

GSJ

地球をよく知り、地球と共生する

地質ニュース

2020

3

Vol.9 No.3



3月号

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

農薬による湖沼生態系の攪乱 — 島根県・宍道湖の例 —

山室 真澄¹⁾

1. はじめに

島根県の宍道湖^{しんじこ}において、水田などで利用されるネオニコチノイド系殺虫剤(以下、ネオニコチノイド)が餌となる生物を殺傷することで間接的にウナギやワカサギを激減させていた可能性を突き止め、Science 誌で公表しました(Yamamuro *et al.*, 2019).

ネオニコチノイドは水溶性で、昆虫に対して選択的に毒性を発揮するとされ、有機リン系殺虫剤と比べ人を含む哺乳類や鳥類・爬虫類への安全性が高いとされます。また植物に浸透することで効果が持続することから散布回数を減らせると期待され、世界の殺虫剤市場の25%を占めるほど広汎に使用されています。しかし全ての昆虫が害虫ではなく、ミツバチや昆虫食鳥類の減少などの、生態系への悪影響が指摘されていました。日本でもアカトンボの減少原因をネオニコチノイドに求める論文が公表されています(上田・神宮宇, 2013)。これらの研究はネオニコチノイドにより直接殺傷される動物か、陸上の生態系を対象にしていました。

それに対し今回の報告は、水界でもネオニコチノイドにより生態系に深刻な攪乱が起こっていること、またその攪乱が食物連鎖を通じて上位段階の動物に及び産業(=漁業)に影響していることを世界で初めて指摘し、国内外で数多く報道されました。研究の内容はプレスリリースなどで解説されていますので、ここでは、生態学ではなく地学だからこそ化学物質による水界生態系の異変を突き止めることができた背景を中心に解説します。

2. 宍道湖の生態系は過去にも農薬で激変していた

ワカサギやウナギの減少原因がネオニコチノイドだと疑ったのは、宍道湖では過去にも生態系が農薬によって激変していたためでした。

最初に農薬の影響に気づいたのは地質調査所(当時)が1990年代後半に展開した「富栄養化湖沼における食物連鎖を利用した水質浄化技術に関する研究」(環境庁国立機関等公害防止等試験研究, 1994～1998年度)の終盤

頃でした。この研究では炭素や窒素などの元素量として食物連鎖を通じた物質循環を定量化することで、食物連鎖のどこで何がどこおっている為に植物プランクトンだけが異常繁茂してしまうのかを検討しました。そのため生物・非生物にかかわらず、宍道湖に存在する主要要素を全て分析しました。通常、生物の分析は植物プランクトン、よくて動物プランクトンくらいですが、この時はワカサギやウナギなどの魚はおろか、シジミを食べる鴨も捕獲してミンチにして分析しました。検収に当たった事務担当者が箱に詰まった鴨の死体をおそろおそろ確認していて、申し訳なく思ったことを今でも覚えています。

このように多種多様な生物試料を持っていることを工業技術院資源環境技術総合研究所在職時から知り合いだった益永茂樹横浜国立大学教授(当時)が聞きつけられ、ダイオキシンの生物濃縮研究への協力を依頼されました。益永教授は、日本の水域では水田除草剤の不純物起源のダイオキシンが燃焼起源よりも影響していると考え、過去の状況をどうやって復元するか模索していました。そこで私は、宍道湖堆積物の柱状試料の分析を提案しました。宍道湖に流入する斐伊川^{ひいかわ}は土砂供給量が比較的多いので堆積速度が大きく、解像度が高い試料が得られるという利点があります。そのうえ宍道湖は汽水湖なので湖盆部は常に塩分成層し、堆積物は還元的で生物攪乱を起こす底生動物はいません。過去に行われた年代分析でも、ほとんど攪乱がないことが示されていました。その宍道湖堆積物の柱状試料を使って世界で初めて、除草剤不純物起源のダイオキシンが使用開始直後から湖に流入していたこと、そして堆積物中ダイオキシンのうち燃焼起源は14%に過ぎず、残り84%が水田除草剤起源であることが判明したのです(Masunaga *et al.*, 2001)。

同じ年に湖沼生態系に関して、6年後には著者自身が否定(Scheffer and van Nes, 2007)することになる説が、Nature 誌に掲載されました(Scheffer *et al.*, 2001)。浅い湖沼では富栄養化による濁度の増加によって沈水植物(=草体全体が水面下にある水草)が消滅し、沈水植物が使っていた栄養塩を植物プランクトンが使うようになる。このため植物プランクトンが多く濁った状態か、沈水植物が多

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：物質循環, ウナギ, シラウオ, ワカサギ, 除草剤, 殺虫剤, 水田

く透明な状態かのどちらかで安定するとの主張でした。その論文では透明な状態から濁った状態になる原因を整理した表が掲載されていて、第一の可能性として除草剤を挙げていました。ところが除草剤の可能性は全く議論せずに、富栄養化だけを原因としていたのです。そもそも水草は水中にある葉からではなく、堆積物中にある根から主に栄養を取ります。それだけでもナンセンスですが、日本の生態学者はこの説を根拠に、自然再生として沈水植物だけでなく浮葉植物(根は堆積物、葉は水面にある水草)のアサザや、抽水植物(根は堆積物、葉は空中まで伸びる水草)のヨシを植えることによって水質が浄化され、自然が再生すると主張するようになりました。宍道湖でも「護岸工事によって消滅したヨシを植えることで魚やシジミが増える」と生態学者が主張し、植栽が行われました。宍道湖は大きな湖なので波が高く、その為に湖棚部に堆積するのは砂で、だからこそシジミが大量に生息できます。そんな湖岸にヨシは無かったと戦前から周辺に住んでいた住民が証言していたのに、植栽区域はどんどん広がりました。

そこで私達はかつての宍道湖の状況を聞き取る調査を始めました。そして1950年代半ばに除草剤を使用するまで宍道湖の浅い湖底は沈水植物で覆われていて、宍道湖及び隣接する中海では、沈水植物を肥料用に根こそぎに近い状態で採取していたことが分かりました。湖岸にヨシはなく湖内に沈水植物が生えていたことは、米軍が終戦直後に撮影した写真でも後日確認できました(小室・山室, 2013)。水草の採草量も古い統計から算定しました。対象を本州全域に広げて同様の調査を行ったところ、調査した全ての湖沼で肥料用に沈水植物を採草していて、宍道湖同様、除草剤使用によって沈水植物が消滅したことが分かりました(平塚ほか, 2006)。

堆積物の柱状試料の研究から宍道湖には除草剤使用開始直後からその不純物が流入していたことが分かっていたので、除草剤によって沈水植物が衰退したという結果には全く驚きませんでした。生態系では光合成を行う植物が根幹となります。その根幹が湖底で繁茂する沈水植物から水中を漂う植物プランクトンに変わることは、生態系の構造そのものが変わってしまう大きな攪乱です。その原因を生態学では根拠がないまま護岸工事や富栄養化としていました。しかし日本では富栄養化以前に除草剤によって、その攪乱が起こっていたのです。さらには生態学者が主張するように水草を植えれば「かつてのように」魚が増えるのではなく、水草を肥料用に根こそぎ刈り取っていたからこそ、結果的に水草に覆われて魚が住みづらくなるのが無かったのです(平塚ほか, 2006)。

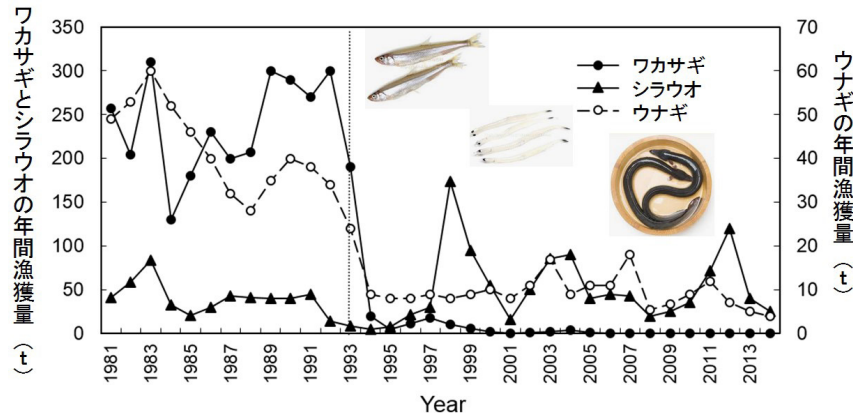
3. 湖沼の漁獲量減少は外来性魚食魚とされていた

日本の湖で近年になって漁獲量が減っている原因について Matsuzaki and Kadoya (2015) は、30年にわたる全国の主な湖沼の漁獲統計(魚類, エビ類, 貝類など全て)と湖沼の形態や流域面積, 塩分, また人為的要因として富栄養化, 湖岸改変, 魚食性外来魚の侵入の影響との関係を統計解析した結果, 外来魚の侵入が漁獲量減少に最も影響を与えたと結論づけました。この結論は, 各湖沼がどのような場であるかを重視する地学の観点からは極めて不可解でした。対象にした湖沼の約半分が汽水で, 淡水性である魚食性外来魚の影響は皆無か, ほとんどなかったからです。さらには湖沼の漁獲量のかなりの部分が貝類で, 貝は魚食魚に食べられません。

その典型例が宍道湖です。宍道湖は汽水湖なので, 在来の海産魚食魚(=スズキ)が少なくとも江戸時代から侵入しています。ところが宍道湖の漁獲量の大部分を占めるシジミは2000年以降になって激減したのです。原因は何なのか, 私たちはプロジェクト研究「人との相互作用によって持続する汽水湖生態系の構築」(河川技術研究開発制度地域課題分野(河川生態)2012~2017年度)を立ち上げ, 漁獲対象生物を含む多様な動物の長期的な変動と環境との関係について, 元素分析や色素分析などの地球化学をベースに総合的に検討しました。その結果, シジミの減少は低塩分によってラン藻が優占し, シジミの餌として好適な必須脂肪酸を含む珪藻類が減った為と結論しました。実際, 2013年に高塩分になって珪藻が優占した途端にシジミ資源量が回復し, 私達の結論が正しかったことが実証されました。

ところがウナギやワカサギは回復しませんでした。実はこれらの魚類が減っていることは, 1990年代後半に行なったプロジェクトで気づいていました。富栄養化以前の1950年代と同じ漁網で同じ方法でウナギやワカサギなどの魚を採ったところ, 富栄養化した1990年代の方がはるかに少ない漁獲量だったからです。生元素循環の観点だけでは説明できない謎でしたが, その後の漁獲量データも合わせて改めて検討したところ, 1993年を境にワカサギとウナギの漁獲量が激減して今日まで回復していないことが分かりました(第1図)。また, ワカサギやウナギ同様に単価が高いシラウオは, 有意ではありませんが, 1993年以降に漁獲量が増加していました。

シラウオの幼魚は植物プランクトン, 成魚は動物プランクトンを食べます。ワカサギの場合, 幼魚は動物プランクトン, 成魚は動物プランクトンに加えて羽化したユスリカ



第1図 宍道湖におけるワカサギ、シラウオ、ウナギの年間漁獲量 (宍道湖漁業協同組合ホームページ掲載のデータから作成)

も食べます。ウナギは甲殻類や多毛類などの底生動物を食べるとされています。動物だけに依存するワカサギとウナギが減って植物も食べるシラウオは減っていないということは、光合成を行う一次生産者ではなく、それを食べる二次生産者が何らかの原因で減ったことで、その二次生産者だけを食べるウナギとワカサギが減った可能性を示しています。

そこで私たちはウナギの餌となる底生動物の状況を、1993年以前と現在とで比べました(第1表)。節足動物では淡水性のオオユスリカが絶滅していました。また、やや高塩分を好む残りの2種も激減していました。環形動物では高塩分の中海に多く生息するヤマトスピオとヒガタケヤリムシは増えていましたが、低塩分を好む種類は全て減っていました。このことから、昆虫を含む節足動物には塩分に関わらず影響し、かつ低塩分側から供給される何物かの影響が疑われました。

その影響が1993年のいつ起こったか分かれば、原因が分かるかもしれません。幸い宍道湖では、国土交通省出雲河川事務所が1980年代から湖心で毎月、動物プランクトン調査を行っていました。そのデータを頂いて検討した結果、宍道湖の動物プランクトンの9割以上を占めるキスイヒゲナガケンミジンコが、1993年の5月に激滅していました(第2図)。宍道湖周辺ではゴールデンウィークに田植えが行われ、大量の殺虫剤と除草剤が水田に撒かれます。そして水田用のイミダクロプリドというネオニコチノイドが1992年11月に農薬として登録され、初めて使用されたのが1993年5月でした。

以上の根拠に加えて水温や塩分、護岸工事や漁獲努力など、考えられるあらゆる要因が1993年以前と以後とで有意な差はないことを示し、宍道湖でウナギやワカサギが1993年を境に激滅した原因はネオニコチノイドによって甲殻類を含む餌生物が減少したと結論しました。

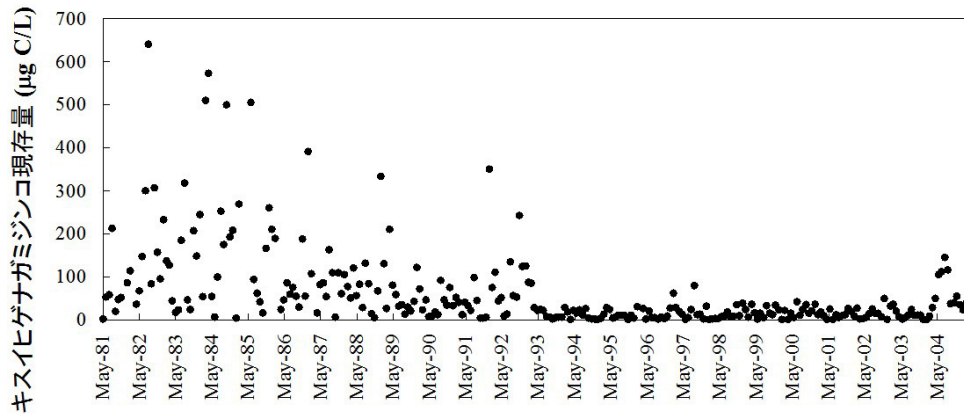
第1表 主な底生動物の1982年夏と2016年夏の1m²あたり平均個体数の比較

動物名/年	1982	2016
節足動物		
オオユスリカ	121	0.0
Tanypodinae亜科ユスリカ類	125	19
ムロミスナウミナナフシ	30	0.2
環形動物		
ヤマトスピオ	88	131
イトゴカイ科の1種	101	0.4
ヒガタケヤリムシ	4.2	12
カワゴカイ属の1種	5.1	2.6
貧毛類	188	14

4. 地学だからこそ「生態系」を研究できた

日本の湖で除草剤が沈水植物を枯らしてしまったこと、また今のところ宍道湖だけでしか証明できていませんが、ウナギやワカサギが殺虫剤により餌が減ったことで激滅したことを、なぜ生態学ではなく、地学の研究者が証明できたのでしょうか。

生物学辞典(石川ほか編, 2010)では生態系を「生産者・消費者・分解者・非生物的(物理的)環境によって構成されており、おもに物質循環やエネルギー流に着目して機能系としてとらえたもの」と解説しています。湖や川などの水界で、生態系にどのような事が起こっているか。多くの方は、そのような課題を研究するのは生態学だと考えていると思います。残念ながら日本の場合、地球化学も専門とする一部の生態学関係者以外は、化学分析ができません。そのため上記の「非生物的環境」について、工事の有無とか富栄養化で濁ようになったなど目に見える情報に注目しがちで、目に見えない化学物質の影響に気づけません。また炭素や窒素、リンといった生物を構成する主要元素を分析できる生態学者もわずかなので、物質循環の観点から生態系に起こっていることを解析する研究も、日本の



第2図 宍道湖湖心におけるキスイヒゲナガミジンコの現存量 (Yamamuro et al. (2019) を改変)

生態学者はほとんど行いません。

さらには、目に見えない情報が過去にはどうだったかを明らかにする手法にも、生態学は疎遠です。地学であれば、堆積物試料から過去の様々な情報を取り出すことができます。また古文書の開花記録から古気候を推定するなど、化学分析にとどまらず、可能性のあるあらゆる手段を検討します。生態学ではそもそも、過去を復元する手段の検討を行わないのです。このような背景から生態学では、宍道湖（そして日本の平野部湖沼）で1950年代に起こった農業による沈水植物の衰退を、衰退後に起こった富栄養化などが原因だと主張しているのです。

地球温暖化など、人間が生態系に大きな攪乱を与えていることは、今や否定はできません。そして私たち人間の営為によって環境がどう変わり生態系がどう変化するのか、地学こそがその総合性によって、解を導きだすことができる学問だと思います。

なお今回 Science 誌に公開した論文は下記の方々と共同で発表しました。

小室 隆¹⁾・神谷 宏²⁾・加藤季晋²⁾・長谷川 瞳³⁾・亀田 豊⁴⁾

¹⁾ 国立大学法人東京大学

²⁾ 島根県保健環境科学研究所

³⁾ 名古屋市環境科学調査センター

⁴⁾ 学校法人千葉工業大学

文 献

平塚純一・山室真澄・石飛 裕 (2006) 「里湖モク採り物語 50年前の水面下の世界」. 生物研究社, 東京, 141p.

石川 統・黒岩常祥・塩見正衛・松本忠夫・守 隆夫・八

杉貞雄・山本正幸 (編) (2010) 生物学辞典. 東京化学同人, 東京, 1615p.

小室 隆・山室真澄 (2013) 1940年代に撮影された米軍空中写真を用いた宍道湖における水草群落分布範囲の推定. 応用生態工学, **16**, 51-59.

Masunaga, S., Yao, Y., Ogura, I., Nakai, S., Kanai, Y., Yamamuro, M. and Nakanishi, J. (2001) Identifying sources and mass balance of dioxin pollution in Lake Shinji basin, Japan. *Environmental Science & Technology*, **35**, 1967-1973.

Matsuzaki, S. S. and Kadoya, T. (2015) Trends and stability of inland fishery resources in Japanese lakes: introduction of exotic piscivores as a driver. *Ecological Application*, **25**, 1420-1432.

Scheffer, M., Carpenter, S. R., Foley, J. A., Folke, C. and Walker, B. (2001) Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, **413**, 591-596.

Scheffer, S. and van Nes, E. H. (2007) Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. *Hydrobiologia*, **584**, 455-466.

上田哲行・神宮字 寛 (2013) アキアカネに何が起こったのか：育苗箱施用浸透性殺虫剤のインパクト. *TOMBO*, **55**, 1-12.

Yamamuro, M., Komuro, T., Kamiya, H., Kato, T., Hasegawa, H. and Kameda, Y. (2019) Neonicotinoids disrupt aquatic food webs and decrease fishery yields, *Science*, **366**(6465), 620-623.

YAMAMURO Masumi (2020) Disturbance on lacustrine ecosystem by agricultural chemicals – Case study of Lake Shinji, Shimane, Japan.

(受付：2020年1月6日)

CCOP-GSJ-GAI Groundwater Project Phase IV Kick-off Meeting 開催報告

内田 洋平¹⁾・シュレスタ ガウラブ¹⁾

2019年12月2日(月)～4日(水)の3日間、インドネシア・バリ島において、CCOP-GSJ-GAI Groundwater Project Phase IV Kick-off Meeting が開催されました。本会議には、CCOP (Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia；東・東南アジア地球科学計画調整委員会)加盟国である11カ国(カンボジア、中国、インドネシア、日本、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、タイ、ベトナム)とCCOP事務局から、計28名が参加しました。本会議は2019年度から開始する地下水プロジェクト・フェーズIVの年次開始会議であり、今回は、インドネシア・地質総局(Geological Agency of Indonesia；GAI)がホスト機関として共催しました(写真1)。

議事は、(1)開会、(2)CCOP-GSJ地下水プロジェクト

の概要とフェーズIIIの成果およびフェーズIVの計画、(3)各国のカントリーレポート、(4)ディスカッション、(5)特別講演、(6)巡検という内容でした。日本からは、内田洋平(産総研地質調査総合センター(以下GSJ)/プロジェクトリーダー)、シュレスタ ガウラブ(GSJ)の2名が参加しました。

開会挨拶に引き続き、内田より2005年度から開始されたCCOP-GSJ地下水プロジェクトの概要とフェーズIIIの成果、および今年度から開始されたフェーズIVの計画について説明を行いました。フェーズIでは、加盟国における地下水に関する法制度のデータベース構築、フェーズIIでは、タイ・チャオプラヤ平野とベトナム・ホン河デルタをモデル地域としたCCOP地下水データベースの構築、フェーズIIIでは、CCOP地下水データベースの対象国を拡充し、



写真1 参加者の集合写真

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：CCOP、地下水プロジェクト、地下水データベース、インドネシア

データベースをオープンソースで構築された Web GIS システム上に構築しました。しかし、地下水観測システムやデータベースの開発現状は国々で異なっており、加盟国を3つのグループに分けて活動を行いました(DB1, DB2, Public Policy Group)。データベース構築は CCOP 地質情報総合共有 (GSi) プロジェクトとリンクしており、全 4,483 地点のデータを GSi システムの地下水ポータルサイトへアップロードしました。また、フェーズⅢの最終成果として、GSi システムへのデータアップロードに加えて、“Technical Report on CCOP Groundwater Project Phase III (GW-9)” を 11 月に出版し、2019 年 11 月タイ・チェンマイで開催された第 55 回 CCOP 年次総会で配布しました。本レポートには、以下 3 項目の情報が収集されています。

1. Hydrogeological map -Present status and future plan-
2. Explanation documents for the country's capital city or representative area in DB1 & DB2
3. Public policy for groundwater observation system in Public Policy Group

フェーズⅣの基本計画については、以下の 4 項目を提案し、会議で了承されました。

- プロジェクトの実施期間は、2019 年度～ 2022 年度の 4 ヶ年とする
- 地下水データベースのさらなる拡充を実施
- Public Policy Group における地下水汚染等に関するデータ登録
- Public Policy Group における地下水問題解決に向けた現地調査および検討会の実施
- 地中熱サブプロジェクトの継続、実証試験地の拡大

また、フェーズⅣのプロジェクトリーダーは、内田洋平からシュレスタ ガウラブに交代することを報告しました。

今回のカントリーレポートのテーマについては、フェーズⅣの実行準備を鑑みたテーマ設定を行い、“Issues and improvement ideas for the Phase III Groundwater Database” (DB1 & DB2) と “Present hydrogeological data and problem for making Groundwater Database” (Public Policy Group) でした。DB1, DB2 では、フェーズⅢで構築したデータベースの課題や入力したデータに関する問題点、追加すべき項目などについて、発表が行われました。Public Policy Group のうちいくつかの国では、フェーズⅢの期間中に地下水モニタリングを開始して

おり、現時点におけるモニタリング状況やデータベース構築への課題について発表が行われました。なお、これらのカントリーレポートを取りまとめて、2020 年度中に GW-10 として GSJ から出版する予定です。

2 日目の午前は、新プロジェクトリーダーのシュレスタ ガウラブが、各国のカントリーレポートを参考にフェーズⅢで構築したデータベースの課題や入力したデータに関する問題点について取りまとめ、その後、参加者全員でフェーズⅣの計画を議論し、以下の項目が決定しました。

- プロジェクト内のグループについては、これまで DB1, DB2, Public Policy Group の 3 グループに分かれていたが、フェーズⅣでは、DB1 グループ (China, Indonesia, Japan, Korea, Malaysia, Philippines, Thailand, Vietnam) と DB2 グループ (Cambodia, Lao PDR, Mongolia, Myanmar, Papua New Guinea) の 2 グループ構成とする
- フェーズⅢで構築したデータベースに対して、地盤沈下や地下水汚染問題に対応できるような新たなデータ項目を追加
- 次回の地下水プロジェクト会議は、DB2 グループにおける地下水問題解決に向けた現地調査および検討会の実施を考慮し、2021 年 1 月または 2 月下旬にミャンマー・ネピドーで開催
- その他、次回の地下水プロジェクト会議までに各国が準備する地下水に関するデータや資料などについて事前に CCOP 事務局へ提出

ディスカッションに引き続き、バリ Udayana 大学の Dr. Mawiti Infantri Yekt による招待講演 “Water Allocation of Subak Irrigation Schemes in Yeh Ho River Basin” が行われました。

会議の 3 日目は GAI の主催、Coca Cola Amatil Indonesia の案内で、バリ島内のコカコーラ工場の巡検が行われました (写真 2)。工場で使用される水の主要な水源は地下水です。工場内には 3 本の深井戸が掘削されており、深さは 1 本が 90 m, 2 本が 130 m です。それぞれの揚水量は 90 m 井が 80 m³/day, 130 m 井は両方とも 130 m³/day です。また、使用後の地下水の 1～5 % は水処理し、清掃等に利用されているそうです。工場内の地下水利用を適切に管理した結果、2016 年～ 2019 年の地下水揚水量は 20 % 減少し、地下水位は上昇傾向にあります。その他、還元井戸や流域における地下水保護に関するプロジェクトについても紹介があり、インドネシア・バリ島における地下水管



写真2 Coca Cola Amatil Indonesia (バリ工場) の巡検時の集合写真 (背景に地下水貯留タンク)

理の一環を知ることが出来ました。

今回の地下水会議は、プロジェクトフェーズⅣのキックオフ会議でした。各国のカントリーレポートにより、フェーズⅢで構築したデータベースの課題を全員で把握し、フェーズⅣにおける目標と具体的なワークプランを設定することが出来ました。

UCHIDA Youhei and SHRESTHA Gaurav (2020) Report on CCOP-GSJ-GAI Groundwater Project Phase IV Kick-off Meeting.

(受付：2019年12月24日)

第3回日中韓ジオサミット開催報告(1)：本会議

内田 利弘¹⁾・最首 花恵¹⁾

1. はじめに

産総研地質調査総合センター(GSJ)は、韓国地質資源研究院(Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources: KIGAM)および中国地質調査局(China Geological Survey: CGS)とともに、2015年から定期的な連絡会議“Trilateral GeoSummit”(日中韓3ヶ国ジオサミット;以下、ジオサミット)を開催しています。

ジオサミットは、3機関の連携を強化し、共同研究や人材交流を推進することにより、東アジアにおける地球科学研究のレベルを向上させることを目標としています。それぞれの機関のトップが顔を合わせて対話し、研究協力の大きな方針を議論したり、研究者が提案する協力活動への支援を判断したりする体制を築く場としての役割を果たしています。また、CCOP(東・東南アジア地球科学計画調整委員会)等における東アジア・東南アジアの地質調査研究の推進において、3ヶ国が協力してリーダーシップを取ること重要で、その体制構築や調整にも役立っています。

ジオサミットの第1回会議はCGSがホストとなり2015年4月に中国・北京で、第2回会議はKIGAMがホストとなり2017年6月に韓国・済州市で開催されました。今回はGSJがホストとなり、第3回会議(The 3rd Trilateral GeoSummit)を2019年7月29日～31日に北海道札幌市で開催しました。

第3回ジオサミットには5機関から計60名が参加しました。海外からは、CGSの11名、KIGAMの15名に加え、韓国・ソウルにある日中韓三国協力事務局(Trilateral Cooperation Secretariat: TCS)から3名、タイ・バンコクにあるCCOP事務局から1名の参加がありました。GSJからは30名が参加しました。

会議の全体スケジュールを第1表に示します。本記事では、7月30日に開催されたジオサミットの本会議について報告します。

2. 全体会議

本会議のうち、午前中は開会式を含む全体会議(写真1, 2)、午後は4つのセッションに分かれた分科会等が行われました。

全体会議では、まず3機関の代表による開会挨拶がありました。矢野雄策地質調査総合センター長は、これまでの中国および韓国でのジオサミットの開催に謝意を示すとともに、ジオサミットが目指す高いレベルの地質学研究を日中韓の研究者が一致協力して推進することへの期待を述べました。CGSのZHANG Hongtao中国参事官は、日中韓は小さな海を挟んで互いに隣国同士であるため、地質学研究での協力は自然かつ不可欠であり、3機関が共通の目的を定めて協力し、日中韓のみならず世界の経済発展



写真1 ジオサミット会場(全体会議)



写真2 全体会議の日本席

1) 産総研 地質調査総合センター 研究戦略部

キーワード：ジオサミット, 日中韓, 国際会議, 国際協力

第1表 ジオサミットの全体プログラム

The 3rd Trilateral GeoSummit Overall Program

Main Venue: Hotel Emisia Sapporo, 3rd Floor

Date, Time	Events			
July 29 (Monday)				
19:30-21:30	Heads of Delegation Dinner			
July 30 (Tuesday)				
9:00-9:30	Registration			
9:30-9:45	Opening Ceremony			
	- Welcome Address by GSJ			
	- Special Message by CGS			
9:45-10:05	Keynote Speech			
	- Trilateral Cooperation Secretariat - CCOP Technical Secretariat			
10:05-11:20	Presentations on the Current Status of Three Institutes			
	- CGS Presentation: The Advances of China Geological Survey 2019			
	- KIGAM Presentation: Current Status of KIGAM			
	- GSJ Presentation: Current Status of GSJ			
11:20-11:40	Presentation of Appreciation Tokens and Group Photo			
11:40-13:00	Lunch			
13:00-14:30	Room 1:	Room 2:	Room 3:	Room 4:
	Leader's Meeting	Technical Session 2 (GIS)	Technical Session 3 (3D Geol.)	Technical Session 4 (Coastal Geol.)
	- Discussion	- Presentations (4 orals)	- Presentations (4 orals)	- Presentations (4 orals)
14:30-14:50	Coffee Break			
14:50-16:50	Technical Session 1 (Active Fault)	Technical Session 2 (GIS)	Technical Session 3 (3D Geol.)	Technical Session 4 (Coastal Geol.)
	- Presentations (4 orals) - Discussion	- Discussion	- Presentations (3 orals) - Discussion	- Presentations (2 orals) - Discussion
16:50-17:20	Poster Session			
17:20-17:30	Break			
17:30-18:00	Report for the Results of the 3rd Trilateral GeoSummit			
	Signing Ceremony of the Meeting Minutes			
	Closing Remarks			
18:00-20:00	Welcome Dinner			
July 31 (Wednesday)				
8:00-19:00	Field Excursion (Toya-Usu UNESCO Global Geopark)			

のため、最高レベルの研究を進めたいと述べられました。KIGAMのBok Chul KIM院長は、日中韓は経済的にも科学研究でもアジアを越えて世界的に重要な国になっており、格言「If we want to go fast, go alone, but if you want go far, go together」を引用し、ジオサミットを通して3機関が長く協力することの重要性を強調されました。

続いて、TCSのHAN Mei事務次長およびCCOPのYoung Joo LEE事務局長が基調講演を行いました。HAN氏は、TCSが設立20周年を迎え、3ヶ国間の協力やASEAN等との協力の推進において、調整機関として重要な役割を果たしていることを紹介され、ジオサミットでの

3ヶ国の協力への支援を改めて表明されました。LEE氏は、CCOPの国際的な活動を更に向上させるため、ジオサミットでの協力の推進とともに、日中韓からCCOPへの更なる技術的支援を期待することを述べられ、また特に東南アジアの若い技術者を支援する体制への協力を要請されました。

引き続き、3機関の現状紹介と活動報告がありました。CGSからはSHU Siqu国際部門長が、パワーポイントおよびビデオを用いて、CGSの最新情報を紹介されました。CGSは現在、天然資源省(Ministry of Natural Resources)に属し、北京にある本部(Headquarters)の他に、全国に

約 30 の研究所を有する巨大な研究組織です。近年は予算が増加を続けているようで、常勤職員数 19,000 名、定年後再雇用された職員数 6,000 名も前回の報告より増えていました。重点テーマとして、Energy Resources, Mineral Resources, Marine Geology, Economic Zone Geology and Urban Geology, Geo-hazards, Geo-information, Science and Technology Innovation, Capacity Building が掲げられています。Capacity Building (能力育成) では、CCOP や ASEAN への協力を活発に行っています。SHU 氏は、資源開発、海洋調査、地質情報 IT 化や、国際協力を力を入れていることを強調されました。

KIGAM の Hee Soo KIM 国際部長は、新しい組織体制と国際協力を中心に KIGAM の最新情報を紹介されました。KIGAM を含む韓国の 25 の国立(公的)研究所は、科学・IT 技術省(Ministry of Science and ICT) に設置された科学技術研究評議会(National Research Council of Science & Technology : NST) の下で活動を管理されています。KIGAM の職員数は 509 名(2019 年 7 月現在)、年間予算は 1.13 億ドルです。現在、4 つのミッション：1) Provide Geo-Information & Geo-Technology, 2) Develop Mineral Resources Utilization & Recycling Technology, 3) Petroleum & Gas Resources Original Technology, 4) New Geo-technology on Global Climate Change を設定しています。

GSJ からは、まず、中尾信典研究戦略部長が GSJ の概要

紹介を行い、引き続いて、田中裕一郎地質情報研究部門長、増田幸治活断層・火山研究部門副部門長、光畑裕司地圏資源環境研究部門長、佐脇貴幸地質情報基盤センター長が、それぞれの部門・センターの研究概要と業務概要を紹介しました。光畑部門長は、再生可能エネルギー研究センターの地熱・地中熱研究についても紹介しました。なお、GSJ の各研究ユニットの代表的な研究成果を紹介するポスターも終日会場で掲示しました。

全体会議の最後には、各機関の代表による記念品交換と、参加者の集合写真撮影を行いました(写真 3, 4)。

3. 分科会

事前に CGS, KIGAM と協議し、3 機関ともに関心の高い研究テーマについて、分科会(Technical Session)を開催することにしていました。第 3 回のテーマは、Active Fault (活断層)・GIS (地理情報システム)・3D Geological Modeling (3 次元地質モデリング)・Coastal Geology (沿岸域地質) の 4 つです(写真 5)。Active Fault, GIS, Coastal Geology は第 2 回ジオサミットからの継続テーマであり、今回は、具体的な研究協力を開始する可能性が期待されました。3D Geological Modeling は、第 2 回ジオサミットにおいて CGS と KIGAM が個別に意見交換を行っていましたが、今回は正式に分科会のテーマとして選択されました。分科会の準備では、まず 3 機関でそれぞれの



写真 3 5 機関の代表の集合写真
左から、HAN Mei 事務次官 (TCS), Bok Chul KIM 院長 (KIGAM), 矢野地質調査総合センター長, ZHANG Hongtao 参事官 (CGS), Young Joo LEE 事務局長 (CCOP)。



写真4 参加者全員の集合写真



写真5 分科会 Coastal Geology の会場

分科会担当リーダーを決め、各機関からの発表の調整・進行・議事録作成等を行いました。各分科会の発表リストを第2表に示します。

分科会1 (Active Fault) では、CGSは、中国北東部の3つの主要な断層に関する研究成果などについて紹介しました。KIGAMは、2016年慶州地震が発生した韓国南東部のヤンサン断層帯でのトレンチ調査などの最新の活断層調査結果、および、プレート内地域の活断層の分布と形態に関する研究成果について発表しました。GSJは、2016年熊本地震の震源域における活断層調査結果を中心に活断層研究の現状を紹介しました。

分科会2 (GIS) では、CGSから、海域での地質調査結果をまとめたGISデータベースと、CGSが開発を進めている地質情報の総合的な公開システム Geo-Cloud の紹介がありました。KIGAMは、開発中の地質試料データ・レポジトリ・システム (Geoscience Data Repository) の詳細について発表しました。KIGAMは、CCOP加盟国の保有する地質試料データを登録し、共有するためのCCOPプロジェクトを立ち上げています。GSJからは、GSJが行っている地質図等の「地質図Navi」上での公開、地質図データのダウンロード・サービス、20万分の1シームレス地質図V2の作成と公開、CCOP地質情報総合共有システム (GSI) プロジェクトなどについて紹介しました。

分科会3 (3D Geological Modeling) では、CGSは、都市地域の3次元地質モデルの構築について、2つの新興開発中の都市における3次元モデルの作成事例やCGSの3次元地質モデル記述標準 Geo3DML などについて紹介しました。KIGAMは、開発を行っている地質・物理探査・地化学データを統合する3次元地質モデルの構築手法と、鉱物資源開発のための3次元モデル構築の事例 (国内の鉱山とミャンマーの鉱床地域)、機械学習による鉱床の解釈技術、地質解釈のための3次元露头モデル作成技術などについて紹介しました。GSJは、首都圏を対象に実施している都市域の3次元地質モデル構築に関する技術開発、および千葉北部地域の3次元地質モデルについて紹介しました。

第2表 分科会の発表リスト. 発表者のみを記載.

<p>Technical Session 1 – Active Fault Chair: Seung Ryeol LEE (KIGAM) Co-Chair: Koji MASUDA (GSJ)</p> <p>Oral Presentations:</p> <ul style="list-style-type: none"> • LI Junjian (CGS): Characteristics of ore-controlling structures in the Jiaodong gold ore concentration area • SHI Lu (CGS): Basic Features and Research Progresses of Active Faults in Northeast China • Yukari MIYASHITA (GSJ): Recent progress and problems of active fault research in Japan • Jin-Hyuck CHOI (KIGAM): Recent trends in active fault mapping and earthquake geology in Korea <p>Poster Presentations:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jin-Hyuck CHOI (KIGAM): Crustal-scale segmentation of intraplate strike-slip faults • Jin-Hyuck CHOI (KIGAM): Active Tectonics and Earthquake Geology in Intraplate Regions
<p>Technical Session 2 – GIS Chair: Saro LEE (KIGAM) Co-Chair: Shinji TAKARADA (GSJ)</p> <p>Oral Presentations:</p> <ul style="list-style-type: none"> • WEI Helong (CGS): Marine Geological Database • Jaehong HWANG (KIGAM): Introduction to Geoscience Data Repository (GDR) and its future works • Shinji TAKARADA (GSJ): GIS data, Databases and WebGIS in Geological Survey of Japan • Yoshiharu NISHIOKA (GSJ): Development of Seamless Geological Map of Japan (1:200,000) V2
<p>Technical Session 3 – 3D Geological Modeling Chair: YIN Hang (CGS) Co-Chair: Tsutomu NAKAZAWA (GSJ)</p> <p>Oral Presentations:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tsutomu NAKAZAWA (GSJ): Concept and utilization of 3D geological map of Tokyo metropolitan area • Susumu NONOGAKI (GSJ): Surface-based 3D geological modeling of Tokyo metropolitan area • YIN Hang (CGS): "Transparent Xiongan"-Construction of the 3D Geological Information System • LI Jihong (CGS): Construction Technology of Three-dimensional Geological Modeling and Information Service Platform in Danyang, China • Seong-Jun CHO (KIGAM): Applications of 3D geological modeling platform • Gyesoon PARK (KIGAM): Machine Learning Approach to 3D Orebody Modeling Based on Multi-geological Data • Chang Won LEE (KIGAM): Building and Application of Digital Outcrop Model for Geological Modeling
<p>Technical Session 4 – Coastal Geology Chair: YIN Ping (CGS) Co-Chair: Rei NAKASHIMA (GSJ)</p> <p>Oral Presentations:</p> <ul style="list-style-type: none"> • YIN Ping (CGS): Updating Progresses of CGS Coastal Geological Mapping Programme and Supports to Missions of Natural Resources Management • ZHAO Hongwei (CGS): Progresses and prospects of marine regionals geological surveys in China • HE Lei (CGS): Recent advances on sedimentary geological surveys in coastal wetlands of North China • YU Junjie (CGS): Anomalies of Sediment Magnetic Properties and Detrital Magnetite Geochemical Properties in Yangtze Delta: Insights into the Connection of the Proto-Yangtze River to the East China Sea • Jong-Hwa CHUN (KIGAM): Gas-charged Holocene mud deposits in the continental shelf, Korea • Takuya ITAKI (GSJ): Introduction of some progress of the coastal geological survey in GSJ <p>Poster Presentations:</p> <ul style="list-style-type: none"> • In Kwon UM (KIGAM): Seafloor Geological and Geophysical Mapping Program of the Korean Seas • Jungkyun SHIN (KIGAM): EOS3D Project - Seismic Survey System in Shallow Water Coastal Zone

分科会4 (Coastal Geology) では、CGSは、中国の沿岸域における地質調査のレビューと現状(探査技術開発、調査結果など)、沿岸の湿地帯(wetland)の地質と環境保全に関する研究、揚子江デルタ地域における人間活動の環境への影響などについて発表しました。KIGAMは、韓国沿岸域で実施された調査のレビュー、浅海域での3次元音

波探査手法開発、沿岸域の新期堆積層中に含まれるガス層の探査事例について紹介しました。GSJは、2008年から実施している沿岸域調査(海陸シームレス地質図作成)における調査手法、および最近の房総半島・伊勢湾・三河湾における調査結果について紹介しました。

各分科会では、3機関の研究成果発表の後、今後の協力

の方向性、協力課題、次回の情報交換のイベントなどについて、活発な議論が行われました。

分科会と並行して行われた3機関の代表によるリーダーズ会議では、今回の4つの分科会での議論の結果をもとに、具体的な研究協力を始めるための予算的支援を検討することが合意されました。3機関により、今後更に議論が行われる予定です。

4. おわりに

7月31日には、洞爺湖有珠山ユネスコ世界ジオパークなどを見学する地質巡検が行われました。その詳細は別稿(宝田・渡辺, 2020)で紹介します。

ジオサミットは、国同士の政府間関係が少し不安定な時期に、地質学研究では3ヶ国の協力が不可欠という考えのもと、KIGAMの発案を受け、3機関が合意して始まりました。当時、GSJとCGSの交流は過去10年の中でも低調な時期にあり、CGSとの研究協力に関してはアイデアが少ない状況でした。しかし、2015年のジオサミット開催以降、GSJ・KIGAM・CGSの間で、より明確にお互いの研

究者の顔が見えるようになり、交流のハードルが低くなったと感じます。今回のリーダーズ会議の判断に基づき、2年後の中国での第4回ジオサミットまでの協力活動の開始と推進、それ以降の交流の深化を期待したいと思います。

第3回ジオサミットの開催にあたり、ご協力いただいた地質調査総合センターの関係各位、特に、分科会を担当していただいた方々、準備・運営を分担していただいた方々に感謝の意を表します。

文献

宝田晋治・渡辺真人(2020)第3回日中韓ジオサミット開催報告(2):洞爺湖有珠山ユネスコ世界ジオパーク地質巡検. GSJ地質ニュース, 9, 70-74.

UCHIDA Toshihiro and SAISHU Hanae (2020) The 3rd Trilateral GeoSummit Summary Report (1): Main Meeting.

(受付:2020年1月6日)

第3回日中韓ジオサミット開催報告(2): 洞爺湖有珠山ユネスコ世界ジオパーク地質巡検

宝田 晋治¹⁾・渡辺 真人²⁾

1. はじめに

2019年7月29～31日の日程で、北海道札幌市において、中国地質調査局(CGS)、韓国地質資源研究院(KIGAM)、産総研地質調査総合センター(GSJ)による第3回日中韓ジオサミットが開催されました(内田・最首, 2020)。3日目の7月31日には、洞爺湖有珠山ユネスコ世界ジオパークを見学する地質巡検が行われ、海外からのジオサミット参加者30名全員と地質調査総合センターから11名、合計41名が参加しました。地質巡検では、三松正夫記念館、昭和新山、有珠山展望台(第1図)、火山博物館、2000年噴火遺構公園、西山山麓火口散策路(第2図)を見学し、洞爺有珠火山の地質、噴火史、火山防災対応等について、様々な議論が行われました。ここでは、巡検の概要を紹介します。

2. 三松正夫記念館と昭和新山

巡検では、まず三松正夫記念館(第1図; Stop 1-1)と昭和新山(Stop 1-2)を訪れました。三松正夫記念館では、三松三朗館長の案内で、1943-45年の昭和新山を形成した一連の火山活動や1977-78年の有珠山の火山活動の展示を見学しました(写真1)。参加者は特にオリジナルの三松ダイヤモンドに興味深く見学していました。昭和新山の前で記念撮影(写真2)を行った後、昭和新山の1943-45年の活動で形成された多数の火口跡の1つを訪れました。ここでは、昭和新山の形成時の隆起によってこの地点まで持ち上げられた河床円礫や、デイサイト溶岩、溶岩ドームの噴気の様子などを見学しました(写真3)。



第1図 地質巡検午前の観察地点(背景地図は、地理院地図を使用)。

1) 産総研 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門

2) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

キーワード: ジオサミット, 洞爺湖, 有珠山, ジオパーク, 地質巡検



第2図 地質巡検午後の観察地点（背景地図は、地理院地図を使用）。



写真1 三松正夫記念館の見学。手前が三松三朗館長。

3. 有珠山ロープウェイ山頂駅、火口原展望台

火口跡の観察後、有珠山ロープウェイで、昭和新山から山頂駅に向かいました。山頂駅の展望台（第1図；Stop 2-1）では、洞爺湖、昭和新山などを見ながら、宝田が有珠山の噴火履歴の解説を行いました。さらに15分ほど歩いて、火口原展望台（Stop 2-2）に行き、大有珠、有珠新山、小有珠の溶岩ドーム群、1977-78年噴火の銀沼火口、山

麓の洞爺火砕流堆積物などを見ながら、有珠山の噴火史について、解説、議論を行いました（写真4、5）。

4. 洞爺湖ビジターセンター、2000年噴火遺構

洞爺湖温泉街のわかさいもレストランで昼食を取った後、岡田 弘名誉教授の案内で、洞爺湖ビジターセンター（第2図；Stop 3-1）内の火山科学館を見学し、1977-78



写真2 昭和新山前での集合写真.



写真3 昭和新山火口跡での有珠火山の解説.



写真4 火口原展望台での有珠火山の解説.



写真5 火口原展望台での集合写真. 後ろは大有珠溶岩ドーム.

年噴火や2000年噴火の展示を見て回りました(写真6)。また、2000年噴火の映像などを見学しました。洞爺湖温泉街は2000年噴火時には噴石や熱泥流などによる被害が起こった地域です。2000年噴火遺構公園(Stop 3-2)では、熱泥流で2000年4月に流された国道230号線の橋や、噴石や泥流による被害を受けた建物を見学しました。岡田氏による詳細な噴火対応の解説には、参加者から多くの質問がなされました(写真7)。

5. 西山山麓火口散策路

最後に、西山山麓火口散策路(第2回; Stop 4-1)にお

いて、2000年噴火による変動地形、火口群、噴石による被害の様子を見学しました。始めに、散策路北側にある消防署跡で、歴史時代の1769年、1822年、1853年噴出物の剥ぎ取りや噴火の写真を見学すると共に、2000年噴火による潜在ドームの貫入でやや傾いた建物を体感しました。そして、散策路を歩いて、噴火で形成されたN-B火口、旧国道230号線(写真8)、地溝状に大きく変形した道路や建物(写真9)、噴石によって被災した旧とうやこ幼稚園(Stop 4-2)を見学しました。旧とうやこ幼稚園では、ジオパーク推進協議会の加賀谷氏、西氏らにより、推進協議会の活動内容の紹介も行われました(写真10)。



写真6 ビジターセンター内の火山科学館の見学。岡田氏による解説。



写真7 噴火遺構の見学。右後ろは、2000年噴火の泥流で被害を受けた建物。



写真8 旧国道230号線付近での岡田氏による2000年噴火の解説の様子。



写真9 西山山麓火口散策路での集合写真。後ろは、2000年噴火による噴石、潜在ドームの貫入による変形で被災した旧わかさいも工場。



写真10 旧とうやこ幼稚園において、洞爺湖有珠山ジオパーク推進協議会の活動の説明を行う加賀谷氏（後方）と西氏（手前）。

6. おわりに

今回の地質巡検では、北海道大学名誉教授・環境防災総合政策研究機構の岡田 弘氏、三松正夫記念館の三松三朗氏、洞爺湖有珠山ジオパーク推進協議会の加賀谷にれ氏、西 勇樹氏に、巡検の下見、案内書の作成、巡検当日の解説など、大変お世話になりました。ここに記して感謝致します。

文 献

内田利弘・最首花恵 (2020) 第3回日中韓ジオサミット開催報告 (1): 本会議. GSJ 地質ニュース, 9, 64-69.

TAKARADA Shinji and WATANABE Mahito (2020) The 3rd Trilateral GeoSummit Summary Report (2): Field Excursion of Toya-Usu UNESCO Global Geopark.

(受付: 2019年12月27日)

つくばサイエンスコラボ 2019 —科学と環境のフェスティバル—

北村 真奈美¹⁾・伊尾木 圭衣²⁾

1. はじめに

2019年11月16日(土)と17日(日)の2日間、つくばカピオと大清水公園において、「つくばサイエンスコラボ 2019 科学と環境のフェスティバル」が開催されました。これまで別々に開催されてきたつくば科学フェスティバルとつくば環境フェスティバルが今年はコラボし、科学の素晴らしさと環境を守ることの大切さを楽しみながら学ぶイベントとして開催されました。私たちは、つくば科学フェスティバルの会場に出展し、研究成果と地質学の普及をおこないました。

つくば科学フェスティバルは、毎年10～11月頃に開催されているイベントです。今年のおくば科学フェスティバルでは、つくば市内の小中学校、義務教育学校、高等学校、大学、研究機関など54ブースが出展し、学生たちと学校教職員や研究者による科学実験や観察のほか、工作などさまざまな体験型・対話型のプログラムが実施されました。

産総研地質調査総合センターのブースのテーマは「日本列島山国誕生のなぞ解き」で、北村真奈美、伊尾木圭衣、シュレスタ ガウラブ、高橋雅紀の4名で対応しました。断層模型を動かしたり、実際に厚紙模型を組み立てたりしながら、日本列島がどのように山国になったのかを理解す

る体験型ブースです。それに加えて、小さな子どもたちにも地質学を身近に感じてもらうために、石をバランスよく積み上げるロックバラシングと、地質図や鉱物、化石を題材にした塗り絵コーナーを設けました(第1図)。

2. 日本列島山国誕生のなぞ解き

地質調査総合センターのブースは、産総研が2017年の6月にプレス発表をおこなった「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—」(https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2017/pr20170629/pr20170629.html, 閲覧日:2019年12月26日)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2図)。この内容は、これまでにNHKスペシャル「列島誕生ジオ・ジャパン」で放送され(<https://www6.nhk.or.jp/special/detail/index.html?aid=20170723>, 閲覧日:2019年12月26日)、日経サイエンス誌(中島, 2017a, b)や科学雑誌Newton(三ツ村, 2018)に特集記事が掲載されました。ブースを訪れた方の中には、「この番組を見ました!」という方もいらっしゃいました。

参加者が組み立てる厚紙模型は、日本列島周辺のプレート運動と地殻変動の関係を解明するために、試行錯



第1図 つくば科学フェスティバル出展の様子。ロックバラシング(左, 中)と塗り絵コーナー(右)。

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 活断層・火山研究部門

キーワード:アウトリーチ, 地質学, 体験型講座, 普及教育



第2図 日本列島山国誕生のなぞ解きコーナーの様子。

誤を繰り返した結果完成した模型をもとに作られています(Takahashi, 2017)。この経緯をお話すると、感心の声を上げる方が多かったです。この模型は厚紙でできた4枚のパーツと3つの割ピンで作ることができ、製作時間も5分程度と手軽に体験することができます。そして視覚的にも感覚的にも、日本列島周辺のプレート運動がわかりやすく再現されており、「なぜ日本では地震が起きるの?」とか、「断層ってなに?」とか、「なぜ東北日本には高い山があるの?」といった身近な疑問の答えを理解してもらえるよい体験だと感じました。

しかし、厚紙模型は2次元なので、実際に断層が動いたり高い山ができたりする様子を再現することはできません。そのため厚紙模型を組み立てたあとには、3次元の断層模型を自分で動かして、地層がずれること(断層運動)や高い山ができる様子を実際に体感してもらいました(第

3図)。厚紙模型だけで3次元の動きを想像することは容易ではなく、頭に“?”を浮かべていた子どもたちも、立体の断層模型を自分で動かすと、「わかった!」と声を上げてくれます。そのような反応を目の当たりにすると、「楽しんで体験してもらえて、少しでもわかってもらったのだな。」と、こちらもうれしい気持ちになります。

時折、熱心に勉強されている方や、どんどん質問をされる方が来られることもあります。例えば、厚紙模型は現在の日本列島の状況を再現していますが、それ以前の日本列島のテクトニクス(地殻変動)や火山活動との関連など、様々な質問を受けることがあります。最初のうちは自分たちで答えられないことも多く、模型を制作した高橋に助けを求めたり、本を見ながら返答したりしていました。そういう質問を互いに共有することによって、自分たちだけで対応できることが少しずつ増えているように感じました。

今回イベントに参加して、小さなお子さんから勉強熱心な大人の方まで、様々な人に理解してもらい、そして少しでも興味を持ってもらうような説明の仕方の難しさ・大切さを改めて実感しました。体験ブースは、自分にとって日本列島の形成について再確認できる場にもなっており、機会があれば今後もアウトリーチ活動に参加したいという気持ちになりました。

3. おわりに

今回のイベントには、科学に興味がある人たちが参加されており、「地質標本館にも行ったことがあるよ。」と多くの方々に言われました。参加された方の年代やバックグラウンドによって感想・質問はさまざまですが、日本列島の地殻変動について少しでも理解を深めて帰ってもらえた様子を見てうれしく思います。一方で、日本列島は地震がたくさん起きる場所だという、研究者にとってはある種の



第3図 断層模型を動かして、山地と山間盆地が交互に作られる様子を再現。

常識が一般の方には常識になりきれしておらず、「私たちの生活にも影響を及ぼしかねない地震がなぜ起きるのか?」、「断層とは何なのか?」ということが周知されていないことを残念に感じます。このようなアウトリーチ活動を通じて、少しでも多くの方が地質学や地球科学に興味・関心を抱き、身近な地学現象を知ってもらえたらと思います。

なお、厚紙模型のキットの型紙と作り方は、下記のホームページからダウンロードできます。

【キットのダウンロード】

高橋雅紀 (2017) 日本列島の東西短縮地殻変動のメカニズムを再現したアナログ模型. 地質調査総合センター研究資料集, no. 644. <https://www.gsj.jp/researches/openfile/openfile2017/openfile0644.html> (閲覧日: 2019年12月26日)

【厚紙模型の作り方】

高橋雅紀 (2018) サイエンスの舞台裏ー東西短縮地殻変動厚紙模型の作り方ー. GSI 地質ニュース, 7, 3-13. https://www.gsj.jp/data/gcn/gsj_cn_vol7.no1_p3-13.pdf (閲覧日: 2019年12月26日)

文 献

- 三ツ村崇志 (2018) 日本列島創世史 大陸から産み落とされた日本列島の生涯. *Newton*, **38**, 66-79.
- 中島林彦 (2017a) 東北日本の山はこうしてできた (特集 日本海溝移動説: 日本列島の変動の謎を解く新説が提唱された). *日経サイエンス*, no. 47, 28-34.
- 中島林彦 (2017b) フィリピン海プレートの動きを探る (特集 日本海溝移動説: 日本海溝の西方移動の新説はユニークな模型を使った思考実験から生み出された). *日経サイエンス*, no. 47, 35-39.
- Takahashi, M. (2017) The cause of the east-west contraction of Northeast Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **68**, 155-161.

KITAMURA Manami and IOKI Kei (2020) Tsukuba Science Collaboration 2019 -Science and environment festival-.

(受付: 2020年1月9日)

令和元年度廣川研究助成事業報告

ハロゲンの分析技術・地球化学的研究の 動向調査及び国際共同研究打ち合わせ

遠山 知亜紀¹⁾

1. はじめに

2019年廣川研究助成事業により、2019年8月17日から28日の期間でスペインとイギリスを訪問する機会をいただいた。まず、8月17日から24日までスペインに滞在し、バルセロナで開催された Goldschmidt Conference 2019 (GC2019)に参加した。その後、イギリスのマンチェスターに移動し、マンチェスター大学にて共同研究の打ち合わせを行った。本稿では、今回の訪問の内容について報告する。

2. 研究及び GC2019 参加目的

近年、マンツルの組成は様々な空間スケールで不均質であることが明らかになってきている。しかし、その不均質性の広がりや空間的構造と成因については複数のモデルが示され、一致していない。この問題解明の糸口として、筆者は地球内部のハロゲン分布や沈み込み帯でのその挙動について調べている。

ハロゲンは周期表の17族に位置する元素群で、フッ素 (F)、塩素 (Cl)、臭素 (Br)、ヨウ素 (I)、アスタチン (At) の5元素からなる。このうち、Atには安定同位体が存在しないため、地球化学における“ハロゲン”は主にFからIを指す。これらの元素は揮発性・液相濃集性が高く、その性質からマンツルに少なく、地球表層のリザーバー(海洋・海底堆積物・地殻)に高濃度で存在している。また、ハロゲンのイオン半径は原子番号が大きいものほど大きく、それに応じてハロゲン間で地球化学的挙動に違いが生じる。そのため、各リザーバー(海水・海洋堆積物・海洋地殻・間隙水・大陸地殻・マンツル)が異なるハロゲン組成を示す(John *et al.*, 2011)。このため、ハロゲンは地球内部の物質循環を調べる指標として期待されており、ハロゲンの分布とその挙動について近年盛んに研究が進められている。筆者らはこれまでの研究で、マンツル起源岩石

のハロゲンの全岩分析を行い、そのI/Br比がマンツル本来の値と沈み込み帯から沈み込んだスラブ由来のハロゲンの影響を受けたマンツルの値の2つに分類できることを明らかにした。さらに、ハロゲン元素比(Br/Cl・I/Cl)から、沈み込んだハロゲンの起源を推定し、ハロゲンがマンツルの物質循環を調べる指標として有用であることを示した(Toyama *et al.*, 2013; 小林ほか, 2015)。現在はその発展研究として、沈み込み帯におけるハロゲンの挙動を探るため、南米大陸南部アンデス弧の Southern Volcanic Zone (SVZ) の第四紀火山において採取された火山岩のハロゲン分析を行っている。SVZ最南端西方にはチリ中央海嶺で区分されるナスカプレートと南極プレートが南米大陸下に沈み込む三重点が存在しており、SVZは南に行くほど沈み込むナスカプレートの年代が若くなる特徴を持つ。この特徴から、この地域の火山フロント上の火山についてハロゲン分析を行うことで、年代の異なるプレートの沈み込みを反映したハロゲン組成の変化を調べることが出来る。筆者はこの研究の成果発表とハロゲンの最新分析技術や研究の動向調査を行うため、GC2019に参加した。

3. GC2019 参加報告

Goldschmidt Conference (GC)は、1991年に Geochemical Society と European Association Geochemistry によって開催されて以降、毎年開かれている地球惑星化学分野の世界最大の学会である。毎年4000人を超える研究者が集まり、様々な研究(太陽系形成、惑星地球の進化、生命地球化学、環境化学、海洋化学、資源科学など)の発表が行われる。開催地はアメリカとヨーロッパで交互に移動し、今回は2019年8月18日から23日の日程でスペインのバルセロナにて行われた(写真1, 2)。筆者は、「From magma chamber to eruption cloud: the role of volatiles in volcanic processes, monitoring, and hazard assessment」のセッションにてポスター発表し、参加者と議論を行った。これまで

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: ハロゲン, 塩素同位体, マンツル, 希ガス化法

SVZ 地域火山の F 濃度データが報告されていないことや、モデル計算を用いてソースマンツルのハロゲン組成を推定した研究が少ないこともあり、多くの方に関心を持ってもらえたようだった。毎年何千件もの研究発表が行われる GC だが、筆者が初めてこの学会でハロゲンの研究を発表した 2009 年には、ハロゲンの研究は数件で、ほとんど関心を持たれなかった。それが今では数えきれないほどの発表があり、セッションが立ち上がる程になっていて、地球科学におけるハロゲンに対する注目度の高さを実感する。自身の発表以外では、マンツル物質や海洋地殻・海底堆積物などのハロゲンや塩素同位体を分析した研究や、高圧実験によって鉍物 / メルト / 流体間のハロゲンの分配係数を推定した研究、そして、沈み込み帯やマンツルに関連した研究などを聴講した。

4. マンチェスター大学訪問の背景と内容

筆者がハロゲンの分析に用いている手法は主に全岩分析に適している。しかし今後、上述した研究や業務である海

底鉍物資源の広域調査・成因研究を進めていく上で、量に限りがある試料や部位ごとのハロゲン分析が必要になると想定される。そこで筆者は極微量や局所領域のハロゲン分析法として、希ガス化法の使用を検討している。希ガス化法はハロゲンを原子炉での中性子照射により特定の希ガス同位体に変換し、超高感度希ガス質量分析計で測定する手法である (Johnson *et al.*, 2000)。従来法に比べ、検出限界が極めて低く、さらに、マトリックス効果の影響を受けない利点がある。また、試料からの希ガス抽出の際に段階加熱や破碎などの手法を使い分けることで、異なるサイトのハロゲンを識別して測定できる。しかしこの手法では試料が放射能をもつため、全ての作業を放射線管理区域内で行わなければならないなどの制約から、現状では世界で 3 つの施設でしか行うことができない。そこで筆者は、そのうちの 1 つであるイギリスのマンチェスター大学にて分析技術を習得し GSJ にてこの手法を立ち上げる研究計画を立て、在外研究制度に応募した。その結果、2020 年の 3 月から研究を行うことが決まったので、打ち合わせのためマンチェスター大学を訪問した (写真 3, 4)。

訪問先のマンチェスター大学 Burgess 教授はダイヤモンドなど様々な鉍物に含まれる包有物中のハロゲンを希ガス化法を用いて分析し、マンツル内における物質循環についての研究を行っている (例えば, Burgess *et al.*, 2009)。教授とは筆者の共同研究者である東京大学角野准教授を通じて知り合い、定期的に交流を続けている。打ち合わせでは、在外研究中に様々な希ガス抽出法 (段階加熱・破碎・レーザー) を組み合わせた希ガス化法の技術を学ぶこと、筆者の用いているハロゲンの全岩分析法を同大学で立ち上げること、そして、分析の際に使用する試料などについて

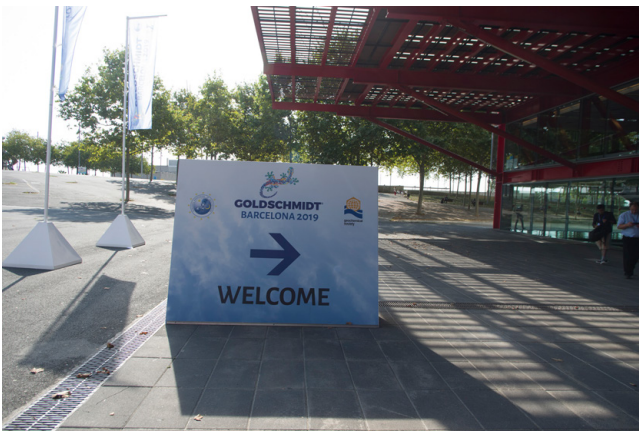


写真1 Goldschmidt Conference 会場入り口



写真2 Goldschmidt Conference ポスター会場



写真3 マンチェスター大学を代表するメインの校舎



写真4 マンチェスター大学理学部校舎

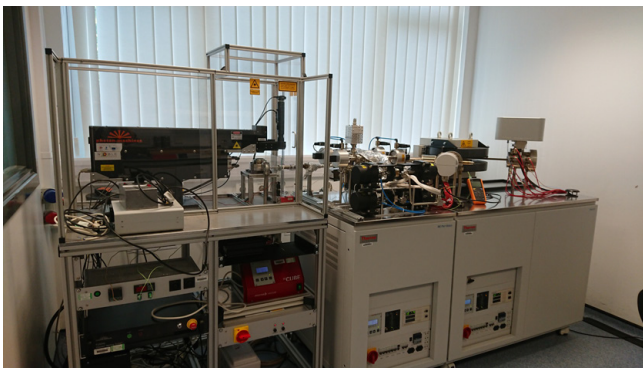


写真5 ハロゲンの分析に使用する希ガス質量分析器

話し合った。また、在外研究中の住居など生活面についても相談した。訪問した8月は大学の休校期間であったため、研究グループのメンバーは不在だったが、居室や実験室、大学構内を案内していただいた。実験室では丁度、角野准教授が希ガス質量分析計を用いて測定を行っていたので、その見学もすることが出来た(写真5)。また訪問中、Burgess 教授に科学産業博物館を案内していただき、世界で最も古い駅舎や世界最古の蒸気機関車や飛行機、世界初のコンピューター、そして、とても古い質量分析計などを見学した。

5. おわりに

今回の渡航では、第一線の研究者の方々との研究交流や情報収集、そして、共同研究に向けた打ち合わせを行うことができ、とても実りの多いものとなった。また、研究以外でも、帰国時のマンチェスター空港で警報が鳴り空港の一部が閉鎖され搭乗手続きができなかったり、機内では飛

行中に近くに座っていた乗客が倒れ驚いていたら、筆者の隣りに医師が座っており一命を取り留めたりなど様々な場面に遭遇した。今回の渡航を通じ、筆者の経験値は間違いなく上がったと言える。

謝辞：訪問に際して、マンチェスター大学 Burgess 教授と東京大学角野准教授には事前の相談から打ち合わせまで、大変お世話になりました。また、今回の訪問は廣川研究助成事業により実現することができました。このような機会を与えてくださった関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

文 献

- Burgess R., Cartigny P., Harrison D., Hobson E. and Harris J. (2009) Volatile composition of microinclusions in diamonds from the Panda kimberlite, Canada: Implications for chemical and isotopic heterogeneity in the mantle. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **73**, 1779–1794.
- John T., Scambelluri M., Frische M., Barnes J. D. and Bach W. (2011) Dehydration of subducting serpentinite: Implications for halogen mobility in subduction zones and the deep halogen cycle. *Earth and Planetary Science Letters*, **308**, 65–76.
- Johnson L. H., Burgess R., Turner G., Milledge H. J. and Harris J. W. (2000) Noble gas and halogen geochemistry of mantle fluids: Comparison of African and Canadian diamonds. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **64**, 717–732.
- 小林真大・角野浩史・遠山知亜紀 (2015) マントル物質のハロゲン組成にみられるスラブ起源流体の痕跡. 地学雑誌, **124**, 445–471.
- Toyama C., Muramatsu Y., Sumino H., Yamamoto J. and Kaneoka I. (2013) Halogen ratios in kimberlites and their xenoliths related to their origin. *Mineralogical Magazine*, **77**, 2349.

TOYAMA Chiaki (2020) Report of the Hirokawa Research Fund in the 2019 fiscal year: Report of Goldschmidt Conference 2019 and meeting for collaborative study of mantle heterogeneity deduced from halogen composition.

(受付：2020年1月14日)

沖積低地 土地条件と自然災害リスク

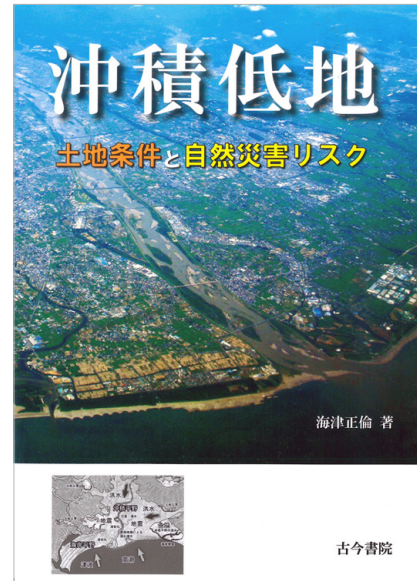
海津正倫 [著]

株式会社古今書院
発売日：2019年11月10日
定価：本体4,000円＋税
ISBN: 978-4-7722-5328-4
26.4 cm x 18.8 cm x 1.3 cm
ハードカバー
158 ページ

地震や洪水、斜面災害など、日本列島ではさまざまな自然災害が頻発する。これは日本列島が複数のプレートが会合する活動的縁辺域に立地し激しい地殻変動や火山活動が生じていること、モンスーンの影響下にあり多雨であることなどが影響している。さらに最近では、地球温暖化の影響により雨の降り方が変化し、地すべりや洪水、高潮等の災害が大規模化・高頻度化しつつあると言われている。臨海部に広がる「沖積低地」には都市域が広く立地し、多くの人々が居住し経済活動を行っている。その一方、未固結堆積物から構成されるため地盤が軟弱であり、今なお河川や波浪の作用を受けているため、上記したようなさまざまな自然災害のリスクが高い。最近でも、鬼怒川などで大きな被害の発生した平成27年9月関東・東北豪雨災害などはその典型例と言える。

こうした多様な自然災害に対して、我が国ではこれまでも国土強靱化政策に基づく、大規模なインフラ整備によってハード面での防災は大幅に強化されたといわれている。しかしながら、ソフト面で遅れを取っていることは否めず、自然災害に対して人々がどのように取り組むかが社会的な課題となっている。特に、ハード面の整備に限界が見えてきた近年、我々が生活している「土地」がどのような自然災害リスクをもっているのかを理解しておく重要性を主張する研究者が増えてきている。

自然災害リスクはその「土地」の地形(土地条件)と極めて密接に関わっている。たとえば、茨城県周辺においても、2011年東北地方太平洋沖地震により利根川下流域の沖積低地において大規模な液状化災害が発生した(小荒井ほか, 2011; 水野, 2013)。その際、液状化の発生した場所が以前の河道跡や干潟を埋め立てた場所に当たること



などが注目されたことは記憶に新しい。現在進行形で地形が変化しつつある沖積低地では、その「土地」がどのような地形であり、どのような歴史を持つのかという問いは、防災施策においても軽視できない重要な視点なのである。

奈良大学特命教授・名古屋大学名誉教授である海津正倫^{うみつまさとも}先生は、自然地理学・地形学ならびに第四紀学分野の著名な研究者であり、我が国における沖積低地研究の第一人者として知られている。海津先生がこれまで執筆されてこられた多数の著書の中でも、特に1994年に出版された「沖積低地の古環境学」(海津, 1994)は国内外の沖積低地や沖積層の成り立ちについて概説しており、沖積低地研究のメルクマールとして、出版後25年を経過した現在に至っても愛読され続けている。また、2012年には「沖積低地の地形環境学」(海津編, 2012)を編纂された。そして2019年11月に、土地条件と自然災害リスクに焦点を当てた新たな書籍である「沖積低地 土地条件と自然災害リスク」を上梓されたので、本誌読者の皆様にご紹介したいと思う。

本書は5部構成になっている。まず第I章において身近な地形やその変化をみる目を筆者の経験をふまえながら述べ、あわせて平野の地形を知る手掛かりとして有用な地形図、空中写真、衛星画像といったインターネットなどで提供されているさまざまな情報について紹介している。第II章では沖積低地の成り立ちに関わる基本的なことがらについて解説し、第III章では沖積低地に分布するさまざまな地形について整理し、それぞれの特徴を詳述している。さらに第IV章ではそれぞれの地形ごとに災害に対する脆弱性について述べ、第V章でそれらの地形を区分して示す「地形分類図」がどのような経緯のもとに作成されて現在



に至ったかについて解説している。以下に、本書の目次を示す。

- I. 過去の地図や空中写真からわかる沖積低地の変化
 - I-1 多摩川低地の旧河道／I-2 大きく変化した久慈川河口付近の地形と土地利用／I-3 過去の沖積低地を知る手掛かり
- II. 沖積低地を理解する
 - II-1 沖積平野・海岸平野・谷底平野などからなる沖積低地／II-2 沖積低地はどのような所か／II-3 沖積低地の形成される場／II-4 沖積低地はどのように形成されてきたか
- III. 沖積低地の地形を知る
 - III-1 沖積平野と海岸平野／III-2 沖積平野／III-3 谷底平野／III-4 三角州／III-5 海岸平野
- IV. 沖積低地の自然災害リスク
 - IV-1 沖積低地の土地条件と自然災害リスク／IV-2 扇状地の土地条件と自然災害リスク／IV-3 氾濫原の土地条件と自然災害リスク／IV-4 谷底平野の土地条件と自然災害リスク／IV-5 三角州・海岸平野の土地条件と自然災害リスク
- V. 地形の把握と地形分類図
 - V-1 地形をどのようにとらえるか／V-2 地形分類図の普及と展開／V-3 地形分類図の作成はどのようにおこなわれるか／V-4 地形をどのように区分するか／V-5 地形分類の課題／V-6 地形分類図とハザードマップ

本書は自然地理学・地形学の専門家のみならず、地質学、建設工学、地盤工学、歴史学、考古学などの現場技術者や学生を対象とし、沖積低地の土地条件と自然災害リスクについて、多くの研究事例をあげてわかりやすく紹介してい

る。特に、全編を通して新旧の地形図や陰影図、海津先生ご自身が撮影された写真が豊富に示されており、初学者や専門外の研究者にも親しみやすく、容易に理解が進むように工夫されている。また、2022年度から必修化される高等学校社会科の地理総合では防災が主要なテーマの1つとなっており、本書で解説されている土地条件と自然災害リスクという視点は大きい参考になるであろう。本書に記述された内容の多くは、海津先生ご自身がこれまで国内外の沖積低地や自然災害現場において調査してきたオリジナルの研究成果に基づいており、専門家にも十分満足できるものとなっている。このように本書は多くの皆様に広くお薦めできる教科書である。

文 献

- 海津正倫(1994) 沖積低地の古環境学. 古今書院, 東京, 270p.
 - 海津正倫編(2012) 沖積低地の地形環境学. 古今書院, 東京, 188p.
 - 小荒井 衛・中埜貴元・乙井康成・宇根 寛・川本利一・醍醐恵二(2011) 東日本大震災における液状化被害と時系列地理空間情報の利活用. 国土地理院時報, no. 122, 127-141.
 - 水野清秀(2013) 液状化しやすい地質特性の解明ー利根川下流域を対象とした産総研でのとりくみの紹介ー. GSJ 地質ニュース, 2, 376-379.
- (産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門 佐藤善輝・七山 太)

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9巻第3号
令和2年3月15日 発行

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

印刷所

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : MIYACHI Yoshinori
Deputy Chief Editor : NAWA Kazunari
Editors : IKAWA Reo
KODAMA Shinsuke
TAKEDA Mikio
OCHI Tadafumi
KOMATSUBARA Junko
FUSEJIMA Yuichiro
MORIJI Rie

Secretariat Office

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

GSJ Chishitsu News Vol. 9 No. 3
March 15, 2020

Geological Survey of Japan, AIST

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



水前寺成趣園^{しょうじゅえん}は水前寺公園とも呼ばれ、国内外からの旅行者が訪れる熊本市の観光スポットである。江戸時代の細川家による統治時代に、水前寺の湧水池を中心に据えた回遊式庭園が考案され、池の周囲に、富士を模した築山、浮石、芝生、樹木等を配置することによって、東海道五十三次の景勝を模したと言われている。熊本市南部には、水前寺公園のような湧水群が複数存在する。これらの地下水は主に阿蘇山麓の台地から平野部において涵養され、埋没した阿蘇火砕流堆積物の中を通過して熊本市へと流れてくる。熊本市の水道水はすべてこの豊富な地下水でまかなわれており、世界でも希な地下水の恩恵を受けた大都市と言える。

(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)

The Suizenji Jojuen created by the Hosokawa family in Edo period associated with the groundwater in Kumamoto City.
Photo and Caption by NANAYAMA Futoshi