

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2006年度～2009年度

課題番号：18310024

研究課題名（和文） 大規模環境変動に対する極域湖沼生態系の応答機構

研究課題名（英文） Response system of Polar Lake Ecosystem against the global environmental change

研究代表者

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

研究成果の概要（和文）：

湖沼の基礎的な物理・化学的データは、南極湖沼環境の変動を把握する基礎データとして極めて重要であり、長期環境モニタリングとしての監視体制が確立した。生物多様性解析では、多くのグループで生物相が明らかとなり、今後の多様な研究分野における基礎データがほぼ揃ったと言える。将来予測に向けた湖底堆積物からの古環境復元研究においては、新たな湖沼における解析が進み、南極湖沼群からの精度の高いデータ提供が可能となった。

研究成果の概要（英文）：

Monitoring system of limnological data on physical and chemical characteristics of lake water was established to understand the long-term change of Antarctic lake environment. Biodiversity on many groups of bacteria, cyanobacteria, algae, mosses were almost totally clarified. Sediment analysis on several lakes will provide valuable data set to reconstruct the paleo-environment in Antarctica.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2006年度 | 4,900,000 | 1,470,000 | 6,370,000 |
| 2007年度 | 3,600,000 | 1,080,000 | 4,680,000 |
| 2008年度 | 2,800,000 | 840,000 | 3,640,000 |
| 2009年度 | 2,500,000 | 750,000 | 3,250,000 |
| 総計 | 13,800,000 | 4,140,000 | 17,940,000 |

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価、環境政策

キーワード：極域 湖沼 生態学 環境 堆積物

1. 研究開始当初の背景

国際的には1968年以来、極地湖沼の地球

化学的研究が続けられ、本研究の分担者がこのプロジェクト研究に参加してきた。また、東南極の昭和基地周辺では第1次隊がすでに湖水の化学的組成について研究を進めて以来、湖沼水の物理、化学、及び生物学的調査が行われ、膨大なデータの蓄積がある。特に南極湖沼生態系については、国立極地研究所の陸上生物グループを中心として策定された REGAL (Research on Ecology and Geohistory of Antarctic Lakes) 計画によって、多方面にわたる膨大なデータが蓄積されてきた。

一方、北半球では北方域のバイカル湖の総合調査が行われ、本研究の分担者がこの調査に参加している。当該研究は極地湖沼の生物相、種間関係、栄養段階、生物と環境、堆積物による古生態学的関連において、バイカル湖の調査と極めて類似した研究目的、研究方法をとっている。

本研究計画はこのような基礎研究の積み重ねの上に、極域湖沼生態系のもつ環境影響評価対象としての価値を前面に押し出し、より直接的な社会貢献への道を探るものである。

2. 研究の目的

本研究は1994年からの12年間にわたって南極の湖沼調査で得られた湖沼生物の試料、湖底堆積物のコアサンプル、観測データの解析、および両極での現地調査によって、湖沼生態系の変動を探り、大規模環境変動の影響評価について研究するものである。

南極の約60湖沼から採取された微小プランクトン、底質、湖底堆積物中に生息する微生物相を、分子分類・系統学的手法により明らかにする。

湖底堆積物の解析によって、湖沼生物相がどのような地史的変遷をたどってきたのか、また、今日の湖沼生物相は過去の環境変動にどのように応答してきたのかを明らかにすることで、今後の変動予測を試みる。

これまでの観測で得られた湖水の水塊構造、および水サンプルによる栄養塩、溶存酸素量、電気伝導度、pHなどの物理・

化学的性質を分析し、これに生物相データを加えることで物質循環過程を明らかにする。

今後の変動を監視するモニタリング手法・体制を確立する。

3. 研究の方法

基本的にこれまでの研究で両極域の湖沼から得られてきた資試料を用い、分析・解析を行う。一部不足する部分は、日本南極観測隊に参加する隊員に調査を依頼する。また、国内高山湖沼でも比較観測を実施する。

おもにDNA情報を用いた網羅的な種構成のリストアップを行う。一部微生物については、機能遺伝子を用いた詳細な系統解析を実施し、各微生物が湖沼生態系の中で果たしている役割を明確にする。湖沼生態系を構成する全種リストを完成させる。

また、現場実験により各構成種が極域湖沼生態系の中で占める栄養的地位を明らかにし、系内のすべてのエネルギー循環経路を把握する。

コアサンプラーで採取されたラミナ層が明瞭に見られる湖沼堆積物を表層泥、砂礫、白色粘土、泥質砂、砂質泥、碎屑物、結晶塩を厳密に区分して分析し、長期的な環境評価の資料とする。特に、古い時期の試料に関しては脂肪酸分析による構成種変化の追跡を進める。

これまでに得られた湖沼環境のデータ、および今後取得するデータをもとに、極域湖沼の水塊構造、循環機構を解明し、この期間中の湖沼環境の変化を把握する。

4. 研究成果

南極湖沼生態系の重要性は、研究代表者らのこれまでの活動によって、国際的な極地生物学の場でも注目を集めつつある。湖底堆積物からの古環境復元に代表される「過去」、生物多様性などの「現在」、そして環境変動への応答機構による「未来」と、湖沼研究は南極陸上生物研究にこれまで存在し得なかった時間軸を持ち込んだ点で、画期的であった。世界に先駆けるフレームワークを形成で

きたといえる。

古環境復元では、研究分担者の井上らの研究により、昭和基地周辺の様々な湖沼堆積物から、湖沼のみならず周辺の陸上環境を含めて、極めて正確な時間軸を持った変動史を構築してきた。海岸近くの湖沼からは、アイソスタティック・リバウンドによる隆起により湖底が陸上化した年代が読み取られ、氷床に接する湖沼からは、氷床変動史が読み取られた。これまでの環境変動と、湖底堆積物中の生物遺骸の対応を検討することにより、これまでの環境・生物相対応史が復元され、これを元に地球環境変動のもとでの将来予測につながる事が出来る。本研究課題では、将来予測までは十分に踏み込んだとは言い難いが、今後に大きな期待を抱かせる成果を蓄積できたと考える。

生物多様性においては、研究分担者の伴、長沼らによる湖沼バクテリアの解析が進行し、多くの成果を上げた。この動きは国際的にもグループを広げ、国際極年（IPY）における日本発のプロジェクトとしてのMERGEの母体は、本研究課題であった。様々な特殊環境を包有する南極湖沼からは、多くの特異なバクテリアが発見され、現在も解析が進んでいる。湖沼の多様性に応答した珪藻フロラや、この地域としては初めての大型動物プランクトンの発見など、湖沼生物相の研究は順調に進展したと言える。

湖底藻類の光合成活性、光利用特性などの生理生態学的研究が進展し、湖底に照射される過度の紫外線をブロックする色素の存在が注目を集めることとなった。また、湖底のバクテリアが生産するメタンの湖面からの放出量の観測が行われ、湖沼生態系における物質循環研究の糸口が開かれた。

湖沼環境のモニタリングシステムが完成し、南極湖沼底の通年環境の計測が可能となった。データは即時に国立極地研究所から出版され、各種研究に提供できる体制が整った。今後の環境変動に対して、湖沼がどのような反応を示すのかを、リアルタイムに監視することが可能となった意義は大きい。

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14件)

- ① Tanabe, Y., Ohtani, S., Kasamatsu, N., Fukuchi, M. & Kudoh, S., Photophysiological responses of phytobenthic communities to the strong light and UV in Antarctic shallow lakes, *Polar Biology*, 査読有, Vol. 33, 2010, 85-100
- ② Yukimura, K., Nakai, R., Kohshima, S., Uetake, J., Kanda, H. & Naganuma, T., Spore-forming halophilic bacteria isolated from Arctic terrains: Implications for long-range transportation of microorganisms, *Polar Science*, 査読有, Vol. 3, 2009, 163-169
- ③ Naganuma, T. & Wilmotte, A., Microbiological and Ecological Responses to Global Environmental Changes in Polar Regions (MERGE): an IPY Core Coordinating Project, *Polar Science*, 査読有, Vol. 3, 2009, 139-146
- ④ Kimura, S., Ban, S., Imura, S., Kudoh, S. & Matsuzaki, M., Limnological characteristics of vertical structure in the lakes of Syowa oasis, East Antarctica, *Polar Science*, 査読有, Vol. 3, 2010, 262-271
- ⑤ Kudoh, S., Tanabe, Y., Matsuzaki, M. & Imura, S., In situ photochemical activity of the phytobenthic communities in two Antarctic lakes, *Polar Biology*, 査読有, Vol. 32, 2009, 1617-1627
- ⑥ Sasaki, M., Imura, S., Kudoh, S., Yamanouchi, T., Morimoto, S. & Hashida, G., Methane efflux from bubbles suspended in ice-covered lakes in Syowa Oasis, East Antarctica, *Journal of Geophysical Research*, 査読有, Vol. 114, 2009, 1-9
- ⑦ Kudoh, S., Tanabe, Y., Inoue T., Imura, S. & Kanda, H., Breaching of a perennial snow dam below Lake Hyoga Ike in the Langhovde region of the Soya Coast, East Antarctica: Probable effect of disturbance events on the distribution and colonization of flora within/around the lake, *Antarctic Record*, 査読有, Vol. 53,

2009、114-122

- ⑧ Kudoh, S., Kasamatsu, N., Hoshino, T., Han, D.H., Tanabe, Y. & Kanda, H.、Limnological parameters in Skarvsnes lakes between the 47th and 48th Japanese Antarctic Research Expedition in 2006-2007. -Long-term monitoring study-, JARE Data Report、査読有、Vol. 53(1)、2009、114-122
- ⑨ Kudoh, S., Tanabe, Y. & Takahashi, K.T.、Abundance of benthic copepods in a saline lake in East Antarctica、Polar Biology、査読有、Vol. 31、2008、1539-1542
- ⑩ 伊村 智、南極湖沼生態系とコケ坊主、生物の科学 遺伝、査読無、Vol. 62(1)、2007、71-74
- ⑪ Tanabe, Y., Kudoh, S., Imura, S. & Fukuchi, M.、Phytoplankton blooms under dim and cold conditions in freshwater lakes of East Antarctica、Polar Biology、査読有、Vol. 31、2007、199-208
- ⑫ Ohtsuka, T., Kudoh, S., Imura, S. & Ohtani, S.、Diatoms composing benthic microbial mats in freshwater lakes of Skarvsnes ice-free area, East Antarctica、査読有、Polar Bioscience、Vol. 20、2006、113-130
- ⑬ Matsuzaki, M., Kubota, K., Satoh, T., Kunugi, M., Ban, S. & Imura, S.、Dimethyl sulfoxide-respiring bacteria in Suribati Ike, a hypersaline lake, in Antarctica and the marine environment、査読有 Polar Bioscience、Vol. 20、2006、73-81
- ⑭ Inoue, G., Komori, K. Enomoto, A., Imura, S., Takemura, T., Ohyama, Y. & Kanda, H.、Environmental changes in Syowa Station area of Antarctica during the last 2300 years inferred from organic components in lake sediment cores、Polar Bioscience、査読有、Vol. 19、2006、51-62

[学会発表] (計 12 件)

- ① Imura, S.、The hotspot under the cold desert - Life (?) in the subglacial lakes -, SOKENDAI International Symposium 2009、2009 年 12 月 16 日、総合研究大学院大学、菓

山

- ② Naganuma, T., Yukimura, K. & Nakai, R.、Latitudinal and longitudinal migration of airborne microorganisms、The 10th anniversary edition of Tunisia-Japan Symposium on Science, Society & Technology、2009 年 11 月 13 日、ハマメット、チュニジア共和国
- ③ Nakai, R., Abe, T., Baba, T., Imura, S., Kagoshima, H., Kanda, H., Kohara, Y., Naganuma, T., Niki, H. & Yanagihara, K.、Diversity of green-like RuBisCO large-subunit genes in an Antarctic moss pillar、Xth SCAR International Biology Symposium、2009 年 7 月 31 日、北海道大学
- ④ Ohtani, S., Ohtsuka, T., Inoue, G. & Seto, K.、Change in species composition of diatoms in a sediment core from Lake Skallen O-ike, East Antarctica、Xth SCAR International Biology Symposium、2009 年 7 月 31 日、北海道大学
- ⑤ Imura, S.、15 years' achievements of REGAL (Research on Ecology and Geohistory of Antarctic Lakes) project in Syowa Station area、Xth SCAR International Biology Symposium、2009 年 7 月 30 日、北海道大学
- ⑥ 井上源喜、田澤知子、竹村哲雄、瀬戸浩二、渡邊隆広、中村俊夫、伊村 智、神田啓史、南極スカーレン大池の湖底堆積物コアによる昭和基地周辺の環境変動の推定、第 31 回極域生物シンポジウム、2008 年 12 月 4 日、国立極地研究所
- ⑦ 大谷修司、大塚泰介、井上源喜、瀬戸浩二、南極スカーレン大池の湖底堆積物コア中の珪藻による昭和基地周辺の環境変動の推定、第 31 回極域生物シンポジウム、2008 年 12 月 4 日、国立極地研究所
- ⑧ Ohtani, S., Ohtsuka, T., Inoue, G., Seto, K.、Environmental change in the Syowa Station area of Antarctica inferred from diatoms of Lake Skallen O-ike sediment core、第 31 回極域生物シンポジウム、2008 年 12 月 4 日、国立極地研所
- ⑨ 金子亮・伊村智・瀬戸浩二・神田啓史、

南極すりばち池堆積物における微生物の多様性と群集構造、第 30 回極域生物シンポジウム、2007 年 11 月 15 日、東京都、国立極地研究所

⑩ 中井亮佑・長沼毅・鹿児島浩・仁木宏典・小原雄治・伊村智・神田啓史・柳原克彦・馬場知哉・阿部貴志・成田貴則、リボソームRNA 遺伝子に基づいた南極コケ坊主の微生物相の解析、第 30 回極域生物シンポジウム、2007 年 11 月 15 日、東京都、国立極地研究所

⑪ Hongyan Zhang, Shoko-Hosoi Tanabe, Shinichi Nagata, Syuhei Ban & Satoshi Imura, Cultivation of microbial community in Antarctic lakes and phylogenetic analysis based on 16SrRNA gene sequences、第 30 回極域生物シンポジウム、2007 年 11 月 15 日、東京都、国立極地研究所

⑫ 井上源喜・田澤知子・瀬戸浩二・渡邊隆広・中村俊夫・伊村智・神田啓史・竹村哲雄、南極スカーレン大池の湖底堆積物コアによる巖正における昭和基地周辺の環境変動の推定、第 30 回極域生物シンポジウム、2007 年 11 月 15 日、東京都、国立極地研究所

[その他]

ホームページ等

南極湖沼における生態・地史学的研究計画 (REGAL) ホームページ

<http://polaris.nipr.ac.jp/~penguin/Terrrestrial/regal.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

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

工藤 栄 (KUDOU SAKAE)

国立極地研究所・研究教育系・准教授

研究者番号：40221931

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

長沼 毅 (NAGANUMA TAKESHI)

広島大学・生物圏科学研究科・准教授

研究者番号：70263738

井上 源喜 (INOUE GENKI)

大妻女子大学・社会情報学部・教授

研究者番号：80245357

伴 修平 (BAN SHUHEI)

滋賀県立大学・環境科学部・准教授

研究者番号：50238234

大谷 修司 (OHTANI SHUJI)

島根大学・教育学部・教授

研究者番号：50185295

(3) 連携研究者

なし