

第43回試錐研究会

講演資料集

期 間：平成17年 3月17日(木)

会 場：ホテル札幌サンプラザ(2F 金枝の間)
(札幌市北区北24条西5丁目)

第43回 試 錐 研 究 会

プ ロ グ ラ ム

—温泉井の長期利用にむけて—

主 催 北海道立地質研究所

協 賛 北海道地質調査業協会
(社)全国鑿井協会北海道支部

日 時 平成17年3月17日(木)
10時 ~ 17時

場 所 ホテル札幌サンプラザ 2F 「金枝の間」
(札幌市北区北24条西5丁目 Tel.011-758-3111)

あいさつ (10:00 ~ 10:10)

北海道立地質研究所長 寺島 克之

特別講演 (10:10 ~ 12:00)

“北海道観光の現状と温泉”

札幌大学 経営学部

教授 佐藤 郁夫

昼 食 (12:00 ~ 13:00)

講演 (13:00 ~ 16:50)

1. ボアホール・テレビュアーによる孔井内の測定結果例
(株)物理計測コンサルタント 林 叔 民

2. 坑井障害と調査手法 — 「坑井障害に関する研究」から—
北海道立地質研究所 高橋 徹哉
鈴木 隆広

3. ファイバークラスの特性を生かした温泉井への利用について
(株)エヌエルシー 中島 祥夫

4. ファイバークラスチュービング&ファイバークラスケーシング
(株)クリステンセン・マイカイ 山田 直登

5. 温泉の健康科学 — 当所における取り組み—
北海道立衛生研究所 内野 栄治

6. 最近の温泉を取り巻く諸課題の解決に向けて
— GIS を用いた多面的解析研究—
北海道立地質研究所 鈴木 隆広

あいさつ (16:50 ~ 17:00)

北海道地質調査業協会 理事長 中川 勝之

懇親会 (17:30 ~ 19:30)

主催：試錐研究会懇親会実行委員会

会場：ホテル札幌サンプラザ 2F 「高砂の間」

特別講演

北海道観光の現状と温泉

札幌大学 経営学部

佐藤 郁夫

北海道観光の動向に影響を与える要素

札幌大学 経営学部 教授 佐藤郁夫

■ 交通事情

- ・ 高齢化の進展につれて、遠くまで出かける人はこれまでより減少する可能性が高い
- ・ 人口減少地域にある観光地で、公共交通機関が整備されていない地域は苦しい
- ・ バイパス、高速自動車道などの整備で交通事情が急速に変わったところは、広報戦略などを見直す必要
- ・ 道の駅の設置など、バス観光の休憩地が変化するときも新しい戦略が必要

参考)

初めて訪れる観光客の多い観光地・トップ ⇒ えりも

■ 人口動態

- ・ 人口減少地域で、高齢化が進んでいるところは域外からの観光客誘致をこれまで以上に検討しなければならない
- ・ 日帰り客を中心にしてきた地域で大規模な人口の後背地を有していない地域は新たな魅力の創出が求められる
- ・ 人口減少地域の公共温泉の利用検討⇒福祉向けへの転用？
- ・ 人口集積地は域内での魅力を高めるような、本物志向を意識した観光資源の整備を怠ると、他の地域との競合に生き残れない

■ 経済（所得）環境

- ・ 少人数の高額所得者を相手にした観光地はリピータの増加を図る戦略が必要になる。顧客管理やアフターサービスなど高品質な内容を検討する
- ・ 少人数の高額所得者を確保するためには全国をターゲットにしなければならないため、広報が重要になるが、俗化を防ぐこととの両立の検討が必要
- ・ 地域の年金生活者などが中心となりつつある観光施設は、福祉とのタイアップを検討することで新たなサービスを検討する必要がある。ただし、安かろう、悪かろうでは、地元の人までも逃がしてしまう

■ 社会、消費者心理の変化

- ・ (世代間) コミュニケーションの低下を受けたサービスのあり方の検討
⇒他人との接触を嫌う傾向の高まり
- ・ 高齢者が望む観光関連商品の見直し⇒1000人が受験した札幌シティガイド
登山(自然体験)ブームの担い手は
温泉ブームの担い手とその温泉地の特徴は?
バリアフリー、スパヘルパーなど新サービスの
登場
- ・ 多くの情報が出回っている社会⇒本物志向の追及

参考)

- ①来道観光客の回数は「2～4回」が最も多く、全体の4割超。2回以上のリピータは全体の7割超。
- ②宿泊施設が経営戦略として重視しているもののなかで、「接客」「施設内容」「料理」、このうち急増しているのが「料理」⇒高級品を少な目に、を愛好する高齢者の増加
- ③「安・近・短」指向に変化～日帰りが減り、一泊二日、二泊三日が増加

北海道観光の現状と温泉

札幌大学 経営学部

佐藤 郁夫

観光のライフサイクル

「商品」としての観光と観光のライフサイクル

一般商品には消費者意識の変化や競合商品の出現、技術変化などによる魅力の変化からライフサイクルと呼べる変遷がみられる。多くの商品が流行の波に乗って急激に売れても、消費者に浸透するにつれてその商品の魅力は薄れ、遂には忘れ去られてしまう。観光についても、それまで知られていなかった地域が地元住民のまちづくりへの取り組みなどによって観光地に生まれ変わる。しかし、多くの観光客の訪れとともに俗化、新たな競合地の出現するにつれて、次第に人々の足が離れ、衰退していくようなことがしばしば起きる。このような観光地の盛衰を観光のライフサイクルと呼ぶ。

この観光のライフサイクルはその発展段階に応じて、発展期、成長期、成熟期、衰退期という定義付けと区分が可能である。ただし、たとえある観光地が衰退期に入ったとしても、まちづくりや地域起こし、再開発などの取り組み次第では再び成長軌道に戻ることができる。このような観光のライフサイクルをイメージ化すると、以下のような形になる。

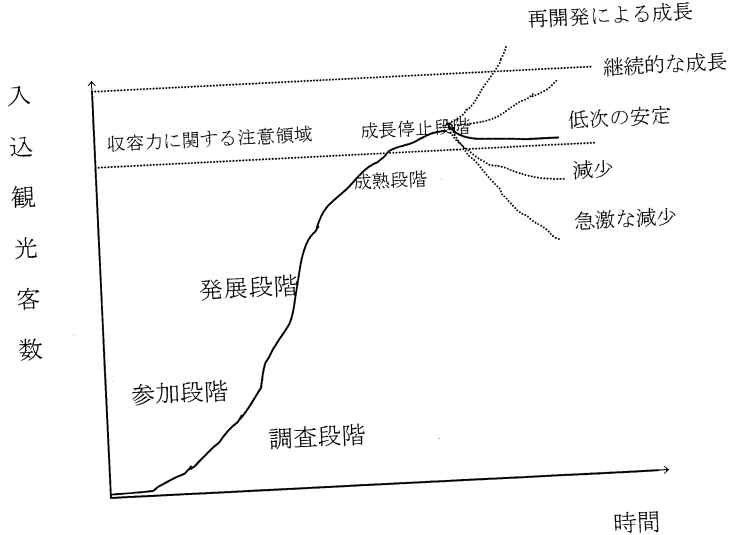
観光のライフサイクルの段階区分

発展期	新しい観光地としてその存在や良さがまだ知られていない段階。広告などのパブリシティなどのプロモーション活動に力が注がれる。 個人・高所得者層・少数の団体などの観光客が徐々に伸長する程度。
成長期	良さが認められ、様々なタイプの観光客が急激に増加する段階。他地域との競合で競争力を持つために観光チャネルの整備、価格の引き下げ、販売促進の強化などを行う。収益は最高に達するが、競争力維持費用の増加とともに低下する。
成熟期	当該観光地に訪れる観光客が一巡、横ばい状態にある段階。新規の観光客は少なく、大部分は反復の観光客（リピーター）となる。このため、リピーターに対して、魅力ある観光施設の建設、新しいイベントの開催、などこれまでにない付加価値を提供することが重要になる。これらに成功すると、成熟期から再び成長期に戻すことも可能。売上げは横ばいを続け、収益は漸減傾向をたどる。
衰退期	当該観光地が飽きられたり、競合観光地が現れたりして、観光客が減少に向かう段階。観光マーケティングを行っても効果はあげにくいので、なりゆきまかせとなる。コスト管理や撤退時期が重要になる。競争は緩和されるが、観光地の売上高は下降し、収益も最低となる。

(資料) 長谷編著『観光マーケティング』p22~23 から筆者作成

観光のライフサイクルのイメージ図

～観光地の発展仮説 (Butler, 1980)～



出所) 塩田・長谷編著『観光学』 p 178

このような観光のライフサイクルが生じる要因としては、消費者の購買行動の変化やライフスタイルの変化、海外観光など競合地域の出現、旅客運賃の変化、などが考えられる。例えば、50年代から60年代にかけての高度成長期には大量生産・大量消費型経済を受けて、観光の大衆化が進んだ。団体による慰安旅行等が活発になり、観光バスの発達もあって農漁村の従事者や主婦層を大量に観光へと導いたのである。このような大量輸送型の観光が長い間中心となり、北海道観光はこの恩恵を長い間受け続けてきた。

ところが、最近では消費者指向の多様化、個性化などを反映して、個人や家族単位、気のあった友人同士などでレンタカーを借りて自分達が企画した旅を自由きままに楽しむ傾向が強まっている。北海道においても、その地理的な広大さや飛び地で存在する観光地を結ぶ公共交通機関の利便性の悪さ、リピータ増加を受けた観光客の行動スタイルの変化などから、レンタカーを利用する観光客が増加している。

したがって、観光産業の関係者は観光のライフサイクルにつながる消費者の購買意識やライフスタイルの変化などに常に注意を払わなければならない。特に、観光産業に直接携わる人や行政担当者などは、以下にあげるチェック項目を念頭におきながら関係する観光地を冷静に観察する姿勢が必要である。とりわけ、サービス提供側の自分勝手な思い込み

で高い評価をつけるのではなく、冷静に消費者の声に耳を傾けた観察・チェックを繰り返さなければならない。そのような冷静な判断が当該観光地のライフサイクルが衰退期に入っていると推察された場合でも、早期の成長軌道への回復に向けたまちづくりや再開発などへの対応を適切なものにするのである。

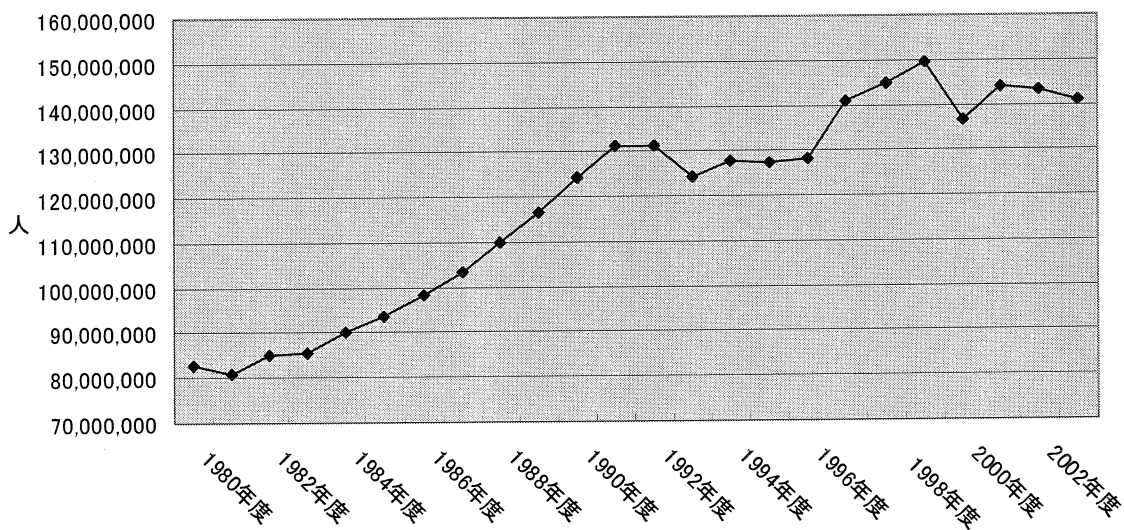
観光客の指向変化からみたチェック項目

- ①余暇時間の活かし先としての魅力は備わっているか
- ②ライフスタイルの変化、生活スタイルの変化を認識する際に、北海道観光は日常生活を変えるための投資先としての魅力を有しているか。テレビ、各種レジャーなどを上回る魅力を持っているか
- ③観光地として他の競合地域を上回るコスト面での競争力は備わっているか
- ④スポーツ、健康指向、環境意識の高まりを充足させる場所か
- ⑤女性主導型社会の変化を反映しているか

(注) 余暇開発センター調査などの消費者意識調査(『観光マーケティング』p59)を北海道観光に当てはめて筆者作成

実際に、北海道全体の観光ライフサイクルを観光客の入り込み数の推移でみながら、抱える課題とその対応策について検討してみたい。北海道観光は成長期から成熟期に移行しているように見える。近年の入り込み客の動きは環境変化への対応に成功するとふたたび成長期へと戻る可能性を秘めて一進一退の状態ですべて推移している。したがって、北海道が持つ観光資源の再確認やレンタカー需要増などにみられる消費者指向の多様化などの変化への対応が早急に必要になっているものとみられる。とりわけ、消費者指向の変化に対応すること、すなわちマーケティング意識を持つことは、景気後退が続き所得水準が伸び悩んでいる現状においては、新しい魅力を備えた市場を開拓する点からみても重要な意味を持つ。また、仮に成長軌道に戻すことに成功した場合であっても、マーケティング意識を持ち続けて顧客満足を追及することでリピーター客の確保、潜在的観光客の掘り起こしを可能にする。衰退期入りを避け、成長を続けるためには消費者指向の変化にあわせて絶えず自己変革することが必要になっており、そのためにはマーケティング意識の植え付けが必須のこととなっているのである。以上のような視点に立って北海道観光の最近の動向について具体的にみてみたい。

観光客入込客数



資料) 北海道経済部観光振興課

支庁別入り込み客数の動向(99年度～03年度)

	石狩支庁	檜山支庁	空知支庁	留萌支庁
ピーク年度	1999年度	1999年度	1999年度	2000年度
同年度入込み数(千人)	20633	1677	12663	1965
03年度ピーク比伸び率	▲1.7	▲5.4	▲0.7	▲6.3
入り込みの傾向	回復遅れ	低迷傾向	回復基調	一進一退
	定山溪低水準		地域差顕著	

	網走支庁	日高支庁	釧路支庁	渡島支庁
ピーク年度	1999年度	2002年度	1999年度	1999年度
同年度入込み数(千人)	11978	2884	7872	13211
03年度ピーク比伸び率	▲10.6	▲5.8	▲9.8	▲6.6
入り込みの傾向	低迷基調	一進一退	低迷基調	低水準推移
	北見遠軽好調	日高下支え	温泉低水準	

	後志支庁	上川支庁	宗谷支庁	胆振支庁
ピーク年度	1999年度	2002年度	2002年度	1999年度
同年度入込み数(千人)	26321	18117	2992	1850
03年度ピーク比伸び率	▲11.2	▲0.2	▲3.4	▲7.8
入り込みの傾向	低迷基調	伸び悩み	一進一退	低水準推移
	小樽不振	地域差顕著	猿払利尻好調	温泉低水準

	十勝支庁	根室支庁
ピーク年度	1999年度	2002年度
同年度入込み数(千人)	9013	2745
03年度ピーク比伸び率	▲10.2	▲3.8
入り込みの傾向	低迷基調	一進一退 中標津好調

観光客の動向

支庁別に入り込み状況をみると、地域ごとの特徴が浮かび上がってくる。ピーク時の水準は下回っているものの、比較的近いレベルで推移しているのが、石狩支庁、空知支庁の道央圏に属する2支庁と上川支庁である。これは全道最大の入り込み数を誇る①札幌市（除く定山溪）が安定的に推移している、②富良野方面のラバンダー観光の人気が続いている、などが下支えしたものとみられる。とりわけ、札幌市（除く定山溪）については00年以降入り込み数を増やし続けており、全道でも珍しい入り込み状況を示している。ただし、定山溪については99年のピークを下回ってから一進一退で推移している。空知支庁に関しては、地域によってバラツキがみられるものの、由仁町、雨竜町、幌加内町などが着実に入り込み数を増やし続けている。ちなみに、道内で3番目に入り込み客数の多い函館市については依然ピーク水準をわずかに下回っているものの、高い水準に戻している。ただし、函館市以外の渡島支庁に属している市町村のほとんどは苦戦している。

道央圏に属していながら入り込みが減少傾向にあるのは札幌市に次ぐ入り込み数を誇る小樽市である。マイカル効果で急速に伸ばしたものの、その後は低迷傾向にある。また、リゾートを有する留寿都村、赤井川村も減少を続けており、後志支庁で気を吐いているのは余市町のみとなっている。これはこの地域では高水準となった観光客をさらに増やし続けるだけの話題の提供がやや乏しくなったことが影響しているとみられる。同様に、低迷

傾向にあるのが網走支庁、釧路支庁、十勝支庁などの道東圏である。網走市、斜里町、弟子屈町、阿寒町などもピーク時を下回ったまま推移している。これらの市町村は地方航空便の料金設定が不利に働いたことや温泉地の客離れなどが影響したものとみられる。やはり、温泉地の客離れが影響してピーク水準を下回っているとみられるのが登別市、虻田町、大滝村、壮瞥町などが位置する胆振支庁である。ちなみに、層雲峡温泉がある上川町への入り込みも減少傾向をたどっている。

温泉地不振の背景と対策

このように道内各地への観光客の入り込みが減少傾向にある原因を整理すると①韓国や中国など海外旅行料金の低下を受けて競合が激しくなっている、②癒しブームから沖縄観光が人気となっている、③スキー離れが顕著となってリゾート地を訪れる観光客が減少している、④地方航空運賃や航空路線の見直し、高速道路の延伸など交通網の各種変化などから観光客の流れに変化が生じた、⑤観光客の行動パターンの変化から温泉地の魅力が低下している、⑥観光地としての情報発信が乏しくなって新鮮味が薄れている、などが重なり合ったためとみられる。とりわけ、温泉地の魅力低下は旅館やホテルなど観光の担い手能力の低下にもつながるものであるため、早急な対応が求められているものの一つである。

前述したように、高度成長期以来の大量生産・大量消費型経済を受けて観光バスによる団体旅行を受け入れてきたのが温泉地の大型旅館である。一部屋に多人数を宿泊させ、大部屋で食事を提供してきた観光の大衆路線化パターンである。しかし、消費者指向の多様化、個性化、プライバシー意識の高まりなどが進むにつれて一部屋に大勢が宿泊することを嫌がる傾向が観光客の間で広がってきた。また、豊かになるにつれて個人旅行が増えたことから上司や同僚に気の使う企業の慰安旅行等への参加を嫌がる若者も増えてきている。このような消費者行動の変化は大型旅館が多い道内の温泉地には逆風となっている。

このような消費者指向の変化を真摯に受け止めて多様化、個性化社会に対応、成長軌道に戻すためには、設備見直し、体験型観光やエステティック・癒し等多様なメニューの取り込み、などに取り組まなければならない。全国には施設改装によって個人対応型の高級指向に転換して成功した事例や、大型施設のままで高品質のサービスで集客を続けている旅館もみられる。また、一度は衰退の苦難を味わったものの地域全体が協力体制を取って体験型観光やエステなど多様なサービスを提供することで再び成長軌道に戻すことができた温泉地も出てきている。このような先進地域に学びながら地域に眠る各種の観光資源を

見直し、地域全体の経営資源、すなわち“地域力”の増強に努めることが温泉地を始めとする道内観光地の今後の発展につながることでないとみられる。そのためにはまず消費者の視点に立って地域の観光資源を見直し、整理、新たな情報発信など“まちづくり”的な取り組みが第一歩になることであろう。

講演

ボアホール・テレビュアーによる
孔井内の測定結果例

(株)物理計測コンサルタント

林 叔民

ボアホール・テレビューアーによる孔井内の測定結果例

株式会社物理計測コンサルタント
林 叔民

1. ボアホール・テレビューアーとは

ボアホール・テレビューアー（以下BHTV）は、流体で満たされた孔井の孔壁に向けて発射し、その反射波を検出することによって、孔壁の状態を映像として表す測定器です。

BHTVツールは、発信機と受信機の役割をするトランスデューサと地磁気を検出するマグネットメーターにより構成され、ツール内で回転することにより、孔壁の状態を超音波で走査します。

測定されたBHTVのデータ（孔壁からの反射波）は、アンプリチュード（反射波強度）とトラベルタイム（反射波到達時間）に分けられます。

アンプリチュードは反射波の強弱を示しますので、孔壁に亀裂などがあり照射波が吸収されると弱い値を示し、孔壁が硬質で亀裂がなければ強い値を示します。また、トラベルタイムはツールから孔壁までの距離に換算されます。

アンプリチュードおよびトラベルタイムを色調の変化に置き換え連続的に表示することにより、孔壁の状況をイメージします。

BHTVは超音波を使用しているため清水や泥水などで満たされた孔井内で測定でき、高温環境でも測定できます。BHTVは主に次の用途に使用されています：

- ① フラクチャー検出、② 孔径測定、③ ケーシング調査、④ 薄層の決定、⑤ 孔内応力方向

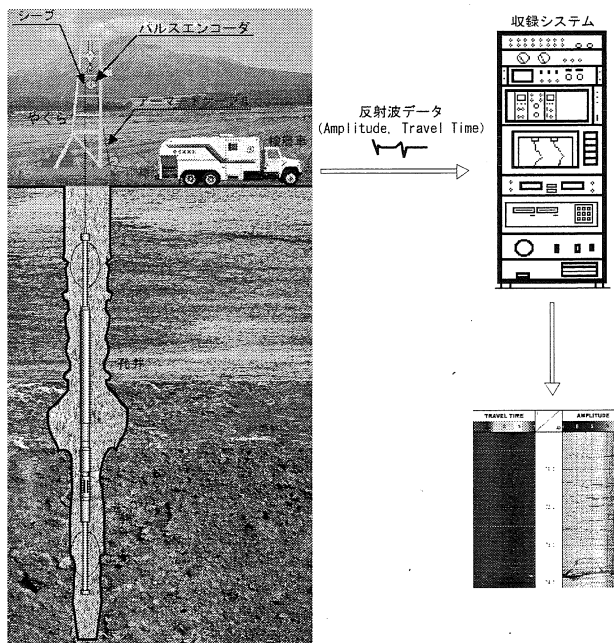


図1 BHTV検層概念図

の調査（ブレイクアウト、ドリリング・インデュースド・フラクチャー及び水圧破碎後の縦亀裂方位の検知）。

2. BHTV以外の孔壁イメージング検層について

BHTV以外に孔壁状況を調べる検層機器としては、① 光学的方法によるボアホール・テレビカメラと、② 複数の電極が付いたパットを孔壁に圧着することによって孔壁の導電率を計測することによって孔壁の比抵抗画像を取得するフォーメーション・マイクロ・スキャナ（シュランベルジュ社FMI™、ハリバートン社EMI™に相当）があります。

光学的方法によるボアホール・テレビカメラでは、泥水中の測定および高温での測定が困難ですが、画像の分解能や孔壁の実際の色調が得られことに優れています。

一方、フォーメーション・マイクロ・スキャナでは、ツール径が大きいため孔径が大きい孔井のみに適用でき、高温での測定が困難でケーシング内の測定は不可能ですが、他の孔壁イメージング検層と比較してケーブル速度が高速であり、対応孔径が大きく、直接電極パットを孔壁に圧着して導電率を測定するため高解像度の孔壁イメージングを取得できます。

各調査現場では、調査現場の立地条件や孔内状況（環境）によって、各孔壁イメージング検層種目の特徴を生かして、検層種目を選定されています。

表1 各種孔壁イメージング検層の比較

検層種目	BHTV		EMI™	ボアホールカメラ
	小孔径用	大孔径用		
測定項目	超音波（反射強度、到達時間）		導電率（比抵抗）	CCD 画像
ツール径	35 mm	78 mm	127 mm	40 mm
耐 圧	103 MPa	103 MPa	138 MPa	20 MPa
耐 熱	85 °C	200 °C（1時間）**	150 °C（30分）**	50 °C
対応孔径	76 ~ 200 mm （孔内状態による）	125 ~ 311 mm （孔内状態による）	160 ~ 530 mm	45 ~ 600 mm （孔内状態による）
水平方向走査率 （カバレッジ）	100 %		80%（5-1/2 インチ） 60%（8 インチ） 40%（12 インチ）	100 %
水平方向解像度	0.6 °（MAX）		5.0 mm	0.5 °（MAX）
深度方向 サブリング間隔	5.0 mm（MAX）		2.5 mm	0.5 mm（MAX）
泥 水	○	○	○	×
ケーシング調査	○	○	×	○
高 温	○	○	△	×
ケーブル速度	1 ~ 4 m/min （深度方向サブリング数による）		10 m/min	深度方向サブリング数によるが、一般に低速
資料出典	弊社所有機器			ALT 社 OB140 カメラ

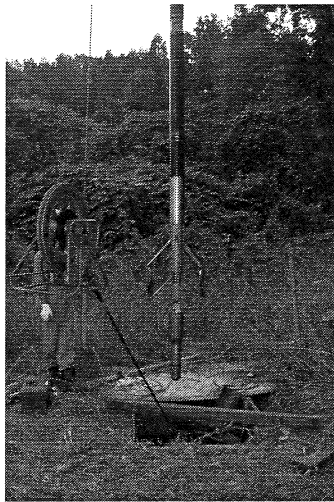


写真1 EMIツール

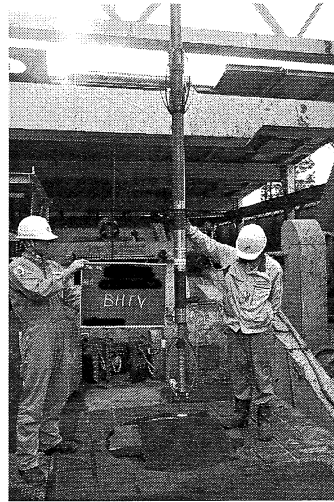


写真2 BHTVツール

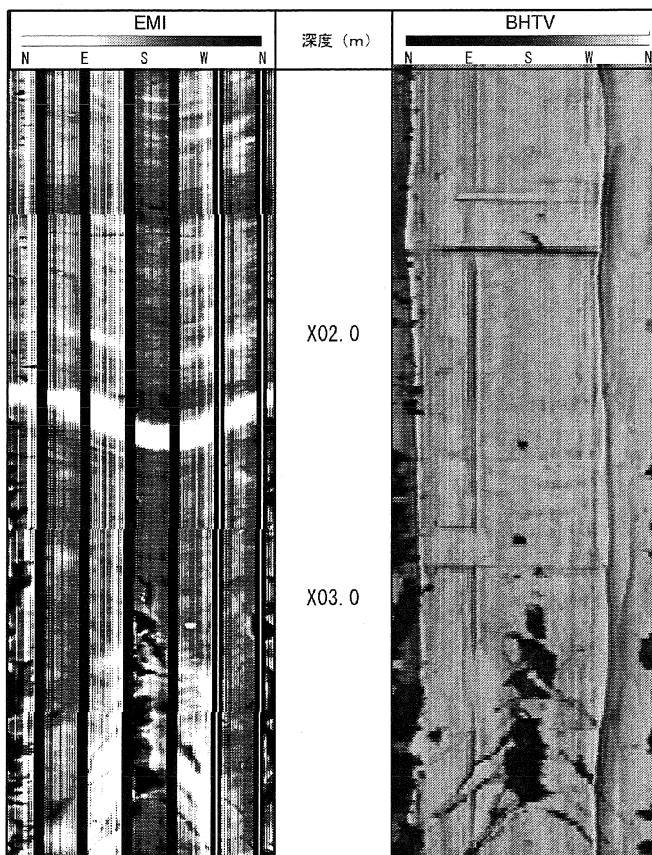


図2 裸孔におけるEMIとBHTVの比較

3. 裸孔でのBHTVの測定

3. 1. フラクチャー

イメージングされた孔壁の展開図上では、フラクチャーはサインカーブで表示されます。

このサインカーブをトレースすることによって、フラクチャーの傾斜方位(Az)と、フラクチャーの高さ(h)を求めます。そして、このフラクチャーの高さ(h)と反射波から算出した孔径(d)からフラクチャーの傾斜角 (Dip)を計算します。

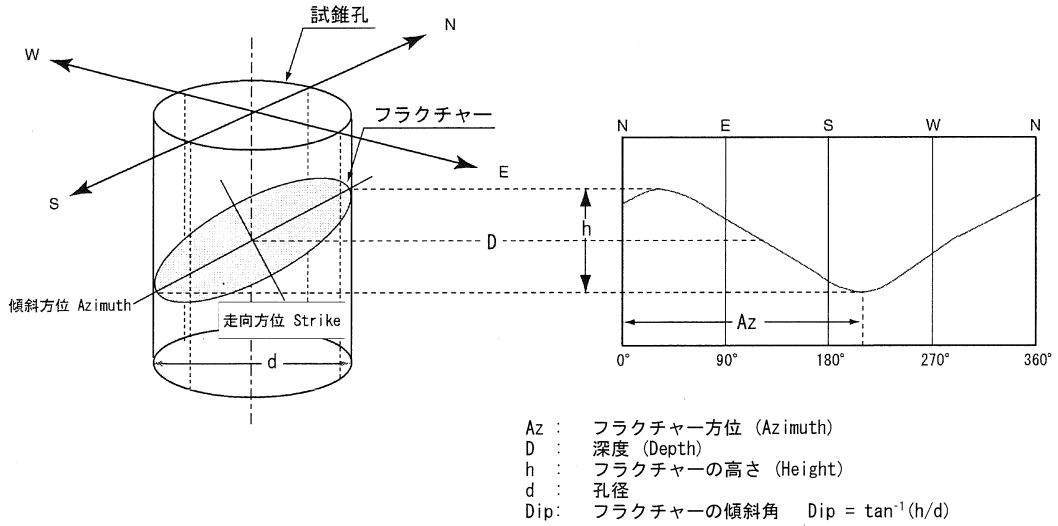


図3 孔壁展開図におけるフラクチャー

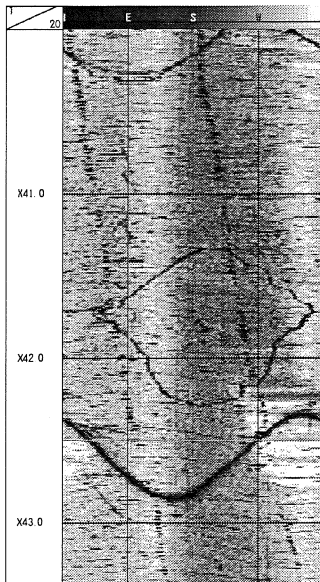


図4 砂岩におけるBHTV測定例

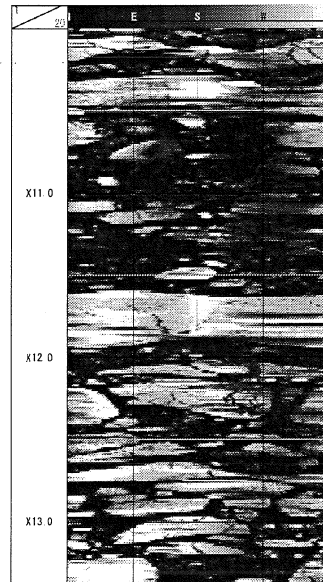


図5 破碎帯におけるBHTV測定例

3. 2. ブレークアウト

ブレークアウトとは、岩盤中の応力が孔壁に集中することによって、下図のように崩壊した箇所をいいます。ブレークアウトは、最大水平圧縮応力の方向と直角の方向に形成されます。

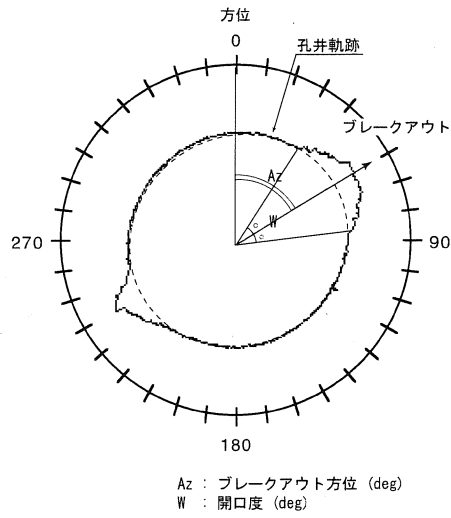


図6 ブレークアウト概念図

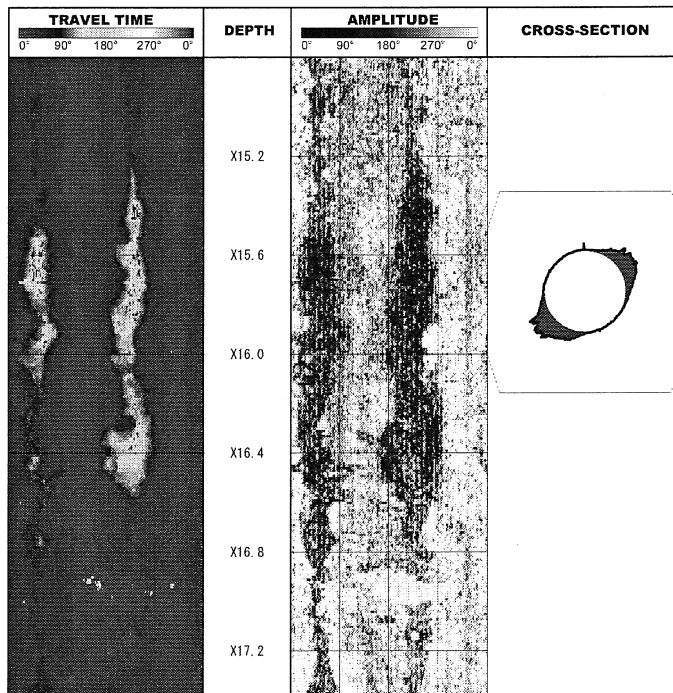


図7 ブレークアウト測定例

3. 2. 縦亀裂

孔井掘削によって、掘削に使用される泥水の泥水圧によりドリリング・インデューズド・フラクチャーと呼ばれる縦亀裂が形成されることがあります。この縦亀裂は、最大水平圧縮応力の方向に形成されます。

また、地熱井など高温地帯の孔井掘削では、掘削に使用される泥水によって、孔壁が冷却され、熱収縮によっても縦亀裂が最大水平圧縮応力の方向に形成されることがあります。

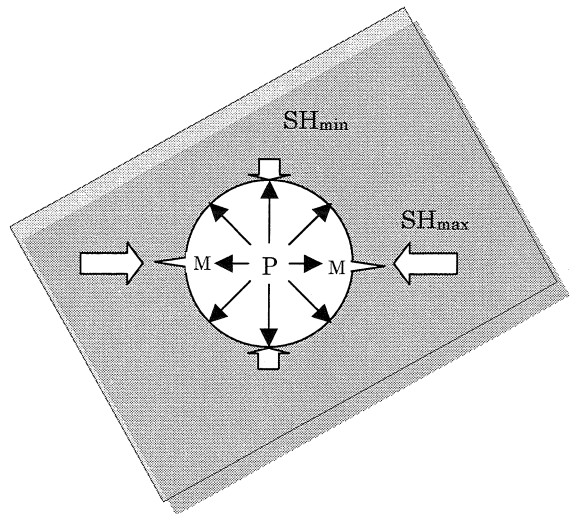


図8 インデューズド・フラクチャー概念図

水圧破碎による地殻応力測定においては、水圧破碎によって発生した縦亀裂により、最大水平圧縮応力の方向を決定します。

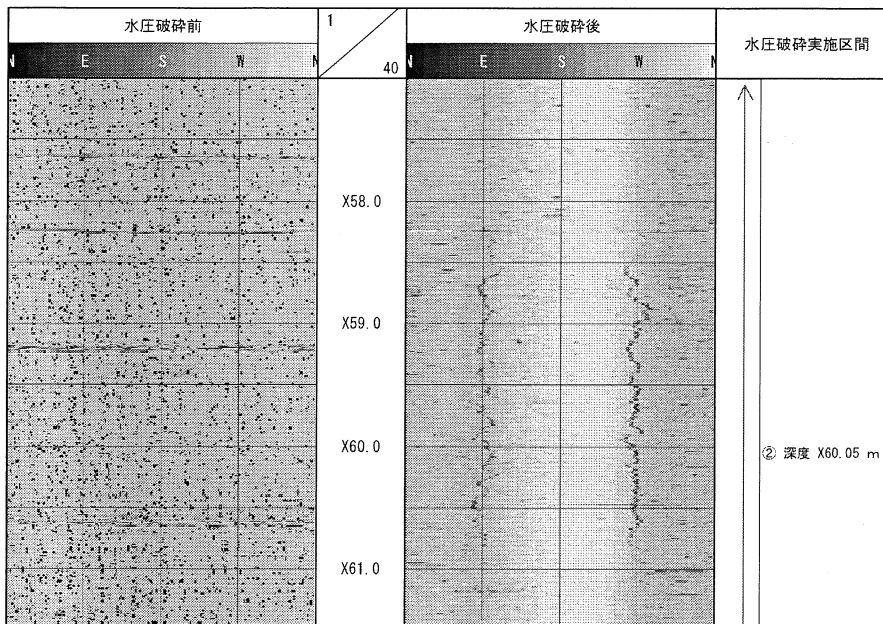


図9 水圧破碎前後のBHTV計測例

4. ケーシング内でのBHTVの測定

ケーシング内でのBHTV測定は、一般にケーシング表面の状態について超音波で走査し、ケーシングのダメージ（腐食・変形・スケール等）を調査します。

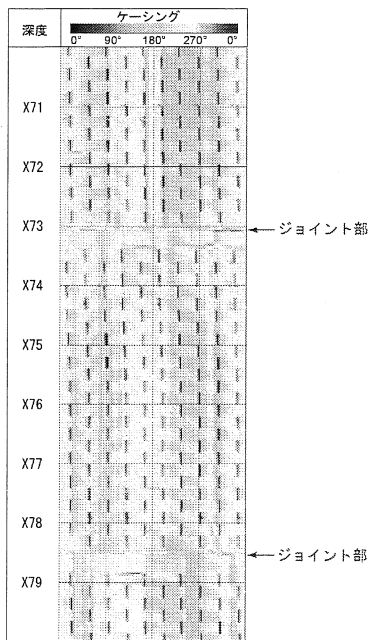


図 10 ケーシング（鋼管）のBHTV測定例

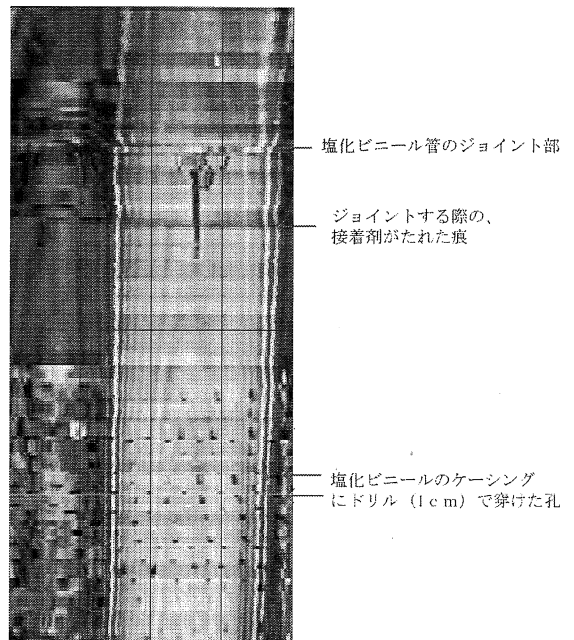


図 11 塩化ビニール管のBHTV測定例

また近年のBHTV計測は、ケーシング表面のみならず、反射波の全波形取得とその解析によって、次のことが分かるようになりました：

- ① ケーシングの裏の裸孔部の孔壁イメージ取得（塩化ビニール管）
- ② ケーシングの内径及び外径（厚さ）（鋼管）
- ③ セメンチングの効き具合（鋼管）

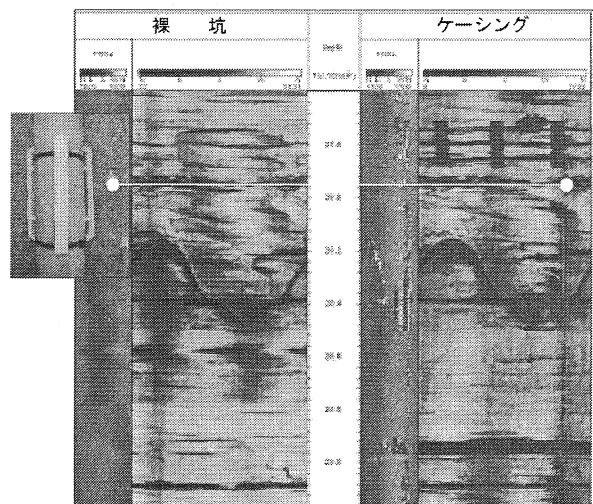


図 12 ケーシング（塩化ビニール管）挿入前後のBHTV画像の比較※¹

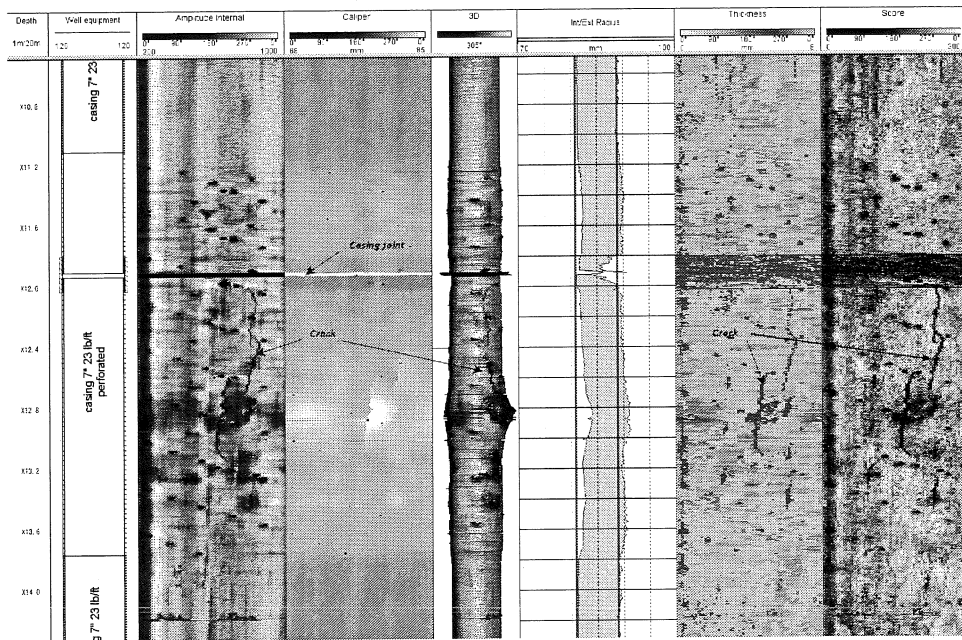


図 13 パーフォレーションが施工されたケーシング（鋼管）の厚さとセメントの効き具合のBHTV測定例※2

参考文献

- ※1 Advanced Logic Technology: “Hardware Newsletter No1, Autumn 2003”, 2003
- ※2 Deltombe, Jean-Luc and Reinhard Schepers, John R. Stowell: “Field Examples From An Acoustic Casing Inspection Tool”, Proceeding of the 7th SEGJ International Symposium, 2004, p.332-336

講 演

坑井障害と調査手法
－「坑井障害に関する研究」から－

北海道立地質研究所

高橋 徹哉・鈴木 隆広

坑井障害と調査手法

－「坑井障害に関する研究」から－

北海道立地質研究所 高橋 徹哉
鈴木 隆広

1. はじめに

温泉は、古くから北海道の重要な観光資源であるばかりでなく、石油代替の熱エネルギー源としても広く活用されてきています。温泉ブームやボーリング技術の進歩等もあり、これまで道内では数多くの温泉開発が行われ、地域の活性化や地域住民の福祉健康増進のため、多くの施設で有効利用されてきています。

北海道においてボーリングによって開発された温泉の数は、市町村所有だけでも、300 泉源以上にも及んでいます。道内の市町村がこれほど多くの泉源を所有しているのは、昭和 55 年からはじまった北海道の地域振興補助事業（「地域エネルギー開発利用施設整備事業」）によるところが大きく、平成 16 年度までに本事業で 167 泉源が掘削されており、そのうち、116 泉源が現在利用されています。

近年では新規の泉源開発は減少傾向にあり、概ね道内における泉源開発は、一つの区切りができた観があります。このことは、温泉が泉源開発促進の段階から、泉源の安定かつ有効的な利用の持続を目指す段階へ移行してきていることを示唆しています。

泉源の中には利用開始当時と比較して、泉温の変化、湧出量の変化、水位の変化、溶存成分濃度の変化、スケールの生成・付着、温泉水の濁り、砂や錆びの混入といった現象のうち、坑井に起因する現象が確認された事例があります。これらの現象は、温泉の利用および管理上、障害となることから、筆者らはこれら現象を“坑井障害”と定義しました。

道内の泉源の中には、開発・利用開始後、かなりの年月が経過したものも多く、近年では、当研究所に対しての坑井障害に関する市町村等からの技術相談は増加傾向にあります。

坑井障害は、温泉の温度・圧力・泉質等の条件が複雑に関与するため、個々の坑井でその症状は様々です。従って、それぞれの症状に合わせた的確な対応を行うためには、坑井障害に関する多くの知見を得る必要があります。このため、当研究所では、平成 14 年度から 4 年計画で「坑井障害に関する研究」を行ってきています。

今回の発表では、本調査研究の内容とこれまで得られた成果の一部を紹介するとともに、今後、坑井障害に関して、どのような取り組みが必要になるのかについても述べたいと思います。

2. “坑井障害”ってなに？

近年、温泉の泉源はボーリングにより開発されたものが大半を占めるようになってきています。

坑井障害では具体的にどのような症状が発生するのでしょうか？ 以下に簡単にその例を示します。

1. 汲み上げ可能な湯量が減少してきた。
2. 汲み上げ時の水位が低下し、揚湯ポンプが停止してしまう。
3. 温泉の温度が以前と比べ低下し、ボイラー等による加温が必要となった。
4. 温泉の色や臭いが以前と比べ、変化している。
5. 汲み上げ時に、細かな泥や砂、あるいは錆が混入するようになった。
6. スケール（湯花）が以前と比べ、大量に生成するようになった。
7. 揚湯ポンプの寿命が以前と比べ短くなった、あるいは頻繁に故障するようになった。

泉源は、独自の特徴（個性）を持ち日々刻々と変化しており、気象条件（気圧、潮汐、等々）、温泉資源状況（温泉貯留層の圧力、貯留形態、等々）、利用状況（井戸構造や材質、揚湯ポンプ等の稼働状態、揚湯方法、等々）あるいは温泉水の性質（pH、化学組成、温度、等々）が、泉源の耐用年数に大きく影響を与えとも言えます。このため、それぞれの条件により泉源寿命が短い泉源もありますが、泉源の現況把握や定期的な泉源メンテナンスにより人為的なトラブルを回避することで、問題なく長期間利用できている泉源もあります。

3. 坑井障害に関する調査研究概要

当所が平成14年度から実施している「坑井障害に関する研究」では、坑井障害に関する多くの情報を収集・分類することにより、その原因の究明や対策方法を確立し、坑井障害の早期発見や未然防止、改修工事等へのリスク軽減を図ることを目的として、次の3つの項目で調査を進めています。

- 1) 泉源実態調査（アンケート調査を含む）
- 2) 地球化学的手法による調査
- 3) 物理・工学的的手法による調査

泉源実態調査は、アンケートおよび現地調査から泉源履歴を把握し、坑井障害の有無や坑井障害が起こる可能性等について整理・分類するための調査です。

地球化学的手法による調査は、温泉水の化学特性の測定や溶存成分濃度分析、温泉スケールや金属腐食物の分析等によって、溶存成分濃度の変化、スケール生成や坑井内部腐食の原因・機構を明らかにするための調査です。

物理・工学的手法による調査は、坑内物理検層やボーホールテレビ検層等によって、坑井内部の現況を計測および観察し、坑井障害の原因を明らかにするとともに、併せて対策方法を検討するための調査です。

なお、これらの調査研究概要と内容については、当所のHPでも紹介していますので、そちらもご覧下さい。

http://www.gsh.pref.hokkaido.jp/b_somu/k_gijutsu/gi_gyomu.html#shogai

4. 調査結果の概要紹介

これまでの調査で得られた結果等について、項目別にその概要を示します。

【泉源実態調査（アンケート調査を含む）】

泉源実態調査では、本研究への協力と周知を図るとともに、泉源の履歴や現状について把握するため、市町村の所有する泉源を対象に事前調査（アンケート調査）を行いました。その後の現地調査で記載事項の確認と補完、泉源状況や管理方法等を確認し、さらに、坑井障害に関する資料収集や聞き取りを行いました。

アンケート調査は、道内 150 市町村に対して行い、対象泉源総数は 346 となっています。そのうち、回答のあった市町村数は 123 で、その泉源数は 226 泉源となりました。

調査の結果、泉源の利用・管理状況および障害状況について、その概要を把握することができたので、発表では、その一部を紹介します。

【地球化学的手法による調査】

現状の温泉水の主要な溶存成分濃度を把握し、泉源開発当時との比較によって、坑井障害の有無を確認するため、104 市町村の 162 泉源について、温泉水を採取して、分析を行いました。現地では、併せて温度、pH、電気伝導度、ORP（酸化還元電位）も測定しています。泉源開発当時に比べ、著しく溶存成分濃度が変化している泉源も多数確認され、その中には坑井障害の可能性が示唆される泉源もありました。なお、分析結果については、今後さらに解析を進める予定です。

また、金属腐食物（錆等）や温泉スケールについても、26 市町村の 36 泉源について、計 164 ケの試料を採取して、分析を行いました。結果の一部については、地質研究所報告（H14, H15）の中で報告しています。発表ではこれまでとりまとめた概要の一部を紹介します。

【物理・工学的手法による調査】

研究目的に合致する泉源を主体とし、坑井内の温度分布や温泉水の濃度分布等から、湧出状況ならびに坑井障害の有無を確認するため、坑内物理検層を 19 市町村の

23 泉源で行いました。また併せて、坑井内を直接観察するためのカメラ検層も、24 市町村の 30 泉源で行いました。調査泉源の中には、既にこれら調査結果に基づき対策工事を行った泉源もいくつかあります。発表では、調査方法や調査機材および坑井障害が確認された検層結果の事例の一部を紹介します。

4. おわりに

市町村による泉源開発は、全道域で行われてきていますが、ほぼ一区切りした状況にあり、新規開発あるいは代替井の掘削は、逼迫した財政状況や市町村合併問題等もあり、近年では大幅に減少しています。しかし、温泉は観光・福祉あるいは熱エネルギー資源としても広く活用され、地域社会において不可欠な地場資源となっていることから、今後は、既存泉源をできるだけ長期間、持続・安定的に利用することが、益々重要となると思います。

これまでの調査により、坑井障害が確認あるいは推定される泉源の数は約 40 に及び、調査対象泉源の 1 割近くに達しており、これらについては概要の把握ができました。また、泉源管理の不備等により、坑井障害の誘発が懸念される泉源も数多くみられることから、今後、坑井障害が発生する泉源は増加することが予想されます。

近年開発された泉源の中には、温泉資源の保護と有効利用の観点から、温度、揚湯量、水位といった揚湯状況の連続観測によりデータが蓄積されている泉源も多く、これらデータが有効に活用されれば、こうした泉源では、坑井障害の早期発見や未然防止の可能性も高いといえます。

温泉の安定・持続的な利用に向けて、坑井障害の早期発見や未然防止するためには、日頃の泉源管理の徹底や定期的なメンテナンス等が重要であることを認知すべきです。

さらに、今後は、原因究明のための適正な調査手法と対策技術の蓄積などがますます重要となっていくと考えます。また、対策工事等（浚渫・改修工事）においては、迅速かつ低コストで効果的な対策技術（工事）の確立が望まれます。

具体的な対策工事の事例等については、今後とりまとめ、機会があれば改めて紹介したいと思います。

第43回 試錐研究会

坑井障害と調査手法

—「坑井障害に関する調査研究」から—

北海道立地質研究所

高橋 徹哉

鈴木 隆広

【発表内容】

- ◆ 坑井障害について
- ◆ 当所が行っている調査研究の紹介
- ◆ 調査結果の紹介
- ◆ 現況と今後の取り組み
- ◆ まとめ

“坑井障害”ってなに？

⇒ 坑井(井戸)に起因し、温泉の利用や管理上、
障害となる症状のこと

坑井障害の具体的な症状例は？

- 揚湯量の減少(増加)
- 揚湯水位の低下(上昇)
- 揚湯温度の低下、ボイラー等の加温必要
- 溶存成分濃度の変化
- 温泉の色や臭いの変化
- 温泉への細かな砂・泥や錆等の混入
- 揚湯管や配管等の金属部分の腐食
- スケール(湯花)の異常な付着・生成
- 揚湯ポンプの寿命の短命化、故障の頻繁化

坑井障害に関する調査研究概要

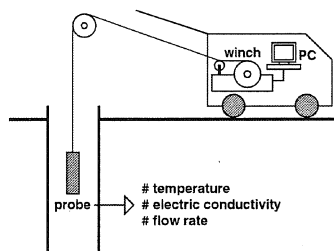
【目的】

- ・坑井障害の原因究明と対策方法の確立
- ・坑井障害の早期発見, 未然防止
- ・改修工事等へのリスク軽減

【調査内容・手法】

- ・泉源実態調査(アンケート調査含む)
- ・地球化学的手法・・・泉質分析, X線回析, 蛍光X線回析
- ・物理・工学的的手法・・・各種検層, ボアホールテレビカメラ

坑内検層



デジタル多種目検層機 (RG-PRO-LOGGER)

- ・PC仕様
intel 32bit 25MHz MS-DOS
- ・Winch仕様
2000m 3/16"アーマードケーブル
- ・Probe仕様
TCDS probe
温度・差温度・電気伝導度・差電気伝導度
IMFG probe
羽根車回転数・降下速度・自然γ線

坑内検層



■温度検層

温度の異なる温泉水が流入している深度の特定などに有効

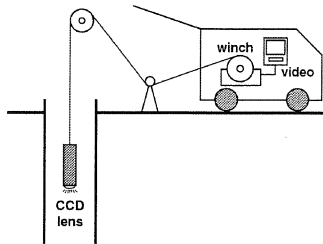
■電気伝導度検層

溶存成分濃度が異なる温泉水が存在する坑井内の把握に有効

■流速検層

温泉水が自噴する井戸の場合、湧出深度と湧出量の把握に有効

ボアホールテレビカメラ調査



高温用前方視

テレビカメラシステム

- ・Video仕様
液晶モニタ付ビデオレコーダ
- ・Winch仕様
500m 4.8mm ケブラーケーブル
- ・カメラ仕様
完全防水型CCDレンズ(50mm)
適応温度:-5~60℃
ライト :白色LED

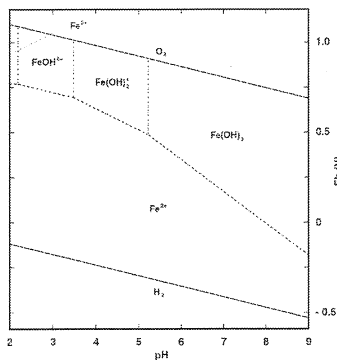
ボアホールテレビカメラ調査



■ボアホールテレビ カメラ調査

ケーシング管の腐食やスケール付着、スクリーンの目詰まり、パッカーの破損など坑内検層では把握不能な状況を明らかにすることが可能

温泉水のpH・Eh測定

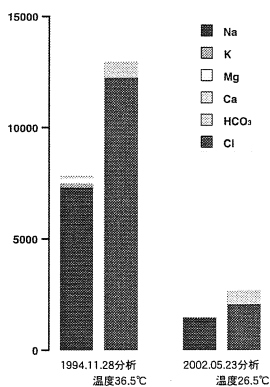


ph-Eh diagram

■ 温泉水のpH・Eh測定

温泉水のpH・Ehを測定することで、ケーシング管や揚湯管などの鉄が、温泉水中でどのような挙動をするか推定するのに有効

温泉水分析



■ 温泉水分析

現在の化学組成を開発当時の値と比較することで、湧出状況の変化の推定が可能

特に、低温・低濃度の温泉が流入している坑井障害には有効

X線回折および蛍光X線分析



■ X線回折・蛍光X線分析

温泉水から生成したスケールや金属の腐食生成物の鉱物同定や化学組成分析を行うことで、生成鉱物の成因や坑井内腐食状況の推定に有効

泉源実態調査(アンケート調査を含む)

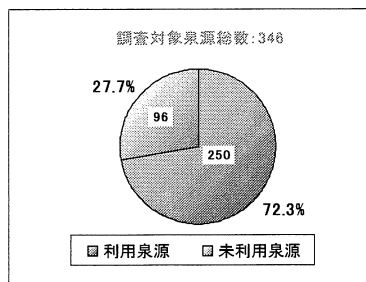
【目的】

- ・本研究への協力と坑井障害の周知
- ・泉源履歴や泉源利用・管理状況の確認
- ・坑井障害等に関する資料収集

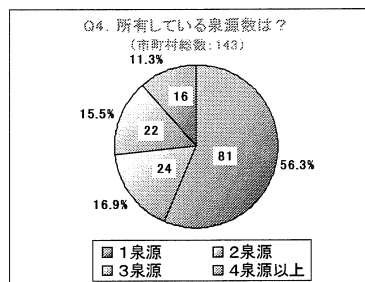
【結果】

- ・150市町村へアンケート調査(対象泉源数346)
- ・回答数(123市町村 泉源数226)
- ・利用状況(利用:250 未利用:96⇒うち廃井:30)
- ・管理状況(直営:75% 外部委託:25%)
- ・障害状況(改修・浚渫あり:20%)
- ・揚湯状況(変化あり:31%)
- ・保守点検状況(未実施:32%)

【利用状況】

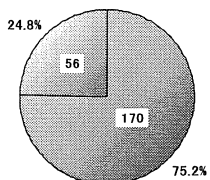


【所有泉源数】



【泉源管理状況】

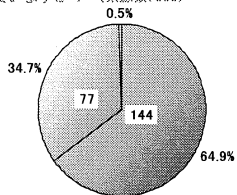
Q2.Q3 泉源管理はどのようになっていますか？
(泉源数:226)



■ 直営 □ 外部委託

【揚湯状況測定】

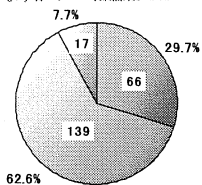
Q13. 揚湯量・温度・水位等を定期的に測定していますか？ (泉源数:222)



■ 測定している □ 測定していない □ 未回答

【浚渫・改修状況】

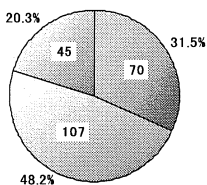
Q16. 泉源開発後、泉源の改修・浚渫等を行ったことがありますか？ (泉源数:222)



■ ある □ ない □ 不明・未回答

【揚湯状況の変化】

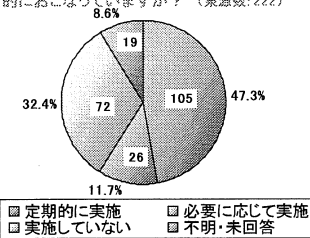
Q17. 近年、揚湯量、温度、水位、泉質等に変化がありますか？ (泉源数:222)



■ ある □ ない □ 不明・未回答

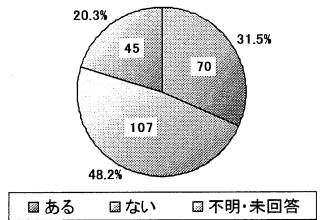
【保守点検状況】

Q19. 動力装置、揚湯試験、あるいは泉質分析等は定期的にこなされていますか？（泉源数:222）



【障害対策状況】

Q17. 近年、揚湯量、温度、水位、泉質等に変化がありますか？（泉源数:222）



具体的な調査結果の紹介

【結果1・2】 温度・電気伝導度検層 (TCDS) & 流速検層 (IMFG) & カメラ検層の例

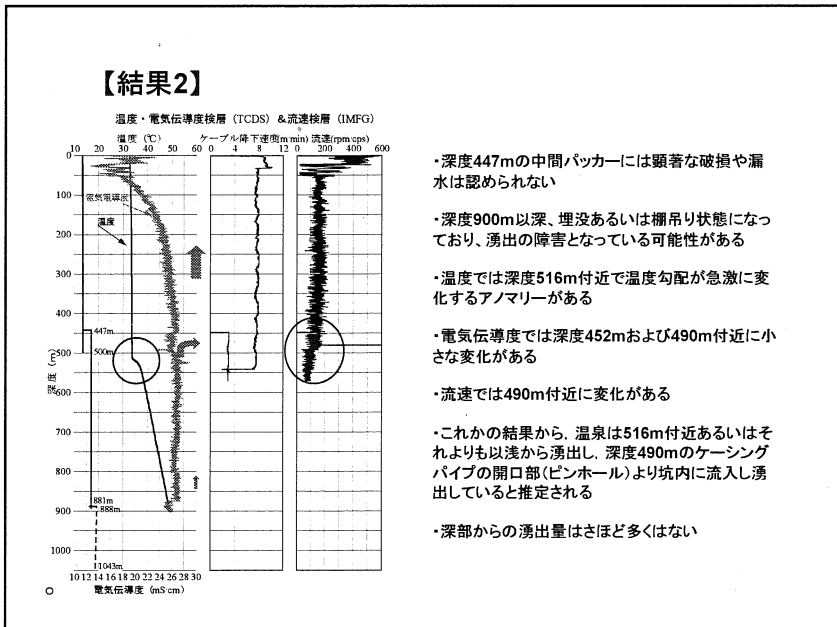
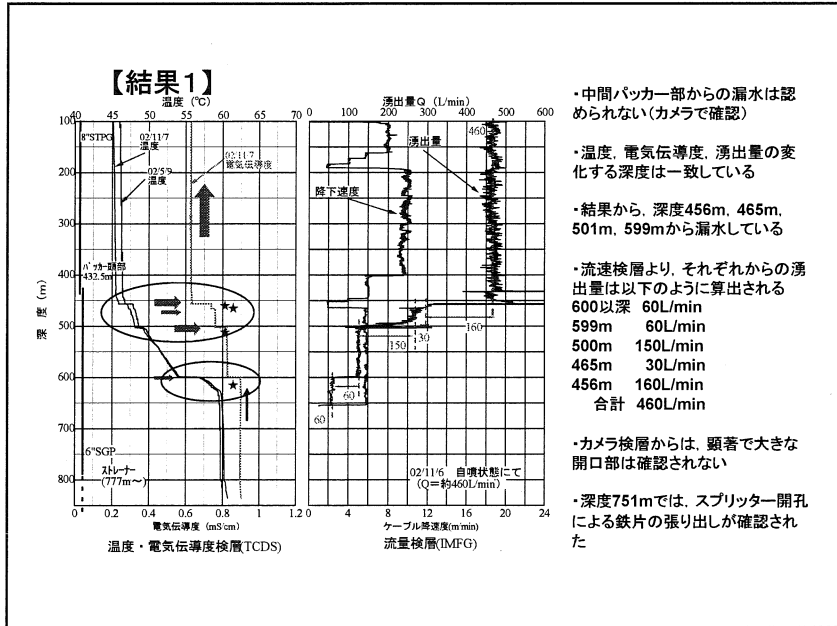
(自噴井 460L/min 温度45℃)

(自噴井 多量の付随ガスを伴う 200L/min 温度33℃)

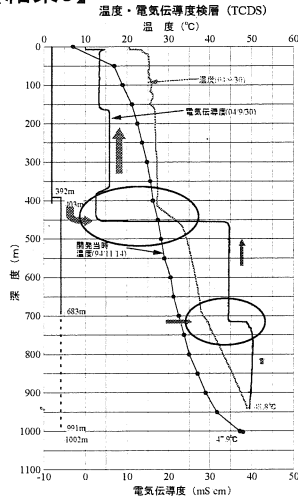
- ・漏水箇所の特定制
- ・漏水箇所それぞれの湧出量の算出
- ・ケーシングパイプ破損の確認

【結果3・4】 温度電気伝導度検層 (TCDS) & カメラ検層の例 (ポンプ揚湯直後)

- ・漏水箇所の特定制
- ・ケーシングパイプ破損の確認

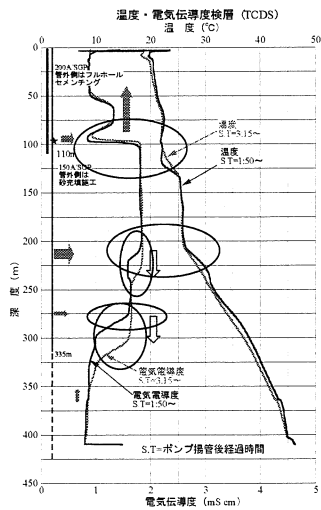


【結果3】



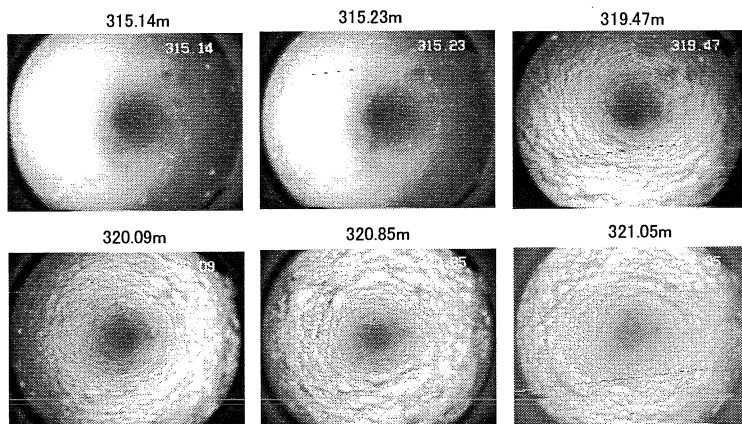
- ・カメラ検層では深度392mの中間パッカーには顕著な破損や漏水は認められない
- ・カメラ検層では、ケーシングパイプに明らかな開口部を確認することはできないが、453m付近は溶接部分に対応しており、映像などからケーシングパイプにピンホールが開いている可能性がある
- ・温度検層結果では、深度415m、460m、690m付近に顕著な温度アノマリーがある
- ・電気伝導度検層結果では、深度453m、714m付近にステップ状に顕著な変化がある
- ・深度714m以深では、温度勾配は一定であり、温度や電気伝導度に顕著な変化はない
- ・これらの結果から、深度715mおよび以深から湧出し上昇する温泉水は、主に深度415m付近から湧出している低濃低濃度の温泉水と深度453m(ピンホール部)で混合していると推察される
- ・その混合割合は、泉質分析および揚湯試験データなどから、1:9程度であると推察される

【結果4】

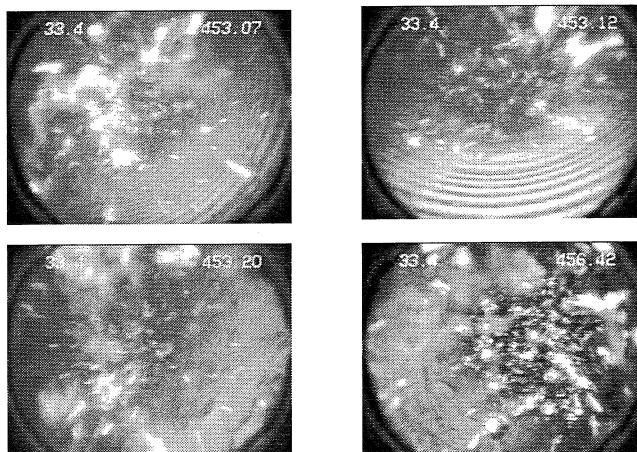


- ・カメラ検層の結果、深度97mにてケーシングパイプに顕著な開孔部と温泉水の流動が確認された
- ・温度検層結果では、深度135m、210m、370m付近に顕著な変化がある
- ・電気伝導度検層結果では、深度97m、210m、275m付近に顕著な変化がある
- ・漏水箇所は、97m、210m、275mで、主な湧出箇所は、検層および分析結果等から深度210mと推定される
- ・深度210mからの漏水により深部への温泉水の流動も確認される (ポンプ揚湯停止⇒自噴)

カメラ検層結果 画像例(1)
—スケール生成・閉塞—

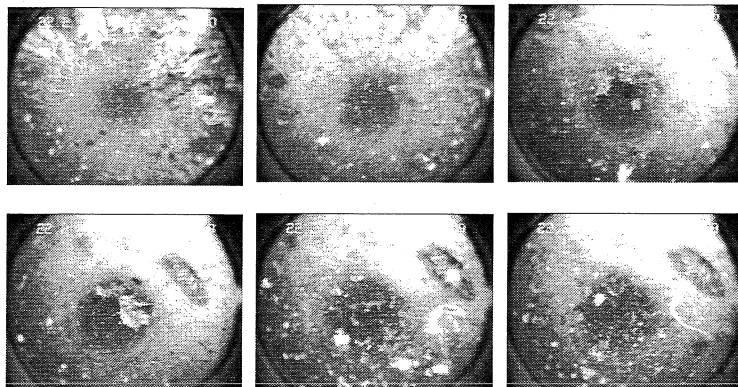


カメラ検層結果 画像例(2)
—中間パッカー&付随ガス—



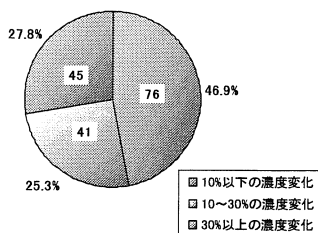
カメラ検層結果 画像例(3)

—ケーシングパイプ内の汚れ&孔食—



【泉質分析結果の概要】

濃度変化の泉源割合 (162泉源)



開発当初の分析データは、衛生研究所等による

低濃度(約50mg/kg)～高濃度(約47000mg/kg)まで、開発当時と濃度変化の比較が可能な泉源

便宜的に3つに区分した溶存成分の濃度変化から、以下の概要が明らかになった

1. 30%以上の濃度変化している泉源が約28%ある
2. 濃度変化全体の67%が濃度低下である
3. 30%以上の泉源の中には、開発当時と比較して明らかに組成も変化し、坑井障害の可能性が高い泉源も多数ある

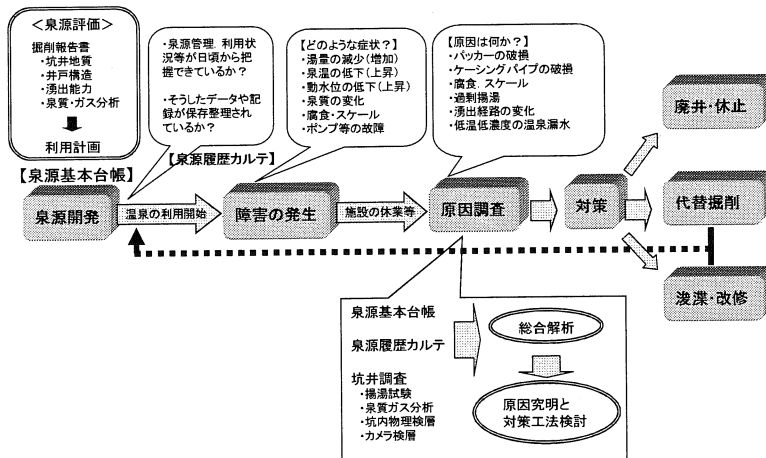
【今後の課題】

泉質タイプ別、溶存成分濃度別、採取対象層別、経過年数別など様々な視点からの解析必要

これまでの坑井障害の調査研究を通じて

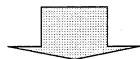
- ・道内市町村泉源の利用および管理の実態を把握
 - ⇒いくつかの課題や問題点
 - (例) 泉源情報の管理・保存(担当課係の変更や人事異動等, 資料の逸散)
 - (例) 未利用泉源(水中ポンプ等の放置)
 - (例) 泉源管理(計測機器等の故障, 保守, 泉源ピット等)
 - 財政難等による, 泉源管理コストの削減や定期的な保守点検の見直し
 - ⇒坑井障害の誘発, 安定利用への不安
 - ・坑井障害の概要
 - ⇒障害が確認あるいは推定される泉源数は約40あり, 多くは代替掘削あるいは原因調査や対策工事が実施されているが, 今後さらに増加していくことが推定される
 - ・坑井障害調査より
 - ⇒物理・工学的手法による調査では, 各種検層の組合せによって, より確実な原因究明と対策工法の検討が可能であるが, さらに新たな調査手法を検討する必要がある
 - ⇒地球化学的手法による調査(泉質分析)では, 溶存成分濃度や組成比(泉質タイプ)が顕著に変化している泉源が多くみられ, 坑井障害の可能性が示唆されている
- 【今後の取り組み】
- 市町村への技術相談や技術支援
 - 市町村との連携を強め, 坑井障害に関する助言や迅速な情報収集
 - 民間コンサル等からの情報収集・提供

坑井障害のフロー

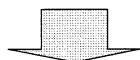


まとめ

- 基本的な坑井履歴(基本台帳・カルテ)を作成・保存
- 泉源状況の保守・点検の徹底
- 利用状況(H,Q,T, …)や泉源メンテナンス等のデータや記録を整理・保存
- 定期的な泉質分析, 揚湯試験, ポンプメンテナンス等を実施
- 坑井障害の発生事例や対策事例を収集・分類, 体系化整理
- 原因究明のための適正な坑井調査手法の検討と技術の蓄積・確立
- 迅速かつ低コストで効果的な対策技術(工法)の確立



坑井障害の発生予測	最適な対策方法の助言・提言
坑井障害の未然防止	泉源の修復再生・延命



温泉資源の持続・安定的な利用が可能

坑井障害と調査手法

— 「坑井障害に関する研究から」 —

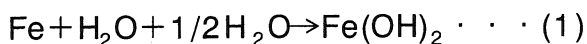
特に揚湯管腐食に関する考察

北海道立地質研究所
鈴木隆広

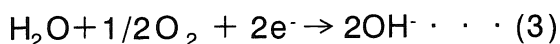
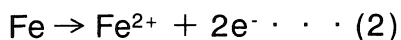


鉄の腐食メカニズム

鉄の腐食とは、鉄、水、および酸素が共存することで起こる現象で、その総反応式は以下のように表現することができる。



(1)の反応式を酸化還元各反応式に分けると、

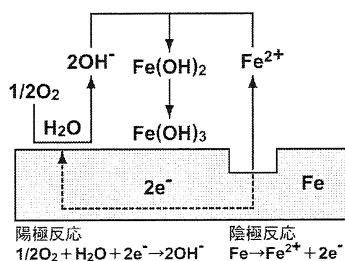
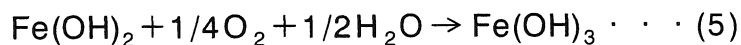


(2)～(4)のようになる。



鉄の腐食メカニズム

(4)の反応で生成した $\text{Fe}(\text{OH})_2$ は不安定なため、ただちに水中の酸素で酸化され $\text{Fe}(\text{OH})_3$ となる。

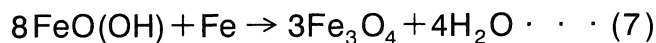


鉄の腐食メカニズム

(5)の反応式で生成した $\text{Fe}(\text{OH})_3$ が、脱水反応を起こすと $\text{FeO}(\text{OH})$ となる。 $\text{FeO}(\text{OH})$ には3種類の多形があるが、一般的には α 型 (Goethite) である。

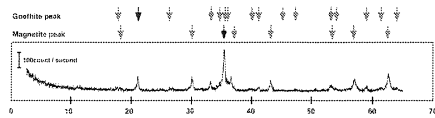
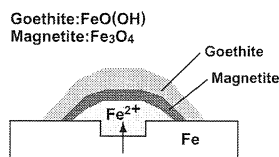


鉄の表面に生成した $\text{FeO}(\text{OH})$ は、さらに素地のFeによって還元され、 Fe_3O_4 (Magnetite) となる。



鉄の腐食メカニズム

(6)～(7)での腐食生成機構を模式的に示すと、以下の図のようになり、実際、鉄の錆び瘤から採取した試料についてX線回折を行うと、GoethiteとMagnetiteが認められることが多い。



鉄の防食技術

鉄の防食の技術

- ・ 塗装
- ・ 防食テープ
- ・ 電気防食
- ・ メッキ加工
- ・ 合金

メッキ加工や合金は、揚湯管の材質としても多く利用されている。

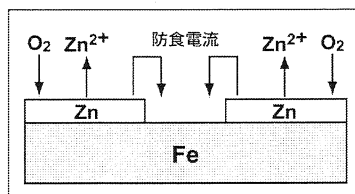


鉄の材料的な防食技術（メッキ）

メッキの代表的なもの→亜鉛メッキ

亜鉛メッキは、鉄よりもイオン化傾向の高い亜鉛が、鉄より優先してイオン化することを利用して、素地の鉄を防食している。

この犠牲陽極効果により亜鉛層の一部が無くなっても、周囲の亜鉛層から電子が流れて鉄の腐食は押さえられる。

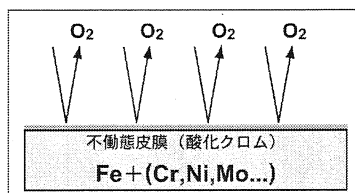


鉄の材料的な防食技術（合金）

合金の代表的なもの→ステンレス

ステンレスは鉄にクロムやニッケル等を加えて作る合金で、その添加物や添加割合によって、色々な規格に分類されている。

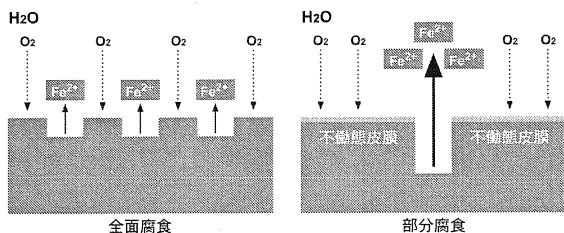
ステンレスは不働態被膜と呼ばれる、きわめて薄い酸化膜を表面に生成することで防食している。



全面腐食と局部腐食

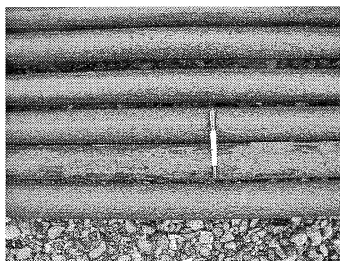
全面腐食：時間の経過に伴ってアノードとカソードが
入れ替わり，均等に侵食される

局部腐食：微小面積のアノードと広面積のカソードが
固定され，アノード部が局所的に侵食される



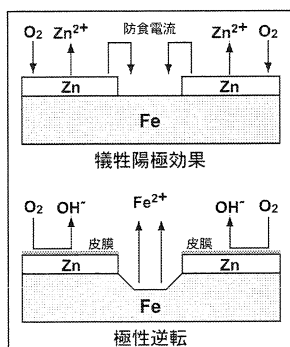
腐食機構（炭素鋼鋼管）

腐食の形態は全体が均等に侵食される“全面腐食”が
ほとんどである。



腐食機構（亜鉛メッキ炭素鋼鋼管）

基本的には“全面腐食”であるが、斑状の腐食が進み、ボルト孔状の“局部腐食”に発展しているものもある。



腐食機構（ステンレス鋼鋼管）

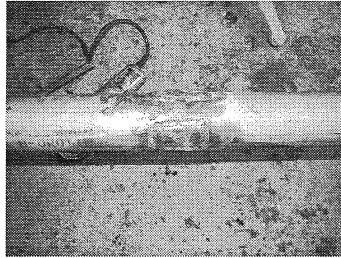
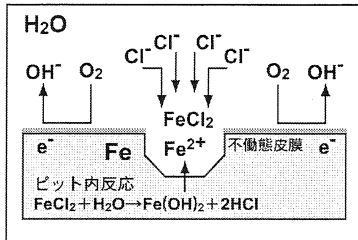
ステンレス鋼の腐食形態は、炭素鋼鋼管や亜鉛メッキ炭素鋼鋼管とは著しく異なっている。この原因は、ステンレスが合金であるためであり、特徴的な金属組織や不動態皮膜の破壊が原因で起こると考えられる。

- ・ ピンホール状腐食
- ・ 隙間腐食
- ・ 粒界腐食
- ・ 応力腐食割れ



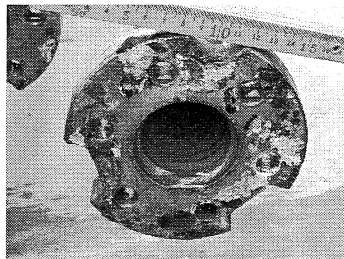
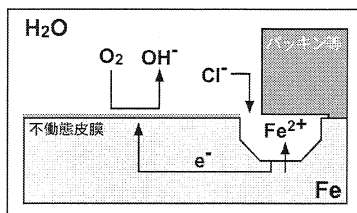
ピンホール状腐食

ステンレス表面の不働態皮膜の欠陥等によるマイクロな弱点部分にて金属の溶出が継続することで起こる。



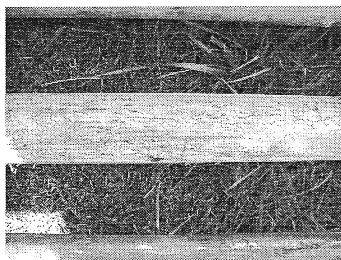
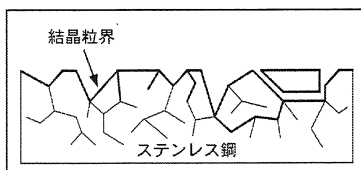
隙間腐食

パッキン等の下部で酸素が欠乏しがちになった結果、不働態皮膜が化学的に不安定になることで起こる。



粒界腐食

ステンレスの結晶粒界に沿って炭化クロム (Cr_{23}C_6) が析出した結果、不動態皮膜が不安定になることで、クロム欠乏層が侵食される。



応力腐食割れ

粒界腐食が発達すると“応力腐食割れ”に発展する。応力腐食割れは、引張応力を受けた材料や残留応力を有する材料が、特定の環境下でひび割れを伴いながら起こる。



揚湯管の材質選定

材料別の揚湯管腐食機構から，防食加工を施した揚湯管は，防食されている間は全面腐食に強いものの，ミクロな弱点部分が生成すると，急速に部分腐食が進行することを紹介した。

特にステンレス鋼は腐食に強いというイメージから，高濃度塩泉で用いられている事例が多いが，高濃度塩泉には塩化物イオンが多量に含まれているため，孔食，隙間腐食，応力腐食割れを起こす危険性が高く，実際に起きている事例も多く確認されている。



揚湯管の材質選定

金属製の揚湯管を用いているかぎり，多かれ少なかれ腐食は起こりうるため，腐食を完全に防ぐには，ファイバークラスなどの非金属製の揚湯管を用いるしかない。

近年では，高濃度塩泉で用いられる事例が増加しているが，金属製の揚湯管に比べて強度が弱いなどの欠点もあるため，利用環境に合った選定が必要である。



揚湯方法も腐食に影響する

常時乾燥している部分（静水位以浅）や常時濡れている部分（動水位以深）は、ほとんど腐食しない。



静水位～動水位間では腐食が著しく
カルシウム系スケールの付着も多い



タンク制御による断続運転ではなく、
極力水位変動をさせない揚湯方法を



まとめ

- 一般的に黒ガス管や白ガス管の腐食は、全面腐食の形態を示し、その腐食生成物はGoethiteとMagnetiteの組合せであることが多い。
- ステンレス管を高濃度塩泉で用いている事例は多いが、孔食、隙間腐食、応力腐食割れを起こす危険性が高いため、ファイバーグラスなどの非金属製の揚湯管の利用も検討する必要がある。



講演

ファイバーガラスの特性を生かした
温泉井への利用について

(株) エヌエルシー

中島 祥夫

1. はじめに

1970年代にアメリカにおいてGREパイプは石油業界の発展とともに成長し、油田用・塩水廃棄井用・化学薬品廃棄井用・水源井用等多目的用途で使用されてきました。一方、日本においては石油業界よりはむしろ温泉井における揚湯管やケーシングとして使用されていることが多く、近年目覚ましい普及を遂げています。ここにGREパイプの持つ特性を紹介することとし、これらが温泉井に対して有効的な働きをすることを理解していただきたいと思えます。

2. FRPとGREの違いについて

- ・ FRP = Fiber(glass) Reinforced Plastics

(ガラス)繊維強化プラスチック

- ・ GRE = Glassfiber Reinforced Epoxy

ガラス繊維強化エポキシ

FRPもGREもどちらも複合材料です。複合材料とは、2つ以上の物質からなる化合物で、ガラス繊維の持つ高張力の大きさを利用し、それに壊れやすいというガラスの弱点を補うマトリックスとの合成により生み出されたものです。

したがって、分類的にはGREもFRPの一種といえますが、マトリックスとしてエポキシ樹脂を使用していることでGREと呼称されております。

マトリックスは熱硬化性樹脂(Thermoset)と熱可塑性樹脂(Thermoplastics)に分かれますが、GREに使用されるエポキシ系樹脂は熱硬化性であり、熱硬化性樹脂としては他にポリエステル系、フェノール樹脂系などがあります。

一般的に、ガラス繊維はE-glass(電気絶縁ガラス)から成り、透明で壊れやすい性質を持っていますが、高張力を持つ超冷間金属酸化混合物です。また、ガラスは損傷から守る環境さえ整えば繊維状になると更に強くなる性質を持っています。ガラスは炉の中で1,200℃で生成され、多数の小さな孔のあいた熱せられたブッシュの孔を自重で通過していくと、糸のように紡がれていきます。熔融ガラスは、非常に腐食性が強いために損傷や腐食を保護するためにブッシュの材料にはプラチナが用いられています。ブッシュには多数の孔があいていて、熔融ガラスがその孔を通過すると10ミクロンくらいの太さの繊維が出来上ります。

3. 製法によるFRPの違い

大別すると2つに分かれます。

— ハンドレイアップ法

大型の製品や生産個数の少ない製品、寸法制度の緩やかな製品、形状の複雑な製品、単品及び試作品の成形に適した方法です。

GREの製法であるフィラメントワインディング法(FW)はこの中に入ります。

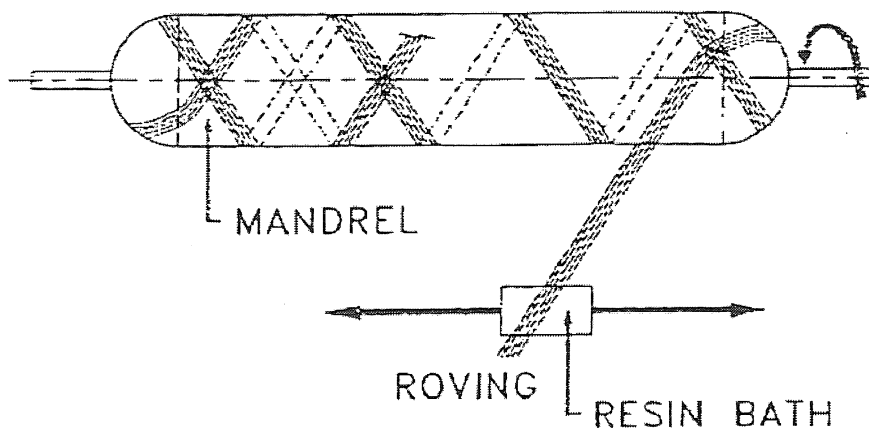
— 圧縮成形法(プレス成形法)

材料を嵌め合い精度の高い型内に封じ込めて圧力をかけ成形する方法でマッチドダイ法とも呼ばれています。硬化させる温度によりコールドプレス法(常温～約80℃)とホットプレス法(100～150℃)があります。

4. フィラメントワインディング法とは

複合材料の成形は強化材の本来持っている性能をいかに多く引き出すかにあります。これは繊維状の強化材をまっすぐに力のかかる方向にそれぞれを揃えて配置することにあります。フィラメントワインディング(Filament Winding: FW)法は、成形対象が中空回転対象体の時、この条件をほぼ完全に満足させることが出来ます。複合材料の成形法の中で、最も高強度・高性能の製品を成形することの可能な方法がFW法といえます。また、利用する原材料の形態により、プリプレグロービングを用いる乾式成形と、マトリックスを連続浸透させながら成形する湿式成形とがあり、通常GREはこの湿式フィラメントワインディング法によって製造されます。

RECIPROCAL FILAMENT WINDING PROCESS



5. GREパイプの特徴

☆ 重量が軽い … 鋼管の約1/4

鋼管やステンレス管の比重が 7.8~7.9 と比較して 1.8~2.0 と小さいために、1,000m以上の深さも問題なくジョイントができます。

☆ 抜群の流体流動性

フィラメントワインディング法により製造されたGREパイプは鋼管と比較し粗さ係数に大きな違いがあります。つまり、ハーゼンウィリアムス係数はGREが 150 に対して新品の鋼管では 120 です。しかしながら、鋼管は使用していくにつれてこの係数は 65 程度まで低下する一方、GREは殆ど低下しないことが判明されています。(米・セントロン社によるテスト結果より)

☆ 高度の耐腐食性とロングライフ

非金属製であるため、錆から起こる腐食の心配がありません。また、非電導性の為、電蝕の影響や電磁的障害も受けません。したがって、条件の難しい場所の温度変化や流れをモニタリングするための遠隔操作機器の適応も可能となります。

☆ 高度の耐圧性と引張り強度

一般的には耐内圧・圧潰圧・引張り強度とも鋼管より劣るもののエンビ管と比較してこれらは勝っており、温泉井の条件に合わせて使用することで充分満足な結果を得ることができます。

☆ パラフィンやスケールの付着度が低い

流体の流動性に優れているGREパイプは石油輸送管の内側に見られるパラフィンワックスの付着や温泉井でのスケール付着を鋼管に比べ極力押さえることができます。つまり、それらの微細粒子が一層目付着するまでの時間が長時間経過しないと現れないという利点を持っています。

☆ 良好な保温性

鋼管に比較して熱を放出することが少なく、したがって保温性には優れており、温泉井で温度の比較的低い源泉で効果があるといえます。

☆ ねずみやバクテリアによる影響を受けない

金属パイプの腐食防止コーティングや電気絶縁体及び熱可塑性樹脂パイプ(エンビ管等)は、周期的にねずみの攻撃を受け大きな被害になったりすることは良く知られている事実です。これらについては、いろいろな文献が出ていますがGREパイプではどうでしょうか？ GREパイプも同じくねずみの攻撃を受けますが、しかし、被害を受けることはありません。熱可塑性樹脂がねずみな

どの攻撃を受ける理由としては、

- ①熱可塑性プラスチック(特にエンビ管やPVC)の可塑剤は、ねずみなどにとって匂いも味も良いものだから。
- ②ねずみ類は、その丈夫に育つ自らの歯を常に研ぐ習性を持っており、対象物を探しては自らのあごの力でかみ砕くことで攻撃を加えます。
GREパイプがねずみにとって魅力がない理由は熱硬化性エポキシ樹脂及びビニールエステル樹脂は完全に硬化すると味も匂いもなくなるからです。
- ③GREパイプの管表面は非常に硬く、かみ砕くのが難しいからです。
また、GREパイプの材料は、バクテリアの発生や成長を誘発しませんし、それによる影響を受けることもありません。

6. GREパイプの温泉井への利用

6-1. 揚湯管(チュービング)として

温泉井においては源泉の成分がまちまちであり、また、温度も低温泉から高温泉まで、汲み上げ可能量も多岐にわたっており、選定基準もそれらの条件に合わせておこなわなければなりません。一般的にはサイズとしては1-1/2～3-1/2、タイプとしては2500相当品が使用されています。また、温度や源泉の成分に対してはエポキシ樹脂の硬化剤を選ぶことで対応が可能です。一般的には高温で腐食性流体を汲み上げる時はアロマティックアミン系の硬化剤が適し、メーカーによっては150℃対応も可能です。流体温度が80℃程度までならば酸無水物による硬化剤を使用するアンハイドライド系が適しています。

6-2. 保護管(ケーシング)として

一般的なサイズとしては4～10吋台の間で各種用意されており、チュービングと同じように肉厚も各サイズ多数あり、現場条件に合わせて選定できるようになっています。一般的には掘削後の最終ケーシングとして鋼管の内側に使用されることが多いようです。また、穴あけやスリット加工も容易にできることから、ストレーナー管としても使用されています。

6-3. ストロー管方式での利用

GREの特性でもある軽量・引張り強度・保温性の良さを活用し、水中ポンプの下へもチュービングを設置することで高温が期待できる地点より流速を上げて汲み上げる方法も最近増加しています。水中ポンプはできるだけ上部

に設置することで初期投資やランニングコストを低減することができますし、可能な限りの高温を得るための最善策といえます。

7. GREパイプの利用にあたっての留意点

7. 1 保管方法

一般に、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂共に長く日光にさらされると品質劣化を受けやすくなります。劣化の程度については、使用されている材料及びその化学組成によって異なりますが、主に劣化は表面にとどまります。劣化のスピードは、周りに存在する空気・水・酸素・酸化剤などがどの程度あるのかで決まります。

劣化を防止する目的で、いろいろな酸化防止剤や紫外線吸収剤が樹脂に加えられます。GREパイプの紫外線対策としては、劣化が樹脂の表面だけにとどまる現象であることを利用して、パイプ上に厚い樹脂の表面コーティングをし、パイプ本体を守ります。また、紫外線を締め出す役目をする顔料や充填剤を使用していますが、屋外で保管する際はカバーをすることをお勧めします。

7. 2 現場での取扱いについて(弊社販売品)

外観チェックは勿論のこと、パイプ両端ネジ部の不純物をきれいに拭き取ってから行なってください。

テフロンテープはピンネジ部にOリング部分を除いて巻きます。この役目は、ネジ同士が最初に接触する時の衝撃緩和や管内圧力を受けた時自ら変形を起こしネジ間にできる小さな隙間を埋めることや、高い流体圧環境下で大きなネジの面接触圧を要求される場合とか、ネジがかじりやすい大きな負荷のかかる使用環境下で、すべり性の良い薄膜をネジ間に作ります。ただだて、簡単に擦り切れたりしない十分な引張り力を持ったメーカー推奨品をご使用ください。

ネジ部は嵌め合いで相手のネジに合わせて自己変形することがないため、ねじ切り精度は鋼管より精密に仕上げられていますのでシール剤の塗布は接触面圧が均一になるように心がけてください。グリスは規定量を薄く、ピンネジ部にのみ塗ってください。Oリングには塗らないで下さい。ネジの締め付けは最初、手回しで締め付けた後、規定の締め付けトルクでレンチを使用し行ってください。ネジ形状はテーパネジとなっており、あまり大きな力をかけないで締め付けが可能です。テーパネジはパイプに締め付けトルクがかかると、ネジ同士には楔のメカニズムが働き、ピンネジは圧縮を、ボックスネジは引張

りを受けます。この時のネジ同士の接触面圧は、締め付けトルクが十分であれば管内を流れる流体の圧力に十分打ち勝つものとなります。

注) GREパイプの締め付けトルクやグリス適性量等はメーカーによって異なりますので作業の前にメーカーならびに販売店へお問合せください。

8. おわりに

本稿で説明したように、GREパイプは温泉井に非常に適した特性を持っており、今後も活用度は広がるものと推測されます。

輸入発売元である弊社としては、顧客のニーズを的確にとらえ、さらに多目的用途で同製品が普及するよう製品開拓をおこなっていきたいと思います。

参考文献 1994 Marineteck Research, Project CP 275, General
Principals and Guidance for the Application of Glass
Reinforced Composites Offshore.

Edited by : D. A. Spagni and A.G. Gibson.

Contributors : M.J. Cowling, T.Hodgkiess, T.Y.Reddy.

講演

ファイバーグラスチュービング
&ファイバーグラスケーシング

(株)クリステンセン・マイカイ

山田 直登

ファイバーグラス・チュービング & ファイバーグラス・ケーシング

第43回 試験研究会

2005.03.17

(株)クリステンセン・マイカイ

1. ファイバーグラス・チュービング & ケーシング 区分 & 仕様

区分		ダウンホール用	ラインパイプ用
呼称		レッドボックス	イエローボックス
サイズ	区分数	全12種	全11種
	最小	2-3/8"	2"
	最大	13-3/8"	12"
グレード	区分数	全11種	全13種
	最小	1,000 PSI	500 PSI
	最大	3,500 PSI	3,500 PSI
製品管理基準		ISO9001/9004E ANSI-RAB APIスベック 15HR ASTMスベックD2996 (RTRP-11AT-1334) ASTMクラスD2310 (RTRP-11AT)	
ネジ規格	チュービング	チュービング API 8山/インチ EUE ロング	2"~4" API 8山/インチ EUE ロング 5"~6" API 8山/インチ ケーシング ロング
	ケーシング	ケーシング API 8山/インチ ケーシング ロング	8"~12" API 8山/インチ ケーシング ショート
	備考	フランジ及びカップリング接続タイプも可能	フランジ接続タイプも可能
最大温度	ライナー無	98 °C	
	ライナー付	110 °C	
実績深度		4,000M	

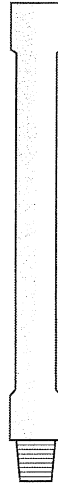
補足) ライナー付 : 内面にコーティングを施したもの (オプション)

1-1-(1). レッドホックスタイプの特徴 & 用途

ファイバーグラスチュービング & ケーシングとは？

特徴

- 軽量 - 比重1.9(鉄の1/4)
- 耐腐食性
- 十分な強度
- 優れた流動性
- 保温性 - 熱が逃げにくい
- スケールの付着が少ない
- 作業性が良い
- 安全無害



用途

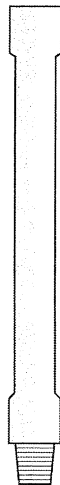
- 石油生産井
- 水井戸
- 温泉井戸
- 水溶性ガス井戸
- 薬液投棄井
- 注入井
- 腐食性の井戸
- 商業用飲料水用チュービング
- 各種パイプライン、配管等

1-1-(2). イエローホックスタイプの特徴 & 用途

ファイバーグラスチュービング & ケーシングとは？

特徴

- 軽量 - 比重1.9(鉄の1/4)
- 耐腐食性
- 耐化学薬品性
- 十分な耐圧力
- 優れた流動性
- 低コスト
- 安全無害
- 作業性が良い等

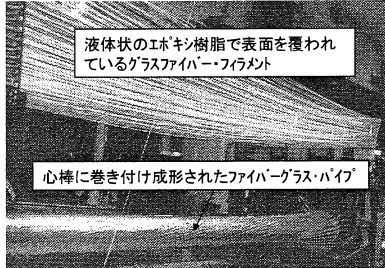


用途

- ガス混入した原油用パイプライン
- 化学薬品、工場廃水、廃棄処理用パイプライン
- 中・高圧力水配送用パイプライン
- 塩水還元井用パイプライン
- 二酸化炭素回収用パイプライン
- 配水パイプライン 等

1-2. 製造方法

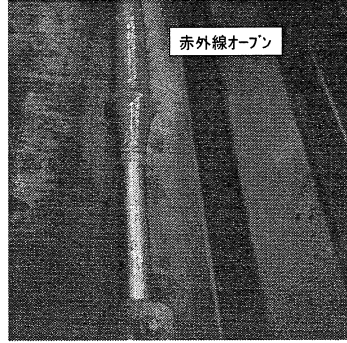
ファイバーガラスチュービング & ケーシングとは？



液体状のエポキシ樹脂で表面を覆われているガラスファイバー・フィラメント

心棒に巻き付け成形されたファイバーガラス・パイプ

心棒に巻きつけられるガラスファイバー・フィラメントは、ファイバーガラスパイプのサイズ及び厚さにより、それぞれ巻きつけ角度が最適になるよう、コンピューターにより自動制御されています。

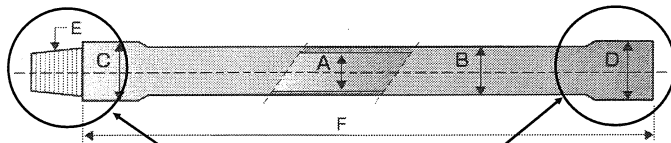


赤外線オーブン

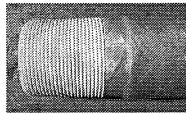
均等にゆっくりと回転させながら、アロマトニック・アミン及びエポキシ樹脂で処理されたファイバーガラス・パイプを赤外線オーブンで十分に乾燥させます。

1-3. 製品

ファイバーガラスチュービング & ケーシングとは？



ピン部ネジ：機械加工ネジ



ピン及びボックス共にパイプ自身に一体成形するインテグラル・ジョイント方式を採用しています。従って、カップリングを使用するジョイント方式に比べ、ネジ部強度に優れ漏れの心配がありません。

ボックス部ネジ：成形ネジ



ピン及びボックス部外側はなだらかな外アプセットとなっており、パイプ本体外径より大きくなっています。従って、本パイプを降管及揚管作業する場合には、このボックスネジ外側の外アプセットのテーパ部分を保持するためのホルダーが必要となります。内径は、ドリフト径(最小内径)が採用されています。

2. F/G 技術情報

2-1. F/Gの原材料及び物理的特性

● 原材料

- 樹脂: エポキシ
- 熱硬化剤: 芳香族アミン
- ガラスファイバー: 高温タイプ E-グラス

● 物理的特性

- ガラス繊維の占有率: 75%
- 比重: 1.9
- ホアソン比: 0.24

2. F/G 技術情報

2-2. 安全性と無害性

● 食品医薬局 承認

- 連邦規制コード 21, part 177, sub part C, section 177.2280
- 連邦規制コード 21, part 175, sub part C, section 175.300

TUBULAR社の製造する芳香性アミンエポキシ・ファイバーグラス製品に使用されるエポキシ・レジンシステムは、ビスフェノール-Aエポキシレジンと4,4'-メチレンジアニリンをベースとした硬化剤の混合体から成り立っています。(2種類のレジンと硬化剤は、Shellから提供されています。)この硬化剤により、他のエポキシシステムで製造された製品と比較して、特別に高度の物理的性質、熱安定性、耐化学性を持つ製品を製造することが可能となります。これらの特殊なエポキシレジンと硬化剤から製造された当製品は、上記認証コードにおいて、食品用に承認されています。

● アメリカ国立衛生振興会 承認

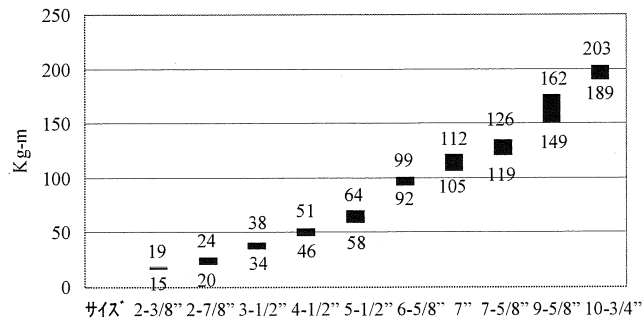
- スタンド No. 14

TUBULAR社の製造する芳香性アミンエポキシ・ファイバーグラス製品は、飲料水の送水用として承認されています。

2. F/G 技術情報

2-3. 推奨締め付けトルク

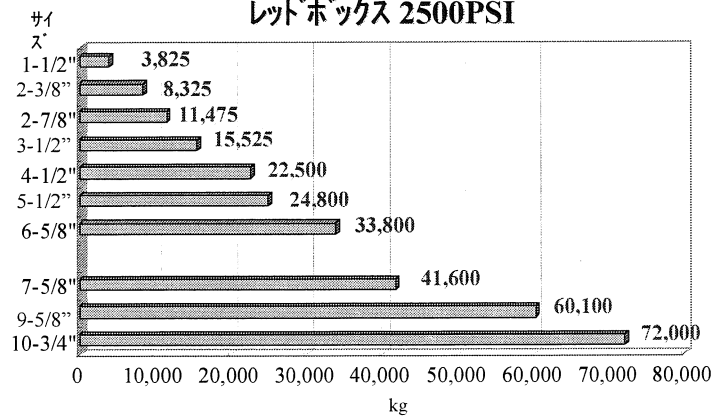
FG チュービング: レッドボックス / インテグラルタイプ
推奨締め付けトルク

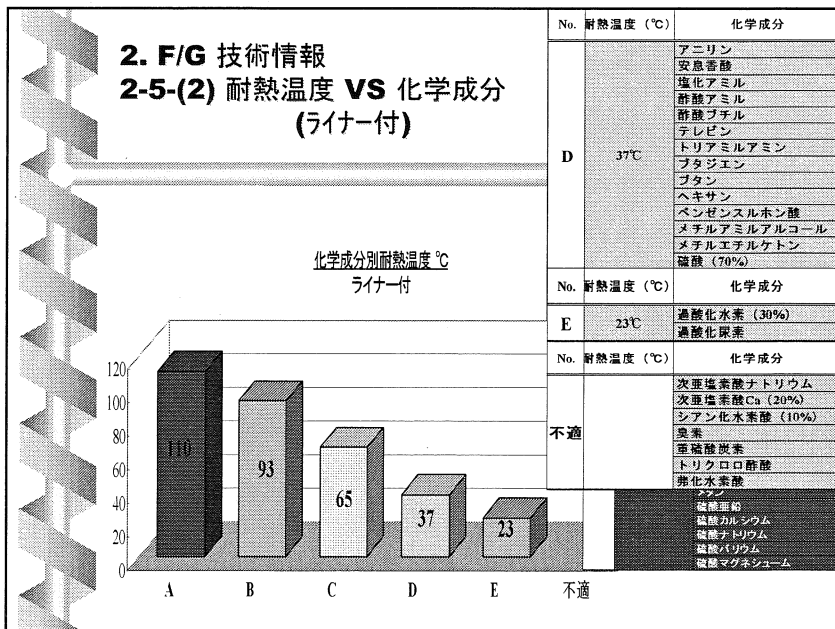
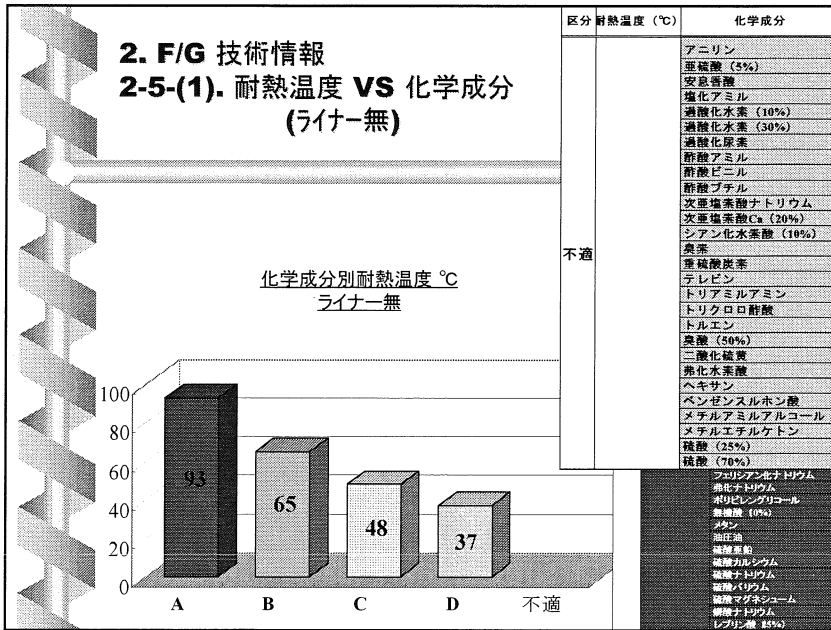


2. F/G 技術情報

2-4. 引張強度

レッドボックス 2500PSI

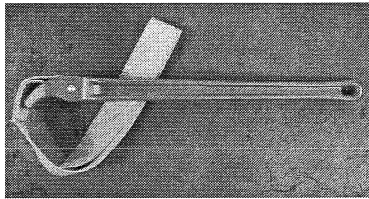
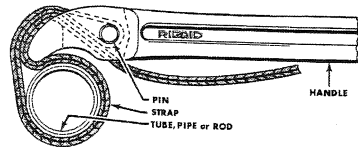




3. F/G設置用ハンドリング・ツール

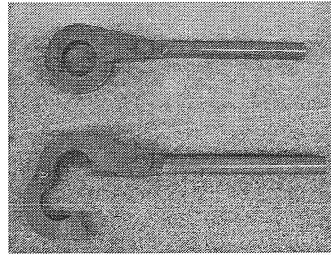
(1) レンチ

ストラップレンチ(ネジ締め専用)



2-3/8" サイズ用フルサークル・グリップレンチ

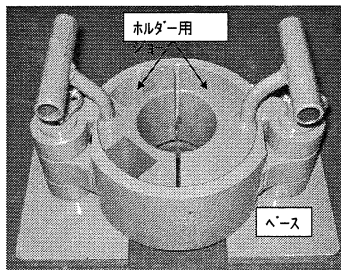
(ネジ締め及びびネジ戻し兼用)



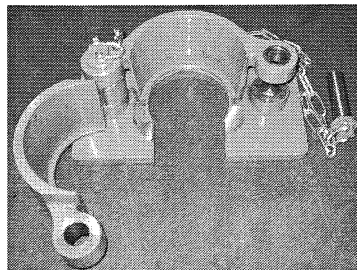
3. F/G設置用ハンドリング・ツール

(2) チュービング・ホルダー

2-3/8" サイズ用チュービングホルダー



ホルダー用ジョー(2ヶ)収納時

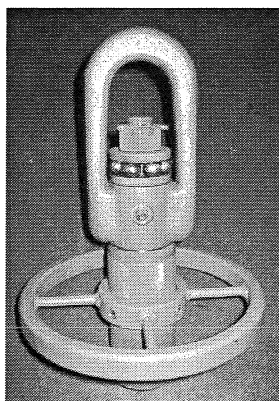


ベースのヒンジ部を開いた状態

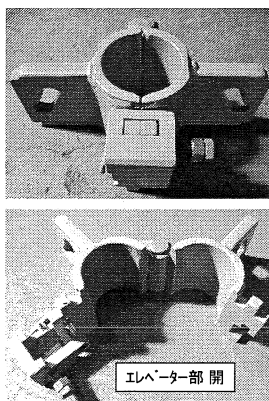
3. F/G設置用ハンドリング・ツール

(3) 吊り具

5トン用ホイストリングプラグ



5トン用エレベーター



3. F/G設置用ハンドリング・ツール

(4) ネジ用グリース

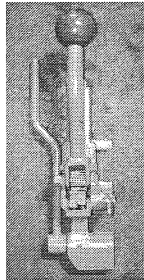
ネジ用グリース TF-15 (0.95L)



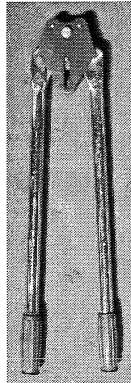
ファイバークラスパイプのネジ用グリースには、当社指定のJET-LUBE TF15をご使用下さい。TF-15は、APIの油田ケーシング、チュービング用に使用されている高性能のグリースです。

優れた潤滑性により、低トルクにおいて堅固にネジを締め付けることができ、焼く付け、はがし、材質のかじりを防止し、ネジ戻し時にも容易に作業ができます。

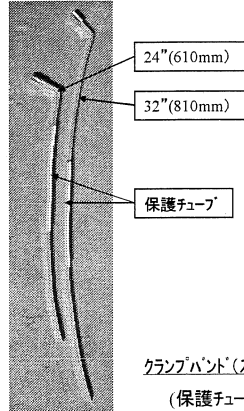
3. F/G設置用ハンドリング・ツールス (5) 水中ケーブル クランプ用ツールス



引き締め機



かしめ機



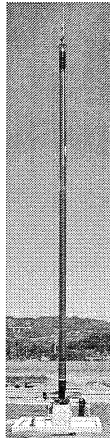
クランプハンド(ステンレス製)
(保護チューブ付き)

4. アプリケーション国内実施例 4-1. 揚湯管FG チュービング設置実績

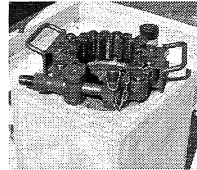
- 最大設置深度実績: 1,100M (2-3/8" F/G)
- 最大設置孔内温度: 90°C
- 耐腐食性: 2年毎のポンプ定期点検時に、交換を必要とした SUSパイプに代わりF/G (2-3/8" F/G)を設置後、10年間交換の必要無しに現在も使用中。
- スケール問題: エアリフト時には、数ヶ月でスケール掃除の必要あったが、高温対応(80°C以上)のポンプ及びF/G (2-3/8" F/G)の代替設置後は、スケールは2年毎の定期点検時においてもほとんど無くなる。

4.アプリケーション国内実施例

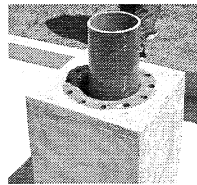
4-2. FG 7”ケーシング(内装管)600M設置作業



7”ケーシング(1000PSI)
挿入作業中



ケーシング・ホルダー



ケーシング挿入完了

4.アプリケーション国内実施例

4-3.地下水飲料水の揚水管

● 目的:

- 地下水飲料水の品質維持
- 飲料水としての高い安全性

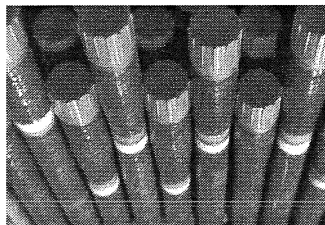
● 使用F/G : 4-1/2” X 1750PSI X 72M

汲上量 : 300L/min

● 使用F/G : 2-7/8” X 2500PSI X 99M

汲上量 : 200L/min

ご拝聴有難う御座いました。
(株)クリステンセン・マイカイ



講演

温泉の健康科学
— 当所における取り組み —

北海道立衛生研究所

内野 栄治

温泉の健康科学

— 当所における取り組み —

北海道立衛生研究所
健康科学部 温泉保健科
内野栄治

1. はじめに

温泉が身近になり、高齢者だけでなく、若者、女性にも人気で、各地の温泉へ出かける人も多い。温泉には心も体も気持ちよく癒してくれる自然の不思議な魅力がある。

特に近年における高齢化社会の進展や余暇の増大に伴い、国民の健康志向の高まりは著しく、ヒトの健康維持・増進に果たす温泉の潜在的な効用が見直されつつあり、各種の慢性疾患やストレス性疾患などに対する予防医学的な面からも注目されている。

しかし、昨年はいこれらの動きに水をさす、長野県の歴史あるS温泉での入浴剤混入をきっかけに、全国各地で温泉を提供する側の泉質に関する不祥事が大きく取り上げられた年でもあった。これらは道内各地における温泉の泉質分析に携わる私共にとつて、温泉法、本物の温泉について、改めて考えさせられた日々でもあった。

ここでは温泉療法を取り巻く現状について述べ、当所でこれまでに取り組んできた温泉の健康科学に関連した調査研究を中心に概説する。

2. 温泉療法の位置付け

現代医療の主流は、最先端の技術と薬物投与によって診断と治療を行い、外からの力によって病気の原因を直接的に取り除いてしまう特徴がある。これに対し、温泉療法は温泉水に含まれる化学成分の薬理作用だけでなく、温熱・静水圧などの物理的作用に加え、転地、運動などの刺激により、体が本来持っている自然治癒力を間接的に引き出し強める療法として知られている。

ドイツを始めヨーロッパの多くの国では、医療の一環として確立し、専門医の診療や温泉の利用状況など一定の基準を満たせば、医療保険が適用されている。したがって、その効果については官民の投資のもと、大学や研究機関が積極的に参加し、長年に渡って実践的な研究が積み重ねられている。

一方、我が国では、民間療法として位置付けられ、しかも、これまで温泉医学をリードしてきた国立大学にあった温泉病院が、科学的根拠に乏しいという理由で廃止されるなど、温泉療法を取り巻く環境は厳しい状況にある。しかしながら、温泉は古くから、“湯治”として今も東北、九州（大分、熊本、鹿児島）などを中心に引き継がれ、ヒトの健康維持・増進に大いに貢献している。最近では「町おこし 村おこし」のもと温泉の開発が進み、地域住民の健康づくりに積極的に活用されている事例報告も多い。道内においても健康づくりや療養の場として、温泉を活用する事例も増加し、特に神経痛、筋肉痛、関節痛、五十肩など痛みを伴う慢性疾患やリハビリテーション、

さらに予防医学(成人病、ストレス性疾患など)の面で多くの効果が挙げられている。

今後、慢性皮膚疾患、糖尿病に代表される代謝疾患、加齢による全体的な機能低下や調節障害などに対する温泉の医学的作用、つまりバランスを崩している部分を正常に戻す「総合的な生体の調整作用」の効果を具体的に示すことができれば、温泉の利用は一層拡大すると考えられる。そうなれば温泉地の活性化はもとより特に老人の医療費の低減化につながる可能性がある。

また、近年、現代西洋医学では一般的に認知されていない、多くのいわゆる民間療法を単に科学的保証のない療法と批判するだけでなく、良いものはとり入れていこうという健康づくりの新たな潮流もある。米国では民間療法を公的機関が客観的に評価して補完代替療法として普及したり、国内では健康食品、機能性食品、伝統的療法、高度先進療法などの療法を評価する補完代替医療学会が開設されるなど今後の動きが注目されている。ここでは温泉療法が国内でどのように認識され、且つ位置づけられているか考える上で参考にすべきところが非常に多い、医学会の立場から今西二郎¹⁾によってまとめられた補完・代替医療の種類と西洋医学との違いをそれぞれ表1、2に示しておく。

表1 補完・代替医療の種類

民族療法などの体系的医療	漢方、鍼灸、アーユルヴェーダ、チベット医学、ユナニー、その他各国の民族療法、ホメオパシー、自然療法、人智医学
食事、ハーブ療法	栄養補助食品、メガビタミン療法、絶食療法、花療法、ハーブ療法、長寿食、菜食主義、マクロビオティック
心を落ち着かせ、体力を回復させる療法	バイオフィードバック、催眠療法、瞑想療法、リラクゼーション、イメージ療法、斬新的筋弛緩療法
体を動かし痛みを取り除く療法	太極拳、ヨガ、運動療法、ダンスセラピー
動物や植物を育てることで安楽を得る方法	アニマルセラピー、イルカ療法、園芸療法
感覚をとおして、より健康になる療法	アロマセラピー、芸術療法、絵画療法、ユーモアセラピー、光療法、音楽療法
物理的刺激を利用した方法	温泉療法、刺激療法、電磁療法、
外からの力で健康を回復させる治療法	指圧、カイロプラクティック、マッサージ、オステオパシー、リフレクソロジー、頭蓋骨調整療法、セラピューティックタッチ
宗教的治療法	クリスタル療法、信仰療法、シャーマニズム

今西二郎、2004 から引用

表2 補完・代替医療と現代西洋医学との比較

補完・代替医療	現代西洋医学
哲学的、思想的背景に基づく	科学的理論に基づく
包括的	分析的
全人的	臓器的
経験的	統計学的解析
主観的	客観的
自然治癒力を期待	原因治療を目的
切れ味は悪い	切れ味は良い
副作用弱い	副作用強い
QOLの向上を重視	根本治療を重視
テーラーメイド医療	集団医療
天然品、自然の力を利用	合成品、人工的エネルギーを利用
複合成分	単一成分

今西二郎、2004 から引用

3. 当所におけるこれまでの取り組み

3.1 温泉水と健康維持、増進に関する基礎的研究 (平成7～9年)

本研究ではこれまで全く知見の得られていなかった道内の温泉療養の実態を調べることから開始した。道内35カ所の温泉地にてアンケート調査を実施し²⁾、その一般的特徴を明らかにし、療養者は神経痛を訴える方が最も多く、以下、関節痛、冷え性、筋肉痛、高血圧症、五十肩と続き、また、アレルギー性疾患の一つであるアトピー性皮膚炎(AD)も比較的多いこと(図1)、療養効果は全体の9割が認めるなど良好な結果を得た。また、

AD患者にとって、温泉が最後の拠り所としての使用例も多く、その是非が注目されていることもあり、その実態について詳細に解析した³⁾。その結果、療養効果にニュアンスの違いはあるものの、約8割が自覚症状の改善を認めた。

次に、先の調査に

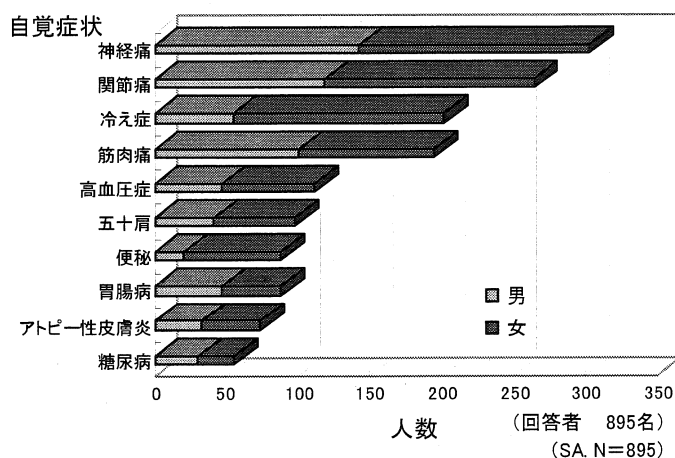


図1 温泉療法の主な自覚症状 (複数回答)

において、AD 患者の使用例が多く、しかも良好な結果が得られている豊富温泉に注目し、その効用についてアンケートによる主観的な評価だけでなく、臨床科学的な評価を試みた。ここでは札幌市に在住する2名の難治性AD患者に豊富町から搬送した温泉水に1ヶ月間入浴してもらい、その効果について調べた⁴⁾。その結果、皮疹に加え、患者特有の冷え及び倦怠感の改善や血液中のある種の免疫学的指標成分などが正常値方向へ改善することを確認した。

その他、二股、豊富、浦幌の温泉水を用い、動物(マウス、ラット)に惹起したアレルギー反応に及ぼす温泉水の飲用による影響⁵⁾、フローサイトメトリーを用いた健康者及びAD患者の末梢血 Th1/Th2 細胞比⁶⁾に関する研究を実施した。

3.2 温泉水と健康維持、増進に関する基礎的研究(平成10~12年)

ADの増悪因子の一つとして知られている黄色ブドウ球菌に対する温泉水の影響を調べるため泉質に特徴のある道内27カ所の温泉水を用いて検討した⁷⁾。その結果、酸性泉に加え、中性でもホウ酸濃度の高い温泉水が著しい殺菌、生育抑制作用を有することを確認した。これらは、温泉水が泉質によってはADの補助治療や予防にも十分に利用できる可能性を示唆している。

豊富町は豊富温泉が特に皮膚病に評判が良いことを考慮し、平成11年、全国的にも極めて画期的な皮膚疾患患者を対象とした公営の温泉保養宿泊所「湯快宿」(写真1)を開設した。そこで、本施設の2年間に渡る利用状況(図2)や利用者のアンケートを解析し⁸⁾、本施設が現代の湯治場モデルとして、皮膚疾患、特にADや乾癬に関する温泉療法の有効性を実証する場として大いに期待されることを指摘した。

その他、AD患者由来黄色ブドウ球菌の毒素産生と生物学的性状について調べた⁹⁾。



写真1 豊富町に開設された温泉保養宿泊所「湯快宿」

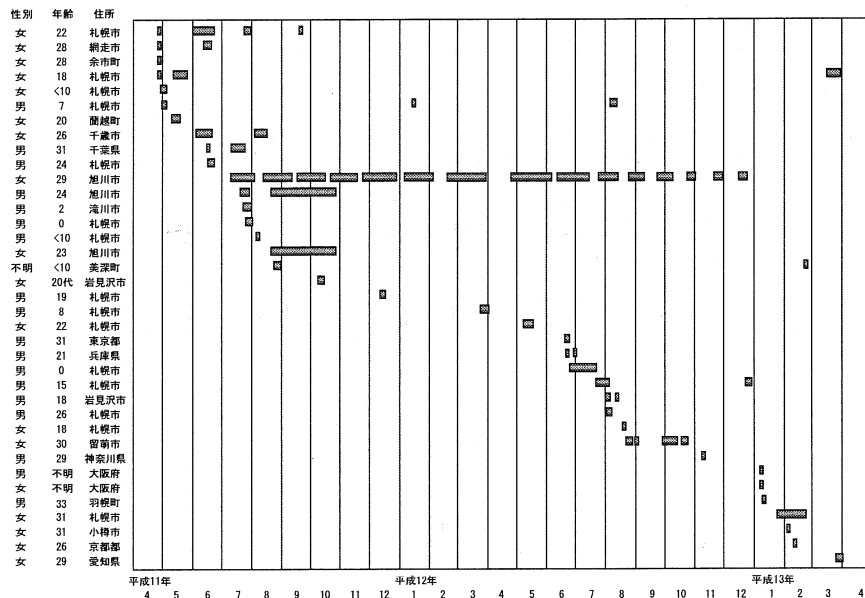


図2 豊富町温泉保養宿泊所「湯快宿」のアトピー性皮膚炎患者の利用状況

3.3 温泉水の効能に関する調査研究（平成13～15年）

ADに対する温泉療法の効果を確認するためには、ヒトでは被験者の確保並びに療養期間や施設などの面で限界があることから、ヒトADとよく似た症状を示すモデル動物（写真2）を用いて検討した。

初めに、その実験系について基礎的な検討を加え¹⁰⁾、次に、1ヶ月間毎日2回マウスに泉質の異なる3種類（A泉：酸性－含鉄－アルミニウム－硫酸塩泉、B泉：ナトリウム－塩化物・炭酸水素泉、C泉：単純硫黄泉）を全身に霧吹きで噴霧し、皮膚症状（図3）、血清IgE値（図4）の変化を追跡した¹¹⁾。その結果、A泉を噴霧した群では皮膚症状の改善が実験開始から早い段階で認め、9匹中8匹がほぼ全快した。B泉を噴霧した群ではA泉と比較し症状の変化が遅く、軽快しない例もあった。C泉では皮膚症状の改善例は少なかった。また、A、B泉を噴霧した群では無処理群と比較し血清IgE値の上昇が抑制された。一般に温泉の効能は先述したように温泉を含む温泉地における総合作用として考えられているが、以上の結果は泉質の違いによっても効能に差が有ることを示唆している。

さらに、本実験系を用いて、温泉由来の原

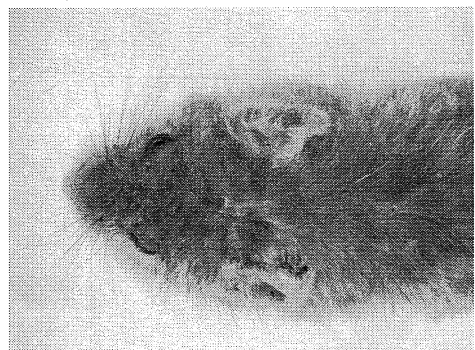


写真2 ヒトADとよく似た症状を示すモデル動物（NC/Ngaマウス）

油から作成した軟膏（B細胞の増殖抑制活性を示す原油粗画分を含む）について、IgE値に及ぼす影響を調べた¹²⁾。その結果、軟膏を塗布した群では無処理群と比較し、IgE値の上昇が抑制された。

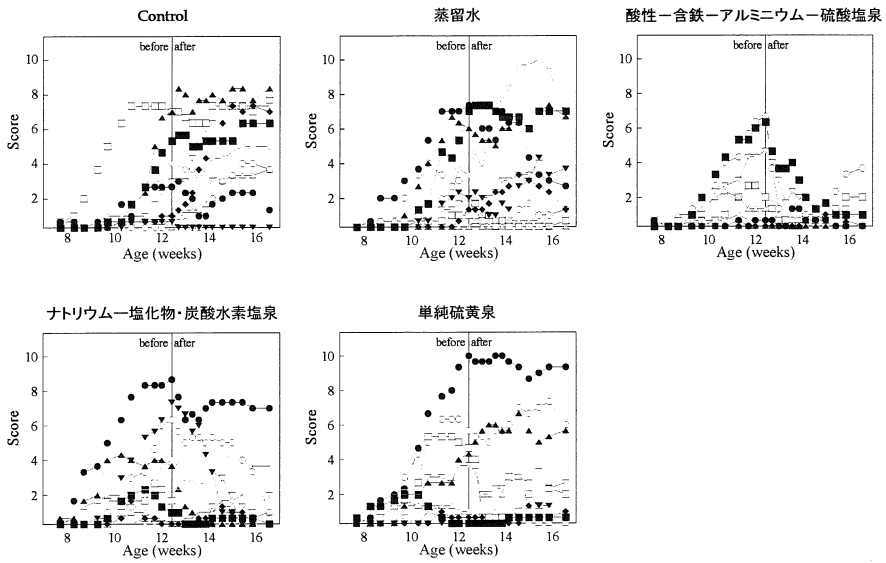


図3 皮膚症状の変化

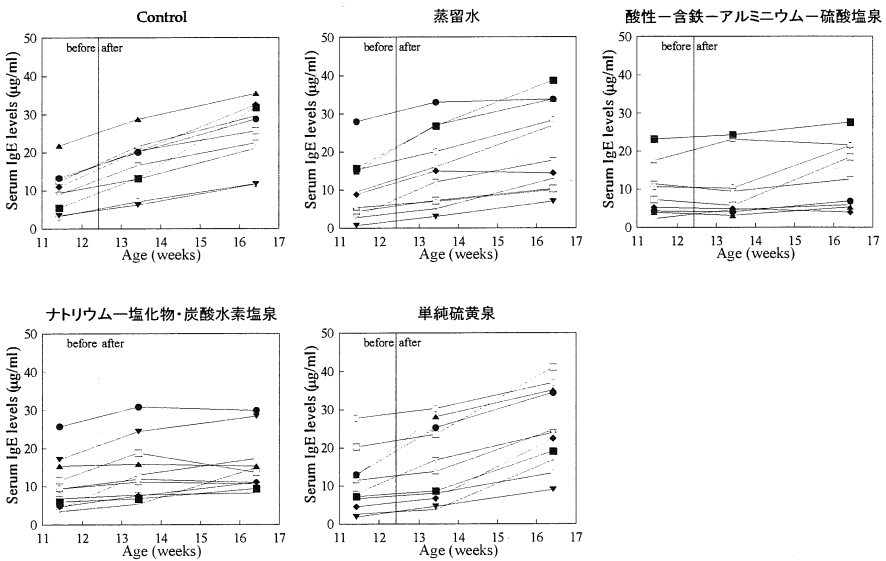


図4 血清IgE値の変化

3.4 温泉水臨床的事業（平成14年）

慢性皮膚疾患に対する温泉地での効果を調べるため、豊富町、豊富町国保病院の協力の下、先述した「湯快宿」に長期滞在し、温泉療法を試みた患者6名（AD4名、尋常性乾癬2名）の療養効果について臨床科学的に検討した¹³⁾。その結果、全員に皮膚症状の改善（写真3）を認め、ADでは患者特有の著しく高い血清LDH値（図5）、好酸球数及びIgE値（図6）が療養後明瞭に減少し、血清LDH値、好酸球数に至っては正常値レベルまで低下する例もあった。また、皮膚病変部に認められた黄色ブドウ球菌は療養後減少し、全く検出されない例もあった。一方、ADの対照でもある尋常性乾癬の患者では療養前後で血清LDH値、好酸球数及び血清IgE値はいずれも正常値レベルにあり、黄色ブドウ球菌も全く検出されなかった。

また、ここでは温泉水の生体への影響を解析する手段として、当所遺伝子工学科との共同で、近年著しい進歩がみられる遺伝子工学的手法を用いた研究に着手した。小さなガラス板上に約8000個の遺伝子（DNA断片）を貼り付けたDNAマイクロアレイを用いて、ADを発症した先のマウスの血液（単核球）における遺伝子発現の様相（写真4）について解析した¹⁴⁾。その結果、発症群で発現が強く促進される遺伝子506種類、逆に抑制される遺伝子312種類を確認し、それらの遺伝子を機能別に分類した。これらは複雑な要因からなるAD発症のメカニズムやADに対する温泉療法の効果を多面的に解析する上で重要な知見になると考える。



before

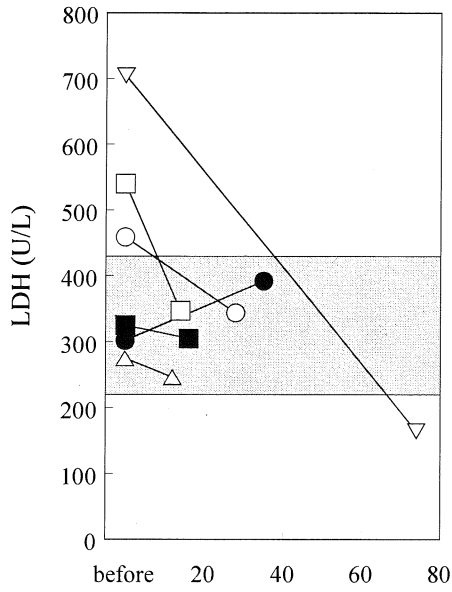


after (8days)



after (16days)

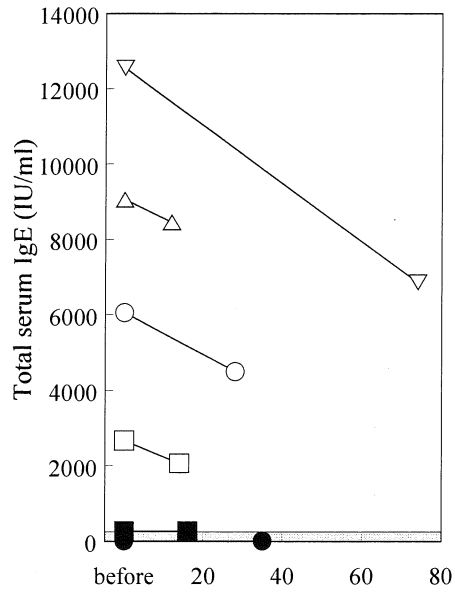
写真3 乾癬患者の場合



Time after start of balneotherapy (day)

○, □, △, ▽: アトピー性皮膚炎; ●, ■: 乾癬

図5 血清 LDH 値の変化



Time after start of balneotherapy (day)

○, □, △, ▽: アトピー性皮膚炎; ●, ■: 乾癬

図6 血清 IgE 値の変化

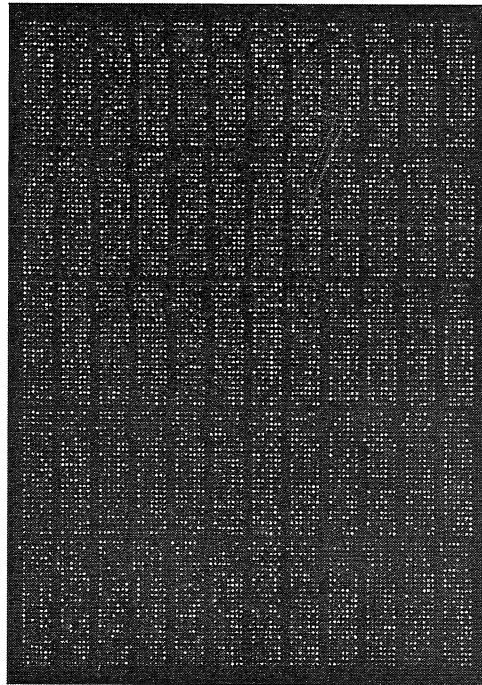


写真4 DNA マイクロアレイによる遺伝子発現の様相

4. 当所におけるこれからの取り組み

4.1 温泉水の生体影響に関する実験的研究（平成17年～19年）

ここでは道内温泉水のADに対する効能を迅速かつ多面的に解析する目的で、先のモデル動物を用い、遺伝子工学的手法による評価法について検討する。具体的には、先の研究で発現が促進または抑制される遺伝子のうち、すでにADとの関連で研究が進められているものと、これまで注目されていないものを特定し、道内の温泉水を用いて、皮膚症状の改善に伴う特定した遺伝子の発現量の変化について調べる予定である。

4.2 温泉資源の多面的利活用に向けた複合解析研究（平成17年～19年）

地質研究所、札幌大学と共同し、温泉資源の利活用に向けた道の各種施策に資する目的で、各種データ（地球科学分野、保健・医療分野、観光、社会的要素等）を基本とした北海道の温泉情報データを構築、統合し、GISを用いた「温泉情報総合データベース」を作成・更新する。

当所では主として健康志向を取り込んだ温泉の保健衛生分野における利用促進にむけた研究を推進する。具体的には道内各市町村での温泉の保健衛生分野における利活用の実態、それらを通して得られている効果などを明らかにする。また、当所で蓄積、保管している温泉分析書の利活用を図る。

5. おわりに

最新の報道によると、厚生労働省は銭湯がストレス解消やアルツハイマーの改善に効果があるとの研究結果を受け、今年度から銭湯を拠点に全国で各種の健康づくり事業に取り組むという。確かに明るいニュースではあるが、温泉法を管轄する環境省、公衆浴場法を管轄する厚生労働省が各立場を越え、健康づくりが最も期待される温泉をどのように捉えているのか、今後温泉法改定の動きと併せ気になる所である。

当所では主としてADを取り挙げ、温泉の効果を具体的に示すことを常に意識し、研究を進めてきた。その成果の多くは日本温泉科学会で発表し、マスコミでも多く取り上げられ、AD患者及びその家族からも多くの励ましを頂いた。今後も温泉の持つ保健作用に注目した研究を進めて行く予定である。

参考文献

- 1) 「補完・代替医療の適応と限界」を知る（日医雑誌、132巻、第9号、2004）
今西二郎他
- 2) 療養を目的とした温泉利用者の一般的特徴について（道衛研所報、47、70-75、1997）内野栄治、佐藤洋子、都築俊文、上田祥久、小島弘幸、矢野昭起
- 3) アトピー性皮膚炎を訴え温泉を利用している人について（道衛研所報、47、101-103、1997）内野栄治、佐藤洋子、都築俊文、小島弘幸、矢野昭起

- 4) アトピー性皮膚炎患者に対する温泉水利用の一試み (道衛研所報, **48**, 1-9, 1998)
内野栄治, 小島弘幸, 佐藤洋子, 都築俊文, 長谷川浩
- 5) 動物に惹起したアレルギー反応に及ぼす飲泉の影響 (道衛研所報, **47**, 104-108, 1997)
小島弘幸, 内野栄治, 佐藤洋子, 都築俊文, 矢野昭起
- 6) フローサイトメトリーを用いた健常者およびアトピー性皮膚炎患者の末梢血 Th1/Th2 細胞比に関する解析 (道衛研所報, **48**, 11-15, 1998) 小島弘幸, 内野栄治, 寺井格, 都築俊文, 長谷川浩
- 7) 黄色ブドウ球菌の消長に及ぼす道内温泉水の影響 (道衛研所報, **49**, 1-9, 1999) 内野栄治, 砂川紘之, 佐藤洋子, 都築俊文
- 8) 北海道の豊富町に開設された温泉保養宿泊所「湯快宿」の利用状況 (第 54 回日本温泉科学会, 2001 年 8 月, 白浜) 内野栄治, 市橋大山, 小川廣, 都築俊文
- 9) アトピー性皮膚炎患者由来黄色ブドウ球菌の毒素産生性と生物学的性状 (道衛研所報, **49**, 36-41, 1999) 砂川紘之, 内野栄治, 佐藤洋子, 池田徹也, 久保亜希子, 武士甲一, 都築俊文, 米川雅一, 長谷川浩
- 10) アトピー性皮膚炎モデル動物を用いた温泉水の効能の評価 (道衛研所報, **52**, 96-98, 2002) 市橋大山, 内野栄治
- 11) Effects of Spa Water in Model Animal for Atopic Dermatitis (Proceedings of the 38th Conference of Societe Internationale des Techniques Hydrothermales and the 56th Annual meeting of the Balneological Society of Japan, 212-217 (2003) Daisen Ichihashi, Eiji Uchino, and Naoki Aoyanagi
- 12) モデル動物によるアトピー性皮膚炎に対する温泉水及び温泉水由来原油成分の評価 (所内調査研究発表会, 2004 年 4 月) 市橋大山, 内野栄治, 青柳直樹, 佐藤圭, 兼俊明夫
- 13) Effects of Toyotomi Spa therapy in Chronic Skin Diseases (Proceedings of the 38th Conference of Societe Internationale des Techniques Hydrothermales and the 56th Annual meeting of the Balneological Society of Japan, 207-211 (2003), Eiji Uchino, Daisen Ichihashi and Naoki Aoyanagi
- 14) アトピー性皮膚炎を発症したマウス血液中の単核球における遺伝子発現の網羅的解析について (道衛研所報, **54**, 2004, 89-92, 2004) 加藤芳伸, 鈴木智宏, 孝口裕一, 市橋大山, 青柳直樹, 内野栄治

講演

最近の温泉を取り巻く諸課題の解決に向けて
－ GIS を用いた多面的解析研究－

北海道立地質研究所

鈴木 隆広

最近の温泉を取り巻く 諸課題の解決に向けて —GISを用いた多面的解析研究—

北海道立地質研究所
鈴木 隆 広

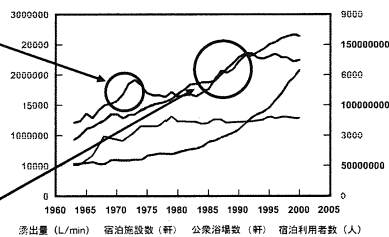
Geological Survey of Hokkaido

温泉利用状況の経年変化

昭和40年代後半～
団体旅行の増加

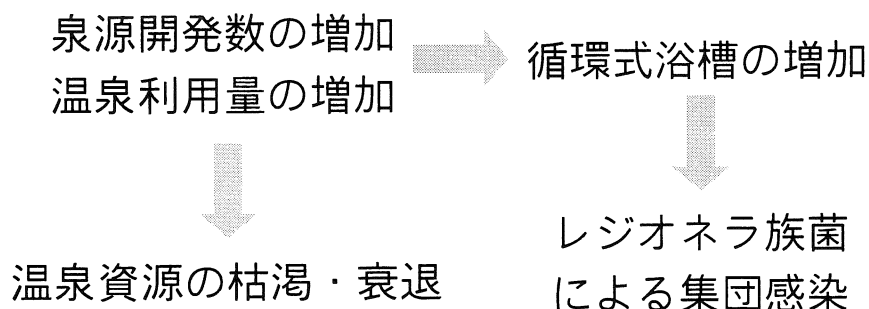
昭和60年代後半～

市町村による泉源の開発 → 公営温泉の増加
民間宿泊設備の改装期 → さらなる巨大化



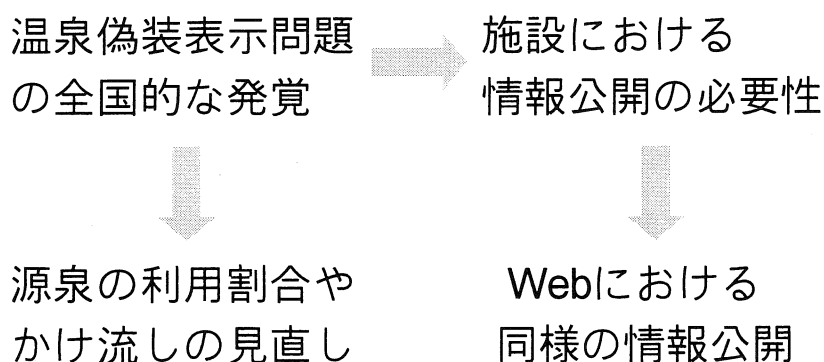
Geological Survey of Hokkaido

近年の温泉を取り巻く諸課題 1



Geological Survey of Hokkaido

近年の温泉を取り巻く諸課題 2



Geological Survey of Hokkaido

近年の温泉を取り巻く諸課題 3

観光動向の多様化
やニーズの多様化



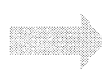
個性的で魅力的な
温泉地は勝ち組み

変化に対応不能な
温泉地は負け組み

Geological Survey of Hokkaido

近年の温泉を取り巻く諸課題 4

高齢化の進展と
健康志向の高まり



第三次国民健康
づくり対策の開始




★公営温泉
保健医療福祉分野
での行政サービス

★都市部
温泉を用いた
スーパー浅湯

Geological Survey of Hokkaido


近年の温泉を取り巻く諸課題 5

京都議定書による
CO₂排出量制限




早急なクリーン
エネルギーの導入

北海道の温泉放出
熱エネルギーは、



泊原発の発電量に匹敵

温泉の放出熱エネ
ルギーの有効利用



Geological Survey of Hokkaido

“温泉” という言葉の意味

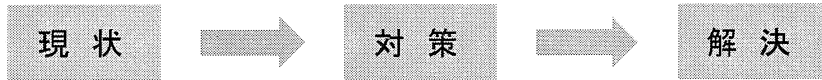
1. 資源としての温泉
= 温泉水 (Thermal Water)
2. 場所としての温泉
= 温泉地 (Spa)

両側面こそが温泉の有する最大の特徴であり、固有の魅力の産出や、重要な地域資源である所以。

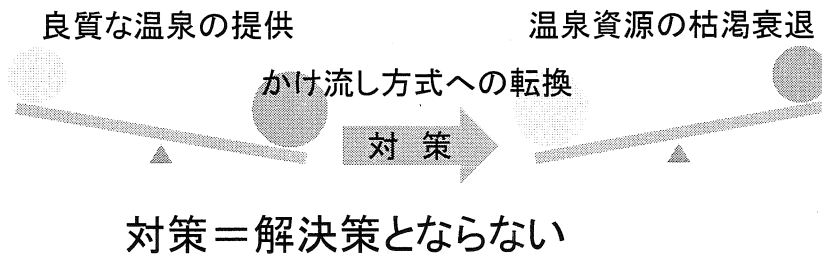
Geological Survey of Hokkaido

諸課題の解決を困難にする壁

◆一般的な課題



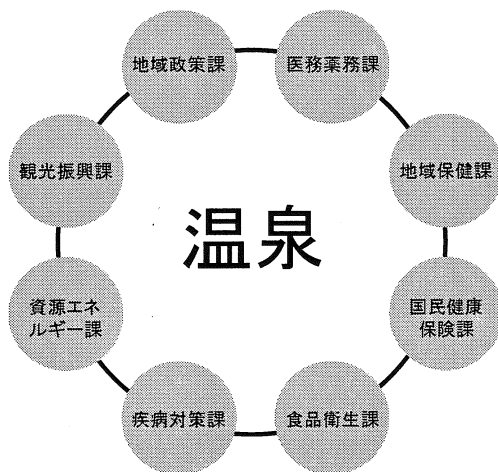
◆温泉の諸課題



Geological Survey of Hokkaido

諸課題の解決を困難にする壁

◆多岐に渡る温泉行政の所管



- 地域振興全般
- 温泉保護と適正開発
- 観光振興全般
- 健康づくり対策
- 代替エネルギー対策
- 医療費対策
- 感染症対策
- 公衆浴場の衛生指導

Geological Survey of Hokkaido

諸課題の解決に向けて

温泉に関する様々な課題は単独に存在するのではなく、それぞれが相互に関連し合う関係にあるため、特定の問題解決に向けた対策を行う場合、温泉について多面的に捕らえて的確な対応策を講じる必要がある。

道の温泉行政においても、所管部局だけの問題では無く、関連する部局との連携体制、あるいは市町村や外部の関係機関との協力体制のもとで、各種の施策が有効かつ効果的に講じることによって、総合的な視点に立った温泉行政を推進する必要がある。

Geological Survey of Hokkaido

多面的に捕らえるためには？

その手法は？

ある事象について複合的に捕らえる

その解答を定量的に求める

人力（マンパワー）では、限界がある。



何か良いツールはないだろうか？



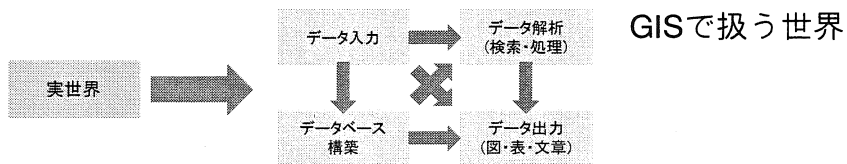
GISというツールを使えばよい！

Geological Survey of Hokkaido

GISとは

Geographical Information System の略

地理（地図）的事象としての空間情報、現象やモノについての属性情報を一元的に管理し、入力、データベース構築、解析、出力という4つの作業を柱とした、PCベースの情報処理システムのこと



Geological Survey of Hokkaido

GISでいう“定量的”とは？

1. 空間における定量性

→位置・距離・面積・方向における定量

「どこで」に関して「数値でわかる」

2. 現象やモノについての定量性

→人口・温度・水質・etsにおける定量

何が「どれくらい」あるかに関して「数値でわかる」

Geological Survey of Hokkaido

GISで扱うデータ

1. 空間についてのデータ → フィーチャ

ポイント



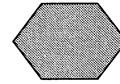
点データ

ライン



線データ

ポリゴン



面データ

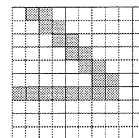
2. 現象やモノについてのデータ → 属性

Geological Survey of Hokkaido

GISで利用するデータ

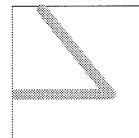
1. ラスターデータ

グリッドが基本的空間単位となる縦横の格子状に規則正しく配列されたデータで、メッシュデータと画像データにわかれる



2. ベクターデータ

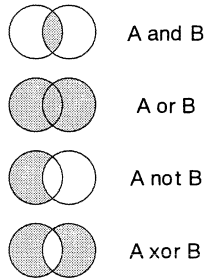
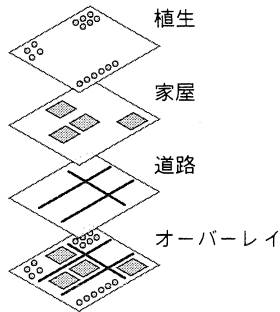
空間フィーチャをベクトルの組み合わせで表現したデータで、フィーチャの位相関係を明示できる



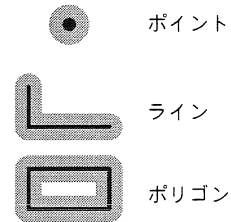
Geological Survey of Hokkaido

GISでの空間データ操作

オーバーレイ操作 オーバーレイ分析 バッファ操作



フィーチャが周囲に影響を及ぼすと考えられるときに、その周りに設ける緩衝地域



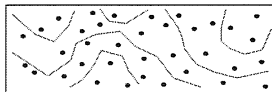
Geological Survey of Hokkaido

空間補完と空間分析

◆空間補完

空間補完とは、対象地域で規則的あるいは不規則的に分布する地点で観測された地理的事象の属性データをもとに、該当地域を覆うサーフェスを作成すること

例) デジタルコンター



同じ属性値を持つ地点から地理的事象の空間分布を等値線フィーチャに変換するデータ処理

◆空間分析

ラスタデータは、データ構造が単純であるため、2つ以上のレイヤをオーバーレイして新たなレイヤを作成することが容易である

例) 乗算による2レイヤの操作

0	1	1	0	×	4	3	3	4	→	0	3	3	0
0	1	2	1		2	1	1	3		0	1	2	3
1	2	3	2		1	0	0	2		1	0	0	4
2	3	4	2		0	0	0	1		0	0	0	2

入力レイヤに乗数レイヤをかけて新たに出力レイヤを作成する処理

Geological Survey of Hokkaido

GISを用いた温泉情報複合解析

重点領域特別研究（H.17～19年度）

温泉資源の多目的利活用に向けた複合解析研究
（地質研究所・衛生研究所・札幌大学 共同研究）

- 温泉資源の現況把握とローカルエネルギーとしての研究（地研）
- 温泉資源の保健衛生分野における利活用に関する研究（衛研）
- 温泉関連情報からみた温泉地域の発展要因の研究（札大）
- 総合的な温泉情報のデジタル化に関する研究（地研）
- 地理情報システムを用いた複合解析と因子分析（地研・衛研・札大）

Geological Survey of Hokkaido

研究フロー（1）

温泉資源の現況把握とローカルエネルギー
としての研究〔地質研究所担当〕

- 1) ボーリング泉源の現況調査
- 2) 自然湧出泉源の現況調査
- 3) 温泉資源データベースの作成
- 4) 温泉資源対象デジタル地質図の作成

Geological Survey of Hokkaido

研究フロー（2）

温泉資源衛生分野における利活用に関する研究〔衛生研究所担当〕

- 1) 温泉資源の保健衛生分野における利活用の現況調査
- 2) 療養情報の収集
- 3) 療養泉の泉質別分布・化学成分等の現地補完調査
- 4) 温泉療養データベースの作成

Geological Survey of Hokkaido

研究フロー（3）

温泉関連情報から見た温泉地域の発展要因の研究〔札幌大学担当〕

- 1) 温泉観光・社会的要素の現地調査
- 2) 利用者の動向調査
- 3) 温泉観光データベースの作成

Geological Survey of Hokkaido

研究フロー（４）

総合的な温泉情報のデジタル化に関する研究〔地質研究所担当〕

- 1) 温泉情報総合データベースの作成
- 2) 各種デジタル地図の作成

Geological Survey of Hokkaido

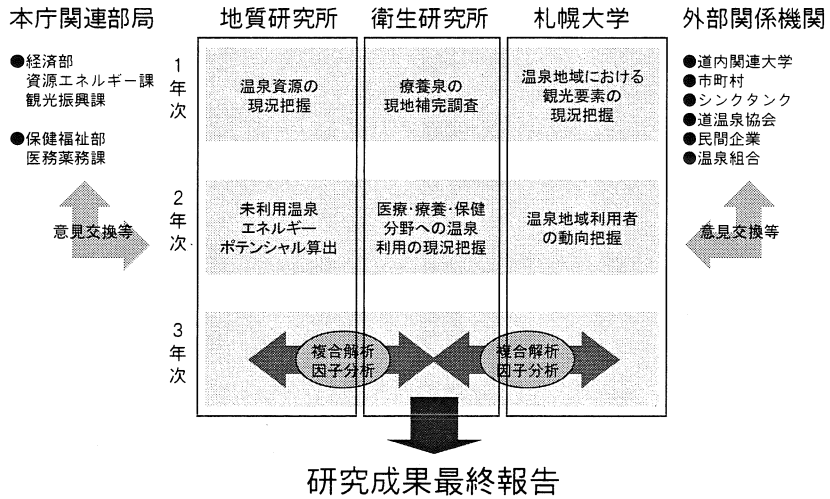
研究フロー（５）

地理情報システムを用いた複合解析と因子分析〔地研・衛研・札大担当〕

- 1) 資源という視点からの複合解析と因子分析
- 2) 療養という視点からの複合解析と因子分析
- 3) 観光という視点からの複合解析と因子分析
- 4) 複合解析と因子分析結果に基づく報告書の作成

Geological Survey of Hokkaido

研究成果の展開



Geological Survey of Hokkaido

ありがとうございました

Geological Survey of Hokkaido

第43回 試錐研究会講演資料集

発行 平成17年3月17日

編集 試錐研究会

出版 北海道立地質研究所

〒060-0819 札幌市北区北19条西12丁目

☎ 011(747)2420(代)

Fax 011(737)9071

URL <http://www.gsh.pref.hokkaido.jp/>
