

# 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<sup>1)</sup>・保高 徹生<sup>1)</sup>・黒澤 忠弘<sup>2)</sup>

## 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、

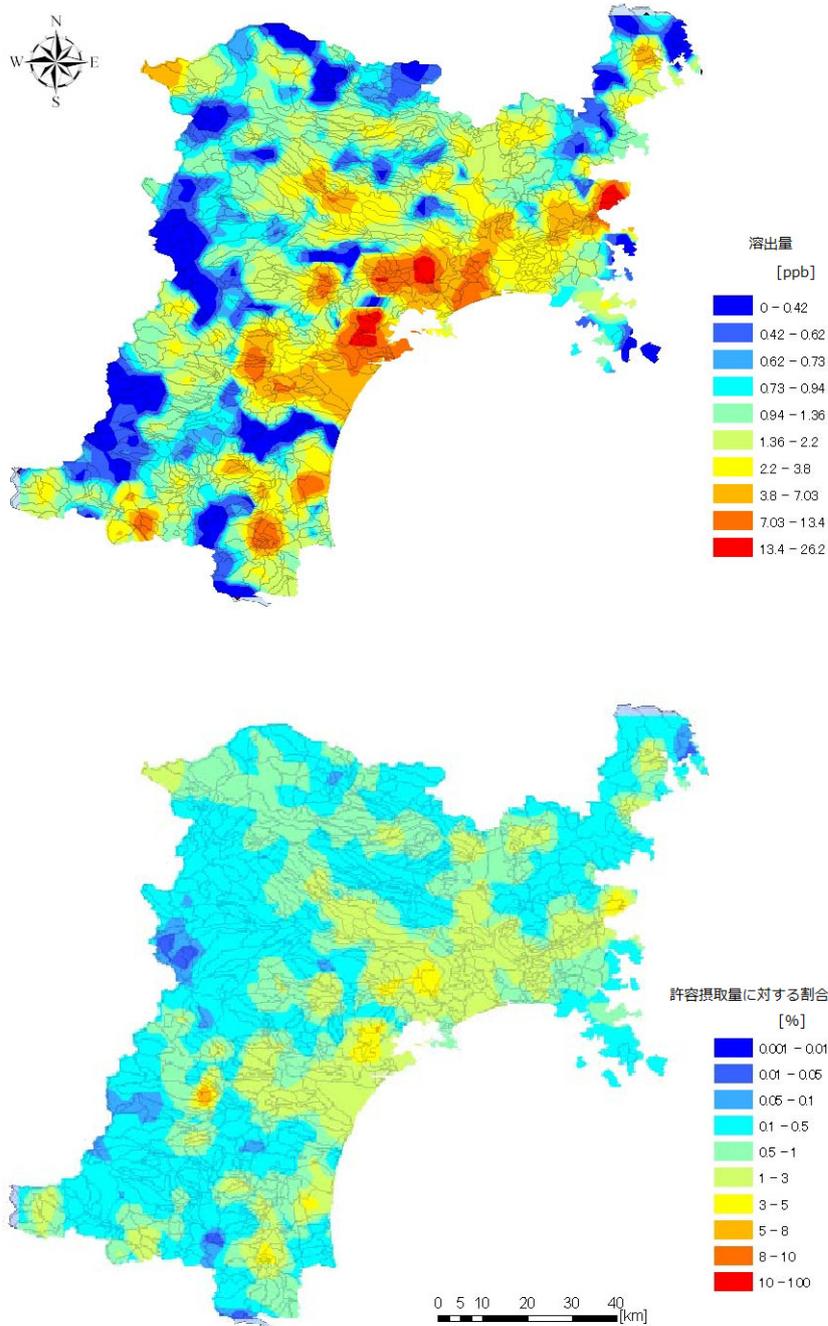
完全に除去するためには膨大なコストと処理あるいは管理のための用地が必要となってきます。もうひとつの特徴として、含まれる重金属類の濃度はそれほど高くないということがあります。したがって、膨大な費用をかけて処理するのではなく、リスク評価などにより人体や生態系等に影響を及ぼさないことを担保しつつ、適切に管理していくことが極めて重要となります。一方で、我が国において自然由来重金属類に関するバックグラウンド情報はほとんどなく、トンネル掘削などの建設工事のルート選定や、人為汚染と自然由来の判別あるいは土地の有効利用や産業用地のリスク診断では、これらの情報を整備していくことが有用です。

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

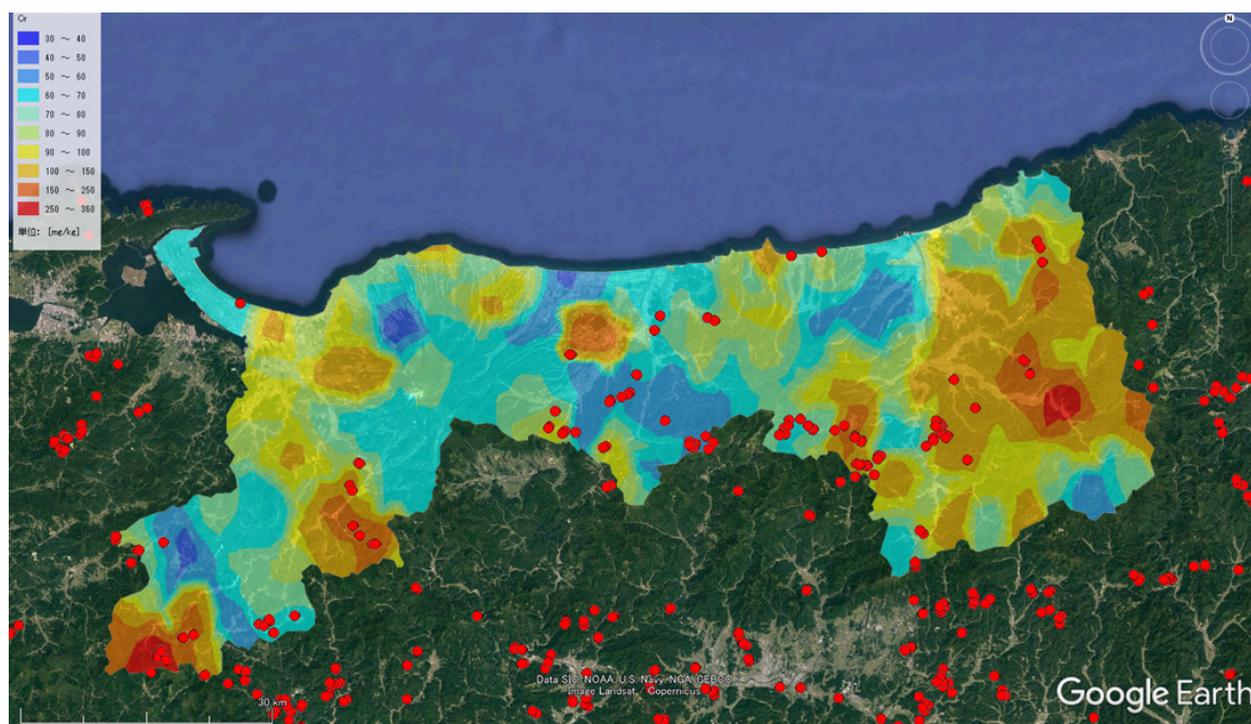


第1図 宮城県の表層土壌評価基本図（原ほか，2008a），（上）ヒ素の水溶出量，（下）ヒトへのヒ素の推定曝露量の許容摂取量に対する割合

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

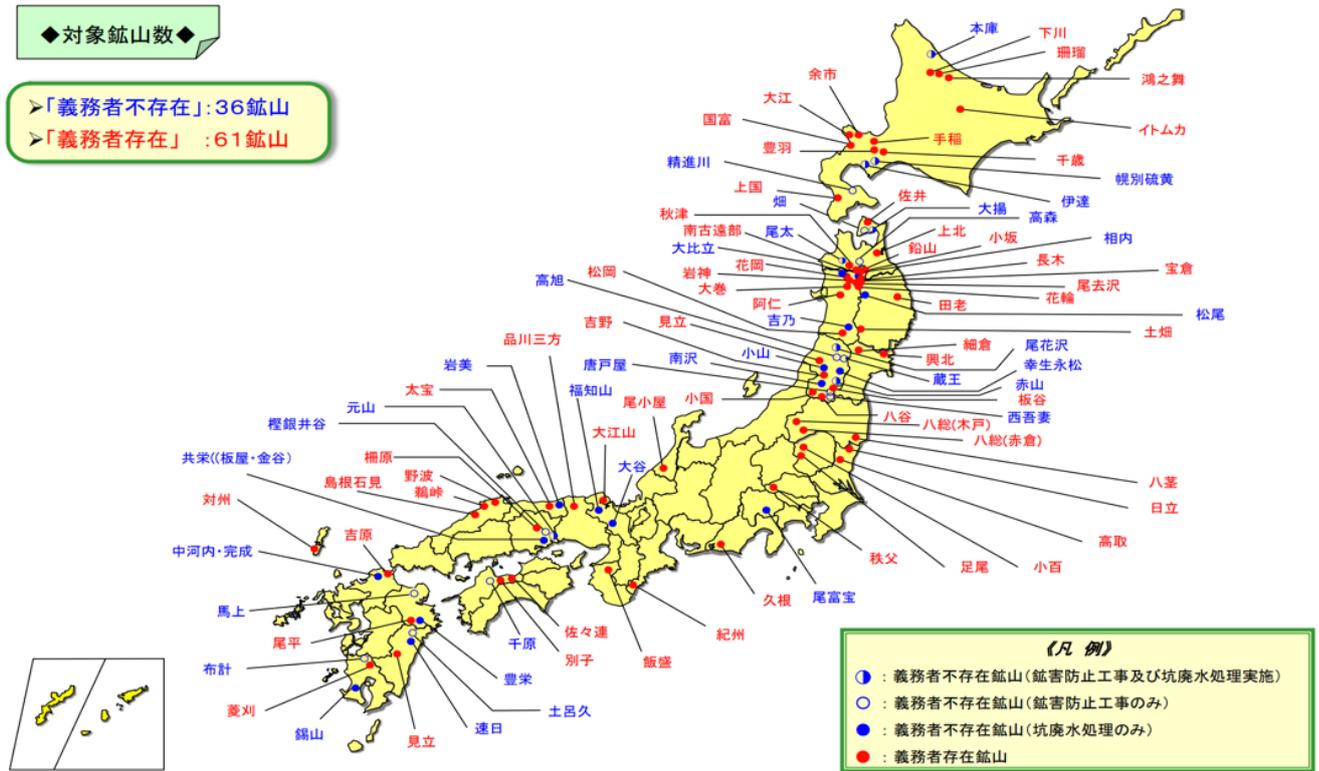
と鉱山や地下水など土壌以外のデータベースなどをリンクさせ、自然由来重金属類の地域的な特性を明らかにするとともに、他媒体間の移動性なども評価できるよう拡張を図っていく予定です。

## 2.2 休廃止鉱山DBの整備

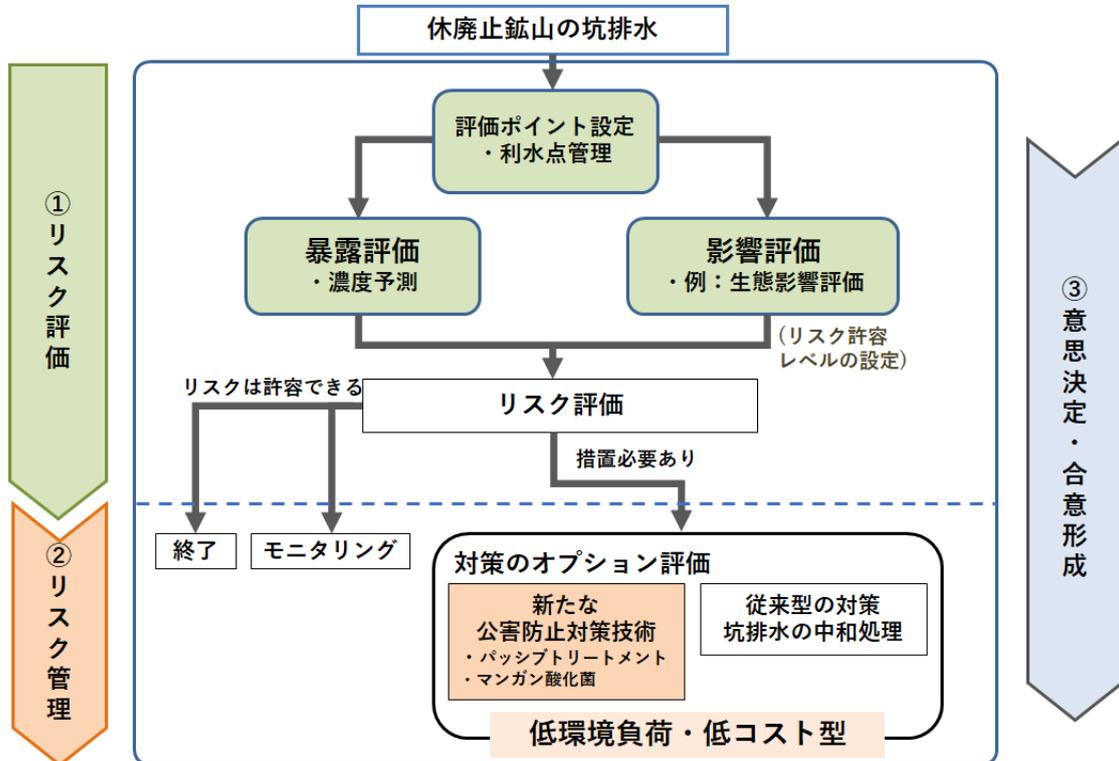
我が国には4000以上の休廃止鉱山があると言われ、現在でも100近くの鉱山においてはpHや重金属等を対象とした坑廃水処理が実施されています(第3図)。坑廃水処理の多くは、薬剤を添加することによる中和処理や重金属類の凝集沈殿処理等の化学処理が主流であり、国費だけで年間数十億円が投入されています。これらの坑廃水処理は、義務者(鉱山所有者)や自治体が主体となって実施されていますが、水質が改善しない場合は、今後100年以上も継続する必要がある可能性があります。

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](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。

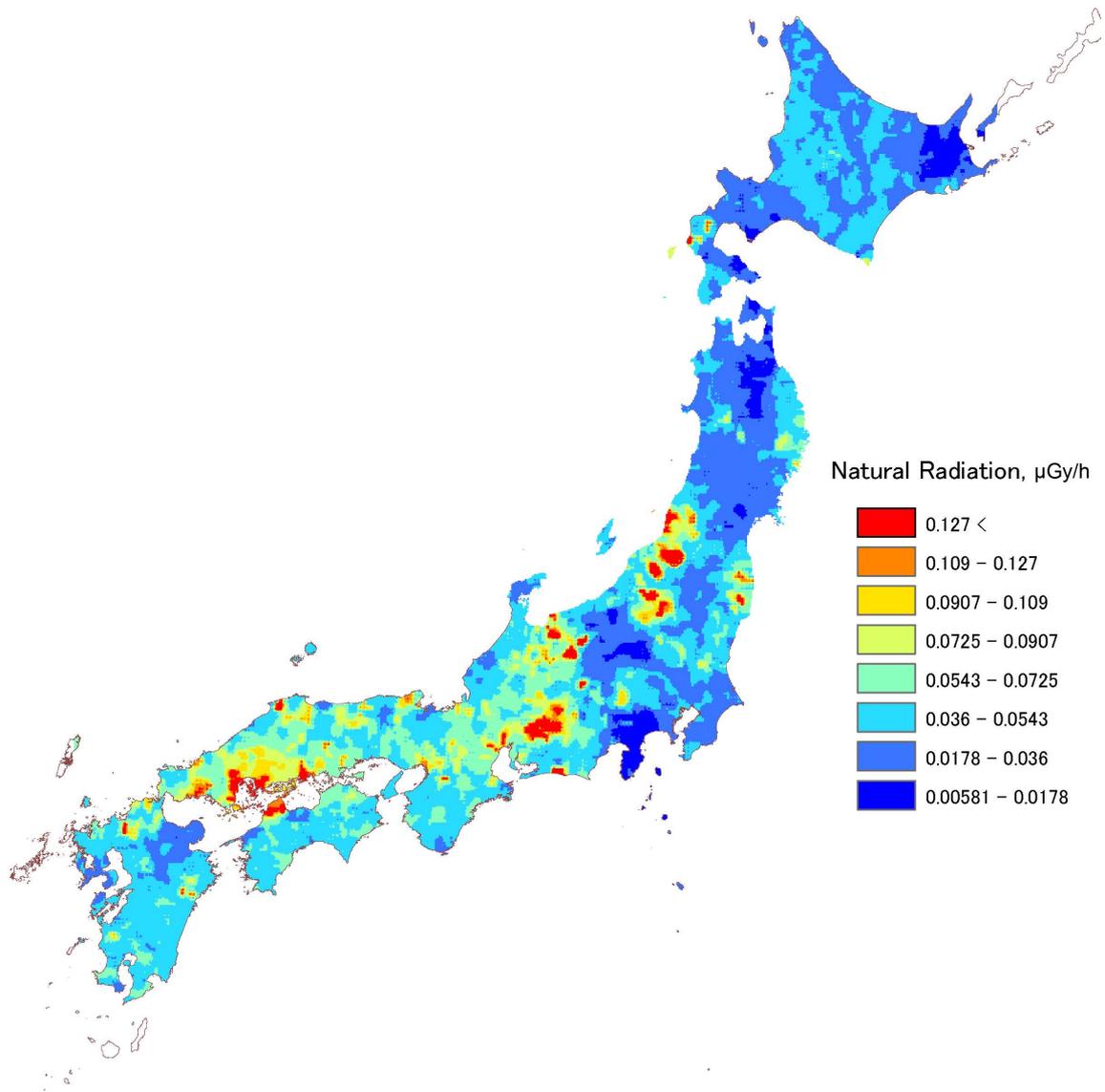
これらの新たな対策の概念の導入においては、各鉱山の特徴をしっかりと把握し、データベース化をした上で、意思決定していくことが重要です。そこで本プロジェクトでは、専門性が異なる産総研内の3領域(地質調査総合センター、計量標準総合センター、エネルギー・環境領域)、4部門(地圏資源環境研究部門、安全科学研究部門、環境創生研究部門、物質計測標準研究部門)の10名の研究者が連携をして、鉱山開発と環境保全に資するデータベース化項目の整理を経産省・自治体・企業と連携し、複数の休廃止鉱山における現地調査、情報収集および解析を行います(写真1)。実際の収集するデータとしては、坑廃水、堆積場ズリ、下流河川、処理施設、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。

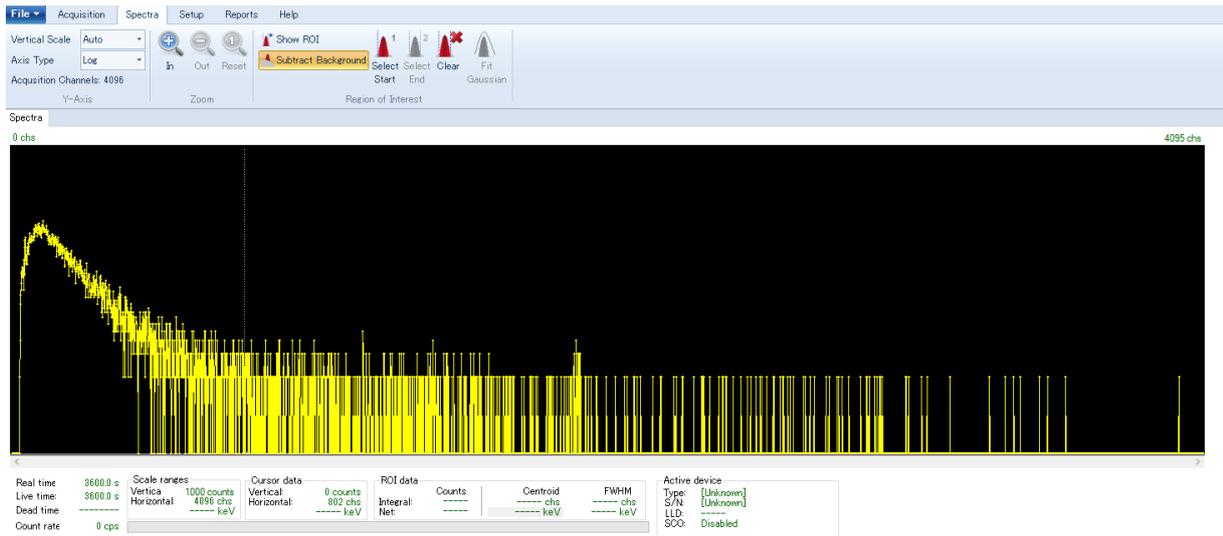
そこで E-code では地質・標高情報と空間線量・個人線量の相関を評価するため、代表的な地質条件において各種放射線検出器、線量計を用いた BG の測定を行います。またすでに人工的な放射性物質が拡散している状況でも BG が評価できるよう、スペクトル測定による BG の評価技術の開発を実施します(第6図)。地質情報と各種線量計の BG との相関を評価し、すでに開発されている地質情報システムに機能を追加させることにより、汎用性の高い BG 評価システムを構築します。令和2年度では、代表的な地質地域(2地点程度)において、各種放射線測定器、線量計を用いた BG の測定を行い、地質情報との相関関係を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