

トッテン氷河沖で見られたオーロラ
(撮影:小野数也)

Research



透過型電子顕微鏡でみる氷の新たな姿
(香内 晃) 2



冬季の常緑針葉樹の光合成
(田中 亮一) 5



パインアイランド、スウェイツ棚氷への高温水塊の
流入経路の解明
(中山 佳洋) 8

People 10

Report

「同位体物質循環 国際シンポジウム2019」の開催
(滝沢侑子・カ石嘉人) 16
第9回技術部セミナーと第25回技術報告会を開催
(技術部) 17
海外調査(青木 茂) 18
海外調査(大島 慶一郎) 19

Publication

宇宙分子進化 第78号 20

Press Release / News



透過型電子顕微鏡でみる氷の新たな姿

雪氷新領域部門 香内 晃

表面原子反応実験

宇宙（星間分子雲）の極低温微粒子の表面でどのようにして原子同士が結合して分子ができるかを調べる実験を、過去 20 数年にわたって進めてきました。幸い、素晴らしい共同研究者に恵まれ、星間分子雲における分子生成機構は、かなりのところまで解明できたと思っています。この種の研究では、世界のトップを独走していると自負しています。これらの研究では、生成された分子そのものを赤外線吸収分光で調べる方法と、その分子を蒸発させたガスを質量分析する方法などで調べてきました。しかし、水分子の生成過程は明らかになったものの、水分子が集まった氷に関しては、ほとんど情報がなく、ブラックボックスのままです。氷はそのおかれた環境条件（温度、圧力、放射場）に対応して敏感に変化するので、環境条件を調べるよいプローブとなります。そこで、「とにかくできた氷^{1*}を見てみよう」ということで、10 年ほど前から、透過型電子顕微鏡（Transmission electron microscope, TEM）^{2*}と原子間力顕微鏡を用いて氷を直接観察すべく、機器開発をおこなってきました。そのうち、今回は、TEM を用いた研究を紹介します。

「超高真空極低温」TEM の開発

通常の TEM は鏡体内部の圧力が高いので氷を研究するには適していません。たとえば、圧力（=水の分圧とする）が 10^5 Pa の TEM では、低温の基板に毎秒 0.1 分子層（1 分子層 = 1cm^2 あたり 1×10^{15} 個）の厚さの水分子が凝縮し、1000 秒で厚さ 100 分子層の氷ができしまい、観察対象の氷が観察対象でない氷で覆われてしまいます。このような状況では、まともな観察はできません。なお、クライオ TEM^{3*}では水の中に試料（タンパク質、ウイルスなど）を入れて観察しますので、氷がいくら成長しても問題はありません。この問題を避けるためには、TEM 内を超高真空（たとえば、 10^7 Pa）にする必要があります。また、TEM の中で氷を作るためには、基板を 10K 程度に冷やし、水蒸気や CO、

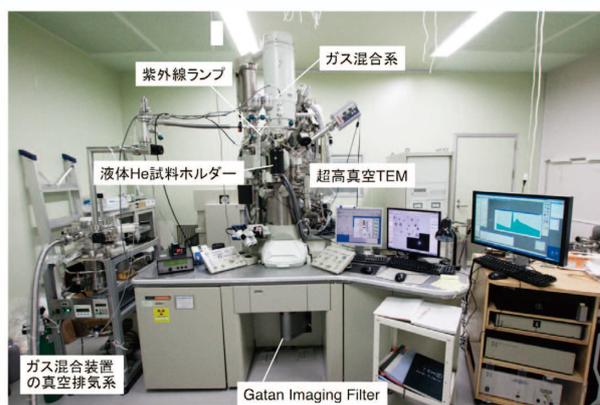


図1 開発した超高真空極低温 TEM

CO₂ などのガスを導入できるようにする必要があります。さらに、星間分子雲や原始惑星系円盤では、氷に紫外線が照射されていますので、紫外線の照射も必要になります。これらの要件を満たす「超高真空極低温 TEM」を日本電子（株）や技術部等の協力を得ながら開発しました（図1）。蛇足ながら、このような TEM は世界に 1 台しかありません。以下では、この「超高真空極低温 TEM」を使った研究成果の一例を紹介します。

マトリックス昇華法による高密度アモルファス氷生成

アモルファス氷とは、水分子の配列が乱れた氷であり、宇宙にもたくさんあることは赤外線望遠鏡による観測でわかっています。宇宙の氷を調べるために H₂O:CO=10:2 の氷を最初に調べました。結果はこれまでの研究を確認しただけですので、ここでは紹介しません。この H₂O:CO 比を変えて徐々に CO を増やしていった時に偶然見つかった現象を紹介します。

図2 (a) にマトリックス昇華法と名付けた氷の作製法を示します。最初に 10K で CO と H₂O を 100:1 に混ぜた氷を作ります。その後、基板の温度を上昇させると、25-40K で CO が昇華します。その後、基板には H₂O だけからできている氷が残ります。それを超高真空極低温 TEM で見たものが図2 (b) です。黒っぽい網目状

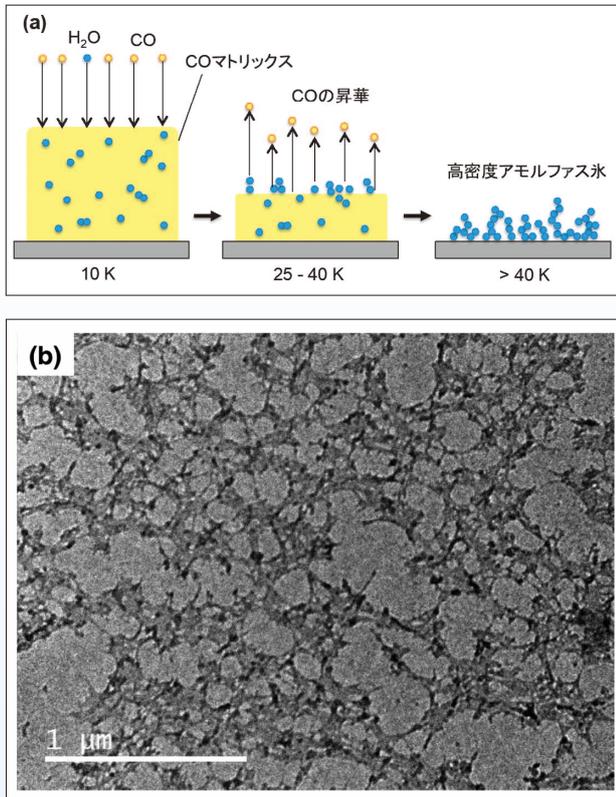


図2 マトリックス昇華法の模式図 (a) と開発した装置を用いて作製した高密度アモルファス氷のTEM像 (b)。濃い灰色の網目状の部分が、空隙が多いにもかかわらず非常に密度が大きいアモルファス氷。

のものがアモルファス氷で、マクロに見るとスカスカの組織になっていることがわかります。ところが、この氷の電子回折像の解析から密度を求めると、 1.16g/cm^3 と非常に大きいことがわかりました。高圧法で氷の結晶をぎゅっと押しつぶした時にできるアモルファス氷とほぼ同じ値です。なぜ、真空中でこのように高密度の水ができるかはまだわかっていませんが、氷にはこれ以外にも未知の構造がまだ多数存在することが期待されます。

紫外線照射によるアモルファス氷の液化

宇宙空間は紫外線に満ちていますので、氷に紫外線が照射されることは普通に起こります。CO、CH₃OH、NH₃ などを含む氷に紫外線を照射すると、アミノ酸、糖などができます。私たちのグループの大場康弘さんは核酸塩基ができることを発見しました。北大理学部(現東京大学)の橋省吾さんは、このような氷の温度をあげていくとH₂の「泡」が発生することを見出しまし

た。泡の発生は液体に特有な現象です。これまで紫外線が照射された氷は固体であると考えられてきましたが、それを見直す必要があることを示しています。この現象が不純物を含む場合だけで起こるのか、それとも純粋なH₂Oの氷でも起こるのかわかりませんでした。そこで、H₂Oだけからなる島状のアモルファス氷に10Kで紫外線を照射し、その後、紫外線を止め、温度上昇中にどのような変化が起こるかを超高真空極低温TEMで観察しました(図3)。

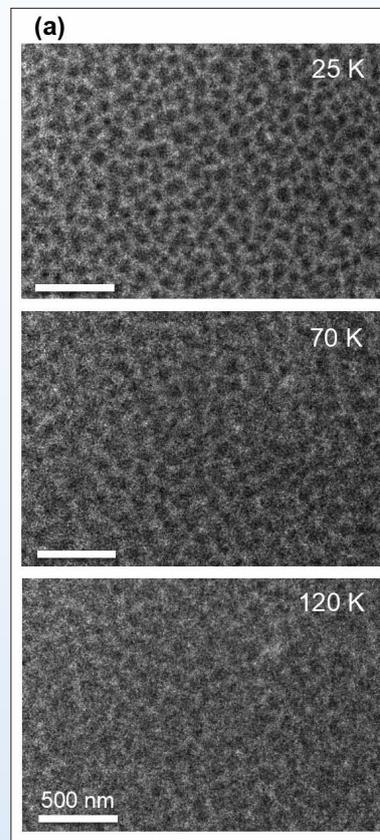


図3 10Kで紫外線を照射したアモルファス氷の温度上昇に伴う形状の変化を示すTEM像(a)とその模式図(b)。25KのTEM像の黒い部分が島状のアモルファス氷。70、120Kでは、それらが重なり合い、濡れが進行していることがわかる。

10Kで独立した島状であったアモルファス氷は、50K以上で島の高さが低くなるとともに広がりました。さらに高温になると島同士が重なりあいました。もし、紫外線を照射したアモルファス氷が固体ならば、このような現象は観察されないはずですし、液体ならば「濡れ」によって起こりうる現象です。島の形状の変化から粘性係数を求めると、 10^7 Pa s程度となり、非常に高粘度ですが、ガラス転移温度での値 10^{12} Pa sと比べると5桁も小さく、確かに液体であることがわかります。

もし、この現象が宇宙でも起こったとすると、化学反応速度が桁違いに大きくなって種々の分子の生成が起こったかもしれません。また、固体と思われていた氷微粒子が液体だったなると、微粒子の付着成長が急速に起こったことになり、これまで考えられてきたより、惑星の成長が速く起こった可能性があります。液体の安定性や生成メカニズムは全く見当がつかない状況ですが、このように、大変興味深い現象を見出すことができました。

アモルファス氷表面での CO、CO₂ 分子の拡散係数

最後に、少々地味な研究ですが、表面拡散係数の測定例を紹介します。表面拡散は氷微粒子上での分子生成を議論する際に重要な因子です。たとえば、COが氷表面を拡散してOHと出会うとCO₂が生成されますが、CO₂の生成速度はCOの表面拡散係数に大きく依存します。しかし、これまでは測定値がありませんでしたので、今回、直接測定を試みました。まず、アモルファス氷を作り、その上にCOやCO₂を蒸着させ、COやCO₂結晶の生成過程を観察しました(図4)。この過程を解析することにより、アモルファス氷表面でのCO、CO₂分子の表面拡散係数を求めることができました。これらの結果によって、星間分子雲での微粒子上での分子生成モデルを大幅にアップデートすることができました。

以上、紹介しましたように、今回開発した超高真空極低温TEMを用いることで、いろいろな面白い研究ができると思っています。興味のある方は是非使ってみてください。

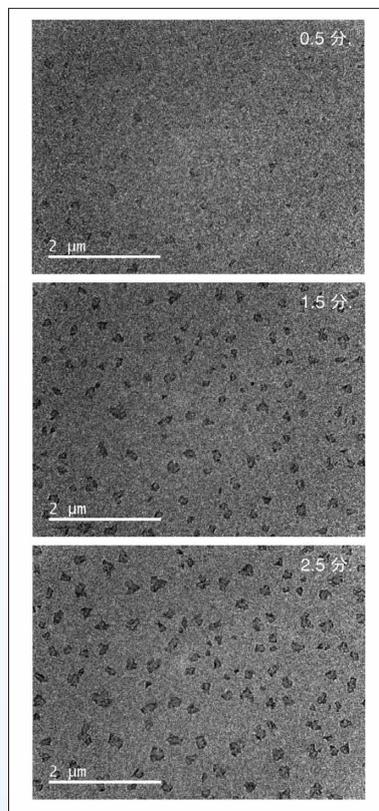


図4 55Kでアモルファス氷上にCO₂を蒸着した時に生成されるCO₂結晶の時間変化。チーターのような黒い斑点が、アモルファス氷(H₂O)上に生成されたCO₂の結晶(ドライアイス)、時間と共に数が増えていっている。

語句説明

1 * 氷

地球上の氷は、雪の結晶が六方対称であることからわかるように、H₂Oの結晶である。H₂Oには、温度・圧力によって結晶構造の異なる多くの氷がある。いっぽう、星間分子雲では、温度が低い(10K程度)、水分子の配列が乱れたアモルファス氷となる。また、CO、CO₂、NH₃、CH₃OHなども含まれるので、H₂O以外の固体も含めて「氷」と呼んでいる。

2 * 透過型電子顕微鏡 (TEM)

薄い試料に高エネルギー(100-300kV)の電子線をあて、透過した電子線を電磁レンズで拡大する顕微鏡。電子線の波長が短いので高分解能が得られる。最新の装置では、レンズの収差補正技術の進歩により、50pm程度の分解能が達成されている。電子を発生させるためには、高真空が必要になる。氷の構造、組成、厚さによって電子線の透過率が異なるので、図2-4に示すような像が得られる。また、電子回折も可能であり、氷の結晶構造に関する情報を取得できる。

3 * クライオTEM

タンパク質やウイルスを含む水を急冷して、それらを含むアモルファス氷(この分野の研究者はガラス質氷と呼ぶ)の薄膜を作る。このような試料を冷却した状態で観察するために特化した特殊なTEM。以前は、試料の電子線照射ダメージを減らすために、液体He温度への冷却が必須であった。しかし、最近では、高感度カメラの開発によって弱い電子線で観察できるようになり、試料の冷却は液体窒素温度で十分になった。なお、クライオTEMの開発者は2017年のノーベル化学賞を受賞した。



冬季の常緑針葉樹の光合成

共同利用推進部・生物適応分野（兼任） 田中 亮一

食べ過ぎに注意!?

巷では、大食い競争や大食いをネタにしたテレビ番組が人気だと聞く。「たくさん食べる」というのは人間にとって基本的には楽しい体験なのであろう。ところで、植物も「食べ過ぎる」ことがあると言ったら驚かれるだろうか？実は、（光合成の研究者に言わせれば）多くの植物は食べ過ぎるし、「昼寝」もする。人間は食事（すなわち他の生物）をエネルギー源とするが、植物にとってのエネルギー源は言うまでもなく日光である。光合成の視点からみると、植物が使い切れないほどの日光を吸収してしまうのは、「食べ過ぎ」に相当する。ここで、もう少し詳しく光合成の反応を解説する。植物は、クロロフィル（葉緑素）という色素を使って光を吸収する。クロロフィルは光化学系という光合成を担うタンパク質複合体（生物の複雑な機能は、異なる性質のタンパク質が集合した複合体、すなわち「チーム」によって実現していることが多い）に結合しており、光化学系はクロロフィルが吸収した光エネルギーを利用して水を分解し、水から出た電子を代謝反応に利用する。その代謝反応の中で、炭素を吸収し植物の成長に必要なさまざまな化合物をつくっている。人間の場合は、「食べ過ぎ」は食べた量と代謝で消費する量のバランスによって決まるが、植物の場合は、吸収する光エネルギーの量が代謝反応によって消費されるエネルギーを上回った場合に「食べ過ぎ」となる。例えば、北海道など寒冷域では、冬の植物細胞の代謝活性はほぼゼロに近いにもかかわらず、常緑樹の葉は冬の間は、使いきれないほどの光エネルギーを

吸収していることになるため、毎日「食べ過ぎ」ということになる。また、夏であっても、直射日光のもとでは、正午前後の日が高い時間帯の光エネルギーは過剰であることも珍しくなく、そういうときに植物は「昼寝」をして、気孔を閉じるとともに光合成の活性を落としていることがある（あくまで光合成の視点での例えであって、本当に眠っているわけではない）。人間の食べ過ぎとの違いは、人間の大食い競争ならば、ギブアップが許されるが、植物は葉が緑である限り、光を吸収し続けてしまう、ということである。すなわち、冬の北海道の常緑樹にとっては毎日がギブアップなしの大食い大会である（図1）。

冗談はさておき、人間の食べ過ぎも、植物による過剰な光エネルギーの吸収も、活性酸素の発生やその他の代謝の異常を招き、非常に危険である。光合成で水を分解することによって得られた電子や人間が食べ物を分解することによって得られた電子は本来、細胞内でさまざまな代謝反応に使われるべきである。しかし、この電子を使う代謝反応が滞ると電子が酸素と結びつくことで毒性の高い活性酸素とよばれる分子が発生する。低温研の原教授らの研究は、冬期における常緑針葉樹への過剰な光エネルギーによるストレスは、森林の更新（老齢の樹木が枯死し、幼木が成長することによって、徐々に森林内の樹木が入れ替わる過程）に影響を及ぼすことを示した。これらの知見をもとに、多くの研究者は、ある植物が過剰な光エネルギーに対処できるかどうかという適応力の強さが、その植物の生死のみならず、生態系にも大きな影響を及ぼすと考えている。

このような光エネルギーによる危険を、常緑針葉樹はどのように回避して冬を乗り越えているのであろうか？原則としては、吸収した光エネルギーを光合成の反応（水を分解して電子を代謝に使う）に回すことなく、光エネルギーを素早く熱エネルギーに変えるという仕組みが必要になる。光化学系にはたくさんのクロロフィルが結合しているが、これらのクロロフィルが結合したエネルギーは、最終的には光化学系の中心にある特別なクロロフィルに集めら



撮影：小野数也博士

図1 食べ過ぎ・飲み過ぎの男性（左）と低温下の常緑樹（右）はどちらも過剰なエネルギーの取り込みによる危険にさらされている。

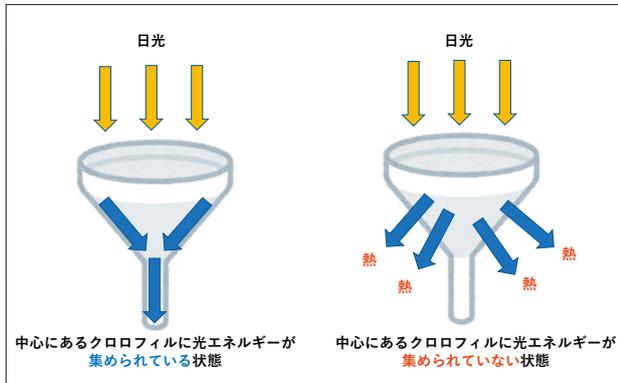


図2 光合成の集光反応と熱放散を漏斗に例える。通常はたくさんのクロロフィルが漏斗のように光を集めて光合成を行うタンパク質複合体の中心にあるクロロフィルに運んでおり、最終的に電子が移動する反応がおこる(左)。一方、冬の常緑針葉樹では集めたエネルギーを熱として逃がすことで光合成の反応がおこるのを防いでいると考えられる(右)。

れ、電子の移動を引き起こす(図2)。例えるならば、漏斗に水を入れると中心に集まるようなイメージで考えていただきたい。冬の常緑針葉樹の場合、光エネルギーの大半は、特別なクロロフィルに渡される前に他の色素に渡され、そのまま熱になると考えられる。これは、漏斗にわざと穴をあけて、中心に水が流れないようにするイメージである。このような仕組みの中でもっともよく研究されているのが、すべての植物が共通に持っているqEクエンチングという仕組みで、この仕組みにおいては、光が強すぎるときに一部のクロロフィルの位置と配光が変化し、光エネルギーが別の色素に渡るように組み替わることによって、エネルギーが光化学系の中心に集まることなく、別な色素を介して熱として放散されると

考えられている。

いくつかの先行研究から、冬の常緑針葉樹の熱放散の仕組みについて以下の3つの仮説が考えられている。(1)すべての植物が共通に持っているqEクエンチングを冬の間も使い続けている。(2)光化学系の一部のタンパク質が分解しており、そもそも光合成の反応をおこなうことができない。(3)常緑針葉樹は、吸収した光エネルギーを熱に変える未知の特別な仕組みを持っている。このうち、(1)のqEクエンチングで冬の常緑樹の熱放散を説明している研究者も多数いるが、冬の常緑樹には光強度に依存しない(すなわちqEクエンチングとは異なる)熱放散が存在することを示唆する先行研究があることから、私たちの研究室では(2)(3)の仮説の立場から研究を進めている。

食べ過ぎを制御するための、冬になると誘導される「熱放散メカニズム」の存在

私たちの研究室では、より詳細に光と気温が光合成に与える影響を調べ、どのようなタイミングで冬季に特有な熱放散が誘導され、それに伴って葉緑体のタンパク質やタンパク質複合体が出現しているのかを正確に調べることで、冬の常緑針葉樹の熱放散の仕組みを解明する端緒にしたいと考えている。図3はイチイの葉が吸収した光エネルギーを光合成にどれくらい使っているのか(量子収率という)を、測定した年の夏から冬にかけて示したものである。詳しい説明は省くが、イチイの樹木の南側の葉で、夏に量子収率の変動の幅が激しいのはqEクエンチングの変動を示しており、秋から冬にかけて、南

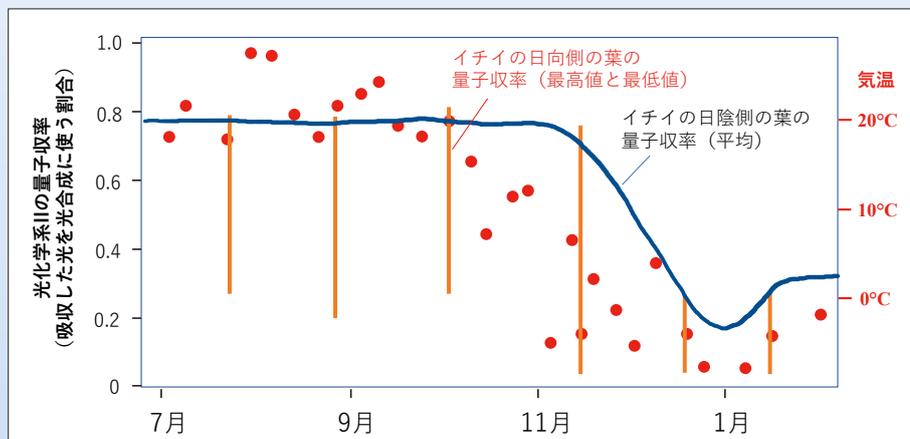


図3 イチイの日向側の葉と日陰側の葉の量子収率の変動
日向側の葉の量子収率(オレンジ色の縦の線で表現)は、葉が受けている光強度に応じて変化している。冬には変化の幅が小さく、0から0.2の範囲にとどまっている。日陰側(紺色の連続した線)は、光強度の幅が小さいため、量子収率のばらつきが少ないので、平均値で示している。赤色のドットは測定時(午前10時)の気温を示している。(データは大学院生の澤田末菜さん提供)

側でも北側でも量子収率が直線的に低下しているのは、qE クエンチング以外のメカニズムが誘導されている様子を示す。上述のように研究期間中、量子収率を毎週計測することで、冬に特有と言われる熱放散が、どのような葉でどのようなタイミングで出現するのかが次第にわかってきた。夏と冬の葉の単純な比較では、遺伝子やタンパク質レベルで多くの変化がみられるため、実際にどの要素が冬の熱放散に寄与しているかがわかりにくい。冬に特有な熱放散が出現、解消するタイミングがわかれば、そのタイミングと同時期におこっている遺伝子発現や光合成色素、光化学系の変化とは何かを調べることで、熱放散を駆動するメカニズムにとって何が重要な因子なのかを絞り込めると期待される。このような考え方のもと、現在、冬に特有な熱放散と同時に起こる光化学系や遺伝子発現の変化を解析しているところであるが、以下にその一端となる予備実験の結果を説明させていただきたい。

冬の熱放散の分子メカニズム解明に向けて

冬にだけみられる特殊な熱放散のメカニズムが存在するならば、冬に特別なタンパク質が出現して熱放散を担っていると考えるのがもっとも単純な仮説である。現在、詳細な遺伝子発現の季節変化の解析を進めているところであるが、予備的な実験として、単純に夏と冬のイチイの mRNA の種類と量を近年開発された RNA-Seq という方法で網羅的に比べてみた。すると、一般的によく知られている光合成に関連する mRNA が、夏には大量にみつかったが、冬には全 mRNA のうち、ELIP と呼ばれるタンパク質をコードする mRNA が 25% と、通常では考えられないほど高い割合を占めることがわかった。そこで私たちはこの ELIP の出現と消失が、冬に特有な熱放散と同じタイミングで増減しているとの仮説の下、さらに詳細な研究を進めている。この ELIP というタンパク質は、先行研究から葉緑体のチラコイド膜に存在すること、また光合成で光を集める役目を担う LHC というタンパク質とよく似た構造をしていることがわかってきた。したがって、この ELIP は冬の熱放散を担う第一候補となるタンパク質であるが、この機能は不明である。また、今回の研究で、イチイには、14 種類の ELIP 遺伝子が存在することが明らかとなったが、これらの ELIP に機能上の分化があるのか、という点も今後の課題である。

ここで、さらに仮説を押し進め、ELIP が光化学系に結合し、光化学系が吸収した光エネルギーを奪って熱と

して放散するという仮説をたててみた。この仮説を検証するため、イチイの葉の光化学系を Clear-Native 電気泳動という方法（透明なゲルを利用して、細胞内のタンパク質複合体を電気的に分離する方法）で分離したところ、ELIP がある特定の光化学系の複合体に結合することがわかった。私たちの研究室で高林助教が中心となって進めた系を使えば、少量のサンプルで Native 電気泳動のゲル上で光化学系の複合体の分光学的な解析が可能となる（図4）。神戸大学の秋本誠志准教授の研究室との共同研究により、光化学系複合体のエネルギー移動を測定することで ELIP を結合する複合体が熱放散に関わっていることを検証することができる。現在、COVID19 の感染拡大を防ぐため、この実験は中断しているが、実験が再開されれば、どの複合体がどのように熱放散を行っているかが明らかになると期待される。さらに、上記のイチイでの知見が、ほかの常緑針葉樹にもあてはまるのか、ということを検証するため、森林総研北海道支所の北尾光俊主任研究員の研究室との共同研究により、北海道を代表する樹種であるトドマツ、ヒノキアスナロについても研究を進めていく予定である。

なお、本研究は寿原記念財団研究助成および科研費（17K07431 および 20H03017）のサポートにより、共同利用推進部の研究テーマの一つとして、生物適応研究室の高林厚史助教、伊藤寿助教を始め、多数の大学院生や研究者の方々の共同研究によって進められています。紙面の都合上、全員のお名前と所属をあげることができませんが、ご協力に深く感謝いたします。

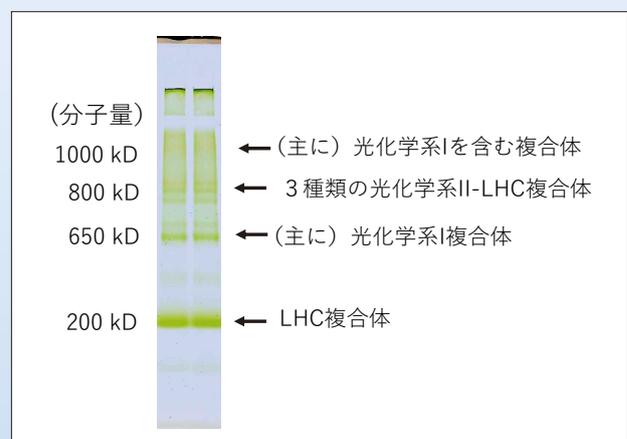


図4 イチイ光化学系複合体の分離と分析例
特殊なポリマーを泳動に使用することによって、安定性と解像度が改善した Clear-Native 電気泳動法。どの複合体に ELIP が結合しているのかを解析するとともに、エネルギー移動効率などの分光学的な解析をおこなうことで、どの複合体で熱放散が活発に行われているのか調べることができる。

パインアイランド、スウェイツ棚氷への高温水塊の流入経路の解明 ～南極最大の氷損失域における棚氷海洋相互作用の理解～



中山 佳洋

南極沿岸域の海洋環境が「棚氷の融解」へ与える影響を理解する

南極大陸には、地球上の氷の約90%が存在し、その氷が全て融解すると海水準は約60メートル上がるとされています。南極に存在する氷の総量は、降雪と、沿岸部から海への氷の流出によってほぼコントロールされています。近年の研究から、氷の海への流出プロセスは、暖かい海水が棚氷（氷が海へと押し出され、陸上から連結して洋上にある氷）下部へ流入し、棚氷を融解、薄化することによって支配的にコントロールされることがわかってきました。棚氷は、湾内など囲まれた領域に形成されやすく、氷河の流れを塞ぎとめる効果があることから、南極からの氷の流出を抑制する「栓」と例えられることがあります。例えば、もし、ある氷河の棚氷が薄くなり、または極端な例で言えば、棚氷が急速に失われてしまえば、氷河の流動を止めている「栓」の効果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れ出してしまうこととなるのです（図1）。そのため、どのように南極沿岸域の海が棚氷融解を引き起こしているかを理解することが、将来的な南極による海面上昇を予測するために必要な課題となっています。

アムンゼン海東部では、過去50年程度の間、暖かい海水が棚氷下部へと流入し、棚氷が薄くなっていることが知られており、氷河流動をせき止める効果が弱め

られたことから、氷河流動が加速し、多量の氷が南極大陸上から海へと流出しています。現在の南極氷床による海面上昇への寄与の約70%がアムンゼン海東部によるものとされています。このような背景から、1994年以降、アメリカ、イギリス、ドイツ、スウェーデン、韓国などの国際的な協力のもと、アムンゼン海における海洋、氷河観測が実施されてきました。また、2008年以降、海外の複数の研究グループによってアムンゼン海（図2）の海洋モデルも開発され、観測データと総合的な結果を得ることで、アムンゼン海内部の大規模な循環についての理解が得られてきました。このように、これまでの研究から、アムンゼン海と氷床のダイナミクスについて、大規模的な理解が進んでいましたが、実際に融解のtriggerとなっている棚氷融解量が最も大きくなると氷河の境界部（図1）での融解プロセスは、うまくモデルで再現できていませんでした。こういった場所への高温の水塊の流入経路などは、空間解像度が粗すぎたため、これまでの海洋モデルでは表現できなかったためです。観測データの限られる南極沿岸域において、これらのデータと総合的な海洋モデルを開発し、そのモデルを解析することは、現実の海でどのような海洋物理プロセスが重要なのかという理解につながります。そのため、南極氷床による海面上昇への寄与をより現実的に見積もることは、将来予測を精緻化する上で欠かせません。

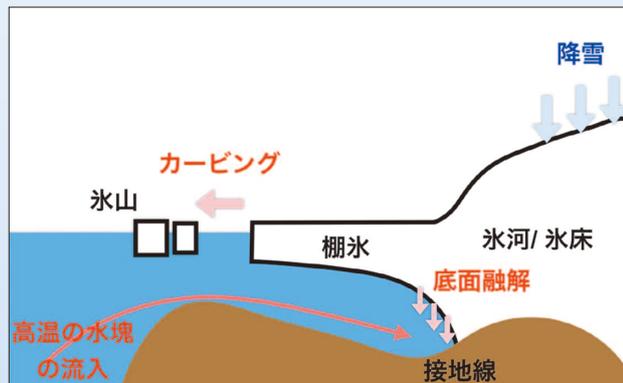


図1：南極棚氷融解の概略図。南極の氷は、氷床、氷河、棚氷に分けられます。氷床とは、南極大陸上をのっぺりと広がる大きな氷の塊を指し、氷河とは、この氷床の一部が河のように谷へと流れ込み南極沿岸部へと流れているものを指します。さらに、この氷河の一部は、海へと流れ込み、陸上から連結して洋上にある氷を形成します。これを棚氷といいます。南極の氷のほとんどは、氷床、氷河として存在しています。本図では、青は海を、茶色は地形を表します。南極からの氷の損失は、外洋からの高温の水塊の流入による棚氷の融解、冰山としての氷の流出によって、コントロールされています。

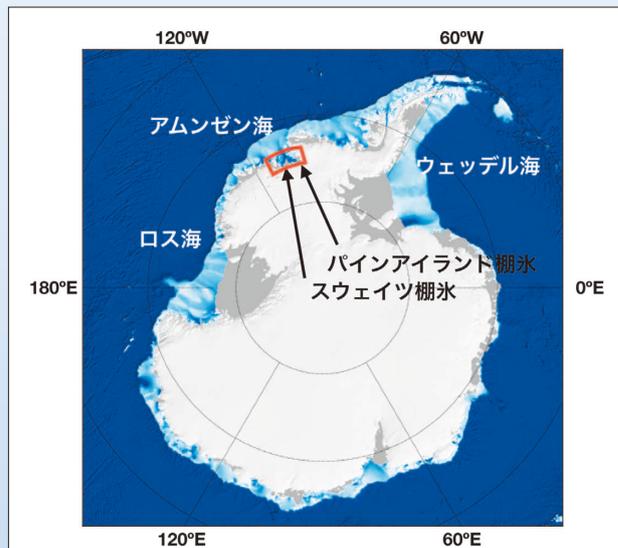


図2：アムンゼン海、パインアイランド棚氷、スウェイツ棚氷の位置関係と、研究対象としたモデルの領域（赤）。

モデル設定

特に、棚氷融解量、南極大陸からの氷の流出（海面上昇への寄与）が大きいパインアイランド棚氷とスウェイツ棚氷（図2）に着目して、東アムンゼン海域の超高解像度海洋モデルを開発しました。海洋モデルを用いた研究では、空間解像度とによって、海の中の海流や渦などを細かく表現できるかが決まってきます。この研究で開発した海洋モデルの空間解像度（水平 200m、鉛直 10m）は、実施されてきたどの研究と比較しても 4-5 倍以上細かく、これまで表現できることのなかった海の中の流れが表現できるようになりました。モデル結果は、海洋観測データや氷河観測データと整合的な結果を示し、現実の海で起きている海洋プロセスをよく再現していることが確かめられました。

高温の水塊の流入経路と再現された棚氷の融解量

モデルの結果を解析することで、高温の水塊は、水深 500-1000m の等深線に沿ってパインアイランド棚氷とスウェイツ棚氷の下部へと流入し、パインアイランド棚氷、スウェイツ棚氷の接地線付近へと運ばれていることがわかりました（図3）。この結果は、高温の水塊の経路上で海洋観測を実施することで、パインアイランド棚氷とスウェイツ棚氷の融解量をモニタリングできることを示唆し、長期的な海洋観測のビジョンを提案しています。また本研究で開発した高解像度モデルを適用することで、これまでの海洋モデルでは困難であった棚氷融解量の空間分布の再現に成功しました（図4）。さらに、

モデルの結果を解析することで、接地線付近の棚氷融解量が多いことによって駆動される棚氷下部の海洋循環が、棚氷融解量を強くコントロールすることが示され、海洋循環の重要性が強く示唆されました。

今後への期待

本研究では、これまで海洋モデルでは解像されてこなかった、棚氷下部の海の流れや棚氷の融解過程に着目して、海洋モデルを開発しました。観測データの限られる極域の海洋において、観測された海洋の状態を高精度の海洋モデルで再現し、現実の海洋で何が起きているのかを理解することは、南極氷床による海面上昇への寄与のより現実的な見積もり、将来予測の精緻化につながります。また、現場観測が非常に困難な極域海洋において、再現性の高い海洋モデルが、海洋観測の計画や、海洋物理学、海洋化学、海洋生物学、雪氷学といった様々な分野の研究に利用されることが期待されます。

【謝辞】

本研究成果は、2019年11月22日公開の英国の科学誌である Scientific Reports 電子版に掲載されました。本研究は、Georgy Manucharyan (California Institute of Technology), Hong Zhang (NASA-JPL), Pierre Dutrieux, Hector S. Torres (NASA-JPL), Patrice Klein (NASA-JPL), Helene Seroussi (NASA-JPL), Michael Schodlok (NASA-JPL), Eric Rignot (University of California Irvine), Dimitris Menemenlis (NASA-JPL) との共同研究として実施されました。

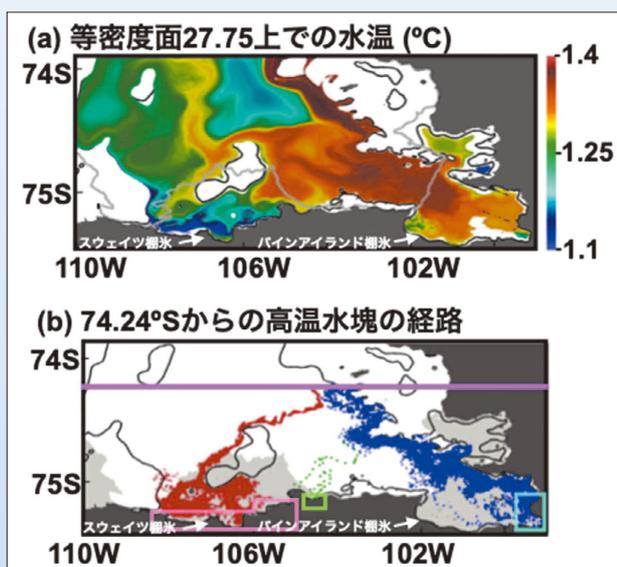


図3：(a) 海洋モデルで再現された等密度面 27.75 上のポテンシャル水温 (b) 海洋モデルで再現された高温の水塊のパインアイランド棚氷（青）、スウェイツ棚氷東部（緑）、西部（赤）への経路。(a) では棚氷と海の境界を灰色の線で示しています。(b) では、ピンクの線上において、高温の水塊が存在するポテンシャル密度 27.75 上に粒子を配置し、モデル内部で粒子の移動経路の計算を行うことで、高温の水塊の経路を示しています。白の領域は海、灰色の領域は棚氷を示します。

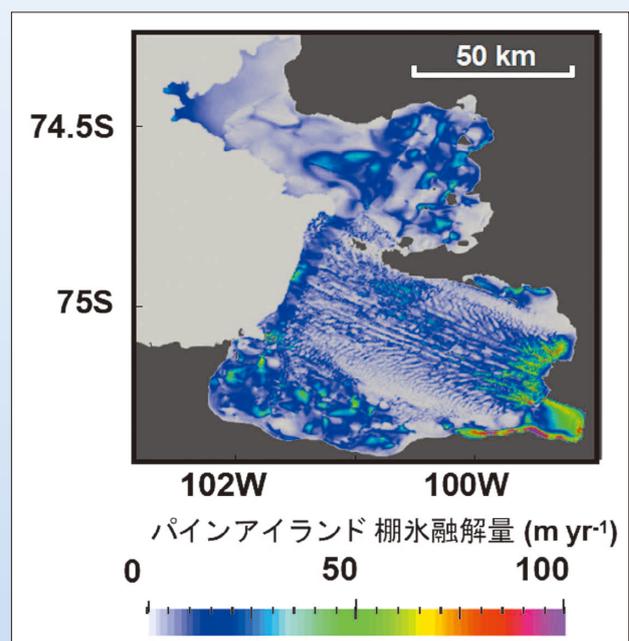


図4：数値モデルで再現されたパインアイランド棚氷の融解量。棚氷融解量が筋状の空間分布を示し、人工衛星を用いた観測とも整合的な結果となっています。

退職のご挨拶

羽馬 哲也
(元 雪氷新領域部門)



2019年12月31日をもって北海道大学低温科学研究所を退職し、2020年1月1日から東京大学総合文化研究科先進科学研究機構に異動しました。2010年4

月に25歳で北大低温研に来た私は現在35歳になり、9年8か月を北大低温研で過ごしたことになります。

北大低温研では「宇宙における物質進化」、とくに星や惑星系が誕生する舞台となる「星間分子雲」でおきている物理や化学について実験研究をおこなってきました。「星間分子雲」はおもに水素(H原子やH₂分子)のガスでできた天体ですが、質量にして星間分子雲の1%ほどの割合で「星間塵」と呼ばれる鉱物や炭素質物質でできたタバコの煙ほどの微粒子が存在します。重力によって水素のガスが集まることで恒星が生まれ、さらに星間塵が集まることで惑星系が構成されていきます。

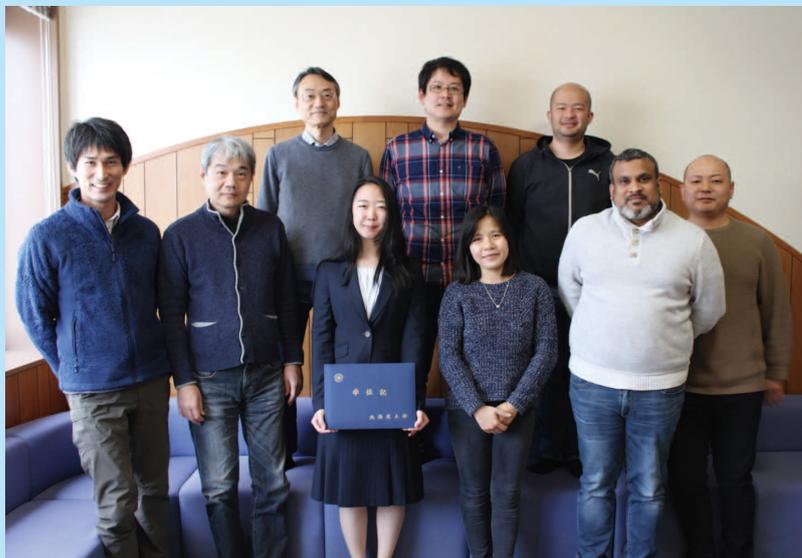
星間分子雲には星(熱源)が存在しないので、温度は最低で8-10 Kほどにまで下がります。このような低温な環境では、地球(300 K)でおきている化学反応はほとんど進まないのですが、それにもかかわらず星間分子雲にはH₂をはじめ150種類ほどの分子が存在し(星間空間全体ではおよそ200種類)、星間塵の表面は氷(おもにH₂O。そのほか一酸化多炭素(CO)やメタノール(CH₃OH)などが含まれる)に覆われていることが観測研究から知られています。ちなみに、この宇宙の氷の化学組成は太陽系の彗星とよく似ており、太陽系もまた星間塵が材料物質となってできたものであることを裏付けています。

一方で「低温な星間分子雲で豊富な種類の分子が存在する」ということ事実は、星間分子雲では地球の常識とは異なる化学反応がおきていることを示しています。「星間分子雲でおきている特殊な化学反応(星間化学)」を理解することは、観測結

果から星や惑星系が生まれる環境や条件(温度、圧力、光子場など)を知ることにつながり、最終的には太陽系や惑星系の普遍性(あるいは特殊性)についての理解も深まることになります。また、このような天文学的・地球惑星科学的な重要性のみならず「低温な環境でおきる物理・化学を調べること」そのものが基礎科学として興味深いというのも特筆すべき点でしょう。

しかしこう書くと、あたかも自分が昔から宇宙に興味があったように読んでいる人をミスリードさせてしまうのですが、実際のところはそうではなく、学生の頃は物理化学的な興味(+αとして地球や宇宙の化学への興味)から「氷の光化学反応」を研究していました。そのため低温研に来るまでは宇宙についてはほとんど知識がなかったため、まずは「星間化学とは何なのだろう?」というところから、自分なりに咀嚼するところからはじめることになりました。私が低温研に来る前(2000年代)は、香内さん、渡部さん、日高さんが「H原子の量子トンネル効果によって、COからホルムアルデヒド(H₂CO)やCH₃OHが生成されている」という発見をされており、2010年ごろは「量子トンネル効果がH₂COやCH₃OH以外の分子にも化学反応に重要な役割を果たしているはず」と、大場さんらが水(H₂O)生成について精力的に取り組んでいる時期でした。

そんななかで「量子トンネル効果以外に星間化学で面



白い研究テーマはないものか」と探し始めたものの、そんな都合の良いものがすぐに見つかるわけがなく、まずは渡部さんが当時取り組んでいた「氷表面に吸着したH原子の拡散」や「量子トンネル効果の実験（ベンゼンの水素化）」などの実験に取り組みながら、何か良いテーマがないか模索する日々を過ごしました。最終的に、H₂Oの核スピン（水素原子核に備わっている量子的な性質。化学の分野では核磁気共鳴などで利用されている）に狙いを定めて研究を進めていきましたが、H₂Oの核スピンの研究が論文になるのは2016年なので、短い在籍期間の職では完成できなかったこととなります。最近では珍しい5年任期（再任あり）という長い研究期間を頂けたのはとてもありがたかったです。この場を借りてお礼申し上げます。

研究者の土台を作る20代後半から30代前半を低温研で過ごすことができたのはとても幸運でした。大したアイデアもない自分にどんなことが出来るのかと、自分の未熟さと向き合い続けることは辛い時もありますが、知識・技術を惜しみなく教えてくださった渡部さん、香内さんをはじめ研究室の皆様ののおかげで何とかやってこられたように思います。研究者同士で競争を強いられることも多い最近で、低温研全体が持つ周りを気にせず研究に打ち込めるような環境、雰囲気というのはとても貴重のように思います。週末に生協で昼ご飯を食べ、研究

室でコーヒーを淹れ、実験をしたり、あるいはのんびり論文を読んで過ごしたりしたことも一生の思い出です。

最後に低温研での研究・教育活動を支えてくださった教職員や学生のみなさま、とくに事務部・技術部のみなさまにこの場を借りて厚くお礼申し上げます。お礼ですが、技術部の千貝さん、森さんのおかげで山に登る楽しさを知ることができました。田中亮一さんのおかげで高校までやっていた卓球を再開するきっかけにもなりましたし、小野清美さん、長谷川さんのおかげでマラソンにも挑戦できました。また、北海道ならではの景色といえば木村さんに連れて行って頂いた大雪山白樺荘での雪の観察も忘れ難い思い出です（研究活動なのでこのパラグラフに書くのは不適切な気もしますが）。他にも名前を挙げればきりがありませんが、みなさまのおかげで北大低温研での生活は自分にとって最高でした。本当にありがとうございました。技術部の藤田さんも、ぜひ一度フルマラソンかトムラウシに挑戦することをお勧めします。どうせやるなら早い方が良いですよ！

新型コロナウイルスの影響により全国に緊急事態宣言が出ており（2020年5月8日現在）、北大低温研の皆様におかれましては落ち着かない毎日をお過ごししているかと思いますが、どうぞお身体にお気をつけてお過ごしください。また気兼ねなく移動できる日が来ることを待ちつつ、皆様とお会いできますのを楽しみにしています。



着任のご挨拶

曾根 正光
(生物環境部門)



はじめまして。今年の1月より冬眠代謝生理発達分野の助教に着任しました、曾根正光と申します。前職まで、人工多能性幹細胞（iPS細胞）とその応用を目指した研究などに携わってきました。本稿では自己紹介として、これまでの研究歴についてお話しさせていただきますと思います。

今を遡ること二十数年、中高生の頃の私は夜寝る前にベッドの中で本を読むのが楽しみで、特に、マイクル・クライトンのSFなどが好きでした。映画で有名なジュラシック・パークでは、琥珀に閉じ込められた蚊からDNAを抽出し恐竜を蘇らせるというアイデアにワクワクしましたし、圧倒的な専門知識を背景として活躍する科学者たちがカッコよく思えたのでした。そんなナイーブな憧れを胸に、科学者を目指して京大理学部に入学しましたが、数学の授業について行けず、入学早々に軽い挫折を味わいました。一方で、生物学の授業は理解可能で面白く、私を優しく受け止めてくれました。特に生物の発生を進化の観点から論じる研究に興味を抱いたことをきっかけに、発生学を学ぶべく神戸の発生・再生科学総合研究センター（当時）の竹市雅俊教授の研究室の門を叩きました。そして、そこで研究員をされていた中川真一さん（現・北大薬学部教授）の元、マウスをモデルとした目の網膜の発生について研究を行いました。

網膜は外界の光を最初に受容する神経器官ですが、神経細胞が整然と並んだ多層構造をしています。そして、それぞれの細胞層には異なる種類の細胞が存在して異なるプロセッシングを行い、光のシグナルを最終的に脳へと伝達しています。そのような秩序だった層構造がどうして形成され得るのかを調べるため、発生過程において、細胞の種類によって異なって発現する遺伝子を探索しました。残念ながら、その探索では層形成に関わる遺伝子を見つけることはできませんでしたが、興味深い新規遺伝子に行き当たりました。その遺伝子は網膜や脳などの神経細胞の一部で非常に強く発現していましたが、転写産物であるRNAのどこを探してもタンパク質の読み枠が見当たらない、つまりタンパク質をコードしないノンコーディングRNAでした。しかも、そのノンコーディ

ングRNAが細胞核に集積する特異な局在を示していました。

当時、約10年の歳月をかけたマウスおよびヒトのゲノムプロジェクトが完了し、タンパク質をコードする遺伝子の数が、下等生物（ハエ、線虫など）と意外と変わらないことが驚きをもって受け止められていました。他方でゲノムのあらゆる領域からノンコーディングRNAが転写されていることが次第に明らかとなり、それらは種によって特異性も高いことから、脳の高次機能などにも関わるのではないかと注目を集めていました。そこで中川さんと私はこのノンコーディングRNAをゲノムから削除したマウスを作製しました。そのマウスは一見正常で、生殖にも問題なかったので落胆しそうになりましたが、粘ってみると分かることもあるもので、脳のドーパミン神経回路に異常があり、多動（落ち着きがない行動）を示すことが明らかになり、のちに論文発表することができました。

私がノンコーディングRNAと悪戦苦闘しているころ、京大の山中伸弥教授がマウスとヒトから人工多能性幹細胞（iPS細胞）を作り出したというセンセーショナルなニュースが発表されました。それは皮膚なり血液の細胞なり、体のどのような細胞についても、ある4つの遺伝子を強制的に発現させれば、発生のごく初期の細胞と同じ多様な分化能力、つまり多能性を持ち得るという発見でした。それまでの胚性多能性幹細胞（ES細胞）の研究から、初期胚から取り出された細胞が培養皿上でも様々な細胞へと分化する能力を保つことは知られていました。ES細胞は病気や怪我で損傷欠失した組織を新たに作り補う再生医療の要として期待されていました。しかし、基本的には他人の細胞を使うことになることから多くの場合免疫の型が適合しないこと、また生命の萌芽と考えられるヒト初期胚を壊す倫理的問題を抱えていました。iPS細胞はそうした問題をクリアできることから大きな注目を集めました。私はその発見を「へ〜、すごいもんだな」と全く他人事として眺めていましたが、その後、山中教授が所長を務める京大iPS細胞研究所で研究室を主宰する旧知の山本拓也さんに、うちに来ないかと声をかけていただき、思いがけずiPS細胞の研究に足を踏み入れることになったのでした。

さきに4つの遺伝子を発現させればiPS細胞になると書きましたが、ことはそう単純ではなく、この4遺伝子を発現させた細胞集団の中のごく一部の細胞だけがiPS細胞になるという効率の低さが技術的問題点として知られていました。私はこの問題に取り組み、iPS細胞へと変化する上で、解糖系と酸化的リン酸化経路という2つのエネルギー代謝経路が重要だということを明らかにしました。そして両代謝経路のバランスが適切に制御できればiPS細胞の誘導効率が10倍以上改善されました。この研究結果は細胞の代謝がその細胞らしさ（アイデンティティ）の獲得と密接に結びついているという興味深い事実を示しています。次に私は千葉大学に移り、免疫反応が起こって輸血が困難な患者さんの治療を目指した、iPS細胞を元に血小板という止血に関わる血液細胞を製造する研究に携わりました。

私がiPS細胞と再生医療の研究に従事する間もバイオテクノロジーの進歩は目覚ましく、2つの大きなブレークスルーが起きていました。一つは次世代シーケンサーと呼ばれるDNA解析装置が開発され、国際プロジェクトで10年かかっていたヒトゲノムの解読を1人の研究者が1週間で行えるまでに高速化した事です。もう一つはゲノム編集と呼ばれる技術によって、ヒトを含む様々な生物種においてこれまで困難だった遺伝情報の改変ができるようになった事です。これら2つの技術革新により、マウスなどのメジャーな実験モデルとは異なり遺伝的解析や改変が不可能であった生物についてもそうした手法が適用できるようになりました。そんな折、低温研の山口良文さん（冬眠代謝生理発達分野・教授）らが行ったハムスターの冬眠研究の論文を見て、目が釘付けになりました。冬眠期に入ったハムスターの体温が、37℃と5℃の間を行ったり来たりする、信じられないような変化を示していました。山口さんらは次世代シーケンサーを利用した解析により、冬眠に備えてハムスターが脂肪組織を大きく作り変えていることを明らかにしていました。私は次世代シーケンサーやゲノム編集技術を用いてこの驚異的な体温変化を可能にしているメカニズムを解き明かすことができるのではないかと、また、そうした能力の一端でもヒトに応用することができれば画期的な医療につながるのではないかと興奮し、冬眠の研究をしたいと山口さんにコンタクトを取ったので

した。幸にして、1月より山口研究室に加えていただき、ハムスターの驚くべき能力に刺激を受けながら研究を進めています。

こうしてつらつら書いて参りますと、私の研究人生は行き当たりばったりで時代の波に流されまくりだと思えますが、これは柔軟性が高い証！とポジティブに解釈しておきたいと思えます。いつか恐竜復活に匹敵する成果を夢見つつ……。

< 語句説明 >

ノンコーディングRNA：ヒトゲノム上でタンパク質をコードするmRNAとして転写される領域は1%程度だが、それ以外のあらゆる領域からRNAが生成されていることが明らかになっている。これらは機能を持たない「ジャンク（ごみ）RNA」ではないかと考えられてきたが、中には重要な生体機能を持つものもあり、有名な例として雌雄のX染色体の数の違いを補正する機能を果たすXistというノンコーディングRNAがある。

iPS細胞：山中教授らは2006年にマウス、翌年ヒトの繊維芽細胞に、ES細胞で発現の高いOct4、Sox2、Klf4、c-Mycという4つの転写因子（ゲノムの広範な領域に結合し、RNAへの転写をコントロールするタンパク質）を発現させることでiPS細胞を作製した。現在、多くの患者さんに移植が可能となるよう様々なHLAタイプ（免疫適合性の型）のiPS細胞をストックするプロジェクトが進められている。

次世代シーケンサー：2000年代後半から、超並列シーケンシングというそれまでとは全く異なる原理に基づくシーケンサーが登場し、非モデル生物のゲノム解析、癌ゲノムの変異解析、土壌や水域あるいはヒト腸内細菌叢の生物多様性解析などに応用され、様々な興味深い知見が得られている。例えば、次世代シーケンサーを用いて、現生人類のゲノムには過去にネアンデルタール人と交配した形跡があることが発見されている。

ゲノム編集技術：CRISPR/Cas9と呼ばれる原核生物の免疫システムなどを利用することで様々な生物の遺伝子破壊や書き換えが自由に行えるようになった。培養細胞だけでなく生体にも利用でき、医療応用が期待される一方で、デザイナーズベビーも現実化し倫理的な問題も顕れている。

着任のご挨拶

渡邊 友浩
(生物環境部門)



4月に微生物生態学分野に赴任した渡邊友浩です。環境微生物の生態を理解するために、そのエネルギー代謝の原理や進化を研究しています。

私がこの分野の研究に粉骨砕身精進するモチベーションは「自然環境中にどのような微生物がいて、何をしているのか」という疑問です。シンプルな疑問ですが、研究をすればするほどこの目標が壮大なものに感じてきました。まず、どんな微生物がいるのかについては、一定の答えが得られる時代になったと思います。一般的に、微生物の種類はゲノム配列情報を使って特定します。ゲノムには種を識別する領域があるので、その配列に基づいて分類を行います。この10年程で、ゲノム配列解読技術とこれを解析する情報生物学が著しい発展を遂げたことで、一研究室単位で高度なゲノム解析が可能になりました。

環境微生物の「未知遺伝子の機能」を理解したい

一方、ゲノム配列解読と情報生物学がもたらした膨大な情報から、「微生物が何をしているのか」を理解することが想定以上に難しいことが分かりました。主な理由が2つあります。1つ目は、微生物ゲノムには機能が分からない遺伝子がたくさん存在することです。私の経験から、環境微生物のゲノムに存在する遺伝子の半数程は機能が未知です。その機能を解明することは、生命科学分野に共通する課題でもあります。2003年にヒトゲノムの完全解読が発表され、ポストゲノム時代の中2005年に最初の次世代塩基配列解読装置が発売されました。それ以降、生命科学分野ではゲノムの機能未知領域を読み解くことがますます大きな課題になった様に思います。2つ目の理由は、実体を伴わない微生物の存在が判明したことです。実体が無いとは、配列としてのみその存在が確認されており、その培養株が得られていないということです。環境中の大多数の微生物はこの様な未培養状態にあり、その能力を解明することは主要な研究課

題の1つです。理論的には、ゲノム配列からその機能はある程度推し量ることができません。しかし、その機能は実験的に検証されなければならず、このためには培養株が必要になります。培養株を得るためには、膨大な時間と労力を伴う場合が多いです。また、前述の通り、ゲノムに存在する大多数の遺伝子の機能は不明であるため、仮に培養株を得られたとしても、その代謝能力を解明するためには、ゲノム解析と遺伝子機能の検証を並行して行う必要があるといえます。この様なことを考えながら、私は環境微生物の未知遺伝子の機能開拓が重要であると考えようになりました。このため、微生物生態学を専門にしながら、遺伝子の機能を解析するために生化学と構造生物学を学びました。これまでに、微生物学的な硫黄、メタン、水素などのエネルギー代謝の原理と進化を主な研究対象としてきました。

「硫黄」代謝の環境への適応進化

生体を構成する必須元素の硫黄は、自然環境中において主に微生物のエネルギー代謝によって循環しています。硫黄を酸化してエネルギーを得る代謝にはいくつかの経路が存在します。興味深いことに、同じ硫黄化合物を酸化するために複数の代謝経路が使い分けられていることが分かってきました。確かな理由は分かりませんが、その背景には生息環境や進化史が関わっていると考えています。また、淡水環境で独自の硫黄酸化制御システムが進化した可能性を見出しました。一般的に、淡水湖沼の様な環境では硫黄酸化微生物のエネルギー源となる硫黄化合物の量が少ないです。このため、エネルギー源の制限が選択圧となり、代謝経路の一部を制御して無駄なエネルギー消費を抑える機構が進化したと考えています。その酵素機能の検証は今後の研究課題です。

「水素」分解/合成酵素の進化

微生物は常温常圧の温和な条件で水素ガスを生産/消費することができます。この反応にはヒドロゲナーゼという生体触媒が使われます。私は、その1種である鉄ヒ

ドロゲナーゼの研究を通して、遺伝子の異種生物間交流がその機能を進化させたことを見出しました。自然環境中において、遺伝子は異なる宿主細胞に頻繁に取り込まれています。これは遺伝子の水平伝播と呼ばれ、進化の原動力となります。多くの場合、外来遺伝子は新しい宿主細胞の環境には適合せず、細胞分裂の過程で失われると考えられます。私が研究していた鉄ヒドロゲナーゼは、本来は古細菌にしか存在しないものです。ところが、ある種のバクテリアのゲノムからこの遺伝子に類似するものが発見されました。その機能を研究した結果、この酵素の鉄ヒドロゲナーゼ反応には、古細菌の反応基質のバクテリア版に相当する化合物が利用されることが分かりました。ゲノム解析の結果を考慮すると、この新しい反応性は進化の過程で生じた遺伝子の異種生物間の交流を介した進化によってもたらされたと考えられます。つまり、このヒドロゲナーゼは新しい宿主細胞が合成する化合物との反応性を新たに獲得することで適応を遂げたといえます。

「メタン」の生成反応を効率化する超巨大酵素複合体

強力な温室効果ガスのメタンは、メタン菌の代謝副産物として放出されます。この反応はメタン生成と呼ばれ、有機化合物の分解プロセスの最終段階として知られています。基本的に、自然環境中では有機化合物は段階的に

低分子量化されて、その過程で水素、二酸化炭素、ギ酸、酢酸、メチル化合物などを生じます。これらをエネルギーあるいは炭素源として生育するのがメタン菌です。私は、水素+二酸化炭素あるいはギ酸+二酸化炭素によるメタン生成反応を研究しています。これは水素あるいはギ酸から電子を生成して、これを消費する反応です。電子の生成と消費の反応は、それぞれ細胞内の異なる場所で行われ、電子伝達体を仲介して繋がると考えられていました。私は、一部の電子の生成と消費反応を同所的に完了するための超巨大酵素複合体を発見しました。興味深いことに、この複合体を合成するメタン菌は、極めて低濃度の水素をエネルギー代謝に利用できるものでした。低濃度の水素からメタンを合成することは熱力学的に難しいので、酵素の複合体化による効率的な電子の生成と消費は、低濃度水素の利用の鍵になると考えています。

まだまだ未熟ものではありますが、今後は微生物生態学、生化学、構造生物学を駆使して環境微生物のエネルギー代謝を研究していきたいと考えています。将来的に、自然環境中の微生物の生態を少しでも紐解くことができるよう努力してまいります。どうぞよろしく願いいたします。

■ 「同位体物質循環 国際シンポジウム 2019」の開催

水・物質循環部門 滝沢 侑子・カ石 嘉人

2019年6月24日から27日の4日間にわたり、北海道大学低温科学研究所にて「International Symposium on Isotope Physiology, Ecology, and Geochemistry 2019 (邦題：同位体物質循環 国際シンポジウム 2019)」が開催されました。私たち同位体物質循環分野の主たる分析手法である「有機化合物の安定同位体比測定法」は、生物圏における有機物の生産や利用、移動の履歴を評価するために、約40年間にわたり多くの貢献をしてきました。近年では、生態系や生物体内における有機物利用を、定量的かつ高精度に解析する手段として「アミノ酸分子の窒素同位体比測定法」が確立されましたが、測定装置運用のための技術的困難さから、その応用研究については未だ発展途上の状態に（すなわち、未開拓な分野が多く残されて）いるという背景がありました。

本シンポジウムの開催目的は、アミノ酸の安定窒素同位体比を用いた研究とそれに関連する研究を実際に進めている（あるいは導入を検討している）研究者たちが集い、各々が明らかにした最先端の知見やアイデア、興味深いデータ、疑問等を持ち寄り、それを共有

することによって、当該技術の今後の新たな応用先やその可能性を検討すること、そしてコミュニティとして歩むべき方向性を模索・議論することでした。本シンポジウムには、インターネット通信を含め、国内外から28名の学生・研究者・企業が参加し、終始活発な議論が行われました。また、優秀発表賞として、1名の学生と1名の若手研究者に賞状と記念品が贈呈されました。

主催：北海道大学・Hanyang University（韓国）・University of Wisconsin-Madison（アメリカ合衆国）

協賛：シリコン工業会・GERSTEL K. K.・Elementar・昭光サイエンス・日本学術振興会（科研費）

参考：Webサイト：IsoPEG'19 (<https://sites.google.com/view/isopeg19/home>)



発表中の様子



参加者集合写真

低温科学研究所技術部で第9回技術部セミナーと第25回技術報告会を開催

低温科学研究所技術部

令和元年11月15日（金）、低温科学研究所講堂において低温研技術部、技術支援本部共催による第9回技術部セミナーと第25回技術報告会を開催しました。

セミナーでは、西村浩一名古屋大学名誉教授を講師として招へいし、「雪崩発生予測とダイナミクスそして吹雪現象の解明に向けて」という題目で講演していただきました。現在、スイス・フランス・ノルウェーなどでは人工雪崩実験で得られたデータをもとに雪崩運動シミュレーションの開発・検証やハザードマップ作成などが積極的に行われているという解説がありました。そのような背景の中、2018年3月、北海道ニセコスキー場管理コース内で人工雪崩実験が行われ、その様子がスライドと動画で紹介されました。この実験には低温研技術部製作による雪崩の内部構造測定機器などが使われています。コース営業中は機材を設置

することができず、コース営業終了後実験を行ったそうです。最後は現在行っている吹雪現象解明の研究紹介で講演を終えました。雪崩の構造、吹雪による雪害、エピソードを交えた興味深い講演でした。

報告会では、低温科学研究所技術部が関わった10件の研究発表や技術報告が、教員・研究員・技術職員によって行われました。

例年同様、専門領域を越えて多様な分野の研究に触れる貴重な場となり、延べ50名程の研究所内外の研究者・学生・技術職員が参加し、活発な意見が交わされました。

本報告会の内容をまとめた「北海道大学低温科学研究所技術部 技術報告第25号」を発行しました。報告集は本研究所技術部ウェブサイトにてご覧ください。

◆ <http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/tech/>



開会の挨拶をする渡辺技術部長



講演する西村名大名誉教授



技術報告会の様子



雪氷防災研究所特別研究員の発表

海外調査

■青木 茂

(1) 調査・観測先：南極（トッテン氷河周辺・リュツォホルム湾・ケープダンレー沖など）

(2) 期間：2019年11月から2020年3月

(3) 参加者：

青木茂・中山佳洋・小野数也（低温研）、Pat Wongpan（低温研・JSPS外国人特別研究員）、山崎開平（低温研・環境科学院地球圏科学専攻博士課程1年）

(4) カウンターパートの機関名：国立極地研究所

(5) 観測目的：

第61次南極地域観測隊に参加し、東南極沿岸を特徴付ける三海域、特に近年氷床流出の加速が懸念されているトッテン氷河近傍海域を中心として、海洋・氷河・海水システムの実態把握を行うべく観測を実施した。トッテン氷河近傍海域では、世界で初めて人類が到達する場所を含む広範囲にわたり地形データ、海洋特性データを取得する事に成功した。



「しらせ」搭載ヘリコプターを利用した海洋観測からの帰艦



トッテン氷河沖での海洋採水観測作業



昭和基地沖で停泊中の「しらせ」上での低温研関係者の集合写真

海外調査

■大島 慶一郎

- (1) 調査・観測域：南大洋インド洋セクター（南極ケーブダンレー沖）
- (2) 期間：2020年1月から2月
- (3) 参加者：大島慶一郎・高塚徹（低温研）、岸紗智子・峯康太・高橋智樹（環境科学院地球圏科学専攻修士課程1年）
- (4) カウンターパートの機関名：東京大学大気海洋研究所 他
- (5) 観測目的：

北大低温研グループが中心となって発見した第4の南極底層水形成域ケーブダンレー沖において、底層水の形成量および物質循環における役割を解明するために、北大地球環境科学研究院の水田元太氏、高知大学、東京海洋大学と共同で、JAMSTECの研究船白鳳丸による観測（KH-20-1）を実施した。前年度の航海観測（KH-19-1）で、底層水が沈み込む海底峡谷に設置した係留系（流速計・水温塩分計・酸素計・pH計・自動採水器・セジメントトラップ等を装備）3系の回収や、底層水形成周辺海域での多層採水観測等を行った。



CTD/ 採水器を降下する



係留系の回収作業



白鳳丸の観測甲板での研究者の集合写真



北海道大学低温科学研究所

低温科学 第78巻 312P

令和2年3月20日発行

ISSN 1880-7593

これまでの惑星系の形成および進化の研究は、力学的な手法による「構造形成」の研究が主であり、天体を構成する材料の「分子進化」に関する研究は断片的なものにとどまっていました。両者の研究はいわば「車の両輪」であり、両者の研究なくして、惑星系の進化を理解することはできません。この「分子進化」を理解するために、新学術領域研究「宇宙における分子進化：星間雲から原始惑星系まで」（平成25～29年度、代表：北海道大学・低温科学研究所 香内 晃）が実施されました。

新学術領域研究では、宇宙で最も大量に存在する元素（H、O、C、N）からなる分子、およびそれらから作られる固体物質（氷および有機物）の形成・進化に着目し、実験、天文観測、理論、始原物質の分析等の多様な手法で、分子進化の全体像を描き、これらを通して、化学的視点に立脚した惑星系形成論を新たに構築することを目指しました。特に、分子生成の実験・理論的研究成果から、惑星系形成に至る化学進化の法則性を物理化学の基盤の上に構築することを主な目的としました。

幸い、領域の研究は当初の計画通り順調に進行しただけでなく、各班間および公募研究との連携、物理・化学分野の研究者の参画、若手研究者の活躍等により、当初想定していなかった画期的な成果も相当数生まれました。5年間の研究で、星間分子雲から原始惑星系円盤に至る分子進化とその多様性についての理解が格段に深まっただけでなく、新たな興味深い研究課題も出てきました。

研究成果は、日本地球化学会のGeochemical Journalの特集号（すべてOpen Access、<https://www.terrapub.co.jp/journals/GJ/frames/53.html>）をはじめ、多くの原著論文として結実しています。報告書等は国立情報学研究所のデータベース（KAKEN）に掲載されています（<https://kaken.nii.ac.jp/grant/KAKENHI-AREA-2507/>）。しかし、領域の成果を広く知っていただくための一般向けの解説はありませんでしたので、本特集号を企画しました。領域の成果に触れていただく一助になれば幸いです。

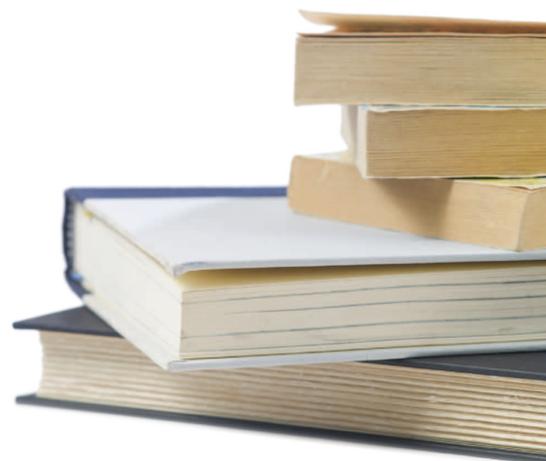
本領域研究は、文部科学省からの助成により遂行されたもので、関係各位に深謝の意を表します。また、本特集号に執筆して下さった著者の皆様に厚くお礼申し上げます。

目次

- ・ 紫外線照射を受けた模擬星間水の液体的ふるまいとその惑星科学・天文学的意義
- ・ 宇宙と太陽系の水の起源と水の核スピン異性体
- ・ 原子間力顕微鏡によるアモルファス氷表面構造の直接観察
- ・ 星周雲からdiffusecloudへの分子供給を捉える実験室分光と宇宙電波観測
- ・ 宇宙における核酸塩基生成に関する実験的アプローチ
- ・ 低温基板上に成長させた結晶氷のプロトン秩序と物性に迫る和周波発生振動分光
- ・ 原子間力顕微鏡を用いた水分子ネットワークの可視化
- ・ 低温低圧環境下における触媒反応による有機分子の生成実験
- ・ 有機分子進化のその場観察を目指した軟X線顕微鏡分光装置の開発
- ・ フォルステライトおよびアモルファスMg₂SiO₄のX線吸収分光
- ・ 初期原始惑星系円盤化学構造進化
- ・ 気相金属化合物クラスターの反応研究による宇宙分子進化へのアプローチ
- ・ アモルファス氷表面の構造とダイナミクス
- ・ 宇宙の化学反応を実時間で追う：ダイレクト・アブイニシオ分子動力学法によるアプローチ
- ・ 星間分子PAHと分子、およびラジカルの相互作用：量子化学的解明
- ・ 原始惑星系円盤の有機分子と硫黄系分子：モデルとALMA観測
- ・ 原始惑星系円盤への物質降着におけるダスト表面分子の昇華過程
- ・ 氷および銀表面上での水素分子吸着シミュレーション
- ・ 微惑星衝撃波による固体微粒子と微惑星の加熱・蒸発・再凝縮過程
- ・ 宇宙の物質科学に対するシュレーディンガー・レベルの量子化学計算
- ・ 銀河と分子雲スケールで見た星間分子の組成
- ・ 分子雲コアの有機分子：星なしコアと原始星エンベロープ
- ・ 円盤形成領域の有機分子
- ・ テラヘルツ受信機のASTE望遠鏡への搭載実験と実験室における分子分光実験
- ・ 大質量星形成の極初期段階における複雑な有機分子
- ・ 炭素質隕石に記録された二種類の起源を持つ水
- ・ 隕石中の有機化合物の起源と生成機構
- ・ 液体クロマトグラフ/質量分析 (LC/MS) による模擬星間有機物の分析
- ・ 多次元高速液体クロマトグラフィーを用いた地球外試料中のキララミノ酸分析
- ・ 真空紫外線領域等における円偏光分光とその隕石中有機物のキラリティの非破壊分析手法としての検証

「低温科学」第78巻編集委員会

- 香内 晃 (北海道大学・低温科学研究所)
- 橘 省吾 (東京大学・理学系研究科)
- 永原裕子 (東京工業大学・地球生命研究所)
- 深澤倫子 (明治大学・理工学部)
- 山本 智 (東京大学・理学系研究科)
- 坂本尚義 (北海道大学・理学研究院)



(2019/11/19)

生命を構成する糖を隕石から初めて検出 ～宇宙にRNAの材料となる糖の存在を証明～

発表者：教授 力石 嘉人

【研究成果の概要】

東北大学の古川善博准教授、中村智樹教授、阿部千晶(卒業生；当時博士課程前期2年生)、北海道大学の力石嘉人教授、海洋研究開発機構の大河内直彦上席研究員、小川奈々子主任技術研究員、NASAゴダード宇宙飛行センターのDaniel P. Glavin研究員、Jason P. Dworkin研究員の研究グループは、2種類の炭素質隕石から、リボースやアラビノースなどの糖を初めて検出しました。リボースは核酸 (RNA) を構成する主要な糖分子です。隕石からリボースなどの糖を検出したことは、宇宙にも生命を構成する糖が存在することを示す発見です。そのような糖は生命誕生前の地球にも飛来し、地球上の生命の起源につながる材料の一部となった可能性があります。

隕石からはこれまでに、多くの有機物が検出され、タンパク質に含まれる一部のアミノ酸や核酸に含まれる一部の核酸塩基など、生命の原料になりうる有機分子も見つかってきました。核酸 (RNAとDNA) は、核酸塩基と、リボースもしくはデオキシリボースという糖分子が結合したもので、遺伝情報の保存とその情報からタンパク質を作る役割を担っています。このように核酸には糖分子が必要ですが、核酸を形成する糖分子はこれまでに隕石を含む地球外由来の試料からは見つかっていませんでした。

本研究グループは、独自に開発した分析手法によって、マーチソン隕石とNWA801隕石からリボースを含む複数の糖分子の検出に成功しました。また、検出された糖分子の安定炭素同位体組成分析から、これらの糖分子が宇宙由来であることを確認しました。隕石からリボースなどの糖分子が検出されたことは、生命誕生前の地球での新たな糖分子の供給源を直接的に示す新たな証拠であり、地球外を起源とする糖分子が他の生命分子とともに生命の材料の一部となった可能性が出てきました。

リボースの発見はさらに重要な意味を持ちます。現在多くの研究者が、初期の生命は、DNA-タンパク質が主役の複雑なシステムを持つ生命ではなく、RNAがDNAとタンパク質の両方の役割を担った単純な生命であったというRNAワールド仮説を支持しています。本研究でDNAを構成するデオキシリボースではなく、RNAを構成するリボースが生物の関与しない宇宙空間で(非生物学的に)生成している証拠を得たことは、この点でも重要な意義を持っています。今後の研究ではNASAから新たに提供を受けた複数の隕石を分析し、地球外からどれだけの糖が地球にもたらされたのかを詳しく明らかにしていく予定です。

【論文発表の概要】

雑誌名：Proceedings of the National Academy of Sciences, USA (米国科学アカデミー紀要)

論文タイトル：Extraterrestrial ribose and other sugars in primitive meteorites

著者：Yoshihiro Furukawa*, Yoshito Chikaraishi, Naohiko Ohkouchi, Nanako O. Ogawa, Daniel P. Glavin, Jason P. Dworkin, Chiaki Abe, and Tomoki Nakamura



糖が検出されたマーチソン隕石
Credit: Yoshihiro FURUKAWA



RNAの模式図

(2019/11/25)

パインアイランド、スウェイツ棚氷への高温水塊の流入経路の解明 ～南極最大の氷損失域における棚氷海洋相互作用の理解～命

発表者：助教 中山 佳洋

【研究成果の概要】

北海道大学低温科学研究所の中山佳洋助教らの研究グループは、南極沿岸域で最も海面上昇に寄与している二つの棚氷*¹ (パインアイランド棚氷とスウェイツ棚氷) に着目して、東アムンゼン海の超高解像度海洋モデルを開発しました。

南極大陸には、地球上の水の約90%が存在し、南極の水が全て融解すると海水準は約60m上がるとされています。南極の氷は、その上に雪が降り積もることで形成され、徐々に大陸沿岸部へと流れ、一部の地域では海へと流れ込みます。その中でもアムンゼン海東部では、多量の氷が南極大陸上から海へと流出し、南極氷床*² による海面上昇の寄与の約70%に相当します。南極氷床から海への氷の流出は、温かい海水が棚氷下部へ流入することによって引き起こされます。そのため、どのように南極沿岸域の海が棚氷融解を引き起こしているかを理解することが、南極氷床による海面上昇を予測するために必要な課題となっています。

研究グループが開発した超高解像度海洋モデルは、南極沿岸/棚氷域に着目した既存の海洋モデルと比較しても3-4倍以上細かい世界最高の空間解像度を実現し、モデル結果から(1)パインアイランド、スウェイツ棚氷への高温の水塊の流入経路(2)融解量を定める上での棚氷下部の海洋循環の重要性などが明らかになりました。さらに、棚氷の融解量をモニタリングするために必要な海洋観測も示唆されました。観測データの限られる南極沿岸域において、観測データの再現性の高い海洋モデルを開発し、その結果をもとに、現実の海洋で起きていることを理解するという研究は、棚氷融解量、将来的な南極による海面上昇の見積もりを精緻化する上で必要不可欠です。

本研究成果は、2019年11月22日(金)公開の英国の科学誌である Scientific Reports 電子版に掲載されました。なお、本研究は、NASA ジェット推進研究所との共同研究として実施されました

【用語解説】

- * 1 棚氷 … 氷が海へと押し出され、陸上から連結して洋上にある氷のこと。
- * 2 南極氷床 … 南極大陸上に存在する氷の塊で、地球上の水の約90%が存在する。南極の水が全て融解すると海水準は約60m上がるとされている。南極大陸上の平均的な氷の厚さは約2000mとなる。

【論文発表の概要】

論文名：Pathways of ocean heat towards Pine Island and Thwaites grounding lines (パインアイランド、スウェイツ棚氷下部への高温の水塊の流入経路の解明)

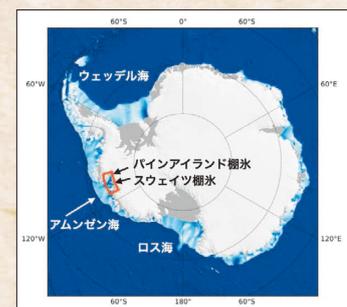
著者名：中山佳洋^{1,2}、Georgy Manucharyan³、Hong Zhang²、Pierre Dutriex⁴、Hector S. Torres²、Patrice Klein²、Helene Seroussi²、Michael Schodlok²、Eric Rignot^{2,5}、Dimitris Menemenlis² (1 北海道大学低温科学研究所、2

NASA ジェット推進研究所、3 ワシントン大学、4 コロンビア大学、5 カリフォルニア大学アーバイン校)

雑誌名：Scientific Reports
公表日：2019年11月22日(金) (オンライン公開)



南極の質量収支を表す概略図



海底地形と南極沿岸域、南極沿岸域にある棚氷の地名、開発を行ったモデルの領域(赤)。

(2019/11/27)

青木茂准教授を隊長とする南極地域観測隊、本日出発

【南極地域観測隊長が誕生】

本学から初めて南極地域観測隊長が誕生しました。低温科学研究所の青木茂准教授は、第61次南極地域観測隊の隊長として、他4名の北大教員・学生と共に観測隊に参加します。2019年11月27日、日本から南極へと出発した一行。青木准教授の観測にける思いとは—

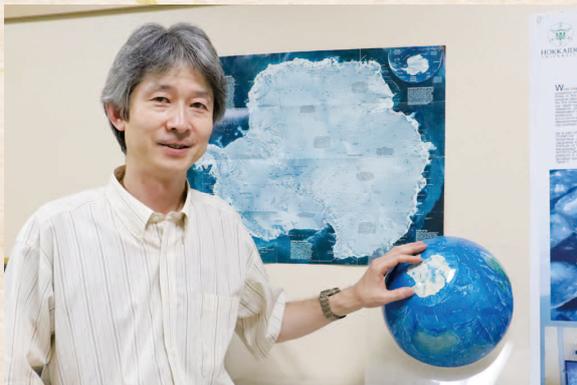
豊富な経験から隊長に抜擢

第61次南極地域観測隊の重点テーマの一つは、南極観測船「しらせ」を活用した南極の海と氷の観測と、その相互作用の解明です。青木准教授は南極の海と気候変動の実態とメカニズムについて研究していることから、2018年11月8日、第153回南極地域観測統合推進本部総会(文部科学省)の決定を受け、隊長に選ばれました。前線で活躍する隊員たちをとりまとめるなど、現場のマネジメントが求められます。

海洋のプロフェッショナルが率いる観測隊に注目

「今までは、氷床の研究者は氷に、海洋の研究者は海にのみ着目して研究を進めてきました。しかし、海の循環と氷床の流出は密接にかかわっています。最近では、分野横断的な研究も進み、学問として面白い時期にあるのかなと思っています」と青木准教授は研究の意義を語りました。日本の南極観測は、隊次でいうと昨年で還暦を迎えました。海洋研究のプロフェッショナルである青木准教授だからこそ見抜いた、南極氷床と海との関係。新たな一次隊として彼が率いる南極観測から目が離せません。

観測隊は、オーストラリアから「しらせ」に乗船します。昭和基地への往路と復路でトッテン氷河に立ち寄り、観測を行います。日本への帰還は来年の3月。春にまたお話を伺うのが楽しみです。



青木准教授。本学低温科学研究所にて



第61次隊として参加する本学の隊員たち（第61次隊南極地域観測隊員及び「しらせ」乗組員壮行会にて）

(2019/12/9)

北大から南極の海洋観測へ ～青木隊長とともに4名の教職員・学生がトッテン海域に出航～

本学の低温科学研究所は、南極の氷と海の相互作用についての研究・観測に貢献してきました。第61次南極地域観測隊には、隊長の青木茂准教授の他に、中山佳洋助教、小野数也技術専門職員、ウォンパーン・パット研究員、山崎開平さん(環境科学院博士後期課程1年)の4名が参加します。一行を乗せた砕氷船「しらせ」は現地時間12月2日にオーストラリアのフリーマントルを出航しました。4名に観測隊での役割とその意気込みなどについてお話を伺いました。

海面上昇への影響が懸念されるトッテン海域、世界に先駆けた調査へ

「南極は地球の中で特に知られていないことが多く、理解しなければいけない場所」と話す中山助教は、南極の「棚氷」と海の関係について研究しています。南極の氷河は長い年月をかけて、ゆっくりと陸から沖へと流れていきます。こうして大陸から海へせり出している部分が棚氷です。棚氷は氷河の流れをせき止める栓のような役割をしており、棚氷がとけて氷の厚さが薄くなると、栓の力が弱まります。すると、海へ流れ出る氷河のスピードも速まり、海面上昇につながる可能性があるのです。

中山助教が行う主な任務は、東南極で流出量が増えている可能性のあるトッテン氷河と棚氷周辺の観測です。海底地形や海水温度、成分などが数年にわたりどう変化していくのかを「係留観測」という手法で調査します。棚氷がとける要因は、その下に温かい海水が流れ込むことだとみられており、係留観測によって周辺海域の流れをコントロールするメカニズムの解明を目指します。「棚氷周辺の経年変化を知ることは、海面上昇など50年後100年後の南極、地球を考える上で大変重要です。しかしトッテン海域は海水が厚く、船でそこに行くことすら困難な状況で、継続的な観測は行われていませんでした。今回は大型砕氷船の『しらせ』を使うことで、世界に先駆けて調査を行うことができます」と話します。

海洋観測のスペシャリストが研究をサポート

第52次、58次につづき3度目の南極地域観測隊として参加する小野技術専門職員は、豊富な経験に基づく観測技術で中山助教らの研究をサポートします。主に海氷の厚さの測定や、係留観測に使われる測器の設置・回収を行います。小野技術専門職員は「失敗できない」と自ら語る大事なミッションを担っています。「海の底に沈められた測器は、数年かけて海のデータを取得します。そのため、測器の設置場所や設置方法を吟味し、これからこのトッテン海域での係留観測を続けていくための道筋を立てることが大切です」。

南極海の構造を理解し、氷床流出の解明を目指す

山崎さんは、南極海の流れの構造を調べるために、「しらせ」から「XCTDセンサー」と呼ばれる装置を海に投下し、水温と塩分をリアルタイムで計測します。投下位置は事前に計画して臨みますが、氷に阻まれて立ち入れない領域などもあるため、現場での判断が必要です。XCTDセンサーは、トッテン棚氷の沖合や昭和基地への往路など、最大300か所で投下する予定です。棚氷の周辺で様々なデータを取ることで、棚氷をとかず温かい水がどこから流入してくるかを探ります。

海氷が海の生態系に影響を及ぼす

ウォンパーン・パット研究員は、「極暑のタイで生まれ育ったので、幼いころから涼しそうな南極に憧れを持っていました」と話します。ニュージーランドで南極の海水の研究を進め、昨年10月に青木研究室にやってきました。今回の南極観測でウォンパーン研究員が担うのは、オーストラリアとの共同で実施する海氷観測です。最新鋭の「海氷センサー」と呼ばれる放射計やGPS付きのブイを使って、海水をモニタリングします。海氷には植物プランクトンや海の栄養分が含まれており、融解時に植物プランクトンの増殖を引き起こします。海氷は海洋循環や気候変動だけでなく、海の生態系や物質循環を考えるうえでも非常に重要な存在なのです。

Press Release



南極研究の重要性について語る中山助教



確かな海洋観測技術を持った小野技術専門職員



「南極海の研究を通して、100年先の地球気候を調べたい」と語る山崎さん



海水観測の手法について説明するウオンパーン研究員

(2020/3/10)

氷期最寒期のダスト飛来量を複数の南極アイスコアから復元 ～ダスト起源のパタゴニアからの輸送距離の違いを反映～

発表者：准教授 飯塚 芳徳

【研究成果の概要】

国立極地研究所の大藪幾美研究員(日本学術振興会特別研究員PD)と川村賢二准教授、北海道大学低温科学研究所の飯塚芳徳准教授、東京大学大気海洋研究所の阿部彩子教授、海洋研究開発機構の大垣内のみ研究員らによる国際共同研究グループは、南極内陸のドームふじとドームCアイスコア(図1)に含まれる微粒子(図2)のサイズや形状、化学組成を一粒ずつ電子顕微鏡によって解析することで、最終氷期の最寒期(約2万年前)にドームふじに降下したダスト(陸域を起源とする微粒子)がドームCよりも約3倍も多かったことを初めて明らかにしました(図3)。また、同時期にドームCに飛来したダストの方が小さく扁平であることから、より遠くから運ばれてきたこともわかりました。これらの結果は大気大循環モデルによるシミュレーションとも整合的であり(図4)、その原因は、氷期のダストの主な起源である南米南部のパタゴニアからの輸送距離の違いであると考えられます。この成果は「Journal of Geophysical Research -Atmospheres」誌に掲載されました。

【論文発表の概要】

掲載誌：Journal of Geophysical Research：Atmospheres

タイトル：Compositions of Dust and Sea Salts in the Dome C and Dome Fuji Ice Cores From Last Glacial Maximum to Early Holocene Based on Ice-Sublimation and Single-Particle Measurements

著者：大藪 幾美(国立極地研究所 日本学術振興会特別研究員PD)、飯塚 芳徳(北海道大学低温科学研究所)、川村 賢二(国立極地研究所)、Eric Wolff (ケンブリッジ大学)、Mirko Severi (フィレンツェ大学)、大垣 内 りみ(海洋研究開発機構)、阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、Margareta Hansson (ストックホルム大学)

URL：http://dx.doi.org/10.1029/2019JD032208

DOI：10.1029/2019JD032208

論文公開日：日本時間 令和2年2月22日

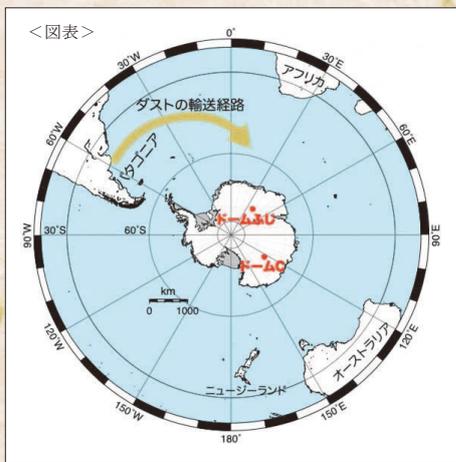


図1：南極ドームふじアイスコアとドームCアイスコアの掘削点と、氷期のダストの主な起源とその輸送経路。氷期のダストはパタゴニアを主な起源とし、南極を中心とした時計回りの大気循環によって南極へ輸送されたと考えられている。

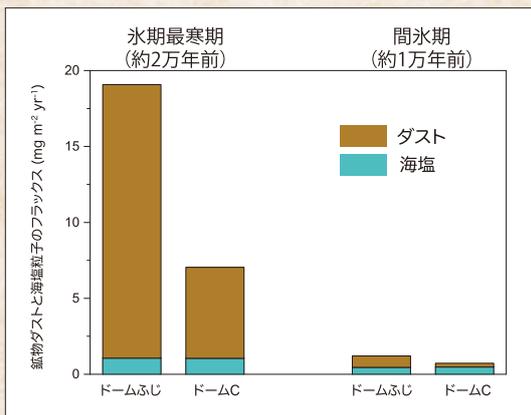


図3：氷期最寒期(約2万年前)と間氷期(約1万年前)のダストと海塩のフラックス。海塩フラックスはドームふじもドームCもほぼ同じだが、ダストフラックスはドームふじの方が2～3倍高い。氷期最寒期にダスト飛散量が増えた理由は、パタゴニアの氷河が拡大し氷河が地表を削ることで、ダストとして飛散する氷河性堆積物が増えたことが主な要因であると考えられている。その他にも、海水準が下がり陸地の露出面積が増えたことや、植生が変化し乾燥していた、風が強くとダストが輸送されやすかったなど、複数の要因が考えられている。

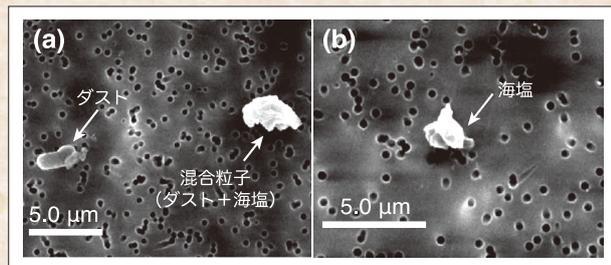


図2：代表的な鉱物ダストと海塩粒子の電子顕微鏡写真((a)左：ダスト、右：ダストと海塩の混合粒子、(b)海塩)。多数の黒い丸はフィルター用の孔。

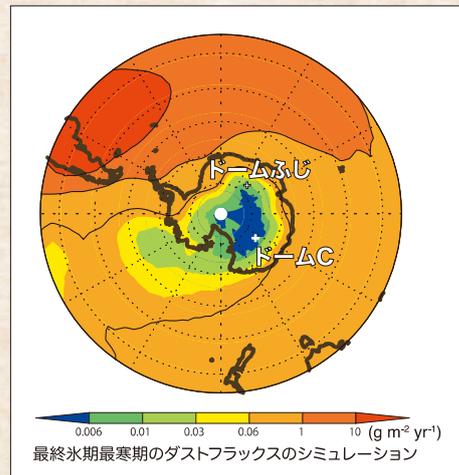


図4：最終氷期最寒期(21,000年前)の大気循環モデルによるダストの輸送シミュレーション。パタゴニア周辺のフラックスが高いことからダストの発生源がパタゴニアであること、時計回りにフラックスの勾配があることから、南極を中心とする時計回りの大気循環によってダストが輸送され、輸送距離が長いほどフラックスが減少している様子がわかる。モデルの結果からも、最終氷期最寒期においてドームCよりもドームふじの方がダストフラックスが高いことが示されている。

(2020/3/11)

北太平洋の生態系を潤す、鉄分の海洋循環メカニズムを解明 ～有機物にくっついてオホーツク海から亜熱帯へ、4,000kmの旅～

発表者：准教授 西岡 純

【研究成果の概要】

北海道大学大学院地球環境科学研究院の山下洋平准教授と同大学低温科学研究所の西岡 純准教授は、東京大学大気海洋研究所の小畑 元教授及び小川浩史教授らと共同で、「どのようにしてオホーツク海由来の鉄分が北太平洋の広範囲に運ばれているのか」、そのメカニズムを捉える事に成功しました。

鉄分は生物にとって必須の栄養素ですが、海水に溶けにくい性質を持ちます。世界の多くの海域では、鉄分の多さが生態系の基盤である植物プランクトンの豊富さを左右しているため、鉄分の海洋循環メカニズムを明らかにすることは海洋生態系を理解する上で重要なテーマです。北太平洋では、鉄分の多くがオホーツク海の大陸棚堆積物から供給され、海洋内を長距離運ばれていることがこれまでの研究から明らかとなっていました。どのようにして溶けにくい鉄分が海洋の広範囲に運ばれているか、そのメカニズム自体は不明でした。そこで研究グループは、鉄分を溶かす(鉄分と錯体を形成する)働きをもつ有機物である「腐植物質」に着目し、オホーツク海から亜熱帯海域までの広範な海域における鉄分と腐植物質の南北断面分布を世界で初めて明らかにしました。特筆すべきは、海洋に存在する腐植物質を、海洋内部で細菌により生み出されるもの(自生性)と海洋の外から供給されるもの(外来性)に区別する手法を考案し、外来性である堆積物起源の腐植物質のみの分布を定量化する事に世界で初めて成功した点です。これにより、オホーツク海の堆積物起源の腐植物質は鉄分と錯体を形成することで、北太平洋の中層水循環*1システムによって、少なくとも4,000km運ばれ、亜熱帯海域にまで達している事が判明しました。

本研究成果は、気候変動によって環境が大きく変わりつつある海洋において、必須栄養素である鉄分の輸送を介して、生物生産性や二酸化炭素吸収量がどのように変動していくかを理解する上でも貴重な知見となります。なお本研究は、新学術領域研究「海洋混合学の創設」及び「新海洋像」、その他の科学研究費補助金、低温科学研究所共同利用の助成を受けて実施され、2020年3月11日(水)公開の Scientific Reports 誌にオンライン掲載されました。

【用語解説】

*1 中層水循環 … 冬季のオホーツク海の北西陸棚域では活発に海水が生成され、それに伴い形成される冷たくて高塩分な高密度陸棚水が、千島列島間のブッソル海峡を経由し、北太平洋の中層(200～800m)に拡がっていくこと。

【論文発表の概要】

論文名：Shelf humic substances as carriers for basin-scale iron transport in the North Pacific (北太平洋における大陸棚堆積物起源の腐植物質による海盆スケールの鉄分輸送)

著者名：山下洋平¹、西岡 純²、小畑 元³、小川浩史³ (1北海道大学大学院地球環境科学研究院、2北海道大学低温科学研究所、3東京大学大気海洋研究所)

雑誌名：Scientific Reports

DOI：s41598-020-61375-7

公表日：日本時間 2020年3月11日(水) 19時(オンライン公開)

【参考図】

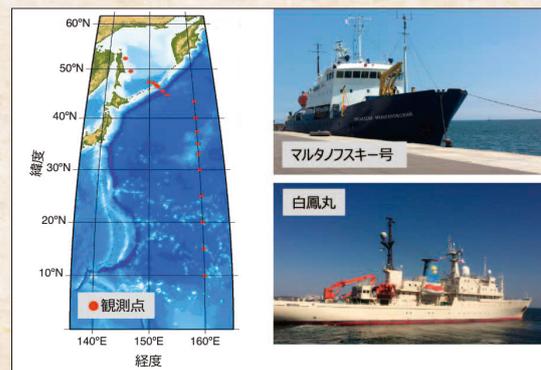


図1. 左:オホーツク海から亜熱帯海域における観測点。右上:ブッソル海峡付近の観測を実施したロシア極東海洋気象研究所所属船のマルタノフスキー号。右下:西部北太平洋の観測を実施した海洋研究開発機構の学術研究船白鳳丸。

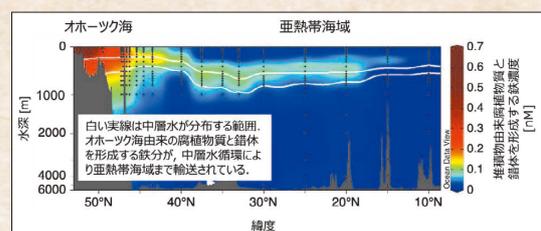


図2. 海水中の堆積物起源の腐植物質と錯体を形成する鉄分の分布

(2020/3/18)

木綿表面の特殊な水・結合水の直接観察に成功 ～水で濡らした木綿製品が自然乾燥後に硬くなるメカニズムの研究～

発表者：助教 村田 憲一郎

【研究成果の概要】

花王株式会社(社長・澤田道隆) マテリアルサイエンス研究所と、北海道大学低温科学研究所 村田憲一郎助教らの研究グループは、木綿表面の特殊な水(結合水)を原子間力顕微鏡 (AFM)^{※1}およびAFM-IR^{※2}を用いて直接観察することに、世界で初めて成功しました(図1)。木綿表面の結合水が単繊維^{※3}同士を接着剤のように繋ぎとめることが、濡れた木綿が自然乾燥後に硬くなる現象の原因になっているという、花王が2011年に提案したモデル^{※4} (図2) を実証するものです。この研究成果は、衣料用柔軟剤がどのようにその効果を発現するかに関して、従来までの定説である摩擦低減とは異なる新たな視点を与えます。さらに、近年盛んに議論されている物質表面の水の構造・機能を理解するための手掛かりとなることも期待されます。今回の研究成果はThe Journal of Physical Chemistry C に掲載されています。^{※5}

【用語解説】

- ※1 AFM (Atomic Force Microscope、原子間力顕微鏡)：原子レベルで尖った探針をサンプルに近づけて、探針先端の原子とサンプルの原子との間に働く力を測定する顕微鏡。物質表面を原子レベルの精度で観察することが可能。
- ※2 AFM-IR (Atomic Force Microscope based Infrared Spectroscopy)：サンプル表面の高精度な直接観察と同時に化学組成／状態情報の取得が可能な最先端の表面分析手法。サンプル表面に赤外線を照射し、熱で起きる表面の微細な膨張を検出。赤外線の周波数を変えて測定し、スペクトルを得る。
- ※3 単繊維：糸を構成する一本一本の細い繊維。
- ※4 2011年11月1日花王ニュースリリース：衣料用柔軟剤の効果発現メカニズムを解明：<https://www.kao.com/content/dam/sites/kao/www-kao-com/jp/ja/corporate/news/2011/pdf/20111101-001-01.pdf>
- ※5 Direct Observation of Bound Water on Cotton Surfaces by AFM and AFM-IR, The Journal of Physical Chemistry C, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jpcc.0c00423>

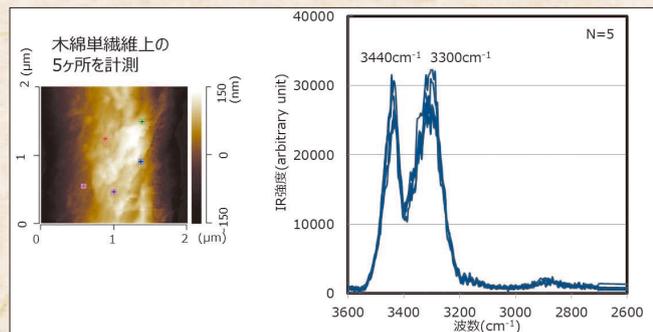


図1. AFM-IRによる木綿表面の結合水を示すスペクトル

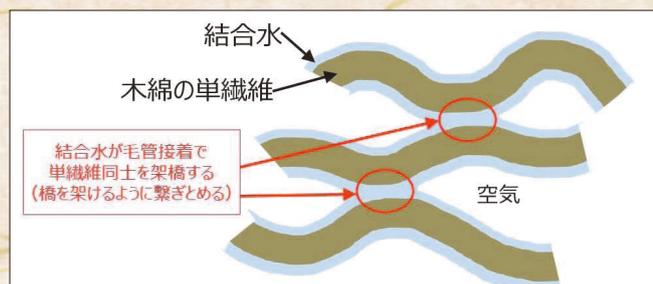


図2. 水に濡らして自然乾燥した後の硬くなった木綿の模式図

(2020/4/2)

オホーツク海の豊かな生態系を育む流氷の役割を解明 ～生物に必要な鉄分を流氷が運ぶ～

発表者：准教授 西岡 純

【研究成果の概要】

北海道大学北極域研究センターの漢那直也博士研究員と同低温科学研究所の西岡 純准教授らの研究グループは、オホーツクの流氷に含まれる鉄分の量と存在状態、その起源を明らかにし、流氷から放出される鉄分が生物に使われやすいことを証明しました。

流氷は、様々な起源からなる粒子状の鉄分を非常に多く含んでいますが、粒子状の鉄分が海水中に放出された際に、植物プランクトンが鉄分を使えるのかどうかはわかっていませんでした。本研究では、流氷が融けた状態を模擬した培養実験を行い、植物プランクトンが使うことのできる流氷中の鉄分の存在状態を調べました。その結果、植物プランクトンは流氷から放出された粒子状の鉄分を使って増殖することが確認されました。

本研究成果は、「オホーツクの流氷は栄養物質を運び、豊かな生態系を支えている」という従来の認識を科学的見地から裏付けるもので、流氷がオホーツク海の生物生産に果たす役割の理解が進むと期待されます。

本研究は、GRENE 北極気候変動研究事業、科学研究費補助金、キャノン財団、タスマニア大学ツネイチフジイ奨学金、低温科学研究所共同利用の助成を受け、タスマニア大学海洋南極学研究所の研究者らと共同で実施しました。

なお、本研究成果は、2020年3月31日(火)公開の Marine Chemistry 誌に掲載されました。

【論文発表の概要】

論文名：Size fractionation and bioavailability of iron released from melting sea ice in the subpolar marginal sea (極域縁辺海の海水から放出される鉄のサイズ画分と利用能)

著者名：Naoya Kanna¹, Delphine Lannuzel³, Pier van der Merwe³, Jun Nishioka² (1北海道大学北極域研究センター、2北海道大学低温科学研究所、3タスマニア大学)

雑誌名：Marine Chemistry (海洋学の専門誌)

DOI：10.1016/j.marchem.2020.103774

公表日：2020年3月31日(火) (オンライン公開)



海上保安庁の巡視船「そうや」から望む流氷到来期のオホーツク海

(2020/4/20)

北方領土におけるエゾシカの生息状況が明らかに ～ここ数年で国後島に定着か？～

発表者：助教 大館 智志

【研究成果の概要】

北海道大学低温科学研究所の大館智志助教と国後島のクリリスキー自然保護区事務所のアレクサンドル・キスレイコ所長らの研究グループは、1986年から2019年までの33年間を対象に国後島と歯舞群島を中心とする北方領土におけるエゾシカの生息情報を解析しました。

従来、エゾシカの分布地は北海道本島とされ、国後島や歯舞群島からは江戸時代から終戦まで明確なエゾシカの生息記録がありませんでした。終戦後1970年～80年代前半までは、ごく稀に単独の個体が一時的に発見されることはありましたが、恒常的な生息は確認されていませんでした。

国後島にあるクリリスキー自然保護区事務所では1986年半ば以降、北方領土におけるエゾシカの情報を収集・蓄積してきました。それらを取りまとめた結果、エゾシカの遺骸は3年に1回ほどの頻度で、国後島と歯舞群島の水晶島(1回のみ)で発見されていることがわかりました。そして2017年からは毎年、国後島において、直接観察や糞、足跡が確認されています。2018年には2頭が同時に目撃されました。このことから国後島において少なくとも数頭のエゾシカが定着していると思われませんが、今のところ島内での繁殖は確認されていません。また、エゾシカは冬期に流水の上を歩くか、夏期に海峡を泳いで渡ったと考えられていますが、詳しい分散経路はわかっていません。

北方領土には貴重な植物が生育しています。一方、対岸の知床半島ではエゾシカが急増したことにより植生が破壊されています。仮にエゾシカが国後島で今後も定着して増殖した場合、知床半島のように植生の破壊が懸念されます。世界的にも貴重な自然環境を有している北方領土の自然を保全するためには、政治的思惑を超えたエゾシカのモニタリングと実態調査が望まれます。

なお、本研究成果は、2020年4月17日(金)公開の Mammal Study にオンライン掲載されました。

【論文発表の概要】

論文名：Records of sika deer *Cervus nippon* from the southern Kuril Islands in 1986–2019, with special reference to a continuous record of living deer on Kunashir Island since 2017 (1986-2019年に南クリル諸島におけるニホンジカの記録—2017年以降、国後島における生体の連続記録)

著者名：エフゲイ・コズロフスキー¹、アレクサンドル・キスレイコ¹、福田知子²、河合久仁子³、アレクセイ・アブラモフ⁴、大館智志⁵ (1 国後島・クリリスキー自然保護区、2 三重大学、3 東海大学、4 ロシア・動物学研究所、5 北海道大学低温科学研究所)

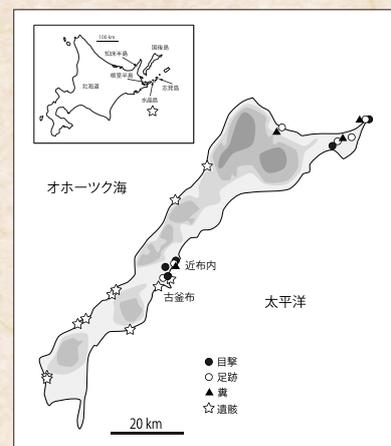
雑誌名：Mammal Study (日本哺乳類学会発行の英文国際専門誌)

DOI：10.3106/ms2020-0008

公表日：2020年4月
17日(金)(オンライン公開)



野付半島で国後島を背景に群れるエゾシカ
(2018年12月27日、大館智志撮影)



1986年～2019年に北方領土の国後島と水晶島で確認されたエゾシカの情報

(2020/5/12)

星間有機物が地球の水の起源に ～地球型惑星の水の起源解明に期待～

発表者：教授 香内 晃

【研究成果の概要】

北海道大学低温科学研究所の香内 晃教授、桐蔭横浜大学スポーツ健康政策学部の中野英之教授、岡山大学惑星物質研究所の山下 茂准教授、奥地拓生准教授、九州大学大学院理学研究院の奈良岡浩教授、海洋研究開発機構生物地球化学センターの高野淑識主任研究員、東京大学大学院理学系研究科の橘 省吾教授らの研究グループは、星間分子雲のチリに大量に含まれている有機物を加熱すると、水が大量に生成されることを発見しました。これまで、地球に水をもたらした物質としては、彗星の氷や、炭素質隕石に含まれる水を含む鉱物などが候補になっていました。しかし、チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星の探査によって彗星の氷の寄与はほとんどないことがわかり、また、炭素質隕石では地球の水が多くなりすぎるなどの問題があり、地球の水の起源はわかっていませんでした。星間分子雲由来の有機物は、氷がなくなってしまう、太陽から2.5天文単位の距離より内側の領域でも残っているため、有機物から水ができるという結果は、地球のみならず、火星や小惑星の水の起源を解明する上で、重要な成果です。「はやぶさ2」によって採取された試料中の有機物の分析と相まって、地球をはじめ、地球型惑星の水や有機物の起源が解明されることが期待されます。

なお、本研究成果は、2020年5月8日(金)公開の Scientific Reports 誌に掲載されました。

【論文発表の概要】

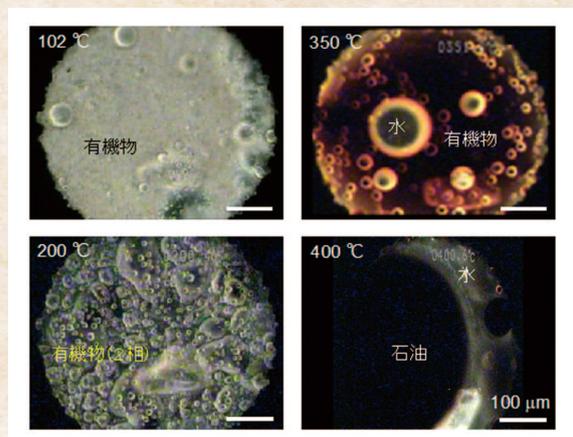
論文名：Precometary organic matter: A hidden reservoir of water inside the snow line (星間有機物：雪線の内側領域における隠された水の貯蔵庫)

著者名：中野英之¹、平川尚毅²、松原康浩³、山下 茂⁴、奥地拓生⁴、朝比奈健太⁵、田中 諒⁶、鈴木徳行⁶、奈良岡浩⁷、高野淑識⁸、橘 省吾⁹、羽馬哲也¹⁰、大場康弘¹⁰、木村勇氣¹⁰、渡部直樹¹⁰、香内 晃¹⁰ (1 桐蔭横浜大学スポーツ健康政策学部、2 横浜国立大学大学院工学府、3 京都教育大学、4 岡山大学惑星物質研究所、5 産業技術総合研究所地質調査総合センター、6 北海道大学大学院理学研究院、7 九州大学大学院理学研究院、8 海洋研究開発機構生物地球化学センター、9 東京大学大学院理学系研究科、10 北海道大学低温科学研究所)

雑誌名：Scientific Reports

DOI：s41598-020-64815-6

公表日：2020年5月8日(金)午後18時(オンライン公開)



ダイヤモンドアンビルセルで模擬星間有機物を加熱したときの写真

AWARD

藤田 和之

令和元年度 北海道大学 教育研究支援業務総長表彰(貢献賞) 優秀賞 技術部門
(令和2年2月17日受賞)

斎藤 史明

令和元年度 北海道大学 教育研究支援業務総長表彰(貢献賞) 優秀賞 技術部門
(令和2年2月17日受賞)

大島 慶一郎

令和元年度 北海道大学 教育研究総長表彰
(令和2年2月17日受賞)

村田 憲一郎

第14回日本物理学会若手奨励賞
(令和2年3月16日受賞)

隅田 明洋

日本森林学会賞
(令和2年3月28日受賞)

渡部 直樹

令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 研究部門
(令和2年4月14日受賞)

香内 晃

日本地球惑星科学連合学術賞「三宅賞」
(令和2年4月15日受賞)

■共同研究・研究集会採択課題

令和2年度北海道大学低温科学研究所共同研究・研究集会は、令和元年12月2日から令和2年1月17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3）

氏名	所属	職名	タイトル
新家 寛正	東北大学金属材料研究所	助教	水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
渡邊 友浩	北大低温研	助教	低温水層における真の微生物機能の追究

II. 研究集会（採択件数14件）

氏名	所属	職名	タイトル
伊藤 彰記	海洋研究開発機構	主任研究員	寒冷圏大気—海洋間の生物地球化学的相互作用に関する研究集会
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
小島 久弥	北大低温研	助教	環境微生物から捉える水環境の物質循環と環境保全
佐崎 元	北大低温研	教授	結晶表面・界面での相転移ダイナミクスに関するその場観察及び理論
隅田 明洋	京都府立大学	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 II
立花 義裕	三重大学 生物資源学研究所	教授	オホーツク海と相互に影響を及ぼしあうグローバル大気海洋諸現象に関連する研究集会
田村 岳史	国立極地研究所	准教授	南極海洋 - 海水 - 氷床システムの相互作用と変動
永井 裕人	早稲田大学教育学部	講師	山岳氷河研究に関する研究集会：次世代の山岳氷河研究が目指すべき“未踏峰”は何か？
野原 精一	国立環境研究所	シニア 研究員	雪氷の生態学(14)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第2期アイスコアに関する研究集会
原 圭一郎	福岡大学理学部	助教	極域における大気—雪氷—海洋間の水・物質循環に関する研究集会
芳村 毅	北海道大学水産科学研究所	准教授	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 -
渡部 直樹	北大低温研	教授	星間物質ワークショップ2020

III. 一般研究（採択件数53件）

氏名	所属	職名	タイトル
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
荒川 逸人	防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター	主幹研究員	固有透過度と微細構造による積雪の間隙特性に関する研究
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	マルチシーケンス法に基づくグイマツ遺伝資源のコアコレクション構築の試み
泉 洋平	島根大学生物資源科学部	准教授	凍結耐性鱗翅目昆虫における体液の氷結晶成長抑制に関する研究
伊藤 優人	海洋研究開発機構	ポスドク 研究員	海水による物質の取り込み過程の解明
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再現計算
稲津 将	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
犬伏 和之	千葉大学園芸学研究科	教授	寒冷湿地泥炭土壌中の温室効果ガス発生と関連微生物活性
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
今井 宏明	慶應義塾大学理工学部	教授	防水コーティングの開発に向けた撥水性・吸湿性表面における氷核生成と結晶成長の解析
大島 泰	国立天文台	助教	グリーンランド氷床からの超広視野サブミリ波宇宙探査観測の実現

氏名	所属	職名	タイトル
大野 浩	北見工業大学	准教授	回転ラマン分光法を用いた氷床フィルンにおけるガス分別過程の解明
柏瀬 陽彦	国立極地研究所	特任研究員	両極海水域における海水・海洋の観測モデル融合研究
金子 文俊	大阪大学理学研究科	准教授	昆虫体表脂質の構造と物性の低温域における温度依存性
金子 雅紀	産総研地圏資源環境研究部門	主任研究員	Black Sea から採取した嫌氣的メタン酸化アーキアの膜脂質水素同位体組成
木田新一郎	九州大学応用力学研究所	准教授	ドローン空撮と船舶を用いた河川フロントの海面・海中・大気の同時観測
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
香内 晃	北大低温研	教授	地球の水の起源に関する新しい説：星間有機物の加熱による水生成
孔 壁 禾	明治大学研究知財戦略機構	博士研究員	日本北方林における下層ササ菌根菌の共生メカニズムに関する研究
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
佐藤壮一郎	京都府立大学生命環境科学研究科	助教	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
重信 秀治	基礎生物学研究所	教授	昆虫休眠と哺乳類冬眠の統合的理解
下西 隆	新潟大学研究推進機構	助教	リンを含む星間ダストの赤外分光および表面反応実験
菅原 春菜	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所	特任助教	重い同位体に富む地球外有機物の高精度窒素安定同位体比測定法の開発
杉山 慎	北大低温研	教授	イヌイット衣類の低温特性
鈴木 利孝	山形大学学術研究院（理学部）	教授	グリーンランドアイスコアの金属全濃度解析
鈴木 良尚	徳島大院社会産業理工学研究部	准教授	異種分子存在下での結晶成長界面の分子取り込みメカニズムの解明
千賀有希子	東邦大学理学部化学科	准教授	湿原における水系腐植物質の動態に関与する微生物群の解析
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精度向上に関する検討
高橋 庸哉	北海道教育大学札幌校	名誉教授	大気中で適用し得る雪結晶の形と成長条件ダイアグラムの確立（鉛直過冷却雲風洞実験）
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	主任研究員	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
谷川 朋範	気象庁気象研究所	主任研究官	海水アルベドの変動要因の解明と海水アルベド物理モデルの開発
中井 陽一	理化学研究所 仁科加速器科学研究センター	専任研究員	低温アモルフォス氷を流れる負電流・氷表面負イオンへの陽子空孔移動
中川 達功	日本大学生物資源科学部	准教授	寒冷域アマモ根圏における窒素硫黄循環系マイクロバイオーム解析
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	攪乱が植生動態へ及ぼす影響：攪乱面積の頻度分布がべき乗分布に従う場合
中坪 俊一	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所	主任研究 開発員	はやぶさ2試料ピックアップ用マニピレータの開発及び周辺機器の開発
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水河流動と海水状態変化の相互作用
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	現地観測と数値モデルの統合活用による札幌の雪氷汚染の実態解明
布浦 拓郎	海洋研究開発機構	センター長 代理	環境微生物における新規炭素中央代謝・アミノ酸合成経路の探索
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
野村 大樹	北海道大学北方生物圏 フィールド科学センター	准教授	南極の海水および氷河の融解が海洋炭酸系に与える影響の評価
羽馬 哲也	東京大学総合文化研究科	准教授	低温アモルファス氷表面の電子状態の実験的解明への挑戦
藤田 耕史	名古屋大学環境学研究科	教授	ヒマラヤのアイスコア分析による鉱物粒子沈着量と大気循環の変動復元
古恵 亮	海洋研究開発機構	主任研究員	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
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
堀 彰	北見工業大学	准教授	X線透過法によるグリーンランド南東ドーム浅層コアの融解再凍結層の研究
本同 宏成	静岡県立大学食品栄養科学部	准教授	油脂結晶の水および液状油への濡れ性制御
美山 透	海洋研究開発機構	主任研究員	オホーツク海におけるカムチャツカ半島からの河川流入の役割
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

■人事異動(令和元年10月2日から令和2年4月1日まで)

異動日	異動内容	氏名	職名	備考
R1.10.7	採用	田原 佑衣子	技術補助員	
R1.10.31	任期満了	福永 千尋	技術補助員	
R1.10.31	任期満了	若土 もえ	技術補助員	
R1.12.31	辞職	羽馬 哲也	助教	東京大学助教へ
R1.12.31	辞職	安藤 香織	技術補助員	
R2.1.1	採用	曾根 正光	助教	千葉大学大学院医学研究院先端研究部門から
R2.1.1	採用	中村 由佳	技術補助員	
R2.2.1	採用	曾根 加菜子	技術補助員	
R2.2.29	任期満了	小野 かおり	技術補佐員	
R2.2.29	辞職	瀬戸浦 真衣	事務補助員	
R2.3.1	採用	高田 由紀子	事務補助員	
R2.3.31	辞職	隅田 明洋	准教授	京都府立大学教授へ
R2.3.31	定年退職	石井 吉之	助教	
R2.3.31	任期満了	長谷川 成明	助教	
R2.3.31	辞職	加藤 由佳子	技術専門職員	
R2.3.31	定年退職	羽生 俊明	主任	
R2.3.31	転出	長谷川 桃子	主任	総務企画部情報企画課係長へ
R2.3.31	任期満了	時沢 里保	技術補佐員	
R2.3.31	任期満了	伊藤 優人	非常勤研究員	
R2.3.31	任期満了	CHAMBERS, Christopher	博士研究員	
R2.3.31	任期満了	西川 はつみ	博士研究員	
R2.3.31	任期満了	CHEN YING	学術研究員	
R2.4.1	採用	渡邊 友浩	助教	マックスプランク陸生微生物学研究所から
R2.4.1	採用	石井 吉之	特任助教	
R2.4.1	採用	岸本 純子	技術補助員	
R2.4.1	採用	日下 稜	技術補助員	
R2.4.1	採用	中田 和輝	非常勤研究員	
R2.4.1	採用	佐伯 立	学術研究員	
R2.4.1	転入	北原 友梨	一般職員	北方生物圏フィールド科学センターから
R2.4.1	採用	羽生 俊明	嘱託職員	

編*集*後*記

- ▶ 落ち着いたご時勢ですが、低温研らしい内容に満ちた本号をお楽しみ頂ければ幸いです。地道な研究が未来を拓くと信じ歩んでいます。(山口)
- ▶ 記事の編集を通じて低温研の先生方の研究の多様性を再認識することができました。今後も多くの皆様からのご寄稿を楽しみにしております。(大場)
- ▶ 広報委員の特権を利用して、皆様の原稿をいち早く拝見できて楽しかったです。皆が世界を飛び回って研究できる日が早く戻って来ますように!(滝沢)
- ▶ 自然をはじめとする低温環境での幅広い研究が紹介されています。是非ご覧下さい。(事務部総務担当)

低温研ニュース第49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

(山口 良文、大場 康弘、滝沢 侑子、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>