
参 考 资 料

参考資料 目次

1. 用語集.....	104
2. 地中熱利用方式の種類について.....	107
3. クールシティ推進事業[地下水等活用型・地中熱利用型]	
実証事業（平成18～22年度）事例一覧.....	108
4. 様式集.....	118
5. 地下水に関する規制.....	121
6. 水質に関する規制.....	124
7. その他関連法規.....	124
8. 助成制度.....	125
9. 関連するガイドライン等.....	126
検討委員会.....	127

1. 用語集

イニシャルコスト

機器や設備などを導入する際にかかるコスト（費用）のこと。設置費用・導入費用などとも呼ばれる。なお、設置・導入後にかかる費用などは含まれない。対義語はランニングコスト。（金融・経済用語辞典）

（地下水の）還元

いったん汲み上げ、利用した地下水を元の帯水層へ戻すこと。

サーマルレスポンステスト（熱応答試験）

実際の地中熱交換器に熱媒を循環させ、循環温度や地中温度の推移によって地盤の熱特性や熱交換能力を予測する手法。（地中熱ヒートポンプシステム）

再生可能エネルギー

有限で枯渇の危険性を有する石油・石炭などの化石燃料や原子力と対比して、自然環境の中で繰り返し起こる現象から取り出すエネルギーの総称。

具体的には、太陽光や太陽熱、水力（ダム式発電以外の小規模なものを言うことが多い）や風力、バイオマス（持続可能な範囲で利用する場合）、地熱、波力、温度差などを利用した自然エネルギーと、廃棄物の焼却熱利用・発電などのリサイクルエネルギーを指し、いわゆる新エネルギーに含まれる。（EIC ネット・環境用語集）

酸化還元電位

酸化還元反応系において電子の授受により発生する電位（電極電位）。溶液の酸化・還元能力を表す指標で、酸化還元電位が大きいほど酸化力が強く、小さいと還元力が強い。

酸化還元電位は鉄、マンガン、窒素化合物などの形態の変化の推定、水酸化物溶存地下環境下の生息微生物の予測や、汚染対策分野でのバイオレメディエーション進捗状況の推定に利用できる。（地下水用語集より一部抜粋）

COP

消費電力 1kW あたりの冷却・加熱能力を表した値のことで、「Coefficient Of Performance」（成績係数）の頭文字をとって「COP」と略す。COP の大きいものほど省エネ効果が高くなる。（NEDO ホームページ・用語解説）

J（ジュール）とW（ワット）

ジュールは仕事・熱量・エネルギーの SI 単位。1 ニュートンの力が働いて、その力の方向に 1 メートル動かすときの仕事が 1 ジュールである。また、1 秒あたり 1 ジュールの仕事率が 1 ワットである。（大辞林に一部加筆）

地中熱

おおよそ地下 200m より浅い地盤に賦存する温度が数十度以下の低温の熱エネルギーと定義できる。その起源は地表面からの太陽エネルギーと地殻深部からの熱流であるが、火山地帯をのぞくと後者の影響度合いは前者に比べて極めて小さい。(地中熱ヒートポンプシステム)

地中熱ポテンシャルマップ

地域の地下環境(地下水流速、地下水位、温度など)の情報を基に、潜在的な地中熱利用の可能性(=地中熱ポテンシャル)が高い地域(地中熱利用に適した地域)、低い地域を示した地図。(産総研 HP「地中熱ポテンシャルマップの作成」より一部引用)

地熱

地中の熱をいうが、大別して2つの意味に用いられている。1つは広く地球内部に保有される熱の意味に用いられる。一方、火山や温泉などに由来する地殻中の異常な熱に対して用いられる場合がある。(地熱発電用語集)

熱伝導率・有効熱伝導率

静止している媒体中を高温側から低温側に熱が移動する現象を熱伝導といい、熱伝導による熱フラックス(単位時間に単位断面積を通過する熱量)は温度勾配に比例し(フーリエの法則)、その比例係数を熱伝導率という。土や岩石の熱伝導率はその構成成分(固相、液相、気相)の体積割合に依存し、体積含水率の増加に伴って大きくなる。不飽和状態では、気相中で潜熱輸送による熱移動が生じるため、見かけ上熱伝導率が大きくなる。潜熱輸送を含めた場合、有効熱伝導率(見かけの熱伝導率)といい、これは温度にも依存する。(地下水用語集)

熱媒体

熱を伝える仲介物質をいい、空気調和関係では蒸気・温水・温風・油などが用いられる。(実用空調関連用語集)

バックグラウンド(=リファレンス)

人為的な働きかけを受ける前にあらかじめ自然界に存在している状態。例えば放射線は自然界にもともと存在するが、放射線モニタリングなどを行う場合、自然界に存在する放射線をバックグラウンドという。(土木用語大辞典)

ヒートポンプ

「熱を汲み上げる」という意味で、「熱を移動させること」によって熱を取り出して利用するしくみのこと。物質は液体から気体に「気化」する際に周囲から熱を奪い、気体から液体に「凝固」する際には周囲に放熱する。この自然現象を利用して空気熱を効率よく汲み上げ、加熱・冷却することでエネルギーを効率的に利用するシステム。(NEDO ホームページ・用語解説)

ヒートアイランド現象

都市部によく発生する局所的な高温の地域のこと。等温線の形状が、海に浮かぶ島の形に似ている。都市部では、木々が少なく、地面がアスファルトに覆われており、エネルギー使用量が多いことなどが原因となっている。ヒートアイランド現象の影響として、大気汚染物質濃度の上昇、生態系のバランスがくずれるなどが挙げられる。(NEDO ホームページ・用語解説)

比熱

圧力または体積一定の条件で単位質量の物質を単位温度上昇させるのに必要な熱容量。単位は J/(kg・K) など。圧力一定条件のときの比熱を定圧比熱、体積一定条件のときの比熱を定積比熱と言う。(地下水用語集)

モニタリング

地下水の状況(水位、水質、水温、地下水流向・流速)を経時的に観測することをいう。一般に“モニタリング”という言葉を用いる場合には、地下水情報を単に取得する作業という意味のみならず、取得したデータに基づいて地下水の客観状況を把握し、状況をコントロールしていくための対策立案を考えることを背景にしている場合が多い。(地下水用語集)

ランニングコスト

設備や機器などを運用する際にかかる費用のこと。対義語はイニシャルコスト。例えばある設備を導入した際の電気代や消耗する部品のメンテナンス費用などが代表的。(金融・経済用語辞典)

参考文献(50音順)

EIC ネット・環境用語集、一般財団法人環境情報センター <http://www.eic.or.jp/ecoterm/>

金融・経済用語辞典 <http://www.finance-dictionary.com/>

産総研 HP 「地中熱ポテンシャルマップの作成」

http://www.aist.go.jp/aist_j/aistinfo/aist_today/vol11_05/infra/p19/p19.html

実用空調関連用語集 <http://ep.daikinaircon.com/top/yogoshu/index.html>

大辞林、三省堂、2006年10月(第三版)、全2976頁

地下水用語集、日本地下水学会編、理工図書、2011年10月、全143頁

地中熱ヒートポンプシステム、北海道大学地中熱利用システム工学講座著、オーム社、全167頁

土木用語大辞典、土木学会編、1999年2月、技報堂出版、全1678頁

NEDO ホームページ・用語解説 <http://app2.infoc.nedo.go.jp/kaisetsu/search/search.html>

2. 地中熱利用方式の種類について

ガイドラインの策定に向け、平成 18 年度～22 年度に実施したクールシティ推進事業では、地中熱の利用方式を「地中熱利用型（クローズドループ）」と「地中熱利用型（オープンループ）」に分け、さらにクローズドループは地下水流動により 2 種、オープンループは地下水の利用方式により 3 種に区分していました(表 2-1、図 2-1 参照)。

本ガイドラインでは、地中熱利用ヒートポンプ施設の運用面で共通するものを再分類してまとめ、オープンループは放流型・還元型の 2 種、クローズドループは区分なしの 1 種としています。

表 2-1 対策技術の体系区分

分類	技術種別	技術の概要	本ガイドラインでの区分
クローズドループ㉔ (地下水以外の熱媒体を利用)	地下水流動型 (地下水の流動がある)	<ul style="list-style-type: none"> 地下水は使用せず、熱媒体の循環により地中熱のみ利用する。 地下水流動により熱交換効率の向上(熱拡散)が考えられる。 	クローズドループ方式
	地下水停滞型 (地下水の流動がない、又は流動が緩やか)	<ul style="list-style-type: none"> 地下水は使用せず、熱媒体の循環により地中熱のみ利用する。 季節間の蓄熱的な効果が期待できる。 	
オープンループ㉕ (地下水を熱媒体として揚水)	地下水採熱型	<ul style="list-style-type: none"> 揚水した地下水から採熱、空調等に用いた後、河川・水路等へ放流する。 	オープンループ方式 ・放流型
	地下水循環型	<ul style="list-style-type: none"> 揚水した地下水から採熱し、空調等に用いた後、涵養池や井戸を通して地下へ還元させる。 	オープンループ方式 ・還元型
	帯水層蓄熱型	<ul style="list-style-type: none"> 温熱井、冷熱井の 2 つの熱交換用の井戸を設置する。 夏期には冷熱井から地下水等を揚水し、採熱後、温熱井より地下へ還元し温熱として地下へ蓄熱する。この温熱を冬季には温熱井から揚水し、暖房用の熱として利用し、冷熱井より地下へ還元する。 	

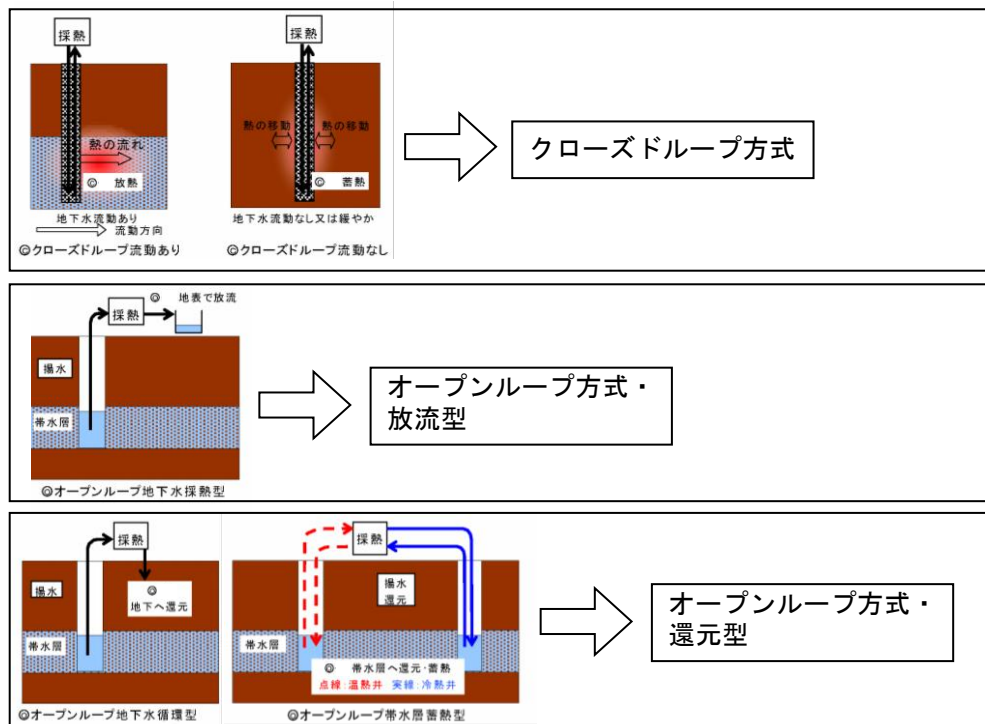


図 2-1 対策技術の区分の模式図

3. クールシティ推進事業[地下水等活用型・地中熱利用型] 実証事業(平成18~22年度) 事例一覧

技術種別	実証事業名	地域	事業者	用途				ヒートポンプ 設置時期		
				冷房	暖房	給湯	他			
クローズドループ型	地下水流動あり	地中熱利用冷暖房システム稼働に伴う地盤環境・地下環境への影響評価	福岡県福岡市	九州大学大学院工学研究院	●	●			H17.2	
		地中放熱による土壌内生態系への影響調査	青森県弘前市	三菱マテリアルテクノ株式会社				● 融雪システムを冷却運転もできるように改良	H19	
		岩手県環境保健研究センター地中熱利用ヒートポンプ冷暖房システム実証事業	岩手県盛岡市	ジオシステム株式会社	●	●			H13.2	
		東北大学青葉山新キャンパスへの地中熱利用ヒートポンプシステム導入の原位置実証事業	宮城県仙台市	東北大学未来科学技術共同研究センター	●	●			H19.11	
		大規模の垂直型地中熱交換器群をもつ地中熱ヒートポンプ冷暖房システムにおける地盤温度環境変化の評価業務	北海道赤平市	株式会社日伸テクノ	●	●			H20.12	
	地下水流動なし 又は流動が緩やか	大阪府立国際児童文学館地中熱ヒートポンプシステム実証事業	大阪府吹田市	財団法人大阪府みどり公社	●	●			H17.4	
		地下水欠如地域における地中熱ヒートポンプシステム実証事業	神奈川県横浜市	ミサワ環境技術株式会社	●	●		● プール加温	H21	
		地中熱利用ヒートポンプシステム過負荷運転実証試験	栃木県芳賀町	ジオシステム株式会社	●	●			H21.7	
	オープンループ型	地下水採熱型	大型施設での地下水揚水型冷房機器の長期稼働に伴う地下水・地盤環境への影響評価事業	岐阜県岐阜市	岐阜大学	●				—
		地下水循環型	立科温泉 権現の湯 地下水利用ヒートポンプシステム実証事業	長野県立科町	ジオシステム株式会社		●	●	● 源泉及び浴槽昇温	H20.12
帯水層蓄熱型		帯水層蓄熱による地下水利用ヒートポンプ冷暖房システム実証事業	山形県山形市	日本地下水開発株式会社	●	●	●	● 集熱	H21.6	

※1:地下放熱用
 ※2:281×4基
 ※3:出力×COPより推定

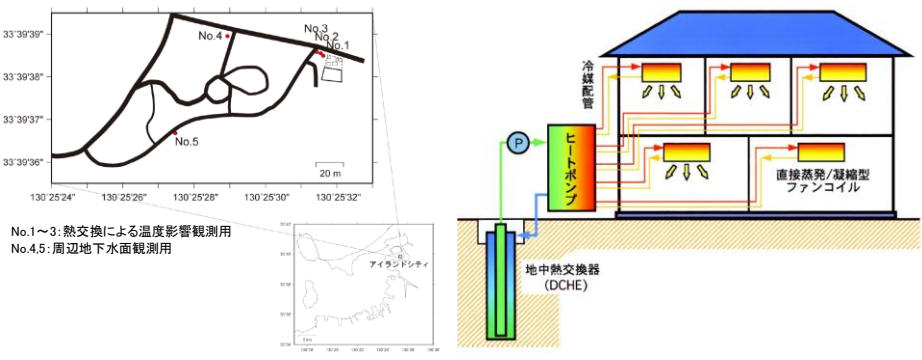
冷暖房面積	ヒートポンプ能力		採水量または 地中熱交換器			地質	成績係数(COP)		
	冷房	暖房	深さ	本数	間隔		冷房時	暖房時	その他
m ²	kW	kW	m	本	m		—	—	—
140	12	12	60	1	—	埋土9m/沖積層9m/風化花崗岩8m/未固結花崗岩34m	4.5	3.4	
370 (道路)	※1 8.0	—	60	1	—	33~63m:砂礫混じりシルト~粘土層 63m以深:粘土~砂礫層	3.49		
222	50.4	62	50	22	5	礫主体	1.64 ~ 2.93	2.77 ~ 3.46	
145	4	4	50	3	5	GL-25m程度まで礫混ざり粘土、 以深は凝灰質細~中粒砂岩	3.75	3.17	
5400 (温室)	648	640	85	78	3.5	15~20m:砂礫層 20m以深:泥岩層			
約100	19.1-31.1	21.7-36.2	60	8	2	洪積粘土・砂質土の互層	3.0	2.8	
1,200	116	131	100	23	5	泥岩層・泥がら互層一部に砂層、 礫、砂、泥互層	5.04	4.02	
90	2,4,12	2,4,12	20	9	5	表土層3m/関東ローム層12m/砂質粘土層/砂礫層23m	システム 1.3~1.6	システム 0.9~3.0	
14,000	※2 1,124	—	550m ³ /日			礫質土主体 およそT.P.-15~-45m(G.L.-30~60m)の範囲の礫質土が揚水の対象となる帯水層	0.85	—	—
—	—	給湯 165.6×2 加熱 83.2×2	500~700m ³ /日程度			鮮新世~前期更新世	—	2.8	—
840	※3 90~100	※3 90~100	夏期 約100m ³ /日 冬期 約260m ³ /日			凝灰岩を基盤岩とし、竜山泥流堆積物、沖積層が分布	2.34	2.64	—

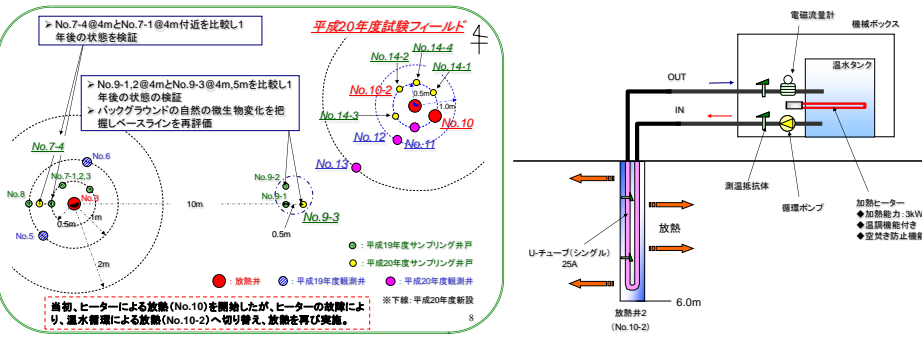
技術種別	実証事業名	有効熱負荷 熱伝導率	流速 (or 透水係数)	計測深度ピッチ		
		W/m・K	m/s			
クローズドループ型	地下水流動あり	地中熱利用冷暖房システム稼働に伴う地盤環境・地下環境への影響評価	1.55~2.25 熱応答試験による実測値	1.49×10^{-5}	1m毎	
		地中放熱による土壌内生態系への影響調査	1.2~1.78 掘削コアと水飽和の状態にしたカッティングスを迅速型プローブ式熱伝導率型により測定	GL-26.5mの流速 約 1.68×10^{-4} GL-61.0mの流速 約 1.33×10^{-5}	地層毎で3深度、観測井の内1本は10m毎(浅部は1.5~2.0m毎)	
		岩手県環境保健研究センター地中熱利用ヒートポンプ冷暖房システム実証事業	2.4 シミュレーションモデルのマッチングにより設定	GL0~-24m:約 2.54×10^{-5} GL-24~-50m:約 2.54×10^{-6}	5m毎(浅部は1.5m毎)	
		東北大学青葉山新キャンパスへの地中熱利用ヒートポンプシステム導入の原位置実証事業	1.46 5.18 (地下水影響)熱応答試験による実測値	GL-35m 以深の流速は測定限界以下 透水係数は 10^{-5} のオーダー	熱交換井は3深度、観測井は10m毎(浅部はGL-1mを追加)	
		大規模の垂直型地中熱交換器群をもつ地中熱ヒートポンプ冷暖房システムにおける地盤温度環境変化の評価業務	2.4 TRTによる値	GL約-5.0m 約 2.5×10^{-5} GL約-10.0m 約 1×10^{-8}		
	地下水流動なし 又は流動が緩やか	大阪府立国際児童文学館地中熱ヒートポンプシステム実証事業	1.65 シミュレーションモデルのマッチングにより設定	地下水なし	10m毎(浅部10mは2~5m毎)	
		地下水欠如地域における地中熱ヒートポンプシステム実証事業	1.72 熱応答試験による実測値	地下水なし	10m毎(浅部10mは2~5m毎)	
		地中熱利用ヒートポンプシステム過負荷運転実証試験	0.7~1.0 TCPによって調査	地下水なし	基本的に1m毎(TCP観測井は2m毎)	
	オープンループ型	地下水採熱型	大型施設での地下水揚水型冷房機器の長期稼働に伴う地下水・地盤環境への影響評価事業	—	—	—
		地下水循環型	立科温泉 権現の湯 地下水利用ヒートポンプシステム実証事業	—	—	50,60,70,80,90,100,105,110m
帯水層蓄熱型		帯水層蓄熱による地下水利用ヒートポンプ冷暖房システム実証事業	加熱試験:2.1 回復試験:1.9 熱応答試験による実測値	2.75×10^{-5}	10,20,40,60,80,90m	

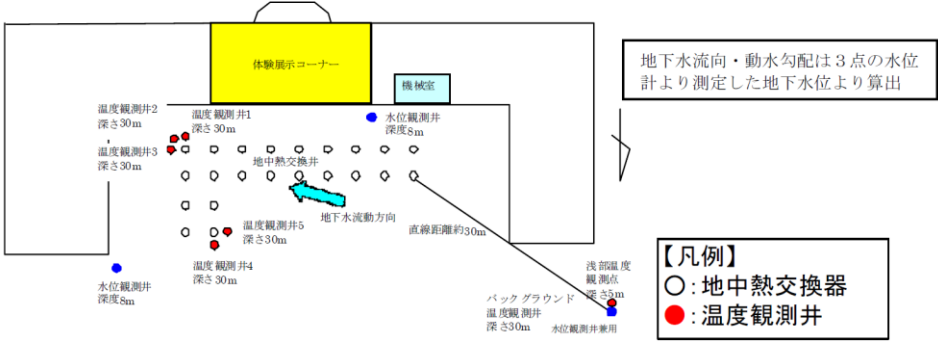
※4：出典 平成18年度地下水活用型ヒートアイランド対策推進基礎調査報告書、平成19年3月、国立法人九州大学、p.42
 ※5：HP 導入前の空調機と比べて、2年間で0.677t 削減(一般家庭5世帯分)、出典 環境省平成19年度クールシティ推進事業「地中放熱による土壌内生態系への影響調査」報告書、平成20年3月28日、三菱マテリアル資源開発株式会社、p.34
 ※6：出典 平成19年度クールシティ推進事業「地中放熱による土壌内生態系への影響調査」報告書、平成20年3月28日、三菱マテリアル資源開発株式会社、p.31より、15.365kWh削減(1GJ=278kWh)で換算
 ※7：出典 平成19年度地下水活用型実証事業 岩手県環境保健研究センター地中熱利用ヒートポンプ冷暖房システム実証事業報告書、平成20年3月、ジオシステム株式会社、p.32-42
 ※8：出典 平成20年度クールシティ推進事業 地中熱利用型実証事業 東北大学青葉山新キャンパスへの地中熱利用ヒートポンプシステム導入の原位置実証事業最終報告書、平成21年3月、国立大学法人 東北大学未来科学技術共同研究センター、大気への人工排熱削減量はp.7より(1GJ=278kWhで換算)、CO2削減量はp.9より
 ※9：出典 平成22年度クールシティ推進事業 大規模の垂直型地中熱交換器群をもつ地中熱ヒートポンプ冷暖房システムにおける地盤温度環境変化の評価業務 業務報告書、(株)伸テクノ、p.55
 ※10：出典 平成18年度大阪府立国際児童文学館地中熱ヒートポンプシステム実証事業報告書、平成19年3月、財団法人大阪府みどり公社、p.30-33
 ※11：出典 平成21年度クールシティ推進事業「地下水等活用型・地中熱利用型」地下水欠如地域における地中熱ヒートポンプシステム実証事業報告書、平成22年3月、ミサワ環境技術株式会社、p.21-31 一次エネルギー削減量は原油削減量を38.2GJ/kLで換算した。 ※12：出典 平成19年度大型施設での地下水揚水型冷房機器の長期稼働に伴う地下水・地盤環境への影響評価事業、平成20年3月、国立大学法人 岐阜大学、p.23-42
 ※13：出典 立科温泉地下水利用ヒートポンプシステム実証事業、平成22年3月、ジオシステム株式会社、p.23-26より。CO2削減量は2009/8/27~2010/2/28の期間
 ※14：(暖房 COP:4.5、冷房 COP:6.5の場合) 空気熱源 HP と比較して20%ほど削減される(696GJ→570GJ)、平成21年度 帯水層蓄熱による地下水利用ヒートポンプ冷暖房システム実証事業 報告書、平成22年3月、日本地下水開発株式会社、p.95
 ※15：(暖房 COP:4.5、冷房 COP:6.5の場合) 空気熱源 HP と比較して20%ほど削減される(33.5t-CO2→27.4t-CO2、6.1t-CO2削減)、平成21年度 帯水層蓄熱による地下水利用ヒートポンプ冷暖房システム実証事業 報告書、平成22年3月、日本地下水開発株式会社、p.90
 ※16：平成21年度 帯水層蓄熱による地下水利用ヒートポンプ冷暖房システム実証事業 報告書、平成22年3月、日本地下水開発株式会社、p.87

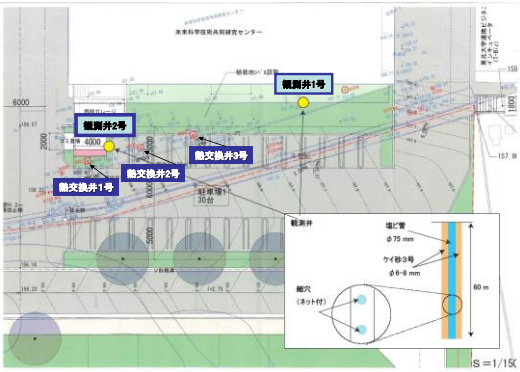
冷暖房熱負荷 (累積実績)		熱交換器への 有効熱負荷		一次エネルギー削減 量		CO ₂ 削減量		大気への人工排熱削減量等 GJ
冷房	暖房	冷房	暖房	従来方式 比の削減 率 %	GJ	%	t-CO ₂ /年	
kWh	kWh	kWh	kWh					
—	—	—	—	※4 26	—	—	—	冷房期間中に約7GJ 放熱 (冬季吸熱は約5.3GJ)
—	—	—	—	※5 空気熱源 HP 21	※5 2.86	※5 空気熱源HP 21	※5 0.3	約55GJ 放熱(放熱期間63.1 日)微生物 への影響調査のための放熱実験もあり ※6
—	—	—	—	灯油焚吸収 式冷温水発 生機 29.7※7	※7 62.7	灯油焚吸収式冷 温水発生機 52.7※7	※7 7.6	2001～2008 の期間で284[GJ]を排熱する ため、これを全て削減できる
5,890.4	7,951.9	5,257.4	11,609.5	—	—	空気熱源HP 約50	※8 6.1	※8 約21GJ 放熱(2008/5 月-10 月) 約29GJ 採熱(2007/11 月-08/5 月)
—	—	—	—	—	—	※9 灯油ボイラー 28	※9 270	約41GJ ※9 (熱交換器1mあたり135kWh削減、実証事 業の熱交換器の長さは85m、 1GJ/278kWhで計算)
9,275	8,350	13,061	5,461	既存 空調機 ※10 8.2	※10 4.4	※10 約8.2	※10 0.3	夏季放熱最大0.449GJ/日 ※10 冬季採熱最大0.359GJ/日
40,129	160,554	—	—	ガスボイラー & 空気熱源 HP 27 ※11	※11 310	※11 ガスボイラー& 空気熱源HP 31.5	※11 17.05	※11 約200GJ 削減 (2009/5 月～10 月)
1,190～ 1,978	480～944	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	クーリングタワー (屋上)50 ヒートポンプ 20 ※12	※12 26.0	クーリングタワー (屋上) 約20 ヒートポンプ 20増加 ※12	※12 26	平均気温が高めの日で1時間あたり 6GJ/hr、低めの日で5GJ/hr 程度であり、 気温によって1GJ ほど異なる1 日あたりの 地下排水路への人工排熱量は、50～ 60GJ/day ※12
—	—	—	—	※13 灯油ボイラー 27.4	※13 1,263.4	※13 灯油ボイラー 45.6	※13 141.8	2009/8/27～2010/2/28 の期間で 887[GJ]を排熱するため、これを全て削減 できる ※13
12,867	36,169	—	—	※14 20	※14 126	※15 20	※15 6.1	※16 夏季:71GJ/シーズン(52 日) 冬季:140GJ/シーズン(91 日)

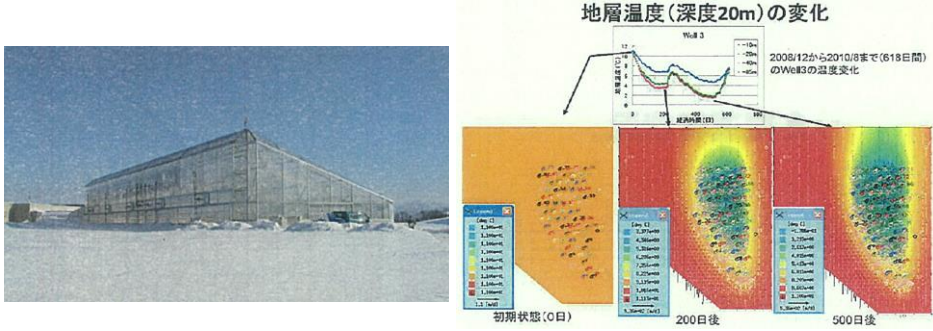
●クローズドループ

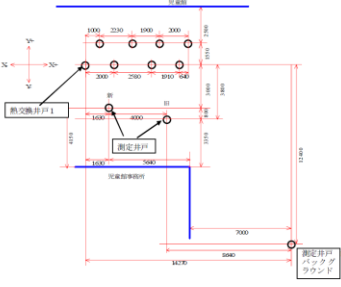
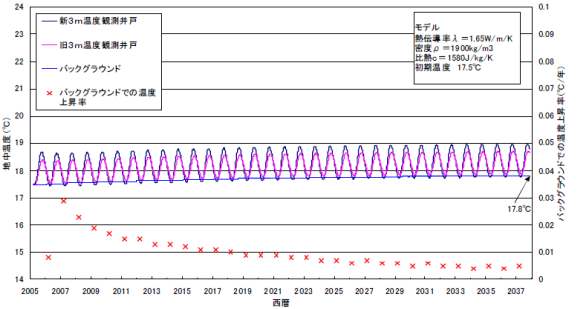
<p>実証事業名</p>	<p>地中熱利用冷暖房システム稼働に伴う地盤環境・地下環境への影響評価</p>
<p>事業の主な目的</p>	<p>地中温度変化の範囲および経年累積影響を調査しました。</p>
<p>施設の概要等</p>	<p>【名称】九州大学地中熱利用住宅用冷暖房システム（実験用レンガ造住宅） 【冷暖房面積】140m² 【ヒートポンプ規模】冷暖房 12kW（4室対応 8kW+1室対応 4kW）</p>  <p>建物施設と観測井の配置図および施設概要図</p>
<p>事業の主な成果</p>	<p>実測値：温度観測井が地下水の流れの上流側に位置しているため、ほとんど温度の変化は見られませんでした。 シミュレーション：下流側の温度変化を予測すると、3mの地点で冷暖房時ともに2℃の変化が起きましたが10m離れるとほとんど影響が見られない結果でした。実証事業のシステムでは冷暖房による温度変化は休止期間でも回復せず年間を通じた温度変化の累積は最大0.4℃の温度変化であると予測されました。</p>

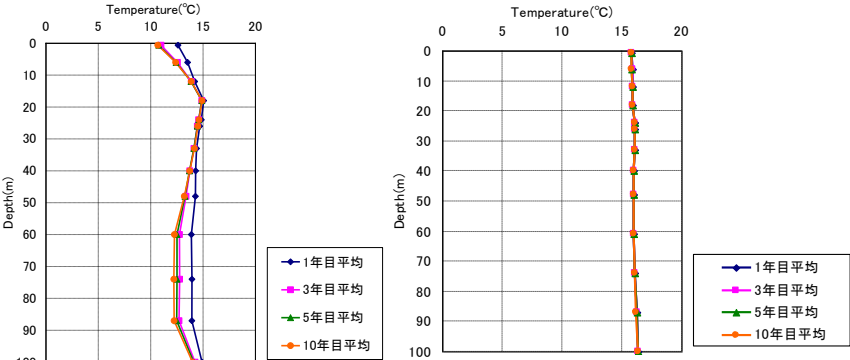
<p>実証事業名</p>	<p>地中放熱による土壌内生態系への影響調査</p>
<p>事業の主な目的</p>	<p>地中への過負荷な放熱による生物生息環境の変化を調査しました。</p>
<p>施設の概要等</p>	<p>【融雪面積】370m² 【ヒートポンプ規模】8kW</p>  <p>放熱井と観測井の配置図および施設概要図</p>
<p>事業の主な成果</p>	<p>30～35℃（現場試験）において土壌微生物相が元に戻り、環境影響が認められませんでした。通常の地中熱ヒートポンプによる冷房運転では、35～40℃程度に加熱された熱媒体が地中熱交換井を循環して、土壌温度が30℃程度まで上昇しますが、このような条件では微生物への影響は認められないといえます。それ故、地中熱ヒートポンプシステムの優位性を発揮する程度の温度以内であれば、問題はないとの結果が得られました。</p>

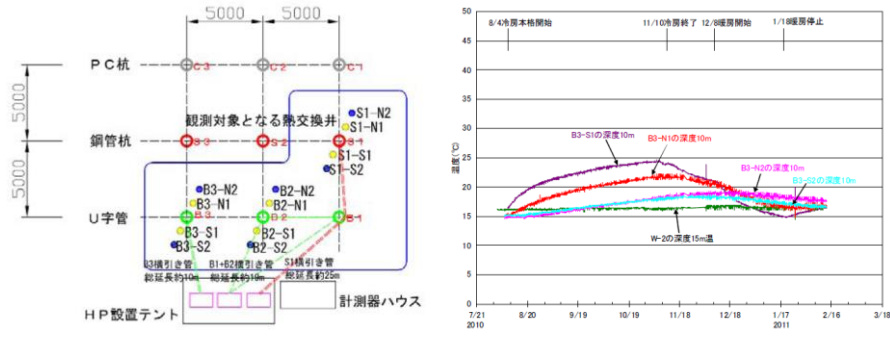
実証事業名	岩手県環境保健研究センター地中熱利用ヒートポンプ冷暖房システム実証事業
事業の主な目的	地下水の流動が大きい地域において、大規模な地中熱利用ヒートポンプによる周辺への熱的影響を調査しました。
施設の概要等	<p> 【名称】 岩手県環境保健研究センター 【冷暖房面積】 222m² 【ヒートポンプ規模】 冷房 50.4kW、暖房 62.0kW </p>  <p style="text-align: center;">建物施設と地中熱交換井の配置図</p>
事業の主な成果	<p> 暖房使用時に、地中熱交換井から 1m 下流側で最大 2℃の地中温度低下がみられました。 </p> <p> また、10 年間のシミュレーション結果では、影響範囲は数 km におよぶものの温度変化幅は 0.5℃以内であり、周辺の地下水・熱利用への大きな影響はないという結果が得られました。 </p>

実証事業名	東北大学青葉山新キャンパスへの地中熱利用ヒートポンプシステム導入の原位置実証事業
事業の主な目的	地下水の流動が大きい地域において、地中熱利用ヒートポンプによる周辺への熱的影響を調査しました。
施設の概要等	<p> 【名称】 東北大学未来科学技術共同研究センター（1F） 【冷暖房面積】 145m² 【ヒートポンプ規模】 冷暖房 4kW </p>  <p style="text-align: center;">建物施設と地中熱交換井・観測井の配置図</p>
事業の主な成果	<p> 実測値：地中熱交換井から 3.6m の地点において温度変化はほとんど無いという結果が得られました。 </p> <p> シミュレーション：30 年後における熱源水温度は、継続的にバランスされており、井戸間隔を 6m にすれば、相互の温度干渉は少なくなるという結果が得られました。 </p>

実証事業名	大規模の垂直型地中熱交換器群をもつ地中熱ヒートポンプ冷暖房システムにおける地盤温度環境変化の評価業務
事業の主な目的	群孔方式の地中熱交換器を用いた大規模な地中熱利用ヒートポンプ施設(出力 648・640kW)において、運転状況や周辺への熱的負荷の評価を行いました。
施設の概要等	<p> 【名称】 赤平オーキッド株式会社 地中熱ヒートポンプ利用栽培温室 【冷暖房面積】 5400m² 【ヒートポンプ規模】 冷房 648kW、暖房 640kW </p>  <p> 温室写真と地層温度の変化のシミュレーション結果図 </p>
事業の主な成果	<p> 10月1日から12月末までの観測において、地盤温度は9℃程度から4℃まで低下し、シミュレーションにおいて長期間運転した際の影響について推定しました。 </p> <p> 本施設では、年間の冷暖房のバランスが取れた運転を行う場合は周辺地盤温度への影響は小さいという結果になりましたが、連続的な暖房により過負荷運転を行うと、運転効率の低下、地盤温度の0度以下への低下、地下水下流側への熱的影響などの可能性があることが分かり、適正な設計規模や運転管理の重要性が確認されました。 </p>

実証事業名	大阪府立国際児童文学館地中熱ヒートポンプシステム実証事業
事業の主な目的	地下水の流動がほとんどない地域において、冷房に偏った運転を行う地中熱利用ヒートポンプ施設による地盤温度への影響や運転効率について調査しました。
施設の概要等	<p> 【名称】 大阪府立国際児童文学館 【冷暖房面積】 約 100m² 【ヒートポンプ規模】 冷暖房 31.1kW、暖房 36.2kW </p>   <p> 観測機器等の配置図 </p> <p> 30年間の温度変化の予測図 </p>
事業の主な成果	<p> 地中熱交換井から1mの地点において、深度20m以深の地下部はほぼ一定の温度でした。 </p> <p> またシミュレーションによると、30年後の地中熱交換井からの距離が3mの地点において、0.3℃の温度上昇という結果であり、周辺の地下水・熱利用への大きな影響はなく、また運転効率にも大きな変化はないという結果が得られました。 </p>

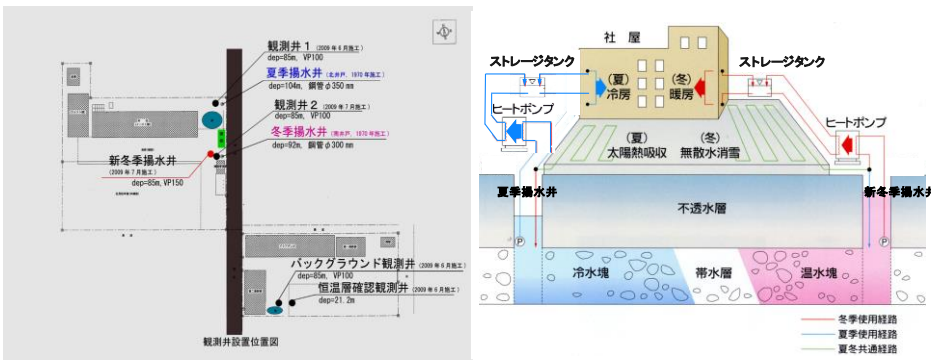
実証事業名	地下水欠如地域における地中熱ヒートポンプシステム実証事業
事業の主な目的	地下水の流動がほとんどない地域において、大規模な地中熱利用ヒートポンプによる周辺への熱的影響を調査しました。
施設の概要等	<p>【名称】学校法人森村学園 屋内プール・幼稚園遊戯室</p> <p>【冷暖房面積】1200m²</p> <p>【ヒートポンプ規模】冷房 116kW、暖房 131kW</p>
	 <p>現況運転と熱バランスの取れた運転の場合の温度変化の予測図</p>
事業の主な成果	<p>本施設では暖房・給湯およびプール加温用として、採熱に大きく偏った運転がされていますが、シミュレーション結果では10年後の地中温度の変化はわずかであり、周辺の地中温度や運転効率への大きな影響はないという結果が得られました。</p> <p>また、採排熱がバランスした運転を行うことで地中温度の変化を小さくすることができることもシミュレーションにより確認しました。</p>

実証事業名	地中熱利用ヒートポンプシステム過負荷運転実証試験
事業の主な目的	意図的に過負荷運転を行った場合の環境影響について調査しました。
施設の概要等	<p>【名称】芳賀工業団地</p> <p>【冷暖房面積】90m²</p> <p>【ヒートポンプ規模】冷暖房 10kW</p>
	 <p>計測機器等の配置図と地中温度計測結果</p>
事業の主な成果	<p>過負荷運転により、COP および省エネ性が低下し、CO₂も空気熱源ヒートポンプよりも多く排出する結果となり、このような状況にならないようにするためには、負荷に対して適切な地中熱交換井が必要という結果になりました。</p> <p>過負荷運転により、最も温度変化が大きいケースで8℃程度の温度変化があり、他の実証事業と比較すると、温度変化幅は大きい結果となりましたが、シミュレーションによると10年後の温度変化は0.4℃程度であり、この規模の施設では周辺熱利用者への障害はほとんどない結果となりました。</p>

●オープンループ

<p>実証事業名</p>	<p>大型施設での地下水揚水型冷房機器の長期稼動に伴う地下水・地盤環境への影響評価事業</p>
<p>事業の主な目的</p>	<p>大規模な地下水揚水を行なうオープンループ方式の地中熱利用ヒートポンプによる地下水位・水質および放流先地表水の水質への影響を調査しました。</p>
<p>施設の概要等</p>	<p>【名称】岐阜市役所・本庁舎 【冷暖房面積】14,000m² 【ヒートポンプ規模】冷房 281kW×4基, 【地下水揚水量】約 800m³/日</p> <p>冷房対象建物と観測井の配置図および施設概要</p>
<p>事業の主な成果</p>	<p>揚水に伴い地下水位低下が生じますが、揚水が停止すると速やかに水位回復する傾向にありました。浅層では、揚水に伴い若干の水位低下が生じましたが、揚水による水位への影響は殆どありませんでした。このため、地下水の塩水化による周辺井戸利用者への障害は少ないと考えられます。温度観測井では温度変化がほとんどなく、オープンループ型[地下水採熱型]では地盤温度への影響はほとんどないと考えられます。</p> <p>揚水井の水質と利用後の放流水の水質に殆ど変化はありませんでした。また、放流地点下流の排水路内の水質にも殆ど変化が認められませんでした。</p>

<p>実証事業名</p>	<p>立科温泉 権現の湯 地下水利用ヒートポンプシステム実証事業</p>
<p>事業の主な目的</p>	<p>大規模な地下水揚水を行なうオープンループ方式の地中熱利用ヒートポンプによる地下水・地盤への温度の影響を調査しました。</p>
<p>施設の概要等</p>	<p>【名称】立科温泉 権現の湯 【ヒートポンプ規模】給湯 165.6kW×2基, 加熱 83.2kW×2基 【地下水揚水量】500~700m³/日</p> <p>建物施設と揚水井・還元井・観測井の配置図および井水と熱の利用フロー</p>
<p>事業の主な成果</p>	<p>【実測値】 帯水層のある深度 22m 以深では温度は上昇傾向にあるが、温度の変化幅は 2~3°C程度でした。ただし、還元井から温度観測井までの距離が 30m 程度であり、周辺井戸利用者への障害を評価するのは難しい。</p> <p>【シミュレーション】 還元井から 100m 離れた地点で 10 年後に 3°C程度の変化という結果でした。</p>

実証事業名	帯水層蓄熱による地下水利用ヒートポンプ冷暖房システム実証事業
事業の主な目的	大規模な地下水揚水を行なうオープンループ方式の地中熱利用ヒートポンプによる地下水・地盤への温度並びに地下水質の影響を調査しました。
施設の概要等	<p> 【冷暖房面積】 840m² 【ヒートポンプ規模】 冷房 90～100kW、暖房 90～100kW 【地下水揚水量】 夏期 約 100m³/日、冬期 約 260m³/日 </p>  <p style="text-align: center;">冷暖房建物と地中熱交換井の配置図および施設概要図</p>
事業の主な成果	<p> 【地下水温への影響】 ・実測値：地下水温度は年間を通じてほぼ一定でした。このため、周辺井戸利用者への影響は無いと考えられます。 ・シミュレーション：20年稼働した段階での周辺地下水温度との温度差1℃の最大影響範囲は65mでした。周辺井戸利用者への影響はあるものの、支障が生じる程度では無いと考えられます。 </p> <p> 【地下水質】 施設稼働に伴う継続的な水質の変化傾向は見られませんでした。 </p>

4. 様式集

4.1 モニタリングシートの例

モニタリングの実施記録は、例えば以下のような記録シートに記入し保存します。補足項目で常時計測・記録を行う項目は、計測データを保存しておきます。その場合には自動計測器でデータロガーに記録されるため、この様式例に限るものではありません。

(1) クローズドループ用の一例

基本項目（熱媒体温度、熱媒体循環量）と、事業者が自主的な判断で周辺の地下水・地盤環境に影響を与える可能性のある項目（揚水井やバックグラウンドおよび下流側の地下水位、地盤温度）をモニタリングするときのモニタリング確認シートの様式例を示します。これは、あくまでも一例であり、事業者の創意工夫によるこれ以外の様式設定を妨げるものではありません。

地中熱利用ヒートポンプ モニタリング確認シート
(クローズドループ型)

様式

モニタリング実施日	H○年○月○日	天候	晴れ
実施者名	○○ ○○	日平均気温	○℃

1. 地中熱利用ヒートポンプの運転に係る項目

モニタリング項目	観測値	
熱媒体温度(℃)	熱交換井入口側	熱交換井出口側
熱媒体循環量(L/s)		
HP稼働時間(時間)		

2. 地下水・地盤環境に係るモニタリング項目

モニタリング項目	観測値		
地下水・地盤温度(℃)	地表面からの深さ (G. L. -m)	温度(℃)	
(参考)バックグラウンド および下流側での 地下水・地盤温度(℃)	地表面からの深さ (G. L. -m)	下流側観測井での 温度(℃)	バックグラウンド観 測井での温度(℃)

3. 運転状況

(自由記入欄)

基本項目

補足項目
(この例では、事業者が自主的に項目と観測頻度を設定して実施する場合を想定)

(2) オープンループ用の一例

基本項目（揚水井水位、揚水水温、放流水温、放流量、放流水質）と、事業者が自主的な判断で周辺の地下水・地盤環境に影響を与える可能性のある項目（周辺地下水位）をモニタリングするときのモニタリング確認シートの様式例を示します。これは、あくまでも一例であり、事業者の創意工夫によるこれ以外の様式設定を妨げるものではありません。

地中熱利用ヒートポンプ モニタリング確認シート

(オープンループ 放流型 還元型) ←該当に○

様式

モニタリング実施日	H○年○月○日	天候	晴れ
実施者名	○○ ○○	日平均気温	○℃

1. 地中熱利用ヒートポンプシステムの運転に係るモニタリング項目

モニタリング項目	観測値	
	揚水井水位 (G. L. -m)	HP稼働時
水温 (℃)	揚水井	放流口 (還元井)
放流 (還元) 水質	pH	電気伝導率 (μS/cm)
放流 (還元) 水量 (L/s)		
HP稼働時間 (時間)		

2. 周辺の地下水：地盤環境に係るモニタリング項目

モニタリング項目	観測値	
	周辺地下水位 (G. L. -m)	HP稼働時

3. 運転状況

(自由記入欄)

基本項目

補足項目
(この例では、事業者が自主的に項目と観測頻度を設定して実施する場合を想定)

4.2 採排熱量の概算

地中への排熱量や採熱量については、クローズドループ・オープンループの各利用方式で、以下の式を用いて概算することができます。オープンループ方式では、地下水自体が熱媒体となります。

月に一度程度、モニタリングシートに以下の数値を記録しておき、年間の採排熱量を試算してみましょう。

- | | |
|----------------|-------------------------------|
| ① 入口温度 T_1 | : _____ °C |
| ② 出口温度 T_2 | : _____ °C |
| ③ 熱媒体循環量 L | : _____ L/min |
| ④ 熱媒体密度 ρ | : _____ kg/L (水の場合 1.0) |
| ⑤ 熱媒体比熱 c | : _____ kJ/kg · K (水の場合 4.19) |
| ⑥ 稼働時間 t | : _____ 時間 |

これらから、

$$\text{採熱量}^*(\text{kWh}) = 60 \times L \times \rho \times (T_1 - T_2) \times c \times t$$

※暖房利用の場合。冷房利用の場合は①と②が逆転し、排熱量となります。

5. 地下水に関する規制

5.1 工業用水法（昭和 31 年制定）

地下水の採取により地盤沈下等が発生し、かつ工業用水としての地下水利用量が多く、地下水の合理的な利用を確保する必要がある地域（工業用水道の整備前提）において、政令で地域指定し、その地域の一定規模以上の工業用井戸について許可基準（ストレーナー位置、吐出口の断面積）を定めて許可制にすることにより地盤沈下の防止等を図っている。平成 26 年 3 月現在までに宮城県、福島県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、愛知県、三重県、大阪府、兵庫県の 10 都府県 17 地域において地域指定されている。

5.2 ビル用水法(建築物用地下水の採取の規制に関する法律)（昭和 37 年制定）

建物用地下水の採取により地盤が沈下し、それに伴い高潮、出水等による災害が発生するおそれがある地域について政令で地域指定し、その地域の一定規模以上の揚水設備について許可基準（ストレーナー位置、吐出口の断面積）を定めて許可制とすることにより地盤沈下の防止を図っている。平成 26 年 3 月現在までに大阪府、東京都、埼玉県、千葉県の 4 都府県 4 地域において地域指定されている。

5.3 条例等に基づく規制等

多くの地方公共団体（平成 26 年 3 月現在、27 都道府県・301 市区町）では地下水採取に関する条例等を定めて地盤沈下の防止等を図っている（図 5-1）。

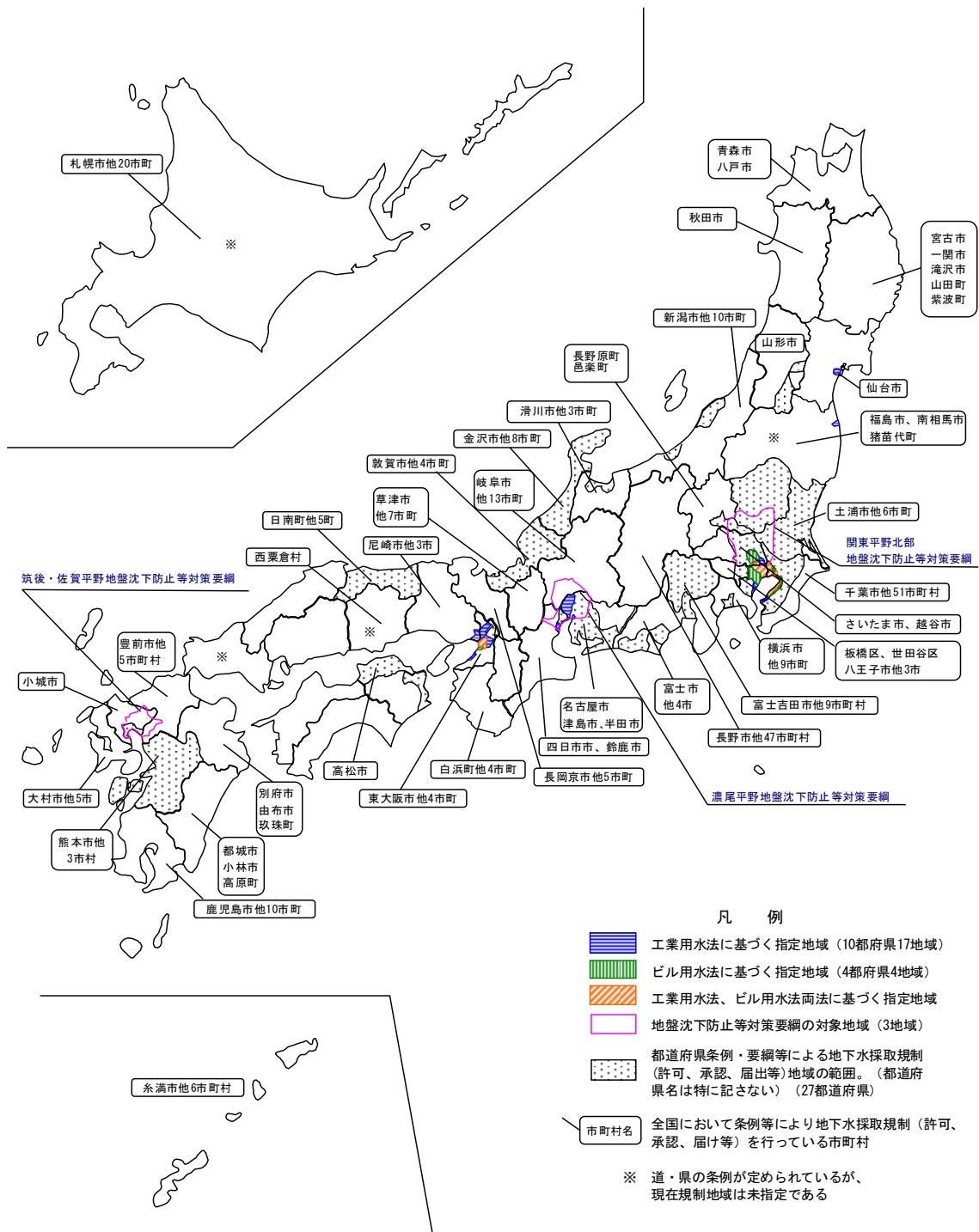


図 5-1 地下水採取に関する規制等の状況

5.4 地盤沈下防止等対策要綱

地盤沈下の特に著しい地域について地域の実情に応じた総合的な対策を推進するため、地盤沈下防止等対策関係閣僚会議において地域ごとの地盤沈下防止等対策要綱が策定され、地盤沈下を防止するとともに地下水の保全を図ることとなっている。地盤沈下とこれに伴う被害の著しい濃尾平野、筑後・佐賀平野、関東平野北部の3地域について要綱が制定されている。

表 5-1 地盤沈下防止等対策要綱の概要

	筑後・佐賀平野	濃尾平野	関東平野北部
決定年月日	昭和60年4月26日	昭和60年4月26日	平成3年11月29日
一部改正年月日	平成7年9月5日	平成7年9月5日	—
対象地域	福岡県及び佐賀県の一部	岐阜県、愛知県及び三重県の一部	茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県及び千葉県の一部地域
地下水採取に係る目標量	佐賀地区：年間600万m ³ 白石地区：年間300万m ³	年間2.7億m ³	年間4.8億m ³
地盤沈下防止対策	規制(保全)区域：1)地下水採取規制，2)代替水源の確保及び代替水の供給，3)節水及び水使用の合理化 観測区域：1)地盤沈下、地下水位等の状況把握及び適切な地下水採取について指導		
観測及び調査	1) 沈下量、地下水位等の観測及び観測に必要な施設の整備 2) 地下水採取量及び地盤沈下等による被害の実態調査 地質・土質等の関連資料を収集整備し、水収支、地下水涵養等に関する調査及び解析		
地盤沈下による災害の防止又は復旧	地盤沈下による湛水災害を防止し、河川管理施設及び土地改良施設等の機能を復旧するための地盤沈下対策事業及び関連事業の推進 地盤沈下による基礎杭の抜け上がり等の被害の発生している公共施設等の復旧に資する事業の推進		

※平成22年3月30日に「地盤沈下防止等対策要綱に関する関係府省連絡会議」を開催し、要綱が策定された3地域については、今後も地下水採取に係る目標量を現行のとおりとすること、概ね5年毎に地盤沈下防止対策等について評価検討を行うこと等について確認された。

6. 水質に関する規制

6.1 水質汚濁防止法（昭和 45 年制定）

工場及び事業所から公共用水域に排出される水の排出と地下に浸透する水を規制し、生活排水対策を行うことによって、国民の健康を保護し、生活環境を保全することを目的としている。

水質汚濁防止法では、第 12 条第 1 項で「排出水を排出する者は、その汚染状態が当該特定事業場の排水口において排水基準に適合しない排出水を排出してはならない」と定めている。

排出基準は、水質汚濁防止法第 3 条第 1 項に規制しており、具体的には「排水基準を定める省令」（昭和 46 年 6 月 21 日 総理府令第 35 号）で定めている。

また、地下への浸透については、第 12 条の 3 で「有害物質使用特定事業場から水を排出する者は、第 8 条の環境省令で定める要件に該当する特定地下浸透水を浸透させてはならない」と規定されている。

6.2 下水道法（昭和 33 年制定）

下水道法では、第 12 条の 2 第 1 項で「特定施設を設置する工場又は事業場から下水を排除して公共下水道を使用する者は、政令で定める場合を除き、その水質が当該公共下水道への排出口において政令で定める基準に適合しない下水を排除してはならない」と定めており、具体的な基準は、下水道法施行令第 9 条の 4 で定めている。

なお、都道府県では、国が定める全国一律の基準のほかに、各都道府県が条例で定める「上乗せ基準」があるので、注意されたい。

7. その他関連法規

地下水環境の保全に関連して、「水循環に関する施策を総合的かつ一体的に推進し、もって健全な水循環を維持し、又は回復させ、我が国の経済社会の健全な発展及び国民生活の安定向上に寄与すること」を目的とする『水循環基本法』が平成 26 年 4 月 2 日に公布され、同年 7 月 1 日に施行されました（<http://www.mlit.go.jp/common/001048585.pdf>）。地中熱利用に際しても、健全な水循環への配慮のもと、持続可能な利用を行なうために、この法に準拠する必要があります。

その他、熱供給事業に関する主な法令は一般社団法人日本熱供給事業協会のホームページ（<http://www.jdhc.or.jp/propose/law/>）を参照ください。

8. 助成制度

平成 26 年度時点で設けられている助成制度は表 8-1 のとおりです。これらの多くは単年度の補助制度であり、公募期間などについては適宜お問合せください。また、その他の省庁や様々な地方公共団体が実施している助成制度もあり、特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会によって一覧が紹介されています（<http://www.geohpaj.org/subsidy/index1>）。

表 8-1 地中熱ヒートポンプ設置に関する主な補助制度（平成 26 年度時点）

補助制度名	補助の率、上限額、対象項目等	補助事業対象者
地熱・地中熱等の利用による低炭素社会推進事業 [環境省]	補助対象経費の 3 分の 2 以内及び定額	地方公共団体（政令指定都市未済）
	補助対象経費の 2 分の 1 以内及び定額	都道府県、地方公共団体（特別区を含む政令指定都市以上）、民間団体等
CO ₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業 [環境省]	補助対象経費の 2 分の 1 以内	民間企業等

9. 関連するガイドライン等

国土交通省から、官庁施設に導入する際の下記ガイドラインが公表されています。また、文部科学省から、学校における新エネルギー活用ガイドブックなどが公表されています。この他に参考となる図書が、環境省のホームページや特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会のホームページ (<http://www.geohpaj.org/information/index1>) で紹介されています。

- 官庁施設における地中熱利用システム導入ガイドライン（案），国土交通省 大臣官房官庁営繕部 設備・環境課，平成 25 年 10 月
- 公共建築工事標準仕様書（平成 25 年版） 機械設備工事編，国土交通省 大臣官房 官庁営繕部 設備・環境課
(<http://www.mlit.go.jp/common/000990594.pdf>)
- 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
(<http://www.env.go.jp/earth/zoning/index.html>)
- 再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン
(<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/lca/index.html>)
- 地中熱利用システムの温室効果ガス排出削減効果に関する LCA ガイドライン ver. 1.0，平成 24 年 3 月，環境省
(<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/lca/>)

検討委員会

初版（平成 24 年 3 月）における検討委員会

(1) クールシティ推進事業[地下水等活用型・地中熱利用型] 検討委員会

種別	氏名	所属
委員	田中 正(座長)	筑波大学 名誉教授
	成田 健一	日本工業大学 建築学科 教授
	谷口 真人	総合地球環境学研究所 教授
	玄地 裕	独立行政法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門 素材エネルギー研究グループ グループ長
	徳永 朋祥	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授
	大谷 具幸	岐阜大学工学部 社会基盤工学科 准教授
オブザーバー	笹田 政克	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会 理事長

(2) クールシティ推進事業[地下水等活用型・地中熱利用型] 過年度実証事業一覧

年度	事業名	事業実施者
H18	大阪府立国際児童文学館地中熱ヒートポンプシステム実証事業	財団法人大阪府みどり公社
	地下水を活用した地表面散水の効果検証及び地下水・地盤環境への影響評価検討事業	財団法人大阪府みどり公社
	地中熱利用冷暖房システム稼働に伴う地盤環境・地下環境への影響評価	九州大学大学院 地球資源システム工学部門
H19	地下水の散水による環境影響とヒートアイランド現象緩和効果の検討	東京大学大学院 工学系研究科
	岩手県環境保健研究センター地中熱利用ヒートポンプ冷暖房システム実証事業	ジオシステム株式会社
	大型施設での地下水揚水型冷房機器の長期稼働に伴う地下水・地盤環境への影響評価事業	岐阜大学
H20	地中放熱による土壌内生態系への影響調査(2年間の継続事業)	三菱マテリアルテクノ株式会社
	東北大学青葉山新キャンパスへの地中熱利用ヒートポンプシステム導入の原位置実証事業	東北大学未来科学技術共同研究センター
	排水性舗装冷却システムにおける節水と省エネルギー化による環境負荷低減の実証事業	株式会社興和
H21	帯水層蓄熱による地下水利用ヒートポンプ冷暖房システム実証事業	日本地下水開発株式会社
	立科温泉権現の湯 地下水利用ヒートポンプシステム実証事業	ジオシステム株式会社
	地下水欠如地域における地中熱ヒートポンプシステム実証事業	ミサワ環境技術株式会社
H22	地中熱利用ヒートポンプシステム過負荷運転実証実験	ジオシステム株式会社
	大規模の垂直型地中熱交換器群をもつ地中熱ヒートポンプ冷暖房システムにおける地盤温度環境変化の評価業務	株式会社日伸テクノ

改訂版（平成 27 年 3 月）における検討委員会

(3) 地中熱利用の普及方策の構築検討会

種 別	氏 名	所 属
委 員	田中 正(座長)	筑波大学 名誉教授
	藤井 光	秋田大学 国際資源学部 国際資源学科 教授
	大谷 具幸	岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 准教授
	玄地 裕	独立行政法人 産業技術総合研究所 総務本部 人事部 人材開発企画室 室長 (兼務：安全科学研究部門素材エネルギー研究グループ)
	笹田 政克	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会 理事長
	渡邊 幸芳	一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター 業務部 課長