

集ごとにその色素組成が異なることから、この各波長を照射することで得られる蛍光強度も群集毎に異なり、それを利用して群集組成を得ることができる。観測は日本海では8測点、オホーツク海では10測点、親潮域では10測点、黒潮域では6測点での観測を2019年中に実施し、2020年も継続して観測を実施している。センサーについては各観測点到着直前に電源をいれて観測モードにし、水深200mまで観測したのち、回収して、データを回収した。機械の設定上、データ回収まで電源が入っており、観測を実行し続けており、また短時間でセンサーの投入する場合は機械を止めずに次の測点の観測を行っている。したがって、まず、センサーの電源が入っているが空気中にある状態と水中にあり実際に観測している状態を区分する必要がある。これについては、深度データおよびその変化量を元に、センサーが水中を降下している状態のデータだけを抜き出すプログラムを作成した。その結果、野帳に記入された観測時間とほぼ同じデータが抜き出せた。抜き出されたデータにおける各励起波長の蛍光強度には、海域間・季節間の違いが認められた。蛍光値から群集組成への換算については、本機械には換算可能なソフトウェアが付属しているものの、そこで利用されている参照データが乏しくかつ淡水由来の植物プランクトンを利用しているものであったため、海産植物プランクトンの室内培養株を用いて群集組成推定プログラムの開発を進めた。4群集、11株（藍藻類、クリプト藻類、珪藻類、緑藻類）を測定した。藍藻類とクリプト藻類は紅藻と同様にフィコエリスリンと呼ばれる色素が細胞にあり、570nmの励起光において強い蛍光をもつ。珪藻類は褐藻と同様にクロロフィルaとともにクロロフィルcをもち、緑藻はクロロフィルaとともにクロロフィルbをもつという異なる特徴がある。各培養株を測定した結果から、群集組成推定プログラムを作成し、培養株の結果がきちんと再現できるかを確認した。その結果、藍藻類と緑藻についてはそれぞれはっきりと優占し、多波長励起蛍光光度計を利用できるという結果が得られた(図2)。クリプト藻類については、2株試験したうち、1株はクリプト藻類と推定できたが、もう1株については機械間のばらつきが大きく、緑藻とクリプト藻類の混合群集と判断される結果になることもあった。珪藻については、うまく推定されておらず、緑藻類が多く含まれる結果になった(図2)。このことは、現在のプログラムを利用した場合、緑藻類は過大評価、珪藻類は過小評価になると考えられ、実際に、実際の船舶観測による測定結果に対して、同一プログラムで群集組成を得たところ、緑藻類が大部分を占める結果となった(図3)。また、色素法によって得た群集組成と比較した場合、多波長励起蛍光光度計から得られた藍藻の寄与は過小評価になっていた。このように群集組成解析プログラムについてさらに検討する必要があるものの、センサーによって得られたデータから観測データの抽出、群集組成の算出までプログラム上で処理可能になり、簡便なモニタリングを支援する環境を整えた。

3) 環境ゲノム課題から依頼をうけ、海水中懸濁物の濾過捕集試料、プランクトンネットを利用したプランクトンの冷凍試料およびエタノール固定試料を収集した。また、環境ゲノ

ムで解析した結果の評価に利用することを目的に、プランクトンネットネット試料による動物プランクトンの形態的種組成データの提供を要請されていることから、これらの試料を採取し、分析した(表1)。さらに、植物プランクトンの群集ごとの生産性のデータ提供依頼をうけ、親潮域における一次生産速度を炭素同位体添加培養実験から算出するとともに、人工衛星により取得可能な海面のクロロフィル濃度および水温を利用した計算について既存のアルゴリズムの改良を進めた。この改良にはこれまでに測定・蓄積されている現場データを収集し、複数の一次生産力推定アルゴリズムのコード化を行い比較することで、進めた。今後、本事業で測定している親潮域におけるデータを加えることにより、よりアルゴリズムが改善されていくと考えられる。

### 【図表など】

表1 2019年末時点での各観測域での観測状況および試料採集状況

海域名	観測月	検鏡法 試料数	色素法 試料数	フローサ イトメリー 試料数	フィコエ リスリン 試料	多波長蛍 光光度計 測点数	メタゲノ ム用試 料数	メタゲノム 用ネット測 点数	基礎生産 速度測定 測点数
オホーツク	5・8	33	45	43	29	10	22	15	4
親潮域	5・7・10	74	39	210	26	12	39	43	0
日本海	4・6・9・ 11	30	54	0	0	6	30	20	0
黒潮	3・4・8・ 11	39	105	0	0	6	83	50	0
石垣周辺	4・5・6・ 7・8・9	18	18	0	0	0	18	9	0

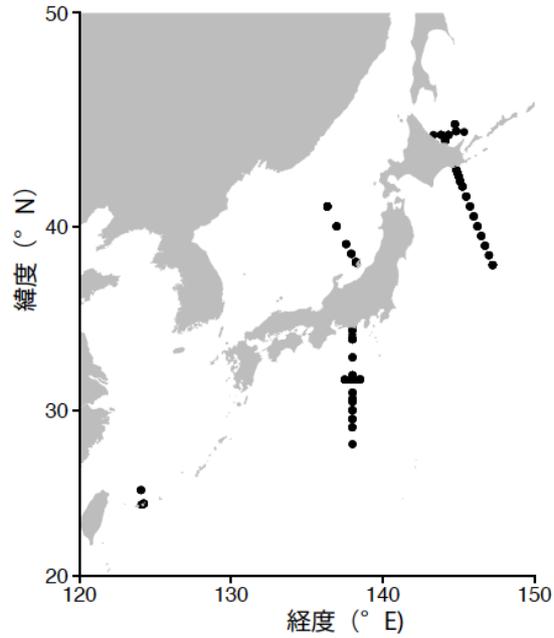


図1 本課題における観測定線・定点の分布.

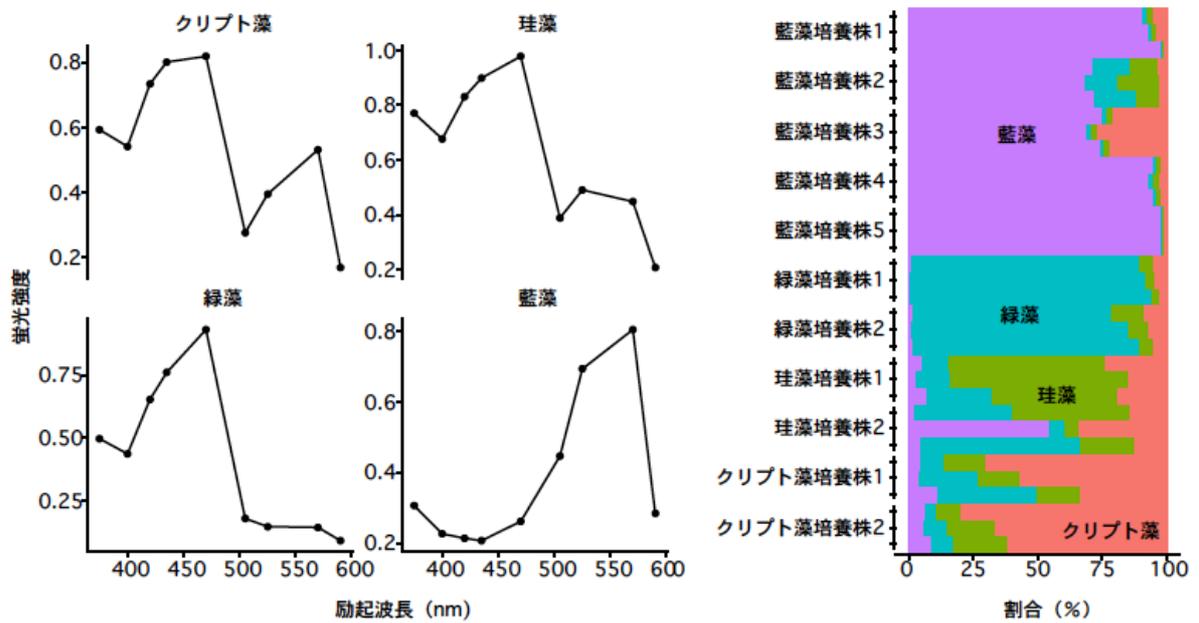


図2 培養株を用いた多波長励起蛍光光度計の測定結果. 左は4群集の藻類毎に励起波長の違いによる蛍光強度の違いを示している. 右は左の蛍光強度から作成したアルゴリズムを用いて計算した群集組成. それぞれの培養株について、センサーを3台利用して測定した.

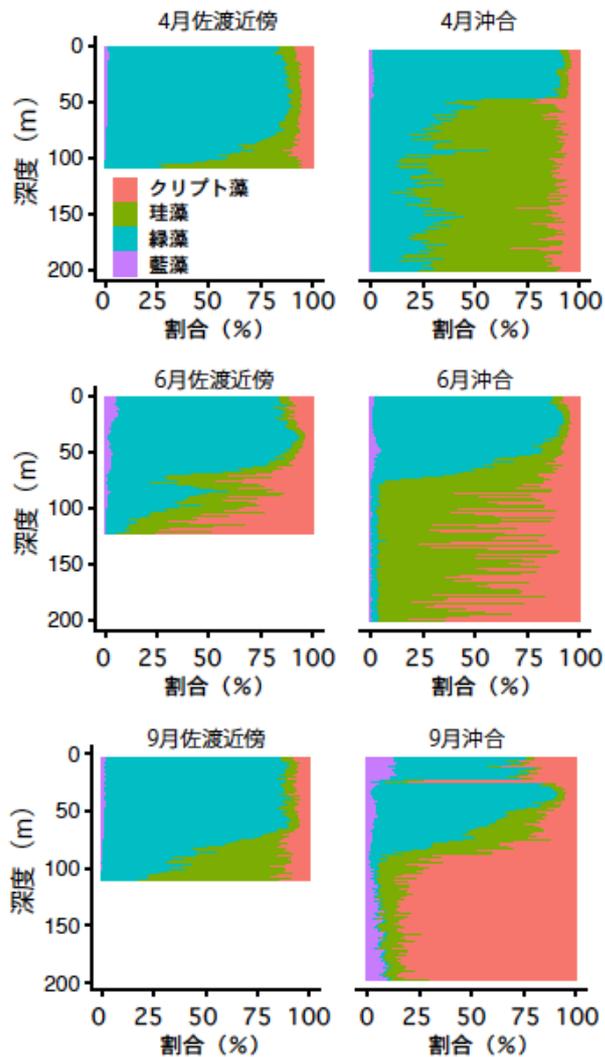


図3 多波長励起蛍光光度計の日本海における観測結果. 群集組成の算出については、培養株を用いたアルゴリズムを利用した. 左が佐渡沿岸域、右が沖合域で、上から順に4月、6月、9月の結果を示している. 水温が高くなる6・9には藍藻類が多い.

#### 【実施に当たっての問題点、次年度への課題】

- ・複数の研究所にまたがる事業であるが、それぞれの担当者レベルでデータの管理状況が異なるため、取りまとめの作業が膨大になる。また、分析担当者も当該サンプル情報がすぐに提供されていない状況である。そのため、一元的にデータベースを作成し管理する役割が必要である。
- ・多波長励起蛍光光度計について試験する単離培養株の数が増えれば増えるほど信頼性が増すと考えられる。今後は、市販されている培養株の購入も検討する必要がある。

## 【成果の発表】

(学会発表)

- ・葛西 広海, 谷内 由貴子, 千村 昌之, 亀田 卓彦, (2019) 衛星海色データを用いた北海道周辺海域の基礎生産環境の変動特性, 2019 年度水産海洋学会研究発表大会, 令和元年 11 月, 東北大学, 仙台
- ・中野渡 拓也, 渡邊英嗣, 中村知裕, 西岡純, 三寺史夫, (2020), オホーツク海の海水の生成と融解に伴う鉄輸送プロセスの数値シミュレーション, 北海道大学低温科学研究所一般共同研究集会, 令和 2 年 3 月, 北海道大学, 札幌
- ・中野渡 拓也, 中村知裕, 三寺史夫, 西岡純, 黒田 寛, (2019), 親潮海域における表層リン酸塩の 10 年規模変動メカニズムに関する数値シミュレーション研究, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「2019 年度海洋生態系モデリングシンポジウム」, 令和元年 11 月, 東京大学, 柏
- ・中野渡 拓也, 中村知裕, 三寺史夫, 西川はつみ, 西岡純, 渡邊英嗣, 黒田 寛, (2019-07-26), オホーツク海の海洋・海氷変動と物質循環システムにおける役割, 北海道大学低温科学研究所共同研究集会シンポジウム「変化する環オホーツク陸域・海域環境と今後の展望」, 令和元年 7 月, 北海道大学, 札幌
- ・葛西 広海, 松野孝平, 木元克典, 片倉靖次, (2020-02-18), Temporal change of oceanographic environments in coastal water around Mombetsu, Hokkaido, during sea-ice season in 2019, 第 35 回北方圏国際シンポジウム, 令和 2 年 2 月, 紋別市文化会館, 北海道
- ・中野渡 拓也, Jiping Xie, Laurent Bertino, 松枝未遠, 山上晃央, 猪上淳 (2020) , Ensemble forecast experiments of summertime sea ice in the Arctic Ocean using the TOPAZ4 ice-ocean data assimilation system, 第 35 回北方圏国際シンポジウム, 令和 2 年 2 月, 紋別市文化会館, 北海道
- ・亀田 卓彦 (2019) , 日本周辺海域の一次生産量 1. アルゴリズムの比較, 日本リモートセンシング学会第 67 回学術講演会, 令和元年 11 月, 岐阜商工会議所, 岐阜

## 2. 資源環境ネットワーク

### (1) 資源環境情報の新規取得、測器等の実証

#### 3) 餌料プランクトン変動特性の把握

#### 【参画機関】

水産研究・教育機構 西海区水産研究所

#### 【対象魚種】

想定魚種：マアジ、マイワシ、サバ類

#### 【対象漁業】

なし

#### 【実施計画】

これまでの東シナ海におけるプランクトン分析では、色素量（植物プランクトン）、湿重量（動物プランクトン）、種組成のデータを主に取得してきたが、本課題では、従来の手法に加えて生元素（炭素・窒素）を測定することで、基礎生産がどのように魚類生産につながるのかを理解するための基礎情報とすることを目的とする。

具体的には、粒状有機物（POM）、動物プランクトンの乾燥重量、炭素（C）・窒素（N）重量、C・N安定同位体比を測定し、観測定線における海域特性・季節変化を把握する。得られたデータは、漁業資源の変動要因の解析に用いる。また、現場での採集・保存から陸上分析までの効率的な手法をマニュアル化し、定線観測における測定項目としての一般化を目指す。

#### 【今年度の成果】

- ・主にCK線において、粒状有機物と動物プランクトンの分析用試料を採取した。
- ・試料の乾燥重量、炭素（C）・窒素（N）重量、C・N安定同位体比を測定した（分析中）。
- ・現場での採集・保存から陸上分析までの効率的な手法を検討した。

#### 【実施概要】

今年度は西海区水研所属の漁業調査船陽光丸（692トン）による6回の航海（4月下旬、6月下旬～7月上旬、7月下旬、10月中旬、2月上旬、2月下旬～3月上旬）において試料の採取および環境データの取得を行った（図1、表1）。

粒状有機物（POM）分析用の試料は、予め燃焼して有機物を除去した直径47mmのGF/Fフィルターで海水約2Lを濾過して採取した。動物プランクトン分析用の試料は、改良型ノルパックネット（開口部直径45cm、網目幅100 $\mu$ m）を深度150m（水深が150mより浅い場合は海底直

上 5m) から海表面まで鉛直曳することで採集した。また、通常の観測・採集は任意の時間に行われるため、7月の航海では時空間変動を把握する目的で、GPS ブイを追跡しながら3時間おきに9回の試料採取を行った(図2)。動物プランクトンは日周的に分布深度を変化させる事が知られているため、試料は鉛直多段式プランクトン採集器(VMPS:開口部面積0.25 m<sup>2</sup>、網目幅100 μm)により150m以浅の3層(0-50-150 m)から採集した。得られた動物プランクトン試料は不織布袋に注いで海水を可能な限り除去した。これらの試料を-30°Cの冷凍庫で分析に供するまで保存した。各調査点では、餌料プランクトンの生息環境を把握するために、CTDによる水温、塩分、蛍光値の測定を行い、航走中は表層環境モニタリングシステム(TSGF)により水面下5mの水温、塩分、蛍光値を10秒間隔で取得した。CTDには10Lのニスキン採水器を12本装着し、標準層(10m, 20m, 30m, 50m, 100 m, 125m, 150m, 200m, 300m, 500m)の海水を採取した。海表面の海水はバケツ採水により採取した。採取した海水から、クロロフィル、各種色素(HPLCによる分析)、栄養塩(N, P, Si)、植物プランクトン、微小プランクトン分析用の試水を採取した。

また、関係各県の試験研究機関が実施している沿岸定線調査のホルマリン固定試料を活用して、日本周辺沿岸海域における餌料プランクトンの分布特性、季節変動および中長期変動を解明するために、ホルマリン固定がCN同位体比に与える影響を把握するための試料採取も行った。

餌料プランクトン試料は、分析機関により測定中およびデータの取りまとめ中のため、POMと動物プランクトンの測定方法についてのみ概述する。冷凍保存で持ち帰った試料は凍結乾燥処理により乾燥した後、乾燥重量を測定した。POMは重量測定後に塩酸を用いて脱炭酸処理を行い、一部の動物プランクトン試料については、クロロフォルム:メタノール混合溶液を用いて試料の脂質を除去した。前処理(脱炭酸、脱脂)が終了した試料は、0.01mgの精度で秤量し、分析用スズ箔に封入した。封入試料を用いて連続フロー型同位体比質量分析計により、C,N重量及び安定同位体比( $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ )を測定した。

重量・同位体分析用の動物プランクトン試料は不織布袋を用いて海水を除去したが、サンプル量が多い際には水分が抜けにくく、袋内で塊状になることがあり、冷凍に時間を要することが懸念された。サンプル量が多い場合は、サンプルの分割や直径の大きなメッシュフィルターを用いてサンプルを薄層状に展開する事により、短時間で冷凍保存出来るように手法の検討を行う必要が有る。

【図表など】

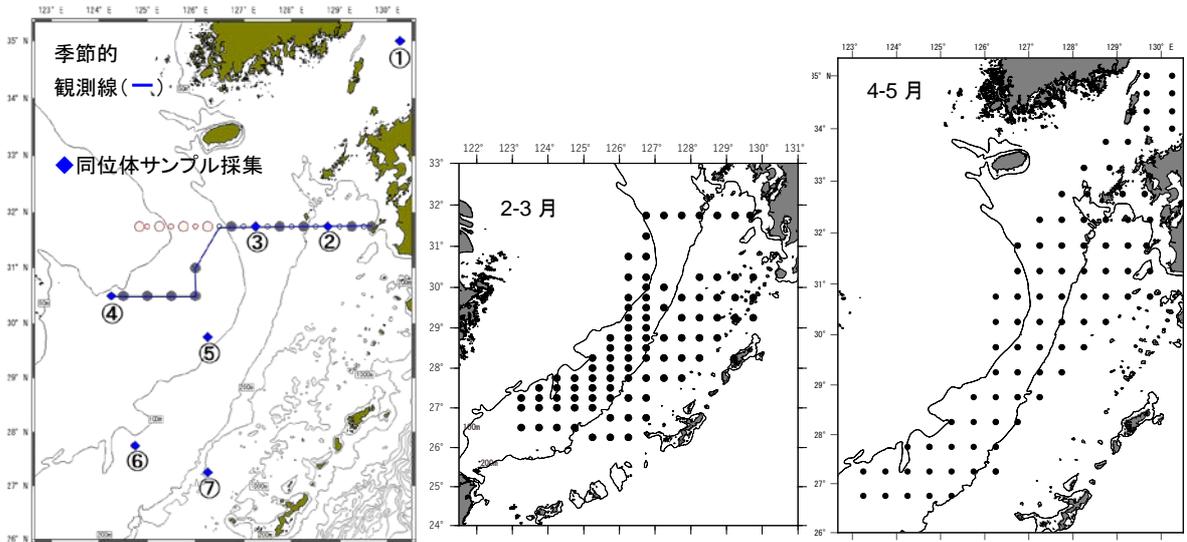


図1. 季節的観測線（-）及び同位体分析用サンプル採集地点（◆）。季節的観測線にな  
い測点①は4月下旬、測点⑤⑥⑦は4月下旬及び2月下旬～3月上旬にのみ採集した。

表1. 採取サンプル一覧

航海ID	年	月	LNPネット		メタゲノム		重量 / SI比	採水				栄養塩			GHL			
			種組成	Meso ZP	Nauplius	ZP		卵	Metagenome		POM	HPLC	Micro PL	NO <sub>3</sub> <sup>+</sup> NO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	GF/F	2 μm
							0.2 μm & 1 μm		Sterivex									
YK1811	2019	2	13		2	2	2	4		12	4	4	○	○	○	○	○	○
YK1812	2019	2-3	95	95	4	4	4	10		24	23	23	○	○	○	○	○	○
YK1901	2019	4-5	89	10	5	5	5	10	10	28	28	28	○	○	○	○	○	○
YK1905	2019	6-7	27		3		3	6	6	22	15	15	○	○	○	○	○	○
YK1906	2019	7	15		3		3	6	6	18	17	17	○	○	○	○	○	○
YK1909	2019	10	16		3		3	6	6	18	17	17	○	○	○	○	○	○
YK1911	2020	2	15		3		3	6	6	18	17	17	○	○	○	○	○	○
YK1912	2020	2-3	100	100	5	5	5	10	10	24	26	-	○	○	○	○	○	○

メタゲノム分析用試料と色素分析用試料(HPLC)は他課題に引き渡した。

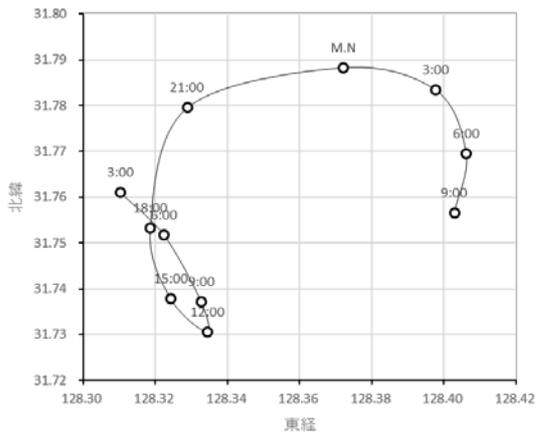


図2. GPS ブイの追跡による3時間  
毎の観測地点(7月航海). VMPSによる  
動物プランクトン採集は9:00から  
翌朝9:00まで9回実施した。

#### 【実施に当たったの問題点、次年度への課題】

- ・本課題は3か年で実施する予定であったが、事業の方針転換により本年度で終了となった。次年度からは資源評価・調査事業において餌料環境調査を実施する予定。

#### 【成果の発表】

- ・北島 聡 (2019) プランクトンサンプルと胃内容物にみる対馬暖流域の小型浮魚類の生活史初期の生態 令和元年度第一回境港地区漁海況連絡会議

## 2. 資源環境ネットワーク

### (1) 資源環境情報の新規取得、測器等の実証

#### 4) 黒潮周辺海域での多獲性浮魚類の産卵親魚および仔稚魚の餌料環境の分析

#### 【参画機関】

水産研究・教育機構 中央水産研究所・西海区水産研究所

#### 【対象魚種】

海洋環境 (マイワシ・マサバ・ゴマサバ・カタクチイワシ・サンマ・マアジ)

#### 【対象漁業】

シラス漁、サバ棒受網、沿岸定置網等

#### 【実施計画】

マイワシ・マサバ等の多獲性浮魚類の成長・生残において、餌料環境は重要な環境条件の一つである。これらの魚種は、成長・生残を決定する仔魚期にはカイアシ類ノープリウス幼生等の小形の動物プランクトンを餌料としている。これらの餌料プランクトンはサイズが小さいため、魚卵の採集に用いられている目合 334.5 $\mu$ m のプランクトンネットでは定量的に採集できない。このため、都府県の定線調査等を利用して体系的な採集を行うことが困難となっている。また近年は、資源量推定等高精度化事業等により、産卵親魚の餌料環境もその後の仔稚魚の成長・生残に重要であることが明らかになりつつある。産卵親魚の餌料環境については、試料の採集体制は整っているものの予算上の制約等により分析が行われていないものが大半である。本課題は、これらの問題点を解決し、仔魚および産卵親魚の餌料環境についての情報取得をモニタリング体制に組み込むことを目標とする。

仔稚魚の餌料環境については、各調査点でのノープリウス幼生の分布量を効率よく観測するための手法を開発する。同手法は各都府県の定線調査でも実施可能なものとするを目標とし、採集法・採集層および試料処理の手法を検討する。産卵親魚の餌料環境は卵稚仔調査で得られるプランクトン試料のうち、分析が行われていない試料の分析によって取得する。分析対象とする主要な調査は、東シナ海(陽光丸)、冬春季土佐湾～駿河灘(北鳳丸・蒼鷹丸)、春季伊豆～黒潮・黒潮統流域(北鳳丸)のほか、参画機関の実施する定線調査(0-line、CK-line)を利用する。

### 【今年度の成果】

- ・採水量の検討のため、同測点の同じ深度から試水量を変えてそれぞれ複数のデータセットを作成した。50m 以浅でノープリウス幼生の分布密度が低い（10 個体  $L^{-1}$  以下）場合にも変動係数を 0.3 以下とするには 3L 程度の試水が必要であった。
- ・ノープリウス幼生の鉛直分布は、黒潮内側域および亜熱帯循環域においてはクロロフィル濃度の鉛直分布と同じ傾向を示した。黒潮流軸においてはクロロフィル濃度が亜表層で極大をとった一方でノープリウス幼生の密度は表面付近で高かった。また、表面と 10m 層の違いは少なかったが、10m 層と 30m 層または 50m 層の間には数倍の増減が見られた。
- ・上述の結果から、30m 層以下も含めて水柱内のノープリウス幼生の分布密度を得たい場合は複数層の観測が必須であると考えられた。
- ・プランクトンネット曳網と採水の比較のための試料セットを 5 組取得した。

### 【実施概要】

春季の駿河灘（蒼鷹丸）および伊豆海嶺周辺海域（北鳳丸）、冬・春季の東シナ海（陽光丸）において、海洋観測を実施した（図 1）。

仔稚魚の餌料環境としてノープリウス幼生の密度推定手法を検討した。鉛直分布推定のための各層採集（採水）、プランクトンネット曳網と採水の比較のための試料セットの取得、採水量の検討のための試料セットの取得のための観測と試料の分析を行った（図 2・図 3）。

産卵親魚の餌料環境として、サバ類の産卵場周辺でのプランクトンネット観測および試料の分析を行った。