

低温研ニュース

2013年12月 No. 36



低温研の四季
(撮影 高塚 徹)

目次

News	環オホーツク観測研究センターの改組について	古川 義純 (低温科学研究所長)	2
	北海道大学・蘭州大学交流デー	杉山 慎 (共同研究推進部)	2
People	低温研客員教授から		
	自己紹介と最近のトピックス	嶋 盛吾 (客員教授)	3
	生体分子による結晶成長制御メカニズムをシミュレーションで探る	灘 浩樹 (客員教授)	6
	北緯 43 度の街に通う	中井 陽一 (客員教授)	8
Report	報告		
	グリーンランド北西部ボードイン氷河調査	津滝 俊 (雪氷新領域部門)	9
	海外調査・観測		11
Awards	受賞		12
Administration Office	平成 26 年度共同研究・研究集会公募について / 人事異動 / 会議開催報告		12

News ニュース

環オホーツク観測研究センターの改組について

低温科学研究所長 古川 義純

低温科学研究所附属環オホーツク観測研究センターは、我々の身近な「寒冷圏」である環オホーツク地域の環境変動および、その地球規模の環境変動との関連を分野横断的に研究することを目的として、2004年に設立されました。2012年度に実施した低温科学研究所自己点検評価及び外部点検評価では、その研究の進展に高い評価結果を得ることが出来ました。しかし、設立後9年を経過し、研究内容の変化および環オホーツク圏のさまざまな状況変化に対応するため、センター内の研究組織の改組を行い、2013年9月1日から新組織として再出発いたしました。

本改組は、外部点検評価で頂戴したご意見を参考に、「既存の領域を超えた研究分野の再編成」および「環オホーツクにおける研究基盤および観測ロジスティクス等の整備」を主な目的とするものです。これまでの組織は、「海域」、「陸域」、「大気」を研究対象とした3研究分野から構成され、各研究分野が環オホーツク地域の環境変動の研究に更に深化させていく中、「海域」、「陸域」、「大気」というそれぞれの個々のプロセスに限定せず、各プロセスを統合し、全体をシステムとして捉えた活動を行うことが重要になってきました。このため、既存の空間イメージや学問領域を超えた、新しい分野横断的研究テーマを対象とした2つの研究分野「気候変動影響評価分野」、「流域圏システム分野」を設け

ることで研究活動の更なる発展を目指すことといたしました。また、センターが研究対象とする環オホーツク地域は、ロシア、中国など、現場での観測・調査を行うことが政治的・文化的に難しい地域を含んでいます。これらの地域での観測・調査を推進するため、これまで築いてきた国際的な協力関係に基づいてその基盤を整備する専門のノウハウを備えた研究者が配置された「国際連携研究推進室」を新たに設置しました。同時に、本推進室は環オホーツク地域の環境変動の国際的拠点として、国内・国外の研究者コミュニティ・研究ネットワークを発展させる目的を併せ持つこととなります。

本改組により、センターは設立当初の研究目的を継続して進めるとともに、共同利用・共同研究拠点として認定された低温科学研究所の附属施設として、環オホーツク地域の環境研究の「共同研究拠点」としての機能の整備をいっそう強化いたしました。長期的視野に立った、国際的な研究者コミュニティ・ネットワークの維持・発展と研究基盤・観測ロジスティクスの整備により、単発の共同研究プロジェクト・プログラムから、より長期的な視点に立った新たな共同研究プロジェクトの創出に貢献することが期待されます。今後とも、研究所・センターの発展のため、皆さまのご支援とご協力をお願いいたします。

北海道大学・蘭州大学交流デー

杉山 慎（共同研究推進部）

北大は中国各地の大学間協定校において「北海道大学交流デー」を開催し、大学間の積極的な交流を目指しています。2013年10月22日には蘭州大学にて交流デーが実施され、低温研から教員1名と大学院生4名が参加しました。蘭州大学は、開校100年を超える中国西北地区の名門校で、学生数や教員数など北大とよく似た規模の大学です。自然地理学や気候学といった分野で研究と教育に力を入れており、チベット高原に

近い立地を活かして、凍土、氷河、積雪などの研究が盛んにおこなわれています。これらの研究分野では早くから北大との交流があり、研究者の訪問や共同研究が行われてきました。1997年には北大地球環境科学研究科（環境科学院の前身）が蘭州大学資源環境学院と部局間協定を締結し、その後2010年の大学間交流協定につながりました。このような経緯を受けて、両校の交流に中心的な役割を果たしてきた環境科学院に、交

流デーへの参加が要請されたのです。また環境科学院の教育を担当する低温研からも参加者を送ることになりました。

北京で飛行機を乗り継いで蘭州空港まで2時間半。広大で乾燥した大地の真ん中に、黄河の流れに沿って街が広がります。街は札幌より少し大きな規模。砂塵が風に舞うのを抑えるため、車道が頻繁に散水されているのが印象的でした。蘭州大学は街の中心地を占め、緑豊かなキャンパスに一部高層化された建物が配置されています。交流イベントは、両大学長のあいさつからスタートしました。北大関係者からは、ビデオやポスターを使って大学や留学プログラムの紹介がなされ、留学を考える現地の学生には良い機会になったと思います。私たちも中国語のポスターを準備して、低温研の取組みをアピールしました。

全体の式典が終わると、各分野毎の分科会へ移ります。低温研の5名は環境科学院から派遣されたメンバーと共に、現地の資源環境学院との分科会に臨みました



写真1. 分科会に参加した低温研、環境科学院のメンバーと、蘭州大学資源環境学院の教員。南極、北極に並ぶ第三の「極」(アジア高山域)を示す石碑の前で。

(写真1)。冒頭で説明した低温研の概要、研究と教育の取組みについては、とても良い反応が得られました。低温研について良く知っている参加者も多く、将来の交流の可能性について提案を得ることもできました。その後、大学院生から口頭およびポスター発表がなされ、研究内容について熱心な議論がなされました。特に蘭州大学の学生による口頭発表は立派で、その様子は私たちにとって大きな刺激となりました。北大の学生による発表にも強い関心が寄せられて、時間終了まで熱心な討論が続きました(写真2)。

私にとっては初めての交流イベント参加でしたが、研究テーマの近い研究者や学生との交流は意義深いものでした。また、蘭州を訪ねて現地の生活に触れたことで、隣国中国について理解を深めることもできました。留学を考える学生への情報提供のみならず、研究や教育プログラムにおいて協力関係を築ききっかけとして、交流イベントが今後も有効に活用されることを望みます。



写真2. 環境科学院の大学院生箕輪君と、資源環境学院 Zhang 教授による熱心な議論。

People..... 低温研客員教授から

自己紹介と最近のトピックス

嶋 盛吾 (客員教授、ドイツ・マックスプランク陸生微生物学研究所 グループリーダー)

2012年4月から客員教授として、年に2回2週間ほど低温研に滞在しています。自己紹介させていただきます。私は大阪生まれの大阪育ちで、1979年に大阪府立大学農学部農芸化学科に入学しました。卒業論文研究は土壌・肥料学研究室山口益郎先生のグループで植

物生理学的な研究を行いました。材料はアカウキクサと呼ばれる水生シダ植物で、葉の中にシアノバクテリアという微生物が共生しています。シアノバクテリアは空気中の窒素ガスをアンモニアに還元して(これを窒素固定といいます)共生ホストのアカウキクサに渡

すという機能があります。修士課程では、同研究室の小沢隆司先生（現広島工業大学）のグループに移りました。ここでは根粒菌を扱いました。根粒菌というのは大豆の根に共生して、窒素固定を行います。当時の私が興味を持ったのは、土壌中での根粒菌の生態でした。東北大学の服部勉先生のグループの研究に大きく影響を受け、土壌団粒構造の外部と内部は、根粒菌の生活環境としてどう違うのかを調べました。土に根粒菌をまいては、残存菌数を数えるという作業を行っていました。いろいろ考えるのが楽しくて、将来は研究者になろうと思ったのは、この頃だったように思います。1984年夏の土壌・肥料学会年会（東北大学）で、服部勉先生とディスカッションできたことは、私にとってすばらしい思い出です。寺田寅彦の随筆が好きでいつもカバンに入れて持ち歩いていました。中谷宇吉郎の実験の話などにも感銘を受けました。修士課程を修了し、1985年4月から財団法人電力中央研究所に入所しました。最初の年には、石炭火力発電所の燃殻（石炭灰）の処理に関係した課題を探索するため、北海道の石炭火力発電所の広大な石炭灰捨場の調査に来たことがあります。翌年から東京大学農学部にて内地留学しました。今年定年退職された農芸化学科の五十嵐泰夫先生のグループで、細菌のセルロース分解酵素の遺伝子解析の実験を行いました。当時は遺伝子実験がやっと農学部にも普及したところで、市販の実験キットもなく、たいへんでした。しかし、何か最先端のことをやっているような浮かれた気持ちもありました。数年東大に通って、いくつかのセルロース分解酵素遺伝子を分離し、塩基配列を明らかにしました [1]。そのとき直接技術指導してくれたのが加藤純一さん（現広島大学工学部教授）です。その後、燃料電池用ヒドロゲナーゼ（水素変換酵素）探索の一環として、絶対独立栄養元素硫黄依存性水素細菌、*Hydrogenobacter acidophilus* を分離し、新種として登録しました（現在は *Hydrogenobaculum acidophilum* として再分類されました） [2]。分類学とその実験手法を、理化学研究所微生物系統保存機関（JCM）の鈴木健一朗さんに教わりました。1991年に博士号を取得した翌年、以前に学会で知り合ったドイツ、ゲッチンゲンのハンス・シュレーゲル先生に手紙を書き、ドイツの微生物学の研究事情を教えてくださいました。その年アイスランドで開かれた国際会議に出席し、そこでマールブルグ大学のロルフ・タワー教授と出会いました。ロルフの研究室に行くため、フンボルト財団の奨学金に応募し、幸いにも合格しました。ドイツに渡ったのは1993年6月

26日、20年以上前のことです。フンボルト財団の奨学金はたいへん手厚いもので、研究開始前に4ヶ月のドイツ語研修の補助が現地で受けられました。マールブルグでのテーマはメタン生成に関わるひとつの酵素の性質の解明と結晶化です。見ることも聞くこともすべて新しいことばかりで、研究開始から半年ばかりは、滅茶苦茶に週末も休まず働いていました。やがて無理がたたって、疲れ切っていました。そんなとき、1994年3月私はハノーバーで開かれたドイツ微生物学会の年会に出席しました。学生食堂で行われた懇親会で、日本人のさわやかな青年科学者と出会いました。彼は筑波の公立研究所の研究員でブレーメンのマックスプランク研究所に滞在されているとのこと。研究のことを楽しい趣味のように語るその人と話して、私は元気を取り戻しました。それから20年以上つきあうことになるその人は、低温科学研究所微生物生態学グループの福井学さんです。その2年後に同じ会議で、オランダに滞在中の北大農学部横田篤先生とも知り合いました。外国に居る利点のひとつは、逆に日本人と知り合える機会が増えることかもしれません。

さて、フンボルト財団奨学金の期間も終わりに近づき、今後のことをロルフに相談したところ、マールブルグにマックスプランク陸生微生物学研究所の新しい建物ができて、研究グループが増える、グループリーダーとして残らないかと誘われました。当時の私にとって夢のような話、喜んで引き受けることにしました。アメリカに行きたい気持ちもあったのですが、長男が生まれた時期でもあり、本当に有難く思いました。その数年後にパーマネントポジションを同研究所で取得しました。しかし、まさか20年以上も生活することになるうとは考えてもいませんでした。グループリーダーとしてのテーマは、メタン代謝に含まれるすべての酵素の触媒機構を結晶構造を基に解明することでした。鉄ヒドロゲナーゼ [3] を含む、多くの酵素や補酵素の構造と機能を、各種分光学的手法を取り入れて研究してきました。ここでは、私の代表的な仕事として、嫌気メタン酸化酵素の研究を以下に紹介します。このテーマは微生物生態学と結晶構造解析（生化学）が直接結びついた珍しい研究例で、福井さんと私の共同研究の出発点です。なおこの研究は科学技術振興機構（JST）「さきがけ」の援助を受けて行いました。より詳しい内容は JST のプレスリリース (<http://www.jst.go.jp/pr/info/info848/>) をご参照下さい。

嫌気条件でメタンを分解する酵素の研究

メタンは、嫌気条件（酸素がない条件）でメタン生成微生物が持つ酵素、メチル補酵素M還元酵素（MCR）によって生産されます。牛やシロアリの体内、あるいは水田や湖沼底の泥などはメタン生産環境になっています。また、海洋には大量のメタンがメタンハイドレート（メタンが水分子のカゴ構造の中に閉じ込められたもの）として埋蔵されており、将来のエネルギー源として期待されていますが、これらもメタン生成微生物によって生産蓄積されたものと考えられています。メタンは二酸化炭素（CO₂）よりも強力な温室効果ガスであり、もし大量に大気中に放出されると地球環境に及ぼす影響が大きいと考えられています。

海底で生産されるメタンのほとんどは、メタン分解微生物によって分解されるため、大気中に放出される量はわずかです。もし、メタン分解微生物がいなかったら、大気中に放出されるメタンの温室効果により、地球は温暖化が進んでしまうかもしれません。このメタン分解微生物による分解反応は、嫌気的な環境でも起こると1960年代から分かっていました。ただ、どのような酵素反応によって分解されているのかは分かっておらず、これまで『最初の反応は、メタン生成酵素であるMCRが通常とは逆の反応を触媒することで、メタンが分解される』と信じられてきました。すなわち、メタン生成の逆方向の反応でメタンが分解されていることになります。しかし、嫌気メタン酸化反応は強い吸エルゴン反応で（ $\Delta G^{\circ} = +30 \text{ kJ/mol}$ ）、この逆反応が生体内で実際に起こっているとは考え難く、また確かめるにしても、技術的困難がありました。通常、酵素を研究するには、生体内から、混ざりもののない微生物を培養します。それには、メタン分解微生物を培養して増やす必要がありますが、このメタン分解微生物は増殖速度が非常に遅く、また培養条件の維持が難しいため研究室内では分離培養できないのです。

そうした中、黒海の海底に煙突状の大きな微生物層が見つかりました。そこに含まれる微生物がメタン分解を行っており、ドイツの共同研究グループが潜水艇で微生物層を採取し、私たちはその一部を使って酵素を分析しました。その結果この微生物層には、その全たんぱく質の10%近くに及ぶ大量のMCRに良く似た酵素が存在することを見いだしました。また、遺伝子解析により、このMCR様酵素は、メタン分解微生物由来のものであることが明らかになりました [4]。メタン分解微生物が、メタン生成酵素MCRとよく似た酵素（MCR

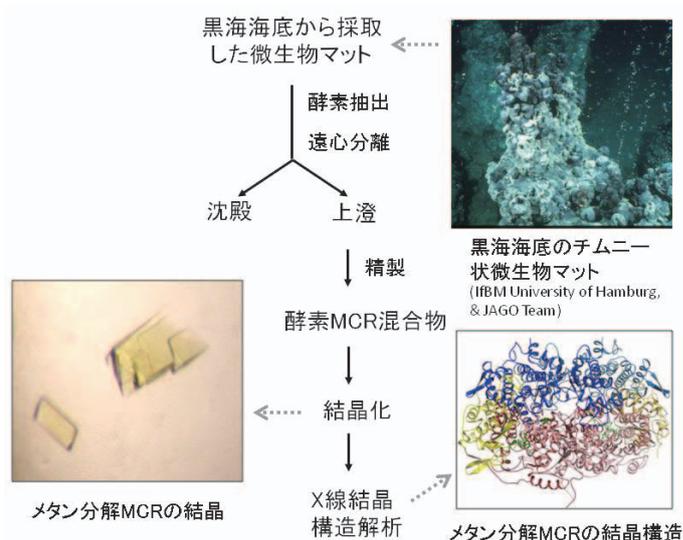


図1 微生物マットからの酵素の精製と結晶化
黒海の微生物マットから酵素MCRの混合物を抽出精製し、結晶化した。

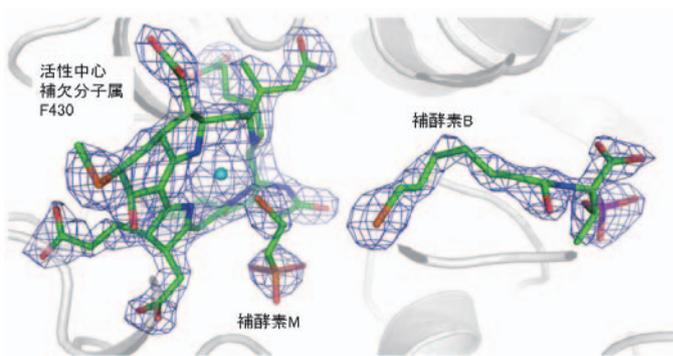


図2 活性部位に結合した反応物質
F430からなる活性中心に結合した反応物質は補酵素Mと補酵素Bであることが明らかになった。これらの補酵素はメタン生成酵素MCRでも使われている。

様酵素)を大量に持っている事実は、上述の仮説を支持しています。しかし、この大量に存在していたMCR様酵素は、実はメタンとは全く関係のない異なる反応を触媒している可能性もありました。そこで、酵素の結晶構造からその反応物質を明らかにすることを試みました。メタン生成酵素MCRの結晶構造中には常に反応物質が結合した状態で見られるからです [5]。しかし、MCR様酵素は微生物群からのものであり、似たような多くの酵素の集合体です。現在の技術ではある程度以上精製することはできません。そこで、あえてその混ざりものの酵素標品を結晶化に使うことにしました。数多くの条件を検討した結果、幸運にも結晶が得られ、X線構造解析により高解像度で解析することができました [6]。構造解析の結果、混ざり物のなかか

ら、単一の酵素のみが結晶化したことが分かりました(図1)。自然の酵素を混ざりものから結晶化したことは、これまで前例がありませんでした。詳細な解析の結果、「補酵素M」と「補酵素B」と呼ばれる化合物が活性中心部分に結合していることが確認できました(図2)。この2つの化合物は、メタン生成酵素MCRでも反応物質として使われていることから、嫌気メタン酸化マッドに含まれるMCR様酵素は、メタン生成酵素と同じ反応を逆向きに進めていることの強力な証拠になりました。

本研究で、メタン分解酵素MCRがどのようにメタンを分解するか、その実体が明らかになりました。メタン分解代謝の全容を明らかにするには、そのほかのいくつもの酵素の仕組みも調べる必要がありますが、微生物によるメタン生成とメタン分解の仕組みを理解することは、持続可能な地球環境を考える上でメタン低減の方策を考えるために不可欠な情報です。また、メタン代謝には他にも重要な酵素がたくさんあります。今後も自然から多くを学び、メタン代謝を総合的に理解していきたいと考えています。黒海だけでなく、日本にも興味深い微生物環境があります。福井先生のグループと共同で、新たな研究分野を開拓していきたいと思えます。

文献

1) Shima, S., Igarashi, Y. & Kodama, T. (1991) Nucleotide sequence analysis of the endoglucanase-

encoding gene, celCCD, of *Clostridium cellulolyticum*. *Gene*. 1991 104: 33-8.

2) Shima, S. & Suzuki, K.-I. (1993). *Hydrogenobacter acidophilus* sp. nov., a thermoacidophilic, aerobic, hydrogen-oxidizing bacterium requiring elemental sulfur for growth. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 43: 703-708.

3) Shima, S, Pilak, O, Vogt, S, Schick, M, Stagni, MS, Meyer-Klaucke, W, Warkentin, E, Thauer, R.K. & Ermler, U. (2008) The crystal structure of [Fe]-hydrogenase reveals the geometry of the active site. *Science*. 321: 572-5.

4) Krüger, M., Meyerdierks, A., Glöckner, F.O., Amann, R., Widdel, F., Kube, M., Reinhardt, R., Kahnt, J., Böcher, R., Thauer, R.K. & Shima, S. (2003) A conspicuous nickel protein in microbial mats that oxidize methane anaerobically. *Nature*, 426: 878-881

5) Ermler, U., Grabarse, W., Shima, S., Goubeaud, M., Thauer, R.K. (1997) Crystal structure of methyl-coenzyme M reductase: the key enzyme of biological methane formation. *Science* 278: 1457-1462.

6) Shima, S., Krueger, M., Weinert, T., Demmer, U., Kahnt, J., Thauer, R.K., Ermler, U. (2012) Structure of a methyl-coenzyme M reductase from Black Sea mats that oxidize methane anaerobically. *Nature* 481: 98-101.

生体分子による結晶成長制御メカニズムをシミュレーションで探る

灘 浩樹 (客員教授、独立行政法人産業技術総合研究所 主任研究員)

生体中に含まれるタンパク質やポリペプチドには、結晶の成長を巧みに制御する機能を持つものがある。たとえば、寒冷地の魚や昆虫に含まれる不凍タンパク質 (Antifreeze protein, AFP) は氷の結晶成長を制御する機能を持つ [1]。貝に含まれるある種のタンパク質やペプチドは、炭酸カルシウムの結晶成長を制御する機能をもつ。このような生体分子の優れた機能は、基礎科学の知見として大変興味深い。また、分子の機能を利用した新しい結晶材料合成技術の開発のヒントともなる。我々は、AFPによる氷の結晶成長制御メカニズムと炭酸カルシウム結晶表面上における有機分子挙動を、分子一つ一つの動きを計算していく分子動力

学 (Molecular Dynamics, MD) シミュレーション法を用いて調べている。それらの研究概要を以下に簡単に紹介する。

①不凍タンパク質による氷の結晶成長メカニズム

魚のカレイに含まれる AFP は、シンプルな α -ヘリックス構造を持つ。過冷却水にできる氷結晶の形は、純水の場合は円盤もしくは六角樹枝である。この形の特徴は、過冷却水に不純物が混ざっていたとしても通常変わらない。しかし、AFP が混ざると、通常は決して現れない $\{20\bar{2}1\}$ 面を取り囲まれた不思議な形へ変わり、そして成長がストップする。これは、AFP が $\{20\bar{2}1\}$ 面に吸着して成長を制御するためであると考えられて

いる。

本研究では、氷の $\{20\bar{2}1\}$ 面と過冷却水との界面に AFP が吸着した系の MD シミュレーションを実施した [2] (図 1)。シミュレーションは、いくつかの異なる AFP 界面吸着状態に対して行った。その結果、AFP を構成するアミノ酸の親水基が液体の水側に向いて疎水基が氷に接触した界面吸着状態の場合のみ、AFP は周辺に氷が成長してもそのまま安定に吸着し、やがてその周辺の氷成長速度に劇的な減少が起こった。この成長速度減少は、AFP による氷の成長制御に相当するものであった。

成長速度の減少は、AFP が界面に安定吸着したために周辺に成長した氷先端形状が丸みを帯びたことと関係していたと考えられる。一般に、丸みを帯びた氷界面先端は、熱力学的な理由により平らな場合に比べて成長しにくい。シミュレーションの解析結果は、このようなメカニズムが働いた可能性を否定していない。疎水基が氷に吸着した状態が安定であったのは、液体の水に接触した場合に起こる疎水性水和のエントロピーロスが発生しないので、自由エネルギー的に有利であったためであろう。これら成長制御メカニズムや AFP 吸着の安定性のさらに詳しく調べるために、昆虫など他の生物の AFP に対する研究も開始している [3]。

②炭酸カルシウム結晶表面上における有機分子吸着挙動

貝の中での起こる炭酸カルシウム結晶成長は、カルボキシル基を持つアミノ酸を多く含むタンパク質やペプチドにより制御される。そこで、カルボキシル基を持つアスパラギン酸 (ASP) をモデル分子とし、炭酸カルシウムの安定結晶として知られるカルサイトの結晶表面上での ASP 挙動を MD シミュレーションにより調べた。ASP が存在すると、カルサイト結晶 $\{104\}$ 面のステップ (平らな表面上にある原子レベルの階段) の模様が劇的に変化することが原子間力顕微鏡観察でわかっている。

シミュレーションの結果、原子レベルで平坦な $\{104\}$ 面には ASP は直接吸着せず、水分子一層を挟んだ状態で間接的に吸着することがわかった (図 2)。 $\{104\}$ 面上の水分子層は秩序構造化しているが、ASP が表面に直接吸着するとその秩序構造が破壊されてしまうため、間接的な吸着の方がエネルギー的に安定になるのである。また、 $\{104\}$ 面に現れる二種類のステップ、鋭角ステップと鈍角ステップのうち、鋭角ステップの先端のみに ASP は容易に直接吸着することがわかった (図 2)。これも、両ステップ周辺の水の構造の違いを反映

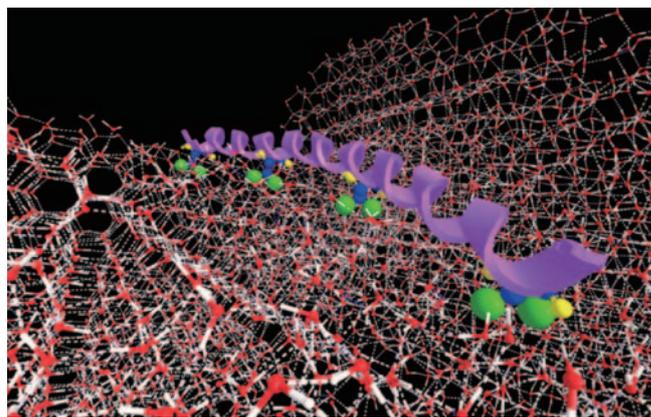


図 1. 成長する氷 $\{20\bar{2}1\}$ 面に安定吸着する AFP。本シミュレーションでは、スレオニンをバリンに置換した AFP を用いた。バリン残基の先端は疎水性メチル基であり、図では黄緑の球として表示している。

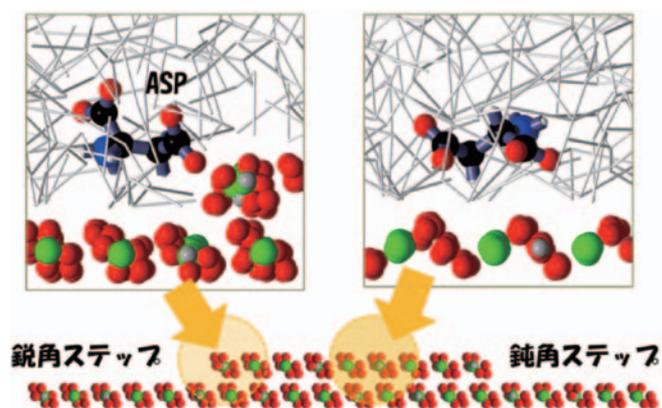


図 2. カルサイト結晶 (104) 上の鈍角ステップに直接吸着する ASP と平坦部分に水分子一層を挟んで間接的に吸着する ASP。黄緑、赤、灰色、青、黒の球はそれぞれ、カルシウム、酸素、炭酸イオンの炭素、窒素、ASP の炭素を表す。灰色の網目は、水分子間の水素結合を表示している (水分子は表示していない)。

した結果であった。ASP 吸着挙動は、周辺の水の構造の影響をものすごく強く受けているのである。

原子間力顕微鏡の観察結果によると、ASP が存在する場合のステップ先端模様の変化は鋭角ステップの方が遥かに大きい。本シミュレーションは、それが ASP の鋭角ステップへの選択的吸着によるものであることを明らかにした。現在、ステップ周辺での ASP 挙動をさらに詳しく調べるシミュレーションも開始している。また併せて、炭酸カルシウム結晶核生成の前駆体として出現するアモルファス微粒子のシミュレーション研究も行っており、これまでに核生成メカニズムを探るための基礎的知見がいくつか得られている [4]。

参考文献

- [1] H. Nada and Y. Furukawa, Antifreeze proteins: Computer simulation studies on mechanism of ice growth inhibition, *Polymer J.*, 44 (2012) 690–698.
- [2] H. Nada and Y. Furukawa, Growth inhibition

mechanism of an ice-water interface by a mutant of winter flounder antifreeze protein: a molecular dynamics study, J. Phys. Chem., B112 (2008) 7111-7119.

[3] H. Nada and Y. Furukawa, Growth inhibition at the ice prismatic plane induced by a spruce budworm antifreeze protein: a molecular dynamics

simulation study, Phys. Chem. Chem. Phys. 13 (2011) 19936-19942.

[4] H. Tomono, H. Nada, F. Zhu, T. Sakamoto, T. Nishimura and T. Kato, Effects of magnesium ions and water molecules on the structure of amorphous calcium carbonate: a molecular dynamics study, J. Phys. Chem. B117(2013)14849-14856.

北緯 43 度の街に通う

中井陽一 (客員教授、独立行政法人理化学研究所 専任研究員)

私が冬の札幌に初めて降り立ったのは、2009 年の 1 月でした。その前年、宇宙雪氷学・宇宙物質科学グループの渡部教授から低温研での共同研究の話を持ちかけられ、それを実行に移す打合せのために訪れたのでした。ウィンタースポーツは学生時代にほんの少し触れただけで、それ以降まったく何も続けていなかったもので、それまで私は冬の北海道にはまったく縁がなかったのです。完全武装で東京から飛び立ちました。ところが「心配するほど寒くはないよ」と言われていたとおり、気温は当然低いのですが、「どうにも我慢できない」と思うほどではなく、寒さの質が勤務している関東や学生時代を過ごした京都とは違っていると感じました。「冬もこれならしっかりと共同研究できそうだな」という、わかったような、わからないような確信を抱いて私は帰りました。

ここで少し話をとめて、私が低温研で行っている共同研究をごく簡単に紹介します。地球や惑星の大気中や宇宙空間に漂っている気体の原子や分子は、それぞれにある条件 (例としては大気中の水蒸気の露点など) になると凝結して液体もしくは固体の粒になるのですが、その凝結は、微粒子核と呼ばれる原子や分子が結合した非常に小さい粒子の生成から始まる、と考えられています。この微粒子核の生成にも幾通りかの道筋があると考えられています。私たちは、イオン (原子や分子から電子が剥がされたもの、または、電子が結合したもの) が引き起こす電氣的な力が微粒子核へ至る反応を促進するという考えに沿って、イオンを種にして分子が結合する過程に関わる量を調べているのです。

さて、話を戻しましょう。確信を持って帰った私はすぐに共同研究をスタートさせ、翌年からは低温研の

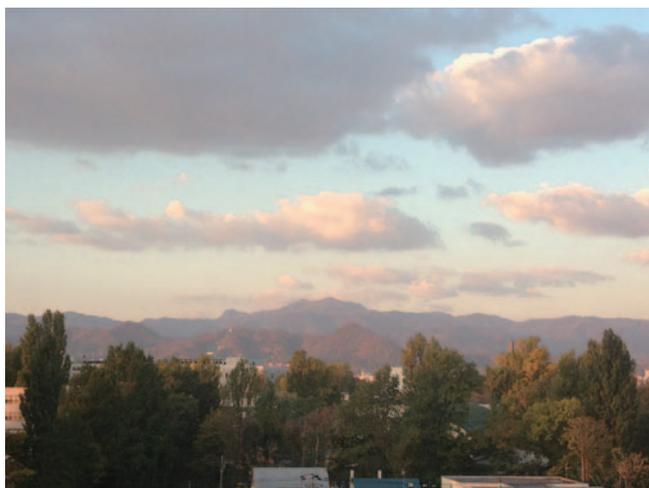
萌芽研究と科研費のサポートを受け本格的に進め始めました。そうして札幌に滞在していたある日、私はあることに気づきました。私は理化学研究所に赴任するまでずっと関西で過ごしてきたので、風景の中には高からず低からずの山々があることが当たり前だったのです。理研へ赴任してみると風景の中に山がない! 冬の快晴にだけ遠くに見える富士山と関東の山地だけでした。それから十数年を経て、遠くおとずれた札幌の街には、風景の中に関西で見ていたような山々があったのです! これで札幌通いがさらに楽しくなっていました。こうして札幌通いがいままで続くことになったわけです。もう見慣れたはずなのに、千歳に降り JR に乗り換え札幌へ向かう間も季節ごとの景色がいまでもわくわくした気持ちにさせてくれます。少しずつ街の中も知るにつれ、周囲の自然と都会が適度に組み合わせられた独特の“空気”が研究で張りつめた気持ちを和ませくれるような気がして、実は恵まれた研究環境ではないかと感じるようになりました。

低温研内に目を転じてみると、私が驚いたのは技術部をはじめとする研究支援の充実ぶりでした。私たちの研究も大小の装置トラブルに見舞われながらも、低温研の多くの方々の支援を受けて無事進めることができ感謝しています。私たちが使用している装置にも技術部の方々が製作してくださったものが多く組み込まれています。その完成度もさることながら問題が見つかった時の対応の速さなど、目を見張るものがあります。機関内の研究支援がさまざまな要因で十分に行われない昨今では、大変うらやましい限りです。また、共同研究課題の代表者、拠点課題等審査委員会委員、客員教授、と、私の低温研と関わる立場はこれまでいろいろと変わりましたが、それぞれの場面で面倒な要

求に応じてくださっている事務部門の方々にはこの場を借りてお礼を申し上げます。今後もいろいろな山や谷があると想像しますが、この低温研の研究支援体制を維持しつつけていく努力をして下さることを期待しています。

宇宙雪氷学・宇宙物質科学グループの方々に暖かく接していただき、みなさんの真摯な研究姿勢にも強く影響をされて、非常に楽しく共同研究を進めています。客員教授として少しでも貢献できればと考えて、折々に議論をさせていただいているつもりです。また、休憩時間や早く実験が終わった後などには、時には他のグループの方も一緒に、まじめな話からバカ話まで盛り上がります。私はその盛り上がりそのものを脇で楽しんでいることが多いのですけれど。そうこうしているうちに、出張をしての実験は体にとってはキツイのですが、札幌通いはやめられなくなりました。

北緯43度の街に通い、低温研とはまだまだ長いおつきあいになりそうです。私も少しばかりはお役に立つ



過日宿泊したホテルから北大の向こうに見える山なみ

よう今後も努力していきたいと思います。とりとめの文章におつきあいをいただきありがとうございました。最後になりましたが、低温研のさらなるご発展を祈念します。

Report 報 告

グリーンランド北西部ボードイン氷河調査

津 滝 俊 (雪氷新領域部門)

グリーンランド氷床は北半球最大の氷塊で、その体積は地球上にある氷の10%に相当します。近年、氷床の体積は減少傾向にあり、さらにその減少速度が加速していることが明らかになってきました。特に氷の流れが速く、氷河末端から氷を流出(カービング)するカービング氷河で大きく変化しており、雪や氷の融解量の増加とともに、氷床の体積減少に大きく影響を及ぼしていると考えられます。グリーンランド氷床の体積減少は海水準を上昇させるほか、海洋の循環や海洋生態系の変化に大きな影響を及ぼします。近年のめざましい人工衛星技術の発達によって、氷床全体の変動や海水準への寄与が徐々に明らかになってきました。一方で、人工衛星データを裏付ける現地観測データの蓄積が必要とされています。

このような背景の中、グリーンランド氷床の体積変化の現状把握と将来予測を目的として、低温研が主導する研究プロジェクトが始動しました。このプロジェ

クトは、全国の極地研究者が総力を挙げて取り組む「GRENE 北極気候変動事業」の一翼を担うもので、国立極地研究所との協力によって実施されています。気象研究所が中心となる科研プロジェクトとも連携し、分野間の協力でグリーンランド氷床変動の解明を目指しています。

このプロジェクトが対象としている地域は、グリーンランド北西部のカナック流域です。近年、氷床北西部の質量減少が報告されています。しかしながら、現地観測の困難さ等の問題から氷床南部より研究が遅れているのが現状です。現地観測に適したカービング氷河が点在すること、観測拠点としてカナック村(北緯77度、西経68度)に長期滞在できることなどを理由として、カナック流域が研究対象地として選定されました。カービング氷河の現状の把握とその変動メカニズムの解明を目的として、我々はボードイン氷河において氷河上や氷河近傍の海洋で現地観測を実施しまし

た。

2013年7月、カナックの空港をヘリコプターで飛び立ってボードイン氷河に向かいました。ボードイン氷河は長さ約15km、幅5kmのフィヨルドの最奥に位置し、幅3kmの末端から氷床の氷を排出するカービング氷河です(図1)。氷河左岸側のキャンプ地にヘリコプターを使って機材を空輸。低温研の大学院生2名を含む合計5名が参加し、12日間にわたる観測が始まりました。今回の観測にはグリーンランドの環境を扱った特別番組の取材のため、北海道テレビ放送(HTB)の取材班が3名同行しました。

まずは氷河の表面高度と氷の厚さを測定します。氷河の表面高度はGPSを用いて数cmの精度で測定します。氷の厚さは電磁波の反射を利用したアイスレーダを用いて測定します。無数に走るクレバスに幾度も進路を阻まれながらも(図2)、末端から約4kmの範囲で氷河の形状を明らかにしました。ボードイン氷河末端の氷厚は約250m、そのうち220-230mは海面下にあることがわかりました(図3)。氷はその厚さの9割が水に浸かると浮力の働きで浮き始め、流動の加速やカービングの増加を引き起こすと考えられます。つまり、現在のボードイン氷河末端はギリギリで接地していて、わずかな氷厚の減少でも氷河末端の位置が変化しうること示唆しています。

氷河の中央流線に沿った流動速度を、GPSによって連続的に測定しました。ボードイン氷河は年間300-550mの速さで、末端ほど高速で流れていました。また興味深いことに、流動速度は海洋の潮汐、気温、降水量の変化に強く影響を受けていることがわかりました。

フィヨルドの構造を明らかにするため、ソナーを用いて海底地形を探索しました。フィヨルドの海底は外

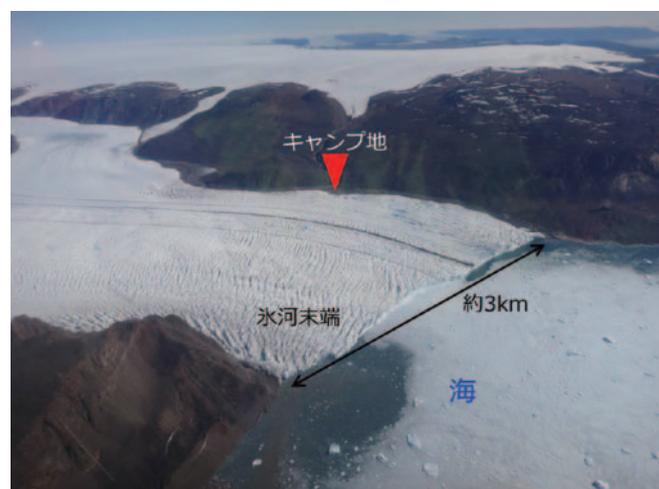


図1. 氷河末端から上流に向かって撮影したボードイン氷河。末端から約4kmまでの範囲で調査を行いました。



図2. ボードイン氷河上での活動。クレバスを避けるように迂回しながら調査を行いました。

洋側で約500-600mと最も深く、そこから次第に浅くなり、フィヨルドの入口から15km地点で約200mと最も浅く、現在の氷河末端の位置でわずかに深くなっていました。(図3)。上流に向かって海底が深くなる場所に氷河末端がある時、氷河は急速に後退すると報告されています。ボードイン氷河末端は2008-2011年に約1km後退したことが人工衛星データ解析によって明らかになっており、海底の形状が急速な後退の一因であることが示唆されました。

ボードイン氷河に滞在した12日間はキャンプ生活でした。キャンプ地にはテントが10張もならび、普段は人気のないボードイン氷河にテント村が現れました。ボードイン氷河のキャンプ地はとても快適でした。大量の蚊には閉口しましたが…。食事も、日本やカナック村で調達した食材を用いてメンバーで作ります。みんなで一緒に食事を作り、さながら合宿の様に生活する体験は貴重ですし、楽しいですよ！

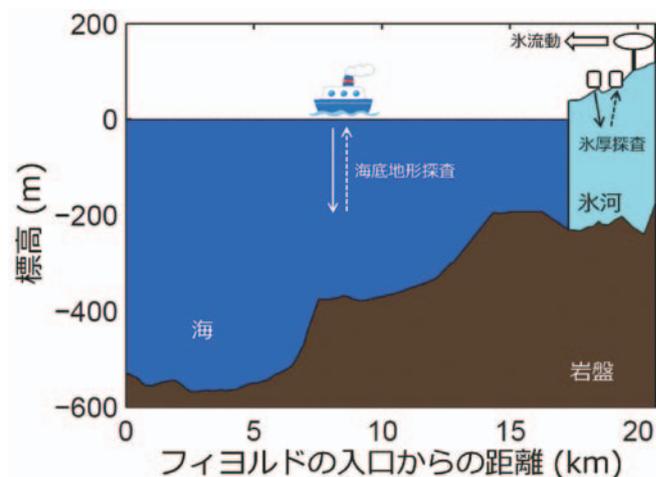


図3. 氷厚・海底地形探索によって明らかになった氷河と海底断面プロット。氷河末端の厚さは250mで、9割近くが海面下にあることが確認されました。フィヨルドの入口で最も深く、約500-600mでした。

今回の現地観測で得られた氷河の厚さ（氷河底の地形）とフィヨルドの海底地形に関する情報は、過去のボードイン氷河変動の解明のみならず、数値シミュレーションを用いた将来予測を行う上でも重要な知見となります。このような詳細な地形データは現地観測によってのみ得られるもので、現地観測の重要性を再認識しました。本プロジェクトは2014年もボードイン氷河での現地観測を計画しています。新しい発見や貴重なデータの取得を期待しながら、準備を進めていきたいと思えます。

本研究は、GRENE 北極気候変動事業の下で国立極地研究所と共同で実施しました。ともに観測に携わった杉山慎氏（低温研）、澤柿教伸氏（北大・地球環境）、榊原大貴氏、丸山未妃呂氏（低温研 / 環境科学院）、青木輝夫氏（気象研）、的場澄人氏（低温研）、對馬あかね氏（低温研 / 環境科学院）をはじめ SIGMA プロジェクトの皆様、北海道テレビ放送取材陣の皆様、その他多くの協力者の方々に深く感謝申し上げます。

海外調査・観測

- ① 調査・観測先：米国アラスカ州バロー
 - ② 期間：2013年7月～8月
 - ③ 参加者：大島慶一郎、深町康、高塚徹、清水大輔（国立極地研）
 - ④ カウンターパートの機関名とプロジェクト：アラスカ大学フェアバンクス校
 - ⑤ 観測目的：北極のチャクチ海アラスカ州バローの沿岸海域で、2012年8月に海水・海洋観測のために設置した係留系の回収および同様の係留系の再設置を実施した。
- ① 調査・観測先：グリーンランド・カナック周辺
 - ② 期間：2013年6月～8月
 - ③ 参加者：杉山慎、津滝俊、榊原大貴、丸山未妃呂
 - ④ カウンターパートの機関名とプロジェクト：なし
 - ⑤ 観測目的：グリーンランドにおける氷質量変化の解明を目的に、カナック村周辺のカービング氷河、氷帽、氷床内陸、および海洋で観測を行った。氷河氷床の質量収支、流動、海洋地形などに関する新しいデータを得た。



図4. 今回の観測に参加したメンバーが、調理や食事を行うキッチンテントに集いました。キャンプ地はとても快適でした。大量の蚊を除いては…

- ① 調査・観測先：グリーンランド氷床北西部、グリーンランド・カナック氷帽
 - ② 期間：2013年7-8月
 - ③ 参加者：的場澄人、對馬あかね（環境科学院 地球圏科学専攻 博士課程2年）
 - ④ カウンターパートの機関名とプロジェクト：気象研究所「積雪汚染及び雪氷微生物が北極域の環境変動に及ぼす影響（SIGMA）」
 - ⑤ 観測目的：黒色炭素等光吸収性エアロゾルによる積雪汚染と雪氷微生物による雪氷面アルベド低下の実体を明らかにするため、2011年よりグリーンランド氷床、周辺氷帽にて雪氷気象観測を行っている。本年は、氷床と氷帽に設置してある自動気象観測装置のメンテナンスと氷床上での積雪観測を行った。
- ① 調査・観測先：スイス
 - ② 期間：2013年9月
 - ③ 参加者：杉山慎、曾根敏雄、的場澄人、大学院生9名
 - ④ カウンターパートの機関名とプロジェクト：スイス連邦工科大学
 - ⑤ 観測目的：南極学カリキュラムの野外実習として、8回目となるスイス氷河実習を開催した。スイス山岳域の氷河で観測を行った他、現地研究者の講義聴講、観測結果の発表会などを実施した。

Awards 受賞

福田 武博

社団法人日本雪氷学会・日本雪工学会主催 雪氷研究大会学生優秀発表賞
口頭発表部門 優秀発表賞（平成25年9月20日受賞）

榊原 大貴

社団法人日本雪氷学会・日本雪工学会主催 雪氷研究大会学生優秀発表賞
ポスター発表部門 優秀発表賞（平成25年9月20日受賞）

大藪 幾美

社団法人日本雪氷学会・日本雪工学会主催 雪氷研究大会学生優秀発表賞
ポスター発表部門 最優秀発表賞（平成25年9月20日受賞）

杉山 慎

社団法人日本雪氷学会 2013年度 学術賞（平成25年9月19日受賞）

嶋 盛吾

(独) 科学技術振興機構「Chemical Conversion of Light Energy Prize」
(平成25年5月19日受賞)

Administration Office

平成26年度共同研究・研究集会公募について

平成26年度共同研究・研究集会は、平成25年12月2日募集を開始しています。

詳しくは、当研究所ホームページの「共同研究」のページでご確認願います。

<http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/kyoudou.html>

会議開催報告

・第7回共同利用・共同研究拠点課題等審査委員会
(平成25年10月21日～10月31日開催、メール会議)

議題 平成26年度北海道大学低温科学研究所共同研究・研究集会公募要領(案)及び平成26年度共同研究応募資料(案)について
今後の応募スケジュールについて

人事異動 (平成25年5月1日以降)

日	付	異動内容	氏名	職名(旧職)
H25.	5.13	採用	中村 佳代	技術補助員
H25.	7. 1	採用	DESHMUKH Dhananjay Kumar	博士研究員
H25.	8. 1	採用	西川 将典	博士研究員
H25.	9. 1	採用	BIKKINA Srinivas	博士研究員
H25.	9. 1	採用	ZHU Chunmao	博士研究員
H25.	10. 1	採用	北川 暁子	技術補佐員
H25.	10. 8	採用	HU XUEYUN	学術研究員
H25.	10.22	採用	井上 恭子	技術補助員

低温研ニュース第36号

(北海道大学低温科学研究所広報誌)

発行：北海道大学低温科学研究所 所長
〒060-0819 札幌市北区北19条西8丁目

編集：低温研広報委員会

広報委員：江淵直人・杉山慎・下山宏

事務部総務担当

(ご意見、お問い合わせ、投稿は広報委員まで)

TEL(011)706-5465、FAX(011)706-7142