

計量魚群探知機を用いた常磐～房総海域における浮魚類の分布推定

小澤 竜太

Surveys of pelagic fish with a quantitative echo sounder in the sea off Joban ~ Boso

Ryuta OZAWA

Abstract

The distribution mode of anchovy and mackerel was presumed from the collected data with a quantitative echo sounder in the sea off Joban - Boso during 2005 - 2007. About anchovy, distribution was presumed by echo sounder at the fishery position of the purse seines, and the distribution density was presumed by value close to the haul. About mackerel, distribution was not often presumed by echo sounder at fishery position of the purse seines, oppositely, dense distribution was often presumed at position besides the fishery. Therefore, it was expected that echo sounder is trusty machinery to grasp the mode of distribution in Joban - Boso sea about anchovy. On the other hand, it is necessary to reconsider method of collecting and analyzing data about mackerel.

キーワード：計量魚探，浮魚類

目 的

マイワシ，カタクチイワシ，サバ類は，茨城県の基幹漁業である大中型まき網漁業（以下，まき網漁業）の主要な漁獲対象種であり，これら浮魚類の資源量推定や漁況予測は茨城県水産試験場の重要な研究課題の一つである。資源量推定はこれまで主に漁業情報をもとに行われてきた。しかし，漁獲情報には漁船毎の探索能力や操業条件などの社会経済的条件が加味されていないことから，必ずしもその精度は十分とはいえず，より直接的にこれらの来遊量を把握するための手法が求められてきた。この課題を解決するための有効な手法としては，近年，水産音響技術への期待が高まっており，多くの研究機関が計量魚群探知機（以下，計量魚探）を保有し，資源調査に用いている（二平1996，藤野ら2009）。志田（2007）は，北海道南部太平洋海域のスケトウダラについて，成魚を対象とした音響資源調査の結果を既に漁況予測等に活用し，将来的に漁業情報に代わる情報に発展する可能性を示唆している。また，本田ら（2007）によれば，スケトウダラ太平洋系群の資源評価について，音響資源調査により取得した北海道および東北太平洋沿岸域における1歳魚の来遊量を指標として活用することにより，その精度が大幅に向上したとしている。一方，常

磐から房総沖の海域はマイワシ，カタクチイワシ，マサバの北上・南下回遊路である（近藤ら1976，近藤1971，川崎1966）とともに，冬春期にはマイワシやマサバの越冬場になる（近藤ら1976，川崎1966）ことも知られており，音響資源調査を行うには好適な立地条件にある。このことから，茨城県水産試験場では漁業調査指導船「いばらき丸（179ト）」の建造に伴い，2003年から計量魚探を用いた浮魚類分布量の直接推定のための技術開発に取り組んでいる。本研究は，2007年までに計量魚探で収集した魚群のエコーデータを用いて浮魚類の分布状態の推定を行い，その精度を検証することを目的とした。

資料と方法

(1) データの収集

魚群のエコーデータは，「いばらき丸」に搭載した計量魚探（SIMRAD社製，EK60，周波数38kHz）により，北緯35°10'～36°30'，東経141°30'以西の海域に設定した調査線を10ノットで航行しながら収集した。調査線は，宮野鼻（2000）に従い，等深線に対して直角に近い形で交差するよう緯度線と平行とし，緯度5海里毎の等間隔に設定した。魚種確認のため，船上からのサビキ釣り調査および調査期間中におけるまき網漁業の

市場漁獲物調査を行った。

(2) データの解析

魚種の判定は、船上からのサビキ釣り調査の結果によるほか、過去の調査船調査と漁業情報から得られた魚群情報をもとに暫定的な魚種の判定基準を作成し、これに基づいて行った。解析ソフト (SIMRAD社製, BI 500) を用い、魚群の体積後方散乱強度 (以下 S_V) を魚種判定基準に基づきサバ類とカタクチイワシとに配分し、これを0.1海里毎に積分することにより魚種毎の面積後方散乱強度 (以下 S_A) を求めた。さらに、魚種毎の S_A と調査実施月におけるまき網漁業の漁獲物の平均体長 (cm) と平均体重 (g) から、次式により魚種毎の分布密度を計算した。

$$\text{分布密度 (g/m}^2\text{)} = \frac{S_A (\text{m}^2/\text{海里}^2) \cdot \text{平均体重 (g)}}{4 \cdot 1852^2 \cdot 10^{(20 \log \text{平均体長 (cm)} + T S \text{ cm})/10}}$$

T S cmとしては、サバ類は-66dB (古澤1990), カタクチイワシは-64.5dB (安部ら2007) を用いた。 S_V (S_V のdB表記) のスレッシュホールドは-70dBに設定し、解析の対象とする水深は200mまでとした。以上の方法により2005年4月から2007年6月までに実施した調査 (表1) において収集した魚群のエコーデータから魚種毎の分布状態の推定を行い、これをまき網漁業の漁業情報と比較することにより、その精度を検証した。まき網漁業の漁業情報としては、まき網漁業の船間無線交信情報 (以下, Q R Y) と北部太平洋まき網漁業協同組合連合会 (以下, 北部まき網) が集計した水揚量を用いた。

結 果

(1) 魚種の判定基準

近年の北部太平洋海域におけるまき網漁業の魚種別漁獲量 (図1) によれば、サバ類とカタクチイワシが占める割合が圧倒的に多い。このことから、調査期間中に分布していた浮魚類はサバ類かカタクチイワシのいずれかであると仮定した。過去のサビキ釣り調査の結果およびQ R Yにおける魚群情報に基づき、魚群の分布水深、魚群周辺におけるターゲットストレングス (以下, T S), 魚群分布水域の表面水温、魚群形状の4指標による魚種の判定基準 (表2) を作成した。なお、各指標における判定基準はそれぞれ次のように定義した。

魚群の分布水深

表3には1997年から2007年に実施した調査船調査においてサビキ釣りにより魚種確認した魚群の分布水深と釣獲地点の水深との関係を示した。サバ類が釣獲された魚群は幅広い水深帯で確認され、カタクチイワシが釣獲された魚群はその海域の水深とは関係なく群の上端が20m以浅の水深帯に多く、上端が60mより深い魚群は確認されなかった。川端ら (2004) も、当海域における越冬期のカタクチイワシは比較的浅い水深層に、サバ類は比較的深い水深層に分布すると報告している。

表4にはQ R Yにおける漁場水深と魚群の分布水深との関係を示した。サバ類は漁場水深とともに魚群分

表1 解析の対象とした調査

実施年月日	データ収集距離 (海里)
1 2005年4月17~20日	305
2 2005年5月16~17日, 23~25日	352
3 2005年12月20~21日	239
4 2006年1月16~19日	443
5 2006年2月6~10日, 14~16日	420
6 2006年5月15~18日	535
7 2006年6月19~22日	516
8 2006年12月18~20日	336
9 2007年1月15~19日	503
10 2007年2月5~8日	356
11 2007年5月14~17日	521
12 2007年6月12~14日	535

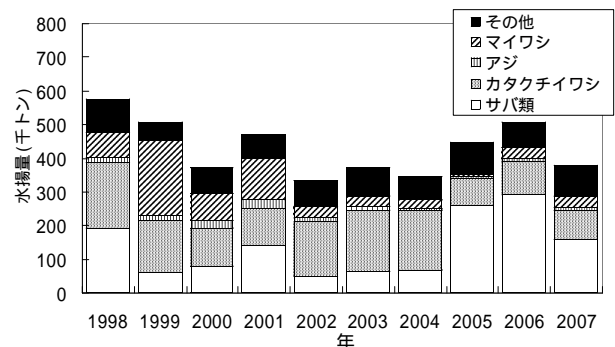


図1 北部太平洋まき網による魚種別水揚量

表2 魚種の判定基準

魚種	調査月	魚群上端の水深	魚群周辺の T S 中央値	魚群出現水域の表面水温におけるまき網の投網数	魚群の形状
サバ類	全月	60m	-39dB	サバ > 0	-
		60m	不明	サバ > 0	-
		<60m	-39dB	サバ > 0	-
	2月以外	<60m	不明	サバ > カタクチイワシ	-
	2月	<60m	不明	-	分離型
カタクチイワシ	全月	<60m	< -39dB	カタクチイワシ > 0	-
	2月以外	<60m	不明	カタクチイワシ > サバ	-
	2月	<60m	不明	-	連続型

表3 調査船調査において確認された釣獲地点の水深別魚群数

魚群の分布水深(m)	釣獲地点の水深(m)									
	0-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161-180	181-200	>200
カタクチイワシ										
0-20	25	28	23	24	16	30	15	7	10	42
21-40		3	2	5	7	7	2	1	3	12
41-60			1	3		1			1	4
サバ類										
魚群の分布水深(m)	釣獲地点の水深(m)									
0-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161-180	181-200	>200	
0-20	5	10	10	12	18	18	6	9	6	27
21-40		2	3	5	5	7	4	4	1	10
41-60			3	5	3	1	1	1	1	2
61-80				2			2			
81-100					1					
>100						1		1		

表4 Q R Yにおける魚群の分布水深別・漁場水深別投網数

魚群の分布水深(m)	漁場の水深(m)							
	0-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161-180
カタクチイワシ								
0-20	79	176	172	116	128	69	14	
21-40	1	54	159	112	60	45	19	1
41-60			23	28	13	3	2	
61-80					1		1	
サバ類								
魚群の分布水深(m)	漁場の水深(m)							
0-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161-180	
0-20		2	2	4	12	18		
21-40		2	5	0	58	30	1	
41-60			3	16	33	161	56	
61-80				14	58	202	131	1
81-100					10	78	62	8
>100						1	1	1

布水深が深くなる一方で、カタクチイワシは漁場水深に関係なく20m前後の浅い水深帯に比較的多い傾向が認められた。まき網漁業の漁具特性として、カタクチイワシを対象とする漁網は目が細かく潮流の影響を受けやすいことからサバ類を対象とするものより浅い水深までしか下ろせないことが想定されるが、Q R Yにおけるカタクチイワシの分布水深はおよそ10m~60mの中でも特に30m前後の浅い水深帯に偏って分布する傾向が認められた。これらのことから、判定の基準は、魚群の上端の水深が60m以深であればサバ類であるとした。

魚群周辺における T S

図2に2004年から2007年にサビキ釣りで釣獲されたサバ類およびカタクチイワシの体長中央値と魚群周辺で計測された T S 中央値の体長換算値との関係を示した。T S 中央値は-48dB~-21dBの範囲でとり、T S から体長への換算は以下の関係式(古澤1990)

$$T S = T S_{cm} (基準化 T S) + 20 \log L (cm)$$

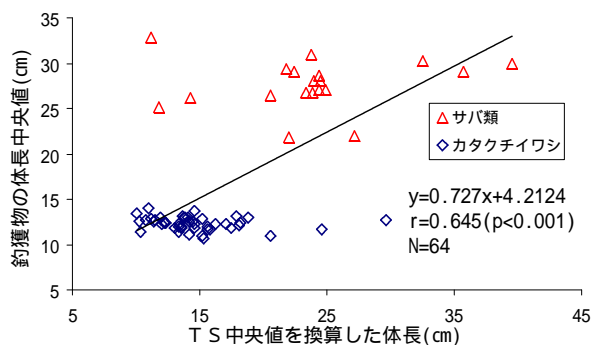


図2 魚群周辺の T S 中央値を換算した体長と釣獲物の体長中央値との関係

を変形した式

$$L (cm) = 10^{((TS - TS_{cm})/20)}$$

により行い、T S cmとしてはサバ類が釣獲された魚群は-66dB(古澤1990)、カタクチイワシが釣獲された魚群は-64.5dB(安部ら2007)を用いた。これらの間には有意な正の相関が認められ、魚群周辺の T S 中央値

から換算した体長が20cmより大きければサバ類，小さければカタクチイワシである可能性が高いと推察された。このことから，判定基準はTS cmが-66dBの場合は体長22cm，TS cmが-64.5dBの場合は体長19cmにあたる-39dBを境として，魚群周辺のTS中央値がこれより大きい魚群をサバ類，小さい魚群をカタクチイワシであるとした。

魚群が分布する水域の表面水温

カタクチイワシとサバ類の漁場水温の差異を確かめるため，2002年から2006年のQRY漁場水温の頻度を魚種別・月別に整理し，中央値の²検定により魚種間の頻度分布の差を検定した（表5）。この結果，2月を除く全ての調査月において有意な差が認められたことから，表面水温を判定に用いるのは2月以外の月とした。判定基準は，2002年から2006年のQRY魚種別・月別漁場水温において，魚群分布水域の表面水温と同値の頻度が多い方の魚種をその魚群の魚種とし，両魚種とも同値がない場合には魚種不明とした。

魚群の形状

2004年から2007年の調査においてサビキ釣りや魚種が確認され，計量魚探でエコーグラムが収録された魚群を，その形状により分離型，分散型，連続型の3区

表5 カタクチイワシとサバ類の漁場水温分布の比較

年	1月	2月	4月	5月	6月	12月
²	334.51	3.89	85.55	104.32	292.05	175.89
自由度	1	1	1	1	1	1
² _{0.001}	10.83	10.83	10.83	10.83	10.83	10.83

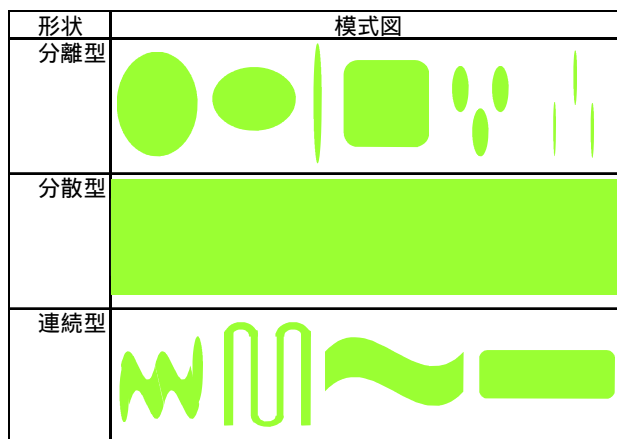


図3 魚群形状の模式図

表6 釣獲魚種別・形状別の魚群数

釣獲魚種 \ 魚群形状	分離型	分散型	連続型	計
サバ類	13	5	4	22
カタクチイワシ	12	9	34	55

分に分類した。サバ類が釣獲された魚群には分離型が多く，カタクチイワシが釣獲された魚群は連続型が多い傾向がみられた（図3，表6）。川端ら（2004）も，越冬期の当海域におけるカタクチイワシ魚群には円形や横に連なった帯状などの形状がなく，サバ類魚群はほぼ円形にまとまっていると報告している。このことから，魚群形状が分離型の場合はサバ類，連続型の場合はカタクチイワシであるとした。

(2) 分布位置と局所的な分布密度の推定

まき網漁業の1網あたりの漁獲量を想定し，魚種別の分布密度をト/11ha（半径0.1海里の円の面積）で算出し，その推定結果を調査実施月のQRYにおける漁場位置や1網あたりの漁獲量と比較した。

カタクチイワシ

付図1に分布位置・密度の推定結果と調査実施月のQRYにおける漁況を示した。カタクチイワシは主に大陸棚斜面から大陸棚上にかけて分布し，分布密度の最大値は2005年5月の房総沿岸で106ト/11haと推定された。実際の漁場位置では，概ね計量魚探調査によっても分布が確認され，分布密度もまき網漁業の1網あたりの漁獲量と比較的近い値，或いは実際に漁獲され得る値で推定された。また，2005年4月にはQRYにおいてはカタクチイワシの漁獲実績はないが，計量魚探調査によって房総沖に分布していたと推定され，他の月においても漁場以外の水域にカタクチイワシが分布していたことが推定された。これとは逆に，2006年12月には調査によって漁場以外の水域にカタクチイワシは分布していなかったと推察された。

サバ類

付図2に分布位置・密度の推定結果と調査実施月のQRYにおける漁況を示した。分布密度は最大で2006年1月の鹿嶋沖で710ト/11haと推定された。カタクチイワシと比較すると推定された分布位置は散発的で分布密度の濃淡も激しく，QRYにおける漁場位置で分布が推定されない例，また逆に漁場以外の水域で濃密な分布が推定される例が多く見られた。2007年5月，6月はまき網漁業がサバ類を目的とした操業自粛を行ったためQRYにおける漁獲実績はなかったが，調査によって茨城県沖～房総沖の大陸棚辺縁部を中心にサバ類が分布していたことが推定された。

(3) 調査海域内の平均分布密度の推定

推算した分布密度を月毎に平均した値と，調査実施月のQRYにおける1網あたりの漁獲量を10平方毎に1日単位で足し上げるにより算出した資源量指数および北部まき網による茨城県以南における水揚量

との関係を検討した。

カタクチイワシ

図4, 5に分布密度の推定値と調査実施月および調査期間内における北部まき網の水揚量との関係を示した。どちらにも有意な正の相関が認められたが、調査実施月における水揚量との相関は微弱であった。

図6, 7に分布密度の推定値と資源量指数との関係を示した。資源量指数は、北部太平洋の全海域と、調査海域である北緯 $36^{\circ}30' \sim 35^{\circ}00'$ 、東経 $140^{\circ}30'$ 以西の2通りの範囲で算出したが、どちらにも有意な正の相関が認められ、特に調査海域に絞って算出した資源量指数との間に強い相関が認められた。

サバ類

図8, 9に分布密度の推定値と調査実施月及び調査期間内における北部まき網の水揚量との関係を示す。調査実施月における水揚量との間には相関が認められなかったが、調査期間内の水揚量との間には有意な正の相関が認められた。

図10, 11に分布密度の推定値と資源量指数との関係を示す。北部太平洋の全海域と調査海域に絞って算出した資源量指数のどちらとの間にも有意な相関は認められなかった。

考 察

カタクチイワシについては、まき網漁業の漁場周辺で概ね計量魚探調査によっても分布が確認された。また、その密度がまき網漁業の1網あたりの漁獲量と比較的に近い値であることから、計量魚探の音響指標が当種の分布状態をよく捉えており、本研究の解析方法によってある程度正確にその分布密度が抽出できることが期待された。特に、 TS や S_v 等の絶対的かつ物理的な数値から推算された分布密度が、実際に分布していたであろう値で算出されたという事実は、音響資源調査の理論や手法に信頼がおけることを示している。さらに、月毎に平均した推定分布密度が、資源量の相対指数とされる資源量指数と最も強い相関を示したことから、本研究で設定した調査線で計量魚探により収集したデータが同海域内のカタクチイワシの分布量をうまく反映できていることが期待される。これらのことから、カタクチイワシについては、本調査で得られたデータが、常磐南部～房総海域における来遊水準や分布状態を把握する上で漁業情報を補完する有力な情報となり得ることが確認された。また同時に、本調査の結果から、常磐南部～房総海域における北上期のカタクチイワシは漁場周辺に局所的に点在す

るのではなく比較的広い範囲にわたって分布していることが推察された。

サバ類については、推定された分布位置とQRYにおける漁場位置、推定密度とQRYにおける1網あたりの漁獲量との対応がカタクチイワシほど良くなく、月毎に平均した推定分布密度と漁業情報との相関もカタクチイワシと比較すると希薄である。唯一、月毎に平均した推定分布密度と調査期間内の北部まき網の水揚量との間に強い相関が認められたことから、本調査がサバ類の一時的な分布状態を捉えていることが推察されたが、水揚量の累計期間を数日変えるだけで急激に相関が弱まることから、この強い相関も偶然的なものである可能性がある。これらのことから、サバ類に関しては本調査で得られたデータが魚群の分布状態を正確に反映できていない可能性が高い。サバ類については、まき網漁業の漁場付近において漁獲水準に見合う規模の魚群が調査によって確認されないことが少なくないこと、また魚群の形状を見ても断続的に分布する分離型のものが多いことなどから、カタクチイワシと比べて魚群が局所的に点在し、分布の濃淡が激しいことにより、魚群に遭遇する確率が低く、現在の定線では主要な魚群を捉えきれていないことが推定される。これらのことから、サバ類については、調査線の設定方法や魚種の判定をはじめとした解析方法を見直す必要があると考えられる。

本研究では、魚群のエコーデータの数十分ではないこと、また解析ソフトの機能上、抽出できる音響指標の数に限界があることなどにより、大雑把で硬直的な方法により魚種の判定を行ったが、今後より多くのデータを蓄積することにより、判別分析等の統計的手法でより効率的かつ確に魚種の特定がなされ、解析の精度が向上することが期待できる。

要 約

- (1) 2005年4月から2007年6月の期間に漁業調査指導船「いばらき丸(179ト)」により収集した魚群のエコーデータからカタクチイワシとサバ類の分布状態を推定し、その精度を検証した。
- (2) カタクチイワシについては、まき網の漁場位置では概ね計量魚探調査によっても分布が確認され、分布密度も実際の漁獲量と比較的に近い値で推定された。また、月毎に平均した推定分布密度と、調査実施月のQRYから算出した資源量指数、並びに北部まき網による水揚量との間には有意な正の相関が認められ、特に調査海域に絞って算出した資源量指数との間には強い相関が認められた。

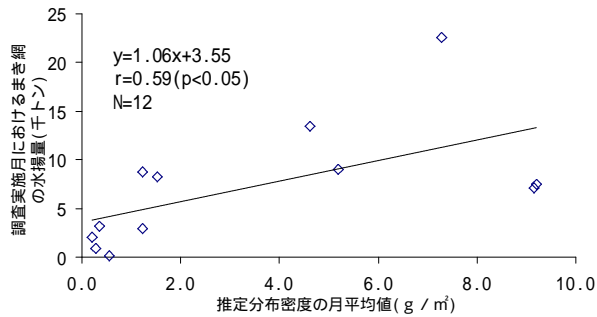


図4 推定分布密度の月平均値と調査実施月における北部太平洋まき網の水揚量との関係(かかけイシ)

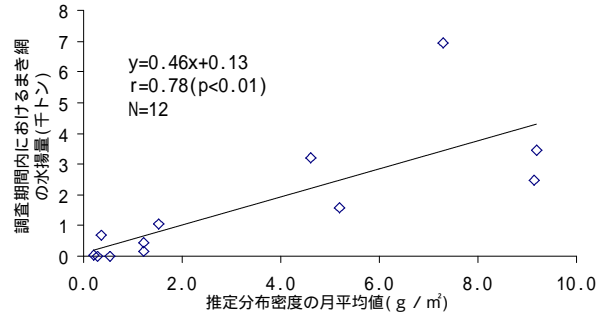


図5 推定分布密度の月平均値と調査期間内における北部太平洋まき網の水揚量との関係(かかけイシ)

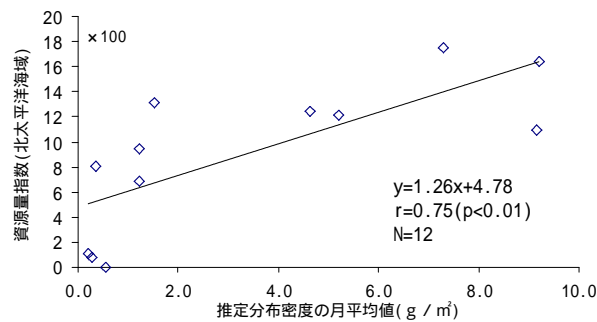


図6 推定分布密度の月平均値と資源量指数との関係(かかけイシ)

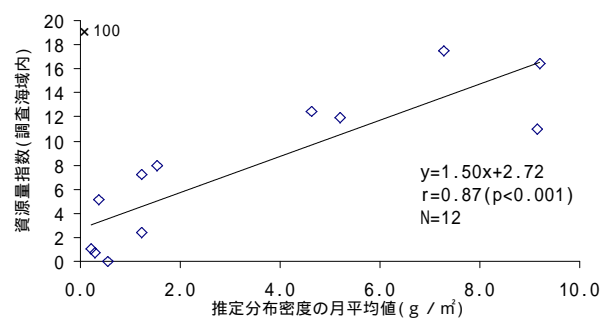


図7 推定分布密度の月平均値と資源量指数との関係(かかけイシ)

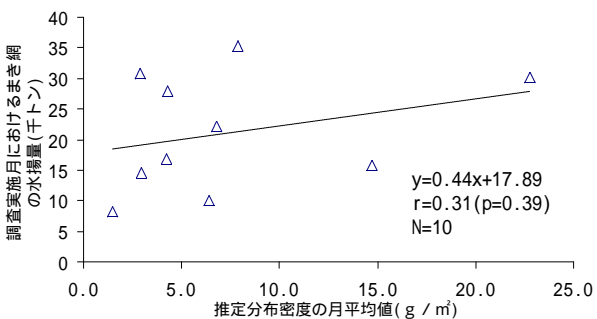


図8 推定分布密度の月平均値と調査実施月における北部太平洋まき網の水揚量との関係(かゝ類)

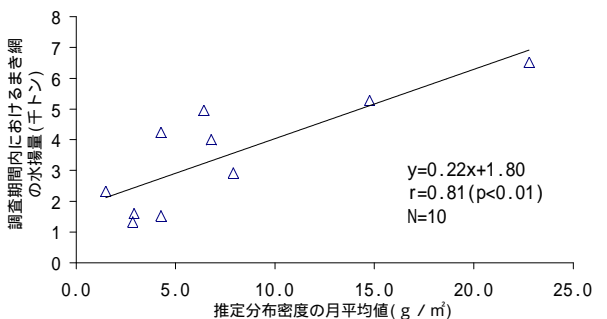


図9 推定分布密度の月平均値と調査期間内における北部太平洋まき網の水揚量との関係(かゝ類)

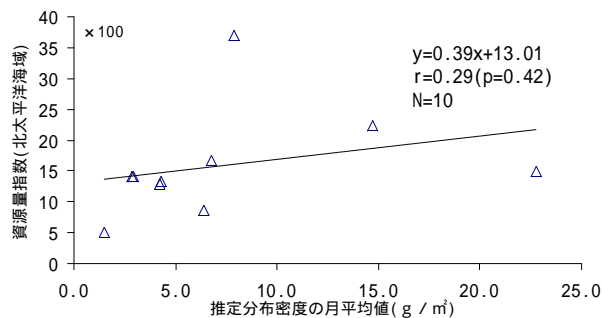


図10 推定分布密度の月平均値と資源量指数との関係(かゝ類)

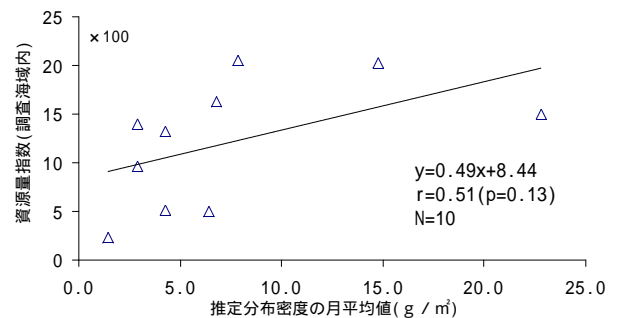


図11 推定分布密度の月平均値と資源量指数との関係(かゝ類)

- (3) サバ類については、まき網の漁場位置で分布が確認されない例、また逆に漁場以外の水域で濃密な分布が確認される例が多く認められた。また、月毎に平均した推定分布密度と、調査実施月のQRYから算出した資源量指数ならびに北部まき網による水揚量との間には、調査期間内の水揚量を除いて有意な相関は認められなかった。
- (4) カタクチイワシについては、本調査で得られたデータが、常磐南部～房総海域における来遊水準や分布状態を把握する上で、漁業情報を補完する有力な情報となり得る可能性がある一方、サバ類については、調査線の設定方法や魚種の判定をはじめとした解析方法を見直す必要があることが確認された。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、いばらき丸の永井芳典船長をはじめ乗組員の方々には、データの収集に際し、多大なるご協力をいただきました。また、元宮城県水産研究開発センター永島宏氏、中央水産研究所川端淳博士には、データ解析に際し、貴重なご助言をいただきました。これらの方々に対して深く感謝申し上げます。

また、原稿を校閲していただいた元茨城県水産試験場二平章博士に対しましても併せて感謝申し上げます。

文 献

- 二平章 (1996) 計量魚探の導入に関する利用者側からみた問題点, 水産海洋研究60, 286-289.
- 藤野忠敬・甘糟和男・貞安一廣・安部幸樹・中村武史 (2009) 計量魚群探知機の利用現状: ニーズと問題点, 平成21年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 8.
- 志田修 (2007) 北海道・東北海域 (種多様性の低い海域) の音響モニタリング 1. スケトウダラ太平洋系群, 水産海洋研究, 71, 282-283.
- 本田聡・船本鉄一郎・八吹圭三 (2007) スケトウダラ資源調査への音響資源調査の導入, 水産資源管理談話会報, 40, 9-24.
- 近藤恵一・堀義彦・平本紀久雄 (1976) マイワシの資源と生態 (改訂版), 水産研究叢書30, 日本水産資源保護協会, 38-39.
- 近藤恵一 (1971) カタクチイワシの生態と資源, 水産研究叢書20, 日本水産資源保護協会, 35.
- 川崎健 (1966) マサバ太平洋系群の構造について, 東海水研報, 47, 3-6.
- 宮野鼻洋一 (2000) 音響手法, 浅野賢治編 TAC管理下に

おける直接推定法 その意義と課題, 恒星社厚生閣, 東京, 19-27.

- 川端淳・谷津明彦・西田宏・中神正康 (2004) 常磐～房総海域における越冬期のさば, いわし類の分布特性. 第52回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告, 209-216.
- 古澤昌彦 (1990) 水産資源推定のための超音波による魚群探知に関する研究, 水工研報, 11, 173-249.
- 安部幸樹・貞安一廣・甘糟和男・片山知史・石井憲 (2007) カタクチイワシのターゲットストレングス適用範囲拡張のための追加測定, 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 115.