低温研ニュース

ILTS

2019年6月
No.47

グリーンランド北西部・ボードイン氷河での観測
（撮影：杉山　慎）

Research

光学顕微鏡で観る氷表面での大気との反応
（長嶋　剣）…… 2

昆虫の自然免疫と環境適応
（落合　正則）…… 4

People …… 6

Report

「グリーンランドとアイヌの狩猟文化：
環境保全と文化継承の取り組みから」
「ARCTIC LIFE
～極北の狩人と雪氷学者を囲んで～」
（杉山　慎）…… 12

海外調査（杉山　慎）…… 14

Press Release／News

北海道大学低温科学研究所
http://www.lowtem.hokudai.ac.jp

光学顕微鏡で観る氷表面での大気との反応

雪氷新領域部門　長嶋　剣

氷表面での化学反応と環境問題

大気中では様々な分子の化学反応が起こり、その結果として我々にとって生活しやすい地球環境となっています。このバランスが崩れるとオゾン層破壊による紫外線増加や、二酸化炭素増加による地球温暖化といった環境問題を引き起こしてしまうわけです。また、大気中での化学反応だけではなくエアロゾルなど固体微粒子上での化学反応（不均一反応）も重要であることがわかっています。例えば氷表面での酸性ガスの反応によって、オゾン層破壊や大気汚染ガスの増加に繋がることが知られています。

氷表面でどのような化学反応がどのぐらいの反応速度で起きているのかは、ガス組成の変化を追うことで実験的に調べることができます。しかし、氷表面の分子１つ１つを追えるわけではないので、実際にどのような事が起こっているのか、例えば化学反応の経路や何が反応速度を決めているのかを明らかにする事は簡単ではありません。さらに、氷の場合は疑似液体層という現象があるためなおさら複雑になっています。

0℃以下でも濡れている氷表面

疑似液体層とは融点より低い温度で結晶表面に現れる薄い液膜のことで、特に氷の疑似液体層については150 年以上前のマイケル・ファラデーから始まる長い研究の歴史があります。結晶表面がドライな状態なのかウェットな状態なのかは、摩擦、吸着、成長・蒸発様式など様々な表面物性に影響を与えるため、結晶表面での化学反応にとっても非常に重要なはずです。しかしながら、ナノメートル厚みしかない疑似液体層の全容は未だに捉えきれていないのが現状です。

そのような中、光学顕微鏡で氷表面の疑似液体層を直接観察するというユニークな研究が 10 年程前から低温科学研究所にて始まりました。改良した光学顕微鏡（共焦点微分干渉顕微鏡）の高さ分解能は 1 nm 未満と非常に高く、氷表面の分子が作る階段（高さ 0.4 nm）でさえ捉えることが可能となりました。この最新の光学顕微鏡で氷表面を観察すると、疑似液体層はこれまで考えられてきたような均一な膜厚で氷表面全体を濡らしているわけではなく、部分的に濡れている状態であることがわかりました。その後の研究で、擬似液体層の出現・消失条件や膜厚、物性なども明らかになりつつあります。詳しくは過去の低温研ニュース No.33 佐﨑先生、No.42 村田先生の報告をご覧ください。

氷表面に現れる酸性液滴

私はこの特別に改良した光学顕微鏡を使って、酸性ガス（今のところ塩化水素、硝酸ガス、二酸化炭素）が氷表面の疑似液体層に与える影響について調べています。酸性ガスの無い窒素 100% 雰囲気下の場合、およそ -2℃より温度が高いと氷表面に擬似液体層が出現し、それより低いと消失することがわかっています。ところが酸性ガスがあると疑似液体層は低温でも安定に存在するようになり、-20℃でも疑似液体層は残ったままでした。我々の研究により酸性ガスが無い場合の疑似液体層は熱力学的な安定相ではなく準安定相であることがわかっています。一方、酸性ガスがある場合の疑似液体層は酸性ガスが溶け込むことで酸性液滴となっていることがわかりました。酸性液滴は融点が低くなるため氷点下の氷表面でも安定に存在できるわけです。

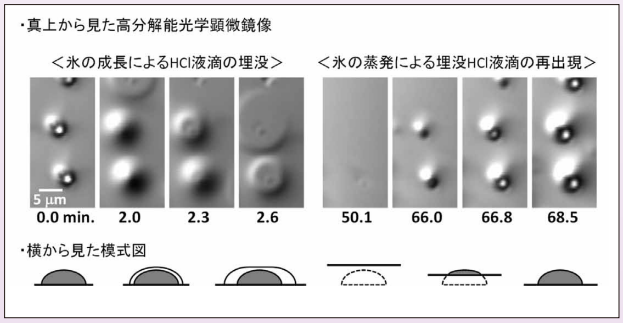


図１　塩化水素ガスがあるときの -10℃の氷表面。
氷表面上に見られる突起が塩酸液滴。高さは 100 nm 程度しかないが、特殊な顕微鏡で高さを強調しているため容易に観察できる。氷の成長に伴い塩酸液滴は氷の中に埋没していくが、１時間後に氷を蒸発させると埋没した塩酸液滴が同じ場所から再出現する。

このような特徴は酸性ガスの種類によらずほぼ同じでしたが、水蒸気の量を変えて氷を成長・蒸発させると酸性ガスごとの違いがよりはっきり見えてきました。硝酸ガスと二酸化炭素の場合は、氷の成長・蒸発によらず氷表面の液体層はほとんど動くことなく存在し続ける一方で、塩化水素の場合だけが氷の成長に伴い氷表面の塩酸液滴を氷の中に取り込むことがわかりました（図１）。

私は結晶成長学を専門としていますが、結晶の成長に伴って表面液滴が埋没する現象は全く予想していなかった結果でした。液滴が埋没するかどうかは、どうやら氷に接した液滴のどの部分から氷が成長していくかによって決まっているようですが（図２）、酸性ガス分子のどのような特徴がその違いを引き起こしているのかはまだ明らかではありません。どのようなガス分子がどのような温度・水蒸気量の条件で、氷表面の液滴の埋没を促すのかを詰めていくことで、埋没メカニズムの解明に繋がることを期待しています。

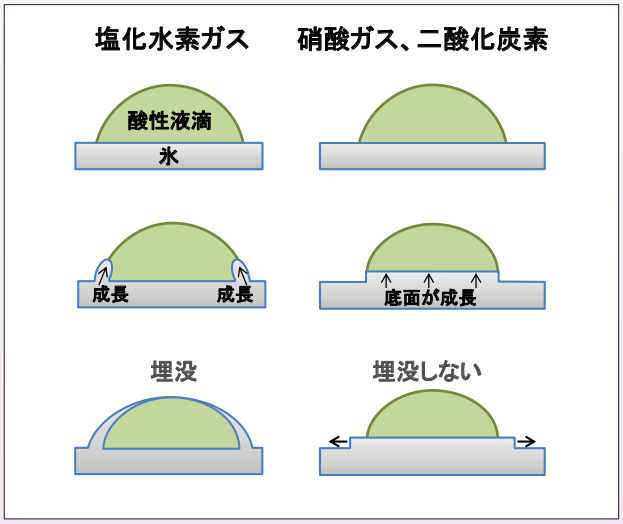


図２　酸性液滴の埋没メカニズム
（左列）塩化水素ガスの場合。氷が成長する時に、氷－液滴－大気界面から優先的に成長すると酸性液滴の表面を氷が覆ってしまい最終的には氷の中に酸性液滴が埋め込まれる。（右列）硝酸ガス、二酸化炭素の場合。氷が成長する時に、氷－液滴界面から平均的に成長すると埋没は起こらない。結晶成長学分野では VLS 成長（Vapor-Liquid-Solid 成長）としてよく知られたメカニズムである。

ウェットな氷表面が与える影響とは？

これらの結果からガス分子がどの程度氷に保持されるのかを考えてみます。保持量が多ければ多いほど化学反応にとって有利になるわけです。まず、ガス分子は固体である氷の中にはほとんど入れません。そのため液体層の無いドライな氷表面では、ガス分子のほとんどは表面吸着という形で保持されます。一方ウェットな氷表面では酸性液滴の中に多量のガス分子が存在できることになります。塩化水素に至っては、酸性液滴が氷内部に取り込まれることで氷内部にも多量のガス分子が保持されることになり、その量は 10 倍以上に達することがわかりました。以上のように、氷表面での化学反応の元となる分子の量を求めるだけでも表面液体層の存在によりかなり複雑であり、表面液体層の性質を調べることが重要であることがわかってきました。

また、ウェットな表面で変わるのはガス分子の保持量だけではなく、例えば氷の成長速度や蒸発速度も変わることになります。二酸化炭素増加による地球温暖化によって氷や雪が融けてしまうことが心配されていますが、たとえ氷点下だとしても氷は蒸発して水蒸気となることで減少してしまいます。どのぐらいの二酸化炭素濃度・氷温度で氷表面がウェットになるのか？ウェットな氷表面からの氷の蒸発速度は促進されるのか抑制されるのか？といった点を今後調べていきたいと考えています。

昆虫の自然免疫と環境適応

生物環境部門　落合　正則

昆虫とはどんな生き物か

昆虫は極域から熱帯まで陸地のさまざまな環境に適応しています。約４億８千万年前に甲殻類（エビやカニの類い）の一部のグループが海洋から陸上に進出し、陸生になった最初の動物群とされています。その頃の地球の大陸は現在のものとは形も配置も大きく異なり、その後の衝突と移動を繰り返して現在の陸地になりました。昆虫は大陸に乗ったまま地球上の各地へ散らばり、新たな環境へ適応していったと考えられます。現在、昆虫は生物種として約 100 万種が記載されており、地球上の生物全体の記載種の半分以上を占めています。ヒトを含む哺乳動物は約 5,500 種ですので、種数だけでも 200 倍近くが確認されていることになります。なぜこれほど多様性に富んだ生物グループになったのか、その理由には諸説ありますが、さまざまな環境への適応が進化の原動力となって多様性を生み出したと考えられます。この昆虫の多様性の背景となっている環境適応の分子基盤や分子機構の解明が当分野の研究の目的であり、モデル生物であるカイコで生化学、分子生物学的な手法を用いて生体内の物質の解析を行っています（図 1）。

環境ストレスとしての微生物感染

すべての生物は生息場所の環境からの影響を受けており、さまざまな環境要因に対応して生きています。環境要因の中には温度、湿度、光量などの物理的環境要因と他の生物種や個体からの作用である生物的環境要因に分けられます。感染症を引き起こす細菌やカビなどの真菌は環境ストレスとなる生物的環境要因の代表といえます。種分布や個体数に大きく影響を与える病原菌などに対抗するために備わっているのが生体防御系、いわゆる免疫です。ヒトの免疫に関する研究は医学の領域として多くの研究がされていますが、無脊椎動物などの他の動物の免疫については今でも不明なことが多くあります。ここ 20 年くらいの間に大切なことが徐々にわかってきました。ヒトでは体内に何か異物が入ってきたときに抗体というタンパク質を作り、抗体が異物の認識や処理に大きな役割を果たしていることは昔から知られていました。このような抗体に代表されるようなシステムを獲得免疫といいます。獲得免疫は異物と出会って徐々に増強されていくシステムですが、生まれたときから機能している基本的な免疫システムを自然免疫といいます。ヒトは獲得免疫と自然免疫の両方を備えていますが、そのような生き物は全動物種のわずか 4% の種にしか過ぎず、昆虫を含む他の生物種は自然免疫のみで体を守っています。

図１　実験に用いているカイコ幼虫
研究室では数百頭のカイコを常時飼育しており、卵から蛹までのいろいろな発育段階をそろえている。

昆虫の自然免疫

昆虫が海から陸に進出した時、陸にはいずれ天敵になる脊椎動物はまだいませんでしたが、土壌や淡水中の細菌やカビなどの目に見えない微生物と戦わなければなりませんでした。現在でも腐葉土や腐敗物を生息場所とする昆虫は多く、これらは常に微生物感染のリスクを負って生活しています。昆虫の体は微生物にとって栄養豊富な資源になりえることから、微生物感染に抵抗できる強力な生体防御系を発達させていったと考えられます。昆虫の外骨格は硬いクチクラでできており、物理的バリアーとして機能していますが、外皮表面に付着したカビの胞子などはプロテアーゼやキチナーゼで外皮を溶かして菌糸を体腔内へ伸ばしていきます。多くの生物の免疫には液性と細胞性の反応があります。昆虫の体内に微生物が侵入すると、血液（血リンパ）中の異物に特異的な認識タンパク質が結合し、液性と細胞性の免疫反応が始まります。液性の反応とは血液や体液中のタンパク質などが行う反応で、昆虫の液性免疫反応の代表的なものとしては、抗菌ペプチド（抗生物質のようなもの）の産生と異物周囲でのメラニン形成が知られています。メラニ

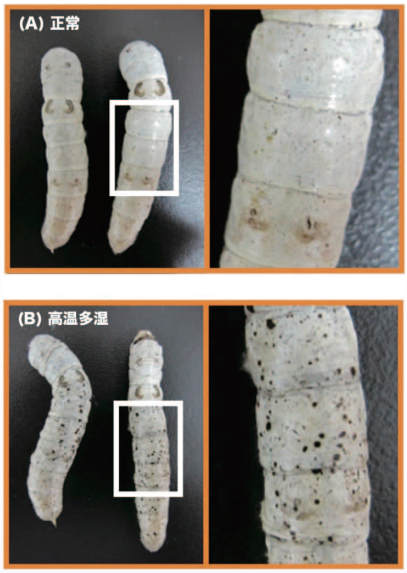


図 2　カイコ外皮のメラニン化
カイコ 5 齢幼虫を高温多湿（29˚C、湿度 80%）の環境で飼育し、真菌類の感染を促した場合、外皮のメラニン化（黒点）がおこる。右のパネルは左のパネルの白枠内を拡大したもの。（A）は通常（24˚C）の温度で飼育した個体。（B）菌糸の伸長によりメラニン形成系が活性化して、侵入箇所が黒点として観察される。

ンは外皮に傷害を負った時にも観察されますが、微生物が感染するとフェノール性物質を酸化して異物周囲にメラニンをつくり、物理的に異物を隔離します（図 2）。また、メラニンの生成過程でできるキノン中間体には細胞毒性があることから、隔離された微生物の死滅にも役立っていると考えられています。細胞性の免疫反応は血液中の血球細胞が担う異物に対する反応で、多くの昆虫で共通しているのは食作用や包囲化と呼ばれる反応です。食作用は血球細胞より小さい細菌などを細胞内に取り込んでしまう反応で、包囲化は血球より大きい糸状菌や寄生蜂の卵などに対し複数の血球細胞で取り囲む反応のことです。液性と細胞性の免疫反応は微生物感染から同時に並行して進行しますが、細胞性反応の詳細は明らかにされていない部分が多くあります。我々の研究室では当初メラニン形成系活性化の分子機構について調べていましたが、今では抗菌ペプチド産生や血球細胞の免疫反応についても研究対象になっています。

ストレス応答に関与するサイトカイン

昆虫の体液に抗菌活性があることやケガをしたときの傷害周辺がメラニン化することは 100 年以上前から知られていました。抗菌ペプチドの産生系とメラニン形成系に関する研究はそれぞれ独立した研究分野として 1990 年代から徐々に研究が進み、活性化の引き金となる異物認識タンパク質が共通であることが後にわかりました。現在ではそれぞれの系を構成する複数のタンパク質の大部分が明らかになっており、2 つの系の連携を示すタンパク質の同定にも成功しました。液性免疫に関与する因子の遺伝子やその発現の解析は進んでいますが、細胞性反応とどのように連携しているのか、血球細胞同士のネットワーク等に関する分子レベルの解析はあまり進んではいません。

細胞性反応の食作用や包囲化の初期には異物に向かって血球細胞が糸状突起を伸ばしたり、変形したりすることが観察されています（図 3）。突起伸長に関してはプラズマ細胞伸長ペプチドと呼ばれるサイトカイン（細胞間相互作用に関与する低分子タンパク質）が既に他のグループにより報告されていました。このサイトカインが活性を示す時は 23 アミノ酸が連なった低分子タンパク質の形をしていますが、普段は不活性な前駆体（N 末端側に 90 アミノ酸がついている）で血液中に存在し、特異的なプロテアーゼによる限定加水分解で活性化すると考えられています。現在、私達はこのプロテアーゼの同定を行っており、サイトカイン前駆体の活性化機構の詳細を解析する予定です。実はこのサイトカインには他の機能があることがわかっています。寄生バチにより卵を産みつけられた蛾の幼虫の成育を阻害したり、筋肉を収縮させて全身を麻痺させたりする多機能性サイトカインであることが他の研究グループから報告されています。また、佐賀大学の早川洋一教授のグループとの共同研究で低温ストレスなどを昆虫に与えるとこのサイトカインが活性化し、その発現量が増加することを突き止めました。これまでこのサイトカインはチョウ目の昆虫からのみ報告されてきましたが、近年ショウジョウバエから同じ生理機能をもつペプチドを特定し、その構造とともにストレス応答に関与するサイトカイン受容体を同定することに成功しました。今後は他の環境ストレス応答におけるこのサイトカインの役割や活性化の分子機構を明らかにするとともに免疫機能と環境ストレスの関係についても調べたいと思っています。

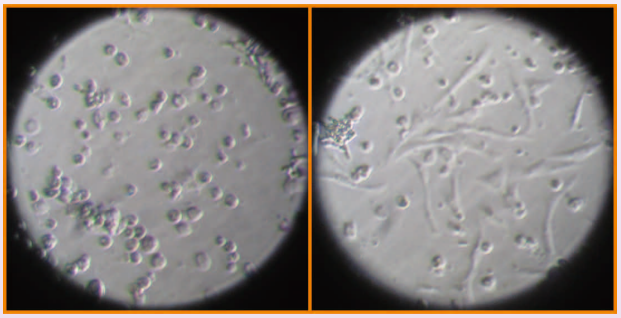


図 3　血球細胞の伸長反応
カイコ 5 齢幼虫の血球細胞（左、通常）にプラズマ細胞伸長ペプチドを加えて伸長させた（右）。血球細胞の伸長は細胞性免疫反応である食作用や包囲化の際に観察され、プラズマ細胞というタイプの血球細胞のみが伸長する。

着任のご挨拶

水・物質循環部門　中山　佳洋

はじめまして。中山佳洋（なかやまよしひろ）と申します。2018年11月26日に海洋・海氷動体分野の助教に着任しました。これまで、Alfred Wegener Institute/University of Bremen（博士課程）、NASAジェット推進研究所（NASAポスドクフェロー）にて、南極沿岸域の海洋棚氷相互作用についての研究を行ってきました。修士過程は、低温科学研究所の海洋・海氷動体分野に所属していたので、約8年ぶりに戻ってきました。特に、観測データと海洋数値モデルを統合的に利用して、現実の南極海で何が起きているのかを理解することが私の研究のテーマです。

南極の氷の収支と海面上昇

南極大陸には、地球上の氷の約90%が存在し、その量は海水準で約60メートルに相当します。南極の氷は、雪が降り積もり圧迫されることで形成され、徐々に大陸沿岸部へと流れ、氷河として海へと流れ込み、棚氷を形成します（図1）。棚氷とは、氷が海へと押し出され、陸上から連結して洋上にある氷を指します。このようにして、南極大陸上に降り積もる雪は、長い時間をかけて、海洋へと流出していくのです。つまり、南極大陸上に存在する氷の総量は、インプット（南極大陸への降雪量）、アウトプット（氷河としての海への流れ込み（氷河の流動速度））によってコントロールされることになります。

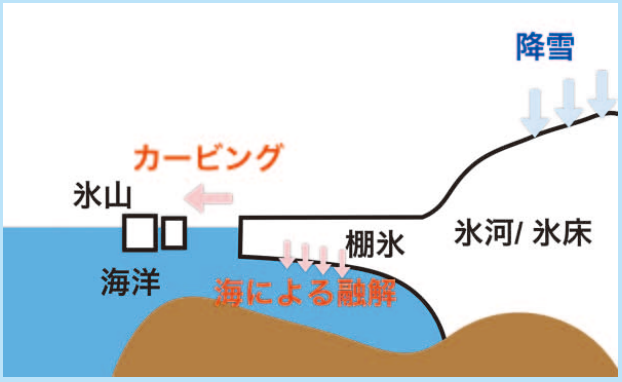


図1　南極の質量収支を表す概略図。

近年、南極大陸上に存在する氷が減少し、海面上昇（年間約0.3mm）に寄与していることがわかってきましたが、この主な原因は氷河の流動速度の増加にあるとされています。

棚氷の役割、"冷たい"棚氷と"暖かい"棚氷

棚氷は、湾内など囲まれた領域に形成されやすく、氷河の流れを塞きとめる効果があります。その効果から、棚氷は時折、南極からの氷の流出を抑制する栓の役割をするとして、ワインのコルクに例えられることがあります。例えば、もし、ある氷河の棚氷が瞬間的に失われてしまえば、氷河の流動を止めている"栓"が失われてしまうので、上流部の氷河の流れは急激に加速して、大量の氷が海へと流出してしまうこととなるのです。

近年、西南極に位置するアムンゼン海（図2）の棚氷が薄くなってきていることが報告されています。例えば、アムンゼン海東部に位置するパインアイランド棚氷の厚さは、1970年代から現在までに約600mから約400mまで、減少しました。コルクを緩めて、ワインボトルを傾ければワインがボトルから流れ出てしまうように、棚氷厚の減少は、氷河をせき止める効果を弱め、氷河を加速させます。事実、パインアイランド氷河の流動速度は、1970年代には年間2kmだったものの、2013年には年間4kmまで加速しています。この結果、たった一つのちいさな氷河（幅約40km）によって、海水準を年間約0.13mm上昇させる量（全南極による海面上昇への寄与の1/3以上）の氷が海へと流出しているのです。将来的に、さらに、氷河をせき止めている棚氷の栓が緩み、南極からの氷の流出が増加すれば、海面上昇がより加速します。海面上昇は、世界中の沿岸部の損失、地下インフラへの浸水、地下水の塩水化などを引き起こすとされ、差し迫った問題です。

現状、こういった急激な棚氷の薄化が見られるのはほんの一部の領域に限られます。南極沿岸の棚氷は、大まかに＂冷たい＂棚氷と＂暖かい＂棚氷の二種類に分けられます。＂冷たい＂棚氷とは、棚氷下部に比較的冷たい海水が流入しているものを指します（図２の青で囲む部分）。この冷たい水塊は、冷たい大気に冷やされること、また、海氷形成に伴った海への塩分の排出によって形成されています。その一方で、西南極に位置するアムンゼン海、ベイリングスハウゼン海では、南極周極流（南極大陸の周りを時計回りに流れる海流）が、大陸に近いところを流れ、周極深層水と呼ばれる水温 1.0 ～ 1.5 ℃の比較的暖かい水塊が、陸棚上へ流入しています。棚氷下部にも水温 1℃ 度近くの海水（海水の結氷温度は約 -2℃）が入り込み、棚氷の融解、薄化が進んでいます（図２の赤で囲む部分）。

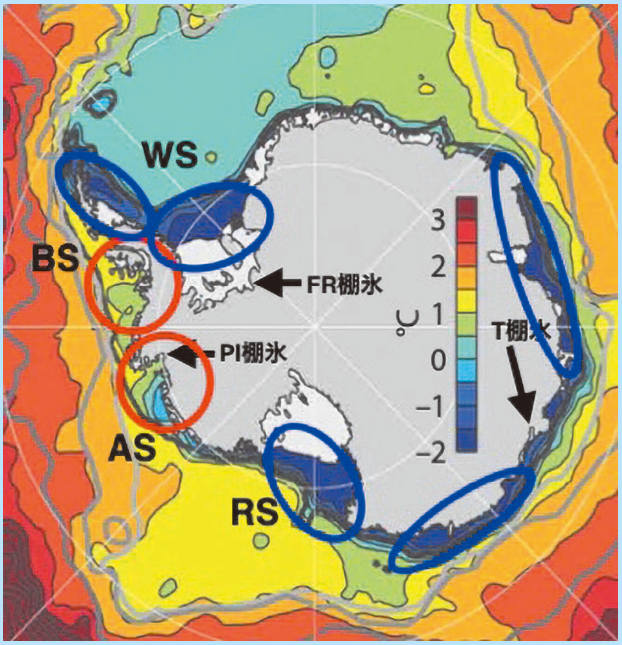


図２　南極周りの 400-1200m 深の平均水温。陸棚上に高温の水塊がある場所を赤丸、低温の水塊がある場所を青丸 で囲む。AS、BS、WS はそ れぞれ、アムンゼン海、ベイリングスハウゼン海、ウェッデル海を示す。FR 棚氷、T 棚氷、PI 棚氷は、フィルヒナー・ロンネ棚氷、トッテン 棚氷、パインアイランド棚氷 を示す。灰色のコンターは南極周極流を形成する前線の位置を示す（図は Jenkins et al., 2016 を自身で加筆したもの）。

世界的に注目される東南極トッテン氷河域、海洋棚氷相互作用に内在する不安定性

ワインのボトルには、小さいボトルのものから大きなボトルのものがあるように、氷河にも上流部に蓄えている氷の量に差があります。例えば、パインアイランド氷河上流部の氷がすべて海へと流出した場合、1.2m 程度海水準が上昇すると推定されています。東南極に位置するトッテン氷河上流部には、3-4 メートルほど、海水準を上昇させることができるだけの氷が存在しており、この値は単一の氷河としては非常に大きな値です。

近年の、砕氷船や人工衛星を用いた観測から、安定していると考えられてきた＂冷たい”棚氷下部に暖かい水塊が（少量であるが）流入していることがわかってきました（例：トッテン棚氷、フィルヒナー・ロンネ棚氷）。さらに、複数の海洋数値モデルを用いた研究から、＂冷たい＂棚氷から＂暖かい＂棚氷への変化は、急激（10-20 年程度またはそれ以下）に起こり得るのではないかということが指摘されています。現状、顕著な薄化は、アムンゼン海、ベイリングスハウゼン海（図 1）の 10 程度の棚氷に限られます。しかし、南極沿岸部には、100 平方キロメートルを超える棚氷だけでも、60 以上あり、＂暖かい＂棚氷の数が増えれば、＂コルク＂効果が弱まり、南極大陸からの氷の流出は現状の 30 倍近い値となる可能性もあります。ワインバーであれば、コルクが空いたワインが多いことは喜ばしいですが、より多くの氷河が海面上昇に寄与するようになるのは、深刻です。

退任のご挨拶

田中　歩
（元　生物環境部門）

低温科学って何だろう？

寒冷圏常緑樹の不思議

冬季の低温下で何故常緑樹は緑を維持できるのだろうか？これは光合成においてまだ解決できていない大きな疑問の一つである。光合成研究者はなぜこれを不思議に思うのだろうか。答えは簡単だ。クロロフィルが光エネルギーを捕捉すると、クロロフィルは励起され、そのエネルギーは二酸化炭素から糖を合成するのに利用される。ところが凍結温度下で二酸化炭素を固定する酵素が働かなくなれば、クロロフィルが捕捉したエネルギーは行き場がなくなり、その結果活性酸素を発生させ細胞死を引き起こすからである。それなのに、常緑樹は冬季美しい緑を保持している。

低温科学から一般的な問いへ

この疑問に答えるため、研究室の前にある常緑樹イチイを材料に研究を始めた。常緑樹の低温適応の全体像を理解するため、冬季の葉緑体はどのような形をしているのか、また捕捉された光エネルギーはどのように処理されるのかを調べた。面白いことに、冬季の葉緑体は形を変えジグソーパズルのように互いに接着し、細胞の中心に存在していた。この様な葉緑体は一般的には見られず、光合成を行うことはできなかった。冬季のイチイの枝を室温に置くと 24 時間後には夏にみられるような葉緑体に変化し、再び光合成を始めた。温度に依存して葉緑体の形と位置を変えるのは面白い現象である。それでは光合成はどうなっているのだろうか。そこで、冬季のイチイを温度の制御できるフリーザーに置き、様々な温度でクロロフィル蛍光を測定した。この実験から次のようなことが分かった。冬季クロロフィルが光エネルギーを捕捉するとその多くが熱に変換された。しかし、すべてのエネルギーを熱に変換することはできず、一部反応中心まで運ばれた。しかも反応中心ではそのエネルギーを利用して電子を流す駆動力が生まれた。しかし、その電子は光合成を行っている葉とは違い、途中まで流れるがすぐに行き止まりになってしまう。このような状況は、活性酸素種のひとつである $^1O_2$ が作られるため光合成で最も危険と考えられている。さらに、様々な解析を加えることで次のような仮説を提案した。冬季の常緑樹は光エネルギーを熱に変換するシステムが発達し、反応中心まで到達するエネルギーを抑制している。それでも反応中心まで到達したエネルギーは、行き先のない電子を元に戻すこと、すなわち電子を空回りさすことでエネルギーを捨てている。このことで冬季の常緑樹は光から身を守っていると考えた。つぎに、熱への変換機構を詳しく解析するために、時間分光解析を行った。その結果、冬季のエネルギー散逸経路に関して少し明らかになった。一方、エネルギーの散逸は光合成の基本問題であり多くの仮説が提案されている。イチイの低温適応に関する研究を進めていくうちに、少しずつ低温の研究からは離れ、光合成の一般的な課題、すなわちどのようにして過剰エネルギーを捨てているのかになってしまった。同じことが葉緑体の細胞内の位置に関する研究でもみられた。これは我々の研究ではないが、葉緑体の移動（細胞の中心に集まる）が冬季のコケでも観察された。この研究はその後葉緑体の移動機構という基本的な研究に発展していった。このように低温に関する研究を進めていくと、最終的には低温の研究から離れてしまい、生物の基本的な（general な）課題へと進んでしまうのである。

一般的な問いから低温科学へ

しかし、興味深いことに、これとは逆のプロセスも経験した。私たちの研究室ではクロロフィル分解の研究も行っている。クロロフィル分解経路の最初を担う酵素は Mg をクロロフィル分子から引きはがす反応を触媒する。この酵素（Mg- 脱離酵素）はクロロフィル分解を制御する最も重要な酵素であるが、不明のままであった。少し長い時間が必要であったが、我々はこの酵素の同定に初めて成功した。これでクロロフィル分解の基本的な

ところは解明されたことになり、大変喜んだ。面白いことにこの酵素は落葉樹の低温適応に極めて重要な役割を担っていることが明らかになってきた。秋も深まり、気温が下がると、多くの落葉樹が美しい紅葉を示し、最後は落葉する。この紅葉の生理的な意味はまだ不明であるが、落葉前の重要な過程であることは確かである。私たちが同定に成功した Mg- 脱離酵素はこの紅葉を制御するタンパク質であることが次第に明らかになってきた。実際、ポプラにこの酵素を一過的に発現させると、葉は紅葉し、最終的には落葉してしまう。おそらくこの酵素が紅葉と落葉という重要な低温現象を制御しているのだろう。このようにクロロフィル代謝という植物の基本的な課題に取り組むなかで、期せずして低温の重要な現象の解明につながってしまった。

植物生理学における低温研究の特徴

このように、一方では低温科学を進めていくうちに低温科学とは離れてしまい、他方では低温とは一見関係のない課題に取り組んでいると低温科学の重要な問いに答えてしまう。このような科学の発展様式は他の分野とは少し違うようだ。このような低温科学の特徴をもう少し科学的に解析できないだろうか。そこで、研究支援員の方と一緒に植物生理分野の低温科学の論文を分析することにした。植物生理学の代表的な雑誌、Plant Cell Physiology と Plant Physiology に 1995 年と 2010 年に掲載されたすべての論文の分類を試みた。手法としては、この論文のタイトルと Abstract に使われている単語によってクラスター解析を行った。得られた樹形は興味深かった。例えば、2010 年の論文の Clade の中に、時々 1995 年の論文が見られた。この論文はおそらくその分野では先駆的な仕事をしたのだろう。話を低温に戻そう。構築された樹形をみると、光合成はある程度少数のまとまり（Clade）を示したが、低温科学の論文は様々な Clade に分散していた。このことは、植物生理学の分野では、低温科学はまとまりのある分野ではなく多くの分野に分散していることを示している。すなわち、植物生理学の様々な分野に低温科学の課題があるということである。このことは、私たちが経験した研究過程、すなわち低温科学を進めると一般的な課題に発展し、一方では低温とは関係の薄い研究と思われていたものが低温科学の重要な問いに答えるものとなる、と関係があるのかもわからない。低温学とは何だろうというのが低温研に赴任以来の私の問いであった。定年を迎える時になって初めて一つの答えに出会ったような気になった。

異動のご挨拶

元　水・物質循環部門　深町　康

昨年 10 月に本学の北極域研究センターに異動し、その後は低温科学研究所の兼務教員となっておりましたが、昨年度末でその任務を終えました。低温研には、1992 年 11 月に当時の海洋学部門に採用されてから、長年に渡って大変お世話になりました。

これまでの研究について

低温研では、海氷が存在する極域海洋であるオホーツク海、南極海、北極海、グリーンランドなどで現場観測研究に取り組んできました。特に、集中して取り組んだのは、海流、水温・塩分、海氷の厚さなどの測定機器を浮き、ロープ、重りなどを使って海中に数ヶ月から 2 年間程度の長期に渡って設置する係留観測と呼ばれる手法です（写真 1）。この手法には、多くのノウハウが必要で、測定機器が観測終了時に首尾よく回収できないとデータが全く取得できないリスクがありますが、季節変動や年による変動を調べるのには非常に効果的なものです。また、極域海洋では冬季には海氷が存在するため、現場観測の機会は非常に限られるのですが、夏季に測器の設置・回収を行うと海氷の生成が最も盛んな冬季を含めたデータを取得することが可能なため、特に有用であると言えます。私が着任した当時の低温研にはこの係留観測のノウハウが十分に備わっていませんでしたが、日本国内はもとより、アメリカ、オーストラリアとの共同研究などを通して様々なノウハウを蓄積してきた結果、最近では低温研内でも海洋研究者だけでなく、氷河・氷床研究者によっても幅広く行われるようになりました。

写真 1　オーストラリアの砕氷船での係留機器の設置作業の様子。

低温研内外の研究者と共同しての係留観測研究によって、オホーツク海では「幻の海流」とも呼ばれていたサハリン沖を南下する東樺太海流の実態解明、南極海では世界中の海洋を巡る大循環の一部であるインド洋セクターの北上する深層流の実態解明、海洋大循環の起点となる比重が最も大きい海水である南極底層水の生成域が昭和基地の東方 1200km のケープダンレー沖にもあることを突き止めたりすることができました。ここでは、上記のうち、南極海インド洋セクターの深層流の研究について簡単に紹介します。世界中の気候に大きな影響を与える海洋大循環のうち、北大西洋を起点とする深層流については大規模な連続観測が行われていましたが、南極海を起点とするものについては十分な観測が行われていませんでした。この点を踏まえて、2003 年 2 月から 2 年間に渡って、南極海インド洋セクターのケルゲレン海台沖において、オーストラリアと共同して大規模な係留観測を実施し、この海域を北上する南極底層水の深層流を連続的に計測しました。その結果、平均して 20cm/s 以上の深海としては非常に強い流れが赤道に向かっていることを突き止めました（図 1）。この流速は、これまでに 3500m 以深の深海で計測されたものとしては最大で、流れ全体でみると毎秒 1200 万立方メートル（東京ドームの 10 杯分）の南極底層水を運んでいることになります。同時に、この北上流による輸送量は時間的にも大きく変動していることを初めて明らかにしました（図 2）。この結果は、南極海の主要な南極底層水の北上域でも、北大西洋と同様な大規模な連続観測を実施することの重要性を示しています。

北極域研究センターについて

私の異動先の北極域研究センターは 2015 年 4 月に設立された新しい部局で、北極域の持続可能な開発・利用･保全の推進に寄与することをビジョンとしています。自然科学研究については低温研とも重なる部分もあり、低温研からも 8 名の方に兼務教員として参画して頂いています。ただし、人文・社会科学を含む異分野連携や産学官連携に強くコミットしている点が低温研とは大きく異なっています。また、国立極地研究所、海洋研究開発機構とともに、北極域研究共同推進拠点という共同研究・共同利用拠点を形成しています。本センターおよび本拠点では、北極域研究についての様々な共同研究やイベントを実施しておりますので、ご関心がありましたら、低温研の皆様にもご参加頂ければ幸いです。今後ともどうぞよろしくお願いいたします。

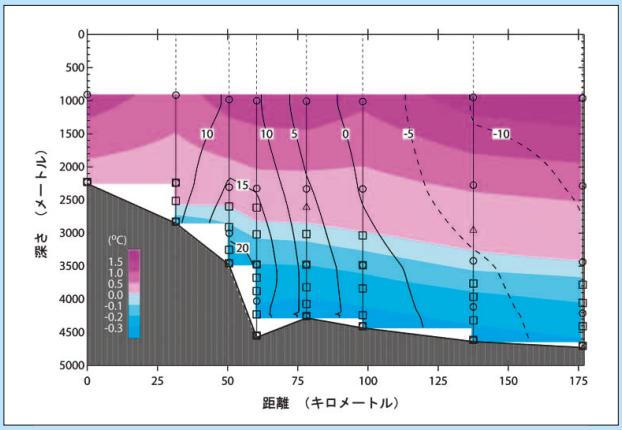


図 1　2 年間の連続観測から求めた平均的な南北方向の流速（等値線で表記、単位は cm/s で、正の値が北上流）と水温（色で表記）の鉛直断面図。ケルゲレン海台（4000 m より浅い部分）の東方沖で、南極底層水（青で示した水温 0 度以下の部分）が最大で 20cm/s を超える速さで北上しているのが分かります。図中のシンボルは、計測に使った測器の設置場所。

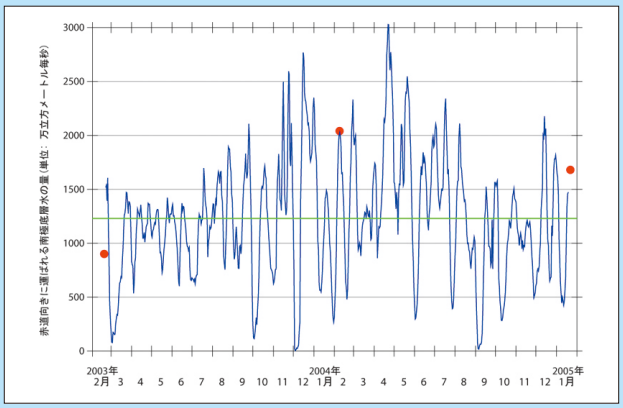


図 2　北上する南極底層水の輸送量の時系列（青線）。緑線は 2 年間の平均値。赤丸は船舶観測で見積もられた輸送量。変動が大きいために、連続観測を行わないと平均値が正確には求められないことが明らかです。

Report

■低温研主催の一般市民向けイベント「グリーンランドとアイヌの狩猟文化：環境保全と文化継承の取り組みから」（北大総合博物館）「ARCTIC LIFE　～極北の狩人と雪氷学者を囲んで～」（日本科学未来館）

共同研究推進部（雪氷新領域部門）　杉山　慎

低温科学研究所・共同研究推進部プログラム「北極域氷河氷床変動」では、グリーンランドにおいて氷河氷床と海洋の相互作用について研究を進めています。2019年2月にはグリーンランド・カナック村から研究協力者を招へいし、札幌と東京で一般市民向けのイベントを開催しました。

図1　グリーンランドで海洋観測をサポートするトク氏。

日本に招かれたのは大島トク氏。40年以上前に日本から現地に移り住んだ大島育雄氏の長女です。トク氏はカナック村で狩猟や漁業を営むとともに、毛皮を使った伝統工芸品の製作を行っています。犬ぞりを使った猟や伝統工芸を実践して、グリーンランドで失われつつある伝統文化を地元の子供たちに伝える役割も果たしています。またトク氏は環境変化にも深い関心を持ち、グリーンランドで研究を行う科学者に協力しています。2018年には、雪氷研究者・社会科学者らと執筆した書籍「Meaning of Ice」が、北極に関する優れた著作に贈られるノルウェーの「Mohn賞」を受賞しました。

カナック村を中心とした私たちの野外観測活動に、トク氏の協力は欠かせません。特にトク氏が運転するボートに乗った海洋観測で、これまでにも大きな成果を挙げてきました（図1）。またトク氏を通じた現地の人々との交流が、自然科学と社会科学を結んだ新しい北極研究の可能性を開いてくれました。トク氏の来日で実現した一連の催しでは、グリーンランドの自然環境と文化を紹介し、気候変動が北極圏にどのような影響を与えるか、一般市民の方々と一緒に考えることを目的としました。

北大総合博物館で開催した2月15日のイベントでは、北大のアイヌ・先住民研究センターと協力して、グリーンランドと北海道の狩猟文化に焦点を当てました。グリーンランドの自然と狩猟文化を紹介するトク氏のプレゼンテーションに続いて（図2）、アイヌ伝統文化の研究者と文化継承の担い手が講演。その後のパネルディスカッションでは、グリーンランドと北海道に北方文化としての共通点が数多く存在することに驚かされました。会場を訪れた80名の聴衆は、雪と氷に覆われたグリーンランドの自然環境と、厳しい自然環境のもとで生活する人々の知恵と文化に聴き入っていました（図3）。また休憩時間には、会場に展示されたアザラシの毛皮製品や民族衣装を手に取って、北極圏を肌で感じていました。

Report

図2　テレビ放映「北大総合博物館で講演するトク氏」

図3　会場に訪れた参加者（会場：北大総合博物館）

2月23日には東京へ移動して、先鋭的な展示で知られるお台場の日本科学未来館へ。科学コミュニケーター—と呼ばれる専門家の力を借りて、参加者と一体となった魅力的なイベントが実現しました。写真を使ってグリーンランドを紹介した後は、トク氏がグリーンランドから持参したアザラシの毛皮でキーホルダーをつくります。3歳から70歳まで、40名の参加者がトク氏との会話を楽しみながら手を動かしました。会場には、かつて北極圏を犬ぞりで駆け巡った冒険家や、今年1月に徒歩で南極点に達した冒険家も。カーペットの上で車座になって、狩猟、文化、冒険、気候変動などなど、様々な話題に花が咲きました（図4）。特に小中学生は動物の毛皮に興味深々で、いつまでもその手触りを確かめていました。

来日は30年振りという大島トク氏。グリーンランドとは全く異なる生活に戸惑いながらも、北極文化とアイヌ文化の共通点に関心を示し、大好きな子供たちとの交流を楽しんでいました。トク氏が語った自然環境と伝統文化の変容は、集まった市民に深い印象を与えました。北極における急速な気候変動は、地球規模で環境と社会にインパクトを与えています。気候の変化とその影響をより良く理解するため、私たちも北極域での研究活動に力を入れていきます。紹介したイベントは、ArCS 北極域研究推進プロジェクトの助成を受けて、アイヌ・先住民研究センター、北極域研究センター、日本科学未来館と共同で実施しました。実施にご協力頂いた皆様に深くお礼申し上げます。

図4　トク氏を囲んだ参加者との交流の様子（会場：日本科学未来館）

Report

海外調査

■杉山　慎

（1）調査・観測先：パタゴニア・グレイ氷河
（2）期間：2018年11月
（3）参加者：杉山慎（低温研）、波多俊太郎（低温研・環境科学院M2）
（4）カウンターパートの機関名：チリ・アウストラル大学
（5）観測目的：

湖に流入するカービング氷河の変動メカニズムを明らかにするため、南米・パタゴニア氷原において野外観測を実施した。チリ・グレイ氷河が流入する湖では、2017年3月に設置した係留系を回収して1.5年間にわたる湖水温度・流速データを取得した。また、湖水物理特性の測定および湖底地形測量を実施した。その後、回収した係留系をアルゼンチンに輸送して、ウプサラ氷河前の湖に再設置した。本研究は科研費（基盤B 16H05734）の助成を受けて実施したものである。

氷河の前で湖水特性を測定中

係留系の回収に成功！

観測を行ったパタゴニア・グレイ氷河

Press Release

(2018/11/5)

２つの海峡を渡った日本固有種ニホンジネズミ
～北海道と韓国済州島への人為的移動～

発表者：助教　大舘　智志

研究成果の概要

北海道大学低温科学研究所の大舘智志助教らの研究グループは、日本固有種ニホンジネズミ（トガリネズミ科）の分布域全域からのサンプルを用いた遺伝型の分布調査により、日本列島の東西における分布状況を解明し、北海道と韓国済州島におけるニホンジネズミが人間活動によって移入されたことを明らかにしました。

ニホンジネズミは本土地域（本州、四国、九州とその周辺の島々）の他に、北海道南部と、遠く離れた韓国の済州島にも分布しています。各地で採集した個体について、母親からのみ遺伝する性質（母系遺伝）をもつミトコンドリア遺伝子と核にある遺伝子の塩基配列を比較したところ、ミトコンドリア遺伝子の型は日本列島の東西で、重複地帯なしに明瞭に二分されました。その境界線は、北は福井県から発し、岐阜県を通り、南は愛知県と三重県の境界付近にありました。

一方、北海道の一部と済州島のニホンジネズミは、それぞれ東北地方と九州の個体群とほぼ同じ遺伝子型を持つことがわかりました。ところが、これらの地域の間にはそれぞれ津軽海峡と朝鮮海峡があり、それらが本土地域と最終的に分離したのは10～15万年前と推定されています。一方、今回の遺伝子データから、分子時計と呼ばれる原理で北海道と済州島の個体群の分離時期を推定すると、9万年前から現在までに分かれたという結果を得ました。つまり個体群の分離は2つの海峡の形成後かなりの時間が経ってから起こっており、この2つの個体群は自然分布ではあり得ないことが示されました。この最近のニホンジネズミの移動は、人間活動に伴って行われたことを強く示唆する成果です。

なお、本研究成果は、日本時間2018年10月19日（金）公開の Mammal Study 誌にオンライン掲載されました。

論文発表の概要

論文名：Phylogeography of the Japanese white-toothed shrew (Eulipotyphla: Soricidae）: a clear division of haplogroups between eastern and western Japan and their recent introduction to some regions（ニホンジネズミ（真無盲腸目、トガリネズミ科）における系統地理学：ハプログループの明瞭な東西分割といくつかの地域における最近の移入）

著者名：大舘智志[1]、吉澤和徳[2]、高田靖司[3]、本川雅治[4]、岩佐真宏[5]、新井　智[6]、森部絢嗣[7]、植松　康[8]、酒井英一[9]、立石　隆[10]、呉　弘植[11]、木下豪太[12]（1北海道大学低温科学研究所、2北海道大学大学院農学研究院、3愛知県春日井市、4京都大学総合博物館、５日本大学生物資源 科学部、6国立感染症研究所、7岐阜大学野生動物管理学研究センター、8愛知学院大学歯学部、9愛知学院大学短期大学部、10神奈川県藤沢市、11大韓民国済州大学校師範大学、12京都大学大学院農学研究科）

雑誌名：Mammal Study（日本哺乳類学会が出版する哺乳類学の英文専門誌）
ＤＯＩ：10.3106/ms2017-0059
公表日：日本時間2018年10月19日（金）（オンライン公開）

Press Release

(2019/1/22)

水の中で一分子層ずつ成長する氷を直接観察
～氷と水はどう区別されるのか？～

発表者：助教　村田　憲一郎

研究成果の概要

北海道大学低温科学研究所の村田憲一郎助教らのグループは、オリンパス株式会社と共同開発した独自の光学顕微鏡技術を駆使し、氷の融点に近い温度で現れる擬似液体層*1の内部で氷が一分子層ずつ層状に成長する様子を観察することに成功しました。

過冷却水（氷点下でも凍らずに液体の状態を保っている水）からの氷の生成・成長はとても身近な現象ですが、意外にもその成長メカニズムに深く関わる氷－水界面のミクロな構造については十分に理解されていません。本研究では、これまで村田助教らが研究してきた擬似液体層と氷の界面を氷－水界面のモデルと捉え、擬似液体層内部で氷が成長する様子を実時間・実空間で直接観察しました。

その結果、氷は擬似液体層という融液の中にあっても、一分子層ずつ層状に成長していることが新たにわかりました。このことは、結晶と融液の境目は明確に定義できないという従来の定説に反し、融点直下かつ過冷却融液に接しながらも氷の最表層が結晶的な層状秩序を維持していることを強く示唆します。本研究成果は、氷－水界面のミクロな構造と結晶成長メカニズムを新たに解き明かすと同時に、水以外の物質の融液成長を理解するための普遍的枠組みを与える重要な成果といえます。

なお、本研究成果は、2019年1月18日（金）公開のPhysical Review Letters誌に掲載されました。

論文発表の概要

論文名：How Do Ice Crystals Grow inside Quasiliquid Layers?（氷結晶は擬似液体層の中でどのように成長するのか？）

著者名：村田憲一郎[1]、長嶋　剣[1]、佐﨑　元[1]（1北海道大学低温科学研究所）

雑誌名：Physical Review Letters（物理学の専門誌）

ＤＯＩ：10.1103/PhysRevLett.122.026102

公表日：2019年1月18日（金）（オンライン公開）

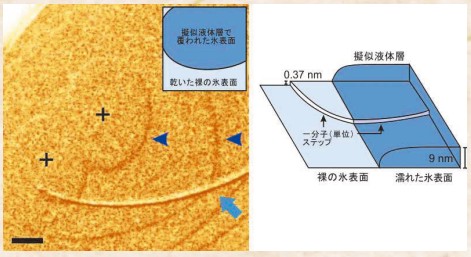
【用語解説】

＊1　擬似液体層 … 氷の表面は氷点下にあっても非常に薄い水膜で濡れており（表面融解）、この水膜のことを擬似液体層という。この水膜はより氷に近い構造を持つと予想されているため、通常の水と区別するために擬似液体層と呼ばれている。近年の村田助教らの研究から、その厚みは10nm（1億分の1メートル）程度であることがわかっている。

＊2　相転移 … 温度や圧力を変化させたときに、物質の相（気体・液体・固体などの状態のこと）がある点を境に変化する現象。

＊3　気相・溶液成長 … 前者は気相から直接結晶が生成・成長する現象を、後者は溶液に溶け込んだある物質が温度や濃度を変化させることで結晶として析出し、溶液内で

＊4　レーザー共焦点微分干渉顕微鏡 … 微分干渉顕微鏡は、光の干渉を利用して試料表面の高さ変化を明暗のコントラストに変換する。一方、レーザー共焦点顕微鏡はピンホールと共に光源としてレーザーを用いることで焦点面におけるノイズ光の影響を大幅に除去し、観察像を鮮明にする。レーザー共焦点微分干渉顕微鏡は、この二つを組み合わせ、さらに様々な改良を加えた独自の光学顕微鏡で、一分子レベルの段差を可視化する非常に高い分解能を有する。



Press Release

(2019/1/29)

冬眠ハムスターの白色脂肪組織に冬支度の秘密をみる
～肥満や生活習慣病予防へも新たな視座～

発表者：教授　山口　良文

研究成果の概要

北海道大学低温科学研究所の山口良文教授、東京大学大学院薬学系研究科大学院生（当時）の茶山由一氏、三浦正幸教授、自然科学研究機構基礎生物学研究所の重信秀治准教授、福山大学薬学部の田村 豊教授らの研究グループは、餌を貯蔵しながら冬眠する哺乳類シリアンハムスターが、冬眠時、エネルギーを蓄える機能をもつ白色脂肪組織において、脂肪を合成する同化系と分解する異化系の両方を著しく増強させることを解明しました。

冬眠する哺乳類は、長い冬眠の間、体内に貯蔵した大量の脂肪を効率的に燃焼させてエネルギーを取り出すと考えられていますが、その仕組みは多くの点が不明です。本研究の成果は、この仕組みに迫ることで肥満症や生活習慣病の理解にも新たな視座を与えうるものです。

なお、本研究は科学技術振興機構さきがけ（JPMJPR12M9）、日本学術振興会科学研究費補助金（JP16H05127、JP16K15114、JP18K19321、JP26110005）、細胞科学研究財団、かなえ医薬振興財団、武田科学振興財団、積水化学自然に学ぶものづくり研究助成、他の支援を受けて行われました。また、本研究成果は、英国時間2019年1月28日（月）公開のFrontiers in Physiology誌に掲載されました。

論文発表の概要

論文名：Molecular basis of white adipose tissue remodeling that precedes and coincides with hibernation in the Syrian hamster, a food-storing hibernator（餌貯蔵型冬眠動物シリアンハムスターが示す、冬眠に先行しかつ一致する白色脂肪組織リモデリングの分子基盤）
著者名：茶山由一[1]、安藤理沙[1]、佐藤佑哉[1]、重信秀治[2]、姉川大輔[1]、藤本貴之[1]、泰井宙輝[1]、田 村 豊[3]、三浦正幸[1]、山口良文[4]（1東京大学大学院薬学系研究科 遺伝学教室、2基礎生物学研究所、3福山大学薬学部、4北海道大学低温科学研究所 冬眠代謝生理発達分野）
雑誌名：Frontiers in Physiology（生理学の専門誌）
ＤＯＩ：10.3389/fphys.2018.01973
公表日：英国時間2019年1月28日（月）（オンライン公開）

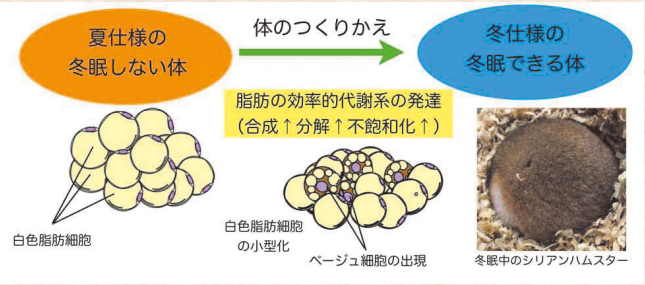
【用語解説】

＊1　モデル生物 … 実験室での飼育や維持が比較的容易で、かつ遺伝学的背景が担保され分子生物学的解析手法などによりメカニズムの因果関係が検証できる生物のこと。多細胞生物ではマウス、ショウジョウバエ、シロイヌナズナ、ツメガエル、メダカなどが代表例。

＊2　次世代シーケンサー … 遺伝子をコードするDNAやRNAの塩基配列を高速で大量に解読することができる機械のこと。

＊3　亢進 … 機能が活発になること。

＊4　冬眠終了 … 冬条件に置かれたシリアンハムスターの冬眠は、数ヶ月ののち、冬条件に置かれているにも関わらず自発的に終了する。



Press Release

(2019/3/11)

水中に突き出した氷が氷河の崩壊を引き起こす
～南米パタゴニアで氷河の水中観測に成功～

発表者：教授　杉山　慎

研究成果の概要

北海道大学低温科学研究所の杉山 慎教授らの研究グループは、南米パタゴニアで湖に流れ込む氷河の水中観測に成功し、氷河の先端が水中でテラスのように突き出した様子を初めて確認しました。

明らかになった氷河の形は、海水中で観測された結果とは大きく異なり、淡水に流れ込む氷河の変動メカニズムを知る上で重要な発見です。水中の氷には浮力がはたらくため、氷河の先端部分に大きな力がかかって崩壊する可能性が高まります。今回観測した氷河でも実際にそのような崩壊現象が起き、浮き上がってきた水中の氷を直接確認することに成功しました。

この研究結果は、これまでほとんど知られていなかった氷河の水中形状を明らかにし、氷河末端の崩壊メカニズムを新しく提案するものです。世界で氷河の融解が進む中、パタゴニアをはじめ多くの地域にみられる、湖に流入する氷河について、その変動メカニズムの理解につながるものと期待されます。

なお、本研究成果は、2019年2月12日（火）公開の Geophysical Research Letter 誌に掲載されました。

論文発表の概要

論 文 名：Underwater ice terrace observed at the front of Glaciar Grey, a freshwater calving glacier in Patagonia（パタゴニア・グレイ氷河の先端は水中でテラス状に突き出ている）

著者名：杉山　慎[1]、箕輪昌紘[2]、マリウス・シェーファー[2]（1北海道大学低温科学研究所、2チリ・アウストラル大学）

雑誌名：Geophysical Research Letters（地球科学の専門誌）

ＤＯＩ：10.1029/2018GL081441

公表日：2019年2月12日（火）（オンライン公開）

Press Release

(2019/4/3)

世界で初めて地下氷から北極海の海洋環境を復元
～北極海の海洋環境を包括的に復元する指標を提唱～

発表者：准教授　飯塚　芳徳
助教　　的場　澄人

研究成果の概要

北海道大学低温科学研究所の飯塚芳徳准教授・的場澄人助教らの研究グループは、アラスカの地下氷（アイスウェッジ）に含まれるメタンスルホン酸イオン濃度から、過去の海洋環境の復元に世界で初めて成功しました。

同グループはアラスカ・バロー地域の永久凍土層内の地下氷に含まれるイオン種を分析し、いくつかあるイオン種のうちメタンスルホン酸イオンが過去の海洋生物由来物質であることを明らかにしました。メタンスルホン酸イオン濃度は約1万2700年前に起きた寒冷期（寒の戻り；ヤンガードリアス期）に高濃度であったことから、この寒冷期にも北極海アラスカ沖のビューフォート海が海氷によって閉ざされてはおらず、何らかの海洋生物の活動があったことが示唆されました。この寒冷期の北極海の海氷変動については様々な議論があり未だ結論は出ていません。北極圏の陸地のほとんどは地下氷を含む永久凍土であることから、今回の結果は、北極海広域の海氷変動を地下氷から復元する新しい環境指標（プロキシ）を提案したことになります。

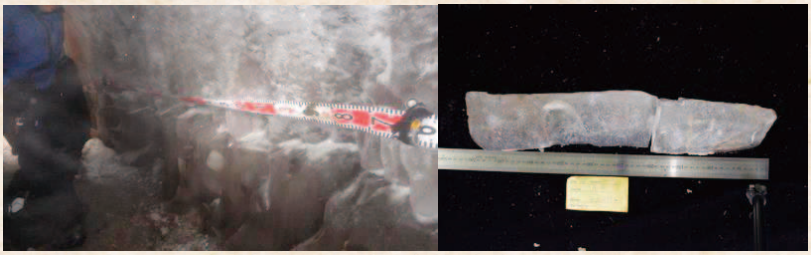
この指標を用いて海氷面積変動のメカニズムが明らかになることで、近年の温暖化で著しく減少している北極海の海氷面積変動の将来予測の向上が期待されます。なお、本研究成果は、2019年3月26日（火）公開のEarth and Planetary Science Letters 誌にオンライン掲載されました。

論文発表の概要

論文名：Ion concentrations in ice wedges: an innovative approach to reconstruct past climate variability（地下氷のイオン濃度：過去の気候変動復元に向けた革新的アプローチ）

著者名：飯塚芳徳[1]、宮本千尋[2]、的場澄人[1]、岩花　剛[3, 4]、堀内一穂[5]、高橋嘉夫[2]、漢那直也[4]、鈴木光次[6]、大野　浩[7]
（1北海道大学低温科学研究所、2東京大学大学院理学系研究科、3アラスカ大学フェアバンクス校（アメリカ）、4北海道大学北極圏研究センター、5弘前大学大学 院理工学研究科、6北海道大学大学院地球環境科学研究院、7北見工業大学工学部地球環境工学科）

雑誌名：Earth and Planetary Science Letters（地球惑星科学の専門誌）
ＤＯＩ：10.1016/j.epsl.2019.03.013
公表日：2019年3月26日（火）（オンライン公開）



左：アラスカ・バロー地域の永久凍土層
右：採取した地下氷

Press Release

(2019/4/19)

津波を使って氷河から流出する氷山の量を測定
～グリーンランドで新しい観測手法を開発～

発表者：北極域研究センター　助教　Evgeny Podolskiy
北海道大学低温科学研究所　教授　杉山　慎

研究成果の概要

北海道大学北極域研究センターの Evgeny Podolskiy 助教、低温科学研究所の杉山 慎教授らの研究グループは、アウストラル大学（チリ）の箕輪昌紘研究員らと共同で、グリーンランド北西部のカービング氷河*1でカービング*2によって発生する津波を測定し、高い時間分解能で氷山の流出量を測定することに成功しました。

津波を使ったカービング観測は、同グループによって開発された手法で、今回初めてグリーンランドの氷河に応用しました。観測の結果、氷山の流出量が気温上昇、氷河加速、潮位変化に連動して増加することが明らかになりました。また、氷山の流出は氷河末端で失われる氷総量の20%に相当し、残りの80%は海中での融解によって生じることが示唆されました。これらの研究成果は、これまで困難であった氷山の流出量を測定する新しい手法を提案し、カービング氷河の変動に重要な役割を果たす氷河・海洋相互作用の理解を推し進めるものです。

なお、本研究成果は、2019年4月1日（月）公開の Earth and Planetary Science Letters 誌に掲載されました。

また、本研究は、GRENE北極気候変動研究事業及び北極域研究推進プロジェクト（ArCS）の助成を受け、アウストラル大学（チリ）、スイス連邦工科大学（スイス）、フィレンツェ大学（イタリア）との共同研究によって実施しました。

論文発表の概要

論文名：Calving flux estimation from tsunami waves（カービング津波を用いた氷山流出量の推定）
著者名：箕輪昌紘[1]、Evgeny Podolskiy[2]、Guillaume Jouvet[3]、Yvo Weidmann[3]、榊原大貴[2,4]、津滝　俊[4,5]、Riccardo Genco[6]、杉山　慎[2,4]（1アウストラル大学、2北海道大学北域研究センター、3スイス連邦工科大学、4北海道大学低温科学研究所、5東京大学、6フィレンツェ大学）
雑誌名：Earth and Planetary Science Letters（地球科学の専門誌）
ＤＯＩ：10.1016/j.epsl.2019.03.023
公表日：2019年4月1日（月）（オンライン公開）

【用語解説】

＊1　カービング氷河 … 海や湖に流入し、先端が水に浸かっている氷河のこと。グリーンランドの他、南極、パタゴニア、アラスカなど各地に存在し、通常の氷河よりも急激に縮小している。

＊2　カービング … 海や湖で氷河から氷山が切り離される現象のこと

Press Release

(2019/5/9)

植物の葉のクチクラの構造を分子レベルで解明
～クチクラの構造モデルの常識を覆す発見～

発表者：助教　羽馬　哲也

研究成果の概要

北海道大学低温科学研究所の羽馬哲也助教、京都大学化学研究所の長谷川健教授らの研究グループは、植物の葉の表面を覆う脂質膜である「クチクラ*1」の分子の構造を解明することに成功しました。

クチクラは、雨や乾燥などの様々な環境ストレスに対して防御の役割を果たす非常に多機能な薄膜です。これまで、クチクラを構成する分子の種類（炭化水素のワックス、クチンと呼ばれるポリエステル、多糖類など）の同定に関する研究は進んできましたが、葉の表面における分子の並び方（分子配列）や分子の向き（分子配向）についてはわかっておらず、クチクラが持つ機能の本質を理解するには至っていませんでした。

そこで、本研究では偏光変調赤外反射吸収分光法*2を用いることで、ヤセイカンラン*3の葉のクチクラを前処理（溶媒による抽出など）することなくそのままの状態で非破壊分析し、ワックス、クチン、多糖類の配列・配向を分子の官能基レベルで明らかにすることに世界で初めて成功しました。また、これまでのクチクラの構造モデルでは「クチクラの外部（表面近傍）には多糖類は存在しない」と考えられてきましたが、本研究によって「クチクラの外部に多糖類（ヘミセルロース）が存在する」ことが明らかとなりました。この結果はこれまでのクチクラの構造の常識を覆し、クチクラの構造モデルを大きく改善するものです。これにより、クチクラの機能の起源に迫るとともに、環境ストレスや病原菌や害虫に対する耐性を持つ植物への品種改良、生体模倣材料の設計・開発にもつながると期待されます。

なお、本研究成果は、2019年4月24日（水）公開のPlant and Cell Physiology誌に掲載され、7月号のResearch Highlightsに選ばれました。

論文発表の概要

論文名：Probing the Molecular Structure and Orientation of the Leaf Surface of Brassica oleracea L. by Polarization Modulation-Infrared Reflection-Absorption Spectroscopy（偏光変調反射吸収赤外分光法を用いたヤセイカンランの葉の表面の分子構造・配向に関する研究）

著者名：羽馬哲也[1]、関　功介[2]、石橋篤季[1]、宮崎彩音[1]、香内　晃[1]、渡部直樹[1]、下赤卓史[3]、長谷川健[3]（1北海道大学低温科学研究所、2長野県野菜花き試験場、3京都大学化学研究所）

雑誌名：Plant and Cell Physiology（植物生理学の専門誌）
ＤＯＩ：10.1093/pcp/pcz063
公表日：2019年4月24日（水）（オンライン公開）

【用語解説】

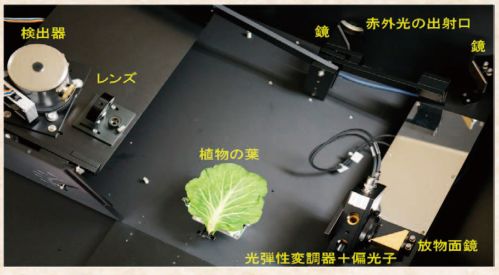
＊1　クチクラ（cuticle）… 植物の葉や茎の表皮の外側を覆う厚さ0.1から10μmほどの脂質膜。種によっては200μmほどにもなる。英語ではキューティクル、日本語では角皮とも呼ぶ。

＊2　偏光変調赤外反射吸収分光法 … 物質の表面に入射する光は入射面に対してその電場振動の向きが平行なp-偏光と垂直なs-偏光に分けることができる。偏光変調赤外反射吸収分光法は、赤外反射測定におけるp-/s-偏光の依存性を利用した方法である。フーリエ変換赤外分光器から出力される赤外光を偏光子と光弾性変調器によって偏光に変調をかけて試料に照射し、p-偏光の反射光とs-偏光の反射光から赤外スペクトルを演算する（図2）。従来の赤外分光法と異なり、赤外スペクトルを得るために「参照基板を用いたバックグラウンド測定」を行う必要がないため、参照基板が用意できない生体試料（植物の葉など）の分析に適している。

＊3　ヤセイカンラン … アブラナ科アブラナ属の植物の一種。キャベツ、カリフラワー、ブロッコリーをはじめとする様々な野菜の原種となっている。

＊4　全反射減衰赤外分光法 …ダイアモンドなど屈折率の大きな物質でできたプリズムに試料を密着させ、プリズム側から赤外光を入射しプリズム／試料界面で全反射した光を測定することで、試料の赤外スペクトルを得る方法。

＊5　生体模倣材料 … クチクラをはじめ生物が持つ構造・機能を模倣した材料。バイオミメティック材料とも呼ぶ。



■低温科学研究所がリスボン新大学化学及び生物技術研究所と部局間交流協定を締結

低温科学研究所は、2月5日（火）にリスボン新大学化学及び生物技術研究所と部局間交流協定を締結し、調印式を行いました。調印式はリスボン新大学化学及び生物技術研究所で執り行われ、同研究所からCláudio M. Soares所長ら3名、本研究所からは福井学所長ら3名が出席しました。

リスボン新大学は1973年に設立された大学で、9つの学部・研究所等から構成されており、リスボンにある公立大学のなかで最も新しい大学です。今回の協定は、本研究所との共同研究をさらに発展させることを期待し、取り交わされました。

調印式の後には互いの研究状況に関する活発な意見交換が行われ、さらなる積極的な交流連携が期待されます。

協定書を取り交わすCláudio M. Soares所長（右）と福井学所長（左）

調印式における関係者集合写真

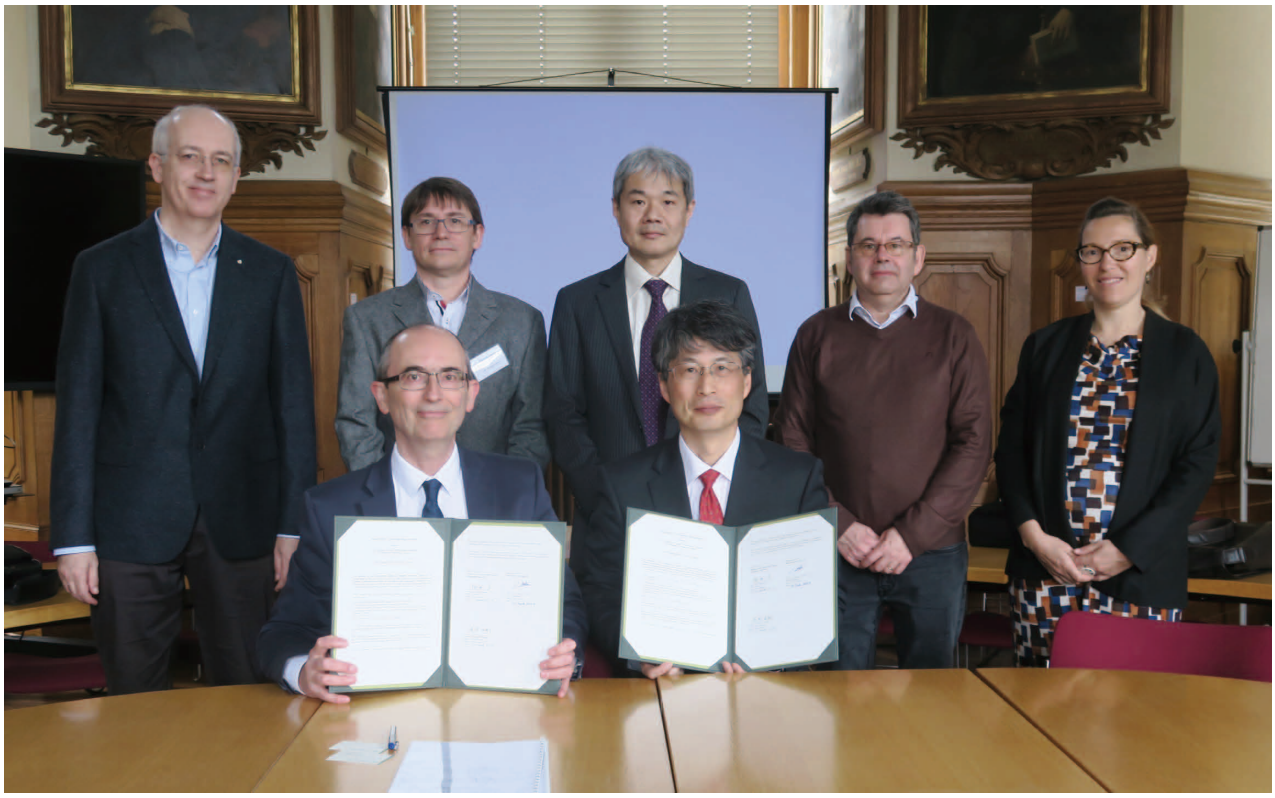
■低温科学研究所がパリ天文台と部局間交流協定を締結

低温科学研究所は、3月20日（水）にパリ天文台と部局間交流協定を締結し、調印式を行いました。調印式はパリ天文台で執り行われ、同天文台からClaude CATALA台長ら5名、本研究所からは福井学所長ら3名が出席しました。

パリ天文台は1667年に創設された歴史ある天文台であり、世界最大級の天文学研究センターの一つでもあります。また、今回の協定は、本研究所の渡部直樹教授とLERMA（パリ天文台を含む4つの高等教育機関及びフランス国立科学研究センターからなる研究機関）のFrançois Dulieu教授による研究交流を契機として取り交わされました。

調印式の後には互いの研究状況に関する活発な意見交換が行われ、さらなる積極的な交流連携が期待されます。

協定書を取り交わす Claude CATALA 台長（左）と福井学所長（右）



調印式における関係者集合写真

AWARD

Jialu Chen

日本結晶成長学会第15回講演奨励賞

（平成30年11月30日）

木村　勇気

平成30年度北海道大学教育研究総長表彰（研究）

（平成31年2月22日）

羽馬　哲也

平成31年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞

（平成31年4月17日）

秋田谷　英次

日本雪氷学会 北海道支部 2018年度 北海道雪氷賞（北の蛍雪賞）

（令和元年5月10日）

黒﨑　豊

日本雪氷学会 北海道支部 2018年度 北海道雪氷賞（北の風花賞）

（令和元年5月10日）

杉山　慎

日本雪氷学会 北海道支部 2018年度 北海道雪氷賞（北の六華賞）

（令和元年5月10日）

木村　勇気

公益社団法人 日本地球惑星科学連合 第3回西田賞

（令和元年5月28日）

■共同研究・研究集会採択課題

平成31（2019）年度北海道低温科学研究所共同研究・研究集会は、平成30年12月３日から平成31年１月18日まで公募を行い、審査の結果、下記の課題を採択いたしました。

なお、研究代表者の職名は原則として申請時のものといたしましたことをご容赦願います。

Ⅰ．開拓型研究（採択件数４件）

氏名	所属	職名	タイトル
寺島　美亜	北大低温研	助　教	Elucidating psychrophilic algae-bacteria interaction through omics analyses
長尾　誠也	金沢大学 環日本海域環境研究センター	教　授	陸海結合システムの解明　-マルチスケール研究と統合的理解-
新家　寛正	東北大学金属材料研究所	助　教	氷のキラル結晶化における不斉発現機構の解明と不斉源としての可能性の探索
砂川玄志郎	理化学研究所 生命機能科学研究センター	基礎科学 特別研究員	哺乳類の冬眠と休眠に共通する機構の探索

Ⅱ．研究集会（採択件数 11 件）

池原　　実	高知大学海洋コア総合研究センター	教　授	未来の温室地球の類型としての過去の温暖期の気候状態の解明（その2）
内田　　努	北海道大学大学院工学研究院	准教授	氷・水・クラスレートの物理化学に関する研究集会
遠藤　貴洋	九州大学応用力学研究所	准教授	縁辺海と外洋とを繋ぐ対馬暖流系の物理・化学・生物過程
鏡味麻衣子	横浜国立大学大学院環境情報研究院	教　授	環境微生物学における革新的手法および生態系保全における活用法
佐崎　　元	北大低温研	教　授	結晶表面・界面での成長カイネティクスの理論とその場観察
隅田　明洋	北大低温研	准教授	樹木の生態に対するシンクベースの生理的機序からの探求-現象から解析手法まで
田村　岳史	国立極地研究所	准教授	南極海洋 - 海氷 - 氷床システムの相互作用と変動
野原　精一	国立環境研究所	室　長	雪氷の生態学（13）気候変動による湿原生態系への影響
服部　祥平	東京工業大学物質理工学院	助　教	グリーンランド南東ドームアイスコアに関する研究集会
三寺　史夫	北大低温研	教　授	変化する環オホーツク陸域・海域環境と今後の展望
安田　一郎	東京大学大気海洋研究所	教　授	西部ベーリング海におけるロシア船観測航海成果とりまとめワークショップ

Ⅲ．一般研究（採択件数 50 件）

青木　一真	富山大学大学院理工学研究部（理学）	教　授	長期観測からわかる北海道の大気エアロゾルの動態変化
麻川　明俊	山口大学大学院創成科学研究科	助　教	水熱環境での結晶成長の特殊性を1分子高さレベルで究める
阿部　真之	大阪大学大学院基礎工学研究科	教　授	氷点下近傍において気相成長させた氷表面における原子間力顕微鏡測定
石井　弘明	神戸大学農学研究科	准教授	森林火災による北方林の攪乱動態を予測する数理モデルの開発

石川　雅也	東京大学大学院農学生命科学研究科	特任研究員	植物由来の新規氷核活性物質の氷晶形成機構の解析
石塚　　航	北海道立総合研究機構林業試験場	研究主任	物標本を利用したダフリカ系カラマツ複合種の分布と遺伝資源利用実態の解明
稲垣　厚至	東京工業大学　環境・社会理工学院	助　教	格子ボルツマン法LESモデルを用いた都市大気境界層の大規模計算
稲津　　將	北海道大学大学院理学研究院	教　授	吹雪・雪崩災害予測のための降雪粒子自動観測装置および自動解析スキームの開発
伊庭　靖弘	北海道大学大学院理学研究院	准教授	次世代イメージング装置の生体試料への応用
牛尾　収輝	国立極地研究所	准教授	南極域沿岸定着氷の物理的・生物地球化学的特性の解析
大貫　陽平	九州大学応用力学研究所	助　教	海洋システムの統合的理解に向けた新時代の力学理論の構築
小保方潤一	京都府立大学生命環境科学研究科	教　授	冬季の常緑樹における光合成関連遺伝子の発現制御機構の解明に向けて
金子　文俊	大阪大学理学研究科	准教授	低温域における昆虫体表脂質凝集構造の組成依存性
木田新一郎	九州大学応用力学研究所	准教授	ドローン空撮を用いた河川フロントの観測
久保　響子	鶴岡工業高等専門学校	助　教	寒冷圏部分循環湖沼におけるメタンサイクルを担う微生物の垂直分布と相互作用
桑形　恒男	農業・食品産業技術総合研究機構	ユニット長	耕地生態系と大気環境の相互作用の解明
小濱　　剛	千葉科学大学	准教授	飼育ウナギの代謝活性の測定
小畠　秀和	弘前大学　地域戦略研究所	准教授	貝殻など生物由来の微細組織を利用した新しい熱利用材料の開発と融雪への応用
斉藤　和之	海洋研究開発機構	主任研究員	南半球陸域における凍土状況と気候の変動
佐藤　正英	金沢大学総合メディア基盤センター	教　授	氷表面での特異なｽﾃｯﾌﾟの振る舞いの解明−不純物の可能性−
澤田　結基	福山市立大学	准教授	岩塊斜面に形成される地下氷の観測手法の確立
篠田　太郎	名古屋大学宇宙地球環境研究所	准教授	Ka 帯偏波雲レーダと地上観測を用いた降雪粒子の特性の解析
柴田　　勝	山口大学　教育学部	准教授	寒冷地に適応した樹木が獲得した光応答性
杉浦幸之助	富山大学大学院理工学研究部	教　授	吹雪の鉛直多層エネルギー交換モデルによる大気および積雪特性の検証
杉本　風子	沼津工業高等専門学校	技術職員	南極リュツォ・ホルム湾定着氷域における海氷厚の分布と変動
鈴木　利孝	山形大学学術研究院（理学部）	教　授	グリーンランド南東ドーム氷コア中の金属成分解析
高崎　和之	東京都立産業技術高等専門学校	准教授	民生用重量計を利用した積雪重量自動計測システムの無線通信による冗長化
竹腰　達哉	東京大学天文学教育研究センター	特任助教	ミリ波サブミリ波分光撮像観測に基づく星間物質進化の研究
多田　雄哉	国立水俣病総合研究センター	特別研究員	海洋低次生態系における食物網構造の決定と水銀濃縮過程の解明
立花　義裕	三重大学生物資源学研究科	教　授	オホーツク海と相互に影響を及ぼしあうグローカル大気海洋諸現象

谷川　朋範	気象庁気象研究所	主任研究官	大気 - 積雪 - 海氷系放射伝達モデルの高精度化とその検証
中川　達功	日本大学生物資源科学部	准教授	安定同位体プローブ法による寒冷域アマモ群落マイクロバイオームの亜酸化窒素代謝解析
中河　嘉明	滋賀大学データサイエンス教育研究センター	助　教	微気象・植生動態結合モデル（MINoSGI）の生理生態モジュールの改良・拡張
中村　和樹	日本大学工学部	准教授	衛星観測で捉えた東南極における氷河流動と海氷状態変化の相互作
西村　尚之	群馬大学社会情報学部	教　授	北方林の更新維持機構の生態学的・遺伝学的解析
庭野　匡思	気象庁気象研究所	主任研究官	大気 - 積雪間の熱･水交換過程をモデル化するための観測的研究（3）
布浦　拓郎	海洋研究開発機構	主任研究員	環境微生物における新規炭素中央代謝・アミノ酸生合成経路の探索
野口　　航	東京薬科大学生命科学部	教　授	落葉樹林の林床の常緑草本の葉における低温ストレスへの光合成系の保護機構の解明
早川　洋一	佐賀大学農学部	教　授	ストレス依存的な活性酸素種による昆虫サイトカインの活性化機構の解明
原口　　昭	北九州市立大学	教　授	北方泥炭地におけるミズゴケ個体群の一次生産速度計測法の改良
平尾　聡秀	東京大学大学院農学生命科学研究科	講師	寒冷圏の森林土壌における細菌群集のリグニン分解機能の評価
古川　善博	東北大学大学院理学研究科	准教授	隕石に含まれる糖およびその関連物質の炭素同位体比および光学異性体比の解明
的場　澄人	北大低温研	助　教	積雪の新国際分類法に対応した従来の国内積雪分類方法の改訂
美山　　透	海洋研究開発機構	主任研究員	海底地形と渦がつくる亜寒帯特有の循環形成と変動メカニズムの理解
民田　晴也	名古屋大学宇宙地球環境研究所	主任技師	多周波・偏波レーダを利用した固体降水観測技術の高精度化
本山　秀明	国立極地研究所	教　授	氷床・氷河の検層観測に関する研究　- 特に精密温度と孔径測定について
山田　芳則	気象庁気象研究所	室　長	高解像度数値モデルとドップラーレーダーによる対流雲と地形との相互作用の解明
山本　俊政	岡山理科大学工学部バイオ・応用化学科	准教授	好適環境水で飼育した魚・甲殻類のアミノ酸安定同位体比の測定
早稲田卓爾	東京大学 大学院新領域創成科学研究科	教　授	氷縁域海氷分布を定める海氷・波浪・流れ相互作用の研究
渡邉　英嗣	海洋研究開発機構 北極環境変動総合研究センター	研究員	北極域における海氷・海洋の観測モデル融合研究

■人事異動（平成30年10月2日から平成31年4月1日まで）

異動日	異動内容	氏　名	職　名	備　考
H30.10.31	任期満了	田　村　豪　主	博士研究員	
H30.11.16	採用	Abramov Alexei	特任准教授	
H30.11.26	採用	中　山　佳　洋	助　教	NASA Jet propulsion Laboratory, NASA Postdoctoral Program fellow から
H30.11.30	辞職	稲　津　智恵美	事務補助員	
H30.12. 1	採用	橋　場　しのぶ	事務補助員	
H31. 1. 1	採用	FAN RONG	博士研究員	
H31. 1.15	任期満了	Abramov Alexei	特任准教授	
H31. 2.28	任期満了	遠　藤　知　子	事務補助員	
H31. 3. 1	採用	瀬戸浦　真　衣	事務補助員	
	採用	NGUYEN HOANG PHUONG THANH	博士研究員	
H31. 3.31	任期満了	田　中　　歩	特任教授	
	辞職	伊　藤　敏　文	主　任	
	任期満了	篠　原　琴　乃	事務補佐員	
	任期満了	渡　邉　美　香	技術補助員	
	任期満了	CABRERA OSPINO MELODY CHRISTINE	研究支援推進員	
	転出	長　尾　かなえ	係　長	総務企画部総務課係長へ
	転出	岩　崎　圭　祐	係　員	北方生物圏フィールド科学センターへ
H31. 4. 1	転入	村　岡　英　明	係　長	総務企画部情報企画課係長から
	転入	安　藤　優　記	係　員	附属図書館管理課から
	採用	北　島　謙　生	博士研究員	
	採用	伊　藤　　薫	学術研究員	
	採用	斉　藤　　潤	学術研究員	
	採用	CHEN YING	学術研究員	
	採用	延　寿　祥　代	研究支援推進員	

編❄集❄後❄記

▶今号も私達の幅広い研究成果を満載しました。どうぞお楽しみください。（三寺）

▶ミクロからマクロまで、氷から生命まで、今回も低温の魅力をたくさんお届けします。（青木）

▶田中先生の退任のご挨拶に特に感銘を受けました。「一より習い十を知り、十よりかえるもとのその一」先生の研究の歩みの中にその言葉が端的に表れている気がしました。（村田）

▶氷河氷床などの環境観測に留まらない、哺乳類や植物など多岐に渡る研究が紹介されています。（村岡）

低温研ニュース第47号
（北海道大学低温科学研究所広報誌）
発行人：低温科学研究所所長
編　集：低温研広報委員会
（三寺　史夫、青木　茂、村田憲一郎、事務部総務担当）

ご意見、お問い合わせ、投稿は下記まで
〒060-0819　北海道札幌市北区北19条西8丁目
TEL：011-706-5445　　FAX：011-706-7142

●低温研ニュースは本研究所ウェブサイトでも公開しております。
http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/newsletter.html