

GSJ 地質ニュース

GSJ CHISHITSU NEWS

～地球をよく知り、地球と共生する～

2014

9

Vol. 3 No.9



口絵		
シラスの溶結凝灰岩を石材として使った構造物	七山 太	257~258

誕生石の鉱物科学 — 9 月 ブルー・サファイア (3) —	奥山康子	259~260
--------------------------------	------	---------

平成 25 年度廣川研究助成事業報告 (1) ガーナ・エンスタマンガン鉱床の成因解明に向けた試み	後藤孝介	261~265
---	------	---------

平成 25 年度廣川研究助成事業報告 (2) 南海トラフ玄武岩の比抵抗測定	北島弘子	266~267
--	------	---------

シームレス地質図でたどる幸田 文『崩れ』(第 11 回)	森尻理恵・中川 充・斎藤 眞	268~275
------------------------------	----------------	---------

ASEAN 鉱物資源データベース	大久保泰邦・大野哲二・Joel Bandibas・大木優利	276~280
------------------	-------------------------------	---------

日本地質学の軌跡 1 和田維四郎と小藤文次郎：14 歳，運命の外国語選択	鈴木 理	281~286
---	------	---------

新人紹介 荒岡大輔 (地圏資源環境研究部門)，森 宏 (活断層・火山研究部門) 江島輝美 (地圏資源環境研究部門)，松崎賢史 (地質情報研究部門)		287~288
--	--	---------

表紙説明

入戸火砕流の溶結凝灰岩で作られた水と豊穡の神“田の神”

約 3 万年前に始良火山の巨大噴火によって大隅半島を広域に覆った大規模火砕流堆積物を，シラスと呼んでいる。シラスは水捌けがよいために農耕地には適さず，しかも雨水や流水に対して脆く，崩壊しやすい土木工学的特性を持っている。その一方で，シラスの溶結した部分は，加工しやすい地元の貴重な石材として重宝されてきた。大隅半島では，台地縁の水源地や湧水地付近に，溶結凝灰岩で作られた“田の神”という水と豊穡の神が数多く祭られている。このことから，不毛なシラスの地で人が生活するうえにおいて，水源が如何に貴重であったかが容易に想像できよう。(写真・文：七山 太¹⁾ 1) 産総研 地質情報研究部門)

Cover Page

Water and agriculture God made in the welded tuff of the Ito pyroclastic flow in Osumi Peninsular, Southern Kyushu. (Photograph and caption by Futoshi Nanayama).

シラスの溶結凝灰岩を石材として使った構造物

<七山 太¹⁾>

約3万年前に始良^{あいら}火山の巨大噴火によって鹿児島県大隅半島を広域に覆った大規模火砕流堆積物を、地元ではシラス(白州もしくは白砂)と呼んでいる。シラスは水捌けがよいため長らく農耕地には適さず不毛の地とされていた。しかも雨水や流水にたいして脆弱であり、崩壊しやすい土木工学的特性を持っており、住民を困らせてきた。その一方で、シラスの溶結した部分は“灰石”もしくは“泥溶岩”と呼ばれ、加工しやすい地元の貴重な石材として活用されてきた歴史を持つ。



写真1 シラスの崖を利用した採石場(鹿屋市細山田町)。



写真2 採石途中の石材(鹿屋市細山田町)。



写真3 シラスの溶結部を巧みに使った天水邸の門。江戸中期に構築された代表的な薩摩庭園(志布志市志布志町)。

1) 産総研 地質情報研究部門

NANAYAMA Futoshi (2014) Structures used as the welded tuff of the Ito pyroclastic flow in Osumi Peninsular, Southern Kyushu.



写真4 1904年に石材を使って構築された祓川大園ほらい おおそのの石橋（鹿屋市下祓川町）。



写真5 石材を使った倉庫（志布志市志布志町）。



写真6 シラス崖基部の湧水地（志布志市志布志町）。



写真7 石材を使った大慈寺の山門と仁王像。1682年に石工から寄贈されたとされる（志布志市志布志町）。



写真8 石材を使った水と豊穰の神たのかんさま“田の神”（鹿屋市串良町）。南九州では、水源近くに広く認められる。

誕生石の鉱物科学

— 9月 ブルー・サファイア (3) —

奥山康子¹⁾

今回は9月の誕生石「ブルー・サファイア」について、3回目の記事をお届けします。えーっ3回目、ちょっと最員のしすぎじゃないという声が聞こえてきそうです。確かに、他のどの誕生石も3回も記事にしています。ブルー・サファイアと対をなすルビーに至っては、昨年7月に紹介したっきりです。でも、ブルー・サファイアのカットストーンを並べた第1図をちょっとご覧ください。この中で中央2列が比較的评价の高い色の石になりますが、右列の淡色の石、左列のほとんど不透明なほど濃色の石も、市場ではブルー・サファイアとして立派に通用しています。これが仮に青系の色を赤系に変えて、すなわち赤色系コランダムと考えると、少なくとも右下の2個は到底ルビーと名乗ることはできず、ピンク・サファイアとなるでしょう。つまり、ルビーの定義の方がブルー・サファイアより厳格なのです。ちょっと古い統計ですが、1992年にアメリカに輸入された宝石質コランダムのうち、ルビーが260万カラットであるのに対してサファイアはその1.8倍にあたる460万カラットに達しました(Levinson and Cook, 1994)。このサファイアには黄色やオレンジなどファンシー・カラーの物も含まれているので、その割引しなければならぬにしても、両者の差は非常に大きいと言えます。どこかにサファイアの大産地がなければ、これだけの供給量はまかなえないでしょう。

量的に重要なサファイアの産地としては、インドシナ半島のベトナム南部山岳地帯からカンボジア、タイ、ラオスにかけての地域をあげることができます。なんだか、不発弾や地雷が沢山埋まっていそうな場所ですね。この地域のサファイアは河川成の砂利層、つまり漂砂鉱床から採取されますが、供給源はアルカリ玄武岩と考えられています。同じようにアルカリ玄武岩を起源とするサファイアはオーストラリア東部、ニュー・サウスウェールズにも産し、こちらは安全な場所であることもあってインドシナ半島のものより早くから知られていました。コランダムはAlに富む高温の変成岩に特徴的で、有名なスリランカ(サファイア)やミャンマー(ルビー)の宝石質コランダムは変成岩起源です。紛らわしいことにベトナム北部から中国最南部に産するルビーや、タイ西部からミャンマーにかけて産す



第1図 ブルー・サファイアのカットストーン。右列4個は著しい淡色、左列3個は著しい濃色のもの。画面横幅が約5 cm。



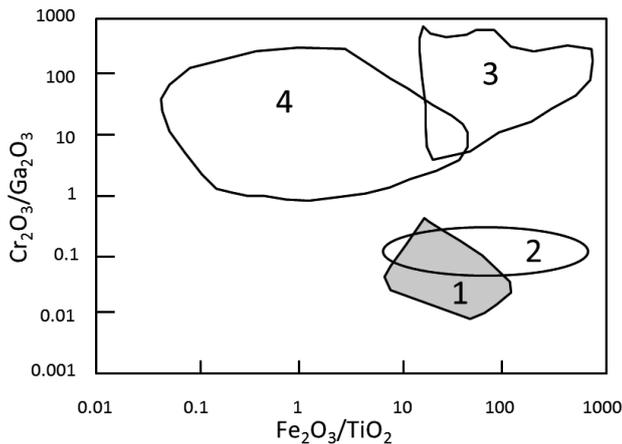
第2図 インドシナ半島産サファイア原石。比較のため、第1図右より2列目後方のカットストーンを右端に置く。画面横幅が約5 cm。

るサファイアにも変成岩起源の物があるのですが、ベトナム南部などインドシナ半島ど真ん中のサファイアは玄武岩に関係する物なのです。特にベトナム南部からカンボジアにかけての地域は、政治的に安定してきたこともあって、近年注目されています。

この地域に産するサファイア原石を第2図に示します。第1図のカットストーンと比較すると、全体に色の濃い側に偏っていることがわかります。残念ながらこれは、ブルー・サファイアとして高く評価される色ではありません。ブルー・サファイアとして好ましい色は、明るい青。たと

1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード：宝石、誕生石、ブルー・サファイア、コランダム、鉄、チタン、アルカリ玄武岩



第3図 サファイアの微量元素組成。1:ベトナム南部産(玄武岩母岩, 主に青色), 2:カンボジアおよび東オーストラリア産(玄武岩母岩, 主に青色), 3:ベトナム北部産(変成石灰岩母岩, 主に黄色~緑色), 4:カンボジア産(変成石灰岩母岩, 主に黄色~緑色)。Garnier *et al.* (2005) から作図。

例えばスミソニアン博物館のLogan Sapphire (奥山, 2013 参照) のような物です。第2図の原石は、インドシナ半島産のサファイアとして珍しくはないレベルであり、十分に宝石質なのですが、「インク・ブルー」、つまり暗くて評価の低い色と言えます。

暗い色の原因は、比較的多く含まれるFeにあります。サファイアは微量のFeとTiの間での電荷移動で青く発色し、理想的な色となるのはFeとTiが10:1の割合の場合です(奥山, 2013)。ところがインドシナ半島のサファイアではこの比が100~1000:1と、著しくFeに偏っています(第3図)。このため、過剰のFeによる赤・緑・青の吸収が顕著となり、全体に暗い色になってしまうのです。

これらサファイアは、母岩のアルカリ玄武岩から晶出したのでしょうか？ 実はサファイアは、マグマとの相性も悪くありません。もう絶産したカシミール産の質の高いサファイアは、ヒマラヤ高峰の閃長岩質ペグマタイトに産出しました。宝石質とは言えませんがチタン鉄鉱(ilmenite)の模式地であるロシア、ウラル山脈のIlmenyの素晴らしいサファイア自形結晶も、国内の伝説的サファイアである岐阜県薬研山産のものも、閃長岩質深成岩やそのペグマタイトが母岩であり、同質のマグマから晶出したとってまず間違いありません。

インドシナ半島などのサファイアと母岩のアルカリ玄武岩との成因上の関係は、母岩の岩石学的性質ともどもよくわからないながら、今のところアルカリ玄武岩マグマから晶出したものではないとする見解が一般的です。サファイア結晶が常に一部溶かされた、いわゆる「融食形」をなす

一つは玄武岩マグマとは最終的に平衡になかったこと、サファイア結晶中に包有される鉱物にかんらん石やCa単斜輝石などアルカリ玄武岩の鉱物がまれであることが、主な理由です。その上でサファイアは、地殻下部に存在する高温の変成岩(Levinson and Cook, 1994)や閃長岩質深成岩(Garnier *et al.*, 2005)で生成し、アルカリ玄武岩は上昇中にそれを取りこんで地表にもたらしたものと考えられています。

しかしこれでいいのでしょうか？ Garnier *et al.* (2005)の示したアルカリ玄武岩の性質は、地殻物質の汚染をあまり受けていない様に思われます。そうすると上昇中のマグマは効率的に地殻下部の岩石を分解してその中のサファイアだけを内に取り込み、しかも化学的にはサファイアの本来の母岩から影響されないという都合のよいメカニズムが働いたこととなります。何か不自然ではないのでしょうか？

最近、スペインのRonda岩体や日本の幌満かんらん岩体といったマントル起源のかんらん岩体中から、苦鉄質ポケットに含まれるコランダムが報告されています(たとえばMorishita and Arai, 2001)。上部マントルの条件では、苦鉄質マグマからコランダムが晶出することがあるらしいのです。アルカリ玄武岩中の色黒なサファイアたちは、ダイヤモンドのようなマントルからの直送便である可能性はないのでしょうか？ まだ科学的根拠は乏しいのですが、個人的にはこの説に1票を投じて夢を見たいと思います。

文献

- Garnier, V., Ohnenstetter, D., Giuliani, G., Fallick, A. E., Trong, T. P., Quang, V. H., Van, L. P. and Schwarz, D. (2005) Basalt petrology, zircon ages and sapphire genesis from Dak Nong, southern Vietnam. *Mineral. Mag.*, **69**, 21-38.
- Levinson, A. and Cook, F. A. (1994) Gem corundum in alkali basalt: origin and occurrence. *Gems and Gemology*, 1994 Winter, 253-252.
- Morishita, T. and Arai, S. (2001) Petrogenesis of corundum-bearing mafic rock in the Horoman Peridotite Complex, Japan. *J. Petrol.*, **42**, 1279-1299.
- 奥山康子 (2013) 誕生石の鉱物科学—ブルー・サファイア (2)。GSJ地質ニュース, **2**, 282-283.

OKUYAMA Yasuko (2014) Mineralogical science of birthstones — September; Blue sapphire (3) —.

(受付: 2014年8月8日)

平成 25 年度廣川研究助成事業報告 (1)

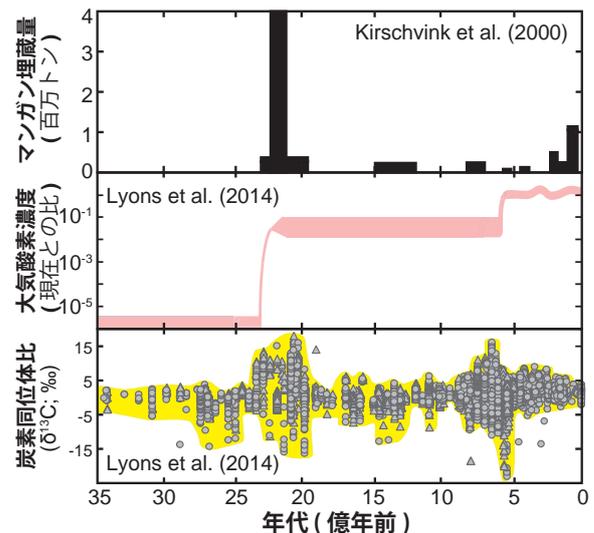
ガーナ・エンスタマンガン鉱床の成因解明に向けた試み

後藤孝介¹⁾

1. はじめに

今から 25 ～ 20 億年前 (原生代前期) の堆積岩からは、とりわけ多くのマンガン鉱床が確認されている (例えば, Kirschvink *et al.*, 2000; 第 1 図). 原生代前期は, 地球史を通じて初めて大気酸素に富む環境になったことで知られている (大酸化イベント; Lyons *et al.*, 2014; 第 1 図). マンガンは, 酸化環境では酸化物として沈殿しやすいため, 原生代前期マンガン鉱床の形成が, 大気進化と密接に関係している可能性が提唱されている (Kirschvink *et al.*, 2000). しかし, 個々のマンガン鉱床の成因は十分に制約されておらず, 原生代前期マンガン鉱床の形成と大酸化イベントとの因果関係は十分に理解されていない. また, 原生代前期の 22 ～ 20 億年前には, 炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) の正異常が, 様々な地域の炭酸塩岩から報告されている (第 1 図). この同位体異常は, 生物活動に伴う炭素循環の大きな擾乱であると一般的に解釈されている. 大気酸素濃度の上昇は, 酸素発生型光合成生物の進化・活動と密接に関係しているため, この $\delta^{13}\text{C}$ と関連した生物活動の変化が, 大酸化イベントの原因である可能性も考えられている. しかし, 近年の硫黄同位体分析などから, 大気酸素濃度は 24 億年前頃にはある程度上昇していた可能性が高く, $\delta^{13}\text{C}$ の正異常が, この時代のどのような物質循環を示しているのか分かっていない現状にある.

筆者は現在, 原生代前期のマンガン鉱床であるガーナ・エンスタ鉱床 (Nsuta deposit) の成因解明に向けた研究を, 茨城大学, 海洋研究開発機構, 九州大学, ガーナ大学などと共に行っている. エンスタ鉱床は, 原生代前期ピリミアン累層群に胚胎する堆積性のマンガン鉱床であり, 22 ～ 21 億年前に形成したことが分かっている. 鉱床試料の多くは, マンガン炭酸塩やマンガンケイ酸塩などとして産出するが, ピリミアン累層群の岩石試料の多くは, 続成作用や変成作用を受けているため, 必ずしも堆積時の鉱物組成 (初生鉱物) を反映していない. 例えば, 現在見られるマンガン炭酸塩は, 続成過程において形成した可能性も考えられており, 鉱物



第 1 図 地球史を通じたマンガンの埋蔵量, 大気酸素濃度, 炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) 変動.

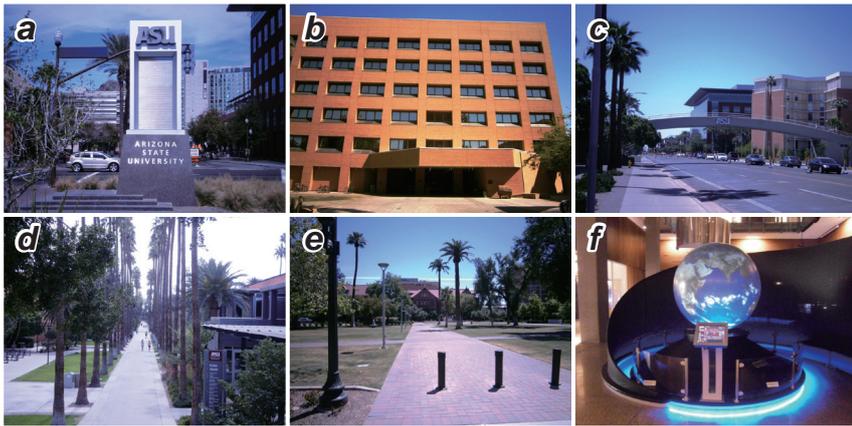
組成を主な根拠として初生鉱物を特定するのは困難である. そのため, 従来の鉱物学的・岩石学的アプローチだけでなく, 高次の化学分析に基づく地球化学的アプローチも合わせて成因論を議論する必要がある.

近年, マルチコレクター誘導結合プラズマ質量分析計 (MC-ICP-MS) の発展に伴い, 従来困難であった重金属元素の安定同位体比測定が可能になってきた (例えば Anbar *et al.*, 2001). 安定同位体比は, 化学反応の条件や経路などに応じて変動する. そのため, 地球・惑星科学の様々な現象・物質循環を理解するための新たな指標として期待されている. 特にマンガン酸化物は, 多くの重金属元素を濃集するため, 重金属元素安定同位体に関する研究が盛んに行われている. その結果, 重金属元素の中には, マンガン酸化物に固定される際に大きな同位体分別を起こす元素が存在することが分かってきた (例えば, ニッケル, モリブデン, ウランなど). このような重金属元素の安定同位体比に着目することで, 原生代前期マンガン鉱床の成因を, これまで以上に制約できる可能性がある.

本研究では, エンスタ鉱床の成因および鉱床形成と大

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: 廣川研究助成金, 重金属安定同位体, マンガン鉱床, モリブデン同位体, 原生代前期



第2図 アリゾナ州立大学テンピキャンパス構内の様子。a. キャンパスの正面玄関, b. 研究室があるベイトマン物理科学センター, c. 構内を走るユニバーシティ・ドライブ, d. キャンパスのランドマークの1つ(パームウォーク), e. 構内で最も古い建物(オールド・メイン), f. 校舎内ロビーの様子。

気・生命進化との関係を明らかにすることを目的に、廣川研究助成事業により、アリゾナ州立大学のアリエル・アンバー教授およびグウィネス・ゴードン助教授の研究室(アンバー研)を訪問した(第2図)。アンバー研では、安定同位体分析を主な手法とし、地球・惑星科学だけでなく、生命科学、考古学、医学などの様々な分野に関する研究を行っている。重金属元素の安定同位体分析方法(Anbar *et al.*, 2001)や、太古代・原生代の地球表層環境変動(Anbar *et al.*, 2007)、マンガ酸化物への元素吸着(Wasylenki *et al.*, 2011)など、本研究と関係するテーマに関して、重要な成果をこれまでに挙げている。滞在中には、(1)筆者が行っている原生代前期ガーナ・エンスタ鉱床に関する研究の説明、(2)マンガ酸化物形成において有効な安定同位体指標に関する議論、(3)ガーナ・エンスタ鉱床のモリブデン(Mo)同位体比分析を行った。本報告書では、原生代前期マンガ酸化物の成因解明に有効な指標と思われるMo同位体の概要、アリゾナ州立大学で実際に行ったMo同位体分析、およびその結果について簡単に報告する。

2. モリブデン同位体の概要

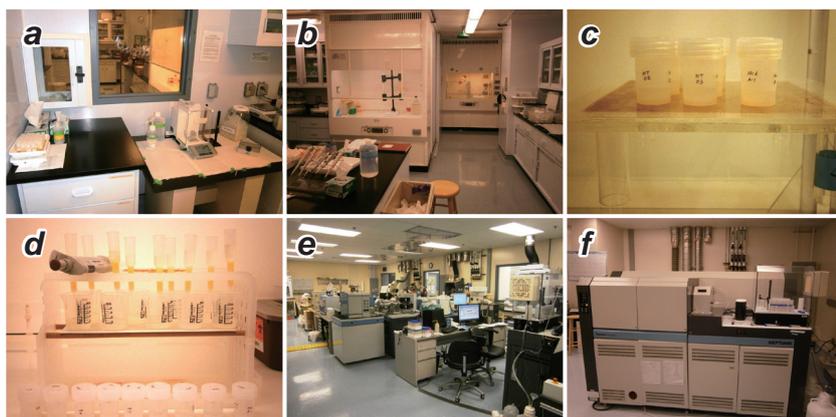
滞在中、エンスタ鉱床の成因制約に有効な指標に関して、アンバー教授と議論を行った。マンガ酸化物に取り込まれる際に同位体分別を起こす元素は複数存在するが、エンスタ鉱床試料にMoが濃集していたため、Mo同位体が最も有望な指標であるという意見で一致した。モリブデン同位体のシステムティクスに関しては、Anbar (2004) に詳述されており、ここでは、本研究と関係する内容を簡単に紹介する。

モリブデンは、原子番号42の元素であり、7つの安定同位体(^{92}Mo , ^{94}Mo , ^{95}Mo , ^{96}Mo , ^{97}Mo , ^{98}Mo , ^{100}Mo)を持つ。 ^{100}Mo は、放射性元素であるが、半減期が対象とするタイムスケールに比べて有意に長いので、安定同位体として扱っている。地球科学の議論では、一般に ^{98}Mo と ^{95}Mo を用いて

同位体比を表し、標準物質からの相対的な値を千分率で表す： $\delta^{98/95}\text{Mo} = \left(\frac{^{98/95}\text{R}_{\text{sample}}}{^{98/95}\text{R}_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000$ 。ただし、 $^{98/95}\text{R}$ は $^{98}\text{Mo}/^{95}\text{Mo}$ 比である。標準物質が研究室間で異なる問題があったが、近年、様々な研究グループが参加して標準物質の比較が行われた(Goldberg *et al.*, 2013)。アンバー研では、標準物質としてRochMo2を使用しており、以下ではRochMo2に対する値を用いている。

モリブデンは、酸化海洋において溶存イオン(MoO_4)として安定して存在する。そのため、現在の海洋では滞在時間が海洋循環に対して十分に長く、海洋のMo同位体比は均一の値を示す($\delta^{98/95}\text{Mo} = 2.4\text{‰}$; Goldberg *et al.*, 2013)。海水に溶存するMoは、大きく分けて2種類の堆積物に除去される：(1)酸素に乏しい還元的な堆積物、(2)マンガ酸化物を構成鉱物とする酸化的な堆積物。いずれの堆積物に取り込まれる際にも、同位体分別が起きることが知られている。ただし、硫化水素に富むような強還元的な堆積物では、溶存Moが全て堆積物中に保存されるため、マクロなスケールでは同位体分別が起きない。

天然試料や合成試料のMo同位体分析から、マンガ酸化物へ除去される際に、約2.7%軽いMoが、選択的に取り込まれることが分かっている。マンガ酸化物に吸着したMoは、酸素原子がMoに6つ配位した6配位の対称性を示すことが、X線吸収微細構造の解析により確認されている(Wasylenki *et al.*, 2011)。一方、マンガ酸化物へのMoの主な起源である海水には、4配位化学種の MoO_4^{2-} が主要である。マンガ酸化物へ取り込まれる際に見られる大きな同位体分別は、このような溶存Moと吸着Moの化学種の違いに起因すると考えられている。マンガ酸化物に取り込まれる際の同位体分別(約2.7‰)は、現世海洋では最も大きい。したがって、仮にマンガ酸化物にMoが取り込まれた場合、顕著に低いMo同位体比を示すことが予想される。本研究では、このような仮定のもと、エンスタ鉱床の初生鉱物の制約を試みた。ただし、海水の



第3図 アリゾナ州立大学における Mo 同位体分析の様子。a. 天秤部屋, b. 化学処理を行うクリーンルーム, c. テフロンバイアルを用いた酸分解, d. イオン交換樹脂による前処理, e. 測定室, f. 測定に使用した NEPTUNE.

Mo同位体比は、除去プロセスの相対的な割合の変化により、地球史を通じて大きく変化し、現在よりも約1%軽い時代も存在したと考えられている。本研究では、このような海水のMo同位体比変動の影響についても考慮した。

3. モリブデン同位体分析

アリゾナ州立大学滞在中には、原生代前期ガーナのエンスタマンガン鉱床のマンガン鉱床試料のMo同位体分析を行った(第3図)。モリブデン同位体分析は、全岩酸分解、同位体希釈、陰イオンおよび陽イオン交換、MC-ICP-MSによる測定の工程からなる (Barling *et al.*, 2001)。以下、分析方法を簡単に紹介する。

メノウ乳鉢で粉末化した試料約200 mgを、硝酸、フッ化水素酸、塩酸とともにテフロンバイアルに加え、加熱・分解した。分解後、高精度に同位体比を求めるために、同位体比が既知の ^{97}Mo と ^{100}Mo が濃縮したスパイク溶液を添加した(同位体希釈法)。スパイク溶液を添加することで、分析における同位体分別を補正することが可能である。先行研究では、化学分離後にジルコニウム (Zr) やストロンチウム (Sr) などの異なる元素を添加し、測定装置内における同位体比分別を補正した例がある。一方、 ^{97}Mo - ^{100}Mo スパイクを用いた方法は、測定だけでなく、化学分離における同位体分別の補正も可能である。

溶液試料に含まれるMoは、陰イオンおよび陽イオン交換樹脂を用いて分離した。ジルコニウムは、Moと同様の質量数を示す同位体が存在し、MC-ICP-MSによる測定において、Moのイオンビームに干渉する。そのため、陰イオン交換樹脂を用いて、Zrやその他多くの元素を取り除いた。陰イオン交換樹脂による化学分離では、鉄 (Fe) がMoとともに回収される。MC-ICP-MSによる測定では、アルゴンプラズマを使用するが、試料溶液中にFeが存在すると、質量数が96や97のアルゴン化物 ($^{56}\text{Fe}^{40}\text{Ar}$ や

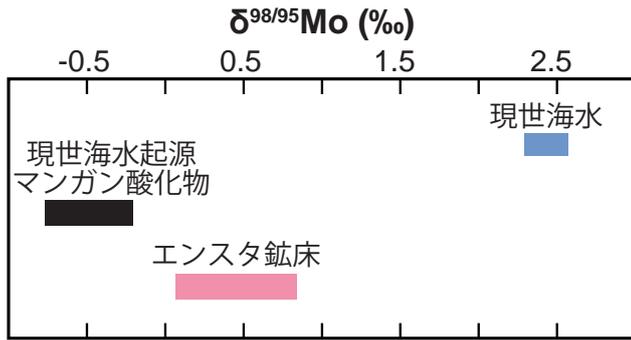
$^{57}\text{Fe}^{40}\text{Ar}$) が生成されやすい。鉄のアルゴン化物は、Zrと同様、Moのイオンビームに干渉するため、Feは陽イオン交換樹脂を用いて分離した。

分離後、試料を希釈して、脱溶媒ネブライザー (Apex-Q; Elemental Scientific) を用いて、MC-ICP-MS (NEPTUNE; Thermo Fisher Scientific) に導入した。試料は、9つのファラデーカップを用いて、7つのMo同位体および ^{91}Zr , ^{99}Ru のイオンビームを同時に検出した。2つのサンプルの測定の前後に、スパイクを添加した同位体比既知のMo標準溶液を測定し、測定におけるドリフトおよび同位体分別を補正した。

4. エンスタマンガン鉱床のMo同位体比とその意義

アリゾナ州立大学滞在中に行ったエンスタマンガン鉱床試料のMo同位体分析の結果を、簡単に紹介する。エンスタマンガン鉱床試料のMo同位体比は、現世のマンガン酸化物よりも0.7%程度重いものの、現世海水のMo同位体比 (2.4‰) よりも2%程度軽い値を示した (第4図)。得られた低いMo同位体比は、先行研究で述べられているような約1%程度の海水Mo同位体比変動だけでは説明できないほど軽い。そのため、エンスタマンガン鉱床試料にMoが取り込まれる際に、同位体分別が起き、軽いMoが選択的に取り込まれた可能性が高い。軽い同位体を選択的に取り込むプロセスとして、還元堆積物へのMo除去、鉄酸化物へのMoの吸着、マンガン酸化物へのMoの吸着などが考えられる。しかし、筆者らが行った全岩化学組成分析の結果は、還元堆積物へのMo除去や鉄酸化物への吸着を支持しない。鉱床試料中の高いマンガン濃度を考慮すると、マンガン酸化物へMoが吸着し、同位体分別が起きた可能性が高い。したがって、エンスタマンガン鉱床のMo同位体比は、初生鉱物がマンガン酸化物であったことを示唆する。

エンスタマンガン鉱床のMo同位体比は、現世海水よりも有意



第4図 エンスタ鉱床のMo同位体比。

に低い、現世の海底マンガン酸化物より重い(第4図)。マンガン酸化物に取り込まれる際の同位体分別は一定であるため(約2.7‰; Wasylenzi *et al.*, 2011), この重い値は、マンガン酸化物へのMoの主な供給源である海水のMo同位体比が、現在よりも0.7‰程度重かったことを示唆する。現世海水のMo同位体システムティクスを考慮すると、軽いMoが多く堆積物中に固定されたために、海水に残ったMoの同位体比が重くなった可能性が高い。

海水中に溶存するMoは、強還元的な堆積物を除く、還元的な堆積物や鉄・マンガン酸化物に除去される際に、軽いMoが選択的に取り込まれる。各堆積物へ取り込まれる際の同位体分別の大きさが異なるため、海水のMo同位体比は、どのような除去プロセスが卓越したかによって変化する。各除去プロセスにおける同位体効果は詳しく調べられており、簡単な同位体マスバランス計算により、各除去プロセスの割合が異なる環境における海水のMo同位体比を見積もることができる。そこで、本研究でも、河川水から供給されるMo同位体比が一定であり、また海水のMo循環が定常状態にあるという仮定のもと、計算を行った。その結果、分析により示唆される重いMo同位体比は、(1) 還元的な堆積物および鉄酸化物へのMo除去の拡大だけでは再現できないこと、(2) マンガン酸化物によるMoの除去が現在の約1.6倍程度に拡大し、還元的な堆積物へのMo除去が減少することで再現できることが分かった。これらは、マンガン酸化物へ取り込まれる際のMo同位体比分別が最も大きいことや、強還元的な堆積物へ取り込まれる際に同位体分別が起きないことが主な原因である。計算では、上述のような仮定や同位体分別の大きさに伴う不確実性があるが、大局的には、海底においてマンガン酸化物によるMo除去が拡大したことを示唆する。これは、原生代前期において大規模なマンガン鉱床が多く存在することと調和的である。したがって、エンスタ鉱床のMo同位体比は、鉱床が形成した時代に、地球規模で海底マンガン酸

化物の形成が卓越したことを示している可能性が高い。

マンガンは、還元的な環境ではイオンとして海水に安定的に溶存し、酸化的な環境でマンガン酸化物として沈殿する。そのため、エンスタ鉱床のMo同位体比は、約22～21億年前に、酸化的な海洋環境が拡大したことを示唆する。また、酸化的環境の拡大に伴い、還元的環境が縮小した可能性が高い。25億年よりも古い時代は、大気中の酸素は乏しく、このような酸化的な海洋環境は、広くは存在していなかったと考えられている(Lyons *et al.*, 2014)。また、20～14億年前頃(つまりエンスタ鉱床の形成後)には、強還元的な海洋環境が拡大したことが、有機物に富む還元的な堆積岩のMo同位体などを根拠に述べられている。再び酸化的な海洋環境が拡大したのは、深海域に多細胞生物が出現した5.8億年前頃であることが、鉄の化学種などを根拠に議論されている(Lyons *et al.*, 2014)。このような先行研究による海洋環境復元を考慮すると、本研究により示唆される原生代前期の酸化的な海洋環境は、一時的なものであり、特異的な状態であった可能性がある。

エンスタ鉱床が形成した22～20億年前には、 $\delta^{13}\text{C}$ の正異常が、様々な地点で採取された炭酸塩岩で確認されている(第1図)。この $\delta^{13}\text{C}$ の正異常は、海水の重い $\delta^{13}\text{C}$ を反映すると一般的に考えられており、生物活動に伴う物質循環の変化が関係している可能性がある。これは、生物が軽い炭素を選択的に取り込んで有機物を作成し、さらに有機物が堆積物中に埋没することで、海水から軽い炭素が除去されるためである。生物が合成する有機物(CH_2O)は、その材料である二酸化炭素(CO_2)よりも、含まれる酸素原子の割合が少ない。そのため、有機物の形成・堆積物中への埋没に伴い、余った酸素が海水や大気中に正味放出される。つまり、 $\delta^{13}\text{C}$ の正異常は、酸素が大気・海洋中に放出される際の、物質循環の変化を示している可能性もある。しかし、大気酸素濃度の上昇は、24億年前頃から徐々に起きていた可能性が高く、大気進化と炭素同位体比異常の関係は分かっていた。一方、エンスタ鉱床のMo同位体は、22～21億年前に特異的に酸化的な環境が拡大したことを示唆しており、炭素同位体比異常と整合的に解釈できる。つまり、大気酸素濃度は24億年前頃より上昇はしていたが、22～20億年前頃に、有機物の埋没により、さらに酸化的な環境が拡大したと解釈できる。

したがって、本研究の行ったエンスタ鉱床のMo同位体分析および先行研究により報告されている地質学的・地球化学的証拠より、原生代前期の環境変動に関して、以下のようなシナリオが考えられる。24億年前頃より大気酸素

濃度が徐々に上昇していたが、22～20億年前頃に有機物の埋没が卓越し、酸化的な環境がさらに拡大した。このような酸化的な地球表層環境が形成したことにより、これまで海水に安定して溶存していたマンガンの、酸化物としての沈殿が促進された。沈殿したマンガン酸化物の一部は、エンスタマン床のように、我々人類が利用するマンガン鉱床として保存された。しかし、マンガン鉱床の形成を可能にした酸化的な環境は、地球史的には一時的なものであり、20億年前頃には硫化水素などに富む還元的な海洋環境が拡大した。

5. おわりに

本研究により得られたエンスタマン床のMo同位体比は、原生代前期のマンガン鉱床、大気進化、生物活動が密接に関係していたことを強く示唆する。今後、他の地域でのMo同位体の検証や、有機物の大規模な埋没が起こるメカニズムの理解、22～21億年前の酸化的な環境が安定的に維持されなかった原因の解明などが課題となる。

今回の研究は、重金属元素の安定同位体が、地球惑星科学の様々な現象を理解する上で、有効な指標であることを示す一つの例になると考えられる。ここ数年で、日本国内でも多くの機関が、MC-ICP-MSを保持するようになったが、重金属の安定同位体を積極的に利用する機関は、欧米に比較すると非常に乏しい。産業技術総合研究所は、MC-ICP-MSを保持しており、重金属元素の安定同位体分析手法を確立することで、国内の地球惑星科学の発展に大きく貢献できると考えられる。

謝辞：本研究には、廣川研究助成を一部使用させていただきました。アリゾナ州立大学滞在中、アリエル・アンバー教授やグウィネス・ゴードン助教授、アンバー研究室の方々に、とても親切にいただきました。本研究を進めるにあたって、茨城大学の伊藤孝博士、海洋研究開発機構の鈴木勝彦博士、柏原輝彦博士、九州大学の清川昌一博士、産業技術総合研究所の下田玄博士、東京大学の田近英一博士、関根康人博士、尾崎和海博士に多くの助言をいただきました。渡航に際して、産業技術総合研究所の牧野雅彦部門長、広野健氏、宮本浩江氏、井上卓彦氏、池原研グループ長に大変お世話になりました。また、本報告書の作成では、GSJ地質ニュース編集委員の金井豊氏に有益なご意見をいただきました。心より御礼申し上げます。

文 献

- Anbar, A. D. (2004) Molybdenum stable isotopes: observations, interpretations and directions. *Rev. Mineral. Geochem.*, **55**, 429–454.
- Anbar, A. D., Knab, K. A. and Barling, J. (2001) Precise determination of mass-dependent variations in the isotopic composition of molybdenum using MC-ICPMS. *Anal. Chem.*, **73**, 1425–1431.
- Anbar, A.D., Duan, Y., Lyon, T.W., Arnold, G.L., Kendall, B., Creaser, R.A., Kaufman, A.J., Gordon, G.W., Scott, C., Garvin, J. and Buick, R. (2007) A whiff of oxygen before the great oxidation event? *Science*, **317**, 1903–1906.
- Barling, J., Arnold, G. L. and Anbar, A. D. (2001) Natural mass-dependent variations in the isotopic composition of molybdenum. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **193**, 447–457.
- Goldberg, T., Gordon, G., Izon, G., Archer, C., Pearce, C. R., McManus, J., Anbar, A. D. and Rehkämper, M. (2013) Resolution of inter-laboratory discrepancies in Mo isotope data: an intercalibration. *J. Anal. At. Spectrom.*, **28**, 724–735.
- Kirschvink, J. L., Gaidos, E. J., Bertani, L. E., Beukes, N. J., Gutzmer, J., Maepa, L. N. and Steinberger, R. E. (2000) Paleoproterozoic snowball Earth: extreme climatic and geochemical global change and its biological consequences. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **97**, 1400–1405.
- Lyons, T. W., Reinhard, C. T. and Planavsky, N. J. (2014) The rise of oxygen in Earth's early ocean and atmosphere. *Nature*, **506**, 307–315.
- Wasylenki, L. E., Weeks, C. L., Bargar, J. R., Spiro, T. G., Hein, J. R. and Anbar, A. D. (2011) The molecular mechanism of Mo isotope fractionation during adsorption to birnessite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **75**, 5019–5031.

GOTO Kosuke T. (2014) Report of the Hirokawa Research Fund in the 2013 fiscal year (1) : an attempt to understand the genesis of Paleoproterozoic Nsuta Mn deposit in Ghana.

(受付：2014年7月1日)

平成 25 年度廣川研究助成事業報告 (2)

南海トラフ玄武岩の比抵抗測定

北島弘子¹⁾

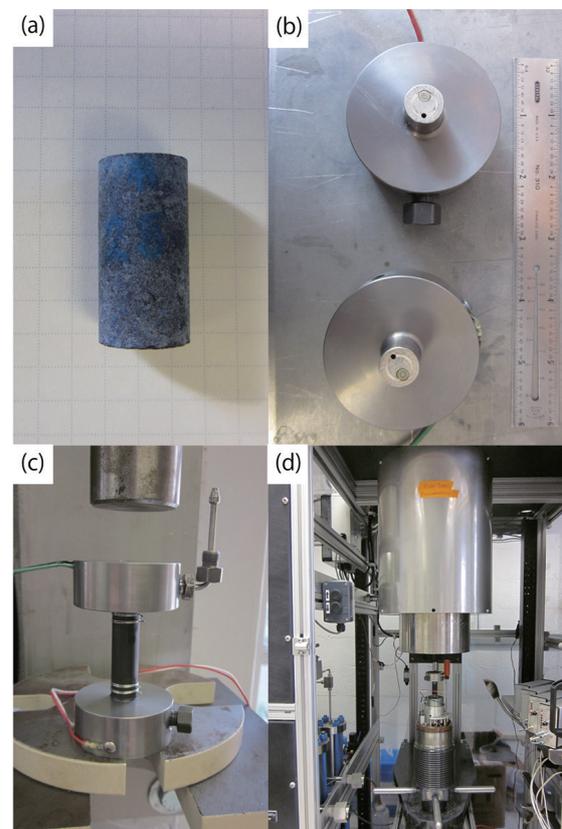
平成25年度廣川研究助成事業として、2013年9月2日から9月21日にかけてアメリカ合衆国メリーランド大学に滞在した。今回の滞在の主な目的は、Department of GeologyのWenlu Zhu教授のラボを訪問し、高温高压下での比抵抗測定技術を習得することである。本稿では、滞在中に行った南海トラフ玄武岩の比抵抗測定について報告する。

東海・南海地震の地震発生帯を掘削するために、2007年よりIntegrated Ocean Drilling Program (IODP) の国際プロジェクトであるNankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE) が1944年東南海地震の破壊域である紀伊半島沖熊野灘で行われている (<http://www.jamstec.go.jp/chikyu/nantroseize/j/> 2014/07/07 確認)。この「南海トラフ地震発生帯掘削計画」では、地震発生過程の理解を進めるために、独立行政法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC) 地球深部探査船「ちきゅう」にて巨大地震を繰り返し引き起こしてきた海底下の震源断層を掘削、岩石試料を採取・解析、さらに海底下に機器を設置して長期的に孔内観測することなどを実施している。これまでに浅部付加体や沈み込む前のフィリピン海プレート上の四国海盆堆積物および海洋地殻上部の玄武岩などの岩石試料の採取に成功しているが、海底下約5 kmの震源断層を掘削するのは容易ではない。そこで、沈み込む前の四国海盆堆積物を用いた高压下での変形実験および間隙率・浸透率・弾性波速度の物性測定を通して、深部の応力状態・物性・変形機構を推定する研究を行ってきた (Kitajima and Saffer, 2012, 2014)。特に、変形実験から導出したP波速度-間隙率-応力の関係式および地震波探査で得られた海底下のP波構造を用いて深部の応力状態を推定し、沈み込んでいる堆積物の中に非常に高い間隙水圧が生じていることを明らかにした (Kitajima and Saffer, 2012)。

南海トラフでは地震波構造だけではなく比抵抗構造のデータも多く存在することから、実験室で高温高压下での比抵抗測定を行い、地下の物性・応力状態などの推定に役立てたいと考えた。また、活断層・火山研究部門の所有する



第1図 メリーランド大学の三軸変形実験装置。



第2図 試料と実験装置内の様子。(a) 比抵抗測定に用いた玄武岩円筒形実験試料。(b) 上下ピストン。(c) サンプルアセンブリ。実験試料にNorpreneジャケット(黒色)を被せている。(d) サンプルアセンブリを圧力容器に入れる直前の様子。

1) 産総研 活断層・火山研究部門

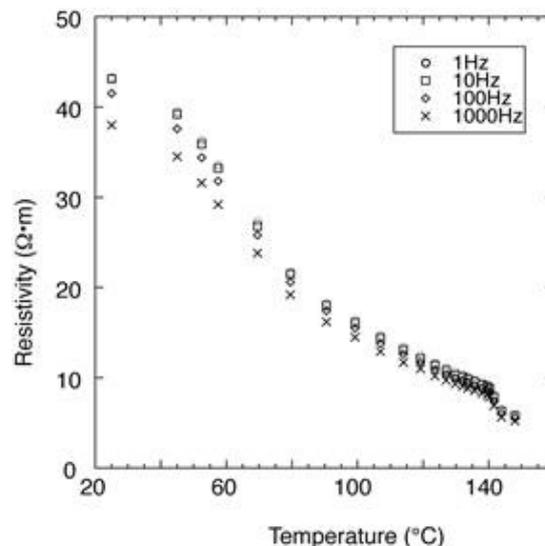
キーワード：廣川研究助成金、南海トラフ、比抵抗

ガス圧式高温高温三軸変形実験装置での比抵抗測定は現状ではできないため、高温高压下での比抵抗測定装置を所有するメリーランド大学にて測定技術を習得したいと思ったのが今回の訪問のきっかけである。実際に自分で実験装置を使うことは比抵抗測定技術の習得につながると思い、南海トラフ地震発生帯掘削で Site C0012 の海面下 597 m から採取された玄武岩について比抵抗測定を高温高压下で行った (Expedition 333 Scientists, 2012)。

高温高压下での比抵抗測定は油圧式三軸変形実験装置を用いて行った (第 1 図)。直径 12.5 mm の玄武岩円柱形試料を電極の入ったピストンで挟み、玄武岩サンプルの上下間の電流と電位を測定した (第 2 図)。サンプルに Norprene® ジャケットを被せることで、封圧媒体である油がサンプル内に浸透することを防いでいる (第 2 図 c)。玄武岩の比抵抗測定は、封圧を 12 MPa から 95 MPa まで加圧、温度を 25 °C から 150 °C まで昇温させながら行った。その結果、玄武岩の比抵抗は圧力依存性よりも温度依存性の方が大きいことが分かり、温度が上がるにしたがって 25 °C での 38 ~ 43 Ω・m から 150 °C においては 5.6 ~ 6.5 Ω・m まで低下した (第 3 図)。またこの玄武岩の採取された Site C0012 の海底下 597 m の in-situ 推定温度 (約 70 °C) では 24 ~ 27 Ω・m であり、これは logging の結果とほぼ一致した (Expedition 338 Scientists, 2014)。

今回のメリーランド大学訪問では実際に岩石試料を使って比抵抗測定を行うことで、測定機器の構成・技術そして測定手順などを習得することができた。Zhu 教授のラボの比抵抗測定装置は 2 年ほど前に導入されたものであったが高温下で測定するのは私の実験が初めてということもあり、ジャケットが破れたり、実験後に電極の腐食が確認されたりと失敗やトラブルもあり、高温高压下での比抵抗測定の難しさを実感した。活断層・火山研究部門のガス圧式高温高温三軸変形実験装置でも比抵抗測定を可能にするためには、圧力容器内の上部・下部ピストンに電極を埋め込み、配線を圧力容器外に取り出せるように改良することが必要となる。このような改良を行うことで、絶縁体であるテフロン®ジャケットが使える温度条件 (約 220 °C 以下) で比抵抗測定が可能になると考えられる。さらに高温条件においては、現在は銅ジャケットを使用しているが、高温条件で使える絶縁体ジャケットを使用する、もしくは実験試料を円筒形にして、円筒の内側と外側に電極を置いて測定するなどの技術開発が必要となる。

今回のメリーランド大学訪問には廣川研究助成金の一部



第 3 図 玄武岩の比抵抗測定結果。

を使用させていただきました。ここに故 廣川 治氏およびご遺族に深く御礼申し上げます。

文 献

- Expedition 333 Scientists (2012) Site C0012. In Henry, P., Kanamatsu, T., Moe, K. and the Expedition 333 Scientists, *Proc. IODP, 333: Tokyo* (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.), doi:10.2204/iodp.proc.333.105.2012.
- Expedition 338 Scientists (2014) Site C0012. In Strasser, M., Dugan, B., Kanagawa, K., Moore, G. F., Toczko, S., Maedam, L. and the Expedition 338 Scientists, *Proc. IODP, 338: Tokyo* (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.), doi:10.2204/iodp.proc.338.104.2014.
- Kitajima, H. and Saffer, D. M. (2012) Elevated pore pressure and anomalously low stress in regions of low frequency earthquakes along the Nankai Trough subduction megathrust. *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L23301, doi:10.1029/2012GL053793.
- Kitajima, H. and Saffer, D. M. (2014) Consolidation state of incoming sediments to the Nankai Trough subduction zone: implications for sediment deformation and properties. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **15**, 2821–2839, doi:10.1002/2014GC005360.

KITAJIMA Hiroko (2014) Report of the Hirokawa Research Fund in the 2013 fiscal year (2): resistivity measurements on basalt cores from the Nankai Trough.

(受付：2014 年 7 月 7 日)

シームレス地質図でたどる 幸田 文『崩れ』(第11回)

森尻理恵¹⁾・中川 充¹⁾・斎藤 眞¹⁾

この連載もこれで最終回となります。連載分の全原稿を編集部に預けたのは2012年8月でしたが、誌面の都合で飛び飛びの掲載となり、ずいぶん時間がたっていました。その間にシームレス地質図も機能が増えました。そこで最終回は、稿を改めて、シームレス地質図の使い方をご紹介します。

地質ニュース2010年7月号に、「20万分の1日本シームレス地質図の使い方に関する講習会」(森尻ほか, 2010)を載せていますが、その時からインターフェイスも変わっています(2014年5月)。また、個人的なことですが、筆者の一人の森尻は、2013年10月5日から12月8日まで東京都の世田谷文学館で開催されていた幸田 文展を見に行きました。『崩れ』の直筆原稿(鉛筆書き!)の勢いのある文字や、きれいに布張りされた空き箱に短い鉛筆がぎっしりと詰められていたのを見て、改めて幸田 文と『崩れ』の世界に感動しました。期間中の11月23日には作家で孫の青木奈緒氏とエッセイストで元建設省砂防部長の田畑茂清氏の「崩れる大地と生きること」という対談もあり、大変興味深い話を聞くことができました。対談では砂防の水槽模型の動画なども紹介され、面白かったです。その対談の中で、現在『崩れ』の文学碑が7カ所に建てられているので機会があったら行ってみてくださいという話がありました。さらに講演の後で青木奈緒ご夫妻にも直接ご挨拶できました(とても素敵な方々でした)。

そこで、この最終回では、『崩れ』の文学碑を訪ねた方が、ホームページを作る時の参考にして頂けるように、新しく作成された「Myシームレス」(西岡, 準備中)というサービスを使って、シームレス地質図を自分のホームページ上に簡単に表示する方法を紹介します。これを利用すれば、JavaScriptを書かなくても簡単に、シームレス地質図を自分のホームページ上に表示することができます。

11.1 シームレス地質図を見る

初めにおさらいとして、シームレス地質図の閲覧の仕方



第1図 シームレス地質図トップページ。 <https://gbank.gsj.jp/seamless/> (2014/04/22 確認)。

を紹介します。なお、「シームレス地質図」のトップページが2013年5月10日より <https://gbank.gsj.jp/seamless/> に変更になりました。まずはアクセスしてみてください。トップページを第1図に示します。

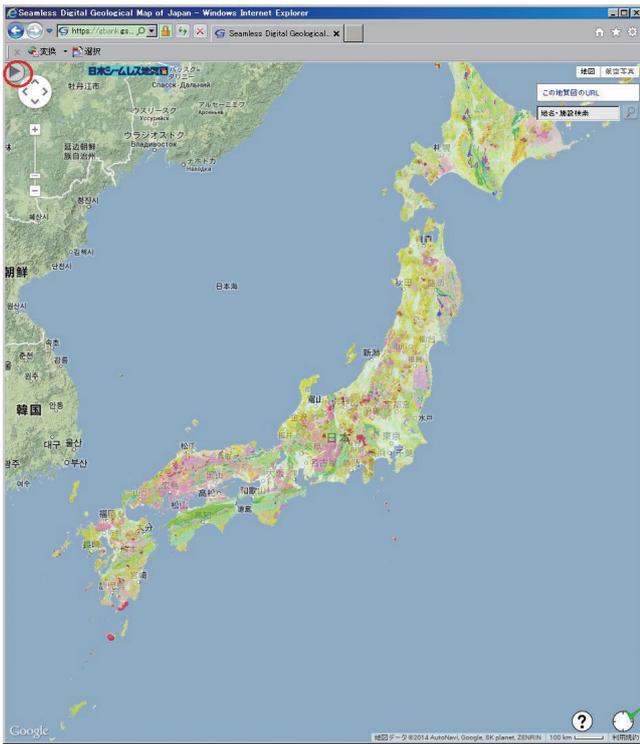
画面左上の「地質図を表示」というところをクリックします。Googleマップに重ねた日本全国のシームレス地質図が表示されます(第2図)。丸で囲んだタブをクリックすると表示メニューが選べます。

Googleマップと同様の操作方法で見たい地域を拡大表示するのですが、「地名・施設検索」窓から検索も可能です。例えば、有珠山を見てみましょう。無事ヒットすればマーカーがつかますので、好みの縮尺まで拡大していきます(第3図)。

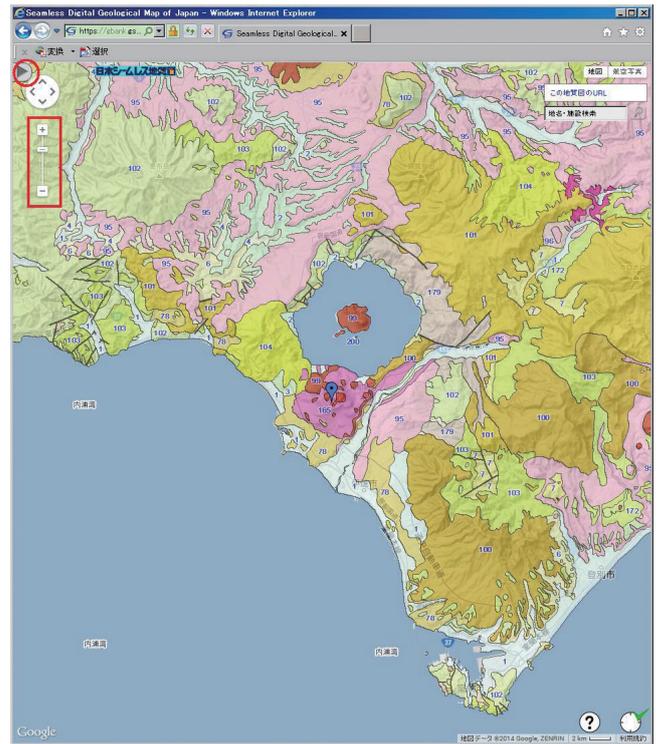
カーソルを知りたい地質区分に合わせると、画面左下に地質の解説と標高値が表示されます。また、クリックすればポップアップでも表示されます。ここでは基本版(左側

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: シームレス地質図, 幸田 文『崩れ』, 地すべり, 地理情報システム(GIS), Googleマップ



第2図 シームレス地質図Googleマップ版。https://gbank.gsj.jp/seamless/maps.html (2014/04/22 確認)。



第3図 検索がヒットすると有珠山にバルーン記号が付く。付近を拡大(四角で囲んだバー)して、丸印を付けたタブをクリックするとメニュー画面が開く。



第4図 有珠山周辺を拡大し、凡例を表示させたもの。△印は日本の火山データベースとリンクしている火山。矢印にカーソルを置くと下の四角で囲んだ凡例の解説と標高値が表示される。あるいは、カーソルを置いたところをクリックすれば、ポップアップで表示することもできる。



第5図 火山岩類のみを表示させた例。太いラインは活断層データベースに収録された活断層。ラインをクリックすると情報が表示される。火山データベースも△印をクリックすると情報が表示される。

第1表 本連載の幸田文『崩れ』で使用した検索語一覧。検索語で斜字のものは国土地理院の地理院地図 (<http://geolib.gsi.go.jp/> 2014/03/10 確認) で緯度経度を読み取った地名。

検索語	緯度・経度	崩れ
梅ヶ島	N35.3050, E138.3387	大谷崩れ (静岡県)
由比	N35.0973, E138.5527	由比地すべり (静岡県)
大崩海岸	N34.8987, E138.3479	大崩海岸 (静岡県)
富士山	N35.3629, E138.7316	大沢崩れ (静岡県)
松之山	N37.0869, E138.6079	松之山地すべり (新潟県)
日光男体山	N36.7681, E139.4873	大薙, 観音薙 (栃木県)
鷹山	N36.5342, E137.5859	鷹山崩れ (富山県)
稗田山	N36.7841, E137.8689	稗田山崩れ (長野県)
桜島 (鹿児島県)	N31.5833, E130.6500	桜島 (鹿児島県)
有珠新山	N42.5442, E140.8310	有珠山 (北海道)

```
<!-- sample.html, 2013-11-17, NISHIOKA Yoshiharu (西岡 芳晴),
Myシームレスサンプル1 -->
<html>
<head>
<meta charset="utf-8" />
<title>Myシームレスサンプル1</title>
<body>
<h1>Myシームレスサンプル1</h1>
<iframe src="http://gsj-seamless.jp/labs/my/mymap.html"></iframe>
</body>
</html>
```

第6図 「Myシームレス」サービスを使ったページソースの例。



第7図 第6図のHTMLの表示。

のラジオボタンで切り替え)の99番という凡例(地質を年代や岩石種, 堆積した環境等で分けたもの)を表示しています(第4図)。また, 左下のチェックボックスで「日本の火山」データベース(産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2014b)にチェックを入れると△印が表示されます。そこをクリックするとデータベースへのリンクが表示されます。ここでは洞爺湖の中島を表示させています。

また, 表示させる凡例を選ぶこともできます。第5図は火山岩類のみを表示させています。火山岩類のなかでも凡例ごとに表示のON/OFFを選ぶことができます。また, 太い線は「活断層」データベース(産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2014c)に収録されている断層を示しています。ラインをクリックすると情報が表示され, 活断層データベースの該当箇所を見ることができます。

参考までに, この連載で使用した検索キーワードを第1表にまとめました。

11.2 「Myシームレス」のサービス

シームレス地質図の表示ページでは, 小さな正方形に分割した地質図画像(タイル画像)を使用しています。また, Google社が提供するGoogle Maps JavaScript APIを利用して地質図の操作を行っています。タイル画像は日本シームレス地質図WMTSサービス(<https://gbank.gsj.jp/seamless/wmts/wmts.html> 2014/04/22 確認)として提供されています。これは, 地図画像をタイル分割したものをズームレベル毎に作成・公開して, 外部から利用できるようになっています。さらにいくつかの独自追加機能によって, 表示をカスタマイズしたり, 自分のデータを追加したりすることが可能です。これらを使って, 独自のWebサイトを作成・公開するには, 通常はJavaScriptに関する知識が必要ですが, JavaScriptを自分で書くのは少々敷居が高いと思われる方には, ホームページへの埋め込み用に特化した「Myシームレス」というサービスが試験公開されています。詳しくは解説のページをご覧ください(<http://gsj-seamless.jp/labs/my/index>).

html, 2014/04/22 確認)。以下、このサービスを使って幸田 文の文学碑マップを作ります。簡単なHTMLはご存じであることを前提とします。

まず、最もシンプルにはHTML中の埋め込みたい場所に以下の1行を記述します。

```
<iframe src="http://gsj-seamless.jp/labs/my/mymap.html"></iframe>
```

具体的なページソースは第6図、表示は第7図になります。ブラウザによっては<iframe></iframe>に対応していないものもありますのでご注意ください。新しいものであれば大体対応しているようです。

「Myシームレス」のサービスでは、<iframe>要素のsrc属性の"http://gsj-seamless.jp/labs/my/mymap.html"の後に様々なパラメータを指定することによって、表示をカスタマイズできます。具体的なパラメーター一覧を第2表にまとめました。

11.3 文学碑マップを作る

文学碑マップの例を第8図に示します。文学碑ではなく

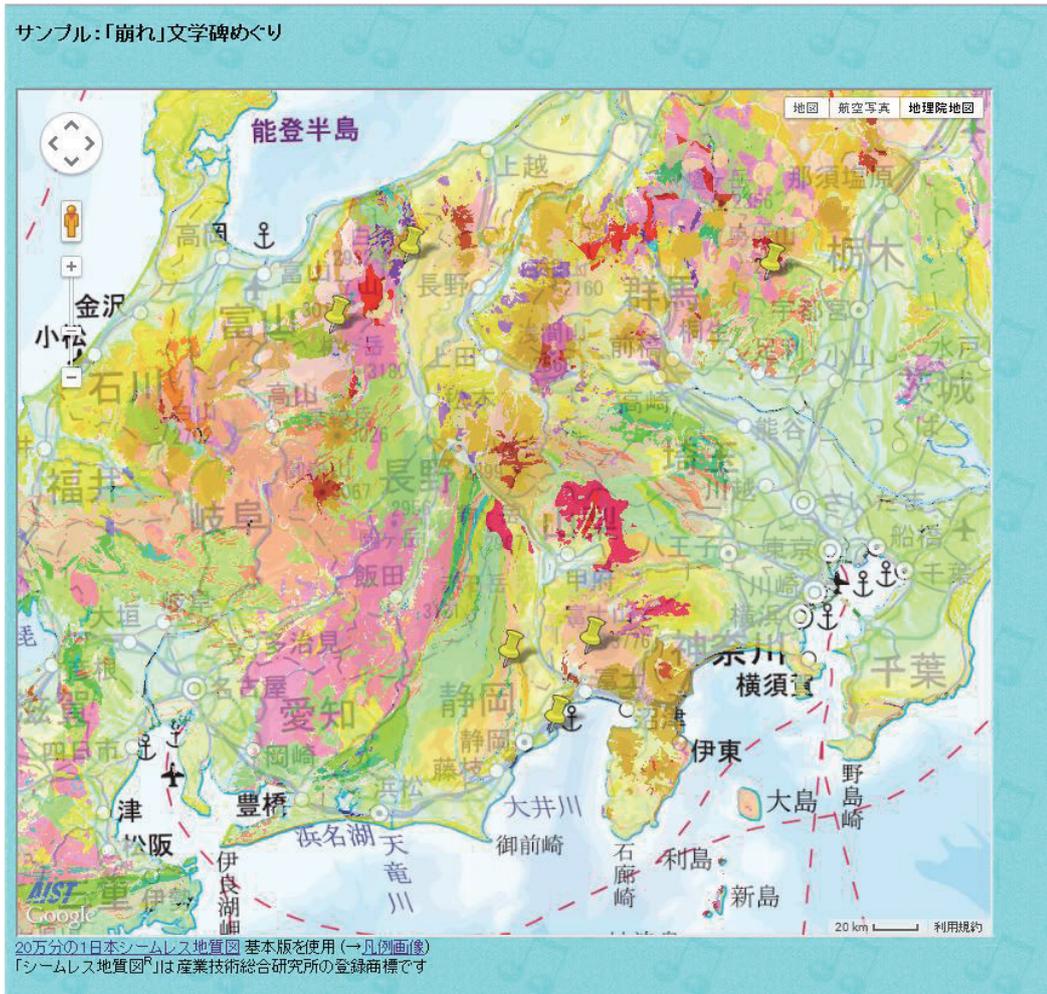
て、例えば地質調査をした時のサンプリングサイトをシームレス地質図上に表示したい場合などにも使うことができます。ここでも、地質区分をクリックすれば簡単な説明が表示できます。この機能は第2表にある「Myシームレス」のサービスでパラメータの指定が必要です。また、文学碑の場所を示すプッシュピンをクリックするとその情報を表示できるようになっています(第9図)。リンクも張れますので、実際に訪ねた写真などを参照できるようにしても良いでしょう。

それでは、いよいよ作ってみましょう。

初めに文学碑リストをkmlという形式のファイルで作成します。kmlはGoogle Earthなどで使われているファイル形式で、テキストファイルです。広く使われている形式のファイルなので詳しくはWebサイトや一般の参考書を見てください。シームレス地質情報研究グループでは、csvファイルからkmlファイルに変換するプログラムも公開しています(http://gsj-seamless.jp/labs/volcano/kml_manual.html, 2014/04/22 確認)。第8図を表示するのに用いたkmlファイルの一部分を第3表に示します。kmlファイルは予め自分がホームページを公開するインターネッ

第2表 「Myシームレス」サービスで指定可能なパラメーター一覧。ここで示したタイルサービステンプレートは、地図タイル配信サービス(地図データをタイル分割して提供するサービス)を利用するためのもの。個々のタイルのURLが得られるようなテンプレート文字列を指定する。テンプレートは、グーグルマップ互換のタイル座標値を{z},{y},{x}の書式で埋め込んで使用。地理院タイル標準地図は<http://cyberjapandata.gsi.go.jp/xyz/std/{z}/{x}/{y}.png> 地質調査総合センターの重力図(ブーゲー異常)は<https://gbank.gsj.jp/tilemap/wmts/1.0.0/BouguerAnomaly230/default/EP5G900913/{z}/{y}/{x}.png>となる。

パラメータ	デフォルト値	内容
base	road	ベースマップの種類を道路地図(road)、航空写真(photo)、地形(terrain)、地理院地図(chiriin)またはタイルサービステンプレートで指定。
bbox	なし	表示範囲を、北端、西端、南端、東端の順にカンマ区切りで指定。
center	35.69, 139.69 (東京都庁)	地図の中心となる緯度、経度をカンマで区切って指定(これを指定せずにlayerでkmlファイルを指定すると、kmlファイルの指定により表示位置が変更される)。
layer	なし	地質図の上に表示させるデータを、kmlファイルのURLまたはタイルサービステンプレートで指定。これらのファイルは公開URL上に配置する必要がある。複数指定も有効で、その場合後に指定したものが上に重なる。
marker	なし	緯度、経度をカンマ区切りで指定してマーカを表示させる。カンマで区切って、バルーンで表示させる文字を指定することもできる。複数指定可能。地図の位置は(最後の)マーカ-の位置に移動。
maxz	13	最大ズームレベル
minz	5	最小ズームレベル
scale	on	スケールラインの表示(on)/非表示(off)
seamless	detailed	日本シームレス地質図の基本版(basic)または詳細版(detailed)、またはoffで非表示を指定。カンマに続けて不透明度(0~1)を指定することも可能。
z	11	表示ズームレベル



第8図 『崩れ』文学碑の位置マップ。プッシュピンの指すところが文学碑のあるところ。

ト上のサイトにアップロードしておきます。

自分で作成するページ(ここでは文学碑マップ)は、第6図のページソースの基本形を、テキストエディタ等で修正して作成するとよいでしょう。HTMLファイルの例は第4表に示します。これは第10図のようなページになります。以下に<iframe>の部分を少し説明します。

<iframe>要素のsrc属性の"http://gsj-seamless.jp/labs/my/mymap.html"の後に、クエスチョンマーク(?)を入れ、そこに続いて様々なパラメータを指定します。実際には一行で書きますが、ここでは見やすいように改行を入れています。

```
<iframe src="http://gsj-seamless.jp/labs/my/mymap.html
?base=chiriin
&layer=http://公開インターネット上のサイト/自分のファイル.kml
&seamless=basic,0.7,clickable
```

&z=10"

```
style="width:800px;height:700px">
```

上の1行目は「Myシームレス」のサイトを参照している部分なのでそのままにしてください。そこから?でつながります。

2行目はベースマップを指定します。base=chiriinは地理院地図を指定します。何も書かなければGoogleのroadマップが表示されます。

3行目は地質図の上に表示させるデータを、kmlファイルのURLまたはタイルサービステンプレートで指定します。これらのファイルは公開URL上に配置する必要があります。複数指定も有効で、その場合後に指定したものが上に重なります。

重力図を重ねたい場合(第10図)は、

```
&layer=https://gbank.gsj.jp/tilemap/wmts/1.0.0/BouguerAnomaly230/default/EPSG900913/{z}/{y}/{x}.png
&layer=http://公開インターネット上のサイト/自分の
```

第3表 kml ファイルの一例. ポイントは原稿の長さの制約で1点だけに削ってあるので, 多点を表示する場合は<Placemark></Placemark>を繰り返す.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://earth.google.com/kml/2.2">
<Document>

  <Style id="pushpin">
  <IconStyle>
  <scale>1.1</scale>
  <Icon>
  <href>http://maps.google.com/mapfiles/kml/pushpin/ylw-pushpin.png</href>
  </Icon>
  <hotSpot x="20" y="2" xunits="pixels" yunits="pixels"/>
  </IconStyle>
  <LabelStyle><scale>0</scale></LabelStyle>
  <BalloonStyle>
  <text><![CDATA[${description}]]></text>
  </BalloonStyle>
  </Style>

  <Folder>
  <name>崩れの文学碑</name>
  <open>1</open>

  <Placemark>
  <name>多枝原平展望台</name>
  <description>
  <![CDATA[ 富山県常願寺川・鳶山崩れ <br/><br/>
  <a href="http://www.tatecal.or.jp/top.htm">立山カルデラ砂防博物館</a>
  </div>]]>
  </description>
  <styleUrl>#pushpin</styleUrl>
  <Point><coordinates>137.550407,36.543152,0</coordinates></Point>
  </Placemark>
  </Folder>
</Document>
</kml>

```

ファイル.kml

のように繋いでいきます。

&seamless=basic,0.7,clickable

の部分は第2表に従って, シームレス地質図のパラメータを指定します。この例は, 基本版 (basic) であり, 不透明度が0.7 (透明は0, 不透明が1) です。さらにカンマに続けてclickableを指定すると, 地質区分をクリックした時に簡単な説明が表示されます。

次のパラメータはズームと表示サイズです。ズームは表示後にも変更できます。

&z=10"

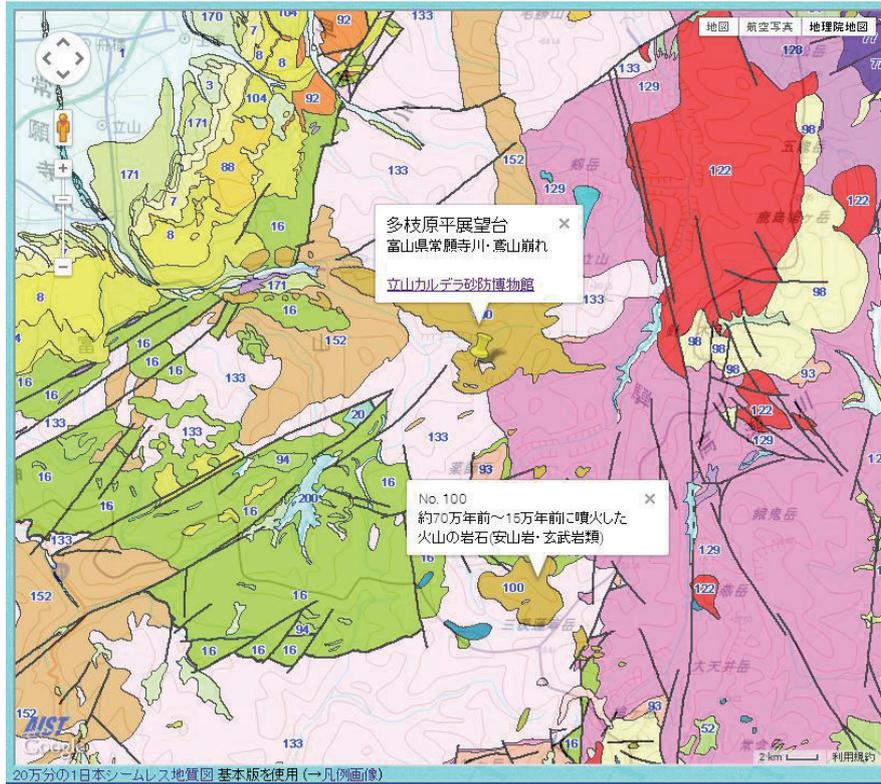
style="width:800px;height:700px">

ブラウザ上の表示サイズはここでは横800px, 縦700pxにしていますが, レイアウトに応じて変えてください。

さて, <iframe></iframe>を書き加えてシームレス地質図が表示できたでしょうか?

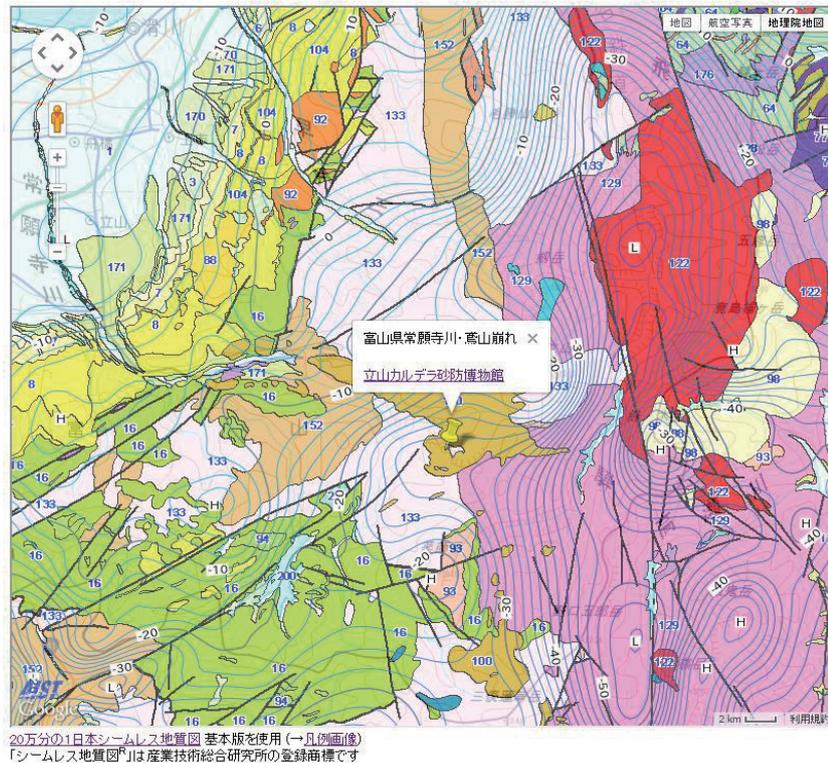
11.3 おわりに

長い間, 拙い連載にお付き合い頂きましてありがとうございました。幸田 文の迫力に押されっぱなしで, 中途半端なご紹介になってしまいましたが, 幸田 文が『崩れ』に真摯に向き合い発した言葉は, 心に強く響くものでした。最後に『崩れ』第1章にある言葉を引用します。



第9図 プッシュピンのマークをクリックすれば、文学碑のある場所の情報が表示される。リンクを張ることもできる。地質区分をクリックすれば、地質の情報も表示される。この機能は「My シームレス」サービスのパラメータで指定する。

『崩れ』文学碑マップ



第10図 WMS 配信されている重力ブーゲー異常図(仮定密度 2.3g/cm^3)を重ねたもの。

第4表 HTMLの一例。斜字は「My シームレス」サービスのパラメータ。ベースマップを地理院地図にして、文学碑の位置を記したkmlファイルを重ね、重力図を重ねている。

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <meta charset="utf-8" />
  <title>My シームレスサンプル </title>
</body>
<h1>『崩れ』文学碑マップ </h1>
  <iframe src="http://gsj-seamless.jp/labs/my/mymap.html?base=chiriin&layer=http://
abc.jp/~whoami/test/kuzure2.kml&layer=https://gbank.gsj.jp/tilemap/wmts/1.0.0/
BouguerAnomaly230/default/EPSSG900913/{z}/{y}/{x}.png&seamless=basic,0.7,clickable&z=10" style="width:800px;height:700px">
  iframe 対応ブラウザでご利用ください
</iframe>
<br>
<span style="font-size: small;">
  <a href="https://gbank.gsj.jp/seamless/">20 万分の 1 日本シームレス地質図 </a> 基本版を使用
  (→ <a href="https://gbank.gsj.jp/seamless/legend.html"> 凡例画像 </a>) <br>
  「シームレス地質図 <sup>R</sup>」は産業技術総合研究所の登録商標です
</span>
<br><br>
</body>
</html>

```

心の中にはもの種がぎっしり詰まっていると、私は思っているのである。一生涯をださず、存在すら感じられないほどひっそりとしている種もあろう。思いがけない時、ぴょこんと発芽してくるものもあり、だらだら急の発芽もあり、無意識のうちに祖父母の性格から受継ぐ種も、若い日に読んだ書物からもらった種も、あるいはまた人間だれでもの持つ、善悪喜怒の種もあり、一木一草、鳥けものからもらう種もあって、心の中は知る知らぬの種が一杯に満ちている、と私は思う。何の種がいつ芽になるか、どう育つのかの筋道は知らないが、ものの種が芽に起きあがる時の力は、土を押し破るほど強い。

(幸田 文『崩れ』講談社文庫, 13-14頁)

これを機会に、『崩れ』にとどまらず、シームレス地質図を広く気軽に利用して頂き、地質をより一層身近に感じて頂ければ幸いです。

文 献

- 幸田 文 (1994) 崩れ. 講談社文庫, 東京, 206p.
- 森尻理恵・斎藤 眞・宝田晋治 (2010) 20万分の1日本シームレス地質図の使い方に関する講習会一名古屋, 熊本, 東北, 愛媛大学にて. 地質ニュース, no. 671, 61-69.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2014a) 20万分の 1日本シームレス地質図データベース. 産業技術総合研究所地質調査総合センター, <https://gbank.gsj.jp/seamless/> (2014/04/22 確認)
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2014b) 日本の火山データベース. 産業技術総合研究所地質調査総合センター, <https://gbank.gsj.jp/volcano/index.htm> (2014/04/22 確認)
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2014c) 活断層データベース. 産業技術総合研究所地質調査総合センター, https://gbank.gsj.jp/activefault/index_gmap.html (2014/04/22 確認)

MORIJI Rie, NAKAGAWA Mitsuru and SAITO Makoto (2014) Seamless Digital Map of Japan shows landslide slopes in "KUZURE" written by Aya Koda (11) .

(受付: 2014年5月29日)

ASEAN 鉱物資源データベース

大久保泰邦¹⁾・大野哲二²⁾・Joel Bandibas³⁾・大木優利⁴⁾

1. Web-GIS の経緯

地理情報システム(GIS: Geographic Information System)は、数値化された位置情報と、位置に関する情報を持った数値データ(空間データ)を関連付けて、総合的に管理・加工して地理空間情報を作り、それを視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術である。

地理空間情報には、地域における自然、災害、社会経済活動など特定のテーマについての状況を表現する土地利用図、地質図、ハザードマップ、都市計画図、地形図、地名情報、台帳情報、統計情報、空中写真、衛星画像など多様である。

これらの地理空間情報は政府系の機関が国土情報として集めたものである。GISの登場により、地理空間情報を数値化して保管、照合、分析、加工、表示、更新することが可能になり、内部のデータの管理のための便利な道具として使われた。

政府系の機関が抱える地理空間情報の中で、一般ユーザーの利用価値が高いものについては、はじめはCD-ROMなどに記録されて公開された。CD-ROMには、通常記録されている地理空間情報をハンドリングできるGISもパッケージ化されている。

しかし、CD-ROMにあるGISは、データ仕様が異なるなどの理由からそれぞれのデータについても異なり、多重の投資となる問題が起きる。

さらに、インターネットの出現によって、新たなニーズが生まれた。それはデータ管理者の外の人々が、インターネットを通じて地理空間情報を求めるようになったことである。

このニーズに答えるためには、地理空間情報をハンドリングできるGISとパッケージで公開する必要がある。

このような経緯から、Web-GISが開発され、公開されるようになった。

Web-GISはGISにない機能を持つことになる。それは以

下の通りである。

- グローバル利用：世界中の誰にでも提供が可能。
- 大量のユーザ：通常のGISは一度に一人のユーザであるが、Web-GISの場合、数十人、数百人が同時に利用することができる。
- 優れたクロスプラットフォーム機能：Microsoft Windows, Linux, Apple Mac OSなどさまざまなオペレーティング・システムに対応している。
- 低コスト：一般ユーザに対しては使用は無料。
- 使いやすさ：GISの場合、一つのGISに対して数か月のトレーニングと経験を積む必要があるが、Web-GISは、GISのことを何も知らなくても利用が可能。
- 一元的な更新：GISを新しいバージョンに更新する場合、インストールしているすべてのコンピュータのGISを更新する必要があるが、Web-GISの場合、更新は提供者のサーバにインストールされているGISの、1回だけの更新で済み、メンテナンスが簡単である。
- 多様なアプリケーション：GISのユーザは専門家に限定されたおり、アプリケーションも限定的だが、Web-GISは、企業や一般のあらゆる人のニーズに答えるため、多様なアプリケーションが用意されている。

2. データのオープン化

このようにしてWeb-GISはデスクトップコンピュータ、サーバ、クラウド、web、モバイルにインストールされ、管理者側が保有しているデータが、管理者側の外にオープンになっていった。これによってデータの透明性、アクセスの容易さが高まり、新たな社会の利便性を生むことにもなった。

このようにして、政府系機関が管理する地理空間情報は、無料で一般に公開されるようになる。例をあげれば、電子国土マップ、地震ハザードマップ、地質図カタログなどである。Googleマップは民間企業が構築したWeb-GISであ

1) 産総研 地質分野研究企画室
2) 産総研 地圏資源環境研究部門
3) 産総研 地質情報研究部門
4) Department of Political Science, Graduate Institute of International and Development Studies, Geneva

キーワード：ASEAN, 東南アジア諸国連合, 鉱物資源, データベース, GIS, ASOMM, オープンソース, Web-GIS, webポータル

る。これらの地理空間情報は、一般社会で有効に活用され、インパクトを与えた。

3. ASEANのニーズ

ASEAN (Association of South - East Asian Nations, 東南アジア諸国連合) とは、インドネシア、シンガポール、タイ、フィリピン、マレーシア、ブルネイ、ベトナム、ミャンマー、ラオス、カンボジアの東南アジア 10 か国が加盟する経済、社会、政治、安全保障、文化に関する地域協力機構である。

ASEANは金属・非金属鉱物資源に恵まれている。非金属鉱物は量的に世界市場で大きなシェアを占め、金属鉱物は外貨獲得など重要性を持つ。そのため鉱物資源開発は経済発展の鍵となっている。

しかし、未だ探査、開発が不十分な状況で、資源開発に係る紛争などのさまざまなリスクや、法制度や社会体制に不確実性があるなどの理由で、外国資本も参入しにくい。そのため鉱物資源部門の地域経済発展への貢献度は比較的低い。

そこでこの課題に対処するためにASEANはアクションプランを立て鉱物資源開発を促進している。2012～2015年のアクションプランは以下の3つである。

- 鉱物資源の貿易・投資の円滑化と促進
- 鉱物資源の環境的、社会的持続性の促進
- ASEAN地域の組織能力と人材能力の向上

4. ASEAN鉱物資源情報システム

ASEAN鉱物資源情報システムのプロジェクトは、ASEANの鉱物資源開発を促進するための戦略として開始された。ASEANが一致団結して鉱物資源情報の透明性を高め、海外からの資金誘致を行うことを第一目的としている。データはASEAN各国によって2007年から整備・公開された。

しかしGISの開発には多額の経費がかかるため、購入、維持が高額になる。そこでオープン・ソフトウェアを使ったシステムの構築が必要となった。

ASEAN+3 (中国・韓国・日本) の鉱物資源関係の会合であるASOMM (ASEAN 鉱物高級事務レベル会合) +3で、ASEAN各国から日本へオープン・ソフトウェアを使ったシステムの構築のための技術支援の依頼があった。これを日本政府(代表は経済産業省)が合意し、支援するに至った。

産業技術総合研究所は、経費の掛からないシステムを構築するため、OGC (Open Geospatial Consortium) が提供するオープン・ソフトウェアを使った。このことによって、ユーザが無料でシステムを使えるだけでなく、システム提供者側も無料でシステムの構築や更新が可能となり、最新のバージョン、機能を無料で使える環境ができあがった。これによって、富める国でも貧しい国でもどこからでも、インターネットが通じていれば、以前は高価であったGISをアクセスすることができることとなった。

この新しいWeb-GISに関する研修を、2011年から12年にかけて、3回、日本が主催して開催した。シンガポールを除くASEAN 9か国から延べ約100名のGISの専門家が参加した。

その結果、各国におけるデータベースの構築とWeb-GISが完成し、2013年11月に正式にWeb-GISを利用した鉱物資源データベースとして公開されることとなった。

ASEAN 鉱物資源情報システムは、データベースはASEAN各国の政府レベルの地質調査機関内に置き、GISはインドネシアにあるサーバに一元化した。データの保管、照合、分析、加工、表示、更新はインドネシアサーバのGISを使って行っている。現在、以下のサイトからアクセスすることができる (<http://asomm.psdg.bgl.esdm.go.id/asomm/index.php> 2014/04/17 確認)。

その特徴をまとめると以下の通りである。

- 投資を勧誘するため、ASEAN諸国だけでなく、世界のだれでもGISが使える。
- 世界の人々が一度に何人も使うことができる。
- 世界で一般的なオペレーティング・システムに対応している。
- だれでも使えるように、無料である。
- GIS管理者側は必要なソフトウェアを無料で入手でき、開発・維持が安価である。
- GISの専門家でなくても使える。
- 更新は一元的にできる。

5. ASEAN鉱物資源情報システムの成果

ASEAN 鉱物資源情報システム構築の活動は以下の点で重要な役割を担っている。

- 情報インフラの強化
 - 探査、開発、利用、制度などの情報の公開
 - 鉱物資源データベースの専門家の育成と人材交流
- データの保有者はASEAN各国であり、複数存在する。

このようなシステムは、ASEAN 鉱物資源データベースが最初と思われる。このメリットは、それぞれの国で保有するデータの管理はそれぞれの国であるので、公開・非公開の判断は自国で行うことができる点である。

その点を含めASEAN各国が保有するデータを公開することは画期的なことである。

これによって、海外から鉱物資源開発に協力しようとする機関は、鉱物資源のポテンシャルの評価、今後の調査課題の抽出、協力の在り方などについて検討することができる。

ASEAN各国が独自に各国保有のデータをアップロードするのであるが、その結果、ASEANは統一した一つのデータベースを持つことになる。このことによって、データを共有化し、ASEAN間でのデータの不連続性やデータの空白域を把握することができる。結果的に、共通の課題を発見し、その解決のために、新たな政策、国際協力が生まれることになる。

6. 新しい環境モニタリング機能

GISは、個人や組織が保有する主に地球科学データのデータベース化に利用されてきた。

フィールドで取得されたデータは、データ管理者から情報技術専門家の手に渡され、データベースとして整理され、再びデータ管理者の手に戻る（第1図）。

データベース化したデータは、開発と環境のバランスの管理など、そのデータを管理する個人、組織が抱える課題解決という機能を持つことになる。

しかしWeb-GISの場合、データはデータ管理側だけでなく、外部に渡されるので、さらに新しい機能が加わることになる（第2図）。

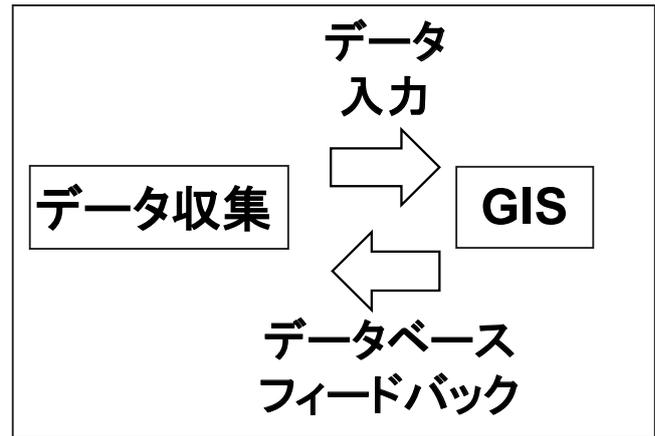
この機能とは、データが一般に対して透明になる機能である。もし一般が海外の投資家であれば、投資を促進することになる。

また市民が抱える課題、たとえば鉱山周辺の地下水汚染といった課題に対し、市民が今まで手に入らなかった情報が手に入ることになる。

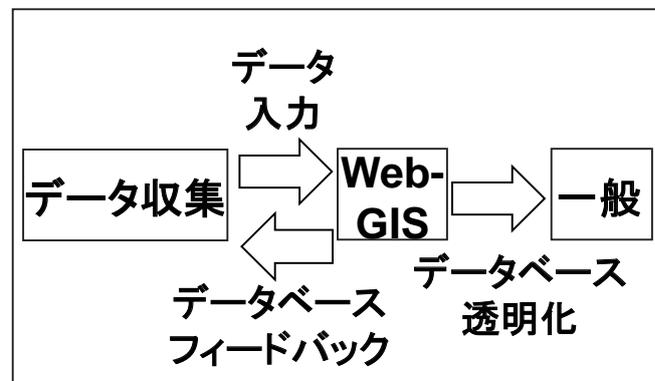
近年、政府側のアカウントビリティー（説明責任）がますます高まっていることを考えると、Web-GISはアカウントビリティーを果たす有効な手段となる。

7. Web-GIS が提供するデータの透明性が示す新しい役割

ASEANにおける鉱山開発においては、開発者側と周辺



第1図 従来のGISの役割.



第2図 Web-GISの役割.

住民の紛争も絶えない。その理由はさまざまであるが、Web-GISはその解決方法を提供してくれる可能性を秘めている。

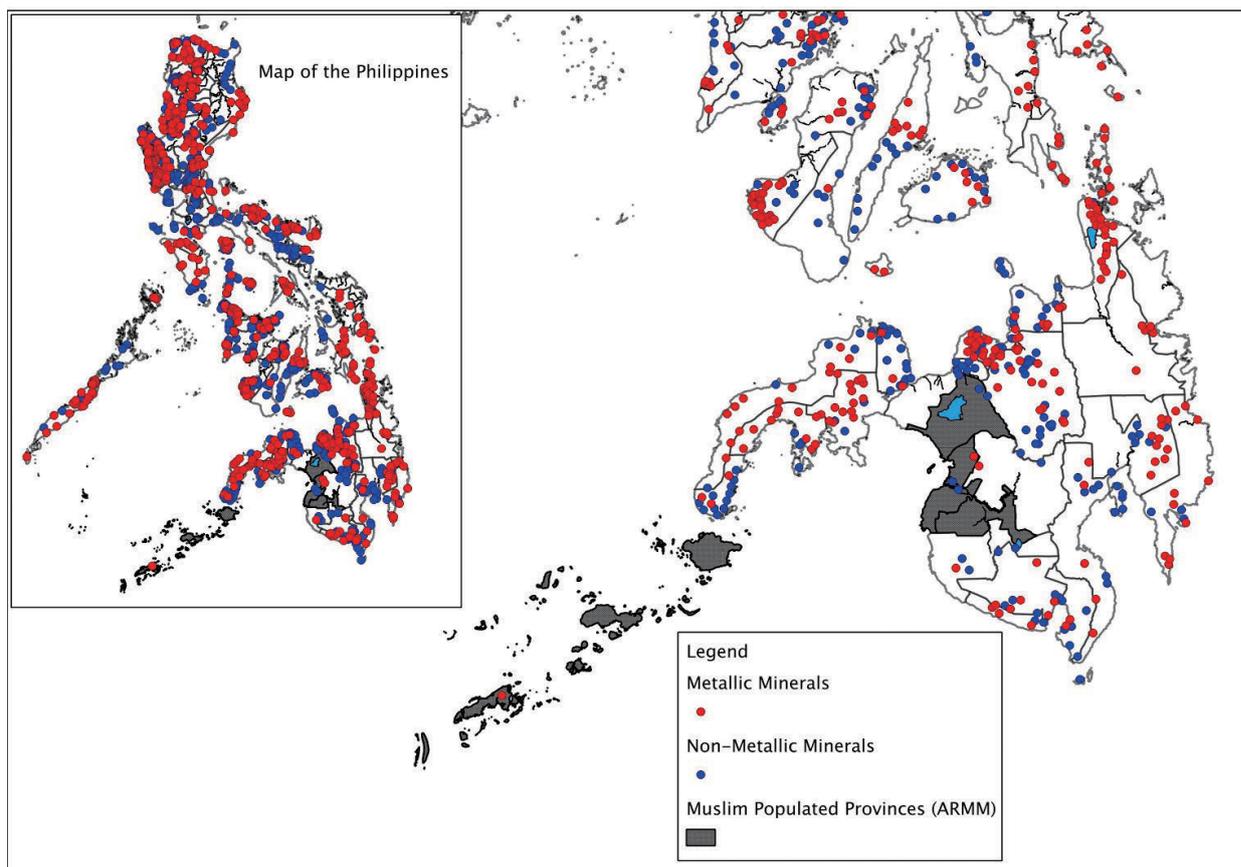
フィリピン、ミンダナオ島は鉱物資源の宝庫である。第3図はASEAN 鉱物資源情報システムに納められている鉱物資源データである。島全体に鉱物資源が賦存している様子が分かる。

ミンダナオ島は先住民のイスラム教徒と、16世紀後半以降入植してきたキリスト教徒との紛争が絶えない地域である。

1970年代頃にミンダナオ島に石油と天然ガスが発見されて以来、産業国を中心とした多国籍企業の動きが活発になった。また、豊富な天然資源（森林、金、ニッケル等）を求めて進出する伐採企業、鉱山企業、プランテーションを行う企業などの進出企業と先住民の対立も紛争を複雑なものにした。

しかし、Web-GISが提供する機能は、逆に友好関係を築く素地を提供してくれる。

図の灰色で示した地域はイスラム教徒の自治区である。この地域の鉱物資源の賦存を示すデータはほとんどない。



第3図 ASEAN 鉱物資源情報システムに納められているミンダナオ島の鉱物資源データ (Oki et al., 2013).

この理由は、鉱物資源を調査することができる人材も機材もないためであると予測できる。つまり、鉱物資源はあるが、それを認識する手段がないのである。

これを解決するためには、調査を行うことができる人材を育成し、調査機材を整備し、さらに鉱物資源があった場合、開発するための人材を育成し、機材も用意することである。

これは国内外を含め、多くの機関の協力の下に行われるであろう。その活動によって友好関係は生まれるはずである。

このように、Web-GISが持つデータの透明性は、対立関係にある両者には見えにくかった課題を明らかにすることができる。このことによって公平性が確保され、お互いの共通認識の上で問題解決への協働作業へと結びつくことにもなる。

8. 今後の課題

しかし課題はいくつかある。それを列挙すると以下である。

- ASEANの中で技術レベルに差がある。特に情報技術においての差は大きい。

- ASEANの中で情報インフラの差がある。

- ASEANの中で鉱物資源などのデータに関する知識に差がある。

- 中央行政が、地方行政を完全に管理していない場合がある。

以上のことは、国家間でデータベースの質の差やデータの空白域ができる原因となる。

これを解決するためには、ASEAN内でデータの標準化を図り、空白域を埋める作業を行うことである。

この作業には人材育成、組織能力の開発が必要であるが、この役割を担うことによって、日本はASEAN諸国とフェース・トゥ・フェースの関係ができ、真の友好関係が生まれるであろう。

9. まとめ

Web-GISは、グローバル利用、大量のユーザ、優れたクロスプラットフォーム機能、ユーザに対しては無料、専門家でなくても使える、一元的な更新といった従来のGISにはない機能を持つ。さらに産業技術総合研究所が支援し

て開発し、現在稼働中のASEAN鉱物資源データベースは、OGCが提供するオープン・ソフトウェアを使うことにより、システム提供者側も無料でシステムの構築や更新が可能となった。

ASEAN鉱物資源データベースは、データの透明性を高め、海外に鉱物資源情報を発信し、投資を勧誘するといったASEAN戦略のツールになる。また、対立関係にある両者には見えにくかった課題を明らかにすることができ、公平性が確保でき、お互いの共通認識の上で問題解決への協働作業へと結びつく可能性がある。

しかし、技術レベルに差がある、情報インフラの差がある、鉱物資源などのデータに関する知識に差がある、中央行政が、地方行政を完全に管理していない、などASEAN内には多くの課題がある。これを解決するためには、今後、ASEAN内でデータの標準化を図り、空白域を埋める作業

を行いつつ、人材育成、組織能力の開発が必要である。

日本はこの作業を支援することによって、フェース・トゥ・フェースの関係ができ、人的ネットワークの構築、鉱物資源のポテンシャルや法律などの情報共有ができることとなる。

文 献

Oki, Y., Okubo, Y., Miranda, C. R. and Rokugawa, S. (2013) Socio-economic analysis of natural resources in Mindanao. *CCOP Expert Meeting, 25 October 2013, Sendai, Web-based GIS and Recent Geoscience Database.*

OKUBO Yasukuni, OHNO Tetsuji, BANDIBAS Joel and OKI Yuri (2014) ASEAN mineral resources database.

(受付：2014年2月17日)

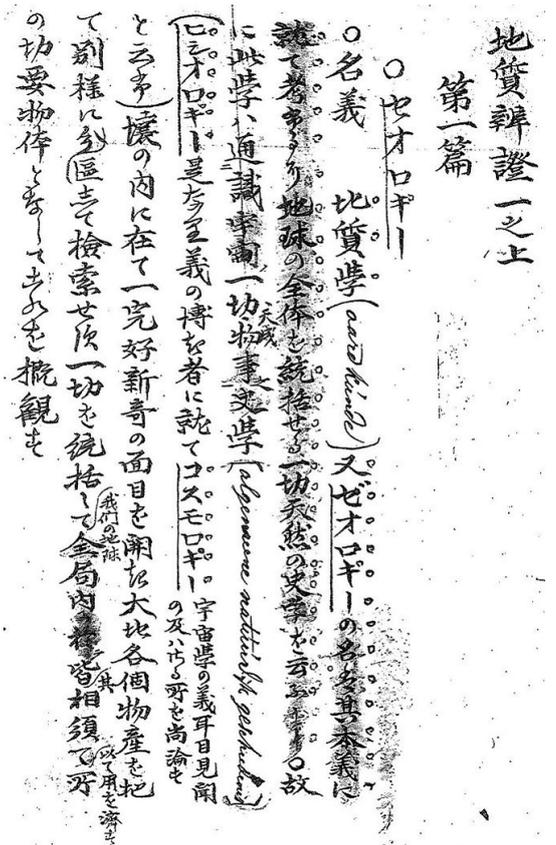
和田維四郎と小藤文次郎：14歳，運命の外国語選択

鈴木 理¹⁾*

私は、産業技術総合研究所の前身にあたる試験研究機関の歴史を、明治から昭和後期にかけての日本の科学技術の発展の中に位置付けたいと思い、調査している。本連載では、地質調査所と地質学に関する歴史を、地質学者の生き様や学者層の拡大に注目しながら、26回にまとめたと思う。

日本に最初の大学、東京大学が出来て、地質学及び採鉱冶金学科が誕生したのは明治維新から9年が経過した1877年である(寺崎, 2007)。その源流は、幕末の1856年に神田九段坂下に出来た蕃書調所^{ばんしよしらべどころ}に在った。黒船来航後の外交文書の急増に対応するために設立された機関で、オランダ語、フランス語、英語、ドイツ語の翻訳と共に、これらの外国語、さらには西洋の学問を教えた。頭取(所長)は古賀茶溪^{さげい}で、教授職(一等教授)には箕作阮甫^{みづくりげんぽ}と杉田成卿^{せいけい}(杉田玄白の孫)が就いた。阮甫は美作国津山藩(岡山県津山市)出身で、江戸へ出て宇田川玄真から洋学を学んでいた。ペリーが運んだフィルモア米大統領の国書を訳し、ペリーの1ヶ月後にロシアのプチャーチンが長崎に来航して開国を迫った際にもフランス語を使って交渉に加わっており、蘭英仏3ヶ国語に堪能だったと思われる。一等教授就任後、『地質辨證』(第1図)、『密涅刺羅義』(第2図)や『日阿羅義名目』を著して、鉱物学や地質学を紹介した(岡田・鈴木, 2009)。ミネラロギ・ゼオロギはミネラロジー・ジオロジーに対応するオランダ語の和風表現で、地質学という言葉^{せオロギ}を初めて使ったのは阮甫とされる。

1862年に蕃書調所は洋書調所と成って一ツ橋門外、神田護持院ヶ原(現在の神田小川町付近)に移転し、翌1863年、開成所と変わった(寺崎, 2007)。開成とは、人知を開発して職務を達成するという様な意味で、儒教の経典『易経』^{えいききょう}に由来する。明治維新により、開成所は新政府に接收されて開成学校に成り、大学南校(1870年)、第一大学区第一番中学、第一大学区開成学校、東京開成学校(1874年)と、1人の卒業生も出さないまま、目まぐるしく変わっていく。1860年に蘭方医有志から幕府が引き継いだ下谷和泉橋通(現在の^{したや}上野付近)の種痘所も西洋



第1図 箕作阮甫による手書きの『地質辨證』の第1ページ(箕作有俊氏の許可を得て国立国会図書館憲政資料室所蔵のマイクログラフフィルムより複製)

以下、アンダーラインは鈴木が付加。「名義(意味) 地質学(Aardekunde, Aardeは地球, Kundeは科学でアース・サイエンス)またゼオロギーの名称その本義において考うるに地球の全体を統括せる一切天然の史学を云う。故にこの学は通識宇宙一切、天或いは物事の史学[algemeene natuurlijk geshiedenis, 高等自然史学](括弧の中で、生理学や宇宙学との対比で高等自然史学を議論している様だが、読めない) 壤(上)の内に在りて一完好新奇の面目を開き大地各個物産を把握して別様に区分して検索せし一切を統括して我々の地球全局面に於いて皆その相須(総合)で以て用を済ませ、一片の効要(効用)物体となしてこれを概観す。」とでも読むのだろうか。日阿羅義はゲアラギと読むとされて来たのだが、カタカナではっきりゼオロギーと書いている以上、そう読むべきだろう。阮甫、最晩年の著作。

1) 産総研 バイオメディカル研究部門
* masashi.suzuki@aist.go.jp

密涅刺羅義卷一 日曼尼思宏土列氏原著

譯日曼尼刊行第五版 尼達蘭 伊伊亞耳梯兒

一千八百五十二年鳥多層都發布

総論

第一章 密涅刺羅義ハ土内ニ在テ我門其名ヲ一
 密涅刺連ト称シ其塊大小ハ同性質ヲ具フ
 ル一種物体ヲ格知スル学科ノ名ナリ
 密涅刺連ハ其一分ヲ取り同種密涅刺連ニ別
 ノ一分ト校フルニ彼我十分ニ累ナル所ナク相肖類
 ス故ニ其性質相如同スルヲ知ル其體中ニハ動植ニ
 リテ所謂根元形模又晶之本制ニ通悟スルヲ得
 ルニ至リテ百般ノ形模自カラ是ヨリ資始スルヲ知
 ラン此根元形模ハ其數六箇ニシテ是ヨリ資始スル
 形模モ亦權リニ名ケテ六箇ノ晶種族トシフヘキ
 者ヲ模造シ出セリ此説之ヲキリストタルログラセ
 之学ト為ス今博ク其説ヲ記載スルハ體裁ニ於テ穩
 妥ト欠クト雖其根元形模ト之レヨリ資始スル形模
 ノ重大ナル種類ノ一ニテ挙テ學者ニ之ヲ知道セシ
 ソントス若能ク此説ニ通セハ晶ヲ辨論スルノ説
 及ヒ根元形模ヨリ導キ出セル所以ノ晶ノ本辭ヲ

第2図 箕作阮甫による手書きの『密涅刺羅義』の1・2ページ（箕作有俊氏の許可を得て国立国会図書館憲政資料室所蔵のマイクロフィルムより複製）。

冒頭で日曼尼の思宏土列（スクードレル）氏原著第5版の訳（ネーダランド、伊・伊・亜耳梯兒（出版社の名、オランダ語で「はイエー」）1852年鳥多層都發布（発行））からの重訳である事が説明されている。「密涅刺羅義とは、土内に在りて我門その名を密涅刺連と称し、毎（各）塊その大小を問はず同じ性質を具する一種物体を格知（認識）する学科の名なり。密涅刺連はその一部を取り同種密涅刺連（連は複数形で原は単数形、英語ではせいせいsが付くだけだがドイツ語ではミネラル・ミネラリエンと変わり、オランダ語にも類似の複数形がある）の別の一部と比ぶるに彼我十分に相肖類（互いに類似）す。故にその性質、相如同する（相同である）を知る。その體中（体内）には動植物に於ける所謂、根本形模（基本形状、ゲートの基本形の様な物だろう）、また晶（中国語では水晶、転じて結晶）の本制（本性）に通悟（共通）するとの了解を得るに至りて百般の形模（形状）自らはより資始（最後の漢字読めず、派生の意）するを知らん。この根元形模（基本形状）はその数六個にして（6晶系の事か）これより派出する形状もまた然りに？名付けて六個の晶（結晶の意味に転用されている）種族と云うべき者を模造し出せり。この説をキリストタログラヒー（Kristallografie）の学と為す。」だろうか。

医学所、医学所（1863年）、そして明治維新後、医学校、医学校兼病院、大学東校（1870年）、第一大学区医学校、東京医学校（1874年）と変わる。

過渡期を理解する上で重要なのは大学南校・東校で、南・東は、1871年（明治4年）9月に文部省に変わる大学（湯島聖堂近く、現在の東京医科歯科大学の辺りに有った）から見た神田・上野の方角である。大学南校の教頭はガイド・ヴァーベック（Guido Herman Fridolin Verbeck）で、オランダに生まれてユトレヒト工業学校卒業後、アメリカに渡り、1859年にルター派牧師として長崎に来た。来日時、無国籍だったとも云われ、日本人が覚え易い様に、オランダ風にフルベッキと名乗った。幕府の済美館（長崎英語伝習所の後身）や佐賀藩の致遠館で教えた後、1869年（明治2年）に開成学校教官に採用され、大学南校教頭に就任。校長は辻新次で、新政府は外国人に決定権を渡さなかった。

そうは言っても日本人には経験も理想も無く、政府要人の様々な質問に要領良く答えたヴァーベック教頭の年俸は右大臣並みの7200ドル（ドルと円は等価）だった。

1870年（明治3年）の大学南校開校に際し、8月、太政官（天皇を補佐する最高行政機関、後の内閣に相当）は石高に応じて各藩から1（五十万石未満）～3名（百万石以上）の学生を受け入れた（東京帝国大学編、1932）。合計310人で、藩の数は260。今の府や県がそれぞれ5つ程に別れていた事になる。彼ら貢進生は神田一ツ橋の寄宿舎に入り、藩は月7円を各人に、1人当たり年50円を書籍代の名目で南校に払った。全員が外国人教官から外国語で学ぶ正則生で、募集はこの一度限り。219人が英語（新政府はイギリスに近かった）、74人がフランス語（幕府がフランスに近かった事が影響を残していた）を選んだのに対し、プロイセン王国の日本進出は遅く、ドイツ語を選ん



第3図 第一大学区開成学校開業式の図（東京大学総合研究博物館公開の東京大学総合図書館所蔵資料を両者の許可を得て転載）。
後に東京開成学校と名が変わる。木造と云われるが、隅や土台には石が使われていた事が分かる。『東京帝国大学五十年史（上）』には、明治天皇を迎えるために教官や学生が整列した写真が掲載されている。馬車に乗っていたのは明治天皇だろうか？

だ者は17人しか居なかった。寄宿舍は550人を収容出来、翌年から一般学生も入寮する。

若狭国小浜藩（福井県南西部）貢進生の和田維四郎（14歳）はドイツ語を選んだ。小浜藩の蘭方医、杉田玄白の『解体新書』はドイツ人の書いた本のオランダ語訳からの重訳で、ドイツの学問の水準が高い事を藩校順造館で学んでいたのかも知れない。日本人として初めてドイツに留学した長州藩の青木周蔵は精得館（長崎医学伝習所の後身）で医学を学んだ時に、オランダ語で書かれた医学書の殆どがドイツ語からの翻訳である事を知り、さらに蘭書に「ドイツの学問に勝る物は無い」との記述を見つけて渡独を決意している（坂根，2004）。

大学南校のドイツ人教官はゴットフリート・ワーゲナー（Gottfried Wagener）やエルウィン・クニッピング（Erwin Knipping）。ワーゲナーは1866年にアメリカ資本が運営する長崎の石鹼工場の技師として来日した（故ワグネル博士記念事業会編，1938）。自らワグネルと名乗ったらしいが、最初のeを落としている。大学南校での月給は200ドルで、製作学教場（工芸職人養成所）設立を建議し、東京開成学校に教場が出来るとこちらに移る。クニッピングは北ドイツ連邦（ドイツ帝国の前身）の外交文書運搬船の見習士官だったが、1871年（明治4年）に横濱で下船し、ワーゲナーに誘われて南校に勤務（気象庁編，1975）。後に東京气象台に移る。南校で気象や地震の観測を始め、和田はこれを手伝ったとされる。遅れて南校に入学した九里龍作（後、五代家の娘婿となって五代龍作）は、後に和田を「矮小の体に偉大なる脳力」と評している（井上編，

1922）。明治期に背が低いと言ったら150 cm台。夏目漱石は157 cm，化学者，池田菊苗は155 cm，新島 襄の夫人，八重は140 cm台だったと云われる。一方，和田と同じ歳で石見国（島根県）津和野藩貢進生の小藤文次郎は多くの学生と同じく英語を選択した。『日本博士全傳』（萩原編，1888）の小藤の項目に拠れば，実際に入学したのは明治3年12月，つまり1871年1月になっていた。明治5年12月3日の翌日を明治6年（1873年）1月1日にずらすまで，西洋歴との間には1ヶ月近ずれが有ったのである。

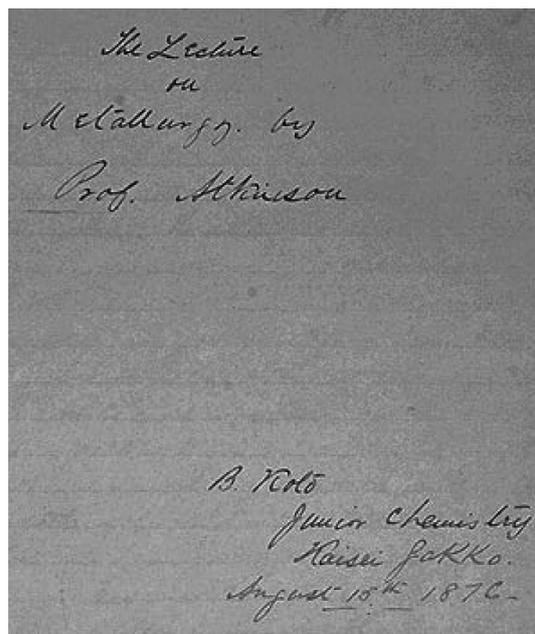
東大創立前の最後の形，東京開成学校は法学，化学，工学，諸芸学，鉱山学の5つの学校（学部）から成り（学校の中に学校が有るという構造はやがて帝国大学に再現される），諸芸学はフランス語，鉱山学はドイツ語，それ以外では英語で外国人が教えた。各校は本科・予科各3年に別れていて，予科はやがて東京外国語学校英語科の後身，東京英語学校を吸収して4年制の東大予備門に変わる。日本最初の小学校と云われる開智学校が松本に出来るのは1873年（明治6年）で，中学が整備されるのはさらに後。東京開成学校は入学前の準備から自前でやらねばならなかった。なにしろ少し前までは第一大学区「第一番中学」だったのだから。東京開成学校の校舎は一つ橋隣の神田錦町に在り，木造二階建て白ペンキ塗り擬洋風。東西に走る3棟の西端に正面棟を垂直に接合したE字と，正面棟に並行する，裏側の講堂を渡り廊下で繋いだ形で，白地に赤で開の字の大きな校旗（第3図に見える第一大学区東京開成学校の旗とは赤白が逆転）が掲げられていた。

様々な言語を使って教えるのは大変で，新政府は，ヴァ

一ベックの提言でドイツ語に変わった医学を除き、英語に統一しようとした。或る程度、学生が居た諸芸学校（現在も続く仏エコール・ポリテクニクを模範とした）については物理学に特化する事で解決したが、鉱山学校は閉鎖する方針が決まり、学生達にドイツ語で教える東京医学校への転校、もしくは別の学部・外国語への転向を促した。こうしてやがて東大を卒業する者は、私が調べられた限りでは、17人の貢進生の内、医学部製薬学科を卒業する下山順一郎（犬山藩）と医学科を卒業して軍医に成る鹿嶋武男（高岡藩）だけで（帝国大学教授に成るのは3人）、貢進生以外でも大学南校でドイツ語を選択して東大を卒業する者には製薬学や医学に転向した者が多い。和田は鉱山学校に留まってカール・シェンク（Carl Schenk）から金石学（鉱物学）を学んだ（今井，1963b）。金石学とは化学と同じく中国語からの借用だが、金属や石に書いた文字の判読という原意から変わっている。

小藤は東京開成学校時代、工学校でヘンリー・スミス＝マンロー（Henry Smyth Munroe, 東京開成学校教官に成る前に開拓使に雇用されて北海道の地質を調査）に学んだのだろうと云われていたのだが（今井，1965）、ひよんな事から彼の東京開成学校から東大にかけてのノートが見つかり（最終回で説明）、化学校で、イギリス人アトキンソン（Robert William Atkinson）から一般化学、分析化学、有機化学そして冶金学を、アメリカ人備達爾（Peter Veeder）から物理学を学んだ事が明らかになった。1876年（明治9年）8月のノートに「B. Koto, Junior Chemistry, Kaisei Gakko」との書き込みが有り（第4図）、これは東京開成学校化学学校予科を意味すると私は考える。勉強内容は後に東大理学部化学科を1年先に卒業する高松豊吉が学んだ科目と酷似している。英語を選んだ小藤には様々な分野へ進む可能性が有ったはずだが、小藤は貢進生が廃藩置県で廃止された際に故郷へ帰る旅費を支給された時に、旅費を使って留まり、同郷の福羽美静（大学本校の教官、後、文部省の役人）の屋敷に書生として住み込み、福羽に「宇宙開闢論をやらねばならん」と言われて地質学に興味を持った（八杉，1935）。ジオロジーのジオが地球を意味する事、つまり地質学とは「地球の学問」（第1図）である事を小藤は知っていたのだろう。

1875年（明治8年）8月、シェンクの後任、エドムント・ナウマン（22歳, Heinrich Edmund Naumann, 第5図）が来日したが、航海中（マルセイユから横濱まで船を乗り継ぎながら2ヶ月かかった）の7月に学生が9人に減った所で鉱山学校は廃止されていた（今井，1963b）。東京開



第4図 小藤文次郎の残したアトキンソン口述冶金学のノート（東京大学総合研究博物館公開の物を同博物館の許可を得て転載）。
「The Lecture on Metallurgy by Prof. Atkinson
B. Koto Junior Chemistry, Kaisei Gakko August
10 (?) th 1876」と読める。



第5図 ナウマンの肖像（ウィキペディア http://ja.wikipedia.org/wiki/ハインリッヒ・エドムント・ナウマン#mediaviewer/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Heinrich_Edmund_Naumann.jpg より転載；2014/08/20 確認）

成学校製作学教場助教に成っていた和田（20歳）と共に文部省金石取調所で鉱物標本を調査する（今井，1963a）。学校が無くなって教えられない教官と中退させられた元学生の珍妙な出会いだった。歳も2つしか違わない。和田に

関する文献を読むと、退学になった途端に助教に任命されるという奇妙な記述にぶつかるが、製作学教場という事が説明されていない。教場は正則生が学ぶ所ではなく、職工養成のための非正規コースで、ワーゲナーには通訳が付いたとされるから、和田はナウマンが来るまで通訳をしていたのだろう。

ナウマンはザクセン王国マイセンの生まれ。ミュンヘン高等工業学校卒業後、ミュンヘン大学哲学二部（理学部）でカール・ギュンベル（Carl W. Gumbel）から地質学を学んで博士号を取得した（今井，1963b）。ドイツでもプロイセン王国がデンマーク、オーストリア、フランスとの戦いに次々に勝利して、北ドイツ連邦、そしてドイツ帝国の盟主に成る激動期だった。廃藩置県で整理される日本とは違い、ドイツ帝国では最後まで王国や大公国の寄り合い所帯（徳川幕府の様な状態）が続く。当時のドイツでは、博士号は頑張れば卒業と同時にもらえる物で、少し後では、本多静六の様に日本人でも2年でミュンヘン大学を卒業し、かつ博士に成った者が居る。卒業後、ナウマンはバイエルン王立地質調査所助手と成り、所長を併任するギュンベルの推薦で来日した。翌1876年（明治9年）、帰米したスミス＝マンローを継いでナウマンが東京開成学校工学校教授に就任すると、和田はナウマンが地質学を教えるのを手伝った。後に帝国大学数学科教授に成る藤澤利喜太郎（専攻に関係なく英語で教える様が変わった、末期の東京開成学校予科生）に拠れば、この頃、和田は小石川区諏訪町に住んでいたらしい（井上編，1922）。ナウマンは英語が下手で、学生から意味不明だと批判されたという話が太平洋戦争の頃まで東京帝国大学（東大は帝国大学を経て東京帝大に変わる）に残っていた。

外国人に学生を教えさせる一方で、新政府は欧米に留学生を送っていた。大学南校・東校の開校から1年もしない内に両校の教官・学生を派遣した（東京帝国大学編，1932）。南校は教官4人学生6人を派遣。教官の1人は、阮甫の孫の箕作大六で、幕府留学生として11歳で渡英したものの幕府の崩壊で1年半で帰国し、助教として英語を教えていた（宮永，1994）。もう1人は、この時に南校を辞めて外務省役人として渡米した矢田部良吉で、辞職してコーネル大学に入学した後で追認される。東校は新規派遣10人の他に、既に留学していた3人を追認した。これら南校・東校留学生の多くは、上海から長崎、神戸、横濱を経て桑港^{サンフランシスコ}へ向かう米太平洋郵船（パシフィック・メール）の外輪船グレート・リパブリック号に横濱から1870年（明治3年）10月に一緒に乗船した（東京帝国大学編，

1932）。横濱にはたいした設備は無く、沖に停泊する船に2つの波止場のどちらかから小舟で近づいて乗るしかなかった。25日をかけてサンフランシスコに着き、湾内対岸のオークランドから大陸横断鉄道に乗り、1週間後に大西洋岸に出て、英国リヴァプールに向けて出港。東校留学生はさらにオランダ経由でドイツへ向かった。北海道の開拓を担当する開拓使（北海道庁の前身）も第1期7人をアメリカに、第2期11人を米仏露に派遣し、さらに既に留学していた2人を追認した（田中，1982）。しかしながら、税制も整わない中、資金が続かず、1873年（明治6年）末、政府は国費留学生全員に帰国を命じた。それでも、南校留学生の箕作大六と矢田部良吉、東校留学生の長井直安（後に長義^{ながよし}と改名）、開拓使工学留学生で会津出身の山川健次郎などが支援者（箕作と長井の場合は日本人、山川の場合はアメリカ人）を見つけて留まり、やがて大学を卒業して帰国する。

留学制度を見直して第1回文部省外国留学生在が派遣されたのは1875年（明治8年）夏（石附，1992；湯浅編，1988）。文部省は留学生在が満たすべき厳しい条件を定めたが、該当者も志願者も無く、東京開成学校生から11人が選ばれた。留学期間は5年で、熊本藩貢進生として大学南校でドイツ語を学び、鉦山学校予科でクルト・ネッター（Curt Adolph Netto，1873年に工部省小坂鉦山冶金技師として来日）に師事し、ネッターの母校、フライベルク鉦山学校に留学する安藤清人と、元姫路藩貢進生で諸芸学校予科から巴里^{パリ}のエコール・サントラルに留学する古市公威（和田や小藤と同窓ながらフランス語を選択）の他はアメリカ留学を命じられた。化学学校本科生3人は小藤文次郎同様にアトキンソンから冶金学を学んでいて、コロンビア大学鉦山学科へ向かう。一行は、5年前に南校から留学した目賀田種太郎（今回は文部省留学生在監督官として4年間滞米）に付き添われて横濱からパシフィック・メールの新造スクリュー船シティ・オブ・ペキン号で渡米した。古市と安藤は紐育^{ニューヨーク}から大西洋を渡り、古市は高校で1年学んだ後、エコール・サントラルに入学するが、安藤は結核が悪化して帰国し、熊本で死亡する。

翌1876年（明治9年）、櫻井錠二（化学学校の学生、貢進生に1年遅れて南校に入学）、衣斐弦太郎（後の関谷清景、工学校、元美濃国大垣藩貢進生）ら東京開成学校本科生10人が第2回文部省留学生在に選ばれた（島尾，2002）。駐倫敦文部省留学生在監督官に任じられた正木退蔵（大蔵省留学生在として貨幣製造のためにロンドン大学ユニバーシティ・カレッジに留学し、アトキンソンを教授に抜擢して一

緒に帰国していた)に連れられて、6月、横濱からパシフィック・メールのアラスカ号に乗り、サンフランシスコに到着。この船は外輪船で帆も備えていた。フィラデルフィア万博を見たりしながら大陸を横断し、大西洋を渡ってイギリスに到着。諸芸学校の2人は渡仏し、他の者は然るべきイギリスの学校に入学した。本科生の水準は高く、フランスに渡った2人を含めて全員が直ちに入試に合格したのである。結核やノイローゼで帰国する者を出しながらも、日本の科学や鉱工業を担う人材が育っていく。

文 献

- 萩原善太郎編(1888)日本博士全傳。吉岡書籍店、東京、152p.
- 今井 功(1963a)地質調査事業の先覚者たち 地質調査所を築いた人—和田維四郎—。地質ニュース, no. 105, 30-35.
- 今井 功(1963b)地質調査事業の先覚者たち(2)日本地質学の創始者—ナウマン—。地質ニュース, no. 107, 25-29.
- 今井 功(1965)地質調査事業の先覚者たち(7)小藤文次郎。地質ニュース, no. 135, 13-23.
- 井上禧之助編(1922)和田先生追悼会記事。地質調査所記念会、東京、76p.
- 石附 実(1992)近代日本の海外留学史。中公文庫、東京、500p.
- 気象庁編(1975)気象百年史。気象庁、東京、740p.
- 故ワグネル博士記念事業会編(1938)ワグネル博士追懐集。故ワグネル博士記念事業会、東京、467p.
- 宮永 孝(1994)慶応二年幕府イギリス留学生。新人物往来社、東京、278p.
- 岡田博雄・鈴木茂之(2009)日本最初の用語「地質学」の成立: 箕作阮甫(1799-1863)の貢献。岡山大学地球科学研究報告, 16, no. 1, 1-7.
- 坂根義久 校注(2004)青木周蔵自伝。ワイド版東洋文庫168, 平凡社、東京、222+4p.
- 島尾永康(2002)人物化学史—パラケルススからポーリングまで—。朝倉書店、東京、234p.
- 田中 彰(1982)北大百年の諸問題 札幌農学校の米欧文化。北海道大学編, 北大百年史 通説, ぎょうせい, 札幌, 487-505.
- 寺崎昌男(2007)東京大学の歴史 大学制度の先駆け。講談社学術文庫、東京、299p.
- 東京帝国大学編(1932)東京帝国大学五十年史(上)。東京帝国大学、東京、1429p.
- 八杉貞利(1935)噫、小藤文次郎先生。島根評論, 12, no. 4, 83-87.
- 湯浅光朝編(1988)コンサイス科学年表。三省堂、東京、747p.
-
- SUZUKI Masashi (2014) Tracks of Japanese geology (1) Tsunashiro Wada and Bunjiro Koto in youth.
-

(受付: 2014年2月3日)



荒岡 大輔 (あらおか だいすけ) 地圏資源環境研究部門 (鉱物資源研究グループ)

2014年4月より、任期付研究員として地圏資源環境研究部門鉱物資源研究グループに配属になりました、荒岡大輔と申します。私は、慶応義塾大学理工学部応用化学科を卒業し、東京大学大学院新領域創成科学研究科の修士課程を経て、2014年3月に同大学院にて博士の学位を取得いたしました。専門は地球化学で、同位体を使った古気候・古海洋学や年代測定学、物質循環に関する研究を行ってきました。学部課程ではサンゴの骨格の微量元素組成に基づいた古海水温復元について、修士ではサンゴ化石の放射年代測定による津波再来周期について、琉球列島を対象に研究を行ってきました。博士課程ではリチウムの同位体比に着目し、河川水や地下水、海底熱水系でのリチウムの挙動や、岩塩型リチウム鉱床の成因を通じて、地球表層でのリチウム循環に関して考察してきました。

今後は、今までに学んできた地球化学の知識を生かし、レアメタルに関連した鉱床の成因や資源ポテンシャルの評価に関する研究を実施していく予定です。特に、野外調査を通じて岩石・鉱物学や鉱床学について新た



に勉強していきたいと思っております。また、産総研地質分野の専門の多様さを生かし、様々な分野の方と幅広い共同研究を展開していけたらと考えております。今後ともご指導ご鞭撻の程、どうぞよろしくお願いいたします



森 宏 (もり ひろし) 活断層・火山研究部門 (地震災害予測研究グループ)

活断層・火山研究部門、地震災害予測研究グループに特別研究員として配属されました、森宏と申します。これまでの研究では、沈み込み帯の温度構造に着目するとともに、数百万年もしくは数千万年の長期間の時間スケールで形成された地質構造を対象としてきました。卒業研究では沈み込み帯浅部・付加体(美濃-丹波帯)における流体包有物解析を用いた付加体形成時の温度-圧力条件の制約、修士研究では沈み込み帯深部・高圧変成帯(三波川帯)において岩石の変形段階分離および褶曲記載を中心とした構造解析による初生的温度構造と現在の地質構造との関係究明、博士研究では内陸横ずれ断層(中央構造線)を対象として炭質物ラマン分光分析を用いた剪断熱検出および断層強度制約に取り組んできました。

今後は、反射法地震探査によって得られた反射断面の地質学的解釈を行う予定です。そして、これまでの



地質学的な研究経験と、新たに身に付けていく技術・知識を融合させ、高精度かつ広域的な地質構造の解明に努めていきたいと考えております。



江島 輝美 (えじま てるみ)

地圏資源環境研究部門 (鉱物資源研究グループ)

2013年9月から地圏資源環境研究部門鉱物資源研究グループにポスドクとして所属させていただいている江島輝美です。2013年3月に島根大学で博士号を習得した後、九州大学で学術研究員をさせていただいていました。現在は、「堆積岩および風化した花崗岩中のREE含有量とREE鉱物の分布」、「地殻から上部マントル環境下における鉱物の3価鉄の存在状態と存在領域の解明」に関する研究を行っています。研究の専門分野は、鉱物学および結晶学です。X線回折装置 (XRD)、電子線微小部分分析装置 (EPMA)、メスバウアー分光分析、Raman分光分析、透過型電子顕微鏡 (HR-TEM) を用いた研究をメインとして行ってきました。

現在のグループでは、資源についての研究を



行っている中で、鉱物資源および資源地質に関して理解を深めていきたいと考えています。よろしくお願いします。



松崎 賢史 (まつざき けんじ)

Kenji Marc Raymond Matsuzaki

地質情報研究部門 (海洋地質研究グループ)

2014年4月1日付けで産総研特別研究員として地質情報研究部門・海洋地質研究グループに配属となりました松崎賢史と申します。専門は微化石学と古海洋学です。深海堆積物に保存されている挂質微化石である放散虫の群集変化を用いて過去の海洋循環と古水温の変動などを復元しています。これまでに、東北日本の下北沖や南西日本の紀伊半島沖から採取されたコアについて、前期更新世から現在まで(過去200万年間)の研究を行ってきました。これらの海域は暖流の影響を受けており(黒潮および津軽暖流)、更新世における暖流の勢力が著しく変化していたことを明らかにしました。

フランスのパリで日本人の父とフランス人の母から生まれて、その後いくつかの国で教育を受け、幼少の頃から様々な文化や言語を学んできました。その中でも恐竜の化石に興味を持ち、フランスのBORDEAUX第1大学の地球科学科に入学をしました。また、BORDEAUX第1大学の修士課程では、東北大学に留学をして日本の微化石研究の文化に接する機会を得ました。博士課程では東北大学に編入学して、2013年に学位を取得しました。



産総研には様々な分野の研究者が多くいらっしゃいます。この機会を生き、これまで以上に視野を拡げてよりインパクトのある研究を進めていきたいと考えておりますので、今後ともどうぞよろしくお願いいたします。

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 利光誠一
副委員長 金井 豊
委員 富島康夫
丸山 正
杉原光彦
中嶋 健
七山 太
森尻理恵
伏島祐一郎
渡辺真人
宮内 涉
デザイン
レイアウト 菅家亜希子
9月号
編集担当 渡辺真人

事務局

独立行政法人 産業技術総合研究所
地質標本館
TEL : 029-861-3687
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

<http://www.gsj.jp/publications/gcn/index.html>

GSJ 地質ニュース 第3巻 第9号
平成26年9月15日 発行

独立行政法人 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
つくば中央第7

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

印刷所 前田印刷株式会社

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor: Seiichi Toshimitsu
Deputy Chief Editor: Yutaka Kanai
Editors: Yasuo Tomishima
Tadashi Maruyama
Mituhiko Sugihara
Takeshi Nakajima
Futoshi Nanayama
Rie Morijiri
Yuichiro Fusejima
Mahito Watanabe
Wataru Miyauchi
Design &
Layout Akiko Kanke
editorial
staff Mahito Watanabe

Secretariat

National Institute of Advanced Industrial
Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geological Museum
Tel : +81-29-861-3687
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ Chishitsu News Vol. 3 No. 9
Sep. 15, 2014

National Institute of Advanced Industrial
Science and Technology

Geological Survey of Japan

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

All rights reserved

Maeda Printing Co., Ltd

