

## 宮城県沿岸域における浮魚類魚群分布の空間特性

永島 宏\*

Spatial Distribution Properties of Pelagic Fish School in Miyagi Coastal Waters

Hiroshi NAGASHIMA \*

### 目 的

宮城県沿岸海域は、その地理的条件から浮魚類の来遊が多く、古くから定置網等による漁業が発達した。宮城県沿岸域におけるカタクチイワシやサバ類等の来遊・分布に関する知見は、定置漁業者やまき網漁業者からの漁獲情報のとりまとめが主体で、調査船による計画的な分布特性の調査は1950年代から1960年代に東海区水産研究所の委託で実施した鱈資源調査や、鳥付き漁場形成の検証<sup>1)</sup>等の例を除いてあまりない。そこで、2003年から2005年にかけて、カタクチイワシを主対象とした沿岸域の浮魚分布状況を科学計量魚探により探査した結果を基に、本県沿岸域における浮魚類魚群分布の空間特性についてまとめた。

### 材料と方法

宮城県漁業調査指導船「拓洋丸」に搭載されている科学計量魚探 (Simrad 社 EK500) と表層環境モニタリングシステム (CT&C 社) により、2003年から2005年にかけて、カタクチイワシ等の主要な浮魚の回遊にあわせて、北上期 (6月)、夏季滞留期 (8月)、南下期 (11月) の3期に、宮城県沿岸域 (水深200m以浅の大陸棚上) に設定したジグザグ定線を4日昼間に11ノットで航走し、周波数38kHzの浮魚体積後方散乱強度 (Sv) と表層水温・塩分・クロロフィル濃度の連続データを得た (図1)。調査にあたっては、原則として航海の初日に石巻湾内水深30m海域において、基準球によるキャリブレーションを実施した。また、科学計量魚探の反応魚種を推定するため、調査期間における本県沿岸定置網の主要な水揚げ魚種組成をとりまとめると共に、調査時には主要な反応域

でサビキ釣獲試験および中層トロール試験操業を行った。

調査で得られた周波数38kHzの体積後方散乱強度データを基に、最小閾値-60dBをかけ、明らかに魚群ではないと思われる反応を除いて、積分間隔0.1海里で面積後方散乱強度 (SA) を算出した。D-GPSにより緯経度情報が付加されたSA値、水温、塩分、クロロフィル濃度のデー

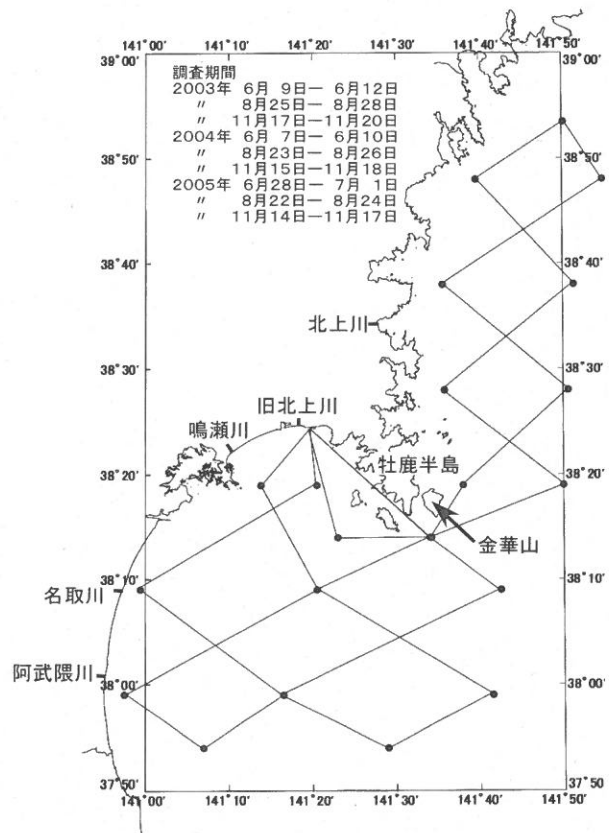
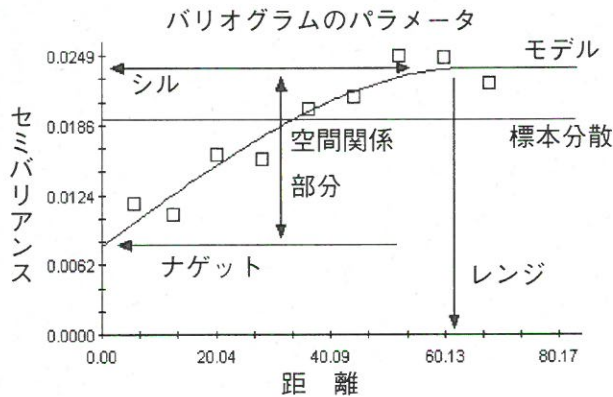


図1 調査年月日と調査定線

タセットは、平面直角座標 (X系) に変換した後、それぞれバリオグラムを計算した(図2)。得られたバリオグ



$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{(i,j) \in h} (v_i - v_j)^2$$

$\gamma(h)$ : 距離hのバリオグラム(セミバリアンス)  
 $N(h)$ : データセットから得られる距離hだけなれた組の総数  
 $v_i$ : データセットのあるデータ  
 $v_j$ :  $v_i$ から距離h離れたデータ

図2 バリオグラムの説明

ラムから最小自乗法でモデルを推定し、そのモデルに基づいてクリギングによる空間補完を行い、各計測データの空間分布マップを作成した。さらに、得られた2003年6月から2004年11月までの面積後分散強度マップと、定置網魚種組成や試験操業結果から、大下<sup>2)</sup>の方法により浮魚の現存量を卓越した分布魚であるカタクチイワシ換算で求めた。2005年11月については、カタクチイワシの分布が少なくサバ類の分布が卓越していたことから、クロロフィル濃度他の環境条件から魚種判別を行い、サバ類とカタクチイワシについてそれぞれ現存量を推定した。

結果

調査期間における宮城県定置網の水揚げ魚種組成を表1に示した。季節により来遊魚種組成に変化が見られるが、主たる水揚げ魚はカタクチイワシとサバ類(マサバ、ゴマサバ)であった。また、調査時に実施した主要な反応域でのサビキ釣獲試験や中層トロール調査結果(表2)

表1 調査期間における宮城県定置網水揚げ実績

期間	北部海域			南部海域			期間	北部海域			南部海域		
	順位	魚種名	水揚量kg	順位	魚種名	水揚量kg		順位	魚種名	水揚量kg	順位	魚種名	水揚量kg
2003年 6月9日	1	カタクチイワシ	8,420	1	カタクチイワシ	249,451	2004年 6月7日	1	カタクチイワシ	264,820	1	カタクチイワシ	492,034
	2	スルメイカ	8,289	2	サバ類	111,790		2	マダラ	23,513	2	サバ類	5,773
	3	マダラ	3,739	3	スルメイカ	68,091		3	スルメイカ	3,341	3	クロマグロ	3,491
	4	サバ類	3,469	4	マアジ	17,518		4	クロマグロ	1,038	4	スルメイカ	3,277
	5	マンボウ	1,440	5	マイワシ	4,302		5	サケ・マス	674	5	スケトウダラ	2,004
6月12日		その他	716		その他	7,101		その他	3,033		その他	5,085	
	計	29,856		計	458,253		計	296,418		計	511,665		
2003年 8月25日	1	サバ類	10,392	1	カタクチイワシ	137,457	2004年 8月23日	1	サバ類	391,782	1	サバ類	686,386
	2	スルメイカ	7,535	2	サバ類	94,432		2	ブリ	3,487	2	カタクチイワシ	172,859
	3	カタクチイワシ	4,455	3	マイワシ	17,532		3	スルメイカ	497	3	スルメイカ	4,299
	4	ブリ	2,490	4	スルメイカ	7,088		4	ソウダガツオ	356	4	マアジ	3,819
	5	ソウダガツオ	878	5	マアジ	4,468		5	シロサケ	343	5	ブリ	2,687
8月28日		その他	2,804		その他	9,636		その他	979		その他	2,735	
	計	28,554		計	270,612		計	397,444		計	872,786		
2003年 11月17日	1	シロサケ	118,505	1	カタクチイワシ	152,489	2004年 11月15日	1	シロサケ	151,468	1	カタクチイワシ	104,559
	2	サバ類	6,811	2	シロサケ	61,816		2	カタクチイワシ	24,333	2	サバ類	88,249
	3	カタクチイワシ	5,047	3	サバ類	16,895		3	サバ類	17,338	3	ブリ	22,798
	4	スルメイカ	579	4	マイワシ	6,766		4	ヤリイカ	358	4	シロサケ	22,463
	5	ヤリイカ	314	5	ニベ・グチ	1,574		5	マアジ	343	5	マアジ	3,353
11月20日		その他	1,412		その他	6,350		その他	1,250		その他	6,956	
	計	132,668		計	245,890		計	195,090		計	248,378		
2005年 6月28日	1	カタクチイワシ	31,162	1	カタクチイワシ	236,072	2005年 8月22日	1	サバ類	407,537	1	サバ類	761,099
	2	マダラ	26,742	2	サバ類	147,326		2	ブリ	4,749	2	カタクチイワシ	78,658
	3	スルメイカ	2,720	3	スルメイカ	4,790		3	スルメイカ	3,484	3	スルメイカ	11,407
	4	トビウオ類	1,539	4	トビウオ類	2,819		4	ソウダガツオ	2,671	4	サワラ	3,439
	5	クロマグロ	593	5	サンマ	1,897		5	シロサケ	349	5	ソウダガツオ	2,104
7月1日		その他	2,915		その他	8,860		計	420,046		計	861,020	
	計	65,670		計	401,765								
2005年 11月14日	1	サバ類	116,270	1	サバ類	110,907	2005年 11月17日	1	サバ類	92,866	1	サバ類	23,145
	2	シロサケ	811	2	シロサケ	10,585		2	シロサケ	567	2	カタクチイワシ	10,478
	3	ヤリイカ	567	3	ブリ	3,191		3	マアジ	500	3	ソウダガツオ	3,191
	4	マアジ	500	4	カタクチイワシ	214,614		4	スルメイカ	1,800	4	その他	214,614
	5	スルメイカ	1,800	5	その他	372,920		5	その他	212,814	5	計	372,920
	計	212,814		計	372,920								

\* 北部海域は、気仙沼・志津川・女川各公設産地魚市場計

\* 南部海域は、牡鹿・石巻・花洲・関上・亘理各公設産地魚市場計

\* 宮城県水産総合行政情報システムによる

表2 魚探反応魚種確認漁獲試験結果

年月日	時刻	位置		表面水温 °C	漁法	反応水深 m	漁獲魚種
		北緯	東経				
2003.06.11	13:40	37° 55'	141° 05'	16.1	サビキ釣	10-15	カタクチイワシ(体長109-117mm)
2003.08.27	11:00	38° 01'	141° 02'	23.9	サビキ釣	15-25	カタクチイワシ(体長107-122mm)
2003.11.19	8:25	38° 16'	141° 16'	15.5	サビキ釣	15-30	カタクチイワシ(体長110-115mm)
2003.11.19	9:35	38° 10'	141° 25'	15.1	サビキ釣	40-65	マサバ(尾叉長306-332mm) カタクチイワシ(体長116-136mm)
2003.11.20	8:30	38° 14'	141° 14'	15.6	サビキ釣	5-35	マサバ(尾叉長314-330mm) カタクチイワシ(体長115-120mm)
2003.11.20	15:15	38° 12'	141° 21'	15.5	サビキ釣	15-40	マサバ(尾叉長310-330mm)
2004.06.09	13:05	37° 58'	141° 00'	18.1	サビキ釣	7-12	-
2004.06.10	9:55	38° 10'	141° 41'	13.5	サビキ釣	40	-
2004.06.10	10:35	38° 09'	141° 42'	13.4	サビキ釣	30-40	-
2004.08.25	13:15	37° 59'	140° 59'	22.6	中層トロール	10-20	カタクチイワシ(体長93-112mm)
2004.11.17	10:00	38° 16'	141° 15'	16.3	サビキ釣	10-35	カタクチイワシ(体長110-116mm)
2004.11.18	9:40	38° 13'	141° 34'	19.3	サビキ釣	50-110 5-80	カタクチイワシ(体長112-133mm) マサバ,ゴマサバ(尾叉長231-381mm)
2005.06.29	12:50	38° 25'	141° 46'	15.5	中層トロール	150	キュウリエソ(体長32mm-55mm)
2005.06.30	11:50	37° 58'	141° 01'	19.9	中層トロール	5-10	-
2005.06.30	15:20	38° 09'	141° 00'	22.7	中層トロール	10-20	カタクチイワシ(体長112mm-134mm)
2005.08.23	9:10	38° 43'	141° 47'	21.2	中層トロール	110-120	-
2005.11.15	8:00	38° 52'	141° 52'	15.9	中層トロール	25-50	-
2005.11.15	8:50	38° 49'	141° 54'	16.2	サビキ釣	30-50	マサバ,ゴマサバ(尾叉長244-302mm)
2005.11.16	11:10	38° 02'	141° 04'	16.4	中層トロール	20-30	カタクチイワシ(80mm-137mm)
2005.11.17	11:20	38° 01'	141° 24'	16.6	サビキ釣	10-80	マサバ,ゴマサバ(尾叉長248-324mm)

から、反応の主体は調査期間を通して、カタクチイワシ、マサバ、ゴマサバであることを確認した。

各調査時の面積後方散乱強度 (SA)、水温、塩分、クロロフィル濃度のバリオグラムと推定したモデルを図3～5に示した。水温、塩分、クロロフィル濃度のバリオグラムはほぼ原点を通りナゲットが見られず、バリオグラムから明瞭な空間関係が確認できた。面積後方散乱強度は、各調査ともに元データの標本分散の約半分にあたるナゲットが見られ、空間関係が確認されるレンジは約5.4kmから77.7km程度になった。

推定したモデルによるクリギングで作成した各計測データの空間分布マップを図6～8に示した。2003年6月の北上期では、魚群密度の高い海域は仙台湾岸側(带状分布)と金華山以北海域(带状分布)に見られた。海洋環境との関連では、仙台湾では水温17℃以上、塩分32PSU以下、クロロフィル濃度1.5mg/m<sup>3</sup>以上(高水温・低塩分・高クロロフィル濃度)の沿岸水域に魚群密度が高く、金華山以北では水温15℃以下、塩分33.4PSU以上、クロロフィル濃度1.5mg/m<sup>3</sup>以上(低水温・高塩分・高クロロフィル濃度)の海域に魚群密度が高かった。2003年8月の滞留期では、仙台湾岸側北部海域と岸側南部海域の魚群密度が高く(带状分布)、金華山以北は低かった。この時も仙台湾では高水温・低塩分・高クロロフィル濃度の海域に魚群が分布していた。2003年11月の南下期では、魚群密度の高い海域は仙台湾北部(パッチ状分布)

と金華山以北(带状分布)にあり、仙台湾では低水温・低塩分・高クロロフィル濃度域、金華山以北海域では高水温・高塩分・低クロロフィル濃度域に対応した。

2004年6月の調査では、魚群密度の高い海域は仙台湾岸側(带状分布)と仙台湾湾口部(带状分布)、金華山以北沖合海域(带状分布)において広範囲、高密度に見られた。この時の魚群高密度域と水温・塩分分布との関連はあまり見られず、主としてクロロフィル濃度1.3mg/m<sup>3</sup>以上の海域に魚群が分布していた。2004年8月の滞留期では、全体的に小さいパッチ状の魚群反応が散在しており、魚群密度は全般的に低かった。2004年11月の南下期では、魚群密度の高い海域は金華山以北沖合(带状分布)と仙台湾内(パッチ状)に見られ、金華山以北海域では低水温・高塩分・低クロロフィル濃度域、仙台湾では低水温・低塩分・高クロロフィル濃度域に対応した。

2005年6月の調査では、魚群密度の高い海域は金華山以北海域(パッチ状分布)において見られ、低水温・高塩分・クロロフィル濃度0.7mg/m<sup>3</sup>以上の海域に魚群が分布していた。仙台湾では牡鹿半島西側と広瀬・名取川河口付近で魚群密度が高く、高水温・低塩分・高クロロフィル濃度海域に対応していた。2005年8月の滞留期では、他の調査時とは異なり比較的低温・高塩分・低クロロフィル濃度を示す仙台湾沖側の海域の魚群密度が高く、岸側の魚群密度は低かった。金華山以北の低水温・高塩分・低クロロフィル濃度海域にはパッチ状の魚群反応が



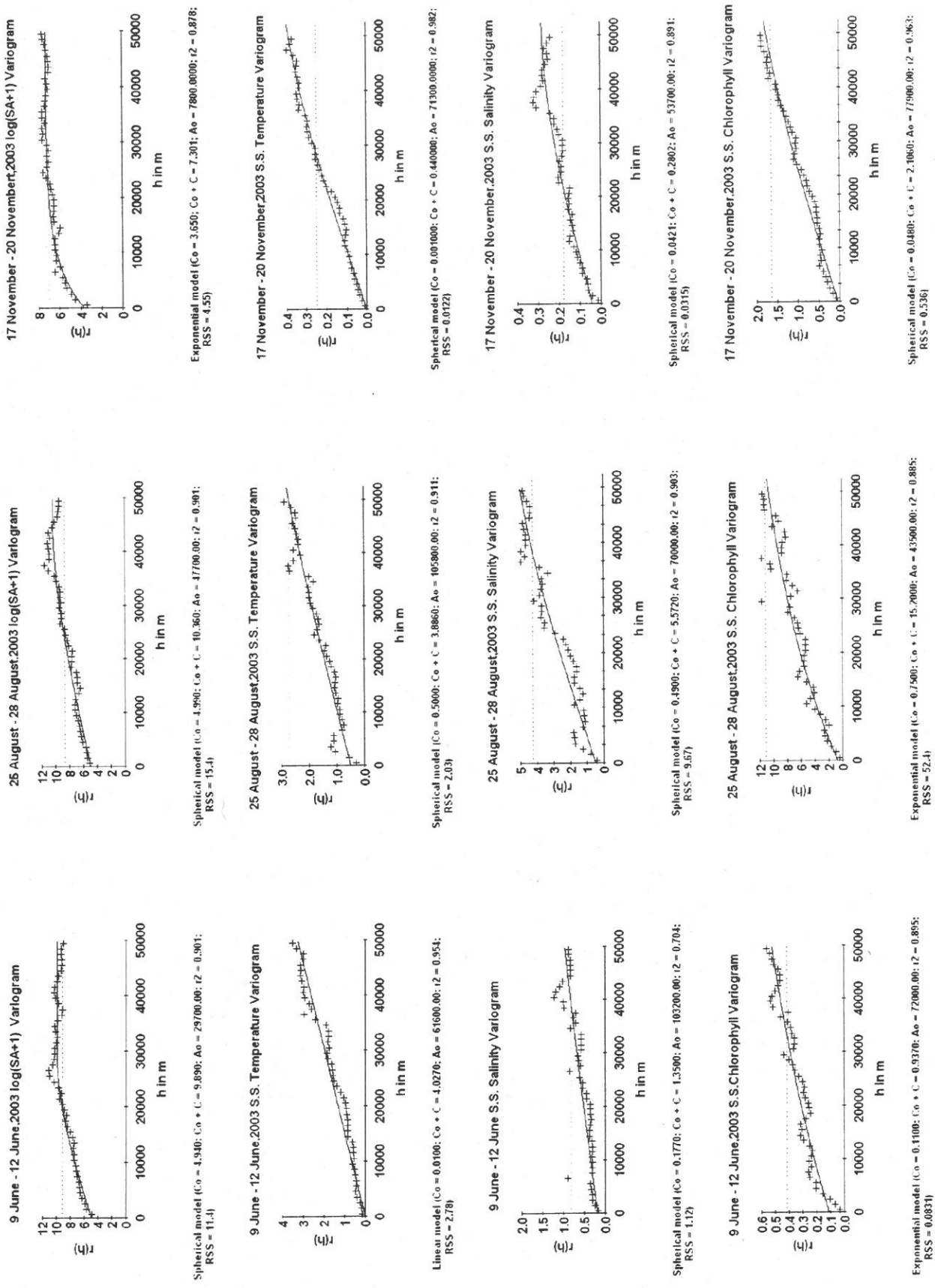


図3 各測定データのバリオグラムとモデル 2003年

Spherical model :  $r(h) = C_0 + C[1.5(h/A_0) - 0.5(h/A_0)^3]$  for  $h \leq A_0$ ,  $r(h) = C_0 + C$  for  $h > A_0$

Exponential model :  $r(h) = C_0 + C[1 - \exp(-h/A_0)]$  Linear model :  $r(h) = C_0 + [h(C/A_0)]$  図中の横破線は標本分散

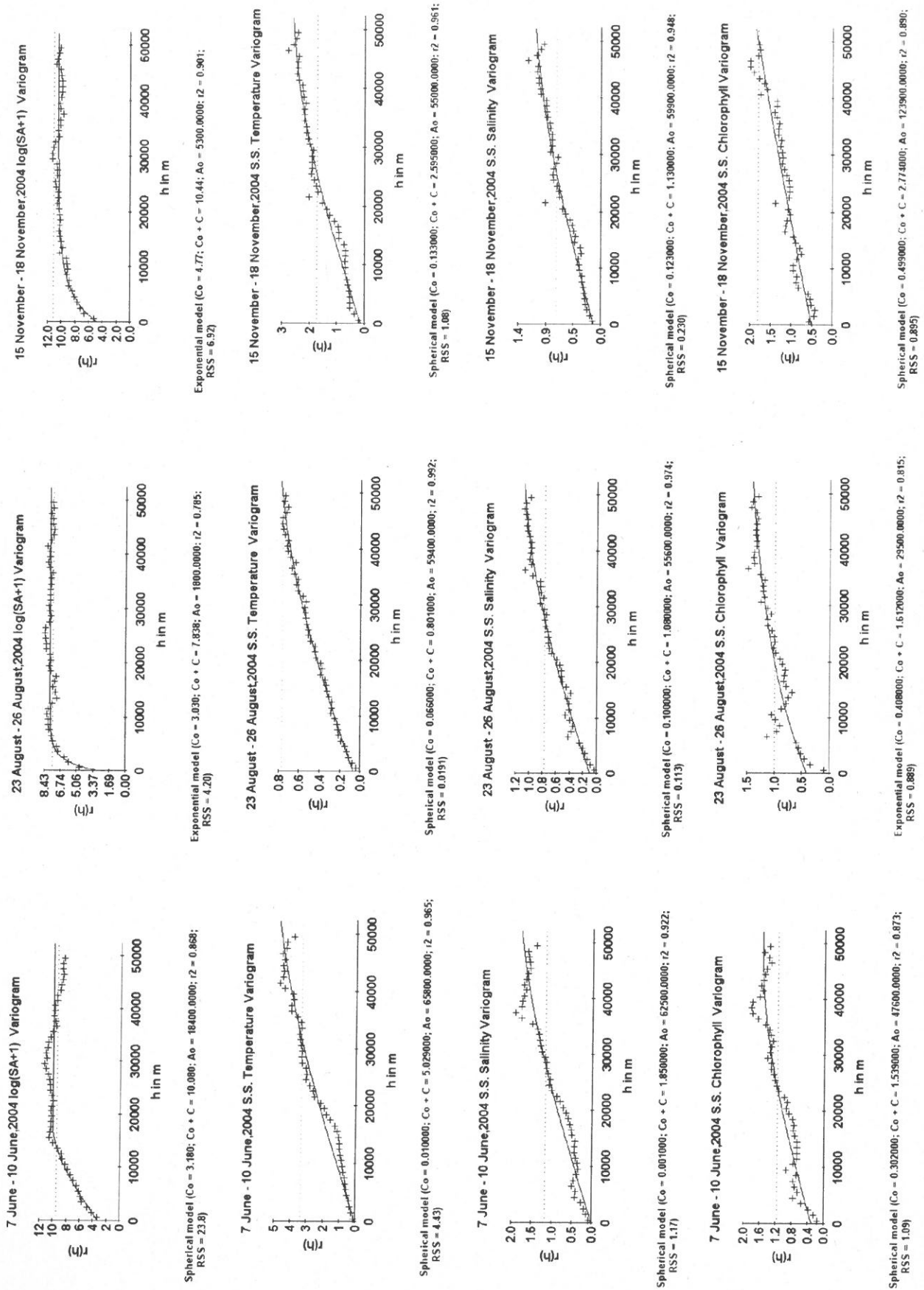


図4 各測定データのバリオグラムとモデル 2004年  
 Spherical model :  $r(h) = C_0 + C[1.5(h/A_0) - 0.5(h/A_0)]$  for  $h \leq A_0$ ,  $r(h) = C_0 + C$  for  $h > A_0$   
 Exponential model :  $r(h) = C_0 + C[1 - \exp(-h/A_0)]$  Linear model :  $r(h) = C_0 + [h(C/A_0)]$  図中の横破線は標本分散

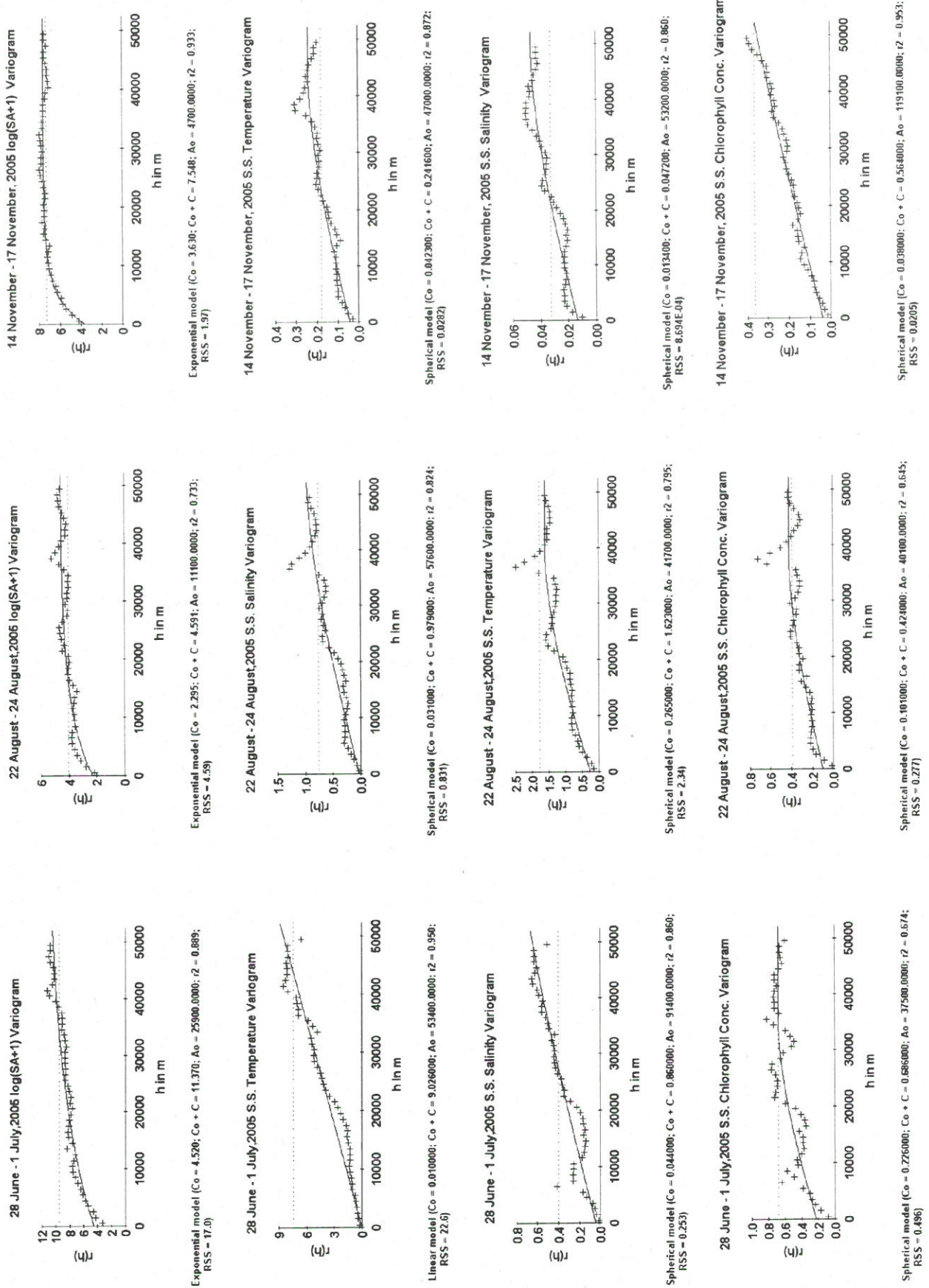


図5 各測定データのバリオグラムとモデル 2005年  
 Spherical model :  $r(h) = C_0 + C[1.5(h/A_0) - 0.5(h/A_0)^3]$  for  $h \leq A_0$ ,  $r(h) = C_0 + C$  for  $h > A_0$   
 Exponential model :  $r(h) = C_0 + C[1 - \exp(-h/A_0)]$  Linear model :  $r(h) = C_0 + [h(C/A_0)]$  図中の横破線は標本分散



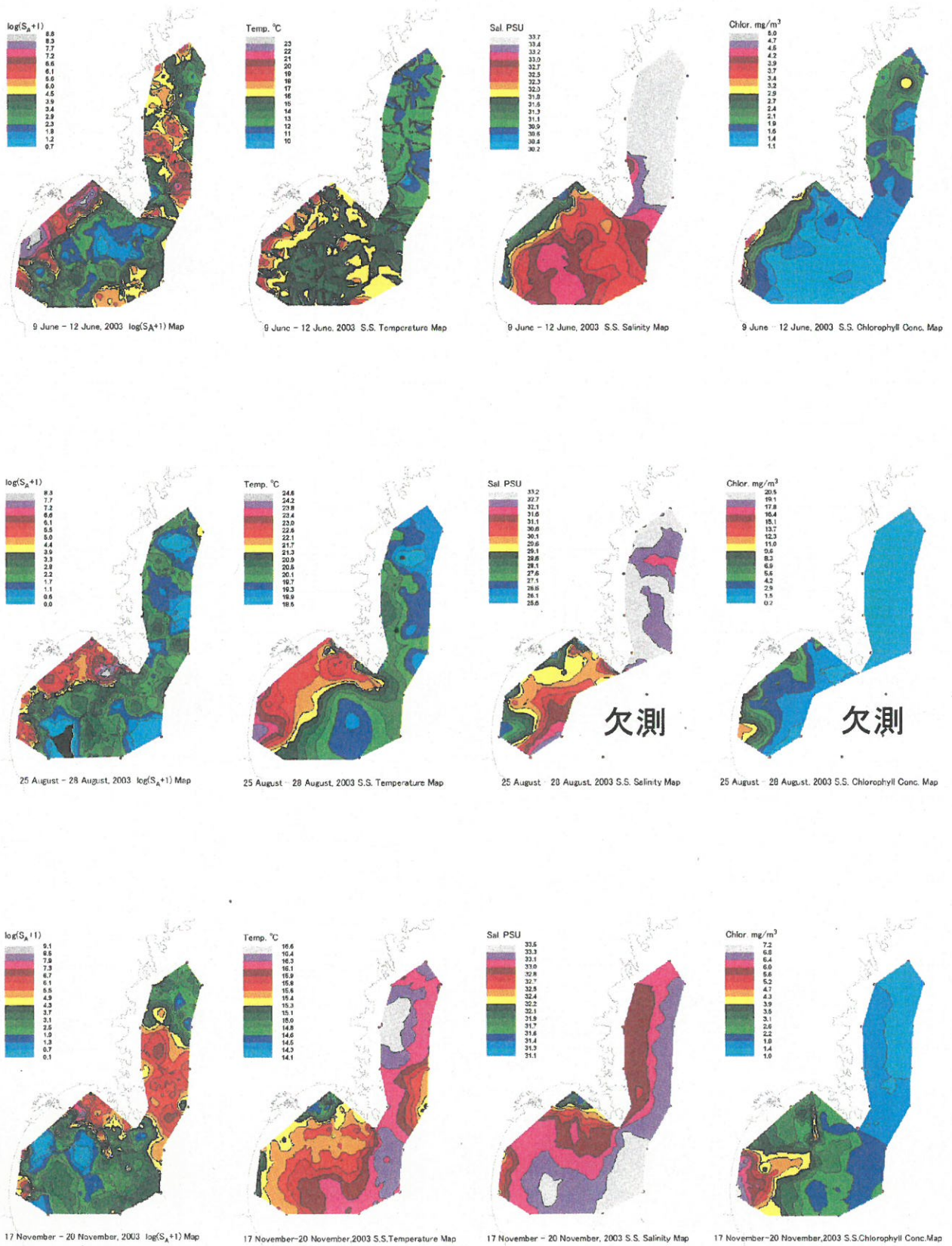


図6 各測定データの分布図 2003年

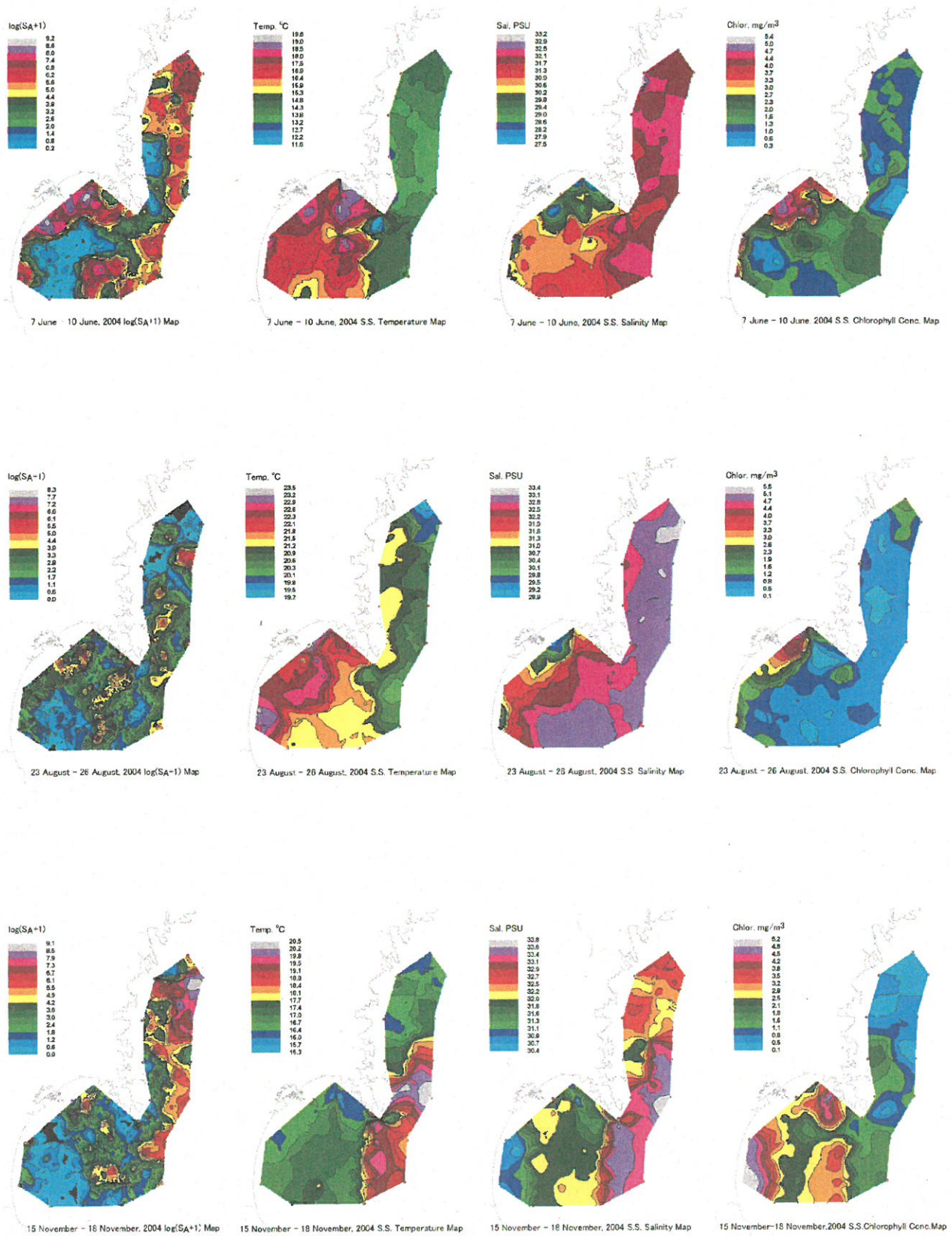


図7 各測定データの分布図 2004年



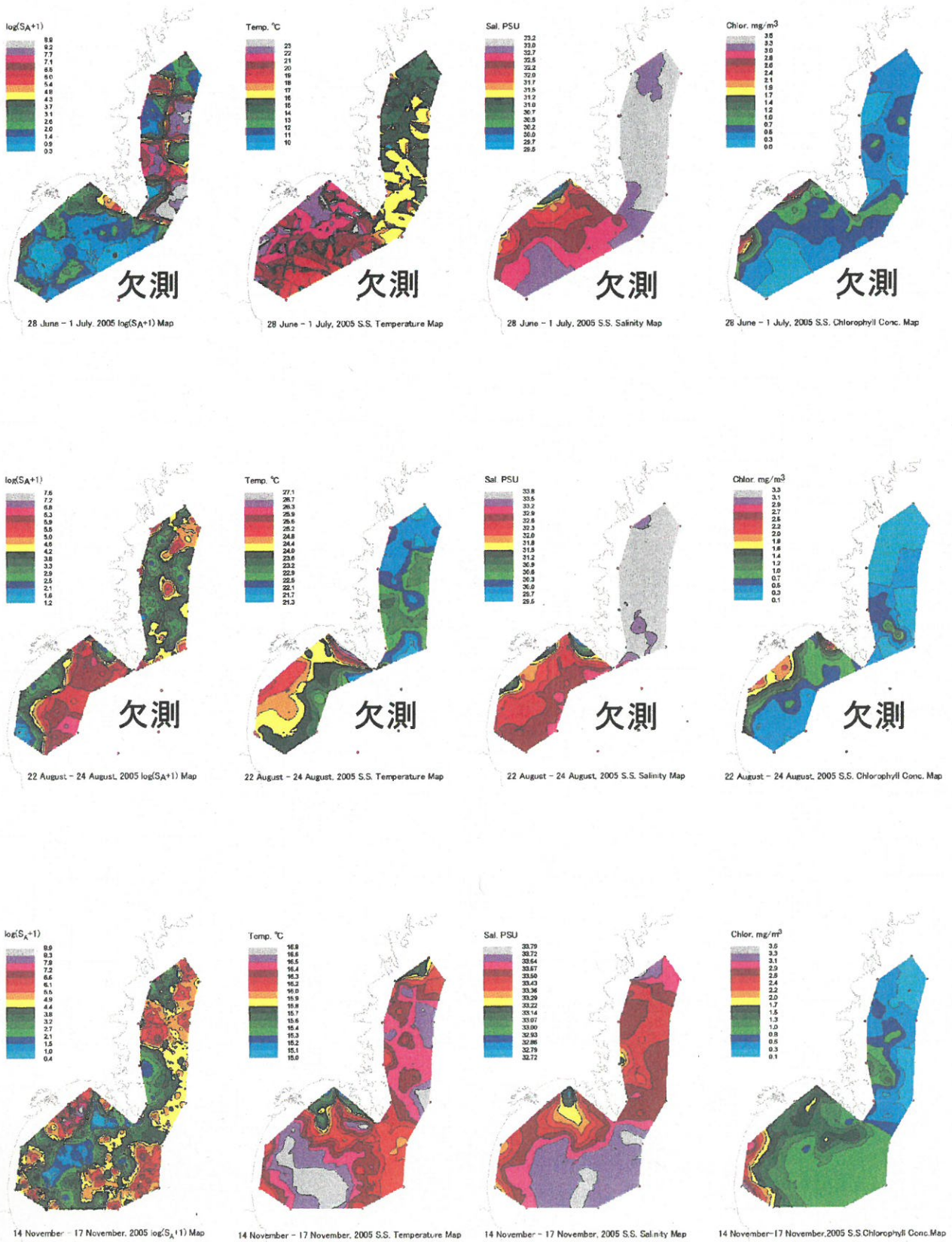


図8 各測定データの分布図 2005年



表3 各調査期間中の浮魚現存量

調査期間	推定現存量 トン
2003.06.09-06.12	21,375
2003.08.25-08.28	5,163
2003.11.17-11.20	9,016
2004.06.07-06.10	53,005
2004.08.23-08.26	3,903
2004.11.15-11.18	25,767
2005.06.28-07.01	-
2005.08.22-08.24	-
	サバ類 7,483
2005.11.14-11.17	カタクチイワシ 2,408
	計 9,891

散在していた。2005年11月の南下期では、魚群密度の高い海域は仙台湾岸側（帯状分布）と仙台湾湾口部（帯状分布）、金華山以北沖合海域（帯状分布）において見られ、仙台湾岸側の魚群高密度域は低水温・低塩分・高クロロフィル濃度海域、仙台湾湾口部の魚群高密度域は比較的高水温・高塩分、低クロロフィル濃度海域、金華山以北の魚群高密度域は高水温・比較的高塩分・低クロロフィル濃度海域に対応していた。また、3年間の調査期間を通して、仙台湾中央部には魚群が分布しない場合が多かった。

推定されたカタクチイワシ換算による浮魚の現存量は、3.9千トンから53千トンの間となり、傾向としては、6月北上期の現存量が多く、8月滞留期の現存量が少ない結果となった（表3）。また、2005年11月のサバ類現存量は7.5千トン、カタクチイワシ現存量は2.4千トンとなった。

### 考 察

本県沿岸域における浮魚類魚群分布の空間構造の特長として、面積後方散乱強度のバリオグラムには、同じ調査線上を計測した他の水温・塩分・クロロフィル濃度のバリオグラムには見られない、分散の約半分にあたるナゲット効果が見られ、魚群分布の空間構造にはランダムな要因、もしくは185m（積分間隔0.1海里）未満の空間構造があることが示唆された<sup>3)</sup>。

調査と同期の本県定置網水揚げ魚種組成及び調査時のサビキによる釣獲試験、中層トロール試験操業結果から、現存量が最も多くなる北上期の6月に本県沿岸に分布する浮魚類魚群のほとんどは、カタクチイワシ回遊群であると推定された。全体的に小さいパッチ状の魚群反応が散在し、現存量が最も少ない8月の滞留期では、東経141度30分以東の沖合はサバ類（マサバ・ゴマサバ、主として当歳・1歳魚）の魚群が分布し、以西の仙台湾は主と

してカタクチイワシの魚群に沖合から加入した多くのサバが蟻集している魚群構成と推察された。11月の南下期では、東経141度30分以東は暖水の波及によりサバ類の魚群が分布し、以西の仙台湾は主としてカタクチイワシの魚群に沖合から加入したサバが蟻集している魚群構成であると推察された。これら魚群の分布特性と水温・塩分・クロロフィル濃度の分布状況から、カタクチイワシは時期や海域により水温の選択性が変わるものの、塩分が周囲よりも低い水域に多く分布し、また常にクロロフィル濃度が周囲よりも高い水域に分布することが分かった。これらの水域は、本県の主要河川河口域の位置との関係が示唆された（図1）。サバ類については、時期や海域（もしくはマサバ、ゴマサバの魚種組成）によりカタクチイワシ同様水温の選択性が変わるものの、塩分が周囲よりも高い水域に多く分布し、常にクロロフィル濃度が周囲よりも低い水域に分布することが分かった。このことから、計量魚探調査時に表層のクロロフィル濃度・塩分を連続計測することにより、主要な浮魚であるカタクチイワシとサバ類の魚群判別が可能と思われた。

特に調査期間を通してカタクチイワシが分布していた仙台湾では、南部の砂浜海岸から牡鹿半島西端の海岸線に沿って分布する高水温・低塩分・高クロロフィル濃度を示す沿岸水塊域に魚群が分布しており、さらにこの沿岸水塊は牡鹿半島先端から離れると沖合水塊とぶつかって仙台湾湾口部に南下することから、仙台湾中央部には魚群反応が見られない場合が多かった。このような沿岸水塊の分布特性から、魚群が仙台湾内外の沿岸水塊分布に沿って、時計回りに移動している可能性が推定された。また、6月のカタクチイワシ北上期における金華山以北海域のクロロフィル濃度分布と魚群分布から、この仙台湾の沿岸水塊が牡鹿半島先端から離れる際に、一部がパッチ状になって北上し、カタクチイワシの北上群はこのパッチ状の水塊に対応して分布する可能性も示唆された。

また、調査期間において最も浮魚現存量が多く、その主体がカタクチイワシであると推定された2004年6月の調査時には、本県の大型定置網にクロマグロが多獲されたが、調査中に検出されたTS（単体魚の後方散乱強度）データから-30dB以上（体長約1m以上の魚に相当）の反応データを抽出し、0.1海里・1ピンあたりの検出数を集計して前述のとおりマップを作成したところ、カタクチイワシの魚群密度が高い海域で、大型魚検出率が高い傾向が確認された（図9）。本県沿岸域に来遊するカタクチイワシは、カツオ・マグロ一本釣りで使用する活き餌



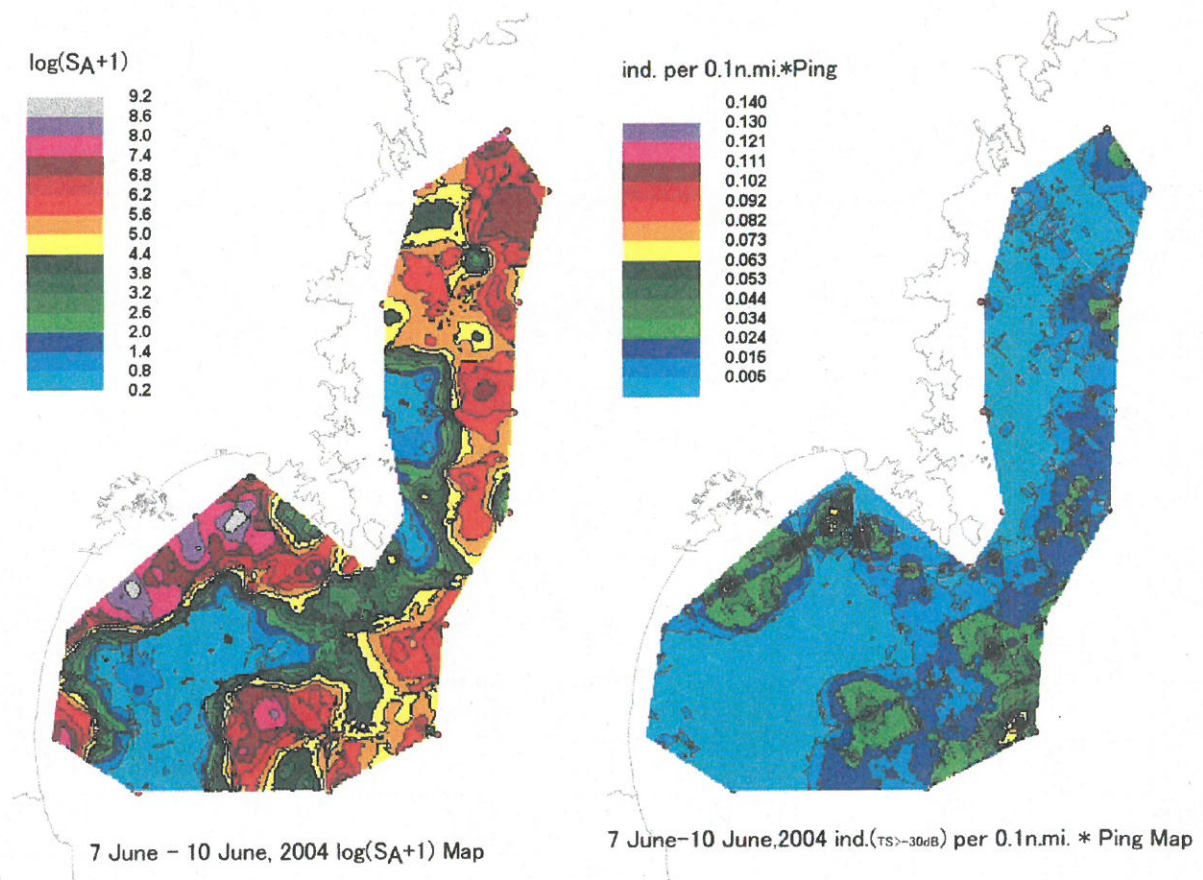


図9 2004年6月調査時の浮魚 SA 値の分布 (左図) と TS > -30dB の大型魚単体反応分布 (0.1海里・1ピンあたりの検出個体数 右図)

として重要であると共に、価格が安いものの多獲が可能な生鮮水揚げ物として、本県沿岸定置網の重要な漁獲対象魚種である。本調査から、カタクチイワシは本県沿岸に來遊するサバ類をはじめとする他の有用な浮魚の餌生物として重要であることが再認識され、その來遊量の多寡や分布状況は他の浮魚の來遊・分布状況に影響するこ

とが示唆された。また、サバ類は水揚げ金額から本県定置漁業を支える重要な漁獲対象魚種であることから(表4)、本県沿岸域におけるカタクチイワシ・サバ類の分布量や分布状況を計画的な調査で把握することにより、漁況情報提供業務における質的向上が図られることが示された。

表4 2005年宮城県公設産地魚市場定置水揚げ実績

順位	魚種名	水揚量トン	順位	魚種名	水揚金額 千円
1	サバ類	14,445	1	サバ類	813,076
2	カタクチイワシ	10,400	2	シロサケ	568,889
3	シロサケ	2,378	3	カタクチイワシ	274,054
4	ソウダガツオ類	908	4	クロマグロ	140,306
5	ブリ	576	5	サワラ	127,688
6	マアジ	285	6	ブリ	81,848
7	スルメイカ	275	7	スルメイカ	42,718
8	サワラ	199	8	マアジ	34,686
9	クロマグロ	101	9	ヤリイカ	34,484
10	ウマヅラハギ	70	10	スズキ	25,829
	その他	738		その他	274,113
	計	30,375		計	2,417,691

宮城県水産総合行政情報システムによる



### 今後の課題

近年、カタクチイワシ太平洋系群の資源水準は高位横ばいとされているが、その主体となる太平洋北部海域における資源生態に関する知見は少ない。本報告による沿岸の海洋環境に関連した魚群分布特性に今後生物特性を

加えて総括し、資源高水準期の本県沿岸海域におけるカタクチイワシの資源生態についてまとめたい。また、近年容易に入手できるようになったクロロフィル濃度の分布を示す人工衛星による海色画像情報と、計量魚探による魚群分布情報を連結し、より高度な漁況情報を提供するシステム開発も今後の課題である。

### 参考文献

- 1) 高橋清孝 (2000) 夏から秋に形成される仙台湾の鳥付き漁場. 宮城県水産研究開発センター研究報告, 16, 55-59.
- 2) 大下誠二 (1995) 計量魚探を用いた橘湾における浮魚類の現存量推定. 南海ブロック漁海況研報, 4, 41-46.
- 3) J.Rivoirard・J.Simmonds・K.G.Foote・P.Fernandes・N.Bez(2000)Case Studies. Geostatistics for Estimating Fish Abundance, 41-113.Oxford,Blackwell Science Ltd,206PP.