

平成18年スルメイカ秋季発生系群の資源評価

責任担当水研：日本海区水産研究所（木所英昭、後藤常夫、田 永軍）

参画機関：北海道区水産研究所、西海区水産研究所、北海道立中央水産試験場、青森県水産総合研究センター、秋田県農林水産技術センター水産振興センター、山形県水産試験場、新潟県水産海洋研究所、富山県水産試験場、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府立海洋センター、兵庫県立農林技術総合センター但馬水産技術センター、鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、長崎県総合水産試験場

要 約

スルメイカ秋季発生系群の資源量は、漁獲の影響に加えて海洋環境の変化によっても大きく変動する。1980年代は不適な海洋環境に加え、高い漁獲割合によって資源が減少し、推定資源量が50万トン前後の低水準で推移した。1990年代以降は好適な環境へ変化するとともに漁獲割合の低下によって資源が増大し、100万トン以上の高い資源水準となった。近年は資源が減少傾向にあるが、資源動向の変化を示す産卵場形成位置等の生態的な変化はまだ観測されていない。したがって、2007年も1990年代以降の加入量が期待され、適切な漁獲管理によって高い資源水準を維持することが可能と考える。よって、好適な環境下におけるMSY水準（資源量が105.4万トン）の維持を管理目標とした。

F_{limit}は1990年以降の再生産関係式より推定したF_{msy}を用いた。F_{msy}は0.737と推定され、2007年の予測資源量が133万トンであることから、2007年のABC_{limit}は54万2千トン（漁獲割合は40.7%）と算定した。F_{target}は加入量の不確実性を考慮してF_{target}=0.7F_{msy}を用い、同様に2007年の予測資源量からABC_{target}を41万5千トン（漁獲割合は31.1%）と算定した。

なお、資源量の推定結果および2007年の予測資源量には不確実性が伴うため、資源管理にはABC_{target}値を基準値として用いることが望ましい。

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2007 年 漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割 合 (%)	評価		
					A (%)	B (%)	C (千トン)
ABClimit Fmsy	資源量の MSY 水 準の達成と維持	542 (243)	0.737	40.7%	48.6	3.8	431 (193)
ABCtarget 0.7Fmsy	資源量の MSY 水 準の達成と維持に 予防的措置をとる	415 (186)	0.516	31.1%	66.1	1.9	376 (168)
現状の資源水 準の維持 (Fsus)	現状 (近年 3 年間) の資源水準の維持	496 (222)	0.653	37.2%	55.5	2.6	416 (186)
現状の漁獲圧 維持 (Fcurrent)	現状 (近年 3 年間) の漁獲係数で管理 する	291 (130)	0.336	21.8%	77.1	1.1	288 (129)

※ () 内は秋季発生系群の我が国EEZ内の漁獲量。秋季発生系群全体の漁獲量に対する我が国EEZ内の漁獲比率の近年 5 年平均値 (0.448) より算定した値。

※ 評価欄：加入量変動を考慮したシミュレーション (補足資料 1 - 4) において、A:10年後 (2016年) の資源量がBlimitを上回る確率、B:10年後 (2016年) の資源量が低水準期であった1980年代の平均資源量 (56.3万トン) を下回る確率、C:2007年～2016年の平均漁獲量。

年	資源量(千トン)	漁獲量(千トン)	F値	漁獲割合
2004	932	221	0.386	23.7%
2005	1254	224	0.275	17.8%
2006	1220			

	指 標	値	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	資源量	1054千トン	資源量がこの値(Bmsy)以下になると最大持続生産量が維持できない
2006年	資源量	1220千トン	

水準：高位 動向：減少

1. まえがき

スルメイカは我が国で最も重要な水産資源の一つであり、平成15年の漁業・養殖業生産統計年報によると我が国漁獲量の4.17%、生産額では3.25%を占めている。スルメイカはいか釣り、定置網、底びき網漁業等によって漁獲されるが、秋季発生系群の多くはいか釣り漁業によって漁獲される。いか釣り漁業は、中型いか釣り漁船（30～185トン：2001年までは30～138トン）による近海いかつり漁業と、小型いか釣り漁船（30トン未満）による沿岸いかつり漁業に分けられ、それぞれ大臣許可制と知事許可制（5～30トン未満）になっている。スルメイカは我が国の他、韓国、中国、北朝鮮によっても漁獲されている。特に韓国による秋季発生系群の漁獲量は多く、近年では我が国を上回る漁獲量となっている。韓国以外の国に関しては資料が少ないものの、FAOの統計では日本と韓国を除く国による漁獲量の合計値は多くても3万トン程度と見積もられる。

2. 生 態

（1）分布・回遊

スルメイカは日本周辺海域に広く分布し、周年にわたり再生産を行っている。秋季から冬季に発生した群は卓越して多く、産卵時期や分布回遊の違いから主に秋季発生系群と冬季発生系群の2系群に分けることができる（図1）。資源評価には資源量が多い秋季発生系群と冬季発生系群を対象としているが、資源量が少ない春季から夏季に発生した群のうち、夏季に発生した群の分布回遊は秋季発生系群に近く、春季に発生した群は冬季発生系群に近いことから、漁獲量および推定資源量をそれぞれ秋季発生系群および冬季発生系群に含めて扱っている。

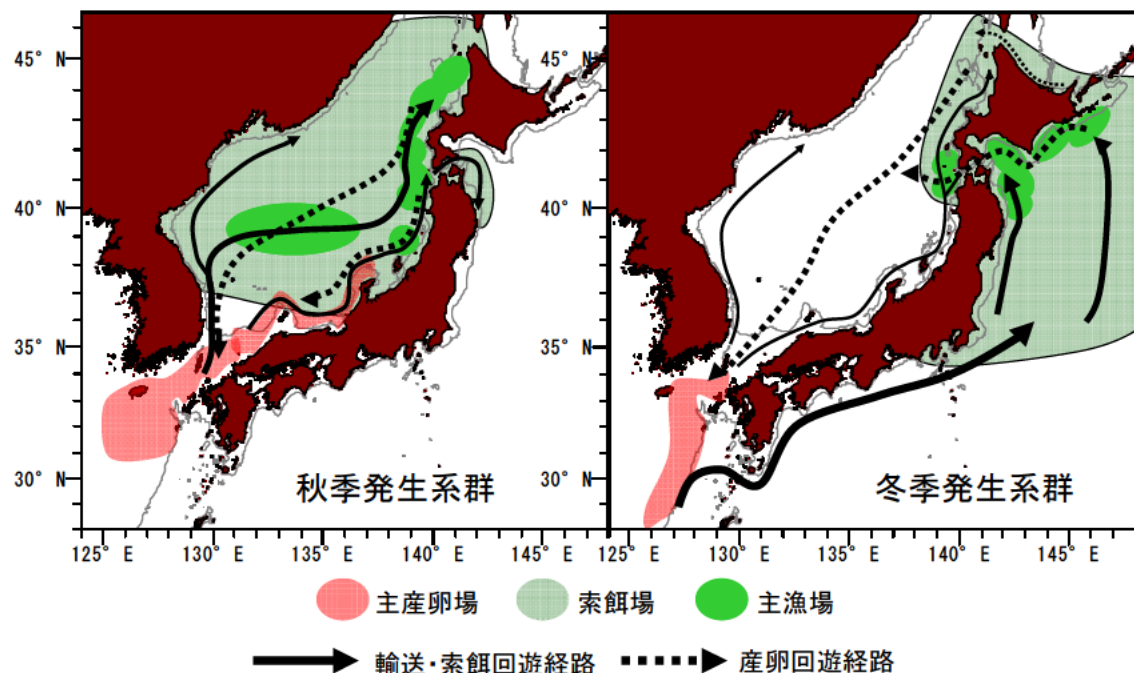


図1 スルメイカの分布回遊図（秋季発生系群(左図)と冬季発生系群（右図））

秋季発生系群は主に日本海に分布し、夏から秋に漁獲対象となる。冬季発生系群は主に太平洋に分布して秋以降を中心に漁獲対象となる。冬季発生系群は資源水準が高くなると回遊範囲が拡大し、晩秋以降、津軽海峡や宗谷海峡を通して日本海に移入し、産卵海域へ移動することが知られている（Nakata 1993；中村・森 1998；森・中村2001）。

（２）年齢・成長

スルメイカは単年生であり、１年で成長・成熟し、産卵後に死亡する。なお、スルメイカの成長は発生時期や分布域及び雌雄によって異なるが（浜部・清水 1966；新谷 1967；木所・檜山 1996）、秋季発生系群の平均的な成長は図２のとおりである。

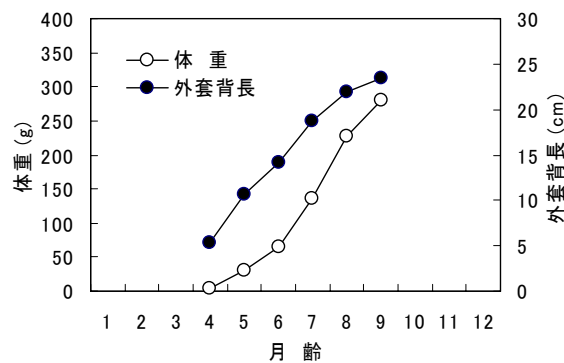


図2 スルメイカの成長

（３）成熟・産卵

スルメイカの雄は孵化後7～8ヶ月から生殖腺が発達し始め、約9ヶ月で成熟すると共に雌と交配し始める。雌は雄よりも成熟が遅く、孵化後10ヶ月以降、産卵の直前になって急速に生殖器官を発達させ、産卵する。しかし、産卵回数が1回のみであるか、複数回行われるかは確証が得られていない。

産卵海域は図1に示すとおりで、秋季発生系群は主に10～12月に北陸沿岸域から対馬海峡付近及び東シナ海で産卵し、冬季発生系群は主に1～3月に九州西岸から東シナ海で産卵する。

（４）被捕食関係

日本海においてスルメイカは、対馬暖流域ではキュウリエソをはじめとする小型魚類を捕食するが、沖合の亜寒帯冷水域では動物プランクトンが主要な餌料となる（沖山 1965）。スルメイカは大型魚類や海産ほ乳類によって捕食されるが、日本海における被食状況は明らかでない。また、孵化後100日前後の若齢個体は共食いによる被食も多い（木所・氏 1999）。

3. 漁業の状況

（１）漁業の概要

漁場はスルメイカの回遊と共に移動する（図1）。日本海の沿岸域では主に小型いか釣り漁船、沖合域では中型いか釣り漁船の漁獲対象となる。小型いか釣り漁

船は生鮮として水揚げするが、中型いか釣り漁船は主に冷凍として水揚げする。

(2) 漁獲量の推移

スルメイカ秋季発生系群の漁獲量の推移（日本＋韓国）は表1及び図3のとおりである。1978年以前の漁獲量は資料の不足から系群毎に配分することが困難であるため、参考値として秋季発生系群が大部分を占めていた日本の日本海における漁獲量を示した。

我が国のスルメイカ秋季発生系群の漁獲量は1960年代後半以降、日本海中央部で漁場が開発されるとともに増加し、ピーク時の1975年には30万7千トンに達した。1970年代半ば以降は減少に転じ、1986年には5万4千トンに落ち込んだが、1987年には13万7千トンに増加し、その後1990年代は13～15万トン程度となった。2000年以降は減少傾向となり、2005年は10万0千トンとなった。

スルメイカ秋季発生系群を対象とした韓国の漁獲量は1980年代までは3万トン前後であったが、1990年以降急速に増加し、1993年以降は13万トン前後になった。1999年以降は我が国を上まわり、近年の秋季発生系群の漁獲量に占める韓国の比率は約55%である。

全体では韓国の漁獲量の急速な増加により1996年及び1999年には30万トンを超え、1970年代前半の水準に回復した。近年は減少傾向となり、2005年は22万4千トンであった。

表1 スルメイカ秋季発生系群の漁獲量(トン)

	日本	韓国	韓国(日本EEZ内)	総計
1979	172,093	17,725		189,818
1980	177,468	37,469		214,936
1981	137,370	29,962		167,332
1982	130,154	38,360		168,514
1983	135,995	25,908		161,902
1984	113,995	25,017		139,012
1985	104,906	30,548		135,454
1986	53,881	23,265		77,145
1987	137,339	43,580		180,919
1988	113,237	31,915		145,151
1989	145,139	41,767		186,906
1990	134,417	45,462		179,879
1991	128,444	66,914		195,357
1992	157,680	72,712		230,392
1993	150,624	131,471		282,095
1994	134,160	128,597		262,757
1995	126,606	125,558		252,164
1996	178,127	139,259		317,385
1997	138,812	138,714		277,525
1998	106,549	102,992		209,541
1999	138,947	170,980		309,926
2000	109,611	148,397	4,279	262,287
2001	122,491	145,736	297	268,524
2002	142,097	149,173	1,112	292,383
2003	121,056	159,934	1,141	282,131
2004	89,695	130,975	501	221,171
2005	100,488	122,657	495	223,640
近年5年間の日本EEZ内の平均漁獲比率				0.448

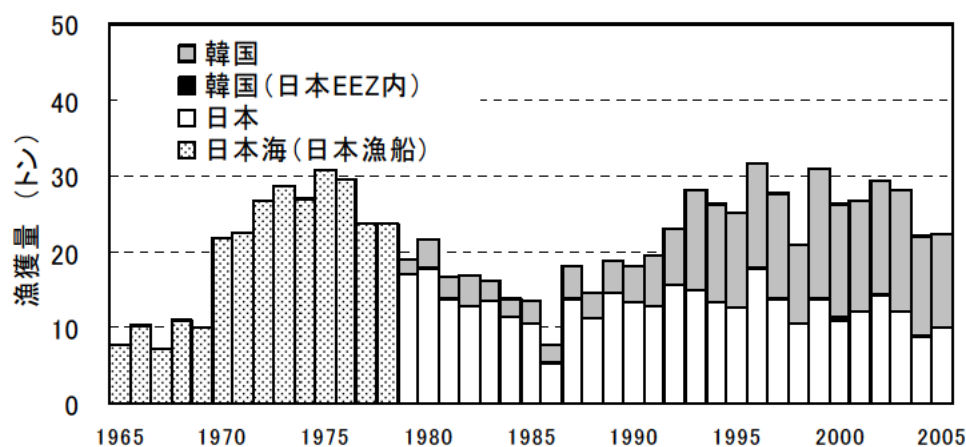


図3 スルメイカ秋季発生系群の漁獲量の推移

（３）漁獲努力量

日本海沖合域の主漁業である中型いか釣り漁船の漁獲努力量（操業日数）は、1980年代半ばまでは年間10万日前後であったが、1990年代以降は減船によって年間3万日を下回り、近年は2万日前後になった（図4）。

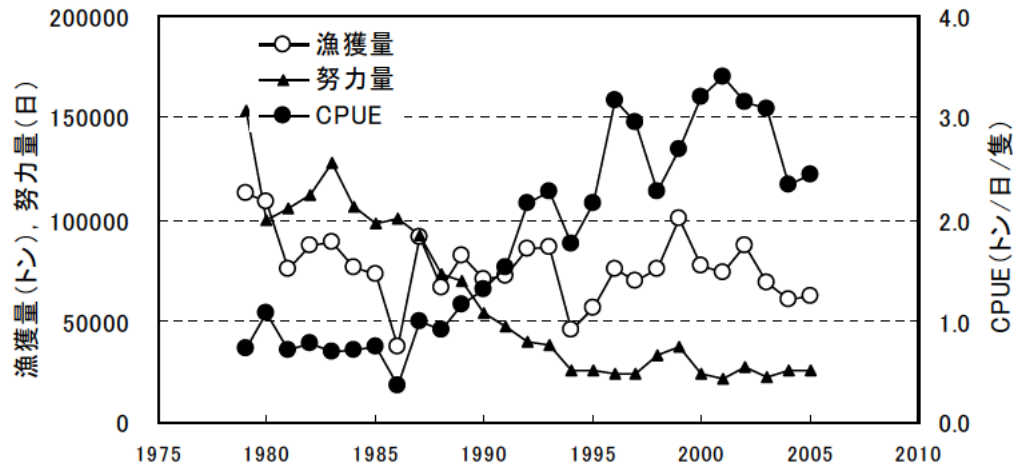


図4 日本海における中型いか釣り漁船のCPUE、漁獲量、努力量の推移

4. 資源の状態

（１）資源評価の方法

漁場一斉調査、幼生分布調査および新規加入量調査を用いて各発育段階の資源状況を把握すると共に、漁場一斉調査で得られた資源量指数を基に下記の手順で資源量を推定した。

- ア）日本海漁場一斉調査の結果から資源変動を把握すると共に全調査点のCPUEの平均値を資源量指数として求めた（詳細は補足資料1）。
- イ）資源量は資源量指数に比例すると仮定し、漁場一斉調査から得られた資源量指数に比例定数（q）を与えて推定した。
- ウ）比例定数（q）は、1979年～2000年の調査船で得られたデータをもとに平均的な漁獲係数（F*）を推定し、1979年～2000年の資源量指数と漁獲量から漁獲係数の平均値が平均的な漁獲係数（F*）となるように求めた（詳細は補足資料2）。

（２）資源量指標値の推移

資源量指数

漁場一斉調査で得られた資源量指数の経年変化を図5に示す。資源量指数は、1980年代前半は減少傾向にあり、1986年は1980年の1/7にあたる2.76個体に減少した。1987年以降は増加傾向に転じ、1998年に一時的に減少したが、概ね15個体前後で推移した。2000年以降は20個体以上に増加し2002年には25.04に達した。2003年以降は15個体前後に減少し、2006年（=15.80個体）は2005年と同等の値（2005年比97%）であった。

漁期前の4月に実施する新規加入量調査の結果では2006年の資源量指数値は2005年よりも減少していた（補足資料1）。

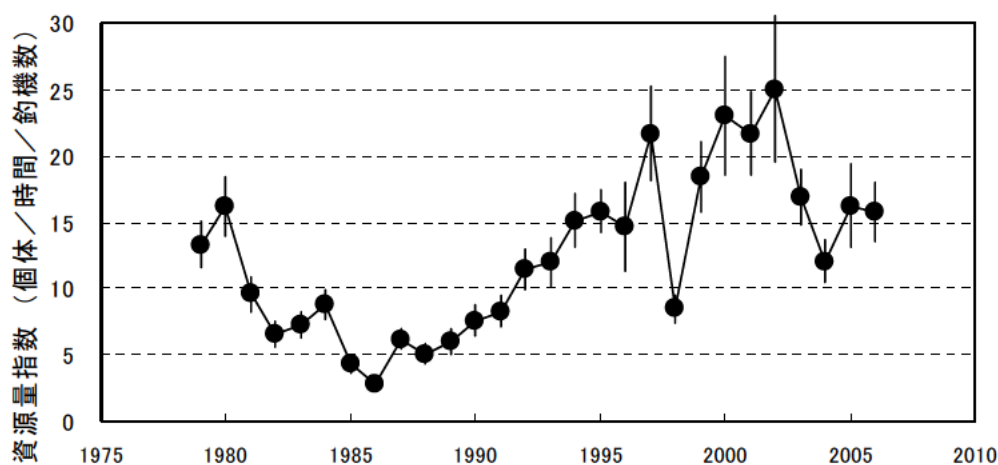


図5 資源量指数の経年変化（|は標準誤差）

幼生分布密度

幼生の分布密度（補足資料1）は、資源水準が高い年代には親魚の資源水準の指標値として有効である（後藤1999）。1980年代は低い値であったが、資源量指数同様1990年代以降は高い値となった。2005年は前年よりも減少したが、1990年代以降の高い水準を維持している（図6）。

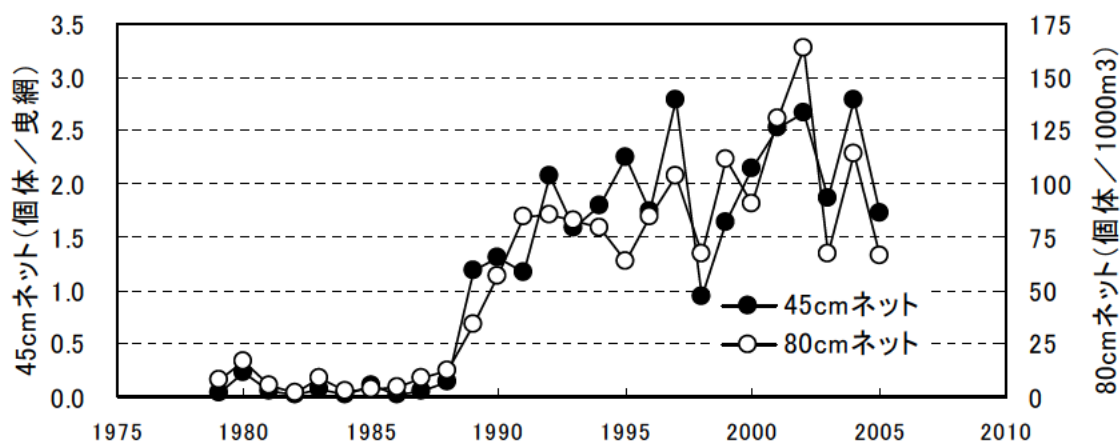


図6 スルメイカ幼生の分布密度（1曳網あたりの平均採集個体数）

CPUE

日本海における中型いか釣り漁船のCPUE（1隻1日あたりの漁獲量）は1980年代後半にかけては主に1トン以下であったが、1989年以降は増加し、2000年前後には約3トンの水準となった（図4）。しかし、近年は減少傾向にあり、2004年および2005年は2.5トンを下回った。

(3) 外套背長組成の推移

漁場一斉調査（補足資料1）で採集された個体のCPUEで重み付けした体長組成を図7に示す。2006年の外套背長組成は外套背長21cm以上の個体は最近5年平均を上回ったが、外套背長21cm未満の個体は近年5年平均より少なかった。

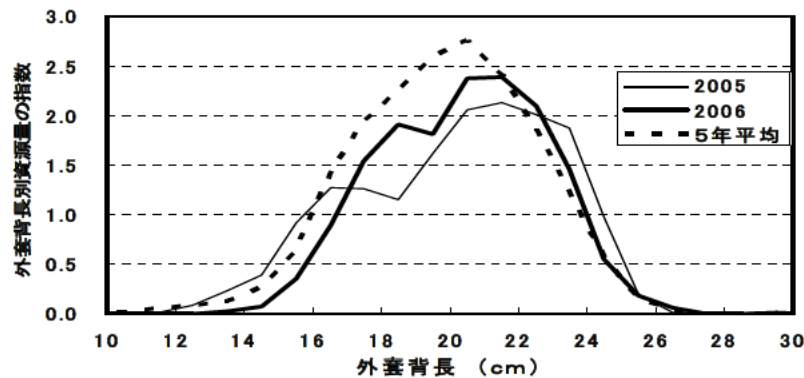


図7 漁場一斉調査結果による各年の外套背長組成

(4) 資源量の推移

スルメイカ秋季発生系群の推定資源量を図8に示す。1980年代前半は減少傾向にあり、1980年代は主に50万トン前後(平均56.3万トン)、1986年には21万トンとなった。1980年代後半は増加傾向となり、2000年前後には150万～200万トン前後となった。近年は減少傾向となり、2006年の資源量は122万トンと推定された。

漁獲割合は1980年代に資源量の減少と共に上昇し、1980年代半ばには40%前後となった。しかし、その後は資源量の増加と共に減少し、1990年代は30%以下、近年は20%前後であった。

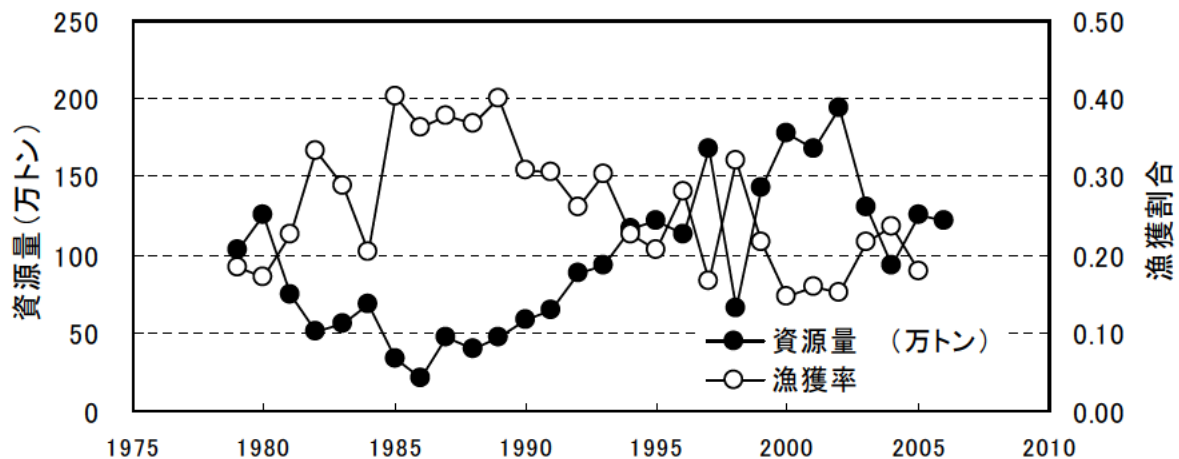


図8 スルメイカの推定資源量および漁獲割合

資源量と漁獲量より算出した産卵親魚量を図9に示す。産卵親魚量も資源量と同様に1980年代前半は低水準・減少傾向であったが、1980年代後半以降は増加に転じ、2000年前後は80万トン前後となった。近年は減少し、50万トン前後である。

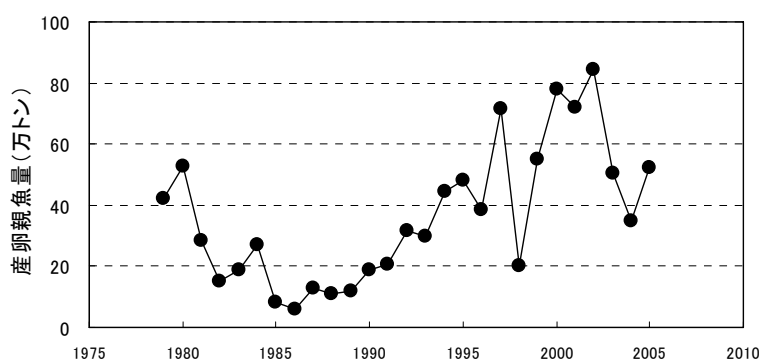


図9 スルメイカの推定産卵親魚量。

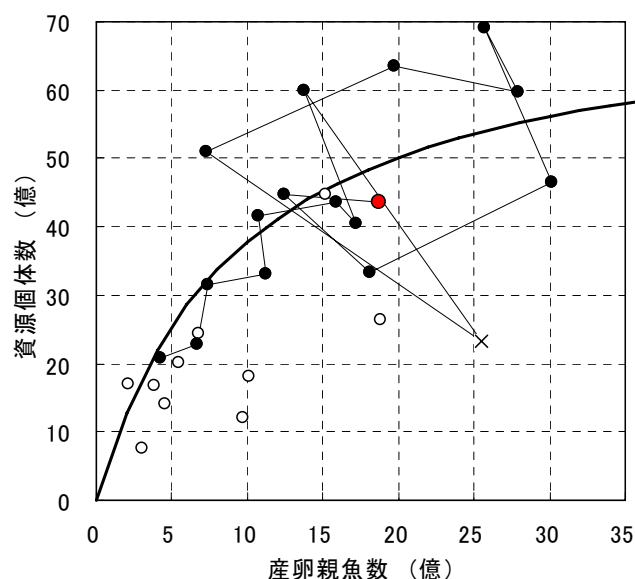
(5) 資源水準・動向

資源量および産卵親魚量の変化から、2006年のスルメイカ秋季発生系群の資源は「高位水準・減少」と判断した。

5. 資源管理の方策

(1) 再生産関係

スルメイカの資源動向は海洋環境によって変化すると考えられている（補足資料3）。そこで、再生産関係の推定には好適な環境と判断される1990年代以降の資源個体数と産卵親魚数を用いた（図10）。再生産関係はBeverton・Holt型の再生産モデルを用い、偏差平方和（対数値）が最小になる値として、パラメータを $a=7.76$ 、 $b=0.105$ と推定した。この再生産関係を用いると F_{msy} は0.737、 MSY は42.8万トン、この時の資源個体数37.6億個体、資源量（ B_{msy} ）105.4万トンと計算された（補足資料4）。



$$N_t = \frac{a \cdot S_{t-1}}{1 + b \cdot S_{t-1}} \cdot e^{\varepsilon}$$

$a=7.76$ 、 $b=0.105$

図10 再生産曲線 1990年以降の資源量と産卵親魚量の関係（●）をもとに推定。ただし、1998年の値（×）は除いた。○は1980～1989年の関係を示す。

(2) 今後の加入量の見積もり

スルメイカ資源は近年減少傾向にあるものの、資源動向の変化を示す産卵回遊経路や産卵場形成位置等の生態的な変化は見られず、本格的な減少期に入った兆候は観察されていない。したがって、今後の加入の見積もりは、今後も1990年代以降のスルメイカにとって好適な環境が持続し、好適な環境下の再生産関係に従って資源が変動することを想定した。

(3) 漁獲圧と資源動向

各漁獲係数で漁獲した場合の資源量および漁獲量の変化を図12および表2に示す。ここで、 $F_{current}$ は近年3年間の漁獲係数の平均値(=0.336)、 F_{msy} は再生産関係から推定した持続漁獲量を最大にする漁獲係数(=0.737)、 F_{sus} は再生産関係から推定される近年3年間の平均資源量(114万トン)を維持する漁獲係数(=0.653)である。なお、2006年の漁獲係数は1979年～2004年の資源個体数と漁獲係数の関係(図11：双曲線で近似)より推定した値(=0.328)を用いた。

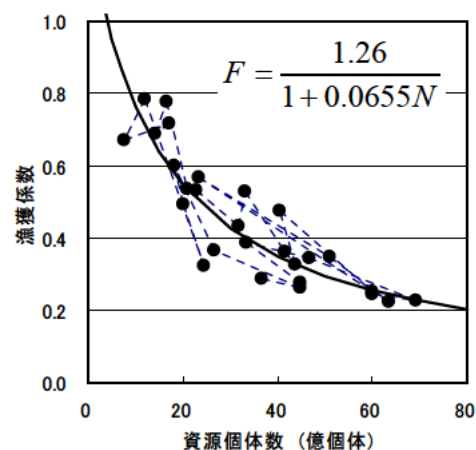


図11 資源個体数(N)と漁獲係数(F)の関係

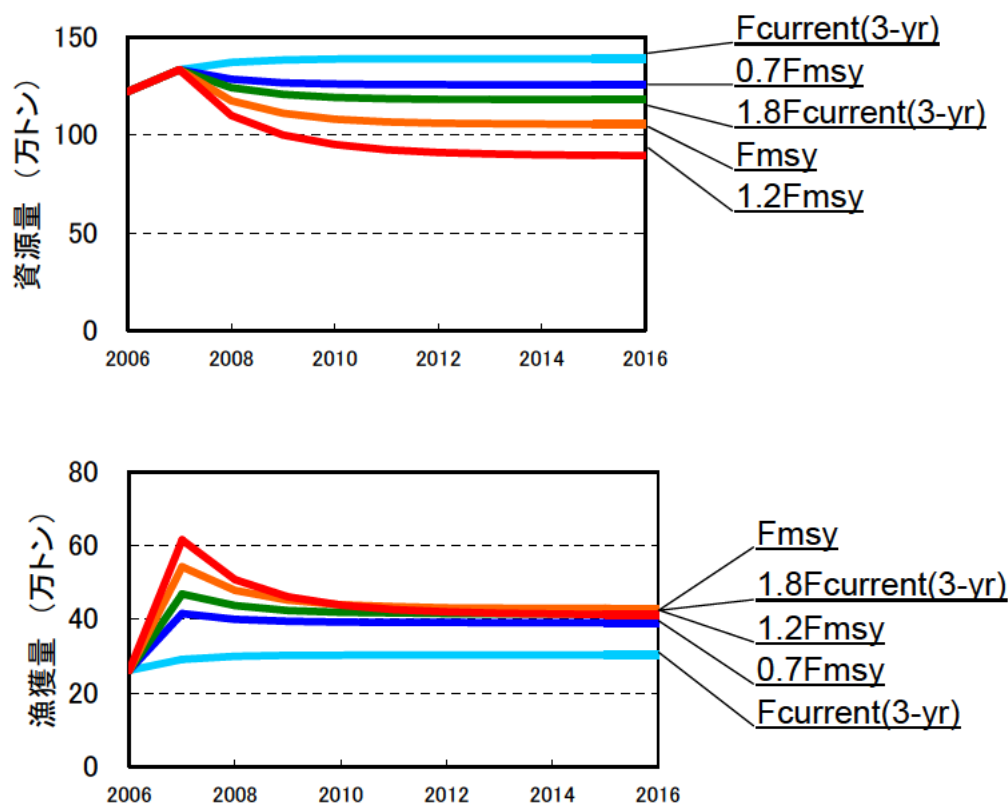


図12 各漁獲係数で漁獲した場合の資源量(上図)および漁獲量(下図)の推移

表2 各漁獲係数で漁獲した場合の資源量および漁獲量の推移

		漁獲量 (千トン)					
F	基準値	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0.168	0.5Fcurrent(3-yr)	261	156	169	173	175	175
0.336	Fcurrent(3-yr)	261	291	299	302	303	303
0.516	0.7Fmsy	261	415	400	394	392	391
0.590	0.8Fmsy	261	460	431	419	415	413
0.604	1.8Fcurrent(3-yr)	261	468	436	424	418	416
0.653	Fsus	261	496	453	436	429	426
0.737	Fmsy	261	542	478	451	439	434
0.885	1.2Fmsy	261	614	507	461	438	426

		資源量 (千トン)					
F値	基準値	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0.168	0.5Fcurrent(3-yr)	1220	1333	1446	1481	1491	1494
0.336	Fcurrent(3-yr)	1220	1333	1371	1383	1388	1389
0.516	0.7Fmsy	1220	1333	1285	1267	1260	1257
0.590	0.8Fmsy	1220	1333	1248	1216	1202	1197
0.604	1.8Fcurrent(3-yr)	1220	1333	1241	1206	1191	1185
0.653	Fsus	1220	1333	1217	1171	1151	1143
0.737	Fmsy	1220	1333	1174	1110	1080	1067
0.885	1.2Fmsy	1220	1333	1099	999	950	924

(4) 漁獲制御方法の提案

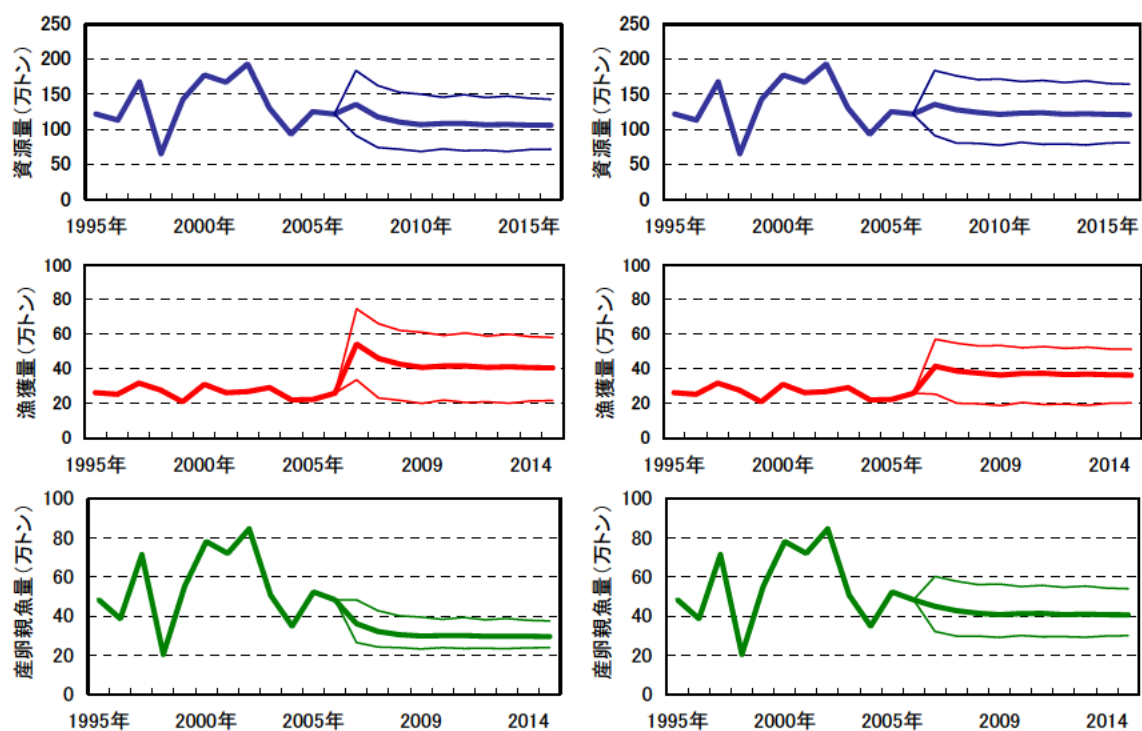
スルメイカの資源量を、MSYを達成する水準（Bmsy）以上に維持することを管理目標とした。そこで、管理目標を達成するための基準値として、Flimitには推定した再生産関係式から算定されるFmsy=0.737を用いた。また、再生産の不確実性および近年資源が減少傾向にあることから、加入量の不確実性の安全率を標準値(=0.8)よりも厳しく設定し、Ftarget=0.7Fmsyとした。なお、資源量が管理目標であるBmsy（=105.4万トン）を下回る水準では、最大持続生産量が維持できないことから、Bmsyの水準（=105.4万トン）をBlimitとし、資源量がこの値を下回った場合は漁獲係数をFmsyより引き下げ、資源を回復させる措置をとる必要がある。

(5) 不確実性を考慮した検討

再生産関係の不確実性による影響を、シミュレーション（補足資料5）をもとに検討した。2007年～2016年におけるFmsy（=0.737）および0.7Fmsyで漁獲した場合の資源量、漁獲量、産卵親魚量の推移は図13の通りであった。

各漁獲係数で漁獲した場合の2007～2016年の平均資源量と平均漁獲量および2016年の資源水準の確率を図14に示した。平均漁獲量は漁獲係数が0.8付近で最大となり、Fmsy（=0.737）で43.1万トン、0.7Fmsy（=0.516）で37.6万トン（Bmsyで漁獲した場合の87%）であった（図14左）。平均資源量は漁獲係数の増加と共に減少し、Fmsy（=0.737）で111.3万トン、0.7Fmsyで124.3万トン（同112%）であった（図14左）。

2016年の資源量がBmsy（105.4万トン）を超える確率は、Fmsyで漁獲した場合は48.6%であったが、0.7Fmsyで漁獲した場合は66.1%に上昇した。2016年の資源量が低水準期にあたる1980年代の平均値（56.3万トン）を下回る確率は、Blimitを設定しない場合、漁獲係数が0.7を超えると急速に高くなったが、漁獲係数が0.8以下では変化が少なく、Fmsyでは3.8%、0.7Fmsyでは1.9%であった（図14右）。



Fmsyで漁獲した場合の変化

0.7 F msyで漁獲した場合の変化

図13 再生産の不確実性を考慮した資源量および漁獲量の推移。1000回の反復計算より上位10%値、平均値、下位10%値を示す。

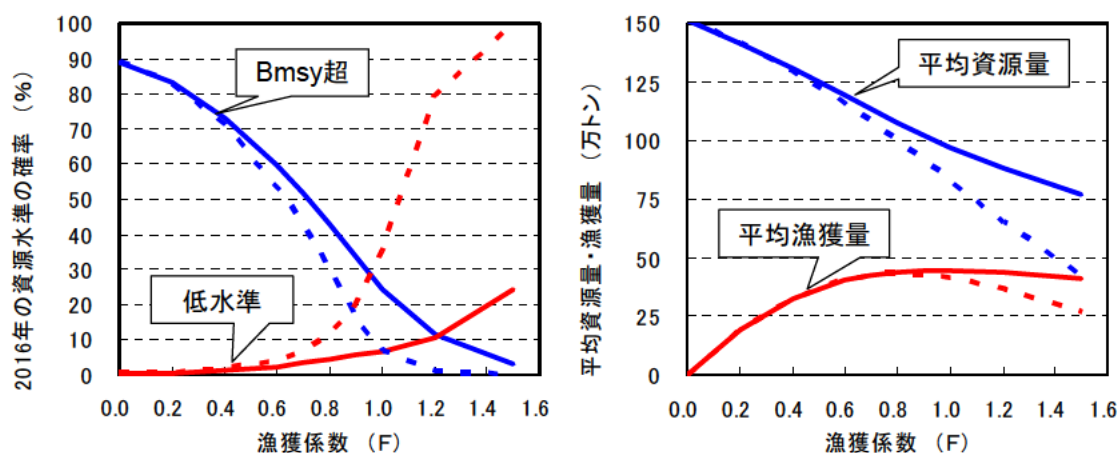


図14 シミュレーション（1000回の反復計算）による2007年～2016年の平均資源量・平均漁獲量（左図）および2016年における各資源水準の確率（右図）。低水準は1980年代の平均資源量（56.3万トン）以下を示す。実線はBlimitをBmsyに設定した場合、点線はBlimitを設定しない場合の結果。

6. 2007年ABCの設定

(1) 資源評価のまとめ

スルメイカの資源変動特性として、中長期的な海洋環境の変化によって再生産状況および資源水準が変化する。1980年代は不適な海洋環境に加え、高い漁獲割合によって資源が減少し、推定資源量が50万トン前後の低水準で推移した。1990年代以降は好適な環境への変化および漁獲割合の低下によって資源が増大し、100万トン以上の高い資源量水準を維持している。近年は資源が減少傾向にあるが、資源動向の変化を示唆する産卵場形成位置等の生態的な変化はまだ観測されていない。したがって、2007年も1990年代以降の好適な環境における加入量水準が期待され、適切な漁獲管理によって高い資源水準を維持することが可能と考えられる。

1990年以降の再生産関係では、 $F_{msy}=0.737$ と推定された。この漁獲係数で漁獲することによって資源量をMSY水準 (B_{msy}) に維持することが期待されることから、 $F_{limit}=F_{msy}$ とした。しかし、再生産の不確実性を考慮したシミュレーション結果では、 F_{msy} で漁獲した場合、10年後の資源量が管理目標を上回る確率は半分程度 (52.4%) であり、管理目標を高い確率で達成するためには漁獲係数を F_{msy} よりも低く設定する必要がある。シミュレーションの結果では F_{target} に設定した $0.7F_{msy}$ で漁獲した場合、10年後に管理目標を上回る確率は66%に増加し、この間の平均漁獲量も F_{msy} で漁獲した場合の87%が確保できる。

なお、2005年12月から2006年1月の寒波によって冬季のスルメイカの産卵回遊経路が沿岸寄りに変化したことが定置網の漁獲量からは推察されるなど、スルメイカ資源が変動期に入ったことを示す情報も得られはじめている。したがって、今後の産卵場や分布・回遊経路の調査結果を基に資源動向を的確に判断していくことも重要である。

(2) ABCと参考値の算定、管理の考え方と許容漁獲量

2006年の資源個体数は43.6億個体 (122.0万トン) であり、2006年の推定漁獲係数 ($F=0.328$) で漁獲すると、2006年の産卵親魚数は17.2億個体 (48.3万トン) と推定される。2006年の産卵親魚個体数と再生産関係式から2007年の資源量は47.6億個体 (133.3万トン) と予測される。

2006年の資源量 (122.0万トン) は B_{limit} 値 (105.4万トン) を上回っていることから、2007年のABC limitは、2007年の予測資源個体数 (17.2億個体) と F_{limit} ($F_{msy}=0.737$) から54.2万トン (我が国EEZ内は24.3万トン: 秋季発生系群の漁獲量に対する我が国EEZ内の漁獲比率の近年5年平均 (0.448) より計算)、2007年のABC targetは、 F_{target} ($0.7F_{msy}=0.516$) から41.5万トン (我が国EEZ内は18.6万トン) と算定した。

参考値として、現状の資源量 (近年3年間の平均値) を維持する漁獲係数 ($F_{sus}=0.653$) および現状の漁獲係数 (近年3年の平均値: $F_{current}=0.336$) で漁獲した場合の2007年の漁獲量、および再生産関係の不確実性を考慮したシミュレーション結果も合わせて表に示した。

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2007 年 漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割 合 (%)	評価		
					A (%)	B (%)	C (千トン)
ABClimit Fmsy	資源量の MSY 水 準の達成と維持	542 (243)	0.737	40.7%	48.6	3.8	431 (193)
ABCtarget 0.7Fmsy	資源量の MSY 水 準の達成と維持に 予防的措置をとる	415 (186)	0.516	31.1%	66.1	1.9	376 (168)
現状の資源水 準の維持 (Fsus)	現状 (近年 3 年間) の資源水準の維持	496 (222)	0.653	37.2%	55.5	2.6	416 (186)
現状の漁獲圧 維持 (Fcurrent)	現状 (近年 3 年間) の漁獲係数で管理 する	291 (130)	0.336	21.8%	77.1	1.1	288 (129)

※ () 内は秋季発生系群の我が国EEZ内の漁獲量。秋季発生系群全体の漁獲量に対する我が国EEZ内の漁獲比率の近年 5 年平均値 (0.448) より算定した値。

※ 評価欄：加入量変動を考慮したシミュレーション (補足資料 1 - 4) において、A:10年後 (2016年) の資源量がBlimitを上回る確率、B:10年後 (2016年) の資源量が低水準期であった1980年代の平均資源量を下回る確率、C:2007年～2016年の平均漁獲量。

なお、仮定値である自然死亡係数 (M) の不確実性および全減少係数の推定誤差が与える資源評価値への影響を補足資料 6 に示した。

想定される自然死亡係数 (0.15～0.9) および全減少係数の70%信頼区間 (0.937～1.22) の範囲で算定される資源量は、自然死亡係数と全減少係数から推定される比例定数 (資源量指数に比例定数をかけて資源量を推定) の変化と共に大きく変化する。また、2007年のABClimitは、比例定数が大きく、過去の推定資源量が大き (過去の漁獲率が低い) と高い値が算定され、過去の推定資源量が低い (過去の漁獲率が高い) と2007年のABClimitは低い値が算定される。ただし、過去の推定資源量には下限値 (漁獲量<資源量) があるため、算定される2007年のABClimit値は約44万トンが下限値となる。

ここで、算定した2007年のABCが自然死亡係数の不確実性および全減少係数の推定誤差によって過大に推定されていた場合、過剰漁獲となって資源を減少させる危険性がある。しかし、仮定した自然死亡係数の不確実性および全減少係数の推定誤差から想定される2007年のABClimitの下限値は約44万トンであり、2007年のABCtarget (=41.5万トン) よりも高い値である。したがって、仮定値である自然死亡係数 (M) の不確実性および全減少係数の推定誤差が与える2007年のABClimit値の過大推定による影響は小さく、ABCtarget値を用いることによって対応可能であると判断する。

(3) ABCの再評価 (千トン)

評価対象年	管理基準	資源量	ABClimit	ABCtarget	漁獲量	管理目標
2005年(当初)	Fmsy(0.748)	1043	428	364	274	MSY水準の維持
2005年(再評価)	Fmsy(0.780)	1156	491	417	224	MSY水準の維持
2005年(再々評価)	Fmsy(0.737)	1254	510	390	224	MSY水準の維持
2006年(当初)	Fmsy(0.780)	1251	529	450		MSY水準の維持
2006年(再評価)	Fmsy(0.737)	1220	496	379		MSY水準の維持

2005(当初)漁獲量は2005年資源評価時の予測値

7. ABC以外の管理方策への提言

海洋環境や幼生の分布状況のモニタリング調査(補足資料1)を継続して実施して中長期的な資源動向を把握すると共に、資源動向が変化する兆候(水温、産卵場の変化)が観察された場合は対応策を検討する必要がある。

スルメイカは単年生の生物資源であり、毎年漁獲対象資源が更新する。そのため、次年の資源量予測が困難な特性を有する。ここで、再生産関係から予測したABCの算定根拠となる資源量に対し、実際に加入した資源量が少なかった場合、設定したABCは過大値となり、過剰漁獲となる可能性がある(補足資料7)。したがって、各発育段階における調査結果(幼生の分布調査、新規加入量調査(補足資料1))を用いて、予測した資源量と実際の資源状況を逐次把握すると共に、予想値と異なっていた場合は速やかに対応を検討することも重要である。

8. 引用文献

- 安達二郎(1987) スルメイカは2回産卵することの検討. イカ類資源・漁海況検討会議研究報告(昭和61年度), 17-24, 東北水研八戸.
- 安達二郎(1988) 日本海西部海域におけるスルメイカ、*Todarodes pacificus* Steenstrup、の漁業生物学的研究. 島根県水産試験場研究報告, (5), 1-93.
- 新谷久男(1967) スルメイカの資源. 水産研究叢書, (16), 66pp, 日本水産資源保護協会.
- 後藤常夫(1999) 口径 45cm プランクトンネットの鉛直曳きによるスルメイカ幼生の採集とその有効性(要旨). イカ類資源研究会議報告(平成10年度), 99-100, 北水研.
- Goto, T. (2002) Paralarval distribution of the ommastrephid squid *Todarodes pacificus* during fall in the southern Sea of Japan and its implication for locating spawning grounds. *Bul. mar. sci.* 7(1), 299-312.
- 浜部基次・清水虎雄(1966) 日本海西南海域を主としたスルメイカの生態学的研究. 日水研報告, (16), 13-55.
- 笠原昭吾・永澤亨(1988) 対馬暖流系スルメイカ稚仔分布の経年変動. イカ類資源・漁海況検討会議報告(昭和62年度), 34-45, 北水研.
- 木所英昭・氏良介(1999) 共食いで捕食されたスルメイカの孵化後の日数の推定. 日水研

報告, (49), 123-127.

木所英昭・後藤常夫 (1999) 1998 年の日本海におけるスルメイカの減少と今後の動向について. イカ類資源研究会議報告 (平成 10 年度), 1-8, 北水研.

木所英昭・檜山義明 (1996) 日本海におけるスルメイカの分布海域による成長の差異. 日水研報告, (46), 77-86.

木所英昭・後藤常夫・笠原昭吾 (2004) 日本海におけるスルメイカの産卵場の変化と海洋構造の変化の関係. イカ類資源研究会議報告 (平成15年度), 日水研, 89-99

木所英昭・森 賢・後藤常夫・木下貴裕 (2002) 我が国におけるスルメイカの資源評価・管理方策について. 資源管理談話会報, (30), 18-35, 日本鯨類研究所.

森 賢・中村好和 (2001) 標識放流から推定したスルメイカ太平洋系群の回遊経路. 北水研報告, (65), 21-43.

町中 茂・宮下民部・宮島英雄・笠原昭吾 (1980) 1979年日本海沖合水域におけるスルメイカ標識放流の再捕結果と資源特性値の推定. 石川水試研究報告, (3), 37-52.

村田守・新谷久男 (1977) スルメイカ冬生まれ群資源の現状と問題点. スルメイカ資源・漁海況検討会議シンポジウム報告, 1-14, 日水研.

中村好和・森 賢 (1998) 1996年の道東・南部千島太平洋並びにオホーツク海でのスルメイカとアカイカの分布と回遊. 北水研報告, (62), 63-82.

Nakata, J. (1993) Long-term changes in catch and biological features of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) in waters off the east coast of Hokkaido. pp.343-350. In *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology*, ed. by Okutani, T., O'Dor, R. K. and Kubodera, T., Tokai University Press, Tokyo.

Okutani, T. and Watanabe, T. (1983) Stock assessment by larval survey of the winter population of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), with a review of early works. Biol. Oceanog. 2, 401-431.

沖山宗雄 (1965) 日本海沖合におけるスルメイカ *Todarodes pacificus* STEENSTRUP の食性. 日水研報告, (14), 31-42.

桜井泰憲 (1998) 気候変化に伴うスルメイカ資源変動のシナリオ. 海洋, 30, (7), 424-435.

Sakurai, Y., Kiyofuji, H., Saitoh, S., Goto, T. and Hiyama, Y. (2000) Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. ICES journal of Marine Science, (57), 24-30.

桜井泰憲・山本 潤・木所英昭・森 賢 (2003) 気候のレジームシフトに連動したスルメイカの資源変動. 海洋, 35, (2), 100-106.

補足資料 1

調査船調査の一覧と解説

1) 漁場一斉調査および資源量指数

漁場一斉調査（釣獲試験調査）

スルメイカ秋季発生系群の主分布域である日本海では、6月から7月にかけて、日本海側各試験研究機関共同で釣獲試験による分布調査（漁場一斉調査）を実施している。この調査はロシアEEZ内を含む（2000年および2002～2006年（2005年を除く）は我が国EEZ内のみ）日本海の大部分を対象に60～70の調査点で行い、魚群の分布状況や魚体の大きさを把握している（図1-1）。この調査の全調査点のCPUE（釣機1台1時間あたりの採集個体数）の平均値は、その年の漁況（漁獲量）をよく示していることから（図1-2）、スルメイカの漁況予報等で資源量を推定する指標値（資源量指数）として用いられてきた。

漁場一斉調査は、1994年以前は6月、7月、9月の3回実施されてきたが、1995年以降は7月のみの実施となっている。したがって、資源評価に用いる資源量指数は、1995年を境に下記のように求めた。

- （a）1995年以降は実施した全調査点の平均CPUE（釣機1台1時間あたりの採集個体数）を資源量指数として計算。
- （b）1994年以前は、実施された調査点が海域的に重複している部分が多いことから、6～7月の調査海域を緯経度1度範囲の小海区に区分し、各小海区内で実施された調査の平均CPUEを小海区のCPUEとして求め、全小海区の平均CPUEを資源量指数として計算。

2) 稚仔分布調査

スルメイカ幼生の分布状況把握を目的として、10～11月にスルメイカ秋季発生系群の主産卵場である山陰から九州北西部沿岸域で口径45cm（鉛直曳）及び80cm（傾斜曳）のプランクトンネットを用いて実施している（図1-3）。幼生の分布密度は翌年の加入量よりもその年の産卵親魚量との相関が高いことが知られ（笠原・永澤1988）、特に口径45cmのプランクトンネットによる結果は、資源水準が高い年代には親魚の資源水準を把握するのに有効であることが報告されている（後藤1999）。

これまでの調査結果からスルメイカ幼生の分布海域（産卵場を示している）はスルメイカの資源水準と連動して変化することが明らかになっている（Goto 2002）。資源水準が低かった1980年代は、主に北陸沿岸域がスルメイカ幼生の主分布域であったが、資源が増加した1990年代には対馬海峡から東シナ海まで幼生の分布域が拡大した（図1-4）。このような幼生の分布海域の変化（産卵海域の変化を示す）は海洋環境の変化が関連していると考えられ、スルメイカの幼生の分布域から海洋環境および資源動向の変化を判断することが可能と考えられる。

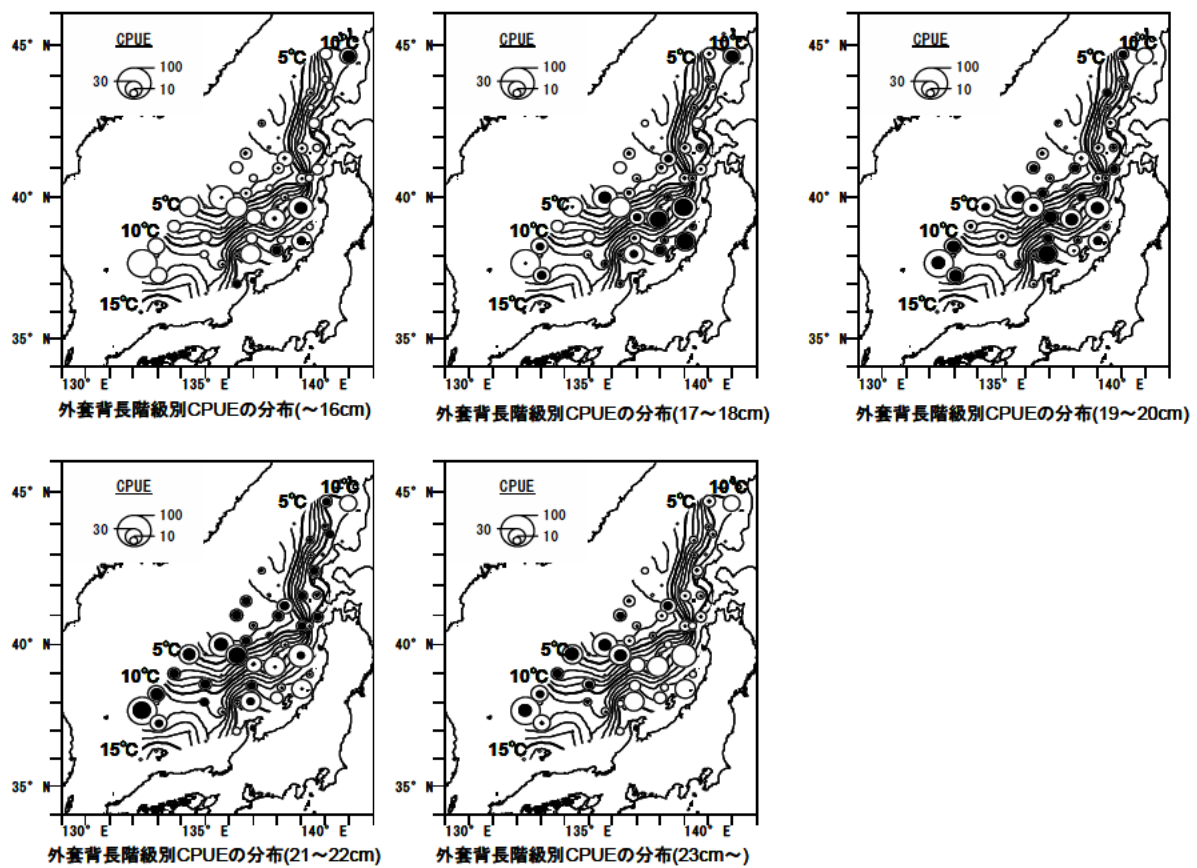


図 1-1 2006 年の日本海スルメイカ漁場一斉調査結果。
各調査点の CPUE (○) と外套背長階級別 CPUE (●) を水深 50m の水温分布図を合わせて示した。

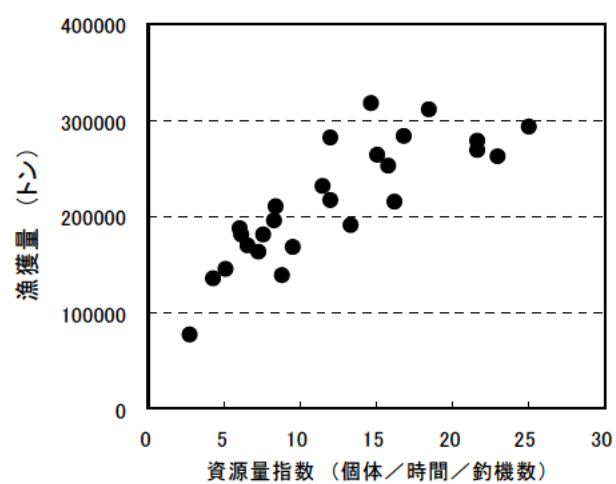


図 1-2 秋季発生系群の資源量指数と漁獲量の関係
資源量指数と漁獲量の間には正の相関関係($p < 0.01$)が見られる。

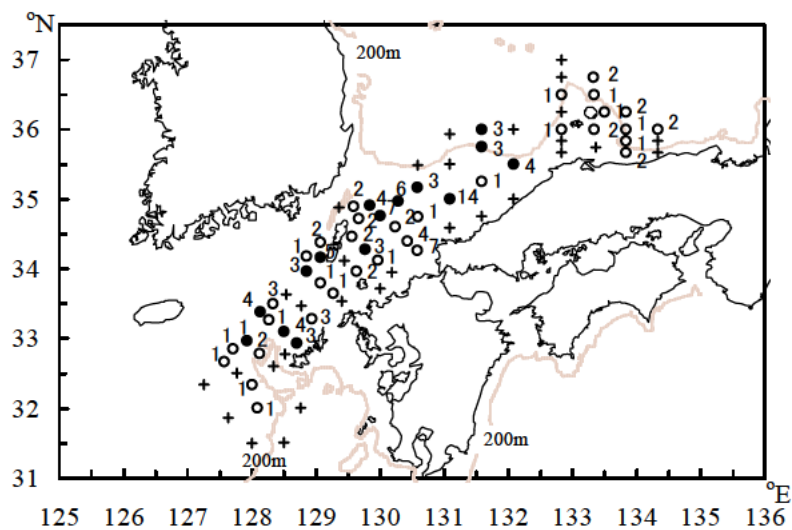


図 1-3 口径 45cm ネットによるスルメイカ稚仔の採集個体数(2005 年)
 + : 採集個体数が 0, ● : 孵化直後の幼生が採集された地点 ○ : 幼生の採集地点

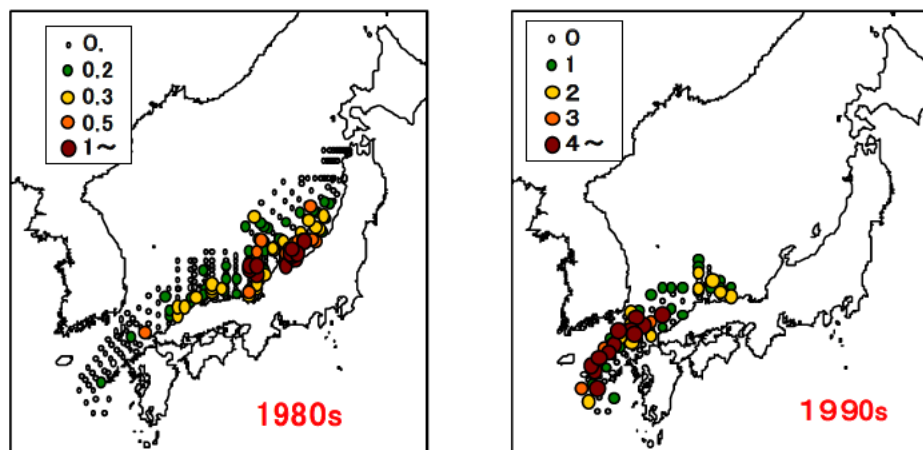


図 1-4 スルメイカ幼生の分布域の変化

左図は資源水準の低かった1980年代の採集結果（1 網あたりの採集個体数）、
 右図は資源水準が高くなった1990年代の採集結果（1 網あたりの採集個体数）。

3) 新規加入量調査

スルメイカは単年性の生物である。そのため、資源が毎年更新し、新規加入群のみがその年の漁獲対象資源となる。さらにスルメイカの幼生から加入までの生残率は環境の影響を受けやすく、年によっては十分な産卵親魚量を確保したにもかかわらず、資源量が大きく減少する場合がある。したがって漁期前の調査を基にした精度の高い資源量の早期把握手法の開発が以前より求められてきた。そこで表層トロール網（主に網口の直径12mの表層トロール網）を用いて漁期直前の4月にスルメイカの分布量を把握し、資源量を予測する調査を2001年より実施している（図1-5）。

2006年の調査結果では、大和堆の南で多数の個体（200個体／網）が採集されたが、そのほかの海域では採集個体数が少なく、全調査点の1曳網あたりの平均採集個体数は17.5個体であった。2001年から2006年の新規加入量調査の平均採集個体数と推定資源量は正の相関関係が見られ（図1-6）、今後、この調査結果を用いて漁期前（当年の4月）に資源量を把握することが期待される。

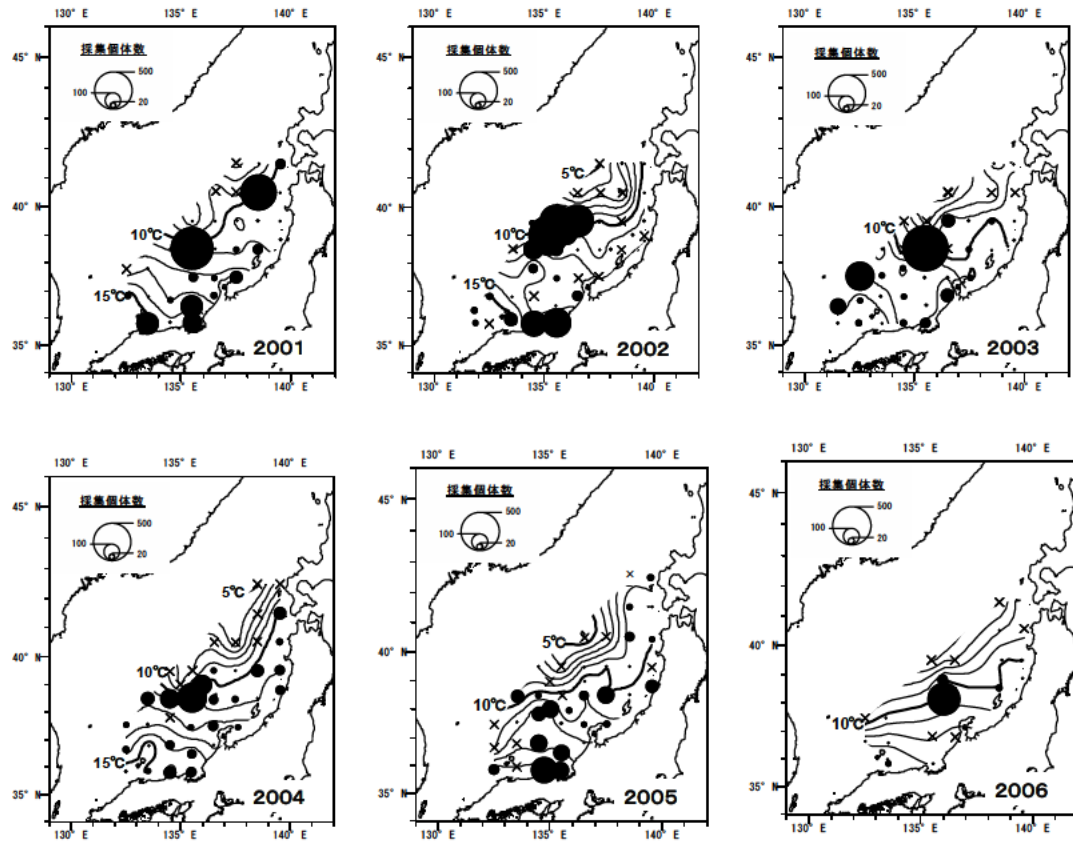


図1-5 2001年～2006年の新規加入量調査による加入前スルメイカの分布状況

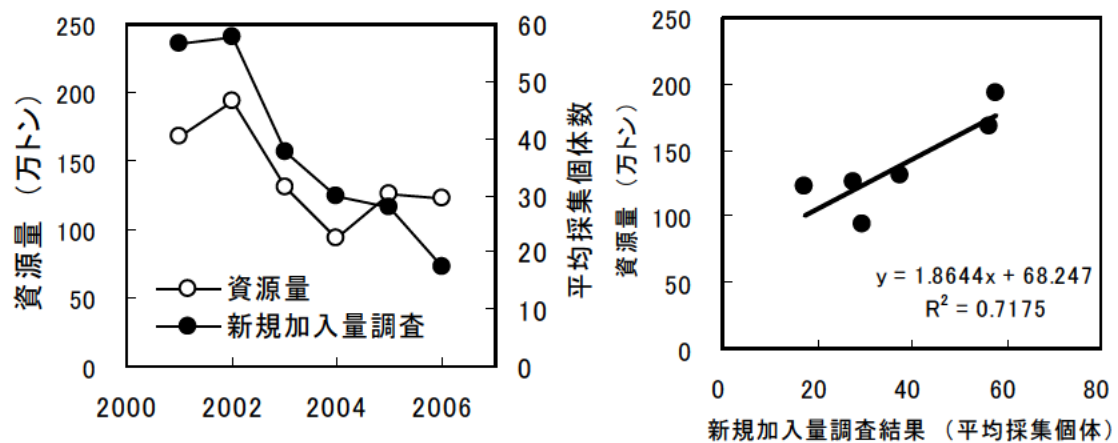


図1-6 平均採集個体数と推定資源量の関係

補足資料 2

資源量の推定方法

スルメイカ秋季発生系群の資源個体数 (N_t) は、漁場一斉調査結果 (補足資料1) より得られる資源量指数 (U_t) をもとに以下の方法で求めた。なお、生物情報 (成長、自然死亡係数) は次の通りとした。

成長：スルメイカは孵化後6ヶ月以降に加入し、寿命とされる1年 (孵化後12ヶ月) までの6ヶ月間漁獲対象になるとした。したがって、資源評価にあたっては、漁獲物の体重を漁獲対象となる期間の中間にあたる孵化後9ヶ月の体重 (280 g) を用い、加入時、産卵時の体重も280gとして計算した。

自然死亡係数：これまでバイオマス解析 (安達1988)、標識放流調査 (町中ら1980) による推定が試みられているが、妥当な値は得られていない。そこで、月当たりの自然死亡係数0.1 (加入後6ヶ月で0.6) を仮定値として用いた。

スルメイカ秋季発生系群の資源個体数 (N_t) は、漁場一斉調査結果 (補足資料 1-1) より得られる資源量指数 (U_t) から以下のように計算した。

$$N_t = q \cdot U_t \quad (2-1)$$

ここで N_t は t 年の資源個体数 (億個体)、 U_t は t 年の資源量指数、資源量指数に比例定数 (q) をかけることで、資源個体数 (N_t) が計算される。さらに、1個体あたりの体重 (280g) をかけると、資源量 (B_t) となる。

1. 比例定数の推定は、下記の手順で行った。

- 1) 1979年～2000年の調査船調査結果 (6月1日～11月30日) を用いて、調査船のCPUEの減少係数から1979年～2000年の平均的な全減少係数 (Z^*) を推定した。ただし、年による資源水準の違いを取り除くため、減少係数の推定には式 (2-2) の様に各年月日調査船のCPUEの値 ($u_{i,t}$) を各年のCPUEの平均値 ($u_{avg\ t}$) で割った値 ($u_{std\ i}$) を用いた。

$$u_{std\ i} = \frac{u_{i,t}}{u_{avg\ t}} \quad (2-2)$$

- 2) 推定した1979年～2000年の平均的な全減少係数 (Z^*) から自然死亡係数 (M) を差し引き、平均的な漁獲係数 (F^*) を求めた。
- 3) 1979年～2000年の資源量指数 U_t と漁獲量 C_t から、1979年～2000年の漁獲係数 (F_t) の平均値が、上記で推定した平均的な漁獲係数 (F^*) となるように比例定数 q を求めた (式2-3, 2-4)。

$$F^* = \frac{\sum F_t}{n} \quad (2-3)$$

($t = 1979 \sim 2000$)

$$F_t = -\ln \left(1 - \frac{C_t \cdot e^{\frac{1}{2}M}}{qU_t} \right) \quad (2-4)$$

補足：式（2-4）より、各年の F_t は、比例定数 q の値によって変化するが、1979年～2000年の F_t の平均値がCPUEの減少率から推定した（ F^* ）と同じ値になるように比例定数（ q ）を求めた。

2. 1979年～2000年の平均的な減少係数（ Z^* ）と比例定数（ q ）の推定結果

漁期開始の6月から漁期終了の11月までの u_{stdi} は、完全加入する7月中旬までは増加したが、7月下旬以降（加入後50日以降）は減少傾向となった（図2-1）。そこで7月下旬から11月下旬のデータを用いて全減少係数（ Z^* ）を推定した。その結果、回帰直線の傾きは0.0060と推定され、漁期間（180日）の全減少係数を、 $Z^*=1.08$ と推定した。この値から自然死亡係数（ $M=0.6$ ）を差し引くと、1979年から2000年の平均的な漁獲係数（ F^* ）は $F^*=0.480$ となった。

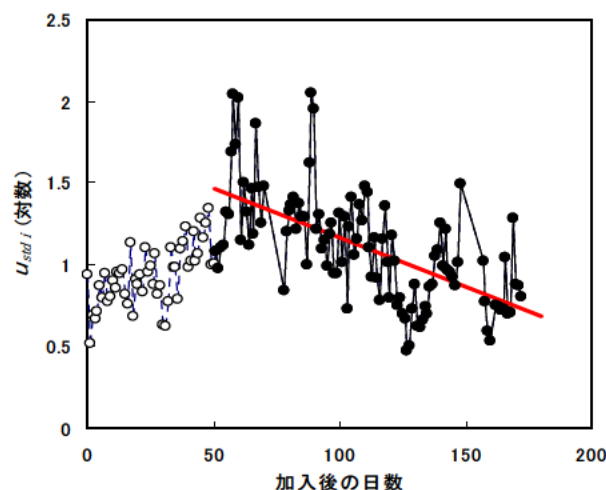


図 2-1 年相対 CPUE の日別変化

次に、1979年～2000年の漁獲量（ C_t ）と資源量指数（ N_t ）を用いて、1979年～2000年の各年の漁獲係数（ F_t ）の平均値が $F^*=0.480$ となるように比例定数（ q ）を求めた（式2-3、2-4）。

その結果、比例定数（ q ）は、 $q = 2.76 \times 10^8$ と推定された。この推定値を用いると、低水準であった1980年代の資源量の平均値は56.3万トン、資源が増加した1990年代は103.9万トン、2000年以降は144.2万トンとなり、平均漁獲率は、1980年代は31%、1990年代は26%、2000年以降は18%と推定された（1979年～2006年の平均漁獲率は0.26）。

補足資料 3

海洋環境の変化とスルメイカの資源変動

スルメイカの資源は中長期的および短期的な海洋環境の変化によって変動することが報告されている（Okutani and Watanabe 1983；村田・新谷 1977；桜井 1998；木所・後藤 1999；木所ら2002）。特にレジームシフトと呼ばれる中長期的な海洋環境の変化は、マイワシをはじめとする小型浮魚類に加え、スルメイカの資源水準にも大きな影響を与えると考えられている（Sakurai et al. 2000）。最近のレジームシフトは1980年代後半に起こり、寒冷期から温暖期に移行したとされ、1980年代後半以降、スルメイカの資源量が増加に転じている（図3-1、3-2）。

このように海洋環境が温暖な年代はスルメイカの再生産にとって好適な年代であるが、寒冷な年代はスルメイカの資源にとって不適な年代になると考えられている。系群による特徴として、秋季発生系群は冬季発生系群と比較して海洋環境の中長期的な変化による資源量の変動幅が小さい。

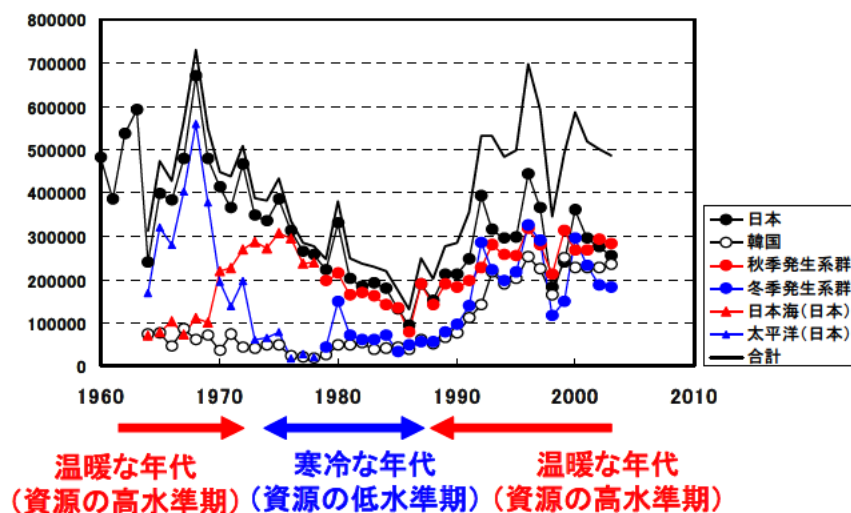


図3-1 スルメイカの系群別漁獲量の変化と海洋環境の関係

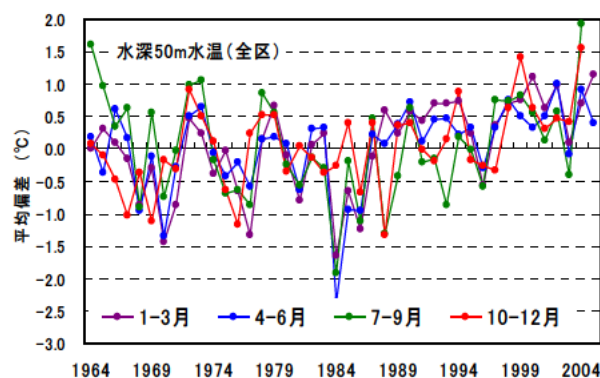


図3-2 対馬暖流域の水深50m水温の四季別経年偏差（℃）

補足資料 4

再生産関係と ABC の推定方法

再生産関係は、推定した資源個体数と産卵親魚数から求めた。

産卵親魚数 (S_t) は資源個体数と式 (2-4) で推定した漁獲係数から下記のように求めた。

$$S_t = N_t \cdot e^{-M_t - F_t} \quad (4-1)$$

ここで F_t は漁獲係数、 M_t は自然死亡係数であり、自然死亡係数 M_t は資源量に関係なく 0.6 として計算した。

再生産関係式は、中長期的な海洋環境と加入動向の関係をもとに、近年の良好な加入状況が続く 1990 年以降の産卵親魚と資源個体数の関係を基に推定した（ただし関係式を推定する際、環境の一時的な悪化によって資源が大きく減少したと考えられる 1998 年の値は除いた）。再生産関係は Beverton-Holt 型をモデルに誤差が対数正規分布に従うとして、誤差(ε)の 2 乗和が最小になるように係数 a 、 b を求めた。

$$N_t = \frac{a \cdot S_{t-1}}{1 + b \cdot S_{t-1}} \cdot e^{\varepsilon} \quad (4-2)$$

その結果、 $a=7.76$ 、 $b=0.105$ と推定された。

また、再生産関係式(4-2)は、(4-1)式より S_{t-1} を N_{t-1} で示すと下式となる。

$$N_t = \frac{a \cdot N_{t-1} \cdot e^{-M_{t-1} - F_{t-1}}}{(1 + b \cdot N_{t-1} e^{-M_{t-1} - F_{t-1}})} \quad (4-3)$$

なお、定常状態 ($N_t = N_{t-1}$) の資源個体数は

$$N = \frac{a \cdot e^{-M-F} - 1}{b \cdot e^{-M-F}} \quad (4-4)$$

で示され、その時の漁獲量 (Y) は下記のようなになる。ここで、 w は 280g とした。

$$Y = \frac{F}{F + M} \cdot (1 - e^{-M-F}) \cdot \frac{a \cdot e^{-M-F} - 1}{b \cdot e^{-M-F}} \cdot w \quad (4-5)$$

F_{msy} は、(4-5) 式において、漁獲量 (Y) が最大となる漁獲量(MSY)の F ($=F_{msy}$) として求めた。その結果、 F_{msy} は 0.737 と推定され、MSY は 42.8 万トン、この時の資源個体数 37.6 億個体、資源量 (B_{msy}) は 105.4 万トン (37.6 億個体) と計算された(図 3-3)。

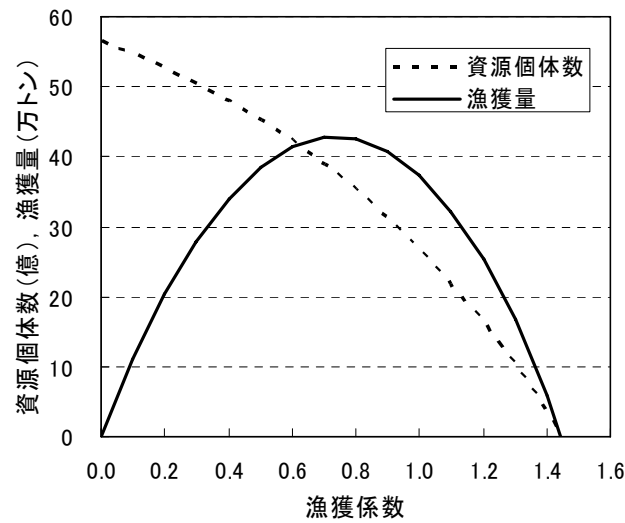


図3-3 推定した再生産関係式から計算した持続生産量（SY）曲線

なお、 t 年のABCは（4・5）式における前年の資源量（ N_{t-1} ）及び予測される漁獲係数（ F_{t-1} ）と管理基準値（ $=F_{msy}$ ）から下記の様に算定される。

$$ABC_t = \frac{a \cdot N_{t-1} \cdot e^{-M_{t-1}-F_{t-1}}}{(1+b \cdot N_{t-1} e^{-M_{t-1}-F_{t-1}})} \cdot \frac{F_{msy}}{F_{msy} + M_t} \cdot (1 - e^{-M_t - F_{msy}}) \cdot w \quad (4-6)$$

2006年の各推定値および仮定値は、 $a=7.76$ 、 $b=0.105$ 、 $N_{2006}=43.59$ 億個体、 $F_{msy}=0.737$ 、 $M=0.6$ 、 $F_{2006}=0.328$ 、 $w=2.8$ であり、式4・6より2007年のABClimitを54万2千トンと算定した。

補足資料 5

加入量の不確実性を考慮したシミュレーション

資源個体数は、(5-1)式のBeverton－Holt型の再生産関係式に従うとした。なお、誤差項 (ε) はパラメータの推定の際に得られた残差から平均0、標準偏差0.238の正規分布で発生させた。なお、1998年に見られたような突発的な変化として加入量が15年に1回の割合で半分になるように設定した（6.7%の確率で0.5をランダムに発生させて与えた）。

$$N_t = \frac{a \cdot S_{t-1}}{1 + b \cdot S_{t-1}} \cdot e^{\varepsilon} \quad (5-1)$$

ここで、2006年の推定値は $a=7.76$ 、 $b=0.105$

産卵親魚個体数 (S_t) および漁獲量 (Y_t) は資源個体数と漁獲係数 (F_t) および自然死亡係数 ($M_t=0.6$ で一定) から (5-2) 式および (5-3) 式で求めた。

$$S_t = N_t \cdot e^{-M_t - F_t} \quad (5-2)$$

$$Y_t = \frac{F_t}{F_t + M} \cdot (1 - e^{-M - F_t}) \cdot N_t \cdot w \quad (5-3)$$

ただし、2006年の産卵親魚数 ($=S_{2006}$) は2006年の資源個体数 ($N_{2006}=43.59$ 億個体) と、2006年の予測漁獲係数 ($F_{2006}=0.328$) から計算した17.24億個体を用いた。よって2007年の漁獲量は2007年のABCとして算出される。 w は280gとした。

また、スルメイカの漁獲制御方法として、資源量が B_{limit} ($=B_{msy}$) を下回った場合、基準となる漁獲係数 (F) に削減係数 β を掛けた漁獲係数 ($F_t = \beta F$) を用いた。 β は資源量 ($B_t = N_t \cdot w$) と共に下記のように直線的に減少するとした。

$$\beta = \frac{B_t}{B_{limit}} \quad (5-4)$$

シミュレーションは2007年から2016年までの10年間の変化を1000回反復して計算した。

補足資料 6

推定値および仮定値の感度分析

全減少係数（Z）の推定誤差、および自然死亡係数（M）の不確実性による各算定値の変化を下表および図6-1に示す。

推定した全減少係数における仮定値（自然死亡係数）の各算定結果への影響

Z=	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080
M=	0.900	0.750	0.600	0.450	0.300	0.150
F=	0.180	0.330	0.480	0.630	0.780	0.930
<資源量>						
定量化係数	7.31	4.00	2.76	2.11	1.71	1.43
平均資源量(万トン)	256.0	140.1	96.6	73.8	59.8	50.3
2006年資源量(万トン)	332.3	181.9	125.4	95.8	77.6	65.2
平均漁獲率	0.098	0.179	0.259	0.340	0.419	0.499
<再生産関係>						
a=	6.36	7.00	7.76	8.71	9.99	11.89
b=	0.027	0.060	0.105	0.167	0.255	0.389
MSY(万トン)	65.1	48.6	42.8	40.2	38.8	38.1
Bmsy(万トン)	248.7	145.9	105.4	83.1	68.7	58.6
K値	475.9	243.1	158.4	115.3	89.5	72.4
<ABC>						
管理基準値	0.483	0.609	0.737	0.871	1.013	1.172
ABClimit(万トン)	91.4	64.0	54.2	49.4	46.7	45.1
漁獲率	0.262	0.333	0.407	0.483	0.564	0.650
ABCtarget(万トン)	67.7	48.2	41.5	38.4	37.0	36.5
漁獲率	0.194	0.250	0.311	0.376	0.447	0.525

推定した全減少係数（下方70%信頼値）における仮定値（自然死亡係数）の各算定結果への影響

Z=	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937
M=	0.750	0.600	0.450	0.300	0.150
F=	0.187	0.337	0.487	0.637	0.787
<資源量>					
定量化係数	6.53	3.64	2.53	1.94	1.57
平均資源量(万トン)	228.8	127.6	88.6	68.0	55.1
2006年資源量(万トン)	297.0	165.6	115.0	88.2	71.6
平均漁獲率	0.110	0.197	0.283	0.369	0.455
<再生産関係>					
a=	5.54	6.10	6.77	7.60	8.73
b=	0.026	0.057	0.100	0.159	0.243
MSY(万トン)	62.6	47.4	42.0	39.5	38.2
Bmsy(万トン)	223.7	133.5	97.1	76.8	63.7
K値	397.8	208.8	138.1	101.6	79.6
<ABC>					
管理基準値	0.488	0.613	0.741	0.874	1.015
ABClimit(万トン)	87.4	62.2	52.9	48.4	45.8
漁獲率	0.280	0.355	0.433	0.514	0.599
ABCtarget(万トン)	64.9	46.9	40.6	37.7	36.4
漁獲率	0.208	0.268	0.332	0.401	0.476

推定した全減少係数(上方70%信頼値)における仮定値(自然死亡係数)の各算定結果への影響

Z=	1.222	1.222	1.222	1.222	1.222	1.222	1.222
M=	1.050	0.900	0.750	0.600	0.450	0.300	0.150
F=	0.172	0.322	0.472	0.622	0.772	0.922	1.072
<資源量>							
定量化係数	8.19	4.40	3.01	2.29	1.85	1.55	1.34
平均資源量(万トン)	287.0	154.0	105.4	80.2	64.8	54.4	46.9
2006年資源量(万トン)	372.5	199.9	136.8	104.1	84.1	70.6	60.9
平均漁獲率	0.087	0.163	0.238	0.313	0.387	0.461	0.534
<再生産関係>							
a=	7.29	8.03	8.90	9.98	11.43	13.57	17.36
b=	0.027	0.062	0.110	0.176	0.269	0.409	0.654
MSY(万トン)	67.8	49.8	43.7	40.9	39.4	38.7	38.6
Bmsy(万トン)	277.0	159.5	114.4	89.9	74.2	63.1	54.9
K値	564.3	280.6	180.3	130.0	100.1	80.5	66.6
<ABC>							
管理基準値	0.478	0.604	0.734	0.868	1.012	1.171	1.364
ABClimit(万トン)	95.9	66.0	55.6	50.5	47.7	46.1	45.2
漁獲率	0.245	0.312	0.382	0.455	0.532	0.613	0.703
ABCtarget(万トン)	70.9	49.5	42.4	39.2	37.7	37.1	37.2
漁獲率	0.181	0.234	0.292	0.353	0.419	0.493	0.578

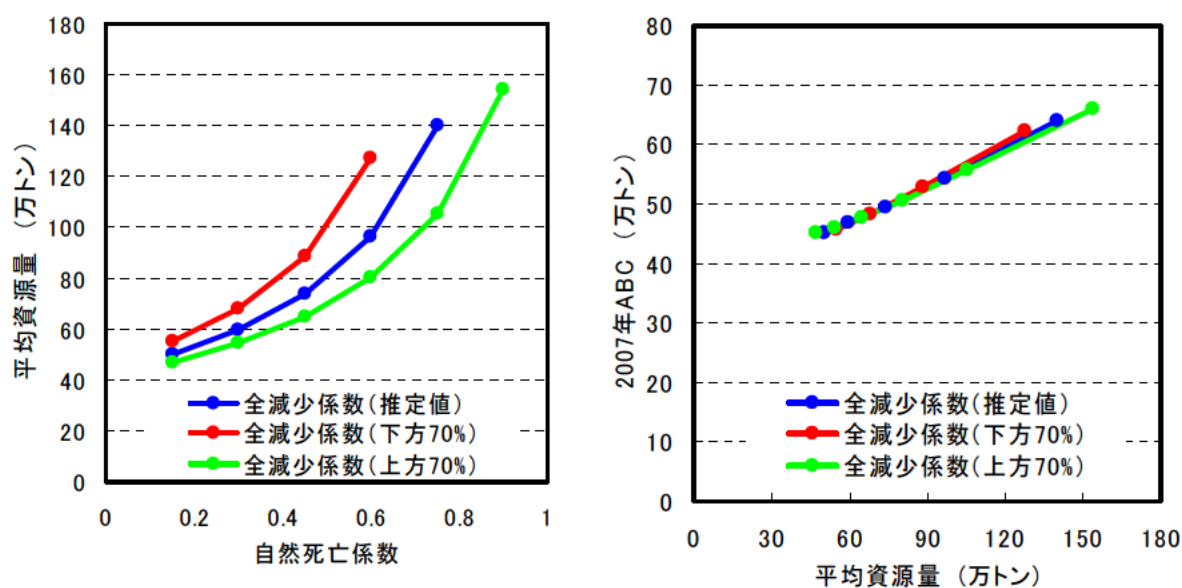


図6-1 全減少係数 (Z) および自然死亡係数 (M) の不確実性による
1979年～2006年の平均資源量および2007年ABClimitの変化

補足資料 7

加入量の不確実性を考慮したシミュレーション（参考結果）

補足資料5の再生産の不確実性を考慮したシミュレーションに加え、ABC算定に用いた予測資源量と実際の資源量との誤差による影響も含めた影響を検討した。

資源量は補足資料4と同様に発生させたが、補足資料4と異なり、産卵親魚個体数は資源個体数とABC（＝漁獲個体数）を用いて（7-1）式で求めた。

$$S_t = N_t \cdot e^{(-M)} - ABC_t \cdot e^{(-0.5M)} \quad (7-1)$$

ここで、 $M=0.6$ 。なお、計算中に産卵親魚数が負の値となった場合は、 $S_t=0$ とした。

ABC（＝漁獲個体数）は前年の資源個体数とABCから下記で求めた。

$$ABC_t = \frac{a \cdot S_{t-1}}{1 + b \cdot S_{t-1}} \cdot \frac{F_t}{F_t + M} \cdot (1 - e^{-M - F_t}) \quad (7-2)$$

ただし、2006年の産卵親魚数（＝ S_{2006} ）は2006年の資源個体数（ $N_{2006}=43.59$ 億個体）と、2006年の予測漁獲係数（ $F_{2006}=0.328$ ）から計算した17.24億個体を用い、2007年のABCは2006年の産卵親魚数から計算した値を用いた。

なお、補足資料5と同様にスルメイカの漁獲制御方法として、前年の資源量がB limit（＝ B_{msy} ）を下回った場合、基準となる漁獲係数（ F ）に削減係数Bを掛けた漁獲係数（ $F_t=B F$ ）を用いてABCを計算した。

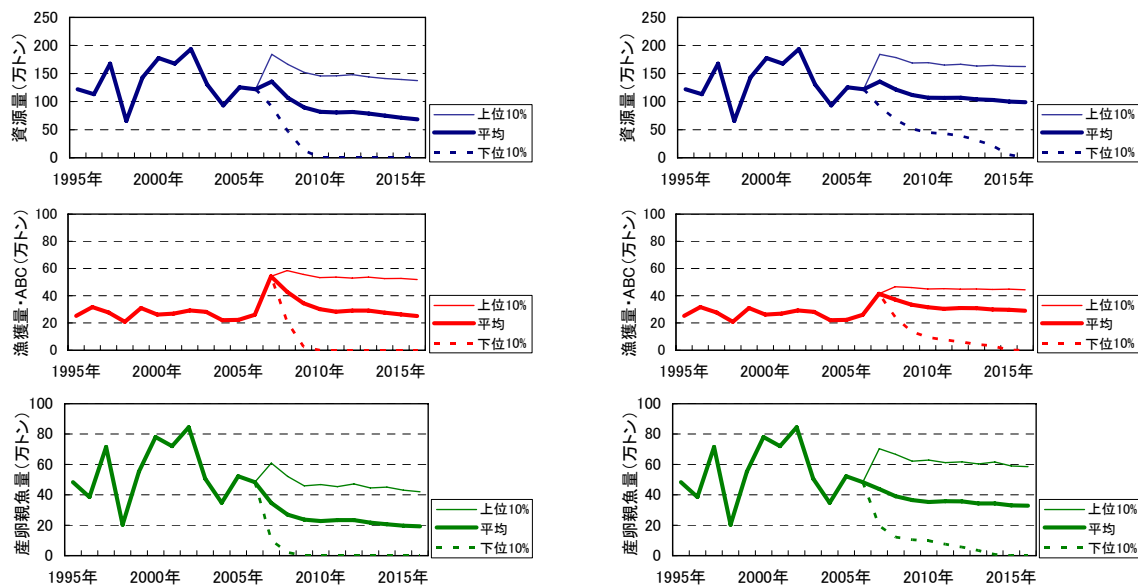


図7-1 資源量、漁獲量および産卵親魚量の変化。左図： F_{msy} で漁獲した場合、
右図： $0.7 F_{msy}$ で漁獲した場合の変化

表 7-1

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2007 年 漁獲量 (千トン)	F値	漁獲割 合 (%)	評価		
					A (%)	B (%)	C (千トン)
ABClimit Fmsy	資源量の MSY 水 準の達成と維持	542 (243)	0.737	40.7%	26.9	39.6	327 (147)
ABCtarget 0.7Fmsy	資源量の MSY 水 準の達成と維持に 予防的措置をとる	415 (186)	0.516	31.1%	48.7	20.4	325 (145)
現状の資源水 準の維持 (Fsus)	現状 (近年 3 年間) の資源水準の維持	496 (222)	0.653	37.2%	34.6	32.5	332 (149)
現状の漁獲圧 維持 (Fcurrent)	現状 (近年 3 年間) の漁獲係数で管理 する。	291 (130)	0.336	21.8%	55.7	13.4	314 (141)

※ () 内は秋季発生系群の我が国EEZ内の漁獲量。秋季発生系群全体の漁獲量に対する我が国EEZ内の漁獲比率の近年 5 年平均値 (0.448) より算定した値。

※ 評価欄：加入量変動を考慮したシミュレーション (補足資料7) において、A: 10年後 (2016年) の資源量がBlimitを上回る確率、B:10年後 (2016年) の資源量が低水準期であった1980年代の平均資源量を下回る確率、C:2007年～2016年の平均漁獲量。

Fmsyで漁獲した場合、資源管理が失敗し、資源量が0となる場合が補足資料 5で行ったシミュレーションと比較して多く、資源量、漁獲量、産卵親魚量とも減少傾向となった (図 7-1)。資源量がBmsyを上回る確率 (評価A) も大きく減少し、低水準となる確率 (評価B) は大きく上昇した (表 7-1)。このシミュレーション結果は、全ての資源を取り尽くすことも可能としているなど、かなり非現実的な条件を含んだ結果ではあるが、資源量の予測誤差が与える影響がスルメイカの資源管理において大きな影響を与える可能性があることを示している。