

欧州の地域熱供給の現状と 国内の課題 －再エネ熱に関連して－

NPO法人 地中熱利用促進協会
笹田 政克

プレゼンの内容

- 欧州（EU）と日本の再エネ熱・地域熱供給政策
- 日本の地域熱供給での再エネ熱・未利用エネルギー
- 地域熱供給と再エネ熱・未利用エネルギー
— 欧州と日本での変遷と将来 —
- 地域熱供給への再エネ熱の導入
— 特に熱源水ネットワーク（第5世代地域熱供給）について —
- 日本の地域熱供給への再エネ熱の導入可能量
- 地中熱・地熱に関連した課題
- まとめ

このプレゼンでの用語の使い方：

再エネ熱 ⊂ 未利用エネ 地中熱 ⊂ 地熱 第5世代地域熱供給 ⊂ 熱源水ネットワーク

欧州の再生可能エネルギー熱政策 その1

再エネ熱： これまでの実績

欧州においては、再エネ熱の利用についても、2009年のEU指令に基づき各国が策定する国家再生可能エネルギー行動計画により、明確な導入目標を定めた（右表）。電力部門ほど再エネ熱の導入は進展していないと言われるが、北欧諸国では元々高かった導入割合をさらに増加させている。他方、ドイツ、フランス、イギリスなど比較的人口の多い国の導入割合においても、2005年の基準年に比べて、2018年にはドイツで2倍弱、イギリスでは8倍弱も利用量を増やしている。この背景には、十分な政策資源を投下して、政策的に導入を進めたことがある。

（「再生可能エネルギー熱（再エネ熱）利用 普及のための政策提言」

再エネ熱利用促進連絡会 2020年）

EU各国の再エネ熱の導入目標（万kL）

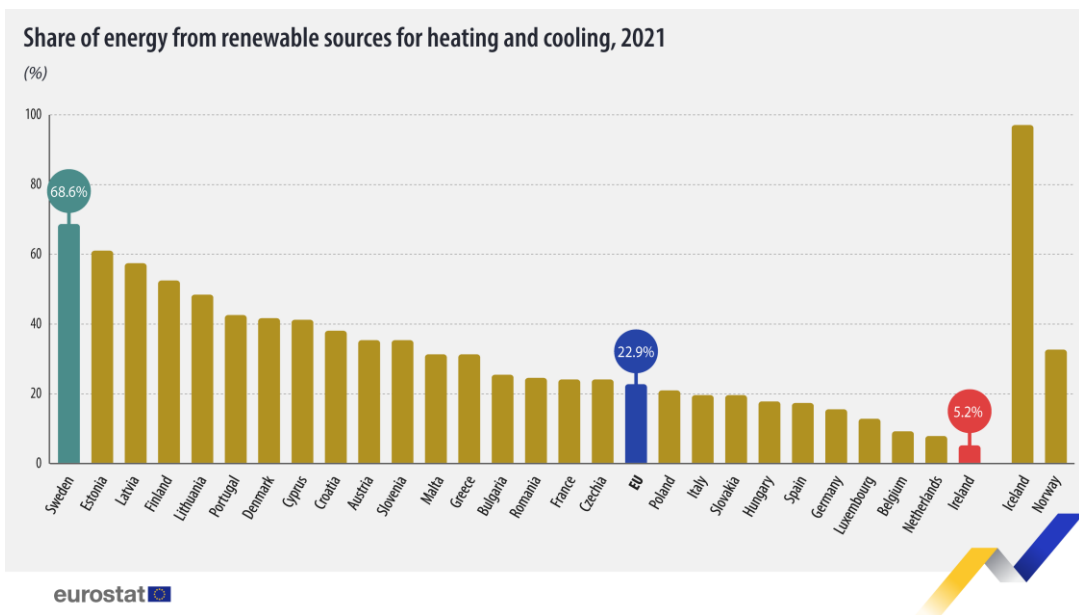
国	基準年（2005年）			実績（2018年）			目標（2020年）		
	全体量 (注1)	RE量	RE割合	全体量 (注1)	RE量	RE割合	全体量 (注1)	RE量	RE割合
スウェーデン	1,551	833	53.70%	1,733	1,133	65.40%	1,995	1,239	62.10%
フィンランド	1,643	657	40.00%	1,701	930	54.60%	1,799	846	47.00%
デンマーク	949	220	23.20%	899	408	45.40%	900	358	39.80%
オーストリア	1,553	377	24.30%	1,574	494	31.40%	1,506	491	32.60%
ドイツ	13,741	907	6.60%	12,837	1,750	13.60%	10,953	1,533	14% (2)
フランス	8,108	1,103	13.60%	7,194	1,567	21.80%	7,056	2,328	33.00%
イタリア	8,056	226	2.80%	6,527	1,255	19.20%	7,195	1,230	17.10%

注1) 全体量は、最終エネルギー消費量のうちの熱利用。1t=1.176kLで換算。

注2) ドイツの2020年目標値（RE割合）は、National Renewable Energy Action Planでは15.5%に相当する。

出典) 各国のNational Renewable Energy Action Plan及びEurostat

欧州の再生可能エネルギー熱政策 その2



2021年 EUおよび各国の冷暖房に占める再エネの比率

冷暖房用エネルギーは、EUの最終エネルギー消費量全体の約50%を占めている。EUにおける冷暖房目的の再エネの総最終消費量は、時間の経過とともに徐々に増加（主にバイオマスとヒートポンプの貢献による）。

EU指令等

2018年：改正再生可能エネルギー指令
（全体で）再エネ熱比率を毎年1.3%ずつ増加

2020年：欧州熱ロードマップ（HRE）

包括的なエネルギーシナリオの開発

- ・ベースライン (BL) 2050 シナリオ
- ・従来の脱炭素2050シナリオ
- ・HRE 2050 シナリオ：コストを考慮して再設計された冷暖房システム

2021年 建物部門で再エネ熱毎年1.1%増を国に義務付け

2023年 ヒートポンプ行動計画

– EU全域での展開を加速するための行動計画

欧州技術イノベーションプラットフォーム（ETIP）

2019年 RHC100（100%再エネ冷暖房ビジョン）

再エネ熱分野の業界団体が参加

日本のエネルギー政策

「第6次エネルギー基本計画」での再エネ熱と地域熱供給

再生可能エネルギー熱

4. 2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応

(1) 2050年カーボンニュートラル時代のエネルギー需給構造

・民生部門では、電化が進展するとともに、再生可能エネルギー熱や水素、合成メタンなどの活用により脱炭素化が進展する。

5. 2050年を見据えた2030年に向けた政策対応

(1) 現時点での技術を前提としたそれぞれのエネルギー源の位置付け

⑤熱

地域の特性を活かした太陽熱、地中熱、バイオマス熱、雪氷熱、温泉熱、海水熱、河川熱、下水熱等の再生可能エネルギー熱をより効果的に活用していくことも重要である。

地域熱供給

③効率的な熱供給の推進

熱の有効利用に対する関心が高まる中、熱導管を面的に敷設して行う地域型の熱供給、都市再開発事業などに伴いビル単位での事業や生活機能の確保も意識した地点型の熱電一体供給など、冷温熱を供給するサービスの形態も多様化してきているところである。

熱供給事業に関するシステム改革により、熱電一体型の熱供給を行うための環境整備が進んだことを踏まえ、コージェネレーションや廃熱等のエネルギーの面的利用を推進する。これにより、地域の省エネルギーの実現に貢献するとともに、災害時のレジリエンス強化やエネルギーの地産地消等を後押しする。

地域熱供給と地点熱供給

熱供給事業

熱供給事業では、オフィスビル、ホテル、住宅等の冷暖房用に、加熱もしくは冷却した温水、冷水、蒸気を熱供給施設（エネルギープラント）でまとめて製造し、それらを熱導管によって、複数の建物へ供給する。

熱供給事業法の適用を受ける場合（以下の要件を全て満たす場合）

要件

需要：一般の需要

規模：加熱能力21GJ(ギガジュール)／時以上

供給数：複数の建物

事業者：需要家と資本関係のない第三者または、自家使用にならない

事業者

- ・1970年の大阪万博を契機に地域熱供給事業が始まる。
- ・2022年時点で、全国で134地区で地域熱供給事業が行われている。うち27地区で再エネ熱が利用。

地点熱供給

熱供給事業法の適用を受けない熱供給事業

- ・設備の加熱能力が合計21GJ/h未満
- ・もっぱら一つの建物に熱を供給する場合
- ・特定の需要に応じる場合
- ・温泉供給、地中蒸気の利用等、水を人為的に加熱・冷却しない場合
- ・営利を目的としない場合

地点熱供給事業の導入実態

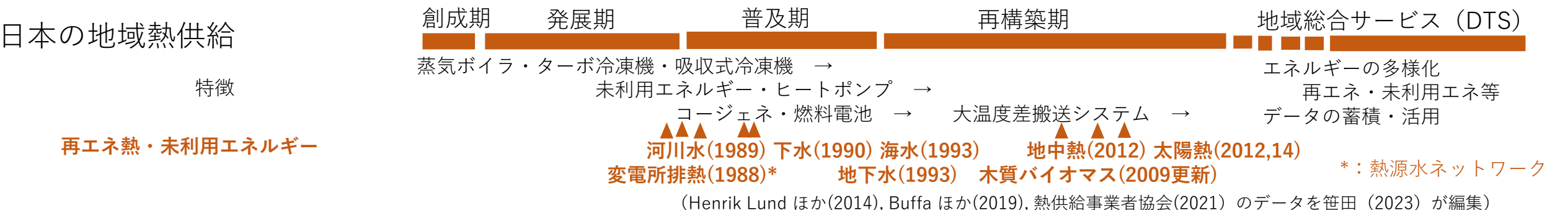
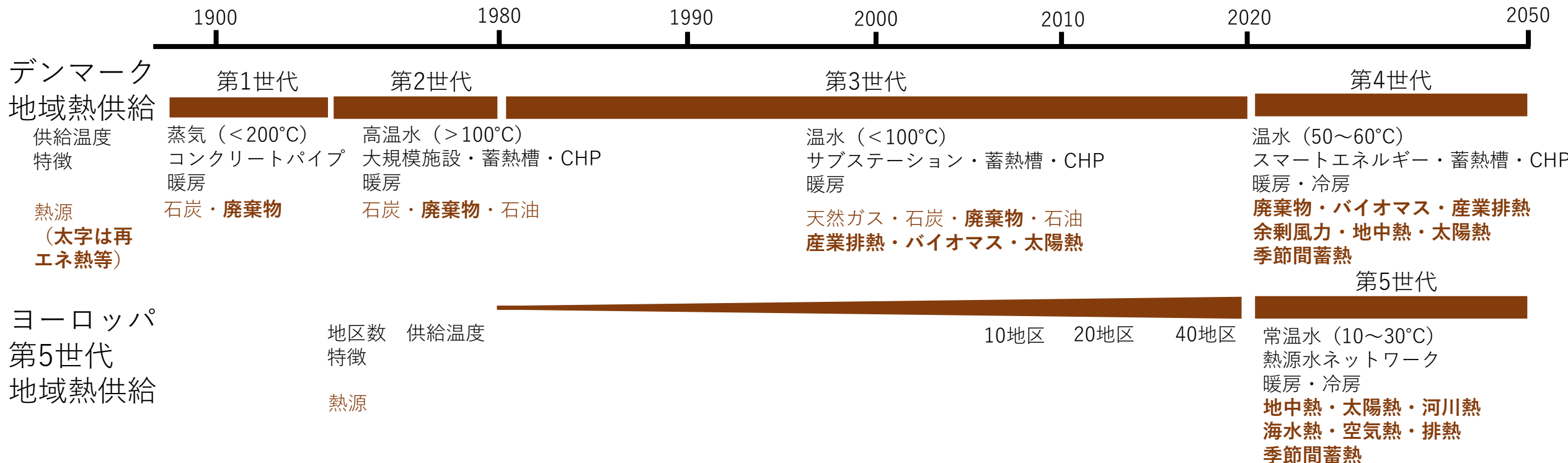
- ・地点熱供給は少なくとも全国177地区に導入されており、特に東京、神奈川、愛知、大阪、福岡などの都市部を中心に分布している。

地域熱供給での再エネ熱・未利用エネルギー

再エネ熱（黒字） 未利用エネルギー（青字）	地域熱供給地区（令和元年11月現在）		地点熱供給地区（例）
	地区名	地区数	主な地区名
太陽熱	田町駅東口北、ささしまライブ24	2	越谷レイクタウン、東京ガス千住、他
ごみ焼却・工場排熱	札幌市真駒内、千葉ニュータウン都心、東京臨海副都心、光が丘団地、品川八潮団地	5	東折尾（陣原）他
下水汚泥焼却排熱		0	新砂三丁目、六甲アイランド集合住宅、黒崎駅西、他
発電所抽気	西郷	1	
廃棄物・再生油	札幌市厚別	1	
木質バイオマス	札幌市都心、札幌市厚別	2	下川町、最上町、紫波町、高島市
RDF	札幌市厚別	1	
中水・生下水・下水処理水 下水管路内熱交換	盛岡駅西口、後楽一丁目、幕張新都心ハイテク・ビジネス、高松市番町、下川端再開発、ささしまライブ24、大手町	7	新砂三丁目、堺鉄砲町、小諸市 仙台スーパーマーケット
河川水	箱崎、富山駅北、中之島二・三丁目、天満橋一丁目	4	リバーサイド隅田、室町再開発 みなとアクルス（運河水）
海水	中部国際空港島、大阪南港コスモスクエア、 サンポート高松、シーザイドももち	4	
変電所・変圧器排熱	盛岡駅西口、新川、宇都宮市中央、中之島二・三丁目、 西鉄福岡駅再開発	5	
地下水	田町駅東口北、高崎市中央・城址、高松市番町	3	高松丸の内、他（2地区）
地中熱	東京スカイツリー	1	弘前まちなか情報センター、 IKEA福岡新宮
雪氷熱	札幌駅北口再開発	1	新千歳空港、他
計		37	

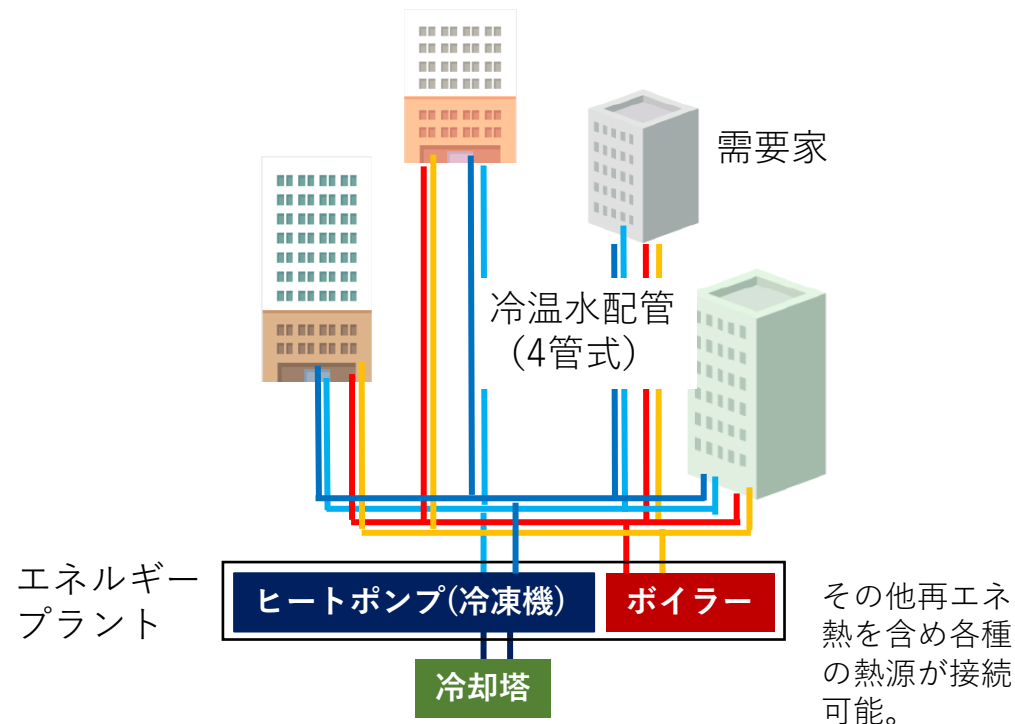
地域熱供給と再エネ熱・未利用エネルギー

—欧州と日本での変遷と将来—



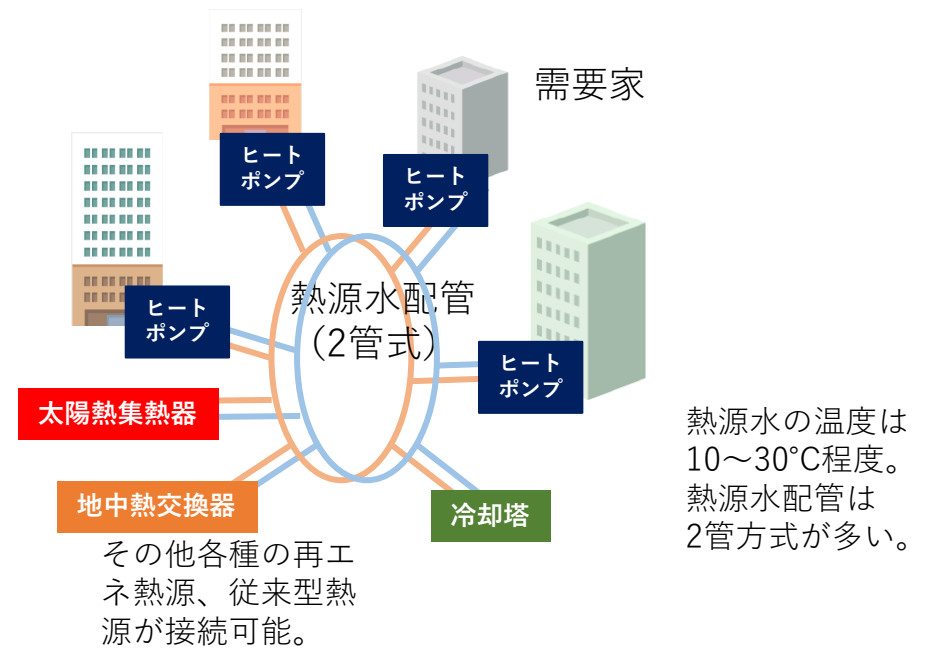
熱供給方式

中央熱源方式



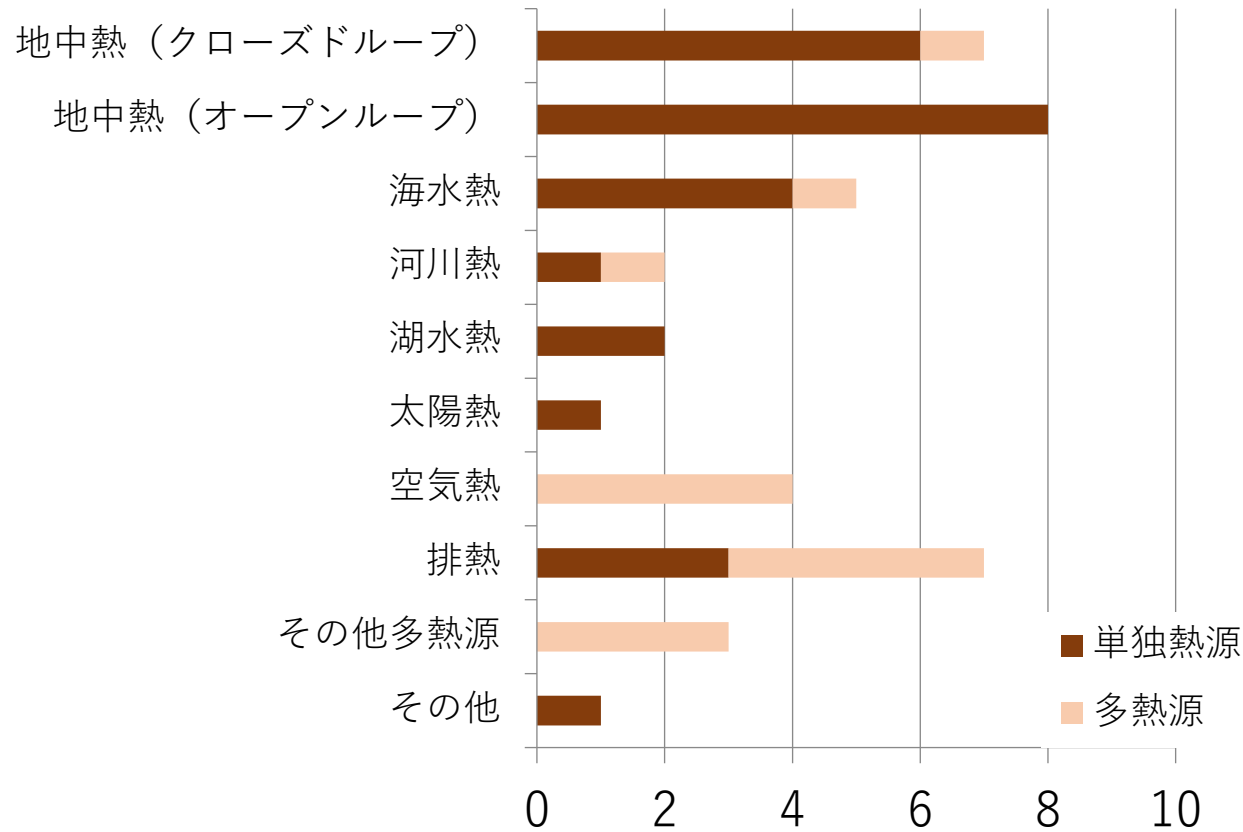
日本の地域熱供給のほとんどのものは、エネルギープラントにある各種熱源機から、冷水、温水等を供給する中央熱源方式である。冷水の温度は7°C、温水の温度は45°Cで、冷水・温水等が需要家に供給される。

熱源水ネットワーク方式 (第5世代地域熱供給)

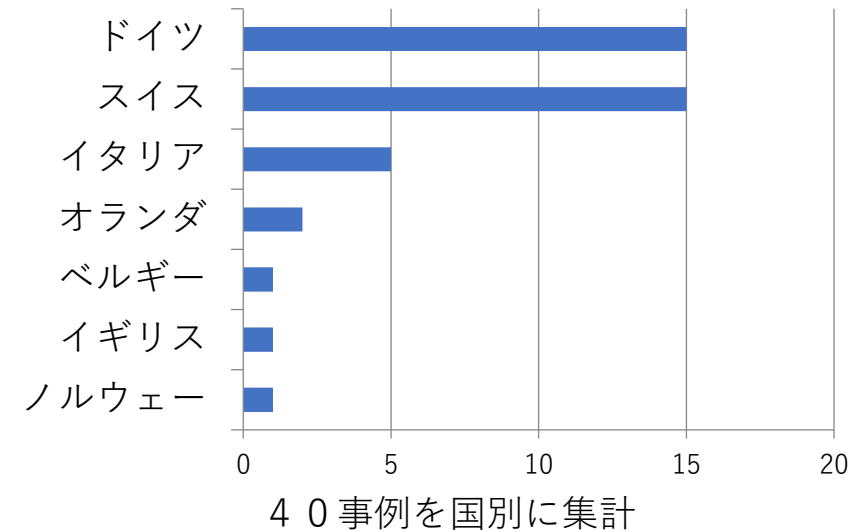


熱源水ネットワーク方式の地域熱供給はヨーロッパにおいて40システムが稼働しており、地中熱、太陽熱、河川熱、海水熱、湖水熱、建物からの排熱などが熱源として利用されている (Buffaほか,2019)。

欧州の第5世代地域熱供給



Buffa et al. (2019) に収録されている 40 事例を熱源別に集計



第5世代地域熱供給は、水またはブラインを熱媒として熱エネルギーを供給する配管及び水熱源ヒートポンプを設置されたサブステーションから構成される。地温に近い温度で運転されるため、直熱加温には適していない。熱媒が低温のため、産業または都市の余剰熱を直接利用でき、再エネ熱を利用できる可能性がある。需要家のサブステーションで運転を切り替えられるため、同じ配管で異なる建物に対して暖房と冷房の両方の負荷に対応することが可能である。

国内の熱源水ネットワーク

施設名	日鉄エンジニアリング 北九州寮	立命館中学校 高等学校長岡 京キャンパス	杏林製薬 わたらせ創薬 センター	岡谷市民病院
竣工年	2012年	2015年	2015年	2015年
利用用途	空調・給湯	空調	空調・給湯	空調
熱源	地中熱・太陽熱・冷却塔・空気熱給湯	地中熱・太陽熱・冷却塔・補助熱源	地中熱・冷却塔・冷凍機排熱・補助熱源	地中熱・冷却塔
システム				

小規模システム（左図）

・日本で稼働している熱源水ネットワークは小規模で1管式のループを用いているものが多い。再エネ熱源としては地中熱、太陽熱が、未利用熱としては建物の排熱が使われている。また、温度調整のために冷却塔が用いられているほか、補助熱源として従来方式での熱源が使われているところもある。

地域熱供給での事例

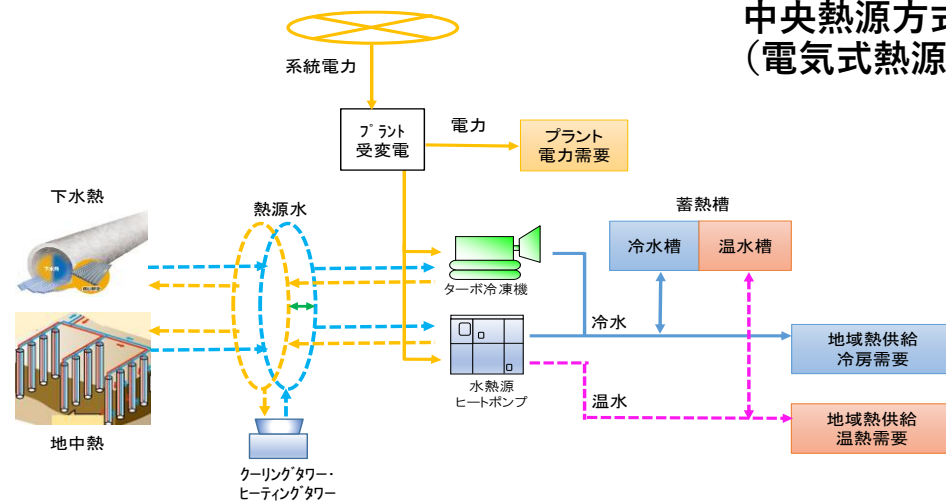
・左図以外に未利用熱として変電所の排熱を熱源に用いた熱源水ネットワークの地域熱供給システムが1988年に東京都内に設置されている。

再エネ熱導入の地域熱供給モデル

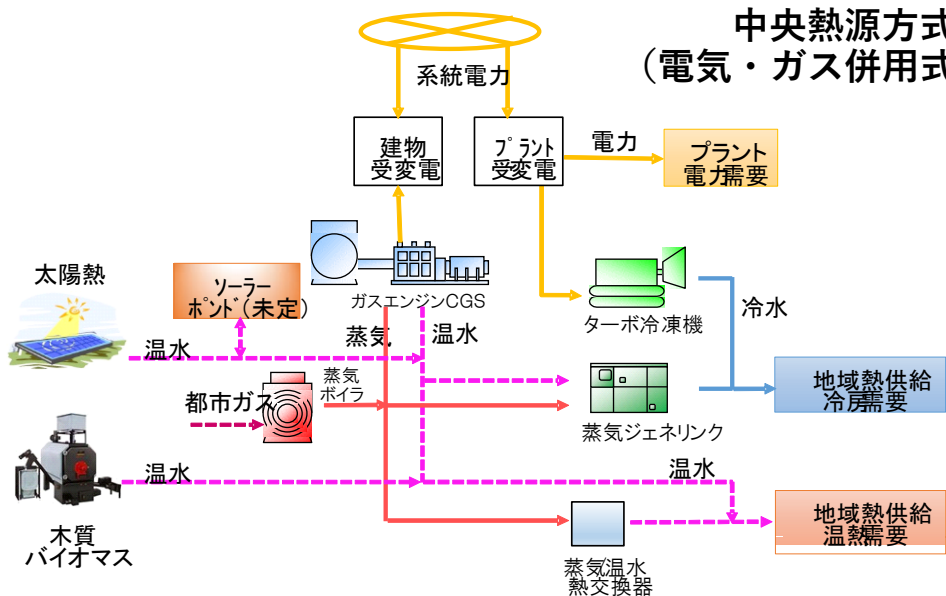
3つの地域熱供給モデルのそれぞれに導入可能な再エネ熱を想定した。外部からのエネルギー供給は、系統電力と都市ガスである。

例えば系統電力と都市ガスの両者が供給されるシステム（下図）では、これに再エネ熱を加える場合に、ここでは、高温でのエネルギー利用ができる太陽熱と木質バイオマス熱を想定し、都市ガスからのエネルギー供給ラインにこれらの再エネ熱からの供給ラインを統合させるシステムを設定した。

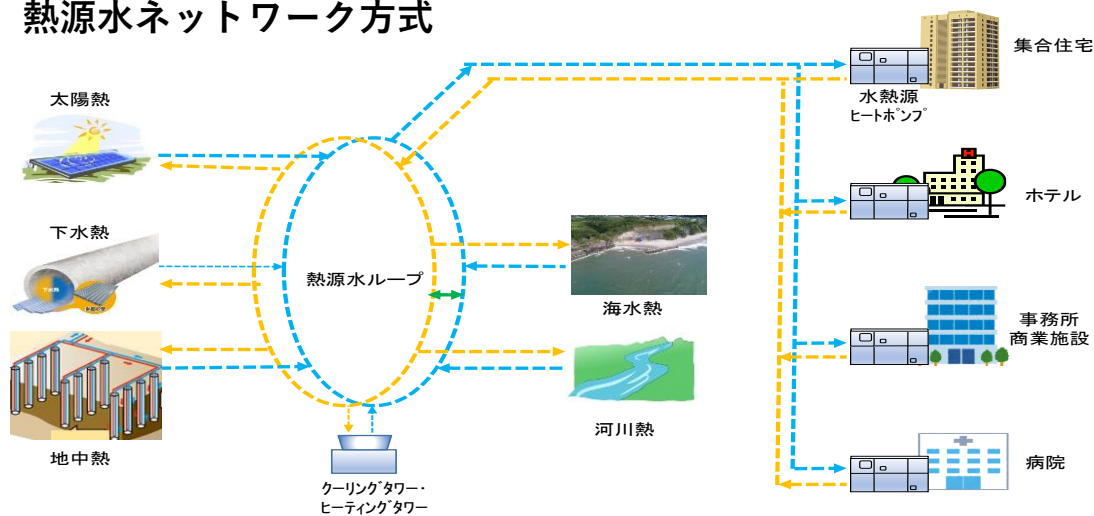
中央熱源方式
(電気式熱源)



中央熱源方式
(電気・ガス併用式熱源)



熱源水ネットワーク方式



地域熱供給の可能性のある地区の熱需要

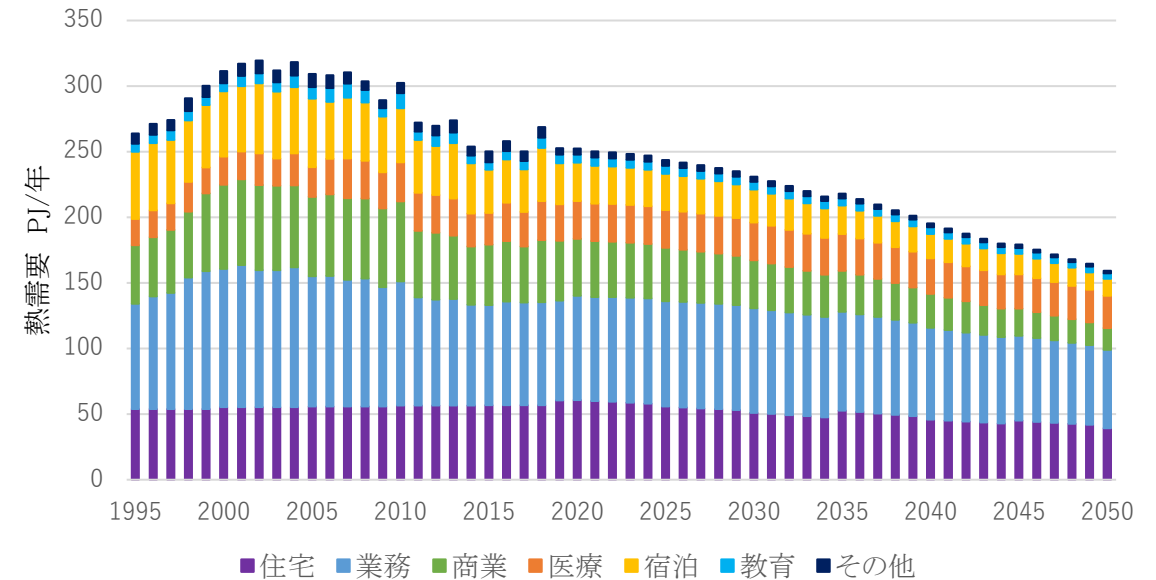
「再生可能エネルギー熱利用技術を用いた熱供給の導入可能性と研究開発課題に係る調査」(NEDO, 2022)での熱需要の推定:

地域冷暖房を導入する可能性がある地区を、既成市街地、新開発・再開発地域、建て替えが想定される大規模住宅団地に分けて抽出した佐土原他(1998)をベースに、2021年の時点で入手できるデータを用いて、地区の見直しが行われた。また、熱需要に関しては、将来の推計人口、用途別延べ床面積、熱需要原単位、断熱性能の向上に関する最新のデータを用いて見直されている。

地区の種類		抽出の基準	対象地区	熱需要 (PJ)	1998年以降	対象地区
既成市街地	床面積データあり	・熱負荷密度1.0Tcal/ha・年以上 ・地区面積2.5ha以上	942	221.9		+
	床面積データなし	・法定容積率500%以上 ・地区面積2.5ha以上				
再開発・新開発地		・開発の内容が具体的 ・グロス容積率100%以上 ・床面積25,000m ² 以上	313	39.1		256
建て替え想定住宅団地		・建築後30年以上 ・規模1000戸以上	41	2.6		256
合計			1,296	263.7		411

総計 1707地区

地域熱供給導入可能 1707地区 熱需要推計結果



再エネ熱のポテンシャル情報

再エネ熱ポテンシャル情報の整備状況

再エネ熱のポテンシャルについては、全国の都市のどこでも利用でき、環境省のREPOSにポテンシャルデータがすでに整備され、今回計算に必要な地区の属性データが得られた太陽熱と地中熱を対象にして、賦存量、供給可能量（導入ポテンシャル）の推計を行った。

ここで、賦存量と熱需要を比較して、小さい方の値を供給可能量とした。

再エネ熱種	利用できる地域	現在の地域熱供給地区数	ポテンシャルデータ	賦存量計算に必要な地区の属性データ	賦存量の計算手法	本調査での賦存量の推計
太陽熱	全国の都市（どこでも）	2	REPOS	地区面積・建物面積（グロス建蔽率）	有	有
地中熱*	全国の都市（どこでも）	4	REPOS	地区面積・建物面積（グロス建蔽率）	有	有
木質バイオマス熱	全国の都市（中山間地などが優位）	2	REPOS 整備中		整備中	整備中
下水熱	全国の都市（下水処理場近傍・管渠）	7	一部の自治体	地区の位置情報・処理場、管渠の位置情報	有	
河川熱	河川の近傍	4		地区の位置情報	有	
海水熱	海岸近傍	4		地区の位置情報	有	
雪氷熱	積雪地	2				
温泉熱	温泉地	0				

注 *：地中熱はクローズドループのみを対象にしている。

太陽熱＋地中熱のポテンシャル

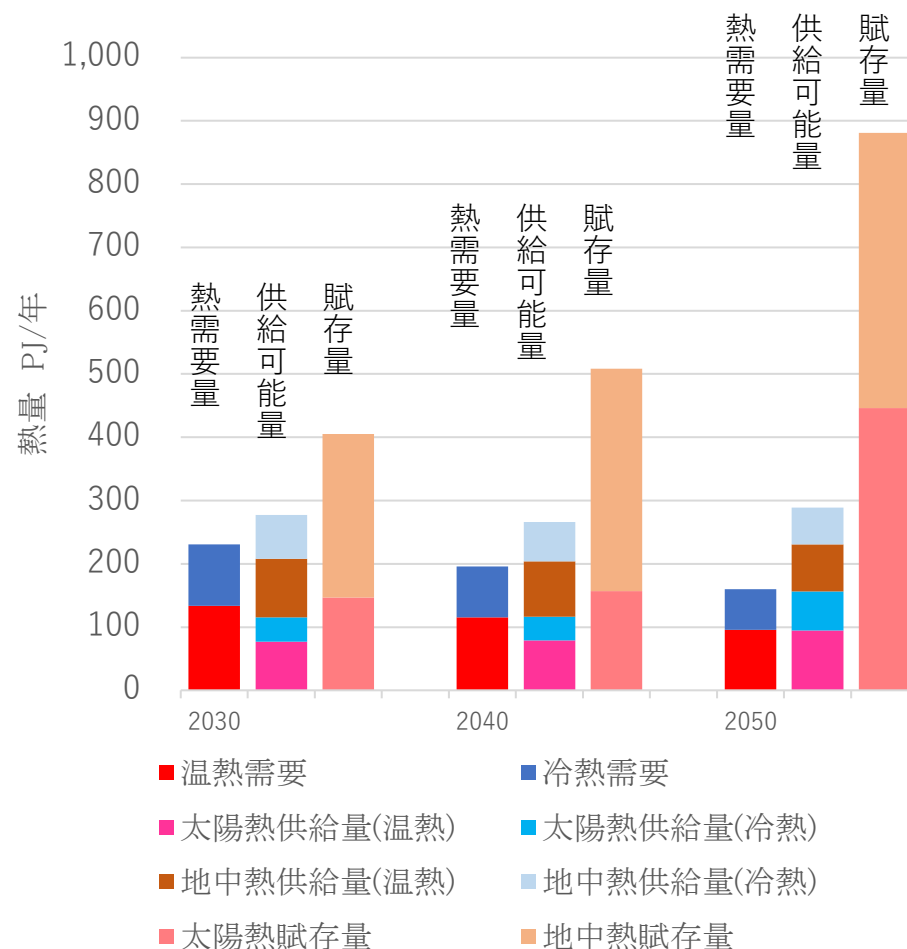
NEDO（2022）では、再エネ熱として、環境省の再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS）に全国のポテンシャル情報が提供されている**太陽熱と地中熱**を対象にして、供給可能量（導入ポテンシャル）を推計した。これらの再エネ熱は、建物との関係で利用量の制約はあるが、地域熱供給の可能性のある地区のどこでも利用可能なエネルギーである。

2030年、40年、50年のそれぞれの3本の棒グラフは、左から熱需要（温熱・冷熱）、太陽熱＋地中熱供給可能量（温熱・冷熱）、太陽熱＋地中熱賦存量を示す。ここで2050年の推定値は、熱需要159.9PJ、太陽熱供給可能量156.6PJ、地中熱供給可能量132.5PJである。

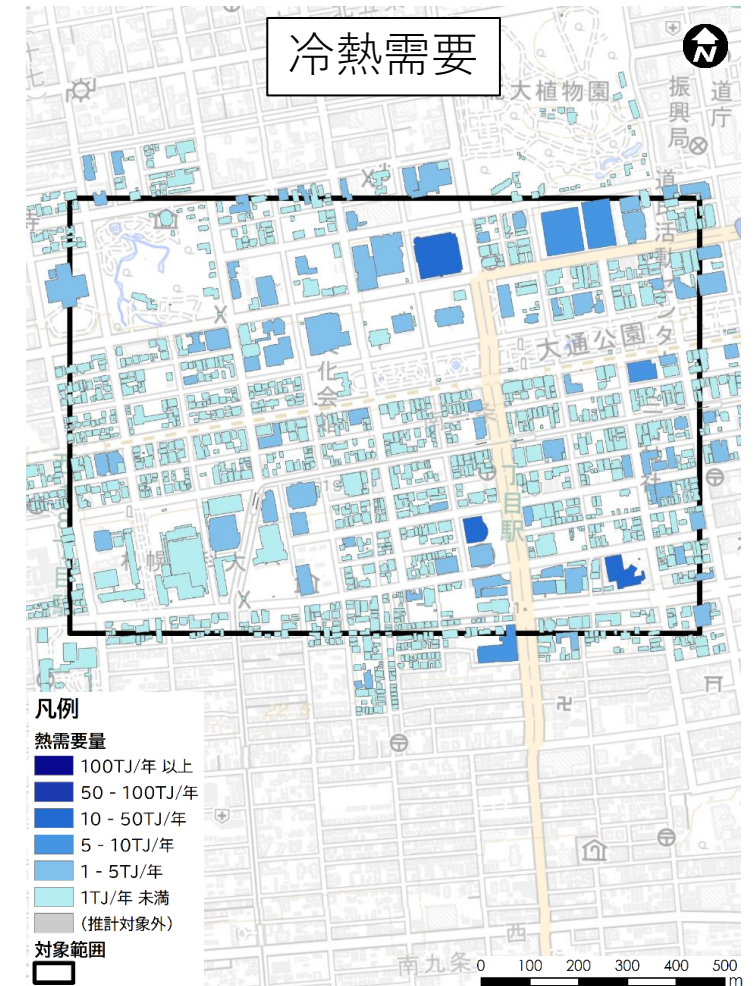
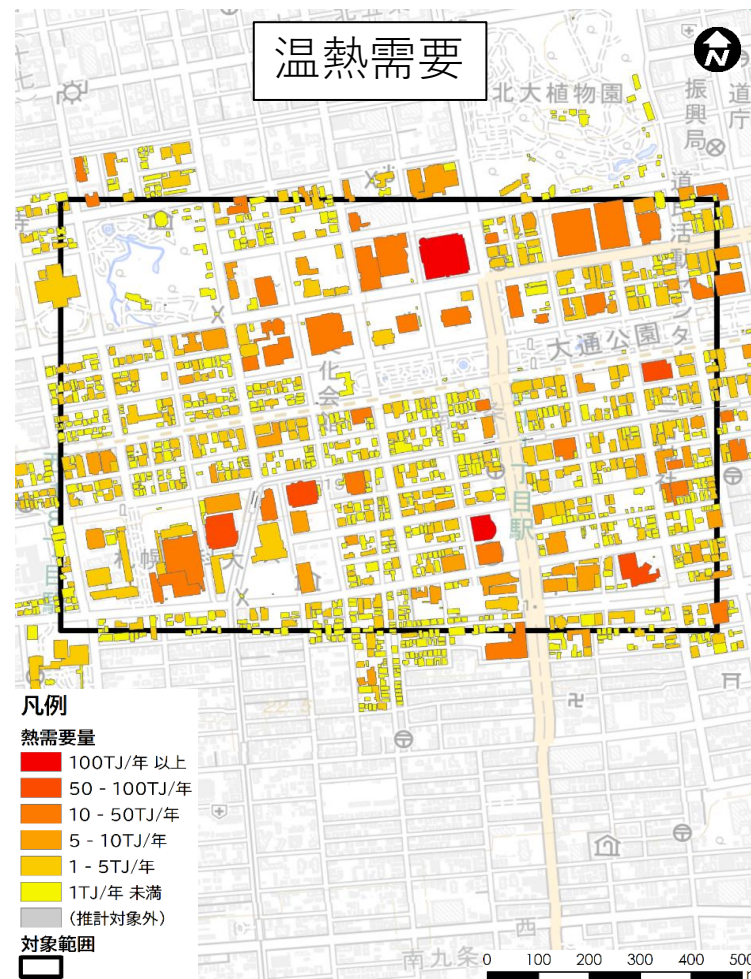
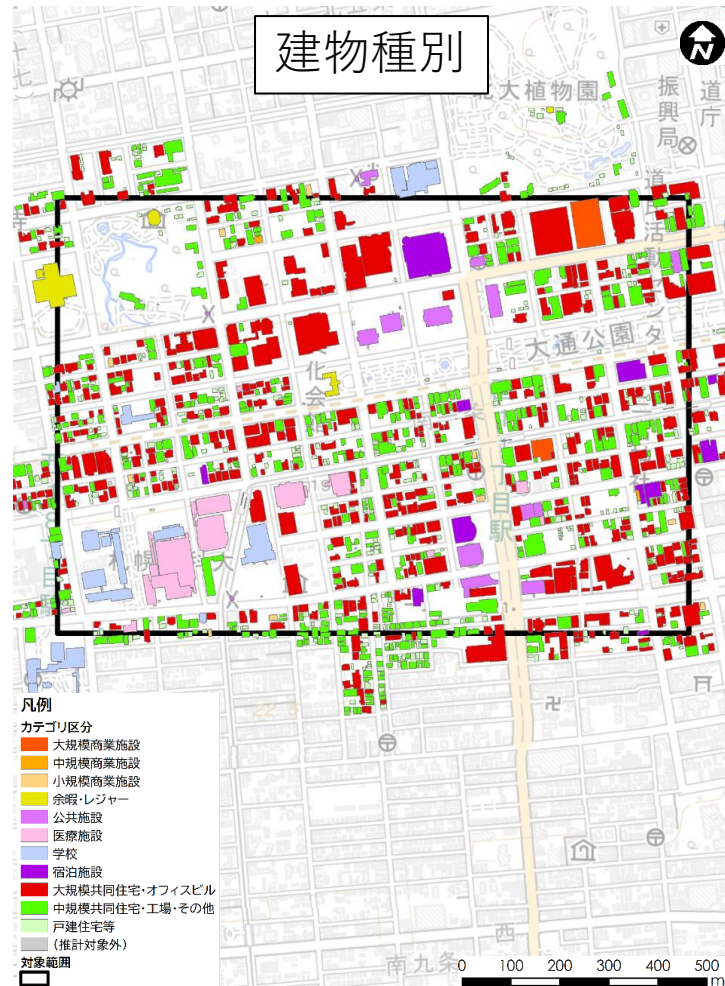
全国規模で見ると、太陽熱と地中熱の供給可能量をあわせると、熱需要を上回っているが、このことは全ての地域熱供給導入可能地区で太陽熱と地中熱の供給可能量の合計が、熱需要を上回っているということを意味するものではない。

太陽熱＋地中熱の導入対象地区

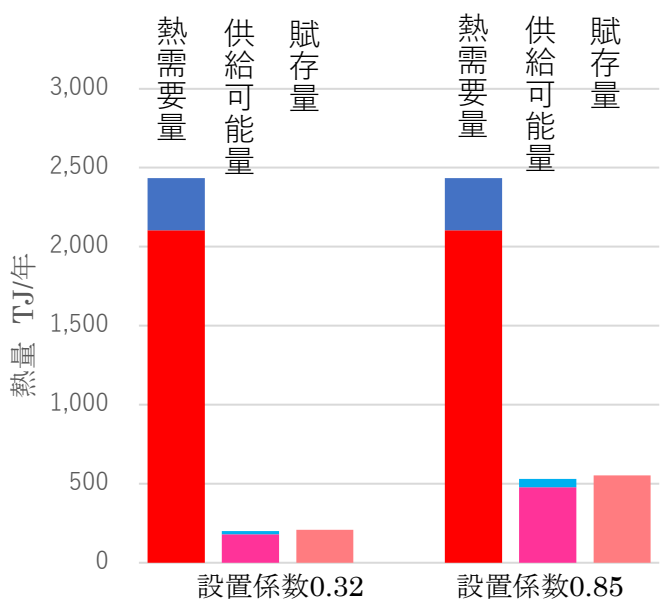
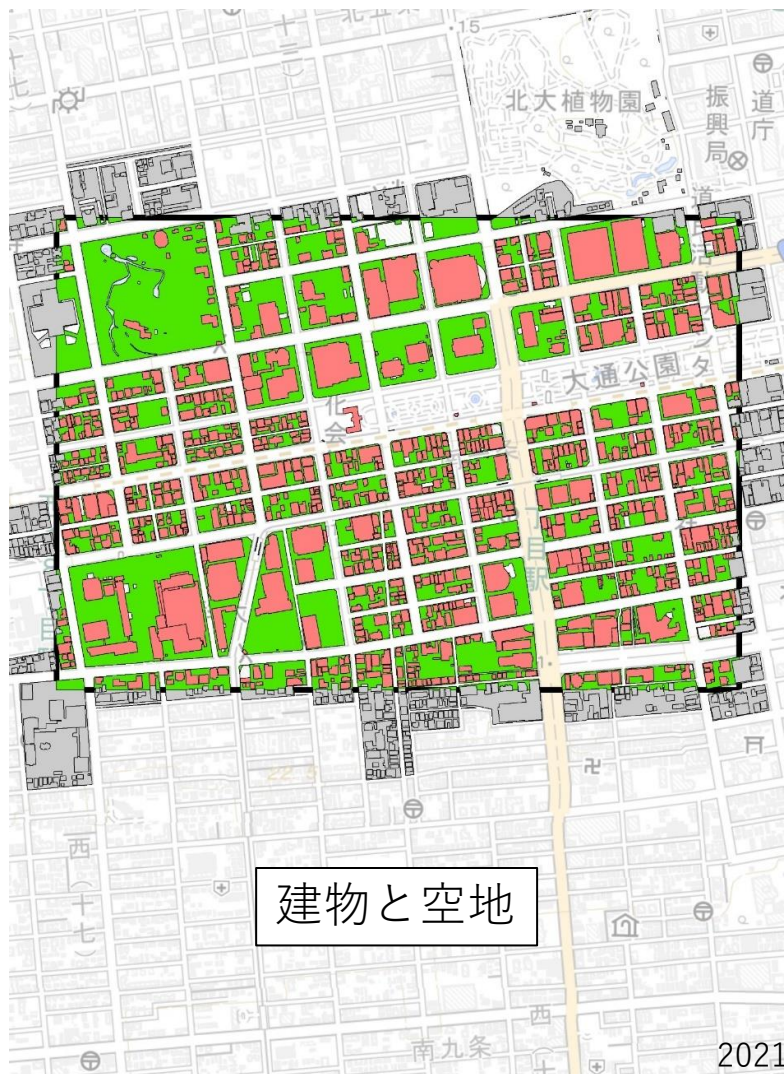
佐土原他(1998)地域熱供給導入可能地区	1296地区
追加再開発地区	256地区
追加建替え住宅地区	155地区
合計	1707地区



札幌市（大通り公園周辺）の熱需要

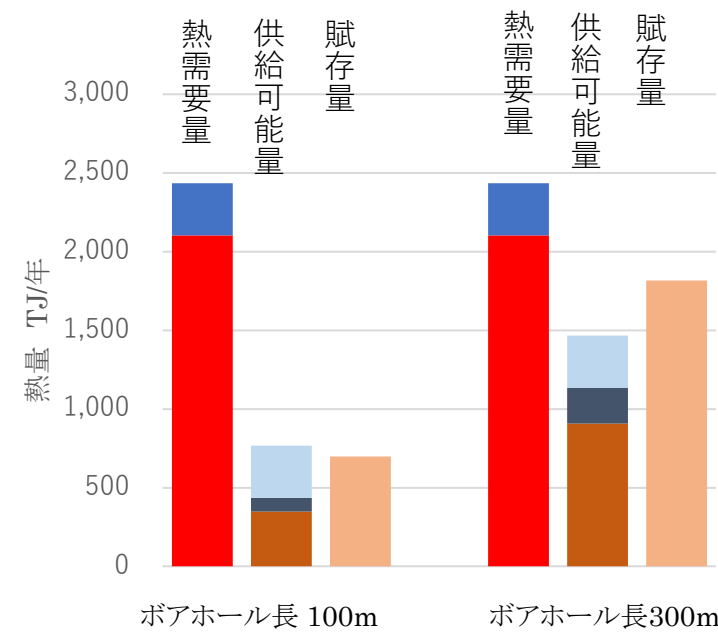


札幌市（大通り公園周辺）の熱需要と 太陽熱・地中熱のポテンシャル



- 温熱需要
- 冷熱需要
- 太陽熱供給量(温熱)
- 太陽熱供給量(冷熱)
- 太陽熱賦存量

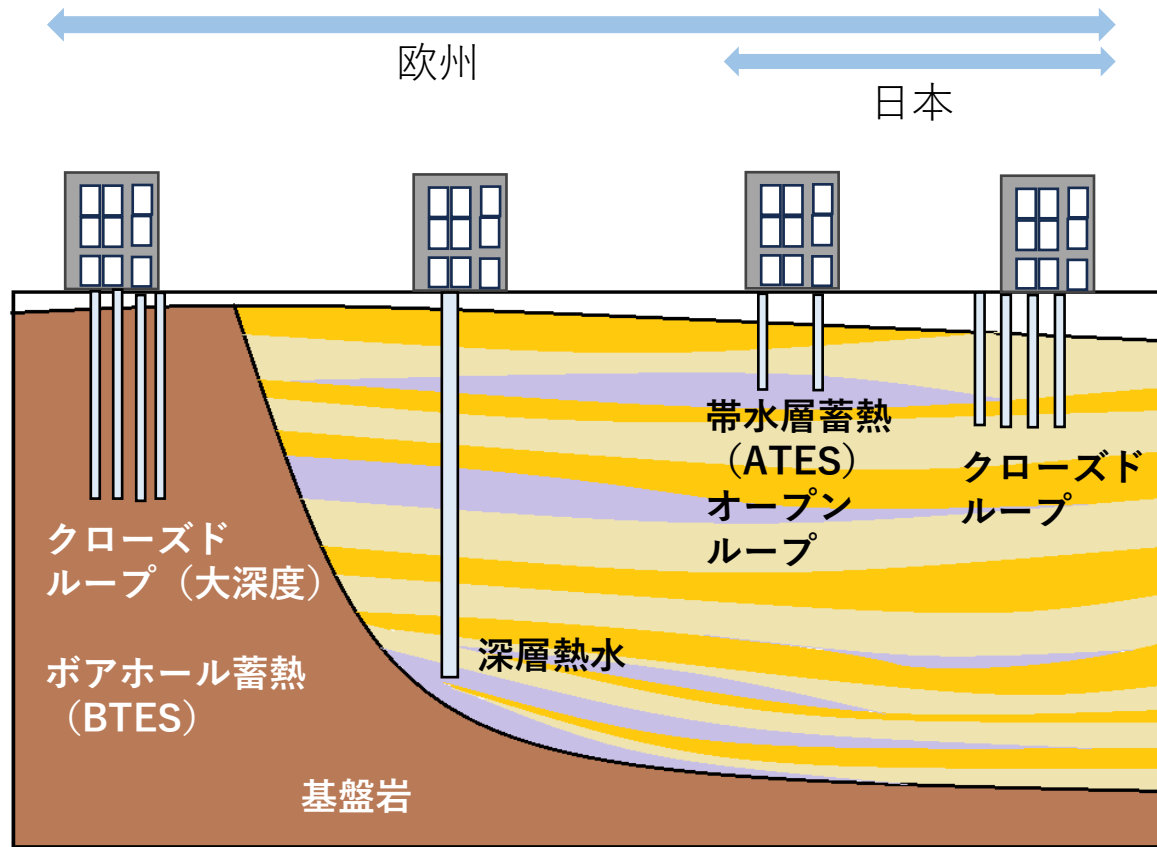
熱需要と太陽熱供給可能量



- 温熱需要
- 冷熱需要
- 地中熱供給量(温熱)
- 温熱電力量
- 地中熱供給量(冷熱)
- 地中熱賦存量

熱需要と地中熱供給可能量

地熱と地中熱



地熱と地中熱の利用形態 欧州と日本

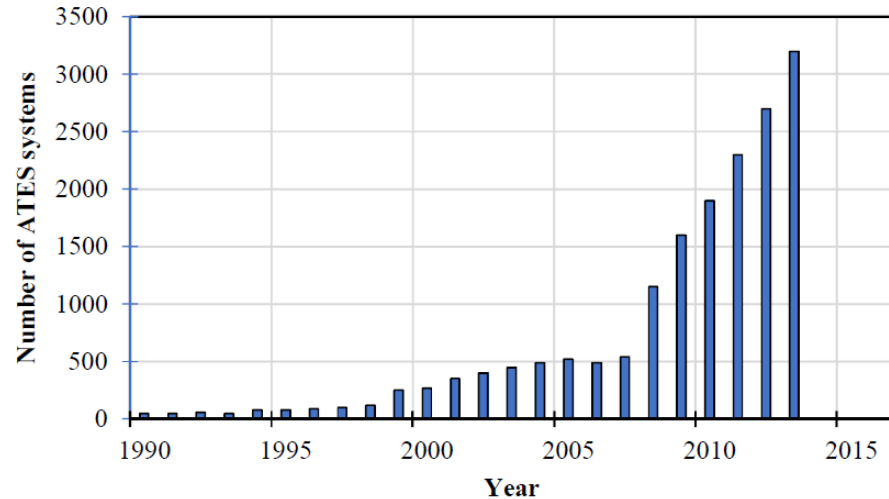
欧州では地熱と地中熱は同じ言葉Geothermalで表現される。両者を区別する時に地中熱はshallow geothermal、あるいは地中熱ヒートポンプを意味するGeothermal Heat Pumpを用いる。

欧州ではクローズドループは300mを超える深さのものがあり、年々利用深度が深くなる傾向がある。また、クローズドループは、夏季の太陽熱を蓄熱するボアホール蓄熱 (BTES) としても利用されている。

一方、日本のクローズドループは100m深程度のものである。

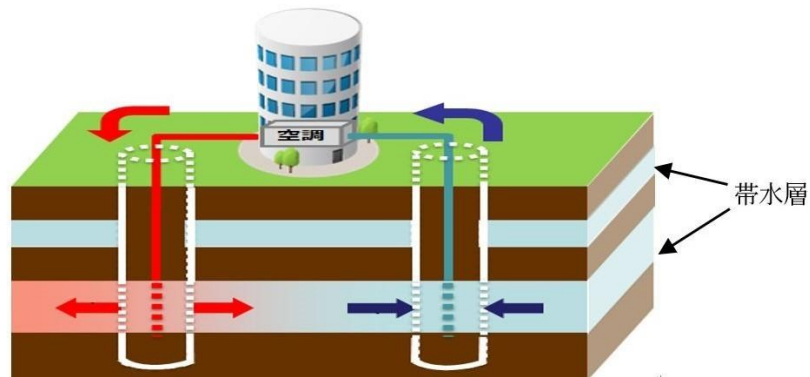
欧州ではパリなどで深層熱水が大規模に利用されているが、日本ではかつて地熱の直接利用という視点から調査が行われていたことがあったが、現在の政策では取り上げられていない。

帯水層蓄熱



オランダにおける帯水層蓄熱システムの普及状況

(環境省パンフレット, 2018)



帯水層蓄熱の概念図 (大阪市報道発表資料, 2018)

欧州では帯水層蓄熱は、オランダが1990年代から国策として進めており、3000件を超えるシステムが稼働している（左図）。

日本では、NEDO、環境省の技術開発事業の支援を受けて利用が始まっており、大阪府と兵庫県、山形県でシステムが稼働している。帯水層を利用するので、地下水の揚水規制のある地域での利用は難しいが、大阪市では国家戦略特区を設定することにより、活用の道を開いている。

デマンドレスポンス（DR）での活用

現在九州電力管内において太陽光が余剰電力になっているが、今後太陽光、風力の変動型再エネ電源による発電量が増加すると、余剰電力の問題はこれまで以上に大きな課題となる。

中間期の太陽光発電の余剰電力を帯水層蓄熱により季節間蓄熱する研究開発が現在大阪において進められている。これからの再エネの有効な利用方法として重要な課題である。

まとめ

再エネ熱の最大限の導入と、地域熱供給などでの熱の面的利用は、脱炭素社会の実現に向けて取り組むべき重要な課題である。欧州では数値目標を立て再エネ熱の導入が進んできているが、日本では数値目標が出されておらず導入が遅れている。

欧州と日本はそれぞれ地域熱供給を進めてきた歴史がある。欧州では2050年に向けて、第4世代、第5世代の地域熱供給が想定されている。一方、日本ではエネルギーの多様化、再エネ・未利用エネの導入の視点から将来への展開が想定されている。

国内では2030年、2050年に想定される熱需要に対して、再エネ熱は地域熱供給を通して十分な貢献ができるポテンシャルがある。再エネ熱を地域熱供給に導入する場合、中央熱源方式、熱源水ネットワーク方式の両方式とも対応が可能である。地域熱供給への再エネ熱の導入を促進するには、目標を明確にし、技術開発を進めるとともに、実証事例を蓄積、活用していくことが必要である。