

I 課題名

水産基盤整備調査委託事業 沖合域漁場整備の事業化検討

II 実施機関名、部局名及び担当者名

一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所
第2調査研究部
伊藤 靖、松本 卓也、三浦 浩

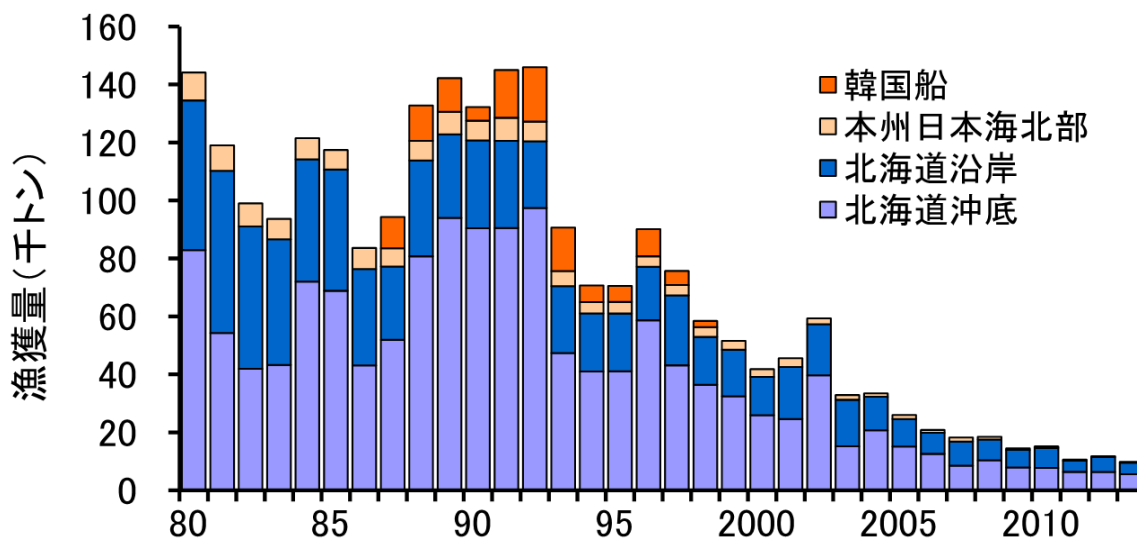
III 実施年度

平成 25・26 年度

IV 緒言

1. 目的

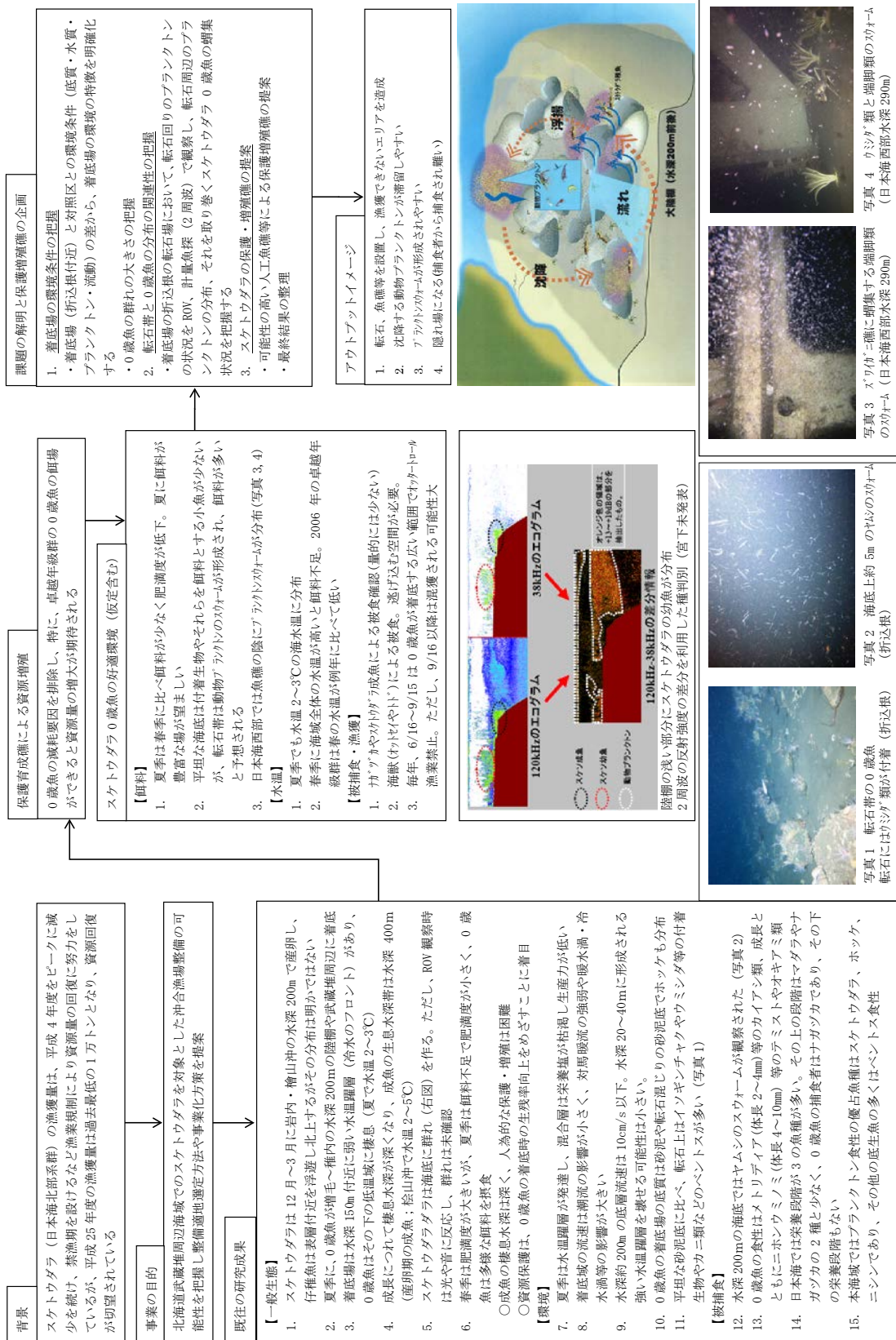
スケトウダラ（日本海北部系群）の漁獲量は、1992 年度（平成 4 年度）の 14.6 万トン
をピークに減少を続けている。2013 年度（平成 25 年度）の漁獲量は過去最低の 1 万トン
となっており、資源回復が切望されている（図IV-1）。本業務の目的は、スケトウダラ（日
本海北部系群）の資源量の回復を目標とし、沖合漁場整備の可能性を検討することとその
課題を明らかにすることである。



図IV-1 スケトウダラ日本海北部系群の漁獲量の推移
出典；平成 26 年度スケトウダラ日本海北部系群の資源評価

本調査では過年度に実施された調査である「沖合域漁場整備の手法開発」の結果を受け、
図IV-2 に示す開発計画を作成した。0 歳魚が着底する環境を把握することに重点を置き、2
カ年に分けて、調査を実施した。

スケトウダラの保護増殖礁の開発計画



図IV-2 本業務の開発計画

V 調査方法

1. 平成 25 年度調査方法

スケトウダラ 0 歳魚の生息環境を知るために、0 歳魚の分布箇所（着底域）と非分布箇所（非着底域）を設定し、両地区の環境の比較から、0 歳魚が分布する海域の環境を把握することとした。両区は、過去に稚内水産試験場が実施したトロール調査結果や過年度に実施した ROV 調査結果を参考として選定し、8 月 2 日にスケトウダラの有無を計量魚探で計測し両区の位置を決定した。なお、8 月 7 日に実施した ROV 調査でスケトウダラの有無を確認した。

両区において環境調査を実施した。着底域では平成 24 年度に海底上約 100m までの流速測定を実施していることから、平成 25 年度は非着底域において同様な調査を行った。平成 25 年度は両区において新たに底質の粒度分析とマクロベントス調査を実施した。

なお、漁獲調査については、海況の関係からトロール調査を 10 月に実施し、胃内容物調査や CN 安定同位体解析を実施した。

下表に各調査の目的と実施日を示す。

表 V-1-1 各調査の目的と調査実施日

項目	測定対象	調査目的	着底域	非着底域
水質調査	STD;鉛直プロファイル	水塊構造の把握	8/2	8/2
	採水;6層(栄養塩)	海域の生産性を把握するための栄養塩濃度の把握	8/2	8/2
植物プランクトン調査	採水;6層;	礎生産の状況の把握	8/2	8/2
動物プランクトン調査	鉛直曳き;3層	餌料生物の分布の把握	8/2	8/2
底層の流動環境調査	水深 100m~200m ADCP (24 層) による 20 昼夜の計測	0 歳魚が着底していない非分布域における底層の流動環境の把握	H24	8/2~ 8/22
計量魚探調査	魚群反応調査	スケトウダラ 0 歳魚の分布範囲の把握 着底域、非着底域の選定	8/1~8/3 武蔵堆周辺海域	
ROV 調査	海底状況の動画、静止画撮影	0 歳魚の生息位置の特定と生息環境の把握および 0 歳魚の非分布域の確認	8/7	8/7
0 歳魚や底魚の食性調査	胃内容物調査	0 歳魚の食性把握 スケトウダラを含む底生魚の食性の把握と捕食者の抽出	トロール漁獲調査 8/22~8/29 9/9~9/11	
安定同位体比分析	魚体・胃内容物・動物プランクトン	0 歳魚を中心とした食物連鎖の把握、捕食者の抽出	10/8~10/22 武蔵堆周辺海域	

1.1 スケトウダラ着底幼魚及びホッケ・ミズダコの分布把握

1.1.1 計量魚探調査の方法

1) 着底域と非着底域の選定

過年度の調査結果（下図参照）から北緯 45 度のライン上では仙法志堆沖の水深 200m 付近（着底域付近）にスケトウダラ 0 歳魚が分布し、武蔵堆の北西側の同水深帯（非着底域付近）には分布しにくいことが予想された。そこで計量魚群探知機によりこの測線上を計測し、計測結果を元に着底域と非着底域を最終的に決定した。海況条件により、Line1～3 は昼間計測、Line4,5 は夜間計測となった。

さらに、スケトウダラ 0 歳魚が分布する着底域付近では、水深 150～230m の範囲をジグザグ航行し、スケトウダラの分布密度を計測することとした（図中の AreaD）。使用船舶、調査日を以下に示す。

表 V-1-2 計量魚探調査の調査船舶と調査機器

使用船舶	北海道大学水産学部附属練習船うしお丸（全長 39.39m、総トン数 179 t）
計量魚探	EK60（Kongsberg Simrad 社）、38kHz（1 周波数）、検出可能水深 1,000m
調査日	平成 25 年 7 月 31 日～8 月 3 日

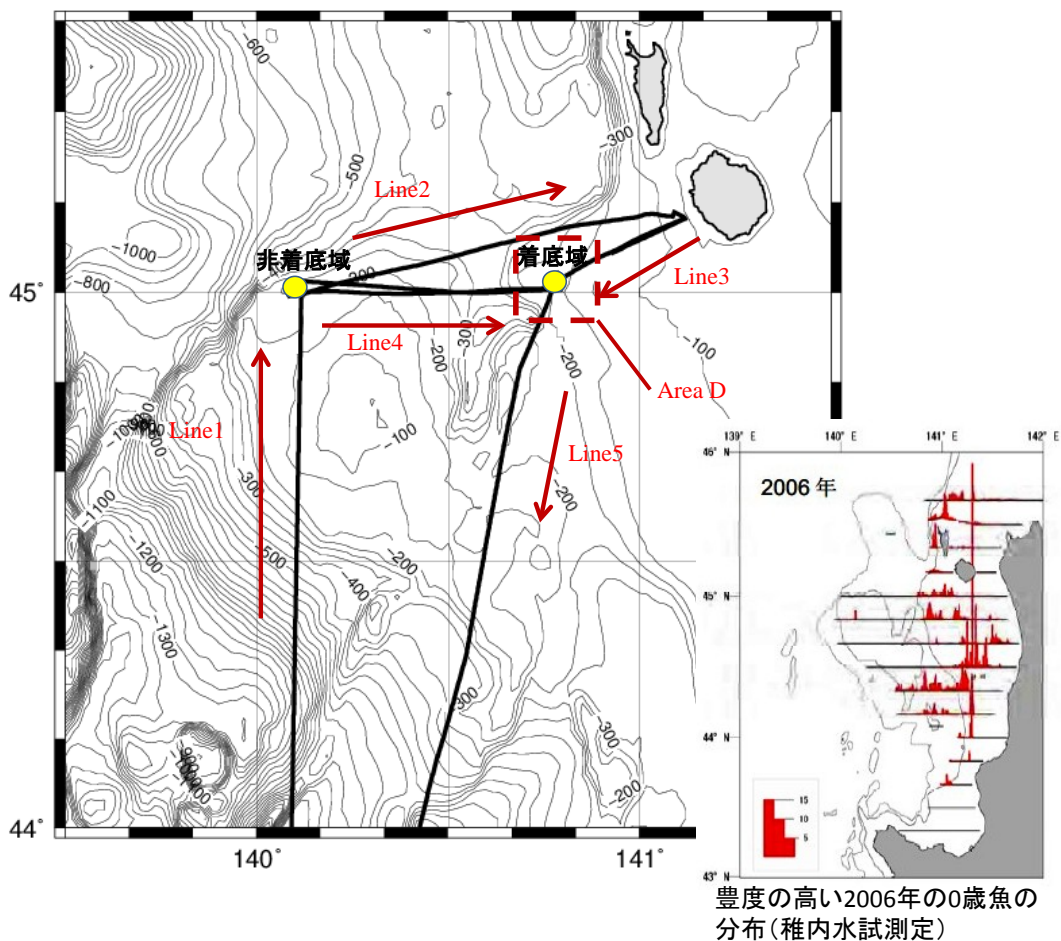


図 V-1-1 計量魚探調査の測線

2) スケトウダラ 0 歳魚の分布量の解析方法

本調査で使用した計量魚探は 1 周波数 (38 kHz) であることから、反射の強さと水深 100 ~200m に分布する魚群の形状からスケトウダラ 0 歳魚を区別した。スケトウダラ 0 歳魚は昼間は海底付近に分布するため、海底の反射に魚影が重なってしまうが、夜間は浮上するので魚影を分離しやすい。そこで、夜間計測を実施した Line4、5 および面的分布の把握のためにジグザグ走行をした AreaD を解析対象とした。

魚体からの音波の反射の強さは TS (Target Strength、魚探反応の強さ) として記録される。スケトウダラ成魚の基準となる TS は -66.0dB を用いるのが一般的である (Foote and Traynor, 1988)。また、夏季の調査時期の 0 歳魚の体長は、 $FL \approx 9\text{cm}$ なので、TS 式 (貞安一廣 2005) である ($TS=26.57\log(FL\text{cm})-74.3$) から、TS は -48.7dB とした。

魚群探知機の反応から、スケトウダラの 0 歳魚の魚群の形状を判断する際には、稚内水産試験場の助言を受けた。0 歳魚と判別した魚群以外の反応は、解析対象から除外した。

魚探反応の画像と魚群の TS の頻度分布を求め、スケトウダラ 0 歳魚の魚群の TS の頻度分布は、-60dB ~ -40dB の反応が多く、-50dB 付近に最頻値が判ったので、TS の頻度分布で -60dB ~ -40dB の間に最頻値が無い場合は、スケトウダラ 0 歳魚の分布密度の解析の対象から除外した。

1.1.2 ROV 調査の方法

魚群の確認のため、着底域と非着底域において ROV による目視調査を実施した。

1) ROV の仕様

使用した ROV の仕様を図 V-1-2 に示した。船上の GPS 装置および水中位置検出装置 (トランスポンダ) を使用し、海底での ROV 本体の位置を測定した。事前に調査船 (漁船) にシステム一式を艀装し、港内にて正常に稼動することを確認した。



- ・水深 250m 以上対応 (トリムコントロール)
 - ・18 倍ズーム付 TV カメラ
 - ・スチールカメラ対応 (銀塩、デジタル)
 - ・後部低照度 TV カメラ
- (最低被写体照度 カラー : 0.1lux、白黒 : 0.006lux)
- ・高解像度カラーキャニングソーナー
 - ・水中位置検出装置 (トランスポンダ)
 - ・水温・濁度計付き

図 V-1-2 使用した ROV (RTV-200MK II EX ; 三井造船(株)製) の仕様

2) ROV 調査の観察方法

0 歳魚の着底域に到着後、調査船の音探映像によってスケトウダラの魚影を探索し、ROV を海底に着底させ、0 歳魚のスケトウダラの分布を確認した。0 歳魚を発見した場合、それを追尾しながら海底の状況を動画や静止画像として記録した。1 潜航あたりの実観察時間は 16～21 分の範囲であった。

非着底域においては、ROV を海底上で航行させ、魚類を探索し、スケトウダラが分布していないことを確認した。

表 V-1-3 非着底域および着底域における ROV 調査の位置

地名	非着底域	着底域	着底域付近
調査年月日	平成 25 年 8 月 7 日		
調査位置 (世界測地系)	N 44° 59.855' E 140° 04.975'	N 45° 00.344' E 140° 46.435'	N 45° 00.580' E 140° 6.675'
水深	195～200m	183～189m	164～165m
底質	砂泥	砂泥	泥
観察時間	約 16 分	約 18 分	約 21 分

1.2 餌料生物の把握のための調査方法

1.2.1 物理環境調査

1) 水質調査

平成 25 年 8 月 2 日に非着底域および着底域において、うしお丸船上から多項目水質計 (JFE アレック製) を垂下し水質調査を実施した。計測項目は、水温、塩分、クロロフィル a、D0 および水深であり、鉛直方向の測定間隔は 1 m である。

2) 栄養塩調査

うしお丸船上からバンドン採水器を垂下して採水した。6 層の採水とし、各地点の水深を概ね 6 分割し、躍層を考慮して極力躍層の水深に合わせることにした。水質の分析項目は、DIN (アンモニア態窒素 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、亜硝酸態窒素 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、硝酸態窒素 $\text{NO}_3\text{-N}$)、リン酸態リン $\text{PO}_4\text{-P}$ 、珪酸態珪素 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の計 5 項目とした。試料の一部は、植物プランクトンの分析に供した。

3) 流況調査

過年度調査ではスケトウダラ 0 歳魚の分布箇所 (着底域付近) において ADCP 流速計で海底面上約 100m までの 24 層の流向流速を測定した。

平成 25 年度では非着底域の海底に ADCP 流速計を設置し 15 昼夜以上の流速を計測することとした。平成 25 年 8 月 2 日に非着底域の水深 180m に ADCP 流速計を設置し、8 月 22 日に回収した。設置はうしお丸で行い、回収は漁船で実施した。海底面上 6m から 98m までの 24 層の流速を 20 日間測定した。

本海域は、カゴ漁業、刺網漁業、底曳網漁業が輻輳する海域であることから、流況調査には、ADCP (RD 社製ワークホース・センチネル 300kHz) を音響切り離し装置付架台 (フローテーション社製: TRBM) に固定する海底設置型超音波式流速計 (TRBM-ADCP) を使用した。本測器は自力の浮上機能があり、浮上信号を音波で発信することで機器を回収できる。こ

のため、係留系を使用せずに漁業等の支障にならない利点がある。

1.2.2 プランクトン調査

プランクトン調査を平成 25 年 8 月 2 日に非着底域及び着底域において実施した。各サンプルの一部は安定同位体分析に使用した。

1) 植物プランクトン

植物プランクトンの採集には、前述のバンドン採水器を用い、採水試料に含まれる植物プランクトンを分析に用いた。植物プランクトンの同定は躍層下までの 4 層とした。試料は実験室において生物顕微鏡を用いてプランクトン種の同定を行い、種毎に細胞数を計測した。植物プランクトンについては、種組成の分析のみならず安定同位体分析を行うので、採水試料を XX13(動物プランクトンネット) で濾過後、海水 3 リットルを WhatmanGF/F フィルターで濾過し、そのフィルターを冷凍して研究室に持ち帰り、試料の分析を行った。

2) 動物プランクトン

動物プランクトンの採集には、プランクトンネット (Fast Sinking Net ; 改良型がまぐちネット閉鎖型(口径 60cm・目合 60 μ m)) を用いて、海面から海底面までを 3 層(上層、中層、下層)に分けてネットの鉛直曳きを行った。試料はホルマリン固定して実験室に搬入し、分類群ごとに個体数、湿重量を計測した。また、採集した資料の半分は安定同位体分析に使用するため、冷凍保存して実験室に持ち帰り、試料の分析を行った。

1.3 底層環境の把握のための調査方法

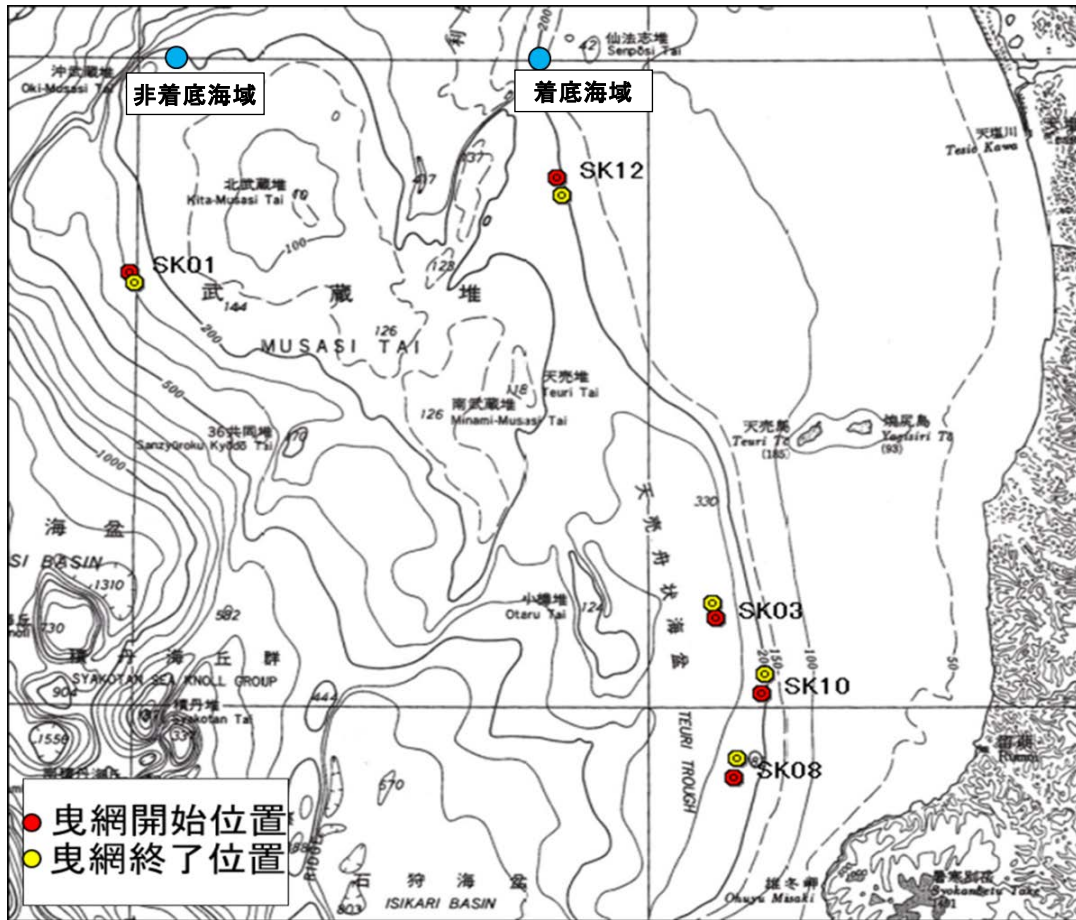
採泥にはスミス・マッキンタイヤ採泥器(グラブ型採泥器)を使用した。着底域(8月22日)および非着底域(8月7、22日)において実施した。採泥は各区で2回以上実施し、1サンプルを粒度分析、2サンプルを底生生物用とした。全量が少ない場合には、再度採泥を実施した。

採取した試料は、粒径試験(フルイ試験+比重試験)、強熱減量測定、安定同位体分析を行った。また、1mm目合いのフルイで漉し取り、フルイに残った底生生物(マクロベントス)について出現種別個体数と湿重量を計測した。マクロベントスの一部は安定同位体分析に使用した。

1.4 漁獲調査の方法

1.4.1 漁獲物調査

武蔵堆周辺海域において、地方独立行政法人北海道立総合研究機構水産研究本部により、平成 25 年 10 月 10 日~10 月 21 日にトロール調査が実施された。そこで採集された標本(スケトウダラ稚魚、スケトウダラ成魚、マダラ、ナガヅカ等)の提供を受け、消化管内容物や CN 安定同位体解析に供した。消化管内容物調査については、北海道大学大学院水産科学研究院海洋生物資源科学部の桜井泰憲教授、CN 安定同位体解析については、東北大学大学院農学研究科水圏資源生態学分野の伊藤絹子助教に協力を得た。



図V-1-3 平成25年度(2013年)のトロール調査位置
(トロール調査の実施機関; 北海道立総合研究機構水産研究本部)

1.4.2 消化管内容物調査

1) スケトウダラ0歳魚の食性、餌環境調査の方法

スケトウダラ幼魚の食性、餌環境、栄養状態を把握する目的で以下の調査を実施した。分析の対象は、平成23~25年(2011~2013年)の8、9、10月に稚内水産試験場が実施したトロール調査で得た0歳魚の試料を標本とした。各調査点では、メモリ式水温計で水温の鉛直分布が測定されていた。標本は10%中性ホルマリン溶液で固定後、各地点において最大100個体を無作為に抽出し、尾叉長、重量を測定した。

胃内容物の分析は1地点につき最大30個体を対象とした。ただし、空胃個体は分析から除いた。胃内容物はろ紙で水分を除き、胃内容物重量を測定した。

餌生物は、実体顕微鏡を用いて可能な限り種まで同定し、餌項目毎に個体数割合(N:%)、重量割合(W:%)、出現頻度(F:%)、相対重要度指数(IRI:%)を求めた。ここで、重要度指数とは、次式に示すように、各餌項目の重量を出現頻度、個体数によって重みづけした指数である。また、栄養状態の指標として肥満度(CF)、摂餌強度の指標として胃内容物重量指数(SCI)を算出した。

$$IRI_i = (N_i + W_i) \cdot F_i$$

ここで、 $F_i\%$ = 餌生物 i の出現頻度

$N_i\%$ = 餌生物 i の個体数組成

$W_i\%$ = 餌生物 i の重量組成

$IRI\% = IRI_i / \sum IRI_i \times 100$ (相対重要度指数)

肥満度 $CF = BW / \text{体長} \times 100$

胃内容物量指数 $CI = SCW \times 102 / BW$

ここで、 SCW ; 胃の内容物量 g 、 BW ; 体重 g

動物プランクトンは、幼魚標本を採取した各地点で NORPAC ネットにより標本を採取した。さらに、主要な餌生物と考えられる端脚目クラゲノミ科の *Themisto spp.* とカラヌス目メトリディア科の *Metridia pacifica* の重量割合を算出した。これらの結果より、幼魚の胃内容物と餌環境の年変化や肥満度の関係を検討した。

2) スケトウダラ 0 歳魚の捕食要因調査の方法

スケトウダラを含む底生魚類の食性を調査し、被食スケトウダラの体長と分布の関係から、北海道西部日本海域におけるスケトウダラ稚魚に対する捕食・共食いが発生する要因を検討した。

2013 年夏季(8 月 22 日-29 日、9 月 9 日-11 日)と秋季(10 月 8 日-10 月 22 日)に、北海道西部日本海にて、稚内水産試験場所有の調査船北洋丸による着底トロール調査(曳網時間 30 分、曳網速度 3kt)が実施された。

調査海域は天狗の鼻東部沖(仙法志堆沖)、武蔵堆西部、留萌沖の 3 区域に分けた。調査水深帯については、150~230m、230~300m、>300m をそれぞれ、浅層部、中層部、深層部とした。対象種は、スケトウダラ成魚、ナガヅカ、トクビレ、マダラの 4 種とした(ただし、9 月調査ではスケトウダラのみ採集)。

採集した魚類標本は、各地点において、各魚種で最大 30 個体を無作為に抽出し、冷凍保存した。ただし、スケトウダラに関しては大型個体(30cm 以上)を対象とした。解凍後、種ごとに個体数、体長および重量を計測した。胃内容物分析では、抽出した胃袋を 10% 中性ホルマリン溶液で固定した。胃内容物は湿重量を測定し、種の同定を行った。空胃個体を除き 10 個体以上ある魚種において、各餌種の出現頻度(%F)、湿重量(%W)、個体数割合(%N)から、相対重要度指数(%IRI)を算出した。

被食時の体長を調べるため、被食されたスケトウダラ耳石長から体長を推定した。吉田ら(1980)に従い、秋季調査で得られたスケトウダラ稚魚冷凍個体(118 尾)の耳石長-尾叉長から関係式を求めた。胃中にある耳石の最長部を電子ノギスで 0.1mm まで測定し、復元体長、尾数を調べた。

3) CN 安定同位体比分析の方法

過年度調査では植物・動物プランクトン、スケトウダラの 0 歳魚の胃内容物、成魚や捕食者と想定される魚類について炭素と窒素の安定同位体比を計測した。平成 25 年度はさらに底質およびベントスを加えて、武蔵堆周辺海域の食物関係を明らかにすることとした。

炭素・窒素の安定同位体比の分析はスケトウダラ、マダラ、ナガヅカ、動・植物プランクトン、ベントス、底質を対象とした。魚類は 2013 年 10 月に採取されたものを対象に分

析した。冷凍保存し、分析直前に凍結乾燥後、粉末にしてから脱脂処理（クロロフォルム・メタノール処理）を行い、錫コンテナに封入した。動・植物プランクトン、ベントス、底質サンプルは2013年8月に採集されたものを対象に分析した。プランクトンは60℃で24時間乾燥とし、動物プランクトンは種類別に分けて、錫コンテナに封入した。植物プランクトンはフィルターを成形して錫コンテナに封入した。底質サンプルについては塩酸処理を施し、無機炭素を除去後、錫コンテナに封入した。炭素・窒素安定同位体比の分析は、Finnigan MAT社(ドイツ)のDELUTA plusを用いた。本分析計の分析精度は±0.2‰である。

1.5 ホッケとミズダコの生態の整理

スケトウダラの0歳魚の着底海域に分布する可能性のあるホッケとミズダコの生態を文献調査により整理した。

1.6 着底幼魚を対象とした漁場整備方法の検討

調査結果を取りまとめ、スケトウダラ着底幼魚を対象とした適地選定、保護育成礁等の漁場整備方法の検討を行い、今後に解決すべき事項を整理した。

2. 平成 26 年度調査方法

スケトウダラ 0 歳魚の生息環境を把握するために、0 歳魚の分布箇所（調査区）と分布の少ない箇所（対照区）を設定した。両区の設定は、過年度の ROV 調査結果を参考にして決定した。

両区において水質調査、植物プランクトン調査、動物プランクトン調査、採泥調査、サイドスキャンソナーによる底質調査、計量魚探調査、ROV 調査、トロール漁獲調査を行った。

なお、トロール漁獲調査（北洋丸）のサンプルを用いて、胃内容物の分析と CN 安定同位体分析を行った。

下表に各調査の目的と実施日を示す。

表 V-2-1 各調査の目的と調査実施日（平成 26 年度）

項目	測定対象	調査目的	調査区と対照区
水質調査	STD, XBT ; 鉛直プロファイル	水塊構造の把握	6/10~15, 7/1~2, 7/7~8
	採水 ; 6 層(栄養塩)	海域の生産性を把握するための栄養塩濃度の把握	8/22
植物プランクトン調査	採水 ; 6 層	基礎生産の状況の把握	8/22
動物プランクトン調査	鉛直曳き ; 3 層	餌料生物の分布の把握	7/1~2, 8/22
採泥調査	グラブ型採泥器	底質の粒度組成の把握、底生生物の把握	8/7~8
サイドスキャンソナー調査	海底音響画像 海底面の底質分布	0 歳魚が着底している底質の特性の把握	6/9~15
計量魚探調査	魚群反応調査	スケトウダラ 0 歳魚の分布範囲の把握 調査区、対照区の設定	7/1, 8/22
ROV 調査	海底状況の動画、静止画撮影	0 歳魚の生息位置の特定と生息環境の把握および 0 歳魚の非着底域の確認	8/8
0 歳魚や底魚の食性調査	胃内容物調査	0 歳魚の食性把握 スケトウダラを含む底生魚の食性の把握と捕食者の抽出	トロール漁獲調査 (8月)
安定同位体比分析	魚体・胃内容物・動物プランクトン	0 歳魚を中心とした食物連鎖の把握、捕食者の抽出	※武蔵堆周辺海域 (北洋丸)



図V-2-2 調査区（転石域）と対照区（砂泥域）の位置図
 （※調査範囲は 2km×2km で水深 170～200mとした）

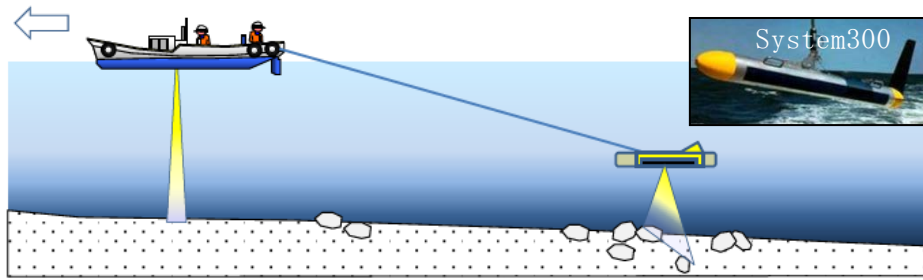
2.1.2 サイドスキャンソナーによる底質判別調査の方法

おしよろ丸（北海道大学所有；全長 72.85m、総トン数 1396t）にサイドスキャンソナー（KLEIN 社の System3000）を艀装して、底質判別の調査を実施した（図V-2-3）。サイドスキャンソナーのケーブル用ウィンチ（約 1.5 t）をおしよろ丸の後部甲板に溶接で固定し、センサーを水深 150m 程度まで潜航させて曳航した。ケーブル長は約 400m 以上である

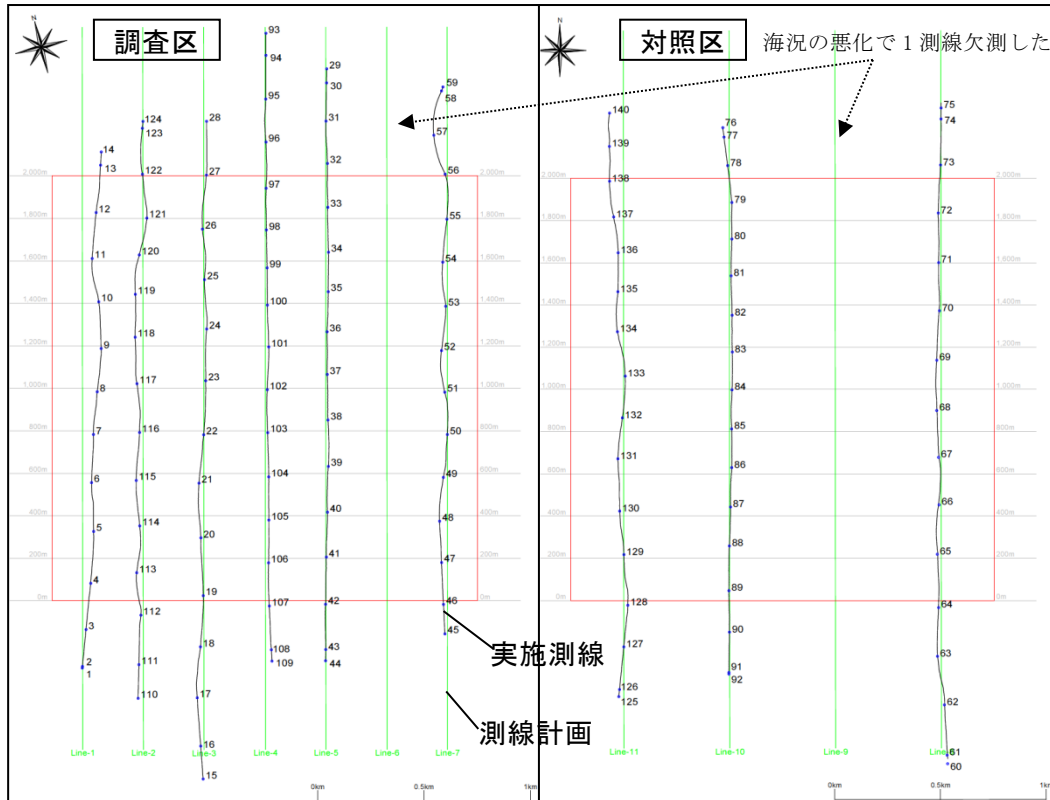
調査測線を図V-2-4に示した。調査区は海底性状が複雑であると想定されたため、測線間隔を密とした。測得したサイドスキャンソナーの音響画像から、海底の性状を泥、砂、転石、転石（密集）の4つに区分し、海底性状図を作成した。

表V-2-2 サイドスキャンソナー調査の調査船舶と調査機器

使用船舶	北海道大学水産学部附属練習船おしよろ丸(全長 72.85m、総トン数 1396t)
サイドスキャンソナー	KLEIN System3000 (周波数 500kHz, ビーム 0.2°, レジ 片舷 150m)
調査日	平成 26 年 6 月 9～15 日



図V-2-3 サイドスキャンソナー調査の概要



図V-2-4 サイドスキャンソナー調査の測線

2.1.3 計量魚探調査の方法

1) 計測方法

計量魚探は、異なる周波数の音波の反射強度を用いると、動物プランクトンや魚類の分布を分離して計測することができ、それぞれについて計測センサーの直下の生物量を推定可能である。うしお丸では 38kHz、120kHz、200kHz の 3 周波数の測定が可能であるが、スケトウダラや動物プランクトンの解析には、38kHz と 120kHz の 2 周波数を用いて、それぞれの密度を算出することにした。

計量魚探の計測範囲は直下に限定されるため、海底形状が複雑な調査区は測線間隔を狭くして動物プランクトンやスケトウダラの生息密度を詳細に解析した。調査測線を図V-2-5に示した。測線上をGPSで誘導しながら計量魚探のデータを記録し、計測された水深データを使用して調査範囲の等深線図を作成した。

表 V-2-3 計量魚探調査の調査船舶と調査機器

使用船舶	北海道大学水産学部附属練習船うしお丸（全長 39.39m、総トン数 179 t）
計量魚探	EK60（Kongsberg Simrad 社）、38kHz, 120kHz, 200kHz (3 周波数)
調査日	平成 26 年 7 月 1 日、8 月 22 日

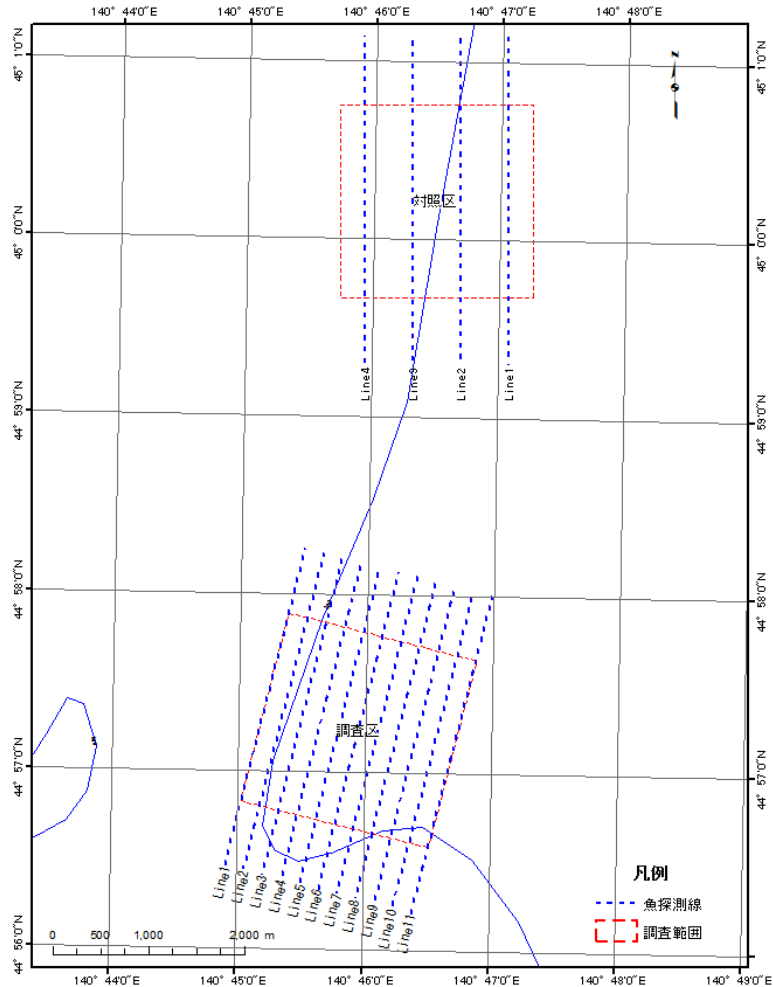


図 V-2-5 計量魚探調査の測線

2) スケトウダラ 0 歳魚の分布量の解析方法

サイズの小さな動物プランクトンは 38kHz では反応強度が小さいが、120kHz では強く反応する特性がある。この原理を応用し、魚類と動物プランクトンに魚探反応を分離した（差分法）。当 WG 委員の志田修氏の指導に従い、差分法で分離した魚類の反応からスケトウダラ 0 歳魚と異なる反応を除去した。

2.1.4 ROV 調査の方法

底質と魚群の確認のため、調査区と対照区において ROV による目視調査を行った。

1) ROV の仕様

使用した ROV は平成 25 年度と同様である。船上の GPS 装置および水中位置検出装置（ト

ランスポンダ)を使用し、海底での ROV 本体の位置を測定した。事前に調査船(漁船)にシステム一式を艀装し、港内にて正常に稼動することを確認した。

2) ROV 調査の観察方法

ROV 調査は 8 月 7 日、8 日に実施した。調査海域に到着後、調査船の魚探映像によってスケトウダラの魚影を探索した。その後、ROV を海底に着底させ、0 歳魚のスケトウダラの分布状況を確認した。また、海底の底質や転石の付着生物の状況を静止画と動画に記録した。1 潜航あたりの実観察時間は 10~52 分の範囲であった。表 V-2-4 に示すように、調査区では底質の違いを確認するため場所を変えて 7 回潜航した。対照区では地形が平坦であるため 2 回のみ潜航とした。

表 V-2-4 対照区および調査区における ROV 調査の位置(平成 26 年)

地点名	調査区							対照区	
	No.	1	2	3	4	5	6	7	1
月 日	8 月 7 日	8 月 8 日							
時 間	19:00	4:30	5:30	7:00	8:15	10:00	18:00	17:30	14:00
水深(m)	169~171	171~173	171~172	173~176	197~200	171~177	157~158	167~194	160~161
底 質	岩盤, 砂	砂泥, 転石	砂泥, 岩盤	砂泥, 転石	泥, 転石	転石, 岩盤	岩盤, 砂泥	泥	泥
観察時間	約 40 分	約 24 分	約 41 分	約 36 分	約 29 分	約 52 分	約 24 分	約 32 分	約 10 分

2.2 餌料生物の把握のための調査方法

2.2.1 物理環境調査

1) 水質調査

平成 26 年 7 月 1 日~2 日、8 月 7 日~8 日及び 8 月 22 日に多項目水質計 CTD (JFE アレック製)を用いて水質の鉛直測定を実施した。調査位置は、調査区と対照区の中央で実施した。表 V-2-5 に調査位置を示した。多項目水質計により水温、塩分、クロロフィル a、DO の鉛直分布を測定した。鉛直方向の測定間隔は水深 1m 間隔で測定した。

8 月 22 日には、多層式採水器を使用して、鉛直方向の 6 層において採水し、栄養塩の分析を行った。調査地点の水深を概ね 6 等分するように採水深を設定し、CTD で確認した水温躍層を考慮して、水温躍層の水深帯および水温躍層の上層と下層で採水することとした。

採取した水質の分析項目は、DIN(アンモニア態窒素 NH₄-N、亜硝酸態窒素 NO₂-N、硝酸態窒素 NO₃-N)、リン酸態リン PO₄-P、珪酸態珪素 SiO₂-Si の計 5 項目とした。

表 V-2-5 CTD による水質調査位置の座標一覧

年月日	調査地点	北緯	東経
7月1日~2日	調査区	44° 57' 12.60"	140° 45' 59.10"
7月1日~2日	対照区	45° 00' 14.80"	140° 46' 43.90"
8月7日	調査区No1	44° 57' 02.20"	140° 45' 58.50"
8月7日	調査区No2	44° 57' 03.30"	140° 45' 39.90"
8月8日	調査区No3	44° 57' 35.40"	140° 46' 17.60"
8月7日	対照区No4	45° 00' 12.90"	140° 46' 12.60"
8月8日	対照区No5	45° 00' 12.80"	140° 46' 25.20"
8月8日	対照区No6	45° 00' 12.80"	140° 46' 37.80"
8月22日	調査区	44° 57' 14.09"	140° 45' 59.52"
8月22日	対照区	45° 00' 19.53"	140° 46' 42.90"

2.2.2 プランクトン調査

1) 植物プランクトン

平成 26 年 8 月 22 日に植物プランクトン調査を実施した。表層、躍層上、躍層、躍層下の 4 層において、多層式採水器で採水し、試料を分析した。種組成の分析の他に安定同位体の分析も行うため、採水試料を 0.1mm 目合のプランクトンネットで濾過後、海水 2 リットルを 0.7 μm ガラスフィルターで濾過した。このフィルターを冷凍して研究室に持ち帰り、分析を行った。

2) 動物プランクトン

スケトウダラ 0 歳魚の餌料環境を把握するため、プランクトンネット（ガマグチ式ネット；枠径 60cm・目合 60 μm ）を使用し、動物プランクトン調査を実施した。調査区と対照区のそれぞれ中央部付近で採取した。

海面から海底面までを 3 層（上層、中層、下層）に区分してネットの鉛直曳きを行った。採取した試料はホルマリン固定して実験室に搬入し、分類群ごとに個体数、湿重量を計測した。また、動物プランクトン調査は平成 26 年 7 月 1 日～2 日、平成 26 年 8 月 22 日の 2 回実施し、2 回目の試料の半分は安定同位体解析用として冷凍保存し、上陸後、東北大学にクール便で試料を搬送した。なお、8 月 22 日の夕方から急激に海象条件が悪化したため、夜間調査は中止した。

2.3 底層環境の把握のための調査方法

平成 26 年 8 月 7 日～8 日に採泥調査を実施した。調査区 3 地点、対照区 3 地点においてスミス・マッキンタイヤ型採泥器で採泥を行った。サンプルは粒度分析、底生生物用試料とした。予め設定した採泥地点が転石であり、底質が採取出来ない場合は、サイドスキャンソナーで求めた底質性状図を参考に、調査区内で砂質の地点を探して採泥作業を実施した。

2.3.1 底質組成

採泥器等を利用して堆積物を採取し、底質粒径および強熱減量を分析した。安定同位体分析を行うために、底質約 10g をビニール袋に入れ、冷凍保存し実験室に持ち帰り、試料の分析を行った。

2.3.2 底生生物

採泥した試料について、1mm 目合いのフルイで漉し取り、フルイに残った底生生物（マクロベントス）を採取し、実験室に持ち帰り出現種別個体数と湿重量を計測した。また、安定同位体分析を行うため、マクロベントスの一部を冷凍保存し実験室に持ち帰り、試料の分析を行った。

2.4 漁船による漁獲調査の方法

計量魚探終了後に小型底曳網船による底層の魚類を対象とした試験操業を実施した。対照区を中心から南東方向へ約 641m 曳網した箇所海底に根掛かりし、網が破損したために、トロール調査は 1 回の曳網で終了した。採取した魚類は、種類毎の個体数と尾叉長、湿重量を計測した。

2.5 胃内容物調査

北洋丸（北海道立総合研究機構水産研究本部稚内水産試験場所属）によるトロール調査で漁獲されたスケトウダラ等の胃内容物調査を行った。8月のSK01, SK02 および10月のSK01は調査区の南西約10kmの位置である。図中の赤丸で囲った位置のサンプルを調査対象とした。

漁獲サンプルはスケトウダラの0歳魚、成魚のみならず、捕食者であるナガヅカ、マダラ等も採取した。サンプルは、種ごとに尾叉長、湿重量、肝重量を測定し、10%ホルマリン溶液で固定した。固定したサンプルは胃袋を切開し、胃内容物を分析した。胃内容物は、ろ紙で拭き取り、湿重量（0.0001g単位）を計測した。

2.6 炭素・窒素安定同位体比によるスケトウダラの食性分析

2.6.1 調査対象

スケトウダラの0歳魚の食性タイプを分類するとともに、食物網を明らかにすることを目的として、安定同位体比分析を行った。北洋丸によるトロール調査で得た試料の提供を受けた。スケトウダラ成魚、スケトウダラ0歳魚、捕食者であるナガヅカ、マダラ等を対象にした。また、折込根沖で採取した植物プランクトン、動物プランクトンも分析対象とした。分析は東北大学が担当した。

2.6.2 分析方法

魚類および胃内容物は、冷凍保存していた試料を凍結乾燥後、粉末にしてから脱脂処理（クロロフォルム・メタノール処理）のうえで、分析した。

動物プランクトンは、平成26年8月22日に折込根沖においてプランクトンネット（Fast Sinking Net；改良型がまぐちネット閉鎖型（口径60cm・目合60 μ m））で採取し、冷蔵保存した。同日にバンドン採水器を用いて4層（表層、躍層の上部、躍層、躍層の下部）で採水した。この試料を1層ごとにXX13プランクトンネットで動物プランクトンを除去して、海水2000mlの試料を作製した。

上陸後、海水をフィルター（ガラス繊維濾紙GF/F 直径47mm）で濾過し、フィルターを4つ折りとし植物プランクトンを凍結保存した。動物プランクトンおよび植物プランクトンは冷凍したまま、分析協力機関である東北大学へ搬送した。

実験室では、凍結乾燥機を用いた場合、真空ポンプの吸引により、サンプルが逸散する危険性があるので、60℃で24時間乾燥した。動物プランクトンについては実体顕微鏡下において種類別に分け、植物プランクトンについては成形して分析に供した。

これらの前処理を実施した後、Finnigan MAT社（ドイツ）の有機物C・N同位体比分析装置（DELUTA plus）を用いて炭素・窒素安定同位体比を分析した。本分析計の分析精度は±0.2‰である。

VI. 調査結果

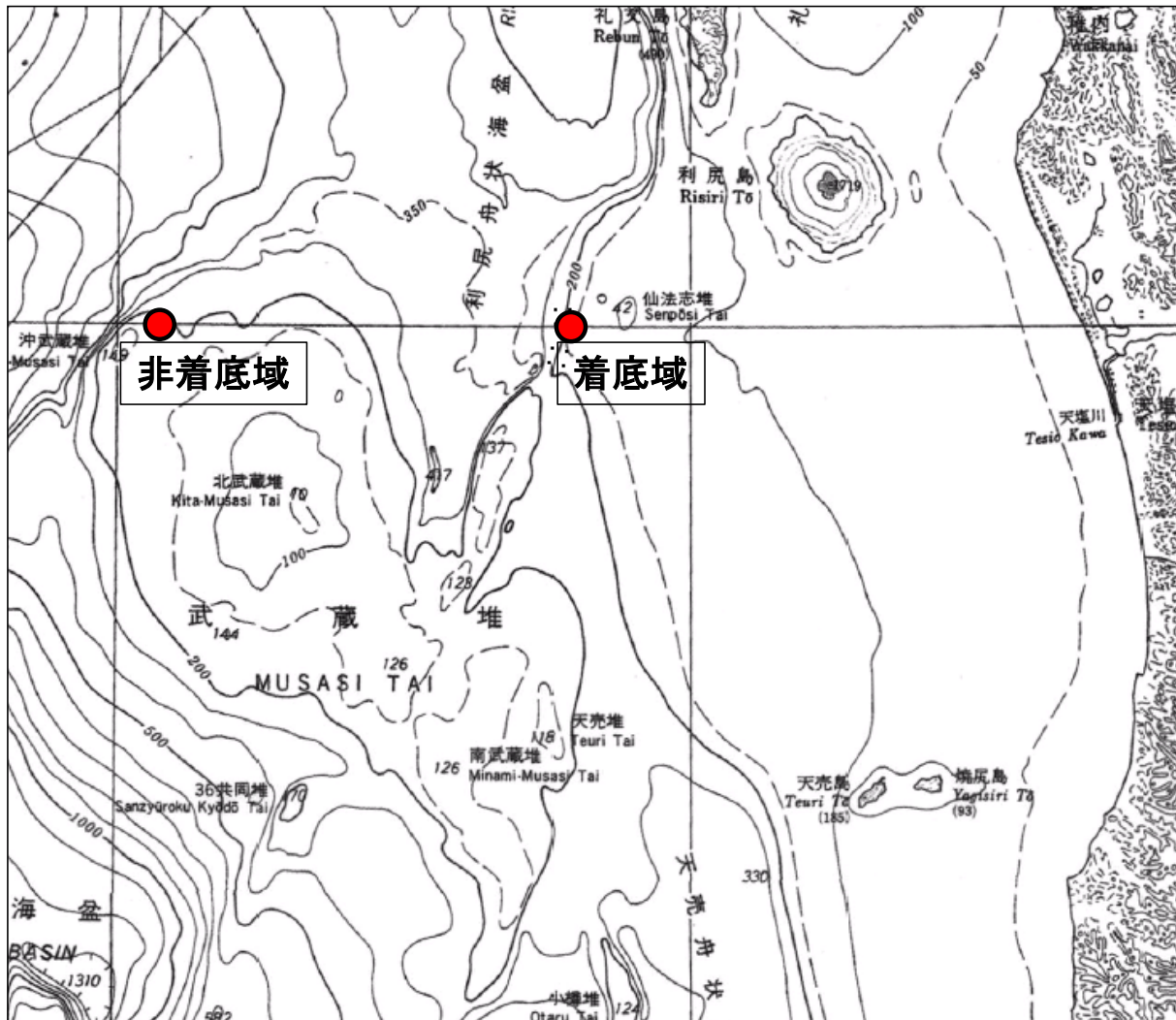
1. 平成 25 年度調査結果

1.1 スケトウダラ着底幼魚及びホッケ・ミズダコの分布把握

1.1.1 計量魚探調査

1) 着底域と非着底域の選定

計量魚探調査の測線に沿った計量魚探の記録、観察では、着底域では明らかにスケトウダラの0歳魚と推定される反応が確認され、非着底域では魚影が確認できなかった。そこで、図VI-1-1の位置を着底域と非着底域に決定した。



図VI-1-1 非着底域と着底域の選定位置

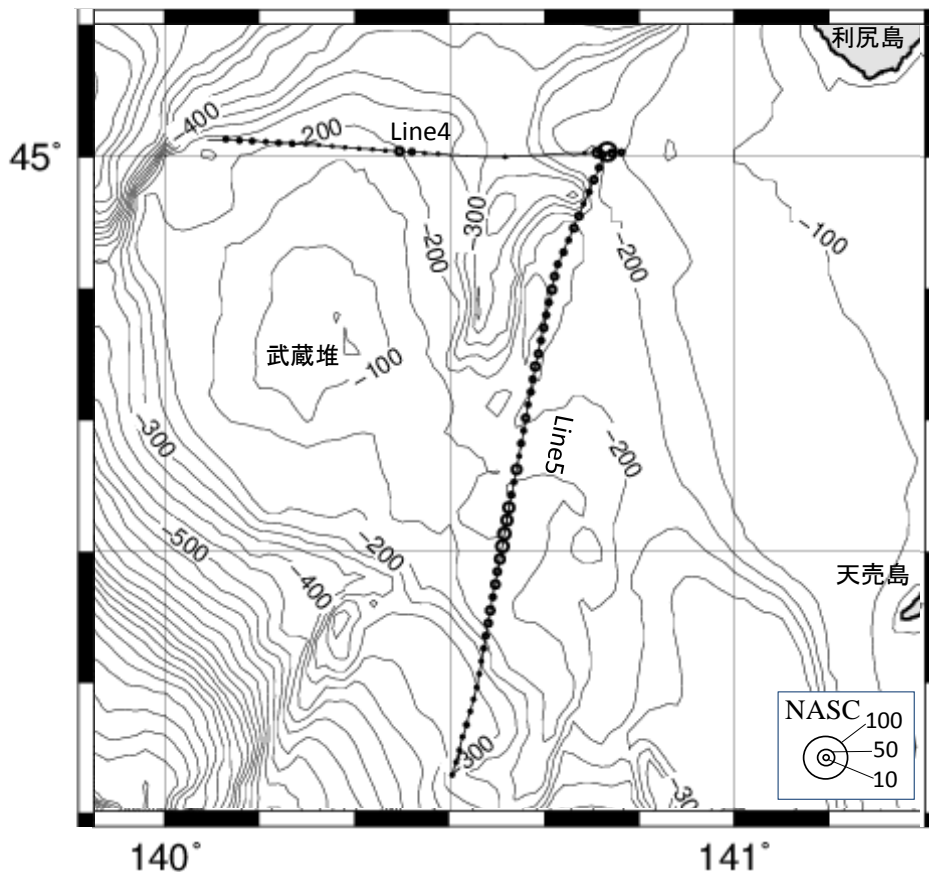
2) スケトウダラ0歳魚の分布密度の算出

スケトウダラ0歳魚を含む魚群の反応について、NASC（海底1マイル平方面積あたりの魚探反応の強さ）を計算し、分布密度を解析した。また、スケトウダラ0歳魚の体長を9cmであると仮定して計算したTS値（-48.7dB）とsaの積算値から、個体数密度を推定した。

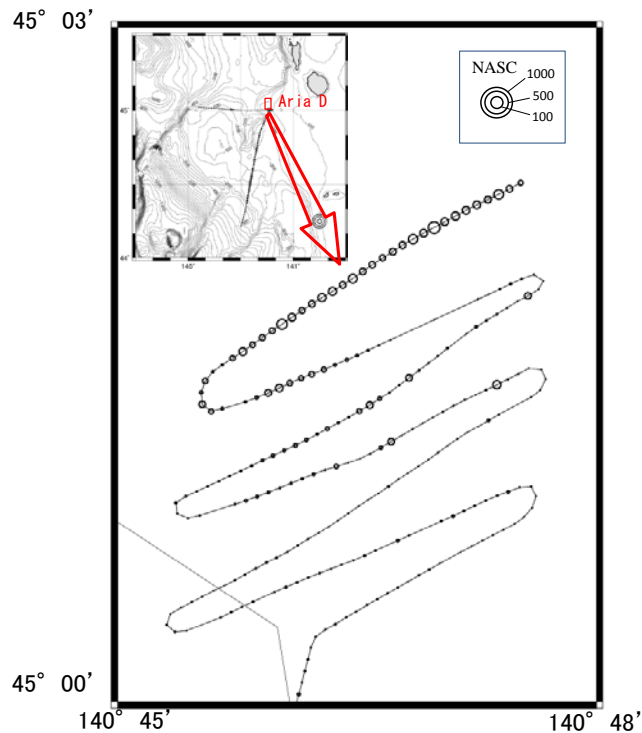
$NASC (s_A)$: 面積散乱係数, $NASC=4\pi \times 1852^2 \times sa$ (1nmi²あたりの反射量の積算値)
 sa : 面積後方散乱係数, $sa=10^{\frac{SV}{10}} \times T$ (水面 1 m²あたりの反射量の積算値, T=積分層)
 SV : 体積後方散乱強度 (水中 1 m³あたりの反射量 (TS の積算値))

Line4, 5 の NASC の算出結果を図VI-1-2 に、Area D の算出結果を図VI-1-3 に示した。Line4, 5 の NASC の値は殆どが 50 以下であり、スケトウダラ 0 歳魚の分布量は比較的少なかった。北東端の AreaD の箇所分布量が最も多く、NASC の値は 56 であった。

AreaD で実施した面的な調査では、航走は等深線に直交するように水深 150~230m をジグザグに航走した。AreaD の航走スタート直後（北端部）は、NASC が 20~100 程度で推移していたが、南下するにつれて減少した。同じ水深帯でも測線が数百メートル異なると、魚類密度が大きく異なることが判った。



図VI-1-2 Line4 と Line5 に沿って算出された NASC

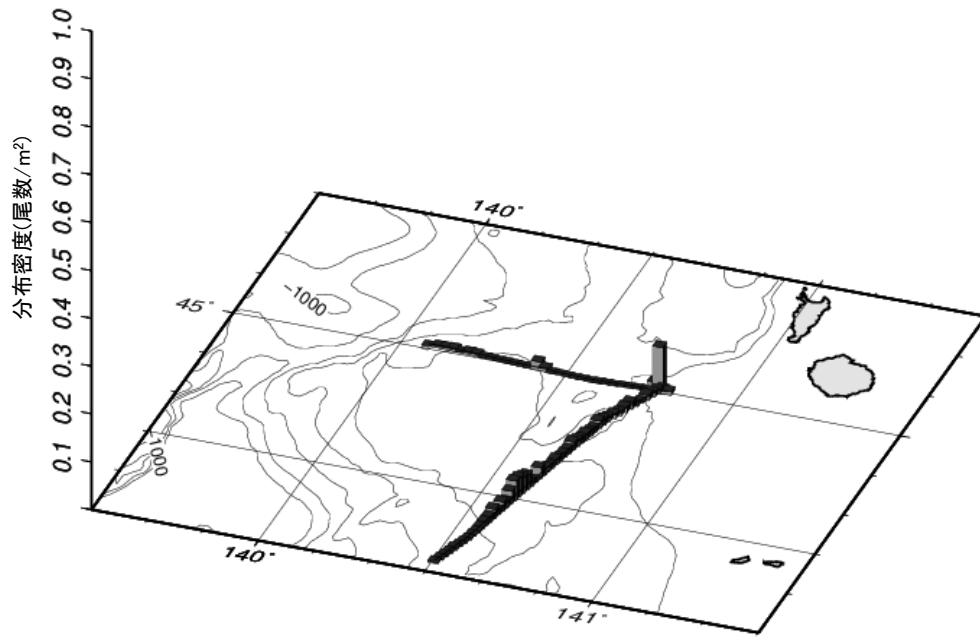


図VI-1-3 AreaD で算出された NASC の分布

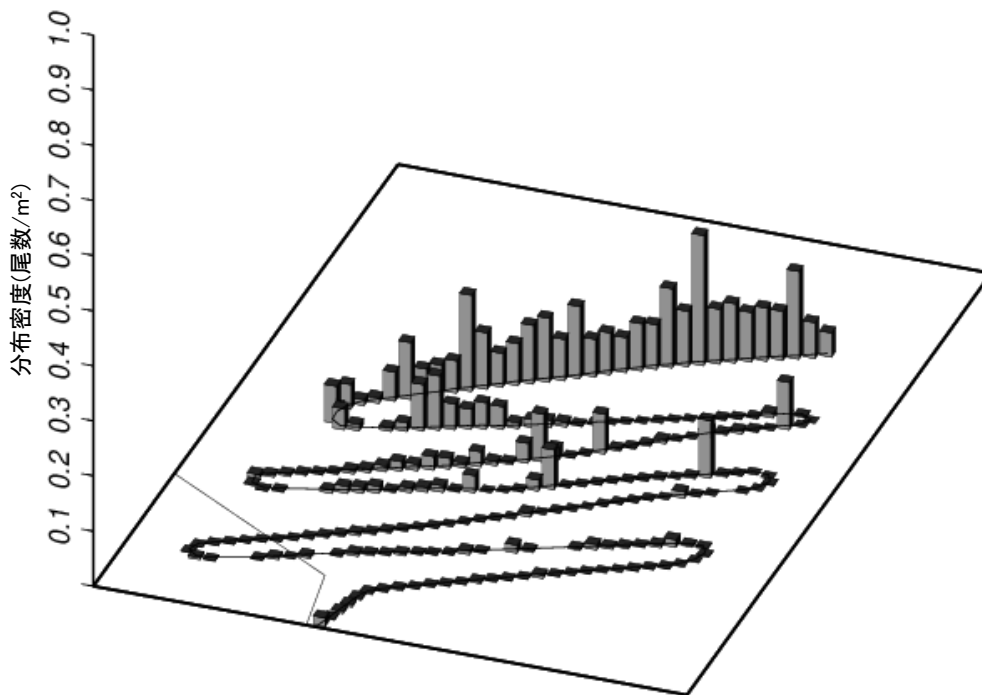
魚探反応から推定されたスケトウダラ 0 歳魚の分布密度を、図VI-1-4 と図VI-1-5 に示した。Line4 の NASC が大きかった地点では分布密度が 0.096(ind/m²)であったが、その地点以外は分布密度が 0.05 未満で、スケトウダラ 0 歳魚は AreaD 付近以外にはほとんど分布していなかった。

AreaD では航走開始後に分布密度が比較的大きく 0.24(尾/m²)と推定されたが、航走の後半の分布密度は、ほぼ全てが 0.1(尾/m²)未満と少なかった。

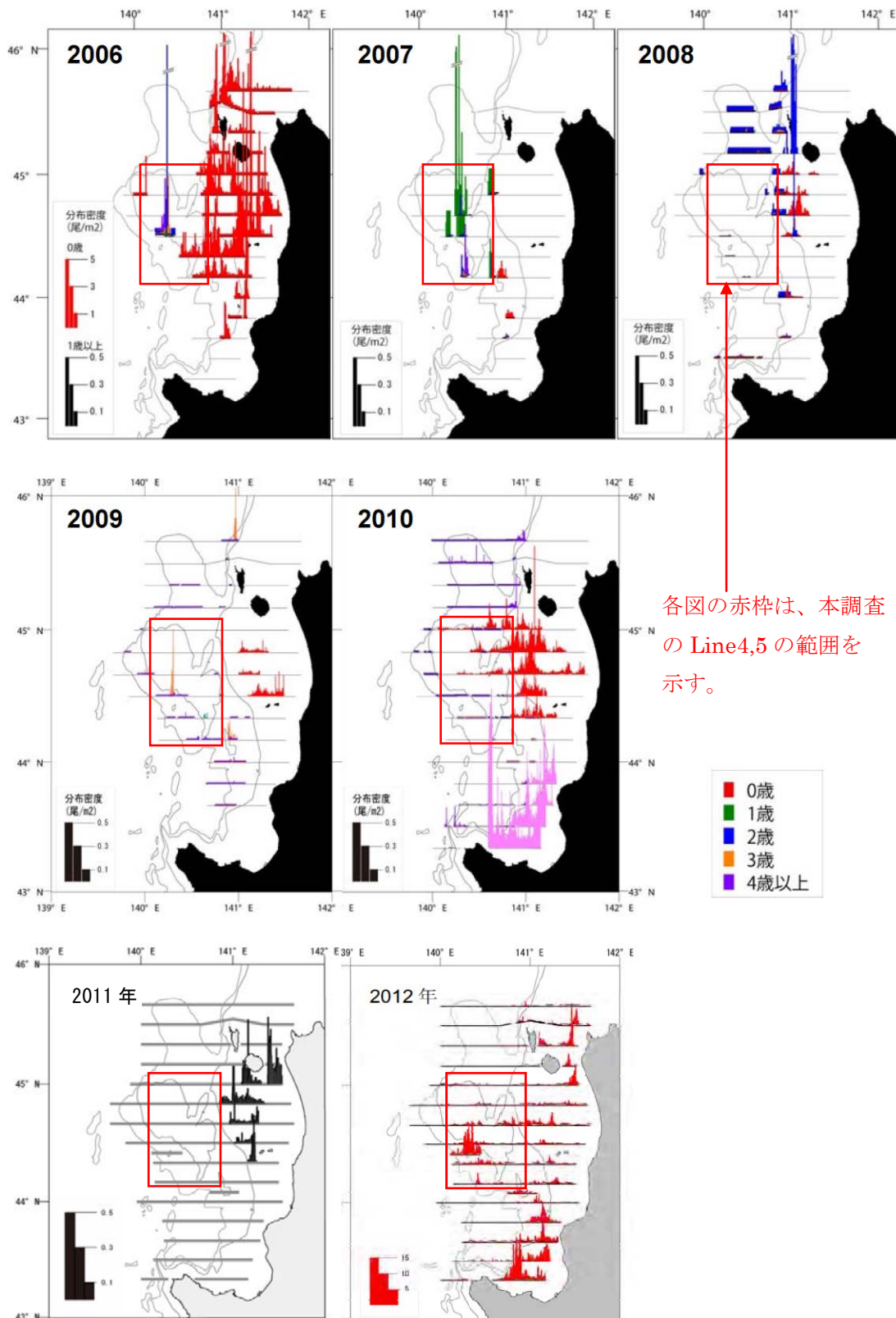
稚内水産試験場が実施した資源量調査におけるスケトウダラ 0 歳魚の出現状況を図VI-1-6 に示した。5 月に調査されたデータであるため、スケトウダラ 0 歳魚が着底する前の出現状況である。スケトウダラ 0 歳魚の出現量は年によって大きく変動しているが、豊度の高かった 2006 年、2012 年度以外は、スケトウダラ 0 歳魚の密度は 0.1~0.5 尾/m² であり、本調査の結果と大きな差はなかった。



図VI-1-4 スケトウダラ0歳魚の推定分布密度 (Line4, 5)



図VI-1-5 スケトウダラ0歳魚の推定分布密度 (Area D)

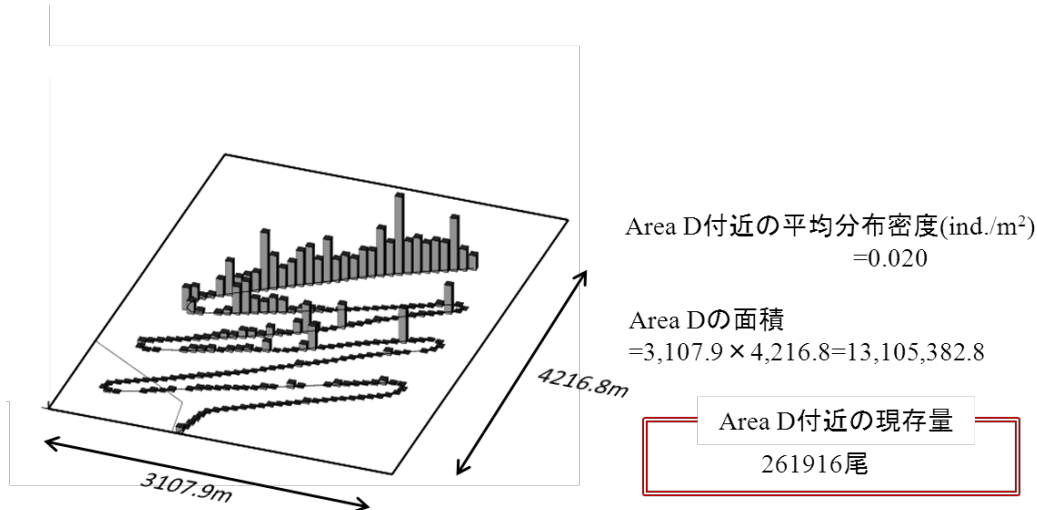


図VI-1-6 過去に実施された着底前のスケトウダラ0歳魚の分布密度(5月調査)
(稚内水産試験場の計量魚探調査結果に加筆)

3) Area D 付近のスケトウダラ 0 歳魚の現存量の推定結果

AreaD の面積は、図VI-1-5 で示した AreaD の範囲を緯度方向距離と経度方向距離を乗じて求めた。詳細を図VI-1-7 に示す。

AreaD の面積は、 $131.1 \times 10^5 \text{m}^2$ と算出される。これに、全体の Sa 値の平均 $0.020 \text{尾}/\text{m}^2$ を乗じることで、AreaD 付近の現存量は、 $261.9 \times 10^3 \text{尾}$ と推定された。分布密度の高い範囲と低い範囲が混在しているため、この値は過大な数値ではなく、オーダーとして妥当と考えられる。局所的な資源量の把握はさらに検討する必要がある。



AreaD 付近の現存量推定

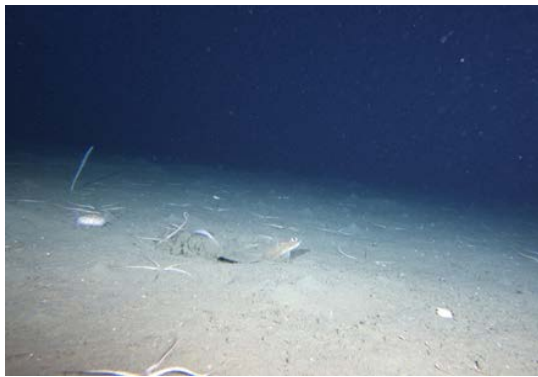
図VI-1-7 AreaD 付近のスケトウダラ 0 歳魚の現存量の推定結果

1.1.2 ROV の調査結果

1) 着底域と非着底域における ROV 調査結果

ROV 調査を 8 月 7 日に実施した。非着底域で 1 回、着底域および着底域のやや浅い範囲の 3 箇所を観察した。調査結果を以下に示す。また、海底の状況を写真VI-1-1 に示した。

- ①各調査地点とも海底は概ね砂泥質であった。海底付近は自然光が届いておらず、透視度は ROV のライトの照射範囲の 2~3m 程度であった。
- ②海底面には、イソギンチャク類、ウニ類、クモヒトデ類等が生息していた他、転石表面にはウミシダ類、ヒトデ類の着生も数多く確認された。
- ③魚類については、砂泥および泥の海底ではカレイ科が観察された。
- ④非着底域 C 地点の海底ではクモヒトデが高密度に分布していた。非着底域でのみホッケ 2 尾が観察されたが、ホッケの群れは観察されなかった。
- ⑤スケトウダラ幼魚は合計 4 尾観察された。
- ⑥ミズダコは観察できなかった。



非着底域 (カレイ科)



着底域 (スケトウダラ)



非着底域 (クモヒトデ類)



着底域 (スケトウダラ)



非着底域 (ホッケ)



着底域 (スケトウダラ)

写真VI-1-1 ROVで撮影した海底の状況

過年度のROV調査において、スケトウダラの0歳魚が分布する海域でもホッケが観察されている。ホッケの分布は仙法志堆付近の水深100m前後で多く観察され、体長200~250mmのホッケは、8月の留萌沖(水深150~250m、水温5℃)で多いことが指摘されている。しかし、今回はそのようなホッケの群れは確認できなかった。

ミズダコは成体期になると水深180~200mに分布する。特に夏は深所に移動するとされている。今回の調査地点の底質は砂質もしくは砂泥であった。岩礁域が分布すれば、岩礁性であるホッケやミズダコも蛸集すると推察される。

2) ROV 調査結果による底質環境とスケトウダラ 0 歳魚の分布

過年度の ROV 調査の結果を整理すると、折込根沖では 2 カ所で調査を実施している。ほぼ北緯 45 度の緯度線に近い部分の砂質域と約 4km 南下した転石帯である（図 VI-1-8）。スケトウダラ 0 歳魚はどちらにも分布しているが、南側の転石帯では 0 歳魚が多く観察されている。転石域にはスケトウダラが多く蟄集すると考えられる。

なお、本調査で計測した AreaD（平成 25 年着底域）の計量魚探の結果を図 VI-1-8 の枠囲いの中に示した。計量魚探による AreaD で 0 歳魚の分布が少ない箇所（AreaD の南側）は、平成 22 年度の ROV 調査において確認した 0 歳魚が少ない箇所にほぼ一致した。今後は、この分布の差が海底地形によるものか詳細な調査を実施する必要がある。

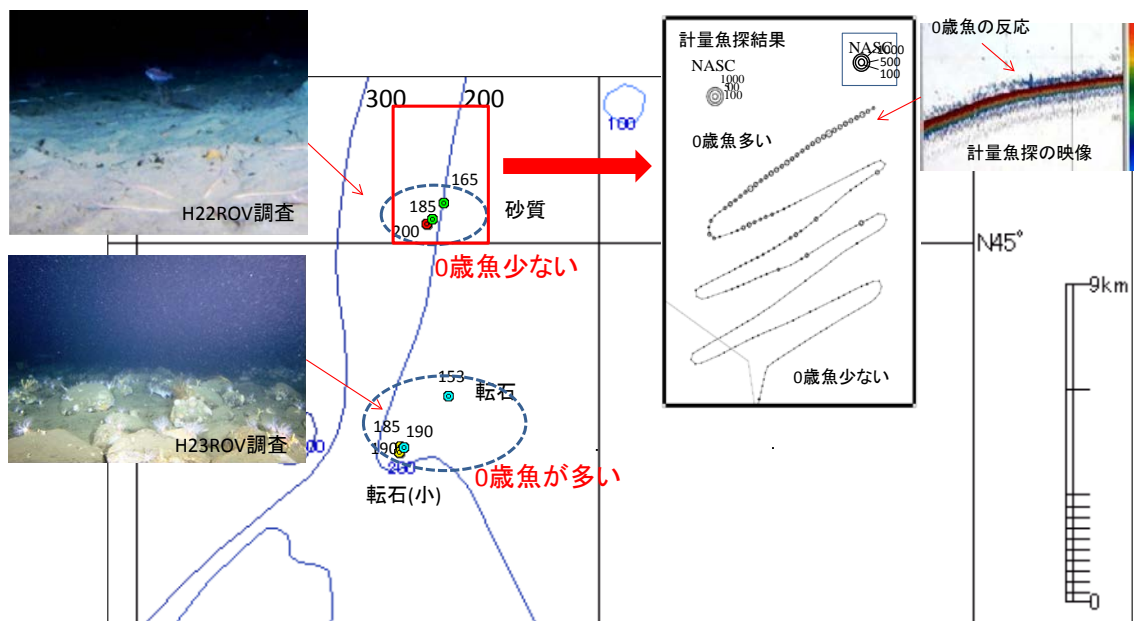


図 VI-1-8 ROV 調査および計量魚探の調査結果

1.2 餌料生物の把握のための調査結果

1.2.1 物理環境調査結果

1) 現場計測による水質データの鉛直分布

平成 25 年 8 月 2 日に非着底域と着底域で①多項目水質計の垂下による水質計測、②バンドン採水器垂下による海水サンプルの採水、③プランクトンネット鉛直引きによる動物プランクトン採取を実施した。多項目水質計により躍層位置(水深 15m 前後)を確認し、②と③の採取水深を設定した。さらに、8 月 7 日、8 月 22 日には非着底域と着底域で、多項目水質計を垂下する追加調査を実施した。

調査結果を図 VI-1-9～図 VI-1-11 に示す。なお、全調査の共通事項として、D0 は躍層上で 7mg/L 程度、躍層下で 10mg/L 前後であった。

① 8 月 2 日（図 VI-1-9）の水質

非着底域では、水深 10m に躍層があり、表層は水温 21℃で、底層は 4℃の冷水であった。塩分は全層で 34 前後と変化が小さかった。クロロフィル a は、躍層下の水深 40m 付近に極大層があり、2.5µg/l 程度と比較的多かった。

着底域では、水深 30m に躍層があり、表層は水温 21℃で、底層は 5℃の冷水であった。塩分は全層で 34 前後と変化が小さかった。クロロフィル a は、躍層下の水深 50m 付近に極大層があったが、1.4 $\mu\text{g}/\text{l}$ 程度と少なかった。

② 8月7日 (図VI-1-10)の水質

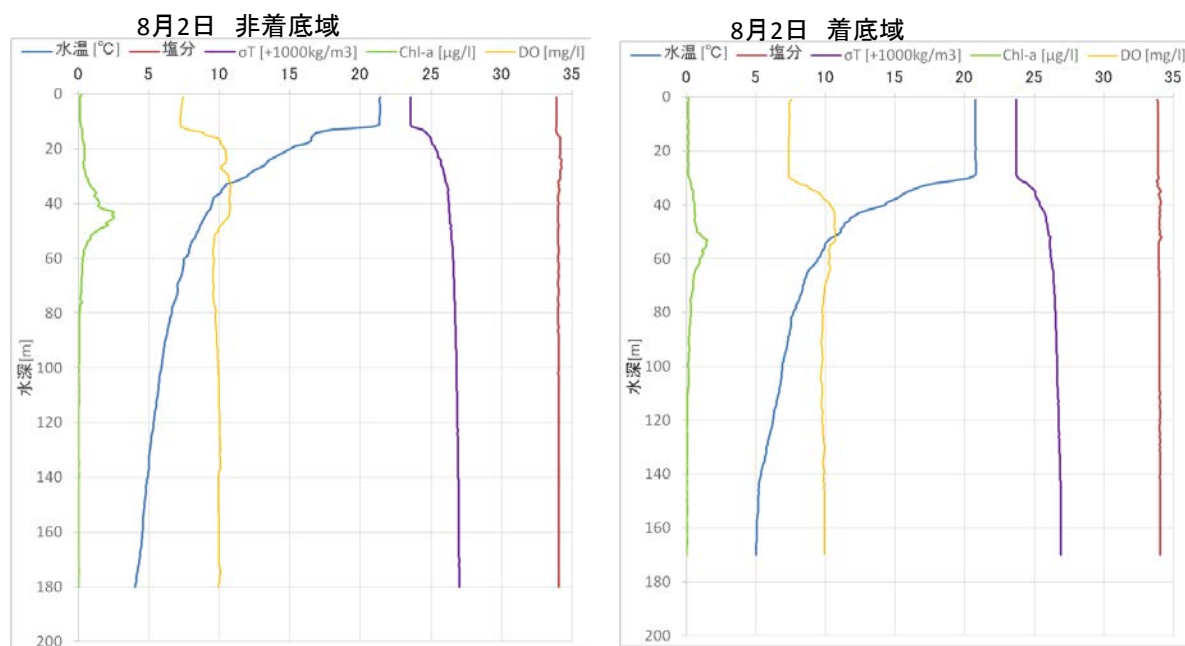
非着底域では、水深 20m に躍層があり、表層は水温 22℃で、底層は 4℃未満であった。塩分は全層で 34 前後と変化が小さかった。クロロフィル a は、躍層下の水深 35m 付近に極大層があったが、2.5 $\mu\text{g}/\text{l}$ 程度と比較的多かった。

着底域では、水深 50m 付近に躍層が見られるが、上下層の境界は明確ではなく連続成層であった。直前に何らかの攪乱があったと推察される。表層水温は 22℃程度、底層は 5℃程度であった。塩分は全層で 34 前後と変化がなかった。クロロフィル a は、躍層下の水深 55m 付近に極大層があり、2.2 $\mu\text{g}/\text{l}$ 程度と比較的多かった。

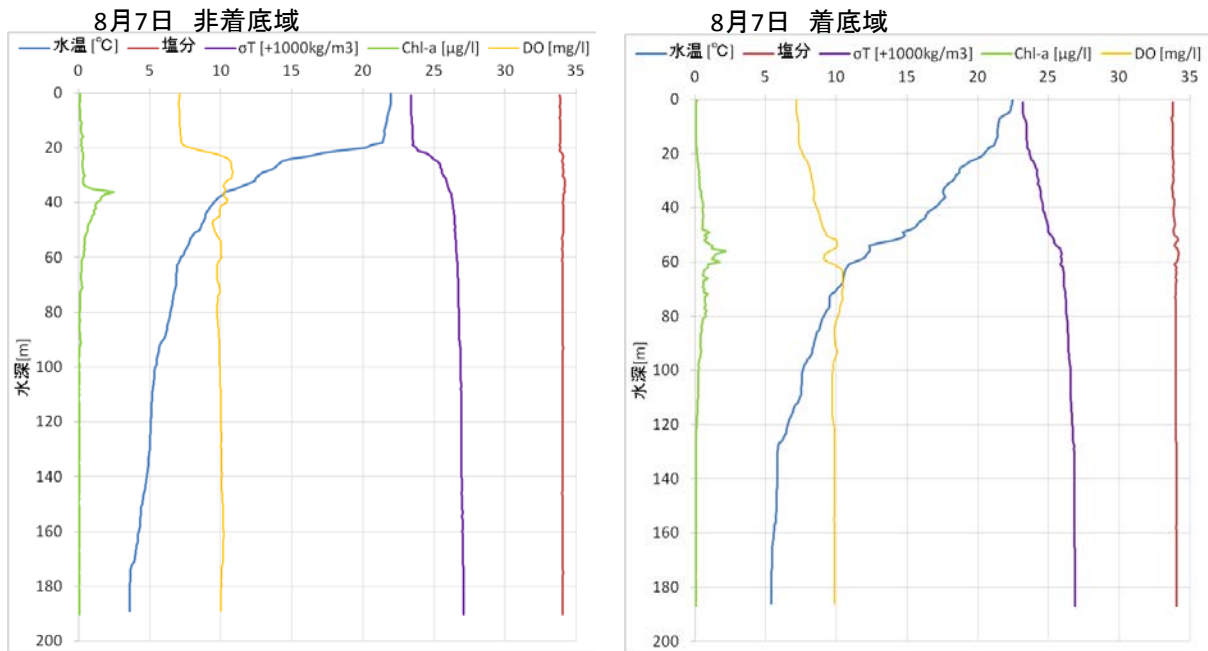
③ 8月22日 (図VI-1-11)の水質

非着底域では、水深 20m に躍層があり、表層は水温 23℃で、底層は 3℃程度であった。塩分は躍層上で 33.7 だが、躍層下で 34.1 であった。クロロフィル a は、躍層下の水深 30m 付近に極大層があり、1.5 $\mu\text{g}/\text{l}$ 程度と少なかった。

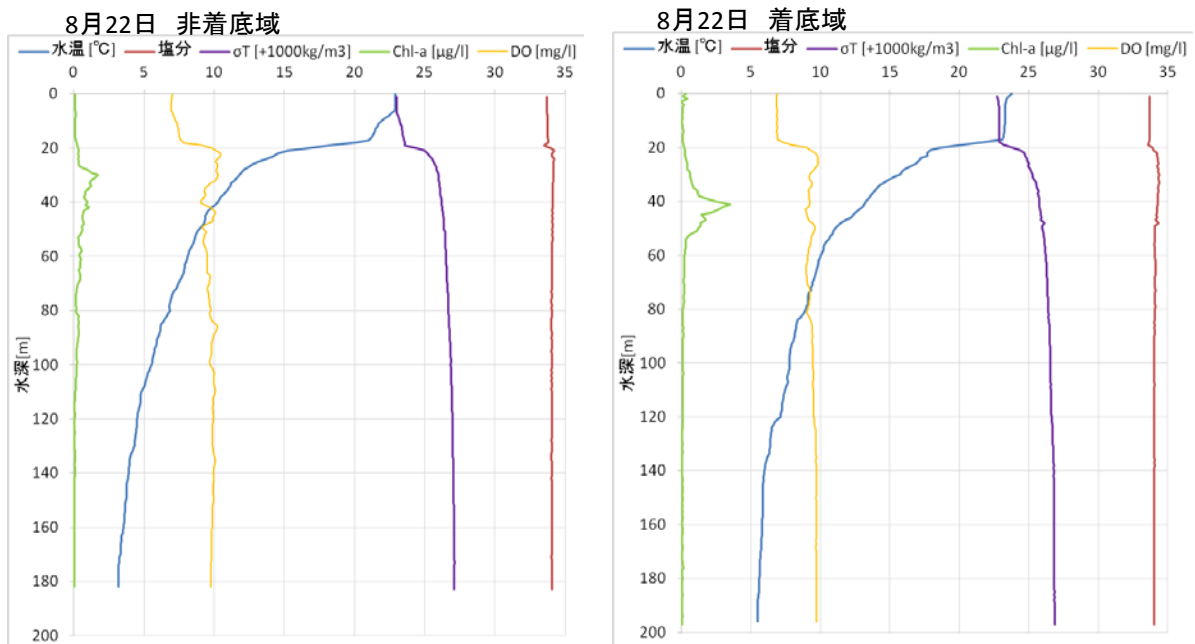
着底域では、水深 20m に躍層があり、表層は水温 23℃で、底層は 5℃程度であった。塩分は躍層上で 33.7 だが、躍層下で 34.4 であった。クロロフィル a は、躍層下の水深 50m 付近に極大層があり、3.5 $\mu\text{g}/\text{l}$ 程度と比較的多い傾向にあった。



図VI-1-9 水質の鉛直分布(8/2)



図VI-1-10 水質の鉛直分布(8/7)



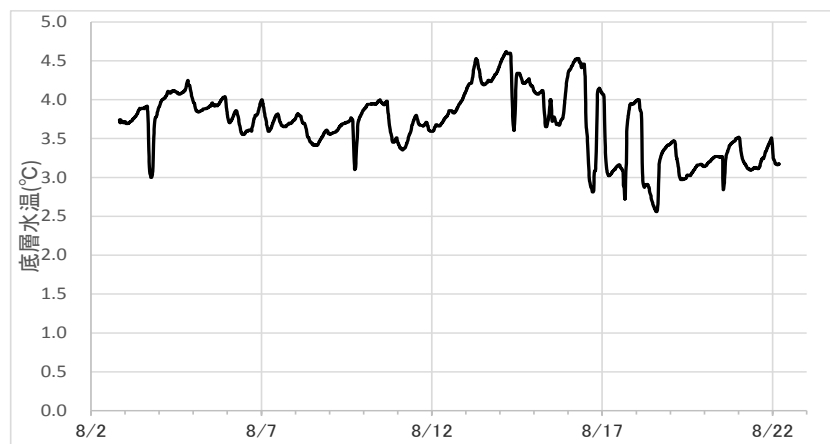
図VI-1-11 水質の鉛直分布(8/22)

2) 海底の水温変化

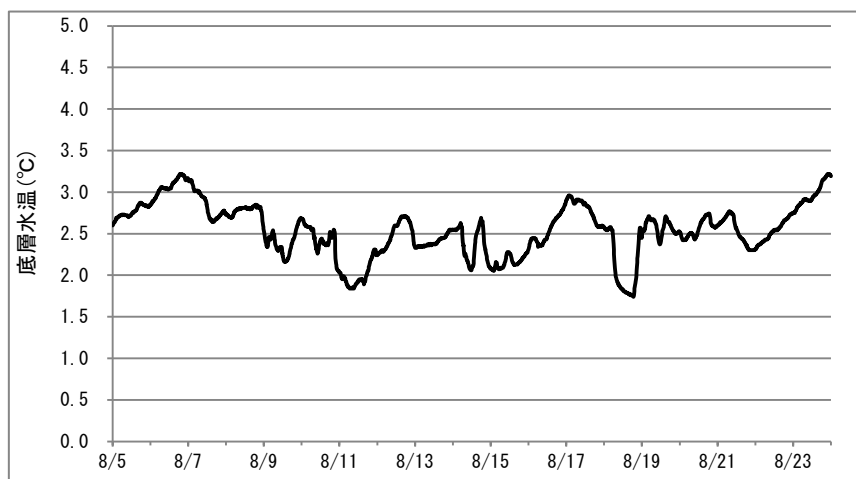
流況観測機器(ADCP)付属の水温計による底層水温の経時変化を、VI-1-12に示した。水温は当初3.7°Cであったが、上昇と下降を繰り返し、観測終了時は水温3.2°Cであった。設置中に見られた緩やかな水温上昇については、8月は表層水温が上昇する期間であるため上層からの熱伝導の影響と推測される。一方、後半に多く見られた急激な水温の上下降は、水温の異なる水塊の移流による影響と推測される。

平成 24 年度調査の着底域の海底（水深 200m）の水温も 2~3℃の間で短期間に変動した（図VI-1-12）。着底域では水深 160m 付近に水温躍層があり、図に示すような水温変化は、深い水深帯の冷水塊が陸棚斜面上を遡上する際に内部波が発生している可能性が考えられた。

平成 25 年度の非着底域では、図VI-1-9~図VI-1-11 を見ても、底層付近に明らかな水温躍層は見られない。したがって、図VI-1-12 の水温変動は平成 24 年度の着底域のように斜面上を遡上する低水温海水のような現象ではなく、底層の日本海固有冷水塊の上層を比較的高速の流れが北東方向に流れる際に、底層の冷水を連行し、海底上を移動するための現象と考えられた。同期間底層の流況観測値は、ピーク時に 20cm/s 強（北東流）で、常時は 10cm/s 程であり、僅かな流速であっても、下層の水塊を連行すると考えられる。



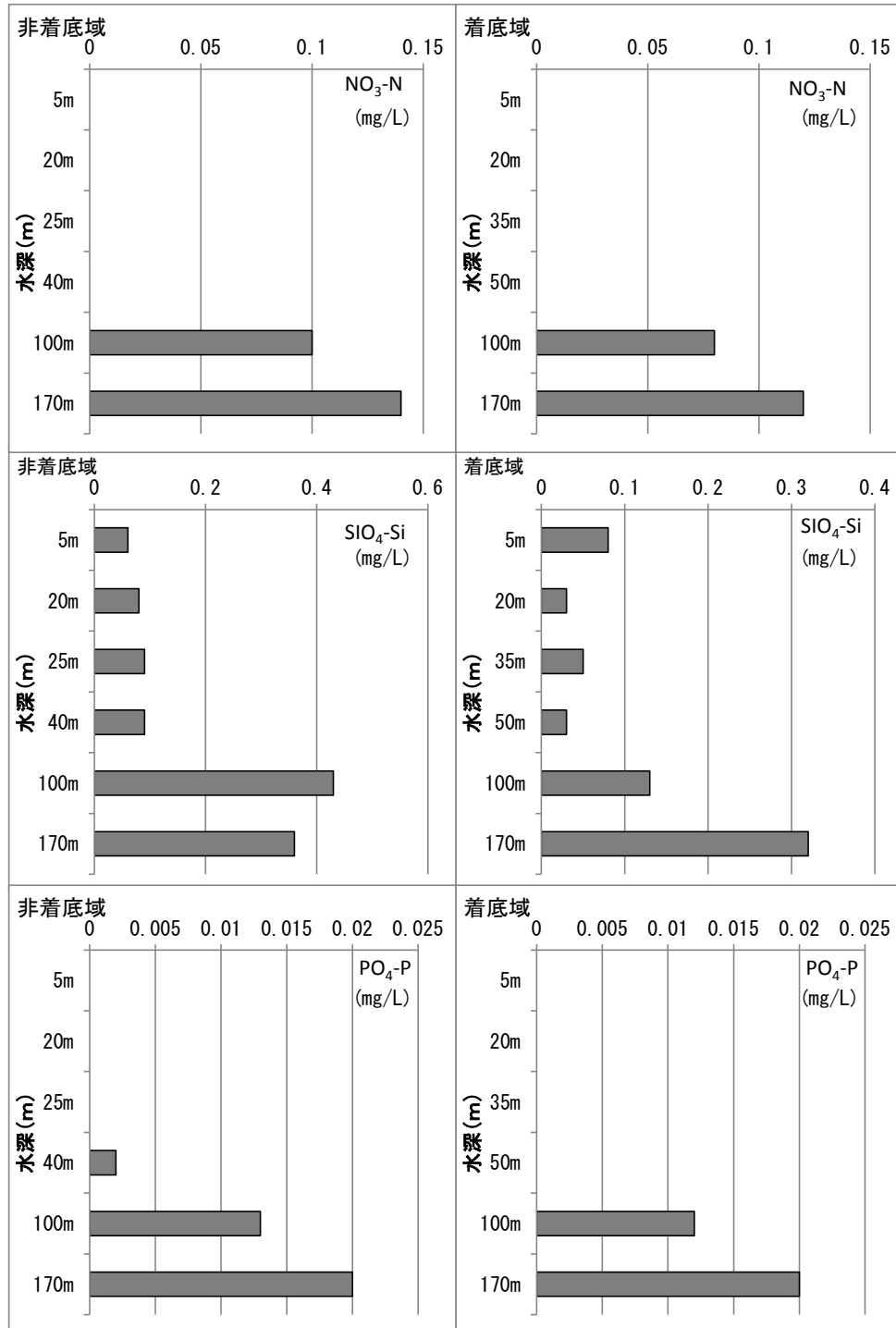
図VI-1-12 平成 25 年の非着底域の海底（水深 180m）水温の経時変化



図VI-1-13 平成 24 年の着底域の海底（水深 200m）水温の経時変化

3) 栄養塩濃度の分析結果

バンドン採水器を船上より垂下し、海水試料の採取を8月2日に非着底域と着底域で実施した。採取試料の分析結果を図VI-1-14に示した。



図VI-1-14 採水試料の分析結果

- ① 栄養塩類の窒素については、アンモニア態(NH₄)と亜硝酸態(NO₂)が殆ど検出されなかった。硝酸態窒素(NO₃)は、表層から水深40～50m層までは検出されず、水深100m以深では、深いほど濃度が高い結果であった。
- ② 栄養塩類のうちリン酸態リン(PO₄)は、非着底域では表層から水深25m層まで検出されず、水深40m層で0.002mg/L、それより以深では、深い程濃度が高い。着底域は表層から水深100m層まで検出されず、100m層より下層では、非着底域と同程度の濃度であった。
- ③ ケイ酸態ケイ素(SiO₂)は、表層から水深40～50m層までは0.1mg/L未満だったが、それ以深では濃度が上がり、底層では0.3～0.4mg/Lであった。

栄養塩類は、水深40～50m程度までは濃度が低く、貧栄養な状況であった。前項で記述した多項目水質計の計測データで、躍層は水深40m程度にあり、躍層より上の混合層では、植物プランクトンの光合成によって、栄養塩類が枯渇に近い状況にあると推察される。

ケイ酸塩については、着底域では躍層下の水深50mで枯渇状態であり、非着底域と傾向が異なる。これは8/2の水質の鉛直分布で着底域の躍層が水深30～40m、非着底域では水深10～20mであったことから、着底域では躍層の水深が深く、より深い水深まで植物プランクトンの珪藻類によってケイ酸塩が消費されていることが推察される。

4) 流況調査結果

非着底域の水深180mに設置した流速計で計測した。流速ベクトル図を図VI-1-15に示し、代表的な流向別流速出現頻度図を図VI-1-16に示した。また、参考として、平成24年に着底域で計測した流速ベクトル図を図VI-1-17に示した。非着底域の経時変化の特徴としては以下が挙げられる。

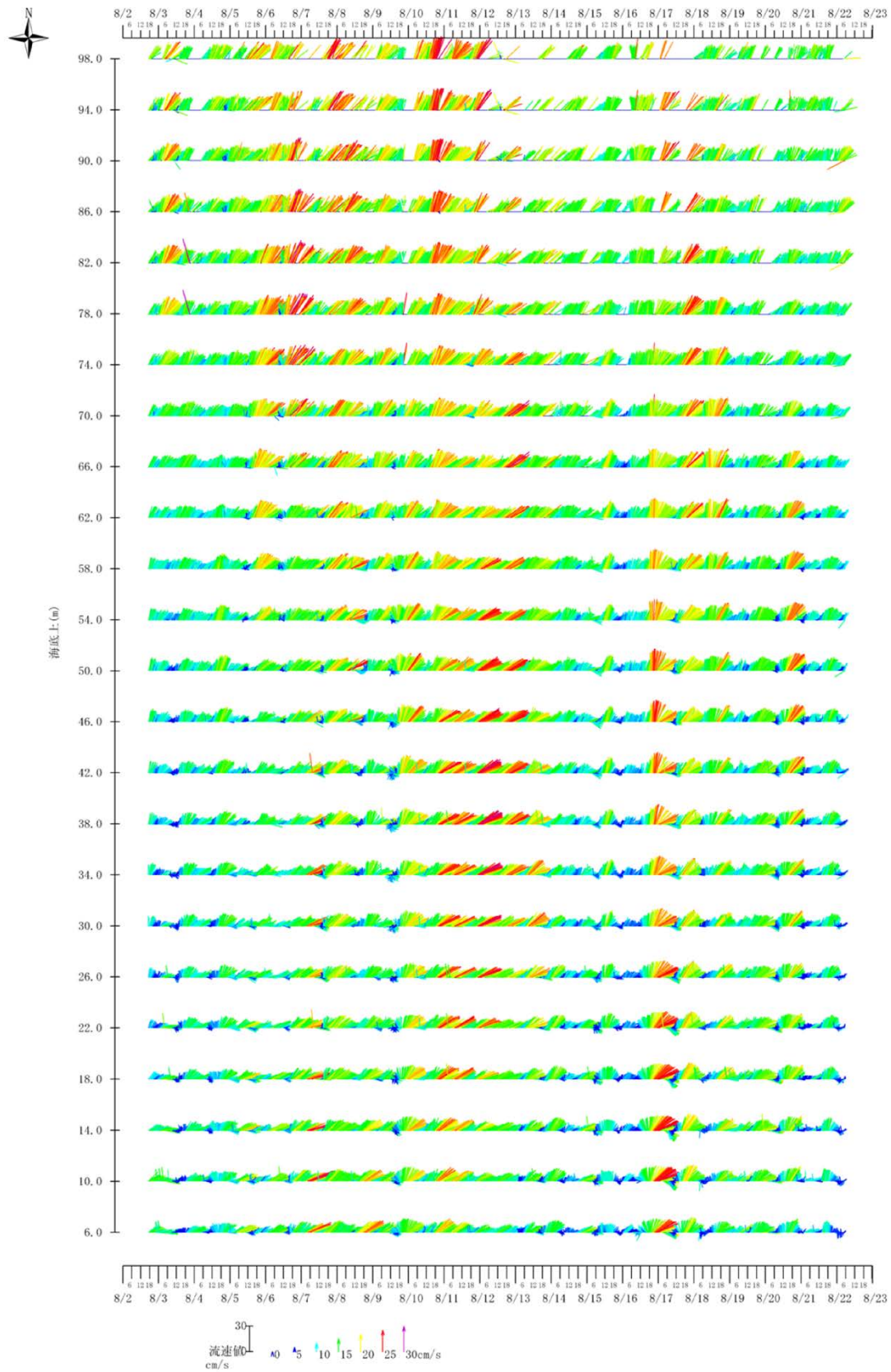
- ① 全体的に流勢は1日周期にピークがある。ピークの最大流速は30cm/s程度、常時は10～20cm/s程度であった。
- ② 流向については、北東流(流向NE)の出現傾向が強い。1日2回潮は明確ではなく、日潮不等の傾向が見られた。
- ③ 8/2～8/10では底上70m以上での流速が大きく、北東流が卓越した。
- ④ 8/10～8/12では中層部(底上30～50m)において流速が大きく、北東流が卓越した。
- ⑤ 8/17前後では全層で比較的強い流れが観測され、特に底層でも流速が大きく(20cm/s強)、北東流(流向ENE)が卓越した。

非着底域では、期間を通して北東流が卓越した。これは設置個所が武蔵堆の北西側に位置し、南西から北東方向に延びる200m等深線に沿う方向に流れが発達していたことによると推察される。北海道西岸の対馬暖流は、深層の日本海固有水(水温0～1℃、塩分34.0～34.1)の上を200メートル程度の厚さで、岸に沿うように流れることが知られている。このような対馬暖流の沿岸境界流としての性質を考慮すると、本調査の200mの等深線に沿う方向の北東流への偏りは、対馬暖流もしくはその分枝の影響であると推測される。

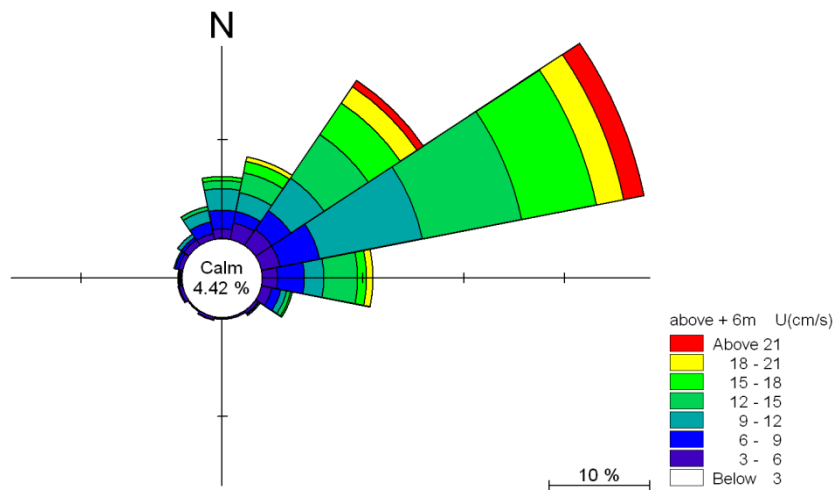
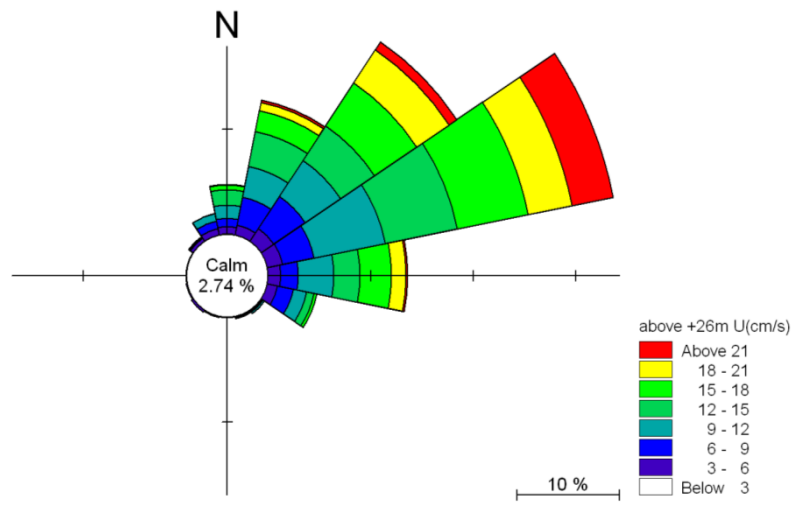
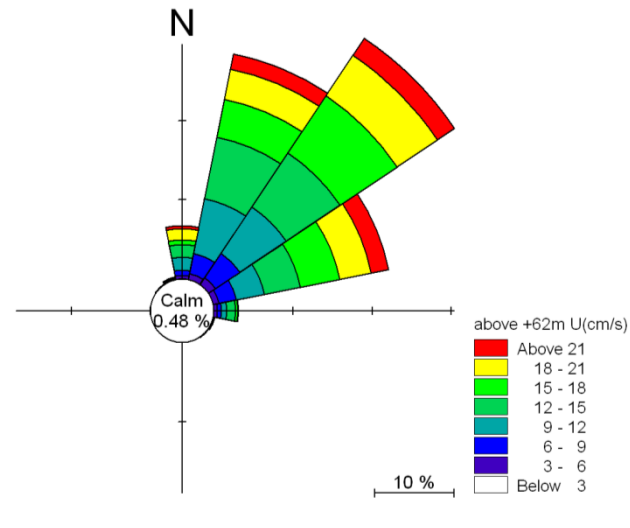
図VI-1-17に示したように、平成24年度の着底域では南下流と北上流が定期的に交換していたが、非着底域では図VI-1-15のように北東流が卓越しており、流向の変化は顕著で

はなかった。調査時期に限られるので常にこのような傾向とは言えないが、少なくとも非着底域では一方向への流向が卓越すると考えられた。

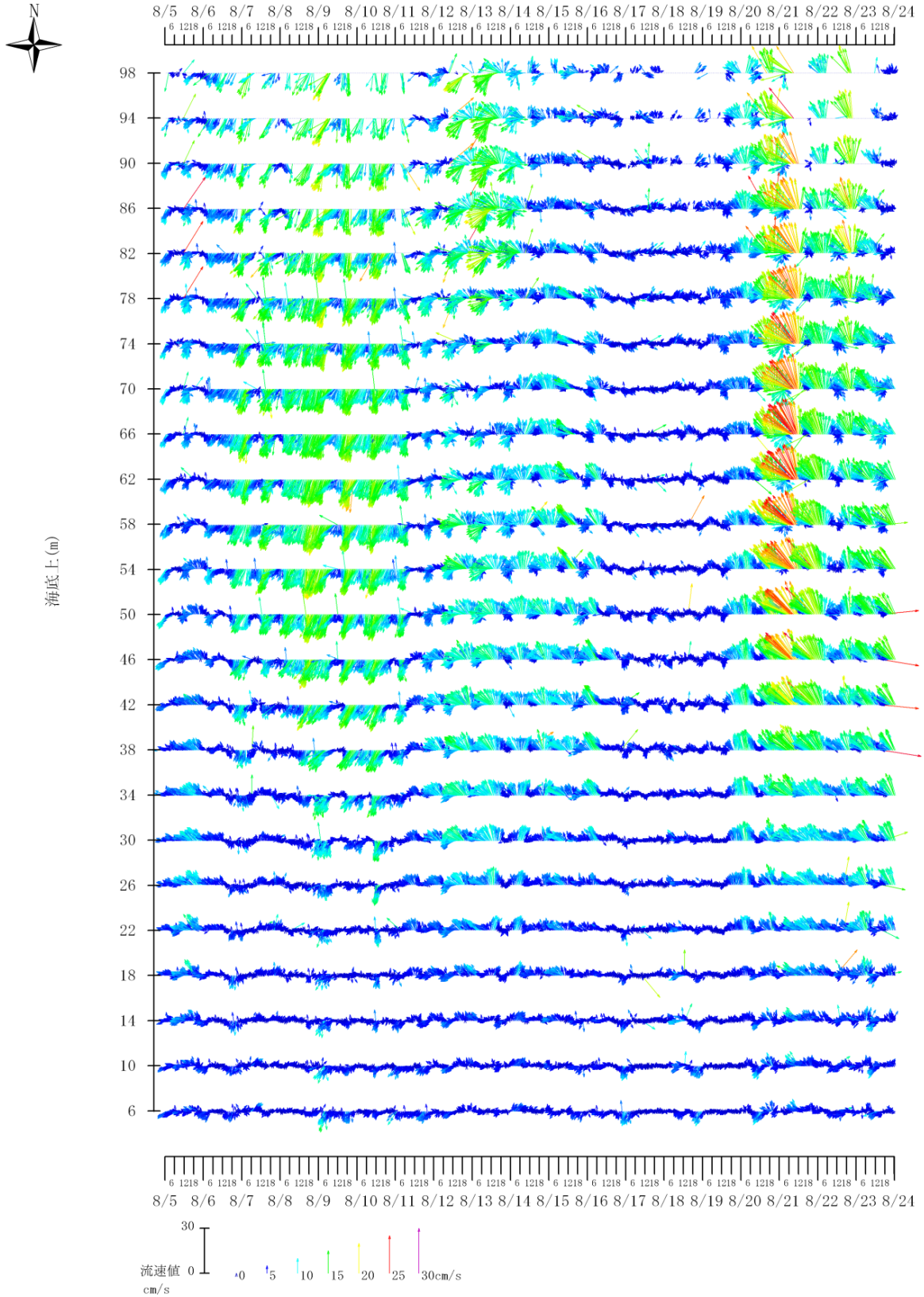
なお、周波数スペクトル解析および調和分解より、非着底域の底層では潮汐成分の日月合成周期 K1（周期 23.93 時間）が卓越していた。平成 24 年度の着底域では主太陰半日周潮 M2（周期 12.42 時間）が卓越していた。



図VI-1-15 非着底域における流速ベクトルの経時変化（平成 25 年 8 月）



図VI-1-16 非着底域の流向別流速出現頻度（平成 25 年 8 月）
 （注）上段；海底上 62m、中段；海底上 26m、下段；海底上 6m
 Calm；静穏で流向流速が 0 である比率



図VI-1-17 着底域における流速ベクトルの経時変化（平成 24 年 8 月）

1.2.2 プランクトン調査結果

1) 植物プランクトンの調査結果

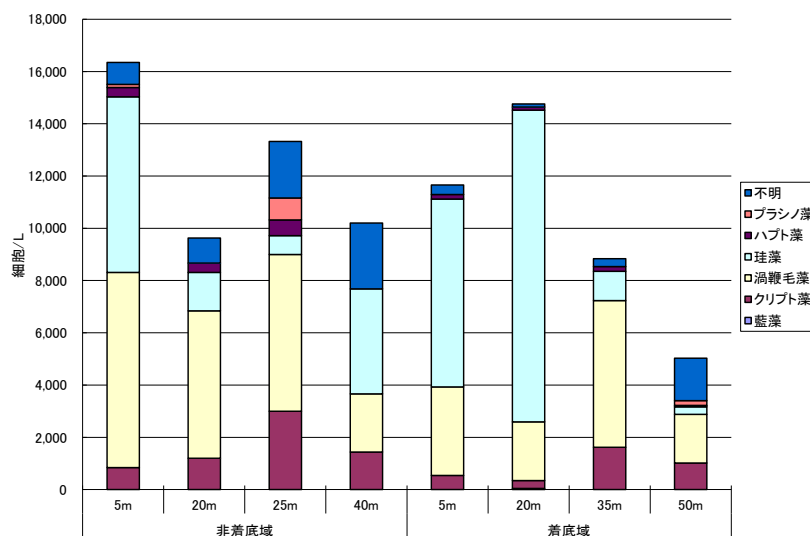
植物プランクトンの種の同定結果を表VI-1-1に示した。

非着底域と着底域共に、渦鞭毛藻ギムノディニウム *Gymnodinales* が表層から躍層まで多く分布していた。これは平成24年8月の着底域での結果と同様であった。また、渦鞭毛藻のプロセントルム *Prorocentrum balticum* やペリディニウム目 *Peridinales* も各層に多く分布していた。

分布層(非着底域着底域共通)に着目すると、表層では外洋に一般的に分布する珪藻類のニッチア *Fragilariopsis pseudonana* が、躍層上部に渦鞭毛藻のペリディニウム目 *Peridinales* が、躍層下部にてクリプト藻 *Cryptophyceae* が多い傾向であった。

平成24年8月4日の南下流が発生した時期に、着底域では冷水性の珪藻タラシオシーラが多く観察された。今回の平成25年8月2日の調査では、着底域でも冷水性の指標となる種の卓越は見られず(例えば珪藻タラシオシーラ *Thalassiosira sp.* も少なかった)、いずれも外洋に一般的な種の出現が多かった。強いて挙げれば、昨年と同様に暖海性種である珪藻ビドゥルフィア *Hemilius membranaceus* が出現しているので、少なからず暖水(対馬暖流)の影響を受けていることを示唆するものであった。

水深の浅い混合層の植物プランクトンの細胞数を図VI-1-18に示した。非着底域では渦鞭毛藻類が多いが着底域では珪藻が優占している。細胞数の全合計は着底域と非着底域で差は少なかった。



図VI-1-18 混合層の植物プランクトンの細胞数の比較

表VI-1-1 採水試料中の植物プランクトン同定結果

平成25年8月2日採水
単位：細胞/L

No.	門	綱	目	科	種名	非着底域					着底域			
						5m	20m	25m	40m	5m	20m	35m	50m	
1	藍色植物	藍藻	ネンジュモ	ユレモ	Oscillatoriaceae *									
2	クリプト植物	クリプト藻	—	—	Cryptophyceae	840	1,200	3,000	1,440	540	300	1,620	1,020	
3	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	プロコケントルム ディノフィシス ギムノディニウム	プロコケントルム ディノフィシス ギムノディニウム	Prorocentrum balticum Dinophysis acuminata Gymnodinium sp.	2,520	960	960	600	1,380	1,200	1,440	180	
4						90			30					
5														
6						2,760	2,160	2,040	600	1,680	900	1,680	720	
7														
8			ピロキステイス ペリディニウム	ピロキステイス ケラチウム	Dissoadinium pseudolumula Ceratum furca		30				15			
9							90					90		
10						60								
11						2,040	2,400	3,000	960	300	120	2,400	960	
12	黄色植物	珪藻	円心	タラシオシーラ	Thalassiosira sp.	480	240		480		120		120	
13														
14						30			30					
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21						900	120		120	630	930	60	30	
22						1,560				300	360			
23						240								
24										60	120	30		
25			羽状	ディエトーム ナビキュラ	Thalassionema nitzschioides Amphora sp.				120					
26						30				60				
27														
28						3,360	840	720	720	5,880	10,080	600	120	
29										180	180			
30						120								
31									1,200					
32									480					
33	ハプト植物	ハプト藻	—	—	Haptophyceae	360	360	600		180	120	180	60	
34	緑色植物	プラシノ藻	—	—	Prasinophyceae	120	840	840					180	
35	不明	不明	不明	不明	不明(微細鞭毛藻)	840	960	2,160	2,520	360	120	300	1,620	
					種数	17	13	8	18	16	17	13	11	
					細胞数(細胞/L)	16,350	9,630	13,320	10,200	11,655	14,760	8,835	5,025	
					沈重量(μg/L)	0.03	0.05	0.05	0.02	<0.01	<0.01	0.01	0.01	

備考：種名に* を付けた種の数値は糸状体数を示す。

2) 動物プランクトンの分布

動物プランクトンは、8月2日に非着底域、着底域で実施した。動物プランクトンの分析結果を表VI-1-2に示した。

① 出現種の特徴

両地点の全層で、サンプルには甲殻類の初期幼生であるノープリウス *Copepoda* (nauplius)が多く、若齢期の幼生は属の同定が困難であった。同定可能であった検体も、コペポダイト期幼生が多く、それらはメトリディア科 *Metridia pacifica* (copepodite)、パラカラヌス科 *Paracalanus spp.* (copepodite)、オイトナ科 *Oitonidae* (copepodite)の幼生であった。メトリディア科やオイトナ科(それぞれコペポダ)は平成24年度の調査時の卓越種であった。

パラカラヌス科のコペポダイト *Paracalanus spp.* (copepodite)は、パラカラヌス属まで同定できたコペポダイト期幼生を示すが、ほとんどは成体で出現した *Paracalanus parvus* であると考えられる。本種は世界中に広く分布する種で、主に温帯域の沿岸域表層に出現するが、日本では本州中部以南では春季に、東北以北では夏季に出現する。なお、0歳魚のスケトウダラの餌料としてクラゲノミ科の *Themisto spp.* が注目されるが、ほとんど採取できなかった。

② 着底域で優占した動物プランクトンの特徴

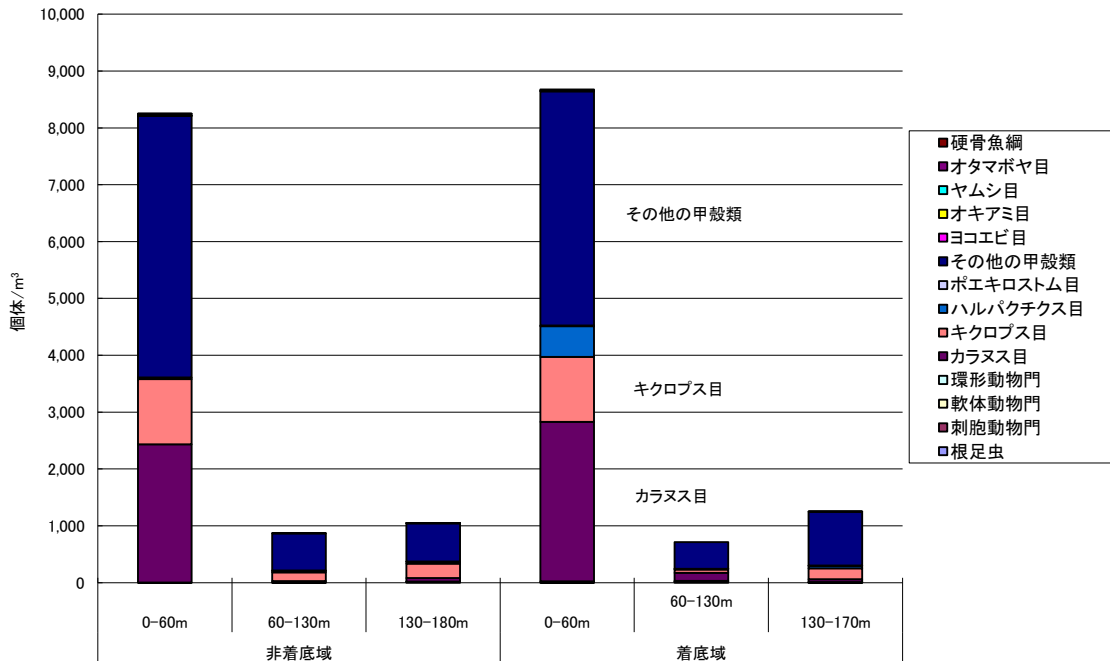
着底域では冷水外洋性の種である甲殻綱のカラヌス科 *Neocalanus cristatus* (copepodite)、クラウソカラヌス科 *Pseudocalanus newmani*、メトリディア科 *M. pacifica*、オイトナ科 *Oitona atlantica*、クラゲノミ科 *Themisto japonica*、ヤムシ綱の *Sagitta elegans*が多かった。このうち、メトリディア科 *M. pacifica* は中・深層性で、日周鉛直移動により夜間は表層に分布する特徴を持ち、その他の種はいずれも表層性である。したがって、メトリディア科 *M. pacifica* が優占した着底域では寒流由来の水塊の影響を強く受けており、また夜間調査であったため表層の0-60m層に多く出現したものと考えられる。*M. pacifica* はスケトウダラ0歳魚の餌料であり、胃内容物として検出される種である。

③ 非着底域で優占した動物プランクトンの特徴

非着底域では着底域で確認された冷水性種の個体数が少なく、パラカラヌス科 *Paracalanus spp.* (copepodite)が優占した他、甲殻綱のクラウソカラヌス科 *Clausocalanus pergens*、オタマボヤ綱の *Oikopleura longicauda* など暖水性種が確認されたことから、対馬暖流由来の水塊が流れ込んでいる可能性が高いと考えられた。非着底域ではスケトウダラの0歳魚の餌料になっている *M. pacifica* や *Themisto spp.* が分布しているが個体数は少なかった。

8月2日に採集した動物プランクトンの個体数のグラフを図VI-1-19に示した。着底域と非着底域では、種組成で多少の差があるが、個体数の合計では大きな差は無かった。

表VI-1-3に動物プランクトンの採集時の沈殿量を示した。表には参考として過去の調査結果を併せて示した。年により変動はあるが、平成25年度は、着底域は非着底域に比べて沈殿量が多い結果となった。沈殿量は現存量に換算はできないが、一般的には沈殿量と現存量は正の相関があるので、着底域では量的には動物プランクトンの現存量は大きい傾向が示唆された。



図VI-1-19 動物プランクトンの個体数の比較

表VI-1-3 動物プランクトン調査時の沈殿量

単位:ml/m³

測定日	採水場所	0-60m	60-130m	130m-※1
H22年9月5日	折込根沖	0.25	1.16	0.29
H24年8月5日	折込根沖	0.19	0.12	0.17
H24年8月24日	折込根沖	0.57	0.05	0.19
H25年8月2日	折込根沖(着底域)	0.11	0.22	0.11
H25年8月2日	非着底域	0.45	0.05	0.05

※1 H22～H24年; 130-190m, H25年着底域130-170m、H25非着底域130-180m

表VI-1-2 動物プランクトン同定結果(8/2)

調査年月日：平成25年8月2日
 単位：個体/m³

No.	門	綱(亜綱)	目	科	種名	非着底域				着底域		
						0-60m	60-130m	130-180m	0-60m	60-130m	130-170m	
1	肉質鞭毛虫	根足虫	有孔虫		Foraminifera	15	4	20				
2	刺胞動物門	ヒドロムシ綱	カタクラゲ目	イナメガサクラゲ	Agathia digitale	1		2				
3	軟体動物門	マキガイ綱	-	-	Gastropoda (larva)			12				
4		ニマイガイ綱	-	-	Bivalvia (umbo larva)			8				
5	環形動物門	-	-	-	Polychaeta (larva)	2						
6	節足動物門	甲殻綱(橋脚亜綱)	カラサス目	カラサス科	Mesocalanus tenuicornis			4				
7					Mesocalanus tenuicornis (copepodite)	2						
8					Neocalanus cristatus (copepodite)			2				
9					Neocalanus spp. (copepodite)	34						
10					Neocalanus pergens	40		5				
11					Pseudocalanus newmani	2						
12					Pseudocalanus newmani (copepodite)	40						
13					Clausocalanidae (copepodite)	340		20				
14					Eucaalanus sp. (copepodite)			4				
15					Euchaetidae (copepodite)			1				
16					Metridia pacifica	2		1				
17					Metridia pacifica (copepodite)	38		29				
18					Paracalanus parvus	30						
19					Paracalanus spp. (copepodite)	1,900		6				
20					Scolecithricella minor			1				
21					Scolecithricella minor (copepodite)			1				
22			キクロブス目	オイトナ科	Oithona atlantica	6		7				
23					Oithona atlantica (copepodite)	2		8				
24					Oithona similis	100		15				
25					Paroithona pulla			45				
26					Oithonidae (copepodite)	1,040		87				
27					Microsetella norvegica	30		15				
28			ハルバクテクス目	エクチノソマ科	Microsetella rosea			3				
29					Microsetella spp. (copepodite)			7				
30			ポエキロストム目	オンケア科	Oncaea scottodiarloii							
31					Triconia borealis			9				
32					Copepoda (nauplius)	4,600		670				
33		甲殻綱(軟甲亜綱)	ヨコエビ目	クラゲノミ科	Themisto japonica	4						
34			オキアミ目	-	Euphausiacea (furcilia)			1				
35	毛づく動物門	ヤムシ綱	ヤムシ目	ヤムシ科	Sagitta elegans	2						
36					Sagitta sp. (juvenile)			8				
37	原索動物門	オタマボヤ綱	オタマボヤ目	オタマボヤ科	Oikopleura longicauda	2						
38					Oikopleura sp.	30		1				
39	背ついで動物門	硬骨魚綱	-	-	Osteichthyes (larva)	2						
種類数						22		20	24	20	19	25
個体数合計(個体/m ³)						8,250		866	1,047	8,676	714	1,251
沈殿量(m ³ /m ³)						0.45		0.05	0.05	1.11	0.22	0.11
濾水量：濾水針回転数より算出(m ³)						38.7		43.2	39.1	38.6	40.8	36.5

1.3 底質環境の把握

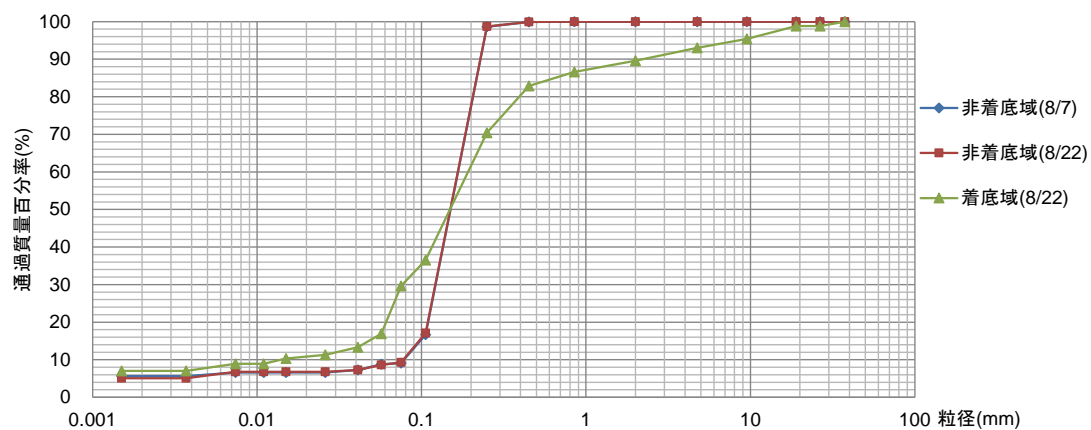
1.3.1 底質組成の分析結果

底質試料の採取を、8月7日(非着底域)、8月22日(非着底域、着底域)に実施した。採取試料の一部は粒度試験と強熱減量試験に供した。結果を表VI-1-4、図VI-1-20に示した。

非着底域、着底域ともに密度は2.6g/m³程度、中央粒径は0.15mm程度と同様であったが、泥分が非着底域では約9%に対し、着底域では約30%と大きい。また、着底域では、最大粒径が38mmで礫混じり砂であった。ただし、強熱減量は非着底域が約2.5%で、着底域でも2.9%であり、差はわずかであった。

表VI-1-4 底質分析の結果

項目	非着底域 (8/7)	非着底域 (8/22)	着底域 (8/22)
最大粒径(mm)	0.85	0.85	38.00
中央粒径(mm)	0.14	0.14	0.15
泥分(%)	9.1	9.3	29.6
土質区分	細砂	細砂	礫混じり砂
土粒子密度(g/m ³)	2.61	2.60	2.63
強熱減量(%)	2.5	2.4	2.9



図VI-1-20 底質の粒径加積曲線



非着底域

着底域

写真VI-1-2 ROVで撮影した底質の状況

1.3.2 底生生物の調査結果

採泥で得たマクロベントスの分析結果を表VI-1-5に示した。

1) 出現種の特徴

着底域、非着底域ともに、湿重量では大型動物であるキタクシノハクモヒトデ *Ophiura sarsi* が優占した。その他、両地点とも有機汚濁の指標種となるような生物は出現しなかった。小型甲殻類は魚類の餌料生物として有用種であるが、両区でヨコエビ類が観察された。

2) 非着底域のマクロベントスの特徴

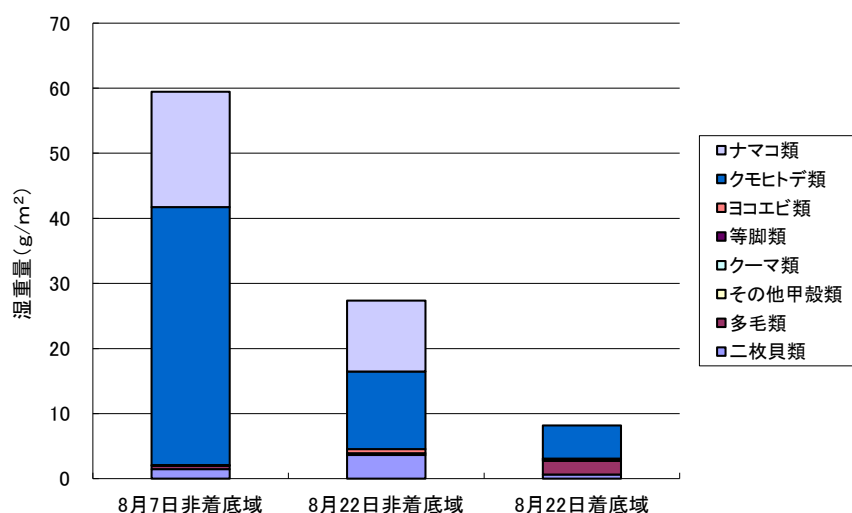
8月7日採取の非着底域のサンプルで多く出現したシロガネゴカイ *Aglaophamus sp.* は、棲管を作らずに砂質中に生息する捕食者である。また、8月22日採取のサンプルで卓越して出現したヒサシソコエビ *Foxipharus sp.* は、マルソコエビ *Urothoe sp.* 等に比べ流動性のある場所に多く出現する種である。主に砂中に棲息しているため活発に移動することが少ないと考えられている(色素のない体のため紫外線の影響を受けやすい)。なお、湿重量の大きいナマコ綱が非着底域のみに分布していた。

3) 着底域のマクロベントスの特徴

着底域で卓越して出現したマナコチマキゴカイ *Myriochele oculata* は棲管を作る種で、チマキゴカイ科は種によって異なる形態的特徴を持った棲管を作ることで知られる。着底域で出現したクーマ類は遊泳することで知られるが、その他の節足動物類は底生性が強い種であった。

4) マクロベントスの比較

採取したマクロベントスの湿重量を図VI-1-21に示した。非着底域ではナマコ類やクモヒトデ類が多く、非着底域の方が現存量は大きい。この2種を除くとほぼ同程度の湿重量である。特に、着底域では泥分が多いため多毛類が多い傾向にある。非着底域では底質が細砂であることから、マクロベントスは二枚貝類が多い傾向であった。



図VI-1-21 マクロベントスの湿重量の比較

表VI-1-5 採取サンプルのベントス同定結果

調査時期：平成25年8月7、22日
 単 位：個体数；個体/m²
 湿重量：g/m²

調査域：武蔵堆

番号	門	綱	目	科	種	和名	測点		8月7日非着底域		8月22日非着底域		8月22日着底域	
							項目	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	
1	軟体動物	マキガイ	ホキナエビス	ニシキウスガイ	Solariaella nyssonus	シロガネシタダミ							9	0.090
2		ツノガイ	ツノガイ	Dentaliidae		ツノガイ科							9	0.001
3		ニマイガイ	クルミガイ	ロウバイガイ	Nuculana pernula pernuloides	シワロウバイ					9	1.000	36	0.360
4				ニ	Nuculoida	クルミガイ目							9	0.001
5			イガイ	イガイ	Dacrydium minimum	ミジンヒバリガイ					18	0.001	9	0.090
6					Musculus sp.	タマエガイ属							9	0.001
7		ウグイスガイ	ミノガイ	ミノガイ	Limatula vladivostockensis	ヒメユキバナ	9	1.090						
8			ワタゾコツキ	ワタゾコツキ	Proneamussiidae	ワタゾコツキ科							27	0.090
9		ハマグリ	ハナシガイ	ハナシガイ	Thyasiridae	ハナシガイ科	18	0.090			18	0.001		
10			トマキガイ	トマキガイ	Cyclocardia ferruginea	クロマルフミガイ					27	2.640		
11			マルスダレガイ	マルスダレガイ	Liocyma fluctuosum	ヒメハマグリ	9	0.090						
12			シヤクシガイ	シヤクシガイ	Cardiomya sp.	ヒメシヤクシガイ属	18	0.180						
13	環形動物	ゴカイ	サンバゴカイ	サンバゴカイ	Paranaitis sp.						9	0.180		
14					Eulalia bilineata								9	0.180
15				シリス	Syllinae		9	0.001						
16			シロガネゴカイ	シロガネゴカイ	Aglaophamus sp.		36	0.450			9	0.090	18	0.090
17		イソメ	ギボシイソメ	ギボシイソメ	Lumbrineridae	ギボシイソメ科					9	0.001		
18		ホコサキゴカイ	ヒメエラゴカイ	ヒメエラゴカイ	Aricidae simplex	ボウズヒメエラゴカイ					9	0.001		
19		スピオ	スピオ	スピオ	Spionidae	スピオ科	9	0.001						
20		イトゴカイ	イトゴカイ	イトゴカイ	Capitellidae	イトゴカイ科	9	0.001						
21			タケフシゴカイ	タケフシゴカイ	Rhodine loveni	ミノガサタケフシゴカイ							9	0.090
22					Maldanidae	タケフシゴカイ科	9	0.001					27	0.910
23		オフエリアゴカイ	オフエリアゴカイ	オフエリアゴカイ	Onchelina acuminata		9	0.090			9	0.001		
24					Travisia sp.								27	0.730
25		チマキゴカイ	チマキゴカイ	チマキゴカイ	Myriochele oculata	マナコチマキゴカイ	9	0.001			18	0.001	64	0.001
26		アサゴカイ	アサゴカイ	アサゴカイ	Ampharetidae	カザリゴカイ科	18	0.001			9	0.001		
27					Pista sp.								9	0.090
28		ケヤリ	ケヤリ	ケヤリ	Sabellidae	ケヤリ科					9	0.001		
29	節足動物	甲殻	カイクシ	カイクシ	Ostracoda	カイクシ目							36	0.090
30			クーマ	クーマ	Campylaspis sp.	サイゾチクーマ属							9	0.001
31					Diastylis sp.	クーマ属							27	0.180
32		ワラジムシ	ウミクワガタ	ウミクワガタ	Gnathiidae	ウミクワガタ科							9	0.001
33		ヨコエビ	スガメソコエビ	スガメソコエビ	Ampelisca sp.	スガメソコエビ属							9	0.001
34			フトヒゲソコエビ	フトヒゲソコエビ	Anonyx sp.	ツノアゲソコエビ属					9	0.270		
35			クチバシソコエビ	クチバシソコエビ	Kroeyera sp.								9	0.090
36					Oedicerotidae	クチバシソコエビ科					9	0.090		
37			ヒサシソコエビ	ヒサシソコエビ	Foxipharus sp.		18	0.090			64	0.270		
38			マルソコエビ	マルソコエビ	Urothoe sp.	マルソコエビ属	9	0.001						
39			フクスケヨコエビ	フクスケヨコエビ	Bruzelia sp.		9	0.001						
40			ワレカラ	ワレカラ	Caprella sp.	ワレカラ属							18	0.001
41	きょく皮動物	クモヒトデ	クモヒトデ	クモヒトデ	Ophiura sarsi	キタクシノクモヒトデ	27	39.640			9	11.910	64	5.000
42					Myonhiurida	クモヒトデ目	27	0.001					9	0.090
43		ナマコ	ナマコ	ナマコ	HOLOTHUROIDEA	ナマコ綱	9	17.730			9	10.910		
合計 (個体数・湿重量)							261	59.459	253	27.368	461	8.178		
種類数							18		17		23			

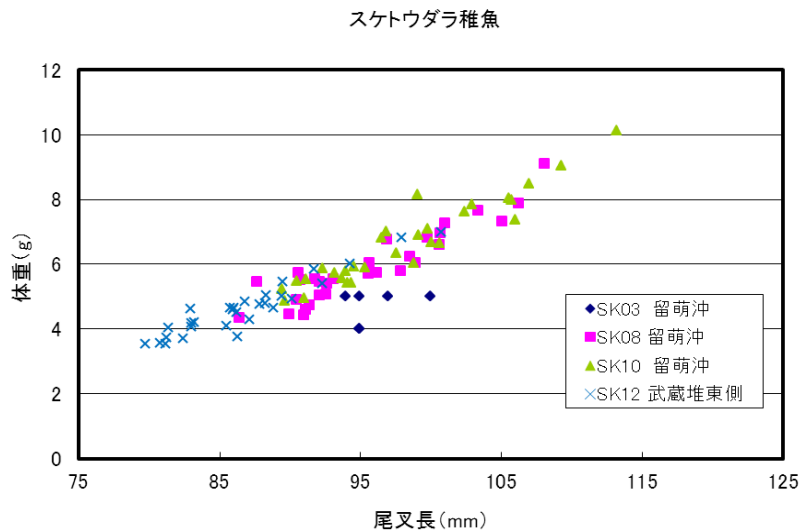
注：0.001は0.01g未満を示す。

1.4 漁獲調査

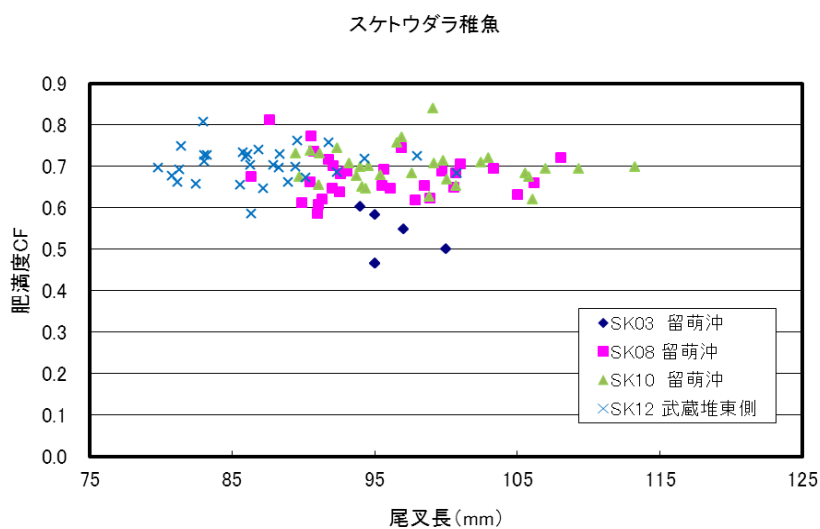
1.4.1 漁獲物調査の結果

1) 採集したスケトウダラの0歳魚の尾叉長と体重

平成25年度調査で採集したスケトウダラの0歳魚は、尾叉長が80~113mm、体重が3.5~10.1gの範囲であった。武蔵堆東側SK12（水深200m強）の0歳魚は小型であり、留萌沖SK10（水深200m強）で採集された個体は比較的大型の個体が含まれていた。肥満度は0.6~0.8に集中しているが、留萌沖SK03の肥満度が0.6以下と小さい。SK03は水深が唯一300m以上である。過年度の調査結果では、0歳魚でも水深が深い場所に分布する個体は大型であったが、平成25年度調査はその傾向と異なった。



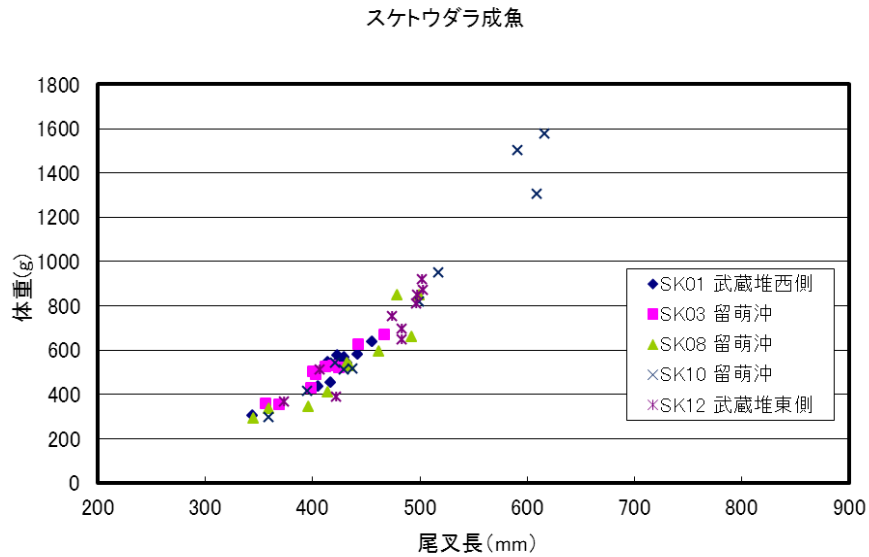
図VI-1-22 スケトウダラ0歳魚の尾叉長と体重の関係



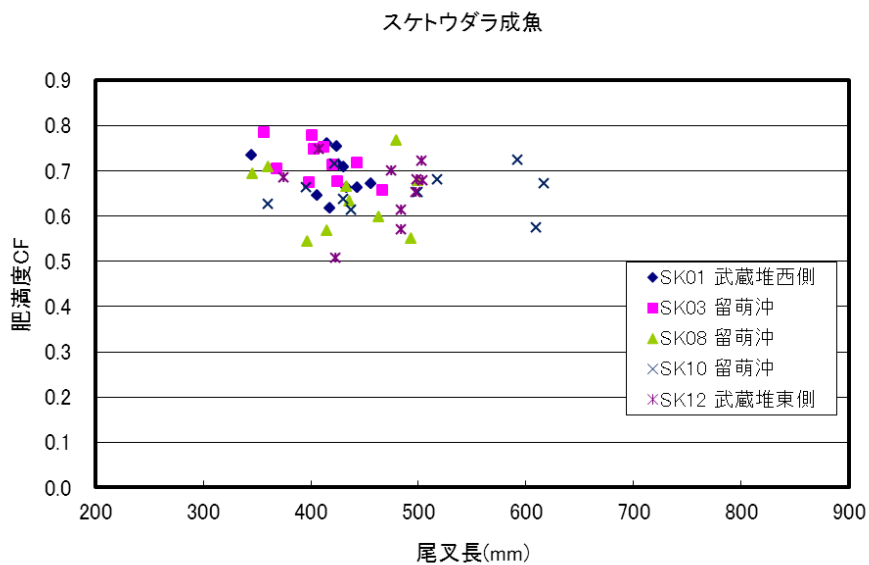
図VI-1-23 スケトウダラ0歳魚の肥満度

2) スケトウダラ成魚の尾叉長と体重

スケトウダラの成魚は、体長 345~617mm、体重 286~1573 g であり、留萌沖 SK10（水深 200m 強）で採集された個体には大型の個体が含まれていた。肥満度は 0.5~0.8 であった。



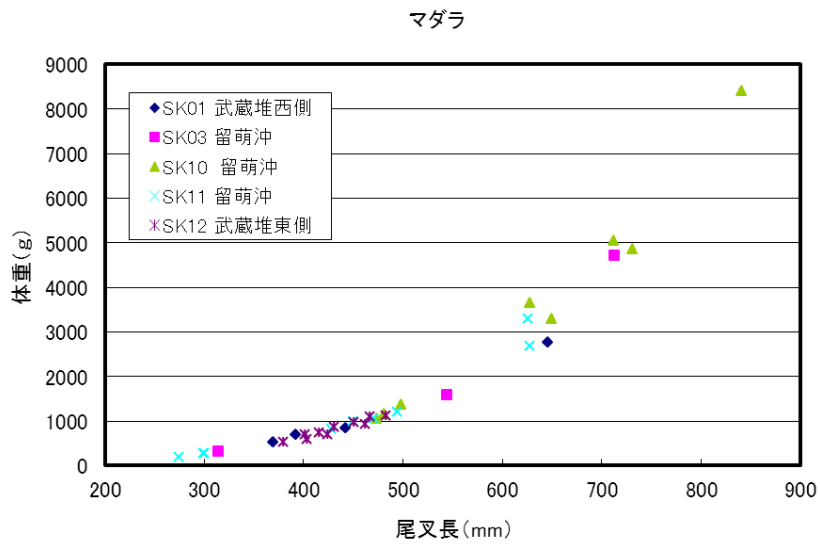
図VI-1-24 スケトウダラ成魚の尾叉長と体重の関係



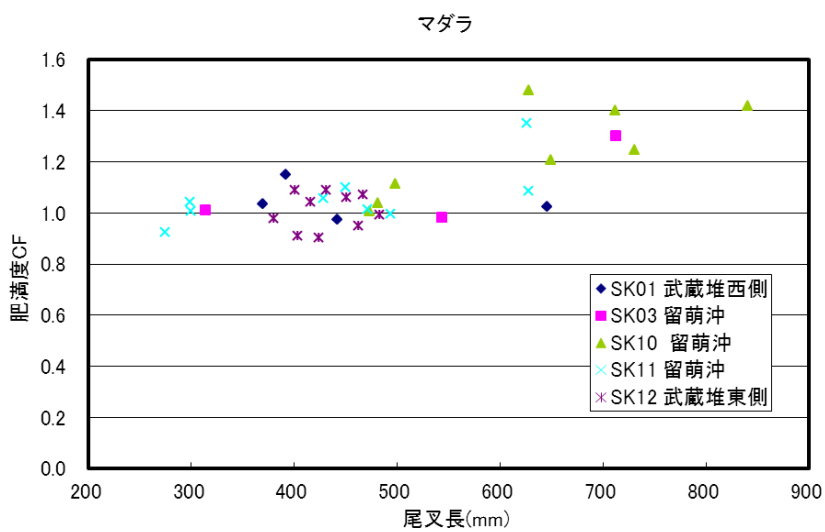
図VI-1-25 スケトウダラ成魚の肥満度

3) マダラ成魚の尾叉長と体重

マダラの成魚は、体長 275～841mm、体重 192～8413 g であり、留萌沖 SK10（水深 200m 強）で採集された個体には大型の個体が含まれていた。肥満度は 0.9～1.5 であり、SK10 で採集された個体の肥満度が大きい傾向にあった。



図VI-1-26 マダラ成魚の尾叉長と体重の関係

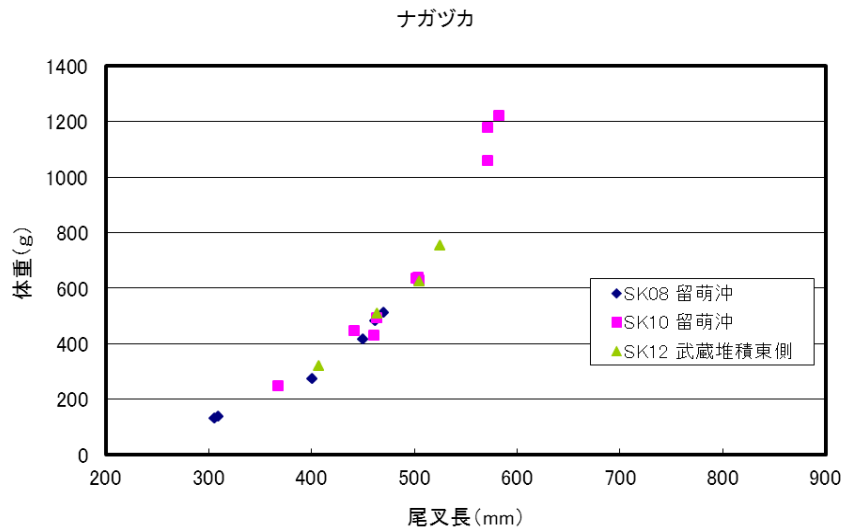


図VI-1-27 マダラ成魚の肥満度

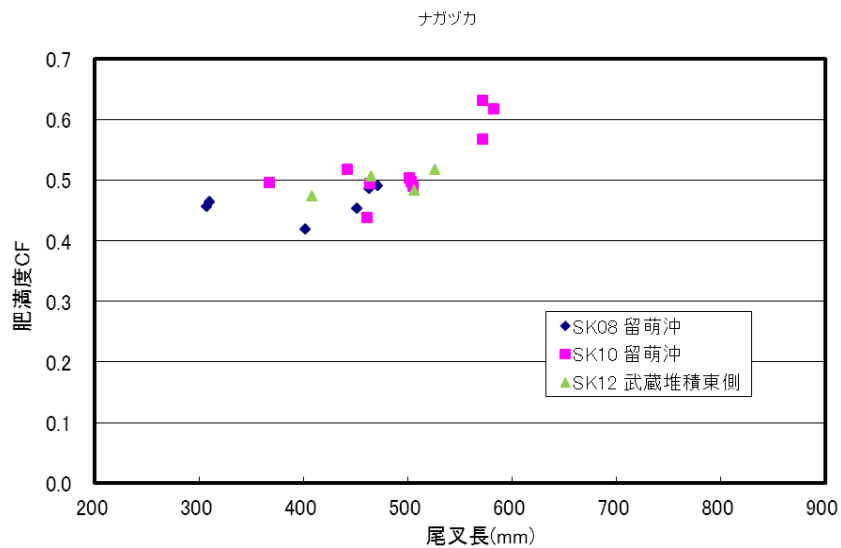
4) ナガツカの成魚の尾叉長と体重

ナガツカの成魚は、尾叉長 307~583mm、体重 132~1221g であり、留萌沖 SK10（水深 200m 強）で採集された個体には大型の個体が含まれていた。肥満度は 0.4~0.6 であり、SK10 で採集された個体は肥満度が大きい個体が含まれていた。

ナガツカが採集された海域 SK08、SK10、SK12 はいずれもスケトウダラ 0 歳魚が採集された海域であり、0 歳魚がナガツカに捕食される可能性がある。



図VI-1-28 ナガツカの尾叉長と体重の関係



図VI-1-29 ナガツカの肥満度

1.5 平成 25 年度の胃内容物調査の結果

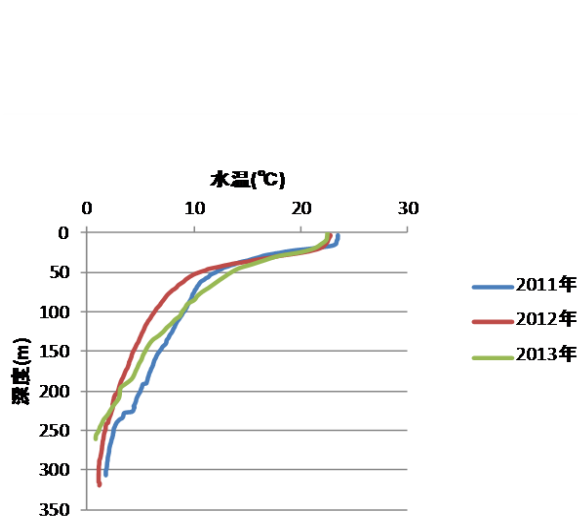
1.5.1 スケトウダラ 0 歳魚の食性

1) 夏季調査の結果

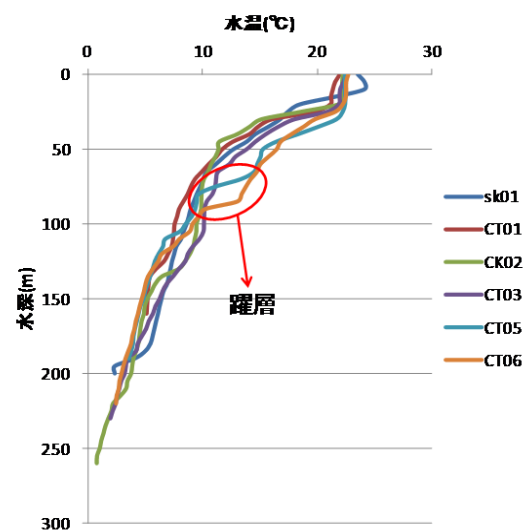
(1) 調査海域の水温構造

調査海域の水温の鉛直分布を図VI-1-30 に示した。表層水温は 23℃前後であったが、水深約 20m付近に温度躍層があり、それ以深では水温が低下し、スケトウダラの 0 歳魚が着底する水深帯（水深 200m付近）では 5℃以下になっていた。年ごとの水温構造を比較すると、2012 年の水温が低い傾向がある。なお、2013 年の調査地点ごとの水温構造を比較すると、CT05 と CT06 に水温躍層の可能性が見られた（図VI-1-31）。

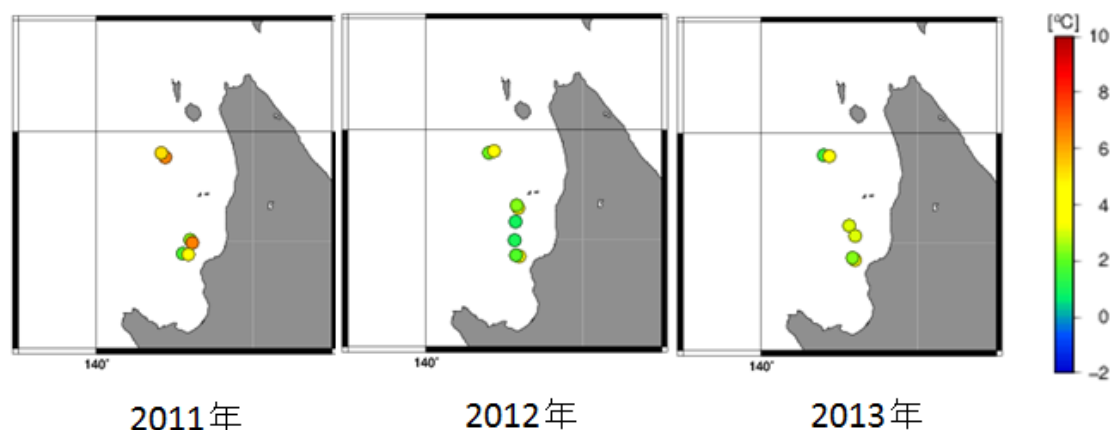
図VI-1-32 にスケトウダラの 0 歳魚が着底する底層の水温分布を示した。2011 年と 2013 年の季節内で水温に差は見られなかった。底層の水温は 2012 年が低い傾向にある。



図VI-1-30 夏季の経年水温



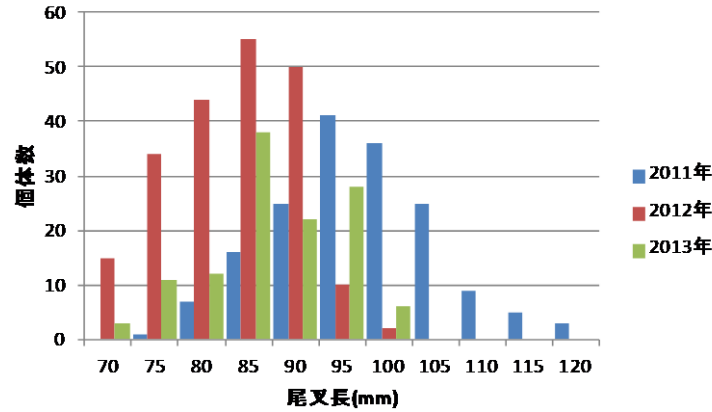
図VI-1-31 2013 年の地点別水温



図VI-1-32 夏季の底層の水温比較

(2) スケトウダラ0歳魚の大きさ

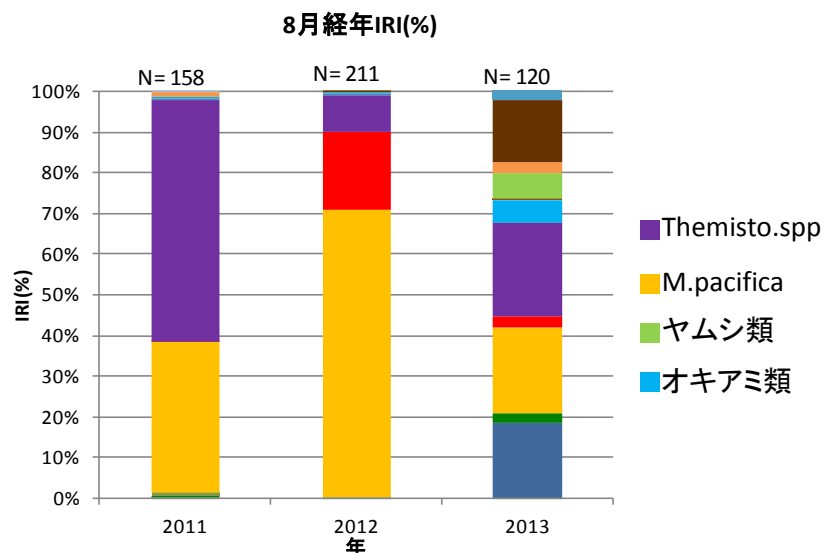
2011年のスケトウダラ幼魚の尾叉長は、2012、2013年と比較して有意に大きかった。2011年の尾叉長は、75～120mmの範囲で95mmの個体数が多かった。2012年および2013年の尾叉長は、70～100mmの範囲で85mmの個体数が多かった。



図VI-1-33 夏季のスケトウダラ0歳魚の体サイズ

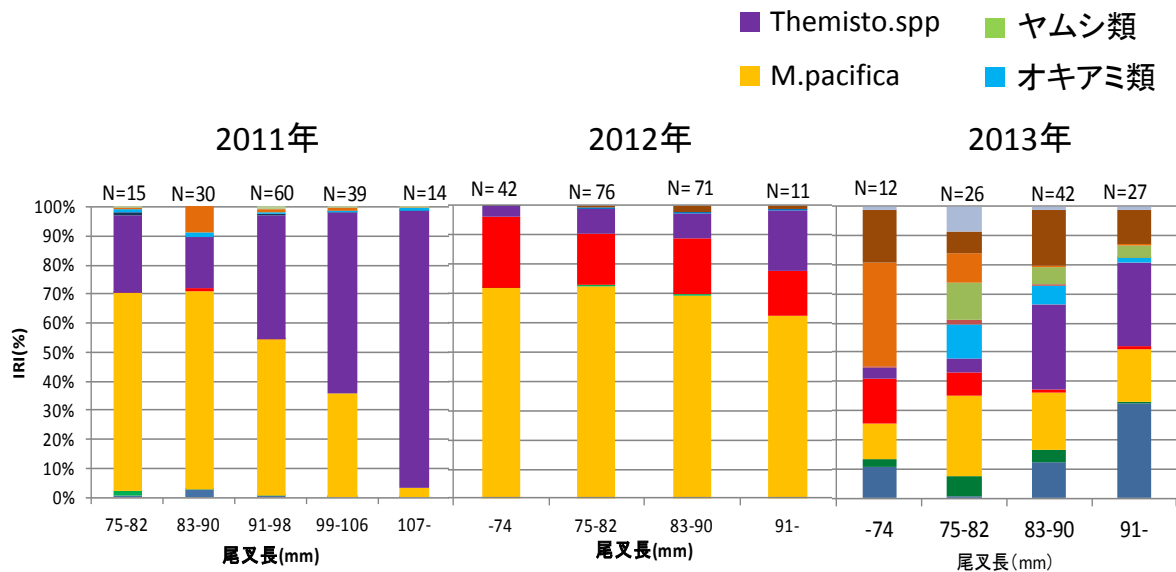
(3) 胃内容物分析結果 (夏季)

図VI-1-34に年ごとの胃内容物の相対重要度指数 IRI%を示した。2011年8月のサンプルの胃内容物は、*Themisto. spp* と *Metridia pacifica* が多く、2012年では *M. pacifica* が多く出現した。2013年では *Themisto. spp*、*M. pacifica* のみならずヤムシ類やオキアミ類が多く、多様な餌を摂餌していた。



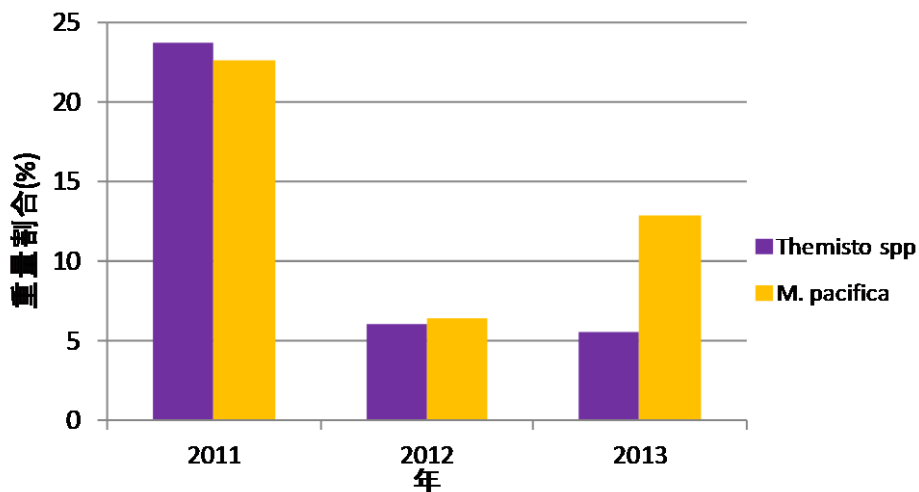
図VI-1-34 年別の夏季のスケトウダラ0歳魚の食性変化、Nは個体数

図VI-1-35 に体長別の相対重要度指数 IRI%を示す。2011年と2012年では体サイズの増加に伴い、大型の餌である *Themisto spp* や *M. pacifica* を摂餌していたが、2013年は体サイズに係わらず多様な餌を摂餌しており、特徴的な傾向は見られなかった。



図VI-1-35 夏季における尾叉長別の食性変化 (N; 個体数)

図VI-1-36 に *Themisto spp* と *M. pacifica* の重量割合%を示す。この図によると、両者に有意差はなかった。体サイズの増加に伴い、餌が大型化すると示唆されている(Broudeur 1997)。また、本海域のヤムシ類は水温躍層の下層で卓越すると報告されている(永井ほか 2012)。2011年と2012年では体サイズが、2013年はヤムシ類の分布が胃内容物に影響したと考えられる。

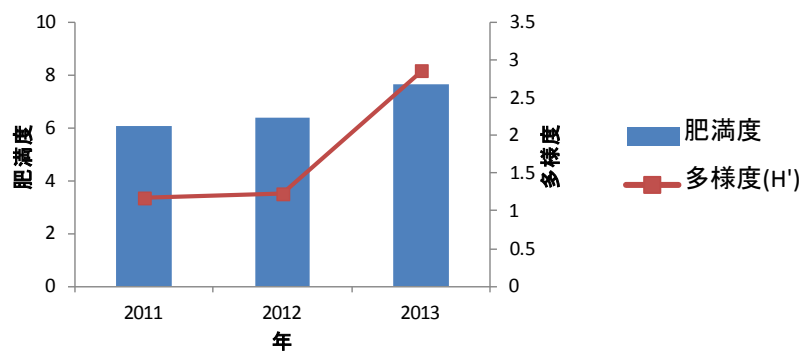


図VI-1-36 *Themisto spp* と *M. pacifica* の重量割合の経年変化

図VI-1-37 に夏季の0歳魚の肥満度を示した。2013年の肥満度は、他年より有意に大きかった。2013年にヤムシ類が増えたのは、水温躍層による影響が大きいと考えられる。本海域のヤムシ類は、水温躍層の下層で卓越することが知られている(永井ほか 2012)。ヤムシ類が採集された地点でのみ水温躍層が見られたため、ヤムシ類とスケトウダラ幼魚の分布が一致した可能性がある。

表VI-1-6 餌環境と胃内容物の不一致の要因

	体サイズ	主要餌種	餌サイズ	海洋環境
2011年	有意に大きい	<i>Themisto</i> spp.	大	高水温
2012年	小	<i>M. pacifica</i>	小	低水温
2013年	大	多様種	多様	躍層



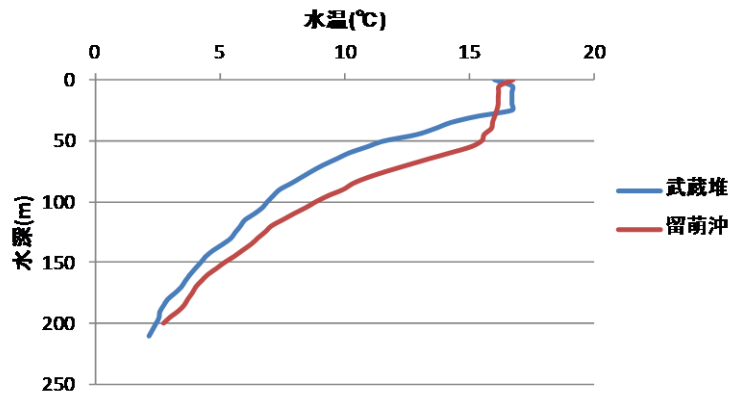
図VI-1-37 夏季のスケトウダラ0歳魚の肥満度と餌多様度

胃内容物では、2011年に *Themisto* spp. が、2012年には *M. pacifica* が優占したが、2013年は多様な餌種が発見された。太平洋系群道東海域と南東ベーリング海のスケトウダラ幼魚は、オキアミ類を主要な餌としている (Yamamura et al., 2002; Hunt et al., 2012)。年によって主要な餌種も種数も異なる本系群は、他海域と比べ多様な餌生物種を利用していると考えられる。

2) 秋季調査の結果

(1) 調査海域の水温構造

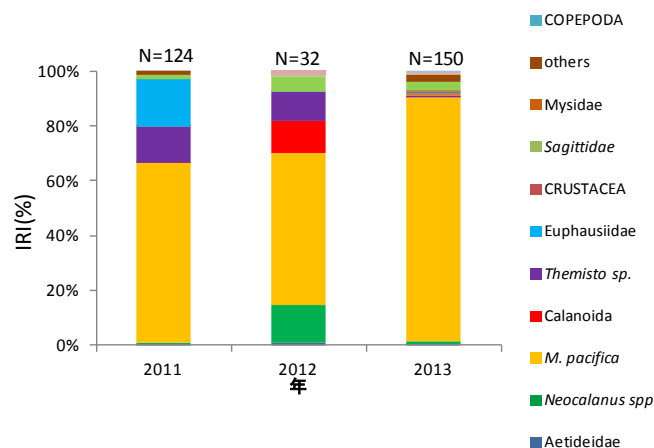
図VI-1-38 に秋季の水温構造を示した。表層の水温は約 17℃に低下している。武蔵堆では水深約 25m、留萌沖では水深約 50mに躍層がある。水深約 200mの底層では 2011 年と 2013 年の水温は変わらなかったが、武蔵堆は留萌沖に比べ、全般的に水温が低かった。



図VI-1-38 秋季の地点間平均水温比較 (2011~2013年)

(2) 胃内容物分析結果 (秋季)

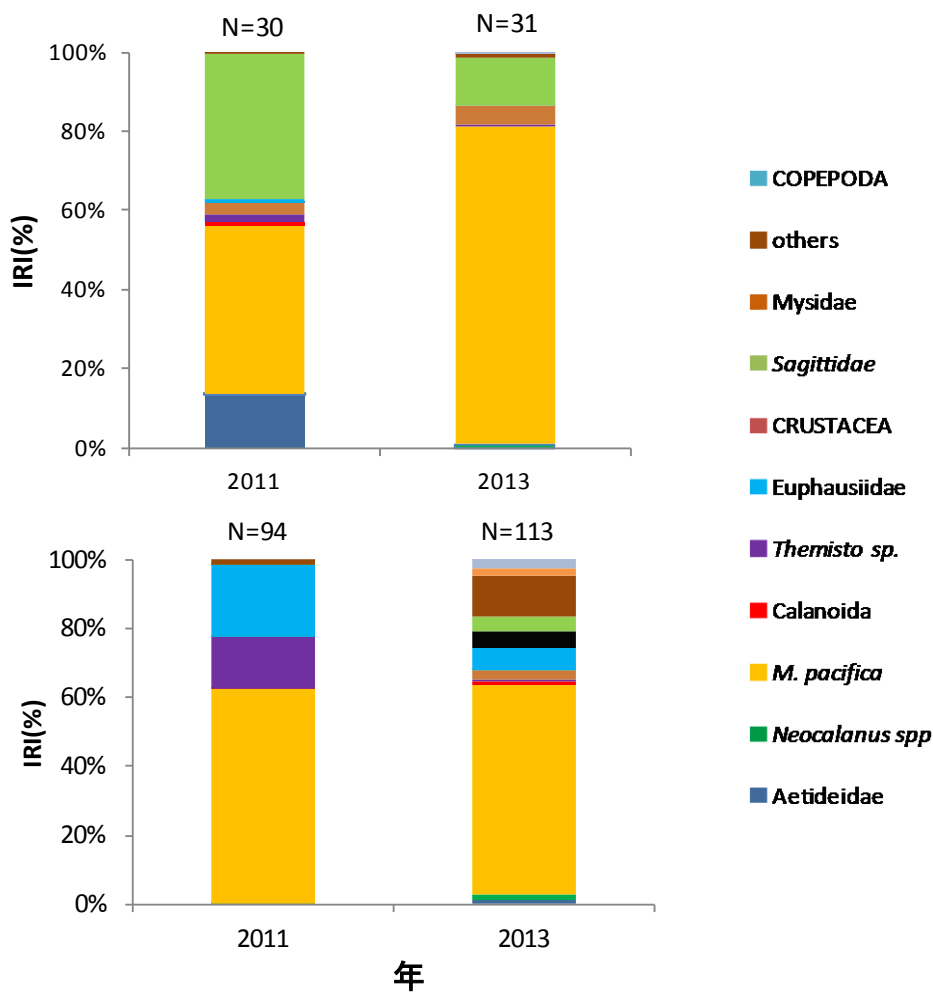
図VI-1-39 に秋季の0歳魚の食性変化を示した。秋季の胃内容物では、どの年も *M. pacifica* が優占していた。夏季に比較して *Themisto spp.* が少ない。富山湾ではこの種が夏季に最大となり、冬にかけて減少することが報告されている (Ikeda et al., 1992) が、*M. pacifica* はそれほど季節変化がないこと (嶋田ら 2012) によると考えられる。なお、2011年はオキアミ類 (Euphausiidae) が多く出現した。2011年の0歳魚はサイズが大きく、より大型の餌料を摂食したと考えられる。



図VI-1-39 秋季のスケトウダラ0歳魚の食性変化 (N; 個体数)

2011年と2013年のデータを武蔵堆と留萌沖に分けて図VI-1-40に示した。両海域とも胃内容物には *M. pacifica* が多い傾向であった。武蔵堆周辺海域では *M. pacifica* 以外にはヤムシ類 (Sagittidae) が多く摂餌されていた。調査海域は南から高水温の対馬暖流と北から低水温のリマン海流が流れ込む(嶋田 2012)。また、本海域で最も頻繁に出現するヤムシ類の *P. elegans* は、亜寒帯水の指標種のため(永井ほか 2012)、水温の違いが餌環境を変え、胃内容物の違いにあらわれたと考えられる。

留萌沖では *M. pacifica* に加えて、オキアミ類(Euphausiidae)が出現している。2013年の留萌沖では *M. pacifica* のみならず、多くの種が胃内容物として確認された。



図VI-1-40 秋季の0歳魚の胃内容物 IRI (上段；武蔵堆、下段；留萌沖)

1.5.2 スケトウダラ0歳魚の食性のまとめ

2013年は、肥満度が他年に比べて有意に高く、例年に比べてヤムシ類 (Sagittidae) やオキアミ類(Euphausiidae)を含む多様な餌種を摂餌していた。

オキアミ類(Euphausiidae)は、*M. pacifica* や *Themisto spp.* に比べてエネルギー量が高いことが知られている(Heintz 2013)。また、本海域のヤムシ類 (Sagittidae) には油滴を保有する腸管がよく発達するため(永井ほか 2012)、エネルギー量が高く、2013年の肥

満度の増加につながったと考えられる。なお、2011年と2013年の水温に有意な差は見られなかった。

魚類の栄養状態には、生息水温と餌生物の違いが影響することが知られている(Heintz 2013)。そのため、2013年のように多様な餌種を摂餌した方が、*M. pacifica*や*Themisto spp.*よりエネルギー量の高い餌を摂餌でき、栄養状態が良くなると考えられた。

表VI-1-7 食性と肥満度の年比較

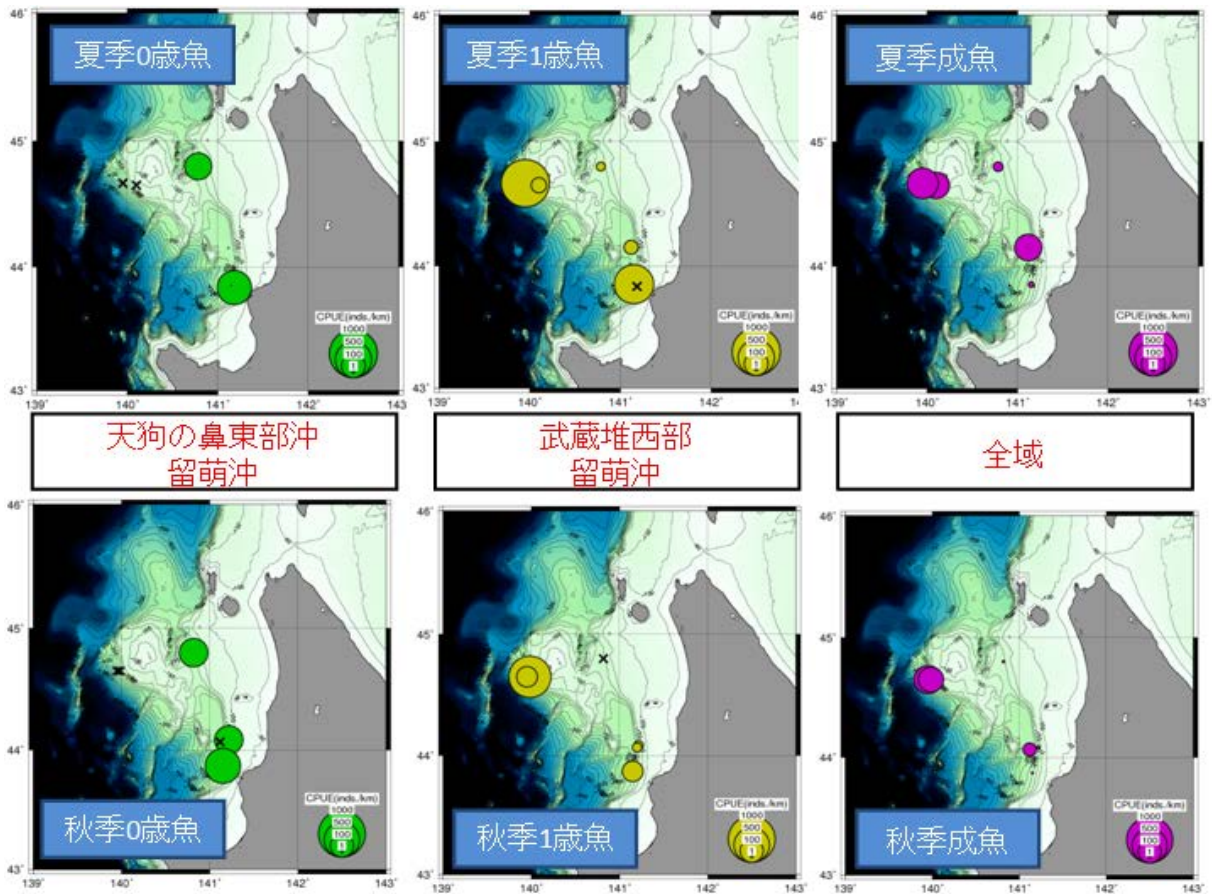
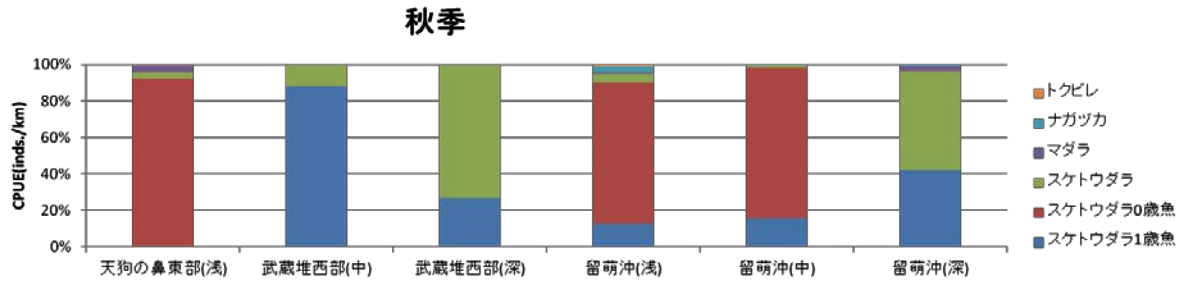
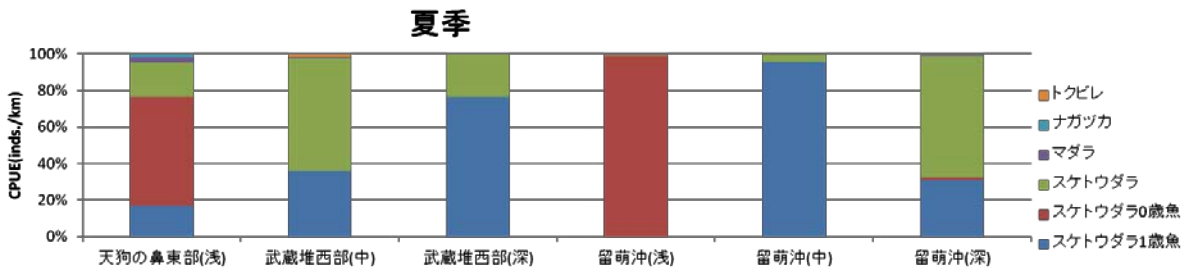
	2011年	2012年	2013年
主要な餌	Themisto.spp	M.pacifica	多様な餌 (オキアミ、ヤムシ)
肥満度		増加傾向	
水温(°C)	4.4	2.3	2.8

*有意差あり

1.5.3 スケトウダラ稚魚に対する捕食要因

(1) 各魚種の地理的分布

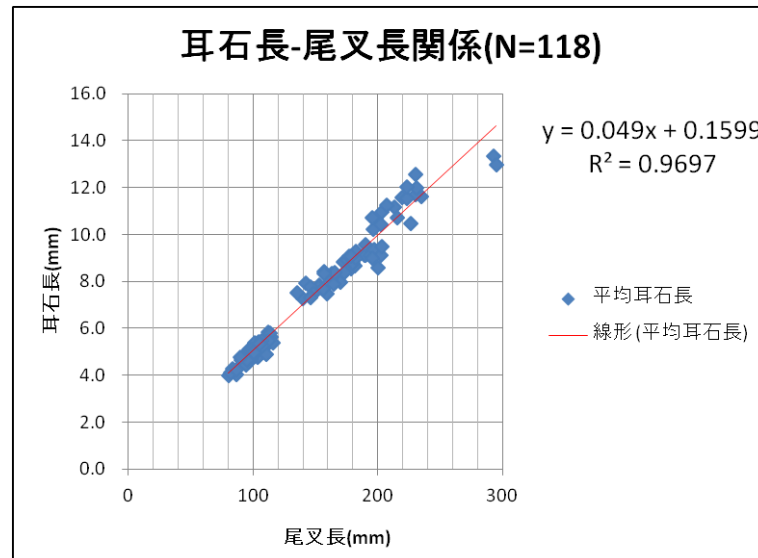
トロール調査によって採集できたトクビレ、ナガヅカ、マダラ、スケトウダラの漁獲量から漁獲努力量 CPUE (inds./km) を算出した。図VI-1-41 に各地点の対象種の CPUE の割合を示した。また、スケトウダラの CPUE を地図上にプロットした。これによると夏季は天狗の鼻東部(折込根沖)、留萌沖の浅層部、秋季はさらに留萌沖の中層部でスケトウダラ0歳魚が分布していた。1歳魚はほぼ全域に分布したが、武蔵堆西部、留萌沖の中層から深層部に多い。ナガヅカは夏季には天狗の鼻東部(折込根)、秋季には留萌沖の浅層部と中層部で漁獲されたが量は少ない。マダラは各地点で漁獲されたが量は少ない。



図VI-1-41 各地点別のスケトウダラのCPUE

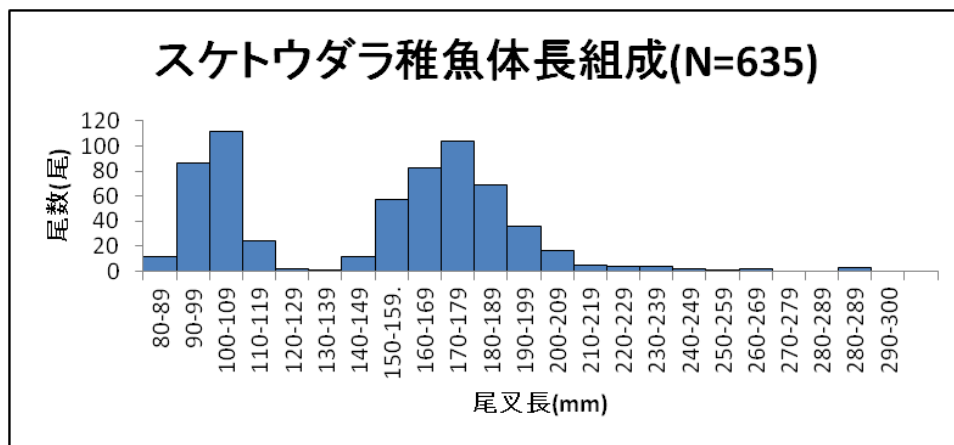
(2) スケトウダラ稚魚の体長推定

春季のスケトウダラ1歳魚の平均体長は130mm(水産庁 2011)と報告されていることから、尾叉長の130mmを0歳魚と1歳魚の境界と仮定した。秋季に採集されたスケトウダラ稚魚の耳石長(min-max:4.0-13.4 mm)と尾叉長(min-max:80-295 mm)に有意な回帰が得られた。



図VI-1-42 耳石長と尾叉長の関係

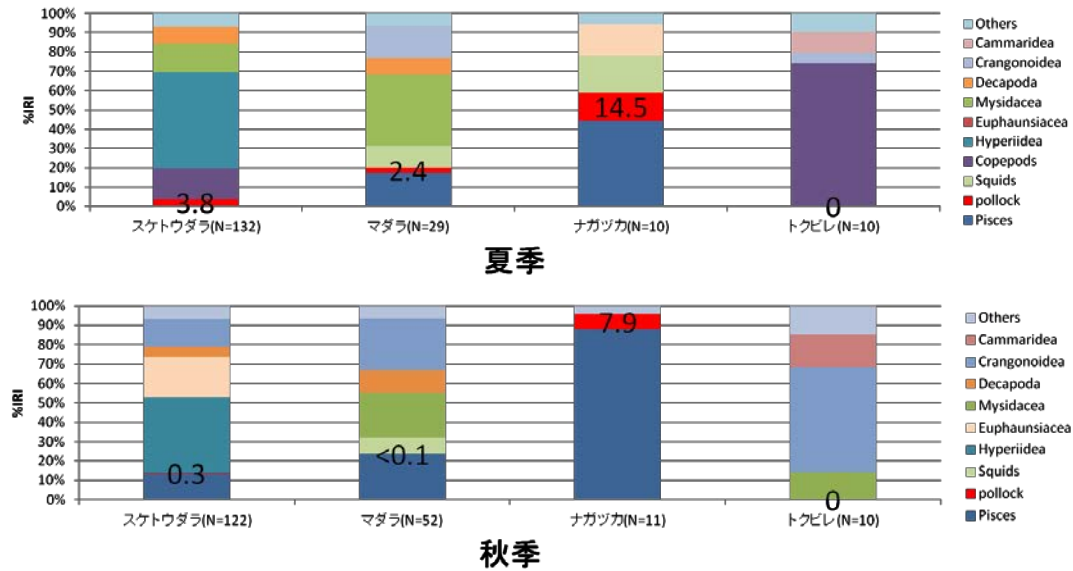
得られた近似式($y=0.049x+0.1599$)を用いて、各地点、及び季節ごとに、被食スケトウダラの尾叉長を推定した。結果をVI-1-43に示す。秋季に採集されたスケトウダラ稚魚の体長組成は、100~109mmと、170~179mmにピークがある二峰性を示した。スケトウダラのふ化日が集中すると、ある尾叉長にピークが見られる(千村ほか 2012)ことから、スケトウダラの年級群が変わったと考えられる。120~139mmはこれらの境界になっており、本研究では体長を推定する際、尾叉長130mmをスケトウダラ0歳魚と1歳魚の境界とした。



図VI-1-43 スケトウダラ稚魚の体長組成

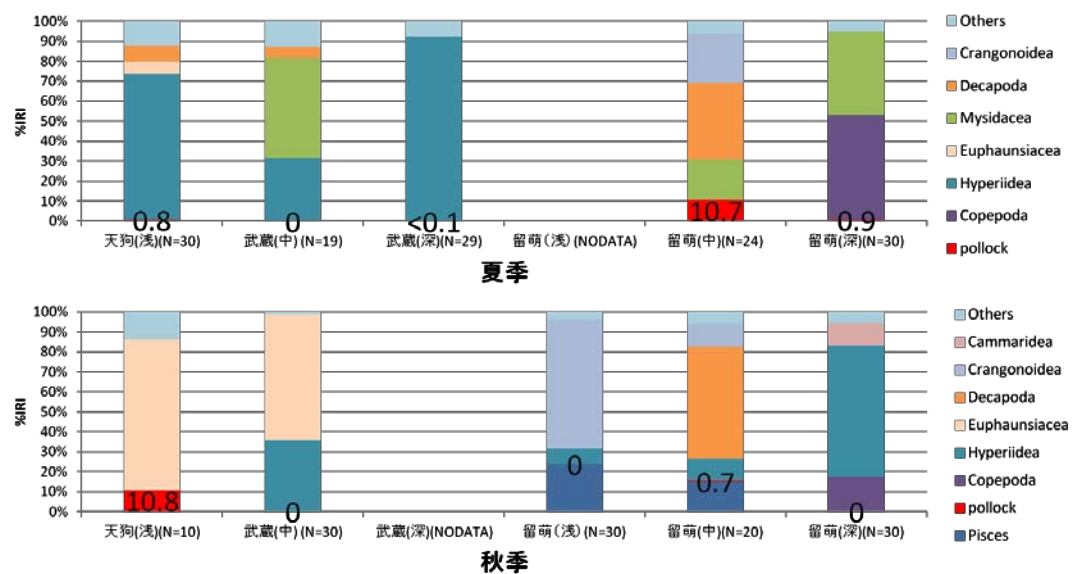
(3) 捕食と共食い

魚種別の胃内容物の%IRIをVI-1-44に示した。スケトウダラ稚魚 (pollock) はスケトウダラ成魚、マダラ、ナガヅカによって捕食されていたが、トクビレには捕食されていなかった。各捕食者におけるスケトウダラ稚魚の%IRI値は季節的な変動があり、夏季に大きかった。また、ナガヅカ以外の魚種については、スケトウダラの稚魚に対する%IRIは5%未満であり、スケトウダラ稚魚は主要な餌種ではなかったと考えられる。



図VI-1-44 各魚種の食性

スケトウダラ成魚の地点別の胃内容物の%IRIを図VI-1-45に示した。季節と地点で%IRIが異なっていた。%IRI値を各地点で比較すると、天狗の鼻東部沖(秋季)と留萌沖(夏季)では、スケトウダラ稚魚の%IRI値が11%近くあり、最も高かった。天狗の鼻東部沖や留萌沖は着底後の0歳魚が多く分布する(三宅 2008)ことから、成魚と0歳魚の分布が重複し、捕食されやすい地点であると考えられる。



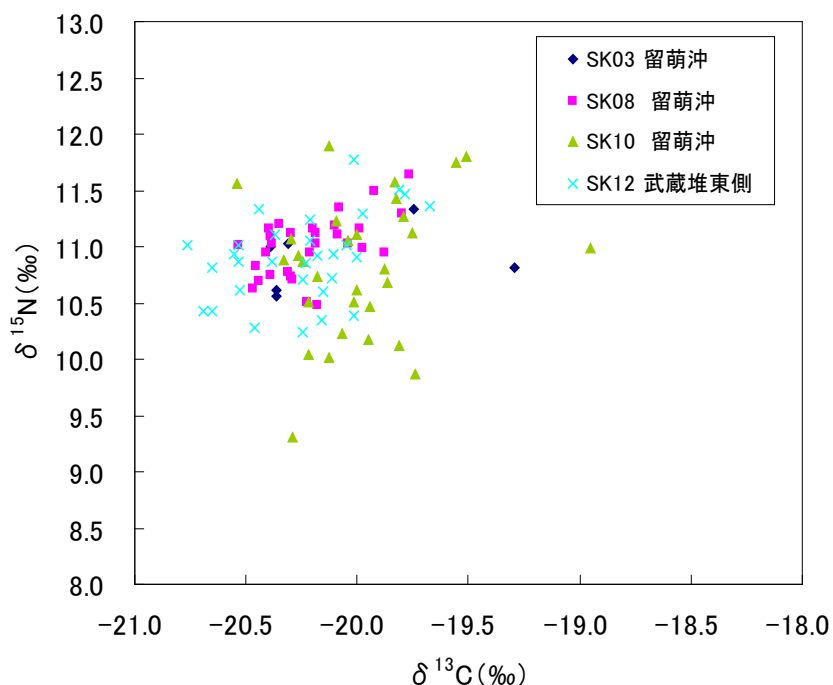
図VI-1-45 スケトウダラ成魚の地点別食性

捕食者であるマダラやナガヅカは前述したように、CPUE が小さい。したがって、マダラ、ナガヅカによる稚魚資源量への影響は少ないと考えられた。このように、調査海域のスケトウダラ稚魚に対する捕食圧は、スケトウダラ稚魚の資源量と分布地点が影響する要因があるが、資源量への影響は少ないと考えられた。

1.6 平成 25 年度の安定同位体比分析の結果

1) 炭素・窒素安定同位体比

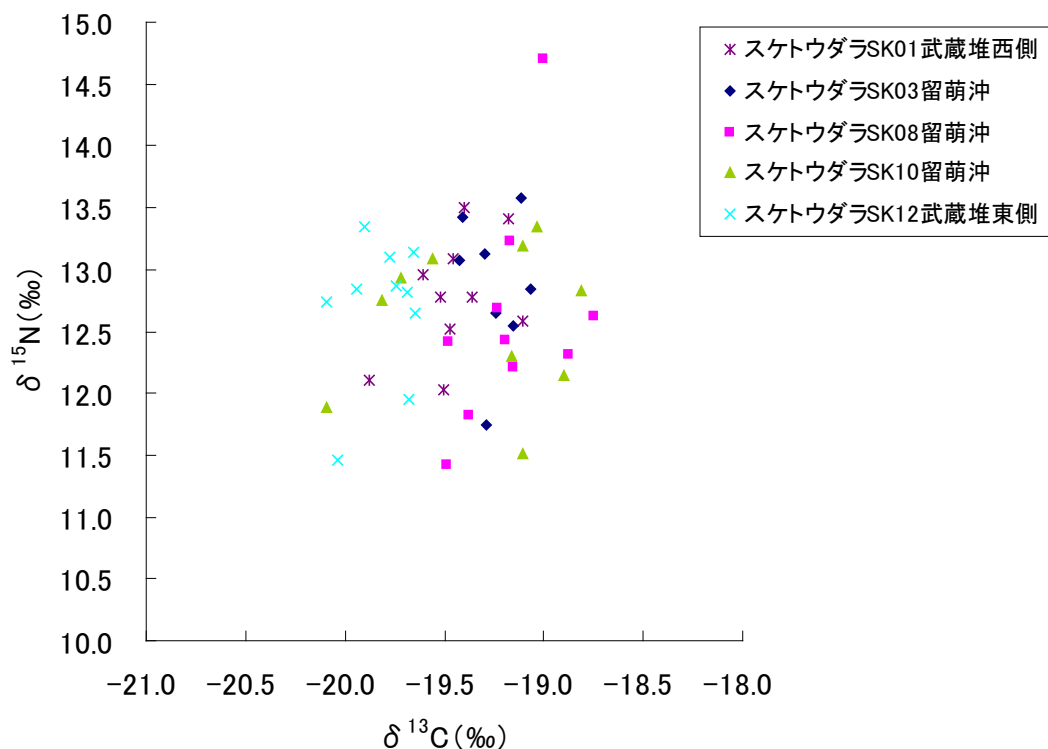
スケトウダラ稚魚、スケトウダラの成魚の安定同位体比マップをそれぞれ図VI-1-46、図VI-1-47に示す。個体による変異が大きく、特に留萌沖のSK10で著しい。この変異が体長と関係している場合は、発育に伴い食物が変わると考えられるが、後述するように、体長との関係がほとんど見られない。むしろ、スケトウダラの餌生物の多様性が影響していると考えられる。全体的にみると、稚魚（0歳）の窒素安定同位体比は、10～12‰の範囲にあり、平均10.91‰であった。



図VI-1-46 スケトウダラ0歳魚の炭素・窒素安定同位体比マップ

一方、図VI-1-47のスケトウダラの成魚については、 $\delta^{15}\text{N}$ が11～14‰にあり、平均は12.95‰であった。窒素安定同位体比については、成魚と稚魚との差異が大きく、平均で約2‰の差異があった。成魚の最大値と稚魚の最小値は、4‰以上の差があり、栄養段階が1以上異なるレベルにある。稚魚から成魚に成長すると、より高次の食物を多く摂取して栄養段階が上昇してゆくことを示している。

栄養段階としては、稚魚が3～4、成魚が4～5のレベルにあると推定される（栄養段階1は基礎生産者である）。ただし、その上昇の仕方には、体長と正の相関がみられない。



図VI-1-47 スケトウダラ成魚の炭素・窒素安定同位体比マップ

表VI-1-8 と表VI-1-9 にプランクトンの安定同位体分析結果を示す。

動物プランクトンは大型の種類と小型の種類とに分けて分析を行った結果、窒素安定同位体比は、小型の方が4~5‰であり、大型の動物プランクトンの6~7‰よりも低い傾向があった。

POM (Particulate Organic Matter: おもに植物プランクトン) の $\delta^{15}\text{N}$ が3~4‰であり、一般則を当てはめると、植物プランクトンから大型の動物プランクトンで栄養段階が一つ上がっていると判断された。

表VI-1-8 動物プランクトンの安定同位体分析結果

非着底域		$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	着底域		$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
ZP上層	大型	7.75	-26.94	ZP上層	大型	6.09	-26.15
60-0m	大型	6.83	-27.39	60-0m	大型	7.50	-25.83
	小型	4.15	-24.59		小型	4.61	-26.07
					小型	4.07	-25.41
ZP中層	大型	5.83	-27.41	ZP中層	大型	7.65	-25.04
130-60m	大型	6.00	-27.43	130-60m	小型	5.07	-24.68
	小型	5.79	-26.86		小型	3.50	-24.87
ZP底層	大型	7.88	-26.82	ZP底層	大型	7.25	-26.69
130-180m	大型	5.49	-23.70	130-170m	小型	3.74	-24.96

表VI-1-9 植物プランクトンの安定同位体分析結果

非着底域		$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	着底域		$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$
PP 5m	電圧低く限界以下			PP 5m	電圧低く限界以下		
PP20m		4.74	-25.31	PP20m		3.01	-24.46
PP 25m		4.81	-25.05	PP 35m		3.10	-24.48
PP 40m		6.55	-25.51	PP 50m		4.59	-24.88

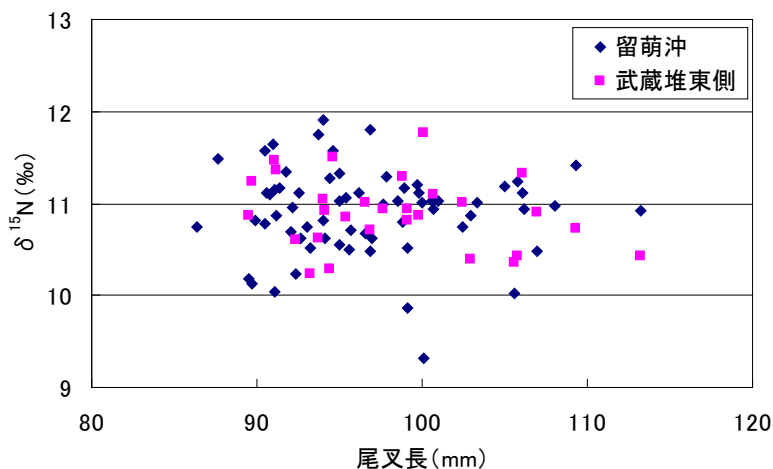
次に、炭素安定同位体比は、図VI-1-46と図VI-1-47との比較より、成魚と稚魚における差異は多少あるが、ほとんどが重なっており、-18~21‰の範囲であった。このことは、食物連鎖の出発点である一次生産者（栄養段階1）は同じで、どちらも植物プランクトン（浮遊性）を基点とする食物連鎖系列にあると考えられる。ただし、プランクトンを採集した。8月の値は、これまで報告されている一般的な値に比べると、低い傾向がみられ、動物プランクトンも低い傾向が認められた。基礎生産力が低いと炭素安定同位体比は低下することが知られているので、最終時期の影響が強く現れている可能性がある。

2) 窒素安定同位体比

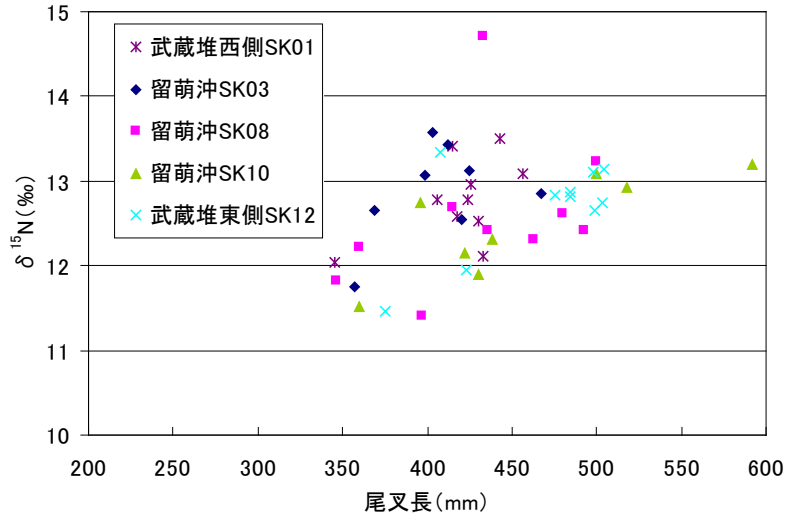
図VI-1-48と図VI-1-49にスケトウダラの稚魚及び成魚の尾叉長と窒素安定同位体比との関係を示した。一般的には、成長に伴い栄養段階が上昇するので、尾叉長と窒素安定同位体比は比例関係にあると予想される。しかし、図VI-1-48と図VI-1-49に示すように、稚魚も成魚についても、体長との相関は明確ではなく、個体による変異が非常に大きい結果となった。これは成長過程において、摂食における個体変異が非常に大きいことを示している。食物環境が単純な構成ではなく、稚魚の食物摂取パターンに個体差があると考えられる。

窒素安定同位体比の幅があることは、栄養段階の幅があることを示している。例えば、動物プランクトンには高次のものと低次のものがあるが、捕食者であるスケトウダラ稚魚がそれら両方を食べると、それぞれの摂食比率の偏りが窒素安定同位体比に反映されることになる。

食物環境とスケトウダラの摂食状況との関係は、一定の明解な対応関係として捉えるのではなく、個体による変異があるものとして理解される。また、食物環境の変異や多様性の変動の影響も考えられる。



図VI-1-48 スケトウダラ0歳魚の尾叉長に対する窒素安定同位体比

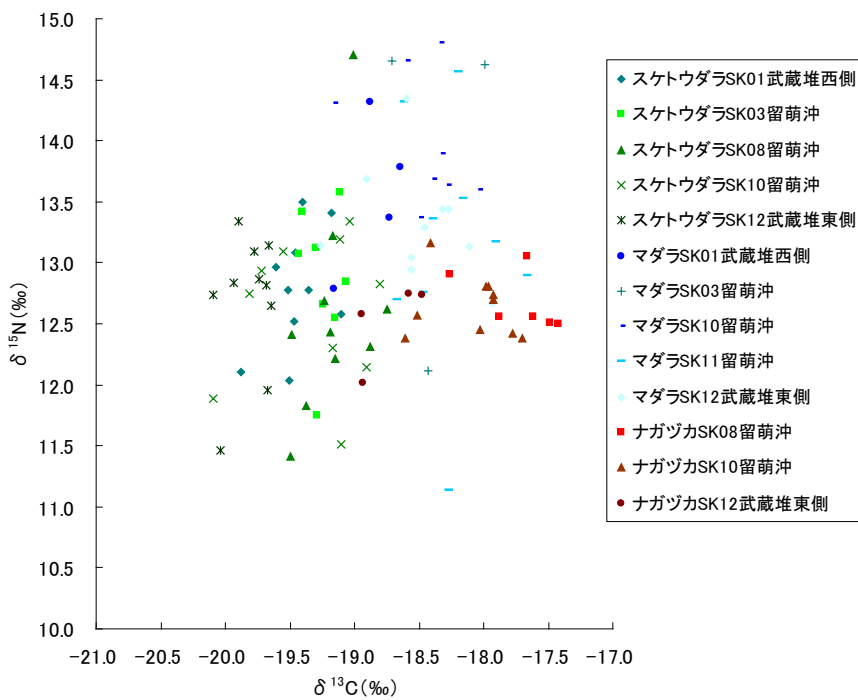


図VI-1-49 スケトウダラ成魚の尾叉長に対する窒素安定同位体比

3) スケトウダラ・マダラ・ナガヅカの炭素・窒素安定同位体比

図VI-1-50 にスケトウダラ・マダラ・ナガヅカの炭素・窒素安定同位体比を示した。これらの種はスケトウダラ0歳魚の捕食者である。

窒素安定同位体比は、マダラの方がやや高い傾向があり、スケトウダラよりも少し栄養段階が高いと考えられる。スケトウダラ・ナガヅカ・マダラの窒素安定同位体比では、種内でも個体差が大きい。ナガヅカの窒素安定同位体比はスケトウダラ成魚とほぼ同じで、栄養段階が同じであると推測される。しかし、炭素安定同位体比はナガヅカの方が、やや高い方にシフトしているので、食物連鎖の系列は少し異なることが示唆される。3種の食物連鎖上の中心域は少しずつずれており、食物（0歳魚）をめぐる競争関係は強くないと考えられる。

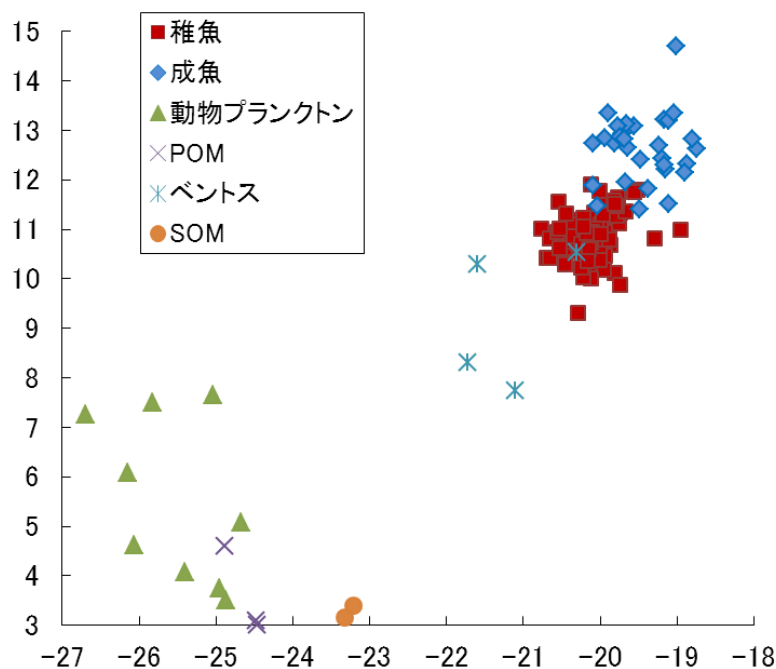


図VI-1-50 スケトウダラ・マダラ・ナガヅカの炭素・窒素安定同位体比マップ

4) スケトウダラ・動物プランクトン・ベントス・懸濁態有機物(POM)・土壌有機物(SOM)の安定同位体比

基礎生産者や食物生物も含めた安定同位体比マップを図VI-1-51に示した。植物プランクトン(POM)、動物プランクトンともに、サンプルによる変異が大きかった。変異の大きかった一因として、プランクトンの採集時期が夏季であったことが挙げられる。なお、動物プランクトンを採集した上層、中層、下層での一定の傾向は見られなかった。食物連鎖の基点、および、一次消費者の段階には、多様な生物群が混在していると予測される。その結果として、スケトウダラの安定同位体比の個体による変異の大きさにあらわれると考えられる。

一般的な食物連鎖ではマップの各点が1:3.4の勾配に一致することが多い。調査海域では、食物連鎖系列として線で描けるような構造ではなく、低次段階でバラツキが多い。このように、多様な生物群が複雑に組み合わせられた餌料環境が魚類の生産構造を支えられていると考えられる。また、前述のように、スケトウダラ、マダラ、ナガヅカの成魚の主要な食物は少しずつ異なっていると考えられ、0歳魚をめぐる強い競争関係にはないと推測される。



図VI-1-51 スケトウダラ・動物プランクトン・ベントス・懸濁態有機物(POM)・土壌有機物(SOM)の安定同位体比マップ

1.7 ホッケとミズダコの生態とスケトウダラの0歳魚の着底海域の環境

武蔵堆周辺海域の水深約200mではスケトウダラの他に主要な水産対象種としてホッケやミズダコが上げられる。ホッケについては、過年度のROV調査によって、水深180m前後の海底で大型の個体が確認されている。平成25年度のROV調査でも、非着底域で体長25~35cmのホッケ2個体が海底に定座していることが確認された。ミズダコについては、平成25年度までROV調査では確認できていない。

ここでは、ホッケとミズダコの生態を文献調査し、この2種がスケトウダラの0歳魚の着底水深帯を利用する可能性を整理した。

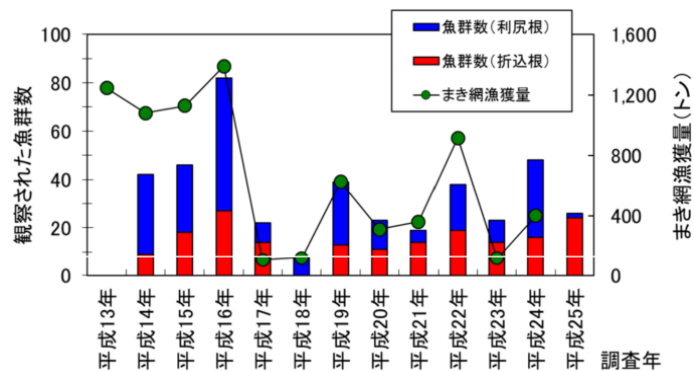
1.7.1 ホッケの生態

ホッケの地理的な主分布域は、積丹半島付近より北側の北海道日本海側、サハリン南西岸およびオホーツク海沿岸である。産卵後アオボッケまでは表層付近でカイアシ類などのプランクトンを摂餌しているが、成長して底生生活に移行すると水深200程度まで分布する。特に、ネボッケは産卵のために水深5～30mの岩礁域に近い急峻な海底の水深200m付近に分布する。比較的魚礁性が強く、水産試験場が実施している計量魚探調査では、仙法志堆周辺でホッケの群れが観察されている。

スケトウダラ0歳魚が着底する水深約200mにおいては、未成魚から成魚のホッケの大型個体が分布する可能性が高い。ホッケの分布は仙法志堆周辺海域で定期的に稚内水産試験場により計量魚探による調査が実施されている。図VI-1-52によると、平成16年まではホッケの群れが多く、まき網の漁獲量も多いが、平成17年以降は低レベルで推移している。

表VI-1-10 ホッケの生態

発育段階	卵	稚魚	アオボッケ	ローソクボッケ	ハルボッケ	未成魚～成魚	ネボッケ
時期	10～12月頃	12～3月頃	4～9月頃	10～3月頃	4～6月頃	7月以降	
大きさ	卵径2.5～3mm	1～3cm	4～16cm	18～22cm	23～25cm	25cm以上	35cm以上
生息環境	生息水深	表層付近		50～200mで群れをつくる	表・中・底層	50～200m	水深5～30mの産卵場に近い水深200m付近
	海底地形・礁との関わり	約1年間の表層生活		底生生活			
	食性	なし	カイアシ類	魚類、魚卵、イカ類、エビ類、ヨコエビ類、オキアミ類など様々な種類の動物を食べる			
	その他						
繁殖生態	産卵場	利尻島・礼文島周辺、武蔵堆周辺、積丹半島西岸から寿都湾、島牧にかけて。					
	産卵期	北海道周辺では9月中旬から12月中旬頃で北で早く南で遅い傾向。いずれの海域でも産卵はほぼ水温15～17℃で始まり13℃前後で盛期を迎え、8～9℃で終了する。					
	産卵数	1産卵当たり2～4回。1回に2800～4500粒を産卵。					
	産卵行動	雄は、卵が孵化するまで保護行動をとる。雄は産卵期が近づくと、裂け目やくぼみがある岩礁域、あるいは石と石の隙間があるところなどに「なわばり」をつくる。このころの雄の体表は白っぽく変色し、頭頂と尾鰭の先に「婚姻斑」という黒っぽい模様が浮き上がる。雄はなわばりに雌を誘い込み、卵を産ませると、腹部を接触させるように放精し、卵塊を岩のくぼみなどに押し込む。その後雄は、近づきすべてのさかなを追い払い、卵塊に口を当てて新鮮な海水を吹き付ける。この行動は卵が孵化するまで続き、この間、雄はいつさいの餌を口にしない。					
漁具・漁法	底延縄、定置網、刺し網、日網漁(礼文島、オホーツク沿岸)、まき網(仙法志堆)						



図VI-1-52 計量魚探による魚群数とまき網漁獲量の推移

※魚群数：ホッケ魚群を抽出し、調査域（利尻根、折込根）で出現した群れの数の合計値出典；平成25年ホッケ計量魚群探知機調査報告（平成25.5 稚内水産試験場）

1.7.2 ミズダコの生態

北海道西岸におけるミズダコの生息域は、おおむね水深 150m（一般には 180m～200m）以浅とされている。成長とともに生活の場を変える性質があるが、主に漁獲対象となる未成年魚の分布する水深は約 60m 以浅であり、その底質は岩礁地帯や玉石、砂礫質などである。

未成年のミズダコは縄張りを形成し生活している。成長に伴い摂餌量が多くなるため、餌を得るために広い縄張りが必要になる。個体間の距離が大きいので分布密度は粗になる。ミズダコはスケトウダラ 0 歳魚の分布水深約 200m を利用する可能性はあるが、図 VI-1-53 のようにミズダコの分布の下限であり、夏季に深所へ移動することから、成体期の大型のミズダコが利用する可能性が示唆された。

表 VI-1-11 ミズダコの生態

発育段階	卵	浮遊期	稚ダコ期	未成年期	成体期
生息水深	100m 以浅	10～20m 層	40～50m 以浅	約 60m 以浅	150m、180～200m。春と秋は浅所。夏は深所へ移動
時期	5～6月、6～7月	1～2ヶ月間			成熟 3 歳以上、繁殖活動は一生に一度
底質	岩礁地帯			岩礁地帯、玉石、砂礫質	
食性	摂餌なし	不明	着底直後の稚ダコはエビ・カニ類の幼生やベントスなど。	日本海海域では、1kg 前後以上の未成年ダコは肉食性であり、貝類、甲殻類を特に好むほか、魚類、魚卵、イカ類、多毛類、海鞘類、ナマコ類、ヒトデなども捕食し、摂餌活動は活発	成体期も肉食性。雌は産卵期以後はほとんど摂餌しない。
その他		対馬暖流によって北方へ移送される可能性あり		縄張り形成	
産卵場	沿岸域（水深 30～70m）の岩礁地帯の岩穴のある岩棚などに産卵する。交配後、雄はさらに沖へ移動し、5 月頃に水深 150m 以深で死亡する。雌は浅場へ移動する。				
産卵期	交配盛期は 11～12 月。産卵期は 5～6 月頃				
産卵数	推定産卵数は体重 16.2kg、卵巣 2100g の個体で約 6.7 万粒。卵房の長さは 80～110mm で、卵数は 250～300 粒。				
産卵行動	産卵は糸状の柄を擦って藤花状の卵房（直径 20cm くらいの円形状、長さ 80～110mm）を作りながら行われる。約 8 本の精英を有し、交配時に雌の輸卵管内に挿入して貯精させ、成熟卵として体外に産出される時に受精される。産卵を終えた雌は各腕を広げて傘膜で卵房を覆い包むように天井部にさかさまに吸着し、時折吸盤で卵の表面をなでたり、漏斗で水流を吹き付けて汚れないように保護する。雌は卵の孵化後に死亡する。				
漁具・漁法	たこ函、空釣り縄、たこいさりびき、たこいさり樽流し				

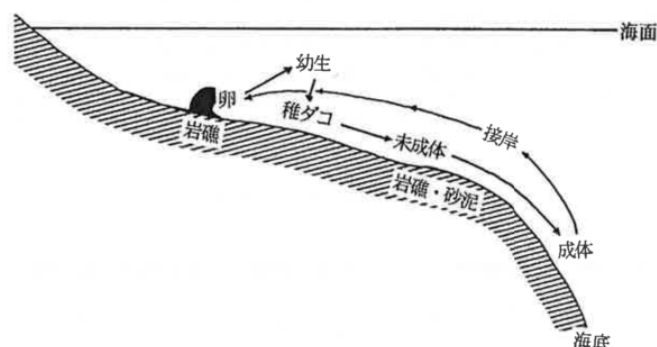


図 VI-1-53 ミズダコの分布

出典；主要対象生物の発育段階の生態的知見の収集・整理，全国豊かな海づくり推進協会

1.8 平成26年度調査計画における留意点

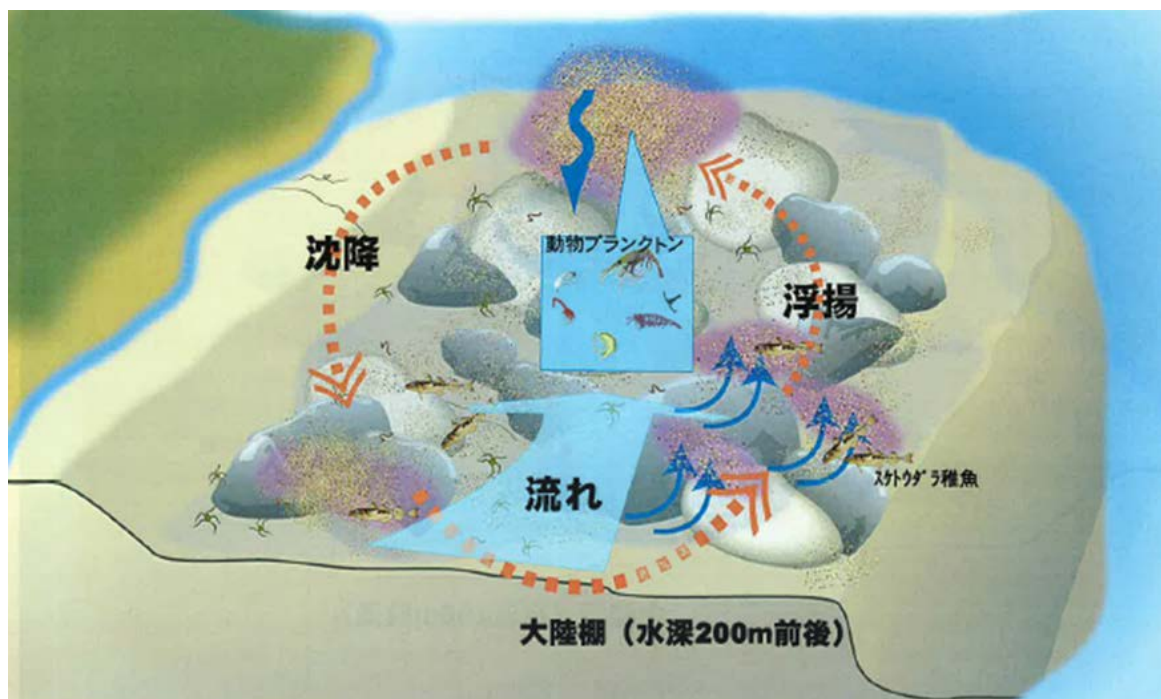
平成25年度の調査結果から、折込根沖にはスケトウダラの0歳魚が分布するが、計量魚探調査結果から0歳魚の分布密度が近傍でありながら大きく異なることが判明した。また、過年度のROV調査結果から、折込根沖であっても、底質が砂泥質で平坦な海底ではスケトウダラの0歳魚は少なく、転石帯では0歳魚が多く確認できた。

この傾向がどのような環境要因に起因しているか把握することで、餌料培養礁が備えるべき条件が明確になると考えられる。

1) スケトウダラの0歳魚の餌料培養礁に関する仮説

海底に設置されたブロックや岩の陰に動物プランクトンが蟄集し、プランクトンスウォームが形成されることがよく観察される。また、日本海西部の水深290mに設置された魚礁にプランクトンスウォームが形成されていることが確認されている。

これらの事実から、仮説として、海底で確認された転石はやや小さいが、その転石の周辺に動物プランクトンが蟄集し、それを餌料として、動物プランクトン食性のスケトウダラの0歳魚が蟄集している可能性がある。この仮定によれば、0歳魚が着底する折込根沖の平坦な海底に起伏を持たせることで、スケトウダラの0歳魚の餌料環境を改善し、肥満度が低下しがちな夏季の餌料環境が改善することで、着底時の減耗を軽減できる可能性がある。また、魚礁性の高いホッケやミズダコの生息場を提供する可能性がある。また、スケトウダラ0歳魚の捕食者は量的に少ないことから、餌料培養礁によりスケトウダラの資源増殖の可能性がある。



図VI-1-54 転石に蟄集する動物プランクトンと0歳魚（仮説）

2) 仮説を検証するための調査計画の配慮事項

以上の仮説を検証するには、海底地形と動物プランクトンおよびスケトウダラ0歳魚の分布を把握する必要がある。水深約200mの深海底の状況を把握するために、以下の点に留意する必要がある。

① 調査場所の設定

0歳魚が毎年観察される折込根沖を「調査海域」とし、調査海域であっても、0歳魚が蟄集する場所と密度の低い部分の環境の差を把握する。

② 底質環境の把握

過年度のROV調査から、微環境の差は転石の有無と考えられる。ROV調査は点あるいは線の情報であり、面的な底質の情報を得るには、サイドスキャンソナーによる調査が必要である。水深が深く、転石の長径が1m程度であるため、底質の性状を面的に把握するには、サイドスキャンソナーを潜航させ、海底上数十mの位置で曳航する必要がある。

③ 計量魚探による動物プランクトンと0歳魚の分布の把握

調査海域で底質の異なる地点において、計量魚探（2周波）を使用して、動物プランクトンの分布状況、0歳魚の分布状況を把握する。

④ ROV調査

上記の調査で得た情報を整理し、底質の異なる2地区を対象に、ROVを使用してプランクトンスウォームの分布や0歳魚やその他の魚類の分布と底質との関係を把握する。

2. 平成 26 年度調査結果

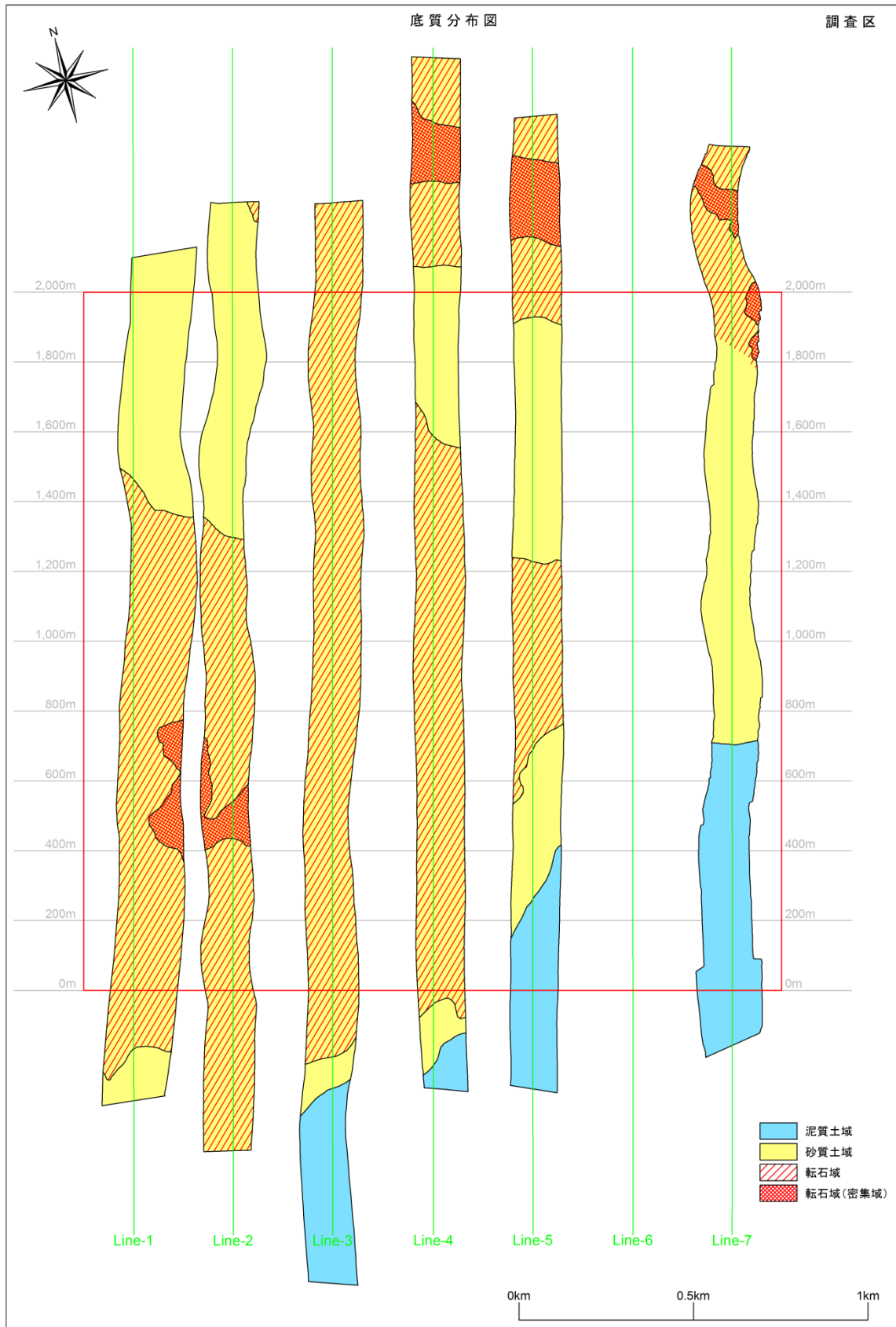
2.1 スケトウダラ着底幼魚及びホッケ・ミズダコの分布把握

2.1.1 計量魚探調査

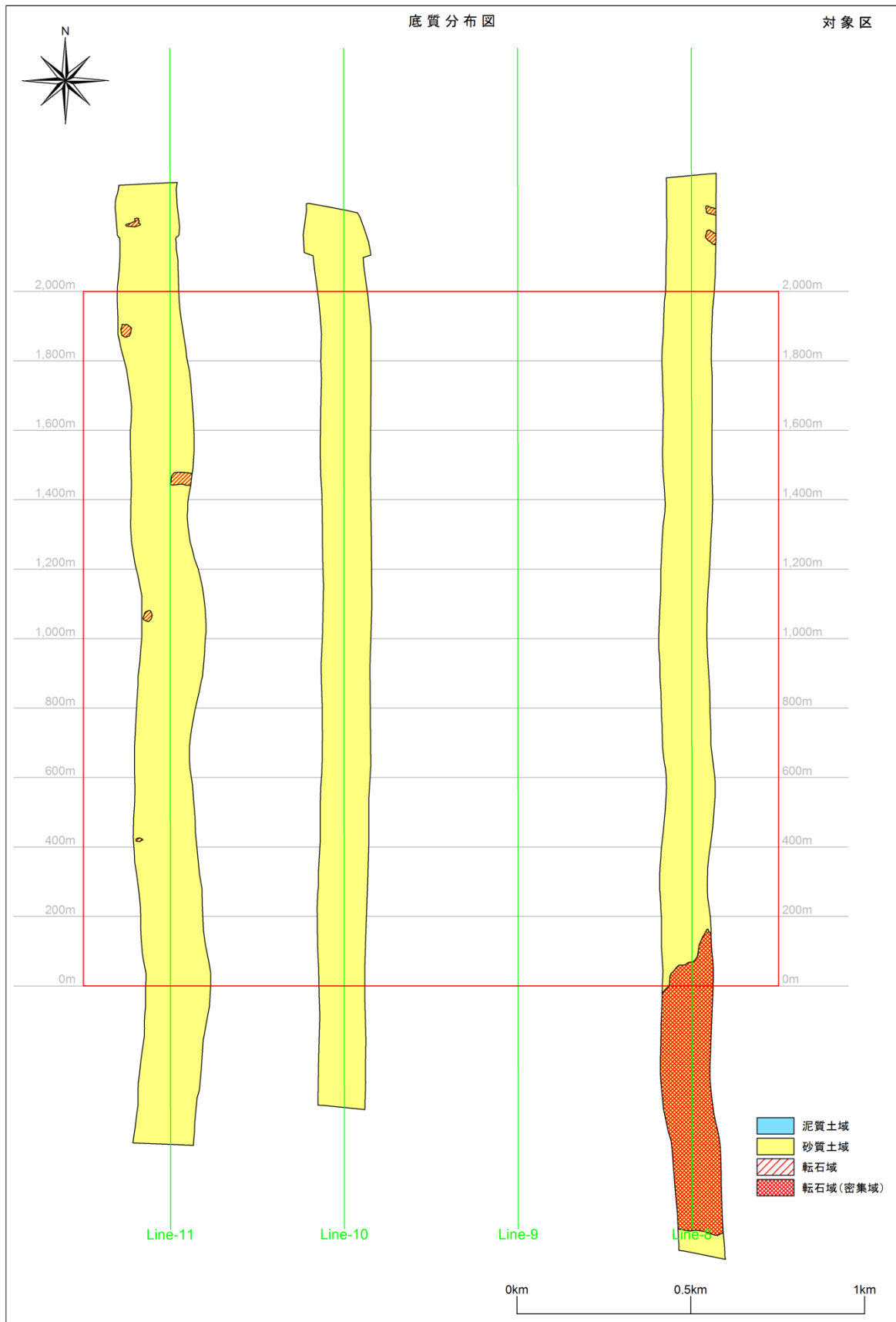
1) サイドスキャンソナー調査

調査区と対照区のサイドスキャンソナー調査結果による底質区分を図VI-2-1 と図VI-2-2 に示した。Line6、Line9 は海況が悪化したために計測を中止した。これらの結果から、サイドスキャンソナーのデータの空白部を補完し、各底質区分の面積を算出した結果を図VI-2-3 に示した。調査区は転石域が最も広く、泥質や砂質も分布した変化に富む海底環境であることが分かる。一方、対照区は殆どが砂質であり、調査範囲の南東側に転石域（密集域）が広く分布していた。

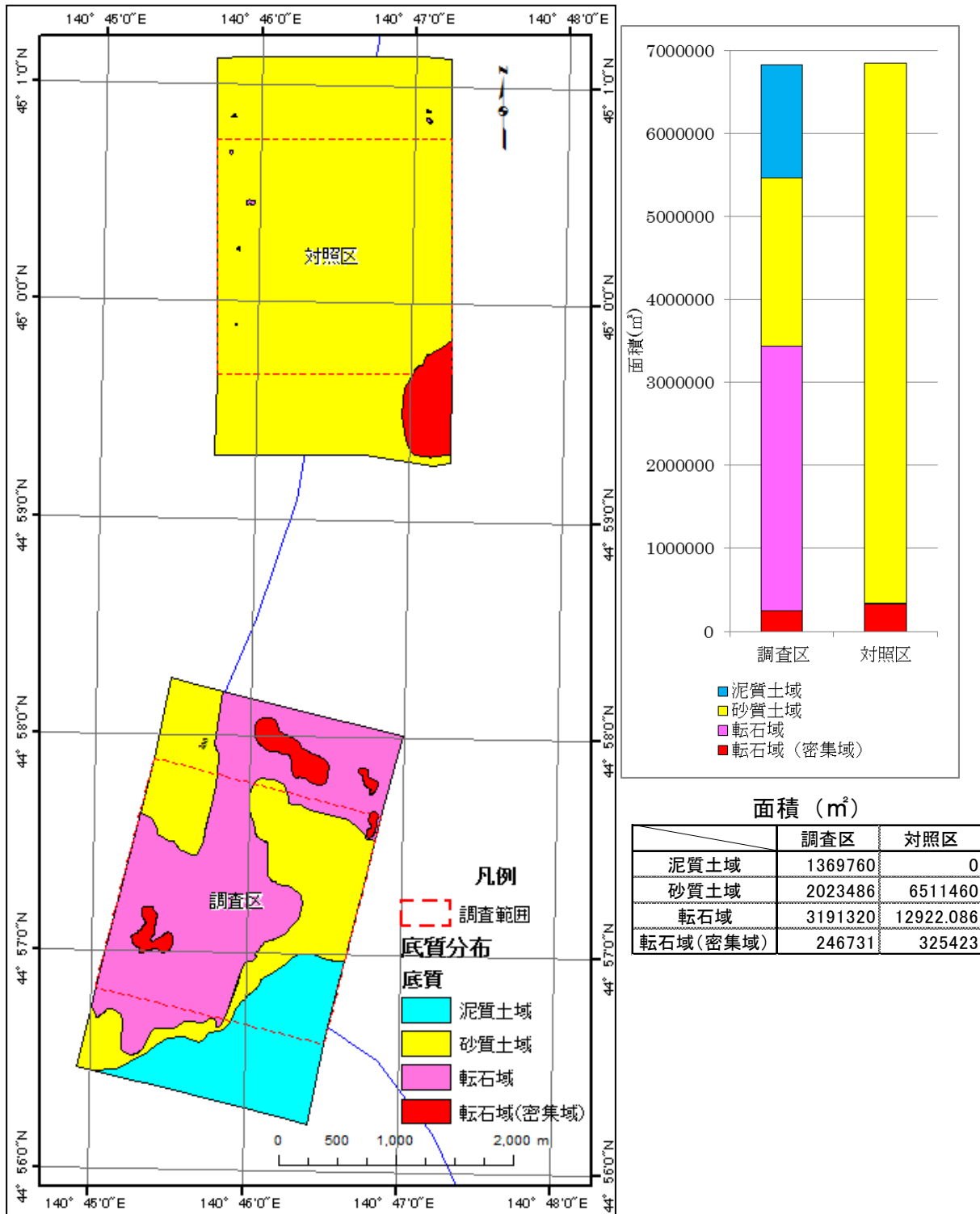
なお、サイドスキャンソナー調査と同時に実施した計量魚探調査やその後のうしお丸での計量魚探調査の測深データから、調査海域の水深図を作成した（図VI-2-4）。



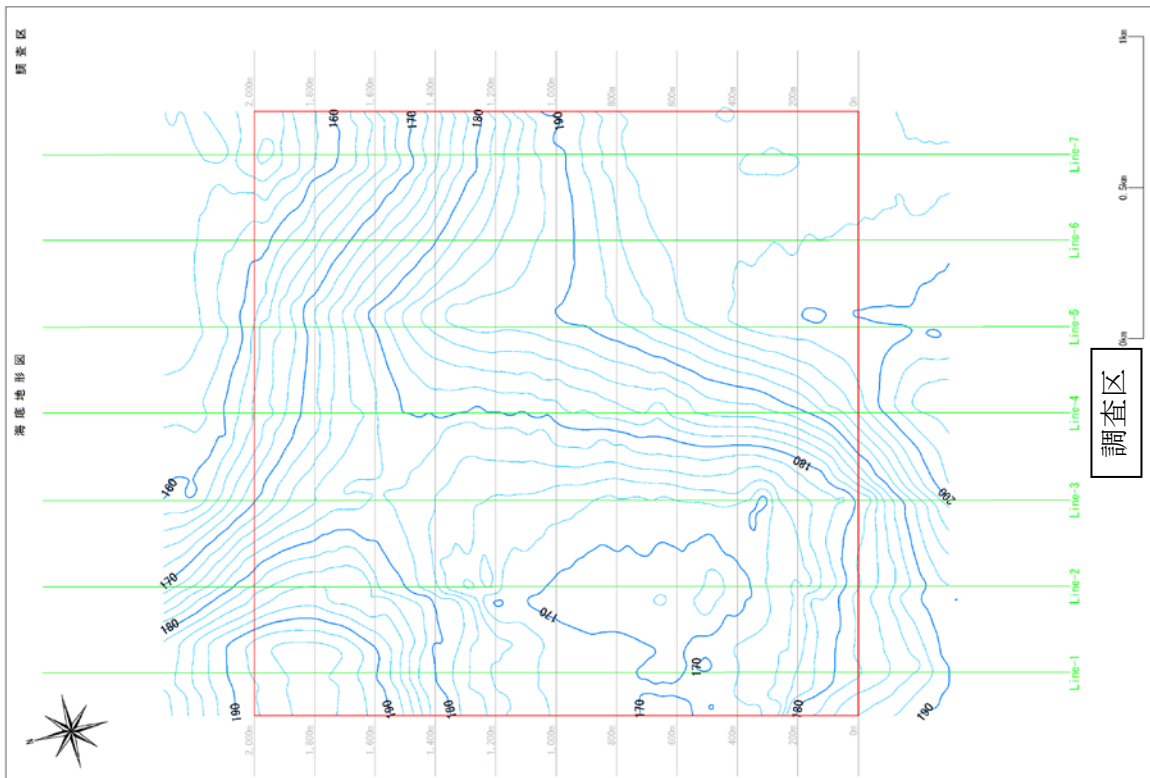
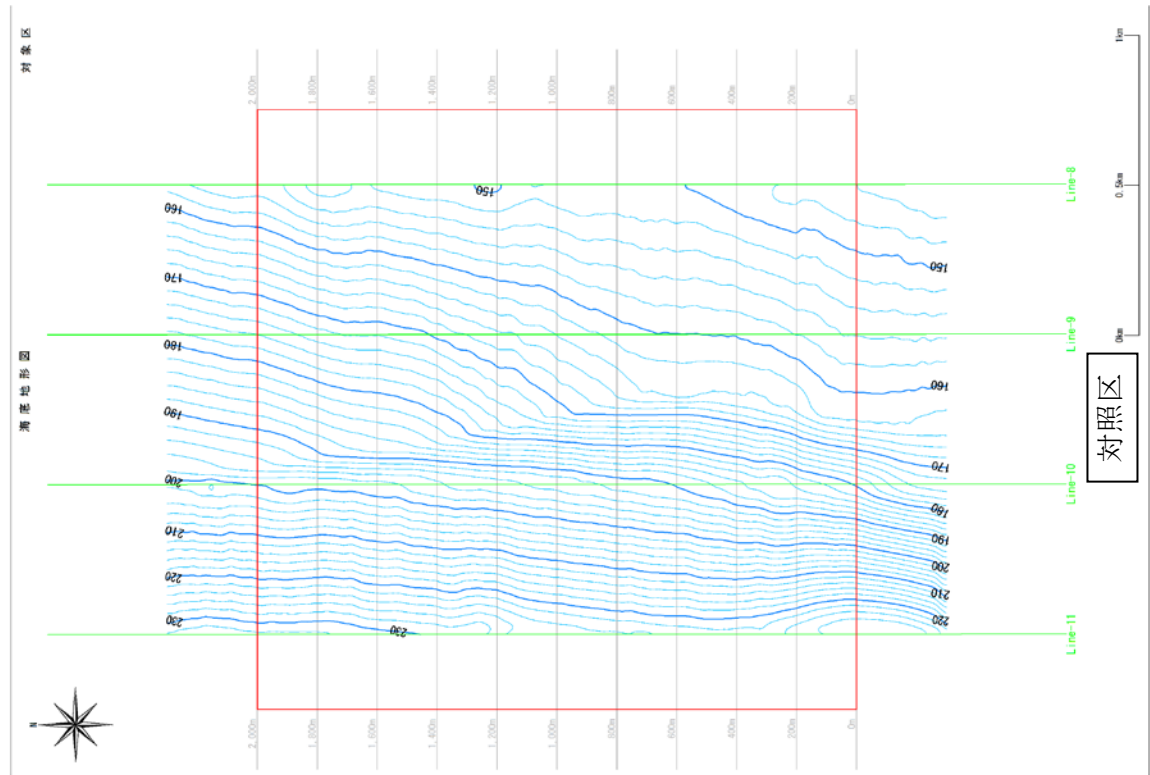
図VI-2-1 サイドスキャンソナー調査結果（調査区）



図VI-2-2 サイドスキャンソナー調査結果（対照区）



図VI-2-3 海底性状図と面積



図VI-2-4 調査区と对照区の水深図

2) スケトウダラ0歳魚の分布密度の算出

魚群反応のうち、鰐（うきぶくろ）を有するスケトウダラは、低周波数の音波の反射が強く発生するので、38kHzのエコーグラムの中からスケトウダラ0歳魚の群れと判断された魚探反応を抽出した。動物プランクトンは低周波数よりも高周波数が強く反射するので、スケトウダラ0歳魚の群れのエコーグラムと同時に記録された120kHzのエコーグラムとの差分をとることで、魚類と動物プランクトンの群れを分離した。海底から40mの高さまでの反応量（38kHz）の積分値NASC（ m^2/nmi^2 ）を算出した（図VI-2-5）。

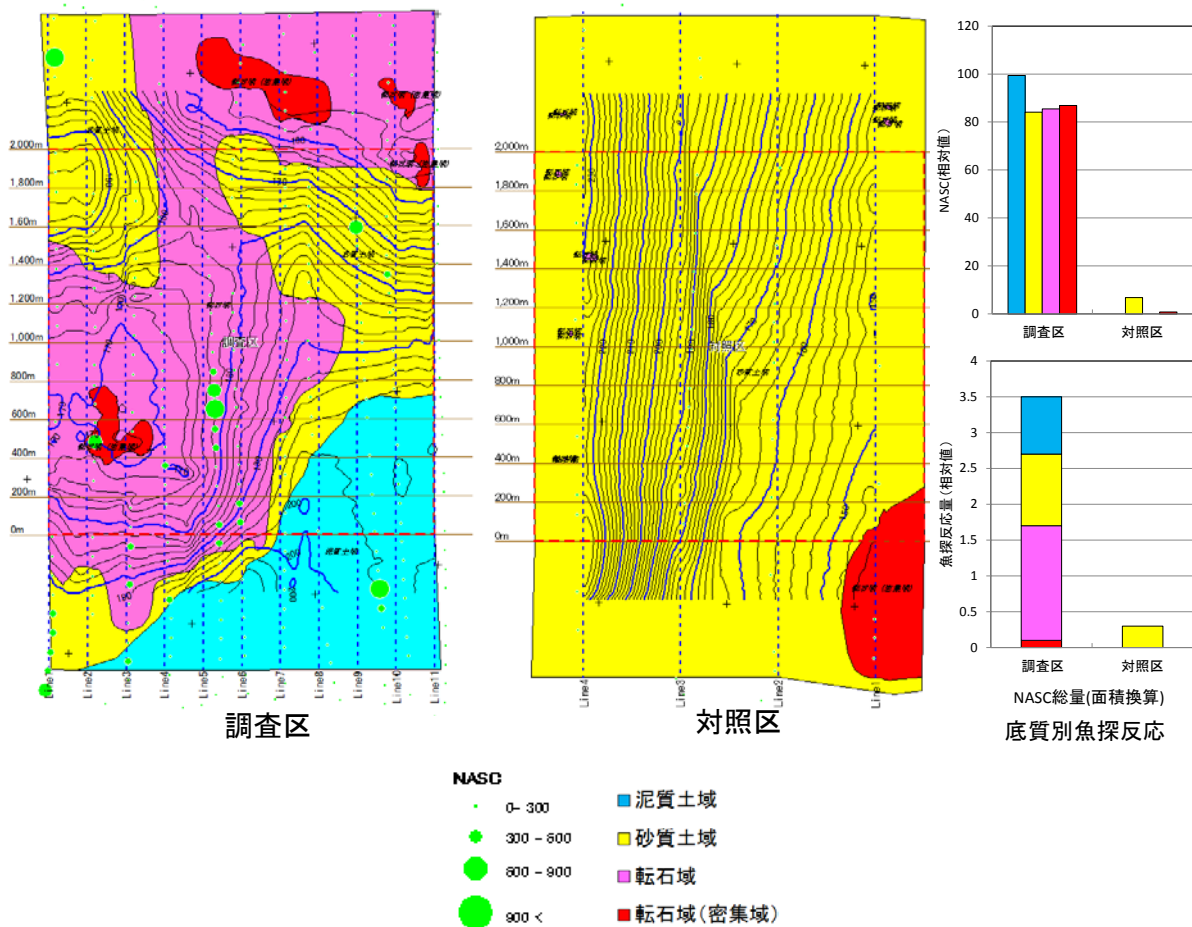
稚内水産試験場による6月のサンプリング調査では、スケトウダラ0歳魚の体長は75mmであり、その魚体に相当するターゲットストレングス(TS)は51.05dBであったことから、このTSによりNASCを10m×10m×10mの個体数密度Da(個体数/1000 m^3)に換算した。

NASC (s_A) : 面積散乱係数, $\text{NASC} = 4\pi \times 1852^2 \times sa$ (1 nmi^2 あたりの反射量の積算値)

sa : 面積後方散乱係数, $sa = 10^{\frac{SV}{10}} \times T$ (水面1 m^2 あたりの反射量の積算値, T=積分層)

SV : 体積後方散乱強度 (水中1 m^3 あたりの反射量 (TSの積算値))

スケトウダラ0歳魚は調査区におよそ240,789個体、対照区におよそ19,853個体が分布すると推定された。調査区のスケトウダラ0歳魚の分布密度が高く、対照区の12倍であった。調査区内での底質類型別の密度には大きな差が見られなかった(NASC値84~99)。



図VI-2-5 海底上40mまでのスケトウダラ0歳魚反応量の積分値NASC (m^2/nmi^2)の分布

3) 動物プランクトンの分布密度の算出

計量魚探で計測した 38kHz と 120kHz のエコーグラムから差分法により動物プランクトンを抽出した。次に、その中から、コペポータであるメトリディア（平均体長 2mm、平均湿重量 0.18mg/個）の反応を抽出した。その反応量からメトリディアの湿重量を求めた。

コペポータ以外の動物プランクトンの湿重量の値が既往文献に無かったので、コペポータ以外の動物プランクトンの換算にも同じ値（0.18mg）を適用して湿重量を求めた。換算結果を図VI-2-6、図VI-2-7、図VI-2-8 に示した。

①7月1日の動物プランクトンの分布

・昼夜の変動

コペポータの夜間の出現量は、昼間の約 4 倍に増えた。その他の動物プランクトンは昼間に高密度で出現したが、夜間は 7 分の 1 程度の量に減少した。

・調査区と対照区の比較

コペポータ類、その他の動物プランクトン共に、調査区の方が対照区よりも出現量が多かった。

・底質環境の比較

転石域（密集域）の出現が多い傾向が見られた。

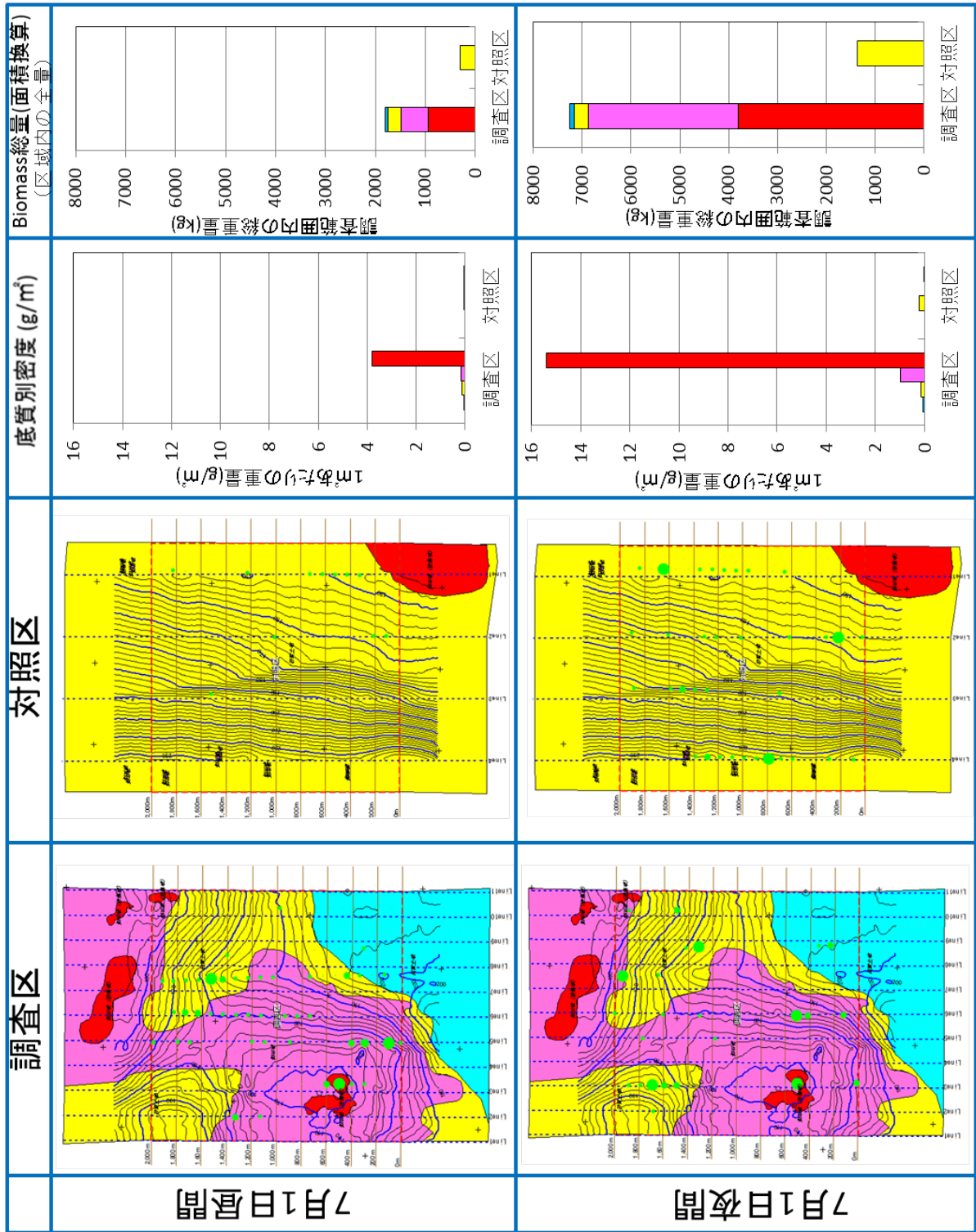
②8月22日の動物プランクトンの分布

・調査区と対照区の比較

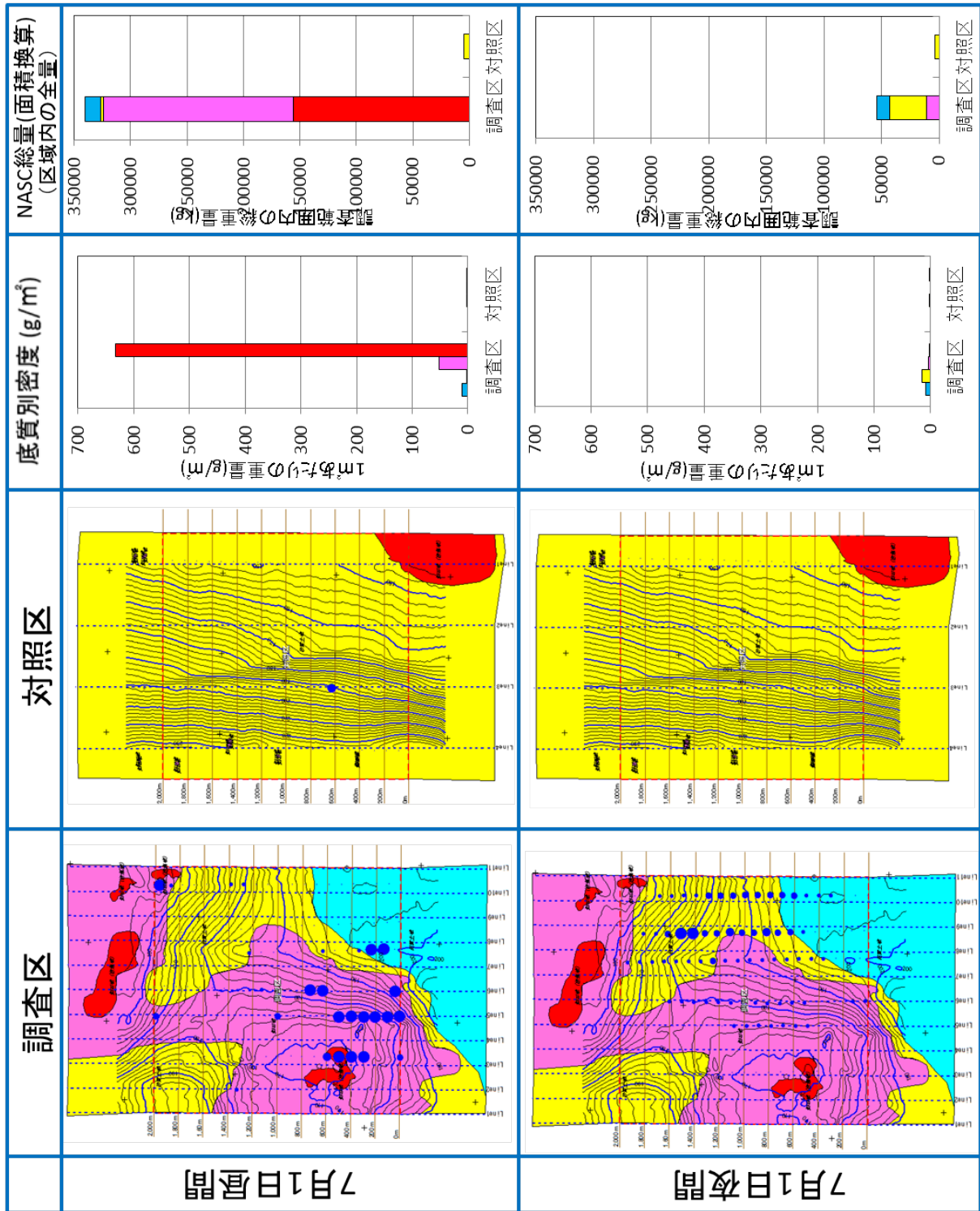
コペポータ類は対照区の出現量が多く、その他の動物プランクトンは調査区の出現量が多かった。

・底質環境の比較

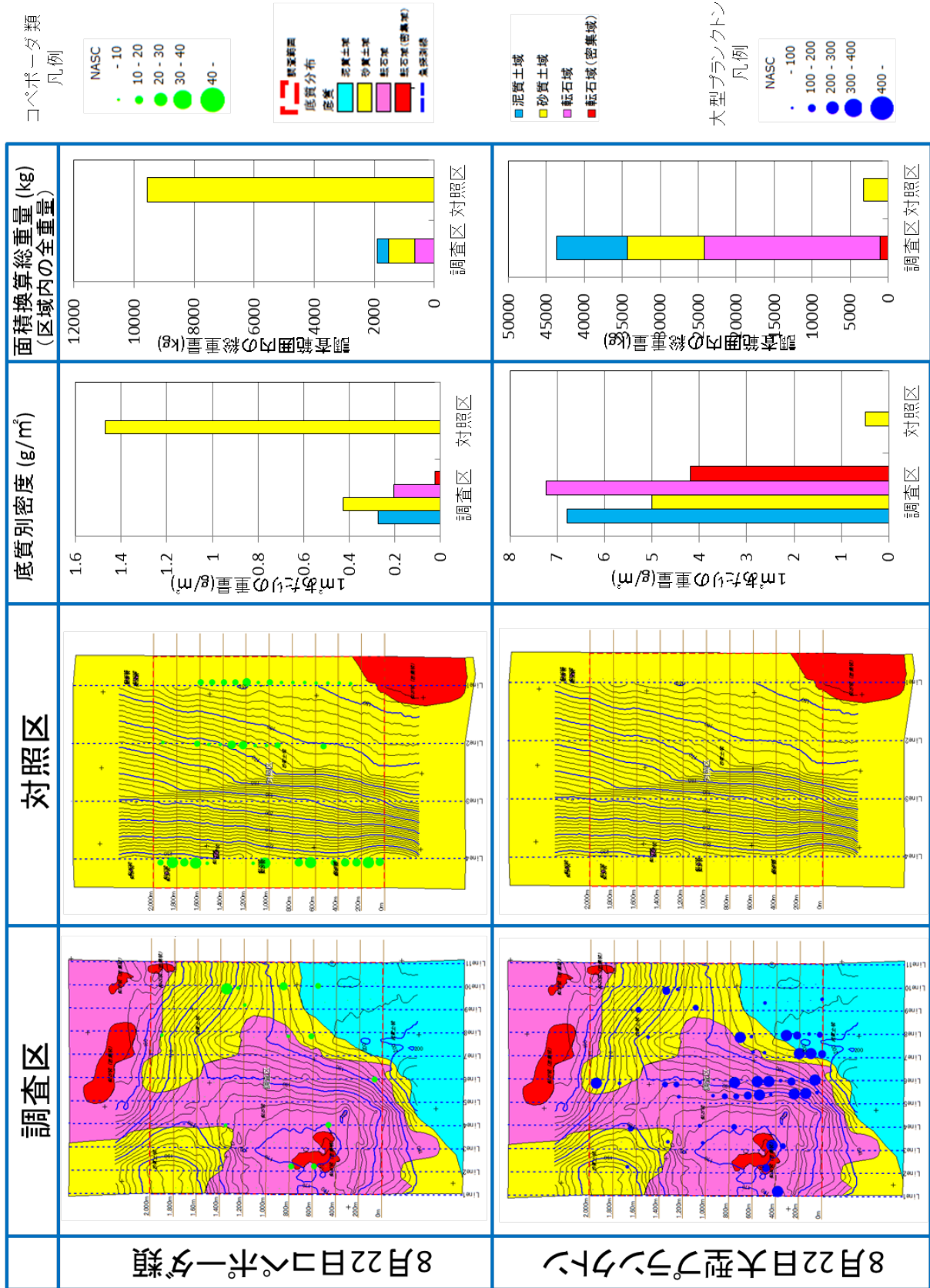
コペポータは砂質土域の出現量が多かった。その他の動物プランクトンは転石域（密集域）と泥質土域で出現量が多い傾向が見られた。



図VI-2-6 海底上40mのコペポーダ類の分布 7月1日の昼間と夜間



図VI-2-7 海底上40mのコペポータ以外の動物プランクトンの分布 7月1日の昼間と夜間



図VI-2-8 海底上40mの動物プランクトンの分布 8月22日

2.1.2 ROVの調査結果

1) 調査区と対照区におけるROV調査結果

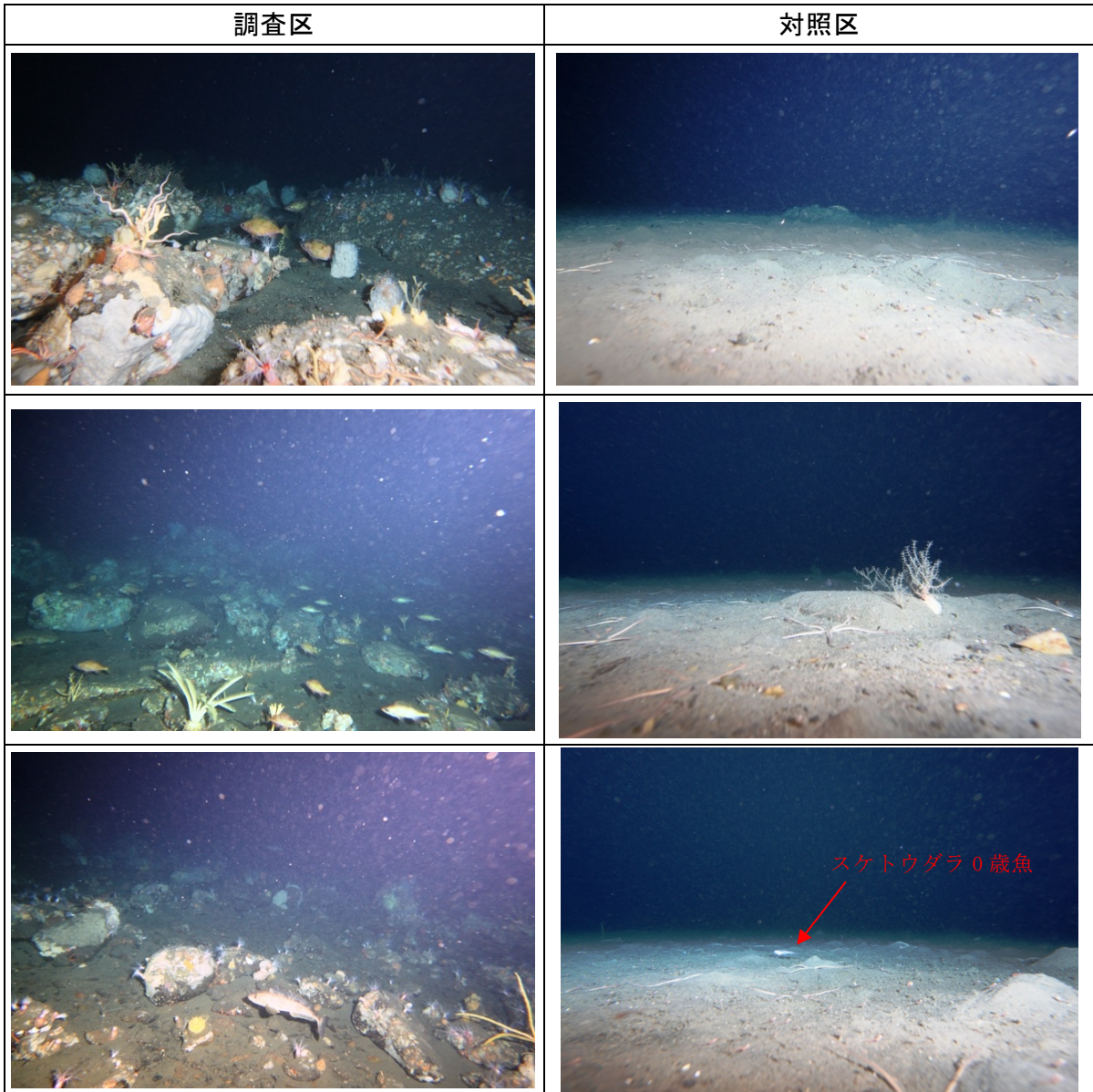
調査区と対照区におけるスケトウダラの分布を把握するため、8月7～8日にROV調査を実施した。調査区で7箇所、対照区で2箇所を観察した。ROVの調査結果を表VI-2-1に示し、撮影した海底の状況を写真VI-2-1、写真VI-2-2に示した。

調査区の底質は、岩礁、転石、砂泥質であり、ヤナギノマイ・ハツメ、マダラ、ホッケが多く分布し、岩礁でミズダコも確認された。調査区ではホッケやミズダコは観察されたが、スケトウダラの0歳魚は確認されていない。

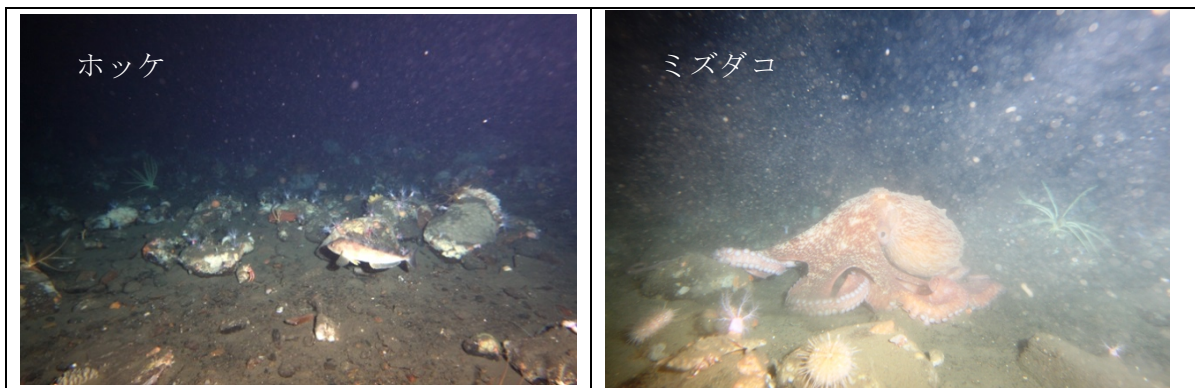
対照区の底質は砂泥底であり、ゲンゲ類、ツマグロカジカ、カレイ科、トクビレ科が確認された。また、対照区においてスケトウダラ0歳魚が2個体のみ確認された。

表VI-2-1 ROV調査結果

区域	No	水深m	時刻	観察時間(分)	底質	概要	観察魚類の尾数											
							ヤナギノマイ・ハツメ	マダラ	ホッケ	フサカサゴ科	ゲンゲ類	ミスダコ	ツマグロカジカ	スケトウダラ幼魚	カレイ科	トクビレ科		
調査区	1	169	～171	19:00	40	岩盤・砂	・1～2mの転石、ウミシダ類が着生 ・魚類は岩礁・海底に張り付いて分布 ・海底上1～2mにヤムシ類、エビ類分布	30	4	2								
	2	171	～173	4:30	24	砂泥・転石	・50cmの転石にウミシダ類が着生 ・魚類は海底に張り付いて分布	40	50	3								
	3	171	～172	5:30	41	砂泥・岩盤	・No.2と同様 ・潜航直後にマダラの群れを確認	120	3	1								
	4	173	～176	7:00	36	砂泥・転石	・海底の生物相は薄く、ヤムシ類少ない ・ヤナギノマイは幼魚	25	1	3								
	5	197	～200	8:15	29	泥・転石	・濁りが多い ・海底にエビ類多く、泥質面上にウニが分布				15	40						
	6	171	～177	10:00	52	転石・岩盤	・砂層厚は薄い ・ホッケの群れを確認	15	2	15			1	1				
	7	157	～158	18:00	24	岩盤・砂泥	・1～2mの岩と砂泥、濁り有り ・魚類は海底上1～2mに分布	70										
対照区	1	167	～194	17:30	32	泥	・泥質で濁りがある。一部小規模な岩礁有り											
	2	160	～161	14:00	10	泥	・水深175mでスケトウ幼魚確認						50	10	2	5	5	



写真VI-2-1 ROVで撮影した海底の状況



写真VI-2-2 調査区で撮影されたホッケとミズダコ

2.2 餌料生物の把握のための調査結果

2.2.1 物理環境調査結果

1) 水質データの鉛直分布

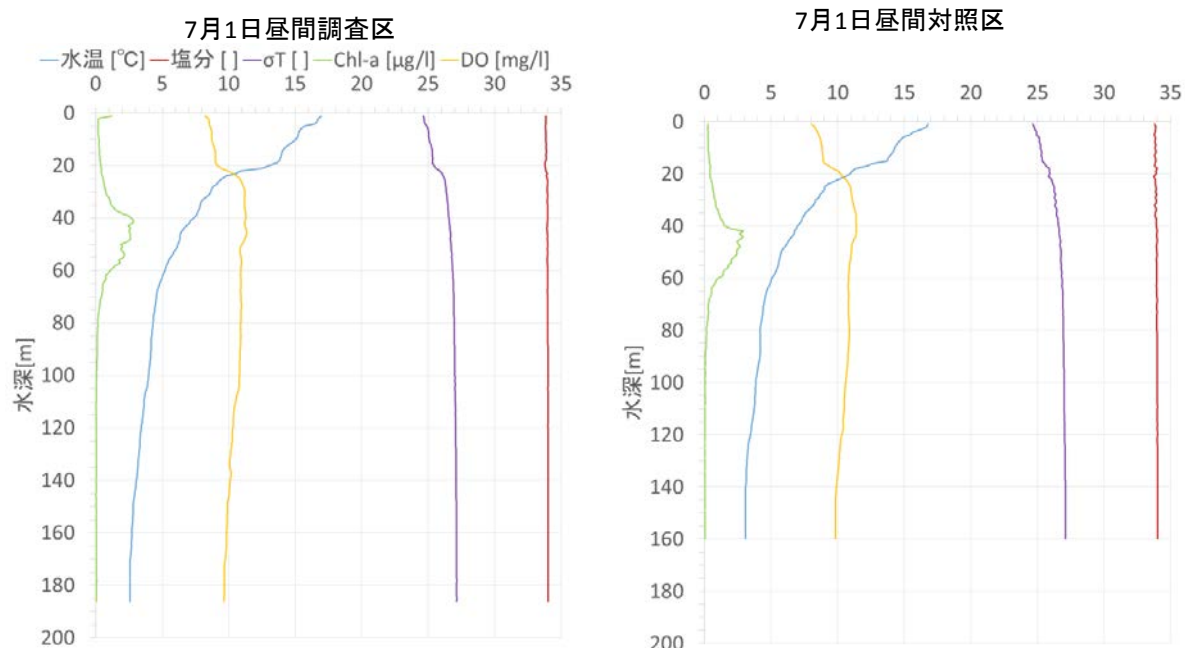
(1) 7月調査結果

① 調査区

- ・上層の水温は17°Cで、水深20mあたりに躍層があり、その下層の水温は10°C以下であった。水深60mより下層は5°C以下となり、底層の水深180mでは水温2.7°Cであった。
- ・クロロフィルaの極大層は、躍層より下の水深45m程にあり最大2.8 μ g/Lであった。
- ・溶存酸素の極大層は、クロロフィルaの極大層付近の水深42m程にあり、最大11.4mg/Lであった。
- ・塩分は海面から海底まで33.9前後で、ほぼ一定であった。

② 対照区

- ・水温は、上層で17°C、水深60mより下層は5°C以下となり、底層の水深160mは3°Cであった。躍層の位置は水深20m程にあった。
- ・クロロフィルaの極大層は、躍層より下の水深45m程にあり、濃度は最大2.9 μ g/Lであった。
- ・溶存酸素の極大層はクロロフィルaの極大層付近の水深40m程にあり、濃度は最大11.4mg/Lであった。
- ・塩分は海面から海底まで33.9前後で、ほぼ一定であった。

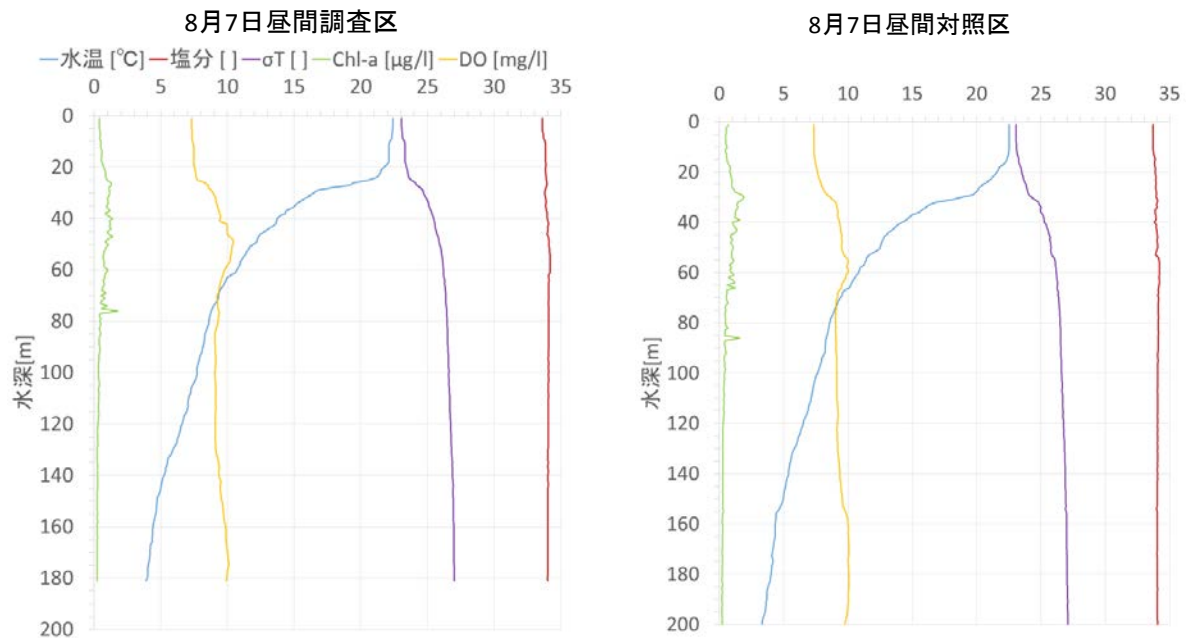


図VI-2-9 7月1日の水質の鉛直分布

(2) 8月上旬調査結果

調査区、対照区ともに3ヶ所で計測した。代表的な測定結果として、8月7日の調査結果を下図に示した。

- 水温は表層で22.5~23°C、躍層より上の混合層では20°C以上であったが、躍層より下層は概ね15°C未満であった。水温躍層は水深25mに躍層があった。躍層より下層は水深が深くなるにつれ水温が下がり、底層付近で3.3~4.0°Cであった。
- クロロフィルaの極大層は躍層とほぼ同じ水深30m程に有り、極大値は1.8~2.0 μ g/Lで、7月1日の約3 μ g/Lと比較すると、減少する傾向が見られた。
- 溶存酸素の極大層は、クロロフィルaの極大層より深い水深50~60m程の躍層内に位置し、極大値は10mg/L程度であった。躍層より下層では、底層付近で10mg/L弱であり、溶存酸素濃度は底生生物の生息に十分な濃度であると考えられる。
- 塩分は上層から下層まで概ね33.8前後で一様であった。



図VI-2-10 8月7日の水質等の鉛直分布

(3) 8月下旬調査結果

調査区では昼の調査のみ、対照区では、昼間(8/22の15:18)と夜間(同日19:59)の2回の調査を実施した。図VI-2-11に昼間の調査結果を示した。

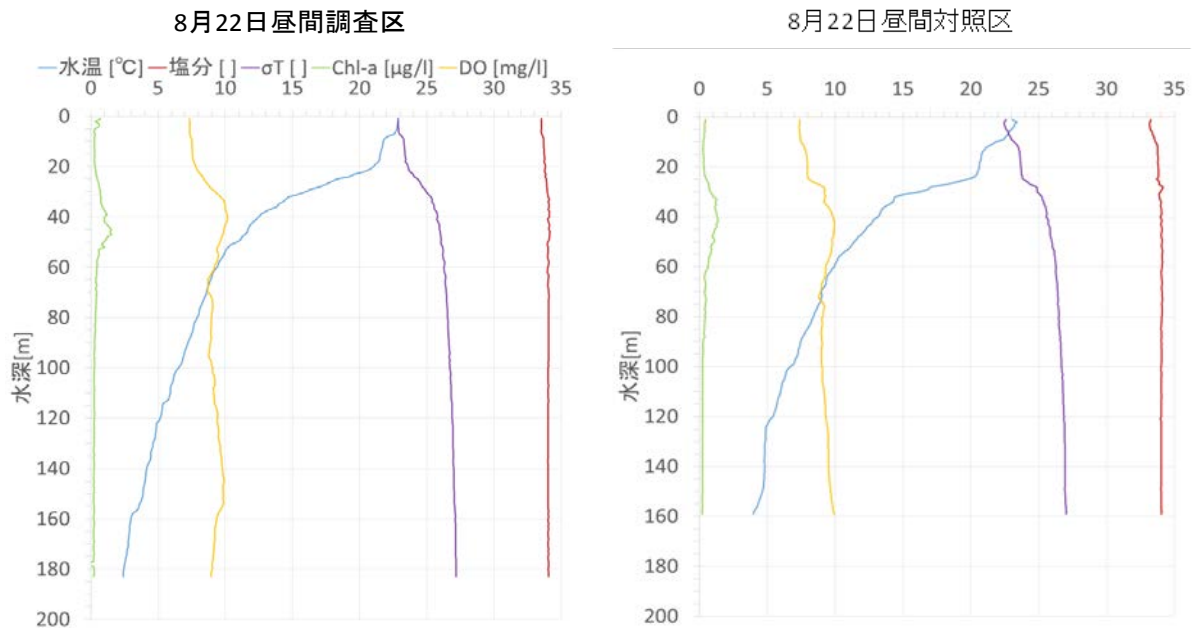
① 調査区

- 水温は、表層から水深7mまで22.8°Cで、水深20mにある躍層までの混合層内の水温は21°C以上であった。躍層より下層の水温は、概ね15°C未満で、水深160m以深の底層は3°C未満の冷水であった。
- クロロフィルaの極大層は躍層より深い水深45m程にあり、濃度は1.52 μ g/Lで7月1日の約3.0 μ g/Lの濃度と比べて半分程度に減少した。

- ・ 溶存酸素の極大層はクロロフィル a 極大層より浅い水深 40m 程の躍層直下にあり、極大値は 10.4mg/L だった。躍層より下層は底層付近まで 10mg/L 弱の濃度を維持し、底生生物の生息には十分な溶存酸素濃度であった。
- ・ 塩分が表層で 33.5 とやや低かったが、水深を増すと塩分濃度が高くなり、水深 30m 以深では、34 でほぼ一様の濃度になった。

② 対照区

- ・ 水温は、表層から水深 10m までが 22~23°C で、躍層(昼は水深 25m、夜は水深 20m)までの混合層内は水温 21°C 程度であった。躍層より下層は概ね 15°C 未満であり、水深 120m 以深の底層は水温 4~5°C の冷水だった。
- ・ クロロフィル a の極大層は、躍層直下の水深 40m 程に位置し、濃度は 1.38 $\mu\text{g/L}$ で、調査区に比べ濃度がやや低かった。
- ・ 溶存酸素の極大層はクロロフィル a と同様に水深 40m 程に位置し、極大値は 9.9mg/L であった。躍層より下層も底層付近まで溶存酸素濃度が 10mg/L であり、底生生物の生息には十分な濃度であった。
- ・ 塩分が表層で 33.2 とやや濃度が低かったが、水深が深くなるに連れ高くなり、水深 30m 以深では 34 でほぼ一様の濃度となった。



図VI-2-11 8月下旬の水質等の鉛直分布

2.2.2 栄養塩濃度の分析結果

8月22日に多層式採水器を船上より垂下して海水試料の採取を実施した。採取試料の分析結果を図VI-2-12に示した。水深60m以浅では栄養塩類が少なく貧栄養な状況であった。2.2.1で示したように、躍層は水深20m程にあり、躍層より上の混合層では植物プランクトンの光合成により栄養塩類が消費され枯渇に近い状況にあると推察される。

・窒素

アンモニア態(NH_4)と亜硝酸態(NO_2)は全層で全く検出されず、硝酸態窒素(NO_3)は水深60m以浅で検出されなかったが水深60m以深では水深を増す毎に濃度が高くなり、調査区の方が若干高い傾向が見られた。

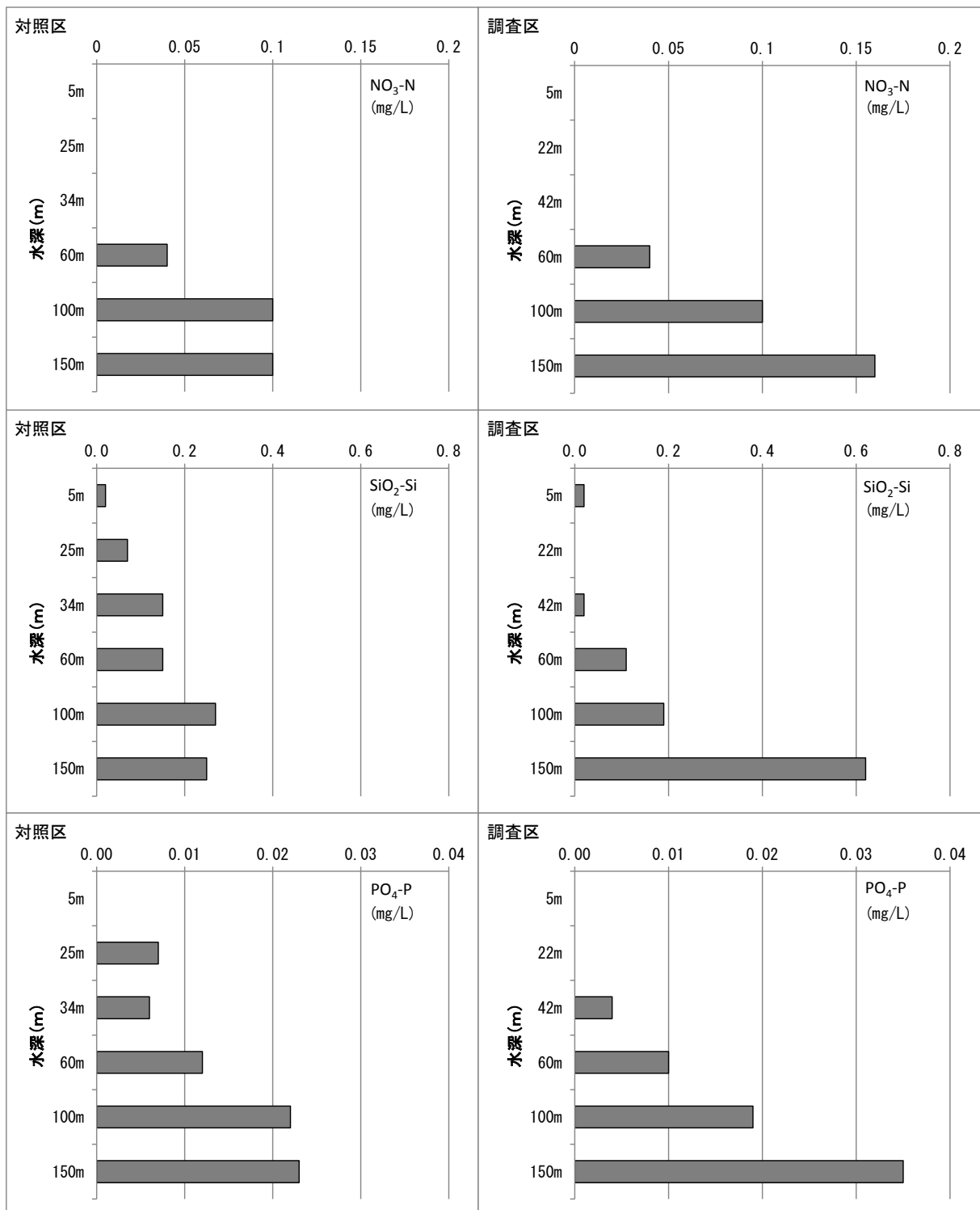
・リン酸態リン(PO_4)

対照区では水深25m以浅、調査区では水深42m以浅で検出されなかった。その水深より深い層では水深が増す毎に濃度が高くなる。調査区の方が若干濃度が高い傾向が見られた。

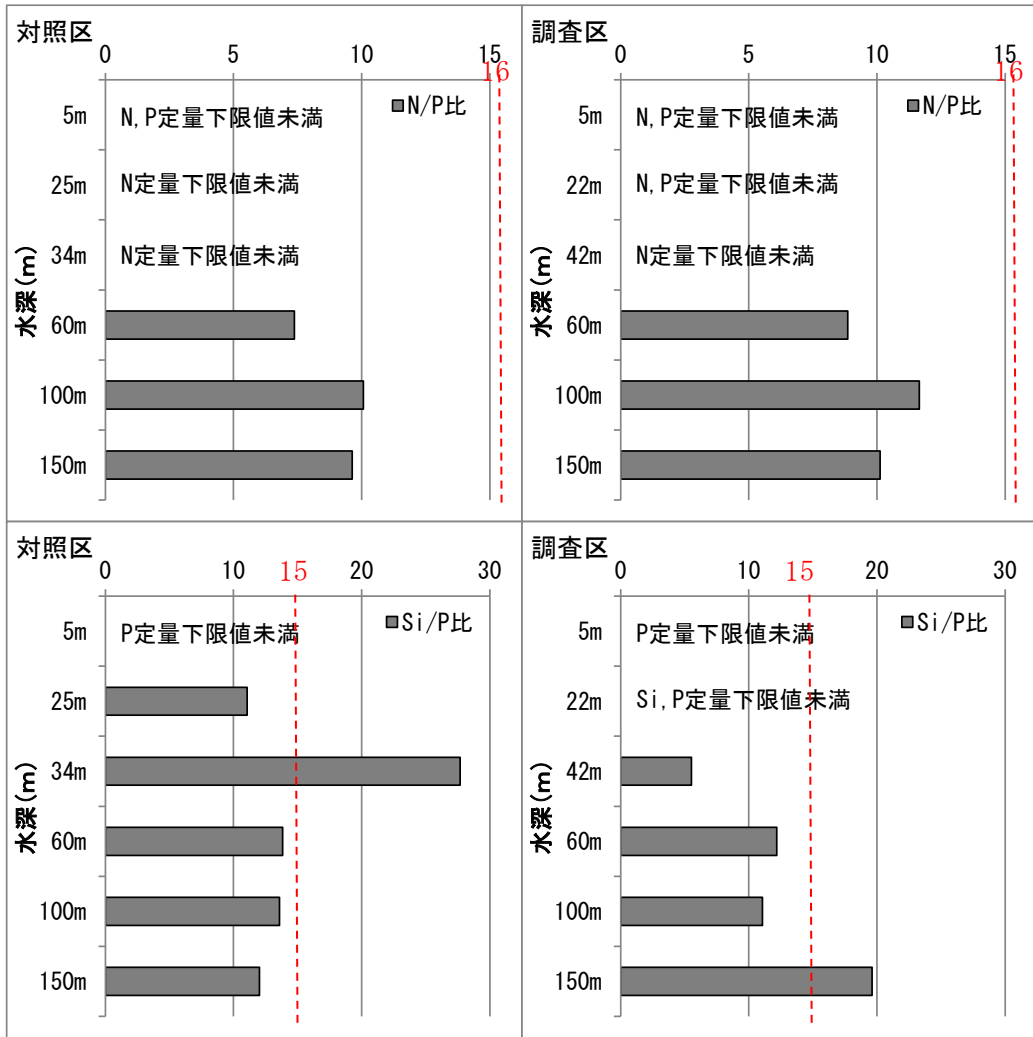
・ケイ酸態ケイ素(SiO_2)

水深60m以浅では0.15mg/L以下の濃度で、調査区よりも対照区にてケイ素Siが若干多い傾向が見られた。水深60mより深い層では水深を増す毎に濃度が高くなった。底層では調査区の方で濃度が若干高い傾向が見られた。

栄養塩類の分析結果からN/P比とSi/P比を算出し、海水の栄養塩類の評価を行った(図VI-2-13)。躍層上は栄養塩類が検出できなかった。レッドフィールド比(Nで16、Siは15)を目安に評価すると、リンと比較して窒素が不足していた。またケイ素は窒素に比べ豊富な状況であった。



図VI-2-12 栄養塩類の鉛直分布



図VI-2-13 レッドフィールド比との比較(上段：窒素、下段：ケイ素)
(レッドフィールド比 N/P=16、Si/P=15)

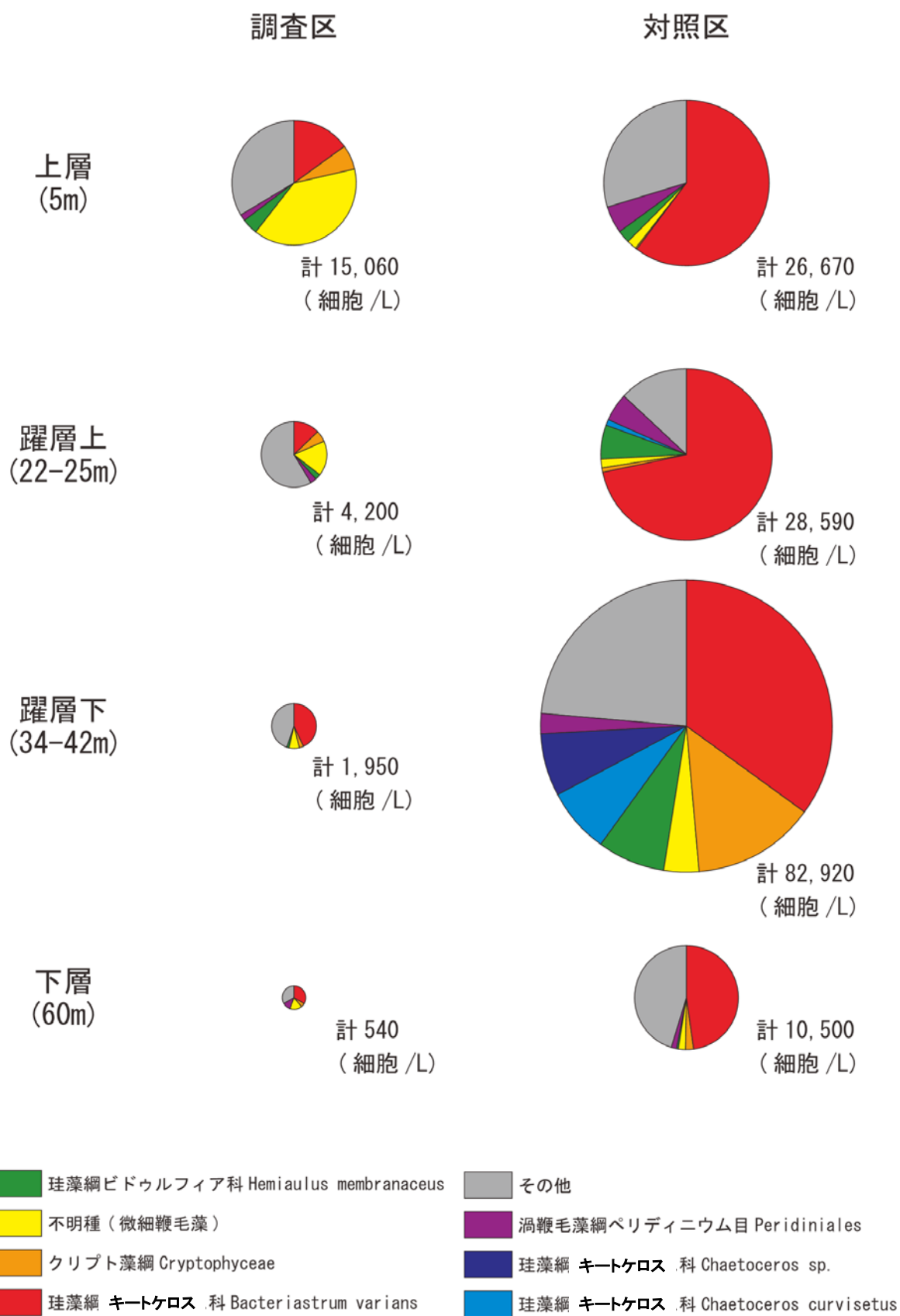
2.2.3 プランクトン調査結果

1) 植物プランクトンの調査結果

平成 26 年 8 月 22 日に採取した植物プランクトンの同定結果を表VI-2-2 に、主要な植物プランクトンの鉛直分布を図VI-2-14 に示した。以下に、結果を示す。

- ① 優占種の *Bacteriastrium varians* (珪藻綱キートケロス科) は、広温・広塩に分布する広汎種であり、対照区(特に躍層下の水深 34m)で特に多く出現した。
- ② 調査区、特にその表層で出現が多かったのは微細鞭毛藻(不明種)であった。平成 24 年、平成 25 年の調査では渦鞭毛藻ギムノディニウム Gymnodinales が優占種だったが、平成 26 年度調査ではあまり多く出現しなかった。
- ③ 珪藻綱ビドゥルフィア科 *Hemilius membranaceus* (平成 25 年も出現) や珪藻綱キートケロス科 *Chaetoceros curvisetus* など、暖海性や沿岸性の種が多かった。冷水性の指標となる珪藻綱タラシオシーラ *Thalassiosira sp.* は昨年と同様に出現数が少なかった。
- ④ 調査区よりも対照区で植物プランクトンが多く、特に珪藻類が多く分布していた。水質調査の結果では対照区の躍層下でシリカが多く、同じ層にケイ素を必要とする珪藻類が多く分布している傾向が見られた。

以上から、暖海性の植物プランクトンが優占し、調査区、対照区共に暖流の影響下にあることが示唆された。



図VI-2-14 主要な植物プランクトンの鉛直分布

表VI-2-2 採水試料中の植物プランクトン同定結果

平成26年8月22日採水
単位：細胞/L

No.	門	綱	目	科	種名	調査区				対照区				
						5m	22m	42m	60m	5m	25m	34m	60m	
1	藍色植物	藍藻	ネンジュモ	ユレモ	Oscillatoriaceae *					30				30
2	クリプト植物	クリプト藻	—	—	Cryptophyceae	960	240	60	30	120	240	11,280	240	240
3	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	プロコケントルム	プロコケントルム	Proocentrum balticum	480				180	480	1,200		60
4			ディノフィジス	ディノフィジス	Dinophysis rotundata						120			
5			ギムノディニウム	—	Gymnodiniales	600	300	180	60	600	960	1,200		540
6			ペリディニウム	ペリディニウム	Geratium fuscum			30						
7					Protoperdinium sp.						120			
8					Peridinales	240	120		60	1,380	1,500	1,800		180
9	黄色植物	珪藻	円心	タラシオンーラ	Skeletonema costatum				90	420	600	480		420
10					Thalassiosira spp.	120	480	240	90			480		420
11					Thalassiosira spp.	240						480		120
12					Gorethron hystrix		30	15						30
13					Leptocylindrus danicus					360				180
14					Leptocylindrus mediterraneus					480				180
15					Guinardia flaccida	90	90			120		360		60
16					Rhizosolenia alata					60				
17					Rhizosolenia calcar avis							60		
18					Rhizosolenia fragilissima							240		
19					Rhizosolenia hebetata f. semispina	30		15		30		60		60
20					Rhizosolenia phuketensis	600	240			240		1,920		360
21					Rhizosolenia stouterfothii					240		600		
22				ピドゥルフィア	Cerataulina pelagica					480				
23					Eucampia zodiacus							600		
24				キートケロス	Hemiaulus membranaceus	660	120	30	720	1,800	6,240	60		60
25					Bacteriastrium varians	2,280	540	840	180	16,080	20,520	29,040		5,040
26					Chaetoceros compressum	360				840		2,400		360
27					Chaetoceros curvisetus						360	6,000		
28					Chaetoceros danicum		120	180	30		120	240		180
29					Chaetoceros decipiens							1,680		
30					Chaetoceros denticulatum	360				120	480	1,920		
31					Chaetoceros didymum var. protuberans	480				1,140		960		900
32					Chaetoceros peruvianum	60	60							
33					Chaetoceros radicans					1,440	1,260	1,440		
34					Chaetoceros sp.					840		5,760		480
35				羽状	Asterionella glacialis							960		360
36					Thalassionema nitzschoides		120	60						
37					Thalassiothrix sp.							120		
38				ニッチア	Cylindrotheca closterium		240	30						120
39					Fragilaropsis pseudonana	540	180	60				480		
40					Pseudo-nitzschia sp. (cf. pungens)							480		
41					Pseudo-nitzschia spp.	240	600			120		480		420
42		黄色藻	ディクチオカ	ディクチオカ	Distaplia speculum			30						
43	ハプト植物	ハプト藻	—	—	Haptophyceae					420				
44	ユーグレナ植物	ユーグレナ藻	—	—	Euglenophyceae	840		30				360		240
45	緑色植物	プラシノ藻	—	—	Prasinophyceae	5,880	720	150	90	480	480	3,240		240
46	不明	不明	不明	不明	不明 (微細鞭毛藻)	19	16	15	7	22	14	33		22
						15,060	4,200	1,950	540	26,670	28,590	82,920	10,500	
						0.04	0.04	0.03	0.03	0.01	0.04	0.14		0.15

備考：種名に* を付けた種の数値は糸状体数を示す。

2) 動物プランクトンの分布

(1) 7月1日の動物プランクトン(表VI-2-3、表VI-2-4)

調査区・対照区共にサンプル中の殆どは甲殻綱カイアシ類であり、属の同定までは至らなかったがノープリウス幼生 Copepoda (nauplius)が最も多く、昼間・夜間問わずに表層(0~60m 深)に多く見られた。ノープリウス幼生が全個体数の約半数を占め、時期的にカイアシ類の繁殖期に該当したものと見られる。以下、主な特徴を示す。

① 代表種から見た種類組成の特徴

- a) 表層で多く見られた種は、調査区・対照区共に昼間・夜間を通してオイトナ科のコペポダイト幼生 Oithonidae (copepodite)であり、平成24年~26年の3カ年の調査で共通する優占種である。平成26年度調査では、成体で多く出現したオイトナ科 *Oithona similis* のコペポダイト幼生と見られる。*O. similis* は *Oithona atlantica* と共に寒冷域に分布し、季節的な鉛直移動はするものの、あまり日周鉛直移動はしない種である。
- b) 過年度でも見られた冷水性のクラウソカラヌス科のコペポダイト幼生 *Pseudocalanus newmani* (copepodite)や、温帯から寒帯へ広く分布する浮遊性のエクチノソマ科 *Microsetella norvegica* が分布した。
- c) 水深130m以深の底層近くでは、調査区・対照区共に昼間・夜間を通して小型カイアシ類のオンケア科のコペポダイト幼生 Oncaeidae (copepodite)が多く見られた。ほとんどは成体で多く出現したオンケア科 *Triconia borealis* のコペポダイト幼生と考えられる。オンケア科 *T. borealis* は、並行して実施されている寒地土木研究所の冬季調査において表層に成体が多く出現している。冷水性のため夏季は低温の底層に分布するものと推察される。
- d) 昼間の中層(60~130m 深)で多い種は、調査区・対照区共にメトリディア科のコペポダイト幼生 *Metridia pacifica* (copepodite)であるが、出現数の卓越層は夜間に表層へ移り、日周鉛直移動の傾向を示す。*M. pacifica* は冷水性で、スケトウダラの餌料生物としても重要な種であり、ここ3カ年調査でも共通の優占種である。他の餌料生物であるクラゲノミ科 *Themisto japonica* やヤムシ科 *Sagitta elegans* は極く少数しか出現しなかった。

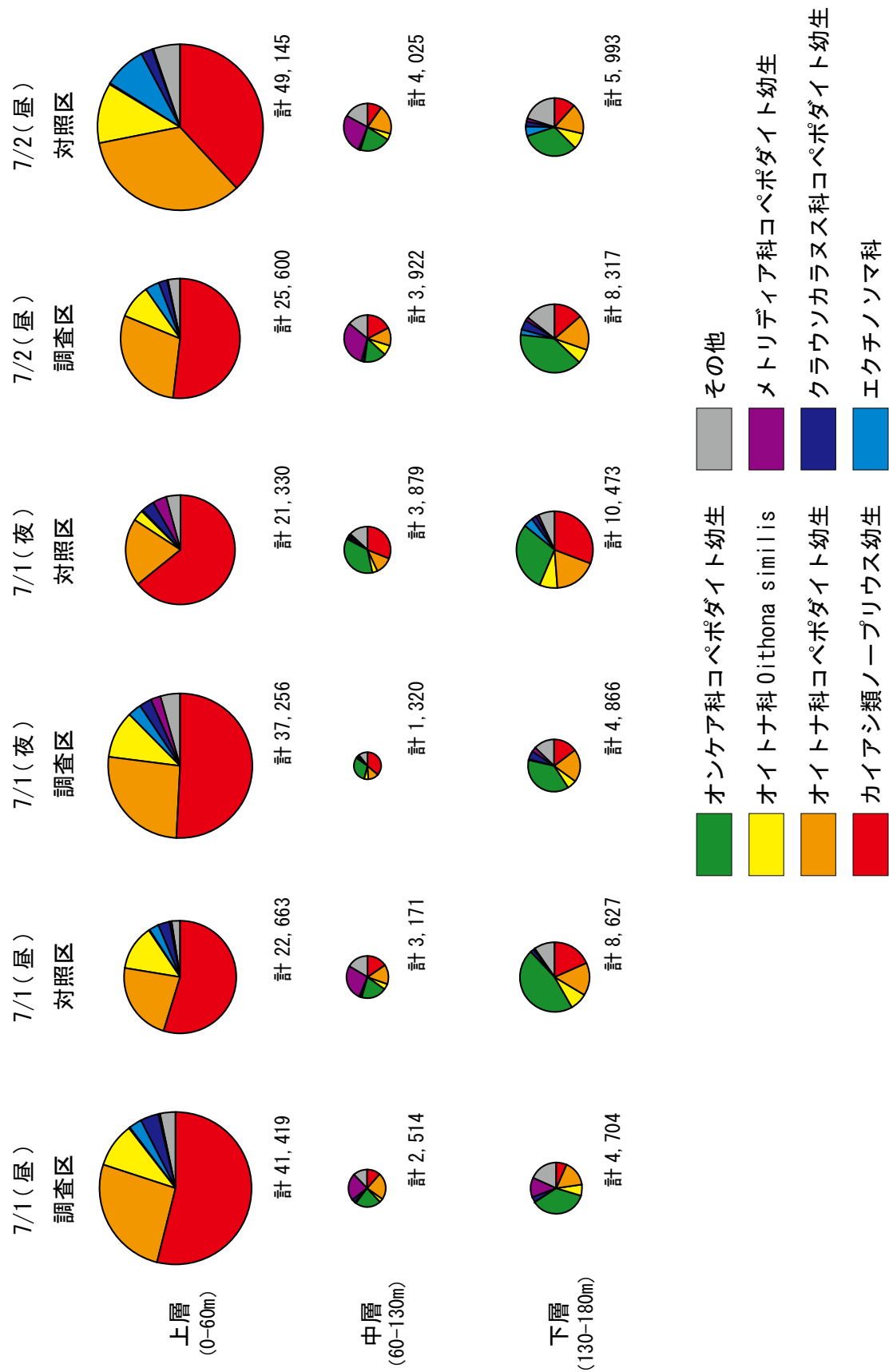
② 調査区と対照区の比較

- a) 調査区では7/1夜から7/2昼の上層(0-60m)において、個体数が37,000個体/m³から26,000個体/m³へと若干減少したが、種類組成に大きな違いは見られなかった。一方、対照区の7/1夜から7/2昼の上層では、個体数が21,000個体/m³から49,000個体/m³へと2倍以上増加し、種類組成ではノープリウス幼生 Copepoda (nauplius)の比率が低下し、オイトナ科のコペポダイト幼生 Oithonidae (copepodite)の比率が高くなった。
- b) 中層と下層では、7/1昼、7/1夜および7/2昼の各時で調査区と対照区の種類組成に大きな違いは見られなかった。以上より、中層以深では調査区、対照区ともに *M. pacifica* を主体とした日周鉛直移動による組成変化が認められたのに対し、上層では水塊の水平移動による動物プランクトンの組成変化が調査区に比較して対照区で起こりやすいも

のと考えられた。なお、同時実施の STD 調査においても、対照区の上層では暖流の影響が強まる様子(表層水温の微増と混合層の深化)が見られた。

以上から、7/1 の出現種は、エクチノソマ科を除き全て冷水性であり、冷水種は他に過年度で見られたカラヌス科のコペポダイト幼生 *Neocalanus cristatus* (copepodite) も出現した。一方、平成 25 年度調査で見られた暖水性のクラウソカラヌス科 *Clausocalanus pergens*、パラカヌス科 *Paracalanus parvus* や *Paracalanus spp.* (copepodite)、オタマボヤ科 *Oikopleura spp.* の出現は少なく、7/1 は冷水塊の影響下が強いものと推察された。

なお、動物プランクトン試料は昼間の調査について比較すると、調査区の底層で沈殿量は 0.73ml/L、対照区では 0.61ml/L であり、調査区の方が多かった。



図VI-2-15 主要な動物プランクトンの鉛直分布(7月調査)

表VI-2-3 動物プランクトン同定結果(7/1 昼)

調査年月日：平成26年7月1日・昼

調査水域：武蔵堤

単位：個体/m³

No.	門	綱(亜綱)	目	科	種名	調査区 0-60m	調査区 60-130m	調査区 130-180m	調査区 0-60m	調査区 60-130m	調査区 130-155m
1	刺胞動物門	ヒドロムシ綱	ヒドロムシ目	—	Hydroida			3			3
2			クダクラゲ目	—	Siphonophora (larva)						
3	軟体動物門	マキガイ綱	—	—	Gastropoda (larva)	47	17	18	70	28	
4	環形動物門	ゴカイ綱	—	—	Polychaeta (larva)		3				
5	節足動物門	甲殻綱(橈脚亜綱)	カラマス目	カラマス科	Calanus pacificus (copepodite)	16					
6					Mesocalanus tenuicornis	31					
7					Mesocalanus tenuicornis (copepodite)	16			12		
8					Neocalanus cristatus (copepodite)	218			105	3	9
9					Neocalanus spp. (copepodite)	31					
10				クラウソカラマス科	Clausocalanus pergens	16	3	9		19	13
11					Pseudocalanus minutus	16		6			
12					Pseudocalanus newmani	140		9	105		13
13					Pseudocalanus newmani (copepodite)	1,591	77	138	737	38	130
14					Clausocalanidae (copepodite)	140	103	524	70	226	494
15				ユウカラマス科	Eucalanus spp. (copepodite)			6		3	4
16				メトリディア科	Metridia pacifica	62	23	21	12	53	4
17					Metridia pacifica (copepodite)	78	585	598	176	855	78
18				パラカラマス科	Paracalanus parvus	94					
19					Paracalanus spp. (copepodite)	234			35		
20				スコレスリックス科	Scotesehriceella minor						
21				—	Calanoida (copepodite)						
22			キクロプス目	オイトナ科	Oithona atlantica	47	6	21	23	25	9
23					Oithona atlantica (copepodite)	140	9	18	35	19	52
24					Oithona similis	3,931	77	331	2,948	132	689
25					Paroithona pulla		34			28	13
26					Oithonidae (copepodite)	10,904	585	754	5,125	479	1,326
27			ハルバクチャクス目	エクチノソマ科	Microsetella norvegica	1,217	26	9	632	38	13
28					Microsetella rosea		29	28	12	44	43
29					Microsetella spp. (copepodite)						
30			ポエキロストム目	オンケア科	Triconia borealis		77	184		66	169
31					Oncacidae (copepodite)	47	568	1,702	70	611	3,978
32					Copepoda (nauplius)	22,324	292	322	12,461	498	1,586
33		甲殻綱(軟甲亜綱)	ヨコエビ目	クラゲノミ科	Themisto japonica	16		3			
34				—	Amphipoda						
35	毛がく動物門	ヤムシ綱	ヤムシ目	ヤムシ科	Sagitta elegans						
36					Sagitta sp. (juvenile)	16					
37	きよく皮動物	—	—	—	Echinodermata (pluteus)						
38	原索動物門	オタマボヤ綱	オタマボヤ目	オタマボヤ科	Oikopleura spp.	47			35		4
					種類数	25	17	20	18	20	19
					個体数合計(個体/m ³)	41,419	2,514	4,704	22,663	3,171	8,627
					沈殿量(ml/m ³)	2.29	0.50	0.73	1.40	0.74	0.61

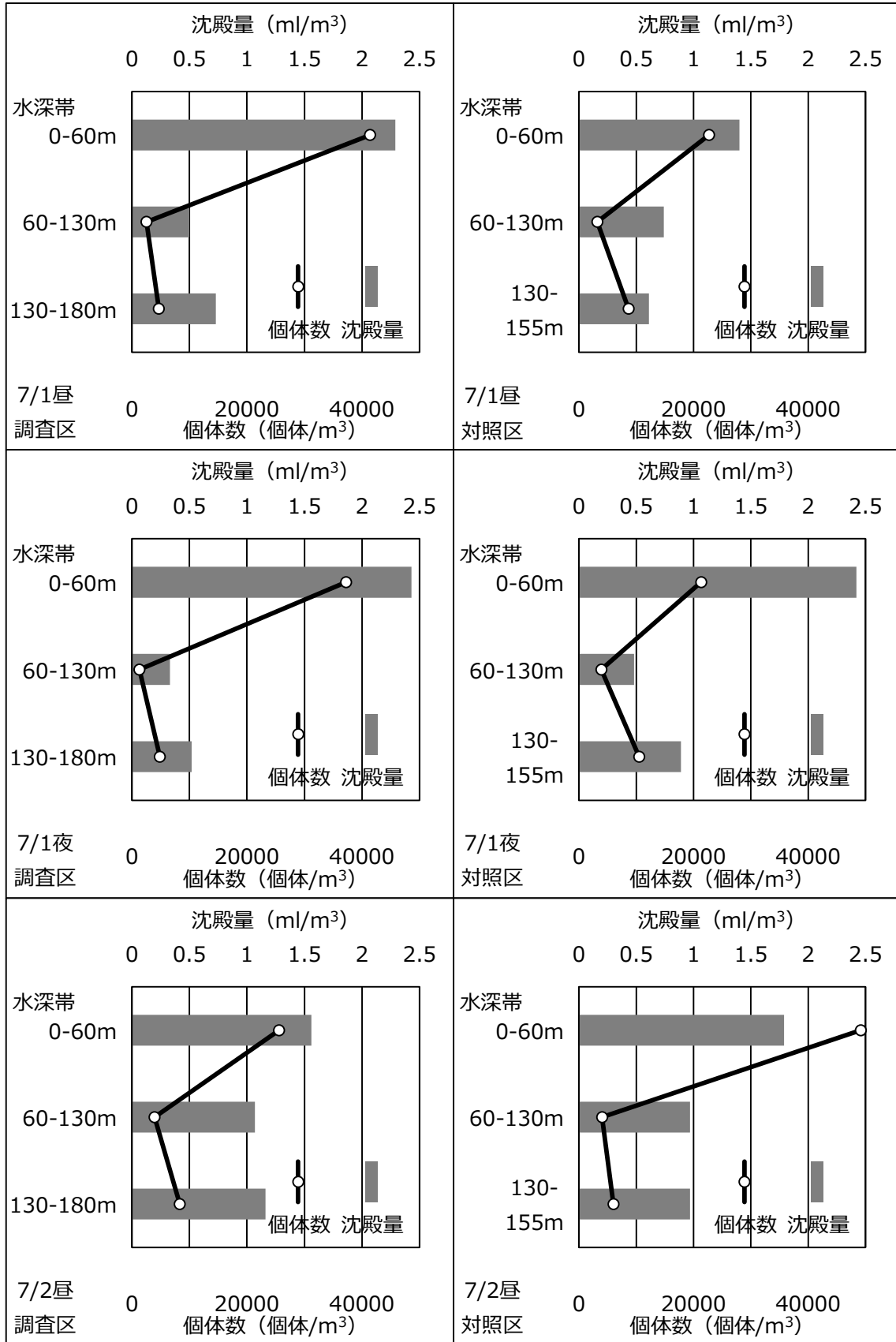
表VI-2-4 動物プランクトン同定結果(7/1夜)

調査年月日：平成26年7月1日・夜

調査水域：武蔵埜

単位：個体/m³

No.	門	綱(亜綱)	目	科	種名	調査区 0-60m	調査区 60-130m	調査区 130-180m	対照区 0-60m	対照区 60-130m	対照区 130-155m
1	刺胞動物門	ヒドロムシ綱	ヒドロムシ目	—	Hydroida						
2			クダクラゲ目	—	Siphonophora						
3	軟体動物門	マキガイ綱	—	—	Gastropoda (larva)	46	6	6	176	43	12
4	環形動物門	ゴカイ綱	—	—	Polychaeta (larva)		6				
5	節足動物門	甲殻綱(糠田亜綱)	カラサス目	カラサス科	Calanus pacificus (copepodite)						
6					Mesocalanus tenuicornis						
7					Mesocalanus tenuicornis (copepodite)						
8					Neocalanus cristatus (copepodite)	106	2	2	47	12	12
9					Neocalanus spp. (copepodite)		6	6	12		
10					Clausocalanus pergens	46		34	35		37
11					Pseudocalanus minutus			2			
12					Pseudocalanus newmani	775	17	17	105	7	25
13					Pseudocalanus newmani (copepodite)	958	24	262	807	72	236
14					Clausocalanidae (copepodite)	228	36	291	70	216	335
15					Eucalanus spp. (copepodite)		2	2		2	4
16					Metridia pacifica	46	4	25	59	14	37
17					Metridia pacifica (copepodite)	866	18	143	913	43	124
18					Paracalanus parvus				70		12
19					Paracalanus spp. (copepodite)	182	6		176	14	37
20					Scotceithricella minor						4
21					Calanoida (copepodite)						
22			キクロブス目	—	Calanoida (copepodite)	46	6	25		48	50
23				オイトナ科	Oithona atlantica	46				22	
24					Oithona atlantica (copepodite)						
25					Oithona similis	3,967	66	279	702	137	769
26					Paroithona pulla		18			36	12
27			ハルバクテクス目	エクチノソマ科	Oithonidae (copepodite)	9,713	168	992	4,317	454	1,910
28					Microsetella norvegica	1,140	18	29	70	50	409
29					Microsetella rosea	15	14	17		19	25
30			ポエキロストム目	オンケア科	Microsetella spp. (copepodite)		6				
31					Triconia borealis		36	188	82	67	91
32					Oncacidae (copepodite)		402	1,824		1,397	3,088
33		甲殻綱(軟甲亜綱)	ヨコエビ目	—	Copepoda (nauplius)	19,015	480	718	13,689	1,217	3,236
34				クラゲノミ科	Themisto japonica		2	4		2	4
35	毛がく動物門	ヤムシ綱	ヤムシ目	—	Amphipoda						4
36				ヤムシ科	Sagitta elegans						
37	きよく皮動物	—	—	—	Sagitta sp. (juvenile)						
38	原索動物門	オタマボヤ綱	オタマボヤ目	オタマボヤ科	Echinodermata (pluteus)						
					Oikopleura spp.	46					
					種類数	18	20	20	16	21	23
					個体数合計(個体/m ³)	37,256	1,320	4,866	21,330	3,879	10,473
					沈殿量(ml/m ³)	2.43	0.33	0.52	2.42	0.48	0.89



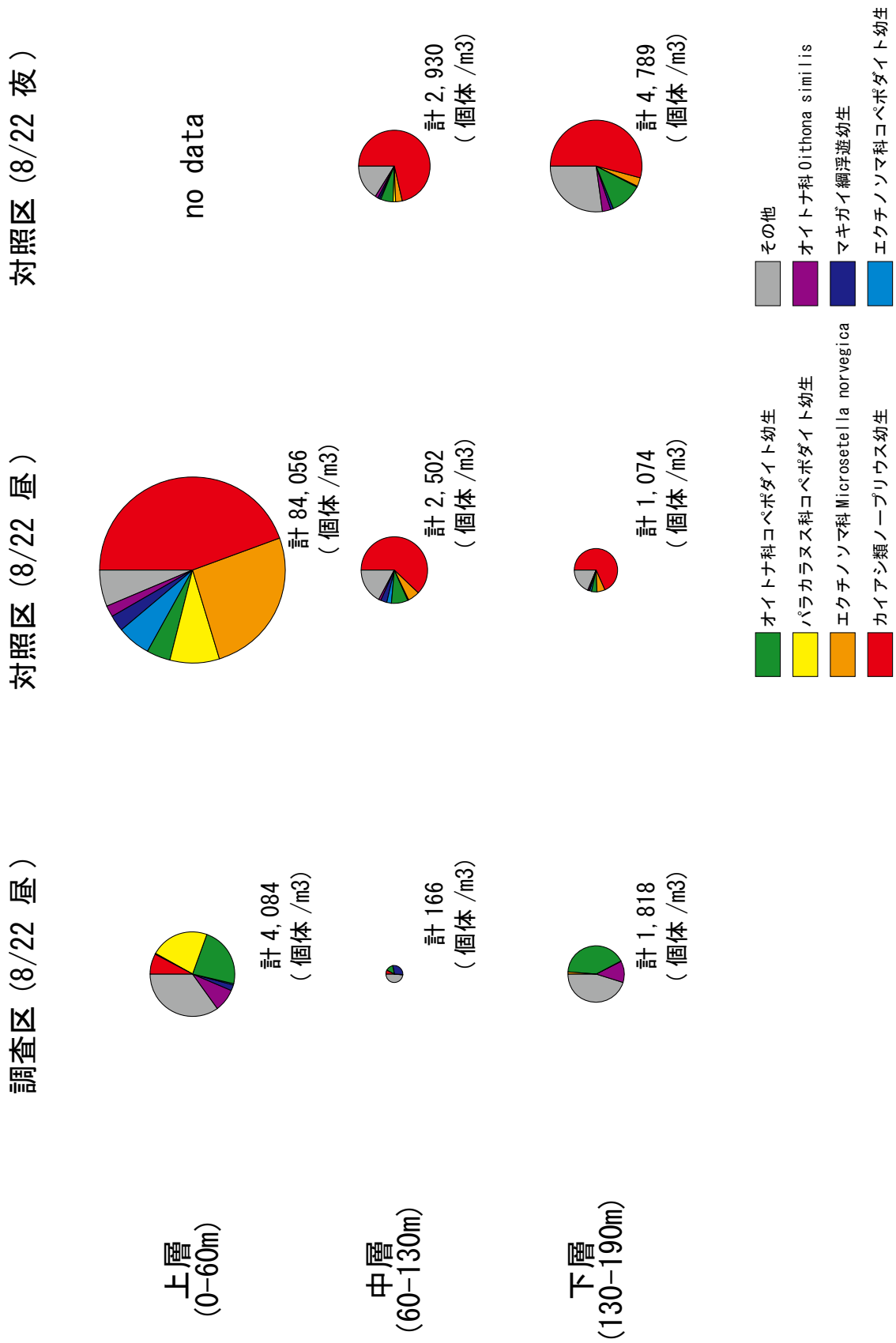
図VI-2-16 動物プランクトン沈殿量の鉛直比較(7月調査)

(2) 8月下旬調査結果

8/22にプランクトンネットによる動物プランクトンの採取を行った。調査区は昼間の1回、対照区では昼間と夜間の2回に実施した。対照区の上層は海象の悪化により試料採取を中止した。

- a) 8月調査で出現が多かった代表種は、カイアシ類ノープリウス幼生 Copepoda (nauplius)、エクチノソマ科 *Microsetella norvegica*、パラカラヌス科コペポダイト幼生 *Paracalanus spp.* (copepodite)、オイトナ科コペポダイト幼生 Oithonidae (copepodite)、エクチノソマ科コペポダイト幼生 *Microsetella spp.* (copepodite)、マキガイ綱浮遊幼生、オイトナ科 *Oithona similis* の順で出現が多く、マキガイ綱浮遊幼生を除けば全て甲殻綱の橈脚亜綱(カイアシ類)であった。カイアシ類が優占する点や、ノープリウス幼生の出現が多い点等は7月調査時から継続する特徴であった。
- b) 対照区の代表種は、カイアシ類ノープリウス幼生(特に表層)で、エクチノソマ科 *Microsetella norvegica*、パラカラヌス科コペポダイト幼生、エクチノソマ科コペポダイト幼生、オイトナ科コペポダイト幼生の順に多く出現した。エクチノソマ科は温帯から寒帯にかけての広汎種で、パラカラヌス科の成体で出現した *Paracalanus parvus* は暖水性、オイトナ科の成体で出現した *Oithona similis* は冷水性であった。調査区の代表種はパラカラヌス科コペポダイト幼生で、オイトナ科コペポダイト幼生、オイトナ科 *Oithona similis*、ノープリウス幼生の順に多く出現した。パラカラヌス科コペポダイト幼生の出現は表層に限られていた(対照区も同様)が、オイトナ科は個体数が少ないものの表層から底層まで出現していた。
- c) 魚類の餌生物となるメトリディア科 *Metridia pacifica* (冷水性) や端脚目クラゲノミ科 *Themisto japonica* は出現数が少なかった。

以上から、7月調査の代表種はエクチノソマ科を除き全て冷水性であったが、8月末調査では暖水性のパラカラヌス科 *Paracalanus parvus* やクラウソカラヌス科 *Clausocalanus pergens* 等の個体数が増えていたため、暖流の影響が強く及んでいるものと推察された。なお、動物プランクトン試料は調査区の底層で沈殿量は 1.08ml/L、対照区では 0.25ml/L であり、調査区の方が多かった。



図VI-2-17 主要な動物プランクトンの鉛直分布(8月調査)

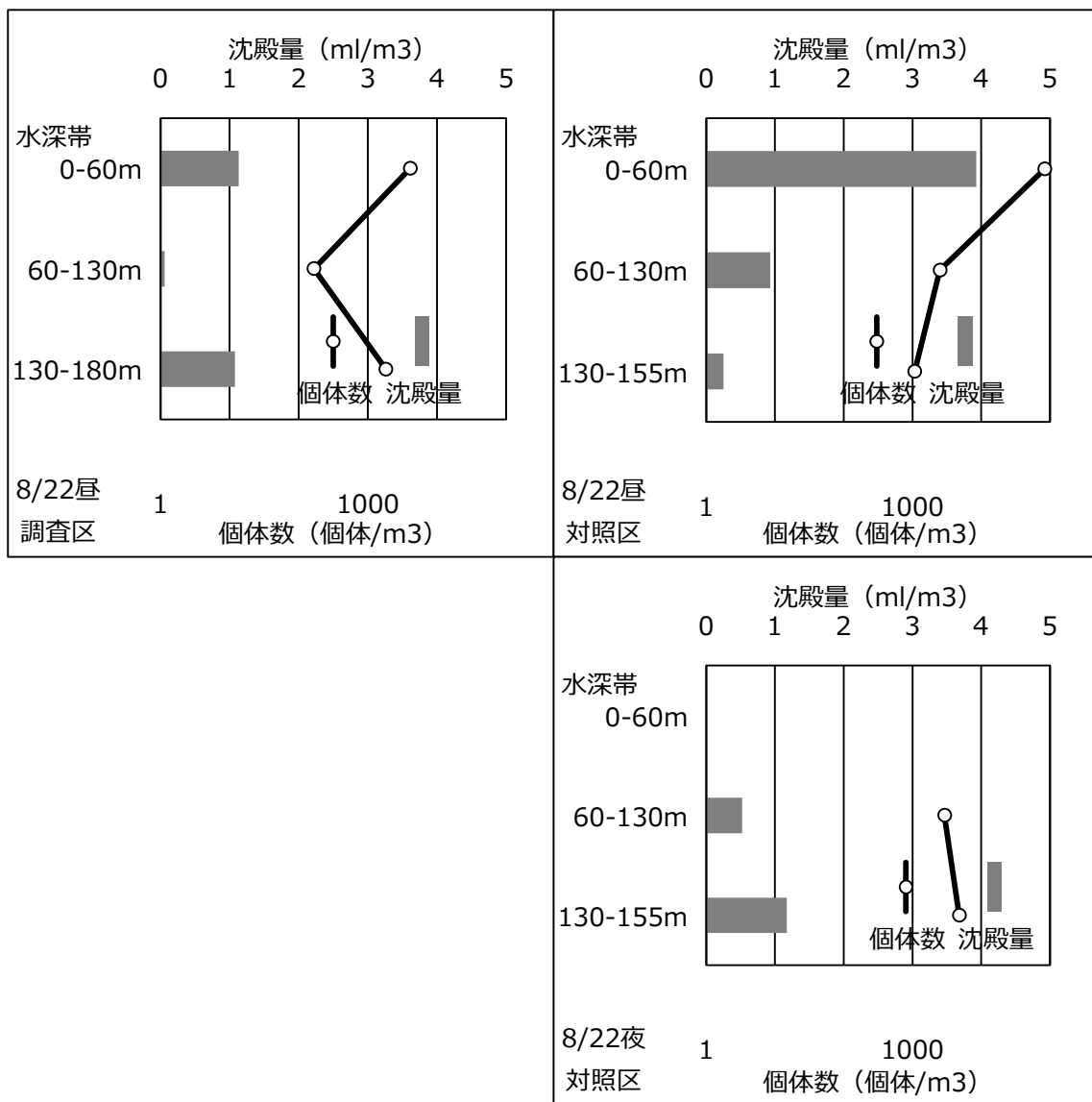
表 VI-2-5 動物プランクトン同定結果

調査年月日：平成26年6月22日・昼

単位：個体/m³

調査水域：武蔵野

No.	門	綱(亜綱)	目	科	種名	調査区 0-60m	調査区 60-130m	調査区 130-190m	対照区 0-60m	対照区 60-130m	対照区 130-155m	
1	刺胞動物門	ヒドロムシ綱	クダクラゲ目	-	Siphonophora	4						
2	軟体動物門	マキガイ綱	-	-	Gastropoda (larva)	93	47		2,280	80	7	
3		ニカイガイ綱	-	-	Bivalvia (umbo larva)	128	5	18	304		14	
4	環形動物門	ゴカイ綱	-	-	Polychaeta (larva)	23	1	18	152	13	2	
5	節足動物門	甲殻綱(鰓脚亜綱)	ミジン科目	ウミオオメミジン科	Calanus sp. (copepodite)	8						
6		甲殻綱(橋脚亜綱)	カラヌス目	カラヌス科	Mesocalanus tenuicornis	4	+					
7					Mesocalanus tenuicornis (copepodite)	19		3				
8					Neocalanus cristatus (copepodite)	8	+	12				
9					Neocalanus spp. (copepodite)			3				
10				セントロバジェス科	Centropages sp. (copepodite)	23						
11				クラウンカラヌス科	Clausocalanus pergens	35	7	9	405	22	7	
12					Clausocalanus sp.							
13					Pseudocalanus minutus							
14					Pseudocalanus newmani	15	+	6	101	4		
15					Pseudocalanus newmani (copepodite)			18				
16					Clausocalanidae (copepodite)	70		110	608	40	14	
17					Eucalanus spp. (copepodite)	4		6				
18				ユウカラヌス科	Euchaetidae (copepodite)							
19				ユウキータ科								
20				メトリディア科	Metridia pacifica	1	1	12			9	
21					Metridia pacifica (copepodite)	15	1	31			2	
22				ハラカラヌス科	Paracalanus parvus	302	1	9	355	9		
23					Paracalanus spp. (copepodite)	916	1	7,296	13			
24				オイトナ科	Oithona atlantica	162	1	52	304	4	2	
25					Oithona atlantica (copepodite)	197	+	37	608		2	
26					Oithona nana	4						
27					Oithona similis	348	2	221	1,672	27	11	
28					Paroithona pulla	27	35	104	304	147	39	
29					Oithonidae (copepodite)	940	23	745	3,496	201	41	
30				ハルハルバクタクス目	Microsetella norvegica	15		25	21,736	147	68	
31					Microsetella rosea	4	2	248	51	98	45	
32					Microsetella spp. (copepodite)	23	+	6	5,016	54	14	
33				コリケウス科	Corycaeus affinis	15			101			
34					Corycaeus sp. (copepodite)	12			152			
35				オンケア科	Oncaea scottidicaloi	43	23	95	405	36	9	
36					Triconia borealis			2	3		7	
37					Oncaeidae (copepodite)	46	1	18	152		54	
38					Copepoda (nauplius)	325	12		37,392	1,554	734	
39				クラゲノミ科	Themisto japonica		+	3		22	2	
40					Euphausiacea (juvenile)							
41					Euphausiacea (furcilia)	4						
42	毛がく動物門	ヤムシ綱	ヤムシ目	ヤムシ科	Sagitta nagae	12						
43					Sagitta spp.	4		3	51			
44					Ophiuroidea (ophiopluteus)	23			51			
45	きよく皮動物門	クモヒトデ綱	オタマボヤ目		Oikopleura spp.	12			152			
46	原素動物門	オタマボヤ綱	オタマボヤ科	サイツチボヤ科	Fritillaria sp.	197			912			
47												
						種類数	37	24	27	25	19	
						個体数合計(個体/m ³)	4,084	166	1,818	84,056	2,502	1,074
						沈殿量(ml/m ³)	1.13	0.06	1.08	3.93	0.93	0.25
						濾水量：濾水計回転数より算出(m ³)	12.4	17.9	13.0	15.8	16.1	15.8



図VI-2-18 動物プランクトン沈殿量の鉛直比較(8月調査)

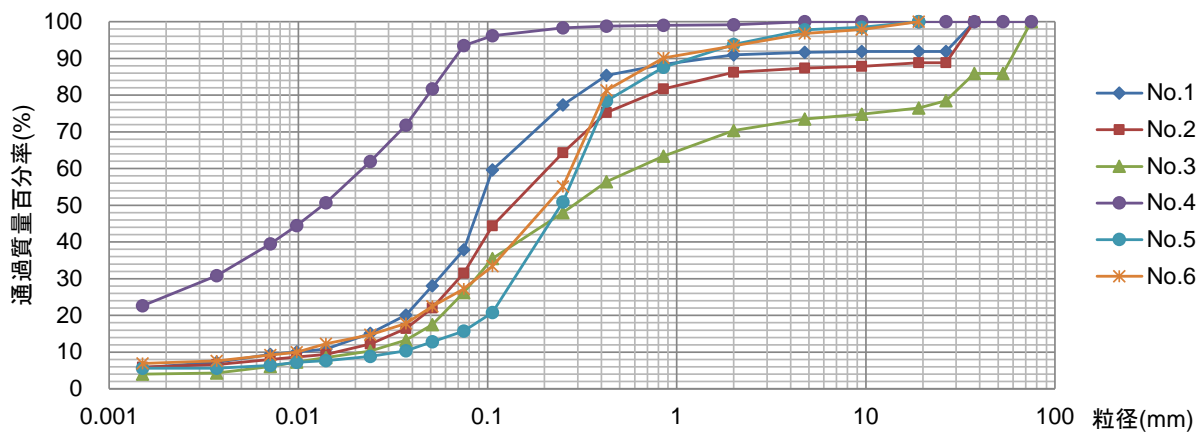
2.3 底質環境の把握

2.3.1 底質組成の分析結果

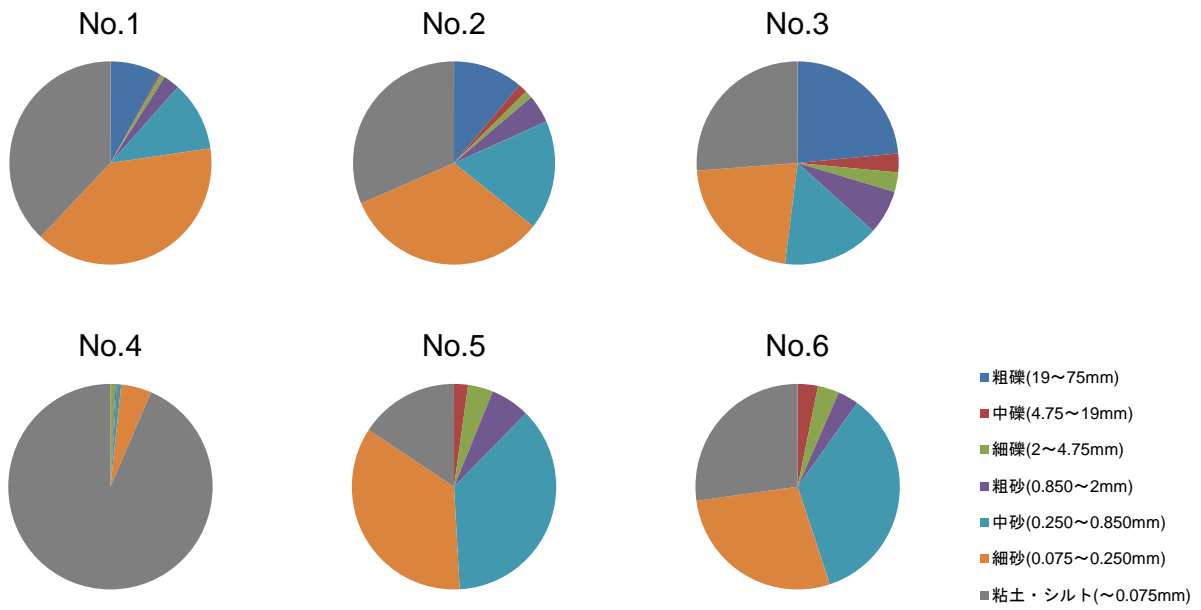
8/7～8にかけて、調査区において3地点、対照区において3地点、スミス・マッキンタイヤ採泥器による底質採取を実施した。採取試料は、粒度分析（図VI-2-19、図VI-2-20）と強熱減量の測定（図VI-2-21）に供した。

粒度分析結果では、調査区・対照区共に細砂から粘土・シルトまでの細粒分が約半数以上を占めた。粒径が最も細かい地点は対照区のNo.4で、粘土・シルト分が90%以上を占めていた。対照区と比較し調査区の特徴は、粗礫分が10～20%出現する点であった。対照区と比較し、沈降・堆積量が少なく、又は堆積があっても流動や擾乱等が生じていることが示唆された。

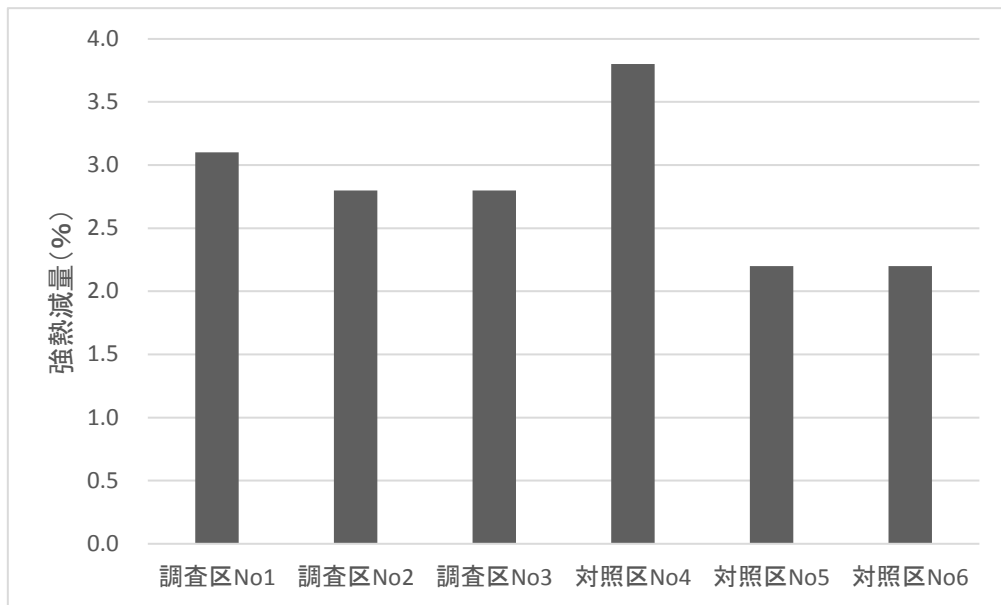
強熱減量の分析結果では、対照区No.4が3.8%と最も高い値を示し、調査区No.1～3は2.9%前後であり、対照区No.5とNo.6は2.2%と低かった。強熱減量は有機物含有量の指標（有機汚泥の除去基準は15%）として扱われるが、10%前後を示すこともある沿岸域・内湾域に比べると、調査海域は総じて低い値であった。



図VI-2-19 底質粒度の通過質量百分率



図VI-2-20 底質粒径の類型分布



図VI-2-21 採泥試料の強熱減量分布

2.3.2 底生生物の調査結果

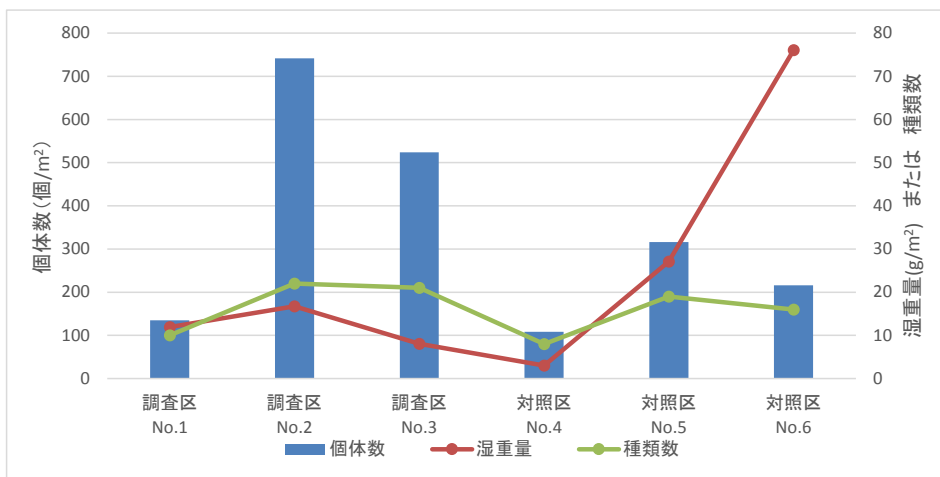
底生生物の分析結果を表VI-2-6、図VI-2-22、図VI-2-23に示した。出現個体数が多かった(500個体/m²以上)地点は、調査区のNo.2とNo.3であり、調査区No.1と対照区No.4は出現個体数が少なかった(100個体/m²強)。個体数の少ない地点は出現種類数も10種類程度と少なく、それ以外の地点は20種類程度の出現が見られた。湿重量合計が大きい地点は対照区No.6で(76g/m²)であった。

主な動物門の占有率の比較では、個体数の多い調査区No.2と3では軟体動物(二枚貝類)が半数以上を占めた。逆に、個体数の少ない調査区No.1や対照区No.4では環形動物(多毛類)の占有率が上昇した。湿重量合計が大きい対照区No.6や5では、大型動物となる棘皮類(ナマコやヒトデ)の出現が多かった。

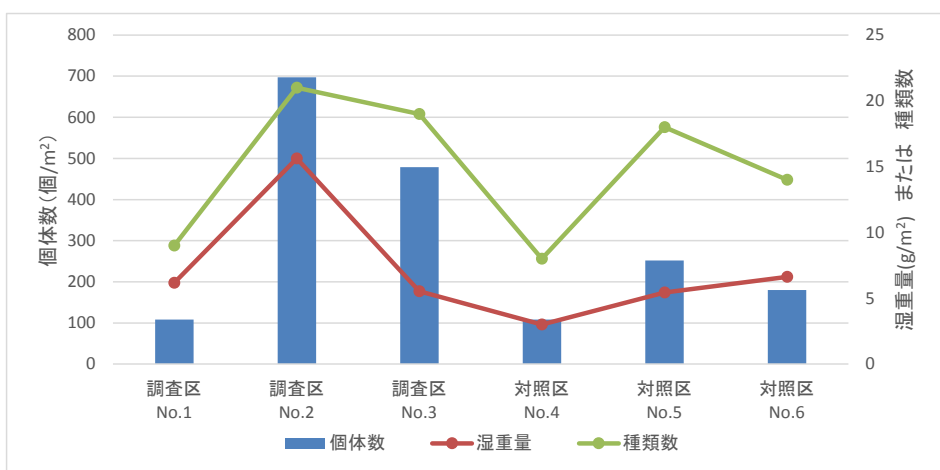
軟体動物で出現の多い代表種としては、シワロウバイ *Nuculana pernula pernuloides* やスダレシラオガイ *Tridonta filatovae* が挙げられ、両者とも冷水性の二枚貝で水深50~200mに分布する種である。棘皮動物では昨年度に引き続き、水深200m以深で分布の多い深海性のヒトデの、キタクシノハクモヒトデ *Ophiura sarsi* の出現が多かった。節足動物では、遊泳性のクーマ目や魚類の餌料生物となるヨコエビ目等の甲殻類が昨年度の調査区では見られたが、今年度の出現は少なかった。

環形動物で出現の多い多毛類は、砂泥中に棲管を作る濾過食者と、棲管を作らずに索餌を行う堆積物食者が居ることが知られる。今回の出現種では、濾過食者ではタケフシゴカイ科 *Maldanidae sp.* やマナコチマキゴカイ *Myriochele oculata* やタマガシフサゴカイ科 *Terebellides sp.*、堆積物食者ではシロガネゴカイ科 *Aglaophamus sp.* やオフェリアゴカイ科 *Travisia sp.* と、両食性種の出現が見られた。このうちマナコチマキゴカイは、平成25年度の調査区、シロガネゴカイ科は平成25年度の対照区の優占種であったが、平成26年度は調査区と対照区共に出現が見られた。

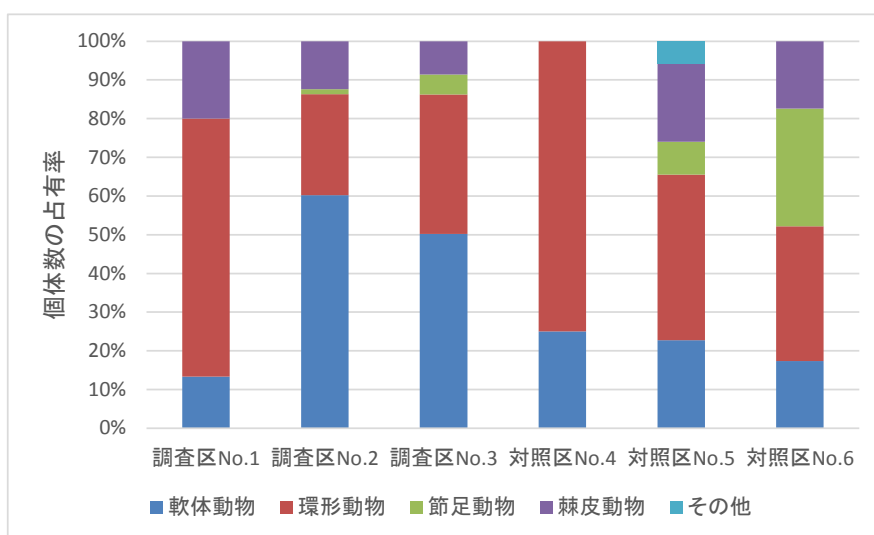
調査区と対照区の底質環境を比較すると、調査区の粒径は粗く、有機物量はやや多かった。一方、対照区の粒径は細かく、有機物量は少なかった(No.4は特異値と考えられる)。調査区の粒径が粗いのは、流動や攪乱が生じていることによると考えられ、餌となる有機物の流入や再懸濁があるため二枚貝等の濾過食者が多いと推察される。一方、粒径の細かい対照区は比較的擾乱は少なく安定した底質環境にあり、ナマコやヒトデ等の堆積物食者が多い。



図VI-2-22 底生生物量の地点毎の比較



(参考) クモヒトデとナマコを除いた底生生物量の地点毎の比較



図VI-2-23 主要動物門で比較した個体数占有率

表VI-2-6 採取サンプルのベントス同定結果

調査時期：平成26年8月
単位：個体数/個体/m²
湿重量：g/m²

調査域：武蔵雄

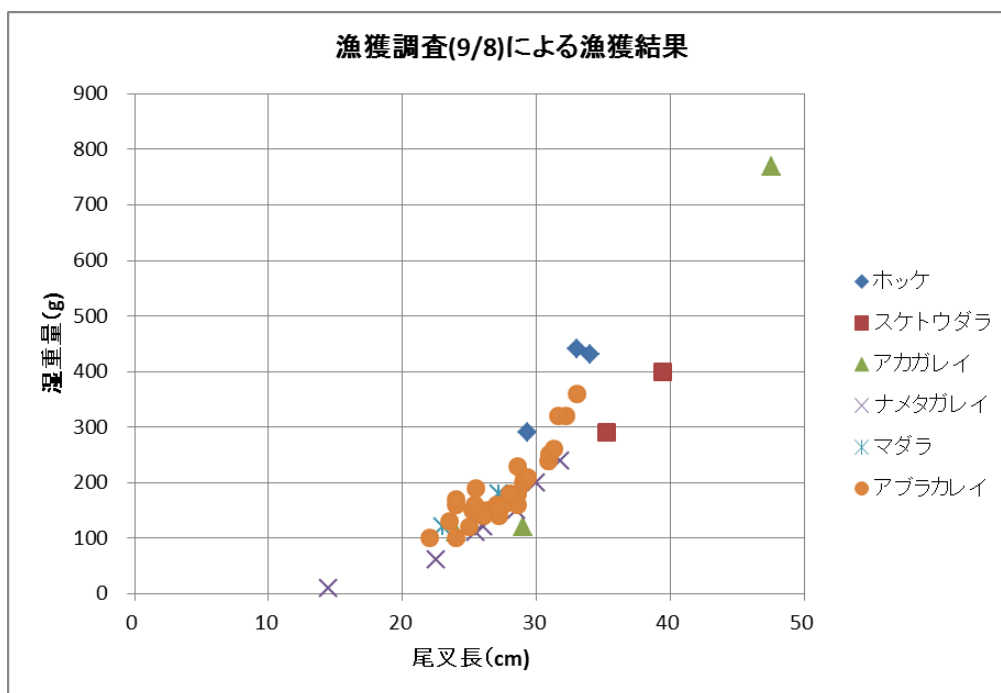
番号	門	綱	目	科	種	調査区SNo.1'		調査区RNo.2		調査区SNo.3		調査区No.4		調査区No.5		調査区No.6	
						個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量
1	ひも形動物	カセミズイ	ケハダウミヒモ	ケハダウミヒモ	NEMERTINEA			18	0.00								
2	軟体動物	マキガイ	オキナエビス	シロガサガイ	Chaetodermatidae					9	0.09			9	0.27		0.73
3					Lepetitidae					9	0.27						
4					Naticidae									9	0.27		
5					Leionucula tenuis												
6					Acila divaricata divaricata												
7					Nuculana pernula pernuloides												
8					Nuculana robori												
9					Foldiella philippiana												
10					Limopsis belcheri												
11					Propeamussiidae												
12					Tritonita filatovae												
13					Macoma calcarata												
14	腕形動物	ゴカイ	サンバゴカイ	シロス	Typosyllis sp.					27	0.09						
15					Glycera sp.												
16					Goniada sp.												
17					Melophthalmus sp.												
18					Nephtyidae												
19					Nothria grossa												
20					Onuphiidae												
21					Lumbrineridae												
22					Arabellidae												
23					Aricidae sp.												
24					Paraonidae												
25					Priotonosio sp.												
26					Cirratulidae												
27					Capitellidae												
28					Notoproctus pacificus												
29					Maldanella harai												
30					Praxillella gracilis												
31					Maldane cristata												
32					Maldanidae sp.												
33					Travisia sp.												
34					Myriochele oculata												
35					Ampharetidae												
36					Ariacama sp.												
37					Pista sp.												
38					Terebellidae sp.												
39	星口動物	昆虫	ホシムシ	タマガシフサゴカイ	Phascolion sp.												
40	節足動物	甲殻	カイムシ	マキガイホシムシ	Ostracoda												
41					Campylaspis sp.												
42					Diastriis sp.												
43					Amplisca sp.												
44					Byblis sp.												
45					Isaeidae												
46					Lysianassidae												
47					Prothoe sp.												
48	きよく皮動物	クモヒトデ	クモヒトデ	マルソコエビ	Amphituriidae												
49					Amphituriidae												
50					Opheura sarsi												
51					Myophiurida												
						合計(個体数・湿重量)	135	11.91	742	16.71	524	8.07	108	3.00	316	27.07	50.91
						種類数	10		22		21		8		19		16

2.4 小型機船底曳網（えびこぎ漁）による漁獲調査結果

9月9日に対照区で漁獲調査を実施した。曳網時間は約10分、曳網距離は640m、水深約180mで漁獲した。漁獲量を表VI-2-7に示した。14種の魚類が漁獲でき、アブラガレイが63個体漁獲された。しかしながら、スケトウダラは漁獲できなかった。漁業者によれば、スケトウダラが分布すれば、必ずこの方法で漁獲できるとのことであることから、対照区にはスケトウダラが分布していなかった可能性がある。なお、帰港の途中の水深150m以浅の海域にスケトウダラ0歳魚と見られる強い魚探反応が観察された。

表VI-2-7 対照区での漁獲調査結果

魚種	個体数	湿重量(g)
ホッケ	3	1,180
スケトウダラ	2	690
ハッカク	4	500
マダラ	2	300
オニカジカ	4	1,200
その他カジカ	1	60
ニラミカジカ	1	10
ハツメ	4	60
ボタンエビ	1	10
ボウズイカ	3	230
タウエガジ	1	280
ナメタガレイ	7	910
アカガレイ	3	1,050
アブラガレイ	63	12,160
合計	99	18,640

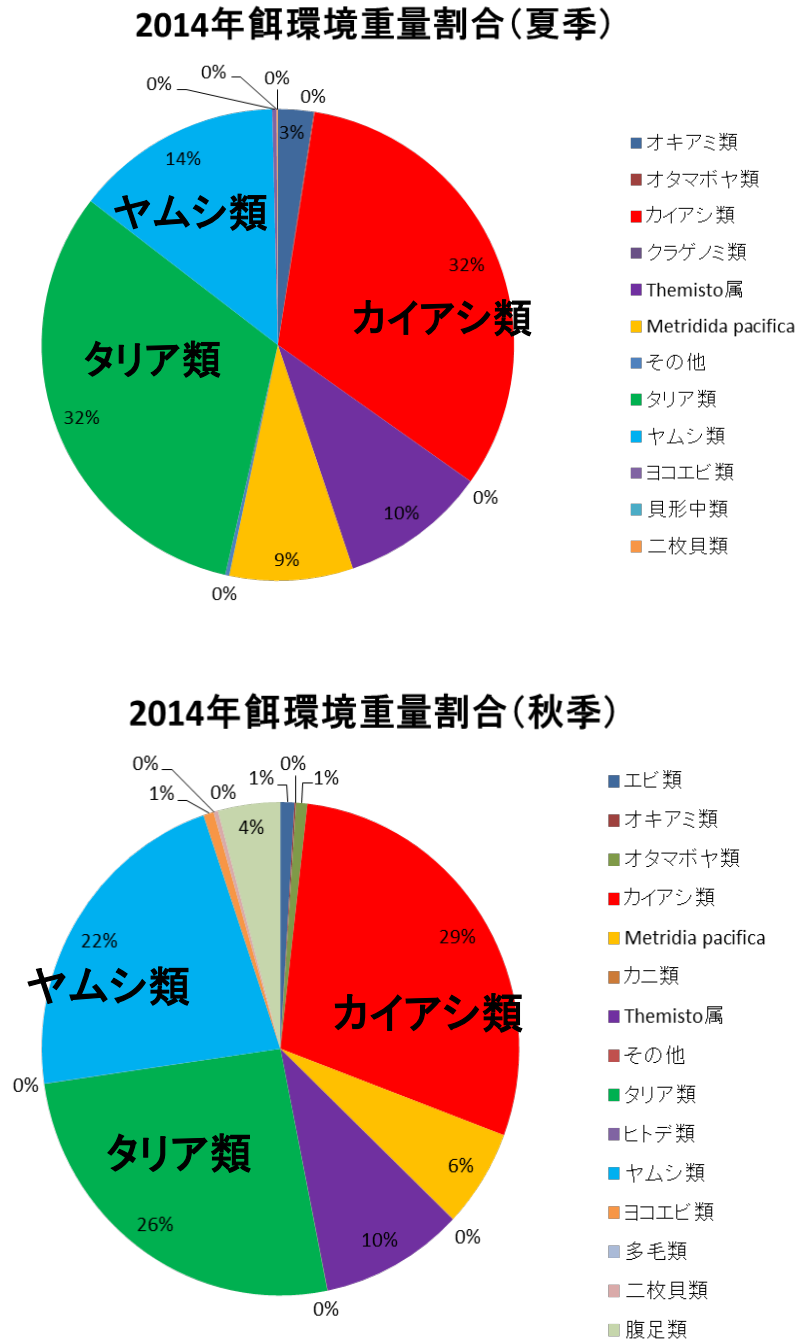


図VI-2-24 漁獲調査で漁獲した主な魚種の尾叉長と湿重量の関係

2.5 平成26年度の胃内容物調査の結果

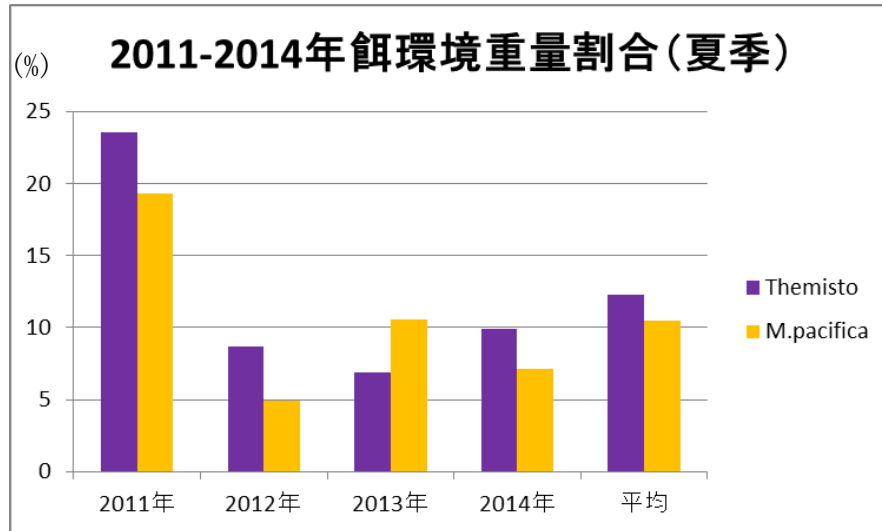
2.5.1 餌料環境

図VI-2-25に平成26年8月および10月において、北洋丸が実施した動物プランクトン調査の結果を重量組成で示した。スケトウダラの餌料であるカイアシ類、テミス、メトリディア、ヤムシ類が分布している。8月におしよろ丸で実施したプランクトン調査では、調査区や対照区では、メトリディアやテミスの分布が少なかった。一方、北洋丸の調査では調査位置がやや異なるものの、この2種が比較的多い結果であった。



図VI-2-25 北洋丸が採取した武蔵堆東および留萌沖の動物プランクトンの組成

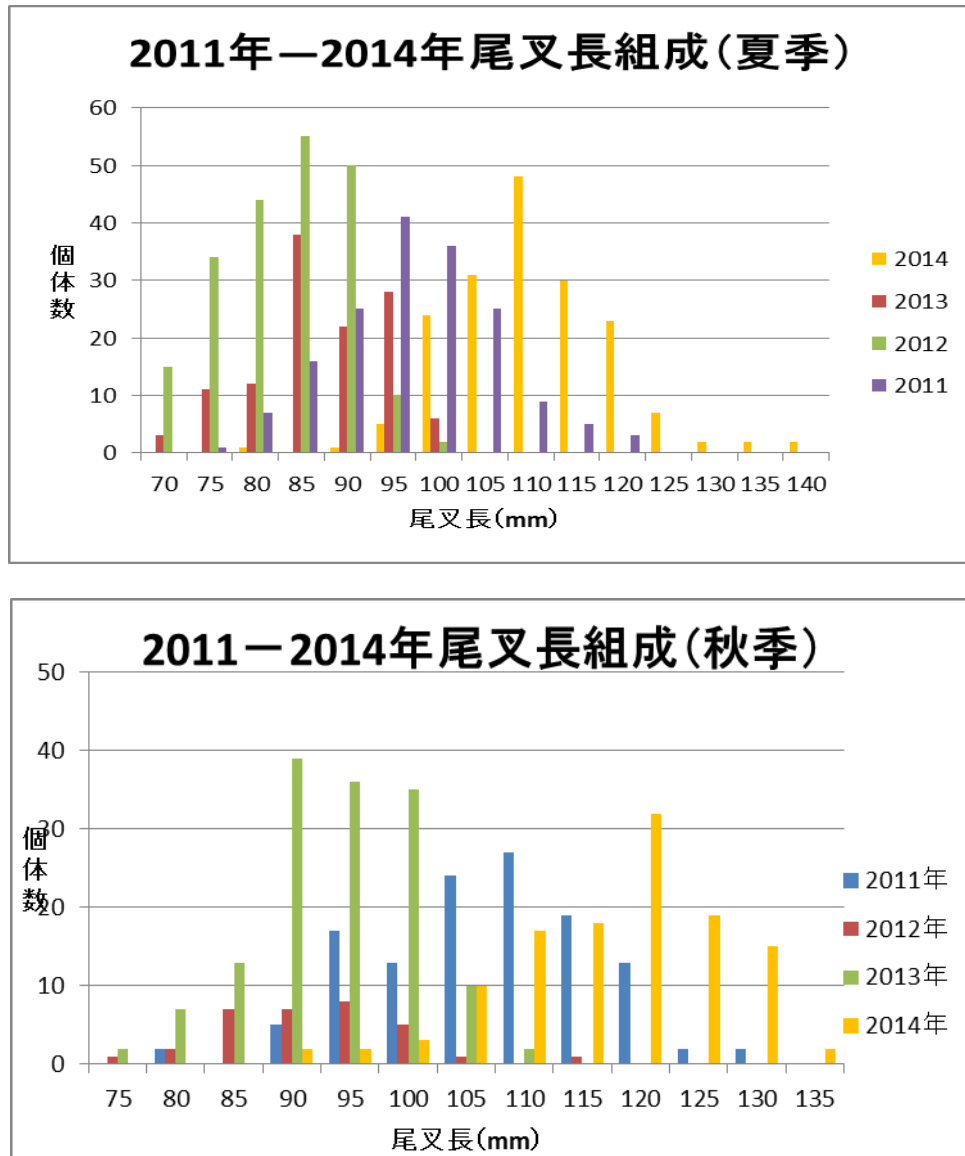
餌料プランクトンであるテミスト属とメトリディアの占める重量割合を図VI-2-26に示した。この図によると、両種は動物プランクトンのうちの約10%の重量組成であった。経年変化を見ると2011年（平成23年）に両種とも約20%を占めている。2012年（平成24年）は0歳魚の卓越年数群が発生しており、この年はメトリディアが最小になっていた。



図VI-2-26 武蔵堆東および留萌沖の餌料中のテミスト属とメトリディアの重量組成

2.5.2 スケトウダラ0歳魚の尾叉長組成

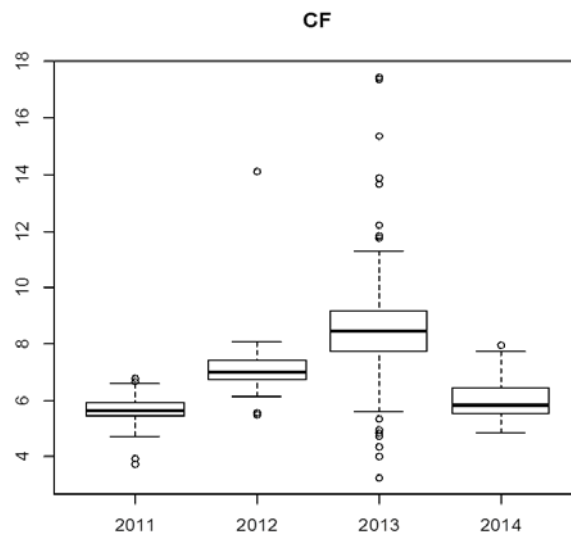
北洋丸が採取したスケトウダラ0歳魚の尾叉長組成を図VI-2-27に示した。2014年（平成26年）は110mmであり、この4年間で最も尾叉長が長い結果であったので、孵化日が比較的早かった可能性がある。一方、卓越年級群が発生した2012年（平成24年）は尾叉長が85mmと最も短かった。



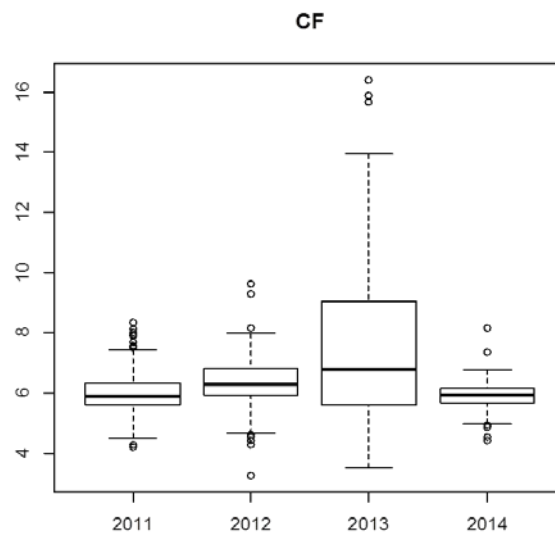
図VI-2-27 スケトウダラ0歳魚の尾叉長組成

2.5.3 スケトウダラ0歳魚の肥満度 (CF)

2011～2014年のスケトウダラ0歳魚の肥満度 (CF) を図VI-2-28に示した。夏季、秋季共にスケトウダラ0歳魚の肥満度はこの4年間では最も低い傾向にある。肥満度が低いことより、餌料プランクトンが少なかった可能性が高い。一方、後述の胃内要物の相対重要度指数に注目すると、2013年(平成25年)ではスケトウダラ0歳魚は多様な餌料を摂餌しており、肥満度は高い結果となった。



【秋季】



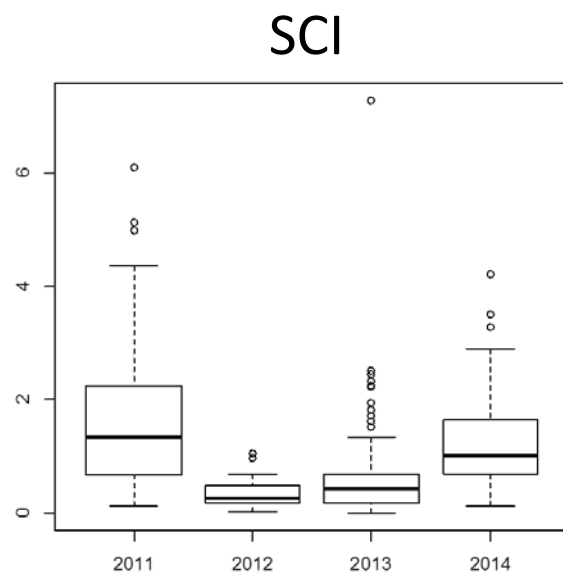
【夏季】

図VI-2-28 スケトウダラ0歳魚の肥満度 (CF)

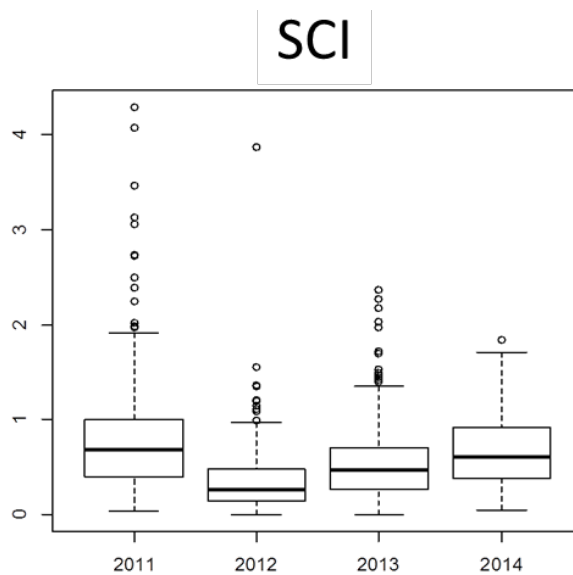
2.5.4 スケトウダラ0歳魚の胃内容物重量指数 (SCI)

2011～2014年のスケトウダラ0歳魚の胃内容物重量指数 (SCI) を図VI-2-29 に示した。

スケトウダラ0歳魚の胃内容物指数は2011年(平成23年)が最も高く、卓越年級群が発生した2012年(平成24年)が最も低かった。2014年(平成26年)は胃内容物が比較的大きいにもかかわらず、肥満度が小さい結果であった。



【秋季】



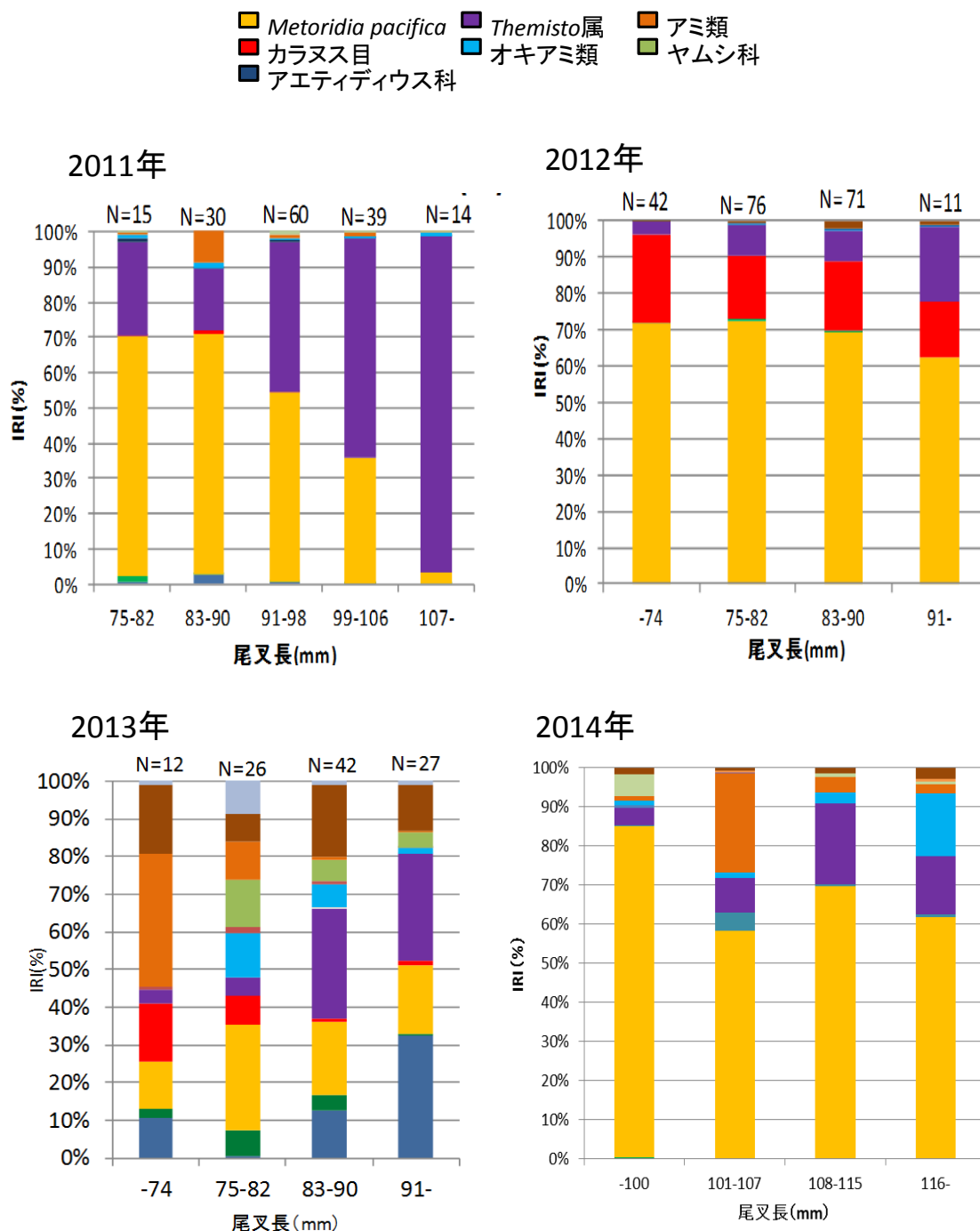
【夏季】

図VI-2-29 スケトウダラ0歳魚胃内容物重量指数 (SCI)

2.5.5 スケトウダラ0歳魚の胃内容物の相対重要度指数（IRI:%）

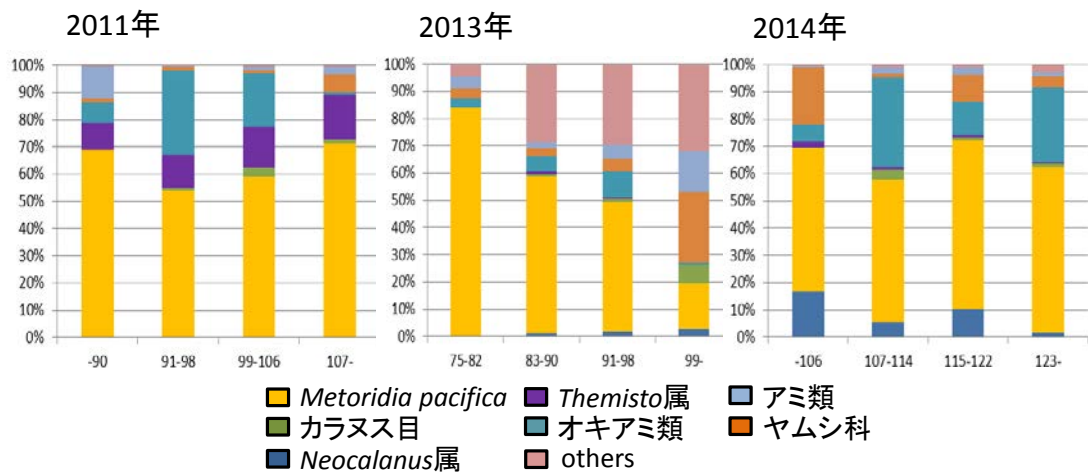
1) 調査年ごとの傾向

スケトウダラ0歳魚の相対重要度指数を図VI-2-30に示した。2014年（平成26年）はメトリディアを主な餌料としている。2011年、2012年は尾叉長の増加に伴ってテミストを摂餌する傾向がある。2013年、2014年は餌料が多様になっており、傾向が異なった。



図VI-2-30 尾叉長別の胃内容物の相対重要度指数（IRI:%）夏季調査

2014年（平成26年）ではどのサイズもメトリディアやオキアミ類が優占した。2012年の測定結果はないが、秋季はどの年もメトリディアが優占した。



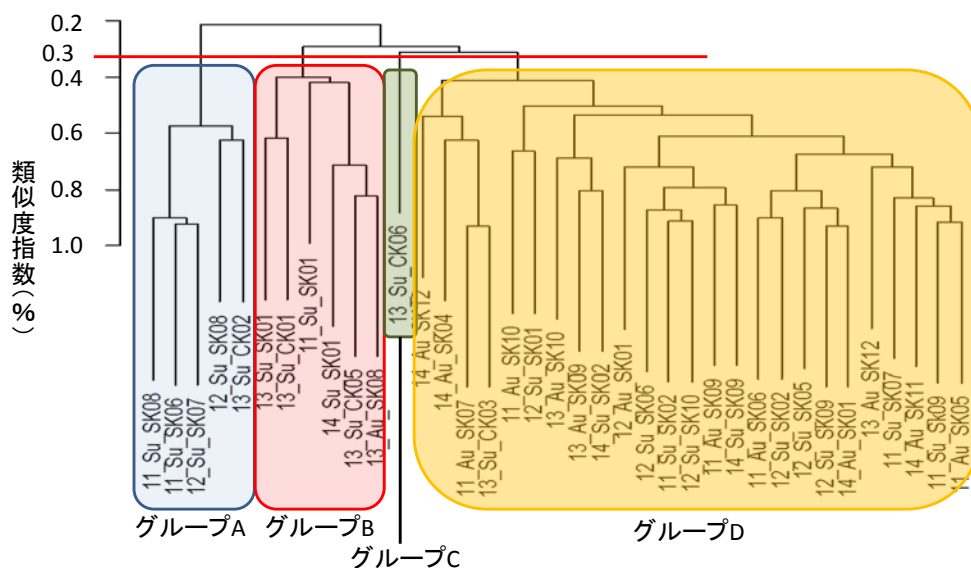
図VI-2-31 尾叉長別の胃内容物の相対重要度指数（IRI:%）秋季調査

2) 地点別のスケトウダラ0歳魚の胃内容物の相対重要度指数（IRI:%）

食性の変動要因を把握するため、クラスター分析を行い、2011～2014年のすべての調査地点を対象に食性が類似している4つのグループに区分した（図VI-2-32）。

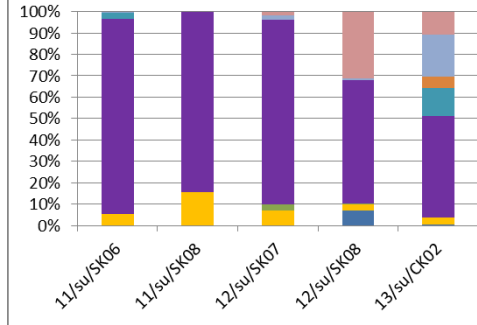
図VI-2-33～図VI-2-36に4グループの特徴を示した。グループAは留萌沖の調査地点であり、主要な餌料はテミス属である。グループBは武蔵堆～留萌沖の調査地点であり、多種多様な餌料である。グループCは留萌沖の調査地点であり、餌料はヤムシである。グループDは武蔵堆～留萌沖の調査地点で主要な餌料はメトリディアである。調査区や対照区はグループBのように多様な餌料の場合とグループDのようにメトリディアが優占する場合に属している。

2011－2014年地点別IRI



図VI-2-32 地点別のスケトウダラ0歳魚の胃内容物の相対重要度指数（IRI:%）

【グループA】



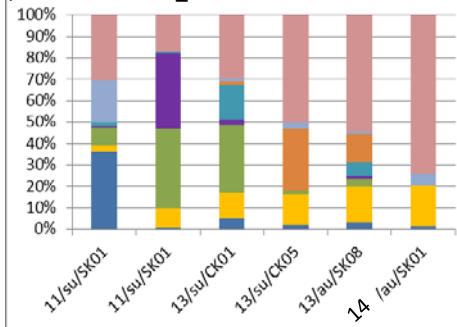
- *Metridia pacifica*
- *Themisto*属
- アミ類
- カラヌス目
- オキアミ類
- ヤムシ類
- *Neocalanus*属
- others

グループA	
平均底層水温(°C)	1.8
平均水深(m)	315.8
主要餌生物	<i>Themisto</i> 属



図VI-2-33 グループAの特徴（留萌沖）

【グループB】



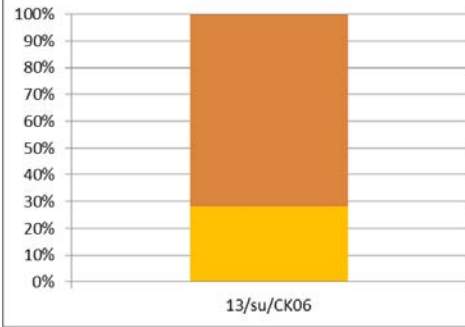
- *Metridia pacifica*
- *Themisto*属
- アミ類
- カラヌス目
- オキアミ類
- ヤムシ類
- *Neocalanus*属
- others

グループB	
平均底層水温(°C)	3.3
平均水深(m)	199.3
主要餌生物	多種多様



図VI-2-34 グループBの特徴（武蔵堆～留萌沖）

【グループC】



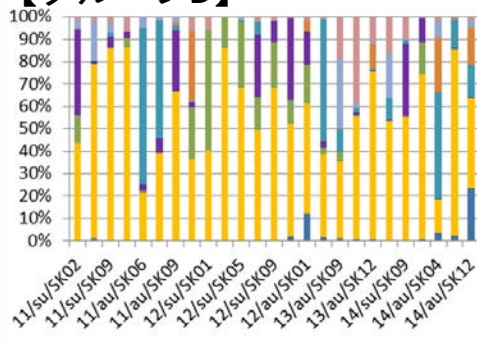
- *Metridia pacifica* ■ Themisto属 ■ アミ類
- カラヌス目 ■ オキアミ類 ■ ヤムシ類
- Neocalanus属 ■ others



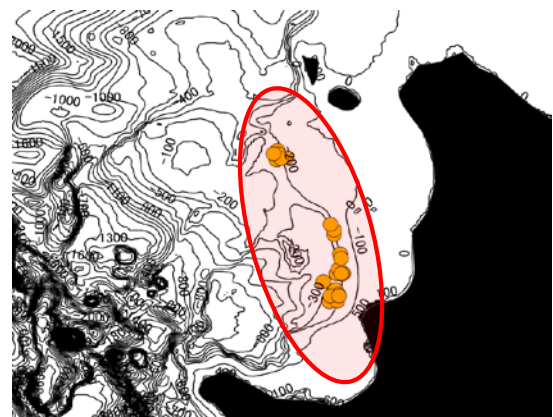
グループC	
平均底層水温(°C)	2.3
平均水深(m)	247
主要餌生物	Metridida pacifica ヤムシ類

図VI-2-35 グループCの特徴（留萌沖）

【グループD】



- *Metridia pacifica* ■ Themisto属 ■ アミ類
- カラヌス目 ■ オキアミ類 ■ ヤムシ類
- Neocalanus属 ■ others



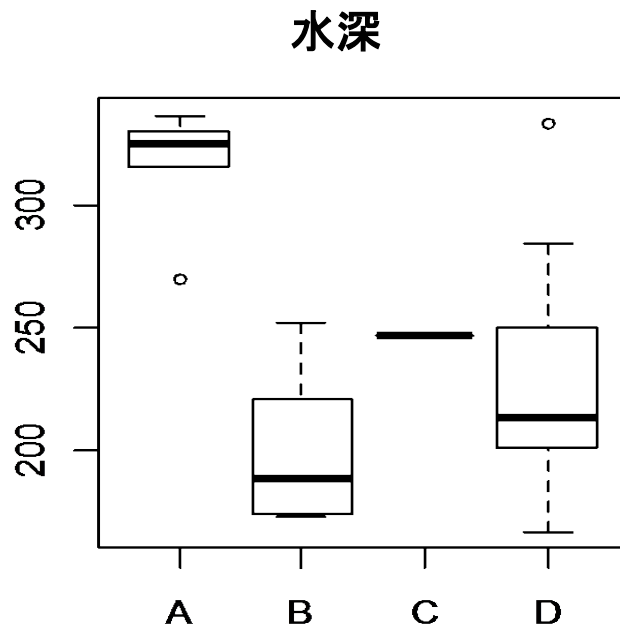
グループD	
平均底層水温(°C)	2.8
平均水深(m)	224.5
主要餌生物	Metridida pacifica

図VI-2-36 グループDの特徴（武蔵堆～留萌沖）

3) グループ間の環境要因の比較

栄養状態に影響する可能性がある要因をグループ毎に検定した。要因としては、海洋環境（緯度、経度、底層水温、水深）、尾叉長、肥満度、胃内容物重量指数 SCI、餌環境（テミス属、メトリディアの生物量）を選定した。その結果、水深による違いが大きな要因と考えられた。

図VI-2-37 に示すように、グループ B やグループ D は本調査の調査区や対照区の水深(170～200m) を含んでいる。特にグループ B (図VI-2-34) はスケトウダラ 0 歳魚が着底する水深帯が中心であり、多様な餌料環境である。



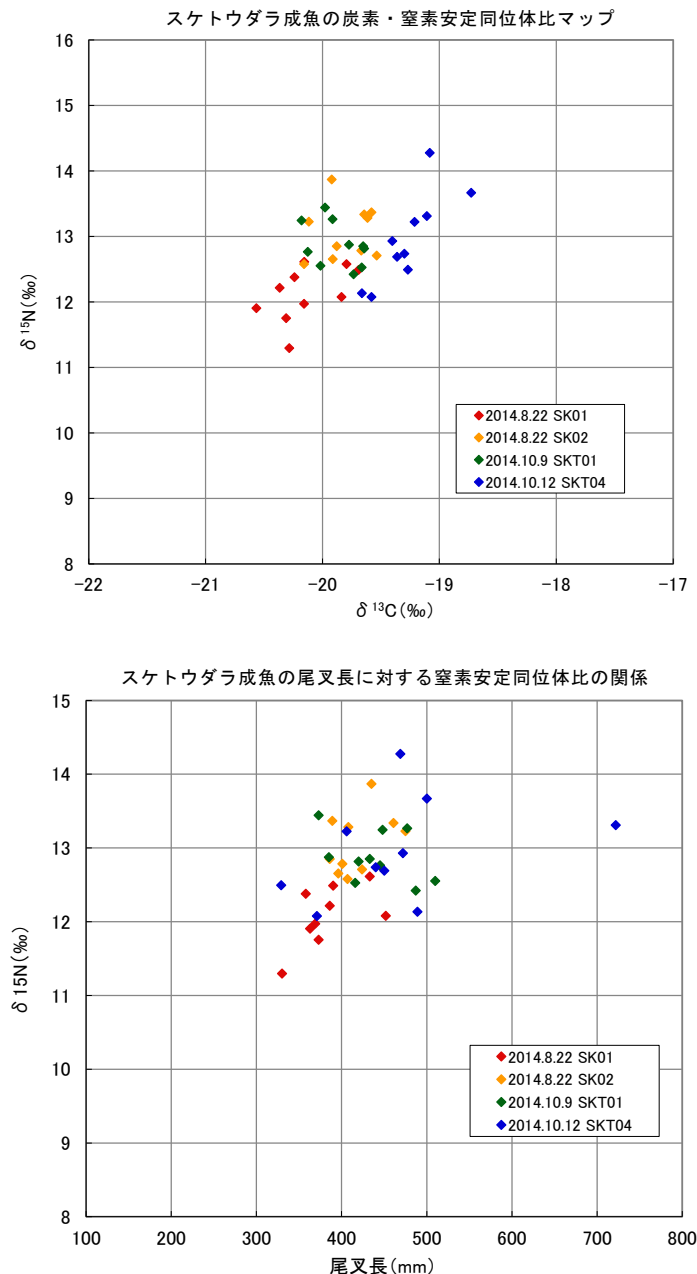
図VI-2-37 グループ間の環境要因の比較

2.6 平成26年度の安定同位体比分析の結果

スケトウダラの成魚、0歳魚、捕食者であるオクカジカ、ナガヅカ、マダラ、植物プランクトンおよび動物プランクトンの安定同位体分析を行った。

1) スケトウダラ成魚の安定同位体比

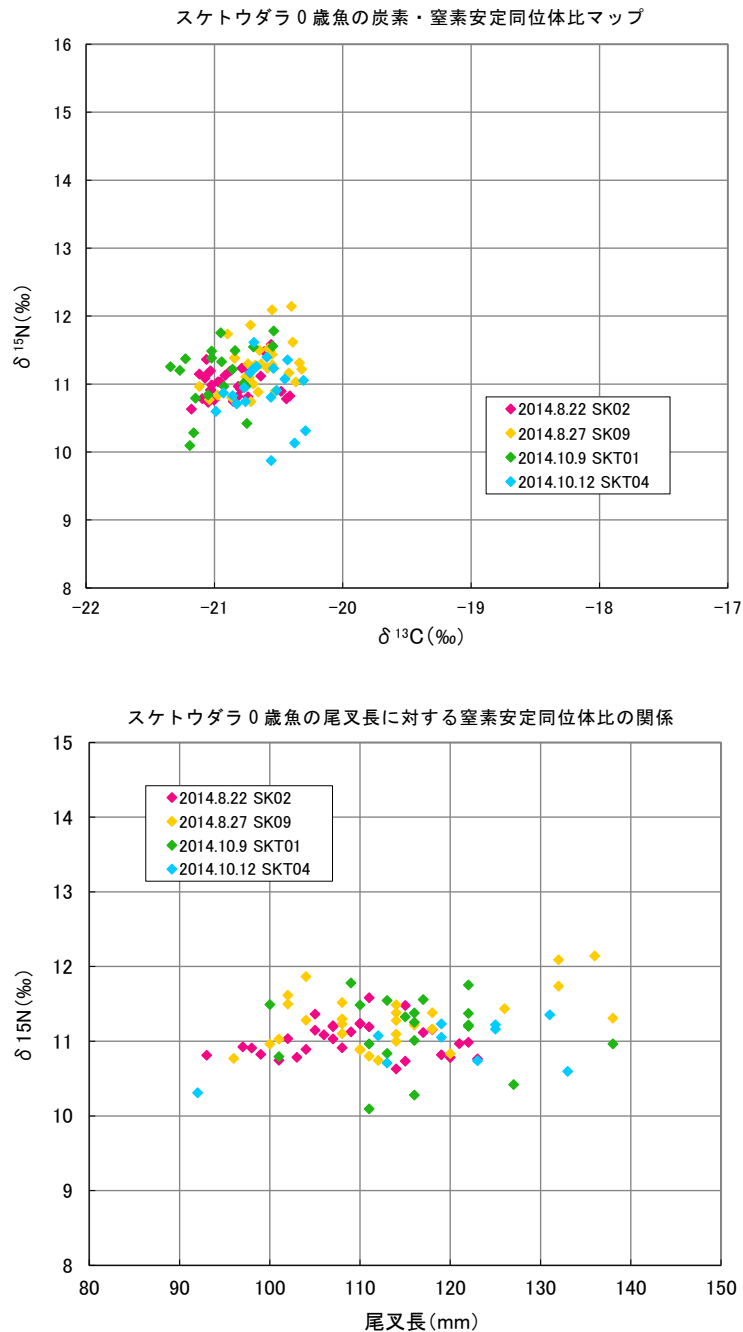
スケトウダラ成魚の窒素安定同位体比 $\delta^{15}\text{N}$ は、11~14‰の範囲にあり、8月採集魚と10月採集魚ともに個体によるバラツキが大きかった。尾叉長との関係では、尾叉長が大きいと窒素安定同位体比がやや高くなるが、個体差が大きくバラツキがあった。



図VI-2-38 スケトウダラ成魚の安定同位体比
(上；炭素・窒素安定同位体比、下；尾叉長と窒素安定同位体比)

2) スケトウダラ0歳魚の安定同位体比

スケトウダラ0歳魚の $\delta^{15}\text{N}$ は10~12‰の範囲にあり、成魚に比べて約2‰低い。0歳魚も個体差が大きくバラツキがある。スケトウダラ0歳魚の尾叉長に対する窒素安定同位体比の関係によると、スケトウダラ0歳魚では、尾叉長と窒素安定同位体比の間に相関がみられなかった。すなわち、尾叉長が大きくても、同じ栄養段階の餌料を摂餌していることを示唆している。

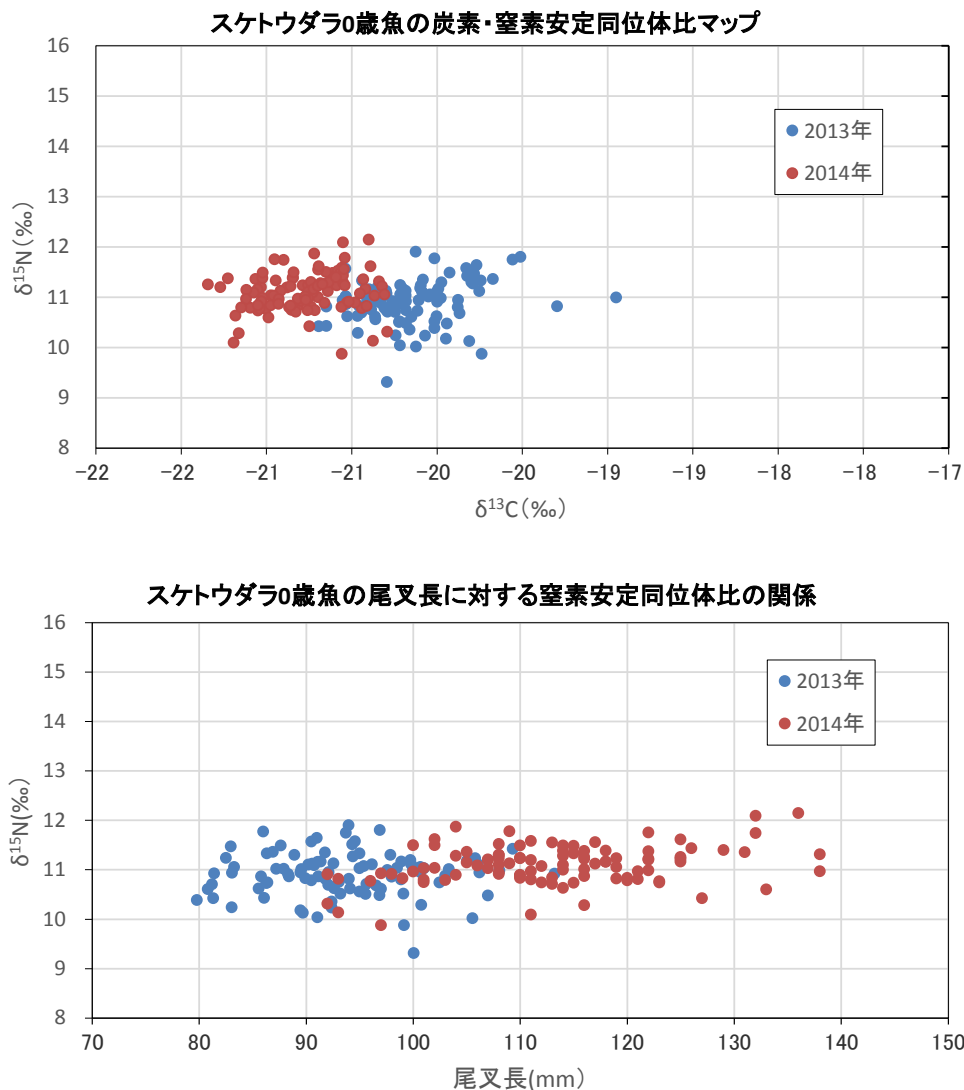


図VI-2-39 スケトウダラ0歳魚の安定同位体比
(上；炭素・窒素安定同位体比、下；尾叉長と窒素安定同位体比)

窒素の安定同位体比について注目すると、スケトウダラの成魚と0歳魚では栄養段階が一つ異なるレベルであると考えられる。全体的に見ると、栄養段階は0歳魚が3~4、成魚が4~5のレベルと推定された（栄養段階1は基礎生産者）。ただし、その上昇は体長と正比例的ではなく、個体差が大きい。

一方、炭素安定同位体比についてみると、成魚も稚魚も大きな差異は認められず、約1%の差であった。成魚のほうが栄養段階は上位であるので、この1%の上昇は栄養段階の上昇に伴う濃縮率に相当している。したがって、食物連鎖の出発点である一次生産者（栄養段階1）は同じで、どちらも植物プランクトン（浮遊性）を基点とする食物連鎖系列にあると考えられる。

図VI-2-40に2カ年のスケトウダラの0歳魚の安定同位体比を示す。平成26年の0歳魚は尾叉長が長いものが多い。窒素の安定同位体比は2ヶ年とも同様であった。炭素の安定同位体比を見ると、平成26年は平成25年に比べ、0.5%程小さい傾向にある。このように、0歳魚の尾叉長が大きく変わっても、同様な栄養段階の餌料を摂餌している。胃内容物調査の結果から、平成26年度の0歳魚は肥満度が低いことから、大きな体を維持するための餌料が不足している可能性が示唆された。

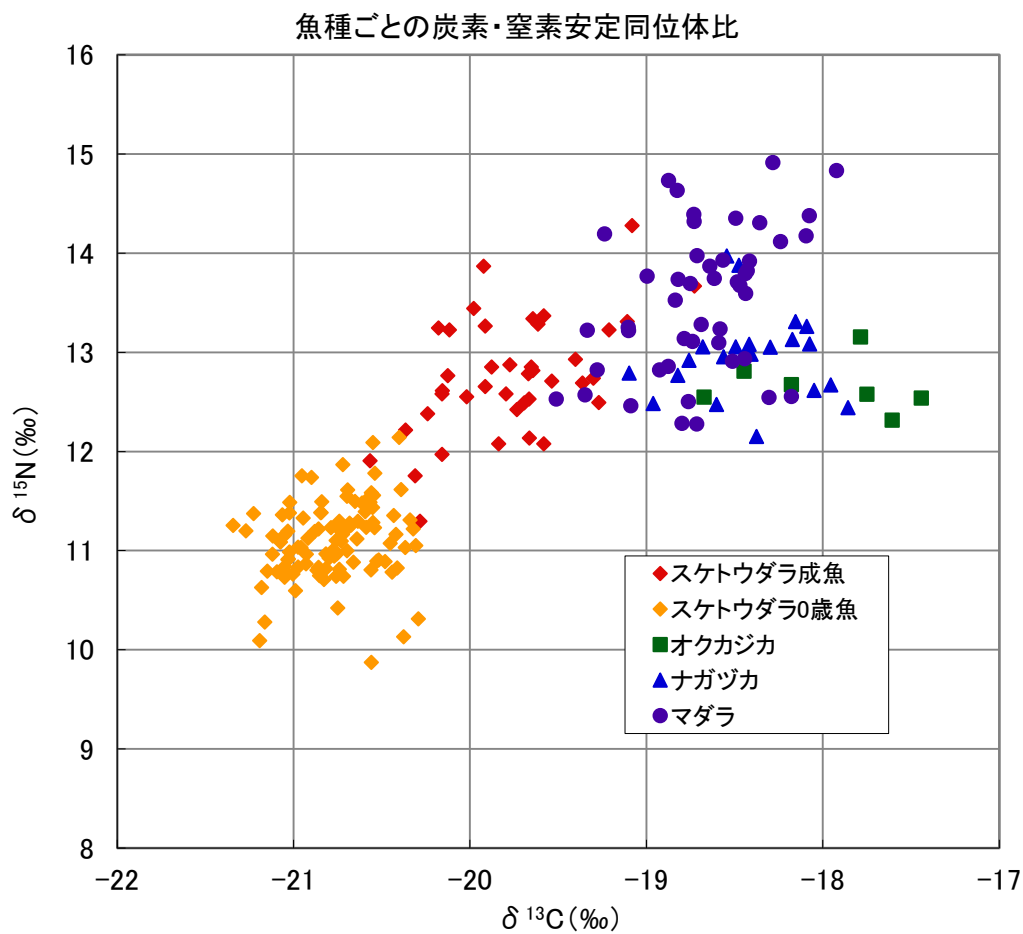


図VI-2-40 平成25年と平成26年のスケトウダラ0歳魚の安定同位体比

3) 魚類の炭素・窒素安定同位体比

魚類の安定同位体比の分析結果を図VI-2-41にまとめた。オクカジカ・ナガヅカの窒素安定同位体比はスケトウダラ成魚とほぼ同じであり、栄養段階が同じであると推測された。しかし、炭素安定同位体比はナガヅカの方が、さらにナガヅカよりオクカジカの方が高い方にシフトしているため、これらの食物連鎖の系列は少しずつ異なることが示唆された。つまり、3種は窒素安定同位体比がほぼ同じ値に位置するが、炭素安定同位体比にはそれぞれの種別に少し偏りがある（中心域が完全に重なることがない）。この図のみで断定できないが、スケトウダラとの食物をめぐる競争は少ないと推察される。

また、魚類の中ではマダラの窒素安定同位体比が最も高く、栄養段階の高い食物生物をより多く摂取している可能性が高い。



図VI-2-41 魚種ごとの炭素・窒素安定同位体比

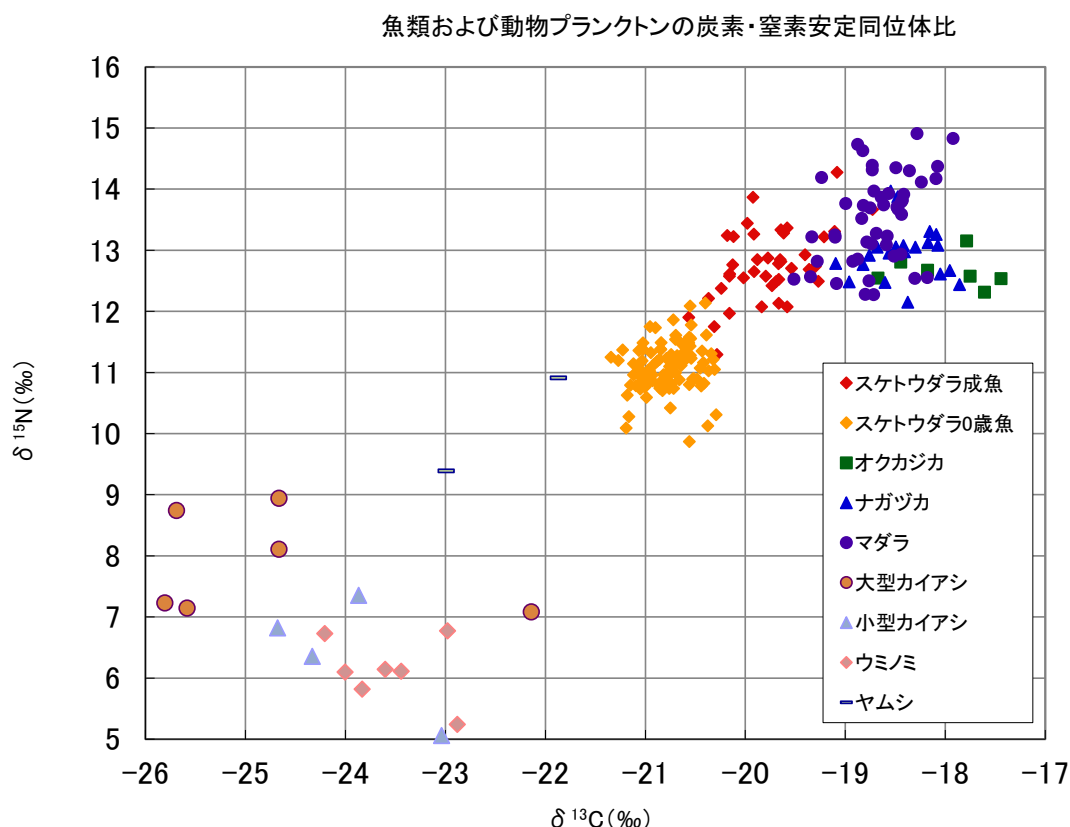
4) 魚類および動物プランクトンの炭素・窒素安定同位体比

食物生物も含めた安定同位体比マップを図VI-2-42に示した。植物プランクトンについては、現存量が少なかったためか、サンプル量が少なく、窒素安定同位体比の分析が出来なかった。炭素安定同位体比については分析結果が得られ、 $\delta^{13}\text{C}$ は調査区の平均値-25.18‰、対照区の平均-22.93‰であり、調査区の方が低い値であった。

動物プランクトンの $\delta^{13}\text{C}$ は概ね植物プランクトンの値を反映していると考えられた。動物プランクトンの安定同位対比は種類により大きく変化した。小型のカイアシ類よりも大型のカイアシ類の窒素安定同位体比が高く、ヤムシ類は更に高い傾向が認められた。ウミノミ類は小型カイアシ類に近い値であった。

このように、動物プランクトンの中にも、多様な生物群が混在している。そのことが、スケトウダラ0歳魚や成魚の安定同位体比のバラツキに現れたと考えられる。つまり、食物環境が単純な構成ではなく、魚類による食物摂取パターンに個体差があることを示唆している。窒素安定同位体比の幅があることは、栄養段階に幅があることである。例えば、動物プランクトンでも高次のものと低次のものがあり、スケトウダラの0歳魚はそれら両方を食べ、それぞれに対する摂食比率の偏りが窒素安定同位体比に現れていると考えられる。

以上により、調査海域では、食物連鎖系列を線引きできる構造ではなく、多様な生物群が複雑に組み合わさることにより、魚類の生産が支えられていると考えられる。



図VI-2-42 魚類および動物プランクトンの炭素・窒素安定同位体比

2.7 平成 26 年度の整理結果

2.7.1 平成 26 年の調査海域の水温

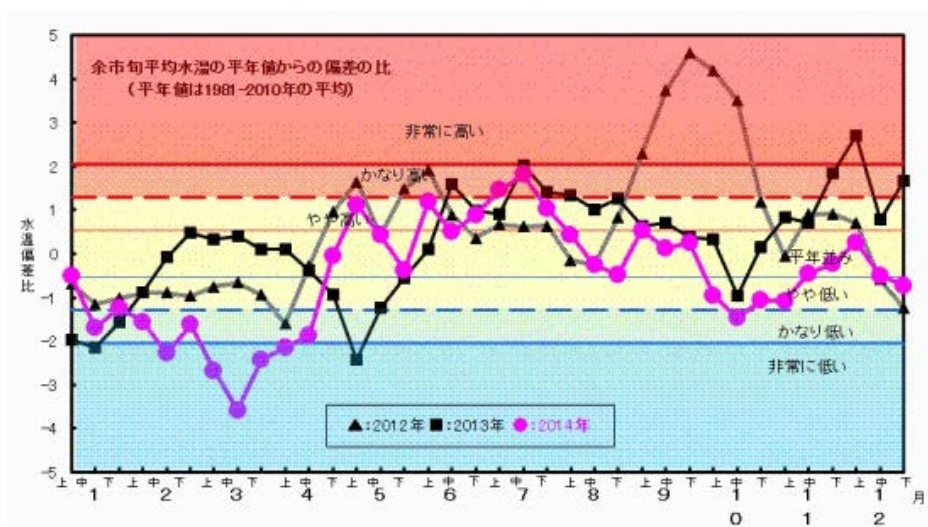
スケトウダラ 0 歳魚の資源量が多い年は、冬から初夏にかけて水温が低いことが多い。これは、春の植物プランクトンのブルームが長く続くことで、スケトウダラの餌料である動物プランクトンの増殖量が多いためと考えられている。スケトウダラの卓越年級群が発生した 2006 年は、6 月下旬まで低水温の状態であった。水温情報は余市の定点観測および北洋丸による定期海洋観測結果が参考になる。以下に示した水温環境から、平成 26 年はスケトウダラ 0 歳魚の生残率は高くない状況と推測された。

① 余市の水温の定点観測

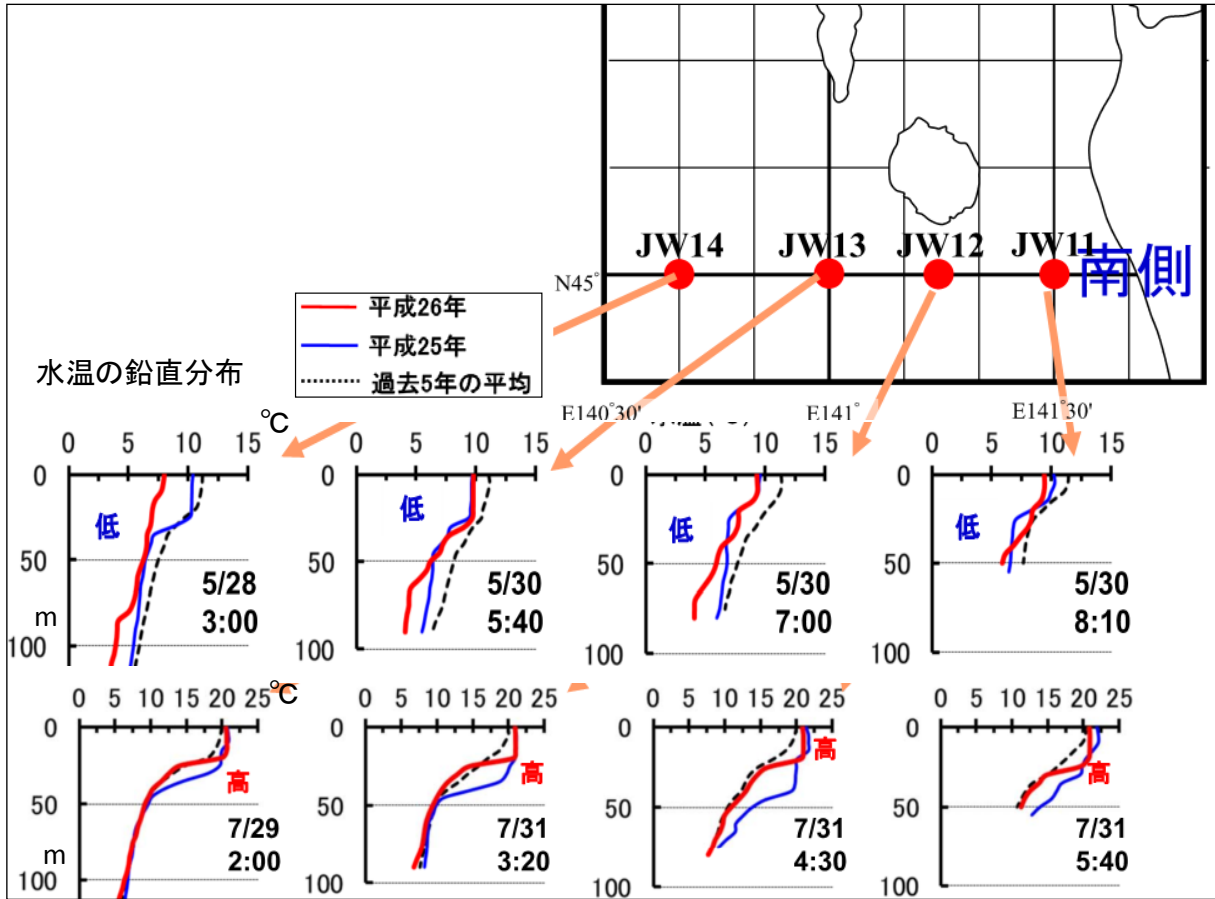
図VI-2-43 に余市港の水温を示す。4 月中旬までは、例年に比べ非常に低い水温であり、スケトウダラの生残率が上昇すると期待された。しかしながら、5 月上旬から平年よりやや高い水温になった。卓越年級群が発生した 2006 年と比べ、平成 26 年（2014 年）は約 2 ヶ月ほど早く水温上昇したので、餌料不足の一因となる。

② 北洋丸による定期海洋観測結果

図VI-2-44 に北洋丸の利尻の南側における水温調査の結果を示した。5 月の水温は平年以下であった。7 月の水温は表層が平年以上で、50m 以深はほぼ平年並みであった。



図VI-2-43 余市旬平均水温の平年値からの偏差の比
(道総研中央水産試験場の HP より)

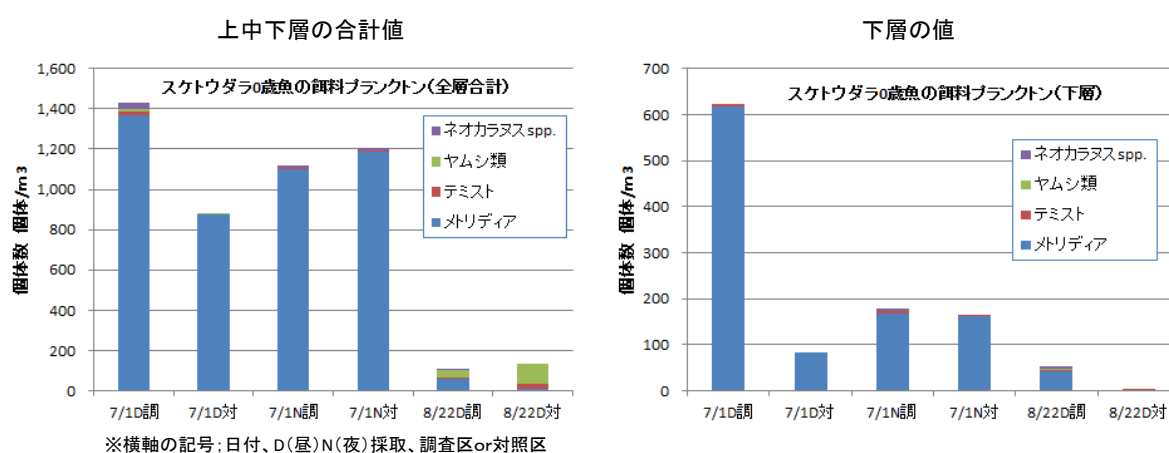


図VI-2-44 北洋丸による定期海洋観測結果
 (道総研稚内水産試験場のHPより作成)

2.7.2 餌料プランクトンの分布

過年度調査から継続して行っている餌料調査結果から、想定されるスケトウダラ0歳魚の主要な餌料を、ネオカラヌス spp.、ヤムシ類、テミスト、メトリディアとして、平成26年度調査の採集調査時期による個体数の変化をまとめた。全層の合計（図VI-2-45の左図）で見ると7月の調査ではメトリディアが多く分布したが、8月の調査では大きく減少していた。平成25年度の調査（8/5）では折込根沖では約2,600個体以上の出現数であったことから、平成26年は平成25年の同時期の餌料プランクトンに比較して1/15以下であり、非常に少なかった。

下層に分布する餌料プランクトンについては調査区で多く、昼夜の差はなかった。メトリディアは夜間に上中層に移動するが、昼間は下層に降りる。したがって、昼間は転石域に多く分布する可能性があり、スケトウダラの蛸集の要因になることが推察される。



図VI-2-45 スケトウダラ0歳魚の好適な餌料プランクトンの分布

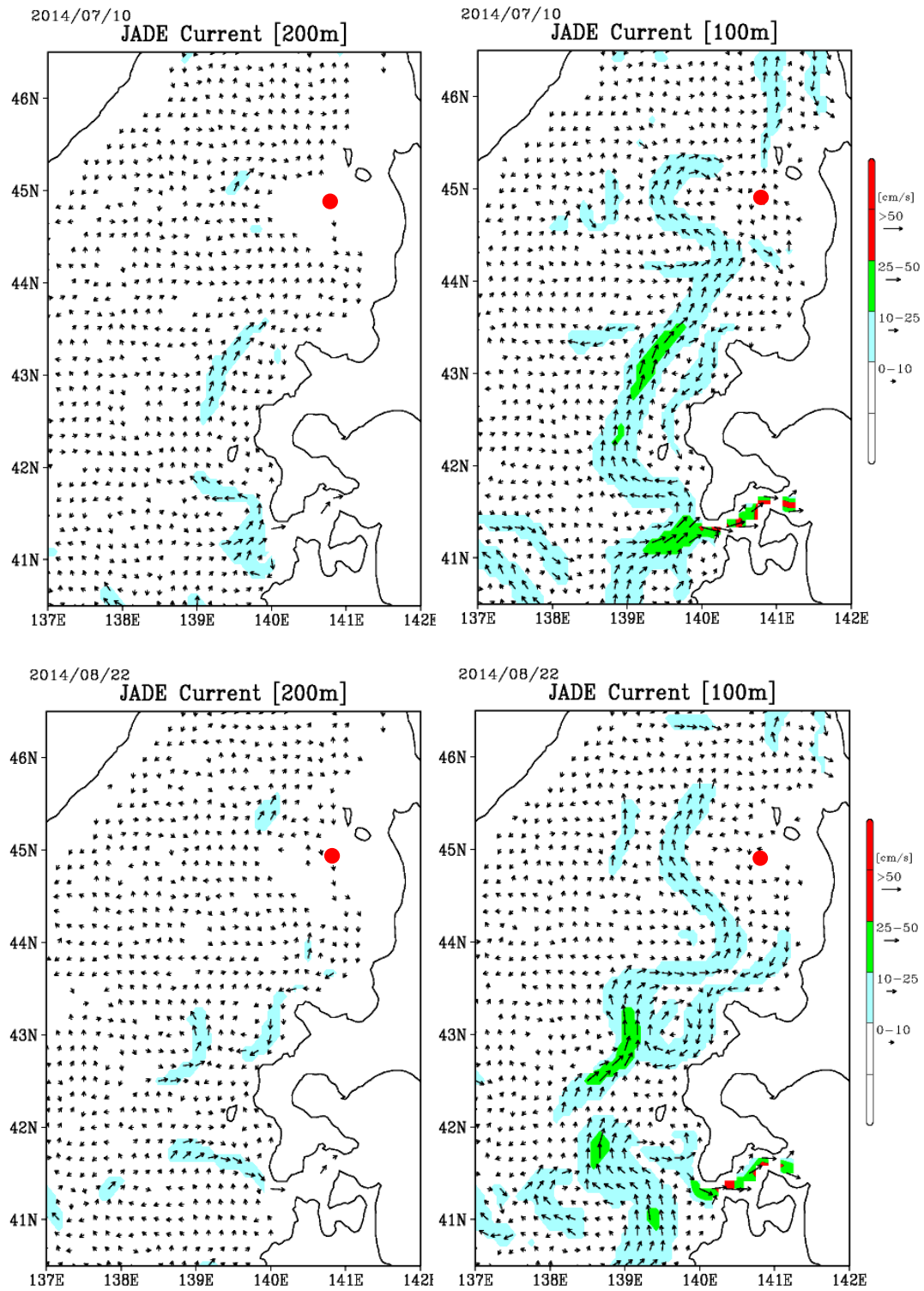
このような餌料不足がどのような条件で発生したのか、本調査では同時に流動環境を調査していないので、水研センターの数値計算（JADE: Japan sea Data assimilation Experiment）の結果を参考に推測した。

中央水産試験場の海況速報（平成26.8.6）によると、7月下旬には岩内湾のはるか西方沖に暖水渦（指標：100m層水温8℃以上）が分布している。このため、対馬暖流（指標：100m層水温6℃以上）は、檜山沖では沿岸寄りを流れ、せたな沖から離岸し、暖水渦の西方を流れる蛇行した流路になっている。そして、石狩湾以北では対馬暖流は、北海道のやや沖側（東経140度30分）を北上している。

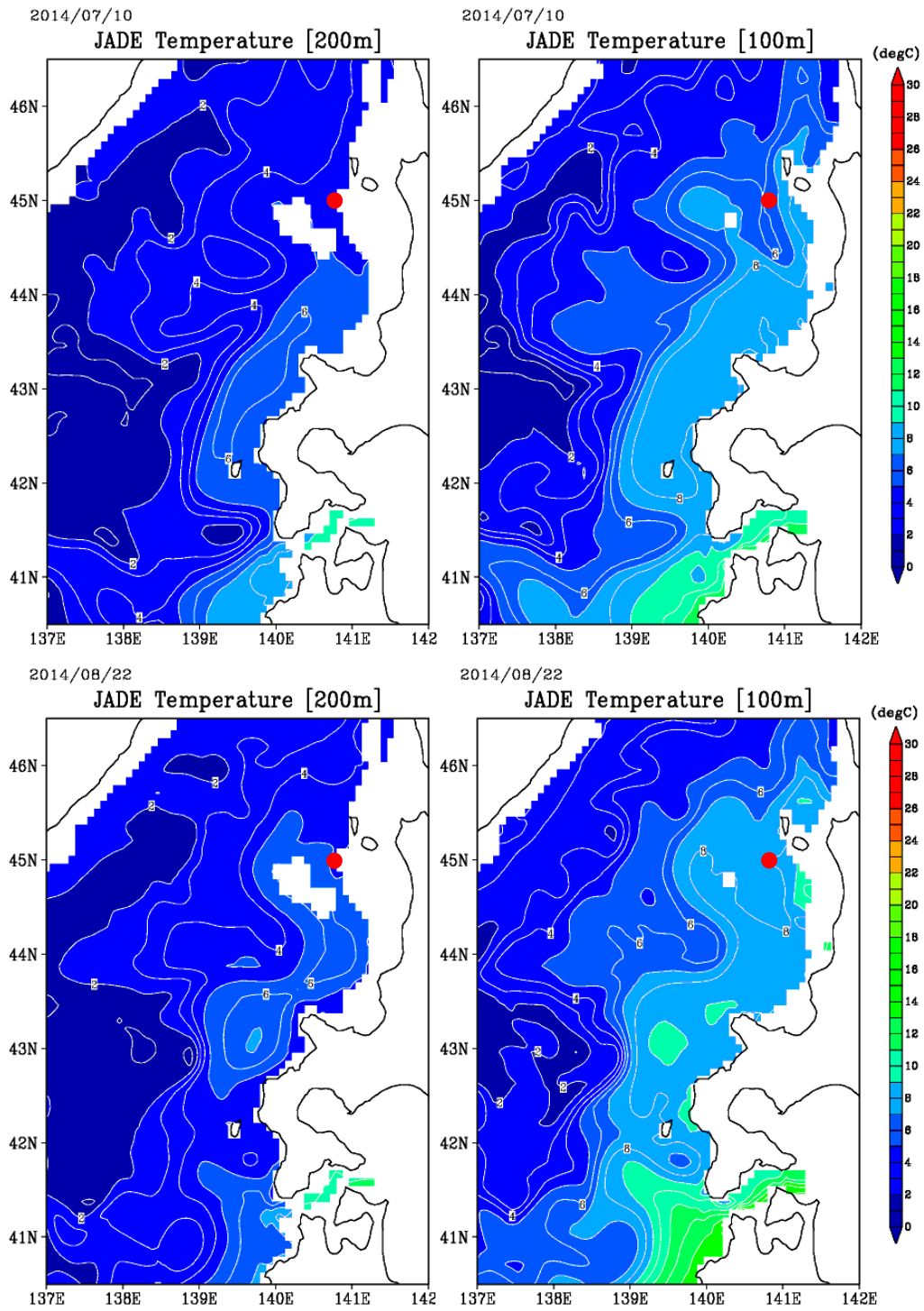
図VI-2-46に数値計算結果の流速分布図を示す。7月は明確な暖水渦は見られないが、8月には海況速報のように岩内湾沖に暖水渦があり、対馬暖流はそれを回避するように北上している。その後、8月は折込根沖に向かって流れ、折込根のやや南で西方に進路を向けている。

図VI-2-47に水温分布図を示す。これによると、7月の水深100mの水温分布図では調査海域に北から冷たい海水が差し込んでいるが、8月になると調査海域全体が対馬暖流（指標：100m層水温6℃以上）に覆われていた。

以上のように、8月下旬は対馬暖流の影響が強くなったことで、スケトウダラの好適餌料である冷水性の動物プランクトンが分布しにくい環境であったと考えられる。



図VI-2-46 日本海海況予報システム JADE による流速分布図
 (左図；水深 200m、右図；水深 100m、赤い点；調査箇所)



図VI-2-47 日本海海況予報システム JADE による水温分布図
 (左図 ; 水深 200m、右図 ; 水深 100m、赤い点 ; 調査箇所)

3.3 平成 26 年度調査から明らかになった底質と生物環境

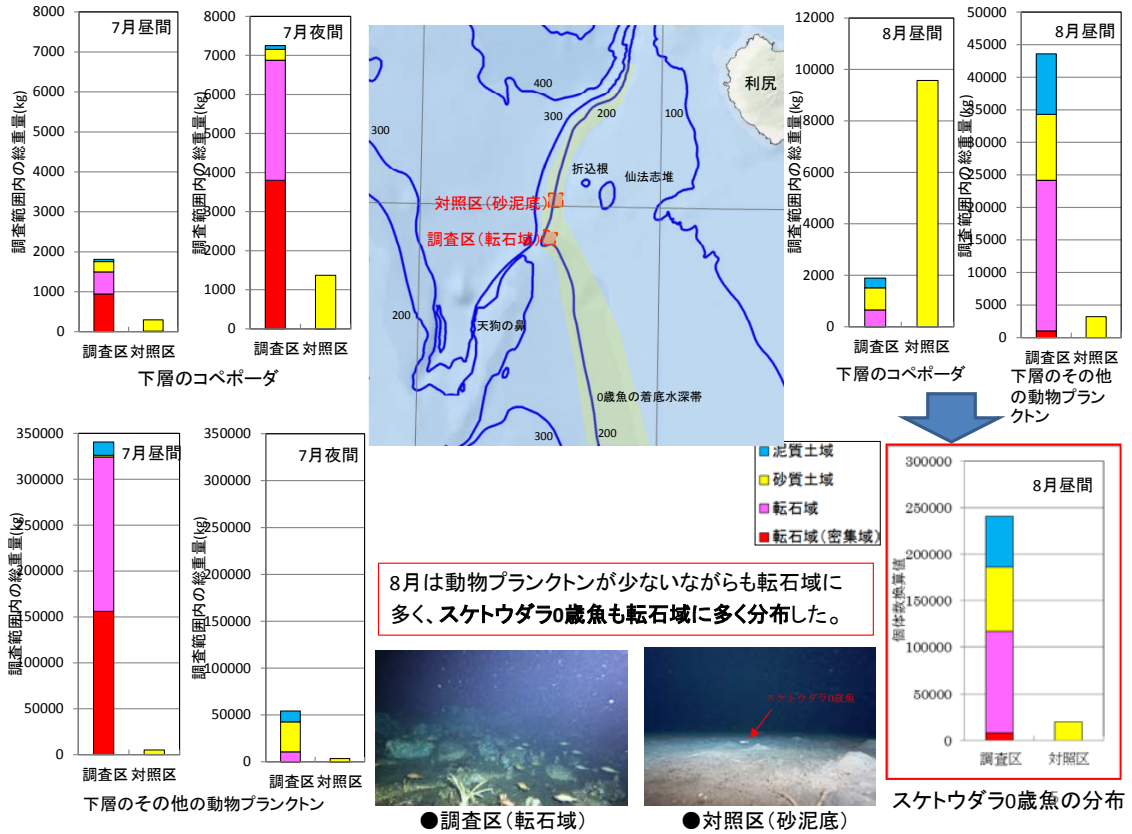
過年度の ROV 調査や計量魚探の調査結果から、スケトウダラ 0 歳魚の着底海域である折込根沖において、0 歳魚の分布密度に差があり、その差は底質の違いと推察された。特に、過去の ROV 調査では転石が分布する海域で 0 歳魚が多い傾向があり、転石周辺にスケトウダラの餌料である動物プランクトンが蟄集し、それを摂餌するために転石域にスケトウダラが蟄集しているという仮説を立てた。

この仮説を検証するため、平成 26 年度は折込根沖の転石域（調査区）と砂泥域（対照区）で環境条件の差を比較することとした。調査結果を以下に整理した。

表 VI-2-7 転石域を含む調査区と砂泥底の対照区の調査結果（平成 26 年度）

調査項目	調査区（転石域）	対照区（砂泥底）
海底の性状	転石域と砂質底が約 80% 転石は大きいもので長径 1~2m 地形は緩やかな起伏がある	平坦な砂質域で緩やかな傾斜
底質 平均 d50 平均土粒子密度 平均強熱減量	転石を除くと、粗礫を含む砂泥底 0.167mm 2.573g/cm ³ 2.9%	砂泥底で粘土・シルト分が多い 0.154mm 2.592 g/cm ³ 2.7%
マクロベントス 種数 平均個体数 平均湿重量	ロウバイガイが優占 22 種 467 個/m ² 12.2 g/m ² 9.1g/m ² （クモヒトデ、ナマコを除く）	ゴカイや甲殻綱が優占 19 種 213 個/m ² 35.4g/m ² 5.5g/m ² （クモヒトデ、ナマコを除く）
[7/1]下層のコペポータ	昼；約 4g/m ² （転石域に多い） 夜；約 16g/m ² （転石域に多い）	昼；1g/m ² 未満 夜；1g/m ² 未満
[7/1]下層のその他の動物プランクトン	昼；約 700g/m ² （転石域に多い） 夜；約 30g/m ² （砂泥底に多い）	昼；10g/m ² 未満 夜；10g/m ² 未満
[7/1]動物プランクトン 種数 全層の個体数 全層の沈殿量	クラウツカラス、トリテイヤ、オイトナ科 昼；25 種 夜；20 種 昼；16 千個/m ³ 夜；14 千個/m ³ 昼；1.17ml/m ³ 夜；1.09ml/m ³	クラウツカラス、トリテイヤ、オイトナ科 昼；20 種 夜；23 種 昼；11 千個/m ³ 夜；12 千個/m ³ 昼；0.92ml/m ³ 夜；1.26ml/m ³
[8/7]ROV 調査	ヤギノマイハツメ、マダラ、ホッケ、ミスダコ 早朝 4 時頃海底にヤシのスウォーム観察 転石に付着動物が多く、魚類が多い	ゲンゲ類、ツマガシカ、カレイ科、トクビレ科、スケトウダラ幼魚 2 個体 砂泥底でクモヒトデが優占
[8/22]水質分析	上層は枯渇、中層以深は、ケイ素律則	上層は枯渇、下層は窒素律則
[8/22]植物プランクトン 全層の細胞数	珪藻が優占 1,950 細胞/l（Chl-a 最大の水深 42m）	珪藻と鞭毛藻が優占 82,920 細胞/l（Chl-a 最大の水深 34m）
[8/22]動物プランクトン 種数 全層の個体数 全層の沈殿量	ハラカラス、オイトナ科 昼；37 種 昼；2 千個/m ³ 昼；0.76ml/m ³	ハラカラス、オイトナ、エチノマ科 昼；25 種 昼；29 千個/m ³ 昼；1.70ml/m ³
[8/22]下層のコペポータ	昼；約 0.9g/m ² （砂泥、転石）	昼；約 1.5g/m ²
[8/22]下層のその他の動物プランクトン	昼；約 23g/m ² （砂泥、転石）	昼；1g/m ² 未満
[8/22]スケトウダラ 0 歳魚	昼；241 千尾/6.8km ² （砂泥、転石）	昼；20 千尾/6.8km ² （砂質）

計量魚探で得られた結果を以下の図にまとめた。この図によると、転石域は動物プランクトンが多く、その結果、スケトウダラ0歳魚も転石域に多いことが明らかになった。動物プランクトン調査結果から、7月の昼の調査では、スケトウダラの餌料であるメトリディアが下層に多く分布していることから、転石域は餌料場になっていると考えられた。

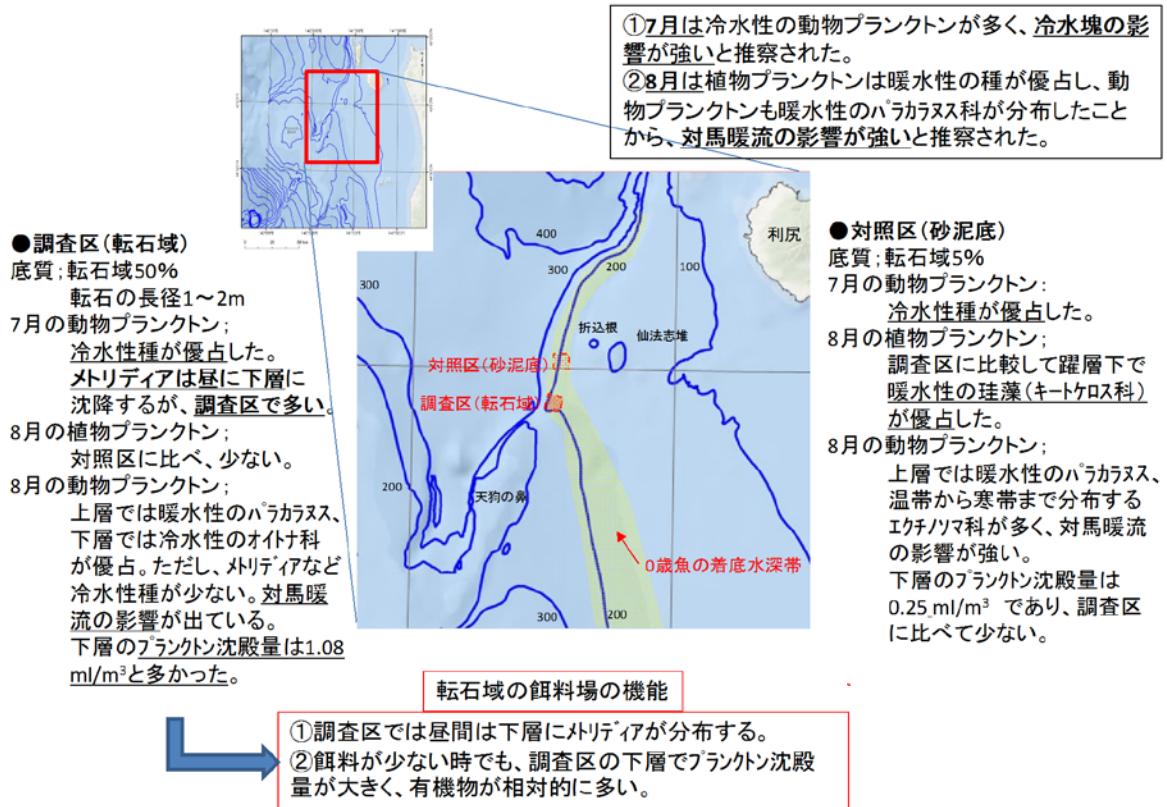


図VI-2-48 計量魚探の計測結果のまとめ

結果を要約して以下に示した。また、表VI-2-7の主要な結果を示した。

- ① 転石域と平坦な砂泥底の比較では、コペポダ（メトリディア等）やその他の動物プランクトンは昼間に転石域に多い。
- ② 平成26年8月は対馬暖流の影響が強く、貧栄養・高水温のため、著しく動物プランクトンが減少した。餌料であるメトリディア等は例年に比べて非常に少なかった。
- ③ 平成26年8月は餌料のプランクトンが少ないながらも、転石域に相対的に多く分布し、スケトウダラ0歳魚は転石域に多く分布した。

以上のように、砂泥底に転石が分布するような底質環境では、スケトウダラ0歳魚の餌料である動物プランクトン、スケトウダラ0歳魚ともに多く分布することが判明した。今後、卓越年級群が発生した場合、転石域があると、餌料供給の場、混獲からの保護の場として0歳魚の着底時の減耗を防ぎ、資源増大につながることを期待された。



図VI-2-49 平成26年度の調査結果のまとめ

VII. 考察

本調査は、武蔵堆周辺海域を対象に、スケトウダラ0歳魚の保護・増殖のための沖合漁場の整備の可能性を検討する目的で、スケトウダラ0歳魚の着底する環境を把握する調査を行った。具体的には、0歳魚が着底する海域と着底しないもしくは生息尾数が少ない海域の環境条件に対して、0歳魚の着底場所として適した環境を把握することとした。

1 平成25年度調査のまとめ

平成25年度調査では、前期調査の結果をもとにスケトウダラ0歳魚が着底している折込根沖を「着底海域」、0歳魚が分布しない北武蔵堆西方海域を「非着底域」に設定して、両海域の環境条件を比較した。

・着底海域の水深帯

0歳魚が着底する水深は160～230mの海域でスケトウダラ0歳魚とホッケが分布するのを確認した。ただし、着底海域における0歳魚の分布は一樣ではなく、生息により適した環境があると推測された。

・物理環境、餌料生物環境

非着底海域は対馬暖流が強く影響する海域で、流向は北東への一方向が卓越し、暖海性の動物プランクトンが優占する。着底海域は数日間隔で北上する流れと南下する流れが交替し、冷水性の動物プランクトンが優占する海域であった。

・底層環境

非着底海域の海底は細砂底で、ナマコ類、クモヒトデ類、二枚貝類が多く生息していた。着底海域の海底は礫の混在する砂質域で多毛類が多く生息していた。

・生態的地位

スケトウダラ0歳魚の主要な餌料は動物プランクトンの *M. pacific* や *Themisto spp.* であったが、これらの種が少ない年は多様な種を捕食していた。スケトウダラ0歳魚はスケトウダラの成魚、マダラの成魚、ナガヅカに捕食されるが、捕食圧は低いと推定した。

以上の結果から、平成26年度調査では着底域に着目し、計量魚群探知機調査の結果を基に着底域でスケトウダラ0歳魚の分布が多い場所と少ない場所の微細環境の違いを明らかにすることを課題とした。

2 平成26年度調査のまとめ

平成25年度の計量魚群探知機の結果や前期調査でのROV調査結果を基に、着底域でも転石域に0歳魚が多く分布すると推察された。折込根沖の水深170～200mに位置する転石域を「調査区」、平坦な砂泥底の海域を「対照区」とし、両区で動物プランクトンや0歳魚の分布量を調査し、以下に示す結果を得た。

・海底の微細環境

調査区の海底は多様な底質環境で転石（大きいもので長径1～2m）が分布し、起伏の多い地形であった。対照区の海底は平坦な砂泥底であった。スケトウダラ0歳魚、動物プランクトン共に調査区で高い密度が確認された。

・物理環境、餌料生物環境

7月調査時では平成25年度調査と同様に対馬暖流の影響が弱かった。しかし、8月調査時では対馬暖流の影響が強く、餌料となる動物プランクトンが激減した。

- ・底層環境

調査区の海底は大きな転石と粗礫を含む砂泥底でロウバイガイが優占し、対照区の海底は砂礫底で粘土、シルト分が多くゴカイや甲殻綱が優占していた。

- ・生態的地位

スケトウダラ0歳魚は過去4年間で最も肥満度が低く、餌料不足が推測された。スケトウダラの成魚、稚魚共に様々な種類の餌料を捕食していた。

以上の結果から、対馬暖流の影響が弱く、転石が分布し、起伏に富んだ地形が着定後のスケトウダラ0歳魚にとって好適な環境であることが分かった。転石や海底地形の起伏により動物プランクトンが蝟集しやすく、それらを摂餌するため0歳魚が蝟集するものと推測された。

VIII. 摘要

1 スケトウダラ0歳魚の生態、着底区域の環境

スケトウダラ0歳魚の生態や、その餌料である動物プランクトンに関して不明な事項を以下に整理した。

- ① 平成26年8月のROV調査ではスケトウダラ0歳魚が少なく、対照区で2個体が観察された。同海域周辺で行なわれた水産試験場の調査では、平成26年のスケトウダラ0歳魚は前年の9割程度の資源量で、大きく減少していなかった。8月の調査では対馬暖流の影響を受け、植物・動物プランクトンが例年に比べて非常に少なくなっていた。そのような環境要因が0歳魚の着底行動に影響を与えた可能性があり、検証が必要である。
- ② 平成24年(2012年)の0歳魚は、例年より資源量が多い卓越年級群であった。平成23年度、24年度では、0歳魚は選択的に動物プランクトンのメトリディアやテミストを捕食する傾向が見られた。また、24年度の8月の底層はメトリディアが優占種であった。一方、平成25年度は非選択的に多様な種の動物プランクトンを摂餌しており、餌料が不足すると、非選択的に採餌していると考えられた。平成26年8月はさらに動物プランクトンが少なく、0歳魚の肥満度が低いことから、餌料不足と推察された。餌料環境は対馬暖流に大きく影響されるが、折込根沖では南下流もあり、餌料環境に影響する物理メカニズムに関する検討が必要である。
- ③ ROV調査ではヤムシ類が転石域の海底上1~2mで多く観察された。ヤムシ類もスケトウダラ0歳魚の餌料になる。ヤムシ類の蝟集と転石の関係について明らかにする必要がある。
- ④ 海底の流速は数cm/sの微流速であるが、転石により流れが淀む箇所に動物プランクトンが蝟集する可能性が示唆される。流れ場における転石周辺の蝟集の機構を調査する必要がある。

転石域には動物プランクトンが多く分布して餌料場を形成し、スケトウダラ0歳魚やホッケ、ミズダコが分布していた。転石の形状、寸法および流速に対するプランクトンおよ

びスケトウダラ0歳魚の分布の関係が明らかになれば、今後の保護育成礁の研究開発に重要な情報を提供することになる。

2 沖合漁場整備に向けて取り組むべき課題

① スケトウダラの魚礁性の確認

転石域には動物プランクトンが多く、スケトウダラ0歳魚やホッケ、ミズダコが分布していた。転石およびその周辺に形成されるプランクトンスウォームがスケトウダラ0歳魚の蟄集に寄与していると考えられる。今後、転石等の形状寸法および流速とスケトウダラ0歳魚の蟄集状況を確認する必要がある。

② 転石域と平坦な砂泥底のスケトウダラ0歳魚の分布の継続調査

平成26年8月は対馬暖流の影響が強く、ROV調査で底質とスケトウダラ0歳魚の分布の関係が確認できなかったため、継続調査が必要である。北海道大学では、計量魚探による資源量調査を継続する予定であり、ROV調査を継続し、転石域における0歳魚の分布の確認と、計量魚探の結果の評価に利用することが必要である。

3 沖合漁場整備を推進するための課題

① 魚礁性の有無の検討

水槽実験や現地調査（ROV調査、計量魚探）の継続により、スケトウダラの魚礁性を確認する。

② 漁場施設案の検討

長径1～2m程度の転石は魚探で視認困難である。魚探による視認性を確保することで、トロール漁業から保護できる施設の仕様の検討を行う。

③ 試験礁による効果の検証

経済性・施工性を検討する（基本設計）。実現性を検討し、試験礁を設置する。試験礁のモニタリングを実施する。

④ 単位事業規模の設定

試験礁のモニタリング結果、操業調査から資源保護目標を設定する。経済性等を配慮した単位事業規模を設定する。

⑤ 事業化への諸条件の整理

漁場が漁港から遠いため、経済的で効率的な施工方法や地域の事情（作業船の有無）など、事業化への諸条件を抽出する。

過年度調査および本調査によって、日本海北部系群のスケトウダラの生態が明らかになってきた。特に、0歳魚の着底環境や餌料および捕食者について、知見の蓄積が得られ、底質環境が0歳魚の着底や餌料に大きく影響していることが判明した。スケトウダラの資源維持拡大のためには、0歳魚の着底を促進することが望ましい。今後、スケトウダラの資源増殖を検討する際に、ここで得た知見は参考になると考えられる。

Ⅹ. 引用文献

Brodeur R. D. (1998); Prey selection by age-0 walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in nearshore waters of the Gulf of Alaska, *Environmental biology of fishes*, 51(2): pp.175-186

Footo K. G., Traynor J. J. (1988); Comparison of walleye pollock target-strength estimates determined from in situ measurements and calculations based on swimbladder form, *Journal of the Acoustical Society of America*, 83: pp.9-17

George L. Hunt Jr., Kenneth O. Coyle, Lisa B. Eisner, Edward V. Farley, Ron A. Heintz, Franz Mueter, Jeffery M. Napp, James E. Overland, Patrick H. Ressler, Sigrid Salo, and Phyllis J. Stabeno (2011); Climate impacts on eastern Bering Sea foodwebs: a synthesis of new data and an assessment of the Oscillating Control Hypothesis, *ICES Journal of Marine Science*, 68(6): pp.1230-1243

Heintz R. A., Siddon E. C., Farley E. V. Jr., Napp J.M. (2013); Correlation between recruitment and fall condition of age-0 pollock (*Theragra chalcogramma*) from the eastern Bering Sea under varying climate conditions, *Deep Sea Research Part II*, pp. 94, pp.150-156

Ikeda T, Hirakawa K, Imamura A. (1992); Abundance, population structure and life cycle of a hyperiid amphipod *Themisto japonica* (Bovallius) in Toyama bay, southern Japan Sea. *Bulletin of Plankton Society of Japan*, 39(1): pp.1-16.

Kooka K, Yamamura O, and Andoh T. (2007); Rate of energy depletion and overwintering mortality of juvenile walleye pollock in cold water, *Journal of Fish Biology*, 71: pp.1714-1734

Yamamura O, Honda S, Shida O, Hamatsu T (2002); Diets of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Doto area, northern Japan: ontogenetic and seasonal variations. *Marine Ecology Progress Series*, Vol.238: pp.187-198

Yamamura O (2004); Trophodynamic modeling of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Doto area, northern Japan : model description and baseline simulations. *Fisheries oceanography*, 13: pp.138-154

貞安一廣 (2005); 魚類のターゲットストレングスの精密推定に関する研究, 博士論文, 北海道大学, 札幌

嶋田宏, 坂口健司, 森泰雄, 渡野邊雅道, 板谷和彦, 浅見大樹 (2012); 北海道周辺4海域(道東・道南太平洋, 北部日本海および南部オホーツク海)における動物プランクトンバイオマスおよび種組成の季節変化と年変動, *Bull Plankton Soc. Japan.*, 59(2): pp.63-81

永井直樹, 高橋卓, 黒田一紀 (2012); 日本海における浮遊性ヤムシ類の動物相と分布生態に関するレビュー, Bull Plankton Soc. Japan., 59(2): pp. 95-97

三宅博哉 (1991); 北海道西岸日本海におけるスケトウダラ漁獲量の多変量解析と系群構造, 日水誌, 57(11): pp. 1991-1995.

三宅博哉 (2008); 音響学的手法を用いたスケトウダラ北部日本海系群の資源動態評価と産卵場形成に関する研究, 北海道大学大学院水産学研究科博士論文

三宅博哉, 板谷和彦, 浅見大樹, 嶋田宏, 渡野邊雅道, 武藤卓志, 中谷敏邦 (2008); 卵分布からみた北海道西部日本海におけるスケトウダラ産卵場形状の現状, 水産海洋研究, 72: pp. 265-272