

GSJ

地球をよく知り、地球と共生する

地質ニュース



E-code

環境調和型産業技術研究ラボ



特集

領域融合プロジェクト 環境調和型産業技術研究ラボ“E-code”



12月号

特 集

領域融合プロジェクト 環境調和型産業技術研究ラボ “E-code”

- 329 環境調和型産業技術研究ラボ (E-code) の概要
—E-code の特集に寄せて— 中尾信典・光畑裕司
- 332 環境調和型産業技術研究ラボ 地圏環境研究チームの紹介
～地圏環境リスク課題の環境調和型管理および対策に資する基盤
情報整備～ 川辺能成・保高徹生・黒澤忠弘
- 339 環境調和型産業技術研究ラボ 海洋環境研究チームの紹介
長尾正之・山岡香子
- 343 環境調和型産業技術研究ラボ 沿岸環境研究チームの紹介
青木伸行・井口 亮・田村 亨・町田 功・山本 聡・チョン千香子
- 350 環境調和型産業技術研究ラボ 社会実装研究チームの紹介
保高徹生・宮川歩夢・環境調和型産業技術研究ラボ 社会実装研究チーム
- 357 融合研究を促進するプラットフォームとしての相互連携
システムの構築 城 真範・宮川歩夢・保高徹生

- 359 GSJ 地質ニュース 総目次 2020 年 1 月号～ 12 月号

環境調和型産業技術研究ラボ（E-code）の概要

— E-code の特集に寄せて —

中尾 信典¹⁾・光畑 裕司²⁾

1. はじめに

令和2(2020)年度から産総研の第5期中長期目標期間(5か年)がスタートしました。近年、エネルギー・環境制約、少子高齢化、防災等、様々な社会課題に直面し、それらの解決が強く求められていることから、産総研第5期では「世界に先駆けた社会課題の解決」を主なミッションとして掲げています。そして、直面する社会課題の解決と、日本の持続的な経済成長・産業競争力の強化に貢献する革新的なイノベーションの創出に向け、ゼロエミッション社会、資源循環型社会、健康長寿社会等の「持続可能な社会の実現」を目指して研究開発に取り組み、それらの活動を通じたSDGsの達成を目指すこととしています。

人間社会の持続的な発展に貢献する社会課題の解決に向けた取り組みの一つとして、環境との調和を図りながら資源・エネルギーの開発や国土の利用を推進させることが、これまで以上に強く求められています。そこで、地質調査総合センター(GSJ)が代表研究領域となり、産総研の6研究領域が参画する「環境調和型産業技術研究ラボ(Research laboratory on environmentally-conscious developments and technologies, 略してE-code)」を立ち上げました。E-codeでは、「地圏」「海洋」「沿岸」における各種開発利用に対する環境影響測定・評価・修復技術の開発、データベース・マップ等の基盤情報の整備、ならびに社会実装に向けたリスク評価・社会経済影響分析等を融合させ総合的に研究を推進していきます。E-codeの特集に寄せて、ここでは本研究ラボの概要を紹介します。

2. 現状の問題認識

近年、様々な開発をする際に、環境影響を無視することはできない状況です。第1図は我々の周辺(「地圏」「海洋」「沿岸」)を取り巻く環境問題を示しています。例えば、建設現場では自然由来の重金属を含む大量の土砂発生の問題、豊洲に代表される工場跡地などでの有機化合物による土壌汚染の問題、原発事故に伴う除染処理の問題、また、

全国90箇所以上におよぶ休廃止鉱山の廃水処理の問題があります。沿岸域・平野部では地下水利用が増加し、塩水化など、新たな問題が発生しています。一方、これはいいニュースですが、2020年7月に(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)が南鳥島南方の排他的経済水域内で海底のコバルトリッチクラストの採掘に成功している状況です(石油天然ガス・金属鉱物資源機構, 2020)。

このような状況の中で、現状の社会では、これまでの資源開発・産業利用跡地の環境修復が、次世代へのツケになっており、さらには、新たな国土開発・利用では、環境影響への不安が常に付きまとう、払しょくできない状況といえます。また、コバルトリッチクラストのように、新たな海底資源開発では、環境影響を評価する手法の確立が国際的に求められています。さらに、地球温暖化の影響を直接受けやすい沿岸域においては、海面上昇、海洋酸性化、貧酸素化等、異常気象による水害、海岸・河岸の浸食、地下水の塩水化等の環境問題が、深刻化しています。

現状の社会を「将来あるべき社会」、すなわち持続可能な国土の産業利用や資源開発ができる社会へと変えていくためには、環境基盤情報の整備、環境影響評価・計測・モニタリング技術および修復技術の開発、そしてリスク評価等の社会実装が必要と考えられます。

3. 取り組む課題と全体像

E-codeの取り組みの全体像を第2図に示します。具体的な研究内容としては大きく3つ、環境基盤情報の整備、環境影響評価技術の開発、リスク評価・社会経済影響分析になります。環境基盤情報の整備については、自然由来重金属類データベース(DB)、休廃止鉱山DB、自然放射線マップ、および沿岸域地下水・衛星DBの4つのDB類を構築することで、様々な開発による環境影響を事前に評価できるシステムを整備していきます。環境影響評価技術では、目的に応じた、計測モニタリング技術、開発・浄化技術の高度化を図ります。さらに、これらの基盤情報、技術を社会実装するために必要な、リスク評価・社会経済影

1) 産総研 地質調査総合センター 研究戦略部

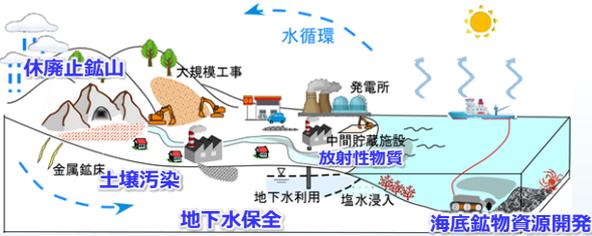
2) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

キーワード：環境調和型産業技術, 研究ラボ, E-code

解決すべき社会課題

関連状況

- ・豊洲土壌汚染問題（1000億円）
- ・建設工事での重金属類含有土砂（北海道新幹線のヒ素等）
- ・原発事故のオフサイト対応・処理（除染：5兆円/10年）
- ・休廃止鉱山の永続的な坑廃水処理の問題（30億/年）
- ・安全で安価な地下水利用の増加 → 地下水枯渇、塩水化
- ・コバルトリッチクラストの掘削試験成功 → 生態系への影響



将来のあるべき社会

- 持続可能な国土の産業利用
- 環境と調和した資源開発
- 持続可能な開発目標達成に関する日本のプレゼンスの向上 (SDGs 2020で日本17位)

現状の社会

- ・資源開発・産業利用跡地の環境修復の継続 (次世代へのツケ)
- ・国土開発・利用に伴う環境影響への不安
- ・海底資源開発における未確立な環境影響評価手法
- ・温暖化における沿岸域の新たな環境問題

課題解決に向けて必要なこと

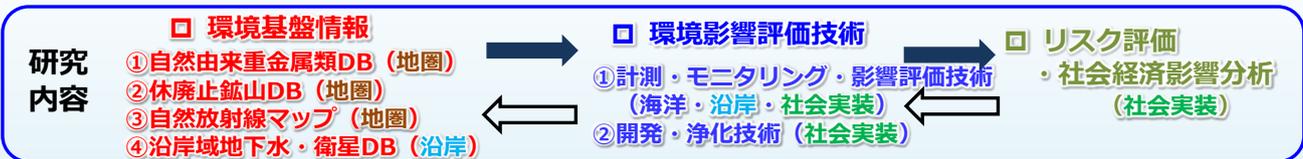
- ・環境基盤情報の整備と公表
- ・環境計測・モニタリング技術
- ・環境調和型開発技術・浄化技術
- ・特性評価・リスク評価
- ・開発シナリオ評価
- ・社会実装・合意形成

第1図 環境に関する解決すべき社会課題

社会の備えとしての「データベース」構築と「環境影響評価」技術開発および社会実装



持続可能な開発を実現するための「備え」として、環境基盤データを整備、環境調和型開発および環境管理方法を予め検討し、円滑な開発と社会コストの低減



環境調和型の開発利用の方法論を提示

- | | | |
|--|-----------------------------------|--|
| <p>2024までの社会実装</p> <p>国際海底機構(ISA)・国内ガイドライン
海洋エネルギー・鉱物資源開発計画における見直し
土壌汚染対策法等の環境法の改正</p> | <p>標準化(ISO・JIS)
DB公開と普及活動</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・既往国プロの新規拡大 ・環境省研究費(総合推進費等)の獲得 ・汚染対策等の民間連携 |
|--|-----------------------------------|--|

第2図 E-codeの全体像



第3図 E-code の研究実施体制

響分析も組み合わせて取り組みます。これらの研究課題は様々な機関、特に関係省庁と連携し、進めていきます。

この5か年計画が終了する2024年までの社会実装として、国内外のガイドラインの制定、「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」の改定、経産省の進めるISO等の標準化などに、我々の研究成果を提案・発信することで、環境調和型の開発利用の方法論・プロトコルを提示していきます。

4. おわりに

E-code の研究実施体制について説明します(第3図)。E-code は、GSJ が主体となり、運営をGSJ 研究戦略部と地圏資源環境研究部門15名が担当します。研究チームは、陸域を担当する地圏環境研究チーム21名、海洋を担当する海洋環境研究チーム10名、沿岸域を担当する沿岸環境研究チーム18名、そして、これら地域別チームに横串を通してリスク評価等の社会科学的な研究を推進する環境調和型開発社会実装研究チーム46名の、4つの研究チームで構成されます。これらの研究チームには、6領域の研究員、全体で95名(重複含む)が参画し、人数からみた各領域の割合は、GSJ が4割強、計量標準総合センター(NMIJ)とエネルギー・環境領域がそれぞれ2割強、残り3領域で1割程度となります。E-code では、領域の融合により、

シナジー効果を最大限引き出すような研究を実践していきます。各研究チームの研究内容やロードマップ等の詳細については、この後に続く記事、およびWebページ(<https://unit.aist.go.jp/georesenv/e-code/index.html>, 閲覧日:2021年1月25日)をご覧ください。

なお、本特集号の表紙には、E-code のロゴを載せています。E-code で扱う「地圏・海洋・沿岸」のフィールドの一体感が表現されています。素敵なロゴを作成していただいた地質情報基盤センターの都井美穂さんに感謝いたします。

文献

(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(2020)世界初、コバルトリッチクラストの掘削試験に成功～海底に存在するコバルト・ニッケルの資源化を促進～. ニュースリリース, 令和2年8月21日. http://www.jogmec.go.jp/news/release/news_01_000162.html (閲覧日:2020年12月25日)

NAKAO Shinsuke and MITSUHATA Yuji (2021) Overview of Research Laboratory on Environmentally-conscious Developments and Technologies (E-code).

(受付:2020年12月24日)

環境調和型産業技術研究ラボ 地圏環境研究チームの紹介

～地圏環境リスク課題の環境調和型管理および対策に資する基盤情報整備～

川辺 能成¹⁾・保高 徹生¹⁾・黒澤 忠弘²⁾

1. はじめに

鉱工業における鉱害、自然災害に起因する原子力災害、整備新幹線等の建設工事で発生する掘削残岩の重金属汚染等の自然環境で発生する地圏環境リスクに関わる課題では、年間数千億円以上の対策費用が現在も計上されています。また、異常気象に伴う自然災害対応により、環境リスクに対する懸念やコストは飛躍的に増加しています。一方、これらの重金属類や放射線は元来、一般的な「地圏環境」に広く分布しており、リスクを考える上では「自然由来」すなわちバックグラウンドを考慮した上で管理方針を決定することが重要となります。

本研究テーマでは、自然環境に起因する種々の課題に対応する基盤情報として、3つのサブテーマ「①全国の自然由来重金属類データベースの拡張」、「②休廃止鉱山データベースの整備」、「③自然放射線マップの詳細化」を柱とした研究を推進し、環境基礎情報を統合的に整備・公開するとともに、環境調和型の環境管理方法の提案を行い、環境リスクや社会経済影響を包含した合理的な対策の意思決定および自然災害発生時のレジリエントな社会構築に貢献し、標準化・国際社会への展開を目指します。

2. 各サブテーマの実施内容

2.1 全国の自然由来重金属類データベースの拡張

自然由来重金属類とは、土壌や岩石中にもともと含まれている重金属類のことで、どのような土壌や岩石にも必ずヒ素や鉛といった重金属類が含まれております。通常は人体や生態系に影響を及ぼさない程度の量しか含まれていませんが、地質的な特性や火山や温泉などの影響により通常よりも高い濃度の重金属類が含まれていたり、土壌から溶出してきたりする場合があります。このような自然由来による重金属類の問題は全国各地で発生しており適切な対策や管理が求められております。この自然由来重金属類の問題の特徴として、範囲が広い場合が多いということがあり、

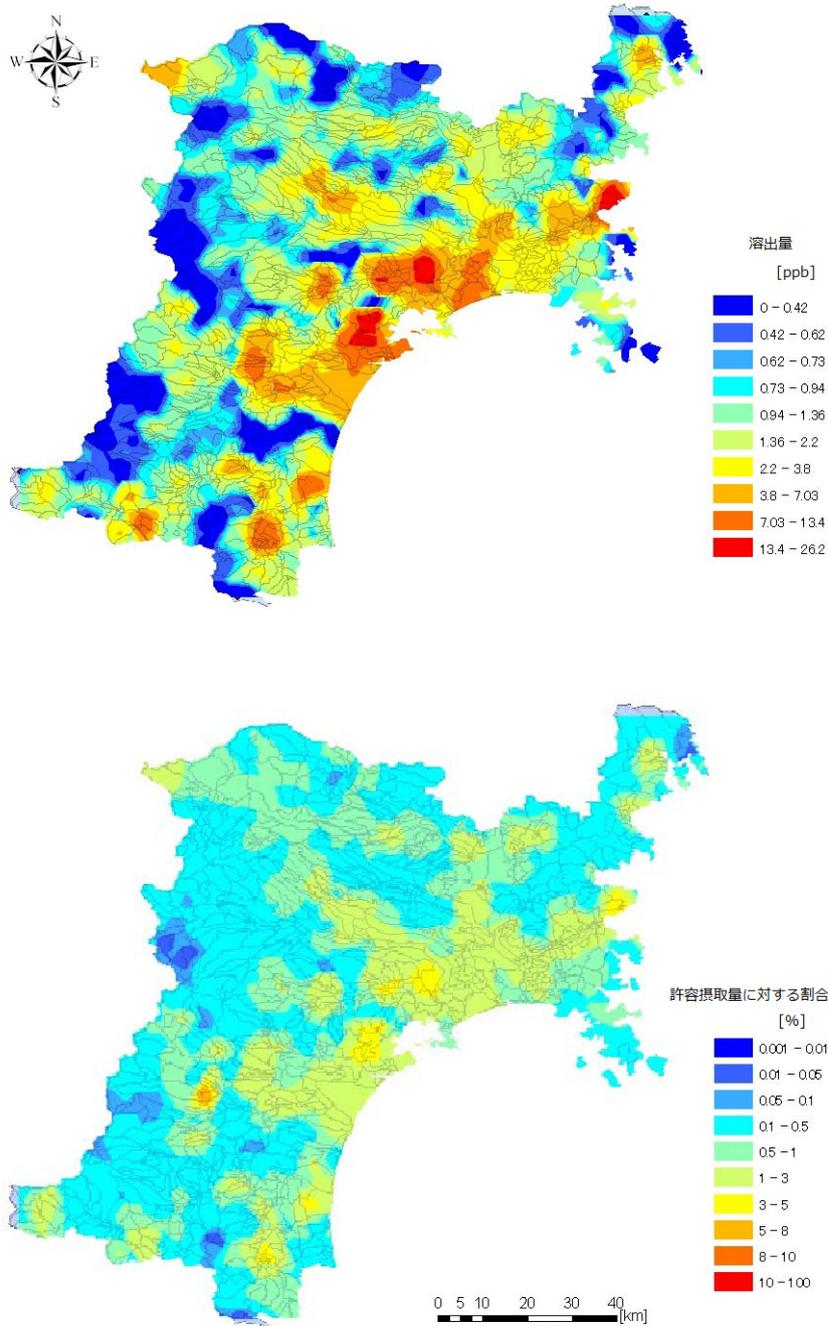
完全に除去するためには膨大なコストと処理あるいは管理のための用地が必要となってきます。もうひとつの特徴として、含まれる重金属類の濃度はそれほど高くないということがあります。したがって、膨大な費用をかけて処理するのではなく、リスク評価などにより人体や生態系等に影響を及ぼさないことを担保しつつ、適切に管理していくことが極めて重要となります。一方で、我が国において自然由来重金属類に関するバックグラウンド情報はほとんどなく、トンネル掘削などの建設工事のルート選定や、人為汚染と自然由来の判別あるいは土地の有効利用や産業用地のリスク診断では、これらの情報を整備していくことが有用です。

我が国における地圏環境中の重金属類のバックグラウンド情報整備はこれまで全国の地球科学図(地質調査総合センター, 2010)が存在しております。これは、全国の河川堆積物中の重金属類の情報を整備したもので、ヒ素や鉛などの重金属類の全含有量などの情報が含まれております。また、同じく地質調査総合センターから公開されている表層土壌評価基本図(例えば原ほか, 2008a; 2008b; 2012)も自然由来重金属類の情報を整備した地球科学図の一つです。表層土壌評価基本図は、地表から50 cm程度までの表層土壌中の化学組成をデータベースおよびマップとして取りまとめたもので、蛍光X線による全含有量や土壌汚染対策法に基づいた溶出量ならびに含有量(1N塩酸溶出量)などの情報が収録されております。また、ただ化学組成の情報を整備しただけでなく、含有量や溶出量からヒトへの重金属類の曝露量(摂取量)を推定し、それに基づきリスク評価を行うことでそれぞれの地域における重金属類のヒトへの健康影響を評価した結果も含まれております。例えば第1図に示すように宮城県におけるヒ素の土壌からの溶出量はしばしば環境基準を超過し、地図上で赤く表字されているところもありますが、リスク評価を行うことでそれほどリスクが高い地域はないことがわかります。表層土壌は農業や生活環境に与える影響が大きいので、表層土壌中の鉛やヒ素およびカドミウム等に代表され

1) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源研究部門

2) 産総研 計量標準総合センター 分析計測標準研究部門

キーワード：自然由来重金属類, 旧廃止鉱山, 自然放射線, データベース, リスク

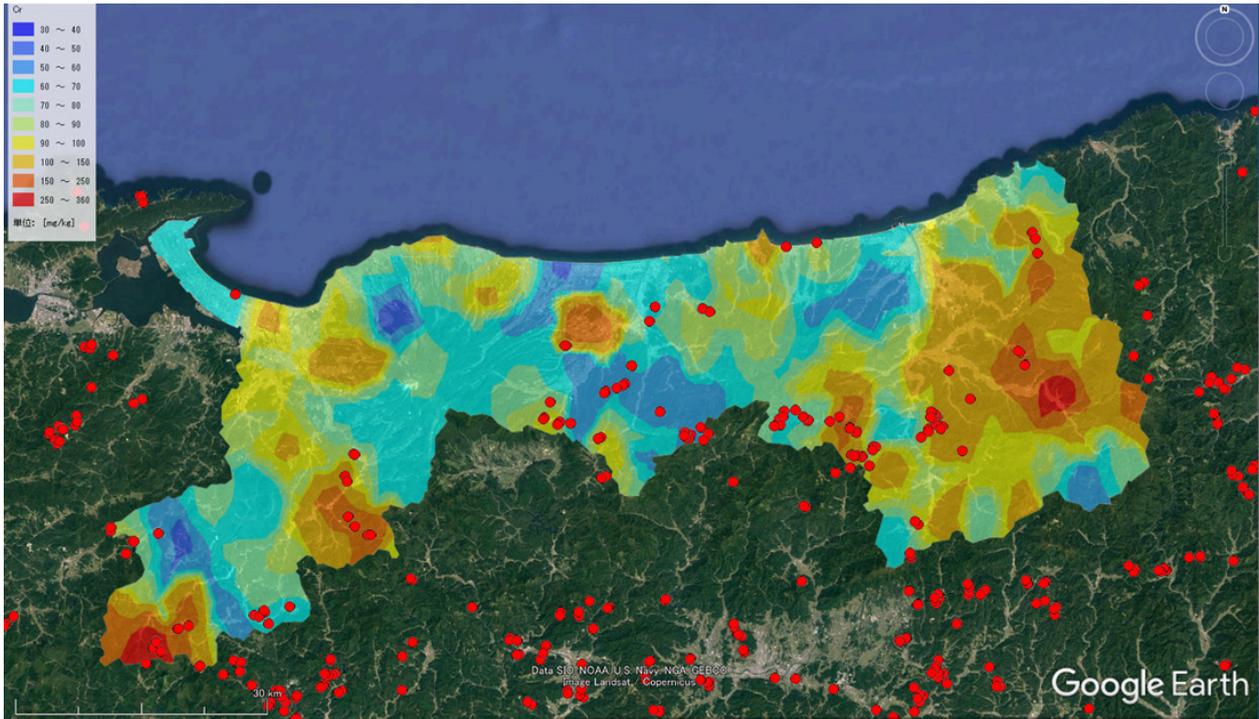


第1図 宮城県の表層土壌評価基本図（原ほか，2008a），（上）ヒ素の水溶出量，（下）ヒトへのヒ素の推定曝露量の許容摂取量に対する割合

る重金属類の含有量や溶出量，そして調査地域の産業構造と地域住民のライフスタイルを考慮したリスクを定量的に評価することは，前述したように土地の有効利用や産業用地の立地リスク診断，自然起源と人為起源汚染の判別，あるいは自治体等におけるリスクコミュニケーション等に非常に有用であります。表層土壌評価基本図はこれまでに2005年より宮城県の表層土壌調査に着手し，2008年に宮城県版および鳥取県版，2012年に富山県版，2014年に茨城県版，そして2017年に高知県版を公開しました。そして2019年度から2020年度にかけて四国地域の調査

を実施するとともに，各種分析および解析を進め，四国地域版の公開に向けた作業を行っているところです。今後も，整備を進めて全国展開を目指して行く予定です。

E-code においてはこの表層土壌評価基本図をベースに自然由来重金属類データベースの拡張を目指した研究を展開していきます。2020年度は九州地域の調査を行い，当該地域の表層土壌中の重金属類の情報を整備していく予定です。また，データベースの拡張に向けた検討も実施していきます。一般的に表層土壌中の化学成分は，大気，表流水，地下水など他媒体の影響を大きく受けます。例えば，



第2図 鳥取県の表層土壌評価基本図に国内の鉱床・鉱徴地に関する位置データ(内藤, 2017)を重ね合わせたもの(GOOGLE EARTHを利用, Data SIO, NOAA, U.S Navy, NGA, GEBCO, Image Landsat/Copernicus)

大気中の重金属類は降雨などにより土壌へ負荷され、河川水や河川堆積物中に含まれる重金属類も農業利用あるいは異常気象発生時の洪水などにより、表層土壌へ負荷される可能性があります。また、自然由来の重金属類には地域的な特性も認められます。例えば、鉱山が周辺に存在したり、火山活動などにより、もともとバックグラウンドレベルが高い地域も存在したりしております。第2図は国内の鉱床・鉱徴地に関する位置データ集第2版(内藤, 2017)に表層土壌評価基本図鳥取県版(原ほか, 2008b)のクロム含有量を重ね合わせたものです。表層土壌評価基本図においてクロムの含有量が高い地域(特に鳥取県南西部)と鉱山の位置が一致している地点も多くあり、鉱山情報と表層土壌の化学成分が密接に関わり合いを持っていることがわかります。また、表層土壌から他媒体へ移行するものとして、地下水中の化学成分があります。降水などによる涵養水が地下水へ浸透して行く過程で重金属類を溶出し、地下水中の重金属類濃度に影響を及ぼす可能性があります。地質調査総合センターでは、地下水中の様々な情報をデータベース化した水文環境図(<https://gbank.gsj.jp/WaterEnvironmentMap/main.html> 閲覧日:2021年1月4日)を整備しております。これらの情報と表層土壌の情報とリンクさせることにより、土壌-地下水間移行に関する地域的な特性が明らかになる可能性があります。このように自然由来重金属類データベースの拡張では、表層土壌

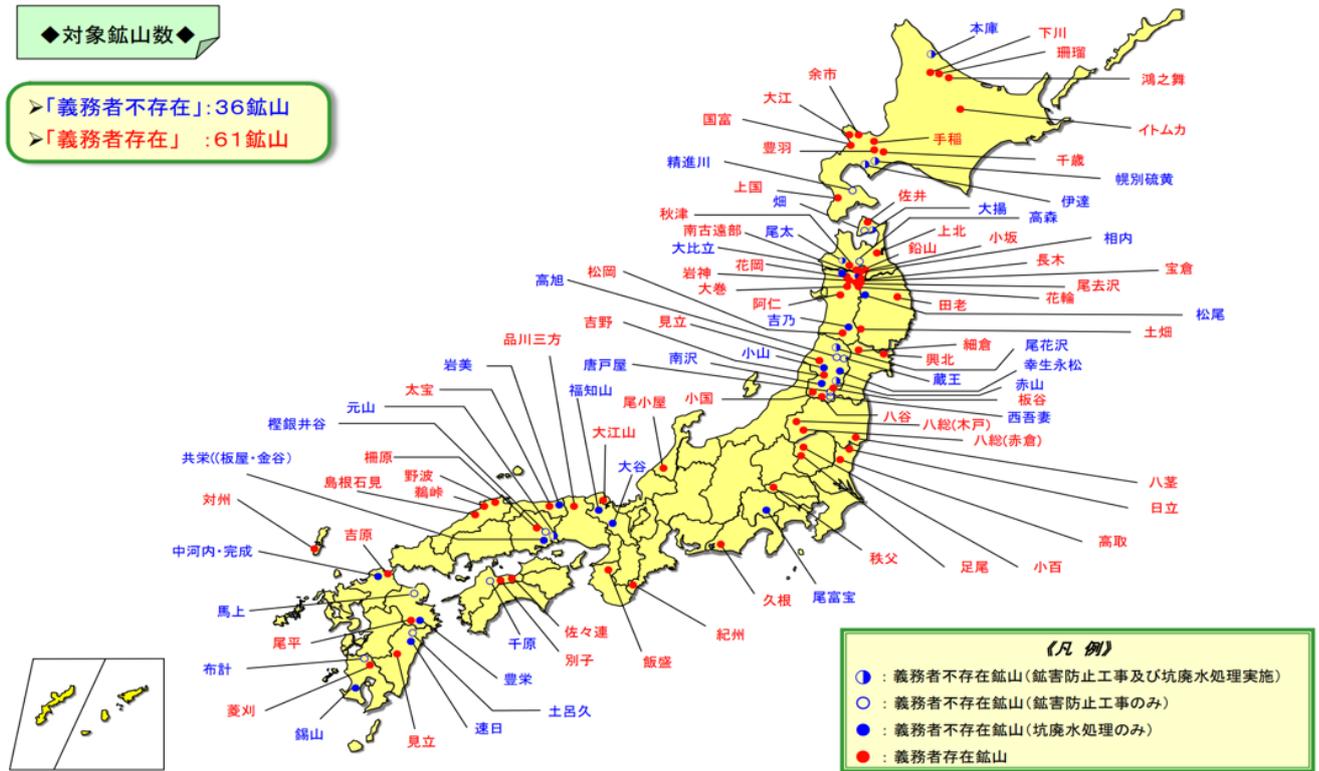
と鉱山や地下水など土壌以外のデータベースなどをリンクさせ、自然由来重金属類の地域的な特性を明らかにするとともに、他媒体間の移動性なども評価できるよう拡張を図っていく予定です。

2.2 休廃止鉱山DBの整備

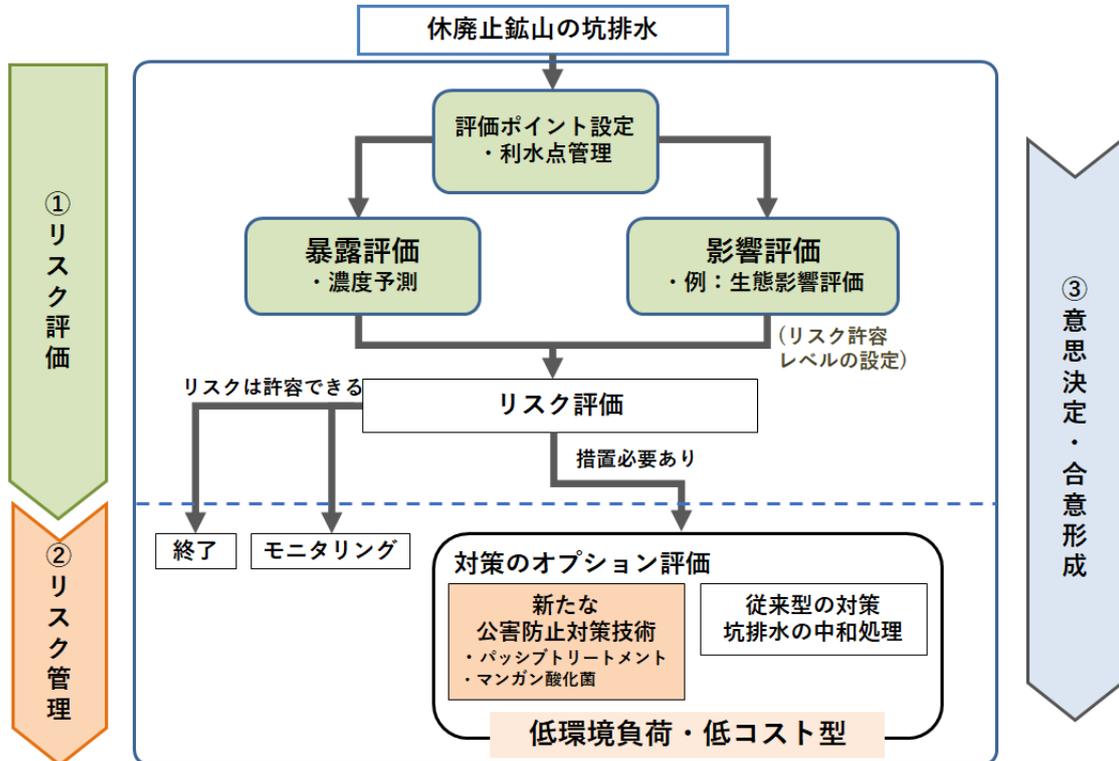
我が国には4000以上の休廃止鉱山があると言われ、現在でも100近くの鉱山においてはpHや重金属等を対象とした坑廃水処理が実施されています(第3図)。坑廃水処理の多くは、薬剤を添加することによる中和処理や重金属類の凝集沈殿処理等の化学処理が主流であり、国費だけで年間数十億円が投入されています。これらの坑廃水処理は、義務者(鉱山所有者)や自治体が主体となって実施されていますが、水質が改善しない場合は、今後100年以上も継続する必要がある可能性があります。

過去に鉱害を発生させた鉱山においては厳格な管理が必要である一方、坑廃水自体は基準値に適合していないものの、利水点や環境基準点においては基準値に適合している鉱山もあり、リスクに応じた合理的な措置が求められています。そのため、現在、「発生源対策による坑廃水量の削減」、「自然回復型のパッシブトリートメントの導入」といった坑廃水処理自体の負担の低減だけでなく、「利水点管理」等のリスク評価の導入の検討も進められています(第4図)。また、これらの新たな施策の導入においては、関係

【参考4】 第5次基本方針対象休廃止鉱山位置図



第3図 第5次基本方針対象の休廃止鉱山位置図 (経済産業省資料)
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/mine/portal/shincyaku/201703_METI-PRESENTATION.pdf
 閲覧日: 2021年1月4日



第4図 休廃止鉱山の坑废水处理に関するリスク評価・リスク管理の概念図



写真1 休廃止鉱山における坑廃水調査の様子

するステークホルダーとの合意形成が必須です。

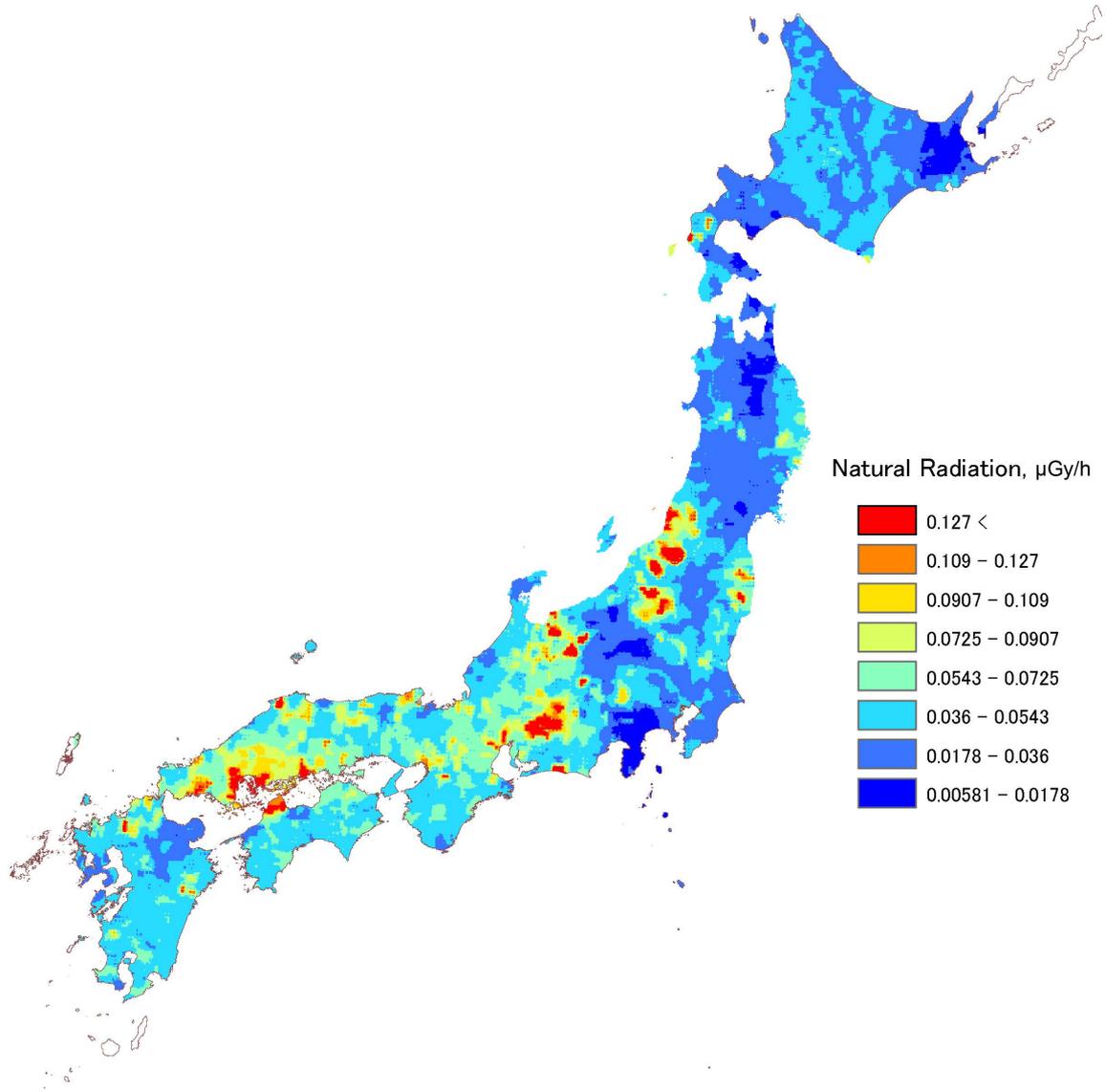
これらの新たな対策の概念の導入においては、各鉱山の特徴をしっかりと把握し、データベース化をした上で、意思決定していくことが重要です。そこで本プロジェクトでは、専門性が異なる産総研内の3領域(地質調査総合センター、計量標準総合センター、エネルギー・環境領域)、4部門(地圏資源環境研究部門、安全科学研究部門、環境創生研究部門、物質計測標準研究部門)の10名の研究者が連携をして、鉱山開発と環境保全に資するデータベース化項目の整理を経産省・自治体・企業と連携し、複数の休廃止鉱山における現地調査、情報収集および解析を行います(写真1)。実際の収集するデータとしては、坑廃水、堆積場ズリ、下流河川、処理施設、スラッジ等を対象として、微量重金属分析、長期濃度予測、生態影響調査、同位体解析による坑廃水起源評価、微生物処理及び菌叢解析を実施して、「利水点管理」や「発生源対策による坑廃水量の削減」、「自然回帰型のパッシブトリートメント」の導入等の判断に資するデータベースを構築します。また、経済産業省や自治体と連携し、第6次基本方針策定等に貢献することを目指します。

2.3 自然放射線マップの詳細化

原子力災害等が発生した際、住民の個人被ばく線量

の評価が重要となります。このとき自然放射線由来の被ばく線量(BG)を差し引いて、拡散した放射性物質による追加被ばく線量を評価する必要があります。住民の追加被ばく線量として年1 mSvという指標がありますが、これはBGと同程度のレベルとなっています。線量計を用いた個人被ばく線量測定では、BGと拡散した放射性物質による線量の両方を測定してしまうため、BGの精度が追加被ばく線量評価に大きく影響を与えます。原子力災害等が発生した場合、住民の被ばく線量を低減させるために、莫大な費用をかけて除染が行われることとなります。また居住地域の制限など、住民の社会生活に大きな影響を与えるなど、被ばく線量の値が政策に大きく寄与することになります。したがって、我が国における放射線量のバックグラウンド(自然放射線量)を正確に把握することが極めて重要となります。

我が国における自然放射線量を整備したものとして、地質調査総合センターが公開している全国の地球科学図(放射線)があります(第5図)。これは、全国の河川堆積物中のウラン、トリウムおよびカリウムの含有量を基に自然に放射される放射線量を Beck *et al.* (1972) の式により推定した地球科学図になります。一方、放射線計測によるBGの正確な評価は測定点でのみの評価と限定されますが、上述した地球科学図とのリンクによって全国のBGを精度よ



第 5 図 日本全国 of 自然放射線量 (今井・岡井, 2014)

く評価できる汎用的に利用できることから、住民や行政に非常に有用なツールになると考えられます。

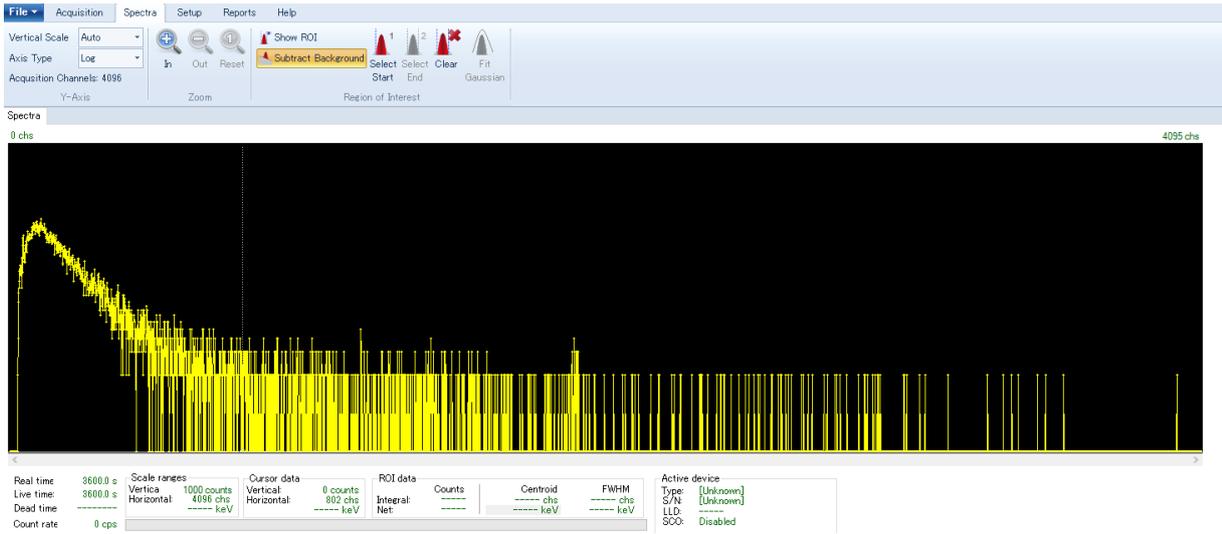
そこで E-code では地質・標高情報と空間線量・個人線量の相関を評価するため、代表的な地質条件において各種放射線検出器、線量計を用いた BG の測定を行います。またすでに人工的な放射性物質が拡散している状況でも BG が評価できるよう、スペクトル測定による BG の評価技術の開発を実施します(第 6 図)。地質情報と各種線量計の BG との相関を評価し、すでに開発されている地質情報システムに機能を追加させることにより、汎用性の高い BG 評価システムを構築します。令和 2 年度では、代表的な地質地域(2 地点程度)において、各種放射線測定器、線量計を用いた BG の測定を行い、地質情報との相関関係を解析します。合わせてスペクトル測定による BG の評価を前述の地点、及び福島県内において行います。この測定手法

により、すでに人工的な放射性物質が沈着したエリアにおいても、人工物以外の自然放射線による被ばく線量を推定することができます。

令和 3 年度以降では、高度における BG の影響について実測による検討を行います。福島県内におけるスペクトル測定による BG と地質情報との相関を評価します。また地質情報システムを利用し、本研究で評価した BG と地質情報との相関を組み込んだ BG 評価システムを開発していく予定です。

文 献

Beck, H. L., DeCampo, J. and Gogolak, C. (1972) In situ Ge (Li) and NaI (Tl) gamma-ray spectrometry. USAEC Report HASL-258, New York.



第6図 CZT 検出器による屋外の自然放射線のエネルギースペクトルの測定例

地質調査総合センター（2010）海と陸の地球化学図。

原 淳子・川辺能成・駒井 武・井本由香利・杉田
創（2008a）土壌評価図 E-3，表層土壌評価基本図
～宮城県地域～．産総研地質調査総合センター，CD-
ROM.

原 淳子・川辺能成・駒井 武（2008b）土壌評価図
E-4，表層土壌評価基本図～鳥取県地域～．産総研地
質調査総合センター，CD-ROM.

原 淳子・川辺能成・駒井 武（2012）土壌評価図 E-5，
表層土壌評価基本図～富山県地域～．産総研地質調査

総合センター，CD-ROM.

今井 登・岡井貴司（2014）自然放射線図，「日本の地球
化学図」補遺，産総研地質調査総合センター．

内藤一樹（2017）国内の鉱床・鉱徴地に関する位置デー
タ集（第2版），地質調査総合センター速報，no. 73.

KAWABE Yoshishige, YASUTAKA Tetsuo and KUROSAWA
Tadahiro (2021) Overview and activities of Geo-Environment
Research Team, Research Laboratory on E-code. –
Development of basic information for solving geo-
environmental issues –.

（受付：2021年1月4日）

環境調和型産業技術研究ラボ 海洋環境研究チームの紹介

長尾 正之¹⁾・山岡 香子¹⁾

1. 海洋環境研究チームの概要

近年、海底資源開発に向けた技術開発が加速する一方で、環境影響を懸念する国際世論が急速に高まっている。たとえ自国の排他的経済水域 (EEZ) 内であっても、事前に生物群集の多様性や連結性を含めた環境ベースラインの把握を行うとともに、環境への負荷を最小化する開発計画を立てることが国際的な共通認識になりつつある。しかし、深海では沿岸海域に比べて基本的な環境情報が極めて不足していることから、環境影響評価についての標準手法が確立されておらず、国連機関を中心に議論が行われている段階である。このため、環境調和型の海底資源開発に向けて、国際標準となり得る環境影響評価技術の早期確立が求められている。

そこで、環境調和型産業技術研究ラボ (E-code) 海洋環境研究チームでは、海洋メタロミクス (生体微量金属機能科学) 研究を展開し、環境影響評価に資する技術開発を行う。具体的には、海水や底質における重金属の化学形態分析、食物網解析による生物濃縮モデル、海洋生物を用いた重金属暴露実験等により、海洋環境中での重金属の動態及び生体における重金属の機能と役割を解明する。

また、海水認証標準物質の開発、音響や画像による底質判別技術、流況観測に基づく粒子追跡モデルといった測定・観測技術で得られる環境情報をベースに、生物群集特性を統合した複層ビッグデータ解析を導入し、開発対象域の選定に資する評価技術の確立を目指す。

これらの研究は、地質調査総合センター地質情報研究部門海洋環境地質研究グループ、エネルギー・環境領域環境創生研究部門環境生理生態研究グループ、計量標準総合センター物質計測標準研究部門無機標準研究グループに所属する計 8 名で主に実施する。また、地質調査総合センター地質情報研究部門海洋環境地質研究グループ、計量標準総合センター物質計測標準研究部門ガス・湿度標準研究グループに所属する沿岸環境研究チームのチーム員、ならびに計量標準総合センター物質計測標準研究部門環境標準研

究グループ、同有機基準物質研究グループに所属する社会実装研究チームのチーム員とのチーム間融合研究でも取り組む。ここでは、海洋環境研究チームの研究テーマ「環境調和型の海底資源開発に向けた環境影響評価技術の研究開発」の背景・社会課題、E-code で取り組む研究開発について紹介する。

2. 背景・社会課題

海洋エネルギー・鉱物資源開発計画 (2019 年 2 月 15 日改訂; 経済産業省, 2019) は、海洋エネルギー・鉱物資源の具体的な今後の開発の計画などを示すため、海洋基本計画に基づき経済産業省が策定するものである。海洋エネルギー・鉱物資源の鉱種ごとに、目標達成に至るまでの探査・開発の道筋と、そのために必要な技術開発等について具体的に定めており、今後 5 年間程度の開発の計画の方向性が定められている。そして、環境に関しては、海域環境調査、影響評価手法の適用性向上・高度化、環境基礎調査の必要性が記載されている。またエネルギーや鉱物資源の開発に留まらず、海洋の大規模な産業的利用に関して最新の科学的知見や技術をもって海洋環境へ影響評価を適切に行うことが、持続可能な社会の実現に向けての重要課題として強く求められている (古谷・鈴木, 2021)。このような社会背景の下で、海洋環境研究チームは、海洋鉱物資源のコバルトリッチクラスト・海底熱水鉱床・レアアース泥と、表層型メタンハイドレートの環境調査研究業務の一部を受託している。以下では、日本のコバルトリッチクラスト探査契約鉱区での環境ベースライン調査を例に、社会課題解決のための研究事例を紹介する。

3. コバルトリッチクラスト探査契約鉱区の環境ベースライン調査

コバルトリッチクラストは、海水由来の鉄マンガン酸化物が、海山の岩盤に沈着して生成する。鉄マンガン酸化

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

キーワード: 環境影響評価, コバルトリッチクラスト, 海洋メタロミクス, 暴露実験, 複数ビッグデータ解析, 多様性・連結性評価, 海水認証標準物質, 国際海底機構, 地域環境管理計画, 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

にはコバルト・ニッケルなど電動車普及に欠かせない有用金属が濃集している。その生成速度は極めて遅く、百万年で数 mm である。Usui *et al.* (2020) は、最長 15 年間の現場沈着実験によって、海底マンガニウム床の生成現場をとらえることに成功している。

公海のコバルトリッチクラストに関しては、国際海底機構 (International Seabed Authority, ISA) が各国の鉱区を設定し開発に向けた準備を進めている。ISA は国連海洋法条約に基づき深海底における鉱物資源を人類共通の財産として管理するための国連機関で、1994 年にジャマイカのキングストンに設置された。加盟国は国連海洋法条約締結国全てで、167 カ国 + EU となっている。

日本は ISA との間でコバルトリッチクラスト探査契約を 2014 年 1 月に締結し、15 年間の探査権を取得した (ISA, 2021a)。この探査契約では、北西太平洋の南鳥島南東に位置する 6 つの平頂海山に探査鉱区 (3,000 km²) が設定されている。最終的にはその 2/3 を放棄し、1,000 km² までに探査鉱区が絞り込まれる (ISA, 2019a)。その過程で、ISA が定めた環境ガイドラインに準拠した環境ベースライン調査の実施が義務づけられている。環境ベースライン調査とは、海洋環境・生態系の現況 (ベースライン) を把握するための環境調査である。ISA 環境ガイドライン (ISA, 2019b) では、海洋物理特性などの 8 つのデータベースグループについて調査を行い、報告することを求めている。

海洋環境研究チームに所属する地質情報研究部門および環境創生研究部門は、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構よりコバルトリッチクラスト海域における環境調査を受託し、毎年海域調査を実施すると共にデータの分析・解析を行い、以下に示す発表をすでに行っている。海洋物理特性としては、Lamont 海山 (JA02 海山) 平頂部で取得された超音波多層流速計 (ADCP) データの妥当性を、日本近海の海洋変動予測システム (JCOPE2) (Miyazawa and Yamagata, 2003; Miyazawa *et al.*, 2008) との比較等により検証した (Nagao *et al.*, 2018)。生物群集特性としては、バイトラップで取得された試料を用いた分子生態学的研究により、浮遊幼生の行き来による生息地間の結びつきを示す連結性の評価に適した深海性端脚類 (ヨコエビ) の候補種を発見した (Iguchi *et al.*, 2020)。また、堆積物中細菌類の共存関係に関するネットワーク分析により、海山平頂部と基部とで群集が分かれる傾向を見出した (Iguchi *et al.*, 2018)。堆積作用特性では、貧栄養外洋域に特有な物質フラックスの特徴を把握した。また、堆積作用特性と海洋化学特性の融合課題として、沈降粒子フラックスの季節変動とそのメカニズム解明を行い、晩夏の沈降粒子フラッ

クス増加が台風による鉛直混合の強化とブルームによる可能性を示唆した (Yamaoka *et al.*, 2020)。

日本の探査契約鉱区が位置する北西太平洋では、中国、韓国、ロシアもコバルトリッチクラストの探査契約鉱区を取得している (ISA, 2021a)。現在、これら 4 カ国の探査鉱区を含む北西太平洋海域に対する、地域環境管理計画 (Regional Environmental Management Plan, REMP) の策定に向けた議論が、ISA により進行中である (ISA, 2021b)。このため、同海域において、環境調査研究を通じた、日本のプレゼンスを高めるための取り組みが求められている。海洋環境研究チームからは、これまでに北西太平洋 REMP に関する ISA ワークショップ (青島、中国共催 (2018 年); オンライン、韓国共催 (2020 年)) に参加した。特に 2020 年のオンラインワークショップには専門家として参加し報告書を分担執筆したほか、海洋物理特性および堆積特性に関して口頭発表も行った。

また、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構は日本の EEZ 内である南鳥島南方に位置する拓洋第 5 海山平頂部において、世界ではじめてコバルトリッチクラストの掘削試験を実施し成功した ((独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構, 2020)。この試験の前には ISA 環境ガイドラインに準拠した手法で周辺環境への影響が検討された。現在、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構からの受託研究の一環として、掘削試験中に回収された環境モニタリングデータの解析を進めている。

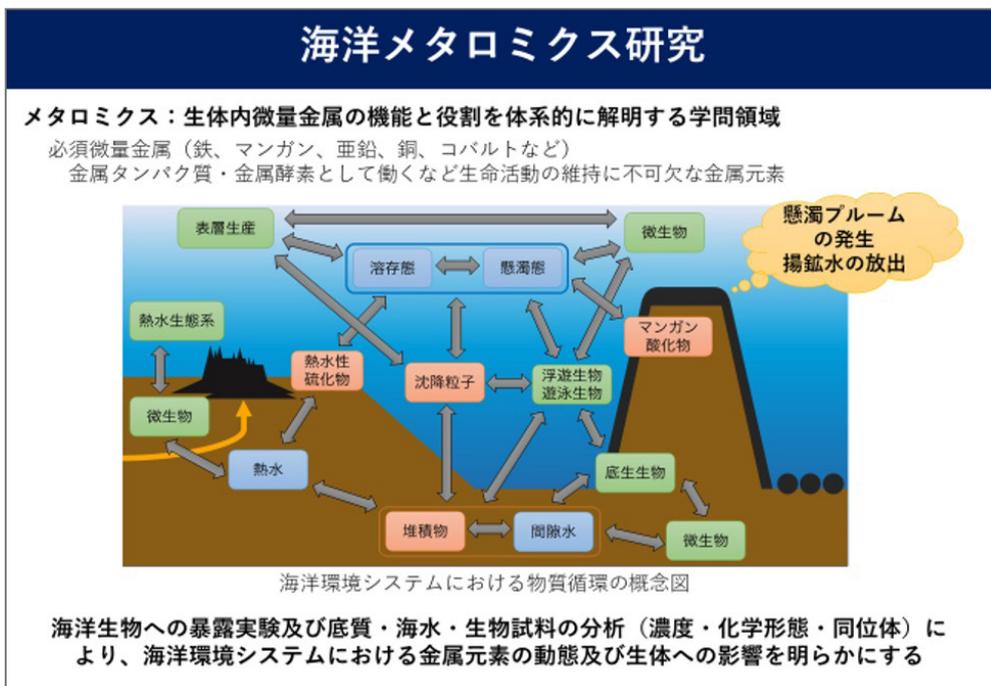
4. E-code で取り組む研究開発について

前述の背景・社会課題から要請される目標として、研究イノベーションにより、国の海洋エネルギー・鉱物資源開発に関する環境調査研究にさらに貢献するため、海洋環境研究チームは「海底資源開発の商業化を見据えた環境影響評価プロトコルへの技術提供」、「国際的な海洋環境管理計画の策定への貢献」、「海洋環境影響評価における先端的な技術研究拠点の形成」を研究開発課題に設定した。そして、これら目標達成のため、研究テーマとして、「海洋メタロミクス研究に基づく金属動態解析・生体影響評価技術の開発」、「複層ビッグデータ解析に基づく生物群集の多様性・連結性評価技術の開発」に取り組む。また、研究テーマの実施にあたり、「地質調査総合センター (GSJ) と計量標準総合センター (NMIJ) との連携による海洋環境の分析・観測手法の高度化」を図る (第 1 図)。

「海洋メタロミクス研究に基づく金属動態解析・生体影響評価技術の開発」については、無機—有機化学の分野



第1図 融合ラボで取り組む研究開発



第2図 海洋メタロミクス研究

融合的な取り組みによる、海洋メタロミクス(生体微量元素機能科学)研究を展開する。メタロミクスとは、生体内微量元素の機能と役割を体系的に解明する学問領域である(第2図)。海底鉍物資源開発で発生する懸濁ブルームや揚鉍水に含まれる重金属の中には、生体に過剰に取り込まれると毒性を示すものがある。一方、微量の金属元素は、生体内で金属タンパク質・金属酵素として働くなど、生命

活動維持に不可欠な元素でもある。このため、海洋生物への暴露実験および底質・海水・生物試料の分析(濃度・化学形態・同位体)を行い、海洋環境システムにおける金属元素の動態および生体影響を明らかにする。暴露実験にあたっては、Iguchi *et al.* (2020)の研究成果に基づき、連結性評価に適した海産性端脚類(ヨコエビ)を使用する予定である。

また、「複層ビッグデータ解析に基づく生物群集の多様性・連結性評価技術の開発」では、海水認証標準物質の開発、各種分析や測定手法の高度化、音響や画像による底質判別技術、流況観測に基づく粒子追跡モデルといった測定・観測技術で得られる環境情報をベースに、生物群集特性を統合した複層ビッグデータ解析を導入し、開発対象域の選定に資する評価技術の確立を目指す。一方で、深海底でのデータ取得は極めて困難であるため、今年度はモデル海域でのデータ取得に着手するとともに、観測手法や分析方法の検討を行う。モデル海域は、海底からの天然ガス湧出が期待される九十九里沿岸域とし、湧出箇所や周辺環境の状況把握手法について検討する。

文 献

- 古谷 研・鈴木昌弘 (2021) 「国連海洋科学の 10 年」—One Ocean に向けて：海洋資源の持続的利用。学術の動向, 26 (1), 42-47.
- Iguchi, A., Nishijima, M., Yoshioka, Y., Suzuki, A., Tanaka, Y., Sugishima, H., Matsui, T. and Okamoto, N. (2018) Geographic variation of bacterial communities in a seamount with cobalt-rich ferromanganese crusts. 15th Deep-Sea Biology Symposium, 2020/09/11, Monterey, California.
- Iguchi, A., Nishijima, M., Yoshioka, Y., Miyagi, A., Miwa, R., Tanaka, Y., Kato, S., Matsui, T., Igarashi, Y., Okamoto, N. and Suzuki, A. (2020) Deep-sea amphipods around cobalt-rich ferromanganese crusts: Taxonomic diversity and selection of candidate species for connectivity analysis. *Plos one*, 15, e0228483. doi:10.1371/journal.pone.0228483.
- ISA (2019a) ISA Contract for Exploration Public Information Template. <https://isa.org.jm/files/files/documents/Public%20information%20on%20contracts%20JOGMEC.pdf> (閲覧日：2021 年 1 月 14 日)
- ISA (2019b) Recommendations for the guidance of contractors for the assessment of the possible environmental impacts arising from exploration for marine minerals in the Area. ISBA/25/LTC/6.
- ISA (2021a) Minerals: Cobalt-rich Ferromanganese Crusts. <https://www.isa.org.jm/exploration-contracts/cobalt-rich-ferromanganese> (閲覧日：2021 年 1 月 13 日)
- ISA (2021b) Workshop on the Regional Environmental Management Plan for the Area of the Northwest Pacific. <https://www.isa.org.jm/event/workshop-regional-environmental-management-plan-area-northwest-pacific> (閲覧日：2021 年 1 月 13 日)
- 経済産業省 (2019) 海洋エネルギー・鉱物資源開発計画を改定しました。ニュースリリース, 2019 年 2 月 15 日. <https://www.meti.go.jp/press/2018/02/20190215004/20190215004.html> (閲覧日：2021 年 2 月 15 日)
- Miyazawa, Y. and Yamagata, T. (2003) The JCOPE ocean forecast system. First ARGO Science Workshop, Tokyo, Japan, November 12-14.
- Miyazawa, Y., Zhang, R., Guo, X., Tamura, H., Ambe, D., Lee, J.-S., Okuno, A., Yoshinari, H., Setou T. and Komatsu, K. (2008) Water mass variability in the western North Pacific detected in a 15-year eddy resolving ocean reanalysis. *Journal of Oceanography*, 65, 737-756. doi.org/10.1007/s10872-009-0063-3.
- Nagao, M., Takasugi, Y., Suzuki, A., Tanaka, Y., Sugishima, H., Matsui, T. and Okamoto, N. (2018) Confirming the validity of ADCP velocity measurement for physical environmental assessment in Japan's Exploration areas for cobalt-rich ferromanganese crusts. Proceedings of the Twenty-eighth (2018) International Ocean and Polar Engineering Conference, 136-142.
- (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2020) 世界初、コバルトリッチクラストの掘削試験に成功 ～海底に存在するコバルト・ニッケルの資源化を促進～。ニュースリリース, 令和 2 年 8 月 21 日. http://www.jogmec.go.jp/news/release/news_01_000162.html (閲覧日：2020 年 12 月 25 日)
- Usui, A., Hino, H., Suzushima, D., Tomioka, N., Suzuki, Y., Sunamura, M., Kato, S., Kashiwabara, T., Kikuchi, S., Uramoto, G.-I., Suzuki, K. and Yamaoka, K. (2020) Modern precipitation of hydrogenetic ferromanganese minerals during on-site 15-year exposure tests. *Scientific Reports*, 10, 3558. doi:10.1038/s41598-020-60200-5.
- Yamaoka, K., Suzuki, A., Tanaka, Y., Suzumura, M., Tsukasaki, A., Shimamoto, A., Fukuhara, Matsui, T., Kato, S., Okamoto, N. and Igarashi, Y. (2020) Late summer peak and scavenging-dominant metal fluxes in particulate export near a seamount in the western North Pacific subtropical gyre. *Frontiers in Earth Sciences*, 8, 558823. doi:10.3389/feart.2020.558823.
- NAGAO Masayuki and YAMAOKA Kyoko (2021) Overview and activities of Marine Environment Research Team, Research Laboratory on E-code.

(受付：2021 年 1 月 4 日)

環境調和型産業技術研究ラボ 沿岸環境研究チームの紹介

青木 伸行¹⁾・井口 亮²⁾・田村 亨²⁾・町田 功³⁾・山本 聡²⁾・チョン 千香子¹⁾

1. 沿岸環境研究チームの概要

人口と経済が集中する沿岸域は、企業立地・産業基盤の中核となっており、継続的な産業利用が求められている。一方で、多種多様な生物種を育み、水産資源や観光資源などの生態系サービスを提供している沿岸域の環境を守ることも重要なミッションである。こうした状況において、持続可能な沿岸域の利用を実現するには、人間活動による沿岸域の環境変化を許容しつつ、産業利用との折り合いをつけていかなければならない。加えて、近年では気候変動などの地球規模での環境変化が顕著となってきており、地球温暖化や海洋酸性化・海洋貧酸素化、海面上昇等による河岸・海岸の後退による立地減少等の気候変動に起因する各種環境問題の中長期的評価も必要となっている。

そこで、環境調和型産業技術研究ラボ(E-code)沿岸環境研究チームでは、気候変動下における環境保全および産業利用に資する環境基盤情報の整備を行い、さらにそれらを適宜適用した気候変動を考慮した環境影響評価技術の開発を目指す。そのために、まずは気候変動の影響が顕著に表れる沖縄本島およびメコン川流域において、研究を開始する。沖縄本島では、サンゴ礁をテストケースとして、分子生態学的手法を中心とした信頼性の高い環境モニタリング・評価技術を開発し、環境保全・修復・管理技術への展開を目指す。河岸海岸侵食が深刻化し、地球温暖化による海面上昇の影響を特に受けやすいメコン川流域では、近過去から現在までの土地利用の変化や気候変動など複数の要因を理解すること、ならびに沿岸域を対象とした地下水環境情報・衛星データを通じて、沿岸域の持続的産業利用に貢献する。また、地下水の情報をとりまとめた水文環境データベースの整備、および温度などのさまざまな情報を広域で得られる衛星データの品質管理および検証研究を実施して、E-codeで整備する環境データベースの構築に貢献する。さらに、沿岸環境研究チームおよび海洋環境研究チームの環境影響評価において、生物活動の制限因子として重要な栄養塩等の化学分析技術の高度化や妥当性評価等を計

量標準分野の知見を活かして行う予定である。

これらの研究は、地質調査総合センター地質情報研究部門海洋環境地質研究グループ、リモートセンシング研究グループ、地圏資源環境研究部門地下水研究グループ、計量標準総合センター物質計測標準研究部門無機標準研究グループ、ガス・湿度標準研究グループに所属する計18名(内2名は海洋環境研究チームに所属)で実施する。沿岸環境研究チームで実施する(1)分子生態学的手法を用いた環境モニタリング・評価技術の開発、(2)メコン川流域における地質情報の整備、(3)水文環境データベースの整備、(4)衛星データの整備、(5)栄養塩分析技術の高度化について以下で紹介する。

2. 研究内容の紹介

(1) 分子生態学的手法を用いた環境モニタリング・評価技術の開発

人間活動が活発な沿岸域の産業利用を持続的に行っていくためには、環境ベースライン調査や環境影響評価に資するための環境リスク評価技術の開発が必要となる。現在、生態系の生物多様性を定量的かつ高精度に評価するための技術革新が進んでおり、特に次世代シーケンサーと呼ばれる遺伝子情報を短時間で大量に得られる技術の進展が著しい。その技術普及に伴い、環境DNAのような比較的容易に生物種の把握が行える手法が発展してきた(井口ほか、2019)。また、ある特定の種内の遺伝的変異を定量化することで、集団間の連結性を評価できる分子集団遺伝学的解析や、ある特定の個体が環境変化に曝された時にどのように応答するのかを、網羅的遺伝子発現解析を実施することで、そのメカニズムの詳細を把握できることも可能となっている。こうした分子生態学的手法は、基本どの生物種にも適用可能であり、多種多様な生物種が生息する沿岸生態系においても頻繁に利用されている。

熱帯・亜熱帯の沿岸生態系においては、サンゴ礁やマングローブ、干潟、海草藻場など、特徴的な景観を織りなす

1) 産総研 計量標準総合センター 物質計測標準研究部門

2) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

3) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

キーワード：沿岸環境、環境影響評価、沖縄、メコン川、衛星データ、地下水、栄養塩、河岸海岸侵食

生態系が隣接している。これらの生態系は、いずれも地球規模・地域的規模の環境変化によって、生物多様性の減少が危惧されている。特にサンゴ礁生態系は、非常に高い生物多様性で特徴づけられることが知られているが、その基盤構成種である造礁サンゴ類(以下、サンゴ)が人為的二氧化碳素の増加に起因するとされる高温ストレスや海水の酸性化に鋭敏であるため、世界的に減少が危惧されている。また、これらの地球規模の環境変化に加えて、陸域からの赤土の流出や農業・畜産由来の栄養塩の負荷のような、地域的規模の環境変化も合わさって、複合的な悪影響がサンゴの生育を妨げている可能性も指摘されている(De'ath *et al.*, 2009)。しかし、陸域と沿岸域が地下水等によってどの程度連結しているのかは不明な点が多く、陸域の開発が沿岸域に及ぼす影響はまだ十分には研究が進んでいない。

以上の背景から、沖縄本島のサンゴ礁をテストケースとして、分子生態学的手法を中心とした信頼性の高い環境モニタリング・評価技術を開発し、環境修復・管理技術に資することを目指している。具体的には、著者らは沖縄本島の広域から代表的なサンゴ種のサンプリングを行い、各地域間の連結性を、分子集団遺伝学的手法によって明らかにしてきた(Nakajima *et al.*, 2017 他)。さらに、最新の塩基多型情報解析の技術導入も進めており(Iguchi *et al.*, 2019 他)、より狭い空間スケールでの集団連結性の把握も試みている。サンゴの環境応答に関しては、国内でもいち早く飼育実験系の確立を進め、これまで高温ストレスや酸性化海水、栄養塩負荷を与えたサンゴ飼育実験を進めてきた(Inoue *et al.*, 2012 他)。その中で、サンゴの遺伝子型の違いによって環境応答に対して顕著な種内変異があることも見出しており(Sekizawa *et al.*, 2017)、現在そのメカニズム解明を進めている段階である。また、沖縄本島の各種生態系や陸域との連結性を明らかにするために、水サンプルを対象とした遺伝子解析を広範囲で進めており、細菌類から真核生物まで幅広く遺伝子情報を取得・解析している。

今後の課題としては、より広範囲での沿岸生態系の基盤構成種の分布情報を効率的に把握するために、リモートセンシング技術と野外調査、集団遺伝学的解析の連携が求められる。また、陸域と沿岸域のつながりを把握するために、地下水等を含む両域を横断する形での水等のサンプリングを行い、遺伝子解析によって様々な生物種の群集解析を進めていくことが必要である。また、野外や飼育実験において、各種環境要因を高精度で測定していくことが必要である。特に栄養塩は、サンゴ礁海域では元々低濃度であるた

め、そうしたサンプルの測定をどのように高度化していくかが今後の課題である。これらの課題を踏まえて、現有の分子生態学的手法を合わせた融合研究を推し進め、沿岸生態系を取り巻く様々な社会課題の解決に資することを目指していきたい。

(2) メコン川流域における地質情報の整備

アマゾン川、ナイル川、ガンジス川などに代表される世界の大河流域には 27 億の人口が居住し、その多くが途上国の経済発展を支えている。こうした経済発展に伴う人間活動と地球規模での気候変動により、大河流域での環境変化はかつてない規模で進行している(Best, 2019)。一方で大河は複数の国にまたがる、国際河川であることが多い。国際河川では流域全体での管理が難しい。上流の国の益になることが、下流の国にとっては損になるなど、利益相反をきたすことが多いためである。こうした河川流域は経済発展や産業立地のポテンシャルが大きく、それらの障壁となる環境問題の緩和に資する科学的なデータ集積や環境システムの理解は、大きな社会課題である。

チベット高原を源流として南シナ海に注ぐメコン川は、国際河川の典型である。中国からミャンマー、ラオス、タイ、カンボジア、ベトナムの 6 カ国を流れ下る全長約 4,600 km の大川で、流域には 6,000 万の人口を抱える。わが国にとってメコン川流域は重要な支援地域である。中国を除く流域 5 カ国との「日本・メコン地域諸国首脳会議」は毎年開催され、2019 年に採択された「2030 年に向けた SDGs のための日メコン・イニシアティブ」ではメコン地域の持続的な反映を実現するためにわが国が貢献することがうたわれている。

東南アジアのメコン川流域ではモンスーン気候の影響により、夏の雨季と冬の乾季との差がはっきりとしている。雨季に集中する降雨によって、河川水位は 1 年単位で最大 10 m にもおよぶ上昇と低下を示し、流域からは多量の土砂が侵食されて流出する。河川水位の上昇は河川沿いの低地での河川氾濫を伴い、農業に不可欠な栄養塩の供給や、独特の生態系を支える役割も大きい。しかし近年、河川の水量や土砂量の変容が大きな問題となっている。その原因として、温暖化に伴う気候変化、上中流域でのダム構築、河川土砂の採取などが上げられる。気候変化では例えば、台風の経路が変化することにより、上中流域での雨量の減少に伴って流出土砂量が 1981 年から 2005 年の間に約 30 % も減少したという見積り(Darby *et al.*, 2016)もある。また、メコン川流域の経済発展を支えるため、発電や灌漑を目的として本流と支流に多数のダムが建設されているが、計画中のものも含めて流域内の全てのダムが稼働した

場合、流出土砂の少なくとも 50 % がダム貯水池に堆積して下流への運搬量が減少すると見積られる (Kummu *et al.*, 2010)。さらに、建材などに用いられる河川土砂の採取量も膨大であり、最下流域だけで少なくとも年間 2,000 万 m³ に及び (Brunier *et al.*, 2014)、流域全体での流出量の 1 割に相当する。こうした流域での土砂量の変容は、メコン川上流域で最初の本流ダムが建設された 1990 年代以降、懸念されてきた問題であるが、最近数年では事態がさらに悪化している。特に 2019 年以降、メコン川の中下流域では雨季に歴史的な河川水位の低下に見舞われている。これは流域全体の干ばつの他、2012 年に完成した上流域で最大級のダムの影響などと言われるが、今後こうした河川水量と土砂量の急減が中長期的に継続する可能性は大いにある。

メコン川最下流の沿岸部では、他の大河川同様に、河川からの多量の流出土砂の堆積による三角州平野が形成されている。河川土砂量の減少の影響で懸念されるのは、それまでの土砂供給により維持されてきた海岸の侵食だが、実際に近年ではその深刻化が衛星画像の解析から報告されている (Anthony *et al.*, 2015 ; Li *et al.*, 2017)。さらに、三角州平野での地下水くみ上げにより、年間数 cm という速度で沿岸の地盤沈下が見積られ (Minderhoud *et al.*, 2017)、こうした海岸侵食のさらなる悪化が見込まれる。一方で、三角州平野の沖積層・地形の年代測定や古地形図に基づく長期的な海岸線変化の解析 (Tamura *et al.*, 2020) では、最近数十年間に観察される海岸侵食と上流のダム構築との関係に不明な点が多くあることが指摘されている。また、一部、河口域などの重要地域においては、海岸侵食が衛星画像により検知可能な陸上に見えている部分ではなく、水深約 5 m までの浅海域で大きく進行していること、また最近数年のメコン川水量の激変も相まって、今後 10 ~ 20 年間で海岸侵食の被害が激増することも示唆される。沿岸部の特に浅海域の土砂収支評価や、また数値モデリングによる地形変化予測のための水深などの地質情報が不足しており、早急に整備が必要である。

以上の問題点から、本サブテーマではメコン川三角州の沿岸部において、浅海での測深や堆積物を中心とした地質情報の整備を行う。沿岸部地形や堆積物運搬量の経年変化などの定量に衛星画像を有効活用し、また堆積物の年代測定において計量標準の放射線計測の技術をいかした高度化をはかるなど、チーム内、領域間での融合を進める。

(3) 水文環境データベースの整備

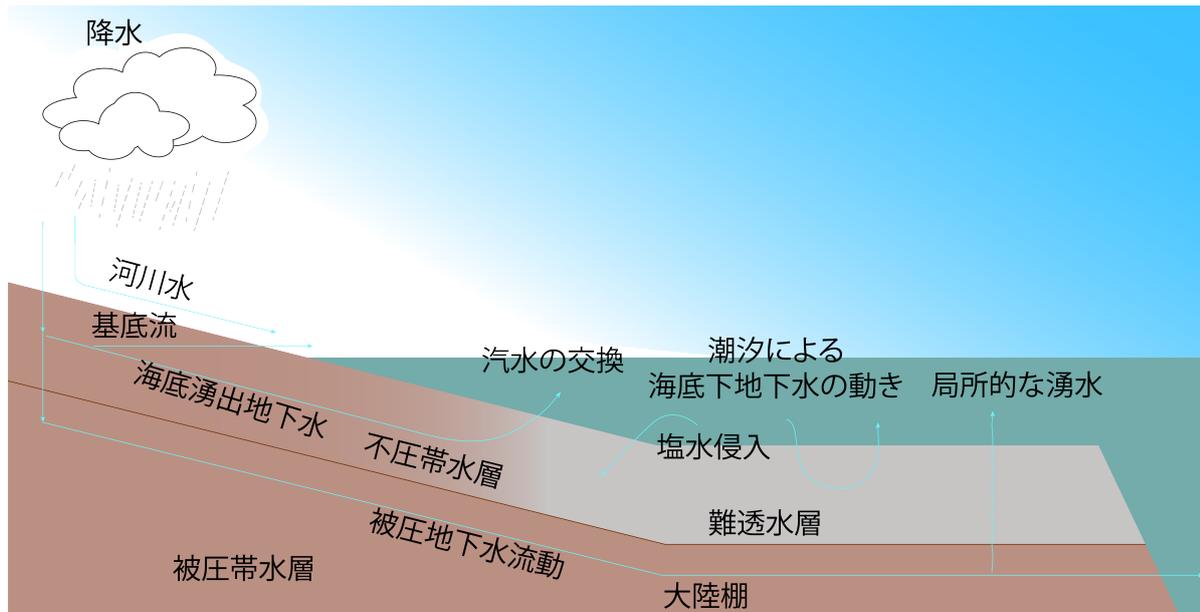
地下水は年間を通じて安定した温度、良好な水質であり、井戸があれば入手できる優れた水資源として沿岸部の人間

活動や経済活動を支えてきた。利用されている地下水の多くは (燃料資源や鉱物資源とは異なり)、雨によって補充される更新型の資源である。そのため、適切に利用すれば、地域の生活や経済発展に持続的に貢献することができる。このような理由から、地質調査総合センターでは地下水の情報を取りまとめた水文環境図を編集し、ウェブサイトで公開してきた。2020 年 11 月現在、8 地域 (関東平野、熊本地域、石狩平野、富士山、筑紫平野、勇払平野、大阪平野、山形盆地) が公開されており、次年度にかけて、紀の川平野 (和歌山県)、静清地域 (静岡県) の公開を予定している。

このたび、沿岸環境研究チームが発足するにあたり、ここに「沖縄本島」および「仙台平野」を編集対象に加えることとした。この目的として①沿岸域における環境影響評価手法の開発に資するため、そして、②表層土壌評価基本図との融合を指向するため、という 2 つが挙げられる。

①に関して、沖縄本島の中央から南側の地質は、島尻層群と呼ばれる新第三紀層が分布し、その上位を第四紀石灰岩 (琉球層群) が覆っている。沿岸環境研究チームでは、この地域にてサンゴの生育状況をプロキシとした環境モニタリング・評価技術の開発および、地球観測衛星を用いた環境評価の高度化をおこなう予定である ((1) 参照)。沿岸域の開発は、海域への汚染物質流出を招きうるが、その輸送経路として地下水は重要な役割を果たしている (第 1 図)。そのため、近年は陸域地下水の塩淡境界に沿った流動パスや海底湧出地下水に関して盛んに研究が行われているものの、その実態を把握できていないと言いがたない。その理由として、地下水の流れは目に見えないため、河川水経由での輸送と比べて影響評価が困難なことが挙げられる。そこで、当該地域にて水文環境図を作成するなかで、海洋環境への影響を考慮した、広域の地下水調査を実施する。現時点では地下水中の銅、栄養塩濃度の把握などを行うとともに、環境モニタリング・評価技術の開発を実施するメンバーと調整し、地下水調査項目に関連する微生物分析を取り込んでいくことも検討している。

②は地圏環境研究チームが実施している表層土壌評価基本図との融合である。詳細は地圏環境研究チームの紹介 (川辺ほか, 2021) に譲るが、この試みでは表層土壌中の重金属濃度の分布と地下水の水質を比較することより、両者の関係性を見出すことを目的の一つとしている。一般に我が国では土壌帯と地下水面 (帯水層の上面) の間には、厚い不飽和帯が存在し、これが地下水を重金属汚染や病原体汚染から守る、バリア機能を有している。表層土壌と地下水の化学的空間的關係を明らかにし、さらに、これに地



第1図 陸域から海域への地下水の流れ (Church, 1996 を基に作成)

理情報(例えば不飽和帯の厚さなど)を加えた考察を行う。特に、影響が表れやすい浅層地下水に着目して、地下水の水質情報を抽出していく。

(4) 衛星データの整備

人工衛星に搭載されたセンサによる地球観測技術を衛星リモートセンシング(以下「衛星リモセン」と呼ぶ。これらの衛星リモセンでは、人間の目で検知できる光(可視光)を利用した観測に加え、人間の目では検知できない赤外線や熱赤外線を利用した観測も行われ、様々な光の観測データを総合的に解析することで地表面の細かい情報を読み解く。例えば可視光と赤外線のデータを組み合わせることで、人間活動による沿岸域の土地利用状況の変化や植生分布やマングローブ林の変化、沿岸域の面積変化の情報が得られる。また、熱赤外線のデータを使うと、地表面・水域・植生の温度モニタリング観測を行うことができる。特に沿岸域の温度モニタリングでは、水温の異なる河川域からの水が海域に流れ込む過程を動的に捉えることができるため、地下水や河川域からの物質が沿岸域においてどのように分布し混合するかを知ることができる。さらには、気候変動下における環境影響評価の代表的指標の一つであるサンゴの白化現象のメカニズム解明においても、衛星リモセンによる温度情報は重要な情報を与える。また、衛星リモセンの長所である観測対象の広域性を活かすことで、テストケースとして特定地域で実施された現地調査結果を、広域(全世界の沿岸域あるいは全球)へ展開することが可能となり、さらに同一センサによる長期間に渡る過去

の連続モニタリングデータを活用する事で、時間方向に対する広域展開が可能となる。この場合、過去より激変した気象環境変化のトレンド把握にもつながると期待される。以上のことから、衛星データから得られる環境影響評価に関連する情報を、地圏環境データ、海洋環境データ、地下水等の水文データ等と融合解析することで、信頼性の高い沿岸域の環境モニタリングが可能となり、環境保全・修復・管理技術に対する知見が得られると期待される。

一方、衛星データの情報を本テーマに応用展開する場合、データの精度・信頼性・首尾一貫性といった品質面の確保が重要となる。また、衛星画像の1画素の中に異なる対象物が混在する場合や温度・形状等の不均一があった場合、衛星データの解釈に対する現地調査に基づく検証作業が重要である。ところが、多くの衛星リモセンでは、データ取得後において品質管理や検証が十分に実施されていない場合が多い。さらには、沿岸域の時間変化を評価する場合、年単位といった長期間にわたるデータ品質の確保とその一貫性・安定性が求められるが、国内外の衛星データではそのような品質管理が徹底して行われているものは限定的である。

地質調査総合センターリモートセンシング研究グループでは、National Aeronautics and Space Administration (NASA) と共同で運用している地球観測衛星センサ Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) から得られた衛星データの品質管理を行っている。ASTER は、NASA の地球観測衛星 Terra に

搭載され、可視光から熱赤外まで様々な波長の光を利用して地表面を1画素15m～90mで観測するセンサである。2000年から20年間に渡って観測を繰り返しており、沿岸域の環境モニタリングにおいても重要なデータを提供する。また、リモートセンシング研究グループの強みとして自らASTERの観測計画を策定できる立場にある為、テスト沿岸サイトの連続モニタリングを実施することができ、他にはない衛星データの貢献を行える。以上のことから、今回のE-codeへの参画にあたり従来実施してきたASTERの可視光～赤外線データに対する品質管理および検証研究を、さらに熱赤外線データにまで拡張し、ASTERデータの一元管理に基づいた品質管理および検証研究を実施する。

一方、衛星データの品質管理研究は、他の地質情報や地理情報の場合と違うアプローチが必要である。というのも、地球を周回する衛星に搭載されているセンサ自体を直接検査・試験することは事実上不可能であるからである。そのことから、リモートセンシング研究グループでは大きく2つのアプローチでこの問題に取り組む。1つは、ASTERに搭載されているハロゲン電球や黒体と呼ばれる熱赤外線を出す装置を使った定期モニタリング観測を行い、センサの特性変化(劣化)の評価およびその補正を行うといった「センサ劣化評価法の研究開発」を行う。また、2つ目として地表面において分光計・放射計を使った現地観測(「代替校正実験」と呼ばれる)を基にして、衛星データの品質管理や検証研究を行う。さらに、検証研究等においては、ASTERだけでなく、観測頻度や分解能、観測波長などの異なる海外の他の衛星(Landsat, MODISなど)の統合利用や、現地観測と衛星データをつなぐものとして、沿岸域におけるドローンを使ったリモートセンシング観測を組み合わせる事により、高いデータ品質の確保と信頼性の高い検証に基づく衛星データの整備を推し進める計画である。

(5) 栄養塩分析技術の高度化

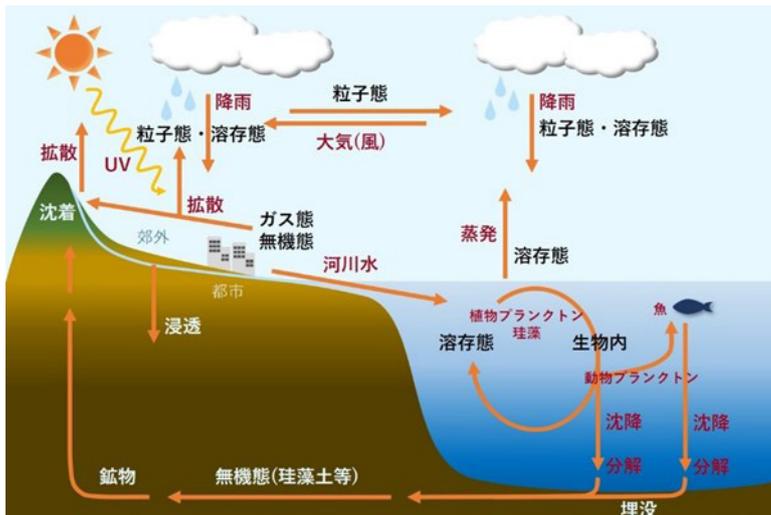
海水中に含まれるリン酸塩、亜硝酸塩、硝酸塩、溶存シリカ等の無機塩は栄養塩と呼ばれ、動植物の栄養源として、生命の維持に必須の成分である。そのため、生態系の機能の解明や、物質大循環の把握、地球温暖化に関わる二酸化炭素の増減の予測等における重要な指標として、時間や海域をまたいだ栄養塩の濃度変動の把握が求められており、世界各国の協力のもと、全球規模で網羅的な海洋観測が行われている。また、沿岸域の産業利用においては、富栄養化によって引き起こされる海洋生物の生育環境の悪化や、アオコ・赤潮等の被害は深刻な問題となる。従って、その影響評価と対策のために栄養塩濃度の把握が求められている。



第2図 NMIJ 栄養塩分析用海水 CRMs (7601-a, 7602-a, 7603-a)

これまで、計量標準総合センター(NMIJ)では、これらの要求における栄養塩分析値の信頼性担保のために、上述の4つの栄養塩に対して国際単位系にトレーサブルな濃度(質量分率, mg/kg)を付与した栄養塩分析用海水認証標準物質(CRM)を開発し、提供してきた。このCRMは、全球の海洋観測における精度管理を念頭に、太平洋深層のような栄養塩高濃度域、大西洋中層のような栄養塩中濃度域、表層水のような栄養塩ゼロ近傍濃度までの3栄養塩濃度水準に対応している(Certificates for NMIJ CRM7601-a, 7602-a and 7603-a, 2014, 第2図)。また、国家計量標準機関間で実施された海水中栄養塩分析に関する国際比較(CCQM-P89, Determination of nitrite and nitrate in calibration solutions and natural water)に参加し、栄養塩の分析値の国際整合性の確保に向けた取り組みを実施してきた。その結果、現在ではmmol/L単位レベルの栄養塩濃度域である海洋中深層においては、有意な濃度変動を把握することが可能になってきた。

一方で栄養塩は、第3図に示すように、大気・陸・海洋の間を様々な形態で循環するため、全球での濃度変動のより正確な把握には、フィールドをまたいだ連携が必須である。そこで、沿岸環境研究チームでは、沿岸域と海洋域における栄養塩の循環に焦点を当てて、海洋環境研究チームと密接に連携し、生物活動の盛んな海洋表層～沿岸域の栄養塩超低濃度域(nmol/L単位レベル)における栄養塩の濃度変動の正確な把握のための技術開発に取り組む。近年、栄養塩超低濃度域での現場観測の実現に向けて、栄養塩分析法として汎用される自動比色分析法(連続流れ分析法等)に光路長の長いセルを適用した分析技術の開発が進んでいる(Ma et al., 2014)。NMIJでは、足掛かりとして海水中の超低濃度のリン酸塩を取り上げ、上述の分析技術を利用した観測手法の高精度化と信頼性の向上に向けた検



第3図 栄養塩の循環 (Cheong, 2020 を基に作成)

討を行うとともに、誘導結合プラズマ質量分析法などの異なる検出原理を利用した新規分析技術の開発を進め、超低濃度栄養塩の分析技術の妥当性の検証に向けた取り組みを計画している。また、これまでの検討において、比色分析法では海水塩分の濃度やマトリックス組成によって分析感度に違いが生じることが分かっている (Cheong *et al.*, 2014)。分析対象域を海洋～沿岸域とした場合、採水地点によって塩分の濃度・組成は大きく異なるため、妥当性評価等の計量標準分野の強みを活かして、各地点における精密かつ正確な栄養塩分析の実現に貢献にしたい。

文 献

- Anthony, E. J., Brunie, G., Besset, M. Goichot, M. Dussouillez, P. and Nguyen, V. L. (2015) Linking rapid erosion of the Mekong River delta to human activities. *Scientific Reports*, **5**, 14745, doi:10.1038/srep14745.
- Best, J. (2019) Anthropogenic stresses on the world's big rivers. *Nature Geoscience*, **12**, 7–21.
- Brunier, G., Anthony, E. J., Goichot, M., Provansal, M. and Dussouillez, P. (2014) Recent morphological changes in the Mekong and Bassac river channels, Mekong delta: The marked impact of river-bed mining and implications for delta destabilization. *Geomorphology*, **224**, 177–191.
- Certificates for NMIJ CRM 7601-a, 7602-a and 7603-a (2014) National Metrology Institute of Japan, Tsukuba. https://unit.aist.go.jp/qualmanmet/refmate/crm/cert/7601a_J.pdf, https://unit.aist.go.jp/qualmanmet/refmate/crm/cert/7602a_J.pdf, https://unit.aist.go.jp/qualmanmet/refmate/crm/cert/7603a_J.pdf (閲覧日: 2021年2月5日)
- Cheong, C. (2020) A study on accurate analysis of seawater nutrients, University of Tsukuba, Ph.D. thesis. Available: <http://hdl.handle.net/2241/00160497> (閲覧日: 2021年2月5日)
- Cheong, C., Nonose, N., Miura, T. and Hioki, A. (2014) Improved accuracy of determination of dissolved silicate in seawater using absorption spectrometry. *Accreditation and Quality Assurance* volume, **19**, 31–40.
- Church, T. (1996) An underground route for the water cycle. *Nature*, **380**, 579–580.
- Darby, S. E., Hackney, C. R., Leyland, J., Kumm, M., Lauri H., Parsons, D. R., Best, J. L., Nicholas, A. P. and Aalto R. (2016) Fluvial sediment supply to a mega-delta reduced by shifting tropical-cyclone activity. *Nature*, **539**, 276–279.
- De'ath, G., Lough, J. M. and Fabricius, K. E. (2009) Declining coral calcification on the Great Barrier Reef. *Science*, **323**, 116–119.
- 井口 亮・水山 克・頼末武史・藤田喜久 (2019) 遺伝子解析による琉球列島の海底洞窟性生物群集の多様性と集団形成・維持機構に関する研究の現状と今後の課題. *タクサ*, **46**, 28–33.
- Iguchi, A., Yoshioka, Y., Forsman, Z. H., Knapp, I. S., Toonen, R. J., Hongo, Y., Nagai, S. and Yasuda, N. (2019) RADseq population genomics confirms divergence across closely related species in blue coral (*Heliopora coerulea*). *BMC Evolutionary Biology*, **19**, 187.
- Inoue, M., Shinmen, K., Kawahata, H., Nakamura, T., Tanaka,

- Y., Kato, A., Shinzato, C., Iguchi, A., Kan, H., Suzuki, A. and Sakai, K. (2012) Estimate of calcification responses to thermal and freshening stresses based on culture experiments with symbiotic and aposymbiotic primary polyps of a coral, *Acropora digitifera*. *Global and Planetary Change*, **92**, 1–7.
- 川辺能成・保高徹生・黒澤忠弘 (2021) 地圏環境チームの紹介～地圏環境リスク課題の環境調和型管理および対策に資する基盤情報整備～. *GSJ 地質ニュース*, **9**, 332–338.
- Kummu, M., Lu, X. X., Wang, J. J. and Varis, O. (2010) Basin-wide sediment trapping efficiency of emerging reservoirs along the Mekong. *Geomorphology*, **119**, 181–197.
- Li, X., Liu, J. P., Saito, Y. and Nguyen, V. L. (2017) Recent evolution of the Mekong Delta and the impacts of dams. *Earth-Science Reviews*, **175**, 1–17.
- Ma, J., Adornato, L., Byrne, R. H. and Yuan, D. (2014) Determination of nanomolar levels of nutrients in seawater, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, **60**, 1–15.
- Minderhoud, P. S. J., Erkens, G., Pham, V. H., Bui, V. T., Erban, L., Kooi, H. and Stouthamer, E. (2017) Impacts of 25 years of groundwater extraction on subsidence in the Mekong delta, Vietnam. *Environmental Research Letters*, **12**, 064006. doi:10.1088/1748-9326/aa7146.
- Nakajima, Y., Nishikawa, A., Iguchi, A., Nagata, T., Uyeno, D., Sakai, K., & Mitarai, S. (2017) Elucidating the multiple genetic lineages and population genetic structure of the brooding coral *Seriatopora* (Scleractinia: Pocilloporidae) in the Ryukyu Archipelago. *Coral Reefs*, **36**, 415–426.
- Sekizawa, A., Uechi, H., Iguchi, A., Nakamura, T., Kumagai, N. H., Suzuki, A., Sakai, K. and Nojiri, Y. (2017) Intraspecific variations in responses to ocean acidification in two branching coral species. *Marine Pollution Bulletin*, **122**, 282–287.
- Tamura, T., Nguyen, V.L., Ta, T. K.O., Bateman, M. D., Gugliotta, M., Anthony, E. J., Nakashima, R. and Saito Y. (2020) Long-term sediment decline causes ongoing shrinkage of the Mekong megadelta, Vietnam. *Scientific Reports*, **10**, 8085.
-
- AOKI Nobuyuki, IGUCHI Akira, TAMURA Toru, MACHIDA Isao, YAMAMOTO Satoru and CHEONG Chikako (2021) Overview and activities of Coastal Environment Research Team, Research Laboratory on E-code.
-
- (受付:2020年12月25日)

環境調和型産業技術研究ラボ 社会実装研究チームの紹介

保高 徹生¹⁾・宮川 歩夢²⁾・環境調和型産業技術研究ラボ 社会実装研究チーム^{1)～11)}

1. はじめに

環境調和型産業技術研究ラボ(以下、環境調和ラボ)社会実装研究チームでは、「環境調和型技術の社会実装に向けたプラットフォーム構築と実践」をテーマに、第1図に示す4つのサブテーマ「(1)環境調和型浄化技術」・「(2)環境調和型モニタリング技術」・「(3)融合を促進するプラットフォームの構築」・「(4)技術の社会実装に関する研究」を設定して、技術開発および社会実装に向けた研究に取り組んでいる。メンバーは兼務も含めると46名と、環境調和ラボの4チームの中では最も多く、所属も地質調査総合センター、エネルギー・環境領域、材料・化学領域、エレクトロニクス・製造領域、情報・人間工学領域、計量標準総合センターと6領域に渡る。

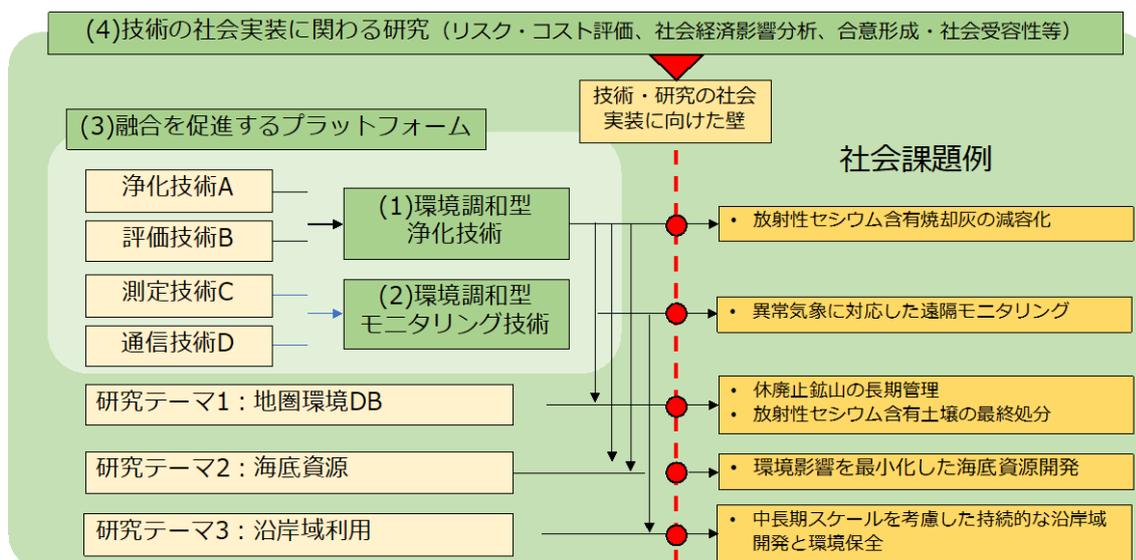
(1)環境調和型浄化技術、(2)環境調和型モニタリング技術では、社会課題に基づいた各種技術開発を進めるとともに、(3)融合を促進するプラットフォームの構築により、社会実装チームそして環境調和ラボ内の融合を図る。

さらに、(4)技術の社会実装に関する研究では、環境調和ラボ内の社会課題を対象として、ガイドライン等の作成に基づく社会実装に取り組む。ここでは、環境調和型社会実装研究チームとして取り組む研究をサブテーマ毎に一部紹介する。

2. 環境調和型浄化技術

国際/国内の社会・企業ニーズを把握した上で、産総研が持つ環境技術及びその周辺技術を軸に、低コスト低環境負荷型の汚染物質の吸着材を開発する。特に、放射性Csや有機汚染物質、重金属等を対象とした次世代型有害物質吸着剤の開発をはじめ、吸着材性能評価の高度化、鉱山廃水汚染微生物対策、土壌汚染微生物対策技術の開発を進める。第1表に研究テーマとメンバーを示す。

また、重点課題である次世代型吸着材の概要を以下で説明する。



第1図 社会実装チームの構成

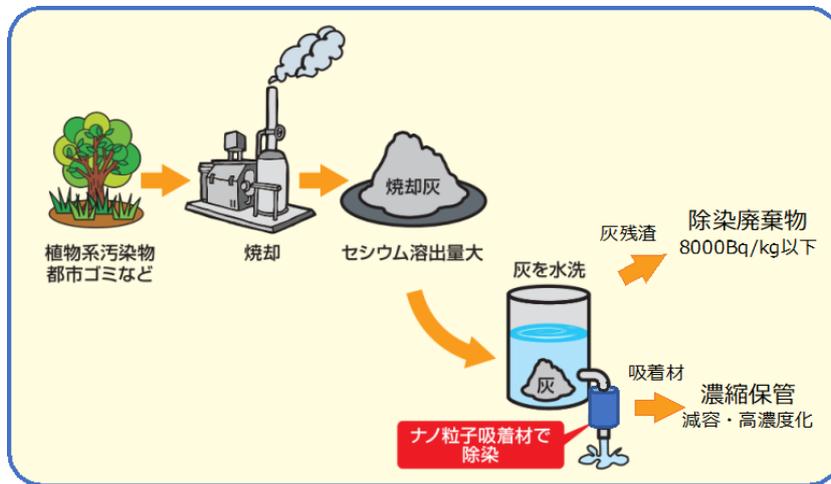
1) 産総研 地質調査総合センター 地質資源研究部門, 2) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門, 3) 産総研 計量標準総合センター 工学計測標準研究部門, 4) 産総研 計量標準総合センター 分析計測標準研究部門, 5) 産総研 計量標準総合センター 物質計測標準研究部門, 6) 産総研 計量標準総合センター 物理計測標準研究部門, 7) 産総研 エネルギー・環境領域 環境創生研究部門, 8) 産総研 エネルギー・環境領域 安全科学研究部門, 9) 産総研 材料・化学領域 ナノ材料研究部門, 10) 産総研 エレクトロニクス 製造領域 センシングシステム研究センター, 11) 産総研 情報・人間領域 人間情報インタラクション研究部門

キーワード：社会実装研究、環境科学、浄化、モニタリング、連携

第1表 環境調和型浄化技術の研究テーマとメンバー

研究テーマ	メンバー
放射性Csや有機汚染物質等を対象とした次世代型有害物質吸着剤の開発	川本徹 ⁹⁾ ，田中寿 ⁹⁾ ，南公隆 ⁹⁾ ，Durga Parajuli ⁹⁾ ，高橋顕 ⁹⁾ ，白田初穂 ⁹⁾ ，保高徹生 ¹⁾
重金属等を対象とした次世代型有害物質吸着剤の開発	森本和也 ¹⁾ ，保高徹生 ¹⁾
吸着材性能評価の高度化	保高徹生 ¹⁾ ，井本由香利 ¹⁾ ，森本和也 ¹⁾ ，西方美羽 ¹⁾ ，小栗朋子 ⁸⁾
鉱山廃水汚染微生物対策	羽部浩 ⁷⁾ ，佐藤由也 ⁷⁾
土壌汚染微生物対策	張銘 ¹⁾ ，吉川美穂 ¹⁾

メンバーの右上の数字は所属を示す。1) 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門，2) 地質調査総合センター 地質情報研究部門，3) 計量標準総合センター 工学計測標準研究部門，4) 計量標準総合センター 分析計測標準研究，5) 計量標準総合センター 物質計測標準研究部門，6) 計量標準総合センター 物理計測標準研究部門，7) エネルギー・環境領域 環境創生研究部門，8) エネルギー・環境領域 安全科学研究部門，9) 材料・化学領域 ナノ材料研究部門，10) エレクトロニクス製造領域センシングシステム研究センター，11) 情報・人間領域 人間情報インタラクション研究部門



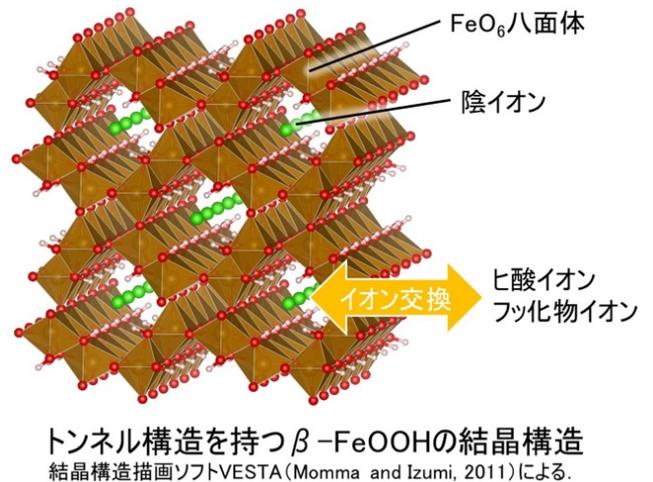
第2図 放射性Cs含有焼却灰へのプルシアンブルー吸着材の適用

放射性Csや有機汚染物質等を対象とした次世代型有害物質吸着剤の開発

吸着材の開発を基に，有害物質の吸着除去，有用物質の吸着回収等の研究開発を進める。環境調和ラボのテーマとしては，Cs吸着材として知られるプルシアンブルー系の材料を用いて，福島第一原発事故で環境中に散逸した放射性Csの吸着除去や，濃縮保管の実証に向けた研究を実施する(第2図)。

重金属等を対象とした次世代型有害物質吸着剤の開発

自然由来の特定有害物質(特にヒ素やフッ素)を含む汚染土・浸出水処理のための対策に資する技術開発を行うことを目的とする。陰イオン交換能を持つ環境親和的な鉄鉱物で，酸・アルカリに対する安定性も高いと期待できるβ-FeOOHの結晶(第3図)に着目して，その合成条件の検討とヒ酸イオンやフッ化物イオンの吸着性について評価を行う。



第3図 ヒ素やフッ素を対象とした吸着材の技術開発

一対多型校正技術の環境計測への適用

環境の状態変化などを把握するために実施される環境計測では、対象成分毎の標準物質が必要だが、有機化合物は対象成分が多いため、成分毎の標準物質を準備することが困難である。そこで、様々な有機化合物をオンラインでメタンに変換し、炭素量の基準となる標準物質からの定量を可能にする一対多型校正技術を開発した (Watanabe *et al.*, 2007, 第5図)。本技術を環境計測へ適用するための分析技術開発をすることで、環境リスク評価などの効率化を目指す。

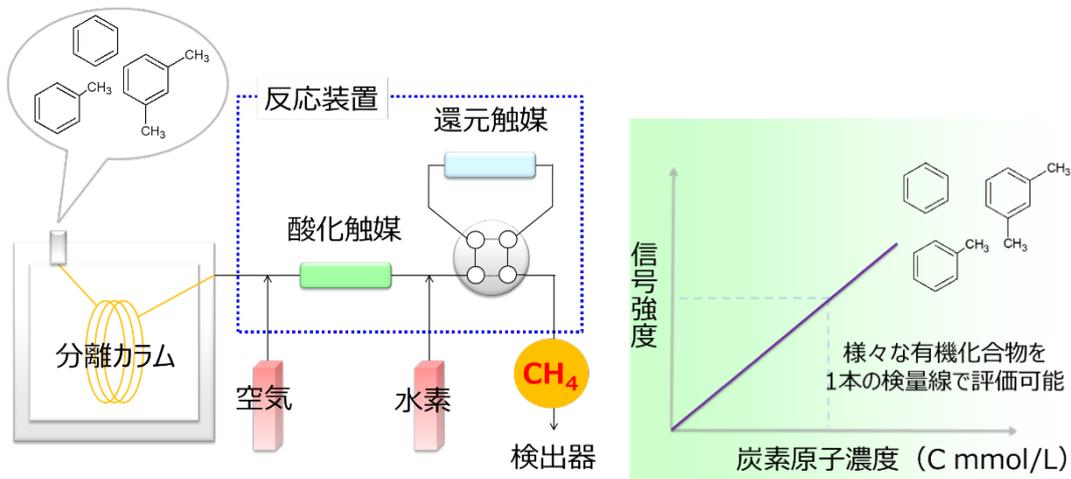
環境リスク低減に向けた土壌・水中のヒ素等の分析技術の高度化・省力化

他分野との連携を推進すべく、溶液中・固体中の元素・鉱物・同位体組成の簡便な分析手法の開発とその高度化に取り組んでいる (例えば、第6図)。独自に開発した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) を用いて、鉱物や工業製品等のあらゆる種類の固体試料中で、マイクロメートルスケールでの主成分・微量元素組成やその2次元分布を明らかにできる分析システムを構築している (Kon and Hirata, 2015 など)。現在は、

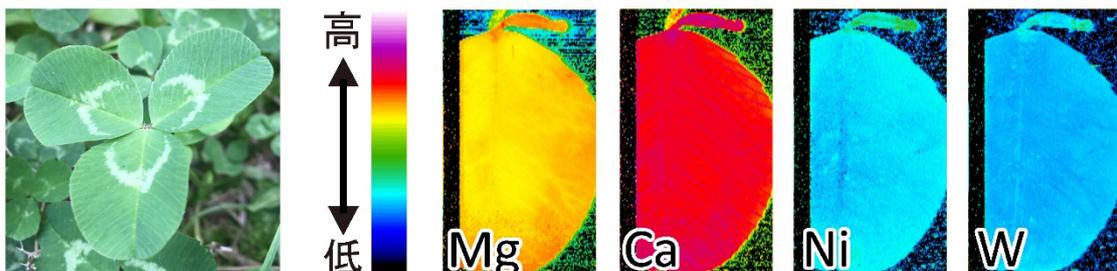
鉱物単体分離解析装置 (MLA) と画像処理のアルゴリズムを応用することで、岩石中の各鉱物の存在形態を微量元素も含めて定量的に評価する手法を開発している。同位体組成に関しては、リチウムやマグネシウムなどの金属元素の安定同位体比に着目し、分析環境の整備を行うとともに (Araoka and Yoshimura, 2019 など)、環境調和ラボ内の諸課題への応用を展開していく。

海水中の pH, 塩分におけるマトリックスの影響を評価

気候変動における海洋大循環の影響を定量的にシミュレートするために、膨大な海洋観測データが日夜取得されている。塩分は海水の状態を表す最も重要なパラメータのひとつである。現行の電気伝導度センサを上回る精度を目指して開発している塩分センサは、レーザー干渉方式により高分解能で正確な測定が可能である (Uchida *et al.*, 2019)。深さ 10,000 m の深海でも使用可能 (第7図) であり、センサの実用化と普及により地球温暖化メカニズム解明への貢献が期待される。また、水深 1,000 m まで沈められるフロートに搭載される ISFET (pH) センサの高圧下における挙動の解明のため、高圧実験設備の開発、精確な炭酸系の計測技術の確立を目指している。



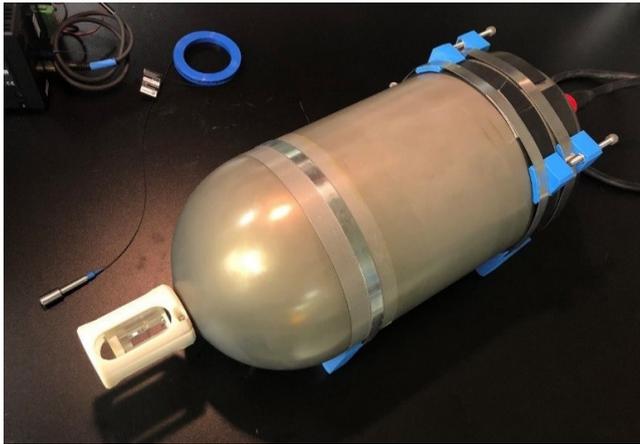
第5図 有機化合物の一対多型校正技術の概要



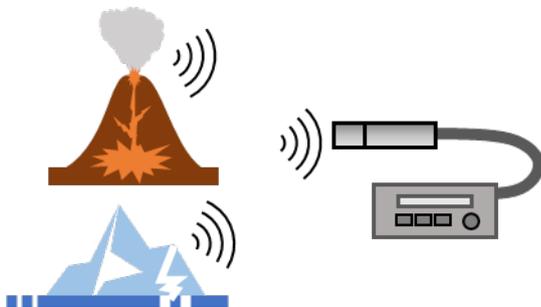
第6図 クローバーの高感度元素イメージング

環境モニタリングで使用される超低周波音計測機器の計量トレーサビリティ整備

可聴域よりも低い周波数の音は超低周波音と呼ばれている。超低周波音は氷山や氷河の崩壊、火山噴火などで発生し、またその伝搬は対流圏や成層圏大気の状態によっても変化する。そのため、長期的な超低周波音の観測が気候変動監視の一手段として期待されている。我々は超低周波音



第7図 深度10,000 mにも耐える耐圧容器に収められたレーザー干渉式の絶対塩分センサ



第8図 超低周波音測定による、氷山や氷河の崩壊、火山噴火等の発生のモニタリング

測定器の高精度な性能評価技術(第8図)を開発し、音を利用した環境モニタリングの高度化と信頼性確保に貢献する。

重金属など環境中元素動態解明・生体影響評価のための計測技術の開発

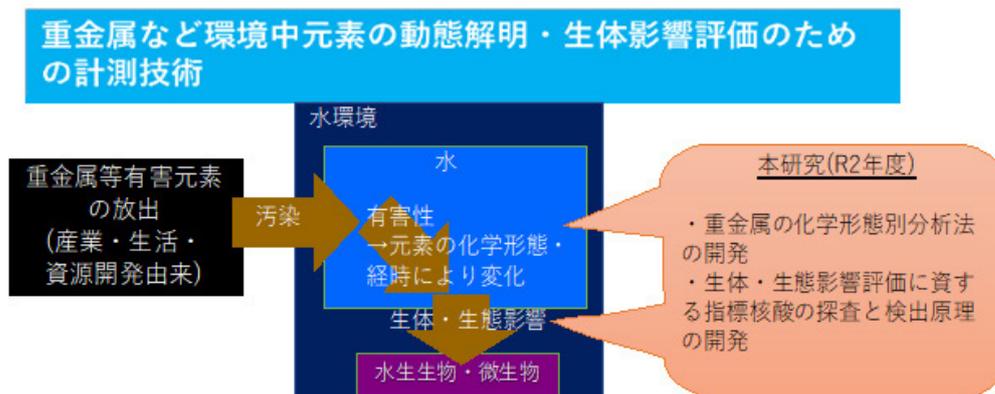
重金属など環境中元素の動態解明・生体影響評価のための計測技術として、クロム・水銀等の重金属化学形態分析法の開発、および生体影響指標核酸の簡便センシング技術の開発と非コードRNA等の高感度指標核酸の探査を行っている(第9図)。

4. 融合を促進するプラットフォームの構築

融合を促進するプラットフォームの構築として、本ラボの研究者が保持するシーズ(研究テーマや技術等)を統計的に可視化するプロトコルを構築し、新たな社会課題への対応や研究課題の創出に向けて、まだ見ぬ有機的な融合を促進する所内プラットフォームの構築を産総研内の他部署とも連携しながら実践する。(メンバー 保高徹生¹⁾、宮川歩夢²⁾、城 真範¹¹⁾、岩崎雄一⁸⁾、メンバーの右上の数字は所属を示す(第1表参照).)

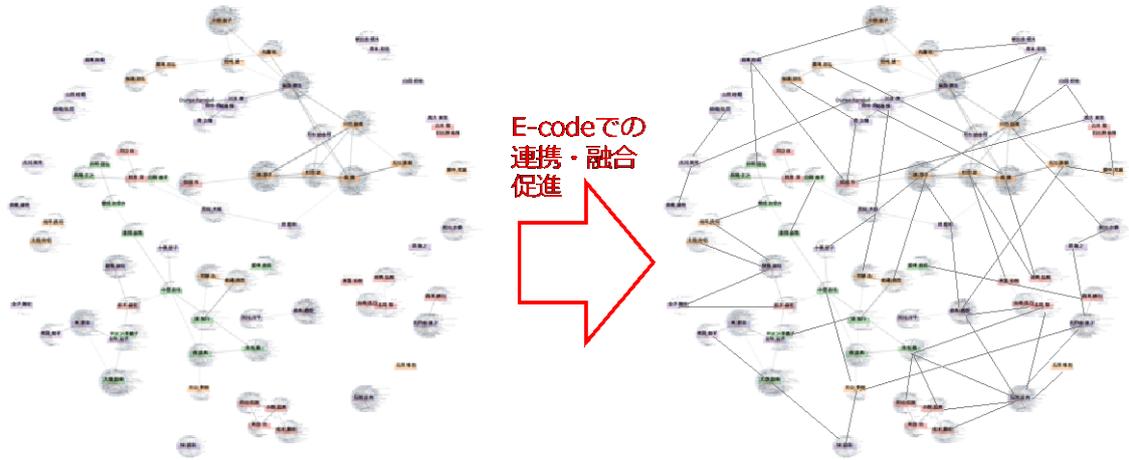
研究者 - 研究テーマネットワーク図の作成

融合的に研究を行ったり、異なる分野の専門家が連携するには、まずお互いの研究テーマや技術についての理解が欠かせない。産総研あるいはE-code内にどのような研究者がいて、どのような研究に取り組んでいるのか、どういった技術を持っているのかを知ることから、研究の融合や連携がスタートする。そのため、E-codeに参加する研究者の研究テーマや研究手法をキーワードとして、研究者とキーワードのネットワークの可視化を試みる(第10図)。これにより、潜在的な連携可能性を探り、社会ニーズに応



第9図 重金属など環境中元素動態解明・生体影響評価のための計測技術の全体像

～ 2019年度までの連携
(2010～2019年の誌上発表)



第10図 研究者-研究テーマネットワーク図の作成

じた新たな研究体制の構築が期待できる。

研究相互連携システム(研究相談システム)の開発

これまで連携をしていなかった研究者間で新たな連携を開始するには、まずはコミュニケーションを取る必要がある。そこで、効率的にコミュニケーションを始められるコミュニケーションツールを開発する。ツールシステムにはあらかじめ研究者の自己申告や、過去の論文などからキーワードを検出して、研究者の興味を整理しておく。そしてそのツールに対して、質問や相談を投稿することで、その中身に応じて、興味を持ってくれるような人に自動的にメールを配信するシステムの構築を目指す。本システムの開発・導入により、E-code内あるいは産総研所内での効果的に連携の機会を創出できる。本テーマについては別記事(城ほか, 2021)にて詳しく解説する。

5. 技術の社会実装に関する研究

“環境保全と開発・利用の調和の実現”には、新規環境技術や新たな環境管理概念の社会実装は技術性能のみでは難しく、リスクやコスト、社会経済影響、合意形成や社会受容性などの課題が生じる。そのため、環境調和型社会実装研究チームでは、技術の社会実装に関する研究として、リスク・コスト評価、社会経済影響分析、合意形成・社会受容性等に関わる研究を推進する。(メンバー:保高徹生¹⁾, 内藤航⁸⁾, 岩崎雄一⁸⁾, 小野恭子⁸⁾, 黒澤忠弘⁴⁾, メンバーの右上の数字は所属を示す(第1表参照).)

6. おわりに

「産総研の特徴はなんだろうか?」。この問いは、筆者らが事務局として産総研の第5期を検討するタスクフォースに従事した際の一つのキーワードであった。大学や他の国立研究開発法人とは違う特徴として、地質・計量標準から人工知能までの研究分野の広さ、そして基礎から応用、実用まで幅広い技術段階に取り組む研究者がいることであると筆者は考えている。これらの特徴は、連携がない場合にはそれぞれが孤立することを意味するが、一方で内部の融合により多くの課題を解決できるポテンシャルを秘めている。社会実装チームでは、個々の技術開発を進めるとともに、チーム内、ラボ内、そして産総研内の融合を促進するだけでなく、外部との連携を積極的に推進し、「社会課題の解決」に向けた融合組織の構築を意識した、有機的な活動を進めていきたいと考えている。今後とも、関係する皆様のご指導を頂きつつ、積極的な連携を進めていきたい。

文 献

Araoka, D. and Yoshimura, Y. (2019) Rapid purification of alkali and alkaline-earth elements for isotope analysis ($\delta^7\text{Li}$, $\delta^{26}\text{Mg}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, and $\delta^{88}\text{Sr}$) of rock samples using borate fusion followed by ion chromatography with a fraction collector system. *Analytical Sciences*, 35, 751-757.

- Kon, Y. and Hirata, T. (2015) Determination of 10 major and 34 trace elements in 34 GSJ geochemical reference samples using femtosecond laser ablation ICP-MS. *Geochemical Journal*, **49**, 351–375.
- Momma, K. and Izumi, F. (2011) VESTA 3 for three-dimensional visualization of crystal, volumetric and morphology data. *Journal of Applied Crystallography*, **44**, 1272–1276.
- 城 真範・宮川歩夢・保高徹生 (2021) 融合研究を促進するプラットフォームとしての相互連携システムの構築. *GSJ地質ニュース*, **9**, 357–358.
- Uchida, H., Kayukawa, Y. and Maeda, Y. (2019) . Ultra high-resolution seawater density sensor based on a refractive index measurement using the spectroscopic interference method. *Scientific Reports*, **9**, 15482. doi:10.1038/s41598-019-52020-z
- Watanabe, T., Kato, K., Matsumoto, N. and Maeda, T. (2007) Simplification of determination method for standard materials using post-column reaction GC/FID. *Talanta*. **72**, 1655–1658. doi:10.1016/j.talanta.2007.03.032
-
- YASUTAKA Testuo, MIYAKAWA Ayumu and E-code Social Implementation Research Team (2021) Overview and activities of Social Implementation Research Team, Research Laboratory on E-code.
-
- (受付:2020年12月28日)

融合研究を促進するプラットフォームとしての相互連携システムの構築

城 真範¹⁾・宮川 歩夢²⁾・保高 徹生³⁾

1. はじめに

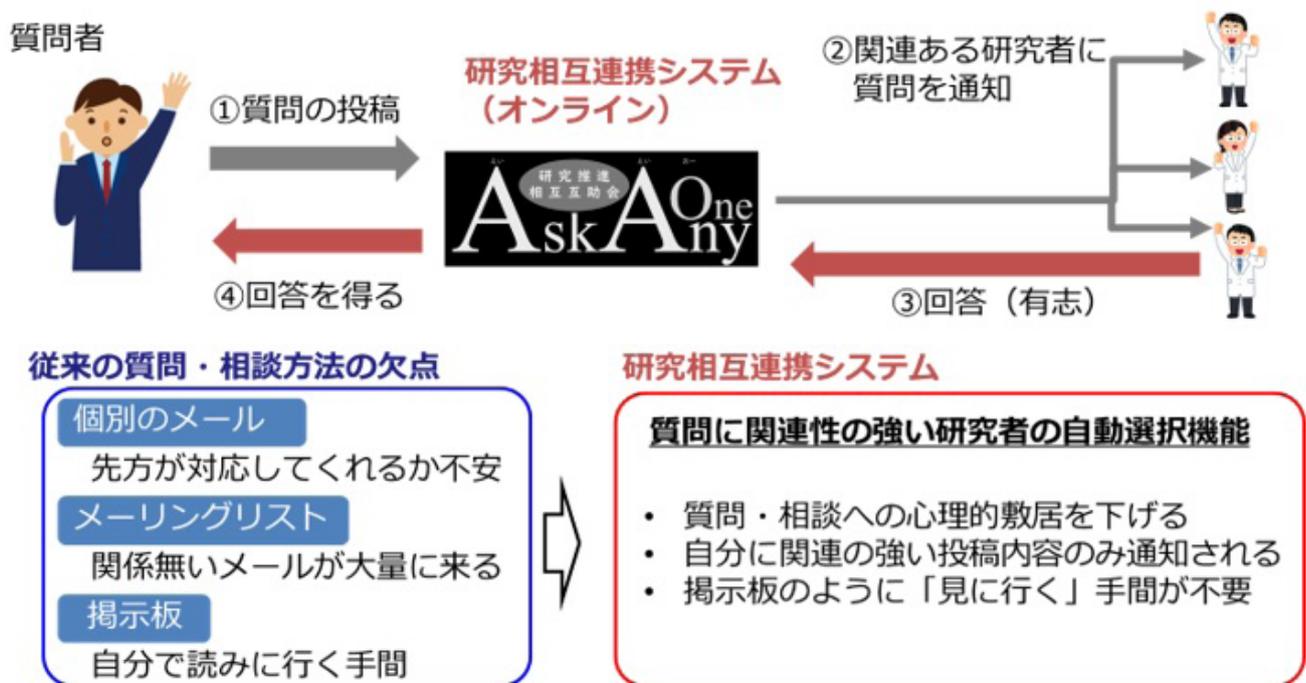
産総研という組織は「総合」の名を冠し、数ある国立研究所の中でも、幅広いテーマを研究している点に特色がある。これは特長でもあるが、弱点でもある。研究というのは特定の狭い分野を突き詰めて世界トップを目指すものであり、ともすれば各研究者・組織の視野は狭くなりがちだからだ。しかし、実際のところ、深さのみを追求した研究は行き詰まる。現在の技術水準で可能な対象には限りがあり、研究開発力が国力を決する現代では、各国が血眼になって最先端を競い合っているからだ。

そこで我々は「連携」を必要とする。異分野の視点、知見、ツールを貪欲に取り入れ、まだ世界の誰も気づいていないテーマを切り拓くのだ。多くの場合、最初に分野を切り拓いた者がその分野のトップを走る。そして研究というのは、どんな分野であれ世界の1番でなくてはならない。

幸いにも、産総研はカバーする分野が広い。異分野の研究者でも、同じ産総研職員である以上、守秘義務を含めた基本的な連携の前提は整っている。あと足りないものは、機会を提供するシステムである。それを構築するのがこのプロジェクトである。

2. 連携のためのコンタクトの難しさ

実はこういう試みは過去にも行われてきた。東大の松尾豊教授が産総研時代に作られた「POLYPHONET (松尾, 2005)」は秀逸なシステムであったが広まらなかった。科学技術振興機構のJ-GLOBALや産総研の技術相談システムなど、今でも運用されているシステムはあるが、残念なか筆者自身ですら積極的に使っていない。なぜだろう？それは参加する研究者にとって連携が「面倒くさい」からだ。経済学ふうに行けば、連携を模索するコストが、連携の達



第1図 研究相互連携システムの概要

1) 産総研 情報・人間領域 人間情報インタラクション研究部門

2) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

3) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源研究部門

キーワード：領域間融合，研究協力，ネットワーク分析，キーワード抽出

成によるメリットの期待値より低いから連携に前向きになれない。研究だからメリットの方はやってみないとわからない。ならば構築すべきシステムは、そのコストのほうを、徹底的に下げてやる必要がある。

具体的にどうしたら良いだろう。LINE や Slack や Twitter などプッシュ型でお知らせをくれるツールは、わざわざ見に行かなくてよいから敷居が下がる。しかし、それは産総研の外にあるものだし、わざわざインストールするのも面倒だ。産総研は Microsoft のツールチェーンを使っているので Teams や PowerApp でも良いかもしれない。しかしクラウドサービス相手に自動的になにか処理をするのは技術的に難しい。既に皆が使っていて手っ取り早いプッシュ型のシステムで、簡単に構築できそうなものと言えば(古典的ではあるが)メールである。といってもメールは既にたくさん来る。これ以上増えたら困る。だから本当に役立つ連携のメールだけ来てほしい。

3. 相互連携システムの仕組み

ここからが研究である。まず連携の端緒は「質問」にする。連携の動機には「困っていること」があるべきだ。システムはあらかじめ研究者の自己申告や、過去の論文や、研究費の情報などからキーワードを検出して、研究者の興味を整理しておく。そして質問が来たら、その中身に応じて、興味を持ってくれそうな人だけにメールを送るわけだ(第1図)。

それだけ聞けば簡単に実現できそうだが、この計画にはもう一つの目的がある。あいだにシステムをはさむことで、誰がどんなテーマをやっていて、どういう質問、ど

ういう回答をいつしたか、そういったデータを自動的に蓄積するのである。回答は義務ではないが、回答しなかったという情報はシステムに記録される。そしてその原因が検討されるだろう。適切な相手ではなかったのか、忙しかったからか、読み飛ばしたのか、質問文が適切でなくて回答したくてもできなかったからか、守秘義務があって答えられなかったのか。その分析は、さらに連携を促進するよう、システムの改良に使われる。

4. おわりに

計画は始まったばかりである。基本的なシステムを構築できれば、上記で示したような多角的な解析に入ることができるだろう。やがてそれを、E-code プロジェクトを超えて産総研全体、また、同じように連携の方法を模索する大学や企業の研究所等に展開できることを期待している。

文 献

- 松尾 豊(2005) POLYPHONET. 産総研, 4p. http://ymatsuo.com/papers/pamphlet_polyphonet_robot.pdf (閲覧日: 2021年2月12日)
- 科学技術振興機構(2021) J-GLOBAL 科学技術総合リンクセンター, <https://jglobal.jst.go.jp/> (閲覧日: 2021年2月12日)

SHIRO Masanori, MIYAKAWA Ayumu and YASUTAKA Tetsuo (2021) A collaboration system as a platform to boost the interconnection of researchers.

(受付: 2020年12月21日)

GSJ 地質ニュース 総目次 2020年1月号～12月号 (9巻 No.1～No.12)

1月号 (Vol.9 No.1)

表紙: GeoBank 事業「GSJ 国際研修 2019」で行われた地質巡検 …… 写真: 内田利弘・文: 高橋 浩
年頭のご挨拶/矢野雄策 …… 1
外核底 (F) の不均質/大滝壽樹 …… 3
GSJ 国際研修 2019: 概要報告/最首花恵・高橋 浩・内田利弘・宮野素美子・加野友紀 …… 8
20 万分の 1 地質図幅「輪島」(第 2 版) の紹介/尾崎正紀 …… 14
地質や地熱に親しむ 一産総研福島再生可能エネルギー研究所 2019 年一般公開での地質・地熱展示一/石原武志・村田泰章・石橋琢也 …… 18
「地質情報展 2019 やまぐち 一めぐってみよう! 大地の図かん一」開催報告/高橋雅紀・シュレスタ ガウラブ・森田啓子 …… 21
新刊紹介「京都の災害をめぐる」 …… 28

2月号 (Vol.9 No.2)

表紙: 通町筋から見た再建工事の進む熊本城天守閣 …… 写真と文: 七山 太
マンホールからのぞく地質の世界 5 一富士山 (静岡県) 一
/長森英明 …… 29
サイエンスの舞台裏 一石が語る, 石と語る一/高橋雅紀 …… 42
タイ国立地質博物館で熱応答試験および現地セミナーを開催
/田中雅人・内田洋平 …… 50
2019 年 CCOP (第 55 回) 年次総会で地中熱ワークショップ開催
報告/田中雅人・内田洋平 …… 53
新刊紹介「旅客機から見る日本の名山」 …… 55

3月号 (Vol.9 No.3)

表紙: 細川家が作庭した水前寺成趣園と熊本市の地下水 …… 写真と文: 七山 太
農業による湖沼生態系の攪乱 一島根県・宍道湖の例一
/山室真澄 …… 57
CCOP-GSJ-GAI Groundwater Project Phase IV Kick-off Meeting
開催報告/内田洋平・シュレスタ ガウラブ …… 61
第 3 回日中韓ジオサミット開催報告 (1): 本会議
/内田利弘・最首花恵 …… 64
第 3 回日中韓ジオサミット開催報告 (2): 洞爺湖有珠山
ユネスコ世界ジオパーク地質巡検/宝田晋治・渡辺真人
 …… 70
つくばサイエンスコラボ 2019 一科学と環境のフェスティバル一
/北村真奈美・伊尾木圭衣 …… 75
令和元年度廣川研究助成事業報告 ハロゲンの分析技術・地球
化学的研究の動向調査及び国際共同研究打ち合わせ
/遠山知亜紀 …… 78
新刊紹介「沖積低地 土地条件と自然災害リスク」 …… 81

4月号 (Vol.9 No.4)

表紙: 湖底に年縞ラミナと津波堆積物が認められる海跡湖, 釧
路市春採湖 …… 写真と文: 七山 太・渡辺和明
栃木県シームレス地質図 ～新たな地質図の試み～/吉川敏之
 …… 83
第 31 回 GSJ シンポジウム 地圏資源環境研究部門研究成果報
告会「地下水, 土壌, 地中熱の基盤データ整備と利活用」
開催報告/地圏資源環境研究部門広報委員会 …… 90
第 32 回 GSJ シンポジウム「神奈川の地質と災害」開催報告
/中島 礼・野々垣 進・納谷友規・中村淳路・中村佳
博・阿部朋弥 …… 93
J. J. ライン著「日本における自然科学的研究旅行」邦訳 一日
光および仙台・南部海岸一/山田直利・矢島道子 …… 97

5月号 (Vol.9 No.5)

表紙: 地質標本館キッズページの杏桃ちゃんと騎士くん
 …… 文: 石井武政・絵: 正根寺幸子
地球磁場と地球進化と生命/小田啓邦 …… 111
堆積物記録を用いた南海トラフ巨大地震発生履歴解明へのチャ
レンジ 一東海沖における海底掘削調査一/池原 研・
金松敏也・Kan-Hsi Hsiung・三浦伊織・奥津なつみ …… 120
熱磁化 (Js-T) 曲線カタログ/森尻理恵 …… 125
地質標本館キッズページからやってきました
/石井武政・正根寺幸子 …… 136
新刊紹介「海底の支配者 底生生物 世界は『巣穴』で満ちて
いる」 …… 141

6月号 (Vol.9 No.6)

表紙: 飯岡石で作られた石垣 …… 写真と文: 小松原純子
Marion Dufresne (マリオン・デュフレヌ) 号とジャイアント・
ピストンコアリング: MD218 航海乗船記/池原 研
 …… 143
丹波帯東南部, 天ヶ瀬のデュープレックス群/楠 利夫 …… 157
令和元年度廣川研究助成事業報告 鉱山開発跡地における坑廃
水の対策に係る水文調査技術の動向調査および情報収集
/松本親樹 …… 168
柴田 賢さんを偲んで/富樫茂子 …… 172

7月号 (Vol.9 No.7)

表紙: 安達太良山 1900 年 7 月 17 日噴火の慰霊碑, 福島県耶
麻郡中ノ沢温泉神社 …… 写真と文: 伊藤順一
産総研第 5 期中長期目標期間における地質調査総合センター
の研究戦略/中尾信典 …… 175
地質情報研究部門の 2020 年度研究戦略/荒井晃作 …… 177
活断層・火山研究部門の 2020 年度研究戦略/伊藤順一 …… 181
地圏資源環境研究部門の 2020 年度研究戦略/光畑裕司 …… 183

日本初の GSSP：千葉セクションとチバニアン／板木拓也・・・185
 令和元年度廣川研究助成事業報告 噴出物の組織解析に基づく
 水蒸気噴火研究の動向調査と国際共同研究に向けた情報
 収集／南 裕介・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 192
 鹿沼土の話② ー鹿沼土を観察してみる／地下まゆみ・徐 維
 那・須藤定久・高木哲一・・・・・・・・・・・・ 195
 新人紹介・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 201
 新刊紹介「進化のからくり 現代のダーウィンたちの物語」
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 203

8月号 (Vol.9 No.8)

表紙：霊峰高尾山から望む丹沢山地と富士火山
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・写真と文：七山 太
 FREA 再生可能エネルギー研究センター 地熱チームの 2020
 年度研究戦略／浅沼 宏・・・・・・・・・・・・ 205
 FREA 再生可能エネルギー研究センター 地中熱チームの 2020
 年度研究戦略／内田洋平・・・・・・・・・・・・ 207
 地質情報基盤センターの 2020 年度研究戦略
 ／佐脇貴幸・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 209
 深海底に眠る塊状メタンハイドレートの力学特性 ーメタンハ
 イドレート回収技術開発に関わる物性の取得に成功ー/
 米田 純・木田真人・今野義浩・神 裕介・森田澄人・
 天満則夫・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 213
 マンホールからのぞく地質の世界 6 ー富士山(山梨県) ー
 ／長森英明・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 219
 新人紹介・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 229
 新刊紹介「地磁気逆転と『チバニアン』 地球の磁場は、なぜ
 逆転するのか」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 231

9月号 (Vol.9 No.9)

表紙：カンボジア王国の世界遺産・アンコール遺跡
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・写真：太田雄貴・文：鈴木 淳
口絵：カンボジア王国の世界遺産・アンコール遺跡／鈴木 淳
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 233
 カンボジア王国アンコール遺跡の見学記／鈴木 淳・太田雄貴・
 築瀬拓也・眞中卓也・川幡穂高・・・・・・・・・・・・ 238
 地質のアウトリーチ活動についての回想／利光誠一・・・・ 249
 「測量はつらいよ」から「データアーカイブ構築」へ
 ／渡辺和明・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 252
 偏光観察台での薄片観察／佐脇貴幸・・・・・・・・・・・・ 255
 新人紹介・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 263
 新刊紹介「見えない絶景 深海底巨大地形」・・・・・・・・ 265

10月号 (Vol.9 No.10)

表紙：東南極、プリンスオラフ海岸びょうぶ岩の大褶曲
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・写真と文：香取拓馬
 第 60 次日本南極地域観測の地質調査報告／香取拓馬・豊島剛
 志・石川正弘・北野一平・・・・・・・・・・・・ 267

J.J. ライン著「フジノヤマおよびその登山」邦訳
 ／山田直利・矢島道子・・・・・・・・・・・・ 273
 花崗岩系列の成立と展開 石原舜三博士の偉業を振り返って
 ／高木哲一・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 289
 新人紹介・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 298
 ニュースレター「地質調査総合センターが日本地質学会表彰を
 受賞」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 299

11月号 (Vol.9 No.11)

表紙：南極ラングホブデ地域の沿岸部・・・写真と文：板木拓也
 第 61 次日本南極地域観測隊 (JARE61) 参加報告
 ／板木拓也・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 301
 チバニアンの地層「千葉複合セクション」から明らかになった
 最後の地磁気逆転の全体像／羽田裕貴・岡田 誠・菅沼
 悠介・北村天宏・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 307
 新型コロナウイルス禍に東京で観察された地震計ノイズレベル
 の低下／矢部 優・今西和俊・西田 究・・・・・・・・ 311
 鹿沼軽石 (Ag-KP) の噴出年代／小松原純子・大井信三・・・ 315
 地質標本館における「地層の話」プログラム (前編) 三角州
 の形成と海水準変動の再現実験の紹介／辻野 匠・森尻
 理恵・佐藤隆司・高橋 誠・下川浩一・須藤 茂・利光
 誠一・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 317
 ニュースレター「地質標本館 開館 40 周年」・・・・・・・・ 327
 受賞・表彰「羽田裕貴さんが茨城大学学長学術特別表彰を受賞」
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 328

12月号 (Vol.9 No.12)

表紙：九十九里沖合における海洋環境調査
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・写真：吉田 剛・文：鈴木昌弘
特集 領域融合プロジェクト
環境調和型産業技術研究ラボ “E-code”
 環境調和型産業技術研究ラボ (E-code) の概要ーE-code の特
 集に寄せてー／中尾信典・光畑裕司・・・・・・・・・・・・ 329
 環境調和型産業技術研究ラボ 地圏環境研究チームの紹介 ～
 地圏環境リスク課題の環境調和型管理および対策に資す
 る基盤情報整備～／川辺能成・保高徹生・黒澤忠弘 332
 環境調和型産業技術研究ラボ 海洋環境研究チームの紹介／長
 尾正之・山岡香子・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 339
 環境調和型産業技術研究ラボ 沿岸環境研究チームの紹介／青
 木伸行・井口 亮・田村 亨・町田 功・山本 聡・チヨ
 ン千香子・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 343
 環境調和型産業技術研究ラボ 社会実装研究チームの紹介／保
 高徹生・宮川歩夢・環境調和型産業技術研究ラボ 社会
 実装研究チーム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 350
 融合研究を促進するプラットフォームとしての相互連携システ
 ムの構築／城 真範・宮川歩夢・保高徹生・・・・・・・・ 357
 GSJ 地質ニュース 総目次 2020 年 1 月号～ 12 月号・・・ 359

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 宮地良典
副委員長 名和一成
委員 杉田創
児玉信介
竹田幹郎
伊尾木圭衣
小松原純子
伏島祐一郎
森尻理恵

事務局

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
地質情報基盤センター 出版室
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ 地質ニュース 第9巻 第12号
令和2年12月15日 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

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

印刷所

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : MIYACHI Yoshinori
Deputy Chief Editor : NAWA Kazunari
Editors : SUGITA Hajime
KODAMA Shinsuke
TAKEDA Mikio
IOKI Kei
KOMATSUBARA Junko
FUSEJIMA Yuichiro
MORIJI Rie

Secretariat Office

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geoinformation Service Center Publication Office
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ Chishitsu News Vol. 9 No. 12
December 15, 2020

Geological Survey of Japan, AIST

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba,
Ibaraki 305-8567, Japan



産総研環境調和型産業技術研究ラボ（E-code）の海洋環境研究チームは、持続可能な海洋の資源利用に資する環境影響評価研究の一環として、2020年12月、千葉県などと共同で九十九里沖合海域においてマルチビームソナーや水中ドローンなどを用いた海洋調査を実施した。国内最大級の南関東ガス田に位置する九十九里沖合は、天然ガス湧出に係る環境研究のテストフィールドとして期待され、例えばメタンハイドレートなど深海資源開発における環境影響評価技術の高度化にも顕著な優位性をもたらすと考えられる。

（写真：吉田 剛 千葉県環境研究センター・
文：鈴木昌弘 エネルギー・環境領域 環境創生研究部門）

Drone's-eye view of environmental survey at the sea off Kujukuri Beach, Chiba. Photo by YOSHIDA Takeshi, Caption by SUZUMURA Masahiro