

## GREEN NEWS

# Institute for Geo-Resources and Environment No.10 Oct. 2005

### 目 次

|  |       |       |   |
|--|-------|-------|---|
| 「持続可能な開発」への貢献に向けて                                    | 瀬戸 政宏 | ..... | 1 |
| 成果報告会のおしらせ   | 広報委員会 | ..... | 2 |
| 海外情報 ロスアラモス国立研究所留学記                                  | 天満 則夫 | ..... | 3 |
| 研究ノート 坑井（井戸）掘削技術の研究<br>—高効率化を目指して—                   | 唐澤 廣和 | ..... | 4 |
| 海外情報 チェコで開かれたユニークな学会                                 | 西澤 修  | ..... | 6 |
| 研究グループ紹介 地熱資源研究グループ<br>—地球にやさしい地熱資源の探査・評価・利用研究を目指して— | 村岡 洋文 | ..... | 7 |
| GREEN キーワード解説 アジアの地熱開発動向                             |       |       |   |
| 行事カレンダー、アクセスマップ、編集後記など                               |       | ..... | 8 |

### 「持続可能な開発」への貢献に向けて

瀬戸 政宏  
地図資源環境研究部門 研究部門長



平成17年7月1日付で、松永烈の後任として地図資源環境研究部門の部門長になりました瀬戸政宏です。平成17年4月1日から開始した第2期中期目標期間における地図資源環境研究部門の経営を引き継ぐことになりました。どうぞ宜しくお願い申し上げます。

産総研は、第2期中期目標期間（平成17年4月～平成22年3月）において、現在広く合意されている人類共通の目標である“持続可能な開発”に産業技術の研究開発によって貢献していくことを目標としております。この中で地図資源環境研究部門は、地図環境が有する機能の利用及び地球が生み出してきた燃料、鉱物、水などの天然資源の供給を、地球がもつ物質生産と循環システムへの負荷を最小化して、持続的かつ安定的に実現するための研究開発と知的基盤の整備を行なうことをミッションとしています。つまり当部門は、“持続可能な開発”に不可欠な資源問題と地図利用の問題の解決を地図の環境を保全ないし向上しつつ実現するための研究開発、科学的知見の整備を進め、それを社会に迅速かつ適切に提供する役割を担っております。

さて、当部門が研究対象とする環境負荷を最小化したものでの資源開発、地図利用の問題は、現在世界的に進む市場の自由化・グローバル化の流れにあっては、単に日本国内のみの資源の安定供給を図ったり、国内の環境汚染問題を解決するということではなくなってきています。つまり、21世紀における人類の持続可能な開発を可能とするために、現在石油、天然ガスなどの化石燃料に代表される再生不可能なエネルギーや資源に依存している人類

がいかに持続的にエネルギー及び資源を安定的に確保できるか、二酸化炭素排出削減や土壤・水環境の保全の問題に対してもいかに適切に対処できるか、さらには進行する地球温暖化や人口増加の中で安全な水資源をいかに確保するかなど、国際的な連携や枠組みも踏まえたグローバルな視点が必要になってきています。

地図資源環境研究部門は、このようなグローバルな社会情勢のもと、当部門に結集した地質学、地球化学、地球物理学、資源工学、地下水学などを専門とする研究者の研究ポテンシャルを融合させながら「持続可能な開発」に貢献していきたいと考えています。具体的には、地図内部の水循環シミュレーション技術の開発と地下水環境の解明、鉱物、天然ガス、地熱などの天然資源の資源量評価技術及び資源探査技術の開発、二酸化炭素の地中貯留に関する技術開発、土壤汚染等に関する地質環境リスク評価及び地層区分環境評価に関する技術開発を重点的に進めています。また、地図における物質の循環・蓄積メカニズムの解明に関する研究を行い、これらの成果を水文環境、地熱資源、鉱物資源、燃料資源、土壤汚染等に関するデータベース、各種資源・環境図として社会に提供していきます。さらに、これら研究開発においては常に、社会から期待されかね理解される公共的な目標を明示して研究開発を戦略的に推進するとともに、その成果の社会への還元を強力に進める考えであります。

みなさまのご理解とご協力をよろしくお願いします。

# 第4回地図資源環境研究部門 成果報告会のおしらせ 広報委員会

## 1. ごあんない

地図資源環境研究部門では、これまでの3年間部門成果報告会を実施してきました。

一昨年は、「特集：日本の天然ガス・メタンハイドレート」と題し、メタンハイドレート資源の探査・採取技術の研究の現状を報告し、昨年は「特集：地図環境の監視・保全・再生技術の現状と課題—持続可能な循環型社会を目指して—」として土壤汚染などの環境課題への対応や物理探査技術の適用などを紹介しました。

今年度の成果報告会は、昨年のテーマの環境関連のうち、二酸化炭素の地中貯留の問題を中心に開催します。この2月に「京都議定書」が発効し、今後の地球環境の保全のため温室効果ガスの排出削減が求められています。その削減の手法として地中貯留について現状と今後の研究の展開などを紹介します。つきましては、多数の皆様のご来場を賜りますよう、ご案内申し上げます。

## 2. 日時

2005年10月7日(金) 13:00-17:20

## 3. 場所・交通アクセス

産業技術総合研究所 共用講堂  
〒305-8561 茨城県つくば市東1-1-1

産業技術総合研究所へは以下のようないかたが利用可能です。  
(p8参照)

- つくばエクスプレス終点つくば駅より荒川沖方面バスに乗車、並木二丁目下車、徒歩7分  
(つくばエクスプレスの所要時間、つくばまで秋葉原より45~52分、北千住より33~40分、路線バス所要時間15分) 05.08.24開通  
詳細は <http://www.mir.co.jp/> をご覧ください。
- 東京駅より高速バスつくば線、並木2丁目下車、徒歩7分(バスの所要時間は60分程度)
- 常磐線荒川沖駅よりつくばセンター方面バスに乗車、並木二丁目下車、徒歩7分  
(上野→荒川沖間、50~65分、路線バス所要時間15分)

## 4. 付記

成果報告会への参加申込は、部門ホームページ  
(<http://unit.aist.go.jp/georesenv/>)からお願いします。また、最新情報も同じ部門ホームページを通じて逐次お知らせしますのでご確認下さい。

## プログラム

|   |                              |
|---|------------------------------|
| 13:00-13:05 開催挨拶                                  | 幹事研究員(広報委員長) 奥田 義久           |
| 13:05-13:40 「地図資源環境研究部門のこれまでの成果と第2期の計画・展望」        | 部門長 濑戸 政家                    |
| テーマ『CO <sub>2</sub> 地中貯留』                         |                              |
| 13:40-14:20 特別講演「ここまで進んできたCO <sub>2</sub> 地中貯留研究」 | 地球環境産業技術研究所 主導研究員 大隅多加志      |
| 14:20-15:00 「高精度地中挙動予測手法の研究」                      | 地図環境技術研究グループ グループ長 曽会 利行     |
| 15:00-15:20 休憩                                    |                              |
| 15:20-16:00 「蓄水層CO <sub>2</sub> 貯留の物理探査モニタリング」    | 地図流体ダイナミクス研究グループ グループ長 石戸 恒雄 |
| 16:00-16:40 「蓄水層における地下水移動評価手法」                    | 地質バリア研究グループ 研究員 宮越 啓輔        |
| 16:40-17:20 ポスタークオータイム                            |                              |
| 17:30~ 懇親会(場所:共用講堂前 1階レストラン 懇親会費 4,000円)          |                              |

※懇親会は当日でも申込いただけます。受付の際にお申し出下さい。



成果報告会の会場

## ポスター発表

### 地下水環境研究グループの紹介

### 地図環境評価研究グループの紹介

### 地図環境技術研究グループの紹介

### 地質バリア研究グループの紹介

### 物理探査研究グループの紹介

### 地図流体ダイナミクス研究グループの紹介

### 有機地化研究グループの紹介

### 燃料資源地質研究グループの紹介

### 地熱資源研究グループの紹介

### 鉱物資源研究グループの紹介

### CO<sub>2</sub>を含む頁岩の地震波速度異方性について

### 断裂分布の多様性の1次元競争成長モデル-数値シミュレーション

：地図流体の流動・貯留規制因子に関する基礎的検討

### ホウ素およびフッ素の土壤吸着に関する研究

### 人工地盤内漏水探査実験 -ループ・ループ電磁探査法の適用-

### 人工地盤内漏水探査実験 -広角地中レーダ法の適用-

### 地球電磁気学的手法による良質な粘土鉱床の探査および評価技術の開発

-セリサイト鉱山における電気探査実験-

### 核磁気共鳴をもつたコンクリートの新しいメンテナンス技術

### 豊羽多金属鉱床の地質・模式・成因と探査

### モンゴルの希土類元素鉱床

### ランダム不均質構造による地震波速度異方性

### 放射年代測定法による地熱系の長期変動解析

### 環境騒音の屋外伝播に係る課題に向けた取り組み

### 4端子対デジタルSIP(スペクトラム強制分極)検層装置の開発

：スペクトル柱状図による色で見る検層データ

### 海洋細菌Marinomonas communisによるヒ素の回収

### 地図環境リスク評価システムの開発

### 土壤汚染物質に関する自然浄化能評価

石井武政

駒井 武

當舎利行

楠瀬勤一郎

内田利弘

石戸恒雄

坂田 将

松林 修

村岡洋文

渡辺 寧

西澤 修・薛 自求

茂野 博・佐々木宗建

杉田 劍

光畠裕司・Kwon Hyoung Seok・横田俊之・清水智明・成本和俊

横田俊之・Seol Soon Jee・Kwon Hyoung Seok・光畠裕司・清水智明・成本和俊

高倉伸一・石戸恒雄・須藤定久・村上浩康・安川香澄

中島善人

渡辺 寧・大田英順

Jargalan Sereen

齊藤竜彦・西澤 修

水垣桂子

今泉博之・高橋保盛

神宮司元治・狩野嘉昭

竹内美緒

川辺龍成

原 浩子

### 地図環境技術研究グループ 天満 則夫

本年3月27日から、アメリカのロスアラモス国立研究所(Los Alamos National Laboratory; LANL)にお世話になっています。こちらに来て3ヶ月が過ぎて、生活にも慣れてきたかなと思っていたところにGreen Newsへの執筆の話を頂きました。そこで、お話しできることはまだ少ないのですが、こちらでの仕事等の簡単な報告をさせていただこうと思います。

LANLがあるロスアラモスは、ニューメキシコ州の東北に位置し、標高2,200mで人口約18,000人という小さな町です。最寄り空港はアルバカーキ空港です。日本からの直航便はなく、ダラスやサンフランシスコ等の空港を経由して計10数時間かかります。以前は、空港から町まで、定期便(セスナ機)が飛んでいたのですが、現在はなくなっています。空港から町までの交通手段は、1)空港でレンタカーを借りて町まで行くか、2)空港から出ているシャトルバスに乗って、町に行く途中にあるサンタフェまで行き、誰かに迎えにきてもらうか、3)空港まで誰かに迎えに来もらうか、ということになります。私は1)の方法を選びました。しかし、町まで約160kmという長距離で、しかも初めての左ハンドルということで、町に着いた時は疲れ果ててしまいました。

さて、LANLのホームページによれば、研究者の総数は8,300人以上で、これとは別に契約職員が3,000人以上、部門は57となっています。また、予算は22億ドルあり、州内で最も大きな組織になります。ご存知の方も多いかと思いますが、原爆の開発が行われた所です。現在は核兵器の安全性と信頼性の確立、大量破壊兵器の脅威低減のための技術開発およびエネルギー、環境、インフラ、衛生および国家安全保障に関する問題を主に扱っています。

私がお世話になっているのは、EES-6という所です。EESは、Earth & Environmental Science Divisionの略称です。元々はEES-1等があったのですが、組織の見直しで現在はEES-2、EES-6、EES-7、EES-9、EES-11及びEES-12の6つになっています。

EES-6では、地図に関する様々な調査や数値モデルを用いた評価等が行われています。例えば、ロスアラモス周辺の地下水の保全・管理の観点から、広域での流体流動の把握や地下水資源の汚染問題に関する調査・研究等が行われています。

また、以前はネバダ州のヤッカ・マウンテンを対象とした核廃棄物の地層処分に関する計算等を行っていましたし、最近では、地図資源環境研究部門でも研究を進めているCO<sub>2</sub>の中貯留や、メタンハイドレートに関する研究等も進めています。これらの研究には、FEHM(Finite Element Heat and Mass Transfer Code)というシミュレーションコードが用いられています。本コードは、George Zyvoloski博士(私のホスト研究者です)等により開発された有限要素解析プログラムで、流体の質量保存則と系全体のエネルギー保存則を基に、物体中に熱水や蒸気が流れる際の温度及び圧力などの非定常挙動を有限要素法によって解析するものです。FEHMは、元々CO<sub>2</sub>やメタンハイドレートを対象としていませんでしたので、これらの物性に関して、プログラムに組み込む必要があります。例えば、CO<sub>2</sub>の中貯留では長期的な挙動を予測計算する必要があります。しかし、CO<sub>2</sub>の地下水への溶解や岩石との反応等がどのように進んでいくかは良くわかっていない。そこで実験や調査等を行い、これらの特性を表現できるようにシミュレーションコードの改良が行われています。私の所属する地図環境技術研究グループでは、CO<sub>2</sub>地中貯留がグループのミッションになっており、こちらで進めている研究に関して色々と勉強したいと思っています。また、座総研では、メタンハイドレートの物性(分解速度や浸透率等)に関する実験等を行い、これらの結果を基としたモジュール開発が行われています。私はFEHMを用いて、そのモジュールの動作確認やモジュールを構成する各パラメータの感度解析等を進めています。

なお、EES-2では大気、水圈等の全域を含めたモデリングによる気象等の変化に関する研究、EES-7では核廃棄物の地層処分に関する研究、EES-9では環境評価やGIS(地理情報システム)を用いた様々な地図の作成、EES-11では掘削や物理探査技術に関する研究、EES-12ではニューメキシコ州にあるカールスバッドの維持・管理等が主に行われています。

最後になりますが、今回の長期留学にあたり、様々な方から留学に関する助言や現地情報等をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。おかげ様で、順調な留学生活になっています。また、こちらに来られる機会があれば、ご連絡下さい。空港までお迎えにあがりたいと思います。



写真1 ホスト研究者のG. Zyvoloski博士(左)とEES-6の副グループ長のB. Robinson博士(右)。



写真2 サンタフェからロスアラモスに行く途中の山道からの風景



写真3 ようこそロスアラモスへ

# 坑井(井戸)掘削技術の研究 —高効率化を目指して—

地図環境技術研究グループ 唐澤廣和



広報：最近、海洋における天然ガス開発についてニュースになることがありました。その際に掘削用のやぐらがテレビに映ることがありました。

唐澤：多くの方が、油田において坑井を掘削している映像を見たことがあるのではないでしょうか。海洋で用いる掘削装置と陸上で用いる掘削装置（図1）とでは構造が多少異なりますが、坑井の掘削法は同じです。

油田における坑井は石油井と呼ばれ、地下深くの地層中に含まれる石油を地表に取り出すためのものです。石油や天然ガスは火力発電、自動車などの燃料、都市ガス、化学製品の原料などとして利用されており、世界の経済活動を支える極めて重要な地下資源となっています。また、火山の近くにある地熱地帯では、坑井を掘削して地下に存在する蒸気や熱水を採取して地熱発電が行われています。日本は数多くの温泉があることで有名ですが、温泉の大部分は井戸を利用して地下の热水を取り出したものです。さらに、ダムなどの構築や金属鉱床などの探査の際は、地下のコア（岩芯）を採取して岩盤の地質、強度および成分などが分析されます。これら地質調査も、坑井掘削の目的の一つに上げられます。このように、坑井の掘削は我々の生活に密接に関連しています。

広報：坑井はどれも同じなのでしょうか。

唐澤：一口に“坑井”といっても、その直径や深さは千差万別です。飲料水などを採取する浅い水井戸は数10mであるのに對して、石油やガス井では数1,000mに達することも珍しくあ

りません。また、地殻深部の科学的な解明などを目的とする学術ボーリングでは、深さが10,000mを越えることもあります。

広報：具体的な深度は報告されていますか。

唐澤：文献によれば、ロシアのコラ半島で掘削された科学調査井の深度は1990年に12,261mに達したそうです。また我が国では、1992年に新潟県で約6,300mに達した坑井があると報告されています。

広報：12,261mと言えば約12kmですが、坑井掘削で難しい点はどんなことでしょうか。

唐澤：地下深くまで達する坑井掘削の難しさは、地下の状態を直接見ることができないことに加え、地下の状態が複雑多様であることなどに由来しています。例えば、石油の探鉱において、“千三つ（せんみつ）”という言葉があります。これは、“試掘井を1,000本掘って成功するのはわずか3本”という意味です。この言葉は坑井掘削の難しさを象徴していると思います。

また坑井の掘削は多額の費用を要することから、

1. 速く掘る
2. 深く掘る
3. 安く掘る

ことを目標として、掘削技術に関するいろいろな研究開発が古くから行われてきました。現在においても我々の生活に密接に関わる技術という点では、古くて新しい研究課題であると言えるのではないでしょうか。

広報：掘削技術に関する研究に従事された経験を教えて下さい。

唐澤：私が研究所に入所した1980年の少し前から、再生可能エネルギーで、地球温暖化物質であるCO<sub>2</sub>の排出が少ない地熱エネルギーの開発気運が高まっていました。このため、地熱エネルギーを開発するために必要な掘削技術の研究に従事しました。

地熱井では高温・硬質の地層（岩石）を掘削することが多いので、高温の岩石を掘削できる試験装置を作成し、まずローラコーンビットの性能評価を行いました（図2左）。この実験では、温度が300°C程度の条件下でローラコーンビットの耐久性などを実験を通じて評価しました。この研究は数年間程度で終了しましたが、その後の掘削技術に関する研究の端緒となりました。この研究に引き続き、高温・硬質岩に適用できるPDC(Polycrystalline Diamond Compact)ビットの開発を行いました。

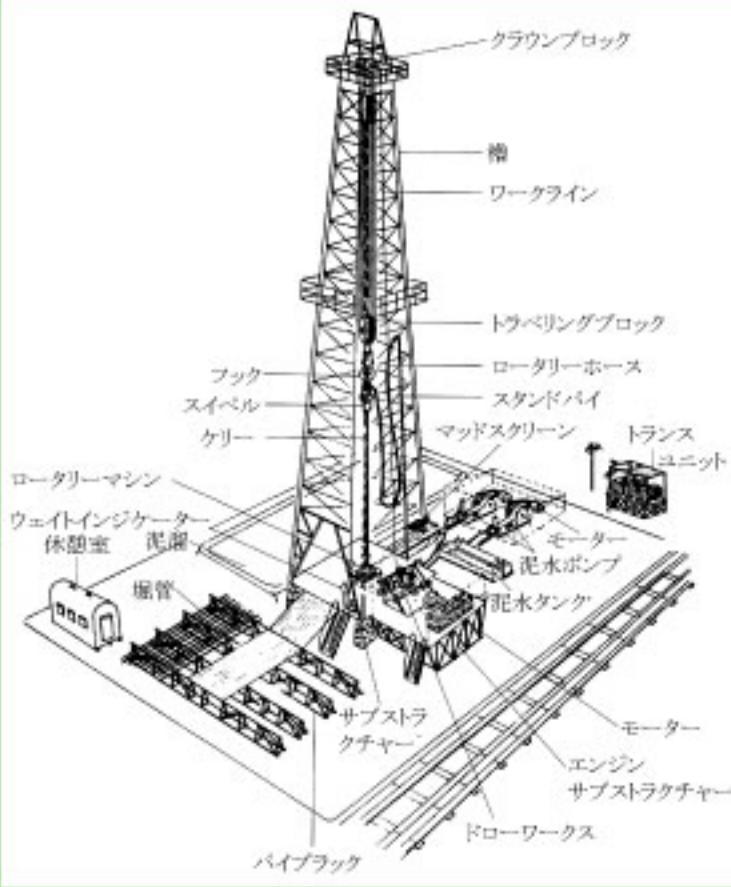


図1 ロータリ式掘削装置（松尾圭二・中村昭一：  
地熱エネルギー、Vol. 2、No. 4、61-74(1977)から引用）



図2 ローラコーンビット（左）とPDCビット（右）

広報：ピット形状や種類には様々なものがあるようだと思いませんか。どうしてPDCピットに着目されたのでしょうか。

唐澤：その当時、石油掘削の分野でPDCピットが盛んに使用され始めていましたので、それを高温・硬質岩に適用することを検討しました。

図2右に示したPDCピットは、多結晶構造のダイヤモンドであるPDC刃先をピット本体に固定したもので、当時、PDC刃先は軟～中硬岩の掘削には適用できるものの、刃先が欠損するため花崗岩のような硬岩の掘削には適用できないと言わっていました。そこで、室内実験によってPDC刃先のピット本体への取付角度がピット性能（掘削速度や刃先摩耗）に及ぼす影響を詳細に検討しました。

図3に、PDC刃先の取付角度を変数とした場合のピット荷重と掘削速度の関係の一例を示します。PDC刃先の取付角度が10°や15°の場合に、飛躍的に掘削速度が上昇することが分かります。つまり、刃先の取付角度がピット性能に極めて大きな影響を及ぼし、取付角度を適切に設定することによって硬質岩掘削に対しても十分なピット性能が期待できることが明らかになりました。

図4は、前述の一連の研究に用いた掘削試験装置です。この装置は直径が約70～200mmのピットの性能評価などが行えるもので、制御用のコンピュータと組み合わせ、実験やデータの収集が容易にできることが特徴です。我が国に限れば、数少ない掘削実験装置の一つとなっています。

広報：PDCピットの利用範囲が硬質岩にまで拡大したことはわかりました。しかし、実際の現場で使用してみると自然界的複雑な条件のためでしょうか、思ったような性能が得られないという話を分野を問わず良く聞きますが、その点はいかがでしょうか。

唐澤：PDCピットについては、上述の通り室内試験でよい性能が得られましたが、やはりフィールド試験という大きな課題が残っていました。坑井の掘削は多額の費用がかかるため、試験の際に大きなトラブルが生じると大変なことになるので、長い間坑井内で行う試験の許可を得ることは容易ではありません。しかし、平成元年と平成2年にそのチャンスがやってきました。

当時、山形県の肘折で高温岩体のフィールド研究が行われていました。その研究においては、地下約1,500～2,000mの地層からコアを採取し、岩盤内の透水性を向上させるため天然あるいは人工的に生成したき裂（フランチャー）を評価していました。しかし、1回のコアリングによって採取されるコアの品質や長さなどが十分ではなく、課題となっていました。そこで関係者の方々の協力を得て、合計4個のコア採取

用のPDCピットを製作し試験を行うことができました。

図5に、現場で使用したPDCコアピットと、それを用いて採取された岩石コアを地表において回収している様子を示します。現場試験の結果、PDCコアピットを用いた硬質な花崗岩のコア採取においてその品質、長さ及び採取能率の点で極めて良好であることが証明されました。また、高品質で長いコアの採取は高温岩体の研究に貢献することができました。

当時、掘削技術者の間でもPDCピットは珍しく、このピットによるコア採取は難しいだろうとの前評判でした。このような事情もあり、PDCコアピットを用いた最初の試験において直径100mm、長さ5mのコアを採取できたときは、非常に嬉しいことを今でも鮮明に覚えています。

広報：坑井掘削技術に関する研究は、近年どのような方向に進んでいるのでしょうか。

唐澤：前述した掘削技術に対する3つの課題、速く掘る、深く掘る、安く掘る、について言えば、速く掘ることに重点が置かれていると思います。仮に早く掘るために技術が開発されれば、自ずと掘削に必要な費用も下がりますので、3番目の課題にも対応することができます。これらに併せて、制御しながら掘るための研究も進められています。具体的に言えば、方向と傾斜角を監視・制御しながら掘進するもので、石油掘削の場合によく使われる“水平ボーリング”には欠かせない技術となっています。このボーリング手法を用いることで、石油の回収率が向上するということです。一方、深く掘ることについては地温や地圧を克服することがなかなか困難となっています。

広報：速く掘ることに対してどのようなアプローチをされていますか。

唐澤：現在、新しい坑井の掘削方法を提案しているところです。これは速く掘るための方法の一つであり、“打撃掘削”というものです。掘削装置の先端部分に内蔵されたハンマでピット先端に振動を加えながら掘削する技術です。通常の回転掘削に比べて、打撃掘削は2～10倍ほど高速で掘進できます。

広報：それは速いですね。是非実用化を期待したいと思います。最後に、今後の抱負をお聞かせ下さい。

唐澤：実用化というは大変困難な課題であると思いますが、引き続きチャレンジしたいと考えています。また、今後も坑井掘削に関わる研究を継続して研究成果を発信できたらよいと考えています。

広報：どうも有り難うございました。

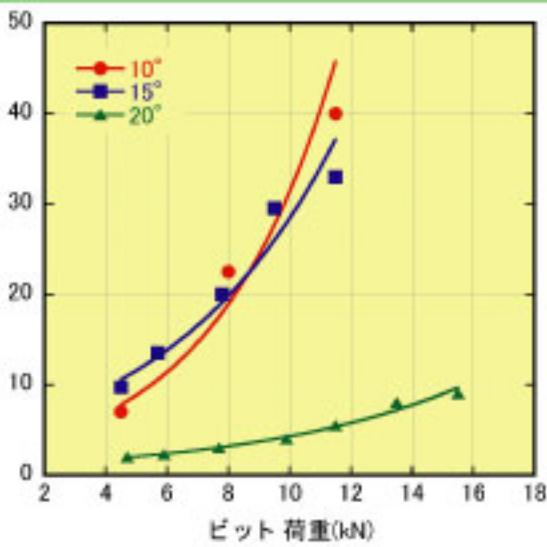


図3 掘削速度とピット荷重の関係



図4 掘削試験装置



図5 肘折実験で使用したPDCピット（上）と採取された岩石コア（下）

物理探査研究グループ 西澤 修

Workshop Meeting on Seismic Waves in Laterally Inhomogeneous Media VI が5年ぶりに開かれ、筆者と齊藤竜彦研究員（物理探査RG）が参加しました。

この学会はチェコの地球物理学研究所とチャールズ大学の主催によるもので、前回は2000年に開かれています。60人程度の研究者が一週間同じ場所に泊り込む合宿形式の学会です。食事をしながらあるいは夜ビールを飲みながら研究に関するさまざまなことを討論できるのが魅力です。しかも参加費はこの種の合宿形式の学会としてはきわめて安い750ドルです。

今回の会場は、チェコの北東部ボヘミアの山の中にある古い城を利用したホテルでした。ホテルからは写真1のような典型的なボヘミアの田園風景が一望できますし、森の中を散策することもできます。また、音楽会や中世の城を見学するエキスカーションなど、盛りだくさんの娛樂も準備されていました。

発表される研究内容は主に地震波の伝播に関するものです。前回までは、地震波伝播の問題を、光線と同じように取り扱う波線理論とその応用が中心でした。もともとチェコには波線理論の大家であるČervený(チェルヴェニー)先生がおられ、その弟子にあたるチェコ科学アカデミー地球物理研究所のIvan Pšenčík氏や、チャールズ大学(カレル大学)のLadislav Klimeš氏などがこの学会を主導してきました。Červený先生ご自身は、現在歩くことが困難なため、前回同様学会には姿を見せませんでした。

学会のタイトルにある“laterally inhomogeneous”という言葉は、従来からの層構造地殻モデルに対し、水平方向の不均質性や異方性を取り入れ、地殻構造をより精密に求めるための地震波伝播理論について議論することを意味しています。しかし最近は、波線理論が現実の地震波の伝播を十分に表現しきれていないということで、“波の散乱”を考慮した取り扱いの重要性が認識されるようになってきました。ここでは、波

線理論が扱うような規模の大きな不均質だけではなく、細かい不均質の影響も考慮し、こうした細かい不均質を含む媒質での地震波伝播を研究します。我々（筆者と齊藤）はドイツのライプチヒ大学のMichael Kom教授や学生さんたちと一緒に、“Scattering”と名づけた半日のセッションを設けてもらい、後者の立場を代表するグループの一員として発表することになりました（写真2参照）。

日本では地震波伝播に関する基礎的研究はあまり盛んではなく、研究は主に観測データの解析であり、その結果を用いてテクトニクスや地震発生の原因を論ずるものが研究の主流です。ところが、観測データの解析では単純な仮定に基づくものが多く、そうした仮定が実際に使えるかどうかについての検討はそれほど詳しく行われていません。この学会で異方性媒質の地震波伝播に関する講演を聴くと、日本では実際のデータ解析があまりに単純化されすぎており、地震波伝播の物理学を我々ももっと考えるべきではないか、という気になります。問題があまりに複雑で特殊なため、いささか理論屋の趣味的議題に偏っているという感じもありますが、参考となる点も多々ありました。

移動日の合間にぬってのプラハの街の見物も楽しみのひとつです。プラハの古い町並は映画「アマデウス」のロケに使われたくらいですから、たいへん味わいの深いものです。筆者は地球物理研究所を訪問し、セミナーや実験室見学などの研究交流をしましたが、その後、研究所の方々のご厚意で、映画「アマデウス」の撮影に使われたスタヴォフスキー劇場でのオペラ「フィガロの結婚」を鑑賞する機会に恵まれました。モーツアルトの「ドンジョバンニ」が初演されたというこの劇場は200年以上前に建てられたもので、建物だけでも一見の価値があるのに、まさかその中でモーツアルトの有名なオペラを見る事ができるとは思いませんでした。本当に夢のような体験でした（写真3参照）。

写真1 ホテルから見たボヘミアの風景

写真2 研究発表の様子。  
発表しているのは、  
当部門物理探査研究グループ  
ボスドク研究員の齊藤竜彦氏



写真3 スタヴォフスキー劇場での「フィガロの結婚」上演終了後のカーテンコール

- 地球にやさしい地熱資源の探査・評価・利用研究を目指して -

村岡 洋文（研究グループ長）

地球の中心温度は、一般に6000°Cとされています。プレートテクトニクスにおいて剛体的プレートを表すリソスフェアの直下の深度70~250km付近は低速度層またはアセノスフェアと呼ばれ、この深度範囲で、温度が1000°Cを超えることがほぼ確かと考えられています。つまり、地球内部は、ごく表層のみが温度1000°C以下であって、その大部分は1000°Cを超える巨大な熱機関です。

地球内部の熱は、絶えず表層に向かって運ばれており、この熱の流れは地殻熱流量と呼ばれます。この熱の流れが、固体地球における様々な変動の原動力となっています。たとえば、この熱の流れは地域的に偏在し、マントル対流を引き起します。マントル対流は、地球表層のプレートテクトニクスやマグマ発生の原因となって、地震や火山活動を引き起します。このマグマは、地球表層で局所的な熱源をつくり、地熱現象や温泉湧出を引き起します。

これらの熱エネルギーは、自然状態では、絶えず地球表面から放出され、失われています。そして、ときにはこの熱エネルギーが、地震災害や火山噴火災害などの形で、人類に災害をもたらします。したがって、人類がこれらの熱エネルギーを有効に利用することは、地球環境への負荷が少ないばかりか、場合によっては災害軽減の可能性もあります。このように、地熱発電や地熱直接利用といった地熱資源の利用は、本来、地球表面から放出され、失われているエネルギーの有効利用であり、地球環境への負荷の点からも合理的なエネルギーの利用法といえます。とくに、わが国のような火山国では、膨大な地熱資源の利用が可能ですが。

また、たとえば、地熱発電は化石燃料発電に比べて、圧倒的にクリーンであるという特徴があります。電力中央研究所による燃料の採掘・輸送過程、発電所の建設過程等、全ての過程を含めた二酸化炭素排出量の評価によれば、地熱発電の1kWh当たりの二酸化炭素排出量は15gであり、これは原子力発電の22g、風力発電の29g、太陽光発電の53gよりも少なく、中小水力発電の11gに次いで、2番目にクリーンなエネルギーとされています。石油火力発電の二酸化炭素排出量は742gですので、石油火力発電を地熱発電に置き換えると、1kWh当たり727g、つまり98%の二酸化炭素排出量を抑制する効果があります。しかも、純国産エネルギーであり、他の自然エネルギー発電に比べて、出力が安定しているという特徴もあります。

そのため、今後、エネルギー需要の急増が予想されるアジアで、クリーンな地熱資源利用を拡大することは地球温暖化問題にとって、大きな意義があります。幸運にも、アジアでは地熱資源の利用が積極的に進められています（詳しくは、下記のGREENキーワード解説をご覧ください）。

当研究グループは、昭和50年に発足した地質調査所地殻熱部の流れを汲む、長い蓄積をもつ研究グループです。しかし、最近、国の



地熱開発支援策が縮小され、現在、当研究グループでは、国の唯一の地熱プロジェクトであるNEDOの地熱開発促進調査（中小地熱）への側面支援の研究を中心に行っています。この中では、地熱版「風況マップ」の作成を目指しています。また、活況を呈する世界の地熱開発・地球温暖化問題からの要請・持続的な原油価格の高騰等を睨みつつ、いつでも、本格的な地熱市場拡大に対応できるよう、基礎的な地熱資源評価の研究を進めています。とくに、アジア経済の躍進がわが国の長期デフレ不況の要因のため、アジアの地熱市場にわが国の地熱技術を活用すべく、アジアの地熱資源評価や研究協力の推進に積極的に努めています。たとえば、アジア10ヶ国と地熱データベースの研究を行い、昨年度までアジア地熱シンポジウムを主催してきました。さらに、これまでに蓄積された地熱基盤情報を、様々な分野に応用すべく、熱・熱水の影響評価手法に関する検討という放射性廃棄物地層処分に関する研究にも取り組んでいます。

## (主な研究テーマ)

中小地熱資源の研究（運営費交付金）

地熱資源の研究（運営費交付金）

熱・熱水の影響評価手法に関する検討（受託研究）

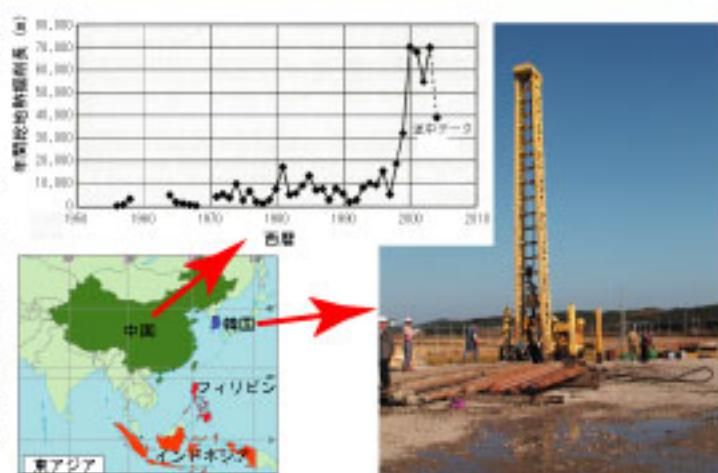
(メンバー) 阪口圭一、佐々木宗建、佐藤貴幸、茂野 博、玉生志郎、水垣桂子、村岡洋文

テクニカルスタッフ: 古澤みどり、森田恵子

## GREENキーワード解説 アジアの地熱開発動向

わが国の地熱開発は、国の推進政策の後退により、このところ低迷しています。しかし、これは世界的にみるとむしろ例外であり、地球温暖化問題を背景として、世界の地熱開発、中でもアジアの地熱開発は活況を呈しています。たとえば、フィリピンの地熱発電設備容量は現在、世界第2位の1,931MWであり、地熱No.1政策により、2013年には2,436MWまで拡張し、世界第1位に躍り出る計画です。インドネシアの地熱発電設備容量は現在、世界第5位の807MWであり、国家エネルギー政策の中で、2020年には6,000MWまで拡張する計画です。この計画実現のため、2003年には地熱エネルギー法を制定しています。

さらに最近では、必ずしも火山国といえない国々までが、地熱直接利用を積極的に推進しています。たとえば、中国では「西部大開発」により、地熱開拓の総延長が2000年以降、毎年70,000mに達しています（右図）。これは、深度3,000mの地熱井が毎年23坑も掘削されていることを意味します。また、韓国では、ボハン市で、年間200万USドルの予算を投じて、地熱直接利用プロジェクトが推進されています（右図）。



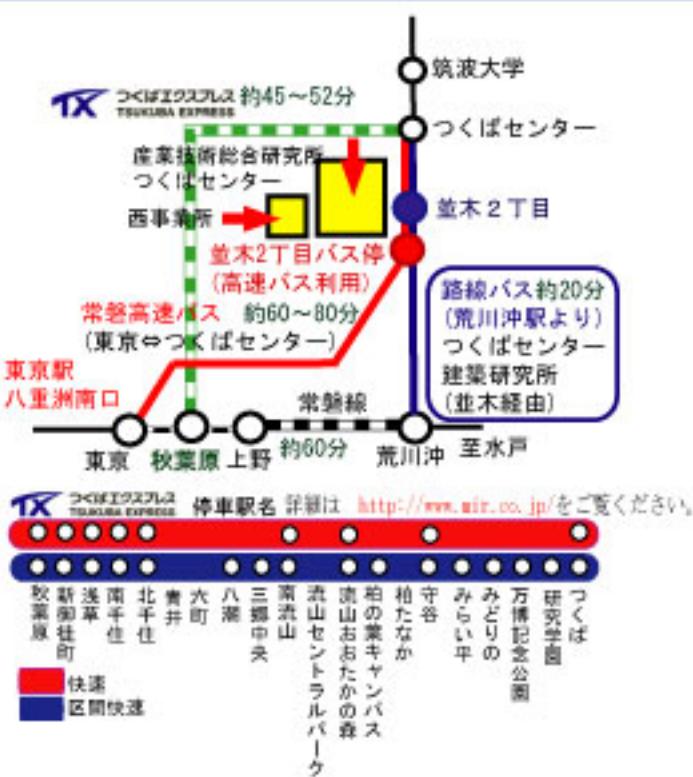
# 行事カレンダー

|            |  |                |
|------------|--|----------------|
| 10/7       | <b>地図資源環境研究部門成果報告会</b><br><a href="http://unit.aist.go.jp/georesenv/html/event_seika.html">http://unit.aist.go.jp/georesenv/html/event_seika.html</a>                  | 茨城・つくば市        |
| 10/9-14    | 2005 International Conference on Coal Science and Technology<br><a href="http://unit.aist.go.jp/energy/icest/">http://unit.aist.go.jp/energy/icest/</a>                | 沖縄・宜野湾市        |
| 10/16-18   | 物理探査学会第113回学術講演会<br><a href="http://www.ssg.org/committee/gvouji/conf113.html">http://www.ssg.org/committee/gvouji/conf113.html</a>                                    | 沖縄・那覇市         |
| 10/17-18   | 1st International Conference on Wind Turbine Noise<br><a href="http://windturbinenoise2005.org/">http://windturbinenoise2005.org/</a>                                  | ドイツ・ベルリン       |
| 10/16-19   | 2005 Geological Society of America(GSA) Annual Meeting & Exhibition<br><a href="http://www.geosociety.org/meetings/2005/">http://www.geosociety.org/meetings/2005/</a> | アメリカ・ソルトレークシティ |
| 10/19-21   | 日本地震学会秋季大会<br><a href="http://wwwsoc.nii.ac.jp/seis/">http://wwwsoc.nii.ac.jp/seis/</a>  | 札幌・北海道大学       |
| 10/21      | 石油技術協会秋季講演会<br><a href="http://www.japt.org/">http://www.japt.org/</a>   | 東京・代々木         |
| 10/27-28   | NZ Geothermal Workshop<br><a href="http://www.auckland.ac.nz/gei/Wshop-2004.htm">http://www.auckland.ac.nz/gei/Wshop-2004.htm</a>                                      | ニュージーランド・ロトルア  |
| 10/31-11/4 | CCOP-AIST/GSJ Training Programme on Groundwater Project<br><a href="http://www.ccop.or.th/">http://www.ccop.or.th/</a>   | タイ・バンコク        |
| 11/17-18   | 第42回石炭科学会議<br><a href="http://www.jie.or.jp/seikai42a.htm">http://www.jie.or.jp/seikai42a.htm</a>  | 愛知・名古屋市        |
| 11/18-20   | 日本地熱学会 平成17年学術講演会<br><a href="http://wwwsoc.nii.ac.jp/grsj/index.html">http://wwwsoc.nii.ac.jp/grsj/index.html</a>   | 長崎・小浜町         |
| 11/24-25   | 第38回安全工学研究発表会<br><a href="http://wwwsoc.nii.ac.jp/jssc3/event/study/st051124.html">http://wwwsoc.nii.ac.jp/jssc3/event/study/st051124.html</a>                         | 岡山・岡山大学        |
| 12/5-9     | 2005 AGU Fall Meeting<br><a href="http://www.agu.org/meetings/fm05/">http://www.agu.org/meetings/fm05/</a>   | アメリカ・サンフランシスコ  |
| 2006       | 31st Stanford Geothermal Workshop<br><a href="http://ekofisk.stanford.edu/geoth/workshop2006.htm">http://ekofisk.stanford.edu/geoth/workshop2006.htm</a>               | アメリカ・スタンフォード   |
| 1/30-2/1   |  |                |

## 編集後記

グリーンニュースが10号を迎えました。2003年7月の第1号から2年3ヶ月の時間が経過したことになります。ここに来て、広報委員会の努力によって書式やレイアウト等の体裁も大体固まり、発行のために要する労力は多少軽減されたかも知れません。その分、内容の充実等に注力し、さらに“質”を高めるため努力が必要と考えています。

節目となる本号では、研究ノートと研究グループ紹介において地熱資源開発に係る研究を紹介します。また海外情報の片方は、地熱資源の開発にも関連しています。グリーンニュースでは、表紙の背景としてその号に関連の深い場所や施設・装置等の写真を利用しています。本号は、中国チベット自治区の海拔高度4,300mに位置する羊八井(ヤンバージン)地熱発電所をその北側に位置する生産(貯留)ゾーンから望んだ写真です(村岡研究グループ長より提供)。発電所の背後にある山並みの中の最高峰は唐山です。写真右の热水溜池左に1977年に運転し、1985年に設備容量10,000kWとなった羊八井地熱第一発電所が小さく見え、写真左には1986年に運転し、1991年に設備容量15,180kWとなった羊八井地熱第二発電所が見えます。ここから90km南にあるラサを中心とするチベット中部電力網の電源として、地熱発電は水力発電に次ぐ存在であり、羊八井地熱発電所はこ



## 上記以外の高速バス路線

- つくばセンター⇒羽田空港
- つくばセンター⇒新東京国際空港(成田)

### 中央第七事業所

〒305-8567  
茨城県つくば市東1-1-1  
tel 029-861-3633

### 西事業所

〒305-8569  
つくば市小野川16-1  
tel 029-861-8100

### 地下水環境RG

### 地質パリアRG

### 物理探査RG

### 地図流体ダイナミクスRG

### 有機地化RG

### 燃料資源地質RG

### 地熱資源RG

### 鉱物資源RG

の電力網の平均30%を(湯水期の冬季には45%)を賄っているそうです。

地熱資源は、元来資源に乏しい我が国において唯一と言つていいほど豊富にあるエネルギー資源であり、地熱発電によって得た電力は我々の日常生活の一歩を支え、一方では温泉が生活を豊かにしています。また最近では、地下深くからだけでなく、地下浅いところで得られる地中熱の利用等も盛んに行われています。

地球環境の保全が叫ばれて久しい昨今ですが、環境負荷が少ないエネルギーの一翼を担う地熱資源を再認識し、今まで以上に有効利用するための研究開発が必要であると考えます。その研究開発の現場を本号で紹介できたとすれば幸いです。

最後に、7月から村岡委員に代わって水垣委員が広報委員会に加わったことをお知らせします。(No.10編集担当:今泉)

## GREENニュース No. 10 Oct. 2005

2005年10月1日発行

通巻第10号・年4回発行

本誌記事写真等の無断転載を禁じます。

発行: 独立行政法人産業技術総合研究所 地図資源環境研究部門

編集: 地図資源環境研究部門 総括研究員(広報委員会委員長)

〒305-8567 つくば市東1-1-1 (第七事業所) TEL 029-861-3633

〒305-8569 つくば市小野川16-1 (西事業所) TEL 029-861-8100

ホームページ <http://unit.aist.go.jp/georesenv/>

ご意見、ご感想をお待ちしております。

上記サイト「お問い合わせ」のページから電子メールを送信できます。



**GREEN**  
INSTITUTE FOR GEO-RESOURCES AND ENVIRONMENT

<http://unit.aist.go.jp/georesenv/>



独立行政法人  
産業技術総合研究所

AIST03-E00019-10