

外国共同研究報告—
南極プリッツ湾での日豪海洋生物共同調査, 1992

渡辺研太郎¹・佐々木 洋²・福地光男¹

Report on Japan–Australia Collaborative Research on Marine
Biology in the Prydz Bay Area, Antarctica in 1992

Kentaro WATANABE¹, Hiroshi SASAKI² and Mitsuo FUKUCHI¹

Abstract : A three-year research collaboration with biologists in the Australian Antarctic Division, on the variability in the Antarctic marine environment and its effects on the biological processes has started from the 1991/92 austral summer season. For the first year, a joint proposal of H. MARCHANT (Australian Antarctic Division) and M. FUKUCHI (National Institute of Polar Research) to investigate biological processes in the Prydz Bay and the coastal ice-covered areas, titled “The production and fate of biogenic particles in the Antarctic marine ecosystem” was submitted and carried out during the voyage 6 of the Australian Antarctic research ship, AURORA AUSTRALIS from January 9 to March 27, 1992.

Main objectives of this research were; 1) to investigate seasonal variations in the primary and secondary productions and sinking processes of the products throughout the year with moored instruments and 2) to estimate the contribution of different components to the production and sinking processes of lower trophic organisms. For these objectives, time-series sediment traps with an *in-situ* chlorophyll recorder and current meters were deployed and water collections, plankton-net samplings and incubation experiments were carried out in the Prydz Bay area. The feeding selectivity of the antarctic krill (*Euphausia superba*), a dominant primary consumer in the Southern Ocean, was preliminarily investigated with a simple electro-physiological method.

要旨: 平成3年度から3年計画で、「南極海海洋環境変動と生物過程の研究」との研究課題の下にオーストラリアと共同観測が始められた。初年度はプリッツ湾を主とした海水域および沿岸観測基地周辺における生物生産過程の解明を研究テーマとし、H. MARCHANT 博士（オーストラリア南極局）との共同研究 “The production and fate of biogenic particles in the Antarctic marine ecosystem” をオーストラリア南極観測船、オーロラ・オーストラリス (RSV AURORA AUSTRALIS) の第6航海 (1992年1月9日から3月27日) で行った。

本研究の目的は、(1) 係留実験により、プリッツ湾海水域での低次生産およびその生産物の沈降過程の経時変化を年間を通して観測し、(2) 低次生産者群集を構成する各種群の寄与を調べることである。そのため、プリッツ湾海域に時間分画式セディメントトラップおよび現場クロロフィル記録計、海流計を係留し、かつ採水、プランクトンネットによる採集、培養実験を実施した。また、南大洋における優占的な一次捕食者、ナンキョクオキアミの摂餌選択性に関する電気生理学的実験を行った。

¹ 国立極地研究所. National Institute of Polar Research, 9–10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

² 石巻専修大学. Faculty of Science and Technology, Senshu University of Ishinomaki, 74–174, Minamisakai-Shinmito, Ishinomaki 986.

1. 日豪共同研究「南極海海洋環境変動と生物過程の研究」の 経緯および計画概要

国立極地研究所生物部門とオーストラリア南極局生物部門とは、研究者レベルでの情報交換に始まり、外国人客員教官にオーストラリア南極局の生物研究者を数カ月招へいするなど交流が盛んになる中、1989年11月に福地がオーストラリア南極局を訪問した際にお互いに研究協力をし合うとの覚書を交換した。その一環として1990/1991年の南極の夏期に極地研究所生物部門の谷村篤がオーストラリア南極観測隊（ANARE）に参加し、プリッツ湾におけるかいあし類を対象にした生態学的研究（Feeding Ecology of Herbivorous Zooplankton in the Prydz Bay Region, Antarctica）をオーストラリア南極局の研究者と共同で実施した。

一方、南極地域観測事業の一つとして行われてきた外国との共同観測は、昭和63年度から3年計画で、キングジョージ島にある長城基地での日中共同観測「大陸性南極と海洋性南極における動植物相の比較研究」（渡辺ら、1990）が実施された。本外国共同観測はその後に続く計画として、平成3年度から3年計画でオーストラリア南極観測隊に毎年2名の研究者を派遣し、オーストラリア南極局の研究者と共同で「南極海海洋環境変動と生物過程の研究」を行うものである。南極海の環境変動が、そこを生活の場とする生物に対してどのような影響を及ぼすのかを明らかにするのが目的であり、近年影響が心配されている地球環境の変化が南極域の生物に対しどのように作用するのかを予測する上で重要な知見を提供すると考えられる。2年次以降は、ペンギンなどの海鳥類やアザラシ類の摂餌および繁殖生態の調査を計画している。

2. 初年度の計画と準備

初年度は、「プリッツ湾を主とした海水域および沿岸観測基地周辺における生物生産過程の解明」を目的に、オーストラリア南極局の H. MARCHANT 博士と福地が共同研究代表者となり、平成3年1月に“The Production and Fate of Biogenic Particles in the Antarctic Marine Ecosystem”との研究課題でオーストラリア南極観測隊での研究計画をオーストラリア南極科学諮問委員会（ASAC）に提出した。南極観測船オーロラ・オーストラリスによる第6航海で、プリッツ湾大陸棚上の季節的に海水が形成される海域にセディメントトラップ、現場型蛍光光度計、海流計等からなる係留系を設置すると共に、その海域での低次生産構造を採水、ネット採集および培養実験により調べるというものである。

海水域における生物活動やそれに伴う物質循環過程の研究には、船による観測・採集、リモートセンシングによる方法が考えられるが、海水の存在、悪天候などのために限界があり、特に長期的な観測には自動観測記録装置、および自動試料採集装置が極めて有力な手段となる。一方、一次生産活動が盛んな海水下の表層に観測・採集装置を設置することは冰山など

により装置を壊す恐れが大きい。そこで沈降粒子が表層の生産に依存することに着目し、氷山の影響の及ばない層以深で沈降粒子を採集し、表層での生物生産を質的、量的に推測する方法が有効である。沈降粒子のうちの主要なものは微細藻類群、および動物プランクトンの糞粒である。これらを分別し、低次生産者の現存量、動物プランクトンの微細藻類の捕食量、同化率などから表層の一次生産速度、またその海域の二次生産速度を推定することができる。一次生産者から二次生産者への物質移送過程では捕食者の摂餌選択性も考慮すべき重要な要因と考えられる。海水が少なく、生物活動が盛んな夏期には表層の一次生産者の現存量と沈降粒子との関係を調べるために表層に現場蛍光光度計、有光層の下にセディメントトラップを設置した観測を計画した (FUKUCHI *et al.*, 1988)。本計画によりブリッツ湾海域で得られる結果は、並行して行われる昭和基地周辺のほとんど通年定着氷がある沿岸域、および基地北方沖合の季節的に海水が形成される外洋域での係留実験の結果と比較対照し、それぞれの海水域生態系での物質循環における特徴を明らかにしようとした。

この研究計画は、国内的には南極地域観測第IV期5カ年計画で挙げられている「海水圏生物総合研究計画」(SIEFS; Sea Ice Ecology and Flux Study)の一部を構成し、「しらせ」で設置、回収を計画しているリュツォ・ホルム湾沖合の係留系観測と対をなしている。また国際的にはSO-JGOFS (Southern Ocean Joint Global Ocean Flux Study; 南大洋全球的オーシャンフラックス共同研究) 関連の観測である。

この計画は同年6月にASACに認められ、日本側から佐々木、渡辺が現地調査に参加することになった。佐々木が係留系の準備、設置、回収、渡辺が現場での観測、採集、実験、および観測隊との交渉、観測機材などの輸送を担当した。具体的な研究計画の詳細についての検討はオーストラリア南極観測隊参加のための事務手続きと並行して進められ、H. MARCHANT 博士、第6航海の隊長 R. WILLIAMS 氏とも打ち合わせを重ねた。一方、日本に持ち帰るセディメント試料の分析項目、担当研究者はあらかじめ決め、国内における共同研究態勢も整えた。

係留系を構成するセディメントトラップ、現場蛍光光度計など大型の観測機材を含む計約1.4tの観測機材は11月26日、大型木箱9梱に收容されて航空貨物でオーストラリア南極局の倉庫へ向けて送り出した(表1)。オーストラリアでも手に入り、航空貨物輸送に適さない重量物、一般的な物品、危険物についてはオーストラリア南極局の共同研究者に手配を頼んだ。

3. オーロラ・オーストラリス第6航海の行動概要

第6航海の行動概要を表2に示す。ホバート到着後直ちにオーストラリア南極局へ行き、オーロラ・オーストラリスの出港日の確認をしたところ、日本を出発するまでに知らされていた予定より2日早くなっていた。出港前々日には観測装置の調整のため、タスマニア島南

表 1 搬入した主要研究機材およびオーストラリア南極局の共同研究者に準備を依頼した物品

Table 1. Major scientific instruments and equipments transported from Japan and requested to a co-investigator at the Australian Antarctic Division for the collaboration research.

品 目	型 式 等	数 量
日本から搬入した研究機材		
現場型水中蛍光光度計	日油技研工業, CM-2	1 台
セディメントトラップ	日油技研工業, タイマー型, SM-12S-2000	1 台
セディメントトラップ	日油技研工業, CPU 型, SMPTD-12S-2000	2 台
測定モード設定データ処理装置	エプソン, PC-286L-STD-N	1 台
超音波切り離し装置	日油技研工業, M-I 型	1 式
超音波切り離し装置	日油技研工業, M-II 型	2 式
海流計	General Oceanics, Type 6011	2 台
深海ガラス浮き	Benthos Co.	12 個
プラスチック浮き	直径 30, 45 cm	12 個
係留ロープ	ケブラー, 8 mm	600 m
ラジオビーコン	太陽無線, TB-309A	2 台
ビーコン用受信用機	AOR Co., AR3000	1 台
データロガー	LI-COR, LI-1000	2 台
光量子センサー	LI-COR, LI-190	2 台
光量子センサー	LI-COR, LI-192S	2 台
光量子センサー	LI-COR, LI-193S	2 台
光センサー用ケーブル	10 m, 30 m	4 本
DO センサー	ENDECO	5 本
DO センサー制御装置	ENDECO, Type 1125	1 台
DO データ記録装置	東芝, DynaBook J-3100SS	1 台
甲板培養水槽	塩化ビニル製, 木製架台付	1 台
培養ビン	ポリカーボネート製	20 本
プランクトンネット	双子型, 口径 30 cm	1 式
ハンドネット	口径 20 cm, GG54, XX13, P30, HD10	7 個
重力式セディメントコアラ	離合社	1 式
クイックレリーズ	離合社	1 個
オシロスコープ	ナショナル, VP-5602A	1 式
パーソナルコンピューター	アップル, PowerBook 100	1 台
降圧トランス	220V-100V, 50, 100, 200, 300VA	4 個
ポリタンク	ポリカーボネート製, 20 l	6 個
ポリタンク	ポリカーボネート製, 10 l	2 個
アイスボックス	40 l	1 個
メスシリンダー	ポリプロピレン製, 5 l	1 個
ディスペンサー	ピペットマン	2 本
フィルタホルダー	ミリポア, ガラス製	6 式
グラスファイバーフィルター	ワットマン, GF/F, GF/A, 25, 47 mm φ	6 箱
メンブレンフィルター	ヌクレポア, 47 mm φ	4 個
乾電池	アルカリマンガン, 単 2, 単 3 型	60 本
カラーフィルム	35 mm, 36 枚撮り	40 本
ポリビン	100, 500, 1000 m l	100 本
ガラスビン	250 m l	200 本
NaH ¹³ CO ₃ 水溶液	1 %, 200 m l	2 本
共同研究者に準備を依頼した物品		
蛍光顕微鏡	ZEISS, 撮影装置付き	1 式
培養水槽	照明装置付き	2 式
竹ざお	係留系最上部ユニット旗竿用, 約 4 m	2 本
錘	係留系用, 約 500 kg	1 式
吸引ろ過装置	真空ポンプ, 6 連マニホールド	1 式

表1 (続き)
Table 1. (Continued)

品 目	型 式 等	数 量
ロート	プラスチック製, 上部直径約 30 cm	1 個
食塩	1 級相当以上, 500 g 入り	4 本
フォルマリン	1 級相当以上, 500 g 入り	8 本
ボラックス	フォルマリン中性化用, 500 g 入り	2 本
グルタルアルデヒド	電子顕微鏡試料用, 25%	500 ml
濃塩酸	1 級相当以上	約 100 ml

表2 オーロラ・オーストラリスによる第6航海の行動の概要
Table 2. Itinerary of the ANARE voyage 6 cruise by RSV AURORA AUSTRALIS in the 1991/92 season.

月 日	行 動
1992 年	
1 月 9 日	ホバート出港 (南極観測船, オーロラ・オーストラリスでの第6航海)
23 日	ハード島周辺海域でのトロール網による魚類調査開始
28 日	ハード島基地に越冬隊員 4 名送り込み
2 月 13 日	ハード島周辺海域での調査終了
14 日	南緯 55 度通過
15 - 17 日	ケルゲレン海台で CTD 観測
18 日	プリッツ湾での海洋観測開始
24 日	係留系設置
3 月 6 日	プリッツ湾での海洋観測終了
7 日	モーソン基地着
8 日	モーソン基地発
10 日	係留系回収を試みる (1 回目), デービス基地着
11 日	デービス基地発
12 日	係留系回収を試みる (2 回目)
15 日	南緯 55 度通過, ハード島基地に物資補給
16 日	南緯 55 度通過
19 - 21 日	ケーシー基地沖でアイスバード支援待機
24 日	南緯 55 度通過
27 日	ホバート入港

部の湾内に停泊していた観測船に乗船し, 液体試薬, 照明装置付き培養装置等オーストラリアの共同研究者に準備を頼んだ物品と, 日本から送った観測機材の確認, 実験室への据え付けなどを行った。

オーロラ・オーストラリスの第6航海では, ハード島周辺海域でのトロール網による魚類調査と CTD 観測に最も多くの時間が割り当てられており, ついでプリッツ湾海域での海洋生物, CTD 観測となっていた。これら船上観測の間に観測基地へ (から) の人員・物資の補給 (撤収) が組み込まれていた (表2)。ハード島周辺海域での調査には乗船した研究者の7割程度が直接関係があったが, 我々を含めそれ以外の観測隊員も12時間交代の2組のワッチに組み込まれ, 船が調査点に着くと昼夜を分かたずトロール網による採集, CTD 観測が行われた。

4. 調査の概要

4.1. 係留系実験

セディメントトラップ3式，現場蛍光等記録計1式，海流計2式等から成る係留系(図1)は大きく分けて上下二つの部分から成っている．超音波水中切り離し装置(releaser) Aまでの上部は，夏期の一次生産が盛んな時期の有光層内での微細藻類の現存量，現場光量(PAR)，水温，塩分の測定と有光層直下の沈降粒子の採集を行うもので，この海域を離れる直前に回収するよう計画した．またそれより下の系では中・底層で沈降粒子の採取を行う

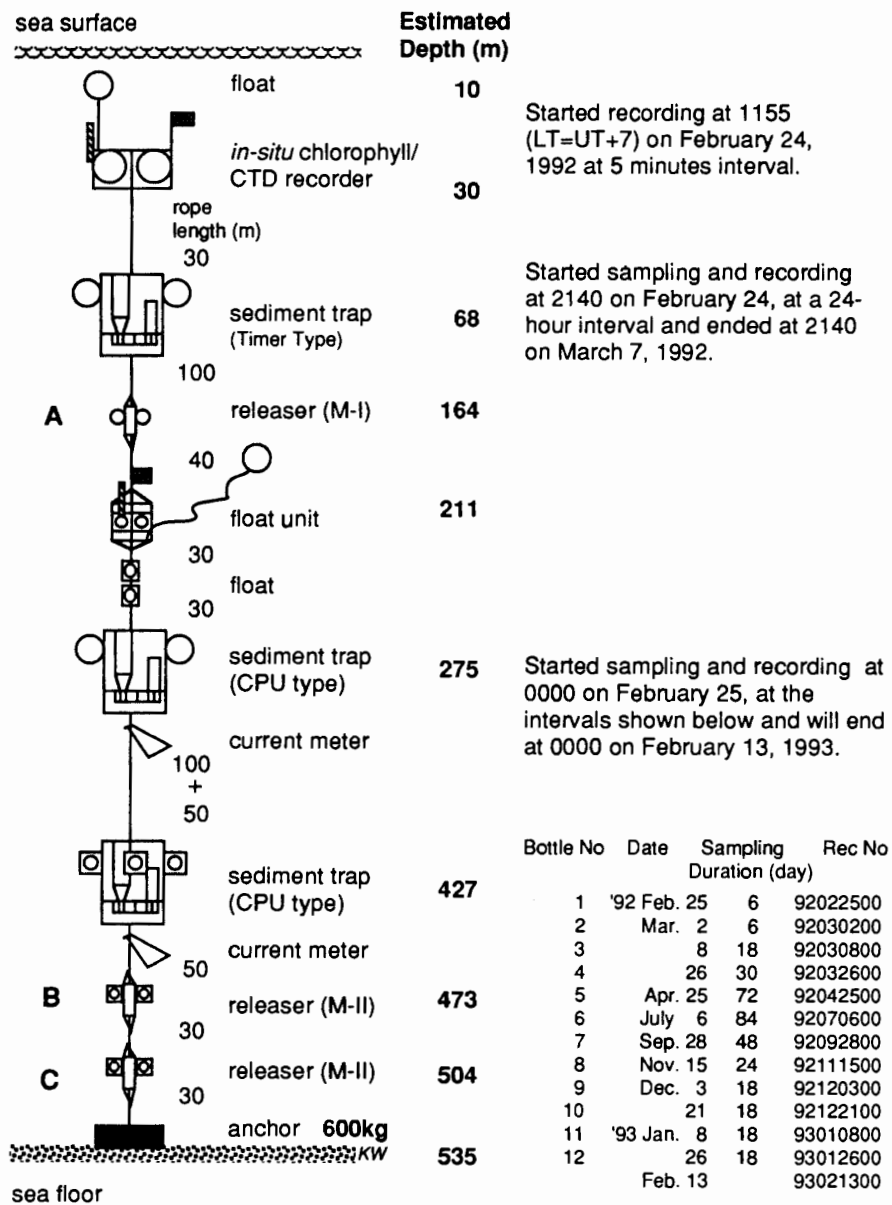


図1 プリッツ湾に設置した係留系

Fig. 1. Configuration of a mooring system deployed on February 24, 1992 in Prydz Bay.

と共に、採集された粒子がどこから流れて来たかを知るために海流計を設置し、沈降粒子の量と質の季節変化を1年にわたって調べようと計画した。なお、係留系上部切り離し前の系全体の沈降力は229 kg、上部切り離し後の沈降力は382 kg、係留系下部のみの切り離し後の浮力は150 kgと推定された。

4.1.1. 係留系の設置

この係留系実験の成功率をより高めるため、1) 係留期間中に氷山が来ず、また流れが弱いなど、観測・採集装置およびその系に障害を及ぼす恐れがより少ない、2) 海底がなるべく平坦で、設置後の係留系が安定すること、3) 設置場所が予定航路から大きく離れていないとの条件で場所を選定した。1) については、プリッツ湾内の海底地形と氷山などの海水分布、海流に関する研究結果および観測経験者のアドバイスから、湾中央部の海洋観測計画線上に設置候補点を設け、2) に対しては設置予定海域の海底の凹凸を音響測深機で調べ、なるべく平坦な場所に投入する。3) についてはデービス基地とケーシー基地とを結ぶ航路上になるよう配慮した。

現場蛍光等測定装置、セディメントトラップ、切り離し装置、流速計、ビーコンの調整および作動試験を投入予定の2月24日の前日迄に済ませ、測定装置、セディメントトラップのタイマー設定を当日の午前中までに済ませた。船を微速前進させながら上部の浮きから投入を開始し、係留系が船尾から後方に一直線にのびたのを見届けて空中重量約600 kgのアンカーを17時15分に(現地時間)投入した。投入時のGPSで求めた位置は68°06.76' S, 74°50.77' E (図2)、その場所の水深は535 mであった。投入前後の船の航跡を図3に示す。投入直後に行った3台の切り離し装置との交信は正常で、作業開始から約1時間半で設置は終了した。

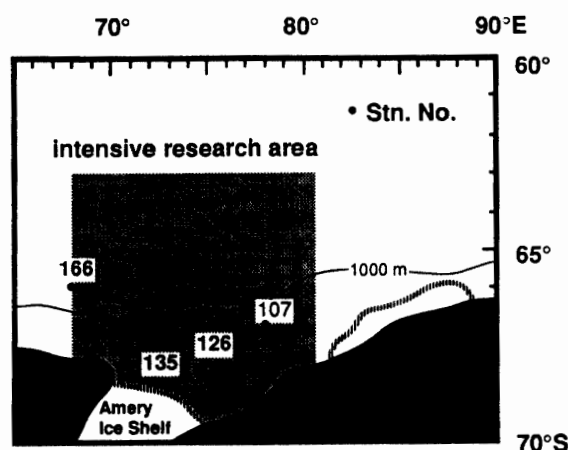


図2 プリッツ湾海域の観測点および係留系設置点 (Stn. 126)

Fig. 2. Sampling locations and a site for mooring deployment (Stn. 126) in the Prydz Bay area in 1992.

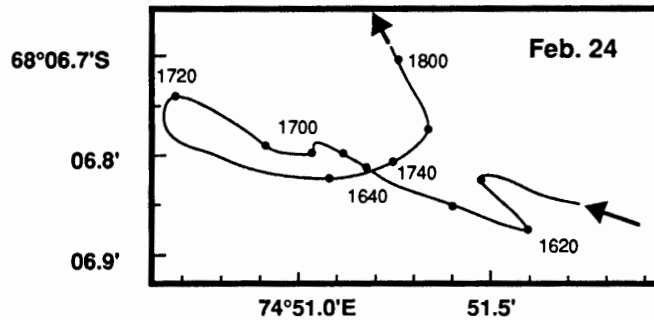


図3 係留系設置前後のオーロラ・オーストラリスの航跡

Fig. 3. A cruise track of RSV AURORA AUSTRALIS during the deployment of a mooring system.

4.1.2. 第1回目の係留系回収の試み

係留系上部の回収を3月10日に試みた(図4)。気温約 -7°C 度で曇りから雪模様、4-11 ktの風で海面にはグリスアイスと蓮の葉氷が帯状に見られた。午前10時過ぎ、GPSにより測定した係留系のアンカー投入点に近づき、左舷やや後部のCTD室からケーブルをのばし、超音波切り離し装置のトランスデューサーを14 mほど海中に入れた。船上からのコール信号の出力、受信感度を変えながら水中切り離し装置との交信を試みたが、応答信号が極めて少なく、切り離し装置までの距離が出ても値が大きくばらついた。不確かだったが何度か続けて距離が出たので、係留系上部を切り離す装置Aに対して切り離しコマンドをかけたが作動信号は出ず、ビーコンからの信号も全く受信されなかった。その後も船を移動

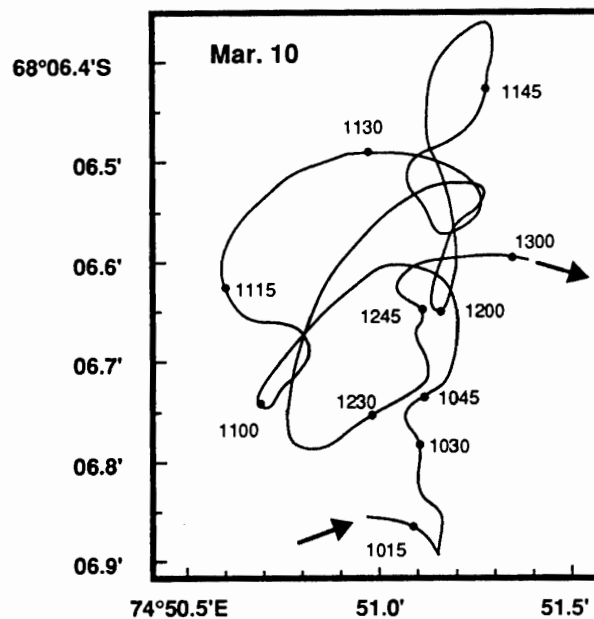


図4 第1回目の係留系回収を試みた時のオーロラ・オーストラリスの航跡

Fig. 4. A cruise track of RSV AURORA AUSTRALIS during the first trial for the recovery of a mooring system.

してはトランスデューサーを入れ直して切り離し装置との交信を試みたが、コール信号に対する応答が不確実だったため、予め打ち合わせておいた通り、係留系下部の切り離し装置 B, C へもコマンドをかけたが作動した証拠は全く得られなかった。午後1時となり、搜索の時間が無くなったため作業を打ち切り、デービス基地から離れる航路上で再び回収のための時間をもらうことにしてデービス基地へ向かった。ラジオビーコンの受信機、船の方向探知機は作業開始前から作業終了後1時間ほど作動させモニターしていたが、信号は全く受信されなかった。

この1回目の回収の試みの様子を、超音波切り離し装置のメーカーの担当者を含めて検討し、次の回収の際には 1) トランスデューサーをなるべく深く入れると共にふらつかないように重りを付け、真下を向くようにする。2) 切り離し装置のコントローラーの出力、感度を何通りにも変えて交信を試みる。3) 係留系投入直後に正常な交信をした点を目標点とし、重りを投入した点の周辺も目標海域に含めて搜索する、さらに切り離し装置とは別の回収手段として、4) オーロラ・オーストラリスのスキニングソナー (SIMRAD, SL490) での搜索、5) 船のオッタートロールで網の変わりにロープ、ワイヤー (長さ約 100 m) をつけて曳き回すなどして回収に努めるよう打ち合わせた。なお、船上の隊長からは、次の搜索には1-2時間、もしもその間に係留系の存在を示す手掛りが得られた場合はさらに3-4時間の延長を認めるとの合意を得た。

4.1.3. 第2回目の係留系回収の試み

3月12日、未明に目標海域に到着し、5時過ぎから切り離し装置のトランスデューサーを海中に入れて水中切り離し部との交信をとる作業を開始した (図5)。気温 -7°C 、風約 11 kt で海一面に厚さ数センチメートルのグリーンアイス層があったが、氷盤は見られなかった。打ち合わせ通りトランスデューサーを保護する金属製の枠にトランスデューサーが真下を向くよう数メートルの長さのロープで重りをぶら下げ、20 m あるケーブルをできるだけ伸ばして深く入れた。切り離し装置のコントローラーの出力、感度を何通りにも変えてコール信号を出して交信を試みたが前回と同様、信頼できる交信はできなかった。7時過ぎ、約束の時間が近づき、水中切り離し装置 A, B, C に対して切り離しコマンドをかけたが応答は全くなく、モニター受信機にも応答はなかった。

7時半頃、打ち合わせ通りトロールによる係留系の回収作業に入った。オッターボードの間に約 100 m のワイヤーを入れ、それを 800-100m ほど繰り出して係留系を引っ掛けて回収することを試みた。一度スキニングソナーにかすかな影が写ったが確認には至らず、3回のトロールにもかかわらず手がかりが全く得られなかった。時間切れのために10時頃、オーロラ・オーストラリスによる回収の試みを断念した。

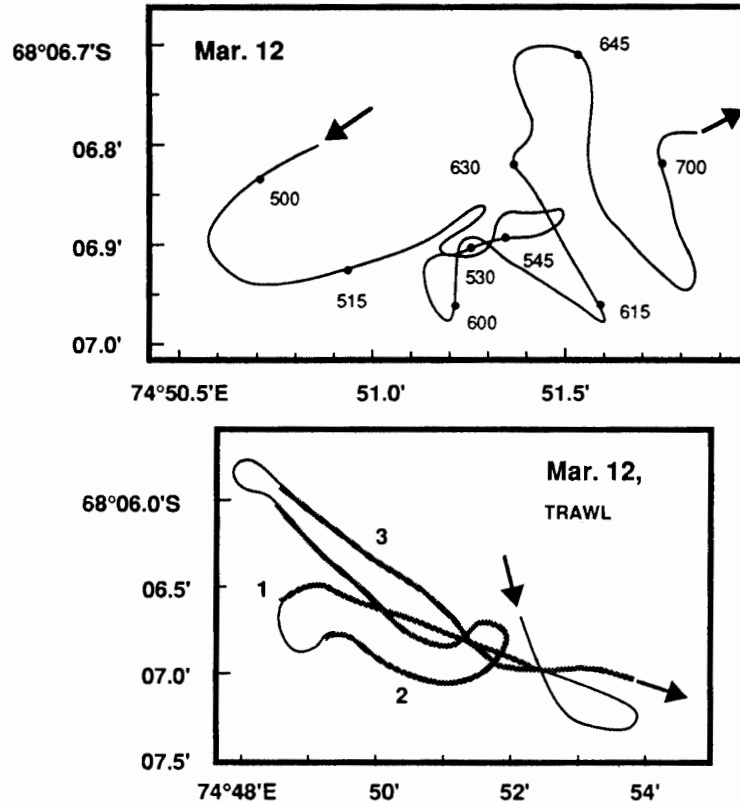


図5 第2回目の係留系回収を試みた時のオーロラ・オーストラリスの航跡。下図の太線はトロール中の航跡

Fig. 5. A cruise track of RSV AURORA AUSTRALIS during the second trial for the recovery of a mooring system. Broad lines in the lower figure show cruise tracks during trawlings.

4.2. 採集，培養実験などによる低次生産構造の調査

係留系設置点を含む4点（図2）において有光層内の4層から採取した試水に $\text{NaH}^{13}\text{CO}_3$ 水溶液を添加し，基礎生産速度測定のため擬似現場法による培養実験を行ったほか，口径の異なるネット，フィルターによりサイズ画分ごとの現存量を測定した（表3）。培養実験ではオーロラ・オーストラリスの飛行甲板上に水槽を固定し（図6），船底から汲み上げた現場海水を水槽に取り込み，ポリカーボネイト製の透明容器に試水を入れ，24時間の培養を行うと同時に実験中の日射量（PAR）を記録した。

係留系投入後，設置海域で，水深250 mまでの4層から大量採水を行い，海中に懸濁する粒子をフィルター上に捕集して有機物組成測定用の試料を作製した。また係留系設置点を含む3点では，動物プランクトン，大型および小型植物プランクトンの現存量測定，種組成調査のため，口径30 cmの双子型プランクトンネットを用い，水深200 mからの鉛直採集を実施した。植物プランクトン群集をネット，フィルターによりサイズ分画し，画分ごとの現存量（有機炭素・窒素量，クロロフィル量），基礎生産における寄与，種組成を調べる。

表3 1992年, オーロラ・オーストラリスで行った採集および培養実験
 Table 3. *Samplings and incubation experiments on board RSV AURORA AUSTRALIS in 1992.*

Date	Time (LT)	Stn. No.	CTD No.	Depth (m)	Lat (S)	Long (E)	Chl (m)	CN (m)	Incubation	Net sampling
2/21 2/22-23	2124- 0435-	107	94	200	66°59.00'	77°58.00'	0, 10, 25, 50		yes	
2/24 2/25-26	1837- 0102-	126	109	550	68°06.00'	74°52.00'	0, 10, 20, 30		yes	yes
2/26 2/26-27	0451- 0613-	135	120	730	68°30.00'	72°56.00'	0, 10, 20, 30	0, 10, 20, 30	yes	yes
3/2 3/2-3	0110- 0739	166	153	2700	65°59.98'	67°59.87'	0, 10, 20, 40, 75, 100 (0, 10, 20, 40)		yes	yes



図6 オーロラ・オーストラリスの飛行甲板上の培養水槽
 Fig. 6. *An incubation tank on the helicopter deck of RSV AURORA AUSTRALIS.*

基礎データとしてのCTD, クロロフィルの鉛直分布データはオーストラリア側共同研究者から提供を受ける予定である。

南極海生態系の鍵種とされるナンキョクオキアミの摂餌選択性の問題は, 生態系内の物質

の流れを明らかにする上で重要である。それを明らかにする研究の第1段階として、RMT ネットを用いて採集したナンキョクオキアミの触角を使い、大きさの異なる植物プランクトン群集に対する触角からの電気信号を記録して持ち帰った。すなわち、第一触角を切り取り、プランクトンネットでサイズ分画した海中の粒子を触角と接触させ、触角から発生する電気信号を増幅機、雑音除去フィルターを通してDATレコーダーに記録した。

謝 辞

今回の共同観測では、準備段階でオーストラリア南極局の H. MARCHANT 博士に、またオーロラ・オーストラリス船上では R. RUSLING 船長以下の乗員、隊長の R. WILLIAMS 氏、副隊長の G. NASH 女史に大変お世話になった。とりわけ観測、サンプル処理では A. FORBES 博士、I. JAMISON 氏に、観測データ処理に関しては M. CONDE, H. BURTON 両氏に大きな助力と助言をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。また準備段階から帰国後まで、文部省および国立極地研究所の皆様にご多大のお世話になり、心より感謝申し上げます。

文 献

- FUKUCHI, M., HATTORI, H., SASAKI, H. and HOSHIAI, T. (1988): A phytoplankton bloom, and associated processes observed with a long-term moored system in antarctic waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **45**, 279-288.
- 渡辺研太郎・井上正鉄・大山佳邦 (1990): 1988/89 南極キングジョージ島長城基地での日中共同観測。南極資料, **34**, 94-101.

(1993年1月12日受付; 1993年1月25日改訂稿受理)