

温泉資源の保護に関するガイドライン（改訂）
（案）

平成 26 年 月 日

環境省自然環境局

目 次

第一 基本的考え方	1
1. 背景	1
2. 本ガイドラインのねらい	2
第二 掘削等の原則禁止区域の設定、既存源泉からの距離規制、温泉の採取量に関する取扱い	5
1. 現状	5
2. 掘削等の原則禁止区域の設定	7
(1) 考え方	7
(2) 具体的な区域の設定の方法	8
3. その他の規制	10
3-1. 距離規制	10
(1) 考え方	10
(2) 都道府県が現に行っている距離規制の妥当性の検証	10
(3) 距離規制の基点となる「既存源泉」と未利用源泉等の関係	13
3-2. 温泉の採取量に関する取扱い	14
(1) 考え方	14
(2) 具体的な設定方法	14
4. その他の掘削等	14
(1) いわゆる「代替掘削」について	15
(2) いわゆる「集中管理方式」について	15
5. 既存源泉の所有者等の同意書を得る方式の取扱い	15
6. 条件付き許可	16
第三 個別的許可判断のための影響調査等	18
1. 影響調査等の実施対象及び実施方法	18
(1) 影響調査等の実施対象	18
(2) 影響調査等の実施手法	19
(3) 影響調査における注意点	19
2. 調査結果の反映	20
第四 温泉資源保護のためのモニタリング	21
1. モニタリングの実施方法	21
2. モニタリング結果の反映	22
第五 公益侵害の防止	23
1. 公益侵害への対応についての考え方	23
(1) 不許可に反映できる公益侵害の範囲	23
(2) 公益侵害への対応についての考え方	23
2. 具体的な公益侵害の種類と対応	24

(1) 騒音・振動	24
(2) 温泉の放流に伴う水質への影響	25
(3) 地盤沈下	26
第六 その他	27
1. 大深度掘削泉について	27
(1) 大深度掘削泉の資源的特性	27
(2) 大深度掘削泉の採取に伴う地盤環境への影響実態	28
(3) 大深度掘削泉における揚湯試験（集湯能力調査）	28
(4) 大深度掘削泉の特性把握等の参考となる科学的資料	28
2. 未利用源泉について	29
(1) 未利用源泉の問題	29
(2) 未利用源泉における指導の在り方	29
3. 近年の温泉利用形態について	29
(1) 温泉を用いた発電	29
備考	32
別紙 1 距離規制の妥当性について検証するための事例	34
別紙 2 熱収支について	38
別紙 3 経年的な水位低下について	40
別紙 4 温泉採取制限事例	42
別紙 5 動力装置の際の影響調査実施手法及び揚湯試験実施手法	48
別紙 6 影響調査事例	64
別紙 7 温泉モニタリング実施手法	71
別紙 8 長期モニタリング事例	78
別紙 9 水質基準について	80
別紙 10 沖縄県宮古島市における塩化物イオン濃度の上昇に係る 原因究明調査事例	85
別紙 11 動力装置許可の審査基準（東京都）	89
別紙 12 揚湯試験事例	90
別紙 13 登録分析機関一覧	95

第一 基本的考え方

1. 背景

温泉法（昭和 23 年法律第 125 号、以下「法」という。）は、貴重な資源である温泉の保護を図るため、温泉をゆう出させる目的の掘削、増掘及び動力の装置（以下「掘削等」という。）を都道府県知事の許可制としている。掘削等の申請を受けて、都道府県知事は、温泉のゆう出量、温度又は成分（以下「ゆう出量等」という。）に影響を及ぼすときには不許可にすることができる。また、温泉源保護のため必要な場合には都道府県知事が採取の制限を命ずることができるとしている。

本来、これらの不許可及び採取制限命令は、温泉の掘削等がゆう出量等に及ぼす影響についての科学的根拠に基づき行うことが必要である。しかし、実際には、温泉の賦存量に関するデータや温泉の採取によるゆう出量等への影響に関する科学的知見が不足しており、十分な科学的根拠に基づき、不許可及び採取制限命令を行うことは難しい現状にある。

このような限界がある中で、各都道府県は、独自に要綱等により温泉保護地域の設定、既存源泉との距離規制、揚湯量の制限等、近隣源泉への影響に配慮しつつ、地域特性を活かした温泉資源の保護への取組を行ってきた。

このような取組は、温泉資源の保護に一定の機能を果たしてきたと考えられるが、温泉の賦存量に関するデータ等が不足している現状において、引き続き資源枯渇のおそれは継続しているとの指摘もある。なお、我が国における動力源泉数と動力湧出量は増加の一途をたどってきたが、近年の 3 年間（平成 22 年度～24 年度）では、やや減少傾向にあるものの、依然として動力湧出量が全体量に対して高い割合を占めている（図 1、図 2 参照）。

その一方で、地域によっては、温泉資源の保護を名目に、新規の温泉の掘削等を過度に制限しているケースもあるとの指摘もある。

また、温泉の掘削工事に伴う騒音・振動、温泉の採取に伴う地盤沈下、温泉の放流に伴う塩害等、温泉の利用の拡大が周辺環境に影響を及ぼすおそれも指摘されている。

環境省では、これら温泉資源の保護等に関する様々な課題について検討を行うため、平成 18 年 6 月に「温泉行政の諸課題に関する懇談会」を設置した。同懇談会は同年 10 月に報告書を取りまとめたが、そこでは、温泉資源の保護施策に関し「掘削許可等の基準の明確化、データや科学的知見の一層の充実等、さらなる進化が求められる状況にある」との認識を示した上で、温泉資源の保護のための仕組みについて「見直しを行う必要がある」と指摘している。

また、平成 19 年 2 月、環境省の諮問に基づき温泉資源の保護対策及び温泉の成

分に係る情報提供の在り方等について検討を行っていた「中央環境審議会（自然環境部会温泉小委員会）」は、環境省に対し「都道府県が温泉資源保護のための条例・要綱等を定めるに当たっての参考となり、対策を円滑に進めることができるよう、新規事業者による掘削や動力装置の許可等の基準の内容や、都道府県における温泉資源保護のための望ましい仕組みについて、国は、温泉は国民共有の資源であるという観点に立って、できるだけ具体的・科学的なガイドラインを作成すべきである」との答申を行った。この答申を踏まえ、環境省では、温泉を将来の世代においても引き継ぎ利用できるよう、持続的な利用を可能とするための資源保護のあり方を示すものとして、温泉資源の保護に関するガイドラインを平成21年3月に策定した。

今回の改訂は、温泉資源の保護に関するガイドラインにおいて「少なくとも5年ごとにガイドラインの総点検を実施するとともに、随時、その更新を行っていく」としており、その後の温泉資源に関する各種調査の結果等を踏まえ、ガイドラインの総点検を実施し、更新・改訂（以下「更新等」という。）を行ったものである。主な更新等は、図表等の情報更新等を行うと共に、温泉の採取量に関する取扱い（第二3.3-2）、条件付き許可（第二6.）、大深度掘削泉について（第六1.）、未利用源泉について（第六2.）、近年の温泉利用形態について（第六3.）である。また、別紙として、温泉採取制限事例（別紙4）、影響調査事例（別紙6）、長期モニタリング事例（別紙8）、揚湯試験事例（別紙12）、登録分析機関一覧（別紙13）等の更新等を行った。

2. 本ガイドラインのねらい

本ガイドラインの最大のねらいは、温泉の掘削等の不許可事由の判断基準について、一定の考え方を示すことである。その具体的な項目は、地域等による一律規制（制限地域の設定、既存源泉からの距離規制）の在り方、個別判断のための影響調査の手法、公益侵害への該当性の判断等である。

この「考え方」の記述に当たっては、都道府県における掘削等の許可事務において、人員や予算などの制約により十分な科学的調査の実施ができないために、不許可とするに当たっての科学的根拠が不足している状況がある。こういった状況において、既存源泉への影響が懸念されるにもかかわらず、不許可とする判断・説明が困難であるという実態があり、これらを踏まえて、許可又は不許可の区分の範囲をできるだけ明確にすることが、本ガイドラインの基本的な方針ではある。しかしながら、完全な科学的根拠を求めることは現時点では技術的に限界があるため、総論的な記述は減らし、現に事務処理の場面で問題になっている部分の詳述、科学的知見や具体的な取組事例を多く盛り込むことで、都道府県の担当者の参考資料として使いやすいものとすることを目指した。

今後、都道府県において、本ガイドラインを参考に、温泉の掘削等の許可等に関する業務を行うことを期待しているが、参考にするに当たっての留意点が3点ある。

留意点の1点目は、それぞれの地域の温泉資源の特性への配慮が必要なことである。本ガイドラインは、一般的な温泉資源の状況を念頭に記述をしているが、地質の構造、泉脈の状態又は周辺での温泉の開発状況等に応じて、温泉資源の保護のために必要な対策の内容が、地域ごとに異なることは当然である。最終的には、地域の温泉資源の特性を十分に考慮し、許可等の判断に当たる必要がある。

2点目は、本ガイドラインは温泉保護の取組の「標準」を示すものではないという点である。ガイドラインの記述よりも先進的な取組を否定する意図はなく、本ガイドラインのねらいは、あくまで、都道府県がある一定の方法で温泉資源の保護対策を講じようと考えた場合に、有用な参考資料となることである。

3点目は、本ガイドラインは、現時点での限られた知見をもとに作成された、暫定的な性格のものという点である。環境省では、引き続き、温泉資源に関する各種調査を実施し、また、都道府県の温泉行政担当者等の意見を伺いながら、5年経過後にガイドラインの総点検を実施するとともに、随時、その更新等を行っていく予定である。

今回の本ガイドラインの総点検の実施を契機に、さらに温泉資源の保護に関する議論が多方面で展開され、我が国の貴重な温泉資源が将来の世代に引き継がれる機運がこれまで以上に高まることを期待したい。

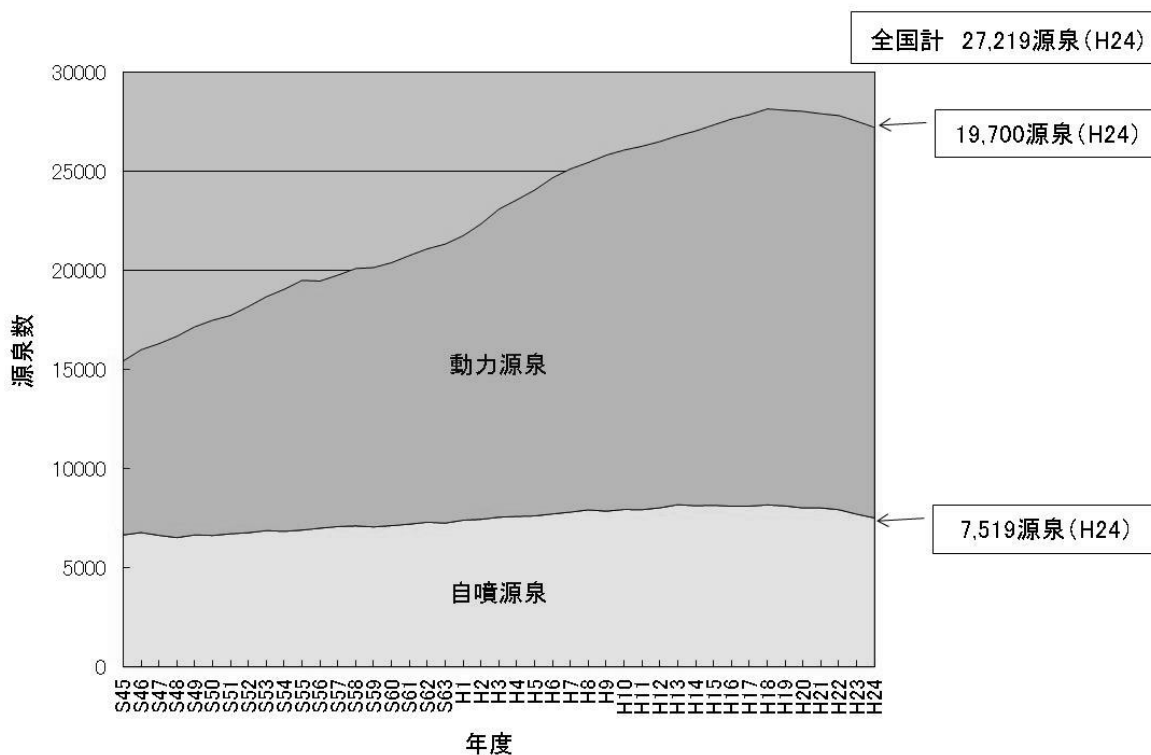


図1 我が国の源泉数の推移

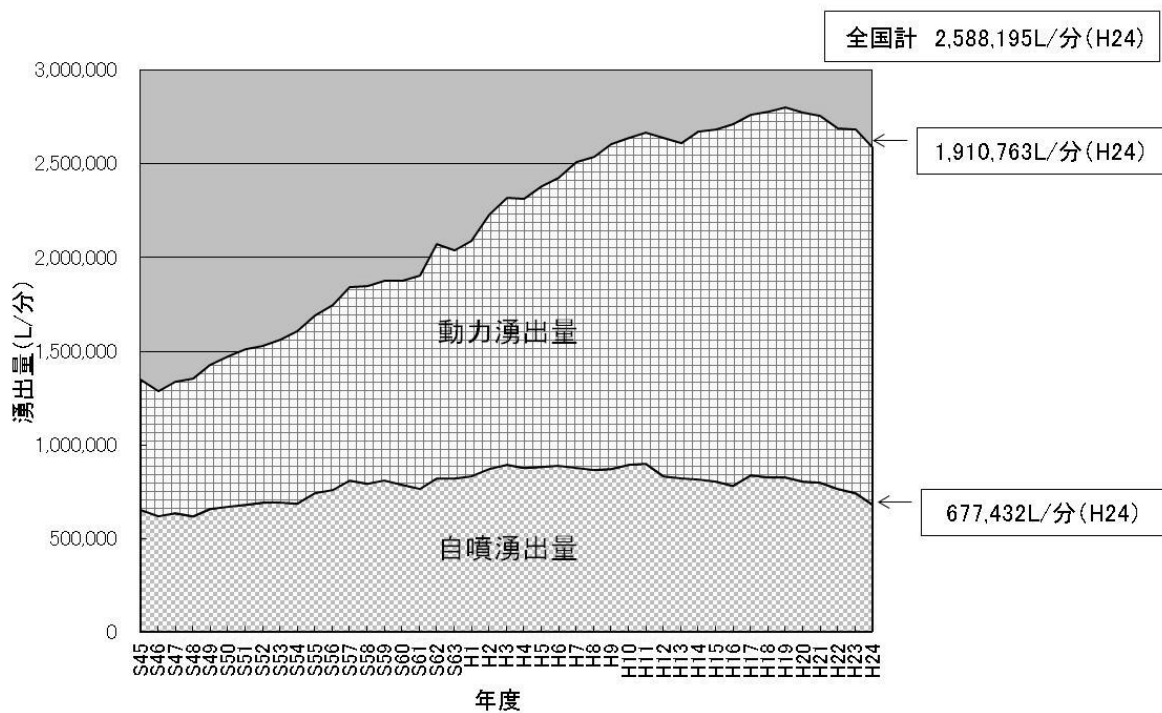


図2 我が国の温泉の湧出量の推移

(注：データの取扱いについて)

本ガイドラインで記載している都道府県ごとの規制(要綱等)の内容(表1～5)については、「平成25年度「温泉資源の保護に関するガイドライン更新(案)」作成委託業務において各都道府県の温泉行政担当部署を対象に実施したアンケート調査の回答、任意に提供された資料を基に、集計を行ったものである。

アンケートの調査結果については、規制といえるものかどうか判断の難しいものであっても集計上は規制とみなしている場合がある等、本集計データが必ずしも現在の各都道府県の実情を正確に反映しているとは限らない点に留意されたい。

第二 掘削等の原則禁止区域の設定、既存源泉からの距離規制、温泉

の採取量に関する取扱い

1. 現状

法では、温泉の掘削等の許可制度について、「温泉のゆう出量、温度又は成分に影響を及ぼすと認めるとき」等を除いて許可をしなければならないことのみを定め、その具体的な判断基準は定めていない。

都道府県においては、このような法の趣旨を踏まえ、温泉保護のため掘削等を制限する特別な区域を定めたり、既存源泉から一定距離内での掘削を認めない距離規制を行ったりすることで、審査基準の具体化を図っている例が多い（表1、表2参照）。

表1 特別な区域等の設定状況

温泉保護のための特別な区域を設定している都道府県の数 = 26

(内訳-1) ～地域区分の段階数～

(都道府県数)

特別保護地区、保護地区、準保護地区等、3段階以上のカテゴリーを設定	7
保護地区と準保護地区等、2段階のカテゴリーを設定	10
保護地区等、単一のカテゴリーを設定	9

(内訳-2) ～特別な区域での主な規制内容～

(都道府県数(重複有))

掘削の原則禁止	20
掘削の全面禁止をせず区域内で規制距離を設ける	14
増掘の禁止	7
掘削口径の規制	6
掘削深度規制	10
掘削工事及び動力申請時の影響調査義務	3
吐出口の断面積の規制	4
揚湯方式の指定	5

表2 既存源泉からの距離規制の実施状況

既存源泉からの距離規制（原則掘削禁止等）を実施している

都道府県の数 = 20

（内訳1）～既存源泉からの距離～

（都道府県数）

1000m	0.5
800m	1.5
700m	0.5
600m	0.5
500m	7
400m	0
300m	3.5
200m	2
150m	1.5
100m	1
60m	0.5
50m	1
25m	0.5

（注：特別な地域（保護地区等）とその他の地域にカテゴリーを分割した上で異なる規制距離を設けている場合は0.5ずつ計上。また、同一カテゴリー内で複数の規制距離を設けている場合は最も大きな数値を選択している。）

（内訳2）～大深度掘削を実施する場合の既存源泉からの距離～（都道府県数）

2000m	1
1000m	4

（注：掘削深度が500mないし1000m以上の場合の規制距離）

それらの特別区域の設定や距離規制の内容は、要綱等として公となっている場合と、内規等として公になっていない場合がある。また、それらの規制の策定の経緯には、科学的な調査の結果を基にしているものや、他の都道府県の例や地域の慣例・経験則を参考に行っているものが見られる（表3参照）。

表3 温泉の保護に関する要綱等の策定状況

温泉の保護に関する要綱等を策定している都道府県の数＝40

(内訳1) ～要綱等の種類～

(都道府県数)

要綱	18
要綱と内規を併用	7
内規	15

(注：本表では、実際の取り決めの名称にかかわらず、温泉の保護に関する規制の仕組みを公としている場合は「要綱」、原則公としていない場合は「内規」として取りまとめている。)

(内訳2) ～要綱等の主な策定経緯～

(都道府県数(重複有))

科学的な調査を基に策定	7
審議会委員や専門家の学術的意見を参考に策定	21
他の都道府県の事例を参考に策定	5
地域の慣例や過去の審議会の取決めに明文化	6
調査時点において経緯が不明	13

2. 掘削等の原則禁止区域の設定

「温泉保護のため掘削等を制限する特別な区域」として都道府県が定めているものには、様々な種類のものがある。以下では、その中で最も強い制限である掘削を原則として禁止する区域について、どのような場合にどのような制限が許容されるかの考え方を示すこととする。

(1) 考え方

法では、「温泉のゆう出量、温度又は成分に影響を及ぼすと認めるとき」に、掘削等を不許可とすることを認めている。したがって、ある区域において掘削等を原則として禁止するためには、原則として当該区域内で行われる掘削等の行為により、区域内の既存源泉の温泉のゆう出量等に影響を及ぼすことが認められる必要がある。

なお、判例では「温泉のゆう出量、温度又は成分に影響を及ぼすと認めるとき」とは「少しでも既存の温泉井に影響を及ぼす限り、絶対に掘さくを許可してはならない、との趣旨を定めたものと解すべきではない」(昭和33年7月1日最高裁判所判決)とされていることに留意する必要がある。

また、過去の温泉資源の枯渇化現象の発生には、例えば一定の区域内での採取可能な限界量を超える温泉の採取が原因となったものがあることに鑑みれば、「一定の区域内で既に採取可能な限界量の温泉を採取している場合には、その区域内での

追加的な温泉の採取量の増加を伴う掘削等は原則として禁止する」という手法は、法においても、否定されるものではない。(それ以外の手法による原則禁止区域の設定についても否定するものではない。)ただし、こうした区域の設定は、あくまでも法第4条に示す不許可事由について、あらかじめ原則を示しているだけに過ぎない。実際の新規の掘削等の判断に際しては、掘削の深度、地質の構造又は泉脈の状態等を踏まえ、温泉のゆう出量等に影響を及ぼすか否かについて、個別の掘削等毎に検討を行う余地はあると考えられる。このような場合で、温泉採取量の増加を伴わない場合には温泉資源へ影響が生じないとする考えに基づき、不許可事由に該当しないとする、いわゆる「代替掘削」及び「集中管理」については、「4.その他の掘削等」で記述する。

(2) 具体的な区域の設定の方法

以下では、「一定の区域内で既に採取可能な限界量の温泉を採取している場合には、その区域内で採取可能な限界量を超える温泉の掘削等は原則として禁止する」という手法をとる場合について、その区域の設定方法の具体例を示すこととする。

① 区域の設定の基準

「既に採取可能な限界量を超える、もしくは限界量の温泉を採取している」区域とは、例えば、以下のような区域が該当すると考えられる。

ア. 現に温泉資源の枯渇化現象が発生している区域

現に発生している「温泉資源の枯渇化現象」については、区域内の複数の源泉の湧出量、水位、温度及び主要成分を数年間以上にわたり測定した上で判断することが適当である。なお、具体的な測定方法については、「第四 温泉資源保護のためのモニタリング」で示すとおりとする。

測定の結果、湧出量、水位、温度又は主要成分のいずれか一項目でも継続的な低下傾向にある場合(成分は塩水化による濃度上昇も含む)は、枯渇化現象が発生していると判断し得る。この判断は、法第2条別表で示す温泉の定義に該当しなくなったり、温泉の採取・利用が困難となるほどの著しい必要性はなく、わずかであっても継続的な低下傾向を見逃さないことが必要である。これは、低下傾向が長期的に継続すれば、いずれは具体的な温泉の採取・利用への支障が生じ得るためである。

イ. 過去に温泉資源の枯渇化現象が発生し、その後の温泉の採取量の抑制により現在では枯渇化現象が収まっている区域

過去に「温泉資源の枯渇化現象」が発生していたか否かについては、アと同様、湧出量、水位、温度又は主要成分のいずれかの継続的な低下の有無により判断すべきであるが、詳細な過去の測定データがない場合には、文献等により判断

することも一つの方法である。

具体的には、過去、温泉資源の枯渇化現象が発生し、その後、枯渇化現象の抑制のために地域全体で温泉の集中管理等を行っている温泉地が該当すると考えられる。これは、集中管理の結果、現在の採取量は限界量以下となっても、新たな掘削等により採取量が増加すれば、再び枯渇化現象が発生する可能性が高いためである。

ウ．採取可能な限界量に達している区域

例として「1源泉当たり必要と推定される集水域の面積 × 源泉数 ≥ 区域の面積」となっている区域等が考えられる。「1源泉当たり必要な集水域の面積」の考え方の例については、「3-1 距離規制」にて記述する。

これらの方法にかかわらず、他の知見等に基づき、掘削等の原則禁止区域の設定を行うことも考えられる。例えば、自然湧出泉が密集し、その湧出量や温度の低下傾向等が継続している区域等が、これに当たる。これは、動力揚湯泉に比べ、自然湧出泉は、地下の僅かな圧力(水位)変化等により、特に著しい影響を受けやすいためである。

② 区域の設定、見直しの手続

掘削等の不許可事由の判断基準として掘削の原則禁止区域を設定するに当たっては、都道府県に設置されている審議会等の意見を聴いた上で実施することが望ましく、また、このような区域を設定した場合には、行政手続法第5条第1項の審査基準に該当し、同条第3項の規定により公にしておかなければならない点に留意すべきである^(※)。さらに、その設定の根拠についても公にすべきである。

また、掘削等の原則禁止区域を設定した後も、区域内の既存源泉の湧出量、水位、温度及び主要成分のモニタリング、その他各種調査結果を基に必要に応じて、区域の設定の妥当性検証を行うべきである。モニタリングの具体的な方法については、「第四 温泉資源保護のためのモニタリング」で記述する。

(※「行政手続法（平成5年11月12日法律第88号）」抜粋)

第二章 申請に対する処分

(審査基準)

第五条 行政庁は、審査基準を定めるものとする。

- 2 行政庁は、審査基準を定めるに当たっては、許認可等の性質に照らしてできる限り具体的なものとしなければならない。

- 3 行政庁は、行政上特別の支障があるときを除き、法令により申請の提出先とされている機関の事務所における備付けその他の適当な方法により審査基準を公にしておかなければならない。

3. その他の規制

3-1. 距離規制

(1) 考え方

新たに温泉の掘削等を行う場所と既存源泉との距離が、既存源泉の湧出量等に影響を及ぼすと科学的根拠に基づき合理的と判断できる距離である場合には、掘削等を不許可とすることが可能である。

なお、こうした距離規制の設定は、あくまでも法第4条に示す不許可事由について、あらかじめ原則を示しているだけに過ぎない。実際の新規の掘削等の判断に際しては、掘削の深度、地質の構造又は泉脈の状態等を踏まえ、温泉の湧出量等に影響を及ぼすか否かについて、個別の掘削等毎に検討を行う余地はあると考えられる。

なお、大深度掘削を行うことで停滞性の化石水^(※1)を採取しているような場合等、一つの源泉のみによって広範囲の温泉資源の枯渇化現象を招き起こすような場合は、長い距離規制を課すことも認められ得る。

(※1)地層の堆積時に地層中につつまこまれ、そのまま閉じこめられた水。石油や天然ガスを採取する際に出てくる水などはこれにあたる。海成層は海底で形成されるため、地層中に海底付近の海水が残留している場合には、化石海水と呼ぶ場合もある。しかし、その後の続成作用により成分は変化する(「地下水用語辞典」に一部加筆)。

(2) 都道府県が現に行っている距離規制の妥当性の検証

既存源泉からの距離規制の設定の方法は、地質の構造又は泉脈の状態等によって多種多様なものが考えられる。したがって、本ガイドラインでは、特定の方法を例として示すことはしないこととする。

本ガイドラインでは、全国的・平均的な観点から妥当性を検討したものであり、各地域においては、地質の構造、泉脈の状態及び新たな掘削等による地下からの温泉採取量で規制される距離は大きく変わってくるのが実態である。そのため、それぞれ異なる地域の温泉資源の特性を各種調査の結果や既存資料から勘案する必要があり、特に温泉採取量、地質構造によって大きく変わってくることに留意されたい。

① 深度を限定せずに行っている距離規制

都道府県が温泉の掘削深度を限定せずに行っている距離規制は、全 20 例中 10.5 例が 300～500m の範囲にある（表 2 参照）。なお、このような深度を限定しない距離規制は、掘削深度の浅い旧来からの温泉地を念頭に置いて設定される場合が多いと考えられる。

そこで、過去に温泉資源の著しい枯渇化現象が発生した 3 つの温泉地を例にとり、枯渇化現象が生じていない時点の採取量と採取面積（＝源泉が分布する面積）の関係を基に源泉間の距離を考察した（別紙 1 参照）。

その結果、現状（資源保護のための対策実施後）又は枯渇化現象発生前の温泉採取量から、1 源泉^(※2)当たりの所要面積を計算すると 0.119～0.176 k m²となる。これが温泉資源の枯渇化現象を抑えるために必要な源泉密度となり、この面積を必要とする源泉を均等に配置するために必要な源泉間の距離^(※3)は 369～449m となる。

(※2) これらの事例で考慮した源泉数は、実際の源泉数ではなく、温泉地全体からの温泉採取量をまず捉え、その量を全国平均の湧出量（100 L / 分）で除した源泉数に置き換えている（全温泉採取量 / 100 = 源泉数）。

(※3) 距離規制の距離を α km とした場合、最も高い密度で源泉を配置する方法は、一辺 α km の正三角形の各頂点に源泉がある形である。その場合の 1 源泉当たりの面積は、 $0.866 \alpha^2 \text{ k m}^2$ ($=\sqrt{3}/2 \alpha^2 \text{ k m}^2$) となる。逆に、1 源泉当たりの面積として $\beta \text{ k m}^2$ を確保するためには、各源泉の間に $1.07\sqrt{\beta} \text{ k m}$ 以上の距離を取れば十分となる。

次に、水収支の均衡の観点からの検討を試みる。我が国の平均地下水涵養量は 1 日 1 mm（年 365mm）とされており（「地下水学用語辞典」、そのすべてが浅深度の温泉となると仮定すると、1 k m² 当たり年間 365,000m³ の温泉が生成される。一方、毎分 100 リットルの温泉を常時採取し続けると、年間 52,600m³ を採取することとなる。したがって、1 源泉当たり 0.144 k m² の面積が必要となる。この密度の源泉を均等に配置するために必要な源泉間の距離は 406m ($1.07 \times \sqrt{0.144} \text{ k m}$) となる。

なお、ここでは、熱収支の均衡の観点からの検討は行わないこととする。これは、火山地域の温泉の熱源は地域に特有のマグマ等であり、熱量が地域によらずおおむね一定である地殻熱ではないことから、試算が困難なためである。

これらは、深度を限定せずに行っている距離規制について、全国的・平均的な観点から妥当性を検討したものであり、各地域においては、地質の構造又は泉脈の状態等、それぞれ異なる地域の温泉資源の特性を勘案する必要がある。

② 大深度掘削泉を対象に行っている距離規制

都道府県が大深度掘削を実施する場合の距離規制は 5 例あるが、うち 4 例が 1,000m、1 例が 2,000m であり（表 2 参照）、最も多い距離は、1,000m といえる。なお、この 5 例のうち 3 例では大深度掘削泉を掘削深度 500m 以上とし、他は 1,000m 以上と定義している。

大深度掘削による温泉に関しては、検証する事例が十分でないことから、熱収支及び水収支の均衡の観点からも検証を行うこととする。

まず、熱収支の均衡の観点からのおおまかな検討を試みる。平均気温 15°C の場所で加温を必要としない 45°C の温泉を毎分 100 リットル採取すると、地下から毎分 3,000kcal の熱量を獲得することとなる。一方、非火山地域における大深度の温泉の熱源はおおむね地殻熱と考えられる。我が国の地殻熱流量は、非火山地域では 0.5~1.5HFU^(※4) と推定されており、毎分 3,000kcal の熱量を獲得するには 3.33~10 k m² の面積が必要となる。

(※4) HFU(heat flow unit)とは地球の熱流量の単位。10⁻⁶cal/cm²・秒。1 平方 cm 当たり 1 秒間に通過する熱量 (cal 単位) を表し、1cal は 1g の水の温度を 1°C 上げるのに必要な熱量をいう。現在、標準的に使用が推奨されている単位は mW/m² であり 1HFU=41.9mW/m² であるが、ここではわかりやすさの観点から HFU を用いる。毎分・km² 当たりに換算すると、600kcal (600,000cal) となる。

ここで、大深度掘削泉の距離規制は、一定の区域内に多数の源泉があるという前提ではないとして、周辺の源泉の密度が高くなければ、源泉の集水域同士に重なりがあっても、それのみで問題とはならない。したがって、源泉を中心とする 3.33~10 k m² の円内に他の源泉がなければよいという考え方も成り立ち、その場合の距離規制は 1.03~1.78 k m となる（別紙 2 参照）。

次に、水収支の均衡の観点からの検討を試みる。我が国の年平均降水量は 1,690mm であるが（平成 25 年版「日本の水資源」国土交通省）、そのうちどの程度の割合が大深度の温泉となるかは明らかではない。したがって、逆に、1,000m の規制距離を設けることで、降水量の何%が大深度の温泉となることに相当するかを試算し、それが現実のデータに矛盾しないかという観点からの検証を行うこととする。

源泉間の規制距離 (α) を 1,000m とした場合、一つの源泉が集水し得る面積は 0.866 k m² となる ($\sqrt{3}/2 \alpha^2$ ^(※5))。その範囲における 1 年間の降水量は、わが国の年平均降水量 1,690mm (=1.690m) を用いると、約 1,463,500m³ となる。100L/分 (=0.1 m³/分) の揚湯を行う大深度温泉井が 1 年間に採取する温泉の量は、52,560m³ (=0.1 m³/分 × 60 分 × 24 時間 × 365 日) であり、規制範囲内の降水量に対する比率は、52,560m³ ÷ 1,463,500m³ = 0.0359 = 3.59% に相当する。

ここで、温泉の水収支に関するデータとしては、箱根カルデラ及び湯河原カルデラにおいて温泉の水位、温度、成分が経年的に低下していた時期に、降水量のそれぞれ 4.6%、5.5% 程度の温泉を採取していたという事例がある（別紙 3 参照）。

(※5) 多様な視点からの検討を試みるため、ここでは集水域同士の重なりを考慮し、※2で用いた最も高い密度で源泉を配置する方法で計算することとした。ちなみに、熱収支に関する検討で用いた手法(半径 1,000m)をとった場合、規制範囲内の降水量に対する比率は 0.99%相当となる。

これらは、大深度掘削泉を対象に行っている距離規制について、全国的・平均的な観点から降水起源の温泉についての妥当性を検討したものであり、各地域においては、地質の構造又は泉脈の状態、新たな掘削等による温泉採取量等で規制される距離も異なるため、それぞれ異なる地域の温泉資源の特性を勘案する必要がある。なお、実際の大深度掘削泉における距離規制の設定に当たっては、周辺における既存源泉の揚湯試験結果、影響調査結果、採取開始後のモニタリング結果等の調査結果に基づいて、各都道府県のこれまでの距離規制の考え方を応用することが望ましい。

(3) 距離規制の基点となる「既存源泉」と未利用源泉等の関係

距離規制の設定に当たっては将来にわたって温泉の採取を行わない源泉は、距離規制の基点となる「既存源泉」として取り扱うべきではない。

①未利用休止源泉

ここで、現時点では温泉の採取を行っていないが、将来採取が再開される可能性が完全には否定できない状態の源泉を「既存源泉」として取り扱うべきか否かが問題となる。

この点については、いくつかの都道府県において、過去の一定期間に採取を行っていなかった場合には、「既存源泉」として取り扱わないという方法で解決している例がある(表4参照)。

このような方法は、温泉のゆう出量等に影響を及ぼすものでない限り許可するという法の原則に整合的であり、法においても、特に問題となるものではない。なお、一定期間の休止後の採取の再開がない場合もあり得るので、都道府県知事は採取の状況等を法に基づく報告徴収又は立入検査を通じて、適時適切に把握することが望ましい。

②未利用放流源泉

なお、全国的な未利用放流源泉に関する精確なデータは、現時点では存在しておらず、各都道府県において、未利用源泉に関する詳細なデータ及び現状を報告徴収や立入検査等を通じて積極的に把握することが必要である。これらのデータを踏まえ、温泉源を保護するため必要があると認めるときは、法第12条に基づく採取制限命令を適用する等し、温泉資源の特性等を踏まえた温泉採取量の調整が実施されるべきである。

表4 距離規制における未利用源泉の取扱い

距離規制において、一定期間利用していない源泉を
 既存源泉とみなさない都道府県の数＝6

(内訳) ～既存源泉とみなさなくなる未利用期間～ (都道府県数)

10年	0
5年	2
3年	0
未利用となった時点	4

3-2. 温泉の採取量に関する取扱い

(1) 考え方

温泉は自噴、動力装置による揚湯にかかわらず、当該源泉からの温泉の採取量に応じて源泉の水位（孔口圧力）は低下し、その結果、より広範囲から温泉を集水することになるため、その影響は広範囲に及ぶこととなる。

特に動力の装置に際し採取量の制限値を条件とする場合には、地域の温泉の賦存量を把握するとともに、井戸の能力を評価することが重要である。上記を把握するためには、平時から長期を見据えたモニタリングを実施し、その結果を基に温泉資源動向を捉えることも有効な調査項目の一つである。（別紙4参照）。

(2) 具体的な設定方法

動力の装置の条件としての採取量制限の内容は、地域の特性や実情を踏まえ、温泉資源動向等の状況に基づいて評価・検討し判断すべきである。加えて、利用目的に応じた必要量以上の採取は行わないように、事業者にも協力を求めること等も考えられる。

4. その他の掘削等

掘削等の原則禁止区域や距離規制は、温泉採取量の増加に伴い温泉資源の枯渇化現象が発生することを未然に防止するために行われている。したがって、温泉の採取量の増加を伴う掘削等は認めるべきでないことは当然であるが、採取量の増加が生じない掘削等の取扱いが問題となる場合がある。

具体的に検討が必要なケースには、既存源泉の1つを埋め戻してその近くに新たな源泉を掘削するいわゆる「代替掘削」と、一定区域内において、新たな源泉を掘削し、複数の既存源泉を埋め戻してより少数の源泉に集約するいわゆる「集中管理

方式」がある。

(1) いわゆる「代替掘削」について

既存源泉の埋め戻しを行い、その近くに新たな源泉を掘削するいわゆる「代替掘削」については、安定した量の温泉を採取していた井戸が物理的に故障する等、新たな源泉の獲得を認めないことで当該事業者に著しい損失が生じる場合等の際には、従来の採取量を上回らないことを前提に、新規の掘削等として許可等の判断を行う余地はあると考えられる。

(2) いわゆる「集中管理方式」について

一定区域内において、新たな源泉を掘削し、複数の既存源泉を埋め戻してより少数の源泉に集約するいわゆる「集中管理方式」については、温泉資源の保護を目的として行われる場合には、積極的に認めるべきと考えられる。

なお、従来の採取量を上回っていないこと、区域内の大多数の既存源泉所有者の参加があること等、温泉資源の保護の目的と効果を確認した上で新規の掘削等として許可等の判断を行うことが期待される。

5. 既存源泉の所有者等の同意書を得る方式の取扱い

温泉の掘削等の許可の申請に際し、周辺の既存源泉の所有者からの同意書を得るよう指導している都道府県が見受けられる（表5参照）。これには様々な歴史的背景があると考えられるが、判例（平成18年8月31日東京高等裁判所）では、申請者が周辺の既存源泉の所有者との同意書の取り交わしに応じなかったとしても、このことが不許可事由に該当すると解することはできないとされた事例がある。

一方、同意書を得る行為は申請者が温泉資源の保護の必要性を認識する上で重要な契機となり、その結果として、同意書を求める方式が温泉資源の枯渇化現象を招くような過剰な開発の防止に一定の役割を果たしてきたことも否定できない。

したがって、申請時に同意書を得ることを求める場合には、都道府県担当者はあくまで当該行為が行政指導であることを認識した上で、温泉資源の保護等の目的のために有効かつ必要なものか否かを検証するとともに、都道府県における行政手続に関する条例等に定める行政指導に関する規定^(※)を遵守することが求められる。

表5 源泉所有者等の同意書添付指導状況

掘削申請時等に既存源泉所有者等の同意書を添付するよう
求めている都道府県の数＝36

(内訳) ～同意書添付を求める既存源泉からの距離～	(都道府県数)
3000m	2
2000m	1
1000m	14
700m	0
500m	16
300m	1
200m	2

(注：特別な地域（保護地区等）とその他の地域にカテゴリーを分割した上で異なる規制設定を設けている場合は最も大きな数値を選択している。)

(※（参考）「東京都行政手続条例」抜粋)

第四章 行政指導

(行政指導の一般原則)

第三十条 行政指導にあつては、行政指導に携わる者は、いやしくも当該都の機関の任務又は所掌事務の範囲を逸脱してはならないこと及び行政指導の内容があくまでも相手方の任意の協力によってのみ実現されるものであることに留意しなければならない。

2 行政指導に携わる者は、その相手方が行政指導に従わなかったことを理由として、不利益な取扱いをしてはならない。

6. 条件付き許可

都道府県知事は、法第4条第3項の規定に基づき、温泉の掘削等の許可には、温泉資源の保護、可燃性天然ガスによる災害の防止その他公益上必要な条件を付し、及びこれを変更できるとしている。現在、各都道府県が付している条件には、以下のようなものがある。

① 掘削許可処分に関する条件付けの事例

- ・(掘削行為中に) 周辺既存源泉に影響を及ぼさないこと
- ・(掘削行為中に) 周辺の水源井戸、湧水へ影響を及ぼさないよう措置すること
- ・(掘削行為中に) 周辺の生活環境を害するおそれがないようにすること
- ・(掘削行為中に) 河川、農業用水路への水質汚染防止措置を講ずること

②動力装置許可処分に関する条件付けの事例

- ・観測機器の設置、記録
- ・周辺の生活環境等への影響確認
- ・揚湯量の上限の設定

こういった条件が履行されているかの確認に当たっては、都道府県の温泉担当部局のみならず、必要に応じて部局間の連携を図ることが望まれる。

なお、掘削等の行為が完了した後において、法とは別に各都道府県が条例等により、源泉所有者等がモニタリングを実施すること等を定めることは否定されるものではない。

第三 個別的許可判断のための影響調査等

「第二 掘削等の原則禁止区域の設定、既存源泉からの距離規制、温泉の採取量に関する取扱い」では、掘削等を個別の事情によらず、掘削等を行う位置により一律に制限する手法についての考え方を示した。本項では、個別の事情に応じた制限の手法についての考え方を示すこととする。

ここで、掘削等の許可処分のうち「掘削」「増掘」については、特に温泉賦存量等の科学的データが不足している場合において、その実施段階での温泉資源への影響の把握が難しいこと、実施方法においても工夫により影響を軽減する手法が乏しいことという2つの理由により、個別の事情に応じた制限を行うことは難しい。

一方、「動力の装置」については、掘削工事中等に行われる試験的な動力の稼働による調査も可能であり、また、動力の能力や温泉の採取量の制限という手法により影響を軽減する方法が可能である。

したがって、ここでは、動力の装置に当たっての、温泉資源への影響に関する調査の手法と、その結果を動力装置許可処分に関する条件付けに反映するための考え方を示すこととする。

なお、ここでは、掘削工事中等において行われる動力の装置のための温泉資源への影響調査について述べることとするが、自噴泉が他の温泉のゆう出量等への影響調査を不要とすることではない。なお、自噴泉に対する影響調査については、水位の代わりに湧出量を測定するか、孔口圧力(静止水頭)を測定することにより、調査することが可能であり、影響回避のためには温泉資源の特性等を踏まえ、自噴量を制限する等の方法も考えられる。

1. 影響調査等の実施対象及び実施方法

(1) 影響調査等の実施対象

動力の装置に当たっての温泉資源への影響の調査の手法は、掘削工事中等において、試験的に動力を稼働して温泉を揚湯し、その影響を把握することが一般的である。把握すべき影響の内容により、周辺の既存源泉への影響を把握する「影響調査」と、その源泉自体の集湯能力の限界を把握する「揚湯試験(集湯能力調査)」の二種類に区分される。

このうち「影響調査」については、当然、周辺に既存源泉がある場合に限って行うものである。この「周辺」をどの程度の距離とするかについては、様々な考え方があり得る。具体的な判断においては地域の特性(例えば地質の構造や泉脈の状態)及び地域における温泉の賦存量等を考慮すべきである。

一方、「揚湯試験（集湯能力調査）」については、あらゆる動力揚湯泉に集湯能力の限界があり得ることから、周辺源泉の有無に拘わらず、動力の装置の際にはすべて実施されることが望ましい。

（２）影響調査等の実施手法

影響調査及び揚湯試験（集湯能力調査）の具体的な方法としては、別紙５「動力装置の際の影響調査実施手法及び揚湯試験実施手法」に示す手法が考えられる。その結果を、動力装置許可申請書（例として法施行規則第６条第２項第５号に基づき都道府県知事が審査するために必要と認める書類として）へ添付させるか否かは個々の事情に応じて判断することが必要である。

なお、周辺源泉への影響調査を実施するに当たっては、既存源泉の所有者等の協力が不可欠であり、どのように協力を得るかが問題となる場合がある。既存源泉所有者は、こういった影響調査を通じて、源泉の状態把握や異常の有無等により、自己が所有する源泉の健全性の確認や井戸の適切な維持・管理が可能となる。また併せて、将来、近傍で新たな温泉掘削等が行われる場合において、当該温泉掘削等により所有源泉に影響が生じた際の科学的根拠となる貴重なデータともなる。なお、既存源泉所有者が調査に協力しない場合に、所有源泉に何らかの影響が生じたことを主張する際、源泉所有者自らが影響関係を科学的に証明しなければならないこともある。

また、影響調査に関する趣旨の説明は、事前に周知するほか、都道府県が既存源泉所有者に協力を依頼する際に個々に説明を実施する方法も考えられ、それらに併せて、説明の経緯や調査への協力の有無を記録しておくこともあり得る。どうしても協力が得られない場合は、例えば揚湯試験結果から単一井による推定を実施したり、他源泉への影響量から推定を実施する等、他の方法により検討を行うことも可能であると考えられる。なお、既存源泉所有者は可能な限り協力することが重要であり、所有源泉をはじめとする地域の温泉資源保護のためにもこうした協力は源泉所有者に求められることである。

（３）影響調査における注意点

透水性が低い場合、既存源泉との採取層が異なる場合及び井戸の位置関係等によっては、影響調査の結果を得るまでの時間差が大きいこともある（別紙６参照）。この場合、揚湯試験日数や影響調査日数が通常の源泉と比較して、長期間を必要とする場合があるため、動力装置許可申請者及び影響調査実施者等は対象地域の透水性や採取層を考慮して、影響調査計画を策定する必要がある。

また、調査後の留意点として、調査期間中に影響が現れない場合でも、調査終了

後、徐々に影響が出現する場合もあるので、源泉所有者は定期的に温泉湧出等状況をモニタリングし記録することが必要である。温泉資源動向に合わせ影響を拡大させないよう、採取量を自主的に調整・管理することが望まれる。

2. 調査結果の反映

前述の影響調査等の結果、動力装置による温泉の採取が温泉のゆう出量等に影響を及ぼすと認めるときに、これを不許可とすることはもとより適法である。また、揚湯試験（集湯能力調査）の結果から適正揚湯量というものを算出し、当該適正揚湯量の範囲内とする動力の能力や温泉の揚湯量の制限を条件に動力装置の許可処分を行っている事例が見受けられる。

このうち、動力装置の種類、出力等は許可申請事項そのものであるため、その条件は許可手続により完結する。一方、都道府県知事が揚湯量制限の設定を法に基づく許可条件に付するという事は、許可対象である動力の装置完了後の行為を制限するものである。当該許可行為完了後においては、その許可条件違反に対しての許可の取消しが行えるものではないが、条件とした揚湯量制限を超えた採取を行うことは、法第 12 条で規定する温泉の採取の制限に関する命令のひとつの目安ともなることを採取する者にあらかじめ知らせる契機ともなる。

これらを通じて、源泉所有者に対して温泉資源の動向に応じた調整及び管理を自主的に行うことの重要性を認識させるとともに、過度な採取を行わないように促すことができると考えられる。

第四 温泉資源保護のためのモニタリング

「第三 個別的許可判断のための影響調査等」で記述したとおり、特に温泉賦存量等の科学的データが不足している場合には「掘削」「増掘」について、その実施段階での温泉資源への影響の把握が難しい。また、動力の装置に当たっての温泉資源への影響の調査は、温泉資源への短期的な影響のみを把握できるものである。このため、温泉の採取開始後においては、井戸の水位や採取量等について定期的なモニタリングを行うことが、地域の温泉資源の状況を把握し、過剰な採取を抑制し、その保護を図る上で極めて重要となる。

また、既存源泉所有者等にとっては、温泉資源保護のためのモニタリングを通じて、源泉の状態把握や異常の有無等により、自己が所有する源泉の健全性の確認や井戸の適切な維持・管理が可能となる。また併せて、将来、近傍で新たな温泉掘削等が行われる場合において、当該温泉掘削等により所有源泉に影響が生じた際の科学的根拠となる貴重なデータともなる。

こうしたことから、すべての源泉において水位等のモニタリングを行うことを基本とし、特に水位計等の設置が比較的容易と考えられる新規掘削源泉においては、必要な測定機器の設置又はモニタリングの実施を容易にするような井戸設計を行うよう指導すべきである。また、既存源泉においても、観測機器の有無にかかわらず水位等の定期的な測定を促すとともに、都道府県は法に基づいて、報告徴収や立入検査権限を積極的に活用し、モニタリングデータを収集することも検討すべきである。

さらには、都道府県が、未利用源泉等を観測井として活用する等、自治体と源泉所有者等が協力しながら、地域の温泉資源の保護対策を推進するためのデータを収集することが望ましい。

1. モニタリングの実施方法

温泉資源の状況を的確に把握するためには、温泉に係る数多くのデータを常時把握しておくことが望ましく、モニタリング手法の原則は「自動観測（自動測定・自動記録装置による常時観測）」とする。しかしながら、経済的な理由や源泉の構造上の理由によりこれが実現できない場合には「現地観測（人による定期的な観測）」を実施することも可能である。具体的な実施手法は別紙7「温泉モニタリング実施手法」に記載した。

モニタリングの項目としては、温泉の湧出量、温度及び水位（自噴の場合は孔口圧力）が適当であるが、法第2条の温泉の定義に該当するための成分の基準値と差が小さい場合や有害物質を含む場合には、温泉としての維持管理もしくは健康被害防止のため、温泉の主要成分やガス成分濃度の確認や電気伝導率の測定が必要な場合もある。また、観測の頻度については、自動観測の場合は原則として1時間に1

回、現地観測については、原則として1ヶ月に1回以上測定し、その結果を定期的に都道府県が独自に制定する条例等により都道府県に報告させる仕組みをつくることが望ましく、必要に応じ、法に基づく報告徴収又は立入検査の実施も行うべきである。

なお、温泉法の一部を改正する法律（平成19年法律第31号）により、定期的実施されることとなった温泉成分の分析結果についても温泉資源の状況を把握する上で極めて貴重なデータであり、他のモニタリング項目とともに記録が適切に保管・活用されるべきである。

2. モニタリング結果の反映

温泉の特性上、短期間のモニタリングでは把握することができない事例があるため、実態の把握には長期間のモニタリングが重要である。また、資源動向を捉えるためには、モニタリングデータを記録・整理し、集計・グラフ化する等の解析が必要である（別紙8参照）。

都道府県は、上記モニタリングの結果を積み重ねることにより、掘削等の許否の判断、掘削等の原則禁止区域の範囲や規制距離の設定の見直しに活用すべきである。

モニタリングを実施する中で、水位の急激な低下や低下傾向の継続が確認された場合には原因を究明した上で、必要に応じ、法に基づき、温泉源の保護を図るために必要があると認めるときは、温泉の採取制限命令を適時・適切に実施すべきである。

なお、行政のみならず源泉所有者等が自らモニタリングを行いその結果に基づいて、自ら温泉資源保護に資するような採取量の調整・管理を行うこと及び自ら源泉の維持・管理を行うことの重要性を周知し、自主的に実行されることが強く望まれる。

第五 公益侵害の防止

法では、温泉のゆう出量等へ影響を及ぼすと認めるときのほか、「公益を害するおそれがあると認めるとき」は、掘削等を不許可にできることとされ、都道府県により許否の判断が積み重ねられてきた。

温泉の掘削等に伴う公益侵害の類型、発生の様相は個々の状況ごとに様々であり、一律の判断基準を設けることは困難である。そこで、本ガイドラインでは、公益侵害への対応の在り方について、共通する考え方を示すとともに、典型的な類型への対応の具体例を示すこととした。

今後、掘削等の事務処理に当たっては、引き続き本ガイドラインが示す考え方や具体例を参考にしつつ、掘削工事方法等の個々の事情、従来からの不許可事由等を総合的に勘案した上での判断がなされることが期待される。なお、公益侵害の有無の確認等に当たっては、都道府県の温泉担当部局のみならず、必要に応じて部局間の連携を図ることが望まれる。

1. 公益侵害への対応についての考え方

(1) 不許可に反映できる公益侵害の範囲

掘削等の不許可に反映できる公益侵害の範囲は、原則として、掘削等に直接に起因するものに限定される。ただし、間接的な事柄であっても密接不可分の関係にあるものは含み得る。なお、「間接的であるが密接不可分の関係にあるもの」に該当する例としては、掘削工事中等に湧出した温泉の放流に伴う公共用水域等の水質への影響等が挙げられる。

(2) 公益侵害への対応についての考え方

① 手続面（不許可又は許可に付する条件）について

公益侵害のおそれがあると認められる場合は、都道府県知事は掘削等を不許可とすることができる。一方で、公益侵害を回避するための条件を付した上で、許可をすることも考えられる。許可に付する条件の例としては、以下のようなものが考えられる。

- ・ 一定の行為（公益侵害発生に対する対策等）を行う旨の条件
- ・ 一定の行為（公益侵害を発生させる行為等）を行わない旨の条件
- ・ 公益侵害の発生の有無を監視（モニタリング）

等

これらの条件に違反した場合は、都道府県知事は、法9条第1項第4号に基づき、許可の取消しができる。

ただし、上述の許可の取消し等は、法上、許可の対象となった掘削等の完了後には行うことはできない。掘削等の完了後に実施すべき内容については、各都道府県が独自に定める条例、業者と締結する協定等の手法により、掘削等完了後に法とは別に定められた内容の履行を担保することは可能と考えられる。

なお、許可に付した条件に関するこれらの考え方は、公益侵害の回避のための条件だけでなく、温泉のゆう出量等への影響の防止のための条件についても同様である。

② 実体面（公益侵害の判断基準と対策の内容）について

どのような場合が公益侵害に該当するか、また、どのような対策を行わせるべきかは、最終的には個々の事情ごとに判断するほかないが、以下のような例により判断することが考えられる。

- ・他の規制法令の適用を受ける場合に、その法令を遵守しているか否かで判断する。
- ・温泉の掘削等に類似する行為に対する規制がある場合に、その規制基準を援用して、温泉の掘削等がその基準の範囲内に保たれているか否かで判断する。
- ・地域の社会環境、自然環境等に関する目標・基準等が定められている場合に、温泉の掘削等によりその目標・基準等の達成が妨げられないか否かで判断する。

2. 具体的な公益侵害の類型と対応

温泉の掘削等に伴い発生する公益侵害の類型としては、がけ崩れ、溢水、有毒ガスの発生、地盤沈下、近隣の水井戸や湧水の枯渇、水質への影響、騒音・振動等が挙げられる。

以下では、それらの様々な種類の公益侵害のうち、具体的な対応の例がある「騒音・振動」「温泉の放流に伴う水質への影響」「地盤沈下」について、公益侵害に該当するか否かの判断基準と対応の具体例を示すこととする。

なお、可燃性天然ガスの発生については、平成19年11月の法の改正により、温泉の掘削、増掘及び採取は一定の技術基準に従って対応されることとなった。したがって、「公益侵害」の一類型として個々の事情ごとに対応するのではなく、技術基準に適合するか否かで許否を判断することとなる。

(1) 騒音・振動

騒音規制法（昭和 43 年法律第 98 号）及び振動規制法（昭和 51 年法律第 64 号）では、著しい騒音・振動を発生する建設工事（特定建設作業）を規制対象として指定し、規制基準を設定して、規制対象地域（生活環境を保全する地域）内ではその遵守を義務付けている。

温泉の掘削工事は、騒音及び振動規制法の規制対象とはなっていないが、削岩機を使用する作業などの規制対象となっている工事と類似した工事であり、また、発生させる騒音・振動の性質も類似している。したがって、温泉の掘削工事についても、これらの規制基準を超える騒音・振動の発生を一律に公益侵害に該当すると解し、法 9 条第 1 項第 1 号に基づく許可の取消しを行うことは可能である。また、騒音・振動の規制基準を法に基づく条件の基準の目安とすることも可能である。

その場合、騒音規制法及び振動規制法は区域ごとに異なる規制基準を適用しているため、その区域ごとの規制基準を超える場合を公益侵害に該当すると解することが原則と考えられる。ただし、個々の掘削工事の場所の事情に応じて、異なる区域の規制基準を適用することも認められる。

具体的な手続は、騒音・振動を一定基準以下にすることを許可条件とし、工事中に基準を超える騒音・振動の発生が判明した場合は、行政指導による改善措置（工事方法の改良、工事時間の変更等）を求める、又は法 9 条第 1 項第 4 号に基づく許可の取消し及び同条第 2 項に基づく措置命令が可能である。

（２）温泉の放流に伴う水質への影響

水質汚濁については、水質汚濁に係る環境上の条件につき人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準（以下「環境基準」という。）が定められている。

したがって、掘削工事中等の温泉の放流により、公共用水域等において、環境基準に定める項目の濃度が相当程度に上昇し、環境基準値超となる場合には、公益侵害に該当すると解することが可能である。

ただし、環境基準では、塩分濃度に関する基準値は定められていない。塩分濃度については、水道法（昭和 32 年法律第 177 号）の水質基準に塩化物イオン濃度の基準値が、農業（水稻）用水基準（昭和 45 年農林省公害研究会、昭和 46 年 10 月 4 日農林水産技術会議）に電気伝導度の基準値が定められている（別紙 9 参照）。このため塩分濃度については、水道法の水質基準や農業（水稻）用水基準を参考に、公益侵害に該当するかどうかを実際に発生する影響の程度に応じて判断することが考えられる。

具体的な手続は、動力装置の許可の条件として、掘削工事中等の温泉の放流に関して、公共用水域等への影響がない場所への放流を求めることや、影響のおそれが

ある場所に放流する場合には継続的な水質のモニタリングと公益侵害となる程度の影響が発生した場合には放流方法の変更を求めること等が考えられる。

なお、類似の例として塩分を含む温泉の放流に伴う水質への影響を調査した例としては、別紙10「沖縄県宮古島市における塩化物イオン濃度の上昇に係る原因究明調査事例」がある。

(3) 地盤沈下

地盤沈下については、その発生のおそれがある地域において、工業用水法(昭和31年法律第146号)及び建築物用地下水の採取の規制に関する法律(昭和37年法律第100号)により、地下水の採取に対する規制が行われている。規制基準は、ストレーナーの位置及び揚水機の吐出口の断面積により定められている。なお、これらの法律で採取が規制される「地下水」からは、温泉は除かれている。

また、自治体においては独自に条例等による地下水の採取に対する規制が行われている場合も相当数ある。

一般に、温泉は地下水と採取の深度が異なり、採取量の面からも多くはないため、地盤沈下のおそれは小さいと考えられるが、地下水の採取に対する規制が行われている地域では、地盤沈下や地下水採取の状況等を踏まえ、温泉の採取を地下水の採取に類似した行為として捉え、地下水の採取に対する規制基準をそのまま援用することも不当とは言えない。

具体的な手続は、ストレーナーの位置、揚水機の吐出口の断面積、採取量等の何の項目に着目した規制を行うかで異なるが、掘削等の許可に条件を付することが考えられる。いずれにしても、地盤沈下の特性からみて個々の掘削等の事情に応じた対応は不要と考えられるため、事前に審査基準を定め明らかにしておくことが適当である。

地盤沈下の防止を理由に、温泉の採取の規制を行っている例としては、別紙11「動力装置許可の審査基準(東京都)」の例がある。

第六 その他

温泉資源の保護及び公益侵害のおそれに対する的確な対応を図るため、また、関係者や国民に対し所要の対策等について協力を求めるためには、温泉の湧出量、温度及び水位等のモニタリング並びに温泉に関する多種多様なデータの収集・整理及び解析を推進するとともに、こうしたデータの公表を行うことが極めて重要である。

また、科学的なデータだけでなく、法に関する事務処理事例の体系的な収集及び法学的な面からの議論・研究を推進することが、関係者や国民の温泉行政に対する理解を深めることにつながると考える。

他方、都道府県においてもこれまで以上にデータの収集・整理及び解析や法的議論を進める必要がある。

これらを踏まえ、環境省では平成21年3月に策定した温泉資源の保護に関するガイドラインにおいて示された課題について検討を行った。以下にその検討内容を記載する。

1. 大深度掘削泉について

(1) 大深度掘削泉の資源的特性

大深度掘削泉の定義については、各都道府県の地域の特性や実情により異なっている。ここではおおむね1000m以上の掘削を行っているような掘削源泉に対して大深度掘削泉と定義する。

大深度掘削泉に特化した調査事例はまだ少なく温泉の賦存量に関わる詳細な地質・水理データの情報は少ないが、大深度掘削泉では、掘削後数年で湧出量や泉質等の状況が大きく変化する事例がいくつか報告されている（別紙4参照）。この根本的な原因としては、短期間の揚湯試験や影響調査では、適正揚湯量の判断が正確に行えない場合があり、過剰揚湯となっているケースが多いためである。地層の透水性が低く、停滞性の温泉（化石水等）を採取している場合、水位の安定を得ることが困難な場合もあり、適正揚湯量の判断が難しい特徴がある。

また、大深度掘削泉における揚湯試験（集湯能力調査）及び影響調査については、安定水位を得て影響の確認を行うまでに、大深度掘削泉以外と比較して長期間を要することが多く、また、試験日数も大深度掘削泉以外と比較して長期の日数を要する。なお、採取開始後においても、温泉資源動向把握のためにモニタリングを実施し、その動向に応じて、温泉資源保護に資するよう採取量の調整・管理を行うことが重要であり、必要に応じて当初に設定された揚湯量（採取量）を見直すことも求

められる（別紙8参照）。

（2）大深度掘削泉の採取に伴う地盤環境への影響実態

温泉採取が地盤沈下を引き起こしたとされる事例はほとんどないと考えられる。しかしながら、温泉の採取量は地上に揚水又は揚湯される地下水全体量のうち約1割程度を占めていることに鑑みれば、一部では地盤沈下の原因に温泉が関係する可能性もあると指摘されている。地盤沈下が問題となっている地域では、既に地盤沈下に対する条例等も存在するが、広域で過度な水位低下が発生しないよう温泉も対策が必要とされる場合もある。

（3）大深度掘削泉における揚湯試験（集湯能力調査）

特異な水位変化をきたす場合、段階・連続揚湯試験結果による解析ができない場合は、別紙5「動力装置の際の影響調査実施手法及び揚湯試験実施手法」を参考に試験日数を長くすること、回復試験結果を参照すること、他の規制や基準を活用すること等により総合的に解析することが望ましく、何らかの他の方法で適正揚湯量の検討を行うべきである。調査で明確に判断できない場合には、採取開始後の長期モニタリング結果に基づき、必要に応じて指導を行うことも考えられる。

（4）大深度掘削泉の特性把握等の参考となる科学的資料

大深度掘削泉に関する情報収集は未だ不十分である。地域の大深度掘削泉の特性を捉えるには調査等を実施し、例えば下記のような情報を収集することで、大深度も含めた地域の温泉の賦存量等を把握することが望ましい。

① 地質柱状図、検層図、揚湯試験結果、モニタリングデータ

地質柱状図は作成精度を高める工夫が必要（作成を地質関係技術者に付託すること等）であり、検層図、揚湯試験結果及びモニタリングデータ等各種データは、比較しやすいよう各都道府県において、統一様式を用いる等の整理しやすい形式にして、収集することが重要である。

② その他（必要に応じて行う調査、分析結果等）

温泉の特性を詳細に調べるには下記のような資料も参考となる。

- ・水質変化の時系列データ
- ・同位体分析等による起源水の推定
- ・温泉水の年代測定結果
等

2. 未利用源泉について

(1) 未利用源泉の問題

現在、温泉を利用せずに河川等に放流している場合（未利用放流源泉）が存在する（自然湧出泉は除く）。これは温泉資源保護の観点だけでなく、含有成分、高温等により河川等の水質、生態系等へも影響があると考えられる。加えて、温泉の掘削等許可申請の処分に際して、既存の温泉のゆう出量等に影響を及ぼすか否かを考慮する必要があることから、未利用源泉の存在が都道府県知事の許否の判断の際に考慮する事項となる場合もある。

(2) 未利用源泉における指導の在り方

現在、未利用源泉に対する調査は現状で十分ではなく、その対策等を実施するに当たっては、その実態を把握する必要がある。利用されずに長期間放置されている場合は、温泉資源の保護、河川の水質の汚染防止及び可燃性天然ガス等^(※)による事故の防止等という観点からは、未利用放流源泉は直ちに放流を停止させることが望ましい。また、将来にわたって温泉の採取を行わない場合は、土地掘削者、温泉採取者等に対し埋め戻しを指導することが望ましい。こういった観点からも、都道府県担当者は未利用放流源泉の成分や放流状況を把握しておくことが重要である。なお、未利用源泉の既存源泉としての取扱いに関しては第二3.3-1（3）距離規制の起点となる「既存源泉」と未利用源泉等の関係も参照とすること。

※可燃性天然ガスによる災害を防止するため、温泉採取の事業廃止の届出に関する規定が設けられている（法第14条の8第1項）が、改正法の施行前（平成20年10月1日）に温泉採取の事業廃止をしている場合には、本規定は適用されないため、可燃性天然ガスの噴出のおそれがある場合は指導による安全な埋め戻し等の早急な対処が必要である。

3. 近年の温泉利用形態について

(1) 温泉を用いた発電

環境省では温泉資源の保護を図りながら再生可能エネルギーの導入が促進されるよう、地熱発電の開発のための温泉の掘削等を対象とした「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」を平成24年3月に策定した。これは現在稼働している地熱発電所に相当する規模の地熱発電の一般的な開発段階における考え方を示したものであるが、本項目ではそれよりも小規模な温泉を用いた発電（以下「温泉発電」という）について記載する。

温泉発電は既に湧出している温泉を浴用可能な温度（50℃程度）まで冷ます温度

差のエネルギーを用いて発電を行う場合もあり、このような場合では既存の温泉を活用し、二酸化炭素排出量の少ない発電を天候等に左右されずに発電することが可能となる。

温泉を利用する発電には主に以下の方式がある。

- ・ 蒸気タービン発電（フラッシュ発電）（図 3 A）
- ・ バイナリー発電（図 3 B）

この中でも「バイナリー発電」は、温泉井戸から蒸気が湧出しない、あるいは弱い勢いの蒸気のみが湧出するといった蒸気タービン発電ができない場合に用いられる発電方式である。今後、温泉発電施設は増加する可能性があり、様々な知見が蓄積されていくと考えられる。温泉発電は、浴用利用等と比較して高温かつ多量の温泉を必要とするため、新規掘削による発電の場合や採取量を増加させる等の場合には事前の賦存量の把握などの調査及び発電開始前後のモニタリング等が持続的に利用するために重要となる。地域の特性や実情に沿った温泉資源の保護の観点からも、必要に応じて都道府県は温泉発電に関する知見を収集することが重要である。

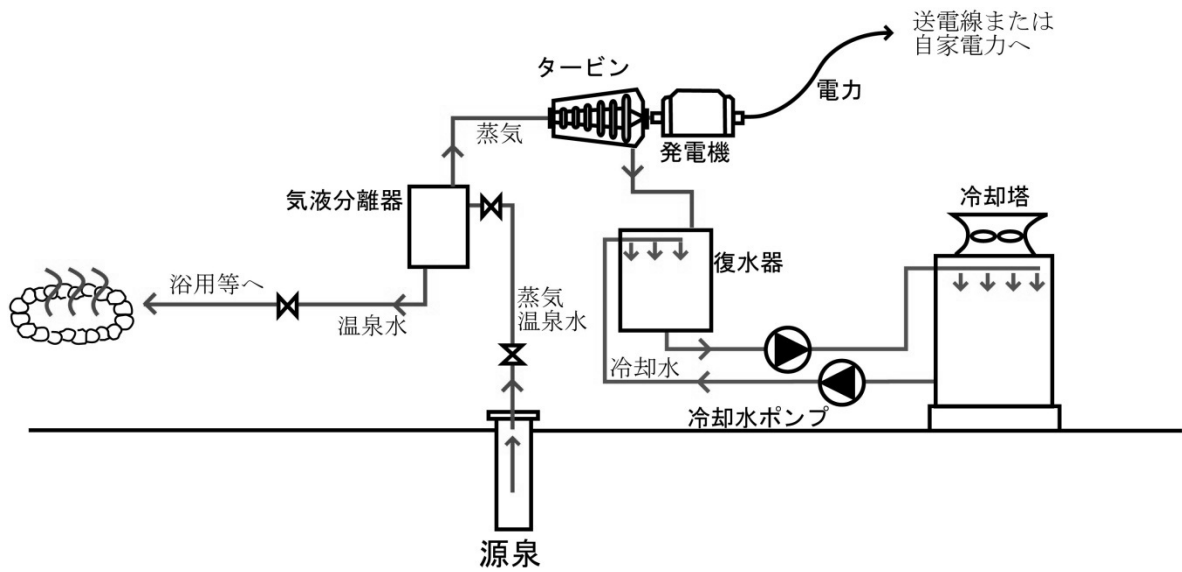


図 3(A) 蒸気タービン発電(復水式)の仕組み (概要)

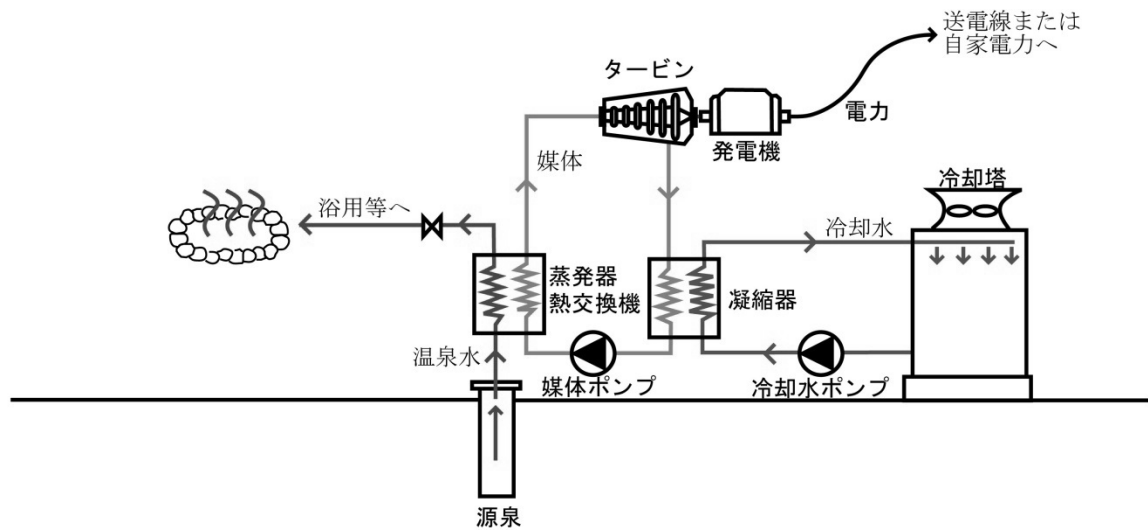


図 3(B) バイナリー発電の仕組み (概要)

Dickson and Fanelli 著 日本地熱学会 I G A 専門部会 訳・編 「地熱エネルギー入門」を参考に作成

備考

・平成 19 年度温泉資源保護ガイドライン検討会委員名簿（50 音順）

池田 茂 東京都環境局自然環境部水環境課長
板寺 一洋 神奈川県温泉地学研究所 主任研究員
嶋田 純 国立大学法人 熊本大学大学院自然科学研究科 教授
高橋 保 財団法人 中央温泉研究所 副所長
〈座長〉田中 正 国立大学法人 筑波大学大学院生命環境科学研究科 教授
原田 純孝 国立大学法人 東京大学社会科学研究所 教授
船田 一夫 群馬県健康福祉局薬務課長

（役職は平成 19 年度当時のもの）

・平成 25 年度温泉資源保護ガイドライン検討会委員名簿（50 音順）

秋田 藤夫 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構環境・地質研究
本部企画調整部長
阿部 雅弘 秋田県生活環境部自然保護課長
板寺 一洋 神奈川県温泉地学研究所 主任研究員
交告 尚史 国立大学法人 東京大学大学院法学政治学研究科 教授
須野原 修 群馬県健康福祉部薬務課長
〈座長〉田中 正 国立大学法人 筑波大学名誉教授
由佐 悠紀 国立大学法人 京都大学名誉教授

（役職は平成 25 年度時のもの）

・参考文献

石川理夫（2007）温泉資源保護をめぐる各都道府県の現状と取り組み，温泉地域研究，第 8 号。

環境省（2000）平成 12 年度 温泉の大深度掘さくの基準作成等検討調査，委託先：日本温泉協会。

水収支研究グループ編（1973）地下水資源学－広域地下水開発と保全の科学，共立出版。

水収支研究グループ編（1993）地下水資源・環境論－その理論と実践，共立出版。

農業農村整備事業計画研究会編（2003）農業農村整備事業計画作成便覧，地球社。

山本荘毅（1962）揚水試験と井戸管理，昭晃堂。

山本荘毅（1983）新版 地下水調査法，古今書院。

平成 25 年版「日本の水資源について」，国土交通省水管理・国土保全局水資源部。

改訂地下水ハンドブック編集委員会編（1998）改訂地下水ハンドブック，建設産業調査会.

山本荘毅責任編集（1986），地下水学用語辞典，古今書院.

大里和己（2012）温泉発電，第 52 回温泉保護・管理研修会テキスト，p8-1～p8-40.

Mary H. Dickson, Mario Fanelli 著 日本地熱学会 IGA 専門部会 訳・編(2008)
地熱エネルギー入門【第 2 版】.

<http://grsj.gr.jp/iga/bukai-files/what-is-geothermal-j-2008.pdf>

距離規制の妥当性について検証するための事例

ここでは、過去に枯渇化現象が生じた3つの温泉地を取り上げ、どのような源泉間の距離でなら枯渇化現象が生じないかを探ることとする。

なお、ここで考える源泉分布域とは、温泉を集水する地域としての性格を考慮していることから、主要な源泉を真円で包含させることができる面積として考えた。また、源泉の温泉湧出能力は地域毎、源泉毎で変化に富むことから、その温泉地内にある源泉数から適正な源泉距離を考察するのではなく、その温泉地からどれほどの温泉を採取していたのかを検証し、これを1源泉当たり湧出量の全国平均である100L/分で除すことでその地域内の源泉数に換算。その数値から1源泉が必要とする面積を算出し、また、その数値から源泉間距離を逆算した。

その検討結果を以下に示す。

(1) A温泉

枯渇化現象の状況	<p>A温泉は、当初は自噴利用が中心であったのが、昭和31年以降、動力揚湯が行われ始め、昭和33年2月には自噴利用から揚湯利用への変更を迫認し、昭和36年10月の審議内規の改正では動力揚湯を正式に認めるに至った。これに伴い、湧出量が増加し、枯渇化現象が出現し始めた。具体的な状況は以下の通りである。</p> <p>昭和29年当時のA温泉は利用源泉数が63で、自然水位は0～-1.0m、揚湯水位は-0.10～-3.0m、1井当りの平均湧出量は14.91L/分、全湧出量は約940L/分（日量1353m³）であって、自然湧出量の範囲内で需要に答えてきた。</p> <p>ところが、昭和33年4月の役場の調査によると、総湧出量（1556m³/日）は昭和31（1956）年4月以降、18%の増加を示した。</p> <p>昭和34年には利用源泉数が68と微増し、総湧出量は昭和29年時の940L/分から1,345L/分へと43%増加した。</p> <p>さらに昭和39年の調査時に、利用源泉数が63に減ったものの、総湧出量は1,424L/分（51.5%増加）に増加している。その結果、揚湯水位は-0.1～-3.0mから-4.7～-9.02mへと低下し、周辺あるいは上部から地下水の浸入を招来し、孔底温度と泉温の低下、溶存分量の減少となって現れてきた。</p> <p>以上のような経緯から、A温泉が洪積層の温泉層（第2次温泉源）から採湯している限り、昭和29年時の湧出量（約940L/分）にもどらなければ、過剰揚湯といわざるを得ない状況であることが指摘された。</p>
現在の状況	<p>平成17年当時のA温泉の利用源泉数は44に減り、総湧出量は1,100L/分台に減じ、平均温度は37.3℃から40.5℃へと回復している。温泉水位は昭和39年当時より若干低下している傾向があるものの、目立った低下ではなく、</p>

	昭和 39 年当時よりも健全化（回復）しているといえる。しかし、昭和 29 年時に比較すれば、平均温度は未だ低く、温泉水位も最大 10m 近く低下しているので、A 温泉の適正湧出量は昭和 29 年時の 940L/分程度として、大きな間違いはないものと思われる。
源泉分布面積	1.400km ²
源泉密度と源泉間距離	A 温泉における昭和 29 年当時の温泉湧出量 100L/分当たりの面積は 0.149km ² となり、その状態での源泉間距離は 413m となる（表 1 参照）。

(2) B 温泉

枯渇現象の状況	B 温泉は、大正末期頃までは自然湧出あるいは掘削自噴の状態が続いていた。戦後の高度成長期に入ると、多数の人が競うように新規の掘削を行い、揚湯を行うようになった。昭和 52 年当時で合計 137 もの源泉が所在した。その結果、温泉水位は急激に低下し、昭和 26 年当時には地表面下 20m 位であったものが、35 年頃には 100m（利用源泉数は 65、総湧出量は約 2,600L/分）になり、50 年頃には 200m（利用源泉数は 95、総湧出量は約 3,300L/分）にまで低下した。これにより、昭和 35 年には 1 井当たり 7.94 馬力で足りていた動力が、昭和 50 年には 15.78 馬力もの動力が必要となり、1 馬力当たりで揚湯できる量は逆に減少する事態となった。なお、昭和 38 年以降、平均温度の低下はほとんどない（おおむね 58℃程度）。
現在の状況	昭和 53 年から集中管理による給湯が行われている。これにより、稼働源泉数は 55→53 に減じ、総湧出量も約 2500L/分程度まで減少させた。その結果、昭和 56 年には温泉水位は地表面下 140m 台にまで回復している。
源泉分布面積	4.400km ²
源泉密度と源泉間距離	昭和 53 年の集中管理以後の湧出量 100L/分当たりの面積は 0.176km ² で、その状態での源泉間距離は 449m となる（表 1 参照）。

(3) C 温泉

枯渇現象の状況	C 温泉は、明治 31 年の記録では源泉数は 20、昭和 10 年代までは自然湧出泉や掘削自噴泉が存在し、昭和 21 年までは自然湧出泉と小規模揚湯泉とが共存した。しかし、昭和 22 年以降乱掘・増掘競争が始まり、昭和 25 年には自噴泉が姿を消した。 これまでの温泉湧出量や温度、温泉水位の変化状況は以下のとおりである。																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>年</th> <th>源泉数</th> <th>平均温度</th> <th>温泉採取量</th> <th>温泉水位（標高）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>昭和 15 年</td> <td>16</td> <td>66.0℃</td> <td>約 540L/分</td> <td>約 90m</td> </tr> <tr> <td>昭和 30 年</td> <td>30</td> <td>60.9℃</td> <td>約 1,280L/分</td> <td>約 70m</td> </tr> <tr> <td>昭和 35 年</td> <td>45</td> <td>58.2℃</td> <td>約 2,260L/分</td> <td>約 30m</td> </tr> <tr> <td>昭和 44 年</td> <td>58</td> <td>53.7℃</td> <td>約 2,000L/分</td> <td>約 14m</td> </tr> <tr> <td>昭和 50 年</td> <td>54</td> <td>54.0℃</td> <td>約 1,700L/分</td> <td>約 18m</td> </tr> </tbody> </table>	年	源泉数	平均温度	温泉採取量	温泉水位（標高）	昭和 15 年	16	66.0℃	約 540L/分	約 90m	昭和 30 年	30	60.9℃	約 1,280L/分	約 70m	昭和 35 年	45	58.2℃	約 2,260L/分	約 30m	昭和 44 年	58	53.7℃	約 2,000L/分	約 14m	昭和 50 年	54	54.0℃	約 1,700L/分	約 18m
年	源泉数	平均温度	温泉採取量	温泉水位（標高）																											
昭和 15 年	16	66.0℃	約 540L/分	約 90m																											
昭和 30 年	30	60.9℃	約 1,280L/分	約 70m																											
昭和 35 年	45	58.2℃	約 2,260L/分	約 30m																											
昭和 44 年	58	53.7℃	約 2,000L/分	約 14m																											
昭和 50 年	54	54.0℃	約 1,700L/分	約 18m																											

現在の状況	昭和 56 年から集中管理による給湯が行われ、それまでと比較して総湧出量は約 1,800L/分でありあまり変わらないものの、稼働源泉数は 34 に減じた。その結果、昭和 57 年には温度は 60.8℃に、温泉水位は海拔 80m 程度に回復した。稼働源泉数の減少にはその後も努力し、平成年代に入ると 22~24 井となっている。この間の総湧出量は 1,700~1,900L/分の範囲で推移し、温泉水位も海拔 70m 程度で安定している。
源泉分布面積	2.030km ²
枯渇現象発生時の源泉の密度	枯渇化の進行を止めることができた集中管理以後の湧出量 100L/分当たりの面積は 0.119km ² で、その状態での源泉間距離は 369m となる（表 1 参照）。

以上のとおり、現状（資源保護のための対策実施後）又は枯渇化現象発生前の温泉採取量から、1 源泉当たりの所要面積を計算すると 0.119~0.176 k m²となる。これが温泉資源の枯渇化現象を抑えるために必要な源泉密度となり、この密度の源泉を均等に配置するために必要な源泉間の距離は 369~449m となる。

（参考）

最も高い密度で源泉を配置した場合の 1 源泉あたりの所要面積

($0.866 \alpha^2 \text{ k m}^2$ ($=\sqrt{3}/2 \alpha^2 \text{ k m}^2$)) の考え方

距離規制の距離を $\alpha \text{ km}$ とした場合、最も高い密度で源泉を配置する方法は、一辺 $\alpha \text{ km}$ の正三角形の各頂点に源泉がある形である。それら正三角形の集合体からなる平面を源泉を中心とする四角形でモザイク状に剥ぎ取ると仮定すると、四角形は (α) と ($\sqrt{3}/2 \alpha$) を 2 辺とする長方形となる。ただし、長方形を用いたのは、区域内の空間を隙間なく均等に見積もるためであり、水文学的な考えを反映したものではない。

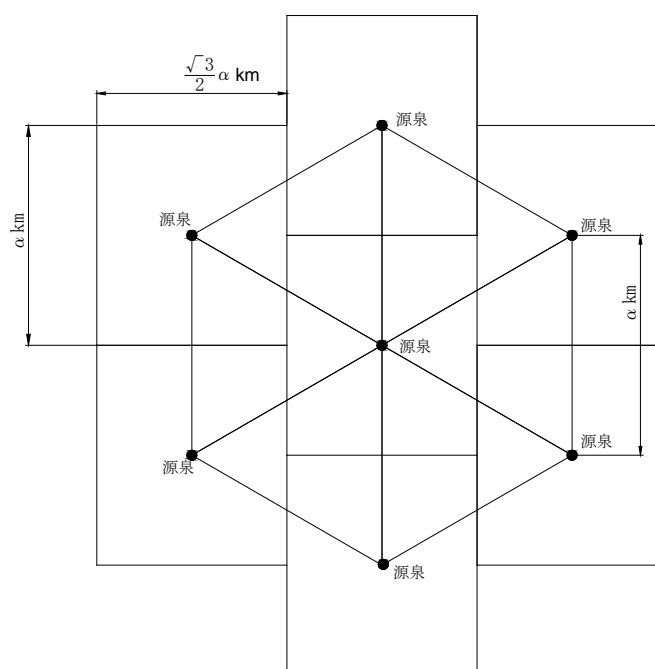


表 1 源泉分布面積と 100L/分当たり所要面積、源泉間距離

	A 温泉	B 温泉	C 温泉
①源泉分布面積 (km ²)	1.400	4.400	2.030
②合計温泉湧出量 (L/分)	940	2500	1700
③1 源泉 (100L/分) 当たりの所要面積 (km ²)	0.149	0.176	0.119
④上記に必要な源泉間距離 (=1.07√③, m)	413	449	369

距離規制の距離を α k mとした場合、最も高い密度で源泉を配置する方法は、一辺 α k mの正三角形の各頂点に源泉がある形である。その場合の1源泉当たりの面積は、 $0.866\alpha^2$ k m² ($=\sqrt{3}/2\alpha^2$ k m²) となる。逆に、1源泉当たりの面積として β k m² を確保するためには、各源泉の間に $1.07\sqrt{\beta}$ k m以上の距離を取れば十分となる。

熱収支について

熱収支の考えは、温泉を採取することで地下から奪われる熱量と、地球内部からの熱伝導で獲得できる熱量とを比較し、両者が釣り合うことで熱量的な均衡を取ることができる面積を検討したものである。

計算条件として、温泉の温度は 45℃、当該地域の気温は 15℃とし、1 源泉当たりの湧出量の全国平均である 100L/分 (≒100,000g/min) を採取したとすると、地下から採取する熱量 (Q_s とする) は以下の通りとなる。

$$Q_s = ((45 [^{\circ}\text{C}] - 15 [^{\circ}\text{C}]) \times 100000 [\text{g}/\text{min}]) / 60$$

$$= 50,000 \text{cal}/\text{sec}$$

一方、地球内部から熱伝導によって運ばれる熱量は、地殻熱流量^(※) と呼ばれる。日本における地殻熱流量は様々な文献等で公表・紹介されているが、ここでは地質調査所 (1980) による「日本温泉放熱量分布図」にコンターマップとして表現されているので、参照とされたい。

※地殻熱流量 (Q : cal/cm²·sec) とは、地球内部から地表に向かう熱の流れの量を意味する。地表付近ではほとんどの熱伝導で運ばれていると考えられるので、ある場所で地温勾配 (dT/dZ、T : 温度、Z : 深さ) と熱伝導率 K を測定することで、熱流量は次式により求められる。

$$Q = K \cdot (dT/dZ)$$

(新版地学事典 : 1996 による)

なお、1cal は常用的には 1g (≒1mL) の水の温度を 1℃上げるのに必要な熱量を指す。

これによると、我が国の非火山地域における地殻熱流量は 0.5~1.5HFU (1 HFU は $1 \times 10^{-6} \text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$) の範囲にある。仮に、上記の温泉採取地点の地殻熱流量が 1.0HFU の地域であるとする、そこで獲得できる熱量 (Q_e とする) は $1 \times 10^{-6} \text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ であり、1km² 当たり換算すると 10,000cal/km²·sec となる。したがって、上記の温泉採取によって奪われる熱量 (Q_s) を、熱伝導によって運ばれる熱量 (Q_e) で補填するには、Q_s/Q_e=5km² の面積が必要となる。これは半径 1.26km の円に相当する。

同様の計算を、いくつかの HFU 値に対応して試算した結果を表 1 に示しておく。

表 1 熱収支による集水必要面積試算例

地殻熱流量	HFU	0.5	1	1.5	2
同上（単位換算）	cal/cm ² ・sec	0.0000005	0.000001	0.0000015	0.000002
同上（1km ² 当たり）	cal/km ² ・sec	5,000	10,000	15,000	20,000
必要面積	km ²	10	5	3.33	2.50
半径	km	1.78	1.26	1.03	0.89

注:温泉の温度は45℃、当該地域の気温は15℃とし、湧出量は100L/分(=100,000g/min)としたので、温泉の熱量は50,000cal/secとなる。

経年的な水位低下について

以下の報告から、箱根カルデラと湯河原カルデラでは、1950年代後半から70年台にかけて著しい水位・温度・成分の低下が生じていたと考えられる。大山(1984^{(*)1}、1985^{(*)2})は、両カルデラにおける水がそれぞれ閉じた循環系を形成しているとみなし、当時の温泉総採取量と降水量の比を、箱根で2.3%、湯河原で5.5%と見積もっている。同報告によれば、カルデラへの平均降水量は箱根で2,830mm(108km²)、湯河原で2,200mm(30km²)である。一方、1979年度の温泉総湧出量は箱根で約27,000L/分、湯河原で約7,000L/分(いずれも神奈川県統計資料による)であり、温泉湧出量が降水量に占める割合は、箱根で4.6%、湯河原で5.5%となる。

*1: 大山正雄・広田 茂・迫 茂樹・栗屋 徹、1984: 湯河原の水位(1982年)、神奈川県温泉地学研究所報告、第15巻、第5号、183-191

*2: 大山正雄・平野富雄・大木靖衛、1985: 箱根の地下水とその利用、神奈川県衛生部

1. 湯河原温泉

- ① 大山・大木(1974) 湯河原温泉の水位の変遷、神奈川県温泉研究所報告、第6巻、第1号、31-46.

湯河原温泉の沿革を整理するとともに、1900年代初頭から1970年代までの、源泉総数、総湧出量の推移と、静水位の低下についてまとめている。湯河原温泉の開発が顕著だったのは1935~40年頃と、1950年以降の2時期であった。1935年頃の開発により、それまで自噴していた掘抜井戸が動力揚湯への切替えを余儀なくされる事態が発生したが、特に急激な水位低下が始まったのは1950年以降であり、総湧出量は1958年の5,400L/分(利用源泉数67)から、1978年の7,000L/分(利用源泉数103)まで増加している。これに伴う温泉井の水位低下は、1960年までは、温泉の揚湯が集中している地域を中心に水位低下が顕著であったが、その後も続いた温泉の掘削・利用の増加により、水位の低下範囲は湯河原温泉全体に拡大していった。1957年と1972年とで比較すると、水位低下の最大量は中心部で70m以上、周辺部でも40m程度であった。以上の結果から、湯河原温泉の総湧出量は、著しい水位低下が起きる前の毎分4,500~5,000L/分程度が適当であるとしている。

- ② 平野・栗屋・大山・大木(1976) 湯河原温泉の地下水位低下と温泉の冷地下水化 — こそめ橋周辺の古い源泉の場合 —、神奈川県温泉研究所報告、第7巻、第2号、53-68.

湯河原温泉の中心部(こそめ橋周辺)で古くから利用されている源泉について、井戸の深さ、温泉温度と湧出量、化学組成の推移や揚湯装置の変遷について検討

した。各源泉とも、水位の低下にともない、揚湯装置の設置、増掘、揚湯能力の強化といった経過をたどることで源泉の維持に努めてきているが、1960年以降は、水位・温度の低下だけでなく、溶存成分の減少、成分比率(Cl/SO₄比)の変化が観測されるなど、温泉の冷地下水化(浅層地下水の混入割合増加)が進行していることが明らかになった。

2. 箱根温泉

③大山・伊東・大木(1985) 箱根温泉の温度と湧出量の観測 昭和57-58年、神奈川県温泉地学研究所報告、第16巻、第5号、41-52.

箱根を代表する湯本・塔ノ沢、蛇骨、姥子、芦ノ湯の各温泉地で、温度・湧出量の連続観測を行った結果について検討した。このうち、湯本・塔ノ沢地域では、地域の総温泉湧出量の約8%を湧出する竪穴湧泉において、1958年から1970年にかけて泉温の低下が著しかった。また、蛇骨湧泉では、箱根の火山活動活発化の影響による温度上昇が観測されたものの、1968年以降、湧出量の減少傾向が続いていた。

④大山・久保寺・小鷹・伊東・迫(1985) 箱根火山中央火口丘東麓の温泉水位、神奈川県温泉地学研究所報告、第16巻、第5号、53-62.

箱根中央地区で1978(昭和53)年から行っている観測井の水位観測結果と、過去の水位の記録のある温泉井のデータについて検討し、1960年から1980年にかけての温泉水位の低下速度を、箱根中央部で0.3~0.5m/年、山麓周辺で0.8~1.0m/年、基盤岩中で0.7~0.8m/年と見積もった。

⑤平野・広田・小鷹・栗屋・大木(1976) 箱根塔ノ沢温泉の温度と化学成分、神奈川県温泉研究所報告、第7巻、第2号、85-92.

⑥平野・広田・大木(1977) 箱根湯本、下茶屋地区の温泉の湧出量と溶存成分の減少について、神奈川県温泉研究所報告、第8巻、第2号、51-66.

湯本・塔ノ沢温泉では、温泉総湧出量が、1953年の毎分2,810Lから、1983年には、その2倍以上にあたる6,023L/分に増加したのにもない、自然湧泉の枯渇、温泉の水位、温度、湧出量、溶存成分の低下が進行していることを報告している。

温泉採取制限事例

本地域では、掘削当初は大量に自噴する温泉が多くあった。しかし、源泉数及びそれに伴う温泉採取量の増加と共に水位(圧力)が低下し動力揚湯泉が多くなり、資源が急速に衰退していった。そのため、行政により資源動向調査と、モニタリングが行われ、現在は地域の温泉採取量を制限することで水位低下傾向を抑えることに成功している。なお、資源動向調査とモニタリングについては現在も実施されている。

1. 温泉資源動向

本地域の地下構造は平野が1つの大きな構造的な堆積盆を形成しており、層状に貯留された温泉である。浴用以外にもハウス暖房等の農業利用も行われている。

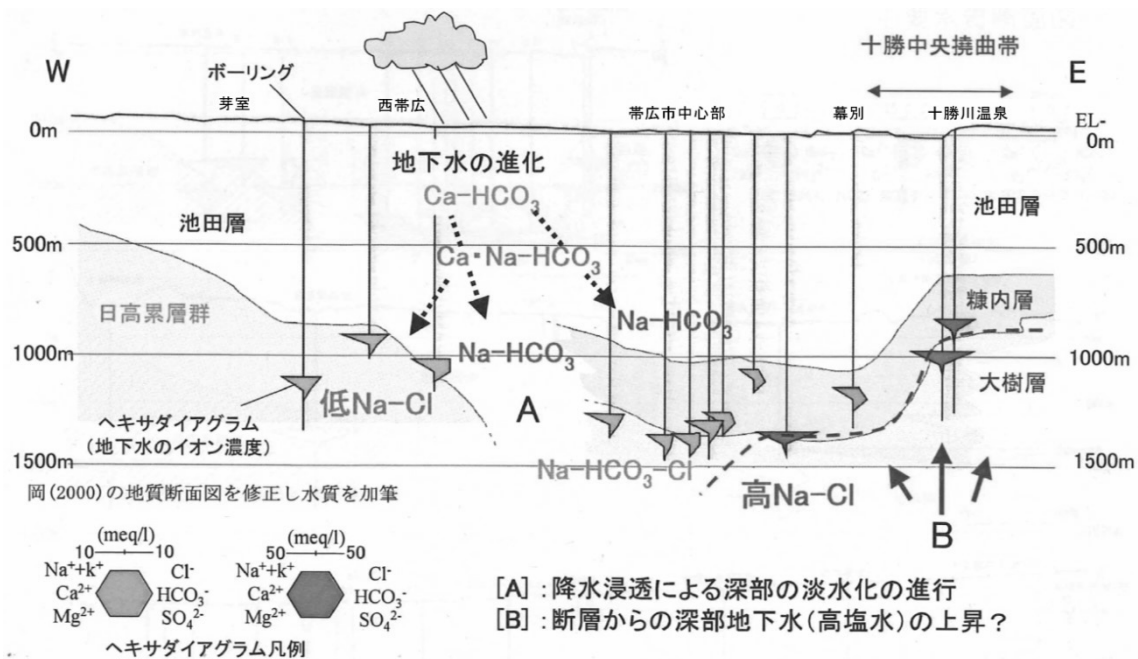


図1 十勝平野の温泉賦存状況 (宮川・馬原, 2005)

帯広市周辺では1960年～1973年にかけて、深度300～600m級のボーリングによる温泉開発が始まった。1974年と1976年には掘削深度850mと935mの掘削が行われ、湧出量600～800L/分、40℃弱の温度で自噴が確認された。これが帯広市付近での本格的な温泉開発の先駆けである。その後は開発ラッシュとなり、

1984年には掘削深度が1617mに達した。温泉の開発は1981年までの開発開始時期、1982～1986年の開発ラッシュ時期、1987～2004年の温泉保護時期、2005年以降の採取制限時期に区分される。1994年時における源泉総数は帯広市内で31源泉、周辺地域で32源泉となっている。温泉開発は1982年～1986年の5年間に集中している（図2参照）。

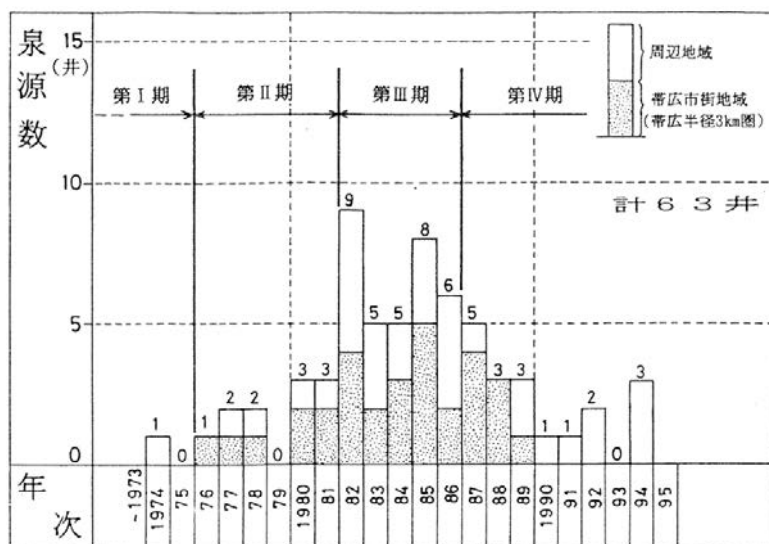


図2 掘削深度800m以上の源泉数の推移

水位変動に関しては長期に渡る詳細な水位モニタリングデータが存在し、温泉地総採取量と水位の関係は図3に示される。

帯広市内地域の総湧出量は、1982年に4056L/分であった。その後は増加し、1984年には9156L/分のピークに達したが、それ以降は、動力泉数が増えるとともに湧出量は減少傾向となる。1992年以降はほぼ6000L/分前後で横ばい状態となっている。現在では自噴源泉数とその湧出量は少なくなりほとんどの源泉が動力による揚湯を行っている。

自然水位分布は、1980年代に著しい低下を示している。各観測源泉では、1987年以後の保護地域設定が行われるまでにおおよそ20m以上にも及ぶ著しい低下が認められる。その後の1990年代に入ってから、保護地域・準保護地域指定により一時的に水位の低下傾向が緩やかとなるも1990年代後半からは保護地域（帯広市）周辺での掘削が増加したため再び低下傾向を示すこととなる。近年は、準保護地域の拡大とともに、保護地域は1源泉あたりの揚湯量を最大150L/分、準保護地域は300L/分に制限したことによる効果で徐々に低下速度が緩やかとなっている。

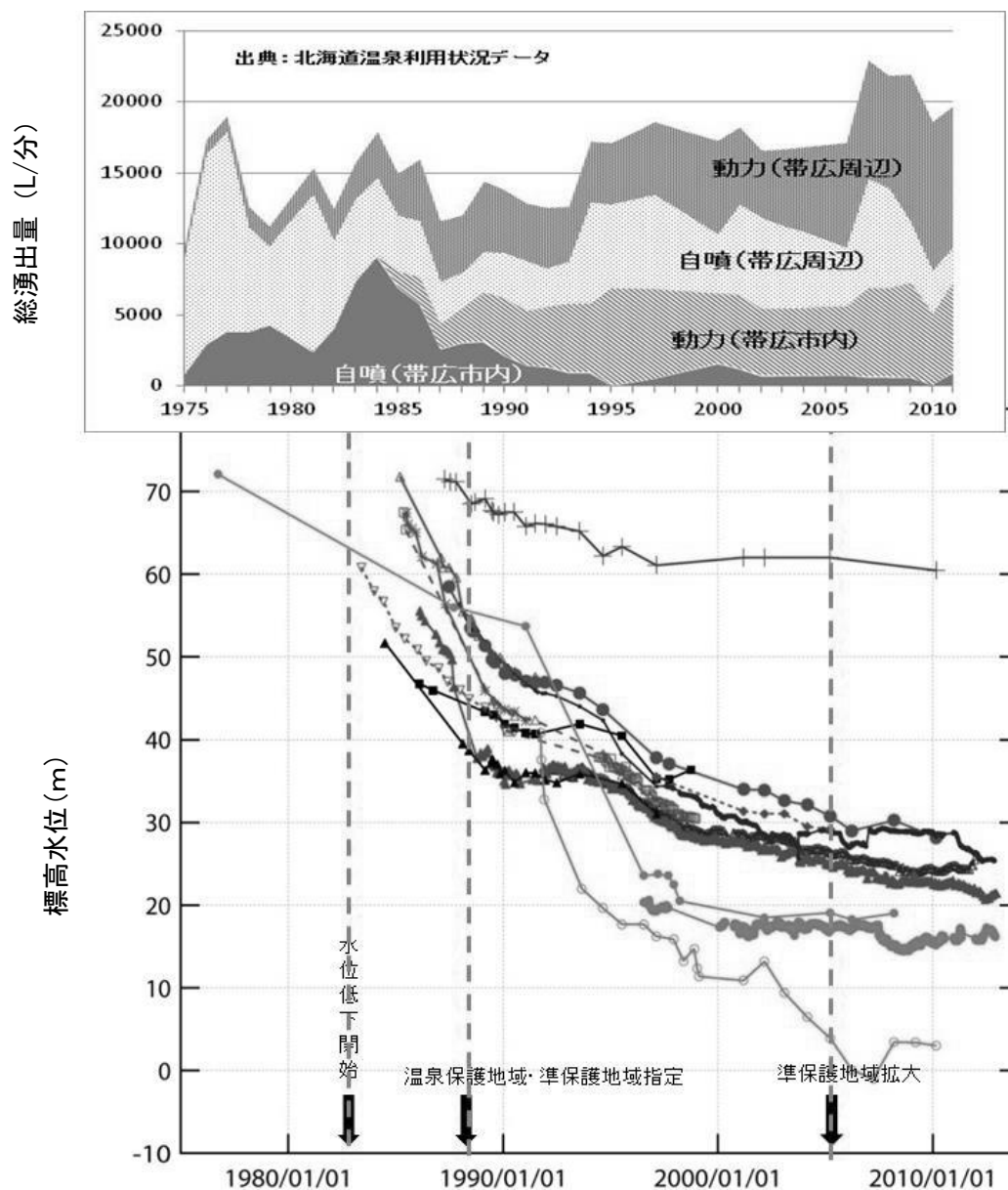


図3 帯広市及び周辺地域の温泉水位と総採取量の経年変化

2. 当地域における温泉賦存状況とこれまでの行政対応

温泉の量的評価を行う場合、温泉胚胎層に流入する量と流出する量のバランスを考える必要がある。バランスが崩れると地下水位の変動となって現れ、各源泉間の相互干渉などを発生させる原因となる。

道は、1985年以降地域の温泉資源が衰退を示したことから、源泉群全体が互いに影響しあう相互干渉状態を示すものと判断した。1986年12月より帯広市街地域について、温泉保護対策を実施し、引き続き監視を強めるとともに水位観

測等のモニタリングを開始した。1988年12月からは帯広市街地域を保護地域（原則として、新規掘削を禁止等）、隣接する西帯広地域については、準保護地域の措置（制限距離500m内は原則として新規掘削を禁止等）がとられている。

その結果、水位については帯広市街では、1983、1984年に年間5mの低下を記録した後は、徐々に緩やかな低下傾向となり1988年には同2m、1991～1994年には同0.5m程度でほぼ横ばい状態となり、保護対策の効果が現れている。その後も、周辺部での開発により、水位低下傾向が続いたため、2005年5月に準保護地域（音更町、幕別町の一部）を拡大するとともに、揚湯量の制限も実施した。

ただし、現在でも水位低下は続いており、安定した状態には見えない。したがって、当地域の温泉採取量は涵養存量よりも上回っていると考えられる。

昭和 51(1976)年 十勝川温泉温泉保護地域指定

昭和 63(1988)年 帯広市中心部保護地域
西帯広準保護地域指定

平成 17(2005)年 音更町、幕別町準保護地域指定



図4 保護地域の設定区域

3. 引用文献

北海道立地下資源調査所（1995）地質資源調査所ニュース 北海道立地下資源調査所広報誌，vol. 11，No4.

宮川公雄・馬原保典(2005)：地下水流動における断層破碎帯影響評価手法－地下水化学的調査の適用と系統的評価手段の提案－．電力中央研究所報告，No4039，26p.

表1 帯広市を中心とした温泉開発の変遷と資源動向及び行政対応

年代	開発動向	資源状況	資源動向モニタリングの取り組み	行政の取り組み
～1975年	1970年頃から1000m位浅の開発が行われる。	～40℃の温泉が大量自噴（毎分数千リットル規模）	開発当初から現在まで、地下資源調査所（現地質研究所）は資源状況のモニタリングを様々な形で継続	
1976～1981年	帯広市内で本格的な温泉開発が始まり、計11源泉が掘削される。	開発深度1000m前後で40～48℃の温泉が大量自噴（毎分数千リットル規模）		1980年頃から地元自治体等で深層熱水への関心が高まり、調査掘削等が行われる。
1982～1986年	帯広市内及び周辺地域での開発ラッシュ。計33源泉の掘削が行われる。	開発深度は最深1600mに達するようになり、掘削当初は大量に自噴する。最高温度は58℃を示した。その後、自噴量は徐々に減少し、既存源泉は徐々に水位低下した。	1986年5月、1源泉で水位観測を開始	1982年頃から帯広市内での水位低下・資源枯渇問題について道衛生部・温泉審議会での検討を開始。1986年12月より、市内中心部半径3km圏について準保護地域に指定する。
1987～2003年	1988年の保護対策施行後は開発地域が保護地域・準保護地域に隣接する場所で活発に開発が行われるようになった。1996年までに11源泉の開発が行われた。	自噴源泉の自噴量は減少し動力揚湯への切り替え、水位低下が継続する。保護対策施行後、一時的に水位低下の鈍化傾向が現れたが1996年頃から再び水位低下率が大きくなる。	1987年10月、1源泉で水位測定開始。1987年12月衛生部、温泉保護対策調査開始（薬務課・帯広保健所、地下資源調査所共同）、1988年10月以後、市で2源泉水位測定開始、以降2源泉でも水位の測定が始まる。1992年6月には地下資源調査所、1源泉で水位測定を開始する。	1987年7月、市の温泉保護対策懇話会発足、1988年12月より市中心部を保護地域指定、隣接する西帯広地域について準保護地域指定が行われる。
2004年～	2004年以降は、準保護地域で若干掘削されているが、源泉総数はほとんど増加していない。	化石燃料価格の高騰等により、温泉熱利用が積極的に行われている地区もあり、汲み上げ量は減っていないようである。	現在のモニタリング体制、道保健福祉部が中心となり、毎年1～2回、湧出量、泉温、水位等の現地調査を実施している。連続モニタリングに関しては、温泉水位観測4箇所、泉温は3箇所、他地下水井3箇所で水位観測も行われている。	2005年5月より準保護地域が拡大、保護地域は1源泉当たりの揚湯量を最大150L/分、準保護地域は300L/分に制限する。

動力装置の際の影響調査実施手法及び揚湯試験実施手法

I 影響調査

1. 観測源泉の選定

動力の装置が「温泉のゆう出量、温度又は成分に影響を及ぼす」か否かを判断するため、動力を装置しようとする源泉（以下「対象源泉」）の周辺の既存源泉を「観測源泉」として捉え、当該観測源泉における影響の程度を調査する。

観測源泉の選定に当たっては、対象源泉からの距離、温泉採取深度、地質の構造、泉質の類似性等を考慮した上での位置関係、予測される影響範囲、測定の実易度等を考慮して、抽出することが適当である。なお、観測源泉数については、地域の特性や予想される影響の範囲を考慮し、設定すべきと考える。

2. 測定項目

2-1 観測源泉

源泉間の影響関係でもっとも鋭敏に反応するのは水位（自噴の場合には湧出量と孔口圧力（静止水頭））であり、温泉の温度や成分等への影響は、一般的に上記の項目に次いで変化が現れる項目である。

このため、影響調査で必須の測定項目は、水位（自噴では孔口圧力）、湧出量、次いで温度である。温泉法に基づく温泉成分分析は状況に応じて適宜測定すべき項目となるが、観測源泉の温度や成分濃度の変化が問題となることが予測される場合は、重要な成分項目を把握することが必要となる。なお、主要な成分分析のほかに、電気伝導率の測定が簡易的な状況把握の方法として挙げられる。

2-2 対象源泉

対象源泉においても、観測源泉との影響関係を検討するために、原則として観測源泉と同一の項目を測定する必要がある。

3. 測定に使用する機器

測定に使用する機器は例として以下のような機器があり、現場の状況に応じて、自動記録方式、機器の指示値の読み取り、現地測定を組み合わせた測定態勢を取ること

になる。電気伝導率は携帯型測定器を用いて測定することが可能である。

なお、観測源泉において、これらの機器の設置ができない場合、あるいは複数の項目が測定困難な場合は、測定可能な項目をもって影響の有無を判断せざるをえない。しかし、水位、湧出量がともに測定できない場合は、観測源泉としては不向きであるので別の周辺源泉を観測源泉とする等の対応も考えられる。なお、他に測定に適した源泉が存在しない場合は、単一井（対象源泉のみ）による影響調査を行うことも考えられる。

3-1 機器による測定

測定項目	主な機種等	規格
水位	圧力式等	±0.1% FS（フルスケール）程度
湧出量	電磁式等	±2%指示値
孔口圧力	圧力発信器等	測定精度±1% FS
温度	測温抵抗体等	分解能 0.1℃
記録方式	アナログ記録、デジタル記録、表示値の読み取り等	連続記録、定時での記録

3-2 観測員による定時測定

測定項目	主な機種等	測定
水位	触針式（ロープ式）等	1cm 単位以下で読み取り
湧出量	容積法、ノッチ法等	L/分単位で有効数字三桁程度
孔口圧力	ブルドン管式等（測定精度±1.6% FS 程度）	機器の指示値
温度	デジタル温度計等（分解能 0.1℃）と標準温度計の併用	0.1℃単位で現地測定
記録方式	—	現地測定・記録

4. 影響調査の実施期間

影響調査に当たっては、対象源泉を揚湯しない状態での測定（事前調査）、対象源泉を揚湯した状態での測定（本調査）、対象源泉の揚湯を停止した後の状態での測定（事後調査）の3つの期間を設定する。以下に実施期間の目処を記すが、温泉の採取層の特性や実情（距離、地質の構造、採取深度等）により、必要とされる日数は、大きく変わること留意し、影響による変動が継続し安定しない等、影響の程度を把握することが困難な場合は、調査期間を延長する、もしくは対象源泉の採取量を変更する等の対応が必要とされる。

4-1 事前調査

観測源泉の通常期（対象源泉による揚湯が行われていない状態）の湧出状況を把握するためのものである。測定に必要とする期間は源泉の特性によるが、変動が少なく安定している源泉であれば3日間程度を目処とする。変動が大きい場合には、調査前の状況を詳細に把握するために、より長い期間を要することに留意する。この調査期間の測定内容は以下の通りとする（重要な項目から順に記す）。

a) 対象源泉での測定

水位（静水位）

b) 観測源泉での測定

揚湯の場合：水位（静水位、動水位）、湧出量、温度、
その他（電気伝導率、重要な成分項目の分析等）
自噴の場合：孔口圧力（静止水頭）、湧出量、温度、
その他（電気伝導率、重要な成分項目の分析等）

4-2 本調査（1段階で1日程度、5段階を目処）

観測源泉において、対象源泉の湧出量に応じた影響の有無とその程度を確認するため、対象源泉の湧出量を段階的に増やす方式を推奨する。湧出量の設定は、動力揚湯の場合、下限は使用するポンプで制限可能な最小揚湯量、上限は採取制限量が定められている場合には許可制限量、もしくは対象源泉の適正揚湯量又は計画採取量とし、5段階程度に区分する。1段階の揚湯期間は1日程度を目安とするが、最終的な影響の程度の確認が重要となるので状況により調整する。この間での揚湯時間（例えば、終日運転か昼間のみの運転か等）については、温泉の採取状況等を勘案して決定する。

対象源泉の5段階以上の揚湯量の設定が困難な場合は、状況に応じて段階を設定することとし、調査期間はその段階設定に対応することになる。

なお、この調査期間の測定内容は以下の通りとする（対象源泉・観測源泉ともに共通であり、重要な項目から順に記す）。

- ・水位（自噴の場合は孔口圧力（静止水頭））
- ・湧出量
- ・温度
- ・その他（電気伝導率、重要な成分項目の分析等）

4-3 事後調査

影響調査時に出現した変動が対象源泉によるものか否か（影響要因となるか否か）を再確認するものであり、対象源泉揚湯停止後の変動を測定する。測定に必要とする期間は源泉の特性により異なるが、本調査の結果を目処に判断する（3日間程度を目処）。本調査時に明確な変動がなければ、事後調査の実施は省略することもできる。この調査期間の測定内容は以下のとおりとする（重要な項目から順に記す）。

a) 対象源泉での測定

水位（静水位）

b) 観測源泉での測定

揚湯の場合：水位（静水位、動水位）、湧出量、温度、その他（電気伝導率、重要な成分項目の分析等）

自噴の場合：湧出量又は孔口圧力（静止水頭）、温度、その他（電気伝導率、重要な成分項目の分析等）

5. 測定方法

5-1 自動記録

アナログ記録計（ペン式又は打点式）では連続記録、デジタル記録計による場合のデータサンプリング間隔は10分程度を目安とし、前者の場合は連続記録をそのまま図化するかもしくは10分間隔程度でデータを読み取る。

5-2 観測員による定時測定

a) 水位又は孔口圧力（静止水頭）（対象源泉・観測源泉ともに共通）

対象源泉の揚湯開始又は停止を起点として、最初は短い間隔で測定し、変動が小さくなるに従い徐々に測定間隔を長くすることが考えられる。測定例を以下に示す。

《測定例》

経過時間	測定間隔
0 ～30分	: 1～5分
30 ～60分	: 5～10分
60 ～120分	: 10～30分
120分～	: 30～60分（より長期の場合も60分を目処とする）

b) 湧出量・温度（対象源泉・観測源泉ともに共通）

原則 60 分間隔を目安とする。

c) 上記の実施が困難な場合

夜間の観測員による定時測定が場所や利用状態によっては困難となることもある。そのため、測定間隔は柔軟に対処し、これに応じて測定の実施期間も変更すべきである。

5-3 影響調査時の観測源泉の状態

影響調査時の観測源泉は、未利用休止状態で水位（静水位）や孔口圧力（静止水頭）を測定するのが理想であるが、実際は温泉を利用しているために水位等の測定が困難なケースが多い。利用している源泉では、長期にわたり揚湯（自噴）を休止することは困難であるので、影響調査期間中は観測源泉および周辺源泉の揚湯（自噴）状態をできる限り一定とすることが望ましい。

特に間欠的な揚湯を行っている源泉の場合は、対象源泉の影響を誤認しないように、調査期間中はできれば一定の揚湯状態を維持すること。これが実現困難な場合は、通常状態における運転状況を観察・記録し、その影響の程度を把握することが考えられる。

6. その他特記事項

6-1 関連データの収集

一般的に浅深度で湧出する温泉は、降水量や潮汐等の自然的要因を含む周辺環境の影響を受け、常に変化するものである。影響調査時には、直近の気象観測点の気象データ（降水量、気温、気圧等）とともに、付近の河川水位や潮位等のデータも収集・整理し参考とする（国土交通省、気象庁等の公表データ等を活用する）。

また、温泉の湧出状況は、地下水位の影響も受けていることがある。源泉分布域の中に水井戸が存在していることが確認できる場合、その揚水量や揚水時間、水位等を測定して参考資料とすることも考えられる。大深度掘削泉の場合は、事前調査の状況から上記した項目から必要な資料を判断する。

6-2 測定間隔や揚湯期間の変更

対象源泉、観測源泉の水位は、揚湯後速やかに安定する場合と、安定しない場合とがある。影響調査での揚湯期間は 1 段階につき 1 日程度としたが、早期に水位が

安定する場合は、これよりも短い揚湯期間で影響判断が可能なこともある。一方で、水位が低下し続け安定しない場合は、揚湯期間を延長する必要もあり得る。要は、状況に応じた適切な方法を採用し、影響量を確認することが重要であり、測定間隔をより短くしたり、測定期間をより長くしたりすることは差し支えない。

6-3 調査の協力が得られない場合について

既存源泉所有者等にとっては、温泉資源への影響調査を通じて、源泉の状態把握や異常の有無等により、自己が所有する源泉の健全性の確認や井戸の適切な維持・管理が可能となる。また併せて、将来、近傍で新たな温泉掘削等が行われる場合において、当該温泉掘削等により所有源泉に影響が生じた際の科学的根拠となる貴重なデータともなる。

また、既存源泉所有者は調査に協力しない場合に、所有源泉に何らかの影響が生じたことを主張する際には、源泉所有者自身が影響関係を科学的に証明しなければならないこともある。影響調査に関する趣旨の説明は、事前に周知するほか、都道府県が既存源泉所有者に協力を依頼する際に個々に説明を実施する方法も考えられ、それらに併せて説明の経緯や調査への協力の有無を記録しておくこともあり得る。どうしても協力が得られない場合は、例えば揚湯試験結果から単一井による推定を実施したり、他源泉への影響量から推定を実施する等、他の方法により推定を行うことも可能であると考えられる。なお、既存源泉所有者は可能な限り協力することが重要であり、所有源泉をはじめとする地域の温泉資源保護のためにも、こうした協力は源泉所有者に求められることである。

II 揚湯試験（集湯能力調査）

1. 揚湯試験の種類と目的

段階揚湯試験による限界揚湯量とその結果から判断する当該井戸の能力評価の適正揚湯量の検討は、その後の連続揚湯試験での設定揚湯量を調べるための調査であり、連続揚湯試験により過度な水位低下を招くことのない水位の安定を確認し、持続的に安定して採取できる温泉の量に調整することで、温泉資源の保護を図ることが主目的である。ただし、個々の源泉における揚湯試験で適正と判断した適正揚湯量の総計が、必ずしも地域の適正揚湯量ではなく、過大となることがあることにも注意が必要である。そのため、適正揚湯量の検討には、揚湯試験結果だけではなく前述した影響調査結果やモニタリングによる温泉資源動向も考慮しての判断が必要とされることもある。

1-1 予備揚湯試験

孔内洗浄の後、実際にポンプを使用して揚湯を行って揚湯量と水位との関係を確認し、段階揚湯試験等の計画を立てるための基礎資料を得るのが予備揚湯試験である。調査期間は1日程度を目処とする。このため予備揚湯試験の結果を踏まえて、段階揚湯試験、連続揚湯試験においては、それぞれの試験に適合する能力のポンプを準備する必要がある。なお、孔内洗浄が不十分であったり、試験の条件に適合しないポンプでは揚湯試験が適切に行えない場合もある。

1-2 段階揚湯試験

この試験は、揚湯量を段階的に変えて、その段階ごとの揚湯量と水位（水位降下量）との関係の調査であり、5段階以上で実施することを基本とする。設定する最大揚湯量は、湧出量に関する採取制限量が定められている場合にはその制限量を、採取制限量が定められていない場合は使用するポンプの能力又はその源泉から採取可能な量とし、最小揚湯量は使用するポンプで制限可能な量とする。

1段階の揚湯時間は、最低1時間とするが、調査時間を延長しても水位が安定しない場合は、おおよその水位の安定をもって次の段階に移行せざるを得ない場合もある。なお、採取可能な量が少ないときは、その採取量の範囲内で可能な段階を設定するものとし、さらに少なければ、次の連続揚湯試験のみを実施することになる。

1-3 連続揚湯試験

段階揚湯試験で得られたデータを基に、湧出量に関する採取制限量が定められている場合には、その制限量の範囲内で、試験実施者がその源泉で適正と算出した量又は将来的に採取することになる計画採取量に設定して、一定の量で長期間の揚湯を行う試験である。この試験の所要日数は、水位が安定化するまでを基本とし、3～7日間程度を目処に安定を確認する。

揚湯変動試験におけるおおよその安定の目安は段階揚湯試験では、1時間当たりの水位変動量が全体水位変動量のおおむね0.2%以内となるまでとする。連続揚湯試験では、6時間当たりの水位変化量が全体水位変化量のおおむね0.2%以内となるまでを目安とする（なお、平成21年3月策定のガイドラインでは、全体水位変化量の0.1%以内と示していたが、温泉では一般的な地下水と異なり様々なケースが考えられるため目安を0.2%以内と変更した）。ただし、こういった数値は目標値であり、例えばガスを多く含むような温泉では、測定が難しくどうしても安定しないこともある。また、0.2%以内でも継続的に水位が低下しているような場合は、完全に安定しているとは言えないこともあり、水位が安定しない場合は、試験期間を延長したり、使用する機器の精度や温泉の特性、水位変化の様相も考慮しての総合的な判断が重要となる。

1-4 回復試験

連続揚湯試験から引き続く試験であり、揚湯を停止した後の水位回復状況を測定するものである。測定期間は1日以上とする。

2. 揚湯試験の測定項目と測定方法

揚湯試験で測定すべき項目と測定間隔は、「I 影響調査 5. 測定方法 5-2 観測員による定時測定」と同様に実施すること。

3. 揚湯試験の測定機器

揚湯試験に使用する測定機器は、「I 影響調査」の項で記した測定機器を援用すること。

4. 揚湯試験の測定期間

対象源泉の水位は、試験開始後速やかに安定する場合と、安定しない場合とがある。

速やかに水位が安定する場合は、上記に示したよりも短い揚湯期間で影響判断が可能なのこともある。一方で水位が安定しない場合は、揚湯期間を延長する必要もあり得る。

5. 特殊な事例

揚湯に伴い水位が上昇する、湧出量が少なく上記した通常の揚湯試験が行えないなどの特殊事例については、水位が安定する適正揚湯量を何らかの方法で判断する必要がある。参考までに事例について別紙 12Ⅱ 及びⅢに紹介する。

6. 揚湯試験実施要領事例

都道府県によっては揚湯試験に関する実施要領を作成し申請手続きの円滑化を図っているところがある。以下に、神奈川県小田原保健福祉事務所の例を揚湯試験実施要領と記載例の抜粋を紹介する。

揚 湯 試 験 実 施 要 領

1 目的

源泉の適正揚湯量を把握して、温泉資源の保護を図ることを目的とする。

2 実施方法

揚湯試験は、段階揚湯試験、連続揚湯試験及び水位回復試験とし、この順で実施する。

(1) 測定値の記述について

泉温（℃）：小数点以下第1位まで測定する。

水位（m）：地表面を基準とし、小数点以下第2位まで測定する。

揚湯量（L/分）：整数で表示する。

(2) 揚湯試験を行う前に、事前準備として孔内洗浄及び予備揚湯を行い、動力や源泉井戸の揚湯特性の概要を把握する。

(3) 段階揚湯試験

① 自然水位（揚湯していない状態での水位）を測定する。自噴泉の場合も可能な限り測定する。

ア 自噴していない源泉の場合

動力を用いて揚湯している温泉などは温泉水頭が地表下に位置しているの

で、その静水位を測定して自然水位とする。

イ 自噴している源泉の場合

自噴状態の泉温及び湧出量を測定する。測定後、湧出口を地表よりも高くしていくと自噴量が減少し、ある高さになると全く停止する。このときの高さを自然水位とする。

- ② 5段階以上の揚湯量を決定する。利用計画に基づいた必要な揚湯量を基準にして、それよりも少ない揚湯量、多い揚湯量をそれぞれ2～3段階設定する。あるいは揚湯試験に用いる動力装置による最大揚湯可能量を5等分して基準にする方法などがある。
- ③ ②で設定した揚湯量について、最小揚湯量から順に各段階の揚湯量で継続して揚湯しながら、時間の経過と共に動水位及び水温の変化を測定する。各段階の試験は動水位が安定するまで（目安としては水位の低下速度が1時間に0.1m以下となるまで）行う。
- ④ 測定により得られた結果から、各段階における揚湯量（Q）を横軸に、自然水位からの水位降下量（S）を縦軸に取った揚湯量－水位降下量図（Q－S図）を作成する。揚湯量－水位降下量図は両対数グラフで作成し、縦軸と横軸の目盛りは等倍であることが望ましい。
- ⑤ 揚湯量－水位降下量図において、揚湯量と水位降下量の関係を示す線が、両対数グラフの対角線（傾き1の直線）よりも急になる最初の点の揚湯量が限界揚湯量となり、その80%を適正揚湯量とする。揚湯量－水位降下量図により限界揚湯量が見出せない場合、段階揚湯試験を実施した最大の揚湯量を限界揚湯量とみなすこととする。

（4） 連続揚湯試験

段階揚湯試験により設定した適正揚湯量で連続して揚湯し、時間の経過と共に動水位及び泉温の変化を測定する。連続揚湯試験は動水位が安定するまで（水位の低下速度が1時間に0.1m以下となるまで）行う。

（5） 水位回復試験

連続揚湯試験の終了と共に揚湯を停止し、時間と共に水位、温度がどのように回復するかを測定する。水位が自然水位まで回復し、安定（水位の上昇速度が1時間に0.1m以下となるまで）した時点で終了する。

3 結果のまとめ

揚湯試験の結果は以下のように整理する。（2）～（4）については記載例を参

考に作成すること。

- (1) 揚湯試験結果表 (別紙①)
- (2) 段階揚湯試験結果 (記載例 1 - 1、1 - 2)
- (3) 連続揚湯試験・水位回復試験結果 (記載例 2)
- (4) 揚湯量－水位降下量図 (Q－S 図) (記載例 3)

4 その他

(1) 上記の規定により試験を実施することが困難な場合は、個別に指導するものとする。

(2) 試験においては排水、騒音など周辺環境に配慮して行うこと。

(3) 水位、温度の測定間隔の目安

各試験の測定時間の間隔は、開始直後はできるだけ細かく測定し、間隔を開けるのは水位の変化が緩やかになってからにすること。

例) 開始後10分までは1分間隔、10分から30分までは5分間隔、30分から60分までは10分間隔、60分以降は30分、60分間隔など。

(別紙①)

揚 湯 試 験 結 果 表

試験 実施日	年 月 日 ~ 年 月 日					
試験 実施者	住所	TEL - -				
	氏名	(担当者氏名 :)				
源泉 所有者	住所	TEL - -				
	名称					
源 泉	所在地					
	名 称					
	深 度	m	掘削口径	mm	水止め位置	m
動力の 能力,形式						
試 験 結 果						
区分	揚湯量 (L/分)	動水位 GL-(m)	水位降下量 (m)	泉温 (℃)	揚湯時間 (分)	備 考
自然水位						
第1段階						
第2段階						
第3段階						
第4段階						
第5段階						
連続 揚湯試験						

(記載例 1 - 1)

段階揚湯試験結果

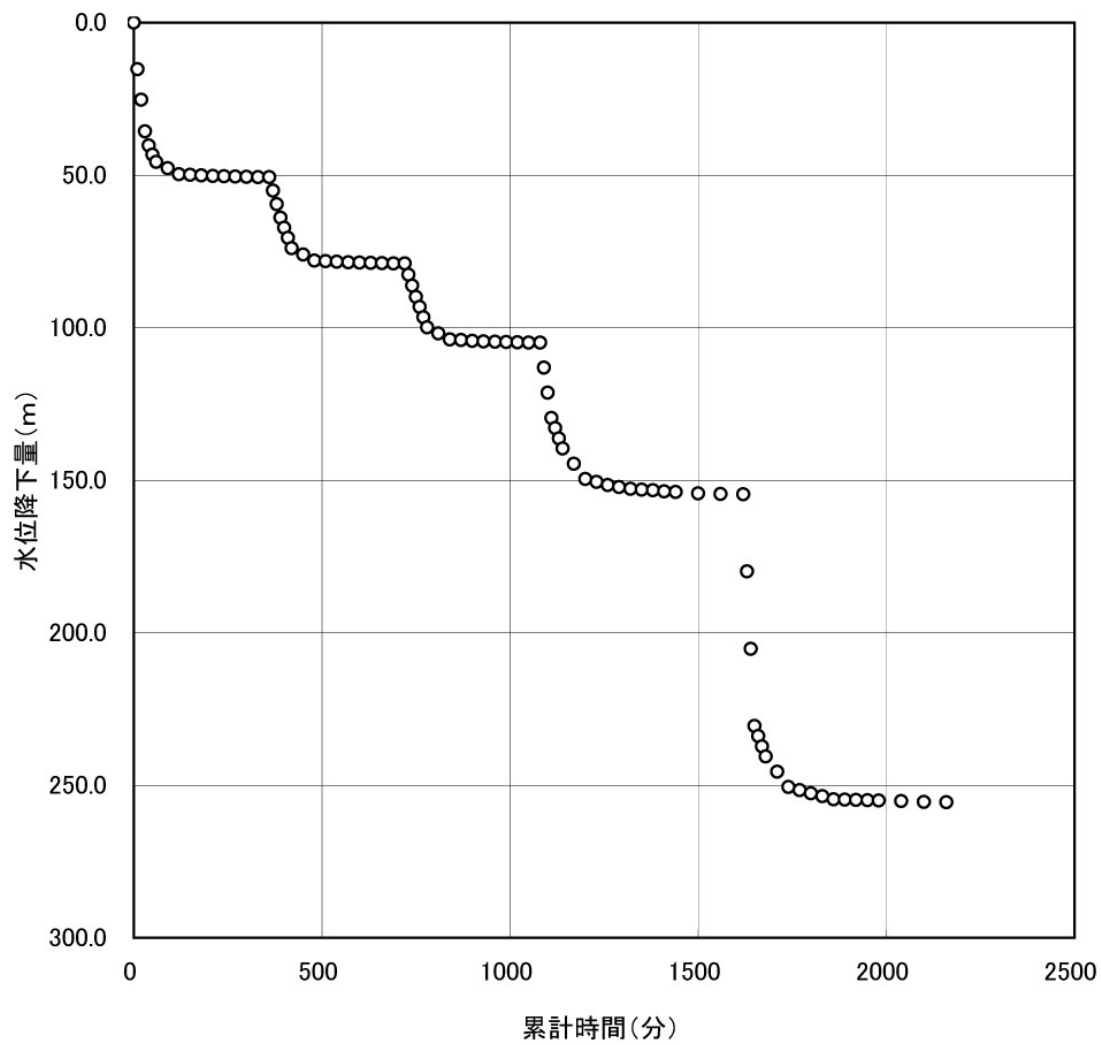
(平成 年 月 日 ~ 平成 年 月 日)

時間 (分)	累計時間 (分)	水位 (m)	水位 降下量 (m)	泉温 (°C)	揚湯量 (L/分)
0	0	77.7	0.0		0
10	10	93.0	15.3		50
20	20	103.0	25.3		50
30	30	113.4	35.7		50
40	40	118.0	40.3		50
50	50	121.0	43.3		50
60	60	123.4	45.7		50
90	90	125.4	47.7		50
120	120	127.4	49.7		50
150	150	127.6	49.9		50
180	180	127.8	50.1	27.8	50
210	210	128.0	50.3		50
240	240	128.1	50.4		50
270	270	128.2	50.5		50
300	300	128.3	50.6		50
330	330	128.4	50.7		50
360	360	128.4	50.7	28.0	50
10	370	132.8	55.1		80
20	380	137.2	59.5		80
30	390	141.7	64.0		80
40	400	145.0	67.3		80
50	410	148.3	70.6		80
60	420	151.7	74.0		80
90	450	153.7	76.0		80
120	480	155.7	78.0		80
150	510	155.9	78.2		80
180	540	156.1	78.4	28.3	80
210	570	156.3	78.6		80
240	600	156.4	78.7		80
270	630	156.5	78.8		80
300	660	156.6	78.9		80
330	690	156.7	79.0		80
360	720	156.7	79.0	28.5	80
10	730	160.3	82.6		110
20	740	163.9	86.2		110
30	750	167.6	89.9		110
40	760	170.9	93.2		110
50	770	174.3	96.6		110
60	780	177.6	99.9		110
90	810	179.6	101.9		110
120	840	181.6	103.9		110
150	870	181.8	104.1		110
180	900	182.0	104.3	29.3	110
210	930	182.2	104.5		110
240	960	182.3	104.6		110
270	990	182.4	104.7		110
300	1020	182.5	104.8		110
330	1050	182.6	104.9		110
360	1080	182.6	104.9	29.5	110

時間 (分)	累計時間 (分)	水位 (m)	水位 降下量 (m)	泉温 (°C)	揚湯量 (L/分)
10	1090	190.8	113.1		130
20	1100	199.0	121.3		130
30	1110	207.3	129.6		130
40	1120	210.6	132.9		130
50	1130	214.0	136.3		130
60	1140	217.3	139.6		130
90	1170	222.3	144.6		130
120	1200	227.3	149.6		130
150	1230	228.3	150.6		130
180	1260	229.3	151.6	31.2	130
210	1290	230.0	152.3		130
240	1320	230.5	152.8		130
270	1350	230.8	153.1		130
300	1380	231.0	153.3		130
330	1410	231.4	153.7		130
360	1440	231.6	153.9	31.3	130
420	1500	232.0	154.3		130
480	1560	232.2	154.5		130
540	1620	232.3	154.6	31.5	130
10	1630	257.6	179.9		160
20	1640	283.0	205.3		160
30	1650	308.3	230.6		160
40	1660	311.6	233.9		160
50	1670	315.0	237.3		160
60	1680	318.3	240.6		160
90	1710	323.3	245.6		160
120	1740	328.3	250.6		160
150	1770	329.3	251.6		160
180	1800	330.3	252.6	33.5	160
210	1830	331.3	253.6		160
240	1860	332.3	254.6		160
270	1890	332.4	254.7		160
300	1920	332.5	254.8		160
330	1950	332.6	254.9		160
360	1980	332.7	255.0	33.6	160
420	2040	332.9	255.2		160
480	2100	333.2	255.5		160
540	2160	333.3	255.6	33.8	160

(記載例 1 - 2)

段階揚湯試験結果



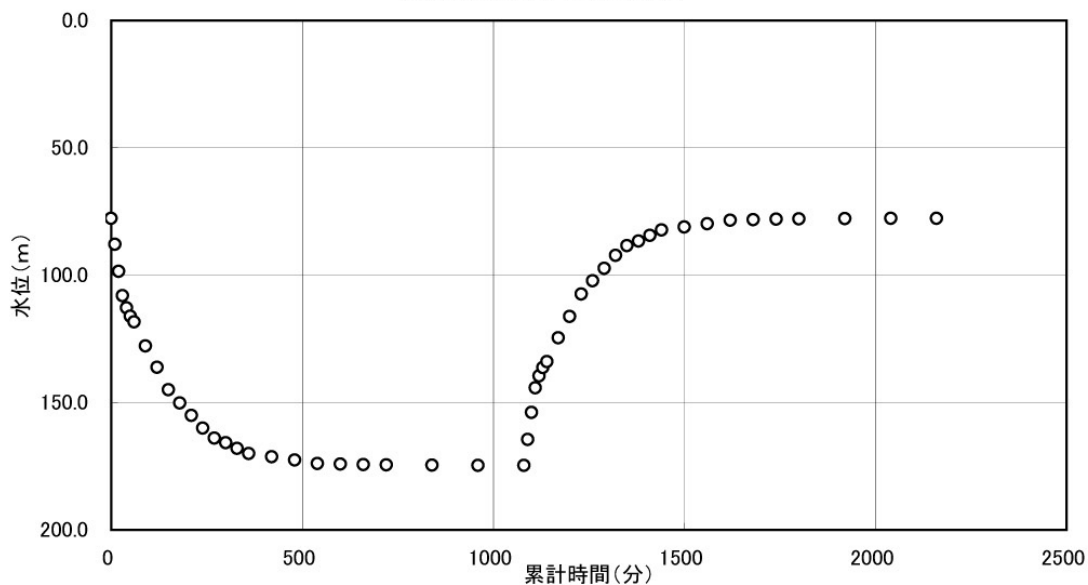
(記載例2)

連続揚湯試験・水位回復試験結果

(平成 年 月 日 ~ 平成 年 月 日)

時間 (分)	累計時間 (分)	水位 (m)	水位 降下量 (m)	泉温 (°C)	揚湯量 (L/分)	時間 (分)	累計時間 (分)	水位 (m)	水位 降下量 (m)	泉温 (°C)	揚湯量 (L/分)
0	0	77.7	0.0		100	10	1090	164.5	86.8		-
10	10	87.9	10.2		100	20	1100	153.9	76.2		-
20	20	98.5	20.8		100	30	1110	144.3	66.6		-
30	30	108.1	30.4		100	40	1120	139.6	61.9		-
40	40	112.8	35.1		100	50	1130	136.3	58.6		-
50	50	116.1	38.4		100	60	1140	134.0	56.3		-
60	60	118.4	40.7		100	90	1170	124.6	46.9		-
90	90	127.8	50.1		100	120	1200	116.2	38.5		-
120	120	136.2	58.5		100	150	1230	107.4	29.7		-
150	150	145.0	67.3		100	180	1260	102.2	24.5		-
180	180	150.2	72.5	28.8	100	210	1290	97.3	19.6		-
210	210	155.1	77.4		100	240	1320	92.3	14.6		-
240	240	160.1	82.4		100	270	1350	88.4	10.7		-
270	270	164.0	86.3		100	300	1380	86.6	8.9		-
300	300	165.8	88.1		100	330	1410	84.4	6.7		-
330	330	168.0	90.3		100	360	1440	82.3	4.6		-
360	360	170.1	92.4	29.0	100	420	1500	81.1	3.4		-
420	420	171.3	93.6		100	480	1560	79.8	2.1		-
480	480	172.6	94.9		100	540	1620	78.4	0.7		-
540	540	174.0	96.3		100	600	1680	78.2	0.5		-
600	600	174.2	96.5		100	660	1740	78.0	0.3		-
660	660	174.4	96.7		100	720	1800	77.9	0.2		-
720	720	174.5	96.8		100	840	1920	77.8	0.1		-
840	840	174.6	96.9		100	960	2040	77.7	0.0		-
960	960	174.7	97.0		100	1080	2160	77.7	0.0		-
1080	1080	174.7	97.0	29.1	100						

連続揚湯試験、回復試験結果



(記載例3)

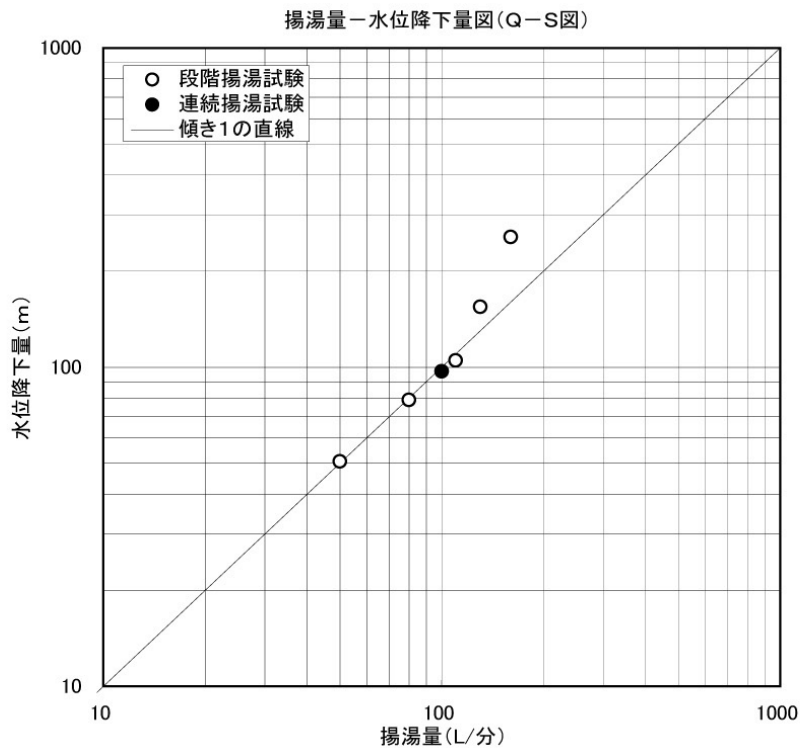
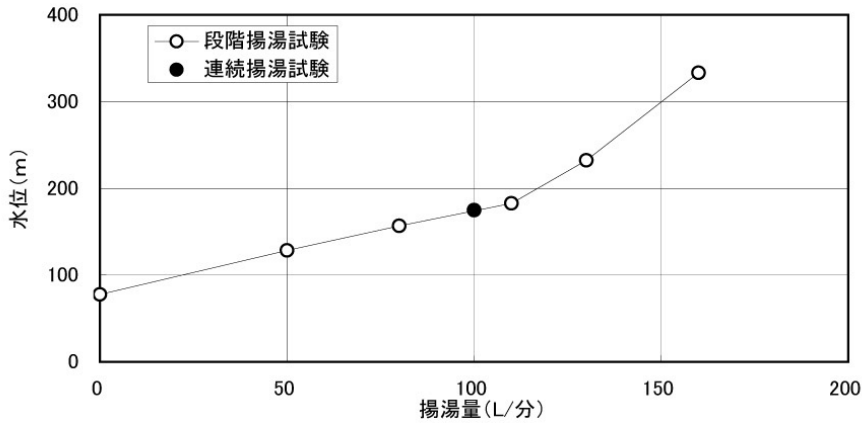
揚湯量－水位降下量図

段階揚湯試験結果

揚湯量 (L/分)	水位 (m)	水位降下量 (m)	経過時間 (分)	泉温 (°C)
0	77.7	-	-	-
50	128.4	50.7	360	28.0
80	156.7	79.0	360	28.5
110	182.6	104.9	360	29.5
130	232.3	154.6	540	31.5
160	333.3	255.6	540	33.8

連続揚湯試験結果

揚湯量 (L/分)	水位 (m)	水位降下量 (m)	経過時間 (分)	泉温 (°C)
0	77.7	-	-	-
100	174.7	97.0	1080	29.1



揚湯試験実施要領

<http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/2985.pdf>

揚湯試験実施要領記載例

<http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/2986.pdf>

(2011年3月31日更新)

影響調査事例

I 掘削深度の浅い温泉での事例

1. 影響調査の背景および源泉状況

別府温泉の事例を紹介する。各源泉の掘削深度はおおむね 100～200m であり、狭い範囲に数多く分布している。当時、別府温泉及びその周辺では揚湯泉の増加と共に自噴泉の数や湧出量が減じたことから揚湯に伴う既存源泉への影響調査が数多く行われている。ここでは、昭和 43 年から 44 年に北石垣地区と鉄輪地区で実施された調査結果事例の一部を抜粋する。

2. 調査の方法

ある源泉で揚湯を行い、揚湯源泉から半径 100m 以内にある既存源泉の水位変化、湧出量変化を測定している（図中の円の半径は 100m）。

当時は、自噴源泉数が減少し、代わりにエアリフトポンプによる揚湯泉が増加していた。影響調査中に周辺で不定期的な揚湯があれば、その影響が測定結果に現れて解析を困難にするおそれがあるため、温泉が揚湯停止状態にあると考えられる 9 時から 17 時の間を選び、揚湯源泉から半径 100m 以内の温泉は停止状態にあることを確かめて調査が行われている。

3. 調査の結果

3-1. 北石垣地区温泉

No. 1064 源泉の揚湯試験では、No. 1064 の 50L/分程度の揚湯開始及び揚湯停止に伴って、No. 1077、No. 1065、No. 1063 源泉に水位の低下と回復という反応が認められたが、揚湯源泉に最も近い No. 1062 では明確な反応が認められなかった（図 1）。これは、No. 1062 源泉はケーシング管が傷んでおり、湧出温度も他の温泉に比べ低いことから、浅い層からも温泉水を採取していることが考えられる。

3-2. 鉄輪地区温泉

No. 237 源泉の揚湯試験では、No. 237 の 40L/分程度の揚湯開始及び揚湯停止に伴い、白垣、河野、原、林田源泉には、水位の低下と回復という反応が認

められる。一方、揚湯源泉の北東方向に位置する No221 の湧出量の変動は不明瞭なものとなっており、影響量は小さいことが伺える（図 3）。

4. まとめ

影響による水位低下量は、揚湯泉に近いほど大きい傾向があるが、方向性が認められ、中には揚湯泉よりも離れている場所でかえって大きい水位低下量が現れていることもある。このような結果は、測定法の問題もあるかもしれないが、各源泉の採取層の違いや、地質構造の不均一性などにも由来するところが大きいと考えられる。

5. 引用文献

山下幸三郎・由佐悠紀（1969）別府温泉の源泉保護について（Ⅲ）北石垣、鉄輪地区温泉の揚水影響，大分県温泉調査研究会報告，209 - 32.

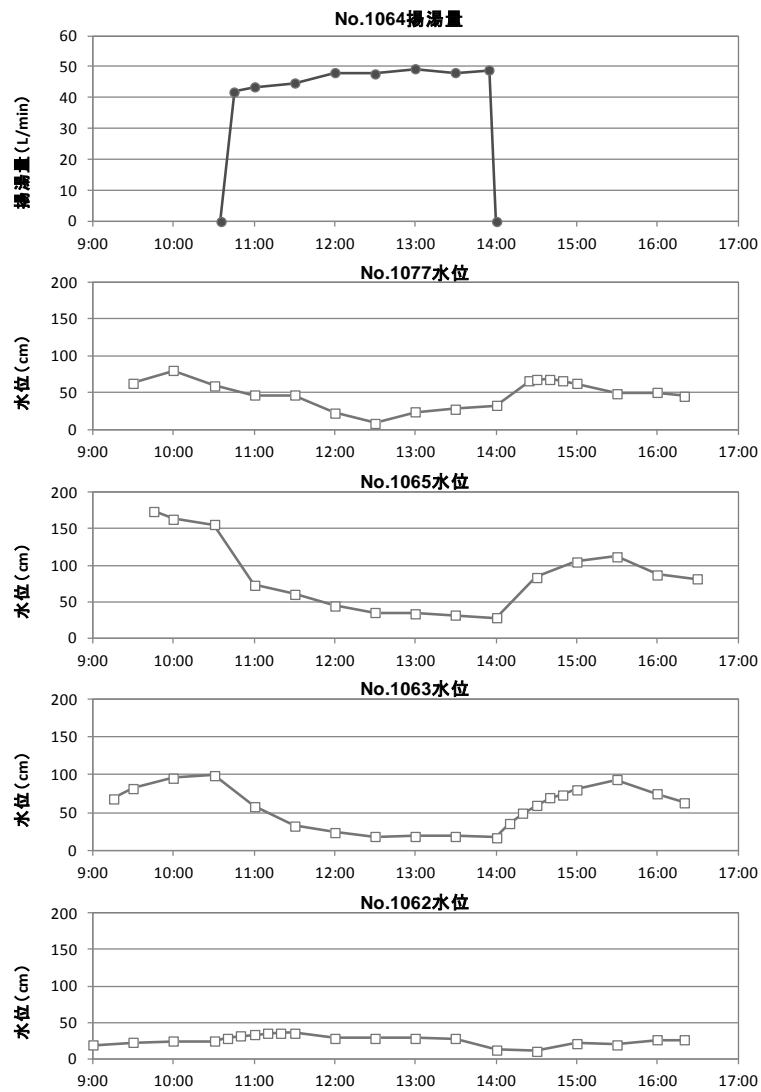


図1 北石垣 No. 1064 の揚湯に伴う周辺温泉水位変化

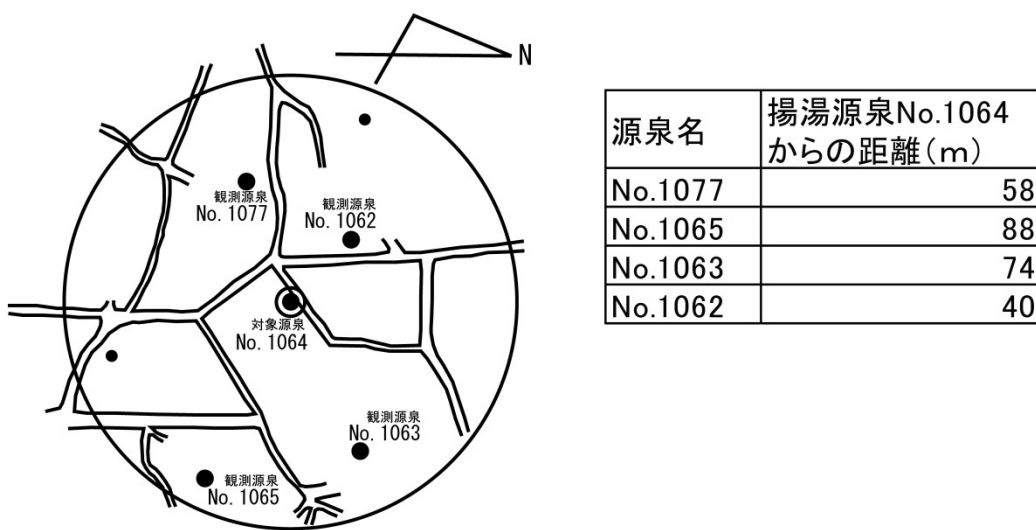


図2 北石垣 No. 1064 周辺源泉位置と距離関係

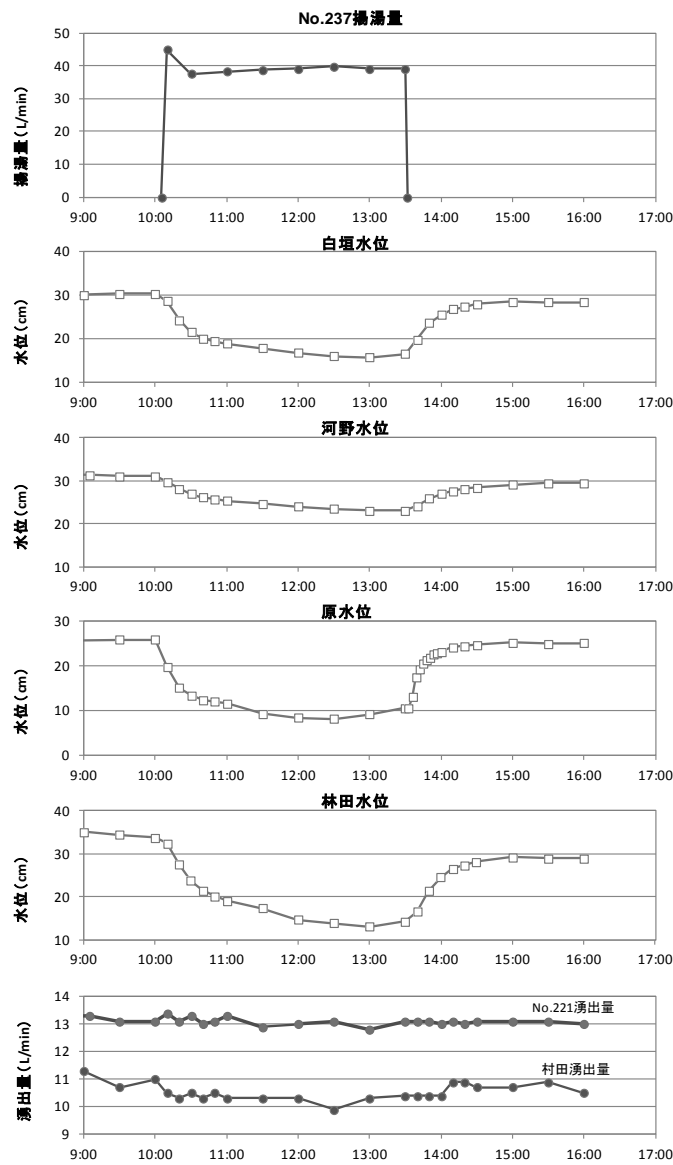


図3 鉄輪 No. 237 の揚湯に伴う周辺温泉水位または湧出量変化

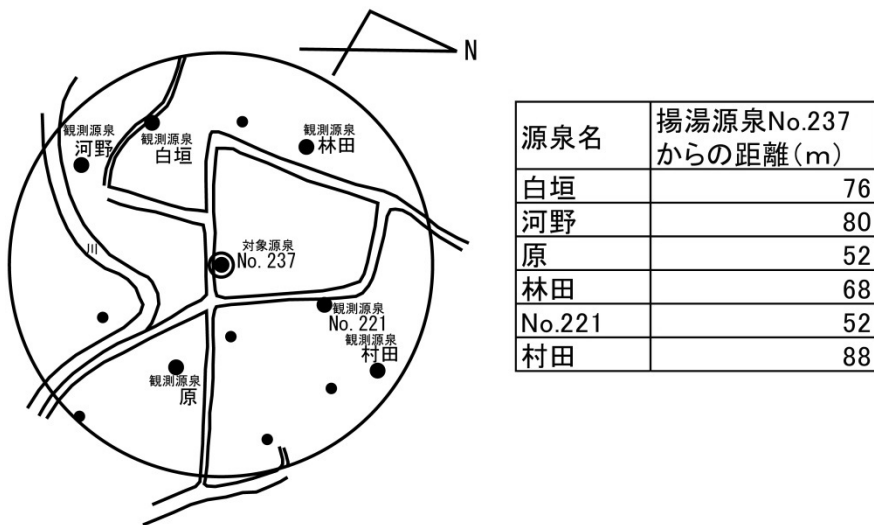


図4 鉄輪 No. 237 周辺源泉位置と距離関係

Ⅱ 大深度掘削泉での事例

1. 影響調査の背景および源泉状況

当該温泉地では掘削深度約 1400m の 1 源泉を複数の利用施設で分湯し利用がなされていた。そこから約 550m 離れた場所に掘削深度約 1300m の新たな温泉掘削が行われ、予備揚湯および揚湯試験時に影響調査が実施された。

既存源泉では普段から、温度、水位の機器モニタリングが行われており、間欠揚湯のため、1 日の最高値と最低値が各々記録されている。調査期間中はできるだけ一定周期での間欠揚湯利用とし揚湯量を出来るだけ変えないようにはしている。

2. 調査方法と結果

源泉の利用状況に関しては稼働と停止を約 10 分おきに繰り返す間欠揚湯利用である。毎日の最高温度が揚湯時の温度、毎日の最低水位は揚湯時に記録されたものと考えて良い。この揚湯量に関してはモニタリングされていないが、利用施設への送湯状況から揚湯量はおおむね 200～220L/min 程度とされている。事前のモニタリング結果から浅層から低温水が侵入していることは判明しているので判断には注意を必要とした。

申請源泉の孔内洗浄、予備揚湯開始に伴い既存源泉の水位、水温（毎日の最高・最低値）はいずれも低下傾向を示しており、連続揚湯試験②中に最低値を示した後、申請源泉の揚湯停止後、回復傾向を示している。毎日の水位最低値の変化を見ると申請源泉の揚湯期間において、既存源泉水位には最大で 2m 以上の水位低下が認められる。このことから、申請源泉の揚湯量に応じて既存源泉の水位は変動していると判断され、両源泉間は相互に干渉している可能性が高いと考えられた。既存源泉の毎日の温度最高値（揚湯時水温）に 4～5℃もの変化が生じた原因は定かではないが、影響による水位の低下に伴い低温水混入量が増加したためではないかと推定されている。

3. 調査結果の判断とその後の対応

申請源泉の連続揚湯試験で設定した揚湯量 390L/min では、既存源泉へ影響していると判断される。本件の場合、影響による水位低下も問題だが、温度が低下すると加温の必要が生じるため、低温化がより深刻な問題となった。また、揚湯試験期間中における影響は拡大を続け、申請源泉の揚湯に伴い水位低下傾向、温度低下傾向が継続している。短期間の調査では安定しないため、この揚湯量での影響量は十分に把握できていない。このようなことから、既存源泉に

影響を与えない、もしくは許容できる範囲に収まる申請源泉の採取可能量を調べるために、より長期間の影響調査が必要とされ、本調査による揚湯試験に伴う影響調査の後に、再度、影響調査が実施されている。

再調査における具体的内容は、申請源泉の揚湯量を大幅に制限し、かつ段階的(150L/分, 50L/分)に変化させて、揚湯量と影響量の関係についての調査を実施している。影響量を確認するには、既存源泉の影響による変動が収まり安定するまで、より長期の調査が必要となり、調査は3週間以上行われることとなった。なお、再調査にあたっては既存源泉の温泉採取量(揚湯量)も観測を行うこととし、再調査期間中は、間欠揚湯をせず、連続揚湯で一定量に保つように調整がなされ、正確な影響量の把握に努めている。その後、再調査結果に基づき申請源泉の揚湯量の調整が行われている。

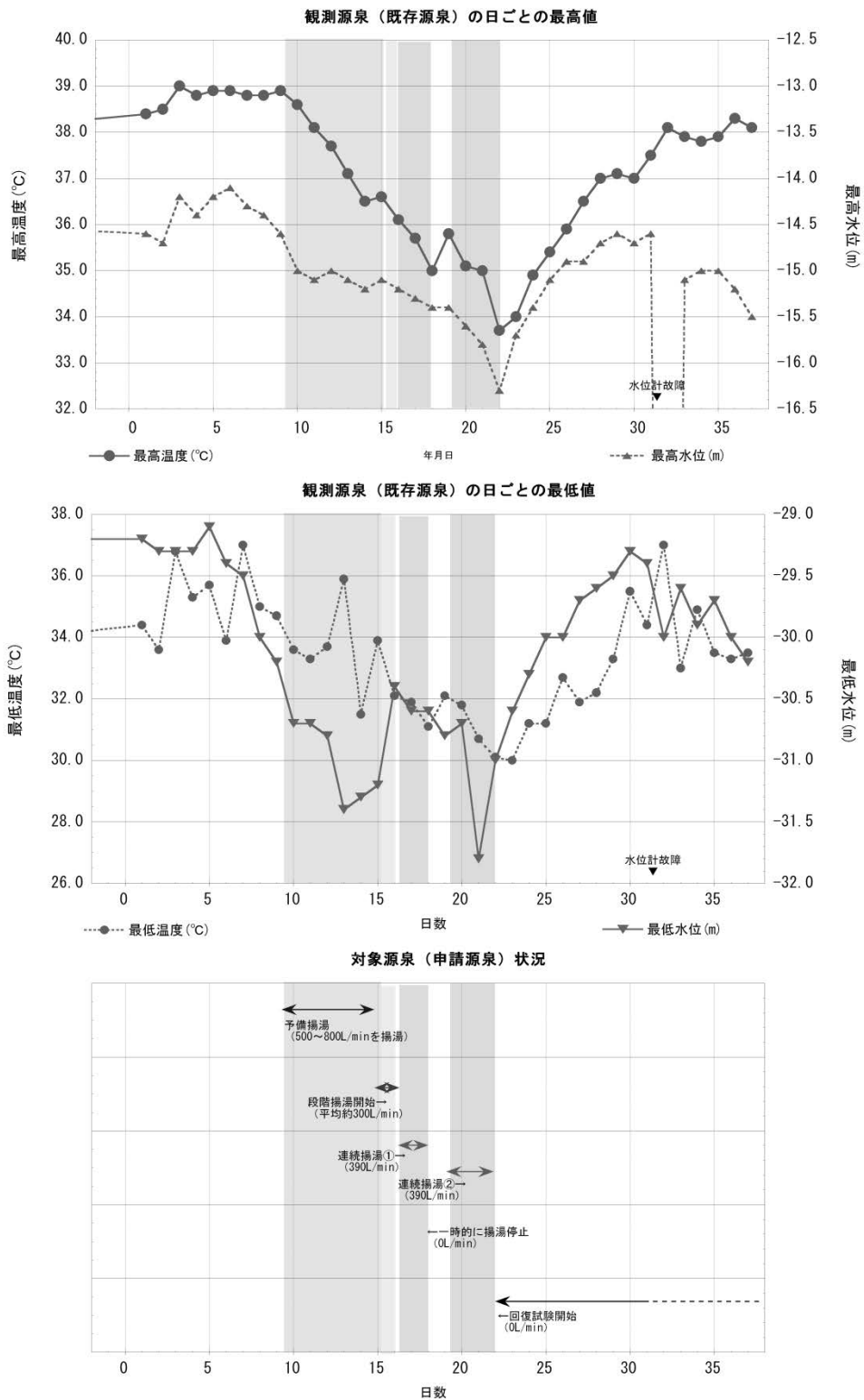


図5 揚湯試験に伴う影響調査

温泉モニタリング実施手法

I 自動観測

1. 観測源泉の選定

自動観測における観測機器の具体例は、次のとおりである（別紙 5 の「I 影響調査 3. 測定に使用する機器 3-1 機器による測定」に記した機器と基本的に同一である）。

測定項目	主な機種等	規格
温泉水位	圧力式等	±0.1% FS (フルスケール) 程度
湧出量	電磁式等	±2%指示値
孔口圧力	圧力発信器等	測定精度±1% FS
温度	測温抵抗体等	分解能 0.1℃
記録方式	アナログ記録、デジタル記録、表示値の読み取り等	連続記録、定時での記録

これら表示器・記録計の配置例を図 1 に示すので参考とされたい。なお、配置例において、流量計・温度計の前後にバイパス管を配置したのは、機材のメンテナンスや交換が容易に行えるように留意したものであり（図 2）、また、バイパス管にドレーンを設けたのは、この形式であれば通常状態時にはバイパス管に水が滞留するので、排除するためである。排除する必要性がなかったり、小さかったりする場合は、バイパス管やバイパス管ドレーンの設置は必要ない。

流量計の下流側（図の右側）には湧出量測定・温泉採取用の吐き出し管を設けており、これは、できるだけ源泉に近い所で温泉を採取できるようにすること、実測して流量計の指示値を確認できるようにする二つの目的がある（図 3）。

自動記録方式には、大きく分けるとアナログ記録（いわゆるペン式又は打点式レコーダーによる）とデジタル記録（自動記録計又はパソコン管理）があり、両者の特徴を併せ持つハイブリッド式の記録計もある。

アナログ記録は連続的な波形記録が行われ、あるイベントに対する変化が忠

実に再現される点がメリットだが、データ（記録紙）の読み取りが必要な場合があることと、その管理が悪いと後からの資料整理に支障を来す点がデメリットである。ペン式又は打点式レコーダーによる記録間隔は、記録紙の送り速度によって決められる。

デジタル記録は記録間隔が任意に決められ、データをパソコンに直接取り込むこともでき、データの管理も容易である。しかし、データの記録間隔よりも短い時間単位での変化は記録されないのがデメリットとなる。

記録間隔は、目的とする観測内容によって異なるが、標準的には1時間に1データの取得で充分であり、ある限られた期間において、細かい時間間隔で変化を把握したければ、さらに短い時間間隔でのデータ取得が可能であり、自動記録計やパソコンの記録容量、データ通信量等に余裕があれば、1分間隔での測定も十分に可能であるが、通常の観測であればその必要性は小さい。

2. 測定項目

a) 湧出量

湧出量の自動計測は、自動観測に対応した配管用の流量計（電磁流量計や超音波流量計等）による。

エアリフトによる源泉では、揚湯管内は空気と温泉との混合体となって、正確な流量が測定できない。そうした源泉では、温泉をタンク（気液分離槽）等に貯留していったん空気を抜き、そこからの配管（タンクからの送湯管）に流量計を設置するか、気液分離槽にノッチ箱の機能を持たせ、その溢流水深を自記水位計（圧力式、静電容量式その他、超音波式でも対応可能）で記録することになる。ただし、後者の場合には、水位測定値を流量に換算する演算機能が必要である。

可燃性天然ガスを含む温泉も、基本的にはエアリフト源泉と同様の処置が必要だが、可燃性天然ガスに対する所定の災害防止対策を施すことが求められる。

なお、スケールが生成しやすい温泉、腐食の激しい温泉、高温の温泉等では、このような観測機器は耐久性に乏しく、実用的ではないこともあるので注意が必要である。

b) 温度

温度の自動記録は、配管に温度センサー（測温抵抗体等）を設置して行う。後述する水位計には、測温機能が付帯されているものもあり、そうした水位計を用いていれば、地上部に温度センサーを配置する必要性はあえてない。ただし、測温機能付き水位計は、設置場所によっては湧出温度とは異なる温度を測定してしまう場合があるので、注意が必要である。

c) 水位・孔口圧力

水位の測定機器には、センサーを水中に浸すことなく測定する機器（上記した超音波式等の隔測式水位計）がある。ノッチ箱で水位測定する場合や、自然湧出泉等で広い水面を持ち、地表から水面までの深さが浅い場合には、このような隔測式水位計も適用可能である。

しかし、一般の源泉は口径が細く、温泉水位も深いために、隔測式水位計は使用できないことが多い。一般的な源泉では、圧力式等のセンサーを水没させる機器を用いる。設置深度が深い場合、センサーを後から挿入することは容易ではなく、通常はポンプ挿入時に水位センサーを揚湯管に拘束し、ポンプと同時に設置することになる。このため、センサーが故障した場合でも、それを交換するにはポンプの昇降作業が必要になる。また、温泉であるが故に、高温、ガスを含む、スケールが生成するといった特徴があり、これらが水位計の耐用を短くする。こうした温泉では、温泉水中に高価な機器が浸らない気泡式水位計を用いるのも一方法である。

なお、可燃性天然ガスを含む温泉では、例えばポンプ地上部で水位計のケーブルが通る部分に隙間ができると、そこからガスが地表に漏出する可能性があるため、所定の災害防止対策を施すことが求められる。

自噴源泉の場合の孔口圧力は、源泉孔口に圧力センサーを設置して自動観測化する。圧力計の選定に当たっては、当該源泉の最大圧力又は通常状態における圧力を考慮すべきである。

Ⅱ 現地観測（観測員による観測）

1. 観測機器

現地観測における観測機器の具体例は、次のとおりである。これは別紙 5 の「Ⅰ 影響調査 3. 測定に使用する機器 3-2 観測員による定時測定」に記した機器と基本的に同一であり、機器の指示値の読み取りであっても構わない。

測定項目	主な機種等	測定
温泉水位	触針式（ロープ式）等	1cm 単位以下で読み取り
湧出量	容積法、ノッチ法等	L/分単位で有効数字三桁程度
孔口圧力	ブルドン管式等（測定精度±1.6% FS 程度）	機器の指示値
温度	デジタル温度計等（分解能 0.1℃）と標準温度計の併用	0.1℃単位で現地測定
記録方式	—	現地測定・記録

※ 湧出量と温度を測定するために、源泉井戸近くに採取した温泉の全湧出量を吐き出すことができるバイパス管を設置する必要がある。

※ 湧出量の実測が困難な場合は、現地の状況に応じて工夫する（例：タンクからの流出を止め、タンク内の水位上昇速度を測定して量に換算する等）

測定記録の間隔は、目的とする観測内容によって異なる。現地観測では自動観測よりも頻繁な測定はできないが、1日1回～週1回程度の測定を標準とした。これが困難な場合であっても、月1回の測定頻度は確保すべきである。なお、測定は定時観測（毎回、ほぼ同一時刻で測定すること）、同一条件下（例えば、ポンプを自動運転している場合等では、ポンプの運転中か休止中かのいずれかに統一する）での測定を基本とする。また、高温の温泉や有害ガスを含む温泉では、専門機関に相談し、安全を確認した上で測定を行い、事故がないよう注意されたい。

2. 測定項目

a) 湧出量

現地での湧出量の測定方法は、容積法を主体とする。これは、吐出口を計測しやすい場所に設け容量既知の容器が満杯になるまで（あるいはある一定の容量に達するまで）の時間を計測し、【容量（L）÷時間（秒）×60（毎分への換算）】で湧出量を計算するものである。なお、測定ミスや湧出量の脈動

等に対処するため、測定は複数回行い、その平均値を採用すべきである。容積法による測定を行うためには、図 1~3 に示した吐き出し管が必要である。

こうした吐き出し管がない場合には、タンク流入部で測定したり、水道水等が混じらないようにして浴槽への流入口で測定したりするほかない。タンクからの流出を止め、タンク内の温泉の上昇速度から湧出量を求めることも可能だが、タンク容量（断面積）が正確に把握できていないと精度が落ちるので、注意が必要である。

蒸気量の測定に関しては、蒸気圧計や温度計、ガス流量計等を用いて計測する方法があるが、源泉の形状によっては、蒸気圧計やガス流量計を設置できない場合がある。自然噴気を温泉として利用している場合は、熱量や凝縮水の量を測定する等の対応が考えられるが、左記の対応が困難な場合等の際には、定点で撮影等を行うことも考えられる。なお、蒸気量の測定は、危険を伴うので測定には専門機関等への相談が必要である。

また、自動計測ではないが、現地指示又は遠隔指示による流量計を用いることも有用である。特に、温泉の採取が断続的である場合、上記の容積法では測定時間内の瞬間的な量しか把握できないことから、現地指示型であっても、積算機能がある流量計であれば、より実態に即した湧出量が把握できる。

ただし、スケールが生成しやすい温泉、腐食の激しい温泉等では、このような観測機器は耐久性に乏しく、実用的ではないこともある。実態に即した観測態勢を整えることが重要である。

b) 温度

温度の測定は、上記の吐き出し管があれば、デジタル型温度計や水銀温度計によって容易に測定できる。

c) 温泉水位・孔口圧力

高温、ガスを含む、スケールが生成するといった源泉で、水位計の耐用が難しい温泉では、触針式（ロープ式）水位計によって、地上部から温泉水位を測定する。源泉孔内には動力ケーブル等があり、水位計のスムーズな挿入を困難とするので、水位測定用の小口径のパイプを、水中ポンプ挿入時に同時設置することが必要である。源泉孔内にスペースが無ければ、あらかじめ

エアチューブを源泉に設置しておき、チューブから空気を送りその圧力から水位に換算する方法もある。

なお、可燃性天然ガスを含む温泉では、ポンプ地上部で水位測定管を通して可燃性天然ガスが地表に漏出する可能性や空気を源泉井戸孔内に送ることとなるので、所定の災害防止対策を施すことが求められる。

自噴源泉の場合の孔口圧力は、源泉孔口に圧力計（ブルドン管式等）を設置して、その指示値を記録することとする。圧力計の選定に当たっては、当該源泉の最大圧力もしくは通常状態における圧力を考慮すべきである。

通常状態

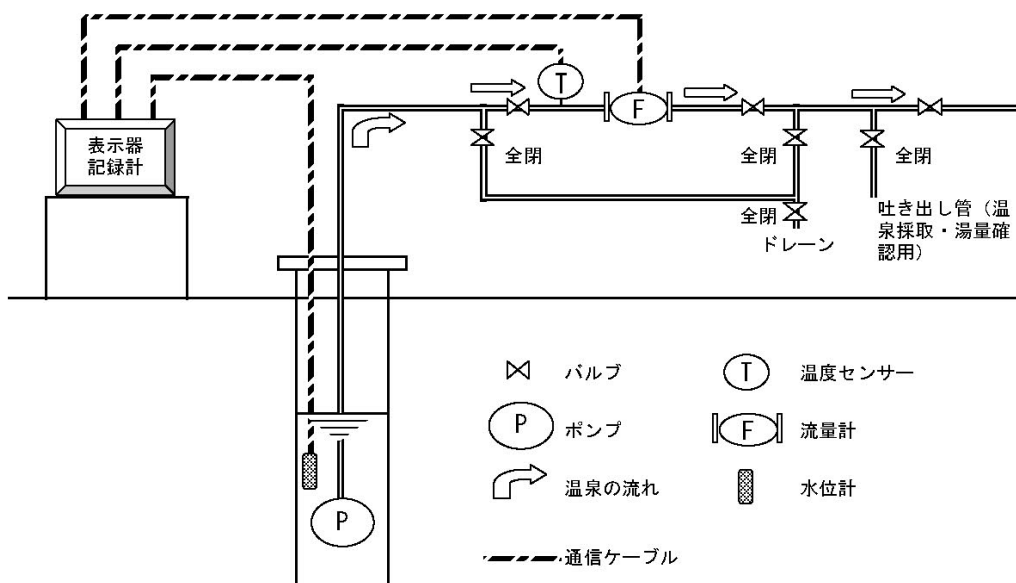


図1 観測機器設置事例（通常状態）

流量計などメンテナンス時

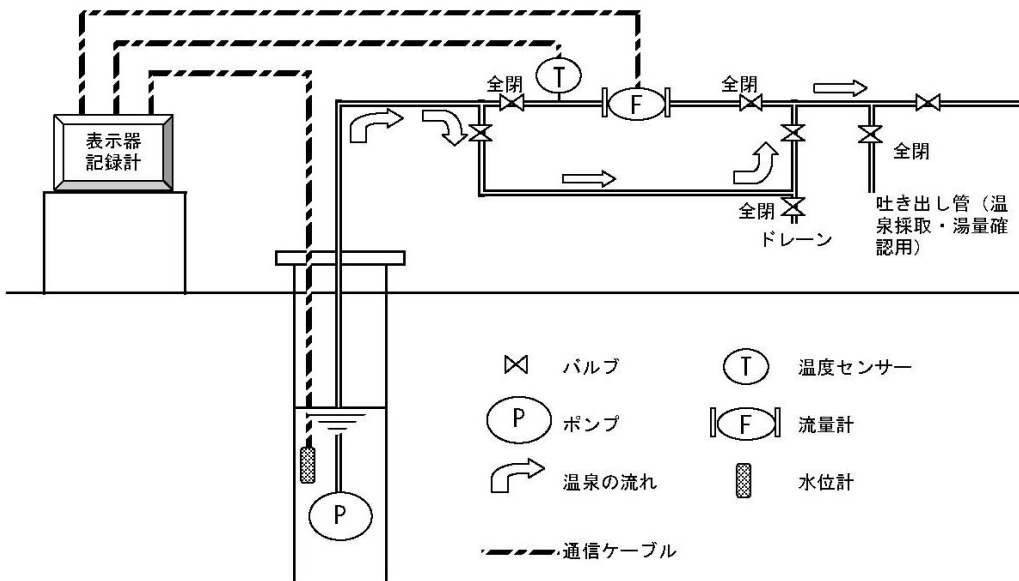


図2 観測機器設置事例 (メンテナンス時)

温泉採取・湯量確認時

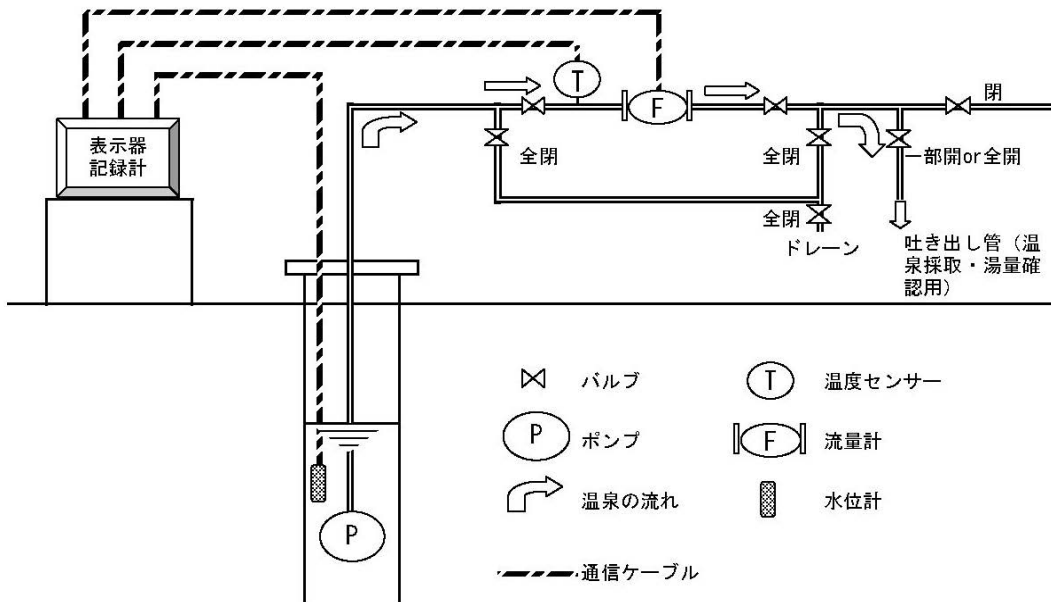


図3 観測機器設置事例 (湧出量測定時)

長期モニタリング事例

I 大深度掘削泉での事例

1. 調査の概要

当該源泉は掘削深度 1500m、水中ポンプ利用の掘削揚湯泉である。約 1100m 離れた場所に自然湧出泉が分布することから、温度、揚湯量、水位の項目について自動観測機器を用いた長期の詳細モニタリングによる資源動向の監視が実施されている。モニタリングは 1 時間ごとに記録されている。

2. モニタリング結果

当初の揚湯試験結果により、400L/分程度の温泉が適正揚湯量と判断されていたが、同地域の揚湯量規制の上限 200L/分に制限して、かつインバーター制御による揚湯利用が行われていた。しかし、かなり余裕をもった揚湯利用が行われていたにも拘わらず、水位の経年的な低下傾向が現れ継続したため、掘削から 6 年経過した 2012 年 7 月から平均 160L/分程度に減量調整を行った。その後、水位は回復傾向に転じ、安定することとなった（図 1）。また、この源泉では大深度掘削泉では珍しく降雨に伴う水位変動がモニタリングにより確認されている。

温泉モニタリングを実施していたことで、掘削当初の揚湯試験結果からは想定されなかった温泉水位の低下傾向が明らかとなり、揚湯量を抑えることで地域の持続的な温泉利用を目指している。なお、当該源泉では引き続きモニタリング調査が実施されており、周辺の既存源泉への影響は現在も確認されていない。

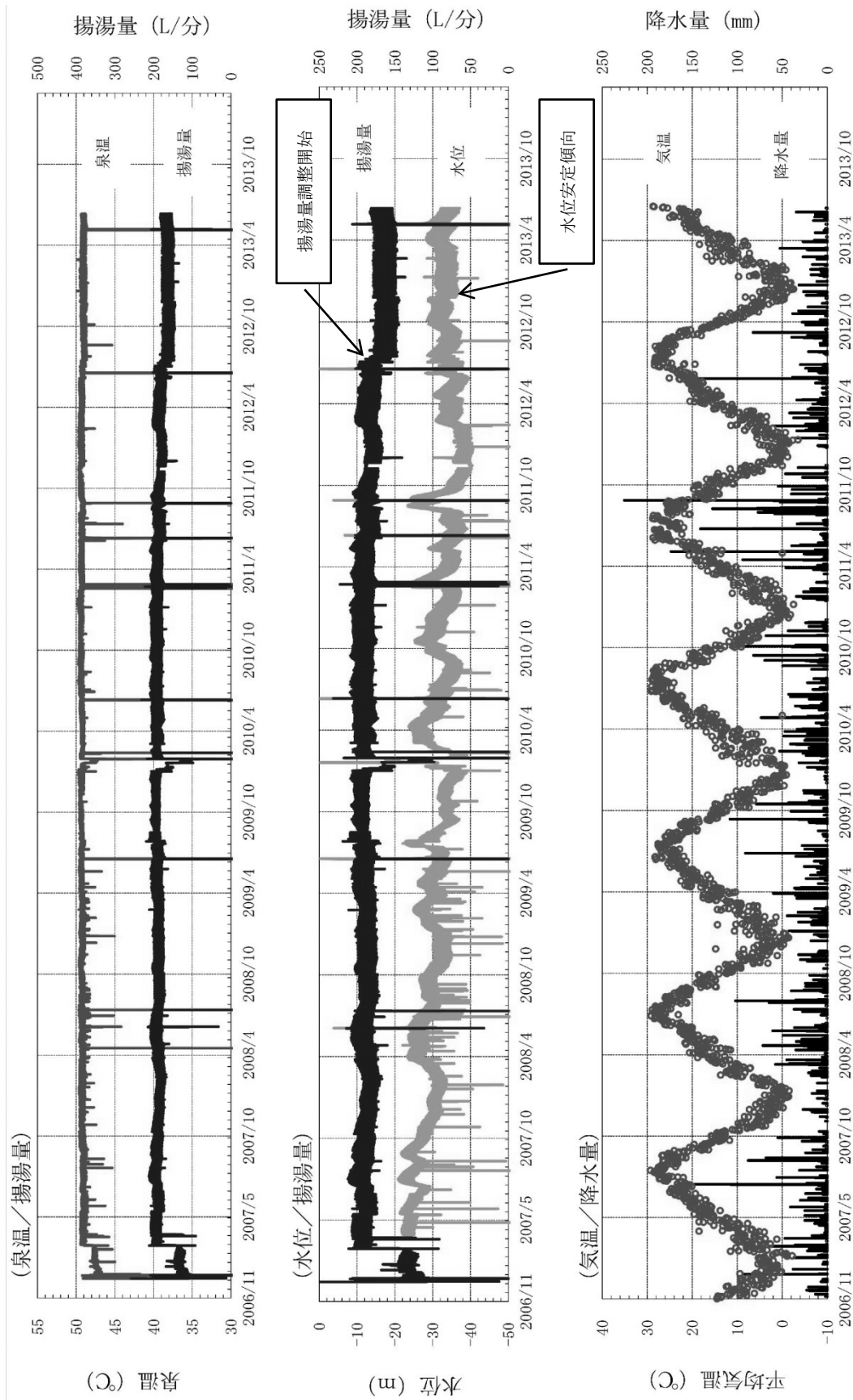


図1 大深度掘削泉における長期モニタリング

水質基準について

1. 水質汚濁に係る環境基準について(昭和 46 年 12 月 28 日 環境庁告示第 59 号)

最終改正：平成 25 年 3 月 27 日環境省告示 30 号

別表 1 人の健康の保護に関する環境基準より一部抜粋

項目	基準値
カドミウム	0.003mg/L 以下
全シアン	検出されないこと。
鉛	0.01mg/L 以下
六価クロム	0.05mg/L 以下
砒素	0.01mg/L 以下
総水銀	0.0005mg/L 以下
アルキル水銀	検出されないこと。
PCB	検出されないこと。
ジクロロメタン	0.02mg/L 以下
四塩化炭素	0.002mg/L 以下
1,2-ジクロロエタン	0.004mg/L 以下
1,1-ジクロロエチレン	0.1mg/L 以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/L 以下
1,1,1-トリクロロエタン	1mg/L 以下
1,1,2-トリクロロエタン	0.006mg/L 以下
トリクロロエチレン	0.03mg/L 以下
テトラクロロエチレン	0.01mg/L 以下
1,3-ジクロロプロペン	0.002mg/L 以下
チウラム	0.006mg/L 以下
シマジン	0.003mg/L 以下
チオベンカルブ	0.02mg/L 以下
ベンゼン	0.01mg/L 以下
セレン	0.01mg/L 以下
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10mg/L 以下

ふっ素	0.8mg/L 以下
ほう素	1mg/L 以下
1, 4-ジオキサン	0.05mg/L 以下

備考

- 1 基準値は年間平均値とする。ただし、全シアンに係る基準値については、最高値とする。
- 2 「検出されないこと」とは、測定方法の項に掲げる方法により測定した場合において、その結果が当該方法の定量限界を下回ることをいう。別表2において同じ。
- 3 海域については、ふっ素及びほう素の基準値は適用しない。
- 4 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の濃度は、規格 43.2.1、43.2.3 又は 43.2.5 により測定された硝酸イオンの濃度に換算係数 0.2259 を乗じたものと規格 43.1 により測定された亜硝酸イオンの濃度に換算係数 0.3045 を乗じたものの和とする。

2. 水質基準に関する省令（平成 15 年 5 月 30 日厚生労働省令第 101 号）

最終改正：平成 23 年 1 月 28 日厚生労働省令第 11 号より抜粋
水道法（昭和 32 年法律第 177 号）第 4 条第 2 項の規定に基づき、水質基準に関する省令を次のように定める。

項目名		基準値
1	一般細菌	1mL の検水で形成される集落数が 100 以下であること。
2	大腸菌	検出されないこと。
3	カドミウム及びその化合物	カドミウムの量に関して、0.003mg/L 以下であること。
4	水銀及びその化合物	水銀の量に関して、0.0005mg/L 以下であること。
5	セレン及びその化合物	セレンの量に関して、0.01mg/L 以下であること。
6	鉛及びその化合物	鉛の量に関して、0.01mg/L 以下であること。
7	ヒ素及びその化合物	ヒ素の量に関して、0.01mg/L 以下であること。
8	六価クロム化合物	六価クロムの量に関して、0.05mg/L 以下であること。
9	シアン化物イオン及び塩化シアン	シアンの量に関して、0.01mg/L 以下であること。
10	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	10mg/L 以下であること。
11	フッ素及びその化合物	フッ素の量に関して、0.8mg/L 以下であること。
12	ホウ素及びその化合物	ホウ素の量に関して、1.0mg/L 以下であること。
13	四塩化炭素	0.002mg/L 以下であること。
14	1,4-ジオキサン	0.05mg/L 以下であること。
15	シス-1,2-ジクロロエチレン及び 1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/L 以下であること。
16	ジクロロメタン	0.02mg/L 以下であること。
17	テトラクロロエチレン	0.01mg/L 以下であること。
18	トリクロロエチレン	0.01mg/L 以下であること。
19	ベンゼン	0.01mg/L 以下であること。
20	塩素酸	0.6mg/L 以下であること。
21	クロロ酢酸	0.02mg/L 以下であること。
22	クロロホルム	0.06mg/L 以下であること。
23	ジクロロ酢酸	0.04mg/L 以下であること。
24	ジブロモクロロメタン	0.1mg/L 以下であること。
25	臭素酸	0.01mg/L 以下であること。
26	総トリハロメタン(クロロホルム,ジブロモクロロメタン,ブロモジクロロメタン及びブロモホルムのそれぞれの濃度の総和)	0.1mg/L 以下であること。
27	トリクロロ酢酸	0.2mg/L 以下であること。
28	ブロモジクロロメタン	0.03mg/L 以下であること。
29	ブロモホルム	0.09mg/L 以下であること。
30	ホルムアルデヒド	0.08mg/L 以下であること。

31 以降、次項

項目名		基準値
31	亜鉛及びその化合物	亜鉛の量に関して、1.0mg/L 以下であること。
32	アルミニウム及びその化合物	アルミニウムの量に関して、0.2mg/L 以下であること。
33	鉄及びその化合物	鉄の量に関して、0.3mg/L 以下であること。
34	銅及びその化合物	銅の量に関して、1.0mg/L 以下であること。
35	ナトリウム及びその化合物	ナトリウムの量に関して、200mg/L 以下であること。
36	マンガン及びその化合物	マンガンの量に関して、0.05mg/L 以下であること。
37	塩化物イオン	200mg/L 以下であること。
38	カルシウム、マグネシウム等(硬度)	300mg/L 以下であること。
39	蒸発残留物	500mg/L 以下であること。
40	陰イオン界面活性剤	0.2mg/L 以下であること。
41	(4S,4aS,8aR)-オクタヒドロ-4,8a-ジメチルナフタレン-4a(2H)-オール (別名ジェオスミン)	0.00001mg/L 以下であること。
42	1,2,7,7,-テトラメチルビシクロ[2,2,1]ヘプタン-2-オール (別名 2-メチルイソボルネオール)	0.00001mg/L 以下であること。
43	非イオン界面活性剤	0.02mg/L 以下であること。
44	フェノール類	フェノールの量に換算して、0.005mg/L 以下であること。
45	有機物等(全有機炭素(TOC)の量)	3mg/L 以下であること。
46	pH 値	5.8 以上 8.6 以下であること。
47	味	異常でないこと。
48	臭気	異常でないこと。
49	色度	5 度以下であること。
50	濁度	2 度以下であること。

3. 農業用水基準

(昭和 45 年農林省公害研究会作成：農業農村整備事業計画研究会編、農業農村整備事業計画作成便覧より表：「農業（水稲）用水基準」及び文章：「本基準の取扱い」を抜粋、表については加筆を行った。)

「本基準の取扱い」

農業（水稲）用水基準は、公害対策基本法第 9 条の環境基準策定時に、基礎資料とするため当時の各種調査成績に基づく科学的判断から、昭和 45 年 5 月農林省公害研究会（会長技術審議官（現技術総括審議官））が学識経験者、研究者等の協力を得て作成したものである。

したがって、法令に基づく環境基準と同列には位置づけられないものの、本基準の内容、作成時の検討経過等は環境基準に反映されており、農政の展開の場においては環境基準とともに準拠すべき基本的要件の 1 つとなっている。

農業（水稲）用水基準

項目	基準値
pH(水素イオン濃度)	6.0～7.5
COD(化学的酸素要求量)	6mg/L 以下
SS(無機浮遊物質)	100mg/L 以下
DO(溶存酸素)	5mg/L 以下
T-N(全窒素濃度)	1mg/L 以下
EC(電気伝導度)*	0.3mS/cm 以下
As(砒素)	0.05mg/L 以下
Zn(亜鉛)	0.5mg/L 以下
Cu(銅)	0.02mg/L 以下

*：現在 EC については「電気伝導率」という呼び方が一般的で、単位についても[S/m]が使われることが一般的である。0.3mS/cm は、30mS/m に相当する。

沖縄県宮古島市における塩化物イオン濃度の上昇に係る原因究明調査事例
 (平成19年度宮古島市地下水保全対策学術委員会報告書より抜粋)

1.2 調査・研究の目的および方針

1.2.1 目的

宮古島最大の水道水源となっている白川田流域において、2004年8月より認められている地下水中の塩化物イオン濃度上昇の原因究明とその対策方針について調査・検討を行うことを目的とする。

1.2.2 原因究明の方針

上記目的、および既存資料整理の結果を受けて、当地の水理地質的特徴及び地下水質から原因究明の方針を3つに定め、それぞれの方針に対する調査・解析を以下のように設定した。

【第1】 更竹地区に負荷された塩化物イオンが、白川田水源等の水源地に、最終的に到達するか否か。

- ① 地下水流動に関する調査
 既存資料整理調査
 井戸台帳作成調査
 地表地質踏査調査、水露頭調査
 土壌塩化物イオン含有量調査
 ボーリング調査 (現場透水試験、伝導率測定、自記計設置)
 定期地下水位観測調査

【第2】 塩化物イオン濃度が上昇した2003年8月以降に白川田流域の地下水質がどのように変化したかを解析すること。

- ② 地下水イオン組成・濃度に関する調査
- ③ 地下水同位体に関する調査

【第3】 白川田流域に負荷される塩化物イオンの起源と各起源の寄与度をできるだけ精度よく推定すること。

- ④ 大気・降水由来の塩化物イオン濃度に関する調査
 大気中塩化物イオン量調査
 降水量調査
- ⑤ 原単位に関する調査
 既存資料による肥料等使用量調査
 土地利用実態調査及び原単位塩素負荷量調査
- ⑥ 温泉排水に関する調査
 井戸構造、排水箇所および揚水量等に関する資料収集調査
 温泉水の水質・同位体調査
- ⑦ 地下水イオン混合による影響度解析
- ⑧ マグネシウムイオン・塩化物イオン相関による影響度・寄与率解析
- ⑨ 塩素安定同位体比による寄与率解析

- ⑩ 原単位による起源別負荷量および寄与率解析
- ⑪ 統計解析による寄与率解析

表 1.2.1 に、本検討で実施した調査項目および数量一覧を示す。

表 1.2.1 調査項目一覧

項目	数量
① 地下水流動に関する調査	
既存資料整理調査	1式
井戸台帳作成調査 (水準測量含む)	85箇所
地表地質踏査調査、水露頭調査	1.5km ² (更竹付近)
土壌塩化物イオン含有量調査	8試料
ボーリング調査	3箇所
現場透水試験、電気伝導率測定	5深度
自記計 (水位、EC) 設置	3箇所
定期地下水位観測	37~38箇所/月1回、計12回
② 地下水イオン組成・濃度に関する調査	
モニタリング (井戸等)	30~31箇所/月1回、計12回
モニタリング (海水)	1箇所
③ 地下水同位体に関する調査	
地下水中の塩素安定同位体比・放射性トリチウム	23検体
化学肥料の塩素安定同位体比	1検体
④ 大気・降水由来の塩化物イオン濃度に関する調査	
大気中塩化物イオン量調査	6箇所
降水量調査	1箇所
⑤ 原単位に関する調査	
既存資料による肥料等使用量調査	1式
土地利用実態調査及び原単位塩素負荷量調査	白川田流域
⑥ 温泉排水に関する調査	
井戸構造、揚水量等資料収集	1式
温泉水の水質、同位体調査	1式
⑦ 地下水イオン混合による影響度解析	
⑧ マグネシウム・塩化物イオン相関による影響度・寄与率解析	1式
⑨ 塩素安定同位体比による寄与率解析	1式
⑩ 原単位による起源別負荷量および寄与率解析	1式
⑪ 統計解析による寄与率解析	1式

1.2.3 調査方法と検討フロー

前述の方針に従い、検討フローは以下のとおりとした。

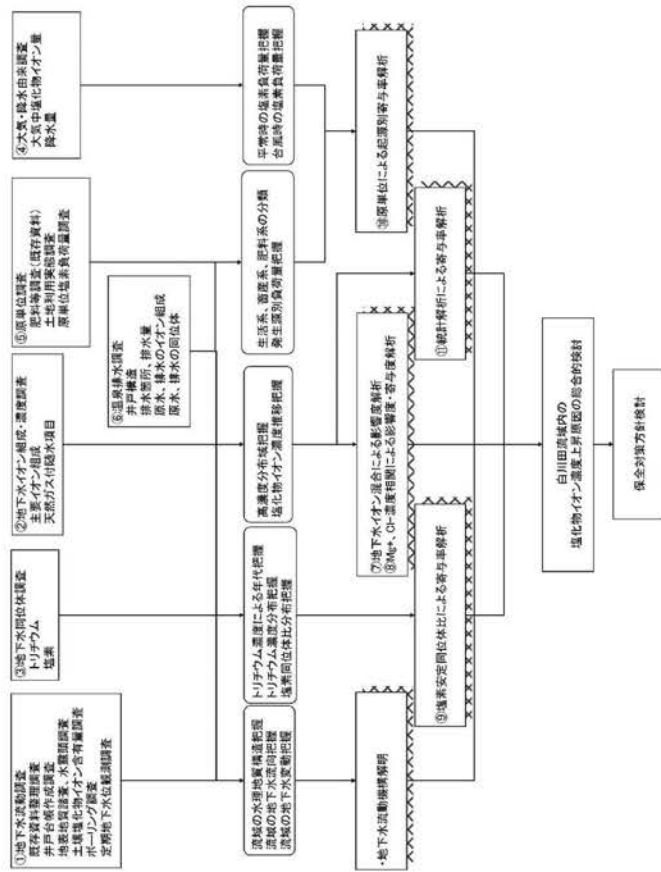


図 1.2.1 検討フロー

6.3 結論

宮古島において大半の水道原水が採取される最も重要な地下水流域である白川田流域では、2003年10月以降、地下水の塩化物イオン濃度が顕著に上昇してきていることが認められている。本報告は、その原因を究明することを目的とした平成18および19年度の調査・研究成果をまとめたものである。ここでは、本成果の集約として、総合的な結論を示す。なお、結論を導き出す視点として、白川田流域における地下水流動方向とイオン組成の特徴および塩化物イオンの起源別寄与率推定に関する調査・研究結果に焦点を当てた。

6.3.1 白川田流域の地下水流動

白川田流域内の地下水は、同流域における定期的な地下水位測定結果および水理地質構造から判断すると、最終的に流域北東部の湧水口、すなわち白川田水源およびその周辺に収束され流出していることが確認された。従って、更竹地区において浸透した水も、南東-北西方向に形成された不透水性基盤の凹状の溝に沿い、地下水としてI-64(C井戸)、高野水源、大野水源を経て白川田水源方向に向かうことが確認された。【6.1 白川田流域における地下水流動 参照】(図6.3.1)。

6.3.2 白川田流域の地下水イオン組成

白川田流域内の地下水観測孔および東添道水道水源における地下水のイオン組成、ならびに温泉原水とその排水のイオン組成を調べた。その結果、地下水塩化物イオンが高濃度を示す更竹地区のI-64(C井戸)等の地下水は、温泉原水とその排水に特徴的に含まれるホウ酸イオンと臭化物イオンを含有しているなど、流域外の地点の地下水イオン組成と比べて明らかに異なった。【5.1.3 イオン組成解析、5.1.4 天然ガス付随水のイオン濃度 参照】温泉排水前(2002年10月)の白川田水源の地下水に、温泉排水を混合した場合に構成される水質に関するシミュレーションを行った。その結果、温泉排水を温泉排水前の白川田水源地下水で10倍希釈すると2004年12月時点のI-64(C井戸)の地下水イオン組成に酷似した。同様に20倍希釈すると2006年11月時点のI-64(C井戸)の地下水イオン組成に、50倍希釈すると2004年12月時点のI井戸と2006年11月時点のI-60の地下水イオン組成に酷似した。【5.1.5 地下水イオン混合解析 参照】

白川田流域地下水の塩化物イオン濃度上昇における海水由来と温泉排水由来の塩化物イオンの寄与度を検討するため、マグネシウムイオン(海水の濃度が温泉排水よりも10倍以上高い)に着目し、地下水の塩化物イオン濃度とマグネシウムイオン濃度の関係(Mg^{2+}/Cl^{-} 濃度比)と、その経時的変化を調べた。その結果、I-64(C井戸)、I-38(I井戸)、高野水源、大野水源の地下水における Mg^{2+}/Cl^{-} 濃度比は、塩化物イオン濃度が高い時期ほど、温泉排水時期以前における白川田水源地下水の原型的な水質と温泉排水とが混合した場合に形成される Mg^{2+}/Cl^{-} 濃度比に相似した。【5.1.6 マグネシウムイオン・塩化物イオン濃度相関法 参照】

また、地下水塩化物イオン濃度を上昇させる原因として、台風が陸上にもたらす海水起

源の塩化物イオンが考えられるため、白川田流域内の高野水源と大野水源を対象に、流域外の海岸沿い湧水の塩化物イオン濃度を比較した。その結果、2003年9月の台風14号が直撃した以降、高野水源・大野水源の塩化物イオン濃度最高値は、より海岸に近い山川湧水(ウブカー)、新城湧水および保良ガラーの最高値より高かった。

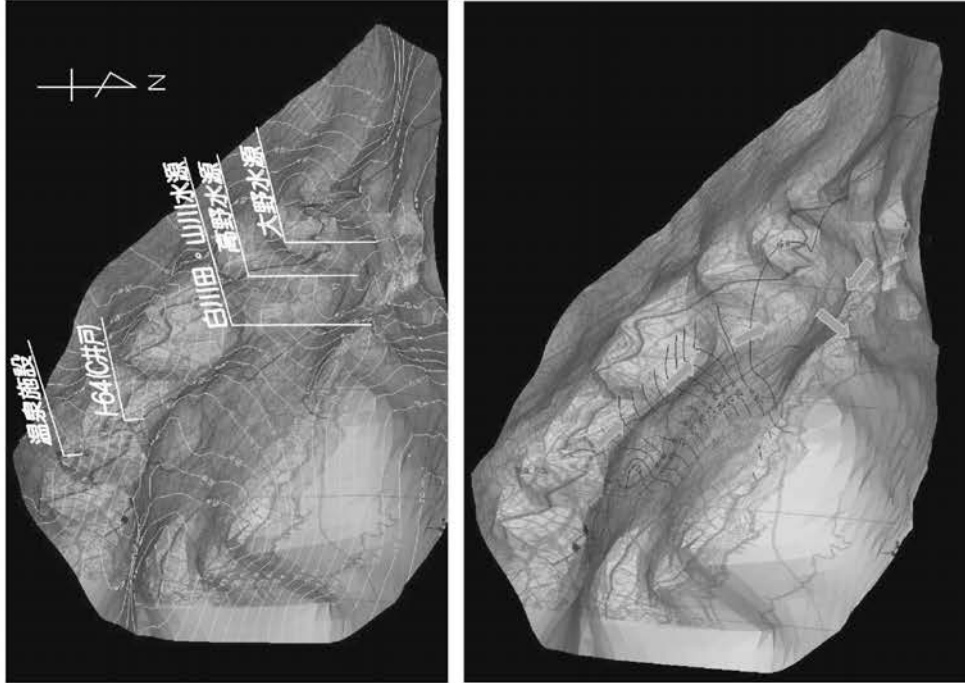


図 6.3.1 白川田流域の不透水性基盤上面コンター(上図)と平常時(2006年2月)における地下水コンター(下図)

注：標高方向は20倍に強調して示した。また、青矢印は地下水の流動方向を示す。

6.3.3 白川田流域地下水の塩化物イオンの起源自寄与率

塩素安定同位体比法および Mg^{2+}/Cl^{-} 濃度相関法を用い、I-64(C 井戸)における地下水の塩化物イオン起源自寄与率を推定した。その結果、2006 年を対象とすると、温泉排水の寄与率は前者で 97.3%、後者で 92.1%以上(一部は台風等で負荷された分も含む)と、同地点の地下水中塩化物イオンの大半が温泉排水に由来すると推定された。

原単位法を用い、白川田流域全域を対象とした 2005 年当時における地下水塩化物イオンの起源自寄与率を推定した。その結果、1 日に 92.85m³、304 日間(2004 年 7 月～2005 年 4 月)、温泉施設から更竹地区に排水されたとした場合、白川田流域に負荷された塩化物イオン年間量の寄与率は、温泉排水由来が 39.9%、大気・降水由来が 47.4%、その他(肥料・生活排水・家畜ふん尿)由来が 12.8%と推定された。また同様に、温泉施設からの排水量が 30m³/日(排水期間は同じく 304 日間)であった場合の推定結果は、それぞれ 17.6%、64.9%および 17.5%であった【5.3 原単位法による塩化物イオンの起源自寄与率 参照】。

統計解析手法を用い、白川田水源地下水を対象とした 2005 年当時の地下水塩化物イオンの起源自寄与率を算出した。その結果、温泉排水由来が 17%、大気・降水由来のうち台風影響による上昇分が 30%、その他(平常降雨・肥料・生活排水・家畜ふん尿)由来が 53%となった。この結果を用い、白川田水源における地下水塩化物イオン濃度の年平均値(2005 年、67.8mg/L)の内訳を求めると、温泉排水由来が 11.5mg/L、大気・降水由来のうち台風影響による上昇分が 20.3mg/L、その他(平常降雨・肥料・生活排水・家畜ふん尿)由来が 36.0mg/L となった。同様に、2006 年(年平均値 88.2mg/L)を対象とした推定結果は、それぞれ 40% (35.8mg/L)、21% (17.6mg/L) および 39% (34.8mg/L) で、2005 年に比べ 2006 年における温泉排水の寄与率が高かった【5.4 統計解析法 参照】。

6.3.4 白川田流域における地下水塩化物イオン濃度の上昇原因に関する総合的考察

台風の常襲する小さな島嶼で、沿岸に位置する白川田流域のような地域の地下水に含まれる塩化物イオン濃度が異常に上昇した場合、その原因は通常、台風により陸域へもたらされた海水に帰されるであろうことは容易に推測できる。事実、近年稀な勢力を有し、2003 年 9 月 11 日に宮古島を直撃した台風 14 号は、その後、宮古島の各地の地下水塩化物イオン濃度を上昇させた(第 1 の事実)。しかしながら一方で、本台風による影響が宮古島に生じたであろうと考えられる時期に重なり、白川田流域地下水の塩化物イオン濃度を上昇させる可能性を有する人為行為があったことも事実である。すなわち、海水の半分程の塩化物イオン濃度を含む温泉が掘削され、その排水が少なくとも 2003 年 10 月から 2005 年 4 月まで、白川田流域の南西端に位置する更竹地区に行われた(第 2 の事実)。そして第 3 の事実として、白川田流域地下水の塩化物イオン濃度は、2003 年 10 月以降、顕著な上昇を示してきている。

このような状況において、本委員会は、白川田流域地下水の塩化物イオン濃度上昇の原因を究明することを目的とした調査・研究を行ってきた。その主な命題は次の 8 点である。

第 1 は、更竹地区に負荷された塩化物イオンが宮古島の大半の水道原水を採水する白川田水源等の水源地に、最終的に到達するか否かである。第 2 は、ここで問題とする時期、すなわち 2003 年 10 月以降において、白川田流域地下水の水質組成はどのように変化したかを解析することである。第 3 は、白川田流域に負荷される塩化物イオンの起源と各起源の寄与率をできるだけ精度良く推定することであり、簡潔には、台風影響と温泉排水影響の寄与率を求めることである。

その結果、第 1 の命題に関しては、上述の 6.3.1 でまとめを示したように、更竹地区において浸透した水は、最終的に白川田流域の水源地に到達することが確認された。したがって水溶された塩化物イオンも同様に、更竹地区から水源地に移動することは自明である。

第 2 の命題に関しては、上述の 6.3.2 に示したように、温泉原水とその排水は硫酸イオンをほとんど含まず、また海水に比べマグネシウムイオン濃度がきわめて低いという特性を利用した解析の結果、温泉排水が行われた後の I-64 (C 井戸) の水質組成は、温泉排水を混合した場合に形成される水質組成に酷似することが判明した。この解析結果から、温泉排水に含まれる塩化物イオンが、I-64 (C 井戸) に混入し、その濃度を上昇させる一因になったと結論できる。

第 3 の命題に関しては、上述の 6.3.3 に示したように、4 つの手法を用い、起源自寄与率の塩化物イオン寄与率を推定した。その結果、温泉排水地点に近い C 井戸(地下水)への温泉排水の寄与率は 2004～2006 年において 90%を超えると考えられ、また同様に、白川田水源地の地下水への寄与率は、2006 年でおおよそ 20～40% (この数値の幅は、温泉排水量が正確に把握できないことに起因する)と推定された。

以上の結果から、近年における白川田流域地下水の塩化物イオン濃度の顕著な上昇に関し、温泉排水の影響は排水地点近傍の地下水に直接的に強い影響を受けたと判断された。白川田水源地における地下水塩化物イオン濃度への温泉排水の寄与率は、上述のように約 2～4 割であると推定され、排水地点近傍より温泉排水の寄与率が低いと推定された。このことは、温泉排水地点が白川田流域の南西端上流域に位置するため、下流の水源地に至る過程で、流域の他地域から集まる地下水により希釈されるためと考えられる。

また、台風による塩化物イオンの負荷はいわゆる面源であるのに対し、温泉排水は点源である。このため、温泉排水地点における塩化物イオンの負荷は、水源地に至るまで、その距離に応じた時間差が生じることになる。事実、6.3.3 で示したように、統計解析法によると、白川田水源地下水に対する温泉排水由来塩化物イオンの寄与率は、温泉排水が行われた直後の 2005 年よりも 2006 年の方が高いと推定された。このことは、今回のような点源での地下水負荷の影響が、その直後に水源地で顕在化するとは限らないことを示している。したがって、水道水源流域における地域網羅的な水質監視体制が必要であることもさることながら、地域公共財である水道原水を保全するため、人為的な負荷を極力生じさせないといったモラルを、全ての住民が堅持することの重要性を示したと考える。

動力装置許可の審査基準（東京都）

温泉動力の装置の許可に係る審査基準

平成10年 7月 1日（東京都告示第 724号）

最終改正 平成20年10月24日（東京都告示第1339号）

地盤沈下防止の観点から、温泉法(昭和23年法律第125号)第11条第3項により準用する同法第4条第1項の規定に基づく動力の装置の許可に係る審査基準を次のように定める。

	指定地域	吐出口断面積	一日の揚湯量
1	墨田区 江東区 北区 荒川区 板橋区 足立区 葛飾区 江戸川区	6平方センチメートル 以下	50立方メートル 以下
2	東京都の区域のうち、1に掲げる区域、八王子市の一部（一般国道411号線との交点以北の都道檜原あきる野線、その交点から一般国道20号線との交点（八王子市高尾町）までの都道八王子あきる野線、その交点から都道八王子町田線との交点までの一般国道20号線及びその交点以南の都道八王子町田線以西の区域）、青梅市、あきる野市、西多摩郡日の出町、同郡檜原村、同郡奥多摩町及び島しょ地区を除く区域	21平方センチメートル 以下	150立方メートル 以下

備考 揚湯の状況について、水量測定器及び水位計により確認できること。

揚湯試験事例

I 揚湯試験（集湯能力調査）事例（一般的な事例）

「別紙 5 II 5. 特殊な事例」で示した揚湯試験に関しては II 及び III のような事例が報告されている。特殊事例の紹介に先立ち、一般的な事例を紹介する。なお、段階揚湯試験では限界揚湯量を調査し、安全率をみてその何割かを適正揚湯量と設定する。その後、適正揚湯量を検証するために連続揚湯試験を実施し、過度な水位低下を招くことなく水位の安定を確認することが重要である。

1. 概要

本事例では、6 段階の段階揚湯試験を実施し、揚湯量 - 水位低下量の関係から限界揚湯量を求め、そこから適正揚湯量を設定している。次に設定した適正揚湯量で連続揚湯試験を実施し、その後回復試験で水位の回復状況の確認を行っている。

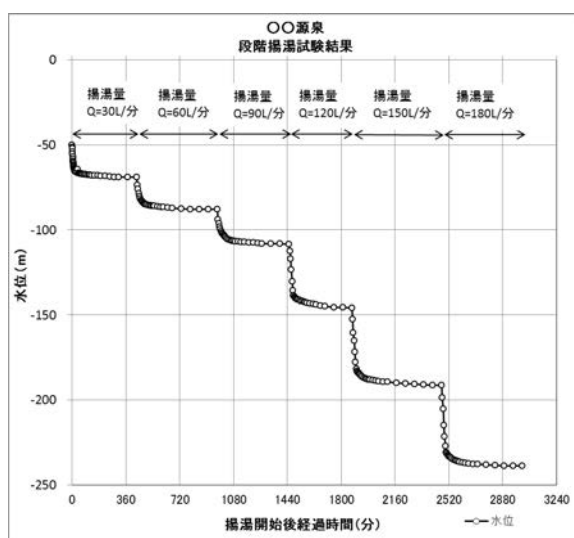


図 1 段階揚湯試験結果

図 1 における段階試験は、30L/分、60L/分、90L/分、120L/分、150L/分、180L/分として 6 段階で水位の測定を実施した。この結果を表 1 に、揚湯量 - 水位低下量の関係を図 2 に示す。（図中には対角線上に 45° 傾斜の線を記入している）。

表 1 段階試験結果

	揚湯量 Q (L/分)	水位 (m)	水位低下 Sw (m)
		-50.2	
1	30	-69.1	18.9
2	60	-87.9	37.7
3	90	-108.4	58.2
4	120	-145.8	95.6
5	150	-191.3	141.1
6	180	-238.9	188.7

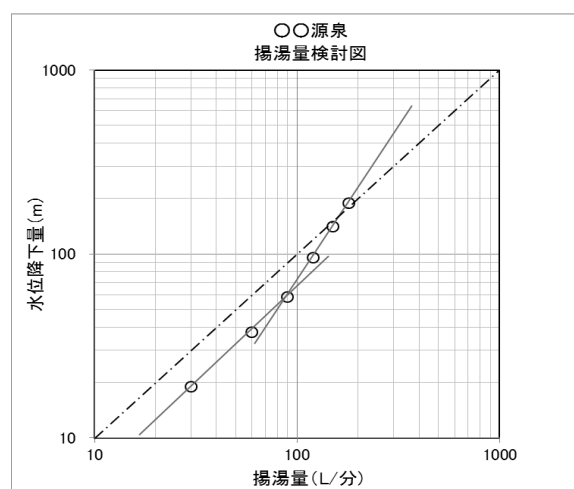


図 2 揚湯量-水位低下量の関係検討図

下図では、連続揚湯試験は、段階揚湯試験結果より求めた適正揚湯量 72L/分で実施し、その後回復試験状況を示す。

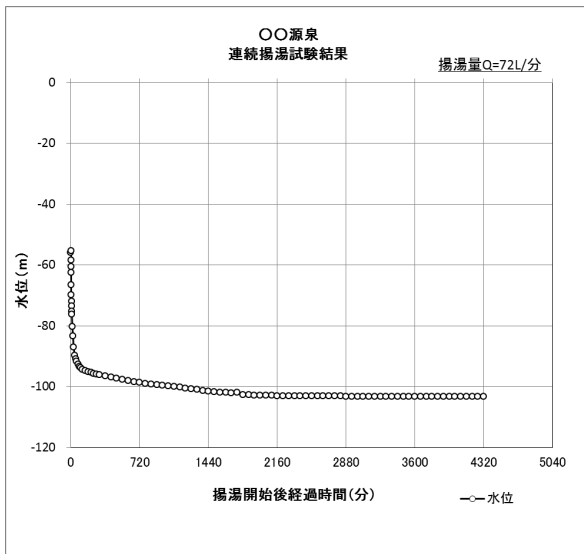


図3 連続揚湯試験結果

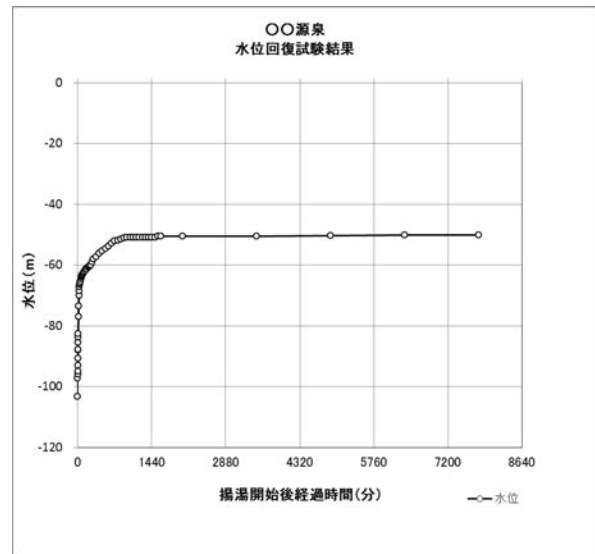


図4 回復試験結果

2. 揚湯試験の判断について

- ・ 図2 揚湯試験-水位低下量の関係検討図をみると、3段階目の 90L/分で変曲点を確認でき、限界揚湯量と判断し、この限界揚湯量の 80%である 72L/分を適正揚湯量と設定した。
- ・ 適正揚湯量 72L/分で実施した連続揚湯試験においても、ほぼ2日で安定水位が得られている。
- ・ 回復試験においても、ほぼ2日で水位は回復し、試験前の静水位に戻ることが確認できた。

以上のことから、72L/分が適正揚湯量に相当すると判断される。

Ⅱ 揚湯試験特殊事例①（揚湯によって水位が上昇する場合）

1. 概要

本事例では、段階揚湯試験と連続揚湯試験実施時に水位が上昇する特殊な現象が報告されている。図5の段階揚湯試験結果をみると各段階の揚湯開始直後に一旦水位は低下するが、その後、上昇に転じる変化が認められる。

表2 段階揚湯試験結果（1回目）

	揚湯量 (L/分)	水位 (m)	最終 降下量 (m)	最大 降下量 (m)
	0	4.44		
1	21	4.58	0.14	0.33
2	30	4.61	0.17	0.30
3	39	4.68	0.24	0.33
4	45	4.71	0.27	0.34

表3 段階揚湯試験結果（2回目）

	揚湯量 (L/分)	水位 (m)	最終 降下量 (m)	最大 降下量 (m)
	0	4.36		
1	14	4.42	0.06	0.21
2	21	4.43	0.07	0.17
3	31	4.50	0.14	0.24
4	41	4.58	0.22	0.29
5	46	4.65	0.29	0.34

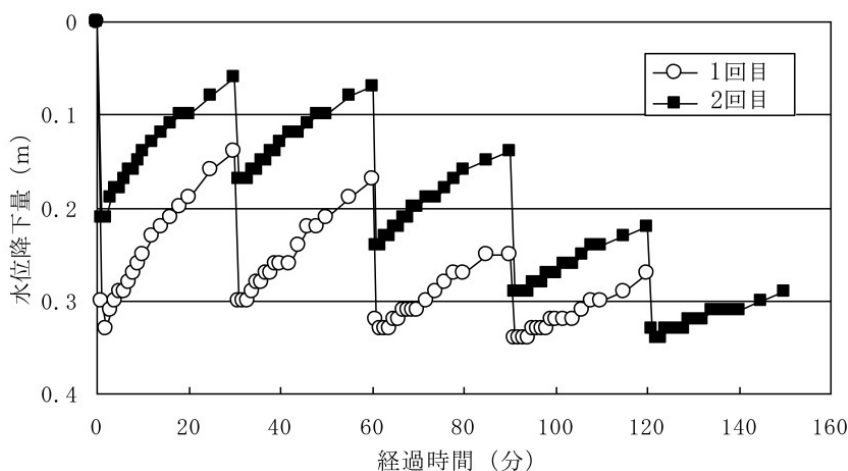


図5 段階揚湯試験結果

2. 揚湯試験の判断について

揚湯によって水位が上昇する源泉では、温泉付随ガスの増加や他の帯水層からの井戸内への流入、使用するポンプの問題等、様々な要因が推定されている。

上記のような現象は湧出能力が高い源泉に多くみられ、通常の揚湯試験では解析が困難な場合もある。その場合、適正揚湯量が揚湯試験での設定揚湯量を上回っていることが考えられ、連続揚湯試験結果や段階揚湯試験における最大揚湯量等から判断することも考えられる。

Ⅲ 揚湯試験特殊事例②（湧出量が少なく、通常の揚湯試験実施が難しい場合）

1. 概要

水位低下が大きく揚湯可能量が極めて少ないため、連続揚湯が行えず、通常実施している段階揚湯試験と連続揚湯試験ができない事例である。また、間欠揚湯による揚湯試験後、試験用ポンプを変更し、さらに一部の温泉を温泉井戸内に戻すことで少量揚湯による段階試験が可能となり、再度試験を実施し適正揚湯量の再検証が行われ、同様の結論が得られている。

図6の間欠揚湯に伴う水位の変化は、期間①（30分オン、210分オフの繰り返し）では、最低水位、最高水位ともに上昇傾向にあった。期間②（60分オン、180分オフの繰り返し）では最低水位、最高水位ともにやや低下もしくはほぼ安定傾向を示した。このことから、期間①を適正揚湯量と判断している。

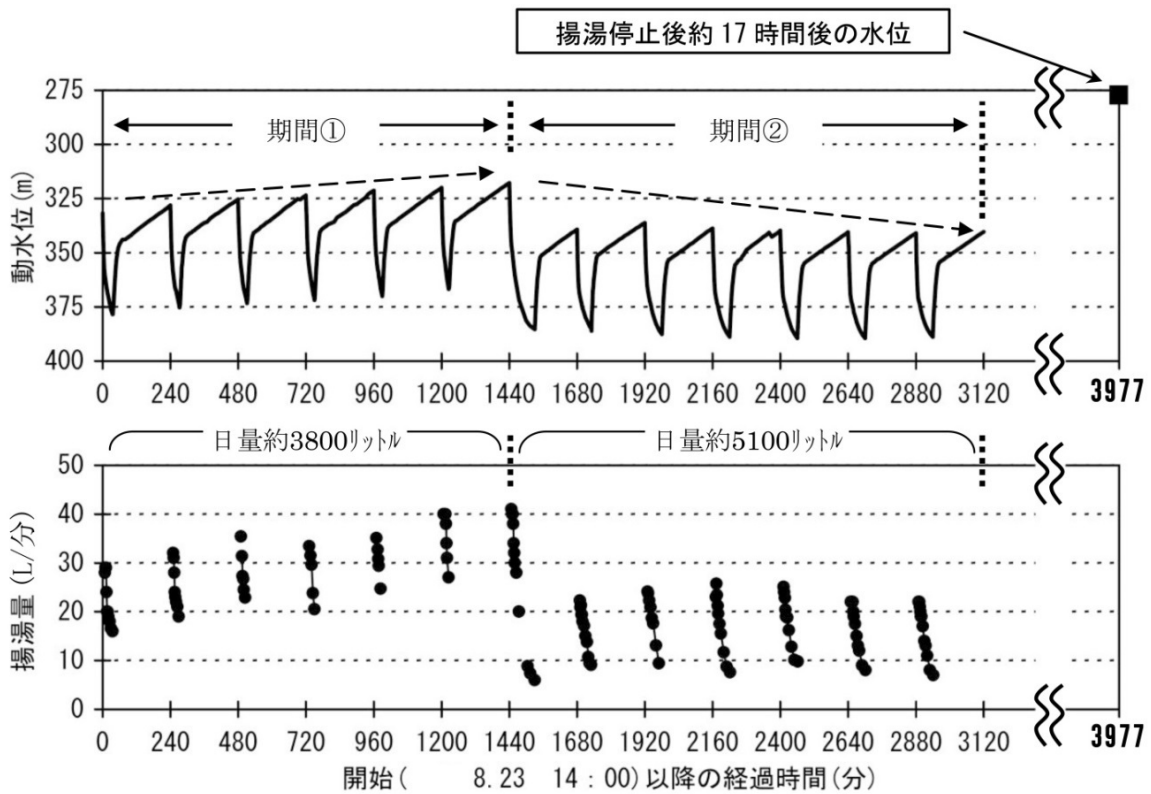


図6 水位と揚湯量の推移

図7の段階試験では、第1段階で4.8L/分、第2段階で3.9L/分、第3段階で2.9L/分と揚湯量を段階的に減じる方法で試験が行われ、段階揚湯試験の最大4.8L/分で405mまで大きく水位が低下している。また、最後に回復試験が行われているが、試験期間内に当初の静水位にまで回復はしていない。

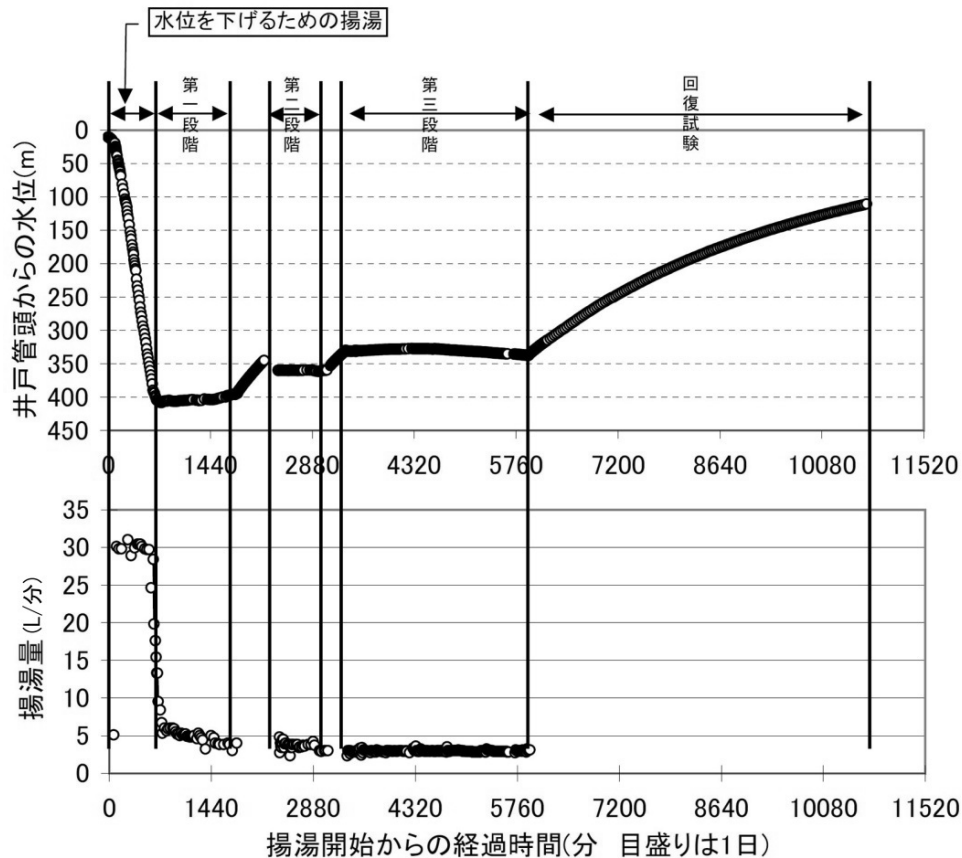


図7 段階揚湯試験結果図

2. 揚湯試験の判断について

揚湯可能量が非常に少ない源泉や水位降下量が大きく通常の揚湯試験が行えないような源泉では、何らかの方法で動水位の安定が可能な適正採取量を検討することも考えられる。それが、不可能な場合は回復試験結果を参考とし判断する等の方法が考えられる。このような場合で想定されうる対応例を以下に示す。

対応例

- ・ 揚湯試験実施に適し、かつ過度に水位低下を招かないポンプを選定して試験を実施する。
- ・ 一定間隔で間欠揚湯を繰り返し行い、水位の安定化を確認する。
- ・ ポンプの最低揚湯量を下回る場合、温泉の一部を温泉井戸内に戻して量の調整を行い段階揚湯試験、連続揚湯試験を実施する。
- ・ 回復試験を実施し、水位の回復速度から湧出量を推定する。

登録分析機関一覧

別紙 13

(平成25年7月12日現在)

所在地	登録分析機関名	所在地	連絡先	登録年月日	登録番号	所在地	登録分析機関名	所在地	連絡先	登録年月日	登録番号
北海道	北海道立衛生研究所	札幌市北区北19条西12丁目	011-747-2735	H14.4.1	北海道第1号	栃木県	(一社) 栃木県薬剤師会	宇都宮市緑5-1-5	028-658-9877	H14.4.8	14栃木第1号
北海道	(一財) 北海道環境健康センター	札幌市豊平区平岸1条9丁目6-6	011-824-1948	H14.4.1	北海道第2号	栃木県	平成環境(株)	宇都宮市石井町2895-3	028-660-1700	H19.3.19	18栃木第1号
北海道	(株) アカカ 環境化学分析センター	旭川市永山14条3丁目3-4	0166-24-5593	H16.12.28	北海道第3号	栃木県	(株) 緑研	宇都宮市小幡2-4-5	028-622-9912	H19.3.29	18栃木第2号
北海道	(株) 環境総合科学	苫小牧市豊川町2丁目1番2号	0144-75-2181	H18.8.21	北海道第4号	栃木県	(財) 栃木県環境技術協会	宇都宮市下田本2145-13	028-673-9080	H20.9.25	20栃木第1号
北海道	(株) 環境科学研究所	函館市西船場町28番地の1	0138-48-6211	H18.0.21	北海道第5号	群馬県	群馬県衛生環境研究所	新緑市上沖町378	027-232-4881	H14.4.16	群馬第1号
北海道	太平洋総合コンサルタント(株)	釧路市村木町15番5号	0154-41-2633	H18.10.3	北海道第6号	群馬県	(一社) 群馬県薬剤師会	新緑市西片長町5-18-38	027-223-6355	H14.4.24	群馬第2号
北海道	(株) 環境プロジェクト	札幌市厚別区厚別西1条1丁目8番10号	011-895-6210	H20.11.18	北海道第9号	埼玉県	内閣府環境管理株式会社	さいたま市南区大字太田窪2051番地2	048-887-2590	H22.12.8	指令第066号
北海道	(株) エコノミクスラボ	釧路市相生町70番地	0123-25-6512	H20.12.4	北海道第10号	千葉県	千葉県衛生研究所	千葉市中央区八戸各町666-2	043-266-6723	H14.5.14	千葉県登録第1号
北海道	日本衛生(株) 環境分析センター	札幌市清田区平岡1条1丁目1番40号	011-888-0122	H20.12.9	北海道第11号	千葉県	(株) 上総環境調査センター	木更津市湖沼4-16-2	0438-36-5001	H17.8.26	千葉県登録第2号
北海道	(株) 第一岸本環境検査センター 若小牧本社	苫小牧市日吉町2丁目3番9号	0144-72-5712	H23.2.26	北海道第12号	千葉県	(一財) 千葉県環境財団	千葉市中央区中央港一丁目11番1号	043-246-2078	H19.12.5	千葉県登録第3号
青森県	(社) 青森県薬剤師会衛生検査センター	青森市大字新木山164番43	017-762-3620	H14.4.1	青森県第2号	千葉県	(財) 日本分析センター	千葉県福毛区山王町295番地3	043-423-5325	H20.3.5	千葉県登録第4号
青森県	環境健全(株)	平川市松崎町41-10	0172-43-1100	H21.3.6	青森県第3号	東京都	(公財) 中央環境研究所	豊島区蒲田3-42-10	03-3987-0751	H14.4.4	14建設第1号
岩手県	(一社) 岩手県薬剤師会	盛岡市馬場町3-12	019-641-4401	H14.4.10	岩手県第1号	東京都	(株) 東京水質研究所	中央区中央3-50-9	03-3367-3129	H19.10.16	19東京都環境分析センター
岩手県	岩手県環境健康研究センター	盛岡市徳間町1地割36-1	019-658-5665	H14.4.26	岩手県第2号	東京都	環境健全(株)	中野区中央3-50-9	042-660-5979	H20.12.18	19東京都環境分析センター
岩手県	地熱エンジニアリング(株)	岩手県滝沢村鶴崎大並字大清水350番6	019-691-9300	H14.9.12	岩手県第3号	神奈川県	神奈川県足尾地学研究所	小田原市入生田586	0465-23-3588	H14.8.30	神奈川県環境分析センター
岩手県	(株) 大連環境科学 総合技術センター	釜淵町久町大字北宮第1地割265番地	019-698-2671	H19.4.12	岩手県第4号	神奈川県	(一財) 北北環境科学センター	相模原市南区北重1丁目15番1号	042-778-9208	H14.8.30	神奈川県登録第3号
岩手県	エヌエス環境(株) 盛岡支店	盛岡市みたけ14-3-33	019-643-8911	H20.8.19	岩手県第5号	神奈川県	(株) アクス	横浜市中区京橋二丁目11番地7	045-788-5101	H19.12.21	神奈川県登録第4号
宮城県	(公財) 宮城県公害衛生検査センター	仙台市青葉区若宮2-15-24	022-391-1133	H14.4.4	宮城県第1号	新潟県	新潟県健康環境科学研究所	新潟市西区常磐314-1	025-263-9415	H14.4.1	新潟県(公) 県庁第1号
宮城県	(一財) 宮城県公害衛生検査センター	仙台市青葉区若宮2-15-24	022-771-4722	H19.2.15	宮城県第2号	新潟県	(一社) 北北環境科学センター	三条市吉田1411番地甲	0256-34-7072	H14.6.12	新潟県(公) 県庁第3号
宮城県	エヌエス環境(株) 東北支社	仙台市宮城野区中野字岩戸140	022-254-4661	H21.9.9	宮城県第3号	新潟県	(一財) 新潟県環境分析センター	新潟市江南区区宮野53-1	025-284-6500	H14.7.22	新潟県(公) 県庁第4号
秋田県	秋田県健康環境センター	秋田市千秋公園町6-6	018-832-5005	H14.4.17	秋田県第1号	新潟県	(一財) 新潟県環境衛生中央研究所	長岡市新庄2-12-7	0258-46-7151	H14.10.10	新潟県(公) 県庁第5号
秋田県	(株) 秋田県総合健康事業団(呼吸検査センター)	秋田市千秋公園町6-6 (秋田市千秋公園3-1-24)	018-831-2011 (018-845-9293)	H15.12.19	秋田県第2号	富山県	(一財) 北北環境科学センター	上越市下門前1666番地	025-643-7664	H15.9.8	富山-01
山形県	山形県衛生研究所	山形市十日町1-6-6	023-627-1371	H14.4.26	温泉分析山形第1号	富山県	(株) 環境研究	射水市本郷山17丁目1番地	0766-56-5506	H14.4.25	富山-03
山形県	日本環境科学(株)	山形市常木6番地	023-644-6900	H14.8.3	温泉分析山形第2号	富山県	(株) 安全性研究センター	富山市八日町247-17	076-429-3275	H15.5.13	富山-04
山形県	(株) 丹野	山形市松尾町12-3	023-641-1141	H14.9.4	温泉分析山形第3号	富山県	ゼオノース(株) 環境分析事業部	富山市関人町2-62	076-431-6810	H17.1.7	富山-05
山形県	(株) 環境分析センター	鶴岡市松尾町18-17	0235-24-4427	H15.5.25	温泉分析山形第4号	富山県	ダイモーションエンジニアリング(株) 分析事業部	高岡市東町650	0766-25-6385	H17.5.6	富山-06
山形県	ネット環境コンサルタント(株)	米沢市アスカシティ1丁目808-17	0238-29-0025	H19.11.20	温泉分析山形第5号	富山県	(株) 環境健康センター	砺波市千代248番地3	0765-24-3521	H18.1.26	富山-07
福島県	福島県衛生研究所	福島市蓬萊町2丁目2番2号	024-549-2198	H14.4.3	福島第1号	富山県	アースコンサル(株)	射水市戸坂6番地17	0766-56-1180	H19.4.16	富山-08
福島県	(株) 環境分析センター 福島分析センター	福島市方木田字水戸内16番6号	024-546-8694	H14.4.5	福島第2号	石川県	石川県健康環境センター	金沢市水原町1-11	076-229-2011	H14.4.1	第1号
福島県	(株) 環境分析センター 福島分析センター	郡山市喜久田町第一丁目104番地1	024-959-1771	H18.12.7	福島第3号	石川県	(一財) 北北環境衛生研究所	金沢市水原町3-1-2	076-224-2122	H14.4.1	第2号
福島県	福島県健康衛生協会	福島市方木田字水戸内19番地6	024-546-0391	H20.6.9	福島第4号	石川県	(株) エオネット	金沢市東武庫町1-19-4	076-238-9685	H17.3.31	第3号
福島県	(公財) 福島県健康衛生協会	郡山市田村町倉屋字夕町原60番地1	024-941-1719	H20.10.30	福島第5号	石川県	(株) 金沢環境サービス公社 技術分析センター	金沢市御影町23-10	076-243-3191	H21.3.12	第4号
茨城県	(株) 日本化学環境センター	水戸市松本町2番25号	024-942-6676	H24.8.16	茨城県登録第1号	石川県	(株) 海井環境分析センター	越前市北府2-1-5	0778-21-0075	H17.3.3	第3号
茨城県	(一財) 茨城県薬剤師会検査センター	水戸市笠原町978-47	029-306-9086	H14.5.2	茨城県登録第2号	福井県	(株) 北北環境科学研究所	福井市光原4-4-27	0776-22-2771	H19.4.1	第4号
茨城県	茨城県衛生研究所	水戸市笠原町993番2	029-241-6652	H19.4.25	茨城県登録第3号	山梨県	(株) 山梨県環境科学検査センター	甲斐市玉王町2277-12	055-278-1600	H14.4.8	14山梨自治第1号
茨城県	クワタ分析センター(株)	つくば市高野台2丁目8-14	029-835-7011	H19.7.18	茨城県登録第4号	山梨県	山梨県衛生環境研究所	甲府市富士見1-7-31	055-228-2858	H16.12.14	14山梨自治第2号
茨城県	(株) 日立アワロウソリューションズ	日立市井美町3-10-2	0294-65-7996	H25.5.20	茨城県登録第5号	山梨県	(株) メイキョー	甲府市徳行2丁目2-38	055-228-1830	H17.1.7	16山梨自治第3号
						長野県	(社) 山梨県環境健全協会	長野市西母谷町1丁目5-1	026-227-0354	H14.4.1	長野県第1号
						長野県	長野県環境健全研究所	長野市大字友里里米字村1978	026-227-0354	H14.4.1	長野県第2号
						長野県	(一社) 長野県薬剤師会検査センター	松本市旭2-11-20	0263-32-0276	H14.4.1	長野県第3号

所在地	登録分析機関名	所在地	連絡先	登録年月日	登録番号
大分県 (一社)大分県医師会	大分市中区中央泉町1-3-8	大分県 (一社)大分県医師会	06-8947-6481	H20.4.9	大分県7
大分県 (株)西国環境センター	堺市中区小阪204-27	大分県 (株)西国環境センター	072-281-0521	H20.8.28	大分県8
大分県 (株)片山化学工業研究所	大分市東芝川区東芝新1丁目6番7号	大分県 (株)片山化学工業研究所	06-8322-0176	H21.4.14	大分県9
大分県 (株)ケイ・エス分析センター	高田林市緑通二丁目9番2号	大分県 (株)ケイ・エス分析センター	0721-20-5611	H21.4.23	大分県10
兵庫県 兵庫県立健康生活科学研究所	神戸市兵庫区赤布町2-1-29	兵庫県 兵庫県立健康生活科学研究所	078-511-8640	H14.4.1	業第02E-0001号
兵庫県 (財)ひょうご環境創造協会	神戸市須磨区谷平町3丁目1-31	兵庫県 (財)ひょうご環境創造協会	078-735-2737	H20.2.1	業第07E-0001号
兵庫県 (株)HE R	加西市朝日町2001番39号	兵庫県 (株)HE R	0790-49-3220	H23.7.22	業第11E-0001号
奈良県 (有)奈良環境調剤研究所	桜井市粟殿1007-6	奈良県 (有)奈良環境調剤研究所	0744-49-3744	H20.12.1	奈良県20温第1号
奈良県 野村研成(株)	宇陀市菟田郡大深55	奈良県 野村研成(株)	0745-84-2822	H21.4.7	奈良県総合汚染第34号
和歌山県 和歌山県環境衛生研究センター	和歌山市砂山南3-3-45	和歌山県 和歌山県環境衛生研究センター	073-423-8570	H14.4.1	第1号
和歌山県 (一社)和歌山県薬剤師会	和歌山市東野原町19番地	和歌山県 (一社)和歌山県薬剤師会	073-427-1790	H24.7.6	第2号
鳥取県 (財)鳥取県環境事業団	鳥取市富家2丁目94番4	鳥取県 (財)鳥取県環境事業団	0857-23-4841	H14.5.22	環10第1号
鳥取県 (公財)鳥取県環境保護公社	松江市古志原1-4-6	鳥取県 (公財)鳥取県環境保護公社	0852-24-0207	H14.11.5	鳥取県第2号
鳥取県 (財)山形県環境づくり財団	福山市北区田408-1	鳥取県 (財)山形県環境づくり財団	086-246-6254	H14.5.30	岡山県第1号
広島県 (株)日本総合科学環境技術センター	福山市真島町新丘399-46	広島県 (株)日本総合科学環境技術センター	084-981-0181	H14.7.23	広島県第2号
広島県 (一財)広島県環境保護協会	広島市中区広北町9-1	広島県 (一財)広島県環境保護協会	082-293-1514	H15.3.7	広島県第3号
山口県 山口県環境健康センター	山口市朝日535番地	山口県 山口県環境健康センター	083-924-3570	H14.4.1	山口県第1号
山口県 学校法人香川学園宇部環境技術センター	宇部市文京町4番23号	山口県 学校法人香川学園宇部環境技術センター	0636-32-0082	H19.9.7	山口県第2号
山口県 (公財)山口県予防保健協会環境検査センター	山口市古敷下東1-5-1	山口県 (公財)山口県予防保健協会環境検査センター	083-933-0018	H20.12.8	山口県第3号
徳島県 (一社)徳島県薬剤師会検査センター	徳島市中洲町1-58-1	徳島県 (一社)徳島県薬剤師会検査センター	088-655-1112	H16.10.27	徳島県第2号
香川県 香川県環境保健研究センター	高松市朝日町5-3-105	香川県 香川県環境保健研究センター	087-825-0400	H14.4.1	香川県第1号
香川県 (一社)香川県薬剤師会検査センター	高松市亀岡町9番20号	香川県 (一社)香川県薬剤師会検査センター	087-834-5145	H19.7.18	香川県第2号
愛媛県 愛媛県立衛生環境研究所	松山市三軒町8-234	愛媛県 愛媛県立衛生環境研究所	089-931-8757	H14.4.1	第1号
高知県 高知県衛生研究所	高知市丸の内2丁目4-1	高知県 高知県衛生研究所	088-821-4960	H14.5.1	高知第1号
高知県 (一社)高知県食品衛生協会	高知市丸の内2丁目4番11号	高知県 (一社)高知県食品衛生協会	088-823-8505	H19.9.5	高知第2号
福岡県 (一財)九州環境管理協会	福岡市東区松舞台1-10-1	福岡県 (一財)九州環境管理協会	092-682-0410	H14.4.4	福岡県第1号
福岡県 福岡県環境健康研究所	福岡市東区香椎2-18-20	福岡県 福岡県環境健康研究所	092-621-8948	H14.1.7	福岡県第2号
福岡県 九電産業(株)環境部	福岡市東区名島2-18-20	福岡県 九電産業(株)環境部	092-671-6071	H16.8.2	福岡県第3号
福岡県 (公財)北九州生活科学センター	北九州市戸畑区中原町1-4	福岡県 (公財)北九州生活科学センター	093-881-8282	H17.4.7	福岡県第4号
福岡県 (株)太平洋環境科学センター	福岡市博多区金沢の尻2-2-31	福岡県 (株)太平洋環境科学センター	092-504-1220	H17.11.11	福岡県第5号
福岡県 (株)シール・ツール・食品品質衛生研究所	福岡市東区名島3-29-18	福岡県 (株)シール・ツール・食品品質衛生研究所	092-623-2211	H19.2.22	福岡県第6号
佐賀県 佐賀県衛生事業センター	佐賀市八丁通町1-20	佐賀県 佐賀県衛生事業センター	0952-30-5009	H14.4.10	41第0001号
佐賀県 (一財)佐賀県環境科学検査協会	佐賀市光1-1-2	佐賀県 (一財)佐賀県環境科学検査協会	0952-22-1651	H15.10.2	41第0002号
長崎県 西部環境調査(株)	佐世保市三内町新町26-1	長崎県 西部環境調査(株)	0956-20-3232	H14.10.29	長崎県第2号
長崎県 (株)環境衛生科学研究所	長崎市田中町603番3	長崎県 (株)環境衛生科学研究所	095-834-0250	H21.3.17	長崎県第3号
熊本県 (株)同仁グローバル	上益城郡志摩町田原2081-25	熊本県 (株)同仁グローバル	096-286-1311	H16.10.15	2号
熊本県 (株)三計テクノス	熊本市東区御領5-6-53	熊本県 (株)三計テクノス	096-388-1222	H18.3.27	3号
熊本県 ニテコ(一社)九州(株)	宇土市築港町221番地	熊本県 ニテコ(一社)九州(株)	0964-22-0131	H19.3.29	4号
熊本県 (株)津春船安安全研究所	熊本市中央区本荘三丁目2番19号	熊本県 (株)津春船安安全研究所	096-366-9372	H24.7.2	5号
大分県 大分県衛生環境研究センター	大分市高江西2-8	大分県 大分県衛生環境研究センター	097-554-8980	H14.4.1	大分県第1号
大分県 (公社)大分県薬剤師会検査センター	大分市大字豊後字松原46番1	大分県 (公社)大分県薬剤師会検査センター	097-544-4400	H14.4.16	大分県第3号
大分県 (株)佐世保折心センター大分事業所	大分市御崎2200番地	大分県 (株)佐世保折心センター大分事業所	097-523-1181	H15.12.22	大分県第4号

所在地	登録分析機関名	所在地	連絡先	登録年月日	登録番号
長野県 (株)科学技術開発センター	長野市大字北長池字南長池地20568-3	長野県 (株)科学技術開発センター	026-253-2010	H14.10.3	長野県第3号
長野県 (株)ユー・エキ	岡谷市田中町3-3-24	長野県 (株)ユー・エキ	0266-23-2155	H14.10.22	長野県第4号
長野県 (株)環境科学	松本市大字笹野7170-3	長野県 (株)環境科学	0263-88-8808	H18.1.23	長野県第5号
長野県 環境未来(株)分析センター	東御前町田村古見3757-1	長野県 環境未来(株)分析センター	0263-99-1811	H16.2.27	長野県第6号
長野県 (社)上田薬師会検査センター	上田市大字田分994-1	長野県 (社)上田薬師会検査センター	0268-29-1132	H16.11.26	長野県第7号
長野県 (社)長野市薬剤師会検査センター	長野市若菜5-11-1	長野県 (社)長野市薬剤師会検査センター	026-227-3722	H16.11.30	長野県第8号
長野県 (株)環境技術センター	松本市大字笹野5652-166	長野県 (株)環境技術センター	0263-27-1606	H17.12.1	長野県第9号
長野県 (株)農業公営研究所	北佐久郡立科町芦田1835-1	長野県 (株)農業公営研究所	0267-85-2189	H19.8.23	長野県第10号
長野県 (一社)長野県分岐基盤食品検査協会環境検査部	松本市大字神林字小坂道7107-55	長野県 (一社)長野県分岐基盤食品検査協会環境検査部	0263-40-3811	H20.3.28	長野県第11号
長野県 南信濃環境センター(株)	上伊那郡箕輪町大字中箕輪1253	長野県 南信濃環境センター(株)	0265-79-1871	H20.8.27	長野県第12号
長野県 (一財)中部公衆衛生研究所	飯田市高羽町6-2-2	長野県 (一財)中部公衆衛生研究所	0265-24-1509	H21.10.30	長野県第13号
長野県 ユートピア産業(株)	長野市青木高野町青木高野238-1	長野県 ユートピア産業(株)	026-284-4681	H24.5.16	長野県第14号
岐阜県 岐阜県環境健康研究所	各務原市加不動丘1-1	岐阜県 岐阜県環境健康研究所	058-380-2100	H14.10.25	岐阜県第1号
岐阜県 (財)岐阜県公衆衛生検査センター	岐阜市曙町4-6	岐阜県 (財)岐阜県公衆衛生検査センター	058-247-1900	H16.12.22	岐阜県第2号
岐阜県 (株)神楽衛生社	飛騨市神岡町東郷375	岐阜県 (株)神楽衛生社	0578-82-0337	H18.1.4	岐阜県第3号
岐阜県 (株)総合保健センター	可児市川合136-8	岐阜県 (株)総合保健センター	0574-63-7703	H19.2.27	岐阜県第4号
岐阜県 (株)環境測定センター	羽島郡岐南町上印屋1-152	岐阜県 (株)環境測定センター	058-247-2000	H24.2.28	岐阜県第5号
静岡県 (一財)静岡県環境衛生検査センター 検査検査所	静岡市葵区北東東4-27-2	静岡県 (一財)静岡県環境衛生検査センター 検査検査所	054-621-6003	H14.4.8	静岡県第1号
静岡県 (株)清研検査センター	藤枝市高輪2310	静岡県 (株)清研検査センター	054-634-1000	H19.3.28	静岡県第2号
静岡県 日本総研(株)	浜松市南区西島町1622	静岡県 日本総研(株)	053-425-7531	H19.9.28	静岡県第3号
静岡県 東邦化工建設(株)	駿東郡長泉町上土降高石234	静岡県 東邦化工建設(株)	055-985-9595	H21.1.28	静岡県第4号
静岡県 (株)サイエンス	静岡市葵区黒名中央1-7-55	静岡県 (株)サイエンス	054-281-8212	H21.2.10	静岡県第5号
静岡県 (株)中部衛生検査センター	島田市島高99-3	静岡県 (株)中部衛生検査センター	0547-46-2348	H21.3.30	静岡県第6号
静岡県 芝浦セムテック(株)	沼津市大岡2068-3	静岡県 芝浦セムテック(株)	055-924-3450	H22.3.29	静岡県第7号
愛知県 愛知県衛生研究所	名古屋市中区区北区北区字渡7-6	愛知県 愛知県衛生研究所	052-910-6844	H14.4.4	愛知県第1号
愛知県 (株)環境科学研究所	名古屋市中区区北区北区字渡7-6	愛知県 (株)環境科学研究所	052-902-4456	H17.1.28	愛知県第2号
愛知県 (一財)中部衛生検査センター	豊川市御津町赤根字下川48	愛知県 (一財)中部衛生検査センター	0533-76-2228	H17.4.1	愛知県第3号
愛知県 (株)東海分析化学研究所	豊川市御津町赤根字下川50	愛知県 (株)東海分析化学研究所	0533-75-2250	H17.4.23	愛知県第4号
愛知県 (株)コアエ環境衛生コンサルタント	名古屋市中区区天塚町4-8	愛知県 (株)コアエ環境衛生コンサルタント	052-529-2656	H24.2.26	愛知県第5号
三重県 三重県環境健康研究所	四日市市緑町3690-1	三重県 三重県環境健康研究所	059-329-2917	H14.4.16	三重県加草倉第1号
三重県 (一財)三重県環境衛生事業団	津市河原町上野3258番地	三重県 (一財)三重県環境衛生事業団	059-245-1508	H16.12.24	三重県加草倉第2号
三重県 (株)イナテック	いなべ市員弁町市之原10番地	三重県 (株)イナテック	0594-74-4526	H19.11.12	三重県加草倉第3号
三重県 (株)東海テクノ 四日市分析センター	三重県四日市市午起1丁目名備15号	三重県 (株)東海テクノ 四日市分析センター	059-340-7757	H24.2.2	三重県加草倉第4号
滋賀県 滋賀県衛生科学センター	大津市御陵浜13-45	滋賀県 滋賀県衛生科学センター	077-537-3050	H14.4.5	滋賀県第1号
滋賀県 (株)日吉	近江八幡市北之庄町908	滋賀県 (株)日吉	0748-32-5111	H17.4.26	滋賀県第2号
滋賀県 (一社)滋賀県薬剤師会	草津市笠山7-4-52	滋賀県 (一社)滋賀県薬剤師会	077-557-2416	H20.4.14	滋賀県第3号
京都府 京都府環境健康研究所	京都市伏見区村上町395	京都府 京都府環境健康研究所	075-621-4087	H16.4.26	京都府第1号
京都府 (社)京都府環境衛生事業団 総合科学分析センター	京都市山科区上山花山久保町16-2	京都府 (社)京都府環境衛生事業団 総合科学分析センター	075-593-3320	H16.12.21	京都府第2号
大阪府 大阪府公衆衛生研究所	大阪府東淀川区中道1-3-69	大阪府 大阪府公衆衛生研究所	06-8972-1321	H14.4.23	大阪府第1号
大阪府 (株)立教環境衛生研究所	大阪府浪速区下寺3-11-14	大阪府 (株)立教環境衛生研究所	06-8648-7157	H16.12.24	大阪府第4号
大阪府 日本水処理工業(株)	大阪府北区菅原町18-14	大阪府 日本水処理工業(株)	06-6363-6370	H17.9.27	大阪府第5号
大阪府 (株)総合水研究所	堺市堺区神宮町1-4-6	大阪府 (株)総合水研究所	072-224-3532	H19.3.26	大阪府第6号

環境省ホームページより（平成25年7月12日現在）

http://www.env.go.jp/nature/onsen/contact/bunseki_list.pdf

所在地	登録分析機関名	所在地	連絡先	登録年月日	登録番号
165 大分県	公成機器産業(株)	大分市花高松1丁目1番4号	097-556-6277	H19.2.2	大分県第5号
166 大分県	タナベ環境工学(株)	大分市賀来南1丁目1番84号	097-549-4035	H20.8.19	大分県第6号
167 宮崎県	宮崎県衛生環境研究所	宮崎市学園本花台西2-3-2	0985-58-1410	H14.4.16	1
168 鹿児島県	(公社)鹿児島県薬剤師会	鹿児島市与次町2-8-15	099-253-8935	H14.4.1	鹿児島県第1号
169 鹿児島県	(一財)鹿児島県環境技術協会	鹿児島市セツ島1-1-5	099-262-0110	H14.4.1	鹿児島県第2号
170 鹿児島県	(株)鹿児島県環境測定分析センター	鹿児島市谷山港2丁目5-11	099-201-4177	H17.4.22	鹿児島県第3号
171 鹿児島県	(株)東洋環境分析センター鹿児島事業所	鹿児島市小野二丁目15番2号	099-218-3311	H19.2.26	鹿児島県第4号
172 沖縄県	(財)沖縄県環境科学センター	浦添市宇庭窪720	098-875-1941	H16.11.18	沖縄県第1号
173 沖縄県	(株)南西環境研究所	西原町宇東崎4番地4	098-835-8411	H20.3.24	沖縄県第2号
174 沖縄県	沖縄県衛生環境研究所	南城市大里あぶ大里2085番地	098-945-0781	H24.3.26	沖縄県第3号

合計 174 機関