



陸海空氷万物流転の理解

# 地球圏科学専攻

Division of  
Earth System Science

漆黒の闇に浮かぶ青い惑星、地球。宇宙のオアシスと呼ぶに相応しいその美しい姿は、我々にとって住み良い地球の環境と無縁ではありません。大気に包まれた広大な青い海と大陸、そこに浮かぶ雲と極域を覆う白い雪氷。それらのほどよいバランスは、温暖な気候の結果であるとともに、原因の一部でもあると考えられています。では、この地球の環境と気候は、具体的にどのようにして維持されているのでしょうか。また、地球誕生以来、その環境はどのような変遷を経てきたのでしょうか。さらには、人為起源の二酸化炭素等の温室効果ガスが大気中に増大しつつある現在、地球の環境や気候はどのように変化していくのでしょうか。そして、これらは、我々の身の回りの自然にどのように影響するのでしょうか。本専攻ではそのような疑問に答えるための科学的根拠を明らかにすることを目的としています。

我々は、自分たちの住んでいる地球の環境や気候をどう感じとっているのでしょうか。これらは、実は全球規模の大気や海洋、植生や雪氷を含む地球表層の物理的・化学的状態と無関係ではありません。海洋は、海流により低緯度から高緯度へ熱を運ぶとともに、海面水温分布を通して大気の循環を駆動します。雪氷圏は、高い反射率故、その消長を通し



学・気候力学コースでは、日々の天気から海洋深層大循環に至る幅広い時空間スケールの大気・海洋・海氷及びそれらの間の相互作用・気候変動を、理論、コンピュータシミュレーション、観測等に基づいて調べていきます。雪氷・寒冷圏科学コースでは北海道に代表される日本の寒冷積雪地域、南極・北極、世界の山岳地域を舞台として、雪氷寒冷圏特有の自然現象を調べます。

地球システムの総合的な研究は多数の研究者の協力の下になされますが、そのためには、高い専門性と広い知見を兼ね備えた人材が必要になります。上記の各コースは、それぞれの分野の体系的教育が可能な大きさを有し、コース毎に専門教育を行います。また、幅広く地球科学を学ぶための4つの基礎論（講義）を開講します。環境科学院は学部を持たない大学院ですので、本専攻もこれまで地球科学を学ぶ機会のなかった多くの人に門戸を開いています。身の回りの自然、個々の現象の詳細な機構から地球システム全体の有り様まで、いろいろな興味に基づいて、意欲的に勉強・研究したい学生諸君の入学を希望します。



専攻ホームページ

<https://www.ees.hokudai.ac.jp/earth/>

て地表面が吸収する太陽からのエネルギーを変動させます。植生もまた反射率に関わるとともに、大気の状態をも左右します。陸面や海洋は大気の影響を受けますので、三者は相互に作用し合いながら地球の気候や陸面環境を形成していくこととなります。また、山岳や海陸分布も地球環境に大きく影響します。さらに、二酸化炭素等の排出による地球温暖化やフロンによるオゾン層破壊で知られているように、化学物質の循環も地球環境の変動・変化を引き起こします。地球はその誕生以来、絶え間ない環境変動を繰り返してきましたが、その変遷の歴史を知ること、そして、そのメカニズムを明らかにすることは、現在の地球環境を考える上でも、将来予測の上でも重要です。これらの事柄を教育・研究するため、本専攻は、3つのコースより構成されています。生物地球化学コースでは、地球表層での物質循環および地球化学諸過程を調べ、さらに地球環境の歴史の変遷の復元を行います。大気海洋物理

# 講義科目とその概要

## Outlines of Lectures

授業科目	授業内容	担当者
古環境学基礎論	地球環境研究を進めるうえでの基礎的素養として役立つ、古環境に関する知識と学問的方法を解説する。	山本 教授 関野 准教授 入場的 助教 飯塚 准教授
地球雪氷学基礎論	雪氷圏環境科学の基礎である、寒気の形成過程、大気から陸面を経て海洋に至るまでの「雪の一生」を、雪氷が関与した興味深い様々な自然現象を紹介しながら、初学者にも分かりやすく解説を行う。	雪氷・寒冷圏 科学コース教員
大気海洋物理学基礎論	大気と海洋の構造や循環・変動を把握し、それを理解するために必要な大気・海洋物理学の基礎的な講義を行なう。	大藤 島 特任教授 原 教
大気海洋化学基礎論	地球上の生物地球化学過程を正しく理解するため、大気化学と海洋化学の基礎的な講義を行う。	鈴木 木 教授 宮崎 崎 助教 亀 山 准教授
化学海洋学特論	海水中の化学成分の分布やそれらを支配する要因、ならびに海洋の物質循環を深く学び、地球システムにおける海洋の役割についての理解を深めるための講義を行う。	西岡 教授 渡辺 (豊) 准教授 山下 准教授
生態系物質循環学特論	生物圏における水・物質循環、生態系と地球環境との相互作用について講義を行う。	力 滝 教授 石 沢 准教授
大気圏化学特論 (副題：最新生物地球化学特論)	大気、海洋、陸域の環境、古環境、生物・生態系の研究分野における最新の研究に関する講義を行う。	生物地球化学コース 全 教 員
古気候変動学特論 (副題：生物地球化学分析学特論)	大気、海洋、陸域の環境、古環境、生物・生態系の研究における分析法に関して研究設備を紹介しながら講義を行う	生物地球化学コース 全 教 員
氷河・氷床学特論	氷河および氷床の諸現象、諸過程、メカニズムに関する基礎と概要を講義する。	杉山 教授 飯塚 准教授 箕輪 助教
雪氷水文学特論	雪氷面における熱収支および、雪氷が介在する水循環プロセスや寒冷圏における水文特性についての講義を行なう。	白岩 准教授 的場 助教 松下 主任研究員 (寒地土木研究所)
寒冷圏気象・気候学特論	寒冷圏における気候の形成メカニズムや変動過程、それらに関わる気象学的プロセスについての講義を行う。	渡辺(力) 教授
Advanced Course in Theoretical Glaciology (理論雪氷学特論)	Based on the field theories of continuum mechanics and thermodynamics, we will study the flow and evolution of ice sheets, ice shelves, ice caps and glaciers within the Earth system.	Prof. Greve
大気環境科学特論	雲を発生させる大気の構造と流れ、雲の内部で生じている物理・化学過程、雨や雪の形成過程を理解する。大気境界層の構造や成因、その内部における熱や物質の輸送、地表面との関係を理解する。	渡辺(力) 教授 川 島 助教
極域海洋学特論	海氷の特性や極域海洋構造、それらと世界の海洋循環像との関係についての講義を行なう。	青木 教授 豊田 助教 大 島 特任教授
大気力学特論	気象力学の基礎、および大気中の主な擾乱と大気大循環の力学に関する講義を行なう。	堀之内 教授
海洋力学特論	海洋循環およびその主な構成要素の力学に関する講義を行なう。	中水 村 講師 田 助 教
気候変動特論	気候システムにおけるエネルギーバランス、ならびに大気・海洋・陸面の相互作用とそれに関わる気候変動について講義を行なう。	谷 本 教授
地球流体力学特論	大気や海洋の流れを考えるために必要となる流体力学と回転流体力学の基礎的事項についての講義を行なう。	河 谷 准教授
大気海洋気候データ解析特論	大気海洋データの解釈・解析・作成に用いられる統計的解析手法および数値モデルの計算法の基礎についての講義を行なう。	青木 教授 中村 講師 川 島 助教
地球圏科学特別講義Ⅰ	地球圏科学に関する最新の話題の国内外の研究者による特別講義を行なう。	非常勤講師
地球圏科学特別講義Ⅱ	地球圏科学に関する最新の話題の国内外の研究者による特別講義を行なう。	非常勤講師
地球圏科学特別講義Ⅲ	地球圏科学に関する最新の話題の国内外の研究者による特別講義を行なう。	非常勤講師
地球圏科学特別講義Ⅳ	地球圏科学に関する最新の話題の国内外の研究者による特別講義を行なう。	非常勤講師

授業科目	授業内容	担当者
地球圏科学実習Ⅰ	各研究室で実施される研究調査や実験に参加し、生物地球化学分野の研究手法に関する知識や技術を習得する。	生物地球化学コース 全 教 員
地球圏科学実習Ⅱ	野外調査の基礎を習得するために、海洋生物地球化学および古環境学の分野における野外観測、室内実験、データ解析を行う。	生物地球化学コース 全 教 員
地球雪氷学実習Ⅰ, Ⅱ	雪氷に関する国内外での野外実習、測量実習、衛星画像解析、室内実験を行う。	雪氷・寒冷圏科学コース 全 教 員
地球圏科学演習Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ	大気海洋物理学・気候力学を研究する上で必要な計算機の利用法、数値計算、力学計算、観測法に関する演習を行なう。	大気海洋物理学・気候力学コース 全 教 員
地球圏科学演習Ⅳ	講義では不十分なより専門的事柄を習得するために、小グループによるテーマ別の勉強会・研究会を行なう。	大気海洋物理学・気候力学コース 全 教 員
地球圏科学論文講読Ⅰ	地球圏科学に関する論文を講読し、要旨を発表するとともに、他の人の発表を聴き、この分野の最新の研究について学ぶ。(修士課程)	専 攻 全 教 員
地球圏科学論文講読Ⅱ	地球圏科学に関する論文を講読し、要旨を発表するとともに、他の人の発表を聴き、この分野の最新の研究について学ぶ。(博士課程)	専 攻 全 教 員
地球圏科学特別研究Ⅰ	指導教員の指導により、各自の研究テーマに関する研究を行い、その成果を修士論文として作成する。	専 攻 全 教 員
地球圏科学特別研究Ⅱ	指導教員の指導により、各自の研究テーマに関する研究を行い、その成果を博士論文として作成する。	専 攻 全 教 員
Advanced Course in Paleoclimatology	Lecture is given for understanding the outline of paleoenvironmental science by learning its methodology and perspective as a basic of modern environmental earth science.	Prof. Yamamoto Asso. Prof. Seki Assist. Prof. Iwasaki
Advanced Course in Biogeosciences	We provide an advanced, integrated course to learn major biogeochemical processes in the atmosphere and ocean and to discuss these with relevance to global change.	Prof. Suzuki Assis. Prof. Miyazaki Asso. Prof. Kameyama
Advanced Course in Ocean Biogeochemistry	Lecture for the distribution and cycle of chemical elements in seawater, the ocean biogeochemical system, and the role of oceans in the earth system.	Prof. Nishioka Asso. Prof. Watanabe Asso. Prof. Yamashita
Advanced Course in Ecosystems and Environments	To learn how to understand ecosystems and environments, based on the organic matter and stable isotope analyses in biogeochemical processes including photosynthesis and food webs.	Prof. Chikarashi Asso. Prof. Takizawa
Introduction to Circumpolar North	Lectures are given to learn a conception of the Arctic by the basic lectures from natural and social sciences.	Prof. Fukamachi Prof. Yamamoto Asso. Prof. Podolskiy other professors

## 【環境科学院共通科目】

授業科目	授業内容	担当者
環境科学総論	入学式翌日より、環境科学を大学院で学ぶにあたって、環境科学全体像を俯瞰することにより、出発点となる動機を確認し、今後大学院での環境科学に関わる学習・研究を進める上で、自分の立ち位置を確認する。持続可能な3つの社会、低炭素社会、循環型社会、自然共生社会、および、キャリアパス設計などの解説およびチーム学習が行われる。	山 中 教 授 (環境起学専攻)他
Introduction to Environmental Science (環境科学総論)	To learn several crucial issues in the global environment and to enhance ability of providing a possible resolution to the issues, this course consists of 15 lectures relating to the following issues; global warming, ozone depletion, acid rain, diversity of aquatic organisms, remediation and control technologies and so on.	Prof. S. Tsuyuzaki et al.
Fundamental Course in Environmental Science Research	To acquire basic skills, ways of thinking for conducting research including ethical issues and presentation skills.	Prof. Okino Prof. Ebuchi Assis. Prof. Yoshida
国際環境科学実習Ⅰ・Ⅱ	To learn research methodology and techniques in environmental science	学 院 全 教 員
国際環境科学研究Ⅰ	Students, who are in short-term studying abroad within one year designated by the Graduate School of Environmental Science, are expected to learn basic study techniques in environmental science. (Short-term Students) Students are expected to deepen the knowledge, to foster the ability to make a review of articles and their study plans more precisely by studying at an overseas graduate school. (Regular Students of our graduate school)	学 院 全 教 員
国際環境科学研究Ⅱ	Students, who are in short-term studying abroad within one year designated by the Graduate School of Environmental Science, are expected to learn basic study techniques in environmental science. (Short-term Students) Students are expected to deepen the knowledge and foster the ability to make a presentation of the results more effectively by studying at an overseas graduate school. (Regular Students of our graduate school)	学 院 全 教 員
国際環境科学特別研究Ⅰ	Students, who are in short-term studying abroad within one year designated by the Graduate School of Environmental Science, are expected to learn advanced study techniques of environmental science. (Short-term Students) Students are expected to deepen the knowledge and foster the higher ability to review articles that are essential to write a doctoral thesis and learn some analytical methods by studying at an overseas graduate school. (Regular Students of our graduate school)	学 院 全 教 員
国際環境科学特別研究Ⅱ	Students, who are in short-term studying abroad within one year designated by the Graduate School of Environmental Science, are expected to learn advanced study techniques in environmental science. (Short-term Students) Students are expected to deepen the knowledge and foster the ability to collect samples and information related to a proposed study subject (doctoral course level) by studying at an overseas graduate school. (Regular Students of our graduate school)	学 院 全 教 員
国際環境科学特別研究Ⅲ	Students, who are in short-term studying abroad within one year designated by the Graduate School of Environmental Science, are expected to learn advanced study techniques in environmental science. (Short-term Students) Students are expected to deepen the knowledge and foster the advanced analytical techniques and the ability to make a presentation of the results more effectively by studying at an overseas graduate school. (Regular Students of our graduate school)	学 院 全 教 員

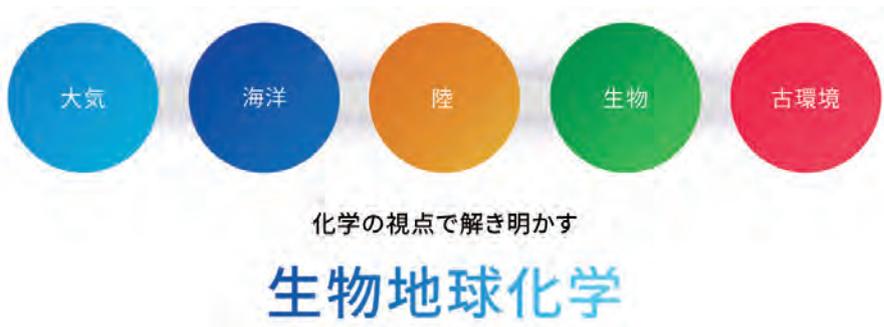
# 生物地球化学コース

Course in Biogeochemistry

## ◎コースの概要

生物地球化学コースは、北海道大学に設置された大学院地球環境科学研究 院・低温科学研究所・北極域研究センターにまたがる多分野の教員が協力して 大学院教育にあたっています。複雑な環境変動の仕組をフィールドワークとラ ボワークを通して明らかにするために必要な要素を学ぶことができるよう、多 分野の教員による一貫した教育を行っています。本コースでは、大気・土壌・ 河川・海洋など地球表層で生起する様々な科学現象を物質循環（生物地球化学 的循環）と化学反応の視点から解明することを目指しています。フィールドでは 大気中の気体・エアロゾル、河川水・海水、土壌・堆積物、氷床コアなど地球 化学的試料を採取し、そこに含まれる化学成分の測定をとおして地球上の物質 循環と地球化学的諸過程を理解していきます。こうした研究は、現在人類が直 面している地球温暖化、オゾン層破壊、酸性雨など地球環境問題への深い理 解とその解決に必要な知識体系を提供するとともに、環境問題への取り組みに は不可欠なものとなっています。本コースでは、そのために必要な、分析化学、 大気化学、海洋化学、同位体地球化学、古気候学、大気・陸域・海洋におけ る物質循環の基礎を学ぶことができる講義や実習を用意しています。

**本コースの特色は、最も充実したスタッフを整えた研究・教育の一大拠点であ り、地球化学関連大学院において我が国最大の地球化学専門コースである点に あります。**



## 教育理念

本コースでは、化学系、地学系、水産・海洋系、生物系、農学系、工学系など、幅広い学科からの出身者が共に学んでいます。そのために、大学院入学後に、本コースでの研究に必要な知識を基礎から学べるように、基礎論とともに、より専門的な教育を目的とした特論などの授業科目に加えて、野外および室内での実習、論文講読などのカリキュラムを整えています。修士課程の研究をとおして、試料の採取から分析機器による化学成分の測定にいたるまで各人が地球化学試料を分析する能力を身につけることを目指しています。また、自らの結果に基づいて新たな知見を学会などで発表する能力を身につけるための教育を行います。現代社会が直面する多くの環境問題は、地球表層における化学的諸過程が深く関係することから、地球化学の専門知識と能力を身につけた人材の養成は重要な課題です。本コースでは、そうした人材を研究者あるいは社会人として世に送り出すことを目的としています。

## 本コースの研究例紹介

本コースにおける研究では、まず、汚染物質の排出源である大都市や、森林、海洋、極地などの野外に出かけていき、大気、エアロゾル、土壌、生物、海水、堆積物試料などを採取します。そして、研究室に持ち帰った試料を抽出・分離し、原子吸光、ICP-MS、元素分析計、ガスクロマトグラフ、質量分析計、同位体比質量分析計など最新の装置を用いて分析を行います。さらに、得られた分析結果を統合し、新たな知見を得て、自然界でおこっている現象を解明します。以下に、本コースで行われている研究とその方法・成果の一部を紹介します。



## 大気の研究

大気中のCO<sub>2</sub>、メタンなどの温室効果気体、浮遊微粒子（エアロゾル）は、地球規模の気候変動を理解していく上で重要な因子です。温室効果気体の増加は地球温暖化に影響する一方、無機物・有機物からなるエアロゾルは、太陽光を吸収・反射するとともに、雲凝結核として雲の形成に関与するなど、気候変動には大気組成の変化が深く関与していると考えられています。我々は、陸上や、船舶・航空機での観測により大気試料を採取し、気体成分・エアロゾルの化学分析を行うことで、大気の化学組成と変動の解析から地球環境問題をより深く理解し、その解決に向けた科学的根拠を提示することを目標とします。最近では、寒冷圏での陸域植生・海洋表層を起源とする大気成分を介した大気 - 生物圏の様々な相互作用の解明に関連する研究に取り組んでいます。大気微量成分・エアロゾルの新たな測定・化学分析手法も確立しながら、大気組成の観点から炭素・窒素等の生物地球化学的な物質循環や気候変動へ与える影響の理解を目指します。



空気サンプルのCO<sub>2</sub>の同位体比を測定するため、空気からCO<sub>2</sub>を抽出します。-190℃の液体窒素で冷却することによってCO<sub>2</sub>を固化して集めます。



河川調査の様子。橋や岸からの採水だけではなく、時にはボートに乗って、湖や河川の調査もします。

## 陸の研究

陸上では、森林、湿地、河川において野外観測やサンプリングを行っています。東シベリアの北極域やタイガ林、モンゴルでは、温暖化による永久凍土システムの崩壊が、この地域の生態系に重大な影響を及ぼすことが危惧されており、永久凍土の水循環や植物の光合成・生産量などの野外観測を行っています。湿地は二酸化炭素に次いで重要な温室効果気体であるメタンの生成と放出の場です。東シベリアの湿地では、メタンの観測を行うと同時に、衛星から得られる植生の情報を組み合わせ、広域でのメタン放出量の見積もりも進めています。河川は水とともに鉄や栄養塩、有機物などの陸の物質を海へ運び、海の物質循環や生態系に影響を与えます。主に北海道内の河川を対象に土壌から河川への物質の移行挙動、河川や湖などの陸域水圏内での物質循環の解明を目指し、観測を行っています。

## 海洋の研究

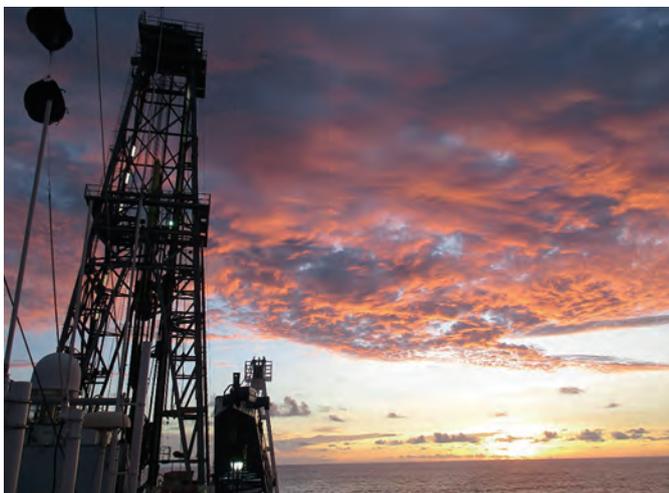
北太平洋、オホーツク海、ベーリング海、日本海、北極海、南大洋など、様々な海域で研究を行っています。海水などを採取し、化学・生物成分を最先端手法で解析することにより、海洋の物質循環過程とその時空間変化を定量的に明らかにすることを目指しています。海洋物質循環を駆動する植物プランクトン、生物生産を支配する栄養塩や微量元素、地球温暖化に重大な影響を及ぼす二酸化炭素、メタン、硫化ジメチル等のガス、海洋炭素プールの大部分を占める溶解有機物を主な研究対象としています。



CTD-CMS 装置。海水温、塩分、水深の他、溶存酸素濃度、クロロフィル・溶解有機物の蛍光強度などの生物地球化学パラメーターも採水と同時にモニターすることが可能となっています。

## 古環境分野

将来の気候変動の予測精度を上げるには、地球の気候システムがどのような仕組みで動いているのかを深く理解する必要があります。過去の地球環境の変動の研究は、観測可能な近過去では経験しなかったような気候システムの大きな変動も検出できるという点で気候システム全容の解明に欠かせません。この分野では海底堆積物、湖底堆積物、アイスコア、樹木年輪、サンゴ年輪、遺跡土壌などを用いて地球環境が過去にどのように変化してきたのかを調べています。樹木年輪とサンゴ年輪、山岳氷河コアでは季節あるいは年スケールの解像度で過去数百年間の古気候の復元ができます。海底コア、湖底コア、氷床コアでは過去数十万年あるいは、それ以前にさかのぼり古気候の復元ができます。また遺跡土壌や海底コアの分析から、人類活動の変遷を明らかにすることも重要なテーマです。手法的には、元素組成やバイオマーカー、安定同位体などを用いて、大気や海洋、陸上の環境の変遷を明らかにし、それらを総合的に解析することで全球的な気候変動の原因とメカニズムの解明を目指しています。気候システムの解明は大いなる挑戦であり、世界各地の気候変動の復元は複雑なパズルのピースを統合していく作業に似ています。そして気候変動の原因やメカニズムに関する新たな仮説を提案するところにこの研究の醍醐味があります。



深海底掘削により古気候復元に役立つ海底堆積物コアを採取します。

## 生物・生態系の研究

生物・生態系の研究では、自然界から採取した、もしくは、研究室で飼育・培養した動植物を対象に、生物・生態系を介して行われている物質循環とそれに伴うエネルギーの収支 (InputとOutput) の研究を行っています。自然界の生物・生態系は、絶えず環境の不均一性 (例えば、季節変化、飢餓など) に曝されながらも、一見すると、常に安定的 (持続可能的) に存在しているように見えます。しかし、そのような安定は、ほんの小さな綻びによって、一瞬にして崩壊するという脆さも持っています。この安定と脆さは、どのように説明できるのでしょうか？ また、そもそも生物圏では、誰が (Who, What)、なぜ (Why)、いつ (When)、どこで (Where)、どのように (How)、どれくらい (How many) 存在しているのでしょうか？ 生物・生態系の研究では、伝統的な観察・飼育、そして最先端手法である有機化合物の安定同位体比分析法を用いて、このような疑問 (5W2H) の定量的理解に挑戦しています。

## 担当教員紹介

### ●鈴木 光次 教授

kojis@ees.hokudai.ac.jp  
Koji Suzuki, Professor  
海洋生物地球化学、生物海洋学

海洋の物質循環過程における生物 (特に植物プランクトン) の役割について、主に生化学、分子生物学、生物物理学的手法を用いて、定量的に評価することを目指しています。

### ●力石 嘉人 教授

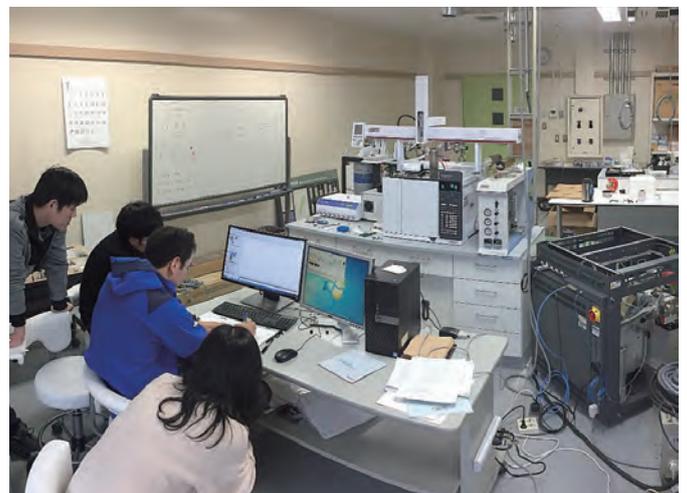
ychikaraishi@lowtem.hokudai.ac.jp  
Yoshito Chikaraishi, Professor  
有機地球化学、同位体生態学

生物や堆積物などに含まれる有機化合物の安定同位体比の変動の解明と、それに基づく物質・エネルギー循環系の解明に取り込んでいます。またその実現のために、有機化合物の分子レベル/分子内安定同位体比分析法の新規開発を行っています。

### ●西岡 純 教授

nishioka@lowtem.hokudai.ac.jp  
Jun Nishioka, Professor  
化学海洋学、海洋生物地球化学

オホーツク海・親潮域・北太平洋亜寒帯域から成る環オホーツク海域の物質循環と生物生産の関係を、化学分析を用いて明らかにする事を目指して研究を進めています。



食物連鎖における同位体の濃縮を同位体化質量分析計を用いて測定しています。



●山本 正伸 教授

myama@ees.hokudai.ac.jp  
Masanobu Yamamoto, Professor  
有機地球化学、古海洋学

柱状堆積物中有機分子を用いて過去の気候・環境変動を復元しています。また古環境指標の開発を進めています。気候の将来予測や気候変化の人間社会への影響評価をめざしています。

●飯塚 芳徳 准教授\*

iizuka@lowtem.hokudai.ac.jp  
Yoshinori Iizuka, Associate Professor  
雪氷学、古環境学

極域のアイスコアなどの雪氷に含まれる不純物の研究をしています。最近グリーンランドの浅層アイスコアから復元する人為起源物質と地球環境変遷の関係解明に興味を持っています。

●入野 智久 准教授

irino@ees.hokudai.ac.jp  
Tomohisa Irino, Associate Professor  
古海洋学、堆積学、地球化学

深海底堆積物コアを用いて過去の陸上気候・海洋環境の変動を復元し、両者の相互関係を研究しています。堆積物中のアルミノ珪酸塩、炭酸塩成分、元素状炭素に主に注目しています。

●亀山 宗彦 准教授

skameyama@ees.hokudai.ac.jp  
Sohiko Kameyama, Associate Professor  
化学海洋学、生物地球化学

海水中の微量気体成分の高精度分析によって海洋表層におけるその生成・消費過程や分布に関する研究に取り組んでおり、地球環境に対して海洋起源の微量気体を与える影響を明らかにすることを目指しています。

●関 宰 准教授

seki@lowtem.hokudai.ac.jp  
Osamu Seki, Associate Professor  
有機地球化学、古気候学

海底や湖沼堆積物、アイスコア中の環境プロキシの分析から、過去の気候状態や気候変動の復元を行っています。得られた古気候データを総合的に解析することで地球の気候システム全体の理解を目指しています。

●滝沢 侑子 准教授

takizawa@lowtem.hokudai.ac.jp  
Yuko Takizawa, Associate Professor  
有機地球化学、同位体生理学

有機化合物中の軽元素の安定同位体比(D/H,  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ など)を用いて、生物内や環境中で起こる様々な現象や生理学的なプロセスを定量的に評価することを目指しています。

●山下 洋平 准教授

yamashiy@ees.hokudai.ac.jp  
Youhei Yamashita, Associate Professor  
生物地球化学

物質循環において重要な非生物態有機物の動態解明を目的としています。特に陸域水圏、海洋における溶存有機物に関して化学的手法を用いて研究を行っています。

●渡辺 豊 准教授

yywata@ees.hokudai.ac.jp  
Yutaka Watanabe, Associate Professor  
地球化学、物質循環科学、気候環境変動学

大気・海洋・陸を通しての物質の循環の解明と、温暖化・気候変動による環境変動に関する研究とを、化学的手法を中心に用いて研究を行っています。

●岩崎 晋弥 助教

siwasaki@ees.hokudai.ac.jp  
Shinya Iwasaki, Assistant Professor  
古海洋学・微生物学

海底堆積物コア中に保存された微化石を利用して、過去の海洋環境の復元を行っています。また微化石を用いた新しい古環境指標の開発にも取り組んでいます。

●的場 澄人 助教\*

matoba@lowtem.hokudai.ac.jp  
Sumito Matoba, Assistant Professor  
雪氷化学、地球化学

雪氷圏で採取される試料の化学分析を通して、大気・雪氷間の物質循環、古環境復元に興味を持っています。

●宮崎 雄三 助教

yuzom@lowtem.hokudai.ac.jp  
Yuzo Miyazaki, Assistant Professor  
大気化学

大気有機エアロゾルを介した大気 - 生物圏相互作用の研究に取り組んでおり、海洋・陸域生態系でのエアロゾルが気候変動へ与える影響や生物地球化学的な物質循環において果たす役割の理解を目指します。

●Hyuntae Choi 助教

htchoi@lowtem.hokudai.ac.jp  
Hyuntae Choi, Assistant Professor  
有機地球化学、同位体生理学

生物が持っている有機分子(糖、アミノ酸など)の安定同位体比を分析し、生物がエネルギーをどのように獲得・使用し、生態系全体としてはどのように利用されているのかを定量的に評価する研究を行っています。

本コース入学者の出身大学・学部

国内

北海道大学(理学部、工学部、農学部、水産学部)、北海道教育大学(旭川校、函館校)、北見工業大学(工学部)、小樽商科大学(商学部)、帯広畜産大学、酪農学園大学(環境システム学部、獣医学部)、東海大学(工学部、生物理工学部)、東京農業大学(生物産業学部)、弘前大学(理工学部)、北里大学(獣医学部)、秋田大学(工学部)、岩手大学(工学部)、山形大学(理学部)、新潟大学(理学部)、信州大学(理学部)、金沢大学(理学部)、東京理科大学(理学部)、中央大学(理工学部)、東京農業大学(農学部)、津田塾大学(数学科)、東京海洋大学(水産学部)、創価大学(工学部)、横浜国立大学、神奈川大学(理学部)、東海大学(海洋学部)、静岡大学(理学部)、関西大学(工学部)、奈良教育大学(教育学部)、姫路工業大学(環境人間学部)、岡山大学(理学部)、高知大学(理学部)、愛媛大学(農学部)、水産大学校、佐賀大学(理工学部)、琉球大学(理学部)、東京都市大学、宮城大学、群馬大学(工学部)、関西外国語大学

海外

漢陽大学(理学部、科学技術学部)、ダッカ大学(化学部)、ジェームズクック大学(理工学部)、北京農業大学(農業生物技術学部)、南京農業大学(資源環境学部)、同済大学(海洋与地球科学学院)、マレーシア大学テレングアヌ校、釜山大学校、吉林大学、南京林業大学、中国農業大学(大学院、農業生物技術学院)、ロシア北東連邦大学(外国語および地域科学)、瀋陽大学(環境工程)、サンディエゴ州立大学(大学院、生物学)、蘭州大学(大学院、環境科学)、河南教育学院、ベトナム国家大学(大学院)、大連外国語大学、厦門大学、ホーチミン市自然科学大学、齊魯工業大学、香港大学、安徽大学、M. V. ロモノソフ・モスクワ国立総合大学、中国石油大学、上海海洋大学、東北農業大学

\*専攻内複数コース担当

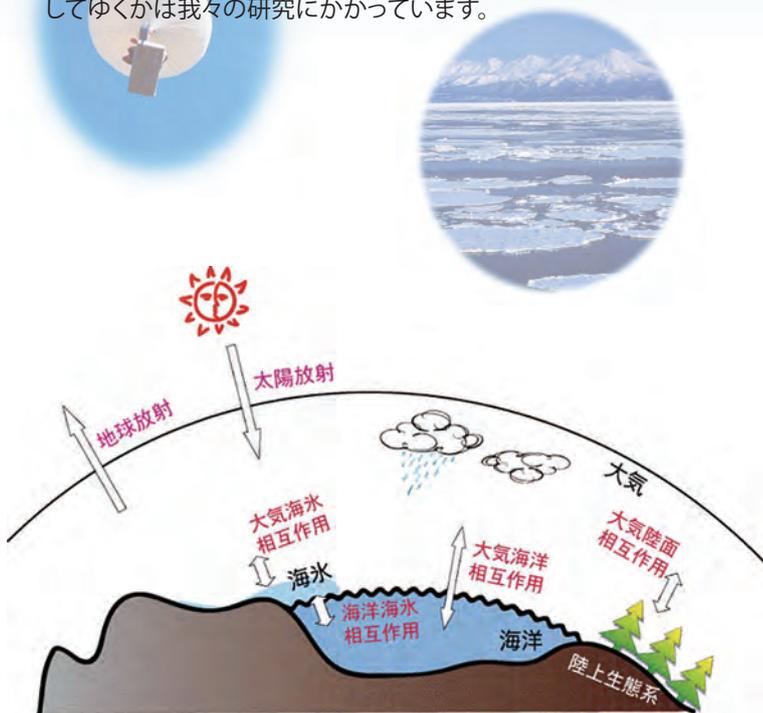
# 大気海洋物理学・気候力学コース

Course in Atmosphere-Ocean and Climate Dynamics

## ◎コースの概要

大気と海洋は主に太陽からの入射エネルギーによって駆動され、日々の天気から氷期・間氷期に至る様々な時空間スケールの現象が生み出されています。気候は毎日の天気現象の平均的状态ですが、気候を決定しているのは大気だけではありません。比較的高緯度にあるヨーロッパが暖かいのはメキシコ湾流という暖流が流れているからであり、海洋循環も気候を決定する上で極めて重要です。またエルニーニョ現象に典型的に示されるとおり、気候は大気と海洋が結合したシステムとして理解することができます。大気の流れも海洋の流れも回転する地球上の流体運動という観点から統一的な理解ができ、地球流体力学という学問分野を産みました。前世紀半ばまでは気候研究といえば定性的記述の地理学的研究が中心でしたが、現在ではこのように物理法則に基礎を置いた精密科学としての進化を遂げています。数値予報モデルによる天気予報や大気海洋結合モデルによる気候変動予測などはその好例です。近年の、二酸化炭素などの排出による地球温暖化、フロンなどによるオゾン層破壊、大気エアロゾルによる直接・間接効果は、大気や海洋の物理過程だけでなく、微量物質の化学過程およびそれらの相互作用が気候変動の大きな要因になり得ることを示しています。また、極域の海氷も大気・海洋双方と熱や水を交換することで相互作用しており、気候を維持あるいは変化させるのに重要な役割を担います。このように、さまざまな相互作用の結果として生じるフィードバックの輪を解きほぐし、気候システムの形成・変動メカニズムを解明しようとするのが気候の力学です。気候力学は気象学や海洋物理学をベースとしながらも、それらを超える枠組みを目指す若い学問分野であり、これからどのように発展してゆくかは我々の研究にかかっています。

地球圏科学専攻



気候システム：人間が直接感じることのできる地上付近の温度や湿度、目に見える降水・降雪などを含む気候の状態は、我々が直接には感じることのできないさまざまな要因から成り立っています。大気と海洋、海水や土壌、植生などの地球表面の媒体は互いに独立ではなく、常に相互作用しながら一つのシステムとして現在の気候状態を形成・維持しています。

## 教育理念・システム

本コースは、大気海洋物理学および気候力学に関する学際的な教育・研究を担っていますが、学部をもたない大学院であることを活かして、これまで気象学や海洋学を勉強する機会がなかった理系学部の出身者が基礎から学べるようにカリキュラムを組んでいます。出発点においては物理学と数学の基礎知識のみを前提とし、講義による大気海洋物理学や気候力学の概論的な知識の取得から、次第に専門的な研究へと進みます。従来多くの教育研究機関では、大気と海洋はそれぞれ別々に研究と教育がなされてきましたが、両者とも回転球面上の流体という力学的基盤やデータ解析・数値計算など研究手法も共通していますし、気候変動の全体像を捉えるには大気と海洋が結合したシステムと考えることが必要不可欠ですので、本コースでは専門分野にかかわらず担当教員が協力し合いながら整合性の取れた教育を行っています。また修士1年前期は幅広く基礎を学ぶことを主眼とし、7月中に学生が自発的に指導教員を選択できる制度となっています。教員は後述するように多彩な専門分野で活躍している16名からなり、地球環境科学研究院、低温科学研究所、北極域研究センターに所属しています。

### 修士の主な進路

修士課程	気象庁(管区气象台を含む)、民間企業(日本航空、マツダ、ウェザーニューズ、NTTグループ各社、富士通、野村総研、NEC、住商情報システムなど)、財団法人(日本気象協会、リモートセンシング技術センターなど)、官公庁(気象庁、札幌市、北海道庁など) ほか
博士後期課程	大学(東大、京大、名古屋大、富山大など)、国内研究機関(電中研、国立環境研、JAXA、防災技研長岡、海洋研究開発機構、国立極地研究所、地球環境観測研究センター、リモートセンシング技術センターなど)、海外研究機関(英レディング大、米ミネソタ州立大、NASA、シンガポール南洋工科大学など)、気象庁、民間企業(明星電気、構造計画研究所など) ほか

研究室訪問、見学希望については、以下にお問い合わせください。  
eoas\_info@eoas.ees.hokudai.ac.jp



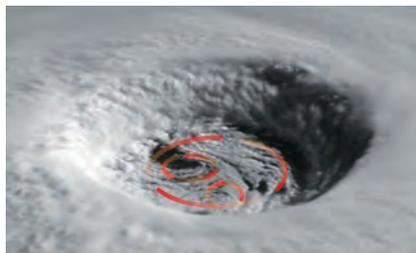
## 大気を測る、海を測る

現代においては、人工衛星や、天気予報のための定常観測などから得られる膨大なデータを用いて、時々刻々の大気と海洋の状態を知ることができます。しかし、気候システムのより深い理解のためには、新たな手法・新たな場所でのさらなる観測が必要です。例えば、成層圏のオゾンや水蒸気、対流圏の大気エアロゾルは、物理化学過程を介して地球の放射収支に大きく影響するため、高精度な測定が求められ、また新しい技術を応用した観測が求められます。また、大気海洋間の熱交換が世界中で最も盛んである黒潮とその続流域で船舶観測を行い、大気境界層および海面水温の密なデータを得ることは、大気海洋相互作用に関する新しい知見をもたらします。

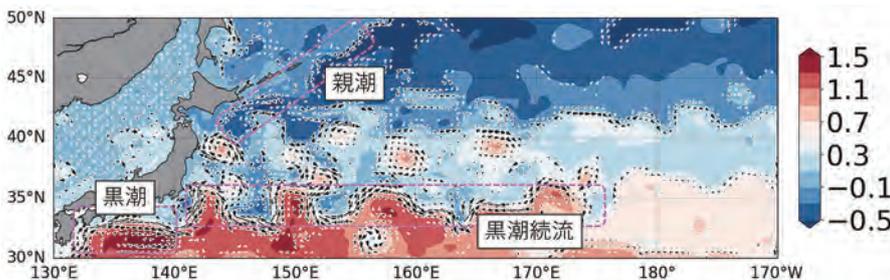
本コースでは、こうした観測計画を研究教育の一環として実施しています。国内外や海洋上で上記に関わる様々な現地観測を展開しています。また、人工衛星による大気・海洋の新たな診断法を開発し（例えば、海洋深層水生成の診断にも役立つ海水生産量マッピング手法、大気海洋に関する様々な情報をもたらすマイクロ波計測法、台風診断革新のための気象衛星画像処理法、金星探査機による風速測定など）、さらに将来の衛星計画に貢献しています。学生には、自らの手で地球を測る喜びを体感してもらいたいと考えています。



**気球を用いた対流圏～成層圏の気球観測**：1998年から熱帯各地で、オゾン、水蒸気、気温等の気球観測を実施し、熱帯大気の謎の解明に挑んでいます。雲粒子などのセンサーの開発もおこなっています。上のふたつの写真はインドネシアでの観測時のものです。上は、測器に取り付けたカメラで高度29kmから撮影した写真です。下には、放球前の気球と、雲粒子ゾンデ、オゾンゾンデ、水蒸気ゾンデが写っています。



**気象衛星ひまわり8号の可視画像を立体処理したもの**。矢印は目の中で検出された「メソ渦」を指す。当コースでは新世代の気象衛星を活用して台風の診断を革新するための研究を行っています。



**高解像度海洋シミュレーション**：高解像度海洋大循環モデルOFES (<https://doi.org/10.17596/0002029>) によって再現された日本周辺の海面高度(カラー, 単位は[m])と流束場(矢印)。このような高解像度の数値シミュレーション結果を海洋力学の理論に基づき解析することで、小さな渦や定在蛇行が黒潮続流などの大きな海流に与える影響を調べています。

## 気候をシミュレートする

現在・過去の気候変動を理解し、将来の気候を予測するには、気候システムの物理的・化学的メカニズムを解明する必要があります。本コースでは、コンピューターを用いた気候の数値シミュレーションが可能であり、それをもとに、気候の形成・変動に関わる大気と海洋中の種々の過程や大気海洋間及びこれらと陸面の相互作用を解明するための研究教育を行っています。ここで、数値気候モデルと一言でいっても、大気や海洋をそれぞれ均一な一つの箱で表現するような簡略モデルから、大気・海洋・陸面の状態を3次元空間内の細かい格子点上で表現する複雑なモデルまで、さまざまな階層のものがあります。いかにコンピューターが発達しても、気候を決定するすべての要因を含む完全な数値モデルを作ることには事実上不可能ですから、研究の目的に応じて、どのようなモデルを用いるのか(あるいは作ればよいのか)という点に、科学的洞察に基づいた我々の英知が必要となります。

## 大気と海洋を統合的に理解する

大気と海洋の結合系は多数の物理過程の複合体であり、これをまるごと理解することは非常に困難です。コンピューターを用いた気候の数値モデルはそのための有力な道具ですが、モデルの扱う個々の物理過程が正しく表現されているかどうかは必ずしも明らかではありません。そこで、我々のコースでは大気・海洋中の様々な現象を特定の切口でとらえ、なるべくシンプルにそしてクリアカットに理解すること、あるいは特定の過程を取り出してそれをできるだけ厳密に取り扱うことを目標とした研究教育も進めています。とりわけ、大気と海洋の大規模運動を、その最大公約数的な特徴である「回転する球面上の成層流体」として共通の視点でとらえる地球(惑星)流体力学は、本コースの柱の一つです。

## 極域を科学する

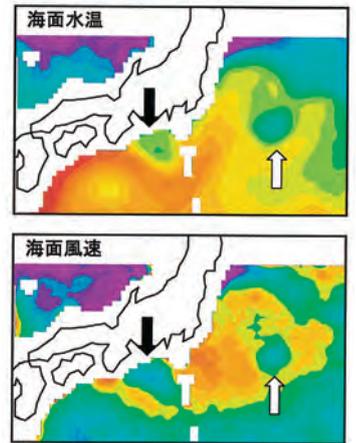
本コースの担当教員の約半数は低温科学研究所の水・物質循環部門、環オホーツク観測研究センターに、また一部の教員は北極域研究センターに所属しています。これらの研究部門を基盤とした、極域（北極・南極）や高緯度の海氷域、北極圏及び周辺域に焦点をあてた研究教育も本コースの特徴です。水は、摂氏0度付近を境にして全く性質の異なる物質になります。そのせいもあって、高緯度域は地球全体のエネルギーや熱の吸収や循環に重要な役割を果たしています。雪や氷は太陽からの放射を反射し、地球の吸収する熱エネルギーを減少させます。しかし、太陽光を吸収する大気エアロゾルが雪に沈着し雪が汚れると、雪はその反射率を下げ、太陽からの熱エネルギーを吸収する方向に機能することがこれまでの数多くの研究からわかっています（例えば、右下図を参照）。また、海水は海洋と大気の熱の交換を著しく妨げます。海水が凍るときに生成される低温で高塩分の海水は世界の海洋の深層水の源であり、海洋大循環の駆動源でもあります。南極や北極などの高緯度域は環境の変動に非常に敏感です。IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第5次・第6次報告書によると、今後の地球温暖化により北極域はより大きな影響を受けることが予測されています。わずかな温度の変化で、雪は雨に変わり、海水は融けてしまいます。また、春の雪解けが早まれば、その後陸の状態が変化し、大気陸面相互作用によって陸域の環境変化や大気循環などに影響を与えることが懸念されます。これらの変化はさらに地球全体のエネルギーの収支に影響し、極域の環境に跳ね返ってきます。地球の気候の変動が加速的に増大するのか、安定に落ちつくのかは、このフィードバックの性質に大きく依存します。その鍵を握っているのは、雲・降雪システム、海水の形成・融解過程などの個々のプロセスだけでなく、これらに伴う大気・海洋・陸面間や異なったスケール間での相互作用なのです。これらの過程はそれぞれが十分に解明されていないばかりでなく、お互いに複雑に絡み合っています。解明に

は地道な観測と、計算機による数値モデリング、理論的研究などの手法を有機的に結びつけた研究が必要となります。中緯度や赤道域の研究に比べ、観測データが限られている極域及び海氷域の研究は大きく遅れていました。しかし、近年、衛星による観測や新しい観測技術の進展によって、海水・大気エアロゾルや極域の大気・海洋に関して多くの新しい情報が得られるようになってきました。本コースでは、地球全体の環境に極域が果たしている役割や、他の気候帯に発生する気象・海洋現象との比較といったことにも教育の焦点をあてます。そして、高緯度・極域における気象・海洋の現象やその相互作用を研究し、その特異性、重要性を明らかにすることをめざしています。



オホーツク海氷域を進む海上保安庁の砕氷巡視船「そうや」

本コースの学生は、毎年乗船して海水・海洋観測に参加している。オホーツク海は北半球の海氷域の南限であり、最もアクセスしやすい絶好の観測サイトになっている。（海上保安庁撮影協力）



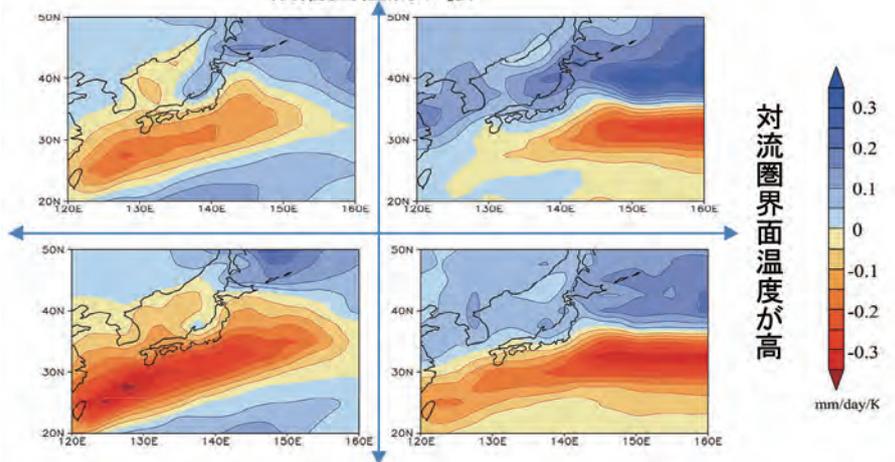
黒潮に関わる大気と海洋：熱帯降雨観測衛星（TRMM）により観測された黒潮流域における海面水温（上図）と海上風速（下図）。黒潮の蛇行によってできる冷たい渦の上で風が弱まっています（図中の矢印で示す）。これは大気と海洋の関係性の一例ですが、このような関係性を広く調べることで、大気海洋相互作用系の仕組みの理解を進めています。



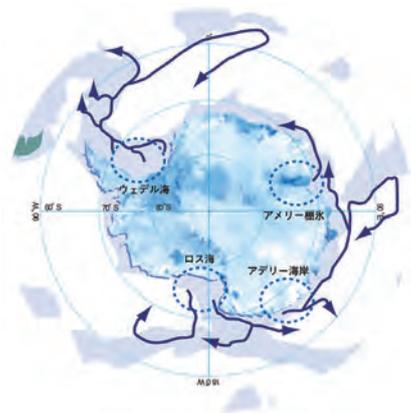
南極昭和基地周辺（奥に見える建物群）での海水観測

日本南極地域観測隊の隊員として参加した本専攻の出身学生・教員は約40名にものぼり、観測隊の主力になっている。

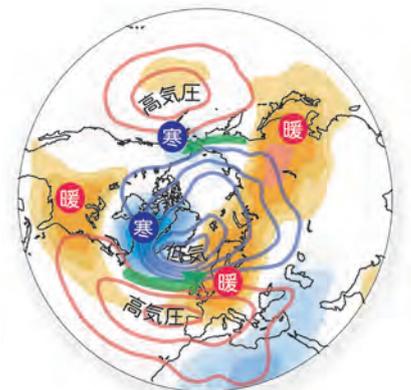
### 成層圏極渦が強



世界中の気候モデル群による地球温暖化時の降水量変化：全球平均気温1度上昇あたりの冬季（12-12月）日本域降水量変化。地球温暖化に伴い、熱帯の高度約10km付近（上部対流圏）の温度上昇が右（左）ほど大きく（小さく）、高度約30kmの成層圏極渦が上（下）ほど強く（弱く）なるモデル。青色が将来の降水量が増加、赤色が減少する場所。温暖化に伴う冬季日本域の降水変化は、はるか上空の大気の影響を受ける。



**世界の海で一番重い水**：南極大陸沿岸では冷たい南極底層水が海底近くに沈み込んでいき、世界の全大洋の深・底層水の源となっています。海洋深層の循環は気候と密接にかかわっています。本コースでは、南極底層水の生成量や輸送経路、そしてその変化を調べることで、気候とその変動の研究をすすめています。



**北極振動**：北半球冬季に卓越する大気循環変動である北極振動 (AO) は、日本の天候異常などにも密接に関わっています。上の模式図は、AOの正位相時の海面気圧 (等値線) と地上付近の気温 (カラー) の平年からのずれを示したもので、このような冬には東アジア域で暖冬傾向になりやすいことを表しています。

## 担当教員紹介

### ●江淵 直人 特任教授

ebuchi@lowtem.hokudai.ac.jp  
Naoto Ebuchi, Professor  
海洋物理学、  
海面のマイクロ波リモートセンシング

### ●大島慶一郎 特任教授

ohshima@lowtem.hokudai.ac.jp  
Keiichiro Ohshima, Professor  
海洋物理学、海氷・海洋結合システム

### ●河谷 芳雄 准教授

kawatani@ees.hokudai.ac.jp  
Yoshio Kawatani, Associate Professor  
気象学、中層大気科学、気候変動

### ●谷本 陽一 教授

tanimoto@ees.hokudai.ac.jp  
Youichi Tanimoto, Professor  
大気海洋相互作用、気候変動、気候力学

### ●深町 康 教授

yasuf@arc.hokudai.ac.jp  
Yasushi Fukamachi, Professor  
海洋物理学、海氷・海洋結合システム

### ●藤原 正智 教授

fuji@ees.hokudai.ac.jp  
Masatomo Fujiwara, Professor  
大気科学、微量気体観測、測定器開発、  
大気化学

### ●堀之内 武 教授

horinout@ees.hokudai.ac.jp  
Takeshi Horinouchi, Professor  
気象学、地球流体力学、数値モデリング、  
人工衛星

### ●渡辺 力 教授\*

t-wata@lowtem.hokudai.ac.jp  
Tsutomu Watanabe, Professor  
大気圏 - 生物圏 - 雪氷圏相互作用

### ●青木 茂 教授\*

shigeru@lowtem.hokudai.ac.jp  
Shigeru Aoki, Associate Professor  
海洋物理学、極域気候変動、  
大気-海洋相互作用

### ●佐藤 友徳 准教授†

t\_sato@ees.hokudai.ac.jp  
Tomonori Sato, Associate Professor  
気候学、気象学、地域気候モデル

### ●富田 裕之 准教授

Hiroyuki Tomita, Associate Professor  
大気海洋相互作用、人工衛星観測

### ●黒田 寛 准教授

kurocan@lowtem.hokudai.ac.jp  
Hiroshi Kuroda, Associate Professor  
海洋物理学、水産海洋学、船舶観測、  
モデリング

### ●中村 知裕 講師

nakamura@lowtem.hokudai.ac.jp  
Tomohiro Nakamura, Lecturer  
海洋物理学、海洋の数値モデリング、内部波

### ●川島 正行 助教\*

kawasima@lowtem.hokudai.ac.jp  
Masayuki Kawashima, Assistant Professor  
メソ気象力学、雲システムの数値モデリング

### ●豊田 威信 助教\*

toyota@lowtem.hokudai.ac.jp  
Takenobu Toyota, Assistant Professor  
海氷-大気-海洋相互作用

### ●水田 元太 助教

mizuta@ees.hokudai.ac.jp  
Genta Mizuta, Assistant Professor  
海洋物理学、地球流体力学

### ●松田 拓朗 助教

matsuta@ees.hokudai.ac.jp  
Takuro Matsuta, Assistant Professor  
海洋力学、海洋循環学、気候変動

\* 専攻内複数コース担当

† 環境起学専攻兼務

# 雪氷・寒冷圏科学コース

Course in Cryosphere Science

## ◎コースの概要

地球環境は、主に太陽からの入射エネルギーによって維持されていますが、その入射エネルギーは、地球表層を覆う白い物体、即ち雲と雪氷によって絶妙に調節されています。しかし、過去に何度も繰り返した氷期のように、地球の自己調節の結果として気候が自然変動しているにもかかわらず、未だそのメカニズムが解明されていません。一方、人為起源による近年の地球温暖化に伴って、一番変化するのが雪氷圏です。この変化しつつある雪氷圏の最前線に立って現状を体感し、更にその変動のメカニズムを理解することで、雪氷・寒冷圏が地球環境に果たす役割の重要性を学びます。

## ◎教育理念・システム

本コースは、赤道・熱帯圏と対をなして、地球環境の調節・維持に重要な役割を果たしている南極や北極を含む地球雪氷圏現象の謎と驚異、そして人間生活と雪との関わりについて、国内外の海氷域や氷河域での野外実習、体験学習をも併用しながら総合的に理解することを目的としています。これまで、雪や氷に触れる機会の無かった多くの学生諸君、あるいは、将来、極地研究の専門家を目指す学生諸君にとって、魅力あるカリキュラムを提供します。教育は、国内外の野外観測に長じた多彩なメンバーによって行われます。

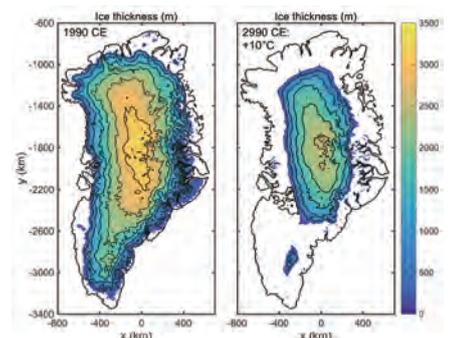
地球圏科学専攻



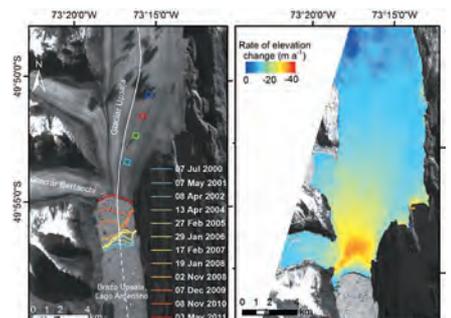
グリーンランド・ボードイン氷河における野外観測

## 氷河氷床の変動

アルプス、アラスカ、ヒマラヤなどの山岳地域に存在する氷河は、地形をつくり、淡水を蓄え、また気候変動の指標として、重要な役割を果たしています。また南極やグリーンランドを覆う巨大な氷床は、その変動が海面変動や海洋の循環に大きな影響を与え、地球規模の気候変動と強く結びついています。これら氷河氷床の変化を捉え、その変動メカニズムを明らかにするため、野外観測、コンピュータを使った数値計算、室内実験などをおこなっています。野外観測では、氷河氷床の変動をコントロールする氷の流動、氷河水文、質量収支などを理解するため、アルプス、カムチャッカ、アラスカ、パタゴニアや南極を舞台に各種の測定を行っています。また氷床の熱力学モデルを駆使した研究では、グリーンランド氷床や南極氷床の将来変動の予測が主要な研究課題となっています。さらに新しい研究領域として、火星の極氷冠や、氷で構成されていると予想される木星の衛星エウロパなど、地球外の氷体にも取り組んでいます。



数値計算によって求められた1000年後のグリーンランド氷床



衛星データを用いたパタゴニアにおける氷河後退(左)と氷厚変化の測定(右)



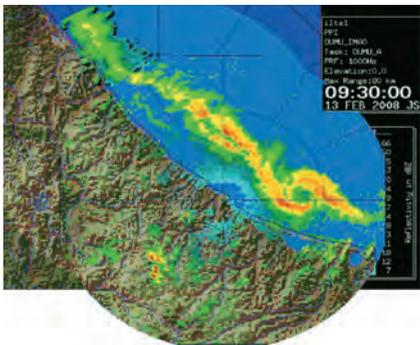
## 季節海水域の 大気-海洋-海水相互作用

1年のうちある期間だけ海が凍る季節海水域では、海水の分布や厚さが地球規模の気候変動や温暖化に敏感に反応することから、季節海水域の拡大・縮小過程を理解することは、気候システムを理解する上で重要な研究テーマです。そこで、典型的な季節海水域であるオホーツク海や南極海で、大気、海洋、海水、積雪等の観測研究を行っています。また、衛星データを用いた海水分布の解析にも取り組んでいます。

さらに、季節海水域の海水気候、海水熱力学過程モデル、海水流動の短期予測モデルの開発も同時に行っていますが、現場観測から取得されるデータはモデルの開発や検証にとって重要なデータであり、室内実験、野外観測、モデルと多方面から研究を進めています。



オホーツク海南西部で砕氷船で行われている海水観測風景



ドップラーレーダーで観測されたオホーツク海沿岸の渦状降雪雲

## 寒冷圏における 熱・水・物質循環

地球上の寒冷陸域においては、互いに熱・水・物質を交換しあう大気圏・生物圏（森林など）・雪氷圏の3圏が絶妙なバランス関係を成しています。シベリアに広大な面積をもつタイガ林はその好例と言えます。しかし、このバランスは、急速な気候変動や人為的な攪乱によって容易に崩れ、気候や生態系に非可逆的で甚大な変化が生じると考えられています。また、近年の研究により、そうした陸域での変化が、大川川を通して遠く離れた海洋にまで影響を及ぼし、海洋循環や海洋生態系の変化をもたらす可能性もあることが指摘されるようになってきました。大気圏・生物圏・雪氷圏の間の相互作用やフィードバック過程には、従来の学問体系では気象学・水文学・生物学・地球化学といった異なる分野に分類される様々な素過程が関わっているため、その全体像の理解はやや立ち遅れています。私たちは、従来の学問体系の枠を超えた総合的な理解を目標に、地道な素過程の解明研究や学際的なプロジェクト研究を進めています。



レーザー光による地表風の可視化実験

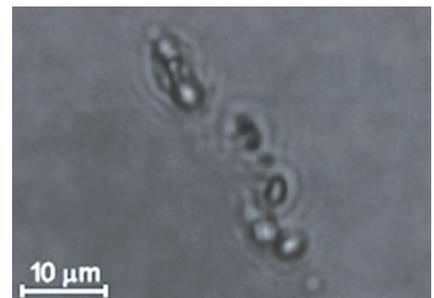


多雪森林流域における大気冷却過程の観測風景

## アイスコアを用いた 古環境復元

南極やグリーンランドを覆う氷床から採取されたアイスコア（氷床コア）は氷期-間氷期サイクルを含む数10万年に及ぶ地球の気候・環境の変動を記録しています。氷期から間氷期へ移行するときの大気エアロゾル組成の変動を復元し、その移行メカニズムを明らかにするため、私たちはX線や可視光線の光散乱測定技術を駆使したミクロな視点から氷床コアの解析を進めています。近年、氷床コアに含まれる溶存性不純物が直径数 $\mu\text{m}$ の塩微粒子として存在していることを発見しました。これまで分析されてこなかった溶存性不純物の存在形態は新たな環境変動プロキシとして大いに注目されています。

地球上の中・低緯度の山岳地域に分布する氷河（山岳氷河）は、降水量の多い地域に発達するため過去の気候・環境情報を高時間分解能で保存しています。また、人間が活動する地域に近いところに存在することから、人間の生活に直接関係する環境の変動や人間活動が自然に与えた影響の時間的な変化を記録しています。私たちは、アラスカ、カムチャツカ、バタゴニアなどの太平洋を取り囲む山岳氷河においてアイスコアを掘削し、物理・化学的な解析から過去数百年程度にわたる気温、降水量、人為汚染物質濃度などの古環境情報の復元を試みています。過去数十年間の高時間分解能での環境復元は、北太平洋域の温暖化に伴う降水量や気温、大気循環過程の変化の評価に役立てられています。



南極ドームふじ氷床コアに含まれているエアロゾルの顕微鏡写真



グリーンランド SEドーム (標高3000m) でのアイスコア掘削

## 水文および凍土現象とその変動

雪氷・寒冷圏における熱収支や水収支の研究は、温度変化や水の相変化に伴う大気、水文、凍土現象を理解する上でたいへん重要です。私たちは地球上において雪氷が果たす役割を明らかにする一環で、寒冷圏に広がる湿原や山地における水・熱収支と物質循環の素過程を研究しています。たとえば、冬季に積雪があり、凍土も発達する湿地を流れる河川流域の流出過程を調べるために、積雪や凍土の分布や季節変化を探索しながら、河川流量や河川を通じて輸送される様々な溶存・懸濁物質の観測を行っています。また、北海道羊蹄山などにおいて、地温変化や土壌の凍結融解に伴う地形変化を調べています。



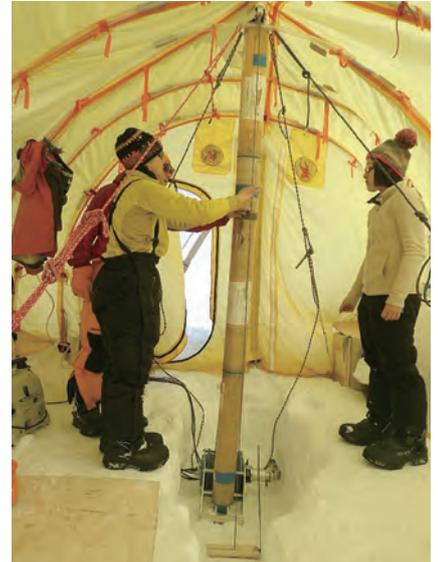
羊蹄山山頂における凍土掘削

## 南極

南極大陸には、地球科学において未解決な課題が多く隠されています。私たちは、氷コアや地形に残された南極変動の歴史、氷床の変動機構や氷の流動、沿岸部の永久凍土などをテーマに、南極研究に取り組んでいます。日本の南極地域観測隊や海外の研究機関と協力して現地観測を実施する他、リモートセンシングや数値モデルによる解析も推進しています。また、環境科学の南極学カリキュラムの中心として、南極をはじめとする極地でのフィールドワークに取り組む次世代の研究者養成に力を入れています。



東南極ラングホフデ氷河における氷レーダー観測

南極氷床沿岸部の氷河表面  
(氷流動により形成された無数のクレバスが広がる)

アイスコア掘削装置

## 地球雪氷学実習

本コースでは、国内外での野外実習に重点をおいています。その1つである地球雪氷学実習では、幌加内町母子里で、降積雪、大気と気象、水理水文などに関わる厳冬期の観測実習を行います。また、環境科学院と低温科学研究所が開講する南極学カリキュラムの中心として、スイスアルプス実習、野外行動技術実習などを実施し、極地でのフィールドワークに取り組む次世代の研究者育成に力を入れています。



母子里雪氷実習における積雪調査



深さ2メートルを超える積雪断面の観測



本コースの大学院生は、北海道各地に加えて、南極や北極を含む世界各地を舞台にして研究活動を行っています。



東南極ラングホブデ氷河での観測



グリーンランド・カナック氷帽での積雪観測



北海道東部の湿原河川におけるADCPを用いた河川流量観測

## 担当教員紹介

### ●グレーベ ラルフ 教授†

greve@lowtem.hokudai.ac.jp

Ralf Greve, Professor

氷床・氷河の力学、数値計算、惑星雪氷学

### ●杉山 慎 教授

sugishin@lowtem.hokudai.ac.jp

Shin Sugiyama, Professor

氷河氷床に関する野外観測、数値計算、室内実験

### ●渡辺 力 教授\*

t-wata@lowtem.hokudai.ac.jp

Tsutomu Watanabe, Professor

境界層気象学、植生-大気相互作用、乱流

### ●青木 茂 教授\*

shigeru@lowtem.hokudai.ac.jp

Shigeru Aoki, Associate Professor

海洋物理学

### ●飯塚 芳徳 准教授\*

iizuka@lowtem.hokudai.ac.jp

Yoshinori Iizuka, Associate Professor

雪氷学、氷床コア、古環境復元

### ●石川 守 准教授†

mishi@ees.hokudai.ac.jp

Mamoru Ishikawa, Associate Professor

凍土学、微気象、大気-陸面相互作用

### ●白岩 孝行 准教授†

shiraiwa@lowtem.hokudai.ac.jp

Takayuki Shiraiwa, Associate Professor

雪氷学、自然地理

### ●ポドリスキ エブゲニ 准教授

e.podolskiy@arc.hokudai.ac.jp

Evgeny Podolskiy, Associate Professor

氷河学、地震学、地質学

### ●川島 正行 助教\*

kawasima@lowtem.hokudai.ac.jp

Masayuki Kawashima, Assistant Professor

メソ気象力学、雲システムの数値モデリング

### ●下山 宏 助教

k-shimo@lowtem.hokudai.ac.jp

Kou Shimoyama, Assistant Professor

境界層気象学、気流・気温構造の野外観測、炭素循環

### ●豊田 威信 助教\*

toyota@lowtem.hokudai.ac.jp

Takenobu Toyota, Assistant Professor

海水-大気-海洋相互作用

### ●的場 澄人 助教\*

matoba@lowtem.hokudai.ac.jp

Sumito Matoba, Assistant Professor

山岳氷河コア、気候変動、雪氷化学

### ●箕輪 昌紘 助教

m\_masa@lowtem.hokudai.ac.jp

Masahiro Minowa, Assistant professor

氷河氷床に関わる現地観測、

人工衛星画像解析、数値実験

\*専攻内複数コース担当

†環境起学専攻兼務