

### 目 次

夢の中へ：地下探査におけるイノベーション

**十大ニュースより**

水文環境図の編集指針作成と No.6「山形盆地」の出版

**理事長賞受賞研究報告**

地圏環境リスク評価システム (GERAS-3) の公開と普及

CO<sub>2</sub> 地中貯留の環境インパクト評価に関する講演会

**退職者挨拶**

地熱による地域興しを目指して

**ただいま研究中**

CO<sub>2</sub> 地中貯留研究グループの紹介

BNL 在外研究報告

**新人紹介**

地下水研究グループ

CO<sub>2</sub> 地中貯留研究グループ

行事カレンダー・部門成果報告会お知らせ

内田利弘 ..... 1

町田 功・内田洋平・石井武政 ..... 2

坂本靖英 ..... 3

田中敦子 ..... 4

村岡洋文 ..... 4

中尾信典 ..... 5

雷 興林 ..... 6

井川怜欧 ..... 7

船津貴弘

..... 8

### 夢の中へ：地下探査におけるイノベーション



主幹研究員 内田利弘

私の研究の専門は物理探査です。物理探査は、弾性波(地震波)、電磁気、重力などの物理的な手段を使って地下構造を調べる技術です。わが国では石油・金属鉱物などの地下資源開発や土木分野などの地盤・環境調査を中心に技術開発が進められてきました。

最も開発の進んだ物理探査技術は、石油探査に用いられる地震探査法です。特に、地質構造を忠実に3次元的に見せてくれる3次元反射法探査は、1990年代初めから石油探査の主力となりました。3次元探査には多数の受信器(センサー)を配置する必要があり、海上では専用の探査船を用いて非常に効率的に調査が行われます。わが国でも2008年に政府が3次元物理探査船を導入して周辺海域での調査を本格化し、貴重な探査結果が蓄積されています。3次元反射法探査によって得られる地質構造モデルは非常に高分解能です。海外では、数kmの地下に埋もれた地質時代の流路を明瞭に識別したというような例も多く報告されており、3次元探査の導入によって石油メジャーによる掘削の成功率は格段に向上しました。

地震波以外で、電磁気、重力、磁気などを用いる探査法は、反射法探査に比べて地下深部の探査分解能はかなり劣ります。それは、電磁誘導や万有引力といった自然現象が地震波の波動現象と本質的に異なることに起因しています。それでも、電気抵抗や密度、磁化率などの3次元分布を求める解析手法の開発が行われ、適用が広がっています。

物理探査は、まず現在の地下構造を求める目的としますが、石油の生産やCO<sub>2</sub>などの流体を地下に注入し

た際の地層の変化を調べるモニタリングにも用いられます。しかし、変化を起こす領域が小さく、あるいは深部であるため、一般に地上で計測を行った場合の信号の変化は微小です。そのような変化を計測し、また、データ解析によって変化量の分布を求めるのは大変困難な作業です。

本格的なモニタリングを行うには、まず、沢山の受信器を地表、海底あるいは坑井内に配置して大量のデータを連続的に取得する必要があります。それには、小型・省電力で信頼性が高くかつ安価なセンサーが必要です。近年、MEMS (micro electro mechanical system) デバイスによる加速度、圧力などのセンサーや、MI (magneto impedance) 素子による磁気センサーといった新しい小型センサーが開発され市場に出始めました。もう少し信頼性が増し高精度になれば、既存の受信器に取って代わることが予想されます。中でも、MEMS 加速度計は、ゲーム機、携帯電話や自動車などを中心に急速に使用が拡大しており、物理探査においても利用が始まっています。また、測定機器に使用されるデータ収録や通信技術も着実に進歩しています。

取得した大量のモニタリングデータを処理・解析することも大きな課題です。地下を詳細な3次元モデルで表現し、時間変化のパラメタを加えて、4次元の解析を行う必要があります。微小な測定値の変化をもとに、精緻で信頼性の高い4次元モデルを求める解析技術が期待されます。また、将来、他の探査データや流体・物質の流動の計測と合わせて総合的に解釈し、地下の変化をダイナミックに可視化できるレベルまで成長してほしいと願っています。

# 十大ニュースより

## 水文環境図の編集指針作成とNo.6「山形盆地」の出版

産総研・地質調査総合センターでは、その前身である地質調査所時代から地下水情報の提供を目的とした図幅を作成・出版してまいりました。1961年から98年にかけては日本水理地質図がNo.1～No.41まで出版されています。2001年の産総研発足後、この流れは水文環境図に受け継がれ、2002年のNo.1「仙台平野」を皮切りに、2008年までに「秋田平野」「関東平野」「濃尾平野」「筑紫平野」の5つの地域で出版されています。一方、水文環境図の考案から現在までの間に、社会状況は大きく変化してきました。例えば、最近では、CO<sub>2</sub>削減および省エネルギー対策により、地中熱関連の研究に注目が集まっています。また従来と比較して大深度掘削のコストが下がり、深層地下水利用がますます盛んになることが予想されます。このような社会的な変化に加えて、水文環境図の内容については産総研内外から幾つかのリクエストもいただきました。以上のような背景から、地下水研究グループでは水文環境図の発展のために討論を重ね、その結果を編集指針として取りまとめました（表1）。この編集指針は水文環境図において編集すべき最低限の項目を示したもので、実際の水文環境図では、表1の項目に加えて図幅の作成者がその地域で重要な水文情報を判断し、編集項目を付加していくことになります。

表1 水文環境図の編集指針  
水文環境図の編集・調査項目についてのまとめ

|     | 地下水                                       | 地中熱                                  |
|-----|---|--------------------------------------|
| 現況  | 一般水質・無機汚染項目<br>透水係数分布<br>水文地質断面<br>水理地質基盤 | 現況の地下水面図<br>水温分布<br>地温勾配分布<br>地下水位変化 |
| 過去  | 過去の水質分布<br>過去の地下水面図                       | 過去の水温分布                              |
| その他 | 地質図<br>地形図<br>地質断面<br>線路・国道               |                                      |

水文環境図No.6 山形盆地は、表1の編集指針に則って作成されています。ここではその内容の一部をご紹介します。図1は地下水中のCl<sup>-</sup>濃度（塩化物イオン）の分布を示したものです。この図によると、第四系内の地下水（赤色の等値線：単位はppm）は大部分の地点でCl<sup>-</sup>濃度が30 ppm以下であることが示されています。この分布は山形盆地の浅い地下水のCl<sup>-</sup>濃度の目安として用いることができます。このような等値線図はCl<sup>-</sup>濃度についてだけでなくFe濃度などについても収録されていますので、度々問題になる、自然由来の重金属イオン濃度の空間的な偏りを判断するためにも役立ちます。また図1では第三系（深度400 m以浅）の地下水中のCl<sup>-</sup>濃度については紫色、第三系（深度400 m以深）については黄色の等値線で示されています。浅い地下水中的Cl<sup>-</sup>濃度は大部分が30 ppm以下でしたが、深度400 mを越えるような深層の地下水には10,000 ppmを超えるCl<sup>-</sup>濃度を含むものがあります。実はこれらの高いCl<sup>-</sup>濃度を持つ地下水にはNa<sup>+</sup>（ナトリウムイオン）も多く含まれており、海水のように塩辛い味がしますので化石塩水などと呼ばれています。このように図1によって山形盆地の地下浅層には“流動性の”溶存成分の低い地下水が分布し、より深層には化石塩水のような停滞

地下水研究グループ 町田 功・内田洋平・石井武政

性の地下水が分布していることがわかります。このような流動性・停滞性の地下水の分布を把握することは、地下水資源の量を把握することにもつながります。

一方、地下温度情報については地下水温の鉛直プロファイルを調査しています。この調査には県および市町村の協力をいただき、長期間揚水をおこなっていない地盤沈下観測井を利用させていただきました。地盤沈下観測井では井戸内の地下水が搅乱されておらず、地下水温が対象深度の地質温度と平衡になっているため、地下温度情報を連続的に得ることができます。

以上のように、水文環境図は地下水資源の保全や地中熱の有効利用のために作成されていますが、水質データについても分かりやすい表示を行うよう心がけました。そのため、地下水教育用や地下水に興味のある方にもご利用いただけると思います。今後ともさらなる議論を通じて、より有用な図幅を提供できるよう努めていきたいと考えています。

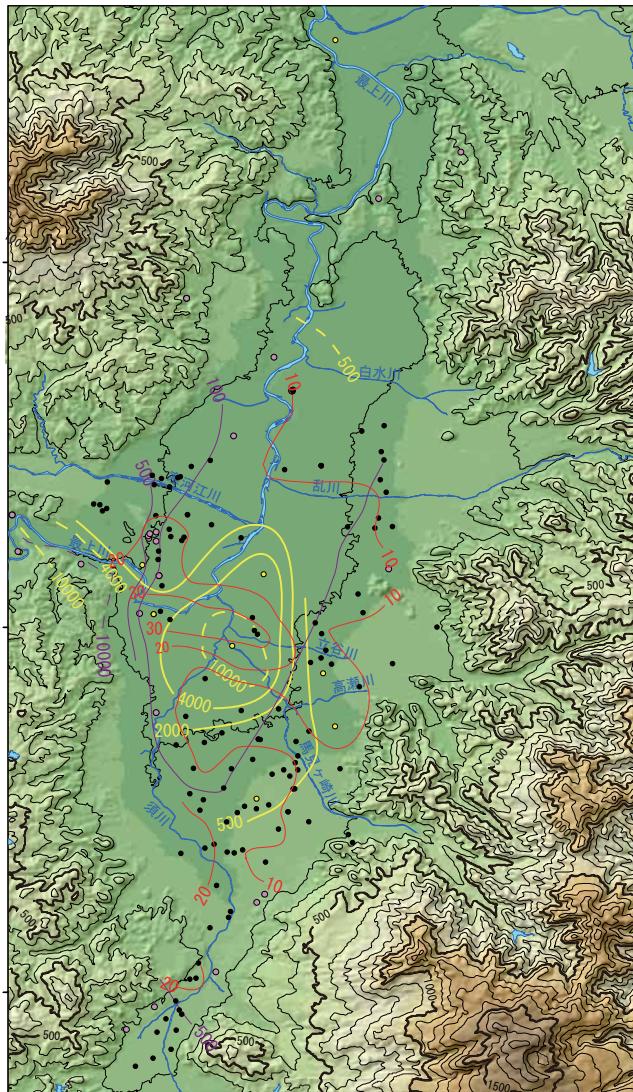


図1 水文環境図 No.6「山形盆地」

盆地中央部の深度400 mの地下水には、Cl<sup>-</sup>濃度（黄色：単位ppm）が10,000 ppmに達する地点もある。浅層では溶存成分量が少ない地下水が得られる地点であっても、深層に移るにしたがって、徐々に化石塩水に移り変わっていく様子が示されている（実際の水文環境図と一部異なる部分があります）。

## 地圈環境リスク評価システム(GERAS-3)の公開と普及

地圈環境リスク研究グループ 坂本靖英

近年、鉱物油、揮発性有機化合物(VOCs)、重金属等による複合的な土壤汚染が顕在化している。産業活動においては常に環境リスクを伴うため、汚染を最小限に留めるための土壤汚染対策は必要不可欠であり、事業所や市街地における土壤・地下水汚染のリスクを適切に管理することが求められる。また、2010年4月には、改正土壤汚染対策法が施行され、リスク管理が一段と強化された。地圈環境リスク研究グループでは、土壤や地下水に負荷された化学物質のヒトへの曝露量およびリスクを算出できる地圈環境リスク評価システム(GERAS-3、詳細型モデル)を開発し、2009年9月30日に企業や自治体向けにソフトウェアとして公開した。

複合成分に起因した土壤・地下水汚染の概念図を図1に示す。地表付近で排出された汚染物質は、揮発や水相への溶解、土粒子表面への吸着を伴いながら土壤中を浸透し、一部が帶水層へと到達する。汚染は主として地下水の流動に起因して拡大するため、汚染サイトのみならず、汚染物質の土壤・地下水環境における移動現象の把握が重要となる。GERAS-3では、表層土壤から帶水層に至る汚染物質の浸透現象をモデル化するとともに、反応を伴う汚染物質の組成変化をも考慮に入れた多相・多成分系流動に関する数学モデルを構築し、複合成分に起因した健康リスクの時空間分布の定量化を可能とした。なお、汚染物質としての鉱物油、VOCs、重金属は、本数学モデルにおいては以下のようにモデル化することとした。

- (1)鉱物油は、分子量の異なる14個の炭化水素(油成分)の組み合わせとして表現。揮発や溶解による油相の組成変化は、構成する各成分のモル分率の変化として取り扱われ、結果として流動挙動に影響を及ぼす粘性の変化も考慮される。
- (2)複数のVOCsに起因した汚染を対象とした場合、個々のVOCsを油相中の成分とし、これらが油相1相として流動するものと仮定する。個々の物質の時空間分布はモル分率変化に反映されるため、数学モデルにおいては鉱物油と同様の取り扱いが可能。
- (3)重金属は体積を持たず、可溶体ではない状態では流动性が無いものと仮定し、土壤中においては未溶解、未吸着の成分、水相に溶解した成分、土粒子表面に吸着した成分の3つの存在形態を定義する。まず、未溶解、未吸着の成分が水相に溶解し、地下水の流動に伴い移動する。水相における濃度が溶解度を超えた場合には、水相からの析出が生じる。さらに水相へ溶解した成分は土壤表面へと吸着する。

さらに、汚染土壤の掘削除去や微生物分解等による汚染物質の原位置処理をモデル上考慮することにより、浄化対策の適用によるリスクの低減効果をも定量的に評価することが可能といった特長を有している。

GERAS-3の公開に際しては、野外調査や室内実験、文献調査等を通じてわが国の土壤・地下水の特性、汚染物質の物性や毒性等のデータベースを整備した。表層土壤のデータベースでは、我が国の代表的な土壤に関して、土粒子の粒度の違いによる分類に基づき、透水係数や間隙率、含水率等を入力パラメータとして整備した。汚染物質の物性や毒性等に関しては、現時点で鉱物油およびVOCsについて計99個、重金属については計23個の物質を対象と

して、水への溶解度や粘度、リスク判定の基準となる経口の参考用量(Oral Reference Dose、O-RfD)等をデータベースとして整備し、ユーザーが対象とする汚染サイトに応じて選択可能とした。併せて、Windows上での初期パラメータの入力や境界条件の設定、結果の可視化等、ユーザーの使い易さを考慮に入れたプリ・ポストプロセッサを構築し、市販のPCで動作可能な親しみやすいコンピューターシステムとして完成させた。

GERAS-3による解析結果の一例として、表層付近でガソリンが5年間にわたって排出された汚染状況を想定して、浄化対策の有無による80年後の芳香族(C6)のO-RfD比(単位体重あたり、1日当たりの曝露量[mg/(kg×day)])とO-RfDとの比と定義。この値が1を超えた場合にリスク有りと判定される)の分布ならびにリスクの判定結果の比較を図2に示す。図中に赤で示された部分がリスク有りと判定された区域であり、浄化対策無しの場合と比較して、O-RfD比の低下の度合いが、各浄化対策を施した場合の効果を表している。一旦帶水層に油が流入してしまった場合、土壤の掘削除去によるリスクの低減効果は10%程度と小さいのに対し、微生物分解等による原位置処理では、地下水中的濃度を低下させることで曝露量を飛躍的に減少させることが可能であり、高リスクレベルの区域が著しく縮小するとともに、リスクレベル自体も全体的に低下することが判明した。

以上のように、GERAS-3は土壤汚染等の環境リスク管理を企業や自治体が自主的に行う場合の強力なツールとしての活用が期待され、現時点において、300を超える事業所、自治体への配布を完了している。今後も、以下のような用途での活用を目指して、産業や社会への技術移転・普及を推進する。

- (1)事業場や工場のような現場の詳細評価
- (2)汚染対策とリスク軽減とコスト低減の定量評価
- (3)微生物浄化技術等へのリスク評価手法の適用
- (4)法制度や社会システムへの適用と普及

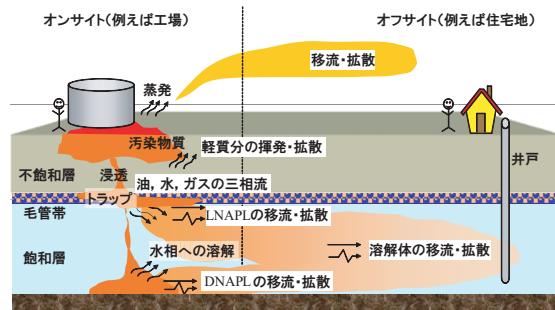


図1 複合成分に起因した土壤・地下水汚染の概念図

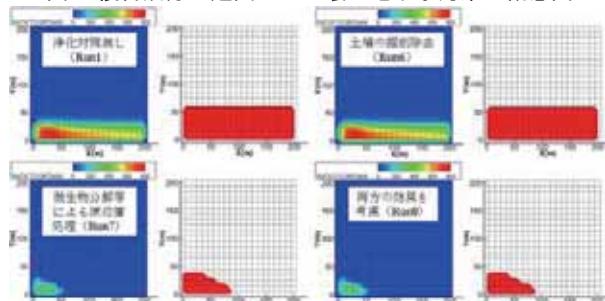


図2 浄化対策の有無による80年後の芳香族(C6)O-RfD比の分布ならびにリスクの判定結果の比較

## CO<sub>2</sub>地中貯留の環境インパクト評価に関する講演会

地図環境リスク研究グループ 田中敦子

モデリングにおける最近の成果（佐藤徹教授、東京大学大学院）

CO<sub>2</sub>地層貯留の環境インパクト評価として、海底からの漏洩が生じた場合に影響のない限界を定量的に評価した。CO<sub>2</sub>バブルの粒径に依存した移動特性と溶解CO<sub>2</sub>のシミュレーションから、海洋生物に影響の生じない漏出のバウンダリーを明らかにした。また、CO<sub>2</sub>海洋処分における、海底直接注入とハイドレート化後の処理の経済効率を定量的に比較評価した。

3) 国内におけるCO<sub>2</sub>地中貯留（當舎利行、中尾信典）

国内におけるCO<sub>2</sub>地中貯留プロジェクトの経緯と概要、小規模な分散型のCO<sub>2</sub>地中貯留の構想、産総研の取り組みを紹介した。

4) 深部塩水帯水層に注入したCO<sub>2</sub>の長期挙動に関する主要パラメーターの感度解析（加野友紀、石戸経士）

STARシミュレーターを利用した、CO<sub>2</sub>の長期挙動に対する各種地質学的パラメーターの感度分析の結果を紹介した。

5) キャップロックの毛細管圧に関する実験的研究（徂徠正夫、船津貴弘）

キャップロックの特性の定量的評価への貢献をめざして実施中の、雰囲気と岩石の毛細管圧の関係についての実験結果を紹介した。

6) 帯水層CO<sub>2</sub>貯留に伴う地球物理学的モニタリングのシミュレーション（西祐司、杉原光彦、石戸経士）

米国AnethのCO<sub>2</sub>地中貯留実証試験サイトにおける自然電位モニタリングについて、計測方法とデータの傾向を紹介した。

1月15日に、英国インペリアルカレッジのDurucan教授および東京大学佐藤徹教授をお迎えし、地圈資源環境研究部門の研究者諸氏のご協力のもとに、CO<sub>2</sub>地中貯留の環境インパクト評価に関する講演会を、第7事業所大会議室で開催した。当日は所内外から約70人が参加し、熱心な討論が行われた。

講演会のまとめとして、Durucan教授の言葉を引用する。「実証試験の経験の蓄積により、CO<sub>2</sub>地中貯留の環境インパクト評価や安全評価の研究の進展は著しい。第一段階のリスク源のアセスメント、第2段階の曝露アセスメント、第3段階の漏洩可能性の評価へと、求められるアセスメントの内容も変わってきた。しかし、リスクの確実性と確率の評価手法はまだ十分に確立されていない。リスクを定量評価する研究が、現在、求められている。」

以下に、講演の概要を紹介する。

1) CO<sub>2</sub>地中貯留のパフォーマンス・リスク評価および漏洩可能性のモニタリング手法(Prof. Sevket Durucan, Imperial College, London)

Durucan教授のグループは、CO<sub>2</sub>地中貯留については、岩石力学特性と注入効率の評価から、環境インパクト制御、経済効果評価に至るまでの広範な研究を展開している。またEUにおけるCO<sub>2</sub>地中貯留のリスクアセスメント政策の策定やIEA/GHGやIPAC-CO<sub>2</sub>におけるプロジェクトに活発に参画している。講演では特に、地中処分とCO<sub>2</sub>地中貯留の相違や、欧州各地の海洋環境保護の流れを解説し、欧州各地の実証試験および商業プラントの実情と計画を紹介し、今後の取り組みの重要性を示した。

2) CO<sub>2</sub>海洋処分および海底下CO<sub>2</sub>地層貯留のCO<sub>2</sub>挙動

## 退職者挨拶：地熱による地域興しを目指して



筆者試作の北日本新エネルギー研究センター ロゴマーク案

工業技術院地質調査所および産総研地圈資源環境部門を通じての32年間、皆様には誠にお世話になりました。私に与えられたテーマは退職者挨拶ですが、回顧譚ではなく、近況の紹介をお許し下さい。何故ならば、私はまだ、もう一仕事する所存だからです。

今回、外部に出てみて痛感したことは、産総研が巨大な人的資源に守られて、大変恵まれているということです。しかも、その有難味は中に居てはなかなか実感できません。中に居る方におかれましては是非とも、この比類なき人材の宝庫をフルに有効利用していただきたいと思う次第です。

さて、私の新しい職場、弘前大学北日本新エネルギー研究センターは昨年、青森市に設立されました。弘前大学本部は弘前市にありますが、新幹線が2010年12月4日に新青森まで開通することから、敢えて、青森市に設立されました。

赴任直後にはWGC2010もありましたため(図1)、最初の2ヶ月間はほとんど挨拶回り



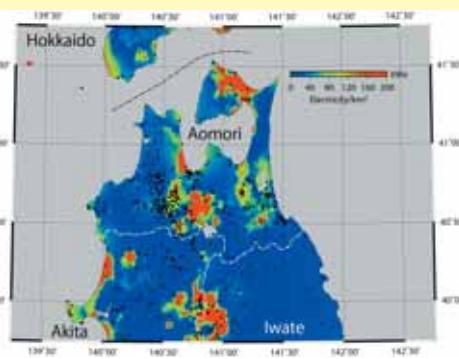
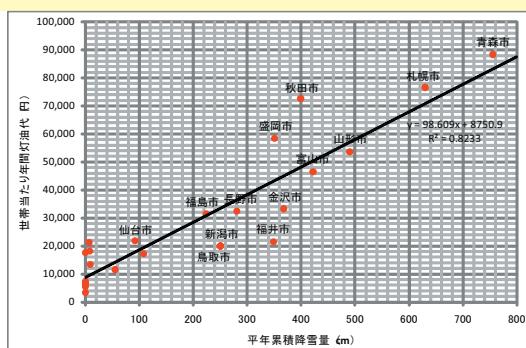
図1 バリ島WGC 2010にて

弘前大学 北日本新エネルギー研究センター 教授 村岡洋文

に過ぎてしまいました。

青森市など青森県下の都市は北海道を上回るほど豪雪都市であり、県民のエネルギー負担は、その一部である灯油代だけでも巨額となっています(図2)。私の夢はこの地域を一次エネルギーの66%を地熱エネルギーで賄っているアイスランドのような、高度な地熱利用の先進地にすることです。青森県は高温热水系資源に関する限り、秋田県や岩手県の後塵を拝しています。しかし、幸い中低温热水系資源はカルデラ群の存在や広大な沖積平野のお陰で、両県を凌駕しています(図3)。

着任時には、予算の当てもありませんでした。しかし、その後、総務省の分権などに関連して、県からの委託の可能性も出てきて、俄かに忙しくなりつつあるところです。



まずは、CCSの概要説明から：二酸化炭素の回収・貯留技術（Carbon dioxide Capture and Storage (CCS)）は、火力発電所などの人為的排出源から排出されるCO<sub>2</sub>を分離回収、輸送し、地中などに長期的に貯留し大気から隔離することでCO<sub>2</sub>排出を抑制し、化石燃料の利用を可能とする技術的オプションです。ここ数年の間に国内外において政策課題としての認識も高まり、気候変動対策の重要な技術のひとつとして一層の注目が集められるようになっています。その一番の例として、2008年7月に行われた洞爺湖サミットが挙げられます。首脳宣言には、「我々は、2020年までにCCSの広範な展開を始めるために、各国毎の様々な事情を考慮しつつ、2010年までに世界的に20の大規模なCCSの実証プロジェクトが開始されることを、強く支持する。」ことが明記されました。日本においても経済産業省が当該技術の実用化に向けて大規模実証事業を推進しています。

平成17年度（2005年度）から開始された産総研第2期研究戦略（21年度まで）では、当研究部門でもCO<sub>2</sub>地中貯留研究を部門重点化課題に採択し、CO<sub>2</sub>を帯水層に圧入した際の環境影響評価のために必要なCO<sub>2</sub>の帯水層内の挙動把握や隔離性能評価、挙動のモニタリング技術開発などを進めてきました。今年度からの産総研第3期においてもCO<sub>2</sub>地中貯留は重点課題に指定されており、中期計画として、“CO<sub>2</sub>地中貯留において、CO<sub>2</sub>の安全かつ長期間にわたる貯留を保証するための技術を開発し、早期の実用化に寄与すること”が目標となっています。

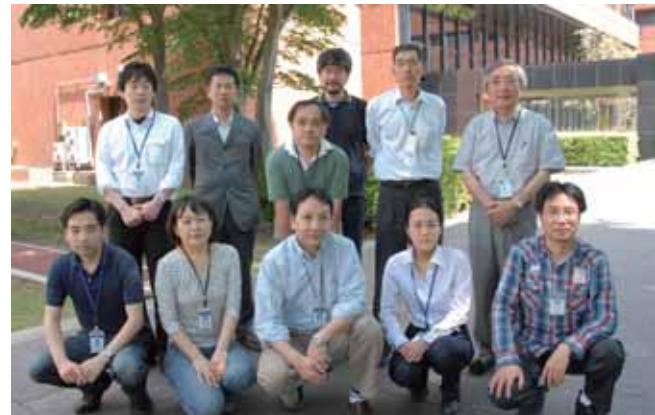
さて、前置きが長くなってしまいましたが、このような情勢の中、2006年11月、CO<sub>2</sub>地中貯留の研究を重点的に行うために、それまでの地殻環境技術研究グループが改編されてCO<sub>2</sub>地中貯留研究グループが発足しました。現在、地球化学、地球物理、岩石実験、資源工学など様々な分野を専門とした11名の研究者が当研究グループに所属しています（相馬宣和主任研究員は米国にて在外研究中）。地中貯留の実用化に向けて、

- ・CO<sub>2</sub>がどのように帯水層に貯留されるか（貯留メカニズムの解明）
- ・CO<sub>2</sub>の挙動をどのように監視・予測していくか（モニタリング・モデリング技術開発）
- ・どのように安全性を評価し確保していくか（安全性評価、影響評価）

という3つの問題意識に基づいた研究を推進しています。なお、研究プロジェクトの遂行には、当研究グループ員以外に、当部門の他研究グループや産総研の他部門・センターから約20名の研究者が参加しています。

平成21年度（2009年度）に実施したCO<sub>2</sub>地中貯留関連の主な研究テーマ（予算）は次のとおりです。

- ・「CO<sub>2</sub>地中貯留の研究」【交付金】
- ・「沿岸域海底下CO<sub>2</sub>地中貯留の安全性評価に向けた基礎的研究」【交付金】
- ・「長期挙動予測シミュレーションモデルの高精度化等



グループのメンバー

#### に関する研究】【地球環境産業技術開発機構（RITE）受託研究（経済産業省補助事業）】

この受託研究は、以下の3つの研究テーマから構成され、本年度も研究を継続する予定です。

##### 1) 長期挙動予測シミュレーションモデルの高精度化

CO<sub>2</sub>挙動予測に用いるシミュレーションモデルの信頼性向上を図るには、モニタリングデータを最大限利用したヒストリーマッチングの実施が必要ですが、CO<sub>2</sub>圧入に係る物理探査モニタリングデータ（地震探査、電気・電磁気探査等）を有効利用する系統的方法が整備されていないのが現状です。そこで、流体流動シミュレーションにより計算される温度、圧力、CO<sub>2</sub>飽和度等の変化量から、観測可能な物理量（理論計算値）に変換するプログラムを開発します。

##### 2) CO<sub>2</sub>複合モニタリング技術の開発

圧入したCO<sub>2</sub>の挙動を精度よく監視するためには、弾性波と電磁・電磁気測定を同時に実施することが有効と考えられます。本研究では、小規模CO<sub>2</sub>圧入の野外実験を行い、地震探査及び電気・電磁気探査によるモニタリングデータを取得します。地震探査で得られた弾性波構造と電気探査により求めた比抵抗構造をCO<sub>2</sub>圧入前後で対比し、両技術の適性を踏まえた複合モニタリング技術の開発を行います。

##### 3) 砂泥互層におけるCO<sub>2</sub>流動評価手法の研究

我が国の一般的な帯水層の貯留サイトでは、個々の薄い砂岩層と泥岩層が互層を形成しており、単一の岩層の場合と比較してCO<sub>2</sub>の挙動がより複雑になることが予想されます。したがって、CO<sub>2</sub>の挙動を評価する際には、互層システム全体について体系的な解析を行うことが必要です。砂泥互層におけるCO<sub>2</sub>挙動評価手法の確立を目指して、特に、各岩層の性状を踏まえた互層システム全体でのシル性能評価技術の開発を行います。

また、本年度から、低コストなモニタリング技術及び断層モデリング手法の研究開発（日米共同研究をベースとします）を、経済産業省からの受託研究として開始しています。

# LBNE 在外研究報告

CO<sub>2</sub> 地中貯留研究グループ 雷 興林

産総研の在外研究職員派遣制度により平成 22 年 1 月 25 日から平成 22 年 3 月 27 日までアメリカ合衆国カリフォルニア州にある米国エネルギー省 (Department of Energy, DOE) のローレンス・バーカー国立研究所 (Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL) に 2 ヶ月間滞在し、“ランダムな多孔質岩石におけるメソスケール多相流解析”を題名とした在外研究を行いました。ここに、在外研究で得た成果とそれを生かすための今後の取り組みを紹介します。

今回の在外研究の主な成果は LBNL が開発し世界中の研究機関から好評を受けている多成分多相系浸透流シミュレーションプログラム Tough2/Tough+ のソースコードを解読した上、独自のインターフェースの作成により著者が開発している統合データ解析・岩石物性モデリングプログラムフレームワーク KongXi\_Tao (空隙道) に融合することができたことです。これにより、TOUGH2 とその関連プログラム群 (地下流体・熱及び汚染物質などの移流拡散解析、化学反応、CO<sub>2</sub> 地下圧入と圧入後挙動シミュレーション、ガスハイドレート生産シミュレーションなど) を容易に利用できるだけでなく、断層運動・岩盤変形・流体流動・熱などの相互作用を考慮した高度な解析を行うための土台を構築したとも言えます。地下廃棄物処分・CO<sub>2</sub> の地下貯留などにおいてガスの漏洩や地震の誘発などに関するリスク評価、実験室で得られる岩石物性モデルのアップスケーリング、CO<sub>2</sub> 地下圧入後挙動予測モニタリングなどの研究と技術開発に生かすことができると思います。

著者が所属している研究グループは、中立性という産総研の理念を一貫し CO<sub>2</sub> 地中貯留や地中熱資源開発などの分野においては環境に配慮した地盤の安全な利用に資する知見を得るために研究テーマに取り組んでおります。著者は主に岩石実験研究を通して数値シミュレーションに必要な物性モデルの構築を行っています。室内実験と数値解析を融合できれば、数理モデルの高度化により現場スケールシミュレーションの精度向上に資する成果が得られると思います。当面は、現在進行している CO<sub>2</sub> 地下貯留におけるリスク評価、流体が重要な役割を果す注水誘発地震やダム誘発地震のメカニズムの解明、海洋堆積物内ガスハイドレート生成への堆積速度に影響などの研究課題に取り込みながら KongXi\_Tao フレームワークを完成する予定です。

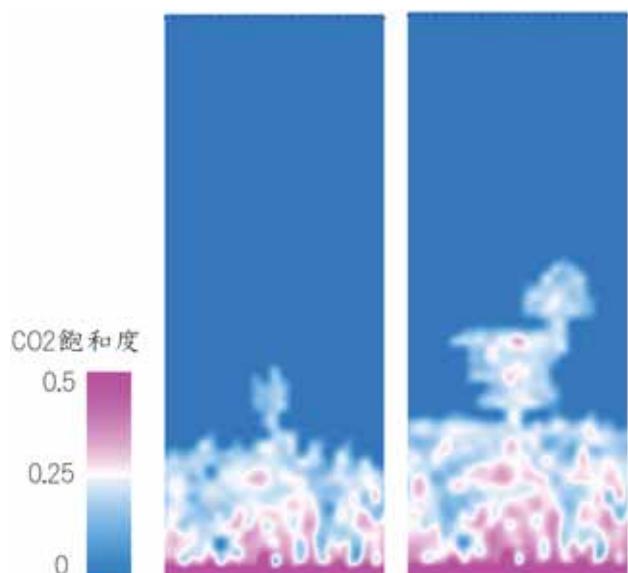


図 2 室内多孔質砂岩試料を用いた CO<sub>2</sub> 注入実験の再現のため、ランダムな不均質構造を持つモデルの CO<sub>2</sub> 注入シミュレーションで得た CO<sub>2</sub> 鮎和度分布

室内岩石実験では稠密弾性波計測を行ったため、得られた計測データと数値シミュレーションで得た結果を対比することにより岩石物性モデルを検討します。

## KongXi\_Tao (空隙道)

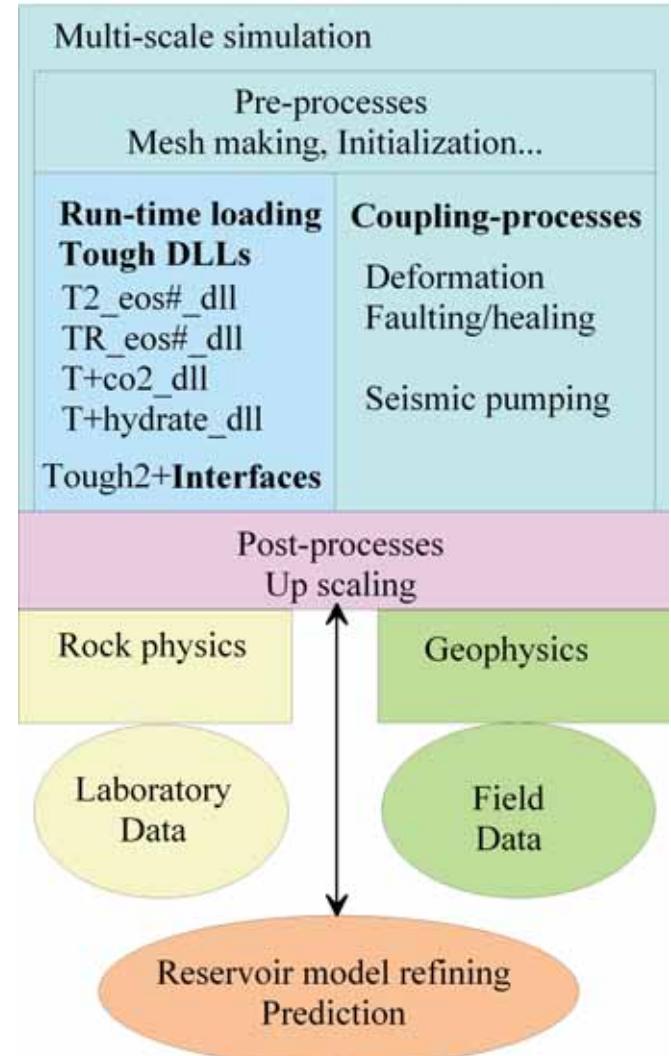


図 1 様々な研究ツールの統合と融合を目指して開発を進めているフレームワーク KongXi\_Tao (空隙道) の流れ図

“Multi-scale simulation” モジュールは流体流動と固体変形を扱い、Tough2 ツール群の導入により大幅機能アップしました。“Rock physics” モジュールは多孔質弹性論モデルを中心に数多くのモデリングツールを揃えています。“Geophysics” モジュールは汎用弹性波解析、トモグラフィ解析を始めとするデータ解析ツールを有します。“Postprocesses” モジュールは各モジュールを融合し室内実験で得るモデルのアップスケーリングとモニタリングためのフォワード計算を行います。

# 新人紹介

## 地下水研究グループ 井川怜欧

この4月より産総研人材育成型任期付研究員として地圏資源環境研究部門・地下水研究グループに配属となりました、井川怜欧と申します。2008年3月に熊本大学大学院で学位を取得し、その後2年間ポスドクとして産総研に勤務し、今年度より常勤職員として産総研に勤務することになりました。ポスドクから常勤職員となったことで、今まで以上に責任を持って研究に邁進すると同時に、これまで時間的にも立場的にも作ることが難しかった横のつながりを積極的に作っていきたいと考えております。産総研には、多くの優秀な研究者が在籍されていますので、このような方々とコミュニケーションを取る機会を増やし、自分の研究成果を様々な形で、社会へ還元できればと考えております。

私の専門分野は水文学と呼ばれる分野で、これは地球上の水循環を明らかにすることを目的としています。地球上



に存在する水は、大きくは陸水(淡水)と海水(塩水)とに分類され、さらに陸水は、降水、河川水、湖沼水、地下水、温泉水など存在する状態に応じて様々な名称に分類されます。しかしながら、これらの水は各成分ごとに独立し

て存在しているわけではなく、海水→水蒸気→雲→雨→河川水・地下水→海水といったように、地球上で様々に形を変え、絶えず循環しています。この水循環の過程を溶存イオン成分(水質)や同位体といった化学成分の測定を用いて明らかにすることが私の研究です。

現在、日本では上水道や下水道などのインフラ整備も進み、その源となる河川水や地下水が豊富に存在するため、降水量の少ない夏場の渴水期を除いて、水に困窮するといったことは、ほとんどありません。しかしながら、「21世紀は水の世紀」と呼ばれるように、世界では水は貴重な資源として考えられており、これまでは石油や鉱物などに限定されてきた資源の争奪戦は、現在では水の世界にまで及んでいます。日本もこれらの現状と無関係ではなく、将来の需要を見込んで、地下水の涵養域となる山地森林域を外国資本の企業が積極的に買い進めており、すでに国際的な水資源争奪戦に巻き込まれています。

このような問題の他にも、放射性廃棄物の地層処分事業や二酸化炭素の地中貯留など、日本が抱える喫緊の課題とも地下水は密接に関係しており、地下水を含む水の研究はこれまで以上に社会的な貢献を求められています。そこで、今後は、資源としての地下水はもちろん、地層処分や地中貯留など社会的必要性が求められる分野における地下水の在り方を中心に研究を進めていきたいと考えています。まだまだ未熟な点は多々ありますが、どうぞ宜しくお願ひいたします。

## CO<sub>2</sub>地中貯留研究グループ 船津貴弘

4月1日付で産業技術人材育成型任期付研究員として地圏資源環境研究部門 CO<sub>2</sub>地中貯留研究グループに配属となりました船津貴弘と申します。出身は九州大学工学部資源工学科で岩盤・開発機械システム工学研究室に所属し、岩石の亀裂進展特性を実験により研究していました。

産総研には修士1年の夏休みを利用して技術研修を受けたのが最初でした。当時は、独法になる直前で資環研でしたが、スペースが広くゆとりのある実験室にMTS製の材料試験機が複数台あり、非常に贅沢な環境だなという印象を受けました。その後も、大学の指導教授と産総研側の両方のご支援もあり、修士2年から学位取得までの3年間のはとんどの期間を産総研の施設を使用して研究することになりました。

2004年、学位取得後はオーストラリア、西オーストラリア州の Curtin University of Technology, Western Australian School of Minesで金属鉱山開発に伴う岩盤力学に関する諸問題を解決するための研究を行っていました。その中でも、鉱山で回収した岩石コアを用いて Acoustic Emission の計測による地圧の測定(AE法)に従事しました。

AE法をはじめとして岩石コアを用いた地圧の測定に関する基礎的な研究は、日本でも以前から行われてきました。その先人達の研究成果を踏まえて、産業界で利用されるにまで至りました。その意味では産総研が主張する本格研究につながるものがあったのではないかと思います。

2006年から3年間は、山口大学工学部社会建設工学科の助手として採用され、研究、教育活動に従事しました。山口大学工学部は宇部市にあり、社会建設工学科は、もともとは宇部の炭鉱と秋芳の石灰石の採掘を背景として、採鉱学科として始まりましたが、炭鉱閉山後は土木工学を主たる対象としています。その中で、私は地滑り、岩盤斜面の

安定性評価、トンネルや地下空洞の安定性評価について、変位等の現場計測と数値解析をツールとして研究を行っていました。地方の国立大学は、規模は小さい一方で、小回りが利き、地方自治体と連携を密に取って研究が遂行される利点があり、山口県との共同研究や県職員との勉強会を通して、地方自治やその地域ならではの課題に取り組むことができました。また、教育面では、卒業研究、修士研究ばかりではなく学生実験や測量実習などの実技指導をすることで、人材育成の難しさ、それ以上に、人材育成のやりがいを経験することができました。図らずも、4月からは人材育成型という育成される側に回りますが、その経験を自身の自己研鑽に役に立てると感じています。

大学退職後は、産総研特別研究員として2年間在籍していましたが、これまでの経験を踏まえて、研究活動に邁進していきたいと考えています。これまでの研究内容につきましては、GREENシーズセミナーや地質分野の新人研究発表会で既に報告しましたので、今回は詳しいことは記載しませんでしたが、産総研で研究する利点の一つに、幅広い分野の専門家と一緒に仕事ができることがあると理解しています。そういう意味で今後、グループ以外でも皆様方と一緒に研究ができる機会がありましたら幸いです。今後ともどうぞよろしくお願ひ申し上げます。



# 行事カレンダー

|         |  |                     |          |   |                   |
|---------|--|---------------------|----------|---|-------------------|
| 7/5-9   | AOGS 2010: 7th Annual General Meeting<br><a href="http://www.asiaoceania.org/society/index.asp">http://www.asiaoceania.org/society/index.asp/</a>  | Hyderabad, India    | 9/23-25  | 日本鉱物科学会2010年度年会（松江大会）<br><a href="http://www.soc.nii.ac.jp/jams3/">http://www.soc.nii.ac.jp/jams3/</a>  | 鳥取県・島根大学          |
| 8/1-6   | 第21回IUPAC化学熱力学国際会議 ICCT-2010<br><a href="http://www.icct2010.org/">http://www.icct2010.org/</a>  | 茨城県・つくば国際会議場エボカルつくば | 9/25-27  | 第7回ゴンドワナ to アジア国際シンポジウム<br><a href="http://www.goldschmidt2010.org/">http://www.goldschmidt2010.org/</a>  | Qingdao, China    |
| 8/18-21 | 第45回地盤工学研究発表会<br><a href="http://www.jiban.or.jp/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=791:45&amp;catid=16:2008-09-10-05-02-09&amp;Itemid=78">http://www.jiban.or.jp/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=791:45&amp;catid=16:2008-09-10-05-02-09&amp;Itemid=78</a> | 愛媛県・愛媛大学 城北キャンパス    | 10/6-8   | ISRM International Symposium 2010 and 6th Asian Rock Mechanics Symposium<br><a href="http://www.rocknet-japan.org/RNM/RNM_254.htm">http://www.rocknet-japan.org/RNM/RNM_254.htm</a> | Panjim, India     |
| 8/20-22 | 地図研総会<br><a href="http://www.soc.nii.ac.jp/agcj/">http://www.soc.nii.ac.jp/agcj/</a>   | 福島県・福島大学            | 10/27-29 | 日本地震学会2010年度秋季大会<br><a href="http://www.jsgi.org/">http://www.jsgi.org/</a>   | 広島県・広島国際会議場       |
| 8/21-27 | 20th IMA<br><a href="http://www.univie.ac.at/Mineralogie/IMA_2010/">http://www.univie.ac.at/Mineralogie/IMA_2010/</a>  | Budapest, Hungary   | 11/14-18 | 3rd International Congress on Ceramics<br><a href="http://www.cersj.org/icc3/">http://www.cersj.org/icc3/</a>   | 大阪府・リーガロイヤルホテル大阪  |
| 9/6-10  | 第5回国際太古代シンポジウム (5IAS)<br><a href="http://www.5ias.org/">http://www.5ias.org/</a>   | Perth, Australia    | 11/24-26 | 第26回日本微生物生態学会<br><a href="http://www.aticlab.com/jsme26/">http://www.aticlab.com/jsme26/</a>  | 茨城県・筑波大学          |
| 9/7-9   | 水文・水資源学会2010年度大会<br><a href="http://www.jshwr.org/modules/news/">http://www.jshwr.org/modules/news/</a>  | 東京都・法政大学            | 12/3-4   | 第20回環境地質学シンポジウム<br><a href="http://www.jspmug.org/envgeo_sympo/20th_sympo/20th_sympo.html">http://www.jspmug.org/envgeo_sympo/20th_sympo/20th_sympo.html</a>                        | 東京都・早稲田大学         |
| 9/12-17 | 日本地形学連合、アンカラ大学、日本学術会議地形研究小委員会 合同大会<br><a href="http://www.soc.nii.ac.jp/jgu/announce/2009/2009announce02.htm">http://www.soc.nii.ac.jp/jgu/announce/2009/2009announce02.htm</a>  | Ankara, Turkey      | 12/7     | 第9回地圏資源環境部門成果報告会<br><a href="http://unit.aist.go.jp/georesenv/event/houkokukai10/">http://unit.aist.go.jp/georesenv/event/houkokukai10/</a>   | 東京都・秋葉原コンベンションホール |
| 9/13-15 | 資源・素材学会2010年秋季大会<br><a href="http://www.mmj.or.jp/">http://www.mmj.or.jp/</a>  | 福岡県・九州大学伊都キャンパス     |          |   |                   |
| 9/15-17 | 日本自然災害学会 平成22年度 学術講演会・オープソーラム<br><a href="http://www.soc.nii.ac.jp/jsnds/">http://www.soc.nii.ac.jp/jsnds/</a>   | 岐阜県・岐阜大学            |          |   |                   |
| 9/15-20 | 第3回アジア流体包有物会議 (ACROFI III)<br><a href="http://acrofi.igm.nsc.ru/">http://acrofi.igm.nsc.ru/</a>  | Novosibirsk, Russia |          |   |                   |
| 9/18-20 | 日本地質学会第117年学術大会 (富山大会)<br><a href="http://www.geosociety.jp/">http://www.geosociety.jp/</a>  | 富山県・富山大学            |          |   |                   |

## 第9回部門成果報告会のお知らせ

広報委員会

当部門では、毎年部門成果報告会を開催し、グループや個々の研究者による研究紹介を行っております。今年度も以下の通り開催いたします。皆様のご来場をお待ちしております。

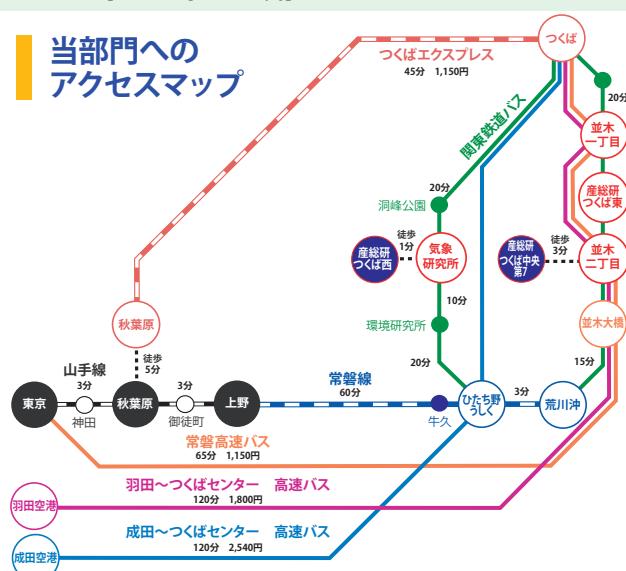
日 時：平成22年12月7日(火)

場 所：秋葉原コンベンションホール(秋葉原ダイビル2F)

テマ：地圏に関する基盤情報の整備と提供

詳細は決まり次第部門webでお知らせします。  
<http://unit.aist.go.jp/georesenv/event/houkokukai10/>

## 当部門へのアクセスマップ



当部門研究施設は第7事業所及び西事業所に配置しております。

地熱資源 RG (7)  
燃料資源地質 RG (7)  
鉱物資源 RG (7)  
物理探査 RG (7)  
地圏環境評価 RG (西)  
CO<sub>2</sub>地中貯留 RG (7)  
地質特性 RG (7)  
地下環境機能 RG (7)  
地圏環境システム RG (西)  
地圏化学 RG (7)

地圏微生物 RG (7)  
地下水 RG (7)  
地圏環境リスク RG (西)  
つくば中央第七事業所  
〒305-8567  
茨城県つくば市東1-1-1  
TEL 029-861-3633  
つくば西事業所  
〒305-8569  
茨城県つくば市小野川16-1

JR常磐線荒川沖駅よりバスをご利用の場合：  
つくばセンターまたは筑波大学中央行き関東鉄道路線バスに乗車、並木二丁目で下車、徒歩3分。

東京駅八重洲南口より高速バスつくば線をご利用の場合：  
つくばセンター・筑波大学行きに乗車、並木二丁目で下車、徒歩3分。

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)

つくばエクスプレス終点つくば駅をご利用の場合：

荒川沖駅(西口)行きまたは阿見中央公民館行き関東鉄道路線バスに乗車、並木二丁目で下車、徒歩3分。産総研の無料マイクロバスもあります。

GREEN NEWS No.29 July 2010

2010年7月1日発行

通巻第29号・年4回発行

本誌記事写真等の無断転載を禁じます。



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

発行人：独立行政法人産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 研究部門長 矢野雄策

編集人：地圏資源環境研究部門 主幹研究員（広報委員会委員長）内田利弘

〒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）

部門 web : <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」のページからも受付けております。



AIST03-E00019-29