

太陽熱利用の動向と将来展望 (空気集熱式の太陽熱利用)

Technological Trends and Future Outlook for Air-Collecting Solar Thermal Utilization

太陽熱部会 盧 炫佑*

1. はじめに

21 世紀に入り、地球温暖化対策は国際的な最重要課題となっている。産業革命以降、人類は膨大な量の化石燃料を消費し、膨大な二酸化炭素を大気中に放出してきた。その結果、地球平均気温は産業革命前に比べてすでに 1.3℃ 程度上昇しており、異常気象や自然災害の激甚化を引き起こしている。この流れを食い止めるため、世界各国は 2050 年頃までにカーボンニュートラル（温室効果ガス排出実質ゼロ）を目指す方針を打ち出している。しかし、緊急行動を起こさない限り、国連気候変動枠組条約第

29 回締約国会議（COP29）の報告によると、気候変動に関するパリ協定で設定された、気温上昇を 1.5℃ に抑える目標は数年以内に達成不可能になるであろう。この気候危機の正念場での再生可能エネルギーの活用は必要不可欠である。

再生可能エネルギーの中でも、太陽エネルギーは供給量が圧倒的に大きい。1 年間に地球に降り注ぐ太陽エネルギーは、人類が消費するエネルギーの数千倍に相当するといわれる。そのため、このエネルギーを効率的に利用する技術の開発と普及は、持続可能社会の実現に不可欠である。

太陽エネルギー利用には大きく分けて「太陽光発電（光）」と「太陽熱利用（熱）」の 2 つがある。近年は太陽光発電の普及が急速に進み、再エネ政策の中心的存在となっている。一方で太陽熱利用は、熱需要を直接賄えるにもかかわらず、電力中心の政策の影に隠れてきた。しかし、最終エネルギー消費の約半分は熱需要であることを考えれば、熱分野の脱炭素化に太陽熱利用を位置づけ直すことは極めて重要である。

ここでは、まず世界の太陽熱利用の現状と最新動向を整理し、日本における利用の歴史と現状を概観する。そのうえで、日本独自の技術である「空気集熱式太陽熱利用」に焦点をあて、技術的特徴や導入事例などを紹介する。そして、これらを踏まえて今後の日本の太陽熱利用のあり方と可能性について考察する。

2. 世界の太陽熱利用

国際エネルギー機関（IEA）の報告によると、世界の最終エネルギー消費の内訳はおおむね「電力 25%、輸送燃料 25%、熱需要 50%」である。つまり、

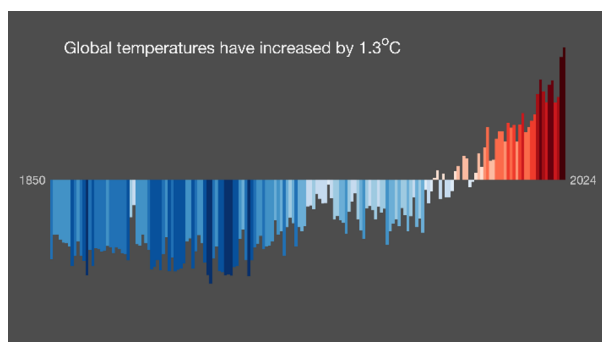


図 1 地球平均気温の変動（1850-2024）
出典：https://showyourstripes.info/

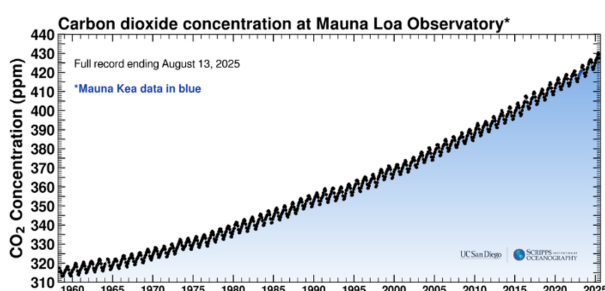


図 2 キーリングカーブ（1958-2025）
出典：https://keelingcurve.ucsd.edu/

*OM ソーラー株式会社

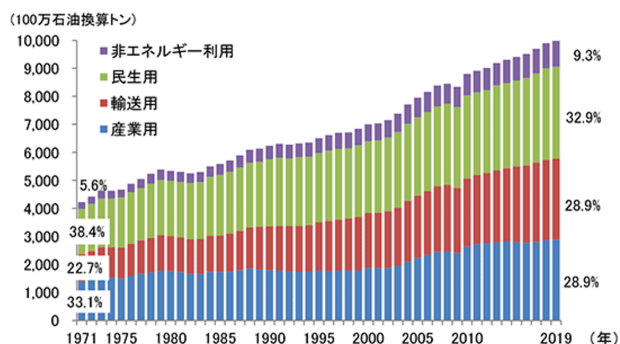


図3 世界のエネルギー需要の推移（部門別，最終エネルギー消費量）

出典：https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2022/html/2-2-1.html

全体の半分を占める熱分野を脱炭素化できなければ、カーボンニュートラルの実現は困難である。特に産業用熱需要は世界の最終エネルギーの約30%を占め、その多くが石炭や天然ガスによって供給されている。温度帯別に見ると、100℃以下の低温熱（給湯や暖房）は全体の約半分、100～400℃の中温熱（食品加工や乾燥）は約3割、400℃以上の高温熱（製鉄・化学プロセス）は約2割を占める。太陽熱利用はこのうち、低温から中温の熱需要を効率的に代替できる可能性を持つ。また、民生用熱重要は100℃以下の低温熱（給湯や暖房）であり、太陽熱利用に最も適している。民生用熱重要も世界の最終エネルギーの約30%を占めている。

世界における太陽熱利用は、主に太陽熱温水器として普及している。IEA SHC（Solar Heating and Cooling Programme）の2024年統計によれば、世界の稼働中太陽熱集熱器の総面積は約8億m²（設備容量換算で560 GWth）に達していて、主に太陽熱温水器が普及している。特に中国は圧倒的な規模を誇り、世界の設置容量の70%以上を占めるが、2013年をピークに50%以上減少していることがわかる。このことの主要因は、中国における設置台数の減少、すなわち中国国内における住宅関連の成長の鈍化に起因する。

中国では低価格の真空管式温水器が大量に普及し、農村部から都市部まで幅広く利用されている。政府の補助制度や市場競争の激化による価格低下が背景にある。

欧州では、ドイツ、オーストリア、スペインなどが太陽熱利用の先進国である。ドイツやオーストリアでは住宅用のソーラーシステムが普及し、暖房や給湯を支えている。

米国においては、ハワイやカリフォルニアなど温

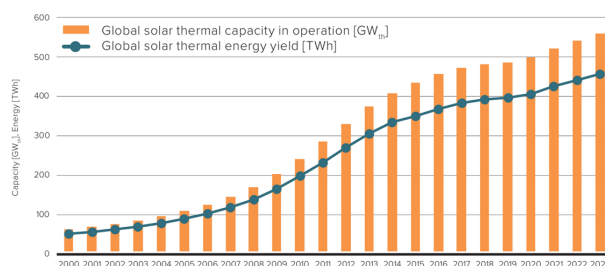


図4 太陽熱集熱器の設備容量と年間利用量の推移（2000-2023）

出典：Solar Heat Worldwide 2024 年版（IEA SHC）

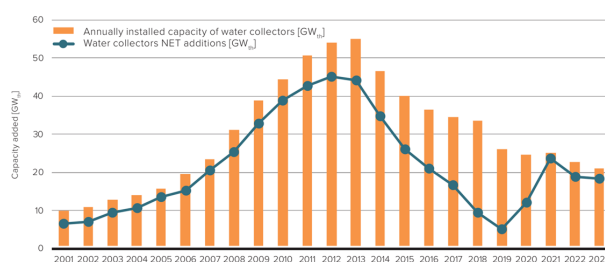


図5 太陽熱集熱器の年間設置容量と増減量の推移（2000-2023）

出典：Solar Heat Worldwide 2024 年版（IEA SHC）

暖な地域で太陽熱温水器の普及が見られる。また近年は、産業用の太陽熱利用が研究されており、食品加工や製紙産業などの熱需要を賄う試みが進んでいる。

また、近年は中東・北アフリカでの大規模集光型太陽熱発電（CSP）導入が進み、再生可能エネルギーの一翼を担いつつある。同統計によると、CSPは2023年末時点7 GW（17 TWhth）の設備容量に達している。

3. 日本の太陽熱利用

日本における太陽熱利用は、戦後のエネルギー不足を背景に徐々に普及した。特に1970年代のオイルショック以降、省エネルギー政策の一環として太陽熱温水器が注目され、1980年代には住宅の屋根に設置された温水器が全国で広く見られるようになった。当時の導入台数は数百万台規模に達し、世界的にも高い普及率を誇った。

しかし1990年代以降、都市部の集合住宅化の進展や、ガス給湯器・電気温水器の利便性向上により、太陽熱温水器の普及は急速に停滞した。また、バブル崩壊後の経済状況や住宅様式の変化も拍車をかけた。2000年代に入るとエコキュートや太陽光発電が急速に伸び、政策や市場の関心はそちらに集中したことで、太陽熱利用は影を潜めることとなった。

現在、日本の太陽熱利用は依然として一定の規模

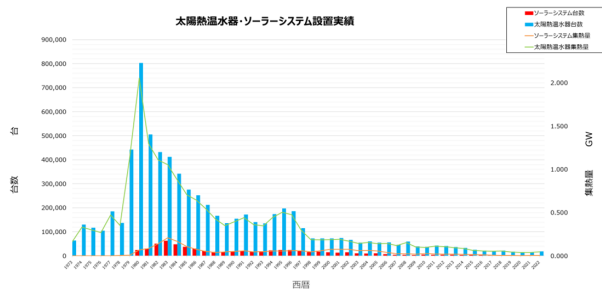


図6 太陽熱温水器・ソーラーシステムの設置実績（1973-2022）
提供：ソーラーシステム振興協会（当該協会の自主統計）



図7 戸建住宅の太陽熱利用システムの導入事例
提供：ソーラーシステム振興協会



図8 集合住宅の太陽熱利用システムの導入事例
提供：ソーラーシステム振興協会

で残っている。出荷台数は最盛期の10分の1以下だが、家庭用太陽熱温水器は農村部や温暖地域では根強く使われている。また、学校のプール加温、温浴施設、農業用乾燥装置など、多様な用途で導入事例がある。国の補助金事業は限定的ながら、公共施設や温泉地での実証が進められている。1970年代の省エネブームを背景に、1973年にスタートした「サンシャイン計画」では、太陽、地熱、石炭、水素エネルギーという石油代替エネルギー技術にスポットを当て、重点的に研究開発が進められたが、現在、太陽熱利用の技術開発及び普及の研究はあまり行われていない。

日本は四季があり、冬の寒冷地から夏の高湿多湿地域まで気候が多様である。そのため、地域に適した太陽熱システムが必要とされる。加えて、都市部の住宅密集や屋根面積の制約が普及を妨げている。一方で、木造住宅文化やパッシブデザイン建築との親和性は高く、技術開発次第では大きな可能性を秘めている。

国の再生可能エネルギー政策における太陽熱利用の比重は小さい。しかし、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、電力だけでなく熱利用の脱炭素が不可欠であることから、再び太陽熱利用への関心が高まっている。

4. 日本の空気集熱の太陽熱利用

太陽熱利用には、主に太陽熱温水器などの熱媒を液体とする液体式と空気を熱媒にする空気集熱式の2種類がある。太陽熱利用の一つである空気集熱式は、集熱器内で空気を直接加熱し、住宅や建物内に取り込む方式である。水を使う温水式と異なり、凍結や漏水のリスクがないため、寒冷地や維持管理が難しい地域でも導入しやすいという利点がある。他にも軽量で施工が簡単であり、屋根や外壁に設置できること、床下基礎コンクリートや石材などの建材を蓄熱材として併用可能、冬季の日射を有効利用でき、暖房負荷削減に直結するなどの利点がある。

日本の独自の太陽熱利用の空気集熱式ソーラーシステム（通常、OMソーラーシステム）は、建築家「奥村昭雄」氏が考案し、自然の力を利用して家全体を温めるパッシブシステムで、1987年に「OMソーラー協会」（現OMソーラー株式会社）を設立したことから始まった。この取り組みは全国の地域工務店に広がり、自然と共生する家づくりの流れを築き、現在も続く「OMソーラー」という独自の体系へと発展した。

OMソーラーシステムの太陽熱暖房の仕組みは、屋根に設置した集熱パネルで太陽熱を取り込み、その空気を下に送ることで床下の基礎コンクリートに蓄熱しながら床下を温める。暖かい空気は上昇するという熱の特性を活かし、効率的に無駄なく、足元から家全体を快適で優しい温度にしていく。これにより1階や2階、脱衣所やトイレなど部屋間の温度差がなくなるので寒さを我慢して部屋移動する必要もなく、開放的な吹き抜けなどでも快適に過ごすことができる。さらにOMソーラーは太陽熱で暖まった空気で暖房しながら家の換気も同時にするので、定期的な換気の手間も省くことができる。日没後、

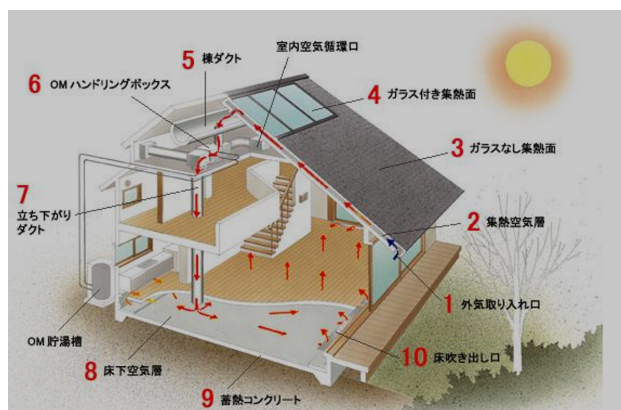


図9 空気集熱式太陽熱暖房・給湯システム（OMソーラーシステム）

提供：OMソーラー

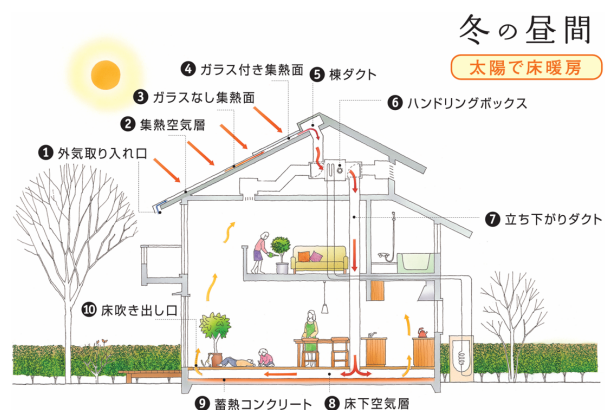


図10 空気集熱式太陽熱暖房の仕組み（OMソーラーシステム）

提供：OMソーラー

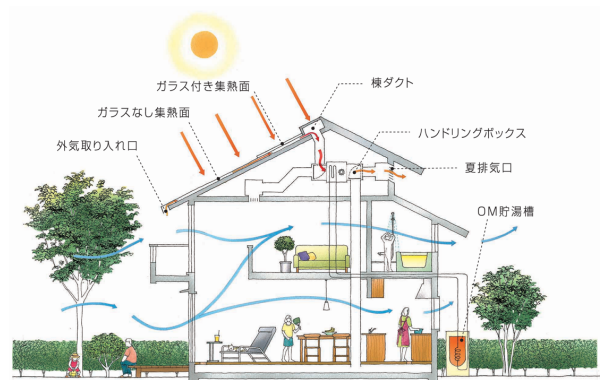


図11 空気集熱式太陽熱給湯の仕組み（OMソーラーシステム）

提供：OMソーラー

外気温の低下とともに、床下の基礎コンクリートに蓄えた熱がゆっくり放熱を始める。日中に蓄えておいた太陽熱を、翌朝にかけて少しずつ使うことで、急激な室温低下を防ぎ、昼と夜の室温の差を和らげることができる。建物断熱と気密を高めることがよ



図12 空気集熱式太陽熱暖房・給湯システム（OMソーラーシステム）の導入事例

提供：OMソーラー

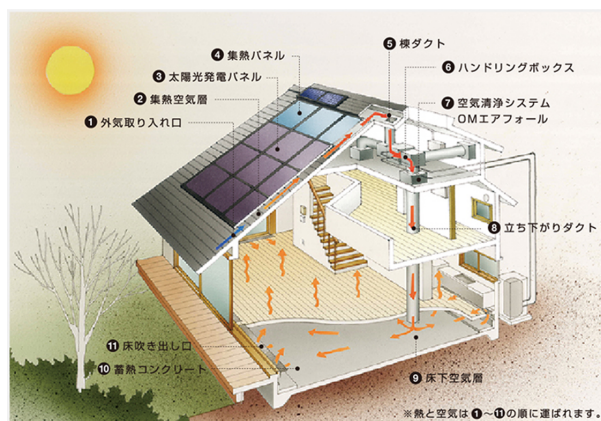


図13 太陽光発電・太陽熱暖房・給湯システム（OMクワトロソーラーシステム）

提供：OMソーラー



図14 太陽光発電・空気集熱式太陽熱暖房・給湯システム（OMクワトロソーラーシステム）の導入事例

提供：OMソーラー

り効果的であることから、近年の高断熱・高気密住宅にも適している。

なお、暖房の不要な夏や中間期は、集熱空気を熱

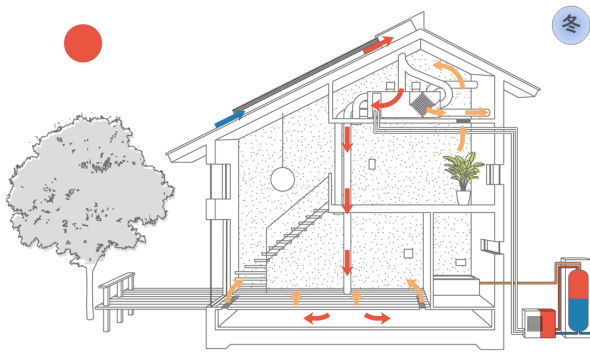


図15 太陽熱・排熱利用暖冷房換気給湯システム（OMX）の冬昼の動き：太陽光発電，太陽熱暖房・換気，ヒートポンプ給湯沸き上げ
提供：OMソーラー

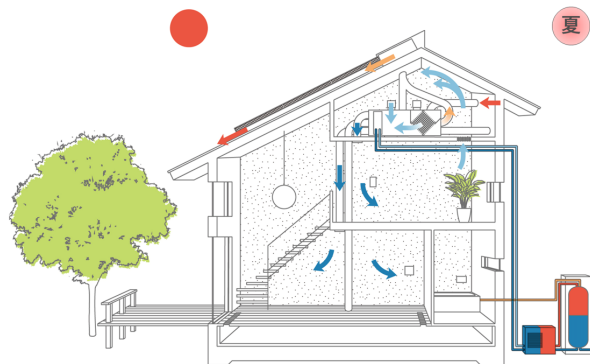


図16 太陽熱・排熱利用暖冷房換気給湯システム（OMX）の夏昼の動き：太陽光発電，全熱交換換気，ヒートポンプ冷房，ヒートポンプ給湯沸き上げ（冷房排熱利用）
提供：OMソーラー



図17 太陽熱・排熱利用暖冷房換気給湯システム（OMX）の導入事例
提供：OMソーラー

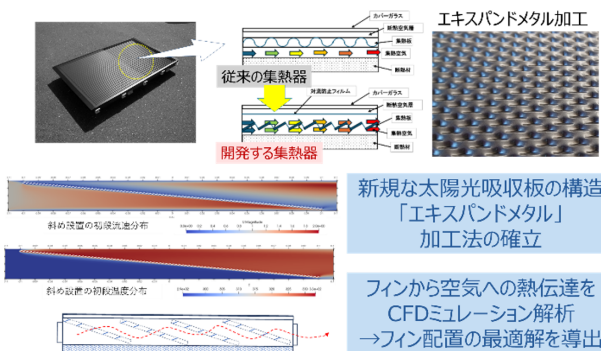


図18 高効率の空気集熱器の開発構想
提供：OMソーラー

交換し、貯湯槽内の水を温め、給湯に利用する。

住宅の屋根面積は限られていて、太陽光発電が普及すれば、太陽熱利用は減少することになるが、PVTパネル（太陽光発電機能付き集熱器）は太陽光発電と太陽熱利用を同時に行うことができる。太陽の熱と光を利用するPVTを組み込んだ空気集熱式ソーラーシステム（OMクワトロソーラー）は、住宅の太陽熱暖房・給湯だけではなく、発電も行う。このシステムは、近年のゼロエネルギーハウス（ZEH）の実現を可能にする。

さらに、OMクワトロソーラーシステムに省エネ技術であるヒートポンプと熱交換換気を組み込んだ太陽熱・排熱利用暖冷房換気給湯システム（OMX）も開発され、普及が進んでいる。

冬の昼間はPVTで太陽光発電と太陽熱集熱を行い、空気集熱式の太陽熱暖房・換気とヒートポンプで給湯用温水の沸き上げを行い、リアルタイムでZEHを達成する。

夏の昼間はPVTで太陽光発電、熱交換換気とその排気でPVTを冷却、ヒートポンプで冷房とその排熱で給湯用温水を沸き上げることで、プラスエネルギーハウスを達成する。

太陽熱を使えない時間帯には、必要に応じてヒートポンプによる暖冷房・給湯、全熱交換換気を行い、室内温熱環境を一年中快適に維持する。

現在も研究開発を続けており、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託研究として、JIS基準の集熱効率率30%である空気集熱器の集熱効率を50%に向上させる研究開発が行われている。高効率集熱器は、集合住宅や団地への地域利用、農産物乾燥・木材乾燥・商品加工の産業用利用などの空気集熱式太陽熱利用の用途を広げることができると期待される。

5. まとめ

太陽熱利用は古くから人類が活用してきた再生可能エネルギーであり、現代の脱炭素社会においても大きな役割を果たし得る技術である。世界的には、中国を中心とした大量普及や欧州の先進事例、産業分野での応用拡大が進んでおり、その重要性は増している。一方、日本では普及が停滞してきたが、カーボンニュートラルに向けて熱需要対策の必要性が高まり、再び太陽熱利用への期待が高まっている。

特に日本独自の「空気集熱式」は、住宅の省エネと快適性向上に資する有望な技術である。普及のためには、認知度向上が求められる。今後、ZEHや

スマートハウスと組み合わせることで、太陽熱利用は再生可能エネルギーの重要な柱として再評価されることを期待する。

太陽熱利用の未来は、単なる省エネ機器の一つにとどまらず、建築、地域社会、産業システム全体を変革する潜在力を秘めている。電力と熱をバランスよく活用することで、真の持続可能社会の実現に寄与することが期待される。

著者略歴



盧 炫佑（の ひょう）
博士（工学）
OM ソーラー株式会社 取締役 技術
部長
静岡理工科大学客員准教授・非常勤講師

Hyunwoo Roh

Ph.D

Director, General Manager of R&D Dept., OM Solar, Inc.

Visiting Associate Professor, Shizuoka Institute of Science and Technology