

再生可能エネルギー熱利用分野の 技術戦略策定に向けて

2021年2月

1 章	再生可能エネルギー熱利用技術の概要	2
1-1	太陽熱利用	3
1-2	地中熱利用	5
1-3	バイオマス熱利用	7
1-4	雪氷熱利用	9
1-5	温泉熱利用	10
1-6	水を熱源とする熱利用	11
2 章	再生可能エネルギー熱利用技術の置かれた状況	12
2-1	再生可能エネルギー熱利用の市場動向と導入ポテンシャル	12
2-2	再生可能エネルギー熱利用の技術分野の動向	22
2-3	再生可能エネルギー熱利用に関する世界の政策状況	26
3 章	再生可能エネルギー熱利用技術の課題	28
3-1	太陽熱利用の技術課題	29
3-2	地中熱利用の技術課題	32
4 章	おわりに	34

TSCとはTechnology Strategy Center（技術戦略研究センター）の略称です。

1章 再生可能エネルギー熱利用技術の概要

我が国では、エネルギーの最終利用段階において熱利用が大半を占めている。したがって、エネルギー利用効率の向上のためには、熱利用分野においても効率化を図ることが重要である。

熱利用分野における効率化を目指す取組の一つに、再生可能エネルギー熱の有効活用がある。再生可能エネルギー熱は、持続的に利用することができると思われる熱源であり、①太陽熱、②地中熱、③バイオマス熱、④雪氷熱、⑤温泉熱、水を熱源とする熱（⑥河川熱、⑦海水熱、⑧下水熱）等がある（図1）。なお、本レポートで

は、空気熱（大気中に熱の形で蓄えられたエネルギー）の利用に関する記載は行わない。再生可能エネルギー熱は種類によって適用温度帯は異なるが、主に家庭用・業務用他部門における空調・給湯に利用される。

再生可能エネルギー熱利用の推進は第5次エネルギー基本計画（2018年7月）^{※1}において明記されており、温室効果ガスの削減という観点からも導入・利用が進むことが期待されている。国内の再生可能エネルギー熱の導入ポテンシャル（エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量）の合計は国内の熱需要の合計（約2,400 PJ/年）と同程度である^{※2}ものの再生可能エネルギー熱はコストの面に課題があり十分に活用されていないのが現状である。

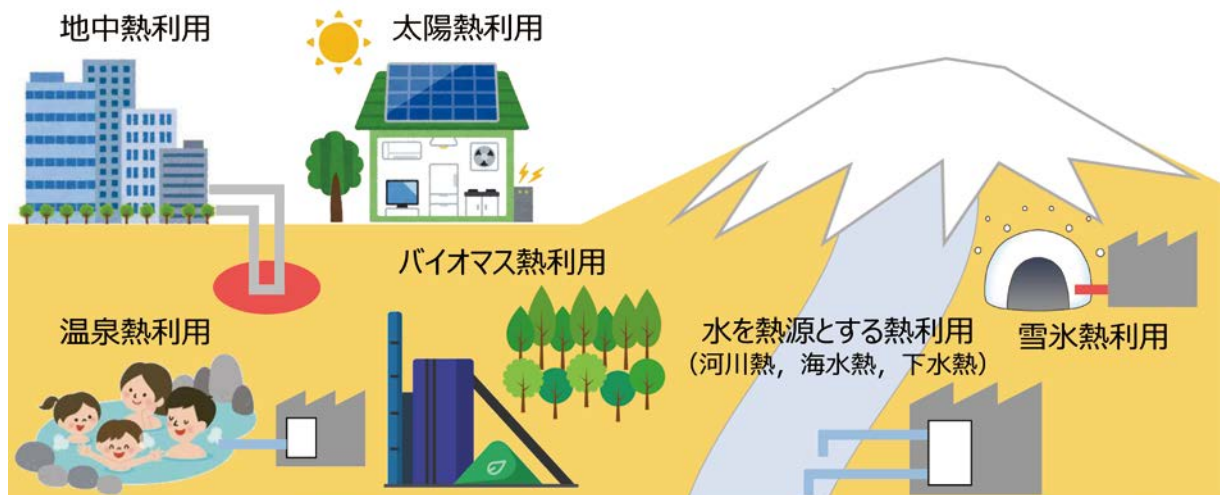


図1 再生可能エネルギー熱とは

出典：各種資料を基に NEDO 技術戦略研究センター作成（2020）

※1 https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf

※2 国内の再生可能エネルギー熱の導入ポテンシャルの詳細は、本レポート2-1 (2)に記載

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

1-1 太陽熱利用

太陽エネルギーは太陽が存在する限り枯渇することのないエネルギー資源で、その熱や光をエネルギーとして有効に活用することができる。太陽熱利用はシンプルで効率が高く、住宅や業務用施設で給湯や暖房または冷房に利用できるほか、農林水産分野では、乾燥や除湿、加温などにも利用される。比較的安価で経済的にも利用しやすいエネルギー源として、我が国では古くから住宅用として利用されている。建築分野や産業分野では、太陽熱を利用することにより、化石燃料によるエネルギー利用量の削減、CO₂排出抑制の面で効果を上げている。

太陽から地表に到達する光のエネルギーにおいて、太陽光発電による太陽光から電気へのエネルギー変換効率は10～25%であるのに対し、集熱器による太陽光から熱へのエネルギー変換効率は40～60%になり、同じエネルギー量を取り出す場合、太陽熱利用の方が、太陽光発電に比べ

てパネル面積を小さく抑えられる。

太陽熱利用システムは、一般的に空気集熱式と水集熱式に大別される。空気集熱式については外気の取り入れによる自然循環方式が主であり、水集熱式については自然循環式と強制循環式のシステムに分類される(図2)。自然循環式は集熱器や建築上の工夫によって太陽熱を受動的に活用するシステムを指し、強制循環式はポンプ等の機械的な装置を利用して媒体を循環させるシステムを指す。

空気集熱式では、暖められた空気を直接暖房に利用するか、蓄熱材等に蓄えて、戸建住宅や業務施設における暖房用途に利用される。水集熱式のシステムでは、集熱器、蓄熱槽、補助ボイラー等から構成されることが多く、必要に応じてヒートポンプや吸収式冷凍機等を使用して、給湯・暖房、冷房需要にエネルギーを供給するシステム構成となる。

集熱器には平板型や真空ガラス管型、集光型等があり、平板型は40～70℃程度、真空ガラス管型は70～90℃程度、集光型は200℃程度の集熱を行う際に利用される。

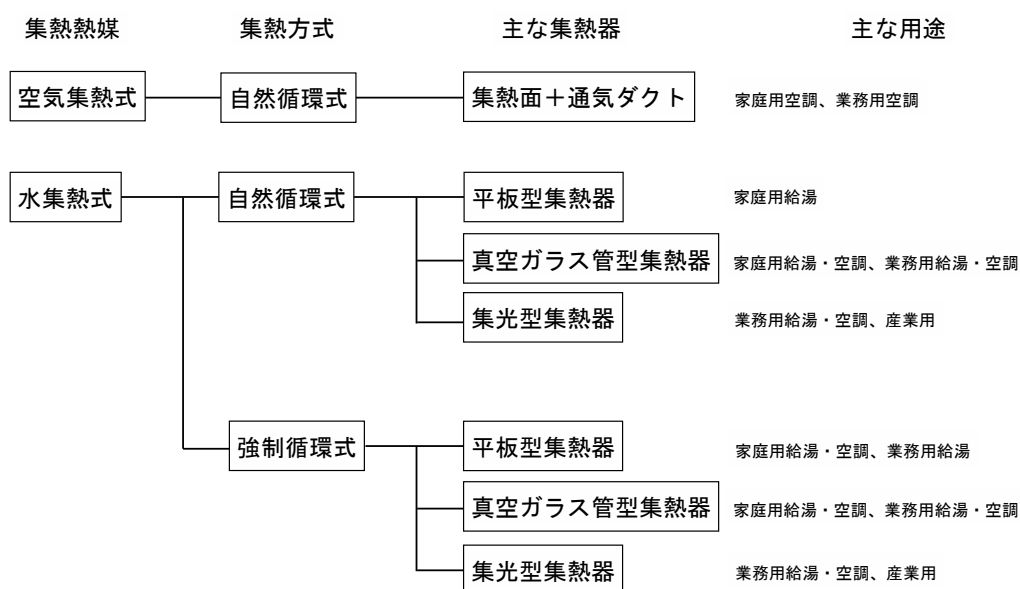


図2 主な太陽熱利用システムの分類

出典：再生可能エネルギー熱利用技術開発 再生可能エネルギー熱利用システムの普及に向けた技術開発に関する調査 (NEDO, 2018)

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

太陽熱利用システムは、住宅用では給湯や暖房の用途として使用されてきた。住宅以外では、大規模建築物や産業用でも利用されており、給湯、暖房のほか、冷房、乾燥、蒸

留などの熱源ともなっている。また、太陽熱による発電も各国で研究されており、一部は既に実用化されている。太陽熱利用システムの主な用途分類を表1に示した。

表1 太陽熱利用システムの主な用途分類

対象	システム	分類	用途	温度範囲	
建築用 (住宅、業務用建物)	給湯システム	太陽熱温水器	—	給湯	40～60℃
		強制循環システム	—	給湯	40～60℃
	暖房システム	パッシブ*1システム	直射日射利用	暖房	35～50℃
			窓面・壁面蓄熱	暖房	35～50℃
			温室	暖房	35～50℃
		アクティブ*2システム	直接暖房システム	暖房、給湯	40～60℃
	冷房システム	アクティブシステム	ヒートポンプ暖房システム	暖房、給湯	40～60℃
			吸収式冷凍機	冷房	60～90℃
			吸着冷凍機	冷房	60～90℃
	産業用	乾燥システム	除湿冷房(デシカント空調)	冷房	40～60℃
農業用			穀物乾燥	乾燥	40～60℃
淡水化システム		その他	木材乾燥	乾燥	40～60℃
		直接法	—	飲料水	40～80℃
太陽熱発電システム		間接法	—	飲料水	30～70℃
		集中型	—	電力	300～1500℃
工業用プロセス加熱		分散型	—	電力	200～400℃
太陽炉	—	高温研究	超高熱用途	1500～3500℃	

*1：気候や風土に合わせて建築や配置計画を行うことにより熱や光、空気の流れを制御し太陽熱を得る方法

*2：太陽熱集熱気、ポンプ、放熱器など機械力を用いて積極的に太陽熱を利用する方法

出典：業務用太陽熱利用システムの設計ガイドライン (NEDO, 2009) を基に NEDO 技術戦略研究センター作成

1-2 地中熱利用

地中熱利用技術では、一般的には地下10mよりも深い領域に賦存する低温の熱エネルギーを利用する。地

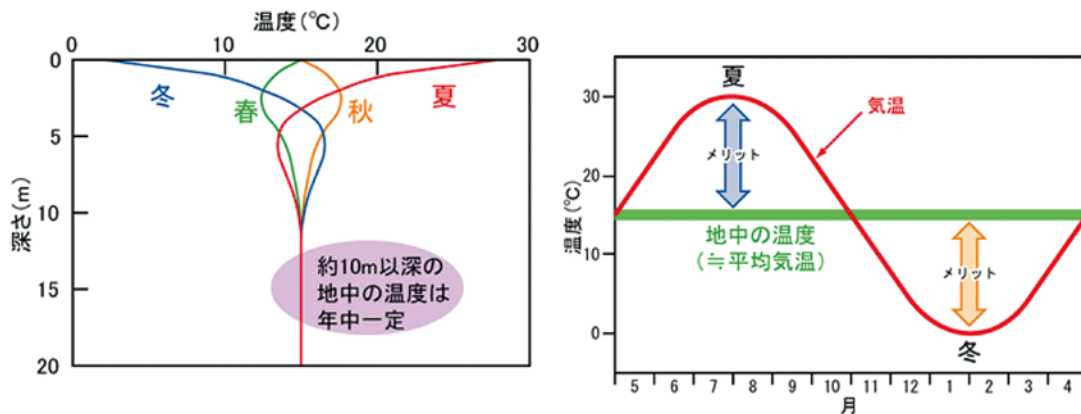


図3 地中熱の季節依存性の模式図(左)、地中熱利用の模式図(右)

出典：地中熱利用促進協会ウェブページ^{※3}(2017)

地中熱利用システムは、ヒートポンプの熱源として利用する間接利用(地中熱ヒートポンプシステム)と、地中熱をそのまま空調や融雪に利用する直接利用の二つに大別できる。以下では、地中熱利用ヒートポンプシステムの概要を述べる。

地中熱利用ヒートポンプシステムはクローズドループ方式とオープンループ方式に大別できる(図4)。クローズドループ方式では、地中に熱交換器を設置し、内部に熱媒を循環させることで、地中熱を取り出す。オープンループ方式では、地下水を揚水しヒートポンプの熱源として直接利用する。クローズドループ方式とオープンループ方式を組み合わせる併用方式も存在している。これらの地中熱利用ヒートポンプシステムは、空気熱源のヒートポンプと比較し、効率の高い冷暖房を行うことができる。

クローズドループ方式では熱交換のための井戸を掘削

し、そこに熱交換器(Uチューブ、二重管など)を導入する。熱交換器の導入方法によって、①ボアホール方式(深さ100～150mの穴を掘削してその中に熱交換器を設置)、②杭方式(建築の基礎杭を熱交換に活用)、③水平敷設方式(熱交換器を垂直ではなく水平に設置)の3方式に分類することができ、方式に応じて掘削コストや熱交換効率が異なる。

オープンループ方式では、地下水を帯水層から揚水し、直接熱交換に利用する。熱交換を終えたあとの地下水の処理方法によって、①放流方式(地下水を地下に戻さず、水路などに直接放流する)、②還元方式(還元井型)(還元井により地下水を帯水層へ戻す)、③還元方式(浸透枘型)(地表付近に設置した浸透枘を利用して、地下水を帯水層へ戻す)の3方式に分類することができる。

※3 www.geohpaj.org

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

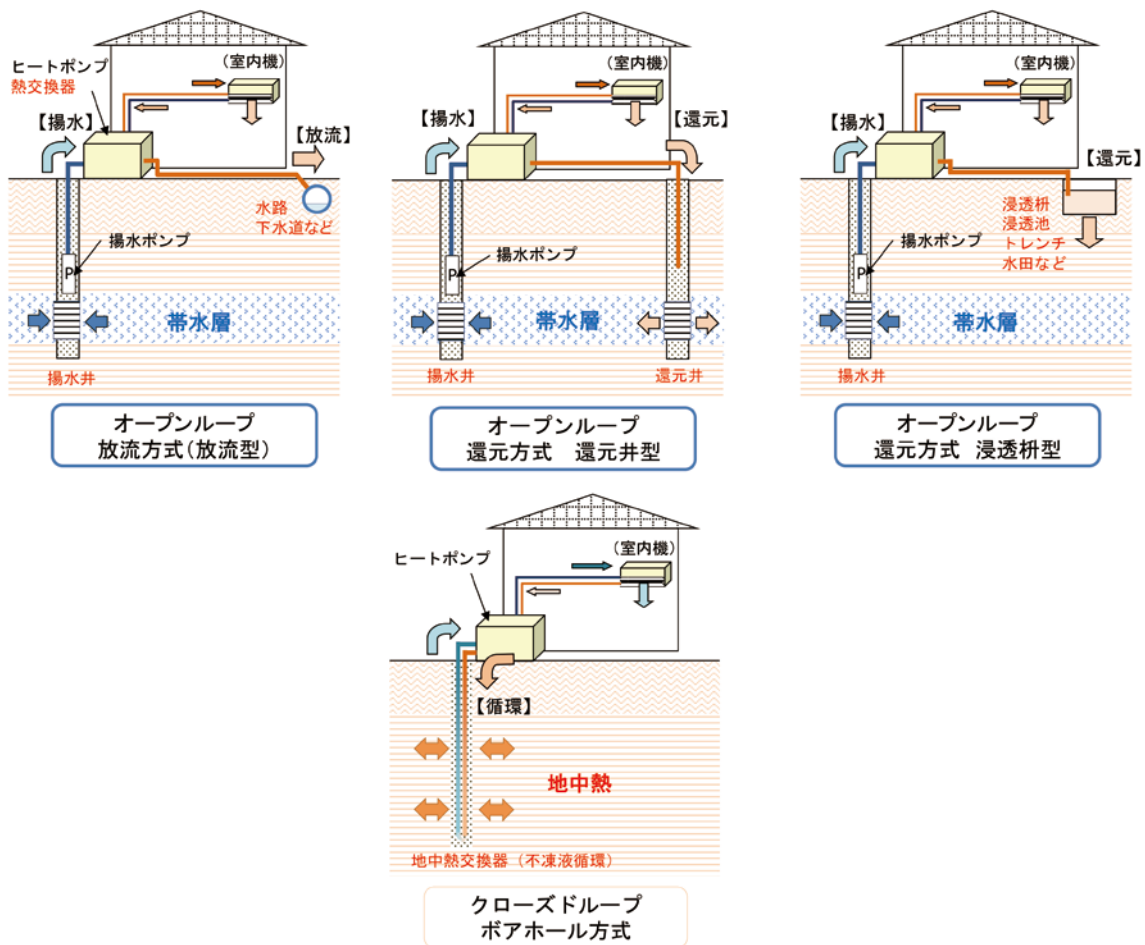


図4 クローズドループ型システム及びオープンループ型システムの模式図

出典：地中熱ヒートポンプシステムオープンループ導入ガイドライン 第1版 (地中熱利用促進協会・全国さく井協会, 2017) ^{※4}

※4 www.geohpaj.org/wp/wp-content/uploads/openloop_guide01.pdf

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

1-3 バイオマス熱利用

バイオマスは、動植物に由来する資源のうち、化石燃料を除いたものである。バイオマスエネルギー利用では、多様な資源・燃料形態・利用形態があり、またこれら結びつける多様なエネルギー変換技術が存在する(図5)。

歴史的には、木質系バイオマスの一種である薪炭(薪や木炭)は古くから人類に利用されてきた。バイオマスエネルギー利用は、1990年代以降、地球温暖化対策や循環型社会の構築などの取組のなかで再度評価されている。

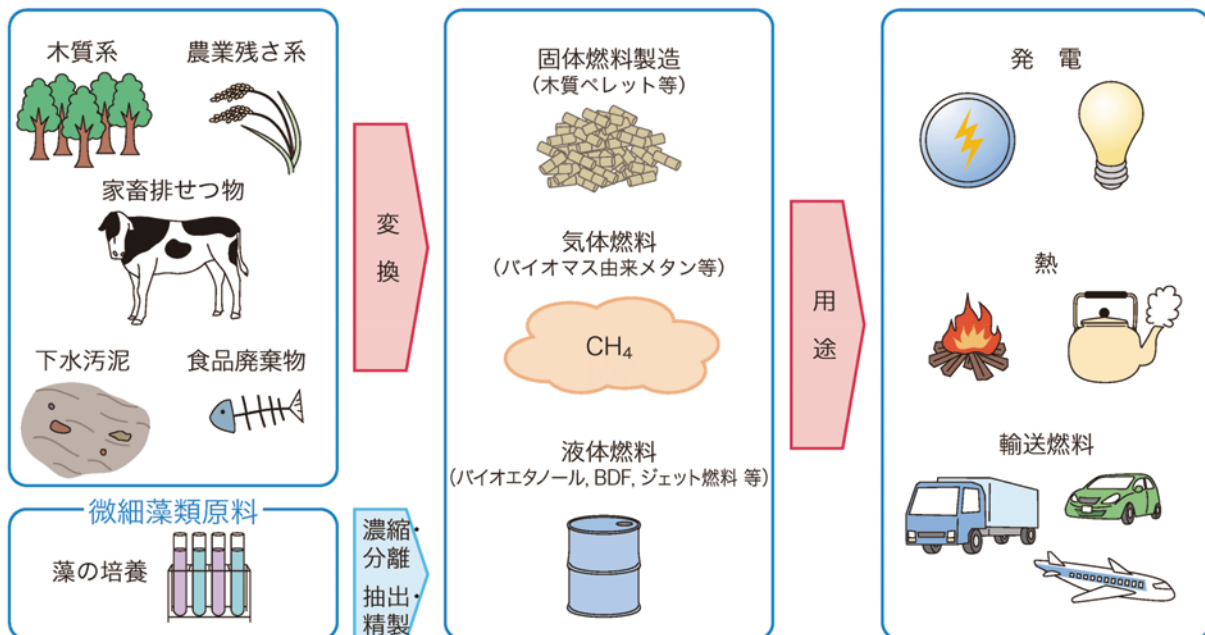


図5 バイオマスエネルギー利用の流れ

出典：再生可能エネルギー技術白書第2版 (NEDO, 2014)

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

バイオマス熱利用の流れを図6に示す。バイオマス原料を直接燃焼させることにより熱を得ることができる。直接燃焼が難しい、含水率が高いバイオマス原料の場合は、メタン発酵によってバイオガスとし、それを直接燃焼することで熱を得ることができる。また、木質系バイオマスのよう

に直接燃焼が可能な場合であっても、熱分解ガス化することで、高い温度の熱を得やすくなる。特に、コージェネレーションでは、燃料を熱分解ガス化することで総合効率を高めることができる。

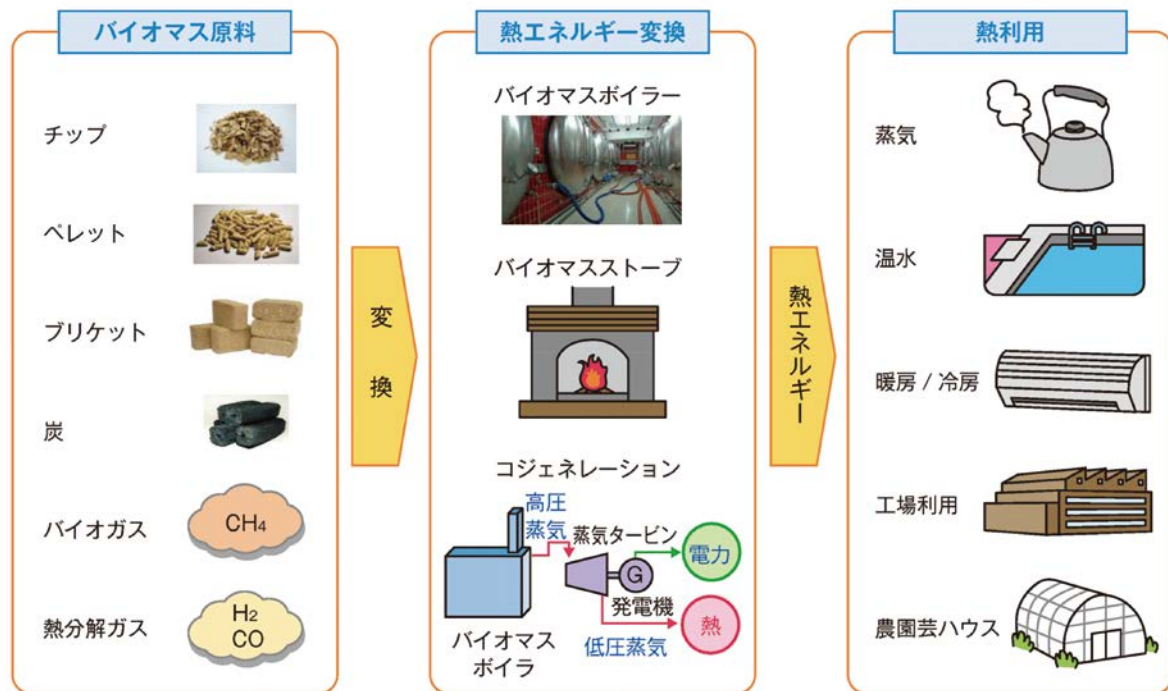


図6 バイオマス熱利用の流れ

出典：再生可能エネルギー技術白書第2版 (NEDO, 2014)

1-4 雪氷熱利用

雪氷熱利用技術は、冬季の積雪や外気によって凍結した氷を冷熱利用するものである。冷熱需要は、基本的には冬季以外に発生するため、蓄熱技術の一種とも考えることができる。雪氷熱は、他の再生可能エネルギー熱と異なり、ヒートポンプを利用せずに冷熱を直接取り出すことができるという特徴を持つ。

雪氷熱利用に関連する技術は、冷熱源の確保・貯蔵と冷熱の供給技術に分類することができる。

冷熱源を確保・貯蔵する方法には、①雪・水の搬入、②雪堆積場の造成、③外気による氷の製造（アイスシェルダー）、④地中熱との熱交換（人工凍土システム）等の

方法がある。多くは①の雪を搬入する方法であり、道路や敷地内で除雪した雪を貯雪庫に搬入して利用する。

冷熱の供給方法としては、①全空気循環方式、②冷水循環方式、③自然対流方式の3種が用いられている（図7）。①は送風機によって、冷熱源（貯蔵庫内の雪または氷）と冷却対象となる貯蔵庫や室内の空気を循環させるシステムである。農作物の貯蔵、雪冷房システム等に使用される。②は室温より温度が低い融解水から冷熱を熱交換器で取り出し、循環水を冷却して冷房に用いるものである。施設冷房に使用される事例が多い。③は堆雪の中に空間を設けて、あるいは空間の上に雪を堆積させて冷却する方法である。伝統的に農作物の貯蔵に使用されてきた。

分類	概要	システム図
全空気循環方式	雪室 + 直接熱交換（空気） + 強制循環（空気） + 直接熱交換（空気）の場合、「冷風循環方式」あるいは「全空気循環方式」と呼ばれる。	
冷水循環方式	雪室 + 直接熱交換（水） + 強制循環（水） + 間接熱交換（水）の場合、「冷風循環方式」と呼ばれる。	
自然対流方式	雪室 + 直接熱交換（空気） + 自然循環（空気） + 直接熱交換（空気）の場合、「自然対流方式」と呼ばれる。（氷室・ヒム口と呼ばれることもある）	

図7 雪氷熱利用における冷熱の供給方法に関する分類

出典：公益財団法人 新潟県環境保全事業団 HP を参考に NEDO 技術戦略研究センター作成（2017）

1-5 温泉熱利用

温泉熱利用技術は、源泉や排湯の熱エネルギーを利用する。温泉は源泉温度によって冷水泉（25℃未満）、低温泉（25℃～34℃）、温泉（35℃～42℃）、高温泉（42℃以上）に分類され、温度帯に応じた利用がなされる。高温泉は入浴適温である40℃程度まで冷ます必要があるため、熱交換器を利用して熱を取り出すことができる。低温泉や冷水泉はそのままでは熱利用が難しいが、ヒートポンプの熱源として活用することができる。また、一度入浴で利用された温泉の排湯も、ヒートポンプの熱源として活用することができる（図8）。

温泉熱利用技術は、①熱交換器を通して高温泉の熱をそのまま利用する場合と、②低温泉や排湯をヒートポンプの熱源として利用する場合に大別できる。

①では、熱交換器を通じて温泉の熱エネルギーを空調・給湯用の冷水と熱交換する。熱交換を通じて源泉は入浴適温に近づくため、外気にさらして冷ます必要がなくなる。熱交換器の主要な方式にはプレート式、シェルアンドチューブ式、投げ込み式等がある。

②では、ヒートポンプを用いることで、温泉の熱エネルギーを浴槽用温水の加温、給湯、空調等に利用する。温泉水は不純物を多く含むため、熱交換器を介した水を間接的に利用する場合が多い。

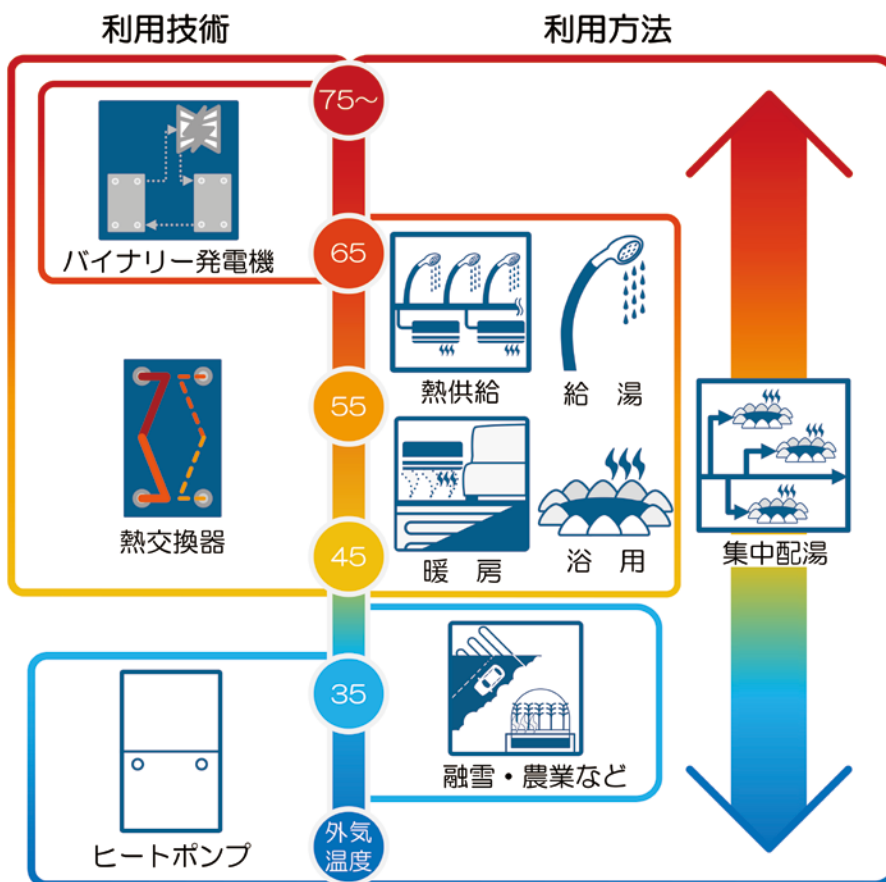


図8 温度別温泉熱利用方法のイメージ

出典：温泉熱有効活用に関するガイドライン（環境省自然環境局，2019）

1 -6 水を熱源とする熱利用

河川、海水、下水の水温は、夏は気温よりも低く、冬は気温よりも高い傾向があり、河川熱、海水熱、下水熱利用ではこの性質を活用する。

(1) 河川熱利用

河川熱利用のシステムはスクリーン、取水ポンプ、ストレーナ、熱交換器、熱源水配管、熱源水ポンプ、ヒートポンプ、蓄熱槽、熱供給ポンプ、熱供給導管等で構成される。河川水を熱源とするヒートポンプは、空気を熱源とするヒートポンプに比べて高効率で運転することができ、主に地域冷暖房等で活用されている。河川水の流量は季節により変化し、温度は季節・天候に影響される点に留意する必要がある。

河川熱利用では、水利権取得等多くの手続きが必要であり、企画から運用開始まで10年程度の期間を要する場合もある。

(2) 海水熱利用

海水は量的に豊富であること、凍結温度が -1.9°C と低

いため河川水より低温まで熱利用ができること、温度の季節変化が河川水に比べて少ないこと等の点でヒートポンプ熱源として優れている。海水熱利用システムの基本的な構成は河川熱利用システムの構成とほぼ同様である。海水による熱交換器等の腐食、熱交換器等への海生生物の付着などの課題があるが、現在では対策技術がある程度確立しており、適切な対策を講じることができる。主に、地域冷暖房に活用される。

(3) 下水熱利用

下水熱利用システムの基本的な構成も河川熱利用システムの構成とほぼ同様である。下水熱利用のシステム形態は、下水熱取得施設（下水処理場、下水ポンプ場、下水管渠）によって分けることができる。また、下水を直接熱源機器に利用するかどうかで、直接利用、間接利用に分けられる。

下水は地表より深く埋設された下水道を通るので、外気温の変動の影響を受けにくく、下水の水温は真夏で 28°C 程度を維持し、真冬でも 18°C を超えている。この下水の温度特性（外気との温度差が冬季に大きい）を考慮すれば、下水熱利用は、暖房への適性が高いといえる。

2章

再生可能エネルギー熱利用技術の置かれた状況

2

-1 再生可能エネルギー熱利用の市場動向と導入ポテンシャル

(1) 再生可能エネルギー熱利用の国内及び海外市場動向

① 太陽熱

国内では、太陽熱利用システムは1970年代から普及が始まり、1979年の第2次オイルショックによるエネルギー

安定供給に対する不安感の高まりにより、自然循環式太陽熱利用システムの導入が一時急増した。政府は低金利融資制度により強制循環式太陽熱利用システムの普及を図ったが、太陽熱利用の定着は進まず、1990年代以降は太陽光発電、エコキュート等の競合技術の登場、固定価格買取制度による太陽光発電へのシフト等により、太陽熱利用市場は縮小傾向が継続している(図9)。ソーラーシステム振興協会の資料によれば^{※5}、2015年末までの累積設置台数は、自然循環式太陽熱利用システムが約652万台、強制循環式太陽熱利用システムが約67万台と推定されている。

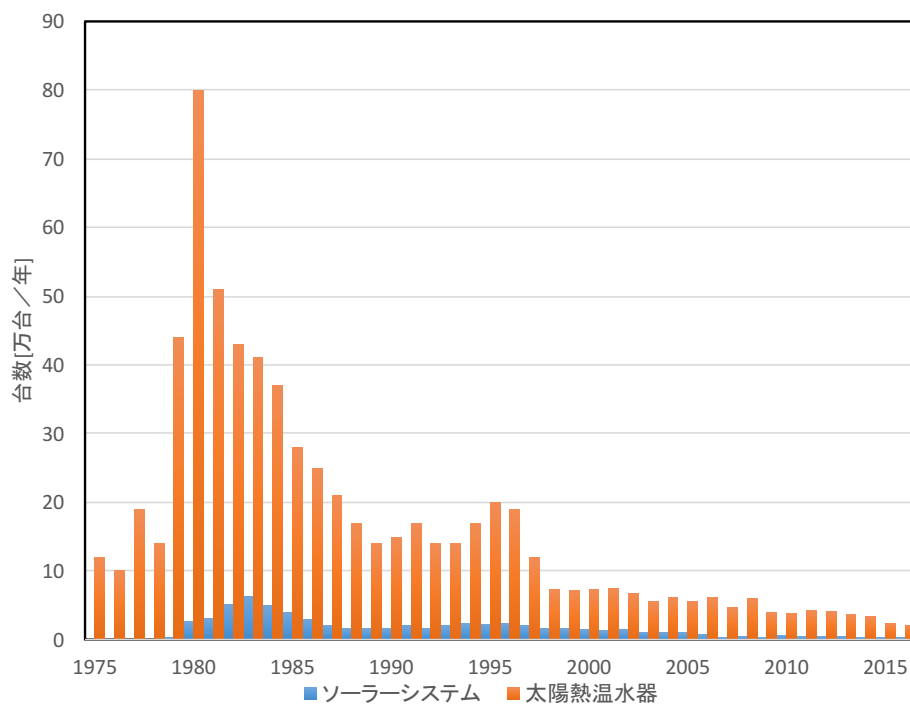


図9 自然循環式太陽熱利用システムと強制循環式太陽熱利用システムの販売台数(単年度販売台数)

出典：ソーラーシステム振興協会資料を基にNEDO技術戦略研究センター作成

※5 一般財団法人ソーラーシステム振興協会 (<https://www.ssda.or.jp/>)

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

世界における太陽熱利用システムの累積導入容量の推移を図10に示す。IEA (International Energy Agency) のSHC (Solar Heating and Cooling Programme) によれば^{※6}、世界の太陽熱利用システムの累積導入容量は、2016年時点で456 GW_{th}に相当する(図10)。

太陽熱の最大の導入国は中国で、累積容量の71%を占める。次いで欧州の割合が11.3%である(図11)。IEAでは、今後、中国に加えて、アフリカ、中東、アジアにおいて導入量が大きく増加すると予測している。

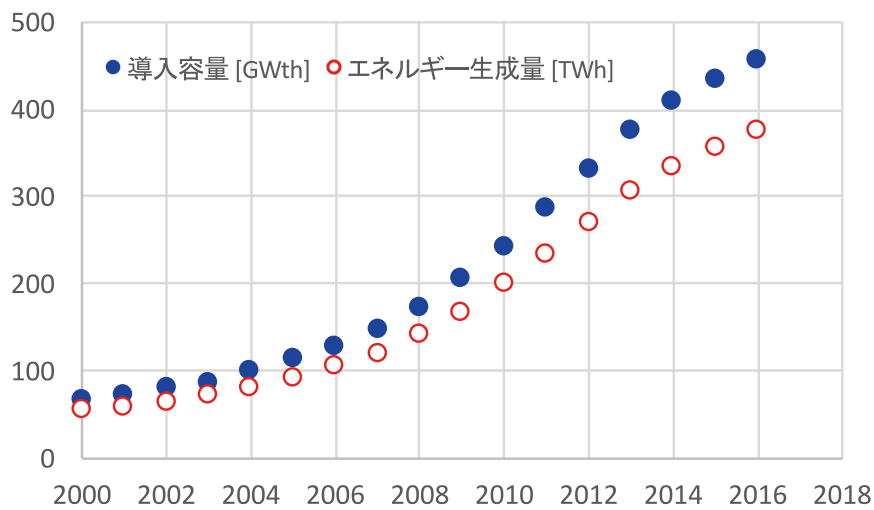


図10 世界における太陽熱利用システムの累積導入容量の推移と年間エネルギー生成量

出典：SOLAR HEAT WORLDWIDE (IEA SHC, 2017) を基に NEDO 技術戦略研究センター作成

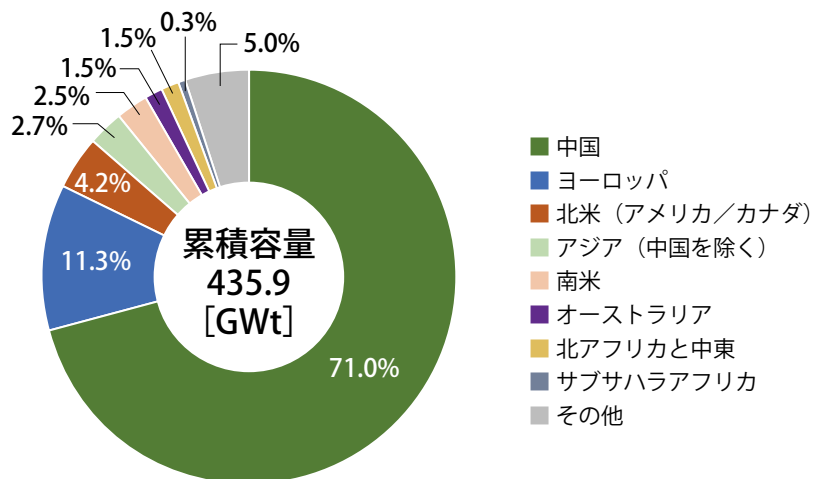


図11 世界における太陽熱利用システム累積導入容量の地域別割合 (2015年まで)

出典：SOLAR HEAT WORLDWIDE (IEA SHC, 2017) を基に NEDO 技術戦略研究センター作成

※6 IEA SHC (<https://www.iea-shc.org/>)

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

②地中熱

国内では、地中熱ヒートポンプの導入件数は2000年頃から2015年まで増加傾向が続いている(図12)。方式としては、クローズドループ方式(熱交換器を利用)の件数

が多く、オープンループ方式(地下水を利用)及び併用方式の件数は少ない。住宅、事務所、庁舎等をはじめとする業務施設への導入が多く(図13)、特に寒冷地において導入率が高い(図14)。

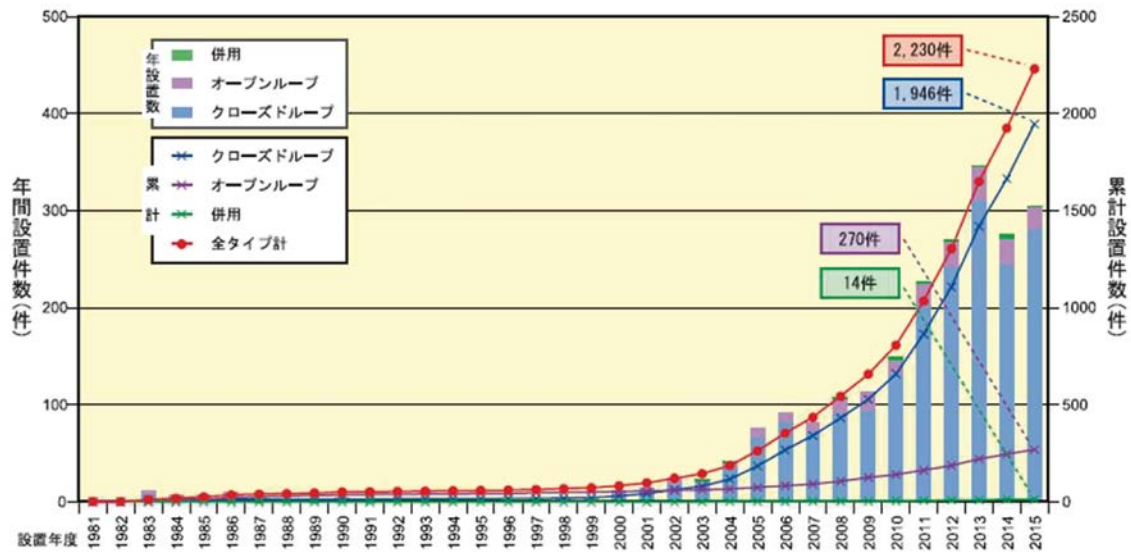


図12 地中熱ヒートポンプシステムの国内年間導入件数の推移

出典：平成28年度地中熱利用状況調査委託業務報告書(環境省水・大気環境局, 2017)

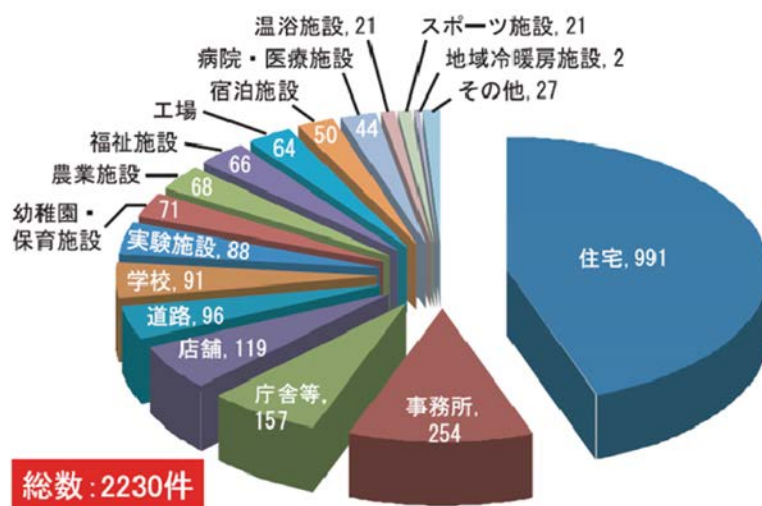


図13 地中熱ヒートポンプシステムの導入先割合

出典：平成28年度地中熱利用状況調査委託業務報告書(環境省水・大気環境局, 2017)

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

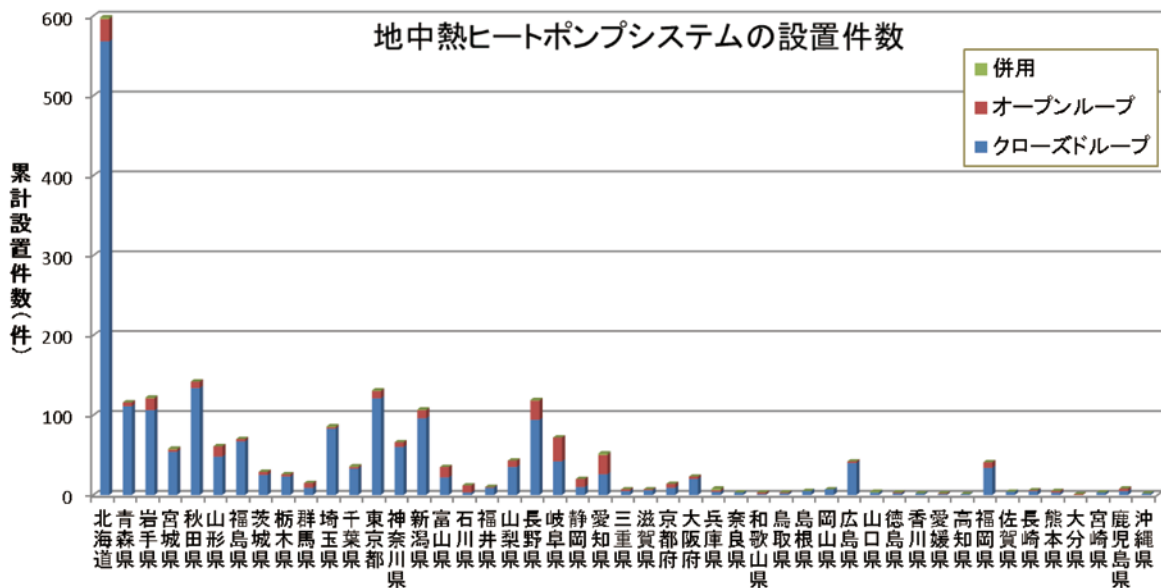


図14 地中熱ヒートポンプシステムの都道府県別導入件数

出典：平成28年度地中熱利用状況調査委託業務報告書（環境省水・大気環境局，2017）

世界における地中熱ヒートポンプの累積導入容量は2015年時点で49.9 GW_{th}に相当し、国別では、米国における導入量が最も多く（16,800 MW_{th}）、中国（11,781 MW_{th}）、スウェーデン（5,600 MW_{th}）、ドイツ（2,590 MW_{th}）と続く^{※7}。富士経済「ヒートポンプ温水・空調市場の現状と将来展望. 2015」^{※8}によれば、ヒートポンプユニットのみを対象とした世界市場規模は約3,360億円（2013年実績）である。

③ バイオマス熱

国内では、木質系バイオマスが利用される場合が多く、木質系バイオマスエネルギー利用についての詳細な情報は林野庁^{※9}により公開されているデータを確認することが可能である。木質系バイオマス利用ボイラーの累積導入数は増加の傾向にあり、2015年時点で1,945基である（図15）。都道府県別導入件数を見ると、北海道、岩手県、高知県、熊本県、宮崎県等での導入が多い傾向がわかる（図16）。

※7 "Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review" (Lund 他, 2015)

※8 www.fuji-keizai.co.jp/report/detail.html?code=111409828

※9 <https://www.rinya.maff.go.jp>

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

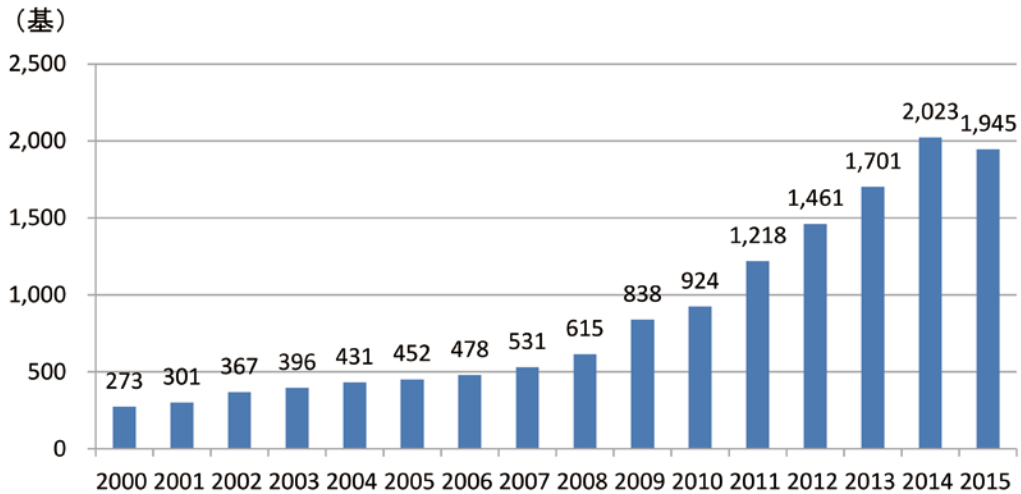


図15 木質系バイオマス利用ボイラーの国内累積導入数の推移

出典：再生可能エネルギー熱利用技術開発 再生可能エネルギー熱利用システムの普及に向けた技術開発に関する調査 (NEDO, 2018)

ボイラー設置数(基)

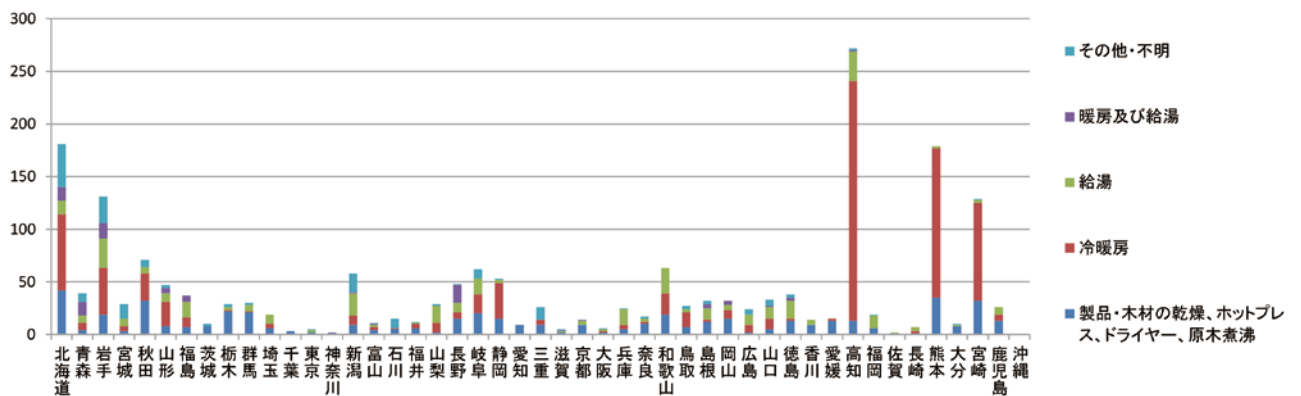


図16 バイオマス利用ボイラーの都道府県別導入件数

出典：再生可能エネルギー熱利用技術開発 再生可能エネルギー熱利用システムの普及に向けた技術開発に関する調査 (NEDO, 2018)

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

世界におけるバイオマスエネルギー利用はWBA (World Bioenergy Association) が発行する統計資料にまとめられており、バイオマス熱利用はDirect Heat (個別熱供給)とDerived Heat (地域熱供給)に分けられている(表2)。平成29年度成果報告書「再生可能エネルギー熱利用技術開発 再生可能エネルギー

熱利用システムの普及に向けた技術開発に関する調査」(以降、平成29年度NEDO調査)によると、個別熱供給は、中国、インドでの熱供給量が多く、先進国、途上国を問わず利用される。一方、地域熱供給に関して欧州での利用がほとんどであり、普及・利用に関する地域差は大きい。

表2 バイオマス熱利用の形態の内訳(単位: EJ)

	Derived Heat (地域供給熱)	Direct Heat (個別供給熱)	Total Heat (合計)
2000	0.41	37.8	38.2
2005	0.53	40.2	40.7
2010	0.78	43.2	43.9
2014	0.92	45.1	46.0

出典: 再生可能エネルギー熱利用技術開発 再生可能エネルギー熱利用システムの普及に向けた技術開発に関する調査 (NEDO, 2018)

④雪氷熱

国内では、雪氷熱利用システムの導入件数は1990年頃から2000年代半ばまでが増加し、その後は減少傾向にある(図17)。都道府県別導入件数をみると、北海道が全体の半数弱程度を占めており、次いで新潟県、山形県での導入が多く、その他の都道府県での導入は数件

未満にとどまっている(図18)。

世界的には、雪氷熱の利用が進んでいる国は一部に限られている。日本以外には、スウェーデン、カナダ、中国、米国等で研究が進められているとされるが、実態は明らかになっていない。

(施設数)

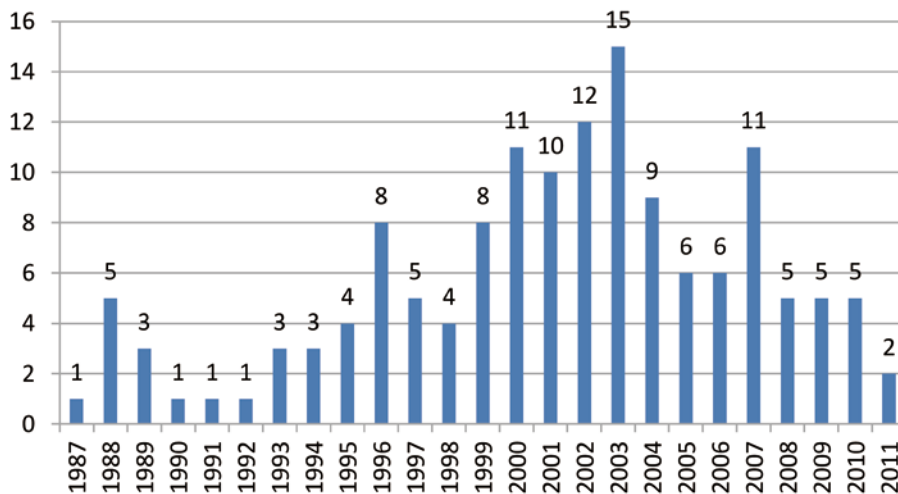


図17 雪氷熱利用システムの国内年間導入件数の推移

出典: 再生可能エネルギー熱利用技術開発 再生可能エネルギー熱利用システムの普及に向けた技術開発に関する調査 (NEDO, 2018)

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

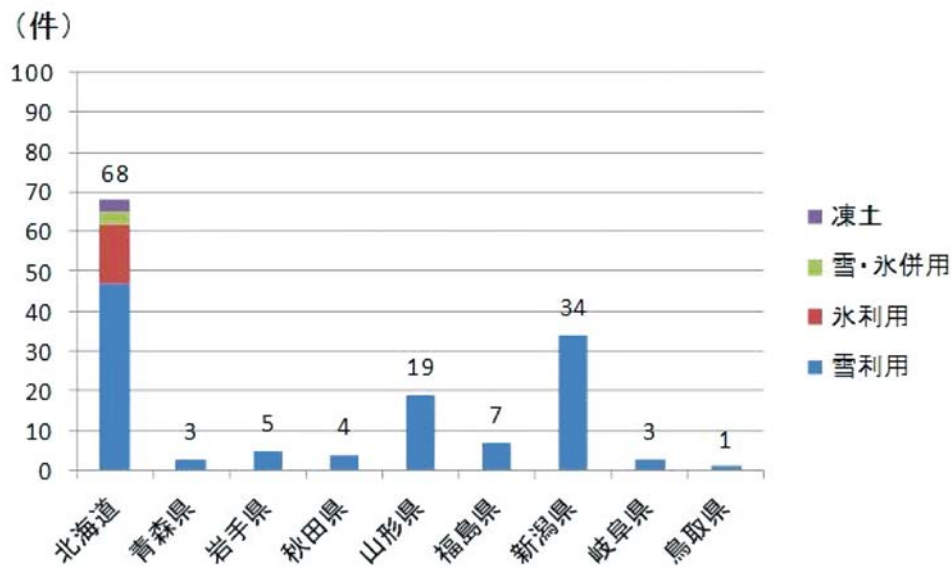


図18 雪氷熱利用システムの都道府県別導入件数

出典：再生可能エネルギー熱利用技術開発 再生可能エネルギー熱利用システムの普及に向けた技術開発に関する調査 (NEDO, 2018)

⑤温泉熱

国内における温泉熱利用に関する統計情報やデータはこれまで体系的には整理されていない。

世界の温泉熱利用に関するデータは“Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review” (Lund 他, 2015) ※10にまとめら

れている(図19)。本レポートでは各国における、温泉熱利用システムの導入状況を整理している。源泉をそのまま入浴に利用する場合も「温泉熱利用」に計上しており、熱交換器やヒートポンプを利用したシステムの導入量と区別するのは難しい。給湯・入浴以外の用途への温泉熱の利用は計上されていない点に留意する必要がある。

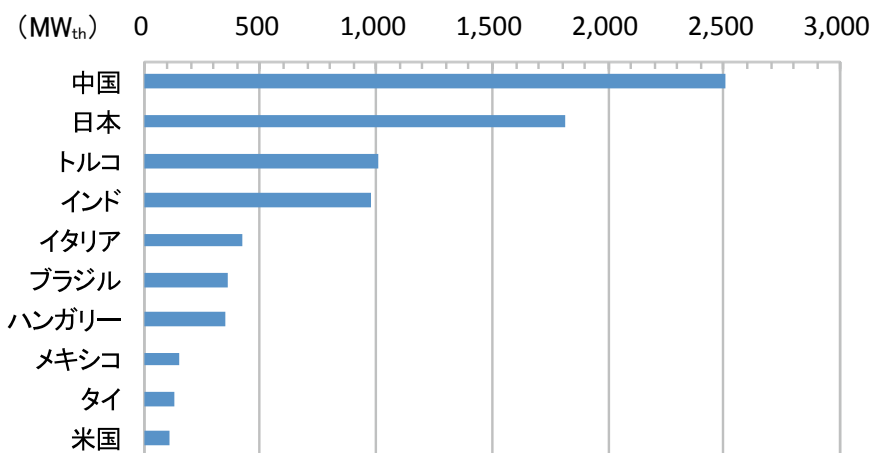


図19 温泉熱利用システムの国別導入実績 (設備容量上位5か国)

出典：Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review (Lund 他, 2015) を基に NEDO 技術戦略研究センター作成

※10 <https://www.unionegeotermica.it/pdf/usi-diretti-energia-geotermica-nel-mondo.pdf>

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

⑥河川熱

国内では、表3に示す4地域に河川熱利用システムが導入されており、地域冷暖房として利用されている。河川熱利用では、国や自治体等との調整に時間を要するため（計画から事業開始まで最大10年程度）、近年の新規計画はない。

海外では、地域熱供給事業が盛んな欧州において河川熱利用の例が見られる。例えば、パリ（フランス）では、CLIMESPACE（民間会社）^{※11}が1991年より事業を開始し、セヌ川の河川水を利用した冷熱を行っている。

表3 河川熱利用システムの国内導入事例

	地域	冷熱需要(GJ/年)	温熱需要(GJ/年)	河川利用方式	供給開始日
箱崎地区	東京都中央区	冷水: 76,201	温水:11,344 給湯: 1,698	ヒートポンプ熱源水・冷却水	1989年4月15日
富山駅北地区	富山市	冷水: 27,375	温水:16,386 給湯: 292	ヒートポンプ熱源水・冷却水	1996年7月1日
中之島二・三丁目地区	大阪市	冷水:100,251	温水:44,782	ヒートポンプ熱源水・冷却水	2005年1月1日
天満橋一丁目地区	大阪市	冷水: 91,478	温水:16,396 蒸気:62,249	ヒートポンプ熱源水・冷却水	1996年1月23日

出典：平成28年版熱供給便覧を基にNEDO技術戦略研究センター作成

⑦海水熱

国内では、表4に示す4地域に海水熱利用システムが導入されており、地域冷暖房として利用されている。海水熱利用にあたり、国や自治体等との調整が長期化する場合があることから（放水温度等の規制がなく、個別協議となるため）、近年の新規計画はない。

水熱利用システムの導入の実態は明らかになっていない。公表されているものとしては、コペンハーゲン（デンマーク）の事例がある。HOFOR（公益事業会社）が2010年と2013年に海水熱を利用した地域冷房プラントを建設し、その後も供給エリアを拡大させる予定である（平成29年度NEDO調査）。

海外での海水熱利用に関する情報は僅少であり、海

表4 海水熱利用システムの国内導入事例

	地域	冷熱需要(GJ/年)	温熱需要(GJ/年)	海水利用方式	供給開始日
中部国際空港島	愛知県常滑市	冷水:146,808	温水: 2,541 蒸気:70,247	冷凍機冷却水	2004年10月1日
大阪南港コスモスクエア	大阪市	冷水:120,694	温水:16,760 蒸気:20,689	ヒートポンプ熱源水・冷却水	1994年4月1日
サンポート高松	高松市	冷水: 35,092	温水:78,262	ヒートポンプ熱源水・冷却水	2001年4月1日
シーサイドももち	福岡市	冷水:148,077	温水:31,935	ヒートポンプ熱源水・冷却水	1993年4月1日

出典：平成28年版熱供給便覧を基にNEDO技術戦略研究センター作成

※11 <https://www.climespace.fr/>

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

⑧下水熱

国内では、図20に示す全国20か所で下水熱が利用されている(2017年3月末時点)。従来は下水処理場の処理水を利用した大規模な利用が多かったが、近年は民間事業者が下水管渠に熱交換設備等を設置して下水熱を利用する事例も増えている。地域冷暖房として下水熱が利用されているのは、盛岡駅、幕張新都心、東京都

文京区の3地区である。

海外での下水熱利用に関する情報は僅少であり、下水熱利用システムの導入の実態は明らかになっていない。公表されている大規模利用としては、ドイツ、スイス、ノルウェー、カナダ等での事例があり、導入されたシステムの構成は我が国のものと大差がない(平成29年度NEDO調査)。

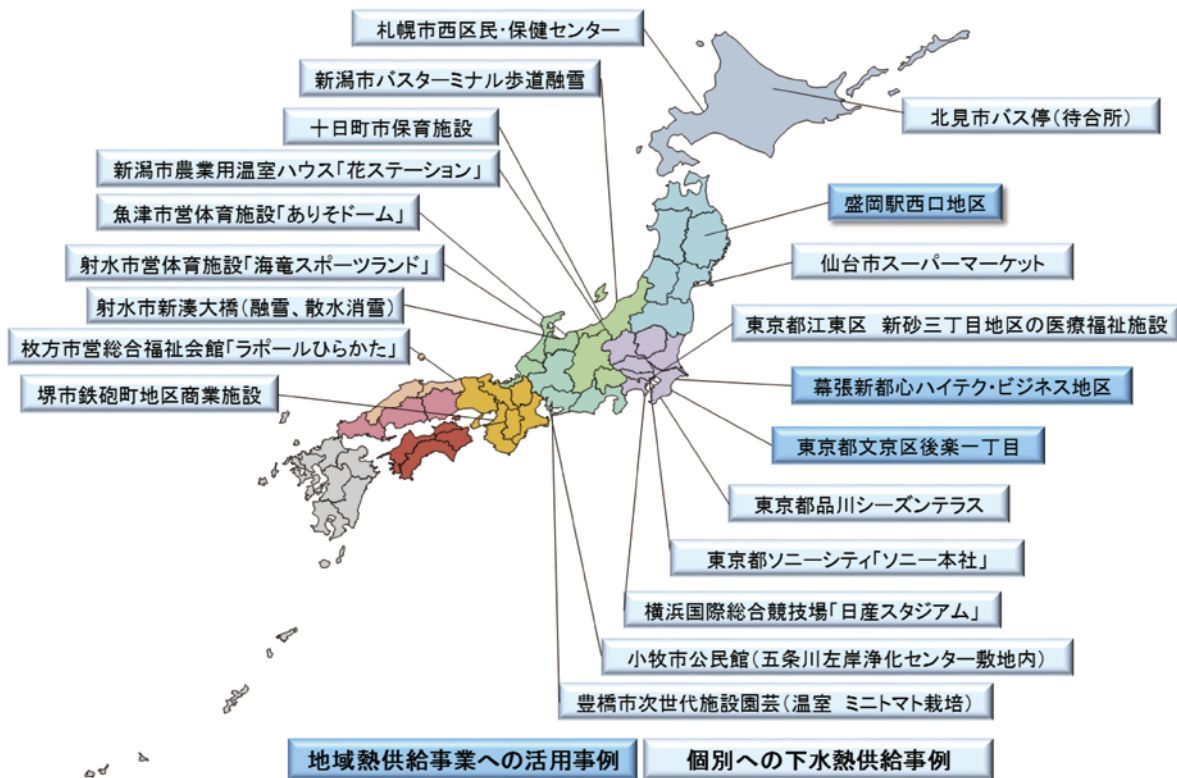


図20 国内における下水熱利用システムの導入事例

出典：国土交通省ホームページ(下水熱ナビ)(国土交通省, 2018アクセス)

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

(2) 再生可能エネルギー熱の国内導入ポテンシャル

導入ポテンシャルは、各種制約要因（自然要因、法規制等）及び需要量とのマッチングを考慮したうえで、最大限利用できる量として評価する。より現実的な導入可能ポテンシャルとするには、上記に加えて、経済性や個々の技術の成熟度等も考慮する必要がある。

再生可能エネルギー熱の種類別の導入ポテンシャルを図21に示す。導入ポテンシャルの合計は約2,396 PJ/年であり、国内の家庭、業務他部門の熱需要と同程度のポテンシャルを有する（国内のエネルギー需要に関して、家庭部門の約63%、業務他部門の47%が熱需要であり、合計は約2,400 PJ/年）。なお、「平成29年度NEDO調査」には同じ条件での都道府県別推計結果が掲載されている。

太陽熱の導入ポテンシャルは、住宅、業務用建物等の設置条件を考慮したうえで、経済産業省「平成22年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業（太陽光発電及び太陽熱利用の導入可能量に関する調査）」で精緻に計算されている。

地中熱の導入ポテンシャルは、建築物の建築面積及び

熱需要と採取可能な熱量のマッチングを考慮したうえで、「平成29年度NEDO調査」で精緻に計算されている。バイオマス熱の導入ポテンシャルでは、木質系バイオマス、農業系バイオマスの一部、家畜糞尿の一部（鶏糞のみ）を対象とし、「平成29年度NEDO調査」で計算されている。

雪氷熱の導入ポテンシャルは、「平成29年度NEDO調査」において、熱需要のマッチングを考慮したうえで、豪雪地帯の冷房需要が上限であるとしている。

温泉熱の導入ポテンシャルは、国立研究開発法人産業技術総合研究所が公表している源泉一覧データのなかから、50℃以上の源泉に限定したうえで、「平成29年度NEDO調査」で計算されている。

河川熱、海水熱、下水熱の導入ポテンシャルは、各々河川、海水、下水処理場周辺での熱需要とのマッチング（250m以内、4TJ/ha以上）を考慮したうえで、資源エネルギー庁「熱需給の実態等に関する包括調査」で計算されている。なお、下水熱の導入ポテンシャルの計算では、経済的に成立する大規模利用のみを想定しており、下水管渠を利用する場合を考慮していない。

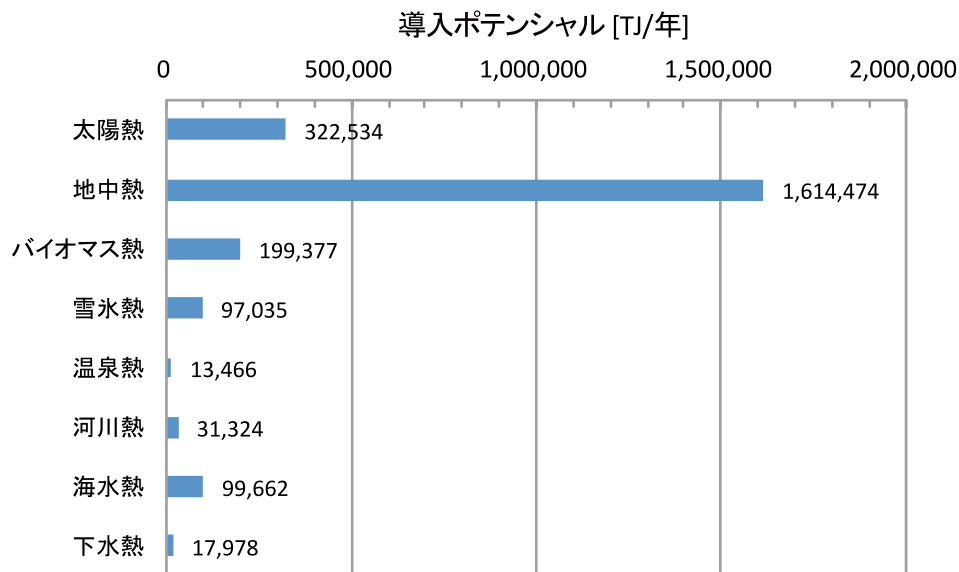


図21 各種再生可能エネルギー熱の国内導入ポテンシャル

出典：平成29年度成果報告書「再生可能エネルギー熱利用システムの普及に向けた技術開発に関する調査」（NEDO, 2018年1月）を基にNEDO技術戦略研究センター作成

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

2 再生可能エネルギー熱利用の
-2 技術分野の動向

(1) 海外における技術開発の動向

① 太陽熱

SWC2017/SHC2017（太陽エネルギーの活用に関する国際会議）では、冷暖房システム・建物・地域熱供給としての利用法、PVT（Photovoltaic & Thermal）、蓄熱技術、コストダウン技術（ヒートポンプやデシカント空調との組

み合わせ）、高付加価値化に関する発表が多く見られた。また、要素技術開発としては、集熱器等へのプラスチック材料の適用や蓄熱材の高性能化などに関しての発表が見られた。

表5には、国際エネルギー機関IEA・SHC（Solar Heating & Cooling Programme）のTCP（Technology Collaboration Programme）において実施された、または実施中のプロジェクトを示す。

表5 IEA SHC TCPにおいて実施された／実施中の太陽熱利用関連のプロジェクト一覧

Task	期間	タイトル	目的・内容
54	2015.10～ 2018.10	太陽熱システムの価格低減 Price Reduction of Solar Thermal Systems	太陽熱利用システムの価格を40%低減（バリューチェーンの調査）
55	2016.9～ 2020.8	地域熱供給への大規模太陽熱システムの統合に向けて Towards the Integration of Large SHC Systems into District Heating and Cooling (DHC) Network	様々な国において大規模太陽熱システムを地域熱供給に統合するための技術的・経済的要件を明らかにする
56	2016.2～ 2020.1	外壁に空調・照明用太陽光システムを統合する建物 Building Integrated Solar Envelope Systems for HVAC and Lighting	建物外壁における太陽光入射制御に関する分析・実験・実証の促進による空調・照明における太陽光の活用拡大
57	2016.1～ 2018.12	標準化と認証 Solar Standards and Certification	ISOにおける太陽熱利用システム・要素機器の試験方法や要件の開発促進、及び国際認証との調和
58	2017.1～ 2019.12	蓄熱のための材料・要素開発 Material and Component Development for Thermal Energy Storage	PCM（Phase Change Materials）やTCM（Thermo Chemical materials）等の化学蓄熱の開発と様々な用途への適用性調査
59	2017.9～ 2021.2	省エネ・低炭素化（NZEB）に向けた伝統的建物の改修 Deep Renovation of Historic Buildings Towards Lowest Possible Energy Demand and CO2 Emission (NZEB)	伝統的建物における太陽エネルギーの活用によるNZEB化に向けた改修に関する手法の共有、市場性調査等
60	2018.1～ 2020.12	空調システムにおけるPVT集熱器と新技術の適用 Application of PVT Collectors and New Solutions in HVAC Systems	PVTに関する設計・試験ツールの開発や市場性の調査等
61	2018.1～ 2021.6	電気照明と採光の統合方法 Integrated Solutions for Daylighting and Electric Lighting	電気照明と採光の統合技術の促進による省エネと利便性の向上の両立

出典：IEA SHC ホームページを基に NEDO 技術戦略研究センター作成

上記以外の、太陽熱利用に関する各国の開発動向は以下の通りである。

太陽熱を活用した地域熱供給が最も普及しているデンマークでは、蓄熱に関しての開発（水蓄熱、地中蓄熱等）

が行われている^{※12}。

ドイツでは材料研究・光学、太陽熱集積器・部品、熱システムのエンジニアリング、発電用・産業用蓄熱、水処理といった様々な分野の技術開発が進められている^{※13}。

※12 Think Denmark グリーン経済・社会のための白書 地域供給熱 (<https://stateofgreen.com/jp>)

※13 <https://www.ise.fraunhofer.de/en.html>

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

米国では、現在は太陽熱の給湯・空調への利用に関して、欧州ほど積極的に研究開発を推進する動向はなく、この分野の研究開発投資は太陽熱発電に集中している。

寒冷地にあたるカナダでは、欧州同様、地域熱供給のために太陽熱を活用する取組が進められている。例えば、オコクス（アルバータ州）において実証試験が10年以上にわたって実施されている^{※14}。

中国は、自然循環式太陽熱利用システムの最大の市場であり、住宅における熱利用システムへの統合、吸熱式冷

凍機、蓄熱等に関する研究開発が盛んである。近年は、平板式集熱器に関する研究開発も進められている^{※15}。

②地中熱

国際エネルギー機関IEAのHPT (Heat Pump Technologies) 及びECES (Energy Conservation and Energy Storage) のTCP (Technology Collaboration Programme) において、地中熱ヒートポンプに関して実施されたプロジェクトがいくつかある（表6）。

表6 IEA HPT/ECES TCPにおいて実施された／実施中の地中熱利用関連のプロジェクト一覧

Annex	タイトル	内容	参加国
HPT TCP Annex52	Long term performance measurement of GSHP Systems serving commercial, institutional and multi-family buildings	業務用建物や公共建築物における地中熱ヒートポンプの長期間運転する場合のデータの収集や地中の熱量・環境等への影響評価	スウェーデン・オランダ・米国
ECES TCP Annex27	Quality Management in Design, Construction and Operation of Borehole Systems	地中熱利用のためのボアホールに関する、設計・施工・運用における品質管理	ベルギー・カナダ・中国・デンマーク・フィンランド・ドイツ・日本・スロベニア・韓国・スウェーデン・オランダ・トルコ

出典：IEA HPT、ECESのウェブページを基にNEDO技術戦略研究センター作成

また、地中熱利用に関する各国の開発動向は以下の通りである。

欧州 Horizon2020で実施された／実施中の地中熱利用に関するプロジェクトでは、イニシャルコスト削減に向けて、掘削技術、熱交換器の効率改善、熱伝導特性改善のための素材などに関する研究テーマが選定されている。成果の実証、コスト分析、普及のための検討といった内容も実施項目に含まれている。

米国では、2012年にDOE (United States Department

of Energy) により地中熱ヒートポンプに関連する研究開発のロードマップが作成され、導入課題（表7）、政策により得られる便益、優先して実施すべき研究テーマがまとめられた。本ロードマップを踏まえて、例えばHVACR&Dプロジェクト（2012～2016年にDOEが実施）では、地中熱ヒートポンプシステム実証プロジェクトのデータ解析及び低エネルギー建築物向け次世代地中熱ヒートポンプシステム開発が行われた。

※14 “Drake Landing Solar Community: 10 Years of Operation” (Mesquita 他, 2017)

※15 “Solar thermal components: latest development in China” (中国建築科学研究院, 2017)

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

表7 DOE作成のロードマップにまとめられた地中熱ヒートポンプの導入課題

複数の調査で優先度が高いと共通認識ある課題	
1	高額なイニシャルコスト、空気熱と比較した際の優位性不足（長い投資回収年数）
2	市場認知度の低さ、政策決定者や消費者の知識不足
3	システム導入のインフラ不足（技術者の不足を含む）
4	システム設計・導入検討のためのツールの不足
その他、共通認識ではないものの重要な課題	
5	システム性能・コストを改善する新規技術の不足
6	都市部における土地の制約
7	不適切な設計・施工に起因する循環ポンプのエネルギーロス
8	熱収支のアンバランスに起因する地中温度の長期変化
9	既存設備への追加導入の困難性
10	適切な設計、機器選定基準の確立

出典：Research and Development Roadmap: Geothermal (Ground-Source) Heat Pumps (DOE, 2012) を基に NEDO 技術戦略研究センター作成

(2) 国内における技術開発の動向

国内では、NEDOにより2014年から「再生可能エネルギー熱利用技術開発」事業（2018年に事業終了）が実施されてきた（表8）。事業では、地中熱利用に関しては「導入コストと運用コストを各々20%低減すること」を、その他

の再生可能エネルギー熱利用に関しては「システム高効率化に資する技術開発及び規格化の推進と導入コストの10%低減」を目標とした。また、各熱利用のポテンシャルを簡易予測・評価する技術を開発し、ポテンシャルマップの作成にも取り組んだ。

表8 NEDO「再生可能エネルギー熱利用技術開発」事業における実施内容

再生熱種別	研究開発項目	個別の研究開発課題
地中熱	コストダウンを目的とした地中熱利用技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高性能ボーリングマシンの低騒音化・自動化に向けた研究開発 ■ 戸建住宅及び小規模～中規模建築物を対象とした地中熱配管埋設工法の研究開発 ■ 地中熱利用要素技術の開発
	地中熱利用トータルシステムの高効率化技術開発及び規格化	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地下水循環型地中採熱システムの研究開発 ■ 共生の大地への地中蓄熱技術の開発 ■ 再生可能エネルギー利用のための水循環・分散型ヒートポンプシステムの開発 ■ 地中熱・流水熱利用型クローズドシステムの技術開発 ■ 地中熱利用システムを含む空調熱源トータルシステムシミュレーションの開発 ■ 都市インフラ活用型地中熱利用システムの開発 ■ 低コスト・高効率を実現する間接型地中熱ヒートポンプシステムの開発と地理地盤情報を利用した設計・性能予測シミュレーションツール・ポテンシャル評価システムの開発
	再生可能エネルギー熱利用のポテンシャル評価技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地下水を活用した高効率地中熱利用システムの開発とその普及を目的としたポテンシャルマップの高度発化 ■ 一般住宅向け浅部地中熱利用システムの低価格化・高効率化の研究 ■ 地圏流体モデリング技術による国土地中熱ポテンシャルデータベースの研究開発 ■ オープンループ型地中熱利用システムの高効率化とポテンシャル評価手法の研究開発 ■ 都市域における、オープンループシステムによる地下水の大規模熱源利用のための技術開発
太陽熱	その他再生可能エネルギー熱利用トータルシステムの高効率化・規格化	■ 太陽熱を利用した熱音響冷凍機による雪室冷却装置の開発
雪氷熱		■ 太陽熱集熱システム最適化手法の研究開発
温泉熱		■ 都市除排雪を利用した雪山貯蔵による高効率熱供給システムの研究開発
バイオマス熱		■ 温泉熱地域利用のためのハイブリッド熱源水ネットワーク構築技術の研究開発
		■ 食品廃棄物の超臨界水ガス化による再生可能熱の創生

出典：再生可能エネルギー熱利用技術開発中間評価報告書（NEDO, 2016）

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

(3) 特許動向

図22に各種再生可能エネルギー熱利用の特許（優先権主張国）出願件数の国別内訳を示す（2000年以降）。太陽熱利用に関する出願が最も多く、地中熱利用、バイオマス熱利用に関する出願と続く。どの分野の特許について

も、中国の出願件数が圧倒的に多く、日本の出願件数は3位以内となっている。なお、図22に示した結果では、太陽熱利用では太陽光発電、地中熱利用では地熱発電、バイオマス熱利用ではバイオマス発電に関する特許が含まれている可能性がある点に留意する必要がある。

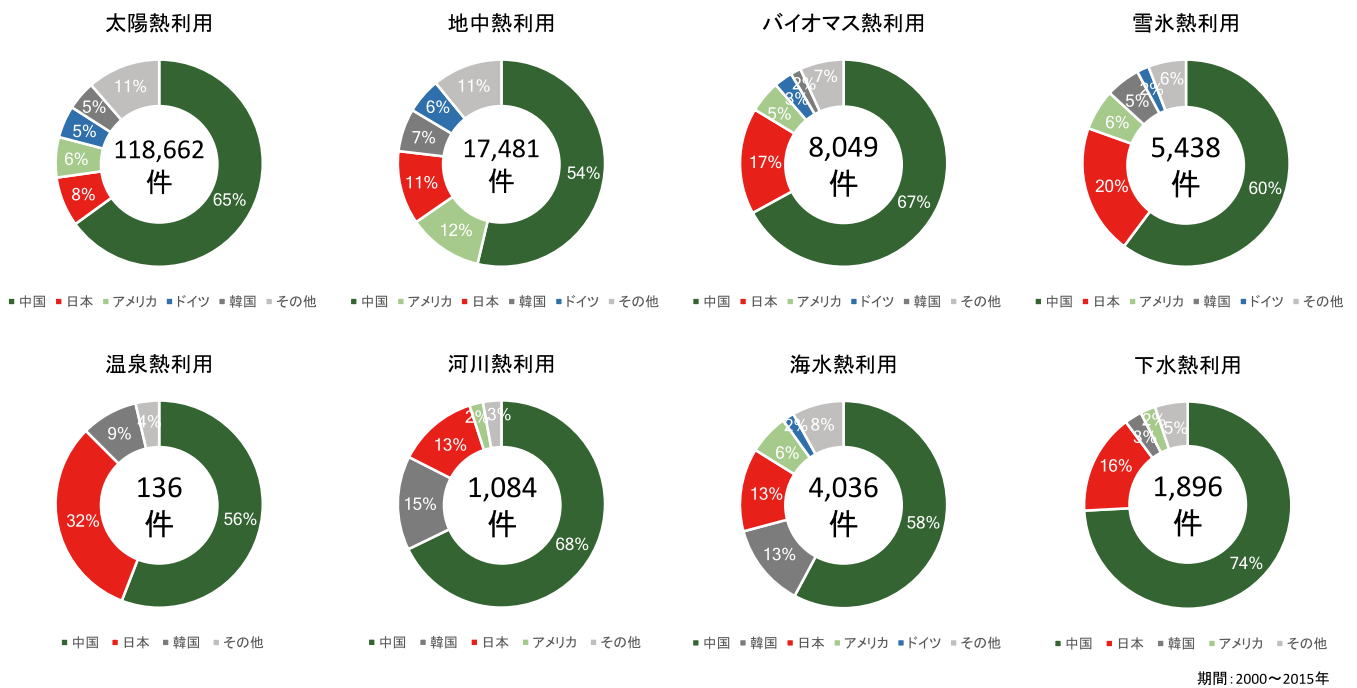


図22 各種再生可能エネルギー熱利用に関する特許の国別内訳

出典：平成29年度 出願特許における日本のポジションに関する情報収集 (NEDO, 2018) を基に NEDO 技術戦略研究センター作成

(4) 標準化の動向

再生可能エネルギー熱利用に関する国際基準は、関連する技術分野に応じて、国際標準化機構 ISO (International Organization for Standardization) または国際電気標準会議 IEC (International Electrotechnical Commission) で議論されている。ISO 及び IEC では、技術委員会 TC (Technical Committee) を設置し、国際規格及び技術

仕様書等を策定している (表9)。

他には、太陽熱利用機器の国際認証に関して、国際認証機関 GSCN (Global Solar Certification Network) が2018年よりドイツを中心に活動を開始している。国内では例えば、太陽熱利用機器の規格に関して、経済産業省「高機能 JIS 等整備事業」が実施されている。

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

表9 再生可能エネルギー熱利用に関連するISO/IECでの技術委員会

ISO/IEC TC	名称	内容	再エネ熱利用に関係する主な国際標準	日本の参加状況
ISO TC 86	冷凍と空調技術	冷凍技術、空調技術に関する標準化	水熱源式ヒートポンプの性能試験及び定格	参加
ISO TC 180	太陽エネルギー	暖冷房、温水等に利用される太陽エネルギーに関する標準化	家庭用太陽熱温水器の性能試験及び定格	オブザーバー
ISO TC 182	土質基礎工学	建築・土木における土質工学分野関連の標準化	地中熱交換器を用いた地中熱伝導率試験	参加
ISO TC 205	建築環境設計	建物改修の設計において、許容できる室内環境と実効性のある省エネルギーの標準化	ヒートポンプ・蓄熱システムの効率等の評価・計算方法	参加
ISO TC 238	固体バイオ燃料	固体バイオ燃料（木質バイオマスや食品・産業廃棄物等）の標準化	固体バイオ燃料の品質や安全性	オブザーバー
IEC TC 61 / SC 61D	家庭用及び類似の空調機器	家庭用・業務用のヒートポンプによる冷暖房機器の標準化	空調用ヒートポンプの性能要件、安全性	参加

出典：ISO/IEC ホームページを基に NEDO 技術戦略研究センター作成

2-3 再生可能エネルギー熱利用に関する世界の政策状況

(1) 欧州

欧州の再生可能エネルギー熱利用に関する政策は国ごとに異なり、日本と同様に補助金を主体とする国が多い一方、補助金ではない政策をとる国もある。欧州では、空気熱も再生可能エネルギー熱に含まれる。また、欧州では地域熱供給網が整備されている地域が多く、その熱源を化石燃料から再生可能エネルギーへシフトさせている点も特徴的である。

ドイツでは、補助金を支給する一方で、再生可能エネルギー熱法（2009年1月施行）により、50m²以上の有効面積を有する全ての新築建物の所有者に再生可能エネルギー熱利用を義務付けている。再生可能エネルギー熱により賄うべき割合（達成基準）は、利用する再生可能エネルギー熱の種類に応じて異なる。

英国では、世界で初めて再生可能エネルギー熱の買取

制度が導入された。本制度では、2011年11月より非家庭用に関して、2014年4月より家庭用に関して、再生可能エネルギー熱の種類に応じた買取価格 RHI (Renewable Heat Incentive) を受領できる。なお本制度では、申請状況に応じて買取価格が低下する。

(2) 米国

米国における再生可能エネルギー／省エネルギー政策は州ごとに大きく異なるが、多くの州ではポートフォリオ・スタンダードが導入されている。この制度には、エネルギー小売事業者等に対して、エネルギー販売量の一定割合を再生可能エネルギーで置き換えることを義務づける RPS (Renewable Portfolio Standard) とエネルギー効率化を義務づける EERS (Energy Efficiency Resource Standard) がある。RPS に関しては、太陽熱利用では14州で、地中熱利用では12州で認められている^{※16}。各種補助金・税制優遇制度についても州ごとに異なる。

※16 平成29年度 NEDO 調査。太陽熱利用では、Solar Water Heat を対象としている。バイオマス利用については、47州で対象となっているが、発電のみを対象とするのか熱利用も含めて対象とするのか不明である。

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

(3) 中国

中国では、自然循環式太陽熱利用システムを中心に再生可能エネルギー熱利用の支援が進められている。再生可能エネルギー発展第13次5か年計画では、都市や農村部での太陽熱利用の普及、太陽熱暖房／冷房技術の発展、太陽熱冷暖房システムの大規模利用、他のエネルギー源との組み合わせといった方針が示されている。また、地中熱利用に関しては、土地利用、電力利用、租税、価格等に関する支援制度を打ち出す方針が示されている。

中国では、中央政府だけでなく、省／市といった地方政府でも独自に再生可能エネルギー熱利用を推進している。

(4) 日本

日本では、第5次エネルギー基本計画（2018年7月）に再生可能エネルギー熱利用の推進が明記されている。長

期エネルギー需給見通し（経済産業省，2015年7月）では、2030年に約520 PJの再生可能エネルギー熱利用が見込まれている。具体的な施策としては、補助金等による導入支援（経済産業省、環境省、地方自治体等）やグリーン熱証書の発行が挙げられる。

住宅や業務用建物において省エネルギーを推進する政策も、再生可能エネルギー熱利用を後押しするものとなっている。具体的には、エネルギー基本計画でZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）及びZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）の推進に関する目標が定められている。また、「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」（2015年7月交付）により、住宅以外の一定規模以上の建築物のエネルギー消費性能基準への適合に関する義務化、エネルギー消費性能向上計画の認定制度の制定といった措置が講じられたことも後押しとなっている。

3章

再生可能エネルギー熱利用技術の課題

再生可能エネルギー熱利用の普及拡大に向けて、各種の熱利用で共通の課題も多い一方、今後の研究開発の方向性を検討するには、各々の利用法の特性を考慮して課題を整理する必要がある。再生可能エネルギー熱

の導入・利用に関しての共通の問題点は、図23のようにまとめられる。このなかで、「コストが高い」「適用用途が限定的である」「ユーザーの認知度が低い」という問題を解決できれば、再生可能エネルギー熱の導入・利用に関しての悪循環を解消できる可能性がある。

以降では、国内導入ポテンシャルが大きい太陽熱利用と地中熱利用についての課題を深掘りする。

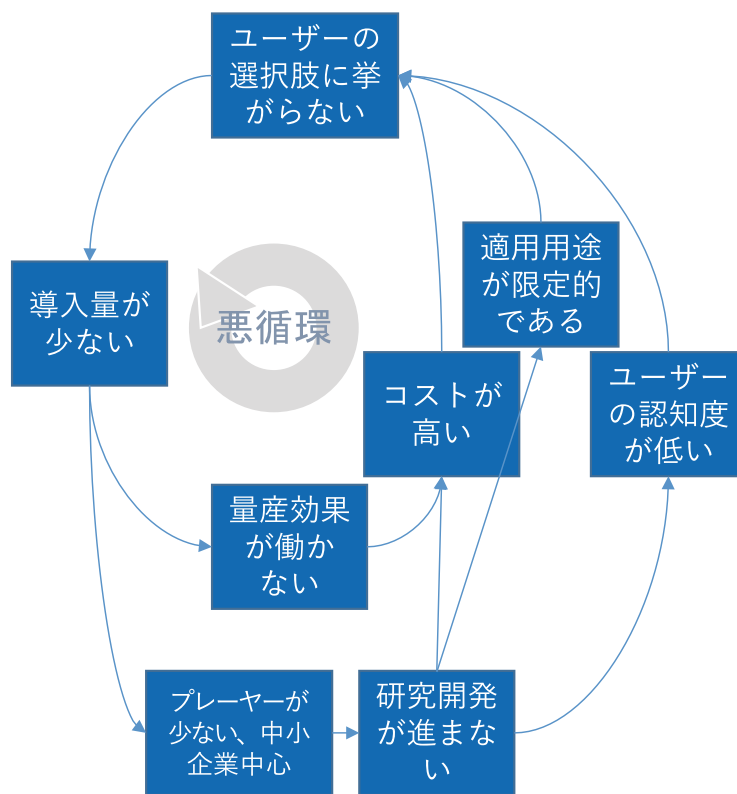


図23 再生可能エネルギー熱の導入・利用に関する問題点

出典：各種資料を基に NEDO 技術戦略研究センター作成

3-1 太陽熱利用の技術課題

(1) コストと投資回収性

現状、太陽熱利用機器の低コスト化は進んでいない。表10に家庭用／業務用太陽熱利用機器のコスト内訳の一例を示す。家庭用では貯湯槽費用が占める割合が多い一方、業務用では工事費が占める割合が大きい。工事費に関しては、工事をこなせる人材の不足や工事標準が未確立といったことが原因で、低コスト化が進まない。太陽熱利用システムの導入コストは、施工費／設備工事費を含むが補助熱源費用を除外する場合、家庭用（強制循環型）では12.5万円/m²、業務用では15.7万円/m²程度であると報告されている（実例！太陽熱導入ガイドブック（東京都環境局，2018））^{※17}。実際の価格に関しては、規模や方式に応じて異なり、ある程度の幅があることが報告されている。

太陽熱利用機器では、曇りや雨の日の熱供給が難しいため、必ず他の熱供給機器と組み合わせての利用となる。したがって、太陽熱利用機器を導入する場合、太陽熱利用機器のコストに加えて他の熱供給機器のコストが必要となるため、これらの総コストの投資回収年数を短縮することが重要な課題となる。現状、投資回収年数は大体的な場合で10年以上であり、一般的に広く普及可能な価格水準には至っていない。さらに、太陽エネルギーを利用するという観点では、太陽熱利用と太陽光発電は競合するものであるため、太陽熱利用に関する投資回収性は太陽光発電に関する投資回収性に対して競争力を持つ水準となる必要がある。

表10 家庭用／業務用太陽熱利用機器のコスト内訳の一例

項目	家庭用	業務用	
集熱面積 [m ²]	4	100	
貯湯槽 [L]	90	7,000	
コスト [万円]	工事費	20.0	1,154.1
	集熱器	18.8	867.4
	貯湯槽	55.0	334.5
	熱交換器	-	72.4
	補助ボイラ	-	176.1
	リモコン	5.0	-
	部材/その他付帯設備等	15.0	313.5
合計	113.8	2,918.0	

出典：家庭用はノーリツXF-4090-3-BL（カタログ値、工事費はヒアリングによる）、業務用は業務用太陽熱利用システムの導入検討ガイドライン（NEDO，2009）における平均値

※17 https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/renewable_energy/ne2/taiyonetu/taiyonetu.files/guidebook.pdf

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

(2) 需要と供給のミスマッチ

太陽熱利用機器では基本的に昼間に集熱を行う一方、住宅用の給湯需要が集中するのは朝もしくは夕方以降である。また、太陽エネルギーの供給量は夏季に大きく冬季は少ない傾向にあるのに対して、住宅において給湯に次いで熱需要が多い暖房は冬季に集中する（図24）。

冬季の熱需要にあわせて太陽熱利用システムを設計してしまうと、夏季の無駄が大きくなるシステムとなる。太陽熱利用の効率は環境（給水温度、日射量、設置方位、傾斜角、日影の有無等）に応じて大きく異なるため、利用方法の最適化は難しい。

太陽熱利用に関する課題をまとめて図25に示す。

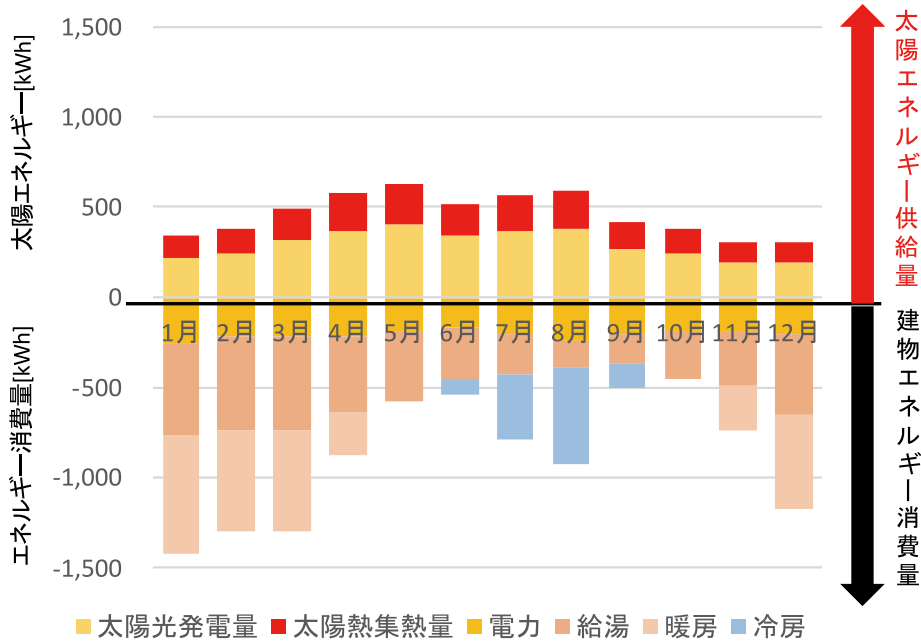


図24 住宅における1年間の太陽エネルギー供給量とエネルギー消費量の関係 (太陽熱4m²、太陽光発電4kWの場合)

出典：各種資料を基にNEDO技術戦略研究センター作成

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

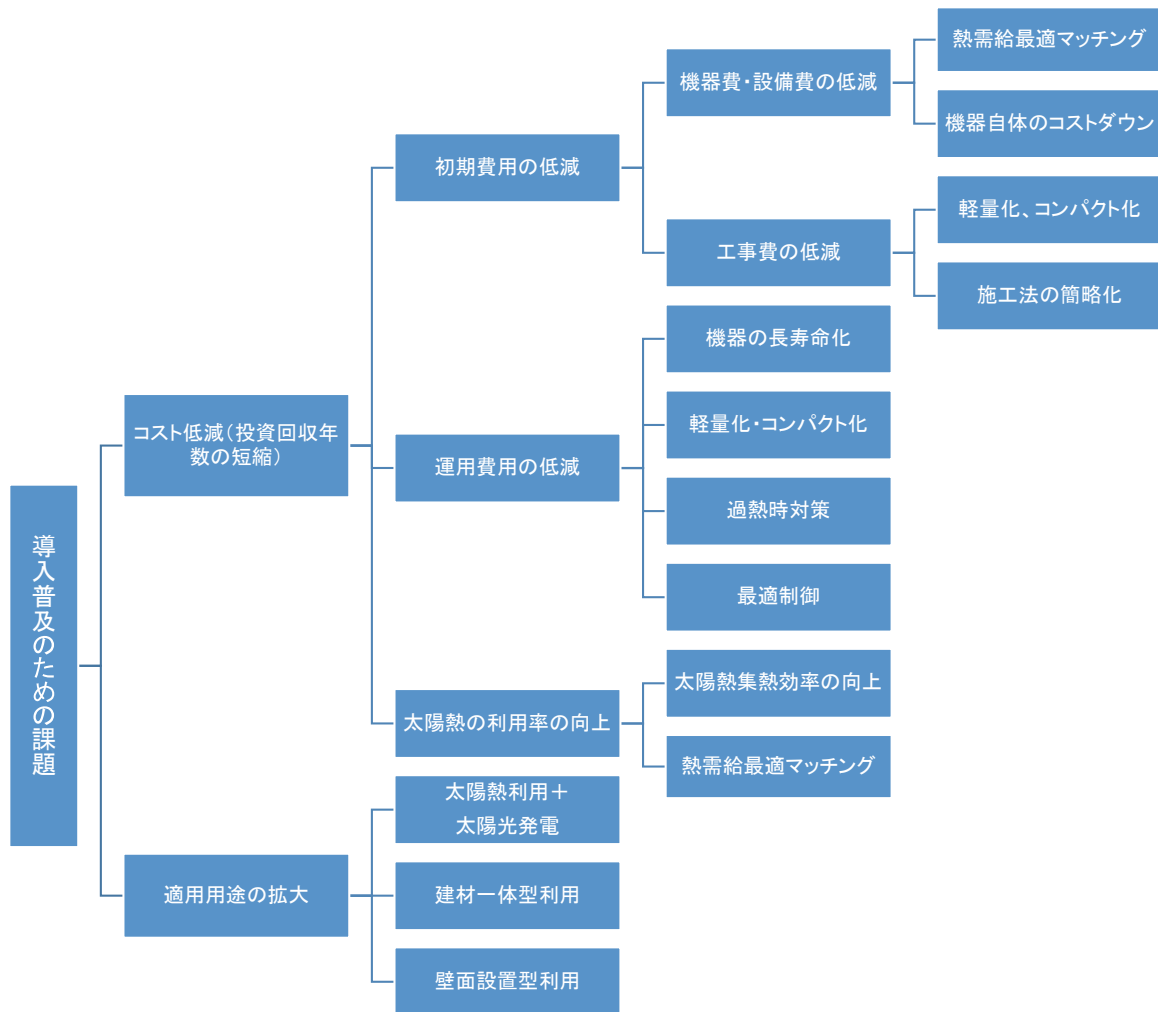


図25 太陽熱利用に関する課題

出典：各種資料を基にNEDO技術戦略研究センター作成

(3) その他の課題

その他の課題としては、競合先として太陽光発電があるため、太陽熱利用の認知度が向上しないということが挙げられる。また、太陽熱の導入効果やメリットを明確に

するために必要な熱量計測機器が高額（例えば、一定の精度が担保された電磁式／羽根車式の熱量計は約10万円／台程度）であるという点も課題である。

3 -2 地中熱利用の技術課題

(1) コストと投資回収性

地中熱利用機器に関して、初期導入コストが高額であ

るといのが最大の課題である。図26に家庭用の地中熱利用機器の初期コスト内訳を示す。初期コストの約半分を、地中熱交換機器費用と掘削・設置費用が占めていることが分かる。

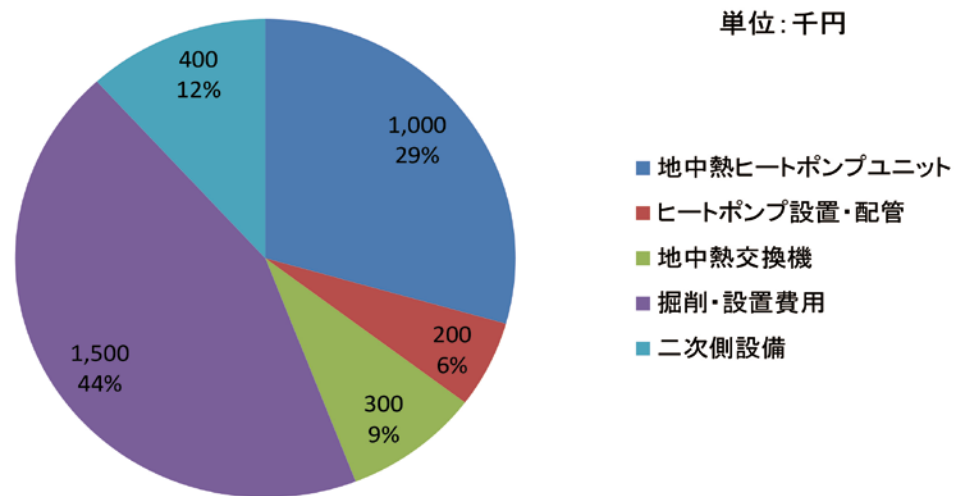


図26 家庭用の地中熱利用機器の初期コスト内訳

出典：各種文献(平成27年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書(環境省, 2016))等を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2017)

地中熱ヒートポンプシステムは空気熱源のものと比較して高額である。また、我が国における地中熱交換井掘削コストは、欧州における掘削コストと比較して割高であり、この違いの要因としては、地層の違いや掘削事業に関する下請け構造の違い等が挙げられる。

地中熱ヒートポンプは空気熱源のヒートポンプ(ルームエアコン)と競合するものである。また、北海道をはじめとする寒冷地において空気熱ヒートポンプを普及させること

が難しいことを考慮すれば^{※18}、灯油ボイラーをはじめとする化石燃料系暖房機器とも競合する。

地中熱ヒートポンプのランニングコストは空気熱ヒートポンプの場合の2/3程度になる一方、地中熱利用システムの初期導入コストの回収には15年以上を要しているのが現状である。

地中熱利用に関する課題をまとめて図27に示す。

※18 空気熱源のヒートポンプに関しては、近年除霜運転の効率化や立ち上がり時間の短縮といった、寒冷地仕様の技術開発が進展している点にも留意が必要である。

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

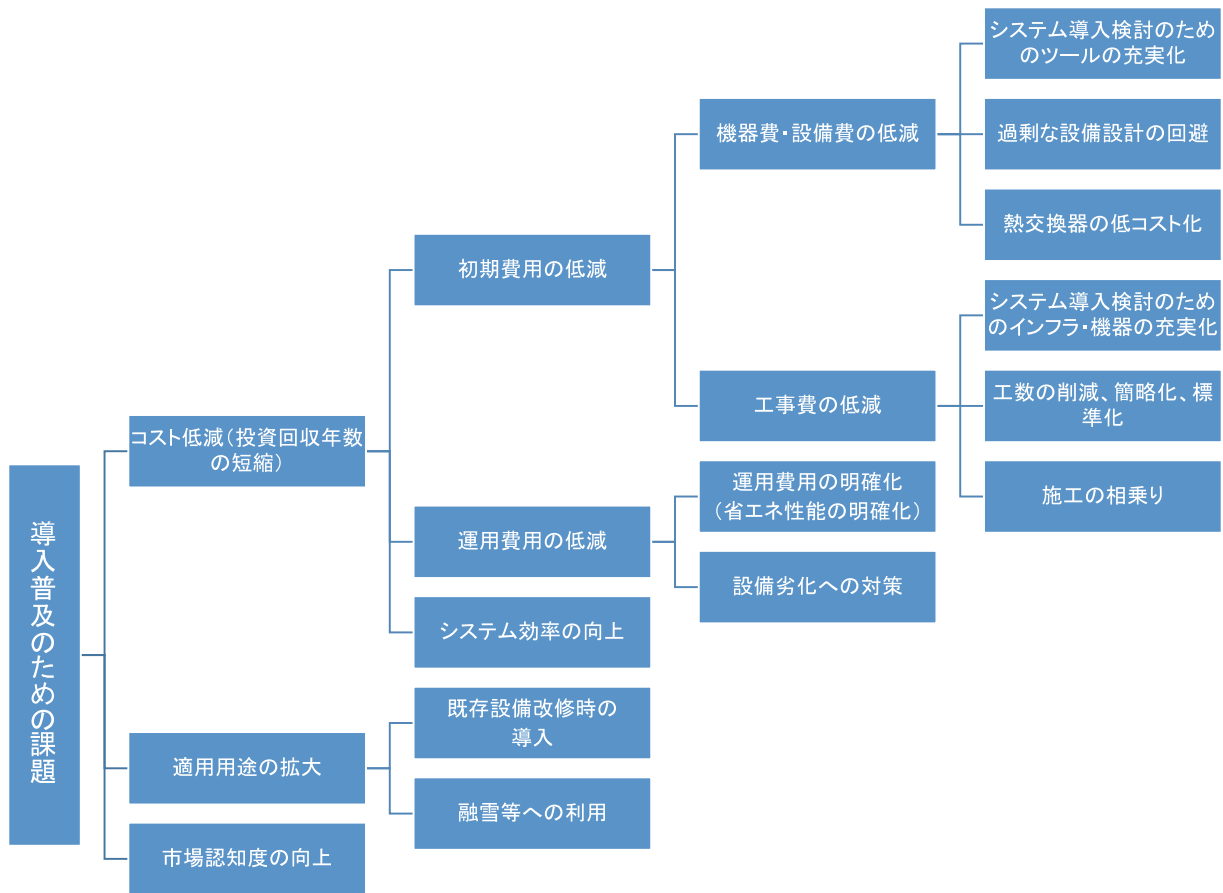


図27 地中熱利用に関する課題

出典：各種資料を基にNEDO技術戦略研究センター作成

(2) その他の課題

その他の課題としては、認知度が低く、導入検討のための情報が不足していること、専門家の不足などが挙げられる。また、地中熱利用ポテンシャル評価のための地質や地下水流れ、気候といった情報の整理、エネルギー消

費やランニングメリットに関する定量的な評価等も課題である。さらに、浅部地中熱利用（例えば施設園芸暖房）に関しては、十分な検討がなされていないという点も課題である。

4章 おわりに

再生可能エネルギー熱は、永続的に利用することができると思われる熱源であり、①太陽熱、②地中熱、③バイオマス熱、④雪氷熱、⑤温泉熱、水を熱源とする熱（⑥河川熱、⑦海水熱、⑧下水熱）のほか、空気熱利用等がある。種類によって適用温度帯は異なるが、主に家庭用・業務他部門における空調・給湯に利用される。再生可能エネルギー熱利用の推進は第5次エネルギー基本計画（2018年7月）において明記されており、温室効果ガスの削減という観点からも導入・利用が進むことが期待されているがコストの面で課題がある。

国内のエネルギー需要に関して、家庭部門の約63%、業務他部門の47%が熱需要であり、合計で約2,400PJ/年となる。国内の再生可能エネルギー熱の導入ポテンシャルの合計はこの値と同程度であるが、設備導入コストが高い、熱の需要と供給のミスマッチ等の理由により、再生可能エネルギー熱は十分に活用されていないというのが現状である。再生可能エネルギー熱の導入・利用を促進するためには、「設備導入コストが高く（投資回収年数が長い）」「適用用途が限定的である」「ユーザー

の認知度が低い」といった課題を解決する必要がある。さらに、再生可能エネルギー熱利用の種類ごとに、各々の利用法の特徴を考慮して課題を整理した上で、ZEB/ZEHの推進や地域熱供給システムへの展開も見据えて、今後の研究開発の方向性を検討することが重要である。

より具体的には、太陽熱利用の拡大に向けては、太陽熱利用機器の低コスト化、利用機器の設置に関する工事標準の確立、他の熱供給機器との組み合わせを最適化する方法の確立、環境に応じて利用効率を最大化するための方法の確立、太陽熱の導入効果やメリットの定量化などが必要である。地中熱利用の拡大に向けては、地中熱利用機器の低コスト化、掘削費用の低減、地質や地下水流れ、気候といった情報を踏まえた地中熱利用ポテンシャル評価とその信頼性向上、エネルギー消費やランニングメリットに関する定量化、浅部地中熱利用に関する可能性検討などが必要である。

将来、再生可能エネルギー熱利用がユーザーの選択肢にあがり、その導入・利用が拡大していくには、「設備導入コストが高く（投資回収年数が長い）」「適用用途が限定的である」といった課題の解決に資する技術開発を着実に進めると同時に、再生可能エネルギー熱に関する認知度向上のための取組を進めていくことが望まれる。

技術戦略研究センターレポート

TSC Foresight Vol.41

再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて

2021年2月25日発行

TSC Foresight Vol.41 再生可能エネルギー熱利用分野 作成メンバー

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術戦略研究センター (TSC)

■ センター長 岸本 喜久雄

■ センター次長 西村 秀隆

■ 再生可能エネルギーユニット

・ユニット長 仁木 栄

・研究員 石橋 琢也

吉田 卓生 (2018年3月まで)

江川 光 (2019年10月まで)

長谷川 真美

■ エネルギーシステム・水素ユニット

・フェロー 矢部 彰 国立研究開発法人産業技術総合研究所
特別顧問、名誉リサーチャー

● 本書に関する問い合わせ先
電話 044-520-5150 (技術戦略研究センター)

● 本書は以下URLよりダウンロードできます。
<https://www.nedo.go.jp/library/foresight.html>

本資料は技術戦略研究センターの解釈によるものです。
掲載されているコンテンツの無断複製、転送、改変、修正、追加などの行為を禁止します。
引用を行う際は、必ず出典を明記願います。