

【講義レポート】GX 特論 第2回 | 杉山 慎 教授「氷河・氷床のいま」

地球の氷に何が起きているのか？

登壇：杉山 慎 教授（北海道大学 北極域研究センター／低温科学研究所）

物性物理学^{*1}出身であり、民間企業でのエンジニア経験や、青年海外協力隊としてのアフリカ・ザンビアでの教員経験を経て地球科学へ転身した杉山教授。1000分の1秒単位を測る「ミクロの視点」を、極域の氷という「巨大なマクロの対象」へ応用するその独自のスタイルが、温暖化の本質を鋭く抉り出します。

氷の科学が語る、地球の「いま」

地球の淡水の75%を貯蔵する氷河^{*2}・氷床^{*3}は、気候の巨大な調整装置です。しかし現在、融解による海面上昇（2100年までに約0.4~0.8m予測）や、南極での年間92Gtもの氷の喪失など、深刻な危機に直面しています。氷の変化を理解することは、沿岸都市の安全保障、インフラ、食料生産、そして国際社会の安定に直結する極めて重要なテーマなのです。

氷河の底へ挑む、熱水掘削と「現場主義」

一般的な氷河研究が「広域を年単位で観測し、長期的な気候トレンドを把握する」ことを主眼とするのに対し、杉山教授のアプローチは真逆の極点にあります。先生が見つめるのは、特定の場所で起きる“数分~1日単位”の微細な変動です。

氷河は決して静止した塊ではありません。太陽の熱や気温の変化に呼応し、昼夜を問わずその姿を劇的に変える「鼓動」を持っています。

杉山教授は、その鼓動を捉えるために、数分間隔でデータを収集する極めて高精度な観測機器を氷河の懐へと送り込みます。従来の広域観測では「平均的な現象」として処理されてきたノイズの中にこそ、氷が急激に流れ出す瞬間や、底面で水圧が異常に跳ね上がるダイナミックなメカニズムが隠されているからです。

その核心にあるのが、熱水を使った氷河の掘削（ホットウォーター・ドリリング）です。これは、高温の水を高圧で噴射することで、厚さ数百メートルに及ぶ氷の壁を垂直に貫き、氷河の底面——すなわち氷と岩盤が接する「氷河の心臓部」へ直接アクセスする極めて挑戦的な手法です。

衛星観測が「天からの視点」であるならば、熱水掘削は「氷の内部に入り込む視点」です。氷の底に広がる迷路のような水路系、底面を潤す水圧のゆらぎ、氷と岩盤が擦れ合う凄まじい摩擦力、そしてこの過酷な極限環境に生きる微生物の生態。

これらは、どれほど衛星技術が発展しても決して到達できない「未知の領域」です。

熱水掘削とは、単なる掘削作業ではありません。それは、数万年かけて堆積した氷の記憶を切り開き、人類がこれまで一度も触れることのできなかつた地球の深淵なるメカニズムに直接接触するための、唯一無二の手段なのです。この手法によって「氷河の内側」が鮮明に立ち上がるたび、地球温暖化という巨大なパズルを解くための、決定的なピースが一つずつ埋められていきます。

氷河変動の最前線「カービング氷河」

近年特に注力しているのが、海や湖に流れ込む「カービング氷河」*4の末端部です。温暖化した海水が氷を下から融かし、冰山として切り離される「カービング」が連鎖的に起きる変動の最前線です。熱水掘削による底面データ、数分単位の現場観測、そして人工衛星のマクロな視点を重ね合わせることで、氷が「なぜ加速して消えていくのか」という問いに、世界で最も近い距離から迫っています。

氷の下は、人類にとってまだほとんど手つかずのフロンティアです。過酷な極域での観測は、机上のデータだけでは決して見えてきません。実際に氷の上に立ち、五感で感じ、身体で受け止めることで初めて「今、本当に起きていること」が理解できます。この姿勢は、北海道大学のフィールドワークの歴史に脈々と受け継がれてきた伝統そのものです。

氷が急速に消えていく

講義では、氷河・氷床の融解が加速するメカニズムが最新データとともに示されました。

1. 海との接触による底面融解とカービング

氷河が海に触れると、温暖化した海水が氷の下部を激しく融かす。さらに冰山として切り離される「カービング」が起きることで、氷が海へ流れ出すスピードが加速する。南極半島のラルセンB棚氷の崩壊は、その象徴的な事例です。

2. 氷表面の暗色化（ブラックカーボン・藻類）による融解の加速

グリーンランドなどの極域では、大気中のブラックカーボンや、氷の上で繁殖する藻類・微生物によって、氷の表面が黒く、灰色に“暗色化”する現象が急速に広がっています。新雪や白い氷は太陽光の60~80%を反射しますが、黒ずんだ氷はそれらの光の多くを吸収してしまいます。この「白から黒へ」の変化が、融解をさらに加速させる悪循環を生んでいます。

氷が地球にもたらす6つの役割

講義では、氷河・氷床が果たす役割がわかりやすく整理されました。これらは単なる冷たい氷の塊ではなく、地球環境を支える巨大なインフラです。

【役割】

1. 淡水の貯蔵（地球の淡水の75%を保持）
2. 海面上昇のコントロール
3. 海洋大循環の調整
4. 太陽光の反射（アルベド効果による気候安定）
5. 地形形成（フィヨルドなどの造形）
6. 過去の気候を記録（氷コアによる古気候の解明）

南極やグリーンランドの氷床は、数万年から数十万年かけて降り積もった雪の記憶を閉じ込めた「地球のタイムカプセル」です。氷床コアを掘削し分析することで、過去40万年以上にわたる気温変化や大気組成の推移を詳細に紐解くことができます。これほど長期にわたる地球の歴史を直接的な物質として保存している場所は、他にはありません。

氷が失われるということは、これらの機能が同時に失われることを意味します。

専門領域を越境し、地域のステークホルダーと共に

極域で起きている急激な変化は、地図上の遠い場所で起きる他人事ではありません。氷床の融解は地球規模の海面上昇を招き、沿岸都市のインフラや食料生産、さらには地域社会の安定や産業の在り方にまで直結する、喫緊の社会課題です。

この複雑な現実を解き明かし、解決への道筋を描くためには、自然科学の緻密なデータ分析だけでは不十分です。経済学や社会学といった人文・社会科学の知見を融合させ、さらに地域の自治体や産業界、コミュニティといった多様なステークホルダーが一体となって協働する体制が不可欠です。

北海道大学には、長年にわたる寒冷地研究の厚い蓄積に加え、多様な分野の知が日常的に交差する豊かな土壌があります。

ここでは、最先端の科学技術が「研究室という閉じた世界」に留まることはありません。文理の垣根を越えたダイナミックなネットワークこそが北大の真髄であり、研究者と社会の実践者が膝を突き合わせて議論する場が、至るところで生まれています。

正解のない時代を生きる学生たちへ

「フィヨルドや氷河のデータや写真を見るだけでなく、ぜひ一度、自分の足で現地を訪れてみてください。」

講義の最中、杉山教授は学生たちに向けて何度も実際に訪れることの大切さを繰り返しました。

講義の前後にも自ら学生のもとへ足を運び、「何の研究をしているの？」と気さくに声をかけます。その姿勢は、単に教室でデータや写真を見るだけでなく、自らの足を運び、自分の目で見て、その圧倒的なスケールや冷たい空気を五感で感じ取ってほしいという、先生の強い願いが込められているようです。

現場でしか得られないリアルな衝撃こそが、次の探求への原動力になることを、誰よりも先生自身が知っているからです。

予測不可能な事態が連続する過酷な極域の現場では、あらかじめ用意された「正解」はありません。五感を研ぎ澄まし、身体で現実を受け止めてきた杉山教授だからこそ、これからの不確実な時代を生きる学生たちへ向ける眼差しは、どこまでも現実的で温かさに満ちていました。

小さい頃から地球規模の環境危機を身近に感じて育ってきた今の学生たちは、組織の看板に依存せず、自らの武器（専門性）を磨いてしなやかに生きるタフさを本能的に備えているようにも感じられます。

今回の講義は、極域の未来を学ぶ場であると同時に、激変する世界の中で机上のデータに惑わされず、いかにして自分の「軸」を持って生きていくかを、研究者の先輩の背中から学ぶ貴重な時間となりました。

次回の「GX 特論 I」予告

日時：6月24日（水）14時45分～

テーマ：世界・日本の脱炭素化に向けたエネルギーシナリオ分析

講師：大城 賢 氏（北海道大学大学院地球環境科学研究院 准教授）

今回は、世界および日本がめざす脱炭素の道筋を描く「エネルギーシナリオ分析」の第一人者をお招きします。

【用語解説】

*1 物性物理学

金属、半導体、氷などの「物質」の性質を、原子や電子といった超マイクロな視点で観察・分析する物理学の分野。

特徴： 微小な変化を精密に捉える技術は、光ファイバーなど最先端テクノロジー開発の基盤となる。

杉山流の応用：この「ミクロのサイエンス」を、真逆のスケールである「巨大な氷河・氷床」というマクロな地球科学の領域に応用し、独自の観測スタイルを確立。

***2 氷河**（雪が氷になり陸の上を流れるもの）

***3 氷床**（南極やグリーンランドを覆う巨大な氷河）

***4 カービング氷河**

海や湖に流入する氷河。「カービング」は氷河の末端から氷塊が剥離し、冰山として海や湖に落下する現象。その様子が牛の「出産（calving）」に似ていることから名付けられた。

※本レポートは北海道大学 GX 先導研究センターHP に掲載された記事のドキュメント版です