

Contents

- | | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 巻頭言
“人となり”を見せることの重要性 | 4 | グラント報告
メタン生成補酵素F430の分解プロセス解明
ラテライト型スカンジウム-ニッケル鉱床の
先駆的研究
国内における新たな炭化水素ガス資源の評価 |
| 2 | 第28回GSJシンポジウム
研究成果報告会のお知らせ
地圏資源環境の研究ストーリー
—社会へつなげる研究を目指して— | 7 | 参加報告 |
| 3 | research now
磁気共鳴表面スキャナーの開発
—水や油を原位置で非破壊計測— | 8 | イベントカレンダー |

巻頭言 “人となり”を見せることの重要性

産総研第四期中長期計画がスタートして二年半が経過しました。産総研全体ならびに各研究領域個々に対して二度の外部評価が行われ、地質調査総合センターは昨年度、一昨年度よりも高い評価を獲得することが出来ました。これは素直に喜ぶべきことであり、職員一人一人の弛まぬ努力がこの結果を導いたと考えます。そんな中、弊所理事長からこれまでの二年半を振り返った上で、この先二年半に向けたメッセージが全職員向けに発せられ、当該中長期計画の達成に向け、特に外部資金獲得については非常に高い目標としつつも、一層の努力と貢献を求める“檄”が飛んだところで。

さて、この二年半の間、私なりに外部機関等と連携した研究推進に必要なことを考える時、想起される言葉があります。それは“人となり（為人）”です。広辞苑によれば、人なりとは「生来の性質、人柄」と説明されています。これを研究という視点で解釈すれば、研究者個々が有する研究の着想や進め方、得られた成果の取りまとめ方等のことであり、これらを通したその研究者自身のことも言えるかも知れません。では、なぜ人となりが大切と思えるのでしょうか。それは、連携が前記した事項のみならず、研究によって達成したいものを双方で共有できなければ成立しないと考えるからです。そのためには互いを理解し共有する場を多く設けること、つまり人となりを見せ合う場が多いことが重要と考えます。研究者として研究論文に

よる成果発信は人となりを見せる極めて重要な手段であることは論を俟ちませんが、昨今これが偏重気味と思える場面がしばしばです。国内外における口頭発表や学会等での委員会・研究会活動は、人となりを“直”に見せ合う場面として同等の重要性があると、自身の経験を踏まえ率直にそう思っています。是非視野を広く持ち、積極的に人となりを見せることで多くの連携（多くの研究仲間）を得て、幅広い研究活動を展開して欲しいと思います。勿論、自らを高める不断の努力は言うまでもありません。その中で私の役割は、視野を広く持てるよう常にエンカレッジすることであったり、人となりを見せる場を設定することかも知れません。

今年度の当研究部門の研究成果報告会は16回目となり、例年と同時期の12月7日（木）午後を予定しています。次頁にプログラム概要を掲載していますが、これまで同様なしそれ以上に、当研究部門の人となりを知っていただく場に出来ればと考えています。多数のご来場を心よりお待ち申し上げます。



副研究部門長
今泉 博之

第28回 GSI シンポジウム
地圏資源環境研究部門 研究成果報告会

地圏資源環境の 研究ストーリー

—社会へつなげる研究を目指して—



12.7

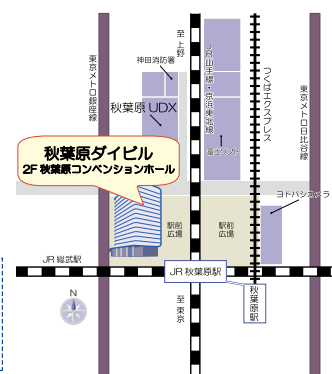
13:30～17:30

▶受付開始 13:00～

秋葉原 ダイビル

秋葉原コンベンションホール

交通
つくばエクスプレス
秋葉原駅 [A1 出口]
徒歩 3 分
JR 秋葉原駅 [電気街口]
徒歩 1 分
東京メトロ日比谷線
秋葉原駅 [3 番出口]
徒歩 4 分
東京メトロ銀座線
末広町駅 [1 番出口]
徒歩 3 分



< プログラム >

13:30～13:35	開会のあいさつ	
13:35～13:55	地圏資源環境研究部門 研究紹介	研究部門長 光畑 裕司
13:55～14:35	【招待講演】 地球の知恵を社会の知恵につなごう！	パナソニック株式会社 山田 由佳
14:35～15:00	地下微生物によるメタン生成とその利活用	地圏微生物研究グループ 吉岡 秀佳
15:00～15:25	鉱床の成因研究と探査への応用	鉱物資源研究グループ 実松 健造
15:25～16:10	ポスターセッション	
16:10～16:35	次世代物理探査技術の開発と展開	物理探査研究グループ 神宮司 元治
16:35～17:00	表層土壌評価基本図の開発と自然由来重金属類評価への適用	地圏環境リスク研究グループ 川辺 能成
17:00～17:25	地域の地下水研究からみえてきたもの	地下水研究グループ 町田 功
17:25～17:30	閉会のあいさつ	
18:00～	懇親会	

< ジオ・スクーリングネット >

CPD 4.00 単位 (※単位取得を希望される方は、
事前登録が必要となります。)

< 懇親会 >

(会場) プロントイルパール秋葉原 UDX 店
千代田区外神田 4-14-1 秋葉原 UDX ビル 2F
(会費) 3,000 円を予定



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

または **地圏資源** **へアクセス** (申込〆切 2017/11/24 (金))

【お問合せ】 〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 (第7事業所)
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門
研究成果報告会事務局 ☎ 029-861-4104



磁気共鳴表面スキャナーの開発 —水や油を原位置で非破壊計測—

物理探査研究グループ 中島 善人



産総研は先端的な研究をミッションの一つとして掲げていますが、市販の汎用計測機器だけではそのミッションを遂行できない場合があります。そのような時は、オリジナルな計測機器を開発する必要があり、当研究グループで実施しているそうした装置開発研究の一例をご紹介します。

土木の現場では、原位置での水の非破壊計測のニーズがあります。たとえば、老朽化したコンクリート中にたまった地下水・雨水の定量（図1）、寒冷地ではそれが凍結しているかどうかの検査、さらに、打設したコンクリートの強度発現を支配するセメント鉱物の水和反応のモニタリングなどです。いずれも、「大きな物体の表面を聴診器のようになぞって、物体内部の水の状態を定量できるスキャナーが欲しい」というニーズです。

そのニーズに対応すべく、当研究グループでは、水の非破壊定量を得意とするプロトン磁気共鳴現象を計測原理とする構造物の表面スキャナーを開発中です。現場に持って行ける試作品（図2）は年内に完成予定です。そのスキャナーは、探査深度（センサーから感度領域までの距離）が約3cmで、通常の100V商用電源のあるところならば動作します。静磁場と高周波磁場のシミュレーションを多数回行って試行錯誤した結果、2015年に完成したプロトタイプ（中島, 2015）と比べて、感度領域の磁場は約半分に低下するものの、探査深度を約3cmに維持したまま磁石重量を約1/3に低減することができました（特許出願準備中）。この軽量化によって、気軽に現場に持ち出せるポータブルでコンパクトな計測システムを構築できました。年度内の試運転を計画中

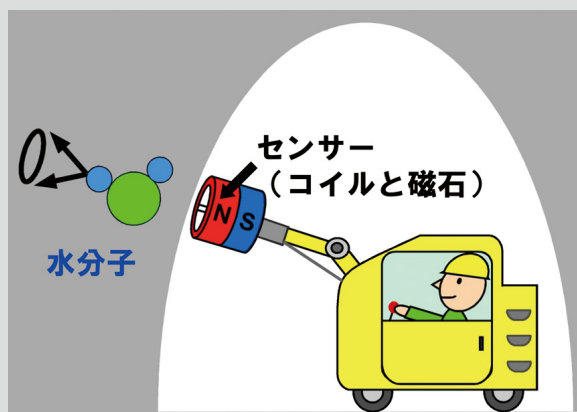


図1 磁気共鳴表面スキャナーによるトンネル壁面のコンクリート中の水の計測風景（イメージ）。

です。

強調したいことは、この装置は応用先が土木に限定されない点です。計測対象は低磁場ゆえに分子運動が活発な液体（水や油）やゴム、ゲルに限定されますが、試料を切り取ってラボに持ち帰る必要もなく、プロトン（水素原子核）の定量を現場で可能にするマシンです。ざっと思いつく土木以外の応用先として、生きた牛やマグロの霜降り（脂肪交雑）の定量、ご神木などの樹勢診断、象やキリンなどヒト用のMRI装置に入りきらない大型動物の病気の診断、食品や工業製品の品質管理、国宝級の文化財の非接触診断などがあります。このように応用先が多様すぎて、資源探査・環境調査という狭義の物理探査からはみ出しますが、しかし、物理探査技術の本質は非破壊・原位置計測を特長とする計測システムであって、それら狭義の世界に用途を限定するにはもったいないほど応用性の高いものです。社会からの広いニーズに応えるべく、連携していただける企業を探しつつ、これら広い応用先に勇気を持ってトライしたいと思います。

参考文献：

中島善人 (2015) 牛の霜降り状態が NMR でわかる !? 片側開放型 NMR が拓く新たな可能性, 月刊「化学」, 70, 25-28.



図2 製作中の磁気共鳴表面スキャナー。手に持っているのは希土類永久磁石（青いカバー付）、前景は磁石キャリア、背景は分光器本体。磁石は、磁石キャリアのアームに取り付ける予定。

メタン生成補酵素 F430 の分解プロセス解明

地圏微生物研究グループ 金子 雅紀

補酵素 F430 はメチルコエンザイム M レダクターゼ (MCR) の活性部位として存在し、微生物メタン生成反応の最終段階を触媒するため、「全ての微生物メタンは補酵素 F430 により作られる」といえるほど、メタン生成の鍵となる有機分子です。私の開発した補酵素 F430 を世界最高感度で定量する分析法は、現在、直接的な観測が不可能な地下深部のメタン生成菌のバイオマスや活性を推定する画期的なバイオマーカーツールとしての応用が期待されています。

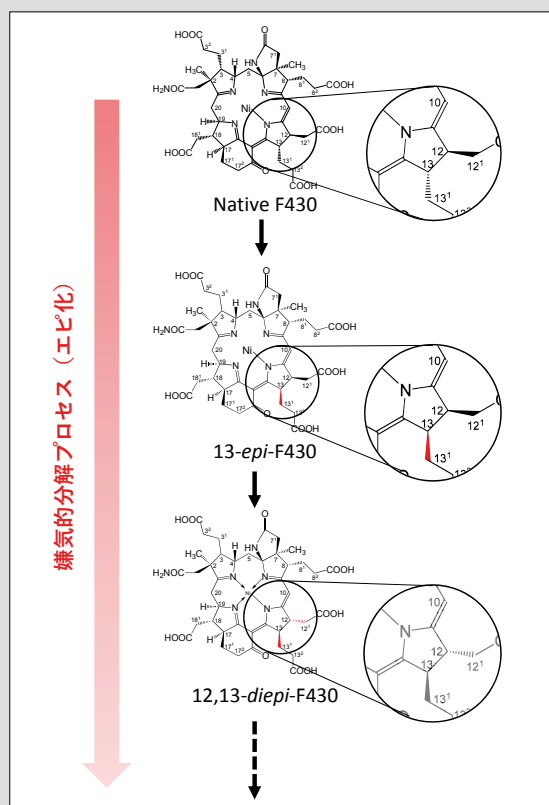
しかしながら、補酵素 F430 がツールとして応用可能かどうかは、環境中における F430 の安定性を考慮する必要があります。なぜならば、過去の遺物の蓄積である堆積物中で、F430 がメタン生成菌の死後も地質年代スケールで保存されるほど安定であれば、もはや現世の微生物活動と過去のそれを区別できないからです。

本研究では、メタン生成環境である嫌気下での補酵素 F430 の分解速度を明らかにし、そのバイオマーカー

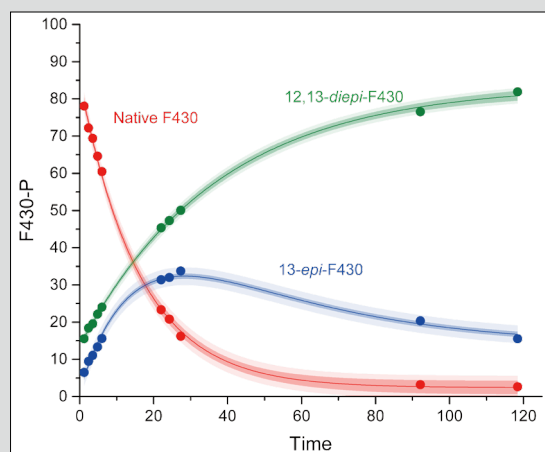
ツールとしての応用可能性を検証するため、無酸素下における補酵素 F430 の非生物的分解過程の最初段階であるエピ化反応速度を様々な温度と pH 条件下 (4-60℃, pH5-9) で明らかにしました。

補酵素 F430 のエピ化反応は pseudo-1st order reaction で進行しました。そのため、反応速度定数 k を exponential curve fitting により計算し、エピ化反応の半減期を明らかにしました。半減期は 60℃において 11-15 時間、34℃では 54-116 時間、15℃で 693-1,532 時間 (28 日-63 日) でした。4℃では 2 ヶ月程度の分解実験では精度の良い反応速度定数を決定することができませんでした。分解速度は温度と良い相関を示し、アレニウスプロット ($\ln k$ vs. $1/T(K)$) で高い直線性を示しました ($R^2 > 0.93$)。

温度と反応速度定数の高い相関関係から、実施した分解実験温度周辺の任意の温度における分解速度を正確に見積もることができるようになりました。例えば、海底面付近の温度である 2℃での F430 の半減期は 95 日-304 日程度であり、25℃での半減期は 8-14 日でした。この分解速度は 25℃で 100 日程度では非生物的にも生物的にも分解されない極性膜脂質よりもはるかに分解速度が速く、また年間マイクロ-ミリメートル程度の堆積速度である海底環境において、堆積物中に保存されないことを示しています。以上により、補酵素 F430 は現世のメタン生成菌の活動のシグナルを示すバイオマーカーとして応用可能であることが分かりました。



補酵素 F430 のエピ化過程



60℃, pH5 における補酵素 F430 の非生物的分解曲線 (相対強度 vs. 時間 (hours))



ラテライト型スカンジウム－ニッケル鉱床の先駆的研究

鉱物資源研究グループ 実松 健造、昆 慶明

スカンジウム (Sc) は広義の希土類元素に含まれますが、レアメタルの中でもあまり着目されていない元素です。これまで、スカンジウムは特定の合金や照明に使用されてきましたが、近い将来は固体酸化物燃料電池の電解質としての需要が増加する見込みがあります。世界的に生産量は少なく高価であり、産出国も偏っており、様々な鉱床から極少量生産されているのが現状です。マグマの分化や岩石の風化の過程におけるスカンジウムの地球化学的挙動はイットリウムやランタノイドとは異なるため、その鉱床学的な先行研究は極端に少ない状態です。本研究では、今後の資源開発において有望なスカンジウム含有鉱床を形成する要因を明らかにするために、電子線マイクロアナライザ (EPMA) やレーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析計 (LA-ICP-MS) による局所分析法を用いて、ラテライト型ニッケル鉱床中の主要なスカンジウム含有鉱物の特定を行いました。一般に、この種の鉱床は主産物のニッケルの他に、副産物として少量のコバルトを、そして更に少量のスカンジウムを含んでおり、これらのレアメタル三鉱種を評価する意味でも本研究は重要です。

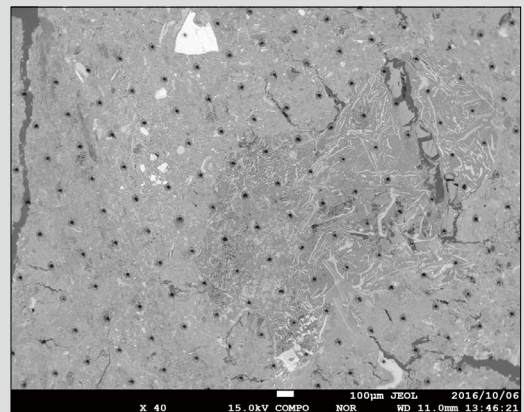
本研究では、インドネシア及びフィリピン複数のラテライト型ニッケル鉱床の鉱石を対象に分析を行いました。ニッケルが低品位のリモナイト鉱 (鉄酸化物が多い鉱石) に比較的スカンジウムが多く含まれ、高品位のサプロライト鉱 (ケイ酸塩鉱物が多い鉱石) にはスカンジウムが乏しい傾向がありました。鉱床に

よって違いはありますが、全岩化学分析の結果から、ニッケル品位とスカンジウム品位には、おおまかに負の相関があることが示唆されました。粉末 X 線回折法の結果から、リモナイト鉱には針鉄鉱 (FeOOH) が多いことが分かりましたが、全体的にピークは低く非晶質物質を多く含むと考えられます。EPMA による観察・分析の結果からも、細粒のリモナイト鉱には針鉄鉱や AlOOH (ダイアスポアまたはペーマイト) が多いことが分かりました。その他の鉱物としてスピネル、クロム鉄鉱、二次的に形成した石英などが確認されました。

スカンジウム濃度の定量は LA-ICP-MS を用いて行いました。針鉄鉱やダイアスポアなどは μm オーダーまたはそれ以下の集合体として産出しており、レーザーの分析径 ($10\mu\text{m}$ 程度) よりも小さいため、鉱物単相に加えて複数の鉱物粒からなる部分の測定を行い、各元素組成の分布から各端成分の元素組成を推定しました。リモナイト鉱を分析した結果、針鉄鉱中のスカンジウム濃度が 80-300ppm 程度であることが分かりました。また、石英やスピネル族のスカンジウム濃度は 10ppm 以下でした。サプロライト鉱は今後分析予定ですが、リモナイト鉱と同様に針鉄鉱中にスカンジウムが多いであろうと推測されます。本研究結果から、リモナイト鉱では針鉄鉱が主要なスカンジウム含有鉱物であることが分かりました。今後、異なる鉱床のニッケル鉱石中の局所分析を行い、鉱床毎にスカンジウム含有鉱物の種類に着目しながら、スカンジウム濃集のメカニズムを考察します。



インドネシアのソロワコ鉱山の切羽の様子。赤茶色部分が低品位ニッケル鉱石のリモナイト鉱であり、比較的スカンジウムに富む。



リモナイト鉱の反射電子像。穴は LA-ICP-MS による分析痕。大部分が針鉄鉱 (FeOOH) で、その中に含まれる比較的暗い部分はダイアスポア (AlOOH)。



国内における新たな炭化水素ガス資源の評価

燃料資源地質研究グループ 高橋 幸士、中嶋 健、森田 澄人

天然ガスは、石炭や石油に比べ、燃焼時における二酸化炭素や大気汚染物質の排出量が少ないため、環境負荷が低いクリーンなエネルギーとして期待されています。天然ガスは、地下深部に埋没した岩石中の有機物が熱分解（熟成）して生成されたもの（熱分解起源）や、比較的浅い深度で微生物活動によって生成されたもの（微生物起源）に大別されます。この天然ガスの生成場として、近年、大きな注目を集めているのが石炭層です。石炭の中でも特に約 6,500 万年前～現在までの「新生代」と呼ばれる地質時代に形成されたものは、それ以前の石炭に比べて高い石油生成能力を持っています。新生代石炭は、形成年代が若く、埋没に伴う石油生成が十分ではないものも多い一方で、しばしば石炭層内における活発な微生物活動によって、コールベッドメタン（CBM）鉱床が形成されます。高度経済成長期のエネルギー革命以降、我が国におけるエネルギー資源としての石炭の利用は大幅に減少しましたが、国内に豊富に賦在する新生代石炭に伴う多様な天然ガスの資源ポテンシャル評価が強く求められています。

従来の石炭研究は、主に欧米に広く分布する新生代以前の石炭を用いて進められてきました。しかしながら、新生代では、石炭の主要な前駆物質である陸上植物が大きく進化を遂げ、石炭の元素組成や化学構造が新生代以前のものと異なるため、従来の知見がどこまで適用出来るかは明らかではありません。本研究では、新生代石炭が分布する国内堆積盆の天然ガス資源ポテンシャルを評価するため、野外調査によって採取

した石炭の顕微鏡観察や化学分析を行いました。また、私たちが確立した独自の地化学的な手法を活用し（Takahashi and Suzuki, 2017）、新生代石炭からガス排出が生じるために必要な条件の検討を進めました。

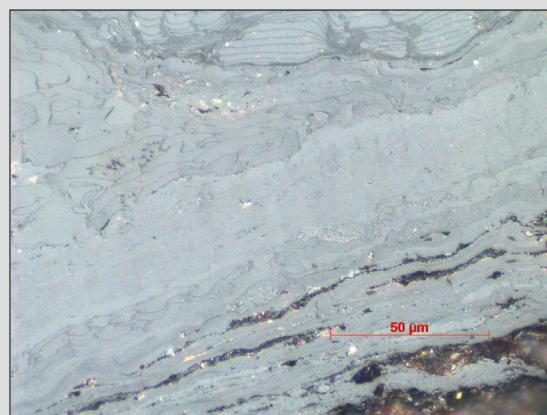
調査の結果、国内の石炭は、新生代石炭の中でも比較的高い石油生成能力を持つことが示唆されました。これらの石炭層が十分に埋没すれば、優良な石油根源岩になることが期待されます。また、確立した地化学的な手法に既存のデータを照合し、新生代石炭からの天然ガス排出に必要な温度や深度範囲についても明らかにしつつあります。現在、石炭の熟成に伴うガス生成量等をより詳細に検討するため、地下深部を模擬した実験装置の開発を進めています。これにより、新生代石炭に伴う天然ガス・石油の成因や、資源量評価に関する重要な基礎データが創出できます。また、採取した試料は、さほど熟成していない石炭がほとんどでした。今後は、採取試料を用いた培養実験等を進めることで、微生物起源の CBM ポテンシャルについても検討を進めて行きます。

参考文献：

Takahashi K.U., Suzuki N. (2017) Semi-open and closed system pyrolysis of Paleogene coal for evaluating the timing of hydrocarbon gas expulsion. International Journal of Coal Geology 178, 100-109.



石炭の組織観察に用いた反射顕微鏡システム。白色光での観察の他、紫外光によって有機物の励起状態を観察することも可能である。



採取した石炭の反射顕微鏡写真。やや未熟成な試料であるため、埋没過程で均一になった部分（中央）と、植物組織の形態を残した部分（上方）が混在する。

第2回日中韓3カ国ジオサミット

副研究部門長 今泉 博之

地質調査総合センター（GSJ）、韓国地質資源研究院（KIGAM）および中国国土资源省地質調査局（CGS）の三機関共同の研究協力を開始することを目指して、2015年にKIGAMの呼びかけによって定期的な会議として合意された日中韓3カ国ジオサミット（英名：Trilateral GeoSummit）が、第1回北京会議（2015年4月）に続き、第2回会議が2017年6月20日～21日に韓国・済州市で開催されました。参加人数は韓国、中国、日本からそれぞれ48名、17名、11名、加えて日中韓三国協力事務局（Trilateral Cooperation Secretariat, TCS）からの3名でした。

20日午前中には、開会式に続き、参加3研究機関の概要紹介とともに、幾つかのMOUの調印式が行われました。GSJとCGSとの間でMOUを調印（継続）しました。午後には、事前の協議を経て設定された5つの研究協力テーマ候補（Active Fault、Coastal Geology、Geographic Information System、Gas Hydrate、3D Geological Modeling）に関する技術セッションが開催され、各研究機関の研究状況の報告・紹介と意見交換が行われました。これらのセッションが平行で進行したため、筆者は当研究部門に関係するCoastal GeologyとGas Hydrateのセッションに参加しました。GSJから前者では佐藤智之氏が、後者では中尾信典氏がそれぞれ講演し、KIGAMおよびCGSとの間で活発な意見交換が行われました。筆者が特に

興味深かったのは、一般的な国際会議と異なり、当該会議ではセッション毎に座長が中心となって議事録（案）を取りまとめることです。参加した2つの技術セッションともその大部分はスムーズに作成が進みましたが、一部盛り込む文言の調整が難しかったところ等があり、参加者から様々な文案が提案される等、正に“国際”会議の難しさと激しさを垣間見ることができました。

21日は早朝から地質巡検が行われましたが、筆者は帰路のフライトの関係で残念ながら参加出来ず、後日届いた数多くの写真を見て、地質学的に興味深い済州島に改めて思いを馳せました。

最後に、第3回ジオサミットは2019年7月上旬に日本で開催することが決まりました。GSJが一致協力し是非成功に導きたいと思っています。



開会式の様子

産総研特別研究員

本年度4月より地圏微生物研究グループに配属されました、須田好です。

東京工業大学・地球惑星科学専攻で学位を取得後、JAMSTECを経て現在に至ります。専門は地球化学と地球史で、蛇紋岩熱水系における炭化水素ガスの生成機構を研究してきました。

産総研では、微生物現象に対する理解を深め、多角的な視点から自然現象を捉えられる研究者を目指したいです。どうぞよろしくお願い致します。



地圏微生物研究グループ
須田 好

●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。

2017年4月よりCO₂地中貯留研究グループに配属となりました、中村友梨江と申します。

学部から博士課程までは東北大学に在籍し、2017年3月に学位を取得致しました。専門は鉱物学と結晶学です。

産総研ではCO₂地中貯留におけるCO₂の炭酸塩鉱物化について地球化学的な研究に取り組みたいと思います。

皆様、どうぞよろしくお願い致します。



CO₂地中貯留研究グループ
中村 友梨江

2017 Event Calendar

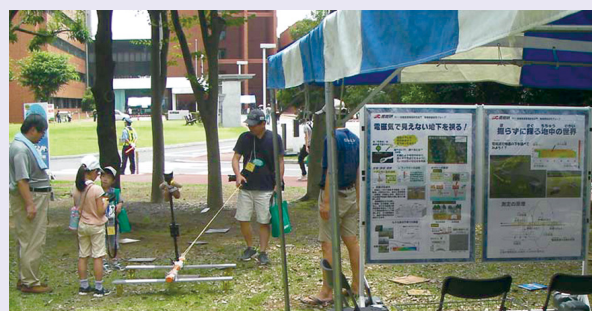
10 Oct	22-26	8th International Symposium on Surface Science (ISSS-8)	http://www.sssj.org/iss8/	Tsukuba, Japan
	26-27	第9回メタンハイドレート総合シンポジウム (CSMH-9)	http://www.aist.go.jp/aist_j/news/event/ev20171026.html	産業技術総合研究所 つくばセンター中央(茨城)
11 Nov	6-10	International Society of Subsurface Microbiology (ISSM) 2017 Conference	http://www.issm2017nz.com/	Rotorua, New Zealand
	8-10	物理探査学会第137回(平成29年度秋季)学術講演会	http://www.segi.org/event/lecture/2017/07/137.html	東京工業大学すずかけ台キャンパス(神奈川)
	9-12	第23回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会	https://www.gepc.or.jp/kenkyu/23rd/index.html	沖縄県男女共同参画センター(沖縄)
	15-17	2017 International Environmental Engineering Conference	http://www.ieec2017.org/	Jeju, Korea
	17-19	第54回環境工学研究フォーラム	http://committees.jsce.or.jp/ieec/	岐阜大学柳戸キャンパス(岐阜)
	22	GSJ シンポジウム 全国版自然由来重金属データ整備に向けて	https://www.gsj.jp/HomePageJP.html	TKP 東京駅日本橋カンファレンスセンター(東京)
12 Dec	30-12/1	第33回ゼオライト研究発表会	https://jza-online.org/assets/pdf/events/20171130/33conf.pdf	長良川国際会議場(岐阜)
	7	GSJ シンポジウム 地圏資源環境研究部門研究成果報告会	https://unit.aist.go.jp/georesenv/index.html	秋葉原コンベンションホール(東京)
	11-15	AGU Fall Meeting	https://fallmeeting.agu.org/2017/	New Orleans, USA



産総研一般公開への出展

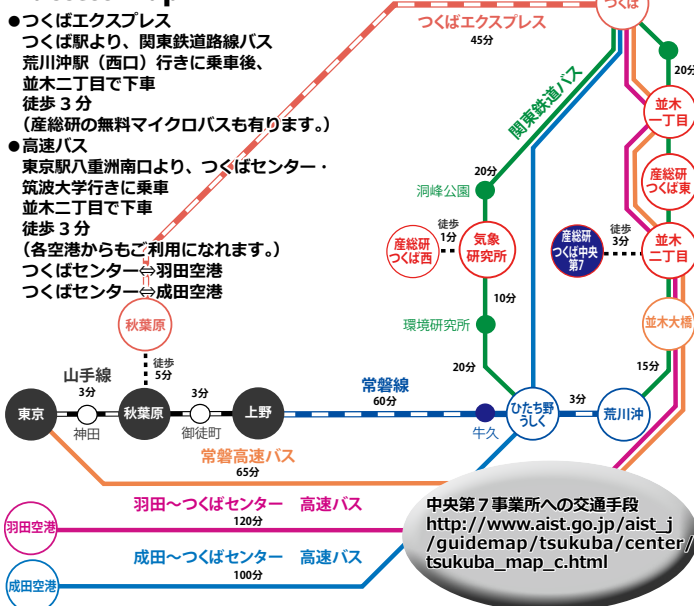
7月22日(土)のつくばセンターにおける一般公開で、当研究部門の物理探査研究グループ(横田研究グループ長)が「見えない地下を電磁気で見る!」と題し、地質調査で実際に用いる機器を使って地面の下を探る模擬実験を多くの来場者にご体験頂きました。また、鉱物資源研究グループの実松主任研究員らが「鉱物」に関して分かり易く講演を行いました。さらに、7月29日(土)の福島再生可能エネルギー研究所の一般公開では、当研究部門と連携する地熱・地中熱チームが講演やゲーム等

を通じて、地熱・地中熱の仕組みや利用方法を分かり易く紹介しました。



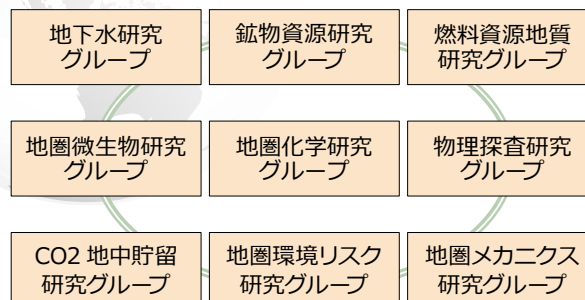
物理探査研究グループ
見えない地下を電磁気で見る!

▼ access map



our groups

当研究部門には9つの研究グループがあります。各研究グループの概要はこちらでご覧いただけます。
<https://unit.aist.go.jp/georesenv/about/>



ご意見、ご感想は、当研究部門の web サイト <https://unit.aist.go.jp/georesenv/> の「お問い合わせ」ページからお寄せ下さい。

■発行 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門
■編集 地圏資源環境研究部門 広報委員会
■第58号: 2017年10月15日発行

〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 (中央第7)
TEL 029-861-3633

本誌記事写真等の無断転載を禁じます。



National Institute of
Advanced Industrial Science
and Technology
AIST

AIST03-E00019-58