

地中熱利用に関するしおり

令和元年（2019年）

秦野市環境産業部環境共生課



目次

1	地中熱利用について	1
(1)	地中熱利用とは	1
(2)	地中熱利用設備とは	2
2	地中熱利用設備の設置について	4
(1)	設置の制限と例外措置	4
(2)	設置可能な地中熱利用設備	5
(3)	地中熱利用設備の構造等	7
3	事故時の処置等	10
(1)	設備の停止と防除処置の実施	10
(2)	地下水等の分析	10
4	地中熱利用による効果・影響とモニタリング	13
(1)	環境効果	13
(2)	環境負荷	13
(3)	環境影響	14
(4)	モニタリング	15
	巻末資料	16

1 地中熱利用について

(1) 地中熱利用とは

地中熱 再生可能エネルギーの一つで、昼夜間及び季節間の温度変化が小さい地中の熱的特性を活用したエネルギーをいう。

地中の温度は外気温に比べると年間を通して変化が小さいため、夏は冷熱源、冬は温熱源として利用できます。

外気温と地中の温度差が大きいこと、空気よりも熱容量の大きな地下水や地盤と熱をやりとりすることにより、空気を熱源とするエアコンや冷蔵庫よりも効率的（10～25%程度）にエネルギーを利用できます。

また、空気を熱源とするエアコンの冷房とは異なり、外気に熱を放出しないので、ヒートアイランド現象の緩和にも貢献できます。

(環境省：地中熱利用にあたってのガイドライン)

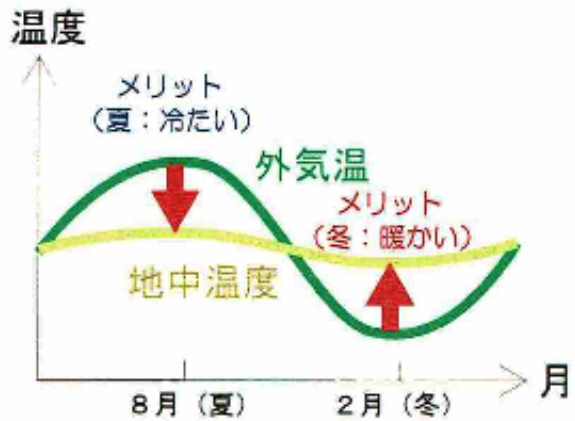


図1 外気温と地中温度の温度差

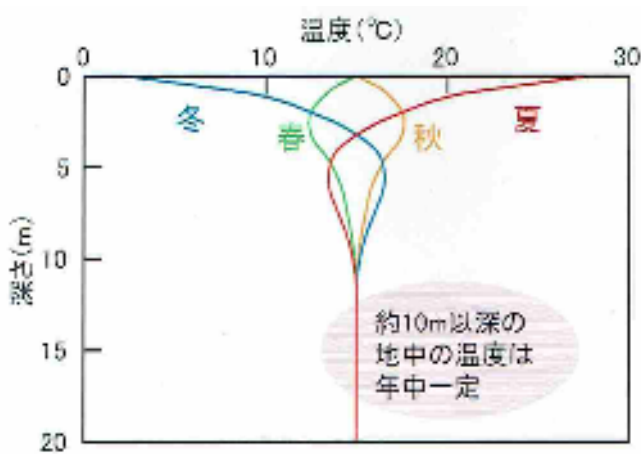


図2 季節による地中の温度変化

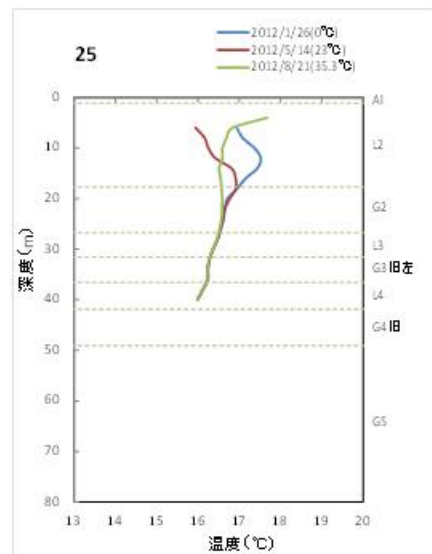


図3 観測井No.25 地下水温度変化

(2) 地中熱利用設備とは

地中熱利用設備 熱交換、熱源、排熱等に地中熱を活用する設備をいう。

地中熱利用設備は、地中熱利用ヒートポンプを用いるものとヒートポンプを介さずに地中熱を直接利用するものがあります。

ア ヒートポンプシステム

ヒートポンプとは、水や不凍液等の熱媒体を循環させて高い温度の物体（空気、水、地中等）から熱を奪い、低い温度の物体（空気、水、地中等）に伝える装置です。家庭のエアコンや冷蔵庫は一般的にこの技術を用いて空気との間で熱をやりとりしています。地中熱利用ヒートポンプは地中との間で熱交換を行う点が異なりますが、技術的には同じものです。

(環境省：地中熱利用にあたってのガイドライン)

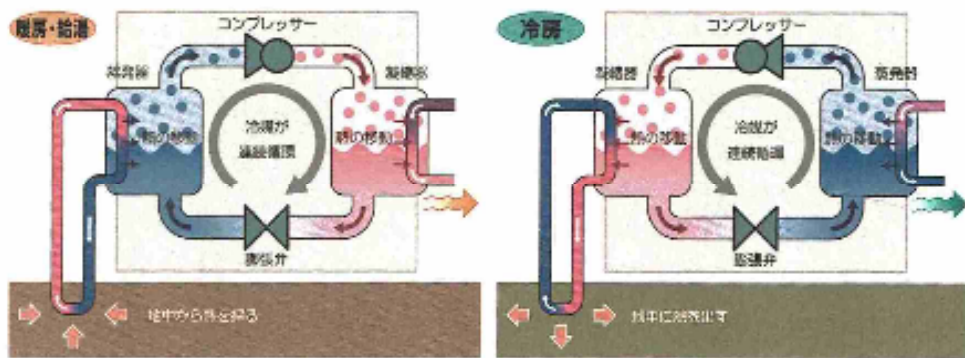


図4 ヒートポンプで地中と熱をやりとりする仕組み

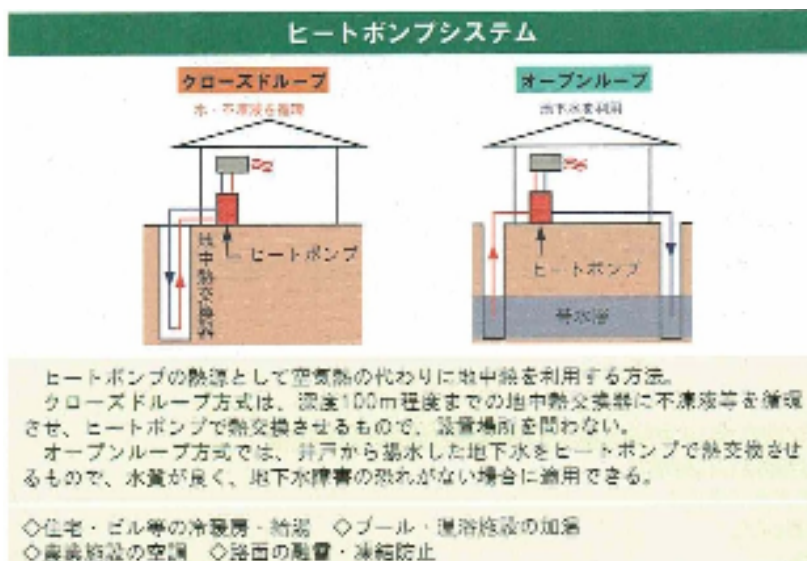


図5 ヒートポンプシステム

イ ヒートポンプを使用しない地中熱利用設備

ヒートポンプを介さずに地中熱を直接利用する地中熱利用設備は、直接的な熱伝導、空気や水・熱媒体を地中に循環させる手法があります。

(環境省：地中熱利用にあたってのガイドライン)

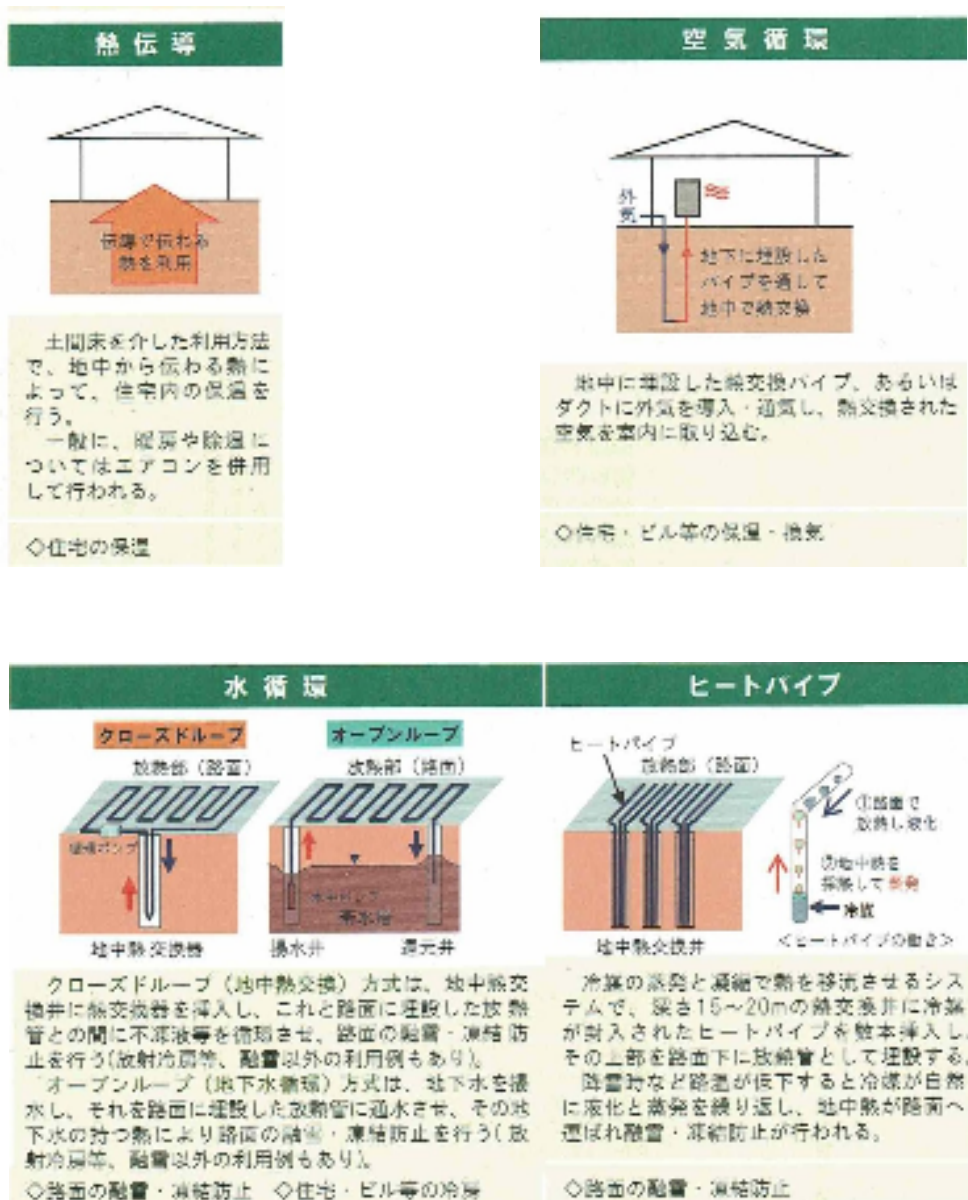


図6 ヒートポンプを使用しない地中熱利用設備の例

地中熱利用にあたってのガイドライン（改訂増補版）：

<http://www.env.go.jp/press/files/jp/108674.pdf>

2 地中熱利用設備の設置について

(1) 設置の制限と例外措置

設置可能な地中熱利用設備は、地下水に接しない深度に設置する設備とする。

地下水に接する地中熱利用設備は、条例第2条第7号に規定する井戸に該当し、条例第39条第1項の規定により設置することができない。ただし、次の各号のいずれかに該当する設備は、この限りでない。

- (1) 条例第39条第1項ただし書の規定による許可を得た設備
- (2) 既に条例第40条第1項の規定による設置の届出がされている井戸に設置するため、条例第43条第2項の規定による構造等の変更の届出をした設備

秦野市では、水道水源の約7割を地下水に依存している現状や過去に名水百選の湧水が有機塩素系化学物質によって汚染された経緯があり、秦野市地下水保全条例や秦野市地下水総合安全管理計画によって、市民共有の財産である地下水の保全に努めています。

秦野市地下水保全条例では、地下水は市民共有の貴重な財産である公水との認識に立ち、井戸（地下水を利用する目的で設置する構造物）の設置を禁止しています。

地下水に接する地中熱利用設備は、地下水を熱源として利用する構造物なので、秦野市地下水保全条例第2条で定義する井戸に該当します。よって、同条例第39条第1項により設置できないこととなります。

ただし、市長の許可を受けたものはこの限りではありません。

秦野市地下水保全条例（平成12年秦野市条例第9号）

（定義）

第2条 この条例において、次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれの各号に定めるところによる。

- (7) 井戸 地下水を利用する目的で設置する構造物をいう。

（井戸設置の禁止）

第39条 土地を所有し、又は占有する者は、その土地に井戸を設置することができない。ただし、規則で定める理由により市長の許可を受けたときは、この限りでない。

井戸設置許可が必要な地中熱利用設備：地下水に接する地中熱利用設備（ヒートポンプシステム・空気循環・クローズドループ・基礎杭の周囲や内部に地中熱交換器を設置する設備等）

(2) 設置可能な地中熱利用設備

地下水に接しない深度に設置する設備

地盤調査や周辺の観測井等のデータから、地下水位の年変動によっても地下水に接することがないと判断される深度に設置する地中熱利用設備は、地下水保全条例の井戸に該当しないため、同条例のただし書許可は必要ありません。

ただし、設置にあたっては、地下水の質と量を保全するため、秦野市地中熱利用設備設置要綱を遵守するものとします。

例 地下水に接しない地中熱利用設備（水平式地中熱交換器等）

条例第39条第1項ただし書の規定による許可を得た設備

秦野名水の利活用指針（平成26年1月）は、主に秦野市地下水保全条例において原則禁止となっている新規の井戸掘削について、ただし書許可をする要件の「市長が特に必要と認めるとき」に該当する利用形態の評価に適用するものです。

ただし書許可の要件（利活用の判断基準）は、先ず、利活用の優先度に基づく評価として、①用途・使用量（A～D分類）、②水質（汚染リスク）（Ⅰ～Ⅲ分類）、③秦野名水の普及効果（1～3分類）の3つの評価軸で評価して、優先度を高、中、低で評価します。さらに、地域特性に基づく評価として、利活用推進地域と制限地域での利活用の方向性が示されており、これらへの適合性を評価した上で、必要に応じて秦野市地下水保全審議会に意見聴取を行い、利活用の決定をする手順となっています。

秦野名水の利活用指針に基づいて、地中熱利用の優先度を評価し、利活用が認められたときは、秦野市地下水保全条例の手続に従い井戸設置許可申請を行い、秦野市井戸設置許可基準（平成27年7月9日）及び秦野市地中熱利用設備設置要綱（平成28年4月1日）を遵守して、地中熱利用設備を設置することができます。

例 ヒートポンプシステム、空気循環、クローズドループ、基礎杭の周囲や内部に地中熱交換器を設置する設備等

既に条例第40条第1項の規定による設置の届出がされている井戸に設置するため、条例第43条第2項の規定による構造等の変更の届出をした設備

既存井戸（秦野市地下水保全条例の設置の届出のある井戸に限る。）に地中熱利用設備を設置しようとするときは、1か月前までに秦野市地下水保全条例第43条第2項の構造等の変更届出をするものとします。

ただし、設置にあたっては、地下水の質と量を保全するため、地下水を揚水しない設備とし、秦野市地中熱利用設備設置要綱を遵守するものとします。

例 クローズドループ方式（ヒートポンプ・水循環等）

熱交換量

地中熱交換井深さ1m当たりの可能熱交換量は、一般的に40w/m程度と言われていいますが、実際は大きな幅があり、地質構成、地下水の有無、熱交換器のサイズ、熱媒体循環チューブの素材、地中熱交換井の充填剤の有無・素材、温度条件等により左右されます。

出力規模に応じた必要な熱交換井の深さを定めるため、対象地点における可能熱交換量を把握する方法として、熱応答試験（サーマルレスポンステスト）があります。

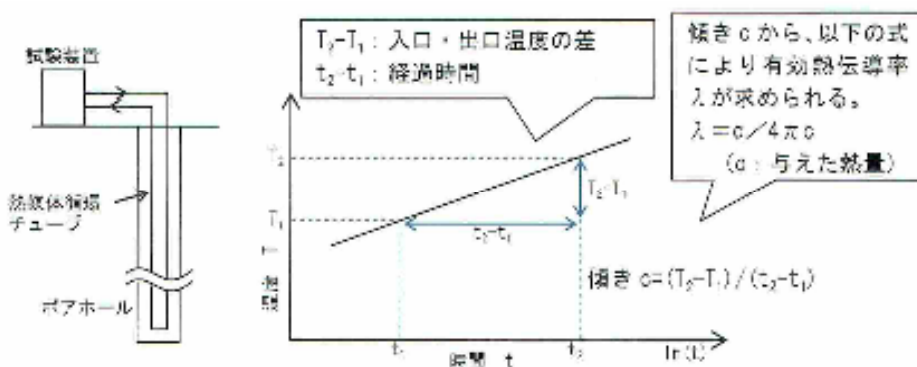


図7 熱応答試験の実施方法

熱応答試験は、地中に実際に熱媒体を循環させ、その温度変化から地盤の有効熱伝導率等を推定する方法です。熱応答試験を実施するためには、試験孔の掘削が必要ですが、適切なシステム設計のために地盤の熱特性を把握したい場合や、採排熱負荷の大きな施設の建設時に何本かの地中熱交換井が必要かをあらかじめ調査する場合等に有効です。

（環境省：地中熱利用にあたってのガイドライン）

(3) 地中熱利用設備の構造等

地下水を揚水しないこと。

秦野市地下水保全条例に掲げる地下水の質と量の保全を図るため、設置可能な地中熱利用設備は地下水を揚水しない方式のものとしします。

地下水を揚水する方式の地中熱利用設備は、秦野名水の利活用指針に照らして、市長が特に必要と認める井戸の要件を満たさないため、許可に相当しないものとしします。

また、既存井戸を利用する地中熱利用設備も地下水を揚水するものは、設置することができません。

設置不可の地中熱利用設備：オープンループ方式（ヒートポンプシステム・水循環等）

熱媒体は、真水又は空気を用いること。

地中との熱交換を行う熱媒体には様々な素材がありますが、秦野市では真水又は空気を用いることとしします。

地下水を水道水源としているため、熱媒体の漏えいによる汚染を防ぐ必要があります。そこで、熱媒体に用いる素材は、事故等で地中熱交換器が破損して熱媒体が漏れ出たときでも地下水を汚染しない真水又は空気とするものです。

注意点：熱媒体に真水を用いる場合は、冬期に凍結する可能性があります。

暖房時においては、地中から過度に採熱してしまうと地盤温度が低下し、土中の温度が 0℃以下となり、凍結を引き起こす可能性があります。特にヒートポンプを設置している場合は、暖房時にヒートポンプの熱交換部が損傷するリスクがあります。

これを防ぐには、熱媒体が 0℃以下とならないような適切な設計・運用や、過度な連続暖房運転を避けることが重要です。

また、地中熱交換井からの横引き配管部分では、凍結してしまうと地面の隆起（凍上）が発生する可能性があります、断熱材で覆う等の措置が必要な場合があります。

土壌及び地下水に熱媒体が漏れいしない構造とすること。

地中熱交換井に設置する地中熱交換器は、公共建築工事標準仕様書（平成 25 年版）

機械設備工事編 (<http://www.mlit.go.jp/common/001282586.pdf>) 第7編さく井設備工事第3章地中熱交換井設備によるものとします。

地下水に接する地中熱利用設備は、5メートル四方の区域に1地中熱交換器とし、帯水層ごとに止水策を講じること。

一般的に地中熱利用設備（地中熱交換器）の設置間隔は4～5mとされています。

地中熱利用設備を5m四方に1基とすることで、敷地内に設置する地中熱利用設備用井戸の本数を制限するものです。井戸の密集を避けることで、地下水脈の阻害及び帯水層の攪乱を防止し、健全な水循環を確保するものです。

地中熱利用設備の機材及び工事は、公共建築工事標準仕様書（平成31年版）機械設備工事編 (<http://www.mlit.go.jp/common/001282586.pdf>) 第7編さく井設備工事第3章地中熱交換井設備によるものとします。

例 必要空調能力 30kW の場合

- 地中熱交換器能力 1m当たり 40W（一般的な目安・地盤の熱伝導率等により変化する）
- 必要地中熱交換器 $30000W \div 40W = 750m$
- 地中熱交換井 深度 30m
- 地中熱交換器 $750m \div (30m \times 2) = 12.5 \approx 13$ 設備
※Uチューブ使用（1地中熱交換井に往復設置）
- 必要設置面積 $13 \text{ 設備} \times 5m \times 5m = 325 \text{ m}^2$



図8 地中熱交換器設置の例

秦野盆地の地下は、礫層とローム層の互層構造となっているため、被圧された下層の地下水が地中熱交換井に沿って上層の帯水層に混入するおそれがあります。帯水層の攪乱による水質の変化や湧水への影響等を避けるため、地中熱交換井が貫通する帯水層ごとに止水策を講じるものです。

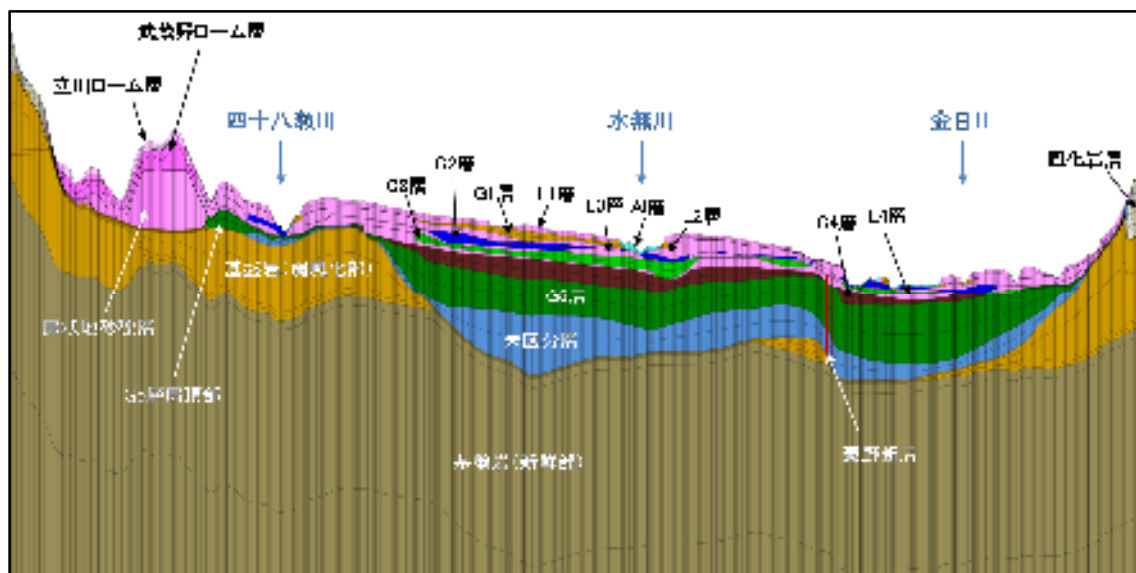


図9 秦野盆地の地質断面図

地中熱利用設備の設置

地中熱利用設備を設置する場合は、必要とする出力規模に応じて事業全体を把握し、調査・計画・設計・施工・管理をする必要があります。安全で効率の良い地中熱利用設備を設置するためには、地中熱利用設備工事の専門家に相談することを推奨します。

特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会 <http://www.geohpaj.org/>

特定非営利活動法人地中熱利用促進協会は、環境にやさしい地中熱の利用技術全般について調査・企画・普及促進等の事業を行っています。

地中熱利用設備の品質を確保し、適正な施工管理を行うため、地中熱利用促進協会が実施する民間資格制度の地中熱施工管理技術者資格制度があります。この制度に基づき登録された地中熱施工管理技術者は、地中熱利用の設備工事において必要な知識・技術・経験を有する地中熱利用設備工事のエキスパートとして、地中熱利用設備に係る事業全体を把握し、調査・計画・設計・施工・管理を自ら行います。

また、特定非営利活動法人地中熱利用促進協会では、施工管理マニュアルを作成し、所属会員による地中熱利用設備の品質の確保に努めています。

3 事故時の処置等

(1) 設備の停止と防除処置の実施

設置者は、設備のメンテナンス、熱媒体の交換又は設備の破損により熱媒体が漏えいしたときは、直ちに設備を停止して防除処置をとるとともに、速やかに市長に報告するものとする。

人為的ミス、自然災害、設備老朽化等により、熱媒体が地中熱交換器から漏れ出た場合には、熱媒体への汚染物質の混入や熱媒体の性質が変化していることを想定して、設備を停止して防除処置を講じ、土壌及び地下水への影響を最低限に抑える必要があります。

事故内容及び講じた防除処置の報告は、環境共生課へ提出してください。また、事故の再発防止策についても報告書に記入してください。

(2) 地下水等の分析

設置者は、必要に応じて市長と協議のうえ、地下水等の分析を行うものとする。

熱媒体が漏えいした場合、地下水に神奈川県生活環境の保全等に関する条例第2条第7号の地下浸透禁止物質及び秦野市地下水保全条例第2条第2号の対象物質が含まれていないかを確認するため、地下水及び熱媒体の分析を行うものです。

分析する地下水は、地中熱利用設備から採水したものとしますが、採水が不能な場合は、直近の観測井等から採水するものとします。

また、事故時以外にもヒートポンプ出力が150kW以上の地中熱利用設備で、自主的に地下水・地盤環境への負荷（環境負荷の発生）や影響（環境状態の変化）をモニタリングする場合は、地下水の分析を求めることがあります。

神奈川県生活環境の保全等に関する条例 地下水浸透禁止物質：

- (1) カドミウム及びその化合物
- (2) シアン化合物
- (3) 有機燐(りん)化合物（ジエチルパラニトロフェニルチオホスフェイト（以下「パラチオン」という。）、ジメチルパラニトロフェニルチオホスフェイト（以下「メチルパラチオン」という。）、ジメチルエチルメルカプトエチルチオホスフェイト

(以下「メチルジメトン」という。)及びエチルパラニトロフェニルチオノベンゼンホスホネイト(以下「EPN」という。)に限る。)

- (4) 鉛及びその化合物
- (5) クロム及びその化合物
- (6) 砒(ひ)素及びその化合物
- (7) 水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物
- (8) ポリ塩化ビフェニル
- (9) トリクロロエチレン
- (10) テトラクロロエチレン
- (11) ジクロロメタン
- (12) 四塩化炭素
- (13) 1, 2-ジクロロエタン
- (14) 1, 1-ジクロロエチレン
- (15) 1, 2-ジクロロエチレン
- (16) 1, 1, 1-トリクロロエタン
- (17) 1, 1, 2-トリクロロエタン
- (18) 1, 3-ジクロロプロペン
- (19) テトラメチルチウラムジスルフィド(以下「チウラム」という。)
- (20) 2-クロロ-4, 6-ビス(エチルアミノ)-s-トリアジン(以下「シマジ
ン」という。)
- (21) S-4-クロロベンジル=N, N-ジエチルチオカルバマート(以下「チオベ
ンカルブ」という。)
- (22) ベンゼン
- (23) セレン及びその化合物
- (24) ほう素及びその化合物
- (25) ふっ素及びその化合物
- (26) アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物
- (27) クロロエチレン
- (28) 1, 4-ジオキサソ

秦野市地下水保全条例 対象物質：

- (1) トリクロロエチレン

- (2) テトラクロロエチレン
- (3) 1, 1, 1-トリクロロエタン
- (4) 四塩化炭素
- (5) 1, 1, 2-トリクロロエタン
- (6) 1, 2-ジクロロエタン
- (7) 1, 1-ジクロロエチレン
- (8) 1, 2-ジクロロエチレン
- (9) ジクロロメタン
- (10) ベンゼン
- (11) クロロホルム

4 地中熱利用による効果・影響とモニタリング

地中熱利用ヒートポンプの利用に当たり、「省エネルギー・、CO₂排出量削減効果の把握（環境効果）」、「適切な運転管理（環境負荷）」、「地下水・地盤環境への影響分析（環境影響）」の観点から、事業者の自主的な判断によるモニタリングの実施が求められます。（モニタリングは義務ではありません。）

(1) 環境効果

省エネルギー効果、CO₂排出量削減効果、ヒートアイランド緩和効果等の把握

地中熱利用ヒートポンプは、他の冷暖房方式に比べて省エネルギー効果、CO₂排出量削減効果、ヒートアイランド緩和効果に優れたシステムであり、地下水・地盤からの採排熱量と消費電力量をモニタリングすることで、どの程度の効果があるかを把握することができます。

モニタリング項目：熱・エネルギーに関する項目

- ヒートポンプなどで消費するエネルギー（電力）
- 地下水・地盤からの採排熱量（クローズドループ方式）

(2) 環境負荷

適正な運転管理

地中熱利用ヒートポンプは、適切な利用範囲を超え、熱利用対象の地下水・地盤温度に大きな変化をもたらすような運転を継続すると、運転効率の低下につながる可能性があります。運転効率に影響する項目を定期的・継続的にモニタリングすることにより、地下水・地盤環境に過剰な負荷をかけていないかをチェックすることができます。これにより地中熱利用環境を一定に保ち、システムの熱効率を落とさない持続的な運用に役立ちます。

モニタリング項目：熱・エネルギーに関する項目

- 地下水・地盤からの採排熱量（クローズドループ方式）

(3) 環境影響

地下水・地盤環境への環境分析

環境影響は、「環境負荷の発生」⇒「環境状態の変化」⇒「環境影響として発現」の流れで捉えることができます。

地中熱利用ヒートポンプによる地下水・地盤環境への影響は、「環境負荷の発生」⇒「環境状態の変化」まではある程度把握できているものの、「環境影響として発現」する事象の定量化や「環境状態の変化」との因果関係を十分把握できていません。どの程度の環境負荷があれば、環境の状態が変化し、地下水・地盤環境への影響が生じるのかを明らかにして行く必要があります。

このように、環境影響を及ぼす可能性がある技術を使用する点から、特に出力規模の大きな設備を導入する場合には、モニタリングにより地下水・地盤環境への影響に配慮することが、市民共有の財産である地下水・地盤環境の持続可能な利用において求められます。

モニタリング項目：熱・エネルギーに関する項目

○地下水・地盤の温度

：水質・土壌に関する項目

○地下水・地盤の質的变化

○地下水位の変化

(環境省：地中熱利用にあたってのガイドライン)

(4) モニタリング

基本項目：日常の運転管理を主な目的としつつ、同時に「省エネルギー・CO₂ 排出削減効果」「環境負荷の発生」を概略的に把握するための項目

補足項目：採排熱量が大きい設備で実施することが望ましいものとして、負荷の結果生じる「環境状態の変化」をできるだけ直接計測することを目的とする項目

クローズドループ方式では、「消費電力」、「一次側熱媒体温度」、「一次側熱媒体循環量」を計測することで、省エネルギー・CO₂ 排出削減等の各種効果（効果項目）と、地下水・地盤環境へ与える熱負荷（負荷項目）を把握することができます。

これらの項目は、補足項目にも挙げていますが、補足項目として高頻度で行う場合は、自動記録機器の設置による常時計測・記録を行います。

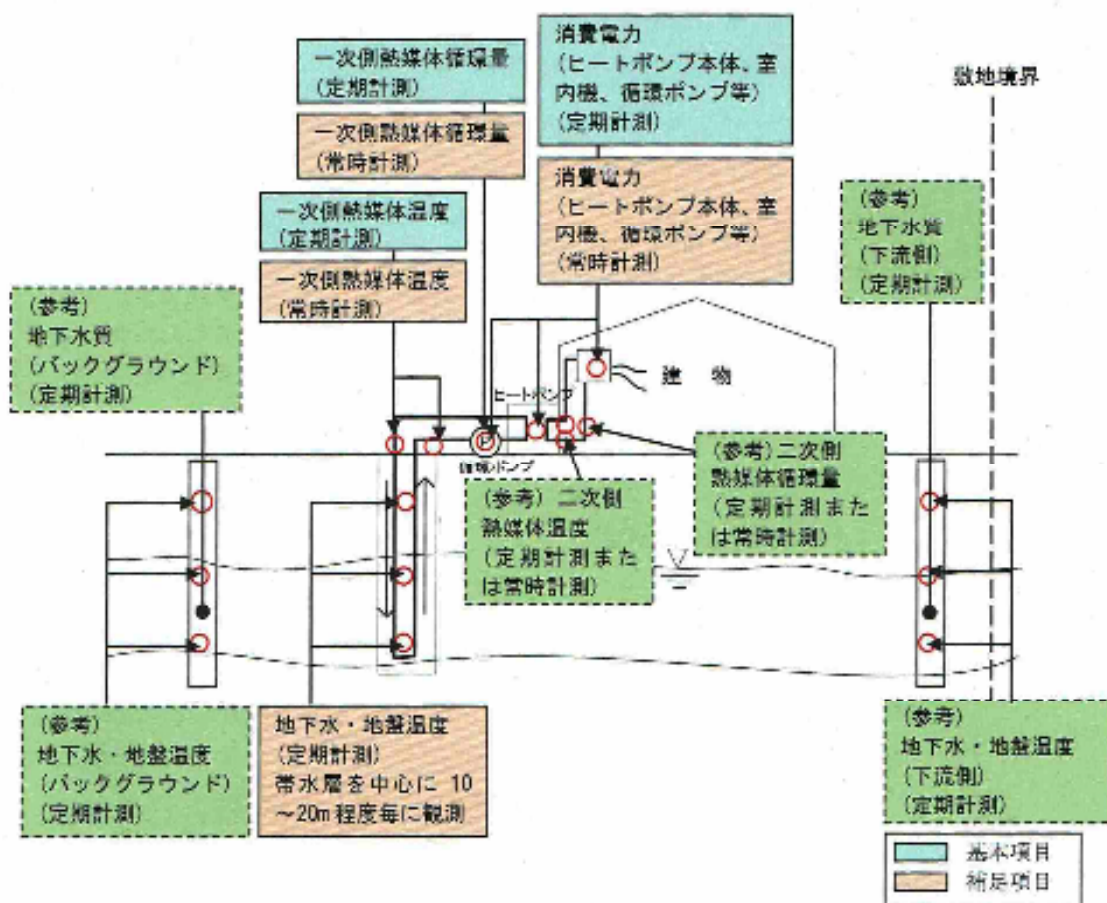


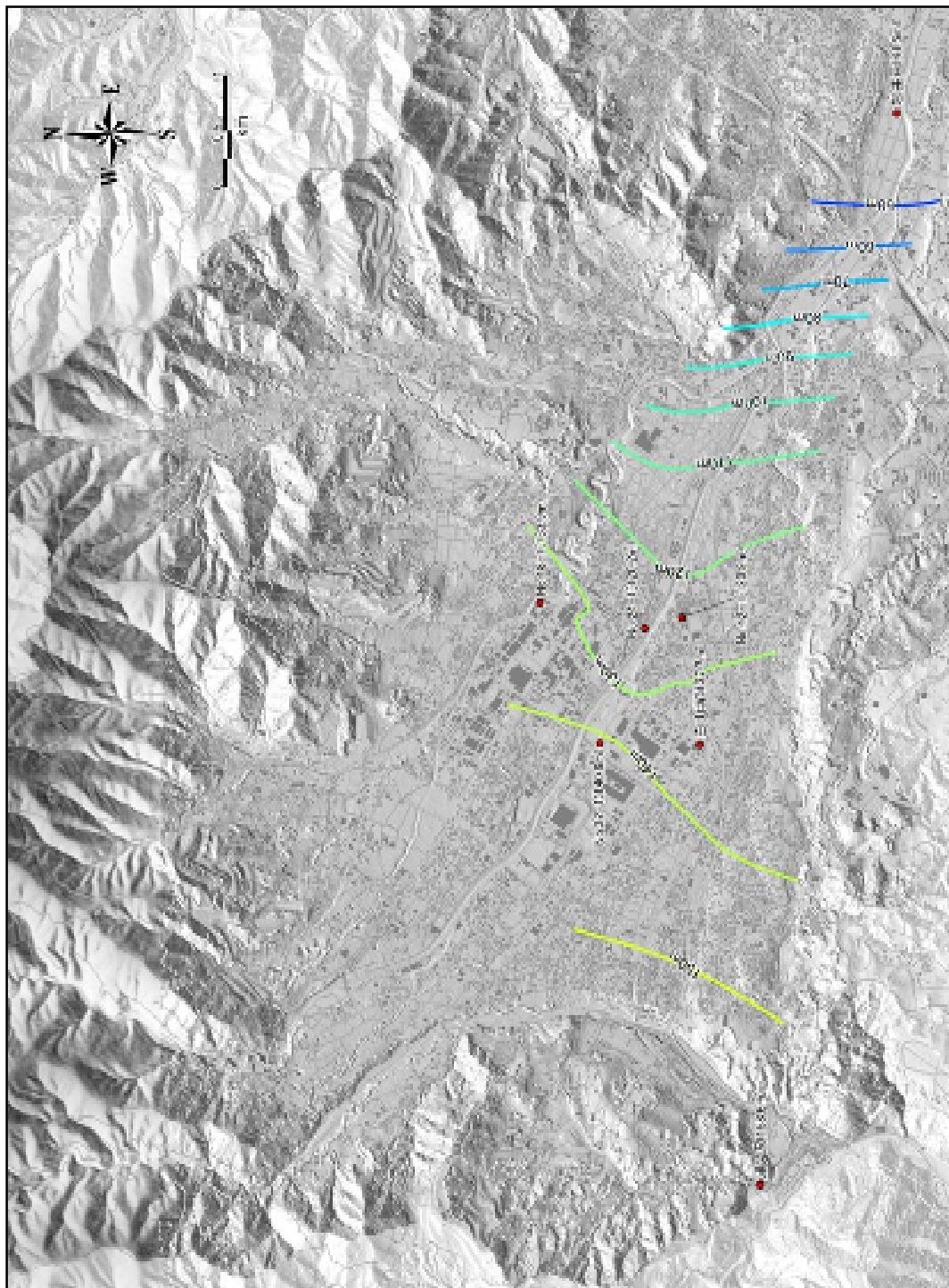
図 10 クローズドループ方式のモニタリングイメージ

地中熱利用にあたってのガイドライン（改訂増補版）：

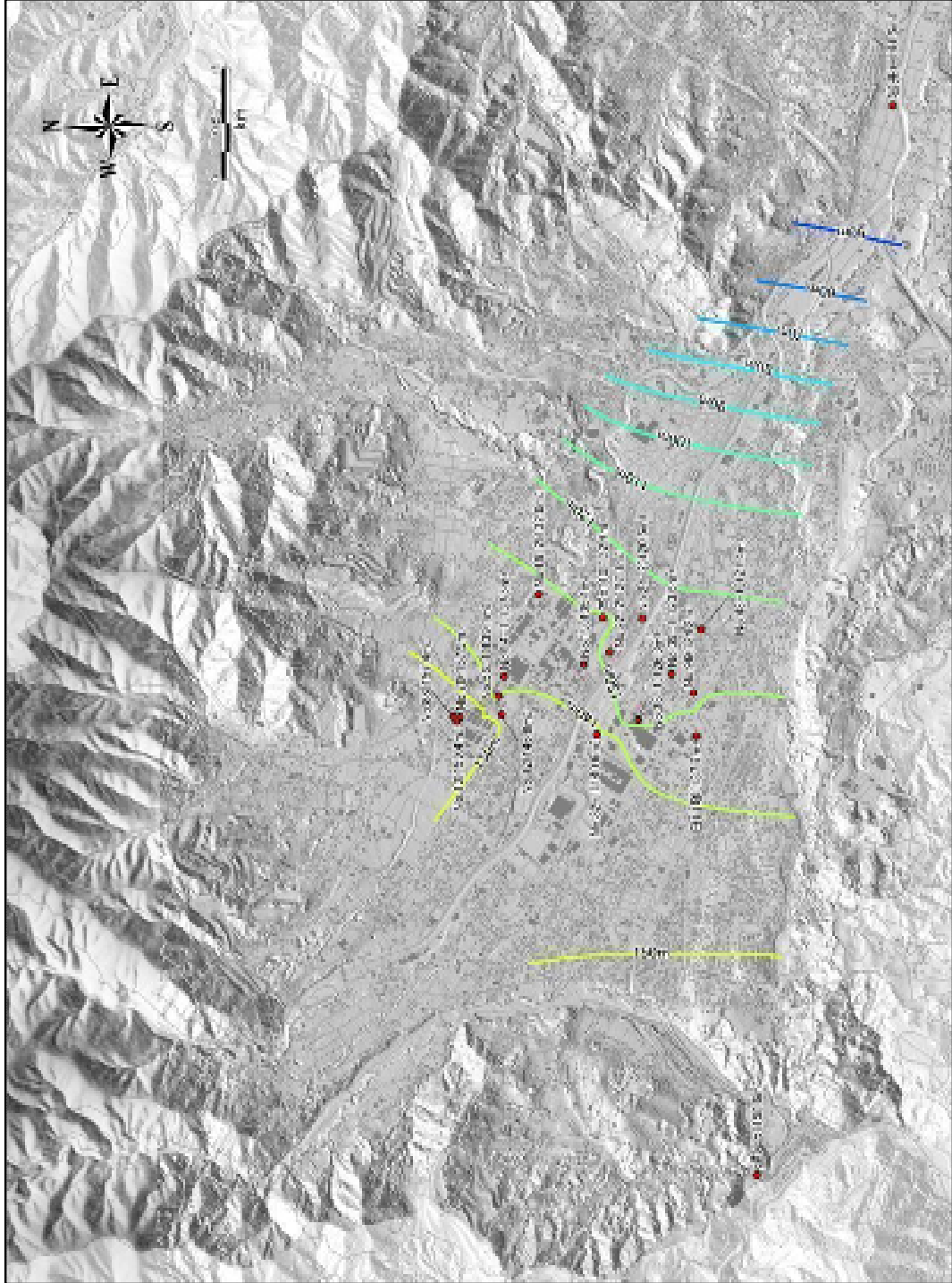
<http://www.env.go.jp/press/files/jp/108674.pdf>

巻末資料

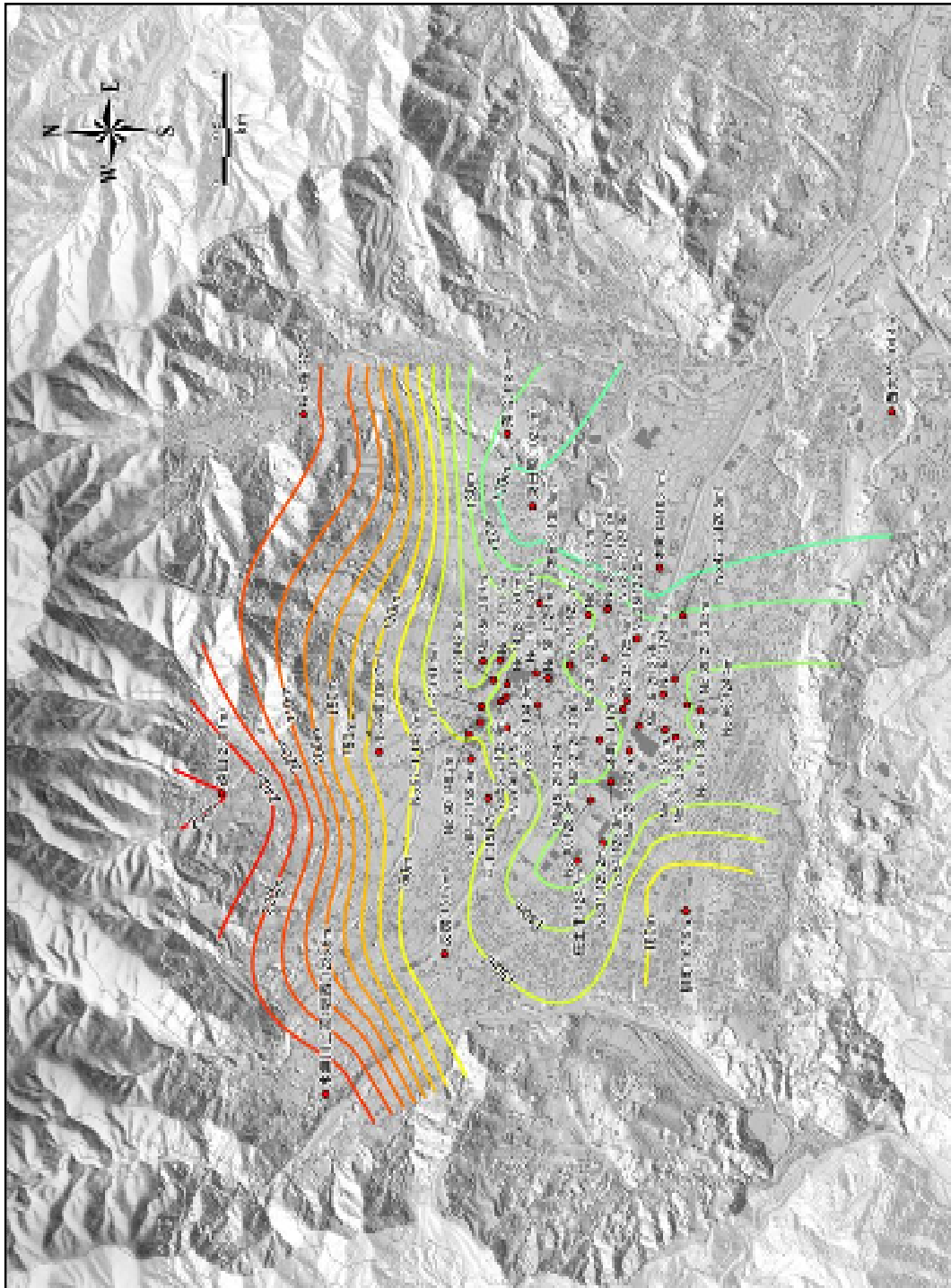
1 秦野盆地の地下水等高線図



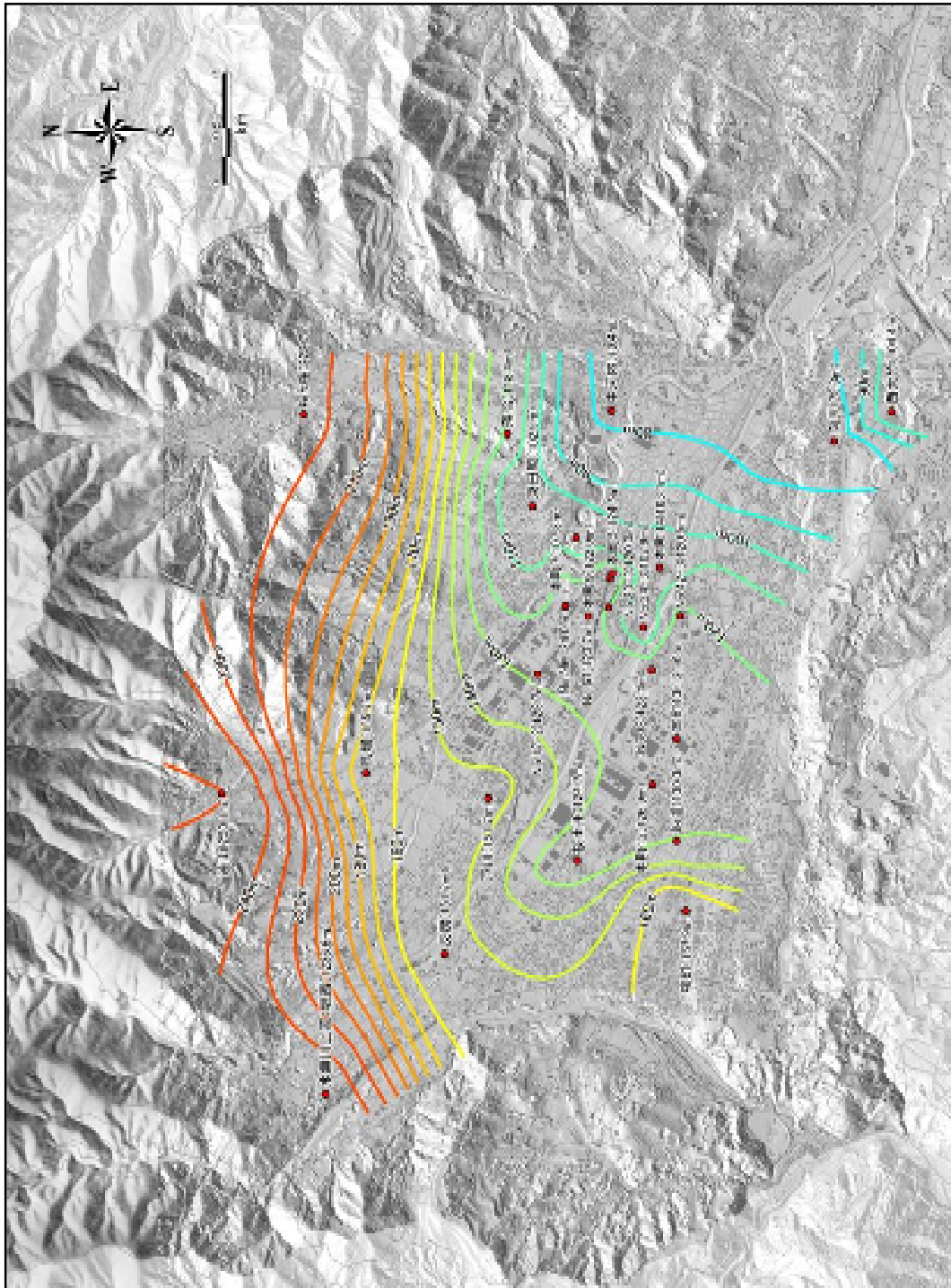
資料-図1 第1帯水層の地下水等高線図（平成25年度）



資料-図2 第2帯水層の地下水等高線図（平成25年度）



資料-図 3 第 3 帯水層の地下水等高線図 (平成 25 年度)



資料-図 4 第 4 帯水層の地下水等高線図 (平成 25 年度)

2 参考図書

- 地中熱利用にあたってのガイドライン（改訂増補版） 平成 30 年 3 月 環境省
(<http://www.env.go.jp/press/files/jp/108674.pdf>)
- 公共建築工事標準仕様書（平成 31 年版）機械設備工事編 国土交通省
(<http://www.mlit.go.jp/common/001282586.pdf>)
- 平成 25 年度秦野市地下水モニタリング事業委託業務報告書 平成 26 年 3 月 秦野市
- 平成 26 年度秦野市地下水モニタリング事業委託業務報告書 平成 27 年 3 月 秦野市

3 関係条例

- 神奈川県生活環境の保全等に関する条例 平成 9 年 10 月 17 日 条例第 35 号 神奈川県
- 秦野市地下水保全条例 平成 12 年 3 月 24 日 条例第 9 号 秦野市

