GREEN NEWS (グリーンニュース)

独立行政法人産業技術総合研究所 地圈資源環境研究部門 広報誌 第35号:平成24年1月発行 tp://unit.aist.go.jp/georesenv/

地圈資源環境研究部門 GREEN NEWS

No.35 Jan 2013

目 次

今後の日本のエネルギー供給について	棚橋学	1
第 10 回部門成果報告会開催報告	広報委員会	2
産総研オープンラボ開催報告	広報委員会	3
産総研一般公開-CO ₂ 地中貯留研究を紹介	船津貴弘・雷 興林・奥山康子	4
受賞のお知らせ		4
産業技術連携推進会議		
- 東北大学-産業技術総合研究所合同セミナー開催報告	駒井 武	5
第9回アジア地熱シンポジウム開催報告	安川香澄	5
受賞報告		
斑岩型鉱床の Cu/Au 比と形成深度との関係 — Mineralium Deposita Best Paper Award 2011 受賞論文—	村上浩康	6
ただいま研究中	13—713	
持続可能な地中熱利用を目指して		
- 地中熱のポテンシャル評価手法の開発-	内田洋平	7
行事カレンダー		8

今後の日本のエネルギー供給について



3.11 の我が国観測史上最大の東北地方太平洋沖地震と大津波による甚大な被害、さらにその結果引き起こされた東京電力福島第一原子力発電所の数度の水素爆発を伴う大事故による広範囲の放射能汚染という異常な事態に直面しています。CO₂ を排出せず地球温暖化対策として有効なゼロ・エミッションエネルギーを震災前の約30%から2030年には70%までそのシェアを増大させる(その基幹部分は原子力発電が担う)という方向であった、2010年6月に決定された「エネルギー基本計画」も現在見なおしの議論が行われています。

地圏資源環境研究部門は、再生可能エネルギーとして大きく期待される地熱資源開発、省エネルギー技術として有効な地中熱利用、原子力発電に伴って発生する高レベル放射性廃棄物の地層処分、将来の天然ガス資源として期待されるメタンハイドレート探査といったエネルギー関連の諸研究を行なっており、今後の我が国のエネルギーの確保、安定供給のために、ますます強くなっていく社会からの要請に応えていく必要があると考えています。

さて、今後の日本のエネルギーはどのようにしてまかなわれていくことになるのでしょうか。大震災、大事故を経験して、原子力発電はできれば増やさない、減らしていきたいという意見を聞く機会が増えました。その場合、原子力に代わるエネルギー源として自然エネルギー、再生可能エネルギーをもっと利用すればよいと主張されていることが多いようです。太陽光、太陽熱、風力、地熱、小規模水力、

副研究部門長 棚橋 学

バイオマス、潮流、波力、海洋温度差、といった多くの種類の自然のエネルギーを発電や熱源に利用する提案がなされていますが、石油、天然ガス、石炭といういわゆる化石燃料資源や原子力と比べると、とてもひよわなのが現実です。よく言われることですが、自然エネルギーは資源量が大きくあっても低密度、不安定、高コストという特性があることが多く、再生可能であり CO2を出さないという素晴らしい特徴はあるものの、社会がこれに大きく依存するには現状では力が足りません。ハイハイを始めた赤ちゃんに一家の暮らしを支えるための仕事を任せようとするようなものです。引き続き、コスト削減、供給力の向上のための研究開発、技術開発が望まれます。

結局日本社会を支えるエネルギーは、従来から言われていることで平凡な結論となりますが、種々のエネルギーの供給可能性、コスト、安定性などの特性をうまく組み合わせたベストミックスで供給されるべきでしょう。その中には、ベース電力として原子力、天然ガス・石炭火力、地熱などがあり、変動するものとして太陽光、風力があり、調整用として水力による発電が利用されます。原子力の比重はある程度下がらざるを得ないかも知れませんが、いましばらくは働いてもらう必要があると思います。原子力関連施設の防災対策と安全性の向上、当部門も取り組んでいる高レベル放射性廃棄物地層処分技術の確立が引き続き重要な課題であると考えます。

第 10 回 (平成 23 年度) 部門成果報告会開催報告

広報委員会

平成23年12月13日(火)14時から産業技術総合研究 所臨海副都心センターにおいて、第10回地圏資源環境研 究部門成果報告会が開催されました。3月11日に発生し た東北地方太平洋沖地震、それに続く原発事故と電力不足 は私達の日常生活やエネルギーに対する価値観を大きく転 換させました。当研究部門は地下水、土壌汚染、液状化等 に関する地圏情報の把握・利用のための研究や地熱発電、 地中熱利用等の自然エネルギー利用に関する研究を進めて います。震災復興とエネルギー供給という課題に対する当 部門の活動状況と方向性をお伝えするため、今回の成果報 告会のテーマを「震災と地圏システム」としました。東北 大学大学院環境科学研究科土屋範芳教授をはじめ6件の講 演と34件のポスター発表が行われました。報告会への参 加者は、外部の方99名、部門内42名、合計141名でした。 外部からの参加者の内訳は、企業67名、公的機関22名、 教育機関8名、個人2名でした。多数のご参加をいただき、 誠にありがとうございました(写真1)。

報告会では、まず矢野雄策研究部門長(写真2)から東 北地方太平洋沖地震による当部門の被害とその後の研究体 制再構築について報告し、産総研における当部門の位置づ けとその成果の果たす役割、資源の安定供給、地圏環境の 保全、地圏環境の利用という当部門の研究の取り組み、政 策ニーズの変遷による外部資金の推移の概略が説明されま した。また、部門内の活動の例として、レアアース鉱山開 発資源国との技術協力、震災後からの地下水環境研究、巨 大地震・津波被害に伴う複合的地質リスク評価、福島県再 生可能エネルギー研究拠点における地熱・地中熱の研究構 想等が紹介され、加えて産総研一般公開やオープンラボ等 の情報発信・成果普及活動、国外の機関との連携や交流、 新規分野の開拓や人材育成を積極的に進めて行くことが報 告されました。

次に東北大学の土屋範芳教授(写真3)に「北上山地と 仙台平野の地質環境と津波堆積物」と題する招待講演を 行っていただきました。北上山地の中古生層には含金石英 脈を主体とする金鉱山が数多く分布しています。その石英 脈と周辺の変成帯ではヒ素を含む熱水変成帯が観察されて います。この地層を起源とするリワーク堆積物が海洋底に 堆積した場合、それはヒ素や重金属類に関わる環境リスク を伴うものになります。東北地方太平洋沖地震による巨大 津波により、東日本太平洋岸では海洋底に堆積していた堆 積物が陸に押し上げられ、震災復興の大きな障害となって います。土屋教授の研究グループは東北太平洋岸の津波被 災地で津波堆積物試料を採取し、その中に含まれるヒ素お よび重金属類の分布と挙動に関する調査・分析を進められ ています。これまでの分析により、ヒ素や重金属類の水溶 出量値の高い地点は鉱山の分布に対応していることが明ら かになりました。また、津波堆積物と海底堆積物を地球化 学分析で判別する方法を提案されました。

駒井武副研究部門長は「土壌汚染の再評価手法と浄化技 術の開発 -震災復興支援に向けた取り組み-」と題して講 演を行いました。近年の産業活動による土壌・地下水汚染 が顕在化し、その環境リスクを科学的に定量化するリスク 評価やリスク低減技術が注目されています。東北地方太平 洋沖地震の以後、従来型の土壌汚染に加えて放射性物質に よる土壌汚染や津波堆積物に含まれる重金属等の問題が新 たに持ちあがりました。本講演では、定量的に土壌・地下

水における環境リスクを評価するための地圏環境評価シス テム GERAS や土壌汚染の統合化評価システムの開発、土 壌中の放射性物質の動態特性の把握と放射性物質土壌汚染 リスク評価、津波堆積物の調査と地質汚染リスク評価に関 する研究が紹介されました。また、汚染が発生した原位置 で浄化を行う原位置浄化技術を紹介し、その実施には浄化 コストや浄化期間等の経済的検討、環境負荷や操業条件等 の社会的評価および地域住民とのコミュニケーションを含 めた総合評価が重要であることを解説しました。

内田利弘主幹研究員は「福島県いわき市の大震災被災地 における物理探査法調査」について講演を行いました。福 島県南部から茨城県北部の太平洋沿岸部は日本有数の炭田 である常磐炭田が存在し、炭田閉鎖後も石炭採掘用の坑道 が数多く残されています。東北地方太平洋沖地震本震やそ の後の余震により、いわき市では石炭採掘跡地において地 表陥没や出水被害が多発するとともに、既知の活断層に 沿った地表変位が観測されています。また、福島県南部か ら茨城県北部では群発地震が発生し、地鳴りのような異音 がするとの相談が自治体に寄せられました。本講演ではい わき市における地震被害の概況、群発地震を対象とする地 震観測、陥没・出水被害現場での浅部物理探査およびボー リング調査、藤原断層における電磁探査(CSAMT法)の 結果が紹介されました。

丸井敦尚地下水研究グループ長は「復興に向けた広域地 下水流動解析」と題して、東北太平洋側各県の地下水流動 シミュレーションを実施した結果を報告しました。東北地 方太平洋沖地震は地下水流動の変化、水位変化、海水や汚 泥による地下水汚染等、地下水学的に重大な変化をもたら しました。また、放射性物質による地下水汚染や地下水を 通した海洋への放射性物質の拡散も懸念されています。本 格的な復興が始まろうとしている中、被災地での水源の確 保、街づくりやライフラインの整備、放射性物質汚染の実



写真 1 講演会場の様子



写真 2 矢野部門長講演



写真 3 土屋教授講演

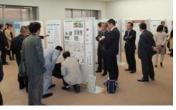




写真 4 ポスター会場の様子

態把握と将来予測が喫緊の課題となっています。講演では、 主に福島県を対象に、震災復興において地下水に関する基 礎情報となる広域地下水流動モデリングの結果が報告され ました。また、地球科学情報は政治経済情報よりも先に整 備することが重要であると提案しました。

物理探査研究グループの神宮司元治主任研究員は「液状 化問題への物理探査技術の活用と取り組み」と題して講演 を行いました。東北地方太平洋沖地震により広範囲にわ たって地盤液状化が発生し、住宅やインフラ設備に甚大な 被害をもたらしました。液状化は地震動によって液状化層 中の砂粒子のネットワーク構造が壊れ、砂粒子の再配列と ともに間隙水圧が上昇し、それが全応力に達して有効応力 が消失し液体状になったもので、それが地表に排出される 現象が憤砂現象です。液状化による被害は人的なものは少 なく、被害の大半は住宅やインフラ設備の破損等の経済的 な被害です。液状化の防止には調査や対策が必要ですが、 それには多額のコストがかかります。物理探査手法は地表 から探査可能で調査コストの低減や対策工法の評価手法と して注目されています。講演では、液状化問題に対する現 状認識やより安価で簡易な液状化地盤調査・対策技術の必 要性を示し、液状化調査のための物理探査技術の研究例と して、バイブロコーンによる液状化評価研究、発破によっ て人工的に発生させた液状化を電気探査によって調査した 研究、地盤中に空気やマイクロバブルを注入して地盤を不 飽和させることで液状化を抑制する地盤不飽和化工法にお いて飽和度を電気探査や検層型 TDR を使用して調査した 研究が紹介されました。

最後に、地下水研究グループの内田洋平主任研究員は「持 続可能な地中熱利用を目指して -地中熱のポテンシャル 評価手法の開発-」と題して講演を行いました。地表から 50-100m 程度の地中温度は一年中ほぼ一定で、外気温に対 し夏は相対的に冷たく、逆に冬は相対的に暖かいという性 質があります。地中熱利用システムはこの性質を冷暖房や 融雪等に利用する技術で、省エネルギー技術のひとつとし て注目されています。地中熱利用システムの設計には、対 象地域の地下水流速、地下温度分布の把握や地下環境への 影響を評価することが重要です。講演では地中熱利用シス テムの解説と日本での普及の現状の紹介、福井平野を対象 にした地中熱利用ポテンシャル評価のための地下水流動・ 熱輸送解析とその成果を利用して作成した地中熱利用ポテ ンシャルマップに関する成果が報告されました。また、帯 水層蓄熱冷暖房システムの適地評価研究の例として山形盆 地を対象とした研究も紹介されました。

ポスターセッションでは、11の研究グループ紹介と23 件の個別の研究発表が行われました(写真4)。今回の講 演およびポスター発表に関しては「Green Report 2011」に



Green Report 要旨が収録されています。ご希望の方は、 当部門ホームページ (http://unit.aist.go.jp/ georesenv/) よりお申し込み下さい。また、 講演内容等に関するアンケートにご回答 頂きありがとうございました。皆様に頂 きました貴重なご意見を今後の部門成果 報告会や当部門の活動に反映させていた だきます。

産総研オープンラボ開催報告

広報委員会

平成23年10月13日(木)・14日(金)の2日間にわたり、 産総研つくばセンターにおいて「産総研オープンラボ」が 開催されました。2008年に始まり、今年で4回目になり ますが、今回はのべ4200名以上の方にご来場をいただき ました。オープンラボは、産総研のこれまでの研究成果や 実験装置・共用設備等の研究リソースを、企業の経営層、 研究者・技術者、大学・公的機関の皆様に広くご覧いただ くことにより、産学官連携の拡大・強化を図ることを目的 としています。今回は、全国の研究拠点からの約340の研 究テーマのパネル展示に加えて、つくばにある約120の研 究室(ラボ)が公開されました。

当部門におきましても、ラボ見学を含めて合計 12件のパネル展示と1件の講演を行い、多数の方 にご参加いただきました。改めて感謝申し上げま す。なお、この度いただきました貴重なご意見の 数々は、今後の研究開発の展開に際して有効に活 用させていただく予定です。

【講演】

- ・レアアース資源の安定供給を目指して 【パネル展示(*はラボ見学あり)】
- ・レアメタルタスクフォースの活動(中部会場)
- ・産総研・化石エネルギー資源研究の最前線
- ・地熱資源開発促進のための研究開発*
- ・レアアース資源の安定供給に向けて
- ・時代を先見した土壌汚染評価技術 ブラウン管ガラスの廃棄への対応
- ・ 燃焼排ガスからの二酸化炭素回収と農業分野 への応用*

- ・放射性物質によるヒトへの被ばく評価
- 継続的次世代型地下水利用 地中熱による省エネルギー社会-*
- ・岩盤特性の計測・評価技術*
- ・油層内微生物のメタン生成活動と CO₂ の注入が もたらす変化
- ・CO₂ 地中貯留の安全性評価技術 -岩石実験からのアプローチー*
- ・物理探査技術による環境・防災分野への取り組み



当部門のパネル展示・実験室公開の様子

産総研一般公開-CO2 地中貯留研究を紹介

CO₂ 地中貯留研究グループ 船津貴弘・雷 興林:部門付 奥山康子

恒例の産総研一般公開は、構内に東日本大震災の爪痕が 残るものの、例年通り学校の夏休みの最初の土曜日(7月 23日) に開催されました。今年度は CO₂ 地中貯留研究グ ループが、部門を代表して「サイエンス・コーナー」に出 展しました。

地球温暖化の原因物質として注目される CO₂ - その放出 を削減する方策として注目される「CO2地中貯留」が、安 全に実現されるためには、地球にかかわる多様な技術を結 集しなければなりません。今回は、地球物理学的モニタリ ングの中で最も信頼性が高いとされる「弾性波モニタリン グ」を、簡単な実験装置を使って体験してもらうことをメ インに、展示を構成しました。展示ブースには、「なぜ地 球温暖化対策に地下の研究が必要か」を解説するパネル2 枚と、地下のCO2を監視するモニタリング手法のあらま しを紹介する1枚のパネルを置きました。また弾性波モニ タリング体験装置として、CO₂ 貯留層と振源そして受信 装置を模した簡単な実験装置を乗せたワゴンを置きました (図1)。この装置は水で満たしたガラスビーズ容器とその 外側に貼った圧電素子、容器に空気を送り込むポンプ、そ して圧電素子が受けた信号を表示するオシロスコープから 構成されています。容器が地層水に満たされた貯留層、ポ ンプで空気を送り込むことが CO2 圧入をモデル化するわ けです。このセットを使ってブースに来られた方々に、空 気を送り込むとその前に比べて弾性波の伝搬速度が下がる ことと、波が減衰することを、オシロスコープ画面上で見 ていただきました。この実験の原理は、北海の、スライプ ナー海域で行われている3次元弾性波探査と同じもので す。

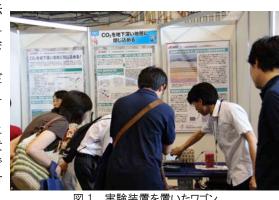
加えて今回は、地質分野の有志企画「ジオドクトル」に も参加し、パネル説明の補助資料を記したフィールド・ノー トを同企画の参加者に配るため準備しました。また同企画 側と協議の上、めでたくジオドクトルに認定された人に、 副賞として方解石(炭酸カルシウム)のへき開片標本をプ レゼントすることにしました。CO2地中貯留の地化学シ ミュレーションでは、方解石は地下に圧入された CO₂ を 最終的に固定する鉱物と結論されます。鉱物標本を通して、 地中貯留された CO₂ が長年のうちに地下岩石の一部とし て固定され安定して貯留されることを説明したわけです。

実際に展示が始まってからは、弾性波の伝わり方の変化 がはっきり分かるよう、オシロスコープの表示条件を設定 することに結構苦しみました。それでも物理系メンバーの がんばりで、誰にも変化がわかるよう調整することができ

ました (図2)。

CO₂ 回収・貯留(CCS) 技術を知ったうえで実施を受け 入れてもらうことは、先進的なヨーロッパ地域でもなかな かスムーズにいかないということが、一昨年の国際会議 (GHGT-10) でも話題になっていました。幸い展示ブース での受け答えでは、中学生以上の年齢層にはかなり的確に こちらの伝えたいことが伝わったような手応えがありまし た。ジオドクトル認定証片手に方解石標本を受け取りに来 た子供にも大人にも、グループの展示を再度見なおしても らいましたが、その後に書いてもらったメッセージカード には、「地層の力で温暖化を防げるなんて、すごい!」「モ ニタリングの中身がよく分かって面白かった」という好意 的な反応が山積みでした。興味深いことは、ジオドクトル 認定者が62人であるのに対し、81部用意したフィールド・ ノートが79部出たことです。両者の差17部は、展示の内 容に興味を持った大人が参考資料としてお持ち帰りのよう です。これは CCS の社会的認知を進めたい側として、大 変勇気づけられる結果といえます。CO2 地中貯留研究者 集団にとって今回の一般公開は、複雑な内容の技術をいか

に社会に伝 えるか考え るよい機会 であったと 同時に、一定 の手ごたえ を得ること もできた、た いへん有意 義な経験で あったと言 えそうです。



実験装置を置いたワゴン 図 1

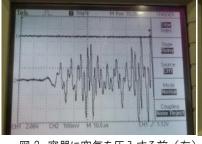




図 2 容器に空気を圧入する前(左)と後(右)での、容器を通過した 弾性波の変化。振幅が小さくなり、波の減衰がはっきりわかる。時間軸に 注意すると、伝搬速度も低下していることが分かる。

優秀発表賞 あなたは第27回日本報生物生態学会大会ポ スター発表において優秀な研究成果をわか りやすく説明されかつ質疑に対して適切に 囲吾されたものと認めます **り後のさらなる研究の発展を開発しここ**に

受賞のお知らせ

片山泰樹研究員(地圏微生物研究グループ)らは、第27回微生物生態学会にて、 ポスター発表 環境撹乱による稀少細菌群の応答 - 454 パイロシーケンス法を用いた 群集構造及び活性解析で、優秀発表賞を受賞しました。自然環境における微生物 集団の動態を知ることは、それを社会に活用させるために重要ですが、種として膨 大に存在する目に見えない微生物を調べることは困難を伴います。本研究では、近 年注目されている微生物動態解析技術のパイロシーケンス法を駆使し、微生物集団 における量的に稀少な微生物群が、集団としての機能を維持する上で重要な役割を 示すことを発見しました。著者らはこれらの知見を地下に生息する微生物集団に適 用することで、その機能解明を目指した研究を進めています。

産業技術連携推進会議 -東北大学-産業技術総合研究所合同セミナー開催報告

副研究部門長 駒井 武

平成23年8月9日、宮城県の仙台国際センターにおいて、標記の合同セミナーが開催されました。このセミナーは、産業技術連携推進会議の環境・エネルギー部会が主催し、東北大学環境科学研究科と産業技術総合研究所が共催という形式で実施され、昨年3月11日に発生した東日本大震災の甚大な影響が未だ残る仙台市において、震災復興支援を目的として企画されたものです。当日は企業、自治体、市民、大学関係者などを中心に200名以上の参加者を得て、熱気に満ちた討論と活発な意見交換の場となりました。

午前中のセッションでは、環境・エネルギー部会の地圏環境分科会における活動報告を中心に地元の企業や自治体からの話題提供がありました。まず、土壌汚染研究会および地下水環境研究会から、それぞれの「震災復興支援に向けた取り組み」に関する研究紹介がありました。また、津波浸水域で実施されている塩害対策の取り組みについてJA仙台より特別講演(写真)があり、津波被害の調査結果や水田土壌中の効果的な除塩対策などに関して最新の情報提供が行われました。

午後のセッションでは、産総研活断層・地震研究センターの岡村センター長より「東北地方太平洋沖で発生する巨大津波」と題する特別講演があり、大津波の発生と地震との関わりやその歴史的な経緯などに関して興味深い研究

成果が報告されました。産総研と東北大学における復興支援のための研究紹介では、バイオマス、燃料電池、地中熱と地熱などのエネルギー技術に関する最新の研究開発をはじめ、津波堆積物の重金属汚染、瓦礫の処理さらには放射能土壌などの深刻な環境問題についても活発な意見交換が行われました。

本セミナーでは、震災復興に寄与できる環境・エネルギー技術や施策などを情報提供するとともに、会場からも今後進めるべき具体的な対応策などの貴重なご意見をいただきました。また、東北大学の復興支援プログラムにも位置づけられ、企業や自治体の関係者をはじめ、多数の市民

やて方今にりとミ講た謝いたも、心震たっまのいに信け演権皆のに信けっを様にしている。備だくまのいには明かのせやい感のはいた。場がある。



地熱資源研究グループ 安川香澄

第9回アジア地熱シンポジウム開催報告

当部門主催の第9回アジア地熱シンポジウムが、2011 今回はニュージーランド、オーストラリア、米国からの講年 11 月7日~9日に鹿児島県で開催されました。これま 演がありました(講演プログラム等は http://unit.aist.go.jp/で東アジア各地を巡ってきた当シンポジウムですが、前回 のベトナム大会で日本での開催を求める声が強かったこ 東日本大震災後、東北地方の全ての地熱発電所が数時間

の国内開催となりました。 7日の巡検には38名が参加し、山川地熱発電所を見学後、指宿の砂蒸しを体験しました。8日~9日に指宿で行われた講演会には60名近い参加(うち27名は国外から)があり、講演数は26件。今や常連となった、韓国、中国、フィリピン、インドネシア、タイ、ベトナムの各国のほか、

と、また現在の日本を見ていただきたいとの思いから、初

東日本大震災後、東北地方の全ての地熱発電所が数時間から数日で復旧し、震災前のレベルで電力供給を続けたことは、海外からも注目を集めています。従って今回のシンポジウムのテーマは、 地熱エネルギー:安全性・安定性・信頼性の高い再生可能エネルギー です。テーマに沿った特別セッションでは、富士電機システムズ(株)の山田茂登氏より地熱発電所の安全設計に関し、また 奥会津地熱(株)の安達正畝氏より地熱貯留層の安全管理に関する

ご講演をいただきました。

当シンポジウムは、 大大は、 大いは、 大いは、 大いは、 大いは、 大いは、 大いは、 大いは、 大いなが、 大いない。 たいない。 大いない。 、 大いない。 、 大いない。 大いない。 大いない。 大いない。 大いない。 大いない。 大いない。 大いない。 大いな、 大いな、 大いな、 大いない。 大いない。 大いない。 大いない。 大いない。 大いない。 大いない。 大いな、 、



砂蒸し後の露天風呂



山川地熱発電所にて





シンポジウム集合写真

斑岩型鉱床の Cu/Au 比と形成深度との関係

— Mineralium Deposita Best Paper Award 2011 受賞論文—

鉱物資源研究グループ 村上浩康

銅は、電線などの社会インフラはもとよりハイテク産業 に必須の金属であり、私たちの社会や暮らしを支えていま す。21 世紀を迎え、新興国の発展に伴う資源消費が増大 する中、全地球的な鉱物資源の安定供給に向け、新たな方 策(探査手法)を見出すことが求められています。

世界の銅資源の約 90% が斑岩型鉱床から生産されてお り、そこではすり鉢状に地下数百mまで掘り下げて採掘 されています(写真1)。斑岩型鉱床は地下数 km のマグ マ活動に伴って形成され、金に富む場合もあります。

今回、Mineralium Deposita 誌上で 2011 Best paper 賞を受 賞した論文では(写真 2)、浅い(平均 2.1km)斑岩型鉱 床は金に富み、深い(平均3.7km)鉱床では銅に富むこと を明らかにし(図1)、鉱床成因の理解が一歩進みました。 そして、鉱物中に捕獲されているミクロンサイズの流体包 有物を観察することによって、金に富む鉱床と銅に富む鉱 床とを判別できる探査手法を提案しました(図2)。この Cu/Au 比と形成深度との相関関係は、鉱床の金含有量の違 いを強く反映しています。この金含有量の違いは、「揮発 性で流動性を持ち、硫黄に富む気相が金を運搬する」こと で説明できます。浅いところで形成される斑岩型鉱床では、 マグマから分離した気相は急激に冷やされ遠くまで行かず

に金が沈殿してしまいます。逆に、深い場合は気相が金を 遠くまで運ぶのです。遠くまで運ばれた金は浅いところで 金鉱床を作ると考えられています。言い換えれば、地表近 くで金鉱床があるという事実は、深部で銅鉱床が形成され ている可能性があることを示しています。日本にも巨大な 銅鉱床が眠っている、かもしれません。

今回紹介した銅や金に加え、レアメタルなどの金属は次 世代に欠かせない資源です。今後も、環境への関心の高ま りとともに、ハイブリッド車に使われるモーター用磁石に はレアアース、電池にはリチウムなど、レアメタルは幅広 い用途と需要が見込まれます。地圏資源環境研究部門では、 これら全ての鉱物資源の研究を進めており、今回得られた 知見をさらに磨き上げながら、金属はいつ、どこで、どの ように濃集するのか、という命題の解明に向けて進歩を続 けていきます。

文献

Murakami, H., Seo, J. H., Heinrich, C. A. (2010) The relation between Cu/Au ratio and formationdepth of porphyry - style Cu - Au + Mo deposits: Mineralium Deposita, 45, 11-21.



写真1 チリの斑岩銅鉱床における露天採掘

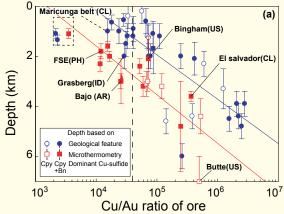


図1 斑岩型鉱床の Cu/Au 比(横軸)と形成深度(縦軸)の関 係. Cu/Au モル比で 4.0 × 104 を境界とし, 形成深度が深い(圧 力が高くなる)場合,鉱石は銅に富む (Murakami et al., 2010).



写真 2 授賞式の様子

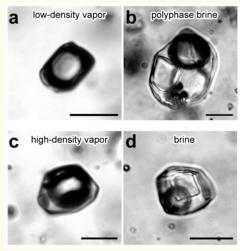


図 2 流体包有物の産状. 上の写真は浅い斑岩型鉱床に認められる密 度の低い気相(a)と高塩濃度の液相包有物(b), 下は深い斑岩型鉱床 に認められる密度の高い気相 (c) と塩濃度の比較的低い液相包有物 (d) の組み合わせ(Murakami et al., 2010)右下のスケールは $20\,\mu$ m.



持続可能な地中熱利用を目指して 地中熱のポテンシャル評価手法の開発

地下水研究グループ 内田洋平

[省エネ効果の高い地中熱利用ヒートポンプシステム]

省エネルギー技術のひとつである地中熱利用システム は、比較的浅部(深度 50~100m 程度)の地中に賦存し ている熱エネルギーを冷暖房や融雪等に利用する技術で す。地中熱の利用に際しては地下水を汲み上げる場合もあ りますが、揚水規制のある地域では熱交換井を掘削し、ヒー トポンプを用いて採熱量を増大させる場合が一般的です (図1)。

北米やヨーロッパ、最近では中国において普及が急速に 進んでいるシステムですが、日本での普及はこれからとい う状況です。日本における地中熱利用システムの普及を考 えた場合、その導入コストを下げ、システム効率の向上が 重要です。そのためには地域毎の地中熱利用システムに関 わる地下情報をまとめ、そのポテンシャルを評価する必要 があります。地下水研究グループでは、地中熱のポテンシャ ル評価について、現地調査から3次元地下水流動・熱輸送 モデルの構築、構築したモデルと地理情報システム(以下、 GIS) および熱交換井モデルを組み合わせたポテンシャル 評価手法の開発に取り組んでいます。

[GIS を用いた地中熱ポテンシャル評価]

2006年~2007年に、当研究グループと九州大学、福井 県との共同研究で、福井平野における地下水流動と地下温 度構造に関する現地調査を実施し、その調査結果を元に、 3次元地下水流動・熱輸送モデルを構築しました。地下水 流動・熱輸送解析を実施した後、GIS を用いて地中熱利用 の適度を選定するためのマップの作成を試みました。

まず、主題図(土地利用、地下水流速分布、地下温度分 布、地下水面、礫層分布)を作成し、各パラメータの階級 区分(再分類)を行います。次に、作成した地下水流速、 地下水面および地表面下 50m までの地層に占める砂礫層 の割合の3種類の主題図を重ね合わせて、合成マップを作 成します。最後に、土地利用の主題図を用いて、森林や河 川および湖沼に区分される地域を合成マップから除外し、 地中熱利用のポテンシャルマップとしました(図2)。作 成されたポテンシャルマップは平野部において8つの階級 に区分され、九頭竜川の北域および南域、足羽川の東域お よび南域において高いポテンシャルが示されました。本地 中熱ポテンシャルマップの詳細については、日本地熱学会 誌(Vol. 32, 229-239, (2010)) に報告しています。

[熱交換井モデルを用いた地中熱ポテンシャル評価]

先に述べた福井平野の広域地下水流動・熱輸送解析結果 をもとに、熱交換井設置地点の地下水流動場と温度場に即 した局所的な熱交換井モデルを構築し、平野内の複数点に おいて熱交換量を計算することにより、より定量的な地中 熱ポテンシャルの評価を試みました。熱交換量の推定マッ プについては、対象領域内において計算点を複数点選択し、 各点における熱交換量を計算しました。各計算点について 20m 深度 100m 程度の格子モデルを作成し、中央 部の格子を熱交換井(井戸長 50m 、ダブル U 字管を仮定) として設定してあります。格子モデルの層厚、各格子の熱・ 水理物性については、広域流動モデルで用いた値を与え、 また、初期条件および境界条件として、広域地下水流動・ 熱輸送解析結果で求められた地下水流速・鉛直プロファイ ルを各計算点に与えました。

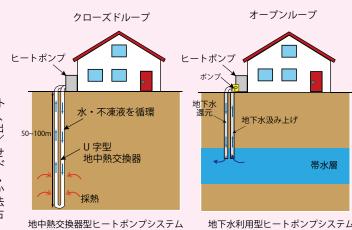
研究対象地域が比較的寒冷な地域であることより、1年 のうち約3カ月(90日)は融雪利用(運転時間5時間/日、 採熱温度5℃)を行うサイクルで10年間の計算を行いま した。作成された熱交換量マップは、本地域において熱交 換量が約 7.3 ~ 11.3W/m のばらつきが生じることを示しま したが、その分布は、GIS を用いた地中熱ポテンシャルマッ プと概ね同様の傾向が見られました。本熱交換量マップの 詳細については、日本地熱学会誌 (Vol. 32、241-251、(2010)) に報告しています。今後は、熱交換量マップの作成手法を 検証するため、実際に現地での温度応答試験や熱交換井の 試験運転などを行い、モデルの精度向上に努めたいと考え ています。

以上の研究は、地下水を汲み上げずに地中と熱交換を行 うシステム(クローズドループ)を想定したものですが、 地下水を直接汲み上げてヒートポンプの熱源にするシステ ム(オープンループ)を想定したポテンシャル評価手法に 関する研究にも取り組んでいます。これについては、改め て報告する予定です。

謝辞

本研究の一部は、平成19年度科学研究費補助金(基盤 研究(B), 研究代表者:藤井光, 課題番号:19360407) により実施しました。

図1 地中熱ヒート ポンプシステムには、 地中から熱を取り出 すために流体(水/ 不凍液)を循環させる方式(クローズド -プ、左図)と, 揚水した地下水か ら熱を取り出す方法 (オープンループ、右 図)がある。



地下水利用型ヒートポンプシステム

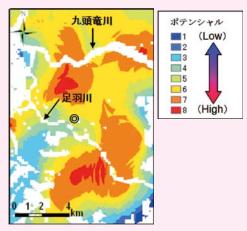
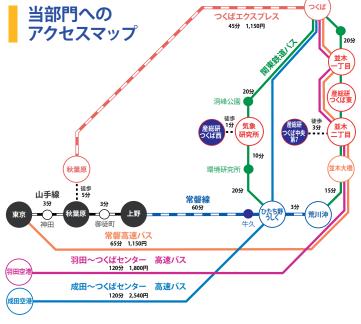


図 2 作成された地中熱利用ポテンシャルマップ(内 田ほか, 2010)。

	行事	カレンダー		1/31	産業技術連携推進会議 知的基盤部会 地質地盤情報分科会 および地質地盤情報協議 会 合同講演会	日本大学オーバル ホール
	1/7- 9	International Conference on the Geology of the Arabian Plate and the Oman Mountains (ICGAPOM) http://www.geoman2012.com/	Muscat (Oman)	2/2-3	第16回「震災対策技術展」 http://www.exhibitiontech.com/etec/gaiyou_ yokohama.html	横浜市 横浜国際平和会議 場
	1/12	第18回GSJシンポジウム http://www.gsj.jp/Event/120112sympo/index.html	東京都 秋葉原ダイビル	2/6-7	産業技術連携推進会議 環境・エネルギー部会 合同総会	つくば市 産総研つくばセン ター
	1/12-13	第41回岩盤力学に関するシンポジウム http://www.jsce.or.jp/committee/rm/ronbun/ simpo/top_001.htm	東京都 土木学会講堂	2/7-9	2011 International Petroleum Technology Conference (IPTC) http://www.iptcnet.org/2011/	Bangkok (Thailand)
	1/13	13 TXテクノロジー・ショーケースinつくば2012 http://academy.fureai.or.jp/showcase2012.shtml	つくば市 つくば国際会議	2/15-17	nano tech 2012 http://www.nanotechexpo.jp/	東京都 東京ビッグサイト
	1/18	CCSワークショップ ー社会合意へ向けた安全性評価ー http://www.rite.or.jp/Japanese/labo/choryu/	場 東京都 ベルサール汐留 2Fホール	2/20-24	IAVCEI - IAS 4th International Maar Conference: a multidisciplinary congress on monogenetic volcanism 2012 http://www.iavcei.org/IAVCEI.htm	Auckland (New Zealand)
1/18	1/18	workshop/ccsworkshop2012.html 連続シンポジウム 巨大災害から生命と国土を	東京都	2/22-24	第1回アジア太平洋大規模地震・火山噴火リスク対策ワークショップ http://www.gsj.jp/Event/AsiaPacific/	つくば市 産総研共用講堂
		護る 一二十四学会からの発信 日本学術会議講第2回「大災害の発生を前提として国土政策 堂をどう見直す か」 http://zisin.jah.jp/pdf/renzokushinpo2.pdf	2/24-26	国際シンポジウムMISASA IV「太陽系物質科学 ~太陽系科 学ミッションと総合的物質科学研究が拓く未来像~」	倉吉市 倉吉未来中心	
	1/20-22	日本古生物学会第161回例会 http://www.palaeo-soc-japan.jp/meetings.html	富岡市 富岡市生涯学習		http://sympo.misasa.okayama-u.ac.jp/misasa_iv/?lang=ja	
1/24-25	1/24-25	センター 第21回環境地質学シンポジウム 東京都	2/26-29	ASEG 2012 Conference & Exhibition http://www.jpgu.org/e/whatsnew/110724aseg.pdf	Brisbane (Australia)	
	(地質汚染-医療地質-社会地質学会) 早稲田大学 http://www.jspmug.org/envgeo_sympo/21st_	3/4-7	EMPG XIV: 14th EMPG Meeting (Experimental Mineralogy, Petrology, and Geochemistry)	Kiel (Germany)		



つくば中央第7事業所への交通手段 詳しくは http://www.aist.go.jp/aist_j/guidemap/tsukuba/center/tsukuba_map_c.html をご覧下さい。

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。

地下水 RG(7) 地熱資源 RG(7) 鉱物資源 RG(7) 燃料資源地質 RG(7) 地圏微生物 RG(7) 地圏化学 RG (7) 物理探查 RG(7) CO₂ 地中貯留 RG (7) 地圏環境評価 RG(西)

地圏環境リスク RG(西) 地圏環境システム 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

http://www.empg2012.uni-kiel.de/

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。また産総研の無料マイクロバスも有ります。

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⇔成田空港

GREEN NEWS No.35 Jan. 2012

sympo/21th_sympo.html

2012年1月1日発行 通巻第35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: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:地圈資源環境研究部門 主幹研究員(広報委員長)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。

