



# Geological Survey of Japan

地質調査総合センター



# Geological Survey of Japan

地質調査総合センター



国立研究開発法人 産業技術総合研究所





# Contents

Greetings .....	04
Vision & Mission .....	06
Organization & Scope of Research .....	08
History .....	10
Geological Hazards 地質災害 .....	12
Coastal Geology and Disaster Prevention 沿岸域地質と防災	
Active Faults and Earthquakes 活断層・地震	
Tsunamis 津波	
Volcanoes 火山	
Resources & Environment 資源・環境 .....	22
Marine Resources Survey 海域資源調査	
Geothermal and Ground-source Heat 地熱・地中熱	
CO <sub>2</sub> Geological Storage CO <sub>2</sub> 地中貯留	
Soil and Groundwater Contamination 土壌・地下水汚染	
Geological Information 地質情報 .....	32
Geological Maps 地質図	
Remote Sensing 衛星画像	
Gravity Maps 重力図	
Geochemical Maps 地球化学図	
Water Environment Maps 水文環境図	
Technology Seeds 技術シーズ .....	40
Analysis of Critical Metal Ores レアメタル鉱石解析	
Geomicrobiology 地圏微生物	
Marine EM System 浅海域電磁探査技術	
Preparation of Thin and Polished Sections 薄片・研磨片製作	
International & Outreach Activities 国際・アウトリーチ活動 .....	44
International Cooperation 国際連携・協力	
Outreach Activities アウトリーチ活動	
Publications 情報配信 .....	50
Access .....	52

# We are Working for a Better Future Earth

The Geological Survey of Japan (GSJ), the only national research institute engaged in geological surveys, is committed to neutral and transparent research. We aim to promote sustainable social development and better quality of human life and to help create a safe and secure society by using geological information relevant to resources, the environment, and disaster prevention. We conduct comprehensive research on the development of survey techniques to collect needed earth science information. We also perform systematic management and modeling of subsurface information and disseminate the results to the public in an easy-to-understand way.

One of our priority strategies is to promote the visualization of subsurface geological structure

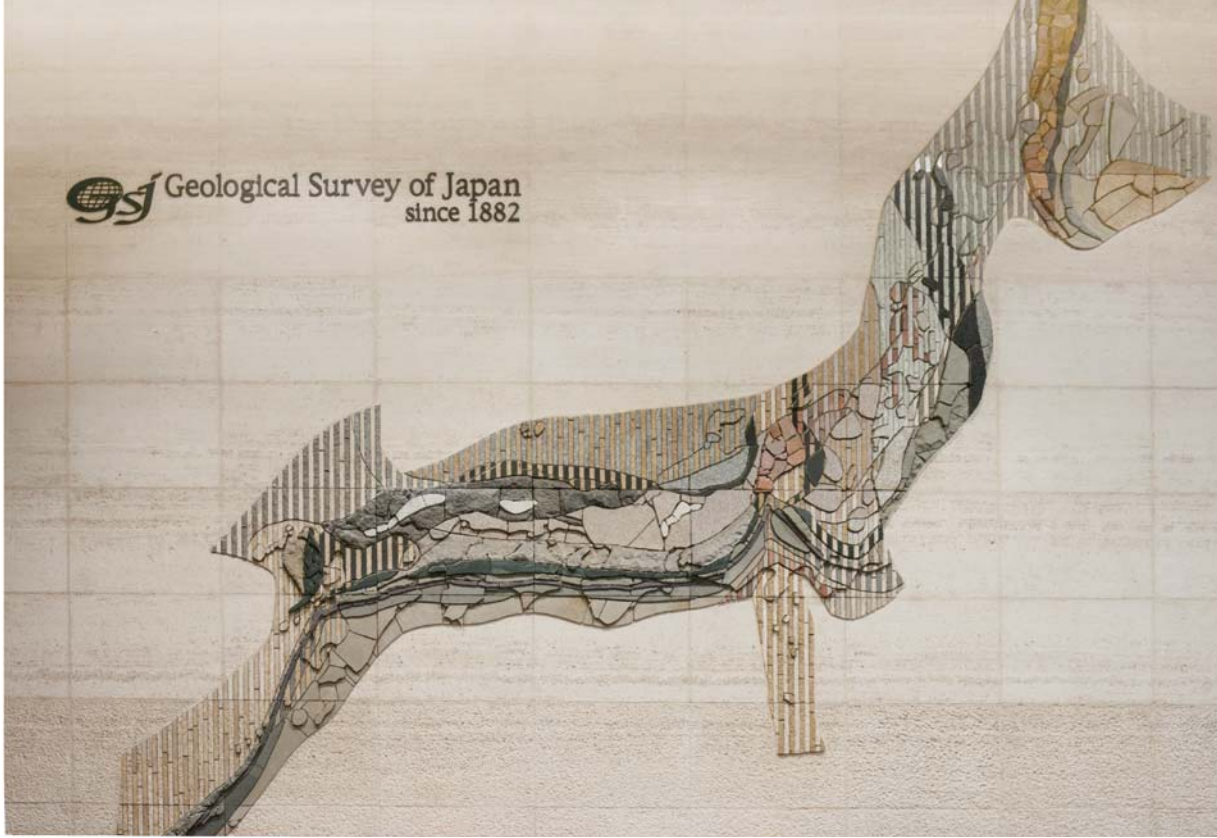
in 3D by integrating surface and borehole data, including groundwater information. This type of visualization is needed to overcome the difficulties associated with disaster prevention and environmental conservation in metropolitan areas. We also need to promote comprehensive studies of natural disasters, especially in light of the increase in seismic and volcanic activity in Japan since the 2011 Great East Japan Earthquake, as well as advanced studies on natural resources under the lands and sea bottoms, and on storage of greenhouse effect gas. With what we can, and must, do as a public research institute always in mind, we intend to tackle these challenging tasks by accumulating experience and knowledge in cooperation with other domestic and foreign institutes and universities, as well as by providing the public with accurate information.

It is extremely important to have a broad and international perspective in our research field of earth science. The problems the world is currently facing—for example, rapidly progressing global warming, natural disasters associated with climate change and crustal deformation, and depletion of energy and mineral resources indispensable for economic development—are research subjects that we must address in harmony with global society. We at GSJ have long been involved in international scientific cooperation in East and Southeast Asia. We will commit ourselves to accelerating research collaboration with countries all over the globe so as to update the geological information and improve our research through human and technology exchange.



## Yusaku Yano

Director General, Geological Survey of Japan  
National Institute of Advanced  
Industrial Science and Technology



## 安全で安心な未来の地球社会の実現に貢献します

地質調査総合センター（GSJ）は、我が国で唯一の「地質の調査」に関わる研究組織として、中立で透明性の高い研究の実施に努めています。我々の研究は、社会の持続的発展と国民生活の質を向上させるために資源、環境、防災に関わる地質情報を整備し、より安全で安心な未来社会の実現に貢献することを目指しています。社会のニーズに対応した地球科学情報収集のための調査技術を開発し、地下の情報を体系的に整備・モデル化して、その本質・品質に関する情報を社会にわかりやすく提供するための総合的な研究活動を推進します。

具体的な重点課題としては、大都市圏の防災・環境問題の解決や社会的判断のため、ボーリング情報などの活用を進め、地下水情報を含めた地下の可視化を進めることが挙げられます。さらに、2011年東北地方太平洋沖地震の発生以後、日本では地震・火山活動が活発化しており、自然災害に関する更なる調査研究の充実も必要とされています。また、陸域、海域の地下資源や温室効果ガスの地

中貯留についての先端的研究などにも取り組んでいます。我々は、公的機関がやるべき課題、GSJにしかできないことなどを強く意識し、国内外の研究機関・大学と連携しながら、継続的に研究成果を蓄積し、それを正確に社会に伝える努力をしていくことで、この困難な課題に挑戦していきます。

我々の扱う地球科学という研究領域は、広い国際的視野の中で研究を進めることが重要です。今、世界が直面している急速な地球温暖化、気候変動・地殻変動に伴う自然災害、経済発展に不可欠な資源・エネルギー問題は、我々が国際社会の中で調和を持って取り組むべき研究課題です。GSJは、永年、東・東南アジア地域において、地球科学という研究領域での国際協力・支援活動を推進してきました。今後も先進国、発展途上国を問わず、世界の国々と研究協力を推進し、人材・技術交流を通して、情報の収集、研究レベルの向上を進めていきます。

### 矢野 雄策

産業技術総合研究所  
地質調査総合センター長

# Vision

Assess the Geology (Quality of Earth) by using our world's-best geological survey and analytical techniques, and help to solve the social problems relating to stable supply of resources and energy, environmental conservation, and mitigation of natural disasters from a global perspective. As a national institute of geological survey, promote cooperation with domestic and overseas earth science organizations.

世界最高レベルの地質調査・分析技術により大地の質を評価し、地球の視野で資源エネルギーの安定供給、環境の保全、自然災害の軽減等に係る社会的課題の解決に貢献します。そのため、国を代表する地質調査機関として、国内外の関係組織との連携を積極的に進めます。



Resources and Energy Securement

Geo-hazards Mitigation

Geo-environment Conservation

The past is  
the key to the future

地球をよく知る——過去



# Understanding and Living with the Earth

地球をよく知り、地球と共生する

## Challenges for our Future Earth

地球と共生する——将来

## Mission

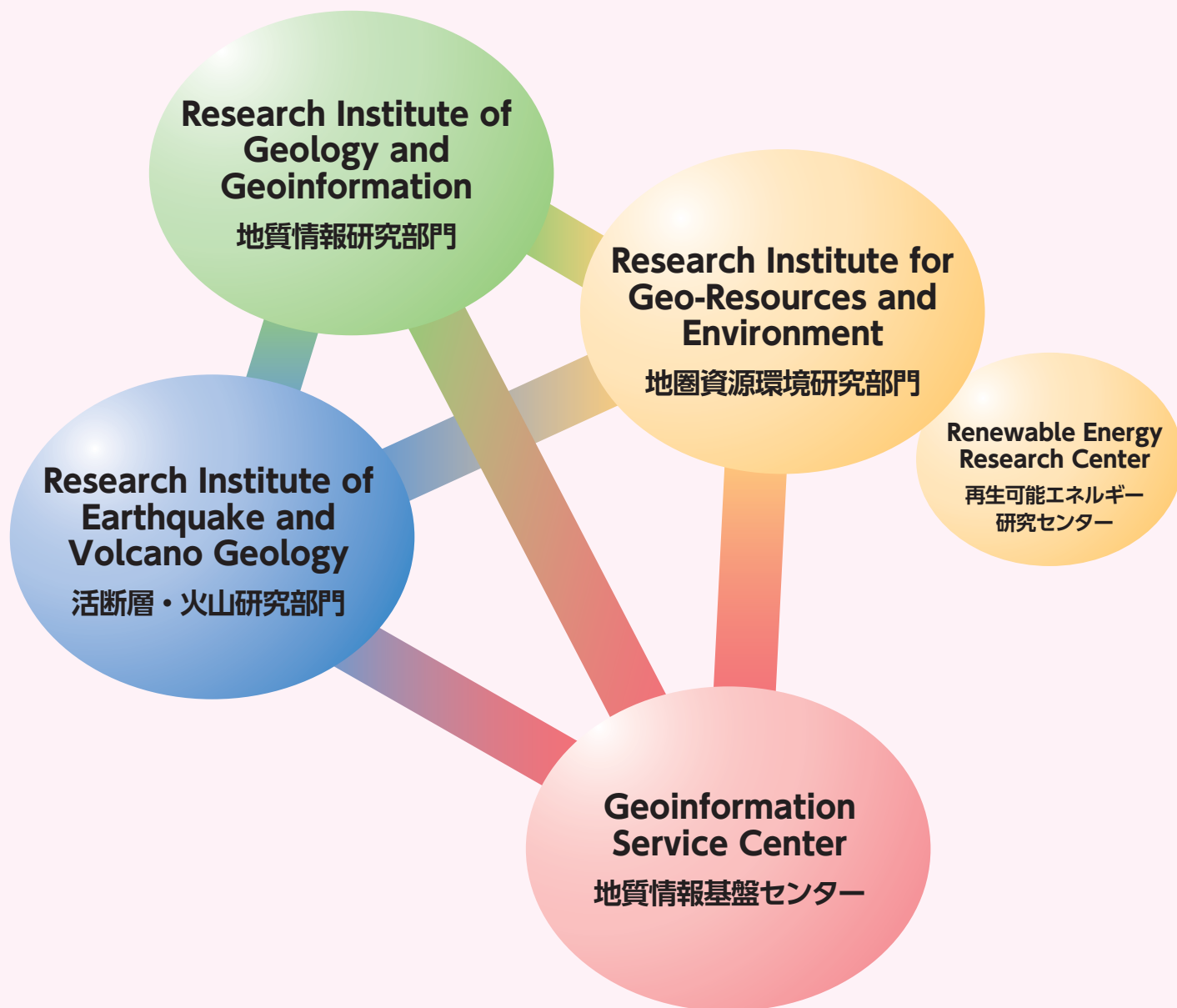
Gather, compile, and provide geological information, and develop its technologies to overcome various difficulties in global environmental protection, exploration of minerals and energy resources, and natural disaster mitigation. Disseminate the outcomes of its research activities and coordinate international cooperation with geoscience institutions and organizations all over the world.

地質情報の整備を行い、得られた地質情報を基礎として、地球環境の保全、資源・エネルギーの開発、地質災害の軽減などに関連する様々な問題を解決するための技術を開発します。さらに、整備された各種地質情報の提供・普及を行い、我が国を代表して国際協力を行います。

# Organization

The Geological Survey of Japan(GSJ) is one of the seven departments of the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology(AIST). It consists of three research units, namely the Institute of Geology and Geoinformation, Institute of Earthquake and Volcano Geology, Institute for Geo-Resources and Environment, together with the Renewable Energy Research Center (Geothermal Energy Team, Shallow Geothermal and Hydrogeology Team), Fukushima Renewable Energy Institute (FREIA) and the Geoinformation Service Center.

地質調査総合センターは、国立研究開発法人産業技術総合研究所の7つの領域の1つであり、地質情報研究部門、活断層・火山研究部門、地圏資源環境研究部門の3研究部門、福島再生可能エネルギー研究所再生可能エネルギー研究センター(地熱チーム・地中熱チーム)、知的基盤整備およびアウトリーチ活動を支援する地質情報基盤センターより構成されます。



**WEB**

産業技術総合研究所地質調査総合センター <https://www.gsj.jp/>

# Scope of Research

## Geological Hazards 地質災害

Evaluation of geological hazards for creating a resilient social infrastructure.  
回復力のある社会基盤の構築に資する地質の評価

## Resources and Environment 資源・環境

Provision of geological information and development of evaluation techniques applicable to geosphere resources development and environmental conservation for sustainable social development.

持続可能な社会発展に資する地圏の資源および環境利用と保全のための基盤情報整備と評価技術の開発

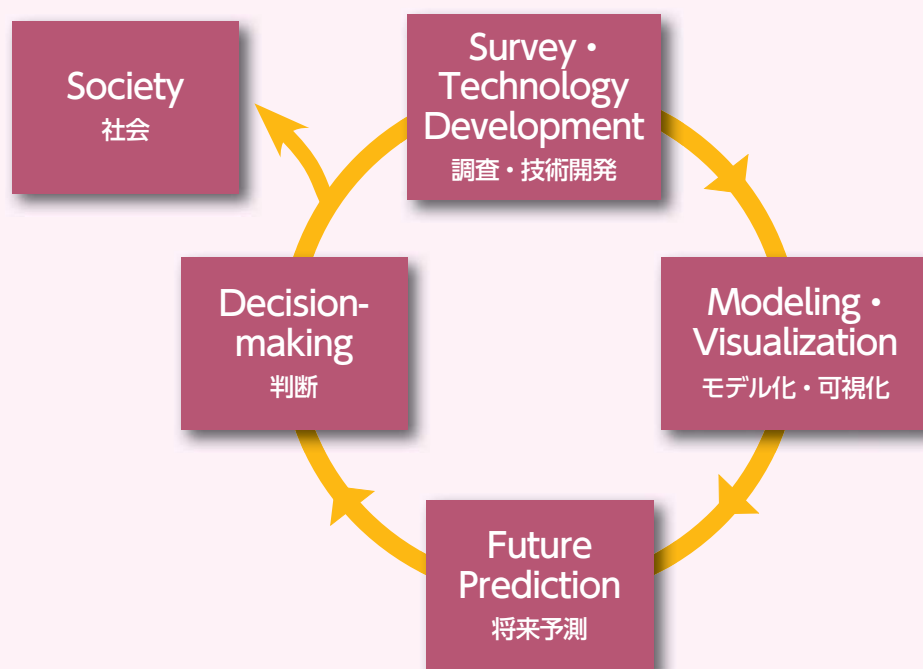
## Geological Information 地質情報

Compilation and publication of geological information to sustain the society.  
地質情報にかかわるナショナルセンターとして社会を支える地質基盤情報の着実な整備

## International and Outreach Activity 国際・アウトリーチ活動

Enhancement of international activity and dissemination of research results to the public.

地質調査における国際活動の強化および一般社会への成果の普及



# History

Geological Survey of Japan (GSJ), AIST is a public organization that performs various types of geological surveys and research. GSJ has consistently provided geological information, which is essential to build a safe and sustainable society, since its establishment in 1882.

The mission of GSJ has varied historically. Initially, the primary mission was natural resources exploration including metallic and nonmetallic minerals, oil and natural gas, and coal resources. After the oil crisis in the 1970s, exploration of geothermal resources became important. GSJ now plays a role in dealing with a range of problems, including geological hazards, water resources, global warming, geological disposal of nuclear wastes, and soil contamination.

地質調査総合センターは、1882年に前身である地質調査所が設立されて以来、現在に至るまで国として行うべき「地質の調査」に取り組んでいます。

「地質の調査」に対する社会からの要請は、古くは金属・非金属鉱物、石油・天然ガス、石炭などの資源探査が中心でした。1970年代のオイルショック以降は石油代替エネルギーとしての地熱探査が活発になり、その後、地震・火山災害の軽減、安全な水資源の確保、地球温暖化防止、放射性廃棄物地層処分の安全評価、土壤汚染評価などへと変遷してきました。

## Brief History of GSJ

### 1882

The Geological Survey of Japan (GSJ) was established in Tokyo on February 13 under the Ministry of Agriculture and Commerce (MOAC).

農商務省に地質調査所が設立(2月13日)。東京市赤坂区葵町に所在。

### 1925

MOAC was divided into two ministries and GSJ belonged to the Ministry of Commerce and Industry (MOCI).

農商務省が農林省と商工省に分かれ、地質調査所は商工省鉱山局に所属。

### 1946

GSJ was moved to Kawasaki City, Kanagawa Prefecture.

川崎市溝の口に移転。

### 1948

GSJ belonged to the Agency of Industrial Science and Technology (former AIST), which was created in MOCI.

商工省に新設された工業技術庁に所属。

### 1949

MOCI was reorganized as the Ministry of International Trade and Industry (MITI).

商工省が通商産業省となり、通商産業省工業技術庁に所属。

### 1951

A GSJ branch was established in Sinjuku-ku, Tokyo.

新宿区河田町に分室を設置。

### 1979

GSJ was moved to Tsukuba Science City, Ibaraki Prefecture.

筑波研究学園都市に移転。

### 1980

The Geological Museum opened next to the GSJ building.

地質標本館開館。

### 2001

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (new AIST) was established in April 2001 as an independent administrative agency by integrating 15 research institutes of the former AIST. GSJ became a division of new AIST. MITI was reorganized as the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), which AIST was affiliated with.

中央省庁改編に伴い、工業技術院傘下にあった15研究所が(独)産業技術総合研究所(産総研)として統合され、地質調査所は産総研地質調査総合センターとなる。通商産業省は経済産業省に改組され産総研を管轄。

### 2014

The Fukushima Renewable Energy Institute, AIST (FREIA) was established in Koriyama, Fukushima Prefecture.

福島再生可能エネルギー研究所が福島県郡山市に開所。

# Publication of Major Maps

**1890** 1:3,000,000 Geological Map of the Japanese Islands  
300 万分の1日本群島地質図

**1899** 1:1,000,000 Geological Map of Japan, 1st edition  
100 万分の1 地質図 (第1版)

**1921** 1:75,000 Geological Map  
7.5 万分の1 地質図 (finished in 1954)

**1952** 1:50,000 Geological Map  
5 万分の1 地質図 (in progress)

**1956** 1:200,000 Geological Map  
20 万分の1地質図 (completed in 2010)

**1957** Mineral Province of Japan  
日本の鉱床区 (completed in 1960)

**1961** Hydrogeological Maps of Japan (1:50,000, etc.)  
日本水理地質図 (5 万分の1など) (finished in 1998)

**1972** Aeromagnetic Map (1:200,000, etc.)  
空中磁気図 (20 万分の1など) (in progress)

**1975** 1:200,000 Marine Geology Map  
20 万分の1 海洋地質図 (in progress)

**1981** Geological Map of Volcanoes  
火山地質図 (in progress)

**1982** 1:500,000 Neotectonic Map  
50 万分の1活構造図 (completed in 2002)

**1990** Gravity Map (1:200,000, etc)  
重力図 (20 万分の1など) (in progress)

**2004** Geochemical Map of Japan  
日本の地球化学図

**2005** Water Environment Map  
水文環境図 (in progress)

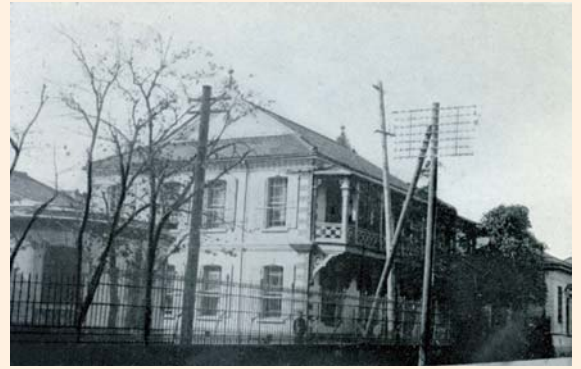
**2008** Soils Assessment Map  
表層土壌評価基本図 (in progress)

**2010** Release of Seamless Digital Geological Map of Japan (1:200,000)  
20 万分の1 シームレス地質図公開

**2010** Seamless Geoinformation of Coastal Zone  
海陸シームレス地質情報集 (in progress)

**2013** Release of GeomapNavi  
地質図 Navi 公開

1



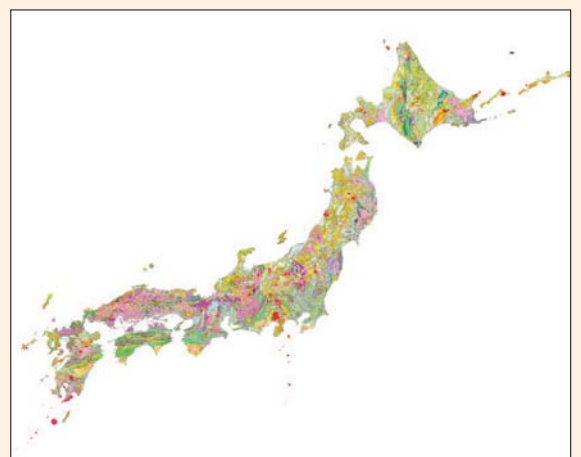
2



3



4



- 1 1906-1923 GSJ in Kobiki-cho, Tokyo
- 2 1989 GSJ in Tsukuba Science City, Ibaraki
- 3 1890 1:3,000,000 Geological Map of the Japanese Islands
- 4 2010 1:200,000 Seamless Digital Geological Map of Japan

# Investigating Active Faults and Unconsolidated Sediments in Urban Coastal Area

## 都市沿岸域の活断層と軟弱地盤を知る

### Geological information on coastal areas

Japan's large cities and infrastructure, such as its industrial districts and airports, are situated mainly in coastal areas. We can easily imagine that there could be enormous damage if an earthquake were to occur there. However, we do not have enough geological information on these coastal areas to prepare for an earthquake and mitigate possible damage.

In some coastal areas, the complex topography that is the result of repeated marine transgressions and regressions is covered by thick unconsolidated sediments. There are many areas in which seamless geological information linking sea and land is lacking because different research organizations have conducted studies using different methods.

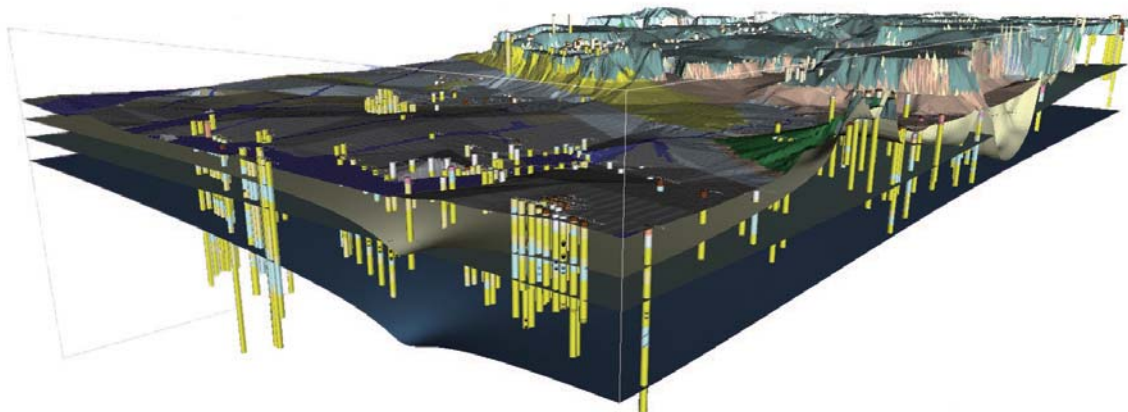
This project focuses on coastal areas and includes studies on the seamless integration of geological and geophysical information on land and sea, the continuity and activity of active faults, the creation of 3D geological maps, and the physical properties of unconsolidated sediments.

### 重要な沿岸域の地下の地質情報

日本の都市は沿岸域に集中しています。工場地帯や空港などのインフラも多くは沿岸域にあります。そのため、もしも沿岸域で地震が発生すれば、大きな被害が生じることは想像に難くありません。しかし実は、この沿岸域の地下については、これまで、地震減災対策に役立つ地質情報の整備が充分とは言えませんでした。

沿岸域は、過去の海進・海退の繰り返しの中でつくられてきた複雑な地形の上を、軟弱な堆積物が厚く覆っていたりします。また、これまで陸側と海側では調査機関や調査手法が異なっていたこともあり、海陸で連続した地質情報が得られていない、情報の空白域も多く存在しました。

このため、本プロジェクトでは、沿岸域をターゲットとして、海陸でシームレスとなる地質・地球物理情報の整備を行うと共に、活断層の連続性・活動性の把握、地質図情報の3次元化、軟弱地盤の物理特性の把握のための研究を行っています。



3D geological model of a coastal urban area. 3D visualization facilitates intuitive understanding of subsurface geology.



Make

# Geo-Information Seamless

in Sea and on Land

海と陸で、

**地質情報** を  
**シームレス** に



*No one knows when a disaster will occur. It might be 100 years from now, or tomorrow. As researchers, we need a sense of urgency.*

**Masanori Ozaki**

Geoinformatics Research Group  
Research Institute of Geology and Geoinformation

災害はいつ発生するのかわかりません。100年後かもしれませんが、明日かもしれないのです。私たち研究者にも切迫感が必要なのです。

**尾崎 正紀**

地質情報研究部門 情報地質研究グループ

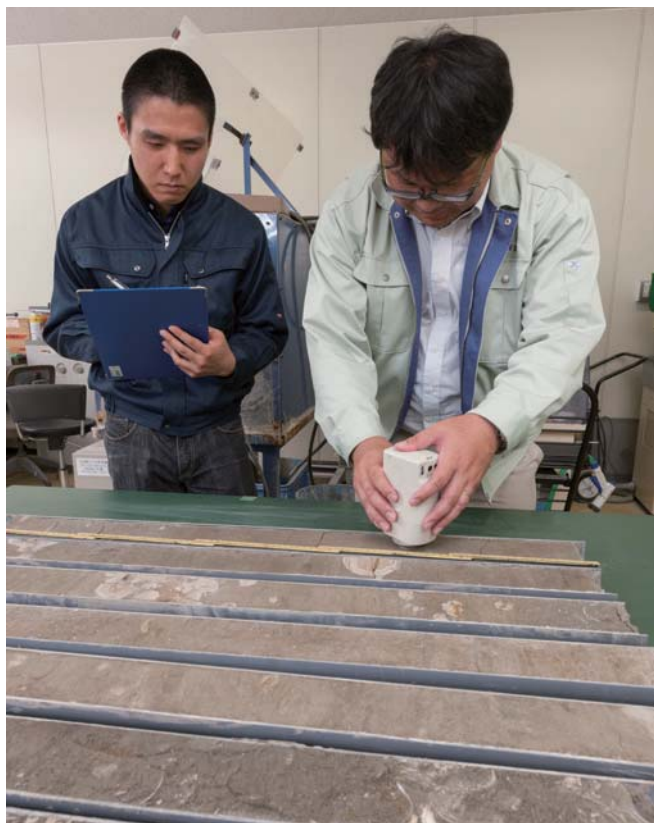
## The search for hidden active faults

Recently, it has become clear that the active faults separately identified in marine and land areas are continuous. It is highly important to understand the continuity of active faults between sea and land, as well as their activity, in order to estimate potential earthquake damage in coastal areas. In our active-fault survey of coastal areas, we are attempting to obtain accurate information by using a wide range of survey methods, such as acoustic exploration, a sea-floor sediment survey in marine areas, a seismic reflection survey, drilling exploration, outcrop exploration in land areas, and gravity and airborne magnetic surveys in both marine and land areas. We are currently surveying the southern coastal area of the Kanto Plain—an area with a complex geological structure where three tectonic plates converge—to determine the continuity and activity of active faults at the hypocenter of the Great Kanto Earthquake, which struck the metropolitan area in 1923. Our study should also reveal the unknown seismic history of this area.

## Understanding geology in 3D rather than in 2D

Traditional geological maps are created in 2D and printed on paper. Some expertise is required to understand the structure of subsurface strata in 3D from these maps. However, thanks to recent computing technology, it is now possible to create and deliver a new type of geological map, which can display subsurface information in 3D via the Internet. This will help many people to understand subsurface structure.

To create a 3D geological map of coastal areas, we first drill in specific places to reveal depositional age and environment, particle size, fossil components, and seismic wave velocity. We then use these data and borehole logs obtained previously for building construction to determine the 3D structure of the geology to depths of several tens of meters. By integrating the 3D geological models, we plan to deliver, via the Internet, geological information that will be useful for future urban planning and hazard mapping.



Sediment cores are cut in half and examined in detail.

## 隠れた活断層を探す

近年、海域や陸域で個別に確認された活断層の多くは海陸で連続していることが明らかになっています。このため、沿岸域の地震被害想定のためには、活断層の海陸の連続性と活動性を正確に把握することが重要です。沿岸域の活断層調査では、海域での音波探査・表層堆積物調査、陸域での反射法地震探査・ボーリング調査・野外露頭調査、海陸で重力・空中磁気探査など、多様な調査によって正確な情報の把握に努めています。現在、3つのプレートが接し、複雑な地質構造からなる関東地方南部の沿岸域において調査を進めており、1923年に首都圏を襲った関東大地震の震源域における沿岸域部分の活断層の連続性と活動性の正確な把握や未知の地震履歴を明らかにしていく予定です。

## 2次元ではなく、3次元で知る

これまでの地質図は、紙に印刷された2次元のものでした。そのため、地下の地層が3次元的にどのような構造をしているのかを読み取るには専門的な知識が必要でした。しかし近年の技術進歩により、ウェブ配信を前提とすることで、地下の情報を3次元で表示する新たな地質図を作ることが可能になりました。3次元地質図を作ることによって、より多くの人が、より直感的に地下を理解しやすくなります。

沿岸域の3次元地質図の作成では、まず独自のボーリング調査によって、堆積年代や堆積環境、堆積物粒子の大きさ、含まれる化石、地層の地震波伝播速度などを調べます。このようなデータを軸として、既存の公共工事などのボーリングデータを追加し、さらに表層の地形や地質なども考慮することで、地下数10mまでの地質構造全体を3次元的に、より詳しく解析することが可能となります。ボーリングデータやそれらを基に解釈された3次元地質モデル、地盤振動特性等を統合し、今後の都市計画や、ハザードマップ作りにも役立つ地質情報をウェブで配信する予定です。

Show  
**Geo-**  
**information**  
 on Underground Area in  
**3 Dimensions**

地下の

**地質情報** を  
**3次元** で





Piston-coring survey in Suruga Bay. By such surveys we aim to determine the sources of large-scale earthquakes; obtain seamless data on active faults on land and sea; determine the structure of alluvial layers; and map geological, geophysical, and active structures.

### Distribution of unconsolidated sediments determines seismic damage

In the Tokyo Lowland, we have drilled 18 stratotype sediment cores, and by integrating 20,000 borehole logs obtained previously for building construction, we have revealed details of the incised-valley topography formed up until the Last Glacial Maximum. The distribution and infilling history of the valley fills are governed mainly by the last deglacial sea-level changes.

The distribution of damage to wooden houses in the 1923 Great Kanto Earthquake closely matches the distribution of mud deposited 5000 years ago; this mud is abundant in plant fragments and has an exceptionally high water content. Thus the physical properties and distribution of the soft mud are key factors controlling the scale of damage in earthquakes in this area.

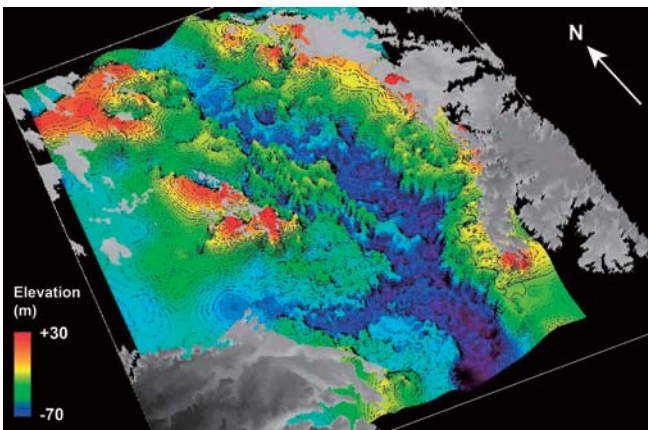
We are currently taking a similar research approach in other coastal areas of Tokyo Bay, in Kanagawa and Chiba prefectures. We plan to expand our investigation to include other major coastal plains around the Japanese Islands in the near future.

### 地層の物理特性と分布が地震被害を支配する

私たちは東京低地で、18本のボーリングコアを新たに採取し、約2万本のボーリング資料を収集しました。そして沖積層の下にある、約2万年前の氷期のときにできた谷地形の詳細な様子や、海水準変動によってつくられてきた地層の歴史と分布を明らかにしました。

その結果、例えば、1923年の関東大震災の被害は、植物片が多く含まれ、含水率がひとときわ高い5000年前の泥層の分布と一致することを明らかにしました。地層の物理特性と分布が、地震の被害を決めていたことがわかったのです。

こうした東京低地のような研究の取り組みは、現在、神奈川県や千葉県東京湾岸地域においても進めています。そして将来的には、このような取り組みを日本列島の様々な沿岸平野に広げていく予定です。



Left: 3D model of post-LGM incised valleys beneath the Tokyo Lowland.



Right: Microscopic observation of sediments obtained from the subsurface strata.



# Mitigate Disasters

by Investigating

## Active Faults and Earthquakes

**活断層・地震** の調査で  
**減災** を目指す



*New problems occur one by one. Understanding and cooperation among many people is essential for clearing a path to solve these problems.*

**Yukari Miyashita**

Active Fault Research Group  
Research Institute of Earthquake and Volcano  
Geology

“次々と発生する新たな課題”。解決への道を切り開くために、多くの方々の理解と協力が必要です。

**宮下 由香里**

活断層・火山研究部門 活断層評価研究グループ

## Know the Past to Predict the Future

As the central organ of the Japanese Government's active fault survey and research, the Geological Survey of Japan investigates major active faults inland and offshore by integrating various methods, such as geological and geomorphological mapping, paleoseismological trenching, boring, and seismic profiling, to better define the extent and timing of past rupture events, as well as recurrence intervals. On the basis of these paleoseismological data, we evaluate the long-term possibility of future earthquakes for each fault or fault group.

### New survey and evaluation methods are required

Earthquakes are natural phenomena, but their generation mechanisms are not fully understood. Every time an earthquake occurs, new problems that cannot be explained by known models arise. We are pursuing research into active faults and the development of new methods for their evaluation by asking the following questions: "What kind of research should we do to solve these problems?" and "How can we connect our research results to predictions of the next earthquake?"

For example, by focusing on the displacement associated with paleoearthquakes, we are developing a new model for assessing the possible extent of rupture in future earthquakes. This is because we have learned that the displacement associated with a paleoearthquake can be a clue to identifying the segmentation area in the active fault zone that caused the earthquake. We are also trying to develop a new method of evaluating fault activity by using fault gouge in the bedrock; we are focusing on the correlation between fault activity and the chemical composition of the fault gouge.

The results are published not only in academic papers but also on the Web in the Active Fault Database of Japan, which delivers our outcomes quickly and in an easy-to-understand way.

## 過去を知り、未来を予測する

地質調査総合センターは、国の活断層調査研究における中軸機関としての役割を担っています。空中写真判読、地形地質調査、反射法地震探査などの物理探査を組み合わせ、活断層を見つけ出し、ボーリング調査、トレンチ調査などによって、多くの活断層の過去の活動を明らかにしてきました。

### 新たな調査・評価の手法が必要

地震は「自然現象」です。その発生メカニズムのすべてが解明されているわけではありません。地震が起こるたびに、それまでのモデルでは説明できないような新たな課題が次々と突きつけられます。私たちは、「どのような研究を行ったらそれらを解決することができるのか。そして、次の地震予測につなげていけるのか」との視点から、新たな活断層調査・評価手法の研究開発に取り組んでいます。

例えば、「地震時変位量」に着目して、地震を起こす領域を推定する手法の開発を行っています。地震時変位量がわかれば、活断層帯の中のどの領域が地震を起こしたのかわかる手がかりになるということがわかってきたのです。また、岩盤の中の断層破砕物質を使った活断層の評価手法開発にも挑戦しています。ここでは、断層の活動性と断層破砕物質の鉱物化学組成との相関関係を導き出そうと研究中です。

これらの研究の成果は、論文で公表するとともに、「活断層データベース」をウェブ上で公開し、迅速かつわかりやすく発信していきます。



Left: Polished slabs of fault rocks used to develop new criteria for fault activity evaluation.



Right: Trenching survey of the Nishiyama fault zone, Fukuoka Prefecture, Japan. Paleoseismic parameters, such as, paleoearthquake event ages, recurrence intervals, and slip rates, are obtained from trench wall observation.



Scrutinizing Past Great

# Earthquakes and Tsunamis

過去の巨大

## 地震・津波

を探る!



*There are many approaches to understanding past earthquakes and tsunamis. We welcome the participation of many researchers from both the sciences and the liberal arts.*

### **Masanobu Shishikura**

Subduction Zone Paleoseismicity Research Group, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology

過去の地震・津波を明らかにするには、さまざまなアプローチがあります。理系・文系を問わず、多くの研究者の参加をお待ちしています。

### **宍倉正展**

活断層・火山研究部門 海溝型地震履歴研究グループ

## Working out Historical Events from Geological Evidence

There are many similarities between the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake and the historical great earthquake known as the 869 Jogan Earthquake. Geological records of the tsunami caused by the Jogan Earthquake are preserved in strata called tsunami deposits. Since 2004, the Geological Survey of Japan has been conducting geological surveys of these tsunami deposits to get further information on the extent of the area inundated by the Jogan Earthquake. The Survey has found that, in some areas, the tsunami extended 3 to 4 km inland from the coastline at the time. A tsunami simulation based on these data has shown that the Jogan Earthquake occurred in the plate boundary off the coast of Miyagi and Fukushima prefectures.

In Sendai and Ishinomaki, most of the area inundated by the tsunami that followed the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake overlaps with the area estimated to have been inundated by the tsunami from the Jogan Earthquake. If the possibility of recurrence of the Jogan Earthquake had been considered, then some precautionary measures might have been taken against the 2011 tsunami.

### Knowing the impacts of tsunamis as historical events

After the experience of the 2011 Great Earthquake Disaster, It is feared that the next large earthquake will occur along the Kuril Trench or in the Sagami Trough or Nankai Trough.

The central and local governments are aiming to reduce the number of unexpected events in a future disaster by assuming the occurrence of the largest possible earthquake and tsunami. However, this is merely hypothetical, and it is uncertain whether such an earthquake and a tsunami have in fact occurred in the past. We distribute reliable data obtained by studying tsunami deposits and other nature traces by actual past events to the wider public. By developing and establishing surveys and research methods, we also aim to make it useful to both the government and private businesses.

## 津波の事前対応を可能とするために

2011年の東北地方太平洋沖地震は、歴史上の巨大地震である869年の貞観地震と類似点の多い地震です。貞観地震の津波の痕跡は、「津波堆積物」と呼ばれる地層に記録されています。地質調査総合センターでは、貞観地震の津波の浸水域を広域でより正確に復元するため、2004年から津波堆積物の地質調査を行ってきました。その結果、貞観地震の津波は、場所により当時の海岸線から内陸3～4kmまで及んでいたことがわかりました。さらにそのデータに基づいた津波シミュレーションから、宮城県沖から福島県沖のプレート境界で発生した地震であることを解明しました。

仙台や石巻における東北地方太平洋沖地震の津波の浸水範囲は、私たちの推定した貞観地震の津波のそれとほぼ重なります。貞観地震の再来を想定していれば、東北地方太平洋沖地震の津波は、事前の対応が可能であったかもしれません。

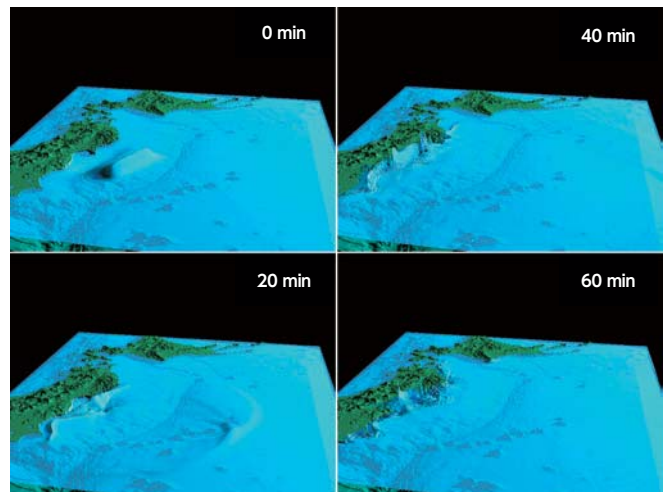
### 「過去の事実」としての津波の影響を知る

東日本大震災を経た今、次の巨大地震の発生が危惧されているのが千島海溝、相模トラフ、南海トラフです。

国や各自治体では、最大クラスの地震や津波を想定することで、想定外を減らすことを目指しています。ただし、あくまでも「仮定の最大規模」であるため、実際にそのような地震が過去にあったのかはわかっていません。私たちは、地層に残された津波堆積物などを調査することで、「過去の事実」として信頼性のあるデータを広く一般に提供していきます。また、こうした調査・研究の手法を開発、確立し、行政や民間事業者へ役立てることも目指していきます。



Left: Looking for lithofacies in a core sample obtained from Hirota Bay, Iwate Prefecture.  
Right: Numerical simulation of the AD 869 Jogan earthquake tsunami, northeastern Japan.





Know our **Volcanoes** and  
**Live with them**

**火山** を知り、火山と

**ともに生きる**



*Get out in the field and think there—  
that's the way we do it! Our research  
continues in an effort to meet society's  
expectations.*

**Yoshihiro Ishizuka**

Volcanic Activity Research Group  
Research Institute of Earthquake and Volcano  
Geology

現場に行って考える。それが私たちです。社会の期待に応えるため、日夜、調査を進めて参ります。

**石塚 吉浩**

活断層・火山研究部門 火山活動研究グループ

# Collect Data on the Whole Volcano

Volcanoes give us two opposite things: benefits and disasters. To mitigate the disaster aspect, we need to estimate the eruption sequences of volcanoes. The Geological Survey of Japan is promoting research based on past eruption records and the mechanisms of volcanic eruption.

To obtain eruption records, we make detailed field surveys over the whole area of a volcano on foot—not just localized surveys. We collect information from the entire mountain. We also conduct petrological studies of magma and observations of volcanic gas to elucidate the characteristics and ascent mechanisms of the magma causing an eruption and to understand the process of separation of magma and gas.

## Characteristics of individual volcanoes

Mt. Fuji is the highest volcano in Japan and is located close to metropolitan areas. This is why its future eruptions are of great concern from the perspective of disaster prevention. For more than 10 years, we have been studying Mt. Fuji to determine the various past behaviors of the volcano. We have conducted detailed surface geological surveys and drillings, as well as dating, and we have compiled the results into the Geological Map of Fuji Volcano. The geological map should be useful for creating hazard maps and evaluating the behavior sequence when Mt. Fuji shows signs of volcanic activity.

We plan to run similar surveys and studies of other major active volcanoes in Japan one by one, and we will keep studying the mechanisms that control volcanic eruptions and the sequence of volcanic eruptions. We have compiled a volcano map as “Volcanoes of Japan”, and are currently compiling a Volcano Database so that Internet users can look up the characteristics of each volcano and its distribution in an easy-to-see format.

# 火山全体の情報を集めていく

火山には「恩恵」と「災害」という二つの面があります。このうち、災害を軽減するためには、火山噴火推移の予測が必要です。地質調査総合センターは、過去の噴火履歴と火山噴火機構に基づいた研究を進めています。

私たちが行う噴火履歴の調査手法は、なめるように火山全体を歩き、観察していくことです。ピンポイントの調査ではなく、山全体の情報を集めることで、その火山の噴火の歴史を明らかにしていきます。また、噴火を起こすマグマの性質や上昇機構、マグマとガスの分離過程などを明らかにするために、マグマの岩石学的な解析や火山ガスの観測の研究も進めています。

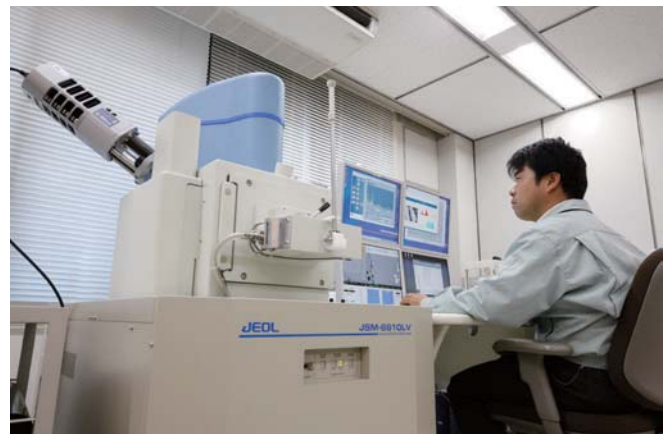
## 火山の個性をよりわかりやすく

富士山は日本の最大の火山であり、首都圏にも近いことから防災上も重要な火山です。私たちは10年以上にわたり富士山の調査を続けています。そして、富士山の多様な活動の歴史を理解するために、詳細な地表地質調査や掘削調査、年代測定を行い、「富士火山地質図」を作成しました。この地質図は、ハザードマップの作成や火山活動が活発化した際の活動推移評価の基礎として活用されることでしょう。

富士山と同様な調査研究を日本の主要な活火山について順次実施するとともに、その噴火の発生や推移を支配しているメカニズムの研究を進めています。そして、各火山の個性をまとめ、日本の火山の分布の情報を一覧できる「日本の火山」を作成し、それに基づいた「火山のデータベース」の整備を進めています。



Left: Sampling of high-temperature (800 °C) volcanic gases into a vacuum glass bottle at Satsuma-Iwojima Volcano.



Right: Texture analyses of volcanic ejecta by using a scanning electron microscope.

# Scientific Approach to Marine Mineral and Fuel Resources

## 科学で海底資源に迫る

### The pioneer of seabed resource exploration

In recent years, increased attention has been focused on mineral resources under the sea. However, an optimal method of finding seabed mineral resources has not yet been established. Our current surveys are focused heavily on the areas around submarine volcanoes, where resources are considered most likely to be found. The survey results will be used to accumulate scientific information on the geological features of such localities, including knowledge of where resources can be found.

Comprehensive earth science research is essential for seabed resource exploration. Especially indispensable is elucidation of the formation process of submarine hydrothermal systems; this will provide important information needed to localize submarine deposits.

We are engaged in joint research with other institutions such as JOGMEC\* and JAMSTEC\*\*. The Geological Survey of Japan's task is to narrow down and identify promising areas for seabed resource exploration based on its geological background. In other words, we are pioneering seabed resource exploration. Recently, in a shallow area of the sea near Iou-torishima in Okinawa Prefecture, we discovered a submarine volcano and an area of hydrothermal activity where polymetallic massive sulfides are being formed.

\* JOGMEC: Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

\*\* JAMSTEC: Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

### 海底資源探査の先駆け

近年、海底下の鉱物資源についての注目が高まっています。しかし、海底鉱物資源を見つける手法は、いまだ確立していません。現在は、最も可能性の高いと言われている海底火山周辺の調査を重視しています。その調査結果をもとにして、「どのような場所にあるのか」という科学的知見を蓄える必要があるからです。

海底資源の探査には、総合的な地球科学の研究が必要になります。とくに、海底熱水系の形成過程の解明が不可欠です。形成過程を解明することができれば、海底鉱床の場所を把握するために必要な情報を得ることができます。

私たちは、石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC\*）や、海洋研究開発機構（JAMSTEC\*\*）などの機関と共同で研究を進めています。地質学的な背景をもとに、海底資源開発に有望な海域を絞り込むことが、地質調査総合センターの役割です。いわば、海底資源探査の「先駆け」の役割を担っています。近年では、硫黄島周辺の周辺海域に、海底火山と、多金属塊状硫化物を伴う熱水活動域を発見しました。



Analysis of sea-bottom strata by using seismic reflection survey data.

Geological Breakthroughs in

**Marine  
Mineral  
Resources**





# 海底鉱物 資源

の地質学的解明



*Resource exploration requires all the skills and expertise in every field of earth science.*

### **Takahiko Inoue**

Marine Geology Research Group  
Research Institute of Geology and  
Geoinformation

資源探査は、地球科学のあらゆる分野の力を結集する必要があります。

### **井上 卓彦**

地質情報研究部門 海洋地質研究グループ



*Japan has led research into methane hydrate and will continue to lead the world.*

### **Sumito Morita**

Fuel resource Geology Research Group  
Research Institute for Geo-Resources  
and Environment

日本はハイドレート研究のリーダーとして、常に世界を牽引していきます。

### **森田 澄人**

地圏資源環境研究部門  
燃料資源地質研究グループ

## Observing the seabed by using a wide range of sound waves

Key information about marine geology includes geological cross-sections of areas beneath the seabed; seabed-surface information, including topography, gravity, and magnetic data and sediment information. Collecting and analyzing these data in an integrated way enables us to compile and manage marine geology information.

To obtain information on the geology on and under the seabed, we use sound waves with frequencies that differ according to the purpose. Lower frequency sources such as air guns (about 10 to 50 Hz) are used to analyze large-scale geological structures; higher frequency sources such as boomers (about 1 to 10 kHz) are used in high-resolution surveys of geological structure; and even higher frequency sources (more than 30 kHz) are used to obtain seabed-surface information. Multi-channel streamers (MCSs) and cables are used efficiently to receive more detailed geological cross-sectional images, and multibeam echo sounders (MBESs) are used to obtain detailed information on submarine topography. The MBES, which can detect underwater acoustic anomalies in two dimensions, is useful for identifying promising seabed resource areas with outpourings of materials containing metals and other useful elements.

## Japan's methane hydrate research is leading the world

Among the many seabed resources, methane hydrate is expected to be the most promising future energy resource. Japan is surrounded by sea with the physical conditions suitable for the formation of methane hydrate.

Japan has always led the world in the development of methane hydrate resources. In a national project launched in 1995, after repeated surveys in the Nankai Trough area of the western Pacific Ocean, natural gas was successfully extracted in 2013 for the first time in the world from frozen methane layer hydrate found beneath the seabed.

The existence of another type of massive methane hydrate, called "shallow-type methane hydrate," has been confirmed at very shallow depths in the Sea of Japan. We are currently studying this shallow-type methane hydrate. We are conducting sound probing, drillings, and other surveys to obtain more accurate information on the distribution and quantity of methane hydrate. We also aim to answer the question, "Why is it there, and how did it get there?" and to obtain a wide range of comprehensive information applicable to other research areas.

## 多様な音波で、海底を“見る”

海洋地質の重要な情報として、海底下の地質断面、海底地形を含む海底面情報、重磁力情報、海底堆積物情報などがあります。私たちは、これらの情報を統合的に取得・解析を行い、海洋地質情報として整備しています。

例えば、海底面及び海底下の地質情報を得るために、その目的に応じて、様々な周波数の音波を使用しています。大きな地質構造を把握する際にはエアガンなどの低周波（10～50Hz程度）を、高分解能な地質構造を得る必要がある際にはブーマーなどの高周波（1～10kHz程度）を、海底面の情報を得る際には更に高周波（30kHz以上）を用いて調査を行います。また、より明瞭な地質断面を効率的に得るためにマルチチャンネルストリーマ（MCS）ケーブルを受信器として使用したり、詳細な海底地形を得るために、マルチビーム音響測量装置（MBES）を使用したりします。MBESでは水中音響異常も面的に捉えることができるため、海底からの物質の湧昇等で特徴づけられる海底資源有望域を把握することが可能です。

## 世界をリードする日本のメタンハイドレート研究

さまざまな海底資源の中でも、「将来のエネルギー資源」として期待されているのが「メタンハイドレート」です。日本のまわりには、メタンハイドレートの存在条件を満たす海域が広がっています。

メタンハイドレートの資源開発研究で、日本は常に世界をリードしてきました。1995年から国のプロジェクトが始まり、太平洋側の南海トラフで調査を重ね、2013年には世界で初めて海底下のメタンハイドレートから天然ガスを生産する試験に成功しました。

近年、日本海側の海底下のごく浅い部分に、「表層型」と呼ばれる塊状のメタンハイドレートの存在が確認されるようになりました。現在私たちは、この表層型メタンハイドレートに集中した研究を行っています。主に音響探査や掘削調査を行うことで、メタンハイドレートの分布の様子や量などをより正確に評価することを進めています。同時に「なぜ、そこに、そのようにあるのか」という問題を解明し、他海域も含めた汎用的な理解を目指しています。

Find

**Methane Hydrate** and Find out

**'Why is it there?'**

**メタンハイドレート** を探し、

**「なぜそこにあるか?」**

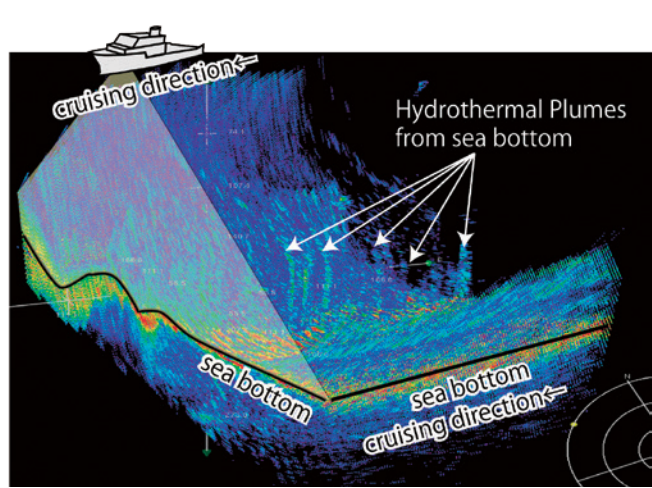
を探る



Rhyolite rock collected from a region of abnormal sound in shallow seas.



Left: Long piston coring during methane hydrate exploration in the Sea of Japan. Sedimentary cores up to 40 meters long were recovered.  
 Right: Results of a submarine topography survey using multibeam echo sounders (MBESs). This Figure shows seabed-surface information and the echo sound record around an area of submarine hydrothermal resources.



### 資源確保のための“地球科学総合力”

海域での海底資源の調査や開発の権利や管理は、「海洋法に関する国際連合条約」に定められています。この条約で定められた「延長大陸棚」は、沿岸国が 200 海里を超えて、海底資源の探査・開発の権利を有する区域を示すものです。延長大陸棚の決定には、沿岸国の領土からの連続性を示す地形・地質に関する科学的根拠に基づいた申請を国連へ提出する必要があります。

地質調査総合センターは国の地質調査を担う研究機関として、2004 年から大陸棚画定調査に参加しています。日本周辺海域の地球科学データ統合のノウハウや、岩石試料の最高レベルの分析解析技術を駆使して、日本の延長大陸棚の申請文書作成と審査での対応に貢献しました。

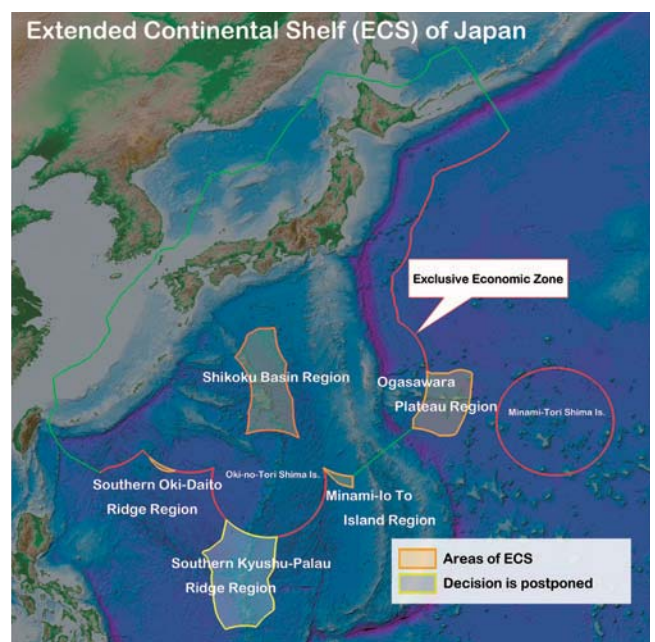
人類共有の財産である海底資源を沿岸国の管轄・管理下に置くことは、一見、国の利益独占と見えるかもしれませんが、しかし、国際的に定められたルールに従って、資源の開発の権利の行使や海域の管理をすることは、我が国のためだけでなく世界の発展と平和にも貢献するものです。私たちは、今後も地球科学調査研究の総合力を発揮して、開発に向けた科学調査を進めていきます。

### Collective capabilities of earth science for peaceful and equitable resources management of the ocean

The United Nations Convention on the Law of the Sea defines the extent of the sovereignty or jurisdiction of coastal States over the seas and the oceans. As defined in the Convention, coastal states have the right to explore and exploit resources on and under the extended continental shelf or ECS outside the 200-nautical-mile limit. The ECS to be approved, the coastal state is required to submit information to the United Nations with the topographic and geological evidences justifying that the continental shelf is a continuation of the state's territory.

Since 2004, the Geological Survey of Japan, as a national organization, has been participating in the task to delineate the outer limits of Japan's continental shelf. We have contributed to both preparation of the application to extend the continental shelf around Japan and the judgment process. To do this we are making the best use of our know-how on the integration of earth science data on the seas around Japan and our state-of-art techniques for analyzing rock samples.

Seabed resources are the common heritage of mankind. Placing resources under the jurisdiction and management of a coastal country may sound like granting that country a monopoly on the resources. However, executing the right to develop resources and manage the sea in accordance with internationally agreed rules can contribute not only to the coastal state itself but also to the global peace. We are committed to using all of our knowledge and skills in earth science survey and research to promote scientific surveys for the development of seabed resources.



The area of the extended continental shelf of Japan.



Utilization of

# Geothermal and Ground-source Heat

by Communities

地域を活かす

## 地熱・ 地中熱利用



*We have been doing field survey and analysis mainly. From now, we are also going to proceed the development of monitoring systems.*

**Kasumi Yasukawa**

Renewable Energy Research Center  
Fukushima Renewable Energy Institute

これまで現地の調査と解析を中心に進めてきました。今後は、観測システムの開発も進めていきます。

**安川 香澄**

福島再生可能エネルギー研究所  
再生可能エネルギー研究センター

# Effectively Using the Energy Beneath Us

## Making the best use of the world's third-largest resource

Japan is one of the world's most active volcanic countries and has the world's third-largest geothermal resource. The Geothermal Energy Team, Renewable Energy Research Center (RERC) is developing technologies to overcome the difficulties associated with estimating available resources, reducing development costs, social acceptance, and other relevant issues. The main current activities are super-resolution monitoring of reservoirs to reduce the risks and costs of geothermal development; development of Engineered Geothermal Systems (EGS) technologies for reservoir creation and capacity improvement to expand the areas usable for geothermal power generation; and construction of an advanced database of geothermal resources and regional hydrothermal modeling. In addition, we are conducting research on harmonious coexistence of geothermal power generation and hot spring and geothermal exploitation systems suitable for different socio-economical conditions.

## Promoting ground source heat pump systems best suited to each area

Ground source heat pump (GSHP) systems can be used almost everywhere because they utilize the difference between the air temperature and the shallow subsurface temperature. The Shallow Geothermal and Hydrogeology Team, RERC is engaged in research aimed at promoting the dissemination of this energy-saving system.

To popularize the use of GSHP systems it is essential to understand the subsurface conditions in different areas and use a system design best suited to each area's hydro-geological conditions. We will conduct hydro-geological surveys in the basins and plains of the Tohoku Region as model fields. It will then use the survey results to construct 3D groundwater-flow and heat-transport models and create a potential map of GSHP systems. The demonstration tests are also conducted to determine which kind of system may best suit the geological and groundwater conditions in each area.



# 足下の「エネルギー」をいかに上手に使うか

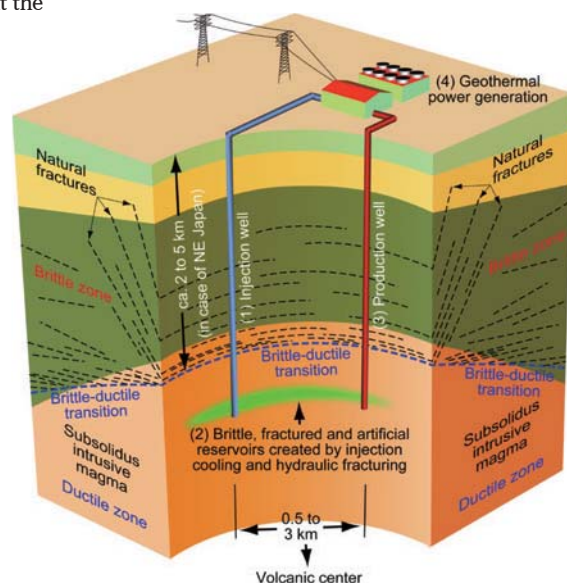
## 世界第3位の資源量を生かすために

日本は世界有数の火山国で、世界第3位の地熱資源を持っています。再生可能エネルギー研究センター地熱チームは、資源量の推定、開発コストの削減、社会的受容性などの課題を克服するための技術開発を進めています。現在の活動の軸は、「地熱開発のリスクとコスト削減のための、超解像貯留層モニタリング」「地熱発電可能地域の拡大をめざした、工学的な貯留層造成・能力改善技術の開発」「地熱資源の高度データベース化と広域地下水理系のモデリング」です。そのほか、温泉と地熱開発との共生や、地域に応じた地熱利用システム設計を実現するための研究を行っています。

## 地域の状況にあった地中熱システムの普及を

地中熱は、地上と浅い地中の温度差を使うため、ほぼ全国どこでも利用できます。地中熱チームは、この省エネシステムの普及を目指した研究を行っています。

地中熱システムの普及には、各地域の地中の状況把握と、その状況に適したシステムが必要です。現在、モデル地域として東北地方の盆地・平野の地質・地下水調査を進め、それに基づいて3次元地下水流動・熱輸送モデルを構築し、地中熱ポテンシャルマップを作成しています。また、地域の地質・地下水の状態にあった最適なシステムを提案するための実証実験を行っています。



Concept of super-deep EGS using an artificial brittle-fracture reservoir system completely surrounded in the ductile zone at a depth where the temperature exceeds 500 °C.



# CO<sub>2</sub> Geological Storage

to Mitigate Global Warming

## CO<sub>2</sub> 地中貯留

で地球温暖化緩和



*Nearly 20% of the halving of global CO<sub>2</sub> emissions by 2050 is expected to be achieved by geological storage. As there are many things we still need to do to reach this goal, we need the energy and enthusiasm of many young scientists!*

**Yuji Nishi**

CO<sub>2</sub> Geological Storage Research Group  
Research Institute for Geo-Resources and Environment

2050年に二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の排出量を半減するためには、削減量の約2割を地中貯留で担うことが求められています。そのためにやるべきことは多く、若い研究者の力が必要です。

**西 祐司**

地圏資源環境研究部門 CO<sub>2</sub> 地中貯留研究グループ

## Helping Mitigate Global Warming through CCS

With the aim of mitigating global warming, we are promoting research into the geological storage of CO<sub>2</sub>. Carbon capture and storage (CCS) is a promising technology that is expected to reduce CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere by collecting CO<sub>2</sub> emitted from large sources such as power plants and injecting it into porous strata at depths of 800 to 3000 m. Our research aims to ensure safe implementation of CO<sub>2</sub> geological storage; it includes improvement of monitoring and modeling techniques for injected CO<sub>2</sub> and studies of the hydraulic and geochemical characteristics of fluids containing CO<sub>2</sub>.

This research has become more important in Japan since the Great East Japan Earthquake, as increased fossil fuel consumption for power generation increases CO<sub>2</sub> emissions. The Tomakomai CCS demonstration project is currently being carried out, which plans to start CO<sub>2</sub> injection in FY 2016 at a rate of more than 100,000 t/year. In the United States, CO<sub>2</sub> injection is already widely used for EOR (enhanced oil recovery) in depleted oil fields, and CCS is close to the stage of practical application. To accelerate our study, we are conducting some of our research at a test site in the US and are cooperating with overseas scientists.

The study of bio-CCS and risk assessment, including the possible benefits of bio-CCS, is part of our new research into CO<sub>2</sub> geological storage. A recent AIST study has shown that CO<sub>2</sub> injection can change the environment in oil reservoirs, promoting crude oil biodegradation and methane production by microorganisms present in the reservoirs.

## 二酸化炭素地下貯留により地球温暖化緩和に貢献する

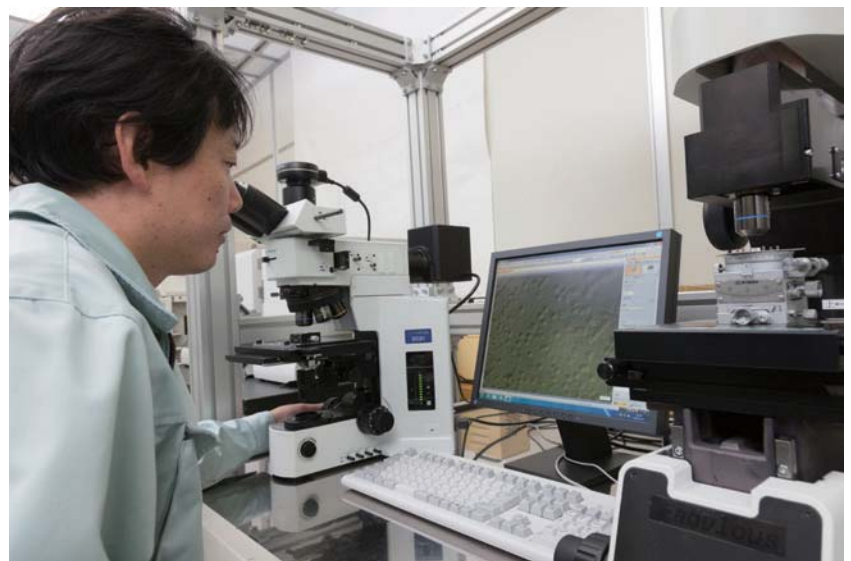
地球温暖化を緩和するために、私たちは主要な温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>を地中に貯留するための研究を進めています。CO<sub>2</sub>地中貯留では、発電所などの大規模排出源において回収したCO<sub>2</sub>を深度800m～3000mの空隙の多い地層に圧入して大気中へのCO<sub>2</sub>排出を抑制します。安全な貯留を実現するために、私たちは圧入したCO<sub>2</sub>がその後どのように移動し固定されるかを精度よく効率的に監視（モニタリング）し、予測（モデリング）するための技術、CO<sub>2</sub>を含む流体の水利特性や地化学反応特性などを研究しています。

東日本大震災以降、日本では化石燃料の使用が増加してCO<sub>2</sub>排出量も増えており、CO<sub>2</sub>地中貯留研究の重要性は一層高まっています。国内では北海道の苫小牧において年間10万t以上を目標としたCO<sub>2</sub>地中貯留の大規模実証試験が進められており、2016年度から圧入が開始される予定です。米国では生産が進んだ油田から残存原油を取り出すため様々な油田でCO<sub>2</sub>が地下へ圧入されており、CO<sub>2</sub>地中貯留は実用化段階に近い技術となっています。私たちも研究の一部を米国のテストサイトにおいて実施し、米国など海外の研究者と協力することで、国内での貯留に先行して国際レベルの研究を行っています。

産総研の最近の研究で、CO<sub>2</sub>圧入により石油貯留層の環境が変わることで、そこに生息する微生物による原油分解・メタン生成が促進されることがわかりました。このような地下の微生物活動やそれに伴う便益も含めたリスク評価などの新たな切り口での研究も進めています。



Left: Experimental setup for high-pressure fluid flow tests in a supercritical CO<sub>2</sub>-water system.



Right: Measuring mineral reaction rates under conditions of CO<sub>2</sub> geological storage, based on nanoscale crystal-surface observations.



# Soil and Groundwater Contamination

An old and Emerging Environmental Issue

古くて新しい

## 土壌・地下水 汚染問題



*To solve the increasingly complex and diverse issues of soil contamination, we would like to enhance cooperation with researchers from different disciplines.*

### Ming Zhang

Geo-Environment Risk Research Group  
Research Institute for Geo-Resources and Environment

複雑化・多様化する土壌汚染の問題を解決するためには、分野を問わずに連携していきたいと考えています。

### 張 銘

地圏資源環境研究部門 地圏環境リスク研究グループ



## How Can We Reduce the Risk of Soil Contamination?

Soil and groundwater contamination is an old and emerging environmental problem. In the past there was a notorious pollution incident at the Ashio Copper Mine in Tochigi Prefecture, Japan, and recently the radioactive contamination resulting from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident has been a serious problem. With the growth of Japan's economy and industry, pollution problems have become more and more complex and diverse.

Soil and water contamination, some of which may occur together with air pollution, can seriously affect human health, animals and plants, and the environment. However, once pollution occurs, it is very difficult to totally eliminate the overall risk, regardless of the measures used.

### Practically applicable technologies

To cope with this risk, we are committed to the aggressive research and development of survey and assessment technologies; remediation and countermeasure technologies; and risk assessment and risk management technologies that are applicable to a wide range of contaminants.

Our basic research includes the development of technologies for assessing and simulating the mass transport and leaching behavior of contaminants and the development of new technologies for rapid and accurate quantification of contamination in the field. We are also promoting a variety of remediation technologies that use electrokinetics, microorganisms, natural minerals, and absorbents to enable practical application in the field. We have developed and released the Geo-Environmental Risk Assessment System (GERAS) for different kinds of contaminants. In addition, we propose that not only environmental risk but also the social and economic aspects should be considered in assessments of soil and groundwater contamination.

These technologies can be transferred to many other areas of study. We are trying to disseminate them, return the results of our research to society, and contribute to the international community as a whole.

## 土壌汚染のリスクをいかに減らしていくか

土壌・地下水汚染は、“古くて新しい環境問題”です。古くは「足尾鉍毒事件」、近年では福島第一原子力事故による放射能汚染が問題となっています。これらの汚染問題は日本の経済成長、産業の発展に伴って、多様化・複雑化してきました。

土壌および水の汚染は人の健康、動植物や生態環境に深刻な影響を与え、ときには大気汚染が関与することもあります。しかし、汚染問題が発覚した場合、いかなる対策を講じても総合的なリスクをゼロにすることは難しいと考えられています。

### 現場で使える技術を

私たちは、リスクと上手に付き合うために、各種汚染物質の調査・評価技術、浄化・対策技術およびリスク評価・管理技術に関する研究開発に「挑戦的な気概を持って」取り組んでいます。

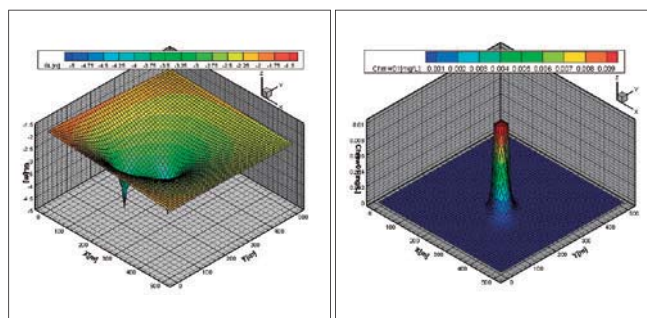
具体的には汚染物質の拡散・溶出挙動の評価・シミュレーション技術の開発、現場での汚染物質の迅速測定技術開発といった基礎研究に加え、動電学的手法、微生物、天然鉍物、吸着材等を用いた現場に即した浄化技術の開発を行っています。また、汚染物質を対象とした地圏環境リスク評価システム(GERAS)を開発・公表し、土壌・地下水汚染評価に環境リスクの概念のほか、社会・経済的側面も考慮することを提唱しつづけています。

これら開発技術は、他分野にも幅広く適用するものです。そのため、技術の普及および社会への還元、そして、国際社会への貢献も積極的に進めています。



Left: Column testing systems for characterizing the leaching and transport properties of contaminants in soils.

Right: The Geo-Environmental Risk Assessment System (GERAS) is capable of simultaneous mass transport simulation and risk assessment.



Changes in hydraulic head induced by pumping

Spatial distribution of a contaminant

# Bring the World's Greatest Geological Maps Closer to the People

## 世界最高の地質図をもっと“身近”に

### Making the world's best and most detailed geological maps

The creation of geological maps is one of the most important projects in our Intellectual Infrastructure Development Plan. This project aims to identify the geology of our country; put in place the basic geological infrastructure needed to construct a secure and safe society; and achieve sustainable development. To achieve these aims, since 1882 GSJ has published many quadrangle geological maps at various scales, including 1:50,000 and 1:200,000.

Japan is located in a plate subduction zone and has many active faults and volcanoes. Its geology is far more diverse and complex than that of many other countries, ranging from plutonic, metamorphic, and sedimentary rocks of the early Paleozoic to Holocene sediments. The maps of the 1:50,000 Quadrangle Series depict this complex geology in fine detail, making them among the most detailed geological maps in the world.

During the creation of a geological map, the geological history of the area under investigation is gradually revealed. For example, when we made the geological map of the Imajo and Takenami district we were able to reconstruct the stratigraphy of the oceanic plate. We also elucidated the complex history of the accretionary complex, which is characterized by piling-up of the stratigraphy through the development of many thrust faults.

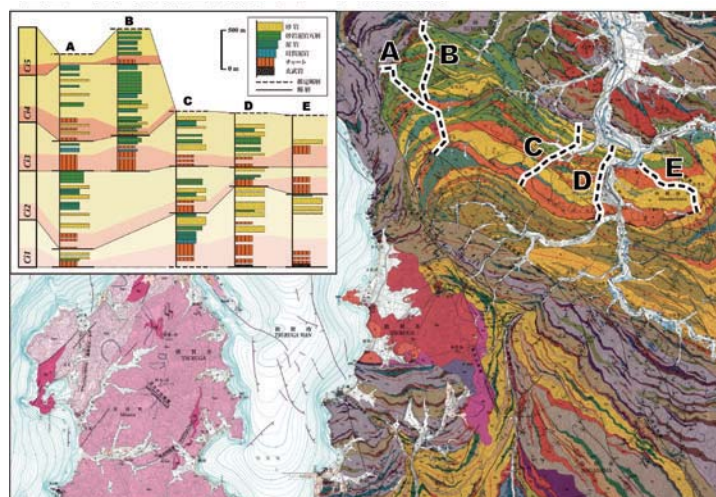
### 世界最高水準の緻密性

地質図の整備は、国の知的基盤整備の一つに位置づけられています。国土の地質学的な実態を明らかにし、その情報を社会の安全・安心と持続的発展を支えるために利用可能な状態に整えることが目的です。1882年以來、旧地質調査所、そして地質調査総合センターは、5万分の1、20万分の1地質図幅\*をはじめとする各種の地質図を制作し、公表してきました。

日本はプレートの沈み込み帯に位置し、活断層や火山が多く、古生代前半の深成岩・変成岩・堆積岩から完新世の堆積物に至る多様な地質が存在します。そのため、日本の地質は海外のものと比較すると極めて複雑です。その複雑な地質を精緻に記載した「5万分の1地質図幅」は、世界でも最高水準の緻密性を誇ります。

地質図の制作が進むと、地域の地史も解き明かされていきます。例えば、「今庄及び竹波」地域の地質図幅では、その制作を通じて、海洋底で堆積した地層の層序を復元し、これらが断層により繰り返す付加体の複雑な成り立ちを明らかにしました。

\* 緯度経度で区切られた四角形の地質図のこと



1:50,000 Geological Map of Imajo and Takenami. Dashed lines A-E show the routes of the geological field surveys used to make the map.



Aim for

# More Accessible Geological Maps

**天気図** のように利用できる  
**地質図** を目指して



*Fieldwork is the basis of our research. Walking in the field, experienced geologists can draw a geological map in their head. That's a pretty exciting magic trick!*

### **Makoto Saito**

Integrated Geo-information Research Group  
Research Institute of Geology and Geoinformation

私たちの研究では、野外調査が重要です。経験を積むと、野外を歩きながら、その地質が透けて見えてくるようになります。その楽しさをともに味わってみませんか。

### **斎藤 真**

地質情報研究部門 シームレス地質情報研究グループ

Examination of the geological cross-sections of the alluvial plains depicted on a quadrangle geological map may reveal that the thickness of the alluvium varies with the location. Areas where the alluvium is thick are ancient valleys buried completely by alluvium. The alluvium is composed of soft sediments and tends to shake harder during an earthquake. Therefore, these thicker areas can suffer increased damage in an earthquake, even if the area has no topographic features that distinguish it from other areas. Such underground information can help in deciding where to locate various buildings.

Detailed geological maps therefore provide very helpful information on a number of things.

### Understanding the marine geology around Japan

Japan is surrounded by oceans. In recent years, to tackle issues such as the occurrence of earthquakes and tsunamis caused by offshore faults; the exploration of seabed resources; and the long-term dispersion and accumulation of pollutants, there has been increasing emphasis on the need to understand the geology and geological phenomena in these surrounding marine areas. Maps in the Marine Geology Map series are compiled after long and exhaustive work: we collect samples and data on board a survey ship for weeks and then analyze them in the laboratory. The Marine Geology Map series at the scale of 1:200,000 includes two types of map for each area, namely a geological map and a sedimentological map. The former depicts the stratigraphy and geological structure, as analyzed with the help of information on the distribution of gravity and geomagnetic anomalies, which is also included in the map. The latter shows the distribution of sediments on the sea floor, the thickness and sedimentation rate of the sedimentary layer, the sedimentation process, and the direction of sediment transportation.

We have completed a survey of all areas surrounding the four major Japanese islands, from Hokkaido to Kyushu, and maps are being published for these areas. Surveys of the area surrounding Okinawa began in 2008. Ten areal maps will be published at the scale of 1:200,000 for this region.

また、平野の地質図幅に付属している地質断面図を見ると、場所によって沖積層が厚くなっていることがあります。これは、かつて谷だったところが沖積層により完全に埋め立てられて隠れているためです。沖積層は軟弱な地層からなり、地震のときに揺れを増幅します。一見、どこも同じように思える平らな場所でも、沖積層が局所的に厚いためにその場所だけ地震の被害が大きくなる可能性があります。こうした情報は、例えばいろいろな建造物の立地を考えるときに役に立つでしょう。

精緻な地質図は、さまざまな面で有益な情報元となり得るのです。

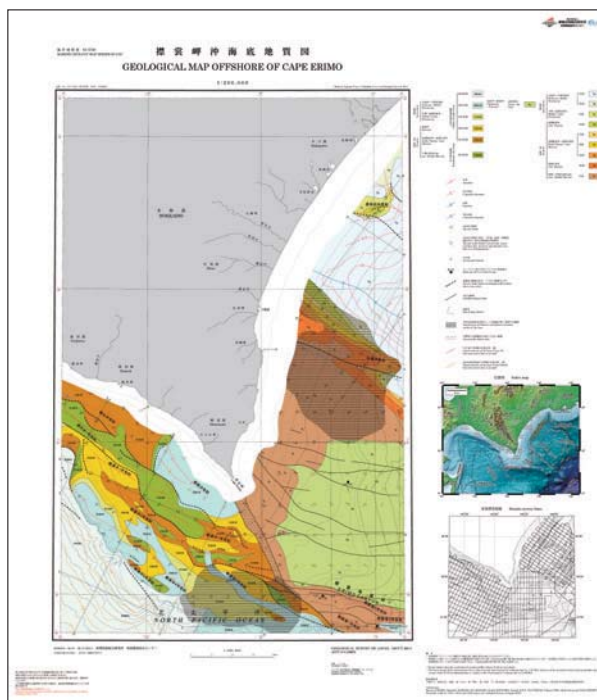
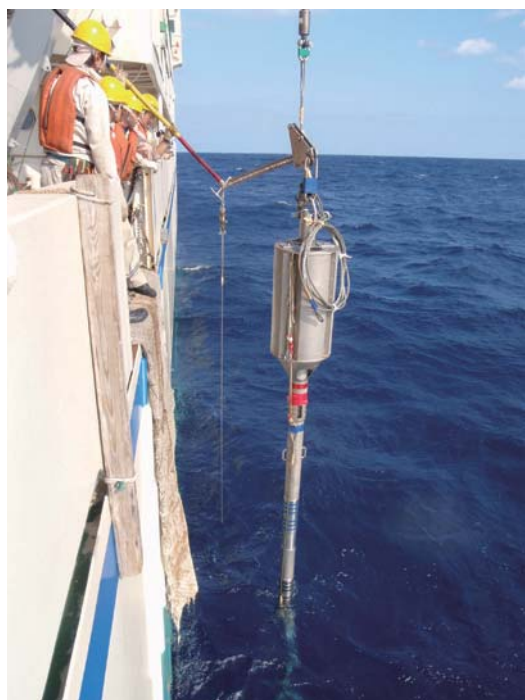
### 周辺海域の地質を知る

四方を海に囲まれた日本では、海域の断層活動による地震や津波の発生、海底に眠る資源の探査、汚染物質の長期的な拡散・堆積など、海域の地質および地質現象が近年ますます重要視されるようになってきています。

私たちは「海洋地質図」の制作も進めています。海洋地質図は、調査船に長期間乗船して海域で試料やデータを取得し、それらを解析することで作成されます。「20万分の1海洋地質図」には、各区画で海底地質図と表層堆積図の2種類の地質図があります。

「海底地質図」は海底下の地層の層序や地質構造を表現したもので、付図として作成される重力異常・磁気異常の分布図と合わせて地質構造の解析を行います。もう一つの海洋地質図である「表層堆積図」は、堆積物の分布、堆積層の層厚や堆積速度、堆積プロセス、堆積物の輸送方向などを表現したものです。

すでに北海道から九州までの主要4島周辺海域の調査を終了し、解析の終了したもののから順次、出版しています。2008年度から沖縄周辺海域の調査を実施中です。この海域で10区画の20万分の1海洋地質図を作成する予定です。



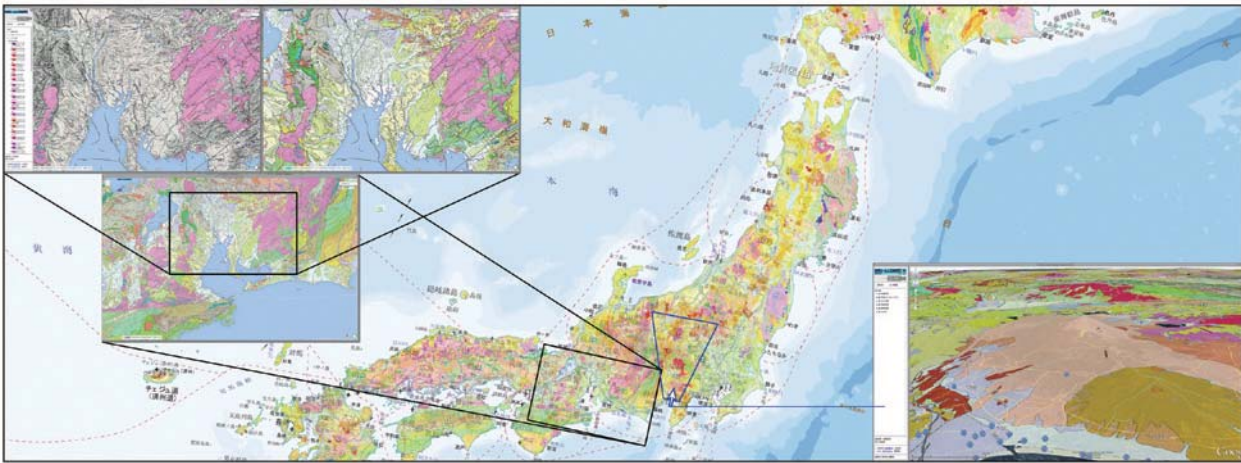
Left: Marine sediment sampling by using a gravity corer. Various kinds of samplers such as grab samplers and dredges are used for marine sediment and rock sampling, depending on the objects.

Right: Example of a marine geological map (Offshore of Cape Erimo), which is mainly based on seismic reflection profiles. It shows the distributions of submarine strata and geological structure such as faults and folds.



Left: Making a Seamless Digital Geological Map from 1:200,000 Geological Sheet Maps. Geologic understanding of the whole area of Japan is required.

Low: Seamless Digital Geological Map of Japan (1:200,000). Fast display and easy handling have been realized.



## The next generation of geological maps

A geological map is a visual expression of what the land has gone through. Data are reconstructed and interpreted by assembling a wide range of geological information based on the latest research results. Therefore, it sometimes happens that the lines and colors of adjacent maps do not match well and are discontinuous if they are created by different geologists or at different times.

GSJ promotes the harmonization of traditional geological maps. The Seamless Digital Geological Map of Japan (1:200,000) was published after the unification of legends and reinterpretation of the geology by using the latest knowledge; all of the nation's geological maps were integrated into one seamless geological map.

The map has been released on the Web and has won public attention because it is very easy to access the information. Just click on the geological map and a brief explanation of the local geology will be displayed. Other geological databases, such as those on active faults and volcanoes, can be overlaid on the map. The map is smartphone compatible and can display current location information, too.

A major revision of the Seamless Digital Geological Map of Japan, with six times the current number of legends, is currently under way. All of these legends are being systematically revised on the basis of the latest knowledge to make the map even easier to understand.

GeomapNavi, another online geological data service, is a geological map display system that can overlay various earth science maps, including the Seamless Digital Geological Map of Japan, the Quadrangle Series, the Marine Geology Map, the Gravity Map Series, the Geochemical Map, and many others. We aim to make geological maps more user-friendly and as useful as weather maps in everyday life.

## そして、地質図は新たな時代へ

地質図は、さまざまな地質情報を組み立てて、その時代の最新の研究成果をもとに大地の成り立ちを復元、解釈した図面です。そのため、作成年代や作成者が違えば、隣同士でも地質図は繋がらないことがあります。

私たちは、こうした地質図のシームレス化を進めてきました。地質学の最新研究成果に基づいて全国統一凡例を作成し、罫目がなくなるように地質を再解釈し、全国を一つの地質図にした、「20万分の1日本シームレス地質図」を作成しました。

ウェブ上で公開しているシームレス地質図は気軽に情報を得ることができるサイトとしても注目されています。地質図をクリックするとその地質について簡単な説明が表示され、活断層や火山のデータベースを重ねることも可能です。また、スマートフォンでも快適に表示でき、現在位置情報と組み合わせることができます。

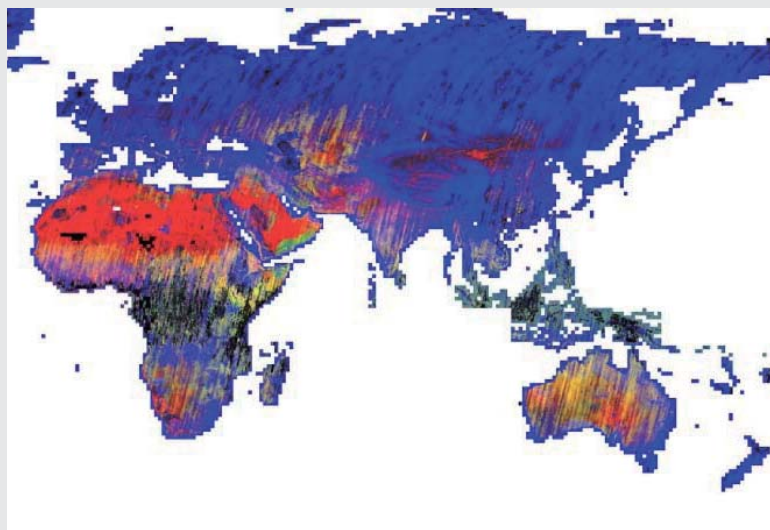
現在、シームレス地質図の大改訂を進めています。最新の知見に基づいて、凡例を従来版の6倍以上に増やし、そのすべてを系統立て、理解しやすいように再構築中です。

シームレス地質図をはじめ、地質図幅や海洋地質図、重力図、地球化学図等も重ね合わせ表示できるようにしたものが「地質図 Navi」です。地すべり地形など他機関から配信されている情報と組み合わせ、地質との関連性を調べることも容易にできるようになっています。こうした情報発信を進め、将来的には「天気図のように地質図を気軽に利用できる」ことを目指しています。

# Monitoring the Earth

by Eye of Science

視力 14.0 !  
科学の目で **地球監視**



Left: Vicarious calibration campaign. Right: Global geologic index map.

## Remote Sensing (calibration, validation and its utilization)

We are studying satellite remote sensing, which is used in many fields, including in surveys of metals, fuels, and the global environment. Our research focuses on developing new sensors for a satellite that is to be launched; calibration and validation for quality control of acquired data and efficient management of massive data; and the creation and practical application of various thematic maps for scientific interpretation.

ASTER\*, one of the sensors on board the NASA's Flagship Earth Observing Satellite, we have been heavily involved in all aspects of its development to its use in space. The collaborative research with other research institutes of AIST is increasingly promoted to develop the sensor and to manage, calibrate and use massive data.

We are also involved in developing new sensors, such as HISUI (the Hyperspectral Imager Suite), which has about 180 spectral bands and is intended primarily for resource exploration.

To ensure data quality, in-flight sensors are calibrated using deserts or on dry lakes abroad. We conduct real-time ground observations at the same place as where the satellite makes observations. Comparing the results of the ground and satellite observations reveals the degree of sensitivity degradation of the sensor in space and enables us to assess the data quality and calibrate the system.

As part of our development of database and image-delivery technology, we are introducing international standards for using geospatial data on the Internet. These data are used to create a global map of urban areas and a base map using the ASTER Seamless Satellite Image Mosaic of the Earth in Natural Color. Our work also includes research into a worldwide volcano monitoring service. All of these data are being made public as they become available and are provided as a regular service.

\* ASTER : Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

## 衛星画像の利用研究 —利用技術および校正・検証—

金属鉱物やエネルギー資源、地球環境などの調査に利用するための衛星リモートセンシングに関する研究を行っています。主に、打ち上げ前の新規衛星センサーの開発、実際に取得したデータの品質管理（校正・検証）や大量に取得されたデータの効率的な管理に関する研究、さらには各種主題図（科学的な解釈を加えた地図）の作成や実利用に関する研究を進めています。

NASAの衛星に搭載されている「ASTER\*」について、私たちは開発から実際の利用まで深くかかわってきました。産総研の他の領域ユニットとも連携し、センサー開発、ビックデータの管理・品質管理および利用に関する研究を進めています。

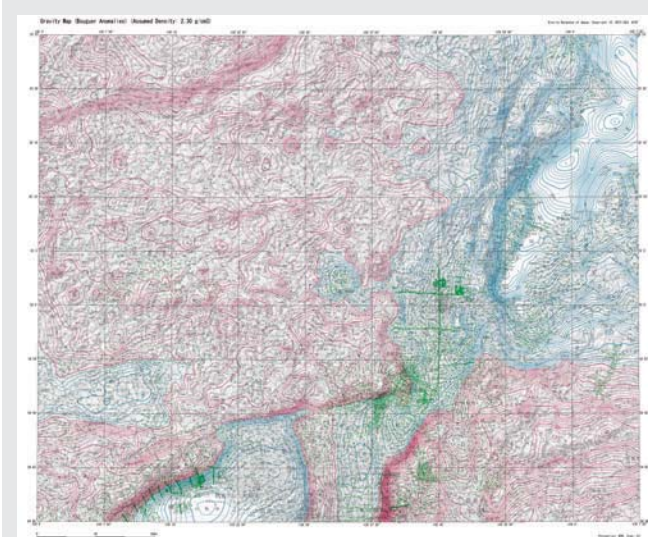
新規センサー開発として、資源探査を主目的とした多波長センサー HISUI（約 180 バンド）の開発にも携わっています。品質管理に関する研究では、海外の砂漠地帯や乾燥湖に赴き、衛星観測と同じ時間、同じ場所の地上観測を実行しています。この地上観測と、衛星の観測結果と比較することで宇宙にあるセンサーがどの程度劣化しているか品質管理を行っています。

データベースや画像配信技術に関しては、地理空間データのインターネット利用に関する国際標準の実装を進めています。また、それらを用いた全球の都市マップや背景地図としての ASTER 全球シームレス天然色マップの作成、世界の火山のモニタリングサービス等の利用研究を続けています。これらのデータは順次公開するとともに、サービスとして定期的に運用しています。

See the Underground by

## Gravity Difference

## 「重力の差」で地下を知る



Left: Gravity map of the Kyoto and Osaka areas. Sharp gravity changes are obvious along faults. Right: Gravity measurement on a mountain summit.

## Gravity Maps

The distribution of gravity on the surface of the ground is an extremely important clue for detecting the heterogeneity of underground densities. The Geological Survey of Japan has constructed a national gravity database of the highest global standards by collecting and compiling gravity data all over Japan for many years. Not only it is the largest gravity database in Japan with more than 470,000 land data and 1,240,000 marine data, but also its accuracy and regular arrangement of measurement stations meet the highest world standards. The database is available to the public on DVD and is widely used as a source of basic Japanese earth science data. The Geological Survey of Japan also publishes the Gravity Map series and their digital version via the Internet (GALILEO).

### Given these geographical conditions

The Geological Survey of Japan is using the above Gravity Database as a basis for running the gravity map project, in which further gravity measurements are being taken for areas in which there are comparatively fewer data. The results are published as the Gravity Map Series following high-precision correction and other procedures.

A total of 32 quadrangle gravity maps have now been published at 1:200,000 scale. The new gravity data collected for compilation of the Gravity Map Series are consecutively reflected in the Gravity Database to ensure that it is always up to date. The Gravity Map Series and the Gravity Database used to compile the maps are basic information used in many fields, including resource exploration and the analysis of underground structures to prevent disasters.

## 重力図

地表で測定する重力値の分布は、地下の密度の不均質構造を探るための非常に重要な情報です。地質調査総合センターでは長年にわたり、国内で測定された重力データを集約して、世界最高水準の重力データベースを構築してきました。

重力データベースに収録されたデータは、陸域 47 万点、海域 124 万点を超える膨大なものです。日本国内で最大の規模であることはもちろん、国際的にみてもその精度と測点配置の均一性では世界最高水準となっています。このデータベースは DVD やインターネットにより公開され、日本における地球科学の基礎的なデータとして利用されています。

### 最新の重力データベース

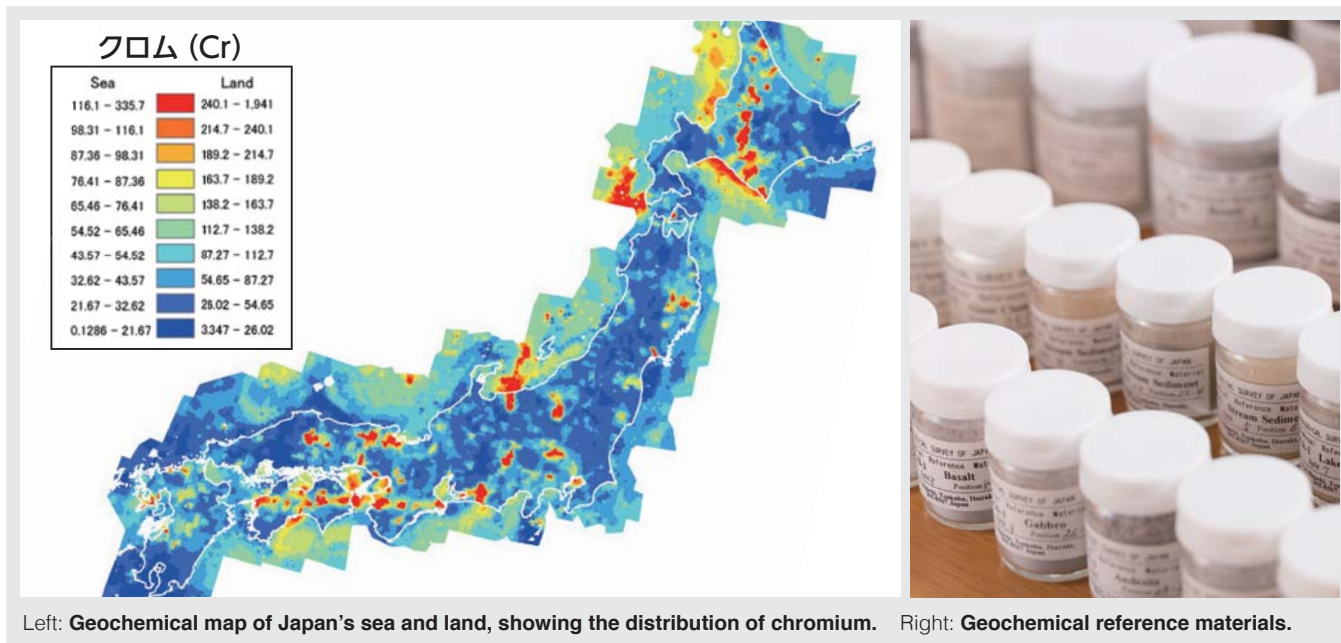
地質調査総合センターの重力図プロジェクトでは、このデータベースを基本として、さらに重力データが比較的少ない地域で重力調査を実施しています。そして、高精度な補正処理等を施し、「重力図」として出版しています。

これまでに出版された 20 万分の 1 重力図は、32 図幅になります。重力図の編集のために測定された新規測定データは重力データベースにも反映されているため、重力データベースは常に最新のものに更新されています。重力図と重力データベースは、防災のための地下構造解析、資源探査等に基礎的な情報となっているのです。

Look at Japan as

# Element Concentration

# 元素で日本を見る



## Geochemical Maps

An accurate understanding of elemental distributions is indispensable for elucidating the migration and dispersion of various elements on Earth. We have collected and analyzed about 3000 river sediment samples and about 5000 samples of marine sediments from around Japan. The Geochemical Map of Japan, compiled from these results, is the world's first comprehensive attempt to represent the distribution of elements across the country, connecting land and sea seamlessly. Elemental distribution and movement, both on land and in the coastal sediments of Japan, can clearly be seen on the map.

The Geochemical Map, the sampling locations, and the concentration values of each element are compiled as a database and published on the Internet to make them widely available to the public. We are presently creating detailed geochemical maps of major metropolitan areas; these maps will have 10 times as much detail as the nationwide map.

### Providing reference samples of world standard

The Geological Survey of Japan has been producing reference materials for geological samples for more than 50 years. The chemical and isotopic composition and geological age of these reference materials are highly reliable. These data were obtained from collaborative research with various research institutes throughout the world.

Reference materials are now required to comply with ISO international standards. GSJ is accredited as a reference material producer under ISO Guide 34 and ISO 17025. All of our newly prepared reference samples are certified by ISO.

## 地球化学図

地球上にある、さまざまな元素の移動や拡散といった「動き」を解明するためには、元素の分布の状態を正しく把握することが必要不可欠です。私たちは、日本の陸域から約3000個の河川堆積物試料を、沿岸域から約5000個の海底堆積物試料を採取し、分析しました。こうしてできた、陸から海へとつながる「元素濃度マップ」(地球化学図)は、世界で初めてとなる大規模なものです。これにより、全国の陸から沿岸域における元素の分布と動きを明らかにしました。

完成した地球化学図と作成に用いた堆積物試料の採取地点や各元素の濃度値はデータベースとして一般にも公開しています。現在は、全国図の10倍の精度を持つ、大都市市街地を対象とした「精密地球化学図」の作成を進めています。

### 世界で役立つ「標準試料」を供給

地質調査総合センターは、50年以上にわたって地質関連試料の標準物質を作製してきました。この標準物質には、世界各国の研究機関との共同研究によって化学組成や同位体組成、年代値の信頼性の高いデータが定められています。

近年、標準物質は国際的な基準であるISOに対応することが必要とされるようになりました。地質調査総合センターが発行する岩石標準試料についても、ISOに対応した「標準物質生産者としての認定 (ISO Guide34 & ISO 17025)」を取得し、新規に作製する標準試料についてはISOの規定に則った認証標準物質として供給を行っています。

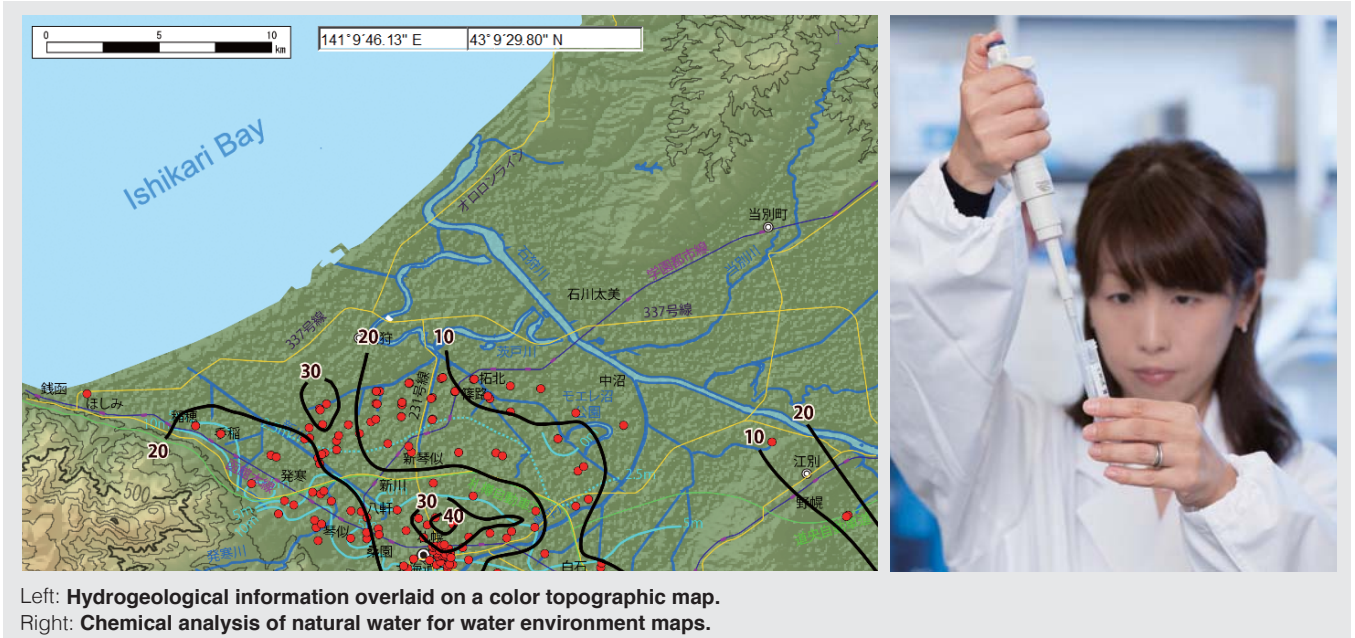


For Future

## Groundwater Use

## 地下水利用

の道しるべ



Left: **Hydrogeological information overlaid on a color topographic map.**  
 Right: **Chemical analysis of natural water for water environment maps.**

## Water Environment Maps

Surveys and studies of groundwater have a long and rich history in Japan. Water Environment Maps combine past knowledge with the results of the most recent surveys and studies of groundwater.

Water Environment Maps include details of macroscopic groundwater flow, water quality, and water temperature distribution in basins and plains. GSJ has been publishing these groundwater maps for nearly 50 years.

### Protecting high quality groundwater

Water Environment Maps show the relationships between aquifers and geological structures and groundwater flow systems—in other words, where the groundwater comes from and where it goes. These types of information can help us decide what we need to focus on to protect the groundwater resource.

There is an ever-increasing need for a better understanding of local groundwater flow systems, and Water Environment Maps will play increasingly important roles in this regard.

## 水文環境図

日本では、古くから地下水に関する多くの調査・研究が行われてきました。こうした過去の知見に最新の調査・研究の結果を加えて、まとめたものが「水文環境図」です。

水文環境図は、盆地や平野などの巨視的な地下水の流れや、水質・水温分布を掲載しています。当研究所はこうした地下水の地図について、約 50 年にわたって出版を続けています。

### 良質の地下水を守るために

水文環境図を見ることで、帯水層と地質構造の関係や、地下水がどこから涵養され、どこへ向かって流れているのかが知ることができます。このような情報があれば、私たちが土地利用をする際、地下水を守るために何に気をつければよいのかを判断することができます。

今後、地域の地下水を理解する必要性はますます高まり、水文環境図の果たす役割はより重要になっていくでしょう。

# Quickly, Accurately

## 迅速に 正確に



Left: SHRIMP (Sensitive High-Resolution Ion Micro Probe). Upper Right: Laser-ablation ICP-MS. Lower Right: Mineral liberation analyzer.

## Analysis of Critical Metal Ores

To extract critical metals from ores we need to know what minerals and elements are present in the ores. Formation age and isotopic composition are also important in determining the origin of the ores. The Geological Survey of Japan possesses the latest equipment and techniques for quick and accurate analysis of ores, namely laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICPMS) and sensitive high-resolution ion micro-probe (SHRIMP), both of which can determine chemical concentrations and isotopic ratios in small areas with diameters of less than several tens of microns. These methods can be used to detect very small amounts of a wide range of elements, from lithium to uranium, with a sensitivity of less than 1 ppm (0.0001%).

### Highly precise isotope analysis in a micro-area

LA-ICPMS, by instantly vaporizing a small amount of sample and atomizing the elements in a plasma at about 7000 °C, determines chemical composition by mass spectrometry. Analysis of one sample is completed in only in 2 minutes. In contrast, SHRIMP measures the number of secondary ions sputtered from the surface by emitting a primary ion beam to the micro-scale surface area (about 20 μm) under a high vacuum. This instrument is suited particularly to highly precise analyses such as uranium-lead dating and oxygen isotope ratio determination.

The Geological Survey of Japan, by making the best use of these latest technologies and items of equipment, promotes and supports critical metal resource exploration and assessment around the world.

## レアメタル鉱石の解析

鉱石からレアメタルを取り出すには、鉱石に含まれる鉱物種や化学組成を知らなければなりません。また、鉱石が作られた年代や同位体組成を測定し、鉱石の起源を知ること也很重要です。地質調査総合センターでは、レアメタル鉱石を早く正確に解析する最新の装置と技術を導入しています。

それが、「レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析計 (LA-ICPMS)」と「高感度高分解能 2 次イオン質量分析計 (SHRIMP)」です。共に、直径数十 μm 以下の微小領域中に含まれる元素の濃度や同位体比を分析することが可能な装置で、リチウムからウランまでの幅広い元素に対応しています。検出限界も 1ppm (0.0001%) 以下と、極微量まで測定することができます。

### 微小領域における高精度同位体分析

LA-ICPMS は試料表面の分析したい微小領域をいっきに蒸発させることができます。蒸発した試料は約 7000°C のプラズマ中で強制的にイオン化し、その質量を測って化学組成を求めます。分析は「1 試料あたり 2 分」という短時間で可能です。一方、SHRIMP は高真空中にセットされた試料表面の微小領域 (20μm 程度) に電子線を照射し、試料からはじき出されたイオンの数を測定します。U-Pb 年代、酸素同位体等の高精度分析を得意としています。

地質調査総合センターでは、これらの最新の装置や技術を駆使して世界各地で行われるレアメタル資源の探査や評価を推進しています。

# Create Resources

and Protect Environment

## 資源を 生み 環境を守る



Left: High-pressure culture system. Upper Right: Vessels for simulating subsurface conditions. Lower Right: A newly isolated methanogen.

## Studying Microbes which Produce/Consume CH<sub>4</sub>

### Elucidating the origin of natural gas for its efficient development as a resource

With the overall aim of elucidating the origin of natural gas, we are using microbial culture experiments in groundwater and sediments, as well as gene and geochemical analyses, to examine how environmental factors such as temperature and water chemistry affect the composition of subsurface microbial communities and their methanogenic activity.

We are also working toward the goal of developing a technology to enhance the production of oil and natural gas in depleted fields by using subsurface microbes that are found in oil-bearing strata and have the ability to convert residual crude oil into methane.

### Suppressing greenhouse gas emissions and protecting the geosphere environment

Although subsurface microbes can produce methane, they also consume methane. We are studying methane-consuming microbes living in deep subsurface environments to determine the mechanism of methane consumption. This information is needed to estimate the global environmental impact of methane released from the subsurface to the atmosphere.

Some subsurface microbes also have the ability to remediate contaminated groundwater. We are developing bioremediation technologies by utilizing microbes that can decompose volatile organic chlorine compounds.

The study of subsurface microbes thus contributes to the development of natural gas and other resources in the geosphere and to conservation of the geosphere environment.

## メタン生成・消費 微生物研究

### 天然ガス資源の成因を解明し、効率的に開発する

私たちは、天然ガス資源の成因を解明するために、地下水や堆積物の培養実験、遺伝子解析、地化学分析を行って、温度や水質などの環境因子が地下微生物の種類やメタン生成活性に与える影響を調べています。

また、地下微生物の能力を利用して、地層内から石油・天然ガスを効率的に生産する資源技術の開発を目指し、枯渇油田に残った原油を油層微生物によってメタンに変換し、生産量を増やすことに挑戦しています。

### 温室効果ガスを抑制し、地圏の環境も守る

地下微生物はメタンを生成するだけでなく、メタンを消費する能力も持っています。私たちは、海陸地下圏に生息するメタン消費微生物の研究を進め、どのようなメカニズムでメタンを消費するのかを調べています。このような情報は、地下から大気へ放出されるメタンの地球環境に与える影響を予測するために必要となります。

また、地下微生物は汚染された地下水を浄化する能力を有しています。そこで、揮発性有機塩素化合物を分解する微生物を活用した地圏環境を守る技術の開発にも挑戦しています。

このように地下微生物を研究することで、天然ガスなどの地圏資源の開発や地圏環境の保全を行う事が可能なのです。

# Seamless Subsurface Visualization

## 連続 して 地下を 可視化



Left: Marine electromagnetic (EM) system in a shallow-water environment. Right: Deployment of the EM system from a boat.

## Marine EM System in Shallow-Water Environment

Large research vessels cannot enter shallow water. Moreover, rough waves near the coast often cause conventional data acquisition equipment placed on the seafloor to sway around, thus leading to interference noise and making it difficult to obtain reliable data. We have therefore developed electromagnetic (EM) exploration equipment that is less affected by waves and small enough to be carried on small vessels.

To demonstrate the performance of the new exploration system, EM measurements were carried out on- and offshore in the Horonobe coastal area, Hokkaido, by setting up the system for about 10 km in each direction across the coastline, giving an entire length of about 20 km. Comprehensive interpretation of the results of the measurements and other geological surveys showed that a sandstone layer on land was filled with fresh groundwater and extended to 10 km offshore, where the existence of freshwater was estimated. The fresh groundwater infiltrated into this layer during the past glacial age and is considered to remain there without being replaced by seawater, even after periods of submergence.

Our research efforts to obtain continuous underground information on land and sea and estimate the status of the groundwater provide valuable information to various projects. These projects include deciding on the most suitable locations for important coastal facilities; optimizing the geological disposal of radioactive waste; and implementing geological storage of CO<sub>2</sub>. Our system provides the information on where the groundwater is, as well as its characteristics, why it is found in these locations, and how it came to be there.

## 浅海域電磁探査技術

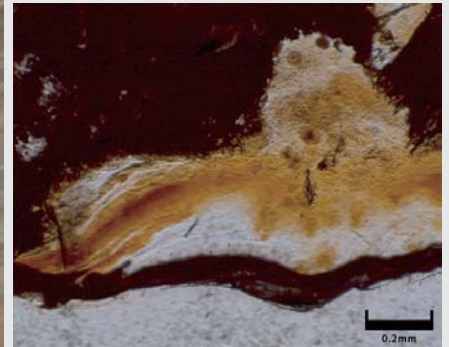
浅海には大型の作業船は入って行けず、また、海岸近くでは波が荒く、海底に設置した通常の地下探査装置は揺れのためにノイズが発生し、良質なデータを取得することができません。そこで私たちは、波浪による装置の揺れを減らし、小型の作業船でも運搬可能な電磁気を利用した地下探査装置を開発しました。

開発した装置の実証実験として、北海道幌延沿岸域で、陸側と海側それぞれ約 10km（全長で約 20km）にわたって、装置を設置し、電磁探査法のデータ計測を実施しました。その結果と他の地質調査の結果を総合して考えることで、陸域の砂岩層は、淡水性の地下水で満たされていることがわかりました。そしてその地層は沖合 10km まで続き、その中にも淡水が存在していることが示されました。過去に浸透した淡水性の地下水が、海に覆われた現在においてもまだ海水に置き換えられることなく残っているものと考えられます。

このように、陸から海へと連続して地下の様子を把握し、地下水の状態を推定することは、沿岸部での重要施設立地や放射性廃棄物の地層処分、二酸化炭素の地中貯留などの事業において、どの場所が利用の目的に合う場所なのかを探するのに有効な情報となります。どこに、どのような地下水があり、どうしてそのようになっているかが見えて来るのです。

# World's Highest Quality

## 世界最高水準



Left: Thin-section production. Right: Optical micrograph of soil samples including imogolite (yellow areas).

## Preparation of Thin and Polished Sections

Preparation of thin and polished sections, which provide various types of information about the Earth, requires not only technical accuracy. What is also vital is the knowledge gained through experience—in other words, the ability to anticipate potential damage during the process and to take precautions against it. The quality of the thin and polished sections prepared by skilled technicians from the Geological Survey of Japan, whose intuition and knowledge have been cultivated through long experience, is among the world's best—better than can ever be achieved by automated machinery.

### Craftpersonship supports the latest geological research

We are continually trying to improve our techniques so as to flexibly cope with a variety of specimens. For example, imogolite, a clay mineral first described half a century ago, has been considered impossible to be prepared as a thin section. For the first time in the world, we have successfully developed a technique to make thin sections of this material, enabling observation and analysis under in situ conditions.

We can now make high-quality thin and polished sections from almost any geological material, including rocks containing minerals with extreme differences in hardness, shapeless samples such as sludge, and heat-sensitive samples. The technical training and supports are also provided to other thin-section technicians, both in Japan and around the world.

## 薄片・研磨片製作

多くの情報を持つ薄片・研磨片を作るために必要なのは、技術の正確さだけではありません。製作工程で起こりうる試料へのダメージを想定し、それに対応するための「経験知」が重要です。

地質調査総合センターでは、熟練した技術者の現場で培われた感覚・知識によって、機械だけでは決して到達できない世界最高レベルの薄片・研磨片を作製しています。

### 地質研究の最前線を支える「手業」

新たな技術の開発にも積極的に取り組み、多様化する試料に柔軟に対応しています。例えば、粘土鉱物の「イモゴライト」は、発見されてから約50年もの間、薄片の製作は不可能と考えられてきました。我々は、この鉱物を薄片にする技術を世界で初めて開発し、野外で産出する状態を保ったままの観察・分析を可能にしました。

その他、硬度差が極端にある鉱物を含む試料や、固形を維持していないヘドロのような試料、熱に弱い試料などであっても、精度の高い薄片・研磨片を製作し、研究者に提供しています。さらに、薄片技術者を対象とした技術研修も行い、最新の薄片技術を国内外に発信しています。

# Joining Hands with the World

## 世界と手を携えて

### Cooperation and competition, and understanding others' needs

GSJ recognizes that cooperation with overseas geological research organizations is a priority issue. Our international research activities include bilateral and multilateral cooperation. The latter is implemented within the framework of international organizations or consortia.

We are promoting bilateral research cooperation with a number of overseas geological institutes under a memorandum of understanding. In cooperation with geological institutes in the so-called industrialized nations, we are developing innovative survey and analysis techniques applicable to research in such fields as earthquake, tsunami, and volcanic hazard assessment; the development of geothermal resources; and CO<sub>2</sub> geological storage. Through many years of partnership, we have built solid relationships and mutual trust, on the basis of which we cooperate in developing new techniques, at times competing with one another.

### 「協力と競争」と「ニーズの理解」

地質調査総合センターは、海外の地質調査機関との協力を重点課題としています。産業技術総合研究所の中でも、最も活発に国際活動を行っているといえるでしょう。

私たちが行っている国際活動には、海外の研究機関と1対1の連携を行う「二国間研究協力」と、国際的な組織・コンソーシアム等の下での「多国間研究協力」があります。

二国間協力では、現在、海外の多くの地質調査関連研究機関と研究協力覚書を締結し、研究協力を進めています。そのうち、いわゆる先進国の地質調査所とは、主に、地震・津波、火山災害、地熱資源開発、二酸化炭素地中貯留などにおける先進的な調査技術・解析技術に関する研究協力を行っています。長年の研究者どうしの交流を通じて信頼関係を築き、時には互いに競争しながら新技術の開発を進めています。



Technical training on coastal geology and coastal management (March 2013, Malaysia).



Various types of

# International Cooperation and Partnership

さまざまな形の

## 国際 連携・協力



*The Geological Survey of Japan (GSJ) specializes in every field of earth science. By making the best use of its comprehensive capacity, GSJ promotes international cooperation with other research institutes around the world.*

### **Shinji Takarada**

Caldera Volcano Research Group  
Research Institute of Earthquake and Volcano  
Geology

地質調査総合センターには、「地球科学の総合力」があります。この力を活かし、世界各国の研究機関と国際協力を進めていきます。

### **宝田 晋治**

活断層・火山研究部門 大規模噴火研究グループ

In cooperating with the so-called developing nations, we try to understand the scientific and technical needs of our counterparts and the scientific issues that we at GSJ should tackle. Through joint activities such as geological surveys, we provide cooperation in human resource development and the compilation of geological information for resource development and natural disaster mitigation.

### Systematic implementation of international cooperation

The activities of the Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia (CCOP) are typical examples of our multilateral cooperation. CCOP is an intergovernmental organization. Its objectives are to encourage economic development and improve quality of life in East and Southeast Asia through its projects and workshops in the field of earth science.

CCOP was established with only four member countries in 1966. After a half century, it now has 14 member countries. No other international research organization has such a long history in the field of earth science. GSJ has assumed leadership of CCOP since the organization was established. We are currently promoting several projects under CCOP, namely the creation of groundwater environment maps of the major plains of Southeast Asia; a study of the geological environment of coastal areas; and the establishment of an online system for sharing geological data on member countries.

Since 2012 we have also been cooperating with other Asia-Pacific countries in the activities of Asia-Pacific Region Global Earthquake and Volcanic Eruption Risk Management (G-EVER), an international project that we initiated. The project includes compilation and improvement of seismic and volcanic data, hazard information sharing, and international standardization of earthquake and volcanic information to assess the risks of earthquake and volcanic hazards. As a response to the 2011 Great Tohoku Earthquake, projects such as the risk assessment of large earthquakes and volcanic eruptions are being conducted systematically by G-EVER in cooperation with other foreign organizations. GSJ is the core player in these international projects.

また、いわゆる新興国などとの二国間協力では、相手国における調査・研究のニーズを正しく把握するように努め、また、日本の地質調査機関として実施すべき研究課題を明確にします。そして、共同して地質調査などを行うことにより、相手国での資源開発や自然災害軽減などのための地質情報整備・人材育成のための協力を行っています。

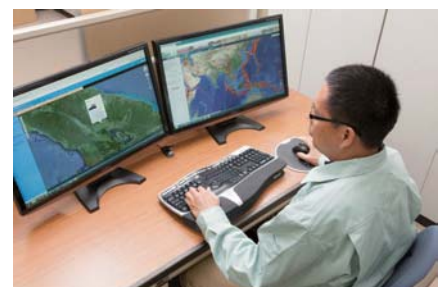
### 国際的・組織的に進めていく

私たちが進める国際活動の一つに、「CCOP（東・東南アジア地球科学計画調整委員会）」があります。CCOPは、東・東南アジア地域における経済発展と生活レベルの向上を目的として、地球科学分野のプロジェクトやワークショップなどを推進する政府間機関です。

CCOPの設立は1966年です。当初、4カ国でスタートした組織は、約50年を経過して14カ国の参加にまで拡大しました。これほどまでに長い歴史をもつ地球科学系の国際研究機関は他に類をみません。日本は設立以来、この活動を牽引してきました。現在、日本が提案するプロジェクトとして、東南アジアの主な平野の水文環境図の作成、沿岸域の地質環境の調査、CCOP加盟国が出版する地質情報をウェブ上で共有するシステムの構築などを行っています。

また、地質調査総合センターの提案によって活動を開始した国際プロジェクト「G-EVER」では、2012年からアジア・太平洋地域を中心に地震・火山災害リスク評価のための地震・火山情報のデータ整備、ハザード情報の共有化、国際標準化を行っています。2011年の東北地方太平洋沖地震を受けて、「巨大地震のリスク評価」や「巨大噴火のリスク評価」等を国際的・組織的に進めています。

その他、G-EVERでは、シミュレーションシステムを活用した「火山災害予測支援システム」の開発や、「アジア太平洋地域地震火山災害図プロジェクト」を進めています。地質調査総合センターは、こうした国際プロジェクトの中核を担っています。



Left: Workshop on groundwater resources management (February 2013, Vietnam).

Right: Asia-Pacific region earthquake and volcanic hazard information system developed by G-EVER.





Left: **Mineral Liberation Analyzer.** The system is used to analyze ores by using an electron microscope with an energy dispersive spectrometer. It rapidly calculates statistic data, such as the species and grain size of constituent minerals.  
 Right: **Exploration drilling in South Africa.** The drilling is assessing the grade and distribution of a newly found heavy rare-earth deposit.

## Preparing for a recurrence of the critical metal crisis

We are promoting research into critical metals by using information provided by public geological survey organizations overseas.

Studies of minor metal resources have three phases: exploration; evaluation of ore samples; and beneficiation testing. If things don't go well in any of these phases, the mineral deposit is left undeveloped. Our previous studies have revealed that South Africa's critical metal deposits, which were discovered by GSJ and South Africa's Council for Geoscience, are particularly promising. Drilling to determine the potential quantity of the resources, as well as beneficiation testing, is currently under way.

Minor metals are critical for today's high-tech industries, yet they are maldistributed and their prices are unstable owing to their small production outputs. For example, from 2009 to 2012, the price of minor metals required for the manufacture of high-performance magnets soared several tenfold. The supply structure of rare earth elements remains unstable. In the case of many of these elements, including tungsten, lithium, and niobium, more than half of the world's consumption is supplied by one country. We intend to conduct surveys and research to prepare for the next critical metal crisis.

## 第2、第3のレアアース危機に備えて

私たちは、海外の公的地質調査機関の情報を得ながら、レアメタル資源研究も進めています。

レアメタル資源の研究は、現地調査、試料の分析・解析、選鉱試験の3段階に分かれています。この3段階のステップが成功しなければ、レアメタル鉱山としては開発できません。これまでの調査研究の結果、特に南アフリカにおいて、南アフリカ地質調査所と共同で発見したレアアース資源が有望であることが判明しています。そのため、現在、資源賦存量を調べるための掘削調査や選鉱試験を行っているところです。

レアメタルは、今日のハイテク産業を支える資源でありながら、その産出量が少ないために価格が安定せず、そして生産が特定の国に偏っています。実際、2009年から2012年にかけて、“第一次レアアース危機”が勃発し、高性能磁石の製造などに必要なレアアースの価格が何十倍にも高騰しました。

現在でも、レアアースの不安定な供給構造はまったく変わっていません。タングステン、リチウム、ニオブのように、世界の消費量の5割以上が1国から供給されているレアメタルも数多くあります。私たちは、第2、第3のレアアース危機に備えて、これからも調査研究を進めていきます。

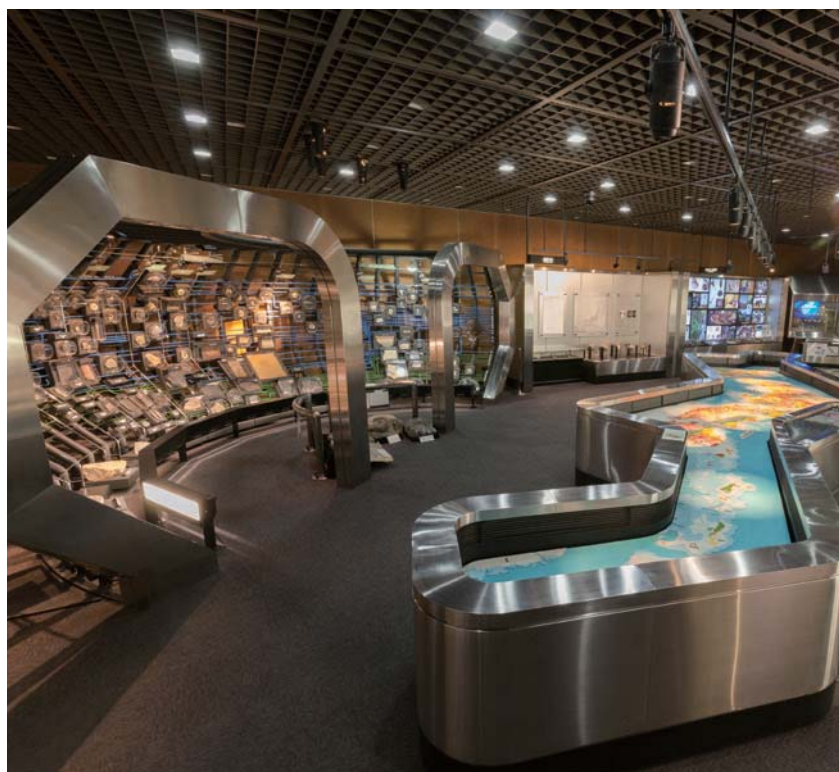


# Outreach Activities

to Disseminate Geological Information

地質情報の発信

## アウトリーチ 活動



## Communicate Clearly, Reinforce Communicator

### Storing physical evidence on geological surveys for future research

One of the roles of the Geological Museum is to introduce the research results of the Geological Survey of Japan, which has more than 200 scientists, to the public. Long-term storage of geological specimens, which are part of our research outcomes, is another.

Most of the specimens are in the form of physical evidence of geological mapping and studies. They are provided to other researchers within and outside AIST as research materials, and they have supported many geological studies. They have also been used in our outreach activities and are sometimes lent to other museums for exhibition. A database of these specimens is available on the Web.

### Nurturing interpreters of earth science

The Museum also works to raise public awareness of earth science, holding in-museum fossil-replica-making activities, special exhibition and cooperating in external events all over Japan.

Fostering more interpreters of earth science is key to further disseminating our scientific outcomes. To meet this objective, we actively promote geological events such as Geology Day and the Geological Information Exhibition, and we support science in the form of Geopark initiatives in Japan. Our goals are to have local museums and various organizations spread earth science knowledge in an easy-to-understand manner and to familiarize more people with earth science.

## 「わかりやすく」伝える 「伝え手」も増やす

### 「地質の調査」の物証を未来に残す

地質標本館では、地質調査総合センターに所属する200人以上の研究者の研究成果を各種行事を通してわかりやすく紹介する役割を担っています。そして、調査や研究の成果にあたる地質標本の長期保管も行っています。

保管標本の多くは、地質図や様々な研究の物的証拠ともなるものです。これらの標本は所内外の研究素材としても2次使用され、地質学の多くの研究を支えています。その他にも、アウトリーチ活動の素材や所外博物館展示などに、保管標本が利用されることもあります。こうした標本の台帳データは、WEB公開されているデータベースから検索可能です。

### 地球科学の伝え手を育む

地球科学の啓発活動も地質標本館の役割です。特別展や化石レプリカ作りなどのイベントを地質標本館内で行うとともに、国内各地の関連イベントにも協力しています。

地球科学の研究成果を社会に伝えるためには、その「伝え手」を増やすことが重要です。そのために、「地質の日」「地質情報展」の活動を進め、「ジオパーク」の活動にも学術面から協力しています。各地の博物館や各種団体が地球科学をわかりやすく伝えられるように、そして、多くの人々が地球科学に親しめるように、支援を続けます。



Left: Boring-core storage. About 45,000 m of core samples investigated by GSJ are kept here for the long term.



Right: Geological Exhibition, Kagoshima 2014. The Geological Exhibition is held for the public once a year all over the country.

# Publications

Geoinformation Service Center at the Geological Survey of Japan (GSJ) publishes its outcomes both in print and electronic format: geological maps of land and sea, earth science maps and databases on volcanoes, earthquakes and active faults, resources, geophysics, environment, geochemistry, etc. For details, please refer to the Catalogue of Geological Maps at [https://www.gsj.jp/Map/index\\_e.html](https://www.gsj.jp/Map/index_e.html).

Materials and reports of our survey and research are also open to the public. Other databases\* of our outcomes are available at <https://www.gsj.jp/en/database/index.html>.

They are used in many areas such as civil engineering, construction, disaster prevention, resource development, environmental protection, and others, not just for academic purpose.

地質情報基盤センターでは、陸域・海洋の各種地質図、火山、地震・活断層、資源、地球物理、環境地質、地球化学等、各種地質関連データをまとめた各種地球科学図や地球科学データ集の出版を、紙・電子媒体で行っています。出版物の詳細については地質図カタログ (<https://www.gsj.jp/Map/index.html>) をご覧下さい。また、調査・研究によって得られた知見・情報などの報告集や、研究成果の基となったデータ・原図・資料類等も公開しています。さらに、ウェブサイト (<https://www.gsj.jp/researches/geodb/index.html>) を通じて研究成果を発信する地質情報データベース\*の公開を行っています。

これらは学術研究資料としてのみならず、自然災害軽減のための重要な情報源や、土木建築・防災・資源開発・環境対策分野などにおいてもさまざまな目的で広く利用されています。



# Geoinformation Database & GeomapNavi

Geoinformation Service Center maintain web database which distribute our research outcome. In consideration of users' conveniences, open license is adopted for the database.

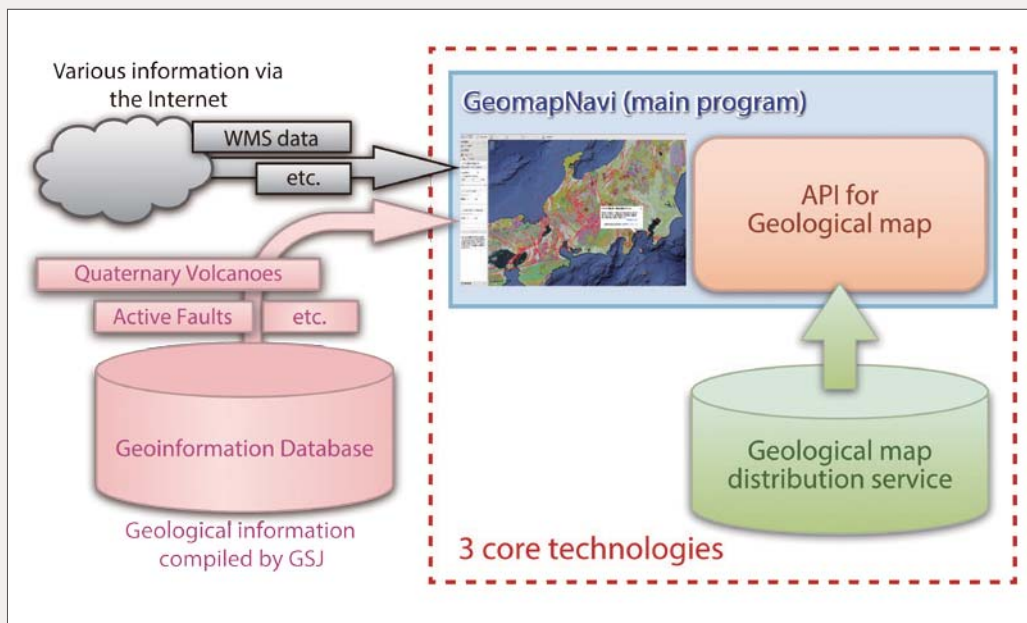
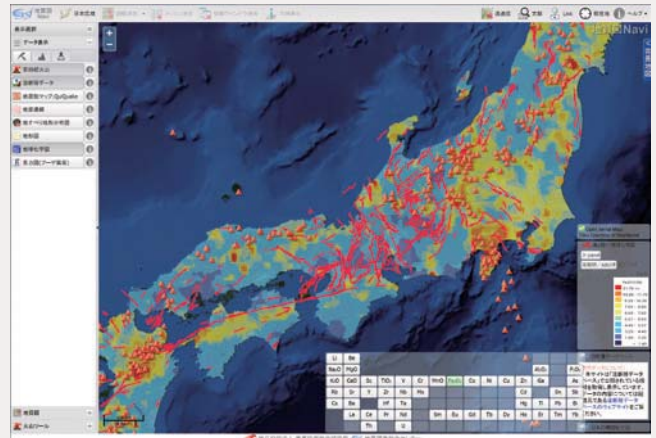
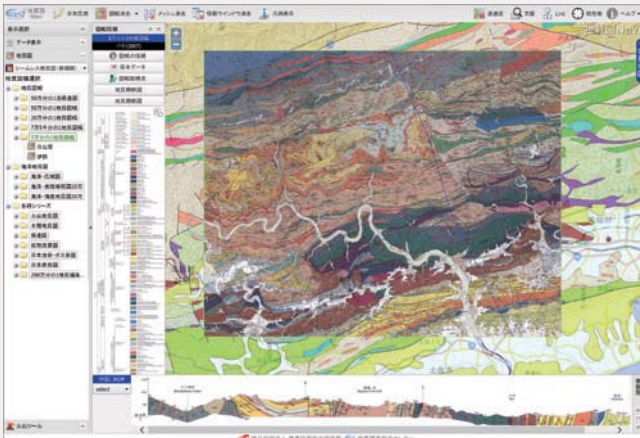
Also, international standardization in the field of digital geographic information is employed for the database to provide an environment which enables to integrate usage with other geo-data maintained by other organization. Some database works on smart phones or off-line basis as well.

GSJ provides not only its database but also a geology information display system named "GeomapNavi", for the purpose of increasing practical use of geology information. Our research outcome and other geo-data maintained by other organization can overlay on this system. "GeomapNavi" works on PC and tablets and so on.

地質情報基盤センターでは、研究成果をウェブ発信するデータベースの整備も行っております。公開に当たっては利用者の利便性を考慮し、オープンライセンスを採用しています。

また、地理標準に関する国際標準規格にも準拠した形式で公開することで、他機関のデータとの統合利用も容易な環境を提供しています。スマートフォン向けに対応した配信やオフライン対応を行っているデータベースもあります。

さらに、地質情報の活用を増やすことを目的に、GSJが公開している地質情報表示システム地質図Naviも公開中です。これまで整備してきた多くの地質図を表示すると共に、他機関の各種データも重ねて表示することができます。このシステムもPCやタブレット端末など多くの情報機器から利用可能です。



Three core technologies of GeomapNavi.

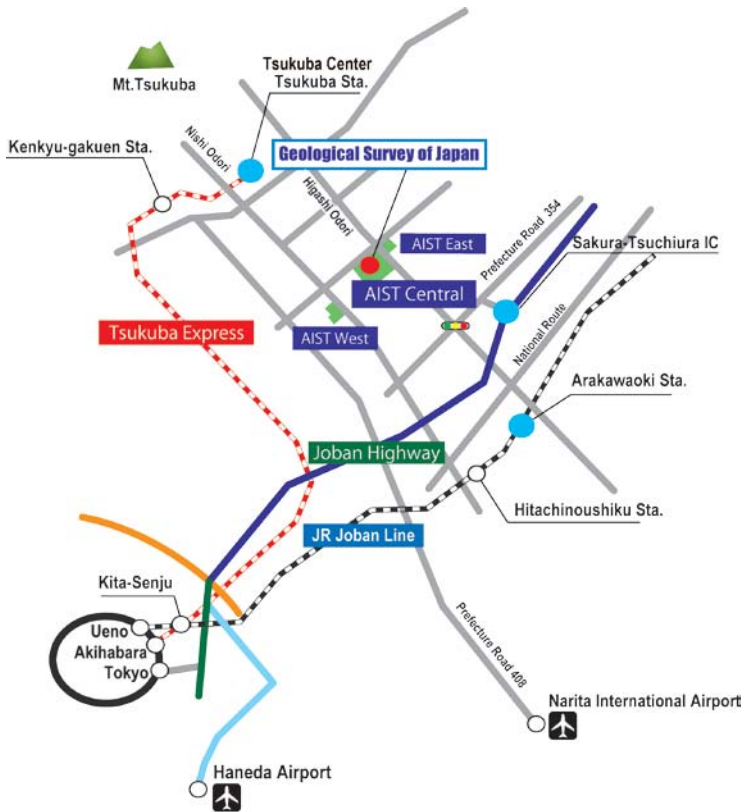


GeomapNavi : <https://gbank.gsj.jp/geonavi/?lang=en>

地質図ナビ : <https://gbank.gsj.jp/geonavi/>

GEOLIS (Geological Literature Search) : <https://gbank.gsj.jp/geolis/indexE.html>

地質文献データベース : <https://gbank.gsj.jp/geolis/>



## Access Guide to GSJ

### From Tsukuba Center

The nearest train station and bus terminal to GSJ are at Tsukuba Center. There are free shuttle bus services from Tsukuba Center to AIST operated by AIST and the National Institute for Material Science (NIMS) (weekdays only). You can also take a public bus or a taxi (15 min).

### To Tsukuba Center

#### Train

##### Using the Tsukuba Express (TX)

Take a train (rapid service, 45 minutes; or semi-rapid service, 55 minutes) from Akihabara Station and get off at Tsukuba Station (next to the Tsukuba Center Bus Terminal). Take exit A3 for the AIST shuttle bus or public transport.

#### Bus

##### Using the Airport Bus from Narita

Take an airport bus bound for Tsuchiura Station (East Exit) and leaving from Narita Airport Terminals 1 and 2. Get off at Tsukuba Center (about 100 minutes).

##### Using the Airport Bus from Haneda

Take a highway bus bound for Tsukuba Center from Haneda Airport International/Domestic Terminal and get off at Tsukuba Center (about 2 hours), or get off at "Namiki Nichoume" bus stop, just in front of AIST's main gate.

### From Tokyo Station to GSJ using the Highway Bus

Take a highway bus bound for Tsukuba Center (or Tsukuba University) and leaving from bus terminal No. 2 near the Yaesu South Exit of JR Tokyo Station. Get off at "Namiki Nichome" bus stop (70 minutes), just in front of AIST's main gate.

## Access Guide to FREA

The nearest Shinkansen (bullet train) station is Koriyama (1.5 hour from Tokyo). You can take a bus (45 minutes) or a taxi (25 minutes) from Koriyama Station to FREA.

### Bus from Koriyama Station to FREA

Take a bus going to "Seibu Kogyo Danchi" and leaving from pole No. 8 at Koriyama bus terminal. Get off at the "Sansoken-mae" bus stop.



- 編集 土屋 健（オフィス ジオパレオント）／  
地質調査総合センター
  - DTP 小野寺佑紀（レカポラ編集舎）
  - 写真 安友康博／地質調査総合センター，  
地質調査総合センター
  - 発行 国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
地質調査総合センター  
〒 305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7  
<https://www.gsj.jp/>
- 発行日 平成 29 年 7 月 1 日

○掲載内容の無断転載を禁じます。

Published by  
Geological Survey of Japan, National Institute of  
Advanced Industrial Science and Technology  
AIST Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba 305-8567,  
Japan  
<https://www.gsj.jp/>

July 2017

