

GSJ 地質ニュース

GSJ CHISHITSU NEWS

— 地球をよく知り、地球と共生する —

2016

9

Vol. 5 No.9



9月号

267-273

ASEAN における Harmonized 地質図作成プロジェクト

大久保泰邦・高橋 浩・大野哲二・Wongsomsak Sompob・
Sieng Sotham・Surinkum Adichat・藤田 勝・脇田浩二

274-278

GSJ データベースへのアクセスの集計・解析

吉川敏之・島田幸子・谷島清一

279-286

東西日本の地質学的境界 【第三話】銚子の帰属

高橋雅紀

287-289

タイ国立地質博物館 地中熱ヒートポンプシステム設置工事

内田洋平

290-292

平成 27 年度廣川研究助成事業報告 (1) 若い火山岩試料に対する K-Ar 年代法の高度化に向けた 国際共同研究 ～打合せと試験的試料分取～

山崎誠子

293-295

平成 27 年度廣川研究助成事業報告 (2) 放射性廃棄物地層処分技術・研究の動向調査と 国際共同研究に向けた情報収集

朝比奈大輔

296-298

平成 27 年度廣川研究助成事業報告 (3) 機能性粘土鉱物の成因調査と利用に関する国際共同 研究に向けた事前協議

森本和也

Cover Page



Mirage of Nemuro Bay taken from Arahama Cape, Notsuke Peninsula, eastern Hokkaido.

(Photograph and caption by Futoshi NANAYAMA)

野付半島荒浜岬から撮影された根室湾の蜃気楼

蜃気楼とは、大気中での光の屈折により、地上や海上の物体が浮き上がって見えたり、逆さまに見えたりする自然現象である。その語源は中国の古書にあり、蜃が吐く気によって、楼閣を出現させると考えられたことに由来するとされる。2015年10月21日午後、野付半島での地形調査中に、根室湾の水平線の少し上に、幻想的な蜃気楼が現れた。この海域では、天気のよい冬場や海水温と気温との差が大きい時にしばしば現れるという。またこの付近では蜃気楼の一種として、通常は丸く見える太陽が四角く見える現象も地元ではよく知られている。

(写真・文：七山 太 / 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門)

ASEAN における Harmonized 地質図 作成プロジェクト

大久保泰邦¹・高橋 浩²・大野哲二¹・Wongsomsak Sompob³・Sieng Sotham⁴・
Surinkum Adichat⁵・藤田 勝⁶・脇田浩二⁷

1. カンボジアとタイの地質図の繋ぎ合せ

日本の場合、一つの地質図を描く時の範囲は決まっている。例えば20万分の1の地質図の場合、東西方向は1度、南北方向は40分の四角の範囲である。その範囲内では地質図は連続している。しかし隣の地質図と合わせてみると境界で不連続になっているのが分かる。これは地質の凡例に割り当てられている色の違いや、地質図は露頭で調査した点のデータを使って解釈を行って面データにするのであるがその解釈が異なるなどさまざまな理由によって起こるのである。

ではそれを連続にするためには、凡例の統一や解釈の統一を行うこととなる。これは一人の地質学者が行うのであればそれほど難しいことではないが、複数の地質学者が行おうとすると、データにまで遡った議論が必要になり、時には論争になってしまうこともある。

ASEAN の場合、多くの国が陸続きで接している。そのためそれぞれの国は国境内の自分の領土の中の地質図の編集を行うことになる。それぞれの国の地質図を繋ぎ合えると、当然のことながら国境で不連続になる。

第1図は凡例を統一してカンボジアの地質図とタイの地質図を繋げたものである。国境が地質の境界になっているが、これはそれぞれの国で取得し分析したデータの違いや解釈の違いが原因である。

日本においては、このつなぎ目(シーム)を繋ぎ合わせることを「シームレス化」と呼んでいる(脇田, 2011)。ここでは「シームレス化」のことを「Harmonization」、シームレス化によってできた地質図を「Harmonized 地質図」と呼ぶ。

2. アジアにおける Harmonized 地質図

アジアにおいて最初の多国間の Harmonized 地質図は、CCOP で作成した200万分の1の数値地質図である(CCOP and GSJ, 1997)。この作成プロジェクトは地質図の数値化が盛んに行われるようになった時期にあたる1993年に始まった。CCOP の加盟国から国を代表する地質学者が200万分の1の地質図を持ち寄り、室内作業によって統一凡例を作り、Harmonization を行い、できたアナログ Harmonized 地質図を GIS (Geographic Information System: 地理情報システム) を使って数値化するものであった。

その後 ASEAN 諸国では大縮尺の地質図が編集され、その Harmonization が ASEAN の中で試みられ、共同調査も行われてきた。ASEAN のこの活動に日本が参加したのは、日本が2011年から開始した ASEAN 鉱物資源データベース構築に関わる研修プロジェクト(大久保ほか, 2014)の中に Harmonized 地質図を取り込んだことに始まる。2014年からはこの研修プロジェクトは国際協力機構(JICA)の課題別研修として実施されている。研修プロジェクトであるので、現地での地質調査は、日本と ASEAN 各国からの講師と ASEAN 各国からの研修員によって行われている。

3. カンボジア西部、タイ国境付近での地質調査

3.1 プノンペンからパイリンへ

2015年11月7日～10日、カンボジア、マレーシア、ミャンマー、フィリピン、ベトナム、ラオス、タイ、日本から総勢21名が集まり、カンボジア西部のタイ国境付近

1) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

2) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

3) Department Mineral Resources, タイ

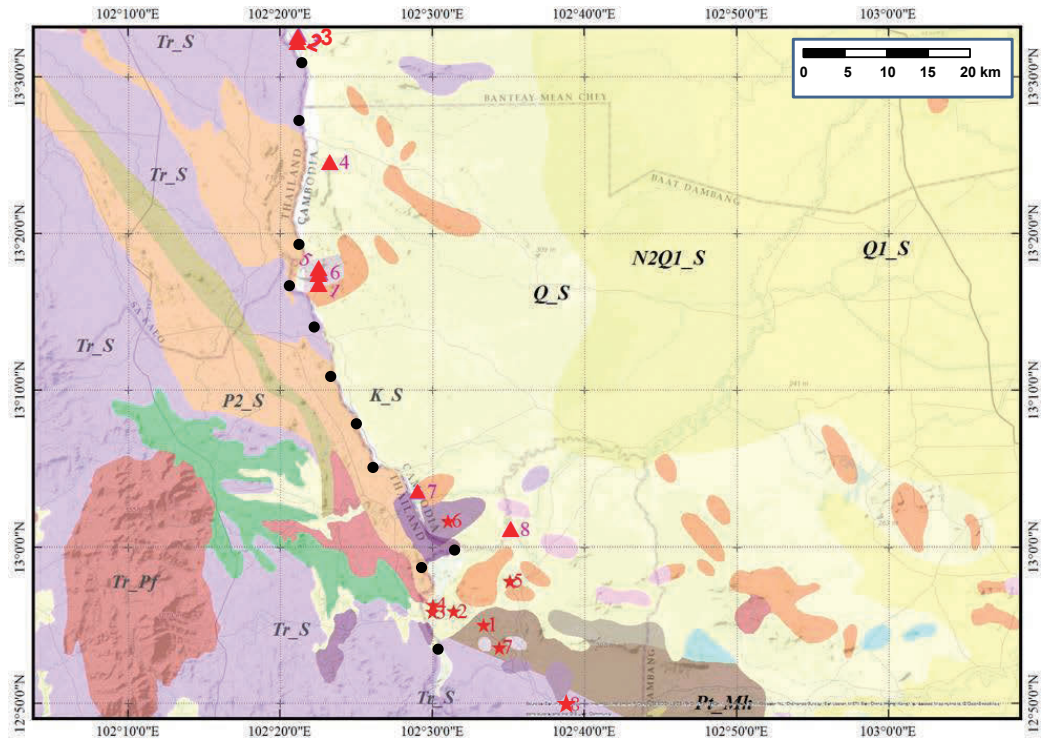
4) Department of Geology, Ministry of Mines and Energy, カンボジア

5) CCOP 事務局

6) 宇宙システム開発利用推進機構

7) 山口大学

キーワード: ASEAN, 東南アジア諸国連合, CCOP, Harmonized 地質, 統一凡例, GIS, カンボジア, GDEM, 人工衛星画像



第1図 カンボジアとタイの100万分の1の地質図を基にして接続した地質図。
 Tr_S: 三畳紀堆積岩, Tr_Pf: 三畳紀珪長質深成岩, P2_S: 中期ベルム紀堆積岩, Q_S: 第四紀堆積岩, N2Q1_S: 中期中新世—前期第四紀堆積岩, Q1_S: 前期第四紀堆積岩
 ★1-8, ▲1-8は露頭調査の場所。●はタイとカンボジアの国境の位置を示す。
 データソース: Bureau of Geological Survey, Department of Mineral Resources (2003), CCOP (2008), Department of Geological Survey and Mineral Exploration, Ministry of Mines (2013), Geological Survey of Vietnam (1991), Japan International Cooperation Agency (2010), Vietnam Institute Geosciences and Mineral Resources (2009).

で地質調査を行った。

11月7日、7台の4輪駆動車を連ねてカンボジアの首都、プノンペンを出発した。経路は東南アジア最大の淡水湖であるトンレサップ湖の南側を通る国道5号線に沿って、コンポンチュナン、プルサットを通り、バツタンバンまで行き、そこから国道を外れてパイリンへと向かう道りである(第2図)。

カンボジアの首都プノンペンは、メコン川とその南のトンレサップ湖から流れ出るトンレサップ川の合流点に位置する。雨季になればメコン川は増水し、川沿いは洪水になる。しかしプノンペンはトンレサップ湖が自然の貯水池となって洪水を防いでいる。

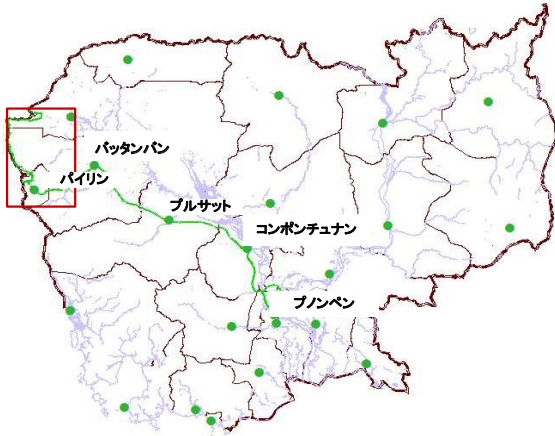
トンレサップ湖は、乾季の間、水深は1m程度に留まり、面積は2,500平方km(琵琶湖の4倍程度)である。しかし5月半ばから11月半ばの雨期にはメコン川の水量が多くなり、その水がプノンペンの合流地点からトンレサップ川に逆流する。その水はさらに川上のトンレサップ湖へと向かい、周囲の土地と森を水浸しにしながら水嵩

が増加する。トンレサップ湖の面積は拡大し約6倍、1万6,000平方km、深度も9mに達する。

バツタンバン、パイリンが位置するカンボジア西部は、かつてポル・ポトが逃げ込んだ場所であった。この地はトンレサップ湖の豊富な水産物に恵まれ、肥沃な農地が広がる地域である。今ではキャッサバ畑(写真1)とトウモロコシ畑が広がっている。

ここは以前ジャングルが広がり、ポル・ポトが率いるクメール・ルージュ軍の拠点だったことから1990年代後半まで激しい戦闘が繰り広げられ、多くの地雷が埋められていた。しかし日本をはじめとする多くの国々が地雷除去支援活動を行った努力下、次第に農地へと変貌した。

タイ国境で活動するタイ人実業家はこの地に目をつけ、キャッサバとトウモロコシの栽培を始め、タイに飼料用として輸出をするようになった。特にタピオカでん粉原料となるキャッサバの生産量が急増した。近年は中国からのエタノール原料としての需要も増加しており、2012年から中国への輸出も行われており、さらなるキャッサバの生産



第2図 カンボジアの地図。枠は調査地域を示す。

あった。我々が露頭調査をしていると車に乗ってオーナーが心配そうに現れた。言語はタイ語である。つまりオーナーはタイ人であった。そこでタイ人である Adichat CCOP 事務局長がこのオーナーと対応してくれた。キャッサバ畑や採石場などの国境付近での開発に関わる実業家はほとんどがタイ人とのことである。

調査地域の地層はこのペルム紀の石灰岩層（写真3）と三畳紀の堆積岩層（写真4）を基盤とし、第四紀の堆積岩が覆うというものであった。ペルム紀の石灰岩層は主に調査地域の南部に、三畳紀の堆積岩層は主に北部に分布していた。

写真5はカンボジア側の高台からタイ側を撮影した風景である。遠方に見える丘はタイ側に位置する基盤の山と予



写真1 カンボジア西部に広がるキャッサバ畑（2015年11月8日撮影）。



写真2 ペルム紀石灰岩の採石場（2015年11月8日撮影）。場所は第1図の★5。後姿の人物は著者の一人 Sotham.

拡大が見込まれている。

3.2 露頭調査

パイリンの町からさらにタイとの国境付近に行くと、国境沿いに走る完成したばかりの2車線の舗装道路に突き当たる。その道を北上すると、ところどころにパスポート無しでもタイ側へ渡ることができるチェックポイントがある。そこにはホテル、カジノ、商店が立ち並び、大勢の人々が賑わっている。

チェックポイントでは新しい建物や道路が建設されている。その建設用骨材は近くの採石場から採りだしている。そのため地質調査のための露頭には事欠かない。3日間で約20か所の露頭を調査することができた。

写真2は採石場の例である。石はペルム紀の石灰岩で



写真3 ペルム紀の石灰岩層（2015年11月9日撮影）。場所は第1図の▲1。



写真4 三畳紀の堆積岩層 (2015年11月9日撮影)。
場所は第1図の▲3。著者の一人高橋がサンプルを採っている。

想される。木が生い茂る平地は第四紀の地層である。

第1図の地質図では、タイ側は中期ペルム紀と三畳紀の基盤だけが描かれており、カンボジア側は基盤とそれを覆う第四紀堆積層が描かれている。そこで国境が完全な不連続になっていることが分かる。

4. 全球3次元地形データ (GDEM) を利用した Harmonization

全球3次元地形データ (Global Digital Elevation Map : GDEM) は、ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) で得られたステレオ画像のデータを解析して作られた、全地球を覆う水平分解

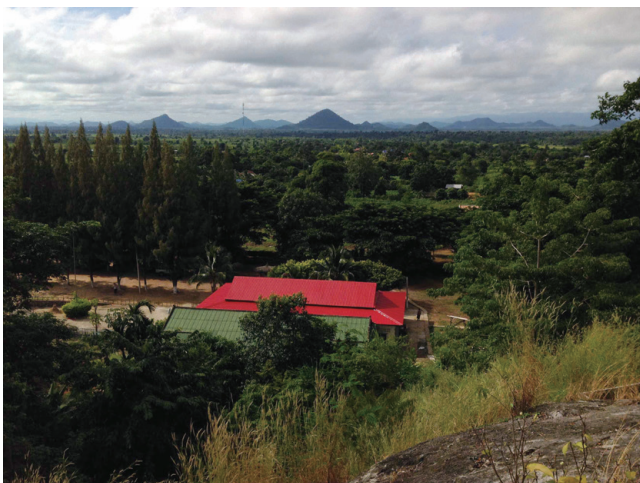


写真5 ペルム紀の石灰岩の丘 (場所は第1図の▲1) からタイ側を見た様子 (2015年11月9日撮影)。
いくつかの山は基盤の山と予想される。

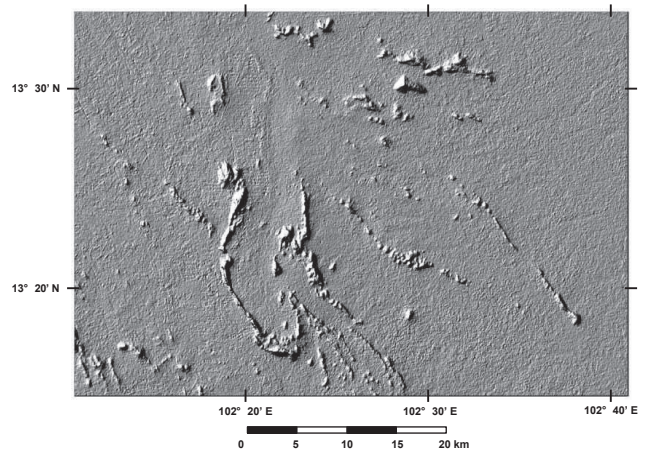
能が約30メートルの数値地形モデルである。第3図はこのGDEMを使って地形解析を行って作成した地形の陰影図である。

第3図の南側には南北もしくは南南東—北北西方向に走る長い山が連なっているのが分かる。また第3図の北側には東西方向に伸びる山が見える。露頭調査で分かったことは、前者は中期ペルム紀の石灰岩の山であり、後者は三畳紀の堆積岩の山である。その他の滑らかに見える部分は主に第四紀の堆積層に相当する。

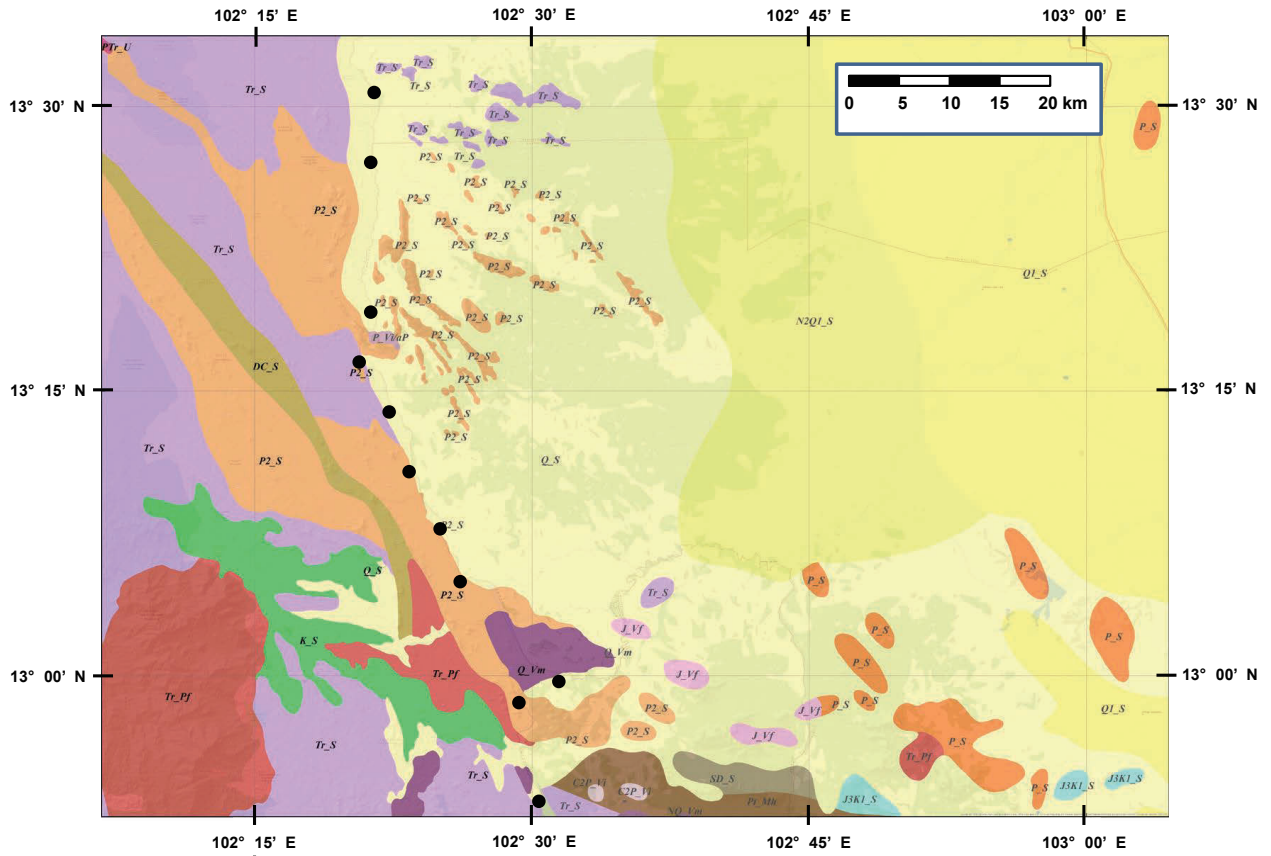
GDEM やランドサット4, ランドサット5, ランドサット7などの人工衛星画像を使って第1図の地質図を描き直したものが第4図の地質図である。第1図のオリジナルの地質図とどこが違ったかといえば、まずGDEMで確認できる山が位置する場所は基盤が露出している所と判読し、中期ペルム系と三畳系基盤の分布がより詳細になった点である。またカンボジア側の第四紀堆積層は、カンボジアとタイの国境で止まっていたが、それを国境を越えてタイ側まで分布を広げた。これは国境沿いに小川が走っており、そこは河川堆積物であることが地質調査で分かっており、GDEMの陰影図でも滑らかなテクスチャーを示していることによる。これによって北側の国境線が地質の不連続線ではなくなった。

第5図は第3図のGDEMの陰影図の上に第4図の地質図を半透明にして重ねた図である。対比すると明らかであるが、地形の高まりがペルム紀、あるいは三畳紀の基盤岩の分布域となっている。タイ側においては依然として基盤岩の分布域を過大に評価している。

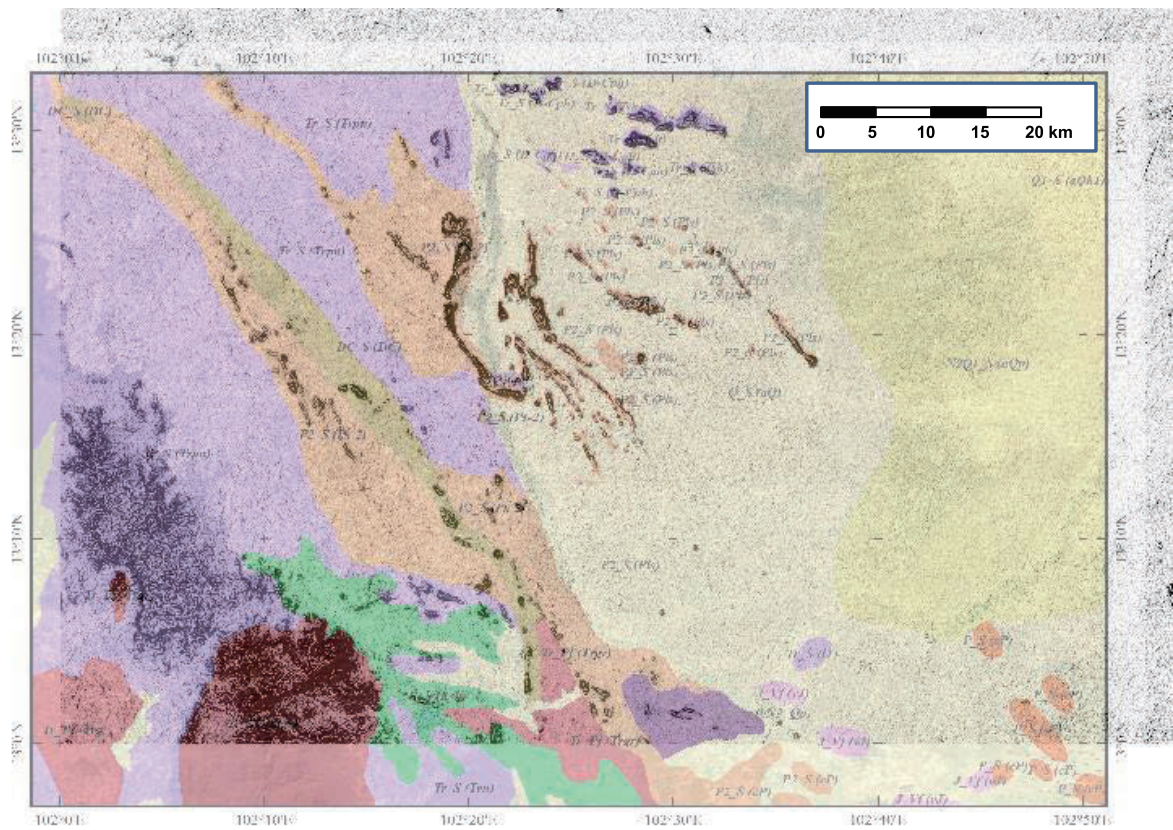
この修正案について、2016年3月に開催されたCCOP



第3図 ASTER GDEM を使って作成した地形の陰影図。
光の入射角は北から60度西、水平から10度上方。



第 4 図 編集した Harmonized 地質図案。●はタイとカンボジアの国境の位置を示す。



第 5 図 編集した Harmonized 地質図案と ASTER GDEM の陰影図の重ね合せ。

管理理事会でのサイドミーティングで議論をした。そこでは、国境線が地質の不連続線ではなくなったものの、やはり基盤を覆う堆積層の表現がタイ側とカンボジア側で大きく異なることに対して違和感を覚えるとの意見が相次いだ。

この議論は二国間の地質図の描き方の考えの違いであり、国際的な Harmonization を行うに際しての本質的な課題である。

5. 「国境を繋ぐ Harmonization」の考え方

第1図に示されたカンボジアとタイの地質図を Harmonization しようとするれば、基盤を薄く覆う第四紀堆積層をどのように表現するのか両国で合意する必要がある。その合意が成立すれば、今度は国内の全域に対して修正が必要か否かを検証しなければならない。この作業は地質学者の同意を必要とし、さらに修正版の作成を行うことになる。この作業を完了するのにどれだけの労力と時間を費やさなければならないか、見当もつかない。つまりほとんど現実不可能な作業である。そこでより簡便な方法を考えざるを得ない。それが「国境を繋ぐ Harmonization」である。

著者らが提案する「国境を繋ぐ Harmonization」とは、まず国境周辺だけに着目し、その部分だけを連続にする作業である。地質図を修正する場合は、それぞれの国の凡例は極力生かす。そうすることによって国境周辺以外の地質分布の変更をしないですませることができる。出来上がった統一凡例はそれぞれの国の凡例を生かすことになるので、分類は多くなる。

しかしそれでも国境付近の修正のため、両国間の地質学者が集まって不連続の確認と、解決法の検討を行う必要がある。必要であれば共同の現地調査を行い、両国間で共通の認識を持つ必要がある。

今回、人工衛星画像によってカンボジアとタイの国境付近では、基盤が国境を越えて連続していることが明らかになった。さらに共同調査によって、基盤の時代も判明した。これによって国境付近の地質の Harmonization の案が提出された。しかしこれはまだ案で、タイとカンボジアの国家レベルの合意には至っていない。また国境付近だけを修正したのであって、さらに国内の地質をどの程度まで修正するかはこれからの議論である。

6. 平和になったインドシナ半島

インドシナ半島はかつて紛争が絶えない地域であった。古くは中国南部からやってきたタイ族、ラーオ族、ビルマ族とインドシナ半島を支配していたクメール族との争いが続いた。9～15世紀に建立されたアンコール遺跡群にもタイ族とクメール族との戦いなどの紛争の歴史が刻まれている。19世紀になると欧米の植民地支配を受け、カンボジア、ラオス、ベトナムはフランスの、ミャンマーは英国の植民地となった。

さらに20世紀になるとベトナム戦争が勃発した。空爆によって爆弾が投下され、大量の不発弾がベトナム、ラオス、カンボジアに埋没して残った。さらにボル・ポト率いるクメール・ルージュの支配、敗走した中国国民党が樹立したゴールデン・トライアングルと呼ばれる武装地域の出現、ミャンマーにおけるシャン族、カレン族などの少数民族と中央政府の内紛などによって、ミャンマーの山岳地域、カンボジア西部には大量の地雷が埋められた。インドシナ半島の国境付近は、少数民族との内紛や埋没している地雷・不発弾のため、調査団が入り込むことができず、地質調査ができない地域であった。

しかしカンボジアに平和が戻り、ゴールデン・トライアングルも消滅し、ミャンマーにおける少数民族と中央政府との和解が進み、インドシナ半島はやっと平和を取り戻しつつある。今まで人が入れなかった地域も開墾が進み、地雷もかなり撤去された。

しかし地雷はまだ残っている。畑となって開墾された土地は安全であるが、畑の一步外に出れば地雷が埋まっている可能性があり、危険である。パイリンからバツタンバンの途中の開墾地で、後期ジュラ紀の堆積岩中にたくさんの恐竜の足跡化石を見つけた(写真6)。参加者は全員で化石のサンプル集めをした。だれかが開墾地の外に出ようとした時、「外に出てはダメ」との声が轟いた。地雷がある可能性があるからであった。

2016年には次のターゲットであるミャンマーとタイの国境で地質調査を行うことを計画している。ミャンマーの山岳地域は鉱物資源が豊富である。鉱物資源探査のためには地質調査が必要であるが、山岳地域は内紛で地質調査が思うようにできなかった。そのため山岳地域の地質図作成は人工衛星画像を使って行われてきた。

計画では、安全が確認された地域において、日本が保有する最新の人工衛星画像を用意、解析し、現地での地質調査はそのグラントゥールースと位置付けて行うことを予定している。

Harmonized 地質図は鉱物資源探査に必要な基盤情報であり、国益と深く関わっている。そのため国家間で競合するかもしれないのであるが、ASEAN は一致団結して協力しあい、情報を整理しようとしている。その意味でも Harmonized 地質図の作成は国際的な協議の場を提供し、平和的な繁栄に寄与するものとなるはずである。

今回の地質調査は日本と ASEAN の 7 か国と 1 国際機関の共同調査となった(写真 7)。ASEAN においてこれほど多くの国が参加する Harmonized 地質図作成のための調査は初めてと思われる。ASEAN の協力と発展に貢献できる意義深いプロジェクトと感ずるのである。

謝辞: 山本将史様(国際協力機構 産業開発・公共政策部 資源・エネルギーグループ)、細井義孝様(国際協力機構国際協力専門員、産業開発・公共政策部)、JICA 筑波、JICA ミャンマーには JICA 課題別研修「ASEAN 鉱物資源データ



写真 6 後期ジュラ紀の堆積岩中の恐竜の足跡化石(2015年11月10日撮影)。場所はバットンバンとパイリンの途中の道沿い。



写真 7 カンボジアにおける鉱物資源データベース構築研修の参加者たち(2015年11月8日撮影)。場所は第1図の★8。

ベース運用能力向上」のプロジェクト推進にご尽力をいただいた。ここに感謝の意を表す。

文 献

- Bureau of Geological Survey, Department of Mineral Resources (2003) Digital geological map of Thailand, scale 1:1,000,000.
- CCOP (2008) Digital geological map of East and Southeast Asia, scale 1:2,000,000, OneGeology Project.
- CCOP and Geological Survey of Japan (1997) Digital Geological Map of East and Southeast Asia 1:2,000,000, Geological Survey of Japan, Digital Geoscience Map G-2.
- Department of Geological Survey and Mineral Exploration, Ministry of Mines (2013) Digital geological map of Myanmar, scale 1:1,000,000.
- Geological Survey of Vietnam (1991) Geological map of Cambodia, Laos and Vietnam, 2nd edition, scale 1:1,000,000.
- Japan International Cooperation Agency (2010) Geological and mineral resources map of Lao People's Democratic Republic, scale 1:1,000,000, Geological mapping and mineral information service project for promotion of mining industry in the Lao P.D.R. (2006-2008).
- 大久保泰邦・大野哲二・Joel Bandibas・大木優利 (2014) ASEAN 鉱物資源データベース。GSJ 地質ニュース, 3, 276-280.
- Vietnam Institute Geosciences and Mineral Resources (2009) Geological map of Cambodia, Laos and Vietnam, scale 1:1,500,000.
- 脇田浩二 (2011) 5 万分の 1 シームレス地質図 日本とフランスの場合。地質ニュース, no. 678, 36-49.

OKUBO Yasukuni, TAKAHASI Yutaka, OHNO Tetsuji, WONGSOMSAK Sompob, SIENG Sotham, SURINKUM Adichat, FUJITA Masaru and WAKITA Koji (2016) Harmonized geology mapping project in ASEAN.

(受付:2016年4月19日)

GSJ データベースへのアクセスの集計・解析

吉川敏之¹・島田幸子¹・谷島清一¹

1. はじめに

産業技術総合研究所(以下、産総研)では、2015年度から始まる第四期において社会と研究現場との「橋渡し」機能に注力することを宣言した(産業技術総合研究所, 2016)。これは、「我が国最大級の公的研究機関として、日本の産業や社会に役立つ技術の創出とその実用化や、革新的な技術シーズを事業化に繋げる」ことを目的としている。そのためには、研究成果がどのように利用されているかという市場・ユーザー調査が欠かせない。

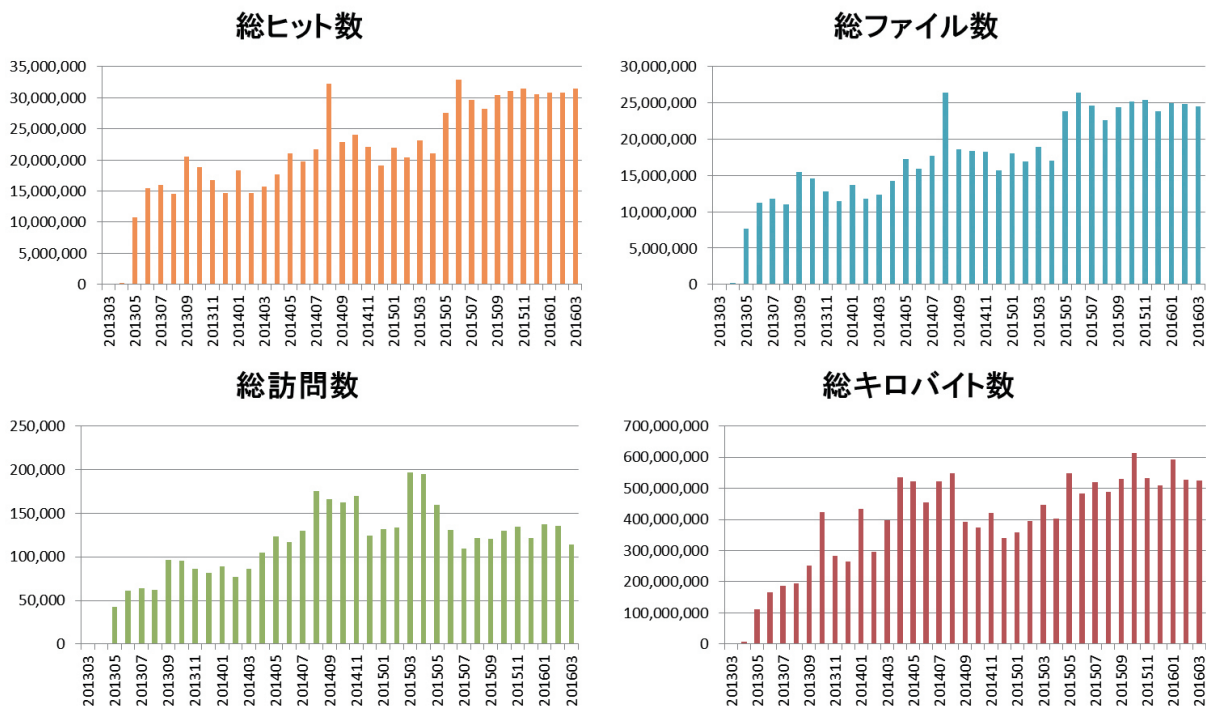
地質調査総合センター(以下、GSJ)では、研究成果である地質情報を広く社会に使ってもらうために、印刷出版およびウェブサイトからの配信により公開している。このうち印刷物やCD・DVD等のメディアについては、在庫管理状況から頒布数を算出することができる。ウェブサイト経由の利用については、データの再配布が可能である現在、

正確な利用件数はわからないが、サーバへのアクセス件数によりおおよその傾向を把握することは可能である。

地質情報基盤センター(2014年度までは地質調査情報センター)では、2013年度から始まったGSJデータベース(以下、gbank)のアクセス状況について、サーバへのアクセスログを取得してきた。また、その情報は可視化ツールであるWebalizerを用いて毎月のレポートを作成し、イントラ上で公開・共有してきた。これまでに約3年分のデータが蓄積したので、アクセスの経年変化の傾向の概要と、2015年度の特徴について報告する。

2. アクセスの集計結果

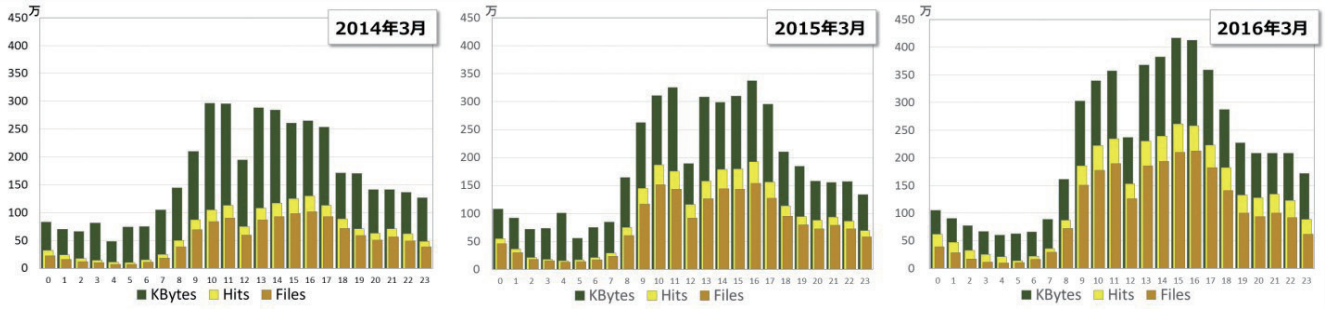
gbankへのアクセスのうち、基本的な集計結果を第1図～第3図に示す。なお、ヒット、ファイル、キロバイト等の定義と集計の仕方は、付録1の説明を参照されたい。



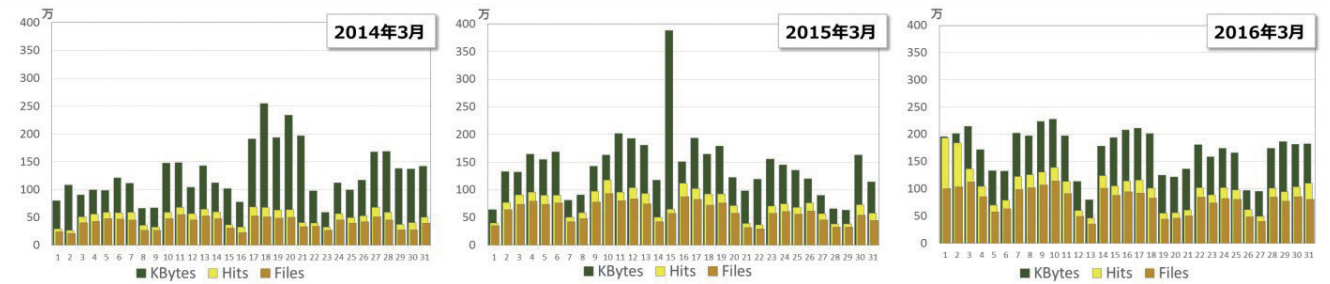
第1図 3年間の月別アクセスの推移
2013年3月から8月までは産総研RIO-DBからの移行期間で、すべてのデータベースがgbankに整備された状況になったのは2013年9月からである。

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報基盤センター

キーワード: アクセスログ, データベース, 集計, 解析, オープンデータ, webalizer



第2図 一日のアクセス数の変化を示したグラフ
 左から2014年3月, 2015年3月, 2016年3月の結果. なお, スケールを揃えるため, キロバイトのみ1/10した数字を使っている (実数はメモリの数字の10倍).



第3図 一ヶ月のアクセス数の変化を示したグラフ
 左から2014年3月, 2015年3月, 2016年3月の結果. なお, スケールを揃えるため, キロバイトのみ1/10した数字を使っている (実数はメモリの数字の10倍).

3. データベース毎のアクセスについて

2016年3月末現在, GSJには28のデータベース・システムがある(サーバ上のアカウント単位). 2015年度を通じたアクセス数上位10データベースのアクセスランキング変動結果を第4図に示す. なお, 上位10データベース・システムは, 年間を通じて11位以下との入れ替わりは発生しなかった.

4. アクセス元について

アクセスログには, どこからアクセスしてきたかを記録できる機能(リファラー)がある. 記録されるのはURLのみなので, そこがどのようなサイトなのかをGSJからアクセスして確認している. ただし, 非公開あるいはアクセス制限を行っているようなサイトの場合にはGSJからのアクセスが拒否されるので, 残念ながらアクセス元の実態を確かめることができない.

リファラーのデータを基にした2015年度の主要アクセス元の集計結果を第5図に示す. なお, 月によって順位の途中に抜けがあるのは主に上述のような理由で確認不能サイトが存在するためであるが, まれに単一のURLから突発的な高アクセスが発生することがある. また, ドメイ

ンを基にしたアクセス元のグラフも第6図に示す.

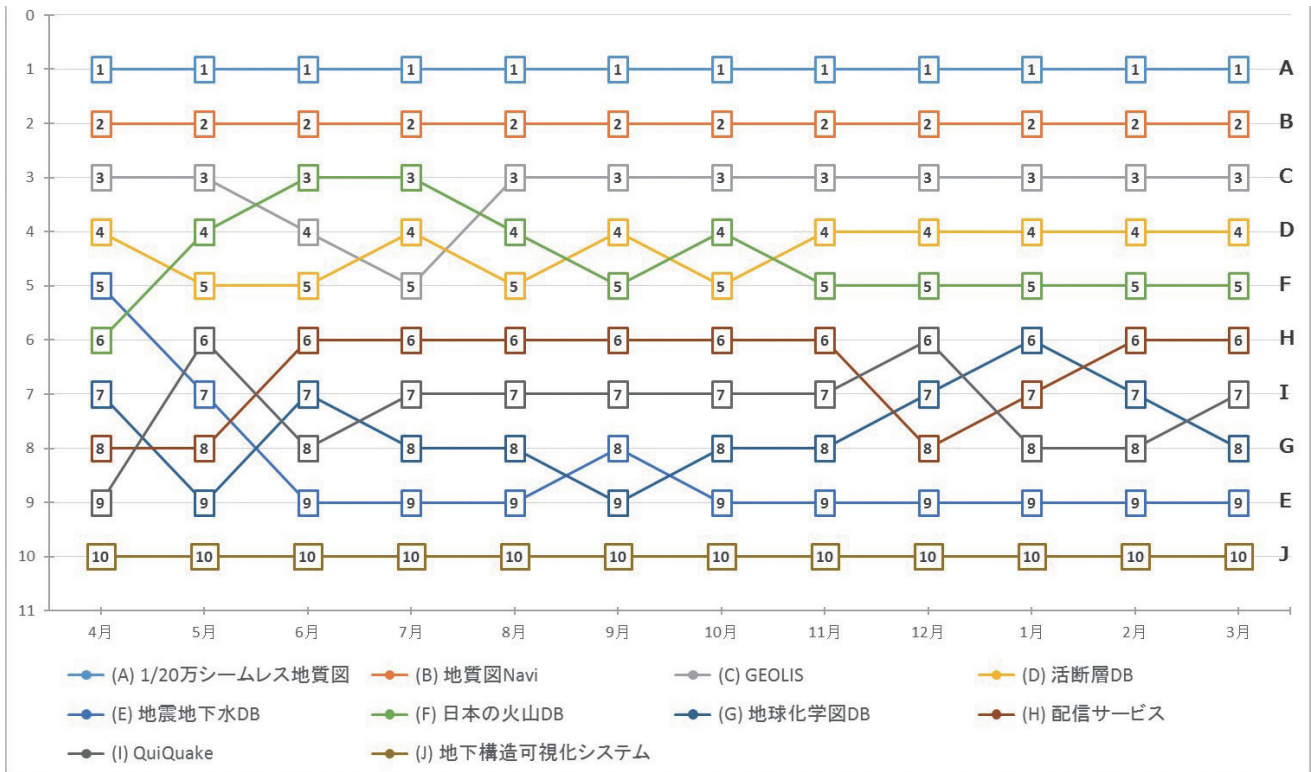
5. 考察

一般的なアクセス傾向の特徴は, 以下のように考えられる.

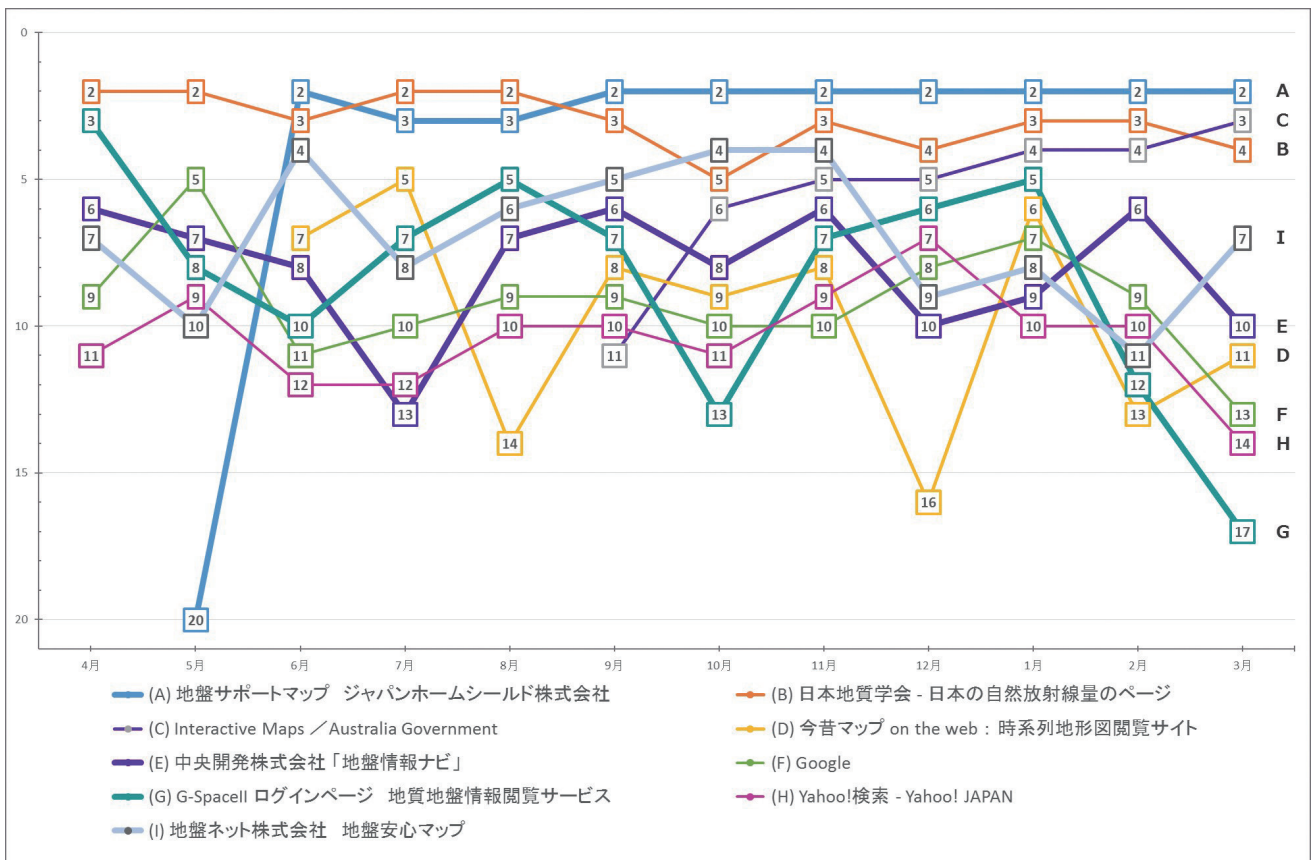
3年間のアクセス変化の特徴として, gbank全体のアクセスが増加傾向にあるのは間違いない(第1図). これは, サーバの運用状況からも裏付けられており, 近年ほどアクセスの集中によるサービスの高負荷状況が発生しやすくなっている. また, 突発的な地質災害や, 報道によってアクセスが増えることも確認されており, 2014年8月の総ヒット数・総ファイル数の顕著なピークは, 広島県で発生した土砂災害に伴い, 地質図の情報がニュースに取り上げられたことに起因している.

ただし, 総訪問者数のグラフだけは傾向が異なり, 直近のアクセス数やピークの現れ方は約1年前よりも落ち着いている. この理由については最後に考察する.

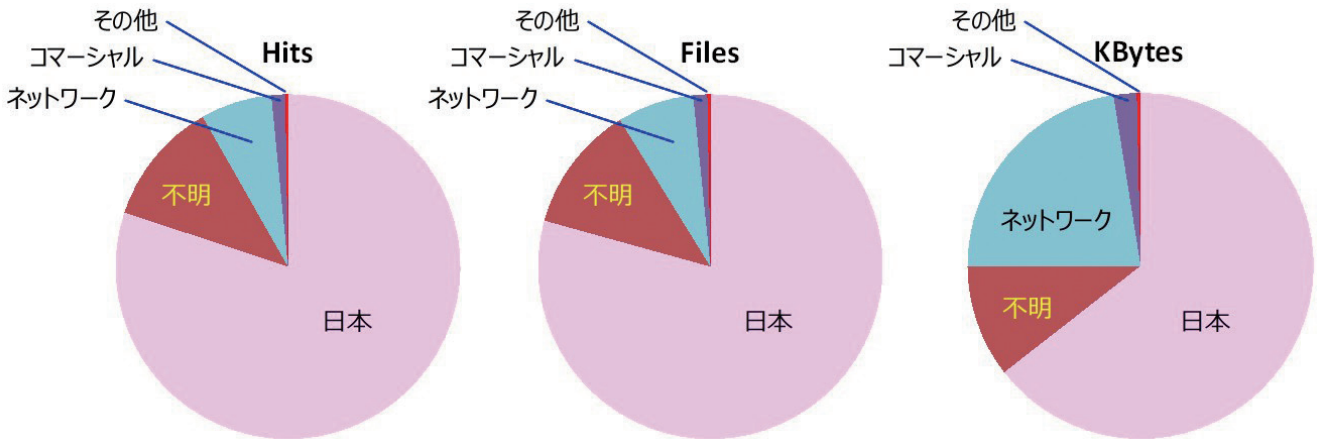
一日のアクセス変化(第2図)を見る限り, 日本時間の日中のアクセスが卓越し, 昼時に一時的に低下する特徴が明瞭である. このことから, gbankの利用者層は日本国内のユーザーが大半であることを示唆する. ドメインを基にした国別アクセス元の結果(第6図)からもそれが裏付け



第4図 2015年度のGSJデータベースアクセス数トップ10の変動を示したグラフ
総ヒット数 (Hits) の数字に基づく。



第5図 2015年度のアクセス元上位サイトの変動を示したグラフ
総ヒット数 (Hits) の数字に基づく。なお、1位は年度を通して Direct Request (お気に入りやブックマーク、URL 直接入力からのアクセス) で変わらない。



第6図 2016年3月のアクセス元をドメイン別に表したグラフ。

られる。また、一日のアクセスのグラフ3年分(第2図)を比較すると、アクセス数の山が年々高くなってきており、こちらの結果からも gbank 全体のアクセス数が増えていることがわかる。

一ヶ月のアクセス数の変化を示したグラフ(第3図)からは、平日にアクセス数が多く、土・日曜日および休日に低下する傾向が顕著である。これは主に仕事での利用が卓越していることを示唆する。一日のアクセス変化のグラフでも、19時以降のアクセスは日中に比べて急減している。ただし、仕事以外の趣味や興味関心を主体とすると考えられる土・日・休日や夜のアクセス数は、過去と比べて現在は明らかに増加している(第2図および第3図)。

データベースのアクセスランキング変動結果(第4図)は、比較的变化が少ない。人気のコンテンツはほぼ固定していることがうかがえる。1および2位の20万分の1日本シームレス地質図と地質図Naviは、いずれも地質図等の画像をタイル配信しており、拡大縮小や地域の選択毎に多数のタイルアクセスが発生する構造になっている。また、20万分の1日本シームレス地質図のタイル画像は、地質図Naviや活断層データベース等の他のデータベース・システムでも利用しており、これらの連携先を利用したユーザーのアクセスも含まれている。

アクセス元の集計結果(第5図)では、2015年度には2つの特筆すべき変化が見られた。

- 1) 民間の地盤情報サイトからのアクセス増加
- 2) オーストラリアからのアクセス増加

1)の民間の地盤情報サイトは、2015年度末現在、上位に4サイトが名前を連ねている。このうち最上位の「地盤サポートマップ(ジャパンホームシールド株式会社)」は2015年夏からアクセスが現れるようになった新しい

サービスのようで、ランキングに登場して以来、最上位を維持していることから、gbank アクセス数を純増させる一因に挙げられる。他の地盤情報サイトについても、ほぼ安定して上位を維持している。

2)のオーストラリア(Geoscience Australia)からのアクセスは、年度の後半になって増え続けている。Geoscience Australiaはオープンデータの先進国であるオーストラリアの地球科学系ポータルサイトで、その地質図ビューアが、自国の地質図の他にニュージーランドおよび東・東南アジアの地質図WMSを参照している。後者はgbankから発信されているため、Geoscience Australiaの利用者が増えるほど、gbankへのオーストラリアからのアクセスも増える構造になっている。2015年度後半にアクセスが増え続けている理由は不明だが、Geoscience Australiaの機能追加・拡充によるものか、あるいは南沙諸島の領有権問題が国際的に大きく取り上げられるようになったことに起因していると思われる。

単一のURLから突発的な高アクセスが発生する原因としては、何らかの開発テストである可能性が高い。運用初期には所内からのアクセスを集計から排除していなかったため、GSJデータベース関係者の開発状況に応じたランキング変動が頻繁に見られた。現在はGSJ関係者の開発に伴うアクセスは集計から排除しているが、外部の二次利用サイトがテストのために集中的にアクセスすることは予想できないので、結果として突発的な高アクセスが記録に残ることになる。

総訪問者数が増加していないのにそれ以外のアクセス(総ヒット数・総ファイル数・総キロバイト数)が増加していることは、アクセス元の集計結果から推定された2つの変化と関係があると予想している。すなわち、民間の

地盤情報サイトのような二次利用サイトから地質図等の画像タイルを利用するユーザーが増えたため、と考えられる。また、2015年度はGSJで緊急調査を行うような地震は発生せず、火山も5月の口永良部島火山の噴火以降、比較的静穏であることから、報道等に伴うアクセス急増も発生しにくい状況であった。

上述のように、各データベースの連携が進んでデータの利用(共用)が多様化しているのに加え、外部の二次利用サイトがますます増えていくと、ユーザーの利用実態の把握は次第に難しくならざるを得ない。しかし、一方で入り口はどこであれ、よく利用される、またはユーザーに必要とされる情報・データの特徴を示すという点で、アクセス集計には引き続き注目しておく必要がある。

6. まとめ

gbankの創設以来3年間、特に2015年度のアクセス集計結果について取りまとめ、その傾向や変化を考察した。主な特徴は以下の通りである。

- 全体としてgbankへのアクセス数は順調に増えている。報道をきっかけに、一時的に増えることもある。
- gbankの利用者層は、多くが日本国内のユーザーである。
- 仕事に関係した利用が主体で、趣味や興味関心によるアクセスは少ない。
- 人気のコンテンツはほぼ固定しており、変動は少ない。地質図等の画像タイルはGSJデータベースによる相互利用や外部サイトでの二次利用も進み、安定したアクセスがある。
- 外部サイトのうち、民間の地盤情報サイトからのアクセスが増えている。
- 海外からのアクセスも増えている。

本報告における考察は、あくまでもサーバ管理・運営部署としてのものである。地質情報基盤センターではこれらの結果をサーバ管理の方針・計画に活かしている。一方、個々のデータベース・システムからの立場でアクセス数の変化を検討すると、別の考察も成り立つものと予想される。例えば、新規公開や何らかの改修後のアクセス変化は、そのインパクトをはかる指標ともできる。ユーザーからのダイレクトな反応であるアクセス記録を、研究計画の策定やPDCAの手段として有効に活用していただきたい。

出典

産業技術総合研究所(2016)「産総研：産総研について」、
http://www.aist.go.jp/aist_j/information/index.html
 (2016.5.1 閲覧)。

付録1：用語の説明

英語	日本語	説明
Hits	ヒット	サーバに対するすべてのリクエスト。存在しないファイルや、ユーザーのキャッシュに入っていて送信しなかったファイルへのリクエストも含まれる。
Files	ファイル	ユーザーからのリクエストに応じて、実際に送信されたファイルの数。ヒットが入力の数とすれば、ファイルは出力の数になる。
Visits	訪問	サイトを訪問したユーザーの数。同一IPアドレスからリクエストがあった場合、30分以内であればカウントされない。30分を超えると新規訪問と見なされる。
Kbytes	キロバイト	サイトが送信したデータの総量。ログの中に記録された各ファイルのサイズを合計したもの。サーバはこのデータに基づいて課金される。

付録2：統計処理の説明

Webalizerのデフォルト表示から、以下のような変更を加えている。

- GoogleBotからのアクセスを計上しないように変更。地質情報利用ユーザーのアクセスとは違うため。
- Localhostからのアクセスを計上しないように変更。地質情報利用ユーザーのアクセスとは違うため。
- JavaScriptへのアクセスを計上しないように変更。内部ページ間の遷移や、ツール利用が主のため。

YOSHIKAWA Toshiyuki, SHIMADA Sachiko and YAJIMA Seiichi (2016) Statistical analysis of access log to the GSJ databases.

(受付：2016年5月10日)

東西日本の地質学的境界

【第三話】銚子の帰属

高橋雅紀¹⁾

1. 銚子の地質

関東山地と足尾山地との間に基盤岩類を分断する地質学的不連続が存在することは、本邦地質学の歴史において早い段階から指摘されていた。そして、この問題に対する議論は、地質学的データや地球物理学的情報の蓄積と共に変貌していった。当初は地表に露出する地質に基づく議論が中心であった。そのうち、東西日本の地質学的境界を推定

する上で最も重要な地質は、銚子にわずかに分布する先新第三系であった。関東平野の東端に位置する銚子の先新第三系は、銚子が関東山地の東方延長、すなわち西南日本外帯に帰属すると地質研究者に判断させるには、あまりも条件の揃った地質学的証拠となった。

銚子の地質図を、国土地理院の25,000分の1の地形図に重ねて示す(第1図)。銚子は首都圏から近く、またアンモナイトなど白亜紀の化石が産出することから、古く



第1図 銚子地域の地質図(高橋ほか, 2003をもとに作成)。

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：銚子、ジュラ紀付加体、西南日本外帯、秩父帯

から地質が詳しく調べられてきた(巨智部, 1910; 江原, 1915など)。それでは、銚子地域の地質の概要を整理しておこう。

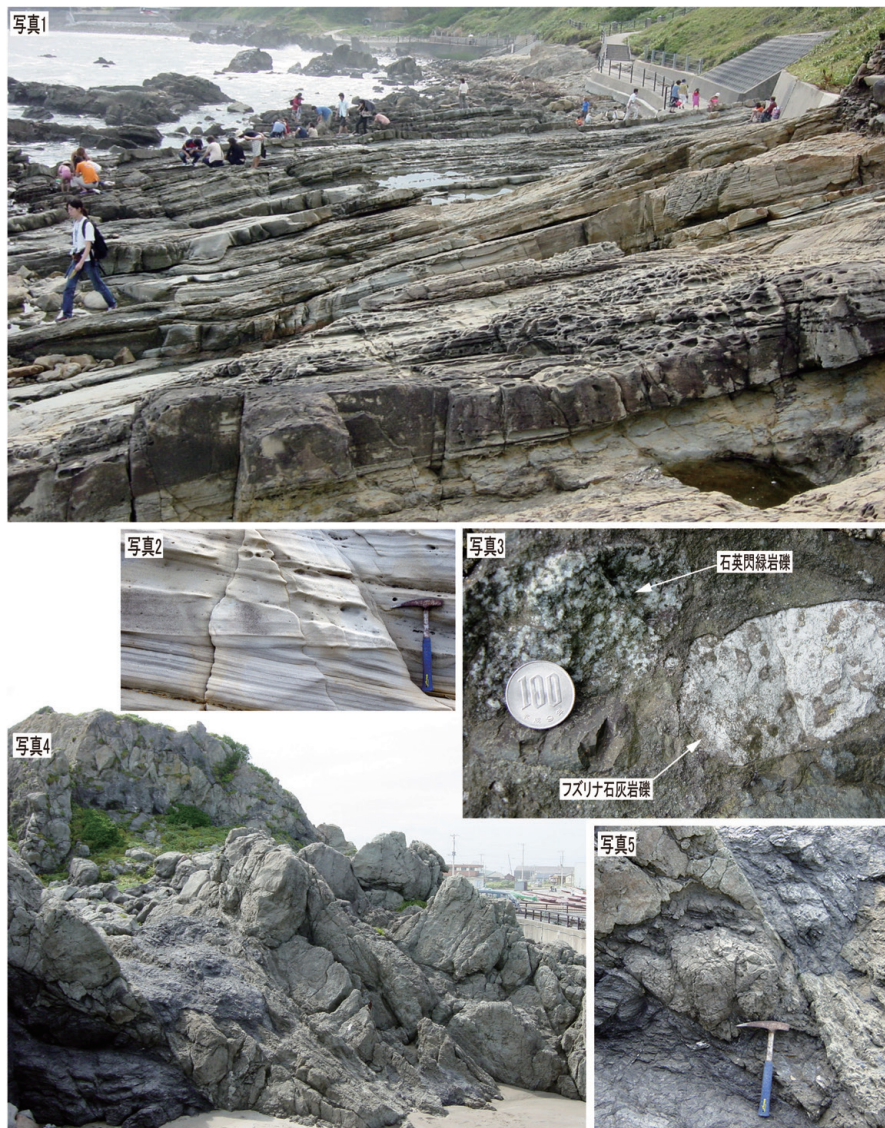
1.1 先白亜系(高神礫岩: 薄衣式礫岩?)

銚子地域の白亜紀より古い地層(先白亜系)は愛宕山層群(鹿股ほか, 1958; 尾崎, 1959)とされた地層であるが、現在では礫岩からなる高神礫岩(前田, 1953)と愛宕山ユニットに区別されている。高神礫岩はかつてジュラ紀付加体(愛宕山層群)に含まれる地層と考えられていたが、ペルム紀の花崗岩礫やペルム紀フズリナ石灰岩礫を含む非変形礫岩の特徴から付加体から切り離し、独立した地層区分に整理された(高橋, 2008)。一方、愛宕山層群とされた地層の残りはジュラ紀付加体であり、順番に積み重なった

地層ではなく、さまざまな地層や岩石が海溝で集積した地質体なので、愛宕山ユニットと改称されている。

さて、高神礫岩は高神東町付近の採石場跡(現在は貯水池となって水没)脇の人工崖に露出していたが、現在ではコンクリートによって被覆され観察できない。その工事に際し運び出されたと思われる礫岩が、愛宕山の山頂付近に位置する地球の丸く見える丘公園の石垣に使用されており、観察される典型的な高神礫岩は、現在ではこの石垣のみとなった(第2図の写真3)。愛宕山の西側の潮見町に露出する細礫岩も高神礫岩と推察されるが、岩相のみで愛宕山ユニットと区別することは難しい。高神礫岩は含まれるペルム紀のフズリナ石灰岩礫等によって、南部北上山地のいわゆる薄衣式礫岩として注目された(加納, 1958)。

高神礫岩は中礫~大礫サイズの淘汰の悪い円礫岩で、礫



第2図 銚子の先新第三系基盤岩類。浅海相(写真2)を示す白亜系銚子層群(写真1)の変形は軽微であるが、ジュラ紀付加体である愛宕山ユニット(写真4,5)は剪断変形が著しい。いわゆる薄衣式礫岩とされた高神礫岩(写真3)の堆積年代は不明であるが、先ジュラ系と推察される。

種として頁岩、砂岩、チャート、石灰岩のほか、花崗岩類や火山岩類、変成岩類が認められる。石灰岩礫からはペルム紀後期のフズリナ化石が知られている(尾崎, 1959; 前田, 1959; Sakagami, 1965 など)。一方、高神礫岩を特徴づける深成岩礫は角閃石黒雲母花崗閃緑岩や角閃石黒雲母トータル岩からなり、黒雲母や角閃石について 254 ~ 270 Ma (1Maは百万年) の K-Ar 年代が得られている(戸邊ほか, 2006)。同様の年代を示すペルム紀の花崗岩としては、関東山地の北縁の三波川変成岩の上にクリッペ(根無し)の岩体)として重なる金勝山石英閃緑岩体が知られている(高木ほか, 1989; 端山ほか, 1990)。また、三波川変成岩の上に乗る白亜紀の地層(跡倉層)の礫岩中に含まれる深成岩礫からも、同様の年代値が得られている(高木ほか, 1992)。

さらに広い範囲に目を向けると、中部地方の兵越花崗岩(204 ~ 252 Ma: 柴田ほか, 1993) や九州東部の臼杵川石英閃緑岩(252 ~ 276 Ma: 高木ほか, 1997) などがあり、いずれも三波川帯の縁辺や黒瀬川帯に分布する。このように、ペルム紀の礫を特徴的に含む高神礫岩は、南部北上帯のいわゆる薄衣式礫岩との類似性や、西南日本外帯に断片的に残存する花崗岩クリッペとの関連で議論されている(戸邊ほか, 2006 など)。したがって、高神礫岩は東北日本と西南日本の基盤地質をつなぐ鍵といえる。

1.2 先白亜系(愛宕山ユニット: ジュラ紀付加体)

銚子地域の主たる基盤岩は、ジュラ紀付加体と考えられる愛宕山ユニットである。愛宕山周辺の採石場(跡)や千騎ヶ岩付近には剪断変形の著しい砂岩や頁岩が露出し、一見して付加体であることが理解される(第2図の写真4と写真5)。いわゆるジュラ紀の付加体は、海洋プレート起源の海洋底玄武岩(いわゆる緑色岩)や海山の上に堆積した石灰岩、深海底で堆積したチャートなどが、陸から海溝に供給された砂や泥からなる基質中に異質ブロックとして取り込まれた混在岩である。それらは、付加した際の変形だけでなく、地下深部に引きずり込まれる過程や、地表に隆起・露出する過程で様々な変形を被っている。

銚子地域では黒生付近に三疊紀のチャート(國廣ほか, 1984) やフズリナ化石を含む石灰岩塊(山根, 1924; Hanzawa, 1950) が確認されており、それらは愛宕山ユニットに取り込まれている異質ブロックと考えられている。海溝で付加体が形成されたタイミングは、このチャートの堆積年代よりも新しいはずなので、愛宕山ユニットはジュラ紀の付加体であると推定された(高橋, 1990)。ジュラ紀の付加体は、西南日本内帯のいわゆる美濃・丹波

帯や外帯の秩父帯、フォッサマグナ以北では足尾帯や八溝帯、さらに北部北上帯など、日本列島の基盤岩のうち最も広く分布している地質体である。

1.3 白亜系(銚子層群: 前弧堆積盆堆積物)

銚子地域で最も良く調査されているのは、白亜系銚子層群であろう。銚子の東海岸は海食崖が発達し、黒生付近から半島東南端までのおよそ 5 km に亘って銚子層群が露出している。観光名所である犬吠埼の灯台の下には、太平洋の荒波に磨かれた地層が露出している(第2図の写真1)。現在では、変形が著しい愛宕山ユニットと銚子層群は断層関係にあるが、初生的には白亜系銚子層群はジュラ紀付加体である愛宕山ユニットの上に堆積したと考えられる(鹿間・鈴木, 1972)。

銚子層群はアンモナイトやトリゴニアなどの化石を産出することから、古くから古生物学的・層序学的研究がなされてきた(小島ほか, 1975; Obata *et al.*, 1982 など)。さらに、銚子層群に関する堆積学的検討も多く、積算層厚が 1,000 m に達するこの地層が、ストームによって支配された上部外浜から下部外浜、さらに陸棚から大陸斜面上部の堆積物からなるとされている(Katsura *et al.*, 1984; 石垣・伊藤, 2000)。

銚子層群は下位より海鹿島層(187m+)、君ヶ浜層(146m+)、犬吠埼層(362m+)、西明浦層(100m+)、および長崎鼻層(140m+) に区分されている(Obata *et al.*, 1982)。最下部の海鹿島層は礫岩と砂岩からなり、堆積年代は産出する化石によってバレミアン前期と考えられている。君ヶ浜層は砂岩・泥岩互層からなり、海鹿島層に整合に重なる。多数の化石が産出し、バレミアン前期の年代が推定されている。犬吠埼層は斜交層理(第2図の写真2)が発達する粗粒砂岩を主とし、砂岩・泥岩互層を挟む。浅海域を示す堆積構造のほか、生痕化石や炭質物化石が観察される。アンモナイトや有孔虫化石により、堆積年代は後期アプチアンの前期と考えられている。西明浦層は泥岩と細粒~中粒砂岩の互層からなり、多数の化石を産出する。堆積年代は後期アプチアンの前期と考えられている。最上位の長崎鼻層は塊状中粒砂岩からなり、泥岩の薄層を挟む。斜交層理が観察され、多くの植物化石片のほか琥珀も含まれるが、年代決定に有効な化石の産出は乏しい。

このように、銚子層群の年代はバレミアン前期から後期アプチアンであるが、銚子層群を不整合に覆う新第三系名洗層の基底礫岩から、アルビアン後期を示すアンモナイト化石が報告されている。したがって、銚子地域には少なくとも前期白亜紀を通じて海成層が連続的に厚く堆積して

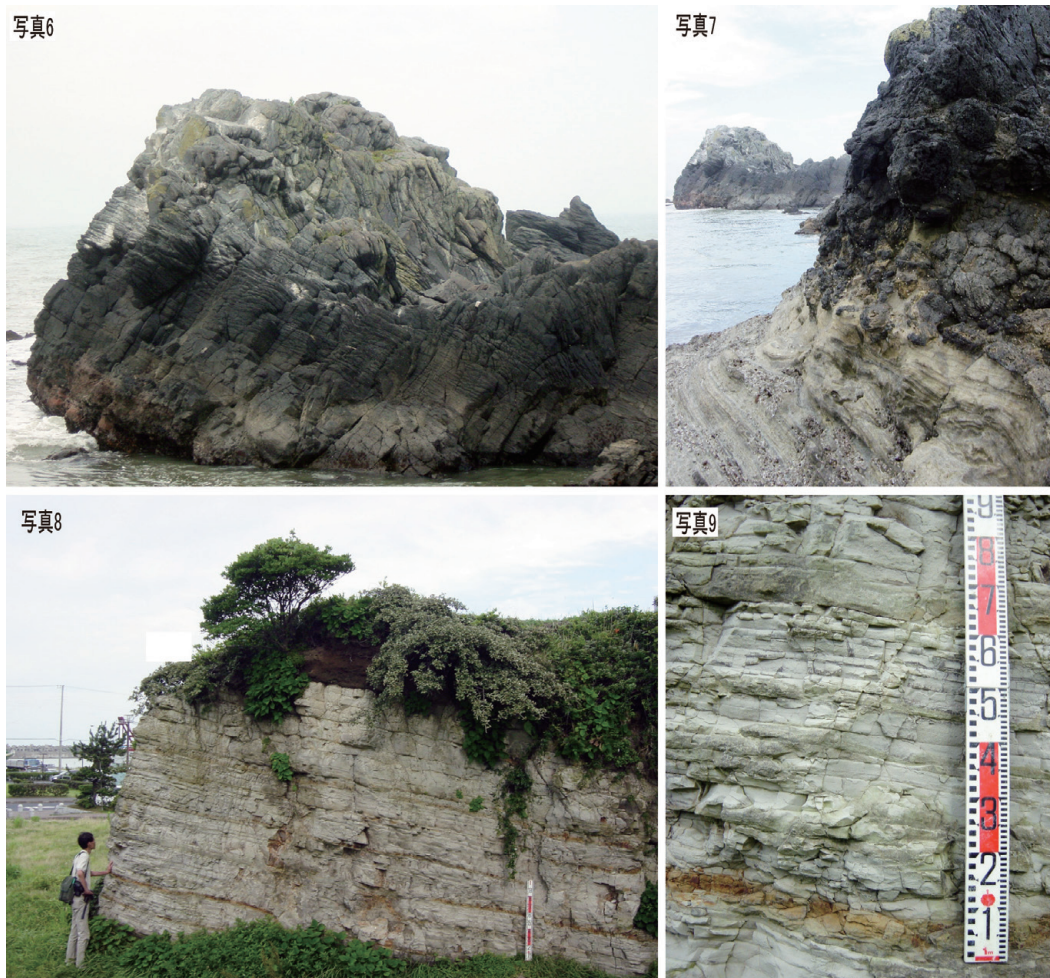
いたと推定される。

1.4 下部中新統（千人塚層：陸上に噴出した溶岩流）

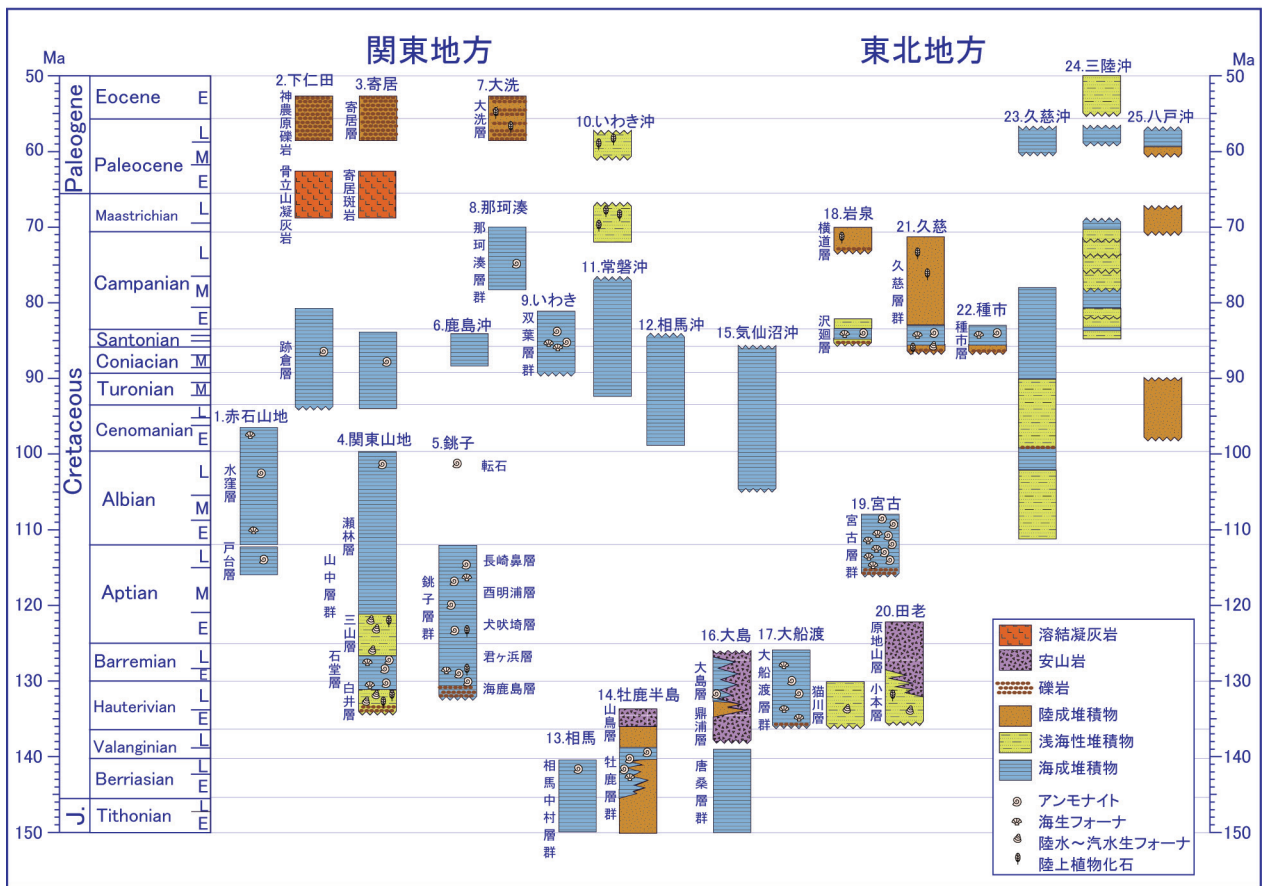
銚子地域には、下部白亜系銚子層群を不整合に覆う中新統がわずかに分布している。銚子地域の北東端には海成の泥岩層が、一方、南東端には溶岩流がわずかに分布している。かつてこれらの地層は同時期の堆積物と考えられていて、夫婦ヶ鼻層と一括されていた。ところが、前期中新世と推定される夫婦ヶ鼻層の微化石年代と、火山岩について測定された1,300万年前後の放射年代とが一致せず、長らく未解決の問題であった。最終的には夫婦ヶ鼻層の珪藻化石が珪藻化石帯(Yanagisawa and Akiba, 1998)の *Crucidenticula kanayae* 帯の下部に対比されることが判明し、その年代が1,690～1,650万年前に確定した。一方、火山岩については2,100万年前後を示すK-Ar年代が測定され、夫婦ヶ鼻層の海成層とは形成時期が異なることが明らかにされた。そのため、海成泥岩からなる夫婦ヶ鼻層

と、安山岩溶岩流と凝灰岩からなる千人塚層^{せんじんづか}に再定義された(高橋ほか, 2003)。その後、千人塚層の溶岩流については、2,200～2,300万年の⁴⁰Ar-³⁹Ar年代(誤差はいずれも27万年)が得られ、千人塚層と夫婦ヶ鼻層は数百万年も年代の異なる別個の地層であることが確定した(Hanyu et al., 2006)。

千人塚層は古銅輝石安山岩溶岩流を挟む凝灰質砂岩からなる。銚子地域南東端の長崎鼻付近の海岸には、層理の明瞭な凝灰質砂岩の上に噴出した節理の発達した安山岩溶岩流が観察される(第3図の写真6と写真7)。溶岩流の下部には赤色酸化したクリンカが明瞭で、陸上噴出した溶岩流であることが分かる。層理が発達した凝灰質砂岩は、浅い湖沼など陸水環境下で堆積したものであろう。一方、黒生漁港付近にも塊状溶岩と角礫状溶岩が観察されるが、凝灰質砂岩等は観察されない。すぐ近くの露頭には白亜系銚子層群の礫岩層が分布していることから、それらの上に噴出した溶岩流であると推定される。



第3図 銚子の中新統。陸上に噴出した溶岩流の下部には赤色酸化したクリンカが観察される(写真6)。この溶岩流を挟む成層した凝灰質砂岩は湖沼など陸成層であろう(写真7)。一方、深い海底に堆積した夫婦ヶ鼻層は珪藻化石を多産する(写真8)。この泥岩は層理が明瞭で生物擾乱は乏しい(写真9)。写真撮影位置は第1図を参照。



第4図 東北日本の陸域および海域に分布する白亜系の年代層序 (安藤, 2005 等を元に作成). 下部白亜系銚子層群は, 関東山地の山中層群に年代対比される.

他方、長崎鼻の溶岩流については古地磁気測定がなされ、安定な熱残留磁化が確認されている(高橋ほか, 2003)。溶岩流を挟む細粒堆積物の走向・傾斜をもとに傾動補正を施すと、現在の真北に対して若干西に偏った残留磁化方位が復元される。地磁気には永年変化やエクスカーションなど短期間の方位の変化が含まれるため、それらの影響を相殺するためには、ある程度の年代をカバーした古地磁気方位を平均する必要がある。そのため、溶岩流が噴出・冷却後に銚子地域が回転運動を被ったか否かを、千人塚層の古地磁気データのみで確定することはできない。

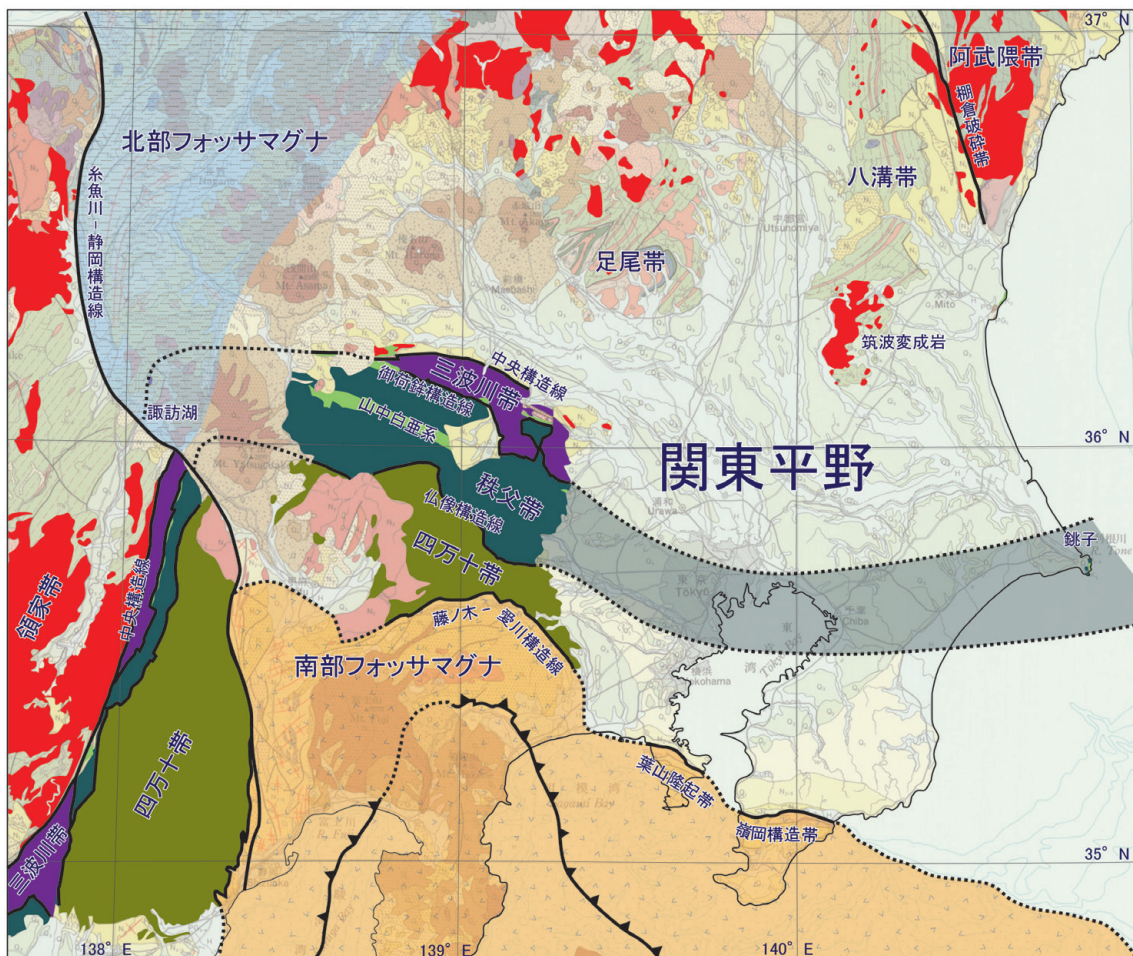
しかしながら、千人塚層の堆積後に発生した日本海の拡大に伴い、時計回りに大きく回転した西南日本の下部中新統は、大きく東偏した古地磁気方位を示している(Otofujii *et al.*, 1985 など)。仮に、銚子地域が西南日本に帰属していたとしたならば、同様に東偏した古地磁気方位が予想される。したがって、北向きを示す千人塚層の古地磁気方位から、銚子地域は少なくとも西南日本とは別個の回転運動を被った(そもそも回転しなかった)可能性が示唆される。

銚子地域の火山活動はその火山岩岩石学的特徴だけでなく、明らかに前期中新世の火山フロントに対して海溝寄りに単発的に発生した非常に特異な現象である。

1.5 下部中新統(夫婦ヶ鼻層:前弧堆積盆堆積物)

夫婦ヶ鼻層(植田, 1933)は珪藻化石を多産する海成層で、現在では銚子地域北東端の銚子ポートタワー脇の露頭においてのみ観察することができる(第3図の写真8)。岩相は厚さが数cm程度に成層した暗灰色の泥岩で、細粒砂岩の薄層を挟有する。層理面が明瞭で生物擾乱が少ない(第3図の写真9)。

黒生付近では、夫婦ヶ鼻層と愛宕山ユニットが正断層で接していたとされるが(鈴木ほか, 1974)、他の地質体との関係は今では確認できない。現在では厚さ数メートル程度しか残されていない夫婦ヶ鼻層は、かつては高さ20mほどの海食崖に露出していたことが古い写真から読みとれる(Ozaki, 1958)。夫婦ヶ鼻層は、初生的には愛宕山ユニットや白亜系銚子層群、あるいは千人塚層を不整合に



第5図 銚子の愛宕山ユニットが関東山地の秩父帯に連続する地帯対比モデル。銚子にわずかに露出する下部白亜系銚子層群が関東山地の山中層群に直接年代対比されることが、この対比モデルの重要な根拠となっている。

覆っていたと推定される。

夫婦ヶ鼻層の堆積場は、産出した砂質有孔虫化石によって、外部浅海帯から上部漸深海帯(およそ 100～数百メートル)と推定されている(Matoba, 1967)。夫婦ヶ鼻層の堆積年代は珪藻化石生層準の D30(1,690 万年前)から D33(1,650 万年前)の間に限定されている(高橋ほか, 2003)。

2. 関東山地との類似と銚子の帰属

さて、銚子の地質を概観してみると、非常に限られた範囲であるにも関わらず、様々な年代の多様な地層が分布していることが分かる。それらのうち、地体構造論においてとくに重要視されてきたのが、ジュラ紀付加体である愛宕山ユニットと白亜系銚子層群の組み合わせであった。

愛宕山ユニットは、岩相の類似性から関東山地のジュラ紀付加体、すなわち地帯区分では秩父帯に対比されてきた。一方、銚子層群の年代は前期白亜紀であり、関東山地では、秩父帯の中軸部に帯状に分布する山中地溝帯さんちゅうの白亜系山中層群に年代対比される。一方、東北日本の太平洋沿岸に沿って白亜系が断続的に分布しているが、銚子層群に年代対比される地層は、岩手県に分布する大船渡層群や宮古層群を除いてまとまった分布が見られない(第4図)。そのため、関東山地の山中層群は、関東平野の厚い第四系に被覆されて一旦地下に隠れてしまうが、その東方の銚子において銚子層群として再び地表に露出すると考えられてきた。

このように、銚子にわずかに分布するジュラ紀付加体(愛宕山ユニット)と関東山地のジュラ紀付加体である秩父帯の類似性だけでなく、その上に堆積した下部白亜系銚子層群と関東山地の白亜系山中層群との年代の一致によって、銚子が関東山地の東方延長であるとの見解が広がっていった。あわせて、関東地方の空中磁気異常や関東平野で掘削されたボーリング調査結果などもことごとくその対比を支持し、銚子が関東山地の東方延長、すなわち西南日本外帯であることが徐々に確立されていった(第5図)。

(第四話につづく)

文 献

- 安藤寿男(2005) 東北日本の白亜系 - 古第三系蝦夷前弧堆積盆の地質学的位置づけと層序対比. 石油技術協会誌, **70**, 24-36.
- 江原真伍(1915) 下総国銚子町附近の白堊層及び古生層に就きて. 地質学雑誌, **22**, 235-238.
- Hanyu, T., Tatsumi, Y., Nakai, S., Chang, Q., Miyazaki, T., Sato, K., Tani, K., Shibata, T. and Yoshida, T. (2006) Contribution of slab melting and slab dehydration to magmatism in the NE Japan arc for the last 25 Myr: Constraints from geochemistry. *Geochem. Geophys. Geosys.*, **7**, 1-29.
- Hanzawa, S. (1950) On the occurrence of the foraminiferal genera, *Eoverbeekina*, *Nankinella*, and *Sphaerulina* from Japan. *Short papers from the Institute of the Geology and Paleontology, Tohoku University, Sendai*, no. 2, 1-12.
- 端山好和・柴田 賢・内海 茂(1990) 関東山地北縁の2・3の岩石の放射年代. 地質学雑誌, **96**, 319-322.
- 石垣朝子・伊藤 慎(2000) ハンモック状ベッドフォームのサイズ分布 - 千葉県北東部, 下部白亜系銚子層群を例として - . 地質学雑誌, **106**, 472-481.
- 鹿股信夫・千坂武志・渡辺貞夫・本城義敏(1958) 銚子半島の地質学的研究. 「日本の後期中生界」研究連絡誌, no. 7, 96-104.
- 加納 博(1958) 銚子半島の含花崗岩質礫岩(“高神礫岩”) - 含花崗質岩礫岩の研究(その5). 地質学雑誌, **64**, 551-556.
- Katsura, Y., Masuda, F. and Obata, I. (1984) Storm-dominated shelf sea from the Lower Cretaceous Choshi Group, Japan. *Ann. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba*, no. 10, 92-95.
- 巨智部忠承(1910) 20万分の1地質図幅「千葉」および同説明書. 地質調査所.
- 國廣俊二・斉藤 晴・坂上澄夫(1984) 銚子半島“黒生チャート”から三疊紀コノドント発見. 地学雑誌, **93**, 341-343.
- 前田四郎(1953) 銚子半島高神礫岩の地質時代. 房総, no. 1, 4.
- 前田四郎(1959) 銚子半島高神礫岩の地質時代について. 千葉大学文理学部紀要, **3**, 75-80.
- Matoba, Y. (1967) Younger Cenozoic foraminiferal assemblages from the Choshi district, Chiba

- Prefecture. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Second Ser. (Geol.)* **38**, 221-263.
- 小島郁夫・萩原茂雄・神子茂男(1975) 白亜系銚子層群の時代. 国立科学博物館(東京)研究報告, no. 11, 1-15.
- Obata, I., Maiya, S., Inoue, Y. and Matsukawa, M. (1982) Integrated mega and microfossil biostratigraphy of the Lower Cretaceous Choshi Group, Japan. *Bull. Natl. Sci. Mus., Tokyo, Ser. C*, **8**, 145-179.
- Otofuji, Y., Matsuda, T. and Nohda, S. (1985) Opening mode of the Japan Sea inferred from the paleomagnetism of the Japan arc. *Nature*, **317**, 603-604.
- 尾崎 博(1959) 銚子の古生代礫岩の層位学的研究. 国立科学博物館研究報告, **4**, 188-201.
- Ozaki, H. (1958) Stratigraphical and paleontological studies on the Neogene and Pleistocene formations of the Tyosi district. *Bull. Natl. Sci. Mus. Ser. C*, **4**, 1-182.
- Sakagami, S. (1965) Revision of the Takagami Conglomerate, Choshi Peninsula, and descriptions of the Permian Bryozoa from its limestone pebbles. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.* **57**, 1-7.
- 柴田 賢・高木秀雄・稲崎富士・内海 茂(1993) 赤石山地, 青崩峠地域の戸台構造帯の花崗岩類とその放射年代. 地質学雑誌, **99**, 135-144.
- 鹿間時夫・鈴木茂樹(1972) 千葉県銚子半島の地質—白亜系を中心として—. 横浜国立大学理科紀要, **II**, **19**, 133-157.
- 鈴木 信・平野登志枝・加瀬靖之(1974) 1. 銚子半島. 地学のガイド編集委員会編, 「千葉県地学のガイド—千葉県の地質とそのおいたち—」, 19-33, 森重出版.
- 高木秀雄・柴田 賢・内海 茂・藤森秀彦(1989) 関東山地北縁部の花崗岩類の K-Ar 年代. 地質学雑誌, **95**, 369-380.
- 高木秀雄・柴田 賢・内海 茂・山田隆司(1992) 関東山地北縁部, 跡倉層中の花崗岩礫の K-Ar 年代. 地質学雑誌, **98**, 971-974.
- 高木秀雄・柴田 賢・鈴木和博・田中 剛・上田 寛(1997) 九州東部, 白杵—八代構造線沿いの白杵川石英閃緑岩の同位体年代とその地質学的意義. 地質学雑誌, **103**, 368-376.
- 高橋雅紀(2008) 3.4.1 銚子地域. 日本地質学会編, 日本地方地質誌3「関東地方」, 193-196.
- 高橋雅紀・須藤 斎・大木淳一・柳沢幸夫(2003) 千葉県銚子地域に分布する中新統の年代層序. 地質学雑誌, **109**, 345-360.
- 高橋直樹(1990) 銚子半島先白亜系愛宕山層群の地質—岩相記載と形成過程に関する考察—. 千葉県立中央博物館自然史研究報告, no. 1, 1-13.
- 戸邊恵里・高木秀雄・高橋雅紀(2006) 銚子半島先白亜系愛宕山層群中の花崗岩礫の K-Ar 年代. 地質学雑誌, **112**, 98-103.
- 植田房雄(1933) 房総・三浦半島に発達する新生代層の層序. 地質学雑誌, **40**, 799-801.
- 山根信次(1924) 銚子付近の地質概観. 地学雑誌, **36**, 420-424.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1998) Revised Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **106**, 395-414.

TAKAHASHI Masaki (2016) Geological problem for the tectonic boundary between Northeast and Southwest Japan -Choshi area-.

(受付: 2016年4月4日)

タイ国立地質博物館 地中熱ヒートポンプシステム設置工事

内田洋平¹⁾

1. はじめに

平成28年1月31日(日)から2月10日(水)、および3月1日(火)から3月6日(日)にかけて、タイ国立地質博物館(タイ鉱物資源局所管、パトゥンタニ県)への地中熱ヒートポンプシステム施工工事を行いました。今回の出張には、高島 勲・秋田大学名誉教授と芝宮一郎・株式会社日さく技師長(現:一般社団法人 全国さく井協会 顧問・技術アドバイザー)両氏からの技術協力を頂きました。なお、本工事は、CCOP-GSJ 地下水プロジェクト・フェーズⅢの地中熱サブプロジェクトの一環として実施しました。

2. 設置工事その1

当初の予定では、2月1日(月)より地中熱交換井の掘削工事を開始し、5日(金)には施工工事を完了するスケジュールでしたが、トラブルが続出し工事は難航しました。まず、1日の午前から掘削を開始する予定でしたが、タイ側掘削チームの前週の仕事が遅れてしまい、現場の地質博物館に到着したのが4日(木)午前となりました。なお、地中熱ヒートポンプの室内機と室外機は3日(水)までに設置が完了しました。

また、熱交換井の掘削および熱交換パイプの挿入にも予定以上の時間がかかりました(写真1, 写真2)。日本での熱交換井掘削にはベントナイトを用いず、泥水の濃度調整と場合によってはポリマー剤の添加による掘削方法が標準的です。しかし、タイではポリマー剤を入手することはできず、泥水とベントナイトによる掘削でした。したがって、掘削ロッドを抜いた後に熱交換パイプ(高密度ポリエチレン製)を挿入しようとしても、孔内の泥水による浮力によって、熱交換パイプが挿入できません。そこで、ケーシング管の底部一段分を残して(着底させず)挿入し、半

日ほど水を循環させて孔内を洗浄後、熱交換パイプ挿入、ケーシング抜管という作業を行いました。

通常、2ヶ所の熱交換井掘削とパイプ挿入に要する時間は、日本では2日程度で完了しますが、今回は試行錯誤での作業となり、6日かかってしまいました。その結果、



写真1 タイ国立地質博物館における掘削風景。



写真2 熱交換パイプを伸ばし、熱交換井への挿入準備。

1) 産総研 エネルギー・環境領域 再生可能エネルギー研究センター
(兼) 地圏資源環境研究部門

キーワード: CCOP, 地中熱ヒートポンプシステム, タイ鉱物資源局, 国立地質博物館, パトゥンタニ

ヒートポンプの建物への設置と2本の熱交換器は完成しましたが、地上配管が未完となりました。

3. 設置工事 その2

3月1日(火)から3月6日(日)にかけて、ヒートポンプと熱交換井との配管工事、及び地中熱ヒートポンプシステムの試運転を行いました。最初に、2ヶ所の熱交換井から建物の壁際まで、深さ60cm、幅40cmのトレンチを掘削しました。これは、配管パイプが直接日射の影響を受けないよう地下へ埋設するためです(写真3)。次に、2ヶ所の熱交換井(それぞれ二組の熱交換パイプが埋設)とヒートポンプをパイプで配管接続しました。2014年に設置したチュラロンコン大学の地中熱システムでは、現地でも入手可能な金属製の配管継手を用いましたが、循環液の漏水や耐久性に関して問題があるため、今回は、日本から電気融着式の配管継手と融着装置を持ち込みました。この融着方法は、地中熱ヒートポンプシステム施工管理マニュアル(地中熱利用促進協会編、2014)の規格に従うものです。電気融着による配管工事は慣れてしまえば容易であり、かつ耐久性の高い配管システムを構築することがで



写真3 トレンチと配管パイプ。

きます。最後の融着箇所については、現場視察に訪れていたCCOP事務局長のAdichat氏がスイッチのボタンを押しました(写真4)。



写真4 最後の融着スイッチを押すAdichat氏。

4. 現地視察対応

工事の合間である3月3日には、沖縄県環境部からチュラロンコン大学地中熱ヒートポンプシステムの視察がありました。沖縄県では、平成28年度に地中熱実証事業を計画しています。基本的には冷房利用が主体となるので、筆者らがCCOP内で実施している東南アジア地中熱プロジェクトを参考にしたい、という要望によるものでした。この視察には、在タイ日本大使館・小寄参事官とJICAシードネットプロジェクト・渡邊氏も参加しました(写真5)。3名とも、実際の地中熱ヒートポンプシステムを見るのは初めてで、多くの質問を頂きました。また、沖縄県の川崎氏は、国立地質博物館でのシステム施工工事も視察し、今後、沖縄県内で予定している実証試験の計画にたいへん役立ちました、との感想を頂きました。

5. おわりに

CCOP地中熱プロジェクトを担当している筆者としては、タイ国内で多くの研究者が地中熱に興味を持って、本プロジェクトに参画してくれることを期待しています。これまでタイ国内に設置した地中熱ヒートポンプシステムは、全て熱交換パイプを埋設する「クローズドループ型」ですが、今後は地域の水文地質環境を活用した「オープン



写真5 チュラロンコン大学での視察。左より渡邊氏，宮崎氏，小嵯参事官，筆者，高島名誉教授，Dr. Punya，川崎氏。

ループ型」や「既存井戸利用型」など，日本で開発した様々な方式を東南アジアへ展開・実証したいと考えています。そのためには，CCOP プロジェクトで実施している地球科学情報に関する各種データベース構築が重要となります。また，今回の難航したシステム施工工事の経験は，平成28年度に予定しているベトナムとインドネシアでの工事に活けると考えています。

文 献

地中熱利用促進協会 編 (2014) 地中熱ヒートポンプシステム
施工管理マニュアル。オーム社，184p.

UCHIDA Youhei (2016) Installation of a Ground Source
Heat Pump System in National Geological Museum,
Thailand.

(受付：2016年5月12日)

平成 27 年度廣川研究助成事業報告 (1)

若い火山岩試料に対する K-Ar 年代法の高度化に向けた国際共同研究 ～打合せと試験的試料分取～

山崎誠子¹⁾

1. はじめに

2015 年 11 月 16 日～20 日にイタリア、フィレンツェ大学の Lorella Francalanci 教授を訪問し、K-Ar 年代法の高度化に向けた国際共同研究のための打合せを行う機会をいただきました。そこで、今回の訪問の内容につきまして、ご報告致します。

2. 研究及び訪問の目的

K-Ar 年代法は、火山の噴火履歴を知る上で最も広く利用されてきた放射年代測定法であり、従来から数十万年前～数億年前の試料の最も基本的な直接年代測定法として利用されてきました。近年、新しい測定・補正法の開発により従来の年代適用範囲よりも一桁ほど若い、数万年前までの試料が測定可能となってきました。火山活動グループでは、若い火山岩試料に対する K-Ar 年代法の高度化を進めており、火山地質図のプロジェクト等の中でも、その手法の有効性を示してきました。“高度化”の中では、測定の誤差を小さくする“高精度化”だけでなく、得られた年代の中心値の正確さ、信頼性を上げるという意味での“高精度化”も目指しています。

新しい測定・補正法においては、従来、精度を上げるために添加されていた内部標準ガスを添加することなく、試料そのもののアルゴン同位体 3 種を測定することで、アルゴン同位体の初期値を補正するところに特徴があります。火山岩においては、マグマだまりから噴出、固結するまでの間に、アルゴン同位体組成が大気の組成と平衡に達すると考えられ、従来法では現在の大気の組成を初期値と仮定して、その後に蓄積した放射性 ^{40}Ar の量から年代が算出されます。しかし、日本各地の火山において、初期値を保持していると考えられる非常に若い溶岩(歴史時代の噴火に対応する歴史溶岩など)を測定すると、その中には大気

の組成からずれているものがあり、それらは同位体の質量差に応じた理論的な質量分別直線上に分布することが明らかにされました(Matsumoto and Kobayashi, 1995)。この傾向はその後、ハワイ火山の歴史溶岩についても確認されています(Ozawa *et al.*, 2006)。年代が古く放射性 ^{40}Ar が十分に蓄積した試料については、この初期値のずれは計算上無視できるものですが、数万年前ほどの若い試料を対象としようとするときには影響が大きくなるため、初期値の補正が必要となります。

質量分別直線を用いて初期値を補正することで層序とも調和的な“高精度”の年代が得られることが多くの例で示されています。しかし、いつ、どこで、どのように質量分別しているのか?そのメカニズムはまだ解明されていません。そこで、数多くの歴史噴火の試料が採取可能であり、岩石学的な研究も進んでいるストロンボリ火山を対象に質量分別の傾向を捉えることができないか、ということが今回開始しようとする国際共同研究の目的です。

3. 研究打合せと試験的試料の分取

Francalanci 教授はストロンボリ火山の岩石学的、地球化学的な研究に長年取り組まれています。2013 年にイタリアで行われた Goldschmidt Conference のエオリア諸島の巡検に参加した際に、ストロンボリ火山の案内者であった Francalanci 教授と初めてお会いしました。現地を歩きながら、若い火山岩の年代学的研究についてストロンボリ火山についても将来的に実施したいということをお話したところ、すぐに快く引き受けていただけました。その巡検では夜にストロンボリ火山に登り、真っ赤に噴き上がるストロンボリ噴火を観察する時間もありましたので、またこの噴火を見に来たいという気持ちで少しずつ準備を進めてきました。

今回は、Francalanci 教授の研究室を訪問して、研究の

1) 産総研 地質調査総合センター活断層・火山研究部門

キーワード：廣川研究助成事業、火山、K-Ar 年代法

内容と意義を伝え、今後の計画を具体的に立てることと、もし可能であれば、これまでに採取された歴史溶岩の残りを試験的な分析のために分取させてもらうことを目的としていました。授業や会議などお忙しい中で、課題と今後の研究計画について聞いて一緒に議論し、大学院生の Sara さんにも協力していただき、これまで研究に用いられた試料の残分を分取させていただくことができました。中には、「噴火の際に、地球物理観測の機材の上に落ちて来たスコリアをイタリア国立地球物理学・火山学研究所 (INGV) の研究者が採取して、その時間とともに送ってくれたもの(ケーブルが破断してしまったため落ちて来た時間が正確にログでわかる)」というような試料もあり、2013 年の巡検の際にも感じていましたが、イタリアでは各大学と INGV とがとて素晴らしい連携体制で火山研究を進めている印象を受けました。歴史溶岩だけでなく、ストロンボリ火山について従来測定されてきた年代値についても、まだ課題が残っていることが議論していくうちにわかり、初期値の課題の次には年代測定プロジェクトとして今後進めていきたいと思っています。

4. キャンパスや実験室の様子

イタリア中部トスカーナ州都のフィレンツェは、市街中心部が歴史地区として世界遺産に登録されており、美しい街並が残されています。観光客も多く、日本で言うと京都のようだと感じていたら 2015 年にはちょうど京都との姉妹都市提携 50 周年だったようです。今回はパリでのテロの直後であったため、観光地は特に厳重警戒で物々しい雰囲気もありました。

フィレンツェ大学は市街地から徒歩 10 分程度の場所にあり、歴史を感じさせる石壁の並びに自然科学部への入口の門が突然現れます(写真 1)。大学の建物も歴史ある石造りで、貴重な彫刻等が残ったままの教室で講義も行われていました。数年前に新設したというクリーンルームは、外壁は残したまま、中に近代的な実験室が作られており、アンバランスながらも素敵な雰囲気でした。

訪問中には、キャンパス内にある自然史博物館と鉱物博物館も見学することができました。多くの貴重なコレクションが展示され、展示方法にも工夫が凝らしてあり、見応えがありました(写真 2, 3)。鉱物博物館近くに停めてあった泥のついた地質調査車両もとても雰囲気がありました(写真 4)。



写真 1 フィレンツェ大学の Dipartimento di Scienze Della Terra (地球科学部) のある門。入るとすぐに恐竜のオブジェが迎えてくれます。



写真 2 フィレンツェ大学の鉱物博物館の一室。ハンマーでトリミングした岩石試料が印象的でした。

5. おわりに

今回のイタリア訪問のもう一つの目的は、女性研究者としての大先輩である Francalanci 教授の大学での研究環境や雰囲気を直接肌で感じ、今後の研究者の方向性に



写真3 鉱物博物館の一番奥には、工芸品のコレクションも美しく並んでいました。



写真5 研究室にて Francalanci 教授（左）と筆者。



写真4 大学の地質調査車両は使い込まれた様子がとてもいい雰囲気を出していました。

についても考える機会としたいということもありました。Francalanci 教授の周りには院生、技術職員としての女性研究者も多く、華やかに研究を楽しんで進めている雰囲気でした。研究の話から家族の話、美味しい食事の話まで、オープンに自分の考えを話しやすい雰囲気があり、私の希望もとても丁寧に聞いていただきました(写真5)。イタリア人は目の前のことを楽しむことに重きを置く国民性で、型を気にせず融通を効かせる力を小さいときから鍛えられ

ているのかもしれませんが。私もキラリと光る研究成果を出せるよう楽しんで進めて行きたいと思います。

謝辞：本訪問に際し、相手先フィレンツェ大学の Lorella Francalanci 教授には、事前の調整から打合せまで、大変親切にご協力いただきました。また、京都大学の田上高広教授にはアイデアの段階から議論いただき、共同研究の実現に向けてご助力いただきました。

今回の訪問は地質調査総合センターの廣川研究助成事業により実現し、そのおかげで具体的な現地調査の計画も含めて、科研費課題として今後引き続き国際共同研究ができることになりました。このような機会を与えてくださった関係者の皆様に深く感謝致します。

文献

Matsumoto, A. and Kobayashi, T. (1995) K-Ar age determination of late Quaternary volcanic rocks using the "mass fractionation correction procedure": application to the Yonger Ontake Volcano, central Japan. *Chem. Geol.*, **125**, 123-135.

Ozawa, A., Tagami, T. and Kamata, H. (2006) Argon isotopic composition of some Hawaiian historical lavas. *Chem. Geol.*, **226**, 66-72.

YAMASAKI Seiko (2016) Report of the 2015FY Hirokawa Research Fund: Meeting for collaborative study of K-Ar dating for young volcanic rocks.

(受付：2016年5月12日)

平成 27 年度廣川研究助成事業報告 (2)

放射性廃棄物地層処分技術・研究の動向調査と 国際共同研究に向けた情報収集

朝比奈大輔¹⁾

1. はじめに

平成 27 年度廣川研究助成事業として、2015 年 6 月 27 日～7 月 5 日まで米国に滞在し、サンフランシスコで開催されたアメリカ岩石力学シンポジウムに参加した。また、放射性廃棄物地層処分に関する国際共同研究に向けた打ち合わせを行うため、米国のローレンスバークレー国立研究所を訪れたので報告する。

2. シンポジウムの概要

第 49 回アメリカ岩石力学シンポジウム (49th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium : USROCK) が、2015 年 6 月 28 日～7 月 1 日の期間カリフォルニア州サンフランシスコで開かれた。USROCK は、American Rock Mechanics Association の主催により毎年開催され、サンフランシスコとその他の市で交互に開催されている。2014 年にはミネソタ州ミネアポリスで開催された。本シンポジウムでは岩石力学、岩石工学、岩盤工学に関する諸テーマ (石油工学、土木工学、地質学、地球物理学、鉱山工学、地下建設) について議論された。会議は 3 日間にわたり、33 ヶ国から 572 人の参加があり、シンポジウムとしては過去最高の 359 論文が発表された。会議期間中には 3 つのワークショップ、3 つのテクニカルツアー、4 つのスペシャルイベントが企画されていた。2016 年には、テキサス州ヒューストンで開催される予定である。

3. 49th USROCK について

7 月初旬の過ごしやすいサンフランシスコで USROCK は開催された (写真 1, 2)。会議自体は 3 日間だが、前後に 2 日間のワークショップ/ショートコースと 1 日のテクニカルツアーがあり、全行程は 6 日間に及んだ。会議

開催中は 7 社のスポンサーと 16 社の企業ブースが設けられており、積極的なコミュニケーションが研究者と技術者の間で行われていた。

筆者はワークショップ/ショートコースとシンポジウムに参加した。ワークショップは、水圧破砕法を用いたシェールガスに関する研究開発、デジタルロックフィジックスの研究に関するものがあった。筆者が参加したのは、カナダのトロント大学大学院の卒業生達によるベンチャー企業 (Geomechanica 社) が開発した、力学的な数値解析ソフト FDEM に関するショートコースだった。コンサルタント会社である Geomechanica 社は、FDEM を使って、岩石・岩盤工学にかかわる諸問題 (シェールガス開発のための水圧破砕や、地下施設掘削時の力学的安定性、地すべり等) について解析的な検討を行っており、論文も多く発表している。このショートコースでは、解析手法の特徴や、具体的な解析手法、適用方法など、例題やデモンストレーションを通して多くの情報を得ることができた。

シンポジウムは 8 時から 18 時まで、4 つの会場で口頭発表が行われた。一日目は「水圧破砕法の室内実験法・モデリング」、「石油工学と岩塩」、「熱-力学-化学-生物学連成挙動」、「貯留層ジオメカニクス」等のセッションが行われた。特に、水圧破砕法のモデリングに関する発表では、筆者が以前専攻していたコンクリート工学で有名な、Prof. Zdenek Bazant の発表を聞くことができ、大変有意義であった。二日目は、「AE 法：室内実験からフィールドスケールまで」、「水圧破砕法の新しい技術」、「岩塩の力学」等のセッションがあった。三日目は「CO₂ 地中貯留」、「破壊力学」、「シェール層に関する実験と解析」等のセッションがあった。全体を通して、並行して行われる 4 つのセッションのうちどこかで、水圧破砕法やシェール層の力学的研究に関する発表が行われており、関心の高さをうかがい知ることができた。

1) 産総研 地質調査総合センター活断層・火山研究部門

キーワード：廣川研究助成事業、岩石力学、放射性廃棄物地層処分



写真1 シンポジウム会場のあるユニオンスクエア付近。



写真2 シンポジウムが行われたウェスティンホテル内。

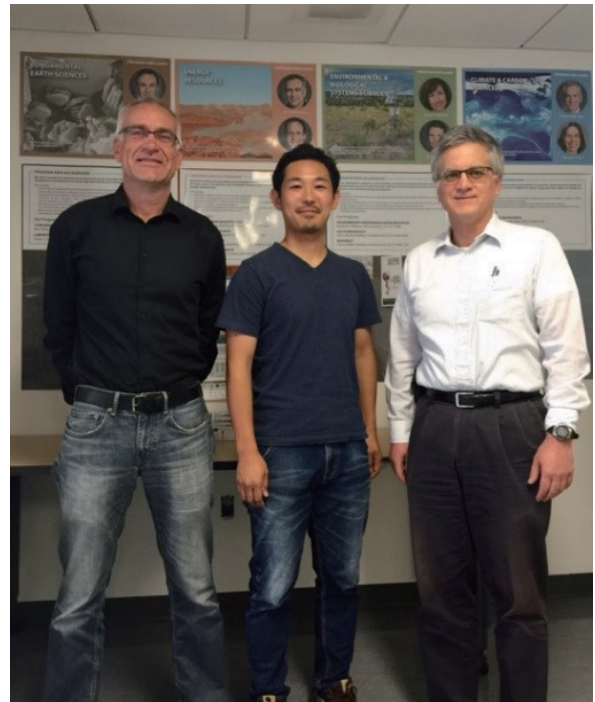


写真3 LBNLにて。左から Dr. Birkholzer, 朝比奈, Dr. Houseworth.

4. ローレンスバークレー国立研究所訪問

シンポジウムの後に、ローレンスバークレー国立研究所 (LBNL) エネルギー地球科学部門の Division Director である Dr. Jens T. Birkholzer の研究グループを訪問した(写真3)。産総研と LBNL は放射性廃棄物地層処分の共同研究(2014年12月 MOU の延長契約, 先方の課題代表者: Birkholzer 氏)を行っている。Birkholzer 氏と、プログラムマネージャーの Dr. James E. Houseworth, スタッフサイエンティストの Dr. Jonny Rutqvist と研究の打ち合わせを行った。

2014年に米国エネルギー省は、これまでの地下環境・資源にかかわるプロジェクト(地層処分, CO₂ 地中貯留, 地熱利用等)を統合的に管理するためのプラットフォームである "SubTER" (Subsurface Technology and Engineering

Research, Development, and Demonstration) を設立した。LBNL は、この統合的プラットフォーム構築において、特に地下環境のモデル化に関して主導的にかかわる立場であり、その研究の動向を調査することは、両研究所における放射性廃棄物処分に関する新規研究ニーズの発掘や、水文地質学的変動モデルを基に定量的な将来予測を行うという当研究グループの研究課題において必須である。

現在 LBNL が開発した、世界的にも評価されている広域の地下水流動シミュレータに対して、筆者は破壊現象を扱う解析コードを組み合わせた連成解析コードを構築し、岩盤の変形・破壊現象と水理特性変化に関する研究を行っている (Asahina *et al.*, 2014)。打ち合わせでは、今後の研究課題として、断層活動に伴う破碎帯形成等に係る水理特性変化を、処分場スケールで評価する方法等について議論した。今後は、断層活動等の地質関連事象による地下水流動への影響評価手法を開発するため、連成解析コードをより密接に組み合わせ、その妥当性を検証するためのテストケースについて提案・共有し、検討していくこととなった。

その他にも、高レベル放射性廃棄物の地層処分における岩盤の長期的挙動の予測に関する国際共同研究である「DECOVALEX」について、現状と2016年からの研究計画等について説明を受けた。2016年からの3年間は Birkholzer 氏が取りまとめ役となる予定である。

5. おわりに

今回の米国訪問を通じて、様々な研究者との繋がりを持つことができた。特に、次の世代を担う米国若手研究者との交流が深まった。また、本シンポジウムでは、多くの研究者がシェールガス開発に伴う水圧破砕法についての研究を発表していた。いわゆる米国のシェールガス革命から数年たった今でも多くの研究資金や人材がこの研究テーマに注がれており、その急速な技術の発展には目を見張るものがあった。

また、シンポジウム会場のすぐ外では、同性愛者による大規模なパレードが行われていた。オバマ大統領によって、米国全州で「同性婚」が合法化された直後だったということもあり、歴史的な一大イベントであったらしい。メインストリートはほぼ通行止めになっており、信号を渡ることもままならず閉口したが、米国の自由と勢いをこんなところからも感じる事ができた。

今回のシンポジウムと研究打ち合わせには、地質調査総合センターの廣川研究助成の援助により参加することができました。このような機会を与えていただいた関係各位に対して、心より感謝申し上げます。

文 献

Asahina, D., Houseworth, J., Birkholzer, J., Rutqvist, J. and Bolander, J.E. (2014) Hydro-mechanical model for wetting/drying and fracture development in geomaterials. *Computers & Geosciences*, **65**, 13–23.

ASAHINA Daisuke (2016) Report of the Hirokawa Research Fund in the 2015 fiscal year : Report of 49th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium and international collaborative research activities related to used fuel disposition.

(受付：2016年6月28日)

平成 27 年度廣川研究助成事業報告 (3)

機能性粘土鉱物の成因調査と利用に関する 国際共同研究に向けた事前協議

森本和也¹⁾

カオリン鉱物の一種であるハロイサイトは、陶磁器の原料として利用されるだけでなく、ナノチューブあるいはナノカプセル状といったユニークな形態をもつことから、触媒、ナノコンポジット(プラスチックなどとの複合材料)、ドラッグデリバリー(薬物を担持して体内で輸送する)材料など幅広い分野で機能性材料としての応用が期待されている(Joussein *et al.*, 2005)。ハロイサイトは火山灰の変質や熱水変質作用によって生成する粘土鉱物であり、特に火山灰土壌が広く分布する日本においては各地で産出が報告されている。そのため日本の関係学界におけるハロイサイト研究は先進的で、1950年代からこれまで多くの研究がなされてきた(Nagasawa *et al.*, 1969)。その中で、ハロイサイトの生成と形態の分別については特に関心がもたれている。

平成 27 年度廣川研究助成事業として、特異な形態をもつハロイサイトの環境親和的材料としての機能性評価や利用に関する国際共同研究に向けた事前協議のため、国際シンポジウム“The 4th Materials of Value and Essence (MOVE) Symposium”に参加し、研究発表と参加者との情報交換を行うとともに、シンポジウムの主催者であるフィリピン大学の研究者らと研究打合せを行った。また、ハロイサイト鉱床の成因と形態分別の解明に向けた研究に取り組むため、多様な形態の産出が報告されている国内の産地について調査経験と広い見識を持つ研究者と情報交換を行うとともに、共同での野外調査に向けた事前協議を行った。

国際シンポジウム“The 4th Materials of Value and Essence (MOVE) Symposium”は、2015年7月29日から7月31日にかけてフィリピンのケソン市にあるフィリピン大学ディリマン校において開催された。シンポジウムのテーマは、「健康・エネルギー・環境分野における持続可能なマテリアル利用」と幅広く、14件の講演と51件のポスター発表が行われた。会場は、ディリマン校にある



写真1 シンポジウムが行われた会場。

Institute of Environmental Science & Meteorology であった(写真1)。

講演では、大気汚染物質の健康への影響、放射性セシウム汚染の問題、粘土鉱物の合成と利用、カーボンナノチューブの合成と応用などが取り上げられていた。筆者は招待講演として、“Synthesis of Layered Organic/Inorganic Nanocomposite”というタイトルで発表を行った(写真2)。発表内容は、層構造をもつ鉱物(ハロイサイト、ブルーサイト、ハイドロタルサイト、セリサイト)の層間に有機分子(極性非プロトン性溶媒、糖アルコール、界面活性剤)をインターカレーションした新規の有機-無機複合材料の創製に関するもので、鉱物のドラッグデリバリー材料やナノコンポジット材料などとしての利用を目指した研究である(Morimoto *et al.*, 2016a, b)。発表に対して、インターカレーション技術を活かした層状鉱物の剥離(delamination)への研究展開が、さらに鉱物の応用分野を広げることにつながるのではとの助言も受けた。また、特にドラッグデリバリー材料についてはフィリピンにおいても関心がもたれているようで、大学研究者と民間企業との

1) 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：廣川研究助成事業、粘土鉱物、機能性、ハロイサイト、資源



写真2 シンポジウムでの筆者の講演。

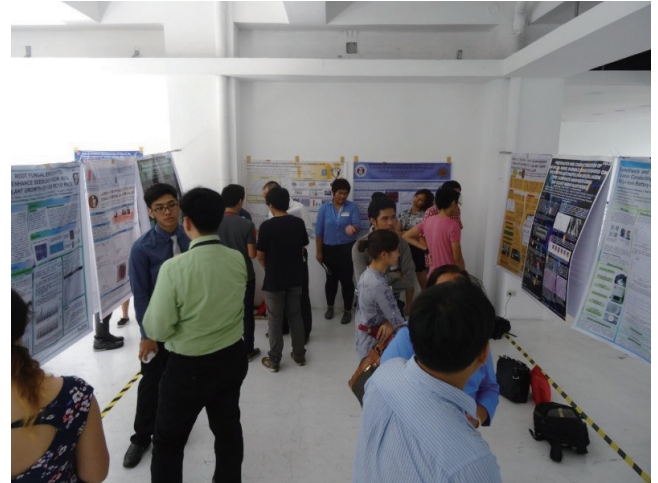


写真3 シンポジウムにおけるポスター発表の様子。

間で共同研究が進められていることも知ることができた。

ポスター発表ではフィリピン国内の大学生を中心に、材料・環境・エネルギー・農業・生体などにわたる分野の研究が活発に紹介されていた(写真3)。その中でも、ナノ材料の開発と応用に関するテーマが多くあり、社会的ニーズが背景にあるためか、高い水準の研究が推進されていることを実感した。発表の中には1件、高校生による発表もあり、酸化亜鉛の合成に関する内容であったが、質問に対しても堂々と応じてくれたことが印象に残った。

またシンポジウムの開催期間中に、このシンポジウムを主催したフィリピン大学の Chelo S. Pascua 博士と、同じくフィリピン大学の Cherry L. Ringor 博士と、粘土鉱物(特にハロイサイト)の機能性を活かした実利用に関して研究打合せを行った。両博士はそれぞれ、粘土鉱物の合成や利用を専門とする研究者、チューブ状物質の合成や機能性評価を専門とする研究者である。粘土鉱物を用いた複合材料の合成やチューブ状物質の生体分野への応用について高い関心もたれており、今後、互いの知見を組み合わせる先進的な研究成果を生み出せるよう共同研究の展開を図りたいと考えている。一方で、フィリピン国内においても広く分布する火山灰の風化からハロイサイトが産することが知られており、ハロイサイトの成因や資源量に関する観点からも非常に興味深い。

ハロイサイトの天然における産状の調査等を行っている研究者は世界的にみても少ないが、日本ではハロイサイトの産出に関する研究が比較的多く報告されている。九州大学農学部の土壌学研究室(和田信一郎教授)では、長年にわたり日本各地の土壌構成鉱物の組成や特性に関する分析データの蓄積と産状に関する研究が継続的に行われている。その中で、国内で産する特異なハロイサイトにつ

いての研究も多く行われている(e.g., Wada and Mizota, 1982)。そこで今回、土壌学研究室を訪問し、日本各地のハロイサイトの産状や形態に関する知見を伺うとともに共同研究に向けた事前協議を実施した(写真4)。今後、ハロイサイトの成因や資源量に関する調査地域の選定や調査項目について助言を受け、共同調査・研究の実施へと発展させていく予定である。

このような国内外との共同研究を通して、ユニークな形態をもつハロイサイトの新たな機能性を見出し、国内資源の利活用にも寄与していくことを期待している。

上述のフィリピンで開催された国際シンポジウムへの参加と国際共同研究に向けた事前協議、さらに国内における共同研究に向けた事前協議に際し、元地質調査所職員である故廣川 治氏のご遺族からの地質調査総合センターに対する寄付金(佃, 2012)を使用させていただきました。ここに、故廣川 治氏とご遺族をはじめ、関係者各位に篤く御礼申し上げます。



写真4 九州大学土壌学研究室で保管されている団塊状ハロイサイト試料。

文 献

- Joussein, E., Petit, S., Churchman, J., Theng, B., Righi, D. and Delvaux, B. (2005) Halloysite clay minerals — a review. *Clay Miner.*, **40**, 383–426.
- Morimoto, K., Tamura, K., Yamada, H., Sato, T. and Suzuki, M. (2016) Determination and reduction of Fe (III) incorporated into Mg-Fe layered double hydroxide structures. *Appl. Clay Sci.*, **121–122**, 71–76.
- Morimoto, K., Tamura, K. and Sakuma, H. (2016) Generation of second-stage structure in the alkylammonium cation and potassium sericite mica system. *Chem. Lett.*, **45**, 336–338.
- Nagasawa, K., Takeshi, H., Fujii, N. and Hachisuka, E. (1969) Kaolin minerals. In Editorial subcommittee for “The Clays of Japan” of the organizing committee of the 1969 International Clay Conference, ed., *The Clays of Japan*. Geological Survey of Japan, Kanagawa, 17–70.
- 佃 栄吉 (2012) 廣川 治氏ご遺族からの寄付金について. *GSJ 地質ニュース*, **1**, 18.
- Wada, S. and Mizota, C. (1982) Iron-rich Halloysite (10Å) with crumpled lamellar morphology from Hokkaido, Japan. *Clay Clay Miner.*, **30**, 315–317.
-
- MORIMOTO Kazuya (2016) Report of the Hirokawa Research Fund in the 2015 fiscal year : Preliminary consultation of an international joint research on the genesis and application of functional clay minerals.
-

(受付：2016年7月6日)

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 岡井貴司
副委員長 中島礼
委員 中嶋健
星野美保子
竹田幹郎
山崎誠子
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5巻第9号
平成28年9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 前田印刷株式会社

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : Takashi Okai
Deputy Chief Editor : Rei Nakashima
Editors : Takeshi Nakajima
Mihoko Hoshino
Mikio Takeda
Seiko Yamasaki
Junko Komatsubara
Yuichiro Fusejima
Rie Morijiri

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. 5 No. 9
September 15, 2016

Geological Survey of Japan, AIST

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

Maeda Printing Co., Ltd

