル素材および使用済み素材を使用することを製造上の目標としています。

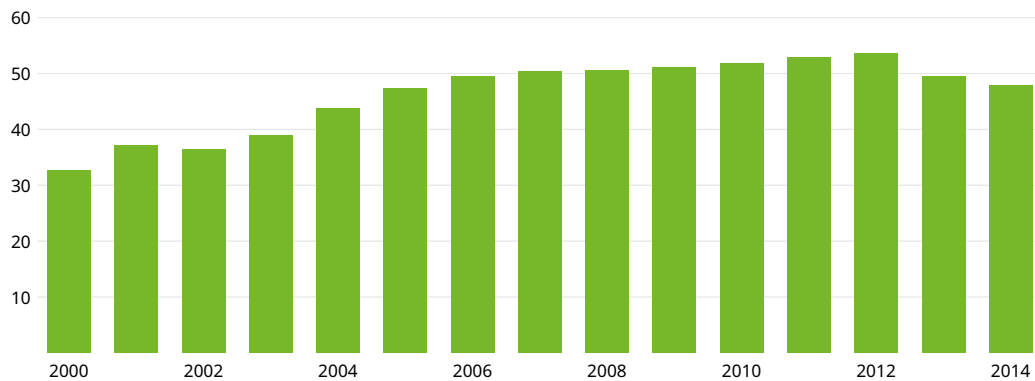
- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：米国
- 利用可能な地域：該当なし
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水道事業におけるエネルギー効率

エネルギー生産は、大量の水を消費します。2021 年、世界のエネルギー部門は、世界の淡水取水量の約 10% に相当する、約 3,700 億立方メートルを消費しています (IEA, 2023a)。この多量の水の使用は、化石燃料の抽出および処理から発電、バイオ燃料の栽培に至るまで、エネルギーの生産および変換のすべての段階で起こっています。世界の発電量の約 90% は、主に火力発電所の冷却や水力発電のために、水に依存しています (ETH, 2025)。その結果、信頼性の高い発電は、淡水への安定的なアクセスに大きく依存しており、水不足の影響を受けやすくなっています。一方、水に対する広範な需要はエネルギーにも依存しており、湖や川から水採取することから、清潔な飲料水の供給、廃水の処理に至るまで、水循環のあらゆる段階において電気が必要となります。水とエネルギーシステムの間のこの相互関連性と相互依存性は、水とエネルギーの連環として知られています。経済発展、人口増加、気候変動の影響により、2 つの資源に対する需要の高まりと圧力の増大につれて、その重要性はさらに高まると予想されます (IEA, 2024a)。

アジア太平洋地域は、主に水ストレスに直面しています (ESCAP, 2013)。人口増加と都市化が進むにつれ、都市は大きな資源需要に直面しています。例えば、中国の電力部門は従来、冷却に大量の淡水を必要とする火力発電³に依存してきました。図 2.10 は、2014 年に中国で発電に約 480 億立方メートル (bcm) の淡水が使われ、これは同国の総淡水量の約 8% に相当することを示しています。同様にインドでも、発電のための総水消費量は 2030 年までに最大 40 億立方メートル増加すると予測されており、2050 年までに全国の水消費量の約 9% を占めると予想されています (IRENA and WRI, 2018)。

図 2.10 中国の火力発電のための取水量 (2000 年～2014 年、10 億立方メートル)



出典: ADB (2017) を基に一部改変。Water-energy nexus in the people's republic of China and emerging issues. Philippines: Asian Development Bank, <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/384291/water-energy-nexus-prc.pdf>

アジアはまた、中国、インド、日本を筆頭に、世界の水力発電量の 3 分の 1 超を占めています。火力発電所とは異なり、水力発電所は水を直接消費しません。安定した水流に依存しているため、気候変動や水利用の競合など、水流の変化に対して非常に脆弱です。

3 火力発電は、燃料を燃焼させて水を加熱し、その蒸気で発電機のタービンを回転させて発電します。

このような背景から、この地域では、エネルギー部門が利用可能な水資源のうちますます多くの部分を消費すると予測される一方、人口の増加、都市化、水使用量の多い農業により、淡水に対する競合する需要も引き続き高まる見通しです。

アジアの 75% を超える地域が水不安に直面しており、気候変動により状況はさらに悪化しています (FAO, 2023)。激しい降雨、洪水、干ばつ、海面上昇などの異常気象は、水の利用可能性を混乱させ、その結果、エネルギー生産に直接的な影響を与えています (IRENA, 2024b)。気候変動の緩和および適応策は、地表水および地下水の可用性とその利用者にさらなる影響を与える可能性があります (EU, 2021)。同時に、水へのアクセスが困難になるにつれて、より地下深くの水源や遠方の水源から水を汲み上げるようになるため、あるいは代替水源 (海水や汽水など) から抽出した水を処理するために、より多くのエネルギーが必要になります。シンガポールは、水不足に対処するために多大なエネルギーを使用しているアジアの重要な例であり、1 日の水需要は 173 万 m³ に達しています (ESCAP, 2013)。

都市の水循環において、水抽出と配水は総エネルギー使用量の最大 65% を占めるため、水供給システムにおいて最もエネルギー効率の高い設備を利用することは、水とエネルギーの両方を節約するために不可欠です (UNEPPCC, 2023)。高度な IoT (モノのインターネット) テクノロジーにより、この地域における漏水やその他の水損失 (無収水) を削減し、水道システムの効率を向上させることができます。再生可能エネルギーは、アジアにおける水とエネルギーの連環をさらに強化することができます。例えば、太陽光発電や風力発電は、発電プロセスに水を必要としません。これらの再生可能エネルギー源は、既存の火力発電所に統合してエネルギー需要の一部を満たし、通常は化石燃料を動力源とする水使用量の多い冷却システムへの依存度を低減することもできます。

太平洋地域においても、水道へのアクセスが限られており、そのコストも高額であるため、水道の利用可能性が大きな課題で、水のイノベーションはきわめて重要です。パプアニューギニアでは 9%、マーシャル諸島では 3% の人しか飲用水道水を利用できません (UNESCO, 2024)。信頼性の高い淡水の確保という課題を背景に、海水淡水化は一部の地域において重要なソリューションとなっています。このような技術については、以下のセクションで詳しく説明します。

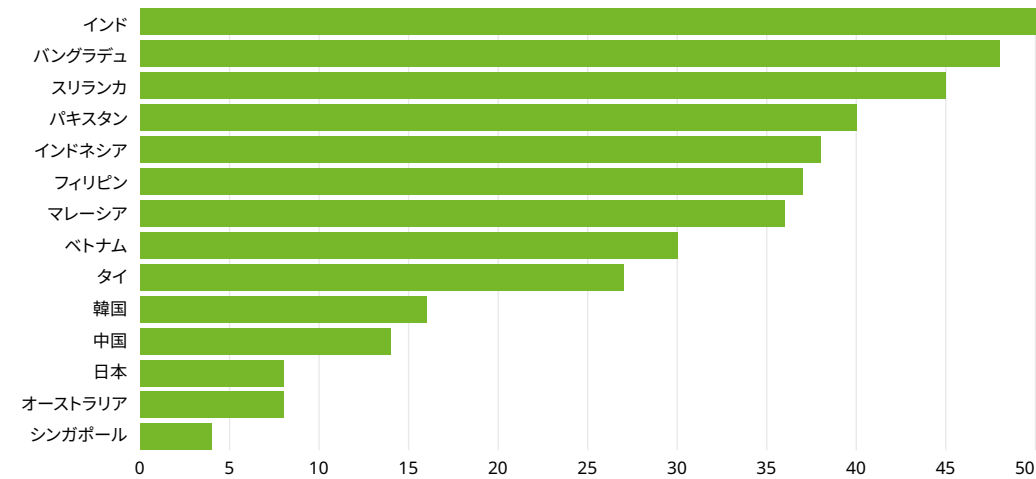
技術の発展とトレンド

都市の給水システムにおける無収水を削減して水とエネルギーを節約する

水は重く、気体のように圧縮することができないため、移動させるには多くのエネルギーが必要です。水道事業者は、主にエネルギーを使用してポンプを駆動し、パイプを通じて水を輸送し、高い位置まで揚水し、処理システムを通じて圧送して、消費者に清潔な水を提供しています。しかし、東南アジアの多くの都市では、水道および配水システムのための十分なインフラが整備されていません (Edwards, 2024)。これにより、古い配管からの水漏れが発生し、それを補うためにポンプの稼働や処理が増大するため、エネルギー消費が増加します。アジア全域で、水道事業者は 1 日の送水量の 5% から 50% を損失しています (ADB, 2016) (図 2.11)。この持続的な課題である「無収水 (NRW)」は、水道システムの財政的持続可能性と効率性に影響を及ぼし、地域内の水道事業者の重大な懸念事項になっています。したがって、NRW を削減することが、都市の水道におけるエネルギー効率の向上の鍵です。

水圧の管理と漏水の検出のための先進技術には、デジタルセンサ、リアルタイムデータ分析、遠隔通信、自動化などのIoTテクノロジーを搭載したスマート減圧弁 (PRV) やスマート水道メーターなどがあり、水管理の最適化を実現します。異常な水流が発生した場合、リアルタイムで警報を発し、漏水の可能性を通知します。また、遠隔監視と遠隔制御が可能で、水損失の削減と効率の向上に貢献します。さらに、超音波流量計が音波を用いて水流の急激な変化を検知し、過渡圧力⁴ モニターがストレス下にある配管を特定し、漏水の危険がある箇所を強調表示します。

図 2.11 アジア太平洋地域の主要経済圏における無収水の割合 (%)



出典：(ADB, 2016) を基に一部改変。Asian water development outlook 2016: Strengthening water security in Asia and the Pacific. Philippines: Asian Development Bank,
<https://www.adb.org/sites/default/files/publication/189411/awdo-2016.pdf>.

老朽化するインフラと水漏れの増加は、インフラの多くが敷設後 50 年超経過しているオーストラリアやニュージーランドなどの太平洋地域でも大きな問題となっています。長期にわたる干ばつにより都市の水道供給が逼迫し、シドニーのような都市では NRW により年間数十億リットルの水が失われています。一方、ウェリントンでは、配管の過半数が交換を要する状態にあります (Trelleborg, 2021)。トレンチレスパイプ補修は、環境への影響を最小限に抑えながら、地下パイプの補修や交換を行う、非侵襲的でコスト効率の高いソリューションです。これは、既存のパイプ内に樹脂コーティングされたライナーを挿入し、硬化させて古いパイプの内部に新しいパイプを形成する、現場硬化管 (CIPP) ライニング工法です。また、既存のパイプに小さなパイプを挿入して直径を縮小し、大規模な掘削を行うことなく機能を回復するスリップライニング法もあります。

漏水とは別に、NRW のより大きな課題は、違法接続、水の窃盗、計量誤差、および非効率的な請求システムにあり、これらはアジアの NRW の 50% から 65% を占めています (ADB, 2007)。例えば、ホーチミン市では、水道事業者が顧客データベースを更新して水の窃盗者を特定し、漏水を最小限に抑えるために水圧を調整するだけで、1 年足らずで NRW を 42% から 31% に削減し、年間 140 万ドルの節約を達成しました。アジアにおける NRW の削減には、強力なガバナンス、サービス提供者が新しいテクノロジーを採用できるようにするための公益事業の自主性、および規制当局と国民に対する説明責任が必要です。さらに、NRW のベンチマーキングを通じた水道事業への経済的インセンティブは、水管理の向上につながります (UNEPCCC, 2023)。

4 過渡圧力は、パイプラインや流体システム内の圧力が急激かつ短時間に变化する現象で、配管システムの通常運転圧力よりもはるかに高くなり、パイプ、接手、その他のインフラに損傷を与える可能性があります。

水道サービス普及率の低さは、多くの場合、NRW の高さと密接に関連しています (ADB, 2014)。違法接続により NRW が高くなっているフィリピンでは、「Temfacil」(一時施設) と呼ばれる一時的な低コストのソリューションが実施されています。このアプローチでは、垂鉛メッキ鉄パイプを多くの場合セメントに埋め込んで地面に敷設し、不正な接続が容易な古いパイプラインを置き換えます。このような施設は、恒久的な水道管の敷設が困難な低所得地域や洪水発生の多い地域にも、水へのアクセスを拡大します。これと並行して、地域社会で運営する協同組合は、手頃な価格で信頼性の高い飲料水を提供することで、違法な接続や水の窃盗を減らす取り組みを行っています。NRW 削減のための他のソリューションについては、「グリーン・テクノロジー・ブック」エネルギーソリューション版および気候変動適応版で取り上げています。

給水および水処理用のエネルギー効率の高い電動機、ポンプ、通気装置

高トルクおよび高電力密度の先進的な電動機技術により、従来のモーターに比べエネルギー損失をほぼ半分に削減できます (WIPO, 2024c)。エネルギー効率の向上は、従来の電動機とポンプのセットを、性能を自律的に監視および最適化できるデジタルセンサを追加したスマートシステムにアップグレードすることで実現できます。スマートマルチポンプシステムは、コントロールを強化し、複数のポンプを同時に管理できます。センサから得られたリアルタイムのデータ (圧力、流量、需要など) に基づき、この相互接続されたシステムは、個々のポンプの起動、停止、あるいは速度調整を行い、最適な性能を維持することで、エネルギーを節約します。ポンプやモーターの速度を必要な水流量に応じて調整する可変速ドライブ (VSD) を設置することで、さらにエネルギー効率を向上させることができます。この装置は、常に全速力で動作するのではなく、オン・オフで機能します。囲み記事 2.5 では、電動機技術についてさらに詳しく説明されています。

エネルギーを節約しながら水の流れを管理するためのより簡単な方法としては、古い吸込管および吐出管の交換があります。これにより抵抗が減り、水の流れがスムーズになり、ポンプの負担が軽減されるため、エネルギーの節約になります。ポンプステーションを重力式システムに改装すると、ポンプをほとんど使用せずに水を下り坂に流すことで、エネルギー使用量を最小限に抑えることもできます。さらに、ポンプの稼働をピーク時以外に移す、省エネ対策 (効率的な照明、換気、断熱) による施設のアップグレードなど、運用を最適化することで、都市の水道システムのエネルギー効率が向上します。

囲み記事 2.5 先進的な電動機技術によるエネルギー効率の最大化

電動機は耐久性に優れ、出力範囲 (小型の 1 ~ 7.5 kW から大型の 75 ~ 375 kW 電動機まで) に応じて、通常 12 年から 20 年の寿命があります。この長寿命と予備電動機の在庫傾向により、エネルギー効率に優れた最新技術の採用が進んでいません。国際電気標準会議 (IEC) の規格では、電動機の効率を IE1 (標準) から IE5 (ウルトラプレミアム) までに分類しています。IE4 や IE5 などの高効率電動機には、標準的な誘導電動機、永久磁石同期電動機、同期リラクタンス電動機があります。電動機の過大設計の回避、高度な制御 (トルク制御や VSD など) の活用、デジタル化の統合、システム構成要素 (ポンプ、ファン、コンプレッサーなど) の最適化等の追加対策により、効率を向上させることができます。VSD および高効率電動機は、浄水、海水淡水化、および廃水処理プロセスにおいて、エネルギー消費を 25% から 30% 削減できます。一方、デジタルソリューションは、廃水処理において 10% から 20% のエネルギー節約が可能です。UNEP の「効率のた

めの連携」ガイドラインは、インセンティブプログラムやエネルギー性能基準など、電動機システムの効率向上に向けた枠組みの構築において、各国政府を支援しています。

出典：(UNEPCCC, 2023)

エネルギー効率の高い通気は、効果的な廃水処理をする上できわめて重要である

従来の下水処理場 (WWTP) では、通気プロセスが施設の総エネルギー消費量の 60% 近くを占めています (Wang *et al.*, 2023)。通気プロセスは、水中の酸素の溶解を促進し、有機汚染物質を分解する好気性微生物の増殖を促すものです。表面通気は、電動機を使用してパドルホイールや浮遊式通気装置などの機械装置を駆動する、最も古く最も一般的な方法です。よりエネルギー効率の高い通気技術には、従来の拡散器よりも表面積対体積比が大きい微細な気泡を発生させる気泡拡散器があります。これにより、より少ないエネルギーでより多くの酸素を水に溶解させることができます。さらに、リアルタイムの条件に応じて風量を調整する自動制御システムと組み合わせることで、処理プロセスが必要とする場合のみエネルギーを使用することを確実にします。

中国と日本では、都市環境における廃水管理と水の再利用を改善するため、膜バイオリアクター (MBR) の導入が進められています。膜通気生物膜法 (MABR) は、ガス透過性膜を介して酸素を細菌に直接供給することで、生物学的プロセスにおける酸素の利用効率を向上させ、エネルギー効率の高いソリューションを提供します。より詳しくは、「グリーン・テクノロジー・ブック」[気候変動適応版およびエネルギー版](#)をご覧ください。さらに、嫌気性膜分離法 (AnMBR) は通気を行わないため、エネルギー使用量を削減できます。また、潜在的なエネルギー源としてバイオガスを生成します。高速送風機などの高度な技術は、通気プロセスの効率を向上させることにより、水処理システムのエネルギー使用をさらに最適化します。中国や日本などの国は、すでにこの技術を採用しています。詳細については、技術ソリューションの項をご覧ください。

アジアにおける海水淡水化技術の進歩による水不足への取り組み

2050 年までに、世界人口の半数超が水不足地域に居住していると予測されており、その 73% はアジアに位置します (Infrastructure, 2022)。気候変動による干ばつや洪水の頻発により、水管理がますます困難になっています。一方、海面上昇と地下水採取が相まって、塩水侵入が発生し、淡水供給が脅かされています。例えば、ベトナムのメコン川デルタ地帯の 75% 超の省が海水の侵入の影響を受けています (Cong, 2018)。淡水に対する需要の高まりにより、塩水 (海水や汽水) から淡水と濃縮塩 (塩水) を分離する技術である海水淡水化への依存度が大きくなっています (IEA, 2024b)。ただし、海水淡水化は、高コストでエネルギー集約的なプロセスであり、特に炭素集約型の送電網を有する国において、プロセスを進めるのに必要なエネルギーによって大量の温室効果ガス (GHG) の排出の原因になります (Eyl-Mazzega and Élise Cassignol, 2022)。エネルギーコストだけで、海水淡水化事業の総コストの 33% から 50% を占めています (Shtelman, 2019)。

アジアはすでに世界の海水淡水化能力の相当大的な部分を占めています (AIIB, 2019)。水供給の 25% を海水淡水化で賄うシンガポールがこの分野をリードしていますが、中国、インド、韓国、タイなどの国も、この技術の導入を加速しています (Tempest, 2019)。アジア各国政府は、信頼

性が高く回復力がある都市の水供給システムを構築するため、海水淡水化に投資しています。海水淡水化プラントは、塩分濃度のより低い汽水処理にも使用できます。

海水淡水化のエネルギー需要は、技術によって異なります (表 2.1)。現在、最もエネルギー効率の高い海水淡水化技術である逆浸透 (RO) は、1 立方メートルの浄化処理水あたり 1 kWh から 8.5 kWh の電力を消費します。高圧ポンプを使用して、自然浸透圧よりも高い圧力で水を半透膜に押し込み、水分子のみを通過させ、ほとんどの塩分や不純物を阻止します。これに対し、熱脱塩法は、海水を蒸発させ、ポンプやファンなどの他の部品を動作させるために、処理水 1 立方メートルあたり 70 MJ から 280 MJ の熱エネルギー (主に化石燃料から) と 1 kWh から 5 kWh の電力を使用します。

中国、インド、シンガポールなどの国は、新しい海水淡水化プラントの主要な選択肢である RO 膜技術の進歩の最前線に立っています (ESCWA, 2017; Herber, 2024)。また、オーストラリアの主要な沿岸都市では、RO 海水淡水化を利用しています。例えば、ビクトリア州では、ミレニアム干ばつにより、深刻な水不足に対処するための RO 脱塩プラントが開発されました。このプラントは現在、年間 1,500 億 m³ の浄水を生産しており、高度な海水淡水化技術を用いて水源を多様化することで、地域社会が極端な気象条件に適応できることを示しています (DEECA, 2023)。

表 2.1 さまざまな海水淡水化技術のエネルギー要件

技術		体積エネルギー密度 (kWh/m ³)	熱エネルギー (MJ/m ³)
熱	多段フラッシュ蒸留	2.5-5	70-280
熱	多重効用蒸留	1.0-3.0	32-72
膜	逆浸透 (海水)	2.2-8.5	不要
膜	逆浸透 (汽水)	1.0-2.5	不要

出典 : (ADB, 2017)

ポンプ効率の向上、エネルギー回収装置 (ERD) の採用、および膜の改良により、RO 脱塩プロセスはさらに効率的になりました。ERD は、小規模および大規模システムの両方でエネルギー消費を 2 倍から 3 倍削減しています (Alghoul *et al.*, 2009); (Prante *et al.*, 2014)。シンガポールのジュロン島にある海水淡水化プラントは、溶解空気浮遊法、限外濾過、RO などの高度な水処理および膜技術を採用しており、同国にある他の既存プラントよりも約 5% エネルギー効率に優れています (Infrastructure, 2022)。

さらなる先進技術としては、熱脱塩と RO を組み合わせたハイブリッド脱塩があります。この方法では、熱蒸留の前に、塩水を RO で部分的に脱塩することで、熱処理に入る水の塩分濃度を低下させ、蒸発に必要なエネルギーを削減します。正浸透 (FO) も、ハイブリッド型海水淡水化におけるエネルギー効率の高いソリューションとして注目されています。半透膜を使用して、浸透圧の勾配によって水と溶解した溶質を分離することで機能します。逆浸透とは異なり、低水圧または無水圧で動作するため、エネルギー需要を削減できます。東南アジアで行われたパイロットプロジェクトでは、海水淡水化および産業廃水処理への活用が試験されています。

脱塩時の CO₂ の排出量は、再生可能エネルギーを統合することで削減できます。その中でも、太陽光や風力発電を利用した RO が最も一般的な方法です。ただし、その断続的な性質は RO の性能に影響を与え、膜やポンプの寿命を縮める可能性があります (Alawad *et al.*, 2023)。エネルギー貯蔵は、継続的な運用を行う上できわめて重要です。現在、再生可能エネルギーを利用した海水淡水化プラントは、世界全体の能力の 1% を占めるに過ぎません (Jongkwan Park, 2022)。韓国では、エネルギー自給自足型島嶼プロジェクトのために再生可能エネルギーを利用した海水淡水化施設が設置されており、その一例として、70 人の住民を対象に、太陽光発電とエネルギー貯蔵システムを備えた小型 RO プラントが竹嶼に建設されています (Jongkwan Park, 2022)。デジタル監視機能を備えたプラグアンドプレイ型の RO システムなどの最近の革新により、より優れた膜管理と遠隔アクセスが可能になり、効率的な運用を実現します (Asian Water, 2022)。海水淡水化技術についてさらに詳しくは、「グリーン・テクノロジー・ブック」[気候変動適応版](#)および[エネルギーソリューション版](#)をご覧ください。

高度な浄水テクノロジー

RO に加え、シンガポールは、電気脱イオン化 (溶解したイオンを吸着し塩分を除去する技術) やバイオミクリー (植物や魚などが持つ自然界の濾過プロセスを模倣する技術) など、他の技術も探求して、脱塩効率の向上とエネルギー消費の削減を目指しています。囲み記事 2.6 に、電気脱イオン化の詳細が記載されています。ロッキングチェア型、レドックスフロー型、金属空気型など、さまざまな種類の脱塩バッテリーが、脱塩能力の向上を目的として開発されています。これらは、電気化学反応を利用して、水から塩イオンを選択的に捕捉・放出しています。

囲み記事 2.6 脱塩用電気脱イオン化 (EDI) 技術

この技術は、イオン交換樹脂 (IER) と電気透析 (ED) を組み合わせて、化学的再生を必要とせずに水から溶解したイオンを連続的に除去します。EDI システムでは、水はイオン交換樹脂が充填された区画を流れ、不要なイオンを捕捉します。その後、加えられた電流により、これらのイオンは選択性膜を通過して別々の廃液流に分離され、精製水から効果的に除去されます。これらのコンパートメント内での水の分解により、H⁺ および OH⁻ イオンが生成され、樹脂を再生するため、樹脂の再生のための化学処理は一切不要です。樹脂を使用してイオン移動度と電流効率を改善することにより、EDI は、超純水を製造するためのエネルギー効率に優れた、環境に優しい代替手段を提供します。

出典 : (Khan *et al.*, 2023; Lee and Choi, 2012)

アジアにおける水管理のためのデジタル技術の活用

2025 年までに、グローバルサウスの大都市の公共事業者の半数が、高度な計量インフラなどのデジタル水道ソリューションを統合すると予想されています (Amankwaa *et al.*, 2021)。東南アジアでは、監視制御とデータ収集 (SCADA)、地理情報システム (GIS)、企業資源計画 (ERP)、センサなどの先進テクノロジーが導入され、配水管網の管理を最適化するスマート水道網システムを実現しています。GIS は、より良い計画立案のために配水管網の地図を作成および分析し、ERP システムは、最適化された資源配分、請求、メンテナンスなどの機能を統合します。SCADA システムは、センサデータを使用して重要なパラメータ (圧力、水質、流量など) を監視し、リアル

タイムの施設運用を自動化することで、プロセスや設備の遠隔管理を可能にし、効率の向上や漏水、システム障害などの問題に対処します。

シンガポールのチャンギ水再生プラントは、約 50 万の入出力ポイントと、プログラマブル論理制御装置、ネットワーク化されたデータ通信、グラフィカル・インターフェースを大規模に統合した、世界最大級の SCADA システムを導入しています。一方、カンボジアのプロンペンでは、デジタル監視システムにより、総供給水量の 6% 未満にまで無収水を削減しています (Infrastructure, 2019)。同様に、マレーシア最大の水道事業者である Air Selangor は、インテリジェントな漏水検知ツールを導入し、NRW の削減を実現しました。これまでに 160 台を超えるセンサを配備し、295 件近い漏水を特定しています (Lu, 2023)。

廃水からエネルギーへ

家庭からの廃水は、固形物、栄養素、有害物質を除去する適切な処理を経て、「再生水」として再利用することができます。これは、さまざまな用途に適した代替資源としてますます注目を集めており、エネルギー使用量、コスト、環境への影響を大幅に削減します (Liao *et al.*, 2021)。しかし、その潜在的可能性にもかかわらず、アジアの大部分では、廃水処理と再生水の利用は依然として発展途上であり、この地域の廃水の 80% は未処理のまま排出されています (ADB, 2011; Liao *et al.*, 2021)。これは主に、設備能力の不足、巨額の設備投資、および認識不足が原因です (ADB, 2011)。インドでは廃水の 9% しか処理されておらず、インドネシアでは 14%、フィリピンでは 10%、ベトナムでは 4% しか処理されていません (ADB, 2012)。それにもかかわらず、中国、日本、韓国など一部の国では、再生水を水資源管理システムに成功裏に統合しています。特にシンガポールは、高度な廃水インフラを整備し、水管理における世界的なリーダーとして際立っています。

廃水は、バイオガス、熱、電気の生成など、気候変動対策に重要な役割を果たす可能性があります。処理に必要なエネルギーの最大 5 倍のエネルギーを生産でき、これは年間 5 億人の必要を賄うのに十分な量です (UNEP, 2023)。例えば、嫌気性廃水処理 (AnWT) は、嫌気性微生物を用いて有機物を分解し、施設のエネルギー使用を相殺し、特にエネルギー不足の地域において地元の電力供給を支援するバイオガスを生成します (Arthur *et al.*, 2022)。このプロセスは、エネルギー消費量の削減、化石燃料の代替、およびメタンバイオガスの回収により、GHG 排出量を削減します (EBA, 2021)。バンガロールのウラールでは、分散型廃水処理プロジェクトがトイレ施設に温水と照明を供給することに成功しました (Nes, 2006)。

新興技術としての微生物燃料電池 (MFC)

廃水処理における最近の技術革新として、微生物燃料電池 (MFC) があります。この技術は、水処理施設が廃水を処理・再生利用する一方で、大気中の二酸化炭素のバランスを崩すことなく、即座に使用可能な電力を生成することを可能にします。MFC の運転で副生成物として発生する CO₂ は、追加の処理なしで安全に排出できます (Kurniawan *et al.*, 2022)。この技術は、廃水がシステム内を流れる際に有機物を分解する特殊な微生物を使用しています。微生物が有機物を分解すると、電子が放出され、その電子が電極に伝達されて発電します。この装置は、消費するより多くのエネルギーを生成し、費用対効果に優れ、メンテナンスもほとんど必要ないため、実用的なソリューションとして大きな期待が寄せられています。

イノベーションの事例

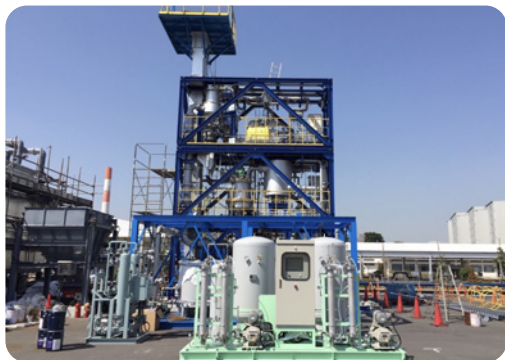
シンガポールの水不足に対するソリューション



出典：Singapore's National Water Agency (PUB)

NEWater は、シンガポールで生産される高品質の再生水です。使用済み処理水を、限外濾過または精密濾過、逆浸透、紫外線消毒の3段階の浄化のプロセスを経てさらに精製し、製造されています。この高度な処理により、非常に清潔で安全に飲用することができます。水を継続的にリサイクルすることで、NEWater はシンガポールが水循環を完結させ、国の水安全保障と気候変動に対するレジリエンス（耐性）を強化することを可能にしています。脱塩処理に比べ、処理後の使用済み水の塩分濃度が低いため、エネルギー効率とコスト効率に優れています。NEWater は主に、産業および空調冷却目的で、ウェハー製造工場、工業団地、商業ビルに供給されています。乾期には、NEWater は貯水池にも追加され、原水と混合された後、水処理施設でまとめて処理され、飲料水として利用されます。現在、シンガポールの水需要の40%を満たしているNEWaterの生産能力は、2060年までに55%に拡大される予定です (Fi Group, 2025)。

東京にある汚泥から水素を製造するプラントが自動車用燃料や発電用の水素を生産



出典：株式会社ジャパンプルーエナジー

再生可能水素システムメーカーであるジャパンプルーエナジーは、東京に下水汚泥を燃料電池自動車や発電用の再生可能水素燃料に変換する施設を完成させました。東京湾に近い砂町水再生センター内にあるこの施設では、毎日1トンの乾燥下水汚泥を処理し、40から50キログラムの水素を生産しています。これは、10台の乗用車または25台の燃料電池電気自転車の燃料として十分な量です。プラスチック、紙、都市ごみ、その他のごみも処理できます。廃棄物は高温で加熱されてガスとなり、そこから水素が抽出されます。この施設はカーボンニュートラルで、閉ループシステムを採用し、自らが使用するエネルギーを生成して稼働しています。東京都、戸田建設、東急建設、千代田建工、東京理科大学の研究者との共同開発により、日本における再生可能水素の需要拡大を支援し、持続可能な廃棄物処理の革新的なソリューションを提供する施設です (Japan Blue Energy Co., 2021)。



出典 : Xylem, Inc.

マレーシアの大手水道事業者 Air Selangor は、Xylem と提携し、セランゴール州全域を対象とした長期監視プログラムを実施することになりました。Xylem の水損失管理ソリューションは、漏水、破裂、水圧急上昇を検知するセンサ・プラットフォームによるリアルタイムのデジタル監視を活用し、資産の早期劣化を防ぎます。圧力変動と水道管検漏器データの分析により、システムはパイプの破裂や緩慢な漏水を迅速に特定し、数分以内に問題の発生場所を特定します。24 時間 365 日稼働の自動化プラットフォームは、データ分析と視覚化を合理化し、修理チームが対応優先順位を決定するのに役立ちます。Xylem の非侵襲型サージ検出は、圧力サージをピンポイントで特定し、リスクの高い配管を識別することで早期警報を発し、早期故障を削減し、資産寿命を延ばします。2018 年に 500 個のセンサを導入して開始されたこのプログラムは、初年度に 65 件の重大な漏水箇所を特定しました。2021 年 1 月までに、1,600 個のセンサが稼働し、週に約 2 件の漏水が検知され、その総数は 295 件でした。継続的な監視により、NRW は 2017 年の 33.3% から 2023 年には 27.75% に減少しています (Xylem, 2022)。Air Selangor は、アプリを通じた「漏水報告キャンペーン」も開始し、市民に漏水、破裂、違法な水の利用を報告するよう奨励しています。2023 年 12 月時点で、このキャンペーンを通じて 1 万 5,000 件超の問題が報告を受けて確認され、NRW の削減に大きく貢献しています。

技術ソリューション

既成技術

水 / エネルギー効率 : Ice Pigging ™によるパイプ洗浄でポンプの効率を向上

スエズ・アジア (Suez Asia)



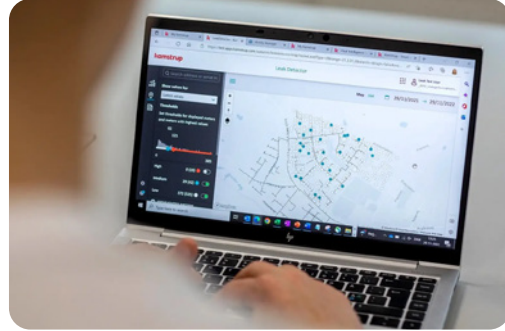
出典 : Getty Images/Mumemories

Ice Pigging ™は、水道会社や下水道会社、そして幅広い業界で一般的に使用されている、効率的な管路の洗浄プロセスです。ポンプや濾過装置の効率が向上するため、配管網の性能が向上し、エネルギーコストを削減できます。これは、半固体の栓となる氷の結晶のスラリー (Ice Pig ™) を、圧力によってパイプ内を移動させ、汚染物質を剥離して排出する仕組みです。この方法は、数キロメートルのパイプを数時間で、あるいは小さなパイプであれば数分で清掃し、最小限の水 (通常はパイプの体積の 1.5 倍) しか必要とせず、化学薬品を使用しません。Ice Pigging ™は既存の取付金具と互換性があり、8 mm から 600 mm までのさまざまなパイプサイズに対応し、直径の変化やバルブを含む複雑なパイプ形状にも対応します。液体のように流れ、詰まった場合は溶けて洗い流されるため、従来のピグよりも安全です。この方法は、エネルギー使用量を削減し、ダウンタイムを最小限に抑え、空気洗浄よりも高品質の洗浄を実現し、パイプを損傷しません。また、一般的なスワブ作業に比べ、水の使用量を最大 50% 削減できるため、コスト効率にも優れています。

- 契約形態 : サービス提供
- 技術の成熟度 : 既成技術
- 技術レベル : 中
- 原産地 : 中国
- 利用可能な地域 : 東南アジア
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

水 / エネルギー効率 : 水道事業者向けスマート水道メーター

Kamstrup



出典 : Kamstrup A/S

スマート水道メーターは、超音波テクノロジーを使用して水の使用量を測定し、遠隔読み取り機能、高度な圧力監視、漏水検知、データ分析機能を備え、より効率的な水管理を実現します。消費量を正確に追跡するだけでなく、顧客関係の強化、業務の最適化、収益の保護にも役立ちます。READY Manager などのツールを使用することで、水道事業者は個々の水の使用状況を視覚化し、漏水を早期検知し、水の無駄を継続的に分析することができます。コストのかかる現場訪問や水の損失を削減することが可能です。このシステムは圧力の急上昇を監視し、問題を早期に確認することで、オペレーターが漏水や破裂を防止することに役立ちます。最優先エリアでは、メーターを 5 分間隔で読み取るよう設定することができ、運用を最適化し、エネルギーコストを削減するための配管網の詳細な情報を得ることができます。配管網全体に戦略的に配置された圧力センサがデータを供給し、圧力を調整することで、運用コストとエネルギーコストを削減し、無収水を削減します。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : 既成技術
- 技術レベル : 高
- 原産地 : デンマーク
- 利用可能な地域 : 全世界
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率の高いポンプ / 電動機 : 圧力
昇圧システム付きウォーターポンプ

Davey



出典 : Getty Images/RonFullHD:

Davey BT ブースター圧力システムは、耐久性に優れた遠心ポンプをインテリジェントな Torrium2 圧力コントローラと組み合わせて、住宅や小規模商業施設向けに安定性がありエネルギー効率に優れた水圧を供給します。大きな水路を採用し、損失水頭を低減するように設計されたこのシステムは、エネルギーの無駄を最小限に抑えながら、水力性能を向上させます。特に、都市の供給量が少ない場合の増圧や、地下水源からの送水に適しています。水要求量の変動や水供給の断続があっても、一定の流量を保ちます。高周囲温度および電圧変動に対応した完全密閉型ファン冷却 (TEFC) 電動機は、IP55 保護等級を持ち、最も暑い気候条件下でも信頼性の高い性能を発揮します。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : 既成技術
- 技術レベル : 高
- 原産地 : オーストラリア
- 利用可能な地域 : オーストラリア、
ニュージーランド
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

水 / エネルギー効率 : クラウドベースの漏水
検出用オールインワン・ツールキット

Ovarro



出典 : Getty Images/Toa55

EnigmaREACH は、マルチ相関型音響ロガーを使用した大規模な漏水検出のための、高度なクラウドベースのソリューションです。迅速かつ大規模な導入を目的として設計されており、自動相関データを活用して漏水をピンポイントで特定し、広範な配管網を高い精度で、最小限のハードウェアでカバーします。32 または 64 台の Enigma ロガー、タブレット、専用アプリ、およびデジタル分析プラットフォームへのアクセスを装備しており、ロガーの展開、データ取得、およびフォローアップを効率化します。自動化されたプロセスにより、重要ポイント (POI) を迅速に特定して割り当てを行うことで、現場の技術者がより素早く問題に対処できるようになり、水損失と運用コストを削減します。EnigmaREACH は、音声ファイルの分析、POI の割り当て、効率的なデータ管理など、重要なタスクを自動化します。24 時間 365 日のデータアクセスを提供し、あらゆる天候に対応できる堅牢な構造となっています。ユーザーフレンドリーなインターフェースにより、漏水検出時間を 75% 短縮し、分析の自動化と現場作業の最適化により運用コストを削減します。漏水検出と将来を見越した水管理のための信頼性の高い全体をカバーするソリューションを提供します。

- 契約形態 : 販売およびサービス提供
- 技術の成熟度 : 既成技術
- 技術レベル : 高
- 原産地 : イギリス
- 利用可能な地域 : 全世界
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

水処理：携帯用太陽光発電スーツケース型 浄水器

NEWater



出典：AI Generated using ChatGPT 5.0

太陽光発電スーツケース型浄水器は、操作が簡単で持ち運びに便利な設計のコンパクトで軽量のモジュール式ユニットです。折り畳み式のソーラーパネルを搭載し、太陽光を利用してバッテリーを継続的に充電します。また、インテリジェントな電力管理システムがバッテリーの安全性を保証します。この浄水器は、安全な水と携帯電話などの必須機器用の電力を供給します。このシステムは、水入口および水出口の接続が準備されており、AC、DC、太陽光など、さまざまな電源に対応しており、すぐに使用できます。緊急時に4から6時間安定した給水が可能なDC24Vリチウム電池を内蔵しており、耐久性に優れたABSケースにはIP65防水規格に準拠した防水シールが施されています。総溶解固形物(TDS)の統合監視により、入口および出口の水質をリアルタイムで追跡できます。また、省スペース設計により、コンパクトで頑丈な構造を実現し、長寿命で安定した性能を発揮します。多様な浄化ニーズに対応し、さまざまな場面で飲料水および生活用水の両方を供給します。災害救援や地震後の復旧など、緊急時や屋外での使用が可能です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：アフリカ、アジア、東ヨーロッパ
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：廃水処理における通気用 省エネターボ送風機

Robuschi



出典：Robuschi

ターボ送風機は、下水処理場のエネルギー効率を向上させ、環境および財政面の影響を低減します。高い公称効率により、エネルギーを最大40%節約できます。幅広いターンダウン比により、遠心式および容積式技術(ロータリーローブ送風機、スクリュー送風機など)を用いて、空気出力をプロセス要求に正確に合わせます。コンパクトな設計により、コンプレッサー室に必要なスペースを最小限に抑え、オイルフリーのエアフォイル・ベアリングにより、汚染のリスクを排除し、安全性を高めています。プラグアンドプレイのインバータにより設置が容易になり、高速の直接結合型永久磁石電動機により、歯車やベルトを排除することでメンテナンスを削減し、低振動、静音動作、および総所有コストの削減を実現します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：イタリア
- 利用可能な地域：オーストラリア、中国、ヨーロッパ、インド、インドネシア、イスラエル、日本、マレーシア、サウジアラビア、韓国、シンガポール、アラブ首長国連邦
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水処理：重力送り廃水処理システム

ECOSTP Technologies



出典：ECOSTP Technologies (P) LTD.

ECOSTP Technologies は、都市部の住宅廃水管理に適用可能な、メンテナンスが少なく、エネルギーを必要としない下水処理システムを開発しました。牛の嫌気性消化プロセスから着想を得たこのシステムは、3段階の反芻胃消化フィルターと植栽砂利フィルターによる三次処理を採用し、電気、化学薬品、可動部品を一切使用せずに廃水を浄化します。このプロセスは、反芻胃、ハチの巣胃、葉胃を模したチャンバーでの嫌気性消化から始まります。ここで、特別に培養された嫌気性細菌が、加水分解、酸生成、酢酸生成、メタン生成を通じて有機物を分解します。その後、植栽された砂利フィルターによる三次処理が行われ、植物の根や底質に付着した微生物のバイオフィルムが、病原菌、栄養素、残留汚染物質を除去します。その結果、再利用の品質基準を満たした水は、洗浄、清掃、ガーデニングなどに使用することができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：インド
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率の高いポンプ / 電動機：可変周波数駆動装置 (VFD) によるエネルギー効率の高いポンプ制御

Franklin Electric



出典：Getty Images/yanik88

DrivE-Tech 可変周波数駆動装置は、電動機の手動速度を需要に合わせて調整することで、ポンプシステムのエネルギー効率を向上させ、電力消費と運用コストを大幅に削減します。垂直多段式、遠心式、および水中ポンプに対応しており、新規設置および改装工事において、家庭用、灌漑用、商業用、そして空調設備 (HVAC) に利用可能です。コンパクトなダイカスト・アルミニウム製の IP55 規格基準の筐体は、湿気やほこりの多い環境でも使用可能です。システム寿命を延長し、ピーク変動を低減する統合型ソフトスタートおよびストップ機能、リアルタイム監視と電動機保護、ならびに 2 台目または 3 台目のポンプを定速 (DOL) で制御する機能を備え、長期的な性能と柔軟性が保証されています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：米国
- 利用可能な地域：アジア太平洋、北米、南米
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水処理：水処理および浄化のための電気脱イオン化テクノロジー

Memiontec



出典：Getty Images/PongsakornJun

Memiontec-MIT の MIT-EDI™システムは、電気透析とイオン交換を組み合わせた高度電気脱イオン化 (EDI) 技術で、水や廃水からあらゆる種類の陽イオンと陰イオンを効果的に除去し、純水および超純水を生成します。化学物質を使用せずに機能し、従来の方法よりもエネルギー効率に優れた代替手段を提供します。モジュール式でコンパクトな設計は、自動制御による連続運転に対応しており、再生サイクル、化学薬品の輸送、および廃水処理が不要です。MIT-EDI™は、高純度水用途向けに、設置面積が小さく費用対効果に優れ、環境にも配慮したソリューションを提供します。

- 契約形態：販売およびサービス提供
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：シンガポール
- 利用可能な地域：中国、インドネシア、シンガポール
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水処理：プラグアンドプレイの逆浸透 (RO) 技術を用いたスマートな海水淡水化

Veolia Water Technologies



出典：Veolia Water Technologies

Barrel は、都市および工業規格に適合する脱塩水を供給するために設計された、モジュール式のプラグアンドプレイ型 RO またはナノ濾過 (NF) 圧力容器です。拡張可能なこのソリューションは、1 日 1 ユニットあたり 400 から 50,000 立方メートルの幅広い処理能力に対応しており、廃水再利用や低圧 RO の各用途に最適です。コンパクトで屋外設置に最適な Barrel は、必要な設置面積を最大 25% 削減し、空調など制御された環境を必要とせずに動作するため、設置の制約を最小限に抑えます。さらに、生産される淡水 1 立方メートルあたりの電力消費量を 0.05 kWh まで削減することで、エネルギー効率も向上します。Barrel のモジュール式设计により、既存の RO 膜および NF スキッドと交換することができ、持続可能で経済的に実現可能な代替手段を提供します。デジタルシステムおよびスマートコネクタと統合されており、膜の性能をリアルタイムで更新し、自動監視、リモートアクセス、さらに膜のメンテナンスに関する情報に基づいた運用上の意思決定を可能にします。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：フランス
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水管理：効率的な水管理のためのサービスとしての水 (WaaS)

Ekopak



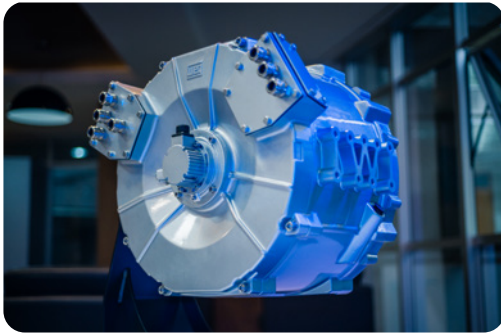
出典：Ekopak NV

WaaS は、生産、処理、再利用など、企業の水需要の管理を支援する革新的なソリューションです。Ekopak のこのサービスは、水管理を引き受け、企業が自社でスタッフを雇用する必要なく、安定した水供給を確保します。Ekopak は、水システムを持続可能な形で設計、構築、保守し、企業が使用したりサイクル水についてのみ料金を支払うリースモデルを提供しています。この設定により、顧客は主水道網から離脱して循環式水道システムに切り替えることができます。Ekopak のコンテナ型処理ユニットは、雨水、表流水、廃水などのオフグリッドの水源を浄化し、工業プロセスでの再利用を可能にすることで、水使用量を最適化します。

- 契約形態：サービス提供
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：ベルギー
- 利用可能な地域：ベルギー、フランス、オランダ、フィリピン、シンガポール、タイ、米国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率の高いポンプ / 電動機 : 水道事業者向け高効率ハイブリッド電動機

WEG



出典 : WEG SA

W23 Sync+ は、永久磁石 (PM)、フェライトまたはネオジウム磁石、および同期リラクタンس (SynRM) 技術を組み合わせた高効率ハイブリッド電動機で、すべての速度域で IE5 ウルトラプレミアム効率を実現しています。この永久磁石同期リラクタンス電動機 (PMSynRM) は、幅広い速度範囲で動作するため、強制換気や外部送風機が不要です。したがって、可変速度と一定トルクが必要な場合に採用することが可能です。W23 Sync+ は、最大 30% のエネルギー節約を実現し、可変負荷時でも効率を維持します。これは、減速時に 20% 超の効率低下を招く従来の誘導電動機とは異なります。磁石は電流を誘導することなく、独自の磁場を生成します。このため、電動機の総損失が軽減されます。コンプレッサー、ポンプ、ファン、送風機、コンベヤーに最適で、高い効率、優れた力率、および総所有コストの削減が可能です。W23 Sync+ は IEC 80 から 450 までのフレームサイズに対応し、750 から 6,000 rpm の速度範囲と 0.75 から 1,250 kW の出力範囲をサポートし、220/380 V、230/400 V、240/415 V および 400/690 V の電圧に対応しています。また、IE3 電動機と同じフレームに収まるコンパクトなサイズであるため、既存のシステムと簡単に交換できます。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : フロンティア
- 技術レベル : 高
- 原産地 : オーストラリア / ブラジル
- 利用可能な地域 : 全世界
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率の高いポンプ / 電動機 : マルチポンプ制御機能を持つスマートでエネルギー効率の高い電動機

デルタ



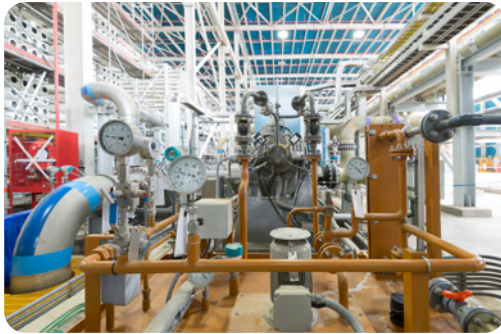
出典 : WEG SA

デルタの電動機搭載式ポンプ駆動装置 (MPD) は、住宅および産業用給水向けに、スマートなマルチポンプ制御機能を備えた高効率 IE5 電動機ソリューションです。従来の誘導電動機ポンプと比較して、エネルギー消費量を最大 10% 削減し、IEC 規格に準拠したフランジ寸法を採用しているため、既存のシステムにシームレスに設置できます。内蔵のマルチポンプ制御機能により、追加のプログラマブル論理制御装置 (PLC) が不要になり、設置コストの削減と配線スペースの節約をもたらします。また、1 つのマスターポンプで要求に応じて最大 7 つのポンプを管理できます。デルタ MPD の自動負荷分散機能により、最大 10% のエネルギーを節約し、効率的な性能を保証します。また、モバイル機器による遠隔監視および試運転もサポートし、マルチポンプの冗長性により、中断のない運用を維持します。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : フロンティア
- 技術レベル : 高
- 原産地 : 台湾 (中国)
- 利用可能な地域 : インド、オセアニア、東南アジア
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

水処理：化学物質を使用しない海水淡水化

IDE



出典：Getty Images/tifonimages

IDE PROGREEN™は、IDEの特許取得済みダイレクト浸透洗浄 (DOC) 技術と自然の前処理を採用した、化学薬品を使用しない革新的な海水淡水化技術です。自治体、リゾート施設、産業向けに高品質な水を生産します。従来の化学物質に代わり、前処理プロセスでは、特定の細菌や藻類が EPS と呼ばれる粘着性物質を放出する天然の生物凝集作用を利用しています。この EPS は、海水中に浮遊する微細な固形物を結合する天然の接着剤としての役割を果たし、その後、メディア濾過 (MF) によって効率的に除去されます。DOC システムでは、直接浸透という自然の原理を利用して、膜を常に清潔に保ちます。そのため、膜性能が向上し、寿命が延び、長期的なエネルギー消費量が削減されます。

- 契約形態：販売およびサービス提供
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：イスラエル
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水処理：逆浸透脱塩プラント用エネルギー回収装置

電業社機械製作所



出典：株式会社 電業社機械製作所

DeROs® は、海水逆浸透 (SWRO) 向けに設計された、環境に優しい等圧エネルギー回収装置です。高効率、低脈動、低騒音、低混合率を特徴としています。幅広く調整可能な流量範囲により、さまざまな淡水需要に対応が可能です。この装置は、複数のシリンダーが並列に配置され、低圧の海水と高圧の塩水が交互にシステムに供給されることで動作します。高圧の塩水が RO 膜ユニットから排出されると、装置内の低圧の海水に圧力をかけながら、同時に淡水を受け取り、エネルギー回収後に低圧の海水を排出します。流体間エネルギー伝達システムにより、DeROs® は最大 98% のエネルギー回収効率を実現し、電力使用量を 50% 削減します。一部の RO ユニットの洗浄中も、淡水生産は継続が可能です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水処理：バイオリアクター・システム用 セラミック平膜

明電舎



出典：株式会社 明電舎

明電舎は、水処理システム用の耐久性に優れたセラミック平膜を開発しました。この技術は、油、溶剤、硬質固形物を含む無機物を含有する水や廃水の処理に特に効果的です。膜は高い薬品耐性および耐熱性を持っているため、頻繁なメンテナンスの必要性が減り、長期的な濾過性能と容易な洗浄が可能です。システムのシート状配置と空気分散方式により、空気の洗浄効率が向上し、全体的なエネルギー消費量を削減し、運用コストを低減させます。セラミック製平膜は、水、産業廃水、公共下水処理施設で採用されています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水 / エネルギー効率：パイプライン・インフラ ストラクチャーの検査用 AI

Fluid Analytics



出典：Getty Images/coffeeekai

この AI 駆動型プラットフォームは、都市が水と廃水システムを効果的に監視し、インフラの健全性、河川水質の維持、および大規模な水媒介性疾患の早期検出を可能にします。センサを搭載した一団のロボットが地下を走行し、配管網をスキャンしてデータを収集し、水のサンプルを採取します。AI は、リアルタイムのデータと水サンプルを分析し、未処理の廃水が環境に流入する地点を特定し、下水排出源の位置を特定します。この情報は、都市が廃水を適切な処理と再利用に振り分け、汚染を防ぎ、飲料水供給を保護するのに役立ちます。独自のグローバルデータセット、高度な数学モデル、機械学習を活用することで、このプラットフォームは、15 億リットルを超える都市廃水流出を監視し、毎日 8 億リットルを超える水の処理と再利用を可能にしています。

- 契約形態：サービス提供
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：アジア、北米、南米
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

Watasumi



出典：Watasumi LTD.

KAPPA は沖縄科学技術大学院大学で開発された微生物燃料電池技術に基づいた、独自に発電が可能なモジュール式の廃水処理システムです。このシステムは、中小規模の食品・飲料メーカーにおける現場での廃水処理用に設計されており、廃水の特性に応じて1日あたり50から100リットルの処理能力を持つ単体装置です。嫌気性細菌と特許取得済みの内部電極と連動し、直接種間電子移動 (DIET) の代謝プロセスを強化します。細菌は、電子を収集・放出しながら、廃水の有機成分を最大95%分解・除去します。他の細菌はその一部をバイオガスの生成に利用しますが、残りは利用可能な電力となります。このようにして、システムは廃水中のエネルギーの最大80%を電気に変換し、残渣は最大でも5%に抑えられます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：インド、日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

ホライズン技術

水処理：危機的地域向けの太陽光海水淡水化
および電気配送システム

ビーム・グローバル



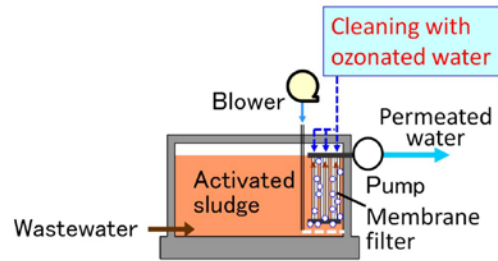
出典：Beam Global

BeamWell™システムは、信頼できる清潔な水供給が利用できない、または中断されている戦争地域や災害現場など、塩分を含む水、汽水、または汚水しか利用できない危機的な地域に、清潔な水、電気、輸送ソリューションを提供します。EV ARC™テクノロジーを基盤に開発された BeamWell™は、自律型移動式ユニットです。太陽光発電技術を用いて海水を飲料水に浄化し、3,000 リットルのタンクに貯蔵し、毎日補充します。さらに、医療、通信、調理、照明などの重要な機器に電力を供給するための太陽光発電も行います。4 台の統合型電動原付を充電し、食料、水、医薬品などの必需品を配送します。迅速な設置を目的として設計されており、輸送用コンテナに収納可能です。建設工事や追加の基礎構造が不要です。水需要の変化に応じて容易に移動させることができます。ビーム・グローバルは、多くの住民が深刻な水不足に直面している中東およびガザ地区に、グローバルな援助パートナーシップを通じて、BeamWell™システムを導入することを目指しています。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：米国
- 利用可能な地域：ヨーロッパ、中東
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水処理：省エネ型膜バイオリアクター

三菱電機



出典：三菱電機株式会社

オゾン逆洗省エネ型膜バイオリアクター (EcoMBR) は、低エネルギーの廃水処理および水リサイクルに関する革新的な取り組みです。1.6 m³/m²/日の高い流量を実現し、従来の膜バイオリアクター (MBR) の2倍を超える性能を発揮します。この技術は、高濃度のオゾン水による定期的な逆洗を行い、有機汚染物質を効果的に除去し、膜の透過性を向上させます。さらに、EcoMBR は、膜表面を気泡で洗浄する送風機の空気流量を少なくすることでエネルギー消費量を削減し、必要な膜の数を最小限に抑え、プラントの設置面積を小さくすることができます。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：中
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：該当なし
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水処理：最先端の I-TECH パッケージ型 STP (下水処理プラント)

Manila Water Infratech Solutions (MWIS)



出典：Manila Water Infratech Solutions (MWIS)

マニラ・ウォーターの子会社である Manila Water Infratech Solutions (MWIS) は、小規模から中規模の施設における効率的な廃水処理のための新技術である I-TECH パッケージ型下水処理プラントのパイロットプロジェクトを実施中です。このコンパクトなシステムは、環境天然資源省が定める厳しい水質基準を満たすために、硝酸塩やリン酸塩を含む汚染物質を濾過する先進的な膜バイオリアクター (MBR) 技術を採用しています。処理された廃水は、水の再利用にも適しており、環境への影響を低減し、持続可能性の向上に貢献します。1 日あたり 10 立方メートルの処理能力を有し、小規模から中規模の地域社会、産業施設、または遠隔地の廃水処理ニーズに対応可能です。コンパクトなため、メンテナンスが少なく済み、特に狭いスペース向けに設計され、簡単なプラグアンドプレイ設置が可能です。

- 契約形態：サービス提供
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：フィリピン
- 利用可能な地域：フィリピン
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：下水処理場における効率的な バイオガス浄化

旭化成



出典：旭化成株式会社

メタン以外に下水汚泥から生成されるバイオガスは、約 40% が CO₂ で、約 60% がメタンで構成されています。旭化成のシステムでは、CO₂ ガスを除去し、エネルギー用途向けの高純度メタンガスと CO₂ を豊富に含む余剰ガスを生成します。このシステムは、CO₂ を選択的に吸着するゼオライトを吸着剤として、特殊な圧力真空スイング吸着 (PVSA) プロセス技術との最適な組み合わせで、バイオガスから CO₂ とメタンを分離します。高い回収率と低コストで、ガスグリッド注入仕様の高純度メタンを生産する潜在能力を持っています。2025 年現在、日本の倉敷市にある児島下水処理場で試験運用されており、旭化成によると、炭素回収・利用または貯蔵技術と組み合わせることで、カーボンネガティブを実現できます。2027 年頃に商品化が見込まれています。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

3. アジア太平洋地域に おけるグリーン農村 エネルギーソリューション



農村世帯およびコミュニティ向けの気候変動ソリューション

アジア太平洋地域全体の農村部および低所得世帯は、マイクロ水力発電、ソーラーホームシステム (SHS)、風力発電などのオフグリッド再生可能エネルギーソリューションの恩恵をますます受けるようになっていきます。これらの拡張性があり、持続可能な選択肢は、遠隔地域での送電網インフラの拡大よりも費用対効果が高く、地域のニーズに合わせてカスタマイズ可能です。これにより、地域社会は信頼性の高い電力供給とより高い自立性により強められます (IRENA, 2019)。例えばパキスタンでは、農村部で停電が最大 10 時間に及ぶこともありますが、現在、太陽光発電によって 1 万 2,000 校を超える公立学校に安定した電力が供給されており、140 万人の生徒が恩恵を受けています (ADB, 2022c)。さらに、電化の推進と並行して、クリーンな調理技術も進歩しており、室内空気汚染の削減や、従来のバイオマス燃料への依存の低減に貢献しています。廃棄物をエネルギーに転換するシステムも、エネルギーの利用と廃棄物管理の両方の課題に対するソリューションとして注目されています。例えば、小規模なバイオガスプラントは、農業や家畜から出る廃棄物を、農村部の家庭向けのクリーンな調理用燃料や電気に変換するために利用されています。技術コストの急速な低下は、サービスが不十分な地域の電化に際して、オフグリッドソリューションを競争力のある選択肢としてさらに促進しています。

技術開発とトレンド

オフグリッドソリューション：アジア太平洋地域の農村世帯およびコミュニティにとって不可欠な恩恵

ソーラーホームシステム

ソーラーホームシステム (SHS) は、ますます普及しつつあるオフグリッドソリューションです。典型的な SHS には、太陽光発電モジュール、バッテリー、充電制御装置、そして多くの場合、特にハイブリッドまたは送電網に接続する設定では、インバータが含まれます。これらのシステムのサイズはさまざまです。小型および中型の SHS モデルは、照明、携帯電話の充電、小型ファンなどの基本的な機能に対応しており、大型のシステムではテレビ、ラジオ、その他の大型家電製品も駆動可能です。農村部の SHS のほとんどは、オフグリッドシステム、または太陽光発電と送電網由来の電力を組み合わせたハイブリッドシステムとして機能しています。ハイブリッド設定では、発電した電気はすぐに使用することも、バッテリーに蓄えて後で使用することもできます。例えば、夜間や電力料金が高い時間帯などに使用することが可能です。余剰の太陽光による電力は、送電網に戻すこともできます。南アジア全域で、ソーラーホームシステムが電化の手段として人気を集めています。バングラデシュは、SHS の導入においてこの地域を先導しており、約 2,000 万人がこの技術を通じて電力を利用しています (Ojong, 2021)。

最近の進歩としては、第 3 世代ソーラーホームシステム (3G-SHS) が挙げられます。このようなシステムは、ソーラーパネル、充電式リチウムイオン電池、LED ランプ、充電用 USB ポートの性能を監視し管理する高度な制御機能を統合しており、簡単なプラグアンドプレイ設置が可能です。高効率の部品とコンパクトで軽量の設計、小型の太陽光発電モジュールを採用した 3G-SHS ユニットの輸送や設置に要するリソースが少ないため、遠隔地での使用に最適です。初期費用は高くなる可能性があります。LED 照明やその他のエネルギー効率の高い機器を使用することで、全体のエネルギー需要を大幅に削減できます。これにより、より小型のソーラーパネルとバッテリーを使用することが可能になり、長期的に見てシステムの費用対効果が向上します。

小水力発電とマイクロ水力発電

小水力発電とマイクロ水力発電は、流水を利用できる家庭向けのシンプルで信頼性の高い再生可能エネルギーで、数キロワットから 10 メガワット (MW) までの電力を発電します。これらのシステムは、通常、ピコ水力 (5 kW 未満)、マイクロ水力 (5 から 100 kW)、および小水力 (100 kW から 10 MW) に分類されます。ピコ水力発電は、照明、テレビ、ラジオなどの基本的な需要に対応し、戸建て住宅や小規模なオフグリッド地域共同体の電力供給に適しています。一方、マイクロおよび小水力発電システムは、住宅所有者、農家、小規模事業者によって、主要送電網にアクセスできない遠隔地でも、大きな住宅、小規模リゾート、趣味の農場などに電力を供給するために利用されることが多いです。電気だけでなく、これらのシステムは、製粉、研削、大工仕事、灌漑用ポンプなどの作業に必要な機械エネルギーも生産することができます。

これらのシステムは通常、電気エネルギーを生成する発電機に接続されたタービンまたは水車から構成されています。大規模な貯水池を伴う大規模水力発電システムとは異なり、これらのシステムは、自然の河川取水口、最小限のダムと浸水、低電圧配電を採用したシンプルな設計を採用しており、長距離送電線が必要ないため、設置とメンテナンスが容易です。出力の主な要因としては、圧力水頭 (水の垂直落下距離) と流量 (水の量) があります。衝動タービン (高速水流を動力源とする) が最も一般的に利用されており、高水頭の状況で効果的で、水中の破片にも強いという特徴があります。多くの場合、タービンと発電機は、パッケージとして、あるいは単一のユニットとして販売されます。ほとんどのマイクロ水力発電システムには、直流 (DC) を交流 (AC) に変換するインバータも搭載されています。

しかし、小水力発電 (SHP) システムには課題も存在します。その性能は、季節による水流の変動の影響を受けるほか、破片による閉塞の影響を受けやすく、タービンが損傷して効率が低下するおそれがあります。したがって、適切な設置場所の選択、メンテナンス、および破片の管理は、信頼性の高い運用をする上できわめて重要です。

アジアでは小水力発電資源が豊富で、推定潜在能力 13 万 8,226 MW のうち、総設置容量は 5 万 1,069 MW であり、現在は SHP の潜在能力の 37% しか開発されていません (UNIDO and ICSHP, 2019)。中国はアジアおよび世界における SHP の開発を先導しており、世界全体の設置容量の 54% を占めています。この技術は、大規模な送電網の建設が高コストになる山岳地帯や人口が分散している地域、あるいは気候条件により太陽光発電システムが実用化できない地域に最適です (Azimov and Avezova, 2022)。

ソーラー扇風機

南アジアでは、扇風機がかなりの量のエネルギーを消費しているため、エネルギー効率がきわめて重要です。しかし、農村地域は都市部に比べてエネルギーの利用しやすさや生活水準の格差が大きいことを反映して、扇風機の普及率が低くなっています (CLASP, 2019a)。ソーラー扇風機は、太陽電池を通じて太陽エネルギーを利用することで、送電網から独立して作動します。バングラデシュ、インド、パキスタンなどの国において、従来のエアコンがコストや電力供給の制限により利用できない低所得地域にとって、特に暑い季節に不可欠の手頃なソリューションとして台頭してきました。

電動機は扇風機の主要部品であり、最大のエネルギー消費源ですが、ブラシレス直流モーター (BLDC、ブラシの代わりに電子制御を採用した永久磁石電動機) は、エネルギー効率を最大 50%

向上させることができます (CLASP, 2019b)。ねじれ構造やテーパー構造などの革新的なブレード設計により、さらに効率を高めることができ、回転速度を上げることなく風量を増加させ、最大 15% の効率向上を実現しています。しかし、これらの技術的進歩の一部は、生産コストの上昇を伴います。例えば、パキスタンの扇風機メーカーは、BLDC 電動機に一元化した際に 32% の価格上昇があったと報告しています (Efficiency for Access Coalition, 2024)。

オフグリッド冷凍

オフグリッド冷凍 (OGR) および小電力冷蔵 (WGR) システムは、開発途上国における食品の保存やその他の重要ニーズに不可欠です。これらのシステムで一般的に使用される冷媒の種類は、R600a (イソブタン) で、低エネルギーレベルで高い効率を発揮し、地球温暖化係数 (GWP) が低いという特徴があります。しかし、オフグリッド冷凍システムの標準化が不十分であり、製品の設計、品質、エネルギー使用量の共通基準が存在せずまちまちであるため、性能や効率にばらつきが生じています。この問題に対処するため、国際電気標準会議 (IEC) は、家庭用および小規模商業用の性能・エネルギー効率の規格を策定しています (IEC, 2022)。

太陽光発電式直流冷蔵庫は、小型の太陽光発電 (PV) と接続して効率的に動作します。通常、従来の交流冷蔵庫を駆動するために必要なソーラーパネルの 9 分の 1 のサイズで済みます (CLASP, 2019b)。通常、バッテリー、充電制御装置、配線を含み、オフグリッドの SHS に組み込まれることが一般的です (CLASP, 2019b)。スマートソーラー制御装置の統合により、バッテリーの使用をさらに最適化し、日照量が不安定な時期でも冷蔵庫が効率的に稼働することを保証します。

太陽エネルギーで動く冷蔵庫は大きな進歩を遂げていますが、まだ課題も残っています。バッテリーの故障はよく起こる問題です。不適切な設計、誤使用、メンテナンスの不備は、バッテリーが早期に故障する原因です (UNICEF, 2020)。その結果、新しい太陽直接駆動 (SDD) 冷蔵システムが開発されました。高価なリチウムイオン電池を使用してエネルギーを蓄える代わりに、この冷蔵庫は、相変化物質 (PCM)、氷冷蔵庫 (ILR)、および「氷電池」としばしば呼ばれる氷バンクなどの代替技術を利用しています。これらの技術は、冷蔵庫がソーラーパネル (電力が利用可能な場合は送電網) から電力を引き出す際に冷却エネルギーを蓄え、ソーラー電源が遮断された後も、庫内の温度を一定に保ちます。単一のコンパートメントは、必要に応じて冷蔵庫あるいは冷凍庫に動作の切り替えが可能です。

ソーラー温水器

ソーラー温水器は、通常屋根に設置された平板型または真空管型の集熱器を使用して太陽熱を捕捉し、集熱器内のパイプを流れる水を直接加熱します。集熱器は、循環流体を 30°C から 70°C の理想的な温度まで加熱しますが、真空管型のものは 50°C から 180°C まで加熱でき、エネルギー変換効率は最大 90% に達します (IIEC, 2011)。加熱された水は断熱タンクに貯められ、家庭用に使われます。一部のシステムではポンプを使用しますが、他のシステムでは自然対流を利用して水循環を実現しています。この仕組みでは、加熱された水が上昇して貯水タンクに移動し、より冷たく密度が高い水が集熱器に流れ込み、電気や太陽光パネルを必要とせずに連続的な循環のループを形成します。これらの技術は、南アジアおよび東南アジアの晴天の多い気候で効率的であり、家庭用給湯に広く利用されています。平板型と真空管型の両システムは、メンテナンスが最小限で済み、初期費用が比較的安く、2030 年までに太陽熱温水市場で主要な役割を担うと予想されています。さらに、自動制御、リアルタイム監視、エネルギーシステムとの統合により、より多くの可能性が期待されています (IEA-SHC, 2023)。

ソーラーポンプ

太陽光発電式水ポンプは、従来の送電網接続型やディーゼル駆動型のポンプに代わる貴重な代替手段として、電力線が届かない遠隔地への給水を実現し、作物の灌漑、家畜への給水、飲料水供給などに利用されています。太陽光発電パネルがポンプに電力を供給し、ポンプは通常、井戸や小川から水を汲み上げ、高置タンクに貯め、重力による配水を可能にします。これにより、バッテリーへのエネルギー貯蔵を必要とする分配ポンプが不要になります (CTCN, 2024b)。インドでは、5,500 万人が太陽光発電式水ポンプにより水ポンプ用のエネルギーを利用しやすくなり、燃料費 540 億ドルの節約と、CO₂ 排出量 2 億 1,300 万トンの削減につながりました (CLASP, 2023; 2025)。それでも、これらはインドで灌漑に使用されている水ポンプの設置台数の 1% を占めるに過ぎません。しかし、ソーラー温水ポンプの利用拡大は、地下水の枯渇を防ぐため、効果的な水政策によって慎重に管理する必要があります。インドとネパールでは、機械化された水ポンプの利用拡大により、より深い層から水を汲み上げることから、地下水位の低下やエネルギー需要の増加が起き、持続不可能な慣行が生じています。したがって、これらの水源を過剰利用から保護するためには、持続可能な水管理手法の確立が不可欠です (CLASP, 2023)。

持続可能なエネルギーソリューションとして勢いを増す家庭用風力システム (WHS)

ソーラーパネルは住宅用の主要な再生可能エネルギー源として広く認知されていますが、風力タービンも住宅向けに徐々に普及が進んでいます。ただし、効果的な家庭用風力システムは、標高、地形、気候、敷地の向きなどの地域要因に依存します。これらの要因は、タービンの効率と発電量に影響を与えるためです (Koons, 2022)。2023 年、世界の風力発電設備容量は 1,017 GW に達し、その半分近くがアジアに集中しています (IRENA, 2024b)。そのような成長にもかかわらず、風力およびバイオエネルギーは、特に中国やインドなどの新興市場において、より強力な政策支援と投資を必要としています。

家庭用風力システム (WHS) は、一般的に、回転翼、発電機、タワー、および制御システム (制御装置、インバータ、バッテリーなど) で構成されています。ほとんどのタービンは交流電力を生成し、これは直接使用する (送電網接続システム) か、オフグリッド設定では直流電力に変換してバッテリーに蓄えることができます。オフグリッド WHS は通常、独立型または屋根設置型でバッテリーに依存していますが、送電網接続システムは蓄電装置を内蔵している場合もあり、送電網と同期させるために電力変換器が必要です。住宅用タービンは、電力需要に応じて 400 ワットから 100 キロワットまでの範囲が一般的ですが、マイクロタービンは 20 から 500 ワットまでの範囲で、バッテリー充電、照明、家電製品、車両充電などの用途に使用されます (WINDExchange, 2024)。

マイクロ風力タービンは、主に遠隔地の農村地域、離島、村落などに導入されてきました。これらの地域では、送電網の拡大や発電所の建設に比べてタービンの設置コストの方が経済的なためです。例えば、内モンゴルでは約 25 万基のマイクロ風力タービンが設置されており、年間生産能力は 4 万ユニットに達しています (CTCN, 2024a)。研究によると、バングラデシュ沖のクトゥブディア島やセントマーティン島のような風の強い沿岸地域では、家庭用風力システム (WHS) はソーラーホームシステムよりも費用対効果が高いことが明らかになっています (Khadem, 2006)。しかし、台風や強風の影響は、特にフィリピンのようなサイクロン多発地域では重大なリスクとなる可能性があります。新しいモデルは、折り畳み式または柔軟なタワーや強化されたブレードなど、設計が改善されていますが、持続可能な導入のためには、設置場所の選択と暴風雨への備えが依然として重要です。

世界人口の約 60% がクリーンな調理ソリューションを利用できない状態で、その大半はアジア太平洋地域に居住しており、約 11 億人が依然調理のために焚き火や簡易なコンロに依存しています (ESCAP, 2024)。クリーンな調理手段の利用は、エネルギーの普遍的な利用だけでなく、生計の保護のためにも不可欠です。木炭、薪、灯油などの従来の燃料は、人間の健康、環境、そして気候変動に悪影響を及ぼすためです (IRENA, 2024a)。毎年、調理に使用される固体燃料や灯油の不完全燃焼による室内空気汚染により、約 320 万人が亡くなっています (WHO, 2024)。さらに、クリーンな調理はジェンダーと深く関わり合っています。通常、調理や燃料の調達には女性や子どもが担当しており、そのために大気汚染による健康リスクにさらされています (Farabi-Asl H et al., 2019)。

アジアは近年、クリーンな調理方法の導入において最も大きな進歩を遂げており、中国、インド、インドネシアでは、クリーンな調理方法を利用できない人口が半減しています (IEA, 2023c)。これらの取り組みは主に、無料の改良型調理用コンロを配布し、固体燃料のよりクリーンな代替物である液化石油ガス (LPG) の補助金を支給することに重点を置いており、エネルギーの節約、森林破壊の軽減、高エネルギー燃料による調理時間の短縮を実現しています。これらの進展にもかかわらず、インドのような国では、世帯の 3 分の 2 が依然として薪、作物の残渣、牛の糞などの固形燃料に依存しています。資金不足、政府の政策、農村部や低所得地域における意識の向上の必要性といった課題が、よりクリーンな調理燃料への移行を妨げています (囲み記事 3.1)。さらに、信頼性の低い電力供給が、電気調理器や誘導調理器などのよりクリーンな技術の採用を制限しています。

この問題に対処するため、ソーラーホームシステムやミニグリッドなどのオフグリッドのソリューションが導入され、クリーンな調理手段に電力を供給しています。バッテリーシステムを内蔵した調理器具も登場していますが、多くの農村世帯にとっては、依然として高価すぎます。改良型調理用コンロ (ICS) は、固体燃料を使用しながら、従来のコンロよりも効率的でクリーンな代替手段を提供し、重要な役割を果たしています。これらのコンロは、従来のコンロと比較して燃料消費量を 20% から 75% 削減するとともに、煙の排出量と健康リスクも低減させます (IEA, 2023c)。木材、木炭、ペレット、練炭、エタノールなどの利用可能なバイオマス燃料を効率的に活用しており、電力供給が限られた地域において実用的なソリューションです。

日照量の多い農村地域では、ソーラー調理器が有益です。これらは一般的に 2 つのタイプに分類されます。鏡やレンズ (パラボラ型や皿型など) を使用して太陽光を調理なべに直接集める集光式太陽光調理器と、太陽光を電気に変換して発熱体を駆動するソーラーパネル式調理器です。どちらも強い太陽光の下で最高の性能を発揮しますが、低照度時でも確実に機能するのは、バッテリー貯蔵性能を備えたソーラーパネル式システムのみです。バイオガス消化槽およびコンロも、クリーンな調理ソリューションを提供します。これらの技術はいずれも初期導入コストが高いものの、長期的には最も費用対効果の高い選択肢であり、年間運転コストは LPG コンロ (4 分の 1 未満) や伝統的な木炭コンロ (5 分の 1 未満) に比べて大幅に低くなっています (CEET, 2023)。さらに、家庭での調理にバイオガスを使用することは、化石燃料やバイオマスの不完全燃焼によって生成される微小粒子状物質 (PM2.5) の成分である黒色炭素の排出量を 50% 削減する即効性のあるソリューションです (CEET, 2023)。このような技術の詳細については、「グリーン・テクノロジー・ブック」エネルギー版をご覧ください。

囲み記事 3.1 アジアにおけるクリーンな調理技術に関する分野横断的な課題および機会

クリーンな調理ソリューションの提供者にとって、資金調達は重要な課題です。金融業者は、この部門が新しく、収益が不確実であることから、リスクが高いと考えているためです。例えば、ラオス人民民主共和国では、再生可能エネルギーによる電力の普及が進んでいるにもかかわらず、クリーンな調理手段の普及率は地域で最も低く、気候変動対策資金を活用した普及率拡大の大きなチャンスが到来しています。

LPG の普及は、人口増加と価格変動の中で輸入依存の危険を伴います。したがって、クリーンな技術の導入を促進するためのインセンティブや補助金を提供する新しいプログラムが必要です。例えば、インドネシアでは、成果に基づく資金調達 (RBF) 基金が、民間投資とクリーン調理部門におけるイノベーションを促進するためのインセンティブを推進するために活用されています。さらに、PAYGO モデルでは、モバイルマネーによるコンロやバイオエタノールなどの燃料の支払いも可能です。

クリーンな調理手段の導入を支援するさまざまな取り組みが存在します。2022 年、クリーン・クッキング・アライアンス (CCA) と世界資源研究所 (WRI) は、ネパールで「クリーン・クッキング・エクスプローラー」を立ち上げ、5,000 データ追跡技術を搭載した手頃な価格の電気調理器を提供しました。この技術は、コンロの使用状況を追跡し、炭素プロジェクトの開発者が排出量削減量を測定し、それをカーボンオフセットとして販売するのを支援し、それによってコンロの価格を 15 米ドルまで引き下げます。

調理は伝統や地域の風習に大きく影響され、これがよりクリーンな燃料や技術への移行を困難にしています。例えば、多くの人は伝統的な味を守るために、ソーラー調理器よりも薪を好みます。導入を成功させるには、行動の変化に対処し、コンロの設計と地域の調理習慣の適合など、地域の住民の嗜好に合わせて方策を調整する必要があります。

出典 : (IRENA, 2024a; Farabi-Asl H *et al.*, 2019; ESCAP, 2024; CCA, 2023; World Bank, 2018)

廃棄物をエネルギーに転換することで、廃棄物管理と発電の 2 つの課題に対するソリューションが得られる

廃棄物由来のバイオガスは、家庭および地域社会レベルで導入できる成熟した再生可能エネルギー技術です。食品廃棄物、家庭有機廃棄物、農業廃棄物、畜産廃棄物などの有機物の嫌気性消化により生成されるバイオガスは、通常、メタンを 50% から 75%、CO₂ を 25% から 50%、その他の気体を微量含み、その組成は原料や使用される技術によって異なります (Li *et al.*, 2019)。小型バイオガスシステムは、一般的に、有機物の投入口を備えた消化槽、ガスを収集するガスタンク、コンロに接続するパイプライン、およびバイオガスコンロで構成されます。

30 から 60 日後に、消化槽から調理、暖房、照明、発電に利用できるバイオガスが生成されます。このプロセスでは、肥料として、あるいは生物ベースの建設資材の製造にも利用できる副産物として、消化残渣 (固体または液体の物質) も生成されます。さらに、バイオガス生産時に発生する低熱は、熱回収システムを通じて水に熱を伝達し、有害な病原菌を除去して水質を改善すること

で水質浄化に役立ちます。したがって、バイオガスの導入は、廃棄物管理に対する持続可能なアプローチを提供し、エネルギー効率の向上と循環型経済モデルを通じた農村経済の支援を実現します (CEET, 2023)。

余剰バイオガスの輸送も、ガスバッグなどの選択肢を利用することで、手頃な価格で実現可能です。市場で入手可能な標準的なガスバッグは、約 2 立方メートルのバイオガスを貯蔵でき、これは 4 時間の調理に十分な量です (IRENA, 2017)。このソリューションは、小規模バイオガスシステムの地理的範囲を拡大し、地域バイオガス市場の創出を促します。中国は小規模バイオガス消化槽の台数で世界 1 位であり、インドがこれに続いています。バングラデシュの農村部では、30 世帯の電気、調理、清潔な水へのニーズに対応するため、家畜の排せつ物を燃料として消化槽を駆動する統合型バイオガスアプローチのパイロットプロジェクトが実施されています (CEET, 2023)。

もう 1 つのソリューションは、バイオマスのガス化装置です。これは主に、木材や農業残渣などの廃棄物を原料として限られた量の空気処理する反応器または容器で構成されます。ガス化に必要な熱は、原料の部分燃焼によって生成され、発電や熱源として利用できる生産ガスが作られます。これにより、地域のエネルギー需要の一部を賄うことができます。インドネシアのメンタワイ村では、700 kWp (キロワットピーク、最適条件下での最大出力) のバイオマスガス化装置を用いたミニグリッドプロジェクトが、木質バイオマスを原料として 1,250 世帯に電力を供給しています (Alliance for Rural Electrification, 2019)。さらに、バイオ炭などの副産物がガス化装置の底部で生成され、家庭菜園や農場での肥料として利用できます。

ミニグリッドおよびマイクログリッドは、東南アジアの電化と回復力の鍵となる

2050 年までに、東南アジアのエネルギー消費量は欧州連合の消費量を上回り、2035 年までの世界のエネルギー需要の増加分の 25% を占める見込みです (IEA, 2024d)。しかし、特に農村部や山間部、島嶼部では、主要送電網の拡張が経済的に困難な場合が多く、電化は依然として課題のままです。このような地域では、ミニグリッドやマイクログリッドなどの技術が、最も遠隔の土地にある地域社会にも独立した電力供給を実現することで、重要な役割を果たすことができます。これらのシステムは、停電時にバッテリーを使用して地域電力供給を行い、特にインドネシア、フィリピン、タイなどの災害多発地域において、重要な負荷を維持することでエネルギーの回復力を強化します。マイクログリッドは、通常 20 kW から 500 kW の規模で、従来はディーゼルやガソリン発電機に依存していましたが、ソーラーパネルやミニ水力発電などの再生可能エネルギー源への転換が進んでいます (GEF, 2017; IEA, 2024d)。バッテリー貯蔵ソリューションは、発電量のピーク時に余剰エネルギーを蓄え、発電量が少ないときに放出します。マイクログリッドは通常、小規模な住宅の消費者向けに電力を供給しますが、ミニグリッドは、学校、工場、島など、コミュニティ全体に電力を供給できるより規模の大きいシステムです (IEC, 2024)。ミニグリッドはアジアで約 1,800 万人に電力を供給しており、計画容量では南アジアが 0.87 GW でトップに立っています。南アジア、東アジア、太平洋地域を含むこの地域には、1 万 6,819 箇所のミニグリッドが導入されており、1 万 9,824 箇所の導入が計画されていますが、これらはアジアの人口の 1% 未満にしか電力を供給できません (World Bank, 2022a)。ミニグリッドおよびマイクログリッドに関してより詳しくは、「グリーン・テクノロジー・ブック」エネルギー版にも掲載されています。

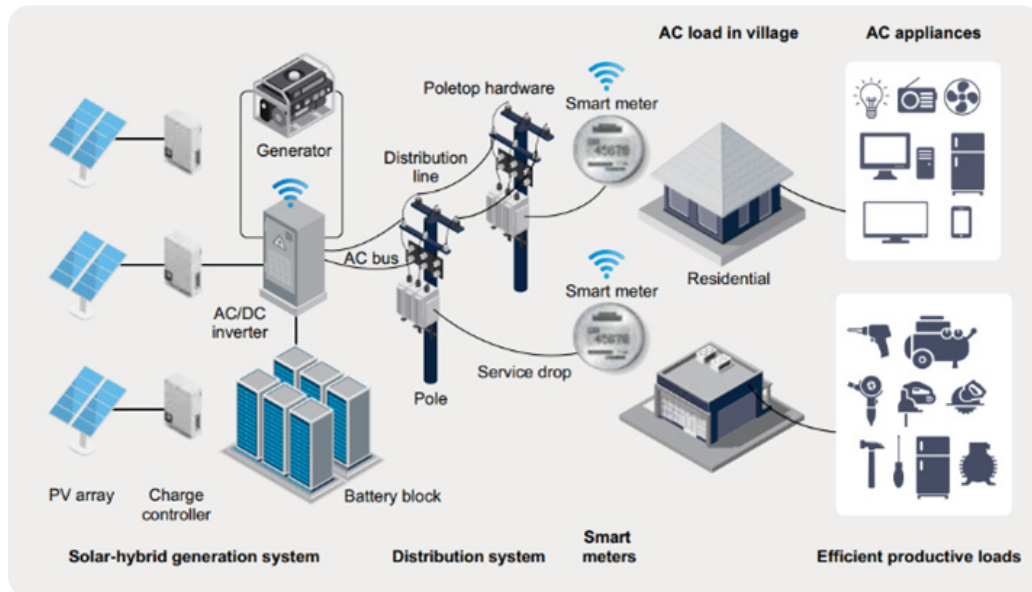
主要送電網の拡張、ミニグリッド、ソーラーホームシステムを組み合わせた包括的な電化のアプローチを採用している国々は、電力供給の拡大において最も急速な進歩を遂げています。例えば、バングラデシュ、カンボジア、インド、ミャンマー、ネパールなどが挙げられます (World Bank, 2023)。しかし、太陽光発電やバッテリーのコストは低下しているものの、再生可能エネルギー技術の初期費用の高さは依然として普及の障壁となっています (IEA, 2024d)。重要な課題は、現地の市場での安価なディーゼル発電機の供給状況です。これらの発電機は、人々に馴染みがあり、修理が容易で、確立されたサプライチェーンによって支えられています。初期費用は低いものの、ディーゼル発電機は燃料費が高いため、運用コストが高くなります。燃料費は変動しやすく、多くの場合予測が困難です。

これが、特に後発開発途上国 (LDC) において、公共部門が他の優先事項との競合のために、これらのプロジェクトの資金調達や実施に苦勞することが多いことから、技術だけでは農村部の電化に不十分である理由です (GEF, 2017)。リース、低金利ローン、貯蓄制度などの代替的な資金調達モデルは、経済的な障壁に対処することができますが、これらのソリューションを拡大し、サービスが行き届かないコミュニティに確実に届けるためには、制度的な支援の枠組みが不可欠です。さらに、この地域の多様な地形と気候により、台風や高湿度に耐えることが必要な島嶼システムなど、各々の事情に合わせたマイクログリッドソリューションが求められています。これらのユニークな課題に対する地域に対応したイノベーションは、適応を強力に推進する原動力となり、地域社会がそれぞれの特定のニーズに合わせたソリューションを共同で開発することを可能にします。南から南への技術移転は、このプロセスをさらに強化し、同様の状況や課題を持つ地域間の知識と専門技術の交換を可能にします。

南アジアで支持を集めつつある第3世代ミニグリッド

第3世代のミニグリッド (図 3.1) の新たな波が到来しており、スマートメーター、モバイル決済システム、セルラーデータを活用した遠隔監視システムなどの先進技術を統合し、効率と信頼性の向上を実現しています。バングラデシュ、インド、ミャンマーなどの国では、太陽光発電とバッテリー蓄電、バックアップ発電機を組み合わせたソーラーハイブリッド・ミニグリッドがこの変化を先導しています (World Bank, 2022a)。これらのシステムは、従量課金制の請求とエネルギー消費量および性能に関するリアルタイムの把握を可能にし、オペレーターが技術的な問題を迅速に解決できるようにします。これにより、信頼性と顧客サービスが向上します。第3世代ミニグリッドの開発業者の多くは、エネルギー効率の高い家電製品の採用を顧客に積極的に推奨しています。これにより、ミニグリッドに必要な設置容量を 60% 超削減できます (ESMAP, 2019)。また、顧客がこれらの技術の導入に伴う初期費用の障壁を克服できるよう、資金調達の選択肢も提供しています。さらに、これらのミニグリッドは、主要送電網と相互接続するよう設計することができ、ユーザーは余剰電力を販売するとともに、全体的なエネルギー面の信頼性を高めることが可能です。ただし、効果的な統合には、公益事業、ミニグリッド開発業者、オフグリッド提供者の間の連携を支援する国家戦略が必要です。

図 3.1 第3世代ミニグリッドシステムの特徴



出典：ESMAP, 2019.

水素マイクログリッドにより余剰エネルギーが利用可能に

水素ベースのマイクログリッドは、特にバッテリーの性能が不足したり、経年劣化したりする状況で、長時間のエネルギー貯蔵の代替手段として提案されています。従来のマイクログリッドは、蓄電容量の制限により、発電した太陽エネルギーの最大 30% を逸失することがしばしばありますが、水素システムは、余剰太陽光発電を電解装置に供給し、水電解により水を水素と酸素に分解することで、この問題を解決します。水素は通常、加圧状態で貯蔵され、その後、燃料電池によって再び電気に変換されます。理論的には、これは、オフグリッド地域やスペースに制約のある地域において、バッテリーが現在提供している容量を超えて貯蔵容量の拡張が可能になることを示します (Chrometzka *et al.*, 2020)。

水素インフラの統合は、クリーンエネルギーソリューションへの拡張性があり、よりスムーズな転換を実現する可能性のある選択肢となるかもしれません (Dasgupta P., 2024)。しかし、この手法については依然として議論が分かれています。このプロセスには、電解装置、コンプレッサーまたは加圧システム、高品質貯蔵タンク、燃料電池など、一連の追加インフラがすべて必要です。電気から水素へ、そして再び水素から電気へ変換されるたびにエネルギー損失が発生するため、全体的な効率については疑問が生じます。さらに、水素は長期的には運用コストが低くなる可能性がありますがありますが、初期投資額が高くなります。

したがって、水素マイクログリッドは、ほとんどの農村地域やコスト重視の状況では、まだ実証済みのソリューションとはなっていません。ただし、土地が限られている地域、長期貯蔵が重要な地域、またはグリーン水素の生産がすでに補助金の対象となっている、あるいは統合されている地域など、非常に限られた用途では可能性を持っているかもしれません。例えば、タイのノンヌット熱帯植物園と Phi Suea House では、水素が長時間のエネルギー貯蔵ソリューションとして採用されており、マイクログリッドが最大 35 時間にわたって電力を供給することが可能になっています。これは、通常、短期的な貯蔵のためにバッテリーに、バックアップのためにディーゼル発電機に依存する従来のシステムに対する、よりクリーンな代替手段となります。

イノベーションの事例

ミャンマーの購入選択権付きレンタルソーラーホームシステム



出典 : Getty Images/MyImages_Micha

ミャンマーでは、不安定な電力供給により、家庭や企業は発電機用の高価で汚染の原因となる燃料に頼らざるを得ません。SolarHome社は、主に農村地域の女性世帯や農家向けに、オフグリッドの家庭に太陽光発電と家電製品を取り入れることで、よりクリーンでより手頃な代替策を提供しています。従量制課金モデルを採用しており、顧客はモバイルトークンを使用して月額5ドルから24ドルを支払います。また、購入選択権付きレンタルモデルを採っており、ユーザーは一定期間使用した後、最終的には太陽光発電システムを所有することになります。これまで、SolarHomeはミャンマーの6万世帯と契約し、焚き火をソーラー照明に置き換えています。この取り組みは30万人を支援し、930万kgのCO₂排出量を削減し、14万7,000人の女性がソーラー照明を利用して小規模店舗や露店の営業時間を延長することを可能にしました (Aung, 2022)。

フィリピンの村に電力を供給する太陽光発電マイクログリッド



出典 : Getty Images/andresr

Solar Para Sa Bayan (SPSB) は、コミュニティに手頃な価格で信頼性の高い電力を24時間週7日供給する、フィリピンの社会的企業です。2018年、SPSBは、電力供給の制限によりこれまで送電網に接続することができなかった町パルアンに、東南アジア最大の太陽電池マイクログリッドを完成させました。このシステムは、2MWのソーラーパネル、1.8MW/1.5MWhの特斯拉社蓄電システム、3台のディーゼルバックアップ発電機を組み合わせ、地元の電力協同組合のコストの50%の価格で24時間電力を供給しています。バッテリー蓄電システムには、2つのインバータが含まれており、各インバータには5個のパワーステージと12個のバッテリーが搭載されており、合計120個のバッテリーが1,800kWの容量で並列接続されています。太陽光発電システムは、日中はパルアンに電力を供給すると同時に、特斯拉バッテリーを充電しています。太陽が沈むと、バッテリーが町に電力を供給し始めます。午後8時から午後9時の間の需要のピーク時には、ディーゼル発電機が作動してバッテリーを補います。発電機は需要が減少すると停止

し、バッテリーが午前 5 時まで電力を供給します。それ以前は、パルアンの住民は 1 日 3 から 8 時間のみ、それも不安定な電力を利用することしかできませんでした。この取り組みにより、住宅および学校を含む商業ユーザーの電力コストが大幅に削減されました。マイクログリッドは現在、約 3,000 の顧客に電力を供給しており、電力を利用しやすくするとともに、住民に新たなチャンスをもたらしています (Solar Para Sa Bayan, 2018)。

オフグリッド太陽熱海水淡水化：西オーストラリア州の先住民学校に水を供給



出典：Moerk Water Solutions

Moerk Water Solutions 社は、西オーストラリア州南西部の先住民職業訓練学校向けに、太陽光発電式浄水システムを納入しました。この学校では、毎年、遠隔地のコミュニティー出身の約 70 人の 11 年生および 12 年生の生徒に職業技能を教えています。オフグリッドの立地のため、信頼できる水源が必要でした。Moerk Water は、地域の地下水を処理するために、膜濾過技術を用いたカスタムメイドの太陽光発電式逆浸透 (RO) システムを設計・設置しました。学校の飲料水の需要と、コミュニティーの農作物の灌漑を支えています。このシステムは、1 日あたり 1 万 2,000 から 1 万 5,000 リットルの浄水を生産し、生産量は最大で 3 万リットルに達します。自動または手動モードで動作し、サービス要件を最小限に抑える遠隔監視機能を備えています。

技術ソリューション

既成技術

太陽熱利用機器：ソーラー冷凍庫

Rockwell



出典：Rockwell

Rockwell 社のソーラー冷凍庫は、オフグリッド地域における冷却・冷凍のニーズに対応しています。ユーザーの必要に応じて、 -18°C から $+8^{\circ}\text{C}$ までの柔軟な温度設定が可能です。直流電源用に設計されており、交流電源に接続する必要がなく、完全に太陽エネルギーのみで動作します。これらの冷凍庫は、太陽光が当たらない状態でも最大3日間の自律動作が可能なバッテリーシステムとともに使用することもできます。さまざまなサイズがあり、メンテナンスの必要も最小限で、耐久性に優れた高品質の素材を使用しているため、性能が長持ちします。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：アジア、オーストラリア、ベルギー、イギリス、米国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

風力エネルギー：小型家庭用風力タービン

A-WING



出典：A-WING

A-WING 小型風力タービンは、日本でよく見られる低風速地域でも最適な性能を発揮するように設計されています。CO₂ を排出しない、環境に優しい電力を生成するための、最高効率を実現する先進的なブレード、発電機および制御装置を搭載しています。独自の技術を採用し、コンパクトな 300 W から 1 kW までのタービンを取り揃えています。コアレス発電機はスムーズに動作し、風速 1 m/s で始動して、1.5 m/s からバッテリー充電を開始します。これらのマイクロタービンは、安定した効率的なエネルギーを供給し、費用対効果に優れています。風力・太陽光発電のハイブリッド制御装置と組み合わせることで、遠隔地の住宅、駐車場、看板、バックアップ電源、または商業用電力の利用が困難な地域に最適です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：インドネシア、日本、モンゴル、フィリピン、韓国、タイ
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

クリーン・クッキング：改良型調理用コンロ

5 Star Stoves



出典：5 Star Stoves

5 Star Stoves Bangladesh社は、マイクロガス化コンロと改良された無毒のバイオマスペレットを燃料とした、手頃な価格でエネルギー効率の高い調理ソリューションを提供しています。コンロは99%の燃焼効率を達成し、健康リスクを低減させ、燃料を節約し、1台あたり年間2から3トンの炭素排出量を削減します。自立型のユニットで、伝統的な大皿料理も調理できるほど強力です。小規模農家が地元の5 Star Stoves フランチャイズに供給する農業廃棄物はそこでペレットに加工されます。ペレットは「5 Star Ladies」によって販売され、森林破壊と闘いながら収入の機会を生み出しています。1 kgの廃棄物バイオマスペレットが、4 kgの薪の代わりになります。さらに、副産物のバイオ炭は、庭や農場用の天然肥料としても利用可能です。この取り組みは、木材や木炭に依存している都市のスラム街、工業地帯、および都市郊外地域を対象としています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：バングラデシュ
- 利用可能な地域：南アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

廃棄物からエネルギーへ：携帯型バイオガス発生装置により農業廃棄物がクリーンなバイオガスに

ATEC Biodigesters



出典：ATEC Biodigesters

ATECの携帯型バイオガス発生装置は、バングラデシュやカンボジアのような洪水多発地域において、特に雨季に課題を抱える伝統的なレンガ造りのバイオガスプラントに代わる、回復力がある代替ソリューションを提供します。このバイオガス発生装置は、悪天候にも耐えられる高耐久性のプラスチック、線状低密度ポリエチレンで作られており、さまざまな場所に設置可能です。1日あたり1,350から1,800リットルのガス生産能力があります。商業的に拡張可能な、プラグアンドプレイのソリューションです。動物の排せつ物、植物性廃棄物、台所からの廃棄物を取り込み、調理用の再生可能ガスと農業用の有機肥料に変換します。また、ATECの特許取得済みPAYGO月払い方式によるスマートファイナンスも合わせて利用することができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：オーストラリア
- 利用可能な地域：バングラデシュ、カンボジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

再生可能エネルギー：オフグリッド風力・太陽光ハイブリッドエネルギーシステム

PVMars Solar



出典 : Getty Images/rozaivn

エネルギー貯蔵型ハイブリッド風力・太陽光発電システムは、電力需要、使用パターン、および地域の風力と日照条件に応じてカスタマイズできます。このシステムは、充電に風力発電および太陽光発電制御装置を使用しています。3 kW を超える風力タービンには三相発電機が必要であり、電力を直流に変換するための別個の制御装置が必要になります。バッテリーパックは、両方の電源に共通して機能するため、バッテリーの選択が非常に重要です。PVMARS は、ゲル電池とリチウム電池の選択肢を提供しています。完全なオフグリッドソリューションのためには、1 kW の風力タービンと 2 kW のソーラーパネルを備えた 3 kW のハイブリッドシステムなど、3:1 の比率が推奨されます。これにより、コスト効率が最適化されます。1 kW の風力タービンは、最適な条件下で 1 時間あたり 1 kWh のエネルギーを生み出し、そのエネルギーを太陽光発電と組み合わせて蓄電池群に蓄えます。これにより、テレビ、パソコン、照明、給湯器、冷蔵庫、エアコンなどの家庭用機器に安定した電力が供給されます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：アフリカ、アジア太平洋、中南米
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

太陽エネルギー：小規模住宅用ハイブリッドソーラーインバータ

ANERN



出典 : Getty Images/moisseyev

ANERN の特許取得済みソーラーハイブリッドインバータ (AN-SCIO2-Azure シリーズ) は、太陽エネルギーの利用効率を向上させ、送電網が不安定な場合やそのコストが高い場合に特に適しています。このハイブリッドインバータは、1.5 kW から 2.4 kW のコンパクトな出力範囲を特徴とし、小規模な家庭用に適しています。2 kW のハイブリッドインバータは、太陽光発電インバータとバッテリーインバータの機能を組み合わせ、ソーラーパネルからの直流電力を交流電力に変換し、余剰エネルギーをバッテリーに蓄え、必要に応じてバッテリーから電力を供給します。バッテリーの充電と放電を効率的に管理するため、オフグリッドやバックアップ電源用途に適しています。2.4 kVA の太陽光発電インバータは、太陽エネルギーを家庭用または送電網への送出用に変換するために最適化されています。主な機能には、Wi-Fi モニタリング、効率的な変換、スマートディスプレイ、最適化されたパフォーマンスを実現するスマート充電器、LCD インターフェースによる AC/ソーラー充電優先度の設定などが含まれます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：住宅、コミュニティ、
村落向けの無水バイオトイレシステム

Ecoflo-Wash



出典：Ecoflo-Wash

バイオトイレシステムは、住宅、コミュニティ、村落向けのシンプルで衛生的、水を使わないトイレソリューションです。水や電気の供給が限られている農村部や農業地域に最適で、水ポンプにエネルギーを必要とせず、廃棄物を堆肥に変え、太陽エネルギーシステムと統合可能です。このトイレは、換気パイプ内の小型ファンを駆動するために最小限のエネルギーのみを使用し、基本的な工具で簡単に設置でき、メンテナンスもほとんど必要ありません。アジアやイスラム諸国で一般的な、水を使った衛生習慣をサポートするように設計されており、安全で環境に優しい衛生ソリューションを実現し、湿地や川などの水源を保護します。

- 契約形態：販売およびサービス提供
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：オーストラリア
- 利用可能な地域：アジア太平洋、オーストラリア、パプアニューギニア、東ティモール
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

照明：準一体型ソーラー街路灯

ZGSM Technology



出典：Getty Images/Lazartivan

PV7 シリーズ準一体型ソーラー街路灯は、完全一体型設計の利点、簡単な設置、エネルギー効率、環境への配慮を兼ね備えています。大容量バッテリーを搭載しており、長雨の多い地域に適し、5～7 日間の自律運転が可能です。本シリーズは、独立した高効率発光ダイオード (LED) ランプヘッドを備え、多様なプロジェクトニーズに対応するカスタマイズ可能なモデルを提供しています。PV7 は汎用性に優れ、市道、都市道路、商業施設、広場、遊び場など、さまざまな用途に適しています。主な機能には、最大 96% の充電効率を持つインテリジェントコントローラと、モーション /RIP センサやタイマー調光など、顧客の必要に合わせたスマートな制御オプションが含まれます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

フロンティア技術 (先端技術)

再生可能エネルギー：耐久性に優れた オフグリッド電力システム

NTN



出典：NTN 株式会社

N3 N-CUBE は、オフグリッド、緊急時、またはバックアップ用途向けのコンテナ型再生可能電源です。このシステムは5つのサイズがあり、最大風速 46 m/s の激しい台風や、最高強度の地震活動にも耐えるよう設計されています。定格出力 0.5 kW の垂直軸風力タービン、1.5 kW から 3.7 kW のソーラーパネル、および蓄電池を搭載しています。平常時は、コンテナスペースは空調付きの休憩所、保管施設、バス停など、さまざまな用途に合わせた備品を備え付けて使用することができます。公園その他の公共エリアでの設置用に、循環式水洗トイレ付きのバージョンも提供しています。緊急時には、貨物コンテナをトラック、貨物船、またはヘリコプターで輸送し、迅速に発電を開始することができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

太陽エネルギー：ソーラーパネル用ドライ クリーニングロボット

未来機械



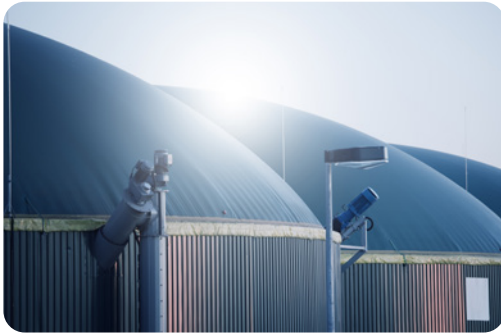
出典：株式会社 未来機械

未来機械の Type1 ロボットは、ほこりや砂により 1 カ月あたり約 15% の太陽光発電容量の損失が発生することがある乾燥地域向けに開発されました。乾燥気候での使用を想定して設計されており、パネルの洗浄に水を必要としません。代わりに、特許取得済みの柔らかいブラシとファンの組み合わせを採用しています。Type1 ロボットは充電式バッテリーを搭載し、重量は 28 kg で、人が持ち運べるほど軽量です。独自のセンサ技術を用いてソーラーパネルアレイをナビゲートし、最大 3 cm の隙間を越えて移動することができます。複数の別々のアレイの清掃が必要な場合は、ロボットを人が持ち運ぶ必要があります。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：インド、日本、カタール、サウジアラビア、アラブ首長国連邦
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

再生可能エネルギー：太陽光発電・バイオマス ハイブリッドシステム

Husk Power Systems



出典：Getty Images/kontrast-fotodesign

Husk Power は、太陽光発電とバイオマスガス化技術を組み合わせることで、農村部の家庭、企業、公共機関に 24 時間週 7 日、安定した電力を供給します。クラウドベースの遠隔管理プラットフォームは、サイトのパフォーマンスと顧客のエネルギー使用量をリアルタイムで監視することができます。ガス化プロセスの副産物であるもみ殻炭は、環境に優しい線香の原料として再利用され、女性に限定した雇用を提供しています。さらに、その統合システムには、スマートなプリペイドメーター、ビッグデータ分析、音声対応のわかりやすいカスタマイズされたメッセージ機能が含まれており、顧客サービスの向上に貢献しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：インド、ナイジェリア、米国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水力発電：波力グリーン発電所

Eco Wave Power



出典：Eco Wave Power

Eco Wave Power は、海洋および海面の波を電気に変換する特許取得済み費用対効果の高い技術を開発し、沿岸部の持続可能な電力供給の可能性を持つソリューションを提供しています。同社は、電力購入契約 (PPA) に基づき、送電網に接続された波力発電アレイを所有・運営しています。このシステムは、波の動きに合わせて浮動するフロートが油圧ピストンを圧縮し、生分解可能な作動油を陸上の蓄積装置に送ります。これにより圧力が発生し、発電機に接続された電動機が回転して発電し、その電力はインバータを介して送電網に供給されます。このシステムは閉ループで動作し、減圧後に流体が再利用されます。波の高さが 0.5 メートルから発電を開始し、スマートオートメーションによって制御されます。波が高すぎると、フロートは嵐が過ぎるまで水面上に上がり、嵐が過ぎると動作モードに戻ります。Eco Wave Power は、アジア初の陸上プロジェクトにおいて、I-Ke 社と提携しました。このプロジェクトでは、I-Ke 社が現地で浮体装置、油圧シリンダーを含む技術の各部品を製造します。

- 契約形態：販売およびサービス提供
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：スウェーデン
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

クリーン・クッキング：バイオマスクリーン調理コンロ

Gansu Hengxin Energy Saving Technology



出典：Getty Images/ablokhin

強い火力、煙の出ない運転、迅速な加熱を実現するように設計された高効率のバイオマス調理用コンロで、環境に優しくユーザーも安全です。コンロは素早く加熱するため、調理効率が向上し、ユーザーは時間を節約できます。さらに、このコンロは、室内空気汚染の低減、健康状態の改善、調理効率の向上も目的としています。シンプルで信頼性の高い設計により、農村部および都市部の家庭に持続可能な調理ソリューションを提供します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：アジア太平洋
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー貯蔵：大規模エネルギー貯蔵用バナジウムレドックスフロー電池

住友電工



出典：住友電気工業株式会社

住友電工のバナジウムレドックスフロー電池 (VRFB) は、送電網の安定性を高め、発電量の変動を平準化するように設計されています。この長寿命エネルギー貯蔵技術は、ディーゼル予備発電機が安定した電力供給を維持するために不可欠である、孤立型またはオフグリッドシステムにおいて特に有益です。従来の電池とは異なり、VRFB は、電解質中のバナジウムイオンの酸化状態の可逆的な変化によって、相変化を起こさずにエネルギーを蓄えます。これにより、バッテリーの安定性がもたらされ、その劣化を最小限に抑えることができます。設計寿命が 20 年を超える VRFB は、バッテリーが廃棄された後も再利用可能な不燃性の電解液を使用しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

太陽エネルギー：追跡装置付き浮体式太陽光発電所

Tonking New Energy Group



出典：Getty Images/zhongguo

Tonking New Energy の浮体式太陽光発電システムには、固定式と単軸追尾式の 2 種類があります。追尾式モデルは、独立したブイと GPS ベースの東西方向を利用して、1 日を通して太陽の照射を最適化します。光透過率が約 30% であるため、太陽光が水面に届き、水生生物への影響を制限し、同時養殖を可能にします。フロートは、食品用発泡体が組み込まれたガラス繊維製で、構造部品はアルミニウム合金と亜鉛メッキ鋼で作られています。浙江省江山新塘地貯水池に設置された 1.6 MW の発電施設は、1 メガワット (MW) あたり約 15 から 16 エーカーの面積で、25 年を超える運転寿命が予想されています。

- 契約形態：販売およびサービス提供
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水力発電：マイクロ水カタービン発電機

Suneco Hydro



出典：Getty Images/oopontongoo

このマイクロ水力発電システムには、タービン、発電機、およびシステムのサイズと出力に適した制御装置が含まれます。水力発電システムは、5 kW から 10 kW の範囲内で利用可能です。サービスには、現場の流量、揚程、およびワット数要件に応じて、顧客がシステムを利用する場所と必要に最適な発電機の選定をサポートすることも含まれます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：アジア太平洋
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

クリーン・クッキング：グリーン炭の練炭

Khmer Green Charcoal (KGC)



出典：Getty Images/showcake

KGC は、環境に有害な木炭の消費に代わって、持続可能でクリーンな調理用燃料であるグリーン木炭を発売しました。カンボジア全土の 6,500 人超のユーザーにグリーン木炭を供給しています。現代的な加工テクニックと革新的な技術を融合させることで、有機廃棄物から高品質で持続可能な木炭の練炭を製造しています。化学物質を一切使用せずにココナッツの殻から作られているダイヤモンド・エコ木炭の練炭は、煙や火の粉を出すことなく、約 5 時間燃焼します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：カンボジア
- 利用可能な地域：カンボジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー貯蔵：重力エネルギー貯蔵システム

太陽エネルギー：マイクロソーラードーム

Energy Vault



出典：Energy Vault, Inc.

NB Institute for Rural Technology (NBIRT)



出典：NB Institute for Rural Technology (NBIRT)

Energy Vault の EVx™ 重力エネルギー貯蔵システム (GESS) は、風力や太陽光などの再生可能エネルギーを、ブロックを上昇させて電力を貯蔵する重力ポテンシャルエネルギーに変換し、後にそのエネルギーを開放して発電を行う革新的な機械式エネルギー貯蔵技術です。AI アルゴリズムを使用して、GESS は自動的に動作し、送電網またはユーザーの需要に対応します。そのモジュール設計は拡張性をサポートし、10 MWh ユニットの積み重ねで GWh レベルの貯蔵を実現します。重要なのは、GESS は汎用性が高く、特定の地形や気候条件を必要としないため、山岳地帯から氷の砂漠まで、多様な環境に適しているということです。往復効率が 85% を超えるため、周波数変動を防ぐ慣性応答を提供することで、送電網の安定性も向上します。

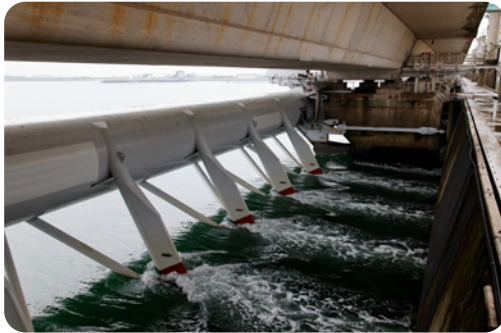
- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：スイス
- 利用可能な地域：中国、イタリア、スイス、米国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

マイクロソーラードーム (MSD) または Surya Jyoti は、昼夜を問わず使用できる革新的な照明装置です。日中は、屋根の透明なアクリルドームを通して太陽光を吸収し、反射型サンチューブを介してそれを室内に誘導し、自然の天窗のような役割を果たします。下側のドームの下部にはシャッターがあり、日中に光が必要ない場合は閉めることができます。太陽光発電モジュールは、昼間にバッテリーも充電し、日没後最大 6 時間の予備照明を供給します。オフグリッドの家庭向けに設計されており、各ドームは 60 W の白熱電球と同等の灯りを提供します。1,000 万世帯で広く使用すれば、17 億 5,000 万ユニットの電力を節約し、CO₂ 排出量を 1,250 万トン削減できます。ドームの製造に関する訓練とライセンスを提供する、スタートアップ企業や自助グループ向けのプログラムが開始されました。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：インド
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水力発電：潮力発電と揚水発電のハイブリッド発電

韓国海洋科学技術院



出典：Getty Images/Breedfoto

潮力・揚水のハイブリッド発電システムは、海洋の潮汐の機械的な力を利用して、海水を陸上の貯水タンクに汲み上げます。海水が戻されるとき、その位置エネルギーを水力発電のエネルギーに変換することができます。2024年の研究では、韓国の沖合の場所で、2つのアームを備えたフラッピング翼流体力学タービンを使用して、完全受動型ポンプ機構の試験に成功しました。潮の満ち引きによって作動する羽ばたくアームの動きにより、水ポンプを完全に受動的に駆動することができました。このポンプは、海水をパイプラインを通じて海拔数メートルの陸上のタンクに輸送します。将来は、このタンクを養殖に使用することも可能です。試験では、1.8 m/s の潮流で9メートルの揚程を達成し、0.126 の換算振動数で 3.3 kW の揚力と 34% の効率を実現しました。浅海や沿岸部での展開に適したこの開発中の技術は、農村部やオフグリッドのコミュニティに、海水ポンプやダムを必要としない水力発電の持続可能な選択肢を提供します。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：韓国
- 利用可能な地域：該当なし
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

再生可能エネルギー：慣性のない再生可能エネルギー発電用送電網形成 (GFM) インバータ

富士電機



出典：富士電機株式会社

富士電機は、送電網形成 (GFM) インバータと呼ばれる新しいタイプのインバータを開発中です。このインバータは、従来の発電機のように動作する特別なソフトウェアを採用しており、送電網の安定化に貢献しています。従来の発電機とは異なり、再生可能エネルギー源にはこの安定化機能がないため、電力の問題が発生する可能性があります。GFM インバータは、再生可能エネルギーの利用効率を向上させるため、バッテリーなどのエネルギー貯蔵システムとの連携について試験中です。従来、大規模発電所は回転発電機を使用して送電網を安定させていますが、再生可能エネルギー源だけではこれを実現できません。富士電機は、GFM インバータがほかのシステムと連携して送電網の安定化にどのように貢献できるかを試験しています。課題の1つは、停電時にインバータが安全に動作し続けるよう保証することです。現在の規則では、送電網が停止した場合にインバータをシャットダウンすることが義務付けられています。富士電機ではこの問題の解決策を模索中です。

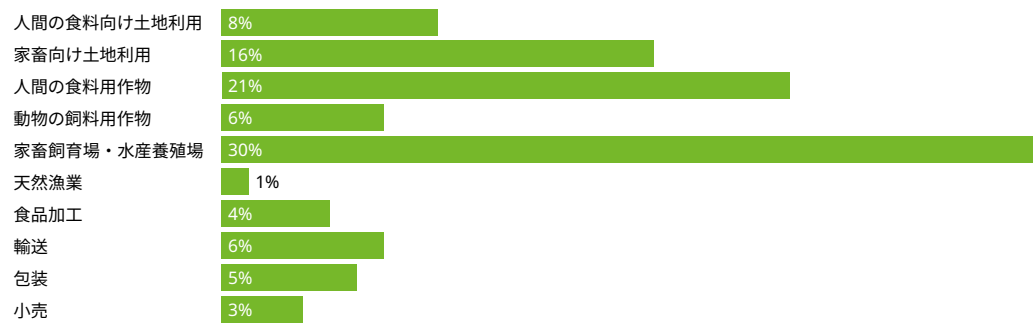
- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：該当なし
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

農場におけるクリーンエネルギーソリューション

農業と気候変動は相互に関連しています。農業は気候変動に大きく寄与しており、その一方で、気候変動の影響を強く受けています。世界の温室効果ガス排出量の約 4 分の 1 は、食料と農業由来です。この排出は、化石燃料を動力源とする機械や、エネルギー集約的な食品の加工・流通などのエネルギー使用だけでなく、家畜や稲作から発生するメタン、肥料の使用から発生する亜酸化窒素、森林破壊や土地利用の変化などによって放出される炭素貯蔵などの非エネルギー源によっても引き起こされています (図 3.2)。一方、農業は気候変動の影響を強く受けやすく、天候パターンの変化や熱波、干ばつ、暴風雨、洪水などの異常気象の頻発に直面しており、これらは作物の収穫量と食料安全保障を脅かしています。したがって、農業には、適応と緩和の両方の取り組みを統合した気候戦略が必要です。例えば、化石燃料から再生可能エネルギーへの転換を進めつつ、農家の適応能力が損なわれることのないよう保証することなどが挙げられます (IWMI, 2023a)。

図 3.2 食品生産部門における GHG 排出量の段階別割合 (%)

値は、食品生産部門における GHG 排出量の段階別の割合を示します。
この部門は世界の GHG 排出量の約 26% を占めています。



出典: Ritchie, Hannah (2019) を基に一部改変。Food production is responsible for one-quarter of the world's greenhouse gas emissions.
<https://ourworldindata.org/food-ghg-emissions#article-citation>

重要なのは、農業は経済部門の中で、エネルギーの消費者でもあり生産者でもあるという点で独特だということです。エネルギーを必要とするだけでなく、作物残渣、家畜の排せつ物、専用エネルギー作物などのバイオエネルギーを通じてエネルギー供給にも貢献しており、農村部のエネルギーの利用を支援し、化石燃料への依存度を低減させることができます。

農業は気候変動を緩和する可能性も秘めています。農地作物、生垣、森林農業 (アグロフォレストリー) は、光合成によって炭素を吸収し、土壌やバイオマスに貯蔵します。適切に管理された土壌と保護された草原は、長期的な炭素貯蔵機能を発揮し、気候変動の緩和に貢献します (European Commission, 2025)。さらに、精密農業や再生可能エネルギーの利用などの実践は、排出量を削減し、環境変化に対する回復力を強化することができます。これについては、後にこの節で詳しく説明しますが、「グリーン・テクノロジー・ブック」エネルギー版および気候変動の緩和版でも取り上げています。

アジアでは、伝統的な水田稲作法により、稲の栽培が地球規模の温室効果ガス排出、特にメタン排出の主な原因となっています。35 億人の主食であり、世界の農作物の生産量の重量で 8% を占めるコメは、バングラデシュ、中国、インド、インドネシアなどの国で特に重要な役割を果

たしています。コメは世界のメタン排出量の 10% の原因となっており、東南アジアは地域全体のメタン排出量の 25% から 33% を占めています (Umali-Deininger, 2022)。代替的な間断灌漑 (AWD) などのより持続可能な手法、土地の整地改善、より優れた種子品種の採用により、排出量を削減しながら収穫量と回復力を高めることができます。この章では、地域の農業生産における排出量とエネルギー使用量の削減を目的とした、さまざまな技術イノベーションについて紹介します。

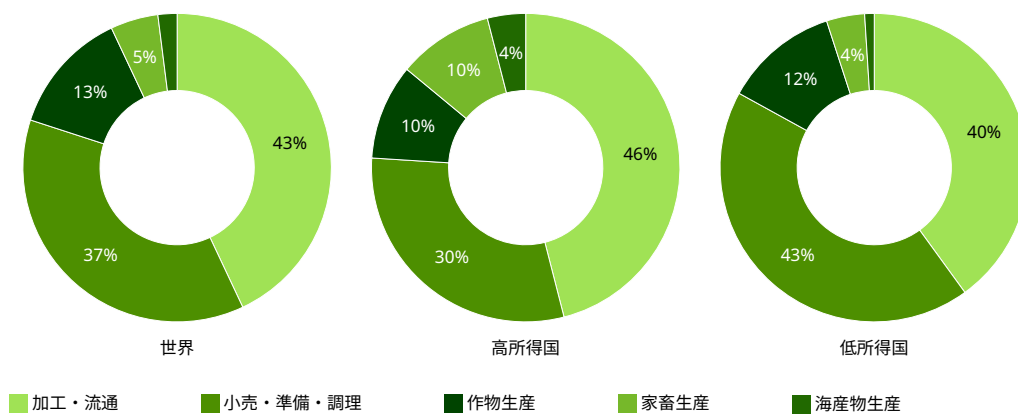
技術開発とトレンド

食品製造段階におけるエネルギー消費

農業・食品サプライチェーンは、世界のエネルギー消費量の約 30% を占めています (IRENA and FAO, 2021)。図 3.3 が示すように、使用されるエネルギーの大部分は、主に化石燃料の形で、収穫後の食品の加工、流通、支度、調理段階でのものです。収穫後のエネルギー技術と動向については、次の節で詳しく扱います。小売りと調理については、本書のホスピタリティと農村の章、および「グリーン・テクノロジー・ブック」エネルギー版でも取り上げています。

農業生産におけるエネルギー使用には、化学肥料、農薬、飼料の生産、灌漑ポンプやトラクターなどの機械操作、家畜の飼育舎の冷暖房、養魚池の通気、温室などの保護栽培システムの管理など、さまざまな投入物に関するエネルギー消費が含まれます (Magalhaes *et al.*, 2021; IRENA and FAO, 2021)。窒素肥料だけで、世界の温室効果ガス総排出量の約 2% を占めています (CIEL, 2022)。

図 3.3 農業・食品チェーンの世界全体および高所得国と低所得国における総エネルギー消費の内訳

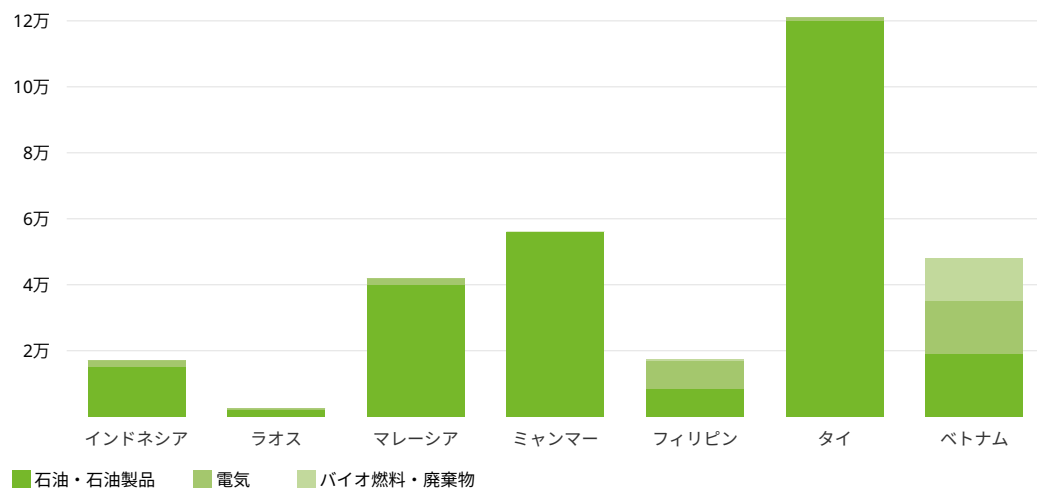


出典 : IRENA and FAO (2021) を基に一部改変。Renewable energy for agri-food systems: Towards the Sustainable Development Goals and the Paris Agreement. Rome: International Renewable Energy Agency (IRENA); Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <https://www.fao.org/3/cb7433en/cb7433en.pdf>.

過去 20 年間に、農業の機械化が進んだことで、アジアの農業部門のエネルギー消費量は増加しています (IRENA and FAO, 2021)。2050 年までに、南アジアの人口は 23 億人に、穀物の需要は 2 倍に達すると予測されています (Neupane *N et al.*, 2022)。さらに、急速な都市化と所得の増加により、澱粉中心の食事からエネルギーおよび水集約的な肉や乳製品などのたんぱく質が豊富な食事への移行も進んでいます。2009 年から 2019 年にかけて、アジアの農業部門のエネルギー

消費量は 35% 増加し、800 万石油換算トン (MTOE) を超え、2019 年の同地域全体の最終エネルギー消費量の約 2% を占めるに至りました (IRENA, 2022)。図 3.4 は、東南アジアの主要農業集約国では、このエネルギーの大部分が石油製品や電力を含む化石燃料から供給されていることを示しています (IRENA, 2022)。これらの燃料は主に、ポンプやトラクターなどの農機具の動力源として使用されています。しかし、燃料費の高騰と不安定な電力供給により、小規模農家がエネルギー依存型技術を導入することが困難になり、生産コストの増加と農村部の格差の拡大が進行しています。土地利用の最適化、エネルギー効率の向上、化石燃料の使用削減、環境への影響の最小化は、すべて持続可能な農業に不可欠な要素です (Chandio *et al.*, 2024)。

図 3.4 農林水産業におけるエネルギー消費量 (国別、テラジュール)



出典: (IRENA, 2022) を基に一部改変。Renewable energy for agriculture: Insights from Southeast Asia. Abu Dhabi: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jun/IRENA_Renewables_Agriculture_SEAsia_2022.pdf.

灌漑はアジアの農場における主なエネルギー消費源である

灌漑は、世界の食料安全保障を確保する上できわめて重要な役割を果たしており、世界の食料生産の 40% に寄与しながら、地球の耕作面積の 22% しか利用していません (Feng Qin *et al.*, 2024; Jingxiu Qin *et al.*, 2024)。水の収集および保全対策の改善と組み合わせることで、灌漑は収穫量の増加、降雨パターンの変動に対する脆弱性の低減、および多作栽培の支援にもつながります (IRENA and FAO, 2021)。しかし、環境問題の大きな原因ともなっており、年間 2 億 1,600 万トンの CO₂ 排出と 1,896 ペタジュールのエネルギー消費に寄与しており、これは世界の農業由来の温室効果ガス排出量の約 15% および世界のエネルギー使用量の約 15% に相当します (Jingxiu Qin *et al.*, 2024)。

世界の灌漑の 72% はアジアで行われており、これは、深刻な食料需要を満たすための集約的な農業慣行と、熱帯地域における長年の灌漑稲作の伝統に支えられています (Jingxiu Qin *et al.*, 2024; FAO, 2020b)。作物にはそれぞれ特定の必要水量があり、その要件は地域の気候条件によって異なります。1 kg のコメを生産するには、平均 1,432 リットルの水と 6.4 MJ のエネルギーが必要で、その主な投入は灌漑と肥料の施用です (Nayak *et al.*, 2023)。これに対し、ヨーロッパで生産される小麦平均 1 キログラムには、約 3.25 MJ の非再生可能化石エネルギーが必要です (Achten and Acker, 2016)。これは、小麦などの他の主食作物と比較して、稲作の資源集約度、特にエネルギー消費量が高いことを示しています。雨季の間は通常、雨や重力によって、水路や

溝のネットワークを通じて水が水田に流れ込むシステムによって稲の灌漑が行われます。しかし、乾季には、特に東南アジアでは多くの農民がポンプに依存しています。この地域には、世界最多の 2,500 万から 3,000 万台の農業用ポンプが集中しています (CGIAR, 2023)。ポンプは通常、ディーゼルまたは電気で駆動されるため、エネルギー需要と二酸化炭素排出量を大幅に増加させます。例えば、インドだけでも、500 万台のディーゼルポンプを電気ポンプに置き換えるだけで、年間 100 億リットルのディーゼルの節約でき、大幅な排出量削減につながります (Neupane *et al.*, 2022)。ただし、それは電力が再生可能エネルギーまたは低炭素エネルギーから供給されているか否かによって異なります。

過去 50 年間に、農業は、主に地下水灌漑の利用拡大により、ますますエネルギー集約的になってきました。地表水が依然として主な水源である一方、バングラデシュ、インド、パキスタンなどの国では、特定の作物の栽培を支援するために地下水採取が急増しています (FAO, 2020b)。例えばバングラデシュでは、地下水灌漑用に約 160 万台のポンプが使用されており、その 80% がディーゼルエンジン式で、主に「ボロ」稲作を支えています。ボロ稲作は、この地域で雨季後に栽培される主要な水消費量の多い作物であり、地下水に大きく依存しています (IWMI, 2023b)。

使用されるポンプの種類は、水源によって異なります。河川、湖沼、浅井戸から水を汲み上げる表面ポンプは、必要な揚程が小さいため、一般的にエネルギー消費量が少なくなります。地下水灌漑は、多くの場合、完全に水没して動作し、深い場所から効率的に水を汲み上げる水中ポンプに依存していますが、これはより多くのエネルギーを必要とします (CTCN, 2025)。

地球温暖化とエネルギー需要の増加が食料安全保障を脅かす中、より持続可能な灌漑の拡大が不可欠です。化石燃料ベースのポンプを太陽熱灌漑ポンプに置き換えることは、特に送電網の利用が限られており、燃料費が上昇している農村地域において、有望な緩和戦略です (Senthil Kumar *et al.*, 2020; CGIAR, 2023)。例えば、農地の 60% が雨水に依存し、ますます予測不可能になっている気象パターンに左右される南アジアでは、ディーゼルや送電網由来の電力がコスト高または利用不可能な地域において、手頃な価格で信頼性の高い灌漑を可能にするソーラーポンプにより、作物の収穫量を 2 倍から 3 倍に増やすことができます。これは、コメやトウモロコシなどの水集約的な作物において特に有効です (CLASP, 2023)。ソーラーポンプは、太陽エネルギーを利用して電動機を動かし、灌漑に使用します。多くの場合、水をタンクに貯めて重力で分配します。直流・交流電源のソーラーポンプのいずれも使用できます。交流モデルには、夜間、送電網から給電して灌漑を行うためのコンバータが組み込まれています。ブラシレス DC ポンプは、太陽光発電と水需要に応じて電動機の手数を調整することで、よりエネルギー効率の高いオフグリッドソリューションを提供します。可変速ドライブにより、土壌の水分に応じて水流量を調整し、灌漑システムを最適な効率で稼働させることができます。これらのシステムは、過剰な灌漑を防ぎ、不要なポンプの運転を削減し、大幅なエネルギーの節約をもたらします。エネルギー効率の高い灌漑用のさまざまなソーラーポンプおよび電動機技術に関してより詳しくは、「グリーン・テクノロジー・ブック」[気候変動の緩和版](#)、[気候変動の適応版](#)および[エネルギー版](#)で詳しく紹介されています。

太陽熱温水ポンプは市販されていますが、まだ大規模には普及していません。インドでは、ソーラーポンプは設置されているポンプ全体の 1% に過ぎません (CLASP, 2023)。政府は、350 万台の灌漑用ポンプをソーラー化することを目指しています。そのうち 200 万台は自立型ソーラーポンプで、150 万台は既存の農業用ポンプを送電網に接続したポンプです (IWMI, 2023b)。送電網接続型ポンプは、余剰エネルギーを送電網に売り戻すことができ、これにより農家はエネルギーと水を効率的に使用して収入を増やすことができます。バングラデシュでは、ソーラーポンプか

らの余剰電力は、もみ殻除去機、脱穀機、冷蔵倉庫、養殖支援設備などの機器に利用されています (IRENA and FAO, 2021)。ソーラーポンプは、ライフサイクル排出量 (CO₂ 換算 /kWh) が、送電網やディーゼルを動力源とするポンプよりも 95% から 98% 低いという、気候変動対策面でも大きなメリットを持っています (IRENA and FAO, 2021)。ソーラーポンプは、緩和策に加え、不安定なモンスーンの年に灌漑を可能にし、農家が事業を多様化して乾季も作物を栽培することを可能にするなど、気候変動への適応策も支援します。しかし、補助金制度や融資オプションの拡大にもかかわらず、ソーラーポンプの導入コストは、多くの小規模農家にとって依然大きな障壁です。さらに、太陽エネルギーの利用可能性により、特に地下水管理が不十分または監視が限定的な地域において、地下水の過剰採取の可能性が懸念されています。

さまざまな灌漑方法によりエネルギー消費量を削減する

高効率の灌漑方法を採用することで、灌漑による世界全体のエネルギー消費量を半減させられる可能性があり、また、緩和策の実施可能性が国ごとに異なるものの、関連する CO₂ 排出量を 90% 削減できる可能性があります (Jingxiu Qin *et al.*, 2024)。稲作では湛水灌漑や地表灌漑が最も一般的ですが、他の作物では水や肥料の効率を向上させるため、点滴灌漑や散水灌漑などのより効率的なシステムがますます多く採用されるようになっていきます。特に点滴灌漑は、従来の湛水灌漑や地表灌漑に比べて水の利用効率が高いため、主にポンプで汲み上げる水量を削減することで、大幅なエネルギー節約を実現します (Arouna *et al.*, 2023)。これらの灌漑方法およびその他の灌漑方法についてより詳しくは、「グリーン・テクノロジー・ブック」[エネルギー版](#)、[気候変動の緩和版](#)、および[気候変動の適応版](#)をご覧ください。

近年、間断灌漑 (AWD) や稲作の SRI 農法 (SRI) などの節水型灌漑方法が、アジアにおける稲作の有望な技術として注目されており、バングラデシュ、中国、フィリピンなどで導入が拡大しています (Johnson *et al.*, 2024; Zeng *et al.*, 2023)。水田を継続的に湛水させる方法に代わる AWD は、地下水位がしきい値に達して再湛水を促すまで水田を乾燥させることによって、水とエネルギーを節約します。この手法により、メタン排出量を最大 70% (平均 48%) 削減するとともに、最大 30% の節水効果が見込めます (IRRI, 2019)。IoT (モノのインターネット) ベースの AWD により、農家はさらに効率化を進めることができます。センサ、自動バルブ、制御システムを用いて、土壌水分、水位、環境条件をリアルタイムで正確に測定し、節水効果を最適化することが可能です。

中国その他いくつかの国では、一部の農家が土を盛り上げた畝で稲を栽培し、畝の間の溝だけに水を張る方法を採用しています。これにより、水の使用量とメタン排出量を最大 80% 削減できると報告されています。溝は一年中水没したままにしておくことができ、これは灌漑管理の要件をさらに緩和します (Zhijiang, 2023)。

アジアにおけるスマート農業変革

アジア太平洋地域は、農業技術の成長が最も著しい市場の 1 つであり、スマート農業は開発途上国の農業変革において大きな可能性を秘めています (APO, 2023)。しばしば精密農業 (PA) と呼ばれるスマート農業は、GPS、センサ、データ分析、IoT デバイスなどの技術を用いて、水、肥料、農薬などの投入量を特定の畑の条件に合わせて最適化し、作物の生産量を高め、資源効率を改善する農業手法です。ハードウェア (ドローン、灌漑制御装置、衛星リモートセンシングなど)、ソフトウェア (ローカルまたはクラウドベース) およびサービス (農場管理など) を統合します。PA は「ソフト」タイプと「ハード」タイプに分類されます。「ソフト」な PA は、デジタル土壌検査キット、基本的なセンサ、モバイルアプリベースの気象サービスなどの低コストのツールを使用して、

小規模農家の作物の健康状態や土壌状態を監視します。一方、「ハード」な PA は、AI 駆動のドローンや自動トラクターなど、ビッグデータスキルを必要とする高度な技術を使用します。

しかし、この地域のすべての国が、このような先進的な農業イノベーションを導入する体制が整っているわけではありません (APO, 2023)。日本のような先進国では、農業におけるロボット工学、AI、IoT の活用は今では当たり前になっていますが、アジアの開発途上国の小規模農家では、財政的制約、技術的専門知識の不足、低速のインターネット接続、規制上の課題から、主にソフト PA に依存しています (Terra Agri, 2024a; Chandran, 2023)。例えばインドでは、PA 技術を利用している農民はわずか 2,000 万人であり、これは同国の農業従事者の総数 5 億人のごく一部にすぎません。さらに、精密農業によるエネルギーおよび排出量の削減効果は、大農場ほど先進技術を大規模に導入しやすいため、その恩恵を享受しやすい傾向があります。このギャップを埋めるためには、政府、民間企業、教育機関が連携して、リソースと支援を提供する必要があります。FAO のデジタル・ビレッジ構想 (DVI) のような取り組みは、バングラデシュ、中国、フィジー、パプアニューギニア、タイ、ベトナムをはじめとするアジア太平洋地域各国で展開されており、デジタルソリューションと農村部の農業および食料システムとの統合が進められています (FAO, 2025)。

しかし、規制上の課題や土地の細分化にもかかわらず、アジア太平洋地域では、特に中国と日本で農業用ドローンの需要が急増しています。農業商品価格の低下と労働コストの上昇がその主な要因です (APO, 2023)。ドローンは、種まきや農薬・肥料の精密散布にますます活用されるようになっており、リアルタイムのデータ収集によるターゲットを絞った介入で効率を向上させています。このような投入を最適化することで、ドローンは、その生産や輸送に必要な間接的なエネルギー使用量を削減し、温室効果ガス排出量を削減します。高収量作物で知られるインドネシアとマレーシアの農業関連企業は、1 日あたり 50 から 100 ヘクタールを管理でき、肥料と農薬の使用量を最大 30% 削減できるドローンを導入しています (Terra Agri, 2024b)。

日本もまた、衛星を利用したトラクター、田植え機、収穫機とともに、全地球測位システム (GPS) を搭載した農業用ロボットの販売を推進しています (APO, 2023)。これらの技術は、GPS を使用して水田をマッピングし、自律型機械が事前に計算されたルートに沿って苗を植えることを可能にしています。これにより、農業機械の運用が最適化され、エネルギー消費と資源の無駄が削減されます (Yao *et al.*, 2024)。AI を搭載した自動運転トラクターは、作業中にさらに環境データを収集し、その洞察を現場内の他の機械と共有することで、効率を向上させます。

IoT を活用したスマート灌漑システムは、センサ、自動化、遠隔監視を統合することで農業における水とエネルギーの管理を変革しています (Zeng *et al.*, 2023)。これらのシステムは、農家がスマートフォンや農場管理プラットフォームを通じて遠隔で灌漑を監視・制御することを支援し、ポンプや配水に関連するエネルギー消費を削減します。南アジアでは、農家が作物に過度の水やりを行っている場合に警告を発し、水使用の効率的な管理を支援する衛星ベースの灌漑諮問システム (IAS) が導入されています。実証プロジェクトでは、SMS テキストメッセージによる警報が、インドではシーズンあたり最大 8,000 万立方メートルの灌漑用地下水を節約でき、パキスタンでは 1 億 5,000 万立方メートルの灌漑用地下水を節約できる可能性が示されました (Bose *et al.*, 2021)。一方、カンボジア、中国、インドネシアの若いイノベーターたちは、スマート灌漑ソリューションの開発を進め、多様な農業地域における効率と持続可能性の向上に貢献しています (IFAD, 2024)。

営農ソーラーシェアリングは、作物の栽培や畜産などの農業実務と太陽光発電（ソーラー）技術を組み合わせ、エネルギー生産と食料安全保障という2つの課題に対処します。これは、ソーラーパネルの下で作物を栽培し、食料生産と太陽エネルギー発電の両方のために土地を最大限に活用することを意味します。多様な農業、高い日射率、そして増大するエネルギー需要を持つアジア太平洋地域は、営農ソーラーシェアリングに特に適しています。この地域では、このような技術の採用が拡大しており、2023年の6億5,480万ドルから2033年には60億ドルに成長すると予想されています（The Agri-Food Data, 2025）。

営農ソーラーシェアリングの設備能力は、2012年のわずか5 MWから2021までには14 GWに急成長しており、中国、日本、韓国などのアジア諸国が成長を牽引しています（Fraunhofer ISE, 2024）。中国が最大の割合を占めており、2020年末までに1,900 MW分が設置され、作物栽培、家畜放牧、養殖を含む500超の営農ソーラーシェアリングプロジェクトが進んでいます（Silan J et al., 2024）。日本は、120種類の作物の栽培を支援しながら200 MWの電力を生産する約2,000基の営農ソーラーシェアリングシステムを導入しています（Fraunhofer ISE, 2021）。中国、インド、日本などの国は、政策による支援や対象を絞ったインセンティブを通じて、その採用を推進しています。これに対し、フィリピンなどの開発途上国では、豊富な太陽エネルギー資源と大規模な農業基盤があるにもかかわらず、営農ソーラーシェアリングは依然ほとんど活用されていません。規制の曖昧さ、土地所有権の分散、農家への融資の制限、および二重用途システムの設計と維持管理のための技術的能力の不足といった主要な障壁が、進展を妨げています。その結果、この技術は、この地域における重要なエネルギーおよび農業の課題に対処できるにもかかわらず、まだ初期段階にとどまっています（AENZ, 2024）。

営農ソーラーシェアリングは、草原、園芸、耕作農業、屋内農業、受粉昆虫の生息地など、さまざまな農業環境に応用可能です。それぞれの環境で、太陽光発電の統合による固有の機会があります。園芸では、半透明のパネルが植物の成長に最適な光を維持しながら、エネルギーを生成します。耕作農業（耕作可能な土地での穀物や野菜などの作物の栽培）では、固定式および追尾式の太陽光発電システムを作物の輪作に組み込むことで、エネルギーと農業生産の両方を最大化することができます。固定式システムはその場から動かず、日射量が一定な場所に最適です。一方、単軸追尾式システムは太陽を追ってエネルギー生産量を増大させます。両面パネルは、両側から太陽光を吸収することで、効率をさらに高めます。

透明パネルや可動式パネルなどのソーラーパネル技術の革新により、作物の光透過率を最適化しながらの発電が可能になりました。これらのシステムは、エネルギーを供給するだけでなく、植物や動物を極端な暑さや干ばつから守ります。さらに、水分の蒸発を最大30%削減し、日差しが強く高温の地域での作物の収穫量を増やします。さらに、植生の上に設置されたソーラーパネルは、裸地の上に設置された場合に比べ、表面温度が低くなります。この冷却効果により、ソーラーパネルが高温になることで生じる効率の低下も抑えられます。

営農ソーラーシェアリングシステムは、分散型エネルギー生成に貢献し、集中型の送電網への依存度を低減させ、農村地域におけるエネルギーへのアクセスを改善します。さらに、エネルギー貯蔵技術により、太陽光発電で得られたエネルギーを貯蔵し、必要なときに利用することができ、農作業に安定した電力を供給することが可能です。これは、異常気象の発生頻度が高まり、エネルギー輸送網の混乱が頻繁に発生する可能性がある気候変動への適応において重要な要素です。

養殖と太陽光発電の統合、すなわち養殖ソーラーシェアリングは、営農ソーラーシェアリングの一種であり、次章「水産と養殖」で取り上げます。

エネルギー効率の高い畜産

アジアの肉消費量は、伝統的にヨーロッパよりも少なく、魚や植物性たんぱく質を中心とした食生活が主流です。しかし、都市化と所得の増加により、肉や乳製品などのたんぱく質が豊富な食事への移行が進み、アジアの畜産部門では激しい商業化が進んでいます。これは、豚肉消費が伸びている中国、韓国、ベトナムで特に顕著ですが、日本、フィリピン、タイでは鶏肉と豚肉が主流です (Wen Bo, 2022)。それに対して、オーストラリアでは、肉牛の飼育が古くから主要産業となっています。オーストラリアの国土の 43% で 6 万 3,000 を超える農業事業が牛肉を生産しており、オーストラリアは世界第 2 位の牛肉輸出国となっています (WWF, 2018)。

畜産とは牧場や畜舎で牛、鶏、豚、羊などの動物を飼育することです。温室効果ガスの主要な排出源であり、年間約 7.1 ギガトンの CO₂ 相当量を排出しています (FAO, 2021)。開発途上国において畜産バリューチェーンが拡大するにつれて、加工、機械化、輸送の増加によりエネルギー需要が高まっています。飼料および肥料の生産におけるエネルギー消費量の多さは、特に懸念されます。さらに、多くの地域では、畜産は厳しい気候、水不足、環境に優しく化学物質を使用しない肉に対する消費者の需要の高まりといった課題に直面しており、省エネ対策の革新やより持続可能な生産方法の導入が求められています。

エネルギー効率の向上には、農場での高効率の機械や設備の導入、エネルギー消費量の多い冷房システムに代わる畜舎や納屋の自然換気などが含まれます (FAO, 2021)。センサ制御の換気システムは、空気の循環を自動的に最適化します。一方、可変速ドライブ (VSD) は、電動機の手数を必要に合わせて調整することで、エネルギー損失を削減できます。中国やインドのような高温ストレスの強い国では、大規模な酪農場において、空気循環を改善しつつ電力消費を削減するために、大容量低速 (HVLS) ファンが採用されています。このような技術についてさらに詳しくは、「グリーン・テクノロジー・ブック」エネルギー版に記載されています。

建物の断熱により、化石燃料のエネルギー消費量を削減すると同時に、家畜を保護することができます。農業用繊維やエアロゲルを使用した断熱された畜舎が中国で登場し、極端な気候からの保護を強化しています。エアロゲルは、熱伝導率がきわめて低いナノ多孔質の断熱材です。熱伝導率は、建物のエネルギー効率を高める上で最も重要なパラメータの 1 つです (Kotov *et al.*, 2024)。畜舎の壁や屋根の断熱材として、ブランケット、パネル、またはスプレー式断熱材として使用できます。

農家は、灌漑以外のさまざまな目的 (電気柵の電源、温室気候の制御、機械の充電など) のために、太陽光発電ソリューションの採用を拡大しています。ポータブルソーラーユニットは、遠隔地の牧場において特に有用で、高価な送電網接続を必要とせずに、水ポンプや監視機器に信頼性の高い電源を提供します。例えば、カンボジアでは、照明や水汲みのために電気に大きく依存している大規模養豚場が、太陽光発電によるソリューションを導入しています。これらのシステムは、送電網に接続された農場と接続されていない農場の両方で使用され、エネルギーコストの削減と家畜の給水および灌漑の改善に貢献しています。同様に、養鶏業が急速に拡大しているベトナムでも、暖房、孵化、換気のための高いエネルギー消費が問題となっています。これに対応して、小規模農家は、送電網への依存度を減らし、農村部の電化推進を支援するため、太陽光発電式の

孵化器やその他の再生可能エネルギーシステムを採用しています (IRENA, 2022)。さらに、蓄電池の価格が手頃になるにつれて、これらの農場はエネルギー自給自足に近づきつつあります。

エネルギーの無駄を削減する上で、効率的な水管理も重要な要素です。牛、豚、鶏用の自動給水システムは、水の流れを調節し、こぼれや溢れを防ぎながら、ポンプのエネルギー使用を最適化します。

エネルギー効率の高い温室で気候変動に適応する

気候変動が作物の収穫量に影響を与える中、エネルギー効率の高い温室がより人気を集めています。これらの温室は、前述のものと類似の技術を統合し、暖房、冷房、換気、断熱、照明におけるエネルギー使用を最適化しています。インドでは、保温スクリーンが温室内の温度調整に役立ち、冷房エネルギーの需要を削減しています。中国と韓国では、光の透過を妨げずに保温性を維持するため、2層構造のポリエチレンと気泡緩衝材を使用した裏地が使用されています。さらに、デジタル温室システムは、エネルギーの節約を最大限にしながら農場管理を強化します。

農場廃棄物をエネルギーに活用し、循環型社会を推進する

農業は、エネルギー消費者とバイオエネルギー供給者の2つの役割を持っています (FAO, 2000)。化石燃料をバイオエネルギーに置き換えることで、農村開発に大きな機会をもたらし、気候変動の緩和に貢献します。この地域の生産性の高い農業部門と大規模な農業関連産業は、利用が不十分な残渣を大量に生み出しています (IRENA, 2022)。農業が盛んな国では、もみ殻、家畜の糞尿、作物残渣などの農業廃棄物を嫌気性消化やバイオマス燃焼によってバイオガスや電力に変えています。さらに、これらの廃棄物は、低酸素環境下で有機物を加熱 (熱分解) して生成される安定した炭素であるバイオ炭に変換することができます。バイオ炭は、炭素を土壌に長期間固定し、土壌の健康、肥沃度、保水性を向上させるとともに、気候変動の緩和に貢献します。これらの技術は、廃棄物の環境への影響を軽減する一方で、農業経営に電気やバイオ燃料の形で信頼性の高い再生可能エネルギー源を提供します。このような技術は、前節「農村世帯とコミュニティ」で詳しく説明されています。

いくつかの国では、小規模農家も小型のバイオガス設備を導入しており、これはエネルギーを供給するだけでなく、副産物として有機肥料を生産し、循環型農業経済を促進しています。このようなアプローチは、特に送電網へのアクセスが限られている農村地域において、廃棄物処理とエネルギー利用という2つの課題に対処します。

イノベーションの事例

インドネシアの農民は太陽光発電による灌漑でエネルギーを節約



出典 : Tanahair/Hartatik/2023

気候変動による干ばつの頻発により、インドネシアの農民は水田用水の確保に苦心しています。従来は、乾季にはディーゼルポンプに頼っていましたが、この方法はコストが高く、灌漑費用の約 60% が燃料費に充てられています。現在、農家はエネルギーコストを削減し、よりクリーンなソリューションを提供するために、太陽光発電による灌漑システムの導入を開始しています。クリンシング村では、新しいオフグリッドシステムが導入され、100 W のソーラーパネル 64 枚を使用して、エロ川から貯水池に水を汲み上げる電動ポンプを駆動しています。400 メートルのパイプが、近くの水田に水を分配しています。このシステムは現在 15 ヘクタールに灌漑を行っており、70 から 80 ヘクタールまで拡大が可能です。農家は、燃料費がゼロでメンテナンスが簡単 (パネルの清掃のみ) かつ CO₂ 排出量を削減できるという恩恵を受けることができます。10 ～ 15 年の寿命があるこのシステムは、気候変動に対する回復力を持つ農業を実現する、クリーンで費用対効果の高いソリューションを提供します (One earth, 2023)。



出典 : Otani *et al.*, 2023

日本では、早稲田大学、芝浦工業大学、サステナジー、ソニー CSL の共同研究により、協生農法向けに設計されたロボット SynRobo が開発されました。Synecoculture™ (協生農法) とは、生態系の回復と生物多様性の向上のために、さまざまな種類の作物を一緒に栽培する手法です。従来の機械は、このような複雑で密集した植生では作業できないため、このロボットは、ソーラーパネルの下でも、播種、剪定、収穫を行うよう設計されています。起伏のある地形を走行できる四輪駆動システムを搭載し、除草や収穫などの作業を支援するためにカメラを使用しています。食料生産と太陽エネルギーの利用を組み合わせることで、このロボットは、エネルギーを節約して生態系を回復させる効率的な農業を支援します (Otani *et al.*, 2023)。現在、農業用ロボットの実用化に向けた実証試験が、日本の農家と協力して行われています。

技術ソリューション

既成技術

水ポンプ : Krishi Meter

Gham Power



出典 : Gham Power

Gham Power 社の Krishi Meter を使用すると、農家はデータに基づいたリアルタイムの農場に関する洞察を得ることができ、農業の方法や資源の最適化に役立てることができます。このスマートデバイスは、IoT 技術を活用して、ソーラー水ポンプの自動化、監視、制御を行い、水管理を改善します。メーター内のセンサは、農作物の品質や収穫量に関する情報に基づいた意思決定を支援するために、農業における重要なパラメータを測定・分析します。さらに、このシステムは、ユーザーフレンドリーで利用しやすいように設計されています。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : 既成技術
- 技術レベル : 高
- 原産地 : ネパール
- 利用可能な地域 : 全世界
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

精密農業 : 資源最適化のためのデジタルプラットフォーム

SenzAgro Solutions



出典 : SenzAgro Solutions

センサベースの監視、自動灌漑、リアルタイムで農業に関する助言を得られるデジタルプラットフォームなどのソリューションにより、SenzAgro は農家が資源の活用と効率を最適化できるよう支援します。同社のスマートソリューションは、水と除草剤の使用量を 40% 削減すると説明されており、自動化された作業により、収穫量を 20% 増加させ、運営コストとエネルギー使用量を削減することができます。土壌導電率、周囲温度、および全体的な湿度に関する収集データは、同社の農場管理アプリで確認でき、自動灌漑計画に反映されます。さらに、得られたデータに基づいて、施肥や害虫駆除などの作業を遠隔で指示することも可能です。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : 既成技術
- 技術レベル : 高
- 原産地 : スリランカ
- 利用可能な地域 : バングラデシュ、インド、マレーシア、スリランカ、アラブ首長国連邦
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

廃棄物からエネルギーへ：バイオガスによる 農場での発電

EGreen Technology



出典：Getty Images/unkas_photo

ベトナムの多くの大規模および中規模の商業農場では、調理用のバイオガス生産のために嫌気性消化槽を設置しています。生産量が地域の消費を上回る場合が多いため、過剰なバイオガスの燃焼や放出が一般的な課題となっています。EGreen は、この問題に対処するため、エネルギー・アズ・ア・サービス (EaaS) ソリューションを提供し、ディーゼル発電機をバイオガスで稼働させるシステムに改造して発電しています。これらの発電機は、購入またはレンタルが可能で、いずれの場合も、EGreen が耐用期間中のメンテナンスを保証します。このソリューションを採用することで、農家は電気代を 50% 超削減することができます。2024 年までに、同社はベトナム全土の農場に、総発電容量 12 MW のバイオガス発電機 80 台を導入しました。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：ベトナム
- 利用可能な地域：ベトナム
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水ポンプ：電力供給の不安定な地域向けの ポンプ制御装置

Intech Harness



出典：Getty Images/Natalia Kokhanova

Jalaprayah ポンプ制御装置は、電気灌漑ポンプ用の IoT 対応制御装置です。水の利用可能性と電力供給の変動に応じて水を供給し、水不足や停電が発生した場合、自動的に停止し、その後灌漑サイクルを完了します。これらの機能により、ポンプが乾燥した状態で動作することを防ぎ、農場でのエネルギー効率の向上に貢献します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：インド
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

水ポンプ : デジタルプラットフォーム付き ソーラー水ポンプ

SOGE



出典 : Getty Images/Ghulam Hussain

SOGE は、個人農家および農業コミュニティ向けに、太陽光発電による水ポンプソリューションを提供しています。同社のソーラーパネルは、追跡装置を使用して 1 日中太陽の動きを追い、効率を最大化します。個人農家向けに設計されたポンプシステムには、インバータとポンプ電動機が含まれており、必要に応じて送電網に接続することができます。農業コミュニティ向けに、灌漑ステーションは従量課金ポンプシステムを提供しています。どちらのソリューションも、遠隔制御、灌漑スケジュール設定、データ追跡、監視などの機能を備えた SOGE アプリによって強化することができます。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : 既成技術
- 技術レベル : 中
- 原産地 : カンボジア
- 利用可能な地域 : カンボジア
- 連絡先 : WIPO GREEN データベース

畜産 : 畜産農場向け大容量低速 (HVLS) 天井ファン

Fujian Diamond Electrical and Mechanical
Equipment



出典 : Getty Images/isitsharp

この産業用天井ファンは、高効率の IE5 永久磁石同期電動機 (PMSM) を採用しており、従来のシステムと比較して 30% 超のエネルギーを節約します。直径 3 ~ 7.3 メートル、風速 1 ~ 5 m/s のファンは、最大 1,700 m² の広範囲をカバーし、畜産農場 (牛舎、肥育場、孵化場など) の広大な空間に効果的な換気と冷房を提供します。ファンは、安定した風を下方に送り出すことで一貫した気流層を形成し、室内の快適度を向上させ、エネルギー消費の多い冷却システムへの依存を軽減します。インテリジェントな制御システムにより、運用効率がさらに最大化されます。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : 既成技術
- 技術レベル : 高
- 原産地 : 中国
- 利用可能な地域 : 全世界
- 連絡先 : WIPO GREEN データベース

再生可能エネルギー：養牛農場向けエネルギー・アズ・ア・サービス

REDEI



出典：Getty Images/JasonDoiy

REDEI が提供する再生可能エネルギー・アズ・ア・サービス (REaaS) は、養牛農場に、信頼性が高く、コスト効率に優れたエネルギーを初期投資なしで提供します。このサービスは、各農場の特定のエネルギーニーズに合わせてカスタマイズされた、エネルギー貯蔵と送電網接続を統合した太陽光発電システムを提供します。REDEI は、インフラの設計、設置、保守を行い、柔軟で拡張性の高いソリューションを通じて、効率的なエネルギー供給を保証します。このアプローチにより、送電網への依存度が低下し、電気料金の上昇による影響が緩和され、エネルギー面での回復力が強化されます。REaaS モデルは、固定価格のグリーンエネルギーを提供し、運用コストを削減し、長期的な持続可能性を支援するとともに、単一の月額請求料金でエネルギー費用に上限を設定します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：オーストラリア
- 利用可能な地域：オーストラリア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

畜産：ソーラー家禽孵卵器

Lifeway Solar



出典：Lifeway Solar

送電網への接続が不安定または全くない農村地域向けに設計されたこの半自動式ソーラー家禽孵卵器は、最大 100 個のウズラの卵、40 個のニワトリの卵、または 25 個のガチョウの卵の孵化を支援します。熱効率と安定した内部温度のために、ポリウレタンフォーム断熱材を使用したファイバーグラス性の二重壁キャビネットを採用しています。これは、高い孵化率のために重要な要素です。12 V/40 W のソーラーパネルが充電制御装置を介してバッテリーに接続されており、24 時間連続運転を保証します。ユニットは太陽光、バッテリー、または送電網によって動作し、消費電力はわずか 20 ～ 60 ワットです。主な機能としては、比例式サーモスタットによる自動温度調節、ファンによる換気、手動式湿度調整システムなどがあります。遠隔地の農村地域でも信頼性の高い低エネルギーの孵化を可能にする設計です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：インド、ネパール
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー貯蔵：農場向け電池ソリューション

Energy Renaissance



出典：Energy Renaissance Pty Ltd

Energy Renaissance のバッテリー蓄電ソリューションは、太陽光発電技術と統合され、農場で再生可能エネルギーを発電・貯蔵することを可能にし、送電網やディーゼル発電機への依存度を低減させます。このソリューションは、信頼性が高く、環境に優しい代替手段を提供し、運転コストを削減し、農場の二酸化炭素排出量を最小限に抑えます。安定したエネルギー供給を確保し、障害を減らして円滑な農場の運営を維持します。バッテリーの充電・放電サイクルを制御するエネルギー管理システム (EMS) により完成され、エネルギー生成システムとエネルギー貯蔵システムの監視および管理を合理化します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：オーストラリア
- 利用可能な地域：オーストラリア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

廃棄物からエネルギーへ：小規模な移動式バイオリアクター

Takachar



出典：Getty Images/photos

作物残渣は、他の処理方法がない場合、しばしば焼却されますが、これが山火事リスクを高め、健康を害するスモッグ問題の一因となります。これに対応し、Takachar は、移動可能で小型、低コストの多室バイオマス反応器 Takavator を開発しました。このソリューションは、農村部や送電網に接続できないコミュニティにおけるバイオマスのアップグレードを促進することを目的としており、トラクターやピックアップトラックの後部に装着することができます。さまざまな種類の、ばらばらの状態の、湿った、あるいはかさばる作物残渣をその場で直接処理し、固形バイオ燃料やバイオ炭をベースにした土壌改良剤など、高密度で管理が容易な製品を生成できます。電力については、反応器が投入バイオマスの約 10% を消費します。生成されるバイオ燃料は、固体で燃焼がクリーンな種類であり、木材、泥炭、動物の糞などの従来の代替燃料よりも煙の発生が少なくなっています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：米国
- 利用可能な地域：インド、ケニア、米国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

営農ソーラーシェアリング：スマート制御付き 両面ソーラーモジュール

Trinasolar



出典：Getty Images/Karl-Friedrich Hohl

Trinasolar は、作物栽培と畜産の両方に適した営農ソーラーシェアリングソリューションを提供しています。このソリューションには、地面から 2 メートル以上高い場所に設置された両面太陽電池モジュールと、農作業と太陽の位置の両方を考慮しながら発電量を最大化するためのアルゴリズムまたはリアルタイムの気象データを使用する追跡装置が含まれます。例えば、過度の降雨の後、モジュールを垂直に配置して、畑の乾燥を早めることができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

灌漑：センサベースのシステム

Sense it Out Intelligent Solutions



出典：Getty Images/alacatr

センサベースのインテリジェント作物中心自動化 (SICCA) は、土壌水分、温度、湿度などの要因に応じて、灌漑を自動または遠隔制御するためのスマート灌漑システムです。太陽電池とバッテリーを搭載したセンサノードは、微気候および土壌データを記録し、それをメインポンプ制御装置に送信します。ここでは、灌漑は畑に設置されたバルブノードの補助により、自動的に、または My SICCA スマートフォンアプリを介して作動します。バルブノードは、センサノードと同様に、太陽電池で駆動し、充電式バッテリーを搭載しています。システムコンポーネントは無線で通信し、機能するために既存のパイプライン構造の変更は不要です。バルブノードは、メインポンプ制御装置から最大 2 km 離れた場所に設置することができます。SICCA は 1 から 50 エーカーの農場に適し、灌漑用水の使用量を最大 80% 削減し、ポンプのエネルギー消費量を大幅に削減します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：インド
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

精密農業：散布ドローン

Terra Drone



出典：TerraDrone

E16 散布ドローンは、プランテーションでの肥料や農薬の高効率かつ精密な噴霧用に設計されています。従来の方法に比べて最大 40 倍の速度で噴霧しながら、水と化学薬品の無駄を大幅に減らし、コストを削減します。過酷な条件にも耐える設計で、リアルタイムにセンチメートルレベルの精度で運動力学的制御を行うナビゲーション機能と、地形に追従するセンサを搭載しており、地形に合わせて散布範囲を効率的に最適化します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：インドネシア
- 利用可能な地域：インドネシア、マレーシア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

農業用資材：生体適合性光合成促進剤

Qarbotech



出典：Qarbotech Sdn Bhd

QarboGrow は、炭素量子ドットと呼ばれる微細な炭素粒子を使用した、光合成促進用の葉面散布剤です。スプレーは、葉に浸透して太陽光をエネルギーに変換する細胞小器官における光吸収と電子伝達を促進することで効果を発揮します。そのため、光合成効率を最大 100% 向上させ、肥料依存度を低減させ、土壌の健康を促進し、水使用量を最大 20% 削減し、エネルギーを節約します。このソリューションは、人工照明を使用する屋内農場でのエネルギー節約を可能にします。過去の実例では、コメの収穫量が 40% 増加し、作物の生育期間が 20% 短縮され、干ばつに対する耐性が向上しました。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：マレーシア
- 利用可能な地域：インドネシア、マレーシア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

精密農業：持続可能な農業のための自動運転 ロボットトラクター

ヤンマー



出典：ヤンマーホールディングス株式会社

ヤンマーのロボットトラクターは、タブレット型インターフェースに、全地球測位衛星システム (GNSS) ユニットと慣性測定ユニット (IMU) を搭載しており、あらかじめ設定された経路に沿って正確な自律走行を行い、農地での正確かつ安全な作業を可能にします。障害物検知機能、直感的なタブレットインターフェース、Smart Assist による一元化されたデータ管理機能を備えています。ポータブル基地局は、既存のインフラが整備されていない遠隔地でも使用できます。このシステムは、1人のオペレーターが自律走行トラクターと手動トラクターの両方を操作できるデュアル操作に対応しており、効率を向上させます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

畜産：スマート養鶏

Chickin



出典：Chickin

SmartFarm ソリューションは、IoT 技術を活用して養鶏の効率を向上させます。CI-Touch ハードウェアは、センサを介してケージ内の温度と湿度を自動的に監視・調整し、ファンの速度を最適化します。Chickin によると、電力消費を最大 35% 削減し、栄養素の吸収を改善することで飼料コストを下げるができます。リアルタイムの気候データが計器盤に表示され、手作業による報告が不要になります。また同社によると、環境制御の改善により、鶏の死亡率が最大 50% 減少します。このシステムは、パフォーマンスの追跡をデジタル化し、農家が傾向を分析して業務を調整できるようにします。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：インドネシア
- 利用可能な地域：インドネシア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

温室：エネルギー効率の高い温室照明のための 分光観測

nanoLambda



出典：Getty Images/PrathanChorruangsak

XL-500 は、温室環境における連続的なリアルタイムの光スペクトル観測用に設計されたコンパクトな分光放射計です。分光分布、光合成有効放射、光束密度、照度、および色温度、演色性、色度などの色特性を測定します。園芸の場合は、これにより植物に届く光スペクトルを最適化し、不要なエネルギー消費を削減しながら、作物の収量と品質を維持または向上させることができます。Bluetooth の低消費電力タイプを使用して、ユーザーは測定間隔を設定変更でき、1 回の充電で数週間動作します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：韓国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

太陽エネルギー：Mobile URJA、シリコン技術を超えた拡張可能な太陽光発電

KARMA



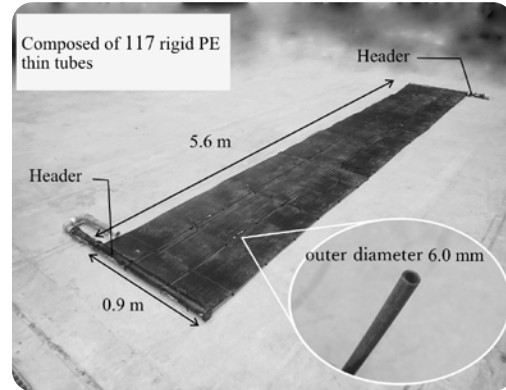
出典：Karma

インド工科大学 (IIT) のスタートアップ企業である KARMA が、MIT および Flissom と共同で開発した Mobile URJA は、天水農業とディーゼルポンプへの依存という課題に対処する革新的なエネルギーソリューションです。このモバイルエネルギープラットフォームは簡単に移動させることができ、複数のユーザーで共有できるソーラーパネルと電源ユニットを使用しており、特に灌漑用に、小規模農家にとって手頃な価格でエネルギーを利用できます。Flissom の銅インジウムガリウムセレン (CIGS) ソーラーパネルを搭載したこのシステムは、移動後 5 分以内に動作を開始し、最大 3 馬力のポンプを駆動できます。従来の固定式太陽光発電システムに代わる、拡張性および柔軟性に優れた代替手段を提供します。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：インド
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

温室：温室園芸における省エネ・低炭素技術

農業・食品産業技術総合研究機構 (NARO)



出典：農業・食品産業技術総合研究機構

この技術は、従来は暖房のために重油に依存していた農業用温室におけるエネルギー消費と温室効果ガス排出量を削減します。灌漑水路などの近くの流水から熱を抽出することにより、シート型熱交換器は地下水と比較して 15 倍、停滞水と比較して 2.5 倍の熱交換効率を達成できます。このソリューションは、灌漑用水路に熱交換器を設置する際にボーリング工事が不要であるため、建設コストを削減できます。また、保護材を使用することで、水中の破片による損傷を軽減できます。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

廃水処理：養豚場向けのエネルギー効率の高い 廃水処理

沖縄科学技術大学院大学 (OIST)



出典：沖縄科学技術大学院大学 (OIST)

OIST の研究者たちは、養豚場におけるエネルギー効率の高い廃水処理と栄養素回収のための生体電気化学システムを開発しました。養豚場は、大量の有機廃棄物を出すことが特徴です。活性汚泥による従来の廃水処理では、エネルギー消費とコストのかかる通気が必要でした。この2槽式構成は、微生物が電極を通して呼吸し、原廃水中の有機物から電子を移動させ、通気後に廃水を含むもう一方の槽内の硝化物質に電子を移動させるという原理に基づいています。このプロセスでは、有機化合物を必要とせずに脱窒素を行うことができます。通気量を削減し、汚泥の発生を最小限に抑えることで、エネルギー消費量と運用コストを20%から50%削減します。525リットル容量のプロトタイプは、パイロット試験が成功し、現在、共同開発が進められています。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

精密農業：農業の未来を担う多用途プラットフォームロボット

クボタ



出典：Getty Images/sarawuth702

これらの完全自立型プラットフォームロボットは、人間の介入なしに農業を始めとするさまざまな分野で多様なタスクを実行するように設計されています。さまざまな用具を搭載しており、データに基づく精密農業を可能にし、手作業を自動化し、土木工事にも対応します。ロボットは、さまざまな作物の間隔や生育条件に合わせて高さや幅を調整できるため、特化した作業に最適です。用具を自動的に交換できる機能により、1台のユニットで複数の作業を行うことができます。例えば、稲作では、これらのロボットは耕作、草取りなどの中間管理、害虫駆除、収穫など、従来は別々の機械で行われていた作業を行うことができ、大幅なエネルギーの節約と業務効率の向上につながります。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

作物の栽培や灌漑におけるエネルギー使用に多くの注目が集まっていますが、収穫後の活動（加工、冷蔵、輸送など）におけるエネルギー需要も同じく重要です。収穫後の段階では、インフラの機能不全や電力の不安定さにより、多くの食料が失われることがしばしばあります。世界全体の食料の約 14% (4,000 億ドル相当) が、収穫から販売までの間に毎年失われています (FAO, 2020a)。気候変動のコストは大きく、食品の損失と廃棄物は年間の世界の温室効果ガス排出量の約 8% の原因となっており、国として扱った場合、第 3 位の排出源になります (WRI Indonesia, 2018)。失われた食料は、サプライチェーン全体に組み込まれた灌漑、肥料、ディーゼル油、エネルギーの浪費も意味します。したがって、収穫後の技術とイノベーションは、気候とエネルギーの統合的ソリューションの重要な入口となります。

分散型再生可能エネルギー技術の発展は、太陽熱を利用した製粉システム、バイオガス消化槽、CO₂ またはアンモニア技術に基づく冷蔵施設などの形で、アジア太平洋地域全体で勢いを増しています。このようなイノベーションは、排出量と運用コストを削減するだけでなく、気候変動による衝撃に対する農村コミュニティの耐性を強化します。エネルギー効率化対策と統合されると、これらは気候変動の緩和および持続可能で包摂的な農業食品システムの推進において重要な役割を果たします。特に、エネルギー需要が大きな収穫後段階においてその役割は多岐にわたります (OECD, 2021)。

技術開発とトレンド

収穫後の処理

収穫後の処理とは、生鮮農産物を保存可能で市場に出せる製品に変えるすべての工程を指します。これには、乾燥、切断、脱穀、製粉、選別、および発酵、殺菌、食肉・乳製品加工、冷蔵などの追加プロセスが含まれます。各工程で、品質の維持、保存期間の延長、損失の低減のためにエネルギーを必要とします。

穀物や茶などの作物から水分を除去し、腐敗を防ぎ、輸送重量を少なくする乾燥は、収穫後の重要な最初の工程です。これは、特にナッツや穀物などの作物において、貯蔵損失を最小限に抑え、カビやアフラトキシン (特定の真菌が農作物に生成する毒素の一種) による汚染のリスクを低減する上で、重要な役割を果たしています。自然乾燥は開発途上国では一般的ですが、労働集約的で天候に左右されやすく、害虫やネズミによる損失の増加にもつながります。機械式乾燥機はより制御された代替手段を提供しますが、多大なエネルギー投入を必要とし、初期費用と維持費の高額さ、適切なサイズの機械の入手の困難さ、使用方法に関する知識の不足から、しばしば小規模農家には利用が困難です (Kumar and Kalita, 2017)。アクティブソーラー乾燥機は、ソーラーパネルを利用して乾燥システムに電力を供給し、照明や携帯電話の充電などの機能もサポートする場合があります。開発途上国では、農民たちは保存だけでなく、食料の衛生状態の改善や労働の削減などのメリットについても評価しています。

脱穀は、穀粒を穂から分離する作業です。手作業で、あるいは動物の力または機械式脱穀機を用いて行われます。その後、選別と洗浄が行われ、破碎穀粒、藁、砂をふるい分けや選別で除去し、カビや虫の発生を防ぎ、味と外観を向上させます。アジア太平洋の多くの地域では、これらの作業は手作業で、または単純でエネルギー効率の低い道具を使って行われています。

製粉は、コメやトウモロコシなどの穀物を、手作業で、または製粉機を使用して粉碎または精白する作業です。ただし、製粉機の収量は、方法、作物の状態、オペレーターの技能に依存し、メンテナンスが不十分で較正が不適切な場合、収量が大幅に低下する可能性があります。研究によると、アジアのいくつかの国の小規模な村では、コメの精米率が 57% まで低下し、理想的な 71% から 73% を大幅に下回っていますが、これは主に、メンテナンスの不備、小規模な操業、および機械の較正の不備が原因です (Alavi *et al.*, 2012)。それでも、小規模な農村地域では、手頃な価格、利便性、そしてコメなどの作物の伝統的な風味を保存するため、地元の製粉施設が依然として好まれています。このような非効率性を、製粉技術の改善によって解決することは、穀物の回収率を向上させるだけでなく、小規模農家の損失の削減、収入の増加、地域における技能や企業の育成にもつながり、農村部の経済の回復力を強化することができます (Urugo *et al.*, 2024)。

穀物乾燥におけるエネルギー需要の高まりが多様なソリューションを促進

穀物の乾燥は、作物の品質を維持するために不可欠であり、特に、世界の精米の 90% を生産するアジアで重要です (Nguyen-Van-Hung *et al.*, 2019)。カンボジア、ミャンマー、フィリピン、ベトナムなど、コメやその他の穀物が地域経済に欠かせない国では、収穫後の効率的な乾燥は損失を防ぐために不可欠です。伝統的な天日乾燥は安価ですが、天候に左右され、乾燥ムラや汚染のリスクがあります。これらの課題に対処するにあたり、信頼性を向上させ、食品の損失を削減するために、最新のエネルギー効率の高い乾燥技術が不可欠です。

そのような技術の 1 つが、太陽エネルギーを密閉された泡状の構造体で利用して穀物を乾燥させるソーラーバブル乾燥機 (SBD) です。この技術は、従来の方法と比べてエネルギー使用量と温室効果ガスの排出量を 50% 超削減できます (Nguyen-Van-Hung *et al.*, 2019)。このようなソリューションは、送電網に接続できない地域に暮らす小規模農家にとって理想的ですが、コストが依然障壁となっています。

平型乾燥機 (FBD) は、東南アジアで一般的な乾燥方法です。浅い穀物の層の下にある穴の開いた床に熱風を吹き込むことで機能します。コスト効率とエネルギー効率に優れていますが、他のシステムに比べより広い土地面積が必要になります。これに対し、循環式柱状乾燥機 (RCD) は、水分含有量に応じて 40°C から 80°C の範囲で加熱された空気を垂直柱内で連続的に再循環させることで、より高速な乾燥を実現します (Champ *et al.*, 1996)。バッチ式乾燥機と連続式乾燥機のハイブリッドで、乾燥プロセス全体を通じて穀物のバッチが乾燥機内で連続的に移動し、再循環されます。RCD 法は FBD 法に比べて約 15% 多くのエネルギーを消費しますが、乾燥速度が速く、穀物の水分を適切に制御できるため、中規模から大規模の乾燥作業に広く採用されています (Champ *et al.*, 1996; Nguyen-Van-Hung *et al.*, 2019)。もう 1 つの選択肢は、2 段階乾燥システムです。これは、大規模な操業 (1 日 200 トン超) に最適です。高温乾燥期と、それに続く低温乾燥期または常温空気乾燥とを組み合わせることで、水分制御と省エネ効果を高めます。

上述の従来の乾燥機は、現在も使用されていますが、よりエネルギー効率の高いスマートなシステムに徐々に置き換えられています。例えば、クラウドベースの制御とリアルタイム監視機能を持ったスマート乾燥機は、日本などの高所得地域で増加しています。これらのシステムは、乾燥精度を向上させることにより、エネルギー消費量を最大 25% 削減します (DataVagyanik, 2024)。一方、オフグリッドエネルギーへの依存度が高いインドやインドネシアでは、バイオマスを利用した乾燥機が人気を集めています。バイオマスストーブは、もみ殻や藁を燃料として使用することが多く、低コストで持続可能な熱源を提供します。電気式熱風ストーブは、電気で加熱素子と

送風機を駆動し、精密な温度制御で高温の空気を発生させます。厳格な温度管理が必要なコメなどのデリケートな穀物の乾燥に最適です。東南アジアでも、電気暖房とバイオマス燃焼を組み合わせたハイブリッドシステムが普及し始めており、農家は利用可能性とコストに応じて両方のエネルギー源を併用できるようになっています。

農産品加工のための再生可能エネルギー

自立型再生可能エネルギーまたはミニグリッドで駆動される農産品加工システムは、排出量を削減し、分散型農村インフラを支援し、労働集約的な加工を最小限に抑えるコスト効果の高いソリューションとして台頭しています。この移行の一環として、操作の容易さ、メンテナンス費用の低さ、燃料費の削減などの理由から、ディーゼル発電の製粉機に対し、太陽光発電の製粉機がますます好まれるようになっていきます (Power for All, 2020)。例えば、約 15 万人もの人々が送電網にアクセスできない村で暮らすバヌアツでは、ココナッツ、キャッサバ、カバなどの主要作物の加工や、肉などの製品加工に 180 のソーラー農産品加工工場が使われています (Village Infrastructure Angels, 2024)。ソーラー製粉機は、インドネシアの遠隔地にある島々にも普及し、コメやトウモロコシなどの主要作物の加工に使用されています。さらに、ニュージーランドのモカイ地熱地帯では、年間 2 億 5,000 万リットル超の牛乳を加工する乳製品工場に蒸気を供給するなど、地熱エネルギーが、農産品加工に必要な熱および電力に利用されています (IRENA and FAO, 2021)。しかし、これらの技術の採用を拡大するには、助成金、研修、市場アクセス改善を伴う、小規模農家向けの長期の譲許的融資が必要です (IRENA and FAO, 2021)。持続可能なバイオエネルギーは、農業食品部門における電力、熱、輸送用燃料のための貴重な再生可能資源です。サトウキビの加工で生じるバガスなどのバイオマス副産物は、インド、フィリピン、タイ、ベトナムで砂糖工場の動力源として利用されており、エネルギー自給自足を実現し、さらには輸出可能な電力を生産しています (IRENA and FAO, 2021)。タイでは、キャッサバの加工から出る固形廃棄物と液体廃棄物の両方をバイオガスに変換し、発電に利用しています。ミャンマーでは、精米の副産物であるもみ殻が、電力と熱の生産に利用されており、農村部のエネルギー利用を改善し、付加価値の高いコメ製品の生産を支援しています。バイオガスについてより詳しくは、農村世帯に関する章および「グリーン・テクノロジー・ブック」エネルギー版をご覧ください。

高度な冷蔵イノベーションで低温を保つ

冷蔵技術は、食品の消費と保存のパターンを一変させ、保存期間の延長、食生活の多様化、そして世界的な食品貿易を可能にしました。しかし、エネルギー消費や冷媒の排出を通じて、気候変動の原因にもなっています。空調を含む冷蔵部門は、世界の電力消費量の約 17% を占めており、一部の国では国内総電力需要の 40% を超えています (Coulomb, 2021)。

アジアでは、エネルギー効率と持続可能性に重点を置いた冷蔵技術が大幅に進化しています。冷却需要に応じて速度を調整する適応型またはインバータ式コンプレッサーが、この地域では広く普及しています。これらのコンプレッサーは可変速度で動作し、従来のコンプレッサーと比較してエネルギー消費量を削減し、運転効率を向上させます。真空断熱パネル (VIP) は、冷蔵機器の断熱性を向上させるために利用されています。VIP は超低熱伝導率を実現し、熱伝達を大幅に削減してエネルギー効率を向上させます。一部の冷蔵庫には、ユーザーのニーズに応じて冷凍庫と冷蔵庫を切り替えることができる変換式冷凍庫コンパートメントが付いており、エネルギー使用量と収納効率を最適化できます。現在の冷凍庫は、マイクロプロセッサ制御の温度設定と解凍センサーを装備していることが多く、正確な温度調節と効率的な解凍サイクルを実現し、エネルギーの節約と製品の寿命延長に貢献しています。

ブラスト凍結は、広く使用されていますが、エネルギー集約的なプロセスで、新鮮な農産物をパレットに載せ、大型の冷凍室に配置し、急速に循環する冷たい空気にさらして、安全な保管と輸送のために品質を素早く保全します。この方法の高いエネルギー需要に対応するため、アジア全域でいくつかの革新的なソリューションが登場しています。液体窒素を用いた極低温冷凍は、エネルギー使用量を大幅に削減しながら超高速の温度低下を実現するため、デリケートな農産物や高付加価値の農産物に最適です。ただし、液体窒素の価格や運用コストが高いため、従来の冷凍よりも高コストになり、特にプレミアム製品の市場需要がこのような先進的手法の採用を支えている日本で、選択的に使用されています。コスト重視の環境においてエネルギー効率を向上させるため、冷凍庫のスペースは果物や野菜に広く使用されています。これにより、積み重ねられた品物の間の空気の流れを改善し、より迅速で均一な冷凍を実現しつつ、エネルギー消費量を削減します。さらに、スパイラル冷凍庫の自動加圧システム (APS) は、内部圧力を調整することで冷気の損失を最小限に抑え、霜取りサイクルを削減し、さらに運転効率を向上させます。

クロロフルオロカーボン (CFC) およびハロンは、かつては冷媒や工業用途に広く使用されていましたが、オゾン層を破壊し、紫外線暴露の増加につながるという事実が判明しました。R-22 のようなハイドロクロロフルオロカーボン (HCFC) などの代替物質は、オゾン層破壊係数が低いものの、依然として環境リスクがあります。R-134a や R-404A を含むハイドロフルオロカーボン (HFC) は、地球温暖化係数 (GWP) が高く、気候変動の一因となっています。これに対応して、新しい低環境負荷技術が生まれています。以下のホライズン技術の項で取り上げる空気式冷凍システムは、高 GWP ガスに代わって空気を使用し、エネルギー効率を 50% 超向上させながら、 -100°C までの低温を実現します (Refindustry, 2024)。中国では、研究者が可逆的な化学反応によって冷却を行う熱電気冷却技術を開発しており、電力使用量と排出量の削減が期待されています。タイでは、液圧増幅 (LPA) 技術を採用したスーパーマーケットが、フラッシュガス (圧力が急激に低下した際に蒸発する冷媒の一部) を排除し、コンプレッサーの性能を最適化することで、暑い気候下で 15% から 25% のエネルギー使用削減を実現しています (HY-SAVE, 2024)。さらに、コールドチェーンシステムでは、GWP が非常に低く、高効率、優れた熱伝達、および水や暖房などの二次利用のための廃熱回収機能を備えた CO_2 (R-744) 冷媒の採用がますます進んでいます (HR Asia, 2025)。

エネルギー効率はコールドチェーン物流の可能性を開いていますが、さらなる進歩が必要です。

コールドチェーン物流とは、生鮮食品の品質と安全性を維持するために、サプライチェーン全体で温度管理が必要な商品の保管と輸送を行うことを指します。最適な状態を維持するために、特殊な冷蔵、温度管理システム、監視装置、および冷蔵施設に依存しています。しかし、多くの開発途上国では、生産者は依然として、近代的な倉庫や冷蔵室ではなく、普通の部屋に食料を保管しており、結果として収穫後の損失が大きくなっています。これらの施設をアップグレードすることで、廃棄物や排出量を削減できるだけでなく、大幅なエネルギー節約にもつながります。これにより、運用コストの削減と投資回収期間の短縮が可能になり、生産者はより競争力のある価格で製品を提供しながら、気候変動の緩和に関する目標達成にも貢献することができます。

アジア太平洋地域では、食料の生産、消費、デジタルコマースが急速に成長していることから、コールドチェーンインフラの近代化が不可欠になっています。2025 年に 1,682 億 4,000 万米ドルと評価され、2030 年までに 2,539 億 2,000 万米ドルに達すると予測されるコールドチェーン物流市場は、エネルギー効率と持続可能性に焦点を当てたイノベーションによって再構築されています (Mordor intelligence, 2025)。保管がこの部門で大きな割合を占めており、市場全体の約 65%

にあたります。特に、中国、インド、ベトナムなどの急成長経済国でその傾向が顕著です。e コマースおよびクイックコマースプラットフォームの台頭により、新鮮な農産物、乳製品、冷凍食品の迅速で温度管理されたラストマイル配送の需要が急増しています。これにより、分散型の冷蔵保管、エネルギー効率の高い輸送、およびリアルタイムの温度追跡の必要性が高まっています。

これらの課題に対応するため、農場から消費者のもとに届くまで製品の品質を維持するだけでなく、運用コストと環境への影響を削減するためにも、省エネ技術が不可欠になっています。主要なイノベーションには、3 輪車や電気自動車に搭載されたソーラーパネルを使用して輸送中の農産物を冷却する、ラストマイル配送向けの太陽光発電による冷蔵システム、連続的な冷却を必要とせず安定した温度を維持するために熱を吸収・放出する相変化物質 (PCM)、およびオフピーク時に水や特殊な材料を凍結し、ピーク時に蓄えた冷気を放出することでエネルギー使用量を削減し、送電網の負荷を軽減する熱エネルギー貯蔵システムがあります。

日本は、自動化とエネルギー効率の面で大きな進歩を遂げ、コールドチェーン部門における技術イノベーションの最前線に立っています。2023 年、シンガポールを拠点とする世界有数の投資会社 GLP は、日本国内に総面積 5 万 5,000 平方メートルの完全冷蔵倉庫 2 棟の建設を発表しました。これらの施設は、冷凍と冷蔵を切り替えることが可能な変温ゾーン (-25°C ~ $+10^{\circ}\text{C}$) などの先進的な冷蔵技術を採用しており、食品メーカーや卸売業者など、多様な顧客のニーズに対応可能です。マルチテナント施設は柔軟な保管オプションを提供し、顧客は必要に応じて小規模なスペースをレンタルできます (GLP, 2023)。一方、インドネシアでは、同国の大手サプライチェーンソリューションプロバイダーである DNR Corporation が、 -80°C まで冷却可能な超低温倉庫を導入し、温度管理が重要な物流分野において新たな基準を打ち立てました (DNR Corporation, 2021)。

自動化は鍵となる省エネ戦略であり、大規模なコールドチェーン事業において自動倉庫システム (ASRS) の導入がますます広がっています。これらのコンピュータ制御システムは、自動高密度保管の実現、照明および換気ニーズの最小化、熱の侵入を防ぐためのドアの開閉制限など、倉庫の運用を最適化することで、エネルギー使用量を大幅に削減します。例えば、シンガポールの大手冷凍食品メーカー Tee Yih Jia は、エネルギー効率を大幅に向上させながら、一定の温度基準を維持する、ASRS を搭載した先進的な冷蔵倉庫ハブを導入しています。詳細については、テクノロジーの事例をご覧ください。

これらのインフラのアップグレードを支えているのは、サプライチェーン全体の可視性、追跡可能性、温度管理を強化するスマート技術です。IoT 対応センサと GPS トラッカーは、リアルタイムのコールドチェーン監視の標準装備となっています。一方、ブロックチェーンは、製品の原産地や保管条件の追跡を支援する、安全で分散型の取引記録を提供する可能性を秘めています。AI とデータ分析を活用した予測メンテナンスと需要予測により、エネルギー使用と物流の両方をさらに最適化します。輸送面では、IoT を統合した冷蔵電気自動車とルート最適化ソフトウェアが、燃料消費量と排出量を削減しながら、コールドチェーンの完全性を維持するのに役立っています。

革新的な加工ソリューションによる酪農のエネルギーコスト削減

酪農場は、他のほとんどの農業経営よりも多くのエネルギーを消費しています (The Dairy Site, 2010)。牛乳加工のエネルギー需要は、エネルギー使用料と温室効果ガス排出量の両方を削減するための革新的な技術と実践の必要性を浮き彫りにしています (Al-Tayawi *et al.*, 2025)。エネルギーは主に、搾乳 (真空ポンプやミルクポンプなど)、牛乳の冷却および保存 (冷蔵など)、洗浄、

蒸発、殺菌などの工程で使用されます。牛乳の冷却と殺菌は、乳製品加工における重要なイノベーション分野です。搾乳後、牛乳は品質を維持し、腐敗を防ぐために、約 37°C から 4°C まで冷却しなければなりません。これは、酪農場の総エネルギー使用量の 30% を占める、エネルギー集約的な工程です (DairyNZ, 2023)。

効果的な省エネ戦略の 1 つに、熱回収があります。例えば、プレート熱交換器 (PHE) は、薄いステンレス鋼のプレートを使用して、温かい牛乳から反対側に流れる冷たい水に熱を伝達します。これにより、牛乳がバルクタンクに入る前に予冷し、冷凍負荷を軽減することができます。PHE システムはモジュール式で容量調整が可能であり、非常に冷たい水を供給した場合、牛乳の温度を約 35°C から 18°C 未満まで低下させ、冷蔵エネルギー使用量を最大 60% 削減できます (The Dairy Site, 2010)。バットラップを使用することで、最大 20% の追加のエネルギー節約が可能になります。バットラップは、発泡材などの断熱材を使用して牛乳貯蔵タンクを断熱し、加工中の温度を維持します。

従来の冷却方法に代わる新しい技術も、特に農村部や送電網に接続していない地域で登場しています。熱電池式冷却装置は相変化物質 (PCM) を使用して、電力が供給されているときにエネルギーを氷として蓄え、停電時にそれを放出して牛乳を冷却します。同様に、インドとネパールでは、太陽エネルギーを利用した大量牛乳冷却装置が導入されており、二酸化炭素排出量を最小限に抑えながら、信頼性の高い牛乳の保存を可能にしています。

加工工場では、燃料使用量を削減するため、熱回収機能を備えたエネルギー効率の高い殺菌システムが導入されています。これらのシステムは、低温殺菌された牛乳から熱を回収して、流入する生乳を予熱することで、必要な総エネルギー量を最小限に抑えます。ホモジナイザーやセパレーターなどの可変周波数駆動装置 (VFD) を搭載した機器も、標準化やクリーム分離時に電動機を正確に制御することで、エネルギー使用量を削減します。

限外濾過や逆浸透などの膜濾過技術により、さらなる効率の向上が実現しています。これらの方法は、従来の熱蒸発よりも少ないエネルギーで牛乳と乳清を濃縮することができ、同時に収量を増やし、栄養素を保持します。粉末製造では、エネルギー回収機能と最適化された空気流システムを備えた最新の噴霧乾燥機 (牛乳中の液体を熱風で蒸発させる) により、熱損失を最小限に抑え、乾燥効率を向上させています。さらに、全体的な業務効率の向上のために、ロボットによる搾乳システムも導入されています。

アジア全域における茶生産の醸造エネルギー効率と技術

茶は世界で最も広く飲まれている飲料の 1 つであり、その生産は主にアジア諸国で行われています。中国は茶の生産量で世界 1 位であり、2024 年にはその量は約 240 万トンに達しました。インドとスリランカが僅差でこれに続いています。インドは、世界生産量の 23% 超を占める世界第 2 位の茶生産国です (Mamchii, 2024)。

茶の製造工程は、摘採、萎凋、揉捻、浸漬、発酵、乾燥、等級区分、包装という複数の段階から成り立っており、そのすべてにおいて多大な熱エネルギーと電気エネルギーを必要とします。製造された茶 1 キログラムあたりの比エネルギー消費量は 4 から 10.4 kWh の範囲です (Kumar and Pou, 2016)。このプロセスはエネルギー集約型であり、エネルギー費用は総生産コストの約 30% を占めています (Sharma *et al.*, 2019)。インドだけでも、燃料の使用により、茶産業は年間約 135 万 2,000 トンの CO₂ を排出しています (Sharma *et al.*, 2019)。

すべての加工工程の中で、萎凋と乾燥が最も多くのエネルギーを消費します。これらの段階は合わせて、主に水分除去のために使用される熱エネルギーの 80% 超を占めています。一方、電気エネルギーは、電動機、ファン、加湿器、照明などの生産サイクル全体のさまざまな機能を支えています。特に、萎凋だけで工場の電力使用量の約 40% から 45% を使用しています (Ethical Tea Partnership, 2023)。

萎凋は、茶の製造の最初の工程です。この工程では、摘みたての葉の水分含有量を約 70% に減らし、柔軟にして、揉捻と発酵の準備をします (Kirubakaran, 2024)。これは、ワイヤーメッシュの容器に広げた葉に空気を循環させ、表面の水分を蒸発させながら葉の内部の水分を保持することで行われます。通常、メッシュの下に設置される送風機が、この空気の流れを補助します。効率を高めるため、このシステムは、木材、石炭、または電気ヒーターから供給される熱風を利用して、水分蒸発を促進します。

最近のイノベーションには、乾燥の最適化とエネルギー消費の削減を目的として、空気の流れと温度を自動調整する自動空気制御システムを搭載した、改良型萎凋容器が含まれます。さらに、バイオマス燃焼炉やガス化装置など、より持続可能な熱源も導入されています。これらのシステムは、茶の剪定で出た小枝や木片などの農業残渣を利用して、従来の薪に比べてよりクリーンな熱を発生させます。ソーラー乾燥技術 (ハイブリッド型ソーラーバイオマスシステムを含む) は、特に曇りの日に太陽エネルギーを利用して乾燥プロセスを補助することで、エネルギー消費の削減にも役立ちます。定期的なメンテナンス (バーナーのほこりの清掃、摩耗した部品の交換など) を行うことで、エネルギーを節約し、燃焼と効率を向上させることができます。

茶の加工における最終乾燥段階は、熱風で水分を除去する回転式乾燥機を使用することが多く、これは非常にエネルギー集約的です。ガンパウダーティーのような特定の品種では、葉を小さなペレット状に丸めるために、ボール茶製造機も使用されます。これらの機器をより高能力のものにアップグレードすることで、必要な機械の台数を最小限に抑え、電力使用量を削減することができます。さらに、乾燥機の熱回収システムにより、廃熱を回収して再利用することで、エネルギー消費をさらに削減することができます。変速ブロワーは、萎凋工程と乾燥工程の両方で使用され、リアルタイムのニーズに応じて風量を調整し、熱損失を低減させ、茶の品質を保持します。

イノベーションの事例

インドの野菜・果物貯蔵用ゼロエネルギー「Subjee-Cooler」



出典：RuKart

RuKart の Subjee-Cooler は、電気や太陽光を必要としない受動的冷却ソリューションです。水浸パッドに暖かい空気を引き込むことで、蒸発冷却により温度を下げ、高湿度を維持します。水が蒸発すると、熱を吸収してより涼しく湿った空気が貯蔵スペースに放出され、野菜を 5～7 日間新鮮に保ちます。Subjee-Cooler は 7 層の断熱壁で構成され、周囲温度と比較して内部温度を 5～21℃低下させます。また、相対湿度を 85% から 90% の高い値に保ち、保管されている農産物の水分損失を防ぎます。各ユニットは最大 100 kg の農産物を保管でき、1 日あたりの水使用量はわずか 15 リットルです。Sahaja Organics で行われた試験では、5 台の導入により、特に暑い時期には腐敗が 50% 超減少しました (Kanauija *et al.*, 2024)。これにより、6 カ月間で 414 kg の CO₂ 相当の温室効果ガス削減効果がありました。電気式冷蔵庫と比較すると、Subjee-Cooler は 1 台あたり年間約 4,500 kg の CO₂ を削減し、これは 16 本の樹木が吸収する炭素量に相当します (Wheels Global Foundation, 2024)。インドの 19 州で 2,500 台超が設置され、食品廃棄物と排出量の削減のための、手頃な価格でエネルギー不要のソリューションを提供しています。

ベトナムの茶乾燥用バイオエネルギー



出典：SWITCH-Asia

ベトナムの主要な茶生産地であるタイグエンには、2 万 3,000 ヘクタールを超える茶畑と約 9 万 1,000 の小規模加工業者が存在し、木材と木炭を使用した伝統的な茶の乾燥方法が、大量の煙、毒素、および CO₂ を放出して健康と環境へのリスクを引き起こしています。この課題に対応するため、国際 NGO Oxfam と現地 NGO Center for Creativity and Sustainability (CCS) が主導する SWITCH-Asia BEST プロジェクトは、農林業廃棄物を燃焼による大気汚染が少ない合成ガスに変換する連続体積式バイオマスガス化 (CVBG) 技術を導入しました。このイノベーションは、煙や有害物質、二酸化炭素の排出量を大幅に削減し、加工された茶の品質を向上させ、生産コストを削減するとともに、園芸用バイオ炭を副産物として生産します。このプロジェクトは、4 つの州にある 2,500 の農産品加工中小企業を対象とし、120 万人に恩恵をもたらし、140 万トンのバイオマスをガス化することで 200 万トンの CO₂ を削減することを目指しています (switchasia, 2025)。

既成技術

太陽光利用機器：ポータブルソーラー冷蔵ボックス

コールドストレージ・ジャパン



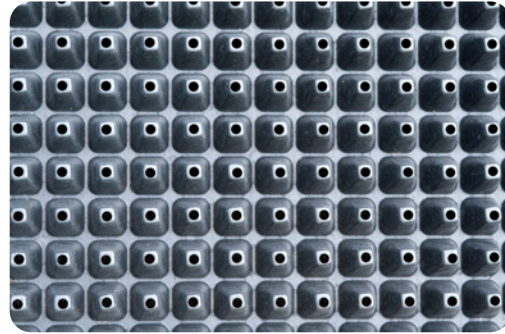
出典：コールドストレージ・ジャパン株式会社

このポータブル冷蔵ユニットは、標準電源 (100 V ~ 260 V) で動作し、内蔵のソーラーパネルとバッテリーを用いればオフグリッドでも使用可能です。冷凍・冷蔵両方のニーズに応え、幅広い温度範囲 (-25°C ~ +10°C) に対応しています。さまざまな電圧に対応し、追加の電力インフラを必要としないため、農村部や遠隔地を含む多様な場所に適しています。このシステムは、充電機器などの補助電源の使用も可能で、コールドチェーンの利用可能性を拡大し、食品のロスを減らし、地元の食材を保存するための実用的なソリューションです。遠隔監視モジュールを組み込むことで、ユーザーはコンピュータやスマートフォンから製品の温度、湿度、位置情報を追跡することができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：冷凍庫用スパーサによる急速冷凍庫の効率向上

Huaian East New Material Technology



出典：Getty Images/topten22photo

プラスチック製の卵用梱包容器のようなデザインの冷凍庫用スパーサは、コールドチェーンや食品加工業務において、急速冷凍、冷却、または温度調整中の空気の流れを改善するために使用されます。パレットの層間に配置することで、これらのスパーサは空気の循環を促進し、冷凍時間を短縮し、温度の均一な分布を確保します。多方向気流設計により、冷点を削減し、製品の品質と鮮度を保ちます。肉加工、冷蔵倉庫、配送センターなどで広く使用されているこれらの再利用可能なスパーサは、-20°Cから +45°Cの温度範囲で効率的に機能し、-45°Cまでのカスタマイズオプションも用意されています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：低
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

乾燥：インテリジェントな茶の萎凋、監視および制御システム (TWMAC)

Stesalit Automation



出典：Getty Images/Thiago Santos

TWMAC は、エネルギー使用量を削減しながら、茶の萎凋の一貫性と品質を向上させる自動化されたソリューションです。このシステムは、ファンを約 4 分間停止して 30 分ごとに茶葉の重量を監視し、あらかじめ設定されたデータと対照して水分損失を追跡します。減量の傾向に基づいて、ファンの動作を自動的に制御します。乾燥が不十分な場合はファンを起動し、過乾燥が検出された場合はファンを停止します。手で熱風を供給する必要がある場合には、視覚的なアラートで通知します。不要なファンの使用を最小限に抑えることで、システムは電力消費量を削減し、エネルギー節約だけで投資回収期間を 10 カ月未満に短縮できる可能性があります。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：インド
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

乾燥：ソーラーバブル乾燥機

GrainPro



出典：GrainPro Inc.

GrainPro®Bubble Dryer™は、太陽エネルギーまたは電気エネルギーを利用して作物の水分含有量を低減させ、予測不可能な天候から作物を保護するトンネル型の農業用乾燥機です。紫外線耐性もある透明カバーと黒い PVC 床を備え、太陽熱や電気エネルギーによって水分を蒸発させる密閉チャンバーを形成しています。上部が透明なことで、太陽光がチャンバー内に透過します。気温が上昇すると、農産物の水分が蒸発します。その後、内蔵された換気装置が暖かい空気を循環させ、湿気を含んだ空気を指定の排気口から排出します。制御された空気の流れにより、安定した乾燥機能が確保されます。効率性を重視した設計で、平均乾燥速度は 1 時間あたり 0.5% の水分含有率を達成し、最適な条件下では 6～8 時間で水分量を 22% から 14% まで低下させることができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：米国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

乾燥：携帯型バイオマス利用バッチ式
穀物乾燥機

Matharu Industries



出典：Getty Images/AllaSaa

MATHARU Bio-M6 は、少量から大量までの穀物の乾燥に柔軟に対応できるように設計された、持ち運び可能なバッチ式穀物乾燥機です。もみ殻、トウモロコシの穂軸、おがくず、木片などの燃料を使用して、クリーンで灰の出ない熱風を発生させる、一体型のバイオマス炉が特徴です。このシステムは、完全自動温度制御機能を備え、使いやすく、信頼性が高く、さまざまな環境で素早く設置が可能であるように設計されています。トウモロコシ、水稻、小麦、大豆、大麦、コメなどの作物に適した Bio-M6 は、ディーゼルやガス駆動の乾燥機に比べ、運用コストが低く、エネルギー効率に優れ、費用対効果の高い穀物乾燥を可能にします。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：インド
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

廃棄物からエネルギーへ：モジュール式バイオ
ガスステーション

Enwise



出典：Enwise

このオンサイトバイオガス発電所は、生物学的消化と高度なハードウェアおよびソフトウェアを統合し、1日あたり最大 80 トンの有機廃棄物を再生可能エネルギーと高品質の肥料に変換します。1日あたり最大 1 万 m³ のバイオガスを生産可能で、従来のシステムに比べて 70% 少ないスペースで、最大 100% 多くのエネルギー出力を実現します。エネルギー効率を重視して設計されており、追加の水を使用せずに動作し、熱使用量を 50%、電力使用量を 60% 削減します。既存のワークフローにシームレスに統合でき、人件費と輸送コストを削減します。リアルタイムの遠隔監視と適応制御により、現場チームを必要とせずに性能を継続的に最適化します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：中国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

乾燥：茶加工用回転式乾燥機

Quanzhou Deli Agroforestril Machinery



出典：Getty Images/voyata

この回転式乾燥機は、合計 36 枚のトレイを持つ 2 つのトレイラックを備え、34 m² の乾燥面積を確保し、最大 180℃まで到達可能な 36 kW の電気加熱システムで動作します。回転式设计により、均一な加熱と乾燥の高速化を実現し、特許取得済みの空気ダクトシステムにより、各網目トレイの底部が空气中に露出するため、茶葉の水分を迅速に除去し、乾燥効率を向上させます。モジュール構造は、効率的な生産とメンテナンスを支えます。二重扉構造には、密閉性と使いやすさを向上させるコンテナ式のバックルが採用されています。主に茶の加工用に設計されていますが、魚介類、肉、果物、野菜、ハーブ、穀物など、その他さまざまな製品の乾燥にも適しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

乾燥：バッチ式循環穀物乾燥機

Agrosaw



出典：Agrosaw

この間接加熱式循環穀物乾燥機は、さまざまな穀物、豆類、油糧種子、飼料または草の種子の効率的な乾燥用に設計されています。動的にバランス調整された遠心式または軸流式のファンを搭載しており、排気ガスを煙突から別々に排出しながら、制御された熱風を発生させ、乾燥室内の汚染を防ぎます。このユニットは、材料の投入と再循環の両方にエレベーターを使用しており、均一な乾燥を保証します。サーモスタット制御により、作物の種類に応じて熱風温度を管理し、自動軽油バーナーシステムが安定した性能をサポートします。断熱構造により熱損失を最小限に抑え、燃料消費量の削減とエネルギー効率の向上を可能にしています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：ケニア、サウジアラビア、南アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

乳製品加工：熱回収機能付き牛乳冷却システム

冷蔵：CO₂ ベースのコールドチェーン冷蔵

Coolsense

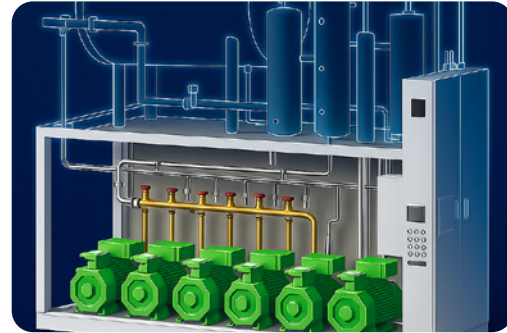


出典：Coolsense

VariCOOL は、牛舎の消費電力を最大 30% 削減できる牛乳冷却システムです。プレート熱交換器を使用して、牛乳をタンク入口で 6°C まで急速冷却し、同時に牛舎で使用する無料の温水を生成します。その後、牛乳はミルクタンクのベースパッドを通してさらに冷却されます。VariCOOL は複数のタンクを同時に冷却することが可能で、エネルギー効率に優れた可変速コンプレッサーとファンを採用しています。従来のガス冷却とは異なり、冷却媒体として液体グリコールを使用することで、冷媒ガスの使用量を最小限に抑えています。メーカーによると、これにより、従来の HFC ベースのユニットと比較して、排出量を最大 90% 削減できます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：ニュージーランド
- 利用可能な地域：ニュージーランド
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

Cold Chain Refrigeration



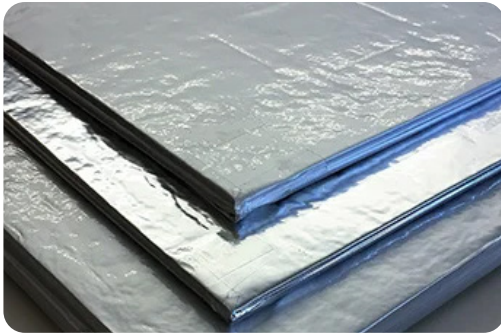
出典：Cold Chain Refrigeration Pte Ltd

Cold Chain Refrigeration は、特に食品加工、保管、小売り分野向けに CO₂ (R-744) 冷蔵技術を用いたエネルギー効率の高い冷蔵室ソリューションを提供しています。GWP が 1 ときわめて低い CO₂ (R-744) は、HFC や HCFC などの従来の冷媒よりも環境に優しくなっています。このシステムは、より高い圧力で動作し、優れた熱伝達性能を発揮するため、エネルギー効率が向上し、消費電力量が削減されます。主な利点は、廃熱を回収して水や空間の暖房に再利用することで、全体的なエネルギー需要をさらに削減できることです。CO₂ はまた、無毒かつ不燃性であるため、屋内での使用の安全な選択肢です。カスタム冷蔵室設備では、CO₂ システムにより、正確な温度制御、信頼性、およびエネルギーコストの削減を実現します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：シンガポール
- 利用可能な地域：シンガポール
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷蔵：真空断熱パネル

パナソニックホールディングス



出典：パナソニック ホールディングス株式会社

U-Vacua® 真空断熱パネル (VIP) は、0.002 W/mK の低熱伝導率により、高い断熱性を実現するように設計されています。真空コアを使用して伝導および対流による熱伝達を制限することで、スペース効率とエネルギー効率が重要な用途に適したコンパクトな断熱材を提供しています。低 GWP の U-Vacua® VIP は、商業用冷蔵、コールドチェーン保管、ポータブルコンテナなどの分野で使用されており、エネルギー性能基準の達成に向けた取り組みを支援します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷蔵：極低温トンネル冷凍庫

Air Product



出典：Getty Images/Matveev_Aleksandr

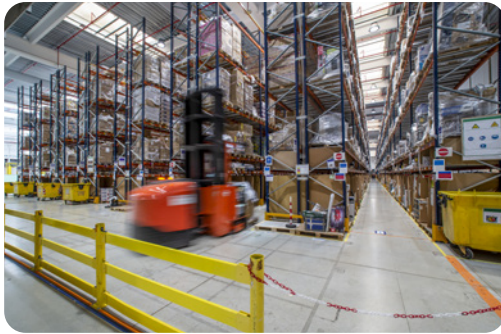
Freshline MP トンネル冷凍庫は、液体窒素を使用して迅速かつエネルギー効率の高い食品の冷凍を行うために設計された、モジュール式極低温冷凍システムです。その設計は、ガス消費量を最小限に抑え、素早い起動と 1 日 20 時間までの連続運転に対応しています。冷凍能力は 1 時間あたり 300 から 3,000 kg で、さまざまな生産規模に対応可能です。このシステムには、遠隔データ監視のための IoT 機能が含まれており、標準冷凍、クラスト冷凍、個別急速冷凍 (IQF)、および冷却に柔軟に対応可能です。衛生的な構造により、迅速な清掃と食品安全基準への準拠が確保されています。また、レンタルオプションと低初期投資により、小規模から大規模の生産者まで、幅広く利用可能です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：米国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷蔵：ASRS 技術を採用した全自動冷蔵倉庫

製粉：太陽エネルギーを利用した製粉機

SSI SCHÄFER



出典：Getty Images/Gilas

Shakti Pumps



出典：Getty Images/Fabricio Rosa

SSI SCHÄFER は、SSI EXYZ クレーンを使用したラック被覆式高層倉庫や自動倉庫システム (ASRS) などの倉庫自動化技術を提供しています。- 30°C までの急速冷凍環境に対応し、拡張性に優れたこの保管ソリューションは、各パレットの位置に直接アクセスすることで、高密度構成に対応しています。これらの技術は、各施設の具体的な運用ニーズに応じて構成されており、最適な空間活用、低温区域での人的活動の低減、ドアの開閉回数の削減による熱損失の最小化により、エネルギー効率の高い運用を可能にします。自動搬送車 (AGV) は、保管、ピッキング、発送の各エリアにおける内部物流を効率化することで、エネルギー効率と作業効率をさらに向上させるとともに、手作業を削減します。

- 契約形態：販売およびサービス提供
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：ドイツ
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

太陽光発電式製粉システムは、従来の電力インフラから独立して運用する、送電網に接続しない地域や農村部向けに設計されています。ソーラーパネルのみで稼働するため、エネルギーコストを削減し、持続可能な農業を支援します。現地での穀物加工を可能にすることで、移動を最小限に抑え、排出量を削減し、電力利用が限られた地域に実用的なソリューションを提供します。この技術は特許取得済みであり、収入の創出と農村開発目標に貢献しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

乾燥：スマート穀物乾燥機

山本製作所



出典：山本製作所

この穀物乾燥機は、従来の乾燥機に比べて、より高い精米回収率と低エネルギー消費で、最大 30 トンのコメを乾燥するように設計されています。負荷量、周囲環境、水分含有量に応じて、熱風温度と風量を調整する自動制御パネルを搭載しています。バイオマス、ディーゼル、LPG、蒸気などの熱源に対応し、熱コントローラと吸気ブローにより、正確な乾燥温度を維持し、熱風供給を安定させます。多層構造の乾燥室によって均一で効率的な乾燥が可能になり、ステンレス製のスクリーンが耐久性を高めています。統合型水分センサが 30 分ごとに穀物の水分を監視し、目標レベルに達すると自動的にプロセスを停止します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：アフリカ、アジア、南米、北米
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

乳製品加工：粉乳加工用噴霧乾燥機

テトラパック



出典：Getty Images/Angelo Varela

Tetra Pak® スプレー・ドライヤー・ワイド・ボディは、牛乳、ホエー、植物由来製品を含むさまざまな粉末の製造向けに設計された柔軟な乾燥システムです。低圧力損失で均一な気流を確保するシングルまたはマルチベンチュリ・エアディストリビューターを搭載し、電力使用量を削減します。モジュール式设计により、一貫した噴霧化を維持しながら、容量の拡張に対応しています。チャンバールーフの冷却システムは、粉塵の堆積と過熱を最小限に抑えます。単段乾燥および多段乾燥に対応しており、デリケートな粉末の後乾燥や冷却も可能です。統合型ノズルアセンブリとオプションの微粉回収機能により、効率と製品品質が向上し、揺動動作により気体と固体の接触および熱性能が高まります。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：スウェーデン
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

Promethean Power Systems



出典：Getty Images/vm

Promethean の急速牛乳冷却装置は、ディーゼル発電機に依存することなく、1日あたり1,000 リットルの牛乳を 35°Cから 4°Cまで冷却するモジュール式の高効率システムです。このシステムは、搾乳と搾乳の間に断続的に供給される4時間分の送電網由来の電力で作動するため、電力供給が不安定な農村地域に最適です。システムには、蓄熱ユニット、冷却装置、および牛乳熱交換器が含まれます。蓄熱ユニットは、送電網から電力が供給されているときに充電され、電力が供給されていないときでも牛乳を冷却するために使用されます。これにより、燃料コストが削減され、牛乳の品質が向上します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：バングラデシュ、インド、スリランカ
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

ホライズン技術

冷蔵：環境に優しい空気式冷却

韓国エネルギー技術研究院 (KIER)



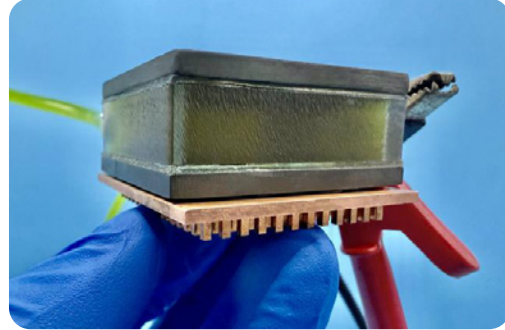
出典：Getty Images/Nordroden

韓国エネルギー技術研究院 (KIER) は、フロンや HFC などの高 GWP 冷媒の持続可能な代替品となる空気式冷却システムを開発しました。このシステムは、圧縮空気を冷却し、その後膨張させて熱を吸収し、液体冷媒を使用せずに冷却を行う、逆ブレイトンサイクルという冷却プロセスを採用しています。その統合型超高速圧縮膨張器 (1 つのシャフトに圧縮器と膨張器を結合) は、超低温でも効率的で安定した動作を実現します。-100°C に達することが可能なこのシステムは、従来の蒸気圧縮技術よりも 50% 超高いエネルギー効率を実験的に実証しており、1 時間以内に -60°C 未満への冷却に成功しています。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：韓国
- 利用可能な地域：韓国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷蔵：冷却用省エネ型熱電池技術

華中科技大学



出典：華中科技大学

華中科技大学の研究者たちは、従来の冷蔵庫の蒸気圧縮に対する、低エネルギーで環境に優しい代替技術として、熱電池技術の研究を進めています。熱電池は、可逆的な化学反応を利用して熱を発生させる、または吸収する技術であり、近年の技術進歩により、化学的最適化によって冷却能力が 70% 向上しました。2019 年に世界の電力使用量の約 4% を冷蔵庫・冷凍庫が占めていることから、この技術はエネルギー消費量と炭素排出量を大幅に削減する可能性を秘めています。研究者たちは現在、プロトタイプの開発を進め、商業化に向けて産業界との提携を模索しています。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：該当なし
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

香港理工大学



出典：香港理工大学

スマート太陽光発電冷凍トラックは、屋根に拡張可能な太陽光発電 (PV) パネルを搭載しており、発電量を増やすことでエネルギー効率を向上させています。この車両は、トラックの冷凍システムで使用するための太陽エネルギーを吸収して蓄えるエネルギー貯蔵システムを搭載しており、車載のリチウムイオン電池が追加の電力を供給し、標準的な電気自動車用充電ステーションで充電が可能です。トラックの冷蔵システムは、最低温度 -45°C まで維持することができ、フル充電のバッテリーで最大4時間稼働が可能です。さらに、この車両は他のトラックとのエネルギー共有に対応しており、エネルギー使用と冷凍庫の性能を最適化するスマートなエネルギー管理システム (EMS) を備えています。このシステムは、柔軟なエネルギー入力に対応し、バッテリー拡張オプションにより長時間の運転が可能で、生鮮食品のラストマイル配送に最適な持続可能なソリューションです。冷凍トラックは現在、商品化の準備ができています。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：香港 (中国)
- 利用可能な地域：香港 (中国)
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

漁業および養殖業におけるエネルギー転換

養殖とは、魚、貝、その他の水生生物を、管理された条件下で飼育することです。これに対し、捕獲漁業は、海洋、河川、湖沼の野生個体群を収穫することに依存しています。2022 年、アジアの漁業および養殖業の生産量は 1 億 6,710 万トンに達し、世界の生産量の 75% を占めました。一方、オセアニアの生産量は 180 万トンでした (FAO, 2024)。この年は、世界の水生生物の養殖生産量が初めて漁獲量を上回るという画期的な年でした。

両部門とも、世界の食料安全保障と人々の生活にとってきわめて重要ですが、それぞれが異なる課題に直面しています。捕獲漁業は、乱獲や環境悪化によりますます制限を受けるようになっていきます。一方、需要に対応するため、養殖業は急速に拡大しています。2030 年までに、世界の水産物の需要は 15% 増加すると予測されています。この需要に応えるためには、水産養殖の生産量を 35 ~ 40% 増加させる必要があります (FAO, 2022b)。この成長を主導するのはアジアで、世界の水産養殖生産の上位 7 カ国 (バングラデシュ、中国、インド、インドネシア、フィリピン、韓国、ベトナム) を擁しています。

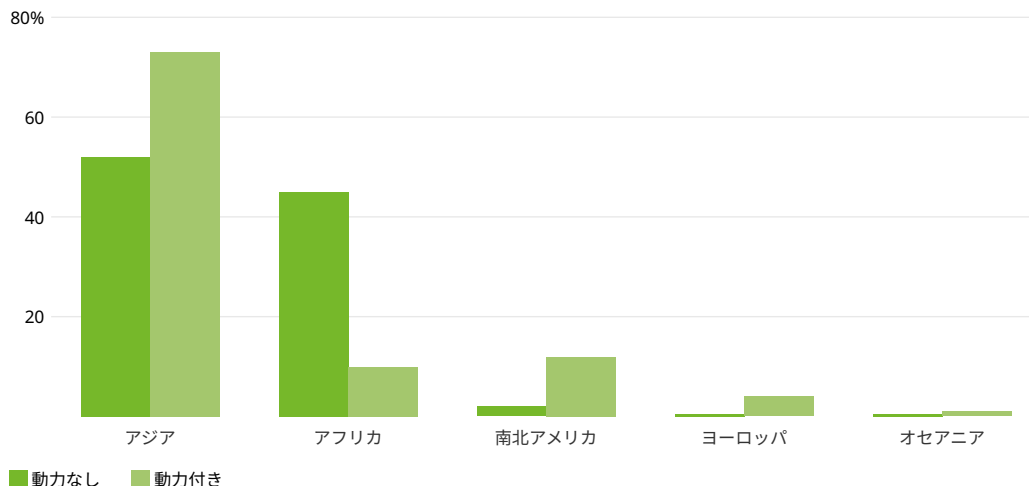
しかし、依然として障壁が存在します。小規模業者は多くの場合、良質の飼料、信頼できる投入資材、知識、資金、保険を利用することができません。この部門は、生産と加工に多大なエネルギーを必要とするため、エネルギー面でも課題に直面しています。そのため、より効率的で包括的かつ持続可能なシステムを構築するためには、イノベーションと投資が不可欠です。特に、バリューチェーン全体におけるエネルギーの使用に焦点を当てた取り組みが重要です。

技術開発とトレンド

燃料効率の高い漁船

動力付漁船は、漁業における主な燃料消費源であり、エンジン、ギア、船内システムに動力を供給しています。しかし、収穫後の加工、冷蔵、輸送などの段階でも、かなりのエネルギーが消費されています。アジアには世界の動力付漁船の約 75% があり、2020 年にはその数は約 190 万隻に達しました (図 3.5)。中国だけで、これらの船のうち 56 万 4,000 隻を保有しています。商業漁業の高燃料消費は、世界全体の排出量の 1% 超を占め、大きな問題となっています (Eayrs *et al.*, 2017)。

図 3.5 大陸別電動機付き / 電動機なし漁船の割合 (2020 年)



出典: (FAO, 2022a) を基に一部改変。The state of world fisheries and aquaculture 2022.

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9df19f53-b931-4d04-acd3-58a71c6b1a5b/content/sofia/2022/fishing-fleet.html>.

漁船の燃料消費は、エンジン設計の最適化と出力および運転範囲の調整により最小限に抑えることが可能です。エネルギー効率の高い技術には、最新式の軽量で高出力のエンジン、改良された舵やプロペラ、船体設計などが含まれます。小型トロール漁船は、燃料を節約するため、エンジン出力を 5 馬力 / トン排水量に制限し、3 馬力 / トン実出力で運転し、回転 / 分 (rpm) が 80% を超えないようにする必要があります (Chokesanguan, 2011)。減速比をより高くすることで、同じ船速とプロペラ出力を維持しながらエンジン回転数を低下させることができ、さらに燃料消費量を削減できます。ただし、この設定では多くの場合、より大きなプロペラが必要となり、特殊な設計を採用しない限り、浅瀬での操業が制限される可能性があります。

変化の潮流：漁船向けのハイブリッドおよび再生可能エネルギーのイノベーション

漁船のディーゼル燃料から再生可能エネルギーへの転換が勢いを増しています。ソーラーパネルで電動機を駆動する太陽光発電ボートは、中国、インド、インドネシアなどの国で普及しつつあります。インドネシアのバリ島では、漁船にソーラーパネルを設置する余裕のない人々のために、バッテリー充電のための仮設のソーラー充電ステーションが利用されています。しかし、バッテリーの重量によりボートの速度が低下し、移動時間が長くなるという課題が残っています (Gracia and Evan, 2022)。最近の技術的進歩としては、ディーゼルエンジンと電動機を組み合わせ、漁業や航海などさまざまな運用モードに合わせて電力使用を最適化するハイブリッド漁船があります。電動モードは、トロール漁や網の設置など、低負荷で低速の作業に最適です。ディーゼルエンジンは、漁場への長距離移動、重い荷物の運搬、また時化の海で高出力の連続的な動力が必要な場合に使用できます。これらは、電動機と独立に、または電動機と同時に動作します。後者の場合、ディーゼル運転時には、電動機は発電機として機能し、バッテリーを充電します。ディーゼルエンジンでバッテリーを充電することは、効率が悪く環境への影響という点でも理想的ではありませんが、太陽光発電や陸上電源が利用できない場合でもバッテリーを充電できる柔軟性があります。

インドでは、太陽光発電システムが、照明、通信、ナビゲーションのために手作りのボートに組み込まれています。太陽電気ランプは、夜間の漁獲において、従来の灯油ランプの代わりに使用することができます。長期的なソリューションとしては、ディーゼルエンジンを、陸上輸送

ですすでに広く使用されているバイオディーゼルや植物油などの液体バイオ燃料で動作するように転換することが挙げられます (Puri *et al.*, 2023)。さらに、ブラウンガス発生装置 (BG-E) 技術は、インドネシアの小規模漁船に効果的に適用できることが研究で明らかになっています (Darma *et al.*, 2020)。このシステムは、水の電気分解プロセスを用いてブラウンガスまたは酸水素ガス (HHO) を生成し、これを船のエンジンに導入して燃焼を促進し、効率を 25% 超向上させる可能性を持っています。また、水素燃料電池を動力源とする作業船が、日本の離島でのクロマグロ養殖のために試験運用されています。水素は、洋上風力発電を利用した水の電気分解によって生成されます (Fuel Cell Works, 2019)。

エネルギー効率のための先進的な船体およびプロペラ技術

船体設計のイノベーションは、水の抗力を低減し、それによって燃料効率を高めることに重点を置いています。球状船首は、船の前部から水中に突き出た船体設計上の特徴で、古い船舶に後付けすることが可能です。この技術は、船体の周囲に波のパターンを作り出すことで、船が水中を進むために必要なエネルギーの削減に役立ちます。船体が長くなることで船の重量は増加しますが、船体抵抗への影響は全体的に有益なものです (Chokesanguan, 2011)。双胴船などの多胴船の設計によっても、エネルギーの節約ができます。

船体に徐々に蓄積する物体や層により、摩擦が増加し、その結果、抗力が増加します。これは、喫水線より下に防汚塗料を施すことで防ぐことが可能です。船底に沿って気泡の層を生成する、いわゆる空気潤滑システムによっても摩擦を低減することができます。このシステムは、空気圧縮機を使用して、船底に沿って取り付けられたノズルから圧縮空気を送り出し、船底の下に微細な気泡の層を形成します。

プロペラおよびその他の操縦翼面は、エネルギー効率向上の大きな可能性を秘めています。例としては、ダクタープロペラまたはノズル、プレスワールステータフィン、ラダーバルブ、ラダーフィンなどが挙げられます。これらはすべて、プロペラと船体の周囲の水流を滑らかにし、抵抗と乱流を低減させることで、流体力学的効率を向上させることができる、非常にきめ細かい設計オプションです。これにより、推力が向上し、エンジン負荷が軽減され、最終的には燃料消費量が削減されます。小型漁船は、特に沿岸や沖合での操業において燃料消費量を削減するため、風力を利用した帆を二次推進装置として採用しています。

商業漁業における漁具および漁法のエネルギー使用の最適化

商業漁業におけるエネルギー消費は、漁具の種類や漁法、漁場までの距離、対象魚種とその回遊ルートなど、複数の要因に依存しています (Basurko *et al.*, 2016)。ほとんどの漁法では、総燃料消費量の大部分は漁場への往復に使われます。さらに、乱獲により魚類資源が減少しているため、漁船はより広い海域やより深い海域でより長時間、より多くの漁具を使用して漁を行う必要があり、その結果、より多くのエネルギーを消費しています。高度な電子機器による航法、海底マッピング、魚群探知技術が、漁業の効率化に貢献しています。これらのツールは、ほぼすべての船で使用できるほどコンパクトで、より効率的な航路と正確な魚の位置特定を可能にし、最終的には探索時間の短縮、漁獲精度の向上、エネルギー使用量の最小化を実現します。しかし、漁獲効率が高まると、乱獲のリスクも増大します。例えば、世界のマグロ漁獲量のほぼ半分を占めるキリバス、マーシャル諸島、パプアニューギニア、ソロモン諸島などの太平洋島嶼国は、電子記録保持、船舶監視システム (VMS)、船載カメラなどの技術を用いて、漁業活動の監視を強化するため、

リアルタイム追跡システムを導入しています (Griffin P., 2024)。さらに、衛星によるリモートセンシングや航空監視により、太平洋全域でこれらの取り組みが強化されています。

漁法や漁具の種類によって、環境への影響や燃料効率が大きく異なります。一般的に、籠、わな、網、釣り針、釣り糸などの受動的な漁具は、けた網や底引き網などの牽引式漁具に比べ、害が少なく、エネルギー効率高いと考えられています (Suuronen *et al.*, 2012; Basurko *et al.*, 2016)。底引き網漁は、大型の重い網を海底で引きずって魚を捕獲する漁法で、海底やその付近に生息するエビやヒラメなどの種に対しては不可欠な漁法です。ほとんどの燃料は底引き網を引くために消費されるため漁具の抵抗と重量を削減することで、エネルギー効率を高めることができます。これは、牽引時の抵抗を低減させる高度な網の設計と流体力学に基づいたトロールドアにより可能になります。最適なワープ長 (網と船をつなぐケーブルの適切な長さ) を採用することで、網を最適な角度と深さに保ち、抵抗を最小限に抑えます。

音響機器監視技術は、水中センサを使用して網の形状と位置をリアルタイムで監視し、乗組員が効率向上のため即座に調整を行うことを可能にします。運航速度も重要な役割を果たします。研究によると、速度を 7 ノットから 6 ノットに低下させると、総エネルギーコストを約 30% 削減できることが示されています (Gulbrandsen O., 2012)。

中層トロール網や巻き網 (上部に浮き、下部に重りを付けた垂直に吊るされた網で魚を囲い込む網の一種) などの他の種類の漁具は、密集した魚群を標的とし、牽引を最小限に抑えながら大量の漁獲を可能にします。しかし、熱帯海域で操業するマグロ巻き網漁船の平均燃料消費量は 381 トンで、その 90% は巡航に使用されています (Blaha, 2021)。魚群集装置 (魚を引き寄せるための吊り下げ式網を備えた浮遊木製構造物) や自由魚群漁 (マグロの回遊ルートを追跡する漁法) などの戦略を採用することで、海上で過ごす時間を短縮し、結果としてエネルギーの節約につながります。さらに、アジアでは、巻き網漁やイカ疑餌釣りなどの漁法で人工照明の使用が一般的であり、これらはエネルギー集約的な場合があります。例えば、日本の小型疑餌釣り船は、照明だけで 1 回の操業あたり約 600 リットルの燃料を消費することもあります (Suuronen *et al.*, 2012)。エネルギー効率の高い LED に切り替えることで、燃料を 20% から 30% 節約できますが、光害による環境への影響については依然懸念が残ります。

養殖におけるエネルギー効率の高い通気技術

陸上または沿岸での養殖は、池や生け簀を使用することが多いですが、沖合での養殖は、浮遊式ケージや網を使用して、より深い海域で行われます。これらのシステム全体、特に集中的な陸を拠点とする事業では、通気は水質の維持に重要な役割を果たしています。水中に酸素を供給して水生生物の健康な環境を維持する通気は、養殖業において最もエネルギーを消費する要素の 1 つであり、総エネルギーの 90% から 95% を消費しています (Nguyen *et al.*, 2024)。エビの養殖では、二酸化炭素排出の 50% は、水の汲み上げと通気のために使用されるエネルギーによるものです (Tansakul, 2024)。パドルホイール通気装置は、最も一般的でエネルギー効率の高い表面通気装置で、回転するブレードやパドルを使用して水面を攪拌し、水と空気の接触面を増やす仕組みです (Boyd and McNevin, 2021)。アジアで行われているエビの養殖では、浮体にパドルホイールを取り付け、電動機またはディーゼルエンジンで駆動するロングアーム通気装置も広く使用されています。ディーゼル駆動式通気装置は水循環に優れていますが、電気式通気装置よりもエネルギー消費量が多いため、電源が確保できる場所では後者がしばしば使用されます。

ベトナムで、電気や燃料を一切必要としない低コストで低メンテナンスの太陽熱式通気技術が試験導入されました。この技術は、資源が限られている環境や送電網に接続できない環境において理想的なソリューションです (Mahmoud; *et al.*, 2015)。このシステムは、太陽熱捕集器を使用して、池の表面から深い層まで伸びる断熱された通気管内の水を加熱します。管内の水が温まって上昇すると、底からより冷たく酸素の少ない水が自然に上方に引き上げられます。同時に、酸素が豊富な表層水が管の外側を下方に流れ、管内の水を置き換えて連続的な対流循環ループを形成します。これにより、植物プランクトンが自然に生成する酸素が水面から池全体に行き渡り、全体的な酸素濃度を高めながら、水面の酸素の損失を最小限に抑えます。また別の再生可能エネルギーを利用した通気システムでは、垂直軸風車 (VAWT) を利用して風力エネルギーを直接機械運動に変換し、パドルホイールのような通気装置を駆動します (図 3.6)。バングラデシュでの小規模な実地実験では、このシステムにより溶存酸素濃度が 52% 向上しました。このような技術は、小規模の養殖業者にとって、金属棒、木材、PVC などの現地で入手可能な材料を使用して組み立てることが可能であり、便利かつ手頃で、メンテナンスやグレードアップも容易です。

図 3.6 垂直軸風車駆動の通気装置



出典 : (Cruz, 2017)

その他の種類の通気装置としては、圧縮空気をパイプラインを通して散気装置に送り、微細な気泡を放出するソーラー式拡散型通気装置や、水流を利用して空気を吸い込み、粗い気泡を形成するベンチュリ式通気装置があります。

持続可能な漁業と養殖業のための再生可能エネルギーの活用

漁業や養殖業部門は、そのバリューチェーン全体でエネルギーに大きく依存しており、収穫後の工程である魚の燻製、冷蔵、流通、貿易は特にエネルギー集約的です (FAO, 2022c)。開発途上地域では、電力やコールドチェーンインフラの利用が限られているか、またはその信頼性が低いため、水産物の損失が甚大です。この問題に対処するためには、エネルギーの利用を拡大することが不可欠であり、特に送電網に接続できない地域や資源が限られている地域では、再生可能エネ

ルギーが持続可能なソリューションです。しかし、技術の成熟度の段階はさまざまであり、すべての技術があらゆる国やコミュニティに同等に適用可能であったり、経済的に実現可能であったりするとは限りません。

太陽光、風力、バイオエネルギーなどの再生可能エネルギー源は、分散型の冷蔵・加工能力を拡大する環境に優しいソリューションを提供します。例えば、小規模の養殖業者は、短期および長期の保管用に、太陽光発電式の冷蔵室、携帯用冷却装置または冷蔵庫などの技術を活用することができます。漁船では、依然として氷コンテナが最も簡単な保存方法です。太陽光発電システムで駆動する電気式製氷機は、フレーク、角氷、ブロック状の氷を製造することができ、それぞれ冷却効率が異なります。フレークアイスが最も冷却効果が素早く、農村部でよく用いられるブロックアイスは、魚を冷やすために砕いて使います。この機械は、自立型とバッテリー型のいずれでも利用が可能です。

太陽光発電システムは、エネルギー消費量の多い給餌装置、ポンプ、池、セキュリティ照明などの養殖設備にも電力を供給することができます。また、太陽光発電式ポンプは、頻繁な水の交換が必要な集約的なエビ養殖システムにも使用可能です。エビの養殖における二酸化炭素排出量の約 30% は、飼料の生産と給餌に起因しています (Tansakul, 2024)。バングラデシュ、インド、ベトナムの農村部の養殖施設では、もみ殻やココナッツの殻を乾燥・ペレット化に利用するバイオマス燃料を用いた飼料加工システムなどの他のシステムが普及しています。

太陽エネルギーは、従来は直射日光によって行われてきた魚の乾燥にも利用できます。シンプルな技術としては、太陽光発電システムを利用してトンネル内の空気循環を促進するファンを駆動するソーラー乾燥トンネルがあります。さらに、改良された燻製窯で使用する場合、作物残渣を原料とした練炭やペレットなどのよりクリーンな燃料を、魚の燻製のために従来の薪や木炭の代わりに使用することができます。研究によると、練炭は、同じ量の魚を燻製にする場合、薪に比べて約 55% 少ないエネルギーで済むほか、食品の安全性と栄養価も向上させます (Banda *et al.*, 2023)。バイオ燃料は、水産養殖設備、路上販売車、水産物の流通に電力を供給することが可能です。例えば、メコンデルタ地域のエビ養殖場では、現地のバイオマス廃棄物をバイオガスに変換し、そのバイオガスを電力に変換してエビの養殖の業務に電力を供給しています (囲み記事 3.2) (Shiratori Y. *et al.*, 2019)。

フィリピンでは、暑い時期の水温上昇を防ぐため、ティラピアの孵化場に日光の透過率を減少させる紫外線 (UV) ネットが設置されています (Cruz and Malvas, 2024)。これらのネットは、エネルギー消費量の多い冷却システムの必要性を最小限に抑え、気象条件に応じて調整することも可能で、孵化場の性能をさらに最適化し、エネルギーを節約することができます。

囲み記事 3.2 魚と養殖場の未来：岐路に立つメコン川

メコン川は、世界で最も長い川の 1 つです。メコンデルタはベトナム南部に位置し、アジアで最も生産性が高く、集中的に耕作が行われている地域の 1 つです (Delta Alliance, 2024)。メコン川には、世界最大の淡水魚を含む 1,100 種超の魚が生息し、年間 230 万トンの漁獲量があります。カンボジアとベトナムのメコンデルタ地域だけで、約 700 万人が漁業と養殖業で生計を立てています (Mekong River Commission, 2024)。しかし、ラオスのメコン川主流部および中国の上流部で近年進められている大規模水力発電ダムの建設により、自然な水の流れが乱されて重要な魚類の回遊ルートが遮断され、この地域の豊かな水生生物の生物多様性が脅かされています。これ

らの変化は繁殖や餌の摂取サイクルに影響を与えて魚類の個体数の減少をもたらし、漁業で食料と収入を得ている何百万人もの人々に影響を及ぼしています。

養殖ソーラーシェアリングはアジアのような土地に制約のある地域で関係者すべてに恩恵をもたらすソリューションとなる可能性がある

養殖ソーラーシェアリングでは、養魚池や貯水池などの水域に浮遊式または高架式のソーラーパネルを設置し、養殖事業や送電網への電力供給のために発電します。水の冷却効果により、パネルの発電効率も向上する可能性があります。さらに、パネルは蒸発を抑え、日陰を作って水温を調節し、養殖に最適な環境を生み出すことができます (Chen and Zhou, 2023)。この革新的なアプローチは、特に中国、インド、日本、韓国で勢いを増しています。これらの地域では、土地と水資源への圧力が高まっているため、生産性の向上のためにエネルギーと水産養殖システムの統合に関心が集まっています (Chen *et al.*, 2024)。例えば、中国では、234 件の水力発電プロジェクトがすでに建設されて送電網に接続されており、年間 1 メガワット (MW) あたりほぼ 1,000 トンの CO₂ 排出量を削減できる可能性があります (Zhu *et al.*, 2024)。

養殖業が長い歴史を持つ台湾 (中国) では、高経済価値で通常は飼育が困難な種、例えばバナメイエビなどの飼育を促進する養殖ソーラーシェアリング政策を政府が推進しています (Fairley P., 2024; Hsiao *et al.*, 2021)。エビの養殖は、極端な気象や気温の異常に対して次第に脆弱になっていますが、養殖ソーラーシェアリングはエビの成長を促進する制御された環境の構築に役立ちます (Chen *et al.*, 2024)。ベトナムでは、養殖ソーラーシェアリングシステムによるエビやパンガシウスの養殖に関する数多くのパイロットプロジェクトも実施されています (Ballagh and Weather, 2024)。しかし、このような技術が水生鳥類の生息地保護や維持管理上の課題など、さまざまな影響をもたらす可能性があることが懸念されています。

沖合養殖と再生可能エネルギー

中国、日本、韓国、ベトナムなどの国が沿岸生態系への圧力を軽減し、持続可能な水産物の生産を拡大しようと努める中、アジアでは沖合養殖が拡大しています。これらのシステムは、より深く、より動的な海域に設置されるため、固定、給餌、監視のために、より強固なインフラとより多くのエネルギー投入が必要になります。この問題に対処するため、いくつかの国では、再生可能エネルギーとスマートオートメーションをシステムに統合しています。中国は、Mingyang Smart Energy が開発した Mingyu-1 のような革新的なプロジェクトでこの流れを牽引しています。このプロジェクトは、年間 4,500 万 kWh の電力を発電できる風力タービンと、沖合養殖システムを組み合わせたものです (Global Times, 2023)。この設備は、インテリジェントな繁殖、リアルタイム監視、自動収穫に対応し、15 万尾超の魚を飼育して年間 75 トンの産出を目指しています。さらに、低抵抗ケージ設計とリモートセンシング技術を採用することで、係留や日常的な運用に必要なエネルギーを最小限に抑えることができます。

スマート養殖

デジタル養殖とも呼ばれるスマート養殖は、センサ、AI、IoT などの先進技術を活用し、水質管理、給餌、病気の検知、養殖場管理など、養殖作業の最適化を実現し、警告機能やより迅速な対応を提供します。主な構成要素には、酸素濃度、温度、塩分濃度、pH などのパラメータを監視するスマート水質センサ、および給餌サイロ、飼育タンク、輸送容器用の水位センサと圧力セン

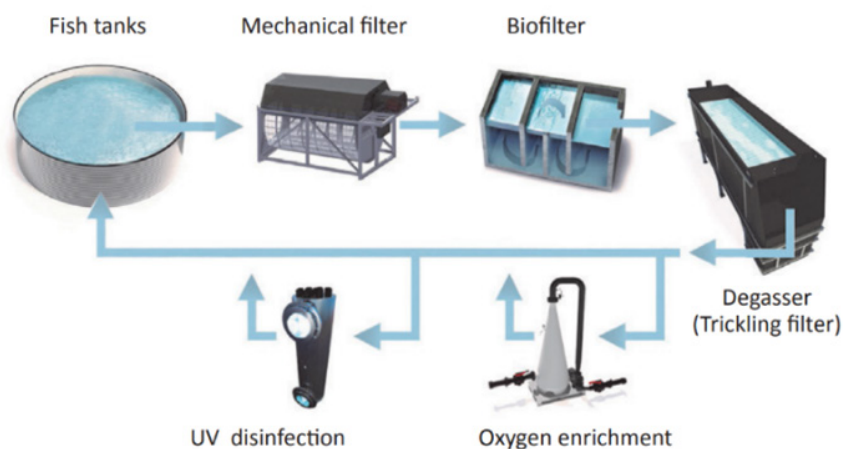
サが含まれます。センサデータを組み込むことで、オペレーターはポンプや通気装置の動作を最適化し、水生生物の実際の酸素需要に合わせて、最適な機器の使用によりエネルギーを節約することができます。例えば、降雨センサが制御ユニットにデータを送信し、雨量が不十分な場合は水ポンプを起動し、雨量が十分であればエネルギーを節約するためにポンプを停止します。さらに、水生生物にとって最適な水温を維持し、必要な冷凍温度を最小限のエネルギーコスト内で保つことによって加工作業を円滑化することで、加熱・冷却システムを最適化することにも貢献しています (Polavarapu M.K., 2024)。スマート給餌装置は、センサとカメラを搭載した IoT モバイルベースのソリューションを使用して、魚やエビの動きと餌の摂食活動を監視します。このデータは、魚の食欲を検知するのに役立ち、システムがリアルタイムのデータに基づいて最適な量を自動的に給餌することで、廃棄物を削減し、その結果、水処理や飼料生産のためのエネルギー使用量も削減されます。

狭帯域 IoT (Nb-IoT) などの高度な LPWAN (低電力広域ネットワーク) 技術は、さらに優れたサービス範囲とエネルギー効率を実現します。データはクラウドベースのプラットフォームで処理され、傾向や異常が特定されます。システムの効率性、中央サーバやクラウドサービスに常に依存することなく自律的な運転を可能にする組み込みロジックにより、さらに向上させることができます。これは、ネットワーク接続がない遠隔地や重要なアプリケーションに最適です。

持続可能な水産物を生み出す：エネルギーおよび水効率のための RAS 技術

循環式養殖システム (RAS) は、濾過によって水を再利用し、ポンプのエネルギー要件を削減し、最小限の土地と水を使用して高密度の魚類養殖を可能にする技術です。基本的な原理は、水は水槽から機械式フィルターと生物フィルターに送られてから通気されて二酸化炭素が除去され、水槽に戻されるというものです (図 3.7)。従来の方法では、1 キログラムの魚を養殖するのに 3 万リットルの水が必要ですが、循環式システムではわずか 300 リットルで済み、100 倍の節水効果を得ることができます (Aytac *et al.*, 2024)。さらに、排水に含まれる魚が排せつした栄養素は、農業用肥料やバイオガス生産に再利用することができます。

図 3.7 循環式養殖システム



出典：(Bregnballe, 2015)

地球温暖化と気候変動により、多くの地域で水とエネルギー資源が制限される中、RAS は商業用の魚生産において最も環境に優しい方法と考えることができます (Aytac *et al.*, 2024; FAO, 2015)。

ただし、RAS のエネルギー使用は、特定の種に最適な水温を維持する必要性によって大きく左右されます (Engle, 2023)。例えば、ティラピアのような熱帯の魚種を北部の気候で飼育するには、より多くの加熱が必要ですが、サケのような冷水魚種は、温暖な地域ではより多くの冷却を必要とします。ヒートポンプは、このような場合にエネルギー効率の高いソリューションを提供し、2つの循環式システム間でエネルギーを伝達します (FAO, 2015)。温かい流出水は熱交換器でエネルギーを放出し、2つの水流を混合することなく、冷たい流入水を加熱します。さらに、周波数コントローラにより、可変負荷電圧に合わせて送電網電圧の周波数と大きさを調整し、ポンプの電力消費量を削減することで、さらなる省エネが可能になります。この方法では、平均してエネルギー消費量を約 20% 削減できます (Badiola M., 2018)。

RAS 技術は、中国、日本、タイを含むアジア太平洋地域で急速に成長しており、日本はアジア最大級の RAS サケ養殖場を建設する計画を進めています。この施設は 7 万 m² の建物面積を有し、年間 1 万トンのタイセイヨウサケを生産する予定です (RAStech, 2024)。インドも全国的に RAS 技術の開発を進めており、過去 4 年間に 31 州で 1 万 1,995 基の RAS ユニットが認可を受けました。政府の財政支援は、個人、先住民、女性、小規模農業者を含む受益者を対象としています (PIB Delhi, 2024)。

IMTA: 環境への影響を最小限に抑えた、持続可能でエネルギー効率に優れたソリューション

多栄養段階統合養殖 (IMTA) とは、異なる栄養段階にある複数の水生生物を統合されたシステムで一緒に養殖することです。IMTA は自然の生態系を模倣しています。ある種の廃棄物を別の種の資源として活用することで、この手法は外部の飼料や肥料への依存を最小限に抑え、エネルギー使用量と生態系への負荷を軽減します (Ngamsnae P., 2024)。養殖業者は、ティラピア、コイ、エビ、カタツムリ、現地の食用になる微細藻類および大藻類や水生植物など、さまざまな種を同時に栽培することができます。貝類、軟体動物、海藻などの種は、生物濾過の役割を果たし、水質を改善して汚染を軽減します。IMTA は現在、中国の水産養殖 (海水環境における海洋生物の養殖) 生産の 50% 超を占めています (Fletcher R., 2021a)。中国で広く利用されている IMTA の例としては、池システムでのエビ、アサリ、および赤色藻グラシラリアの生産があります (Fletcher R., 2021b)。フィジーのような太平洋島嶼国も、IMTA のような手法の恩恵を受ける可能性のあるマングローブ牡蠣養殖など、革新的な養殖ソリューションを模索しています (Hewavitharane et al., 2024)。濾過摂食生物であるマングローブ牡蠣は、過剰な栄養素を取り除き、エネルギー集約的な水処理や水循環の必要性を削減します。

アジアの淡水環境では、稲作と養魚を組み合わせた水田養魚など、小規模世帯による統合型養殖が広く行われており、農業と養殖の共進化の例となっています (FAO, 2009; Mai, 2020)。この土着の農業の伝統は、バングラデシュ、中国南部、インド、タイ、ベトナム北部などの国で実践されています (Mai, 2020)。水田は魚やその他の水生生物の自然の生息地となり、魚は水田に生息する無脊椎動物や有機粒子を食べることによって、栄養素の循環に貢献します。魚は通常、稲作のサイクルで水田が水で満たされている段階で、収穫のために排水される前に飼育されます。

イノベーションの事例

養殖ソーラーシェアリングが中国で 550 MW の太陽光発電所を稼働



出典 : Getty Images/Tsvetan Ivanov

中国の電力設備メーカー CHINT グループは、中国浙江省温州市の養魚池に 550 MW の太陽光発電所を建設しました。Oufei Enclosed Area にあり、約 493 万平方メートルに及ぶこの太陽光発電施設は、太陽光発電 (PV) による電力供給と養殖を統合しています (Bellini, 2022)。この発電所には、約 140 万枚の単結晶ソーラーモジュールが設置されており、各モジュールの出力は 450 W です。太陽エネルギーによる発電と養魚の 2 つの用途を可能にする設計で、温州の亜熱帯海洋性気候 (高湿度、塩分、台風、夏の雨などが特徴) に耐えられるよう作られています。システムには、国際電気標準会議の防塵・防水保護等級 IP54 に準拠したインバータ、抗腐食表面コーティング、および PID¹ 回復機能を備えており、過酷な海洋環境にも適しています。さらに、この施設にはエネルギー貯蔵インターフェースが装備されており、将来的に蓄電機能を追加するグレードアップが可能です。

ソロモン諸島の漁業コミュニティを支援するソーラー冷凍庫



出典 : Tessa Minter / WorldFish (2018)

ソロモン諸島のロコタニケニ女性協会 (WARA) は、電気や冷蔵施設の利用が限られている農村地域が直面する課題に対処するため、太陽光発電式の冷凍庫を導入しました。ソロモン諸島では、人口の 80% が農村部に居住しており、都市集中型の魚の加工・流通インフラは依然として大部分の人には利用できません (Puri *et al.*, 2023)。これらの問題に対処するため、WARA は、マライタの農村コミュニティにソーラー冷凍庫と、魚その他の生鮮食品の冷蔵保管賃貸サービスを提供し、この地に初めて冷蔵設備を導入しました。このイノベーションは、操作およびメンテナンスが簡単な技術により、オフグリッドソリューションを提供しています。この技術の導入は、食料安全保障の向上だけでなく、収入源の創出と、遠隔地における冷蔵の実行可能な代替手段としての再生可能エネルギーの普及により、女性の地位向上にもつながりました。生み出される収入は、修繕費および運営費を賄うのに十分であり、プロジェクトは自立しています。

1 電位誘起劣化 (PID) は、結晶系太陽電池モジュールにおいて発生する性能劣化で、電力損失の原因となることがあります。

東シナ海における世界初のスマート養殖船



出典 : Getty Images/MihailDechev

東シナ海で現在運用されている世界初のスマート養殖船 Guoxin-1 は、年間 330 万尾の生産能力を実現しています (CGTN, 2024)。全長 249.9 メートル、幅 45 メートルのこの船は、15 の養殖キャビンを持ち、魚を飼育するための総養殖水量は 9 万立方メートルに達します。養殖船としての規模、タンクのサイズ、総水量のすべてで世界最大級の記録を作りました。Guoxin-1 は、養殖、給餌、収穫、加工に至る養殖の全工程を統合し、漁獲後 6 時間以内にパッケージされた魚を岸に届けます。この統合により、追加の輸送および加工インフラの必要性が最小限に抑えられ、エネルギーの節約につながります。この船は、高度な水管理システムを採用しており、水面下 15 メートルから新鮮な海水を継続的に汲み上げ、最適な条件と水温を維持することで、人工的な温度調節の必要性を削減しています。水中カメラ、センサ、自動給餌システムを搭載したこの船は、持続可能な水産養殖に向けた革新的なアプローチの代表例です。

中国における洋上再生可能エネルギーと水産養殖のハイブリッド



出典 : Getty Images/Ian Dyball

上海電気と龍源電力集団は、福建省南日島付近でハイブリッド型洋上プラットフォームを開発しました。この統合システムは、持続可能なエネルギーと食料生産のための洋上風力発電、太陽光発電、海洋養殖の例です。4 MW の風力タービン、柔軟なソーラーパネル、中央の養魚エリアを組み合わせています。国立海洋養殖区域に位置する半潜水型プラットフォームは、1 日あたり最大 9 万 6,000 kWh の電力を生産します。これは、4 万 2,500 人分の電力需要に相当します。同時に、水深 35 メートルの海域での養殖業を支援しています。

既成技術

漁船：環境に優しいソーラー船

Cey-Nor Foundation



出典：Getty Images/Thatphichai Yodsri

Cey-Nor は、環境に優しい技術を船に導入し、2020 年に 13 フィートのソーラーボートのパイロットプロジェクトを成功裏に終えました。この太陽光発電ボートは、1.5 kW のソーラーパネルを搭載しており、日中は 4 ～ 6 時間、夜間は 2 ～ 3 時間、平均速度 10 ～ 15 km/h を達成し、コスト効率と省エネに優れたソリューションを提供しています。今後、電気モーターボートは、小規模漁業に従事する漁師に、1 日あたりわずか 1 ドルの運転コストでバッテリー駆動により 100 キロメートル航行可能な手段を提供すると期待されています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：スリランカ
- 利用可能な地域：スリランカ
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

漁船：ハイブリッド漁船

AKA Energy Systems



出典：Getty Images/homydesign

ハイブリッド漁船は、ディーゼルエンジンと電動機を組み合わせで推進システムを駆動し、柔軟で効率的な運用を提供しています。ハイブリッド設計により、エンジン構成を釣りやセーリングなどの特定の活動に合わせて調整し、さまざまな負荷レベルで性能を最適化することができます。釣りモードでは、船は電気で動き、排ガスは一切発生しません。電動機は、ディーゼル運転中にバッテリーを充電するための発電機として機能します。追加の充電オプションには、陸上電源接続およびソーラー細流充電が含まれます。この革新的なシステムは、ディーゼルエンジンの稼働時間を減らし、維持費用を削減し、エンジンの寿命を延ばします。船の油圧システムはすべてのモードで機能し、操作の信頼性を確保します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：米国
- 利用可能な地域：中国、シンガポール、米国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

漁船：プレスワール式省エネ装置

流体テクノ



出典：流体テクノ株式会社

省エネステータは、船舶のプロペラの前方に設置される、プレスワール式省エネ装置です。船尾管の周囲とプロペラシャフトの上に、4つまたは5つのステータフィンが放射状に配置されています。プロペラへの水流を整えることで、推力効率が向上し、プロペラが船をよりよく推進できるようになります。これは、エンジンがそれほど強く作動する必要がなくなることを意味し、燃料の節約につながります。同じ速度で航行した場合、燃料消費量は約3～4%削減されます。また、燃料費の増加なしに、より高速での航行が可能になります。さらに、水流を整えることにより船尾の振動が軽減されます。省エネステータの主な設計上の特徴は、ステータブレードの翼幅と弦長、その設置位置、および角度設定です。蓄積されたデータベース、水槽試験結果、およびCFD（計算流体力学）ツールを使用した実物大海上試験に基づいて設計されています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

通気システム：ブラシレス直流 (DC) 電動機付きソーラー通気装置

Solair Group



出典：Getty Images/samael334

TSG500B ソーラー通気システムは、太陽エネルギーを利用して養魚池に酸素を供給し、電力使用量を削減します。ソーラーパネルが、先進のブラシレス直流 (DC) 電動機に電力を供給します。この最新の電動機技術は、さまざまな水深で最適な空気の流れを実現するプログラム可能な電動装置を採用し、最大圧力 15 psi (ポンド平方インチ) でコンプレッサーを作動させ、最大 8 メートルの水深で通気を行います。連続運転用に設計されたブラシレス電動機は、メンテナンスの必要が最小限に抑えられます。このシステムは、パネルからの太陽光によるピーク時の電力を追跡し、電動機に効率的に電力を分配するように設計された専用のソーラーレギュレータも使用しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：オーストラリア
- 利用可能な地域：オーストラリア、中国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

養殖：ソーラー自動給餌装置

福伸電機



出典：Getty Images/v_zaitsev

太陽光発電式自動給餌装置には、特許出願中の給餌スケジュール設定機能（例：毎日、隔日）と、15分単位で調整可能なタイマーが搭載されています。ソーラーパネルが内臓バッテリーを充電し、そのバッテリーがタイマーを含む給餌システムに電力を供給します。逆接続保護回路がバッテリーを保護し、耐久性に優れたステンレス製の分散羽根車が長寿命化を可能にします。給餌装置は、最大 150 kg/時の供給出力に対応しています。操作が簡単なデジタルタッチパネルも装備しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

養殖ソーラーシェアリング：養魚池に浮かぶ太陽光発電

シエル・テール・インターナショナル



出典：Ciel & Terre International

Hydrelia aiR Optim は、信頼性の高い発電所の建設用に設計された、汎用性に優れた浮体式太陽光発電システムです。2010年に初めて特許を取得し、工業化された浮体式太陽光発電システムの Hydrelia Classic が原型であり、さらに進化させた aiR Optim は、過酷な条件にも耐えられるよう設計されています。最大風速 210 km/h (130 mph) または動圧 1,625 パスカに耐えることが可能で、最大 30 年間持続する UV 安定化技術を採用しています。このシステムは、現場固有の特性に合わせた錨泊および係留ソリューションで、カスタマイズ可能であり、水位の変動、干上がった池、降雪などの過酷な環境条件にも適しています。また、沿岸および近海での使用にも対応しており、波長に応じて最大 1 メートルの波にも対応可能です。ピーク電力で 700 W までの太陽光発電モジュールに対応しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：フランス
- 利用可能な地域：ブラジル、フランス、インド、日本、韓国、台湾(中国)、米国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

養殖：生態系循環式養殖システム (RAS)

厦門新穎佳生物科技 (RecircInvest Biotech (RIB))



出典：Getty Images/lnzyx

同社は、中国製の部品と設備のみを使用して特許を取得した RAS を開発し、従来の低コストの池式システムと比較して、高価値種の養殖におけるコスト競争力を強化しています。システムの主な水循環ポンプはエネルギー効率に優れ、1 日の水補充量は 5% 未満、再生利用速度は 1 時間あたり 200% です。システム全体の電力要件は 1 時間あたりわずか 40 kWh です。グラスファイバー強化プラスチック製のタンクは、複数の高価値魚種の密集飼育に対応しています。このシステムは、水処理にバイオフィルターと強力な紫外線消毒を採用しています。RAS は、最小限の水を使用し、グリーンラベルの地元産ペレット飼料を採用しています。

- 契約形態：サービス提供
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：中国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

釣り道具：LED フィッシングライト

デルタ電子



出典：Getty Images/chun jae yul

特許取得済みの能動的冷却ファン技術、精密なビーム角度、およびエネルギー効率に優れた LED を採用したデルタの 1.2 kW フィッシングライトは、従来の高輝度放電照明と比較して 70% のエネルギー節約を可能にしています。耐振性、耐食性、一体型ドライバー設計により、過酷な海洋環境にも耐え、1 ワットあたり最大 104 ルーメンの効率を確実に維持します。さらに、光源スペクトルは特定の魚種を引き付けるように調整されており、漁獲率の向上につながります。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：台湾 (中国)
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

通気システム：通気チューブおよび拡散グリッド

AirOxi



出典：AirOxi

AirOxi™は、商業用水産養殖向けに特別に設計された先進的な通気技術です。淡水と塩水両方の環境で効率的に機能します。AirOxi通気チューブは、耐久性に優れたエラストマー化合物から作られており、柔軟で長持ちするチューブには、小さな穴が開けられています。送風機に接続すると、微細な気泡を放出し、空気と水の接触を最大限にし、水中に酸素を効率的に供給します。AirOxi 拡散グリッドは、高価な配管や外部送風機を必要としない、自立型の通気システムです。内蔵の送風機により、電気接続は1つだけで済むため、操作が簡単です。パドル式通気装置のスイッチを入れるのと同じような操作ですが、エネルギー効率は大幅に優れています。このシステムは、パドル式通気装置では2～3 hp の電力が必要であるのに対してわずか0.5 hp しか消費しません。これにより、大幅なエネルギー節約ができます。浮体式設計によりメンテナンスが容易で、ユーザーは単相または三相の送風機オプションから選択できます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：アフリカ、インド、イスラエル
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

養殖：太陽光および風力発電による水循環システム

Mirae E&I



出典：Getty Images/blanscape

この高度な水循環システムは、再生可能エネルギー源を使用し、ソーラーパネルと風力タービンを組み合わせて水ポンプを駆動し、水域の連続的な移動と通気を行います。デュアルエネルギーアプローチを採用することで、従来のエネルギー源への依存度を減らし、環境への影響を最小限に抑えます。システムは、さまざまな気象条件下で24時間・週7日稼働し、信頼性が高く持続可能な通気ソリューションを提供します。バランスの取れた水流を維持し、藻類の成長条件を攪乱し、水質を改善して健全な水生生態系を支援することにより、藻類の異常発生を防ぐように特別に設計されています。小さな池から大きな湖まで、多様な用途に対応可能な拡張性を持ちます。遠隔操作機能により、オペレーターは現場に常駐することなく、システムをリモートで監視・制御することができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：韓国
- 利用可能な地域：アジア太平洋
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

漁船：高度な魚群探知技術を持った プラグアンドチャージ式ソーラー漁船

Navalt Solar & Electric Boats



出典：Navalt Solar & Electric Boats Pvt. Ltd

Navalt が開発した SRAV ソーラー電気漁船は、伝統的な漁船に代わる、持続可能で費用対効果が高く、環境に優しい代替手段を漁師に提供するように設計された最先端のソリューションです。プラグアンドチャージシステムを備えた蓄電池と組み合わせた太陽光発電で動作します。この船はまた、高度なナビゲーションと魚群探知技術、安定性と操縦性を向上させる強化された船体を持ち、沿岸漁業と沖合漁業の両方に適しています。高さ2メートルに達する波のある荒れた海でも航行でき、水の抵抗を最小限に抑え、運用効率を最大化します。SRAV の環境に優しい設計は、静音で排ガスゼロの推進システムを採用しており、海洋生態系の保護に貢献することから、エコツーリズムや研究にも最適です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：カナダ、インド、イスラエル、モルディブ
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

養殖：スマート水質分析装置

SenTec



出典：SenTec

水質センサとも呼ばれるスマートな水質オンライン分析装置は、工業化養殖などの分野に適しています。デジタル光学式溶存酸素センサは、養殖における溶存酸素濃度の監視に広く使用されています。主な機能としては、24時間オンライン監視、自動温度補償機能、高精度・高安定性などがあります。コントローラや送信機なしで独立して動作し、インテリジェント制御通気装置や給餌装置に対応し、省エネを実現します。コンピュータ、PLC (プログラム可能制御装置)、IoT システムに直接接続します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

通気：エネルギー効率に優れたインテリジェントな通気

Sprintex



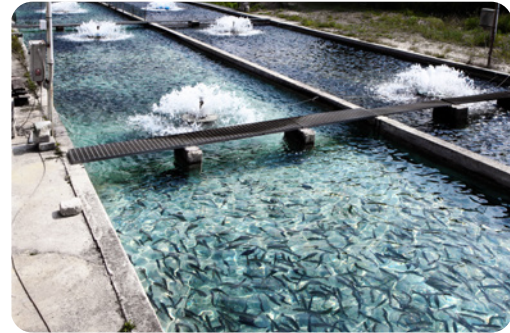
出典：Sprintex Ltd

G15 ジェット送風機は、従来の産業用送風機と比較して 50% 超のエネルギー節約を公称する、コンパクトで IoT に対応したソリューションです。2024 年に養殖施設で行われた試験では、1 台の G15 ユニットが既存のサイドチャンネル送風機 3 台分を置き換え、70% のエネルギー節約が見込まれることが示されました。特許取得済みの電動機を採用しているため、可変速ドライブは別途必要ありません。Sprintex のスマートパルス通気 (SPA™) 技術により、エネルギー消費がさらに抑えられます。この技術は、可変速度と流量制御を利用して、細かな気泡を断続的に放出することで、酸素の移送効率を向上させます。さらに、流量、圧力、温度、エネルギー消費などの要素を監視および管理するためのセンサも搭載されており、収集したデータをクラウドに保存したり、自動アラートを受信したりすることも可能です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：オーストラリア
- 利用可能な地域：オーストラリア、インド、トルコ
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

漁業用 NB-IoT 無線インテリジェントデータ収集制御装置

台湾日旭科技 (Cannex Technology)



出典：Getty Images/seraficus

Nb-IoT 無線インテリジェントデータ収集システムは、認可された周波数領域を使用した LTE (long-term evolution) ネットワーク上で動作し、低消費電力、低コスト、広範な接続性、および屋内カバレッジの強化を実現します。アプリケーションのニーズに応じて、バッテリー、外部 AC 電源、太陽エネルギーなど、さまざまな電源に対応しています。システムには、電力監視、ワイヤレススマート温度センサ、通信ソフトウェアなどの機能を備えたインテリジェントなデータ収集制御装置が含まれています。モバイル機器による現場での設定が可能で、通信障害時にもデータの自動収集と保存を確実に実行します。接続が復旧すると、システムは保存されたデータを再送信し、停電やバッテリー残量低下について即座にアラートを発します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：台湾 (中国)
- 利用可能な地域：アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

Azura Indonesia



出典：Azura Indonesia

インドネシアをはじめとする地域で、小規模漁業者の伝統的な生業と最新技術とのギャップを埋めるため、Azura Indonesia は漁船用の完全電気推進エンジン MantaOne を導入しました。このエンジンは、コミュニティ支援プログラムを通じて広く配布されており、ソーラー充電ステーションも提供されています。MantaOne は、1.5 時間でフル充電できる 2 kW の原動機で、最高速度 4～5 ノットで 3.5 時間の連続運転が可能です。従来の燃料に代わる低メンテナンスのエンジンは、月々の運用コストを最大 60% 削減し、年間最大 4 トンの温室効果ガス排出を回避できるとされています。MantaOne 推進システムは、総トン数 3 トン未満の小型漁船向けに設計されています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：インドネシア
- 利用可能な地域：フィジー、インドネシア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

漁船：燃料節約型球状船首技術による効率向上

養殖：次世代の AI 統合 RAS 技術

Cey-Nor Foundation

AquaMaof Aquaculture Technologies



出典：Getty Images/eugenesergeev



出典：Getty Images/Vladimir Zapletin

長距離漁業における燃料効率の向上を目的として設計されたプロトタイプの球状船首がスリランカのチラウ漁業地区で、船に取り付けられました。この設計は FAO によって開発され、スペインのマドリード工科大学の水槽で試験され、コロombo の Cey-Nor Foundation 造船所で建造されました。初期海上試験では、11% から 13% の燃料節約効果が確認され、7 ノットから 8 ノットの速度域ではさらに高い効率が実現しました。スリランカの平均的な延縄漁船の場合、このイノベーションにより、年間 1 回の漁につき 1,150 リットルの燃料を節約できる可能性があります。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：中
- 原産地：スリランカ
- 利用可能な地域：スリランカ
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

AquaMaof の統合 RAS 技術は、効率的な電力管理が優先し、エネルギーコストを大幅に削減します。特許取得済みの水処理および濾過テクニックを活用し、魚の生産における水消費量を最小限に抑えます。メンテナンスの容易な設計と高度な給餌管理により、給餌が最適化されます。このシステムは、現場で酸素を生成し、廃熱を回収し、最小限のエネルギーで酸素の生産量を最大化します。重要な構成要素を 24 時間週 7 日監視し、リアルタイムのアラートを発信するとともに、発電や酸素供給などの緊急バックアップを自動的に起動します。AquaMaof は、データマイニングと分析を通じて AI の開発を進めており、リアルタイムの監視、故障診断修理、在庫管理のためのシステムを提供しています。将来的にはこの施設では、メンテナンス、収穫、選別、計数、溶存ガス制御、温度制御などの技術的な作業が自動化され、バイオセキュリティが強化され、人的ミスが最小限に抑えられます。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：中
- 原産地：イスラエル
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

太陽熱利用機器：小規模漁業用ソーラー製氷機

AIREF



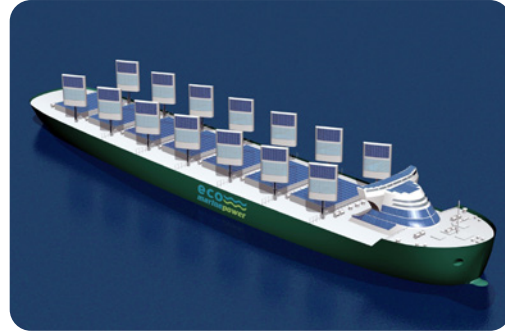
出典：AIREF

ソーラー製氷機は、利用可能な太陽エネルギーに動的かつ自動的に適応し、完全に炭素排出ゼロで動作します。AIREF が GIZ Indonesia と PT ASTB の支援を受けて開発したこのシステムは、バッテリーではなく熱エネルギー貯蔵を利用し、完全にオフグリッドで1日あたり最大1トンの氷を生産します。25 kWp (キロワットピーク) の太陽光発電システムで駆動し、1トンあたり約 100 kWh の冷却能力を発揮します。従来のシステムとは異なり、送電網由来の電力、推進剤、または高価な大型バッテリーを必要とせず、遠隔地でも氷の製造が可能です。地元で水揚げされた魚を冷蔵保存し、確実に鮮度を保つことができます。この製氷機は、環境に優しい R290 冷媒を採用し、スマート制御システムを搭載しています。この拡張可能で再現性の高いソリューションは、同様の物流課題に直面する沿岸地域に適しています。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：インドネシア
- 利用可能な地域：該当なし
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

漁船：風力補助推進システム

エコマリンパワー



出典：エコマリンパワー株式会社

EnergySail は、船内のエネルギー貯蔵装置と統合できる風力補助推進システムです。これらの硬質帆には、柔軟なソーラーパネルを取り付けることができ、補助または予備の推進力である信頼性の高いハイブリッド型再生可能エネルギー源を提供します。大型船では、帆の使用により 30% 超の燃料節約が可能であることが実証されており、2025 年現在、漁船に適した種類の開発が進められています。帆は、自立型の装置として、あるいは帆の配列の一部として使用でき、その位置はコンピュータ制御システムによって自動的に管理されます。使用していないときは、帆を降ろして収納することができ、錨泊中や港では、帆を上げたままにして再生可能エネルギーを継続的に利用し、蓄えることができます。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

4. アジア太平洋地域における主要なサービス部門向けのグリーンエネルギー・ソリューション

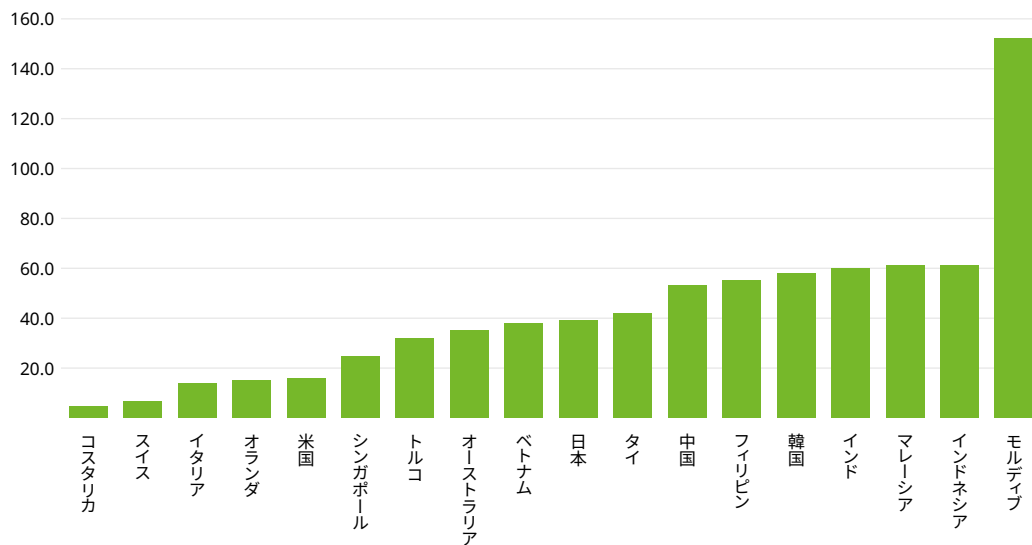


低炭素ホテル

アジアのホスピタリティ業界は過去数十年で大きく成長しました。中国、インド、日本、シンガポール、タイなどの目的地に世界中から数百万人の観光客が訪れています。アジアの持つ豊かな文化遺産、風光明媚な自然、歴史のおかげで観光業は大きな伸びを見せ、同地域の経済的な成長につながっています。一方で、このような成長により環境上の懸念も強まっています。ホテルでは冷暖房、照明、換気、温水が常に必要とされ、各種機器が24時間休みなく稼働することから、ホテルはエネルギーおよび水の最大の消費主体となっているためです。

事実、ホテル業界単体による二酸化炭素排出量は世界全体での排出量の約1%を占めており、うち60%がエネルギー消費によるものです(EHL, 2024a; Llanso, 2024)。2021年に世界全体のホテルから排出された二酸化炭素の量はおよそ3億6,300万トンであり、この数値は住宅4,570万軒が1年間に使用するエネルギー量とほぼ同じです(Llanso, 2024)。アジア太平洋地域では、高温な気候に加え、エアコン設備に強く依存していることが主な原因で、客室あたりの二酸化炭素排出量は特に高くなっています(図4.1)。図4.1によれば、2022年において、ホテル1泊あたりの炭素強度が高い国々の大半がアジアにあり、特に、モルディブは1室1泊あたりの二酸化炭素換算値が152.2kgと、最大になっています(Circular ecology, 2023)。

図 4.1 ホテル宿泊によるカーボンインパクト (2022 年) (1 室 1 泊あたりの二酸化炭素換算値 (kg))



出典: (Circular ecology, 2023) を基に一部改変。The Carbon Emissions of Staying in a Hotel. Circular ecology.
<https://circularecology.com/news/the-carbon-emissions-of-staying-in-a-hotel>

このような環境負荷を背景に、ホテル業界にとって持続可能性への注力は非常に重要なものとなりました。今日では、ゲストにタオルの再使用を促すだけでは十分とはいえず、エネルギー効率の高い技術の導入が不可欠となっています。また、環境に優しい宿泊先を積極的に求める旅行者の間ではこのような技術の需要が高まっています(Banc, 2024)。これらの理由から、アジア各地のホテルでは、エネルギー消費の低減と、ゲストの期待するラグジュアリーおよび快適性の維持とを両立させるため、スマートな暖房、換気、空調(HVAC)システムや自動照明制御、再生可能エネルギーなどの革新的な技術が利用されるようになってきています。こうしたソリューションに投資することで、ホテルは脱炭素化に貢献できるだけでなく、ゲストの満足度を高め、競争優位性を高めることもできます。

冷暖房はホテルのエネルギー消費の主要因

ホテルにおけるエネルギー消費量は、サービスレベル、快適性のニーズ、気候に応じて変わります。特に多量のエネルギーを消費しているのが、ホテルの総エネルギー消費量のうち 40% ～ 50% を占めている HVAC システムであり (Sensgreen, 2024)、これは経営側にとって効率性改善を期待できる対象です。高温多湿の地域では、冷房が総エネルギー消費量の 35% ～ 50% を占める一方で、給湯によるエネルギー消費量は 12% ～ 15% となっています (表 4.1)。

表 4.1 高温気候のホテルにおける設備機器によるエネルギー消費量の内訳

機器	エネルギー消費量の内訳
エアコン	35%-50%
冷蔵庫	5%-6%
給湯器	12%-15%
洗濯機 (冷水式)	1%-2%
照明	15%-22%
ポンプ、ファン	10%-18%
オフィス設備	4%-6%
調理	1%-2%

出典 : (IIEC, 2015)

ヒートポンプユニットは、年間を通じた室温調整が必要なアジアの国々、特に中国、日本、シンガポールなどのホテルで普及が進んでいます。ヒートポンプは屋内の冷房・暖房と湯沸かしの両方に使用できるため、従来のエアコン設備よりも柔軟性が高くエネルギー効率の高い選択肢となっています。ヒートポンプの使用によって、ホテルの総電気使用量を 44% 削減できる場合もあります (Sintef, 2024)。夏季には、冷房モジュールからの排熱をすべて再回収し、客室の給湯に使用できます。ヒートポンプは、電気温水器と比較して最大で 80% の運用コストの削減ができるため、効率を 3 倍～ 4 倍に高めることができます (IIEC, 2015)。空冷式および水冷式のヒートポンプ技術については、本書の前章にて、都市住宅を扱った節で詳しく述べているほか、「グリーン・テクノロジー・ブック」の[気候変動の緩和版](#)と[エネルギー版](#)にも記載しています。

二酸化炭素冷媒ヒートポンプ技術はホテル業界で近年浮上しています。中国のとあるホテルでは、二酸化炭素冷媒ヒートポンプを設置したことで、エネルギーを 50% 節約することができました (Koegelenberg, 2022)。二酸化炭素冷媒ヒートポンプは、クロロフルオロカーボン (CFC) 冷媒の代わりに二酸化炭素を使用した冷媒を用いるもので、高いエネルギー節約効果があり、環境パフォーマンスに優れています。この技術を活用することで、従来の電気温水器の約 4 分の 1 の電気エネルギーで湯沸かしが可能です。

エアコン (AC) は多量のエネルギーを消費しますが、エネルギー効率とゲストの快適性を向上させるスマートエアコンによって、ホテル業界の変革が進んでいます。高度なサーモスタット制御

と人感センサを備えたスマートエアコンは、適応型スケジューリングと事前設定された室温に基づき、ゲストの不在時に室温を自動調整したり、ドアやバルコニーの窓が開放されている際に電源をオフにしたりします。一元管理により、すべてのユニットを遠隔で監視し、制御することができます。メンテナンス警告やパフォーマンス追跡により、さらに効率が最適化されます。これに加え、インバータエアコンの場合は非インバータモデルに比べて、さらに 30% から 50% のエネルギーを節約できます (IIEC, 2015)。固定の速度やサイクルでオン・オフを切り替えるのではなく、インバータユニットが冷却需要に従ってコンプレッサーの速度、冷媒の流れを調整するため、エネルギー効率が高まります。デュアルインバータモデルはツインロータリー・コンプレッサーを使用しており、さらなる高効率を実現します。熱回収換気 (HRV) システムは、室内の空気質を向上させることでさらにエネルギー消費を抑制します。このシステムでは能動的に空気を暖めたり冷やしたりするのではなく、寒冷気候の場合には屋外に排出する空気から熱を回収し、温暖気候の場合には屋外から取り入れる空気から熱を除去します。これにより、新鮮な空気の循環を保ちつつ、エアコンシステムの冷暖房負荷を低減します。

蓄熱システムは、中国、日本、韓国のホテルで、チラー (冷却水循環装置) またはヒートポンプと組み合わせて使用されています。このシステムはオフピーク時に余剰の冷却エネルギーまたは熱エネルギーを蓄え、需要の高いときにこれを使用するという方法でエネルギー効率を高めます。チラーと組み合わせる場合、ホテルは、需要の低いとき (通常は夜間) に冷水や氷を作って蓄え、ピーク時にこれを冷房に使用します。これにより送電網の負担を低減し、エネルギーコストも削減します。同様に、ヒートポンプと組み合わせる場合は、エネルギー需要の低いときに蓄熱システムに熱を蓄え、必要なときにこれを放出します。

太平洋地域では、エネルギー効率を高める設計が取り入れられたホテルは多くありませんが、新たに設置する余地があります (IIEC, 2015)。これらのホテルでは現在、機械空調への依存を減らすため、受動的冷却が設計に取り入れられています。例えば、白色の反射性塗料を屋根に塗布して太陽光による熱放射を反射したり、樹木や日よけで建物の正面に日陰を作ったり、隙間の封止や複層窓ガラスの設置などにより空調済みの部屋からの漏気を防ぎ、断熱性を高めたりといった方法があります。

ホテルの照明の最適化によりエネルギー効率を改善

ホテルは 24 時間絶え間なく稼働するため、共有エリアの照明は長期間点灯し続けます。常時点灯されているロビー、エレベーターホール、廊下などの照明を白熱電球から LED に交換することで、エネルギー効率を大幅に改善し、電力消費量を低減できます (ECCJ, 2018)。この手法はシンプルですが、ホテルのエネルギー消費削減に非常に効果的です。LED は従来の白熱電球に比べてエネルギー使用を最大で 75% 削減できることに加え、大幅に長持ちします (Cosmina, 2025)。さらに、ホテルでは屋外スペースや通路にソーラーライトを使用することで、送電網への依存度を低減しています。

自動制御を使用すると、一元化したビルエネルギー管理システム (BEMS) がホテルの敷地建物全体の照明を管理できるようになるため、リアルタイムでエネルギー使用をさらに最適化できます。こうしたシステムでは人感センサ、タイマー、モノのインターネット (IoT) による接続性を使用して監視を行い、在室状況、時間帯、周囲の明るさレベルに応じて照明を調整します。例えば客室では、動きが検知されないときには照明は自動的に照度を落とすか、消灯します。カンファレンスホールや宴会用エリアでは、照明の使用日時を設定することで、必要なときにだけエネルギーを使用できます。

また、クラウドベースの照明管理システムをホテルに導入することで、複数拠点の照明全般を設備管理者が遠隔で制御および監視することができます。これにより不要なエネルギー消費を低減するとともに、故障や障害を即時に検出するためにメンテナンス効率が高まり、さらに電気にかかるコストも抑えることができます。HVAC や電気設備によっては、エネルギー管理システム (EMS) と連携できるものもあります。これらのシステムは宿泊客の好みに合わせた調整も可能です、室温や照明のカスタマイズによって快適性を提供しつつ、全体的なエネルギー効率を保つことができます。エネルギー効率を最優先にすることで、ホテルは、持続可能性目標に適合しながら宿泊客の満足度も高めることができます。さらに、エネルギー管理システム (EMS) には多くの場合、予測分析が組み込まれているため、データに基づく意思決定が可能です。エネルギー使用の履歴、在室状況の傾向、機器のパフォーマンスをパターン分析することで、ホテルは、将来の機器メンテナンスのニーズを予測したり、エネルギー消費量が急増するタイミングを予測したりできます。問題の発生以前に事前の措置が取れるため、業務運営を最適化できます。

ホテルのプールにおけるエネルギー削減

プールはホテルにとって重要な設備です。近年では、エネルギー効率の高いプールが注目を集めています。環境に優しいプールとは、高効率なプール用循環ポンプ、LED 照明、太陽光温水システムなど、エネルギーを削減するさまざまな先進技術を組み合わせたものです。

循環ポンプはホテル内のさまざまな箇所で水の循環に使用されており、プールはその 1 つです。通常、こうしたポンプは必要以上に大型で、大流量で動作する傾向にあり、過剰なエネルギー消費を招いています。ポンプの流量と流速を低減することで大幅なエネルギー削減が可能になります。例えば、ポンプの回転速度を 3,450 回転 / 分 (rpm) から 2,400 回転 / 分 (rpm) に低減することで (30% 減)、使用時の電力は 70% も削減されます (IIEC, 2015)。可変速ドライブ (VSD) は、ポンプの流れを制御するのに有効な方法です。これにより、ポンプのエネルギー消費量を 50% から 70% 削減できる可能性があります。最適な速度でポンプを稼働させることでポンプの寿命も延長されます。ポンプの特定の要件に合わせ、さまざまな種類の VSD が利用可能です。

ソーラーパネルを使用して自然の力でプールの水を温めることも、電気やガスヒーターへの依存度を軽減し、エネルギー消費量を低減する方法です。さらに、プールカバーを使用すれば熱損失や蒸発を最小限にし、水温を維持できるため、温水化のコストと水道代の両方を低減することができます。このようなカバーは、プール内へのごみの混入も防ぐため、濾過システムへの負荷の軽減にも役立ちます。高効果の濾過システムは、水の使用量を抑えるとともに水質維持にも役立つため、省エネルギーと節水の両方に効果があります。さらにエネルギー使用を低減するために、多くのホテルではプールの照明器具を LED に変更しています。

機器を順調に稼働させて不要なエネルギー消費を防ぐためには、日常のメンテナンスが重要です。プールなどの特定の状況では、不要なときにはただ単に循環ポンプの電源を切る方法で、大幅なエネルギーの節約が可能です。スタッフが手動で電源を切ることも可能ですが、予備のバッテリーを備えて停電時にも機能できるようにした上で、タイマーを使用して電源を切ることもできます。またさらに、自動システムを導入することで、濾過、温水化、照明などのプールのオペレーションを正確に制御できるようになり、遠隔での管理も可能なため、エネルギー使用の最適化にも役立ちます。

ホテルにおける太陽エネルギーの導入

太陽エネルギーはプールの温水化以外にも有用です。例えば、屋上にソーラーパネルを設置して照明用と温水用の電力を発電するホテルがアジアでは増加しています。ソーラーパネルを設置することで、ホテルは信頼性のある独立した電源を得られ、価格高騰や電力不足に備えることができます。多くの場合、太陽光発電を実現するにはバッテリーシステムも備える必要がありますが、太陽光による発電量は通常は最も暑い時間帯に最大化し、これは冷房の需要が最大化するタイミングと一致するため、ホテルのような環境下では特に効果を発揮します。例えば、バンコクのシャングリラ・ホテルでは、938 平方メートルの屋上面全体にソーラーパネルを設置し、太陽熱温水システムに熱を供給しています。このシステムは年間で 2,500 万リットルの水を温め、同ホテルの 802 の客室に十分な温水を供給しています (Nicklin, 2011)。

このほか、ホテル業界で近年浮上している太陽エネルギー技術には、集光型太陽光発電、太陽光発電窓、ソーラー充電ステーションなどがあります。太陽光発電窓は、板ガラスの表面に非常に薄型で透明な PV コーティングを施す新技術です。このガラスを窓やビル正面に用いることで、自然光を屋内に透過させながら発電が可能です。さらに、集光型太陽光発電はミラーやレンズを使用し、より小型で高効率なソーラーセルである太陽熱集熱器に太陽光を集めるものです。これにより、太陽からの放射熱を 70% から 80% 使用でき、より多くの発電や温水化が可能です (Oropeza, 2025)。

各国政府による、太陽エネルギーシステムの導入にかかる初期費用を軽減することを目的とした取り組みも、クリーンエネルギーへの移行を加速させています。例えばインド政府は、太陽エネルギーなどの再生可能なエネルギー源へ投資するビジネスに向けて、多様な奨励策、補助金、税額控除、交付金を提供しています。また、ホテルによるこうした取り組みは、近年高まりを見せるレスポンシブル・ツーリズム (責任ある観光) に合致するものでもあります。そのため、ホテルの評判を高め、環境の持続可能性を重視するゲストのブランドへの忠誠心を高める効果もあります。

ホテルのゲストもエネルギー消費量削減に貢献可能に

ホテルは、ゲストがどのように行動し、どのように省エネルギーと持続可能性目標を支持するのかを左右する重要な役割を負っています。ナッジ (それとない誘導)、インセンティブの提供、明確なメッセージなどの手段によって、ホテルはゲストに対し、滞在期間を通じて環境に優しい行動を選択するよう促すことができます。照明スイッチ、サーモスタット、シャワーなどの近くに案内板を設置するというシンプルな方法でも、ゲストに省エネルギーや節水を促すことができます。客室内のシステムやモバイルアプリを通じてデジタルの注意喚起や通知を送信すれば、ゲストのこのような習慣は滞在期間を通じてさらに強化できます。さらに、環境に優しいイニシアチブの参加者に対して、ささやかな報奨を提供したり表彰したりすることで、ゲストの関与が高まることも示されています。例えば、シンガポールのパークロイヤル・コレクション・ホテルの Go Green プログラムでは、隔日の清掃やリネン交換などを選択して節水と省エネルギーに貢献したゲストひとりにつき、1 本の苗を敷地内の庭園に植えています。この取り組みは、持続可能性を促進するだけでなく、ゲストにとっては自身の貢献が目に見える形で示されるものです。Booking.com の調査によれば、旅行者の 76% は、環境関連の認証を取得したホテルを予約する傾向が高くなっています。また、43% は、持続可能性を優先事項とするホテルに対してより多くの宿泊費用を払ってもよいと回答しました (Booking.com, 2023)。この結果は、持続可能性の取り組みに対するゲストの関与の重要性が高まっていることを示しています。

ホテルの食品廃棄物をエネルギーに転換

多くのホテルでは多量の食品廃棄物が日常的に廃棄されています。この問題に取り組むため、バイオガス発生装置を採用するホテルが増加しています。これは、食品廃棄物を再生可能エネルギーに転換するものです。バイオガス発生装置は大規模・中規模のホテルで広く使用され、ホテル内でエネルギー生成が行われています。

食品廃棄物をバイオガス発生装置に投入すると、嫌気性消化槽が有機物を分解してバイオガスを生成します。これを精製するとメタンガスとなり、発電や発熱のためのクリーンな燃料として利用できます。食品廃棄物の組成に応じて、1 トンの食品廃棄物から 200 ～ 400 キロワット時の電力が生成可能です (NUS, 2018)。余剰エネルギーはバッテリーに保存され、携帯電話やタブレットなどのデバイスの充電に使用されます。さらに、バイオガス発生装置からはバイオウォーターも生成されます。これは液体肥料として植物に使用できます。また、こうしたシステムをアプリやデジタルプラットフォームと連携すれば、リアルタイムの監視や管理が可能になり、効率性が高まります。化石燃料からの転換に加え、食品廃棄物の輸送の必要性も軽減できます。

さらに高度なバイオガス発生装置技術では、食品廃棄物から廃水を濾過して抽出し、1 トンあたり最大で 1,011 リットルの水を回収することができます (Hines, 2012)。こうした水は飲用には適さないものの、灌漑用や清掃用に再利用可能で、水の処理や輸送に必要なエネルギーを低減できます。省エネルギー効果と節水効果を兼ね備えるこの技術は、食品廃棄物の管理に困難が伴うフィリピンやシンガポールなどの国において、ホテルの環境への影響を最小化し、運営面における持続可能性を向上させています。

ホテルのアメニティのための高エネルギー効率の電化製品やスマート技術

エネルギー消費の低減に役立つさまざまな電化製品もあります。多くのホテルで採用されている現代型の省エネルギー・カードキーシステムは、ゲストの入室直後に客室の照明、エアコン機器、その他の電気機器の稼働を開始させ、不在時には自動的に停止します。自動停止ソケットは、客室内のテレビ、充電器、卓上ライトなどの接続済みデバイスへの電力供給を不使用時に停止することで、無駄な待機電力（「疑似負荷」または「バンパイア電力」としても知られます）の発生を防ぎます。一部の高度なモデルでは、特定の時刻に電化製品の電源をオフにするようなプログラム設定や、ホテルのエネルギー管理システム (EMS) と連携した集中制御が可能です。ミニバー、スマート冷蔵庫も、ゲストの使用パターンを分析し、ゲストが使用するときだけ冷却機能を稼働することで、エネルギー消費を最適化できます。

また、スマートウィンドウ、スマートブラインド、スマートカーテンは、日照状況と室温に応じて自動的に調整を行い、冷暖房を最適化します。例えばスマートウィンドウは、冬には自動的に淡色に変化して太陽による自然光と熱を利用できるようにする一方、夏には最濃色に変化し熱を遮断します。これにより、二重窓だけの場合に比べて、さらに最大で 70% のエネルギーを削減できます (Tara Energy, 2025)。稼働には電力を要するものの、スマートウィンドウ 100 枚が消費するエネルギーは、75 ワットの電球 1 個よりも少量です (Tara Energy, 2025)。

厨房設備に関しては、電磁調理器、コンビオーブン（スチーム調理とコンベクションオーブンなど、複数の調理法を組み合わせることで調理時間とエネルギー使用を低減するもの）などの使用により、調理に伴うエネルギー使用量を低減できます。空冷式の製氷機は、45 kg の氷の製造に使用する水量は 57 ～ 95 リットルのみです。水の代わりに空気を冷却に使用することで、従来のモ

デルより電力消費も低減されます。現代的な非接続型の蒸し器を使用すると、さらにエネルギー使用が低減されます。断熱処理が施されたボイラーレス設計で、熱を閉じ込め、圧縮された蒸気を再利用するため、1日あたりの水の必要量はわずか53リットルで、加熱とオペレーションにかかるエネルギー需要を大幅に低減します (The Kitchen Spot, 2025)。

ヒルトン東京ベイ、フェアモント・ジャカルタなど、いくつかのホテルでは食品廃棄物の削減のためにロボットやAIも使用されています。AIが食品の消費量を予測し、1食あたりの分量を調整して過剰な仕込みを抑えます。また、ロボットは生ゴミの分別と収集を行います。この結果、多量のエネルギーを消費する食品廃棄物の輸送と堆肥化処理の必要性が低減されます (Accor, 2023)。

効率的な水管理技術で省エネルギーを実現

アジア太平洋地域のホテルでは節水ソリューションの採用が進んでいます。これは水の使用量を抑えるだけでなく、温水化や循環ポンプに使用されるエネルギーも低減するものです。旅行業界のなかでも、ホテルは最も多く水が消費される場所です (Antonova *et al.*, 2023)。客室、アメニティ、ランドリー、厨房、レストラン、庭園、プールなど、あらゆる場所で水が必要とされます。

ホテルの客室1室につき、1日あたりの平均で1,500リットルの水が消費されています (EHL, 2024b)。最も一般的に採用されている戦略は、客室に節水型シャワーヘッドや節水型水栓、無水小便器、節水型トイレや2段階洗浄式トイレなどの水使用効率が高い機器を設置することです。例えば、節水型シャワーヘッドは水の使用量を1分あたり6～10リットルにまで低減します。従来型に比べて水量は半分近くになりますが、水に空気を混ぜ、穴の大きさを小さくすることで水の速度を速めるため、高い水圧を保ちます (Econation, 2025)。このようにして水の使用量が減ることで、給湯の必要性も低減され、給湯器に使用されるエネルギーの削減に直結します。同様に、節水型トイレ、2段階洗浄式トイレも洗浄1回あたりの水の使用量を最小化するため、ポンプで循環させる水の分量が減り、水処理や給湯の必要量も減ります。さらに、タップに反応するモーションセンサなどのスマート技術をトイレに導入することで不要な利用が減り、節水とエネルギー効率の向上の両方に寄与します。

また、ホテルではモノのインターネット (IoT) 搭載のスマートメーターを備えたスマート水管理システムの導入も進んでいます。これは、水の消費量を監視し、リアルタイムで水漏れを検知し、ホテルの客室や各種設備全体で水の使用を最適化するものです。ヒルトンは、スマート水管理システムの導入により、水の使用量を2008年と比較して43%低減することに成功したホテル運営会社の一例です (EHL, 2024b)。

旅行先としてのアジア各地は、ツーリズムにおける水リスクの対応を特に優先すべき地域です。この地域は水ストレスが特に高く、さらにホテルの客室あたりの水使用強度 (WUI) は最大になっています (ITP, 2018)。客室あたりの水使用強度が特に高い地域には、多くの旅行者が訪れるデリー、杭州、パタヤ、ソウル、シンガポール、東京などのアジア各地が含まれます。これは、アジアで運営するホテルにとって、水管理の実施を強化する必要があることを明確に示しています。例えば、雨水活用や、シンク、シャワー、ランドリー、厨房からの廃水 (グレーウォーター) を灌漑に再利用することで、水道水への依存度を低減しているホテルもあります。マリーナベイ・サンズ・ホテル (シンガポール) では、エアコンユニットから排出された凝縮水のうち毎日7万7,000リットルを再利用し、敷地全体の造園や植物の灌漑用としています (Marina Bay Sands, 2025)。

ホテルのランドリーも、多量の水とエネルギーが消費される場所であり、特に給湯による消費が顕著です。オゾンランドリーは、冷水に溶かしたオゾンガスを使用して衣類を洗浄・殺菌する新しい省エネルギー技術です。これにより温水の需要が低減し、化学製品の使用も減少し、洗濯サイクルも短縮されるため、エネルギー消費と水消費の両方を大幅に削減します。

イノベーションの事例

モーションセンサ照明システムによりエネルギーコストを削減 (シャングリラ・ホテル、中国)



出典 : Getty Images/Jakub Zerdzicki

中国・福田のシャングリラ・ホテルでは、28 のフロアと客室前廊下の全般にわたってモーションセンサ照明を使用し、ゲストの快適性を損なうことなく、エネルギー効率の最適化を実現しました。同システムは、廊下内に動きが検知されない場合に装飾照明の照度を 25% 落とし、ゲストが客室やエレベーターから廊下に立ち入ると即座に再び照度を上げます。このイノベーションにより年間でおよそ 15 万 kWh の電気使用が削減されました。これは約 21,405 米ドルに相当します (Shangri-La Asia Limited, 2010)。さらに、自動ビル管理システムとタイマー制御によって建物正面、庭園、景観の照明を管理し、事前設定した時刻に電源をオフにしています。

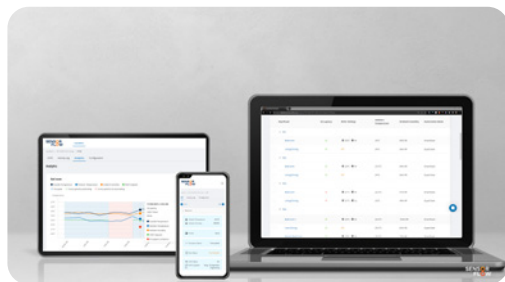
オーストラリアのリゾートで太陽エネルギーを導入



出典 : Voyages Indigenous Tourism Australia Pty. Ltd.

オーストラリアの内陸部に位置するエアーズロックリゾートは、太陽エネルギー使用の好例です。Tjintu 太陽光発電所で同リゾートのエネルギー需要のうち最大で 30% を発電することで、従来のエネルギー源への依存度を低減しました。同リゾートが行う無駄最小化プログラムによって、効率的なリサイクルと無駄の削減が進められ、環境負荷の低減につながっています。さらに、ビル管理システムを使用して敷地全全体の冷暖房を制御することで、エネルギー消費を最適化しました。こうした取り組みにより持続可能性が向上しただけでなく、地域の自然環境の保護にも役立っています。

スマートホテルシステムを使用し、ゲストによるエネルギー使用量削減をサポート (香港、中国)



出典 : SensorFlow Pte Ltd.

中国の香港のホテルグループでは、SensorFlow のインテリジェントなホテルシステムを導入し、ゲストが積極的に省エネルギーに取り組めるよう促しています。ゲストはホテルのスマートアプリを使用して自身の客室のエネルギー消費に関するデータをリアルタイムで確認でき、室内の機器を適切に制御できます。これにより、ゲストがより効果的にエネルギー消費を管理できるようになりました。それにとどまらず、このように透明性が確保され、使用した分の料金だけがゲストに請求されるようになったことで、ゲストはより持続可能な選択肢を選ぶことができるようになりました。このイニシアチブにより環境を意識した行動が促進されただけでなく、ゲストは無駄なエネルギー消費を抑えることでホテルの宿泊料を節約できるため、ホテル、ゲスト、環境の三者にとって有益な結果となりました。

既成技術

機械および器具：熱回収食器洗い機

Champion



出典：Getty Images/Warut1

この省エネ食器洗い機は、従来モデルに比べてエネルギー使用量を 66% 削減します。毎日 6 時間稼働した場合、年間で 79,495 kWh 時の電力削減になります。自社開発の熱回収システムにより、庫内のすすぎ工程で発生した蒸気を再利用して給水を事前に温め、水温を 25°C から 47～57°C にまで上昇させます。デュアルサーモスタット技術が安定したすすぎ温度を確保し、殺菌とエネルギー節約の両方を最適化します。さらに、熱回収システムにより蒸気漏れを最小限に留めるため、室温上昇を抑え、エネルギー効率をさらに高めます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：オーストラリア、東南アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー供給：バイオガス熱電併給ユニット

ヤンマー



出典：ヤンマーホールディングス株式会社

このヤンマー製 CP マイクロ熱電併給ユニットは、ガスエンジン技術を用いて発電を行いながら、排熱を再利用して温水を作り、エネルギー効率を最大化します。ユニットはバイオガスで運転可能で、エネルギーコストと二酸化炭素排出量の両方を削減することで、ホテル、レストランなどの施設に持続可能なソリューションを提供します。エンジンの熱を取得することで効率的に水を温めるため、別個の温水システムを設ける必要がありません。複数のユニットを統合して出力を高めることも可能です。停電時始動が可能なモデルは、停電時にも信頼できる、レジリエントなエネルギーソリューションとなります。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー管理：スマートエアコンとラジエーター制御ソリューション

Sensgreen



出典：Sensgreen

Sensgreen のスマートエアコン (AC) とラジエーター制御ソリューションは、IoT ベースの無線ソリューションで、室温管理における効率性とコスト効率性を最適化するように設計されています。このソリューションは、既存のエアコンユニットとラジエーターを統合するため、大規模な工事をする必要がなく、正確な室温制御を可能にします。リアルタイムのモニタリングと AI を活用した自動化により、エネルギー消費を最大で 30% 削減します。エアコンとラジエーターの設定はユーザーが遠隔で監視および制御できるため、調整やトラブル対応、メンテナンスの際に便利です。在室状況、窓のステータス、室温のしきい値に応じて、エネルギー効率と快適性を最適化するためのスマートシナリオを作成したり、異なる時間帯ごとの温度プロファイルを設定したり、リアルタイムの気象データを使用して動的に設定の調整を行ったりします。また、オフィス、会議室などのさまざまなゾーンごとにタイムテーブルのカスタマイズや、季節に応じたスケジュール適応により室内環境を理想的に保ちながらエネルギー消費量を最小化することが可能です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：トルコ
- 利用可能な地域：アジア、オーストラリア、カナダ、ヨーロッパ
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：可変速プール用循環ポンプ

Maygo



出典：Getty Images/Evgeniya Sheydt

この可変速プール用循環ポンプは、永久磁石同期電動機 (PSMS) を使用し、IE5 の効率を有します。標準的な単一速度のポンプに比べ、最大で 80% のエネルギー節約が可能です。このポンプは柔軟な速度調整が可能で、漏れを防ぐためにメカニカルシールが使用されています。このポンプの使用温度は 5°C から 50°C です。液晶ディスプレイ画面が搭載され、手でタッチ操作できます。Wi-Fi や Bluetooth 経由での接続もできるため、モバイルデバイスからの制御もできて便利です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：節水・省エネ型シャワーヘッド

Smart & Blue SAS



出典：Getty Images/ben-bryant

HYDRAO Aloe シャワーヘッドは、1 分間あたり 6.6 リットルという効率的な流量でありながら、使用の快適性も保たれています。ナッジ理論を取り入れたこのシャワーヘッドには、ステージごとに色が変わる LED が組み込まれています。リアルタイムで水消費についてのフィードバックを提供し、ユーザーに節水を促します。付属の HYDRAO アプリでは、シャワーの履歴の追跡、進捗状況の視覚化、カスタマイズされた目標の設定、節水のしきい値の調整が可能で、ひとつひとつのシャワーを節水のチャンスへと変革します。あらゆる従来型のシャワーホースに改装が可能です。必要な電力はすべてシャワー内を通過する水流から得るため、バッテリーは不要です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：フランス
- 利用可能な地域：フランス、シンガポール
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

機械および器具：ホテル向けボイラーレス・コンビオーブン

エレクトロラックス・プロフェッショナル



出典：Electrolux Professional

業務用厨房向けの SkyLine Oven は、断熱性が強化されたチャンバー、三層ガラスの扉、エネルギー消費量を最小化する最適な庫内設計が特長です。高精度の制御システムと 26 個のセンサが連携し、最適なエネルギー使用を実現します。Lambda のスマートセンサが湿度を制御し、必要なときにだけ蒸気を生成します。食品から発生する水分を使用することで水の使用量を低減します。Plan-n-Save により、調理の手順を最適化して高い効率を実現できるため、エネルギー消費量を最大で 20% 低減できます。さらに、効果的な庫内清掃が可能で、ボイラーのスケール除去も組み込まれています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：スウェーデン
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：窓および建物正面向け スマートガラス

Gauzy



出典：Gauzy

Gauzy は、高効率スマートガラス技術とポリマー分散型液晶 (PDLC) と懸濁粒子デバイス (SPD) を採用し、ガラスを透明、淡色、不透明に切り替えることができます。必要に応じてプライバシーを保護したり、動的に日光を遮断して有害な紫外線を 99% 防いだりすることができます。スマートガラスは低電圧で稼働し、太陽光による熱取得や自然光レベルを制御できるため、エアコンや人工照明の必要性を低減し、建物全体のエネルギー需要と二酸化炭素排出量を低下させることができます。従来のブラインドやシェードを同システムに取り替えることで、長期的には素材の廃棄やメンテナンスも最小化します。Wi-Fi や遠隔制御機能を介し、このソリューションをスマートビルディングの自動化と連携させれば、利用者の快適性を向上させながら、グリーンビルディング認証にも貢献します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：中
- 原産地：イスラエル
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー供給：再生可能エネルギー・ マイクログリッドとスマートエネルギー管理

Canopy Power



出典：Canopy Power Pte Ltd.

Canopy Power が設計・導入した再生可能エネルギー・マイクログリッドシステムは、遠隔地のビジネスやコミュニティを対象に、安定性のあるクリーンエネルギーの供給を確保します。同社のマイクログリッドは、顧客や所在地ごとのニーズに合わせて、ソーラーパネル、水上太陽光発電、風力発電、バッテリーエネルギー貯蔵など、多様なエネルギー技術を組み合わせて取り入れ、回復力を確保しています。すべてのマイクログリッドには、同社のスマートエネルギー管理システム (EMS) である Hornbill™ が備えられており、管理者が性能分析をしたり、再生可能エネルギーから収益を上げたりすることが可能です。同社の EMS はブロックチェーン技術を用いて、取引に使用できる再生可能エネルギー電力証書 (REC) を自動的に生成します。さらに、Canopy Power は検査、部品交換、潤滑、遠隔監視と管理などを含む運用 & メンテナンスサービスを提供し、長期にわたりシステムの性能を確保します。

- 契約形態：販売およびサービス提供
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：シンガポール
- 利用可能な地域：アジア太平洋地域、オーストラリア、カリブ海地域
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

Co.Efficient Alpha



出典：Co.Efficient Alpha

電圧の最適化は、電気システム内で電圧レベルを調整するために用いられるテクニックです。これによりエネルギー消費を削減し、電力サージから機器を保護することで機器寿命を延ばします。Co.Efficient Alpha による、変圧器をベースにしたこの電圧最適化システムは、必要な電流のみを流して負荷を調整し、電力消費を 8% から 12% 低減します。同システムは屋内、屋外いずれでも使用できるため、商業ビル、工業施設など、多量のエネルギーを消費する機器が同時稼働する可能性のあるさまざまな場面で利用可能です。このソリューションは拡張可能で、遠隔監視により、リアルタイムのスマートエネルギー管理が可能で、実質的に寿命が存在しません。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：シンガポール
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

フロンティア技術 (先端技術)

機械および器具 : 業務用オゾンランドリー

BioSure



出典 : BioSure

BioSure Professional の OWS シリーズは、特許取得済みの間接的電解式オゾン生成 (EOG) 技術を使用し、水からオゾンを生成します。このプロセスにより窒素酸化物 (NOx) を含まない純オゾンが生成されるため、洗濯に使用することで優れた洗浄力と高い効率が発揮されます。溶解オゾン水はリネン類の汚れを酸化し、臭いの原因物質を取り除くため、強力な殺菌効果を持ちます。さらに、オゾンから発生する酸素が生地の繊維をほぐし、乾燥工程で水分の放出を促すため、乾燥時間が短縮され、エネルギー消費量が低減されます。また、オゾンにより化学洗剤の効果も高まるため、すすぎを何度も行う必要がなくなり、洗濯サイクルが短縮されます。これにより温水用のエネルギー使用も低減できます。オゾンにより、全般的な化学物質の使用量も減らすことができます。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : フロンティア
- 技術レベル : 高
- 原産地 : 台湾 (中国)
- 利用可能な地域 : 全世界
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

機械および器具 : 空冷式製氷機

Ice-O-Matic



出典 : Getty Images/kckate16

Elevation Series の製氷機は、BPA フリーの部品を使用し、エネルギー効率を最大で 20% 改善します。ファンを使用してコンデンサコイル周辺の空気を循環させ、排熱するため、水冷式に比べて電気の使用量が少なくなります。さらに、両側面と天板面から熱気を逃がす革新的な設計により、設置スペースに限りがある場合でも柔軟に対応でき、排気が詰まるリスクを低減します。電源を差し込むだけでシステムが稼働するため、設置が簡単です。さらにミッションクリティカル表示器、Smart Harness™制御盤、汎用部品の採用、修理や整備が容易なデジタル診断を備えるといった特徴を有します。

- 契約形態 : 販売
- 技術の成熟度 : フロンティア
- 技術レベル : 高
- 原産地 : 米国
- 利用可能な地域 : 全世界
- 連絡先 : [WIPO GREEN データベース](#)

冷暖房機器：二酸化炭素冷媒ヒートポンプ

イトミック



出典：株式会社 日本イトミック

イトミックのヒートポンプは、自然の二酸化炭素 (R744) 冷媒を使用しています。従来のクロロフルオロカーボン (CFC) ベースの冷媒と異なり、二酸化炭素冷媒の場合は地球温暖化係数 (GWP) が1、オゾン層破壊係数 (ODP) が0です。最大モデルである CHP-80Y2 (65 kW) は省スペースで設置できるY型フレームデザインで、産業用、ホテルなどの大型施設用に最適です。周辺温度が -20°C ～ $+43^{\circ}\text{C}$ で稼働し、 60°C ～ 90°C の温水を供給します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：アルゼンチン、アジア、オセアニア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：スマートルーム制御装置

Regin



出典：Regin Controls Sverige AB

Regio RCX は、洗練された近代的なデザインのスマートルーム制御装置で、デザイン性が重視される場面に最適です。組み込みのセンサを備え、温度、湿度、二酸化炭素、揮発性有機化合物 (VOC)、動きを検知します。さらに、付属のLEDディスプレイは視認性を調整して見やすくしたり、夜間に照度を落としたりできます。需要に応じた制御ができるように設計されており、エネルギー消費を低減しながら快適性を最適化します。セットアップ時にプログラムは不要で、ターミナルは取り外し可能なため設置もメンテナンスも簡単です。ビル管理システムと連携し、集中制御を支援します。アプリ (REGIN:GO) やアプリケーションツールを通じて構成管理ができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：スウェーデン
- 利用可能な地域：アジア、ヨーロッパ
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：AI を活用した水濾過と、 詰め替え可能なボトル

Boon



出典：Getty Images/jamestehohart

Boon の浄水器・給水器は、AI を活用してエネルギー効率を最適化し、水の無駄な使用を最小化します。Boon Refill と組み合わせて使用した場合、ブランド名が印字された再利用可能なガラス製ボトルをホテルに提供します。この浄水システムはリアルタイムで水質の継続監視を行い、濾過プロセスを適切に調整します。地域の水質状況に応じたカスタマイズが可能で、水質の良い地域においては限外濾過を使用することで逆浸透 (RO) の必要性を低減します。逆浸透が必要な地域では AI が水質に応じてリアルタイムでポンプ速度とフィルター設定を調整します。重力式の濾過システムを使用することで、エネルギー効率をさらに高め、電力への追加依存を抑えます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：インド、シンガポール
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

効率的な水利用：無水小便器

Zerodor



出典：Zerodor

Zerodor の無水小便器は、洗浄用の水を必要としない設計がされた配管キットで、あらゆる従来型の小便器を改装することが可能です。特許取得済みの機械式一方弁が使用され、尿を排水系統に流すとともに、臭気の原因となるガスが室内に逆流するのを防ぐことが特徴です。このシステムは消耗品、電力、継続的な維持コストを必要としないため、排水系統へ押し流すためのエネルギーと水を必要とする従来型の小便器に比べ、低メンテナンスで環境に優しい代替品として機能します。水による洗浄が必要ないため、この無水小便器を利用すれば 1 基あたり年間でおおよそ 15 万リットルの水が削減されます。これによりポンプによる給水の必要もなくなるため、プロセス全体にかかるエネルギー使用の削減につながります。節水と臭気制御の機能を持つこの小便器は、利用者の多い商業施設のトイレに最適です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：インド
- 利用可能な地域：インド
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー供給：薄膜太陽電池

Hanergy



出典：Getty Images/Acumen86

Hanergy の薄膜太陽電池技術は、柔軟性、軽量設計、低照度での高い性能、多様な色彩および形状という優れた特徴を備えています。従来のシリコンベースの太陽光パネルに比べ、薄膜モジュールはガリウム砒素 (GaAs)、セレン化銅インジウムガリウム (CIGS) などの素材を使用し、低照度の環境下でも高効率で動作するとともに、曲面への設置にも柔軟に適應します。こうした独自の特性から、建築統合型太陽光発電 (BIPV)、住宅用電力、自動車用電力、電子機器、コンシューマー製品、特殊用途など、多様な用途に適しています。平らで勾配のある屋根、窓、建物正面、カーテンウォール、天井などに組み込み可能です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー管理：クラウドベースのホテル管理システム

VDA-Telkonet



出典：VDA-Telkonet

Etheos はホテルや集合住宅ユニット向けのスマート自動化システムです。あらゆる機器から使用可能なクラウドベースのプラットフォームを経由して、ホテルの管理者は遠隔からホテルへのアクセス、照明、環境の制御が可能です。リアルタイムの監視、個別化されたアクセス、エネルギー分析により、資源の使用を最適化し、コストを削減し、ゲストの体験を向上させます。Etheos は施設の管理システムとシームレスに連携し、効率性を高めるとともに、エネルギーに関する戦略的な意思決定を支援します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：イタリア
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

ClearVuePV



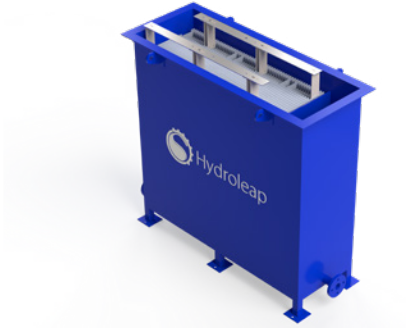
出典 _ClearVuePV Technologies Limited

太陽電池一体型外装は、建物の受動壁や透過性のない外装部を発電面として活用するものです。柔軟性の高いこのシステムは、ガラス、大理石、石、石積み、れんが、花崗岩、木、タイル模様など、さまざまな建物正面の仕上材を模倣することが可能で、建物の外面全体でエネルギー発電量を最大化します。こうした外装を採用することで、選択された仕上げや色に応じ、最大で1平方メートルあたり189ワットピークが発電可能です。簡単に導入でき、建築関連法規に適合し、従来のエネルギー消費の相殺によって、大幅なエネルギー節約に貢献します。発電されたエネルギーはビル管理システム (BMS) に組み込んでスマート機能の電力として使用することも、ピーク時の需要に備えて貯蔵することも可能です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：オーストラリア
- 利用可能な地域：オーストラリア、オランダ、カタール、シンガポール、南アフリカ、イギリス、米国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

廃水：次世代型廃水処理

Hydroleap



出典：Hydroleap

Hydroleap の特許取得済みの電解酸化法 (HL-EO) および電解凝集法 (HL-EC) 技術により、電気を使用して廃水から汚染物質を除去できるため、化学物質を使用することなく高効率な水処理が可能です。HL-EO により生成された酸化剤が有機汚染物質や病原菌を分解する一方、HL-EC は浮遊物質、金属、油分を不安定化し、濾過しやすくします。こうした電気化学プロセスにより浄化効率が向上し、二次廃棄物が低減し、エネルギー集約的な薬液注入が不要になります。モジュール式の高性能なソリューションとして設計された Hydroleap の技術は、現在ではフィリピンの Biocare との協業によりホスピタリティ業界への導入が進んでいます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：シンガポール
- 利用可能な地域：アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー供給：窓および建物正面への発電コーティング

SolarWindow Technologies



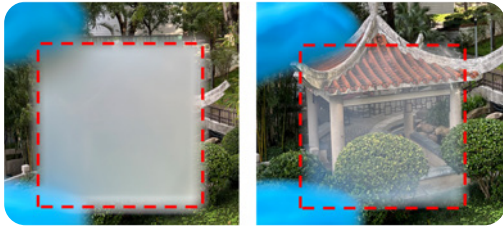
出典：Getty Images/nevodka

LiquidElectricity® は、ガラス、柔軟なプラスチック、フィルムなどの面で発電が可能になる有機薄膜太陽電池 (OPV) コーティングです。コーティングは非常に薄い層を形成するため、このテクノロジーにより建物の窓や建物正面が透明な発電材となります。従来の屋上設置型のソーラーパネルと異なり、視界を遮ることはなく、追加の空間も必要としません。自然光・人工照明の両方で機能するように設計されており、建物のあらゆる外装面や室内環境における発電の可能性を高めます。コーティングは主に無毒性の素材と地球上に豊富な鉱物で構成され、用途に応じた透明性および色彩を確保するように調整されています。このテクノロジーは現在、商業化の前のフェーズにあり、製造パートナーシップ構築と生産拡大に向けた取り組みが進められています。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：米国
- 利用可能な地域：該当なし
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー供給：マスクにヒントを得た ペロブスカイト・スマートウィンドウ

香港城市大学



出典：香港城市大学

香港城市大学の研究者らにより開発された、マスクにヒントを得たペロブスカイト・スマートウィンドウは、エネルギー効率を向上させ、耐候性も有します。熱変色性ペロブスカイトは省エネ効果のあるスマートウィンドウの素材として有望視されている一方、耐候性、水による損傷、視認上の強い曇りが課題となっています。この新しい構造は医療用マスクにヒントを得たもので、表面の粗さを低減したことで光の透過度合いを向上させ（曇りを90%から30%に削減）、防水性も向上させています。この熱変色性ペロブスカイト素材は、温度と照度に応じて性質を変化させます。これにより、建物に侵入する熱と光を調整し、建物のエネルギー消費を最大で10%低減します。この窓には地球上に豊富な鉱物と無毒性の素材が使用され、柔軟なPETフィルムが直接接着されているため、グリーンビルディングを実現するためのエネルギー効率を改善しながら、改修コストを低減します。

- 契約形態：該当なし
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：香港(中国)
- 利用可能な地域：該当なし
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー供給：ガラス統合型ペロブスカイト 太陽電池

パナソニックホールディングス



出典：パナソニックホールディングス株式会社

ペロブスカイト太陽電池は薄型、軽量、柔軟で、従来のシリコンベースの太陽電池に代わるものです。この素材はガラスなどの基板の表面に印刷されるもので、建物一体型太陽光発電システムの用途に適しています。パナソニックでは、ガラス組み込みのペロブスカイト太陽電池テクノロジーを開発しています。同社による発電ガラスのユニットは、2025年時点で1年以上にわたってモデルハウスで使用されています。ペロブスカイトセルの特に大きな課題は、この素材が水に弱いため、稼働寿命が限られていることです。パナソニックでは、2層目のガラスシートでセルを閉じ込めて2重窓にするという方法で、この問題に対処しました。2023年、同社のセルを用いた804 cm²のユニットは、18.1%のエネルギー変換効率を達成し、従来品と同等の性能を発揮しました。サイズ、透明性、デザインの面で高い個別化のしやすさを持つこのガラスは、数年以内の商業化が期待されています。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率の高いショッピングモール

アジアにおけるショッピングモールは、今や単なる小売店の集まりではありません。食事、レジャー、スポーツ、文化体験などさまざまな活動ができる、活気あふれる目的地として進化しており、地域コミュニティの日常生活にとって欠かせないものとなっています。特に、東南アジアのバンコク、ジャカルタ、クアラルンプール、シンガポールなどの都市には、多層階形式のショッピングモールが非常に多く存在します。エアコンの効いたこうした施設は、高温多湿な同地域において保養所の役割を果たしています。人々がこうしたモールに集うのは、買い物だけが目的ではありません。フードコート、映画館、屋内テーマパーク、展示会など、社交や娯楽を目的とすることもあります。現在、未来のモールの姿として、顧客を惹き付けるためにデザインされた没入型アトラクションによる体験主導型の空間が登場しています。例えば、バンコクのアイコンサイアム (ICONSIAM) では見事なマルチメディア噴水ショー、文化的な展覧会、クリエイターズマーケットなどが催され、モール体験を再定義しています。また、ウェルネスセンター、コワーキングスペース、ジムなど、多様なサービスやアメニティも提供されています。一部のモールではアイススケートができることもあります。

このように多数の活動が発生するモールは、エネルギーを多量に消費する場所でもあります。空調が完備されたモールの場合は、電気使用量のうち、エアコンと照明が最大で 85% を占めることもあります (RH1, 2024)。快適性や楽しみのニーズと、持続可能なエネルギー使用との適切なバランスが課題です。本章では、アジアのショッピングモールにおけるテクノロジーの選択肢やトレンドを取り上げます。エネルギー効率の向上を目指すさまざまな例として、エネルギー効率の良い HVAC システム、高度な建物管理ソリューション、再生可能エネルギーの導入、電気自動車の充電スタンド設置などを挙げます。

ただし、ショッピングモールで使用されているテクノロジーの多くは、ホテルや居住用建物でも一般的に使用されているものです。例えば、LED 照明、ヒートポンプを利用した高効率冷暖房機器、スマートデバイスやスマート電化製品、食品廃棄物からのバイオガス生成などの技術があります。これらの技術は本書の都市住宅およびホテルの節ですでに取り上げられているため、ここでは割愛します。これらのソリューションについて詳しくは、「グリーン・テクノロジー・ブック」のエネルギー版と気候変動の緩和版もご覧ください。

技術開発とトレンド

屋外広告および大型デジタルディスプレイ向けの低電力技術

デジタル屋外広告、屋内用デジタルサイネージ、大型スクリーンはアジアのショッピングモールで強い存在感を放っています。多くがタッチスクリーン機能や QR コード機能を備え、顧客が直接働きかけできるようになっています。このようなダイナミックディスプレイは、道案内、発表、製品のローンチ、情報共有など、複数の用途に使用され、コミュニケーション、マーケティング、顧客体験の向上のために不可欠のツールとなっています。

従来の印刷物からデジタルサイネージに取り替えることで、廃棄物を削減できるだけでなく、全体的な二酸化炭素排出量も低減できます (Praevor, 2025)。すなわち、持続可能性の取り組みにおいては、エネルギー効率の高い技術を用いたデジタルスクリーンを使用することが重要な要素です。例えば、LCD (液晶ディスプレイ)、LED (発光ダイオード)、OLED (有機発光ダイオード) などの省エネルギーディスプレイがあります。

LCD および LED はいずれもデジタルサイネージの用途に広く使用されていますが、これらは異なる技術であり、性能も異なります。LCD ディスプレイは CCFL (冷陰極蛍光管) によるバックライトに依存し、LED ディスプレイよりも多くの電力を消費します。LED は個別に発光するダイオードを使用して、より明るく鮮やかなビジュアルを表現します。LED ディスプレイは LCD と異なり、直射日光の当たる屋外環境で特に高い効果を発揮します。この分野での最新テクノロジーであるミニ LED とマイクロ LED は、従来品よりも小型かつ正確で、効率的に発光し、発熱の低いダイオードを使用したもので、エネルギー効率をさらに高められます。これらを使用したスクリーンは、従来の LED ディスプレイに比べて、同様の条件下でエネルギー消費を最大で 40% 低減できます (Absen, 2024)。また、OLED ディスプレイは、各ピクセルを個別に発光させて効率を高めます。正確な照度制御が可能で、各ピクセルをオフに切り替えれば、完全な黒が表示されます。これにより、発光ピクセルだけが電気を消費するため、エネルギー使用を抑えながらも高照度の表示が可能です。ただし、OLED スクリーンは他に比べて一般的に高価です。

もう 1 つのトレンドは、太陽光発電を用いた LED ディスプレイです。これらのスクリーンには太陽光発電 (PV) パネルが組み込まれており、エネルギーを自ら発電してバッテリーやキャパシタに蓄電し、これを LED や、コントローラ、センサ、スピーカーなどのディスプレイの他の構成部品に供給します。これによって自立した機器となり、送電網への依存度を低減できます。こうしたシステムが特に便利なのは、屋外看板やスマート屋外広告に使用する場合、あるいは遠隔地や開発中のエリアで信頼性の高い電源へのアクセスが限られているために送電網に非接続で設置する場合です。

デジタルディスプレイは、周辺の明るさに基づいて電力使用を低減するダイナミック照度調整などの高効率機能により、エネルギー使用の最適化をさらに進めます。スリープモードは、使用されていないときにスクリーンが低電力モードになるもので、オフピーク時や夜間のエネルギー消費を低減します。さらに高度な遠隔エネルギー管理システム (EMS) により、ビジネスにおいて、スクリーンの設定をリアルタイムで監視および最適化し、さらなるエネルギー使用の低減を可能にします。

エネルギー効率の高いエスカレーターおよびエレベーター

アジアにおけるモールの大半は、エスカレーターおよびエレベーターを備えた高層ビル形式です。これらの設備は多くのエネルギーを消費しますが、エネルギー消費を抑えるためのさまざまな手段があります。現在では多くのエスカレーターが可変速ドライブを備えています。これは、交通量に応じて自動で速度を調整し、使用されていないときには低速運転をしたり、低電力の待機モードに切り替えたりするものです。モーションセンサは、利用者が接近したときのみエスカレーターを稼働させることで効率を高めます。一般的な利用環境下において、継続的に稼働している場合に比べエネルギー消費を最大で 30% 低減できます (Rony, 2024)。さらに、永久磁石同期電動機 (PMSM) やギアレスモーターなどの高効率モーターを使用する現代的なエスカレーターもあります。このモーターテクノロジーについては、農村の住宅を取り上げた節、および「グリーン・テクノロジー・ブック」の エネルギー版 に詳しく記載しています。

回生駆動技術は、エレベーターのブレーキ時のエネルギーを回収することで効率性を高めます。例えば、かごが大きな荷重で下降するとき、小さな荷重で上昇するときなどにこのエネルギーが発生します。このエネルギーを熱として損失するのではなく、電気に変換して建物の電力システムに再び供給することで、全体的なエネルギー消費の低減に寄与します。さらに、エレベーターにバッテリーを組み込むことで、エネルギーを回収して貯蔵し、加速時や需要のピーク時に再利

用することができます。また、停電時のバックアップ電源として使用することもできます。また、スマートセンサと先進的な行先制御システムは、同じ目的地に向かう乗客をまとめて同じエレベーターに乗せることができます。これにより不必要な停止を防ぎ、移動時間を短縮できるため、運行とエネルギーの効率性を高められます。現代的なエレベーターでは、省エネルギータイプのLED照明や、ファン、照明、スクリーンなどの必須ではない機能の電源を自動でオフにするものも使用され、また、扉の開閉に要する時間を変更できるドアモーターもあり、これらは長期的にはエネルギーの大きな節減につながります。

このほか、新しく登場したタイプのエレベーターには機械室レス (MRL) エレベーターがあります。これは、モーターやその他の機器を機械室ではなく昇降路 (かごが動作する縦長の空間) 内に収める設計がされているものです。このイノベーションにより、別個の機械室のための追加の電気エネルギーが不要になります。さらに、MRLの牽引システムは、小型で最適設計がされたモーターを採用しています。このため、従来の大型のエレベーターシステムに比べてかごの昇降に必要な電力が低減され、熱の発生も抑制されます。

革新的な建材の使用によるエネルギー効率の向上と施工の取り組み

革新的な建材を使用することで、ショッピングモールのエネルギー効率を高めることができます。例えば、エチレンテトラフルオロエチレン共重合体 (ETFE) は、軽量で丈夫な素材で、優れた断熱効果と高い透明性を持つことから、一般的に屋根や建物正面に使用されています。ETFEは約94%から97%の自然光を透過させ、人工照明への依存を低減できるため、省エネルギーを促進します (Hu *et al.*, 2017)。見た目の美しさに加え、熱取得が最小になるため、エアコン需要を低減できます。温暖な気候の地域におけるモール用に理想的です。優れた採用例としては、フィリピンのPARQALモールやシンガポールのワールド・セントーサ (World Sentosa) があり、いずれもガラスのような外観のルーフィングシステムにETFEを採用しています (Vector foiltec, 2024) (図4.2)。これらの素材に加え、透明または彩色された太陽電池を建物正面に組み込む (建物一体型太陽光発電) ことで、見た目の美しさと自然光の活用を維持しながら、建物による発電ができます。こうしたアプローチをエネルギー効率の高い設計に取り入れるのも1つの方法です。

図4.2 ワールド・セントーサ (シンガポール)



出典: (Vector foiltec, 2024)

反射性のコーティング、可動型の日よけや換気口による日光と風の適切な調整、グリーンファサード (緑化) など、複数の機能を併せ持つ気候適応型ファサードシステムを採用することで、自然の断熱効果と冷却効果が得られ、冷暖房需要が低減されるため、エネルギー使用を抑えることができます。このような技術については、都市住宅を取り上げた節で詳しく説明しています。

グリーンビルディング認証の制度は、モールの所有者に省エネルギーの取り組みの導入を促す効果があります。例えば、マレーシアでは複数のモールにおいて、エネルギー環境設計リーダーシップ (LEED)、グリーン・ビルディング・インデックス (GBI)、グリーン不動産 (GRE) などのグリーン認証が取得されています。このような認証は、エネルギー効率の高い冷暖房や照明機器、節水型設備機器、敷地内の緑化などを通じて、モールが持続可能性に取り組んでいることを際立たせるものです (Arifin, 2023)。

高度な暖房、換気、空調 (HVAC) システムの登場

ショッピングモールのエネルギー効率を高めるためには、さまざまな気温に対応し、さらに在室者数、店舗の種類、区域の機能に応じた換気需要に対応できる高度な HVAC テクノロジーが必要です。例えば、フードコートと小売エリアの場合は機器や照明、人の密集などによって熱が発生するため、冷房と換気が多く必要になります。エントランスやロビーの場合は、冬には入ってくる冷気の影響を受けることがあるため、暖房が必要です。可変冷媒流量 (VRF) システムは、暖房と冷房を同時に提供する高度なソリューションの一例です。このシステムは需要に基づき、単一の室外機ユニットから複数の室内機ユニットに至るまでの冷媒の流れを効率的に調整します。また、空気または水を使用して、余剰熱を異なるモール区域間で移動させます。このようにしてエネルギー使用を最適化し、無人のエリアでのエネルギーの無駄を防ぎます。

空調機 (AHU) と全熱交換器 (ERV) を組み合わせたシステムは、さらに HVAC のエネルギー効率を向上させることができます。AHU は主にフィルターにより換気を管理し、加湿 (あるいは除湿) を行って、新鮮な空気をビル全体に送ります。一方、ERV は排気から熱または冷気を回収して給気に移転します。このように空調の前段階のプロセスを設けることで、冷暖房システムの負荷を低減し、エネルギー消費を減らすことができるとともに、室温を一定に保ち、空気質を向上させることにも役立ちます。このような換気ユニットには、組み込みのヒートポンプまたは VRF テクノロジーが含まれることもあります。換気、熱回収、空気調和を組み合わせることで、より効率的に空気を取り扱うことができます (ヒートポンプについて詳しくは、本書の都市住宅を取り上げた節、および「グリーン・テクノロジー・ブック」の気候変動の緩和版をご覧ください)。また、これらに二酸化炭素センサと可変速ドライブ (VSD) を組み込むことで、デマンド制御換気 (DCV) の効果がさらに向上します。二酸化炭素センサが空気中の二酸化炭素濃度を監視します。これは、空間内に滞在している人数を示す指標となります。また、VSD のファンはリアルタイムの在室状況に応じて空気の流れを調整します。これにより、在室者数が少ない場合にエネルギーの無駄な使用を最小にすることができます。

別のソリューションとしては、床下空気分配 (UFAD) システムがあります。これは、床レベルに設置した拡散器から空調済みの空気を送り込み、暖かく古い空気を天井に上昇させて取り除くものです。このように下から上へと空気を流すことで、多くの人が利用するエリアの冷房効果を高め、空気を送るためのファンにかかる圧力を低減し、従来の HVAC に比べてエネルギー消費を低減します。また、このシステムを暖房に使用した場合、人のいる区域に暖かい空気を直接送風するため、温度分布が均等になり、熱的快適性が向上します。日本では、UFAD は新築の商業ビルの 58% で使用されています (Bhatia A., 2022)。

チラーは、アジアの大型のショッピングモールで広く採用されています。チラーとは、壁、天井、床内に配置したパイプに冷水を循環させて室温を下げる空調ユニットです。冷水式のチラーは、空冷式の VRF やチラーに比べて、効率が最大で 2 倍になることもあります (LG, 2022)。ただし、近年では省スペース設計と効率性向上の面から、スクロール (渦巻き) タイプの空冷式チラーが注

目を集めています。これらのシステムは冷風を直接送風する従来型のエアコンと異なり、スクロール形状のコンプレッサーを使用して冷媒を冷却し、この冷媒が熱交換器内の水を冷却します。この冷水が建物の空調機の中を循環し、冷却効果を発揮します。こうしたチラーは冷却塔の代わりに空冷凝縮器を使用するため、設置が簡単で水の消費量も低減します。ただし、空冷式システムは高温の環境下では熱放出に多量の電力を必要とするため、非常に高温多湿の気候においては、効率性が低下します (H. Stars Group, 2024)。チラーと VRF システムを併用したハイブリッドシステムは、幅広い気候要件に適合しつつ、高いエネルギー効率と費用対効果を実現するソリューションです。

チラーと、太陽光などの再生可能なエネルギー源を統合して使用することで、二酸化炭素排出量と運用コストを低減することもできます。さらに、オフピーク時に氷や冷水を作り貯蔵する蓄熱システムを統合し、需要がピークとなる時間帯に建物の冷却に使用することで、送電網の負荷を低減し、電気代を抑えることができます。このような技術は、電気供給が不安定で高額な地域において有用です。

ショッピングモールに再生可能エネルギーを導入

マレーシアでは、ソーラーパネルを設置するショッピングモールが増加しています。これらは通常は屋上、建物正面、駐車場、屋外の通路に設けられます (The Edge Malaysia, 2024)。屋上に太陽光発電パネルを設置することで、クリーンエネルギーを発電して電気代を節約できることに加え、パネルが日射を遮蔽する層として働き、建物内への太陽放射の侵入量を低減できます。これにより室温上昇を抑え、冷房負荷を低減できます。ソーラーパネルは、モールが持続可能性に取り組んでいることを示す象徴としての役割も果たし、環境意識の高い消費者を惹き付けたり、ブランドの評判を高めたりするのに役立ちます。シンガポールにおけるショッピングモールとして最大規模のソーラーパネル設置プロジェクトでは、年間 92 万 kWh の発電により、年間 22 万ドルのエネルギー費用削減と 370 トンの二酸化炭素排出量削減が期待されています (Tay, 2024)。

ただし、アジアでは高層ショッピングモールの場合、建物の屋上を顧客やテナント従業員の駐車スペースとして使用することが極めて一般的なため、ソーラーパネルを屋上に設置することで駐車スペースが減ると解釈されるかもしれません。このような場合でも、ソーラーカーポートが実用的なソリューションとなります (図 4.3)。ソーラーカーポートは、既存の駐車スペースを覆う形で設置する独立天蓋構造物で、屋根部分に太陽電池パネルが取り付けられています。日本ではこれが広く採用されており、車を保護する屋根としての目的と、ビルの屋上を占有することなく再生可能エネルギーを発電し、ショッピングモールの電力用に使用したり貯蔵したりできる二重の目的を果たしています (Sumitomo Corporation, 2024)。ソーラーカーポートは自然環境に影響を与えることなくエネルギー出力を最大化でき、駐車中の車にとっては日光や雨から保護する役割を果たします。

図 4.3 ソーラーカーポート



出典 : Getty Images/Bilanol

ソーラーカーポートの設置費用は屋上のパネルよりも高価ですが、複数のユニットを設置することで経費削減が可能です。両面パネルを使用すると、駐車中の車からの反射光をパネルの裏面で取得し、発電量を増加できるため、さらに効率性を高められます。

ビルエネルギー管理システム (BEMS)

エネルギー効率を高める手法を多くのショッピングモールやホテルに取り入れるには、効果的なビル管理と資源の配分が必要です。エネルギー消費を低減する 1 つの方法に、BEMS の導入があります。BEMS はセンサ、制御装置、ソフトウェアをネットワークでつないだもので、建物のエネルギー使用を監視・制御し最適化します。HVAC や照明など、ビルのさまざまなエネルギーシステムを接続して一元化されたシステムとし、エネルギー効率を改善します。こうしたデジタル化の手段はショッピングモールの運用コスト削減の鍵を握ります。特に、統合型蓄電池システム (BESS) や再生可能エネルギーと組み合わせることは有効です。これによって、電気需要のパターンに対してある程度柔軟に対応できるため、モールは動的な電気料金の恩恵を受ける (高価格の時間帯に送電網からの電気の消費を抑える) ことができることから、多くの国で導入が進んでいます。

現代的な BEMS は、オープンな通信プロトコルとウェブベースのアクセスを使用しており、設備データの遠隔監視が可能です。リアルタイムの洞察や将来のエネルギー消費予測をシステム全体にわたって提供するとともに、温度、湿度、空気の流れ、照明レベル、全般的なエネルギー使用を制御できます。ビル自動化システムおよびエネルギー管理システム (EMS) を採用することで、エネルギー消費量を最大で年間 60% 削減ができることがわかっています。これにより、商業ビルは 2 年から 10 年という短期で投資回収ができる可能性があります (Wuppertal Institut - Gokarakonda *et al.*, 2017)。

ショッピングモールにおける電気自動車充電スタンド

電気自動車の利用者増加を支援し、持続可能性を促進して化石燃料への依存度を低減することを目的として、電気自動車の充電スタンドを設けるショッピングモールが増加しています。こうした充電スポットは、モール内で過ごしている間に充電をしておくことができるため、買い物客にとって便利です。フィリピンの SM スーパーモール (SM Supermalls) では、複数の拠点に電気自

動車の充電スタンドを設置し、低排出量の移動手段への移行を支援しています (SM Supermalls, 2022)。これと同様に、マレーシアのジョホール・プレミアム・アウトレット (Johor Premium Outlets: JPO) は東南アジア最大の電気自動車急速充電スタンドのハブとなることを目指し、500基の充電スタンドを設置しました。これには最先端の1 MW 直流充電器も含まれ、誰でも使うことができます。これにより、超高速で充電が完了するため、多数の電気自動車がショッピングモール内で充電可能です (Wong, 2025)。

しかし、多数の電気自動車充電スタンドを設置することで、分散型電源の運用面に課題が生じる場合もあります。モールにとっては充電器自体だけではなく、送電網接続の強化、ケーブルインフラ、追加の電気機器が必要になる場合が多いためです。スマート充電システムを導入してBEMSに連携させることで、こうした課題を緩和できる可能性があります。スマート充電器は、ピーク時かオフピーク時かに応じて速度を調整し、電気の使用量を制御することにより、送電網への負担とエネルギーコストを低減し、全体的なシステムの効率性を向上させます。さまざまなタイプの電気自動車の充電器については、本書の公共交通とコミュニティの節、および「グリーン・テクノロジー・ブック」のエネルギー版に詳しく記載しています。

スーパーマーケット向け冷蔵技術

スーパーマーケット向けのエネルギー技術については、「グリーン・テクノロジー・ブック」のエネルギー版に専用の章が設けられています。スーパーマーケットや食品小売店は、アジアの多くの大型ショッピングモールにとって重要な要素であり、多くのエネルギーが消費される場でもあります。スーパーマーケットの総エネルギー消費のうち、35% から 50% を冷蔵システム単体で占めています (Karampour *et al.*, 2016)。冷蔵庫に低反射ガラスの扉を設けるなどの簡単な改装でも、エネルギー消費を最大で 40% 削減することが可能です (Saengsikhiao and Taweekun, 2021)。

スーパーマーケットにおける一般的な冷蔵システムは、電源を差し込んで使用するスタンドアロンのキャビネット、別の場所に設置された凝縮器と接続するための「分離システム」を備えた凝縮ユニット、冷媒を使用し高い地球温暖化係数 (GWP) を有する中央システムなどから構成されます。しかし、現在では各種環境規制や持続可能性目標に合わせ、低 GWP の代替品への転換が進んでいます。有望視されている冷蔵テクノロジーの1つが、二酸化炭素を冷媒として使用する超臨界二酸化炭素冷媒システムで、日本で幅広く採用されています。2023年12月時点で、日本には超臨界二酸化炭素システムを使用する店舗が8,385店あり、うち7,800店がコンビニエンスストア、585店がスーパーマーケットとなっています (IIR, 2023)。この技術はGWPを低減し、少なくとも20%のエネルギーコスト削減を達成できるものとして認められています (CCAC, 2023)。しかし、高額な初期費用を主な理由として、これ以外のアジア地域の大半ではこのシステムの導入例は限られています。さらに、これらの地域では気候や法規制、技術への対応状況がさまざまに異なるため、二酸化炭素システムの幅広い導入を促進するためには、地域に合わせたソリューションが必要です (Hayes, 2024)。

冷蔵ユニットからの排熱を再利用して温水化や暖房に使用する熱回収システムも、さらにエネルギー効率を高めるものであり、普及が進んでいます。湿度管理も効率化戦略の鍵です。高度な除湿器、高性能設計の冷蔵システム、防露ガラス扉、湿度センサなどの技術が使用されています。

イノベーションの事例

イオンモールにおける日本最大規模のソーラーカーポート



出典：イオンモール株式会社

イオンモールおよび Sun Trinity は、12 店舗で合計 15 MW の容量を有する日本最大規模のソーラーカーポート・システムの設置を進めています (Sumitomo Corporation, 2024)。このうちの 1 店舗では設置容量が 2.4 MW を超え、1 拠点に導入されるソーラーカーポートとしては日本最大規模となる予定です。同プロジェクトは、2025 年までにイオンモール 50 店舗への拡大を目指しており、再生可能エネルギーの利用を強化するとともに、駐車中の車を日射や天候から保護します。これらのソーラーカーポートは年間でおよそ 1,800 万 kWh の「CO₂ フリー」エネルギーを発電する予定で、これは住宅 4,300 軒の電力消費に相当します。自然環境に影響を与えず、空間効率を最大化できます。

フィリピンの SM シティ・フェアビュー (SM City Fairview) モールで太陽電池パネルがクリーンエネルギーを提供



出典：SM Prime

不動産デベロッパーの SM Prime は、自社が所有するフィリピンのショッピングモール、SM シティ・フェアビュー (SM City Fairview) に 3.785 メガワットピーク (MWp) の屋上用太陽光発電 (PV) システムを設置しました。このシステムは 6,800 枚を超える太陽電池パネルから構成され、年間 5,960 メガワット時 (MWh) のクリーンな電力を発電します。これにより、同モールの二酸化炭素排出量を毎年約 4,130 トン低減し、カーボンフットプリントの削減に貢献します (Clean Technica, 2025)。現在、SM Prime が運営する 48 のモールと不動産に太陽光発電システムが設置されており、合計容量は 72 MWp となっているほか、2025 年中にはさらに 20 件の屋上用太陽光発電プロジェクトの追加を予定しています。また、同社の開発事業全般において、LED 照明、センサで作動するエスカレーター、自然光を最大活用する天窗などのエネルギー効率の高い機能が積極的に導入されています (SM Prime, 2025)。



出典 : LG Electronics

韓国のスターフィールド河南ショッピングセンターでは、チラーと可変冷媒流量 (VRF) の両方のシステムを組み込み、多様な空間にわたってエネルギー効率を最適化する、複合型 HVAC アプローチが採用されています (LG, 2021)。この複合商業施設には、個別の店舗、デパート、アトリウム、フードコート、映画館などの多様なエリアがあり、それぞれ独自の要件に応じた室温調節が必要です。同施設では LG のチラーシステムと Multi V VRF ソリューションを導入することで、これらの異なる需要に効率的に対応しています。こうした戦略的な組み合わせにより、エネルギー消費量が低減されるとともに、多面的な施設環境に合わせた、コスト効率が良く持続可能なソリューションとなっています。

技術ソリューション

既成技術

エネルギー効率：高輝度かつ低電力のデジタルサイネージ

Praevar



出典：Praevar

高輝度かつ低電力の液晶モジュール (LCM) によるデジタル広告ディスプレイは、従来の LCD ディスプレイと比較して消費電力を 35% 削減しながら、視認性を向上させます。Podium 65 インチ、Podium 75 インチなどのモデルでは、先進的なバックライト技術、光学スタッピング、動的な調光などを用いてワットあたりの輝度 (nit) が最大化されており、周辺の明るさに応じて照度を調整してエネルギー消費量を低減します。4K の解像度、最大輝度 4,000 nit のこのディスプレイは、ショッピングモールや街の中心部など、多数の人が行き交う屋外または半屋外の看板として使用でき、さまざまな照明環境下において明快で見やすい表示が可能です。こうしたエネルギー効率の高い設計により、効果の高いデジタル広告における持続可能性を向上させます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：カナダ
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー管理：ECOWatch エネルギー管理ソリューション

アドバンテック (Advantech)



出典：Getty Images/Maxiphoto

ECOWatch は、複合商業施設やその他の商業ビル向けに設計されたエネルギー監視およびエネルギー管理システムです。電気、水、ガス、熱源の使用状況を一元化してリアルタイムで追跡できます。手動でのメーター検針からこのシステムに切り替えることで、人件費を削減し、データの正確性も高められます。このシステムにより、管理者は異なるフロアや小売ユニットの全体でエネルギー使用量を分析できるため、異常な消費パターンを識別し、運転効率を最適化できます。ECOWatch は、アドバンテックの産業用クラウドプラットフォーム「WISE-IoT」上に構築されており、建物の電力、水、HVAC のシステムと連携します。リアルタイムアラート、サブメーター計測、消費量分析、詳細なエネルギーレポートなどの機能があり、複合商業施設におけるエネルギー効率を高めます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：台湾 (中国)
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

機械および器具：エネルギー効率の高い
エスカレーターおよび動く歩道

現代エレベーター (Hyundai Elevator)



出典：Hyundai Elevator Co., Ltd.

Sシリーズのエスカレーターは、ホテル、ショッピングモール、オフィスビルなどの用途に設計され、コンパクトなデザインと、自動運転による省エネルギーモードが特長です。レーダーセンサが接近する乗客を検知し、必要に応じてエスカレーターの運転を再開します。交通の流れに応じて、MSTVF制御を備えたインバータが時間帯ごとに速度を調整し、モーターの効率を最適化するとともに、エネルギー使用を最小化します。さらに、手すり、屋根の棟、踏段下の照明に長寿命のLED照明を使用することで、従来の蛍光灯に比べて電力消費を75%削減し、エネルギー節約を高めています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：韓国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：太陽光発電による
LED スクリーン

VisionPI



出典：VisionPI

この太陽光発電によるLEDディスプレイは、太陽光制御ユニット、バッテリーストレージ、LEDディスプレイ・モジュールを統合したもので、太陽光を使用して継続運転ができるようになっています。太陽光制御装置は、バッテリーの充電と放電の制御と、需要に応じた出力電圧の調整を行うとともに、過充電、過放電、短絡、過負荷からの保護を行います。効率を高める設計により、このシステムは「充電と運転の同期」をサポートし、充電中も稼働できます。組み込みの省エネルギーモジュールにより、日照のない状態でも最大で100時間分の表示が可能な電力を確保するので、さまざまな太陽光環境での設置に適しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

機器および器具：エネルギー効率の高い
機械室レスエレベーター

KONE



出典：KONE Corporation

KONE MonoSpace DX は、機械室を不要にすることでエネルギー消費量を最小化した機械室レス (MRL) エレベーターです。エネルギー効率の高い KONE EcoDisc® モーターを搭載し、環境に優しい巻上機、回生ドライブ、省エネルギー待機運転、長寿命の LED 照明により、建物の二酸化炭素排出を低減します。次世代型の EcoDisc モーターはコンパクトで耐久性が高く、従来のエレベーター用モーターに比べてエネルギー効率が高くなっています。高度な通信能力も備えており、エレベーターと KONE のデジタルプラットフォームが連携して、よりスマートな高効率運転と AI ベースの 24 時間監視を提供します。問題が生じている可能性がある箇所の特定に役立つため、メンテナンスが最適化されます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：フィンランド
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷暖房機器：空調機

ダイキン工業



出典：ダイキン工業株式会社

ダイキンのプラグアンドプレイ式の空調機 (AHU) は、商業ビル向けの統合型暖房、冷却、換気ソリューションです。このシステムはダイキンのヒートポンプ (可変冷媒量技術または ERQ コンデンスングユニット) と換気ユニットを組み合わせたもので、エネルギー効率と室内の快適性を高め、簡単に設置できます。この AHU には熱回収技術が組み込まれ、排気から回収した熱を使用して屋外からの給気をあらかじめ温めることで、冷暖房にかかる追加のエネルギーを低減します。熱回収だけでは不十分な場合は、ダイキンのヒートポンプが冷暖房機能を補完するため、常に希望の室温に保たれます。このシステムは、エアフロー制御、温度制御、冷水と直接膨張 (DX) 冷却の統合、二酸化炭素監視、可変風量 (VAV) および一定風量 (CAV) 運転などの高度な空気管理機能を備えており、多様な用途における最適な空気調和を実現します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

機械および器具：中型エレベーター向け
モジュール式ギアレス機

シンドラー (Schindler)



出典：Getty Images/Baloncici

シンドラーのモジュール式ギアレス技術は、既存の中層ビルへの後付けが可能です。旧式のエレベーターシステムに対し、エネルギー効率の高いグレードアップを提供します。従来のギア付き機をギアレスに取り替えることで、電力消費を低減するほか、スムーズで静かな運転で乗り心地も向上します。回生ドライブを搭載し、エレベーターの下降時に発生した余分なエネルギーを熱として消散させずに回収して再利用可能なエネルギーに変換し、建物の送電網に再び供給することで、全体的なエネルギー消費の低減に寄与します。コンパクト設計、小型綱車、懸架式牽引ロープ (STM) により、既存の機械室内へ簡単に設置できます。この改造ソリューションにより、効率性が高まるだけでなく、建物はエネルギースター制度の割引や LEED 認証のポイントの条件を満たすことができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：スイス
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷暖房機器：空冷可変速ドライブ式
スクリュウチラー

ジョンソンコントロールズ



出典：Getty Images/angeluisma

YORK® の YVAA 空冷式チラーは、エネルギー効率の高い冷却ソリューションで、性能と信頼性を最適化するように設計されています。特許取得済みの液冷式可変速ドライブを備え、年間に 15% から 25% のエネルギーを節約します。このチラーは、冷媒圧縮を最小限にすることによりエネルギー消費量を低減します。ハイブリッド型流下膜式蒸発器、マイクロチャネル・コンデンサコイルを活用し、伝熱効率を高めています。さらに、可変風量指数 (VI) 技術により、部分負荷時の効率が向上し、周辺温度が最大で 55°C までの高温を含む多様な運転環境に対応します。YVAA はエネルギーの最適化に注力し、低メンテナンスかつ高効率の冷却ソリューションを商業用および産業用に提供します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：米国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：スマート充電用の超薄型電気自動車充電器

Charge+



出典：Getty Images/Scharfsinn86

この超薄型電気自動車充電器は、コンパクトでエネルギー効率の高い充電ソリューションです。空間利用を最適化し、信頼性の高い性能を発揮するよう設計されています。幅がわずか 10 cm というスマートなデザインで、狭い空間にも簡単に設置できます。プラグアンドプレイ式のため、あらゆる既存の駐車場にシームレスな組み込みが可能で、特に商業用途に最適です。エネルギー管理機能、リアルタイムの監視、遠隔制御を備えたスマート充電ソフトウェアが付属し、充電を最適化します。モバイルアプリまたはクラウドベース・プラットフォーム経由で効率的な電力供給を行い、エネルギーの無駄を最小限に抑えます。ユーザーは充電性能を追跡して設定の調整が可能です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：既成技術
- 技術レベル：高
- 原産地：シンガポール
- 利用可能な地域：アジア
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー管理：小売店のエアコンユニット 向けスマート制御装置と追跡デバイス

BenKon



出典：BenKon

BenKon の SmartAir は、小売部門内のエアコンユニットを対象とし、まるでフィットネス・トラッカーのように機能するコンパクト設計の制御装置です。あらゆるエアコンをスマートユニットに変え、データをクラウドベースの管理プラットフォームに送信します。管理者は BenKon アプリを使用して複数のエアコンのエネルギー消費量を同時に監視したり、警報を受け取ったり、自動スケジュール作成を設定したりできます。さらに、このプラットフォームは AI を使用してエネルギーの浪費を招く従業員の習慣を検出し、これを調整するための推奨事項を示します。同社によれば、ベトナムの小売セクターのユーザーはエネルギー消費量を最大で 20% 低減したということです。そのほか、学校やホスピタリティ業界での用途にも適しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：ベトナム
- 利用可能な地域：ベトナム
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：AI 搭載のエネルギー効率の 高い可変冷媒流量ソリューション

LG



出典：LG Electronics

Multi V™ i は、先進的で高効率の可変冷媒流量 (VRF) システムで、ショッピングモール、オフィス、ホテルなどの中高層ビル向けに設計されています。高度に進化した AI エンジンを搭載し、在室状況や周辺温度などの要素に基づいて冷暖房を最適化する「AI Smart Care」などのスマート機能を提供します。これによりエネルギー効率を最大で 24.7% 向上させます。このシステムでは、AI によるエネルギー管理機能でユーザーがエネルギー消費目標を設定できるため、全体的な電力消費を低減できます。さらに、新設計の生物模倣ファン、最適化された空気の流れにより、ファンモーターの電力消費も削減されます。システムには、自動調整と遠隔グレードアップが付属します。過酷な気温下でも動作し、冷房時は最高で 43°C、暖房時は最低でマイナス 10°C まで完全稼働が可能です。エネルギーを節約し快適な屋内環境を年間を通じて提供します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：韓国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷暖房機器：空冷式モジュールインバータチラー

日本キヤリア



出典：日本キヤリア株式会社

ユニバーサルスマート X は、エネルギー効率の高い空冷式チラーシステムで、空調用から産業プロセス用まで、幅広い用途に向けて設計されています。新しい DC ツインロータリー圧縮機を採用しており、モーターの性能が向上し、圧力損失が低減されるため、業界屈指のエネルギー効率を実現します。さまざまな負荷状況や広い温度範囲において優れた性能を発揮します。コンパクト設計により、従来のシステムに比べて設置スペースが 58% 減少し、冷却塔システムからの切り替え用として理想的です。さらに、高調波電流抑制を備え、力率を 99% にまで高めます。また、高度な制御とワイヤレス LAN により、エネルギー管理の最適化とリアルタイムの監視が可能です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷暖房機器：高度な AI と HVAC による最適化

BrainBox AI



出典：BrainBox AI Inc.

BrainBox AI は、既存の制御システムのネットワークやクラウド接続型 AI 駆動サーモスタットと連携することで、HVAC システムの効率性を高めました。建物独自の熱挙動に基づいてデータの写像と正規化を行ってから、これを予測アルゴリズムに適用します。天気予報、ユーティリティ料金の構造、グリッド排出係数、在館者密度などの外部情報が AI に取り込まれます。これらの要素を分析し、AI エンジンが 5 分おきに HVAC の動作を自律的に調整し、性能を最適化します。同システムは、変化する状況に対し継続的に学習・適応するとともに、デマンド換気や湿度調整などの高度な制御も実施します。こうした AI を利用したアプローチによって HVAC のエネルギー消費量が最大で 25% 低減し、HVAC 関連の二酸化炭素排出量も最大で 40% 低減するため、より持続可能な建物管理に貢献します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：カナダ
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：マイクロ LED ディスプレイ

Absen



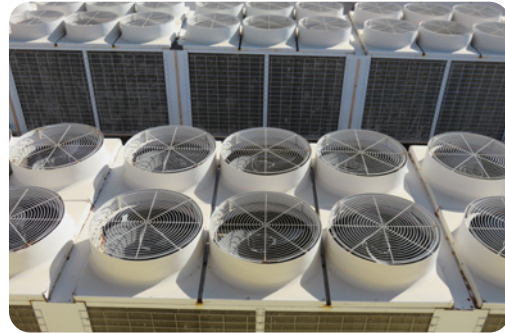
出典：Absen

KLCOB V2 シリーズのマイクロ LED ディスプレイは、黒色のポリマーコーティングによりコントラストを強め、奥行き知覚効果を高めます。占有面積が小さく、5 方向すべてから発光するフリップチップ LED 技術を使用しているため、輝度が向上し、従来の上面発光 LED ディスプレイに比べてエネルギー消費を 40% 低減します。スタッキング、壁面設置、正確な 90 度接合などの設置方法が選べるため、多様な用途に利用可能です。さまざまな表示環境に対応する信頼性とエネルギー効率の高いソリューションです。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷暖房機器：新世代オイルフリー遠心空冷式チラー

Smardt



出典：Getty Images/tzahiV

磁場を使用してコンプレッサーのコンポーネントを浮かせることで摩擦が大幅に低減され、エネルギー損失が最小化して、エネルギー効率が高まります。この革新的な設計によって摩耗や損傷も低減し、長期的なパフォーマンスが高まります。211 ～ 1,800 kW (60 ～ 510 TR) までの 36 モデルが用意されており、過酷な気温に対応するための構成オプション、高調波フィルター、ノイズ低減を提供します。Smardt Global Controls Platform により、リアルタイムの監視、インテリジェントな最適化、ビル管理システムとのシームレスな連携が可能です。さらに、コンパクト設計により限られた空間にも設置できます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：オーストラリア
- 利用可能な地域：アジア、オーストラリア、ヨーロッパ、北米
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷暖房機器：ETFE のルーフィングおよび ファサード技術

Vector Foiltec



出典：Vector Foiltec GmbH

Texlon® ETFE システムは、屋根やファサード向けの軽量で透明な素材で、多様な建築要件や環境要件に適応します。自然光を取り入れられるため、人工照明の必要性を減らし省エネルギーに貢献します。また、室温を調整するための断熱材としての役割も果たします。環境への影響が小さく、新築にも改修にも適しています。また、透明なデザインにより、特に夜間の照明点灯時などに視覚的効果を発揮するため、現代的なショッピングモールなどの大型のオープンな空間で人気の高い選択肢です。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：ドイツ
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー効率：AI を活用した行先階予約システム

株式会社日立ビルシステム



出典：株式会社日立ビルシステム

AI 支援による行先階予約システムは、交通量を予測し、需要に応じてエレベーターを割り当てます。これにより待ち時間と不必要な停止を削減し、エレベーターの効率を高めます。AI アルゴリズムを使用してエレベーターの手配と乗客の輸送を最適化することにより、エネルギー消費量が低減し、満員のエレベーターが非効率に移動するような状況の発生を最小限に抑えます。さらに、回生ブレーキ技術により、かごが大きな荷重で下降するときや小さな荷重で上昇するときに発生する余剰エネルギーを回収し、建物の送電網に再び供給します。エネルギー効率の高いギアレス牽引機とこのシステムを連携させた場合、最大で 50% のエネルギー消費量を削減できます。ショッピングモールなど、多くの人が行き交う建物において持続可能性を向上させることができます。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

機械および器具：監視ソリューションを備えた 高パフォーマンス冷蔵システム

エマソン (Emerson)



出典：Getty Images/Baloncici

エマソンの Copeland™ スクロール (渦巻き) コンプレッサー・ラックシステムは、大規模な食品用冷蔵システムのために設計されており、性能向上と電力消費の低減を実現します。このシステムでは冷蔵と冷凍の効果を 15% 高め、寿命期間全体で費用効果を向上させます。蒸気注入技術を使用することでコンプレッサーの電力消費を低減し、信頼性とエネルギー効率を高めます。連携する監視システムにより店舗レベルの管理が可能で、故障を予防し、安定した運転を確保します。電子センサと制御装置を備えたこのシステムは、正確な温度制御、耐久性、高い効率を提供します。さらに、新しい R448A 冷媒により、従来の冷媒に比べて GWP を半分に低減します。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：高
- 原産地：米国
- 利用可能な地域：全世界
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー供給：防水型ソーラーカーポート

Kinsend



出典：Getty Images/Acumen86

この防水型ソーラーカーポート取付システムには、通常はブラケットまたはレール式が含まれています。これをスクリューやボルトで屋根面等に固定します。次に、特殊なクランプまたはクリップを用いてソーラーパネルをブラケットまたはレールに取り付けます。この取付システムは、強風、雨、雪、過酷な気温などの厳しい気象条件にも耐えるように設計されています。これにより、ソーラーパネルが常に最適な設置角度を保てるため、最大限のエネルギー発電が可能になります。開けた屋外空間や大型ショッピングモールの駐車場への設置に適しています。

- 契約形態：販売
- 技術の成熟度：フロンティア
- 技術レベル：中
- 原産地：中国
- 利用可能な地域：中国、ヨーロッパ、日本、東南アジア、韓国
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

ホライズン技術

エネルギー供給：摩擦力による発電マット

東洋アルミエコプロダクツ



出典：東洋アルミエコプロダクツ株式会社

東洋アルミエコプロダクツは、関西大学、サーベイリサーチセンター、東洋アルミニウムと共同で、踏むことで摩擦により発電するマットを開発しました。このマットは、1歩あたり数十ミリワットの電力を発電でき、二酸化炭素無排出の電力源として機能することが期待されています。従来のセラミックベースの圧電素子ではなく、柔軟な素材を使用して作られているため、耐久性が向上しています。発電された電力はLEDや信号送信機などの電子機器に供給できます。訪問者数や通行者数の計測システムなど、さまざまな用途での活用が期待されています。2024年の試験販売段階を経て、製品開発が進行中です。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：日本
- 利用可能な地域：日本
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

エネルギー供給：プラグアンドプレイ式の建物一体型太陽光発電システム

Power Facade



出典：Getty Images/ideeone

Power Facade はシンガポール太陽エネルギー研究所 (SERIS) のスピンアウトで、プラグアンドプレイ式の建物一体型太陽光発電 (BIPV) ソリューションの不足の解決を目指し取り組むなかで、軽量鉄鋼のプレハブ技術を使用したモジュール式の BIPV ウォールシステムを開発しました。各ユニットは個別運転させることも、連結設計として設置することもできます。これにより迅速な設置が可能で、防水性も確保しています。モジュールは組立・配線済みなため、足場を組むことなく建物内からの設置が可能です。Power Facade では SERIS が特許を取得したハイブリッドプリント技術を使用しており、れんが、コンクリート、大理石など、建物の外装に一般的に使用される材料を模したソリューションを提供します。2023年にスタートアップ補助金を取得した同社は、2025年にかけて、SERIS と共同で製品のさらなる改良を進めています。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：シンガポール
- 利用可能な地域：シンガポール
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷暖房機器：菌類と象にヒントを得たエネルギー不要の冷却タイル

南洋理工大学 (NTU)



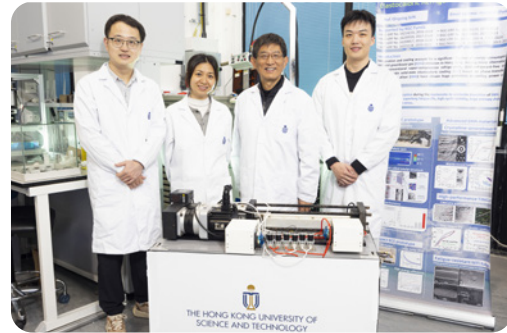
出典：南洋理工大学 (NTU)

シンガポールの南洋理工大学 (NTU) の研究者らは、生物模倣設計企業の bioSEA と共同で、エネルギー効率の高い建築用タイルを開発しました。これは、菌類の菌糸体と竹の削りくずから作られており、電気を使用することなく受動的に建築物を冷却します。この「菌タイル」は、象のざらざらした皮膚にヒントを得た凹凸のある表面が特徴で、自然の体温調節を模倣しており、表面積を増やして熱の消散量を増加させています。ラボのテストでは、この生物分解性のタイルは従来の断熱材に比べてはるかに優れた温度調節機能を発揮し、エネルギー消費なしに冷却機能を持つ代替品としての効果が示されました。ラボ内での概念実証の成功という結果を受けて、プロジェクトの次の段階では製造を拡大し、建物外部での実証実験を行います。これが成功すれば、このタイルは高温気候下で建物温度を下げる持続可能なソリューションとなり、自然の力を用いて、エアコンへの依存度低減とエネルギーコスト削減を行える可能性が示されます。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：シンガポール
- 利用可能な地域：シンガポール
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

冷暖房機器：弾性熱量効果を用いたグリーンな冷却装置

香港科技大学 (HKUST)



出典：香港科技大学

香港科技大学 (HKUST) の研究者らは、弾性熱量効果を用いたキロワット規模の冷却装置を製造しました。これは、わずか 15 分で室温を 30 ~ 31°C から 21 ~ 22°C にまで低下させるものです。従来の 260 ワットという上限を超え、弾性熱量システムで商用エアコンの用途に適した出力レベルに到達したものとしては初のものです。このデバイスは、10 基の小型冷却ユニットを直列で接続するもので、使用するニッケルチタン合金はわずか 104.4 グラムです。筒面の表面積が広いいため、熱交換効率が向上します。さらに、グラフェンナノ流体を使用し、伝熱効率を水に比べて 50% 高めます。同システムは周波 (3.5 Hz) かつ低圧力 (1.5 bar 未満) で稼働し、1,284 ワットの冷却力を実現します。形状記憶合金 (SMA) の弾性熱量効果に基づいた固体状態の冷却技術で、地球温暖化ガスを一切排出せず、高いエネルギー効率が見込まれます。テストでは、暑い夏の環境下で 2.7 m³ のモデルハウスを冷却し、室温を 21 ~ 22°C に安定化することに成功しました。HKUST は現在、業界のパートナーと協業し、この技術の商業化に向けて取り組んでいます。

- 契約形態：協業
- 技術の成熟度：ホライズン
- 技術レベル：高
- 原産地：香港 (中国)
- 利用可能な地域：香港 (中国)
- 連絡先：[WIPO GREEN データベース](#)

参考文献

Absen (2024). Analysis of the Mini/Micro LED Displays Power Consumption. Available at: [https:// www.absen.com/analysis-of-the-mini-micro-led-displays-power-consumption/](https://www.absen.com/analysis-of-the-mini-micro-led-displays-power-consumption/)

Accor (2023). Food waste: AI supporting Accor hotels. Accor Hotels. available at: <https://press.accor.com/food-waste-ai-supporting-accor-hotels/?lang=eng>.

Achten, Wouter M.J. and Karel Van Acker (2016). EU-Average Impacts of Wheat Production: A Meta-Analysis of Life Cycle Assessments. *Journal of Industrial Ecology*, 20(1), 132-44.

ADB (2007). *Curbing Asia's Nonrevenue Water*. Philippines: Asian Development Bank. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/28831/water-brief-nonrenewwater.pdf>

ADB (2011). *Wastewater Management and Sanitation in Asia and the Pacific*. Philippines: Asian Development Bank. <https://www.adb.org/features/promoting-wastewater-revolution-asia-adbs-plans-progress-and-initiatives#:~:text=Raising%20a%20revolution-,In%20the%20Asia%20and%20Pacific%20region%2C%20around%2080%25%20of%20wastewater,%2C%20fishing%2C%20bathing%20and%20swimming>

ADB (2012). *Wastewater Management and Sanitation in Asia*. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/features/wastewater-management-and-sanitation-numbers>

ADB (2014). *Urban Water Supply and Sanitation in Southeast Asia: A Guide to Good Practice*. Philippines: Asian Development Bank. https://www.pseau.org/outils/ouvrages/adb_urban_water_supply_and_sanitation_in_southeast_asia_a_guide_to_good_practice_2014.pdf

ADB (2016). *Asian water development outlook 2016: Strengthening water security in Asia and the Pacific*. Phillipines: Asian Development Bank. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/189411/awdo-2016.pdf>

ADB (2017). *Water-energy nexus in the people's republic of China and emerging issues*. Phillipines: Asian Development Bank. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/384291/water-energy-nexus-prc.pdf>

- ADB (2021). Financing clean energy in developing Asia. Manila: Asian Development Bank (ADB). <https://www.greenfinanceplatform.org/sites/default/files/downloads/resource/financing-clean-energy-developing-asia-ADB.pdf>
- ADB (2022a). ADB Finances Electric Ferries in Thailand — First in Southeast Asia. <https://www.adb.org/news/adb-finances-electric-ferries-thailand-first-southeast-asia#:~:text=Each%20ferry%20can%20comfortably%20carry,carbon%20dioxide%20equivalent%20a%20year>
- ADB (2022b). Financing clean energy in developing Asia. 2, Manila: Asian Development Bank (ADB). <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/822906/financing-clean-energy-developing-asia-volume-2.pdf>
- ADB (2022c). Powering Pakistan's Schools through Solar Energy. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/results/powering-pakistans-schools-through-solar-energy>
- AENZ (2024). Agrivoltaics in the Philippines—A Strategy for the Energy-Food-Climate Trilemma. Asia Engine for Net Zero Institute Inc. (AENZ). <https://aenz.org/issue-brief-agrivoltaics-in-the-philippines-a-strategy-for-the-energy-food-climate-trilemma/>
- Ahmad, Kuv (2022). Making Hydrogen-based Society a Reality. Tokyo Updates. <https://www.tokyouupdates.metro.tokyo.lg.jp/en/post-638/#:~:text=As%20of%20March%202021%2C%2085,fueled%20society%20of%20the%20future>
- AIIB (2019). *Asian Water Sector Analysis: A Technical Background for the Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB) Water Sector Strategy*. Beijing: Asian Infrastructure Investment Bank. https://www.aiib.org/en/policies-strategies/operational-policies/water-sector-strategy/content/_download/AIIB-Water-Sector-Analysis-Final.pdf
- Alavi, Hamid R., Aira Htenas, Ron Kopicki, Andrew W. Shepherd and Ramon Clarete (2012). Trusting trade and the private sector for food security in Southeast Asia. Washington D.C.: World Bank Publications. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/741701468170978381/pdf/659560PUB0EPI105737B0Trusting0Trade.pdf>
- Alawad, Suhaib M., Ridha Ben Mansour, Fahad A. Al-Sulaiman and Shafiqur Rehman (2023). Renewable energy systems for water desalination applications: A comprehensive review. *Energy Conversion and Management*, 286, 117035.
- Alghoul, M. A., P. Poovanaesvaran, K. Sopian and M. Y. Sulaiman (2009). Review of brackish water reverse osmosis (BWRO) system designs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2661–67.
- Alliance for Rural Electrification (2019). Clean Power Indonesia – 700 kWp Biomass Gasifier in Mentawai (Indonesia). Alliance for Rural Electrification (ARE). <https://www.ruralelec.org/case-study/clean-power-indonesia-700-kwp-biomass-gasifier-mentawai-indonesia/>

Al-Obaidi, Karam, Mazran Ismail and Abdul Rahman (2014). Investigation of Passive Design Techniques for Pitched Roof Systems in the Tropical Region. *Modern Applied Science*, 8, 182–91.

Al-Tayawi, Aws N., Szabolcs Kertész and Hadid Sukmana (2025). Sustainable Milk Processing: Reducing Waste and Enhancing Efficiency. Milk Processing and Dairy Products Industries, Rijeka: IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1008825>

Amankwaa, Godfred, Richard Heeks and Alison Browne (2021). Digital innovations and water services in cities of the Global South: A systematic literature review. *Water Alternatives*, 14, 619–44.

Antonova, Natalia, Javier Mendoza-Jim?z and In?Ruiz-Rosa (2023). Determinants of Water Consumption in Hotels: New Insights Obtained through a Case Study. *Water*, 15(17), 3049.

APO (2023). Smart agricultural transformation in asian countries. <https://www.apo-tokyo.org/wp-content/uploads/2023/06/Smart-Agricultural-Transformation-in-Asian-Countries.pdf>

Arouna, Alfassassi, Israel K. Dzomeku, Abdul-Ganiyu Shaibu and Abdul Rahman Nurudeen (2023). Water Management for Sustainable Irrigation in Rice (*Oryza sativa* L.) Production: A Review. *Agronomy*, 13(6), 1522.

Arthur, P. M. A., Y. Konaté, B. Sawadogo, G. Sagoe, B. Dwumfour-Asare, I. Ahmed and M. N. V. Williams (2022). Performance evaluation of a full-scale upflow anaerobic sludge blanket reactor coupled with trickling filters for municipal wastewater treatment in a developing country. *Heliyon*, 8(8), e10129.

Asian Water (2022). New disruptive technology for desalination and water reuse in Asia Pacific. Asian Water. <https://asianwater.com.my/new-disruptive-technology-for-desalination-and-water-reuse-in-asia-pacific/> [2024年12月アクセス]

ATKearney (2016). *The Battle for the Smart Home: Open to All*. ATKearney. <https://iotnews.asia/wp-content/uploads/2017/01/The-Battle-for-the-Smart-Home-Open-to-All.pdf>

Aung, Wit Yi. (2022). SolarHome – A Growing Off-Grid Success Story In A Fragile Myanmar. AVPN. <https://avpn.asia/resources/blog/solarhome-a-growing-off-grid-success-story-in-a-fragile-myanmar/>

Aytac, Ayca, Gülüzar Tuna KeleşTemur and M. Tuna (2024). An effective aeration system for high performance pond aeration at low energy cost. *Aquaculture International*, 32, 1-18.

Azimov, Ulugbek and Nilufar Avezova (2022). Sustainable small-scale hydropower solutions in Central Asian countries for local and cross-border energy/water supply. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 167, 112726.

Badiola M. (2018). Keys to energy efficiency in RAS. Hatchery International. <https://www.hatcheryinternational.com/power-struggle-keys-to-energy-efficiency-in-ras-3299/#:~:text=They%20are%20shown%20to%20help,could%20be%20saved%20this%20way>

Ballagh, Alana and Courtney Weather (2024). Agrivoltaics in Vietnam: Resolving Land-Use Competition Between Solar Expansion and Agriculture. <https://www.stimson.org/2024/agrivoltaics-in-vietnam/>

Banc (2024). Green Stays: The Shift Towards Eco-Friendly Practices in Hotels. Banc Magazine. Available at: <https://bancm.com/green-stays-the-shift-towards-eco-friendly-practices-in-hotels/>

Banda, James, Orton Vundo Msiska, Alinafe Maluwa and Merium Phiri (2023). Alternative sources of energy for fish smoking: Microbial, proximate and sensory attributes of the products. *African Journal of Food Science and Technology*, 14(9), 01-06.

Basurko, Oihane C., Gorka Gabiña and Iñaki Quincoces (2016). Fuel consumption monitoring in fishing vessels and its potential for different stakeholders' in Pasala.

Bellini, Emiliano (2022). Chinese fish pond hosts 550 MW solar farm. PV Magazine. <https://www.pv-magazine.com/2022/01/07/chinese-fish-pond-hosts-550-mw-solar-farm/>

Bhatia A. (2022). HVAC Overview of Underfloor Air Distribution (UFAD). Available at: [https://www.cedengineering.com/userfiles/M04-036%20-%20HVAC%20Overview%20of%20Underfloor%20Air%20Distribution%20\(UFAD\)%20-%20US.pdf](https://www.cedengineering.com/userfiles/M04-036%20-%20HVAC%20Overview%20of%20Underfloor%20Air%20Distribution%20(UFAD)%20-%20US.pdf).

Bjerregaard, Jakob; and Lea Riber Junge (2024). The challenge of district cooling: Turning vision into reality. <https://dbdh.org/the-challenge-of-district-cooling-turning-vision-into-reality/> [2025年5月アクセス]

Blaha, Francisco (2021). Fuel consumption of free-swimming school vs FAD in tropical tuna purse seiners. <https://www.franciscoblaha.info/blog/2021/10/15/fuel-consumption-of-free-swimming-school-vs-fad-in-tropical-tuna-purse-seiners>

BloombergNEF (2024). Electric Vehicle Outlook 2024. BloombergNEF (New Energy Finance). <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>

Booking.com (2023). Sustainable travel report 2023. Available at: <https://news.booking.com/download/31767dc7-3d6a-4108-9900-ab5d11e0a808/booking.com-sustainable-travel-report2023.pdf>.

Bose I, Faisal Hossain, Hisham Eldardiry, Shahryar Ahmad, Nishan K. Biswas, Ahmad Zeeshan Bhatti, Hyongki Lee, Mazharul Aziz and Md. Shah Kamal Khan (2021). Integrating Gravimetry Data With Thermal Infra-Red Data From Satellites to Improve Efficiency of Operational Irrigation Advisory in South Asia. *Water Resources Research*, 57(4).

Boyd, Claude E. and Aaron A. McNevin (2021). Aerator energy use in shrimp farming and means for improvement. *Journal of the World Aquaculture Society*, 52(1), 6-29.

C2E2 (2016). Smart City. Copenhagen Centre for Energy Efficiency (C2E2). https://c2e2.unepccc.org/kms_object/smart-city/

C2E2 (2024). *Public lighting toolbox for municipal energy efficiency implementation*. <https://c2e2.unepccc.org/collection/public-lighting-toolbox-for-municipal-energy-efficiency-implementation/#:~:text=Street%20lighting%20can%20represent%20up,5%25%20of%20the%20greenhouse%20emissions>

C40 Knowledge (2019). Cities100: Seoul's Solar City powers a cleaner, greener and more equitable future. https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Cities100-Seoul-s-Solar-City-powers-a-cleaner-greener-and-more-equitable-future?language=en_US

Cava, Mirka della (2023). Unlocking the Power of Sustainable Cooling: Energy-Efficient Solutions in Southeast Asia. Clean cooling collaborative. <https://www.cleancoolingcollaborative.org/blog/unlocking-the-power-of-sustainable-cooling-energy-efficient-solutions-in-southeast-asia/>

CCA (2023b). CCA Helps Nepal Achieve Climate Goals Through Electric Cooking. Clean Cooking Alliance (CCA). <https://cleancooking.org/news/cca-helps-nepal-achieve-climate-goals-through-electric-cooking/>

CCAC (2023b). Clean refrigeration technology rapidly increasing in supermarkets around the world. Climate & Clean Air Coalition (CCAC). Available at: <https://www.ccacoalition.org/news/clean-refrigeration-technology-rapidly-increasing-supermarkets-around-world> [accessed April 2024].

CDP (2025a). Asia Pacific Cities Climate Finance Snapshot. <https://www.cdp.net/en/insights/asia-pacific-cities-climate-finance-snapshot>

CDP (2025b). Financing for Sustainable Infrastructure: A Guide for Asia Pacific Cities. CDP. https://www.cdp.net/en/insights/financing-for-sustainable-infrastructure-a-guide-for-asia-pacific-cities?utm_source=chatgpt.com [2025年5月アクセス]

CEET (2023). Small-scale biogas for clean cooking—a cost-effective technology to tackle climate change and achieve sdgs. <https://files.unsdsn.org/20231212%20CEET%20Brief%20Biogas.pdf>

CGIAR (2023). Energizing Agriculture and Enabling Just Energy Transitions in South Asia. <https://www.cgiar.org/news-events/news/energizing-agriculture-and-enabling-just-energy-transitions-in-south-asia/>

CGTN (2024). World's 1st floating fish farming ship yields 3,200 tonnes of fish yearly. <https://news.cgtn.com/news/2024-07-01/World-s-1st-floating-fish-farming-ship-yields-3-200t-of-fish-yearly-1uSDfoyaAaE/p.html>

Champ, B.R., E. Highley and G.I. Thailand Johnson, 5. (1996). Grain Drying in Asia' in *Proceedings of an International Conference held at the FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, Bangkok, 17-20 October 1995.*

Chandio, Abbas, Korhan Gokmenoglu, Devi Dash, Irfan Khan, Fayyaz Ahmad and Jiang Yuansheng (2024). Exploring the energy-climate-agriculture (ECA) nexus: a roadmap toward agricultural sustainability in Asian countries. *Environment, Development and Sustainability*, 27, 12769–95.

Chandran, Rina (2023). FEATURE-Asian farmers turn to drones, apps for labour, climate challenges. <https://www.reuters.com/article/markets/commodities/feature-asian-farmers-turn-to-drones-apps-for-labour-climate-challenges-idUSL8N2V340U/>

Chase, Nicholas , John Maples and Mark Schipper (2018). *Autonomous Vehicles: Uncertainties and Energy Implications*. <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/av.php>

Chelvan, Vanessa Paige (2024). *Singapore will have largest share of passenger EVs in S-E Asia by 2040: Report*. <https://www.straitstimes.com/singapore/transport/singapore-will-have-largest-share-of-passenger-evs-in-s-e-asia-by-2040-report>

Chen, Bo-Ying, Po-Lin Huang, Yen-Lung Hou, Hsun-Yu Lan, Cheng-Ting Huang and Fan-Hua Nan (2024). The economic feasibility of aquavoltaics in Taiwan - A case study of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture. *Aquaculture*, 581, 740454.

Chen, Xin and Wenjia Zhou (2023). Performance evaluation of aquavoltaics in China: Retrospect and prospect. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 173, 113109.

Chokesanguan, Bundit (2011). Optimizing Energy Use in Fisheries in Southeast Asia. <https://repository.seafdec.org/bitstream/handle/20.500.12066/862/sp9-2%20energy%20use.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chrometzka, Tanai Potisat and Aoibhin Quinn (2020). Ditching the Diesel: Hydrogen Microgrids. <https://www.enapter.com/blog/hydrogen-microgrids/>

CIEL (2022). Fossils, fertilizers, and false solutions: how laundering fossil fuels in agrochemicals puts the climate and the planet at risk. The Center for International Environmental Law (CIEL). <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2022/10/Fossils-Fertilizers-and-False-Solutions.pdf>

City Developments Limited (2014). CDL sets world record for largest vertical garden. <https://www.cdl.com.sg/newsroom/cdl-sets-world-record-for-largest-vertical-garden>

CLASP (2019a). The socio-economic impact of super-efficient off-grid fans in bangladesh. https://efficiencyforaccess.org/wp-content/uploads/EForA_ImpactofFans_Final.pdf.

CLASP (2019b). The state of the off-grid appliance market. <https://efficiencyforaccess.org/wp-content/uploads/Clasp-SOGAM-Report-final.pdf>

CLASP (2023). Net Zero Heroes: Scaling Efficient Appliances for Climate Change Mitigation, Adaptation & Resilience. <https://www.clasp.ngo/wp-content/uploads/2024/01/CLASP-COP28-FullReport-V8-012424.pdf>

CLASP (2025). Spotlight on solar water pumps. <https://www.clasp.ngo/report/net-zero-heroes/spotlights/spotlight-on-solar-water-pumps/>

Cong, Vo Huu (2018). Desalination of brackish water for agriculture: challenges and future perspectives for seawater intrusion areas in Vietnam. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 67(3), 211–17.

Context (2023). The future of smart homes in asia pacific: studying the trends. https://www.contextworld.com/blog/-/blogs/the-future-of-smart-homes-in-asia-pacific-studying-the-trends_apac

Cosmina, B. (2025). Energy Conservation for Hotels. Placement International. Available at: <https://placement-international.com/blog/energy-conservation-for-hotels>

Coulomb, Didier (2021). Environmental Issues Related to Refrigeration Technologies. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, 29(02), 2130002.

Cruz, Francis (2017). Smart and sustainable aeration technology for aquaculture. Water and Energy Research Laboratory (WERL). <https://werl.mie.utoronto.ca/solar-aeration-system-for-aquaculture/> [2025年2月アクセス]

Cruz, Wilfredo and Sammy Malvas (2024). Innovative Aquaculture & Nature-based Climate Solutions in Aquaculture: The Philippines. Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA). <https://enaca.org/?id=1363>

CTCN (2024a). Building-integrated wind turbines. UN Climate technology centre and network. <https://www.ctc-n.org/technologies/building-integrated-wind-turbines>

CTCN (2024b). Solar water pumps. UN Climate Technology Centre and Network (CTCN). <https://www.ctc-n.org/technologies/solar-water-pumps>

CTCN (2025). Technology Type Group: Renewable energy. <https://www.ctc-n.org/technology-library/renewable-energy/solar-water-pumps>

- Dahim, M.; , S.A. Farhan, N. Shafiq, H. Al-Mattarneh and R. Ismail (2022). Thermal-energy performance of bulk insulation coupled with high-albedo roof tiles in urban pitched residential roof assemblies in the hot, humid climate. *Sustainability*, 14(5).
- DairyNZ (2023). Milk Cooling. <https://www.dairynz.co.nz/milking/milking-plant-maintenance/milk-cooling/>
- Darma, Surya;, Dio Caisar Darma, Yundi Permadi Hakim and Tommy Pusriadi (2020). Improving fishermen's welfare with fuel-saving technology. *Journal of Asian Scientific Research*, 10(2), 105-20.
- Dasgupta P. (2024). Balancing the grid with hydrogen storage. <https://etech.iec.ch/issue/2024-01/balancing-the-grid-with-hydrogen-storage#:~:text=Because%20hydrogen%20can%20be%20stored,convert%20hydrogen%20back%20to%20electricity>
- DataVagyanik (2024). Rising demand in grain dryer machine market driven by climate instability and food security goals. <https://datavagyanik.com/reports/grain-dryer-machine-market/>.
- DEECA (2023). Desalination history. Victorian Government Australia. <https://www.water.vic.gov.au/water-sources/desalination/desalination-history>
- Delta Alliance (2024). Mekong Delta. <http://www.delta-alliance.org/deltas/mekong-delta>
- Deng, Iris (2024). Shenzhen to put autonomous buses on roads as Shenzhen to put autonomous buses on roads as China accelerates self-driving vehicle tests China accelerates self-driving vehicle tests. <https://www.scmp.com/tech/tech-trends/article/3270804/shenzhen-put-autonomous-buses-roads-china-accelerates-self-driving-vehicle-tests>
- DNR Corporation (2021). Cold Supply Chain Solution, DNR Presents the First Ultra Cold Chain Storage in Indonesia. <https://www.dnr.id/news/solusi-rantai-pasok-dingin-dnr-hadirkan-ultra-cold-chain-storage-pertama-di-indonesia>
- Eayrs, S, W Wanchana and P Suuronen (2017). *FAO fishing vessel energy audit pilot project: A pilot project to audit commercial shrimp trawlers in Thailand*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/09c9a1dd-68c0-4ec4-825a-9b9c8c705a6f/content>
- EBA (2021). *The role of biogas production from industrial wastewaters in reaching climate neutrality by 2050*. Brussels: The European Biogas Association (EBA). <https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2021/04/Paper-The-role-of-biogas-production-from-wastewater-in-reaching-climate-neutrality-by-2050.pdf>
- ECCJ (2018). Tokyo: Available at: <https://www.asiaeec-col.eccj.or.jp/wpdata/wp-content/uploads/2018/03/hotels.pdf>.

Econation (2025). Low flow shower heads. Econation. Available at: <https://econation.one/low-flow-shower-heads/>

Edwards, Chris (2024). The ten challenges of water management in SE Asia. Inside Water. <https://insidewater.com.au/the-ten-challenges-of-water-management-in-se-asia/>

Efficiency for Access Coalition (2024). Tech trends in energy access: Assessing the off-grid fan market. California. https://efficiencyforaccess.org/wp-content/uploads/Tech-Trends-in-Energy-Access-Assessing-the-Off-Grid-Fan-Market_Feb-2024.pdf

Engle, Carole (2023). The economics of recirculating aquaculture systems. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54, 782-85.

EPO and IEA (2021). Patents and the energy transition. European Patent Office (EPO), International Energy Agency (IEA). https://iea.blob.core.windows.net/assets/b327e6b8-9e5e-451d-b6f4-cbba6b1d90d8/Patents_and_the_energy_transition.pdf

ESCAP (2013). *Water, Food and Energy Nexus in Asia and the Pacific*. Bangkok: United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). <https://www.unescap.org/sites/default/files/Water-Food-Nexus%20Report.pdf>

ESCAP (2019). *Statistical Perspectives 2019 - Sustainable Energy in Asia and the Pacific*. <https://www.unescap.org/resources/statistical-perspectives-2019-sustainable-energy-asia-and-pacific?>

ESCAP (2023). Accelerating the transition towards the electrification of public transport in Asia and the Pacific. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). <https://www.unescap.org/blog/accelerating-transition-towards-electrification-public-transport-asia-and-pacific>

ESCAP (2024). Inception Workshop Pilot Project on Deployment of Electric Cookstoves in Lao PDR. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). https://www.unescap.org/sites/default/d8files/event-documents/Inception%20workshop%20-%20Lao%20PDR%20electric%20cookstove%20pilot%20project_2024.pdf

ESCWA (2017). *Desalination through Sustainable Water and Energy Solutions in West Asia*. Economic and Social Commission for West Asia. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2020/08/case_study_7_-_desalination_through_sustainable_water_and_energy_solutions_in_west_asia.pdf

ESMAP (2019). Mini grids for half a billion people: market outlook and handbook for decision makers. Executive Summary. Washington, DC: Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). World Bank. <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2021-05/Mini%20Grids%20For%20Half%20A%20Billion%20People%20-%20Market%20Outlook%20And%20Handbook%20For%20Decision%20Makers.pdf>

Estrada, Francisco, W. J. Wouter Botzen and Richard S. J. Tol (2017). A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. *Nature Climate Change*, 7(6), 403–06.

ETH (2025). Water-Energy Nexus. <https://rre.ethz.ch/research/research-pillars/interdependent-energy-chemical-networks/water-energy-nexus.html> [2024].

Ethical Tea Partnership (2023). Energy Efficiency Best Practices Guideline for the Tea Sector. <https://etp-global.org/wp-content/uploads/2023/10/Energy-Efficiency-Best-Practice-Guideline-for-the-Tea-Sector.pdf>

EU (2021). *Understanding the climate-water-energy-food nexus and streamlining water-related policies*. Brussels: European Commission. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/news/all-research-and-innovation-news/understanding-climate-water-energy-food-nexus-and-streamlining-water-related-policies-2021-03-19_en

EUROFISH International Organisation. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a0297773-095a-4ae7-9a89-5a3bfb48abc7/content>

European Commission (2025). Tackling climate change. https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/sustainability/environmental-sustainability/climate-change_en

EV Update Media (2023). China Updates Its Ev Charging Standard, Claims Cross-compatibility. <https://evupdatemedia.com/china-updates-its-ev-charging-standard-claims-cross-compatibility/>

EXPO25 (2025). Expo 2025 Osaka, Kansai, Japan Official Website. <https://www.expo2025.or.jp/> [2025年5月アクセス]

Eyl-Mazzega, Marc-Antoine and Élise Cassignol (2022). *The Geopolitics of Seawater Desalination*. Paris: Ifri. <https://www.ifri.org/en/studies/geopolitics-seawater-desalination#:~:text=In%20the%20Indo%2Dpacific%20region,industries%20and%20decreasing%20available%20water>

Fairley P. (2024). Taiwan Reboots Its Solar-Power Fishponds With “aquavoltaics,” fish farms do double duty as solar plants. *IEEE Spectrum*. <https://spectrum.ieee.org/black-sea-energy-link>

FAMA Traffic (2020). LED traffic signals save money, time and energy. https://www.ledtrafficlight.cn/news_view-46.html

FAO (2000). The Energy and Agriculture Nexus. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/4/x8054e/x8054e00.htm#:~:text=Agriculture%20has%20a%20dual%20role,substituting%20bioenergy%20for%20fossil%20fuels> [2025年3月アクセス]

FAO (2009). Integrated mariculture: a global review. Rome: Food and agriculture organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/4/i1092e/i1092e.pdf>

FAO (2015). Climate change and food security: risks and responses. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a4fd8ac5-4582-4a66-91b0-55abf642a400/content>

FAO (2020a). *Food loss and waste measurement linked to the food loss analysis methodology*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/912ddd3d-b8a7-48b4-a361-3089b41cf30c/content>

FAO (2020b). *Water management in rice in Asia: Some issues for the future*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/4/x6905e/x6905e0g.htm>

FAO (2021). Family Farming Knowledge Platform. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1679467/>

FAO (2022a). *The state of world fisheries and aquaculture 2022*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9df19f53-b931-4d04-acd3-58a71c6b1a5b/content/sofia/2022/fishing-fleet.html>

FAO (2022b). *The state of world fisheries and aquaculture 2022*. Towards blue transformation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a2090042-8cda-4f35-9881-16f6302ce757/content>

FAO (2022c). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. Towards Blue Transformation. Rome. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a2090042-8cda-4f35-9881-16f6302ce757/content>

FAO (2023). Water scarcity in Asia-Pacific casts a dark cloud over World Food Day, where the message ‘Water is life, water is food’ takes on a special urgency. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/asiapacific/news/news-detail/Water-scarcity-in-Asia-Pacific-casts-a-dark-cloud-over-World-Food-Day-where-the-message-Water-is-life-water-is-food-takes-on-a-special-urgency/en>

FAO (2024). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f985caed-cc7a-457e-8107-7ce16c6ef209/content>

FAO (2025). Digital Villages Initiative in Asia and the Pacific. <https://www.fao.org/digital-villages-initiative/asia-pacific/digital-villages-list/en>

Farabi-Asl H, Farhad Taghizadeh-Hesary, Andrew Chapman, Saeid Mohammadzadeh Bina and Kenshi Itaoka (2019). Energy Challenges for Clean Cooking in Asia, the Background, and Possible Policy Solutions., Tokyo: Asian Development Bank Institute. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/529576/adbi-wp1007.pdf>

Fi Group (2025). NEWater: How Singapore Turned Water Scarcity into a Global Sustainability Triumph. <https://global.fi-group.com/newater-how-singapore-turned-water-scarcity-into-a-global-sustainability-triumph/>

Fletcher R. (2021a). Lessons from China: the future of IMTA. The fish site. <https://thefishsite.com/articles/lessons-from-china-the-future-of-imta>

Fletcher R. (2021b). Lessons from China: the home of integrated aquaculture. The fish site. <https://thefishsite.com/articles/lessons-from-china-the-home-of-integrated-aquaculture>

Fraunhofer ISE (2021). Agrivoltaics for arid and semi-arid climatic zones: Technology transfer and lessons learned from Japan and Germany. https://www.isep.or.jp/en/wp-content/uploads/2021/05/Max_APV_presentation_English.pdf

Fraunhofer ISE (2024). Agrovoltatics. Opportunities for agriculture and the energy transition. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/agrivoltatics-opportunities-for-agriculture-and-the-energy-transition.html>

Fuel Cell Works (2019). Japan to Power Fishing Boats with Toyota's Hydrogen Fuel Cells. <https://fuelcellworks.com/news/japan-to-power-fishing-boats-with-toyotas-hydrogen-fuel-cells>

GEF (2017). Rural Electrification: GEF Experience in Renewables-based Microgrids. <https://www.thegef.org/sites/default/files/documents/GEF-Paper-Investment-in-Mini-grid-power-Sept-1-2017-V2.pdf>

GIZ (2025). Electrifying Public Transport in Nepal. <https://www.giz.de/en/worldwide/143227.html>

Global Times (2023). Chinese firm completes world's first equipment that combines wind turbine and fish farm. <https://www.globaltimes.cn/page/202308/1296192.shtml>

GLP (2023). GLP Japan breaks ground on purpose-built cold storage logistics facilities totaling 55,000 SQM. <https://www.glp.com/global/article/glp-japan-breaks-ground-purpose-built-cold-storage-logistics-facilities-totaling-55000-sqm>

Gracia, Aurelia and Vania Evan (2022). In Bali, Fishers Shift to Solar-Powered Boats, but Challenges Remain. Climate Tracker Asia Inc. <https://climatetracker.asia/in-bali-fishers-shift-to-solar-powered-boats-but-challenges-remain/>

Griffin P. (2024). Harvest strategies, electronic monitoring crucial to healthy Pacific tuna stocks. <https://tunapacific.ffa.int/2024/03/01/harvest-strategies-electronic-monitoring-crucial-to-healthy-pacific-tuna-stocks/>

Gulbrandsen O. (2012). Fuel savings for small fishing vessels - a manual. Rome. <https://www.fao.org/4/i2461e/i2461e.pdf>

Ha, Hoang Hieu, Thi Ngoc Thuy, Quang Khai Pham and Minh Man Tran (2022). Application of solar energy for traffic light system in developing countries. <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2022-05/2.4.10-19-Ha-solar%20energy%20for%20traffic%20lights.pdf>

Hanley, Steve (2024). CATL Plans Big Battery Swapping Push. CleanTechnica. <https://cleantechnica.com/2024/12/19/catl-plans-big-battery-swapping-push/>

Hardman and Well (2023). Global Cool Roofs Market - 2023-2030. <https://www.hardmanwell.com/products/global-cool-roofs-market-2023-2030>

Hayes, Christina; (2024). ATMO APAC: Training is Key for Accelerated Adoption of CO₂ in 'Complex' Asia-Pacific Market, Says Beijer Ref. Available at: <https://naturalrefrigerants.com/atmo-apac-training-is-key-for-accelerated-adoption-of-co2-in-complex-asia-pacific-market-says-beijer-ref/>

Herber, Gunnar (2024). What Are the Key Desalination Plants in Asia and How Do They Address the Region's Water Challenges? Medium. <https://medium.com/@desalter/what-are-the-key-desalination-plants-in-asia-and-how-do-they-address-the-regions-water-challenges-b3aa979c74c0#:~:text=Asian%20desalination%20plants%20largely%20utilize,oil%2Fgas%2Drich%20states>

Hewavitharane, C., Taoisi T and Chandra P (2024). Revolutionising aquaculture in Fiji through innovation. <https://enaca.org/?id=1364>

HR Asia (2025). Cold Chain Refrigeration Expands to Include CO₂-Based Refrigeration Systems. <https://hr.asia/media-outreach/cold-chain-refrigeration-expands-to-include-co2-based-refrigeration-systems/>

Hsiao, Yao-Jen, Jyun-Long Chen and Cheng-Ting Huang (2021). What are the challenges and opportunities in implementing Taiwan's aquavoltaics policy? A roadmap for achieving symbiosis between small-scale aquaculture and photovoltaics. *Energy Policy*, 153, 112264.

Hu, Jianhui, Wujun Chen, Bing Zhao and Deqing Yang (2017). Buildings with ETFE foils: A review on material properties, architectural performance and structural behavior. *Construction and Building Materials*, 131, 411–22.

HY-SAVE (2024). supermarket refrigeration energy savings, Thailand. <https://hy-save.net/supermarket-refrigeration-energy-savings-thailand/>

IEA (2019). *The Future of cooling in Southeast Asia*. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling-in-southeast-asia>

IEA (2020). *Power Systems in Transition*. International Energy Agency (IEA). <https://www.iea.org/reports/power-systems-in-transition> [2025年5月アクセス]

IEA (2022a). *Approximately 100 million households rely on rooftop solar PV by 2030*. <https://www.iea.org/reports/approximately-100-million-households-rely-on-rooftop-solar-pv-by-2030>

IEA (2022b). *The Future of Heat Pumps: How a heat pump works*. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps/how-a-heat-pump-works>

IEA (2022c). *Roadmap towards sustainable and energy-efficient space cooling in Asean*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/734a5f85-db0a-4d27-a457-3b04adc3af00/RoadmapTowardsSustainableandEnergy-EfficientSpaceCoolinginASEAN.pdf>

IEA (2023a). *Clean energy can help to ease the water crisis*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/commentaries/clean-energy-can-help-to-ease-the-water-crisis> [2025年5月アクセス]

IEA (2023b). *Global EV outlook 2023*. Paris: International Energy Agency (IEA). <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>

IEA (2023c). *A Vision for Clean Cooking Access for All*. <https://www.iea.org/reports/a-vision-for-clean-cooking-access-for-all>

IEA (2023d). *World Energy Outlook 2023*. Paris, France: International Energy Agency (IEA). <https://iea.blob.core.windows.net/assets/86ede39e-4436-42d7-ba2a-edf61467e070/WorldEnergyOutlook2023.pdf>

IEA (2024a). *Energy and Water*. <https://www.iea.org/topics/energy-and-water> [2024].

IEA (2024b). *Energy is vital to a well-functioning water sector*. <https://www.iea.org/commentaries/energy-is-vital-to-a-well-functioning-water-sector> [2025].

IEA (2024c). *Heat Pumps*. International Energy Agency (IEA). <https://www.iea.org/energy-system/buildings/heat-pumps>

IEA (2024d). *Southeast Asia Energy Outlook 2024*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ac357b64-0020-421c-98d7-f5c468dadb0f/SoutheastAsiaEnergyOutlook2024.pdf>

IEA (2024e). *Southeast Asia's role in the global energy system is set to grow strongly over next decade*. International Energy Agency (IEA). <https://www.iea.org/news/southeast-asias-role-in-the-global-energy-system-is-set-to-grow-strongly-over-next-decade> [2025年5月アクセス]

IEA (2024f). Trends in electric vehicle charging. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-vehicle-charging#abstract>

IEA (2025). *Electricity 2025: Analysis and forecast to 2027*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/0f028d5f-26b1-47ca-ad2a-5ca3103d070a/Electricity2025.pdf>

IEA-SHC (2023). About project: Task 69 Solar Hot Water for 2030. International Energy Agency (IEA). <https://task69.iea-shc.org/about>

IEC (2022). IEC plans a standard for weak and off-grid refrigerators. Geneva. <https://www.iec.ch/blog/iec-plans-standard-weak-and-grid-refrigerators>

IEC (2024). Minigrids and microgrids. International Electrochemical Commission. <https://www.iec.ch/energies/minigrids-microgrids#:~:text=Microgrids%20are%20used%20by%20small,when%20electricity%20demand%20is%20high>

IFAD (2024). Meet the young people making irrigation in Asia smarter. <https://www.ifad.org/en/w/rural-voices/meet-the-young-people-making-irrigation-in-asia-smarter>

IIEC (2011). Solar Water Heating Applications: Assessment of Country Successes. Paris. https://www.solarthermalworld.org/sites/default/files/swh_country_successes_southeast_asia.pdf

IIEC (2015). Energy efficiency guidelines for hotels in the pacific. Bangkok: Available at: https://prdrse4all.spc.int/system/files/energy_efficiency_guidelines_for_hotels_in_the_pacific.pdf.

imarc (2024). Asia Pacific Renewable Energy Market Size, Share, Trends and Forecast by Type, End User, and Country, 2025-2033. <https://www.imarcgroup.com/asia-pacific-renewable-energy-market#:~:text=Technological%20advancements%20are%20significantly%20accelerating,ensuring%20long%2Dterm%20market%20expansion>

Infrastructure, SouthEast Asia (2019). Smart Monitoring: Role of SCADA systems in water and waste water industries. SouthEast Asia Infrastructure. <https://southeastasiainfra.com/smart-monitoring/>

Infrastructure, SouthEast Asia (2022). *Using Seawater: Desalination in SEA*. SouthEast Asia Infrastructure. <https://southeastasiainfra.com/using-seawater-desalination-in-sea/>

IPCC (2022). *IPCC Sixth Assessment Report, Working Group III: Mitigation of Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/chapter-10/>

IRENA (2017). Biogas for domestic cooking: Technology brief. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA). https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Dec/IRENA_Biogas_for_domestic_cooking_2017.pdf

IRENA (2019). Off-grid renewable energy solutions to expand electricity access: An opportunity not to be missed. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA). https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/IRENA_Off-grid_RE_Access_2019.pdf

IRENA (2022). Renewable energy for agriculture: Insights from Southeast Asia,. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA). https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jun/IRENA_Renewables_Agriculture_SEAsia_2022.pdf

IRENA (2023). Global landscape of renewable energy finance 2023. International renewable energy agency (IRENA). https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Feb/IRENA_CPI_Global_RE_finance_2023.pdf

IRENA (2024a). Advancing renewables-based clean cooking solutions: key messages and outcomes. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA). https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Mar/IRENA_Renewables-based_clean_cooking_2024.pdf

IRENA (2024b). *Geopolitics of the energy transition: Energy security*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA). <https://www.irena.org/Digital-Report/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation>

IRENA (2024c). World Energy Transitions Outlook 2024: 1.5°C Pathway. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA). https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Nov/IRENA_World_energy_transitions_outlook_2024.pdf

IRENA (2025). SolarCity Simulator. International Renewable Energy Agency (IRENA). <https://www.irena.org/Energy-Transition/Project-Facilitation/Renewable-potential-assessment/SolarCity-Simulator> [2025年5月アクセス]

IRENA and FAO (2021). Renewable energy for agri-food systems: Towards the Sustainable Development Goals and the Paris Agreement. Rome: International Renewable Energy Agency (IRENA); Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/3/cb7433en/cb7433en.pdf>

IRENA and WRI (2018). *Water use in india's power generation: Impact of renewables and improved cooling technologies to 2030*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA); World Resources Institute (WRI). <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENAIndiapowerwater2018pdf.pdf>

IRRI (2019). Alternate wetting and drying. International Rice Research Institute (IRRI). <https://ghgmitigation.irri.org/mitigation-technologies/alternate-wetting-and-drying> [2023年7月アクセス]

- ITDP (2024). In China, Public Transport Can Be at the Forefront of Energy Innovation. Institution of Transportation and Development Policy (ITDP). <https://itdp.org/2024/08/28/in-china-public-transport-energy-innovation/>
- ITP (2018). Destination water risk index. Sustainable Hospitality Alliance. Available at: <https://sustainablehospitalityalliance.org/wp-content/uploads/2020/05/Destination-Water-Risk-Index-2018.pdf>
- IWMI (2023a). Energizing agriculture and enabling just energy transitions in south asia. International Water Management Institute (IWMI). <https://solar.iwmi.org/events-list/energizing-agriculture-and-enabling-just-energy-transitions-in-south-asia/>
- IWMI (2023b). Pumping behavior of solar irrigation farmers for assessing the sustainability of groundwater in Bangladesh and India. <https://solar.iwmi.org/wp-content/uploads/sites/43/2023/11/Issue-brief-05.pdf>
- Japan Blue Energy Co. (2021). *Japan Blue Energy Launches Tokyo Renewable Hydrogen Production Facility*. https://www.jbec.jp/wp/wp-content/uploads/2021/03/Press-Release_20210330_English-version-1.pdf
- Jian, Yang (2024). The rising popularity of electric bicycles triggers public fire alarm. <https://www.shine.cn/news/in-focus/2403018531/>
- Johnson, Jean-Martial, Mathias Becker, Jean Eric P. Kaboré, Elliott Ronald Dossou-Yovo and Kazuki Saito (2024). Alternate wetting and drying: a water-saving technology for sustainable rice production in Burkina Faso? *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 129(1), 93-111.
- Jongkwan Park, Sungyun Lee (2022). Desalination Technology in South Korea: A Comprehensive Review of Technology Trends and Future Outlook. *Membranes*, 12(2).
- JRCA (2014). Water Retaining Pavement. https://www.dohkenkyo.or.jp/english/tc_water.html
- Kanaujia, Prashant, Sangeeta Mathew and Sandeep Kachhawa (2024). Preserving Quality and Freshness of Horticulture Produce Using Passive Cooling Solutions. <https://aeer.in/wp-content/uploads/2024/12/sahaja-casestudy.pdf>
- Karampour, Mazyar, Samer Sawalha and Jaime Arias (2016). Eco-friendly supermarkets – an overview. Brussels: European Union, Available at: <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1044364/FULLTEXT01.pdf>.
- Khadem, Shafiuzzaman Khan (2006). Feasibility study of Wind Home System in Coastal Region of Bangladesh' in *World Renewable Energy Congress 2006*, Florence, Italy.
- Khan, Zaheen Ullah, Maku Moronshing, Marina Shestakova, Ahmed Al-Othman, Mika Sillanpää, Zhengshuo Zhan, Bingnan Song and Yang Lei (2023). Electro-deionization (EDI)

technology for enhanced water treatment and desalination: A review. *Desalination*, 548, 116254.

Kirubakaran, B (2024). From leaf to cup : A journey through energy-efficient tea processing. <https://www.cag.org.in/blogs/leaf-cup-journey-through-energy-efficient-tea-processing>

KMB (2023). *Sustainability Report 2023*. https://www.kmb.hk/csr_2023/publication.pdf

Koegelenberg, I. (2022). China hotel's co2 heat pump retrofit produces 50% energy savings. Natural Refrigerants. Available at: <https://naturalrefrigerants.com/china-hotels-co2-heat-pump-retrofit-produces-50-energy-savings/>

Koons, E. (2022). Home Wind Turbines – All You Need To Know. <https://energytracker.asia/home-wind-turbines/>

Kotov, Evgeny Vladimirovich, Darya Nemova, Vitaly Sergeev, Anna Dontsova, Tatyana Koriakovtseva and Darya Andreeva (2024). Thermal Performance Assessment of Aerogel Application in Additive Construction of Energy-Efficient Buildings. *Sustainability*, 16(6), 2398.

KPMG (2025). Asia Pacific's energy transition: How fast—and how far—can it go? <https://kpmg.com/xx/en/our-insights/esg/asia-pacifics-energy-transition-how-fast-and-how-far-can-it-go.html#:~:text=The%20state%20of%20the%20transition,8> [2025年5月アクセス]

Kumar, Deepak and Prasanta Kalita (2017). Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. *Foods*, 6(1), 8.

Kumar, Parveen (2021). Complete Decarbonization of 2-Wheeler Segment in India by 2030: Expected e-2Ws Sales and Battery Capacity Requirement. WRI India (World Resources Institute). <https://wri-india.org/blogs/complete-decarbonization-2-wheeler-segment-india-2030-expected-e-2ws-sales-and-battery>

Kumar, Sonu and Jolvis K.R. Pou (2016). Assessment of bio-energy potential in tea industries of india. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 6(5), 83-89.

Kurniawan, Tonni Agustiono, Mohd Hafiz Dzarfan Othman, Xue Liang, Muhammad Ayub, Hui Hwang Goh, Tutuk Djoko Kusworo, Ayesha Mohyuddin and Kit Wayne Chew (2022). Microbial Fuel Cells (MFC): A Potential Game-Changer in Renewable Energy Development. *Sustainability*, 14(24), 16847.

Kwok, K. C. S. and Gang Hu (2023). Wind energy system for buildings in an urban environment. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 234, 105349.

Lee, Jae-Hun and Jae-Hwan Choi (2012). The production of ultrapure water by membrane capacitive deionization (MCDI) technology. *Journal of Membrane Science*, 409-410, 251–56.

LG (2021). Chiller or VRF: A choice without Compromise. Available at: <https://www.lg.com/in/business/air-solution/lghvac-chiller-or-vrf/?srsltid=AfmBOoqD5bKaXXicHM0HitcyXViExK9PM EQ u5XqZT5qDBMR3AUBNt2ZT> [accessed February 2025].

LG (2022). HVAC engineers take on the ultimate debate: chiller or VRF. LG Electronics. Available at: <https://www.lg.com/global/business/hvac-blog/hvac-engineers-take-on-the-ultimate-debate-chiller-or-vrf> [accessed May 2024].

Li, Y., C. P. Alaimo, M. Kim, N. Y. Kado, J. Peppers, J. Xue, C. Wan, P. G. Green, R. Zhang, B. M. Jenkins, C. F. A. Vogel, S. Wuertz, T. M. Young and M. J. Kleeman (2019). Composition and Toxicity of Biogas Produced from Different Feedstocks in California. *Environ Sci Technol*, 53(19), 11569-79.

Liao, Zitong, Zhuo Chen, Yinhu Wu, Ao Xu, Junhan Liu and Hong-Ying Hu (2021). Identification of development potentials and routes of wastewater treatment and reuse for Asian countries by key influential factors and prediction models. *Resources, Conservation and Recycling*, 168, 105259.

Ling Ho, Mun, Ming Chian Yew, Ming Kun Yew, Lip Huat Saw, Weng Cheong Tan and Richard Kwok Kit Yuen (2024). Novel cool roofing technology system with sustainable design for attic temperature reduction. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(5), 102706.

Llanso, L (2024). The Rise of Sustainability in Hospitality: the Pivotal Role of Energy Efficiency. Spacewell Energy. Available at: <https://www.dexma.com/blog-en/the-rise-of-sustainability-in-hospitality-the-pivotal-role-of-energy-efficiency/>

Lu, Shuping (2023). *Ripple Effect: How digital transformation is solving water in Asia*. Washington D.C.: Xylem. <https://www.xylem.com/en-us/making-waves/water-utilities-news/ripple-effect-how-digital-transformation-is-solving-water-in-asia/>

Magalhaes, M.; C Ringler, Shilp Verma and Petra Schmitter (2021). Accelerating rural energy access for agricultural transformation: contribution of the CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems to transforming food, land and water systems in a climate crisis. Colombo, Sri Lanka. <https://cgspace.cgiar.org/items/1ebf300e-c93f-4505-8d98-1c26f0186536>

Mahmoud;, A., T. N. Quang, E. Pavlov and A. Bilton (2015). Development of a solar updraft aeration system for pond aquaculture in resource-constrained environments' in *2015 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, 8-11 Oct. 2015, 306-13.

Mai, Beatrice (2020). Rice-Fish culture system in China - a unique agro-culture practice in tropical and subtropical China. <https://storymaps.arcgis.com/stories/7cd6e6cf36c544deb677c9d4a3ef2d62>

Malekpoor, Hanif, Konstantinos Chalvatzis, Nishikant Mishra and Amar Ramudhin (2019). A hybrid approach of VIKOR and bi-objective integer linear programming for electrification planning in a disaster relief camp. *Annals of Operations Research*, 283, 443-69.

Mamchii, Oleksandra (2024). Top 10 Biggest Tea Producers in the World. <https://bestdiplomats.org/biggest-tea-producers-in-the-world/>

Marina Bay Sands (2025). Water Stewardship. Available at: <https://www.marinabaysands.com/sustainability/water-stewardship.html>

Mekong River Commission (2024). Fisheries Monitoring. <https://www.mrcmekong.org/fisheries-monitoring/>

Mengnan, Jiang (2023). Fifteen cities to electrify all public vehicles. Dialogue Earth. <https://dialogue.earth/en/digest/fifteen-cities-to-electrify-all-public-vehicles/>

Mordor intelligence (2025). Asia Pacific Cold Chain Logistics Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2025 - 2030). <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/asia-pacific-cold-chain-logistics-market>

Narcotta, Jack (2024). A look over the Great Wall: Unlocking China's booming smart home market. Omdia. https://omdia.tech.informa.com/blogs/2024/nov/a-look-over-the-great-wall-unlocking-chinas-booming-smart-home-market?utm_source=chatgpt.com [2025年5月アクセス]

Nayak, Hari Sankar, Chiter Mal Parihar, Sreejith Aravindakshan, João Vasco Silva, Timothy J. Krupnik, Andrew J. McDonald, Suresh K. Kakraliya, Dipaka R. Sena, Virender Kumar, Sonam R. Sherpa, Deepak Bijarniya, Love K. Singh, M. Kumar, Kajod M. Choudhary, S. Kumar, Y. Kumar, Hanuman S. Jat, Harminder S. Sidhu, Mangi L. Jat and Tek B. Sapkota (2023). Pathways and determinants of sustainable energy use for rice farms in India. *Energy*, 272, 126986

Nes, Wim J. van (2006). *Asia hits the gas: Biogas from anaerobic digestion rolls out across Asia*. <https://un-csam.org/sites/default/files/2021-01/Asia%20Hits%20the%20Gas%20-%20Biogas%20from%20Anaerobic%20Digestion%20Rolls%20Out%20Across%20Asia.pdf>

Neupane, Nilhari, Pashupati Chaudhary, Yashoda Rijal and Bishal and Bhandari Ghimire, Roshan (2022). The role of renewable energy in achieving water, energy, and food security under climate change constraints in South Asia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6.

Ngamsnae P. (2024). Integrated multi-trophic aquaculture (imta): An environmentally friendly and sustainable system. <https://aquadapt.org/2024/05/16/imta-sustainable-system/>

Nguyen, Nhut Tien, Phuong Lan Tran-Nguyen and Tran Thi Bich Chau Vo (2024). Advances in aeration and wastewater treatment in shrimp farming: emerging trends, current challenges, and future perspectives. *AQUA - Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 73(5), 902–16.

Nguyen-Van-Hung, Tran-Van-Tuan, Meas Pyseth, Tado Caesar Joventino M., Kyaw Myo Aung and Martin and Gummert (2019). Best practices for paddy drying: case studies in Vietnam, Cambodia, Philippines, and Myanmar. *Plant Production Science*, 22(1), 107-18.

Nicklin, M. (2011). Going Green: Shangri-La Hotel Bangkok Installs Solar Panels. Luxury Travel Advisor. Available at: <https://www.luxurytraveladvisor.com/destinations/going-green-shangri-la-hotel-bangkok-installs-solar-panels>

NUS (2018). 'Biochemical stomach' digests leftover food to make energy. Futurity. Available at: <https://www.futurity.org/anaerobic-digester-food-waste-energy-1772292/>

OECD (2021). Making better policies for food systems. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). <https://doi.org/10.1787/ddfba4de-en>

Ojong, N. (2021). Solar Home Systems in South Asia: Examining Adoption, Energy Consumption, and Social Practices. *Sustainability*, 13(14).

Oksen, Peter (2020). India LED Bulb Replacement - Sustainable Success Stories. <https://sustainablesuccessstories.org/overview-of-sustainable-success-stories/india-led-bulb-replacement/> [2025年5月アクセス]

One earth (2023). Solar irrigation: how Indonesian farmers resist drought and save money. <https://www.oneearth.org/solar-irrigation-how-indonesian-farmers-resist-drought-and-save-money/>

Otani, Takuya, Akira Itoh, Hideki Mizukami, Masatsugu Murakami, Shunya Yoshida, Kota Terae, Taiga Tanaka, Koki Masaya, Shuntaro Aotake, Masatoshi Funabashi and Atsuo Takanishi (2023). Agricultural Robot under Solar Panels for Sowing, Pruning, and Harvesting in a Synecoculture Environment. *Agriculture*, 13(1), 18.

PIB Delhi (2024). Department of Fisheries is promoting Recirculatory Aquaculture System technology in all States and Union Territories. <https://pib.gov.in/PressReleaselframePage.aspx?PRID=2039654>

Polavarapu M.K. (2024). Ellenex pH Sensors: Cultivating Energy Efficiency in Aquaculture & Fish Farming. <https://www.ellenex.com/post/harnessing-iot-sensor-data-integration-for-enhanced-aquaculture-optimization-and-energy-efficiency>

Power for All (2020). Power for All Facsheet: Mini-grids productive use of energy (PUE) in agriculture. https://www.powerforall.org/application/files/9615/9302/4971/FS_Mini-grids_productive_use_of_energy_PUE_in_agriculture3.pdf

Power Technology (2021). Tengeh Reservoir Solar PV Park, Singapore. <https://www.power-technology.com/marketdata/tengeh-reservoir-solar-pv-park-singapore/>

Praevar (2025). Transforming Retail with Digital Signage. Praevar digital displays. available at: <https://www.praevar.com/blog/from-static-posters-to-digital-indoor-signage-lcd-displays/>.

Prante, Jeri L., Jeffrey A. Ruskowitz, Amy E. Childress and Andrea Achilli (2014). RO-PRO desalination: An integrated low-energy approach to seawater desalination. *Applied Energy*, 120, 104–14.

Puri, M., A. Kojakovic, L. Rincon, J. Gallego, I. Vaskalis and I Maltsoğlu (2023). The small-scale fisheries and energy nexus – Opportunities for renewable energy interventions., Rome. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/7a3f05c9-8efe-4178-a6f3-e8ba15a40c50/content>

Qin, Feng, Chengrong Huang and Zhenjie Lin (2024). Big data and artificial intelligence-driven natural disaster prediction and prevention: Technological advances and prospects. *Geographical Research Bulletin*, 3, 381-98.

Qin, Jingxiu, Weili Duan, Shan Zou, Yaning Chen, Wenjing Huang and Lorenzo Rosa (2024). Global energy use and carbon emissions from irrigated agriculture. *Nature Communications*, 15(1), 3084.

Raiz, Jesse-Aaron (2024). Difference between Inverter and Non-Inverter Air Conditioners. <https://gridless.com.au/difference-between-inverter-and-non-inverter-air-conditioners/#:~:text=in%20your%20space.,Key%20Features%20of%20Inverter%20ACs,to%20maintain%20the%20set%20temperature>

RAStech (2024). Soul of Japan secures \$211 million for Asia’s largest RAS salmon farm. <https://www.rastechmagazine.com/soul-of-japan-secures-211-million-for-asias-largest-ras-salmon-farm/>

Refindustry (2024). Korea Institute of Energy Research Unveils Eco-Friendly Air-Based Refrigeration Technology. <https://refindustry.com/news/market-news/korea-institute-of-energy-research-unveils-eco-friendly-air-based-refrigeration-technology/>

REN21 (2019). Asia and the Pacific Renewable Energy Status Report. Paris. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_Asia_Report_2019_Web.pdf.

RH1 (2024). How Shopping Malls in Southeast Asia are Transforming? Available at: <https://www.rh1.co/post/how-shopping-malls-in-southeast-asia-are-transforming>.

Ritchie, Hannah (2019). Food production is responsible for one-quarter of the world’s greenhouse gas emissions. <https://ourworldindata.org/food-ghg-emissions#article-citation>

Ritchie, Hannah and Pablo Rosado (2024a). Electricity mix. Our World in Data, Our World In Data. <https://ourworldindata.org/electricity-mix> [2025年5月アクセス]

Ritchie, Hannah and Pablo Rosado (2024b). Fossil fuels. Our World in Data, Our World In Data. <https://ourworldindata.org/fossil-fuels> [2025年5月アクセス]

Ritchie, Hannah, Pablo Rosado and Max Roser (2024a). Breakdown of carbon dioxide, methane and nitrous oxide emissions by sector. Our World in Data, Our World In Data. <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector> [2025年5月アクセス]

Ritchie, Hannah, Pablo Rosado and Max Roser (2024b). Energy Production and Consumption. Our World in Data, Our World In Data. <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption> [2025年5月アクセス]

Ritchie, Hannah, Pablo Rosado and Max Roser (2024c). Greenhouse gas emissions. Our World in Data, Our World in Data. <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions> [2025年5月アクセス]

Rony (2024). Sustainability in Vertical Transportation: Eco-Friendly Elevator and Escalator Solutions. Available at: <https://unitedelevatorsandescalators.com/sustainability-in-vertical-transportation-eco-friendly-elevator-and-escalator-solutions/>.

Rowe, Mark (2022). *The global effort to improve the world's slums*. <https://www.citiesalliance.org/newsroom/news/results/global-effort-improve-world%E2%80%99s-slums#:~:text=Already%2C%20about%20700%20million%20slum,the%20UN%20Sustainable%20Development%20Goals>

Ruefenacht, lea a. and juan angel Acero (2017). *Strategies for Cooling Singapore: A catalogue of 80+ measures to mitigate urban heat island and improve outdoor thermal comfort*. <https://ghhin.org/wp-content/uploads/strategies-for-cooling-singapore.pdf>

SAARC (2018). *Deployment of Electric Road Mass Transportation in South Asia*. Islamabad. <https://www.saarcenergy.org/wp-content/uploads/2022/04/Deployment-of-Electric-Road-Mass-Transportation-in-South-Asia-Final-4-10-2019.pdf>

Saengsikhiao, Piyanut and Juntakan Taweekun (2021). Energy efficiency improvement solutions for supermarkets by low-E glass door and digital semi-hermetic compressor. *Energies*, 14(11), 3134.

Sankei (2024). Tokyo Introduces Cool Pavements to Combat Heat Island Effect. <https://featured.japan-forward.com/japan2earth/2024/07/7818/>

Sekisui (2020). Sekisui House Sustainability Report 2020. <https://www.sekisuihouse.co.jp/library/english/company/sustainable/2020/P.19-P.32.pdf>

Sekisui (2023). *Japan's first mounting of perovskite solar cells on exterior walls of building - renovation of Osaka head office*. https://www.sekisuichemical.com/news/2023/1393829_40406.html

Senthil Kumar, S., Chidambaranathan Bibin, K. Akash, K. Aravindan, M. Kishore and G. Magesh (2020). Solar powered water pumping systems for irrigation: A comprehensive review on developments and prospects towards a green energy approach. *Materials Today: Proceedings*, 33, 303-07.

Shan, Chin Hui (2024). More solar panels to be rolled out in MRT stations, train and bus depots. The Strait Times. <https://www.straitstimes.com/singapore/more-solar-panels-to-be-rolled-out-in-mrt-stations-train-and-bus-depots>

Shan, Weiguo (2025). Accelerating the clean energy transition across asia-pacific. Asia Pacific Economic Cooperation. <https://www.apec.org/press/blogs/2025/accelerating-the-clean-energy-transition-across-asia-pacific>

Shangri-La Asia Limited (2010). Enhance, Enrich, Embrace : 2010 sustainability report. Available at: https://www.caringcompany.org.hk/doc/Sustainability_Report/R0035_en.pdf.
Sharma, Anindita , Ajoy K. Dutta, Monjit K. Bora and Partha P. Dutta (2019). Study of Energy Management in a Tea Processing Industry in Assam, India' in *AIP Conference*, Guwahati, India.

Sharma, Niraj, P. V. Pradeep Kumar, Rajni Dhyani, Ch Ravisekhar and K. Ravinder (2019). Idling fuel consumption and emissions of air pollutants at selected signalized intersections in Delhi. *Journal of Cleaner Production*, 212, 8–21.

Sharma, Vigya (2019). Access for adaptation? Reviewing the linkages between energy, disasters, and development in India. *Energy Research & Social Science*, 52, 10–19.

Shepard, Wade (2016). Why Chinese Cities Are Banning The Biggest Adoption Of Green Transportation In History. FORBES. <https://www.forbes.com/sites/wadeshepard/2016/05/18/as-china-chokes-on-smog-the-biggest-adoption-of-green-transportation-in-history-is-being-banned/>

Shiratori Y., M. Sakamoto, T. G. H. Nguyen, T. Yamakawa, T. Kitaoka, H. Orishima, H. Matsubara, Y. Watanabe, S. Nakatsuka, T. C. D. Doan and C. M. Dang (2019). Biogas Power Generation with SOFC to Demonstrate Energy Circulation Suitable for Mekong Delta, Vietnam. *Fuel Cells*, 19(4), . 19(4), 346-53.

Shtelman, Gregory (2019). Desalination Has No Known Negative Impacts on the Environment: True or False? IDE Technologies. <https://ide-tech.com/en/blog/desalination-has-no-known-negative-impacts-on-the-environment-true-or-false/> [2024年12月アクセス]

Siemens (2016). Siemens presents the world's thriftiest traffic light. <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-presents-worlds-thriftiest-traffic-light>

Signify (2018). Interact City powers Jakarta's smart city transformation. <https://www.interact-lighting.com/global/customer-stories/jakarta>

Silan J, Shengnian Xu and Marlon Joseph Apanada (2024). Dual Harvest: Agrivoltaics Boost Food and Energy Production in Asia. <https://www.wri.org/insights/agrivoltaics-energy-food-production-asia>

SLOCAT (2023). The Green Revolution in Thailand Steering by Electric Buses. <https://slocat.net/the-green-revolution-in-thailand-steering-by-electric-buses/>

SM Prime (2025). SM Prime Scales Up Solar Energy Capacity in 2024. SM Prime Holdings, Inc. Available at: https://www.smprime.com/company_releases/sm-prime-scales-up-solar-energy-capacity-in-2024/ [accessed June 2025].

SM Supermalls (2022). SM Supermalls powers up sustainability efforts, installs e-Vehicle charging stations in NCR malls. Available at: <https://www.smsupermalls.com/whats-new/news/>

SM-Supermalls-powers-up-sustainability-efforts-installs-e-Vehicle-charging-stations-in-NCR-malls

Smart Nation Singapore (2025). The smart town framework. Smart Nation Singapore. <https://www.smartnation.gov.sg/initiatives/hdb-smart-towns/> [2025年5月アクセス]

Solar Para Sa Bayan (2018). Solar for the country: Inside Southeast Asia's largest micro-grid. <https://www.solarparasabayan.ph/solar-for-the-country-inside-southeast-asias-largest-micro-grid/>

Sumitomo Corporation (2024). Conclusion of Japan's Largest Comprehensive Solar Carport and On-site Solar Corporate PPA Contract. Available at: <https://www.sumitomocorp.com/en/asia-oceania/news/release/2024/group/17340>

Surahman, Usep, Djoni Hartono, Erni Setyowati and Aldissain Jurizat (2022). Investigation on household energy consumption of urban residential buildings in major cities of Indonesia during COVID-19 pandemic. *Energy and Buildings*, 261, 111956.

Sustainable Bus (2024). E-bus deployments in Asia: lessons and insights from China, India, Indonesia. <https://www.sustainable-bus.com/news/base-electric-bus-deployment-cina-india-indonesia/>

Sustainable Bus (2025). Fuel cell bus projects in the spotlight: fleets, manufacturers, trends. <https://www.sustainable-bus.com/fuel-cell-bus/fuel-cell-bus-hydrogen/#:~:text=However%20despite%20promising%20potential%20the,buses%20covering%20the%20remaining%2095%25>

Suuronen, Petri, Francis Chopin, Christopher Glass, Svein Løkkeborg, Yoshiki Matsushita, Dante Queirolo and Dominic Rihan (2012). Low impact and fuel efficient fishing—Looking beyond the horizon. *Fisheries Research*, 119-120, 135-46.

switchasia (2025). Turning Waste into Energy, Reducing Environmental Pollution in Vietnam. <https://www.switch-asia.eu/news/turning-waste-into-energy-reducing-environmental-pollution/>

Tachev, Viktor (2025). Energy Transition in Asia-Pacific: Opportunities in 2025. Energy Tracker Asia. <https://energytracker.asia/energy-transition-in-asia-pacific/>

Tansakul, Vinij (2024). The Impact of Shrimp Farming on Carbon Footprint and Environmentally Friendly Processes. <https://aquadapt.org/2024/05/02/shrimp-carbon-footprint/>

Tara Energy (2025). 5 Energy Saving Features to Look for in Hotels. Tara Energy. Available at: <https://taraenergy.com/blog/5-energy-saving-features-to-look-for-in-hotels/>

Tay, Vivienne (2024). Frasers Property to install 4,500 sq m of solar panels in its properties in SP Group tie-up. The Business Times, Available at: <https://www.businesstimes.com.sg/companies-markets/frasers-property-install-4-500-sq-m-solar-panels-its-properties-sp-group-tie>.

Tempest, Olivia (2019). Desalination is still a very small portion of the overall water balance in most Asian countries. Smart Water Magazine. <https://smartwatermagazine.com/news/ide-technologies/desalination-still-a-very-small-portion-overall-water-balance-most-asian>

Terra Agri (2024a). Challenges and Potential of Smart Farming in Asia. <https://terra-droneagri.com/challenges-and-potential-of-smart-farming-in-asia/>

Terra Agri (2024b). How to Maximize Efficiency with Drone Fertilizer Application in Modern Farming. <https://terra-droneagri.com/how-to-maximize-efficiency-with-drone-fertilizer-application-in-modern-farming/>

The Agri-Food Data (2025). 2024 Research Asia-Pacific agrivoltaics market to reach \$6.00 billion by 2033. <https://theagrifooddata.com/2024-asia-pacific-agrivoltaics-reach-6-00/>

The Dairy Site (2010). Energy Efficiency On Dairy Units. <https://www.thedairysite.com/articles/2342/energy-efficiency-on-dairy-units>

The Edge Malaysia (2024). Greening the retail sector for a sustainable future. Available at: <https://theedgemalaysia.com/content/advertise/greening-the-retail-sector-for-a-sustainable-future>

The Kitchen Spot (2025). Water Savings For Restaurants And Commercial Kitchens. Available at: <https://thekitchenspot.com/resources/guide-to-streamlining-restaurant-operations/water-savings-for-restaurants-and-commercial-kitchens/>

Tiwari, Paibhasha (2024). *Asia Pacific kitchen appliances market outlook to 2028*. <https://www.kenresearch.com/industry-reports/asia-pacific-kitchen-appliances-market>

Trelleborg (2021). *A watertight future: Trenchless pipe rehabilitation in the Asia-Pacific*.

Trelleborg: Trelleborg. <https://www.trelleborg.com/en/seals-and-profiles/news-and-events/2021-pipe-repair-apac>

Tu, Huizhao, Liying Zhao, Ran Tu and Hao Li (2024). The energy-saving effect of early-stage autonomous vehicles: A case study and recommendations in a metropolitan area. *Energy*, 297, 131274.

Umali-Deininger, Dina (2022). Greening the rice we eat. Washington, DC: World Bank. https://blogs.worldbank.org/eastasiapacific/greening-rice-we-eat?cid=SHR_BlogSiteEmail_EN_EXT

UNEP (2021). *Beating the heat: A sustainable cooling handbook for cities*. Nairobi. <https://www.unep.org/resources/report/beating-heat-sustainable-cooling-handbook-cities>

UNEP (2023). *Down the drain lies a promising climate and nature solution – UN report*. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP). <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/down-drain-lies-promising-climate-and-nature-solution-un-report>

UNEPCCC (2023). *Water-energy Nexus in Urban Water Supply Systems*. Copenhagen: United Nations Environment Programme – Copenhagen Climate Centre (UNEP-CCC). <https://unepccc.org/wp-content/uploads/2023/10/water-energy-nexus-brief-2023-web.pdf>

UNESCO (2024). *The Water, Energy, and Food Security Nexus in Asia and the Pacific : The Pacific, Water security in a new world*, Bangkok: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).

UNFCCC (2023). Global renewables and energy efficiency pledge. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). <https://www.cop28.com/en/global-renewables-and-energy-efficiency-pledge> [2024年7月アクセス]

UNICEF (2020). Procurement Guidelines: Solar Direct Drive Refrigerators and Freezers. New York. <https://www.unicef.org/supply/media/6276/file/e003-solar-direct-drive-refrigerators-freezers.pdf>

UNIDO and ICSHP (2019). World small hydropower development report 2019. Vienna: United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) and the International Center on Small Hydro Power (ICSHP). <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-07/Executive%20Summary.pdf>

Urugo, Markos Makiso, Eyasu Yohannis, Tilahun A. Teka, Habtamu Fekadu Gemed, Yetenayet B. Tola, Sirawdink Fikreyesus Forsido, Ararsa Tessema, Mohammed Suraj and Jemal Abdu (2024). Addressing post-harvest losses through agro-processing for sustainable development in Ethiopia. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101316.

US Department of Energy (2024). LED Lighting. <https://www.energy.gov/energysaver/led-lighting>

US EIA (2024). Use of energy explained Energy use for transportation. US Energy Information Administration (US EIA). <https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/transportation-in-depth.php#:~:text=Compared%20with%20other%20potential%20EV,have%20a%20longer%20travel%20range>

Vector foiltec (2024). Shopping Malls and Amusement Parks in South East Asia: Architectural Revolution with ETFE Roofs. Available at: <https://www.vector-foiltec.com/newsblog/shopping-malls-amusement-parks-in-asia-etfe-roofs/>

Veolia (2025). District Cooling System. <https://www.veolia.hk/en/solutions/kai-tak-district-cooling-system>

Village Infrastructure Angels (2024). Projects. <https://www.villageinfrastructure.com/projects/>

Wang, Chaoqi, Shi-Hai Deng, Na You, Yi Bai, Pengkang Jin and Jie Han (2023). Pathways of wastewater treatment for resource recovery and energy minimization towards carbon neutrality and circular economy: technological opinions. *Front. Environ. Chem*, 4 - 2023.

Wang, Xueman and Jie Wu (2023). *How nature-based urban solutions can help cities to stay cool: the case of Guangzhou*. <https://blogs.worldbank.org/en/eastasiapacific/how-nature-based-urban-solutions-can-help-cities-stay-cool-case-guangzhou>

WEF (2021). Lessons from Singapore: How to generate solar power in a city without much space. <https://www.weforum.org/stories/2021/04/singapore-solar-floating-farms-environment-energy-cities/>

WEF (2024). The small island states making big strides towards 100% renewable energy. World Economic Forum (WEF). <https://www.weforum.org/stories/2024/05/small-island-states-making-big-strides-towards-net-zero/> [2025年5月アクセス]

Wen Bo (2022). The State of Industrial Livestock Farming in Asia And Its Impacts on Deforestation and People's Livelihoods. <https://globalforestcoalition.org/wp-content/uploads/2022/09/GFC-The-State-of-Industrial-Livestock-Farming-in-Asia.pdf>

Wheels Global Foundation (2024). Zero-energy Cold-Storage for Small Farmers. <https://wheelsglobal.org/zero-energy-cold-storage-for-rural-farmers/#:~:text=One%20Subjee%20Cooler%20saves%20about,of%203%2C211%20full%20grown%20trees>

WHO (2024). Household air pollution. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health#:~:text=Each%20year%2C%203.2%20million%20people,air%20pollution%20data%20for%20details> [2025年6月アクセス]

WINDExchange (2024). Small wind guidebook. US Department of Energy. <https://windexchange.energy.gov/small-wind-guidebook>

WIPO (2023). Green echnology Book: Solutions for climate change mitigation, The World Intellectual Property Organization (WIPO).

WIPO (2024a). Agrifood. Patent Landscape Report Series, Geneva: World Inellectual Property Organization (WIPO). <https://doi.org/10.34667/tind.49840>

WIPO (2024b). Global Innovation Index 2024. World Intellectual Property Organization (WIPO). <https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/index.html> [2025年5月アクセス]

WIPO (2024c). Green Technology Book. World Intellectual Property Organization (WIPO). <https://www.wipo.int/green-technology-book-adaptation/en/> [2024年5月アクセス]

WIPO (2024d). Mapping innovations patents and the sustainable development goals. Geneva. <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-rn2024-18-en-mapping-innovations.pdf>

WIPO (2024e). World Intellectual Property Indicators 2024. <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-941-2024-en-world-intellectual-property-indicators-2024.pdf>

WIPO (2025a). WIPO technology trends future of transportation. https://www.wipo.int/web-publications/wipo-technology-trends-future-of-transportation/assets/71569/1055_Future%20of%20Transportation_WEBlr.pdf

WIPO (2025b), WIPO technology trends technical annex: the future of transportation on land. Available at: <https://www.wipo.int/web-publications/wipo-technology-trends-technical-annex-the-future-of-transportation-on-land/en/emerging-technology-in-detail-solid-state-batteries.html>

Wong, Alexander (2025). Johor Premium Outlets plan for 500 EV charging stations, first to offer 1MW EV charger in Southeast Asia. Available at: <https://soyacincau.com/2025/02/28/jpo-johor-plan-500-ev-charging-stations-first-mw-dc-charger-sea/>

World Bank (2018). Incentivizing a sustainable clean cooking market: Lessons from a results-based financing pilot in indonesia. Washington D.C. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/7f6ca48b-84d3-5a1d-9da2-a2be89007b13/content>

World Bank (2022a). Mini grids for half a billion people-market outlook and handbook for decision makers. Washington D.C. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099635009232259510/pdf/P1751510dd4ab407e083a6098d1905fa94f.pdf>

World Bank (2022b). *Piloting Nature-based Solutions for Urban Cooling Overview*. Washington, DC. https://www.thegpsc.org/sites/gpsc/files/1._overview_piloting_nba_urban_cooling-compressed.pdf

World Bank (2022c). *Piloting Nature-based Urban Cooling Solutions for Urban Regeneration and New Town Development in Guangzhou, China*. https://www.thegpsc.org/sites/gpsc/files/3._yongquinfang_and_knowledge_city_c.pdf

World Bank (2023). Expanding mini grids for economic growth - 7th mini grids action learning event. Washington D.C. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099122223180539643/pdf/P17515118ea44a020192941b81f7e8498e1.pdf>

World Bank (2024). *The role of intelligent transport systems (its) in public transport*. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/11fed4e05bc09e63a23f81b29d16674f-0090062024/original/C4-M2-The-Role-of-ITS-in-Public-Transport-100924-DR.pdf>

WRI Indonesia (2018). If Food Loss and Waste Were its own Country, it Would Be the Third-Largest Greenhouse Gas Emitter. <https://wri-indonesia.org/en/data/if-food-loss-and-waste-were-its-own-country-it-would-be-third-largest-greenhouse-gas-emitter>

Wuppertal Institut - Gokarakonda, Sriraj;, Christopher Moore, Lena Tholen and Chun Xia-Bauer (2017). Handbook: Building Energy Management in Large Shopping Malls and Medium-Sized Hotels. Available at: https://www.switch-asia.eu/site/assets/files/2291/wp_2_2_1_energy_management-1.pdf.

WSL Solar (2018). China's First Solar Bus Shelters. https://www.wsl-solar.com/Industry_News/2018/1129/148.html

WWF (2018). Beef. <https://wwf.org.au/what-we-do/food/beef/>

Xie, Hongxing, Yue Bian, Xin He, Xingxing Guo and Peter Oksen (2022). Progress in hydrogen fuel cell technology development and deployment in China. <https://dx.doi.org/10.34667/tind.44764>.

Xylem (2022). Xylem's analytics solution in Malaysia detects leaks, bursts and pressure surges in real time. <https://www.xylem.com/en-ie/making-waves/water-utilities-news/xylems-analytics-solutions-in-malaysia/>

Yang, Elvina (2019). How cities can benefit from smart streetlights. <https://www.asmag.com/showpost/28054.aspx>

Yao, Zhixin, Chunjiang Zhao and Taihong Zhang (2024). Agricultural machinery automatic navigation technology. *iScience*, 27(2), 108714.

Ye, Yvaine (2023). *Are rooftop solar panels the answer to meeting China's challenging climate targets?*. <https://www.nature.com/articles/d41586-023-02991-x>

You, Xiaoying (2023). *How China's buses shaped the world's EV revolution*. <https://www.bbc.com/future/article/20231206-climate-change-how-chinas-electric-vehicle-revolution-began-with-buses>

YS, Melissa Goh and Darrelle Ng (2022). Aesthetically pleasing solar panels in the spotlight as demand for solar fittings rise. <https://www.channelnewsasia.com/singapore/nus-baba-peranakan-house-green-solar-panels-energy-demand-2937116>

Yu, Vicente Paolo (2023). Addressing the climate technology gap in developing countries through effective technology transfer. TESS forum on trade, environment & SDGs. <https://tessforum.org/latest/addressing-the-climate-technology-gap-in-developing-countries-through-effective-technology-transfer> [2024年7月アクセス]

Yuanyuan, Li, Mojiri Ahmad, Stanley Cameron, Ambrose Michael and Rosengarten Gary (2020). *Residential peak demand management of space cooling systems through thermal storage and rooftop pv in brisbane*. <https://apvi.org.au/solar-research-conference/wp-content/uploads/2020/02/Li-Y-Residential-HVAC-Peak-Demand-management-through-Thermal-Storage.pdf>

Zeng, Yuan-Fu, Ching-Tien Chen and Gwo-Fong Lin (2023). Practical application of an intelligent irrigation system to rice paddies in Taiwan. *Agricultural Water Management*, 280, 108216.

Zhang, Jianfeng, Xian - Sheng Hua, Jianqiang Huang, Xu Shen, Jingyuan Chen, Qin Zhou, Zhihang Fu and Yiru Zhao (2019). The City Brain: Practice of Large-Scale Artificial Intelligence in the Real World. *IET Smart Cities*, 1.

Zhao, J (2024). *Mitsui & Co. Global Strategic Studies Institute Monthly Report*. Mitsui & Co. Global Strategic Studies Institute. https://www.mitsui.com/mgssi/en/report/detail/___icsFiles/afieldfile/2024/08/13/2407_t_zhao_e.pdf

Zhao, S; and X Zhang (2023). Energy consumption and heat island effect mitigation analysis of different roofs considering superposition coupling. *Frontiers in Energy Research*, 10, 1047614.

Zhijiang, Xia (2023). Chinese rice farming trials cut methane emissions. *China Dialogue*. <https://chinadialogue.net/en/food/chinas-rice-farming-trials-cut-methane-emissions-and-increase-yields/> [2023年7月アクセス]

Zhu, Zihao, Zijie Song, Sihan Xu, Shoubing Wang, Xingyu Chen, Yongshuang Wang and Zhenhua Zhu (2024). The development of fishery-photovoltaic complementary industry and the studies on its environmental, ecological and economic effects in China: A review. *Energy Nexus*, 15, 100316.

本書「Green Technology Book」は、EXPO 2025 大阪・関西万博のために制作された特別版です。アジア太平洋地域にフォーカスし、気候変動に対処する優れたエネルギー技術のイノベーション実例を 200 点以上挙げています。都市および遠隔地の両方における住宅やコミュニティ、公共交通、ホスピタリティ、小売、農業、漁業など、社会における主要部門全般を対象としています。

多岐にわたる再生可能エネルギーやエネルギー効率化技術の開発が進行しており、その多くがすでに実用化されています。これらの技術は、エネルギー需要が急増し、気候変動がエネルギーシステムやインフラに及ぼす影響も高まり続ける時代において、ますます欠かせないものとなります。

本特別版ではエンドユーザーの視点を取り入れ、アジア太平洋地域における都市、公益企業、会社、コミュニティ、個人が導入可能な実用的なエネルギーソリューションに重点を置いています。エネルギー技術ソリューションが緊急に必要となる中で、先進国・途上国の両方にとって、本書が現実的な実現に向けた橋渡しとなることを目指しています。

本書「Green Technology Book」は、目的に合った技術を探すためのツールとしてもご活用ください。本書に掲載した技術についての情報は、WIPO GREEN データベースの「ニーズとグリーン技術」からご覧いただけます。このページから技術所有者への直接連絡も可能です。また、需要や新しい技術をアップロードすることもできます。