

南極湖沼における生態・地史学的研究計画 (REGAL Project)
—これまでの経過と今後の計画—伊村 智¹・工藤 栄¹・坂東忠司²・大谷修司³・
瀬戸浩二⁴・伴 修平⁵・神田啓史¹Progress and future program of REGAL
(Research on Ecology and Geohistory of Antarctic Lakes) ProjectSatoshi Imura¹, Sakae Kudoh¹, Tadashi Bando², Shuji Ohtani³,
Koji Seto⁴, Syuhei Ban⁵ and Hiroshi Kanda¹

(2003年5月15日受付; 2003年5月29日受理)

Abstract: As part of the RiSCC (Regional Sensitivity to Climate Change in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems) program sponsored by the Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR), the REGAL (Research on Ecology and Geohistory on Antarctic Lakes) project has been conducted around the Syowa Station area. The first period of the program (REGAL-I) was promoted from 1994/1995 to 2000/2001, aiming to understand the structure and history of the Antarctic lake ecosystem. The progress of REGAL-I is summarized preparatory to drawing up the plan of REGAL-II from 2003/2004 to 2004/2005.

要旨: 第36次から42次観測隊にかけて、南極湖沼における生態・地史学的研究計画 (Research on Ecology and Geohistory of Antarctic Lakes: REGAL Project) の第一期計画 (REGAL-I) が実施された。本研究計画は、南極科学委員会 (SCAR) のもとで進められている RiSCC に対応したものであり、南極湖沼生態系の構造と変遷史の解明を目的としている。昭和基地周辺の数多くの多様な湖沼を観測対象とし、湖水の物理・化学的性質や生物相の多様性、堆積物からの古環境の復元などを行った。

1. はじめに

1956年秋に出発した第1次日本南極地域観測隊 (第1次隊) に始まる日本の南極観測は、

¹ 国立極地研究所. National Institute of Polar Research, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515

² 京都教育大学. Department of Biology, Kyoto University of Education, Fukakusa, Fushimi-ku, Kyoto 612-8522

³ 島根大学教育学部. Department of Education, Shimane University, Nishi-kawatsu, Matsue 690-8504

⁴ 島根大学汽水域研究センター. Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, Nishi-kawatsu, Matsue 690-8504

⁵ 滋賀県立大学. University of Shiga Prefecture, Hassaka-cho, Hikone 522-8533

まもなく 50 周年を迎えようとしている。この間、国立極地研究所の陸上生物研究グループでは、南極露岩域の陸上生態系を構成するコケ植物、地衣類、藻類、微小動物などを対象とした、分類、地理的分布、生理生態などの分野において、まとまった成果を上げてきた (国立極地研究所, 1982)。一方で露岩域に多数存在する湖沼に関しては、菅原・鳥居 (1959) に始まる数多くの地球化学的研究によって、水質や水温構造などが明らかになるとともに、いくつかの湖沼での長期的なモニタリングによって、水質の変動観測が行われてきた (Murayama *et al.*, 1981)。生物学的にも、多様な藻類の分類・生態分布 (福島, 1959; Fukushima, 1961; 秋山, 1974) や、数種の水生コケ植物の分類学的位置 (Nakanishi, 1977; Kanda and Iwatsuki, 1989; Imura *et al.*, 1992) などが検討され、生物相の概要が明らかになってきた。このように、それぞれの分野から見た各湖沼のデータは集まってきたが、湖底の植生構造や生物量、湖沼の歴史など、湖沼生態系の全体像を捉えようとする研究はなかった。

南極湖沼研究の流れは、第 36 次隊 (1994/1996) によるコケ坊主の発見を境に大きく変わった。湖沼底の植物群落の姿が初めて観察され、水生のコケ植物や、シアノバクテリア・緑藻・珪藻などがきわめて大きな生物量をもって繁茂し、豊かな生態系を形成していることが明らかになったのである (Imura *et al.*, 1999)。これ以降、南極湖沼生態系には一躍関心が集まり、第 42 次隊 (2000/2002) までの間、ほぼすべての隊に湖沼研究者が参加することとなった。しかし、南極地域観測計画—第 V 期 5 年計画 (第 38 次~42 次隊) の立案当時は、湖沼生態系の観測は未だ手探りの状態であったため、陸上生物研究グループのプロジェクト研究観測として立案された、「露岩域生物相の起源と定着に関する研究」の中心課題とはならなかった。

様々な研究機関から集まった湖沼研究者はやがて、「南極湖沼における生態・地史学的研究計画 (Research on Ecology and Geohistory of Antarctic Lakes: 以下 REGAL Project と略記)」と名付けられた実質的なプロジェクトを組織し、南極湖沼を対象とした総合研究グループへと発展した。そして、第 43 次隊からの第 VI 期 5 年計画では、陸上生物研究グループのプロジェクト研究観測課題として「南極湖沼生態系の構造と地史的遷移に関する研究」が策定されるに至った。第 VI 期期間中は、第 45 次、46 次隊において、集中的な観測が計画されている。

南極科学研究委員会 (SCAR) の生物学ワーキンググループでは、RiSCC (Regional Sensitivity to Climate Change in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems) というプログラムの元に、地球規模の環境変動に対する南極生態系の反応を明らかにしようとする国際共同観測に取り組んでいる。このプログラムにおいても湖沼生態系 (Limnetic ecosystem) は中心課題の一つと位置づけられており、統一された手法の元に国際的な同時観測を行う計画が進みつつある。REGAL Project は RiSCC に先駆けてスタートを切っており、湖沼観測のモデルケースとしてきわめて重要な位置を占めている。

本論では、第36次から42次隊までを第一期 REGAL Project (REGAL-I)、第45次、46次隊での集中観測を第二期 REGAL Project (REGAL-II) とし、REGAL-I での観測内容や得られた成果の概要の取りまとめを行い、REGAL-II への里程標とすることを目的とする。

2. REGAL Project の研究計画

南極大陸沿岸の露岩域には、氷河の融解水が溜まったものから海を起源とするものまで、多様なタイプの湖沼が分布している。湖沼中は比較的安定した温和な環境にあり、湖沼生態系は陸上のそれとは全く異なる特徴を持っていると考えられる。「南極湖沼における生態・地史学的研究計画 (Research on Ecology and Geohistory of Antarctic Lakes: REGAL Project)」では、南極の湖沼生態系の構成と物質生産・物質循環を明らかにするとともに、この地域が氷床から開放されてからの湖沼および陸上生態系の変遷過程を解明することを目的とし、以下の研究を行う。

1) 湖沼生態系の構成

湖底生物群集のサンプリングを行い、湖沼生態系を構成する生産者、消費者、分解者の種組成を明らかにする。また、航空機や気球を用いた空中写真撮影による面的な情報と、湖面からの音響探査による生物マットの厚さなどの情報から、湖沼底質のバイオマスを推定する。

2) 物質生産と物質循環

現場実験と試料解析により、極めて貧栄養状態にある南極湖沼中で大きな生物量を保つ湖沼生態系が、どのような物質生産によって支えられているのかを解明する。また炭素のほか、窒素やリンなどの物質循環の状況を明らかにする。

3) 湖沼の環境変遷と陸上植生の記録

コアサンプラーを用いて採取した湖沼堆積物の柱状試料を解析することによって、湖沼の成立年代、その後の湖沼環境の変遷と生物相の遷移過程を明らかにする。また、湖底堆積物中に含まれる、陸上植生に由来する植物体や孢子などを解析することにより、これまで解明されていなかった南極陸上生態系の変遷の復元を試みる。

4) 湖沼生態系の起源

現在の湖沼中の生物、および堆積物中の生物遺体について、形態および分子系統学的解析を行うことで、湖沼生態系を構成する生物種群が、どこに由来し、いつ頃定着したかを明らかにする。

3. REGAL-I の経過

3.1. 観測地域

エンダービーランドのアムンゼン湾地域 (リーセルラルセン山)、プリンスオラフ海岸の新

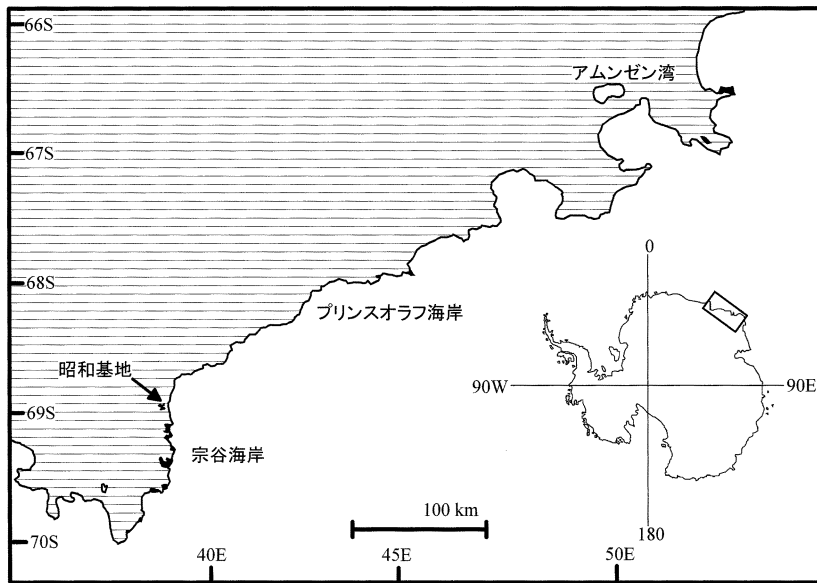


図 1 REGAL 計画による調査地域
 Fig. 1. Research area of the REGAL Project.

南岩と日の出岬、および宗谷海岸沿岸の複数の露岩域を観測地域とし (図 1)、露岩上に点在する大小様々な湖沼を調査した。調査対象湖沼は総計 105 湖沼に及ぶ (表 1)。各湖沼の詳細な記載や地図については、REGAL Project のホームページ (<http://www.isc.nipr.ac.jp/~penguin/Terrestrial/regal/DataBase/index.htm>) を参照されたい。

3.2. 観測参加者

現場観測は、各隊ごとに越冬隊員もしくは夏隊員一名を基本とし、このほかに医療担当隊員、海洋定常観測隊員などの協力を得て観測を行った。各隊次における参加者は表 2 の通りである。

3.3. 観測実施項目

前述のように、第 42 次隊までの観測は計画的に組織されたものではなかったため、隊次ごとの観測は、隊員個々の専門性に依拠してそれぞれ独自に提案されたものであった。しかし、ほとんど未知の生態系を対象とした観測であったため、生態系の概要を捉えるという方向性は共通しており、湖沼生態系の構成と多様性の解明、湖沼環境の計測、堆積物からの古環境の復元などを中心に観測が行われた (国立極地研究所, 1996, 1997, 1998, 2000, 2001, 2002)。

表 3 に、各隊次における観測の概要を示した。第 36 次隊では、水生のコケ植物を中心に湖

表 1 調査湖沼一覧

Table 1. List of lakes surveyed in the REGAL-I project.

地域名	湖沼名	JARE-36	JARE-37	JARE-38	JARE-40	JARE-41	JARE-42
アムンゼン湾	リチャードソン湖		○				
	鶴池		○				
新南岩	双子池		○				
	新南北池		○				
日の出岬	No.1池		○				
	No.3池		○				
	No.6池		○				
西オングル島	大池	○	○	○	○		○
	裏池			○	○		
	東裏池				○		
	東念珠藻池				○		
	念珠藻池				○		
	N6池				○		
	N7池				○		
	西池				○		
	N9池				○		
	N10池				○		
	N11池				○		
	N12池				○		
	中池				○		
	弓池				○		
ラングホブデ	いちじく池						○
	ざくろ池			○	○		
	あけび池			○	○		○
	ぬるめ池			○	○		
	L23池				○		
	親指池			○			
	L1池				○		
	L2池				○		
	L3池				○		
	L4池				○		
	雪鳥池	○	○	○	○		○
	東雪鳥池			○	○		
	南雪鳥池				○		
	L5池				○		
	L6池				○		
	L7池				○		
	L8池				○		
	L9池				○		
	L10池				○		
	L11池				○		
L16池				○			
L17池				○			
氷河池				○		○	
天の釜池		○	○	○		○	
上釜池		○		○		○	
悟空池		○				○	
東ハムナ池			○				
ハムネナッベン	西ハムナ池			○	○		
ブライボークニーバ	広江池			○			
	無頼池	○					
ピボークオーサネ	D1池	○					

表 1 続き
Table 1. Continued.

地域名	湖沼名	JARE-36	JARE-37	JARE-38	JARE-40	JARE-41	JARE-42
スカルプスネス	76池					○	
	D2池	○					
	D3池	○					
	D4池	○					
	D5池	○					
	D6池	○					
	D7池	○					
	浜池	○		○			
	C1池	○					
	舟底池	○		○			
	B1池	○	○		○		○
	B2池		○		○		○
	B3池	○	○		○		○
	B4池	○	○	○	○	○	○
	くわい池				○		○
	親子池		○	○	○		
	ひょうたん池	○		○	○		
	長池	○			○		
	A2池				○		
	A3池	○			○	○	
	A4池	○			○		
	A5池	○			○		
	A6池	○			○		
	A7池	○			○		
	A8池	○			○		
	A9池				○		
	A10池	○			○		
	すりばち池			○	○		○
	小鉢池			○	○		
	孫鉢池			○			○
	みすみ池						○
	なまず池		○	○		○	○
なまぎ池		○				○	
たなご池						○	
うなぎ池			○			○	
めだか池						○	
上天平池						○	
中天平池						○	
下天平池						○	
スカーレン	甲池		○	○			○
	台形池			○			○
	乙池			○			
	丙池			○			
	X池		○	○			○
	六番池			○			○
	スカーレン大池		○	○			○
コケ沼		○				○	
ルンドボックスヘッタ	丸湾大池			○			○
	丸湾南池			○			○
	丸湾北池			○			○
ストラニッパ	St-1						○
	St-2						○
	St-3						○
調査湖沼総数	105	25	23	32	57	4	36

表 2 隊次別観測参加者（協力者を除く）
Table 2. List of participants in the REGAL project.

隊次	年	参加者
第 36 次隊	1994/1996	伊村 智 (国立極地研究所, 越冬)
第 37 次隊	1995/1997	坂東忠司 (京都教育大, 越冬)
第 38 次隊	1996/1998	瀬戸浩二 (島根大・汽水域研究センター, 越冬)
第 39 次隊	1997/1999	—
第 40 次隊	1998/2000	工藤 栄 (国立極地研究所, 越冬)
第 41 次隊	1999/2001	大谷修司 (島根大, 夏)
第 42 次隊	2000/2002	伊村 智 (国立極地研究所, 夏), 伴 修平 (岐阜県立大, 夏)

表 3 隊次別の主な観測内容
Table 3. Titles of research projects in each expedition.

隊次	年	主な観測内容
第 36 次	1994/1995	湖底植生サンプリング, データロガーによる湖底環境の通年計測 (水温・照度・水深)
第 37 次	1995/1996	湖底植生サンプリング, 水質調査 (水温, 溶存酸素, 電気伝導度, pH, 透明度, クロロフィル濃度, 栄養塩濃度), 湖底堆積物のコア採取
第 38 次	1996/1997	測深調査, 水質調査 (水温, 溶存酸素, 塩分濃度, pH, 酸化還元電位), 水中懸濁物サンプリング, 湖底堆積物のコア採取, 水中環境の通年計測 (水温・照度・水深), 湖底植生の航空観測, 光合成細菌分離用湖底堆積物採取
第 40 次	1998/1999	スクーバダイビング, 湖底植生サンプリング, 水中環境の通年計測 (水温・照度), 水生藻類の光合成活性・温度ストレス測定
第 41 次	1999/2000	スクーバダイビング, 湖底植生サンプリング, 湖底植生の航空観測
第 42 次	2000/2001	水質調査 (水温, 溶存酸素, 電気伝導度, pH, 栄養塩濃度), 湖底植生サンプリング, セジメントトラップ実験, 水中バクテリア活性観測実験

底植生のサンプリングを行うと共に、湖底における通年環境を計測した。第 37 次隊では、湖沼の水質と藻類相の対応関係を中心課題とし、珪藻分析用の堆積物コアの採取も行った。第 38 次隊では、堆積物コアの解析による古環境の復元を中心課題とし、また詳細な水質調査を行った。第 40 次隊では、スクーバダイビングによる湖底植生のサンプリングを行い、培養環境下での水生藻類の生理活性測定を行った。第 41 次隊では再度のスクーバダイビングによって、原型のままのコケ坊主を持ち帰ることに成功した。第 42 次隊では、広範囲の湖沼における湖底植生の面的な調査を中心として、セジメントトラップによる堆積状況の調査や水中のバクテリア活性に焦点を当てた観測を行った。

3.4. 湖水状況

この地域の湖沼の冬季の結氷状況は、湖水の塩分濃度によって大きく異なる。一般に、淡水湖沼では最大約 1.7 m の厚さの氷が張るが、塩分濃度の高い湖沼では湖水の発達が悪く、

厚さが1mを切るようになる。ほぼ飽和状態に近い、極めて塩分濃度の高い湖沼では、南極にあっても一年中結氷することはない。

夏季の湖氷状況は、塩分濃度の違いによる冬季の水厚を反映して、淡水湖沼で融解が遅れる傾向にある。また、同じ淡水湖沼であっても年ごとの気象状況の影響を受けて、湖氷が完全に融ける年もあれば、翌年には全く融けずに開水面が現れることなく秋を迎えるなど、変動が大きい。特に積雪量が湖氷の融解に及ぼす影響は大きく、多量の積雪による湖氷融解の遅れは顕著である。湖氷の融解状況が湖沼調査の成否におよぼす影響は非常に大きい。氷が残っていれば、時に厚さ1.7mにもおよぶ氷に穴を開けなければならない一方、安定した氷を足場に調査が出来る。氷が融けていけば、不安定なゴムボートからの作業を強いられるが、湖沼の全域からのデータが得られることになる。湖面全体に薄い氷が残っていると、調査自体が不可能になってしまう。表4に、代表的な淡水湖沼であるスカルプスネスのB-4池における、調査期間中の年毎の湖氷状況の変遷を示した。

表4 調査期間中におけるB4池の夏季の湖氷状況の変遷
Table 4. Ice status of B4 Ike (pond) in summer during the research period.

隊次	年	湖氷状況
第36次隊	1994/1995	ほとんど完全に融解 ゴムボート使用
第37次隊	1995/1996	一部のみ融解 穿孔のみ
第38次隊	1996/1997	ほとんど完全に融解 ゴムボート使用
第40次隊	1998/1999	ほとんど融解せず 穿孔
第41次隊	1999/2000	一部のみ融解 ゴムボート使用
第42次隊	2000/2001	一部のみ融解 穿孔, ゴムボート使用

3.5. 成果概要

6年間の調査により、表2に示した調査湖沼のほとんどから、表面水、もしくは深度別の各層における各種水質データ、湖底植生（藻類、ラン藻、コケ植物）の冷凍サンプル、湖底堆積物のコア等が得られている。それらの一時処理や解析はほぼ終了し、国内外の学会やシンポジウムにおいて発表され、論文としても国内外で発表を行っている。残されたデータについても、今後早急に解析を終える予定である。

Imura *et al.* (1999) が、南極湖沼底に発達する水生のコケ植物群落であるコケ坊主を初めて報告した後、年代測定によるコケ坊主の成長速度や成立時期の推定が行われ（伊村ら, 2000）、水中植生の全体像やコケ植物の分類学的な情報がまとめられた（伊村・神田, 2002）。2003年に出版された *Polar Bioscience* 誌では、湖沼底コケ植物群落に関する4編の論文が一挙に掲載され、水生コケ植物の分布（Imura *et al.*, 2003）、コケ坊主の構造（Kudoh *et al.*, 2003a）、コケ坊主を取り巻く水中環境（Kudoh *et al.*, 2003b）、光合成活性の特徴（Kudoh *et al.*, 2003c）

などが報告された。湖底堆積物については、坂東ら（1999）と岩佐ら（2000）による珪藻分析に基づく古環境の復元の試みが、また瀬戸ら（2001）によって多様な湖沼の類型化と網羅的なコア解析の結果が報告されている。

4. REGAL-II へ向けて

第VI期5か年計画（第43次～47次隊）においては、REGAL-IIとして第45次隊（2003/2005）および第46次隊（2004/2006）において集中的な南極湖沼観測を予定している。第45次隊では1名の夏隊員と2名の越冬隊員によって夏期観測を行い、2名の越冬隊員は秋から春の厳寒期の湖沼観測を行いつつ、翌年夏に2名の第46次夏隊員を迎えて二度目の夏期観測を行う。のべ5名の観測隊員により、越冬観測を挟んで夏季観測を2回連続することで、効率的な観測を計画している。

REGAL-IIでは、バクテリア群集解析、湖沼バイオマス、物質生産・循環、古環境復元について重点的な観測を行う。これまでの観測で、水生のコケ植物や藻類の多様性の解析は進んだが、バクテリア群集の多様性についての情報は断片的にしか得られなかった。ほとんど低次生産者のみで構成される南極湖沼の、さらに最底辺を支えるバクテリア群集の分類学的・代謝活性的多様性の解明は、南極湖沼生態系の全体像を把握するためには欠かせないポイントである。また、湖沼底の水生コケ植物や藻類による光合成・呼吸活性の現場観測と、空中写真と音響底質探査装置による湖底植生の面的・量的把握により、バイオマスと湖沼全体の生産量の推定が計画されている。一方、REGAL-Iにおいて多様な湖沼において実施されてきた湖底堆積物解析をさらに進める。対象湖沼を絞り、より分解能が高く多項目にわたる解析を行うことによって、最終氷期以降に南極湖沼が歩んできた古環境の変遷史の復元を目指す。

これらの観測と、REGAL-Iの成果を取りまとめることによって、南極湖沼という特異な生態系の過去、現在、そして未来の姿を明らかにして行きたい。湖沼はまた、集水域である周辺陸上環境からの鉱物粒子や植生の断片を集積する場でもある。湖沼を明らかにすることによって、南極の陸上環境全体の特性とその歴史をも浮き彫りにすることが出来るであろう。

謝 辞

第36次隊から第42次隊にわたる湖沼観測では、各隊隊員、南極観測船「しらせ」乗員から、有形無形の支援をいただいた。ここに記して感謝する。

文 献

- 秋山 優 (1974): 南極リュツォ・ホルム湾沿岸露岩帯の藻類植生. 島根大教育紀要, **8**, 37-50.
- 坂東忠司・岩佐朋美・中村俊夫・伊村 智・神田啓史 (1999): 昭和基地周辺湖沼の藻類堆積物から環境変化を探る試み. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **X**, 43-47.
- 福島 博 (1959): オングル島の淡水藻類 (予報). 横浜大学論叢, 自然科学, **10**(2), 1-12.
- Fukushima, H. (1961): Algal vegetation in the Ongul Islands, Antarctica. *Nankyoku Shiryo* (Antarct. Rec.), **11**, 149-151.
- 伊村 智・神田啓史 (2002): 南極湖沼底の水生蘚類群落. 蘚苔類研究, **8**, 69-73.
- Imura, S., Higuchi, M., Kanda, H. and Iwatsuki, Z. (1992): Culture of rhizoidal tubers on an aquatic moss in the lakes near the Syowa Station area, Antarctica. *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.*, **5**, 123-126.
- Imura, S., Bando, T., Saito, S., Seto, K. and Kanda, H. (1999): Benthic moss pillars in Antarctic lakes. *Polar Biol.*, **22**, 137-140.
- 伊村 智・高橋 浩・中村俊夫 (2000): 南極湖沼底の“コケ坊主”—¹⁴C年代測定による成長解析と定着年代の推定—. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **XI**, 176-183.
- Imura, S., Bando, T., Saito, S., Seto, K., Ohtani, S., Kudoh, S. and Kanda, H. (2003): Distribution of aquatic mosses in the Sôya Coast region, East Antarctica. *Polar Biosci.*, **16**, 1-10.
- 岩佐朋美・坂東忠司・中村俊夫・伊村 智 (2000): 湖底藻類堆積物の AMS ¹⁴C年代からみた昭和基地周辺の環境変遷. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **XI**, 74-80.
- Kanda, H. and Iwatsuki, Z. (1989): Two aquatic mosses in the lakes near Syowa Station, Continental Antarctica. *Hikobia*, **10**, 293-297.
- 国立極地研究所(1982): 南極の科学 7. 生物. 東京, 古今書院, 328 p.
- 国立極地研究所(1996): 日本南極地域観測隊第 36 次隊報告. 東京, 403 p.
- 国立極地研究所(1997): 日本南極地域観測隊第 37 次隊報告. 東京, 468 p.
- 国立極地研究所(1998): 日本南極地域観測隊第 38 次隊報告. 東京, 589 p.
- 国立極地研究所(2000): 日本南極地域観測隊第 40 次隊報告. 東京, 423 p.
- 国立極地研究所(2001): 日本南極地域観測隊第 41 次隊報告. 東京, 399 p.
- 国立極地研究所(2002): 日本南極地域観測隊第 42 次隊報告. 東京, 414 p.
- Kudoh, S., Tsuchiya, Y., Ayukawa, E., Imura, S. and Kanda, H. (2003a): Ecological studies on aquatic moss pillars in Antarctic lakes. 1. Macro structure and carbon, nitrogen and chlorophyll a contents. *Polar Biosci.*, **16**, 11-22.
- Kudoh, S., Watanabe, K. and Imura, S. (2003b): Ecological studies on aquatic moss pillars in Antarctic lakes. 2. Temperature and light environment at the moss habitat. *Polar Biosci.*, **16**, 23-32.
- Kudoh, S., Kashino, Y. and Imura, S. (2003c): Ecological studies on aquatic moss pillars in Antarctic lakes. 3. Light response and chilling and heat sensitivity of photosynthesis. *Polar Biosci.*, **16**, 33-42.
- Murayama, H., Watanuki, K., Nakaya, S., Kubota, H. and Torii, T. (1981): Monitoring of pond water near Syowa Station. *Nankyoku Shiryo* (Antarct. Rec.), **73**, 113-123.
- Nakanishi, S. (1977): Ecological studies of the moss and lichen communities in the ice-free areas near Syowa Station, Antarctica. *Nankyoku Shiryo* (Antarct. Rec.), **59**, 68-96.
- 瀬戸浩二・伊村 智・坂東忠司・神田啓史 (2001): 南極湖沼に記録された完新世の古環境. 月刊地球, **24**, 31-36.
- 菅原 健・鳥居鉄也(1959): 東オングル島池水の化学組成について. 南極資料, **7**, 53-55.