平成20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、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、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大きく変動する。1980年代は不適な海洋環境（寒冷な環境）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(温暖な環境)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､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。2004～2007年は100万トン前後に減少したが、2008年の資源量は171万トンと推定され、MSY水準を維持するための資源量（Bmsy=109万トン）を上回った。2008年の予測漁獲係数で漁獲した場合、親魚量は73.8万トンであり、Blimit（28.7万トン=Bmsyを維持する親魚量）を上回ると推定される。現在、資源動向の変化を示す海洋環境指標の変化、および産卵場形成位置等の生態的な変化は観測されていない。そのため、2009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。

上記の資源状況を基に ABC は、MSY 水準を維持するための漁獲シナリオ（Fmsy）、親魚量を維持する漁獲シナリオ（Fmed）および現状の漁獲係数を維持するシナリオ（Fcurrent）を想定し、各漁獲シナリオによる 2009 年の漁獲量として算定した。その結果、2009 年の ABC は、MSY 水準の維持には 59.2 万トン、資源水準の維持には 41.4 万トン、現状の漁獲圧の維持では 27.3 万トンとなった。

漁獲シナリオ（管理規準）	F 値（Fcurrent との比較）	漁獲割合	将来漁獲量		評価		2009 年 ABC
			5 年後	5 年平均	5 年後に現状の親魚量を上回る	5 年後に Blimit を上回る	
現状の漁獲圧の維持（Fcurrent-3yr）	F=0.273（1.00Fcurrent）	17.7%	15.5 万トン～35.0 万トン	25.4 万トン	69.0%	95.8%	27.3 万トン（11.9 万トン）
*親魚量の維持（Fmed）	F=0.451（1.65Fcurrent）	26.9%	20.0 万トン～49.0 万トン	36.1 万トン	35.4%	89.8%	41.4 万トン（18.1 万トン）
MSY水準の維持（Fmsy）	F=0.731（2.67Fcurrent）	38.4%	19.8 万トン～58.8 万トン	45.1 万トン	3.7%	56.0%	59.2 万トン（25.8 万トン）

コメント

・上記の漁獲シナリオによって当該資源を持続的に利用することが可能である。
・ただし、Fmsy での漁獲は不確実性を考慮し予防的措置（0.7Fmsy）をとることが望ましい。
・現状の漁獲圧は資源を悪化させる状況にないと判断される。
・中期的管理方針では、資源水準の維持を目標としている。
・Blimit は親魚量で 28.7 万トン、現状の親魚量は近年 3 年間の平均値(48.9 万トン)。

・Fcurrent は近年 3 年間の F 値の平均値。
・Fmed は好適な海洋環境条件による 1990 年代以降の再生産成功率を基に算出。
・Fmsy は好適な海洋環境条件による 1990 年代以降の再生産関係を定式化して算出。

・漁獲シナリオの評価は、加入量の不確実性を考慮したシミュレーション（補足資料 5）を基に行った。
・5 年後の漁獲量の範囲は、シミュレーションによる 80%区間。
・( )内は秋季発生系群の我が国 200 海里内の漁獲量。秋季発生系群全体の漁獲量に対する我が国 200 海里内の漁獲比率の近年 5 年平均値（0.437）より算定した値。

・海洋環境によって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、加入量予測に用いる再生産関係およびBlimit等の値を変更する必要がある。

年	資源量（千トン）	獲量（千トン）	F値	漁獲割合
2006	1286	236	0.285	18.4%
2007	910	162	0.275	17.8%
2008	1714			

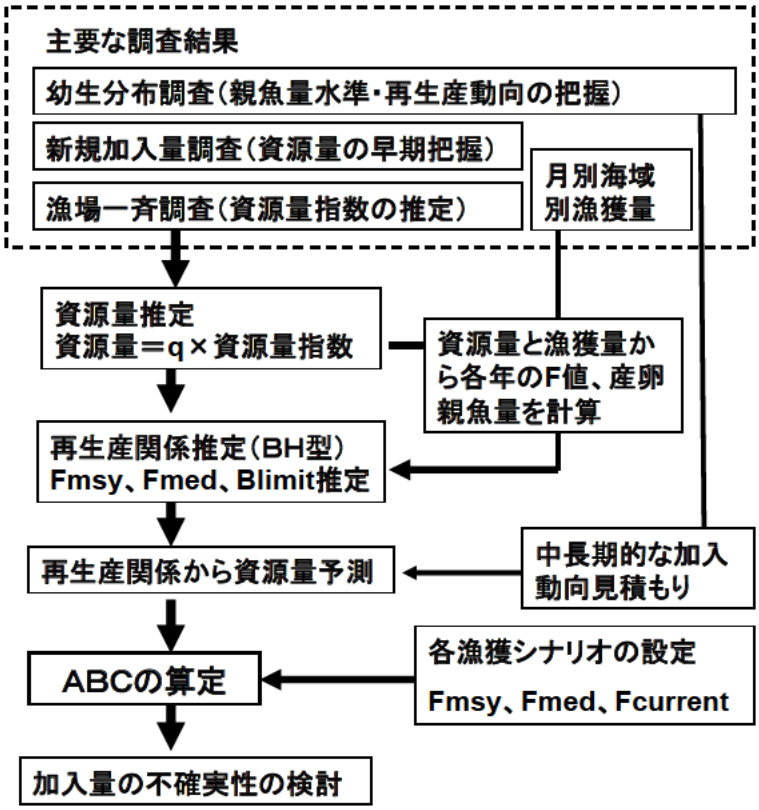
	指　標	値	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	287千トン	親魚量がこの値以下になると翌年の資源量が最大持続生産量を維持する水準を下回るため
2008年	親魚量	738千トン	

水準：高位　　動向：横ばい

資源評価に用いたデータセット一覧

データセット	基礎情報、関係調査等
月別・海域別漁獲尾数 (系群別漁獲量)	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 主要港月別水揚量(全漁連) 漁獲成績報告書(JAFIC) 北海道水産現勢(北海道) 韓国漁獲統計資料(URL:http://fs.fips.go.kr/main.jsp) 生物情報収集調査(北海道～長崎 14 道府県)
資源量指数 ・ 資源量指数 ・ 幼生分布量 ・ 幼イカ分布量 海洋環境 ・ 対馬暖流域水温	 6 月下旬から 7 月中旬の日本海漁場一斉調査(日水研、北海道～鳥取 8 道県) ・イカ釣り調査 10 月～11 月の稚仔採集調査(日水研) ・ノルパックネット、80R ネット 4 月スルメイカ新規加入量調査(日水研、富山県、石川県) ・表層トロール 3,6,9,11 月の海洋観測結果(青森～島根 6 県)
自然死亡係数(M)	月当たり 0.1(漁期間 6 ヶ月で 0.6)を仮定
漁獲努力量	旧中型イカ釣り漁獲成績報告書(JAFIC)

資源評価方法の手順



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 17 年の漁業・養殖業生産統計年報によると我が国漁獲量の 4.99%、生産額では 3.81%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、いか釣り漁業（主に旧中型いか釣り漁船 30～185 トン）と、小型いか釣り漁業（30 トン未満漁船）に分けられる。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、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。

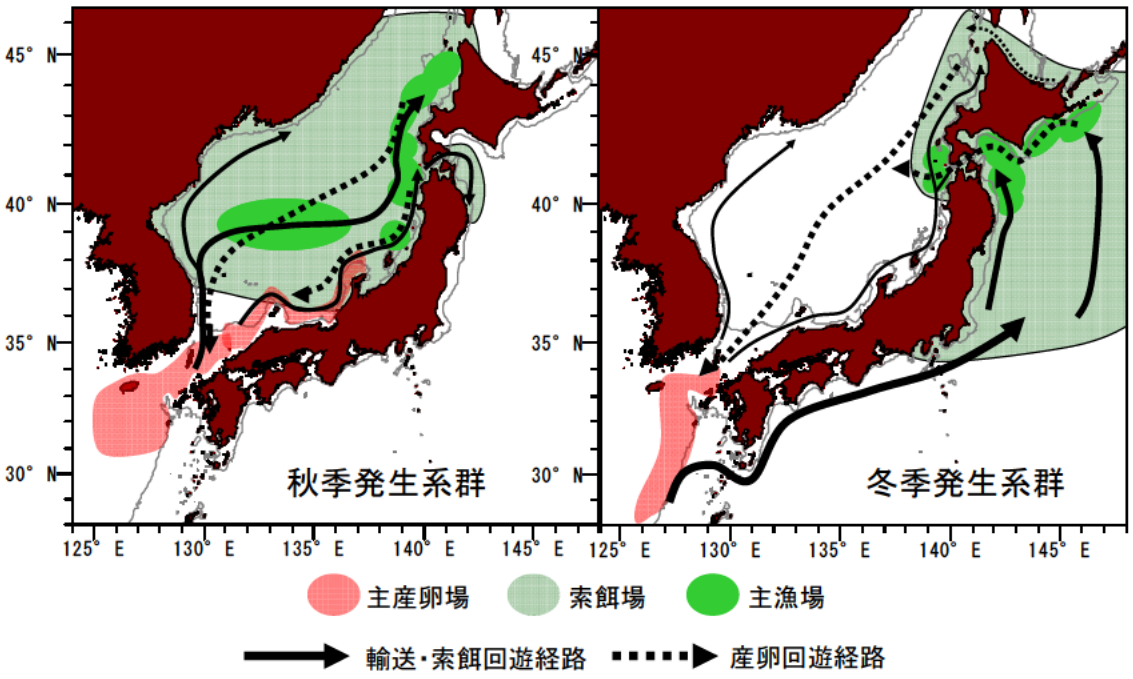


図1 スルメイカの分布回遊図（秋季発生系群(左図)と冬季発生系群（右図））

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って日本海に移入し、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。

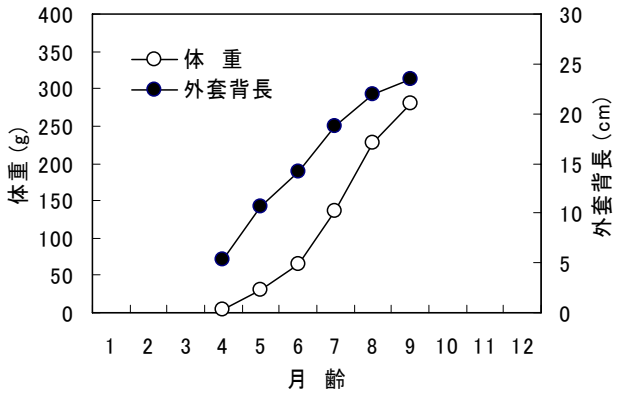


図2 スルメイカの成長

（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、沖合域では旧中型いか釣り漁船の漁獲対象となる。沿岸域の漁獲物は主に生鮮で水揚げするが、沖合域の漁獲物は主に冷凍で水揚げされる。

（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および図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、秋季発生系群が大部分を占めていた日本海における日本漁船の漁獲量を代用値として示した（図3）。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、2004年は8万9千トン、2005年および2006年は10万トンを上回ったものの、2007年は6万9千トンに減少した。

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。しかし、近年は減少傾向となり、2004～2006年は23万トン前後、2007年は16万2千トンとなった。

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200海里内）	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	101,651	122,657	495	224,803
2006	108,146	126,795	1,329	236,270
2007	68,845	92,892	196	161,933

近年５年間の日本EEZ内の平均漁獲比率　0.437

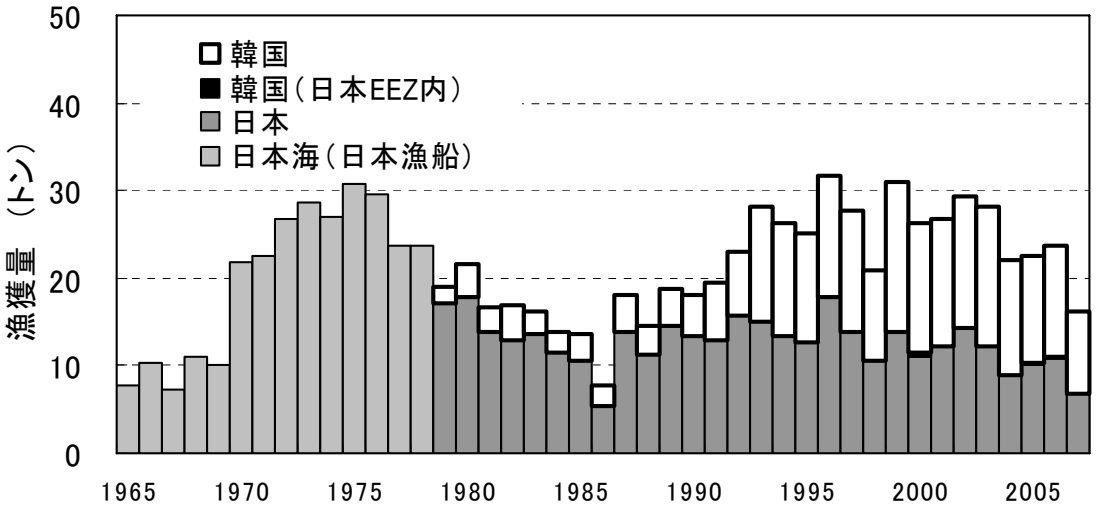


図3 スルメイカ秋季発生系群の漁獲量の推移

（３）漁獲努力量

日本海沖合域の主漁業である旧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年代以降は減少し、近年は2万日～3万日となった（表2）。なお、表2におけるCPUEは漁獲成績報告書における大海区３（日本海）と大海区５（東シナ海）の旧中型イカ釣り漁船の1日あたりの漁獲量の集計結果であり、漁獲量は日本海と東シナ海の冷凍漁獲量集計値である。努力量は、これらの漁獲量／CPUEとして算出した。

表2 旧中型イカ釣り漁船の努力量の変化

	漁獲量（トン）	努力量（日）	CPUE（トン／日）
1979	112,489	153,320	0.734
1980	108,522	99,994	1.085
1981	75,687	105,520	0.717
1982	87,411	112,146	0.779
1983	88,716	127,653	0.695
1984	76,433	105,911	0.722
1985	73,012	98,025	0.745
1986	37,072	100,338	0.369
1987	90,995	92,074	0.988
1988	66,679	72,615	0.918
1989	81,883	70,063	1.169
1990	70,729	53,983	1.310
1991	71,830	47,121	1.524
1992	85,218	39,526	2.156
1993	86,306	37,968	2.273
1994	45,737	25,946	1.763
1995	56,333	26,038	2.163
1996	75,862	23,937	3.169
1997	69,972	23,674	2.956
1998	75,369	33,036	2.281
1999	100,749	37,455	2.690
2000	77,199	24,042	3.211
2001	73,786	21,657	3.407
2002	87,385	27,639	3.162
2003	68,583	22,166	3.094
2004	60,730	25,899	2.345
2005	62,767	25,698	2.443
2006	70,510	30,528	2.310
2007	52,379	20,737	2.526

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4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個体となった。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～2007年は15個体前後に低下したが、2008年は21.06個体であり、2000年前後の水準に回復した。

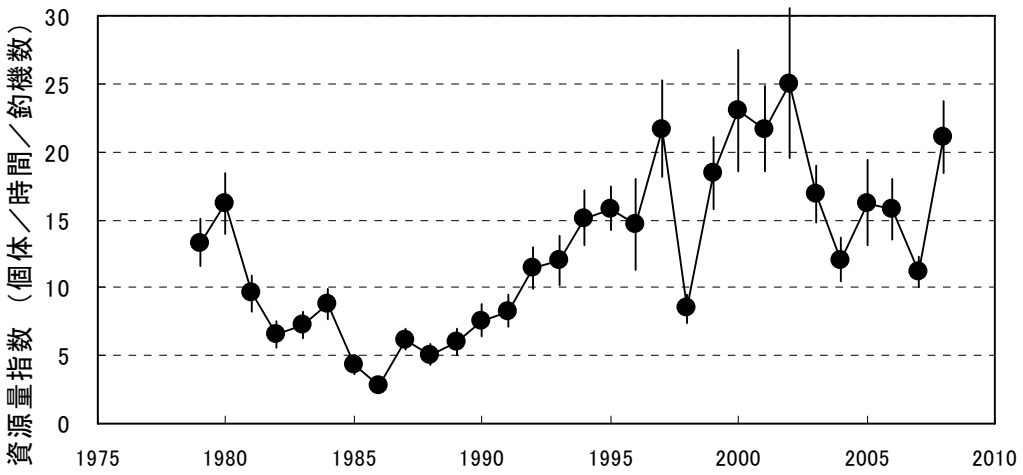


図4 資源量指数の経年変化（｜は標準誤差）

漁期前（４月）に実施する新規加入量調査の結果では、2008年の1曳網あたりの平均採集個体数は2007年よりも減少したが、秋季発生系群に相当する外套背長5cm以上の個体は増加した（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、2005年以降は1990年代以降の水準を維持しているがやや減少し、45cmネットによる１曳網あたりの採集数は1.5個体前後となった（図5）。

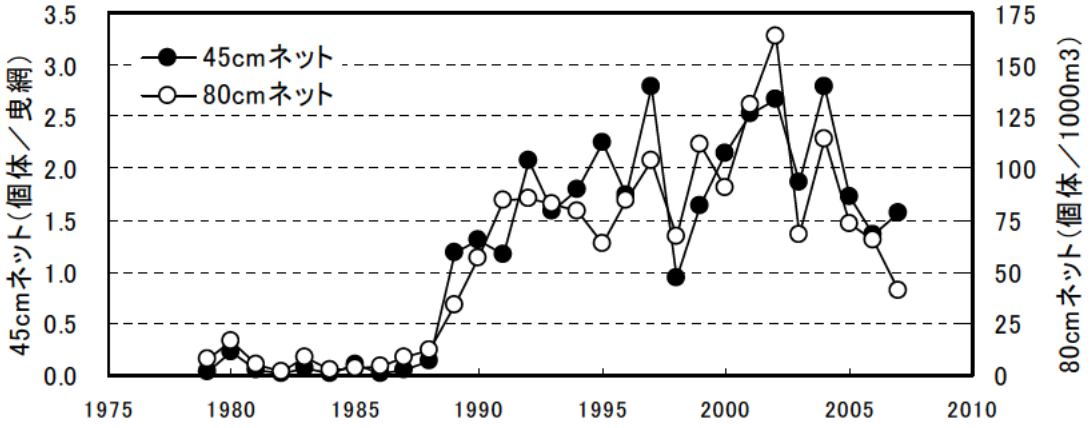


図5 スルメイカ幼生の分布密度

CPUE

日本海における旧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 6)。しかし、近年はやや減少し、2004 年以降は 2.5 トン前後となった（図 6)。

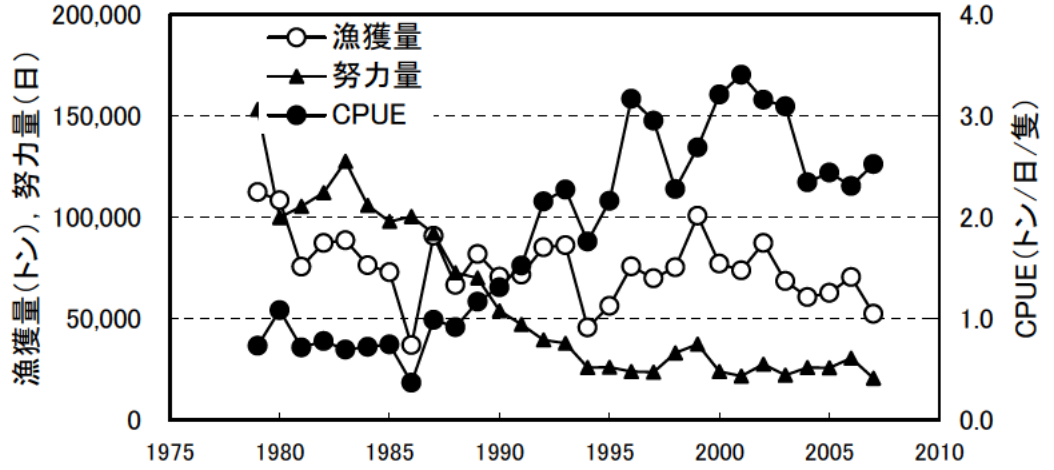


図6 日本海における旧中型いか釣り漁船のＣＰＵＥ、漁獲量、努力量の推移

（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。2008年は資源量指数が高かったものの、外套背長21cm以上の個体（特に外套背長23cm以上の個体）の比率が低く、外套背長21cm以上の資源量指数は近年平均を下回った。

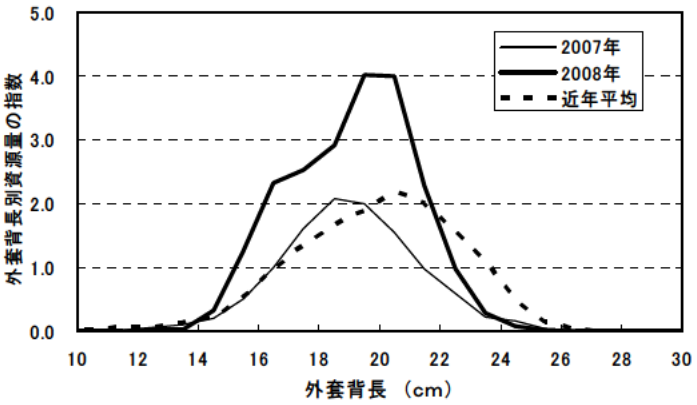


図7 漁場一斉調査結果による各年の外套背長組成

（４）資源量と漁獲割合の推移

スルメイカ秋季発生系群の推定資源量および漁獲割合の推移を図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年代後半以降は増加傾向となり、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。2004～2007年は100万トン前後に減少したが、2008年の資源量は171万トンに増加した。

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低下し、1990年代は30%以下、近年は20%前後であった。

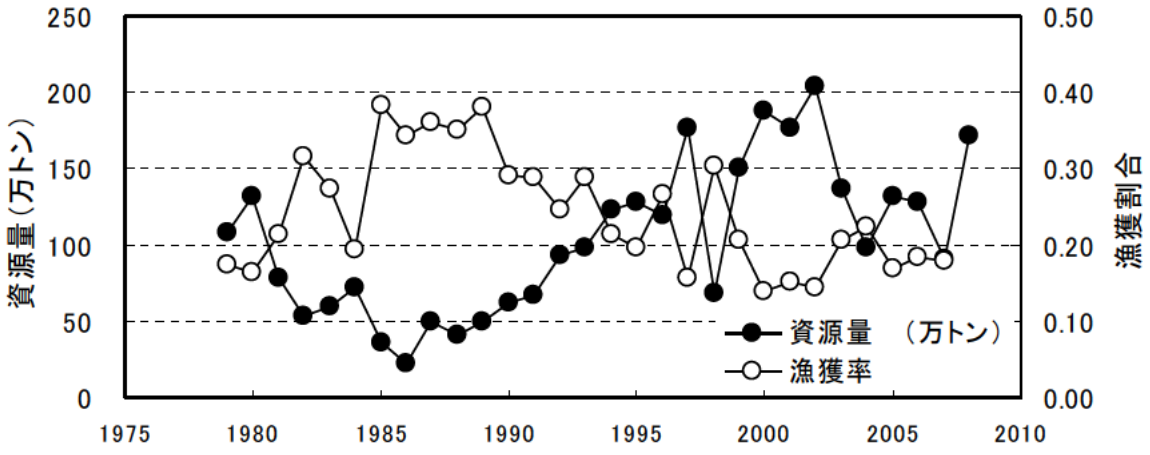


図8 スルメイカの推定資源量および漁獲割合

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。2003年～2007年は40～60万トンに減少したが、2008年は73.8万トンに増加すると予測される。

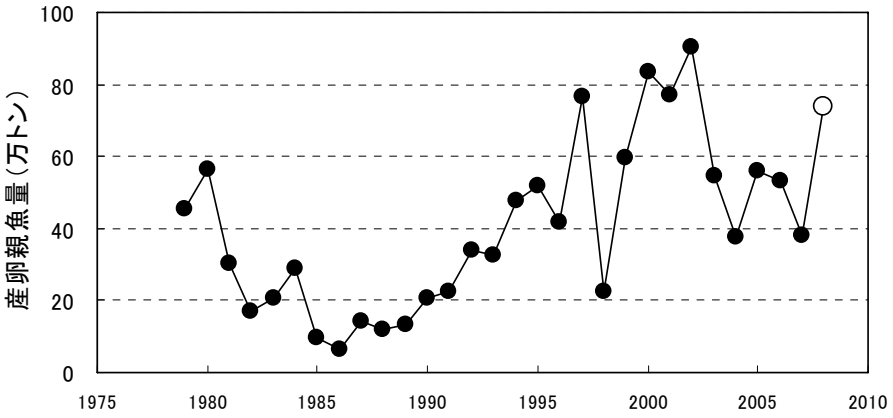


図9 スルメイカの推定親魚量

スルメイカの資源量は、漁獲の影響に加えて海洋環境によって大きく変化することが指摘されている。北西太平洋の水温が寒冷な傾向にあった1980年代は、スルメイカの資源にとって不適な環境であり、その結果、資源水準が低くなった。一方、北西太平洋の水温が温暖な傾向に変化した1990年代以降はスルメイカの資源にとって好適な環境となり、資源水準が高くなった（補足資料３）。また、海洋環境によるスルメイカへの影響は、資源水準に加えて、主産卵場、主産卵時期の変化、および資源構造や回遊経路の変化等の生態的変化としても観測されている。

（５）資源水準・動向

資源量は、高位水準の閾値とするBmsy（109万トン、算出方法は次項の再生産関係で説明）を上回り、資源量は2006年、2007年と減少したものの、2008年は増加したことから、2008年のスルメイカ秋季発生系群の資源は「高位水準・横ばい」と判断した。

（６）再生産関係

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型の再生産関係式を用い、対数値の残差平方和が最小になる値として、パラメータをa=7.87、b=0.105と推定した。この再生産関係を用いるとＦmsyは0.787、MSYは41.8万トン、この時の資源個体数は38.8億、資源量（Bmsy）で109万トンと計算された（補足資料４）。

また、1990年以降の親魚数と資源個体数の関係から再生産成功率（RPS）を求めると、その中央値は2.86となり（図10）、資源水準（親魚量）を維持する指標値となるFmedは0.451と算出される。

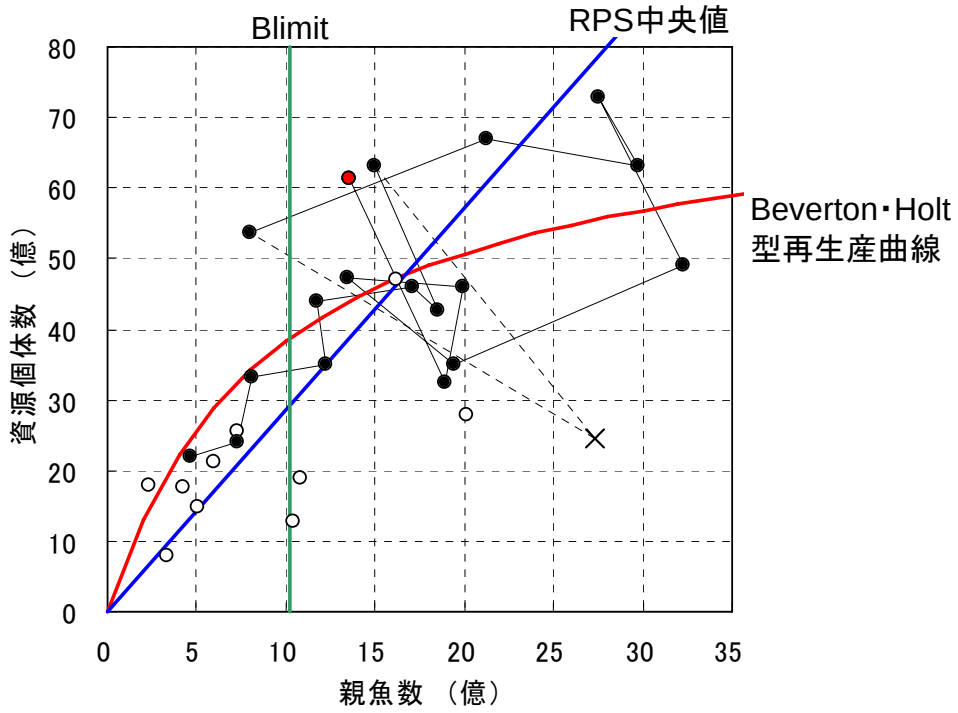


図10 スルメイカ秋季発生系群の再生産関係　Beverton・Holt型の再生産曲線は、1990年以降の資源個体数（Nt）と親魚数（St-1）の関係（●）をもとに推定。ただし、1998年の値（×）は除いた。（○）は1980～1989年の関係を示す。（●）は2008年の関係。

（７）Blimitの設定

再生産関係からMSY水準を維持するための資源量（Bmsy）は109万トンと推定され、この値を下回る資源量水準では、最大持続生産量が維持できない。昨年まではABC対象年のBmsyをBlimitとしたが、本年は、Bmsy（＝109万トン）の維持に必要となる親魚量をBlimitとし、産卵親魚量がこの値を下回った場合は、資源回復措置をとることとする。再生産関係（図10）からBlimitは28.7万トン（10.3億個体）と推定された。

（８）今後の加入量の見積もり

調査結果では、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、環境変化に伴う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と判断する。

（９）生物学的管理基準値（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

現状（近年3年平均）の漁獲係数（F値）は0.273である。現状のF値を1990年代以降の再生産関係から推定した生物学的管理基準値と比較すると、MSY水準を達成する漁獲係数Fmsy（＝0.731）および現状の資源水準を維持する漁獲係数Fmed（＝0.451）よりも低い水準にあり、現状の漁獲係数は適切な水準に維持されていると判断する（図11）。

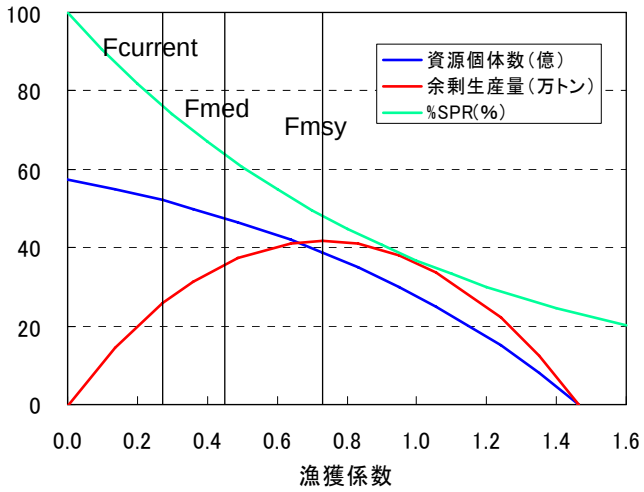


図11 生物学的管理基準値（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係。%SPRおよび再生産関係から推定される平衡資源量、余剰生産量も合わせて示す。

５．2009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。しかし、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水準を維持した。2003年～2007年には100万トン前後に減少したが、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なく、2008年の資源量は171万トンに増加した。したがって、2009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、現状水準の適切な漁獲管理によって資源を高い水準に維持することが可能と考える。

（２）漁獲シナリオに対応した2009年ABC並びに推定漁獲量の算定

2008 年の資源量は 171 万トンと推定され、2008 年漁期も補足資料 1 に示す資源量指数と漁獲量の関係で漁獲が行われた場合、2008 年の親魚量は Blimit を上回る。したがって、ABC 算定規則の 1-1)-(1)を適応し、現状の漁獲圧の維持として近年 3 年間の F 値の平均値（Fcurret）による漁獲、親魚量の維持（Fmed）および MSY 水準の維持（Fmsy）が期待される漁獲シナリオをもとに 2009 年の ABC を算定した。各漁獲シナリオで予想される今後の漁獲量、資源量を図 12 および表 3 に示す。

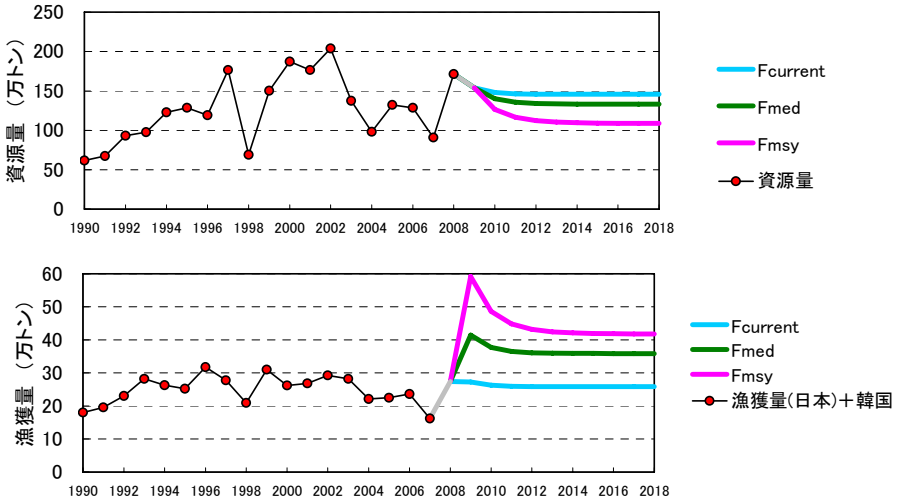


図12　各漁獲係数による資源量(上)、および漁獲量(下)の推移

表 3　各漁獲シナリオによる漁獲量および資源量の今後の推移

漁獲シナリオ		漁獲量（千トン）						
	管理基準	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
現状の漁獲圧の維持	Fcurrent-3yr (F=0.273)	274	273	263	260	259	258	258
資源水準の維持	Fmed (F=0.451)	274	414	377	365	361	359	359
MSY水準の維持	Fmsy (F=0.731)	274	592	487	448	432	424	421
		資源量（千トン）						
	管理基準	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
現状の漁獲の維持	Fcurrent-3yr (F=0.273)	1714	1540	1481	1464	1459	1457	1457
資源水準の維持	Fmed (F=0.451)	1714	1540	1402	1357	1342	1336	1334
MSY水準の維持	Fmsy (F=0.731)	1714	1540	1266	1166	1124	1104	1095

（3）加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

各漁獲シナリオにおいて、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。また、資源評価結果の不確実性を考慮した予防的措置として、資源水準の維持には0.8Fmed、MSY水準の維持達成には0.7Fmsyによる漁獲も合わせて検討した（図13､表4）。なお、Fmsyで漁獲した場合に想定される資源評価に用いた仮定値の不確実性による影響は補足資料６の通りであり、MSY水準の維持には0.7Fmsyを用いることが望ましいと判断する。

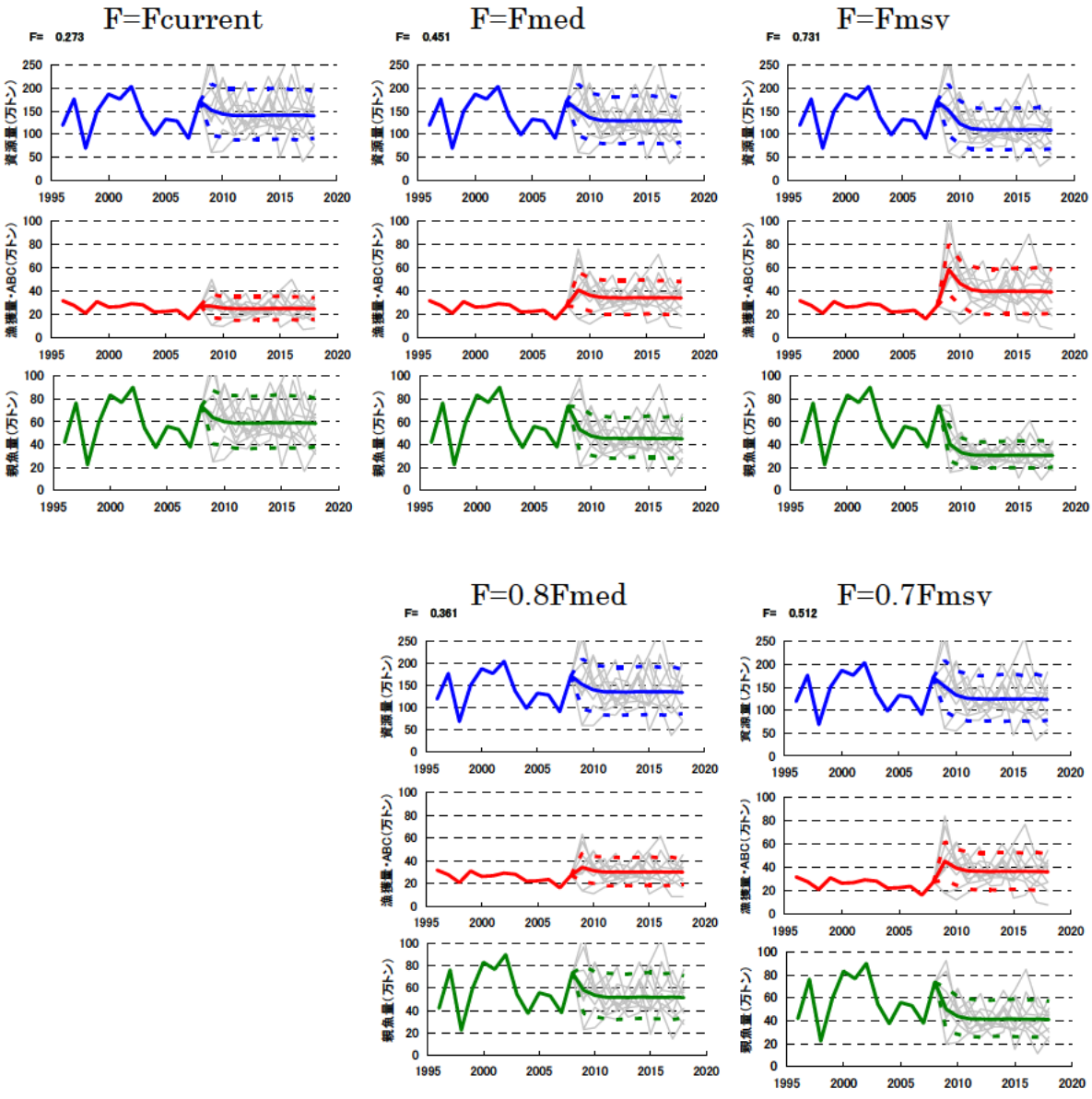


図13 加入量の不確実性を考慮した資源量、漁獲量、親魚量の推移
灰色の細線は1000回の試行のうちの初めの10回の試行の各推移、
太線は1000回の試行による平均値、太点線は上側10%および下側10%点を示す。

表4　シミュレーションによる各漁獲シナリオによる評価結果

漁獲シナリオ（管理規準）	F値（Fcurrentとの比較）	漁獲割合	将来漁獲量		評価		2009年ABC
			5年後	5年平均	5年後に現状の親魚量を上回る	5年後にBlimitを上回る	
現状の漁獲圧の維持（Fcurrent-3yr）	F=0.273（1.00Fcurrent）	17.7%	15.5万トン～35.0万トン	25.4万トン	69.0%	95.8%	27.3万トン（11.9万トン）
*親魚量の維持に予防的措置をとる（0.8Fmed）	F=0.361（1.32Fcurrent）	22.4%	18.1万トン～42.7万トン	31.2万トン	54.8%	93.6%	34.6万トン（15.1万トン）
*親魚量の維持（Fmed）	F=0.451（1.65Fcurrent）	26.9%	20.0万トン～49.0万トン	36.1万トン	35.4%	89.8%	41.4万トン（18.1万トン）
MSY水準の維持に予防的措置をとる（0.7Fmsy）	F=0.512（1.87Fcurrent）	29.7%	20.7万トン～52.2万トン	38.8万トン	23.7%	85.3%	45.7万トン（20.0万トン）
MSY水準の維持（Fmsy）	F=0.731（2.67Fcurrent）	38.4%	19.8万トン～58.8万トン	45.1万トン	3.7%	56.0%	59.2万トン（25.8万トン）

漁獲シナリオの評価は加入量の不確実性を考慮した補足資料5のシミュレーションを基に行った。

・Blimitは親魚量で28.7万トン、現状の親魚量は近年3年間の平均値(48.9万トン)。
・Fcurrentは近年3年間のF値の平均値
・Fmedは好適な海洋環境条件による1990年代以降の再生産成功率を基に算出。
・Fmsyは好適な海洋環境条件による1990年代以降の再生産関係を定式化して算出。

・5年後の漁獲量の範囲は、シミュレーションによる80%区間。
・( )内は秋季発生系群の我が国200海里内の漁獲量。秋季発生系群全体の漁獲量に対する我が国200海里内の漁獲比率の近年5年平均値(0.437)より算定した値。

加入量の不確実性を考慮すると、0.7Fmsy以下で漁獲することによって、85%以上の確率で5年後の親魚量がBlimitを上回ると期待される。また、5年後に現状の親魚量を50%以上の確率で維持するには、0.8Fmed以下で漁獲する必要がある。

（4）ABCの再評価

評価対象年	管理基準	資源量（千トン）	ABClimit（千トン）	ABCtarget（千トン）	漁獲量（千トン）	管理目標
2007年（当初） 2006年評価における予測値	Fmsy(0.737)	1333	542 (243)	415 (186)		MSY水準の維持
2007年（再評価） 2007年評価における推定値	Fmsy(0.718)	910	311 (137)	237 (105)		MSY水準の維持
2007年（再々評価） 2008年評価における再推定値	Fmsy(0.731)	910	350 (153)	270 (118)	162 (69)	MSY水準の維持
2008年（当初） 2007年資源評価における予測値	Fmsy(0.718)	1150	436 (193)	336 (148)		MSY水準の維持
2008年（再評価） 2008年資源評価における推定値	Fmsy(0.731)	1714	659 (288)	509 (222)		MSY水準の維持

() 内は我が国200海里内の値

ABCの再評価において、今年は資源量推定のパラメータqを変化させていないため、資源量の変化は予測値と調査結果（資源量指数）に基づく推定値の違いである。また、同じ資源量でのABCの変化は、新たなデータの追加による管理基準値（Fmsy）の推定値の変化によるものである。

６．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；木所2008）。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、加入量予測に用いる再生産関係およびBlimit等の値を変更する必要がある。

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、高いF値による漁獲シナリオでは加入量の不確実性による過剰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）。したがって、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。

７．引用文献

安達二朗（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(2008)　気候変化に対するスルメイカの日本海での分布回遊と資源変動に関する研究．北海道大学審査学位論文, 148pp.

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・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.

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 200 海里内を含む（2000 年、2002～2004 年、2006 年は我が国 200 海里内のみ）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)

2008 年の調査結果の概要（図 1-1）として、道北～道央海域では、CPUE（釣機１台１時間あたりの採集個体数）が 20 個体以上の比較的分布密度の高い調査点があったが、外套背長 17cm 未満の小型の個体が中心であった。道南・津軽海域では､外套背長 17cm 未満の小型の個体が中心であったが､分布密度が高く､CPUE（釣機１台１時間あたりの採集個体数）が 50 個体を超える調査点（84 個体）もあった。

本州北部日本海の CPUE は 20 個体前後の調査点が多く、比較的分布密度は高かった。能登半島付近では、外套背長 19～21cm の個体の比率が高かった。 西部日本海では沿岸域では CPUE が 20 個体未満の調査点が多く、分布密度は高くなかった。隠岐諸島付近では外套背長 17cm 未満の個体の比率が高かった。

沖合域では CPUE が 50 個体以上の調査点が大和堆付近で複数見られ、分布密度が高かった。しかし、外套背長 21cm～23cm の大型個体の比率は少なく、23cm 以上の個体は殆ど見られなかった。

なお､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。

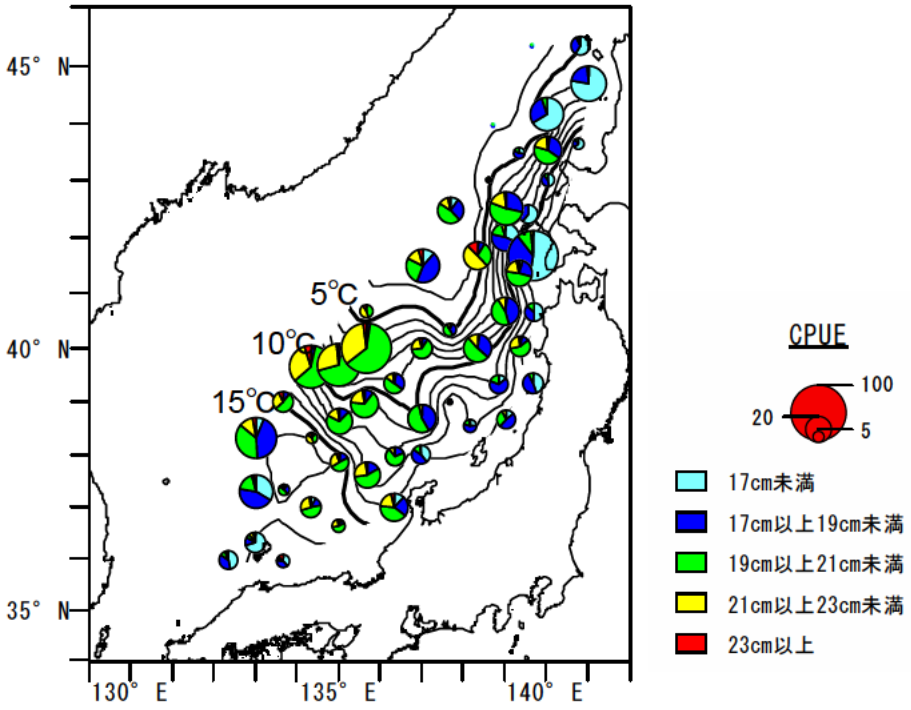
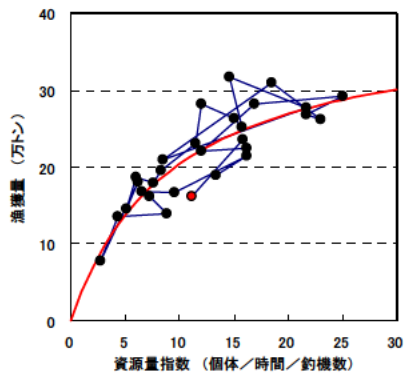


図 1-1　2008 年の日本海スルメイカ漁場一斉調査結果。
○の面積は各調査点の分布密度の指標となる CPUE（釣機 1 台 1 時間の採集個体数）を示し、色は各外套背長範囲の比率を示す。水深 50m の水温分布も示した。



$$C_t = \frac{4.22 \cdot U_t}{1 + 0.107 U_t}$$

図 1-2　秋季発生系群の資源量指数（Ut）と漁獲量（Ct）の関係

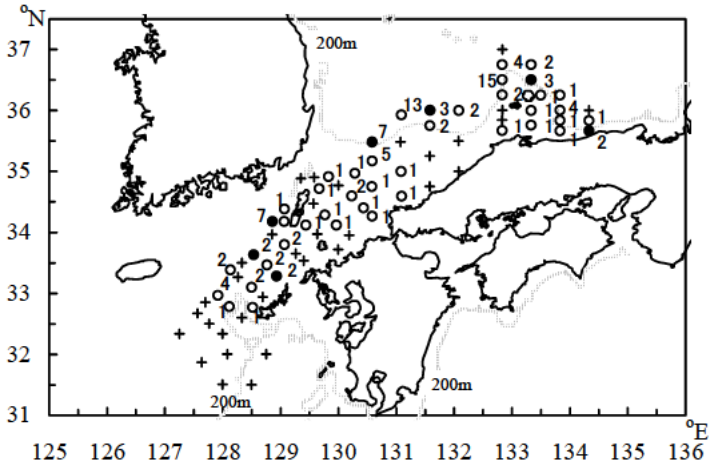


図 1-3　口径 45cm ネットによるスルメイカ稚仔の採集個体数(2007 年)
＋：採集個体数が０、●：孵化直後の幼生が採集された地点、○：幼生の採集地点

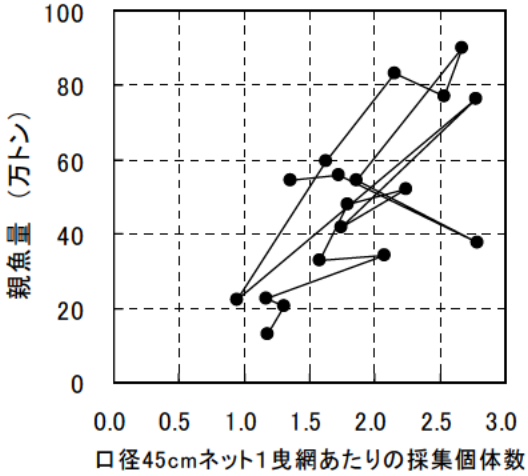


図1-4　幼生分布量と推定親魚量の関係

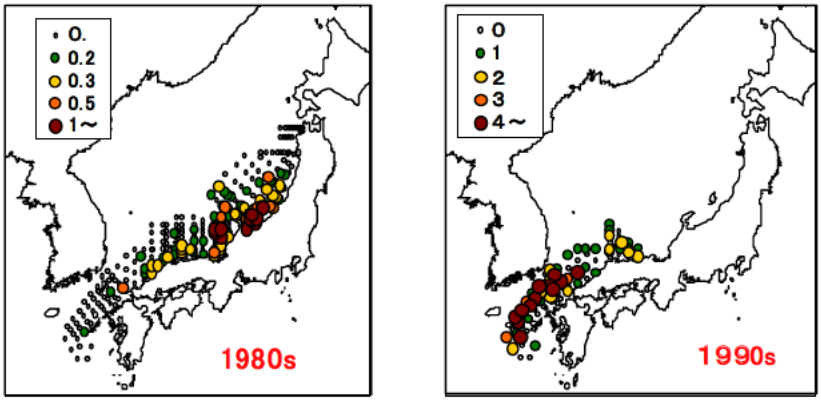


図1-5　スルメイカ幼生の分布域の変化
左図は資源水準の低かった1980年代の採集結果（１網あたりの採集個体数）、
右図は資源水準が高くなった1990年代の採集結果（１網あたりの採集個体数）。

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。

2008年4月に実施したスルメイカの新規加入量調査の結果（図1-6）では、秋季発生系群に相当する外套背長5cm以上のスルメイカが、大和堆の南西沖で多く採集された。1調査点あたりの平均採集個体数は35.0個体であり、近年5年平均（33.0個体）を上回ったが、昨年（54.5個体）を下回った（図1-7）。ただし、外套背長5cm以上の個体では平均25.4個体であり、近年5年平均（16.3個体）および昨年(20.0個体)を上回った。

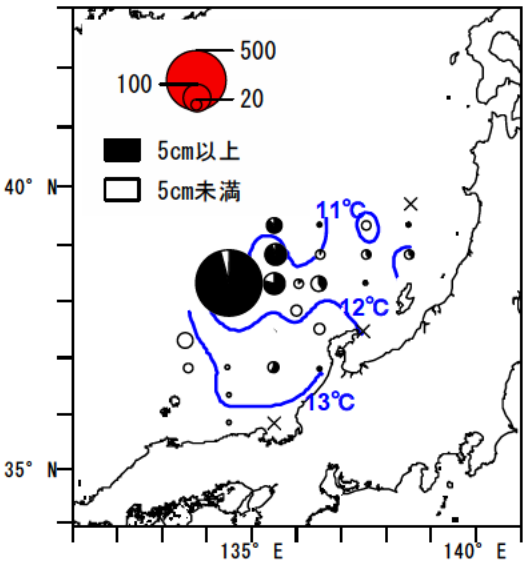


図1-6 2008年の新規加入量調査による加入前スルメイカの分布状況

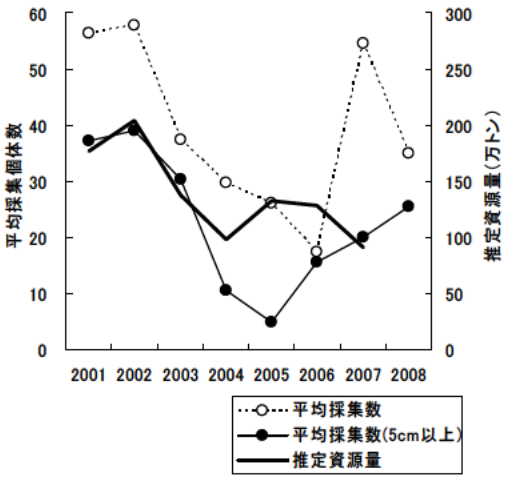


図1-7 平均採集個体数と推定資源量の関係

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。

$$N_t = q \cdot U_t \qquad (2\text{-}1)$$

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）。

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

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

（ｔ＝1979～2000）

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。d 日は6月１日からの経過日数である。

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

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（d=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 d 日における調査結果の平均外套背長（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、d日におけるスルメイカの獲られやすさ（f_d）は、平均外套背長(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。

$$f_d = a \cdot e^{bx_d} \qquad (2\text{-}5)$$

すると、CPUEの相対値（u_d）の変化は、平均外套背長の関数で示される d 日の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。

$$u_d = f_d \cdot e^{-Z \cdot d} = a \cdot e^{(bx_d - Z \cdot d)} \qquad (2\text{-}6)$$

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 ＝2.908×10^{8}と推定された。

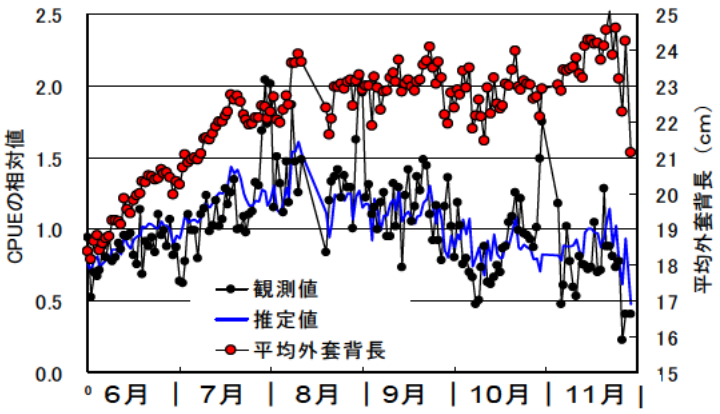


図 2-1　年相対 CPUE の日別変化

３）資源量の推定結果

推定したｑ（＝2.908×10^{8}）を用いると、スルメイカ秋季発生系群の資源個体数、資源量、親魚数、親魚量、漁獲割合、漁獲係数再生産成功率は表2-1のように推定された。なお、親魚数は補足資料4の式4-1で計算した。

表2-1　スルメイカ秋季発生系群の資源個体数、資源量、親魚数、親魚量、漁獲割合、漁獲係数および再生産成功率

	資源量指数（個体／台／時間）	資源尾数（億個体）	資源量（万トン）	親魚数（億個体）	親魚量（万トン）	漁獲割合（%）	漁獲係数（F値）	再生産成功率（RPS）
1979	13.32	38.73	108.4	16.23	45.45	17.5	0.270	
1980	16.20	47.11	131.9	20.17	56.46	16.3	0.248	2.90
1981	9.59	27.87	78.0	10.87	30.44	21.4	0.342	1.38
1982	6.54	19.02	53.3	5.98	16.75	31.6	0.557	1.75
1983	7.28	21.16	59.2	7.33	20.52	27.3	0.460	3.54
1984	8.82	25.63	71.8	10.39	29.09	19.4	0.303	3.50
1985	4.36	12.66	35.5	3.37	9.43	38.2	0.725	1.22
1986	2.76	8.02	22.4	2.36	6.60	34.4	0.624	2.38
1987	6.18	17.97	50.3	5.07	14.21	36.0	0.664	7.62
1988	5.09	14.81	41.5	4.29	12.00	35.0	0.640	2.92
1989	6.04	17.57	49.2	4.70	13.16	38.0	0.719	4.10
1990	7.58	22.03	61.7	7.33	20.52	29.2	0.500	4.69
1991	8.29	24.12	67.5	8.07	22.58	28.9	0.495	3.29
1992	11.46	33.33	93.3	12.20	34.15	24.7	0.405	4.13
1993	12.00	34.89	97.7	11.69	32.72	28.9	0.494	2.86
1994	15.08	43.86	122.8	17.12	47.93	21.4	0.341	3.75
1995	15.80	45.93	128.6	18.53	51.89	19.6	0.307	2.68
1996	14.64	42.58	119.2	14.97	41.92	26.6	0.445	2.30
1997	21.70	63.09	176.7	27.28	76.39	15.7	0.238	4.21
1998	8.46	24.60	68.9	7.96	22.28	30.4	0.529	0.90
1999	18.46	53.67	150.3	21.25	59.51	20.6	0.326	6.74
2000	23.01	66.90	187.3	29.78	83.37	14.0	0.210	3.15
2001	21.68	63.04	176.5	27.50	76.99	15.2	0.230	2.12
2002	25.04	72.82	203.9	32.23	90.23	14.3	0.215	2.65
2003	16.88	49.07	137.4	19.47	54.50	20.5	0.325	1.52
2004	12.07	35.09	98.3	13.41	37.54	22.5	0.362	1.80
2005	16.24	47.22	132.2	19.97	55.90	17.0	0.261	3.52
2006	15.80	45.95	128.6	18.96	53.10	18.4	0.285	2.30
2007	11.18	32.50	91.0	13.55	37.94	17.8	0.275	1.71
2008	21.06	61.23	171.4					4.52

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）。特に気候レジームシフトに伴う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; 木所2008）。最近の気候レジームシフトは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、北西太平洋の気候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。

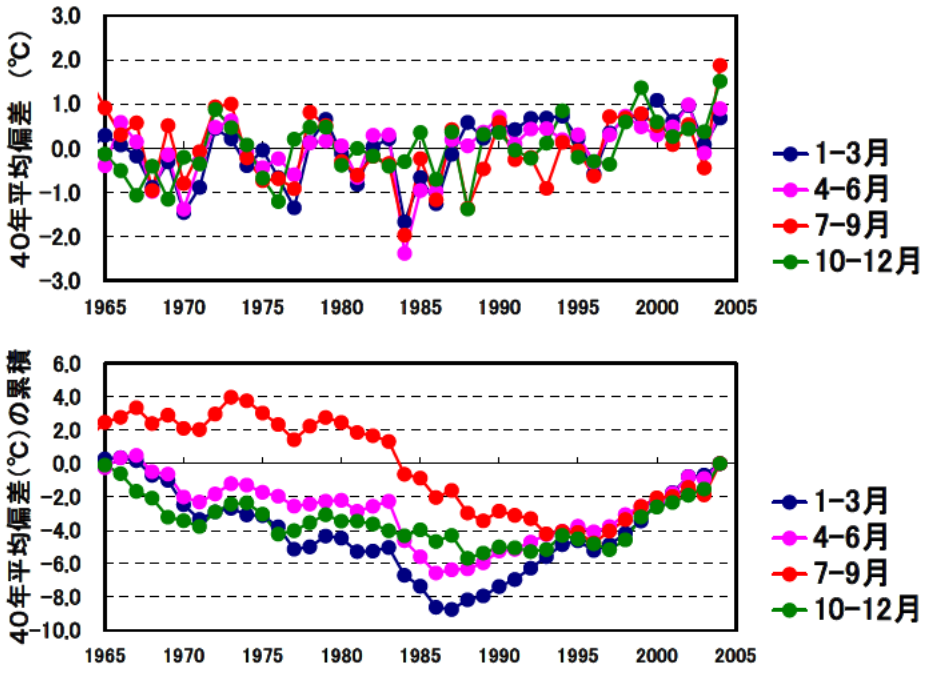


図3-1　対馬暖流域の水深50m水温の四季別経年偏差（上図）と偏差の累積（下図）

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様に求めた。

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

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/期待値の対数の残差平方和が最小になるように係数a、bを求めた。

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

なお、漁獲量（Y）は下記のように漁期の中間で漁獲されるとして計算すると、

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

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）。

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

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、

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

その時の資源個体数は、

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

である（中村2006）。

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0.261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）。

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

ここで、2008年の推定値はa=7.87、ｂ＝0.105

親魚数（St）および漁獲量（Yt）は資源個体数と漁獲係数（Ft）および自然死亡係数（Mt=0.6で一定）から（5-2）式および（5-3）式で求めた。

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

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

ただし、2008年の親魚数（＝S_{2008}）は資源量指数と漁獲量の関係（補足資料１）から求めた26.4億個体（F2008=0.243）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、前年の親魚量（SSBt-1）がBlimit（28.7万トン）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（Ft＝βF）を用いた。βは前年の親魚量（SSBt-1＝St-1・w）をもとに下記のように計算した。

$$\beta = \frac{SSB_{t-1}}{B\ell imit} \qquad (5\text{-}4)$$

シミュレーションは2009年から2018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
仮定値の不確実性が与える影響

資源評価に用いた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検討した。

全減少係数を1.047とした条件の基、仮定した自然死亡係数を0.15～0.9（この場合、1979年～2000年のF*値も連動して0.897～0.147に変化）によって過去(1979年～2008年）の資源量も52万トン（M=0.150の場合）から313万トン（M=0.900の場合）に変化し、それとともに算定されるABCの変化を図6-1に示した。自然死亡係数および比例定数の不確実性によるABCへの影響の分析結果から、MSY水準の維持達成のシナリオで想定される2009年のABCの下限値は約47万トン（M=0.15の場合）と推定される。この値は0.7Fmsyで算定されるABC（＝45.7万トン）よりも高い値である。したがって、0.7Fmsyを用いることによって、MSY水準を維持する漁獲シナリオにおける仮定値によるABCの過大評価に対する危険性は回避できると考える。

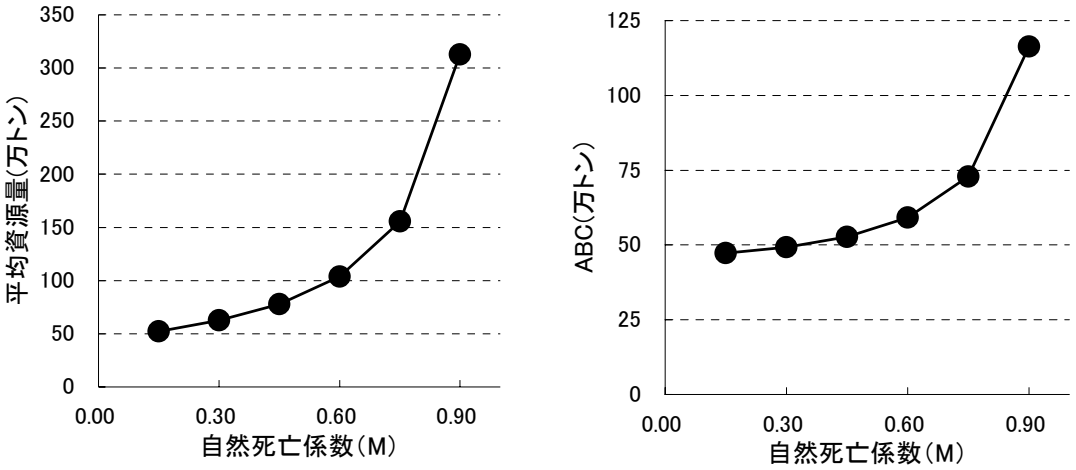


図6-1　仮定した自然死亡係数による1979年～2008年の平均資源量（左図）およびMSY水準の維持達成シナリオにおけるABC（右図）の変化

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

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）。資源量は補足資料5と同様に発生させたが、補足資料5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。

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

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は、7-1で計算される前年の親魚量と再生産関係式から予測した資源量に漁獲係数を与えて下記のように求めた。

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

ただし、2009年のABCは資源評価報告書で算定した値を用い、2009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＝βF）を用いてABCを計算した。

基本的に補足資料5のシミュレーションは、ABC対象年の資源量を（完全に）把握し、資源量に応じて期中改訂を行った場合に相当し、ここでのシミュレーションは、ABC対象年の資源量にかかわらず期中改訂を行わず、ABCで漁獲した場合に相当する。

シミュレーションによる結果を図7-1に示した。補足資料5のシミュレーション結果（図13、表2）と比較して、今後５年間の平均漁獲量は、どのシナリオでも小さくなっていた。また、F値が低い漁獲シナリオ（Fcurrentおよび0.8Fmed）では5年後の漁獲量の範囲（10％点～90％点）は小さいが、F値が高い漁獲シナリオ（Fmsyおよび0.7Fmsy）では逆に大きくなった。

5年後にBlimitを上回る確率は、どのシナリオでも補足資料5のシミュレーション結果よりも小さくなったが、5年後に現状の親魚量を上回る確率は、F値が低い漁獲シナリオ（Fcurrentおよび0.8Fmed）では補足資料５のシミュレーションよりもが小さかったが、F値が高い漁獲シナリオでは逆に大きくなった。

なお、Fmsyで漁獲した場合では、2011年にABCが資源量を上回る場合が10%以上出現し、親魚量の10％点が０となり、翌年の資源量および漁獲量の10%点の値が０となった。

このシミュレーション結果は、Fmsyで漁獲した場合、全ての資源を取り尽くす状況も見られ、場合によっては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。

表7-1　補足資料7のシミュレーションによる各漁獲シナリオによる評価結果

漁獲シナリオ（管理規準）	F値（Fcurrentとの比較）	漁獲割合	将来漁獲量		評価		2009年ABC
			5年後	5年平均	5年後に現状の親魚量を上回る	5年後にBlimitを上回る	
現状の漁獲の維持（Fcurrent-3yr）	F=0.273（1.00Fcurrent）	17.7%	18.3万トン～28.5万トン	24.9万トン	61.6%	90.1%	27.3万トン（11.9万トン）
親魚量の維持に予防的措置をとる（0.8Fmed）	F=0.361（1.32Fcurrent）	22.4%	16.5万トン～35.1万トン	30.1万トン	47.8%	83.2%	34.6万トン（15.1万トン）
*親魚量の維持（Fmed）	F=0.451（1.65Fcurrent）	26.9%	12.5万トン～40.9万トン	34.1万トン	34.8%	72.4%	41.4万トン（18.1万トン）
MSY水準の維持に予防的措置をとる（0.7Fmsy）	F=0.512（1.87Fcurrent）	29.7%	9.9万トン～44.4万トン	36.2万トン	27.7%	65.8%	45.7万トン（20.0万トン）
MSY水準の維持（Fmsy）	F=0.731（2.67Fcurrent）	38.4%	0.0万トン～52.9万トン	40.1万トン	11.3%	42.5%	59.2万トン（25.8万トン）

漁獲シナリオの評価は加入量予測の不確実性を考慮した補足資料7のシミュレーションを基に行った。

・Blimitは親魚量で28.7万トン、現状の親魚量は近年3年間の平均値(48.9万トン)。
・Fcurrentは近年3年間のF値の平均値
・Fmedは好適な海洋環境条件による1990年代以降の再生産成功率を基に算出。
・Fmsyは好適な海洋環境条件による1990年代以降の再生産関係を定式化して算出。

・5年後の漁獲量の範囲は、シミュレーションによる80%区間。
・( )内は秋季発生系群の我が国200海里内の漁獲量。秋季発生系群全体の漁獲量に対する我が国200海里内の漁獲比率の近年5年平均値(0.437)より算定した値。

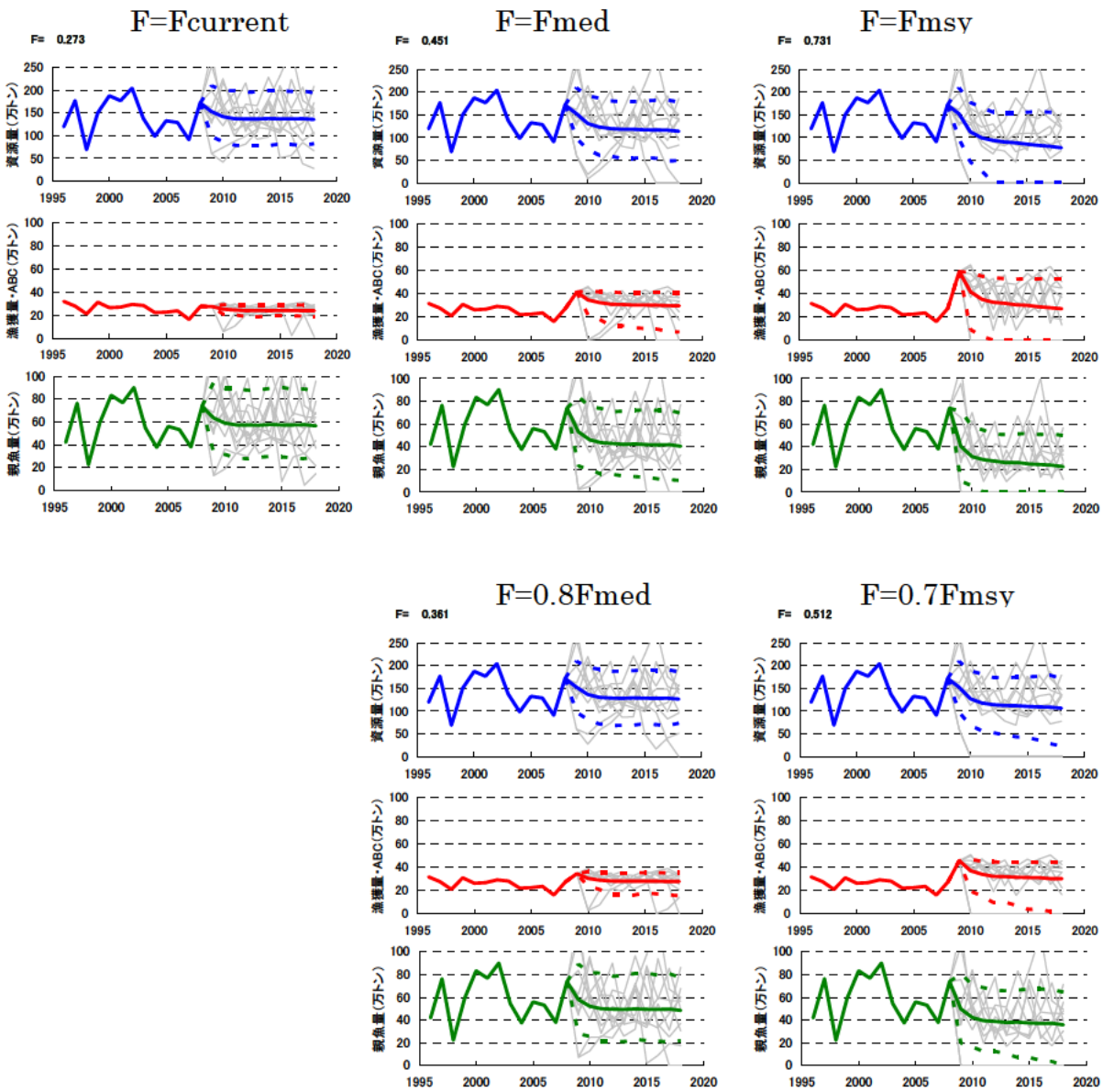


図7-1 加入量予測の不確実性を考慮した資源量、漁獲量、親魚量の推移
灰色の細線は1000回の試行のうちの初めの10回の試行の各推移、
太線は1000回の試行による平均値、太点線は上側10%および下側10%点を示す。