

平成 22 年 5 月 3 日現在

研究種目：基盤研究 (A)
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18255005
 研究課題名 (和文) 南北両極の微生物相の多様性と系統に関する調査研究—国際極年計画の中核として
 研究課題名 (英文) Diversity and phylogeny of microbial florae in Polar regions: an IPY core project
 研究代表者
 長沼 毅 (NAGANUMA TAKESHI)
 広島大学・大学院生物圏科学研究科・准教授
 研究者番号：70263738

研究成果の概要 (和文)：本研究は地球環境の健康診断「国際極年」の中核計画として実施されたものである。地球環境変動のうち温暖化の影響は南北両極、特に環境変動に鋭敏に応答する微生物の生態に顕著に現れる。そこで本研究では初めて総合的な極地微生物の生態調査を行った。極域および高山氷河域に生息する微生物の種類と現存量および固有種・汎存種を調べることで、今後の変遷を評価する上で必要になる「国際極年参照データ」を残すことができた。

研究成果の概要 (英文)：This study was conducted as a core program of the International Polar Year (IPY) 2007-2008. Among the global environmental changes, global warming affects the most polar regions, and microorganisms would respond to warming the most promptly. This study thus targeted at ecological aspects of microorganisms living in polar and alpine regions; and, resulted in an IPY legacy of the microbiological-ecological dataset with community structures, abundances, and occurrences of endemic and cosmopolite species. The IPY legacy should serve as a basic reference for future monitorings.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	8,300,000	2,490,000	10,790,000
2007年度	6,500,000	1,950,000	8,450,000
2008年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2009年度	8,300,000	2,490,000	10,790,000
年度			
総計	30,300,000	9,090,000	39,390,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生物多様製・分類

キーワード：北極・南極・極地・極域・微生物・藻類・菌類・多様性

1. 研究開始当初の背景

本研究は国際極年 (IPY: International Polar Year (<http://www.ipy.org>)) 2007-2008 の中核研究計画として承認されている MERGE (Microbiological & Ecological Responses to Global Environmental Changes in Polar

Regions) の具体的実行プランとして開始した。

今時 IPY は、昭和基地が建設され、南極条約への取組みが始まった前回から 50 年振りであり、地球環境変動や微生物が主要テーマに挙げられた最初の IPY でもあった。

研究開始当初、IPY 認定計画 110 件のうち、日本主導は唯 2 件、その一つが MERGE である（代表・長沼毅）。MERGE は世界各国から 11 の研究提案を「微生物・環境」のもとに一つにまとめたもので、他の IPY 研究との連携も謳ったものである。IPY は南北両極の多様な環境を集中的に比較研究できる極めて稀な機会であり、本研究課題はその中核プランとして期待された。

本研究課題は、MERGE の中心的プログラムとして、IPY 2007-2008 をカバーする足掛け 4 年度（2006 年 11 月～2010 年 3 月）にわたる南北両極の生態・多様性調査を目的とするものであると同時に、日本がイニシアティブを發揮して欧米露・アジア・アラブ圏その他の研究者と協同する重要な研究プラットフォーム（すなわち MERGE の基盤）を提供するものとしても期待された。

2. 研究の目的

本研究課題は、MERGE の中心的プログラムとして、足掛け 4 年度にわたる南北両極の生態・多様性調査を目的とし、これによって、3 つの MERGE 主要テーマ「多様性と生物地理」、「食物網と生態系進化」、「氷河生物相における生物・化学・物理過程のリンク」に関する知見を得ることを目的とした。

(1) 「多様性と生物地理」：基礎的手法とともに、個々の生物種のゲノム解析や環境ゲノム網羅解析（メタゲノム）などの先端的手法を用いて、極域の湖沼・氷河生態系に生息する生物種、群集構造、分布、機能などを明らかにし、極域微生物の多様性と系統分類を探索する。

(2) 「食物網と生態系進化」：極域における生物間相互作用や個々の生物種の役割を解明する。他所に比べて極域の食物連鎖は構造（構成する生物種とその相互関係）が単純である分、気候変動に鋭敏・脆弱である。湖底堆積物中のケイ藻殻や生化学マーカー、鉱物記録などの解析を通して、極域の古環境変動が古生物相（多様性と系統）の変遷に及ぼした影響を再現し、将来の影響予測（温故知新）に資するデータを取得する。また、微生物活動に由来する地球温暖化ガス（CO₂、CH₄、N₂O など）や寒冷化ガス（DMS など）の生成・消費について極域での実態を体系的に評価する。

(3) 「氷河生物相における生物・化学・物理過程のリンク」：氷河上に発達する特殊な微小孔（クリオコナイトホール cryoconite hole）や融雪氷水路などにおける微生物相の多様性と生物地球化学プロセス、特に炭素・窒素・リンの循環における微生物の役割と、それ

らの物質循環の変動が微生物活動に及ぼす影響について体系的に調査し、研究分担者（H19→H20：連携研究者）（幸島司郎）がこれまでに展開してきた先駆的研究をモデルにし、世界的な共通プロトコルを作成する。

3. 研究の方法

本研究は IPY 計画 MERGE の中核提案国として、総合的な極地生物の生態調査を行う。具体的には、ノルウェー・スバルバル諸島のニーオルスン国際観測基地（北緯 78 度 56 分、東経 11 度 56 分）をはじめとする北極域、昭和基地（南緯 69 度 00 分、東経 39 度 35 分）等の南極域それぞれに本研究課題の研究代表者および研究協力者を派遣して現地調査、サンプル採取を行い、国内に持ち帰ってそのデータ・サンプルの解析を行う。

また、本研究では、事前に MERGE を通して海外共同研究者との連絡を頻繁に行ってきたおり、例えば、MERGE 共同代表者であるベルギー・リエージュ大学のニック・ウィルモット博士をはじめとするアメリカ、イギリス、オーストラリア、カナダなど MERGE 主要メンバーと、さらに韓国・中国の研究者と密に連絡を取り合い、本研究への参加、協力、調査への随時同行に同意を得ており、データやサンプルを共有することも可能となった。従って、他国の調査で得られたデータやサンプルも共有し、本研究で得たデータ・サンプルと合わせ、これまで非常に困難であった短期間での生物地理的な比較研究も行っていく。

データ・サンプルの分析および解析については、主に極地研の低温資料部門および生物圏研究グループの施設・設備を利用する。また、広島大学では研究室レベルで常用されているメタン生成・脱窒・DMSO 呼吸などを行う嫌気性微生物の培養施設や、遺伝子・タンパク質（酵素）分析用の遺伝子増幅（PCR）装置、定量 PCR 装置、in situ PCR 装置、DNA シーケンサー、キャピラリー電気泳動装置、パルスフィールド電気泳動装置、高速液体クロマトグラフ（HPLC）、ガスクロマトグラフ（GC）、GC-質量分析計ほか、学内共通施設である「自然科学研究支援開発センター」に整備されている各種分析機器を利用して行う。他の参加者の所属機関でも同様であり、必要に応じて適宜、共同利用に供し、分析および解析を行う。

4. 研究成果

本研究は地球環境の健康診断「国際極年」の中核計画として実施されたものである。地球環境変動のうち温暖化の影響は南北両極、特に環境変動に鋭敏に応答する微生物の生

態に顕著に現れる。そこで本研究では初めて総合的な極地微生物の生態調査を行った。

本研究課題の研究期間(2006~2009年度)における主な現地調査として、北極域についてはグリーンランド、ノルウェー(スピッツベルゲン島ロングイヤービエンおよびニールセン)、カナダにおいて氷河上・融氷水・氷河終端、さらに海水・河川水のサンプリング、さらにそこに生息するシアノバクテリアおよび従属栄養微生物などの試料採集を行い、それらのサンプル・試料の系統解析等を行った。このとき、微生物マットに起因する氷河のアルベド(反射率)低下による氷河融解促進の可能性に関する現地調査も行った。

南極域については、2007年11~3月にかけて第49次南極地域観測隊にメンバーが参加したほか、2008年12月には本研究代表者がスペイン観測隊に参加し、南極半島沖にあるリビングストーン島において現地調査および試料採集を行った。また、南極半島にあるイギリス・ロゼラ基地にもメンバーを派遣した。2009年には、サン・ペドロ・アタカマ(チリ)において、砂漠・氷河・高温泉の現地調査およびサンプリングを行い、それらの試料の分析を行った。

以下に、3つの主要テーマにおける研究成果について簡潔に記載する。

(1)「多様性と生物地理」: 個々の生物種のゲノム解析や環境ゲノム網羅解析(メタゲノム)などの先端的手法を用いて、極域の湖沼・氷河生態系に生息する生物種、分布等を明らかにし、極域微生物の多様性と系統分類についてまとめ、すでに論文として発表している。

(2)「食物網と生態系進化」: 湖底堆積物中のケイ藻殻や生化学マーカー、鉱物記録などの解析を行い、極域の古環境変動が古生物相(多様性と系統)の変遷に及ぼした影響の再現とともに、微生物活動に由来する地球温暖化ガス(CO₂、CH₄、N₂Oなど)の生成・消費について極域での実態を体系的に評価しうるデータを得た。

(3)「氷河生物相における生物・化学・物理過程のリンク」: 氷河上に発達する特殊な微小孔などにおける微生物相の多様性と生物地球化学プロセスなどについて、世界的な共通プロトコルの作成を行った。

これら研究成果については、論文により発表を行ったほか、2009年7月、札幌で開催された Xth SCAR International Biology

Symposium において成果発表を行い、スペインをはじめとする南極会合やその他シンポジウムで発表、また、2010年2月にはモスクワで、ロシア科学アカデミー(RAS)微生物学研究所(INM)所長、副所長および研究員と会合を開き、3月には、「国際極年2007-2008シンポジウム—地球規模の変動現象と極域の役割—」を主宰するなど、国内外において、日本国内および世界各国の進捗報告や今後の共同研究について討議した。

上記研究成果以外にここで特筆すべきは、2007年、愛媛県立中高一貫校の理科教諭、翌年2008年には、2006年度に地球温暖化防止活動環境大臣表彰された建築家と、日本科学未来館のイベント企画担当者に調査に参加してもらうことで、国際極年(IPY)の掲げる目標の一つである EOC (education, outreach, communication) の「E」(教育面)および「O、C」(普及・啓蒙面)の昂揚に貢献した。さらに、これらの現地調査ならびにグリーンランド調査の直後に行った広島県立中高一貫校とのアウトリーチ活動、などがNHK総合テレビ「プロフェッショナル〜仕事の流儀」(2007年9月18日放映)として報道され、2008年および2009年には、「ひらめき☆ときめきサイエンス〜ようこそ大学の研究室へ〜KAKENHI」に採択され、地域の小中高校生に極域研究の意義、重要性等について南極昭和基地とのテレビ会議も行って紹介し、IPYの科学面だけでなく社会的貢献を果たした。

以上、本研究では、科学面において、極域および高山氷河域に生息する微生物の種類と現存量および固有種・汎存種を調べることで、今後の変遷を評価する上で必要になる「国際極年参照データ」を残すことができたと同時に、社会的貢献として、国際社会にプレゼンスを高め、国内外に向けて広く地球環境における極域の重要性を発信することができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計31件)

① Kurosawa N, Sato S, Kawarabayashi Y, Imura S, Naganuma T. Archaeal and Bacterial community structures in the anoxic sediment of Antarctic meromictic lake Nurume-Ike. *Polar Science*. 2010 (受済) 査読有

② Yukimura K, Nakai R, Kohshima S, Uetake J, Kanda H and Naganuma T.

Spore-forming halophilic bacteria isolated from Arctic terrains: Implications for long-range transportation of microorganisms. *Polar Bioscience*, 3, 163-169, 2009 査読有

③ Naganuma T and A Wilmotte. Microbiological and Ecological Responses to Global Environmental Changes in Polar Regions (MERGE): an IPY Core Coordinating Project. *Polar Bioscience*, 3, 139-146, 2009 査読有

④ Kohshima S, Takeuchi N, Uetake J, Shiraiwa T, Uemura R, Yoshida N, Matoba S and M. A. Godoi, Estimation of net accumulation rate at a Patagonian glacier by ice core analyses using snow algae, *Global and Planetary Change*, 59, 236-244, 2007 査読有

⑤ Naganuma T, Kimura H, Karimoto R & Nikolay V. Pimenov Abundances of planktonic thraustochytrids and bacteria and of particulate ATP in the Greenland and Norwegian Seas. *Polar Bioscience*, 20, 37-45, 2007 査読有

[学会発表] (計 37 件)

① Hoshino T. Snow molds in the Arctic and their occurrence under climate change in Svalbard and Hokkaido, northern Japan, *Japan-Norway Joint Workshop, Tromsø, 11-12 March 2010 Theme : Arctic Climate and Environmental Change in Global Warming - Collaboration on Observations and Analyses* トロムセ (ノルウェー)

② 長沼 毅・神田 啓史、南北両極における環境変動への微生物学的・生態学的応答-MERGE- (No.55)、*国際極年 2007-2008 シンポジウム—地球規模の変動現象と極域の役割*—、2010.3.1、日本学術会議講堂 (東京都)

③ Imura S. The hotspot under the cold desert - Life (?) in the subglacial lakes -. *The 10th anniversary edition of Tunisia-Japan Symposium on Science, Society & Technology*, 2009.12.16, 総合研究大学院大学葉山キャンパス (神奈川県)

④ Naganuma T. Latitudinal and longitudinal migration of airborne microorganisms, *The 10th anniversary edition of Tunisia-Japan Symposium on Science, Society & Technology*, 2009.11.13, ハマメット(チュニジア共和国)

[図書] (計 3 件)

① 大谷修司・神田啓史、国立極地研究所、極域生物画像データベース 南極昭和基地周

辺の淡水藻類(CD版)、2007、CD

[産業財産権]
○出願状況 (計 1 件)

名称: 放射線または紫外線測定法
発明者: 長沼 毅
権利者: 広島大学
種類: 特許
番号: 特開 2008-209318(P 2008-209318A)
出願年月日: 2007 年 2 月 27 日
国内外の別: 国際特許

[その他]
ホームページ等
<http://home.hiroshima-u.ac.jp/hubol/members/naganuma/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長沼 毅 (NAGANUMA TAKESHI)
広島大学・大学院生物圏科学研究科・准教授
研究者番号: 70263738

(2) 研究分担者

今中 忠行 (IMANAKA TADAYUKI)
立命館大学・生命科学部生物工学科・教授
研究者番号: 30029219
(H20→H21: 連携研究者)

伊村 智 (IMURA SATOSHI)
国立極地研究所・研究教育系・准教授
研究者番号: 90221788
(H20→H21: 連携研究者)

内田 雅己 (UCHIDA MASAKI)
国立極地研究所・研究教育系・助教
研究者番号: 70370096
(H20→H21: 連携研究者)

大谷 修司 (OHTANI SYUJI)
島根大学・教育学部・教授
研究者番号: 50185295
(H20→H21: 連携研究者)

神田 啓史 (KANDA HIROSHI)
国立極地研究所・研究教育系・教授
研究者番号: 70099935
(H20→H21: 連携研究者)

黒沢 則夫 (KUROSAWA NORIO)

創価大学・工学部・教授
研究者番号：30234602
(H20→H21：連携研究者)

幸島 司郎 (KOHSHIMA SHIRO)
京都大学 野生動物研究センター・准教授
研究者番号：60183802
(H20→H21：連携研究者)

高野 淑識 (TAKANO YOSHINORI)
海洋研究開発機構・海洋・極限環境生物
圏領域・研究員
研究者番号：80399815
(H20→H21：連携研究者)

東條 元昭 (TOJO MOTOAKI)
大阪府立大学・生命環境科学研究科・准
教授
研究者番号：90254440
(H20→H21：連携研究者)

伴 修平 (BAN SYUHEI)
滋賀県立大学・環境科学部・教授
研究者番号：50238234
(H20→H21：連携研究者)

福井 学 (FUKUI MANABU)
北海道大学・低温科学研究所・教授
研究者番号：60305414
(H20→H21：連携研究者)

星野 保 (HOSHINO TAMOTSU)
独立行政法人産業技術総合研究所・ゲノ
ムファクトリー研究部門・研究員
研究者番号：60357944
(H20→H21：連携研究者)

宮下 英明 (MIYASHITA HIDEAKI)
京都大学・地球環境学科・准教授
研究者番号：50323746
(H20→H21：連携研究者)

吉村 義隆 (YOSHIMURA YOSHITAKA)
玉川大学・生命科学科／農学部・准教授
研究者番号：90384718
(H20→H21：連携研究者)

(3)連携研究者
()

研究者番号：