

Contents

- | | |
|--|--|
| 1 巻頭言
研究を未来に生かすために | 3 research now
鉱物資源探査のためのIP法電気探査技術の高度化 |
| 2 グラント紹介
●深層学習による多元素イメージング画像評価技術の開発
●岩盤の掘削効率評価システムの開発
●レアメタルに富む石炭の特徴と形成機構の解明
●地熱資源の社会的価値の再評価～一般市民や多段階利用事業者を対象とした社会調査～ | 4 新メンバー紹介
6 新研究グループ長挨拶&グループ紹介
●地圏環境を媒体とした修復技術・リスク評価手法開発と利活用に向けた取り組みの推進
7 着任のご挨拶
8 発表論文 |

巻頭言 研究を未来に生かすために

一言で研究と言っても、研究には様々な過程・段階があります。国のプロジェクト等で成果を収めても、それを社会に還元するには、研究の更なる昇華が必要な場合もあります。しかしながら、普及には実用化以上に目立った成果を挙げることが難しく予算が付きにくいことに加え、一つ一つ地道に対応しなければならないという側面を有しています。それゆえ、成果を挙げなければならない昨今の環境では、なかなか進めづらいという背景もあります。

例えば、ある一つの素晴らしい素材を開発したとします。まず、最初に訪れる問題は、コストです。実用化段階の研究においても、当然のことながらコストを含めた検討がなされていますが、普及までのコストダウンの道のりは、実際のところ深く考慮されていないこともあるように思います。実用化段階でのコスト計算は、ある意味自分らの考えた仕組みの中でできるので、自分らの望みうる結果を得ることができます。しかし普及となると、受け入れてもらう相手方がいるので、そう簡単なことではありません。

またコストの面がクリアされたとしても、それを社会に広く行き渡らせるためには、別の問題が存在します。この素材のメリットを世間一般の人に知ってもらうとともに、どのような利便性が発生するかを理解してもらうことで、初めて社会に普及させることができます。先の素晴らしい素材を用いた場合でも、顧客を意識した設備や装置を開発することで、初めて世間一般に示すことができる場合もあり、このことに

よって研究成果を社会に還元できたとと言えるケースもあります。

以前、同様なことは異なる分野でも感じたことがございました。県の農業センターの方との打合せ中に出たお話しでしたが、「いい品種を開発しても、そこはゴールではない。農家さんがその品種を栽培し販売していくところまで普及させていかなければ、開発に成功したとは言えない。」と。農業分野も材料分野も全く同じではないかと、端と気付いた瞬間でもありました。

「社会実装」と一言で言われることですが、それは国のプロジェクトなどの実用化研究を成功させることがゴールではなく、その先の果てしなく続く普及への道のりが待っています。しっかりとサイエンスに基づく開発者の熱い思いこそが普及において何よりも大切であり、そのことだけは今後も見失わずに邁進することが必要であると感じています。



副研究部門長
鈴木 正哉

2023

グラント 紹介

グラント
とは

当研究部門では研究力の強化に向けた研究シーズの新たな創出や育成を図るために、研究部門内の研究者から研究提案を募り、選考の上、研究資金を配賦しています。2023年度に選ばれた4つの課題について紹介します。

深層学習による多元素イメージング画像 評価技術の開発

鉱物資源の需要は増加する一方で、鉱山の原鉱品位は低下しており、未利用資源や低品位鉱からの資源回収技術の開発が社会的に求められています。鉱石中に微量に含まれるレアメタル元素を副産物として効率よく回収するためには、その分布を可視化し、定量的に評価することが重要です。一般に、固体試料の微量元素分布はLA-ICPMSを用いて可視化されます。その画

鉱物資源研究グループ 昆 慶明、綱澤 有輝

像を定量的に評価するため、提案者らは「微小域元素分析に基づく単体分離等の評価プログラム」を開発しました。しかし現時点では、画像中の各ピクセルの鉱物相同定を手動で行う必要があり、そこが社会実装へのボトルネックとなっています。本研究では、深層学習を用いた画像評価技術による自動鉱物相同定技術の開発を行い、鉱石評価プログラムの自動化を試みます。

岩盤の掘削効率評価システムの開発

地圏の開発や利用、調査等、岩盤の掘削を伴う様々な事業において、掘削コストが占める割合は大きいことがよく知られています。掘削を効率化して工期を短縮し、コストを削減することは、これらの事業を推進する上で重要な課題です。

本研究では、掘削に関わる種々の要因が掘進速度に及ぼす影響について実験的に調べ、岩盤の掘進速度を予測するモデルを高精度化します。改良した掘進速度

地圏メカニクス研究グループ 宮崎 晋行
地圏環境評価研究グループ 森本 和也
CO₂ 地中貯留研究グループ 西山 直毅

モデルを用いて、掘削パラメータ（荷重、回転速度、トルク等）、ビットパラメータ（耐久性、切削性能）、岩盤パラメータ（圧縮強度等）等を考慮した掘削効率評価システムの基礎を構築します。本システムを利用することで、与えられた坑井計画に対してより良い操業条件やビットの選定が可能となり、掘削工期の短縮に繋がるものと考えています。

レアメタルに富む石炭の特徴と 形成機構の解明

近年、希土類元素等のレアメタルの供給源として、石炭やその利用時に発生する副産物（石炭灰など）の重要性に大きな注目が集まっています。石炭は従来の鉱床に比べて地域的な偏在性が少なく、国内においても主に北海道や九州に分布していますが、国内炭のレアメタル濃度に関する基礎データは乏しく、また、レアメタルに富む石炭の形成機構や特徴はよくわかって

燃料資源地質研究グループ 高橋 幸士
鉱物資源研究グループ 昆 慶明

いません。石炭を構成する μm サイズの有機物は、“マセラル”と呼ばれ、起源の違いによって異なる形態と特性を示すため、マセラル組成は、古くから炭質などの評価指標として用いられてきました。本研究では、LA-ICP-MSを用いて各マセラルのレアメタルポテンシャル評価を実施することによって、レアメタルに富む石炭の特徴解明を目指します。

地熱資源の社会的価値の再評価～一般市民や 多段階利用事業者を対象とした社会調査～

地熱は、季節や天候に左右されないベースロード電源の役割を担い、暖房・融雪・農林水産業・食品加工などの多段階利用も可能なエネルギー資源です。地熱資源開発の課題のひとつ「社会受容性」の獲得には、ステークホルダー（利害関係者）の相互理解が重要なため、これまで温泉事業者や自治体を中心に社会調査や理解促進事業が進められてきました。本研究では、

地圏環境評価研究グループ 最首 花恵、高田 モモ、
保高 徹生
部門長 相馬 宣和

多段階利用事業や地熱地域の観光客など、より幅広い地熱資源のステークホルダーとユーザーに着目し、一般市民へのアンケート調査と、多段階利用事業者のヒアリング調査から、地熱資源の社会的な潜在ニーズや新しい価値の掘り起こしと、これからの地熱資源関連事業の技術発展・人材育成・市場活性化への貢献を目指します。

鉱物資源探査のための IP 法電気探査技術の高度化

物理探査研究グループ 小森 省吾



近年、カーボンニュートラル実現のための様々な取り組みが加速しています。再生可能エネルギーの導入や自動車の脱炭素化を目的とした電動化の推進は、そうした取り組みの形の1つではありますが、これらは多くの場合エネルギーを電気として利用することが前提となります。電気エネルギーの効率的な輸送には銅をはじめとした導電性の高い金属が欠かせず、カーボンニュートラルを推進すればするほど、金属資源の消費量は右肩上がりに増大することが予想されています。高まる金属資源の需要に対してサーキュラーエコノミーの推進（例えばリサイクル）が重要であることは言うまでもありませんが、天然資源の開発・利用もまた、地球環境と調和しながら世界経済が発展していくために補完的（あるいはしばらくは主体的）な役割を持ち続けるものと考えられます。

天然の金属鉱物資源については、表層に見えている鉱床の多くは開発し尽くされており、地下深くの鉱床（潜頭性鉱床）がターゲットとなりつつあります。これまでは地球化学的な手法で表層付近の岩石の鉱物組成・元素組成等を調査することで鉱床の品位や規模を推定してきましたが、潜頭性の鉱床ではこれらの調査は必ずしも容易ではありません。アクセスの難しい大深度の鉱床の有無を低コストで把握するため、電気・電磁気探査、磁気探査等に代表されるような地球物理学的手法が今後ますます求められるようになってくることが予想されます。現在、我が国では国内の鉱床探査・開発は一部を除いて殆ど行われていないこともあり、探鉱に携わる物理探査技術者が減りつつある他、探査技術の開発・技術の継承も危うい状況となっています。このような状況が

長く続けば、海外での潜頭性鉱床の探査・開発に支障が出ないとも限りません。

こうした背景の下、当部門の物理探査研究グループでは、受託研究（経済産業省、日本鉱業協会）、民間企業との共同研究において、鉱物資源探査を目的とした物理探査技術の高度化のための技術開発を行っています。その中でも特に、IP 法電気探査技術の高度化を中心とした技術開発を現在進めております。IP とは誘導分極（Induced Polarization, 強制分極とも）の略称で、地下に容量成分（例えばコンデンサのような、電荷を蓄えたり放出したりする性質）を持った物質が存在することで、印加する電流変動と計測される電圧変動に位相差（時間遅れ）が生じる現象を IP 現象と呼んでいます（図 1）。一般に金属硫化物は強い IP 効果を持つことが知られており（※例外あり）、IP 効果の強さの空間分布を IP 法電気探査によって調査することで、金属硫化物の濃集している領域を把握することが可能です。なかなか一筋縄とはいきませんが、将来的には IP 効果の特性から金属鉱物種を精度良く推定する手法の確立を目指しています。

陸上の鉱床をターゲットとして IP 効果を利用した物理探査技術の開発を活発に行っているところは、国内では当部門を除けば殆ど無いのではないかと思います。地政学リスクも相まって資源獲得競争が激化している中、高効率・低コスト・低リスクで潜頭性鉱床を発見できる技術として IP 法電気探査技術の高度化を推進し、社会実装を目指したいと考えています。鉱床探査技術等でお困りのことがありましたら、是非とも当部門及び当グループにご相談下さい。お役に立てることがきっとあると思います。

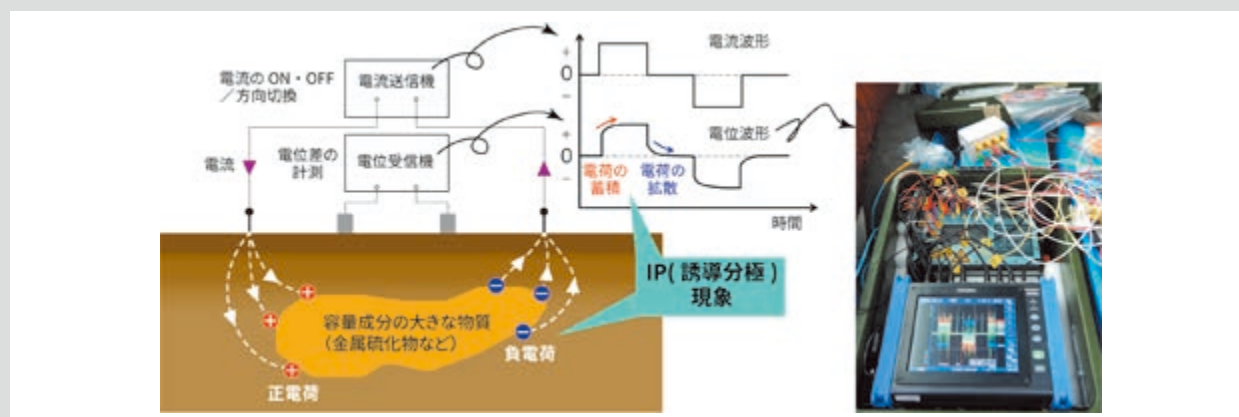


図 1 IP 法電気探査の仕組み（左）と波形計測の様子（右）

新メンバー紹介

この度、地圏資源環境研究部門に新しいメンバーが加わりましたのでご紹介いたします。



陸と海とを繋ぐ地下環境
の解明と沿岸生態系保全
を目指して

地下水研究グループ
飯島 真理子



今年度より地下水研究グループに研究員として配属されました飯島真理子と申します。北里大学大学院からの学位取得後、産総研イノベーションスクール、日本学術振興会特別研究員を経て、産総研に加わることとなりました。

これまではサンゴなどの沿岸生物に影響を及ぼす陸域負荷について研究を行ってきました。最近では特に、サンゴ礁の大規模白化に関心が集まっており、その要因として、ローカルな陸域負荷によるサンゴ礁生態系の回復力低下が要因として指摘されていますが、科学

的根拠に基づいたサンゴ礁保全対策の実施には至っていません。私は主に沖縄県の地下水・湧水から沿岸域への流れを研究し、陸域由来のリン酸塩や重金属が海域に流入、石灰質の底質に吸着・蓄積することで沿岸生態系に影響を及ぼすことを明らかにしました。

今後は、上記の研究において野外調査、室内実験、化学分析、遺伝子解析を通して得られた経験を基に、水文環境図の作成や微生物を対象とした地下環境の解明に取り組みます。これらの研究を通じて、地下水や河川等の陸水管理と沿岸生態系保全のつながりを理解するとともに、種々の社会課題の解決に取り組んでいきたいと考えています。

最終的には、沿岸生態系保全を目指した陸水管理や整備の一助となる研究に貢献したいと考えています。これらの取り組みを通じて、地域、国、そして世界の環境問題解決に貢献できるよう努力します。今後ともご指導とご支援を賜りますよう、何卒よろしくお願い申し上げます。

故郷つくばで
新たな研究に挑戦する

地圏環境評価研究グループ
小村 悠人



本年度4月より、修士型研究員として地圏環境評価研究グループに配属されました、小村悠人と申します。高校卒業までつくば市で過ごし、京都大学工学部で学部、修士課程を修了しました。幼少期を過ごしたつくば市に社会人という立場で帰ってきたことで、懐かしさと新鮮さを同時に感じております。

大学院では、化石海水という地下水について研究を行ってまいりました。化石海水は、海底で地層が堆積する際に取り込まれた海水を起源とした地下水です。化石海水がある地層は、地下水が隔離され、流動しない閉鎖的な環境であると考えられます。そのため、人間

の生活圏から長期間に渡り隔離する必要のある高レベル放射性廃棄物の地層処分において、処分サイトの安全性を確かめる一つの指標となり得ます。化石海水は、起源である海水から水質や物性が変化している場合が多く、地層中での圧密や岩石と水との相互作用が影響したのではないかと考えられています。私は、地層の形成過程をモデル化することで、化石海水が海水から性質を変化させた過程の解明について取り組んできました。

ところで、私は虫や魚を捕まえて飼っていたような生き物好きの少年でした。産総研では、大学までの研究対象に留まらず、生き物への興味を活かし、新しい分野の研究にも挑戦したいと考えております。そして、将来的には異分野が融合した複雑な社会課題の解決に貢献できればと考えています。至らぬ点多々あると思いますが、皆様と研究を通して交流できればと思いますので、どうぞ宜しくお願いいたします。

地下情報可視化技術から 持続可能社会を目指す

物理探査研究グループ
湊 翔平



本年度4月より物理探査研究グループに主任研究員として配属となりました湊翔平です。京都大学で学位を取得後、オランダのデルフト工科大学を拠点に10年ほど研究活動を行ってきました。地圏資源環境研究部門の皆さんと研究が出来るご縁を嬉しく思います。

資源の確保、環境問題、気候変動対策など、人類が解決すべき問題は多岐にわたります。地球内部の情報を精度よく可視化することは、これら諸問題の現状とその変化を正確に把握して解決策を講じる上で必要不可欠です。物理現象を利用して地球内部の情報を探求

する物理探査学のうち、私は力学的な振動を利用する地震探査法の高度化とその適用についての研究を行ってきました。

地震探査は地盤の硬さや柔らかさの情報を可視化できますが、地震波伝播の原理は小さな岩石サンプルから地球規模の大きなスケールの物質まで成立します。このことから、岩石内部の亀裂の可視化、観測坑による地下数百メートルの地盤の可視化、中央構造線の反射法探査、微動観測による本州の地盤速度モニタリングなど、これまで様々なスケールにおいて新しい地震探査法の開発を行ってきました。

産総研では、さらに地下数十メートル程度の浅い地盤を対象にした研究にも取り組みたいと考えています。この深度では、堤防決壊、地滑り、降雨や地下水の影響など、人間活動と地盤リスクが密接に関連します。地下情報の可視化技術の高度化を通じて、私たちの子供や孫の世代が安心して暮らす社会を築くことに少しでも貢献できればと考えています。

これからご指導ご鞭撻のほどよろしくお願いいたします。

地圏での地震現象に関する 研究：安全かつ効率的な地 圏の利活用を目指して

地圏メカニクス研究グループ
金木 俊也



本年度4月に研究員として地圏メカニクス研究グループへ配属となりました、金木俊也（かねきしゅんや）と申します。出身は大阪府茨木市であり、2019年3月に大阪大学大学院理学研究科にて理学博士の学位を取得後、京都大学防災研究所での4年間のポストドクを経て現在に至ります。

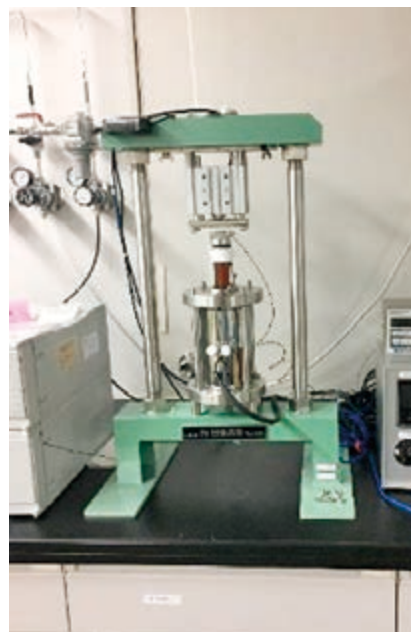
私はこれまで、野外調査・室内実験・数値計算という三つのアプローチを用いることで、物質科学的な観点から地震現象を研究してきました。具体的には、過去に地震が発生した断層の露頭調査、地震時の剪断変

形を模擬した室内岩石実験、岩石試料の分析、地圏に特徴的な機構を考慮したモデル計算などを行ってきました。最近では、実験・分析データの解析処理を自動化する手法の開発にも取り組んでいます。

産総研では、安全かつ効率的な地圏開発・利用に資する研究活動を通じて、エネルギー・環境問題の解決に貢献していきたいと考えています。そのためには、人類が地圏を利活用する際に生じる災害リスクを、適切に評価する科学技術が不可欠となります。これまでにやってきた研究背景を生かし、特に地震現象に焦点を当てた、リスク評価手法の確立および社会への実装を推し進めていきたい所存です。また、地圏資源環境研究部門に集まる多様な研究背景を持つ研究者の方々と協力し、地震現象という自らの専門を飛び出して学際的な研究をも実施していきたいと考えています。

若輩者ではございますが、今後ともどうぞ宜しくお願いいたします。

地圏環境を媒体とした修復技術・ リスク評価手法開発と利活用に 向けた取り組みの推進



4月1日付けで地圏環境リスク研究グループ長に着任した原淳子です。

地圏環境リスク研究グループは、2009年4月に発足し、今年で15年目を迎えます。当グループは、土壌・地下水・堆積物などの地圏環境における各種化学物質の挙動、動態、ヒトや生態系へのリスク評価を研究の主軸として、地質媒体中の評価・汚染修復などの技術開発ならびに基盤情報整備を行い、関連試験規格の制定等にも関わってきました。現在は、常勤6名、テクニカルスタッフ3名の小所帯ですが、地圏環境工学、地球化学、土壌物理学、微生物学、水文学を専門とする職員が所属し、物理化学や分析化学、ゲノム解析、GIS、数値解析、リスク評価などの各種研究技術を駆使し、研究活動を行っております。

地圏環境中の評価化学物質は、CO₂や放射性化学物質、揮発性・残留性を有する有機化学物質、重金属類等多岐にわたり、近年はマイクロプラスチックや有機フッ素化合物PFAS（PFOA・PFOS）などの新たな化学物質の評価が求められています。各々の化学物質は、土壌への吸着性、間隙水への溶解、さらには土壌微生物および鉱物や腐植物質による反応、動態、分解・重合等の作用により複雑に変化し、その有害性も変化していきます。我々はこのような多岐にわたる環境中有害物質の土壌・地下水媒体における合理的な浄化・対策技術ならびにリスク評価・管理技術の研究開発を幅広く実施しております。

産総研では、2020年～2025年までの5年間で第5期中長期目標期間として、「社会課題解決と産業競争力強化」をミッションとした領域融合研究、社会実装の実現に向けた取り組みを行っています。その一貫として、当グループは、領域融合ラボE-code（環境調

和型産業技術研究ラボ）にて、土壌中の重金属類等の化学物質情報およびヒトへのリスク評価を示した表層土壌評価基本図の全国展開および利活用に向けた取り組みを推進しています。さらに、今年4月には株式会社AIST Solutionsが設立し、研究活動を社会へとつなげる枠組みが構築されました。我々の研究成果は学術基礎研究の枠に留まらず、社会に還元することをより一層強く求められています。しかし、地圏環境における化学物質の移行・動態は、その場の土壌環境条件、地形や人間活動によって大きく変化します。我々の研究は、地圏環境という目に見えない媒体中における特定条件における現象をとらえているに過ぎません。技術を社会に還元する際、我々はこのことに真摯に向き合い、利害に影響されない国立研究所として、中立かつ学術ベースの対応を果たすべき責務があると感じています。そのためには、継続して個々人の知見や技術スキルを向上させていくと共に、社会動向の先を見据え、果敢に新しい課題に挑んでいく必要があります。こうした持続的な当グループの発展には、関係研究機関・行政機関や民間企業との対話を深め、産総研内外の皆様との連携、協力が必要不可欠となります。今後ともご指導、ご鞭撻を頂ければ幸甚に存じます。

環境問題は、今後も科学技術の発達とともに汚染物質が多様化・複雑化していきます。特に大気や水域での存在が明らかになってきた物質でも地圏環境では不明瞭なものが多くあります。このような新しい課題に興味があり、共に取り組みたい学生の皆様は、是非気軽にご連絡・ご相談下さい。我々は積極的に外部連携し、新しいことにチャレンジしたい研究者の育成にも努め、新規課題解決に向けた研究に取り組んで参る所存でございます。引き続き宜しくお願い申し上げます。

着任のご挨拶

今後ともご指導・ご鞭撻をどうぞよろしくお願い申し上げます。

総括研究主幹
兼務：連携推進室
国際連携グループ
再生可能エネルギー研究センター
地中熱チーム
内田 洋平



4月1日付で総括研究主幹に着任いたしました内田洋平です（兼務：連携推進室 国際連携グループ、再生可能エネルギー研究センター 地中熱チーム）。

私は、1998年4月に当時の地質調査所 環境地質部 水文地質研究室（現：地下水研究グループ）に入所、2000年4月に地圏資源環境研究部門への組織改編を経て、2013年10月に再生可能エネルギー研究センター地中熱チームへ内部移動しました。大学院時代から一貫して、第四系内の広域地下水流動系と地下温度構造の研究をしており、水文地質研究室に所属していた時は、地質調査所時代の水理地質図の後継版となる水文環境図を立ち上げ、編纂に携わっていました。

また、2000年代の中頃からは、地下温度データが再生可能エネルギーの一つである地中熱の研究に役立つということで、地中熱研究にも着手しました。地中熱システムは、1970年代の世界オイルショックを契機として安定大陸に位置する北欧諸国や北米で研究開発が始まりました。ところが日本の場合、多くの都市部は第四系堆積層の平野や盆地に位置しており、大陸の岩盤と比較して、堆積層の熱伝導率は半分以下と地中熱システムの利用には不利です。その一方で、第四系の透水係数は高く、優良な帯水層を形成している場合が多いです。地下水の流れが活発であれば、熱の移流効果により見かけの熱伝導率が高くなり、地中熱利用に適ってきます。つまり、日本で地中熱システムの普及を考える場合、地域の地下水流動を考慮することにより、効率の良いシステム設計が可能となります。地中熱の詳細については、地質標本館の特別展「地中熱～あなたの足元に再生可能エネルギー～」(4月25日～9月3日)をご覧ください。

再生可能エネルギー研究センターは、産総研のエネルギー・環境領域に属し、地質調査総合センターから

は地熱チームと地中熱チームの2チームが参画しています。地中熱チームの研究テーマは「地中熱ポテンシャル評価」と「地中熱利用最適化技術開発」を二本の柱としており、当初からアウトカムを見据えた設定となっています。また、両者とも地域の地質・地下水環境に立脚した研究テーマであるため、チーム員のみならず、地質調査総合センターの地下水研究グループをはじめ、地質情報研究部門の方々にも多くのアドバイスや解析のご協力を頂きました。

この度の総括研究主幹着任にあたり、私の主な職務は、部門内の研究実施に係る業務（特に国際関係）を総括整理すると同時に、FREA 地中熱チームと地質調査総合センターの連携・調整役も担っております。また、兼務である国際連携グループでの活動を通じて、日本の地中熱研究の成果を海外、特に東南アジアへ普及させたいと考えております。

産総研の第5期中長期目標に掲げられているミッション「社会課題解決と産業競争力強化」の達成には、研究成果の社会実装が求められています。しかし、社会実装に答えられる研究成果を出すためには、10年以上にわたる長期間の基礎研究が重要であり、基礎と応用研究のバランスが重要です。今後は、基礎と応用のバランスを意識した部門の運営に貢献できるよう尽力していく所存です。今後ともご指導、ご鞭撻のほど、よろしくお願い申し上げます。



タイ鉱物資源局（DMR）所属 国立地質博物館へ地中熱システムを導入（2016年2月）DMRのマスコットキャラクターと記念撮影

研究グループ長交代のお知らせ

地圏微生物：吉岡秀佳→鈴木正哉、燃料資源地質：中嶋 健→吉岡秀佳、地圏メカニクス：雷 興林→坂本靖英
上記の通り交代となりました。



