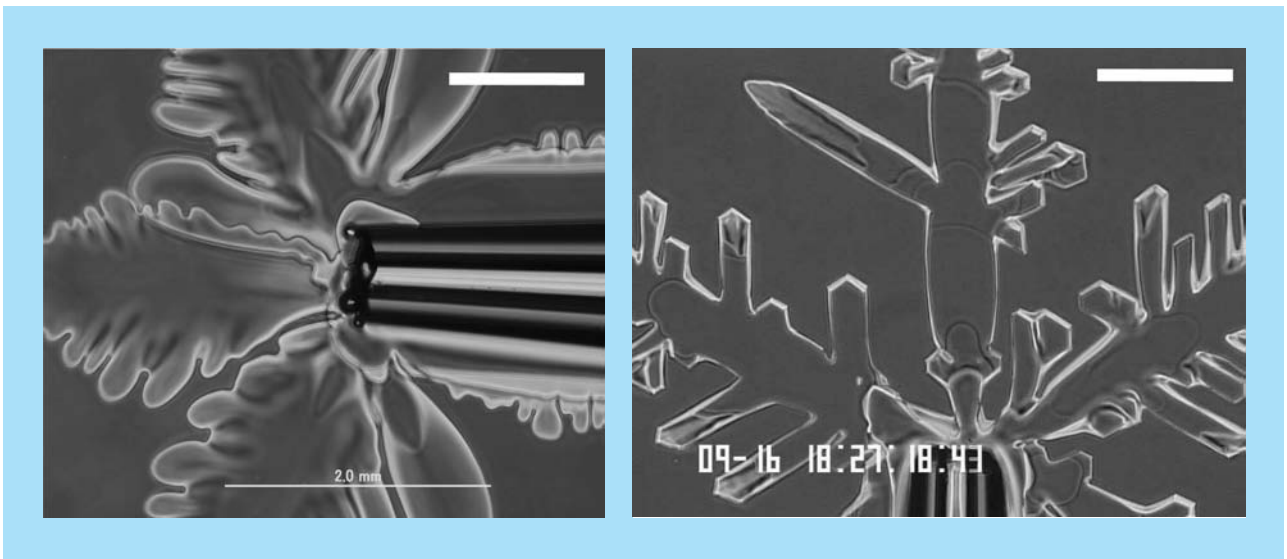


低温研ニュース

2009年12月 No. 28



自由成長させた氷結晶：純粋な水から成長させた氷結晶（写真左）と、0.1 mg/mL 不凍糖タンパク質水溶液から成長させた氷結晶（写真右）。共に過冷却度は0.8℃。不凍糖タンパク質が氷結晶の形状を顕著に変化させることがわかる。スケールバーは1mm。
 （撮影：雪氷新領域部門相転移ダイナミクス研究分野、サルバドール・ゼペダ）

目次

<i>News</i>	低温科学研究所国際シンポジウム「低温科学のフロンティア」…………… 2
<i>Research</i>	研究紹介
	海洋中深層循環を駆動する海水生成とその変動 大島 慶一郎（共同研究推進部）…… 3
	昆虫の自然免疫ーカビを認識する蛋白質 落合 正則（生物環境部門）…… 6
<i>People</i>	新しい研究者の紹介
	着任のご挨拶 杉山 耕一郎（雪氷新領域部門）…… 7
<i>Report</i>	報 告
	海外調査・観測 …………… 8
<i>Administration Office</i>	平成22年度共同研究・研究集会公募について／会議開催報告／人事異動 …………… 8

News ニュース

低温科学研究所国際シンポジウム「低温科学のフロンティア」

低温科学研究所国際シンポジウム「低温科学のフロンティア」(ILTS International Symposium, “Frontier of Low Temperature Science”)は、低温科学研究所のテーマである「寒冷圏及び低温条件下における科学現象の基礎と応用」に関して、国内外の研究者を招待し、所内研究者とともに、研究の現状と今後の展望について話し合うことを目的として2009年11月9-10日の2日間、低温科学研究所講堂において開催された。香内晃 低温科学研究所所長が“Towards a new era in low temperature science”と題して、2009年3月に部局間協力協定を締結したアルフレッド・ウェゲナー極域海洋研究所(ドイツ)

を代表して Frank Wilhelms 教授が“How can ice science satisfy the public attention in a warmer world?”と題して、基調講演を行った。また、「水・物質循環」、「雪氷新領域」、「生物環境」、「環オホーツク圏」の4つの講演セッションおよびポスターセッションを企画し、招待講演20件、ポスター発表30件が行われ、活発な議論が展開された。2日間で延べ176名の参加者があり、その内訳は、学内151名(うち所内138名、所外13名)、学外27名(うち国内15名、海外12名)で、米国、ドイツ、中国、韓国からの参加があった。



Research 研究紹介

海洋中深層循環を駆動する海水生成とその変動

大島 慶一郎 (共同研究推進部)

海洋の大規模な中深層循環は重い水が沈み込み、それが徐々に湧き上がってくるという密度（熱塩）循環です。重い水が生成されるのが極域・海氷域の海であり、海氷生成の際にはき出される高塩分水（ブライン）が重い水の生成源になっています。南極の沿岸ポリニヤ（風や海流によって生産された海水が次々と沖へ運ばれて維持される薄氷域。海氷生産が極めて高い海域）で作られる重い水は南極底層水の起源水であり、南極底層水は世界で一番重い水として世界中の深・底層に拡がっていき、約2000年かけてゆっくり湧き上がっています。北太平洋では、最も重い水は、オホーツク海の北西陸棚ポリニヤで作られ、それが中層（200–1000m）まで潜り込み、北太平洋スケールでの中層の循環を作っています。一方で、極域・海氷域は近年の温暖化に非常に鋭敏な海域であり、例えば、オホーツク海では30年で約20%の割合で海氷面積が減少しています。海氷の大きな変動は、重い水の生成量を変え、さらには中深層循環まで変えうる潜在力を持っています。古海洋学の知見から類推すると、中深層循環の変動は地球の気候や生態系にも大きな変化をもたらすと考えられています。

このように、海氷生産量が大きい海域で重い水が作られるわけですから、海氷生産量は中深層循環とその変動を決める最重要な因子ということになります。しかし、それを捉える現場観測が極めて困難であることから、その変動はもとより平均的な量・分布さえもよくわかっていませんでした。海洋大循環モデルにおいても、海氷生産量は海氷域での熱塩フラックス境界条件を与えることになり、これがわからないことは海氷域での適切な境界条件・検証データがないことに相当します。実際に従来のほとんどのモデルでは、南極海域での表層からの重い水の潜り込みは、本来あるべき沿岸ポリニヤからではなく深い外洋域で生じており、正しく熱塩循環が表現されているとは言えません。

我々研究グループは、海氷生産量のグローバルマッピング（全球分布の作成）を行うことをめざし、現場観測データとの比較・検証も取り入れて、衛星データと大気客観解析データから海氷生産量を見積もるアルゴリズムを開発しています（詳細は<http://www.odl.wottem.hokudai.ac.jp/~ohshima/kaken.html>）。海氷の生産は主に沿岸ポリニヤのような薄氷域で行われますので、そこでの海氷の厚さがわかれば、熱収支計算から、奪われた熱量分だけ海氷が生成されると仮定すると原理的には海氷生産量が求まります。このように

して、南大洋では初めて海氷生産量のマッピングを行ったのが図1です(Tamura et al., 2008)。海氷生産のほとんどが沿岸ポリニヤで行われていることや南極底層水の主生成域であるロス海のポリニヤで最大の海氷生産量があることなどがよく表現されています。図1から特筆すべきは、昭和基地東方約1200kmにあるケープダンレー沖のポリニヤが、第2の高海氷生産海域であることが明らかになったことです。

南極底層水は、ロス海・ウェッデル海・アデリーランド沖の3海域が主な生成域とされ、これらの海域では多くの研究観測がありますが、最近になってフロンの底層での分布等から東南極にも底層水生成域があることが示唆されました。それがどこであるかはよくわかっていなかったのですが、我々は、図1のマッピングから、ケープダンレー沖が未知（第4）の南極底層水の生成海域ではないかと推測しました。そして、ここを日本のIPY（International Polar Year）観測ターゲット海域として、長期係留観測や東京海洋大・海鷹丸などによる集中海洋観測を行ってきました。

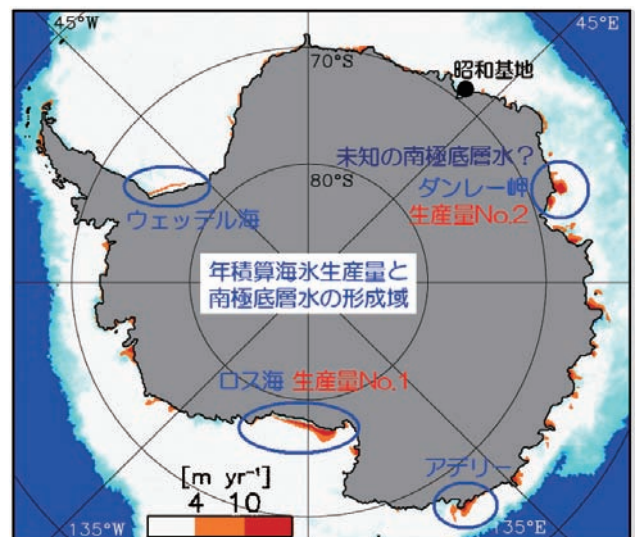


図1：南極海における年積算の海氷生産量のマッピング（厚さに換算） Tamura, Ohshima, and Nihashi (2008)に一部加筆。

その結果、「予想通り、ここで底層水ができていく！」という証拠をついに得ることができました。まず、海鷹丸によるCTD・採水観測からは、底層に顕著な低温・高酸素の層が見られ、南極底層水の生成が示唆されました。さらに直接的な証拠として、1年間の係留観測からは、海氷生産が盛んになった直後に低温高密度水の潜り込みが生じ、冬季には底層水の厚さは300m以上にもなっていることが明らかになりました。

図2は、ケープダンレー沖の(重い水の通り道と予想した)深い峡谷沿いの係留点での、(上)水温と(下)流速の1年間の時系列です。低温・高密度の水の到来する時期に対応して峡谷を下る流れが一気に強くなっていることがわかります。さらに詳しく見ると、低温・高密度の水がほぼ4日周期で間歇的に到来し、それに合わせて0.5m/sにも及ぶ峡谷を下る下降流が生じていることもわかります。これらのデータは底層水の挙動を直接捉えることができた稀な観測データであり、また地球流体力学的にも興味深い材料を提示しています。

我々は、これらの結果にも意を強くし、今後4年間、日本南極地域観測隊(JARE51-54)において、ケープダンレーポリニヤをターゲットに係留系を中心とした海洋海水観測を集中的に行なうことを計画しています(課題名:係留系による、未知の南極底層水と海氷生産量・厚さの直接観測)。このプロジェクトでは、①南極底層水生成過程及び生成量の定量的把握、②ポリニヤ形成過程(なぜ、大きな海氷生産が生ずるのか?)、③衛星海氷トゥルースデータの取得(海氷厚及び海氷生産量アルゴリズムの検証及び高精度化)、④底層水生成に伴う物質循環・生物生産へのインパクト、などをテーマに、モデリングや化学・生物のグループなどとも連携して研究を推し進める予定です。

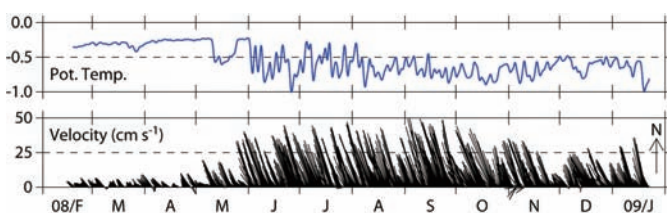


図2: ダンレー岬沖峡谷での、(上)水温と(下)流速ベクトル(上が北向きで水深の大きい方向)の1年間(2008年2月-2009年1月)の時系列。深町康氏作成。

最近、南極ロス海を起源に南極底層水が低塩・低密度化していることがいくつかの研究で報告されています(例えば Aoki et al., 2005)。これは、底層水生成が減少し全球にも及ぶ深層循環が弱体化している可能性を示すものでもあります。この原因の一つとして、南極氷床融解量の増加の他に、ポリニヤでの海氷生成の減少も考えられます。その意味でも、南極底層水とともに海氷生産量をモニターしていくことは非常に重要になります。

海氷生産量のマッピングの話に戻しますと、このマッピングには、氷厚を人工衛星より精度よく見積もるアルゴリズムを開発することが鍵となります。当グループがこの10年来開発してきた係留による高精度の海氷データ取得技術を活かすことで、過去には得られなかったポリニヤ域での比較・検証海氷データを取得し、高精度の氷厚及び海氷生産量を求めるアルゴリズムを開発することを進めております。

北極海で最も海氷生産量が高い海域の一つであるチャクチ海パロー沖においても、アラスカ大学のEicken教授と共同で係留観測を2009年8月より開始しました。さらに、次に述べますオホーツク海北西陸棚ポリニヤでも同様の係留観測を計画中です。これらも比較・検証データに用いて、グローバルに汎用性のある海氷生産量アルゴリズムを開発することをめざしています。このようにして作成される、海氷生産量及び海氷域での熱塩フラックスのグローバルデータセットは、インターネット上で公開する予定で、例えば、大気・海洋・気候モデルの境界条件データや検証データとして広く世界中の研究者に有用されることになれば、と考えています。

北太平洋では、南極底層水程の重い水は作られませんが、中層(200-1000m)まで潜り込む程度の重い水は作られます。その重い水が作られるのがオホーツク海なのです。北半球の寒極はオホーツク海の風上であり、そのために、オホーツク海北西陸棚ポリニヤは北半球で最も海氷生産が高い海域の一つとなっていて、ここで重い水が作られています(低温研と米露との共同研究により明らかになった成果)。このオホーツク海起源の重い水は潜り込むことで、北太平洋全域の中層(200-1000m)まで及ぶ鉛直(上下方向)の循環を作っています。オホーツク海からの潜り込みは、全球への影響という意味では南極底層水のような役割はないものの、以下に述べますように、温暖化の影響を大きく受けること、物質循環や生物生産への影響、という意味で大きなインパクトをもっています。

オホーツク海の見積面積は、大きな年々変動をしますが、前述したようにこの30年では約20%減少しています。オホーツク海の風上は温暖化が顕著に出る領域であり、この50年で2℃の気温上昇があります(地球全体の平均では50年で0.65℃の上昇: IPCC, 2007)。このことが海氷減少の主な原因と考えられます。一方、我々の観測と解析から(Nakanowatari et al., 2007)、この50年でオホーツク海の中層水は顕著に昇温・酸素濃度が減少していることがわかってきました(図3)。これは、冷たい重い水の生成・潜り込みが減少していることを示しています。北太平洋の中層の水はオホーツク海から潜り込んでいるので、この変化は北太平洋にまで及ぶのではないかと考えられます。そこで、北太平洋まで広げて、この50年間で中層の水温がどれだけ上昇しているかを調べますと(図4)、オホーツク海で最大の昇温があることがまずわかります。北太平洋の亜寒帯域は反時計回りの循環(図4の緑線が流線に相当)になっているのですが、オホーツク海を起点にして昇温のシグナルがこの循環に沿って広がっているということがわかります。つまり、オホーツク海で冷たい水の潜り込みが弱まっているというのが、北太平洋までの上下方向の循環をも弱めていることを示唆している図になるわけです。

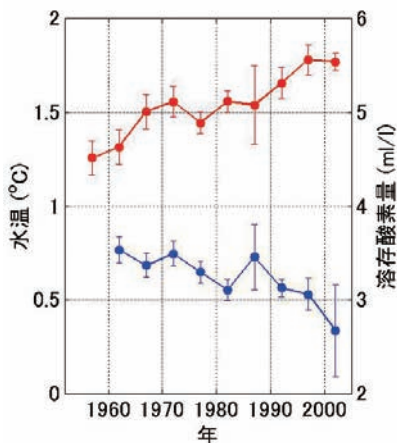


図3：オホーツク海の中層水の水温(赤線)と溶存酸素量(青線)のこの50年の変化。中層のある密度層(水深約500mの層)で比べたもの。Nakanowatari, et al., (2007) より加筆。

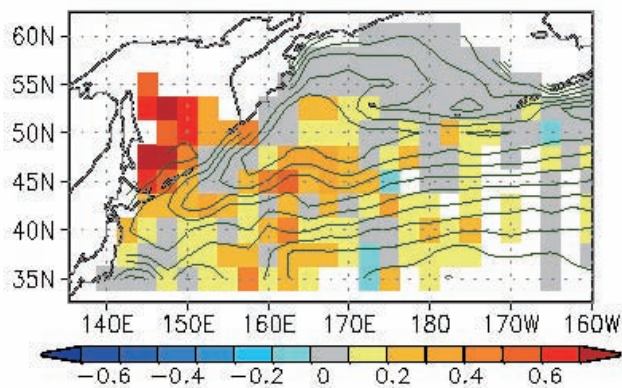


図4：北太平洋及びオホーツク海の中層水温のこの50年の変化。中層のある密度層(水深約300-500mの層)で、この50年間で何度変化したかを示す。Nakanowatari, et al., (2007) より加筆。

このような循環の弱化は、物質（特に鉄分）の循環にとっても重要となります。最近の研究により、鉄分が海の生物生産量を決定しているという説が有力視されています。実は、ロシアとのオホーツク海共同観測では、海氷生成によりできる重い水が潜り込む際に同時に

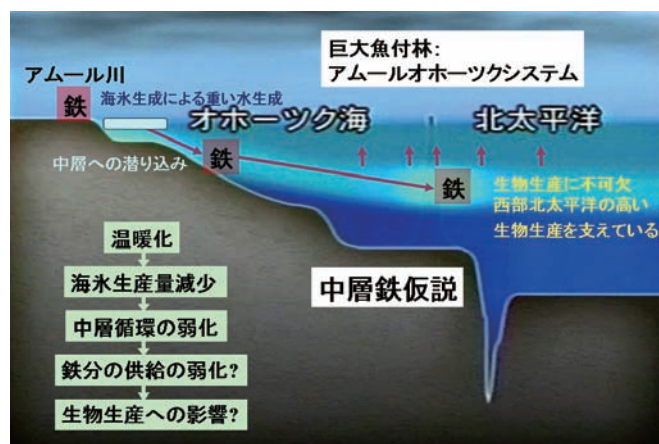


図5：オホーツク海を起源とする中層(鉛直)循環と鉄分の循環、その温暖化による影響

多量の鉄分も中層に送り込まれていること、が発見されました(中塚武・西岡純、私信)。この鉄分は陸面よりアムール川を介して海へ運ばれたものと考えられます。

現在、低温研が中心となって、「鉄分はアムール川からオホーツク海中層へ、さらに北太平洋へと拡がっていき、西部北太平洋の高い生物生産を支えている(図5)」という説(中層鉄仮説)が提案されています(Nishioka et al., 2007)。この仮説を明らかにするために、総合地球環境学研究所と北大低温科学研究所が共同でアムールオホーツクプロジェクト(代表：白岩孝行)を2005年より開始しております。この仮説が正しいとすると、温暖化でオホーツク海の海水生成が弱まると、北太平洋まで含めて鉄分の供給が弱まり、生態系や生物生産にも多大な影響を及ぼす可能性があります(図5左)。これらの仮説の更なる検証や将来の予測のためには、分野の枠や国境を超えた研究が今後ますます重要になってきます。

謝辞：南極海での係留・海洋観測では、東大海洋研究所、白鳳丸、東京海洋大学、海鷹丸の関係者等多くの皆様から多大なるご協力を頂きました。ここに深く感謝いたします。

参考文献

Aoki, S. et al., 2005: Freshening of the Adelie Land Bottom Water near 140°E, *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L23601, doi: 10.1029/2005GL024246.

Nakanowatari T, K. I. Ohshima, M. Wakatsuchi, 2007: Warming and oxygen decrease of intermediate water in the north-western North Pacific, originating from the Sea of Okhotsk, 1955-2004. *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L04602, doi:10.1029/2006GL028243.

Nishioka, J. et al., 2007: Iron supply to the western subarctic Pacific : importance of iron export from the Sea of Okhotsk. *J. Geophys. Res.*, **112**, C10012, doi: 10.1029/2006JC004055.

Tamura, T., K. I. Ohshima, and S. Nihashi, 2008: Mapping of sea ice production for Antarctic coastal polynyas, *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L07606, doi: 10.1029/2007GL032903.

昆虫の自然免疫ーカビを認識する蛋白質

落合 正則 (生物環境部門生物分子機構分野)

生体外から侵入する病原菌や寄生体などを異物として認識し、排除するシステムを生体防御機構という。我々ヒトは自然免疫と獲得免疫という生体防御系を併せ持っている。自然免疫は微生物感染などに対応するための常時備わっている防御系であり、一方の獲得免疫は感染後に特異抗体を産生して多様な異物に対処するシステムである。病原体に対して特異性の高い獲得免疫であるが、これをもつのは脊椎動物の一部(動物種の4%)に過ぎず、それ以外の96%の動物種は自然免疫のみで感染から体を守っている。動物種の2/3以上を占める昆虫は海洋を除くほとんどの陸地に棲息しており、多様な生活環境に適応している。昆虫がこれほど繁栄している動物群に成りえた理由のひとつとして、様々な環境に存在する病原菌に対抗できる強力な生体防御系をもっていたことがあげられる。獲得免疫をもたないにもかかわらず、昆虫の生体防御系が強力なのはメラニン形成系、抗菌ペプチド合成系、血球細胞による捕食、包囲化などの自然免疫が機能的に発達しているためである。自然免疫はほとんどの動物種もっている普遍的な生体防御機構であり、昆虫の自然免疫はそのモデルといわれているが、その分子機構は一部だけしか明らかにされていない。



図1. カイコ表皮におけるメラニン形成。カイコ右半身に人為的に傷害を与え、カビ細胞壁成分である β -1,3-グルカン塗布した。塗布部分はBGRPの β -1,3-グルカン認識によりメラニン形成系が活性化し、メラニン化(黒化)している。

昆虫体内に細菌やカビなどが侵入した場合、微生物周囲にメラニンが形成されることや体液中の抗菌ペプチド濃度が通常の数十倍にまで上昇することが観察されている。異物周囲のメラニン形成により感染菌は物理的に隔離されるとともに、メラニン合成過程の中間体であるキノンの細胞毒性により死滅させられると考えられている。また、抗菌ペプチドの産生は一次感染

菌の増殖を抑制し、二次感染の予防にも役立っていることがわかっている。これらは体液中に存在するプロテアーゼカスケードが細菌やカビの感染に応答して活性化したことによるものである。プロテアーゼカスケードとは複数のプロテアーゼ(蛋白質分解酵素)を構成因子として含む連鎖的反応系のことである。図2にこれまで我々の研究室でカイコを用いて明らかにされたこのカスケードの概略を示す。カスケード上流にはカビを認識する蛋白質と細菌を認識する蛋白質が位置し、昆虫体腔内に細菌やカビが侵入するとまずこれらの異物認識蛋白質が結合し、カスケードの引き金が引かれる。その後、複数のプロテアーゼ前駆体が次々に活性化し、メラニン形成系と抗菌ペプチド合成系へに枝分かれしていき、それぞれの経路の活性化により防御反応がおこる。

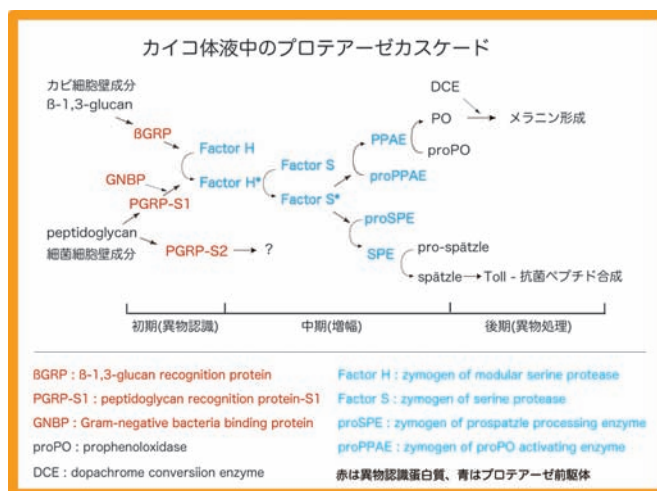


図2. 体液のプロテアーゼカスケードの概略図。細菌やカビの感染に応答して活性化する。

このカスケードの中の β -1,3-グルカン認識蛋白質(BGRP)という異物認識を担う蛋白質は、カビに対するセンサーとして常に体液の中を漂っている。カビの表面近くには細胞壁に含まれる β -1,3-グルカンという糖があり、BGRPはカビの目印であるこの糖に結合する。BGRPがカビを認識したというシグナルはプロテアーゼカスケード活性化により増幅され、カビ周囲でのメラニン形成と抗カビペプチド合成を引き起こす。

すなわち、BGRPは昆虫のカビ感染に対する生体防御反応において非常に重要な蛋白質であるといえる。BGRP中の β -1,3-グルカンを認識する領域(ドメイン)が102残基のアミノ酸からなることは明らかになっていたが、その立体構造や結合様式は不明のままであった。最近、本学薬学部構造生物研究室との共同研究として、BGRPの β -1,3-グルカン認識ドメインの立体構

造を解析した。NMRによる滴定実験、表面プラズモン共鳴分析、変異体のリガンド結合能比較などを行った結果、このドメインは8つの β -ストランドからなるイムノグロブリン様の構造をしており、通常よくみられる糖結合蛋白質の結合ドメインとは異なる様式で β -1,3-グルカンの三重らせん構造に結合することを始めて明らかにした(図3)。

今後、この立体構造をもとに異物認識蛋白質とその下流の因子との相互作用を探り、異物認識の分子機構を明らかにしていく予定である。また、体液のプロテアーゼカスケードと他の生体防御系とのネットワークの解明、生物の環境適応における生体防御機構の役割などの研究を進めていきたい。

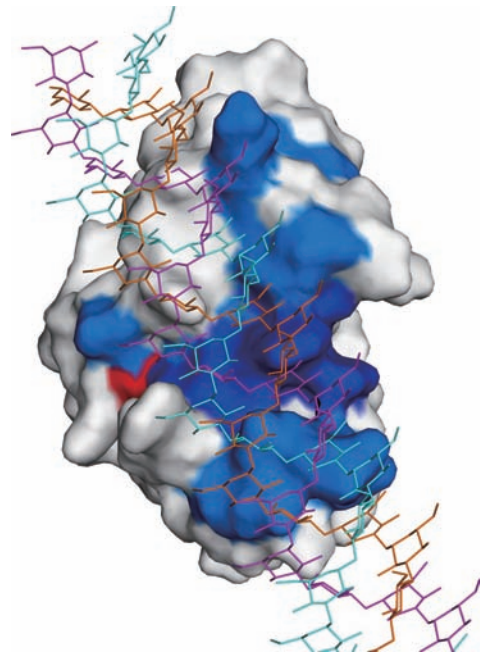


図3. カビを認識する蛋白質の β -1,3-グルカン認識ドメインと三重らせん β -1,3-グルカン。

People 新しい研究者の紹介



着任のご挨拶

10月16日付けで雪氷新領域部門理論惑星科学分野の特任助教として着任しました杉山耕一郎です。私の任務は、神戸大学と北海道大学の連携によるグローバルCOEプログラム「惑星科学国際教育研究拠点の構築」の推進を行うことです。北海道大学内では理学院宇宙理学専攻と低温科学研究所が同COEに参加しており、前職は理学院のCOE博士研究員でした。

出身の大学・大学院は北海道大学で、2007年3月に大学院理学研究科地球惑星科学専攻で学位を取得した後、九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門の助教(理学部情報基盤室兼務)、国立天文台天文シミュレーションプロジェクトの専門研究職員として研究生活を送り、同COEの開始した2008年9月に北海道大学に戻ってきました。

同COEの目的は、惑星科学研究センター(CPS=Center for Planetary Science)を、国内外に開かれた国際共同利用研究センターとして拡充し、機能・確立させることにあります。CPSは、国内外の惑星科学研究者の研究教育活動を広く支援し、惑星科学に関する知見の集積・提供と人的交流(文字どおりの先端融合研究成果の蓄積とその情報発信)の「場」の形成を促進

杉山 耕一郎 (雪氷新領域部門理論惑星科学分野)

し、もって惑星科学に関する学術研究水準の向上と世界に活躍する人材の育成を目指しています。詳細はWeb(<https://www.cps-jp.org/>)を見て頂ければと思いますが、その中であって私は、惑星科学の展開を支える研究基盤としてのネットワークサーバや知見集積システムの設計・構築・運営と若手人材育成を担当しています。

研究面では、惑星大気の数値モデリングを専門とし、複数の凝縮成分の相変化が木星の大気構造に与える影響に着目した理論的研究を行っています。木星は地球と異なり、複数の凝縮成分(NH_3 、 NH_4SH 、 H_2O)が存在し、しかもそれら凝縮成分の分子量が平均分子量に比べて重いという特徴があります。それらの凝結が成層構造の決定を通して大気構造に与える影響を調べることを目的として、複数成分の凝結を考慮した数値流体モデルを自ら開発し、多数の雲の生成消滅が繰り返された結果として決まる統計的平衡状態での流れ場の様相と鉛直大気構造を調べてきました。太陽系の他の惑星大気の気象を調べることは、気象学を他惑星大気にも適用可能な汎惑星気象学として再構成することにつながると考えています。

なお、研究に用いた数値モデル群は「地球流体電脳倶楽部」(<http://www.gfd-dennou.org/>)と呼ばれる全国的な研究グループで開発したものであり、同 Web で公開しています。

木星型惑星大気は地球に比べて低温な環境で、 H_2O 以外に NH_3 や NH_4SH (惑星によっては CH_4) といった物質も凝結すると考えられています。数値的研究を行う上でも低温下の物性は重要です。低温研にはその分野の専門家の方々は何人もおられると思いますので、様々な機会に教えて頂きたいと考えております。今後ともよろしくお願い致します。

Report 報告

海外調査・観測

① 調査・観測先

米国アラスカ州バロー

② 期間

2009年8月

③ 参加者

大島 慶一郎、深町 康、清水 大輔

④ カウンターパートの機関名

アラスカ大学フェアバンクス校

⑤ 観測目的

北極海で最も海氷生産が盛んなアラスカ州バロー沖の海域で、海氷の厚さの計測を行うため、超音波氷厚計を含む係留系 2 系を設置した。これらの係留系は 1 年後に回収し、海氷の厚さと漂流速度などのデータを取得する予定である。

Administration Office

平成22年度共同研究・研究集会公募について

平成22年度共同研究・研究集会は、平成21年12月14日から募集を開始しています。

詳しくは、12月発送の公募要領又は共同研究のホームページ (<http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/kyoudou/>) をご覧下さい。

会議開催報告

・第30回共同利用委員会

(平成21年11月13日～11月26日開催、メール会議)

議題 平成22年度共同研究・研究集会公募要領(案)について
その他

人事異動(平成21年4月2日以降)

日付	異動内容	氏名	職名	旧職
21. 6. 1	採用	宇梶 徳史	学術研究員	
21. 6. 30	辞職	加茂野 晃子	非常勤研究員	
21. 7. 1	転出	阿部 千夏子	文学研究科・文学部庶務担当主任(主任一共同利用担当一)	
21. 7. 1	転入	吉井 洋	係長一共同研究担当一(学務部学生支援課係長から)	
21. 7. 1	採用	PAVULURI CHANDRA MOULI	博士研究員	
21. 7. 10	採用	古関 俊也	技術補助員	
21. 7. 24	辞職	中井 太郎	学術研究員	
21. 7. 31	期間満了	松本 公平	学術研究員	
21. 9. 10	採用	田中 今日子	学術研究員	
21. 10. 1	昇任	渡部 直樹	雪氷新領域部門教授(共同研究推進部 准教授から)	
21. 10. 1	採用	黒木 まゆみ	技術補助員	
21. 10. 16	転入	杉山 耕一朗	雪氷新領域部門特任助教(大学院理学研究院 博士研究員から)	
21. 10. 31	辞職	串田 圭司	富山大学准教授(助教)	
21. 11. 1	転出	宇梶 徳史	北方生物圏フィールド科学センター 博士研究員(学術研究員)	
21. 11. 1	採用	森 章一	研究支援推進員	
21. 12. 1	採用	若土 もえ	事務補助員	

低温研ニュース第28号

(北海道大学低温科学研究所広報誌)

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

編集：低温研広報委員会

編集委員：渡辺力・西岡純・笠原康裕

事務部共同利用担当

(ご意見、お問い合わせ、投稿は広報委員まで)

TEL (011)706-5465、FAX (011)706-7142