



キューバソレノドンの生息地。
(撮影:宮城教育大学 溝田 浩二)

Research



世界的希少獣キューバソレノドンの進化を追う
(大館 智志) 2



宇宙の水の起源とスピン:実験による検証
(羽馬 哲也) 5



クロロフィルを分解する酵素の発見
(伊藤 寿) 8

People 10

Report

南極学カリキュラム紹介その5

「南極学特別実習Ⅳ(母子里雪氷実習)」

(下山 宏) 14

海外調査(杉山 慎) 15

Publication / Press Release / News



生物環境部門 大舘 智志

世界的希少獣キューバソレノドンの進化を追う

ソレノドンとはなにか？

キューバソレノドンは、真無盲腸目（しんむもうちょうもく）のソレノドン科に属している体重 500 – 800 グラム程度の哺乳動物です。真無盲腸目とは聞き慣れない言葉かもしれませんが、この「目」にはモグラ科、トガリネズミ科、ハリネズミ科、ソレノドン科の 4 科が含まれています（図 1）。つまりざっくりいえば「モグラの仲間」ということになります。そして、我々の最新の研究（Sato J. J. *et al.* 2016. *Scientific Reports* 6: 10.1038/srep31173）により、ソレノドン科は真無盲腸目で最初に分化した古い系統であることがほぼ確定しました。ソレノドン科には、キューバ島に生息しているキューバソレノドンと東隣のイスパニョーラ島にいるハイチソレノドンの 2 種しか現存せず、どちらの種も生息数が少なく絶滅危惧種です。ソレノドンという言葉はギリシャ語で“溝のある歯”を意味しています。ソレノド

ンの仲間は唾液に毒を含み、この歯の溝で毒を含んだ唾液を注入すると言われていますが詳細は不明です。そもそも、その存在が希少であるがゆえに殆ど学術的な調査がなされておらず謎の珍獣とされていました。

捕獲成功が研究につながる

キューバソレノドンは 1970 年代には絶滅したとされていましたが、2003 年になって 1 個体が捕獲されました。しかし、その後は生息状況が分からず、まさに幻の動物でした。そこで 2011 年に私が呼びかけ人となり、筑波大の北将樹さん、宮城教育大のラザロ・エチェニケさん、キューバの国立公園などの諸機関の研究者からなる調査隊が組織されました。そして 2012 年 3 月にキューバ東部のアレハンドロ・デ・フンボルト国立公園内において、一挙に 7 頭の生きたキューバソレノドンを捕獲するという快挙を成し遂げました。その後も我々

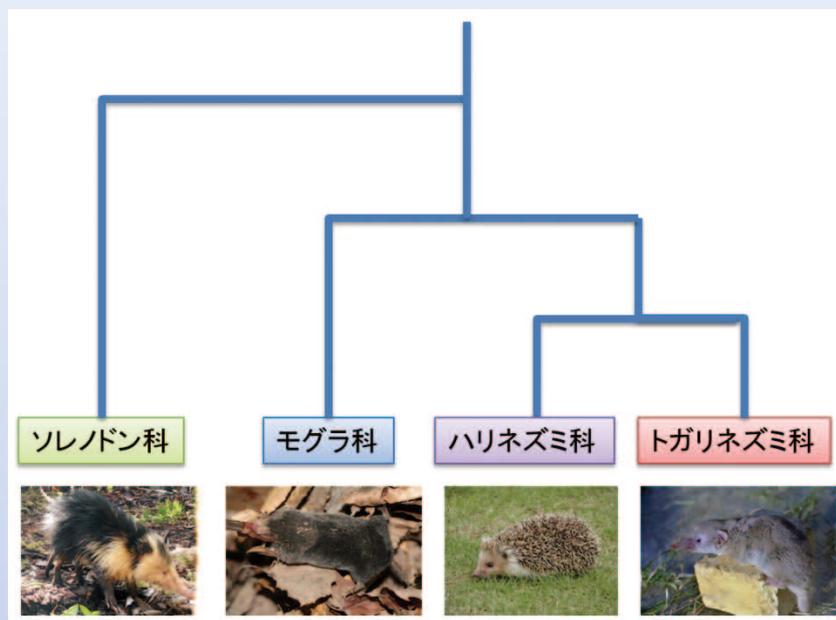


図 1. 核遺伝子の塩基配列に基づく真無盲腸目の系統樹



捕獲されたキュウバソレノドン

のグループは毎年、現地調査に入り何頭かの個体を捕獲しています。希少動物のためにソレノドンを捕殺することはできず、最低限の学術的なデータを取った後に自然に帰しています。世界でもキュウバソレノドンの新鮮な組織サンプルを持っているのは我々のグループだけです。この貴重なサンプルを用いて、核の遺伝子の塩基配列の情報に基づいた進化過程を明らかにするために、福山大学の佐藤淳さんに調査グループに加わってもらいました。そして分析を行ったところ、いままでの通説を覆す結果が得られました。

ソレノドンは生きた化石ではなかった

ソレノドン科動物は特異な形態をしていることから、その起源は古く白亜紀までさかのぼるとされ、恐竜と共存していたとする説が広く信じられていました。このことからソレノドンはしばしば「生きた化石」と呼ばれます。しかし、ソレノドン科の化石は第四紀のものしか

確認されていませんし、そもそも真無盲腸目の系統や分岐年代は十分に研究されておらず、私はこの「生きた化石」という形容に疑問を持っていました。今までの真無盲腸目の系統関係は、ミトコンドリアの遺伝子を用いた研究により、一番初めにハリネズミ科が分岐し、次にソレノドン科が分岐し、最後にトガリネズミ科とモグラ科の共通祖先が分岐したという説が有力でした。しかしこのような古い時間スケールでの研究には進化速度の速いミトコンドリア遺伝子の情報は不適切とされているので、我々のグループは核の遺伝子の塩基配列の情報を用いて、真無盲腸目の科の間の系統関係を推定しました (Sato J.J. *et al.* 2016)。その結果、一番初めに分岐したのはソレノドン科であり、次にモグラ科、そして最後にトガリネズミ科とハリネズミ科が分岐したことがほぼ確定しました (図1)。確かにソレノドンは真無盲腸目のなかでは古い系統だったのです。そして次に、各グループの分岐がいつ行われたかについて推定しました。

分岐年代の推定は、遺伝子の塩基置換の速度による分子時計という概念を用いて行いました。その結果、ソレノドン科は、恐竜が闊歩していた白亜紀ではなく、ユカタン半島に巨大隕石が衝突し恐竜の大絶滅が起こった約5900万年前に出現したことがわかりました。つまりソレノドンは恐竜とは共存していなかったのです。たしかにソレノドンは歯列や全体の形態は哺乳類の祖先的な形質を持っていますが、その分岐は恐竜時代という古いものではなく、「生きた化石」という形容は大袈裟とされます。また現存するソレノドン2種のキュウバソレ

ノドンとハイチソレノドンの種分化は、前者が生息するキューバ島と後者が生息するイスパニョーラ島が地理的に分離した約1600万年前に生じたと考えられていました。しかし、我々の結果は、それよりもずっと新しい約400万年前に種分化したことを示していました(図2)。この2種の分岐は考えられていたよりもかなり新しいものであることが分かりました。つまり二つの島が地理的に分離した後に、浮島や倒木などに乗って海流で運ばれた個体が漂着して種分化したということが示唆されました。そして移動の方向は海流から考えてキューバ島からイスパニョーラ島という経路ではないかと考えています。

これからの展開

以上の研究により、ソレノドンの進化過程について、今までの通説が覆りました。いままでソレノドン科の進化過程が分からなかったのは、これら2種のソレノドンは

かなり希少であり調査ができなかったことにあります。我々はたまたま生きたソレノドンを大量捕獲するという幸運に恵まれたので、研究が進んだのです。ところがこの大量捕獲成功の後、まとまった数のソレノドンを捕獲することには成功していません。ソレノドンは現状さえ個体数が少ないうえに、我々の最近の調査ではその生存を脅かす外来の捕食者が生息地に迫っていることも確認されました。それゆえ、我々は現在、宮城教育大の溝田浩二さんを新たな主要メンバーに加え、このとても興味深い珍獣の基礎研究のみならず、種の保全にむけた研究を緊急に進めています。しかし昨今の難しいキューバの政治状況からなかなか自由に調査ができずに現地調査は足踏みをしている状況です。ソレノドンを絶滅から救い、興味深い進化過程や生態を調査するためにも、皆様のご協力とご支援を是非とも御願ひいたします。

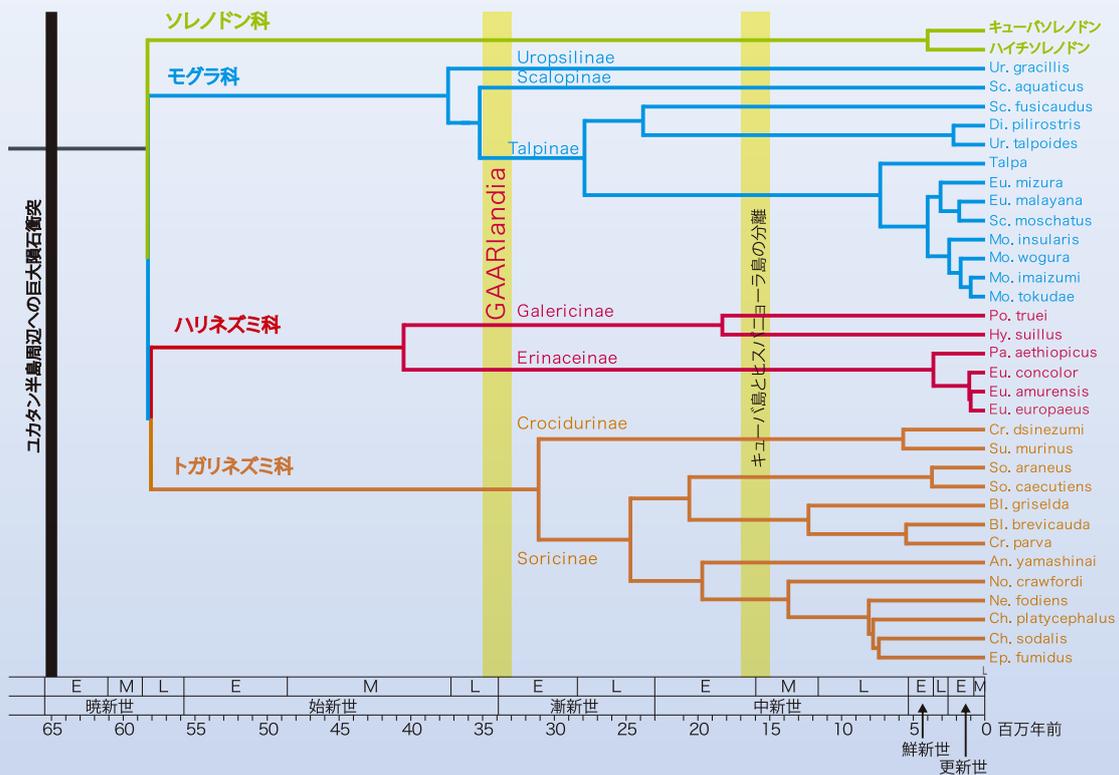


図2. 核の5つの遺伝子配列に基づく真無盲腸目の分岐年代の推定 (Sato et al., 2016 より改変)



雪氷新領域部門 羽馬 哲也

宇宙の水の起源とスピン：実験による検証

水のスピンとオルソ H_2O ・パラ H_2O

宇宙には水 (H_2O) が、星が生まれる以前の星間雲から、原始惑星系円盤、太陽系の彗星や氷衛星、地球にいたるまで普遍的に存在します (図1)。そのため、 H_2O は星間雲から太陽系までの進化をつなぐ分子であり、宇宙でできた H_2O を調べることで、星間雲や彗星の環境や、太陽系がどのようにして形成されたのかを探ることができます。例えば、ある天体に存在する H_2O の状態(水蒸気、液体、氷)を調べることで、その天体の温度と圧力が推測できます。

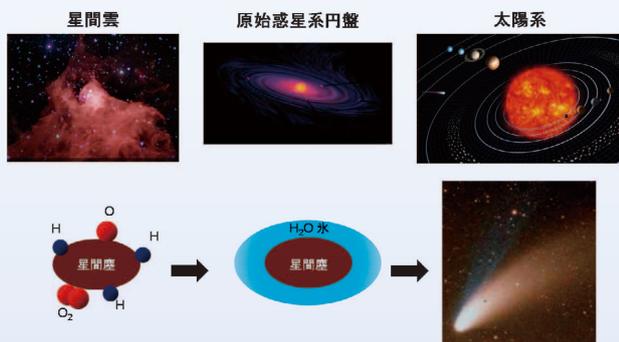


図1 (上図) 星間雲から太陽系にいたるまでの天体の物理的進化。(下図) 星間塵から彗星への進化。宇宙で水は、星間塵と呼ばれる極低温の小さな塵の表面で酸素と水素が化学反応を起こし生成することが知られています。

近年では、宇宙の H_2O のもっと詳細な性質、とくに「スピン」が注目されています。 H_2O は、2つの水素原子核のスピンの向きがそろっているオルソ H_2O と反対向きのパラ H_2O という2種類に分類できます。このオルソ H_2O とパラ H_2O の面白いところは、真空中ではオルソ-パラ間の転換がほぼおこらないことです。そのため、オルソ H_2O とパラ H_2O はしばしば別々の分子として扱われます。さらに、地球の温度環境 ($27^\circ\text{C} = 300\text{K}$) では、オルソ H_2O とパラ H_2O の存在比は量子力学的な性質から 3:1 になりますが、 $-223^\circ\text{C} (= 50\text{K})$ 以下の低温では、パラ H_2O のほうがエネルギー的に安定となるという性質があります (図2)。

オルソ：パラ比の仮説；宇宙の水の起源がわかるのではないかな？

1980年代にNASAのグループは、 H_2O のオルソ-パラ転換が気相では極めて遅いことと、オルソ：パラ比が温度に焼き直せることに着目し (図2) 「宇宙の H_2O のオルソ：パラ比は H_2O が生成した時点で決まり、オルソ：パラ比を観測すれば過去に水ができた時の温度を知ることができる」と発想しました。上記の発想に基づ

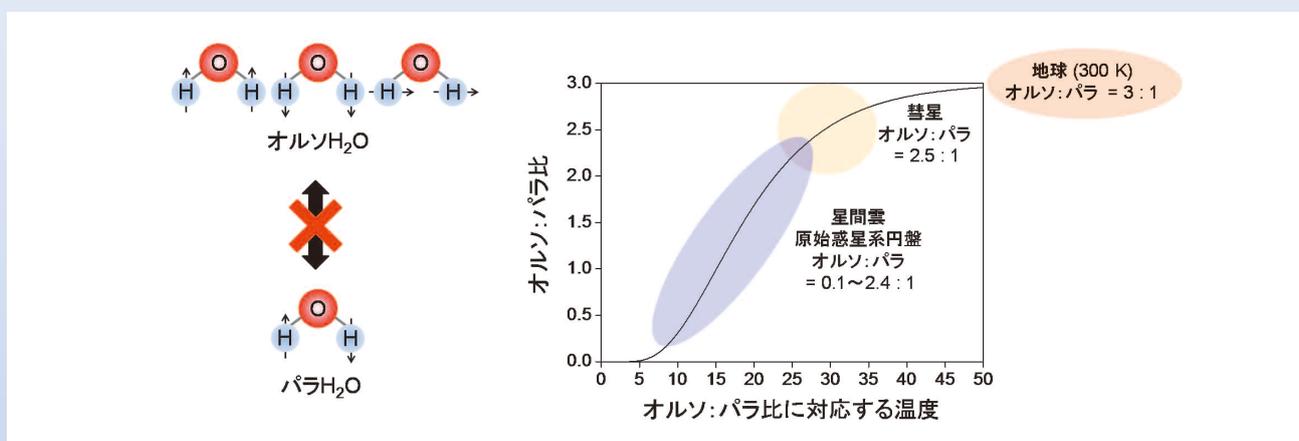


図2 (左図) オルソ H_2O とパラ H_2O 。 H_2O には、2つの水素原子核のスピンの向きがそろっているオルソと反対向きのパラの2種類があり、オルソ-パラ間の転換は真空中では非常に遅い。(右図) 50K以下ではパラ H_2O がエネルギー的に安定となり、熱力学平衡を仮定するとオルソ：パラ比は3:1から変化する。観測研究から、宇宙の H_2O のオルソ：パラ比も3:1と異なることが知られている。

き、彗星のH₂Oの起源を探るため、1986年にハレー彗星コマ（彗星核から放出されるガスや塵）のH₂Oのオルソ：パラ比が初めて観測されました。その結果、オルソ：パラ比の値はおよそ2.5：1であることがわかりました。この値は温度にして-243℃（=30K）に対応します（図2）。以降30年間、20以上の彗星コマでH₂Oのオルソ：パラ比が測定され、そのほとんどが30K程度の値を示すことがわかり「彗星のH₂Oは30Kの塵の上で生成した」という主張がなされています（図3）。

しかし、このオルソ：パラ比の解釈には大きな問題があります。それはオルソ：パラ比からH₂O生成時の温度環境を知ることができるかどうかは決して自明ではなく、実験による裏付けが今までありませんでした。そのため、H₂Oのオルソ：パラ比の観測値がもつ本当の意味は、およそ30年にわたる観測にも関わらず全く不明でした。

実験による仮説の検証

そこで本研究では、宇宙でH₂Oが生成する過程を実験室内で忠実に再現し、そのオルソ：パラ比を直接測定する実験をおこないました（図3）。宇宙に存在するH₂Oの多くは、低温環境下にある星間塵と呼ばれるサブミクロンサイズの鉱物微粒子表面で酸素と水素が化学反応を起こすことにより、まず氷として生成します。その後、その氷を纏った星間塵（氷星間塵）や、氷星間塵が凝集することで形成される彗星に強い光が照射されたり、加熱されることでH₂Oが気相へ放出され、オルソ：パラ比が観測されます。

実験では、超高真空容器のなかに、-263℃（10K）まで冷却できる基板（塵のモデル）を設置し、この基板のうえで酸素と水素を反応させることで「宇宙の氷」をまず作り上げました。装置の写真は過去の低温研ニュース（No.42）の大場先生の記事をご覧ください。次に、この氷に光を照射、または氷を加熱するという二種類の

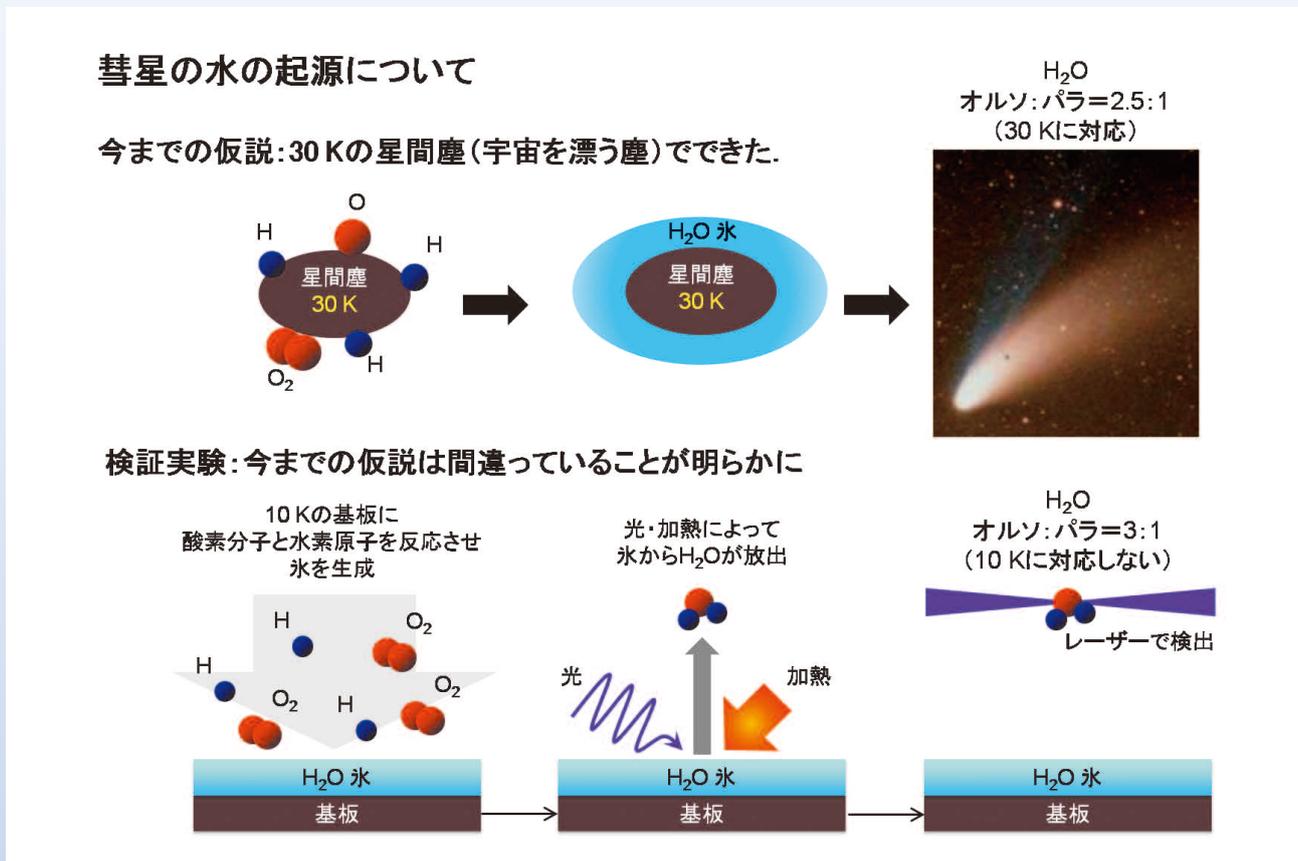


図3 (上図) 彗星コマのH₂Oのオルソ：パラ比の解釈。NASAのグループは「彗星のH₂Oは30Kの星間塵で生成した」と解釈している。(下図) 実験の模式図。-263℃（10K）で氷を作り、その氷から放出されたH₂Oのオルソ：パラ比をレーザーを用いて計測した。その結果、オルソ：パラ比は氷生成時の温度に対応する比（0.3：1）ではなく、3：1になることがわかった。

方法で H_2O を気相へ放出し、そのオルソ：パラ比を共鳴多光子イオン化法というレーザーを用いた検出法によりそれぞれ直接測定しました。その結果、10Kで氷を作ったにも関わらず、その氷から放出された水のオルソ：パラ比はどちらも、10Kに対応するオルソ：パラ=0.3：1ではなく、地球と同じ高温状態（オルソ：パラ=3：1）になることがわかりました。

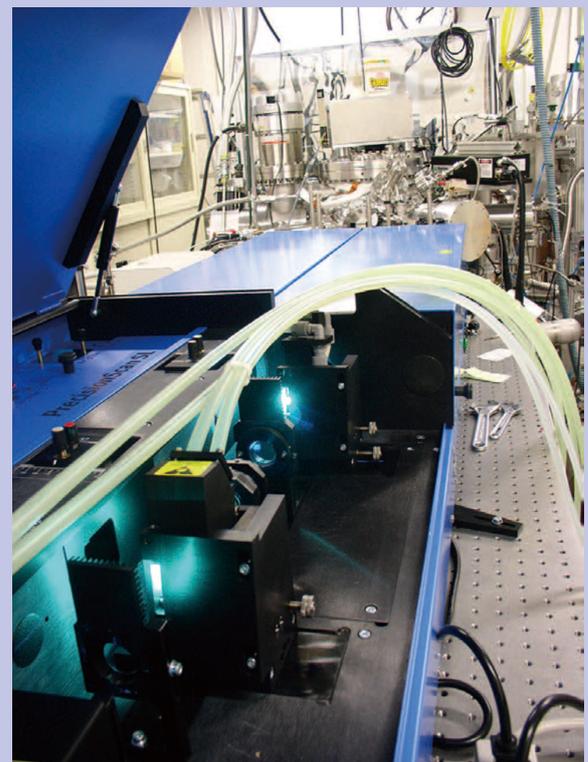
オルソ：パラ比は何を意味しているのか？

本研究から、 H_2O のオルソ：パラ比は、従来考えられていたような生成時の温度を示すものではないことが明らかになりました。彗星が46億年前に30Kで生成したという仮説は正しくなく、太陽系ができたばかりの頃がどのような温度環境であったかを知るためには、新しい理論が必要となります。ではなぜ宇宙の H_2O のオルソ：パラ比は地球と異なり3：1より小さいのでしょうか？残念ながら、その理由はまだよくわかっていません。宇宙でおきている化学はまだほとんどわかっておらず、観測結果を理解するには、基礎研究の積み重ねが足りていないのが現状です。いっぽう天文学（観測研究）では、本研究の発表以降、観測デー

※スピン

電子や陽子（水素原子核）などの荷電粒子がコマのように自転運動すると、電流が流れ、磁場（磁気モーメント）が発生します。このことをスピンと呼びます。スピンは日常生活では実感しにくいですが、物質の量子力学的な性質（磁性や分子の回転状態分布など）の由来となる重要な性質です。いっぽう、荷電粒子ではない中性子もスピンをもつことが知られており、スピンの本当の由来は粒子の自転運動ではなく、内部構造（クォーク）にあると考えられています。このような研究は素粒子物理学の範疇になります。

タを見直す動きがみられており、宇宙の H_2O のオルソ：パラ比が本当に地球と異なるのか再確認が進んでいます。今後、天文学と物理・化学がお互い影響しあいながら進むことで、新しいサイエンスが生まれるかもしれません。



レーザー

集光したレーザー光を分子に照射をすると、分子はイオンになり電気信号として検出することができます（光イオン化法）。しかし、通常の光イオン化法では、オルソ H_2O とパラ H_2O を区別して検出することができません。一方、共鳴多光子イオン化法は、レーザー光をある特定の波長に調整することによってオルソ H_2O のみ、もしくはパラ H_2O のみを選択的に高効率でイオン化できるため、非常に高い感度でオルソ H_2O とパラ H_2O を検出することができます。

クロロフィルを分解する酵素の発見



生物環境部門 伊藤 寿

紅葉は次世代への投資のため

秋には樹木の紅葉が風景を鮮やかにしています（図1）。植物の葉には緑色のクロロフィル（葉緑素）や黄色のカロチノイドなどの色素（光合成の源となる光のエネルギーを吸収する物質）が含まれています。秋になると緑色のクロロフィルが分解されるため、残ったカロチノイドの黄色などが紅葉の色として見えてきます。

樹木は秋に葉を落とすとき、葉の養分を幹のほうに回収し、春に新しい葉を作るために使います。この時クロロフィルが分解されますが、植物は、クロロフィルが自然に分解し退色していくのに任せるのではなく、エネルギーを使って積極的にクロロフィルを分解しています。なぜかという、葉が枯れるとき、壊れかけの光合成装置のクロロフィルが光を吸収すると、エネルギーを適切に処理できず近くの分子に渡してしまい、細胞を損傷してしまう恐れがあるためです。そのため、クロロフィルを分解し、葉の養分を回収するときに葉の細胞が健全に活動できるようにしているのです。朝顔やヒマワリで下の方の葉が枯れていくのも同じ理由です。この時は古い葉の養分を新しくできる上の方の葉や花に送っています。そのために古い葉のクロロフィルが分解されます。このように葉が枯れるときにクロロフィルが分解されるのは、葉の養分を安全に回収し、次世代にその養分を投資するためなのです。



図1 北海道大学構内の紅葉
秋にはイチョウなどが紅葉します。

クロロフィルを分解する酵素

クロロフィルは環状の分子で中央にマグネシウムがあります。クロロフィルの分解はこのマグネシウムが外れることから始まることが知られていて（図2）、この反応を行う酵素はマグネシウム脱離酵素と名付けられました。しかし、その酵素の実体は分かっていませんでした。マグネシウム脱離酵素がわからないことが、植物が枯れていく過程や養分の転流を理解するうえで妨げとなっていました。そこで、この酵素を明らかにすることを目的として研究を行いました。

枯れても緑色のままのイネの突然変異体の原因遺伝子が10年前に報告されました。私たちはこれがマグネシウム脱離酵素の遺伝子だと予測しました。そこで、試験管内でこの遺伝子のタンパク質を合成し、その性質を調べたところ、確かにクロロフィルからマグネシウムを外して分解することがわかりました。この遺伝子を大量に発現する遺伝子組み換え植物を作製したところ、クロロフィルが分解されて、葉が黄色くなりました（図3）。また、この遺伝子を失った突然変異体を観察したところ、通常の植物が枯れる時期になっても、葉が緑色のままでした（図4）。これらの結果から、私たちはマグネシウム脱離酵素、つまりクロロフィルを分解する酵素を発見できたと結論しました。

メンデルの緑色のエンドウマメ

メンデルは突然変異を起こしたエンドウマメを使い、その草丈や花の色などの性質に現れる遺伝の法則を発見しました。メンデルが利用した7つの性質のうち、4つの性質に対する遺伝子が特定されています。その中の一つに、マメ（種皮を透かして見える子葉）の色があります。メンデルは通常の薄茶色のエンドウマメとは異なる緑色のマメをつける突然変異体を用いて研究を行ないました（図5）。今回私たちの見つけたマグネシウム脱離酵素の遺伝子はなんと、このマメの色を決める遺伝子と同じものでした。メンデルの緑色のマメはクロロフィルが分解されないためにできていたことがわかりました。

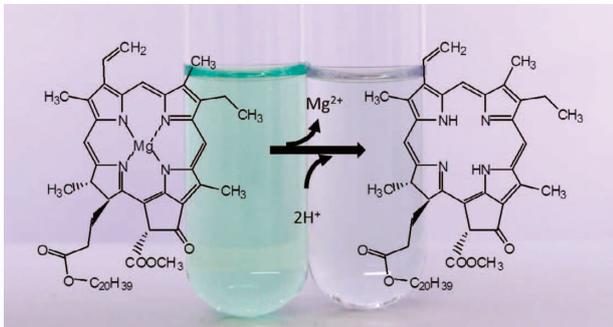


図2 クロロフィルの分解の最初の反応

クロロフィルは中央にマグネシウムを持つ環状の構造をしています。このマグネシウムが外れ水素イオンと入れ替わることが、クロロフィルの分解の最初の反応です。左がクロロフィルの溶液です。右が酸を使ってマグネシウムを外したもので、クロロフィルが分解されたため色が薄くなっています。植物の中では、酸の代わりにマグネシウム脱離酵素がこの反応を行います。

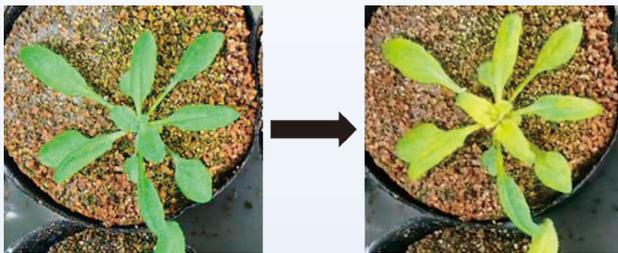


図3 マグネシウム脱離酵素の遺伝子の過剰発現

遺伝子操作をした植物（シロイヌナズナ）に、マグネシウム脱離酵素を大量に合成させると葉が黄色くなります。これは見た目としては紅葉と同じです。左が元の植物、右は同じ植物に酵素を大量に合成させ、2日たったものです。

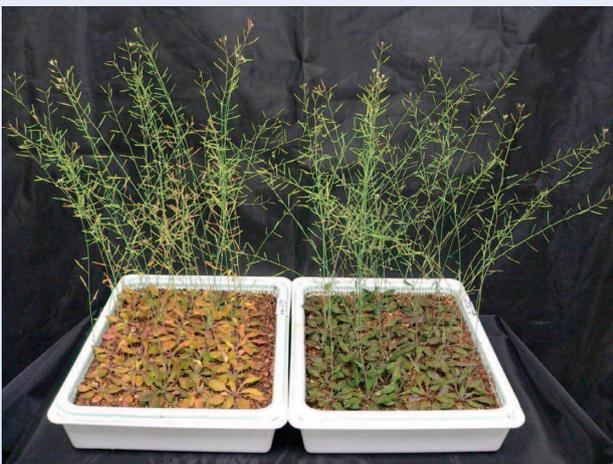


図4 マグネシウム脱離酵素を失った突然変異体

左が通常のシロイヌナズナで約6週間栽培したものです。花が咲き終わり種をつけ始めて、葉は茶色く枯れています。右は、マグネシウム脱離酵素の遺伝子を失った突然変異体です。栽培期間は同じですが、クロロフィルが分解できないため、まだ緑色をしています。



図5 メンデルのエンドウマメ

左が通常のもの、右が突然変異によりマグネシウム脱離酵素の遺伝子を失ったものです。メンデルはこの緑色のマメを使って遺伝の法則を発見しました。

今後への期待

私たちの発見したマグネシウム脱離酵素の遺伝子は、植物が枯れる時期に発現量が多くなります。また、この遺伝子の発現量を多くすると植物が枯れたように見えます。このようにこの遺伝子と植物が枯れることには密接な関係があります。私たちは単細胞藻類のクラミドモナスにもこの遺伝子があり、クロロフィルを分解することを確認しています。このことは植物の進化の早い段階からこの遺伝子を持っていたことを示しています。進化が進み、植物が大きくなり、樹木が落葉するときなどに、この遺伝子を一気に発現する能力を獲得したと思われます。この遺伝子の発現がどのように制御されているか調べることにより、植物の成長の制御機構が明らかになると思われます。

この遺伝子を失った突然変異体は緑色を長く保つので、芝生や観賞用の植物、あるいは保存中の緑色野菜の変色の防止などに応用できることが期待されます。また、光合成を長く行う植物の作出、ひいては生産性の向上に結び付く可能性があります。

この酵素は有機物から金属を外す反応を触媒します。これは珍しい反応です。この酵素を利用して、新しい酵素反応機構が明らかになる可能性があります。

謝辞

この研究は DC、PD として在籍した下田洋輔君によって行われました。また、CREST「二酸化炭素資源化を目指した植物の物質生産力強化と生産物活用のための基盤技術の創設」の支援を受けています。

異動のご挨拶

元 水・物質循環部門 松村 義正



2017年3月より、東京大学大気海洋研究所に異動いたしました。低温科学研究所には2011年4月より日本学術振興会特別研究員PDとして1年、その後2012年4月より海洋・海水動態分野助教として

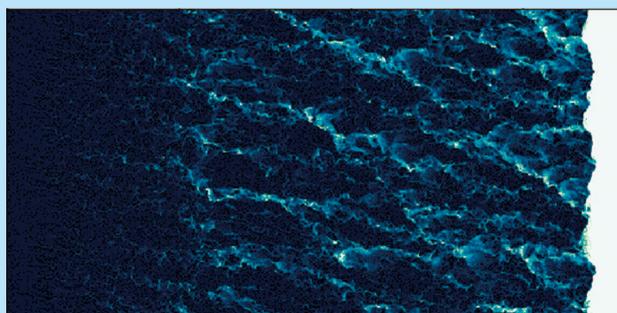
4年11ヶ月、通算して約6年間お世話になりました。私の研究テーマは数値モデルによる海洋のシミュレーションですが、低温研では主に現場観測データと直接比較できるような高精度の数値モデルを新たに開発するという取り組みを続けてきました。6年間の研究の進捗はお世辞にも順調といえるものではありませんでしたが、そのおかげとあってよいのか、焦らず様々なテーマにじっくり腰を据えて取り組むことが出来ました。

低温研での研究

数値モデルの開発では研究対象（私の場合は海洋や海水の物理プロセス）とは直接関係のない技術的な問題（例えば数値安定性や並列化、異なる計算機アーキテクチャへの移植など）に時間を費やすことが多く、目に見える成果がでない期間は心情的にもつらいものですが、従来は表現できなかった現象が新しいモデルでうまくシミュレートでき、定性的・定量的にも直接観測と合致するような結果が得られるととても興奮します。開発した数値モデルを他の研究者に利用してもらい、より発展的な研究につなげることができれば、長きに渡るプログラミングとデバッグの苦勞も吹き飛びます。私が単独で直接観測を計画・遂行するのは困難ですので、極域観測研究のエキスパートの方々と共同研究させて頂いたのはモデルの検証の意味でも非常にありがたく、低温研ならではの研究ができたと思っています。多くの方から、数値モデル開発当初には思いもよらなかった対象への応用を提案して頂き、そのいくつかは低温研に在籍する学生にも研究に取り組んでもらい、成果が出つつあります。その中から、一つのテーマについて簡単にご紹介します。

粒子追跡による沿岸ポリニヤ内の微細構造のシミュレーション

図は海水が形成する際に最初に析出するフラジルアイスとよばれる微小な結晶の集団をラグランジュ粒子で表現する新規的な海洋海水結合モデルによって再現された、沿岸ポリニヤ（海水が吹き流されて水面が露出する領域）での筋状構造の様子です。このような筋状構造は沖向きの風が強くと、沿岸ポリニヤが発達していく時期の衛星画像で特徴的に見られるのですが、海面冷却により析出して浮遊するフラジルアイスと海上風による海洋表層の微小な循環との相互作用が筋を形成していく様子をシミュレーションによって見事に再現することができました。マイクロ波による衛星観測データとの詳細な比較などから、シミュレーションで表現された沿岸ポリニヤ内の微細構造は定量的にも現実をよく再現していることが確認でき、極域気候において極めて重要なポリニヤ内での大気海洋間の熱収支に関する研究への貢献が期待できます。



図：非静力学海洋モデル+粒子追跡フラジルアイスモデルによって表現された沿岸ポリニヤ内の筋状構造。左端が海岸線であり、沖向き方向に海上風を与えている。領域右端では氷板にフラジルアイスが累積し氷縁を形成している。

今後の研究

異動先は生物資源部門ということで、これまでに開発してきた数値モデルを海洋生態系に応用し、海洋の物理場や物質循環が水産資源の維持や変動にどのように寄与しているかを研究していく予定です。特に環オホーツク観測研究センターの皆様とはこれまで以上に研究上の接点が増えるかと思いき、どうかよろしく願いいたします。

あっという間の31年 ...

元 技術部装置開発室 中坪 俊一



3月31付で北海道大学を早期退職し、4月から宇宙航空研究開発機構（JAXA）宇宙科学研究所（ISAS）で勤務しております。

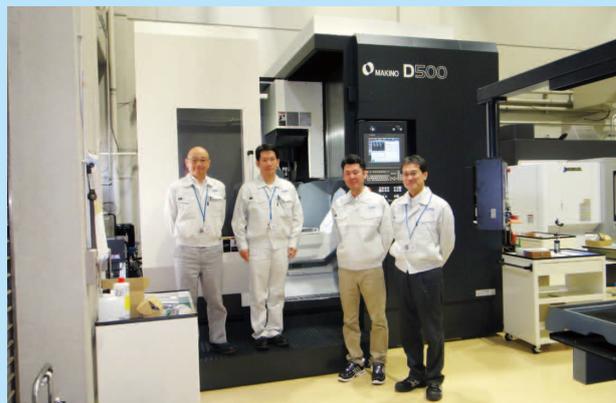
低温科学研究所には北海道大学採用と同時に勤務いたしましたので、31年間という

長い間大変お世話になりました。私にとってこの31年は人生の重要な時期を過ごさせていただいた貴重な時間でした。

採用当初から一人前になるまで、未熟な技術者であった私を我慢強く使って伸ばしていただいた先生方、至らない私を温かく見守り、時には適切に指導していただいた技術職員の先輩方、この他事務職員の方々や共同研究の方々など多くの皆様方に受けた恩をまだまだ返しきれませんが、低温研を離れJAXAに移籍させていただきました。

新天地において

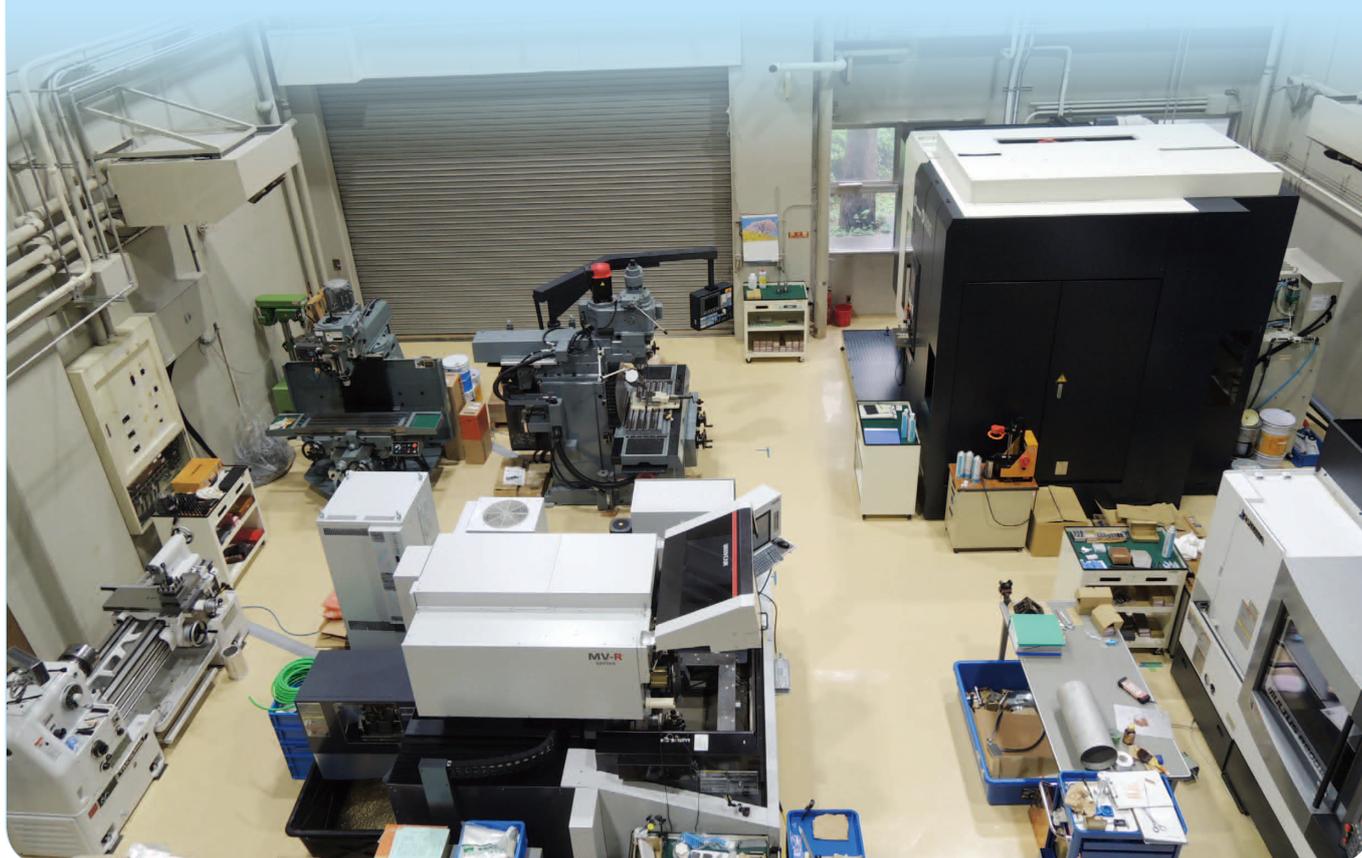
JAXAでは昨年度宇宙研に新設された先端工作技術グループ（写真1、2）で勤務しております。業務内容は



（写真2 先端工作グループの同僚）

低温研とはほぼ同じということもあり今のところ違和感はありませんが、事務手続きや電子メールなど日常的な手続き・連絡は北海道大学以上に電子化され且つセキュリティが強化されております。また、役職員全員にノートPCと携帯電話が渡され常に連絡が取れる体制になっていること、また研修期間中には守秘義務や始末書という言葉が飛び交い戸惑う点が多々あります。

また、宇宙研は約130人の教員と約80人の一般職員、プロジェクト研究員や支援スタッフなどを含めると約340人が勤務しておりますので、人の名前を覚えるところは年齢のせいもあり大変苦労しております。



（写真1 宇宙研新工作室）

低温研での思い出

今回、広報委員の方から昔話をしていただきたいということでしたので、ここからは私の採用当初の話をさせていただきます。

私は、昭和61年4月1日、木下誠一所長（当時）から辞令をいただき、社会人としての一步を踏み出しました。その後配属先である工作部金属工作室（当時の技術部装置開発室の名称）に行くと「所長の鈴木（義男）です」と啞え煙草の初老の方に御挨拶いただき、「所長が二人いるのか？」と疑問に思ったことは今でも鮮明に覚えています。当時は所長の任期が4月1日まででしたので、鈴木義男所長は4月2日の任命だったのです。

配属当時の私は右も左も全く分からず、まさに今現在の私と同じ状況でした。そんな中でも低温研の皆様方には私を温かく迎えていただき、特に採用当初から今日まで続けているテニスを通じて多くの方と知り合いになることができました。昼休みや勤務後には雨の日以外ほぼ毎日テニス（写真3）をしながら雑談することがすごく楽しかったです。時には仕事の話を持ち掛けられ、勤務2年目には黒部人工雪崩実験の観測機材製作・設置に携わり、技術者としての基礎を築ききっかけも作っていただきました。

また、この頃から30代半ばまでは旧気象学部門と旧物理学部門の仕事を中心に仕事の幅を広げつつ様々な経験を積ませていただき、技術者として成長していく実感を味わっておりました。特に古川義純先生（北海道大学名誉教授）に、JAXA 移籍のきっかけの一つとなる無重力実験装置開発担当（写真4）に導いていただきましたことは、技術者人生最大の転機でした。



（写真3 旧テニスコート前にて）

しかし一方で、当時の私は技術者としての未熟さを知り悩んでもおりました。そんな私を他大学の技術職員との交流や企業での研修に参加する機会を与えていただいたのも両部門に在籍しておられた先生方でした。この技術交流や様々な経験があったからこそ、今の自分があると思っております。

両部門に在籍しておられた先生方には、この場を借りてあらためてお礼申し上げます。

技術部の皆さんへ

最後になりますが、在籍していた技術部の皆さんにお伝えしたいことがございます。

北海道大学は人件費削減問題や来年度から始まる技術職員の全学一元化など、技術部の皆さんにとって北大での技術者人生の今後を左右する難しい時期になるかもしれません。

しかし、皆さんには、（一生懸命頑張っていれば）強力に支援していただける心強い教員が低温研にはたくさんおられますので、あまり動揺せず業務に専念し自己研鑽に努めてください。

ただし、現状に満足することなく、10年後に自分がどういう技術者になりたいのか？漠然としたものでもよいので目標を定め、その目標に向かい『未来日記』を書き続ける作業（技術力高める作業）を始めてみてください。私も新たな『未来日記～最終章～』を書き始めます。



（写真4 航空機実験場にて古川先生と）

着任のご挨拶

生物環境部門 緒方 英明



2017年4月より生物環境部門・微生物生態学分野の特任准教授として着任しました緒方英明と申します。私は2003年に京都大学で学位取得後、7ヶ月間姫路工業大学（現兵庫県立大学）でポスドクとして研究を行い、その後

マックスプランク生物無機化学研究所（現マックスプランク化学エネルギー変換研究所）にて、ポスドク、グループリーダーとして研究を行ってきました。マックスプランク研究所はドイツ国内各地に80ヶ所近くありますが、私のいたマックスプランク化学エネルギー変換研究所はドイツ北西部デュッセルドルフ近郊のミュールハイム・アン・デア・ルールという小さな街にあります。デュッセルドルフには日系企業が多いため日本人街があり、食料品や日用品など日本のものが入手しやすくヨーロッパの中でも過ごしやすい環境でした。13年半のドイツでの生活から日本に戻ってきたので様々な変化に対応するのが大変でしたが、帰国してから1ヶ月が経ち研究室の皆様にご挨拶をしながら、ようやく落ち着いてきました。

これまでに私が行ってきた研究は、X線結晶構造解析法によるタンパク質（特に金属タンパク質）の反応機構の解明です。X線結晶構造解析というのは、大型放射光施設を用いてタンパク質結晶にX線を照射し、得られた回折像を解析することによって、最終的にタンパク質の立体構造を求める手法です。活性中心（酵素（タンパク質）と“基質”（酵素と反応する物質）が特異的に結合して反応する部位のこと。活性部位とも言う。）の立体構造が、触媒サイクル（不活性状態、反応中間状態や反応後の状態など）の各段階でどのように変化するかを詳細に調べることによって、タンパク質の反応機構を理解することができます。これまでに解析を行ったタンパク質として、水素分子を分解・合成する酵素ヒドロゲナーゼ（ニッケル・鉄、鉄硫黄クラスター）（図1）、一酸化炭素運搬ヘムタンパク質（ヘム鉄）、硫黄代謝に関わる異化的APS還元酵素（鉄硫黄クラスター・FAD）、DNA合成に関わるリボヌクレオチドレダクターゼ（2

核マンガン錯体）、蛋白質分解酵素マトリックスメタロプロテアーゼ（亜鉛、カルシウム）等があります（カッコ内は酵素反応に関わる金属種等を示す）。マックスプランク化学エネルギー変換研究所では、結晶構造解析に加え、分光学的手法（赤外分光法や電子スピン共鳴法）や理論化学計算などを組み合わせることにより、これら様々な種類のタンパク質の詳細な反応機構を明らかにしてきました。

低温科学研究所では、メタンをメタノールに変換する酵素であるメタンモノオキシゲナーゼの構造解析を主な研究目的としています。現在、天然ガスから合成ガス経由で製造されているメタノールは化学製品の基礎原料として利用されています。この製法は高温高圧下で行われ、エネルギーを大量に消費するプロセスのため、より効率的なメタン→メタノール直接変換技術が模索されています。メタンモノオキシゲナーゼは、温和な条件下でメタンを酸化しメタノールを生成することのできる酵素です。その活性部位の立体構造や反応機構を理解することは、この酵素を模した人工触媒の開発など将来の工業化技術に役立つと考えられます。

低温科学研究所での新たな研究生活を楽しみにしています。皆様どうぞよろしくお願い致します。

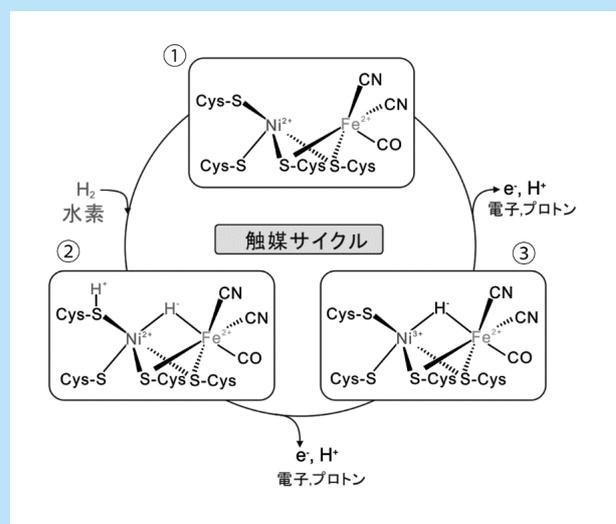


図1. ヒドロゲナーゼの活性部位と触媒サイクル。①の状態において水素分子（H₂）が活性部位と反応すると、水素分子がプロトン（H⁺）とヒドライド（H⁻）に分解された状態②になる。反応中間体③を経てサイクルの最初に戻る。

■南極学カリキュラム紹介その5 「南極学特別実習Ⅳ（母子里雪氷実習）」

水・物質循環部門 下山 宏

低温科学研究所が環境科学院と協力して行っている教育プログラム「南極学カリキュラム」の紹介第5回目は、母子里雪氷実習です。この実習はかつて環境科学院の「地球雪氷学実習」という実習でしたが、現在は大学院共通科目の南極学特別実習Ⅳとして、受講の窓口を広げています。以前は平均して5名程度の受講生でしたが、近年は10数名の学生が、環境科学院、理学院、農学院、水産科学院など様々な大学院から参加しています。

実習を行うのは、道北の幌加内町にある母子里地区です。母子里は道内でも有数の寒冷・多雪地域であり、過去には日本最低気温の -41.2°C が観測され

た場所です。さすがに近年はここまでの低温は観測されませんが、それでも実習を行う1月下旬には最低気温は -35°C 、そして積雪は2mに達することもあります。

本実習はこのような環境における、降雪・積雪・水文・気象に関する観測技術・知識の習得が目的です。実習の内容は年によって異なりますが、平成28年度は、降り積もった雪の物理および化学観測、周辺山域の積雪水量観測、母子里の寒冷環境を調べる気象観測、などを行いました。

この実習において、学術的な習得目的と並んで重要視しているのが、寒冷・多雪地域でのフィールドワーク技術の習得です。札幌ではなく、母子里で実習を行う大きな理由はここにあります。寒冷環境では一つ一つの作業が普段とは異なります。細かい手作業などで作業がやりにくいからと言って素手になると、たちまち手が動かなくなります。除雪された道から離れて降り積もった雪の上を歩くのは、短い距離であってもとても大変です。寒い中でじっとして行う観測は体が芯から冷えます。皆が皆、装備が十分とは限りません。受講生の中には、これまでに雪をほとんど経験したことが無い学生もいます。ところが講師陣の心配もなんのその、雪や寒さに屈することなく意欲的に行動する学生ばかりで、逆にこちらが励まされます。

母子里には低温科学研究所融雪観測小屋、そして宿泊施設のある北方生物圏フィールド科学センター雨竜研究林があります。フィールドワークは基本的にこれらの施設からあまり離れない範囲で実施します。気温が非常に低い



積雪断面観測のピット



山で積雪水量広域調査

日や天候が急に悪化した場合など、拠点となる室内空間にすぐに避難できることは、実習を運営する上でとても安心できる環境です。また、寒い屋外作業の後で待っている暖かいお風呂、暖かいごはんなどの喜びも、寒い地域のフィールドワークの醍醐味として経験してもらっています。

雪と寒さは、北海道に住む上で非常に身近な環境です。この当たり前の環境に対して改めて意識を向け、雪氷環境に対する多面的な観点を養うことを、本実習では目指しています。そんなわけで、母子里から札幌へ戻った学生が「札幌は暖かい!」「雪が少なくて重い!」などと口にするのを聞くと、つい、しめしめ... と思ってしまうのです。

海外調査

■杉山 慎

①調査・観測先：南パタゴニア氷原グレイ氷河（チリ）、
ヴィエドマ氷河、ペリートモレノ氷河（アルゼンチン）

②期間：2017年3月

③参加者：

杉山慎、箕輪昌紘、山本淳博（北大）、
Marius Schaeffer（チリ・アウストラル大学）、
Isaac Gurdíel Pérez（チリ・マガジャネス大学）、
Pedro Skvarca（アルゼンチン・カラファテ氷河博物館）

④カウンターパートの機関名：

チリ・アウストラル大学、マガジャネス大学、
カラファテ氷河博物館

⑤観測目的：

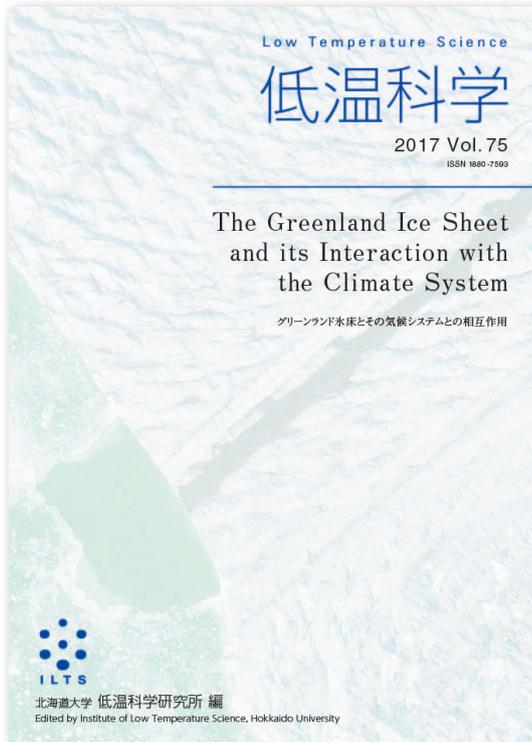
湖に流入するカービング氷河の変動と末端融解のメカニズムを明らかにするため、南パタゴニア氷原グレイ氷河、ヴィエドマ氷河、ペリートモレノ氷河において野外観測を行った。グレイ氷河とヴィエドマ氷河の前縁湖では小型船を使って、係留系の設置、サイドスキャンソナーによる氷河前縁観測、測深、湖水温度・濁度測定などを実施した。またペリートモレノ氷河ではカービング（冰山分離現象）の連続観測を行った。本研究は科研費（基盤B 16H05734）の助成を受けて実施したものである。



グレイ氷河前縁での湖観測



サイドスキャンソナーによる氷河端の直接観測



「グリーンランド氷床とその気候システムとの相互作用」

北海道大学低温科学研究所
低温科学 第75巻 144P
平成29年3月31日発行
ISSN1880-7593

近年グリーンランド氷床は著しい速度で氷を失っており、質量減少が加速しています。北極域の温暖化による雪氷融解の増加が主な要因のひとつですが、氷河の流動加速や雪氷表面の暗色化など、その他のプロセスも氷の損失に重要な役割を果たしています。特に海洋に流入するカービング氷河は、海洋環境の変化を受けて急速に後退しています。またその結果として氷河から流出する淡水や土砂が増加して、海洋環境に大きな影響を与えています。このような氷床・大気・海洋の相互作用が、北極および地球規模の環境変化に重要な役割を果たし、グリーンランドに暮らす人々の生活環境に影響を与えているのです。

本巻は、低温科学研究所において5回にわたって開催された研究集会「グリーンランド氷床の質量変化と全球気候変動への影響」を受けて出版されるものです。この集会は2012年から2016年にかけて、科学研究費プロジェクトSIGMA (Snow Impurity and

Glacial Microbe effects on abrupt warming in the Arctic)、文部科学省の助成を受けたGRENE (Green Network of Excellence) 北極気候変動研究事業等と連携して、北海道大学低温科学研究所共同利用研究集会(代表: 防災科学研究所・山口悟)として開催されました。本巻の出版は、上述の研究分野における近年の研究活動を俯瞰し、研究分野の将来に方向性を与えることを目的としています。

本巻に寄せられた研究成果は、文部科学省が主導するオールジャパンの北極研究プロジェクトArctic Challenge for Sustainability (ArCS) と密接に関連しています。ArCS プロジェクトは、北極域で顕在化する様々なスケールの環境変化に対して、自然科学のみならず、人文社会科学の立場からもその理解を推し進めるものです。本巻の各論文が報告する多様な研究アプローチが、ArCS プロジェクトが目指す研究の視野を示しています。

本巻にご寄稿頂いた著者のみなさま全員に感謝申し上げます。ご尽力をありがとうございました！

目次

- Recent ice mass loss in northwestern Greenland: Results of the GRENE Greenland project and overview of the ArCS project
- Seismic and infrasound monitoring of Bowdoin Glacier, Greenland
- グリーンランド氷床北西部沿岸部における表面質量収支の変動
(Surface mass balance variations in a maritime area of the northwestern Greenland Ice Sheet)
- グリーンランド南東ドームにおける浅層アイスコア掘削と初期物理解析
(Shallow ice core drilling and preliminary analysis at South-East Dome, Greenland)
- 北極域氷河の雪氷藻類群集と暗色化
(Snow and ice algal communities and their effect on surface darkening of Arctic glaciers)
- Glacier/ocean interactions in Greenland and their impact on the climate system
- 氷河融解水を起源とする高濁度水プルームの数値モデリング
(Modeling subglacial meltwater plumes and associated sediment transport)
- Temperature observations from northernmost Greenland, 2006-2010
- Numerical weather prediction system based on JMA-NHM for field observation campaigns on the Greenland ice sheet
- Surface mass balance of the Greenland ice sheet in the regional climate model HIRHAM5: Present state and future prospects
- Projecting the response of the Greenland ice sheet to future climate change with the ice sheet model SICOPOLIS
- The human dimension of climate change research in Greenland: Towards a new form of knowledge generation

「低温科学」75巻編集委員会

編集委員長: グレーベ ラルフ (北大・低温研)

編集委員: 杉山 慎 (北大・低温研)

飯塚芳徳 (北大・低温研)

角五綾子 (北大・低温研)

(H28.12.21)

小さなジャコウネズミが明かした、インド洋～東シナ海の沿岸域における広大で複雑な人間活動の軌跡研究

発表者：助教 大館 智志

研究成果の概要：

ジャコウネズミは体重 30～100 g 前後の小型哺乳類です。日本から東アフリカ沿岸までの広大な地域から捕獲した個体の DNA の塩基配列を決定し、種内系統樹を推定しました。その結果、日本、東南アジア島嶼部、スリランカ、東アフリカ沿岸地域にかけて、ジャコウネズミは人為的に分布を広げたことが示されました。またパキスタン、ミャンマー、スリランカでは複数の遺伝系統が移入していることもわかりました。この分布拡大は海洋交易に伴って起きたと考えられ、中世から近世にかけて人類は東シナ海からアフリカ東部にわたる広大な地域を行き来していたことが間接的に示されました。

本研究は、日本哺乳類学会が発行する英文科学雑誌の“Mammal Study”に掲載されました。

論文発表の概要：

研究論文名：Intraspecific phylogeny of the house shrews, *Suncus murinus*-*S. montanus* species complex, based on the mitochondrial cytochrome *b* gene (ミトコンドリアシトクロム *b* 遺伝子に基づくジャコウネズミの種内系統)

著者：大館智志（北海道大学低温科学研究所）、木下豪太（京都大学大学院農学研究科）、織田銃一（元岡山理科大学理学部）、本川雅治（京都大学総合博物館）、城ヶ原貴通（宮崎大学フロンティア科学実験総合センター）、新井 智（国立感染症研究所）、Son Truong Nguyen（ベトナム科学技術アカデミー 生態学及び生物資源研究所）、鈴木 仁（北海道大学大学院地球環境科学研究院）、片倉 賢（北海道大学大学院獣医学研究科）、Saw Bawm（ミャンマー獣医科学大学）、Myin Zu Min（ミャンマー・ヤダナボン大学）、Thida Lay Thwe（ミャンマー・ヤンゴン大学動物学科）、Chandika D. Gamage（スリランカ・ペラデニア大学医学部）、Rosli Hashim（マレーシア・マラヤ大学理学部）、Hasmahzaiti Omar（マレーシア・マラヤ大学理学部）、Ibnu Maryanto（インドネシア科学院生物学研究センター）、Taher Ghadirian（イラン、ペルシャ野生動物遺産基金）、Marie Claudine Ranoroosa（マダガスカル・アンタナナリブ大学農学上級校）、森部絢嗣（岐阜大学野生動物管理学研究センター）、土屋公幸（株式会社 応用生物）

公表雑誌：Mammal Study（日本哺乳類学会が発行する英文科学雑誌）

公表日：日本時間 2016 年 12 月 31 日（土）



(H28.12.22)

南極ドームふじアイスコア最深部の物理化学的性質を解明

発表者：北見工業大学 助教 大野 浩 北海道大学低温科学研究所 助教 飯塚 芳徳

研究成果の概要：

過去の気候変動の歴史を解明するために、南極氷床を円柱状にくり抜いた氷のサンプルである「アイスコア」の研究が、日・米・欧によって積極的に行われています。南極内陸部にあるドームふじ基地で2003～2007年にかけて掘削されたドームふじアイスコアの最深部は地球で最も古い氷の一つであり、70万年以上遡って過去の地球環境を読み解くことが期待されています。同時に、南極氷床最深部は、低温・高圧の環境に耐えうる未知の極限微生物が生息すると考えられています。しかし、南極内陸部における氷床底面付近の氷の起源や存在状態はほとんどわかっていませんでした。北見工業大学の**大野浩**助教（元国立極地研究所特任助教）と北海道大学の**飯塚芳徳**助教、および国立極地研究所（研究代表者：**本山秀明**教授）を中心とした研究グループは、ドームふじで採取された深層氷の詳細な物理化学分析を行い、①深層氷は全て温暖期の天水（降雪）起源であることを突き止めました。さらには、②氷床底面付近で化学成分の著しい再配分が生じていること、③再配分現象は不純物の空気ハイドレート粒子表面や氷結晶粒界への偏析や、粒界を伝った移流によって引き起こされていることなどが明らかになりました。これらの研究成果は、深層アイスコアに記録されている古環境情報を正確に解読したり、氷床底面近傍における極限生物の生態を議論したりするうえで不可欠な情報となります。

論文発表の概要：

研究論文名：Physicochemical properties of bottom ice from Dome Fuji, inland East Antarctica

著者（*は共同筆頭著者）：**大野浩** 1,2*, **飯塚芳徳** 3*, **堀彰** 1、**宮本淳** 4、**平林幹啓** 2、**三宅隆之** 2、**倉元隆之** 2、**藤田秀二** 2,5、**瀬川高弘** 2,6,7、**植村立** 8、**櫻井俊光** 2、**鈴木利孝** 9、**本山秀明** 2,5
所属：1 北見工業大学 2 国立極地研究所 3 北海道大学低温科学研究所 4 北海道大学高等教育推進機構 5 総合研究大学院大学 6 新領域融合研究センター 7 山梨大学総合分析実験センター 8 琉球大学 9 山形大学

掲載誌：Journal of Geophysical Research: Earth Surface, Volume 121, Issue 7, July 2016, Pages 1230-1250

URL：<http://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/hub/issue/10.1002/jgrf.v121.7/>



(H29.1.19)

微小重力環境を利用した星の“かけら”の再現実験 鉄の存在形態の通説を否定、鉄はどこに!?

発表者：准教授 木村 勇気

研究成果の概要：

北海道大学低温科学研究所（研究代表：**木村勇気**准教授）は、宇宙航空研究開発機構（JAXA）と国立天文台と共同で、観測ロケットを用いた微小重力実験を実施し、超新星爆発で鉄の微粒子が作られる過程の再現に成功しました。

宇宙における鉄の存在形態は、天文学上の大きな謎の一つです。この謎に決着をつけるため、宇宙に存在する鉄の主要な供給源である超新星爆発後の鉄粒子の生成過程を再現し、鉄がガスから固体になる際の付着確率（くっつきやすさ）を調べました。その結果、これまで100%と考えられていた付着確率が、実は0.002%程度であることを明らかにしました。これは、宇宙における鉄の主要な存在形態は金属ではないことを示す成果で、天文学に新たな問題を提起することになりました。従来の物質進化モデルの書き換えにつながる成果です。

論文発表の概要：

研究論文名：Pure iron grains are rare in the universe（宇宙に鉄粒子はほとんど存在しない）

著者：木村勇氣、田中今日子（北海道大学低温科学研究所）、野沢貴也（国立天文台）、竹内伸介、稲富裕光（JAXA 宇宙科学研究所）

公表雑誌：Science Advances（アメリカ科学振興協会発刊のオープンアクセスジャーナル）

公表日：日本時間（現地時間）2017年1月19日（木）午前4時（米国東部時間 2017年1月18日（水）午後2時）（オンライン公開）



(H29.2.9)

過去 72 万年間の気候の不安定性を南極ドームふじアイスコアの解析と気候シミュレーションにより解明

発表者：国立極地研究所 准教授 川村 賢二 北海道大学低温科学研究所 助教 飯塚 芳徳

研究成果の概要：

国立極地研究所（所長：白石和行）の川村賢二准教授及び本山秀明教授、東京大学大気海洋研究所（所長：津田敦）の阿部彩子教授を中心とする 31 機関 64 名からなる研究グループは、南極ドームふじで掘削されたアイスコアを使った過去 72 万年分の気温とダストの解析から、氷期のうち中間的な気温を示す時期（以下、氷期の中間状態。）に、気候の不安定性（変動しやすさ）が高くなることを見いだしました。さらに、その一番の原因が温室効果の低下による全球の寒冷化であることを、大気海洋結合大循環モデルによる気候シミュレーションから解き明かしました。これまで、最終氷期（約 10 万年前～2 万年前）における気候の不安定性については研究が進んでいましたが、複数の氷期を含む長期の傾向やメカニズムが明らかになったのは初めてのことです。また、現在まで 1 年以上続いている間氷期（温暖期）が将来にわたって安定である保証はなく、現存するグリーンランド氷床の融解によって気候の不安定性がもたらされる可能性も示唆されました。この成果は「Science Advances」誌にオンライン掲載されました。

論文発表の概要：

研究論文名：State dependence of climatic instability over the past 720,000 years from Antarctic ice cores and climate modeling

著者：ドームふじアイスコアプロジェクト：

川村賢二 1,2,3*、阿部彩子 4,5*、本山秀明 1,2*、上田豊 6、青木周司 7、東信彦 8、藤井理行 1,2、藤田耕史 6、藤田秀二 1,2、福井幸太郎 1 †、古川晶雄 1,2、古崎睦 9、東久美子 1,2、Ralf Greve 10、平林幹啓 1、本堂武夫 10、堀彰 11、堀川信一郎 10 ‡、堀内一穂 12、五十嵐誠 1、飯塚芳徳 10、亀田貴雄 11、神田啓史 1,2、河野美香 1 §、倉元隆之 1、松四雄騎 13||、宮原盛厚 14、三宅隆之 1、宮本淳 10、長島泰夫 15、中山芳樹 16、中澤高清 7、中澤文男 1,2、西尾文彦 17、大日方一夫 18、大垣内のみ 5、岡頭 4、奥野淳一 1,2、奥山純一 10 ¶、大藪幾美 1、Frédéric Parrenin 19、Frank Pattyn 20、齋藤冬樹 5、齊藤隆志 21、齋藤健 10、櫻井俊光 1 #、笹公和 15、Hakime Seddik 10、柴田康行 22、新堀邦夫 10、鈴木啓助 23、

鈴木利孝 24、高橋昭好 14、高橋邦生 5 ※、高橋修平 11、高田守昌 8、田中洋一 25、植村立 1,26、渡辺原太 27、渡辺興亜 28、山崎哲秀 14、横山宏太郎 29、吉森正和 30、吉本隆安 31

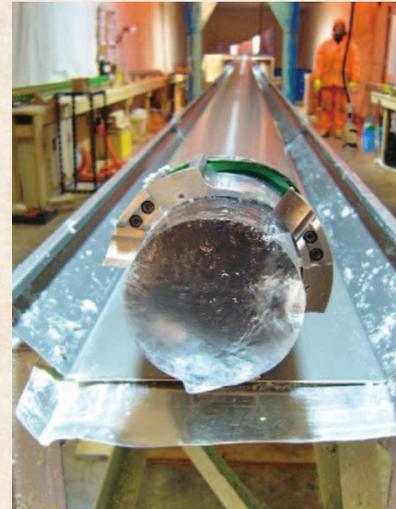
* 責任著者：川村賢二、阿部彩子、本山秀明

1 国立極地研究所 2 総合研究大学院大学 極域科学専攻 3 国立研究開発法人海洋研究開発機構 生物地球化学研究分野 4 東京大学 大気海洋研究所 5 国立研究開発法人海洋研究開発機構 統合的気候変動予測研究分野/気候変動リスク情報創生プロジェクトチーム 6 名古屋大学・大学院環境学研究科 7 東北大学大学院理学研究科 大気海洋変動観測研究センター 8 長岡技術科学大学 機械系 9 旭川工業高等専門学校 10 北海道大学低温科学研究所 11 北見工業大学 社会環境工学科 12 弘前大学大学院 理工学研究科 13 東京大学総合研究博物館タンデム加速器研究施設 14 株式会社地球工学研究所 15 筑波大学 AMS グループ 16 株式会社 3D 地科学研究所 17 千葉大学 環境リモートセンシングセンター 18 大日方クリニック 19 Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IRD, IGE, France 20 Université Libre de Bruxelles, Belgium 21 京都大学防災研究所 22 国立環境研究所 23 信州大学理学部 24 山形大学学術研究院 25 株式会社ジオシステムズ 26 琉球大学 理学部 海洋自然科学科 化学系 27 株式会社地研コンサルタンツ 28 総合研究大学院大学 29 中央農業研究センター 北陸研究拠点 30 北海道大学 大学院地球環境科学研究院 31 アイオーケイ株式会社、九州オリンピック工業株式会社 † 現在、立山砂防カルデラ博物館 ‡ 現在、名古屋大学 大学院環境学研究科附属地震火山研究センター § 現在、Department of Geochemistry, Geoscience Center, University of Göttingen, Germany.

|| 現在、京都大学防災研究所 ¶ 現在、株式会社 IHI # 現在、国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 ※ 現在、アドバンスソフト株式会社

掲載誌：Science Advances

論文公開日：米国東部時間 2017 年 2 月 8 日午後 2 時（日本時間 2017 年 2 月 9 日午前 4 時）



(H29.2.14)

タンパク質結晶ができる瞬間をナノスケールで観察 ～集まり方の異なる非結晶粒子が結晶化を促進～

発表者：准教授 木村 勇気

研究成果の概要：

タンパク質の結晶化の解明は、創薬に向けた最大の課題です。木村准教授らの研究グループは、その過程を明らかにするため、ナノの空間分解能をもつ透過型電子顕微鏡で、リゾチームタンパク質の結晶化の直接観察を試みました。その結果、このタンパク質の結晶化は不規則に密集して結晶化の土台となる粒子（ガラス状粒子）と、その上にゆったりと不規則に集まった後に結晶に変化する粒子（液滴状粒子）の2種類が介在するという想定外の過程で起こることを明らかにしました。この成果は、タンパク質の結晶化手法の確立につながると期待され、一般的な結晶の生成過程を知るうえでも重要な手掛かりになります。本研究は、米国科学アカデミー紀要のハイライト論文に選ばれました。

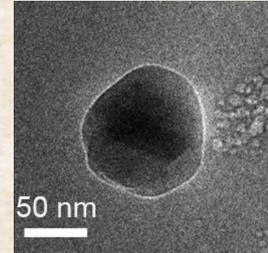
論文発表の概要：

研究論文名：Two types of amorphous protein particles facilitate crystal nucleation (2種類のタンパク質非晶質粒子が結晶の核生成を促進する)

著者：山崎智也¹、木村勇氣¹、Peter G. Vekilov²、古川えりか³、白井 学⁴、松本弘昭⁴、Alexander E. S. Van Driessche⁵、塚本勝男³ (1. 北海道大学、2. ヒューストン大学、3. 東北大学、4. 株式会社日立ハイテクノロジーズ、5. グルノーブル大学)

公表雑誌：米国科学アカデミー紀要 (PNAS)

公表日：日本時間 (現地時間) 2017年2月14日 (火) 午前5時 (米国東部時間 2017年2月13日 (月) 午後3時)



(H29.3.7)

国際宇宙ステーションにおいて氷の結晶成長実験に成功 流水の海に住む魚はなぜ凍死しないのか!?

発表者：助教 長嶋 剣

研究成果の概要：

北海道大学低温科学研究所 (研究代表 古川義純名誉教授) と宇宙航空研究開発機構 (JAXA) は、国際宇宙ステーション・「きぼう」日本実験棟において、2度目となる氷点下に冷却した水中での氷の結晶成長実験に成功しました。この実験では、流水直下の氷点下の環境に住む魚の凍結を防ぐ機能を持つ不凍糖タンパク質が水中にわずかに含まれると、氷結晶のある決まった面の成長速度が純水中に較べて大幅に速くなり、さらに周期的に変動 (振動) することを初めて検証しました。これは、無重力下では結晶周囲で対流などの乱れが存在しないので、氷の成長に対するタンパク質の効果が顕在化されるため、まさに宇宙実験ならではの結果です。この成果は、不凍糖タンパク質が氷の結晶成長をどのようにして制御するのかという仕組みを明らかにします。さらに、氷点下でも魚が凍死しないのはなぜかという生命の不思議を説明するモデルに書き換えを迫ります。

論文発表の概要：

研究論文名：Oscillations and accelerations of ice crystal growth rates in microgravity in presence of antifreeze glycoprotein impurity in supercooled water (微小重力において観察された、不凍糖タンパク質を不純物として含む過冷却水中で成長する氷結晶成長速度の振動と加速)

著者：古川義純、長嶋 剣、中坪俊一、Salvador Zepeda、寺澤隆倫、麻川明俊、村田憲一郎、佐崎 元 (北海道大学低温科学研究所)、吉崎 泉、田丸晴香 (宇宙航空研究開発機構)、島岡太郎 (一般財団法人日本宇宙フォーラム)、曾根武彦 (有人宇宙システム株式会社)、横山悦郎 (学習院大学計算機センター)

公表雑誌：Scientific Reports

公表日：日本時間 (現地時間) 2017年3月6日 (月) 午後7時 (英国時間 2017年3月6日 (月) 午前10時) (オンライン公開)



(H29.3.13)

ゴキブリ繁殖の秘密を発見 —メス同士一緒に単為生殖促進—

発表者：北海道大学電子科学研究所附属社会創造数学研究センター 助教 西野 浩史
北海道大学低温科学研究所 准教授 落合 正則

研究成果の概要：

通常、動物は雌雄が交尾することによって有性生殖を行います。オスのいない環境ではメスだけで遺伝的に似た子どもを産む場合があります。これは単為生殖と呼ばれます。単為生殖を行う動物は節足動物、魚類、両生類、は虫類に至るまで動物界に広く見られます。生命科学院博士課程2年生の加藤巧氏、電子科学研究所学術研究員の岩崎正純博士、低温科学研究所の落合正則准教授、理学研究院の水波 誠教授、電子科学研究所の西野浩史助教らの研究チームは、ゴキブリのメスを複数で飼育すると「雌伏（しふく）」の文字通り、単為生殖でメスだけのコロニーを長期間維持できること、その背後にはメス同士が狭い場所で飼育されるときに卵鞘（複数の卵の入ったカプセル）の形成を促進し、同調させるメカニズムが存在することが明らかになりました。ヒトの女性の生理同調（ドミトリー効果）を想起させるこの現象は、ゴキブリの数億年にわたる繁殖を支え、世界進出を助けているのかもしれません。

本研究は、住友財団の2012年度基礎科学研究助成（西野浩史、助成番号120522）を受けて行われました。

論文発表の概要：

研究論文名：Group-housed females promote asexual ootheca production in American cockroaches.

（ゴキブリのメス同士をグループにすると単為生殖卵の形成が促進される）

著者：加藤 巧1、岩崎 正純2、細野 翔平1、頼経 篤史2、落合 正則3、水波 誠4、西野 浩史2

（1 北海道大学大学院生命科学院、2 北海道大学電子科学研究所、3 北海道大学低温科学研究所、4 北海道大学大学院理学研究院）

公表雑誌：Zoological Letters（動物学の専門誌）

公表日：英国時間2017年3月13日（月）（オンライン公開）



(H29.4.10)

熱帯太平洋が熱いと南極昭和基地の氷が割れる！？

発表者：准教授 青木 茂

研究成果の概要：

昨年2016年の4月、南極・昭和基地のあるリュツォ・ホルム湾の湾内を覆っていた定着氷が大崩壊を起こし、湾内の氷の過半が流れ出しました。この大崩壊の規模とタイミングを探るため、ここ20年程の資料を統計的に解析したところ、湾内の定着氷が崩壊する割れ込みの深さは、約1万7千キロ離れた熱帯太平洋の海面水温が暖かいときほど深く、この割れ込みが深くなるタイミングはエルニーニョに対応する、という傾向が見られました。定着氷の崩壊は湾内に流れ込む白瀬氷河の末端部の位置決めにも関係しており、1980年代に末端位置が後退したのは、熱帯の水温が上がり、強いエルニーニョが起こるようになったタイミングと一致します。今回の解析により、熱帯の海が遠く離れた南極の定着氷と氷河末端の崩壊のペースメーカーになっている可能性が見い出されました。

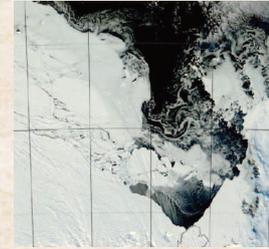
論文発表の概要：

研究論文名：Breakup of land-fast sea ice in Lützow-Holm Bay, East Antarctica and its teleconnection to tropical Pacific sea-surface temperatures (東南極リュツォ・ホルム湾における定着氷の崩壊と熱帯太平洋海面水温場とのテレコネクション)

著者：青木 茂 (北海道大学低温科学研究所)

公表雑誌：Geophysical Research Letters (地球物理学の専門誌) (44, doi:10.1002/2017GL072835.)

公表日：日本時間 (現地時間) 2017年4月8日 (土) 午前1時 (米国東部時間 2017年4月7日 (金) 正午)



(H29.4.13)

縁辺海からの鉄分供給によって北西部北太平洋は高生物生産域になることを解明

発表者：准教授 西岡 純

研究成果の概要：

北部北太平洋における植物プランクトンの成長は、鉄 (Fe) の利用能によって制限されることがよく知られています。当海域の植物プランクトン増殖に伴う栄養塩消費量や CO₂ 吸収量の大きさを、どのような Fe 供給過程が制御しているかを明らかにするために、北部北太平洋の Fe 濃度の東西分布を調べました。得られた鉛直断面分布は、西部海域の表面混合層直下から約 3000m までの中層水で高い Fe 濃度を示し、北方の縁辺海を起源とする Fe に富む中層水が 2000km 以上の広範囲に分布していることを明らかにしました。また、この西部の Fe に富む中層水の影響は、東部アラスカ湾には達していないことも突き止めました。西部の Fe に富む中層水から海洋表層に供給される Fe と主要栄養塩の化学量論比の空間的パターンは、海洋表層の植物プランクトンによる栄養塩消費量の西部及び東部の差をよく説明していることが分かりました。これまで西部海域の顕著な植物プランクトン増殖には、主に大気ダストとして降り注ぐ Fe 供給が重要と考えられてきました。本成果はこれまでの認識を覆し、北方の縁辺海を介した海洋内部の Fe 循環が、植物プランクトン増殖量を規定する重要な要因であることを示しました。また、本研究によって北太平洋の大規模システムの全体像を定量的に捉えたことは、これまで海洋において理解が不足していた「縁辺海と大洋への繋がり」を理解する上でも重要な知見となります。

なお、本研究は科学研究費・新学術領域研究「海洋混合学の創設」、及び低温科学研究所共同利用の助成を受けて実施されました。

論文発表の概要：

研究論文名：Dissolved iron distribution in the western and central subarctic Pacific - HNLC water formation and biogeochemical processes - (北太平洋亜寒帯域における Fe 濃度分布 - 高栄養塩海域の形成と生物地球化学プロセス)

著者：西岡 純 (北海道大学低温科学研究所)、小畑 元 (東京大学大気海洋研究所)

公表雑誌：Limnology and Oceanography (米国海洋陸学会誌)

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/lno.10548/full>

公表日：米国中部時間 2017年4月6日 (木) (オンライン公開)



低温科学研究所がハワイ大学マノア校化学科と部局間交流協定を締結

低温科学研究所では、2月6日（月）にハワイ大学マノア校化学科と部局間交流協定を締結し、調印式を行いました。調印式にはハワイ大学マノア校から Michael S. Bruno 研究担当副代表ら3名、本研究所からは福井学副所長、渡部直樹教授ら4名が出席しました。

ハワイ大学マノア校は1907年に設立されたハワイ州最大の総合大学で、医学、海洋学、海洋生物学、天文学等あらゆる領域に関する研究活動を行う研究機関です。今回の協定については、本研究所の渡部直樹教授と同大学の Ralf I Kaiser 教授の共同研究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ました。今後、両機関の間で更なる共同研究活動の発展等、積極的な交流連携が期待されます。



協定書を取り交わす Michael S. Bruno 研究担当副代表（右）と渡部教授（左）



調印式における関係者集合写真

（左から大場助教、渡部教授、Ralf I Kaiser 教授、Michael S. Bruno 研究担当副代表、Tom Apple 化学科長、福井副所長、高瀬会計担当係長）

 **AWARD** **宮崎 雄三**

日本地球惑星科学連合 (JpGU) 第2回地球惑星科学振興西田賞
(平成29年5月23日受賞)

山崎 智也

公益財団法人 日本科学協会 平成28年度 笹川科学研究奨励賞
(平成29年4月21日受賞)

木村 勇氣

北海道大学 研究総長賞 奨励賞
(平成29年1月31日受賞)

西岡 純

北海道大学 研究総長賞 奨励賞
(平成29年1月31日受賞)

技術部装置開発室

北海道大学 教育研究支援業務総長賞 (貢献賞) 奨励賞 技術部門
(平成29年1月31日受賞)

木村 勇氣

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 第3回宇宙科学研究所賞
(平成29年1月5日受賞)

■共同研究・研究集会採択課題

平成29年度北海道低温科学研究所共同研究・研究集会は、平成28年12月1日から平成29年1月20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）

課題番号	氏名	所属	職名	タイトル
1	植村 立	琉球大学理学部	准教授	グリーンランド南東ドームコアを用いた人為起源物質と気温変動の関係解明氷結晶表面での擬似液体層生成機構の解明
2	田中 秀和	東北大学理学研究科	教授	氷および関連物質の核生成から探る低温ナノ粒子の特異性の解明
3	寺島 美亜	北大低温研	助教	Elucidating psychrophilic algae-bacteria interaction through omics analyses
4	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 -

II. 研究集会（採択件数12件）

1	池田 敦	筑波大学生命環境系	准教授	永久凍土の動態解明のための多角的アプローチ
2	内田 努	北大工	准教授	氷、水、クラスレートの物理化学に関する研究集会
3	佐崎 元	北大低温研	教授	結晶表面・界面での成長素過程のその場観察と理論
4	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
5	庭野 匡思	気象庁気象研究所	研究官	グリーンランド氷床における近年の質量損失の実態解明：メカニズムの理解と影響評価
6	縫村 崇行	千葉科学大学	助教	気候変化に伴う質量収支と氷河変動に関する研究
7	野原 精一	国立環境研究所	室長	雪氷の生態学（11）温暖化による高地湿原生態系変遷の将来予測
8	広瀬 直毅	九州大学 応用力学研究所	教授	宗谷暖流を始めとした対馬暖流系の変動メカニズム
9	福井 学	北大低温研	教授	環境微生物学最前線（3）
10	的場 澄人	北大低温研	助教	フィールド研究におけるデータ、メディアアーカイブの分野横断的な共有と情報発信
11	安田 一郎	東京大学大気海洋研究所	教授	西部ベーリング海およびアナディール湾の観測立案のためのワークショップ
12	渡辺 豊	北大環境研	准教授	寒冷圏海洋科学推進に向けた共同利用研究練習船の現状把握と問題抽出のための集会

III. 一般研究（採択件数43件）

1	青木 一真	富山大学大学院 理工学研究部（理学）	教授	北海道におけるエアロゾルが日射に与える影響について
2	阿部 真之	阪大基礎工学研究科附属 極限科学センター	教授	非接触原子間力顕微鏡による氷表面のナノ計測
3	石井 敦	東北大学 東北アジア研究センター	准教授	北東アジアの環境保全に向けた認識共同体の構築とプログラム化
4	石井 弘明	神戸大院農	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
5	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	植物由来氷核活性の氷晶形成機構の解析
6	石崎 武志	東北芸術工科大学	教授	寒冷地の文化財の劣化に関わる凍上現象の実験的研究
7	石塚 航	北海道総合研究機構・ 林業試験場	研究職員	北方系針葉樹グイマツ系統分化の評価
8	泉 洋平	島根大学 生物資源科学部	准教授	ニカメイガ越冬幼虫体液の水結晶成長抑制に関わる物質の探索
9	金子 文俊	大阪大学大学院 理学研究科	准教授	昆虫の体表脂質の存在様式：冬でも耐乾燥性を維持できる可能性

10	河島 克久	新潟大学災害・復興科学研究所	教授	Rain-on-Snow Event が雪氷圏の自然災害に与える影響の評価
11	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
12	河野孝太郎	東京大学大学院理学研究科・理学部附属天文学教育研究センター	教授	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
13	斉藤 和之	国立研究開発法人海洋研究開発機構	主任研究員	南半球陸域における凍土状況と気候の変動
14	杉浦幸之助	富山大学研究推進機構極東地域研究センター	准教授	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
15	鈴木 利孝	山形大学 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
16	鈴木 良尚	徳島大学大学院理工学研究部	准教授	バルク液相分離を利用した結晶化
17	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評価
18	立花 義裕	三重大学大学院生物資源科学研究科	教授	オホーツク海と相互に影響を及ぼしあうグローバル大気海洋諸現象
19	外山 吉治	群馬大学大学院理工学府	准教授	フィブロイン-フィブリノゲン混合低温ゲルに関する研究
20	中村 和樹	日本大学工学部情報工学科	准教授	東南極域における氷河流動の衛星観測
21	西垣 肇	大分大学 理工学部	准教授	親潮の力学についての研究
22	西村 浩一	名古屋大学大学院環境学研究科	教授	吹雪の高密度観測による時空間構造の解明
23	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
24	庭野 匡思	気象庁 気象研究所	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
25	野村 大樹	北大大学院水産科学研究院	助教	南北両極域における海洋・海氷の現場観測研究
26	早川 洋一	佐賀大農学部	教授	ストレスによる昆虫サイトカイン活性化機構の解析
27	原口 昭	北九州市立大学環境生命工学科	教授	環境変動がミズゴケ群集の一次生産に及ぼす効果の解析
28	原田鉦一郎	宮城大学食産業学部	准教授	北海道内における土壌凍結深の変動に関する研究及び機器の開発
29	平尾 聡秀	東京大学大学院農学生命科学研究科	講師	寒冷圏における生態系機能の評価に向けた微生物群集の機能プロファイリング手法の検討
30	平島 寛行	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター	主任研究員	積雪変質モデルと積雪浸透流モデルの融合にむけた数値実験
31	平野 高司	北大大学院農学研究科	教授	泥炭の好氣的分解にともなう CO ₂ 放出量の定量化
32	藤田 耕史	名古屋大学大学院環境学研究科	准教授	ヒマラヤの氷河融解を抑制するデブリの熱特性の計測とモデル開発
33	堀 彰	北見工業大	准教授	グリーンランド北西部 SIGMA-A 浅層コアの物理解析
34	本同 宏成	広島大学大学院生物圏科学研究科	講師	油脂-乳化剤結晶表面および界面の原子間力顕微鏡観察
35	松浦 良樹	大阪大学	名誉教授	偏光回転式顕微鏡による不凍蛋白質存在有無での氷結晶成長様式の観察
36	美山 透	海洋研究開発機構	主任研究員	半島・海峡・海底地形がつくる海流ジェットと渦の形成メカニズム
37	民田 晴也	名古屋大学宇宙地球環境研究所	技術専門員	高精度レーダ降雪強度推定に向けた降雪粒子の立体形状と誘電率データベースの開発
38	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 - 特に精密温度測定について -
39	安成 哲平	北海道大学大学院工学研究院	助教	大気・雪サンプル中の太陽光吸収性エアロゾルの挙動及び起源同定のための基礎的研究 2
40	山田 芳則	気象庁 気象研究所	室長	粒子の成長・変換をより自然に表現する氷相バルク微物理モデルの開発
41	山中 明	山口大学 創成科学研究科	教授	チョウ類の環境適応に関わる表現形質の解析
42	横沢 正幸	静岡大学大学院工学研究院	教授	樹木集団の空間不均一性を簡約化した森林生態系の環境応答モデル
43	渡邊 達也	北見工業大学	助教	大雪山系山頂部の微気象と永久凍土構造に関する研究

■人事異動（平成28年10月2日から平成29年4月1日まで）

異動日	異動内容	氏名	職名	備考
H28.10.18	採用	友田 理恵	事務補助員	
H28.10.27	任期満了	GLADYSHEV SERGEY	特任教授	
H29.1.1	採用	中田 和輝	博士研究員	
H29.2.28	辞職	松村 義正	助教	東京大学大気海洋研究所助教へ
	辞職	DIVYAVANI	学術研究員	
	辞職	佐伯 立	博士研究員	
H29.3.31	定年退職	田中 歩	教授	
	辞職	中坪 俊一	技術専門職員	宇宙科学研究所先端工作技術グループへ
	転出	佐藤亜由美	事務職員	情報科学研究科事務課総務担当へ
	任期満了	中田 和輝	博士研究員	
	任期満了	横野 牧生	博士研究員	
	任期満了	柏瀬 陽彦	非常勤研究員	
	任期満了	西川はつみ	学術研究員	
	任期満了	北川 恵	技術補助員	
	任期満了	角五 綾子	技術補助員	
	任期満了	鋸屋 麻子	事務補助員	
H29.4.1	昇任	杉山 慎	教授	准教授から
	転入	長谷川桃子	主任	法学研究科庶務担当主任から
	転入	平田 康史	技術専門職員	電子科学研究所技術部技術専門職員から
	採用	田中 歩	特任教授	
	採用	緒方 英明	特任准教授	
	採用	DOLEZAL JIRI	特任准教授	
	採用	西川はつみ	博士研究員	
	採用	猪股 将弘	学術研究員	
	採用	横野 牧生	非常勤研究員	
	採用	新堀 邦夫	技術補助員	
	採用	蛭名よしみ	技術補助員	
	採用	湯原 綾子	事務補助員	

編*集*後*記

▶本ニュースは「タイムリーな研究成果を分かりやすく」がモットーです。皆様のご感想やご意見をどうぞお寄せ下さい。(渡辺)

▶今号から編集委員に加わりました。編集過程で、低温研ニュースの豊かさとおもしろさを再認識しました。今後も皆さんからの話題を心待ちにしています。(木村)

▶今号は、低温研の研究範囲の広さを感じて頂ける構成になりました。低温研ホームページ上でも、様々な研究成果を解りやすく解説していますので、是非いらしてください!(日高)

▶植物、動物、宇宙まで、低温研の幅広い研究が紹介され、充実した内容となっています。(長尾)

低温研ニュース第43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

(渡辺 力、木村 勇気、日高 宏、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>