

海洋地球システム研究系

海洋物理学部門

Division of Ocean-Earth System Science,
Department of Physical Oceanography

人類や生物の生存に適した現在の気候と海洋環境は、海洋と大気の流れによる熱輸送や海洋・大気間での熱・運動量・水・二酸化炭素などの交換の微妙なバランスによって維持されています。そのため、このような海洋・大気システムの物理機構の解明とそれに基づく長期変動の予測は、人類の生存に関わる緊急の課題です。海洋物理学部門では、表層から深層にわたる海洋大循環の流れと水塊の形成・変質過程、海洋・大気間の相互作用とその結果生じる海洋・大気擾乱などについて、理論、数値シミュレーション、室内実験に基づく定量的把握と力学機構の解明を行っており、長期変動の予測に不可欠な海洋・大気システムの理解と検証のための研究を進めています。

The present climate and oceanic environment supporting life on earth are maintained through subtle balances among heat transport in the oceans and the atmosphere, and exchanges of heat, momentum, water, and carbon dioxide between them. Therefore, clarifying the physical mechanisms of the ocean-atmosphere system and predicting long-term variations of the system are critical goals for both science and society. We investigate general ocean circulation, water mass formation and conversion processes, air-sea interactions, and oceanic and atmospheric disturbances through observation, theory, numerical simulation, and laboratory experiments.

WEB page address

<https://dpo.aori.u-tokyo.ac.jp>

<https://dpo.aori.u-tokyo.ac.jp/index.en.html>


教授
Professor
佐藤 正樹
SATO, Masaki

海洋大気力学
Dynamic Marine Meteorology



教授
Professor
岡 英太郎
OKA, Eitarou

海洋大循環
Ocean Circulation



准教授
Associate Professor
藤尾 伸三
FUJIO, Shinzo

海洋変動力学
Ocean Variability Dynamics



准教授
Associate Professor
伊賀 啓太
IGA, Keita

海洋大気力学
Dynamic Marine Meteorology



助教
Assistant Professor
柳本 大吾
YANAGIMOTO, Daigo

海洋大循環
Ocean Circulation



助教
Assistant Professor
川口 悠介
KAWAGUCHI, Yusuke

海洋変動力学
Ocean Variability Dynamics



助教
Assistant Professor
大野 知紀
OHNO, Tomoki

海洋大気力学
Dynamic Marine Meteorology



特任助教
Project Assistant Professor
ROH, Woosub

海洋大気力学
Dynamic Marine Meteorology

海洋物理学部門 | Department of Physical Oceanography

現在の主な研究テーマ
Ongoing Research Themes

●太平洋表層の海洋構造の変動解明

表層の海洋循環やそれに伴う水温・塩分構造の変動は、気候や水産資源の変動に大きな影響を与えます。世界規模の自動観測網や独自の観測から得られた水温・塩分などのデータの解析により、実態解明をめざしています。

●太平洋中・深層循環と鉛直混合の実態と力学

深層循環の終着点である北太平洋で、中・深層循環がどうなっているか、中・深層水の湧昇がどのようにして起きているのか、その要因である鉛直混合がどうなっているのか、は海の最も大きな謎のひとつです。私たちは、海水特性の高精度分析、係留系による長期連続測流、乱流観測、水中グライダーなど新しい観測手法の開発、研究船による観測とモデル計算を用いて、深層循環と鉛直混合の実態と力学を調べています。

●海洋・気候・生態系の長期変動の解明

潮汐の18.6年振動によって乱流鉛直混合が変化し、親潮や黒潮の変化を通じて、海洋・気候・生態系の長期変動を引き起こす、ということが徐々に明らかになりつつあります。オホーツク海や親潮・黒潮の観測や、海洋・気候・生態系の長期変動の研究を展開しています。

●大気大循環力学の研究

全球的な視点から、熱帯・中緯度循環の相互作用、メソから全球スケールまでのマルチスケール構造、ハドレー循環・熱帯の積雲対流と全球循環との関係等の研究を進めています。

●数値モデリングの研究

全球非静力学モデルNICAMの開発、全球から領域モデルまでの階層化数値モデリング、数値スキームの開発を進めています。

●Variability of upper ocean circulation in the Pacific : Variations of currents and the associated temperature/salinity structure in upper oceans have a great impact on variations of climate and fisheries resources. We study these variations by analyzing the data from a recently developed global observing system and our observations.

●Observation and dynamics of Pacific intermediate and deep circulations and mixing : The North Pacific is critically important for understanding deep and intermediate ocean circulations, and presents many challenges. The mechanisms of the circulations, upwelling and vertical mixing are the biggest questions in oceanography. We investigate the state and dynamics of deep- and intermediate water circulations, upwelling and mixing using water analyses, moorings, underwater gliders with turbulence sensors, shipboard observations and model calculations.

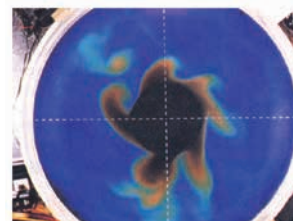
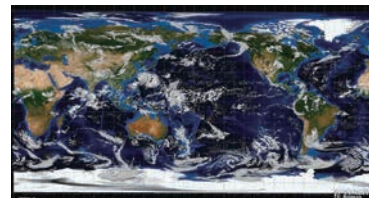
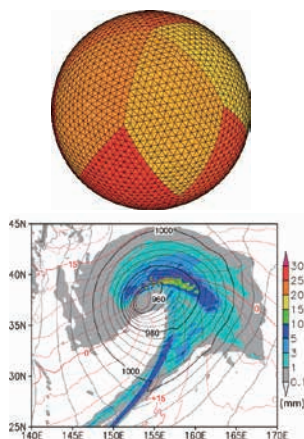
●Long-term variations of climate, ocean and ecosystem : On the basis of unique hypothesis that 18.6-year period tidal cycle regulates the long-term variability through tide-induced vertical mixing, we observe and model the Okhotsk Sea, the Oyashio and the Kuroshio, and study multi-decadal variability.

●The Atmospheric General Circulation : Interaction between low- and mid-latitude circulations & multi-scale structure from meso- to the global-scale circulations

●Numerical modeling : Development of a global cloud resolving model (NICAM), numerical modeling of atmosphere from regional to global scales and study of numerical schemes.



係留流速計の回収作業
Recovery of a mooring of current meter



全球非静力学モデルNICAMの開発(左上)と数値実験で得られた全球の雲分布(右上)。数値シミュレーションで再現された爆弾低気圧(左下)と回転系の水平対流の室内実験(右下)。

Global nonhydrostatic model, NICAM (upper left), global cloud distribution simulated by NICAM (upper right), numerically simulated explosively-developing extratropical cyclone (lower left), and horizontal convection in a rotating tank experiment (lower right)

海洋物理学部門 | Department of Physical Oceanography

現在の主な研究テーマ
Ongoing Research Themes

●対流雲の形態・組織化機構と集中豪雨の研究

組織化された対流雲は、局地的な強風や集中豪雨の原因となります。また、対流雲による鉛直方向の熱輸送は地球の気候に大きな影響を与えるため、その形態と組織化機構の研究は重要です。特に、日本周辺の海洋上に発生する大気擾乱の研究、台風、熱帯積雲クラスター、マッデン・ジュリアン振動等の研究を進めています。

●大気・海洋の境界層と乱流に関する研究

台風は海面から供給される水蒸気をエネルギー源として発達する一方、その強風により海中に活発な混合、湧昇、内部波などを励起します。また、大気・海洋は海面と地表面での運動量の交換を通して固体地球の回転の変動にも寄与しています。大気・海洋間の物理量の交換に関わる大気・海洋境界層の乱流機構やその結果生ずる大気・海洋擾乱の機構の解明は大気・海洋相互作用の理解に不可欠です。

●室内実験による大気・海洋擾乱の研究

大気・海洋擾乱の基礎的過程を、最新の機器を用いた回転成層流体実験によって解明しています。

●深層流の観測

停滞していると思われがちな深海にも十数cm/sもの流れがあり、同程度の大きさで変動しています。流速計や水温・塩分計を長期係留して、深層流を観測しています。

●極域海洋の観測

地球温暖化の影響を受けて極域（高緯度）の海洋では急速に海水量が減少しています。海水の変動量が、海水中の波や乱流によってどう影響されるのか、船による現場観測や数値シミュレーションを用いて研究しています。

●Dynamics of convective clouds and their organization :

Atmospheric disturbances over the oceans around the Japanese islands, tropical cyclones, cloud clusters, and the Madden Julian oscillations

●Atmospheric and oceanic boundary layers :

Studies of turbulence in the atmospheric and oceanic boundary layers which is important in the exchange of physical quantities through the atmosphere-ocean boundary and the mechanism of the resultant disturbances in the atmosphere and in the oceans

●Laboratory experiments on atmospheric and oceanic disturbances :

Studies of fundamental processes of the atmospheric and oceanic disturbances by laboratory experiments of rotating and stratified fluids

●Observation of deep currents :

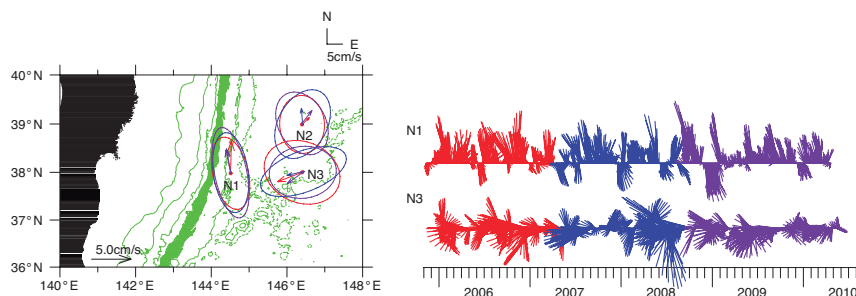
The deep ocean is not stagnant. Currents' mean velocities and fluctuation amplitudes sometimes exceed 10 cm/s. Long term observations using moored current meters and CTD sensors will clarify characteristics of the deep ocean.

●Study of wave and turbulence in polar seas :

In the polar seas, shrinking sea ice area is an urgent problem related to the global warming. For this, we aim to clarify changes in heat and momentum balance across the ice-ocean boundary layer, with special focus on roles of waves and turbulence. Field-based and simulation-based approaches are used in our laboratory.

日本海溝東方における深度4000mの流速観測
Deep current measurements at a depth of 4000 m east of the Japan Trench

地図上に係留期間ごとの平均流速ベクトルと標準偏差楕円を示す。色は、下段の時系列データに対応する
The upper panel shows mean velocity vectors and standard deviation ellipses, and the lower panel shows their 4-year times series at two stations. Color represents the period of their deployments



北極海の海水・海洋観測の風景（左図）と観測戦略の概略図（右図）。海水の熱力学的な成長・融解、および海水下の乱流熱輸送を捉える。

(Left) photograph of sea-ice & ocean measurements in the Arctic Ocean, and (right) schematic illustration of strategy for under-ice ocean waves and turbulence. We investigate impacts of dynamic/thermodynamic aspects to ice-ocean interaction in polar seas.



海洋地球システム研究系

海洋化学部門

Division of Ocean-Earth System Science,
Department of Chemical Oceanography

海洋では、さまざまな物質が、生物作用あるいは物理化学的な作用により姿・形を繰り返し変えながら存在しています。また、海洋は決して閉じた世界ではなく、大気、陸上、海底と接する境界面で、微妙なバランスによって物質を交換させながら、地球全体の物質循環を駆動させています。

私たち海洋化学部門は、(1) 多様な元素・同位体の詳細分布から海洋の化学的性質を明らかにする海洋無機化学グループ、(2) 生物過程に関わる栄養元素や有機物の循環機構を解明する生元素動態グループ、(3) 海洋を中心とした地球全体のシステムを最先端の分析技術で紐解く大気海洋分析化学グループが連携し、化学の視点から海洋物質循環像の解明に取り組んでいます。

WEB page address

<https://co.aori.u-tokyo.ac.jp>



The copious amount of dissolved and suspended matter present in the oceans undergoes various internal cycles through biological and physicochemical processes. Such matter also undergoes numerous external cycles through the exchange of substances occurring at ocean boundaries shared with the atmosphere, terrestrial lands, and ocean-beds. For each cyclic process, delicate balances and exchanges are maintained in the global environment.

The Department of Chemical Oceanography aims at studying oceans' cycling mechanisms by employing state-of-the-art technologies for analyzing various elements and their isotopes, organic and inorganic matter, and biogeochemical processes.



教授
Professor
小畑 元
OBATA, Hajime

海洋地球化学、海洋微量元素循環
Marine Geochemistry, Marine biogeochemical cycles of trace elements



教授
Professor
小川 浩史
OGAWA, Hiroshi

海洋生物地球化学、有機物動態
Marine Biogeochemistry, Dynamics of organic matter



准教授
Associate Professor
乙坂 重嘉
OTOSAKA, Shigeyoshi

化学海洋学、環境放射能学
Chemical Oceanography, Environmental Radioactivity



准教授
Associate Professor
白井 厚太郎
SHIRAI, Kotaro

地球化学、古海洋学
Geochemistry, Paleoceanography



講師
Lecturer
栗栖 美菜子
KURISU, Minako

大気・海洋地球化学、安定同位体地球化学
Air-Sea Geochemical Interaction, Stable Isotope Geochemistry



助教
Assistant Professor
宮島 利宏
MIYAJIMA, Toshihiro

生物地球化学
Biogeochemistry



助教
Assistant Professor
高畑 直人
TAKAHATA, Naoto

揮発性元素の同位体地球化学
Geochemistry of volatile elements in the Earth



助教
Assistant Professor
漢那 直也
KANNA, Naoya

海洋地球化学、氷海化学
Marine Geochemistry, Cryosphere and Marine Chemistry

海洋化学部門 | Department of Chemical Oceanography

現在の主な研究テーマ Ongoing Research Themes

海洋無機化学グループ

●微量元素・同位体を用いた海洋物質循環に関する研究

海洋環境における化学物質の複雑な分布と挙動は、各物質固有の化学的性質、供給と除去の起こり方、さらに海洋内での化学的、生物学的、物理学的過程によって、巧みにコントロールされています。この海洋における物質循環を世界規模で明らかにしていくため、地球化学的手法を用いて海洋から大気圏、陸圏、雪氷圏、岩石圏にまたがる研究を推進しています。観測船や砕氷船などを用いてフィールド観測を行い、様々な海洋環境における微量金属元素の濃度や化学種組成、放射性核種や微量元素の同位体比の詳細な時空間分布から、海洋での地球化学的サイクルの実態に迫ります。

生元素動態グループ

●生元素の循環とその制御機構に関する研究

海洋における生元素（炭素・窒素・リン・珪素・イオウなど）のサイクルは、多様な海洋生物による生化学的変換プロセスと物質移動を支配する物理プロセスとの複雑な相互作用によって駆動され、地球環境や生態系に大きな影響を及ぼしています。本研究では、様々な海洋環境における生元素循環の規模や変動を、先端的な技術を駆使した研究船観測や野外調査を通して解明するとともに、実験的アプローチによるプロセス研究から、生元素循環の制御機構の理解を深化させることを目指しています。

大気海洋分析化学グループ

●最先端の同位体分析技術の開発とその応用研究

物質の移動を追跡する強力な手法である同位体地球化学を開発・応用することで、素過程の解明からシステム間の相互作用まで海洋地球環境の包括的な理解を目指しています。炭素・窒素・酸素・硫黄・希ガスなどの高精度同位体比分析、レーザーアブレーションICP質量分析法や二次元高分解能二次イオン質量分析法NanoSIMSなどによる局所分析、といった最先端かつ高度な分析化学的手法を主な研究手法としています。また、幅広い試料に応用可能であるという分析化学の強みを活かすことで、共同利用・共同研究を介した学際的な研究にも積極的に取り組んでいます。

Marine Inorganic Chemistry Group

●**Marine geochemistry by using trace elements and their isotopes** : Behaviors of chemical components in marine environment are controlled by their chemical properties, sources and sinks, as well as chemical, biological, and physical processes. Our main goal is comprehensive understanding of geochemical cycles in the ocean which interacts with the atmosphere, biosphere, cryosphere, and lithosphere, on the basis of chemical and isotopic analyses of trace elements. We also aim to elucidate biogeochemical characterization of trace metals, stable isotopes, and radioisotopes in seawater and sediment by field observation using research vessels and assess the oceanic processes controlling their spatial and temporal variations.

Marine Biogeochemistry Group

●**Cycles of bioelements and their control mechanism** : The cycle of bioelements (carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, etc.) in the ocean is driven by the complex interaction of biochemical conversion and mass transfer; and it exerts a great impact on the global environment and ecosystems. In this research, we elucidate the magnitude and fluctuation of bioelement cycles in various marine environments through research vessel observations and field surveys that make full use of cutting-edge technology. We also aim to deepen our understanding of the control mechanism of bioelement cycles from process research using experimental approaches.

Marine Analytical Chemistry Group

●**Development of isotopic geochemical technique and their application** : By applying isotope geochemistry, a powerful method for tracing geochemical processes, we aim to comprehensively understand the marine environment at various spatial and temporal scales, from primary processes to interactions between systems. We also actively perform interdisciplinary science through collaborative research by taking advantage of analytical chemistry, which is applicable to a wide range of research topics.



学術研究船白鳳丸による CTD 採水作業
(KH-17-3 次航海)
CTD hydrocast on board R/V Hakuho Maru
(KH-17-3 cruise)

海洋地球システム研究系

海洋底科学部門

Division of Ocean-Earth System Science,
Department of Ocean Floor Geoscience

広大な海の下には堆積物や火山岩、さらには地球深部由来の岩石に覆われた海底が広がっています。海洋底は、海洋プレートの形成や消滅などの固体地球プロセス、地球環境の変遷、海洋生物の進化と絶滅の歴史など、ダイナミックな地球の進化を物語る鍵に満ちています。海洋底科学部門では、海底が新しく生まれている中央海嶺や背弧海盆、深部の地殻物質の露出するトランスフォーム断層、大規模火山活動で生まれた巨大海台、活発な地震活動や物質循環の生じているプレート沈み込み帯などを対象とした全地球規模の海洋・陸上調査を通してダイナミックな地球の進化を解読する研究を行っています。また、過去の世界環境復元を化学的に行う研究や、生物圏を含む地球全体をシミュレーションにとらえる研究も進めています。

WEB page address

<http://ofgs.aori.u-tokyo.ac.jp/>


The oceans cover the majority of the Earth's surface. The ocean floor underneath is composed of sediments, volcanic rocks, and the rocks derived from the Earth's deep interior. The ocean floor preserves indispensable records for understanding dynamic Earth processes, such as formation and disappearance of oceanic plates, evolutionary change in Earth environment, and evolution/extinction of marine life. The members of the Department of Ocean Floor Geoscience focus on spreading centers, transform faults, large igneous provinces, and subduction zones to decode dynamic Earth processes with global off-shore/on-shore research. Our research fields also extend to the cryosphere and biosphere to better understand Earth system variability.

<http://ofgs.aori.u-tokyo.ac.jp/index-e.html>


教授
Professor
沖野 郷子
OKINO, Kyoko

海洋底テクトニクス
Ocean floor tectonics



教授
Professor
横山 祐典
YOKOYAMA, Yusuke

地球システム学、古気候学
Earth system science, Palaeoclimatology



教授
Professor
黒田 潤一郎
KURODA, Junichiro

古海洋学、海洋地質学
Paleoceanography, Marine geology



兼務准教授
Associate Professor
芦 寿一郎
ASHI, Juichiro

海洋地質学、堆積学
Marine geology, Sedimentology



准教授
Associate Professor
朴 進午
PARK, Jin-Oh

海洋地質・地球物理学
Marine geology and geophysics



准教授
Associate Professor
山口 飛鳥
YAMAGUCHI, Asuka

構造地質学、海洋地質学
Structural geology, Marine geology



助教
Assistant Professor
松崎 賢史
MATSUZAKI, Kenji Marc Raymond

微古生物学、古海洋学
Micropaleontology, Paleoceanography

世界の中央海嶺と背弧拡大系において、断層運動と火成活動のバランスに着目して海洋地殻・リソスフィアの形成と進化に関する研究を行っています。研究船からの地球物理マッピングに加え、潜水船・ロボット等を利用した海底近傍探査に取り組んでいます。

海底活断層は付加プリズムの成長や流体湧出に重要な役割を担っているため、音波探査装置と柱状採泥器を備えた無人探査機を用いて活断層を調査・研究しています。また、地震の発生間隔を知るために、地震動で形成されたタービダイトの研究も実施しています。

プレート沈み込み帯のテクトニクス、および沈み込み帯で生じる地震の物質科学的な理解を目指して、深海掘削・海洋観測・陸上地質調査などフィールド調査に基づく研究を行っています。調査で得られた試料の変形構造解析、鉱物・化学組成・同位体分析、物性測定、年代測定、室内実験など、さまざまな手法を横断的に駆使して研究に取り組んでいます。

令和6年能登半島地震 (M7.6) で津波を引き起こした海底活断層の実態解明を目指し、従来の学問領域の壁を超えた多角的なアプローチを駆使します。具体的には、能登半島の北東沖の震源域で地震波構造探査を行い、海底まで発達している海底活断層群の高精度構造イメージングおよび物性推定を行います。震源断層となった海底活断層を掘削し、断層の力学的・水理学的性質を明らかにするとともに、断層運動の履歴を解読します。

南海トラフや日本海溝においてマルチチャンネル反射法地震探査データ、および深海掘削データを用いて、巨大津波を引き起こす震源断層（例：巨大分岐断層、浅部プレート境界断層、大規模アウターライズ地震断層）の構造、流体分布、摩擦特性、減衰特性、間隙水圧などを高精度で明らかにする研究を行っています。

We study temporal and spatial variations of oceanic crust/lithosphere formation at global mid-ocean ridges and backarc spreading centers, and their evolutionary processes throughout Earth's history. We develop near-seafloor mapping techniques using submersibles and robots, in addition to traditional surface ship surveys.

Submarine active faults play an important role in accretionary prism growth and fluid expulsion. We investigate active faults using remotely operated vehicles with sub-bottom profiler and core samplers. We also study seismo-turbidites to assess recurrence intervals of earthquakes.

and materials science of earthquakes that occur in subduction zones, we conduct field-based research such as deep-sea drilling, offshore observations, and on-shore geological surveys. We apply various analyses including structural analysis, mineral/chemical/isotopic analyses, physical property measurement, age dating, and experiments for collected natural samples.

and tsunamis : We aim to clarify the nature of the tsunamigenic submarine active fault of the 2024 Noto earthquake (M7.6) through a multidisciplinary approach. Specifically, seismic imaging will be conducted in the source area off the northeastern Noto Peninsula, and high-precision structural imaging and physical property estimation of the submarine active fault systems developed to the seafloor will be performed. The submarine active fault that became the earthquake source will be drilled to reveal its mechanical and hydraulic properties, as well as to decipher its faulting history.

tsunamigenic faults at subduction zones : We study detailed crustal structure and pore-fluid pressures of the seismo-tsunamigenic faults (e.g., megasplay, shallow megathrust, and outer-rise normal faults) in the Nankai Trough and Japan Trench subduction zones by using multi-channel seismic reflection and ocean drilling data.



図2 ピストンコアラーを用いた海底堆積物採取
Fig. 2 Collection of seafloor sediments using core sampler



図3 陸上地質調査風景
Fig. 3 Field work for geological study

海洋底科学部門 | Department of Ocean Floor Geoscience

現在の主な研究テーマ Ongoing Research Themes

●生物学的・地球化学的な気候変動に関する研究

海底堆積物や陸上の岩石を用いて、環境復元を様々な時間解像度で行うことは、地球環境をコントロールするプロセスを考える上で重要です。熱帯から南極まで広く得られた試料を化学的に分析し、時系列解析を行なっています。また、海洋生態の応答を理解し、古海洋・古気候記録のプロキシ開発に役立てるため、微化石となる海洋プランクトンのフィールド観測や室内飼育実験、魚類や貝類の飼育実験なども行っています。

●海底堆積物を用いた長期環境変動と極限イベントの研究

国内外の研究航海や国際深海科学掘削計画(IODP)などの国際プロジェクトで得られる海底堆積物試料のほか、陸上調査で得られた試料を用いて、温暖であった白亜紀や古第三紀から、寒冷化した第四紀に至る海洋環境変遷を明らかにする研究を実施しています。また、生物大量絶滅や海洋無酸素イベントなどの極限イベントについて、その成因解明を進めています。

●南極氷床の安定性と海水準に関する研究

地球温暖化に伴いもっとも危惧されるのは氷床融解に伴う海水準上昇です。特に高緯度の氷床、とりわけ南極氷床の安定性についての知見は重要です。そこで、年代情報と地球化学的データ、地球物理モデルを総合的に用いた研究を進めています。

●国際共同研究の推進

国際的な大型研究を部門一体となって推進しています。特に海洋科学掘削の分野では、日本と欧州が先導する国際海洋科学掘削計画IODP³ (International Ocean Drilling Programme) において、共同首席研究者を務めるといった研究面だけでなく、パネルへの参画など、運営面も支えています。

●Global change and biogeochemistry : Sediment cores provide unique opportunities to reconstruct land and marine environments on the different time scales. We study global changes and responses of the biosphere under certain environmental changes including currently changing environments.

●Long-term environmental changes and extreme events : We study the long-term evolution of the marine environment from the greenhouse climate mode in the Cretaceous and Paleogene to icehouse climate mode in the Neogene and Quaternary using marine sediments taken by domestic and international research cruises including the International Ocean Discovery Program (IODP), as well as onland outcrop samples. We also investigate the causes of extreme climatic events such as mass extinctions and oceanic anoxic events.

●Sea level and stability of Antarctic Ice Sheet : One of the most fundamental features of global warming is a rise in sea level due to ice sheet melting. Knowledge of the stability of high latitude ice sheets, especially the Antarctic ice sheet, is remarkably important. We are conducting research combining chronological dating techniques, geochemical data, and geophysical models.

●Promotion of International Collaborative Research : Our department is united in advancing large-scale international research projects. In particular, in scientific ocean drilling, we are actively involved in the International Ocean Drilling Programme (IODP³), contributing to research as co-chief scientists and supporting the operational aspects as panel members.



図6 南極氷床
Fig. 6 Antarctic ice sheet

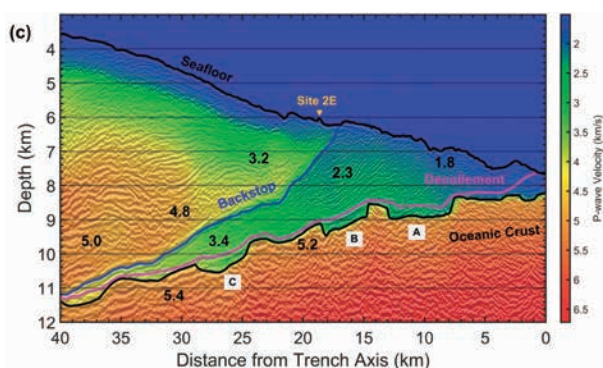


図4 東北沖日本海溝のP波速度構造モデル
Fig. 4 P-wave velocity model of the Japan Trench

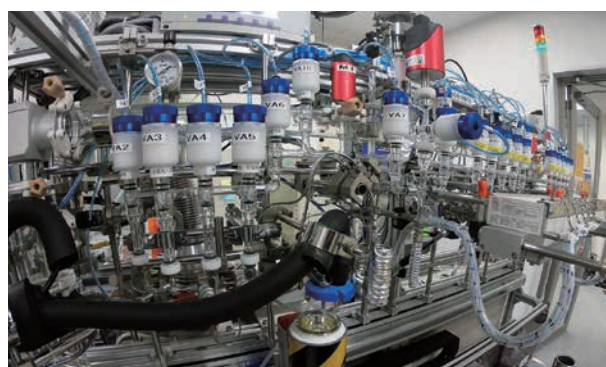


図5 高精度同位体分析のための自動化元素精製ライン
Fig. 5 Automated element refining line for precise isotope analysis