

平成23年度

# 北海道開発局管内における保護育成を目的とした 漁場整備の効果算定の一例

(独) 土木研究所寒地土木研究所 水産土木チーム ○河合 浩

(独) 土木研究所寒地土木研究所 水産土木チーム 山本 潤

(独) 土木研究所寒地土木研究所水産土木チーム (現留萌開発建設部) 渡辺 光弘

排他的経済水域における水産資源の生産力向上を目的に、平成19年度から国が事業主体となって実施する特定漁港漁場整備事業が制度化された。北海道周辺においては、日本海北部沖の武蔵堆周辺がスケトウダラの漁場として知られ、その事業の候補地となっている。漁場整備の代表的な工法の1つとして保護育成礁の設置があり、対象魚の0歳魚を保護することで資源回復を図る手法についての波及効果を定量的に把握することが必要となっている。このため、既存のスケトウダラ漁獲量調査資料をもとに資源の現存量の分布を推定するとともに、武蔵堆海域に保護エリアを設けて0歳魚を保護した場合に回復する資源量を試算した。

キーワード：自然環境、再生・回復、基礎技術

## 1. はじめに

スケトウダラ日本海北部系群は1990年頃をピークに漁獲が減少し、1997年にTAC対象種に指定されて漁獲数量が管理されている。一方、全国では水産物の安定供給の確保のため、排他的経済水域における国直轄での施設整備による資源回復が望まれており、2007年から新たに直轄漁場整備事業が開始された。既に鳥取島根沖では、アカガレイ・ズワイガニを対象とした保護育成礁の設置や五島列島西方沖のマアジ・マサバ・マイワシを対象に湧昇流発生マウンドの設置が事業化されている。北海道でも日本海北部沖合の武蔵堆周辺がこの候補地として検討されている。漁場整備の工法としては、海域の肥沃化を目的とした湧昇流発生マウンドと、資源の減耗原因の解消を目的とした保護育成礁の設置があり、それぞれの適否を検討している。前者については、この海域の周年の基礎生産構造を解明すべく現地調査を実施しているところであり、これまでに夏季と秋季の状況を報告している<sup>1)</sup>。後者については、対象魚を保護育成することで資源回復を図るものであり、効果的な設置場所の選定とその効果を定量的に把握することが必要となっている。著者らは既存のスケトウダラ漁獲量調査資料をもとに年齢別の資源現存量の分布を推定するとともに、武蔵堆海域に保護エリアを設けて0歳魚を保護した場合に回復する資源量の算出を試みたので報告する。

## 2. 日本海北部沖における対象魚を取り巻く環境

### (1) スケトウダラ日本海北部系群の生態

スケトウダラはタラ目タラ科の魚類であり、その生態は以下のように報告されている<sup>2)</sup>。北海道周辺のスケトウダラは生涯の生息場所から日本海北部、オホーツク海、太平洋の3つの大きなグループに分かれると考えられている。日本海北部系群の産卵親魚は大陸棚とその斜面水域の水深100~400m、水温2~5°Cに分布し、主な産卵場は岩内湾や桧山沖とされている。産卵の期間は12月から翌3月で、盛期は1月から2月とされ、1尾の雌は数日おきに複数回に分けて卵を産む。同じタラ科のマダラの卵は弱い粘着性があり海底に沈むが、スケトウダラの受精卵は直径1.2~1.4mmの分離浮性卵で、産卵後にゆっくりと海面に向かって浮上する。ふ化までの日数は水温4°Cで約20日を要し、ふ化仔魚の体長は3.5~4.3mmで、沿岸域の表層付近に分布する。この時期の卵から仔魚の段階では海象などの物理環境に依存し、流されて移動する。夏季に尾叉長7cm位になり、海底付近へと移動し、その後は成長に伴って徐々に沖合に移動するとされている。山本ら<sup>3)</sup>は数値計算によってこの卵・仔魚が産卵場から天塩川河口付近に移送され、武蔵堆付近に着底することを示唆している。性成熟する年齢は3歳であり、大部分は5歳で尾叉長約38cmとされている。稚魚までは主にカイアシ類の幼生を餌とするが、成長に伴ってカイアシ類、オキアミ類、ヨコエビ類などのほか、小型の魚

類、イカ類なども捕るようになる。日中は海底付近に分布し、夜間に浮上して索餌することもあり、中底層に分布する回遊性魚類である。

## (2) 武蔵堆周辺の漁場利用の歴史と地形の変化

日本海北部沖の武蔵堆は1925年に特務艦武蔵が発見しその名前の由来となっている。武蔵堆周辺については以下の報告がある<sup>4)</sup>。

“戦後に本格的な漁場開発が進められ、主に底びき網とニシン漁の不漁に再起をかけた刺し網の漁業者等によって漁が営まれていた。幾度かの資源衰退に見舞われるたびに漁業調整規則や漁場協定などを設けて最低限の資源維持を図ってきたが、1980年代の外国漁船の参入により漁業秩序と資源配分で混乱を生じた時期があった。かつてはカンザシゴカイ科のエゾカサネカンザシの群落や根・飛根が存在し、対象魚が生息に適した海底微地形が形成されていた。しかし、ソ連の200海里設定に伴ってカムチャッカ半島周辺の漁場から追われた韓国トロール漁船の操業により、現在は地形に変化を生じてそれらが消失した可能性が高い。”

## (3) 武蔵堆周辺の漁業の形態

武蔵堆海域で大臣及び知事の許可を受けて操業する漁業を表-1に示す。関係漁業協同組合は北は稚内から南は岩内までおよび対象魚種や漁法も様々である。スケトウダラは主に沖合底びき網漁業によって漁獲されている。沖合底びき網の漁法は「オッタートロール」と「かけまわし」の2つの漁法があり、スケトウダラのほかにマダラ、ホッケ、カレイ、イカナゴ等が漁獲されている。このほかにホッコクアカエビ（甘エビ）・トヤマエビ（ボタンエビ）を対象とした「エビかご漁業」や「ズワイガニかご漁業」「タラ固定式刺し網漁業」「ホッケ固定式

刺し網漁業」「イカ釣り漁業」などが操業され、良好な漁場であると共に多くの魚種の操業が輻輳する海域でもある。トロール漁船操業影響調査報告書<sup>4)</sup>では以下の報告がなされている。

“「オッタートロール式沖合底びき網」ではスケトウダラの索餌期の成魚の他に未成魚が混獲されている。一般に底びき網から網抜けした未成魚は死滅するとされており資源衰退への影響が大きい。「かけまわし式底びき網」と「刺し網」では産卵期の成魚を漁獲している。”

## 3. 0歳魚を保護した場合の資源回復量

### (1) 体長組成分布の整理

検討にあたってのフローを図-1に示す。保護育成礁を設置する箇所を選定するには、0歳魚が多く分布する箇所を把握する必要があり、資源の分布状況の推定が必要となる。北海道日本海におけるスケトウダラの年度別の資源量は、北海道区水産研究所が例年評価しているスケトウダラ日本海北部系群の漁獲量および資源量の変遷を使用した<sup>5)</sup>。資源量分布については、北海道立水産試験場が実施するスケトウダラ計量魚探調査により把握されており、スケトウダラの分布量(トン)もしくは魚探反応の分布図が図示されているものを使用した<sup>6)</sup>。これらの公開されている図を基に分布形を推定することを試みた。入手可能だった2001年から2009年の期間の図表についてスケトウダラの体長(尾叉長)分布のデータを磁気化して地点別に整理した。整理したトロール調査結果の代表例を図-2、図-3に示す。

### (2) 体長組成分布からの年齢構成の推定

年齢形質が得られていない場合の年齢別サイズ、個体数を得るには体長の度数分布を正規分布に分解する方法が一般的に用いられている。このことから、スケトウダ

表-1 武蔵堆海域周辺で操業する漁業

関係漁組	漁業種類	操業期間											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
稚内機船 漁業協同組合	沖合底引き網漁業												
	ずわいがにかご漁業												
北るもい 漁業協同組合	えびかご漁業												
	えびかご漁業												
新皇マリン 漁業協同組合	えびかご漁業												
	えびかご漁業												
増毛 漁業協同組合	えびかご漁業												
	えびかご漁業												
小樽機船 漁業協同組合	沖合底引き網漁業												
	えびかご漁業												
小樽市 漁業協同組合	えびかご漁業												
	えびかご漁業												
余市郡 漁業協同組合	えびかご漁業												
	えびかご漁業												
東しゃこたん 漁業協同組合	えびかご漁業												
	えびかご漁業												
岩内郡 漁業協同組合	えびかご漁業												
	えびかご漁業												
北海道いか釣り 漁業協会	えびかご漁業												
	えびかご漁業												

(北海道庁水産林務部調べ)

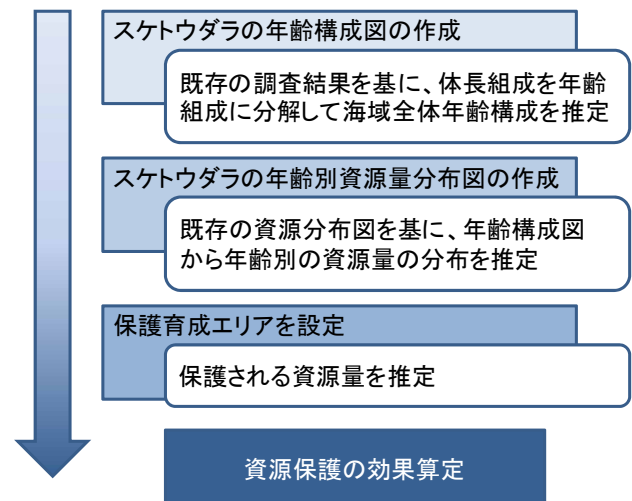


図-1 資源保護効果算定のフロー

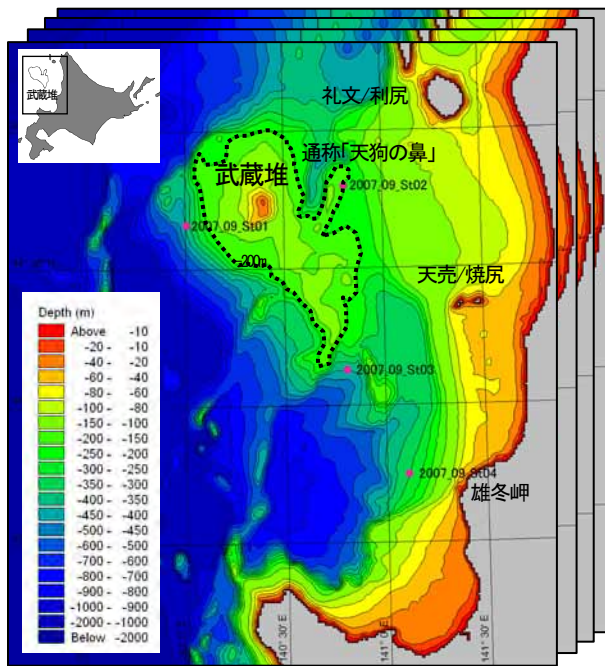


図-2 スケトウダラの資源調査位置図(2007年)

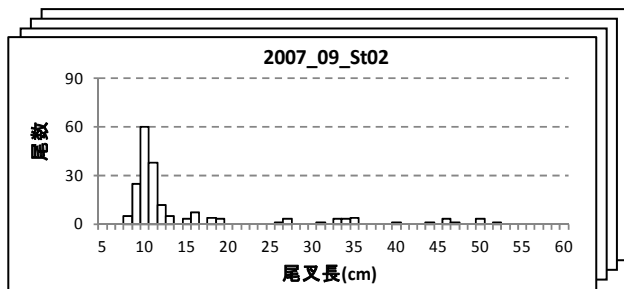


図-3 スケトウダラの尾叉長分布(2007年)

ラ計量魚探調査結果<sup>6)</sup>から得られている体長組成分布を年齢別の正規分布に分解することで各年齢の個体数を求めた。なお、正規分布に分解する際のパラメータ推定においては、相澤ら<sup>7)</sup>による方法を用いて最適解を探索した。なお、パラメータ推定における初期値の設定は既往の知見を基に、表-2の通り設定した。年齢組成に分解後のパラメータを表-3に、推定結果の代表例を図-4、図-5に示す。

これらの体長組成分解より得られたスケトウダラの年齢構成データを基に、推定した年齢組成分布を図-6に示す。武蔵堆より東側においては、0歳魚の割合が高く、雄冬岬沖の水域においては1歳魚の割合が高い地点が多いことがわかる。また、武蔵堆より西側の水域においては2歳魚以上の割合が目立つなど、地点毎のばらつきはあるものの、大まかな水域の特徴が認められた。これらは、地元漁業者の見解と一致する。

以上より、これら年齢組成のデータについては、近傍の地点毎にデータをまとめて同一水域と考え、これら水域毎に年齢組成の平均値の算出を試みた。図-7に示す水域を設定し、水域毎の年齢組成平均値を算出した。また、

Hiroshi Kawai, Jun Yamamoto, Mitsuhiro Watanabe

表-2 パラメータ推定において使用した初期値

Age(i)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
$\mu$	7.00	12.70	27.80	33.00	36.70	39.70	41.90	43.30	44.20	44.70	47.00
$\sigma$	1.50	1.50	1.50	1.70	2.00	2.00	2.00	2.00	2.50	2.50	2.50

(P:年齢iの出現確率、 $\mu$ :年齢iの平均体長、 $\sigma$ :年齢iの標準偏差)

表-3 年齢組成に分解後のパラメータ(2007 09 St02)

Age(i)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	0.75	0.09	0.03	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05
$\mu$	10.18	16.99	27.80	33.01	36.70	39.69	41.90	43.30	44.19	44.70	47.00
$\sigma$	0.94	1.52	1.50	1.70	2.00	2.00	2.00	2.01	2.51	2.51	2.51

(P:年齢iの出現確率、 $\mu$ :年齢iの平均体長、 $\sigma$ :年齢iの標準偏差)

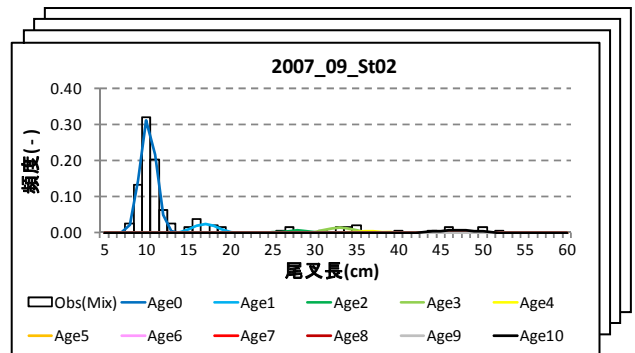


図-4 体長組成と年齢組成

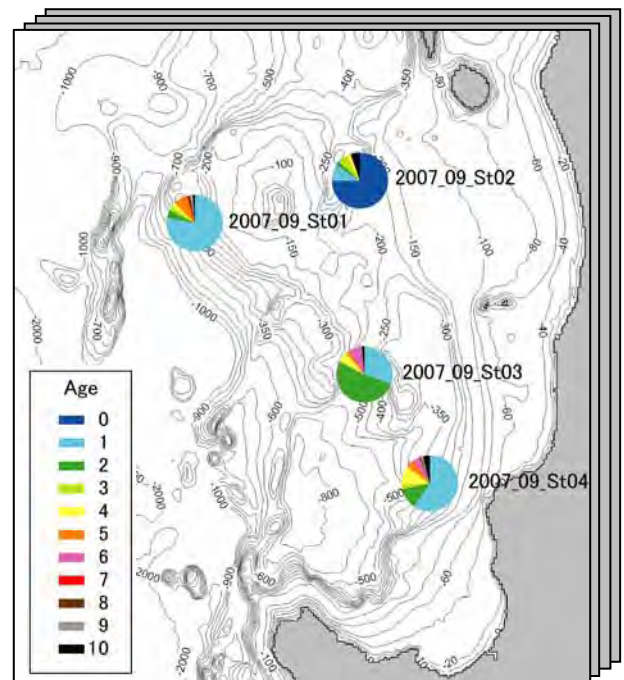


図-5 年齢組成図(尾数ベース:2007年)

図-8および図-9に設定した年齢組成の空間分布を尾数ベースと重量ベースで示す。武蔵堆および雄冬岬沖に存在する浅海域を特異点と考え、その特異点から各水域の中心座標間の線分を二等分する中間線(図-8、図-9の青点線)を引くことにより、代表する年齢組成の領域とした。

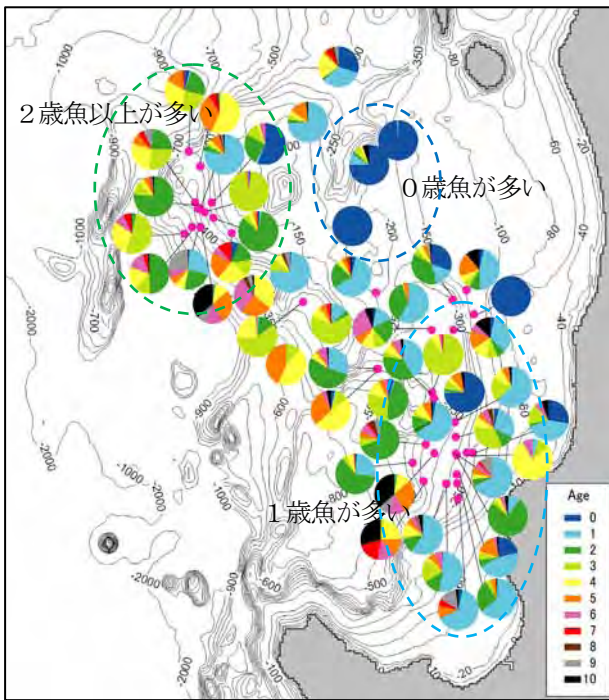


図-6 年齢組成図(尾数ベース：全点合成)

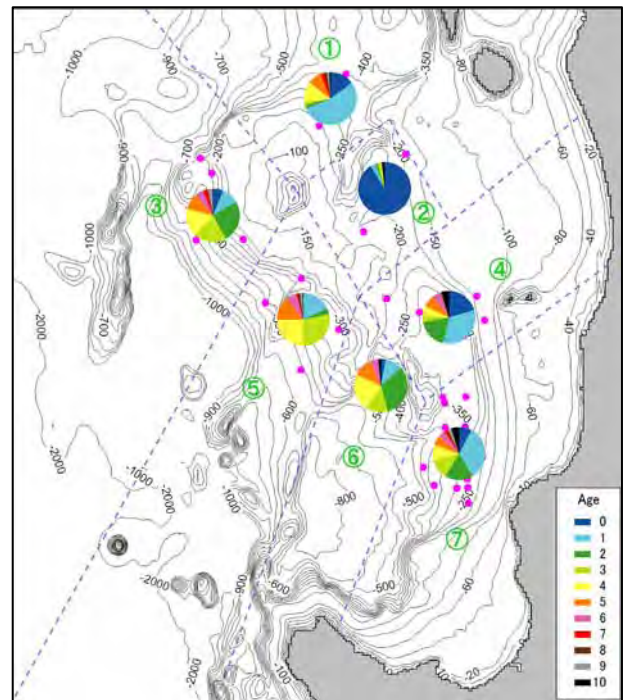


図-8 年齢組成の水域別平均値(尾数ベース)

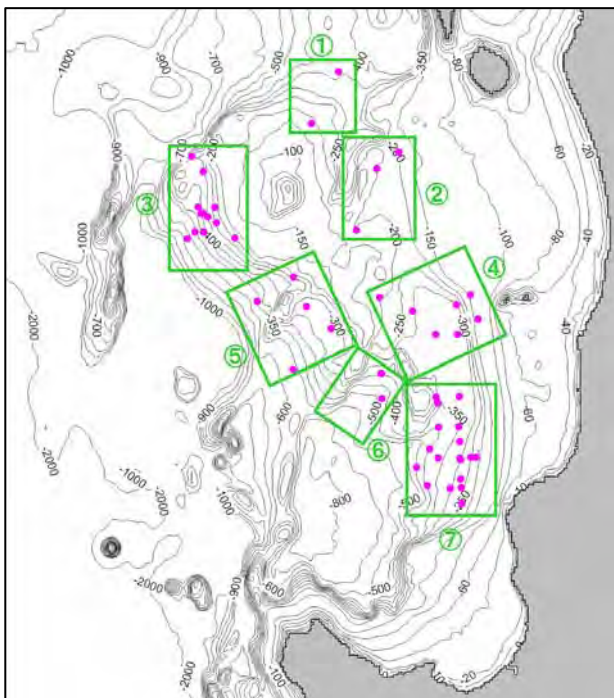


図-7 調査地点に対する水域区分の設定

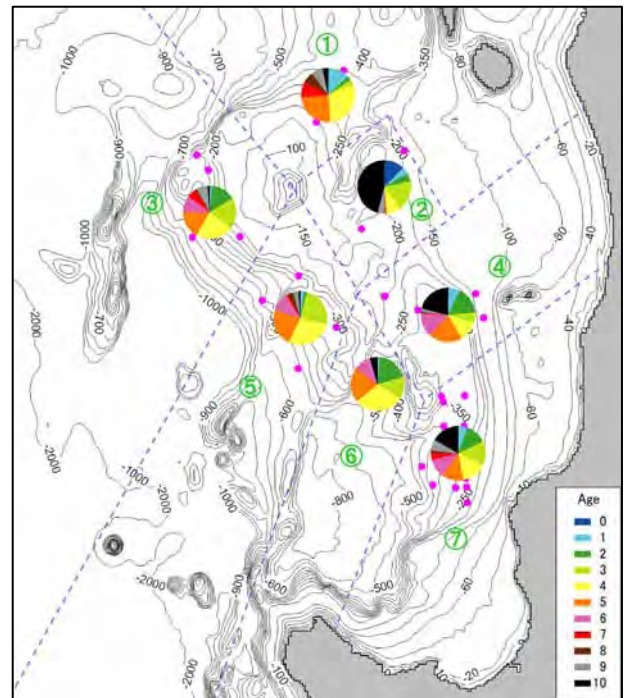


図-9 年齢組成の水域別平均値(重量ベース)

### (3) 年齢別の資源分布の推定

分布図としては、目視判読によりおよその分布傾向が把握できる1996年の分布量を使用した(図-10)。また、このデータを基に空間補間により1 kmメッシュのスケトウダラ分布図を作成した。

次に、この正規化された資源量1 kmメッシュに対して、当該海域における2008年の推定資源量2.9万トンおよび重量ベースでの年齢組成の水域別平均値を乗じることに

より、各メッシュ毎に各年齢毎の資源量(重量)を求め、さらにこの資源量を一尾あたりの重量で除することにより、尾数ベースでの年齢別分布を算出した。図-11に各年齢別の代表例として0歳魚の尾数ベースでの資源量分布を示す。図-11から武蔵堆周辺では、武蔵堆東側の通称「天狗の鼻」の付け根付近にスケトウダラの0歳魚の尾数が多いことがわかる。

図-10から重量換算した全体の資源量がこの地点では

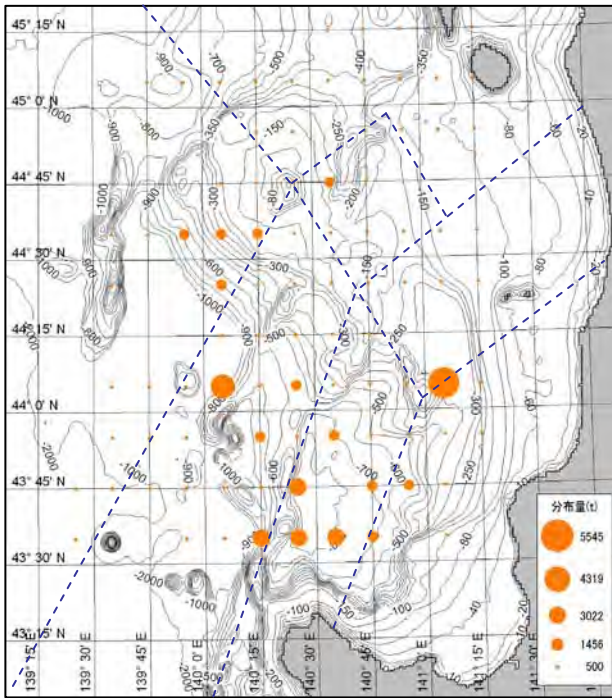


図-10 スケトウダラ分布量(1996年)

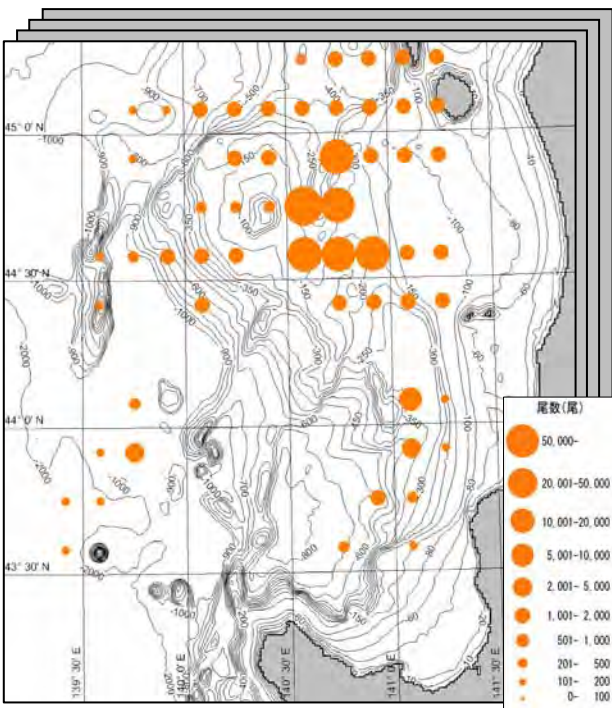


図-11 年齢別スケトウダラ分布量 (0歳魚、尾数ベース)

少ないことがわかる。よって、保護育成礁をこの地点に設置し、より多くの0歳魚を保護しても、3歳魚以上を対象とする漁獲量への影響も少ないことが示唆される。

#### (4) 資源保護の効果

仮に0歳魚の多い領域内の10km×10kmを未成魚の保護育成エリアと設定し、その効果について試算する。保護資源量及び加入資源量を図-12に示す。保護区域内の

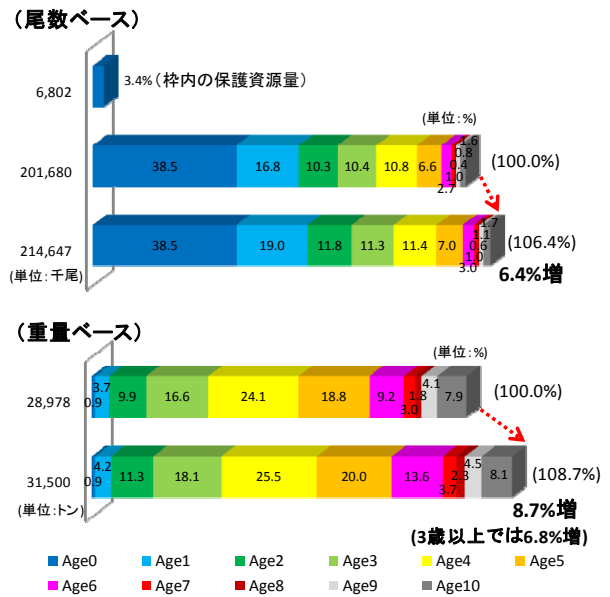


図-12 海域全体に対する加入資源量

0歳魚の資源量は、尾数換算で日本海北部海域全体での約3.4%に相当している。このエリア内の0歳魚が漁獲から全て保護されると仮定して、次年度以降の波及効果を検討した。検討においては、コホート解析の前進法において自然死亡係数M及び漁獲係数Fを設定することにより、この0歳魚の1歳魚以降における資源尾数を予測した。なお、自然死亡係数と漁獲係数は北海道区水産研究所の資源評価資料<sup>5)</sup>に基づいて設定した。但し、漁獲係数は2008年度の値を使用して1歳魚以上を0.15とした。また、自然死亡係数は2歳魚以上しか示されていないことから、0歳魚と1歳魚を2歳魚と同率とした。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M_a)$$

$N_{a,y}$  : y年におけるa歳魚の資源尾数

F : 漁獲係数 (Age0=0.00, Age1~10=0.15)

M : 自然死亡係数 (Age0~2=0.30, Age3~10=0.25)

これより、0歳魚を保護育成した場合の全体に対する効果は尾数換算で6.4%増加し、重量に換算すると8.7%、3歳魚以上では6.8%増加すると示唆された。

#### 4. まとめと今後の課題

保護育成礁を設置した場合のスケトウダラの資源量を次の手順で算定した。①スケトウダラの年齢構成分布は、北海道立中央水産試験場にて実施された2001年~2009年のトロール調査結果をもとに体長組成に分解して年齢構成を推定した。②北海道立中央水産試験場による1996年のスケトウダラ計量魚探調査結果を用いて資源分布形を

作成した。③各年齢別の資源量分布を推定した。④10 km×10 kmの保護育成エリアを設定して資源量保護の効果を検討した結果、日本海北部海域の0歳魚の資源量(尾数)の3.4%が保護され、1歳魚以上の全資源量(尾数)が6.4%増加すると試算された。

使用したデータは、HP等で公表されたデータのみから試算したものであって、内部資料・未公開データの入手や取り扱いに限界があるため、今回の報告では幾つかの仮定が含まれている。以下にその仮定を列挙する。

- ・一般的に資源管理分野では卓越年級群の影響を考慮しているが、卓越年級群は予測不可能であり判断する材料がないため、平均値で扱っている。
- ・約10年間の資源量調査の同時性や漁獲の均一性の問題がある。年齢組成の年変動は考慮していない。
- ・対象海域全体の年齢組成を算出する際に、空白域が多いことから領域設定を行って空白域を埋めている。
- ・資源量分布は1996年の計量魚探による調査結果を用い、現在も同じとした。
- ・データは夏場のもが多いので、季節的な変動を捉える必要がある。

これらは、詳細なデータが入手出来れば改善可能であり、更なる精度の向上が図られる。

今後の課題は、武蔵堆周辺に実際に0歳魚が多いことを示す現地観測結果を用いた検証と、その原因の解明が必要である。

## 5. おわりに

資源量の把握については大がかりな調査となるため、それを専門とする調査研究機関の協力が重要となる。現在も北海道立総合研究機構との共同研究において、主に物理環境等の現地調査を実施中であるが、今後の研究においては、資源管理を専門分野とする部門との協力体制の充実を図ることも視野に入れて研究を進めていきたい。

## 参考文献

- 1) 渡辺光弘・山本潤：北海道開発局管内での直轄漁場整備に資する調査，北海道開発技術研究発表会，第54回。
- 2) 水島敏博・鳥澤雅・上田吉幸・前田圭司・嶋田宏・鷹見達也(2003)：漁業生物図鑑新北のさかなたち，北海道新聞社，160p。
- 3) 山本潤・渡辺光弘・林田健志・坂本和佳・峰寛明・西田芳則・田中仁(2010)：日本海北部海域での漁場整備の実現に向けた観測の試み，海岸工学論文集，第66巻，pp1291-1295。
- 4) トロール漁船操業影響調査研究実行委員会(1987)：トロール漁船操業影響調査報告書，237p。
- 5) 北海道区水産研究所(2009)：平成21年度スケト

ウダラ日本海北部系群の資源評価，pp311-366。

<http://abchan.job.affrc.go.jp/index.html>

- 6) 北海道立総合研究機構(2001-2009)：調査速報日本海スケトウダラ資源調査結果。

[http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kani/sigen\\_index.html](http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kani/sigen_index.html)

- 7) 相澤康・滝口直之(1999)：MS-Excelを用いたサイズ度数分布から年齢組成を推定する方法の検討，水産海洋研究，pp205-214。