

—報告—
Report

第 49 次南極地域観測隊夏隊における湖沼観測

工藤 栄^{1,2*}・田邊優貴子²・飯田高大¹・辻本 恵²・小川麻里³・伊村 智^{1,2}

Report on limnological, biological and ecological observations of lakes on the Sôya Coast, East Antarctica

Sakae Kudoh^{1,2*}, Yukiko Tanabe², Takahiro Iida¹, Megumu Tsujimoto²,
Mari Ogawa³ and Satoshi Imura^{1,2}

(2008 年 6 月 27 日受付 ; 2008 年 8 月 12 日受理)

Abstract: Observations on the limnological properties, samplings of waters and bottom assemblages for biological and ecological studies, and some field experimental studies at several lakes in Sôya Coast ice-free areas, were carried out during the austral summer season in the 49th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE), 2007–2008. These studies were planned as one of the research projects named, “Studies on the changes of polar environments and ecosystems (P-3)” and the monitoring studies named “Monitoring for ecosystems (M-4)” during the 7th term of the Japanese Antarctic Research Expedition Plans. Field studies were done from 22 December 2007 to 13 February 2008, while our Ice Breaker *Shirase* stayed at/near off Syowa Station. To clarify the relationships among seasonal changes of environmental factors and biological responses, frequent field observations were performed at Naga Ike, one of the freshwater lakes in the Skarvsnes ice-free area. General limnological and biological samplings at the other lakes in the area (14 lakes near the Kizahasi Beach field base camp) were also done during the term. Observations and samplings distant from the base camp, four lakes in eastern Skarvsnes, a lake in Skallen, and three lakes in Langhovde, were also done using a helicopter for transportation. From Namazu Ike (temporary name) in eastern Skarvsnes, submersible video cameras were retrieved and so-called ‘algal crest’, benthic moss-algal assemblages, were sampled by scuba diving. Benthic copepods were sampled quantitatively from Nurume Ike in Langhovde. From Hyoga Ike (temporary name), a snow-dammed glacial lake which lost its water by recent breakage (during the JARE-46 wintering period), thin bio-film samples were collected from the present lake shore formerly part of the lake bed.

要旨: 第 49 次日本南極地域観測隊 (第 49 次) 夏隊において、湖沼観測として湖沼環境観測、生物・生態学的研究試料としての湖水と湖底の生物群集採取、及

¹ 情報・システム研究機構国立極地研究所, National Institute of Polar Research, Research Organization of Information Systems, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515.

² 総合研究大学院大学複合科学研究科極域科学専攻, Department of Polar Science, School of Multidisciplinary Sciences, The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515.

³ 安田女子大学, Yasuda Women's University, 13-1, Yasuhigashi 6-chome, Asaminami-ku, Hiroshima-shi 731-0153.

* Corresponding author. E-mail: skudoh@nipr.ac.jp

び現場実験を宗谷海岸露岩域にある複数の湖沼で実施した。この湖沼観測報告は南極観測事業第 VII 期計画の一般プロジェクト研究 (P3) 「極域環境変動と生態系変動に関する研究」及びモニタリング研究観測 (M4) 「生態系変動のモニタリング」の両課題にかかわる観測を記録したものである。野外観測は 2007 年 12 月 22 日から 2008 年 2 月 13 日の期間、砕氷船「しらせ」が昭和基地沖近傍に滞在中に実施した。今回は夏季の湖沼環境変動と湖底の生物 (藻類群集) の応答を集中的に観測すべく、スカルプスネスの長池にて観測とサンプリング・現場実験を繰り返し実施する一方、きざはし浜生物観測小屋から徒歩日帰り圏内にある周辺の 14 湖沼、及びヘリコプターを利用した日帰り観測にてスカルプスネス東部の 4 湖沼、及び他の露岩、スカーレンにあるスカーレン大池、ラングホブデ域の雪鳥池・東雪鳥池、ぬるめ池にて湖沼水質環境観測と試料採集を適宜実施した。このうち、スカルプスネス東部のなまず池 (仮称) では潜水による水中設置ビデオ装置の回収と、湖底のコケ類・藻類が作り上げている「とさか・筍状」の群落の採集、ラングホブデぬるめ池では湖底から小型カイアシ類の定量サンプリングを実施、これらを研究試料として日本に持ち帰ることができた。また、第 47 次隊により雪の堤防の決壊の発見 (第 46 次越冬期間中に決壊したとみられる) が報告されたラングホブデ南部の平頭氷河末端にあった「氷河池」(仮称) の現状視察も実施、決壊前後での 3 m 以上と思われる大幅な水位変動痕からフィルム状の生物試料を採集し持ち帰った。

1. はじめに

昭和基地が位置する宗谷海岸のいくつかの露岩域には、大小さまざまな湖沼が 100 以上存在している。これらの湖沼に関する研究は地球化学的・陸水学的観点から開始され (菅原・鳥居, 1959; Murayama *et al.*, 1981), ついで生物学的観点から、生物分布や分類学的研究 (Fukushima, 1961; 秋山, 1974; Nakanishi, 1977; Kanda and Iwatsuki, 1989; Imura *et al.*, 1992), 生物生産に関する研究 (Tomimaga, 1977; Ohyama *et al.*, 1990, 1992) が日本南極地域観測隊にて湖沼研究に関心を持つ隊員が観測隊員として参加した折に肅々となされてきた経緯がある。第 36 次隊 (1994/96) による湖底の大規模なコケ類—藻類からなる「コケ坊主」の発見報告 (Imura *et al.*, 1999; 伊村・神田, 2002) を境に研究者らの関心が高まり、より詳細な湖沼成立の地史的研究 (瀬戸ら, 2001; Matsumoto *et al.*, 2006), 微生物や単細胞藻類群集構造 (Naganuma *et al.*, 2005; Matsuzaki *et al.*, 2006; Ohtsuka *et al.*, 2006) や湖底植生分布の検討 (Imura *et al.*, 2003), 湖沼環境・生態学的観点からの研究 (Kudoh *et al.*, 2003a, b, c) が展開されるに至っている。第 45 次隊ではスカルプスネスきざはし浜に生物観測小屋を設置し (発電・トイレ棟と 4 つのベッドスペースのある居住・食堂棟), これをスカルプスネスでの陸域生態系・湖沼群観測のより詳細な研究の拠点として利用を始めた。

この宗谷海岸一帯の湖沼研究への関心が研究者の間で高まって、南極地域観測計画第 V 期から VII 期をまたいで「南極湖沼における生態・地史的計画 (Research on Ecology and Geohistory of Antarctic Lakes: REGAL 計画と略)」というコンソーシアムの研究の発足をもたらし、第 36 次隊以降、越冬観測を含め、ほぼ毎回、複数名の観測隊員により、この露岩域にあるほぼすべての湖沼を網羅するほどの観測がなされるまでになっている (伊村ら, 2003)。

現在ではこの地域にある湖沼の環境特性とそこで生活する各種生物群の群集構造や環境応答性を解明すべく、一般プロジェクト研究「極域環境変動と生態系変動に関する研究」の一つの柱として湖沼生態系に関する研究が展開されているのに加え、モニタリング研究観測「極域生態系変動のモニタリング」の一項目として湖沼環境の時間連続的観測が継続実施されている。

第 49 次隊では、湖水の消失に伴うダイナミックな湖沼環境の変動が予測される夏季において、その環境の変動特性と生物群集の応答特性をとらえるべく、連続観測実施湖沼を選定し繰り返し観測と試料採取及び現場実験を実施すること、また、未だほとんど研究着手されていない湖底植生とともに生活している微小な動物群集に関する研究試料を得ることを主目的とし、モニタリング研究観測である湖沼環境の時間連続測定の継続とあわせて湖沼観測に取り組んだ（表 1、及び図 1 参照）。なお、隊員個人が抱える湖沼観測以外の観測項目（方

表 1 スカルプスネス湖沼名一覧（番号は図 1 中の番号と対応、*印は仮称名）。
*Table 1. Lakes in Skarvsnes (numbers in the left column indicate the lake position in Fig. 1. *: temporary name of the lake).*

No.	湖沼名	Lake Name	No.	湖沼名	Lake Name
1	舟底池	L. Funazoko Ike	26	まごばち池*	L. Magobachi Ike*
2	あげは池*	L. Ageha Ike*	27	みすみ池*	L. Misumi Ike*
3	雲形池*	L. Kumogata Ike*	28	すりばち池	L. Suribachi Ike
4	とっくり池*	L. Tokkuri Ike*	29	なまぎ池*	L. Namagi Ike*
5	ねずみ池*	L. Nezumi Ike*	30	下天平池*	L. Shimo-Tempyo Ike*
6	親子池	L. Oyako Ike	31	中天平池*	L. Naka-Tempyo Ike*
7	孫池*	L. Mago Ike*	32	上天平池*	L. Kami-Tempyo Ike*
8	ありさ池*	L. Arisa Ike*	33	なまぎ池*	L. Namagi Ike*
9	菩薩池 (B-1 池) *	L. Bosatsu Ike (B-1)*	34	たなご池*	L. Tanago Ike*
10	地藏池 (B-2 池) *	L. Jizou Ike (B-2)*	35	どじょう池*	L. Dojou Ike*
11	如来池 (B-3 池) *	L. Nyorai Ike (B-3)*	36	めだか池*	L. Medaka Ike*
12	仏池 (B-4 池) *	L. Hotoke Ike (B-4)*	37	神の池	L. Kamino Ike
13	くわい池*	L. Kuwai Ike*	38	円山池	L. Maruyama Ike
14	扇池*	L. Ougi Ike*	39	あやめ池 (D-7 池) *	L. Ayame Ike (D-7)*
15	長池	L. Naga Ike	40	かずら池*	L. Kazura Ike*
16	菊の池 (A-10 池) *	L. Kikuno Ike (A-10)*	41	浜池*	L. Hama Ike*
17	敏池 (A-3 池) *	L. Toshi Ike (A-3)*	42	芝池 (D-2 池) *	L. Shiba Ike (D-2)*
18	浴池 (A-4 池) *	L. Abi Ike (A-4)*	43	浜茄子池 (D-3 池) *	L. Hamanasu Ike (D-3)*
19	海老沼 (A-6 池) *	L. Ebi Numa (A-6)*	44	りんどう池 (D-4 池) *	L. Rindou Ike (D-4)*
20	姉妹池 (A-7 池) *	L. Shimai Ike (A-7)*	45	すみれ池 (D-5 池) *	L. Sumire Ike (D-5)*
21	奥池 (A-8 池) *	L. Oku Ike (A-8)*	46	つつじ池 (D-6 池) *	L. Tsutsuji Ike (D-6)*
22	偽ひょうたん池*	L. Nishyoutan Ike*	47	椿池(76i 池)*	L. Tsubaki Ike(76)*
23	ひょうたん池	L. Hyoutan Ike	48	氷瀑池*	L. Hyoubaku Ike*
24	ひめばち池*	L. Himebachi Ike*	49	はす池*	L. Hasu Ike*
25	こばち池*	L. Kobachi Ike*	50	からし池 (D-1 池) *	L. Karashi Ike (D-1)*

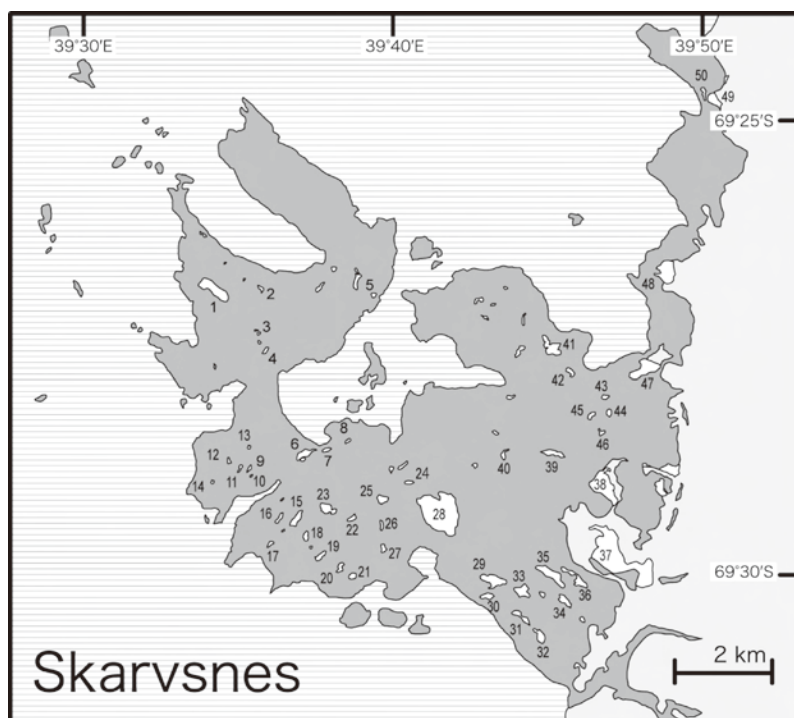


図 1 スカルプスネス湖沼群

Fig. 1. Position of lakes in Skarvsnes area. Numbers in the figure correspond to numbers in the left column of Table 1.

形区観測・土壌・氷床サンプリングなど)の遂行、及び食糧補給や人員交代のため、湖沼観測は六期に分け、夏季連続観測湖沼をスカルプスネス湖沼群中から選定・立ち上げを第一期に執り行い、第二期以降はこの対象湖沼での観測と現場実験の遂行に加え他湖沼での湖沼学的調査を展開させ、さらに湖水の消失が予想される第四期ごろには潜水観測を含む氷河近傍の湖沼調査の実施、そして第六期には夏季連続観測の仕上げを行えるように企画した(表2)。

2. 観測諸準備と訓練

2007年6月の49次隊夏期総合訓練までに、今次観測隊に参加し、ともに野外での観測活動を実施する候補者があがってきた。5名の隊員候補者、工藤・飯田・高橋・山本・小川と2名の総合研究大学院大学極域科学専攻の大学院生同行者候補、田邊・辻本の総勢7名である。このうち高橋・山本は昭和基地及びペンギンルッカーを中心にこの夏の観測活動に取り組む計画の実施担当者として活躍してもらい、残りの3名の隊員と2名の同行者で湖沼における観測活動と同行者の研究課題を協力して遂行できるように、夏訓練期間中に大まかな

表 2 第 49 次隊観測実施湖沼一覧

Table 2. List of limnological observations carried out by JARE-49.

第一期湖沼群観測 (2007年12月22日～31日)					
地域名	湖沼名	記号	観測・採集期日	湖水状況	水生コケの有無など
スカルプスネス	長池	B-1	24、25、26日	8割結氷	有、コケ坊主確認
	菩薩池		27日	3割結氷	有、コケ坊主
	地藏池	B-2	27日	9割結氷	有
	くわい池		28日	9割結氷	有、コケ坊主
	如来池	B-3	28日	9割結氷	有
	仏池		29日	8割結氷	有、コケ坊主
	扇池	B-4	29日	全面結氷	有
第二期湖沼群観測 (2008年1月2日～9日)					
ラングホブデ	東雪鳥池		3日	全面結氷	有
	雪鳥池		3日	9割結氷	有
スカルプスネス	長池		5、8日	6割/1割	有、コケ坊主
第三期湖沼群観測 (1月10日～21日)					
スカーレン	スカーレン大池		11日	6割	未確認
スカルプスネス	長池	A-10	15日	なし	有、コケ坊主確認
	菊の池		16日	なし	有
	奥池	A-9	17日	なし	有
	姉妹池	A-7	17日	なし	有
	すりばち池		18日	なし	無
	ありさ池		19日	なし	無
	親子池		19日	なし	無
浴池	A-4	20日	なし	有	
第四期湖沼群観測 (1月23日～27日)					
スカルプスネス	長池	D-7	23日	なし	有、コケ坊主確認
	円山池		24日	なし	有
	あやめ池	24日	なし	有	
	ねずみ池	25日	なし	無	
	椿池	76池	26日	なし	有
第五期湖沼群観測 (2月1日～5日)					
ラングホブデ	氷河池		2～3日	全面結氷	無
	ぬるめ池		3～4日	なし	無
第六期湖沼群観測 (2月6日～13日)					
スカルプスネス	長池	B-4	6日、12日	なし	有、コケ坊主確認
	なまず池		8日	なし	有
	仏池		9日	なし	有
	扇池		11日	2割	有

観測の分担と協力体制を取り決めた。女性3名を含む7名の生物野外活動チームではあるが、工藤以外、観測隊参加歴はもとより極域野外でのフィールドワーク・観測及び研究に携わった経験はない。そこで、チームとしての行動能力の向上と安全で確実な観測計画の実現を目指すべく、国内での複数回の訓練を実施した。

まず、湖沼観測で使用する観測機材、試料採集機器の取り扱いと、観測で使用するであろう可搬式ゴムボート（アキレス製、二人乗り用、搭載可能重量 350 kg 程度）の操船とその上での観測行動の習熟訓練（部門別訓練1）を、国立極地研究所河口湖研修施設を利用して実施した（2007年7月1日～4日）。このとき、REGAL計画の先導者の一人でもある伊村第49次観測隊長、第48次観測隊夏隊として湖沼観測に携わった笠松隊員が講師として参加し、第49次隊で参加する隊員・同行者に向けて、湖沼観測での実態と野外での観測行動の経験談を交えた講習を行った。

南極でのボート利用上の安全をさらにはかり、第49次隊で計画されている潜水による湖底設置ビデオ装置の確実な回収と試料の採集のための訓練（部門別訓練2）を、9月18日～21日に静岡県下田市にある筑波大学臨海実験センターを利用し、観測隊での潜水調査に携わった二人の技官（土屋・佐藤両技官）と国立極地研究所渡邊教授を講師として実施した。このとき、参加隊員・同行者の不意の落水に備えた「着衣落水・救助訓練」、また潜水観測支援者である鹿糠報道記者（第49次同行者）、當山隊員（第49次医療担当）らと交え、それぞれの役割と実際の行動シミュレーションを実施した。

上記二つの部門別訓練を踏まえ、「第49次南極地域観測隊安全対策計画書」中に、「4.2.5 沿岸湖沼潜水調査指針」を作成し、これに基づく観測の安全遂行に心がけた。

その他、今次隊で使用する機器運用習熟のため、機器メーカーのプールを利用した使用・操作訓練と機器の校正、国立極地研究所前庭での設置機材（気象観測機器類）の取付けとシステムの仮組み、環境観測機器によるデータ取得操作訓練を実施して、現地での野外観測に備えた。また、この間、高橋・山本は名古屋港水族館の協力を得て、ペンギンのハンドリングに関する習熟訓練を実施、ともに観測活動準備を行い実際の野外観測に臨んだ。

さらに、フリーマントル港滞在中には、潜水観測の潜水者と支援者による潜水機材取扱いと潜水中の意思疎通の向上を目的に、水深15m程度の海洋にて潜水訓練を実施した。また、湖沼観測開始直前の12月20日と21日には昭和基地沖海氷上で、湖の氷上観測をシミュレーションし、氷上での安全行動とエンジンドリルを使用した観測穴の穿穴訓練を実施した。

3. 観測概況

3.1. 第一期湖沼群観測：スカルプスネス湖沼群（2007年12月22日～31日）

南極での湖沼観測行動は、その時の天候・気象条件、また、隊員各自が抱えている湖沼観測以外の観測業務の実施状況に応じ、臨機応変に組み直しながら最大限の実現ができるように調整していかなければならない。第49次では往路「しらせ」の船上にてヘリコプター支援による観測現場への物資・人員輸送計画と他部門及び第48次越冬隊との共同観測実施や支援者派遣を含めた調整を観測開始直前まで行った。

「しらせ」が昭和沖へ接岸する前の12月22日に、スカルプスネスきざはし浜生物観測小屋への物資・人員輸送を地圏グループとともに開始した。この観測に参加した生物圏担当隊員・同行者は、工藤・飯田・田邊であり、小川・高橋・山本・辻本は昭和基地での観測活動に携わった。3名での湖沼観測立ち上げ時、第48次隊から小川医療隊員の支援をいただくとともに、同地で行動していた地圏グループの協力を受けて観測を開始した。

到着後、直ちに観測小屋施設の立ち上げと設営活動を行い、実験装置を設置、その日の午後にはきざはし浜周辺にある4つの湖沼の視察を実施した。翌日にはさらに別の5つの湖沼

を視察し、夏季湖沼環境変動の連続観測に適した湖沼の選定を実施した。2007-2008年の夏の気候はここ5年程度では最も冷涼であり、この二日間で視察した湖沼はすべてが氷で覆われており、そのうちの2、3湖沼でようやく湖岸付近で融解が見られた程度であった。季節の進行とともに全面に開水面が広がるであろうと予想された湖沼のうち、以前からモニタリング観測で長期連続観測を実施している経緯のある長池を夏季連続観測対象とすることを23日の視察終了後に決め、翌24日から第一回目の湖沼環境水質調査と試料採取を長池の湖水上から実施した。このとき、開水後の繰り返し観測と実験に備え、ゴムボートを含む比較的重量のある試料採集機器類や現場設置実験道具類の湖岸への搬送を、第48次小川隊員と地圏グループ隊員の協力を得て実現した。

同日、長池から採集した試料及び現場実験試料の処理と分析・測定、追加の実験試料採集を行いながら、同行者課題と協力して進める湖沼での現場吊り下げ実験と光照射現場実験装置を作り上げ、25日にはこれらの現場実験を開始することができた。この観測期後半には昭和基地での観測と研究を立ち上げ終えた小川を27日、辻本を29日にきざはし浜へと迎え、これに斉藤同行者が観測に加わり、菩薩池・如来池・地藏池・仏池・くわい池・扇池（湖沼名は仮称、これまでの報告では記号でB-1、B-2などと記載している。表1参照）と研究者が呼び始めた小規模な淡水湖沼にて湖沼観測と微小動物群を含む生物試料サンプリングを実施した。

3.2. 第二期湖沼群観測：ラングホブデ雪鳥沢域とスカルブスネス湖沼群（2008年1月2日～9日）

湖沼観測チーム5名（工藤・飯田・小川・田邊・辻本）は海洋部門チームの協力を得てラングホブデ雪鳥沢及びスカルブスネス湖沼群での観測を展開した。まず、雪鳥沢流域の二つの湖沼、東雪鳥池と雪鳥池の水質調査と雪鳥沢の永久方形区の写真撮影、及び人間活動の影響調査のための土壌サンプリングを目的とし、1月2日～4日に雪鳥沢生物観測小屋を拠点とした活動を実施した。

小屋の立ち上げ後、穿穴用エンジンドリルと湖沼観測機器を最上流部の東雪鳥池湖岸へと運び上げ、翌日3日の観測準備を整えた。3日には全面結氷していた東雪鳥池と9割程度氷が張っていた雪鳥池の氷上から湖沼観測と湖底試料の採集を実施、この途中で雪鳥沢沿いに設けられた永久方形区の写真撮影を完了させることができた。

4日午前には雪鳥沢周辺にて土壌サンプリングを行うと同時に、次の観測地スカルブスネスへの移動準備を行い、ヘリコプターのピックアップに備えた。午後には再びスカルブスネスきざはし浜へ到着、翌日からの湖沼観測準備を行った。

5日には長池（6割結氷）での湖沼観測と試料採取を前回観測試料採取した湖心付近にて氷上から実施した。

6日から降り始めた雪は7日に風を伴い出し、時折視界が500 m以下まで低下するほどであったため、この間は湖沼観測を中止せざるを得なかった。この間、採集した試料の分析測定と気象観測装置のメンテナンス準備、及び同行者田邊による湖底試料を用いた現場培養実験を小屋周辺にて実施した。

8日には雪がやみ、スカルプスネス地域の気象データを取得しているすりばち池湖岸の気象観測装置の更新、及び長池での観測と試料採取を試みた。7日の荒天で湖水がかく乱された影響か、長池では湖水が大幅に消失し、これまで水上から観測をしていた湖心には開水面が広がった。湖岸付近に一部氷が残っていたため、このときにはボートで湖心にアクセスすることができなかった。そのため、試料採取のみをボートでアクセスできた水深4 m付近から実施、これを分析と実験測定試料とした。

9日にはきざはし浜小屋近傍、孫池（仮称）湖岸に設置してある気象・流出量観測装置の点検を実施、午後にはヘリコプターで「しらせ」へと戻り、翌日からの次の観測地での準備を行った。

3.3. 第三期湖沼群観測：スカーレン大池とスカルプスネス湖沼群（1月10日～21日）

スカーレン大池脇の食堂カブスが置かれた海岸にヘリコプターで移動したのが1月10日午前であった。工藤・飯田・田邊・環境省斉藤の4名がスカーレン大池での湖沼調査に携わった。このとき、辻本・小川の両名は昭和基地での同行者研究課題の遂行とアウトリーチ活動に従事し、この期の後半に当たるスカルプスネス湖沼群観測で合流することとした。

カブス脇に発電機を設置して電源を確保し、カブス内に無線設備（VHF）を取付け昭和基地との通信確保をする一方、宿泊用テント設営及び機材や食料の整理の後、スカーレン大池の湖水状況と浮遊性藻類塊（湖底藻類がはく離し、「コロッケ」と酷似した形状で浮遊している）の採集に出かけた。

氷は湖のおよそ半分を覆っていたものの、湖岸から湖心部付近まで一部広がった水面から、ボートにて湖沼観測と試料採集を実施することにした。湖岸には乾燥しかけた無数の浮遊性藻類塊が漂着しており、水中に漂っている藻類塊も多数存在していた。水中に浮遊していたいくつかの試料を採取し、光合成と色素類及び分類学的分析の試料とした。また、一部は湖水とともに容器に入れ、培養しながら日本に持ち帰るべく処理した。また、湖底の藻類試料との比較検討のため、湖岸周辺に群生している藻類（イシクラゲやカワノリなど）試料の採集も実施した。

11日には雪交じりの天候ながら風はそれほどなかったもので、前日の打ち合わせ通りスカーレン大池での観測を実施、12日午前中までを費やし採集試料の処理と実験測定を行った。12日午後にはヘリコプターで「しらせ」へと戻り次の観測へ備えた。

14日の向岩での氷床末端生物試料採集を終え、15日に3度目となるスカルプスネスでの

湖沼調査に向かった。この時までには長池を始め、きざはし浜周辺湖沼のほぼすべてから湖水はほとんど消失していたことを、途中のヘリコプター上から確認した。ただし、この後、潜水観測を予定していたなまず池（仮称）にはちょうど潜水実施ポイントを覆うように氷が残存しており、これがこの第三期湖沼観測中に消失しなければ、第四期での潜水観測実施の延期をせざるを得ない状況であった。この第三期終了後のヘリコプターピックアップ時に再度なまず池上空から視察して判断することにした。

大半の湖から湖水が消失したことにより、このあとの湖沼観測はすべてボート上から実施した。まず、15日には長池において、湖の長軸方向に沿って深度別に湖底植生の分布調査を行うと同時に、湖心部にて三度目となる湖沼観測を実施した。16日には長池に第48次夏隊によって設置された係留観測装置の回収と新規係留観測装置の設置、及び近隣の菊の池（仮称）にて湖沼観測と湖底生物試料の採集を実施した。17日には奥池（仮称）、姉妹池（仮称）の湖沼観測と生物試料採集を実施したが、このうち姉妹池では多項目水質観測装置のトラブルでこの装置を用いた観測のみ実施できなかった。

18日にはすりばち池湖岸の気象観測装置・水位観測装置のメンテナンスを実施、同時にすりばち池湖心部にて湖沼観測を実施した。この湖では湖底試料の採集は湖心部よりも浅い湖盆にて実施した。最深部水深30m付近では無光・無酸素環境で藻類など光合成生物や好気的な動物群集は存在できないとみられること、また湖底の堆積物が固化し、通常用いている採集装置では採集できないためである。19日にはありさ池（仮称）での湖沼観測と試料採取、及び親子池で係留観測機器の回収/再設置と光学観測を行った。19日には回収した係留観測機器からデータの回収と整備、20日には浴池（仮称）での湖沼観測と試料採取を実施した。なお、スカルプスネスきざはし浜小屋滞在中、毎日夕刻に湖沼現場実験試料の分析測定処理を実施した。

21日、ヘリコプターにて「しらせ」へと帰還する途中、この次に実施予定の潜水観測及びスカルプスネス東奥の湖沼群の湖水存在状況を視察した。この時にもなまず池潜水ポイント付近には湖水の存在が認められた。

3.4. 第四期湖沼群観測：スカルプスネス湖沼群（1月23日～27日）

当初計画では、この期間になまず池で潜水による水中設置ビデオカメラ装置の回収と湖底のとさかあるいは筍状とも見て取れるコケー藻類群集試料の採取を企画していた。しかしながら、第三期終了時の上空からの視察でも氷の残存が確認されたため、潜水によるなまず池観測は第六期、2月に順延することにした。代わりにこの期間にスカルプスネス東奥地にあるいくつかの湖沼にヘリコプターを使ってアクセスし、日帰りの湖沼観測を実施することとした。湖沼観測メンバー5名で実施予定であったが、1人がこの観測出発前の「しらせ」滞在中に発熱と腹痛に襲われ、この1名を療養のために「しらせ」に残し、4名での観測スター

トとなった。

1月23日スカルプスネスきざはし浜に到着後、直ちに長池湖心での湖沼観測と湖底試料採取と実験測定を実施、翌日のヘリコプター支援を仰いだ東部湖沼円山池方面の湖沼群観測の準備を行った。24日には欠員した一名分の作業の補充人員として伊村隊長が参加、円山池及びあやめ池（仮称）の2湖沼での湖沼観測と生物試料採取を日帰りにて実施することができた。

25日にはきざはし浜から徒歩で浅い塩湖であるねずみ池（仮称）湖岸にアクセスし、硬いマット状の藻類試料を採集した。

26日には再びヘリコプター支援によるスカルプスネス東部湖沼、椿池（仮称）の日帰り観測に向かった。このときには健康回復した1名が復帰し、5名で椿池での湖沼観測と試料採取を実施することができ、27日午前までを費やしてこの期間に採集した試料の処理と実験測定を完了させた。

3.5. 第五期湖沼群観測：ラングホブデ氷河池（仮称）・ぬるめ池（2月1日～5日）

S16—とつつき岬及びスカレン氷河末端での氷床上・氷床末端の生物試料サンプリングを1月28日～31日に終えて、2月1日からラングホブデでの湖沼観測に赴いた。ここでの観測はこれまでスカルプスネス湖沼群及び1月初旬に当地の雪鳥池・東雪鳥池で実施してきた湖沼観測とは目的を異にしていた。平頭氷河末端から流れる融解水が雪でせき止められてできていた氷河池の堤防が決壊し、湖水の大部分を失ったというイベントが生じたのが第46次越冬期間中のことである。その現状を視察し、これまでこの池で実施した湖沼観測において湖底から堆積物や藻類群落試料などが思うように採集できなかった（第45次越冬期間での観測など）理由の探究、ぬるめ池で過去、第38次観測の堆積物調査で偶然採集されたカイアシ類の存在確認とその定量採集を目的としていた。

氷河池への視察は2月2日に工藤・田邊が、2月3日に伊村・飯田・辻本が実施し、雪の堤防に空いた大きな穴が物語る決壊規模の様子、決壊から2年経過した後の湖水の状況などの写真撮影、干上がった湖底からのフィルム状の生物痕の採集を行った。

ぬるめ池でのカイアシ類調査は3日、工藤・小川・田邊に支援者として斉藤・鹿糠を加えた5名で実施した。ぬるめ池は二つの湖盆からなる湖沼で、まず最深部のある第一湖盆にて通常の水質観測・光観測を実施した。しかしながら多項目水質計にトラブルが発生し、この機材を用いた観測のみ実施できなかった。これに代わって翌日、湖水の鉛直環境として採水した直後の試料の水温と塩分測定を行った。

ぬるめ池は塩湖であり部分循環湖沼で、深部には硫化水素を含む無酸素水塊が存在することが知られている。この日の観測では硫化水素臭と採水された水の色を頼りに、水深12m以下に無酸素水塊が存在することを確認し、カイアシ類の採集はこの水深よりも浅い部分で

実施することにした。またこのとき、無酸素水塊を含むいくつかの水深から湖底の堆積物試料をグラブサンプラーで採取し、この試料中にカイアシ類が採集されるか否か、現地にて目視確認をしたが、最深部からはもちろん、4 m程度の浅部試料からも、この採集方法では見出すことができなかった。

3日午後から改変型NIPR-1型プロペラ式動物プランクトンネット (Fukuchi *et al.*, 1979) を用いて、水深の浅い第二湖盆 (最大水深 4.5 m 程度) 中央部にてカイアシ類試料採集を試みた。この装置は直流 15 V リチャージャブルリチウムイオン電池 (8000WP-L, Daiwa) にてプロペラを駆動させることによりゴムボート上からでも操作が可能である。使用したプランクトンネットはNXX-13 (目合い 100 μm) である。プロペラによる水流はネット入口で 7 cm/s の吸引速度であることを、事前に検定していたので、ネット入口面積と動作時間と、この速度から水量を算出し、捕獲された動物試料の分布密度に関する情報が得られるものである。

15分間動作させた装置を回収し、ネット中に捕獲された試料を目視確認したところ、1 mm 程度の数個体の遊泳するカイアシ類が見つかった。その後、4-6時間ごとに同場所で採集を繰り返して、捕獲される個体数の変動性検討の試料とし、さらに翌日 (4日)、いくつかの異なる場所と水深において試料採集を繰り返し、ぬるめ池におけるカイアシ類の分布密度に関する調査を行った。

5日にはフィールドキャンプを撤収、一時「しらせ」へと戻り、最後のスカルプスネスでの湖沼観測の準備を行った。

3.6. 第六期湖沼群観測：スカルプスネス湖沼群 (2月6日～2月13日)

今回最終となるこの期間中には、長池での夏季継続した観測と試料採取・実験の総仕上げを行うと同時に、なまず池での潜水オペレーション、仏池でのコケ坊主試料採集に伴う重量物試料 (200 kg 程度) の持ち帰り運搬を計画し、これらの時に必要となる支援者を投入する必要があった。潜水と試料持ち帰りのオペレーションを2月8日と9日に予定し、潜水オペレーションには出発前の部門別訓練で行動を共にした隊員・同行者が、そして重量物の持ち帰り支援には、越冬観測を終えた第48次中村・梅津隊員の協力を得ることができた。また、最後のきざはし浜小屋撤収時には、小屋設備の点検と引き継ぎも兼ねて、第48次及び第49次設営隊員4名の支援を受け、3つのオペレーションを滞ることなく完了させることができた。

6日、スカルプスネスきざはし浜へと入った湖沼観測チーム5名は、まず長池での湖沼観測と試料採集及び現場実験を終えた後、7日、翌日の潜水オペレーションの機材準備とオペレーションのシミュレーションを行った。

8日、快晴の天候に恵まれ、計画通りに「しらせ」・昭和基地からの支援者を乗せたヘリ

コプターは、一度きざはし浜へと降り立ち、機材と湖沼観測チームを乗せてなまず池脇の畔に着陸した。この着陸地点は第45次隊において同湖沼で潜水観測したときに使用した場所でもあるが、「しらせ」ヘリクルーは第四期湖沼観測終了時のフライトにて試験着陸を実施、その安全性を事前に確認した上での着陸であった。この時、それまで残っていた湖水は完全に消失していた。

300 kg 程度の潜水・観測・設営機材を、200 m ほど離れたなまず池湖岸に運び、準備が整ったところで水中ビデオ装置2機の回収、湖底コケ―藻類群落の撮影とサンプリングの潜水オペレーションを事前の訓練通りの人員配置・役割分担で滞りなく終了させた。この潜水オペレーションの開始・終了は昭和基地との間でイリジウム衛星電話装置を用いた交信にて通達した。

潜水オペレーション終了後、湖心部での湖沼環境観測と、この湖沼に第48次隊により設置された係留観測装置の回収をポートから実施した。ヘリコプターピックアップ時刻1時間前までには機材の整理と着陸地点までの搬送を終え、迎いのヘリコプターにてきざはし浜へと移動した。

9日、朝からやや強めの風を伴う雪の天候で、この日計画していた仏池（およそ標高100 m 程度、ヘリポートから2 km ほどの距離）でのコケ坊主試料の採集とこの湖からきざはし浜ヘリポート脇までの輸送は、午前中は天候回復待機となってしまった。この間、昨日回収したビデオ装置の動作確認、係留観測機器のデータ確認を実施した。その後、天候は回復してきたので、湖沼観測チーム5名に支援者5名を加えて仏池へと向かった。仏池では水を含むコケ坊主試料を20 l（密閉バケツでおおよそ6個分）採取し、採集機材・ボート類などを合わせおおよそ200 kg 程度を支援者の協力を得て担ぎ下ろすことができた。これら試料は人員交代のヘリコプターにて、この日「しらせ」へと直ちに輸送することができた。10日、雪を伴った荒天で湖沼観測には出向けず、きざはし小屋周りで実施している現場実験の処理や、これまでにとってきた試料の分析測定及び観測機器のオーバーホールを実施した。翌11日、天候が回復し、扇池での湖沼観測と試料採集に出かけ、長池での現場実験試料とともに分析を実施した。12日には支援者とともに長池でのこの夏最後となる観測と試料採取、湖盆計測、そして長池湖岸に繰り返し使用のため置いていた機材の撤収を行った。きざはし小屋帰着後、現場実験装置からのデータ回収、試料処理と分析を実施、翌13日午前中にきざはし浜生物小屋の整理、孫池脇の流量観測装置のメモリー・電池交換など最後の撤収作業を実施し、今期の湖沼観測作業を終了させ、昭和基地及び「しらせ」へと帰還した。

4. おわりに：ここまでの湖沼観測と第51次観測及び第VIII期への橋渡し

第40次隊以降、我々が湖沼観測としてほぼ毎回実施している観測項目は(1)多項目水質計を利用した湖沼環境の鉛直プロファイル測定、(2)採水器を用いた湖沼水のサンプリング

表 3 第 49 次隊湖沼観測で使用した主要観測機材・用具類

Table 3. List of instruments and sampling tools used for limnological study in JARE-49.

観測機材(可搬使用)		
名称	型式	項目
多項目水質計	YSI-6600V2 YSI-6600(予備)	温度・深度・電気伝導度(塩分)・ 酸化還元電位・pH・溶存酸 素・クロロフィル蛍光・濁度
光強度測定装置	TriOS-UV/VIS LiCor 192SA/193SA	分光スペクトル強度 光合成有効放射
測深機	Hondex PS-7	音響深度
測位 GPS	Garmin GPSmap60CS	測位
温度計	水銀式・サーミスター式	気温・水温
塩分系	屈折率計(2タイプ 2レンジ)	塩分
観測機材(係留)		
水温計ロガー	Nichiyu NWT-SN	水温
水中照度計	Alec MDS Mark-V type-L	水中光量子
小型メモリー光量子計	Alec ALW-CMP	水中光量子
クロロフィル濁度計	Alec ACLW-CMP	クロロフィル蛍光・濁度
観測機材(湖岸設置)		
総合気象計	クリマテック総合気象観測システム カテック ME21 総合気象観測システム	風向/風速・温度・湿度・日射・ 紫外線量・光合成有効放射量・ 気圧 風向/風速・温度・日射・紫外線 量・光合成有効放射量・気圧
流量監視システム	SonTek ARGONAUT-SW	河川流出量
サンプリング機材		
柱状採水器	500ml/1000ml テフロン製	採水
採泥器	エクマン・バージ 佐竹式柱状採泥器	湖底植生(生物試料) 湖底堆積物
プランクトンネット	NIPR-1 型改編機	底棲小型カイアシ類
現場分析装置		
クロロフィル蛍光測定装置	Walz Water-PAM Walz Phyto-PAM	光合成測定 光合成測定
道具類		
ゴムボート	アキレス製 2 人乗り	湖上観測
アイスドリル	Jiffy Ice Drill	氷上観測穿孔用
氷鑿	Ice chisel	同上
ストレーナー	ステンレス製手つき笊	同上
背負子	ICI グリーンボーン	機材搬送用

(栄養塩類・イオン組成・クロロフィル量測定用など), (3) エクマン・バージ式グラブサンプラーもしくは佐竹式柱状採泥器(コアサンプラー)を用いた湖底植生(堆積物)サンプリングである(表3参照)。これに, その隊次の観測目的に応じ, 水中光環境観測, 押し込み式

コアサンプラーを用いた試料採取, 小型投げ込み式ドレッジによる試料採取, プランクトンネット類を用いた試料採取, スキューバダイビングによる機器設置・映像撮影・試料採取, また今回実施したような現場培養実験を組み合わせ, 湖沼環境特性と生物の応答性に関する知見を集積し, 宗谷露岩域で見いだされたコケを含む豊かな植生をたたえる南極湖沼生態系を描き出そうとする努力を継続しているのである。

第45次隊以降は第40次隊から試行錯誤してきた時間連続的な湖沼環境データ(水温・光・水中の濁りとクロロフィル量)の取得努力が実り, データーロガー式係留観測機器の設置/回収による湖沼環境の季節変動データ報告が可能となり(Tanabe *et al.*, 2008), この項目を第VII期計画のモニタリング研究観測項目の一つとして位置付けることができた。現在, この係留式観測装置はスカルプスネスの親子池と長池の2湖沼に設置しており, 前者では2004年1月以降(一部機器整備のための欠測期間あり), 後者では2006年1月以降の時間連続的データの取得を行っている。

これら湖沼観測手法の詳細と取得データに関しては, 紙面を改めて今後いくつかの論文ほかの形で報告していく所存である。また報告に合わせ, インターネット上でのデータ公開も計画している。

第50次隊では夏期間の湖沼観測は計画していない。我々第49次夏隊が二つの湖沼(親子池と長池)と2つの露岩域(ラングホブデ・スカルプスネス)に設置してきた湖沼環境係留観測装置と気象観測機器による観測は, 今回のメンテナンスと再設定で, 電池容量と測器のメモリー容量及び記録インターバルを調整し, 2年間の動作記録がとれるように変更を施してきた。したがって, 計画・設定通りに動作していれば, これら機器の回収と再設置を実施予定の第51次夏期間には2年分のデータの取得がなされるものと期待している。第51次隊では第VII期計画の一般プロジェクト研究及びモニタリング研究課題の総仕上げとして, 湖沼での観測を実施する計画である。そして, ここまでで経験し試行錯誤の上で続けてきた南極湖沼生態系に関する観測成果をとりまとめ, 第VIII期計画の中の基本観測とプロジェクト観測の中に整理し, 連続と継続あるいは展開させるべく, 今後準備を重ねていく所存である。

謝 辞

本観測を実施するにあたり, 第49次隊及び第48次越冬隊員諸氏からの, 直接・間接的な大きな支援をいただいた。特に第48次宮岡越冬隊長には, 第48次隊員支援者の派遣に関し快く協力していただき, 多数の隊員の支援を得ることができた。また, ラングホブデ及びスカルプスネスの生物観測小屋設備の維持・整備には第48次越冬期間中に労をいただいたおかげで, 現地入りして直ちに観測作業に携わることができた。第49次隊として野外での観測活動とともに協力して実施してくれた海洋部門の高江須・杉本隊員, 地圏青山隊員, 潜水観測支援者で活躍してくれた当山隊員, 各所で支援をいただいた環境省斉藤・報道鹿糠同行

者には、観測物資の搬入出や観測作業で率先して手伝っていただき、滞りなく観測作業を進めることができた。また、「しらせ」での観測機材の搬入出、及びヘリコプターでの人員物資輸送などでは、「しらせ」品川艦長はじめ運用科・補給科・飛行科ほか皆様の快い支援を得ることができた。ここに記して深く感謝の意を示したい。

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. 島根大学教育学部紀要, **8**, 37-50.
- Fukuchi, M., Tanimura, A. and Hoshiai, T. (1979): "NIPR-I", a new plankton sampler under sea ice. Bull. Plankton Soc. Jpn., **26**, 104-109.
- 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**, 114-117.
- Imura, S., Bando, T., Saito, S., Seto, K. and Kanda, H. (1999): Benthic moss pillars in Antarctic lakes. Polar Biol., **22**, 137-140.
- Imura, S., Bando, T., 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.
- 伊村 智・工藤 栄・坂東忠司・大谷修司・瀬戸浩二・伴 修平・神田啓史 (2003): 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—. 南極資料, **47**, 272-281.
- Kanda, H. and Iwatsuki, Z. (1989): Two aquatic mosses in the lakes near Syowa Station, Continental Antarctica. Hikobia, **10**, 293-297.
- 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.
- Matsumoto, G.I., Komori, K., Enomoto, A., Imura, S., Takemura, T., Ohyama, Y. and Kanda, H. (2006): Environmental changes in Syowa Station area of Antarctica during the last 2300 years inferred from organic components in lake sediment cores. Polar Biosci., **19**, 51-62.
- Matsuzaki, M., Kubota, K., Satoh, T., Kunugi, M., Ban, S. and Imura, S. (2006): Dimethyl sulfoxide-respiring bacteria in Suribati Ike, a hypersaline lake, in Antarctica and the marine environment. Polar Biosci., **20**, 73-81.
- 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.
- Naganuma, T., Hua, P.N., Okamoto, T., Ban, S., Imura, S. and Kanda, H. (2005): Depth distribution of euryhaline halophilic bacteria in Suribati Ike, a meromictic lake in East Antarctica. Polar Biol., **28**, 964-970.
- 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.
- Ohtsuka, T., Kudoh, S., Imura, S. and Ohtani, S., (2006): Diatoms composing benthic microbial mats in freshwater lakes of Skarvsnes ice-free area, East Antarctica. Polar Biosci., **20**, 113-130.
- Ohyama, Y., Morimoto, K. and Mochida, Y. (1990): Seasonal changes of water temperature and chlorophyll concentration in Lake Ô-ike. Proc. NIPR Symp. Polar Biol., **3**, 201-206.
- Ohyama, Y., Morimoto, K. and Mochida, Y. (1992): Seasonal changes of nutrient concentration in Lake Ô-ike near Syowa Station, Antarctica. Proc. NIPR Symp. Polar Biol., **5**, 146-150.
- 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.

Tanabe, Y., Kudoh, S., Imura, S. and Fukuchi, M. (2008): Phytoplankton blooms under dim and cold conditions in freshwater lakes of East Antarctica. *Polar Biol.*, **31**, 199-208.

Tominaga, H. (1977): Photosynthetic nature and primary productivity of Antarctic freshwater phytoplankton. *Jpn. J. Limnol.*, **38**, 122-130.