

平成19年度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り、2007年の推定資源量（91.0万トン）は B_{limit} （ $B_{msy}=106$ 万トン）を下回った。しかし、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、2008年も1990年代以降の再生産関係が期待され、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。そこで、好適な環境下における MSY 水準の維持を管理目標とした。管理目標を達成するため、 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、 F_{target} には加入量の不確実性を考慮して $F_{target}=0.7F_{msy}$ を用いた。

2007年の推定資源量は B_{limit} を下回ったが、2008年の予測資源量は B_{limit} を上回る115万トンと推定された。よって、 ABC の算定には F_{msy} および $0.7F_{msy}$ を用いた。その結果、2007年の ABC_{limit} は43万6千トン（漁獲割合は38.0%）、 ABC_{target} は33万6千トン（漁獲割合は29.3%）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	2008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	436 (193)	0.718	38.0%	48.5	3.6	394 (173)
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	336 (148)	0.503	29.3%	65.7	2.5	345 (152)
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	382 (168)	0.595	33.2%	60.7	3.2	372 (164)
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	217 (96)	0.295	18.9%	78.7	1.5	247 (109)

※ () 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(0.441)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(2017年)の資源量がBlimitを上回る確率、B:10年後(2017年)の資源量が低水準であった1980年代(1981年~1989年)の平均資源量(51.2万トン)を下回る確率、C:2008年~2017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
2005	1322	226	0.262	17.1%
2006	1286	219	0.261	17.0%
2007	910			

	指 標	値	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	資源量	1057千トン	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
2007年	資源量	910千トン	

水準：中位 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 16 年の漁業・養殖業生産統計年報によると我が国漁獲量の 5.27%、生産額では 3.70% を占める。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。

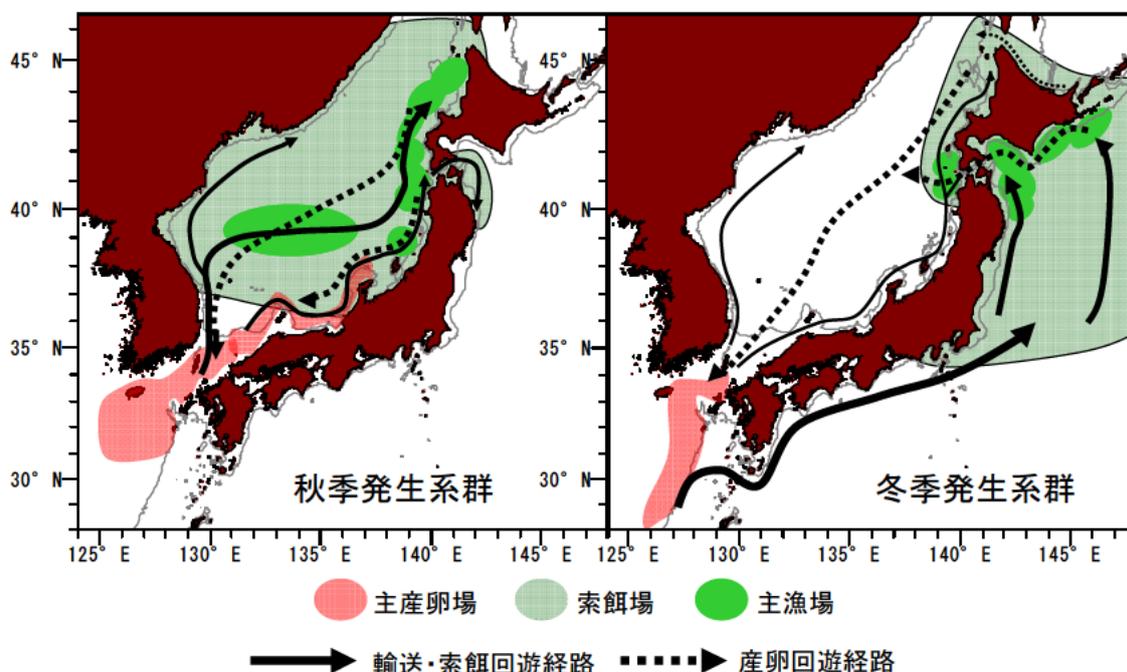


図1 スルメイカの分布回遊図（秋季発生系群(左図)と冬季発生系群（右図））

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過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。

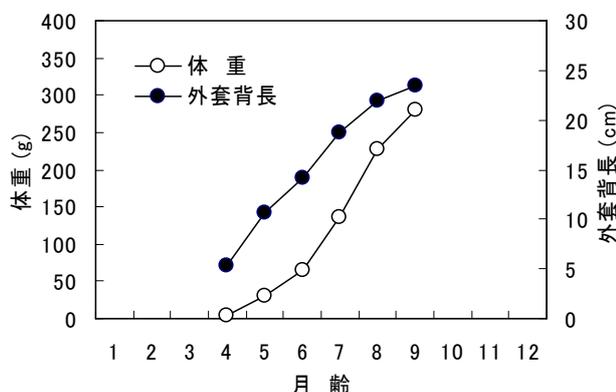


図2 スルメイカの成長

（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接し始める。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10万2千トン、2006年は9万1千トンとなった。

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56%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、2006年は21万9千トンであった。

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	102,394	122,657	495	225,546
2006	90,527	128,124	1,329	218,651
	近年5年間の日本EEZ内の平均漁獲比率			0.441

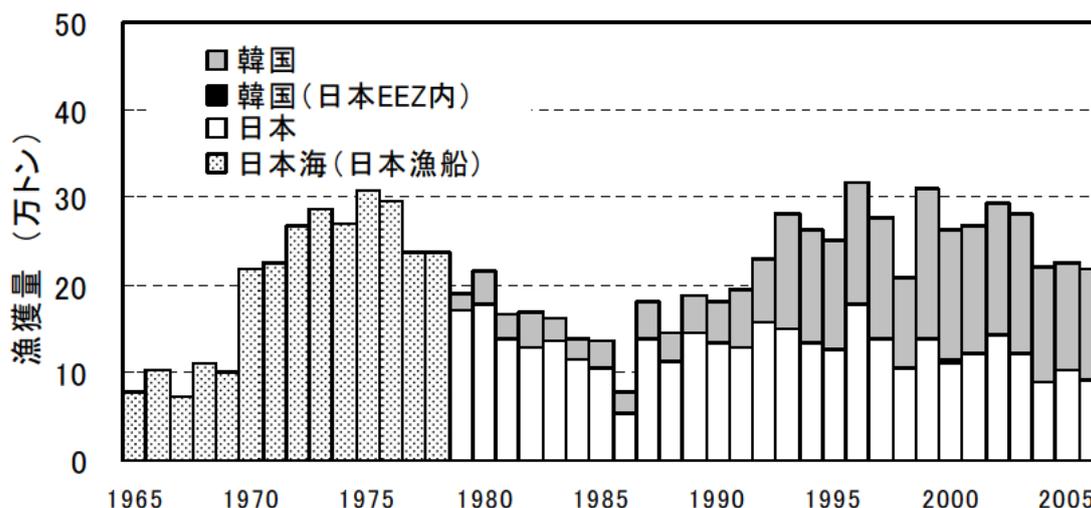


図3 スルメイカ秋季発生系群の漁獲量の推移

(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）。

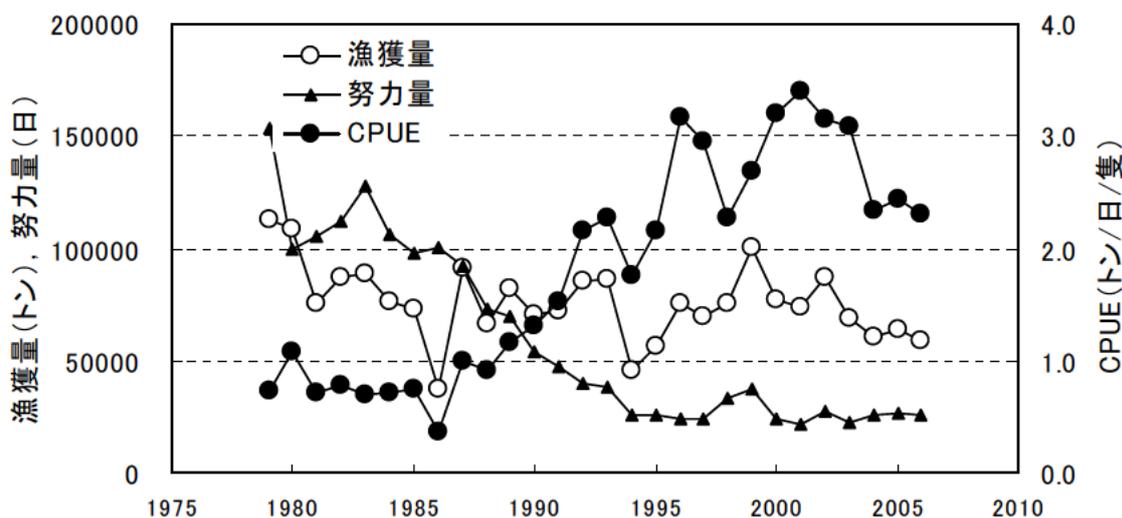


図4 日本海における中型いか釣り漁船のCPUE、漁獲量、努力量の推移

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、まず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、その後、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前述の平均的な漁獲係数（ F^* ）と一致するよう求めた（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。しかし2003年以降は減少傾向となり、2007年は11.18個体となった。

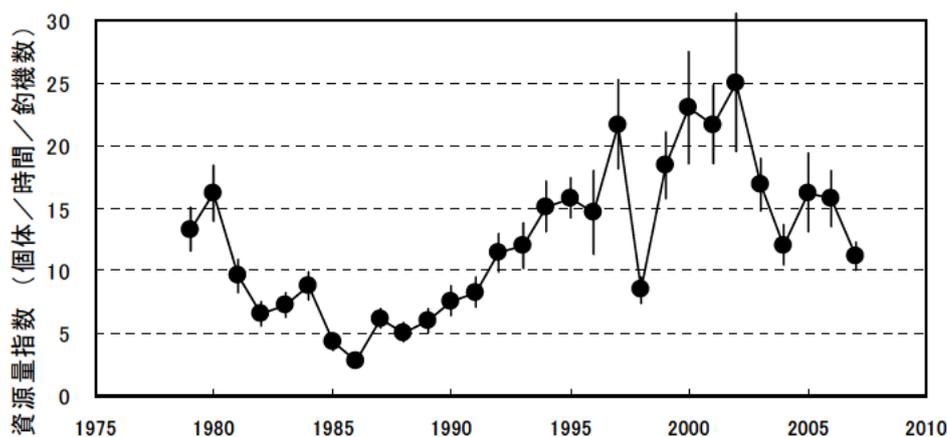


図5 資源量指数の経年変化（|は標準誤差）

漁期前（4月）に実施する新規加入量調査の結果では、2007年の1曳網あたりの平均採集個体数は2006年よりも増加したが、外套背長2～3cmの小型の個体が多かった（補足資料1）。

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。しかし、2003年以降は高い水準を維持しているものの減少傾向にあり、2006年は45cmネットによる1曳網あたりの採集数が1.35個体となった（図6）。

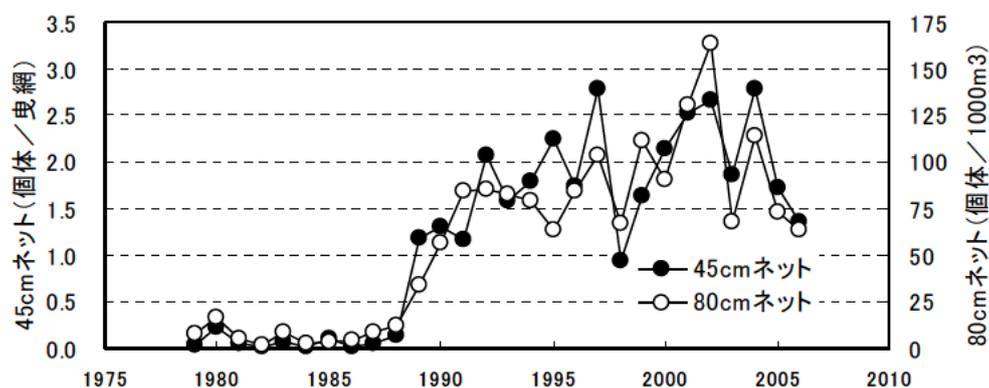


図6 スルメイカ幼生の分布密度

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年以降は2.5トンを下回った（2006年は2.31トン）。

(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。2007年の外套背長組成は、外套背長21cm以上の個体が昨年および近年5年平均を大きく下回り、資源量指数を減少させる要因になった。

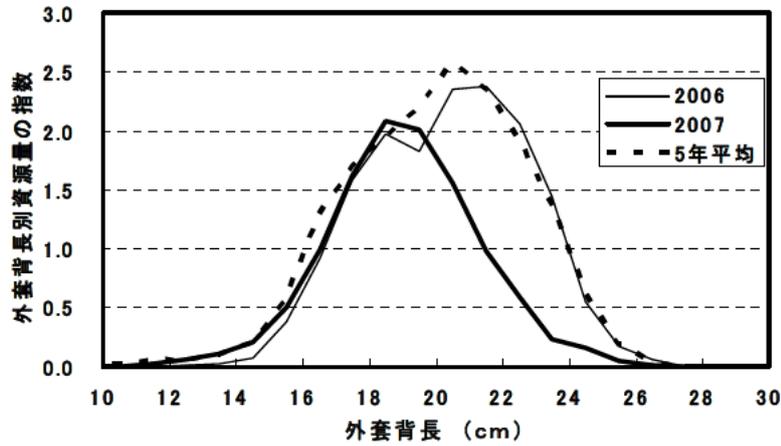


図7 漁場一斉調査結果による各年の外套背長組成

(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(1981年~1989年の資源量の平均値は51.2万トン)、1986年には22.4万トンとなった。1980年代後半は増加傾向となり、1990年代の平均資源量は108.7万トン、2000年前後には主に150万~200万トンとなった。近年は再び減少傾向となり、2007年の資源量は91.0万トンと推定された。

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35%~40%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。

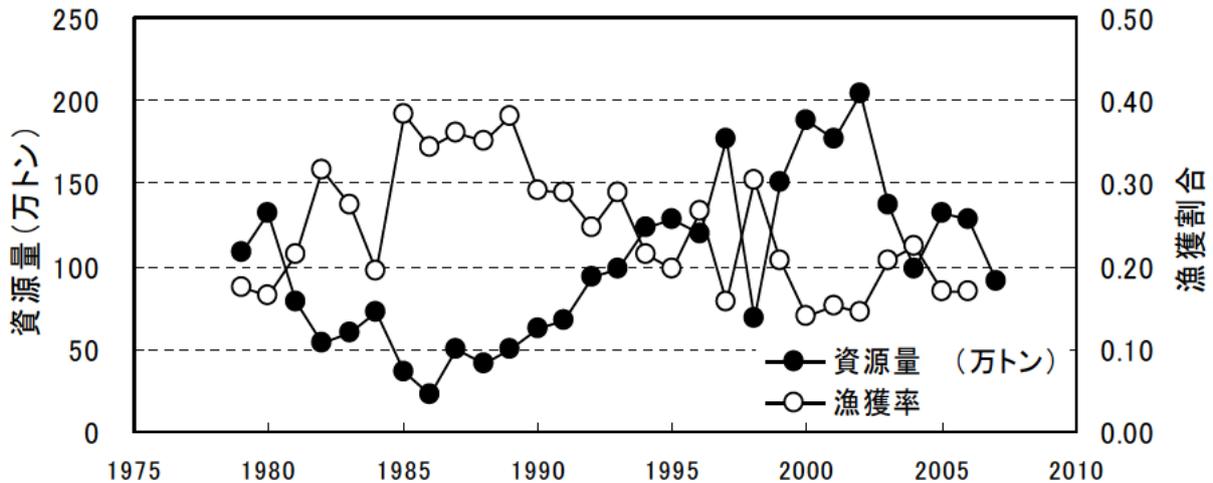


図8 スルメイカの推定資源量および漁獲割合

資源量と漁獲量より算出した親魚量を図9に示す。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。

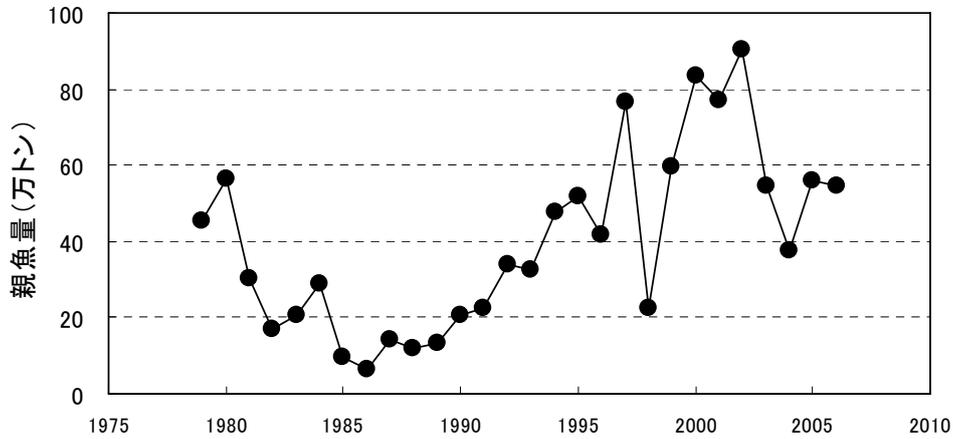


図9 スルメイカの推定親魚量

(5) 資源水準・動向

資源量の変化から、2007年のスルメイカ秋季発生系群の資源は「中位水準・減少」と判断した。

5. 資源管理の方策

(1) 再生産関係

$$N_t = \frac{7.66S_{t-1}}{1 + 0.104S_{t-1}}$$

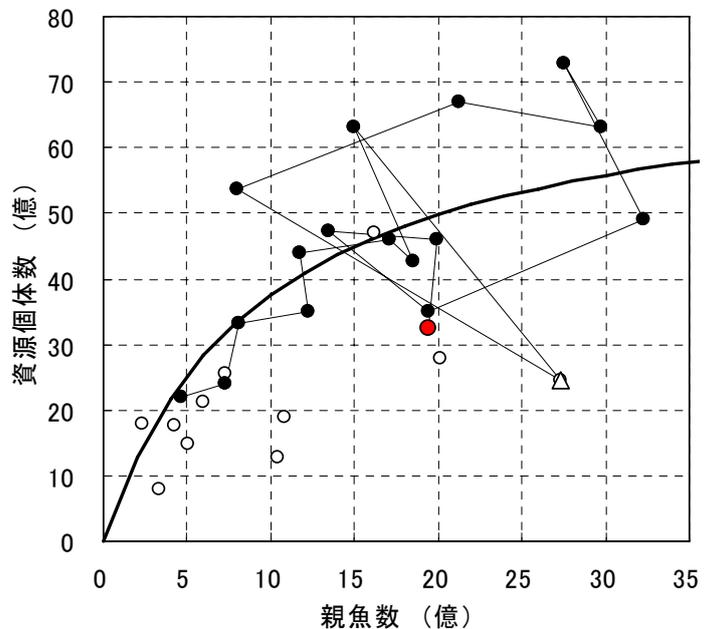


図10 再生産曲線 1990年以降の資源個体数 (N_t) と親魚数 (S_{t-1}) の関係 (●) をもとに推定。ただし、1998年の値 (△) は除いた。(○) は1980～1989年の関係を示す。(●) は2007年の関係。

スルメイカの資源動向は海洋環境の中長期的な変化によって変わ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、対数値の偏差平方和が最小になる値として、パラメータを $a=7.66$ 、 $b=0.104$ と推定した。この再生産関係を用いると F_{msy} は0.718、 M_{SY} は40.1万トン、この時の資源個体数は37.7億、資源量（ B_{msy} ）で105.7万トンと計算された（補足資料4）。

（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11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（ $=0.295$ ）、 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（ $=0.718$ ）、 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（117万トン）を維持する漁獲係数（ $=0.595$ ）である。なお、2007年の漁獲量は資源量指数と漁獲量の関係より推定した（補足資料1中の図1-2）。

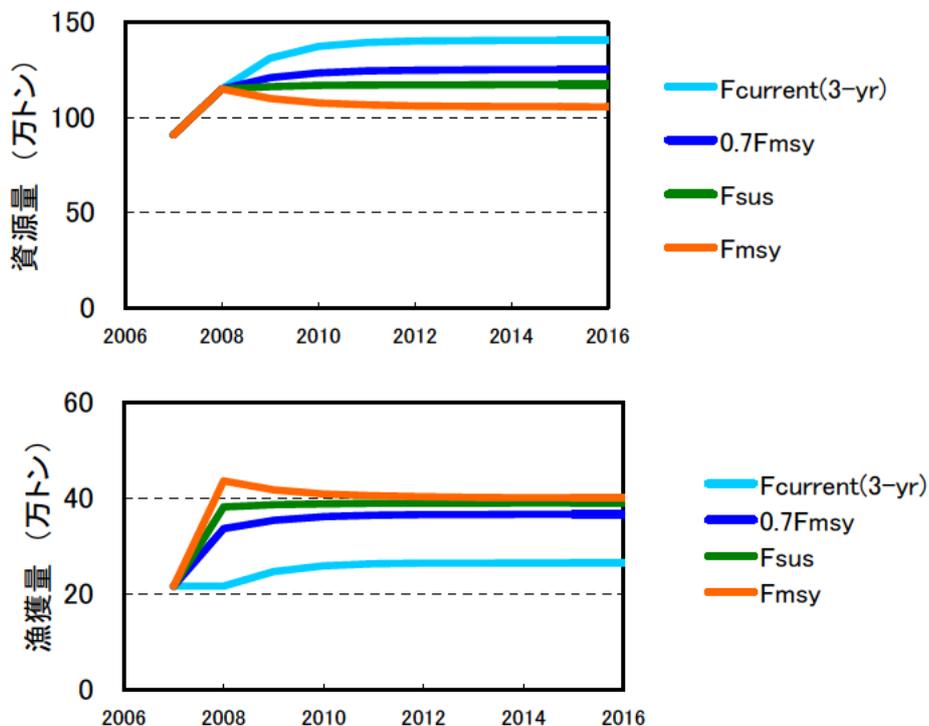


図11 各漁獲係数で漁獲した場合の資源量(上図)および漁獲量(下図)の推移

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

資源量 (万トン)		2007	2008	2009	2010	2011	2012
F値							
0.295	F _{current(3-yr)}	91.0	114.9	131.1	137.3	139.4	140.1
0.503	0.7F _{msy}	91.0	114.9	120.9	123.5	124.5	124.9
0.595	F _{sus}	91.0	114.9	116.3	116.8	117.1	117.2
0.718	F _{msy}	91.0	114.9	110.0	107.7	106.7	106.1

漁獲量 (万トン)		2007	2008	2009	2010	2011	2012
F値							
0.295	F _{current(3-yr)}	21.7	21.7	24.8	26.0	26.4	26.5
0.503	0.7F _{msy}	21.7	33.6	35.4	36.1	36.4	36.6
0.595	F _{sus}	21.7	38.2	38.6	38.8	38.9	39.0
0.718	F _{msy}	21.7	43.6	41.7	40.9	40.5	40.3

産卵親魚量 (万トン)		2007	2008	2009	2010	2011	2012
F値	基準値						
0.295	F _{current(3-yr)}	33.9	47.0	53.6	56.1	57.0	57.2
0.503	0.7F _{msy}	33.9	38.2	40.1	41.0	41.3	41.5
0.595	F _{sus}	33.9	34.8	35.2	35.4	35.4	35.5
0.718	F _{msy}	33.9	30.8	29.4	28.8	28.5	28.4

(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 (B_{msy}) 以上に維持することを管理目標とし、管理目標を達成するための基準値 (F_{limit}) は推定した再生産関係式から算定されるF_{msy} (=0.718) とした。F_{target}は、再生産の不確実性が高いこと、加えて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、F_{target}=0.7F_{msy}とした。なお、資源量が管理目標であるB_{msy} (=105.7万トン) を下回る水準では、最大持続生産量が維持できない。したがってB_{msy}の水準 (=105.7万トン) をB_{limit}とし、ABC算定年の予測資源量がこの値を下回った場合は漁獲係数をF_{msy}より (資源量/B_{msy}) の比率で引き下げ、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。2008年~2017年におけるF_{msy} (=0.718) および0.7F_{msy} (=0.503) で漁獲した場合の資源量、漁獲量、親魚量の推移は図12a~cのとおりであった。

F_{msy}で漁獲した場合、資源量の平均値はB_{msy}付近で推移するが、下位10%の資源量は約70万トンであった。また、10年後の資源量がB_{msy}を上回る確率は48.5%であった。漁獲量の平均値はほぼMSY (42.8万トン) に近い値で推移したが、上位10%は約60万トン、下位10%は約20万トンであった。

一方、0.7F_{msy}で漁獲した場合、資源量の平均値は約123万トン前後であり、下方10%でも75~80万トンを維持した。漁獲量の平均値は、F_{msy}で漁獲した場合の約90%で推移し、下方10%の値はF_{msy}で漁獲した場合の95%であった。親魚量は変化が大きいが、F_{msy}で漁獲した場合の約135%で推移し、下位10%がF_{msy}で漁獲した場合の平均値とほぼ同水準 (約30万トン) であった。

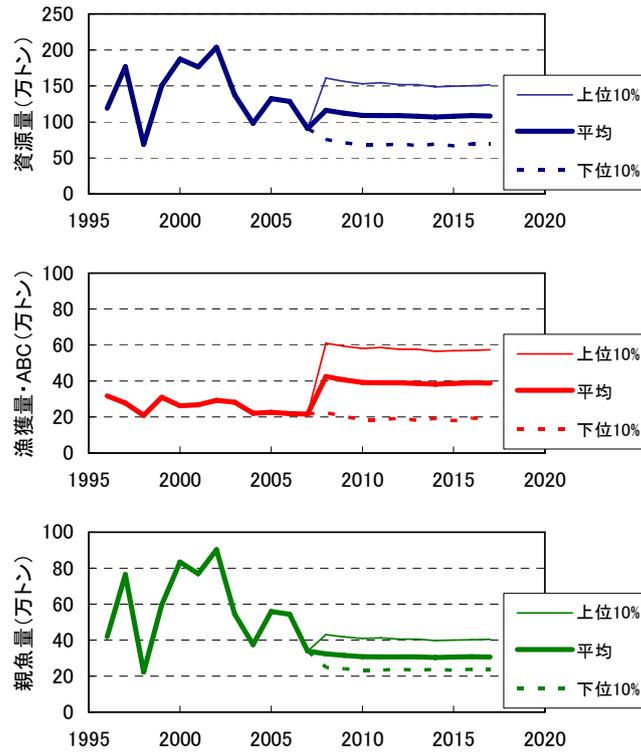


図12a 再生産の不確実性を考慮した推移 ($F_{msy}=0.716$ で漁獲した場合)。1000回の反復計算より上位10%値、平均値、下位10%値を示す。

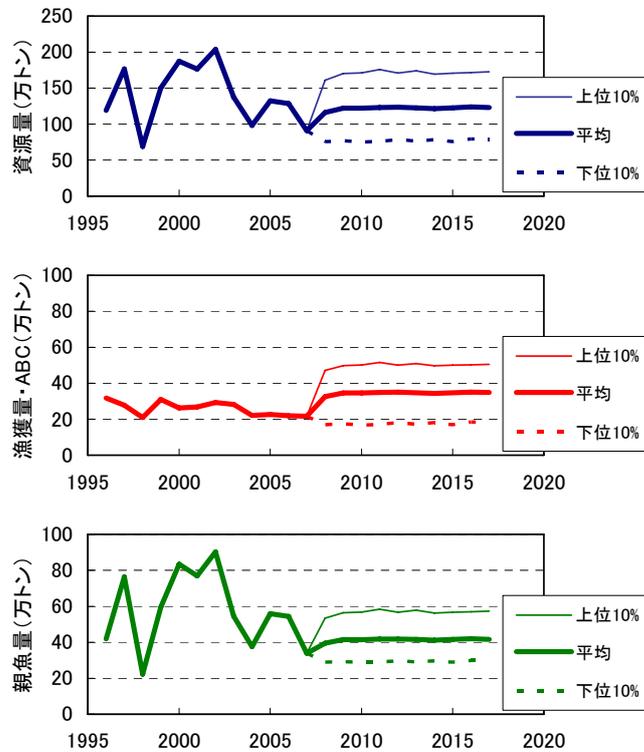


図12b 再生産の不確実性を考慮した推移 ($0.7F_{msy}=0.503$ で漁獲した場合)。1000回の反復計算より上位10%値、平均値、下位10%値を示す。

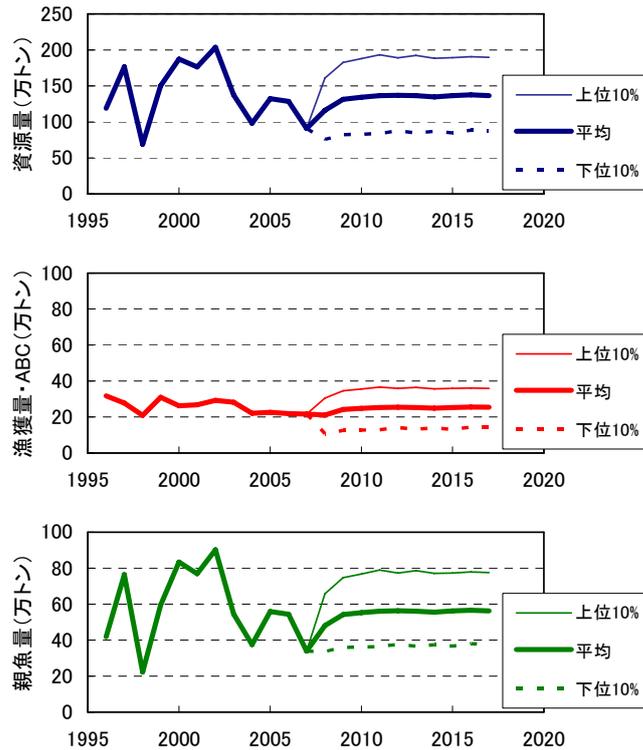


図12c 再生産の不確実性を考慮した推移 ($F_{current}=0.295$ で漁獲した場合)。1000回の反復計算より上位10%値、平均値、下位10%値を示す。

6. 2008年ABCの算定

(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た。近年は資源が減少傾向にあり、2007年の資源量は B_{msy} を下回った。しかし、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、2008年以降も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年以降の調査結果を用いて再生産関係を推定し、 F_{msy} を算出すると、 $F_{msy}=0.718$ となった。この漁獲係数で漁獲すると資源量を 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。ただし、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 B_{msy} を上回る確率は半分程度 (48.5%) 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 B_{msy} を上回る確率は66%に増加し、この間の平均漁獲量も F_{msy} で漁獲した場合の約90%が確保できる。

(2) ABCと参考値の算定、管理の考え方と許容漁獲量

2007年の資源個体数は32.5億（90.1万トン）であり、Blimitを下回る値であった。しかし、2007年の予測漁獲量（21.7万トン）を用いると、2007年の親魚数は12.1億個体（33.9万トン）となり、2007年の親魚数と再生産関係式から2008年の資源量はBlimit（105.7万トン）を上回る41.0億個体（114.9万トン）が予測される。そこで、ABCは算定規則1-1)-(1)を基に算定した。

2008年のABClimitは、2008年の予測資源個体数（41.0億個体）とFlimit（=0.718）から43.6万トン（我が国EEZ内は19.3万トン：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（0.441）より計算）と算定した。同様に2008年のABCtargetは、Ftarget（=0.503）から33.6万トン（我が国EEZ内は14.8万トン）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（Fsus=0.595）および現状の漁獲係数（近年3年の平均値：Fcurrent=0.295）で漁獲した場合の2008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併せて表に示した。

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2008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	436 (193)	0.718	38.0%	48.5	3.6	394 (173)
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	336 (148)	0.503	29.3%	65.7	2.5	345 (152)
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	382 (168)	0.595	33.2%	60.7	3.2	372 (164)
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	217 (96)	0.295	18.9%	78.7	1.5	247 (109)

※（ ）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（0.441）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（2017年）の資源量がBmsyを上回る確率、B:10年後（2017年）の資源量が低水準であった1980年代（1981年～1989年）の平均資源量（51.2万トン）を下回る確率、C:2008年～2017年の平均漁獲量。

(3) 仮定値の影響

仮定値である自然死亡係数（M）および資源量を推定する際に用いた比例定数の不確実性が与える資源評価値への影響を補足資料6に示した。自然死亡係数（0.15～1.

5) および資源量推定の際に用いた比例定数 (1.75~8.0) によって算定されるABClimitは変化した。傾向として、自然死亡係数が大きいほどABClimitは小さく算定され、比例定数が大きいほど大きく算定された。特に比例定数の影響が大きかった。また、本報告書で用いた資源量推定の手法では、資源量推定の際に用いた全減少係数を固定すると、自然死亡係数と比例定数は連動して変化し、自然死亡係数が大きいほど比例定数が大きく、ABClimitは大きく算定された。

ここで、仮定した自然死亡係数および比例定数の不確実性によるABClimitへの影響の分析結果から、想定される2008年のABClimitの下限値は約38万トン程度と推定される。この値は2008年のABCtarget (=33.6万トン) よりも高い値である。したがって、ABCtarget値を用いることによって、仮定値によるABClimitの過大評価に対する危険性は回避できると考える。

(4) 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
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	261	MSY水準の維持
2006年(再々評価)	Fmsy(0.718)	1286	488	377	219	MSY水準の維持
2007年(当初)	Fmsy(0.737)	1333	542	415		MSY水準の維持
2007年(再評価)	Fmsy(0.718)	910	311	237	217	MSY水準の維持

7. ABC以外の管理方策への提言

スルメイカの資源量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)。そこで、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、再生産関係から予測した資源量に対して実際に加入した資源量が少ない場合、設定したABCは過大となる。その結果、管理基準値を超えた漁獲によって資源量が大きく減少する危険性が高くなる (補足資料7)。よって、各発育段階における調査結果 (補足資料1) を用いて予測資源量と実際の資源状況を逐次把握すると共に、予想値と大きく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。最後に、本系群は韓国をはじめとする日本の周辺諸国によっても漁獲されることから、資源の評価・管理に当たっては各国間の協力が必要である。

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.
- 加藤 修・中川倫寿・松井繁明・山田東也・渡邊達郎 (2006) 沿岸・沖合定線観測データから示される日本海及び対馬海況における水温の長期変動. 沿岸海洋研究, 44,19-24.
- 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 藍 (2006) スルメイカを一例としたオペレーティングモデルによるABC算定規則の検討. 東京海洋大学修士論文.
- 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、2002～2004年、2006年は我が国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）。なお、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）と良い関係が見られている（図1-2）。

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）（図1-4）。

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1-5）。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。

3) 新規加入量調査

スルメイカは資源が毎年更新し、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12 m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。

2007年の調査結果では、大和堆の南で多数の個体が採集された（図1-6）。全調査点の1曳網あたりの平均採集個体数は54.5個体であり、昨年（17.4個体）の約3倍、近年5年平均（33.7個体）の162%であった（図1-7）。しかし、今年は外套背長2~3cmの個体が多く、秋季発生系群と推定される外套背長5cm以上の個体は近年5年平均並み（20.0個体、100%）であった（図1-8）。

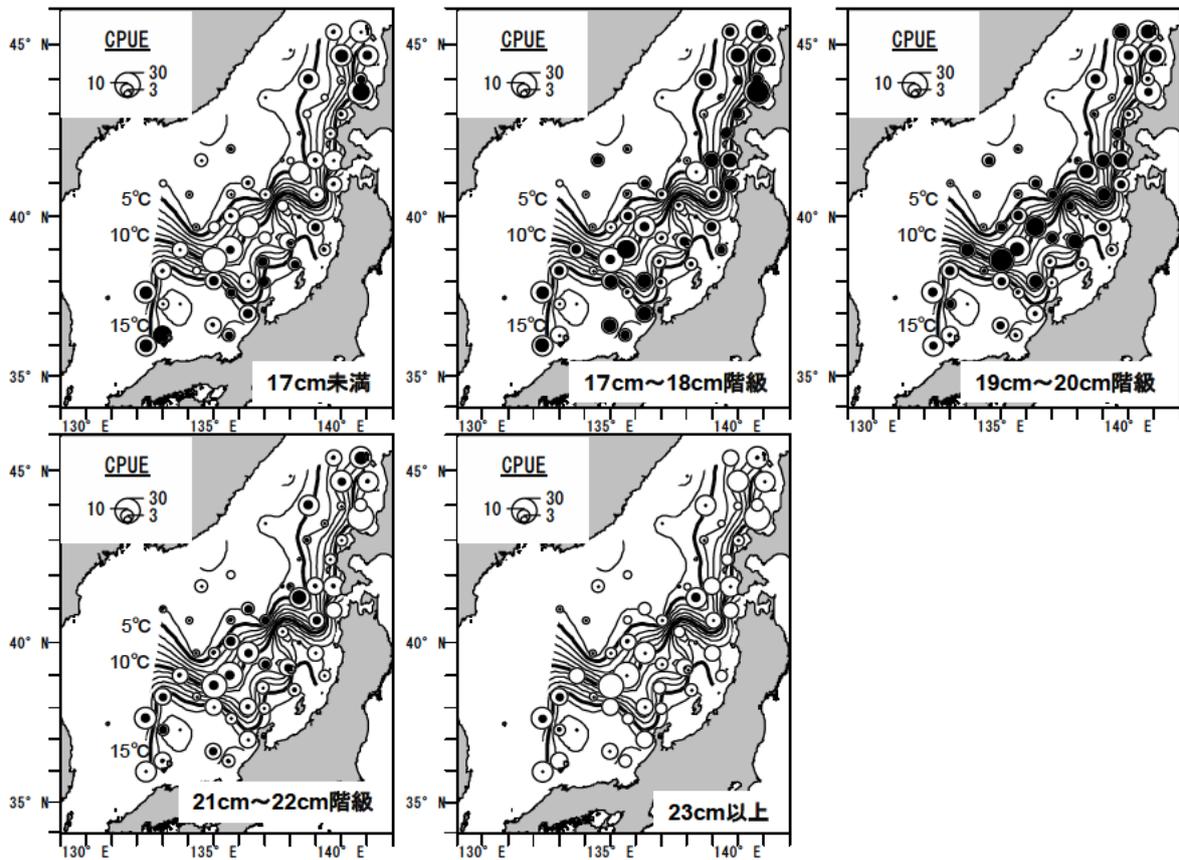


図 1-1 2007年の日本海スルメイカ漁場一斉調査結果。

各調査点の CPUE (○) と外套背長階級別 CPUE (●) を水深 50m の水温分布図と合わせて示した。

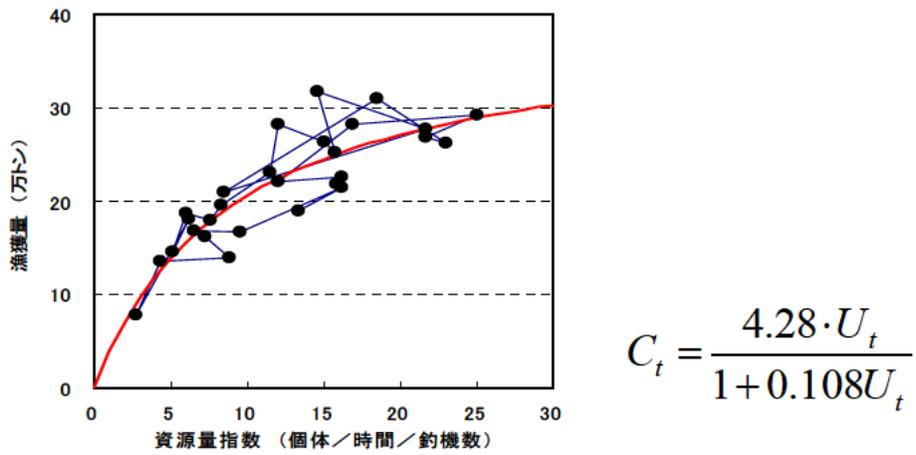


図 1-2 秋季発生系群の資源量指数 (Ut) と漁獲量 (Ct) の関係

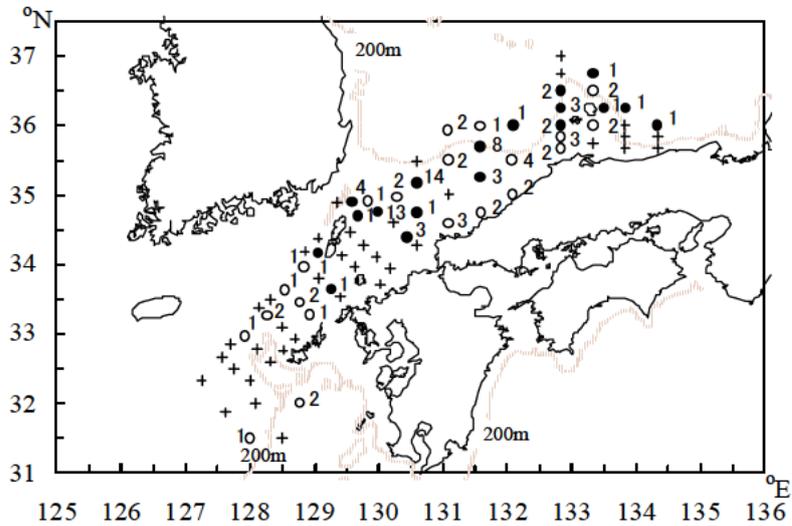


図 1-3 口径 45cm ネットによるスルメイカ稚仔の採集個体数(2006 年)
 + : 採集個体数が 0、● : 孵化直後の幼生が採集された地点、○ : 幼生の採集地点

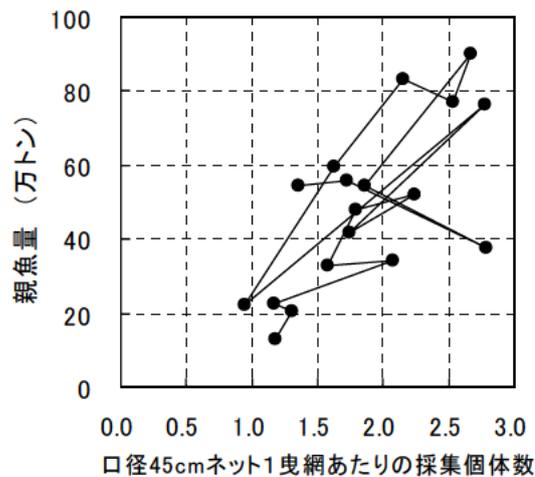


図 1-4 幼生分布量と推定親魚量の関係

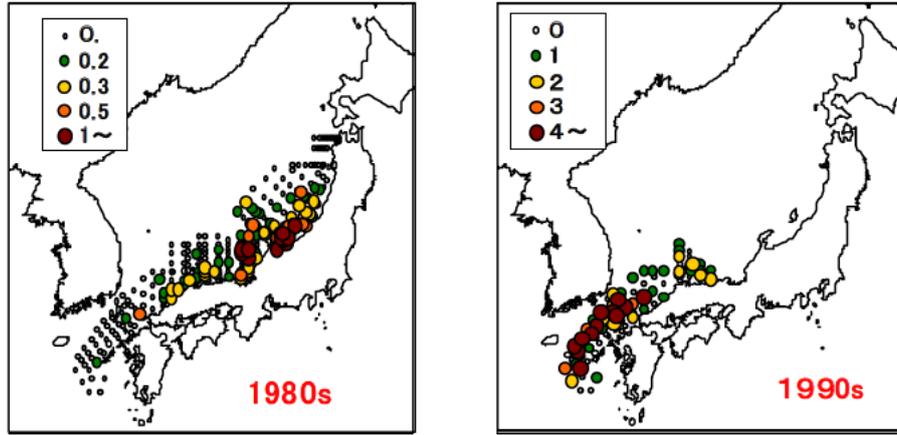


図1-5 スルメイカ幼生の分布域の変化

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）。

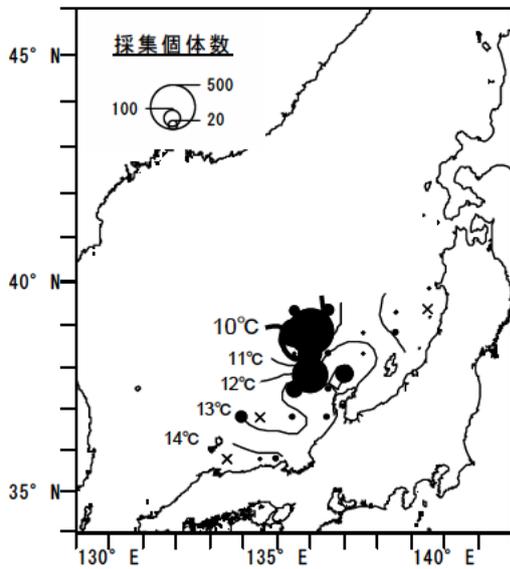


図1-6 2007年の新規加入量調査による加入前スルメイカの分布状況

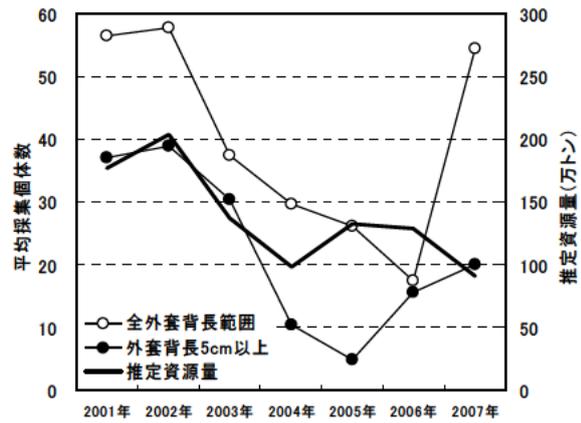


図1-7 平均採集個体数と推定資源量の関係

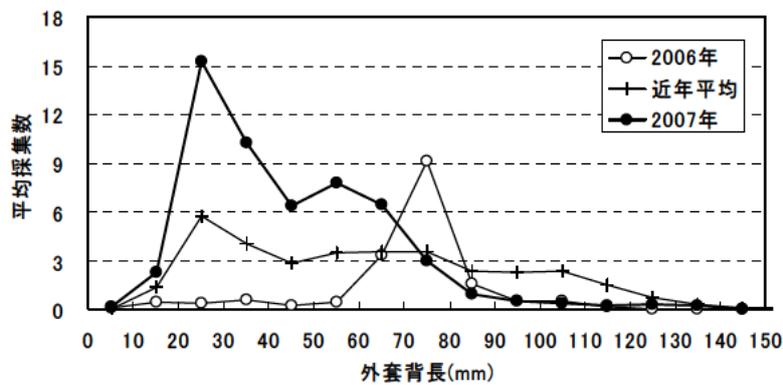


図1-8 新規加入量調査における外套背長別平均採集個体数

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) は次のとおりとした。

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 (280g) 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. 資源量推定に用いた比例定数の推定方法

与える比例定数 q によって資源量は変化する。そのため、式2-2で計算される各年の漁獲係数 (F_t) も q によって変化する (C_t は t 年における漁獲個体数)。ここでは、 q は式2-2によって計算される漁獲係数 (F_t) の平均値 (1979年~2000年) が、別途推定した1979年~2000年の平均的な漁獲係数 (F^*) と同じになる値として算出した (式2-3)。

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

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

($t = 1979 \sim 2000$)

なお、ここで用いた平均的な漁獲係数 (F^*) は、次項の方法で推定した1979年~2000年の平均的な全減少係数 (Z^*) から自然死亡係数 (M) を差し引いて計算した。

2. 全減少係数の推定方法

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（2-4）で示す各年月日における調査船のCPUEの値（ $u_{d,y}$ ）を各年のCPUEの平均値（ $u_{avg,y}$ ）で割ったCPUEの相対値（ u_d ）を用いた。

$$u_d = \frac{u_{d,y}}{u_{avg,y}} \quad (2-4)$$

ここで、CPUEの相対値（ u_d ）の変化を見ると、7月までは増加したが、8月下旬以降（加入後 50 日以降）は減少傾向となっていた（図 2-1）。一方、資料に用いた調査結果の平均外套背長（ \bar{x}_d ）は u_d が増加した7月までは大きくなったが、8月以降は23cmでほぼ一定であった。そこで、スルメイカの取られやすさ（ f_d ）は平均外套背長(\bar{x}_d)と式 2-5 で示される関係（指数関係）にあると仮定した。

$$f_d = a \cdot e^{b\bar{x}_d} \quad (2-5)$$

すると、CPUEの相対値（ u_d ）の変化は、各日の平均外套背長の関数で示される、スルメイカの獲られやすさ（ f_d ）と全減少係数（Z）によって式 2-6 で示される。

$$u_d = f_d \cdot e^{-Z \cdot d} = a \cdot e^{(b\bar{x}_d - Z \cdot d)} \quad (2-6)$$

全減少係数を含む式 2-6 の各パラメータは、推定値と実際の観測値の偏差の自乗が最小となるように推定した。その結果、各パラメータは $a=0.0153$ $b=0.212$ $Z=0.00582$ と推定された。ここで、全減少係数は漁期間を 180 日とすると $Z^*=1.047$ となる。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 $F^*=0.4474$ となり、式 2-2 および 2-3 から $q = 2.908 \times 10^8$ と推定された。

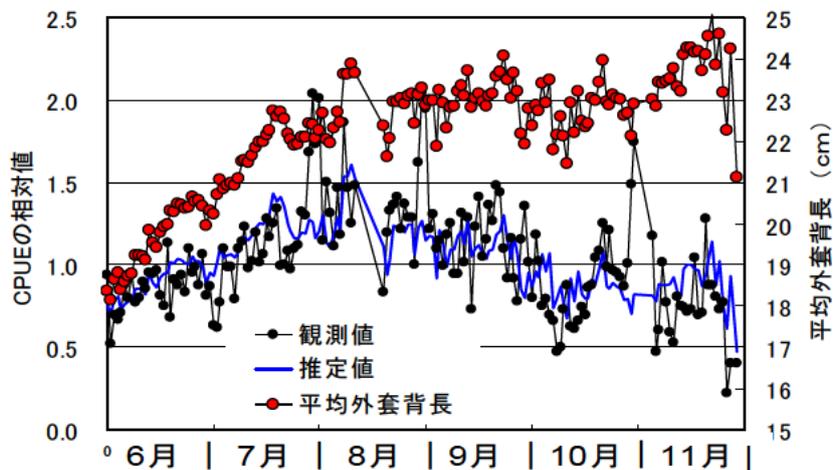


図 2-1 年相対 CPUE の日別変化

補足資料 3

海洋環境の変化とスルメイカの資源変動

スルメイカの資源量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）。特に環境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られている（Sakurai et al. 2000）。最近の環境レジームシフトは1980年代後半に起こり、北西太平洋においては寒冷期から温暖期に移行したとされ、これと同時にスルメイカの資源量は増加に転じた。

スルメイカ秋季発生系群が分布する日本海（対馬暖流域）における水温の変化を季節別に図3-1に示す。冬季（1-3月）の水温は1980年代後半以降に正の偏差となっており、北西太平洋の環境レジームシフトやスルメイカの資源変動と一致している。一方、加藤ら(2006)の報告にもあるように夏季（7-9月）の水温が正の偏差となったのは1990年代以降となっており、北西太平洋の環境レジームシフトやスルメイカの資源変動とはやや異なる変化となっている。今後はこのような季節によって異なる環境の変化が及ぼす影響についても注目する必要もある。

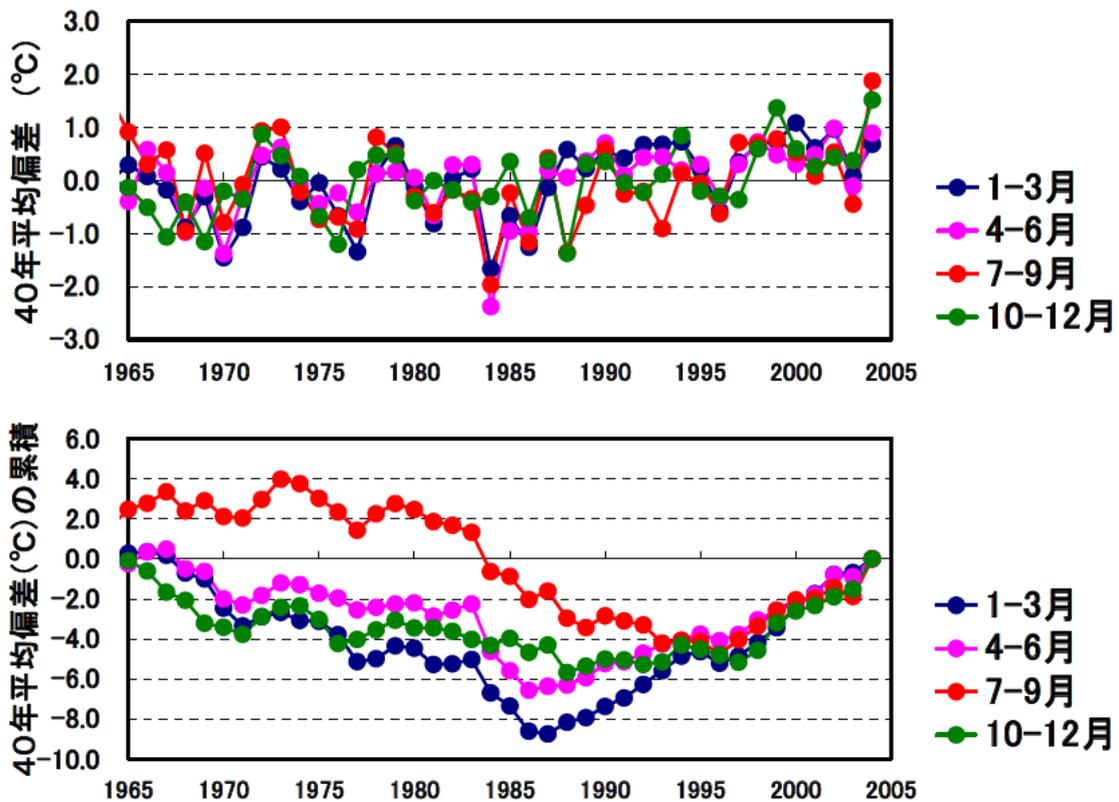


図3-1 対馬暖流域の水深50m水温の四季別経年偏差（上図）と偏差の累積（下図）

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親魚数から求めた。

親魚数 (S_t) は資源個体数と式 (2-2) 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、観測値/期待値の対数の 2 乗和が最小になるように係数 a 、 b を求めた。

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

なお、漁獲量 (Y) は下記のように漁期中間で漁獲されるとして計算すると、

$$Y = N \cdot e^{(-M/2)} (1 - e^{-F}) \cdot w \quad (4-3)$$

定常状態における漁獲量 (= 持続生産量) は下記で計算される (中村 2006)。

$$Y = N \cdot e^{(-M/2)} - \frac{N \cdot e^{(M/2)}}{(a - bN)} \cdot w \quad (4-4)$$

また、 F_{msy} は再生産関係式のパラメータから下記のように計算され、

$$F_{msy} = \frac{\ln(a) - M}{2} \quad (4-5)$$

その時の資源個体数は、

$$N_{msy} = \frac{a - \sqrt{a \cdot e^M}}{b} \quad (4-6)$$

である (中村 2006)。

2007 年の調査結果から再生産関係のパラメータは $a=7.66$ 、 $b=0.104$ と推定され、式 (4-4) より各資源量および各漁獲係数 (資源量と漁獲量より計算) における持続生産量は図 4-1 の様に計算される。

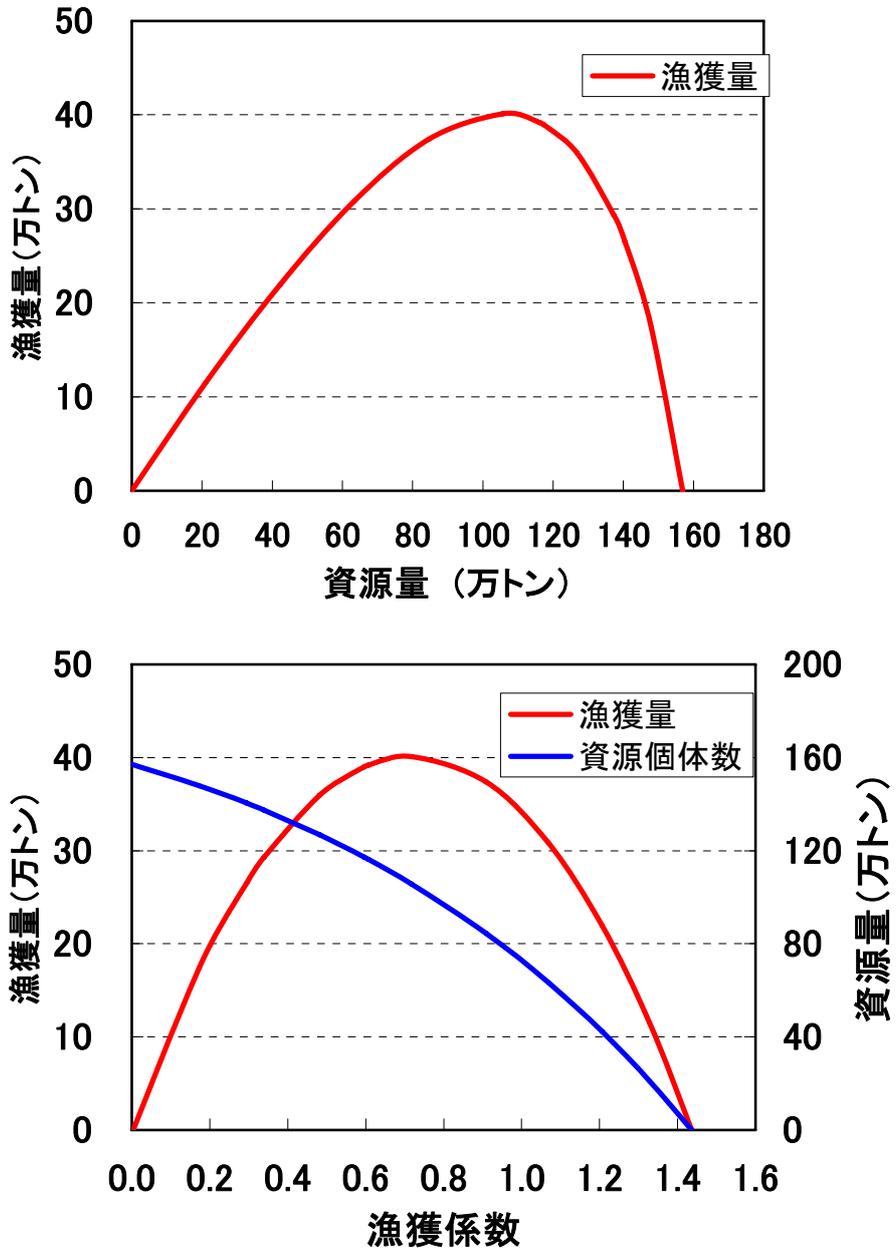


図4-1 各資源量（上図）および各漁獲係数（下図）に対する持続生産量。
 持続生産量の最大値（MSY）は40.1万トンであり、この時の資源量（ B_{msy} ）は
 105.7万トン、漁獲係数は（ F_{msy} ）は0.718であった。

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、2007年の推定値は $a=7.66$ 、 $b=0.104$

親魚数 (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。

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

$$Y_t = N_t \cdot e^{-M/2} \cdot (1 - e^{-F_t}) \cdot w \quad (5-3)$$

ただし、2007年の親魚数 ($=S_{2007}$) は資源量指数と漁獲量の関係から求めた21.67万トン ($F_{2007}=0.388$) を用いた。 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2008年から2017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

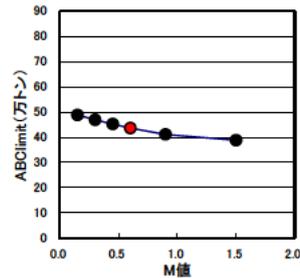
自然死亡係数 (M) および資源量を推定する際に用いた比例定数の不確実性による各算定値の変化を下記に示す。

自然死亡係数(M)の影響分析. 比例定数を固定、ZはMに連動して変化

Z=	2.377	1.448	1.047	0.856	0.670	0.487
M=	1.500	0.900	0.600	0.450	0.300	0.150
F=	0.87655	0.54769	0.4474	0.40623	0.36974	0.33721
<資源量>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
比例定数(q)	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91
79-06平均資源量(万吨)	101.5	101.5	101.5	101.5	101.5	101.5
2007年資源量(万吨)	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
平均漁獲率	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243
<再生産関係>						
a=	43.30	12.38	7.66	6.13	4.95	4.03
b=	0.724	0.177	0.104	0.081	0.064	0.051
MSY(万吨)	36.4	38.3	40.1	41.2	42.5	43.8
Bmsy(万吨)	113.6	108.3	105.7	104.4	103.2	102.0
K値	170.4	162.4	158.5	156.6	154.8	153.0
<ABC>						
Fmsy	1.134	0.808	0.718	0.682	0.650	0.622
Flimit	1.134	0.808	0.718	0.682	0.650	0.622
ABClimit(万吨)	38.8	41.1	43.6	45.2	46.9	48.8
漁獲率	0.32	0.35	0.38	0.39	0.41	0.43
Ftarget	0.794	0.566	0.503	0.477	0.455	0.435
ABCtarget	31.3	32.0	33.6	34.7	35.9	37.2
漁獲率	0.259	0.275	0.293	0.303	0.315	0.327

M= ABClimit

1.500	38.8
0.900	41.1
0.600	43.6
0.450	45.2
0.300	46.9
0.150	48.8

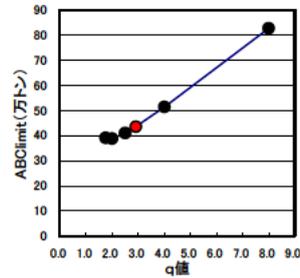


比例定数(q)の影響分析. 自然死亡係数を固定、Zはqに連動して変化

Z=	0.738	0.901	1.047	1.149	1.368	1.580
M=	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
F=	0.13813	0.30122	0.447	0.54851	0.76836	0.97963
<資源量>						
比例定数(q)	8.0	4.0	2.91	2.5	2.0	1.75
79-06平均資源量(万吨)	279.3	139.6	101.5	87.3	69.8	61.1
2007年資源量(万吨)	250.3	125.2	91.0	78.2	62.6	54.8
平均漁獲率	0.089	0.177	0.243	0.283	0.354	0.405
<再生産関係>						
a=	4.51	5.94	7.66	9.18	13.98	22.54
b=	0.018	0.054	0.104	0.153	0.324	0.655
MSY(万吨)	68.6	45.7	40.1	38.3	36.6	36.5
Bmsy(万吨)	254.0	138.4	105.7	93.1	77.3	68.9
K値	381.0	207.5	158.5	139.7	115.9	103.4
<ABC>						
Fmsy	0.453	0.591	0.718	0.809	1.019	1.258
Flimit	0.453	0.591	0.718	0.809	1.019	1.258
ABClimit(万吨)	82.8	51.5	43.6	41.1	38.9	39.1
漁獲率	0.27	0.33	0.38	0.41	0.47	0.53
Ftarget	0.317	0.414	0.503	0.566	0.713	0.880
ABCtarget	61.8	39.1	33.6	32.0	31.0	32.0
漁獲率	0.201	0.251	0.293	0.320	0.378	0.434

q= ABClimit

8.0	82.8
4.0	51.5
2.91	43.6
2.5	41.1
2.0	38.9
1.75	39.1

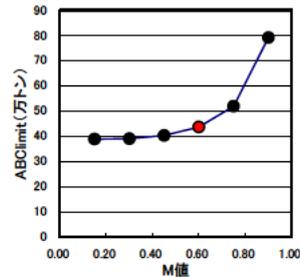


Zを固定すると、比例定数(q)とMは連動して変化

Z=	1.047	1.047	1.047	1.047	1.047	1.047
M=	0.900	0.750	0.600	0.450	0.300	0.150
F=	0.147	0.297	0.447	0.597	0.747	0.897
<資源量>						
比例定数(q)	8.75	4.36	2.91	2.18	1.75	1.46
79-06平均資源量(万吨)	305.5	152.1	101.5	76.2	61.1	51.0
2007年資源量(万吨)	273.9	136.4	91.0	68.4	54.8	45.7
平均漁獲率	0.081	0.162	0.243	0.324	0.404	0.484
<再生産関係>						
a=	6.18	6.86	7.66	8.64	9.93	11.77
b=	0.023	0.057	0.104	0.169	0.260	0.395
MSY(万吨)	65.9	46.0	40.1	37.7	36.6	36.4
Bmsy(万吨)	279.6	150.5	105.7	82.2	67.4	57.2
K値	419.5	225.8	158.5	123.3	101.2	85.8
<ABC>						
Fmsy	0.461	0.588	0.718	0.853	0.998	1.158
Flimit	0.461	0.588	0.718	0.853	0.998	1.158
ABClimit(万吨)	79.1	51.8	43.62	40.3	38.9	38.8
漁獲率	0.236	0.305	0.380	0.458	0.543	0.636
Ftarget	0.323	0.411	0.503	0.597	0.698	0.810
ABCtarget	59.1	39.3	33.6	31.5	31.0	31.4
漁獲率	0.176	0.232	0.293	0.359	0.433	0.515

M= q= ABClimit

0.900	8.75	79.1
0.750	4.36	51.8
0.600	2.91	43.6
0.450	2.18	40.3
0.300	1.75	38.9
0.150	1.46	38.8



固定値 変化値 連動して変化

補足資料 7

ABC算定時の加入量予測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（図7-1～7-3）。

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、親魚数は資源個体数とABC（＝漁獲個体数）を用いて（7-1）式で求めた。

$$S_t = N_t \cdot e^{(-M)} - ABC_t \cdot e^{(-M/2)} \quad (7-1)$$

ここで、M=0.6、計算中に親魚数が負の値となった場合は、St=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。

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

ただし、2008年のABCは資源評価報告書で算定した値を用い、2008年の親魚数を推定した。

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、予測資源量がBlimit（＝Bmsy）を下回った場合、基準となる漁獲係数（F）に削減係数β（式5-4）を掛けた漁獲係数（Ft＝βFt）を用いてABCを計算した。

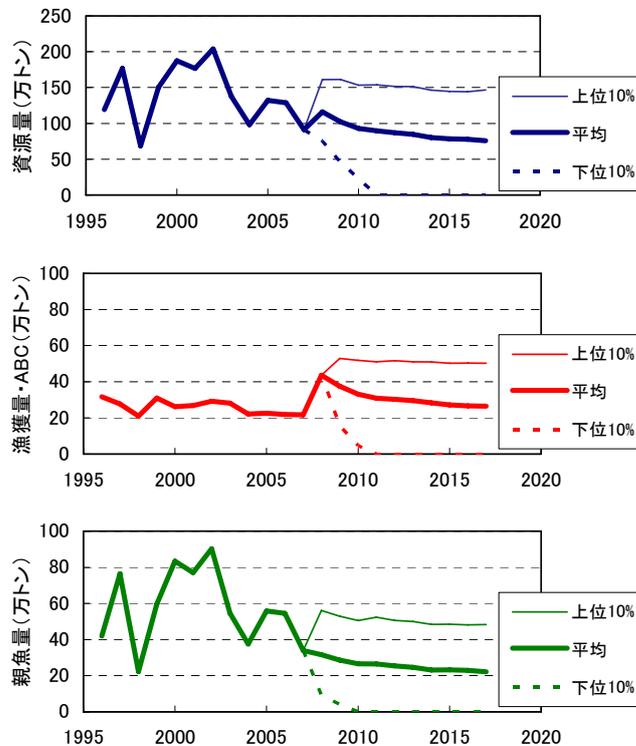


図7-1 加入量予測の不確実性を考慮した推移（Fmsy＝0.716で漁獲した場合）。1000回の反復計算より上位10%値、平均値、下位10%値を示す。

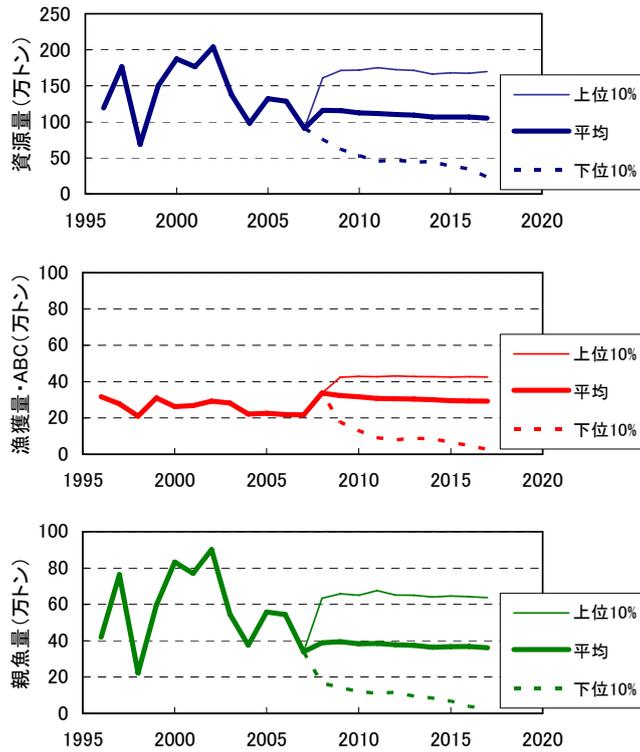


図7-2 加入量予測の不確実性を考慮した推移 ($0.7F_{msy} = 0.503$ で漁獲した場合)。1000回の反復計算より上位10%値、平均値、下位10%値を示す。

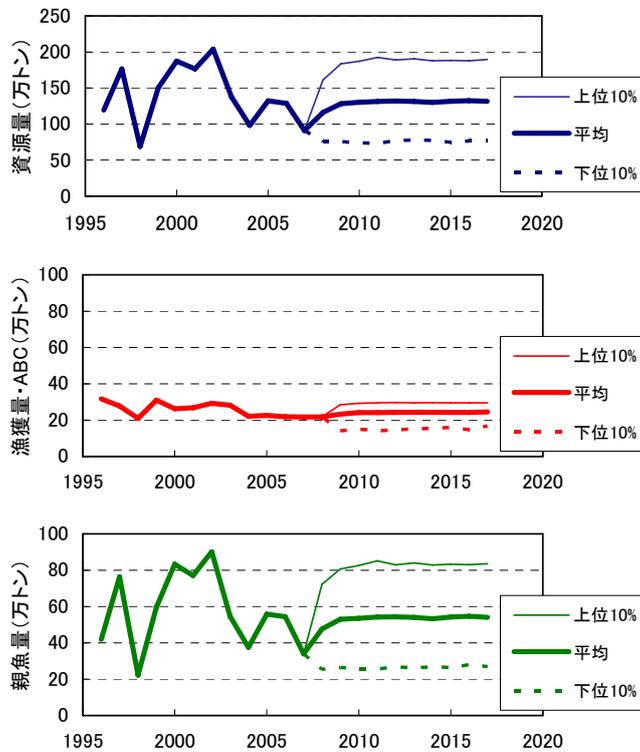


図7-3 加入量予測の不確実性を考慮した推移 ($F_{current} = 0.295$ で漁獲した場合)。1000回の反復計算より上位10%値、平均値、下位10%値を示す。

表7-1

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2008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	436 (193)	0.718	38.0%	33.6	34.8	314 (141)
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	336 (148)	0.503	29.3%	52.9	15.4	307 (138)
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	382 (168)	0.595	33.2%	43.9	23.6	317 (142)
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	217 (95)	0.295	18.9%	71.7	3.9	239 (107)

※ () 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(0.441)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(2017年)の資源量がBmsyを上回る確率、B:10年後(2017年)の資源量が低水準であった1980年代(1981年~1989年)の平均資源量(51.2万トン)を下回る確率、C:2008年~2017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、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)。ただし、0.7Fmsyで漁獲した場合、低水準に陥る危険性は15.4%であり、Fmsyで漁獲した場合の半分以下であった(図7-2)。さらにFcurrentで漁獲した場合は低水準となる確率は非常に低く(3.9%)、加入量予測の不確実性によって危険性が大きく増大する傾向は見られなかった(図7-3)。

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も含んでいる。しかし、予測資源量の不確実性が与える影響は、特に高いF値を与えた場合に大きいことを示している。

補足資料 8

スルメイカ秋季発生系群における資源評価方法および推定結果の概要

