

GSJ 地球をよく知り、地球と共生する

地質ニュース

2019
11
Vol.8 No.11



11月号

-
- 285 **CCOP 地質情報総合共有プロジェクトの紹介**
宝田 晋治・ジョエルバンディバス
-
- 289 **ひと目でわかる「地下水の地図」をウェブサイトで公開
—誰もが地下水の情報を閲覧できる環境づくり—**
町田 功・井川 怜欧・小野 昌彦・松本 親樹
-
- 292 **大阪平野の水文環境図と地中熱ポテンシャルマップを同時公開～大阪平野の地下水資源ポテンシャルの見える化に向けて～**
井川 怜欧・吉岡 真弓・内田 洋平
-
- 297 **産総研東北センター一般公開
—学都「仙台・宮城サイエンス・デイ 2019」—**
高橋 雅紀・シュレスタ ガウラブ・森田 啓子
-
- 301 **鹿沼土の話① —採掘から製品まで**
徐 維那・須藤 定久・高木 哲一
-
- 308 **新刊紹介 「富士山はどうしてそこにあるのか 地形から見る日本列島史」**
-
- 309 **新人紹介 クリストファー コンウェイ・金子 翔平・黒田 みなみ**
-
- 311 **受賞・表彰 北海道センターの中川 充氏が環境省第 38 回温泉関係功労者に表彰されました**

CCOP 地質情報総合共有プロジェクトの紹介

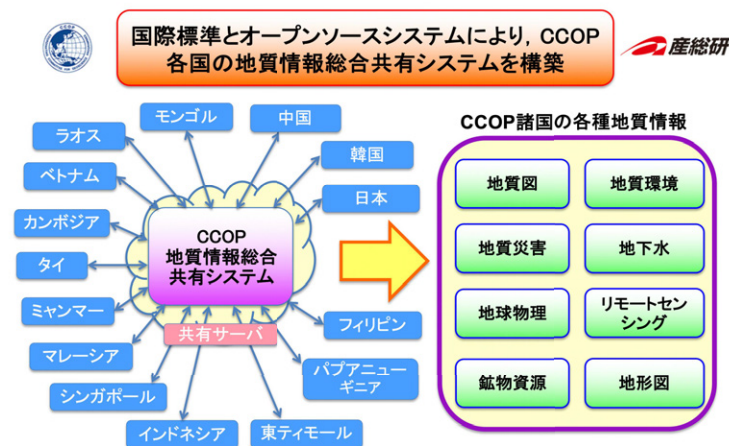
宝田 晋治¹⁾・ジョエルバンディバス¹⁾

1. はじめに

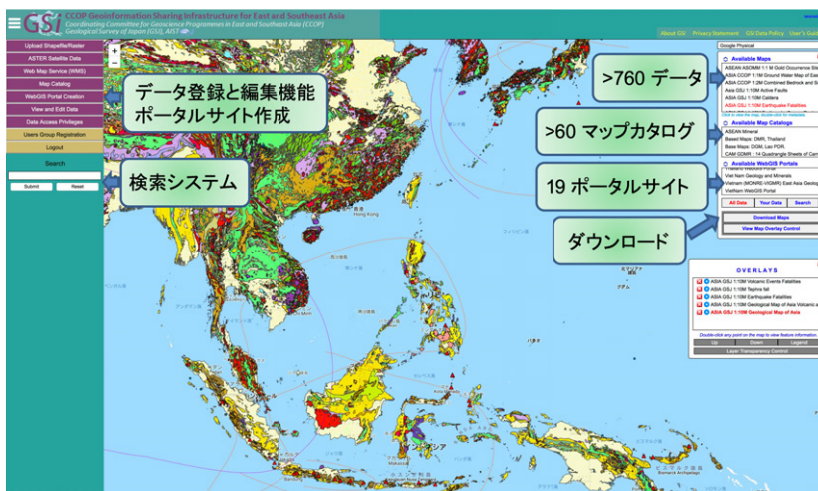
CCOP地質情報総合共有プロジェクト(CCOP Geoinformation Sharing Infrastructure in East and Southeast Asia ; GSI)は、産総研地質調査総合センターが推進役となり、CCOP¹⁾として進めている主要プロジェクトの1つである。このプロジェクトは、(1) CCOP 各国が保有する各種の地質情報を国際標準形式で、ウェブ上に公開し、(2) CCOP 各国の地質情報の数値化・高度化を進め、(3) アジア地域の地質情報の総合的なデータ共有システムを構築し、地質情報の共有化・地質情報の社会への還元・国際標準化・各国スタッフの能力向上を図ることを目的としている(第1図)。地質図、地震、火山、地質災害、

地質環境、地下水、地球物理、地球化学、リモートセンシング、鉱物資源などのCCOP各国の地質調査機関が保有している様々なデータをGISにより数値化し、共有することを目指している(第1図)。産総研地質調査総合センターの研究成果・手法を“国際標準”としてアジアに展開すると共に、全世界地質図提供プロジェクト(OneGeology²⁾)などの各種の国際プロジェクトとの連携を図り、東・東南アジア地域の情報発信の推進役を果たすことを目標としている(Takarada and Bandibas, 2018)。

CCOP 地質情報総合共有システム(第2図)では、2019年10月現在、11カ国の760以上のデータ、60以上のマップカタログ、15以上のポータルサイトが公開されている。



第1図 CCOP 地質情報総合共有システムの概要



第2図 CCOP 地質情報総合共有システムのメインサイト (<https://ccop-gsi.org/main/> 確認日2019年10月7日)。

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：地質情報、CCOP、アジア、WebGIS

2. プロジェクトの経緯と目標

東・東南アジア地域の CCOP に加盟する各国の地質調査機関では、これまで長年にわたり、地質図など多くの地質情報を出版している。しかし、これらの多くは紙ベースであり、電子化されていてもウェブ公開されているものは、画像データや PDF データのみであることがほとんどであり、これらを利用するには、さまざまな障壁があった。近年、各国で地質関連情報を地理情報システム (GIS) により数値化し、利用することが広がってきたが、多くの場合これらの数値化データは、各国地質調査機関内部での利用に留まることが多く、広く一般には利用されていなかった。そのため、各国の地質調査機関が保有する各種地質情報について数値化を促進し、国際標準形式で共有化するプロジェクトを、2015 年から産総研地質調査総合センターが主導し立ち上げた。このプロジェクトにより、社会に役立つ情報の提供、ユーザーからのアクセス性の向上、地質災害・環境・資源関連情報の提供、各種アウトリーチ活動での利用、さまざまな解析システムの開発などが図られる。

本プロジェクトは、2014 年 10 月にパプアニューギニアのココポで開催された CCOP 管理理事会で、日本が提案し了承された。2015 年 9 月にタイのバンコクでキックオフ会合が開催され、カンボジア、インドネシア、日本、韓国、ラオス、マレーシア、ミャンマー、パプアニューギニア、フィリピン、タイ、ベトナムの 11 カ国から 23 名の代表が参加し、本プロジェクトの目標、今後の計画、データポリシーなどを合意した。2016 年 9 月にインドネシアのソロで第 1 回国際ワークショップを開催し、暫定共有システムへのデータ掲載の技術講習、各国の 5 年間のデータ整備計画を検討した (9 カ国 47 名が参加)。2017 年 12 月にラオスのプランパバーンで第 2 回国際ワークショップを開催し、システム開発についての討議や、モバイル版の技術講習を行った (10 カ国から 22 名が参加)。2018 年 9 月にマレーシアのランカウイで、第 3 回国際ワークショップを開催し、CCOP 地質情報総合共有システムは正式公開された (11 カ国から 43 名が参加)。この会議では、刷新されたインターフェイスや新たな ASTER 衛星画像の登録システムが披露された。また、システムの改良、CCOP の各種プロジェクトとの連携、解析システムの検討、各地質調査機関で行っているプロジェクトのポータルサイトの作成、OneGeology 等の他のプロジェクトとの連携などの議論が行われた。2019 年 10 月には、カンボジアのシェムリアップで第 4 回国際ワークショップが開催され、活発な討議が行われた (12 カ国から 23 名が参加)。

3. プロジェクトの体制

現在、CCOP 各国が保有する各種地質情報の数値化・高度化・アーカイブ化を進め、各国が協調して、東・東南アジア地域における地質情報の総合データベースの構築を進めている。本プロジェクトでは、CCOP 各国のナショナル・コーディネーターが取りまとめを行っており、分野毎のデータ・コーディネーターが、データの整備、登録、品質管理、ユーザーからの問い合わせの回答等を行っている。産総研地質調査総合センターは、プロジェクトの推進役として、共有システムの開発、毎年の国際ワークショップの開催、技術支援、技術講習会の開催などを行っている。CCOP 事務局は、毎年ホスト国と共に、国際ワークショップの開催を支援し、共有サーバの維持管理を行っている。

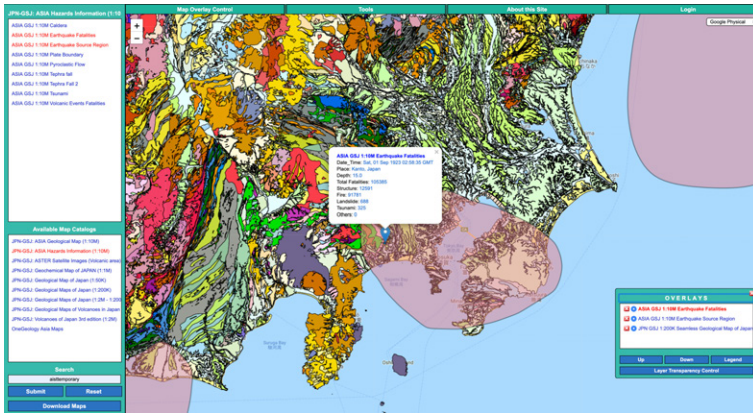
4. CCOP 地質情報総合共有システムの概要

本システムは、Web Map Service (WMS), Web Processing Service (WPS), Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS), Web Map Tile Service (WMTS) などの OGC³ による国際標準技術を用いており、相互運用性の向上、他の OneGeology などの国際プロジェクトとの連携などが期待できる (Bandibas and Takarada, 2019)。また、フリーオープンソースソフトウェア (FOSS) を利用しているため、システムの改良や維持管理が容易である。さらに、WebGIS⁴ やデータベース構築技術の普及、各国スタッフへの教育、ワークショップ、講習会やマニュアルによる技術移転などを進めている。

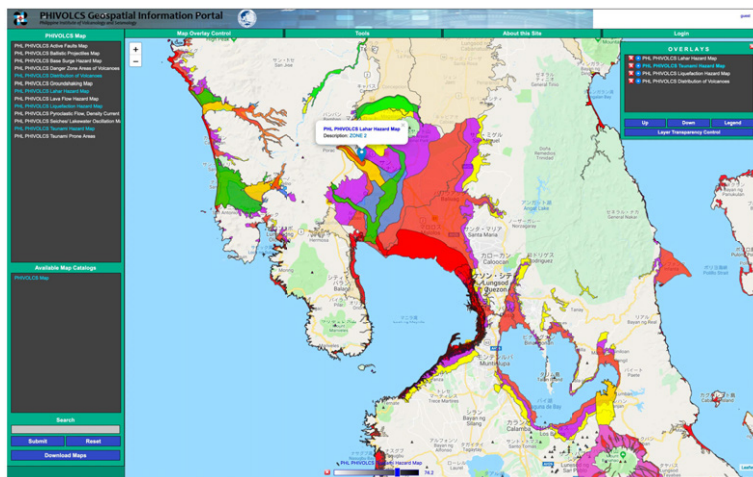
国ごとやプロジェクト単位でポータルサイトを作成する機能がある。2019 年 8 月現在、各国の地質調査機関のポータルサイトの他、ASEAN 鉱物資源データベース、CCOP 地下水プロジェクト、OneGeology プロジェクト (アジア版) など 15 以上のポータルサイトがある (第 3 図、第 4 図)。さらに、モバイルデバイスで利用できるサイト (第 5 図) も用意されている。また、作成中のデータなどについては、アクセスコントロール機能により、関係者だけがアクセスできるような機能を提供している。

各データは、KML, PNG, PDF でダウンロードできる。また、WMS 機能により、ユーザーは、QGIS や ArcGIS 等の GIS ソフト上に任意のデータを表示し、他のデータと重ね合わせて解析することが可能である (第 6 図; 各レイヤをダブルクリックすると、そのデータのメタデータが表示されるので、上から 2 行目の Service URL を利用する)。

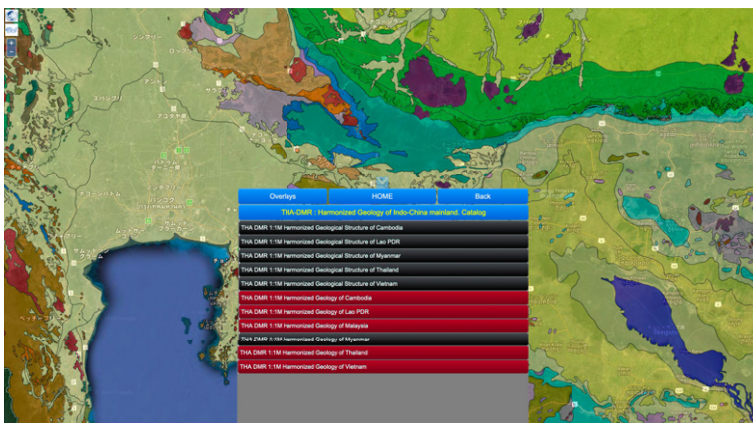
本システムでは、システムに登録した者のみが自らの



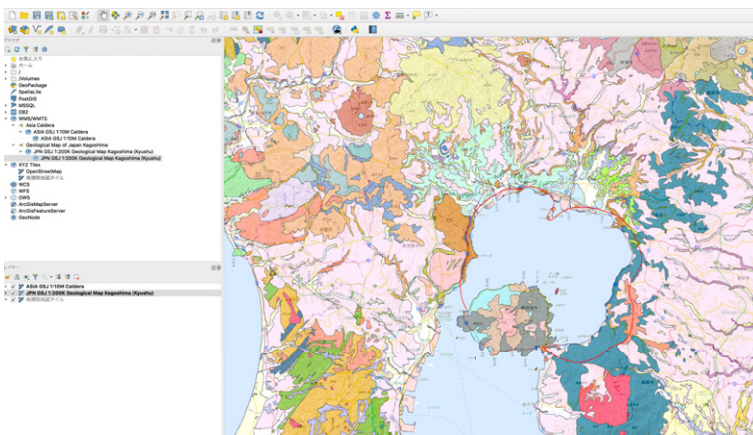
第3図 産総研地質調査総合センターのポータルサイト (https://ccop-gsi.org/gsi/gsj_webgis/ 確認日 2019年10月7日)。20万分の1シームレス地質図V2, 地震震源域, 1923年9月1日の関東大震災の犠牲者数と内訳を表示。



第4図 フィリピン PHIVOLCS (フィリピン火山地震研究所) のポータルサイト (<https://ccop-gsi.org/gsi/phivolcs/> 確認日 2019年10月7日)。ラハール、液状化、津波ハザードマップと火山の分布を表示。地形図は、Google Maps を利用。



第5図 CCOP 地質情報総合共有システムのモバイル版 (<https://ccop-gsi.org/gsi-mobile> 確認日 2019年10月7日)。タイ、カンボジア及び周辺地域の100万分の1地質図を表示。地形図は、Google Maps を利用。



第6図 20万分の1地質図(鹿児島)と始良カルデラ線をWMSによりGISソフト(QGIS)上で表示。地形図は、地理院地図(地理院タイルの標準地図; <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html> 確認日 2019年10月7日)を利用。

データの更新, 修正を行える機能を有し, 他の登録者によるデータは改変できない構造となっている。また, 常時セキュリティ上の監視や定期的なセキュリティアップデートを実施している。

5. 掲載コンテンツ

CCOP 地質情報総合共有システムは, CCOP 各国の地質関連データを共有する総合プラットフォームとなっており, 比較的簡便に, 地質関連データをシステムに掲載する機能を提供している。現在, 日本を含む CCOP11 カ国から, 地質図, 地震, 火山, 地質災害, 環境, 地球物理, 地球化学, 地下水, 地熱, リモートセンシング, 地形図など, 全部で 760 件以上のコンテンツが掲載されている。例えば, 100 万分の 1 地質図, 20 万分の 1 地質図, 20 万分の 1 日本シームレス地質図, 5 万分の 1 地質図, 活断層・津波・震源分布図, カルデラ・火砕流・降下テフラ分布図, 地震・火山イベント犠牲者数, 各種ハザードマップ, 火山地質図, 重力異常図, 地球化学図, 地下水データ, 鉱物資源図, 衛星画像データ, 温泉分布図などが掲載されている。

本システムは, 地下水, 非在来型ガス・オイル, 東南アジア 100 万分の 1 地質図プロジェクトなどの現在 CCOP で行われている各種のプロジェクトの閲覧検索システムとしても利用される予定である。また, OneGeology や ASEAN 鉱物資源データベースなど他の各種プロジェクトとも連携を図る計画である。OneGeology サイト上で, 本システムのデータを閲覧検索できるように, 調整を進めているところである。現在は, 20 万分の 1 日本シームレス地質図 V2 などが, OneGeology サイト上でも閲覧できるようになっている。

6. 今後の予定

本システムは, 東・東南アジア地域の地質, 地震, 津波, 火山, 災害, 鉱物資源, 地下水, 地熱, 衛星画像などの多様なデータを閲覧検索できる。また, GIS ソフトウェア上で他のデータと重ね合わせて利用できるように, 各方面で利用が可能である。例えば, (1) 海外に進出予定の企業が現地の地質・災害・鉱物資源・地下水などの情報を入手して事前の検討を行う, (2) 大学や研究機関での地質関連の研究に役立てる, (3) ジオパークや教育機関でアウトリーチ活動に利用する, (4) 一般旅行者が事前の下調べに利用するなどの用途が期待できる。

本プロジェクトでは, さらにデータを拡充し, データの

量と質の充実化を図る予定である。また, システムの機能向上, 講習会の開催による各国スタッフの能力向上を進めていく。さらに, OneGeology などの各種の世界的なプロジェクトと連携し, 東・東南アジア地域の地質関連情報が広く世界で利用されるようにしていく。そして, 産総研地質調査総合センターが中核となり, 東・東南アジア地域の総合データベースとして, 広く活用されるシステムとして, 発展させていく計画である。

文献

- Bandibas, J.C. and Takarada, S. (2019) Geoinformation sharing system for East and Southeast Asia using SDI, OGC Web services and FOSS. *International Journal of Geosciences*, **10**, 209-224.
- Takarada, S. and Bandibas, J.C. (2018) Constructing a comprehensive geoscience database in East and Southeast Asia: CCOP Geoinformation Sharing Infrastructure for East and Southeast Asia (GSi) Project. *Proceedings of the International Meeting on Eruption History and Informatics*, 2018-2, 48-57.

脚注

- *1 CCOP: 東・東南アジア地球科学計画調整委員会 (<http://www.ccop.or.th/> 確認日 2019年10月7日)。1966年に, 国連アジア太平洋経済社会委員会の下に設立された。地球科学分野のプロジェクト, ワークショップなどの推進, 調整を行う政府間機関。持続可能な資源開発, 地質情報の整備, 地質災害の軽減, 環境保護のための人材育成, 技術移転, 情報交換, 組織間の連携を推進している。現在の加盟国は, カンボジア, 中国, インドネシア, 日本, 韓国, ラオス, マレーシア, モンゴル, ミャンマー, パプアニューギニア, フィリピン, シンガポール, タイ, 東ティモール, ベトナムの15カ国。
- *2 OneGeology: 2007年の国際惑星地球年にスタートした, 世界各国の地質調査機関が協力して進めているウェブによる全世界地質図提供プロジェクト (<http://www.OneGeology.org/> 確認日 2019年10月7日)。100万分の1スケールの地質図を手始めとして, 世界規模で最高品質の地質図データを公開することを目的としている。OneGeologyポータルサイト (<http://portal.onegeology.org/OnegeologyGlobal/> 確認日2019年10月7日)上で各国の地質図を閲覧できる。現在は, 118の国の地質調査機関が参加している。
- *3 OGC: 地理情報の国際標準化に取り組んでいる非営利団体 (<http://www.opengeospatial.org/> 確認日 2019年10月7日)。さまざまな地理情報をインターネット上で扱うための国際的な規約を定めている。
- *4 WebGIS: インターネット技術を使用したGIS (地理情報システム: Geographic Information System)。ウェブ上でさまざまな地理情報を扱うためのシステム。ウェブ上のデータが位置情報や付加情報を持っており, さまざまな情報と重ね合わせ, 解析することが可能である。

TAKARADA Shinji and BANDIBAS Joel (2019) CCOP Geoinformation Sharing Infrastructure for East and Southeast Asia (GSi) Project.

(受付: 2019年9月2日)

ひと目でわかる「地下水の地図」をウェブサイトで公開 —誰もが地下水の情報を閲覧できる環境づくり—

町田 功¹⁾・井川 怜欧¹⁾・小野 昌彦¹⁾・松本 親樹¹⁾

※本稿は、2019年5月31日の産総研プレスリリースの内容を一部改編したものです。

要約

- ・地下水の情報に対するニーズが高まりつつある。
- ・地圏資源環境研究部門地下水研究グループは、水文環境図と全国水文環境データベース (<https://gbank.gsj.jp/WaterEnvironmentMap/> 確認日：2019年11月1日) を合わせてウェブ公開した。
- ・水文環境図は、ユーザーが見たい情報を選択して簡単に閲覧できる地下水の地図である。
- ・全国水文環境データベースでは、地下水情報を全国地図に表示可能。今後、段階的に発展させていく予定である。

1. 背景

地下水は年間を通じて安定した温度、良好な水質が保たれ、井戸があれば簡単に入手できる優れた水資源として古くから日本国内で利用されてきた。高度経済成長期に入ると、地下水の過剰揚水による地盤沈下や塩水化が顕在化し、地表水への転換を余儀なくされた地域も多い。しかし、近年、家庭用ウォーターサーバーの普及、ミネラルウォーター需要の増大、高い経済性と安定性に着目した大規模施設における井戸の設置、災害時非常用水源としての役割など、再び地下水の需要が増大しつつある。一方、水資源の利用と保全を目的とした水循環基本法(2014年)が施行され、それによって定められた水循環基本計画では流域内の自治体や関係者が連携して持続的な地下水利用のための保全を行う方針が示されている。したがって、今日は地下水の需要増大と管理推進という2つの動きが生じつつある状況であり、将来的により多くの方々が地下水に関わる諸問題に直面すると推定される。

このような状況を考えると、地下水の情報へのアクセスを容易にすることは大きな意味がある。地下水は目に見えないため、容易にその情報を得ることはできないが、地下水の特性は平野および盆地内、あるいは同一流域内であっ

ても地域性を有するため、丹念に既存データを整理し、そして野外調査を進めていけば、ある程度の予測はできるはずである。このようなスタンスに基づき、編集されたデータを提示しながら解説をおこなっていく地図が水文環境図である。

2. 水文環境図ウェブ公開の経緯

産総研地質調査総合センターは、その前身の旧地質調査所時代から水理地質図を出版しつづけてきており、その歴史は日本水理地質概観図(地質調査所、1957)から数えて60年以上になる。1961年からは主に紙媒体の日本水理地質図シリーズが37年間にわたって出版された。その後、2001年に地質調査所は産総研地質調査総合センターとなり、2002年からはCD版の水文環境図が出版された。CD版の水文環境図は、さまざまな地下水の情報を任意に重ね合わせて表示する機能を搭載していたが、ウェブブラウザの更新などにより、過去の水文環境図が閲覧できなくなる問題があった。そこで、ユーザーが求める情報について改めて検討を重ねて、ウェブサイトを通じてより簡単に選択的に情報を閲覧できるシステムの構築を進めた。今回、これまでに出版した4地域(関東平野、熊本地域、石狩平野、富士山)の水文環境図に、新たに3地域(筑紫平野、^{ゆうふつ}勇払平野、大阪平野)を加えてウェブで公開した。今回公開したウェブサイトでは過去に公開された幾つかの水に関するデータベースやマップが抱えている問題点、具体的にはユーザーによる閲覧情報の選択や、二次利用の制限などを解決している。その他、ウェブ版の水文環境図では、これまで統一されていなかった、情報閲覧リストの統一化を実施し、より使い勝手のよいものとなっている。

3. 水文環境図のコンテンツ

水文環境図シリーズの編集には複数の研究員が携わるた

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：水文環境図、全国水文環境データベース、ウェブ化

第1表 水文環境図の編集項目（町田ほか，2015を一部修正）

	地下水	地中熱
現況	一般水質、水素・酸素安定同位体 比湧出量 or 透水係数分布 不透水性基盤 水文地質断面	現況の地下水面図 水温分布 地温勾配分布
過去	過去の水質分布	過去の地下水面図 過去の水温分布
その他	地質図 地形図 地質断面	線路・国道 その他



第1図 筑紫平野（福岡県，佐賀県）における地下水位の等高線（松本ほか，2019）.
 図中の□は地下水位測定地点.

め，第1表のような編集項目が定められているが，これはかなり絞りこまれたものとなっている．例えば，第1表には諸外国の水理地質図にてしばしば認められる，降水量分布図，蒸発散分布図，電気検層といった情報は含まれていない．このようなシンプルな編集項目は，編集のスピードと継続性の確保に好影響を及ぼしている．特に産総研地質調査総合センターの人員や予算の変動，そして図の作成者のスキルの継承という，様々な問題を考えると，継続性の維持のためには編集項目は必要最低限にとどめておくことが重要である．ただし，地下水に関して必要な情報は地域によって異なることも事実であるから，実際には，第1表に加えて担当者が必要と考える情報を盛り込んでいくことになっている．

水文環境図の使用例として，第1図に筑紫平野（福岡県，佐賀県）の地下水位の等高線を示す．地下水は水位の高いところから低い方へ流れる．鳥栖市や久留米市では青矢印で示すように河川に向かって地下水が流れ，平野全体では地下水は，おおむね佐賀市内へと流れ込むことがわかる．また，八女市やみやま市は，等高線の間隔が狭く地下水位の勾配が急な地域であり，地下水の流れが速い．このように水文環境図から，水位や地下水の流れる方向がわかる．その他にも，水質，温度，地形，地質など，ユーザーが得たい情報を選択して閲覧できる．このような地下水の情報は，その地域の経済発展のための基礎資料となる．例えば，地下水の流れが速い地域では，地下の温度を利用した地中熱ヒートポンプの効率が高くなる．また，深い井戸を掘ら



第2図 全国水文環境データベースの表示例
水文環境図「関東平野」「富士山」「濃尾平野」の地下水温を表示。

なくとも良質の地下水を利用できる地域は、飲料メーカーや工業製品メーカーなどの立地に適しているなど、地域の特色を生かした地方創生の一助を担うものである。

4. 全国水文環境データベースについて

今回、水文環境図のウェブ公開と同時に、全国水文環境データベースを構築し、公開した。全国水文環境データベースでは、2000年以降に地下水研究グループが実施してきた広域地下水流動調査の結果を水文環境図でまとめた7地域のデータに加えて公開したものである(第2図)。このとき地域の地下水の特徴を明瞭にし、比較しやすくするために、表示項目に全国統一の閾値を設けている。例として、第2図に地下水の水温を示すが、富士山周辺の高地の地下水は、他の平野部の地下水より水温が低いことや、関東平野の内陸部で地下水温が高いことなどがわかる。今後、全国水文環境データベースには水質以外のデータを蓄積していくことを考えている。このような地下水情報の集約により、将来的に日本の地下水の水質と地質の関係などの一般的な関係を明らかにできると考えている。

5. 終わりに

水文環境図で重視している継続性という点は、地下水の地図を編集する上で重要である。地下水データは散在して

おり、そして非常に失われやすい。このような環境の中で、「水文環境図を見れば地下水の情報が得られる」ことが周知され、かつ長期間継続されることは、地域の地下水関係者からみれば有益なことと思われる。一方、将来的には、地下水を含めた水資源は国や地域で総合的かつ戦略的に確保・管理していくことになることも考えられるため、この意味でも地下水の情報を整理された形で蓄積していくことは重要である。

なお、水文環境図および全国水文環境データベースのシステムは、三井共同建設コンサルタント株式会社 MCC 研究所インフラシステム開発室の岩崎貴志氏、小島広宜氏との密な議論の中で構築されたものである。

文 献

- 地質調査所 (1957) 日本水理地質概観図。地質調査所。
町田 功・井川怜欧・小野昌彦・丸井敦尚 (2015) 地下水の地図「水文環境図」。地下水技術, 11-12。
松本親樹・小野昌彦・井川怜欧・内田洋平・稲富忠将・町田 功・藤井 光 (2019) 水文環境図 No. 5「筑紫平野 (第2版)」。産総研地質調査総合センター。

MACHIDA Isao, IKAWA Reo, ONO Masahiko and MATSUMOTO Shinji (2019) Release of digital hydrogeological maps on the internet –For easy access to groundwater information–.

(受付：2019年8月5日)

大阪平野の水文環境図と 地中熱ポテンシャルマップを同時公開 ～大阪平野の地下水資源ポテンシャルの見える化に向けて～

井川 怜欧¹⁾・吉岡 真弓¹⁾・内田 洋平²⁾

※本稿は、2019年6月14日の産総研プレスリリースの内容を一部改編したものです。

1. はじめに

産総研地質調査総合センター地圏資源環境研究部門地下水研究グループと福島再生可能エネルギー研究所再生可能エネルギー研究センター地中熱チームは、今年の6月14日に大阪平野における水文環境図と地中熱ポテンシャルマップをwebにて同時公開しました(産業技術総合研究所, 2019)。水文環境図は町田ほか(2019)において記載されている通り、地下水の地図であり、散在している地域の地下水に関連する資料を年代ごとに整理して、見やすく編集したものです。一方、地中熱ポテンシャルマップは、地質構造や帯水層構造を考慮して作成した地質構造モデルを用いて、地下水流動解析ならびに熱輸送解析を実施し、その結果を図示したものです(第1図)。

本稿では、作成に至った背景などを含めて、両マップから読み取れる情報や利用方法について簡単にご紹介したいと思います。なお、大阪平野における水文環境図と地中熱ポテンシャルマップは、それぞれ以下のURLからどなたでもご覧いただけますので、ぜひ、ご自身の目で確認いただき、ご自身の興味のある地域や場所についてよりご理解を深めていただければと思います。

水文環境図 No. 11「大阪平野」: <https://gbank.gsj.jp/WaterEnvironmentMap/contents/osaka/osaka.htm>

GSJ速報「大阪平野における地中熱ポテンシャルマップ」: https://www.gsj.jp/data/interim-report/GSJ_DOC_INR_078_2019.pdf

2. 背景

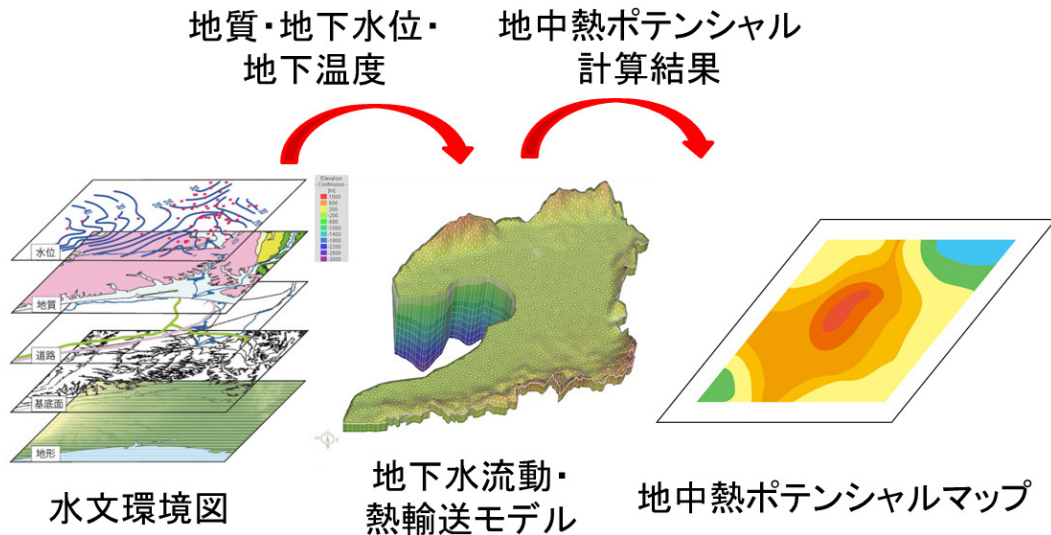
大阪平野では、昔から工業用水や農業用水として大量の地下水を利用していました。しかし明治時代以降、地下水の過剰な汲み上げに伴う地盤沈下が徐々に進行し、太平洋戦争後の復興期に地盤沈下や、それに伴う塩水化の影響が

非常に大きくなりました。そこで、1957年には兵庫県尼崎市が、そして1959年には大阪府大阪市が工業用水法による地下水取水規制対象地域となりました。その後、順次規制地域が拡大しました。取水規制により地下水位は定常状態まで回復したものの、現在でも大阪府内の18市町村と兵庫県内の3市が規制対象地域となっています。大阪ではこのような過去の地下水障害の反省から、産学官が連携し、“地下水地盤環境に関する研究協議会”を作り、新たな地下水利用を含めた地下水地盤環境の保全を目的とした情報収集や管理、研究などを行っています。

地中熱ヒートポンプシステムは1970年代のオイルショックを契機に欧米で導入が進んだ一方で、日本では広く普及しておらず、その一番の要因は導入コストと言われています。両者におけるコストの違いを生む一因として本システムのエネルギー源となる地下地質の違いがあげられます。地殻活動が安定している欧米では熱伝導率の高い岩盤が地質の主体をなしている一方で、都市が集中する平野や盆地部において厚い第四紀堆積物が主体となる日本では、礫・砂・粘土を主体とする第四紀層の熱伝導率が岩盤の半分程度となるため、必要な「熱交換器の長さ」が長くなり、結果としてコストがかさむため、地中熱システムの普及には不利な地質条件と考えられてきました。しかしながら、第四紀層内を流れる豊富な地下水が熱の移流効果を高めることで、見かけの熱伝導率を上昇させることが明らかとなり(内田ほか, 2019)、必ずしも岩盤と比較して不利な地質条件ではないことがわかりました。さらに、地中熱利用は、その省エネルギー性能の高さやCO₂排出量の削減効果に加え、ヒートアイランド現象の抑制にも有用なことがわかっています。近年、日本では、冬季の暖房利用時の燃料コストの削減目的から北海道や東北地方を中心に導入が進んでいます。大阪府と大阪市では2011年の東日本大震災以降、「おおさかエネルギー地産地消推進プラン」を策定し、再生可能エネルギーの普及拡大や省エネの推進

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 エネルギー・環境領域 再生可能エネルギー研究センター

キーワード：大阪平野、水文環境図、地中熱ポテンシャルマップ、クローズドループ、オープンループ



第1図 地中熱ポテンシャルマップ作成に至る概念図

を進めており、地中熱利用システムの普及にも積極的に取り組んでいます。事業者や住民が求める導入コストの指標となるものがありませんでした。

このような背景から大阪平野における地下水資源の「見える化」の一環として、水文環境図と地中熱ポテンシャルマップの作成に取り組みました。

3. 研究の内容

3.1 水文環境図「大阪平野」

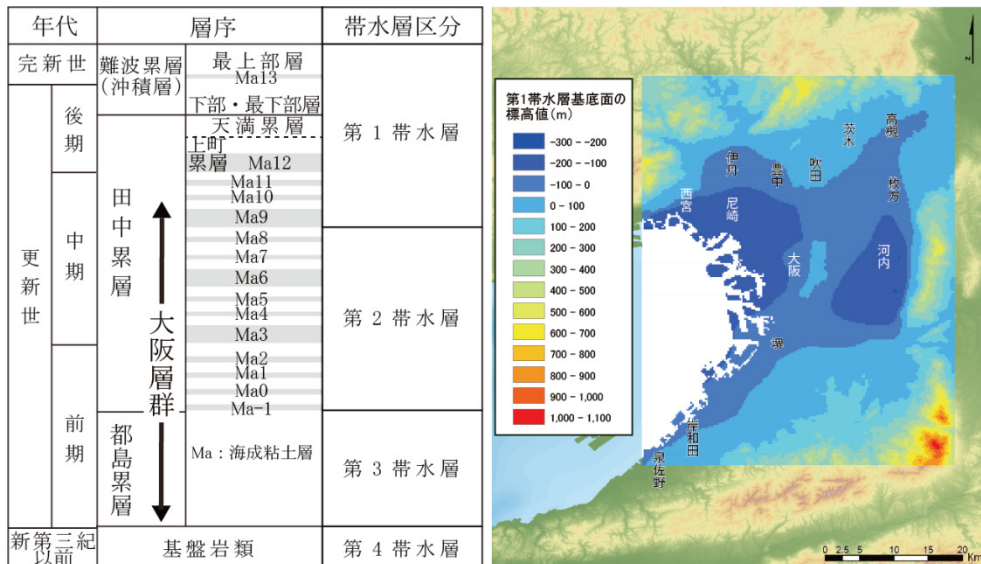
大阪平野の水文環境図は、既存の報告書や論文から地下水に関連するデータを抽出し、精査して取りまとめて作成しました。水文環境図の編集指針や作成の意義については町田ほか(2010, 2019)などを参照してください。大阪平野を形成する古い基盤岩(花こう岩など)とその上の更新世以降の堆積物には数多くの粘土層が挟在しており、とくに完新世の難波累層から田中累層にかけては名前のないものを含めておよそ20枚の海成粘土層が存在しています(第2図)。地下水が流れている地層である帯水層の区分は、研究対象となる地域の大きさ(面積)や地下水の深度、また目的などにより異なりますが、本水文環境図では、大阪平野全体を対象地域とし、かつ温泉水を含めた大深度地下水も対象としたため、平野全体に厚く分布している粘土層を中心として新たな帯水層区分を行いました。まず最初に第1帯水層と第2帯水層の境界面をMa9層の下面とし、次に海成堆積層である田中累層と淡水成堆積層である都島累層との境界面であるMa-1層下面を第2帯水層と第

3帯水層の境界面としました。最後に、山地の高標高地に露出している基盤岩を含めて、基盤岩類を第4帯水層としました。それぞれの帯水層について地下水の比湧出量、水質、基底面の深さなどの特徴を取りまとめました。第2図に水文環境図の一例として、大阪平野の帯水層区分と、第1帯水層の基底面(層序「Ma9」の下面)の標高線を示します。西宮から大阪にかけての沿岸部と河内を中心とした内陸部には、濃い青色で示した第1帯水層の基底面が深い場所があり、窪地状となっていることから大阪平野の地下には、2つの盆地状で多量の地下水が貯留されるような構造があることがわかります。

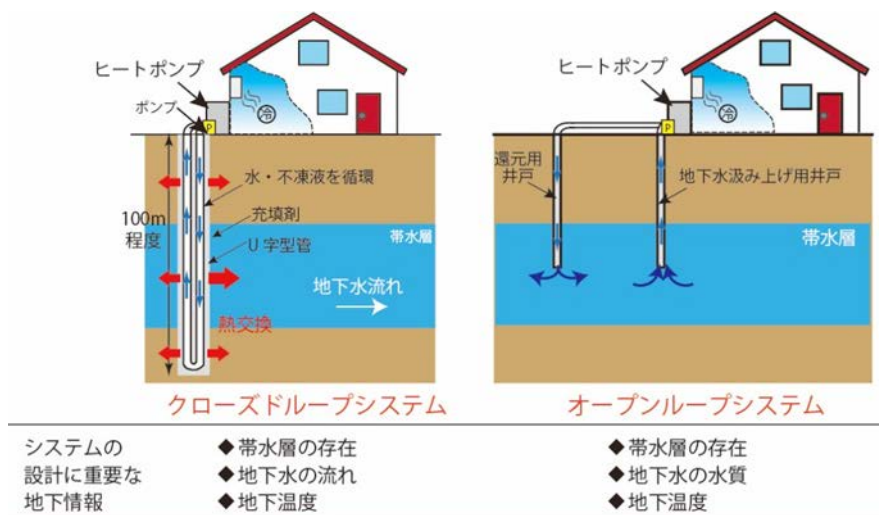
3.2 大阪平野における地中熱ポテンシャルマップ

今回、第3図に示したクローズドループ型とオープンループ型の2種類の地中熱利用システムに関するポテンシャルマップを作成しました。両マップの詳細な作成過程については内田ほか(2019)にて公開されているため、ここでは触れませんが、冷房需要を主体とする地域に対し、両方のシステムのポテンシャルを評価したマップとしては、日本で初めてのものです。

本研究では、「クローズドループ」と「オープンループ」の2種類の地中熱利用システムについて、それぞれ「必要熱交換器の長さ」のマップや「適地」のマップを作成しました。一例として第4図に大阪平野の「クローズドループ」地中熱利用システムについての地中熱ポテンシャルマップの例を示します。この図には、大阪平野の平均的な気象条件で、一般的な戸建住宅1軒の冷暖房需要を賄え



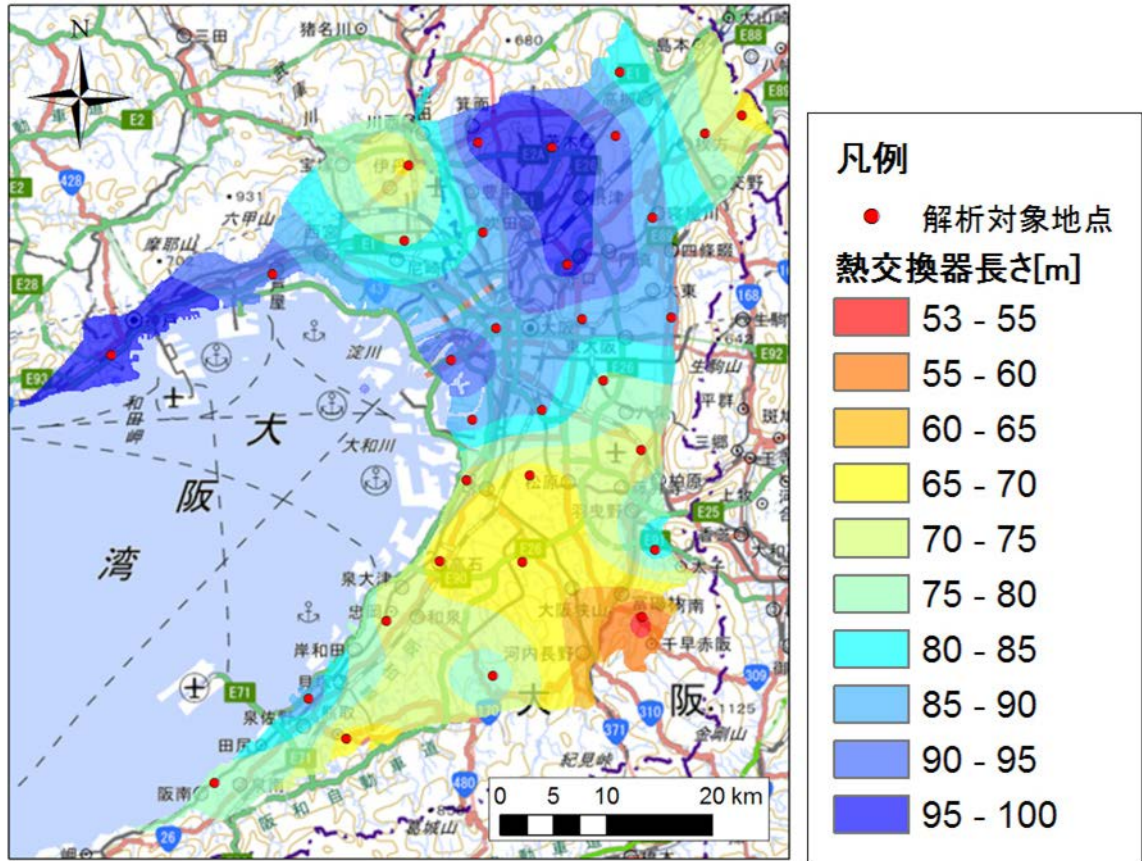
第2図 大阪平野の帯水層区分(左)と第1帯水層の基底面標高図(右)
右図において基底面の標高の高い地域を暖色系の色で、標高の低い地域を寒色系の色で示しています。



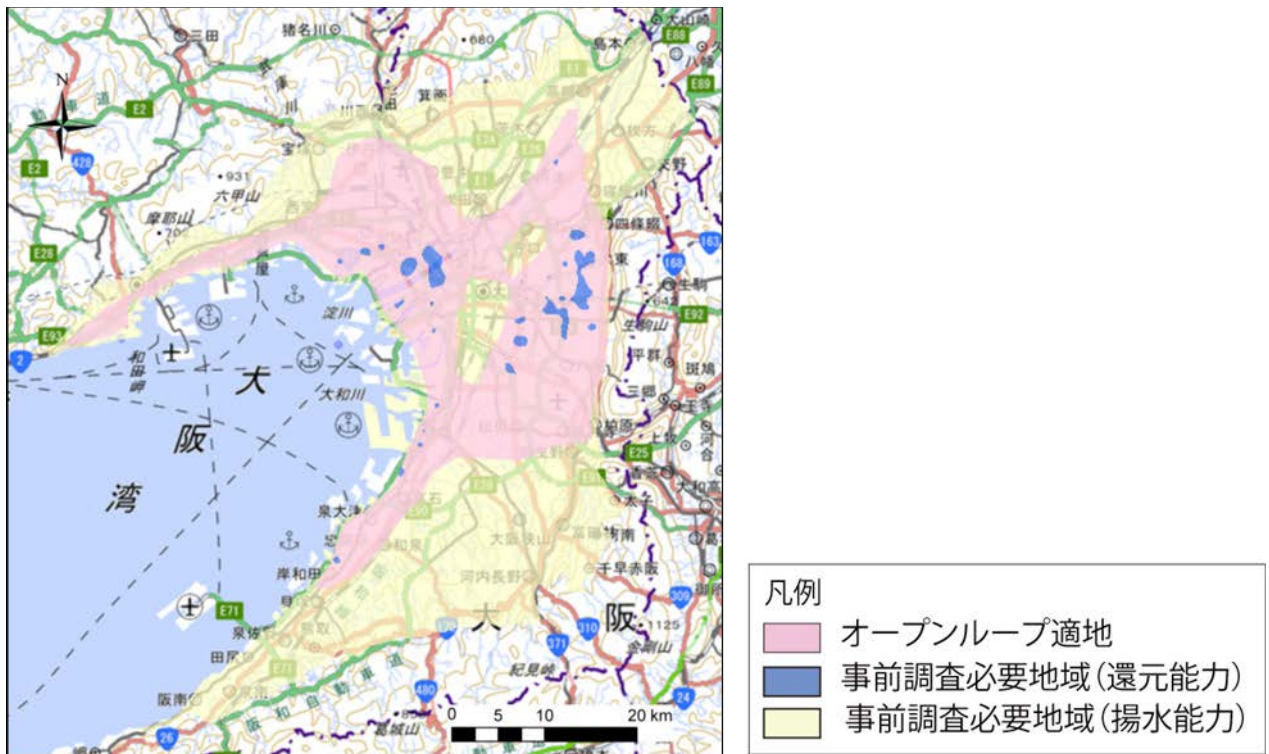
第3図 地中熱システムの概念図. クローズドループは、地下に埋設した熱交換器を介して地上と地下での熱交換を行い、得られた熱を地表にあるヒートポンプで必要な温度領域に変換して冷暖房を行うシステムであり、オープンループは、地下水を直接汲み上げて、地表にあるヒートポンプで熱交換を行うシステムである。

るクローズドループの地中熱利用システムに必要な「熱交換器の長さ」の分布が示されています。一般に、地下水流動の速い地域ほど効率的に熱交換できるため、地中熱利用システムに必要な熱交換器の長さは短くなります。上述したように熱交換器の長さが短いほど設置コストが安くなるため、地中熱ポテンシャルが高いと言えます。大阪平野全体では、地下水流動が活発な富田林市や河内長野市の周辺(第4図の赤やオレンジ色で示された地域)で熱交換器の長さが最も短くなる傾向が見られました。クローズドループの地中熱ポテンシャルマップとしては、熱交換器長さの

分布図のほか、100 mの熱交換器を設置した際の採熱量と排熱量をそれぞれ示した2つのマップも作成・公開しています。第5図は「オープンループ」地中熱利用システムの適地を示す地中熱ポテンシャルマップです。オープンループを導入するには地下水の揚水能力や還元能力を把握する必要があります。そこで今回、帯水層の層厚が20 m以上の地域を、十分な地下水を確保できる適地と評価し、本図では、丘陵や台地などの帯水層が薄くて揚水能力が相対的に低い地域を黄色で示しています。また湧水帯など地下水が上向きに流動していて揚水した水が帯水層に戻



第4図 クローズドループに関する地中熱ポテンシャルマップ
必要な熱交換器の長さが短い地域を暖色系の色で、長い地域を寒色系の色で示している。



第5図 オープンループに関する地中熱ポテンシャルマップ
帯水層厚と地下水流動から判断されたオープンループの地中熱利用システムの適地をピンクで示している。

りづらく還元能力が相対的に低いと判断される地域を青色で示しました。それ以外のピンクで示された地域はオープンループの適地と判断された地域です。この図に示した適地は、第2図(右)に示した多量の地下水が貯留されるような構造をもつ地域(青色系で塗られた範囲)とおおむね一致しており、帯水層の構造が強く反映された形となっていることがわかります。

4. まとめ

今回の研究では、西日本最大の都市である大阪を中心とした地域の地下水資源情報を「見える化」しました。これまで散在していた地下水に関する情報を水文環境図としてまとめられたことで、大阪の地下水の現状を把握することができました。これは災害時の非常用水源を含む今後の健全な水循環を考慮した地下水の利活用に資するものであると考えています。また地中熱ポテンシャルマップについては、冷房需要の高い大阪平野において初めて評価手法を適用できたことで、他の西日本地域でも冷房需要を想定した地中熱ポテンシャルマップの整備に展開できる可能性を見出すことができました。また、大阪平野の水文環境図と2種類の地中熱ポテンシャルマップから分かるように、地域ごとの地下環境に適した地中熱利用システムが定量的に「見える化」できたことで、地中熱利用システムの導入コストや設置を具体的に検討しやすくなり、これにより、地域ごとの地下環境に最適なシステム設計の促進にも繋がることを期待しています。

文 献

- 町田 功・伊藤成輝・内田洋平・井川怜欧・丸井敦尚・田口雄作(2010)水文環境図の編集指針—ユーザーが求める情報を提供するために—。地質調査研究報告, 61, 75-83.
- 町田 功・井川怜欧・吉岡真弓・小野昌彦・松本親樹・丸井敦尚(2019)誰でも簡単に利用できる地下水の情報発信へ向けて。日本水文科学会誌, 49, 27-41.
- 産業技術総合研究所(2019)大阪平野が持つ地中熱ポテンシャルを見える化—地下水資源を活かした新たな都市づくりに向けて—。産総研プレスリリース, https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2019/pr20190614/pr20190614.html (参照日 2019年8月16日)
- 内田洋平・吉岡真弓・シュレスタ ガウラヴ・富樫 聡・石原武志(2019)大阪平野における地中熱ポテンシャルマップ。地質調査総合センター速報, no. 78, 1-36. <https://www.gsj.jp/publications/pub/prompt-rep/index.html> (参照日 2019年8月16日)

IKAWA Reo, YOSHIOKA Mayumi and UCHIDA Yohei (2019) Simultaneous release of hydrological environment map and shallow geothermal potential map of Osaka Plain -To visualize the potential of groundwater resources in Osaka Plain-.

(受付:2019年8月23日)

産総研東北センター一般公開 —学都「仙台・宮城サイエンス・デイ 2019」—

高橋 雅紀¹⁾・シュレスタ ガウラブ¹⁾・森田 啓子¹⁾

1. はじめに

夏休みの直前の7月14日(日)に、産総研東北センターの一般公開が行われました。今までは、東北センターの一般公開は、仙台市内にある研究所で開催されていました。今年は東北大学川内キャンパスで開催された“学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ 2019”に参加し、2教室を借り切って、研究成果と科学の普及を行いました。

“学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ”は、実感する機会の少ない科学や技術のプロセスを感じられる場作りを目指し、2007年から開催されている体験型・対話型のイベントです。13年目を迎える今年度は、大学や研究所、企業や教育機関など164団体が出展し、128のプログラムが実施されました。

産総研東北センターは、体験ブースとして「色がわかれるひみつ」、「パロと遊ぼう」、「光の模様を見てみよう」、「厚紙模型で日本列島山国誕生のなぞ解き!!」、「私たちの足下に眠る埋没谷」、「顕微鏡をのぞいてみよう」を、講座プログラムとして「究極のエコ技術!水素で発電!「燃料電池」を組み立てよう」を実施しました。そのうち地質調査総合センターは、「厚紙模型・・・」と「・・・埋没谷」の2テーマを出展しました。

2. 山国誕生のなぞ解き!

地質調査総合センターが出展した「厚紙模型で日本列島山国誕生のなぞ解き!!」は、産総研が2017年の6月にプレス発表した「日本列島の地殻変動の謎を解明-フィリピン海プレートの動きが東西短縮を引き起こす-」の内容を、厚紙模型を組み立てながら理解してもらうコーナーです(第1図)。現在、日本列島は強い力で東西方向から押されています(東西圧縮という)。この東西圧縮は、およそ300万年前に始まったことが地質学的に明らかにされていますが、その原因はずっと謎でした。日本列島を東西に短縮変形させているのは、実はフィリピン海プレートの運動であることを明らかにしたこの成果は、同年の7月にNHKスペシャル「列島誕生ジオ・ジャパン」で放送され、8月には日経サイエンス誌に「日本海溝移動説」として特集記事が掲載されました。

実は、このアイデアは、プレス発表の10年以上も前に明らかになっていたのですが、図や文章だけで理解できる研究者はほとんどおらず、ずっと公表できませんでした。2017年に模型を使ってこのアイデアを説明した論文が公表されると、山地と盆地が交互に繰り返す東北地方の大地形や、日本海側に特徴的な地質構造(秋田-新潟油田褶



第1図 地殻変動厚紙模型で、フィリピン海プレートの運動がどのようにして東西圧縮を引き起こすのか再現。

1) 産総研 地質調査総合センター 研究戦略部

キーワード：アウトリーチ、地質学、体験型講座、普及教育

曲), 北アルプスの隆起運動や紀伊山地から四国山地の高まり, そしてそれらの地殻変動の表れである内陸地震の原因を無理なく説明できることが理解されるようになり, 多くの人から注目されています. 地質学でも地球物理学でも, 半世紀以上に亘って解明できなかった日本列島の地殻変動の謎を, 紙と鉛筆でひもとくことができるのです. このコーナーはサイエンスの醍醐味を自分の手を動かして疑似体験できるので, 地質学の普及イベントなどで積極的に開催しています.

実際に厚紙模型を組み立てると, 子ども達はフィリピン海プレートの運動によって, 日本海溝が西に移動することを目の当たりにします. そして, 東北日本は西に押し戻されるのです. 西に押し戻された東北日本は, どうなるのでしょうか? 日本海の地殻の下には冷えて固くなったマントルがあるので, 日本海溝が移動しても, それらは動くことも変形することもありません. その結果, 東北日本の地殻は東西に短縮せざるを得ないのです. 北西に移動するフィリピン海プレートによって, 日本列島は東西に短縮するという発想は, プレートの運動方向と押される向きが異なるので, 研究者の誰も思いつかなかったのです.

3. 断層運動模型で大地形を再現

模型を組み立てた子ども達は, 今度は隣に展示してある逆断層模型を動かして, 東北日本がどのようにして山国になっていったのかを探っていきます(第2図). この断層模型には向かい合う逆断層のセットが2つあり, 取っ手を動かすと, 逆断層に挟まれた2つのブロックが隆起するので, 山地と山地の間に山間盆地が成長していく様子が再現されます. 南北方向に延びる山地と山間盆地が繰り返す東北地方の大地形は, 東西圧縮によるこのような地殻変

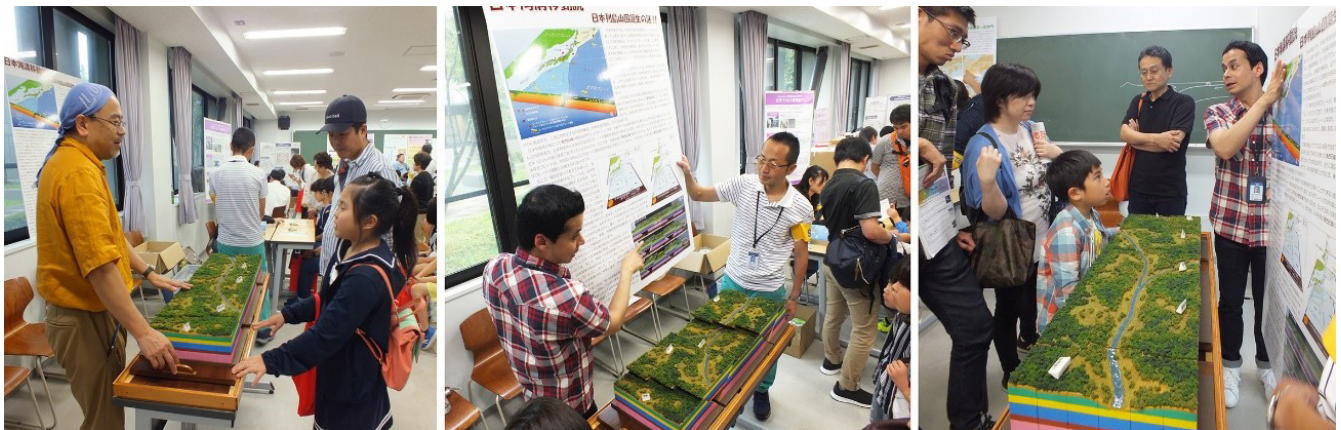
動によって形成されることを容易に理解することができます. さらに, 山地と盆地や山地と平野の境界に活断層が多いことも納得できるでしょう. ときおり災害を引き起こす内陸地震は, 実は日本の大地形を形作っているのです.

4. 気候変動による海水準変動と埋没谷

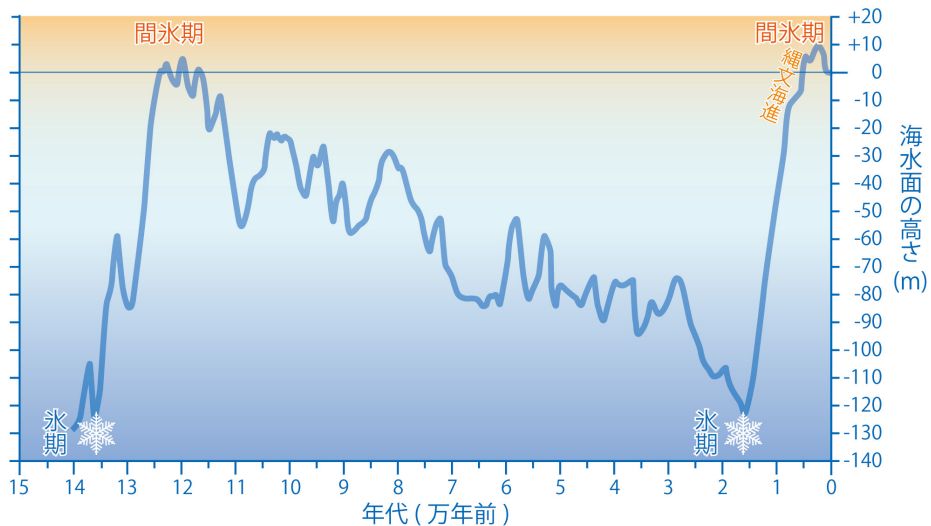
地質調査総合センターが用意したもうひとつのテーマは, 「私たちの足下に眠る埋没谷」です. 前述の東西圧縮は, 年1~2 cmの速度で移動する日本海溝によって, 日本列島が1~4 mmの速度で隆起する地殻変動を引き起こします. これに対し, 地球の回転軸(地軸)の歳差運動等によって引き起こされる気候変動は, 数万年から10万年程度の時間スケールで繰り返す, 氷期(寒冷)と間氷期(温暖)の繰り返しによる海面(海水準)変動は, 最大で120 mに達します(第3図).

現在は温暖な後氷期なので海面は高いのですが, およそ18,000年前の最終氷期の極大期には, 海面は120 mほど低下していました. 6,000年前の縄文海進までの12,000年間に海面は120 mほど上昇したので, 平均すれば1 cm/年の速さで海面が上昇したことになります. 海岸平野に住んでいた縄文人は, 必死で陸へ陸へと生活圏を後退させていたのでしょう.

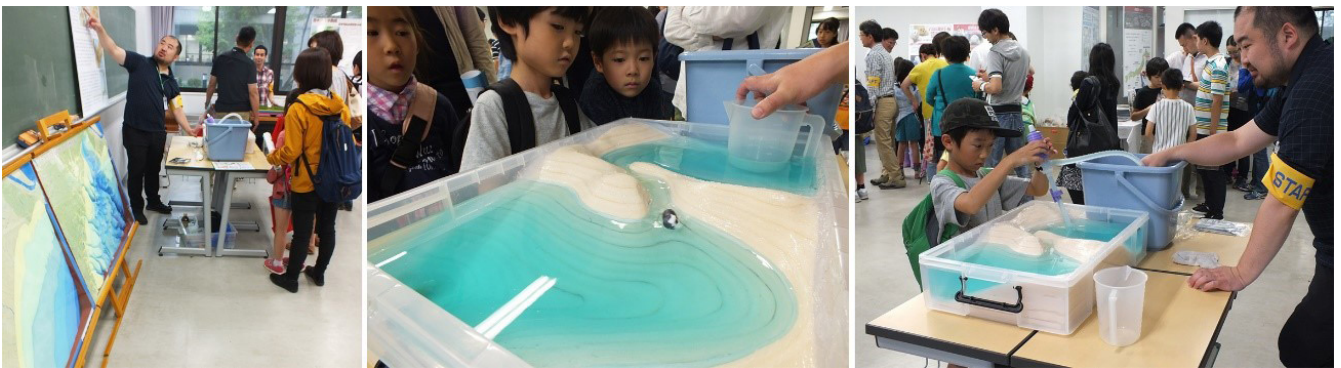
イベントでは, 25,000分の1の縮尺で製作した九十九里沖海底地形模型と, 九十九里沖埋没谷模型を展示しました(第4図). いずれの模型も深さは10 mごとに色分けし, 深さ方向は50倍に強調しています. 海底地形模型を見ると海底面は沖に向かって緩やかに傾く非常になだらかな地形ですが, 埋没谷模型には無数の谷地形が再現されています. これらは, 氷期に海面が低下して海底が陸化したとき河川によって削られた谷地形で, その後の海面の上昇に



第2図 逆断層模型を動かして, 山地と山間盆地の成り方を学ぶ.



第3図 気候変動に伴う海面（海水準）変動曲線（Shackleton, 1987）.



第4図 九十九里沖海底地形・埋没大模型（左）と、NHK番組プラタモリ下関編のロケで使った関門海峡のアナログ模型（中と右）.

よって水没し、さらに陸から供給された泥や砂（沖積層）によって埋め立てられています。埋没谷と言われる所以です。

沖積層は軟弱なので、次の氷期になって海面が低下すると、同じ場所が削られるので、再びこの谷地形が現れるでしょう。もちろん、埋没谷は浅い海底だけにあるわけではなく、海岸平野の地下にも伏在しています。関東平野では、中川低地や荒川低地の下に深い埋没谷が伏在していることが、多数のボーリング調査等によって確認されています。埋没谷は軟弱な沖積層によって埋められているので、大地震の際に局所的に地震動が増幅される可能性が危惧されます。直接見ることができる平野の地表は平らでも、見えない地下には過去の凹凸地形が隠されているのです。

イベントでは、埋没谷を形成させた海面変動を、関門海峡の模型を使って再現しました。この模型は2018年7月に放送されたNHK番組プラタモリ下関編のロケで使用したもので、関門海峡の成り立ちを再現するために制作しました。関門海峡の地形を概念的に誇張し、スチロール板を重ねて地形を作り、水を入れた際に浮かないように、そ

の上にシリコンを重ね塗りして製作しました。実験では、ロケの時と同様に入浴剤で着色した色水を海水に例え、灯油ストーブ用の手動ポンプを使って子ども達に海面変動を再現させました。

氷期に海面が低下すると、本州側と九州側の陸地が繋がって関門海峡は消滅してしまいます。18,000年前には、関門海峡はなかったのです。このとき、関門海峡を挟む両側の山地はつながっていたので、関門海峡は尾根だったのです。その後、気候が温暖になると海面は上昇し、水深（最浅部）が12～13mの関門海峡はおおよそ8,000年前に水没しました。瀬戸内海（太平洋側）と日本海が繋がって、関門海峡が誕生したのです。

このように、関門海峡は、もともとは谷ではなく尾根だったのです。しかも、その尾根は太平洋と日本海を分かつ分水嶺でした。関門海峡の起源は、実は“日本で最も低い分水嶺だった”のです。実験に参加した一般の方や子ども達は、惑星の運行に起因する気候変動によって、関門海峡が出現したり消滅したりする自然現象を疑似体験しました。



第5図 山形大学での集中講義のあと立ち寄った、仙台空港周辺の惨状（2011年6月11日）。

壮大な自然の営みを、ちょっとだけ楽しんでもらえたようです。

今回初めて試みたアナログ模型による関門海峡の成り立ちの再現実験は、NHK番組のプラタモリ下関編ロケの再現でした。実は、下関の海岸で行ったこの実験は、ロケではとても盛り上がりました。ところが、尺（放映時間）の関係で、実際の放送ではばっさりカットされてしまったのです。今回のイベントで行った関門海峡の成り立ち実験は、実は“幻のプラタモ実験コーナー”であったとのオチに、参加者はみな笑顔になりました。

5. おわりに

今回のイベントが開催された東北大学川内キャンパスは、著者の一人・高橋が、1981年から2年間の教養課程を学んだ場所でした。地下鉄の駅が隣接し、級友との溜まり場であった古いサークル棟も一掃され、当時の雰囲気を出し出すことはできませんでした。というより、将来の不安や、留年の恐怖の日々を思い出したくない気持ちの方が強かったのかも知れません。

不安で孤独な大学生であった当時の私は、荒浜から仙台空港までの海岸線を、50ccのバイクでよく走っていました。海のない群馬県に生まれ育った私には、海は憧れの風景だったのです。松林の向こうに見える水平線、波の音や潮の香りは、現実逃避にはもってこいでした。その風景が一変したのは、2011年の3月でした（第5図）。

自然の前では、如何に人間は弱い存在なのだろう。圧倒的な威圧感に、押しつぶされそうでした。そこには、科学も理論も関係なく、そのままの自然の姿がありました。その上に、ほんの表面だけに、人間の生活が重なっていました。しかし、その生活は、既に過去形になっていたのです。

日本列島の風景は、プレートの動きによって作られています。沈み込むプレートによって海溝型地震が引き起こさ

れ、一方、陸域では東西圧縮によって大地形が形作られます。そして、もう一桁速い時間スケールで進行する海面変動に伴い、陸地は浸食され、沿岸部では堆積作用によって、少しずつ景色は変わっていきます。

100年に満たない私たちの人生において、このような時間スケールで進行する地形の変化に気がつくことはないでしょう。しかし、自然の目線で見ると、地形は着実に変化しているのです。昨今注目されている豪雨災害に伴う斜面の崩落や土石流などは、自然のごくごく当たり前の営みなのです。

われわれ日本人が、この国土で安全に生活していくためには、まず自然目線で自然を理解することが必要でしょう。自然現象に想定外はないのですから。自然から学ぶことは、まだまだ沢山あります。自然を力づくで制御するのではなく、自然の摂理を学び、理解し、その上で上手に付き合っていく姿勢が大切なのではないかと感じています。

文 献

Shackleton, N. J. (1987) Oxygen isotopes, ice volume and sea level. *Quat. Sci. Rev.*, 6, 183-190.

高橋雅紀（たかはし まさき）



30年以上に亘って関東地方の地質を調べ、日本列島の成り立ちを研究。自身の研究成果に関するアナログ模型を製作して、地学教育や地質学の普及に活用している。教育においては、研究と同様に“効率”を意識したら堕落すると考えている。手間がかかっても、費用対効果が低くても、目の前の人に丁寧に伝えることを意識している。対話を通じて、相手の目が輝き出した瞬間が、何よりのご褒美。

TAKAHASHI Masaki, SHRESTHA Gaurav and MORITA Keiko (2019) Exhibition of AIST Tohoku open house -Join the School City "Miyagi Sendai Science Day 2019"-.

（受付：2019年8月19日）

鹿沼土の話①－採掘から製品まで

徐 維那¹⁾・須藤 定久²⁾・高木 哲一³⁾

1. はじめに

「かぬまつち鹿沼土」は、盆栽づくりや草花を育てるときに使う培養土の一つで、最も良く知られた銘柄です。園芸関係のネットショッピングや通販でも手に入れやすく、これらによると「鹿沼土」とは、農業や園芸に使われる栃木県鹿沼市産出の軽石の総称で、赤城火山から噴出された降下軽石であること、径数 mm から 3 cm 程度のやや軟質の軽石で、適度な保水性を持ち、通気性が高く、雑菌を殆ど含まないこと、吸着性があり肥料分を逃さないこと、強い酸性土であることなどの特徴があり、サツキなどのツツジ科の植物や東洋ランなどの栽培には欠かせないといったことがわかります。

鹿沼土は、関東ローム層と呼ばれる赤土層中にある赤城火山からの降下軽石層が採掘されているものですが、地質学・鉱物学的な解説は少ないようです。そこで本稿では、基礎的な地質学的知見を整理し、鹿沼現地の状況を紹介します。鹿沼といえば、産総研のあるつくば市から直線で北西に約 60 km、車で 2 時間ほどの所、思い立ったのを機に、現地を訪ねてみました。

2. 「関東ローム層」と「鹿沼軽石」

(1) 関東ローム層

関東平野には関東地方の北から西側にある火山から噴出され、降下・堆積した火山灰や軽石などからなる「赤土」が広く分布しています。赤土の粒度が土壌学上のロームに相当することから、長い間詳細不明のまま「関東ローム」と呼ばれてきました。

戦後、東京周辺では武蔵野台地や多摩丘陵などで、河岸段丘の新旧関係や埋没土層などの時間間隙から、古いローム層から新しいローム層に向かって、多摩・下末吉・武蔵野・立川の 4 ローム層に区分されるなどの研究が進められました。

北関東では、1946 年(昭和 21 年)、相沢忠洋氏が岩宿の切り通し(現在は群馬県みどり市)の関東ローム層露頭

断面から、石器(細石器)に酷似した石片を発見し、日本に旧石器文化が存在した可能性を指摘したこともあって、ローム層の研究が進むようになりました。

1953 年には、関東ローム研究グループが組織され、これに参加した多くの研究者によって、関東各地のローム層が精力的に調査され、段丘の広域対比、第四紀の気候・海面変動の認識等、重要な研究方法や知識体系が確立され、全国の第四紀研究の先駆けとなりました。それらの研究成果は大著『関東ローム—その起源と性状—』(関東ローム研究グループ, 1965)にまとめられています。

これによれば、北関東のローム層は、赤城山・榛名山・浅間山・男体山などからの降下した火山灰や軽石によって形成されていますが、特に重要な役割を果たしているのが赤城山のようなのです。

(2) 赤城火山の概要

赤城火山(地元では「あかぎやま」と呼ばれることが多い)は、群馬県東部に広い裾野を広げる大型火山で、その噴出物は南北約 40 km、東西約 20 km にも広がっています(写真 1)。守屋(1968)によって詳しい研究がなされており、形成史の概要は次のようなものとされているようです。

- ①約 50 万年前に活動が始まり、標高 2,800 m 程の成層火山に生長した。
- ②約 20 万年前頃からマグマの組成がやや珪長質に変化し、爆発的噴火が起こるようになり、火砕流や山体崩壊による岩屑なだれが多発し、高さは 1,500 m 程になった。
- ③約 13 万年前頃に山頂部に現在は外輪山となっている溶岩ドーム群(黒檜山(標高 1,828 m・現在の最高峰)・駒ヶ岳・荒山・鍋割山など)が形成された。
- ④約 4.5 万年前には山頂部が陥没し、南北 4 km・東西 2 km ほどのカルデラが形成され、カルデラ湖も形成された。
- ⑤約 3 万年前には鹿沼軽石を噴出し、中央火口丘(地藏岳・見晴山)が形成された。

最後の噴火は、「吾妻鏡」という古文書に「建長 3 年(1251 年・鎌倉時代)4 月 19 日赤木獄焼」という記述が

1) 協力研究員、農業・食品産業技術総合研究機構 NARO 開発戦略センター

2) 客員研究員、産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

3) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

キーワード：鹿沼土、軽石、関東ローム、赤城山、園芸、培養土



写真1 南から見た赤城山・外輪山（荒山・長七郎山）の間に中央火口丘の地藏岳が見えます。

あることから、1251年の小噴火と言われますが、異論も多いようです。

(3) 鹿沼軽石

鹿沼軽石(KP)は約3万年前に赤城火山から噴出された軽石です。噴出された軽石は、偏西風に乗って東へ流され、栃木県から茨城県そして太平洋まで降り注ぎました。栃木県東部の益子町付近でも、切り割りなどに見事な鹿沼軽石層を見ることができます(写真2)。

その分布範囲と厚さは関東ローム研究グループ(1965)によって示されています(第1図)。この図から、鹿沼市

から南の栃木市にかけての辺りが、厚さ150cm以上と最も厚くなっており、また平坦な台地上に安定して分布しており、採掘に最も有利であることが判ります。これが鹿沼地区で鹿沼土が採取される最大の理由でしょう。

3. いざ鹿沼市へ

インターネットで鹿沼市の鹿沼土採掘販売業者を検索したところ、「(株)大張」さんがヒット、まずここを訪ねてみました。JR日光線の鹿沼駅の北東1.5kmの小高い丘の麓にある本社工場を訪ね、鹿沼土の採掘から製品にいたる



写真2 切り割りに現れた鹿沼軽石(KP)層・厚さは50cm程。(栃木県益子町で)



写真3 鹿沼土を掘る。(左上) 畑地や雑木林の中に採掘場が設置されています。(右上) 採掘場の脇に見られるローム層の断面。(左下) 表土・上部ロームが見事に剥土され鹿沼軽石層がむき出しになっています。(右下) 鹿沼軽石層の産出状態。U: 上部ローム層, P: 鹿沼軽石層



写真4 軽石・ロームの乾燥場。(左上) 乾燥場の大きなビニールハウス。(右上) ビニールハウスの脇には軽石やロームが山積み。(左下) 重機やトラクターが活躍しています。(右下) 畑を耕すように塊はつぶされ乾燥されています。



写真5 乾燥された原土は工場へ。(左上)工場は鉄骨づくりに簡単なつくりで、ホッパーやベルトコンベアが並んでいます、(右上)ホッパーからベルトコンベアで篩へと繋がる赤玉土の篩い分けライン、(左下)回転篩が主役の鹿沼土の篩い分けライン、(右下)製品によっては袋詰めされパレットの上に並べられます。

せられた後に工場へと運搬されます。

(3) 工場

工場では、十分に乾燥されたロームや軽石を、篩い分けしていきます。大きすぎる塊はほぐして再度篩へ投入していきます。粒の粗い物から微粉まで様々なものに分けられていきます(写真5左上, 右上, 左下)。

ロームの粒状部(普通径2~10mm)は赤玉土として、様々なサイズ別に袋に詰められて出荷されていきます(写真5右下)。軽石は粉状部を除去して「鹿沼土」として出荷されていきます。小袋に詰められた製品は主にホームセンターの園芸用品コーナーなどに並ぶことになります。

しかし園芸用品コーナーに並ぶのは極一部、大半は農協や農家向けに、フレコンバッグなどで大量に出荷されます。このほか、全国各地の園芸用土製造業者へも出荷されており、年間出荷量は25万m³程になるとのことです。

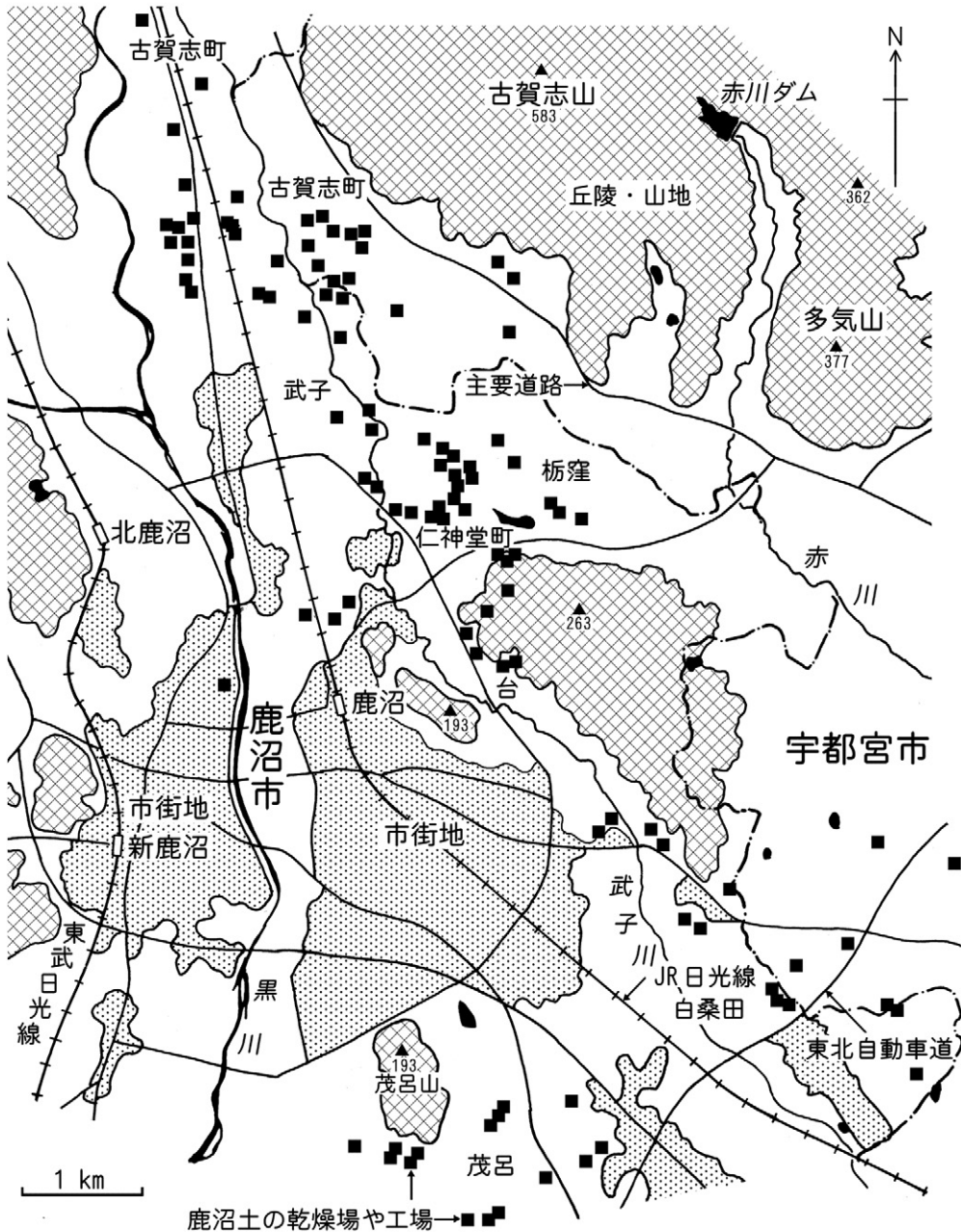
4. 「鹿沼土」産業の広がり

鹿沼市内には、採掘から製品販売まで行う総合的な企業が4社あるほか、乾燥・製品化を行う企業、乾燥のみを

行う農家、肥料などの混合品を製造・販売する企業など様々な企業が多数あるとのこと、衛星写真で、周辺の乾燥場やプラントを探してみました(第2図)。

この図(第2図)から、乾燥場や工場が鹿沼市街地の周辺に広く分布していることが、そして特に北部の鹿沼市古賀志町から、宇都宮市古賀志町、鹿沼市仁神堂町、台地区にかけて多くが集中していることがわかります。かつては市街地の周辺にもっと多くの乾燥場や工場があったに違いありません。鹿沼市街地が徐々に広がり、周辺部に住宅団地や工業団地が作られた結果、現在のような分布をとるに至ったものでしょう。

乾燥場の多くは農家の副業であったりして、決して大きな産業ではありませんが、典型的な地場産業として、鹿沼市の発展に大きく寄与してきたことは疑いありません。鹿沼土の通気性、保水性、抗菌性を生かし「園芸」という産業・伝統文化を発展させてきましたが、近年その他にも用途が拡大してきました。その代表的事例が、化粧品です。天然アロマ成分の安定保持((株)ウエルシーライフラボ, 2017)やUVカット・保湿等機能性成分の安定保持((株)サティス, 2011)に鹿沼土が活用されています。また、再生可能エネルギーであるバイオ水素の製造プロセスに



第2図 鹿沼市付近の鹿沼土乾燥場や工場の分布. 国土地理院やGoogleの空中写真から判読したもので、現地調査に基づくものではありません.

おける吸着剤としても使用が検討されています (Seo *et al.*, 2019). バイオ水素製造中に捨てられるエネルギーを少なくするためには、二酸化炭素、硫化水素等の不純物処理が不可欠です. 従来は主に合成ゼオライトが利用されていましたが (Holladay *et al.*, 2009), 近年, より持続可能な再生可能エネルギーの普及を目指し製造プロセスの最適化が行われており, 化学薬品より環境にやさしく製造されている鹿沼土が注目されています.

皆さんも, ホームセンターや花屋さんの店頭で, 鹿沼土が売られているのを見たら, こんな風にして採掘され, 精製され, 袋詰めされ, 鹿沼から運ばれて来たものであることを思い出してください.

5. 終わりに

今回は「鹿沼土」について, その地質学的成因, 産出状態, 採掘から乾燥・篩分けをへて製品となるまでの過程などを紹介しました. 次報では, 鹿沼土(軽石)について詳しく観察し, 鉱物的な特徴を紹介し, 今後期待される吸着材などの機能性材料への利用の可能性などについて考えてみましょう.

なお本報を取りまとめるに当たり, (株)大張の皆様には採掘場から製品化まで各工程を見せていただき, 様々な知見を教えてくださいました. ここに記して謝意を表します.

文 献

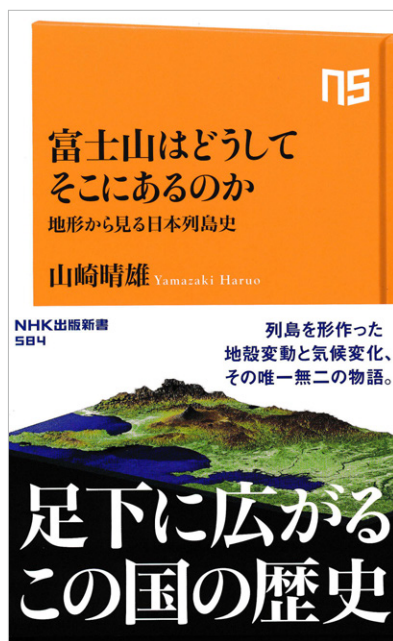
- Holladay, J.D., Hu, J., King, D.L. and Wang, Y. (2009) An overview of hydrogen production technologies. *Catal Today*, **139**, 244-260.
- 関東ローム研究グループ (1965) 関東ローム—その起源と性状—, 378p, 築地書館.
- 守屋以智雄 (1968) 赤城火山の地形及び地質, 65p, 2 図, 前橋営林局.
- 株式会社サティス (2011) <https://prtimes.jp/a/?c=2821&r=12&f=516c4813a0a7ef8a0810a9675c669631.pdf> (参照日: 2019 年 6 月 26 日)
- Seo, Y., Suzuki, M., Takagi, T. and Dowaki, K. (2019) Life-Cycle Assessment of Adsorbents for Biohydrogen Production, *Resources*, **8**, 52-63.
- 株式会社ウエルシーライフラボ (2017) <http://www.pref.tochigi.lg.jp/f02/documents/021wealthy-life-lab.pdf> (参照日: 2019 年 6 月 26 日)
-
- SEO Yuna, SUDO Sadahisa and TAKAGI Tetsuichi (2019) Kanuma soil, from mining to products.
-
- (受付: 2019 年 8 月 19 日)

富士山はどうしてそこにあるのか

地形から見る日本列島史

山崎 晴雄 [著]

NHK 出版新書
発売日：2019年5月10日
定価：本体850円＋税
ISBN: 978-4-140885840
17.2 x 11 x 1.4 cm 並製
240ページ



近年地球温暖化の影響が顕著となり、梅雨や台風の時期になると毎年のように大規模な洪水被害や土砂災害が発生している。今から4年ほど前の話になるが、2015年9月10日に、産総研つくばセンターから車で15分ほどに位置する茨城県内の鬼怒川が破堤し、常総市の市街地を巻き込む大規模洪水が発生した。平成27年9月関東・東北豪雨に伴って発生した常総水害のことである。この水害では午後1時頃に常総市三坂町で大規模に破堤し、その際、ヘリコプターから撮影された破堤の状況や救助風景がマスコミを通じて大々的に報じられていたことは記憶に新しい。しかし、その陰では、約7時間前に6km上流の若宮戸地区ですでに越流が起り、市の北部には早朝から洪水流が流れ込んでいたことを知る人は少ないであろう。ちなみに常総市の災害対応の不手際は、この不意を突かれた初期の北部での洪水流にあり、その後、三坂町の破堤の対応が後手に回ったためとも囁かれている。

若宮戸地区での越流は鬼怒川左岸のコンクリートで護岸されていない区間で発生した。しかしそこには河畔砂丘の高まりがあり、長きにわたり堤防の代役を果たしていたのである。ところが、ソーラーパネルの新設工事のためにこの大事な砂丘が重機で削り取られ、その凹地から洪水流が流れ込んだ可能性があるという。今となっては取り返しのつかない話ではあるが、もし地主や施工業者がこの河畔の土地の成り立ち(土地条件)について幾ばくかの知識があれば、被害を減らせたのかも知れない。この水害の話は、著者である山崎晴雄氏が本書を通じて読者にもっとも語りかけたかったことと重なると私は感じ取った。

NHK 総合テレビで毎週土曜日夜に放映されているブラ

タモリの影響や頻発する自然災害もあったためか、近年土地の成り立ちに興味を持つ人が増えたように感じている。その為もあって、日本列島の地形や地質をテーマとした一般普及書をネットや書店の店先で見かける機会も増えてきた。本書もその一つといえる。本書の主題は“富士山はどうしてそこにあるのか”とされているが、本書の内容を的確には示してはいない。むしろ副題の“地形から見る日本列島史”の方がマッチしている。本書では、多くの人にとって馴染み深い国内の著名な地形を取り上げ、それに作用した外的メカニズム、即ち地殻変動と気候変化の諸作用について、自然地理学や地形学の知識に基づいて解りやすく解説を行っている。

本書の目次は以下の通りである。

- 第1章 日本列島はなぜ弓形をしているのか
- 第2章 富士山はどうしてそこにあるのか
- 第3章 火山噴出物は何を語るか
- 第4章 リアス海岸はどうしてできるのか
- 第5章 気候変化が地形を変える
- 第6章 関東平野はどうして広いのか
- 第7章 活断層が平野をつくる
- 第8章 人為的に作られた地形

特に、(第2章)本書の主題になっている富士山が「不二の山」である理由、(第3章)テフロクロロジーの原理、(第6章)関東平野の成因、(第7章)筆者の専門である活断層研究の各章は、読み応えがあるように思える。

著者の山崎晴雄氏は工業技術院地質調査所OBである。母校である東京都立大学(後の首都大学東京)教授に、私の入所前に転身され、現在は名誉教授になられている。地



質調査所在籍時は環境地質部地震地質課に在籍され、佃栄吉さんや杉山雄一さんと共に活断層研究の草分けの業務に従事され、その後の産総研活断層研究センター（現在の活断層・火山研究部門）の礎を築いた人物である。私は過去に、彼の書いた「日本列島 100 万年史一大地に刻まれた壮大な物語」（講談社ブルーバックス）の書評をGSJ地質ニュースに寄稿したことがあるが（七山，2018），その内容の多くは本書とは重複しておらず，合わせてお読み頂くことをお勧めしたい。

冒頭にもつくば市近郊で最近起こった常総水害を例に挙げたが，今後の地球温暖化などに伴い，これから益々増加

する自然災害に対して，読者の方々が的確かつ懸命な判断を下されるような知識をもたれることを切に念じて，新刊紹介の結びとしたい。

文 献

七山 太（2018）書籍紹介 日本列島 100 万年史 大地に刻まれた壮大な物語. GSJ地質ニュース，7，140-141.

（産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門 七山 太）

新人紹介

Christopher Conway (クリストファー コンウェイ)

活断層・火山研究部門 火山活動研究グループ

My name is Christopher Conway (please call me クリス) and I am a volcanologist from New Zealand. From April 2019, I will be a researcher in the Volcanic Activity research group of IEVG.

I completed my MSc and PhD degrees at Victoria University of Wellington, New Zealand, in 2012 and 2016. My PhD thesis described the volcanic and magmatic evolution of the Mount Ruapehu andesite-dacite stratovolcano by combining field studies with petrological, geochemical and geochronological analyses. The data from my thesis, including high-precision $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages for lava flows, contributed to the production of a new 1:60,000 geological map for the volcanoes of the Tongariro National Park. In October 2016, I moved to Tsukuba to undertake a JSPS post-doctoral fellowship at the National Museum of Nature and Science (KAHAKU). Over the last 2 years I have carried out case studies on the processes of oceanic and continental arc volcanism in Japan and New Zealand. As an AIST researcher, I aim to develop and apply (1) high-precision $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating to constrain long-term eruption histories of active volcanoes, and (2) microanalytical techniques (EBSD, EPMA, LA-ICPMS) to define the mechanisms and timescales of



magmatic events that precede eruptions. From field surveys to laboratory experiments, I am really excited about working together with all of the members of the Volcanic Activity, Caldera Volcanoes and Magmatic Activity research groups of IEVG.

どうぞよろしくおねがいします。



金子 翔平 (かねこ しょうへい)

再生可能エネルギー研究センター 地中熱チーム

再生可能エネルギー研究センター地中熱チーム・産総研特別研究員の金子翔平です。福島再生可能エネルギー研究所が開所した2014年から地中熱チームのリサーチアシスタントとして活動してきました。2019年3月に福島大学大学院共生システム理工学研究科で学位を取得し、同年4月より現在にいたります。

大学では水文地質学を専門とし、現地で得られた地下水データの解析や数値シミュレーションにより対象地域の水文地質環境を明らかにしてきました。再生可能エネルギーのひとつである地中熱利用は、省エネやCO₂排出量削減に貢献することが期待されています。地中熱利用システムは、地下水環境によってその運転効率が左右されるため、導入地域の地下水環境を事前に把握することが重要です。地中熱利用システムの普及や認知度向上のため、地中熱チームは地中熱ポテンシャル評価を実施しております。私はこれまで学んできた現地水文地質調査や地下水流動・熱輸送シミュレーション、また、これらをもとに地中熱ポテンシャル評価も実施してきました。東日本大震災を経験した身として、再生可能エネルギーの普及促進に少しでも貢献できればと思います。今後とも、よろしくお願いいたします。

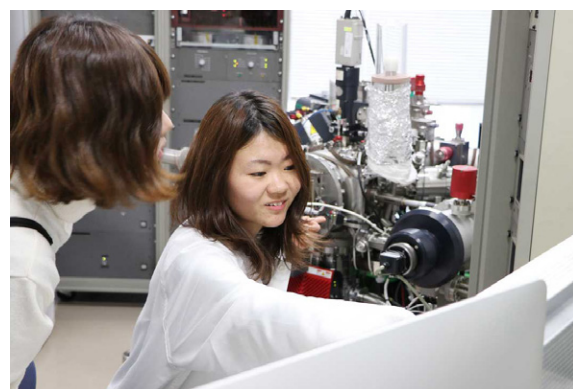


黒田 みなみ (くろだ みなみ)

活断層・火山研究部門 大規模噴火研究グループ

今年度から、大規模噴火研究グループに配属されました、産総研特別研究員の黒田みなみです。今年の3月に北海道大学地球惑星システム科学講座で学位を取得しました。

大学ではずっと、火山噴火様式を支配するマグマ中の水拡散に関し、拡散メカニズムの理解を目指した研究をおこなってきました。マグマの主成分であるSiO₂組成を持つ石英ガラスを用いた水の拡散実験および二次イオン質量分析計(SIMS. 写真の後ろ側に写っている装置です)を用いた試料分析をおこない、石英ガラス中の水の拡散モデル構築・構築したモデルのマグマ(ケイ酸塩ガラス・メルト)への応用・石英ガラス中での高速水拡散経路の発見などをおこないました。今後は天然試料の分析経験を積み、そこで得た知識をさらに実験にフィードバックさせることで「原子分子の動いた素過程(拡散現象など)の結果として、自然現象を捉える」という視点から



噴火現象にアプローチできるようになりたいと考えています。

私は大学でずっと室内実験、室内分析をおこなってきたため、産総研に来てフィールドへ出向く機会が増えて、わくわくしています。色々ご迷惑をおかけするかと思いますが、精一杯頑張りますので、どうぞよろしくお願いいたします。

北海道センターの中川 充氏が 環境省第 38 回温泉関係功労者に表彰されました



令和元年7月10日(水)、第38回温泉関係功労者環境大臣表彰の表彰式が環境省で行われました。この表彰は、温泉の保護、温泉の採取等に伴い発生する可燃性天然ガスによる災害の防止、温泉の適正利用に関し、特に顕著な功績があった人などを対象として、その功績をたたえるため、昭和57年度から行われています。このたび、中川 充氏(北海道センター産学官連携推進室シニアスタッフ)が表彰されました(第1図)。

中川氏は、昭和63年4月に通商産業省工業技術院地質調査所へ入所し、6月に北海道支所に配属されました。その後、平成13年4月に(独)産業技術総合研究所北海道センター北海道地質調査連携研究体へ配置換えされ、さらに平成17年4月に北海道産学官連携センターへ配置換えされ、平成29年3月に定年退職後、同所にシニアスタッフとして勤務されています。

中川氏は、地質・鉱物資源の研究に長きにわたり勤しまれ、平成13年3月に「北海道地質ガイド」(注)を出版するなど北海道の地下資源の分野に精通し、北海道環境審議会温泉部会の専門委員として参画する基礎を築かれました。平成16年からは北海道環境審議会温泉部会専門委員として、平成22年からは北海道環境審議会委員及び同審議会温泉部会の部会長として、平成30年までの間、温泉行政の推進に貢献されました。

北海道は、湧出量こそ全国一位の大分県に及ばないものの、温泉地数や延宿泊利用人数では一位を誇ります(環境省平成29年度温泉利用状況、2019年9月5日確認)。近年のインバウンド需要や地熱発電開発も相まって年間40件前後もの申請を審議したそうです(例えば、北海道環境審議会温泉部会、2019年9月5日確認)。大地の恵みである温泉の理解に地球科学的視野は不可欠ですが、産業界や世間一般では特別に意識されていないかもしれません。中川氏が功労者として表彰されたことは、地球科学の成果普及においても、大きな意義があったと思われます。

中川さん、おめでとうございました。そして、お疲れ様でした。



第1図 表彰者の記念写真(中川氏は後列左から3人目)

(産総研 地質調査総合センター 地質情報基盤センター 森尻 理恵)

注) 北海道地質ガイドは平成14(2002)年に第2版が出版されました。 https://www.gsj.jp/Map/JP/cd_dvd_list.html, 2019年9月5日確認

神奈川の地質と災害

【講演プログラム】

- 神奈川県災害対策について
..... 三橋直也 (神奈川県災害対策課)
- 神奈川の大地の生い立ちから地質災害を考える
..... 平田大二 (神奈川県立生命の星・地球博物館)
- 神奈川県の液状化被害と対策
..... 若松加寿江 (関東学院大学)
- 活火山箱根の発見
..... 萬年一剛 (神奈川県温泉地学研究所)
- 神奈川県の各種の斜面災害
..... 上野将司 (全国地質調査業協会連合会)
- 神奈川県沿岸域の地震・津波痕跡からみた
関東地震の履歴と将来予測
..... 穴倉正展 (産総研 活断層・火山研究部門)
- オフ・フォールト古地震学的手法から探る
国府津 - 松田断層帯の活動履歴
..... 佐藤善輝 (産総研 地質情報研究部門)

会場：TKP ガーデンシティ横浜 ホール A
(横浜市神奈川区金港町 3-1 コンカド横浜 2F)

日時：2019年12月12日(木)
13時～17時35分(受付開始12時30分)

定員：120名(事前登録制)

主催：GSJ 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

共催：産業技術連携推進会議 知的基盤部会
地質地盤情報分科会

後援：神奈川県・全国地質調査業協会連合会・
神奈川県地質調査業協会

CPD：4単位(ジオ・スクーリングネット)

事前
登録制

参加費
無料

参加登録、講演の
詳細はウェブで▶

[https://www.gsj.jp/researches/
gsj-symposium/sympo32/](https://www.gsj.jp/researches/gsj-symposium/sympo32/)



お問
い合
わせ

地質調査総合センター 第32回 GSJ シンポジウム事務局

✉ gsjsympo32-ml@aist.go.jp

〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7



[アクセス] JR・京急本線・みなとみらい線・東急東横線 横浜駅きた東口 A 徒歩 5 分

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 宮地良典
副委員長 名和一成
委員 井川怜欧
児玉信介
竹田幹郎
落唯史
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8巻 第11号
令和元年 11月 15日 発行

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター

〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第7

印刷所

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : Yoshinori Miyachi
Deputy Chief Editor : Kazunari Nawa
Editors : Reo Ikawa
Shinsuke Kodama
Mikio Takeda
Tadafumi Ochi
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. 8 No. 11
November 15, 2019

Geological Survey of Japan, AIST

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



北海道北東部，オホーツク海沿岸には，現在でも複数の海跡湖が存在する。網走湖と能取湖は網走市街地の北西部に位置し，特に天都山展望台からの眺望は素晴らしい。網走湖（写真中央）は縄文海進期には入り江であったと考えられるが，その後の海退によって海跡湖になったと理解されている。網走湖とオホーツク海との間では，網走川を介して毎日2往復の潮汐流が往来している。そのため現在の湖水は重くて無酸素状態の海水層と軽い河川起源の淡水層が2層構造を形成しており，その湖底には年縞堆積物が形成されている。一方能取湖（写真右奥）は季節的に湖口が閉塞される汽水湖であったが，現在では湖口が護岸されており通年を通して内湾環境にある。湖畔にはサンゴ草（アッケシソウ）の群生地が広がり，その規模が大きくなっていることが知られている。

（写真・文：産総研地質調査総合センター地質情報研究部門 七山 太）

Two sea relic lakes, Lake Abashiri and Lake Notoro, seen from Mt. Tentozan, along the Sea of Okhotsk, northeastern Hokkaido. Photo and Caption by Futoshi NANAYAMA