

地質調査

2019

第2号

(通巻154号)

Japan Geotechnical Consultants Association

編集／一般社団法人全国地質調査業協会連合会

巻頭言

- ≫ 我が国の海岸管理制度
～海岸法の改正から20年を迎えて～
国土交通省 水管理・国土保全局 海岸室長 小島 優

総論

- ≫ 沿岸の過去現在未来 放送大学学長 來生 新

小特集 沿岸

- ≫ わが国で海岸保全を進める上で
立ちはだかる障碍
..... 宇多 高明
- ≫ 伊能忠敬の全国沿海測量
..... 星埜 由尚
- ≫ 航空レーザ測深機による沿岸の測量
～空から水深を測る～
..... 壺岐 信二
- ≫ 自然の恩恵 鳴き砂海岸
国の天然記念物・名勝の鳴き砂の浜・琴引浜
..... 安松 貞夫
- ≫ 沿岸域深部地下水の超長期的
安定性評価研究
..... 丸井 敦尚
- ≫ 全国に先駆けた観光防災まちづくり
..... 山口 雄一

教養読本

- ≫ 海の今を知るために
～海洋状況表示システム「海しる」の運用開始～
..... 吉田 剛

やさしい知識

- ≫ 沿岸の地形について
..... 知念 千佳・吉澤 実紗希

基礎技術講座

- ≫ 地形判読(前編) 西村 智博



目次

CONTENTS

巻頭言	≫ 我が国の海岸管理制度 ～海岸法の改正から 20 年を迎えて～ 国土交通省 水管理・国土保全局 海岸室長 小島 優 …… 1
総論	≫ 沿岸の過去現在未来 放送大学学長 來生 新 …… 6
小特集	■ 沿岸 ≫ わが国で海岸保全を進める上で立ちはだかる障碍 宇多 高明 …… 9 ≫ 伊能忠敬の全国沿海測量 星埜 由尚 ……15 ≫ 航空レーザ測深機による沿岸の測量 ～空から水深を測る～ 壺岐 信二 ……22 ≫ 自然の恩恵 鳴き砂海岸 国の天然記念物・名勝の鳴き砂の浜・琴引浜 安松 貞夫 ……28 ≫ 沿岸域深部地下水の超長期的安定性評価研究 丸井 敦尚 ……33 ≫ 全国に先駆けた観光防災まちづくり 山口 雄一 ……41 ≫ 海の今を知るために ～海洋状況表示システム「海しる」の運用開始～ 吉田 剛 ……47
教養読本	≫ 海岸の地形について 知念 千佳・吉澤 実紗希 ……51
やさしい知識	≫ 地形判読 (前編) 西村 智博 ……55
基礎技術講座	≫ 福島県いわき市 いわき市アンモナイトセンター 木村 貴仁 ……61
各地の博物館巡り	≫ 南紀白浜の歩みと温泉の恵み (写真で見る温泉街の風俗事情) 竹末 圭一郎 ……63
大地の恵み	≫ 有田の泉山陶石・磁石場 ～熱水変質が生んだ有田焼～ 樗木 政昭 ……65
各地の残すべき地形・地質	≫ 日本原子力研究開発機構東濃地科学センターの歩みと 瑞浪超深地層研究所の概要 笹尾 英嗣 ……67
研究所からの報告	≫ 地質工学 – ジオドクターの処方箋 – ……73 ≫ トンネル建設プロジェクトのリスクマネジメント ……73 ≫ PS 検層マニュアル ……74
書籍紹介	全地連「技術フォーラム 2019」について ……75
地質だより	■ 2019 年度 全地連資格検定試験の実施結果について …… 79 ■ 地質リスクマネジメント事例研究発表会 (開催報告) …… 79 ■ 令和元年度 全地連資格制度 登録更新の手続きについて …… 81 ■ 地質調査業の PR 動画の作成 …… 81 ■ 「地質調査業務発注ガイド」(令和元年度版) の作成 …… 82

既刊情報

下記の「地質と調査」は、次の URL または QR コードから、どなたでもご覧いただけます。

全地連の機関誌「地質と調査」

https://www.zenchiren.or.jp/jgca/jgca_geo-se.html



● 掲載概要

2000年第1号(通巻83号)～2005年第4号(通巻106号) → メインテーマのみ

2006年第1号(通巻107号)～2013年第1号(通巻135号) → 【会告】を除くすべてのページ

2013年第2号(通巻136号)以降 → すべてのページ

※ Web 掲載版の「地質と調査」はカラーで閲覧いただけます。

● 最近の発刊

通巻	発行年月	メインテーマ
144号	12月	小特集：土砂災害
145号	2016年 4月	小特集：火山災害
146号	8月	特定テーマ：△山の日△
147号	12月	小特集：人材育成
148号	2017年 4月	小特集：ドローンの地質調査への活用
149号	8月	特定テーマ：～離島～
150号	12月	小特集：熊本地震
151号	2018年 4月	小特集：インフラメンテナンス
152号	11月	小特集：地熱
153号	2019年 6月	小特集：地盤情報データベースの現状と課題
154号	11月	小特集：沿岸

次号予告

地質調査 2020年 第1号(通巻155号) 内容(予定) 令和2年4月発行予定

小特集テーマ：AIで地質調査はどう変わるのか

*編集方針により小特集テーマは変更となる場合があります。

我が国の海岸管理制度

～海岸法の改正から20年を迎えて～

こじま まさる*
小島 優*

Key Word 海岸法, 防災, 海岸保全施設, 海岸保全区域, 一般公共海岸, 沖ノ鳥島

1. はじめに

我が国は、四方を海に囲まれ、入り組んだ複雑な海岸線を有することから、海岸の延長は極めて長く約35,000kmに及ぶ。また、国土狭あいでも平野部に限られている我が国では、海岸の背後に、人口、資産、社会資本等が集積している。

我が国の海岸は、地震や台風、冬期風浪等の厳しい自然条件にさらされており、津波、高潮、波浪等による災害や海岸侵食等に対して脆弱性を有している。このため、海岸の背後に集中している人命や財産を災害から守るとともに国土の保全を図るために、昭和31年に海岸法が制定され、以来、法に基づく海岸事業が行われてきた。それから43年後にあたる平成11年に、海岸法の目的に環境や利用を加え、条文の7割以上を改正する法改正が行われた。その法改正から、今年で20年の節目を迎える。この20年間、日本の海岸ではどのような管理が行われてきたのか、何が変わったのか。平成11年の法改正で新たに海岸法に位置づけられた制度及び海岸保全の現状を振り返る。

2. 海岸法制定の背景

第2次世界大戦が終了するまで、我が国の海岸管理は、国防上の観点から海軍が担っていた。戦後は特別の法律のないまま、建設省の海岸保全事業、運輸省の港湾区域内における海岸保全事業、農林省の干拓農地の保全事業等、海岸に係る事業がそれぞれの省庁により実施されてきた。

戦後の復興が進むとともに、国土保全や国有財

産の適正な管理のため、海岸の管理に関する法律を制定する必要性が叫ばれるようになっていた。そうした中、昭和28年9月の台風第13号等による大災害を契機として、海岸法制定の必要性が高まり、昭和31年に海岸法が制定された。当時、海岸災害が頻発（参照：表1）していたことから、津波、高潮、高波等から背後地の人命や資産を守る「海岸防護」を目的として海岸法が制定され、以後、同法に基づき海岸管理が行われてきた。

3. 海岸法制定後の状況と改正に至る経緯

海岸法が制定されたことにより、海岸事業を順調に進められることとなった。しかし、国土の四方を海に囲まれているという地理的条件等から、海岸法制定後も昭和34年の伊勢湾台風、昭和35年のチリ地震津波をはじめとして、毎年のように甚大な海岸災害に見舞われていた。また、高度経済成長期においては、人口・資産の集中する背後地の安全性を速やかに確保する社会的要請から、海岸線に直立堤防・護岸や消波工・消波堤の設置を中心とした海岸整備が進められた。

海岸の環境面では、都市開発や埋め立てによる自然海岸の消失、河川における砂利採取や護岸整備による河川から海岸への土砂供給の減少など、砂浜海岸の減少や海岸の侵食がウミガメの産卵地や動植物の生息環境へ与える影響が問題視されていた。さらに、台風などにより海域から打ち寄せられたゴミや流木、さらには、平成9年1月に発生したナホトカ号重油流出事故^{*1}など、海岸保全区域に含まれない海岸も含め、様々な課題が顕在

*国土交通省 水管理・国土保全局 海岸室長

表1 主な海岸災害等^{1), 2)}

年代	高潮		津波	
	台風名	死者・行方不明者* (人)	地震津波名	死者・行方不明者* (人)
昭和初期	室戸台風 (1934年)	3,036	三陸地震津波 (1933年)	3,064
昭和20年代	枕崎台風 (1945年) キティ台風 (1949年) ジェーン台風 (1950年) ルース台風 (1951年) 台風13号 (1953年)	3,121 160 534 943 478	南海地震 (1946年)	1,443
昭和30年代	伊勢湾台風 (1959年) 第2室戸台風 (1961年)	5,098 200	チリ地震津波 (1960年) 新潟地震 (1964年)	142 26
昭和40年代	台風第24号、26号 (1966年) 台風第10号 (1970年)	317 13	十勝沖地震 (1968年)	52
昭和50~60年代	台風第13号 (1985年)	3	日本海中部地震 (1983年)	104
平成	台風第19号 (1991年) 台風第18号 (1999年)	62 31	北海道南西沖地震 (1993年) 阪神・淡路大震災 (1995年) 東日本大震災 (2011年)	230 6,437 22,233

※ 地震による被害も含む。

化してきていた。

海岸の利用面では、内陸部の市街地化が進むにつれ、自然が残された沿岸部に様々な利用が押し寄せるようになり、海岸への新たなニーズが生まれる一方で、無秩序な利用活動が問題視されるようになっていた。

このような時代のニーズの変化に対し、安全で快適な海浜利用の増進を図るための海岸環境整備事業の創設などの様々な事業制度の充実や、工法上の工夫等を行っていたものの、海岸法が海岸の防護を目的とした法律だったため、海岸保全施設の整備・管理に関する規定に比べ、公物としての海岸を管理するための規定が少なく、制定当初に想定した海岸整備・管理と、現実に要求される海岸整備・管理の間に乖離が生じるようになっていた。この乖離を解消すべく、海岸行政を担当する4省庁（農林水産省、水産庁、運輸省、建設省（当時））（以下、「海岸4省庁」という）共同で学識経験者等からなる「海岸管理検討委員会（委員長：成田頼明横浜国立大学名誉教授）」を設置した。この委員会では、海岸法が抱える問題点や海岸が直面する問題点等について議論され、平成10年12月に「美しく、安全で、いきいきした海岸を目指して」が提言としてとりまとめられた。この提言をもとに、海岸4省庁間で議論をし、海岸法改正案をまとめた。

※1 ナホトカ号重油流出事故：平成9年1月2日未明、島根県隠岐島沖の日本海において、ロシア船籍のタンカー「ナホトカ」（13,157総トン）が沈没した事故。破損したタンクから重油が流出し、1府8県の沿岸に漂着した。

4. 海岸法改正の概要

海岸4省庁が共同で作成した海岸法改正案は、平成11年2月2日に閣議決定され、第145回通常国会に上程された。その後、衆議院建設委員会と参議院国土・環境委員会における審議を経て、衆議院では4月22日、参議院では5月21日に、それぞれ全会一致で成立した。そして、同年5月28日に、法第54号として「海岸法の一部を改正する法律」が公布された。

平成11年の法改正により新しい海岸制度となった主な点は以下の8項目である。

- (1) 「環境」及び「利用」を新たに法目的に追加（第1条）
- (2) 一般公共海岸区域の創設（第2条第2項）
- (3) 公共海岸の利用や環境の適正な保全のための措置の創設（第8条の2）
- (4) 海岸管理のための計画制度の見直し（第2条の2, 3）
- (5) 海岸の管理における市町村参画の推進（第5条第6項、第37条の3～6）
- (6) 国による直轄管理制度の導入（第37条の2）
- (7) 海岸保全施設の定義の見直し（第2条第1項）
- (8) 技術上の基準の見直し（第14条）

この(1)～(8)は、海岸法の目的に、海岸防護に加え、環境と利用の観点を位置づけ、総合的な視点に立った海岸管理の充実に向けた海岸管理制度全体の抜本的見直しであった。

以下に、改正の概要と現状を概説する。

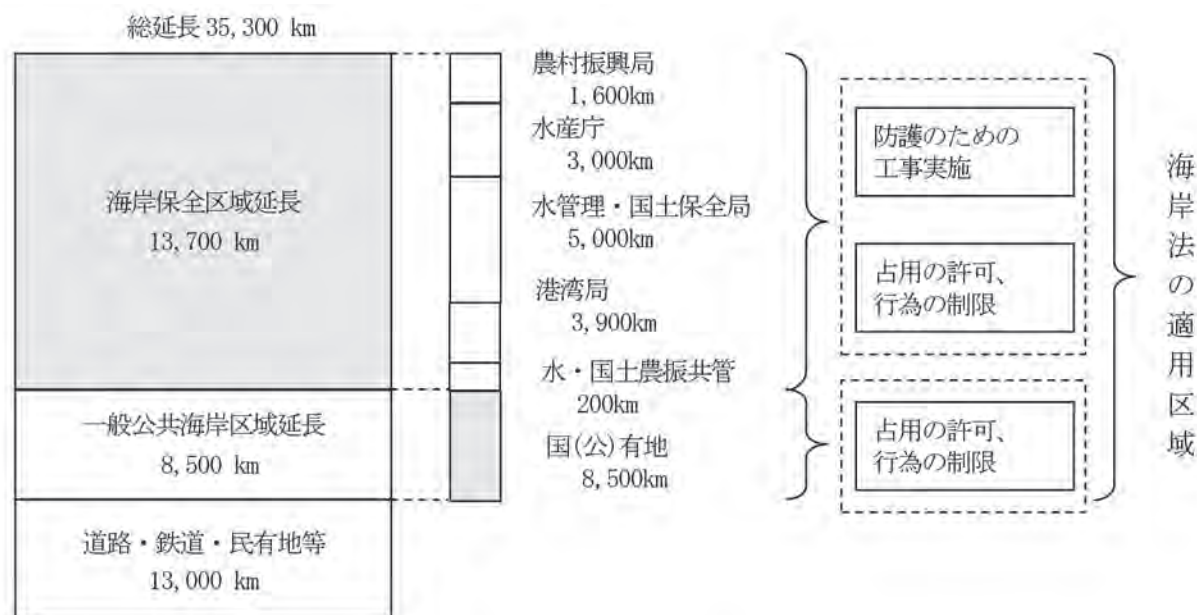
(1) 「環境」及び「利用」を新たに法目的に追加
(第1条)

環境意識の高まりや心の豊かさの要求の高まり、国民の海岸に対するニーズの変化により、海岸の自然環境や海洋性レクリエーション等の場としての海岸の利用等、国民共有の財産としての海岸機能の損失等の問題が生じてきていたことから、海岸法の目的に、従来からの「津波、高潮、波浪その他海水又は地盤の変動による被害からの海岸防護」に加え、「海岸環境の整備と保全」及び「公衆の海岸の適正な利用」を位置づけた。従前から、海岸の管理は、環境や利用についても考慮又は配慮して行われてきたが、明確に法の目的に規定することで、海岸線に構造物を設置する「線的防護」を中心とした対策から、砂浜の保全・回復を主体

とした整備への転換や養浜によるエネルギーの減衰効果を利用した面的防護による海岸保全施設の整備を進めようとした。

(2) 一般公共海岸区域の創設 (第2条第2項)

日本の海岸線の延長は、約 35,000km である。平成 11 年改正以前の海岸法(以下、「旧海岸法」という)では、法の適用範囲は、防護が必要であるとして指定された海岸保全区域(約 14,000km)に限定されていた。残りの海岸は、(a) 民有地など国有地以外の海岸、(b) 道路や港湾・飛行場などに利用されている海岸、(c) 特定の利用を行っていない国有地の海岸、の3つに分類できる。(c)の海岸は、公物管理法の適用を受けないことから、従来は都道府県知事が国有財産法に基づき財産管理を行っ



注1：海岸保全区域延長は、陸域(二線堤0.5 km及び重複区間0.3 km)を除く。
注2：四捨五入してあるので、計と合致しないものがある。

図1 海岸線の延長とその内訳

表2 一般公共海岸区域の管理

	根拠法	行うことができる管理
平成11年改正前	国有財産法	財産管理のみ(使用・収益の許可)
平成11年改正後	海岸法	占有、土石の採取等の許可 海岸の汚損等海岸保全上支障となる行為の禁止 原因者施行・原因者負担 放置船等に対する簡易代執行
公共海岸	国又は地方公共団体が所有する公共の用に供されている海岸の土地(他の法令の規定により施設の管理を行う者がその権原に基づき管理する土地として主務省令で定めるものを除く。)及びこれと一体として管理を行う必要があるものとして都道府県知事が指定し、公示した低潮線までの水面	
一般公共海岸区域	公共海岸の区域のうち海岸保全区域以外の区域	
海岸保全区域	海水又は地盤の変動による被害から海岸を防護するため海岸保全施設の設置その他の管理を行う必要があると認めるときに都道府県知事が指定する防護すべき海岸に係る一定の区域(公共海岸以外の民有地等を含む)	

ていた。新たに「海岸環境の整備と保全」及び「公衆の海岸の適正な利用」を図ることが海岸法の目的に位置づけられたこと等から、(c)の海岸を「一般公共海岸区域」として新たに定義し、海岸法の適用対象とした。

(3) 公共海岸の利用や環境の適正な保全のための措置の創設（第8条の2）

上記のように定義した「公共海岸」において、防護・環境・利用の調和のとれた総合的な海岸管理を実現するために、海岸管理者が指定した区域における海岸の汚損や自動車、船舶等の乗り入れ又は放置等の行為の禁止、放置車両等の除去等に関する簡易代執行制度、海岸の維持に関する原因者施行及び原因者負担制度などの新しい制度を創設した。

(4) 海岸管理のための計画制度の見直し（第2条の2, 3）

旧海岸法では、都道府県知事が「海岸保全施設整備基本計画」を作成することになっていたが、その内容は施設計画に限られており、また、関係海岸管理者への協議が義務づけられているのみであった。

このため、計画制度を抜本的に見直し、主務大臣が全国的な観点から海岸保全全般に関する「海岸保全基本方針」を定め、全国の海岸をその特性に応じて71沿岸に区分した。都道府県知事はその方針に基づき、沿岸毎に「海岸保全基本計画」を策定すること、当該計画の作成過程において、海岸管理者のみならず、学識経験者、関係市町村長の意見を聴いて計画を策定・公表することとなった。

平成12年5月に海岸保全基本方針を策定、平成27年に変更されている。海岸保全基本計画は、平成18年3月までに全国71沿岸全てにおいて策定された。

(5) 海岸の管理における市町村参画の推進（第5条第6項、第37条の3～6）

海岸管理の内容には、占用などの許認可や清掃といった日常的な管理から、海岸保全施設の整備といった一定の技術力や財政力を要することまで幅広い内容を含む。旧海岸法では、原則として都道府県知事がすべての管理をおこなうことになっていたが、日常的な海岸管理は地域づくりの観点も重要であることから、市町村長の発意により、都道府県知事と協議して、海岸保全区域については海岸保全施設の整備以外の日常的な管理を、一

般公共海岸区域についてはすべての管理を市町村長が行うことを可能とする制度を創設した。

(6) 国による直轄管理制度の導入（第37条の2）

国土保全上極めて重要であり、知事が管理することが著しく困難又は不適当な海岸の管理は、主務大臣が全額国費で直接行うこととした。

改正後20年の間、沖ノ鳥島が唯一の対象となっている。旧海岸法では、東京都が海岸管理者であった。沖ノ鳥島は日本の排他的経済水域（EEZ）の境界となっており、沖ノ鳥島が確保するEEZの面積は日本の国土面積38万km²を超す40万km²に匹敵し、貴重な国土である。長年にわたり侵食作用を受けてきたため、昭和62年度から旧海岸法のもと、直轄事業により護岸の設置等の保全工事を実施したものの、自然条件の厳しさから護岸の損傷等劣化が急速に進行していたこと、沖ノ鳥島の重要性はEEZの確保という一地方自治体の利害を超えるものであることから、新海岸法に基づき、国が直轄管理する海岸に指定し、全額国費により、国土交通大臣が直接維持管理を行っている。

(7) 海岸保全施設の定義の見直し（第2条第1項）

海岸法制定当時、毎年のように襲来する災害に対して、限られた予算の範囲内で速やかに海岸防護を推進するために、直立堤防・護岸や消波工・消波堤を中心とした「線的防護方式」による海岸整備が進められてきた。その整備が功を奏し、津波・高潮等による死者・行方不明者は徐々に減少してきた。

一方、直立堤と消波工等は侵食防止効果をほとんど持たないため、侵食により前浜が消失する場合も多く、その結果として、波のうちあげ高や越波量が増大し、既存の堤防天端高では高さが不足する場合も生じるようになっていた。こうした新たな課題に対処するために、従来の直立堤や消波工に加え、離岸堤、人工リーフ等の沖合施設や緩傾斜堤、人工海浜等の複数の保全施設を組み合わせた「面的防護方式」が行われるようになった。こうした複合的な整備により、施設の耐久性及び防災効果の向上を図るだけでなく、海岸侵食の抑制、景観や海岸環境、利用環境の向上も期待される。

旧海岸法では、海岸保全施設は「堤防、突堤、護岸、胸壁その他海水の浸入又は海水による侵食を防止するための施設」と定義されていたため、新海岸法では「離岸堤及び砂浜」を追加した。砂浜については、すべてを海岸保全施設とすることは適当でないため、「海岸を防護する機能を維持するため

に設けた」砂浜に限定している。

(8) 技術上の基準の見直し（第14条）

旧海岸法では、法律の中で堤防や護岸など主要な海岸保全施設についての具体的な技術上の基準を策定していたが、改正により、海岸保全施設の技術上の基本原則として海岸環境の保全や利用状況等の考慮を法律に明記するとともに、技術の進歩に併せて柔軟に見直しができるよう、主要な施設の形状、構造及び位置については主務省令で定めることとした。

5. まとめ

新海岸法の施行からの20年間、環境を法の目的に加えたことを踏まえ、平成15年に「自然共生型海岸づくりの手引き」がまとめられ、各地で自然共生型海岸づくりが進められてきている。また、全国の海岸では、地域の意見を踏まえて作成された海岸保全基本計画に基づき、海岸の整備や管理が行われている。

国による直轄管理を導入した沖ノ鳥島では、今年度、5ヶ年かけて実施してきた観測拠点施設の更新が完了し、節目を迎える予定である。また、離岸堤の整備や養浜等による砂浜保全や面的防護による海岸保全が浸透してきた。

他方で、改正時と比べて、海岸をとりまく社会的状況は大きく変化している。特に、平成23年の東日本大震災は大きな契機となっており、津波防災地域づくり法が制定され、全国でソフト対策とハード対策を組み合わせた津波対策が進められている。

平成26年には、海岸法を改正し、防災・減災対策の強化及び適切な海岸管理を進めるため、「緑の防潮堤」等を海岸保全施設に位置付けるとともに、海岸保全施設の維持・修繕基準の創設や海岸協力団体制度の創設、水門・陸閘等に関する操作規則の策定等適切な維持管理体制の確保、確実な操作体制の確立に向けた改正をおこなった。

また、平成27年には水防法が改正され、想定し得る最大規模の高潮について浸水想定区域を指定・公表する制度が創設された。

さらに、平成30年には、気候変動適応法が公布され、気候変動適応方針が閣議決定されたところである。海岸においては、気候変動を踏まえた平均海面の上昇等について、具体的な検討・対策を進めていく必要がある。

このように新たな課題や社会ニーズを踏まえ、海岸法を含めた諸制度を活用しながら、より一層適切な海岸管理・海岸保全の推進に取り組んで参りたい。

〈参考文献〉

- 1) 社団法人全国海岸協会：海岸50年のあゆみ（平成20年3月）
- 2) 気象庁：過去の地震津波災害
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/higai/higai-1995.html>
（2019年9月1日）

沿岸の過去現在未来

きすぎ しん*
來生 新*

K
ey Word

沿岸域, 自然特性, 社会特性, 海運, 漁業, 埋め立て, 環境, 国土保全,
防災, レジャー利用

▼1 はじめに

編集部から「小特集 沿岸」の総論として、「沿岸の過去現在未来」というタイトルでの小文を書くようにとのご依頼を受けた。筆者は法律学を専門にしており、これまで、社会科学的見地で海の総合的管理の研究を行ってきた。本稿もそのような視点でまとめることを意図しているが、あらかじめいくつかの前提を示しておく。

本稿においては「沿岸」を、海岸線を挟む海域と陸域が一体としてとらえる「沿岸域」の意味で用いる。また、本稿では海岸の現在の問題を中心に据え、随時、その過去と未来に触れる。その意味ですべての論点について、体系的に過去を振り返り、現在を叙述し、未来を語るものではない。また与えられた紙幅の中で、沿岸域で生じているすべての問題を取り上げることは不可能であるので、いくつかの問題に限定して、沿岸の過去現在未来を概観することとしたい。

▼2 日本の沿岸域の自然的・社会的特性

わが国の沿岸域は、①35,000キロ¹に及ぶ長く複雑な海岸線を持ち、②急峻な地形と雨量の多さが、多数の河川による内陸山間部の土砂の海岸線への運搬をもたらし、③海岸に波や流れが絶え間なく作用しており、④冬期の高波浪、台風による高潮・高波、地震による津波が多く、物理的に特異的な大きな変化を受けやすいといった自然特性を持つ。このような自然特性を持つ沿岸域には、砂浜、磯、海食崖、干潟、浅海域、藻場、サンゴ礁などが存在し、多様で豊かな生物の生息環境を提供し、海水、河川水等の水質浄化機能を果たしている²。

日本列島は、中央部に険しい山岳地帯を持つため、3～4万年前から、沿岸域を中心に人が居住し、その時代の技術に合わせて、人々の生活を支える活動が行われてきた。

このような日本列島の特性は、人々の交流が盛んになることに合わせて、古くから、陸路と並ぶ海路を発達させた。

▼3 沿岸と海運・漁業（沿岸の伝統的産業）

西暦600年に始まり838年まで続いた、遣隋使・遣唐使は、外国航路と瀬戸内海を中心とする西日本の海路の整備・発達の成果³であり、その発展をもたらした。その後、日本各地の沿岸線に沿った海路の開発が徐々に進み、鎌倉時代には日本海沿岸の九州を経て、東京湾の六浦、鎌倉に至る各地に港湾が整備された⁴。江戸時代には鎖国政策がとられる中、これらの港を軸にして内航海運の整備が進み、西回り航路と東回り航路が開発され、国内市場の発展に寄与した。また、明治維新直後の明治政府は、その財政基盤の脆弱さから、日本全国を結ぶ道路の整備より、全国を点で結ぶ港湾の整備を優先し、内航海運はその後の日本の近代化、経済成長を支えて今日に至る。

現在、わが国の内航海運、外航海運はそれぞれに課題を抱えるが、内航海運については、高速道路網整備による陸運との競争や、とりわけその後継者不足が深刻な課題となっている。

日本の沿岸域の自然特性・社会特性は、沿岸漁業の発達をもたらし、日本人の食生活、文化に大きな影響を与えた。それ以前の各地における歴史的な慣行を踏まえて、江戸時代に法的に整備された漁業権

*放送大学学長

は、明治政府にも引き継がれ、近代的な法制度との融和が図られた。

西欧的な権利制度と相いれないわが国固有の慣習法的な入会権的性格のまま明治漁業法にも継承された漁業権は、数次にわたる戦後の漁業法改正の中で、徐々にその性格を変えて今日に至る⁵。

法制度の変化とは別に、漁業者の意識や行動の中で、歴史的に形成された権利の感覚は強く残っており、今日でも日本の沿岸域の利用と管理に大きな影響を与えている。さはさりながら、沿岸域の総合的管理の主体として、また地域の海を最もよく知る主体として、今後の漁業者の新たな社会的機能の発揮に、さまざまな意味で期待が寄せられている。

4 沿岸域の埋立てによる開発と環境の管理

現在の日本の沿岸域では、人口増がみられる過密沿岸域と、人口減が継続的に続く過疎沿岸域とが二極化し、その差はますます拡大しつつある⁶。

沿岸域は日本の国土面積 377,961.73km² の約 3 割に過ぎないが、そこに日本の総人口の約 5 割が居住する。中でも、東京湾、大阪湾、伊勢湾の 3 大湾の沿岸には、全国平均の約 10 倍の人が居住し、人口密度が非常に高い⁷。

このような沿岸域への人口の集中は、戦後、わが国経済の高度成長期に、臨海部の海岸を埋立て、集約的な工業立地を行う、臨海コンビナート政策がとられた結果である。現在、沿岸に位置する市町村の工業製品出荷額は、全国の約 5 割、商業年間販売額全国の約 6 割を占め、生産の面でも消費の面でも沿岸域が経済活動の主要な場となっている。他方で、3 大湾を除く日本の沿岸域のかなりの部分は過疎に悩む低人口密度地域でもある。これらの沿岸域では点在する漁村集落に人が住み、小さな漁港を拠点に、半農半漁を前提とする小規模な漁業がおこなわれ、漁業生産と人口の継続的な落ち込み、高齢化に悩んでいる。

わが国の沿岸域はわが国の経済活動の中心という光の部分と、過疎に悩む地方という影の両面をともに持つ。このような両面性に現在の日本の沿岸域の

社会的特性がある。

情報化の進展は、住む地域に関係なく情報社会のメリットを享受しうる可能性を保証し、その意味では、過疎過密の差を解消しうるようにも思われる。しかし、現実には逆にその差を拡大している。将来、国土の均衡ある発展という視点で、東京への一極集中を防止する上でも、過疎沿岸域の振興にいかに取り組むかが、大きな社会的課題となっている。

埋立による臨海コンビナートの整備を経済成長の主要エンジンとしたこともあり、高度成長期の環境規制は非常に緩やかなものであった。その結果、日本全体に深刻な環境問題が頻発し、1967 年の公害対策基本法の制定を皮切りに、1970 年の第 64 回臨時国会が、公害国会と呼ばれるように、その後のわが国においては環境規制が強化された。排水や大気汚染物質の排出規制、総量規制が進み、沿岸域の大気、水環境は著しく改善された。

埋め立てに関しても同じ時期からその抑制の必要性が指摘された。土地造成を目的とする埋立は抑制され、このころから深刻化した廃棄物の最終処理場としての埋立が積極的に認められることとなった。その結果、トータルで日本全体の沿岸海域の埋め立て量は著しく減少した⁸。

今日、経済社会の成熟とともに、国民の環境意識が向上し、沿岸域・海の利用一般に厳しい監視の目を光らせる状況となっている。そのような時代状況の中で、平成 19 年制定の海洋基本法は、海洋・沿岸域の総合的管理の理念を実定法化した。「総合的管理」の理念の中核となっているのは、環境の保全・改善という社会的価値の尊重である。

5 国土保全と防災

台風、津波等の被害を古くから受けてきた沿岸域において、国土保全を目的として、高潮対策、侵食対策が行われている。これらの管理行為の根拠となっているのは、海岸法を中心とした、港湾法、漁港漁村整備法、河川法等の公物管理法である。

海岸法成立以前、昭和 20 年代には、「地盤変動対策事業」、「堤防修築事業」、「高潮対策事業」が国庫

1 国土交通省 海岸統計 平成 28 年度

2 来生新 土屋誠 寺島紘士監修 『沿岸域総合管理入門』(2016 年 東海大学出版会) 64 頁

3 大和朝廷の直営で中国・朝鮮貿易が行われ、その拠点として太宰府鴻臚が整備され、九州・瀬戸内海の制海権が大和朝廷の重大な経済的利害となった。

4 12 世紀には日宋貿易のために、平清盛が音頭の瀬戸や兵庫湊の瀬戸内海航路の整備に努め、鎌倉時代には、十三湊、酒田、敦賀、博多、浦戸、琵琶湖の大津、塩釜等の港が開かれた。

5 近年、日本の沿岸漁業を含む漁業生産量の減少、漁業者数の減少は顕著であり、2018 年には漁業権を抜本的に見直し、企業の漁業への参入を促進する漁業法の大規模改正がなされた。

6 国土交通省『沿岸域総合管理研究会提言』5 頁

7 総務省 平成 23 年 10 月 26 日 「平成 22 年国勢調査人口等基本集計結果 結果の概要」によれば、日本全体の人口密度は 343 人/km²、東京湾の千葉県、1,205 人、東京都は 6,017 人で全国平均の 17.5 倍、神奈川県 3,745 人、伊勢湾の愛知県 1,434 人、三重県 321 人、大阪湾の大阪府 4,670 人、和歌山県 212 人である。

8 註 2 前掲書 64～65 頁

8 註 2 前掲書 71 頁

補助対象として実施され、昭和25年制定の港湾法においては、港湾に係る地域の災害からの防護等が港湾管理者の事務とされた。

昭和20年代から30年代を通じて大型台風による高潮災害が頻発し⁹、甚大な被害が発生したために、昭和31年、海岸の防護の事業をもつ関係省庁間（農林、運輸、建設）の協議により海岸法が成立した。このような立法の経緯から、制定当初の海岸法は、海岸の防護と国土保全を目的とし、「環境」と「利用」の観点の入らない法律であった。しかし、平成11年に、防護・環境・利用が調和した海岸づくりを目指した海岸法の改正が行われた。

海岸法の下で、海水又は地盤の変動による被害から海岸を防護するため海岸保全施設（堤防、突堤、護岸、胸壁、離岸堤、砂浜等）の設置を行う事業を海岸事業という。昭和45年度からは、それ以前の省庁ごとの対策を改め、政府として統一的にこれを行うために海岸事業5カ年計画をスタートさせた。それ以降、高潮対策事業、浸食対策事業、局部改良事業、補修統合補助、海岸環境事業、公有地造成護岸整備統合補助の事業により、計画的な海岸保全施設の整備を継続的に行ってきた。

平成23年の東日本大震災に代表される近年の大型自然災害、日本の経済社会の低成長下による財政難は、伝統的な国土保全の諸施設整備の考え方の変更をもたらしている¹⁰。

▼6 レジャー利用と観光

伝統的な海洋レジャーである海水浴や釣り以外の、わが国の沿岸域空間のレジャー利用が活発化し、多様化している。ダイビング、ヨット、水上バイク、シーカヤック、ボードセーリング、カイトボーディング、SUP等、新たな海のレジャーの展開は枚挙にいとまがないほどである。

また、平成25年の海洋基本計画で「海洋観光の振興」が位置づけられたことに象徴されるように、日本の経済構造の変化とともに、観光産業のいっそうの振興が重要な政策課題となっている。クルーズ船を利用した海洋観光の一般化はその代表的な例である。

このようなさまざまな海洋利用は、沿岸域の限られた空間で行われるレジャー利用相互の調整問題と、先行の沿岸利用である漁業、陸域の住民の静謐な住環境維持等との利害の対立、調整の必要性をも

たらしている。魅力あるウォーターフロント開発とともに、内外の多くの人々に沿岸域の魅力アピールする政策を実施することが、沿岸自治体にとって今後の大切な政策課題となっている。

▼7 エネルギー生産

高度成長期には、コンビナートに電力を供給する火力発電所が埋め立て地に多数設置された。また、原子力発電所も沿岸域に立地している。東日本大震災の後、原子力発電の危険性についての認識が深まり、太陽光や風力などの再生可能エネルギーの利用が大きな政策課題となっている¹¹。

沿岸域における太陽光発電は、海岸の日照条件の良さもあり、全国各地で相当程度に進んでいる。

風力発電も陸域における発電効率の良い立地可能地点の開発が進むにつれ、海洋風力発電の促進が課題となった。

平成28年の港湾法改正により、港湾区域内において、港湾の機能を維持しつつ港湾区域内水域等の有効活用を図るため、港湾区域内水域等の占用の許可の申請を行うことができる者を、公募により決定する制度（以下「占用公募制度」という。）が整備された。また、その流れを受けて平成30年には、「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（いわゆる再エネ海域利用法）」が制定され、一般海域において、占用公募制度を用いて、大規模なウィンドファームの設置を可能とする制度が整えられた。

平成31年には再エネ海域利用法に基づく促進区域の最初の指定もなされ、わが国でも諸外国並みの洋上における大規模風力発電の実現に向けて制度整備が整いつつあると言える。洋上の浮体式風力発電をはじめ、波力、潮力発電等、今後の世界をリードする技術開発の進展に期待するところ大である。

▼8 おわりに

海岸の過去現在未来について、主要な論点について整理してきた。東京湾、伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海等の閉鎖性海域の問題等、まだ論ずべき点も多いが与えられた紙幅も尽きようとしている。これらの論点はまた改めて別稿を立てて論ずることとし、本稿をこれで閉じることにしたい。

9 昭和22年カスリーン台風、25年ジェーン台風、29年洞爺丸台風、33年狩野川台風、34年伊勢湾台風等。

10 津波対策に要求される施設の性能を津波の規模レベルⅠ～Ⅱに分け、異なる要求性能を定めたのはその一例である。

11 経済産業省 エネルギー基本計画 平成30年7月 7頁 <https://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001-1.pdf> (2019年9月19日現在)

わが国で海岸保全を進める上で立ちはだかる障

うだ たかあき*
宇多 高明*

Key Word

海岸保全, 防波堤, 波の遮蔽域, 沿岸漂砂, 大洗港, BG モデル, 海岸管理

1 まえがき

海浜変形は、波が作用する場において港湾や漁港の防波堤や埋立地など、各種人工構造物が造られたことにより引き起こされる。また、河川流域におけるダム建設や河道内での過剰な土砂採取が行われて河川流下土砂が激減した場合にも起こる。侵食原因をカテゴリー的に分類する^{1) 2)}と、(1) 防波堤等の構造物が沖合に延ばされて波の遮蔽域が形成されたことに伴う海浜変形、(2) 一方向の卓越沿岸漂砂が防波堤や導流堤などにより阻止された場合に起こる海浜変形、(3) 河川でのダム建設や河道内での土砂採取に伴って流出土砂が減少した場合に河口周辺で起こる海岸侵食、土砂供給源としての海食崖での侵食防止に伴う侵食、(4) 航路掘削や海底掘削がなされた場合の周辺海岸での海岸侵食などに分かれる。ここでは全国各地で同様な事例が数多く見られる波の遮蔽域形成に伴う海浜変形として茨城県大洗港の事例と、一方向沿岸漂砂の阻止による海浜変形の実例として静岡県福島の福田漁港を例として具体的な問題点について考察する。これらにより、侵食問題は単なる技術的問題ではなく、わが国の海岸線付近の国土管理に関わる法律に起因する根幹的な問題として起きており、その解決には大きな障が立ちはだかることについて述べる。

2 防波堤建設に伴う海浜変形

沖合に防波堤が延ばされると、防波堤背後では波が静かになる（波の遮蔽域の形成）。防波堤建設による静穏域の形成は、その静かとなった水域を港として安全に利用することを目的とするがゆえに当然の結果である。しかし、それと同時に、防波堤背後

に形成された波の遮蔽域の外側から遮蔽域内へと汀線に沿った砂の流れが起こる（沿岸漂砂）。この漂砂は、防波堤背後の汀線が十分前進して安定形に至るまで起こり続ける性質を有している。しかし実際には、波の遮蔽域内には泊地や航路があるので、堆積した土砂の除去が行われ、汀線が十分な安定形に達することはできない。このため波の遮蔽域外での砂が削り取られて侵食され、逆に波の遮蔽域では砂が堆積して汀線前進が続く。このような沿岸漂砂による変形の機構は模式的には図-1のように表わすことができる。最終的には、図-1の侵食域は局所にとどまらず、防波堤より遠く離れた場所にある岬や規模の大きな人工構造物まで広がり、この間の砂浜全体が護岸や消波工などにより防護された状態に至る。防波堤に隣接する海岸線の長さはポケットビーチでは短く、長大な海岸線では長いものの、最終的には同じ姿に至るものであり、両者の違いは最終状態に至るまでに要する時間の違いのみである。ポケットビーチでは影響がただちに現れるのに対し、長大な海岸線を有する場所では防波堤建設の影響が全域に及ぶまでに長時間を要する。この機構により起きた侵食-堆積の海浜変形は、わが国各地で多数の実例がある^{1) 2)}。

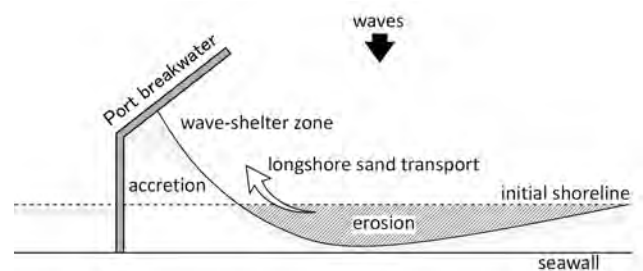


図-1 防波堤による波の遮蔽域周辺での汀線変化

*一般財団法人土木研究センターなぎさ総合研究所長

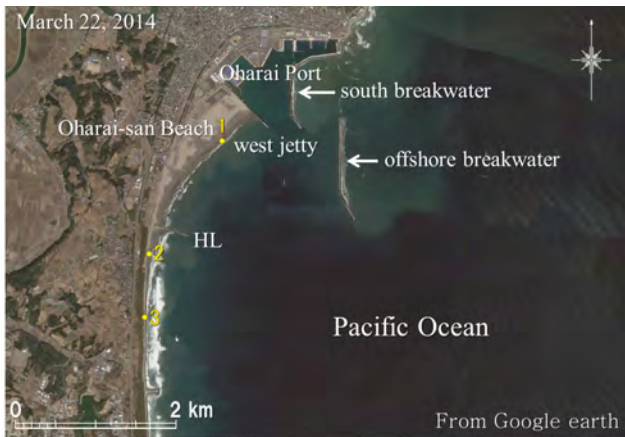


図-2 大洗港周辺の衛星画像と調査地点の位置

防波堤による波の遮蔽域形成にかかわる海浜変形の典型的事例は太平洋に面した大洗港周辺で見られる。図-2は、大洗港の2014年3月22日撮影の衛星画像を示す。大洗港では長さ1.26kmの沖防波堤や南防波堤などが延ばされた。この図には、2016年5月6日に行った大洗港周辺の海岸状況調査時撮影の現地写真の撮影地点(1~3)も示す。大洗港は鹿島灘海岸の長い海岸線の隅角部に建設された。この海岸付近での卓越波の入射方向はEなので、防波堤の西側に波の遮蔽域が形成された。これにより防波堤による波の遮蔽域の外側(すなわち南側海岸)より、防波堤背後へ向かう沿岸漂砂が誘起された。この結果、南側海岸では砂が運び去られて侵食が起こる一方、遮蔽域内では大量の砂が堆積することになった。侵食が著しく進んだ南側海岸では護岸とコンクリートブロックで海岸線が覆われる一方、波の遮蔽域内では1964年以降汀線が最大で750mも前進した。この間、1979~2004年での毎年の平均沿岸漂砂量は28万 m^3 であった³⁾。大量の砂が堆積し前浜が大きく広がった大洗サンビーチはリクリエーションに用いられており、毎年多くの人々が訪れる海浜となった。代わりに南部の海岸線は荒廃し、護岸が直接波に曝される状態となった。

防波堤背後の波の遮蔽域内の海浜と、遮蔽域外の海浜状況の相違は、図-2に示す海岸線に沿った3地点の海岸状況の違いから明らかにできる。まず図-3は大洗サンビーチ北端の地点1で南西方向を望んで撮影した海浜状況を示す。地点1では大量の細砂が波の遮蔽域内に堆積し、非常に緩い勾配の海浜が形成されていた。この写真から波の静かな区域には細かい砂が選択的に運ばれ、堆積しやすいことが分かる。同様に、図-4は40号ヘッドランド(図-2のHL)の南側の地点2の海岸状況を示す。海浜はほぼこの地点付近で終わり、そこより南側は護岸と消波工により覆われた海岸に変わる。護岸前面の砂浜は南向きに狭まっている。さらに地点2の南約800mの地点3(成田海岸)に至ると、海岸線は護岸と大量のコンクリートブロックで覆われていた(図-5)。この付近では、護岸と大量の消波ブロックにより防護された海岸となり、汀線に降りることは全くできない状態となっていた。さらに護岸で防護されたにもかかわらず、護岸背後には陥没穴が形成されていた。すなわち裏込め土砂が吸出されて背後地盤の陥没が起きており、多額の防護費用をかけて防護が行われたにもかかわらず環境条件は悪化し、陥没が起こるたびに新たな対応を迫られるという状態となっていた。図-3に示した波の遮蔽域内での非常に緩い勾配の海浜と、図-5に示す侵食域の海岸とは対照的であり、遮蔽域内での大量の砂の堆積と、大洗港の南側に数kmまで広がった侵食域の荒廃した海岸が併存することになった。

3 卓越沿岸漂砂の阻止に起因する海浜変形

一方向の沿岸漂砂が卓越する海岸に長大な防波堤や導流堤など、突堤状の構造物が延ばされると沿岸漂砂が阻止され、構造物の上手側では汀線が前進する一方、下手側では侵食されて汀線が後退する。この事例もまたわが国では多数見られる。典型的事例



図-3 波の遮蔽域内での細砂の堆積(地点1)



図-4 堆積・侵食域の境界(地点2)



図-5 捨て石と消波ブロックで防護された侵食域の状況(地点3)

としては遠州灘海岸に面し、天竜川河口の東10kmに位置し、東向きの沿岸漂砂が卓越している福田（ふくで）漁港周辺で見られる（図-6）。この付近では東向きの沿岸漂砂が卓越し、天竜川の流出土砂が東向きに運ばれ海浜を養ってきたが、そのような海岸にあって太田川河口に漁港が造られた。防波堤建設後、その西側では堆砂が、東側では侵食が始まった。また、防波堤の建設後、大量の砂が漁港内に堆積し、毎年航路維持のための浚渫をしなければならない状態となった。毎年の浚渫のコスト増加と下手側海岸での侵食対策の必要性が増したため、サンドバイパスが必要となり、2014年3月からは毎年8万m³のサンドバイパスが開始された。

この漁港周辺の地形変化は、例えば1993、2004、および2016年取得の深浅図の比較により明らかにできる⁴⁾。まず、1993年2月測定の深浅図を図-7(a)に示す。当時、既に海岸線からほぼ南東方向へと長さ920mの西防波堤が完成していたが、東防波堤は建設中であった。この時点では、西防波堤の西側には広い砂浜があったが、漁港東側では相対的に浜幅が狭かった。これは、当地で卓越する東向きの沿岸漂砂が防波堤により部分的に阻止されていたためである。このような東向きの沿岸漂砂の卓越状況は、防波堤周辺の-5m等深線（マイナスは水深を表す）の非対称性からも読み取れる。-10mの等深線は西防波堤沖を通過して西から東へと滑らかに延びていたから、この水深付近では東向きの沿岸漂砂が防波堤により阻止されずに緩やかに東側海域へと流れていたと考えられる。一方-5mの等深線は、西防波堤より西側では防波堤先端と鋭角状に交差していたのに対し、防波堤の東側では大きく凹んでいた。これは-5m付近での東向きの沿岸漂砂が防波堤により阻止されていたことに起因する。東向き沿岸漂砂の阻止により防波堤の西側では-5mの等深線が前進



図-6 福田漁港周辺の衛星画像と調査地点の位置

して-10m等深線までの距離が狭まり、逆に防波堤の東側では-5m等深線が岸側に移動したために-5、-10m等深線間の距離が広がったと考えられる。すなわち、防波堤の西側では砂が急勾配をなして堆積しつつ移動していたのに対し、東側では上手側からの砂の供給量の減少により海底面が削られ、緩勾配の海底面が形成されたと考えられる。

図-7(a)と同じ区域における2004年2月の深浅図を図-7(b)に示す。2004年までに福田漁港の防波堤が完成し、港内は浚渫されて水深が増大した。また漁港の東500mには東突堤も伸ばされた。-5mの等深線形状を1993年と2004年で比較すると、検討対象領域の西端では-5mの等深線が後退している。一方、-5mと-10mの間の水深帯では1993年には等深線が平行に伸びていたが、2004年2月ではバートラフの形成が著しい。これより2004年には1993年と比べ高波浪が入射していたと推定され、また、-5、-10m等深線とも西防波堤を境に東西で強い非対称性を示している。さらに東突堤より東側では侵食が進んで浜幅が狭くなったことも分かる。

2016年2月の深浅図を図-7(c)に示す。西防

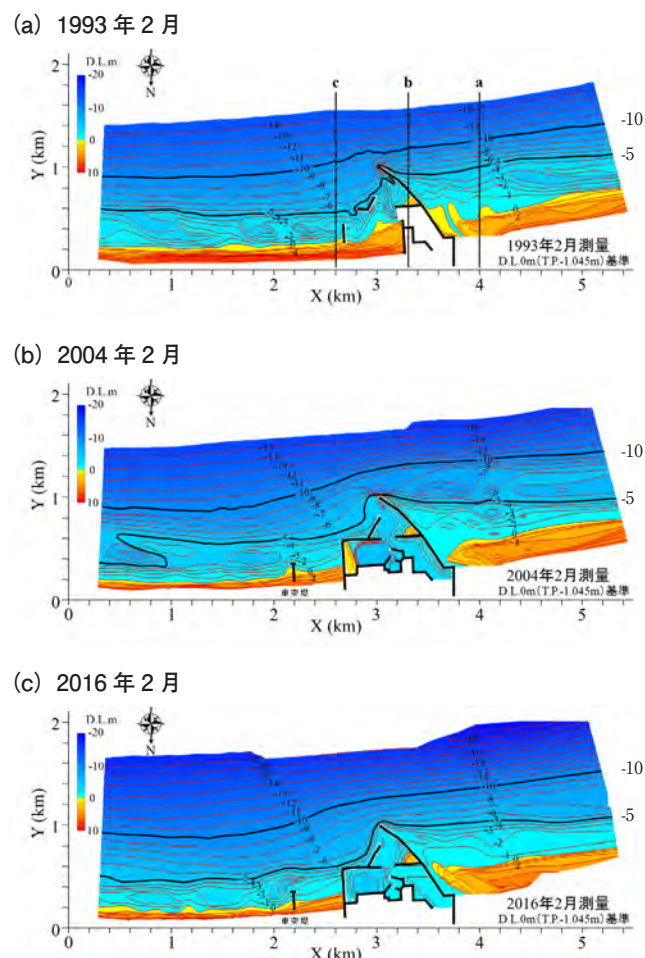


図-7 福田漁港周辺の深浅図

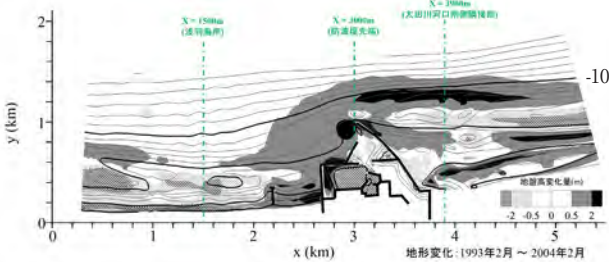
波堤の先端から -10m 等深線までの沖向き距離は、145m (1993), 280m (2004) と増加し、2016 年には 2004 年当時と同じ 280m を保ったことから、西防波堤の先端沖に砂が堆積して水深が減少し、そこを東向きの沿岸漂砂が通過しやすくなったこと、また近年では地形変化がほぼなくなり、海浜が平衡条件に近づいたことが分かる。

福田漁港周辺の海浜地形変化は、1993 年基準での 2004 年までの地形変化量の平面分布により明らかにできる⁴⁾。図-8 (a) には 1993～2004 年の地形変化量を 2004 年の深淺図とともに示す。濃い色は堆積、ハッチを付けた部分は侵食区域を示す。当地では、東向きの沿岸漂砂が卓越しているため、2004 年までの地形変化では、防波堤の西側で堆積が、東側では侵食が進んでいる。福田漁港の西側区域では、-8～-4m の間でのトラフの形成に伴うと見られる侵食域を除けば、堆積域はほぼ -13m まで広がっており、堆積域は西側から福田漁港へと帯状に伸びた後、漁港の先端沖で大きく東側へと回り込んでいた。西側から伸びてきた堆積域は、防波堤先端を回り込んで港口を埋め、さらに東側へと広がっていたが、防波堤の東側ではその分布形が急変し、東突堤沖へと続いていることが特徴である。しかし防波堤周辺での堆積域は東突堤までであり、東突堤の東側区域では -5m 以浅で著しい侵食が起きている。同様にして 1993～2016 年の地形変化を示す図-8 (b) を図-8 (a) と比較すると、西防波堤より西側での堆積は図-8 (a) と同様、-13m まで起きており、深

淺図から読み取れる地形変化がほぼ 0 に収束する限界の水深という意味での、波による地形変化の限界水深 h_c は -13m にあることが分かる。この時点でも漁港の下手 (東) 側への砂の供給量が流出量より少ないため東突堤の東側区域での侵食が著しいし、防波堤先端を回り込んで東側へと広がった堆積域が全体に沖へずれ、堆積域が防波堤西側にまで広がった。

福田漁港周辺の海浜地形変化は、福田漁港の西側、中央、東側を通る X=3.9, 3.0, 1.5km 測線に沿う海浜縦断面の経年的変化からも読み取ることが出来る。図-9 にはこれらの測線に沿った縦断面変化を示す。防波堤に対して漂砂上手側を通る X=3.9km 測線では、測量時期によるバートラフの変動はあるものの -13m と、水深の大きい水深帯まで砂が堆積し、鉛直上方に凸な形状の縦断面が形成されている。

(a) 1993年2月～2004年2月



(b) 1993年2月～2016年2月

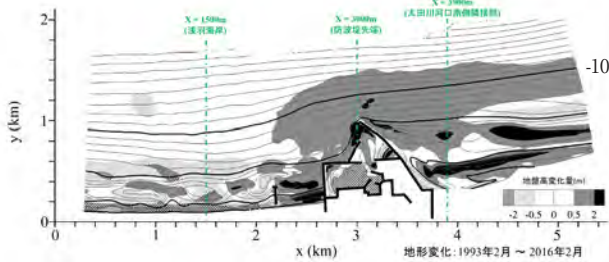
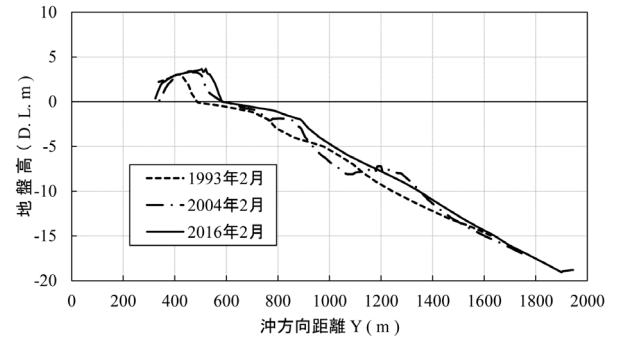
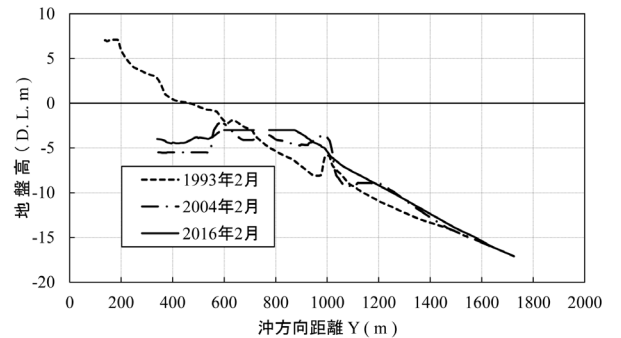


図-8 福田漁港周辺の海浜地形変化

(a) X=3.9km 断面



(b) X=3.0km 断面



(c) X=1.5km 断面

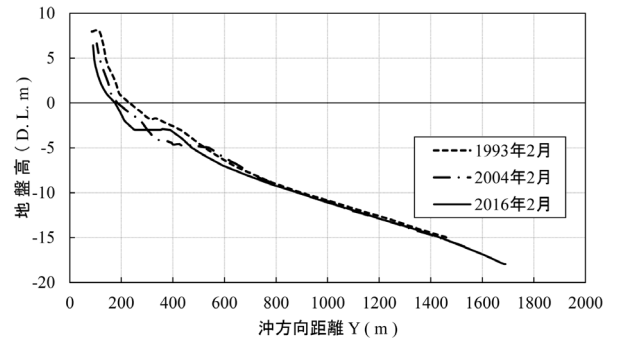


図-9 縦断面変化

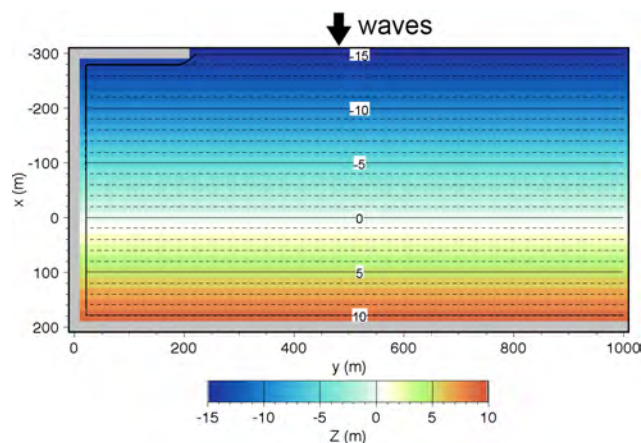
このとき同時に、前浜ではバーム高が3.0m (1993), 3.4m (2004), 3.7m (2016) と増加しつつ、その形成位置が同じ順に Y=420, 465, 520m と海側に前進している。これらは沿岸漂砂が防波堤により阻止された場合の典型的な縦断形変化である。防波堤開口部の航路を横断する X=3.0km 測線でも 図-9 (b) のように、砂の堆積は水深ほぼ -13m までの区域で起きている。しかし防波堤の先端付近で東向きの沿岸漂砂の回り込みが起り得る Y=900m 付近では、水深 7.1m (1993), 4.6m (2004), 3.4m (2016 年) と、次第に浅くなり、水深 3m 付近にテラス面が形成され、この平坦面から -13m へと続く 1/56 勾配の緩勾配斜面が形成された。下手側の X=1.5km 断面では侵食が進み、徐々に凹状の縦断形へと変化した。侵食はほぼ -8m までの水深帯で顕著に起きている。

4 防波堤遮蔽域での堆砂の機構と浚渫の影響

大洗港の実例で示した種類の地形変化は、現在数値モデルにより予測可能となっている。例えば、筆者らは、Bagnold による平衡勾配概念に基づいた 3 次元海浜変形予測モデル (BG モデル) を開発し、既に実用に供している⁵⁾。そこで、このモデルを用いて単純化された海岸での海浜変形の例として、一様勾配海岸に防波堤が延ばされた場合の地形変化予測を行った結果を以下に示す。

一般に、防波堤が延ばされてその背後に波の遮蔽域が形成されると、そこに砂が堆積するが、過剰な堆砂は条件によっては港の航路を塞ぐ。このような場合、航路や泊地を維持するために浚渫され、水深を確保する方策が取られる。しかしながら浚渫を継続的に行い、その砂を砂の移動する区域外へ運び出すと、その量だけ砂量が減少し、結果的に周辺海岸の侵食を招く。いま、単純な条件として 図-10 (a) のように 1/20 の一様勾配の海浜に延ばされるとする。計算条件として、碎波波高、波による地形変化の限界水深、バーム高をそれぞれ 3, 10, 3m と仮定し、 $\Delta x = \Delta y = 10\text{m}$, $\Delta t = 0.05\text{h}$ として、陸上と海底面での砂の限界勾配を 1/2 と仮定して計算を行った。 図-10 (b) には 2×10^4 ステップ後の予測地形を示す。防波堤による波の遮蔽効果により波の遮蔽域外から遮蔽域内へ向かう沿岸漂砂が起り、防波堤背後に急勾配をなして砂が溜まり、広い前浜が形成された。これと対照的に、周辺海岸は徐々に侵食され、汀線が後退した。 図-11 には初期からの地形変化量の分布を示す。侵食は防波堤より離れた場所まで広域に及ぶが、防波堤から離れた計算領域の右端での水深変化量の最大値は 1m であるのと対照的に、防波堤

(a) 初期地形



(b) 2×10^4 ステップ後の予測地形

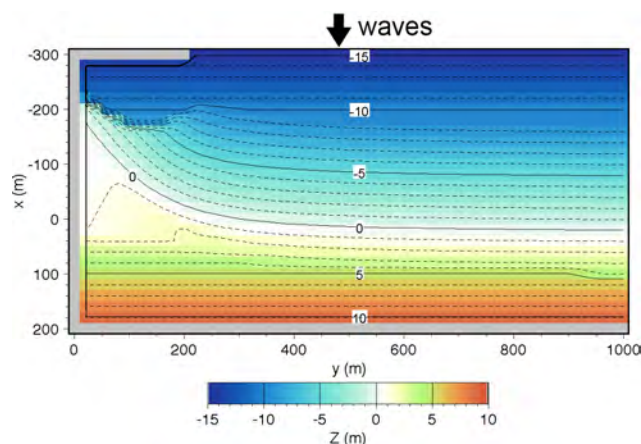


図-10 防波堤背後の地形変化

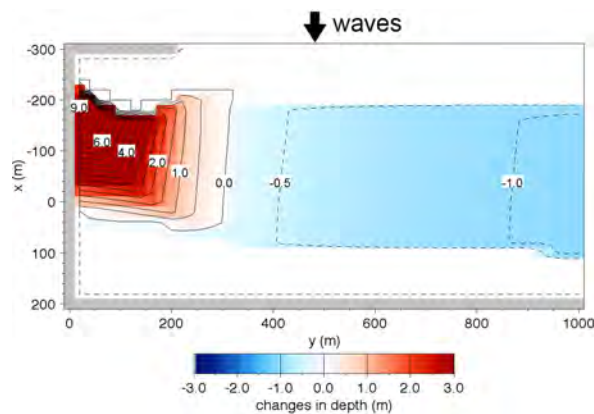


図-11 2×10^4 ステップ後までの地形変化量

背後では大量の砂が堆積し、最大の堆積厚は 9m にもなる。この計算結果は、波の遮蔽域の外側での侵食と波の遮蔽域内での堆砂の典型例を示し、港湾や漁港と周辺海岸での砂の管理を適切に行う必要があることを示している。

5 海岸線付近の土地の管理

海岸線付近の国土は様々な目的のために各種法律に基づいて管理されている。例えば、開発を目的として、港湾は港湾法、漁港は漁港漁場整備法により管理され、また国土保全を目的とした法律としては、海岸法や海岸保安林を保全するための森林法などがある。これらの法律に基づく区域は、隣の管理区域とある線で明確に区分されている。これらは国土を静的意味で管理する上では有効な仕組みである。しかしここで述べてきた海浜変形にかかわる問題は、ある区域を形成している砂が左右（沿岸方向）に移動するから、国土を静的にとらえる手法では把握が不可能な問題が起こる。わが国では国土を区域割りし、その中に堆積している砂は当該管理者が管理を行う仕組みとなっている。しかし、波や風の作用による漂砂によってある管理区域から隣の区域へと砂が移動することになる。これに対し、国土管理は区域主義であって、移動している砂自体については相異なる管理者がそれぞれ管理を行うので、管理者間で調和的な対応が取られない限り不調和が生じることが根底的問題となる。大洗海岸の事例や、BGモデルによる数値シミュレーションで見たように、防波堤の建設に伴って波の遮蔽域が形成されると、それぞれの管理区域を超えて沿岸漂砂が発生し、遮蔽域の外では侵食が、遮蔽域内では堆積が起こる。このようにして管理区域を横切って港湾ないし漁港区域内へ運ばれた砂は、波の遮蔽域内に広い海浜を形成すると同時に、航路に過剰に堆積すれば船舶の安全性を確保するための浚渫が必要となり、しかも経済合理性からできるだけ安価にその事業を行うことが求められる。しかしその行為を続けることは、必然的に隣接海岸での砂量の減少をもたらすから、侵食は激化し、長い海岸線全体を保全するという立場と相入れない結果をもたらす。対策として侵食を受ける側では砂の流出を止めることを目的に、突堤、離岸堤、ヘッドランドなどがしばしば用いられているが、外海・外洋に面した海岸では、波による地形変化の限界水深は10mと深い。一方、前述の施設の設置水深は3-4mと浅いので、施設の沖側を漂砂が通過可能である。このため長期的に見るとそれらの設置効果が失われていく。また波の遮蔽域内に堆積した砂を侵食海岸に戻す手法（サンドリサイクル）を採用すれば現状維持は図れるが、大量の砂、例えば波の遮蔽域から離れた侵食海岸に毎年20万 m^3 の砂に戻す場合、そのコストが1万円/ m^3 とするならば総額で20億円を必要とする。これはわが国の海岸保全の現状の総予算が100億円という状態では、コスト上全く無理で、しかも多額のコス

トをかけて砂をもとの海岸に戻したとしても、遮蔽域への砂移動は半永久的に続くので、いずれその効果もなくなることになる。この間にも砂移動は続くので、砂が流出した海岸では防災工事が必要となり、侵食域に属する長い海岸線は、人工構造物で覆われた海岸（図-5参照）へと変質していく。

6 あとがき

筆者は、過去、海浜変形を精度よく予測することが可能な技術を開発することにより自然海浜を守ることが可能と信じて努力を続けてきた。しかし、海岸侵食問題の解決の上での根幹をなす障碍が、わが国の法律に基づく海岸管理自体にあることが明確になってみると、予測技術が高められても結局は根本的意味からの変革は難しいとの考えに立ち至った。確かに近年は総合的な視点に立脚した方策が提案されてはいる。例えば、河川流域を含む沿岸の漂砂系全体を俯瞰した土砂の総合土砂管理の考え方に立った施策が行われつつある。しかしながら、河川からの流出土砂が波により運ばれる河口周辺海岸では、既に土砂が流れて来ないことに対応して種々の保全工事が行われてきており、また、海岸線には既に数多くの漁港や港湾施設が造られているから、それらがなかった時代と漂砂環境は一変している。したがって河道内でのダムなどを挟んだ土砂管理、例えばダム直下の河道への置砂などを河川管理者が単独で行うことは意味がなく、また、海浜の維持を図るためには、大量の土砂が同じ漂砂系に属する沿岸全体で移動可能となる施策とセットで行うことが必要となる。しかしその実施には海岸付近の土地の管理主体が縦割り構造であることが障碍となっており問題解決には道は遠いと言わざるを得ない。しかしこのような厳しい条件下であっても、来るべき地球温暖化に伴う海面上昇に対して十分な緩衝帯を確保し、自然海浜を残すことが必要と考える。

〈参考文献〉

- 1) 宇多高明：「日本の海岸侵食」，山海堂，p.442，1997.
- 2) 宇多高明：「海岸侵食の実態と解決策」，山海堂，p.304，2004.
- 3) Uda, T. 2017. Japan's Beach Erosion - Reality and Future Measures, 2nd ed., World Scientific, Singapore, 530 pp.
- 4) 貝沼征嗣，袴田充哉，戸田晃裕，宇多高明，石川仁憲：福田漁港周辺での東向きの沿岸漂砂の阻止による地形変化の解析，土木学会論文集B3（海洋開発），Vol. 74, No. 2, pp.1665-1670, 2018.
- 5) Uda, T., Serizawa, M., and Miyahara, S. 2018. Morphodynamic model for predicting beach changes based on Bagnold's concept and its applications, INTEC, London, UK, p. 188.

伊能忠敬の全国沿海測量

ほしの よしひさ*
星 桢 由尚*

Key Word

伊能忠敬, 天文方高橋至時, 大日本沿海輿地全図, 導線法, 交会法, 天文観測, 測線, 横切測量, 大図・中図・小図

1 はじめに

伊能忠敬は、歴史上初めて実測により日本を地図に描いたとして、義務教育においても学ぶ歴史上の人物であり、その名を知らない人はいないと云っても差し支えないほどよく知られている。特に、平成30年は、伊能忠敬没後200年として記念の講演会なども開催され、テレビ番組での紹介も多く、そのような番組を御覧になった方も多いのではないかとと思われる。しかし、伊能忠敬が何故全国測量を行い、どのように測量して、どのような地図を作成したのかという点について詳細に知る人は少ない。本稿では、伊能忠敬の全国測量と日本図の作製を中心に紹介したい。

2 伊能忠敬の生涯

伊能忠敬は、延享2(1745)年1月11日、上総国山武郡小関村の小関貞恒の次男として生まれた。父の小関貞恒は、武射郡小堤村の神保家から小関家に婿養子に入った人で、忠敬6歳の時に母が亡くなり、父は離縁され、神保家に戻る。忠敬は、10歳まで小関家で養育され、その後父の元へ移った。その後の消息は、あまりはっきりしていないが、17歳のとき下総香取郡佐原村の伊能家に婿入りした。

伊能家は、佐原で一二を争う名家であり、手広く商売を営んでいたが、当主の早世が続き、当時はやや停滞気味であった。当主として伊能家に婿入りした忠敬は、商才を発揮して家産を増やし、忠敬が隠居した時には、3万両の家産があったと言われている。忠敬は、若い頃から学問に関心を持ち、天文・暦学に興味があり、昼間は商売、夜は学問といった生活をしていたと言われている。伊能家は、代々名



写真1 伊能忠敬銅像(富岡八幡宮, 酒井道久氏作)

主を務める家柄で、佐原村の村政にも力を尽くしたが、忠敬が川普請などに関係して作成した地図が残されている。

忠敬は、49歳のときに隠居し、江戸に出て幕府天文方高橋至時の門に入った。隠宅を深川黒江町に構え、浅草の天文方役所暦局で西洋天文学を学ぶようになり、隠宅には本格的な天文観測機器を備え付け、観測に余念の無い生活を送っていたと言われている。

忠敬は、勉学を続けていくうちに、地球の大きさを知りたいという学問的欲求をもつようになり、隠宅から暦局までの距離を測り、子午線1度の距離に換算して、その数値を師の高橋至時に報告した。そのとき隠宅から暦局までの測線を示した地図が残っている。しかし、高橋至時は、そのような短い距離

*公益社団法人東京地学協会副会長 公益社団法人日本測量協会顧問 伊能忠敬研究会特別顧問

の測定では、誤差が大きく問題にならない、少なくとも蝦夷地までの距離を測ることが必要であると一笑に付した。これに対し、忠敬は、それならば蝦夷地までの距離を測りたいと応じ、当時異国船の出没などにより北方に危機感を持っていた幕府に願い出て、蝦夷地の地図を作るという名目で許可を得て蝦夷地の測量を行った。これが端緒となり、その後、17年を費やして全国を測量し、「大日本沿海輿地全図」の完成に繋がったのである。

17年の長期にわたった全国測量

幕府との折衝を経て蝦夷地測量が実現した。幕府から与えられた御沙汰書には、「心願の通り測量試みのため、蝦夷地に遣わす」とある。50歳を越した老人である忠敬に対し、当初幕府は必ずしも信頼を置いていなかったことがわかる。志願して測量するのであるから、俗に言う「ダメモト」でよいからやらせてみようということであったと思われる。幕府からの御下賜金は、忠敬の分のみであり、1日銀7匁5分、現在の価値では約1万円であった。

忠敬の全国測量は10次にわたって行われたが、第1次の蝦夷地測量から第4次までは、忠敬が願い出て幕府がそれを許し、下賜金や便宜供与を与えるといういわば幕府の補助事業であり、忠敬の個人事業であった。東日本の測量を終え、東日本の地図を作成し、江戸城大広間において幕府要路の人々に披露し、将軍家斉もこれを見たと記録が残っている。これにより忠敬の測量成果は高く評価され、さらに西日本の測量を幕府から命ぜられ、忠敬は幕臣に取り立てられた。以後は、幕府のいわば直轄事業となり、技術官僚である天文方下役も測量隊に加わり、体制も大幅に拡充された。

第一次蝦夷地測量

寛政12(1800)年6月11日、江戸を出立した伊能忠敬の測量隊は、門弟などからなる小規模なものであった。奥州街道を測量して行き、津軽半島の三厩から船で函館へ渡るつもりであった。しかし、風の具合が悪く、箱館と松前の中間に当たる吉岡に着船した。吉岡から箱館へ向かい、箱館奉行所において様々な手続きを行い、蝦夷地南岸の測量へと向かった。石狩川の分水界が迫っている噴火湾の礼文華、襟裳岬などの岩石海岸においては、急峻な海蝕崖に妨げられ、海岸線を測量することができず、海岸線から離れ、内陸に入って測量している。砂浜海岸においては、順調に測量が進んだが、結局厚岸から河川や湖沼を船で行き、野付半島手前のニシベツ

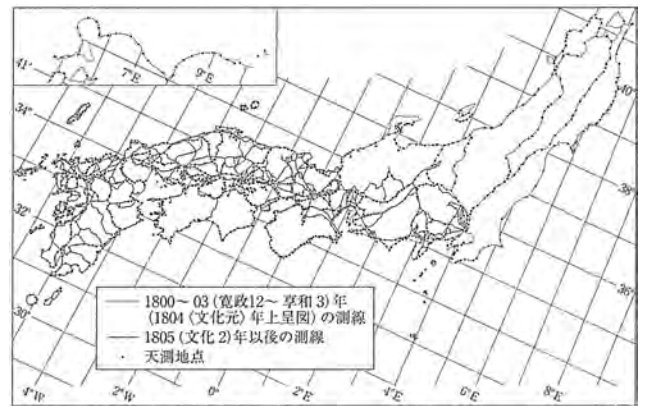


図1 伊能忠敬全国測量の軌跡
(保柳睦美「伊能忠敬の科学的業績」1974から引用)

(別海町本別海)まで到達し、天体観測を行い、緯度を求めて引き返した。

蝦夷地の測量は、結局南半分の測量に終わったが、完成した伊能図には北半分の測量の成果も描かれている。第一次測量で未測に終わった部分は、後に間宮林蔵により測量され、そのデータが伊能測量隊に渡されて蝦夷図は完成したとされているが、間宮林蔵の測量の実態は必ずしも明らかになっていない。南半分の蝦夷地の地図には、室蘭周辺、襟裳岬など明らかに伊能測量隊以外の測量データによると考えられる部分があり、蝦夷図のデータは、すべて伊能測量隊とは別の間宮林蔵によるとされる測量の成果による可能性がある。すなわち、蝦夷図は伊能図ではなく「間宮図?」である可能性もあるということである。伊能測量隊による蝦夷地測量は、歩測により距離が測定されたが、歩測によって距離を測定したのは、例外を除き、蝦夷地のみである。

第二次測量から第四次測量まで

蝦夷地の測量を終えた伊能測量隊は、地図を調製し、幕府に提出して高い評価を得ることができ、さらに測量を続けよということになった。蝦夷地の測量は、歩測によったため、測量精度がよくないことは、忠敬自身がよくわかっていた。また、北半分の測量も実施できなかったため、幕府に対し、蝦夷地の測量とさらに国後、択捉、得撫の測量を上申したが、蝦夷地測量は許可されず、伊豆、三浦、房総から東日本の沿海の測量を命じられた。

第二次測量は、伊豆から陸奥までの海岸線を測量し、その結果をもって、元来の念願であった、子午線1度の長さを求め、28.2里との結果が出た。この結果を師の高橋至時に提出したところ、なかなか信用してもらえなかったが、当時天文学の最先端とされていた「ラランド暦書」が輸入され、そこに忠敬が求めた値ときわめて近い値が記されていたため、高

橋至時と手を取り合って喜んだという話が伝わっている。

第三次測量は、奥州街道から会津に出て、檜原の大峠を越えて出羽から津軽半島を廻り、羽越の海岸線を測量して新潟から長野を経由し、中山道を江戸に帰着した。第四次測量は、江戸から西へ東海地方の海岸から敦賀へ抜け、北陸の日本海沿岸を測量して佐渡へ渡り、長岡、三国峠を越えて江戸に帰着した。この間幕府の援助は増大し、御下賜金や便宜供与も大幅に増えている。第四次測量までは、一年限りの測量行であり、降雪のこともあり、春に出立して秋に帰ると言う行程であった。

第四次測量までの測量成果から東日本の地図を作成し、幕府に提出し、江戸城の大広間に広げて幕閣の閲覧を受けた。このとき將軍家斉も見たと「徳川実紀」には記述がある。このことにより、忠敬は、高い評価を受けて幕臣に取り立てられ、西日本についても測量を続けよと言う幕命を受けた。

一方、忠敬の師である高橋至時は、当時最先端の天文学書とされていた「ラランデ暦書」の翻訳を進めていたが、過労が祟って41歳の若さでこの世を去った。息子の景保が跡を継いだ。若年のため、高橋至時と同門の大阪の質商間重富が江戸へ下り、高橋景保を補佐することとなった。高橋至時は、西日本の測量を間重富に担当させる心づもりをしていたが、そのような事情から再度忠敬に命が下ったようである。「ラランデ暦書」により地球が回転楕円体であることを知ったが、伊能測量においては、そのことを地図作成に反映できていない。

第五次測量から第八次測量まで

幕臣に取り立てられ、幕府直轄となった伊能測量隊の態勢は、それまでの陣容の2倍を超え、隊を2～3の班に分けて能率的に測量を進めることができるようになった。忠敬は、西日本の測量は3年で可能であると見積もっていたが、西日本の海岸は、東日本に較べると複雑で、態勢の充実にも拘わらず、10年の歳月を要したのである。

第五次測量は、近畿、山陽、山陰を廻ったが、天文方下役などの役人が隊員として加わることとなり、忠敬の門弟などとの関係において忠敬の頭を悩ますところとなった。天文方下役の1人が途中で隊を離れるなどの事態となり、また、忠敬が持病であった瘡（マラリア）を発症し、その間に隊規が乱れ、門弟を破門するなど、思いのほかの作業の困難があり、西日本の測量を3年で一気に行うとの当初の目論見は、根本的に見直す必要が生じた。そのため、山陰の測量を終えたのち江戸に戻り、体制の立て直

しを図った。結局、第六次測量の開始まで幕府との調整などに一年余の期間を費やすことになった。

表1 伊能測量隊の態勢

	測量作業担当	従僕等	人足	馬
第一次	弟子3	2	3	2
第二次	弟子4	1	2	1
第三次	弟子4	2	5	3
第四次	弟子5	2	5	3
第五次	弟子8 下役4	6	7	6
第六次	弟子3 下役4 竿取2	6	7	7
第七次	弟子3 下役4 竿取2	8	8	7
第八次	弟子4 下役4 竿取2	9	5	7
第九次	弟子2 下役3 竿取1	5	?	?

第六次測量では、四国と大和の測量を行った。淡路島を経由して四国の海岸を時計回りに測量し、四国山地を横断する横切測線も設けている。五次と六次の測量により瀬戸内海の島々も測量している。例外的に小さな孤島が測量されていないが、ほとんどすべての島々が測量されている。第六次測量の帰途では、大阪から奈良を経由して大和盆地を詳細に測量している。伊能図を見ると、大和の名社・古刹の社前・門前にいたる開放された測線が目につく。信貴山、当麻寺、吉野などまで丹念に測量していることがわかる。このような開放された測線は、測量の精度向上には役に立たないが、寺社の位置を明らかにしたかったのであろう。

第七次測量は、九州へ向かった。北九州から南九州の測量を行い、屋久島・種子島に渡航しようとした。しかし、季節が悪く良い風が得られなかったので、幕府に対し屋久島・種子島の測量の中止を上申し、上司の高橋景保もそのように取り計らうとしたが、屋久島・種子島測量の中止は幕府に認められなかった。そのため、九州の測量は1回で終わらせる予定であったが、西九州を残して江戸に戻り、再度出直すこととなった。

第八次測量は、鹿児島まで直行し、屋久島・種子島に渡航した。薩摩藩は、8艘の大船を用意し、薩摩藩の役人も乗り込み、大船団を編制して屋久島・種子島測量は行われた。薩摩藩は、伊能測量に対して隠密であると警戒したという説が巷間に流布されてきたが、薩摩藩は伊能測量に対し多大な協力を行い、薩摩藩に測量隊が入る以前から担当藩士を江戸に遣わすなど、綿密な打ち合わせを行っていることが日記などの史料から知られる。



図2 伊能中図第8図南九州 (NISSHA 株式会社所蔵)

屋久島・種子島の測量終了後、西九州の測量を行い、壱岐・対馬、五島列島の測量も、対馬藩や平戸藩、五島藩などの協力の下に行っている。平戸藩主の松浦静山、肥前大村藩主の大村純鎮などは、伊能測量に大きな関心を示し、平戸藩主に進呈した伊能図が現存している。一方、五島列島では、副隊長格であった天文方下役の坂部貞兵衛を病気で失うという伊能測量隊唯一の犠牲者を出している。

第七次及び第八次測量の往路、帰路には中国地方の内陸部を詳細に測量し、飛騨、信濃などの内陸部の測量も行っている。九州の内陸部も主要路を横断する横切測量を高密度に行っている。幕府の直轄事業となった西日本測量は、東日本測量に較べその実施密度が高いのが特徴である。

第九次及び第十次測量

第九次測量は、伊豆七島の測量を主体とした。忠敬は、70歳を越え、周囲の勧めもあり参加せず、門弟と天文方下役により測量は行われた。島々への渡航は苦勞の連続で、八丈島から三宅島へ渡る際、3日間漂流し三浦三崎に不時着し、再び三宅島へ渡航している。当時の海防問題の高まりもあったものと思われ、測量隊の使命感には想像を絶するものがある。伊豆七島の測量を終えたのち、熱海で1ヶ月間滞在し、正月を過ごしているが、その後も西関東の測量を行っている。

第十次測量は、江戸府内の測量である。忠敬は測量に出た日もあったが、大部分は門弟と天文方下役によるものであった。それまでの測量では、江戸での測量開始は、千住、板橋、内藤新宿、高輪などからであり、江戸府内で測線は繋がっていなかった。

それぞれの測線を江戸で連結するための測量をまず行い、その後に江戸府内の街路等の測量も行っている。

第八次測量が終わると、幕府に地図を提出するため、日本橋亀島町に移転し、地図御用所として、地図作成に取り組んだ。しかし、忠敬の体力は徐々に衰え、文化15年(1818)4月13日に73歳で死去した。その後、地図の作成は、門弟や天文方下役の手で続けられ、文政4年(1821)7月10日、高橋至時の長男天文方高橋景保が忠敬の孫忠誨を伴って登城し、「大日本沿海輿地全図」及び「大日本沿海実測録」を幕府に提出した。

4 伊能忠敬の測量技術

伊能測量の手法は、いわゆる導線法と交會法が主体である。一方、緯度や経度を求めるため、恒星の高度角の測定、日蝕、月蝕、木星衛星の凌犯などの天体観測を重視した。また、地名に関する調査も行い、村名、集落名、山名、河川名、寺社名、名所旧跡などが地図に記載されている。測量の成果は、地図にまとめられているほか、交會法により、顕著な山頂や岬などの方位角を記録した「山島方位記」、主要地点の間の距離、緯度などを記した「輿地実測録」などが残されている、また、毎日記録した日記には、測量の行程などについて記載されており、後次の測量ほどその記載は詳細である。

導線法と交會法

伊能測量では、海岸線と街道を導線法により測量した。導線法では、測線に沿って節点に梵天を立て、



図3 御手洗測量之図 (呉市教育委員会所蔵)

基点から彎窠羅針でその方位角を測り、梵天との距離を間縄で測る。蝦夷地では歩測により距離を測ったが、第二次測量以降は、特殊な例外を除き歩測は使用していない。方位角は、基点から測ったのち節点に立てた梵天の位置から基点の方位角を測るなど、複数回の測定を行い誤差の低減に努めた。また、斜面を測量する場合は、小象限儀を使用して斜面の傾斜を測定し、斜距離を平面距離に換算した。しかし、導線法は測量の進行とともに宿命的に誤差が累積するため、交会法を用いて複数の測線上の既知の点から顕著な山や島、岬などの方位角を測るほか、城郭の屋根、寺院の屋根、塔などの方位角を複数の点から見通し、誤差の補正に努めた。

天文観測

天文観測は、経緯度を求めるために行われた。天候の支障がなければ、毎日のように恒星の高度角を測り、緯度を求めた。緯度の観測は、幕府初代天文

方渋川春海により行われているが、組織的、体系的に緯度観測を行ったのは伊能忠敬が初めてである。経度は日蝕、月蝕、木星衛星の凌犯の観測により、垂揺球儀と称する振り子時計を用いてその開始・終了時刻を測ろうとしたが、天候に恵まれず、観測地点と暦局の浅草天文台の観測を同期させるのが難しく、成功しなかった。全国の1000点を超える地点で天文観測を行っている。

横切測量

伊能忠敬の全国測量は、第一義として海岸線の形を明らかにすることが目的であった。しかし、大小の半島や岬では、急峻な海蝕崖となっており、海岸線を測量することができず、止むを得ず海蝕崖の上方の斜面を測っているため、導線法による測量の精度は低下する。このため、半島や岬の部分では、その基部を横断する測線を設け、半島や岬を廻った測線との整合状況を見て補正した。これを横切測量と称している。横切測量の規模は、四国や九州、中国地方を横断する測線から、半島状に突き出た岬の基部に設けたものまで大小様々である。



図4 夜中測量之図（入船山記念館保管）

5 各種の伊能図

日々の測量成果は、毎夜及び野外測量不能の日に宿所において整理され、下図即ち原稿図にまとめられた。下図は、江戸に持ち帰り、接合して寄図を作成し、これを元に1町を1分とする縮尺3万6千分1の大図を作成した。さらに、大図を6分の1に縮小し、1里を1分とする縮尺21万6千分1の中図、さらにこれを半分に縮小した縮尺43万2千分1の



図5 伊能大図第58号（銚子、国立国会図書館所蔵）

小図が作成された。前述したように、これらの地図「大日本沿海輿地全図」と各地の間の距離、緯度などを記載した「大日本沿海実測録」が幕府に提出された。

表2 主要な伊能図

伊能図	作成年	所蔵者	所蔵者
日本東半部沿海地図 大図・中図・小図	1804	伊能忠敬記念館	国宝
日本沿海輿地 中図・小図	1821	東京国立博物館	重要文化財
九州沿海図	1811	東京国立博物館	重要文化財
中図	1821	NISSHA株式会社	
陸軍模写図大図	明治初期	アメリカ議会図書館	戦前には参謀本部陸地測量部(国土地理院の前身)に存在した
海軍模写図大図	明治初期	海上保安庁海洋情報部	
内務省模写図大図	明治初期	国立国会図書館	気象庁で発見、模写した工部省は内務省に吸収

伊能図の内容

伊能図の骨格となるのは測線である。朱色で引かれた直線の集合である測線は、伊能図には必ず描かれている。測線に沿って村名や集落名が注記されており、家並みを描いて集落を表している。寺社などの主要建物は、その藁を描いている。各村や集落名には、宿駅の場合は○が、天測地点には☆が付記され、港の場合は、帆掛け船の記号が描かれている。各村の領主名も記載され、城郭は、絵画的に描かれ、城主名が注記されている。伊能測量では、高さの測量は行われなかったため、山は図案的に描かれており、交会法によりその方位角を測られた顕著な山は、その特徴を捉えて描かれている。海岸は、磯浜と砂浜は区別され、磯浜は岩石の露出を、砂浜は黄色に塗られて表現されている。湖沼や河川は、青く塗られており、測量されていない部分は描かれていない。中図・小図には経緯線が引かれており、交会法による方位線と方位角が描入されている。

伊能図の所在

大日本沿海輿地全国は、幕府に提出されたのち、幕府の書庫に秘蔵され、関係者以外は閲覧できなかったが、明治6年皇居の火事により焼失した。伊能家に保存されていた控図は、明治政府に献納され、陸軍、海軍、内務省がこれを模写したが、関東大震災により焼失した。伊能測量隊によって作成された副本は、針突法による針穴があり、各地の大名から所望され進呈したものが伝存する。東京国立博物館に所蔵されている中図と小図及び九州沿海図は、国の重要文化財に指定されており、伊能忠敬記念館の伊能図は国宝に指定されている。これらの伊能図の主要なものを表に示す。

6 伊能測量の評価

これまで述べてきたように、伊能忠敬の測量法は、導線法と交会法が基本であり、天文観測により緯度は精度良く求めたが、経度は失敗しており、各測点の絶対位置の確定はできなかった。また、近代測量としての三角測量は行っておらず、その意味でも、伊能測量は近世の測量の頂点であっても、近代測量とは言えない。

伊能忠敬は、地球を球体として扱ったが、測量は、地球を平面として行っており、球体であることは忘却している。地図の作成に当たっては、測点の展開は、地表を平面として測線を描いた。一方地球が球体であることは知識としてはあったが、地図の投影には不案内であったため、緯線を引いて測点を展開した地図に経線をあとから計算して描入している。この結果、展開された測点と経線の間大きな矛盾を生じさせてしまった。伊能忠敬が引いた経線の代わりに緯線に垂直な直線を以て経線とすると、ほぼ経度が合う。このことから伊能図は方格図であると言ってもよいのではないと思われる。伊能図の経線方向の精度は悪いと言われるが、方格図としてみれば、むしろ精度は良いと言えるだろう。

伊能図は、日本初の科学的実測による日本地図であると言われ、そのことは間違っていないが、伊能測量の手法は、当時村々で一般に行われた手法であり、天文測量も理論は知られていた。しかし、伊能忠敬は、長期にわたって組織的・体系的にこれらの測量を行い、統一的な表現手法により日本地図を作り、海岸線の形を詳細に明らかにしたのであり、この点が最も評価されるべきことであろう。

7 伊能図のその後と伊能忠敬の顕彰

伊能忠敬の行った測量と作成された地図について述べたが、幕府に提出した「大日本沿海輿地全図」は、提出後は秘図として江戸城内の書庫に収められ、関係者のみが閲覧できる状態であった。

幕末には、列強の圧力により海防が重大問題となり、幕府の内部では、伊能図の写図が作られ、また、伊能図を利用して海防のための地図が作成された。日本の沿岸を測量しようとしたイギリス測量艦に渡した小図の写図は、現在英国国立文書館に存在する。図には、1864年4月11日に英国水路局が受け入れたとの印が押されている。

明治維新の前年、慶応3年(1867)には、「大日本沿海輿地全図」の小図をもとにして「官板実測日本地図」が幕府開成所から木版で印刷され公開された。明治以降においても大学南校から発行されている。



図6 イギリス測量艦に渡した伊能小図—瀬戸内海の部分（英国国立文書館所蔵）



図7 官板実測日本地図
（開成所版筑波大学所蔵）

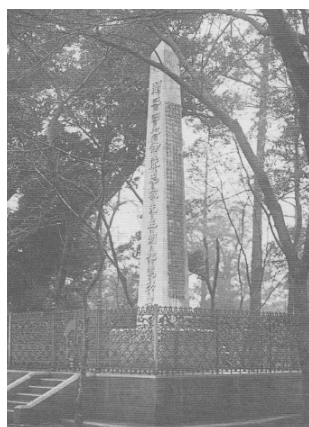


写真2 贈正四位伊能忠敬先生測地遺功表（大谷亮吉「伊能忠敬」岩波書店から転写）

秘匿されていた伊能図は、皇居で焼失後、前述したように、伊能家から太政官に控図が献納され、陸軍、海軍、内務省により模写図が作成されて、我が国の地形図、海図の作成に利用された。参謀本部陸地測量部が発行した20万分1帝国図には、昭和4年まで伊能図を利用した地図が残っていた。明治初期に作成された民間の日本図も、海岸線は伊能図が利用されている。伊能図は、100年にわたり国家のために役立てられたと言ってよい。

伊能忠敬は、明治の元勳、佐野常民や榎本武揚の働きかけにより、明治22年に正四位の贈位が行われ、東京芝公園には、「贈正四位伊能忠敬先生測地遺功表」が東京地学協会により建立された。この遺功表は、戦時中に供出されてしまったが、昭和40年には石造の遺功表が東京地学協会により再建されている。伊能測量200周年に当たる平成12年には、伊能測量の跡を歩くウォーキングや伊能図展示、伊

能忠敬を題材にした演劇や映画の上映などが行われ、伊能忠敬没後200年に当たる平成30年にも関係団体により様々な行事が行われたことは記憶に新しいところである。

▼8 おわりに

伊能忠敬の全国測量についてその概要を述べたが、当時の測量技術に較べると極めて正確で精度のよい地図を作成したと言えるであろう。その原動力は何だったのだろうか。いくつか考えられるが、まず、忠敬の経済力があげられよう。忠敬の経済力無しにはこの事業は成り立たなかった。第五次測量以降は幕府直轄となったが、それまではあくまで忠敬の個人事業であり、忠敬の負担は大きかったに違いない。さらに、測量家としての適性があげられる。忠敬はいわゆる天才ではなかった。しかし、努力家であり極めて根気がよかった。そして、嘘偽りが嫌いで謹厳実直であった。これらは、同じ観測を繰り返し、結果をごまかしてはいけない測量技術者には必須の性格条件である。幼少の頃から勉学を好んだことも、後の大成の基礎となったであろう。

一方、幕府の支援のあったことも忘れてはいけない。幕府は洋学を嫌い、忠敬の測量の邪魔をしたなどという虚説が横行した時代もあったが、若年寄堀田正敦などの支援と天文方高橋至時の的確な指導が伊能測量を成功に導いたと言えるだろう。他方、弟子と天文方下役から成る測量隊を統率する苦労もあったに違いない。

このような条件の下で全国各藩の協力も得て全国測量を終えることができたのであるが、当時の時代背景によるところも大きい。江戸後期には町人学者が輩出し、洋学の禁が緩和され、科学技術の発展にも著しいものがあつた。忠敬も町人学者の1人であり、そのような時代の雰囲気にも大きな影響を受けたのであろう。その意味では、伊能測量は、伊能忠敬という特別な人物の業績と言うより、時代の必然であつたと言うべきであろう。

〈参考文献〉

- 岩波書店：「伊能忠敬（大谷亮吉）」、1917
- 古今書院：「伊能忠敬の科学的業績（保柳睦美編著）」、1974
- 河出書房新社：「図説伊能忠敬の地図を読む（渡辺一郎、鈴木純子）」、2010
- 山川出版社：「伊能忠敬（星埜由尚）」、2010
- 河出書房新社：「伊能図大全（渡辺一郎監修）」、2013

航空レーザー測深機による沿岸の測量 ～空から水深を測る～

いきしんじ*
老岐 信二*

Key Word ALB 測量, ICT 技術, 3次元計測, 藻場の賦存量

1 はじめに

従来は特別なことであった「空から測ったり、写真を撮る」という行為は、近年、安価で小型のUAV（ドローン）が広く普及したことで、誰でも簡単にできるようになった。さらにUAVで取得したデータはSFM（Structure from Motion）ソフトウェアにより短時間でオルソ画像や点群データを生成することが可能となった。この結果、調査分野においては災害時の現況把握をはじめ多方面でUAVが導入されるとともに、3次元データの活用急速な高まりを見せている。

海の調査においても、GNSS、ナローマルチビーム測深器、多項目センサ、分解能が数十cmの高解像度衛星画像、小型で安価なデータロガーによるバイオロギング技術等の新技術が普通に使われるようになった。

これらの技術は先人の多くの発見と発明によってもたされたもので、その多くが「アナログ」を経験した後、「デジタル」へと進化した技術でもある。一方、技術や機械が進化して世の中が便利になった半面、技術者はそれに頼りすぎて物事への疑問を抱かないことが多くなった。科学とはフィールドと室内での検証の重ね合わせでもあり、この基本はいつの時代でも変わらない。

そこで本稿では、ICT（情報通信）技術の中でも際立つものとされる「航空レーザーによる水深測量」について、事例を交えて特徴を解説するとともに若干の展望を述べる。

2 水深を測ることの難しさ

海は陸と違い目印がないため、陸から離れるほど自身がどこにいるのかわからなくなる。また、海水によって海底が見えないため未知の世界でもある。さらに、水面は風、潮汐、波浪、潮流等の外力で絶えず変化しているため、「水深を測る」（以後、測深とする）ことは簡単なようで実はとても難しく、また多くの経験が必要となる。

ここで、海的位置出しと測深について、技術革新の歴史を振り返って見てみる。海的位置を測る技術は、六分儀と三桿分度儀を使用した「三点両角法」が長い間船位決定の主な手段であった。これは、動揺する船の上から3つの目標の夾角を六分儀で測って船の位置を求めるものである。

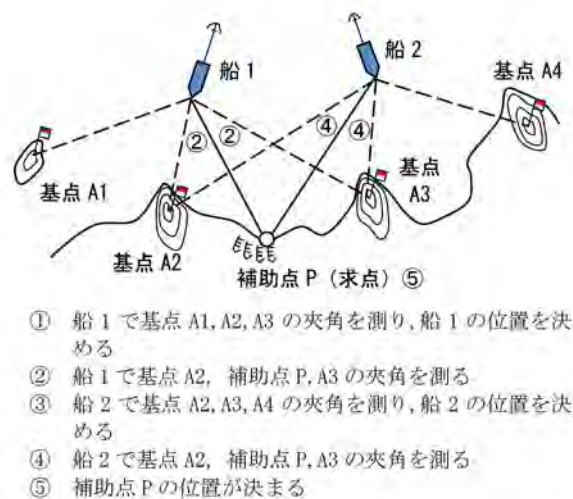


図-1 沖掛り法

さらにこれを応用したのが「沖掛り法」（海上後方交会法）で、錨を降ろした自船の位置を六分儀で

*アジア航測株式会社 環境保全・再生技術部 自然環境課 主任技師

決めた後、素早く海岸線の補助点との夾角を測り補助点を決定するという方法である（図-1）¹⁾。これらは現在も漁業者が使う「山立て」のようなもので、“そこそこ”の精度を有している。

やがて、船と陸の間を3GHz帯のマイクロ波で距離を測定する「電波測位手法」が開発されて沖合100km近くまで精密な測量が可能となった。そして現在はGNSSが普及し、誰でも簡単にしかも携帯電話で高精度な位置情報を得ることができるようになる。

測深は、長らく目盛りを記したロープに錘をつけて海底までの長さを水深とした「レッド測深」が行われていた。戦後に200kHzの超音波により船舶の直下の水深を線状（シャープ）に測る「シングルビーム音響測深機」が開発され、測量用の精密型から漁業用の魚群探知機等へ広く普及した。そして、現在は船舶から水深の2～4倍の広さを測ることが可能な小型のナローマルチビーム測深機による「スワス測深」が主流となっている。

このように、海の位置出しと測深の技術は飛躍的に発展したが、水深3m以浅の「浅場」は、波が砕けたり暗礁が点在する等、非常に危険な水域なため、地元の漁業協同組合から傭船する5トン未満の喫水約1mの船では近寄りやすく、現在でも困難を極めている。従来の浅場の測深は図-2に示す「人による汀線測量」が行われていたが、各調査会社は音響測深機を搭載したりモコンボートや水上バイクで行う等の工夫をこなしている。しかし、これら手法も常に危険との隣りあわせであり、しかもデータ量は少なく精度は粗い等で決定打ではない。

そもそも、なぜ浅場を測量するのかというと、浅場は地形変動や生態系を把握する上で重要な場所とされるからである。砂浜海岸では波の作用で沿岸砂州（bar）が形成・消失する等の地形変動が激しいこと、岩礁では多様な藻類が繁茂しそれを摂餌する魚介類の生息の場となっていること、さらにサンゴ礁ではリーフエッジに該当し生態系において重要な地点という理由がある。このため、海洋技術者や施工を担う技術者の間では、水深3m以浅の浅場をいかに「安全」かつ「高精度」「効率的」に把握するかが最大のテーマであった。

3 航空レーザー測深機の登場

現在の航空測量は、陸域の標高に対して近赤外波長を用いた航空レーザーが主流となっている。しかし、近赤外波長はレーザー光が水面で反射するため、測深はできない。そこで、沿岸の測深用に開発され

た技術がレーザー光が海底まで到達できるグリーン波長を用いた航空レーザー測深機（Airborne LiDAR Bathymetry, 以後ALBとする）である。

ALBは外国の各種メーカーが販売しているが、ここで報告するALBはChiroptear II（ドイツLeica Geosystems社）で、2014年に海上保安庁が導入したCZMIL（重量500kg）に比べて機材が大幅に小型化され（重量80kg）、民間の測量会社が保有する小型セスナやヘリコプターに搭載が可能な機種である。LiDARは海域用と陸域用の2種類から構成されるため、図-3に示すように陸部から浅場までを同時に測量可能とした。また、レーザー光は楕円スキャン方式により、地形や建物等の側面のデータを取得しやすいという特徴もある。

ALBの諸元を表-1に示す。測深性能は透明度(m)の約1.5倍としているが、これまでの測深実績を見ると北海道から九州の海域では概ね水深10m前後が測深限界である。ちなみに水深10mは、わが国の外洋における波による地形変化の限界水深（hc）付近に相当する²⁾。



図-2 人による汀線測量

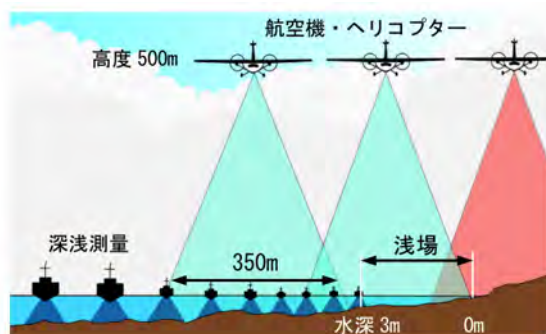


図-3 ALBの特徴

高さの基準面は T.P. (東京湾平均海面) で統一され、対地高度 500m での照射密度は水域で約 1 点/m²、干潟や陸域では約 10 点/m² である。また、レーザと同時計測する中判デジタルカメラ RCD30 は、可視カラーと近赤外カラーを同時に撮影でき、解像度は対地高度 500m で 5cm である。

4 ALB 測定の事例

4.1 砂浜海岸

まず砂浜海岸の事例として、2018 年 9 月に ALB で測深した北海道留萌郡小平町の海岸を解説する³⁾。当地区の測深はヘリコプターに ALB を搭載して、面積 3km² の範囲を 8 コース、時速 100km、60 分間で測深した。また、サイドラップを 50% 確保するように飛行コースを 8 本設定して、レーザの照射密度を 1m² 当たり 2 点以上の水深値を取得するように工夫した結果、ALB では水深 8 ~ 10m まで測深が出来た。

図-4 によると、汀線から沖合約 150m の水深 5m 付近には細長い岩盤 (最大高 +0.1m、幅約 250m) が汀線と平行に続いており、非常に複雑な海底地形を呈していた。その陸側は砂浜が続いており、海底勾配は水深 1m から +1m 間では相対的にきつかった。陸部では海岸付近まで海食崖が迫り、崖上部では侵食が見られた。以上の特徴は大地形から微地形まで立体的に表現した「赤色立体地図」で詳細にわかる。

4.2 砂礫海岸と岩礁域

次に砂礫海岸と岩礁域の例として、2016 年 2 月に ALB で測深した和歌山県白浜町の海岸を解説する⁴⁾。当地区の測深は小型セスナに ALB を搭載して、面積 49km² の範囲を 150 分間で測深した。

図-5 によると、海岸の底質は粒径が 20 ~ 100mm の礫であり、海岸線と並行して複数のバーム (汀段) が見られ、汀線勾配は 1/4 と非常に急である。汀線の沖 100m には人工リーフ (潜堤) と離岸堤が設置されており、その陸側は浅く、海側では流れが集中して形成した深さ 3m の「深掘れ」が確認できる。この周辺の等深線は複雑であり、間隔は非常に狭い。陸部を見ると階段護岸から道路、宅地の形状までわかる。

図-6 は同海岸西側に分布する岩礁域である。リアス海岸であるため海底地形は起伏に富み非常に複雑である。暗礁が多く点在するため、船舶による深浅測量では困難を極める。以上、ALB では陸部を含む浅場を広範囲に測深することに適した手法であるといえる。

表-1 ALB の諸元

項目	機材諸元
水域用レーザ (緑色)	35kHz (波長 515nm)、波形記録形式 フットプリントは 225cm (対地高度 500m)
陸域用レーザ (近赤外)	最大 500kHz (波長 1,064nm)、波形記録形式 フットプリントは 25cm (対地高度 500m)
運用可能な対地高度	水域: 500m、陸域: ~1,600m
スキャン方式	楕円方式 (オプリークスキャン)
視野角 (FOV)	前/後 ±14度、左/右 ±20度、 計測幅は対地高度 500m で約 350m
対地 500m の計測密度	水域約 1点/m ² 、陸域約 10点/m ² (単コース)
水域の計測精度	0.15m (2σ:95%)
計測性能	~10m 程度、透明度等の水質に依存
デジタルカメラ	撮影バンド数 4バンド (RGB-近赤外) 同時取得 画素数 8,000万 (10,320×7,752)

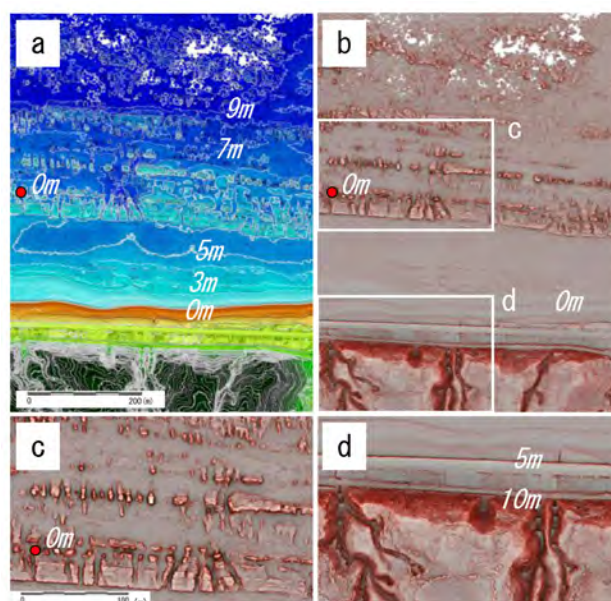


図-4 北海道小平町

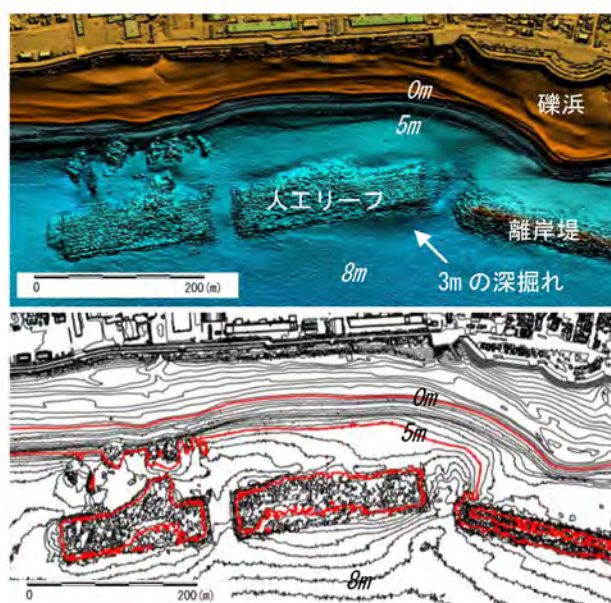


図-5 和歌山県白浜町

4.3 サンゴ礁

次にサンゴ礁の例として、2016年2月にALBで測深した沖縄県石垣市・竹富町に広がる日本最大のサンゴ礁を有する「石西礁湖」を解説する⁵⁾。当地の測深は小型セスナにALBを搭載して、図-7aに示す面積450km²の範囲を109コース、5日間（他に荒天待機が10日間）で測深した。当地は浅場と深場が混在するため、船舶による深浅測量では地先の海を知った漁船にその都度乗り換える必要があり、またリーフの外側は波が高い日が多いことから、仮に1年間測量をしても終わらない数量と推察される。

図-7bは竹富島の北西にある水路（クチ）である。陸から1km以上沖へ続くリーフの外側には、強潮流によってサンゴが鋭利な刃物のように削られた筋状の地形を詳細にとらえている。図-7cは西表島と小浜島間のヨナラ水道である。平坦なリーフから急勾配で落ち込んだ水道内には海図に記載された「水道管」が確認できる。図-7dは西表島東部のリーフ内に形成された水深4～8mの窪地（沈水ドリーネ）である。以上はいずれも船舶による深浅測量では困難な海域であり、浅場を測れるALBの利点を象徴する事例である。

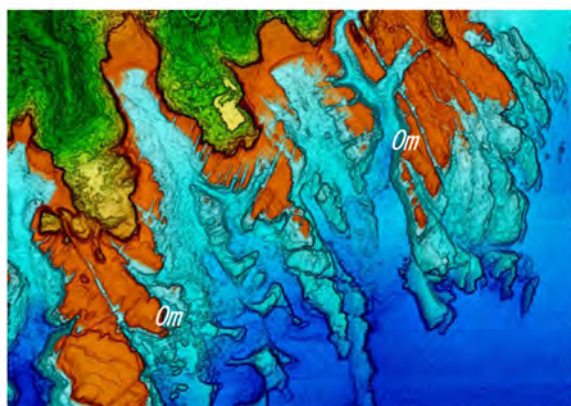


図-6 岩礁域の測深事例

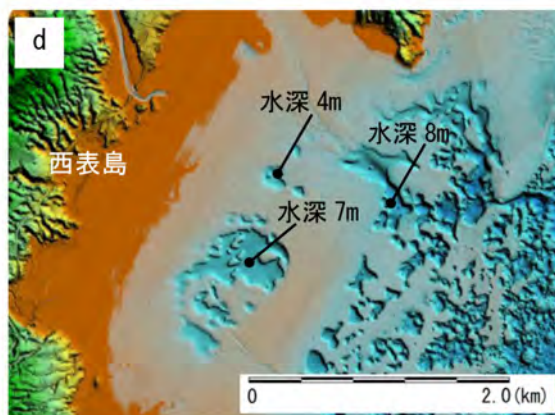
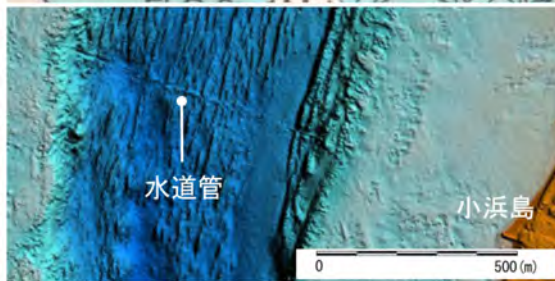
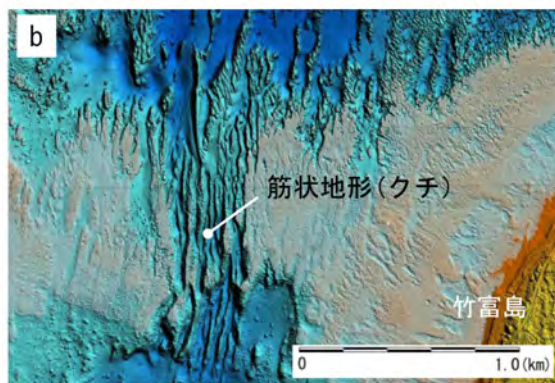


図-7b～d 沖縄県「石西礁湖」

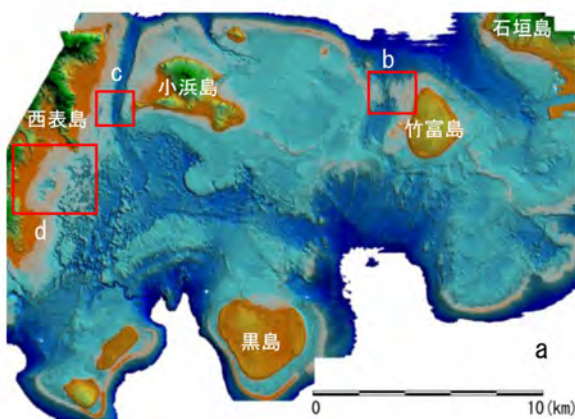


図-7a 沖縄県「石西礁湖」

4.4 藻場

ALBではレーザの異なる反射強度により、藻場の葉長が計測できる可能性を持っている。図-8は2018年5月に青森県陸奥湾で撮影した空中写真である。沖合約100mまで藻場が分布しており、潜水調査ではヨレモク（ホンダワラ類）が確認された。図-9は前年同時期にALBのレーザの反射強度から分類した横断図で、上層が水面であり、中層に藻場の葉長、下層は海底（水深）である。

これより、藻場の分布 (s) に葉長 (L) を乗じる

ことで藻場の賦存量 (Q) の算定が可能となる。しかし、藻場の面積が狭いとレーザが反応しないこと、あるいは藻場の被度が高いとレーザが海底に達しにくいことの課題があるため、異なる藻場、場所、時期での計測を積み重ねて検証する必要がある。

5 検証

ALBの比較及びコストについては、壱岐ら³⁾が報告しているのでこれを引用する。

精度比較は前述した北海道留萌郡小平町の海岸で、ALB測深とその約1か月前に実施した深浅測量で行っている。なお、近隣の留萌港の波浪観測データによると、この1か月間には大きな地形変化を生じさせる高波浪はほぼ見られなかった。図-10aのALB測深と深浅測量の横断比較では、距離300m以深での岩盤域の水深差はやや大きい、その他では15cm以内であった。

また、図-10bの陸部のALB測深と横断測量との横断比較では、高さの差分の平均値は13cmであり、50cm以上見られたのは、護岸や道路の角(エッジ)であった。ALBではレーザの照射密度が 1m^2 当たり1点であるため、このような構造物の変曲点では実測で補測する必要があることを示唆した。

コスト比較では上記と同じ海岸で行っている。図-11は従来技術(横断+深浅測量)とALB測深のコスト比較である。ALB測深は路線長(沿岸方向)が2.1kmを越えると従来技術によりコストが低くなることを示していた。

6 まとめ

本調査で得られた結果を以下のとおりである。

- ① ALBでは、砂礫海岸、砂浜海岸では水深10m程度までの測深が可能であった。
- ② 浅場と深場が混在する岩礁域やサンゴ礁では、従来の船舶による深浅測量では困難を極めたが、浅場の測深を得意とするALBではその性能の威力を発揮した。
- ③ ALBのレーザの反射強度の違いから、藻場の葉長が計測可能となり、これに空中写真でとらえた藻場分布を乗じることで、藻場の賦存量が算定できる。ただし、藻場の大小や被度によるレーザの到達不可など課題が残る。
- ④ ALB測深精度は深浅測量と15cm以内であった。また、陸部の護岸や道路の角(エッジ)の測量については、別途補測が必要であることが分かった。

7 展望

碎波帯、岩礁域、サンゴ礁等、これまで「測量が難しかった」水域がALBによって可能となった。また、ALBは従来手法と同等の精度を有し、コストは数量が増えると低くなることが分かった。

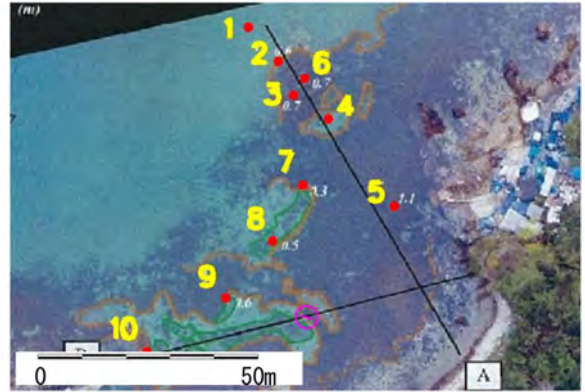


図-8 藻場分布

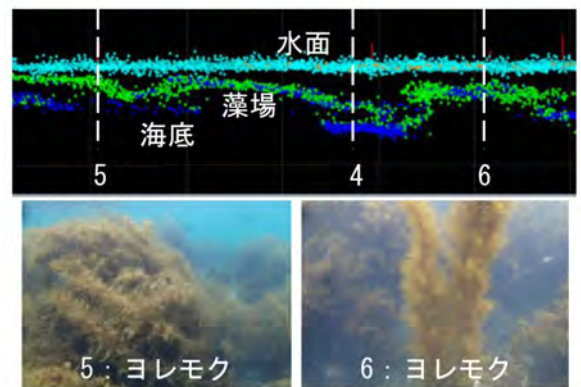


図-9 ALBの反射強度から分類した横断図

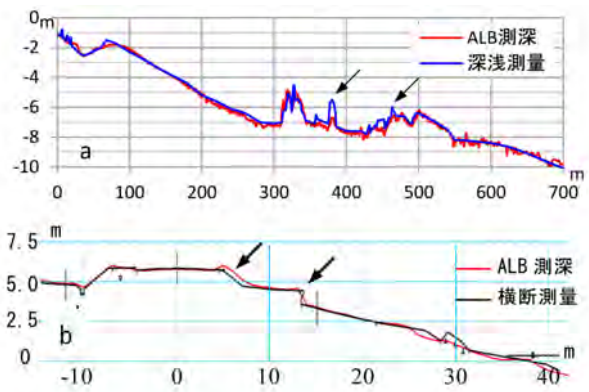


図-10 ALB測深と深浅・横断測量との精度比較

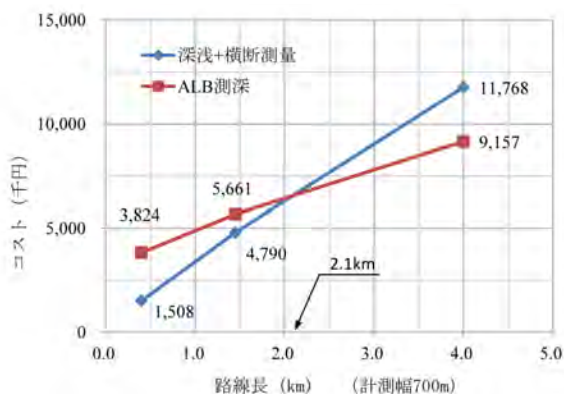


図-11 深浅 + 横断測量と ALB 測深とのコスト比較

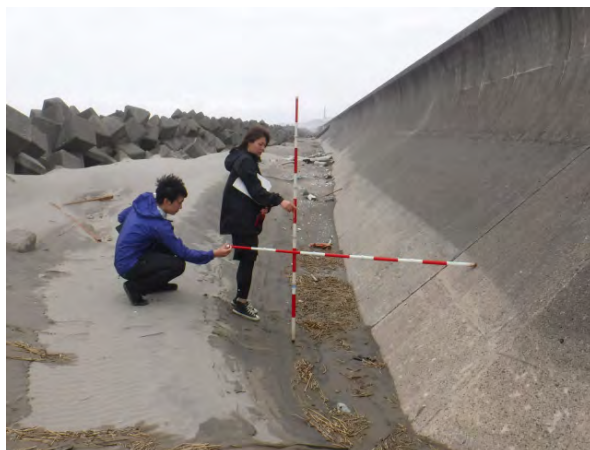


図-12 ポールを用いた横断測量

わが国の領海を決定する際に沿岸に存在する島(岩)が基準となるが、そのような島は潮汐で干出を繰り返していることが多く、測量が困難なため、海図の空白地帯でもあった。このため、ALBはそのような水域での測深にも期待がかかる。また、ALBは同時に空中写真を撮影することから、砂丘植生の分布と高さの情報を得られ、「面的」な海岸の状況が確認できる。

昨今の ICT の急速な発展に伴い、ALB のような新技術は今後も出現し、現場の生産性向上に寄与すると予想される。しかし、新技術の結果のみで事象を捉えること、例えば「なぜ、このような地形なのか、なぜこのような事が起きたのか」を一回の調査で知ることは難しい。また、新技術の多くが「電気」で作動しているが、昨年以降の台風や地震では長期間にわたって停電が起きたため、万能ではない。一方で、このような状況では迅速に被害状況の「つかみ」を知ることが求められる。これは有事に限らず、日常でも多い。

これには、前述した船の位置を知る「三点両角法」や砂浜地形を測る「ポールを用いた横断測量」(図-12)、大潮の干潮・満潮時に海面を測り基準面を決める「同時験潮」等、手段はたくさんあり、また、衛星画像や行政が公開している波浪観測データ、リアルタイムのライブカメラ画像(図-13)、個人が毎日撮影している海岸の写真等の材料も身近にある。

このため、技術者は新技術を積極的に導入し、かつ緊急時でも調査ができるように「技術のバックアップ」を備えるとともに、日ごろから情報の定点観測を行い、考察する力を身につけることが望ましいと著者は考えている。



図-13 ネットで公開されているライブカメラ

(資料：神奈川県藤沢土木事務所)

〈参考文献〉

- 1) 吉岐信二：「水域計測の第四次産業革命」, 日本写真測量学会, 写真測量とリモートセンシング, Vol.56, no.6, pp.286-288, 2018.
- 2) 宇多高明：「日本の海岸侵食」, 山海堂, p.442, 1997.
- 3) 吉岐信二・藤山達生・門脇極・横田智映・渡辺智晴・黒沼徳満・塚本吉雄：「グリーンレーザーによる北海道留萌海岸の測量」, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.75, 2019.
- 4) 吉岐信二：「航空レーザー測深機で得られたデータを解釈する」, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.38, No.4, pp.352-355, 2018.
- 5) 金田真一・千葉達郎・上橋幸二・吉岐信二・實村昂士：「航空レーザー測深(ALB)による石西礁湖の海底地形」, 日本写真測量学会, 写真測量とリモートセンシング, Vol.58, no.1, pp.2-3, 2019.

自然の恩恵 鳴き砂海岸

国の天然記念物・名勝の鳴き砂の浜・琴引浜

やすまつ さだお*
安松 貞夫*

Key Word

山陰海岸ジオパーク、鳴き砂の浜・琴引浜、はだしのコンサート、温泉

1 はじめに

世界ジオパークに認定された「山陰海岸ジオパーク」と、国の天然記念物・名勝「鳴き砂の浜・琴引浜」。その見どころ・魅力を紹介し、多くの方が訪ねていただくことを期待する。

2 山陰海岸ジオパークとは —京丹後、琴引浜で見られるジオの紹介—

山陰海岸ジオパークは名の通り海岸を主とする。京都府京丹後市の東縁、経ヶ岬から兵庫県、鳥取県鳥取市の3府県にまたがり、その範囲は東西約120kmに及んでいる。ここでは「日本海形成に伴う多様な地形・地質・風土と人々の暮らし」をジオパークのテーマとしている（図1）。



図1 山陰海岸ジオパークエリアと京丹後市・琴引浜
京丹後とっておき処地図、京丹後市観光協会より

1500万年前の大事件が、海岸風景をつくった。西日本は大陸から離れ、時計回りに回転し、海が入り込み日本海が出来た。

京丹後市の山陰海岸ジオパークは、浜、湊、岬の

ジオといえる。名のごとく海岸に面したところに奇岩、巨岩が青い海を背景にそそり立つ。屏風岩や立岩などの巨岩がつくられるのには、日本海の荒波の力が必要だった。

屏風岩 経ヶ岬から西に進むと、棚田の前面に海に向けて伸びる岩の列が見える。1500万年前に堆積した地層に入り込み冷えたマグマだ。地層は波に削られ、火成岩が屏風状に伸びている（写真1）。



写真1 屏風岩

立岩 周囲1km、高さ約20mの柱状節理もダイナミックな巨岩。これも安山岩質マグマが地層の間に入り込んだもの。

鳴き砂の浜 琴引浜も1500万年前、ダイナミックに日本列島が大陸から回転、別離し海が入り込んだことで誕生したといえる（写真2）。

このあたりの海は浅い内湾でシルト質の泥がたまり二枚貝のキララガイ、イタヤガイ、カキなどが暮らしていた。また地層面にはさまざまな大きさの生

*琴引浜ネイチャークラブハウス 地質学、漂着物学



写真2 琴引浜

痕化石が見え、太さ5cmサイズのものもある。ゴカイのような動物が陸から運ばれてきた栄養たっぷりの泥質の海底を食べ回って暮らしていたようだ。

琴引浜周辺では、海底火山が噴火すると地震が起き、斜面の堆積物を壊し下方に滑らせるなどしていたようで、決して静かな海ではなかったようだ。

海底火山が噴火し、火山灰、火山礫をまき散らしたことは常だったろう。まき散らされた火山灰が海水と反応して緑色化した。その凝灰岩などをグリーンタフと呼ぶ。琴引浜でもきれいな緑色の凝灰岩が見え、繰り返しの噴火で層になり判りやすい地層になっている。

網野累層は海に向かい緩く傾き、海に向かい順に上の時代を見ることになる。大岩は赤茶けた穴だらけの岩、凝灰角礫岩だ。海底火山が噴き出し海底に堆積したもの（写真3）。



写真3 グリーンタフ 海底火山が噴出した火山灰、火山礫が海水と反応して緑色化した。

「鬼の洗濯板」の岩場がある。粗い砂と泥が交互に層になっている。河口に堆積した砂泥が海底へ地すべりを起こし、砂は速く泥はその後に溜まったいわゆるタービダイトだ。この地層がその後の地殻

変動で緩く傾き、波の力で削られたもの。ここでも当時の海底の泥を食べて暮らした生痕化石が見つかる。

太鼓浜の礫岩層 海沿いに西に進むとコンクリートのように見える4cm大の石ころの集まりの岩、礫岩がある。これも1500万年前に川が海に運んできたもの。

太鼓浜の岩場、波蝕台では数mのねじ曲げられた地層の塊がたくさん見える。これも海底に堆積した地層が地震などの力でより深い斜面に流れ落ちてぐにゃぐにゃに溜まったスランプ構造だ。

万畳の岩場 高温石英、水晶浜 琴引浜の西に白っぽい崖、万畳の岩が見える。流紋岩質火砕流堆積物。

透明度の高い1mmサイズの自形の結晶、高温水晶が含まれる。風化浸食されれば高温水晶が残る。高温水晶の砂でできた水晶浜が万畳の岩場の西にある。この高温水晶は3～5mmサイズの大きな結晶もある。琴引浜の鳴き砂も小さく少ないながらも、結晶形がきれいな高温水晶が含まれるから、この流紋岩質火砕流堆積物も琴引浜の鳴き砂を作ったものの一部だ。

とれとれの魚が楽しめるのも、ジオパークのめぐみ

大陸と日本間に深みができたのが日本海。出入りの水深は浅く100m前後。ところが最深部は3700mもある。水温は水深100mから急降下し、300m以深で夏でも1℃以下。太平洋では10℃～15℃と比べると大きく異なる。琴引浜から30km沖は水深250mの海。水温1℃の海は北の国のズワイガニ、アマエビの住み家だ。表層には海流に乗って魚たちがやってくる。対馬海流に乗ってやってくるのはマグロ、ブリ、トビウオなど。

琴引浜でジオパークを楽しみ、季節ごとに新鮮な魚介類を楽しんでほしい。

▼3 琴引浜になぜ鳴き砂の浜が出来たか 花こう岩から鳴き砂へ

鳴き砂の源は花こう岩。新第三紀初期6000万年前に上昇した宮津花こう岩が源。地表に露出し風化しマサ土になる。

マサ土は川を経て海に至る。風化が続き、安定な石英は分化せず残留し長石、雲母、角閃石などは粘土化し去る。石英は海の波、古砂丘での風化を受けてさらに磨かれ鳴き砂になっていく（写真4）。



写真4 花こう岩からマサ土に 風化が進めば長石、雲母は粘土になる。石英は風化に対してとても強い

日本の鳴き砂

かつては日本には多くの鳴き砂の浜があったといわれる。海岸線の人工的改変で消滅したり、開発により砂が汚れて鳴かなくなったりして今は全国で30か所確認されているだけ。琴引浜は鳴き砂の浜としては全国最大級、鳴き砂の良さも全国でトップクラス。

そのわけは、琴引浜近くに大きな河川が無く、細粒な粒子がやって来ず、ポケットビーチで常に洗われるところにあること。背景にある古砂丘から砂が供給されることも有効と考えられる。日本海岸の鳴き砂の浜には背景に古砂丘がある。鳥取砂丘は古砂丘だが、大山火山灰層が含まれ微細粒子が砂浜に供給されるため、鳴き砂の条件を満たさない。鳥取砂丘の古砂丘砂も相当努力し、洗って微細粒子を取り除けば鳴き砂になるはず。

古砂丘はどうしてできたのか

12.5万年前、海水面が上昇し波が大地を削った。削られた浅い海面には礫があり穿孔貝が穴を掘って棲んでいた。この様子が、琴引浜の白滝の崖に残されている。その後、海は退き、砂漠のような浜が広がり、砂は風により陸に運び込まれた。こうして古砂丘が発達した。砂は古砂丘でさらに風化を受け続ける。琴引浜の背景の古砂丘は60mの厚さがある。

鳴き砂の鳴らし方

太鼓浜中央部、大岩の内側は小規模なトンボロ地形となっている。ここにはよく洗われた砂が波蝕台の上に薄く乗る。叩くと太鼓の音がするから太鼓浜と村人は呼ぶ。

琴引浜の砂に力を加えるときゅっ、きゅっと音がする。鳴き砂は湿っていると鳴かない。また観光客が浜に細かいものを運び込むと鳴かない。砂が鳴くには3つの理由がある。粒ぞろいであること、微粒子が含まれない、硬い石英粒子が主であること。太鼓浜は好条件が揃っている。観光客が浜に降りると、浜の管理人は掃除の手を休めて鳴き砂の鳴らし方を教えてくれる。鳴き砂の鳴らし方、太鼓の音の鳴らし方に加え、最近では笑い砂の手法も教えてくれるが、これは少し難しいがチャレンジしてみて。

掛津鉱山

琴引浜指定範囲の外で古砂丘を採掘している。泥質部分を除き去り粒度を正確に調整しエンジン用など目的に応じた铸件用砂にして出荷している。外国産の砂の輸入も容易ではなく、铸件用砂も再利用が進められている。古砂丘から泥質部分を徹底的に除くと「商品」は予想どおり良好な鳴き砂になる。

鳴き砂を守る取り組み

この32年間、琴引浜では鳴き砂を守る取り組みが続けられている。

「琴引浜の鳴り砂を守る会」が発足(1987年)し、日本の各地の鳴き砂の浜の地元の人たちと交流を深め「全国鳴き砂サミット」を行なっている。ロシアタンカー「ナホトカ号」からの重油漂着では対策に奔走した。タバコの灰、吸い殻から浜を守るため、禁煙ビーチへの取り組み、特別保護区域に指定するなどの運動を進めた。この取り組みの中で「琴引浜鳴き砂文化館」「琴引浜ネイチャークラブハウス」を作った。こうした活動の中で琴引浜は国指定天然記念物・名勝に指定されていった。

クリーンアップキャンペーン

拾ったゴミが入場券 はだしのコンサート

始まりは25年前、丹後観光キャンペーン協議会主催で行われ、今は実行委員会主催で、100名以上の個人、団体に寄付を募り、実施している。400名の参加、地元の児童、高校生、大学生の協力があったイベント。まず全員で浜に出てごみを拾い、クリーンアップをする。ごみの量、数を集計し、見えるかたちで結果発表をする。最近では海のマイクロプラスチックが問題になり、参加者はザルを持ち浜に

出て鳴き砂を振るい細かいごみも集めてきている。

このキャンペーンの結果は、京都環境フェスティバルなどでも見えるかたちで展開し、浜の保護を訴えている（写真5）。



写真5 はだしのコンサート クリーンアップ結果発表

4 琴引浜には、いっぱいの魅力

琴引浜の魅力、見どころはジオパークと鳴き砂だけではない。温泉と花。これも当然ながらジオが土台になっている。

温泉

白滝の横には断層破碎帯がある。水は地下へと流れ込み温泉として甦る。断層は大変な災害を及ぼすが恵みももたらしてくれる。

露天風呂

太鼓浜には露天風呂がある。地下651mまで掘削し、得られた温泉の温度は45.2℃で湯量は毎分200ℓだった。泉質は含食塩硫酸単純泉で無味無臭。丹後半島で初めて掘削に成功した記念すべき温泉だ。4月から温泉を楽しめ11月ごろ砂に埋もれば終了。温泉はかけ流し状態。湯舟は狭く海水浴客は砂を掘り、マイ露天風呂を楽しむ。入浴は無料だが水着着用、鳴き砂保全のため石鹸、シャンプーは禁止（写真6）。

琴引浜のある掛津区では新たに井戸を掘りあて、温泉を供給している。民宿のほか、民家数軒にも供給されている。

幽斎の東屋、キャンプ場

温泉の上の松林にはキャンプ場があり洗い場、トイレが整備され、夏場は浜茶屋が開かれる。駐車場を降りてすぐなのが便利。最近はキャンプ客もスリーシーズンの様相になり、外国の方は夏を避けてお越しになられる。



写真6 湧き出す温泉 マイ温泉を掘り楽しむ

キャンプ場には、かつては東屋があった。戦国時代、最高の教養人で舞鶴（田辺）城主、細川幽斎が、息子忠興、妻玉（明智光秀の娘、ガラシャ）らを伴い、歌や茶を楽しんだと言われる。

花

琴引浜には浜、砂丘、湿地と多様な環境があり四季折々に花が咲き溢れる。春の海岸にはイソスミレ群落の花を咲かせ、ギフチョウを呼ぶ。春の山野にはトキワイカリソウが色とりどりに咲き誇る。初夏の砂浜にはスナビキソウがアサギマダラに一時の休息をいざなう。夏にはササユリ、ユウスゲが、秋には京丹後市の花、瑠璃色のトウテイラン。

段丘面上の湿地性植物群落

白滝周囲の植生は地質と大きく関連を持つ。塩気の高い風の強い斜面は並の植物は育ちにくい。さらに古砂丘から浸み出る水は酸性度が高く純度も高い。そのため湿原状態にあり、それに耐えられる植物が季節ごとに咲く場となっている。そこ京都府のレッドデータブック2015にあるような準絶滅危惧種：ミミカキグサ、カキラン、ノハナショウブ、絶



写真7 湿地性植物群落に咲くトキソウ

滅危惧種：トキソウ、エゾミソハギなどと、まさに
湿地性の植物群落だ（写真7）。

丹後王国，前方後円墳，製鉄コンビナート

弥生時代から古墳時代の遺跡も見逃せない。琴引
浜の南に離湖がある。砂の移動によって塞がれた潟
湖。そこに接して日本海最大古墳，全長 200 m の前
方後円墳，網野銚子山古墳がある。

離湖の奥には遠處製鉄遺跡と迎賓館の遺跡があ
る。大陸との交流がある良港を持ちヤマト王権との
物流を介した丹後王国があった。遠處製鉄遺跡の時
代以降，砂鉄を採取し山の樹を伐り木炭を造りた
ら製鉄をしたため森や土地は痩せ，丹後は衰えたの
だろうか。

北丹後地震

京丹後市には国指定の天然記念物がもう一つある。

昭和 2 年（1927 年）3 月 27 日午後 6 時 27 分，
M7.3 の直下型地震が丹後を襲った。この断層変移
は建屋で覆われ国の天然記念物として保存されて
いる。ここで生じた断層に初めて活断層という言葉が
用いられた。

地元の白滝神社も崩壊した。石段にある鳥居の上
部は折れ，揺れの大きさの様子を今に遺している（写
真 8）。



写真 8 白滝神社の折れた鳥居 見える形で被害の有様を残
すことは大切だ

〈参考文献〉

- 1) 京丹後市教育委員会文化財保護課：「琴引浜ガイドブック」，京丹後市
- 2) 山陰海岸ジオパーク推進協議会：「山陰海岸ジオパークガイドブック」，2012
- 3) 安松貞夫・美佐子：「琴引浜ガイド」，琴引浜ネイチャークラブハウス，2014

沿岸域深部地下水の超長期的安定性評価研究

まるい あつなお*
丸井 敦尚*

Key Word

沿岸域, 地質環境モデル, 地下水流動, 地下水年代, 安全評価

はじめに

わが国初の商用原発（黒鉛減速ガス冷却式）は1966年に茨城県東海村に誕生した。また、軽水炉型の原子力発電は福井県の敦賀原発1号機であり、1970（昭和45）年に操業を開始している。東日本大震災（2011年3月）の直前には、国内で59基の原発を数えるまでになり、総出力は5,000万kWを超えていた。実際のところ、当時の国内の電力需要は1億kW程度であり、原発の稼働をコントロールすることで、電気エネルギーの約1/4が原子力発電によって賄われていた。原子炉はウラン等の燃料を使って発電するが、使用済みの燃料は処理されて再利用される（これを核燃料サイクルという）、しかしながら、再利用できない、いわゆる核のゴミが5%程度生じ、これを高レベル放射性廃棄物と呼んでいる。この高レベル放射性廃棄物は融けたガラスと混合し、固化して処分されることになっており、これをガラス固化体という（ステンレス製のキャニスター容器に入れる、1本の大きさは；直径43cm、高さ134cm、重量は約500kg）。仮に100万kwの原発が稼働すると、毎年27～28本のガラス固化体が発生すると言われており、わが国には既に25,000本以上のガラス固化体に相当する高レベル放射性廃棄物が存在している。高レベル放射性廃棄物の処分方法については、これまでに数々の議論があった。南極の氷床下に処分する方法や海洋投棄、宇宙放出などが検討されてきたが、現在のところ（南極条約やロンドン条約などにより）、受益国の領土内地下に処分すること（地層処分）で国際的に一致した理解を得ている。

わが国では、動力炉・核燃料開発事業団（現在の日本原子力研究開発機構）によって1976年ごろか

ら高レベル放射性廃棄物に関する処分研究が始まっており、1992年には第1次レポート（通称）がまとめられ、国内における地層処分の技術的な可能性が示された。その後、地層処分研究は一気に加速され、1999年には第2次レポート（通称）が出版され、地層処分の技術的信頼性のあることが報告された。現在のところ、ステンレス製のキャニスターに入れたガラス固化体は、そのまわりをオーバーパック（炭素鋼など）で包み、さらにベントナイトの緩衝材で覆って地中に埋設することになっている（図1）。これを人工バリアと言ひ、1万年程度の放射性物質の隔離を期待している。ちなみに、放射性物質がキャニスターから漏れて生活圏に到達する場合、数万年から10万年程度の時間をおけば自然界に存在するウラン鉱石以下の線量になることが知られている（NUMO HP）。また、放射性物質が人工バリアから漏洩した場合、これを生活圏に運ぶものとして、地下水の流動や拡散が最も有力な要因であると考えられている。したがって、地下水の動きや賦存状態、さらには地下水を封じ込める地質環境をあわせて天然バリアと呼ぶが、この役割が重要となる。この天然バリアに10万年程度の封じ込め機能を期待しているため、地下水に係る研究は最も重要な要素の一つであると言える。しかしながら、沿岸域とりわけ深部の地下水には、まだまだ未解明な部分が多い。それは、沿岸域ほど堆積層が厚く、しかも人口や産業が密集しており、調査が困難なためである。これに加えて海水との境界が地質や水理学的な平衡によって形作られていて複雑であること、さらに深部の地下水は海水準の変動を反映して化石的な地下水や海水が残っていることなど、複雑になる要素が大きくなかなか一般化することが難しい。

*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

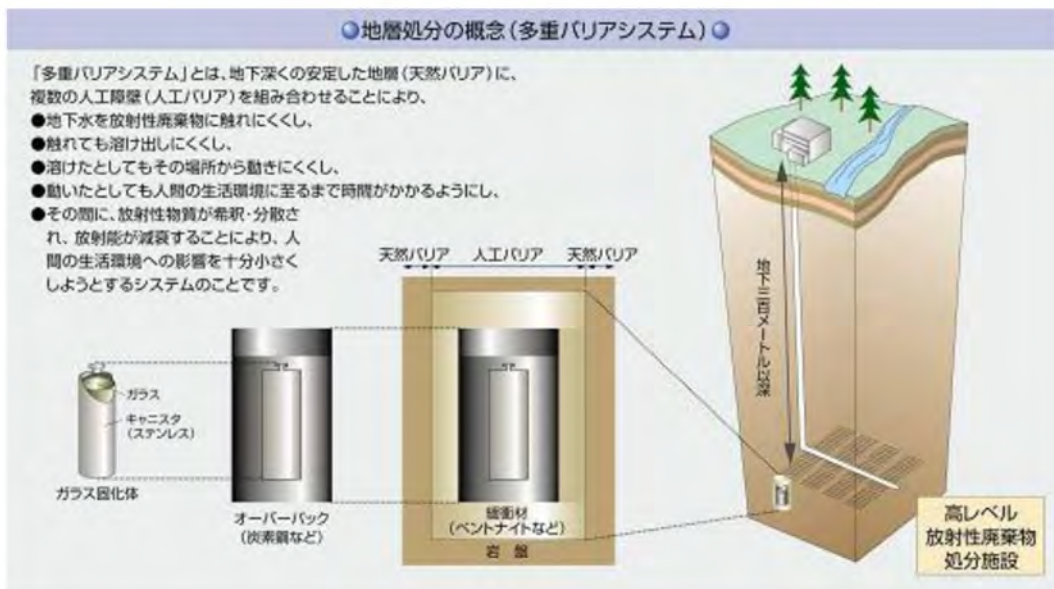


図1 地層処分のイメージ：キャニスター，オーバーバック，緩衝材（ベントナイト），処分坑道の関係を示す。（原子力環境整備促進・資金管理センター HP）

また、第2次レポートは、翌年英訳されて公開されたことから、一般には2000年レポートとも呼ばれている。同じく2000年に、国は最終処分法（特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律）を制定し、高レベル放射性廃棄物は地下300m以深に埋設することや火山や活断層を避けること（法定除外要件）などを定めている。同時（2000年）に国は、地層処分事業の実施主体であるNUMO（原子力発電環境整備機構）を設立し、地層処分のための調査を受け入れる自治体（市町村）の公募を開始した。途中、立候補を申し出た町もあったが、すぐに申請は取り下げられ足踏みが続いていた。また、2011年には福島第一原子力発電所の事故もあり、原子力行政に対する国民の意識も高まってきたことから、国は2012年に経済産業省内に地層処分検討委員会、2013年に地層処分技術ワーキングを立ち上げた。このWGには産総研から3名の研究者が招へいされた（著者もその一人）。

当初、国は先頭に立ってこの地層処分事業を進めるとし（2015年5月22日の閣議決定）、国からの申し入れも視野に入れて、地層処分の好適地となる可能性を有する地域を選定するため、科学的有望地の要件とその基準を検討した（2014年5月の中間とりまとめ；最新の科学的知見に基づく地層処分技術の再評価—地質環境特性および地質環境の長期安定性について—）。しかし、全国的に統一的な基準で整備され、しかも全国をカバーするデータに限りがあることなどから、国民が誤解を生まない議論ができるかなどが、その後の議論で問題視され始めた。

そこで、地層処分技術ワーキングでは工学技術まで含めた総合的な観点から、地層処分の候補地が避けるべき要件と基準をとりまとめ、2017年4月に最終報告（地層処分に関する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果（地層処分技術WGとりまとめ））を発表した。さらに同2017年7月に国（資源エネルギー庁）は科学的特性マップ（図2）を公表している。さらに2018年にはNUMOより包括的技術報告書が公開され、地層処分に対するセーフティーケースの概念が示された。

一般論として、地層処分は必要不可欠であっても、自分の居住区が候補地になることを望まないのが大衆である。国民の感情を鑑みて、国はまず日本列島全体の科学的な知見を国民との間で共有し、不適地を除くところから絞り込みを始めたと言える。地質調査総合センターでは、日本列島全体の地質や地下水をデータベースとして保有しており、実施主体であるNUMOからも大きな期待を寄せられている。将来、NUMOは安全性確認のための現地調査を国内のどこかで実施するが、この時のため、地質環境に合わせた地下水の調査方法や安全性の確認手法を確立しておく必要がある。このため、当該センターにおいても1990年代の初めから沿岸部の深層地下水研究を実施してきた。

2 地層処分に関わる地球科学的要件と科学的特性マップ

地層処分においては、高レベル放射性廃棄物を先

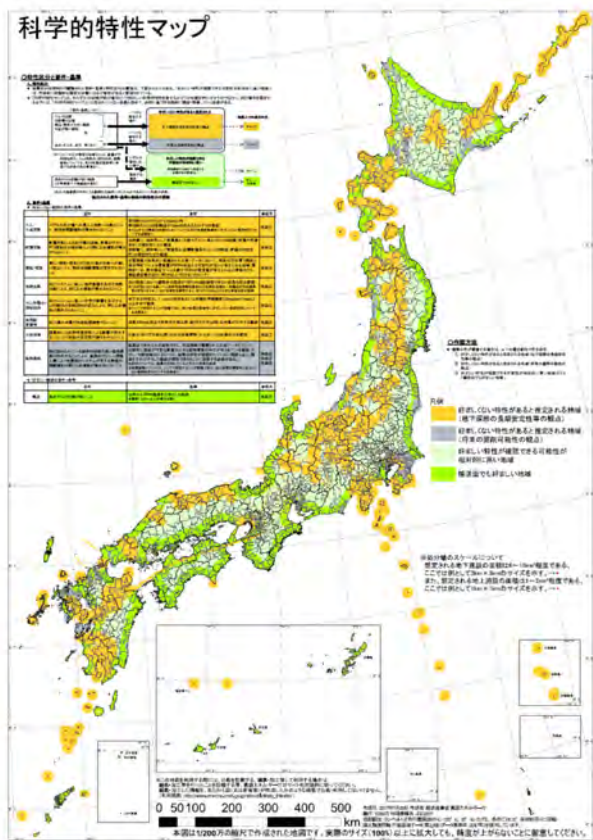


図2 科学的特性マップ (METI, 2017) 我が国で初めて地層処分の可能性が示されたと言われているが、実際には不適地が示されたマップである。

に述べたガラス固化体にした後、キャニスターと呼ばれる金属容器に入れる。基本的にはこのキャニスターで運搬したり、中間貯蔵する。最終的に地層処分する際には、キャニスターをオーバーパックと呼ばれる容器に入れて、掘削坑の中にベントナイトの緩衝材を詰めて埋設する(図1)。この際、地層処分に適性が高い場所(処分場)として求められる要件は、①高温にならないこと(定置後のガラス固化体は発熱するので、100℃程度以下の場であることが求められる。さらに、初期の段階で人間が作業する場合には、労働基準法に照らし、通気した状態で40℃以下になる必要がある)。次に、②地下水の流動が十分に緩慢であること(漏れ出した汚染物質が人間活動域に到達するまでに十分な時間を要すること:10万年程度の隔離性能を担保する必要があることから、埋設位置と地表との距離や地域の隆起速度等を考慮に入れて、安全な地下水の流動速度を評価する)。続けて、③力学的に安定していること(断層等の影響がキャニスターや緩衝材に致命的な影響を与えないこと)。最後に、④化学的に安定していること(極端な酸性やアルカリ性でないことに加え、酸化環境でないこと)、である。概念的にはキャ

ニスターや緩衝材などの人工バリアは1万年程度かそれ以上核種を封じ込めて、その後は地質や地下水の天然バリアで封じ込めることをイメージしているが、この人工バリアが腐食したり破損する要素を極力避けるための要件である。上の①から④までの頭文字を並べ替えて、THMCと称している。我が国にはこのTHMCに関わる多くの論文や調査報告書、データベースが存在している(実際OCRでの読み込みが可能となる1970年以降の論文だけでも、GeolisとGeo Science Worldを検索しただけで、関連のものが80万件リストアップされた)。しかしながら、対象地域に限られた論文や調査では、日本列島全体を見通した国民的な議論(科学的な有望地選定の入り口の議論)に耐えないとの懸念から、地層処分技術ワーキングでは中間的な取りまとめの段階から除外されることになった。もちろん、既知のデータは利用すべきとの声も上がったが、論文等の信憑性に対する判断や科学的特性という場合の科学的範囲など議論が整理しきれなかったのが事実である。ただ、地層処分技術WGが挙げるように、THMCに影響を与える要素や要件・基準は整理できた。

ここまでのステップを踏まえて、まずは法定除外要件(火山の中心から15km、活断層の長さの1/100の幅をさけること)や巨大カルデラ、のちに人間侵入の可能性のある地域(地下資源埋蔵地域)を除いたマップを作成した。このマップの持つ意味は、除外されていない地域には、処分場を建設できる可能性があるということで、地域の自治体などの賛同が得られれば、より詳細な調査に入ることである。国は自治体の賛同が得られた場合、文献調査に始まり概要調査、精密調査へと続く3段階の調査を念頭においている(NUMO HP)。図2の科学的特性マップにおいて、濃淡あわせて緑色に示された地域のどこかが、この調査を受け入れれば、その地域に特化したより詳細な安全確認のための調査が実施されるということである。また、濃い緑色は海岸線から20kmの範囲にあり、標高の高すぎない地域に付された。我が国の原子力発電所は全て海岸に立地していることから、高レベル放射性廃棄物は、海上を輸送されると考えられる。このため、処分場も沿岸部に立地していることが輸送面からみてもリーズナブルといえる。そこで、海岸から20kmの範囲を濃い緑色とし、輸送面からみても好ましい地域としている。しかしながら、現在900を超える市町村がこの濃い緑色にかかっており(我が国の市町村数は1700余り)、処分候補地の選定までには、今後さらなる議論が必要なことは必至である。

▼3 ステークホルダーのコンセンサスを得るための研究手法

大規模な工事や対策のためにステークホルダーの同意を得る手順として、近年の世界的な標準として、以下のステップが求められる。各ステップを簡単に紹介する；

1) Conceptual Model (概念モデル) の構築

既存の文献資料、地形図、地質図などから地域の3次元的な構造モデルを作る。できればこの段階で、初期的な地下水流動シミュレーションなどを行う。これは、その後の調査等のキーになる地点のイメージを作るためである。同時に地球環境変化(気温や降水量など)、社会構造の変化をチェックしておく。

2) SDM (Sight Description Model: 詳細モデル) の構築

上の概念モデルに THMC (温度分布, 水理構造(透水係数や間隙率など), 断層活動(運動の年変化), 化学的特性(pHや溶存物質質量))などの空間分布を盛り込んだ地域の詳細モデルを作る。このためには、物理探査試験や調査井から得た地質や地下水の実データならびにその不確実性を用いる必要がある。

3) Detail Design (工学設計)

グラウトなどの補助工法までも含めた全体的な設計とその施工プランを策定する。後の性能評価や安全評価を考慮して、工期の時間的な幅を検討する必要がある。

4) Performance Evaluation (性能評価)

実際にできる構造物の性能を評価する。この時点で、先のSDMにおけるTHMCの各要素(危険要素)がどれだけ排除できる性能を持つか、性能の時間的な変化を評価する。

5) Safety Evaluation (安全評価)

性能評価に基づき、安全性を評価する。考えられるリスクをマップに示し、工事や対策に伴う危険を想定する。このとき、できる限り天然現象と工事影響の区分ができる要件や項目を示すことが望ましい。

工事や対策等を行う実施主体が一般市民に説明を行う際には、リスクマップを使い、わかりやすく安全性を説明する必要がある。我々技術者はリスクマップ作成に至る過程が科学的な論拠に基づいていることを立証する必要がある。また、すべてのステッ

プにおいて、市民には可逆性の有無をあらかじめ知らせる必要がある。具体的には工事に着手したら後戻りができなくなる前に説明し、同意を得ることが必要である。

▼4 沿岸部の地質・地下水モデルと超長期安定性評価研究

4-1 沿岸域研究地の選定と Conceptual Model (概念モデル) の構築

本研究を実施するにあたり、既存資料が揃えられることはもちろん、高次のSDMモデルを作るために、高度なデータがそろっていることが重要となる。そこで、本研究では一連のモデル作成研究ができる場所として、北海道北部の幌延町浜里地区を選定している。当該地では、基礎データに加えて日本原子力研究開発機構をはじめとする研究機関が集中的な研究を実施していることで知られている。この研究は処分システム開発のためであり、決して処分場建設の適地選定のためではないことを添えておく。北海道北部には広大なサロベツ湿原が広がり、堆積層による海岸平野が存在する(図3)。堆積層の厚さは5000mに達すると推定されており(新里ほか, 2007)、地下水も深部にまで賦存していると考えられる。新里によれば、表層の沖積層の下位には、更新世の更別層が存在し、その下位には、鮮新世の勇知層、声間層、さらには中新世の稚内層と続くことが報告されている。一方、その沖では地下水が海底湧出地下水として湧き出していることも確認されており、質の良い漁場となっている。この平野は我が国の典型的な遠浅海底地形を呈する堆積平野といえ、氷期には陸域が広がり、現在の海域においても広範囲に地下水が流動していたことがうかがえる。また、この地下水流動域は氷期の終了とともに上昇した海水で覆われており、当該地の海底下地下水の賦存状態を把握することは、列島全体の沿岸域海底下地下水の状態を理解する好例となると考えた。



図3 幌延町沿岸域の試験地
試験地は利尻島を望むサロベツ湿原の沿岸域に位置している。

既存資料によれば、陸域の堆積層は海域に向かって傾斜しており（新里，2007），海岸部には海岸線に平行する断層かまたは大きな傾斜があると推定されていた（JAEA）。また，当該地には海上保安庁の海底地形データやJOGMECの物理探査データ，試掘データがあった。さらに産総研の海底地質データを考慮して，当該地のConceptual Modelを構築した。これを図4に示す。

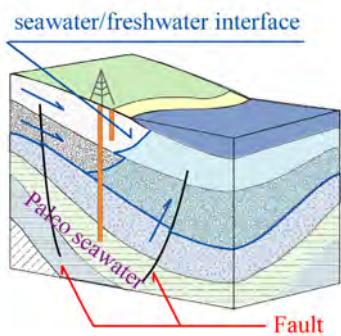


図4 試験地沿岸域の地下水流動概念モデル（Conceptual Model），実際の処分が300m以深であることや経済性を考慮し，深度は2000m程度までを想定している，このモデルを基に，地質や地下水の水質・年代を確認するため，沿岸部での物理探査やボーリング掘削調査を計画した。

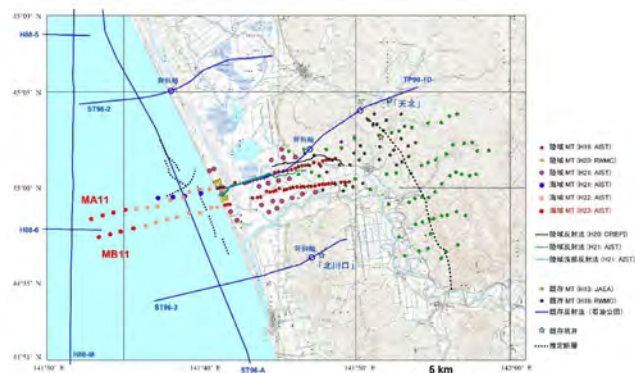


図5 上：試験地沿岸域における物理探査側線の配置図。下：試験地沿岸域における物理探査の結果判明した深度約1.8kmまでの地質の構造と地下水の賦存状態。中央部DD-1は調査ボーリングの位置（深度1200m），図中，赤色は塩水，黄緑色は淡水の存在域を示している。緑色で囲われた陸域の部分は降水が深部まで浸透せずに下流側に流動していることがわかる。また，青枠の部分では陸域から流動する淡水地下水が海底下に伸張していることもわかった（産総研，2013），さらにこの舌状の淡水地下水帯は水期に形成された地下水流動の名残であることも判明した。

4-2 Site Description Model 構築のための 研究方法と結果

・物理探査による地質概要の調査

当該地では，地質の構造を理解するために2種類の物理探査試験を実施した。まずは弾性波探査により陸海連続した地質の構造を解析し，その後電磁法探査によって塩水と淡水の存在域を確認した。その結果を図5に示す。

先に実施された弾性波探査によれば，当該地域の堆積層は，多少の上下があるものの，内陸から海域にわたり堆積層はほぼ水平に堆積しており，単調な構造を示す。既存の文献記録（産総研，2006）と一致した。また，事前の文献調査では，浅海域での断層の存在が懸念されていたが，これは確認されなかった。さらに，このような地質状況では，陸域にもたらされた降水が（特に）固結度の低い更別層内を流動して海域に流出していると考えられた。続けて実施された電磁探査では，陸域から海域にかけての非抵抗値が測定され，海水と淡水の存在域を可視化することができた（図5）。これによれば，陸域にもたらされた降水は，内陸部の標高が比較的高い勇知層の露出部分では深部まで浸透することなく流

出し，更別層の堆積域においてはじめて地下に浸透していることが判明した。また，さらに降水浸透域は，ほぼ更別層に沿って存在し，海底下にまで舌状に伸張していることもわかった。この舌状に伸張した淡水領域の上には海水がしみ込んだとみられる塩水域が薄く存在していることも特徴的である。この舌状淡水域は，物理探査による解析上，海岸線から7～20kmほど沖に張り出していることも把握できた。なお，この淡水域の下位には塩水域が存在していると推定された。

・ボーリング掘削による地質の確認と地下水調査

当該試験地では，海岸線から約300mの地点で深度1200mのボーリング掘削調査を実施している。図6には採取した試料の分析結果を示す。EC値のプロファイルは概ね深度に依存しており，大きく4つの区間で特徴的な変化を示している。30～80m区間で減少し，80～300m区間で一定の値となり，300m以深で再び増加し，800m程度で安定する。

上層の区間で、間隙水の EC 値は 30m 付近をピークとして減少する。本地域における同様の傾向は幌延地圏環境研究所 (2006, 2007) においても報告されている。幌延地圏環境研究所 (2007) によりサロベツ原野の沖積層中の深度 30m 付近には、透水性の低いラグーン堆積物の存在が確認されている。したがって、30m 付近における高い EC 値はラグーン堆積物中に取り残されている海成成分の溶出が原因と考えられる。次の区間 (80m ~ 300m) では、EC 値は相対的に最も小さな値を示し値もほとんど変化しない。300m 以深では EC 値は深度とともに増加傾向を示すが、その傾向は深度によって異なる。深度 500m まで深度に伴う EC 値の増加は緩やかで、500m 付近で EC 値の急激な低下が見られる。500m 以深では EC 値は再び深度と共に増加し、その増加傾向はより顕著である。800m 以深では、深度に伴う EC 値の増加はなくなり、pF 値の小さな間隙水ではむしろ EC の低下傾向が見られる。産総研 (2013) によれば、この溶存物質濃度の変化は粘土鉱物の溶解や吸着などが原因に挙げられている。当該地域の地下水は、このような層構造を呈していることが確認できた。

地下水中の水素同位体比 (δD) は、一般に海洋で蒸発したばかりの水蒸気中の酸素や水素の同位体は重くなっている。気団が運ばれ、陸域に達すると重いものから先に降水として降下するため、内陸や山奥では通称軽い雨が観測される。地下水の流動を考えると、上流側から流動してくる軽い雨の地下水体の上位に沿岸部 (その場) にもたらされた重い雨が重なって地下水体を作ることから、地下水は層状になって流れていると考えるのが一般的である。当該地において、深度 150m 程度までの流動域の地下水では、深度とともに同位体比が減少し軽くなっていく傾向が確認され、流動性の高い地下水が存在していると考えられるが、その下位では、現降水よりも軽いものの再度重い地下水が観測され、地下水の特性が異なることを示している。風早ほか (2007) が指摘するように、温度効果によって低温期 (氷期) の同位体組成は軽くなることから、この流動域下部の地下水は氷期にもたらされた降雨によって形成されている可能性が高い。さらに、深度 800m 以深の地下水は塩素濃度とともに現海水のそれに匹敵していることも観測された。この化石塩水の部分については、海水をトラップしている可能性が高いと考える。これにより、当該地域の地下水は、上層より上位流動層 (現降水によって構成された地下水)、下位流動層 (主に氷期の降水が起源であると考えられる地下水)、混合層、拡散層、滞留層であって、し

かも層状態を呈していると考えられる。

これまで、地下水の流動は地質条件によって支配され、地質境界が水理的境界と一致するとされてきた。しかしながら本研究では、沖積層・更別層・勇知層と 3 つの地層内に同位体比傾向が異なる 5 つの区間が存在していることを確認した。浜里における地質境界の深度は、沖積層と更別層の境界である 86m、ならびに更別層と勇知層の境界である 470m である。次に簡易貫入試験結果から物性値における境界面を推定したところ、深度 300m までは、砂層・シルト層ともに固結度は小さく岩質による違いは見られない。300 ~ 470 m 区間では、シルト層で深度に伴う固結度の上昇が見られるものの砂層では確認されなかった。470 ~ 850 m 区間では、砂層・シルト層ともに深度に伴う固結度の上昇が見られた。850m 以深では、泥層が卓越し、砂層の固結度には大きな変化は見られないがシルト層や泥層では急激な固結度の上昇が見られた。したがって、固結度による境界面は深度 300・470・850m となった。深度 470m 境界面は更別層と勇知層の地質境界面と一致することから勇知層では更別層より砂層・シルト層ともに固くなることがわかった。

4-3 試験地沿岸域深部地下水の

Site Description Model の提示

試験地沿岸域において、物理探査やボーリング掘削、地下水の水質・同位体分析等を実施した結果、初めに想定していた概念モデルを覆す SDM (Site Description Model) が構築された (図 7)。当該地の地下水は、内陸にもたらされた後に、海底下まで流動し、海底下に淡水の張り出し (リップ) を形成する。また、この地下水は地表付近から深部にかけて流動性の高いものから滞留性の高いものまで層をなして分布していることも観測された。さらに、流動域の地下水のうち、深部に存在する地下水は氷期にもたらされた可能性が高いことも把握できた。氷期に海水準が低下すると地下水流動はより活発になり、処分事業などでは、深部にまで流動が及ぶことが懸念されているが、今回の手法をとることで、氷期・間氷期を通して地下水流動の及ぶ範囲が特定できた意義は大きい。

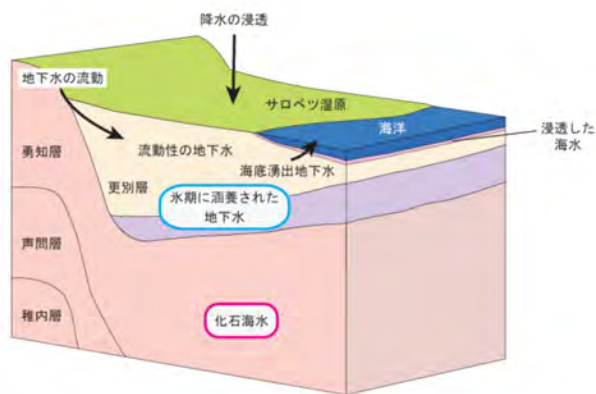
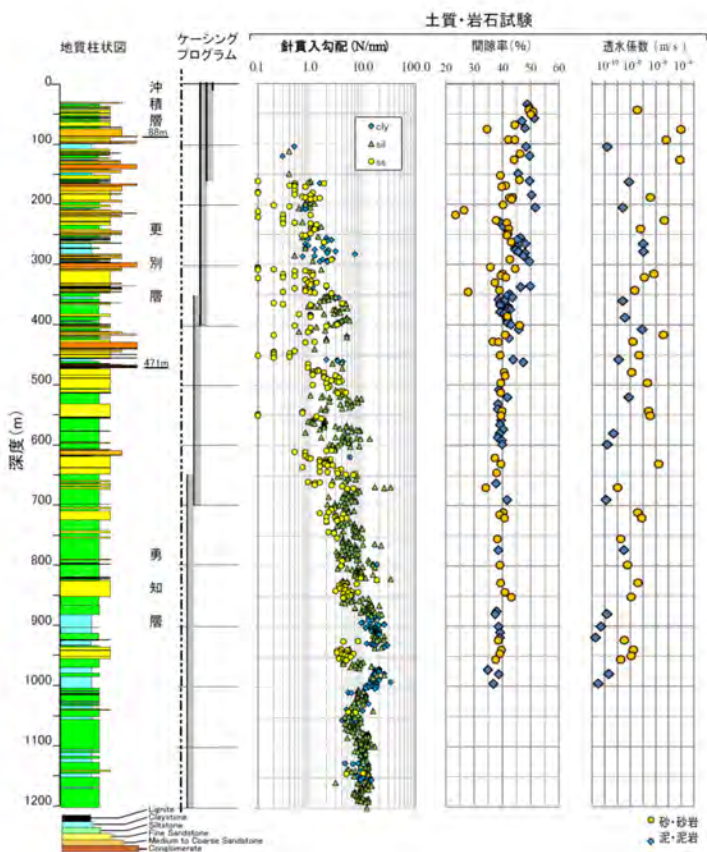


図7 試験地沿岸域における地下水流動と賦存状態の概念モデル。これは、Edmunds (2001) のモデルと共通する部分が多く、水期から現在までの地下水が層をなして存在している。

5 おわりに

一般に地下水は山から海へ向かって流れているが、人工が最も集中する沿岸域の地下水は、豊富であり重要であるにもかかわらず、脆弱かつ科学的な理解も進んでいない。今後の適正かつ効率的な利活用を進めるためには、その根本を理解する必要がある。まずは地下水の流動を把握し、その上で海水準変動などの外的要因を加味してモデリングすることが必要とされている。本研究はその手法の高度化を提示したものであり、現在課題解決のために必要不可欠な手法である。喫緊の必要な対策は各地のデータを集積するとともに、そのデータが示す意味について理解の促進を高める情報発信である。

今後、我が国の人口は減少する傾向にあるが、沿岸域での社会活動は山間部に比べて衰えづらいつと考える。また、地球環境保護のための新たな取り組みも始まりつつあることから、沿岸域の環境を保護しつつ利活用することを考えなければならない時期に来ている。地球科学的な基礎研究においても、今後は深部を対象としなければならない、対象範囲が大きくなれば、取り扱う時間スケールも大きくならざるを得ない。また一方、日本列島は地質が複雑であり、同時に地下水の賦存状態も複雑であると容易に予想できる。近年の地下水研究は他分野の研究の基礎としてデータベースをそろえることやデータが充実した領域の解析研究が中心であったが、前述を考慮した未知の領域に挑む総合的な地下水研究が求められる。

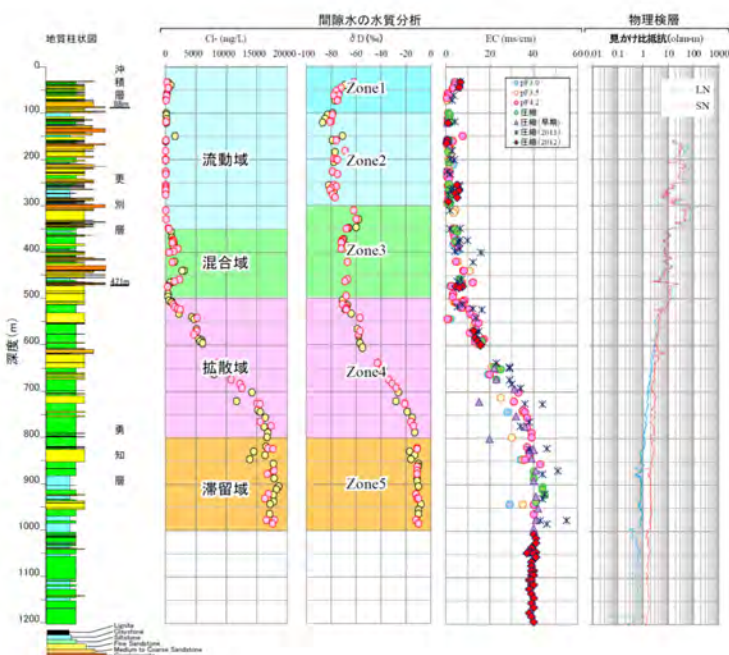


図6 1200m 孔で採取した試料の分析結果。間隙率や透水係数はさほど深度に依存しないが(上段)、塩分濃度や水素の同位体比は深度によって大きく変化している(下段)。この結果、地表付近の流動性地下水の下には、混合域、拡散域、停滞域と続いて賦存していることが確認できた。また、拡散域よりも下位においては有意に塩分濃度が増加しており、浅層部の流動性淡水地下水と深部の滞留性地下水のコントラストが明らかとなった。

謝辞

本研究は、資源エネルギー庁委託研究：沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発（H19, 21-23）、海域地質環境調査技術高度化開発ならびに確証技術開発（H23-27）、沿岸部処分システム高度化開発（H27-30）の成果を活用している。記して感謝の意を表します。

〈参考文献〉

- 1) Edmunds WM (2001) : Palaeowaters in European coastal aquifers—the goals and main conclusions of the PALAEWAUX project. In: Edmunds WM, Milne CJ (eds) Palaeowaters in coastal Europe: evolution of groundwater since the late Pleistocene. The Geological Society of London, London, Great Britain, 1–16 p
- 2) USGS HP : <https://water.usgs.gov/edu/watercyclejapanesehi.html>
- 3) 風早康平, 安原正也, 高橋浩, 森川徳敏, 大和田道子, 戸崎裕貴, 浅井和由 (2007) : 同位体・希ガストレーサーによる地下水研究の現状と新展開, 日本水文科学会誌, 37 (4), 221-232 p
- 4) 核燃料サイクル開発機構 (1999) : わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—
- 5) 経済産業省資源エネルギー庁, 科学的特性マップ : https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/
- 6) 経済産業省資源エネルギー庁, 地層処分技術WGとりまとめ (地層処分に關する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果) : <https://www.meti.go.jp/press/2017/04/20170417001/20170417001-2.pdf>
- 7) 原子力環境整備促進・資金管理センター : <https://www.rwmco.or.jp/disposal/high-level/3-1.html>
- 8) 原子力発電環境整備機構 (NUMO) : <https://www.numo.or.jp>
- 9) 原子力発電環境整備機構 (NUMO) 包括的技術報告書 : <https://www.numo.or.jp/press/201818112114.html>
- 10) 産業技術総合研究所 (2013) : 沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発成果報告書, 521 p
- 11) 産業技術総合研究所 (2019) : 沿岸部処分システム高度化開発成果報告書, 288 p
- 12) 新里忠文, 舟木泰智, 安江健一 (2007) : 北海道北部, 幌延地域における後期鮮新世以降の古地理と地質構造発達史, 地質学雑誌, 113, 119-135 p
- 13) 地質調査所編, 2001, 日本周辺海域音波探査データベース (CD-ROM版). 地質調査所
- 14) 日本原子力研究開発機構 (JAEA) : <https://www.jaea.go.jp/>
- 15) 幌延地圏環境研究所 (2006) : 平成17年度 地圏環境研究事業 研究成果報告書. 166 p .
- 16) 幌延地圏環境研究所 (2007) : 平成18年度 地圏環境研究事業 研究成果報告書. 209 p .

全国に先駆けた 観光防災まちづくり

やまぐち ゆういち
山口 雄一*

K
ey Word

津波防災地域づくり法, 観光防災まちづくり, 推進計画, 推進協議会, 地域主体,
安全創出エリア, 特別警戒区域, オレンジゾーン, レジリエンス・アワード

1 はじめに

1.1 土肥地域の概況

駿河湾と相模湾に挟まれた伊豆半島の中心部にある伊豆市は、東京から直線距離にして約100kmの位置にあり、首都圏などから多くの観光客が訪れる人気の観光地である。その西海岸に位置する土肥地域（旧土肥町）は、かつて江戸幕府の金を採掘した金山で繁栄した歴史があり、現在は、夕日を望む海水浴場に温泉旅館が建ち並ぶ景観、温泉、歴史、自然環境や観光資源に恵まれ、年間の観光交流人口は約100万人、宿泊客は約35万人にのぼる（写真1）。地域の産業は、宿泊業や飲食サービス業、その他サービス業など観光に関わる事業が50%近くを占めており、観光産業が地域経済を支えているといえる。また、宿泊業は地域の事業者が営んでいることが多く地域密着度が高いのも特徴である。

また、土肥地域の人口は、1960年には約1万人であったが年間100人のペースで減り続け、2004年には約5200人、現在は3500人となっており、20年後には2000人を割る見込みである。



写真1 土肥地区

1.2 災害のリスクと課題

駿河湾に向かって入江を持つ土肥地域は、背後を天城山系の急峻な山々に囲まれ、海岸沿いの市街地は山から流れ出る土肥山川などの扇状地となっており、風水害や土砂災害のリスクも高く1960年前後には狩野川台風や集中豪雨により甚大な被害を受けている。

地震・津波について歴史を遡ると、明応地震（1498年）や安政の大地震（1855年）では大津波が集落を襲い、大きな被害が出たと記録されている。1970年代には東海地震の発生が囁かれ、土肥地区では東海地震想定に伴う防潮堤の整備について、観光地であるがゆえに30年以上にわたり地域住民と観光事業者による論争が続いてきた。結果的に、温泉旅館が隣接する土肥海水浴場側の土肥山川左岸は、景観を重視し高潮対策レベルの海拔3.5mでの整備にとどまり、一方、一般住宅等が密集する右岸側は、津波に対する防潮堤の整備が合意に至り、当時（東日本大震災以前）の津波想定である海拔5.5mで整備された（写真2）。



左岸側（海拔3.5 m）

右岸側（海拔5.5 m）

写真2 土肥地区の防潮堤

*静岡県伊豆市 土肥支所

その後、東日本大震災以後に南海トラフ巨大地震・津波想定が見直され、2013年、静岡県が公表した第4次地震被害想定では、レベル2（東日本大震災級）想定で高さ10mの津波が最短6分で沿岸に到達し、死者が最大1400名にもものぼる予想がされ、土肥地域でも早急な事前対策が求められている（図1）。伊豆市では、津波防災に向けた施策の実現を急務と捉え、津波発生時にいかに住民や観光客を津波から避難させ、人的被害をなくすことができるかが課題とされた。

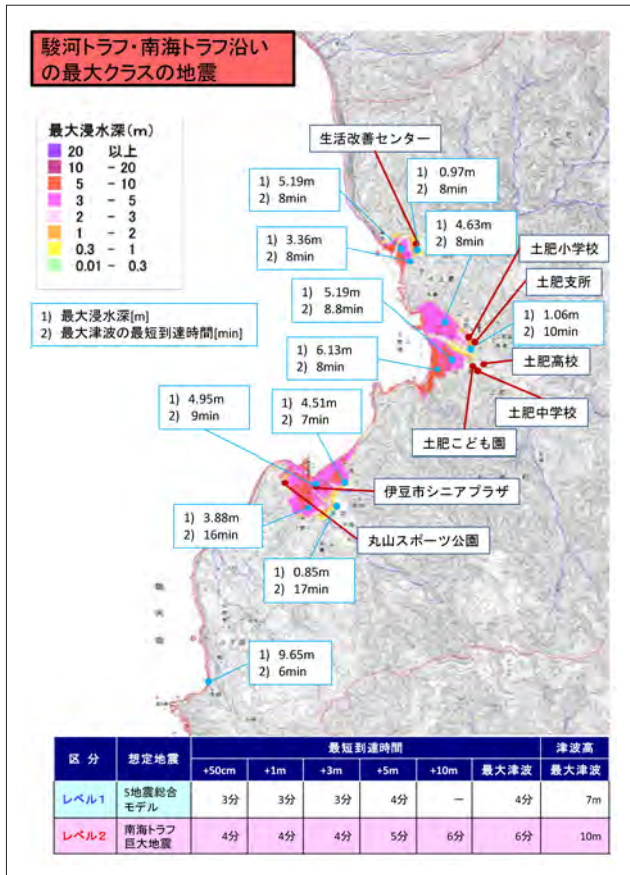


図1 土肥地域の津波浸水想定

る東京大学生産技術研究所・加藤孝明准教授（現教授。以下、「加藤会長」という。）が会長に、副会長に静岡大学防災総合センター・原田賢治准教授（以下、「原田副会長」という。）が選出された。また、専門家の協力を得る一方、多くの住民が関わる計画づくりとなるよう委員の半数以上を住民から選出した。更に、住民の参画を促すため、全ての推進協議会を公開で開催した。

2.2 地域課題の共有と将来を考える

推進協議会は、推進計画の検討を進めるため、先ずは、住民と人口減少・少子高齢化などの地域課題や想定される津波災害リスクの共有と、土肥地域の将来を考えるワークショップを開催し、「防災+まちづくり」の住民のアイデアを積上げていった（写真3）。ワークショップの中で、津波防災地域づくり法に定められた「津波災害警戒区域」と「津波災害特別警戒区域」の指定（以下、「区域指定」という。）について、「痛の告知もする時代。地域の災害リスクも公にし、地域の将来を考え区域指定すべき」と積極的な意見が挙がり、区域指定を推進計画案に盛り込み検討していくこととした。

また、推進協議会の開催毎に「伊豆市“海と共に生きる”観光防災まちづくりについてみんなで考える会」（以下、「市民集会」という。）を開催すると共に、ニュースレターを作成のうえ、全世帯に配布し、協議の結果や推進計画案の周知を図った（表1）。



写真3 ワークショップ

2 まちづくりの検討

2.1 推進協議会の設置

伊豆市は、津波防災地域づくりに関する法律（平成23年法第123号。以下、「津波防災地域づくり法」という。）に基づき、津波防災地域づくりを総合的に推進するための津波防災地域づくり推進計画（以下、「推進計画」という。）を策定し、課題解決を図ることとした。

2016年2月、伊豆市津波防災地域づくり推進協議会（以下、「推進協議会」という。）を設置し、推進計画の検討に入った。推進協議会は、専門家であ

津波災害警戒区域、津波災害特別警戒区域とは

- I 津波災害警戒区域・イエローゾーン
警戒態勢を特に整備すべき区域
- II 津波災害特別警戒区域（＝土地利用規制）
一定の開発行為・建築を制限すべき区域
オレンジゾーン⇒施設・病院・学校への規制
レッドゾーン⇒住宅等への規制



表1 観光防災まちづくりニュースレター

2.3 区域指定の議論と共有

推進協議会において、地元の委員から区域指定に向けた計画の立案に対し、「住民理解が不十分なうえ、区域の名称から危険なイメージが先行し、誤った情報の拡散による観光への悪影響や地価の下落などが懸念される」と意見が挙がった。懸念に対し、区域に愛称を付けることで親しみやすく正しい意味を伝えることや、正しい理解を促すため積極的な情報発信をすることが提案された。

土肥地域の区域指定がイメージし易くするためのツールとして、国土交通省発行「津波防災地域づくりに関する法律 津波災害に強い地域づくりに向けて」¹⁾に示された「いのちを守る津波防災地域づくりのイメージ」を基に「土肥地域版イメージ」を作成した(図2)。図の特徴は、住宅等への規制が難しく、現在は指定の意向がないレッドゾーンは削除し、平地が少なく急峻な地形からオレンジゾーンは広く、イエローゾーンを狭くしたことである。

これらを用いて正しい理解を図るため、「オープンハウス」という手段で情報共有した。「オープンハウス」とは、多くの方々が集う場所でパネル展示や説明などを行うものであり、地域唯一のスーパーマーケットで1週間、休み無く開設された(写真4)。



図2 土肥地域版イメージ



写真4 オープンハウス

2.4 推進計画策定

当初、2017年2月に予定された4回目の推進協議会で推進計画の完成に見通しを付けたかったが、「区域指定は、住民理解が未だ不十分であり、懸念が払拭されておらず、指定のメリットや改善策も乏しい」と地元委員は慎重だった。これにより、急遽、年度末までの短期間に、第5回推進協議会と土肥温泉旅館協同組合や津波浸水が想定される5つの地区での意見交換会が、追加開催されることとなった。

しかし、第5回推進協議会でも慎重な意見が根強く、「イエローゾーンは“指定する”」、「オレンジゾーンは“前向きに検討する”」の提案は、3時間におよぶ議論の末、「イエローゾーン、オレンジゾーン共に“前向きに検討する”」と修正され、『伊豆市“海と共に生きる”観光防災まちづくり推進計画』は策定された。

推進計画の表紙は、開催されたワークショップ、市民集会、オープンハウスや津波避難ビルである旅館への避難訓練などの写真を用いて、数多くの地域住民が携わりまとめられたことを表した(表2)。また、計画の柱となる「観光、環境、防災のバランスがとれた海と共に生きるまちづくり」と定め、取組方針は、「共生する」「逃げる」「生き延びる」「守る・減らす」として、これまで積上げられた地域住民のアイデアが取組方針に基づき、実現に向けたハード・ソフト対策にまとめられた。



表2 推進計画の表紙

3 推進計画 開花元年

3.1 地域主体の取り組み

推進協議会は、2017年度を“推進計画 開花元年”と位置付け、「地域主体による具体的な取り組み推進」と「土肥地域の観光防災まちづくりを正しく知って・理解していただくための取り組み」を念頭に、推進計画に定められた住民のアイデアの具体化に向け、地域と連携しながら様々な取り組みを推進した。

(1) 地震・津波がんばる地域宣言

推進計画の取組方針である「共生する」「逃げる」「生き延びる」「守る・減らす」の視点から、各団体が災害への心構えや備え、避難や支援のあり方などを設定するものであり、自治会や観光関係団体、漁協、中学生など19団体が宣言した。

(2) のぼり旗

訓練の実施や意見交換会へ参加するなどして、推進協議会に賛同いただいた自治会、各種団体、事業者や住民により、推進協議会が製作した“みんなで取り組む 観光防災まちづくり”のぼり旗が、意識の表れとして掲げられている(表3)。

(3) 観光事業者との連携訓練

伊豆市観光協会土肥支部、土肥温泉旅館協同組合、観光施設「土肥金山」、自治会、静岡大学、静岡県や市などが連携し、津波避難ビルである旅館への避難訓練や観光客の避難誘導訓練など、観光客や従業員の安全確保のための訓練が実施された(写真5)。

(4) 意見交換会

開花元年には、自治会、民生委員協議会、ライフセーバーやケアマネージャーなどと10回以上の意見交換会が開催され、推進計画や区域指定について共有された。協議開始から2年余りで開催された各種の意見交換会は、40回を超えた。

(5) 土肥中生と考える会

加藤会長と原田副会長を講師に「土肥中生と考える会」が3回にわたり開催され、「観光への悪影響を払拭するための観光防災まちづくりのアピール方法」も検討された。このように、地域の将来を担う中学生が積極的に関わったことは特徴的であり、中学生のアイデアが住民に感銘を与え、区域指定に踏み出す原動力になったと言える(写真6)。

(6) 市民集会

推進計画が策定され、多くの取り組みや意見交換会が実施されてきた2017年11月、中学生も参加した市民集会が開催された。この場では、推進計画の見直し案に、区域指定へ向けて一歩進める内容を盛り込み、第6回推進協議会を開催し協議されることが確認された(写真7)。



表3 のぼり旗



写真5 「土肥金山」連携訓練



写真6 土肥中生と考える会



写真7 市民集会

3.2 推進計画改訂

2017年11月開催の第6回推進協議会では、「区域指定に伴うデメリットを無くしてプラスを生み出す取り組みの明確化」を推進計画改訂のポイントとしたが、やはり、地元委員の懸念は区域指定による観光への悪影響であり、議論は長時間にわたった。議論が深まり、防災力を向上することで後世へ“安全な土肥”を伝えていくことや、地域の将来を見据えた区域指定の必要性が改めて確認され、「区域指定を進めます」と提案された推進計画見直し案は、「区域指定を“丁寧”に進めます」と修正のうえ、推進計画〈第2版〉に改訂された。

3.3 積極的な情報発信

推進計画が第2版に改訂され、静岡県と伊豆市により区域指定への手続きが進められると共に、推進協議会では、丁寧かつ積極的な情報発信を行い、正しい理解の醸成と地域の懸念払拭へ努力した。

(1) 報道対応

区域の名称から危険なイメージが先行し、誤った情報の拡散による観光への悪影響が懸念されていたため、“マスコミを味方に付ける”を心掛け、第6回推進協議会の開会前には、加藤会長と原田副会長による事前の記者説明会が開催された。

(2) 区域の愛称決定

2017年7月から10月まで区域の愛称を公募したところ、市内はもとより全国から140を超えるアイデアが寄せられ、人気投票や選考会を経て、「津波災害特別警戒区域」は「海のまち安全創出エリア」に、「津波災害警戒区域」は「海のまち安全避難エリア」に決定され、2018年3月の区域指定される直前に公表された。

(3) レジリエンス・アワード

全国への情報発信の手段の一つとして、「ジャパン・レジリエンス・アワード（強靱化大賞）」へ応募したところ、2018年3月、「観光防災まちづくり推進にむけた地域主体の取り組み」が評価され、見事、日本一となるグランプリに輝いた（写真8）。

(4) 区域指定と観光キャンペーン

2018年3月27日、区域指定の手続きが済み、静岡県により全国初の「海のまち安全創出エリア」が指定された。併せて、「海のまち安全避難エリア」も指定となった。

区域指定と同時に、観光関係団体や市などが駿河湾フェリー土肥発着所において、「愛称決定観光キャンペーン」を開催し、観光客等に観光防災まちづくりを頑張っている地域をアピールした（写真9）。



写真8 レジリエンス・アワード表彰式



写真9 愛称決定観光キャンペーン

4 おわりに

このように土肥地域では、地域主体により学識や行政と連携した「観光・環境・防災のバランスがとれた“海と共に生きる”まちづくり」が進められている。

全国初となった「海のまち安全創出エリア」の指定は、地域の将来を見据えた取り組みの一つに過ぎず、これからも観光防災まちづくりの先駆者として、「地域主体による具体的な取り組み推進」と「土肥地域の観光防災まちづくりを正しく知って・理解していただくための取り組み」を念頭に、推進計画に定められた住民のアイデアの具体化が図られる。

現在、その一つとして、土肥海水浴場に隣接する土肥地域の観光の中心地でもある松原公園に、平時は、観光拠点として人々が集い、非常時には、観光客を含む海浜地区の津波避難場所となり得る津波避難複合施設整備の検討が始まっており、2022年の完成を目指している（図3）。

〈参考文献〉

- 1) 国土交通省：「津波防災地域づくりに関する法律 津波災害に強い地域づくりに向けて」、2014年3月



図3 津波避難複合施設イメージ

海の今を知るために

～海洋状況表示システム「海しる」の運用開始～

よしだ つよし*
吉田 剛*

K
ey Word

WebGIS, 国土交通データプラットフォーム, MDA, 海洋状況把握, 海洋台帳

1. はじめに

海上保安庁では、平成 31 年 4 月に「海洋状況表示システム」、愛称「海しる」の運用を開始しました。「海しる」は“海の今を知るために”というコンセプトのもと、さまざまな海洋情報を集約し、地図上で重ね合わせて表示できるようにした情報システムです。

「海しる」は、国土交通省の「生産性革命プロジェクト」における海洋ビッグデータを用いた海洋情報革命の中心となる海洋分野の国土交通データプラットフォームであり、さらには、政府全体で推進している「海洋状況把握 (MDA: Maritime Domain Awareness)」の能力強化に資するシステムと位置づけられ、関係府省庁等が保有する様々な海洋情報を集約し、提供する先進的な WebGIS サービスです。

2. 海洋情報提供のこれまでの取組み

海上保安庁海洋情報部では、戦前の海軍水路部を引き継ぎ、海図等の航海の安全に関する情報の提供を実施してきました。昭和 40 年には「日本海洋データセンター」を開設し、海洋のさまざまな情報提供を開始、平成 7 年にはいち早くインターネットに対応し、ネットによる情報提供を開始しました。平成 10 年代に入り、地理情報システム (GIS) での提供環境が整ったことから、平成 15 年には、油等流出事故の対応のための沿岸海域環境保全情報を集約したシステムである「CeisNet」の運用を開始し、平成 24 年には、海洋基本計画に基づき、内閣官房総合海洋政策本部事務局の総合調整のもと、政府が有する様々な海洋情報を集約した「海

洋台帳」の運用を開始しました。「海しる」はこの「海洋台帳」の後継システムとなります。

「海洋台帳」は、政府関係機関等が有する、海底地形、航路、海流などのさまざまな情報を、ユーザーが自由に取捨選択し、地図上に重ね合わせて表示することができる当時としては先進的な WebGIS サービスでした。各機関に分散している情報を、簡単にわかりやすく表示することが可能となったことで、航海の安全だけでなく、海洋産業の発展や、科学的知見の充実等に貢献してきました。

「海洋台帳」の運用開始から 5 年がたち、インターネット環境も大幅に変化し、大量のリアルタイム情報も扱えるようになってきたことから、「海洋台帳」で扱っている日本周辺の非リアルタイム情報だけではなく、世界全体のリアルタイム情報を扱うシステムに発展させ、掲載項目数も「海洋台帳」の約 100 項目から、約 200 項目に倍増させた新たな WebGIS サービスとして、平成 31 年 4 月に海洋状況表示システム「海しる」の運用を開始しました。(海しる URL: <https://www.msil.go.jp/>)

3. 「海しる」の概要

「海しる」は、全世界の海洋に関する情報を対象とした「グローバル情報」や、天気図・海面水温などの「リアルタイムの情報」を扱うのが特徴です。掲載されている情報は、海上保安庁と国内外の政府機関等 13 機関 (令和元年 8 月現在) との連携により、気象衛星「ひまわり」による雲の画像、天気図、降水情報、海面水温、流れ、波の高さ、地震関連情報、地理院地図、海底地質図などで、項目数は 200 項目以上となっています。

*海上保安庁海洋情報部海洋情報課 海洋空間情報室長

これらの情報を自由に選択し、透過の機能等を用いて見やすく重ね合わせることができるため、利用者が目的に応じて必要な情報を組み合わせた地図を作成することができます。

主な掲載項目は、表1の通りとなっています。

表1 「海しる」の主な掲載項目

分類	項目
海域名称	島名, 海域名, 海底地形名
地形・地質	底質, 海底地質図, 水深
地理境界	直線基線, 領海外縁線
海象	水温, 海流, 潮流, 潮汐, 波, 塩分, 海氷 (日本周辺・北極域)
気象	天気図, 風, 雲 (気象衛星画像), 気象・海象観測情報, 船舶気象通報, 高解像度降水ナウキャスト, 落雷
安全	航行警報, 水路通報 (小改正を除く), 米軍演習区域, 地方海上警報, 地方海上予報, 海上分布予報, 気象特別警報・警報・注意報, 大津波警報・津波警報・津波注意報
海事	港則法適用港, 港湾, 漁港, 灯, 海交法航路, 港則法航路, 海上保安部署等, 沈船, 海底障害物, 指定錨地, 検疫錨地, 水路測量特級区域, 船舶通航量
防災	排出油等防除計画資料, 海底地殻変動情報, 海域火山 DB, 強震動情報, 海岸線種類 (環境脆弱性指標), ESI マップエリア, 海岸アクセス道, 津波防災情報図エリア
インフラ・エネルギー	海底ケーブル, 洋上風力ゾーニング基礎情報, 海洋エネルギー・ポテンシャルの把握に係る業務報告書画像, 海底輸送管, 海上構造物, 取水施設 (取水口), 火力発電所, 洋上風力発電 (実施・計画)

海洋生物・生態系	ラムサール条約登録湿地, ウミガメ産卵地, 海獣類生息地, 哺乳類生息地, 鳥類生息地, マングローブ, 湿地, 藻場, 干潟, 珊瑚礁, 閉鎖性海域, 生物等の脆弱性評価
水産	漁業権区域, 保護水面
海域利用	海水浴場, 潮干狩り場, マリーナ
海域保全	史跡, 名勝, 天然記念物, 国定公園, 国立公園, 海域公園, 自然環境保全地域, 鳥獣保護区 (国指定), 投棄区域, 海岸保全区域, 低潮線保全区域, 海ゴミ
航空写真等	航空写真, 港湾写真, 海岸写真
経緯度・グリッド	経緯度線, 経緯度メッシュ, 標準地域メッシュ, 東京湾グリッド, UTM グリッド
背景図	地理院地図, 海底地形図

4. 「海しる」の機能

以下に、「海しる」の機能について紹介します。

トップページ (図1) には、日本語版と英語版の入り口と、テーマ別マップのリンクを用意しています。掲載情報が約200項目もあることから、油防除、洋上風力発電、海洋レジャー等、各テーマで利用される情報をワンクリックで表示可能なテーマ別マップを用意しています。



図1 「海しる」トップページ

以下に、いくつか典型的な表示例を示します。まず、図2は、全球の海水温と、海流及び航行警報の重ね合わせの表示例です。このような情報は、航行警報情報から注意すべき海域を把握しつつ、黒潮などの海流を考慮した、効率的な船舶運行計画立案などで利用されています。航行警報のような地物情報は、クリックすることで属性情報の表示が可能であり、内容・日時等の必要な情報が確認できます。

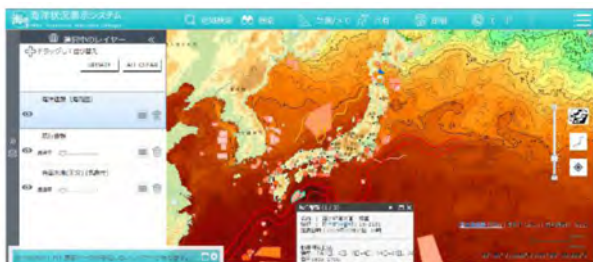
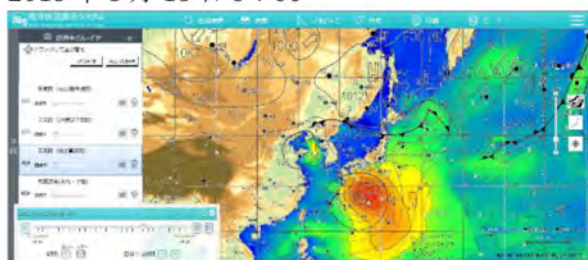


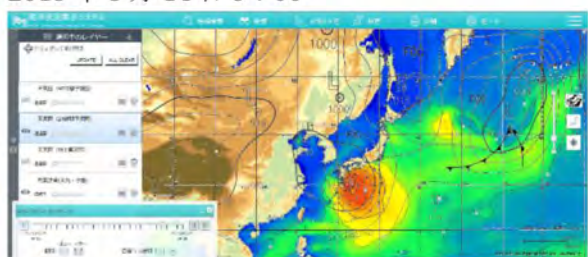
図2 海水温、海流及び航行警報の表示例
出典：海洋状況表示システム
(<https://www.msil.go.jp/>)
情報提供元：国土地理院、気象庁、海上保安庁

図3は、天気図と有義波高を重ね合わせた表示例です。気象庁の天気図と波浪の情報を重ね合わせ、時間とともに変化する海域の現象を分かりやすく表示することができます。これにより、船舶の航行で気をつけるべき波が高く危険な海域等の変化を把握でき、航海計画の策定に役立てることができます。

2019年8月13日9:00



2019年8月14日9:00



2019年8月15日9:00

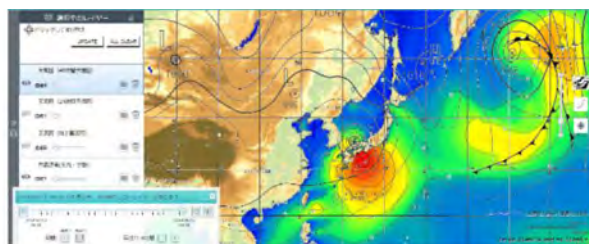


図3 天気図と有義波高の表示例
出典：海洋状況表示システム
(<https://www.msil.go.jp/>)
情報提供元：国土地理院、気象庁、海上保安庁

図4は、船舶通航量、漁業権区域、海底ケーブル、海上風を重ね合わせた表示例です。これらのデータを重ね合わせることで、港湾工事や漁場整備等の作業やその計画策定の際などに活用することができます。

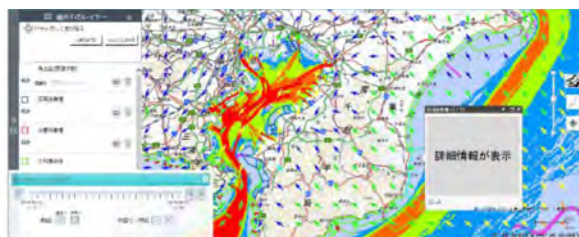


図4 船舶通航量、漁業権区域、海底ケーブル、海上風の表示例
出典：海洋状況表示システム
(<https://www.msil.go.jp/>)
情報提供元：国土地理院、気象庁、海上保安庁

図5は、北極域における海水密接度情報の表示例です。同図の中央部は北極海で、白い部分は海域が氷に覆われていることを示す海水密接度情報が表示されています。中央の黒く抜けている部分は、氷の情報を収集する人工衛星の軌道がカバーしていないため、データがないところです。このように「海しる」は、北極海の海水に関する情報の表示も可能です。



図5 北極域における海水密接度情報の表示例
出典：海洋状況表示システム
(<https://www.msil.go.jp/>)
情報提供元：NASA、国立極地研究所、宇宙航空研究開発機構

図6は、背景図として海底地形図を表示した例です。背景図は、初期画面では国土地理院の標準地図が表示されますが、右のアイコン（3つのうち一番上）をクリックすると海底地形図を選択することができます。

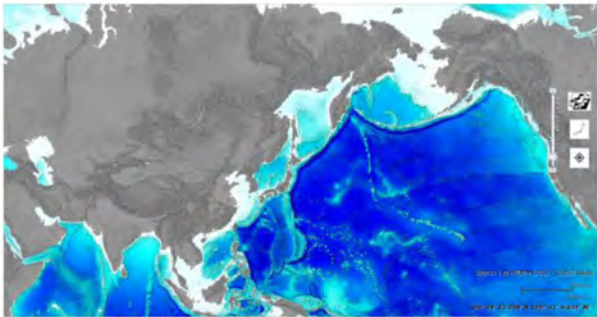


図6 背景図として海底地形図を選択した例
出典：海洋状況表示システム
(<https://www.msil.go.jp/>)
情報提供元：GEBCO, 海上保安庁

「海しる」は、地図上での距離・面積の計測、図形の作図・保存機能もあります。図7は距離計測画面の例で、大圏航路に沿った作図・距離計測にも対応しています。



図7 距離計測の例
出典：海洋状況表示システム
(<https://www.msil.go.jp/>)
情報提供元：国土地理院

「海しる」は単なる表示機能だけではなく、個々のページへの埋め込みにも対応しています。表示を整えた後、「共有」メニューを選ぶと、埋め込みhtmlタグを自動生成させることができます。図8は自動生成例で、生成されたタグをコピー&ペーストして、図9のように個々のページに埋め込むことが可能となります。



図8 埋め込みhtmlタグの自動生成例
出典：海洋状況表示システム
(<https://www.msil.go.jp/>)
情報提供元：GEBCO, 海上保安庁

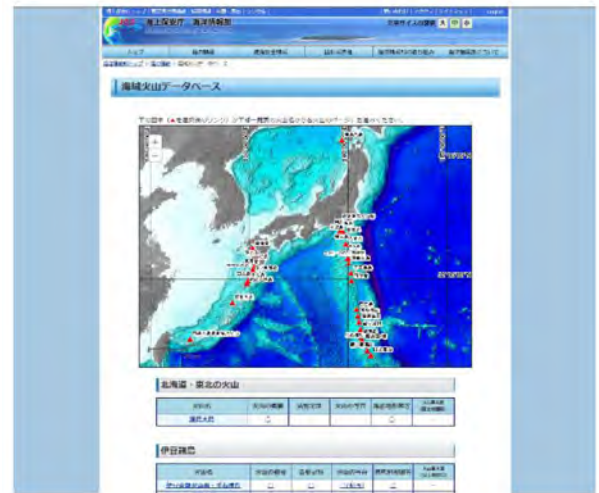


図9 HPへの埋め込み例
出典：海洋情報部HPの海底火山データベース

5. 最後に

「海しる」を通じて、政府関係機関等が有するあらゆる海洋情報を、広く民間事業者、行政機関、教育・研究機関等に提供することにより、水産業、海運業、洋上風力発電など、海に関わる産業や、教育、研究など幅広い分野への貢献を目指しています。

海に関して調べる際は、まずは、「海しる」を見ていただき、様々な情報を重ね合わせて、オリジナルの地図を作ってご活用いただければ幸いです。

今後、ユーザーの皆様のご要望やご意見等を踏まえ、「海しる」をより使いやすいものとするため、機能の拡充や掲載情報の充実を図って参ります。

「海しる」のURL

<https://www.msil.go.jp/>

お問い合わせは、「海しる」のヘッダーメニュー右端をクリックして表示される、「ご意見・お問い合わせ」からお願いします。

やさしい
知識

海岸の地形について

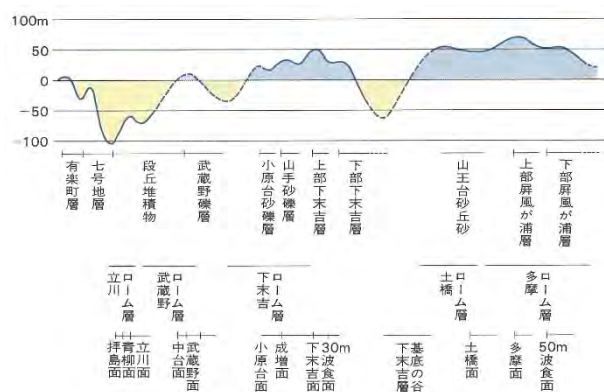
ちねん ちか*・よしざわ みさき*
知念 千佳*・吉澤 美紗希*

Key Word 海岸地形, 砂浜海岸, 岩石海岸, 海進・海退, 侵食作用, 堆積作用

1. はじめに

国土全体が海に囲まれているわが国は、世界でも有数の海岸線の長さを持っていることもあり、様々な海岸地形を見ることができる。緩やかな曲線を描く海岸線、複雑に入り組む海岸線、島嶼が点在する海岸線、半島や湾からなる海岸線、人工的に造られた海岸線など、多様な景観が創り上げられている。そして、海岸に接する地域では、豊かな自然の恵みがもたらされているとともに、人間の活動や文化が育まれている。

そこで、本稿では、今一度、海岸地形の成り立ちと種類を整理する。

図-1 南関東第四紀海面昇降史¹⁾

2. 海岸地形の成り立ち

陸地と海面が接する部分に形成される海岸地形は、地質的な観点から、粘土・砂・礫などからなる砂浜海岸や岩石が露出する岩石海岸等、地質と深く関係していることが理解できる。そして、地殻変動や火山活動、河川や海的作用による地形のほか、そこに分布する岩石種の特徴を反映した地形、氷期及び間氷期の繰返しや自然の営力に伴い海岸地形は刻々と変化している。

これらのうち、海水準変動に着目してみると、第四紀更新世に入ってから現在までの約260万年の間に、100m以上の海面の昇降があったことが知られている(図-1)。この海面昇降史から、第四紀更新世以降における現在の海水準は、比較的高い状態にあることが理解できる。また、ひとつ前の間氷期から氷期を経た現在までの約12万年間に起こった海進海退による侵食作用と堆積作用等によって作られた海岸地形であることも分かる。

直近の海進海退でできた地層は、例えば、関東平野を例に挙げると、約6千年前に海面上昇のピークを迎えた縄文海進に伴う有楽町層(主に下部層は粘性土、上部層は砂質土からなる)およびその相当層が関東平野の平坦面を広く形成している。日本各地の海岸沿いに広がる平野部は、この縄文海進に伴って海面が約5m上昇した際に堆積した沖積層により作られたことは想像に難くない。

一方、有楽町層の受け皿となる下位の七号地層や東京層等には、海退による侵食作用により開析谷や急崖が形成され、その起伏のある地形が形成された。そのため、土木構造物の支持層調査等においては、地層構成や地層の側方連続性等への留意が必要であり、海岸地形の成り立ちを理解することが大切となる。同様のことは、全地連が発行

*川崎地質株式会社 戦略企画本部 技術企画部

する「報告書作成マニュアル・土質編（第2版）」²⁾においても、地形・地質概要の整理の重要性として解説されている。

3. 海岸地形の種類

本章では、図-2～4を参照しながら、基本的な海岸地形の名称と成因や形成過程等を整理する。

砂丘（さきゅう） 風によって運搬された砂が堆積することによって形成された丘や堤状の地形のこと。砂丘の形態は風の強さ、砂の粒径、砂の供給量、砂床の広さなどの違いによって決まる。

浜堤（列）（ひんてい（れつ）） 波浪の作用により砂礫が海岸線の陸側に堆積してできた高まりのこと。海岸線と平行に形成される。また複数の浜堤が発達し、その間に低地や湿地を挟むものを浜堤列という。

堤間低地（ていかんていち） 砂丘列や浜堤（列）の間にある低地のこと。粘土層からなるため、水はけが悪く不同沈下が起きやすい。また、地下水位が高く、浅い粘土層の下部に砂層があると液状化の可能性がある。

海岸（海成）段丘（かいがん（かいせい）だんきゅう） 過去の海底面が不連続的に隆起したことによって形成された地形のこと。海岸線に沿って階段状に分布する。

三角州（デルタ）（さんかくす） 河川堆積物が河口前方に堆積するため河道の分岐が起り、派川が形成された地形のこと。派川と海岸線によって区切ら

れた土地がギリシア文字の Δ （デルタ）に似ていることからデルタとも呼ばれる。内湾の静水域に細粒物が堆積した地盤であるため、水持ちの良さから水田への利用や、日本では東京や広島のような大都市が形成されている。

砂州（さす） 海食により生産された砂礫や流入河川が運搬した砂礫が細長く堆積した地形の総称のこと。浜堤や砂嘴、海底砂州のような地形の意味も含む言葉である。

砂嘴（スピット）（さし） 湾に面した海岸や岬の先端などの海岸線が急激に変化する地点から、細長く突き出るように伸びた州のこと。付近の海食崖から生産された砂礫や流入河川が運搬した砂礫が堆積することによって形成される形状が鳥の嘴に似ていることから命名された。

複合（分岐）砂嘴（ふくごう（ぶんき）さし） 砂嘴の先端が複数の鉤状に分かれた地形のこと。別名、分岐砂嘴ともいう。北海道の野付崎が好例である。

陸繋砂州（トンボロ）（りくけいさす） 波浪によって砂礫が離れ島と陸地との間に堆積してできた両者を繋ぐ州のこと。別名、トンボロともいう。

陸繋島（りくけいとう） 離れ島がトンボロによって陸地と繋がった島のこと。島が陸繋島となるか否かは、島と主陸地との間の距離や水深、島の大きさ、海底勾配、堆積物の供給量、卓越する波浪特性などによって決まる。

潟湖（ラグーン）（せきこ） 浅海域が砂州や砂嘴、トンボロ、浜堤などによって外海と隔てられた湖の部分のこと。別名、ラグーンまたは潟ともいう。

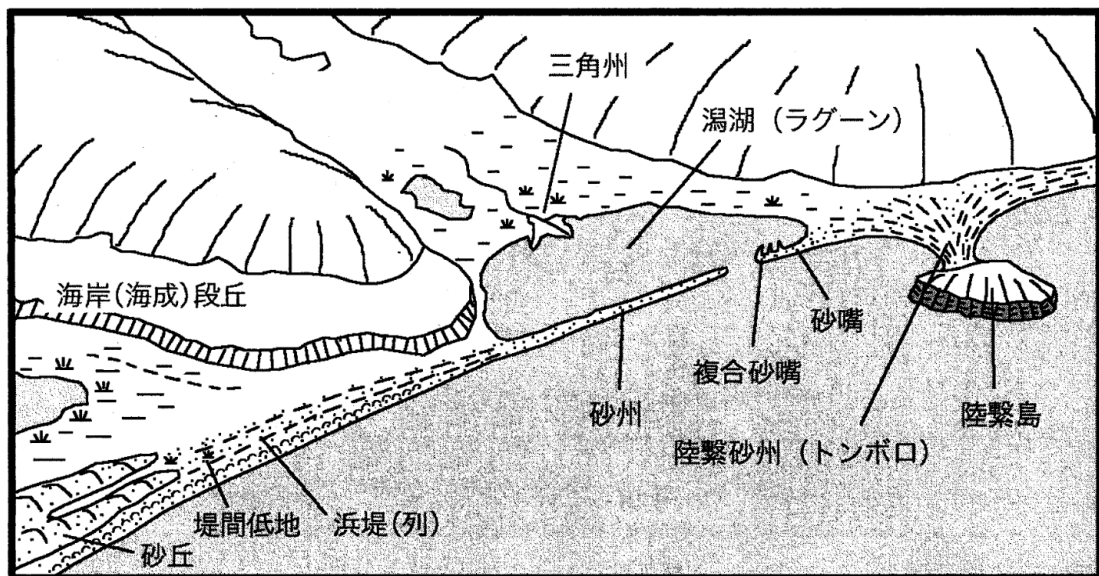


図-2 海岸平野の地形模式図（一部修正）³⁾

裾礁（きょしょう） 陸地に接しながら島の周りを縁取るようにして発達したサンゴ礁のこと。日本のサンゴ礁のほとんどが裾礁である。

堡礁（ほしょう） 陸地とサンゴ礁の間に水深数十mのラグーンをもつサンゴ礁のこと。裾礁の状態から地殻変動による沈降や、海面上昇によって島が徐々に沈み、外洋でサンゴ礁が発達すると堡礁となる。日本では石垣島と西表島の間、久米島などにみられる。

環礁（かんしょう） 島が完全に沈降しサンゴ礁がリング状に連なり、その内側が水深数十mのラグーンをもつサンゴ礁のこと。日本にはこの型のサンゴ礁はみられない。礁原（サンゴ礁頂部の平坦部）に砂が堆積し、小さな島を形成することがある。

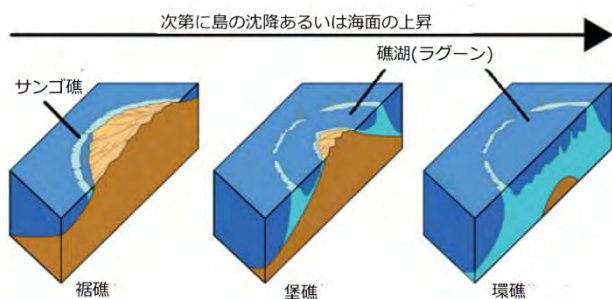


図-3 サンゴ礁の模式図⁴⁾

海食崖（かいしょくがい） 海に面する陸地が波浪の侵食作用を受けて形成された急崖のこと。侵食作用は海水面付近に作用するため崖の基部に波食窪が形成される。その後、侵食が進むと崖全体が不安定となり上部斜面が崩落し、海食崖は侵食後退する。

波食窪（ノッチ）（はしょくくぼ） 海食作用などにより、海食崖の基部に形成された窪み状の地形のこと。別名、ノッチともいう。奥行きや高さ比べ幅が大きいものをいう。

波食棚（はしょくだな） 海食崖の基部に海食によって潮間帯に形成されたほとんど平坦な面のこと。特徴としては、海側の末端に明瞭な急崖を持つことが海食台との大きな違いである。

海食台（かいしょくだい） 海食崖の基部から海側に形成された緩やかな平坦面のこと。海食により海食崖が後退するとその前面に海食台が形成される。波食棚とは異なり常に海面下にあり、海側に緩やかに傾斜する。

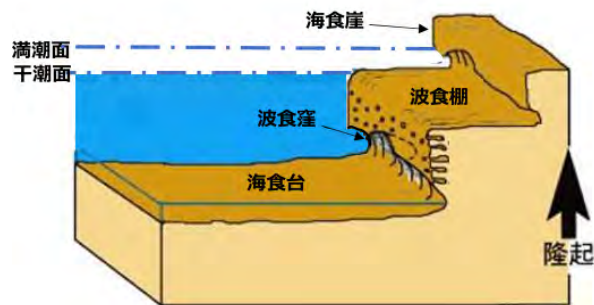


図-4 海岸の模式的断面図⁵⁾

4. 特異な地形

本章では、地殻変動や侵食等により非常に珍しい形となった奇岩を図-5～8とともに紹介する。

鬼の洗濯岩（洗濯板状起伏）（おにのせんたくいた（せんたくばんじょうきふく）） 宮崎県の青島にある波食棚でみられる洗濯板のように凹凸が交互に連続した海岸地形のこと。砂岩泥岩互層が差別侵食によって、より硬い砂岩が取り残され形成される。鬼が使えるようなほどの巨大な洗濯板の姿に見えることから、鬼の洗濯岩と呼ばれる。



図-5 鬼の洗濯岩（洗濯板状起伏）⁶⁾

橋杭岩（はしぐいいわ） 和歌山県にある奇石群で、橋の杭のような形をした大小約40の岩が南北方向の一行に、約850mもの長さにわたって連続してそそり立っている地形のこと。およそ1500万年前に地下から上昇したマグマが、砂岩泥岩等からなる熊野層群の南北方向の地層の割れ目に貫入し石英斑岩となった。その後、熊野層群が海食の影響を受け、より硬い石英斑岩が取り残され杭のような形となった。



図-6 橋杭岩⁷⁾

きのこ岩（きのこいわ） 福島県の浄土松公園でみられ、海食作用によって岩の基部が侵食され、茸状に上部が大きくなっている岩石のこと。きのこ岩の上部は凝灰岩質細粒砂岩、下部は浸食に弱い軽石凝灰岩であるため、差別侵食が起こり現在の形状となった。



図-7 きのこ岩⁸⁾

笹川流れ（ささがわながれ） 新潟県の村上市にある延長11kmにわたる海岸線のこと。花崗岩からなる侵食丘陵の葡萄山地が日本海に沈み込み、激しい海食によって眼鏡岩や恐竜岩などと呼ばれる奇岩怪石などが形成された。笹川流れは国指定の名勝及び天然記念物に指定されている。



図-8 笹川流れ⁹⁾

5. おわりに

本稿では、海岸地形の基礎的な事項である成り立ちと種類を整理した。また、海岸周辺で見られる、一般に奇岩と言われる独特な地形も併せて紹介した。

地形・地質を知ることがその背景にある様々な自然現象を理解することができる。本稿が海岸地形に関する造詣を深めるきっかけとなれば幸いである。

〈参考文献〉

- 1) 株式会社クボタ：アーバンクボタ No.11, 1975
- 2) 一般社団法人全国地質調査業協会連合会：報告書作成マニュアル・土質編 第2版, 2017
- 3) 海津正倫：微地形学 人と自然をつなぐ鍵, 2016
- 4) ちとにとせ
<https://chitonitose.com/index.html> (2019年10月9日)
- 5) 福井市自然史博物館
<http://www.nature.museum.city.fukui.fukui.jp>
(2019年10月9日)
- 6) 公益社団法人 宮崎市観光協会
<http://www.miyazaki-city.tourism.or.jp/tourism/spot/11.html>
(2019年10月9日)
- 7) 一般社団法人 南紀串本観光協会 南紀串本観光ガイド
<https://kankou-kushimoto.jp/spots/%e6%a9%8b%e6%9d%ad%e5%b2%a9>
(2019年10月9日)
- 8) 一般社団法人 郡山市観光協会
<https://www.kanko-koriyama.gr.jp/tourism/detail2-1-1.html>
(2019年10月9日)
- 9) 公益社団法人 新潟県観光協会
<https://niigata-kankou.or.jp/spot/7145>
(2019年10月9日)

基礎技術 講座

地形判読（前編）

にしむら ともひろ*
西村 智博*

Key Word 地形判読, 地形図, 空中写真, 航空レーザ測量, DEM, 地形分類図, 実体視, 地形種, 形成営力

1. 地形判読とは

地形判読とは、文字通り地形を「判断・推察しながら読み解くこと」であり、地形を「眺める」とか「立体的に見る」とは次元の異なる技術である。もう少し厳密にいうと、地形判読とは「地形の特徴を把握・分析し、その形成過程を解釈する」技術ということができる。

地理・地質系の学科を卒業してきた新人に「地形判読できますか?」と尋ねると、多くは「大学で少しやったことがあります」と答える。しかし、多くは「空中写真を眺めたことがある」、「実体視ができる」というレベルで、本当に「地形が判読できる」という人材は稀である。

本基礎技術講座では、前編・後編の2回に分けて、「地形判読」を行うための準備や基本的な判読技術について書き進めたい。

コンサルタントとして「地形判読できる」と言えるレベルを志すきっかけとなれば幸いである。

2. 地形判読をとりまく環境

地形判読は、かつては測量によって地形図を作成し、それを読図することによって地形を解釈するという手順で行われていた。第一次世界大戦を契機に航空技術が発達し、空から写真が撮影されるようになると、偵察用の軍事技術として「空中写真判読」が急速に発達し、空中写真を利用した地形判読が行われるようになった¹⁾。日本では、第二次世界大戦以前にもスポット的に空中写真の撮影が行われていたものの、国土全域がくまなく撮影されたのは1947～1948年の米軍によるものが最初である。その後は主として山地部は1952年か

ら林野庁が、平野部は国土地理院が5～10年間隔で撮影を継続している。今日、これらの撮影成果の多くは国土地理院のホームページで公開²⁾されており、地形判読を行う上で貴重な基礎資料となっている。

地形判読の重要性が認識されるようになったのは、1959年9月の伊勢湾台風である。この高潮災害では5,000人を超える犠牲者を出したが、その浸水範囲が災害の3年前に刊行された「木曾川流域濃尾平野水害地形分類図」³⁾で冠水しやすいと指摘されていた「後背湿地」「旧流路」「排水不良地域」とほぼ一致していたことから、地形分類図の有用性が一気に認識されるようになった(図-1)。



図-1 昭和34年10月11日の中部日本新聞

伊勢湾台風災害やその後の高度成長期における国土開発を契機として、1960年代から1980年代にかけて「水害地形分類図」、「治水地形分類図」、「土地条件図」、「土地分類基本調査（地形分類図）」等

* 国際航業株式会社 国土保全部

の整備が全国的に進められ、これらに携わった技術者を中心として、現在の日本における「地形判読」技術の基礎が確立されたのである。

その後、土木技術の発達により、どんなに条件の悪い地盤や斜面でも、力でねじ伏せて構造物が建設できるような風潮になってくると、地形判読によって広範囲に地形を観察し、「より安全で条件のよい土地を選ぶ」という作業がやや疎かになり、近年は地形判読を行う機会が少なくなってきた。しかし、構造物建設後に地すべりや崩壊、沈下などが発生したり、地形の成り立ちからみて脆弱と考えられる土地が災害時に集中的に被害を受けたりする事例が後を絶たず、やはり地形や地質を十分に認識した土地利用が必要と再認識されつつある。

このような状況下、全国地質調査業協会連合会では2012年に「応用地形判読士」の資格検定制度を設立し、2019年4月1日現在、105名（氏名公開分）の有資格者が誕生している。本資格制度は、以下のような目的で創設されている⁴⁾。

<「応用地形判読士」の創設目的>

- ★地形と地形判読に関する知識を身につけ、“防災・減災”に役立てる人材を広く育成する。
- ★優れた地形判読技術を有し、地形リスクを判断できる応用能力を修得した技術者を認定する。
- ★応用地形判読士を利活用することの有用性を広め、当該技術の普及と関連技術者の育成を図る。

本資格は、日本で唯一「地形判読」を冠した資格であり、本稿の読者の中にも取得を目指している方は多いのではないだろうか？

3. 地形判読を行なうための資料

地形判読を行なうためには、地形を観察し読み解くための資料と、読み解いた地形を記録するための資料が必要になる。地形判読にあたって準備すべき資料を以下にまとめた。

<地形判読に必要な資料>

- ①最新の地形図（地理院地図でもOK）
- ②旧版地形図（できれば複数時期）
- ③空中写真（同上）
- ④DEMデータ（地理院HPからも入手可）
- ⑤既存の地形分類図

3.1. 最新の地形図

地形判読は、検討対象地域の地形がどのような状態であるかを理解するために行うことから、必然的に現在の地形情報が必要になる。また、詳細に判読する範囲の周辺がどのような地形になっているのか、概要を理解するためにも地形情報は重要である。このような理由から、対象範囲よりやや広めに最新の地形図を入手する（図-2-a）。

最新の地形図は国土地理院が公開している「地理院地図」⁵⁾で確認できるが、電子化にあたって地図記号が一部省略されていることから、より詳細な地形を知るためには2万5千分1地形図を入手するのがよい。

3.2. 旧版地形図

昭和40年代以降、日本では大都市近郊で市街化が進み、大規模な地形改変を含む宅地開発も多く行われた。また、地形図の地図記号は追加・統廃合が進められ、かつての地形図では細かく区分されていた田圃などの記号が簡素化されたりしている。地形図は明治期中期以降、定期的に作成・更新されていることから、地形や土地利用の変遷を知るうえで重要な手掛かりとなる（図-2-b）。

旧版地形図は、国土地理院や各地方測量部の窓口で一枚数百円もあれば購入できる。また、粗い画像であれば国土地理院ホームページ「地図・空中写真閲覧サービス」²⁾でも閲覧できる。より精細に地図記号などを確認したい場合には、埼玉大学教育学部の谷謙二氏が運営する「今昔マップ on the web」⁶⁾を利用すると便利である。

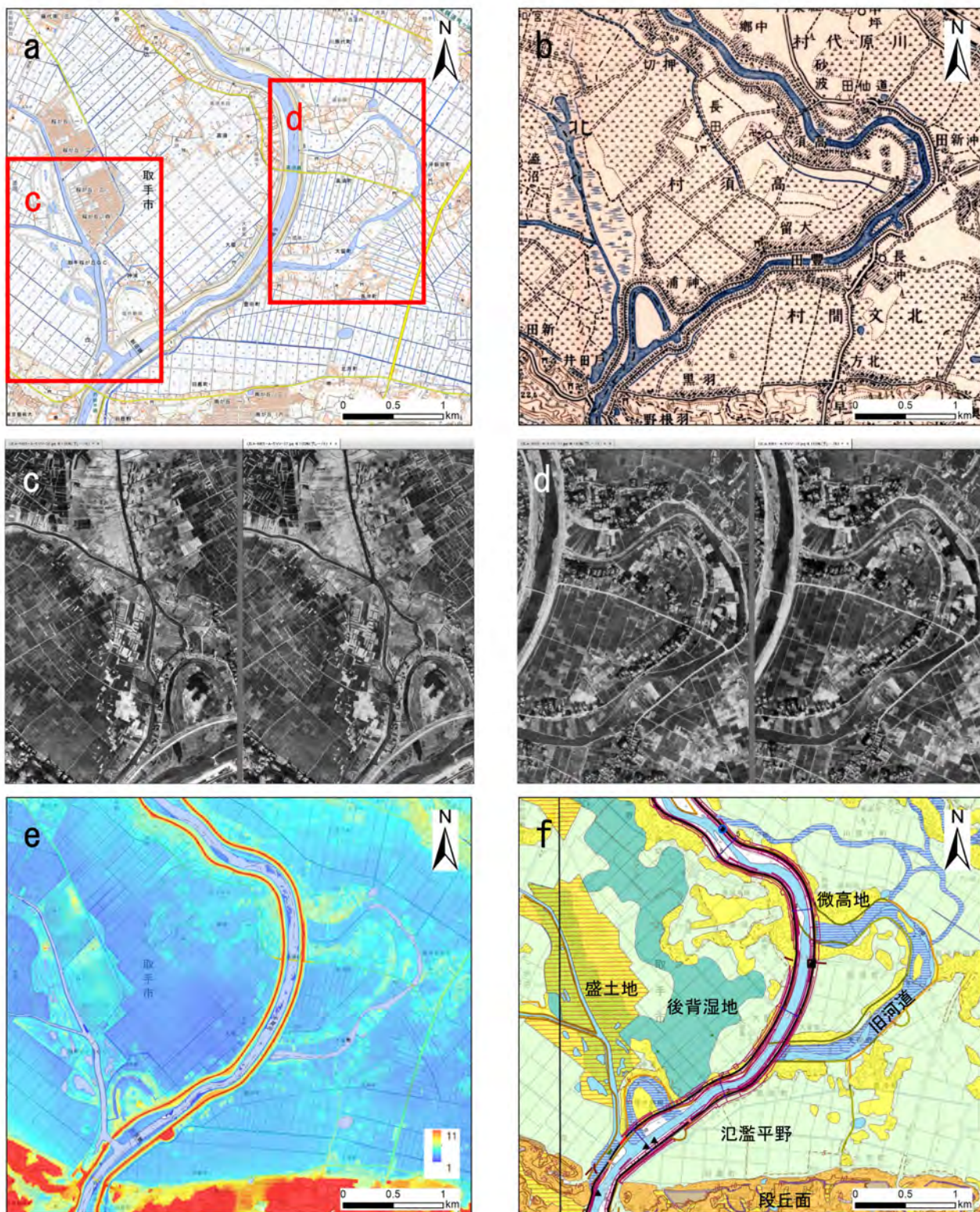
3.3. 空中写真

先述のように、日本では1940年代以降全国の空中写真が整備されるようになった。空中写真には撮影当時の地表面の形態や土地利用がそのまま記録されていることから、これらを丹念に読み解くことが地形判読の基本となる。地形や土地利用の変遷を理解するためにも、2時期ないし3時期の空中写真を入手したい（図-2-c, d）。

空中写真は国土地理院ホームページ「地図・空中写真閲覧サービス」²⁾からダウンロードできる。また、より高解像度の画像が必要であれば日本地図センターを通じて購入することもできる。

3.4. DEMデータ

かつては「地形判読＝空中写真判読」という風潮であったが、近年は航空レーザ測量等の計測技術が急速に発達し、高精度のDEM（Digital Elevation



- a: 最新の地形図（地理院地図より切り出し、赤枠は c,d の空中写真の範囲）
- b: 旧版地形図（明治 36 年測図, 5 万分 1 地形図「龍崎」の一部）
- c,d: 米軍撮影空中写真（USA-M85-A-5VV-36 ~ 38, 実体視可）
- e: 5m メッシュ DEM データから作成した標高区分図（標高 1m ~ 11m を色分け）
- f: 治水地形分類図（更新版）「取手」「龍ヶ崎」の一部（主な凡例を加筆）

図-2 地形判読を行なうためのツールの例

Model：数値標高モデル）が容易に入手できるようになってきた。DEMを利用することによって、高精細な標高区分図を作成したり、1mないしそれ以下の間隔で等高線を描いたりすることができるようになった（図-2-e）。これにより、これまで判別の難しかった微妙な地形の起伏が容易に確認できるようになってきている。近年では、地形図判読・空中写真判読と合わせて、DEM判読も地形判読にあたって必須の作業となっている。

DEMデータは国土院ホームページ「基盤地図情報ダウンロードサービス」⁷⁾から5mないし10mメッシュのデータがダウンロードできる。可能な限り、航空レーザ測量による5mメッシュ以下の精度のデータを入手したい。

3.5. 既存の地形分類図

対象としている地域で既に地形分類図が作成されている場合には、これらを地形判読の手掛かりとして参考にする。ただし、これらの図は作成目的や作成縮尺によって凡例が取捨選択されている可能性があることから、利用にあたっては留意が必要である（図-2-f）。

全国的に整備されている地形分類図として、「土地条件図」、「治水地形分類図」があり、これらは地理院地図⁵⁾上で「情報」-「土地の特徴を示した地図」から該当するレイヤを選択することによって参照できる。また、「土地分類基本調査（地形分類図）」⁸⁾は縮尺5万分1ながら全国の広範囲をカバーしている。

4. 地形を立体に観察するためのツール

地形は立体的な広がりをもつため、地形判読も立体的なイメージで行う方が有利である。ここでは、立体的に地形を観察する方法について、いくつか代表例を示す。

なお、紙面の関係上、ここでは空中写真判読の原理的な説明は省略する。6章で示す参考書等で確認していただきたい。

4.1. 反射実体鏡・簡易実体鏡

印画紙に焼き付けた空中写真を実体鏡や簡易実体鏡を利用して実体視する方法は、これまで空中写真判読で広く利用されてきた（図-3）。地形判読を体験したことがある人は、一度はこのような機器を使って空中写真を覗いたことがあるだろう。

これらの機器は、レンズや鏡を利用して、画像を拡大したり視線を屈曲させたりして、空中写真

が観察できるようになっている。

ただし、反射実体鏡を新たに購入するためには数十万円が必要である。作業場所も机一台分が必要になるなど、ちょっと判読を…と考えている人にはなかなか取りつきにくい。簡易実体鏡は数千円程度と価格も安く、コンパクトで取り扱いやすいが、一度に観察できる写真の範囲が狭い、実体視するには少し慣れが必要といった試練もある。

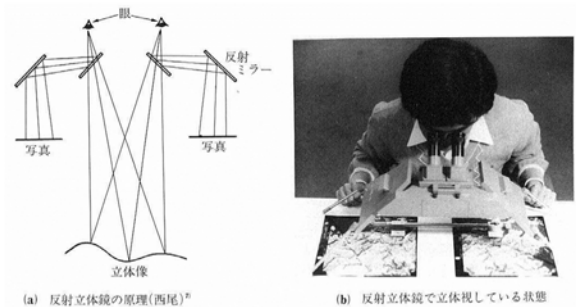


図-3 反射実体鏡による実体視の例⁹⁾

4.2. アナグリフ

アナグリフとは、左右の目で見える画像をそれぞれ赤と青の2色で作成し、合成した画像である。この画像を赤青メガネで観察することにより、地形を立体的に観察することができる（図-4）。

赤青メガネにより、トレーニングを積んでいない人でも比較的容易に実体視が可能になるほか、同じ画像を複数人で同時に実体視して観察する際などに効果的である。一方、事前に画像を加工する必要があるったり、赤青メガネで長時間作業を行うのが難しいといった課題もある。

アナグリフは、左右ペアの写真を準備した上で、「アナグリフ・メーカー」¹⁰⁾のような市販のソフトを利用して作成することができる。

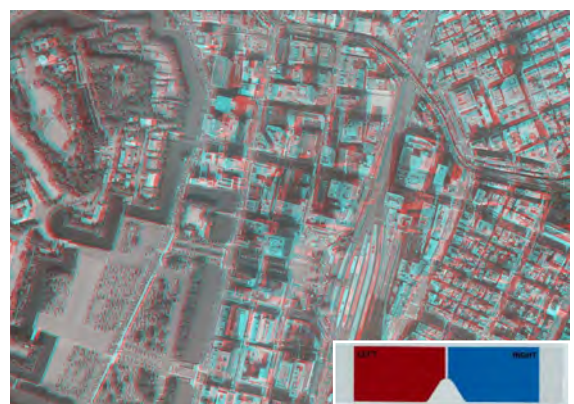


図-4 アナグリフの例

4.3. ステレオミラービューワ

原理的には①で紹介した実体鏡と同様であるが、PC画面に空中写真をペアで表示し、それをステレ

オミラービューワ¹¹⁾のような簡易な機器で実体視する方法も近年盛んに利用されるようになってきた(図-5)。ビューワは数千円で購入できるほか、画像処理ソフトやペンタブレットなどを組み合わせるとPC画面上で空中写真上に判読した地形境界線などを記入することもできる。PC画面に空中写真画像を直接表示するため、ダウンロードしたデータを出力する手間が省けることや、画像の拡大縮小、スクロールが自在に行えることから、判読作業の効率化に役立つ。また、ペア画像をプロジェクタ等で拡大表示すれば、大人数で同時に実体視して議論することも可能であり、ベテランがどのようなところに着目して地形判読しているのか、若手に伝授する際に便利である。



図-5 ビューワを利用した判読作業の例

4.4. DEMを利用した実体視画像

近年、航空レーザ測量技術の進展によって高精度なDEMが取得されるようになってきた。図-2-eのように、これらのデータを利用して標高や傾斜量を区分した図を作成することも容易である。さらに近年では、DEMデータを加工して立体視可能なペアの画像を作成する方法も開発され、樹木等の影響を受けない地表面の形態が実体視で判読できるようになってきている(図-6)。この方法では、片側の画像は加工によりややひずみが生じるものの、オリジナルの画像は高精度な位置情報を保持したままのため、判読によって確認した地形等の位置が正確に記録できることが魅力である。

5. 地形の種類と成り立ち

地形判読を行なうためには、その前提として地形の種類(地形種)とその形成過程(形成営力)を理解しておく必要がある。ただし、地形種は場

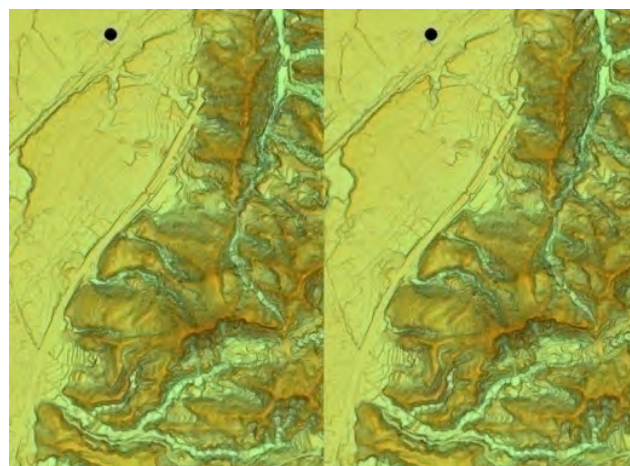


図-6 DEMを利用した実体視画像の例¹²⁾

所や気候条件等によって千差万別であることから、ここでは基本的な考え方を示しておくにとどめる。

地形種とは、「特定の成因によって形成された特定の形態的特徴をもつ部分として地形学的に認定された地形」とされている¹³⁾。主要な形成営力と規模別による地形種の類型を表-1にまとめた。地形種は、形成営力によって変動地形、火山地形、河成地形、海成地形、集動地形、風成地形等に大別される。これに大地形、中地形、小地形、微地形等の規模を掛け合わせることによって、多種多様な地形種が類型化されている。

変動地形とは、地殻変動や断層運動によって形成された地形である。大地形では弧状列島や海溝、小地形では断層崖、微地形では撓曲崖などがこれにあたる。

火山地形とは、火山活動によって形成された地形である。小地形では成層火山やカルデラ、微地形では火口や溶岩円頂丘(溶岩ドーム)などである。

河成地形とは、主に河川によって運搬されてきた砂礫が堆積することによって形成された地形で、扇状地や蛇行原、三角州などの小地形や、自然堤防、後背低地といった微地形がこれにあたる。また、堆積と侵食の繰り返しによって中地形の河成段丘が形成されることもある。

海成地形とは、主に海によって運搬されてきた砂礫が海岸部に堆積することによって形成された地形や、その周辺に形成された地形で、微地形として浜堤や砂嘴、波食棚などがある。河成地形と同様、中地形として沿岸部に海成段丘が形成されることもある。

集動地形とは、地すべりや崩壊、土石流等によって土砂が集団となって移動した結果できた地形で、微地形として地すべり堆や沖積錐、崖錐などが形成される。日本における土砂災害は、主にこのよ

表-1 規模による地形種の類型とその例（鈴木,1997¹³）を改変・簡略化）

地形種の種類	巨地形	大地形	中地形	小地形	微地形	極微地形	
規模	1000km	100km	10km	1km	100m	10m	
主要な形成能力別の地形種	変動地形	大陸 大洋底	弧状列島, 海溝, 大陸棚 縁海, 海嶺, 大山脈, 楯状地	山地 丘陵	断層崖 断層角盆地 地壘 地溝	撓曲崖	地割れ
	火山地形		玄武岩台地	火山(総称)	成層火山 カルデラ 溶岩流原	碎屑丘, 火口, マール, 溶岩円頂丘	溶岩堤防
	河成地形		大規模な平野	段丘 低地	扇状地, 蛇行原, 三角州 谷底堆積低地 谷底侵食低地 河成段丘	河川敷 自然堤防 後背低地 流路跡地	河道(流路), 淵, 瀬, 滝, 横列州, 交互州, 複列州, うろこ州, 落堀
	海成地形				堤列低地, 潟湖跡地 海成侵食低地, 海成段丘	浜堤, 砂嘴, 沿岸州, 沿岸溝, 波食棚	巨大カスプ 浜, 磯
	集動地形					地すべり堆, 沖積錐, 崖錐, 麓斜面	滑落崖, 土石流堆 崩壊地
	風成地形		砂漠	砂・岩石砂漠		砂丘帯	砂丘
	その他			氷河地形	サンゴ礁	カール	堆石堤

うな集動地形の上で発生している。

風成地形とは、文字通り風によって砂などが吹き飛ばされ、それが堆積してできた地形で、極微地形として砂丘などが知られている。

実践レベルの地形判読にあたっては、このような地形種と形成能力を十分に考慮しながら、これらが複合した複雑な地形を読み解いていく必要がある。

- ⑦日本応用地質学会地形学研究小委員会編：「応用地形セミナー 空中写真判読演習」, 古今書院, 2006.
- ⑧日本火山学会編：「空中写真による日本の火山地形」, 東京大学出版会, 1984.
- ⑨日本測量協会編：「いまさら聞けない地形判読」, 日本測量協会, 2019.
- ⑩日本地形学連合編：「地形の辞典」, 朝倉書店, 2017.

6. 地形を学ぶための参考書

地形を学ぶための参考書について、以下にいくつか例示しておく。表-1 に示した地形種でわからない用語があればこれらの資料で調べてほしい。

発行時期が古く、入手が難しいものもあるが、地形判読技術を向上させたいと考えているなら、図書館や書店、インターネットで探して眺めてみることをお勧めする。

- ①今村遼平：「地形工学入門 地形の見え方・考え方」, 鹿島出版会, 2012.
- ②大石道夫：「目でみる山地防災のための微地形判読」, 鹿島出版会, 1985.
- ③熊木洋太・鈴木美和子・小原昇：「技術者のための地形学入門」, 山海堂, 1995.
- ④国土地理院：「空中写真による活断層の判読法 - 判読基準カード集 -」, 日本地図センター, 1998.
- ⑤鈴木隆介：「建設技術者のための地形図読図入門 (全4巻)」, 朝倉書店, 1997-2004.
- ⑥武田裕幸・今村遼平：「建設技術者のための空中写真判読」, 共立出版, 1976.

(参考文献)

- 1) 日本地形学連合編：「地形の辞典」, 朝倉書店, 2017
 - 2) 国土地理院：地図・空中写真閲覧サービス
<https://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>
 - 3) 大矢雅彦：「木曾川流域濃尾平野水害地形分類図」, 総理府資源調査委員会事務局, 1956
 - 4) 全国地質調査業協会連合会：応用地形判読士—資格制度の概要
<https://www.zenchiren.or.jp/ouyouchikei/index.html>
 - 5) 国土地理院：地理院地図
<https://www.gsi.go.jp/>
 - 6) 谷謙二：今昔マップ on the web
<http://ktgis.net/kjmapw/>
 - 7) 国土地理院：基盤地図情報ダウンロードサービス
<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>
 - 8) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土調査（土地分類基本調査・水基本調査等）ホームページ
<http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/inspect.html>
 - 9) 日本写真測量学会編：「立体写真のみかた・とりかた・つくりかた」, 技報堂出版, 1980.
 - 10) STEREOeye：アナグリフ作成ソフト
<https://www.stereoeye.jp/software/index.html>
 - 11) 古今書院：KOKON ステレオミラービューワ
<http://www.kokon.co.jp/book/b166146.html>
 - 12) 中日本航空株式会社：数値地形データ実視画像
<https://www.nnk.co.jp/research/product/data/stereopair.html>
 - 13) 鈴木隆介：「建設技術者のための地形図読図入門 (第1巻 読図の基礎)」, 朝倉書店, p41, p129, 1997.
- ※ホームページの情報はいずれも2019年9月14日現在

各地の博物館巡り

福島県いわき市

いわき市 アンモナイトセンター



外観

はじめに

1968(昭和43)年、いわき市内の双葉層群において、フタバズキリュウの化石が発掘されました。それから約20余年後、同年代の地層をそのまま覆った建物、そして隣接する屋外体験発掘場からなる、いわき市アンモナイトセンターが開設されました。

当センターは、アンモナイト等の化石が集中して発見された地点にあたり、名前からも分かる通り、アンモナイトを中心とした博物館です。

展示内容

館内は、約8,900万年前の地層を建物で囲った展示エリアが展示の中心となります。きれいに保護された露頭の周囲360度を歩き回って観察することができます。通路の所々では、各種アンモナイトをはじめ、この地で発掘された琥珀の展示や展示露頭の観察モニターが設置されています。

隣接する屋外体験発掘場で発見された化石も展示されています。また後述する体験発掘で貴重な発見があれば、発見者として名前を飾ることも可能です。



展示露頭：筆者撮影

体験発掘

本センターの醍醐味は、体験発掘です。毎週土曜日・日曜日の午前・午後の2回に分けて開催されています。その他夏休み期間の開催もあります。詳細は問合せ願います。

体験発掘の所要時間は、事前オリエンテーションに約30分、発掘時間に約1時間の計1時間30分です。発掘で必要となるハンマーやタガネ、保護メガネは貸出があります。参加者で必要となる準備は、外作業に適した服装・靴や発掘した化石を持ち帰るのに使用する新聞紙などになります。筆者も発掘に初挑戦しました。

こちらの地層(双葉層群足沢層)では、主にアンモナイトが15種、二枚貝が18種、サメが13種のほか、4系統の海生爬虫類化石が発見されています。海生爬虫類化石の発見だけでも大きく心が踊りますが、もしかして、もしかすると、アンモナイトの軟体部分の発見などしてみれば、一躍、時の人になれるそうで、期待が高まります。



屋外体験発掘場：筆者撮影

発掘の対象地層は、化石が集中して発見される場所で、特に二枚貝であればかなり容易に発見するこ

とが可能です。握り慣れないハンマーとタガネを使い、コツコツと発掘を行いましたが、素人の筆者は悪戦苦闘。周りの熟練者たちはサメの歯を発見するなど、楽しそうな声が聞かれました。

あっという間の1時間が過ぎ去り、筆者は二枚貝の化石を発掘できました。次回はアンモナイトの発掘を夢に見ています。



採掘場に転がる石（貝の化石が見受けられる）：筆者撮影



エリフェラ（合弁）とイノセラムス：筆者発掘・撮影

おわりに

フタバズキリュウの発見によって、日本列島においても、中生代の大型脊椎動物の化石が見つかることが分かり、日本各地の調査研究が盛んになりました。最近では、通称「むかわ竜」の化石が新種として認定され、「カムイサウルス・ジャポニクス」と命名されました。こうした心躍るニュースを楽しみしながら、筆者も体験発掘を通じて、新発見に携われたらと妄想しています。

皆様ご存じの通り、地面の下にはロマンが埋まっています。ジオへの開拓者・挑戦者である先輩方に感謝の意を表すとともに、新たな仲間として、今後ともよろしく願い申し上げます。

ご案内（お問い合わせ）

●住所・電話番号

福島県いわき市大久町大久字鶴房 147-2
TEL：0246-82-4561 FAX：0246-82-4468

●アクセス

常磐自動車道いわき四倉ICから約15分
国道6号「大久入口」交差点から約10分
JR常磐線「久ノ浜駅」からタクシーで約15分

●開館時間

午前9時～午後5時（最終入館午後4時30分）

●体験発掘受付時間・体験時間

【午前の部】

午前9時～10時・午前10時～11時30分

【午後の部】

午後0時30分～午後1時30分・

午後1時30分～午後3時

●休館日

毎週月曜日（祝日の場合は翌日）、1月1日

●料金

○入館料【観覧のみ】

一般 250円（200円）

大学・高専・高校生 190円（160円）

中学・小学生 100円（80円）

○入館料【体験発掘含む】

一般 710円（660円）

大学・高専・高校生 550円（520円）

中学・小学生 350円（330円）

※（ ）内は団体料金

●ホームページ

<http://www.ammonite-center.jp/>

[応用地質株式会社 木村 貴仁]

大地の恵み

南紀白浜の歩みと温泉の恵み (写真で見る温泉街の風俗事情)

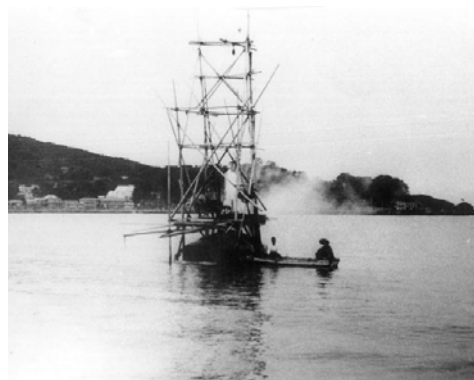
今日に見る大規模な温泉街が作られたのは、白浜試錐の創業年と同じ第一次世界大戦後の1919年(大正8年)となります。その頃から温泉掘削の試みが地元の手で始められ、3年後の1922年(大正11年)には、白良浜付近にて源泉を掘り当てることに成功しました。このころ鉛山湾に面した白良浜から「白浜」という温泉名が作られ、白良浜はケイ酸含有率

90パーセント以上の石英砂からなり、ガラスの原料となりました。

南紀白浜温泉は、第二次世界大戦後まもなくは、和歌山県南部が新婚旅行スポットとなったことで注目を浴び、また京阪神の奥座敷として団体観光客向けの歓楽温泉として発展します。その当時はストリップ劇場や射的、夏場のプールサイドでハワイア



白浜の由来となった大正後期の白良浜¹⁾



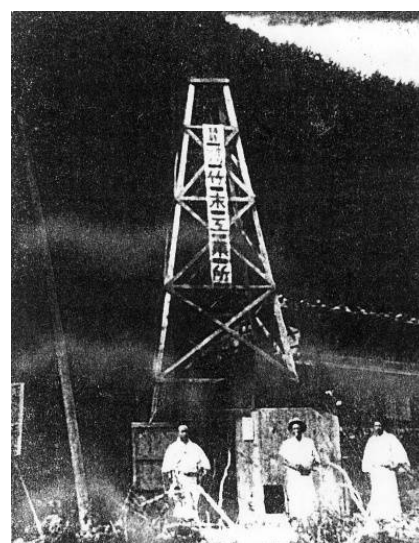
大正後期の白良浜での温泉掘削風景¹⁾



昭和初期の白良浜¹⁾



昭和初期の白良浜¹⁾



昭和初期の温泉掘削風景。
白浜試錐の前身となる竹末工業所¹⁾。

ンバンドが音を響かす賑わいでした。しかし、1960年代に姿を消し、残念ながら現代の白浜温泉にはピンク関係の店は現存していません。その後1975年（昭和50年）頃から南紀白浜アドベンチャーワールドや白浜エネルギーランドの開園に伴い家族向けのレジャー温泉地へと変化を遂げました。

南紀白浜温泉の歩みと共にボーリング掘削井が増加し、地下深くから高温で大量の温泉水が採取される様になります。その結果湧出量低下や自噴停止が発生し、動力を使用する源泉井が増えて行きます。自噴圧の低下に伴う深刻な影響は温泉成分の塩水化にあらわれました。そのため1977年（昭和52年）和歌山県が温泉保護条例を制定し、市街地では新たな温泉掘削が禁止されました。

- 昭和16年の推定総湧出量 13,000 ℓ / min
- 現在の総湧出量 6,000 ℓ / min

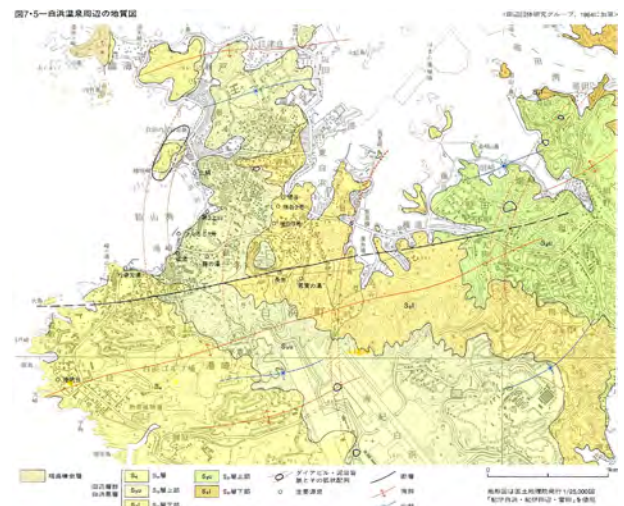
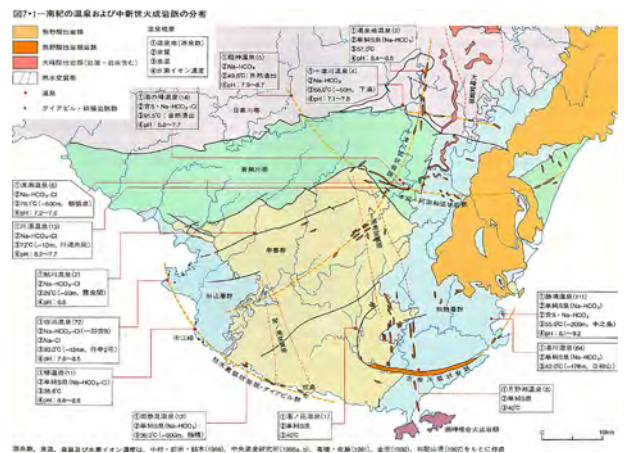


新婚旅行ブームにわいた戦後の白浜温泉¹⁾

現在の営業している温泉井は約30井程度で、湧出量は100～600 ℓ / min、湧出温度は40～90℃と源泉によって異なっています。

掘削井の深度は120～500m程度となり、新第三紀田辺層群の砂岩層から採取されています。

田辺層群は、東西ないし東北東-西南西方向の褶曲が繰り返され、南紀白浜温泉ではこれらと平行した湯崎断層が走ります。湯崎断層は地形的にも認められる北落ちの逆断層で、湯崎断層に沿った源泉と湯崎断層北側（上盤側）の湯崎背斜の北翼部に源泉が集中します。高温泉の恵みをもたらす熱源は、中新世の激しい火成活動によって貫入した火成岩脈の残留熱と考えられています。



[竹末 圭一郎：株式会社白浜試錐]

〈参考文献／出典〉

1. 白浜町史 本編下巻 1
2. アーバンクボタ No.38, 1999

各地の残すべき

地形・地質

有田の泉山陶石・磁石場 ～熱水変質が生んだ有田焼～

1. はじめに

佐賀県有田町から長崎県波佐見町周辺にかけては、有田焼（伊万里焼）・波佐見焼など焼き物（特に磁器）で有名な地域です。

磁器は陶石と呼ばれる岩石を粉砕した材料で作製されますが、この地域の陶石は流紋岩の熱水変質で生じた岩石です。

ここでは、これらの焼き物を支えた陶石について紹介します。

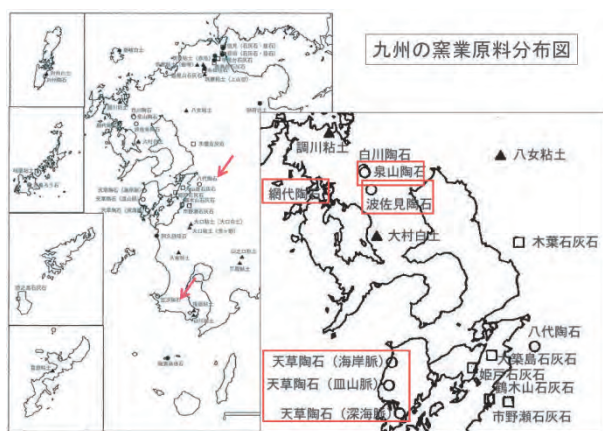


図1 有田・天草の陶石¹⁾

2. 有田の陶石～泉山陶石～

有田町から波佐見町や佐世保市にかけては、更新世の有田流紋岩類（溶岩、凝灰角礫岩、貫入岩等、年代は参考文献²⁾より）が分布し、このうち貫入岩の一部が熱水変質を受けて陶石化しています。波佐見陶石、網代陶石などありますが、泉山陶石がその代表格で、日本地質学会により佐賀県の「県の石」に選ばれています（図1、図2、写真1参照）。

泉山陶石は、朝鮮出兵の際連れてこられた陶工『李参平』が発見し、1616年に日本で初めて作られ

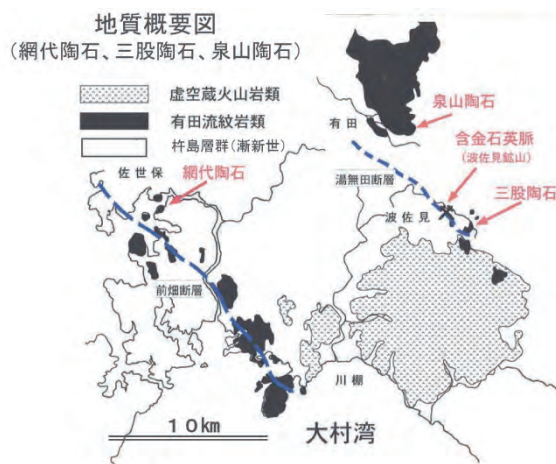


図2 有田地域周辺の流紋岩と陶石¹⁾

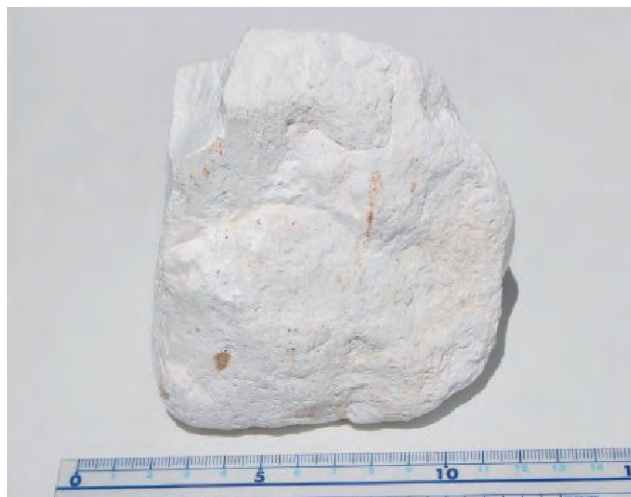


写真1 佐賀県「県の石」-陶石-（日本地質学会 HP より）

た磁器の原料となった陶石で有田焼の材料として長年採掘されました。有田町市街地から東北東約3kmに採石場があり、現在は「泉山磁石場」（いずみやまじせきば）として国の史跡に指定されています（図3参照）。平成30年にNHKのプラタモリでも紹介されました。

陶石化した流紋岩は、杵島層群の砂岩層中に貫入した長径約 400m、短径約 200m の岩体です。岩体の北半部で変質が強く陶石として良質であることから、採掘は主に岩体の北半部で行われました³⁾。江戸時代は「坑道掘り」で、近代以降は「露天掘り」で採掘が行われていたようで、今はその名残を残すのみです（写真 2～5 参照）。

（濱崎（1994）火山，39）

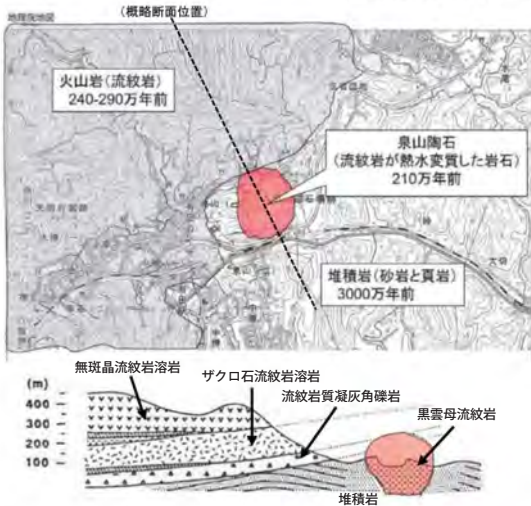


図 3 泉山周辺の地質概要^{1) 3)} を編集



写真 4 大正～昭和の露点掘り（現地設置陶板より）



写真 5 流紋岩の近接写真

岩体には流理構造が複数確認され、それらの相互関係から何度かの断続的なマグマの上昇によって岩体が形成されたと考えられています³⁾。

3. むすび

この地域に流紋岩とその熱水変質があったことで世界的に有名となった有田焼は生まれました。明治以降は天草の陶石（図 1 参照）を使うようになったため泉山陶石は現在採掘されていませんが、長い間有田焼を支え「四百年かけてひとつの山を焼き物に変えた」と言われる泉山磁石場は残すべき地質と言えるでしょう。なお、磁石場の隣には有田町歴史民俗資料館東館があり有田焼などに関する資料を見ることができます。

〔新栄地研株式会社 樗木 政昭〕

〈参考文献〉

- 1) 武内浩一（2018）：九州の陶石資源と成因の考察，第 29 回 GSJ シンポジウム
- 2) GSJ, AIST, 日本シームレス地質図 V2
- 3) 濱崎聡志（1994）：流紋岩浅所貫入岩体の内部構造と貫入過程－佐賀県泉山陶石鉱床における流紋岩体の例－，火山，Vol.39, No.3, pp.91-98.



写真 2 泉山磁石場の全景



写真 3 坑道掘りの跡

日本原子力研究開発機構東濃地科学センターの歩みと瑞浪超深地層研究所の概要

ささお えいじ
笹尾 英嗣*

Key Word 地層科学研究, 高レベル放射性廃棄物, 地層処分, 東濃鉱山, 広域地下水流動研究, 超深地層研究所計画

1. はじめに

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）は、人類社会の福祉及び国民生活の水準向上に資する原子力の研究、開発及び利用の促進に寄与することを目的として設立された、我が国唯一の総合的な原子力研究開発機関である。このうち、東濃地科学センターでは、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究のうち、深地層の科学的研究（「地層科学研究」と呼称している）を土岐地球年代学研究所と瑞浪超深地層研究所の2つの研究施設で進めている（図1）。

2. 東濃地科学センターの歩み

東濃地科学センターでは、国内外でのウラン資源探査と地層科学研究を担当してきた。

1954年に日本政府は「自主・民主・公開」の平和三原則を根幹とする原子力基本法を制定し、原子力予算を初めて計上した。当時、ウランは原子力利用国およびウラン産出国などにおいて厳しい国家管理下にあったという国際情勢を踏まえ、我が国は国内のウラン資源の賦存状況の把握と確保を目指すこととし、通商産業省工業技術院地質調査所（当時）が日本全国を対象としたウラン資源探査を開始した。当時は地質調査所の基礎調査をもとにして、1956年に設立された原子燃料公社（その後、動力炉・核燃料開発事業団、核燃料サイクル開発機構を経て、原子力機構に至る）がその後の開発調査を行うという役割分担であった¹⁾。

東濃地科学センターが所在する岐阜県東濃地域では、1962年に地質調査所が土岐市で新第三紀中新世の瑞浪層群中にウラン鉱床の露頭を発見した。その後、原子燃料公社が1964年に本格的な探鉱作業を開始し、1965年に土岐市に東濃探鉱事務所（その後、中部探鉱事務所、中部事業所を経て東濃地科学センターに至る）を開設した。

東濃地域では、1964年11月に原子燃料公社が発見した月吉鉱床（日本最大のウラン鉱床）の特性を明らかにするため、1972年に東濃鉱山（図1）を開設し、1973年にかけて深度136mの調査立坑と延長約300mの横坑を掘削し、ウランの産状等を調査した（東濃鉱山はその後、地層科学研究に活用された）。

国内のウラン資源探査については、ウラン資源量として7,701tU₃O₈を報告し、1988年3月に終了



図1 東濃地科学センターの主な施設

東濃地科学センターは1965年に設立され、50年以上にわたって原子力に関連する地質分野の研究開発等を進めてきた。本号では東濃地科学センターの歩みと瑞浪超深地層研究所の概要を紹介し、次号で土岐地球年代学研究所の概要を紹介する。

*国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター 地層科学研究部長

した（なお、東濃地域では4,590tが報告されており、そのうちの3,104tが月吉鉱床で確認されている）¹⁾。

ウラン資源探査の進展により、国内のウラン資源量は少なく、将来見込まれるウラン必要量を確保することは不可能であることが明らかになるとともに、1961年に米国がウラン民有化を決定したこともあり、ウラン資源を海外に求める機運が高まった。このため、原子燃料公社は1966年、海外でのウラン資源探査を開始し、1967年以降、オーストラリア、カナダ、アフリカ諸国等で探査を展開した。海外でのウラン資源探査業務については、1998年2月の原子力委員会の決定「動力炉・核燃料開発事業団の改革の方針について」に基づいて、保有していた鉱業権益を国内外企業へ譲渡・売却等を行い、2002年に完了した²⁾。

東濃地科学センターでは、1986年に地層処分技術の研究開発の一環としての地層科学研究を開始した。この内容を次章にて紹介する。

3. 東濃地科学センターにおける地層科学研究

我が国では、原子力発電の運転に伴って発生する使用済燃料を再処理し、取り出したウランやプルトニウムを再利用しつつ、廃棄物の量を抑える「核燃料サイクル」を推進する方針が採られている。再処理の際には放射能レベルの高い廃液が発生するため、これを高温のガラスと溶かし合わせて固体化したものが高レベル放射性廃棄物となる（再処理を行わない場合、使用済燃料そのものが高レベル放射性廃棄物となる）。高レベル放射性廃棄物の初期の放射能レベルは非常に高く、放射能レベルが低下するには長期間を要するため、地下深部の安定した岩盤に閉じ込め、人間の生活環境から隔離して処分する「地層処分」を行うこととされており、我が国では「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」によって地下300メートル以深の深地層に処分することが定められている。

地層処分を安全に行うためには、地下深部の地質環境特性やその安定性についての知見が重要である。具体的には、地下深部における岩盤の熱・力学特性や岩盤の掘削による力学的、水理的挙動、地下水の地球化学的特性と流動特性、岩盤中での物質の移行特性に加えて、地質環境の長期安定性に影響を及ぼす可能性のある地震・断層活動、火山活動、隆起・侵食などの天然現象の特徴を把握し、その影響の程度と範囲などを体系的に理解する必要がある。このため、原子力機構では、地質環境が本来備える特性を理解するための「地質環境の特性に関する研

究」と地質環境の長期的な変化やその影響を明らかにするための「地質環境の長期安定性に関する研究」の2つの研究課題を設定した。東濃地科学センターはこれら2課題に取り組んでおり、「地質環境特性に関する研究」では、①東濃鉱山およびその周辺における調査研究、②広域地下水流動研究および③超深地層研究所計画の3つのプロジェクトを推進してきた。以下、各プロジェクトの概要を述べる。なお、「地質環境の長期安定性に関する研究」は土岐地球年代学研究所で実施しており、その内容は次号で紹介する。

① 東濃鉱山およびその周辺における調査研究

東濃鉱山とその周辺地域においては、1986年から主に瑞浪層群を対象として、地下水の地球化学的特性把握、ウラン鉱床を活用した天然ウラン系列核種の移行挙動評価、坑道掘削に伴う岩盤への影響評価、広域的な地下水流動評価などについて調査研究を実施してきた。これらの調査研究の結果、東濃鉱山の地下130mでの地下水の移動は年間数cm程度であること、ウラン鉱床周辺の地下水は還元性であるため、鉱床生成後約一千万年間、ウランが保存されていることなどが明らかになった。また、坑道掘削に伴う岩盤への影響評価においては、直径6m、深さ150mの第2立坑を新たに掘削し、立坑掘削時に生じる周辺の地質環境特性の変化に関する調査を実施した。さらに、立坑掘削前の調査で取得した情報に基づいて、立坑掘削に伴う地質環境特性の変化を予測し、その結果と掘削後の計測結果との比較を通して、地質環境の調査・解析・評価手法の開発・改良を進めた²⁾。

なお、東濃鉱山における地層科学研究は2004年3月で終了した。その後、閉山措置に着手し、これまでに立坑を含む坑道の充填作業、主要な地上施設の解体撤去作業等が終了している。

② 広域地下水流動研究

地層処分事業における概要調査においては、地下水流動や物質移動などの評価を行う必要がある。地表から深度1,000mに及ぶ領域の地下水流動を理解するためには、涵養域から流出域までの一つの地下水流動系を包含する領域を対象とした地下水流動のモデル化を行う必要がある。また、不均質性を有する地質環境を限られた調査量で効率的に理解していくため、図2に示すようにリージョナル、ローカル、サイトおよびブロックの4つの空間スケールを設定し、調査研究を進めてきた³⁾。このうち、リージョナルスケールとローカルスケールにおける調査研究

を広域地下水流動研究として、サイトスケールとブロックスケールにおける調査研究を超深地層研究所計画として実施した。

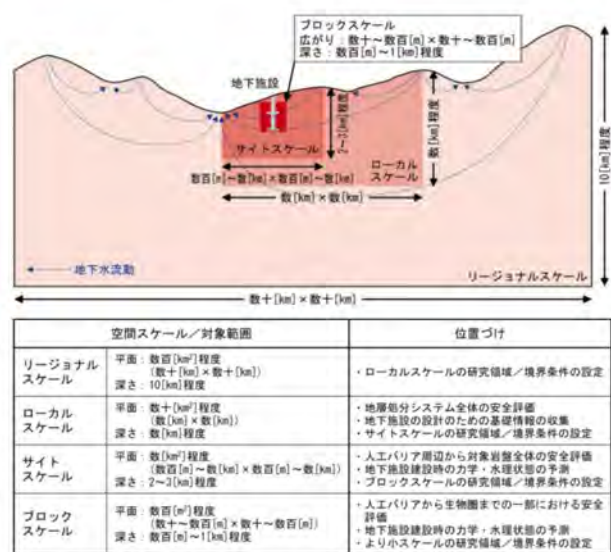


図2 空間スケールの概念図(上)と、対象範囲・位置づけ(下)

涵養域から流出域までの一つの地下水流動系を包含する領域(ローカールスケール)における地下水流動のモデル化(水理地質構造のモデル化および地下水流動解析)を行うためには、モデル化対象領域や境界条件を設定する必要がある、より広範囲(リージョナルスケール)を対象とした予察的な地下水流動解析を行う必要がある⁴⁾。

広域の地下水流動系は、後背地地形や大規模な不連続構造(断層など)に支配されると考えられる。そこで、リージョナルスケールにおける調査研究として、後背地地形の特徴に基づいて解析領域を設定して地下水流動解析を行った。そして、その結果に基づいて研究所設置場所周辺の地下水の涵養域から流出域までの地下水流動系を包含する領域をローカールスケールとして設定した。

ローカールスケールは、地層処分システム全体の安全性評価や、地下施設設計のための基礎情報の収集を想定した領域であるとともに、サイトスケールの調査研究領域と境界条件の設定を行うための領域である。ローカールスケールの調査研究では、既存の文献情報を用いた調査・解析、物理探査や地表露頭調査などによる空中および地表からの調査・解析に加えて、15孔の深層ボーリングの掘削およびボーリング孔を利用した調査・解析を実施し、地表から地下深部までの地質・地質構造、地下水流動特性や地球化学特性などを明らかにするために必要な調査・解析技術等の整備を進めた⁵⁾。

なお、本研究では2004年度で主な現場調査を終了し、それ以降は既存のボーリング孔を利用した地下水の水圧の長期観測等を行っている。

③ 超深地層研究所計画

本計画においては、全体目標として「深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備」と「深地層における工学技術の基盤の整備」の2つを設定し、研究坑道の建設工程やこれに伴う調査研究の課題、対象、空間スケールなどを考慮し、計画全体を以下に示す3つの調査段階に区分して進めてきた(図3)。各研究段階においては、全体目標を達成するため、以下のような段階ごとの目標を設定した⁶⁾。なお、第2段階と第3段階の調査研究は、研究坑道および関連施設からなる施設(この施設が「瑞浪超深地層研究所」である)で実施した。



図3 超深地層研究所計画の進め方

第1段階：地表からの調査予測研究段階

- ① 地表からの調査研究による地質環境モデルの構築および研究坑道掘削前の深部地質環境の状態の把握
- ② 研究坑道の詳細設計および施工計画の策定
- ③ 研究坑道の掘削を伴う研究段階の調査研究計画の策定

第2段階：研究坑道の掘削を伴う研究段階

- ① 研究坑道の掘削を伴う調査研究による地質環境モデルの構築および研究坑道の掘削による深部地質環境の変化の把握
- ② 研究坑道の施工・維持管理に係わる工学技術の有効性の確認
- ③ 研究坑道を利用した研究段階の調査研究計画の策定

第3段階：研究坑道を利用した研究段階

- ① 研究坑道を利用した調査研究による地質環境モデルの構築および研究坑道の掘削から維持管理・閉鎖に伴う深部地質環境の変化の把握
- ② 深地層における工学技術の有効性の確認

第1段階の調査研究は、地層処分事業では概要調査段階および精密調査段階において実施される、地上からの調査に相当するフェーズと位置づけられる。一般的に、調査の量に応じて理解は深まるが、調査が進むにつれて調査量の増加に対する理解向上の感度は低くなる。さらに、いかに詳細な調査を行っても地質環境を完全に理解し尽くすことはできない。そこで、第1段階の調査研究では、不均質な地質環境を効率的に把握していくため、調査研究を5つのステップに分けて実施した(図4)。具体的には、地質環境特性を面的に調査できる手法を用いて広い領域を概括的に把握した上で、詳細な情報を必要とする項目を抽出・特定し、それらをボーリング孔を利用した調査によって把握するという手順で実施した³⁾(図4)。

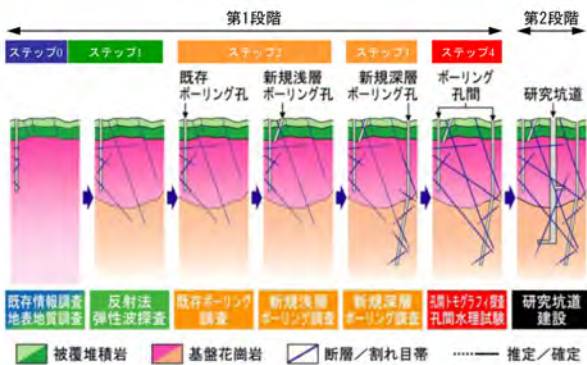


図4 第1段階における調査研究の流れ

第1段階の調査研究の結果、地層境界や不連続構造(断層や割れ目)などの地質・地質構造の分布を把握し、これらの分布を三次元的に表現した地質構造モデルを構築した。また、地上から掘削したボーリング孔を利用した地下水の間隙水圧や地下水位の観測により、地表から地下深部までの地下水の水圧分布を把握した。これらの情報を統合して水理地質構造モデルを構築し、地下水流動解析を実施することで、研究坑道建設前の三次元的な地下水流動場を推定した。さらに、地上から掘削したボーリング孔を利用した原位置初期応力測定やコアを用いた室内での物性試験、力学試験を実施して岩盤力学概念モデルを構築した。これらの結果に基づいて坑道の支保設計や安定性解析、耐震設計、通気網解析に基づく安全設備の設計などを実施し、研究坑道の設計・施工計画を立案した。

なお、第1段階の調査研究は、2004年度末で終了している。

4. 瑞浪超深地層研究所の概要

瑞浪超深地層研究所は、超深地層研究所計画において設置された研究坑道および関連施設からなる施設の名称である。

なお、本研究所は当初は原子力機構の所有地である「正馬様用地」(場所は図1を参照)に建設する計画であったが、主に社会的な問題から建設工事が進められない状況が続いた。その後、瑞浪市からの提案により、同市の市有地(図1右下写真の白線内の範囲、約7.5ha)を借用して研究所の研究坑道などの施設を設置することとし、2002年1月に瑞浪市と市有地の賃貸借契約を締結して、同年7月に用地造成工事および研究坑道の建設を開始した。

瑞浪超深地層研究所は、地質学的には領家帯および山陽帯に属する深成岩類と美濃帯堆積岩類の境界部に位置する。研究所の研究坑道は白亜紀後期の土岐花崗岩およびその上位の新第三紀中新世の瑞浪層群中に建設されている。

瑞浪超深地層研究所の施設は地上施設と研究坑道とで構成される(図5)。地上施設は、立坑掘削に用いる槽を覆う防音ハウスと巻上設備、坑道内への湧水処理に必要となる排水処理設備、コンクリートプラントなどの付帯設備や、作業全体にかかわる設備としての受変電設備・非常用発電設備、工事施工者事務所などからなる。研究坑道は、主立坑(内径6.5m)および換気立坑(内径4.5m)、水平坑道である深度100mごとに主立坑と換気立坑をつなぐ予備ステージ、深度300mステージ(水平坑道掘削長約166m)、深度500mステージ(掘削長約427m)からなる(図5, 6)。

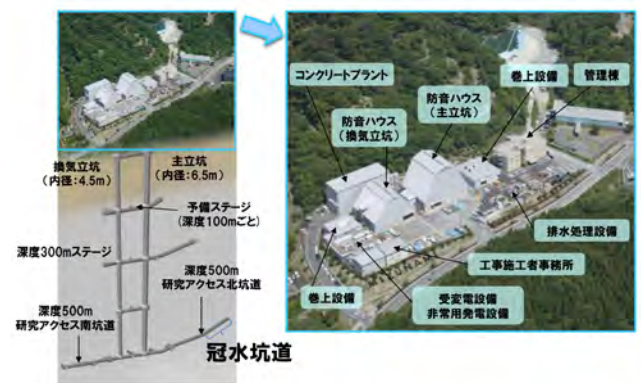


図5 瑞浪超深地層研究所の施設

5. 瑞浪超深地層研究所における調査研究

上述のように、瑞浪超深地層研究所では、超深地層研究所計画の第2段階と第3段階の調査研究を実施してきた。

第2段階においては、地下に研究坑道が掘削され、地下深部へのアクセスが可能になることから、地質環境をより精度良く理解することができる。一方で、地下研究施設の建設に伴って、地質環境は人工的擾乱の影響を受ける。ただし、擾乱の程度は、領域によって異なる可能性もあることから、施設建設に伴う擾乱の程度を把握することによって、地質構造や水理地質構造の理解の深化につなげられる可能性もある。そこで、第2段階の調査研究では、研究坑道掘削時の壁面地質調査、ボーリングコアを用いた初期応力測定、地表および研究坑道から掘削したボーリング孔（研究坑道から掘削したボーリング孔の位置は図6を参照）を用いた地下水の水圧・水質、地中変位等のモニタリングを実施するとともに、これらの調査試験から得られた地質環境データに基づいて地質環境モデルの構築・更新を行った⁷⁾。

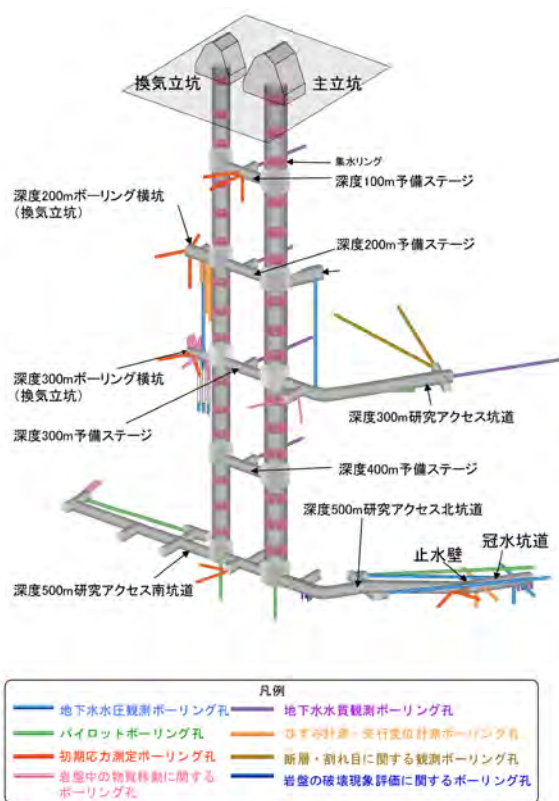


図6 研究坑道から掘削したボーリング孔(2018年度末時点)

第2段階までの調査研究の結果、花崗岩中の割れ目傾度の分布の特徴が把握され、花崗岩上部には低角度傾斜の割れ目の集中帯が分布し、それらが透水性構造として機能していることが確認された。また、研究所およびその周辺には高角度傾斜を有する北北西走向の断層群が卓越し、断層には地下水の流動を規制するものがあることが推定さ

れた。ボーリング孔を利用した水圧応答モニタリングの結果、低透水性の断層や堆積岩中の不透水層を境に水理的にコンパートメント構造が形成されていることが確認された。なお、第2段階の調査研究は2013年度末で終了した。

第3段階は2010年に開始した。当初は岩盤中の物質の移動に関する調査研究を実施した。その後、高速増殖原型炉「もんじゅ」における保守管理の不備等を契機とした原子力機構改革の一環として、2014年9月末に超深地層研究所計画で行うべき残された必須の課題を提示した⁸⁾。この中で、それ以降に取り組むべき第3段階の調査研究として、以下の3つの課題を抽出した。

- ①地下坑道における工学的対策技術の開発
- ②物質移動モデル化技術の開発
- ③坑道埋め戻し技術の開発

このうち、地下坑道における工学的対策技術の開発では、研究坑道への湧水量を坑道掘削前のプレグラウチングと掘削後のポストグラウチングの組合せによって制御可能とするウォータータイトグラウト施工技術の実証を目指し、深度500m研究アクセス南坑道でプレグラウチングを実施した区間でポストグラウチングを実施した。その結果、グラウチング実施前の予測湧水量1,380m³/日に対し、プレグラウチングによって50m³/日に、さらにポストグラウチングによって15m³/日に湧水量を低減させることができた。

また、物質移動モデル化技術の開発では、花崗岩中の割れ目での物質の移動現象を理解してモデル化するための調査解析などを実施した。この中では、花崗岩の主要構成鉱物である斜長石中に微小な空隙が存在し、この空隙が物質の移行を遅延する機能として重要なマトリクス拡散経路として機能している可能性のあることを明らかにした。

坑道埋め戻し技術の開発では、深度500m研究アクセス北坑道において、止水壁を設置して坑道の一部(図5, 6の冠水坑道)を閉鎖して地下水で冠水させることによって、地下水の水圧・水質および坑道周辺岩盤の化学的・力学的変化を観察し、地質環境の回復能力等を評価する「再冠水試験」を行った。冠水坑道内の水圧は、冠水によって3.1MPa程度にまで上昇した後に漸減し、2.5MPa程度で安定した(図7, 坑道掘削前の冠水坑道周辺の水圧は3.8~4.0MPa程度)。この試験では、冠水させた坑道から地下水の一部を排水した後に再冠水させることにより、水圧低下と回復過程の再現性を確認する試験も実施した(図7)。これらの試験の結果、水理的連続性や透水不均質性を有

する岩盤であっても、坑道掘削に伴う水理学的な擾乱は、坑道閉鎖に伴い初期状態まで回復する可能性が示された。

水質については、冠水坑道内の地下水は大気に晒されていたため、冠水直後の地下水には酸素が溶存していたが、冠水直後から酸素濃度が減少し始め、約4か月後に検出限界(<0.02mg/L)となった。それと呼応して、地下水の酸化還元電位も冠水坑道掘削前の値と同等の-180mVまで低下し、4か月前後で還元環境が回復することが確認された(図8)。一方、pHは徐々に上昇し、坑道閉鎖6か月後の時点で約10のアルカリ状態となっており(図8)、坑道壁面の吹き付けコンクリートに含まれるセメント材料の影響と考えられた。

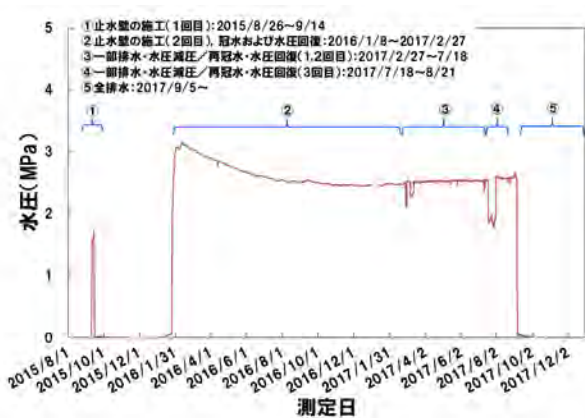


図7 冠水坑道内の水圧変化



図8 冠水坑道内のpHと酸化還元電位(Eh)の変化

6. おわりに

原子力機構の中長期計画において、瑞浪超深地層研究所については、市有地の賃貸借期間の終了(2022年1月)までに埋め戻しができるようにという前提で考え、2019年度末までに、坑道埋め戻しなどのその後の進め方について決定することとしている。このため、東濃地科学センターでは、2019年8月8日に、土地賃貸借期間の終了までに埋め戻しができるようにという前提で考えた埋め戻し工事工程案を公表した⁹⁾。本稿執筆時点(2019年9月)では、研究所の埋め戻しなどのその後の進め方に関する計画案について検討を進めているところである。

〈参考文献〉

- 1) 動力炉・核燃料開発事業団：「日本のウラン資源」, 「動燃事業団技術資料」, PNC TN7420 94-006, 1994
- 2) 核燃料サイクル開発機構：「核燃料サイクル開発機構史」, 「サイクル機構技術資料」, JNC TN1440 2005-003, 2005
- 3) 三枝博光ほか：「超深地層研究所計画における地表からの調査予測研究段階(第1段階)研究成果報告書」, 「原子力機構研究開発報告書類」, JAEA-Research 2007-043, 2007
- 4) 核燃料サイクル開発機構：「広域地下水流動研究 年度計画書(平成16年度)」, 「サイクル機構研究開発報告書」, JNC TN7410 2004-001, 2004
- 5) 核燃料サイクル開発機構：「広域地下水流動研究 年度報告書(平成16年度)」, 「サイクル機構研究開発報告書」, JNC TN7400 2005-013, 2005
- 6) 日本原子力研究開発機構：「超深地層研究所 地層科学研究基本計画」, 「原子力機構研究開発報告書類」, JAEA-Review 2015-015, 2015
- 7) 野原壯ほか：「超深地層研究所計画における研究坑道の掘削を伴う研究段階(第2段階)研究成果報告書」, 「原子力機構研究開発報告書類」, JAEA-Research 2015-026, 2016
- 8) 日本原子力研究開発機構：「日本原子力研究開発機構の改革計画に基づく「地層処分技術に関する研究開発」報告書—今後の研究課題について—
https://www.jaea.go.jp/04/tisou/kongono_kenkyu_kadai/pdf/kenkyu_kadai.pdf
(2019年9月18日現在)
- 9) 日本原子力研究開発機構：「瑞浪超深地層研究所の埋め戻し工事工程案について」
<https://www.jaea.go.jp/04/tono/press/190808/r010808.pdf>
(2019年9月18日現在)

書籍紹介

地質工学 — ジオドクターの処方箋 —

著者 宇田川 義夫*



1999年より早稲田大学教育学部理学科地球科学専修において、非常勤講師として「応用地質学」、「地質工学」の講義を担当してきた著者。本書は、その講義に基づく基礎的内容と、著者の業務経験に基づいた応用的内容とで構成されている。

道路・鉄道などの交通、電気などのエネルギーの供給、飲

料水の供給、これらの社会生活を支えている社会資本もしくはインフラストラクチャー（社会を縁の下から支える構造）と呼ばれるダム・トンネルなどの建設物。これらは地盤・岩盤に支えられており、この地盤・岩盤について調査（診断）し、問題がある場合に対策を立案（処方）する、医学のような学問が地質工学である。

本書では、地質工学の基礎知識にとどまらず、ダム、トンネル、地すべり・崩壊、地震災害、環境地質、労働安全衛生、地質リスクマネジメントについての専門知識ならびに実務的な事例内容が盛り込まれ、地質工学に関する実践的な内容になっている。学生のみならず、いわば地盤・岩盤の医師「ジオドクター」といえる地質工学の技術者にも読んでいただきたい書籍である。

ISBN: 978-4815010256, B5判, 188頁

- 2019年2月26日発行 ● デザインエッグ社
- 価格：2,750円（税込）
- 購入：アマゾン <https://www.amazon.co.jp/>
（書名「地質工学」で検索）

※オンデマンド出版のため、直接アマゾンへご注文ください。

トンネル建設プロジェクトのリスクマネジメント

著者 オルガ・スパチコワ* 翻訳 宇田川 義夫**



本書は、トンネル建設の不確実性とリスクを分析するための解析方法について解説されている。リスクとそのマネジメントの概念、不確実性とリスクの分析手法、トンネ

ル建設プロジェクトにおけるリスク分析の最先端技術を説明している。特に、近年さまざまな分野で応用が試みられている、動的ベイジアンネットワーク（DBN）の確率モデルについて解説されている。

本書は、リスクマネジメントや不確実性の概念、不確実性の定量分析、リスクの定量的評価を可能にする動的ベイジアンネットワーク（DBN）という新しい確率モデル等、についての理解を深めるのには良書である。

ISBN: 978-4815010652, B5判, 174P

- 2019年3月18日発行 ● デザインエッグ社
- 価格：2,530円（税込）
- 購入：アマゾン <https://www.amazon.co.jp/>
（書名「トンネル建設プロジェクト」で検索）

※オンデマンド出版のため、直接アマゾンへご注文ください。

* ミュンヘン工科大学 ** (株)フジタ

PS検層マニュアル

独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構



- A4版 / 47頁
- 発行：独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
- 発行日：令和元年9月5日発行
令和2年3月末販売開始予定
- 予定価格：2,100円（税別）
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
発行の要領・マニュアルを一式収録したCDで
販売いたします。
- 購入方法：詳しくは下記URLへ
https://www.jrtt.go.jp/03tender/tender-obtain_sekisan.html

独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構（以下、鉄道・運輸機構）では、「PS検層マニュアル」を令和元年9月に発行し、運用を開始しました。

PS検層は、鉄道構造物の設計において地盤情報を把握するための重要な試験として位置づけられ、地盤工学会基準の解説および物理探査学会の「物理探査適用の手引き」等を参考に実施されている調査です。しかし、これらの技術基準類には、調査地の様々な条件における具体的な方法やノウハウは記載されていないため、実作業においては技術者の経験に依存している部分が多いといえます。その結果、測定データにバラツキが見られ、成果品の品質の低下を招いているものも散見されました。

このような背景を受けて、鉄道・運輸機構では、平成29～30年度にかけて公益社団法人物理探査学会への委

託により、PS検層に関する十分な知識と経験を有する有識者および地質調査技術者による検討委員会を組織して、調査計画、測定、解析および成果品の取りまとめ作業の標準化について議論してきました。検討委員会では、各地質調査会社に所属する技術者個々の経験によるノウハウを収集・整理して、これらの知見を踏まえてデータ精度へ与える要因や問題点を検証してきました。また、測定記録の品質向上を図るための手順を整理し、これらの妥当性を確認することを目的とした試験PS検層を実施してきました。

本書は、委員会の検討結果を受けて、ダウンホール方式を対象としたPS検層の品質向上に寄与する技術的知見および標準的な作業手順を取りまとめたものです。今後、本書が調査精度の向上につながることを期待しています。

最後に、本書の企画編集・執筆に当たられた委員、執筆者、事務局の方々に厚く御礼申し上げます。

【概略目次】

- 第1章 総則
 - 1.1 適用範囲
 - 1.2 用語の定義と解説
- 第2章 調査計画
 - 2.1 測定方法の選択、計画準備
 - 2.2 使用資機材
 - 2.3 現地調査の際の留意点
- 第3章 測定方法
 - 3.1 測定手順
 - 3.2 S波の測定上の留意点
 - 3.3 P波の測定上の留意点
- 第4章 解析方法
 - 4.1 解析手順
 - 4.2 解析結果に対する確認事項
- 第5章 成果品
 - 5.1 成果品に必要なもの
 - 5.2 検層結果のスケール等
 - 5.3 原記録および野帳データ
 - 5.4 成果品の例
- 付属資料1：成果品の例
- 付属資料2：PS検層チェックリスト

全地連「技術フォーラム2019」について

今回記念すべき第30回となる技術フォーラムが、9月12日(木)～13日(金)の2日間、岡山市で開催された。(行事の具体的な内容は、表1参照)

今回のフォーラムでは、「防災・減災・国土強靱化への対応 -地質調査業の役割-」をメインテーマに、地元「中国地質調査業協会」の全面的な協力と国土交通省中国地方整備局、農林水産省中国四国農政局、岡山県、岡山市の後援および国立研究開発法人土木研究所に協賛いただいた。

初日の特別講演会は、宮崎祥一氏(内閣官房国土

強靱化推進室審議官)に「国土強靱化に向けた国土づくり」というテーマでご講演いただいた。

技術発表会には、若手技術者を中心に全国から146編(表2参照)の発表があり、活発な質疑が行われた。

なお、今回の優秀技術発表者賞には、各セッションから選抜された24名が受賞された。(表3参照)

参加者人数は、関係者含め、約750名となった。

令和2年度の技術フォーラムは、沖縄県那覇市で開催する予定である。

表1 行事内容

全地連「技術フォーラム2019」岡山

9/12 木 ~ **13** 金

防災・減災・ 国土強靱化への対応

～地質調査業の役割～




開催にあたって

今回記念すべき第30回となる“全地連「技術フォーラム」”を岡山市で開催いたします。メインテーマを「防災・減災・国土強靱化への対応 -地質調査業の役割-」として、中国地質調査業協会と連携して開催いたします。多くの皆様のご来場をお待ちしております。

エリア 1 →	有 料																						
<p>入場無料</p>	<p>有 料</p>																						
<p>第1日目 9月12日(木) [受付開始] 9:00～ [開場] 9:30～</p> <p>会場：3階「コンベンションホール」</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <p>開会式 10:00～10:30</p> </td> <td style="width: 50%;"> <p>開会挨拶 (一社)全国地質調査業協会連合会 会長 成田 賢 来賓挨拶</p> </td> </tr> <tr> <td> <p>特別講演会 10:30～12:00</p> </td> <td> <p>「国土強靱化に向けた国土づくり」 宮崎 祥一 氏 内閣官房 国土強靱化推進室 審議官</p> </td> </tr> </table>	<p>開会式 10:00～10:30</p>	<p>開会挨拶 (一社)全国地質調査業協会連合会 会長 成田 賢 来賓挨拶</p>	<p>特別講演会 10:30～12:00</p>	<p>「国土強靱化に向けた国土づくり」 宮崎 祥一 氏 内閣官房 国土強靱化推進室 審議官</p>	<p>第1日目 9月12日(木)</p> <p>会場：1階・3階・4階 5会場(9セッション 66編)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <p>技術発表会 13:00～17:00</p> </td> <td style="width: 50%;"> <p>地形調査+空間計測、現場技術Ⅰ、斜面調査Ⅰ・Ⅱ、 地下水調査Ⅰ・Ⅱ、地域地盤特性、沈下/盛土、 オペレータセッション</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>会場：1階「イベントホール東(発表会A会場)」</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>テーマ発表1 14:45～15:45</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>「土木事業における 地質・地盤リスクマネジメントの取り組み」 阿南 修司 氏 国立研究開発法人土木研究所 地質チーム 上席研究員</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>特別セッション 14:45～17:00</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>テーマ発表2 16:00～17:00</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>「国土強靱化に対して地質調査業は何かができるのか?」 西垣 誠 氏 岡山大学 名誉教授</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>会場：ホテルグランヴィア岡山 4F 「フェニックス」の南</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>技術者交流懇親会 [受付開始] 17:30～ [懇親会] 18:00～20:00</p> </td> </tr> </table>	<p>技術発表会 13:00～17:00</p>	<p>地形調査+空間計測、現場技術Ⅰ、斜面調査Ⅰ・Ⅱ、 地下水調査Ⅰ・Ⅱ、地域地盤特性、沈下/盛土、 オペレータセッション</p>	<p>会場：1階「イベントホール東(発表会A会場)」</p>		<p>テーマ発表1 14:45～15:45</p>		<p>「土木事業における 地質・地盤リスクマネジメントの取り組み」 阿南 修司 氏 国立研究開発法人土木研究所 地質チーム 上席研究員</p>		<p>特別セッション 14:45～17:00</p>		<p>テーマ発表2 16:00～17:00</p>		<p>「国土強靱化に対して地質調査業は何かができるのか?」 西垣 誠 氏 岡山大学 名誉教授</p>		<p>会場：ホテルグランヴィア岡山 4F 「フェニックス」の南</p>		<p>技術者交流懇親会 [受付開始] 17:30～ [懇親会] 18:00～20:00</p>	
<p>開会式 10:00～10:30</p>	<p>開会挨拶 (一社)全国地質調査業協会連合会 会長 成田 賢 来賓挨拶</p>																						
<p>特別講演会 10:30～12:00</p>	<p>「国土強靱化に向けた国土づくり」 宮崎 祥一 氏 内閣官房 国土強靱化推進室 審議官</p>																						
<p>技術発表会 13:00～17:00</p>	<p>地形調査+空間計測、現場技術Ⅰ、斜面調査Ⅰ・Ⅱ、 地下水調査Ⅰ・Ⅱ、地域地盤特性、沈下/盛土、 オペレータセッション</p>																						
<p>会場：1階「イベントホール東(発表会A会場)」</p>																							
<p>テーマ発表1 14:45～15:45</p>																							
<p>「土木事業における 地質・地盤リスクマネジメントの取り組み」 阿南 修司 氏 国立研究開発法人土木研究所 地質チーム 上席研究員</p>																							
<p>特別セッション 14:45～17:00</p>																							
<p>テーマ発表2 16:00～17:00</p>																							
<p>「国土強靱化に対して地質調査業は何かができるのか?」 西垣 誠 氏 岡山大学 名誉教授</p>																							
<p>会場：ホテルグランヴィア岡山 4F 「フェニックス」の南</p>																							
<p>技術者交流懇親会 [受付開始] 17:30～ [懇親会] 18:00～20:00</p>																							

| **同時開催展示会(フォーラム会場内で開催されます。)** | | | |----------------------|-------------------------------| | <p>展示会(入場無料)</p> | <p>第1日目 9月12日 12:00～17:00</p> | | <p>1階 イベントホール(西)</p> | <p>第2日目 9月13日 9:00～15:00</p> | ▼ 出展者一覧 【システム関連コーナー】(株)測商技研北陸、中央開発(株)、(株)ニュージャパンナレッジ 【調査・探査機器関連コーナー】 応用地質(株)、応用計測サービス(株)、液状化ポテンシャルサウンディング PDCコンソーシアム、 (株)ジオファイブ、(株)アサノ大成基礎エンジニアリング、(株)エイト日本技術開発、(株)東京電機、 (株)メーサイ、(株)レアックス、(株)藤井基礎設計事務所、(株)シンク・フジイ、 明治コンサルタント(株)、リーグルジャパン(株)、(株)ワイビーエム 【試験機等関連コーナー】シグマ工業(株)、(株)扶桑工業 【地盤環境関係】東昇商事(株)、基礎地盤コンサルタンツ(株)中国支社岡山支店 【その他関連技術コーナー】(株)ウエスコ、東北ボーリング(株)、ジオ・ラボネットワーク 【特別展示コーナー】中国地質調査業協会 【書籍販売コーナー】(株)古今書院 | **第2日目 9月13日(金)** 会場：1階・3階・4階 5会場(15セッション 81編) | | | |-----------------------------|--| | <p>技術発表会
9:00～15:00</p> | <p>斜面調査Ⅲ、自然災害調査、ケーススタディ、
現場技術Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ
アウトリーチ、堤防/堤防、情報化・解析、メンテナンス、
環境調査
物理探査・検層Ⅰ・Ⅱ、室内試験Ⅰ・Ⅱ</p> | |-----------------------------|--| |

表2 全地連「技術フォーラム2019」岡山 技術発表内容一覧

セッション/発表時間	論文No	発表者氏名	所属機関名	地区	題目
A-1 地形調査+空間計測 9月12日 13:00~14:30 イベントホール(東)	1	岡崎 敬祐	株式会社ダイヤコンサルタント	関西	ドローンレーザ計測による大規模崩壊地の地形把握事例
	2	山田 史絵	中央開発株式会社	関西	UAV自動航行アプリを活用した地形地質調査の事例紹介
	3	小塚 朋子	株式会社日さく	関東	熟練度の差に起因する地すべり地形判読結果の相違:実例と対策
	4	塩飽 悠馬	株式会社エイト日本技術開発	四国	DEMを用いた地形解析による不安定斜面の抽出及び調査計画立案事例
	5	影島 充万	株式会社地球科学総合研究所	関東	衛星SAR差分干渉解析を用いたダム堤体の変位検出
	6	福田 幸一郎	応用計測サービス株式会社	関東	簡易型孔内レーザ測距カメラの開発
A-3 斜面調査Ⅲ 9月13日 9:00~10:00 イベントホール(東)	7	望月 浩司	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	中国	岩盤崩壊の前兆現象と崩壊後の調査事例
	8	永海 飛鳥	株式会社藤井基礎設計事務所	中国	IT活用による落石落下経路特定手法
	9	佐々木 泰典	株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング	関東	壁面落石調査と新・落石対策便覧に準拠した防護柵設計事例紹介
A-4 自然災害調査 9月13日 10:15~11:45 イベントホール(東)	10	牧岡 健一	株式会社エイト日本技術開発	中国	鳥取県中部地震における砂丘分布地域の液化化被害
	11	阿部 愛美	西部技術コンサルタント株式会社	中国	粘板岩・砂質岩互層地盤における斜面災害の崩壊事例
	12	野尻 峰広	川崎地質株式会社	九州	豪雨時における傾斜地盤上の盛土崩壊調査対策事例
	13	橋之口 剛	株式会社ダイヤコンサルタント	四国	愛媛県下における豪雨災害対応事例
	14	小峰 佑介	株式会社ダイヤコンサルタント	関東	熊本県八代市における日奈久断層帯のトレンチ掘削調査
	15	佐藤 静流	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	九州	橋梁計画箇所における浅層反射法探査を用いた活断層調査事例
A-5 ケーススタディ 9月13日 13:00~15:00 イベントホール(東)	16	月元 崇寛	株式会社ウエスコ	中国	道路盛土崩壊に伴う災害残土の再利用の検討事例
	17	谷奥 幸雄	東邦地水株式会社	中部	埋立地における圧密定数の提案事例
	18	小原 雄哉	復建調査設計株式会社	中国	廃棄物盛土地盤の強度評価手法
	19	石川 敦代	株式会社エイト日本技術開発	中国	風化を受けた黒雲母花崗岩の鉱物色彩変化事例
	20	東口 陽子	株式会社エイト日本技術開発	中国	岡山県小田川周辺の堆積環境に関する一考察
	21	藤本 潤	中電技術コンサルタント株式会社	中国	広島県内の溪流における被覆層評価
	22	石本 裕己	株式会社宇部建設コンサルタント	中国	リニアメント末端部の地質観察事例報告
	23	星野 海斗	株式会社キタック	北陸	発破施工時の岩盤崩壊リスクとその対応方法
B-1 現場技術Ⅰ 9月12日 13:00~14:00 301会議室	24	加藤 雅信	明治コンサルタント株式会社	東北	起伏に富む構造物支持地盤の調査事例
	25	半野 弘樹	明治コンサルタント株式会社	九州	大川が形成した扇状地における構造物基礎調査の事例
	26	藤村 恭平	川崎地質株式会社	東北	巨大転石地における電気探査による地盤状況の把握事例
	27	丸田 亮	株式会社ダイヤコンサルタント	関東	大口径三重管サンブラーを用いた脆弱岩盛土の強度評価
	28	貝瀬 長門	大地コンサルタント株式会社	北海道	トンネル坑口の水平ボーリングにて孔曲がり防止に努めた調査事例
	29	外山 茂樹	サンコーコンサルタント株式会社	中部	高品質ボーリングコア採取後の品質管理について
B-2 オペレータセッション 9月12日 14:45~17:00 301会議室	OP-1	須山 雅裕	株式会社日西テクノプラン	中国	これまでに経験したボーリング工事について
	OP-2	大野 泰広	株式会社日本海技術コンサルタンツ	中国	私が経験した孔内事故とその回復方法
	OP-3	名原 駿	協和地建コンサルタント株式会社	中国	砂地盤における孔内事故とその対応について
	OP-4	菅原 大輔	北海道土質コンサルタント株式会社	北海道	地質調査現場におけるGPS活用事例について
	OP-5	中野 浩策	常盤地下工業株式会社	中国	集水ボーリングの吸出し防止抑制に関わる実証実験(フィルター材の最適化検証)
	OP-6	大月 貴司	株式会社エイテック	中国	土壌汚染調査における機械選定とヒヤリハット事例
	OP-7	池田 武人	ハイテック株式会社	関西	海外でのボーリング調査事例
B-3 現場技術Ⅱ 9月13日 9:00~10:00 301会議室	31	金井 克尚	北海道土質試験協同組合	北海道	泥炭地盤における電気式コーン貫入試験による土質判別(その2)
	32	小野 篤	株式会社日さく	関東	電気式コーン貫入試験における単位体積重量の推定式の検討事例
	33	武石 将和	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	九州	埋立地におけるPDC試験を用いた調査事例
	34	澤田 俊一	応用地質株式会社	関東	弾性波測定を伴う動的貫入試験 Seismic PDC
B-4 現場技術Ⅲ 9月13日 10:15~11:45 301会議室	35	工藤 脩透	株式会社開発工営社	北海道	礫質土地盤における統計処理を用いた補正N値の検討
	36	江戸 将寿	川崎地質株式会社	関東	標準貫入試験におけるエネルギー伝達効率についての検討
	37	藤田 有二	株式会社田中地質コンサルタント	関西	高透水性地盤に適応したスラグ式現場透水試験の評価
	38	諏訪山 祐太	応用計測サービス株式会社	関東	魚眼レンズを使用したボアホールカメラの実用化
	39	喜多 淳滋	株式会社リアックス	北海道	撮影方式が異なるボアホールカメラにより得られた観察画像の特徴
	40	三谷 康博	株式会社ウエスコ	四国	橋脚計画地における亀裂性岩盤斜面の評価事例
B-5 現場技術Ⅳ 9月13日 13:00~15:00 301会議室	41	金原 直樹	株式会社アーステクノ	九州	堤防強化対策検討等に有効な簡易ボーリングの実施例
	42	山口 博久	株式会社メーサイ	関西	自走式地盤調査機を用いたサウンディング調査法の開発
	43	平 裕人	株式会社ダイヤコンサルタント	関東	多深度間隙水圧測定システムの改良事例
	44	大山 朝之	株式会社リアックス	北海道	ノンコア土質ボーリングでのカットिंगスと電気検層結果による地層の判定事例
	45	長谷川 貴大	川崎地質株式会社	四国	L型擁壁を対象とした変状原因の究明に関する取り組み
	46	銘苅 勇	株式会社ダイヤコンサルタント	東北	ダムサイト付近に伏在する段丘堆積物分布状況の調査事例
	47	亀卦川 茂彬	川崎地質株式会社	東北	ダム建設予定地におけるトラブル事例と再発防止策
	48	大井手 淳二	株式会社リクテコンサルタント	中国	人工構造物の背後に潜む不確実性について
C-1 斜面調査Ⅰ 9月12日 13:00~14:30 302会議室	49	浅井 瞳	株式会社ウエスコ	中国	豪雨による盛土法面崩壊箇所の調査事例
	50	江口 勝也	株式会社荒谷建設コンサルタント	中国	変状・崩壊した法面における調査の選定と安定性評価について
	51	花澤 潤	西部技術コンサルタント株式会社	中国	道路施設点検データを活用した対策評価に基づく切土のり面の変状要因
	52	小川 晃平	株式会社カミナガ	九州	UAVを活用した長大吹付法面の点検事例
	53	矢田 純	株式会社カミナガ	九州	老朽化のり面の評価手法の検討
	54	西山 電	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	中国	平成30年7月豪雨における土砂災害警戒区域の検証

全地連「技術フォーラム2019」について

セッション／発表時間	論文No	発表者氏名	所属機関名	地区	題目
C-2 斜面調査Ⅱ 9月12日 14:45～17:00 302会議室	55	安藤 秀一	株式会社ウエスコ	四国	地すべり地の縦型伸縮計観測結果に関する一考察
	56	有須田 崇弘	川崎地質株式会社	九州	再滑動した地すべり範囲特定のための調査事例
	57	Kabir Md Fazle	株式会社藤井基礎設計事務所	中国	降雨によって花崗岩斜面で発生した地すべりにおける玄武岩岩脈の影響
	58	村岡 諭	株式会社エイト日本技術開発	東北	平成30年7月豪雨における地すべり変状の把握 -津山市の農地地すべりを例に-
	59	倉田 桃香	応用地質株式会社	関東	地すべり地域における簡易水質調査による地質分布と地質構造の関係 -基之助谷地すべりを例に-
	60	鈴木 和也	応用地質株式会社	関西	地すべり地内における水抜きボーリング工による抑制効果の検証
	61	森 由希奈	株式会社エイト日本技術開発	中国	流れ盤構造の斜面における対策工設計事例
	62	鈴木 祥子	応用地質株式会社	四国	地すべりの長期観測を可能にする多段式水平孔内伸縮計の提案
	63	齊藤 龍太	株式会社藤井基礎設計事務所	中国	開発中の機械学習による地すべり崩壊予測プログラムの紹介 ～概要と課題の整理～
	64	新宮 直人	株式会社藤井基礎設計事務所	中国	開発中の機械学習による地すべりの崩壊予測プログラムの紹介 ～β版プログラムの概要～
C-3 アウトリーチ 9月13日 9:00～10:00 302会議室	65	阿部 佳奈子	宇部興産コンサルタンツ株式会社	中国	「伝える」地質調査業務への取り組み事例
	66	藤井 俊逸	株式会社藤井基礎設計事務所	中国	土砂災害防止に重要となる地質調査を子供たちに伝える活動
	67	藤井 美南	株式会社荒谷建設コンサルタンツ	中国	地質調査業における女性技術者の働き方の考察
C-4 堤体／堤防 9月13日 10:15～11:45 302会議室	68	浜端 研吾	株式会社カミナガ	九州	ため池調査時の現場透水試験方法の選定について
	69	武田 琢真	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	四国	ため池堤体内における接地抵抗を利用した地下水分布調査事例
	70	吉田 奈央	中央開発株式会社	関東	過去に被災・復旧したため池堤体のレベル2耐震性能照査事例
	71	増田 雄一	川崎地質株式会社	中部	ため池における漏水原因の調査事例
C-5 情報化・解析 9月13日 13:00～15:00 302会議室	72	中井 貴彬	西谷技術コンサルタンツ株式会社	中国	花崗岩に対する亀裂を考慮した強度定数設定に関する考察
	73	松本 明日香	サンイン技術コンサルタンツ株式会社	中国	土質試験や技術論文などの資料も活用した設計土質定数の設定事例
	74	荒木 郷士	日本地研株式会社	九州	GISを活用した業務計画の「見える化」と業務成果事例の紹介
	75	安曇 涼花	株式会社エーテック	北海道	特定道路土工構造物の点検業務におけるGIS活用の有効性の検討
	76	栗林 正樹	川崎地質株式会社	北陸	空洞の成因把握調査事例 -情報収集の重要性の再確認-
	77	小川 雄大	中央開発株式会社	関東	鉄道軌道に近接する仮土留め工を用いた掘削施工時の影響解析
	78	北尾 泰広	アサヒコンサルタンツ株式会社	中国	3次元地質モデル作成と留意点について
	79	西山 昭一	3次元地質解析技術コンソーシアム	関東	3次元地質解析技術コンソーシアムの活動報告(その3)
D-1 地下水調査Ⅰ 9月12日 13:00～14:30 405会議室	80	駒崎 友晴	株式会社ソイル・プレーン	中国	高密度電気探査及びVLF電磁探査による水源開発事例
	81	大泉 涼	川崎地質株式会社	北海道	揚水井戸と還元井戸の透水性について
	82	大胡田 拓也	中央開発株式会社	関西	大阪市域における地盤沈下に配慮した帯水層蓄熱利用システムの利用試験
	83	西尾 憲弘	上山試験工業株式会社	北海道	地下水揚水による他井への影響に対する考察
	84	相澤 雄流	新協地水株式会社	東北	新規揚水井による地下水影響範囲 -地下水流動解析の例-
D-2 地下水調査Ⅱ 9月12日 14:45～17:00 405会議室	85	宮崎 基浩	芙蓉地質株式会社	関東	堤外地における試掘結果
	86	植田 敏史	株式会社宇部セントラルコンサルタンツ	中国	ペーパーディスク型地下水流向流速計を用いた地下水流動の予測
	87	若槻 望美	株式会社日さく	関東	段階揚水試験時における揚水量と温度変化について
	88	高橋 拓也	株式会社地圏総合コンサルタンツ	四国	井戸揚水地域における地下水の水理特性評価
	89	山本 秀忠	株式会社ダイヤコンサルタンツ	九州	豊岡台地の水文特性について
	90	乗本 忠夫	サイトウコンサルタンツ株式会社	中国	水文調査業務遂行事例の紹介
	91	牧 恭子	応用地質株式会社	四国	推進工に対する濁水影響評価と地下水モニタリングにおける問題点
	92	山中 明	株式会社エイト日本技術開発	関東	沖縄県宮古島市平良地下水流域における地下水塩水化状況
	93	葛巻 圭吾	東北ボーリング株式会社	東北	海水井戸における水位観測事例
	94	足立 直樹	ハイテック株式会社	関西	日本列島の海岸線を通過する地下水量の推定
D-3 メンテナンス 9月13日 9:00～10:00 405会議室	95	新宮 敦弘	株式会社藤井基礎設計事務所	中国	松江城石垣の地質と調査、保全上の問題点
	96	古川 舞	応用地質株式会社	関東	石造の土木遺構における対策工設計事例
	97	谷崎 優也	株式会社相愛	四国	PC鋼棒アンカーの飛び出し防護対策における基礎実験について
	98	松浦 康隆	宇部興産コンサルタンツ株式会社	中国	全天球カメラを覆工背面の空洞調査に適用した事例について
D-4 物理探査・検層Ⅰ 9月13日 10:15～11:45 405会議室	99	草野 信人	中央開発株式会社	関東	路面下空洞探査車を用いた空洞判定事例
	100	河野 好克	日本物理探査株式会社	関東	連続地中壁における健全度の評価
	101	青野 泰大	サンコーコンサルタンツ株式会社	中部	ポアホールスキャナー観測における品質確保
	102	加藤 欣也	株式会社リアックス	北海道	超音波式ポアホールスキャナ計測における孔内泥水の影響評価
	103	佐高 裕之	株式会社リアックス	北海道	超音波式ポアホールスキャナ計測データと弾性波速度等との比較検討事例
	104	本橋 拓也	千葉エンジニアリング株式会社	関東	ポアホールレーダー・鉛直磁気探査を用いた杭基礎位置把握の調査事例
D-5 物理探査・検層Ⅱ 9月13日 13:00～15:00 405会議室	105	谷口 愁太	明治コンサルタンツ株式会社	関東	S波速度とN値の相関について
	106	佐々木 勝	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	関東	スパースモデリングの弾性波探査への適用性の検討
	107	二瓶 光	新協地水株式会社	東北	埋立処分場における廃棄物埋設範囲の調査事例
	108	木佐真 寛	応用地質株式会社	関東	分散型電気探査装置を用いた3次元電気探査の適用例
	109	松尾 宣明	興亜開発株式会社	中国	AI技術を用いた不発弾探査解析の試み
	110	間瀬口 輝浩	日本物理探査株式会社	関西	地中レーダ探査と水平磁気探査による探査事例

全地連「技術フォーラム 2019」について

セッション／発表時間	論文No	発表者氏名	所属機関名	地区	題目
E-1 地域地盤特性 9月12日 13:00～14:30 407会議室	111	久々宮 健太	タナベ環境工学株式会社	九州	大分平野に分布する鬼界アカホヤ火山灰(K-Ah)の工学的性質の検証
	112	黒田 大貴	トキワ地研株式会社	北海道	泥炭性軟弱地盤における小規模構造物(開水路)の基礎工について
	113	江守 達弥	協同組合土質屋北陸	北陸	加賀平野北部の沖積粘性土の圧密特性
	114	高本 裕靖	株式会社荒谷建設コンサルタント	中国	N値より推定した一軸圧縮強さ q_u と土質試験値の比較検討
	115	本澤 智也	株式会社四国トライ	四国	御荷鉾緑色岩の物性値に関する一評価事例
E-2 沈下／盛土 9月12日 14:45～17:00 407会議室	116	五島 努	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	東北	双曲線近似法とlogt法による沈下予測
	117	戸田 陸斗	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	東北	logt法と長期圧密試験による沈下予測
	118	岡村 宏信	株式会社東建ジオテック	中国	圧密解析結果への回帰分析適用事例
	119	田山 良一	株式会社ウエスコ	中国	宅地盛土の長期的沈下に対する調査及び施工事例
	120	坪井 仙一	応用地質株式会社	関西	大規模埋立地における洪積粘土層の間隙水圧長期計測事例
	121	竹林 剛	中央開発株式会社	中部	宅地造成エリアに生じた道路変状における調査事例
	122	平井 孝明	中央開発株式会社	関東	盛土内部の含水状態の長期計測に伴う留意点
	123	大田 清栄	株式会社リクテコンサルタンツ	中国	盛土内の地下水挙動の調査事例とその考察
E-3 環境調査 9月13日 9:00～10:00 407会議室	124	山田 明恵	復建調査設計株式会社	中国	大規模盛土造成地変動予測調査における第二次スクリーニング計画の作成事例
	125	齋藤 晴紀	株式会社エイト日本技術開発	関東	自然由来のヒ素を対象とした現地分析法の検討
	126	吉元 達哉	野外科学株式会社	北海道	油汚染土壌浄化の事業化に向けて
E-4 室内試験Ⅰ 9月13日 10:15～11:45 407会議室	127	篠原 真希	応用地質株式会社	関西	操業中の工場に適用するバイオ浄化における課題と対応
	128	黄 はお	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	関東	不等分布荷重下における類岩材料の力学特性とAE特性に関する研究
	129	小川 尚之	株式会社ダイヤコンサルタント	北陸	固化処理した浚渫土の現場／室内強度比
	130	諸岡 成幸	新栄地研株式会社	九州	セメント安定処理土から溶出される六価クロムとその要因について
	131	丹野 堅司	株式会社新東京ジオ・システム	東北	石灰系固化材を使用した火山泥流掘削土砂の改良について
E-5 室内試験Ⅱ 9月13日 13:00～15:00 407会議室	132	長谷 良也	サンイン技術コンサルタント株式会社	中国	安定処理による堤体盛土の透水性の検証
	133	小野 晃裕	関東土質試験協同組合	関東	透水試験における定水位法と変水位法との使い分けに関する検討
	134	木下 翔	株式会社東建ジオテック	中国	段階荷法と定ひずみ法による圧密試験の結果比較
	135	遠藤 雅弥	中央開発株式会社	関東	一面せん断装置を用いた特殊土の強度及び摩擦特性
	136	三好 功季	協同組合関西地盤環境研究センター	関西	礫分粒度調整の違いが三軸試験結果に与える影響(その2)
	137	池田 謙信	中部土質試験協同組合	中部	液状化強度曲線の基本特性について
	138	中山 雅	千葉エンジニアリング株式会社	関東	安定解析における中間土の強度評価について
	139	逆井 健汰	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	関東	二連空圧式下部載荷型繰返し中空ねじりせん断試験

表3 優秀技術発表者賞 受賞者一覧

セッション名	論文No.	発表者	所属	地区	題目
A-1 地形調査+空間計測	5	影島 充万	株式会社地球科学総合研究所	関東	衛星 SAR 差分干渉解析を用いたダム堤体の変位検出
A-3 斜面調査Ⅲ	7	望月 浩司	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	中国	岩盤崩壊の前兆現象と崩壊後の調査事例
A-4 自然災害調査	15	佐藤 静流	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	九州	橋梁計画箇所における浅層反射法探査を用いた活断層調査事例
A-5 ケーススタディ	20	東口 陽子	株式会社エイト日本技術開発	中国	岡山県小田川周辺の堆積環境に関する一考察
B-1 現場技術Ⅰ	27	丸田 亮	株式会社ダイヤコンサルタント	関東	大口径三重管サンプラーを用いた脆弱岩盛土の強度評価
B-2 オペレータセッション	OP-2	大野 泰広	株式会社日本海技術コンサルタンツ	中国	私が経験した孔内事故とその回復方法
B-3 現場技術Ⅱ	34	澤田 俊一	応用地質株式会社	関東	弾性波測定を伴う動的貫入試験 Seismic PDC
B-4 現場技術Ⅲ	36	江戸 将寿	川崎地質株式会社	関東	標準貫入試験におけるエネルギー伝達効率についての検討
B-5 現場技術Ⅳ	44	大山 朝之	株式会社レアックス	北海道	ノンコア土質ボーリングでのカッティングスと電気検層結果による地層の判定事例
C-1 斜面調査Ⅰ	53	矢田 純	株式会社カミナガ	九州	老朽化のり面の評価手法の検討
C-2 斜面調査Ⅱ	61	森 由希奈	株式会社エイト日本技術開発	中国	流れ盤構造の斜面における対策工設計事例
C-3 アウトリーチ	65	阿部 佳奈子	宇部興産コンサルタント株式会社	中国	「伝える」地質調査業務への取り組み事例
C-4 堤体／堤防	71	増田 雄一	川崎地質株式会社	中部	ため池における漏水原因の調査事例
C-5 情報化・解析	75	安曇 涼花	株式会社エーティック	北海道	特定道路土工構造物の点検業務における GIS 活用の有効性の検討
D-1 地下水調査Ⅰ	84	相澤 雄流	新協地水株式会社	東北	新規揚水井による地下水影響範囲 -地下水流動解析の例-
D-2 地下水調査Ⅱ	91	牧 恭子	応用地質株式会社	四国	推進工に対する濁水影響評価と地下水モニタリングにおける問題点
D-3 メンテナンス	96	古川 舞	応用地質株式会社	関東	石造の土木遺構における対策工設計事例
D-4 物理探査・検層Ⅰ	100	河野 好克	日本物理探査株式会社	関東	連続地中壁における健全度の評価
D-5 物理探査・検層Ⅱ	106	佐々木 勝	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	関東	スパースモデリングの弾性波探査への適用性の検討
E-1 地域地盤特性	114	高本 裕靖	株式会社荒谷建設コンサルタント	中国	N 値より推定した一軸圧縮強さ q_u と土質試験値の比較検討
E-2 沈下／盛土	117	戸田 陸斗	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	東北	logt 法と長期圧密試験による沈下予測
E-3 環境調査	126	吉元 達哉	野外科学株式会社	北海道	油汚染土壌浄化の事業化に向けて
E-4 室内試験Ⅰ	130	諸岡 成幸	新栄地研株式会社	九州	セメント安定処理土から溶出される六価クロムとその要因について
E-5 室内試験Ⅱ	134	木下 翔	株式会社東建ジオテック	中国	段階荷法と定ひずみ法による圧密試験の結果比較

2019年度 全地連資格検定試験の実施結果について

全地連で実施しております3つの資格検定試験（地質調査技士，応用地形判読士，地質情報管理士）につきまして，2019年度は7月13日（土）に全国10会場で検定試験を実施し，また9月に合格発表を行いました。

各資格検定試験の実施結果は下記の通りです。合格者の皆さまには，取得された資格を活かして頂き，今後のさらなるご活躍を期待しております。

全地連資格検定試験 実施結果 概要

■試験日：令和元年7月13日（土）

■試験会場：全国10会場 札幌，仙台，新潟，東京，名古屋，大阪，広島，高松，福岡，沖縄

■受験者数及び合格者数：

資格検定試験		受験申込者数 / 受験完了者数	合格者数
①地質調査技士	現場調査部門	349名 / 331名	131名
	現場技術・管理部門	790名 / 699名	218名
	土壌・地下水汚染部門	47名 / 45名	11名
	(合計)	1178名 / 1062名	360名
②応用地形判読士〈一次試験〉		99名 / 88名	29名 ^{※1}
			27名 ^{※2}
③地質情報管理士		116名 / 106名	28名

※1 応用地形マスターⅠ級 ※2 応用地形マスターⅡ級

(ご参考：今後の試験日程)

- ・2019年度 応用地形判読士資格検定試験〈二次試験〉…… 11月30日（土）東京会場にて実施予定
- ・2020年度 全地連資格検定試験…… 7月4日（土）全国10会場にて実施予定

地質リスクマネジメント事例研究発表会（開催報告）

11月1日に開催いたしました標記発表会は，今年で10回目の開催となりました。

当日は，地質調査業界の関係者をはじめ，公共機関の方にも多数のご参加を頂きました。当日の開催結果と講演論文集を下記のホームページに掲載しておりますので，是非ご覧ください。

▶▶▶ <http://www.georisk.jp/>（地質リスク学会ホームページ）

第10回地質リスクマネジメント事例研究発表会 開催概要

【開催要領】

- 開催日：令和元年11月1日（金）
- 場所：飯田橋レインボービル（東京都新宿区市谷船河原町11番地）
- 共催：地質リスク学会，一般社団法人全国地質調査業協会連合会
- 協力：特定非営利活動法人地質情報整備活用機構
- 協賛：国立研究開発法人土木研究所
- プログラム
 - 第1部 全体会（10:00～12:00）
 - 開場：9:30
 - 開会：10:00～
 - 開会挨拶：10:05～10:15
地質リスク学会 会長 渡邊法美（高知工科大学 教授）
 - 講演①：10:15～10:50
「国土地盤情報センターの活動についてー地盤情報の有効活用に向けてー」
秋山泰久（一財）国土地盤情報センター 理事
（一社）全国地質調査業協会連合会 情報化委員会委員長
（国際航業（株）防災環境事業部 防災ソリューション部 部長）
 - 講演②：10:50～11:40
「地質リスクマネジメントの現状と今後の展開について」
渡辺寛 地質リスク学会 専門委員会 委員
（一社）全国地質調査業協会連合会 技術委員会委員
（株）日さく 取締役 東日本支社長）
 - 表彰式：11:40～11:50 第2部事例研究発表会 優秀論文賞授与式

第2部 事例研究発表会（13:00～16:50）24編

発表者	所属先	題目	事例の種類
宇田川義夫	(株)フジタ	施工段階における岩盤判定基準・岩盤掘削工法提案による地質リスク回避ー東日本大震災被災住民の早期高台移転を目指してー	A型
原 勝重	新協地水(株)	豪雨時表層崩壊斜面のリスク顕在化後の対応事例	B型
茂木 太郎	基礎地盤コンサルタンツ(株) 東北支社	河川堤防の浸透対策における地質リスクの評価と被災メカニズムに応じた対策工検討	A型
松崎 達二	サンコーコンサルタンツ(株) 九州支社	地質リスクの表現手法の検討 (データフローダイヤグラムと階層分析手法を用いた事例)	D型
千葉 伸一	応用地質(株) 砂防・防災事業部	上信越道金谷山トンネルにおけるⅡ期線施工時の地質リスクを最小限に回避した事例	C型
渡邊 絵美	応用地質(株) ミナクス事業部	新規道路の事前調査における自然由来重金属のリスク評価	D型
田中 慎吾	基礎地盤コンサルタンツ(株)	橋梁計画箇所想定された活断層に対するリスク調査事例	D型
柴田 達哉	(株)建設コンサルタントセンター	事前対応したが掘削時に発現した想定外の地質リスク発生事例	C型
折原 敬二	基礎地盤コンサルタンツ(株)	インドネシア発電所建設工事において発現した地質リスク	D型
石川 昌幹	東邦地水(株)	切土のり面で発生した地すべり対応策検討及び既設アンカー工の応急対策工検討及び実施	D型
池田 学	(株)エイト日本技術開発	長大切土法面における、切り下がりに応じた地すべりの誘発と対策	B型
山本 靖志	(株)エイト日本技術開発	地すべり災害ブロックにおけるアンカーチェックボーリング実施例	A型
寺井 康文	大地コンサルタント(株)	砂防施設袖の掘削による斜面崩壊のマネジメント	B型
山部 哲	(株)建設技術研究所	地質調査結果の評価の違いによる地すべり対策工の規模縮小について	A型
栗林 正樹	川崎地質(株)北陸支店	地盤改良における発現強度が極めて小さい砂質土への対応事例	C型
竹内 均	(株)日さく	林道開設計画および地すべり対策計画時の地すべりリスク発現事例	B型
山名 真広	基礎地盤コンサルタンツ(株) 中部支社	矢板式護岸の耐震性能照査時に発生した地質リスク評価事例	B型
松本 和正	北海道土質コンサルタント(株)	札幌市の表層に分布する表層地盤について	D型
山崎 尚明	(株)相愛	発現した崩壊リスクを最小限に回避した事例	C型
高本 博昭	基礎地盤コンサルタンツ(株)	床掘時に発現した地質リスクと対応事例	C型
藤原 協	国際航業(株)	道路事業全体での地質リスクマネジメントの事業効果検証事例	A型
吉田 英樹	室蘭工業大学	自然由来重金属を含む土砂へのシート状吸着材の適用	D型
上原 祐治	応用地質(株) 砂防・防災事業部 九州事務所駐在	三次元電気探査による効果的な地すべり集水井の位置選定	D型
中川 智博	基礎地盤コンサルタンツ(株)	港湾構造物を対象とした調査における地質リスク回避事例	A型

懇親会（17:00～18:30）

令和元年度 全地連資格制度 登録更新の手続きについて

全地連で運営しております3つの資格制度（地質調査技士、応用地形判読士、地質情報管理士）につきまして、令和元年度は下記の通り登録更新の手続きを実施いたします。

令和元年度 全地連資格制度 登録更新の実施概要

資格制度	登録更新の対象者	更新申込期間・締切	更新形態
地質調査技士	(1) 平成26年度（2014年度）の登録更新講習会を受講した方 (2) 平成26年度（2014年度）の第49回地質調査技士資格検定試験に合格し、登録した方	令和元年9月10日～ 令和元年10月11日 ※CPD報告形式による 申込締切は令和元年 12月13日	講習会受講形式 または CPD報告形式
応用地形判読士	平成26年度（2014年度）の応用地形判読士資格検定試験〔二次試験〕に合格し、応用地形判読士資格に登録した方	令和元年12月1日～ 令和2年1月15日	CPD報告形式
地質情報管理士	(1) 平成28年度（2016年度）地質情報管理士資格検定試験に合格し、資格登録した方 (2) 平成28年度（2016年度）地質情報管理士登録更新の手続きが完了した方	令和元年12月1日～ 令和2年1月31日	CPD報告形式

詳しくは、全地連のホームページをご覧ください。

▶▶▶ <https://www.zenchiren.or.jp/>（全地連ホームページ）

地質調査業のPR動画の作成

全地連では、地質調査業で活躍する地質調査技術者のPR用動画を作成いたしました。地質調査の大切さや地質調査業務の内容を一般向けに分かりやすく紹介した動画です。

会員企業の皆さまにおかれましては、是非一度ご覧の上、一般向けの広報や求人活動などにご利用いただければと存じます。

▶▶▶ <https://www.zenchiren.or.jp/news/detail/170>（全地連ホームページ）

PR動画イメージ（1分42秒の動画です）



「地質調査業務発注ガイド」(令和元年度版)の作成

全地連では、地質調査業務の発注支援の目的に「地質調査業務発注ガイド」(令和元年度版)を作成し、全地連ホームページに掲載いたしました。

本ガイドは平成26年度に初版を発行し、今回はその改訂版となります。改訂のポイントは次の通りです。

○発注者目線での改訂

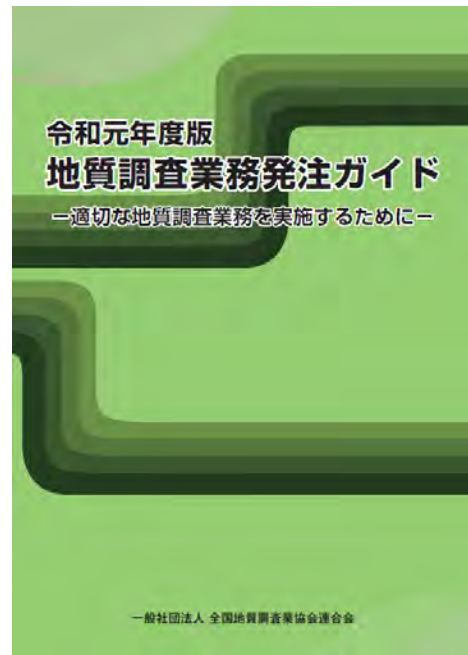
- 自治体関係者レベルの読者を想定したガイドの全面的見直し
- 発注者からの質問が多い、一般調査業務とコンサルタント業務の相違や積算上の留意点の記述の充実

○最新の状況を反映

- 地質リスク調査検討、BIM/CIM・3D、国土情報DBへの対応など、最近の状況を反映
- 特に、地質リスクについては、調査の段階に応じた検討の必要性などの記述を充実

○積算実務にマッチした内容

- 積算に必要な、青本、赤本、全地連HPの積算資料の流れをわかりやすく解説
- 積算時の条件明示で注意が必要な具体的な項目の列挙



9/10 全地連 HP 掲載
A4 判 全 54 ページ

[本ガイドの目次]

1. 地質調査の必要性和最近の状況
2. 地質リスクマネジメントについて
3. 調査計画立案の基本的な考え方とポイント
4. 地質調査業務の積算
5. 地質調査の品質確保
6. 地質調査成果の電子化

本ガイドは、主に公共事業としても地質調査業務の発注に携わる方を対象に作成したものであり、調査計画や積算の留意点などを簡潔にとりまとめております。

初版を作成しました平成26年度以降、WEBサイトに掲載してきました本ガイドは、公共機関の方々よりご好評をいただき、また改訂版作成のご要望も多数寄せられておりました。

ここ数年では国の積算基準も急ピッチで見直されるなど積算の環境も大きく変化しておりますことから、今回の改訂版の作成に至った次第です。

地質調査業務の発注に関わる多くの方に活用していただき、適切な地質調査業務の発注の参考としていただければ幸いです。

▶▶▶ <http://www.zenchiren.or.jp/> (全地連ホームページ)

編集後記

太平洋に面する村で生まれ、海に注がれる川で泳ぎ、砂浜を走って育った子どもの頃、地形や地質のことは全く考えもしませんでした。自宅の2階の小窓に打ち付けられた板は、伊勢湾台風が来た時のものであると祖父母から聞かされたことにさえ、関心を持つことはありませんでした。まして、地質技術者として地盤に向き合う仕事に就くとは思いませんでした。

そのような私情を含みつつ、今回のテーマに『沿岸』を選びました。昨今、様々な場面で沿岸域がフォーカスされています。その度に、防災・開発・環境保全・海洋環境など、一見するとトレードオフとも考えられるキーワードが複雑に絡み合っている印象を持ったことが発端となりました。

このようなきっかけから、地質技術者として沿岸域での仕事に向き合う際に、地形や地質だけではなく、その土地に住む人々や多様な背景を知ること、古くから培われてきた技術や今行われている仕事の内容を知ることが重要と考えました。そこで、本号の巻頭言・総論・小特集・教養読本には、各分野でご活躍されている皆さまに、多様な視点からのご執筆をお願い申し上げました。

執筆依頼で皆さまと面談させていただきました折々に、想定を超えるお話をたくさん聞かせて頂きました。自らの痛感はさておき、当業界の若手・中堅技術者に、少しでも響いてくれることを願ってやまない特集号になったことに、執筆者各位に、心から御礼を申し上げる次第です。

(2019年11月 加藤記)

機関誌「地質と調査」編集委員会

一般社団法人全国地質調査業協会連合会

委員長 鹿野 浩司

委員 尾高 潤一郎、加藤 猛士、佐護 浩一、谷川 正志、細矢 卓志、土屋 彰義、須見 徹太郎、池田 俊雄、高橋 暁、中川 直、各地区地質調査業協会

委員 北海道：鈴木 孝雄 東北：昆 孝広 北陸：津嶋 春秋 関東：藤本 泰史 中部：成瀬 文宏
関西：東原 純 中国：向井 雅司 四国：大岡 和俊 九州：永尾 一彦 沖縄県：長堂 嘉光

一般社団法人全国地質調査業協会連合会

〒101-0047 東京都千代田区内神田 1-5-13 内神田 TK ビル 3 階 TEL. (03) 3518-8873 FAX. (03) 3518-8876

北海道地質調査業協会	〒060-0003	北海道札幌市中央区北 3 条西 2 丁目 1 (カミヤマビル)	TEL. (011) 251-5766
東北地質調査業協会	〒983-0852	宮城県仙台市宮城野区榴岡 4-1-8 (パルシティ仙台 1 階)	TEL. (022) 299-9470
北陸地質調査業協会	〒951-8051	新潟県新潟市中央区新潟町通 1 ノ町 1977 番地 2 (ロイヤル礎 406)	TEL. (025) 225-8360
関東地質調査業協会	〒101-0047	東京都千代田区内神田 2-6-8 (内神田クレストビル)	TEL. (03) 3252-2961
中部地質調査業協会	〒461-0004	愛知県名古屋市東区葵 3-25-20 (ニューコーポ千種橋 403)	TEL. (052) 937-4606
関西地質調査業協会	〒550-0004	大阪府大阪市西区靱本町 1-14-15 (本町クィーパービル)	TEL. (06) 6441-0056
中国地質調査業協会	〒730-0017	広島県広島市中区鉄砲町 1-18 (佐々木ビル)	TEL. (082) 221-2666
四国地質調査業協会	〒761-8056	香川県高松市上天神町 231-1 (マリッチ F1 101)	TEL. (087) 899-5410
九州地質調査業協会	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東 2-4-30 (いわきビル)	TEL. (092) 471-0059
沖縄県地質調査業協会	〒903-0128	沖縄県中頭郡西原町森川 143-2 (森川 106)	TEL. (098) 988-8350

機関誌 「地質と調査」 '19年2号 No.154

2019年11月15日 印刷

2019年11月20日 発行

編集 一般社団法人全国地質調査業協会連合会

〒101-0047 東京都千代田区内神田 1-5-13 内神田 TK ビル 3 階

発行所 株式会社ジェイスパーク

〒102-0082 東京都千代田区一番町 9-8 ノザワビル 7 階 TEL. (03) 3264-7781 FAX. (03) 3264-7782

株式会社ワコー

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 3-11-7 TEL. (03) 3295-8011 FAX. (03) 3230-2511

印刷所 株式会社 高山

無断転載厳禁

印刷物・Web 上等に本誌記事を掲載する場合は、一般社団法人全国地質調査業協会連合会に許可を受けてください。

物探技術者待望の New Seismograph!

GeoSEIS-24 & GeoSEIS-48

geo5

操作性と機動性を追求した all in one 構造の土木物探用サイсмоグラフ

- 24bit、20 μ sec の高速・高分解能サンプリング
- リアルタイム感覚の高速性を実現したノイズモニター
- 業界初、ショットマーク信号無線伝送機能
- 直射日光下でも見易い高輝度カラー LCD 搭載
- 小型軽量・低消費電力（48 成分で 4.3Kg、待機時 0.6A）
- 24 成分 +2Aux を 48 成分 +2Aux に増設可能な柔軟設計
- データ収録は、取扱の容易な SD カード
- 各種ソフトウェアに対応可能な SEG-1、SEG-2 標準 format



*本装置は、株式会社日本地下探査との共同開発品です。

株式会社 ジオファイブ

URL <http://www.geo5.co.jp/>

〒336-0931 埼玉県さいたま市緑区原山 1-12-1
TEL 048-871-3511 FAX 048-871-3512
Email sales@geo5.co.jp

■業務内容■

- 計測機器販売 : 地質調査機器・土木計測機器・工業計測機器
- 計測機器レンタル : 地質調査機器及びその他計測機器レンタル
- 計測業務 : 現場計測業務・測定機器設置・3D 計測業務
- 計測機器設計製作 : 各種地盤計測機器の設計製作



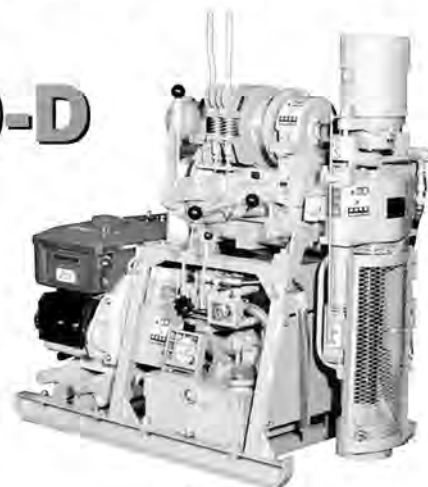
TOHO
DRILLING EQUIPMENT

小型ボーリングマシン

DM-03

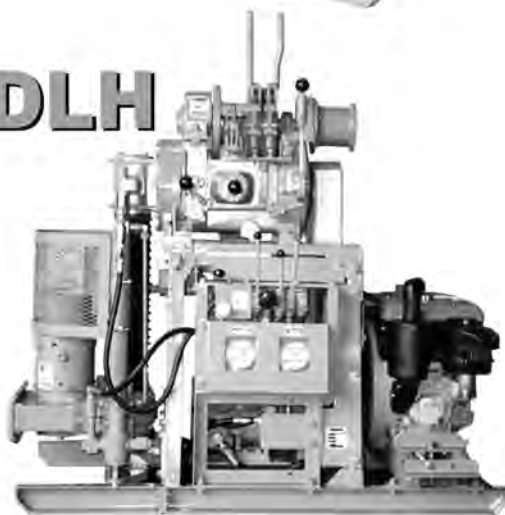


D0-D



D1-C

D0-DLH



試錐機には小型ボーリングポンプが内蔵できます。(DM-03を除く)

機種名		DM-03	D0-D	D0-DLH	D1-C
穿孔能力	m	30	100	100	280
回転数	min ⁻¹	65,125,370	(A)60,170,330 (B)110,320,625※	(A)60,170,330 (B)110,320,625※	(A)65,130,170,370 (B)90,170,320,490※
スピンドル内径	mm	47	43	43	48,58
ストローク	mm	300	400,500※	500	500
巻上げ力	kN(kgf)	3.9(400)	5.9(600)	5.9(600)	10.8(1100)
スライド	mm		油圧式300※	油圧式300※	油圧式300
動力	kW/HP	3.7/5	3.7/5	3.7/5	5.5/8
質量	kg	180	315	475	550
寸法	H×W×L mm	960×550×1115	1200×660×1180	1440×890×1415	1390×735×1580

右操作、左操作をご用意しております。 ※はオプションです。



東邦地下工機株式会社

東京都品川区東品川 3-15-8 TEL 03(3474)4141
福岡市博多区西月隈 5-19-53 TEL 092(581)3031
URL: <http://www.tohochikakoki.co.jp>

福岡 092(581)3031
東京 03(3474)4141
札幌 011(376)1156
仙台 022(235)0821
新潟 025(284)5164
金沢 076(235)3235

名古屋 052(798)6667
大阪 072(924)5022
山松 089(953)2301
広島 082(533)7377
山口 083(973)0161
熊本 096(232)4763

地質調査

通巻154号

●発行所

株式会社ジェイスパーク／株式会社ワコー