

# 第46回試錐研究会

## 講 演 資 料 集

開催日：平成20年2月14日(木)

会 場：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46回試錐研究会プログラム

主催 北海道立地質研究所

協賛 社団法人 北海道地質調査業協会  
社団法人 全国鑿井協会北海道支部

日時 平成20年2月14日(木) 13:00~17:30

会場 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

開会のあいさつ (13:00~13:35)

北海道立地質研究所 所長 藤本 和徳

一般講演 (13:05~17:25)

## ■温泉関連 (13:05~14:15)

- ・温泉法の一部改定について 北海道保健福祉部保健医療局医務薬務課 鈴木力喜雄
- ・北海道における温泉付随ガスの現状と課題 北海道立地質研究所 高橋 徹哉
- ・礼文町における温泉資源開発 株式会社 アクアジオテクノ 森田 昭彦・藤井 浩詞

休憩 (14:15~14:35)

## ■技術関連 (14:35~15:50)

- ・ボーリング先端の位置計測 —システムの開発と適用事例及び今後の展開—  
株式会社 エーティック 日向 洋一・共 放鳴・高 栄麗・釣賀 雅人・舟田幸太郎
- ・泥水に対応できる孔内観察システムの適応例 株式会社 レアックス 富浦 裕司
- ・泥水コントロール掘削用透水・採水複合試験ツールの開発  
財団法人 電力中央研究所 地球工学研究所 宮川 公雄・木方 建造  
株式会社 レアックス 金内 昌直

休憩 (15:50~16:10)

## ■環境関連 (16:10~17:25)

- ・土壌・地下水汚染の調査手法について(土壌汚染対策法に基づく調査)  
協同組合 地盤環境技術研究センター(GETReC)北海道支部 和田 哲\*  
(\*所属:(株)レアックス)
- ・土壌・地下水汚染の調査事例について —自然的・人為的原因の判定を例として—  
協同組合 地盤環境技術研究センター(GETReC)北海道支部 堀内 康光\*  
(\*所属:(株)ドーコン)
- ・自然由来有害物質含有残土の発生事例とその対応 北海道立地質研究所 遠藤 祐司

閉会のあいさつ (17:25~17:30)

社団法人 北海道地質調査業協会 理事長 中川 勝之

---

懇親会 (18:00~20:00) (主催:試錐研究会懇親会実行委員会)



# 目 次

## ■温泉関連 (p1～34)

温泉法の一部改定について----- p1

北海道における温泉付随ガスの現状と課題----- p15

礼文町における温泉資源開発----- p25

## ■技術関連 (p35～54)

ボーリング先端の位置計測システムの開発と適用事例及び今後の展開----- p35

泥水に対応できる孔内観察システムの適応例----- p43

泥水コントロール掘削用透水・採水複合試験ツールの開発----- p45

## ■環境関連 (p55～74)

土壌・地下水汚染の調査手法について(土壌汚染対策法に基づく調査)----- p55

土壌・地下水汚染の調査事例について - 自然的・人為的原因の判定を例として----- p63

自然由来有害物質含有残土の発生事例とその対応----- p71



# 講 演

## 温泉法の一部改定について

北海道 保健福祉部 保健医療局 医務薬務課

鈴木 力喜雄



# 温泉法の一部を改正する法律案の概要

## 法律改正の必要性

- ・温泉成分の分析結果が古いまま更新されず揭示
- ・多様な情報の提供を求める利用者のニーズ



温泉成分の定期的な分析・公表等

- ・温泉利用拡大による資源枯渇のおそれ



科学的根拠に基づくきめ細かな温泉資源保護対策

## 改正案の骨子

### 1. 温泉成分の定期的な分析及び公表の義務付け等

#### 定期的な成分分析の義務付け

- 温泉成分の定期的な分析(10年ごと)、その結果に基づく施設における成分の揭示の更新を義務付ける。

#### 揭示項目の追加

- 施設における温泉情報の揭示項目として、温泉成分、禁忌症等のほか、その他の温泉利用の上で必要な情報を追加する。

### 2. 温泉の掘削、利用等の許可に係る制度の見直し

#### 許可の際の条件の付与

- 掘削、ポンプ設置、浴用・飲用としての利用等の許可につき、条件を付与し、条件違反の際には許可の取消しをできることとし、きめ細かな許可の運用を可能とする。

#### 許可の承継

- 許可を受けて掘削、浴用・飲用利用等を行う者の相続・合併に際し、再度の許可を不要とし、より簡略な承認手続で地位を承継できることとする。

※ その他、科学的根拠に基づく温泉資源保護対策を実施するため、温泉の掘削、増掘、ポンプ設置の許可について、国が技術的なガイドラインを定め、都道府県に提供する。



# 「温泉法施行令の一部を改正する政令案」及び 「温泉法施行規則の一部を改正する省令案」の概要

## 1. 背景

平成19年4月25日に公布された、温泉法の一部を改正する法律（平成19年法律第31号。以下「改正法」という。）においては、温泉成分の定期的な分析の義務付け等を行った。これを受け、改正法を施行するため、「温泉法施行令の一部を改正する政令案」「温泉法施行規則の一部を改正する省令案」を制定することとするものである。

具体的には、「温泉法施行令の一部を改正する政令案」は、温泉成分の定期的な分析を何年ごとに受けるかの期間等を、「温泉法施行規則の一部を改正する省令案」は、都道府県知事の承認、届出に関する手続等を定めるものである。

## 2. 温泉法施行令の一部を改正する政令案等の概要

### （1）温泉成分分析を受けるべき期間

改正法において、温泉の利用の許可を受けている者に対して、温泉成分の定期的な分析が義務付けられたが、その期間について、10年ごとと定める。

（※）前回の成分分析の実施日が平成12年1月1日以前の温泉については、最初の分析期限を平成21年12月31日とする経過措置が、改正法において既に決まっている。

### （2）政令で定める市の長により処理される事務の追加

保健所を設置する市又は特別区の長が処理することとする事務として、①温泉の利用の許可への条件の付加及びその変更、②温泉の利用の許可を受けた者の相続・合併等の承認を追加する。

### （3）改正法の施行期日

改正法の施行期日は、改正法で公布日（平成19年4月25日）から6か月以内と定められているが、平成19年10月20日とする。

## 3. 温泉法施行規則の一部を改正する省令案の概要

### （1）相続・合併等の承認の申請手続

改正法において、温泉の掘削・利用等の許可を受けた者に相続・合併があった場合、再び許可を受けることを不要とし、都道府県知事の承認を受けて地位を承継することができることとした。この承認の申請手続について、以下のとおり定めることとする。

申請書の記載事項	・住所、氏名（相続・合併前、相続・合併後の両方） ・受けていた許可の内容（許可日、許可行為を行う場所等） ・相続・合併等の日
添付書類	・相続・合併等を受けた者であることを証明する書類 （合併・分割の場合：合併・分割の契約書・計画書の写し） （相続の場合：戸籍謄本、他の相続人全員の同意書） ・申請者が欠格要件に該当しない者であることを誓約する書面

## (2) 政令で定める市の長が都道府県知事に通知する事項の追加

2(2)において保健所を設置する市又は特別区の長が処理することとされた、温泉の利用の許可を受けた者の相続・合併等の承認の内容について、都道府県知事に通知する事項に追加することとする。

## (3) その他許可・届出等の手続の改善

改正法の内容とは関係ないが、改正法の施行を機に、以下のとおり許可・届出等の手続の改善を行うこととする。

### ① 温泉の掘削、増掘、動力装置の許可申請への添付書類の追加

温泉の掘削、増掘、動力装置の許可申請への添付書類として、許可基準に該当するかどうかの審査を行うために都道府県知事が必要と認める書類を追加する。

具体的に追加される書類は各都道府県知事の判断によるが、地質調査の結果等が周辺の温泉への影響の審査のために必要であったり、騒音・排水対策の内容等が公益侵害のおそれの審査のために必要であれば、追加され得る。

### ② 温泉の利用の許可申請への添付書類の追加

温泉の利用の許可申請への添付書類として、①一般細菌の数等の飲用の適否の判断に必要な書類（飲用許可の場合）、②許可基準に該当するかどうかの審査を行うために都道府県知事が必要と認める書類を追加する。

### ③ 温泉の掘削工事の完了の届出事項の追加

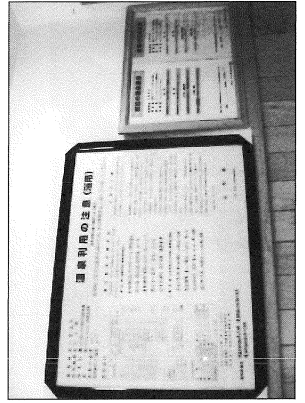
温泉の掘削工事の完了の届出について、現在の届出事項である住所・氏名、許可の内容（許可日、掘削工事を行う場所等）、工事完了日に加え、ゆう出した温泉のゆう出量、温度及び成分を届出事項に追加することとする。



■温泉分析書

温泉分析書
第0000号
1. 分析の請求者
2. 温泉名及び泉出地
3. 分析の種類
4. 分析年月日
5. 分析結果

■揭示例



違反すると罰則規定(30万円以下の罰金)が適用されます。



衛生上の観点や温泉利用者の温泉への信頼の確保の観点から、温泉利用者事業者に対して温泉水成分の定期的な分析(10年ごと)、その結果に基づき揭示内容の更新が義務づけられました。
改正温泉法は、平成19年10月20日から施行されます。
再分析の実施期限は、現行の分析年月日ごとに下記のとおりとなりますので、ご注意ください。

■平成12年1月1日以前に温泉水の成分分析を行っている場合、平成21年12月31日までに温泉水成分再分析とその結果に基づく内容の揭示が必要です。

平成12年1月1日以前の分析
→ 平成21年12月31日までに再分析 → 再分析

※以後10年以内に温泉水成分再分析とその結果に基づく内容の揭示が必要となります。

■分析年月日が不明な場合、平成21年12月31日までに温泉水成分再分析とその結果に基づく内容の揭示が必要です。

分析年月日が不明
→ 平成21年12月31日までに再分析 → 再分析

※以後10年以内に温泉水成分再分析とその結果に基づく内容の揭示が必要となります。

■平成12年1月2日以降に温泉水の成分分析を行っている場合、分析書記載の分析終了年月日から10年以内に温泉水成分再分析とその結果に基づく内容の揭示が必要となります。

平成12年1月2日以降の分析
→ 10年以内 → 再分析 → 再分析

※以後10年以内に温泉水成分再分析とその結果に基づく内容の揭示が必要となります。

# Q&A

## 定期的な温泉成分分析の義務付けについての

### 1 温泉成分の分析について

- Q1** どのような分析機関に分析を依頼したら良いのですか？
- A1** 温泉法に基づき各都道府県に登録している「登録分析機関」となります。(P7参照)
- Q2** 温泉成分分析にはどの程度の費用がかかるのですか？
- A2** それぞれの分析機関ごとに異なりますが、約10万円程度と見込まれます。
- Q3** 温泉成分の分析には、どの程度の期間がかかるのですか？
- A3** 分析機関の混雑状況等によっても異なりますが、2週間から1ヶ月程度を要する場合があります。事前に、分析機関へ期間についても相談し、確認してください。
- Q4** 温泉の成分分析は、どの場所を実施すれば良いのですか？
- A4** 温泉成分の揭示は、入浴者の健康保護等を目的として行うものであり、成分分析は温泉の利用施設において行うことを原則とし、源泉における分析は、源泉の成分と利用施設の成分とに差異がない場合に限定して認めています。
- Q5** 地震など地殻変動等の自然現象等が発生し、色やにおいなどに異常が見られ、明らかに温泉の成分に大きな影響が及ぼされていることが予測される場合、再分析を行う必要があるのですか？
- A5** 情報提供の充実の観点から、高濃に変化したことが明らかで温泉に対しては、10年の期間内であっても自主的に温泉の成分分析を行うことが望ましいと考えています。

### 2 成分分析結果について

- Q1** 公共の浴用又は飲用に供する者ではなく、行政機関、源泉所有者及び温泉供給元などが登録分析機関に分析を依頼した分析結果をもって、揭示の変更を行っても良いのですか？
- A1** 成分分析は、公共の浴用等に供する温泉の成分が衛生上有害か否かを確認するとともに、利用者への情報提供の充実を図るため実施するものであり、源泉所有者や温泉供給元などが登録分析機関へ依頼した温泉分析結果に基づいて、当該温泉を公共の浴用等に供する者が施設内に揭示をしても差し支えありません。
- Q2** 自主的に毎年成分分析を実施している場合、その分析結果が出される都度、揭示内容を変更しなければならないのですか？
- A2** 温泉法上は、前回の温泉成分分析を受けた日から政令で定める期間(10年)内の分析結果を揭示してはよいことになっています。ただし、新たな分析結果が得られているのであれば、利用者への情報提供の充実の観点から、直近の分析結果を揭示することが望ましいと考えます。

## 温泉法改正のあらまし



- Q3** 再分析の結果、成分にほとんど変化が見られない場合でも、揭示の変更は必要なのですか？
- A3** 温泉成分の定期的な分析を義務付けており、成分変化の有無に関係なく、新しい分析結果に基づく成分等(温泉の成分の分析年月日を含む。)の揭示内容の更新が必要となります。
- Q4** 当該施設においては、最新の温泉分析書とともに、歴史ある温泉であることを紹介するため、大昔の温泉分析書を掲示したいのですが、問題はありますか？
- A4** 10年以内の温泉成分分析結果に基づく温泉の成分が明確に揭示されており、利用者が直近の温泉の成分と誤解を招かない工夫がなされている場合には、大昔の温泉分析書を展示しても差し支えありません。
- Q5** 再分析の結果、従来の泉質と異なる泉質に変化した場合には、利用の許可を取り直す必要があるのですか？
- A5** 温泉法上の温泉であることに変わりはないので、利用許可の取り直しは必要ありませんが、禁忌症等の揭示内容を変更しなければならぬので、あらかじめ変更内容を都道府県知事へ届け出てください。

参照条文  
温泉法の一部を改正する法律(平成19年法律第31号)  
附則  
(温泉成分分析に関する経過措置)  
第2条 この法律の施行の期日による改正前の温泉法(以下「旧法」という。)第14条第1項の規定による告示が、温泉法の一部を改正する法律(平成19年法律第72号)附則第5条の規定の適用を受けて、旧法第14条第2項の登録分析機関の行う同項の温泉成分分析の結果に基づかないで行われていた場合であつて、当該結果が、同項の登録分析機関の行う同項の温泉成分分析と同程度の信頼性を有するものとして、都道府県で定める温泉法に基づいて行われた分析及び検査の結果に基づいて行われていた場合には、当該分析及び検査を同項の登録分析機関の行う同項の温泉成分分析とみなし、この法律による改正前の温泉法(以下「新法」という。)第19条第1項及び第3項の規定を適用する。  
2 新法第18条第3項の規定は、この法律の施行の期日に温泉を公共の浴用に供している者であつて、平成21年12月31日までに同項の規定に基づき同条第2項の温泉成分分析を受けなければならないこととなるものについては、同日までは、適用しない。  
温泉法の一部を改正する法律(平成19年法律第31号)  
(温泉の成分分析の期日)  
第16条 温泉を公共の浴用又は飲用に供する者は、施設内の浴やい場所、温泉省で定めるところにより、次に掲げる事項を揭示しなければならない。  
2 温泉法(以下「旧法」という。)第18条第3項の規定で定めるところは、  
3 4 5 温泉法(以下「新法」という。)第18条第3項の規定で定めるところは、  
6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

## 温泉利用事業者が掲示しなければならない項目

以下の事項を、施設内の見やすい場所に掲示することが義務付けられています。

- 1 源泉名
- 2 温泉の泉質
- 3 源泉及び温泉を公共の浴用又は飲用に供する場所における温泉の温度
- 4 温泉の成分
- 5 温泉の成分の分析年月日
- 6 登録分析機関の名称及び登録番号
- 7 浴用又は飲用の禁忌症
- 8 浴用又は飲用の方法及び注意
- 9 温泉に水を加えて公共の浴用に利用する場合は、その旨及びその理由
- 10 温泉を加温して公共の浴用に利用する場合は、その旨及びその理由
- 11 浴槽等で使用された温泉を再び浴槽等で使用する場合は、その旨(ろ過を実施している場合は、その旨を含む)及びその理由
- 12 温泉に入浴剤を加え、または温泉を消毒して利用する場合は、入浴剤の名称または消毒の方法及びその理由

※ 9 ～ 12 の項目については、実施している場合に掲示することが義務付けられています。

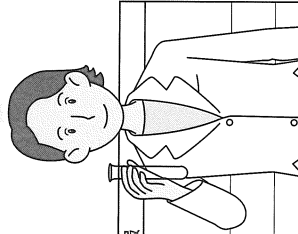
## 自主的に掲示することが望ましい項目

最近、温泉利用者から多くの情報提供が求められています。温泉利用事業者におかれましては、以下の項目などについても自主的、積極的な情報提供をお願いします。

- ◎加水・加温・循環及び入浴剤や消毒処理の程度
- ◎加水する場合は、水道水・井戸水・沢水等の種別
- ◎源泉の状況(自噴・動力湯の別、ゆう出量、掘削深度など)
- ◎温泉利用施設及び浴槽の清掃の状況
- ◎湯の入替頻度
- ◎浴槽の湯口等における飲用の適否等の情報

### ■自主的な掲示例

利用源泉に関する情報	
源泉名	山口源泉
ゆう出形態・掘削深度	動力湯、1,200m
泉温・ゆう出量	55.5℃、毎分60ℓ
源泉所在地	××県△△郡○○町□□
泉質	カルシウム・ナトリウム・硫酸塩泉
揭示用泉質名	硫酸塩泉(pH7.1)
引湯	引湯方法・距離 保温パイプにより1000m引湯



浴槽の温泉利用に関する情報	
項目	状況
循環装置	あり
給排水方式	放流循環併用式
加水	水あり
加温	あり
新湯注入	湯注入量毎分50.5ℓ 入浴温度45.5℃ 浴槽温度42.0℃ 入替頻度7日毎
添加剤	なし
消毒	あり
飲用	不適

衛生管理のため、循環ろ過装置を毎年使用しています  
新しい温泉を常時補給しながら循環ろ過装置を使用しています  
泉温が高いため、ならびに温泉の量を補うために、井戸水を毎年20%加水しています  
入浴に適した温度に保つため通年加温しています  
左記注入量で浴槽が満たされるまでの時間：3時間45分  
換水時に塩素系薬剤で浴槽を洗浄しています  
入浴剤等は一切加えていません  
衛生管理のため塩素系薬剤を毎年使用しています  
浴槽排水口のお湯は飲用できません

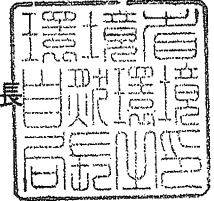


◆ 温泉成分分析の依頼は、登録分析機関(P7参照)へお問い合わせ下さい。  
また、不明な点がある場合には、都道府県、保健所設置市及び特別区の温泉担当課、または最寄りの保健所等にお問い合わせください。

平成19年7月24日  
環自総発第070724001号

各都道府県知事 殿

環境省自然環境局長



### 温泉施設において発生する可燃性ガスに関する当面の暫定対策について

本年6月19日に東京都渋谷区の温泉施設で発生した爆発事故を受け、環境省においては、温泉における可燃性ガス対策について、関係省庁と連携して、温泉法の改正も含めた必要な法制度の見直しの検討を進めており、追って所要の措置が講じられる見込みである。

しかしながら、必要な法制度（恒久対策）が施行されるまでの間、温泉施設の安全を確保するための暫定的な対策を実施することが必要となっている。

各都道府県においては、全ての源泉を把握しており、暫定対策を迅速かつ的確に実施できると考えられることから、関係する諸機関とも連携しつつ下記の要請等を行うよう、お願いいたします。

### 記

#### 1. 暫定対策の考え方

##### (1) 暫定対策の性格

本暫定対策は、恒久対策が施行されるまでの暫定的な性格のものである。

恒久対策は、対策を実施する温泉の範囲、対策の技術的内容等の面で、暫定対策を超えるものとなる可能性があることから、暫定対策による要請を行うに当たっては、それをもって可燃性ガス対策が完了するという誤解を受けないよう留意いただきたい。

##### (2) 暫定対策の開始及び終了の時期

都道府県においては、「2(2)①屋内又は地下室に設置された源泉等の把握」等の必要な準備作業を行った上で、遅くとも8月中には本暫定対策を実施に移して(2(2)②、2(3)の管理者への要請を行う)いただきたい。

本暫定対策の終了の時期は、必要な法制度（恒久対策）が施行される時点となる予定である。その時期は未定であるが、1年間程度の比較的長期にわたる対策になり得ることを念頭に置いて、本暫定対策による要請等を行っていただきたい。

## 2. 対策の内容

### (1) 対策の対象となる地域

温泉に相当量の可燃性ガスが含まれることはないと考えられる地域の温泉については、(2)(3)の対策の対象外とする。なお、可燃性ガスの有無が深度により異なると考えられる場合は、対策の対象とする温泉を深度により定めることもあり得る。

対象となる地域の抽出に当たっては、必要に応じ、都道府県内の地質に関する知見を有する者の助言を受けるとともに、以下の考え方も参考として判断いただきたい。

#### <対策の対象となる地域の抽出方法の例>

- 「日本油田・ガス田分布図」（地質調査所（現・独立行政法人産業技術総合研究所）、1976年）中の「油田」「ガス田（可燃性天然ガス）」「ガス田（炭田ガス）」「推定・予想産油・産ガス地帯」（下の表中の①）は、対象とする。

「新生代堆積物で被われた地帯（炭化水素鉱床の期待できない地域）」（下の表中の②）は、相当量の可燃性ガスが含まれることはないと考えに足る追加的な情報が得られなければ、対象とする。

<参考>「日本油田・ガス田分布図」の地種区分と、天然ガスの存在との関係

	①	②	①②以外
天然ガスが原因と考えられる爆発・火災事故として把握されている事例（18例）	12	3	3
温泉と天然ガスの双方を利用している鉱山（19箇所）	18	1	0

- その他、ガス田の存在地域に関する文献や、実際の温泉施設での可燃性ガスの発生状況等を踏まえ、温泉に相当量の可燃性ガスが含まれる可能性が高いと考えられる地域の温泉についても、対象とする。

### (2) 既存施設に対する要請

#### ① 屋内又は地下室に設置された源泉等の把握

都道府県においては、(1)の対象地域内にある利用中の温泉のうち、源泉等が屋内又は地下室に設置されているものを把握していただきたい。

「利用中の温泉」とは、利用許可がされている温泉だけでなく、個人利用の温泉も含む。

「源泉等」とは、可燃性ガスが完全に分離される前の温泉又は分離された後の可燃性ガスを取り扱う設備とする。具体的には、源泉、ガス分離器（セパレーター）、ガスの排出口、源泉タンク及びこれらの間の配管等が該当する。

「屋内又は地下室」とは、空間が壁及び天井で閉鎖されている構造のものとする。したがって、そのような構造であれば、温泉利用施設の外に設置されたポンプ小屋等も該当する。一方、上面に天井がないもの、側面の一方に壁がないもの、壁と天井の間に大きな空間があいているもの等は、該当しない。



## ② 換気、検知器設置等の要請

### ア. 要請事項

都道府県においては、①により把握された源泉等の管理者に対し、十分な換気、ガス検知器の設置、周辺での火気の使用禁止及び安全担当者の配置を要請していただきたい。なお、これらは、可燃性ガスの屋内又は地下室への非意図的かつ一時的な漏洩への安全対策として行うものであり、屋内又は地下室に意図的に排出したり、明らかな漏洩を放置したりする構造となっている場合は、設備の改造が必要である。

また、要請に応じた措置を行わない施設については、さらに、温泉の汲上げの停止を要請していただきたい。

なお、源泉等の管理者が温泉に可燃性ガスが含まれるかを別紙1「可燃性ガスの検査方法及び相当量の判断基準」の方法により検査し、相当量の可燃性ガスを含まないことが判明した場合は、上記の措置を行わなくてもよいこととする。本暫定措置の開始前に何らかの方法で検査が行われ、相当量の可燃性ガスを含まないと判断できる場合も、同様とする。

### イ. 各要請事項ごとの技術的基準

「十分な換気」「ガス検知器の設置」「周辺での火気の使用禁止」「安全担当者の配置」のそれぞれの具体的な方法は、最終的には、個々の源泉等の特性に応じて十分な安全性が確保されるよう、その管理者が判断することとする。

なお、管理者から助言を求められた場合には、一般的には以下のa～dを満たすことが求められる旨助言するとともに、より専門的な助言を得たい場合は、労働災害防止関係団体、可燃性天然ガスに関する専門的知識を有する団体等（追って、これらの団体等のリストを提示する。）を紹介していただきたい。

#### a. 十分な換気

- ・ 可燃性ガスの非意図的かつ一時的な漏洩が発生した場合に備え、自然換気、機械換気のいずれでもよいが、温泉を汲上げない時間帯も含め24時間常時換気し続けることとする。
- ・ 換気設備については、漏洩した可燃性ガスが十分に換気されるものとし、少なくとも、室内の空気が有効に交換される構造でなければならない。

#### b. ガス検知器の設置

- ・ 可燃性ガスが充満しやすい場所（複数ある場合は複数）に、爆発下限濃度の10%以下の濃度で警報を発するガス検知器を設置することとする。
- ・ 警報は従業員等が即座に把握できるようにするとともに、警報があった場合の対応手順を定めておくこととする。

(※) a・bの対策として新たに設置する換気設備、ガス検知器、配電盤等を含め、同室内に新たに電気機械器具を設置する場合は、防爆型のものとする。また、既設の電気機械器具についても、防爆型のものとするほうが望ましい。

c. 周辺での火気の使用禁止

- ・ 火気の使用を禁止する旨の表示を行うこととする。
- ・ 火気を使用する設備は、既設のものも含め同室内に設置しないこととする。

d. 安全担当者の指名

- ・ 温泉施設で常時勤務する者の中から、安全担当者を指名することとする。
- ・ 安全担当者には、可燃性ガスに対する安全確保のため緊急の必要がある場合に、温泉の汲上げ設備の運転停止等を行う権限を付与することとする。その権限が付与されていれば、源泉等の管理の委託を受けた者の従業員であってもよい。

(3) 新規施設に対する要請

都道府県においては、(1)の対象地域内で新規に建設される温泉施設を対象として、源泉等の管理者に対し、「相当量の可燃性ガスを含む温泉については、当面、恒久対策の方針が定まるまでの間は、源泉等を屋内又は地下室に設置しない」よう要請していただきたい。

「新規に建設される温泉施設」とは、本暫定対策が実施に移される時点において、未だ建設工事に着工していない施設とする。なお、着工後の施設については、(2)の要請の対象となる。

可燃性ガスの検査方法及び「相当量」の判断基準は、別紙1「可燃性ガスの検査方法及び相当量の判断基準」のとおりとする。

3. 対策の実施状況の報告

本暫定対策の9月末日までの実施状況について、10月15日までに、別紙2の様式により以下の事項を当職まで報告いただきたい。

- ・ 2(1)により対策の対象とした地域の範囲とその理由
- ・ 2(2)①により源泉等が屋内又は地下室に設置されたものとして把握された既存施設について、行われた対策（検査を実施したか、相当量の可燃性ガスを含んでいたか、換気等の措置を行ったか等）の概要
- ・ 2(3)により要請を行った新規施設について、要請に応じたかどうか

4. 関係諸機関との連携

本暫定対策による要請等を行うに当たっては、必要に応じ温泉の利用許可を行う保健所設置市又は特別区と作業を分担するとともに、必要に応じ消防機関、都道府県労働局、労働基準監督署及び産業保安監督部（支部、事務所）との情報交換を図っていただきたい。

## 【別紙1】可燃性ガスの検査方法及び相当量の判断基準

- 源泉の内部又はできる限り近くの場合、ガス分離器で分離されたガスの排出口、源泉タンクの内部等の可燃性ガスが存在する可能性が高い場所において、携帯型ガス測定器を用いた検査を行うこととし、可燃性ガスを検知すれば、温泉に相当量の可燃性ガスを含むものと取り扱う

新規施設の場合は、施設の建設前に屋外にある源泉について検査を行うこととなる。その際は、源泉及び汲み上げた温泉水をできるだけ密閉された状態に置いて、その内部で検査を行うこととする。

- 携帯型ガス測定器は、最低限、爆発下限濃度（メタンで5%）の5%の濃度の可燃性ガスを正確に検知できるものを用いる。

例えば、ガス採取管でガスを採取し、可燃性ガスの濃度を爆発下限値に対する割合で測定する測定器で、爆発下限濃度の1%（メタンで500ppm）単位での測定が可能な測定器がある。

- ガス採取管を用いるもののほか、レーザーを照射し反射物までの直線距離（最大30m）中にあるメタンの累積量を測定する測定器で、約100ppm・m（濃度と通過距離の積で累積量を示す単位。例えば、5m離れた反射物まで、20ppmのメタンが均一に存在すれば、100ppm・mとなる。）程度以上の量のメタンの測定が可能な測定器がある。

これを用いる場合は、非常に低い濃度での測定が可能のため、ガス採取管を用いるものの測定下限との公平性を勘案し、最も濃い場所で概ね500ppm以上の濃度があり得る累積量の値が測定された場合のみ、「相当量」に該当すると判断する等の配慮が必要となる。

- 可燃性ガスの分離を目的としてガス分離器が設置されている場合、源泉等の管理者自らが温泉に相当量の可燃性ガスが含まれる旨を認めた場合等については、検査するまでもなく、相当量の可燃性ガスが含まれるものと取り扱う。

- 携帯型ガス測定器を用いて大気中の可燃性ガスを測定する方法以外の、温泉に相当量の可燃性ガスが含まれるかを判断するために適切と考えられる方法により、検査することも認められる。例えば、次のような方法が考えられる。

- ・ ガスを採取し、メタンの濃度をガスクロマトグラフを用いて測定する方法
- ・ 温泉水を採取し、温泉水に含まれるメタンの濃度（常圧でのメタンの飽和量との比較等に用いる）を測定する方法

# 温泉法の一部を改正する法律案の概要

## 法律改正の必要性

温泉から発生する可燃性天然ガスによる災害の危険性  
(平成19年6月に渋谷区の温泉施設で起きた爆発事故等)

＜現行の温泉法の法目的＞  
温泉の保護及びその利用の適正(可燃性天然ガスによる災害防止は対象外)



＜今回の法改正＞

法目的に「可燃性天然ガスによる災害の防止」を加えるとともに、温泉の掘削及び採取に際し、具体的な災害防止対策の実施を義務付ける。

## 改正案の概要

### 1. 目的の改正

従来のものである「温泉の保護」「利用の適正」に加え、「温泉の採取等に伴い発生する可燃性天然ガスによる災害の防止」を目的に追加。

### 2. 温泉の採取に伴う災害の防止

#### (1) 温泉の採取の許可制の新設(第14条の2)

- 温泉の採取を行う者は、都道府県知事の許可を受けなければならないこととする。ただし、可燃性天然ガスが発生していない温泉((2)の確認を受けたもの)については、許可を受けることを要しない。
- 許可基準は、「可燃性天然ガスによる災害の防止に関する技術基準への適合」とする。

#### ＜技術基準の内容(環境省令)＞

- ・ 温泉水とガスの十分な分離、周辺の火気使用禁止(屋内、屋外共通)
- ・ 十分な換気、ガス検知器の設置、電気器具等の防爆化(屋内)
- ・ 許可に際しての工事完了後の都道府県知事の検査(屋内)

## (2) 災害防止措置が必要ない旨の確認(第14条の5)

温泉の採取を行う者は、災害防止措置が必要ない旨の都道府県知事の確認を受けることができることとする。

### <確認基準の内容(環境省令)>

- ・ 温泉の採取場所でガス濃度を測定し、一定濃度未満である場合 又は
- ・ その他都道府県知事がガスを含まないと認めた場合(ガスを含まないと考えられる地域内にある場合等)

## (3) 基準不適合の場合の許可取消し、措置命令(第14条の9)

採取の実施中に技術基準に適合しなくなった場合は、都道府県知事は、許可の取消し、災害防止措置の命令ができることとする。

## (4) 採取廃止後の措置命令(第14条の8)、緊急措置命令(第14条の10)

採取廃止後2年以内 又は 採取実施中に、災害発生のおそれが生じた場合は、都道府県知事は、措置命令ができることとする。

## 3. 土地の掘削に伴う災害の防止(第4条～第9条の2)

都道府県知事による許可の基準として「可燃性天然ガスによる災害の防止に関する技術基準への適合」を追加。

### <技術基準の内容(環境省令)>

ガス噴出防止装置の設置、周辺の火気使用禁止 等

掘削時においても、2. (3)、(4)と同様の規制を設けることとする。

## 4. 施行期日、経過措置

- 公布日から1年を超えない範囲内で政令で定める日から施行する。
- 施行の際現に温泉の採取を行っている者については、2. の許可制度の適用は、法の施行後6月を経過した後とする。

# 講 演

北海道における温泉付随ガスの現状と課題

北海道立地質研究所

高橋 徹哉



# 北海道における温泉付随ガスの現況と課題

北海道立地質研究所 高橋 徹哉

## 1. はじめに

温泉付随ガス組成は、温泉水組成とともに地下深部からの貴重な情報を与えてくれる。また近年、Ar、Ne、He 等の希ガス組成を含めたガス組成が温泉の起源や成因を考察する上で重要と考えられてきている。

北海道内には約 2300 ケ所の温泉井が存在する。この中には、温泉水にメタンガス ( $\text{CH}_4$ )、炭酸ガス ( $\text{CO}_2$ )、窒素ガス ( $\text{N}_2$ ) 等の付随ガスを伴う温泉井も多数あり、地質研究所ではこれまでも地熱温泉資源調査の一環として温泉付随ガス分析を実施し、調査研究報告書等によるデータの公表や温泉付随ガスに対する技術指導相談を行ってきた。

昨年 6 月には東京都渋谷区の温泉施設において、温泉に付随する可燃性天然ガスに起因する爆発事故が発生し、それ以降、温泉付随可燃性ガスの安全対策が実施されてきている。今後、可燃性ガスを伴うことが想定される温泉井の新規掘削や可燃性ガスを伴う温泉井の利用については、これまで以上に適正な掘削技術と安全管理対策技術が要求されることが考えられる。

北海道内の温泉井の中には、可燃性天然ガスを伴うものが多いが、特にメタンガスの組成比が多いメタンガス卓越型（本発表では組成比が 20%以上とした）の温泉井は、宗谷～留萌、胆振～石狩～空知、などに広く分布し、付随ガス量が数  $100\text{m}^3$ /日に達するものもある。

地質研究所ではこれまで、自然湧出源泉や温泉井の付随ガスの組成比や分布状況についてとりまとめてきた。しかし、付随ガス量（放散量）や起源等については本格的な調査研究を実施しておらず未解明である。

近年、天然ガス（メタンガス）は、苫小牧市勇払地区で生産される天然ガスが、道央圏の商業施設や工場等を中心に利用の拡大が進んでおり、石油に比べ環境負荷の少ないクリーンなエネルギー資源として注目されている。しかし反面、地球温暖化係数が  $\text{CO}_2$  の 21 倍もある温室効果ガスでもある。現在、地球環境問題が叫ばれ、温室効果ガス削減に向けた取り組みも急務となってきたことから、未処理・未利用のまま空中放散されている温泉付随可燃性ガスに関しても、ガス放散量の解明、有効利用や処理方法等を検討すべき時期にある。加えて、温泉付随可燃性ガスは、適正な管理のもと分離・大気放散しなければ、ガス爆発事故につながる極めて危険な存在であることも認知しておく必要がある。

本発表では、温泉付随可燃性ガスの安全対策の動向と可燃性ガスを中心とした北海道内の温泉付随ガスの分布状況を紹介するとともに、温泉井の掘削と利用における可燃性ガス対策の課題について話題提供をしたいと考えている。

## 2. 温泉付随可燃性ガスに対する安全対策への動向

### 2.1 概要 ～温泉法の一部改正までの動向～

東京都渋谷区の爆発事故後、早々に環境省から各都道府県に対して、温泉利用事業者への注意喚起および安全管理の実態把握に関して、「温泉の採取場所等における可燃性ガスによる事故防止のための緊急対応について」（H19.6.20 環自総第 070620002 号）および「温泉施設において発生する可燃性ガスに関する当面の暫定対策について」（H19.7.24 環自総第 070724001 号）の通知を行い、聞取ならびに立入調査の実施を要請している。この通知により、北海道（保健福祉部医務薬務課所管）においては、各保健所により温泉施設への聞取ならびに立入調査が実施され、調査結果はそれぞれ環境省へ



報告され、集計結果は既に公表されている。

また、6月以降には、事故を踏まえて温泉法の一部改正が検討され、温泉の掘削時および採取時を含め、温泉に関する可燃性天然ガス等に対する安全対策について検討を行うため、温泉科学、地質、天然ガス、消防等の分野の専門家等から構成される「温泉に関する可燃性天然ガス等安全対策検討会」が設置された。これまで、計7回の会議が開催され、検討会での議論等を踏まえ、平成19年11月30日には、従来の目的である「温泉の保護」「利用の適正」に加え、「温泉の採取等に伴い発生する可燃性天然ガスによる災害の防止」を目的に追加した、温泉法の一部改正が公布された。今後、可燃性天然ガスによる災害の防止に関する技術基準が示される予定である。

## 2.2 北海道における温泉井の管理現況とガス安全対策

北海道が調査対象とした温泉施設は、立入調査292施設、聞取調査1051施設で、計1343施設である。環境省からの要請により北海道が実施した調査の集計結果（第1図）によれば、温泉井の設置場所は、屋外に設置された建屋（355）と完全な屋外（918）が94.8%を占めている。換気対策については、自然換気（264）と換気扇等換気装置（349）で45.6%であり、半数以上は換気がない施設となっている。ガス量調査有り（248）およびガス成分調査有り（301）は、それぞれ18.4%および22.4%と少ない。これは、掘削完了後の揚湯試験において付随ガスが確認されない温泉井や付随ガス量が極少量でガス量やガス分析の調査が実施されなかったことに起因すると推定される。メタンガスの含有については、「ある」（130）、「なし」（200）で全体の23.6%がガスの有無を確認しているが、残りの76.4%は明確に把握できていなかったことがわかる。ガスセパレーターの設置施設は153施設で調査対象施設全体の11.4%で、設置場所は井戸元同様に、屋外に設置された建屋（38）と完全な屋外（93）とで85.6%を占めている。メタンガスの定期的な調査に関しては、実施している施設は63施設で4.6%と極めて少ない。

これらの集計結果は温泉付随ガスの有無を問わず調査を実施しているが、今後は、可燃性ガスが明らかに付随していることが判明した温泉井については、付随ガス量やガス組成を調査するなどして、温泉井の実態を明らかにしていく必要がある。

その後、北海道は、平成19年7月27日～9月28日に各保健所による現地調査を実施し、ガス対策状況を集計して環境省に報告しており、全国の集計結果は「可燃性ガス暫定対策実施状況報告全国集計結果（H19.10 環境省）」として公表されている（第1表）。

この集計結果から、北海道の対策実施状況を見てみる。

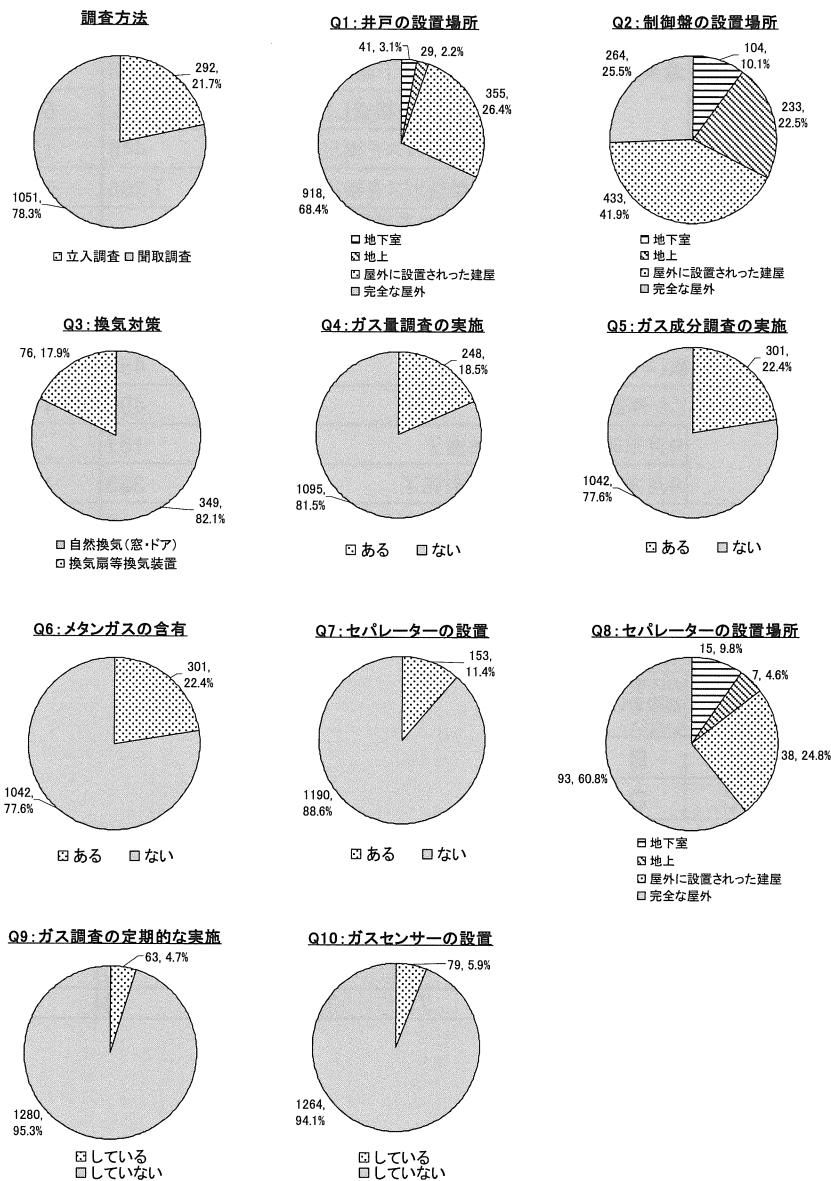
北海道における既存施設の「対象地域外源泉数」は全国比1.5%と少ない。「対象地域外」とは、環境省によれば、温泉に相当量の可燃性ガスが含まれることのない地域としており、北海道にはそうした「対象地域外」となる地域が限定され、その地域には温泉井が少ないことが要因と考えられる。つまり、ほとんどが対象地域となっていることが伺える。

「対象地域内源泉数」の中で「源泉等が一部で屋内又は地下室に設置」されている源泉数は715源泉あり、源泉数割合（全国の対象地域内源泉数に対する北海道の対象地域内源泉数の割合）の21.7%に比べ、38.5%と高い値を示している。これは、北海道が積雪寒冷地であることに関係して源泉を囲い等により保護しているためであろう。北海道における「暫定対策必要源泉数」は144源泉あり、全国の29.3%を占め、源泉数割合に比べ高い値を示している。また、暫定対策が必要な源泉に係る現況把握をみると、「ガス検知器設置している」かつ「換気している」割合が39.5%、「ガス検知器設置していない」かつ「換気していない」割合が41.5%と両対策を講じているか、あるいは両対策とも講じていない源泉の割合が高くなっている。

これらの調査結果より、北海道内の温泉施設（源泉を含む）の管理や温泉付随ガス対策の現況を整

理すると以下のとおりである。

北海道内では、現在、可燃性ガスが付随し、利用している温泉井（井戸元）の多くは、屋外建屋等にある。これらはガスセパレーターや貯湯タンク（ガス分離機能を備えた）により、温泉水とガスを分離して空中放散しているのが現状である。可燃性ガスが付随する温泉施設の中には、ガス警報機、ガス検知器を備えた施設もあるが、まだ多くの施設ではガスの有無の確認や換気が不十分であり、ガス警報器機等の設置、定期的なガス調査等は実施されていない。



第1図 温泉に関する聞取調査結果（道医務薬務課集計結果より）

## 第1表 暫定対策実施状況報告全国集計結果 (環境省H19.10.23公表)

### 【既存施設】

	全国	北海道	全国比
都道府県内総利用源泉数	19,462	1,378	7.1%
対象地域外源泉数	14,068	209	1.5%
対象地域内源泉数	5,394	1,169	21.7%
源泉等が完全な屋外に設置	3,536	454	12.8%
源泉等が一部でも屋内又は地下室に設置	1,858	715	38.5%
可燃性ガスの発生を検査した	1,812	699	38.6%
可燃性ガスを検出した	446	128	28.7%
可燃性ガスを検出しなかった	1,366	571	41.8%
可燃性ガスの発生を検査しなかった (=既にメタンの発生を認識している場合等)	46	16	34.8%

※源泉と貯湯タンクの数不一致の場合等は、源泉の数で計上。  
(例：集中管理方式で、3つの源泉から1つのタンクに集中させている場合は、3源泉として計上)

暫定対策必要源泉数(=暫定対策要請数)	492	144	29.3%
要請に応じた件数	490	144	29.4%
9月末時点で要請事項完了	157	36	22.9%
9月末時点で要請事項未完了	333	108	32.4%
要請に応じなかった件数(=汲み上げ停止要請数)	2	0	0.0%
汲み上げ停止要請に応じた	2	0	
汲み上げ停止要請に応じなかった	0	0	

#### 暫定対策必要源泉に係る現状把握

	ガス検知器設置している	ガス検知器設置していない
換気している	A	B
換気していない	C	D

	暫定対策要請数			要請に応じなかった件数	
	全国	北海道	割合	全国	北海道
A	81	32	39.5%	0	0
B	331	80	24.2%	2	0
C	3	0	0.0%	0	0
D	77	32	41.6%	0	0

### 2.3 北海道におけるガス爆発事故の事例

環境省がとりまとめた資料(第2表)によると、可燃性天然ガスが原因と考えられる爆発・火災事故の事例は、全国で18件報告されている。この中で、北海道内での事例は5件あり、全国比で約28%を占める。

第2表 可燃性天然ガスが原因と考えられる過去の爆発・火災事故事例と「日本油田・ガス田分布図(地質調査所発行)」における地種区分の関係 (環境省とりまとめ資料より)

都道府県	市町村	発生時期	事故事例		元資料	日本油田・ガス田分布図の地種区分
			概要			
北海道	池田町	平成2年6月	オープン前の温泉浴場の地下室付近で爆発(死亡2名、負傷2名)		環境省	ガス田(可燃性天然ガス)
北海道	岩見沢市	平成4年11月	浴室内改装工事中に爆発(負傷1名)		環境省	推定・予想産油・産ガス地帯
北海道	天塩町	平成13年8月	源泉井のある建物中のポンプ機械室で爆発(負傷者なし)		環境省	推定・予想産油・産ガス地帯
北海道	札幌市	平成19年4月	源泉所在地のポンプ室で火災(負傷者なし)		環境省	火成砕屑岩地帯
北海道	大樹町	平成9年7月	温泉施設の制御板室で制御板スイッチの火花で爆発		消防庁調査	新生代堆積物地帯
福島県	富岡町	平成10年4月	温泉汲み上げの動力装置設置後の配管交換の際に爆発(負傷2名)		環境省	推定・予想産油・産ガス地帯
茨城県	水戸市	平成5年1月	下水道工事現場の掘削機付近で天然ガスが燃焼(温泉外)		国交省資料	新生代堆積物地帯
埼玉県	鷲宮町	平成10年10月	温泉掘削作業中、電気溶接の火花に引火		消防庁調査	推定・予想産油・産ガス地帯
埼玉県	白岡町	平成14年7月	温泉タンク内を確認するためライターに火をつけたところ爆発		消防庁調査	推定・予想産油・産ガス地帯
千葉県	九十九里町	平成16年7月	コンクリート床面の亀裂部等から建物内に流れ込んだメタンガスが爆発(温泉外)		国交省資料	ガス田(可燃性天然ガス)
千葉県	茂原市	昭和63年4月	中学校の1階ポンプ室で電気火花に引火した天然ガスが爆発(温泉外)		国交省資料	ガス田(可燃性天然ガス)
東京都	北区	平成17年2月	温泉掘削工事現場で火災発生(負傷者なし)		環境省	ガス田(可燃性天然ガス)
東京都	江東区	平成5年2月	水道工事現場でトンネル先端部より急激に噴き出したガスに引火(温泉外)		国交省資料	ガス田(可燃性天然ガス)
長崎県	雲仙市	平成10年12月	温泉掘削現場でライターの火に引火、爆発		消防庁調査	その他地域
大分県	大分市	平成17年12月	温泉掘削中、掘削機のスイッチを入れた際にガスに引火(負傷者なし)		環境省	新生代堆積物地帯
大分県	大分市	平成17年7月	温泉タンク内を確認するためライターに火をつけたところ爆発		消防庁調査	その他地域
宮崎県	西都市	平成15年4月	温泉掘削中、ライターの火が天然ガスに引火(負傷3名)		環境省	推定・予想産油・産ガス地帯
宮崎県	高鍋町	平成8年9月	温泉施設内で火災(負傷者なし)		環境省	推定・予想産油・産ガス地帯

### 3. 北海道における温泉付随ガスについて

#### 3.1 系統別温泉付随ガスの分布

北海道内の温泉付随ガス組成の地域分布やデータ一覧については、北海道の地質と資源Ⅱ 北海道の地熱温泉資源(1983, 北海道立地下資源調所)および地下資源調査所報告(1998, 北海道立地下資源調査所)により公表されている。1983年の研究報告では、調査した597泉源のうち205泉源(自然湧出地も含む)から遊離ガスを採取・分析を実施し、これらデータを元に、温泉付随ガスをCO<sub>2</sub>系統、CH<sub>4</sub>系統およびN<sub>2</sub>系統に分類し、系統別(ここでの系統別とは、最も含有率の高い成分としている)の全道分布図が示され、地域性、地質・泉温・泉質との関係等について考察がなされている。

今回、新たに収集したデータを加え、温泉井に限定し、368泉源のデータを用いて系統別温泉付随ガスの構成比と分布を第3表と第2図に、温泉付随ガスの三成分系図を第3図にそれぞれ示した。

第3表に示した系統別構成比の混合型(例えばCO<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub>など)は、主成分が75%以下で、ほかの成分のいずれかが25%以上含まれるもので分類した。

温泉井に付随するガスの組成は、N<sub>2</sub>系統が52.4%と半数以上を占め、ついでCH<sub>4</sub>系統が37%、CO<sub>2</sub>系統が10.7%となっている。混合型としては、N<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub>型およびCH<sub>4</sub>+N<sub>2</sub>型の割合が高く、それぞれN<sub>2</sub>系統、CH<sub>4</sub>系統の約25%を占める。

第2図および第3図から温泉付随ガスの分布概要を以下に示した。

- 1) N<sub>2</sub>系統は、最も多く全道域に分布する。特に渡島半島地域、胆振～ニセコ地域に多く分布する。
- 2) CH<sub>4</sub>系統も全道域に分布する。特に、胆振～石狩低地帯～空知地域と宗谷～留萌地域に多く分

布している。温泉貯留型が深層熱水タイプの地域に対応している。

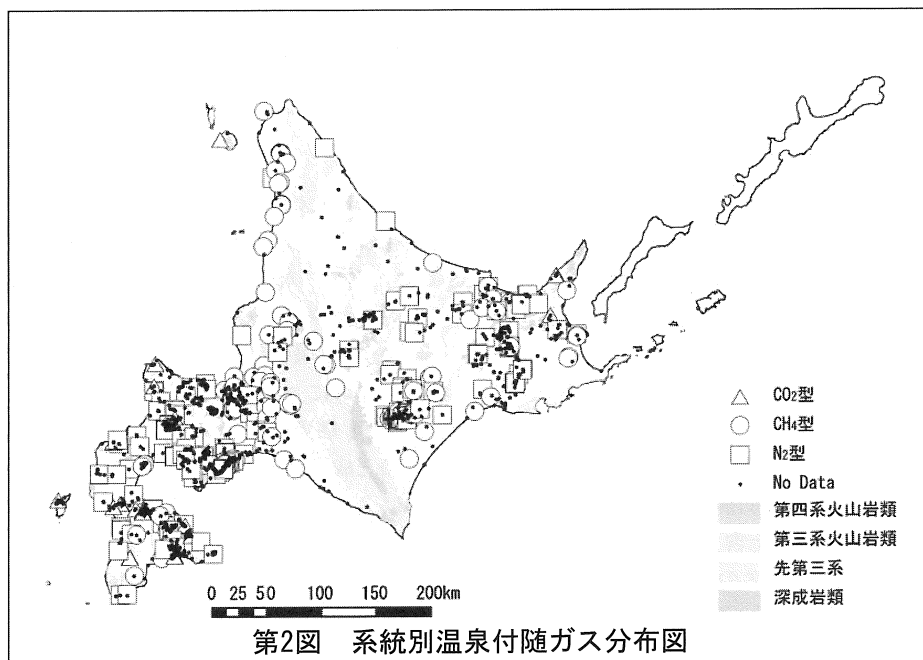
- 3) CO<sub>2</sub> 系統は渡島地域に多く分布する。他にはニセコ～積丹地域、知床半島地域にも分布しているが、その数は全道規模では他の系統に比べて少ない。
- 4) 日高地域～宗谷地域にかけての北海道中軸部地域には各系統のガスの分布は少ない。
- 5) 三成分系図から、N<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、CO<sub>2</sub>の各成分の頂点付近（90%以上）には、それぞれ93 泉源、57 泉源、19 泉源が存在する。特に、N<sub>2</sub> および CH<sub>4</sub> は顕著であり、系統別泉源数で見ると、48.2%および41.9%を占めている。
- 6) また、三成分系図を見ると、その大部分が CO<sub>2</sub> と CH<sub>4</sub> の底辺側に集中し、N<sub>2</sub> の底辺側すなわち CO<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub> 型を示す温泉井は、極めて少ない。

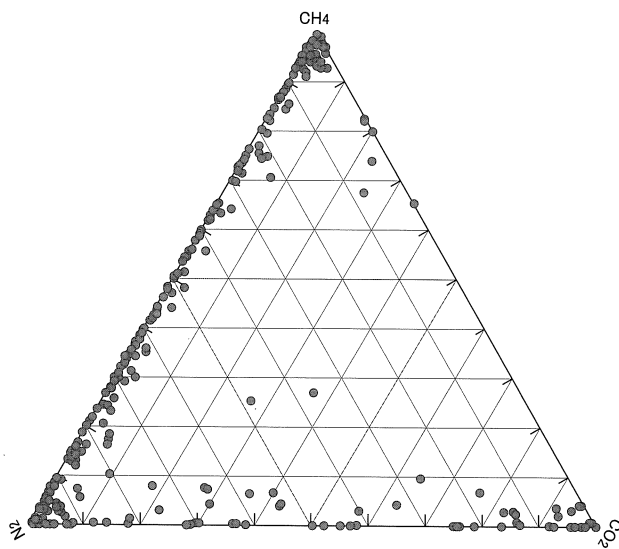
第3表 温泉付随ガス系統別構成比

ガス型	CO <sub>2</sub> 系統			CH <sub>4</sub> 系統			N <sub>2</sub> 系統		
	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> +CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> +N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub> +CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> +CH <sub>4</sub>
系統別泉源数 (計368泉源)	39			136			193		
	31	0	8	98	2	36	129	14	50
構成比(%)	79.5	0.0	20.5	72.1	1.5	26.5	66.8	7.3	25.9
系統別構成比 (%)	10.6			37.0			52.4		

\*ガス組成のうち、N<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>……それぞれの成分が75%以上のもの

\*ガス組成のうち、混合型……主成分が75%以下で、ほかの成分のいずれかが25%以上含まれるもの

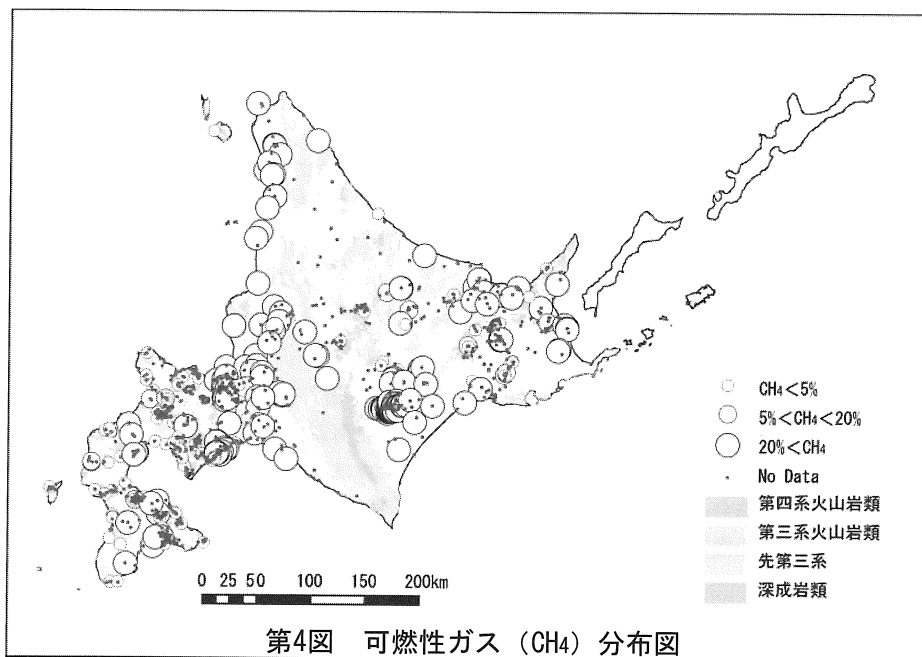




第3図 温泉付随ガスの三成分系図

### 3.2 温泉付随可燃性ガス (CH<sub>4</sub>系統) の分布状況

第2図のデータを元に可燃性ガス(メタンガス)が付随する温泉井の分布を、ガス組成比を3つに区分した形で第4図に示した。368 泉源中、346 泉源 (94%) でメタンガスが確認され、その構成比を第4表に示したが、付随するガス量は不明なものが多い。特にメタンガスの組成比が20%以上と多い温泉井(ここではメタンガス卓越型とする)は56.6%を占め、ガス爆発危険濃度とされる5%以上では66.7%に及ぶ。つまり、北海道の中軸部地域を除きほぼ全道域に注意を要する温泉井が多数存在することを示唆している。



第4図 可燃性ガス (CH<sub>4</sub>) 分布図

第4表 可燃性ガス付随温泉井の構成比

	計	CH <sub>4</sub> 無	CH <sub>4</sub> 有	ガス組成比区分		
				CH <sub>4</sub> <5%	5%≤CH <sub>4</sub> <20%	20%≤CH <sub>4</sub>
温泉井数	368	22	346	115	35	196
構成比(%)	100.0	6.0	94.0	33.2	10.1	56.6

3.3 採取可能な可燃性ガス量とエネルギーについて ～市町村温泉井～

北海道内には、可燃性ガスの付随が確認できた温泉井が 346 あることを示してきた（第 4 表）。ガス分析がなされていない温泉井も多数あることから、今後、ガス分析が実施されれば、可燃性ガスが付随する温泉井数は増加することが予想される。また、付随ガス量が把握できている温泉井は、主に 1980 年以降、市町村により掘削された温泉井の一部であり、他の民間温泉井の多くは不明である。

1980 年以降、市町村により掘削された温泉井 291 の温泉付随ガス状況の概要を第 5 表に示した。

第5表 温泉付随ガス状況の概要（市町村温泉井）

	計
温泉井数	291
ガス分析実施数	113
メタンガス付随数	105
メタンガス卓越型数(20%以上)	50
（付随ガス量測定数）	（39）
付随ガス量(m <sup>3</sup> /日)	18,060

ガス分析が実施されている温泉井の数は、113 泉源（38.8%）で、その内、メタンガスが付随する温泉井は 105（92.9%）を占める。メタンガス卓越型の温泉井数は、50 泉源であり、温泉井数全体の 17.2%である。さらに、メタンガス卓越型の中で付随ガス量が測定されている温泉井数は 39 であり、メタンガス組成の平均値は 85.5%である。これら 39 の温泉井の開発当時のデータからは、全体として温泉付随ガス量は約 18,000m<sup>3</sup>/日と算出される。しかし、これらの中には既に廃井となっている温泉井もある。これらを除いて、現在も付随ガス量を把握できている温泉井および未利用温泉井の開発時の付随ガス量の総量データとメタンガス組成の平均値から、現状では約 11,000 m<sup>3</sup>/日×0.855=3,433×10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/年が温泉井から採取可能なメタンガス量と推定される。

北海道エネルギー概況（H19.3 北海道経済部）によれば、北海道内での天然ガス生産実績は 352,836 ×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/年（H16 実績値）であり、温泉に付随するメタンガスの割合は 0.97%程度と小さいが、民間温泉井も含めるとその割合はさらに高くなると推察できる。また、温泉井から採取可能なメタンガス量のエネルギーは、石油換算で約 0.34 万 kJ/年であり、灯油換算（現在：100 円/ℓとした）で約 3.4 億円に相当する。

このように無駄に捨てられている温泉付随可燃性ガスについては、エネルギーの有効活用と環境負荷軽減の面からも、今後、検討していくべき課題と考える。

## 4. 今後の課題

温泉法の一部改正がなされ、現在、「温泉に関する可燃性天然ガス等安全対策検討会」において「1. 温泉の採取に当たっての安全対策が必要ない旨の確認の基準」、「2. 温泉の採取に関する技術基準」、「3. 温泉の掘削に関する技術基準」が検討され、今年度秋頃を目処にこれらの基準が示されるようである。つまり、温泉の掘削や利用の許可等に関しては、これまでなかった技術基準に基づき判断されることが想定される。

温泉法の改正や温泉付随ガスを取り巻く環境などから、今後の温泉付随ガスに関する様々な課題を2つの視点からまとめてみた。

### 3.1 安全な温泉の利用と管理

これまで示してきたように、北海道においては可燃性ガスが付随する温泉井は、ほぼ全道域に分布しており、今後、開発される温泉井においても、多くで可燃性ガスの付随が想定される。温泉法の改正により、既存の温泉井も含め、ガス検知器等による可燃性ガスの有無の確認、適正なセパレータータンクとガス警報装置の設置、プリペンダー等による掘削時における防噴防止と安全対策等が求められることが想定され、これらに対応していくには、以下に示したような対策や検討課題があると考えられる。

- ・安価で簡便な方法によるガス濃度やガス量の測定方法や計測技術の確立
- ・低コストで維持管理が可能なガス警報システムの構築
- ・掘削時におけるガス防噴対策技術の確立と安全対策マニュアルの作成
- ・安価で高性能なガスセパレータータンクの設計と開発
- ・ガス対策も含めた源泉安全管理マニュアルの作成
- ・高性能なガス対策用水中モーターポンプの開発

### 3.2 温泉付随可燃性ガスの有効利用と環境対策

温泉付随可燃性ガスは、地球温暖化係数がCO<sub>2</sub>の21倍もあるCH<sub>4</sub>が主であり、その多くが未処理・未利用のまま空中放散されている。近年、温室効果ガス排出が要因とされる地球温暖化が問題になっており、今後は、温泉付随ガスに関しても、環境負荷軽減のため何らかの対策をしていくべきと考える。昨年度の温泉法一部改正における国会（環境委員会）においても、温泉付随可燃性ガスの有効利用に関して多くの意見がだされている。利用や環境対策を推進していく上では、以下に示した課題があると考えられる。

- ・可燃性ガス付随温泉井の実態解明（付随ガス量、ガス組成等も含めた）
- ・付随ガスの有効利用方策の検討や提言
- ・可燃性ガスの処理方法等の検討

## 5. おわりに

今回の発表では、地質研究所が収集・蓄積してきたデータをもとに、北海道の温泉付随ガスの現状について、分布図等をもとに概要を紹介した。しかし、温泉付随ガス量（放散量）やその起源等については、まだまだ未解明な部分が多い。

昨年度の東京都でのガス爆発以降、温泉付随可燃性ガス対策が課題となっており、既に対応を実施している温泉施設もあるが、より一層、可燃性ガスへの安全対策が望まれるであろう。

今後は、温泉法の改正に伴い、既存および新規温泉井も含め、ガス調査（ガス組成分析、ガス量測



定調査等)の機会が増加することが想定されることから、温泉所有者(市町村および民間)とも連携を図り、一層有益なデータを収集・蓄積に努め、温泉付随ガス状況の把握やガス量等の未解明な調査研究課題にも取り組み、北海道における温泉の安全な利用と管理、さらには環境対策の面でも貢献していきたい。

# 講 演

礼文町における温泉資源開発

株式会社 アクアジオテクノ

森田 昭彦 ・ 藤井 浩詞



# 礼文町における温泉資源開発\*

株式会社 アクアジオテクノ

○森田 昭彦

藤井 浩詞

## 1. はじめに

礼文町は、稚内の西方約 60 キロメートルに位置する日本最北の島「礼文島」にある。

近年、利尻島や稚内などで温泉が開発され、「我が礼文島にも温泉を」、という機運の盛り上がりを受けて、平成 18 年に温泉資源開発を目的とした、文献調査・地表地質踏査および電磁探査が実施された。その結果に基づいて平成 19 年 5 月から香深地区で温泉開発が実施された(図 1)。

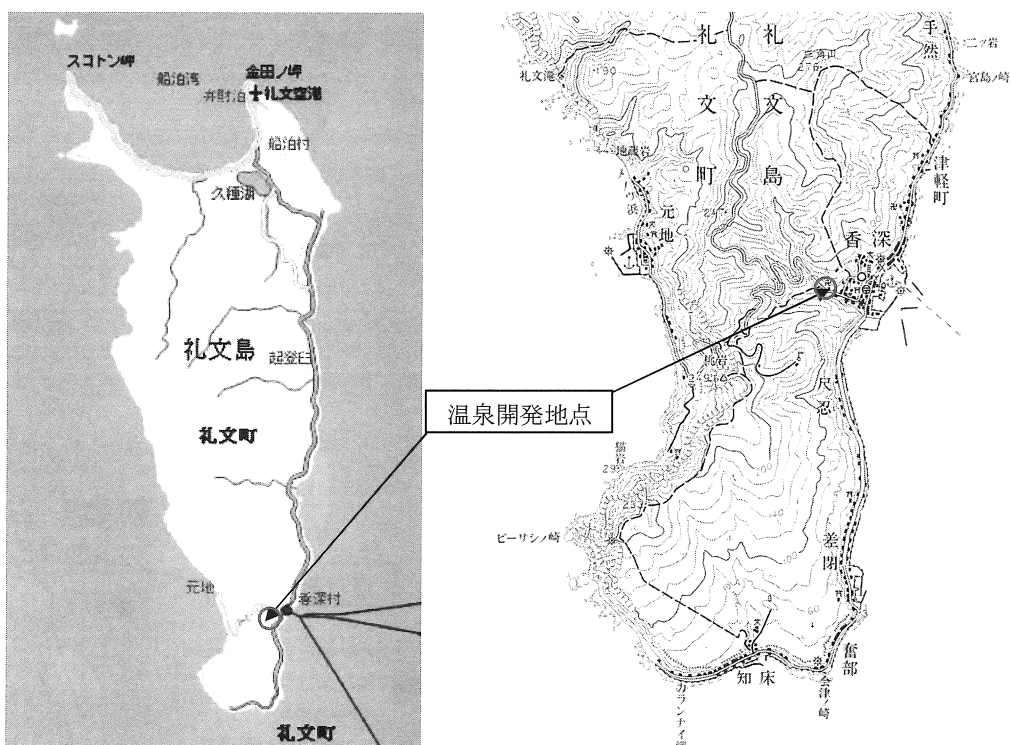


図 1 温泉開発地点の位置

\* この報告は、礼文町の許可を得て工事結果を取りまとめたものであるが、講演資料集の原稿締切り時点では工事継続中のため、最終結果は記載できていない。

## 2. 地形・地質

### 2.1 地形

礼文島は、最高峰の礼文岳（標高 490 メートル）を中心に南北約 22 キロメートル、東西約 6 キロメートル、面積約 82 平方キロメートルのなだらかな丘陵性の地形を示している。全般に平地の発達が少ない、特に島の西海岸は切り立った断崖絶壁が連なる一方、東海岸はなだらかな山並みが海へと続いている。入り江の発達は、北端部の船泊湾のほかゴロタノ浜付近にも見られるが、中部から南部にはほとんど発達していない。

丘陵性の山地を刻む河川は、島の北部で大沢川、大備川などが北流するのに対し、中部と南部では東流・西流する小河川が発達し、特に西側では短小で数も少ない。

### 2.2 地質

礼文島の地質は、中生代前期白亜紀の火山岩および火山性堆積岩類を主体とした厚い地層で構成され、北部および南部では、その上位を新生代新第三紀中新世の堆積岩類が覆っている。

前期白亜紀の堆積岩類は礼文層群と呼ばれる。安山岩質～玄武岩質の火山岩類、火山性礫岩・砂岩・泥岩などからなり、全層厚は 2500m 以上で 6 層に区分されている。これらの地層は、礼文島の東寄りを南北方向に伸びた向斜軸を持つゆるい褶曲構造を示す。このため、地層の層理面は島の西海岸寄りでは東～北東方向の傾斜を示し、東海岸寄りでは西～南西方向に傾斜する。この向斜構造を横切るように、東-西ないし北東-南西方向に伸びる断層が新第三紀層を切っている。

新第三紀層は、元地層・メシクニ層および浜中層の 3 層に区分され、主に砂岩・頁岩・礫岩からなる。南部では、凝灰角礫岩・火山角礫岩などの火山碎屑岩類が卓越する。

なお、温泉開発地点は、香深市街地の西側約 500m のトンナイ川左岸に位置し、メシクニ層のうち香深岩相（長尾ほか,1963）の分布範囲にある(図 2)。

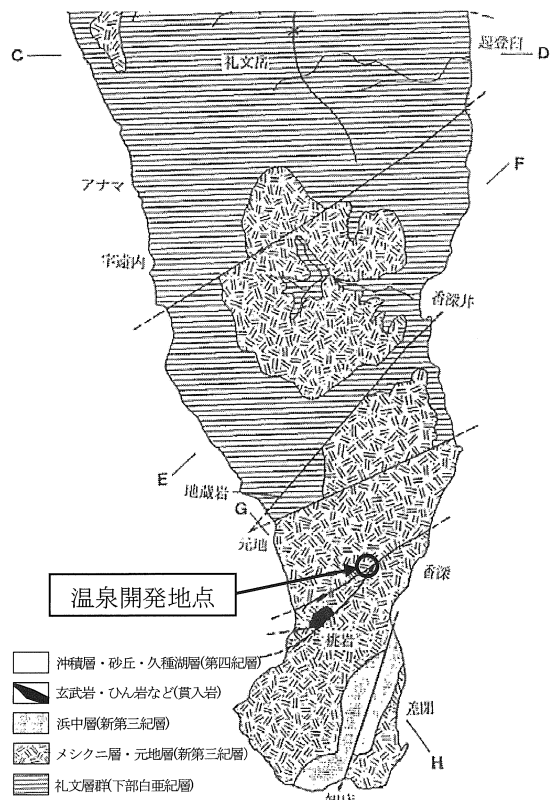


図 2 礼文島の地質図  
(長尾ほか, 1963 を簡略化)

### 3. 掘削計画

#### 3.1 掘削方法と使用機器

温泉井の掘削については、安全衛生管理および環境保全に留意するとともに、地元関係者との調整を図りながら施工した。工事の進捗状況などについては、礼文町の担当者と密な連絡をとり、その指示に基づき進めた。

掘削は『ダイレクト マッド ロータリー式工法』により実施した。

コア採取には、PQ-WL コアバレル（掘削径φ122.3mm、コア径φ86.6mm）を使用した。

掘削に使用した主要機器の一覧を表1に示す。

表1 主要機械一覧

名 称	仕様など	単位	数量	能力など	製作所
掘削機	T S L	台	1	巻上能力 9t(シングル巻)	利根
同上動力	モーター	台	1	90kW	東芝
主泥水ポンプ	NP-1000	台	1	最大圧力 63ksc 最大吐出量 1050 ㎥/分	利根
同上動力	モーター	台	1	55kW	三菱
マッドスクリーン	サイロン式	台	1	最大処理量 1000 ㎥/分	近畿工業
電動ウィンチ	2.2kW	台	1	引張力 1200kg	
掘削檣	鋼製4脚	基	1	耐荷重 80t 縦・横 7m 高さ 25m	中山機械
貯水タンク		基	1	容量 2m <sup>3</sup>	
サクションタンク		基	1	容量 10m <sup>3</sup>	
ミキシングタンク		台	1	容量 6m <sup>3</sup>	
ランニングブロック	3車	台	1	耐荷重 50t	セキサク
ウォータスイベル	50-KG	台	1	耐荷重 50t	キング
発電機		台	2	200 kVA・150kVA	デンヨー
ドリルパイプ	2"7/8	本	240	プレミアム E(6.0m)	利根
ドリルカラー	10"	m	6	" 360kg/m	利根
"	8"	m	18.0	" 220kg/m	利根
"	6"	m	81	" 120kg/m	利根

### 3.2 掘削中の測定監視項目及び地質試料採取の方法

掘削中における測定・監視項目、及び地質試料の採取方法を表2に示す。

表2 測定・監視項目及び試料採取方法

項 目		方 法
泥 水 状 況	粘性	ファンネル粘土計(API 946cc/1500cc) にて2時間毎に測定
	比重	マットバランスにて2時間毎に測定
	砂分	砂分測定器にて1日2回 測定
	pH	pH計にて1日2回 測定
	ピットレベル	1時間毎に計測し、逸・おう泥状況を把握
	脱水量・泥壁	フィルタープレスを用いて1日2回 測定
	温度	送泥・排泥温度及び気温を1時間毎に測定
	孔内泥水位	夜間作業を行なわない日の作業開始・終了時に測定
掘 削 状 況	掘削ショック	深度・大きさ(大・中・小)を発生毎に記録
	ポンプ送泥圧力	常時監視及び2時間毎に記録
	掘進率	1時間毎または2m毎に記録
	ビット加重	1時間毎に記録
	ビット回転	1時間毎に記録
試 料 採 取	カッティングス	掘削中 10m毎にカッティングスの採取を行い、採取年月日・時刻・深度を記して試料ビンに入れて保管 試料採取の際、孔底から地上までのカッティングスの到達時間を考慮
	コア	掘削中、深度 100, 298, 501, 705, 877, 1303m でコア採取(30cm以上)を行ない、採取年月日・時刻・深度を記してコア箱に保管 コア採取には、PQ-WL コアバレル(掘削径φ122.3mm、コア径φ86.6mm)を使用

## 4. 掘削結果

### 4.1 掘削の経過

掘削実績工程、ケーシングプログラム、およびスクリーン挿入区間をまとめて図 3 に示した。

深度 1,300m まで掘削した時点で、孔内地質・逸泥状況（温泉湧出の可能性が認められる逸泥箇所を数ヶ所確認）および物理検層データを検討し、一旦井戸仕上げを行なって温泉水湧出の可能性（揚湯試験等）を調査することとなった。

工事は現在も進行中であり、掘削実績工程は途中経過を示すものである。

### 4.2 掘削状況と孔井地質

当井の地質構成は、掘削中に採取したカッティングスの鑑定およびコア観察の結果によって判断し（北海道立地質研究所の担当者による）、表 3 にまとめた。また、各種検層結果と掘削状況（逸泥・掘進率）を合せて、図 4 に総合柱状図を示した。

表 3 孔内地質

地質年代	地層区分		深度(m)	地質名	比抵抗値( $\Omega \cdot m$ )
新第三紀 中新世	メシクニ層		0~280	安山岩 凝灰岩 凝灰角礫岩	20~120
前期 白亜紀	礼文層群	内路層	280~930	変質安山岩質火山碎屑岩 ガラス質火山碎屑岩 安山岩質火山碎屑岩	50~880
		アナマ層	930~1303	赤褐色珪質凝灰岩 } 互層 淡緑色凝灰岩 } 凝灰質砂岩 } 安山岩質火山碎屑岩 溶岩	20~1050

電極間隔

0~100m間：100cm

100~1303m間：162.6cm

- ・ 深度 280m までは掘進率も概ね 1 m/h r 以上であり、地層境界付近の深度 258~264 m 間で比較的大きな逸泥が確認された。
- ・ 深度 280m 以深の礼文層群では、深度 400m までは掘進率で 1 m/h r 以上の区間も見られるが、それ以深は概ね 0.5~0.8 m/h r の範囲にある。
- ・ 温泉水採取の対象である深度 500m 以深で比較的大きな逸泥箇所は、深度 916m, 1090~1130m, 1170~1190m, 1230~1240m, 1260~1270m の 5 箇所である。



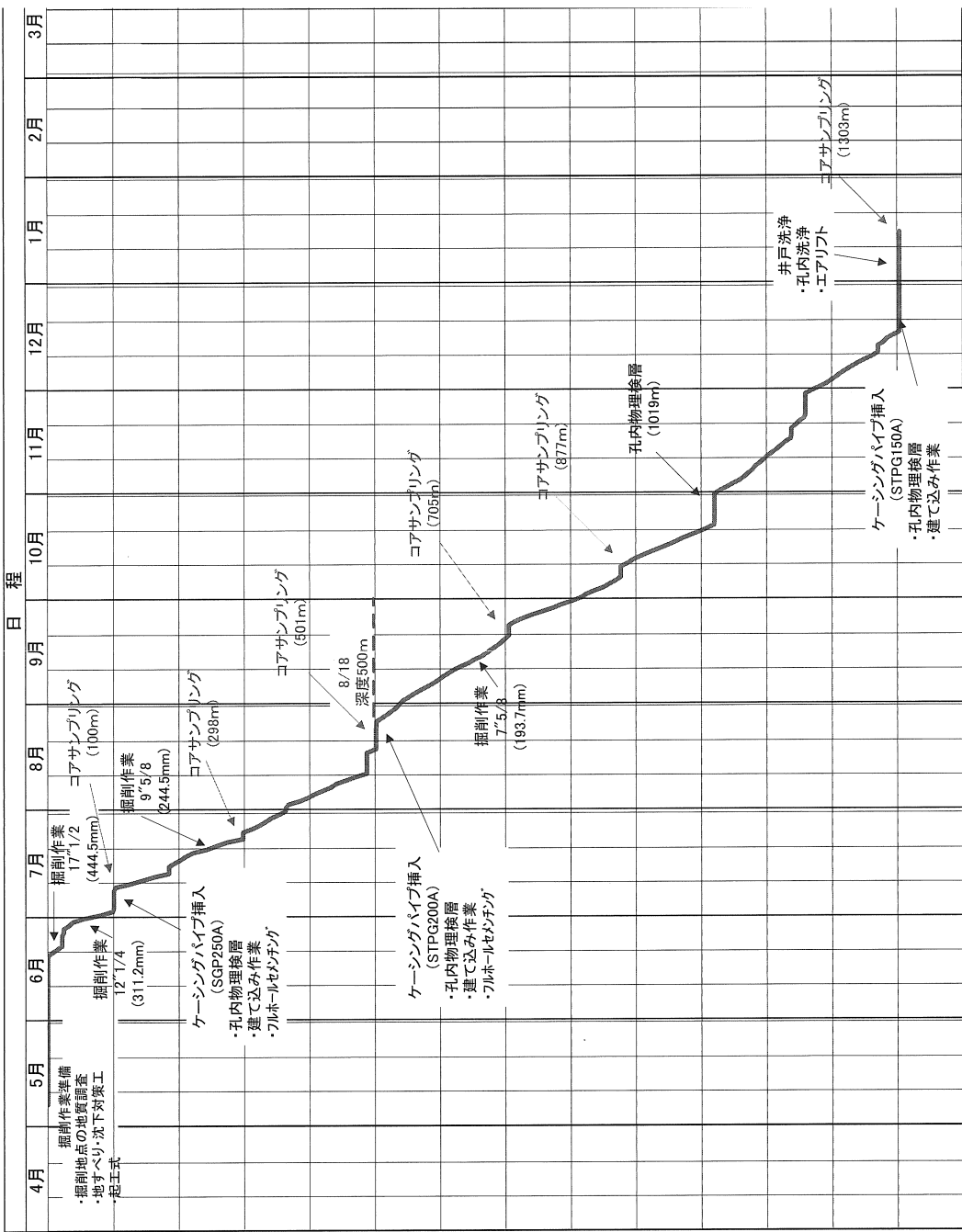
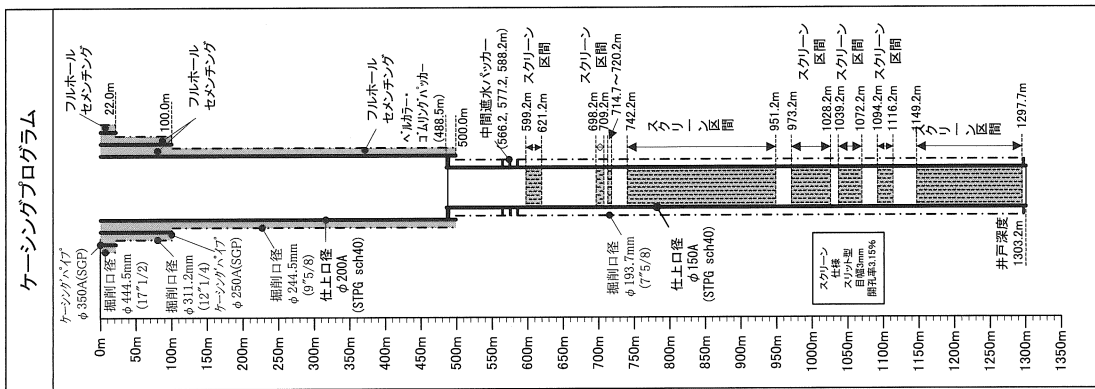


図3 掘削実績行程図



### 4.3 孔内検層結果

スクリーン位置を決定するための基礎資料を得る目的で、深度 100m、500m、1019m及び 1303mまでの掘削終了時に、計 4 回の検層を実施した。検層結果は、カットニングス・コアによって判断した地層構成と掘削状況とともに、図 4 に示した。

以下では、検層項目毎に特徴的な事項を取りまとめて述べる。

#### 比抵抗値

- ・ 比抵抗値は、ロングノルマルで  $20\Omega\cdot\text{m}$  から最大  $1050\Omega\cdot\text{m}$  程度の範囲にある。
- ・ 0～280m 区間は、 $20\sim 120\Omega\cdot\text{m}$  程度の低い比抵抗値を示す。孔内地質は主に安山岩・凝灰岩・凝灰角礫岩からなり、メシクニ層と判断されるが、風化変質ないしは地下水（塩水？）等が影響しているものと判断される。
- ・ 280～930m 区間は、 $50\sim 880\Omega\cdot\text{m}$  の比抵抗値を示し、前期白亜紀の礼文層群に属する内路層と判断される。変質安山岩質火山砕屑岩・ガラス質火山砕屑岩・安山岩質火山砕屑岩などで構成され、全体的に比抵抗値の変化が大きく、新鮮部と風化変質・断裂系変質部が互層状に発達しているものと思われる。
- ・ 930～1150m 区間は、最も高い比抵抗値を示す区間で、特に深度 1080m 付近で  $1050\Omega\cdot\text{m}$  と非常に高い値を示している。上位の区間と同様に比抵抗値の変化が大きい。珪質凝灰岩・淡緑色凝灰岩・凝灰質砂岩などからなり、礼文層群のアナマ層と考えられる。
- ・ 1150～1303m 区間では、1200m 以深が全体的に低い比抵抗値を示している。安山岩質火山砕屑岩～溶岩からなり、アナマ層と判断される。

#### 温度

- ・ 温度検層は、計 7 回実施したが、総合柱状図には 1019m まで掘削時と 1303m まで掘削時のデータだけを示す。
- ・ 温泉水採取のための仕上げ対象となる 500m 以深では、1019m 掘削時の検層で、深度 600～640m、890～920m の 2 箇所温度の変化が確認され、湯脈層と判断される。
- ・ 1303m 掘削時の検層では、深度 760～800m、1150～1170m の 2 箇所温度の変化が確認された。
- ・ これらの温度変化を示す部分のうち、逸泥箇所と一致する区間は、深度 890～920m と 1150～1170m の 2 箇所である。
- ・ 1303m 掘削終了 44 時間後の孔底温度は、 $57.6^{\circ}\text{C}$  を示した。

#### 自然放射能

- ・ 自然放射能検層は、ウラン・トリウム・カリウムなどが放出するガンマ線の強度を測定することによって、地層境界や断層帯の調査、および温泉・地下水などの湧出箇所の推定に用いられる。一般に、放射線量は断層・破碎帯および割れ目の多い岩盤で高く、緻密な地層では放射線の吸収が大きいため低い値を示す。
- ・ 本井の場合、地層境界との対応が比較的明瞭に認められ、高比抵抗値部で高く、低比抵抗値部で低くなっている。

#### 4.4 仕上げ作業

検層結果と掘削時の逸泥状況から選定したスクリーン位置を、表4に示す。

表4 スクリーン位置

設置深度 (G L - m)	スクリーン長 (m)	地層名
599.2~621.2	22.0	内路層
698.2~709.2	11.0	同上
714.7~720.2	5.5	同上
742.2~951.2	209.0	内路層+アナマ層
973.2~1028.2	55.0	アナマ層
1039.2~1072.2	33.0	同上
1094.2~1116.2	22.0	同上
1149.2~1297.7	148.5	同上
総延長	506.0	礼文層群

ケーシングパイプおよびスクリーンパイプを挿入後、泥水を排除し、現在エアリフトによる揚湯洗浄を継続中である(平成20年1月10日現在の状況は、揚湯量80L/分で揚湯温度39.6℃)。

#### 文献

長尾捨一・秋葉 力・大森 保 (1963) : 5万分の1地質図幅及び説明書, 礼文島. 北海道開発庁, 43P.



# 講 演

ボーリング先端の位置計測  
—システムの開発と適用事例及び今後の展開—

株式会社 エーティック

日向 洋一・共 放鳴・高 栄麗  
釣賀 雅人・舟田 幸太郎



# ボーリング先端の位置計測

## － システムの開発と適用事例及び今後の展開 －

(株) エーティック 日向 洋一・共 放鳴・高 栄麗  
・釣賀 雅人・舟田 幸太郎

### 1. はじめに

NATM の先受け工法の長尺化<sup>1) 2)</sup> や耐震補強の斜杭などの施工において、ボーリング先端の位置計測、削孔方向制御などの高精度な施工技術の開発が求められている。ボーリング先端の位置計測にはジャイロや地磁気センサを応用したものが用いられているが、それらには課題がある。ジャイロは高価で取扱いが難しく、土木現場には不向きである。また、地磁気センサは計測精度が低く、磁性体が存在する場所では使用不可となる。

そこで、筆者らはセンサの低価格化、計測精度と施工性の向上を目的とし、加速度センサと回転角度センサ、位置解析技術を応用して、ボーリング先端の位置計測についての技術開発を行った。本報告ではシステム、実証試験結果、適用事例及び今後の展開について報告する。

### 2. 位置計測システム

#### 2.1 システムの構成

孔曲りセンサは、直径 60mm (計測口径 79mm)、長さ 2.0m の棒状のセンサ (写真-1) であり、計測方法は、ボーリング孔内へ口元からロッドで先端まで押し込み、1.5m のピッチで引抜きながら計測するものである。

計測原理は、図-1 に示すとおりである。ピッチ角とロール角は、加速度センサを用いて検出し、ヨー角は回転角度センサで検出する。これらの 3 つの角度を解析することにより、ボーリング後端を基準とした先端点の位置が計測できる。

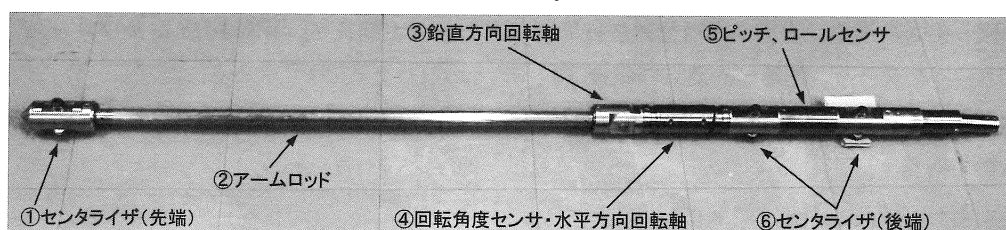


写真-1 孔曲りセンサ

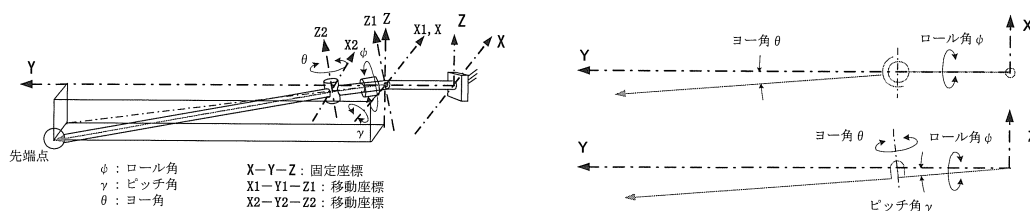


図-1 計測原理



孔曲りセンサの先端部に CCD カメラ (写真-2) を内蔵することができる。これにより、ボーリング先端の削孔ビットの方向が確認でき、制御削孔における削孔ビットの方向調整にも適用が可能である。

計測システムは、孔曲りセンサ本体、システム機器により構成した (写真-3, 図-2)。

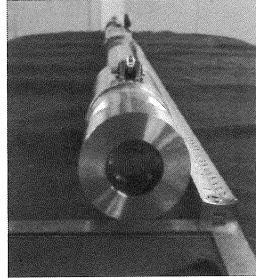


写真-2 CCD カメラ

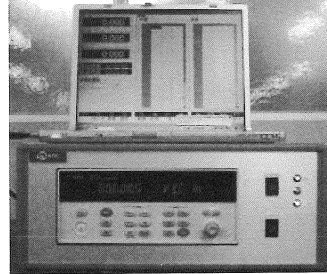


写真-3 システム機器

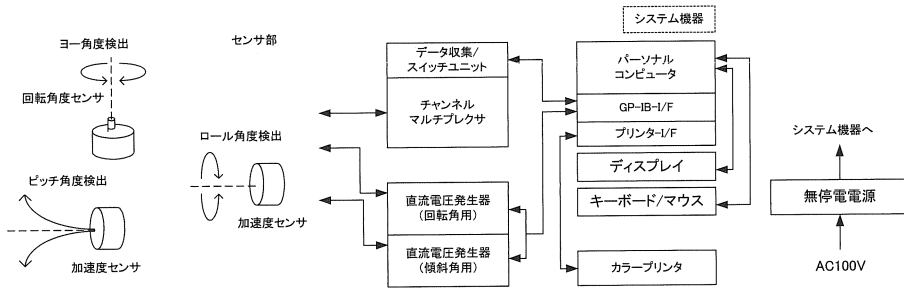


図-2 計測システムの構成

## 2.2 位置解析原理

図-3 に示すのは水平面内の位置解析原理である。固定腕長  $L_1$ 、回転腕長  $L_2$  及びヨー角  $\theta_i$  より  $\alpha_i$  を求める。先端の計測点の座標  $(X_i, Y_i)$  は式(1)と式(2)で求める。ただし、 $X_{i-1}$  と  $Y_{i-1}$  は原点の座標、 $X_i$  と  $Y_i$  は計測点座標であり、 $h_i$  と  $w_i$  は原点と計測点連結線  $L_{3i}$  の X 軸と Y 軸の射影である。

$$X_i = X_{i-1} + h_i = X_{i-1} + L_{3i} \cdot \sin \Sigma \alpha_i \quad (1)$$

$$Y_i = Y_{i-1} + w_i = Y_{i-1} + L_{3i} \cdot \cos \Sigma \alpha_i \quad (2)$$

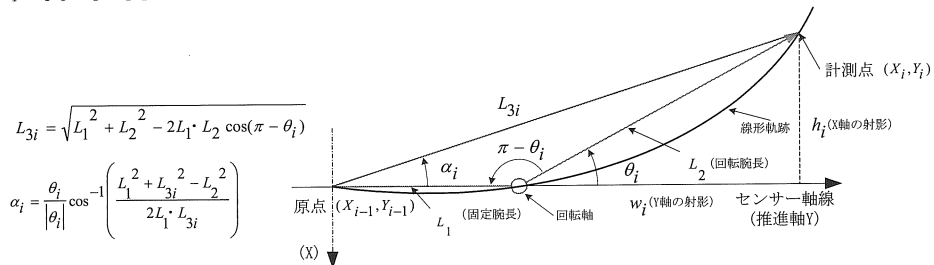


図-3 位置解析原理

### 3. 実証試験

#### 3.1 ラボ試験

地中に削孔されたボーリング孔を想定し、塩ビパイプφ77mmを使用して模擬孔内線形を作成する。挿入用ロッドを用いて孔曲りセンサを先端まで押し込んだ後、1.5mのピッチで管口元まで引抜きながら計測を行った。計測データは、予め3次元トータルステーション(TS)で計測したデータと比較し検証を行った。図-4にラボ試験結果の1例を示す。実証試験で用いた座標は測量座標であり、推進方向はX軸、ヨー方向(水平方向)はY軸、鉛直方向はZ軸とした。

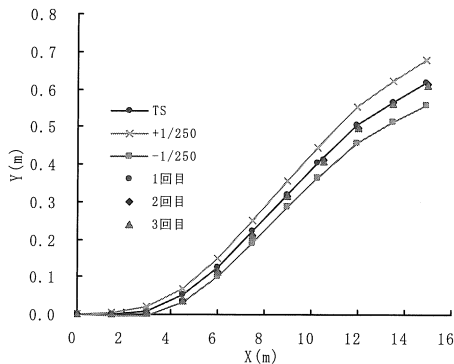
(1)水平方向(Y方向)

- ・緩カーブ：最大誤差は8mm、計測データのバラツキ幅は5mm。
- ・急カーブ：最大誤差は35mm、計測データのバラツキ幅は9mm。

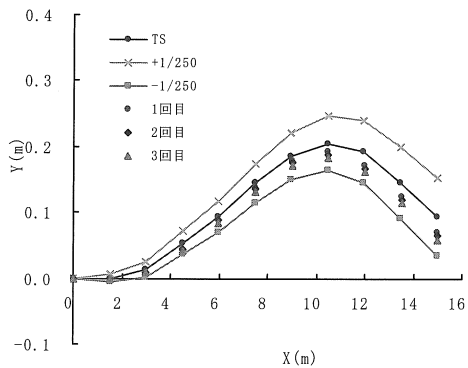
(2)鉛直方向(Z方向)

- ・下り勾配：最大誤差は27mm、計測データのバラツキ幅は1mm。
- ・上り勾配：最大誤差は11mm、計測データのバラツキ幅は1mm。

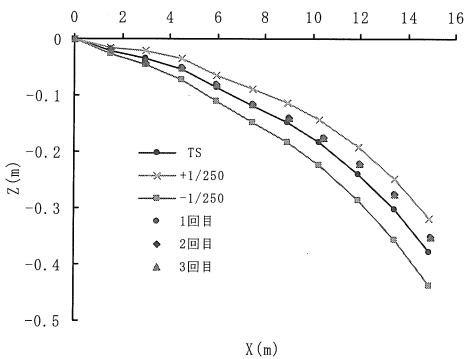
各方向の計測誤差は、計測距離に対し、水平方向1/500(2/1,000)以内、鉛直方向1/1,000以内であり、結果よりセンサの精度・再現性は高いことが実証された。



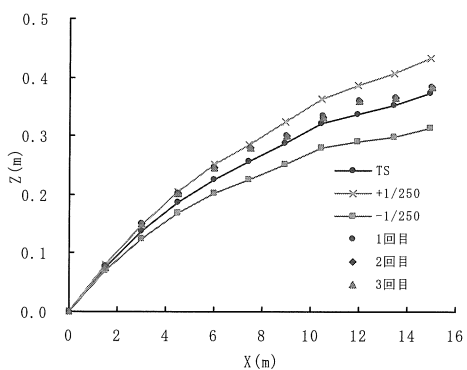
(a) 水平方向, 緩カーブ



(b) 水平方向, 急カーブ



(c) 鉛直方向, 下り勾配



(d) 鉛直方向, 上り勾配

図-4 ラボ試験結果

### 3.2 現地試験

次に流動化処理土を使用して圧縮強度  $1\text{N}/\text{mm}^2$  程の土丹層に相当する模擬地盤を作成し、削孔延長  $10\text{m} \cdot 25\text{m} \cdot 50\text{m}$  で計測精度、施工性などを検証した<sup>2)</sup> (写真-4)。

計測方法はラボ試験と同様であるが、数 m 削孔後から所定の間隔で計測を行い、孔口部の座標と孔の方位はレーザ計測を用いて確認した (写真-5)。

図-5 は、50m 削孔試験計測結果の一例である。

水平方向の終点は左方向への曲りを示し、鉛直方向の終点は下向きを示した。

削孔到達側において、計測終点と削孔終点の差を求め、計測精度を検証した。図-6 は削孔終点と計測終点の位置関係を示し、水平方向の誤差は  $108\text{mm}$ 、鉛直方向の誤差は  $30\text{mm}$  であった。この結果より計測精度は、削孔延長距離  $51.5\text{m}$  に対し水平方向は、 $2/1,000$ 、鉛直方向は  $5/10,000$  であった。この誤差の違いは、鉛直方向は、直接計測しているのに対し、水平方向は、センサユニットの曲り角度から解析で求めているため、鉛直方向より大きな誤差を示していると考えられる。

この結果をラボ試験結果と比較してみると、計測延長がラボ試験の計測延長より長いため、分割計測回数が増し累積誤差が増す傾向を示している。

計測所要時間は削孔延長距離  $51.5\text{m}$  で30分以内であり、平均計測速度は  $0.8$  分/ $1.5\text{m}$  であった。

以上のように、ボーリング先端の位置計測システムは、実用性が高いことが検証された。

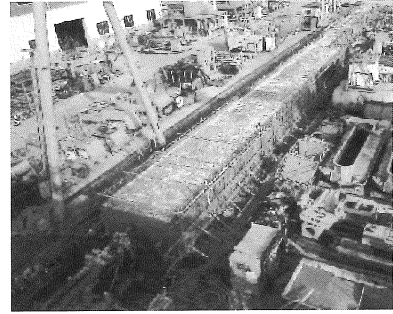


写真-4 実証試験状況



写真-5 到達側の状況

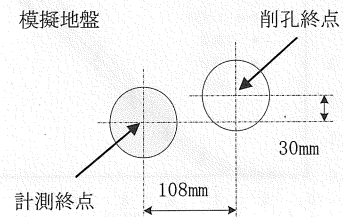


図-6 到達側の計測精度

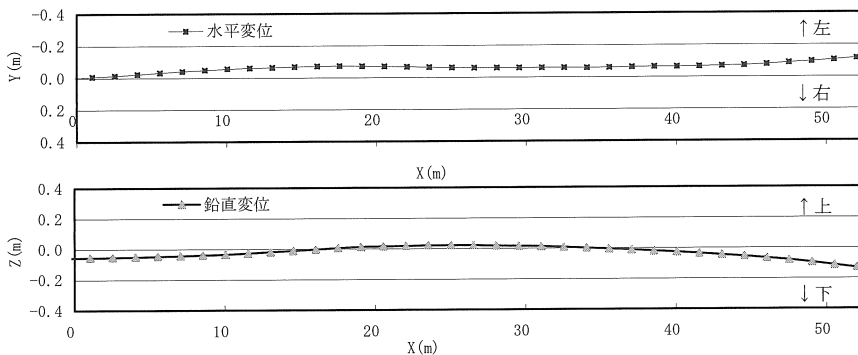


図-5 50m の計測結果

## 4. 適用事例

### 4.1 トンネル補助工法(薬液注入工法)

トンネル工事の薬液注入工において、筆者らが開発したボーリング先端の位置計測システムを用いてボーリング孔の先端位置を正確に計測する。その結果をもとに削孔精度（注入孔の孔曲り）を把握して薬液注入が行われた事例がある（図-7）。

このような計測を行った背景は、30mを超えるような注入孔の直進性に対する疑問があり、ボーリング孔の先端が管理基準値（1/100 程度）より曲った場合には改良効果の低下が考えられた。そこで、ボーリング孔の先端位置を計測し、その結果、管理基準値を超えた場合、再削孔する方法で施工が進められた。

ボーリング先端の位置計測システムは、安価・短時間（15分程度）で容易に計測できるため、計測結果をもとに迅速な削孔精度の管理が可能となり、薬液注入工法の品質確保に寄与できたと考える。

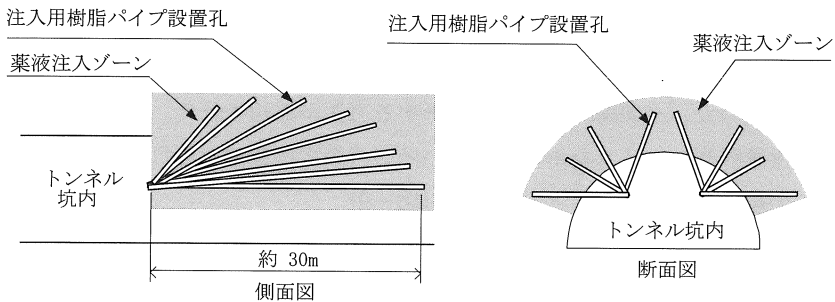


図-7 薬液注入工法への適用

### 4.2 トンネル先進ボーリング

変質岩の分布地域における道路トンネル施工において、既設導水路トンネルと交差する地点の先進ボーリングを実施する際に、既設トンネルへの影響を回避する目的で孔曲り計測を実施した。既設導水路トンネルとの関係は、鉛直離隔約12m、平面交差角度約25°である<sup>3)</sup>(図-8)。

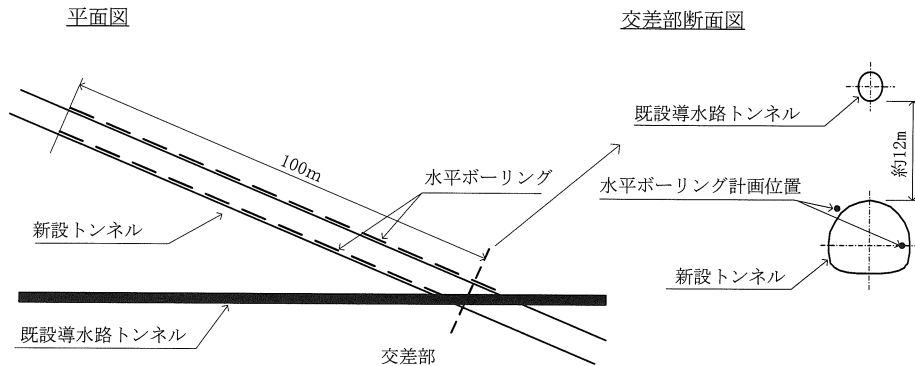


図-8 調査ボーリング模式図

当該箇所の地山は熱水変質作用を被った変質岩が分布し、硬質な部分と脆弱または軟質部が混在することから、特に先進ボーリングの孔曲りが懸念された。したがって、地質構造を推定するため、また、既設導水路トンネルへの影響を回避するためにも、先進ボーリングの調査位置を正確に把握することが重要であった。

この孔曲り計測の結果、先進ボーリング孔の先端位置と孔曲りの方向が明らかになり、既設導水路トンネルとボーリング先端の離隔距離を把握することにより近接施工に伴う危険性を回避することができた。

#### 4.3 大深度長距離シールドマシンの到達誘導システム<sup>4)</sup>

本システムをシールドトンネルと山岳トンネルの地中接合施工に適応したことがある。本施工箇所では、シールドトンネル（延長 4,036m）を既設山岳トンネル（延長 3,000m）に地中接合し貫通するので、シールドマシンの正確な位置の把握が必要とされたが、シールド延長が長く、土被りが 65m と深いため、地上からのボーリングによるシールド機の位置確認は困難であった。

そこで、到達時のマシン誘導システムとして、AE センサ内蔵の検知パイプを地中接合部に設置し、シールド機のカッタ切削音を検知・解析する方法が採用された。筆者らが開発したボーリング先端の位置計測システムを用いて検知パイプの設置位置確認を行った結果、マシン到達誘導システムの精度向上を図ることができた（図-9）。

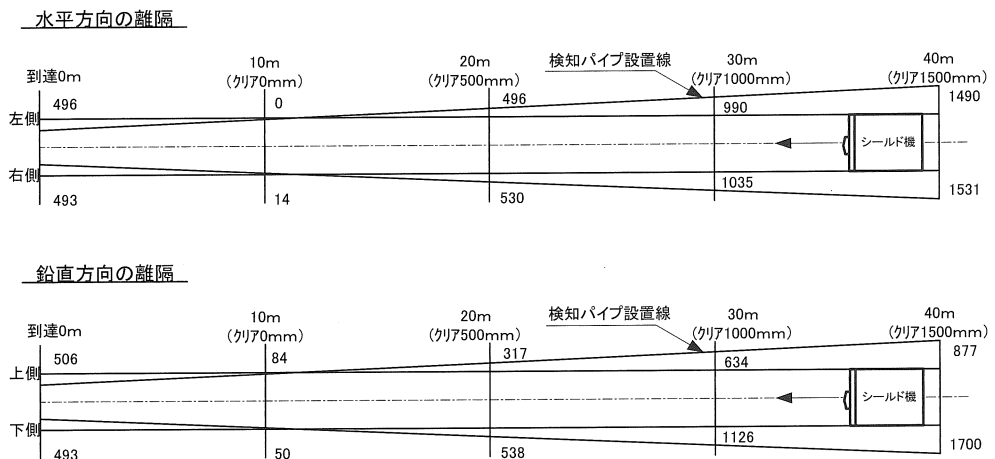


図-9 検知パイプ計測結果

#### 4.4 AGF 工法の超長尺化<sup>1)2)</sup>

近年、都市部における土被りが小さいトンネル工事に NATM が採用される事例が増えており、補助工法としての先受け工法の採用が考えられる。

従来、12.5m 程度の長さの先受け工が一般的に施工されている。しかしながら、これらの先受け工は削孔中の方向制御は行わないため、30m を越えるような長尺の施工に対しては精度の低下が危惧され、一般的ではなかった。

本工法は、ボーリング先端の位置計測システムを用いて、削孔中にボーリング先端の位置を高精度に検知し、その結果をもとに計画線に対して方向制御できる先受け工法である。その結果、50m級の超長尺先受け工法が可能となった（図-10、写真-6）。

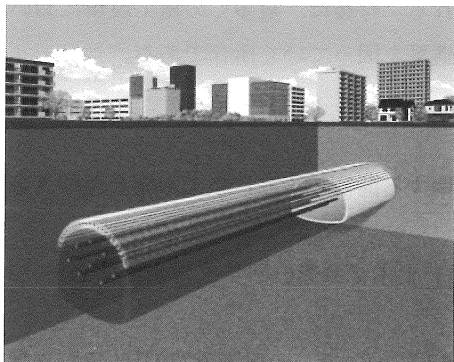


図-10 AGF 工法の超長尺化

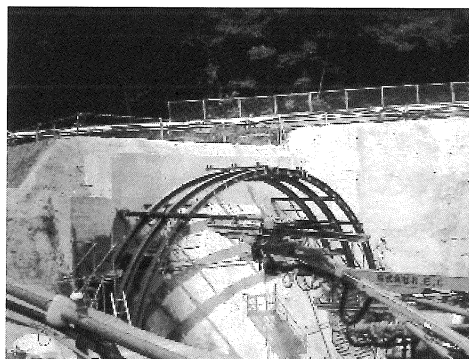


写真-6 AGF 工法の超長尺化施工状況

## 5. 今後の展開

近年、急曲線（最小曲率半径 25m 程）の高精度削孔技術を用いた既設構造物や施設の直下、背面の地盤改良工法や汚染地盤の浄化工法の技術開発が活発に行われている。この工法の用途は、①既設構造物直下の地盤改良（橋梁、ケーソン、下水処理場等）、②稼働中の構造物直下の地盤改良（空港、マンション等）、③構造物直下の汚染土壌の浄化（工場、ガソリンスタンド等）である。

これらの工法では、既設構造物や土中の障害物を避けながら最小曲率半径 25m 程で削孔する技術が求められており、高精度の制御技術、ボーリング先端の位置計測の開発が必要である（図-11）。

本稿で紹介した「ボーリング先端位置の計測技術」は基本的には直線削孔用に開発したものであり、急曲線の計測には対応していないのが現状である。

そこで、今後は、最小曲率半径 25m 程の急曲線に対応した小口径（φ50mm 程）のボーリング先端の位置計測技術の開発を進めていく予定である。

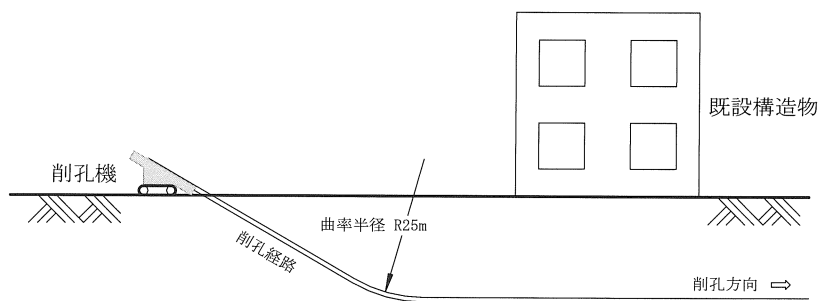


図-11 削孔経路

## 6. おわりに

以上のように，加速度計・回転角度センサ，位置解析技術を応用したボーリング先端の位置計測システムの技術開発を行った。本技術開発により，孔曲り計測技術の高精度化，低価格化及び施工性の向上に寄与することができたと考えられる。今後は，数多くの施工現場において実績を重ね更に高精度かつ施工性の良いシステムの構築を図っていく所存である。

## 引用・参考文献

- 1) 池田建太郎, 河野重行他：「AGF 工法の超長尺化に関する開発」平成17年土木学会全国大会第60回年次学術講演会講演概要集, 2005
- 2) 西村, 木内他：「トンネル超長尺先受け工法の開発」土木学会第61回年次学術講演会, pp. 345～346, 2006. 9.
- 3) 荒野広, 甲斐明他：「既設導水路トンネルとの近接施工について 一般国道230号虻田町青葉トンネル（仮称）工事報告」2005 トンネル技術研究発表会, 2005
- 4) 米山利行, 森俊之, 渋谷光男他：「AE による大深度シールドマシン到達誘導システム」平成14年土木学会全国大会第57回年次学術講演会講演概要集, 2002

# 講 演

泥水に対応できる孔内観察システムの適応例

株式会社 レアックス

富浦 裕司





# 泥水に対応できる孔内観察システムの適応例

(株)レアックス

富浦 裕司

## 1. はじめに

ボーリング孔内状況の観察ツールとしては、主にボアホールカメラが用いられるが、孔内水が清水であることが観察の前提条件となり、洗浄しても濁りが取れない場合や泥水掘削孔では観察できない。そのため、洗浄に時間をかける必要や沈殿剤による沈降待ちなどにより、現場作業が非効率になる上、結果的に観察できない場合もある。

今回、従来のボアホールカメラとアタッチメントで代替可能な超音波スキャナーを使用することにより、泥水条件下でも岩盤状況の可視化技術を開発した。

本報告では、超音波スキャナーを使用した、現場での適応例を紹介する。

## 2. 超音波スキャナーの特徴

### (1) データ取得方法

1MHzの超音波を360°円周方向に発信し、反射波の強度と受信時間の2つのパラメーターにより孔壁の全周イメージを取得する。データの取得は、プローブ内で発信機、受信機を回転させながら降下させ、ヘリカル(螺旋)にスキャンすることにより、孔壁のイメージを取得する。

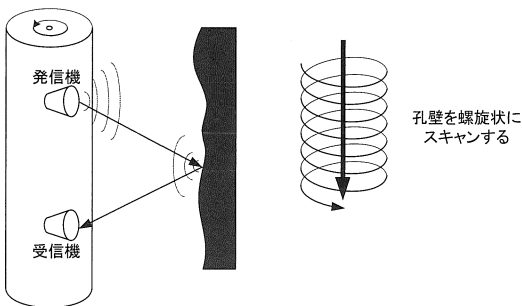


図-1. データ取得イメージ

### (2) 取得データの特徴

取得されるデータには、到達時間 (Travel time) データと反射強度 (Amplitude) データがある。到達時間データは、超音波が孔壁などの対象物に反射し、帰ってくるまでの時間をデータ処理し、反射強度データは、受信した反射波の振幅強度をデータ処理したものとなる。

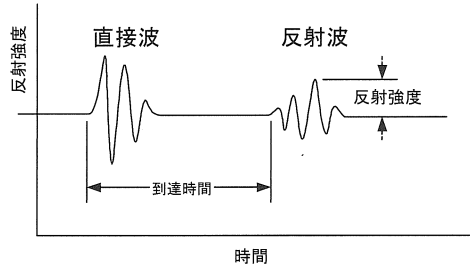


図-2. 取得データの原理

### (3) 装置仕様

動作温度：プローブ、コントローラーとも0°～40°

電源：AC100V

適用孔径：φ54～300

計測深度：標準200m

オペレーション：専用ノートPC

データ記録：ハードディスク

計測装置写真を以下に示す。

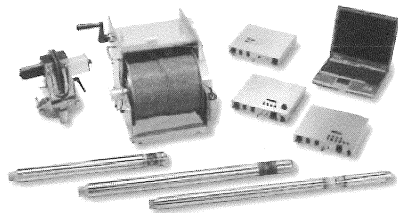


図-3. 計測装置

### (4) 波形取得キャリブレーション

超音波スキャナーで、データを取得するには、孔径、岩種、岩質 (硬軟) など孔内状況の違いにより、超音波強度、データ取得範囲などのパラメーターの設定が必要となる。そのため、プローブを孔内に吊り下げた状態でパラメーターの設定を行う。設定画面を以下に示す。

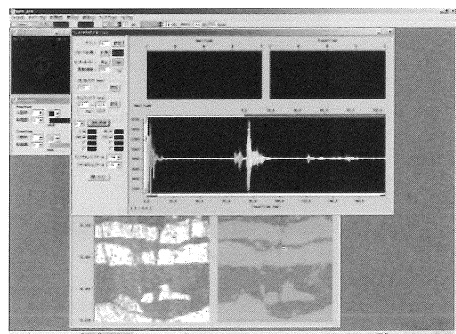


図-4. パラメーター設定画面

### 3. 現場適応例

#### (1) 事例1

##### ① 調査地の概要

調査対象地は、地すべりブロックが存在しており、すべり面の位置と不動岩盤の確認のため調査ボーリングを実施し、ボーリング調査の補完として超音波スキャナーを実施した。

調査ボーリングは、掘進長30.00mで、超音波スキャナーによる計測区間は、10.00m～30.00mである。計測区間のうち、10.00m～18.66m区間が蛇紋岩（一部泥岩を挟む）、18.66m～30.00m区間が泥岩（一部砂岩を挟む）である。

##### ② 計測データの画像処理

超音波スキャナーの反射波は、孔壁が硬質であれば強い反射を示し、粘土などの軟質であれば弱い反射を示す。展開画像上では、強い反射は淡色で示し、弱い反射は濃色で示した。（事例1、2ともに同様の画像処理とした。）

##### ③ 計測結果

超音波スキャナー画像の反射強度の違いから、移動土塊（主に蛇紋岩）と硬質岩盤（主に泥岩）の境界（深度：23.24m）が特定でき、23.24m以深を不動岩盤と推定することができる。

また、読み取れた走向傾斜から、移動土塊（10.00～23.24m）区間は北落ち傾斜、硬質岩盤（23.24～30.00m）区間は西落ち傾斜が卓越することが分かる。

測定区間のうち、不動岩盤と推定した区間の超音波スキャナー画像を以下に示す。

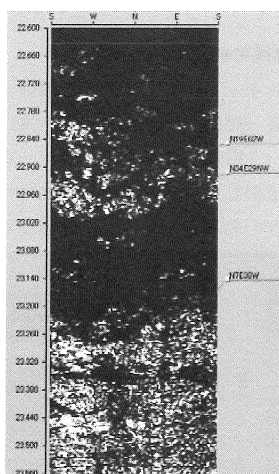


図-5. 計測データ（事例1）  
（26.40m～27.30m 区間）

#### (2) 事例2

##### ① 調査地の概要

調査対象地は、古い地すべり地形が推定されており、擁壁の押し出しなどの変位が確認されているため、調査ボーリングを実施し、ボーリング調査の補完として

超音波スキャナーを実施した。

調査ボーリングは、掘進長11.75mで、超音波スキャナーによる計測区間は、2.00m～7.50m区間である。計測区間のうち、2.00m～5.00m区間が礫質土、5.00m～5.50m区間が岩片混じり粘性土、5.50m～7.50m区間が硬質頁岩である。

##### ② 計測結果

調査対象区間のうち、礫質土と粘性土の境界面、粘性土と頁岩の境界面を特定することは難しい。ただし、礫質土区間、粘性土区間とも礫と基質の差は確認できた。（弱反射の中に、強反射部分が点在している。）すべり面については、6.50m付近から反射が強くなっており、6.50m以浅を移動土塊と推定することができる。

測定区間のうち、移動土塊と推定した区間の超音波スキャナー画像を以下に示す。

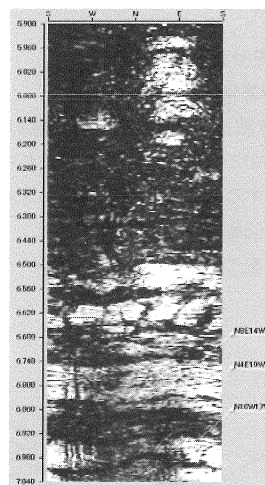


図-6. 計測データ（事例2）  
（5.90m～7.04m 区間）

### 3.まとめ

今回紹介した2事例から、超音波スキャナーは、泥水掘削孔の孔内状況を判別でき、地すべり調査に有効と思われる。今後、計測事例を増やすことにより、適応条件を確立していきたい。

また、本報告では、反射強度のデータを用いて孔壁展開画像を作成することによる岩盤状況の把握（ステレオネット等の統計処理も可能）に主眼を置いて報告した。

将来的には、到達時間（Travel time）データを用いたキャリパー検層などにも応用範囲を広げていきたい。

# 講 演

泥水コントロール掘削用透水・採水複合試験ツールの開発

財団法人 電力中央研究所 地球工学研究所  
宮川 公雄 ・ 木方 建造

株式会社 レアックス  
金内 昌直



# 泥水コントロール掘削用透水・採水複合試験ツールの開発

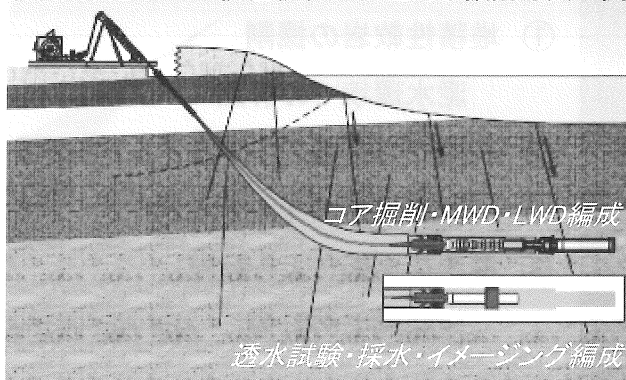
電力中央研究所 宮川 公雄 木方 建造  
レアックス 金内昌直



1

## コントロール掘削の概念と目的

目標：沿岸地域の堆積性軟岩の合理的な掘削方法の開発



経済産業省受託研究「ボーリング技術高度化調査」において実施（平成12年～18年）



2

## 水理試験装置の開発の必要性



### 必要性

コントロールボリングではコアによる岩盤の透水性、水質を評価するが、断層、割れ目箇所での透水性、水質は原位置(孔内)において取得することが必要

### 目的

泥水環境、水平掘削等のコントロールボリングの特性に適した水理試験器機の開発する

IR CRIEPI

3

## 水理試験器機の主な要求仕様

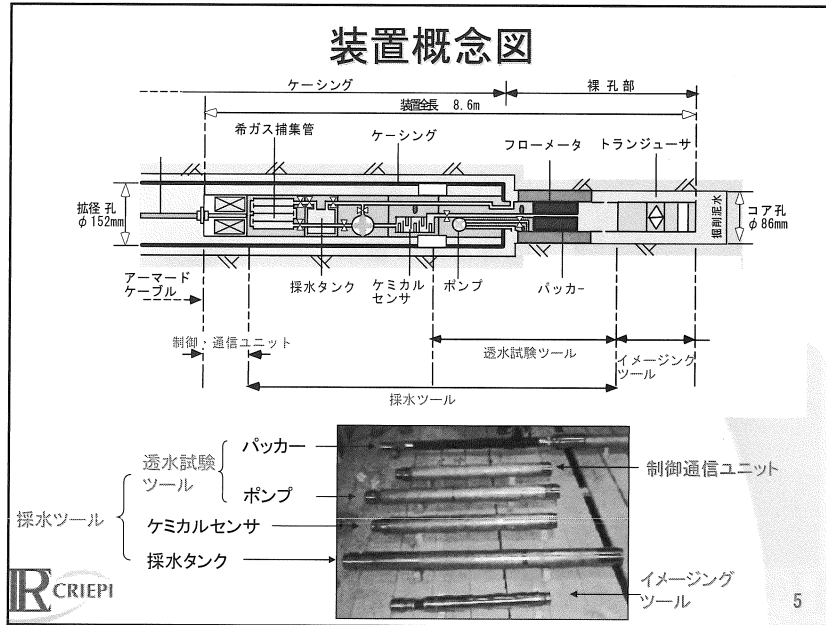


- ① 堆積性軟岩の掘削  
泥水環境での計測
- ② 孔内での掘削ズリ(スライム)の沈殿  
計測箇所のイメージング
- ③ 掘削の中断による計測  
短時間での計測 - one run in the hole -

IR CRIEPI

4

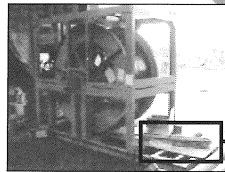
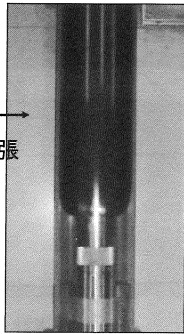
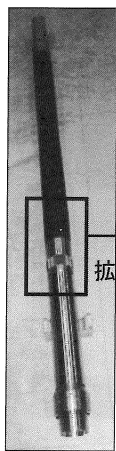
## 装置概念図



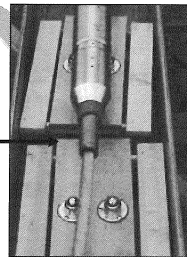
## I 泥水によるパッカー拡張

### 特徴

試験区間に存在する掘削泥水を用いてパッカーを拡張することが可能。地表から送水する必要がない。

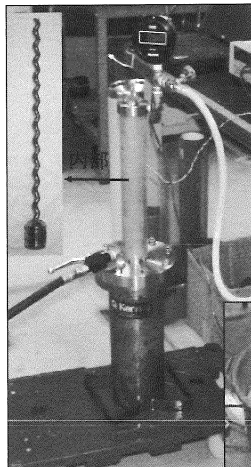


伝送ケーブル  
(送水ラインはない)





## II 内蔵ポンプを用いた透水試験および採水



### 用途

- ①パッカー拡張
- ②透水試験時の揚水
- ③採水時の揚水

### 特徴

泥水環境で耐久性が高く、微小流量制御が可能

### 泥水の特性

ベントナイト: 7-10%

比重: 1.06

粘性:  $1\text{cp}=0.001\text{kgf/m}\cdot\text{s}$

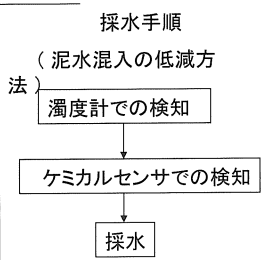
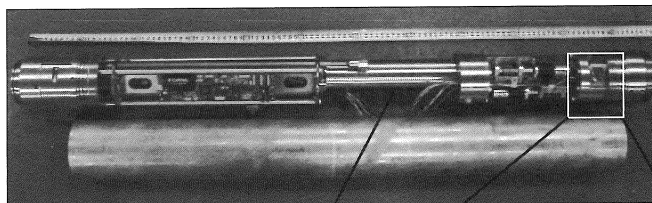
+

スライム(掘削屑): 5%

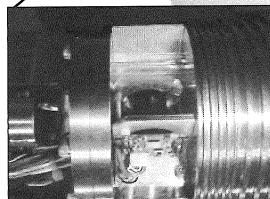
IR CRIEPI

7

## III 採水における泥水の排除



ケミカルセンサー  
(T, Ec, O<sub>2</sub>, pH, ORP)



濁度計  
(光学カメラ)

IR CRIEPI

8

## IV イメージングツールの特徴

特徴：泥水中での孔壁の観察、割れ目分布の観察

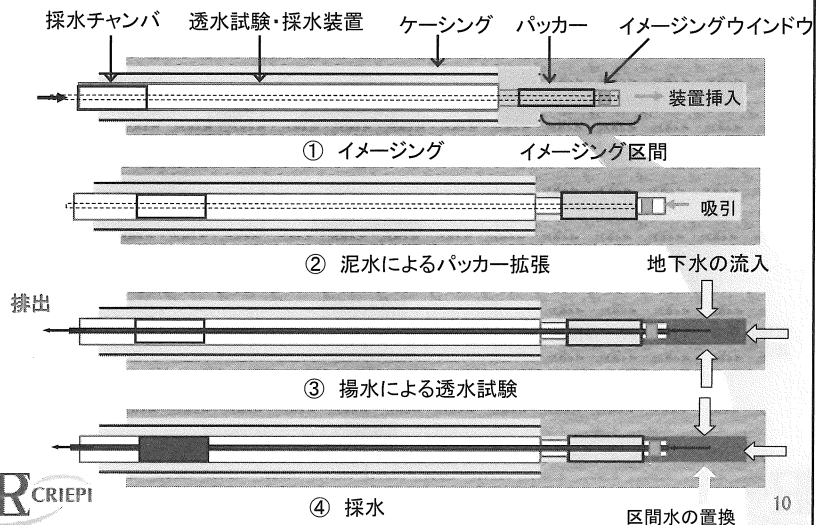


- 音波周波数: 1MHz
- 横方向分解能 : 0.03mm  
精度 : 0.1mm  
(回転点数: 600rpm 孔径152mm)
- 縦方向分解能 : 0.5mm  
精度 : 1.5mm  
(降下速度1cm/s 掘削機押し)
- 映像処理 : 360孔軸展開
- 出力映像 : Amplitude  
: Travel Time  
: 3D Core Image

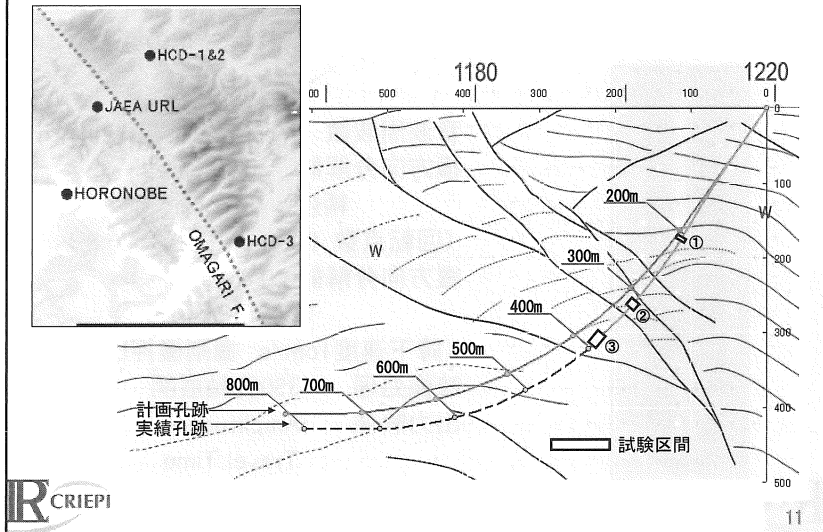
IR CRIEPI

9

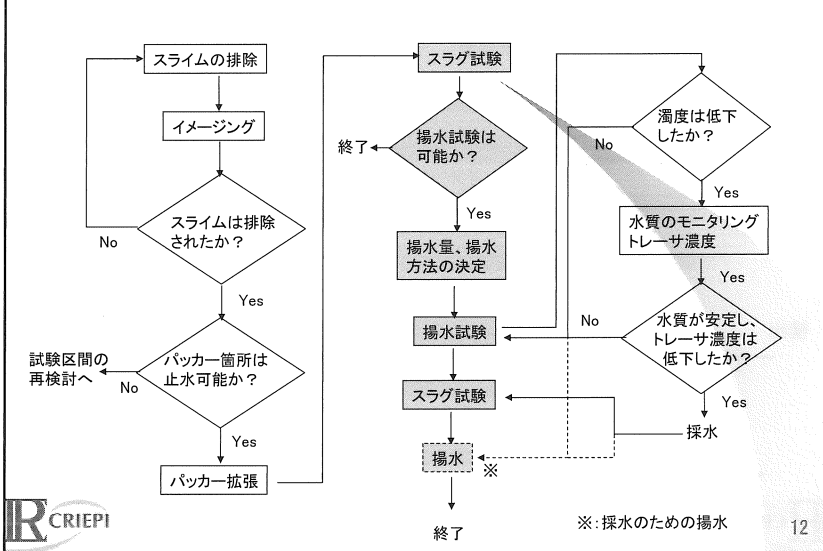
## V 透水試験・採水の連続実施



## コントロールボーリング孔:HCD-3の例

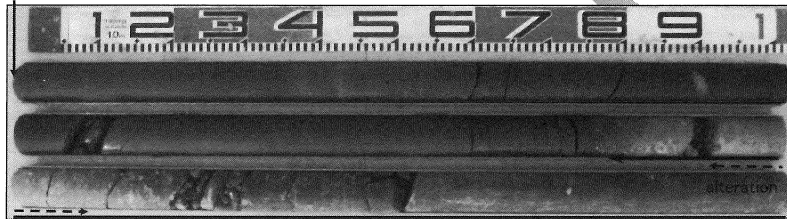


## 透水試験、採水のフロー



# 試験区間の地質

207m



↑  
逸水

試験区間

210m

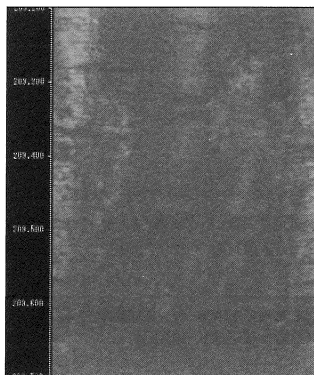


13

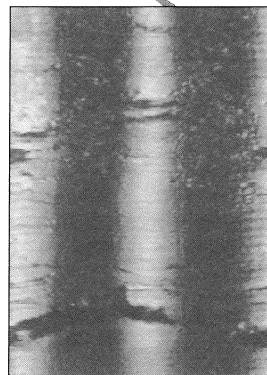
# 孔内スライムの除去の確認

掘削装置によるコア孔  
のスライムの除去

試験装置を用いた洗浄  
とイメージングによる確認

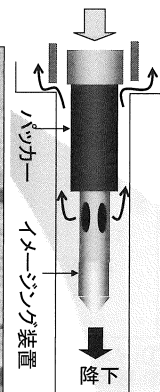


洗浄前



洗浄後

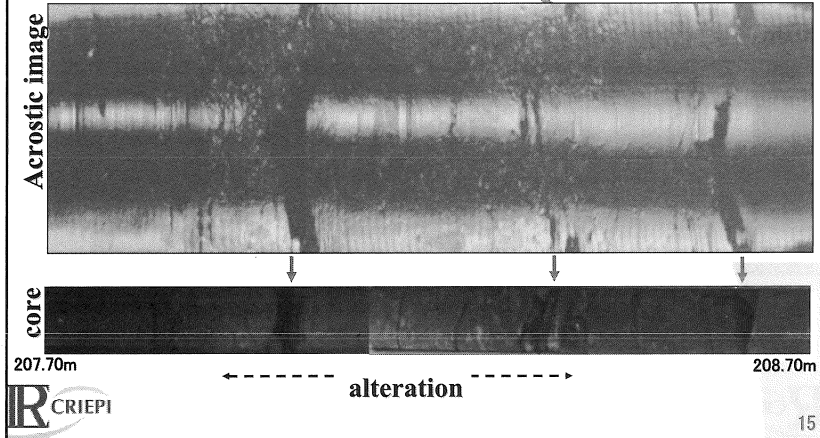
泥水の送水



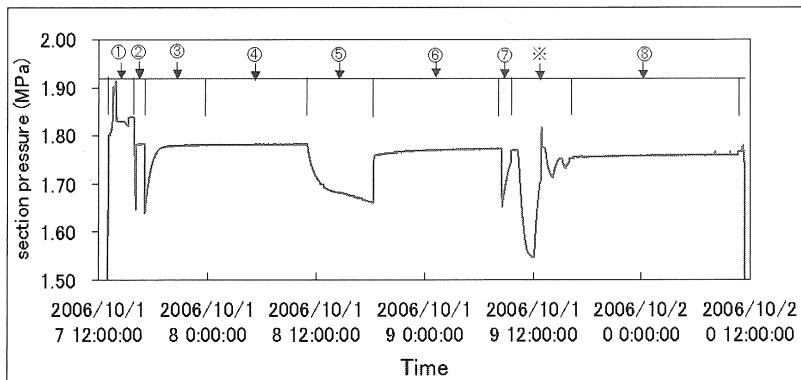
14

## 試験区間のイメージング

- 試験箇所及びパッカー箇所の孔壁状況の確認  
(パッカー箇所の止水性、スライムの存在)
- 地質状況の確認(断層と調和的な方向の割れ目群)

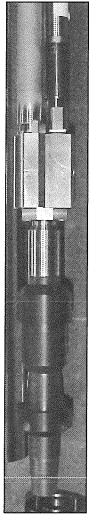


## 透水試験 & 採水



- ①: イメージング、パッカー拡張 ②: 間隙水圧測定 ③: スラグテスト ④: 間隙水圧測定  
 ⑤: 揚水試験(揚水フェーズ) ⑥: 揚水試験(回復フェーズ) ⑦: スラグテスト ⑧: 採水  
 ※ 揚水によるガス遊離

# 透水試験結果



## 間隙水圧

掘削距離 (m)	208.94 - 210.50	317.74 - 328.00	371.60 - 400.00
鉛直深度 (m)	175.59 - 176.92	262.98 - 270.59	301.26 - 320.16
被圧(m)	- 5.46	26.99	43.10

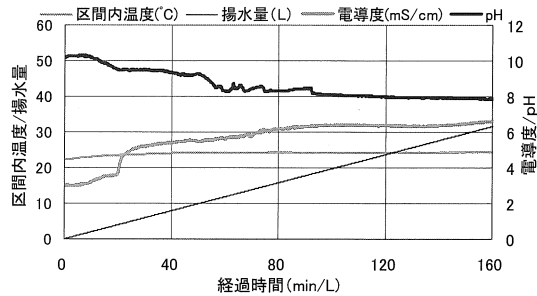
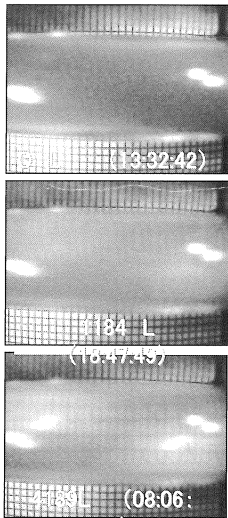
## 透水係数

試験方法	スラグテスト 1st	揚水試験 揚水フェーズ	揚水試験 回復フェーズ	スラグ試験 2nd
解析方法	Hvorslev	Jacob	Agarwal	Hvorslev
投水計数 (m/sec)	$1.9 \times 10^{-6}$ ~ $2.3 \times 10^{-6}$	$8.7 \times 10^{-7}$ ~ $2.3 \times 10^{-6}$	$6.8 \times 10^{-6}$	$1.6 \times 10^{-6}$ ~ $1.9 \times 10^{-6}$

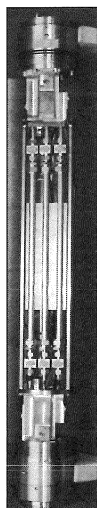


17

# 採水における水質モニタリング



18



## 採水における掘削水の影響

トレーササンプル名	トレーサ濃度				
	掘削泥水	20.0ppm			100%
採水サンプル( 540m )	182 ppb			0.93%	
揚水後の孔内水	3.12 ppm			15.6%	
希ガスサンプル名	<sup>4</sup> He (ccSTP/g)	<sup>3</sup> He/ <sup>4</sup> He	Netot (ccSTP/g)	<sup>40</sup> Ar/ <sup>36</sup> Ar	<sup>40</sup> Ar/ <sup>36</sup> Ar
コアサンプル304.17~26	4.964E-6	7.152E-7	1.018E-7	3.344E+2	1.544E+3
コアサンプル304.17~35	4.660E-6	7.373E-7	7.713E-8	3.191E+2	1.567E+3
採水サンプル( 540m )	5.907E-6	7.575E-7	4.040E-7	2.872E+2	1.518E+3
揚水後の孔内水	2.833E-6	1.235E-6	3.315E-6	2.984E+2	1.685E+3
掘削泥水(H15年度)	1.570E-6	1.251E-6	7.403E-7	2.594E+2	4.520E+3

## まとめと今後の研究

### まとめ

- コントロールボーリング用の水理試験機器を開発
- ⇒ 掘削途中で合理的な水理試験を行うため、泥水環境、水平孔で適用可能な試験機器を開発
- ⇒ 原位置試験による適用試験を実施

### 今後の課題

- ⇒ 低透水性岩盤への対応可能なツール、短区間の試験を行うためのダブルパッカーシステムの開発

# 講 演

土壌・地下水汚染の調査手法について  
(土壌汚染対策法に基づく調査)

協同組合 地盤環境技術研究センター(GETReC)  
北海道支部

和田 哲





## 土壌・地下水汚染の調査手法について (土壌汚染対策法に基づく調査)

協同組合 地盤環境技術環境センター 北海道支部  
和田 哲 (所属：(株) レアックス)

### 1. 土壌汚染対策法

- ◆ 2002年(平成14年)5月制定、2003年2月15日施行
- ◆ 目的：「土壌の特定有害物質による汚染の状況の把握に関する措置及びその汚染による人の健康に係る被害の防止に関する措置を定めること等により、土壌汚染対策の実施を図り、もって国民の健康を保護することを目的とする。」
- ◆ 特定有害物質：第1種特定有害物質(揮発性有機化合物11項目)  
第2種特定有害物質(重金属等9項目)  
第3種特定有害物質(農薬等5項目)
- ◆ 土壌汚染とは

◇ 土壌汚染とは 地下水汚染とは  
土壌環境基準、地下水環境基準を超過した状態。  
(ただし、自然的原因によるものは除く)

◇ 環境基準のレベルは  
人の健康を維持する上で望ましいレベル。  
飲料水の基準とほぼ同じ。

◇ 飲料水の基準の考え方は  
一生飲み続けても病気になる確立が10万人に1人、  
或いは100万人に1人のレベル。(発がん性)

- ◆ 調査対象となる土地
  - ① 有害物質を取り扱っていた特定施設(水質汚濁防止法)が廃止された土地(法第三条調査)
  - ② 都道府県知事が土壌汚染によって人の健康に被害が及ぶおそれがあると認めた土地(法第四条調査)

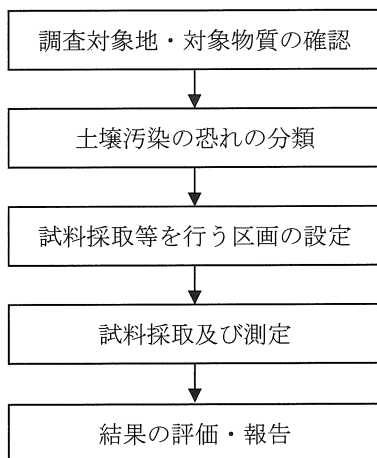
※実際に行われている調査のほとんどは上記以外の自主調査である。(土地取引等に伴う調査等)

- ◆ 指定区域の指定  
調査の結果、土壌汚染が判明した土地については、都道府県知事が指定区域として公示する。
- ◆ 汚染の除去等の措置命令  
都道府県知事は指定区域の土壌汚染により健康被害が生じるおそれがあると認めるときは、土地の所有者等に対し措置命令をすることができる。

## 2. 土壤汚染状況調査（法による調査）

### 2-1. 調査手順

土壤汚染状況調査の手順を以下に示す。



※法の対象とならない自主調査（土地取引等に伴う調査等）では上記の手順とは別に一般に入手可能な資料等に基づき土地の汚染リスクを評価する調査（Phase I 調査と呼ばれる）が行われることが多い。

### 2-2. 調査対象地・対象物質の確認

#### ◆ 3条調査

調査対象地は廃止された特定施設に係る工場又は事業場の敷地すべて  
対象物質は使用していた特定有害物質およびその分解生成物

#### ◆ 4条調査

調査対象地は都道府県知事が定めた地域  
対象物質は都道府県知事が示した特定有害物質

表 2-1 特定有害物質および指定基準（1種）

分類	項目	指定基準	
		土壤溶出基準	土壤含有量基準
第1種特定有害物質 (揮発性有機化合物)	ジクロロメタン	0.02 mg/l 以下	-
	四塩化炭素	0.002 mg/l 以下	-
	1,2-ジクロロエタン	0.004 mg/l 以下	-
	1,1-ジクロロエチレン	0.02 mg/l 以下	-
	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04 mg/l 以下	-
	1,1,1-トリクロロエタン	1 mg/l 以下	-
	1,1,2-トリクロロエタン	0.006 mg/l 以下	-
	トリクロロエチレン	0.03 mg/l 以下	-
	テトラクロロエチレン	0.01 mg/l 以下	-
	ベンゼン	0.01 mg/l 以下	-
	1,3-ジクロロプロペン	0.002 mg/l 以下	-

表 2-2 特定有害物質および指定基準（2種, 3種）

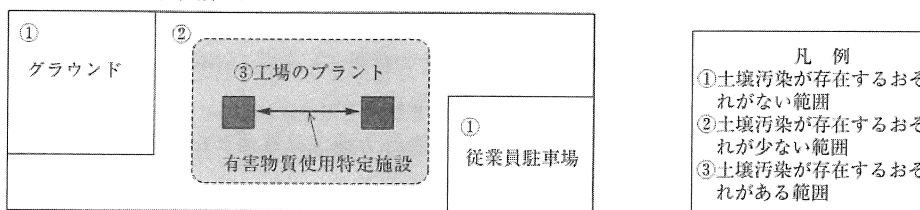
分類	項目	指定基準	
		土壌溶出基準	土壌含有量基準
第2種特定有害物質 (重金属等)	カドミウム	0.01 mg/l 以下	150 mg/kg 以下
	鉛	0.01 mg/l 以下	150 mg/kg 以下
	六価クロム	0.05 mg/l 以下	250 mg/kg 以下
	砒素	0.01 mg/l 以下	150 mg/kg 以下
	総水銀	0.0005 mg/l 以下	15 mg/kg 以下
	アルキル水銀	検出されないこと	-
	セレン	0.01 mg/l 以下	150 mg/kg 以下
	ふっ素	0.8 mg/l 以下	4000 mg/kg 以下
	ほう素	1 mg/l 以下	4000 mg/kg 以下
	全シアン	検出されないこと	遊離シアン 50 mg/kg 以下
第3種特定有害物質 (農薬等)	PCB	検出されないこと	-
	チウラム	0.006 mg/l 以下	-
	シマジン	0.003 mg/l 以下	-
	チオベンカルブ	0.02 mg/l 以下	-
	有機リン	検出されないこと	-

### 2-3. 土壌汚染のおそれの分類

容易に入手可能な範囲内で調査対象地及びその周辺の土地について、土地利用の履歴、特定有害物質の使用状況など土壌汚染のおそれを推定するために有効な情報を入手し、それらを基に対象地を土壌汚染のおそれの程度に応じて以下に分類する。

- ① 土壌汚染が存在するおそれがないと認められる土地
  - ② 土壌汚染が存在するおそれが少ないと認められる土地
  - ③ 土壌汚染が存在するおそれがあると認められる土地

#### (1) 工場または事業場, その1



#### (2) 工場または事業場, その2

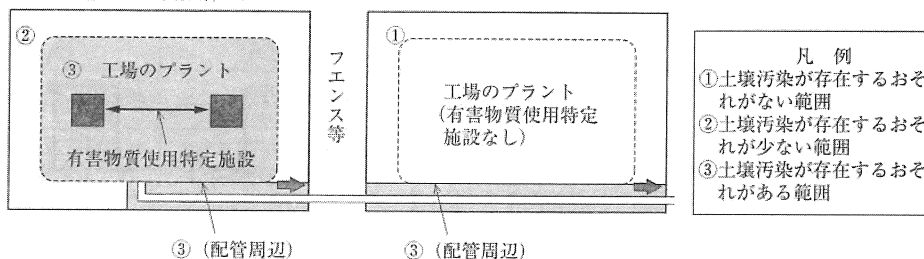


図 2-1 おそれの分類例

## 2-4. 試料採取を行う区画の選定

土壤汚染調査では対象地の北端を起点とした 100m<sup>2</sup> の区画（単位区画）を最小単位として試料採取等を行うことが基本となるが、おそれの分類に応じて試料採取の区画を設定する。

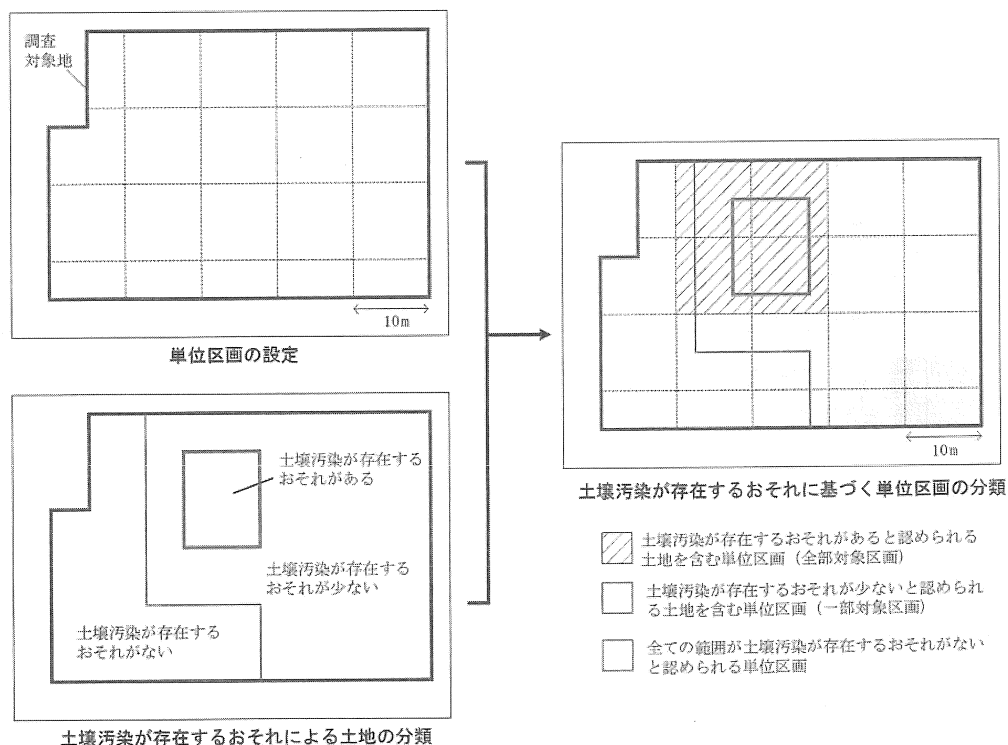


図 2-2 土壤汚染のおそれに基づく区画の分類例

## 2-5. 試料採取の考え方と調査方法

それぞれの物質別に、おそれの分類に基づいた頻度で試料採取・調査を実施する。

第 1 種特定有害物質：土壤ガス調査を実施し、その結果汚染物質が検出された場合にボーリングを行い土壤溶出量調査を実施する。

第 2 種特定有害物：表層土壤溶出量調査および表層土壤含有量調査を実施する。

第 3 種特定有害物：表層土壤溶出量調査を実施する。

表 2-3 試料採取と調査方法の概要

特定有害物質の種類	第一種特定有害物質 (揮発性有機化合物)	第二種特定有害物質 (重金属等)	第三種特定有害物質 (農薬等)
試料採取の考え方	汚染のおそれがある土地	全部対象区画内の 1 地点	全部対象区画内の 1 地点
	汚染のおそれが少ない土地	30m 格子内の 1 地点	30m 格子内の一部対象区画で複数地点均等混合
	汚染のおそれがない土地	必要なし	必要なし
調査方法	土壤ガス調査 ↓ 深層部土壤溶出量調査	表層部土壤溶出量調査 表層部土壤含有量調査	表層部土壤溶出量調査

### 3. 試料採取・調査方法

#### 3-1. 第1種特定有害物質

土壌ガス試料採取深度は地表から概ね1m下とし、平成15年環境省告示16号に規定する方法により行う。

鉄棒等を打ち込むことにより穿孔した1m程の孔に、保護管および採取管を設置し採取した土壌ガスをガスクロマトグラフにより分析する。

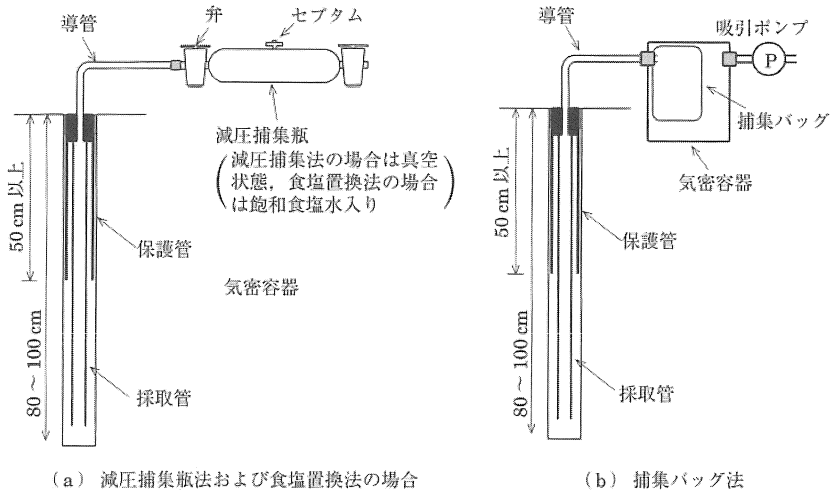


図 3-1 土壌ガス採取例

土壌ガス調査で汚染が確認された場合は相対的に濃度の高い地点で原則として深度10mまでのボーリングを行い、深度ごとに土壌溶出量調査を行う。

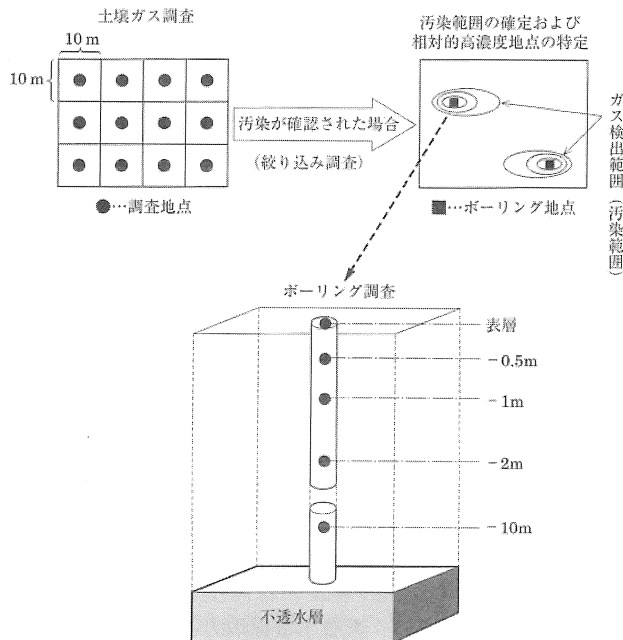


図 3-2 ボーリング調査のイメージ

3-1. 第2種および第3種特定有害物質

表層 0-5cm と 5-50cm の土壌を採取し等量混合したものを分析試料として、土壌溶出量調査および土壌含有量調査を行う。(ただし第3種については土壌溶出量調査のみ実施する)

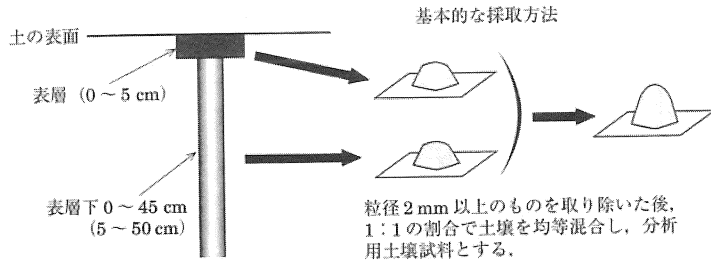


図-5.14 土壌汚染状況調査における表土調査の土壌試料採取図

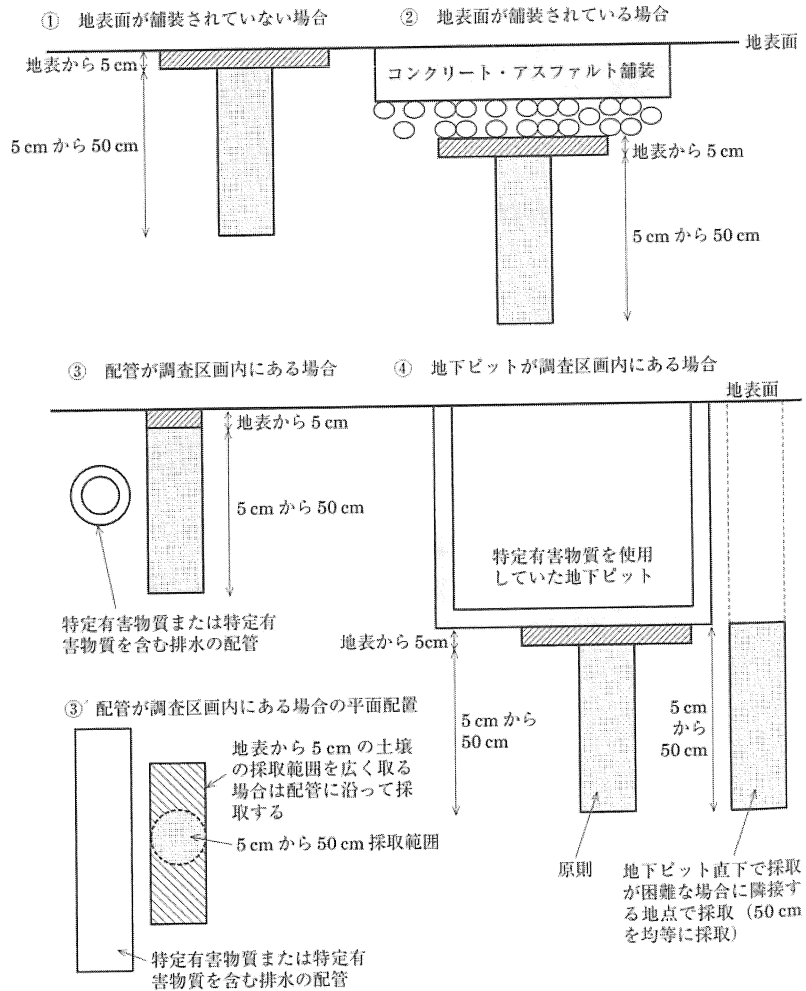


図 3-3 表層土壌採取方法

#### 4. 土壤汚染状況調査の結果の評価

##### 4-1. 第1種特定有害物質

土壤ガス試料から対象物質が検出された地点を含む区画が指定基準に適合しない土地(汚染された土地)とみなされる。(ただしボーリング調査を実施し土壤溶出量基準に適合した場合は除く)

##### 4-2. 第2種特定有害物質

表層土壤を対象とした土壤溶出量調査または土壤含有量調査の結果が基準値を超えた場合に指定基準に適合しない土地(汚染された土地)とみなされる。

##### 4-3. 第3種特定有害物質

表層土壤を対象とした土壤溶出量調査の結果が基準値を超えた場合に指定基準に適合しない土地(汚染された土地)とみなされる。

上記いずれも汚染のおそれが少ない土地とみなして 30m格子を対象とした調査で基準値を超えた場合、10m格子で追加調査を行い、汚染の範囲を特定(絞り込む)ことができる。

#### 参考文献

- 1) 土壤環境センター編：土壤汚染対策法に基づく調査及び措置の技術的手法の解説(平成15年9月)
- 2) 全国地質調査業協会連合会編：土壤・地下水汚染のための地質調査実務の知識(平成16年2月)





# 講 演

土壌・地下水汚染の調査事例について  
— 自然的・人為的原因の判定を例として —

協同組合 地盤環境技術研究センター (GETReC)  
北海道支部

堀内 康光



# 土壌・地下水汚染の調査事例について

## －自然的・人為的原因の判定を例として－

協同組合 地盤環境技術研究センター 北海道支部  
堀内 康光 (所属：(株) ドーコン)

### 1. はじめに

近年、建設工事等に伴って土壌中から重金属などの有害物質が検出される事例が増えている。特にヒ素や鉛などの重金属が検出された場合、その対策を検討するに当たって自然的、人為的原因を判断する必要がある。その場合、従来は主として含有量（全量分析）、土地の履歴、バックグラウンドとの比較等で行われてきた。

自然的、人為的原因を判断する定量的な手法の1つとして重金属の化合物形態等の確認が挙げられるが、一般的にはこの手法はあまり行われていない。本報告では、建設工事等に先だって実施された土壌汚染調査の中で検出されたヒ素や鉛に対しての自然的、人為的原因の検討を行うに際し、重金属の存在形態分析を適用した例および土地の履歴等から人為的原因の可能性が考えられた調査の例を示す。

### 2. 自然的原因の判定方法

#### 2.1 土壌汚染対策法による自然的原因の判定方法

重金属汚染の自然的原因の判定については、環境省環境管理水環境部長通知（環水土第20号、平成15年2月4日）で示す「土壌汚染対策法の施行について、別紙1 土壌中の特定有害物質が自然的原因によるものかどうかの判定方法（以下、自然的原因の判定方法とする）」がある。

上記通知では土壌溶出量基準値を超過する場合の判定方法は、表-1に示す3つの観点からの検討を行い、これらのいずれの観点も一定の条件を満たすときには、土壌溶出量基準を超過した場合であっても、当該土壌に含まれた特定有害物質は専ら自然的原因によるものである可能性が高いと判断できる、とされている。

表-1 土壌中の有害物質が自然的原因によるものかの判定方法

<b>①対象物質の種類等</b> <ul style="list-style-type: none"><li>我が国の実態では、自然的原因により土壌溶出量基準を超過する可能性が高い物質はヒ素、鉛、フッ素及びホウ素である。</li><li>溶出量が環境基準の同オーダー（概ね10倍以下程度）であることが自然的原因である可能性の判断基準となる。ただし、必ずしもその限りではない。</li></ul>
<b>②対象物質の含有量の範囲等</b> <ul style="list-style-type: none"><li><b>②-1 土壌中の重金属の含有量が自然的レベルと見なせる範囲</b><ul style="list-style-type: none"><li>当該物質の含有量（全量分析）が概ね我が国における自然的レベルの範囲内にあること。</li><li>ただし、これを超える場合でも、周辺の土壌中における当該重金属の含有量の状況からバックグラウンドと同等の含有量であること等が認められた場合には、自然的レベルの範囲内にあるものと考えられる。</li></ul></li><li><b>②-2 地域特性の考慮等</b><ul style="list-style-type: none"><li>重金属等を含む鉱床が近傍に分布するなど、地域の条件によっては人為的作用を受けなくとも自然的レベルを超過することが予想される。この場合は、以下の2つについて検討する。</li><li><b>②-2-1 バックグラウンド濃度との比較</b><ul style="list-style-type: none"><li>当該地の周辺の人為的な影響を受けていない土地の重金属等の含有量の測定値と、当該地内で測定された含有量とが同じレベルであること。</li></ul></li><li><b>②-2-2 化合物形態等の確認</b><ul style="list-style-type: none"><li>土壌中の存在形態に注目する。鉛などは、吸着・イオン交換態で存在する場合は、自然由来の可能性が高い。また、天然には見出しにくい形態で含まれる場合は人為的汚染と考えられる。</li></ul></li></ul></li></ul>
<b>③当該特定有害物質の分布特性</b> <ul style="list-style-type: none"><li>当該特定有害物質の含有量の分布に、当該物質の使用履歴場所等との関連性を示す局在性が認められないこと。</li><li>基準値超過の範囲が一様に分布している場合には、人為的原因ではないと考えられる。</li></ul>

（環水土第20号、平成15年2月4日より作成）

### 3. 人為的原因の判定の調査例（A地区）

#### 3.1 調査の概要

A地区はヒ素の使用履歴のある工場跡地に隣接する国道の改良工事に先立って行われた土壌調査におけるヒ素

の分析の結果、土壌汚染対策法指定基準値（以下、基準値と称する）を超過して検出された箇所を自然的、人為的原因の判定を行った例である。

図-1 に調査位置を模式的に示す。既往資料調査によりヒ素の使用履歴があると思われた箇所を中心に6箇所を以て深度1.5～2mのボーリングを21孔掘削し、計76試料の土壌汚染対策法（以下、土対法と称する）に基づく含有量試験、溶出量試験を行った。

76試料の分析結果の内、25試料で溶出量基準を超過した。工場跡地隣接地点においては4試料で0.072～0.097mg/lと基準値の7～10倍となった。他の超過試料21試料では1～3倍程度の超過となっている。

ただし、残りの51試料のうち、検出限界値以下の試料は2試料しかなく、全体に基準値以下ではあるが、検出されている傾向にある。また、全ての試料は土対法に基づく含有量基準値に適合した。

本地区区はその後背地となる山地部にヒ素を胎する地層や鉱床、鉱山が存在し、自然的原因によっても土壌からヒ素が溶出する可能性があり、検出されたヒ素について自然的・人為的原因の検討を行うこととなった。自然的原因であれば工事で掘削した土砂は新たなリスクが生じない限り埋め戻すことが可能であり、人為的原因であれば土対法に準拠して適正に処分しなければならない。

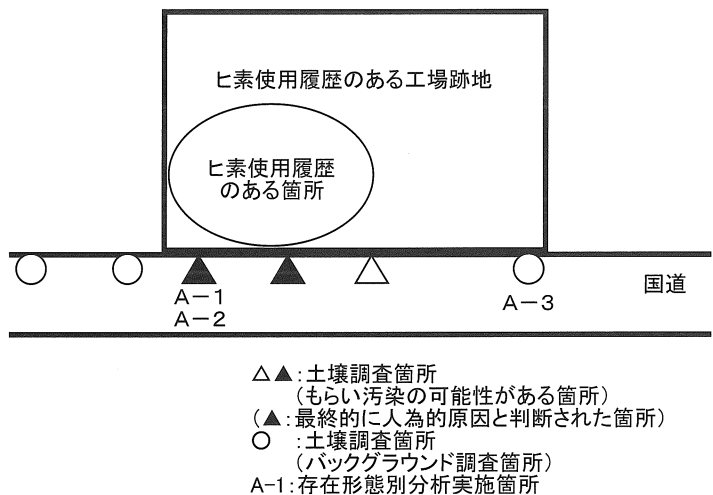


図-1 調査位置模式図(A地区)

### 3.2 人為的原因の判定

#### 3.2.1 対象物質の種類等

今回の対象物質はヒ素であり、自然的原因により土壌溶出量基準を超過する可能性が高い物質とされている。溶出量が環境基準の同オーダ（概ね10倍以下程度）であることが自然的原因である可能性の判断基準となるが、今回の調査結果では76試料中4試料で7～10倍、21試料で1～3倍の結果となり、自然的原因の範囲内である。

#### 3.2.2 対象物質の含有量の範囲等

当該物質の含有量(全量分析)が概ね我が国における自然的レベルの範囲内にあること、とされているが、ヒ素については含有量(全量分析)の上限値の目安が39mg/kg（社）土壌環境センター編「土壌汚染対策法に基づく調査及び措置の技術的手法の解説 Appendix3」より）となっている。

今回の結果では最大でA-1(深度0.5～0.8m)において35.8mg/kgとなり、全て上記の目安以下である。しかし、35.8mg/kgという値は上限値の10%以内の値であり、人為由来を完全に否定することは難しいと思われる。

#### 3.2.3 地域特性の考慮等（バックグラウンド濃度との比較）

本調査地周辺のヒ素濃度のバックグラウンドは10～30mg/kg程度（産業技術総合研究所「日本の地球化学図」と考えられ、今回の調査結果では同程度の値となっており、自然由来の範囲と考えられる。

#### 3.2.4 地域特性の考慮等（化合物形態等の確認）

A地区では土地利用履歴等から人為汚染が疑われるA-1、A-2とバックグラウンドと考えているA-3の3点で存在形態別分析を行った。その結果を図-2に示す。

存在形態分析は、Clevenger, T. E(1990)、丸茂ほか(2003)の方法に従って分析を行った。土壌中のヒ素の存在形態により(1)吸着態、(2)炭酸塩態、(3)鉄・マンガ酸化物態、(4)有機物態、(5)残渣の5つの形態に分類し評価した。

存在形態分析の結果、A-1、A-2とA-3では明らかに異なる傾向を示した。人為汚染が疑われるA-1、A-2では分画I（吸着態）が全体の約50%を占め、次いで分画V（残渣）は約20%程度であった。

一方、バックグラウンドと考えているA-3は残渣が約80%を占め、吸着態は13.9%であった。なお、3試料とも土質は砂質土である。

小平ほか(2006, 2007)によると、北海道の未墾地土壌におけるヒ素の存在形態は残渣の割合が高く全体の61～

87%を占め、次いで吸着態が11~26%を占める、とされている。つまり、自然由来のヒ素の存在形態は残渣が多いと考えられる。

A-3 は上記傾向と一致しており自然的原因の可能性が高い。一方、A-1, A-2 は明らかに傾向が異なり人為的原因の可能性が高いと考えられる。

人為的原因で吸着態が多い理由は以下のように推察される。

- ①人為的原因のヒ素が元々吸着態が少ない土壤に吸着された。
- ②自然的原因のヒ素は長い期間降雨等にさらされ、吸着態のような結合が弱い形態のものは溶脱されている。一方、人為的原因のヒ素は降雨等にさらされている期間が自然的原因のものに比べて短く、吸着態として残存している。

図-3 は土壤分析結果を横軸に溶出量、縦軸に含有量を取りプロットした図である。ヒ素使用履歴のある箇所に隣接する箇所にて採取した4試料(点線で囲ったもの)では含有量(全量分析)/含有量(土対法)の比率が1.0~1.2倍程度であり、その他の箇所では1.4~4.7倍となった。存在形態分析において「吸着態」として存在するヒ素は土粒子との結合が弱く水や弱い酸でも溶出しやすく、「残渣」の部分のヒ素は強い酸で溶出させたものである。人為的原因に関係するヒ素に「吸着態」が多く、自然的原因のヒ素は「残渣」が多いとすると、調査地全体としても図-3 に示した(全量分析/土対法分析)の比率が小さい箇所は人為的原因の可能性が高く、比率が大きい箇所は自然的原因の可能性が高いと考えられる。

### 3.2.5 当該特定有害物質の分布特性

図-1, 3 に示したようにA-1, A-2 を含めヒ素使用履歴のある箇所に隣接する箇所にて採取した4地点の分析結果は他点の分析結果とは離れたところにプロットされ、全体から見ると位置的にも分析値的にも局在している。

### 3.2.6 自然的・人為的原因の判定

以上の検討結果を基に自然的・人為的原因の判定を行い、図-1 における▲箇所付近の汚染は隣接する工場に由来する人為的原因、その他の箇所は自然的原因によるヒ素と判定し、土対法を所管する北海道生活環境部の了解を得た。人為的原因と判定された箇所にて工事により発生した残土は土対法の措置に準じて適正に処分した。

## 4. 自然的原因の判定の調査例 (B 地区)

### 4.1 調査の概要

B 地区は札幌市内において実施された土壤汚染調査で基準値を超過して検出されたヒ素について、自然的原因の判定を行った例である。

図-4 に調査位置図及びヒ素溶出量試験結果を示す。約1.3haの土地に対し土対法に準拠し、北角を起点として30m格子と10m間隔の単位区画を設定した。30m格子はA~Sの19区画に区分した。調査項目は土地の使用履歴等を考慮して、第一種、第二種特定有害物質とした。

第一種特定有害物質を対象とした土壤ガス調査では全ての区画において検出されなかった。

### 4.2 調査結果

第二種特定有害物質を対象とした表層土壤調査(複数地点均等混合法)では全19区画の内、ヒ素が区画Bのみ溶出量基準値を超過した(図-4 参照)。土対法によると複数地点均等混合法により基準値を超過した30m格子は、

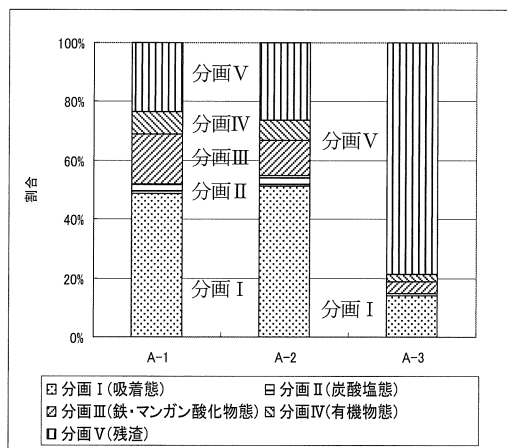


図-2 存在形態分析結果 (A 地区)

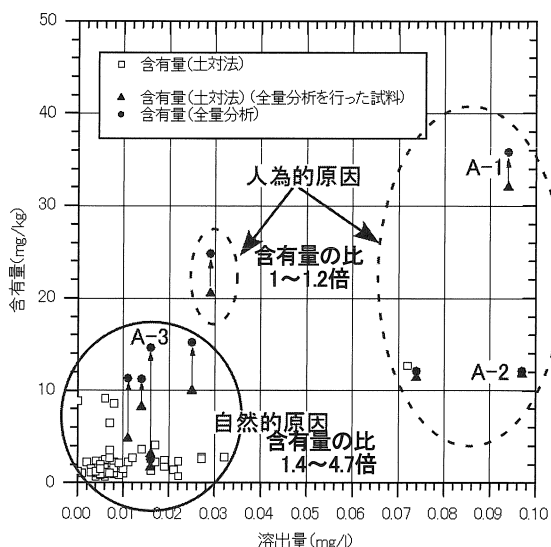


図-3 溶出量と含有量の関係 (A 地区)

10m 間隔の単位区画毎に再分析し単位区画毎の基準値適合を判定するか、該当の30m 格子全体が基準値を超過しているものと判断するか、のどちらかとしてされている。本調査の場合、前者の方法で単位区画毎の土壌分析を行い、2区画が基準値を調査する結果となった(図-5 参照)。

次に土壌汚染の深さを把握する目的で深度調査を行った。本調査地では既往地質資料等により深度1m 程度から粘性土が分布することが分かっていたため、図-5 のB-3 区画において他調査で掘削したトレンチから深度1, 2, 3m の土壌資料を採取した。

札幌市の後背地には温泉や鉱山などのヒ素を供給する地質帯が存在しており、豊平川扇状地や後背湿地を形成する地域では、酸化・水酸化鉄への吸着・共沈により泥炭等に濃縮することによって、自然的レベルの範囲内と見なせる上限値の目安である39 mg/kg を超える場合がある(表-2 札幌市環境局(2004, 2005)より抜粋)。そのため深度調査においては土壌汚染対策法による溶出量試験、含有量試験の他に全量分析、鉄、有機物量の分析(強熱減量)も行った。結果を表-3 に示す。

### 4.3 自然的原因の判定

#### 4.3.1 対象物質の種類等

対象物質はヒ素であり、基準値を超過して検出された値は基準値の1.2~1.7 倍となり、自然的原因の範囲内である。

#### 4.3.2 対象物質の含有量の範囲等

全量分析結果では深度1m が「上限値の目安(39mg/kg)」を超過する一方、深度2m, 3m は「上限値の目安」を満足している。全量分析結果からは環境省の判定方法に従えば深度1m は人為的原因、深度2m, 3m は自然的原因の可能性が高いことになる。

#### 4.3.3 地域特性の考慮等(バックグラウンド濃度との比較)

本調査地周辺のヒ素濃度のバックグラウンドは産業技術総合研究所「日本の地球化学図」によると札幌市市街地では10~50ppm、後背地である定山溪温泉付近では50~856ppm(mg/kg)とされ、また表-2 においても299mg/kg の含有量が示されている。今回の調査結果の深度1m の値は93.5mg/kg となっており、バックグラウンドの範囲内と考えられる。

#### 4.3.4 地域特性の考慮等(化合物形態等の確認)

深度1m の試料に対してバックグラウンド濃度及び存在形態分析結果から自然的原因の判定を行った。存在形態分析結果を図-6 に示す。3 試料ともに残渣が52~55%と最も多く、次いで吸着態が23~34%であり、顕著な違いは認められない。つまり、これらに含まれるヒ素は同様な形態を持つものと考えられる。

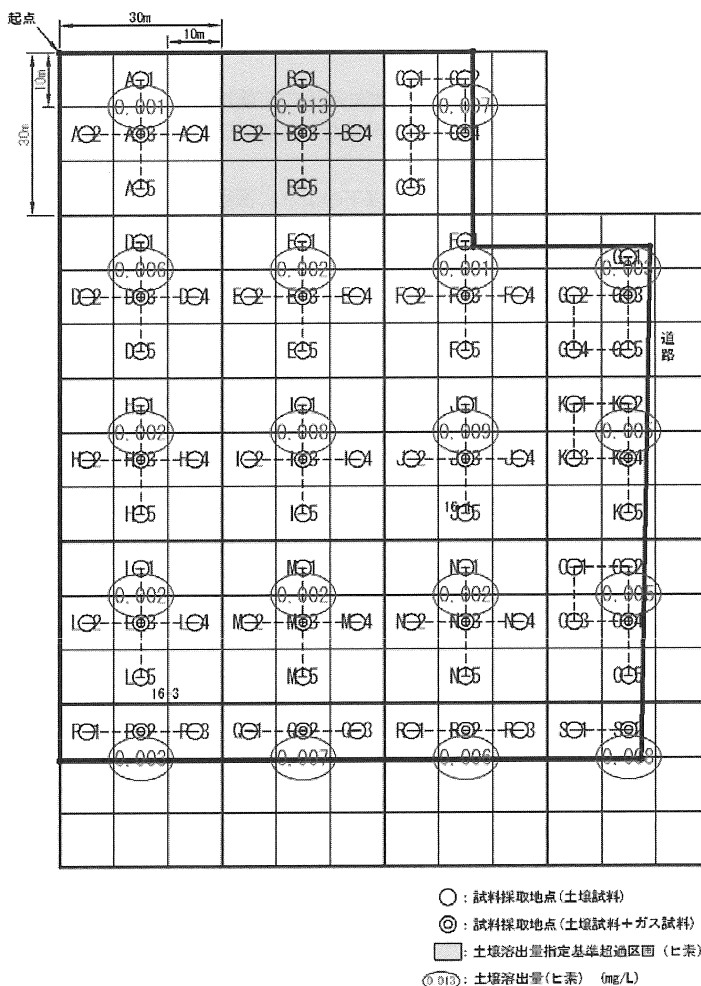


図-4 調査位置図(B 地区)、ヒ素溶出量分析結果

追加調査範囲

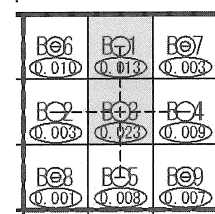


図-5 単位区画毎の分析結果(区画B)

表-2 札幌市におけるヒ素のバックグラウンドデータの例（札幌市環境局（2004, 2005））

区	住所	調査年度	深度 (m)	土相	土壌含有量 (全含有量) (mg/kg) ※強熱減量は%			土壌含有量 (土対法) (mg/kg)	土壌溶出量 (土対法) (mg/L)
					As	Fe	強熱減量	As	As
北	北20条西7丁目	H17	2.65 ~ 3.99	泥炭	299.0	36,000	24.18		0.092
北	屯田 (発寒川右岸樋門)	H17	2.60 ~ 2.90	泥炭	206.0	43,500	63.75		1.000
西	八軒10条5丁目	H16	1.10 ~ 1.75	シルト	133.0				0.016
東	伏古1条2丁目	H16	1.10 ~ 1.40	シルト	72.2				0.030
東	本町1条6丁目	H16	2.00 ~ 2.50	シルト	68.8	40,200	6.22	10.0	0.028
西	八軒10条5丁目	H16	1.75 ~ 2.00	シルト質砂	68.7				0.013
北	北36条西6丁目	H16	0.50 ~ 1.00	火山灰質シルト	64.0	40,200	4.71	6.9	0.030
東	北12条東9丁目	H16	1.20 ~ 1.45	シルト	54.7				0.026
北	屯田町	H16	1.30 ~ 2.00	泥炭	41.3				0.016

#### 4.3.5 当該特定有害物質の分布特性

図-4 に示したように表層土壌調査ではヒ素溶出量が基準値を超過しないまでも全体に検出されており、局在性が認められない。

#### 4.3.6 自然的・人為的原因の判定

以上の点と、鉄、有機物量等のバックグラウンドとの比較も含めて深度 1m の基準値超過も自然的原因と判定され、土対法を所管する札幌市環境局の了解を得た。

表-3 深度調査分析結果

項目	単位	B地区			
		B-1 (深度1m)	B-2 (深度2m)	B-3 (深度3m)	
溶出量試験 ヒ素 (As)	mg/L	0.12	0.017	0.013	
含有量試験	ヒ素 (土対法) (As)	mg/kg	58.3	5.30	3.01
	ヒ素 (全量分析) (As)	mg/kg	93.5	24.7	10.5
	鉄 (Fe)	mg/kg	61,500	81,900	53,000
	強熱減量	%	8.33	2.08	3.52

### 5. 人為原因の調査例 (C地区)

#### 5.1 調査の概要

C地区は土地区画整理事業において土壌汚染調査を実施した例である。

図-7 に調査位置図を示す。約 1ha の土地に対し土対法に準拠し、30m 格子と 10m 間隔の単位区画を設定した。メッシュの下図となっている道路区画の図は予定されている土地区画整理事業での計画である。30m 格子は A~R の 18 区画に区分した。調査項目は土地の使用履歴等を考慮して、第二種特定有害物質とした。当初 A~J の 10 区画で複数地点均等混合法による表層土壌調査を実施したが (図-7●印)、多くの区画で鉛が基準値を超過して検出されたため、検出された区画の残りの単位区画と当初調査に含めていなかった周辺の 8 区画 (K~R) の単位区画も表層土壌調査を実施した (図-7▲印)。

#### 5.2 調査結果

##### 5.2.1 表層土壌調査結果

表層土壌調査を行った全 80 単位区画において 6 区画で鉛の含有量及び溶出量基準値を超過し、40 区画において溶出量基準値を超過した。

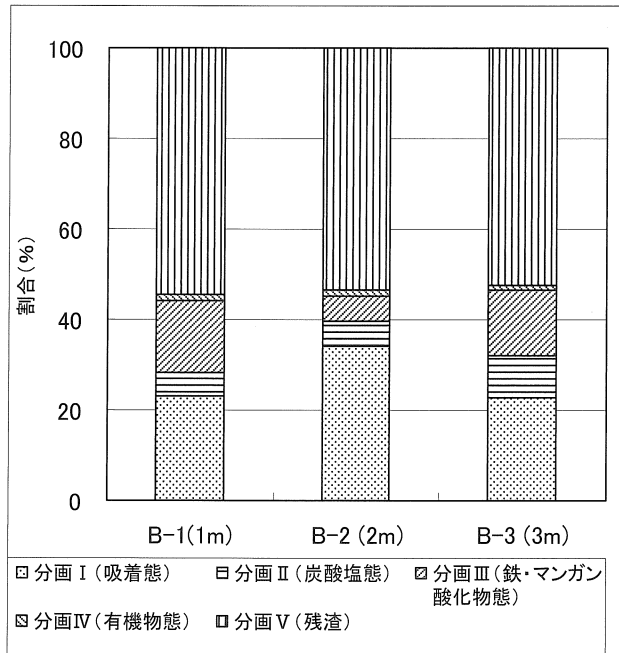


図-6 存在形態分析結果 (B地区)



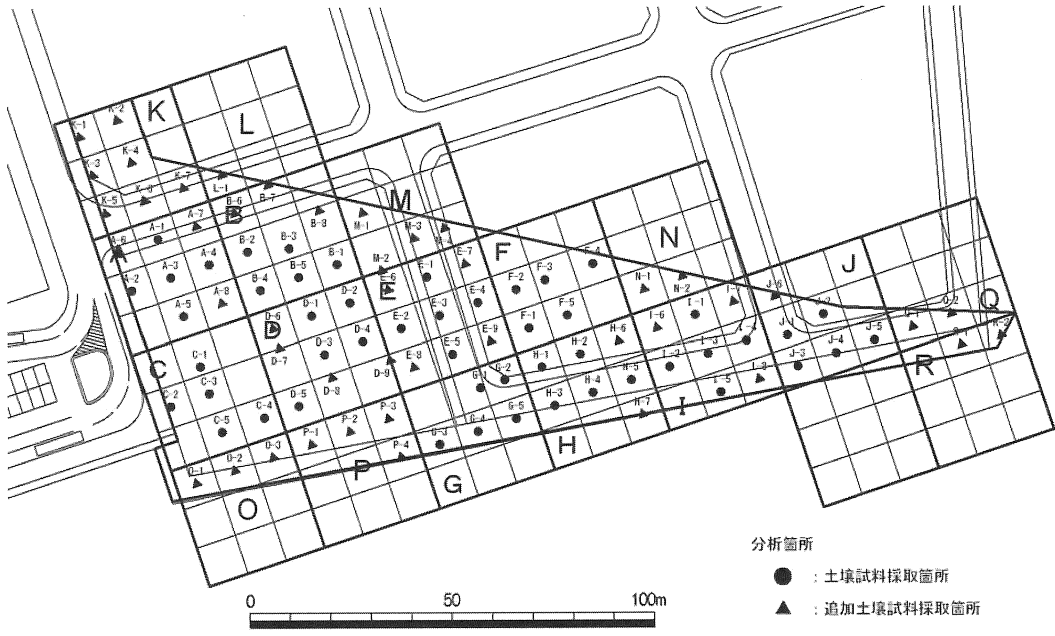


図-7 調査位置図 (C地区)

鉛の含有量は基準値 150mg/kg に対して 9~1740mg/kg, 平均 83.1mg/kg, 溶出量は基準値 0.01mg/L に対して検出限界値以下~0.20mg/l, 平均 0.019mg/kg となった。

含有量, 溶出量基準値を超過した 46 単位区画において土壌汚染の深さを把握する目的で深度調査を行った。本調査地では既往地質資料等により深度 1m 程度から粘性土が分布し, 他調査結果によるとこの粘性土では鉛の基準値を超過しないことが分かっていたため, 基本的には深度 2, 3m で汚染のないことを確認することを目的として調査深度は 3m とした。

### 5.2.2 ボーリング調査結果

ボーリング調査結果から図-8 に模式断面図を示す (断面の位置は図-9 中に示す)。調査地の表層には厚さ 1 m ほどの盛土が分布する。盛土は主として, 暗褐色の砂礫または礫混じり砂質シルト~シルト質砂からなる「盛土 1」と, その下に, 黒褐色の礫混じり砂またはシルトからなる「盛土 2」からなる。「盛土 2」は燃えガラが混じることがあり, また, 下部に燃えガラを多く含むシルト質砂が分布することがある。調査地中心部の盛土下部

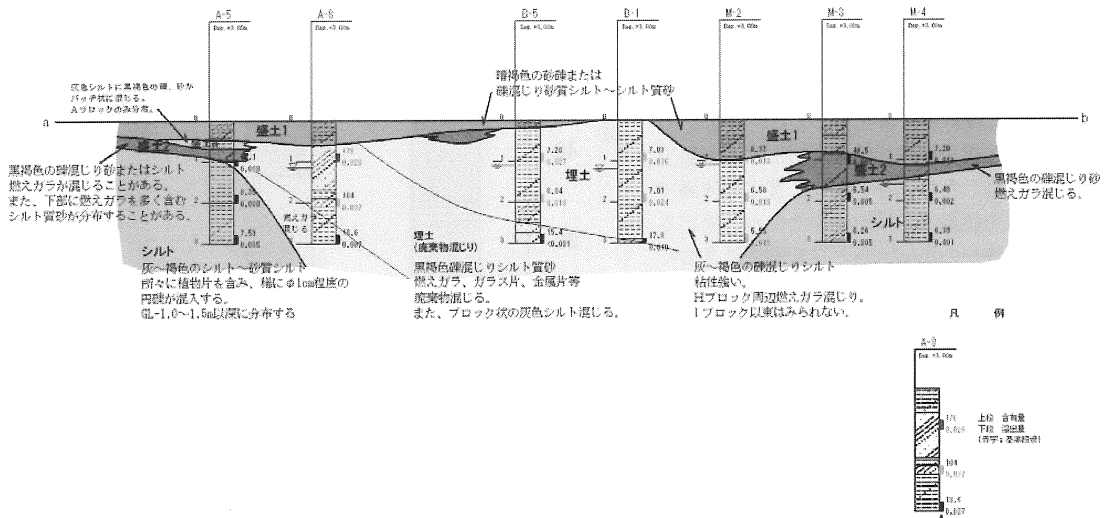


図-8 模式土層断面図 (断面の位置は図-9 に示す)

には埋め立てられたと考えられる廃棄物混じり土が分布し（以下、「埋土」とする）、その周囲には沖積のシルト層が分布する。シルト層は均質な灰～褐色のシルト～砂質シルトで、GL-1.0～1.5m以深に分布する。一方、埋土の土相は局所的に変化し、粘性の強い灰～褐色の礫混じりシルト（区画H周辺は燃えガラが混じる）や、区画A, B, D周辺では燃えガラ、ガラス片、金属片等の廃棄物混じり黒褐色礫混じりシルト質砂等が分布する。

### 5.2.3 土壌分析結果と汚染深度

分析結果の統計値を表-4に示す。ボーリングコア試料による全46区画×3深度(1m, 2m, 3m)=138試料のうち、含有量については5試料が基準値を超過し、溶出量については45試料が基準値を超過した。

含有量を超過した5地点においては、平面方向、深度方向ともに連続性は認められない。また、いずれの土層も「盛土1」および「埋土」である。

溶出量についても「盛土1」「埋土」が高い確率で基準値を超過した。一方、「シルト」は、1点で溶出量基準を超過したほかは含有量および溶出量について基準を満たしている。

表-4 ボーリングコアの土壌分析結果

土層区分	試料数	含有量					溶出量				
		最大値	最小値	平均値	超過試料数	超過確率(%)	最大値	最小値	平均値	超過試料数	超過確率(%)
シルト	35	12.8	5.89	7.92	0	0	0.011	<0.001	0.005	1	2.9
盛土1	8	372	2.41	66.9	1	12.5	0.23	0.002	0.041	5	62.5
盛土2	13	82.4	1.66	28.4	0	0	0.022	<0.001	0.006	3	23.1
盛土a	1	18.5	18.5	18.5	0	0	0.01	0.01	0.01	0	0
埋土	81	300	4.21	34.8	4	4.9	0.041	<0.001	0.012	36	44.4
全試料	138	372	1.66	29.1	5	3.6	0.23	<0.001	0.011	45	32.6
土壌汚染対策法		150 mg/kg 以下					0.010 mg/L 以下 (第二溶出量基準: 0.3 mg/L 以下)				

土対法による汚染深度の決め方は、「原則として1mごとに分析を行い連続した2m以上の範囲において指定基準に適合する場合とする」とされている。例えば、深度2mで基準超過があり、深度3, 4mが基準に適合する場合は土壌汚染の深さは3mとなる。この基準により調査地の土壌汚染の深さを決定し、結果を図-9に示す。

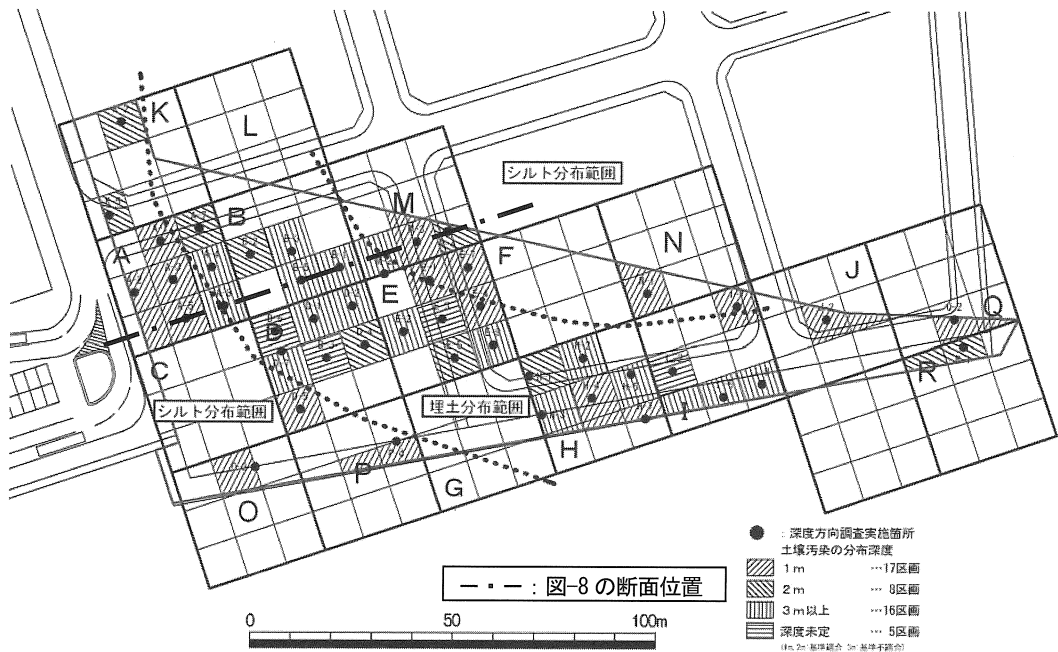


図-9 ボーリング位置図及び土壌汚染深度分布図

土壤汚染深度については、埋土の分布しない箇所では盛土も含め基準値を超過するのは3地点のみで、ほとんどの区画は汚染深度1mと判断される。一方、埋土が分布する箇所では、表層から「盛土1」、「盛土2」、「埋土」に至るまで、多くの地点で基準値を超過している。

本調査では46区画のうち25区画は汚染深度が確認されたが、16区画については深度2m以深で基準値を超過しており汚染深度を確定できなかった。また、5区画については1m, 2mは基準を満たしているにもかかわらず3mで基準値を超過している。これら5区画のうち4区画は「埋土」である。土壤汚染は主に盛土や埋土に認められ、その分布には平面方向、深度方向ともに連続性は認められない。

本業務において汚染深度を決定できなかった区画については別業務において追加のボーリング調査が実施され、最終的に全区画で汚染深度が決定された。

## 6. おわりに 自然的・人為的原因の判定における存在形態分析結果の適用性

本報告は土壤汚染調査結果の自然・人為的原因の判定を主眼とした報告である。土壤汚染の自然・人為的判定において、従来から行われている含有量（全量分析）、土地の履歴、バックグラウンドとの比較等に加えて、土壤に含まれる重金属の存在形態に着目し、その形態の差から自然的、人為的原因の判定を行う、という観点から考察を行った。その結果、この手法の有用性が確かめられたが、土質の違いによる形態の差と自然的・人為的原因による形態の差を区別する方法など課題も多い（堀内ほか（2008））。

しかしながら、自然、人為的原因の判定に当たっては、このような化学的手法や粒度分析、X線回折等の物理的な手法も加えた定量的な判定手法を確立することが重要であると考えられる。

今後は更なるデータの蓄積とともに、存在形態の差の要因や他の物理的手法と合わせた検討等についても研究を進めていきたい。

## 7. 謝辞

本報告を行うに当たり、事例の発表をお許しいただきました各発注者の関係各位に謝意を表します。

## 8. 文献

環境省監修、(社)土壤環境センター編：土壤汚染対策法に基づく調査及び措置の技術的手法の解説, 2003.

産業技術総合研究所地質調査総合センター：日本の地球化学図, 2004.

Clevenger, T.E, 1990, Use of sequential extraction to evaluate the heavy metals in mining wastes, *Water air and soil pollution*, vol.50, 241-254.

丸茂克美, 江橋俊臣, 氏家亨 (2003) : 日本各地の土壤中の重金属含有量と鉛同位体組成, 資源地質, 53(2), pp. 125~146.

小平智央, 三浦勝巳, 成田隆広, 中山亮, 辰巳健一, 橋治国 (2006) : 北海道の未墾地土壤における重金属分布特性とその存在形態, 第15回環境化学討論会, pp. 668-669, 2006, 仙台.

小平智央, 三浦勝巳, 成田隆広, 辰巳健一, 橋治国 (2007) : 北海道の土壤中の重金属分布特性とその存在形態, 第16回環境化学討論会, 2007, 北九州.

札幌市環境局 (2004, 2005) : 土壤中の金属等, 溶出量に関するデータ (H11, H16, H17), 未発表.

堀内康光, 辰巳健一, 重野久美子, 新井田志穂 (2008) : 重金属汚染の自然・人為的原因の判定における存在形態分析結果の適用, 第17回環境地質学シンポジウム論文集, pp. 131-136, 2008, 東京

# 講 演

自然由来有害物質含有残土の発生事例とその対応

北海道立地質研究所

遠藤 祐司



## 自然由来有害物質含有残土の発生事例とその対応

北海道立地質研究所 遠藤祐司

「土壤汚染対策法」の施行（平成 15 年）を契機として、トンネル工事などで掘削され排出される建設残土について環境汚染防止のための各種対策の必要性が認識されるようになった。

土壤汚染対策法では、人為的な原因によって土壤に含まれるようになり人の健康に危害を加える物質を特定有害物質として規定し、第一種～第三種までの 3 つに区分している。このうち第二種特定有害物質に区分されている鉛や砒素等の物質(表 1)は、人為的原因によらず自然の状態であっても地盤中に含まれうる物質である。このような自然由来の有害物質を含む地盤は、そのままでは土壤汚染対策法の対象とはならない。しかし、それを掘削し残土として他の場所に移動させるなどの人為的な改変の結果、残土等からの有害物質の溶出によって周辺の地下水質などを汚染することも予想される。このため、自然由来の有害物質を含む建設残土等の取扱いも同法の規定に順ずる対策を実施することが望ましいとするマニュアル「建設現場で遭遇する地盤汚染対応マニュアル(暫定版)」(独)土木研究所編, 2004, 以下では対応マニュアル)が作成された。

表 1 土壤汚染対策法の第二種特定有害物質に関する指定基準

特定有害物質	溶出量基準 (mg/L)	含有量基準 (mg/kg)	第二溶出量基準 (mg/L)
カドミウムおよびその化合物	0.01 以下	150 以下	0.3 以下
六価クロム化合物	0.05 以下	250 以下	1.5 以下
水銀およびその化合物	0.0005 以下かつアルキル水銀が不検出	15 以下	0.005 以下かつアルキル水銀が不検出
セレンおよびその化合物	0.01 以下	150 以下	0.3 以下
鉛およびその化合物	0.01 以下	150 以下	0.3 以下
砒素およびその化合物	0.01 以下	150 以下	0.3 以下
ふっ素およびその化合物	0.8 以下	4000 以下	24 以下
ほう素およびその化合物	1 以下	4000 以下	30 以下

※土壤汚染対策法では、この表に示した以外に「シアン化合物」も第二種特定有害物質に組み込まれている。しかし、通常、自然由来でシアン化合物が地層に含まれることは無く、除外している。

北海道内には多数の鉱床が存在するほか、砒素、カドミウム、鉛、ふっ素、ほう素などを含む可能性のある海成堆積物等の地層が広く分布している。このため、自然由来の有害物質が土壤汚染対策法の指定基準を超過することが明らかになったとして、道庁環境生活

部とその対策法等について相談・協議された案件数も、平成14年以降、徐々に増加する状況にある(図1)。また、これらの案件全てについて、有害物質ごとに指定基準を超過した件数をまとめて比較すると、砒素(As)が飛びぬけて多く、これに次いで鉛(Pb)が多くなっていることが判る(図2)。

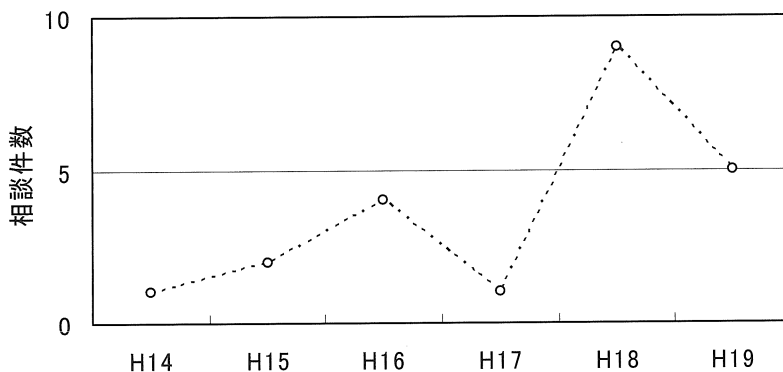


図1 自然由来有害物質に関する年度別相談件数(北海道環境生活部)

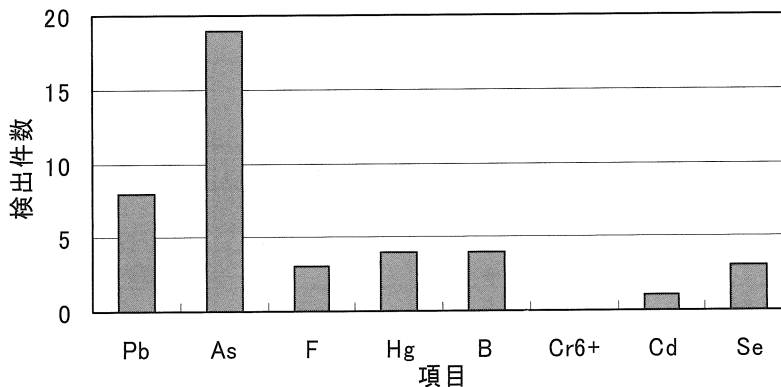


図2 自然由来有害物質の指定基準超過件数(北海道環境生活部)

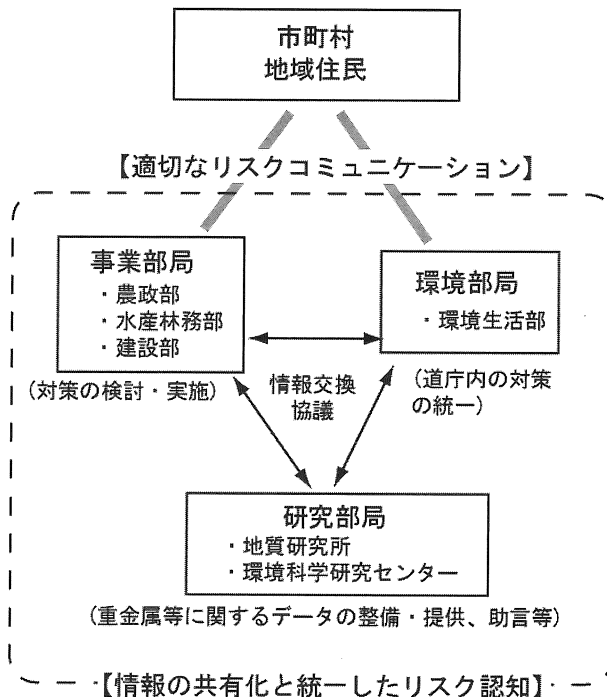
自然由来の有害物質を含む残土等の取り扱いについては、先に述べたように土壤汚染対策法の対象外とされており、対応マニュアルにおいても同法に準じて処分することが「望まれる」とされているに過ぎない。このため、工事現場の地盤において自然由来の有害物質が指定基準を超えることが判明した場合、それぞれの現場の判断によって異なる対応が為され得る状況にある。しかし、環境保全に対する社会的要請が高まるとともに、行政の住民に対する説明責任が求められる現在、北海道が発注する公共事業において発生する自

然由来の有害物質を含む残土等の対策について、統一的な対応をとることが必要となっている。

このような状況のもと、自然由来の有害物質を含む残土や浚渫土砂に関する基本的な取扱い方針について道庁内の環境部局（環境生活部）及び事業部局（農政部、水産林務部、建設部）並びに研究部局（地質研究所、環境科学研究センター）が検討を行い、平成19年12月に「自然由来汚染土壌に係る取扱い」が作成された。

本取扱いでは、自然由来の有害物質による環境リスクに対する道庁内の共通認識の形成を図ること（図3）、自然由来汚染土壌の対策は道民生活の安心・安全を確保するとの観点から土壌汚染対策法の準用を基本線とすること等が明示され、対応マニュアルを参考とした対策手順が規定されている（図4）。

今後、北海道が発注する工事によって得られる自然由来の有害物質を含む残土等の情報の整備・統合の作業は地質研究所が行っていくこととなるが、将来的には、他の機関が所有する情報との統合等の検討も必要と考えられる。



個々の工事現場における対策の立案及び実施は建設部局等が行う。環境部局においては、立案された対策方法が部局ごとに異なることの無いよう調整を行う。関係する資料は建設部局、環境部局で保管するほか、研究部局（地質研究所）においても全道的に一括された総合的な情報の整備を行う。整備された情報は、道庁として情報の共有化を図るとともに、自然由来の重金属等に対する統一したリスク認知及び地域住民との適切なリスクコミュニケーションに活用する。

図3 道庁内関係部局の役割



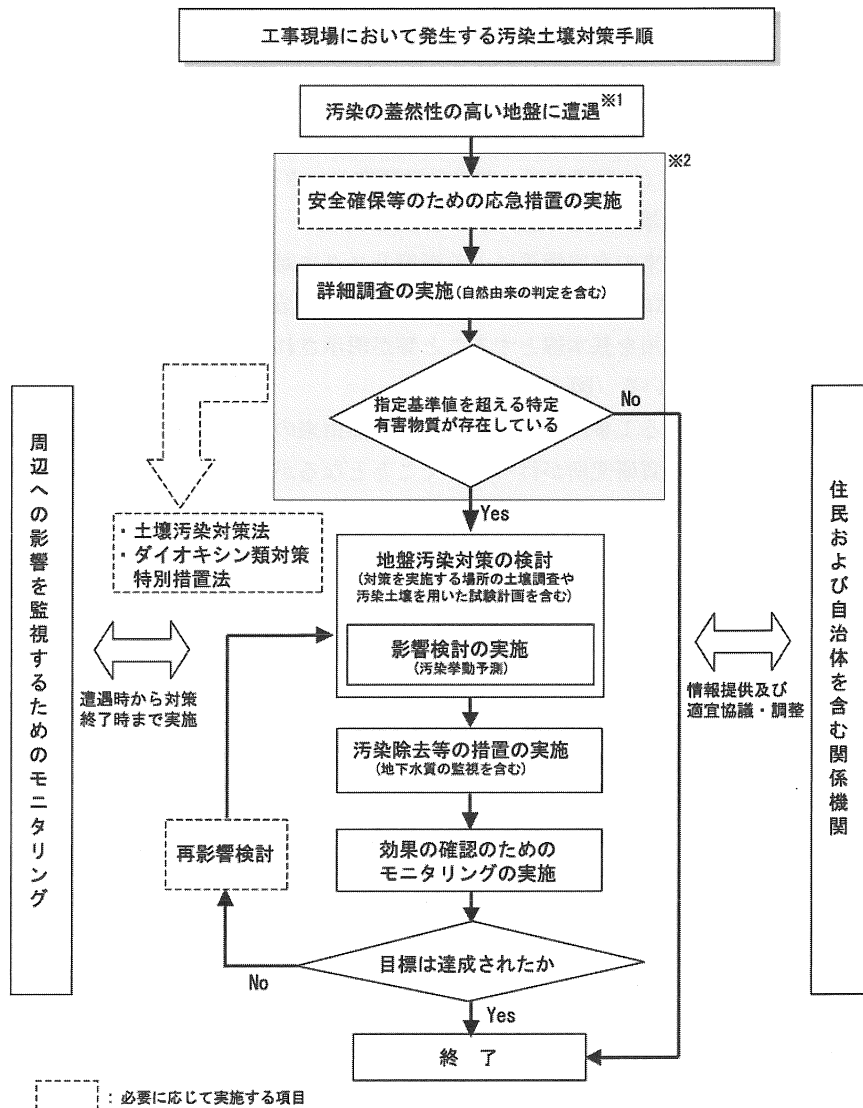


図4 工事現場において発生する汚染土壌対策手順

文献

土木研究所 編集 (2004) : 建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル(暫定版), 鹿島出版会, 149p.

---

---

第 46 回 試錐研究会講演資料集

発 行 平成 20 年 2 月 14 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

電話 011 (747) 2420 (代)

Fax 011 (737) 9071

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

印 刷 (株)総北海 札幌支社

〒065-0021

札幌市東区北 21 条東 1 丁目 4 番 6 号

電話 011 (731) 9500

---

---