

平成23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、松倉隆一）

参画機関：北海道区水産研究所、西海区水産研究所、北海道立総合研究機構 中央水産試験場、青森県産業技術センター 水産総合研究所、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、京都府農林水産技術センター 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500千トン前後の低位水準付近で推移した。1990年代以降は好適な環境（温暖な環境）へ変化すると共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1,087千トン、2000年前後には概ね1,500～2,000千トンとなった。2004～2007年の資源量は1,000千トン前後に減少したものの、2008年以降は概ね1,200～1,700千トンの水準（2011年は1,351千トン）にある。

2011年も直近3年平均の漁獲係数で漁獲された場合、2011年の親魚量は617千トンであり、 B_{limit} （397千トン）を上回ると推定される。現在、1980年代の低水準に見られた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、2012年も適切な漁獲管理によって現状の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 2012 年の ABC は、現状の親魚量を維持する漁獲シナリオ ($F_{med}=0.381$) および現状の漁獲係数を維持するシナリオ ($F_{current}=0.184$) を設定し、各漁獲シナリオによる 2012 年の漁獲量として算定した。その結果、2012 年の ABC は、現状の親魚量の維持 (F_{med}) には 386 千トン、現状の漁獲圧 ($F_{current}$) を維持した場合は 204 千トンとなった。

漁獲シナリオ (管理規準)	F 値 ($F_{current}$ との 比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価		2012 年 ABC
			5 年後	5 年 平均	現状親魚 量を維持 (5 年後)	Blimit を 維持 (5 年後)	
現状の漁獲圧 の維持 ($F_{current}$)	$F=0.184$ (1.00 $F_{current}$)	12.4 %	85 千トン ～ 398 千トン	234 千 トン	67.6%	88.0%	204 千トン (85 千トン)
現状の親魚量 水準の維持 (F_{med})*	$F=0.381$ (2.07 $F_{current}$)	23.4 %	81 千トン ～ 674 千トン	383 千 トン	38.6%	66.8%	386 千トン (160 千トン)
コメント ・ 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。 ・ 漁獲量は不安定に推移しており、資源量は短期的に変動すると推測される。 ・ 2012 年 ABC の()内は我が国 EEZ 内の漁獲量。 ・ ABC 算定のための基本規則 1-1)-(1)を用いた。 ・ 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。 ・ 平成23年に設定された中期的管理方針では、「高、中位にある資源が海洋環境の変化により大幅減少に転じる可能性があることから、資源動向の把握に努めつつ、海洋環境条件に応じた資源水準の維持を基本方向として管理を行う。資源水準の変動に際しては、関係漁業者の経営に影響が大きくなりすぎないように配慮を行うものとする。」こととしており、当方針に合致するのは*である。							

現状の漁獲圧を示す $F_{current}$ は直近 3 年間(2008～2010 年)の平均の F である。 F_{med} は、1990～2011 年の再生産成功率(RPS)の中央値に基づいて算定。将来漁獲量並びに評価値は、1990 年以降の RPS を無作為抽出するシミュレーション(1000 回試行)により算出した。将来漁獲量の範囲は 80% 区間を示す。表中の現状親魚量は 2011 年の親魚量(617 千トン)、将来漁獲量の 5 年後は 2016 年、5 年平均は 2012～2016 年の平均値である。我が国 EEZ 内の漁獲量は、2006～2010 年の全漁獲量に対する我が国 EEZ における漁獲量の平均割合(0.414)から算出。

年	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F値	漁獲割合
2009	1,485	192	0.192	12.9%
2010	1,188	160	0.200	13.4%
2011	1,351			

	指 標	値	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	397千トン	高い再生産成功率があったときに高い加入量が期待できる親魚量
2011	親魚量	617千トン	

水準：高位 動向：横ばい

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

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） いか釣り漁獲成績報告書（水産庁） 主要港水揚量（全漁連） 北海道水産現勢（北海道） 韓国漁獲統計量(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） 平成 22 年（2010 年）外国漁船漁獲量等集計委託事業年報 韓国漁船（水産庁）
資源量指数 ・ 資源量指数 ・ 幼生分布量 ・ 新規加入量調査 海洋環境 ・ 海洋観測調査	日本海スルメイカ漁場一斉調査(水研セ、北海道～鳥取(8)道県) ・いか釣り調査、6～7 月 スルメイカ稚仔調査(水研セ、青森～島根(11)府県) ・口径 45cm(鉛直曳き)および 80cm のリングネット、口径 70cm のボンゴネット(斜め曳き)、10～11 月 日本海における加入量早期把握調査(水研セ、富山県、石川県) ・表層トロール他、4 月 CTD による対馬暖流域水温(青森～島根(6)県)、3、6、9、11 月
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	いか釣り漁獲成績報告書(水産庁)

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 20 年の漁業・養殖業生産統計年報によると我が国の海面漁業の漁獲量の 5.0%、生産額の 3.9%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。

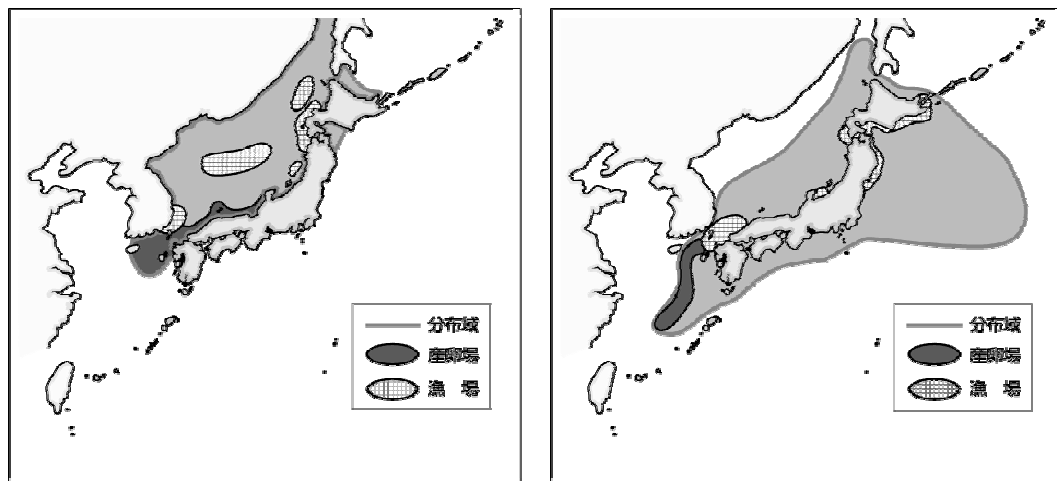


図1. スルメイカの分布図（秋季発生系群（左図）と冬季発生系群（右図））

スルメイカ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(Nakata 1993)、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（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、産卵後に死亡すると考えられている。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。

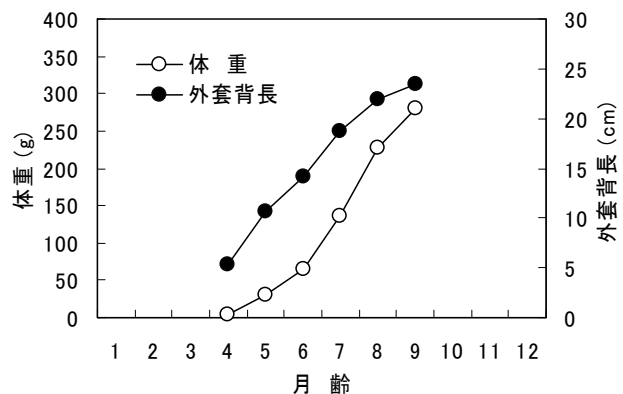


図2. スルメイカ秋季発生系群の成長

(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）。スルメイカは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、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漁船による日本海の漁獲量を参考値として示した（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共に増加し、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。その後、1990年代は13～15万トン程度となったが、2000年以降は再び減少傾向となった。2005年および2006年は10万トンを上回ったものの、2007年と2010年には6万2千トンまで減少し、1990年代の約半分の水準となった。

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、その後も韓国の占める割合は増加し、近年のスルメイカ秋季発生系群の漁獲量に占める韓国の比率は約6割となった。

全体では、1980年代は15万トン前後の水準であったが、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年代前半の日本海の漁獲量水準に回復した。しかし、近年は減少傾向となり、2004年は22万トン台、2007年以降は20万トンを下回る値となった（2010年は約16万トン）。

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（我が国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	44,991		179,408
1991	128,444	65,641		194,085
1992	157,680	71,179		228,859
1993	150,624	134,771		285,395
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	142,133	149,173	1,112	292,419
2003	121,056	159,934	1,141	282,130
2004	89,695	130,975	501	221,171
2005	101,654	122,657	495	224,805
2006	108,143	126,737	1,387	236,267
2007	62,426	92,892	196	155,514
2008	76,978	109,570	219	186,767
2009	76,754	114,881	214	191,849
2010	62,038	97,340	134	159,511

直近5年間の我が国EEZ内の平均漁獲比率

0.414

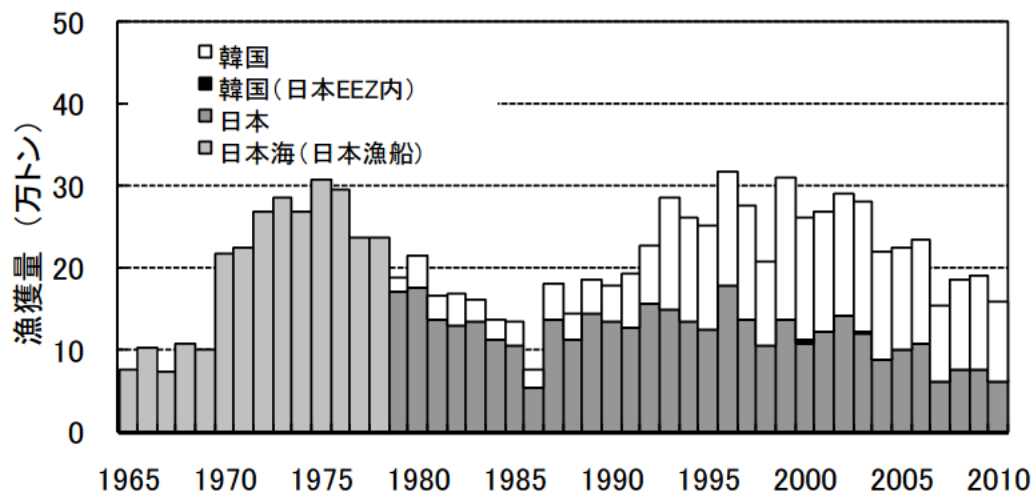


図3. スルメイカ秋季発生系群の漁獲量の推移

1978年以前は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参考値として示した。

表2. 旧中型いか釣り漁船の努力量の変化

(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、2000年代は2万日台、2009年以降は2万日を下回っている（表2）。これには沖合域で操業する漁船数の大幅な減少が深く関係している。

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）の旧中型いか釣り漁船の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。

	漁獲量 (トン)	CPUE (トン／日)	努力量 (日)
1979	112,476	0.734	153,302
1980	108,501	1.085	99,975
1981	75,568	0.717	105,354
1982	87,411	0.779	112,146
1983	88,716	0.695	127,653
1984	75,753	0.722	104,969
1985	73,012	0.745	98,025
1986	37,072	0.369	100,338
1987	90,995	0.988	92,074
1988	66,679	0.918	72,615
1989	81,883	1.169	70,063
1990	70,729	1.310	53,983
1991	71,830	1.524	47,121
1992	85,218	2.156	39,526
1993	86,306	2.273	37,968
1994	45,737	1.763	25,946
1995	56,333	2.163	26,038
1996	75,862	3.169	23,937
1997	69,972	2.956	23,674
1998	75,369	2.281	33,036
1999	100,749	2.690	37,455
2000	77,199	3.211	24,042
2001	73,784	3.407	21,656
2002	87,385	3.162	27,639
2003	68,583	3.094	22,166
2004	60,730	2.345	25,899
2005	62,767	2.443	25,698
2006	70,506	2.677	26,341
2007	47,647	2.271	20,983
2008	55,618	2.778	20,019
2009	51,561	2.727	18,910
2010	39,075	2.342	16,682

CPUEは漁獲成績報告書（大海区3日本海・5東シナ海）の集計結果。漁獲量は日本海と東シナ海の冷凍漁獲量集計値。努力量は漁獲量／CPUEで算出。

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、今後の資源動向を判断する資料とした。また、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（釣機1台1時間あたりの採集尾数）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1979～2000年の調査船で得られたデータをもとに、1979～2000年の平均的な全減少係数を推定し、仮定した自然死亡係数（1月あたり0.6）から1979～2000年の平均的な漁獲係数(F^*)を求めた。その後、1979～2000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^*)と一致するように比例定数(q)を求めた（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尾となった。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尾前後で推移した。2000年以降は20尾以上に増加し、2002年には25.04尾に達したが、その後はやや減少し、2003年以降は概ね15尾前後、2011年の調査結果では16.59尾となった。

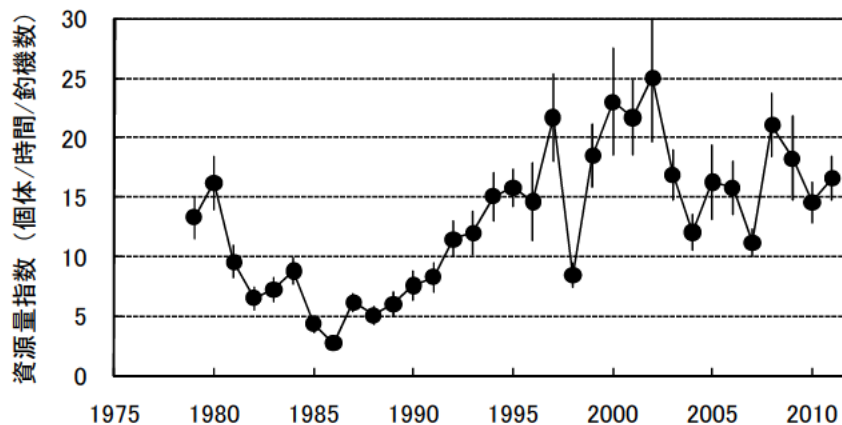


図4. スルメイカ秋季発生系群の資源量指数の経年変化（|は標準誤差）

新規加入量調査

新規加入量調査では、漁期前（4月）にスルメイカの資源状況を把握することで漁況予測精度向上および資源管理方策の改定に活用することが期待される。この調査における2011年の1曳網あたりの平均採集尾数は2010年同様に低く、特に外套

背長5cm以上の個体は2010年同様、過去10年で最も低い水準であった(補足資料3)。そのため、漁期前には今年度の資源状況は昨年同様低い水準にあると予測された。

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)。口径45cmネットの鉛直曳きによる1曳網あたりの採集数では1980年代は低い値(0.1尾前後)であったが、資源量指数同様、1990年代以降は高い値(1尾以上)となり、2000年前後には2.5尾前後となった(図5)。しかし、2005年以降は1.5尾前後にやや減少した。2010年の調査結果でも1.25尾と、2009年(1.24尾)同様にかかなり低い値であり、1990年代以降の水準を維持しているものの、親魚尾数の減少が懸念される(図5)。なお、近年の幼生分布密度の減少は、秋季発生系群の主産卵時期が遅くなり、調査時期と主産卵時期が一致しなくなったことも影響している可能性も指摘される。

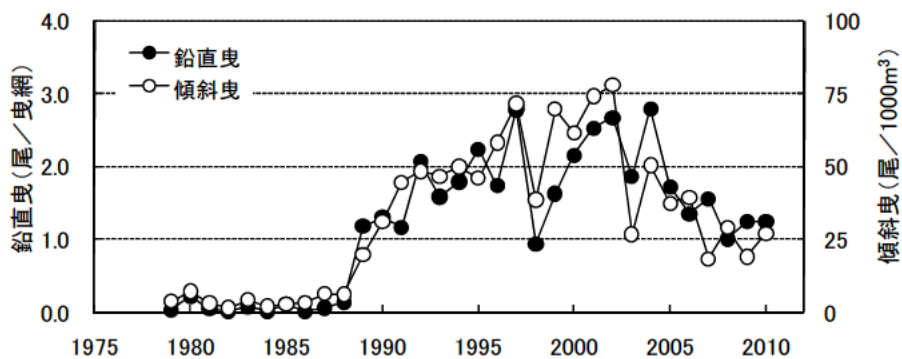


図5. 秋季の日本海におけるスルメイカ幼生の分布密度
鉛直曳は全ての採集個体、傾斜曳は外套背長1.5mm以上の個体の分布密度。

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年代前半は主に1トン以下であったが、1990年代に増加し、2000年前後には約3トンの水準となった(図6)。その後、2004~2010年はやや水準が低下し、2.5トン前後となった(図6)。

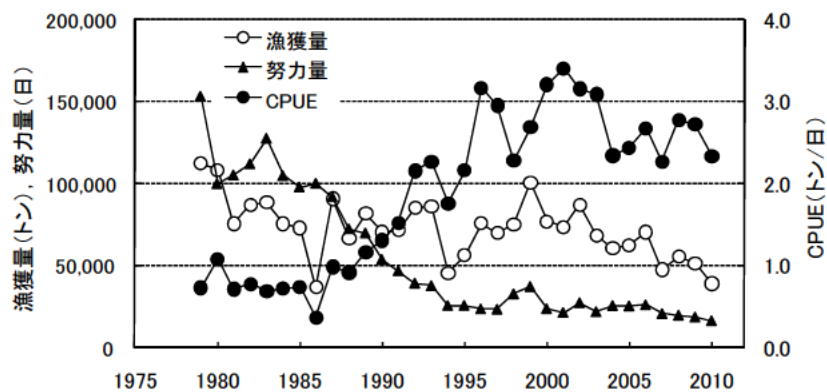


図6. 日本海における旧中型いか釣り漁船のCPUE、漁獲量、努力量の推移

(3) 外套背長組成の推移

日本海漁場一斉調査（補足資料1）で採集された個体の資源量指数（＝全調査点の平均CPUE）で重み付けした体長組成を図7に示す。2011年は16cm台にモードがあり、2010年（20cm台にモード）および近年5年平均（19cm台にモード）と比較して小型の個体が多かった。一方、外套背長20cm以上の資源量指数は、2010年及び近年5年平均を下回り、大型の個体は少なかった。

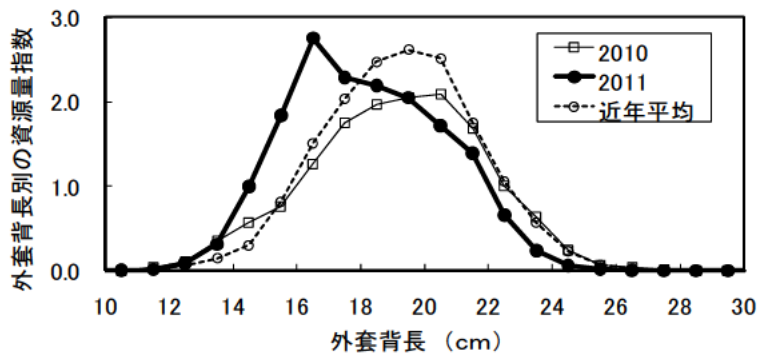


図7. 日本海漁場一斉調査結果による外套背長組成

(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。資源量の推定方法の詳細は補足資料2のとおりである。

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（1981～1989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109万トン、2000年前後には主に150～200万トンとなった。2004～2007年は100万トン前後に減少したが、2008年以降は概ね120～170万トンの水準（2011年は135万トン）にある。

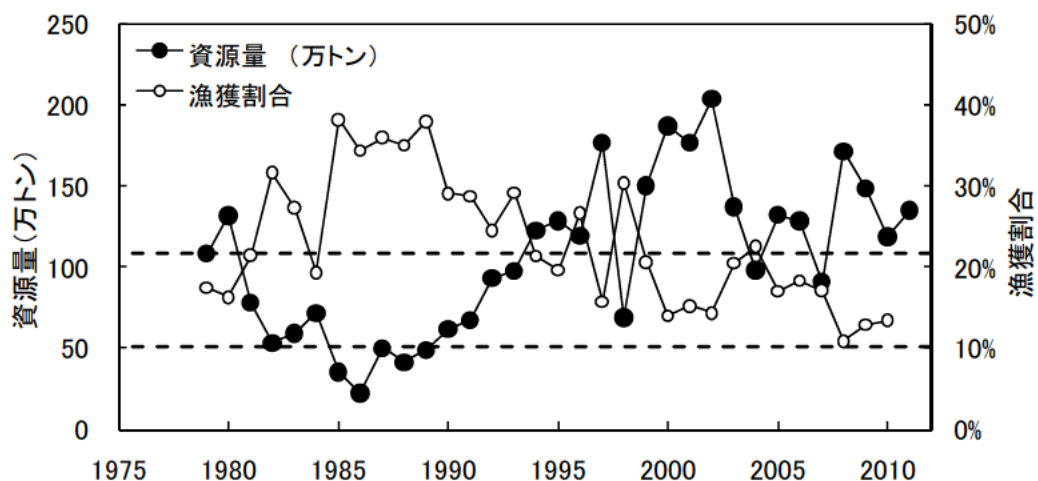


図8. スルメイカ秋季発生系群の推定資源量および漁獲割合
破線は、水準の閾値（高位水準109万トン、中位水準51万トン）を示す。

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、2000年以降は20%前後となった。さらに、2008年以降は燃油高騰による採算悪化の影響で、出漁見合わせ等による努力量低下もあり、10.9～13.4%の低い水準で推移している。

次に、親魚尾数を資源量および漁獲量から算出した(手法の詳細は補足資料2)。親魚尾数も資源量と同様に1980年代前半は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30億尾前後となった。2003年以降は概ね20億尾前後となり、2010年は約19億尾と推定された。なお、2011年漁期に直近3年平均の漁獲係数で漁獲した場合*、2011年の漁獲量は16.8万トンとなり、2011年の親魚尾数は22.0億尾(61.7万トン)と予測される。(図9)

*平成22年度までの資源評価報告書において、資源評価年の漁獲量は、資源量指数と漁獲量の関係を基に予測してきた。しかし、近年この関係から外れる傾向(実際の漁獲量が予測値よりも少ない傾向)が認められている。そこで、平成23年度の資源評価では、直近3年の漁獲係数(F)の平均値で漁獲するとして資源評価年の漁獲量を予測した。その結果、平成22年度までの手法と比較して資源評価年(2011年)の漁獲量の予測値が約20%減少、2011年の親魚量および2012年の資源量及びABCが約10%増加した。

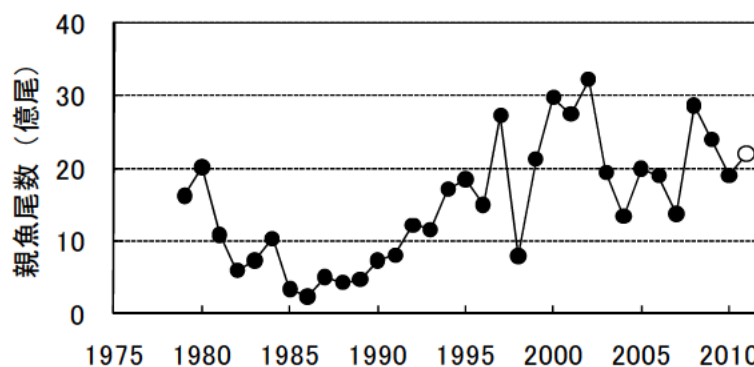


図9. スルメイカの推定親魚尾数 ○は2011年の予測値。

(5) 資源の水準・動向

2011年の資源量は135万トンであり、2003年以降のほぼ平均的な値であった(図8)。この値は、高位水準の閾値とする1990年代の平均値(109万トン)を上回っており、2011年の資源水準は高位と判断された(中位・低位水準の閾値は1980年代の平均資源量=51万トン)。また、直近5年の推定資源量の変化から、動向は横ばいと判断した。

(6) 再生産関係

推定した資源尾数および親魚尾数を用いて再生産関係を求めた(図10)。また、再生産成功率(RPS)を、資源尾数/前年の親魚尾数として求めた。RPSは、年による変化が

大きいものの、傾向として、資源が増加した1990年前後に4.0前後であったが、資源水準が高くなった2000年以降は2.0前後に低下した。1990年以降のRPSの中央値も資源量の増加と共に年々低下し、1990～2011年のRPSの中央値は2.67であった（図11）。なお、1990年以降のRPSの中央値(2.67)から(1)式をもとに、資源水準(親魚量)を維持する管理基準値(F_{med})は0.381と算出された。

$$F_{med} = \ln(RPS_{med}) - M \quad (1)$$

ここで、 M は自然死亡係数(=0.6)である。

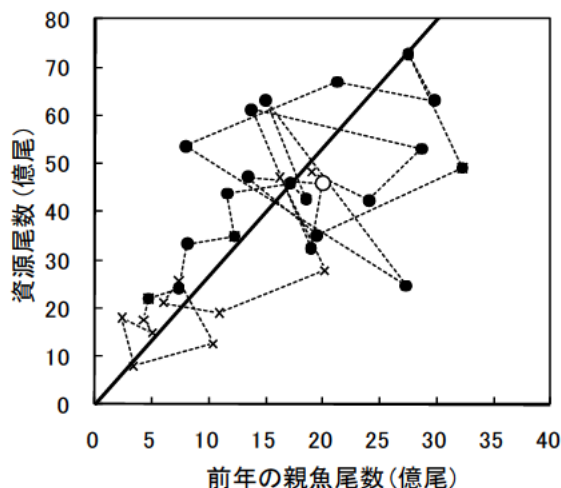


図10. スルメイカ秋季発生系群の
再生産関係

図中(●)は1990年以降の関係、(×)は1980～1989年の関係、(○)は2011年の関係を示す。原点を通る直線は1990年以降のRPSの中央値を示す。

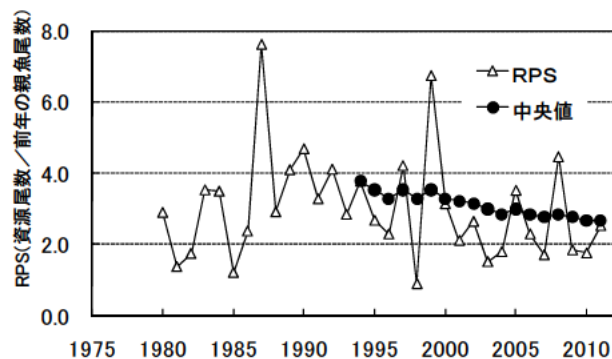


図11. RPS (資源尾数/前年の親魚尾数) の経年的変化

図中の中央値は、1990年以降のRPSの中央値の推移を示す。

(7) 今後の加入量の見積もり

スルメイカの資源量は、漁獲の影響に加えてレジームシフトと呼ばれる中長期的な海洋環境の変化および短期的な海洋環境の変化にも影響されることが指摘されている(村田・新谷1977、Okutani and Watanabe 1983、Sakurai et al. 2000、木所2009)。特に1989年のレジームシフトに伴う北西太平洋における冬季水温の上昇(Hare and Mantua 2000、Yasunaka and Hanawa2002)は、スルメイカの主産卵場の形成位置(Sakurai et al. 2000、Goto 2002)や回遊経路(Kidokoro et al. 2010)および主発生時期(木所2009)の変化を引き起こし、スルメイカの資源量水準が上昇した要

因になったと考えられている。したがって、中長期的な海洋環境の変化、およびスルメイカの生態的な変化を把握することで、スルメイカの資源動向および資源水準の変化を判断・予測することが可能と考えられている（木所2009）。

2010～2011年の調査結果では、資源水準の低下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なかった。したがって、今後も1990年代以降の加入水準が維持されると判断される。そこで、今後の加入量の見積もりとして、1990年代以降のRPSの中央値にしたがって加入量が得られるとして今後の加入量を見積もった。ただし、1980年代に観察された海洋環境や生態的特性の変化は観察されないものの、スルメイカ秋季発生系群のRPSは、2000年代以降、1990年代と比較して低い状況にある。したがって、その影響にも留意する必要がある（補足資料5）。

8) Blimitの設定

Blimitは、Myers et al.(1994)を参考に、再生産関係（図10）を用いて、高い再生産成功率があったときに高い加入量が期待できる親魚量をBlimit（39.7万トン、14.2億尾）として設定した（図12）。よって、当年の予測親魚量がこの値を下回った場合、次年のABCは資源回復措置を考慮して算定することとする。

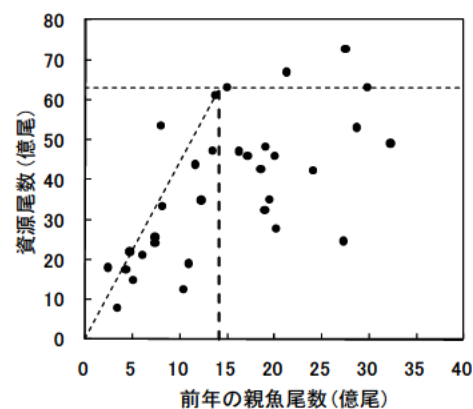


図12. スルメイカ秋季発生系群の再生産関係とBlimit値

細破線はBlimit（太破線）を推定する際に用いた資源尾数およびRPSの90%値を示す。

(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（直近3年間の平均）の漁獲係数（ $F_{current}$ ）は0.184であり、この値は、1990年代以降の再生産関係から推定した現状の資源水準を維持することが期待される漁獲係数（ $F_{med}=0.381$ ）を下回っている。つまり、1990年代以降の再生産状況を基にすると、現状の漁獲係数は資源水準を低下させない水準にあると判断できる（図13）。また、 $F_{current}$ の%SPRは約80%であり、漁獲がない場合と比較して約80%の親魚尾数が確保されていると計算される。なお、 F_{med} の%SPRは70%程度である。

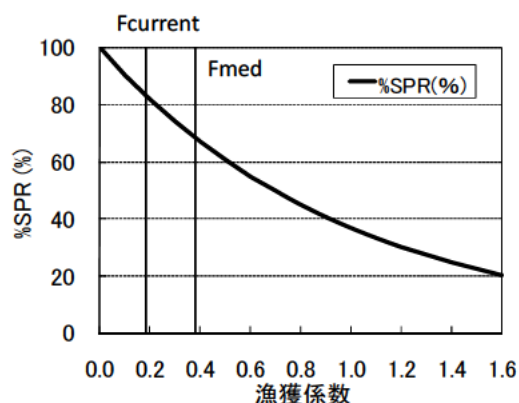


図13. 生物学的管理基準値（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係
%SPR と合わせて示す。

5. 2012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と考えられている。1980年代におけるスルメイカの資源量は、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、50万トン前後で推移した。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、1990年代の平均資源量は109万トン、2000年前後には主に150～200万トンとなった。その後、2004～2007年は100万トン前後に減少したが、2008年以降は概ね120～170万トンの水準（2011年は135万トン）にある。

現在、スルメイカの資源水準の低下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い。そのため、2012年以降も好適な環境における加入量水準が期待され、適切な管理によって資源を現状水準に維持することが可能と考える。ただし、2000年以降のRPSの低下による影響にも留意する必要がある。

(2) 漁獲シナリオに対応した2012年ABC並びに推定漁獲量の算定

2011年の資源量は135万トンと推定され、2011年の親魚尾数（22.0億尾、61.7万トン）はBlimit（14.2億尾、39.7万トン）を上回ると予想される。そのため、ABC算定規則の1-1)-(1)を適用し、現状の漁獲圧の維持として近年3年間のF値の平均値(Fcurrent)による漁獲シナリオ、および親魚量の維持(Fmed)の漁獲シナリオをもとに2012年のABCを算定した。

2012年の資源量は、2011年の予測親魚尾数（22.0億尾、61.7万トン）とRPSの中央値（2.67）から165万トン（58.7億尾）と予測され、各漁獲シナリオで予想される今後の漁獲量、資源量の変化を図14および表3に示す。ただし、資源量は無限に増加しないことから、親魚尾数が27.1億尾（資源尾数の過去の最大値（72.8億尾）/RPSmed）を超えた場合は親魚尾数を27.1億尾として翌年の資源量を計算した。

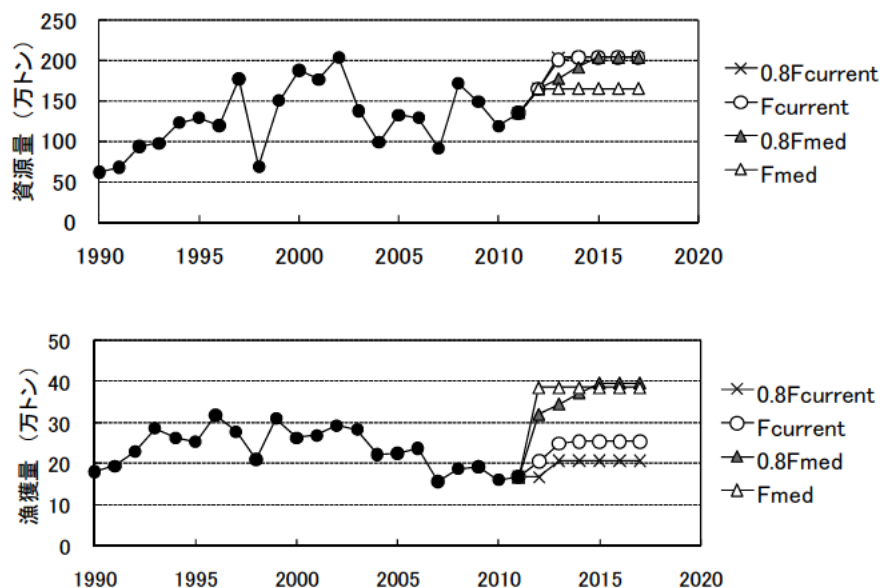


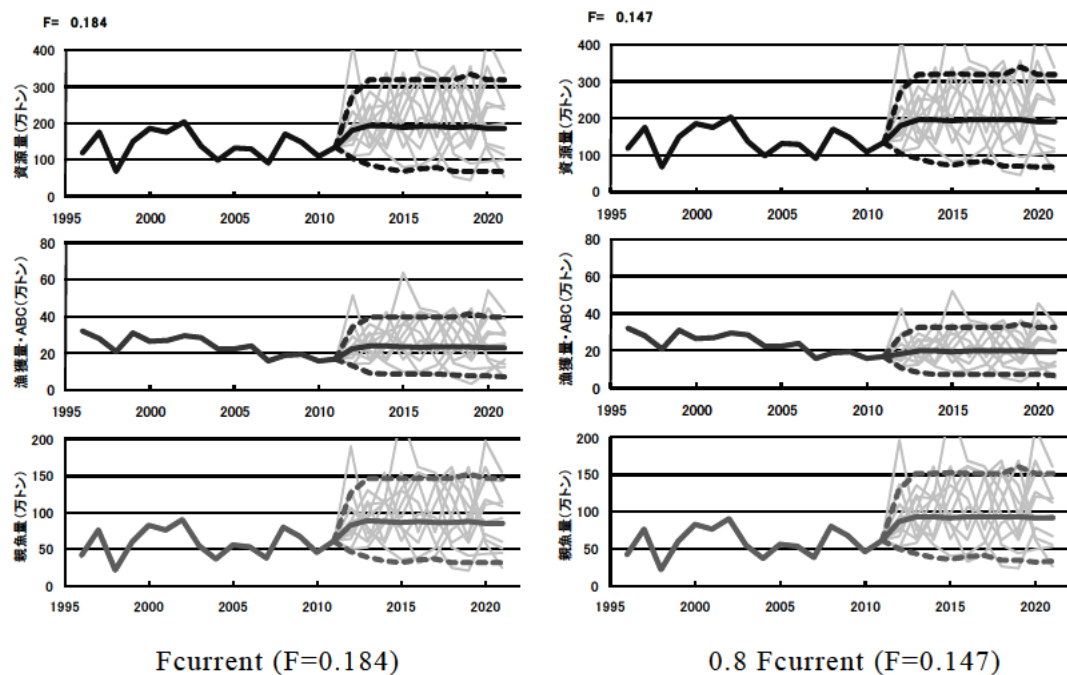
図14. 各漁獲係数による資源量（上）、および漁獲量（下）の推移

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	管理基準	漁獲量(千トン)						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
現状の漁獲圧の維持	$F_{current}$ ($F=0.184$)	168	204	249	253	253	253	253
上記の予防的措置	$0.8F_{current}$ ($F=0.147$)	168	166	206	206	206	206	206
現状の親魚量水準の維持	F_{med} ($F=0.381$)	168	386	386	386	386	386	386
上記の予防的措置	$0.8F_{med}$ ($F=0.304$)	168	320	345	372	396	396	396
	管理基準	資源量(千トン)						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
現状の漁獲圧の維持	$F_{current}$ ($F=0.184$)	1,351	1,645	2,003	2,039	2,039	2,039	2,039
上記の予防的措置	$0.8F_{current}$ ($F=0.147$)	1,351	1,645	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039
現状の親魚量水準の維持	F_{med} ($F=0.381$)	1,351	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645
上記の予防的措置	$0.8F_{med}$ ($F=0.304$)	1,351	1,645	1,775	1,915	2,039	2,039	2,039

(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、加入量の不確実性による影響をシミュレーション(補足資料4)を基に検討した(図15、表4)。また、予防的措置として、 $0.8F_{current}$ ($=0.147$) および $0.8F_{med}$ ($=0.304$) による漁獲も検討した。



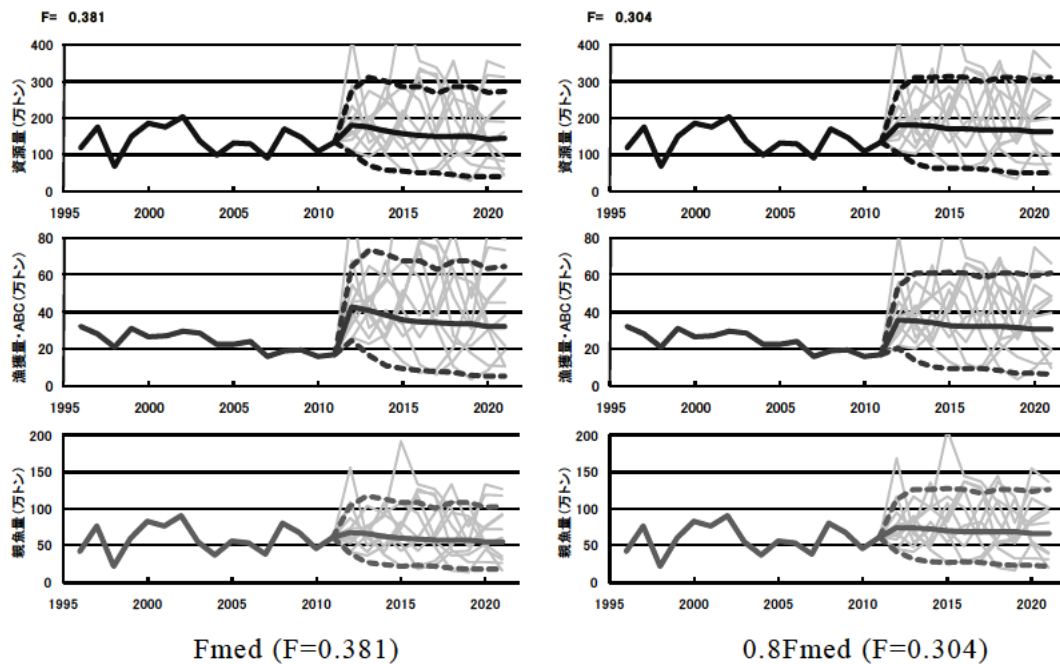


図15. 加入量の不確実性を考慮して各資源管理基準値で漁獲した場合の資源量（上図）、漁獲量（中図）、親魚量（下図）の推移。細線は1000回の試行のうち、任意の10回の試行の各推移、太線は1000回の試行による平均値、太点線は上側10%および下側10%点を示す。

加入量の不確実性を考慮したシミュレーションでは、どの漁獲によっても加入量の不確実性によって資源量および漁獲量が著しく低下する場合が出現した。平均値では、現状の漁獲(F_{current})を継続した場合、資源量は約200万トンで推移し、漁獲量は23万トン前後となった。親魚量を維持させるシナリオ(F_{med})では、資源量は144～182万トン、漁獲量は32～42万トンで、いずれも平均値はやや減少傾向で推移した。

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 ($F_{current}$ との 比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価		2012 年 ABC
			5 年後	5 年 平均	現状親魚 量を維持 (5 年後)	Blimit を 維持 (5 年後)	
現状の漁獲圧 の維持 ($F_{current}$)	$F=0.184$ (1.00 $F_{current}$)	12.4 %	85 千トン ～ 398 千トン	234 千 トン	67.6%	88.0%	204 千トン (85 千トン)
上記に予防的 措置をとる (0.8 $F_{current}$)	$F=0.147$ (0.80 $F_{current}$)	10.1 %	72 千トン ～ 324 千トン	194 千 トン	74.0%	90.0%	166 千トン (69 千トン)
現状の親魚量 水準の維持 (F_{med})*	$F=0.381$ (2.07 $F_{current}$)	23.4 %	81 千トン ～ 674 千トン	383 千 トン	38.6%	66.8%	386 千トン (160 千トン)
上記に予防的 措置をとる (0.8 F_{med})*	$F=0.304$ (1.66 $F_{current}$)	19.4 %	92 千トン ～ 608 千トン	338 千 トン	50.2%	76.7%	320 千トン (132 千トン)
コメント ・ 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。 ・ 漁獲量は不安定に推移しており、資源量は短期的に変動すると推測される。 ・ 2012 年 ABC の()内は我が国 EEZ 内の漁獲量。 ・ ABC 算定のための基本規則 1-1)-(1)を用いた。 ・ 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。 ・ 平成 23 年に設定された中期的管理方針では、「高、中位にある資源が海洋環境の変化により大幅減少に転じる可能性があることから、資源動向の把握に努めつつ、海洋環境条件に応じた資源水準の維持を基本方向として管理を行う。資源水準の変動に際しては、関係漁業者の経営に影響が大きくなりすぎないように配慮を行うものとする。」こととしており、当方針に合致するのは*である。							

現状の漁獲圧を示す $F_{current}$ は直近 3 年間(2008～2010 年)の平均の F である。 F_{med} は、1990～2011 年の再生産成功率(RPS)の中央値に基づいて算定。将来漁獲量並びに評価値は、1990 年以降の RPS を無作為抽出するシミュレーション(1000 回試行)により算出した。将来漁獲量の範囲は 80%区間を示す。表中の現状親魚量は 2011 年の親魚量(617 千トン)、将来漁獲量の 5 年後は 2016 年、5 年平均は 2012～2016 年の平均値である。我が国 EEZ 内の漁獲量は、2006～2010 年の全漁獲量に対する我が国 EEZ における漁獲量の平均割合(0.414)から算出。

(4) ABCの再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値					
2010年漁獲量確定値	2010年漁獲量の確定、管理基準値(Fmed)の更新					
2011年資源量確定値	2011年資源量の確定、管理基準値(Fmed)の更新					
評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	F値	資源量 (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン)
2010年 (当初)	Fmed	0.418	1,462	370 (161)	308 (134)	
2010年 (2010年再評価)	Fmed	0.387	1,188	282 (121)	234 (101)	
2010年 (2011年再評価)	Fmed	0.381	1,188	278 (109)	231 (90)	160 (62)
2011年 (当初)	Fmed	0.387	1,287	306 (131)	254 (109)	
2011年 (2011年再評価)	Fmed	0.381	1,351	317 (131)	263 (109)	
2010年、2011年とも、TAC設定の根拠となったシナリオについて行った。						

() 内は我が国EEZ内の漁獲量。

2010年及び2011年のABCを、本評価による資源量等の値を用いて再計算を行った。管理基準値(Fmed)は2011年のデータ追加により、0.387から0.381に低下した。また、2010年度の資源評価では、2011年の資源量を128.7万トンと予測したが、2011年の調査結果では2011年の資源量は135.1万トンと推定された。管理基準値および2011年資源量の再評価によって、2011年のABC（2011年再評価値=31.7万トン）は2011年当初値（2010年度資源評価値=30.6万トン）の104%となった。

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(Okutani and Watanabe 1983; 村田・新谷 1977; Sakurai et al. 2000; 木所 2009)。そのため、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3)を継続し、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、管理基準値を変更する等をして対応する必要がある。特に、2000年以降、資源量水準やRPSの低下が見られており、今後の加入動向には留意する必要がある。

また、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。したがって、各発育段階における調査結果（補足資料3）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。

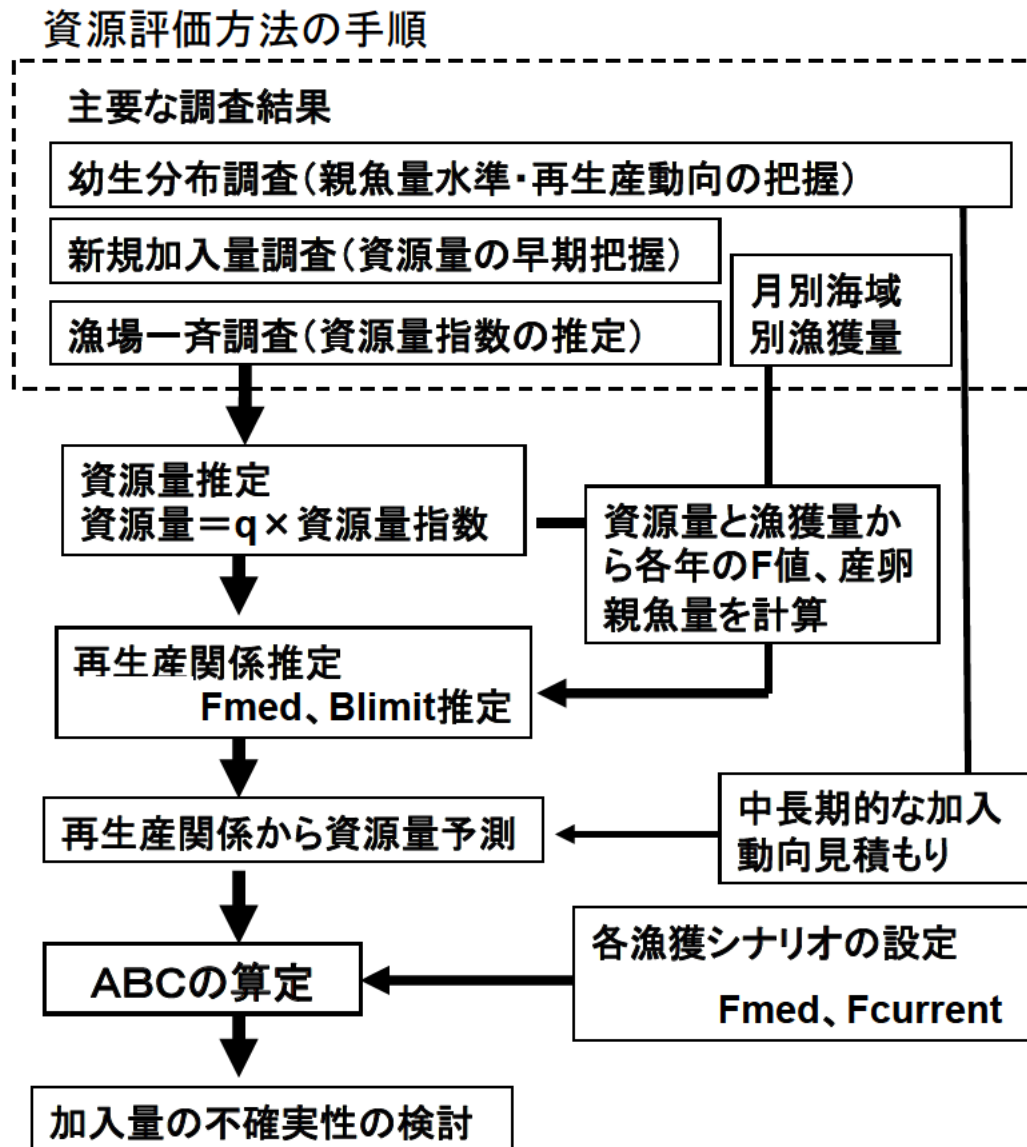
最後に、本系群は韓国をはじめとする日本の周辺諸国によっても漁獲されることから、資源の評価・管理に当たっては各国間の協力が必要である。

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. 島根水試研報, 5, 1-93.
- 新谷久男 (1967) スルメイカの資源. 水産研究叢書, 16, 日本水産資源保護協会, 66pp.
- 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. Bull. 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, 16, 13-55.
- Hare, S.R. and Mantua N.J. (2000) Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. Prog. Oceanogr. 47, 103-145.
- 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峡における水温の長期変動. 沿岸海洋研究, 44, 19-24.
- 木所英昭 (2009) 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. 水産総合研究センター報告, 27, 95-189.
- 木所英昭 (2011) 1990年代後半以降の我が国日本海沿岸域におけるスルメイカ漁獲量の減少について. 水産海洋研究, 75, 印刷中.
- 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, 46, 77-86.
- 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, 49, 123-127.
- Kidokoro, H., Goto, T., Nagasawa, T., Nishida, H., Akamine, T. and Sakurai Y. (2010) Impact of a climate regime shift on the migration of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) in the Sea of Japan. ICES J. Mar. Sci., 67, 1314-1322.
- 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.
- 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, 65, 21-43.
- 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.
- Myers, R. A., Rosenberg, A. A., Mace, P. M., Barrowman, N. and Restrepo, V. R. (1994) In search of thresholds for recruitment over fishing. ICES J. Mar. Sci., 51, 191-205.
- 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, 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.
- 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, 14, 31-42.
- 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.
- Rosa, A. L., Yamamoto J. and Sakurai Y. (2011) Effect of environmental variability on the spawning areas, catch, and recruitment of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), from the 1970s to the 2000s. ICES J. Mar. Sci., 68, 1114-1121.
- 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・岸 道郎・中島一步 (2007) スケトウダラ, スルメイカ, 地球規模海洋生態系変動研究 (GLOBEC) —温暖化を軸とする海洋生物資源変動のシナリオ—. 月刊海洋, 39, 323-330.
- Yasunaka, S. and Hanawa K. (2002) Regime shifts found in the North Hemisphere SST field. J. Meteorol. Soc. Jpn., 80, 119-135.

補足資料1 データと資源評価の関係を示すフロー



補足資料2 資源計算方法

1) 資源量の推定方法

スルメイカ秋季発生系群の資源尾数(N_t)は、漁場一斉調査結果（補足資料3）より得られる資源量指数(U_t)を基に以下の方法で求めた。なお、資源量推定の際の漁獲過程および生物情報（成長、自然死亡係数）は以下のとおりとした。

漁獲過程：スルメイカは概ね孵化後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ものの、漁獲加入直後の小型個体および産卵直前の個体は漁獲対象となりにくい。そこで、資源計算にあたっては、対象期間の中間にあたる孵化後9ヶ月時に全て漁獲されると仮定した。

生物情報：漁獲過程に合わせて、漁獲時の体重は成長様式（図2）をもとに孵化後9ヶ月の280gとした。なお、漁獲割合（漁獲量／資源量）の計算を考慮し、便宜的に加入時、産卵時の体重も漁獲時と同じ280gとして計算した。スルメイカの自然死亡係数は、これまでバイオマス解析（月あたり0.431、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、かなり過大に推定されている可能性がある。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尾数(N_t)は、漁場一斉調査結果（補足資料3-1）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 年の資源尾数（億尾）、 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、資源尾数(N_t)が計算される。さらに、1尾あたりの体重（280g）をかけると、資源量（ B_t ）となる。

2) 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 年における漁獲尾数）。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（1979～2000年）が、別途推定した1979～2000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=1979～2000、n=12)

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1979～2000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。

3) 全減少係数の推定方法

1979～2000年の調査船調査結果（6月1日～11月30日、近年は漁場一斉調査以外の調査数が大きく減少したため、2000年までの調査資料のみを用いた）より、調査船のCPUEの減少係数から1979～2000年の平均的な全減少係数(Z^*)を推定した。ただし、資源量の年変動の影響を取り除くため、減少係数の推定には式(2-4)で示す各年月日の調査船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。

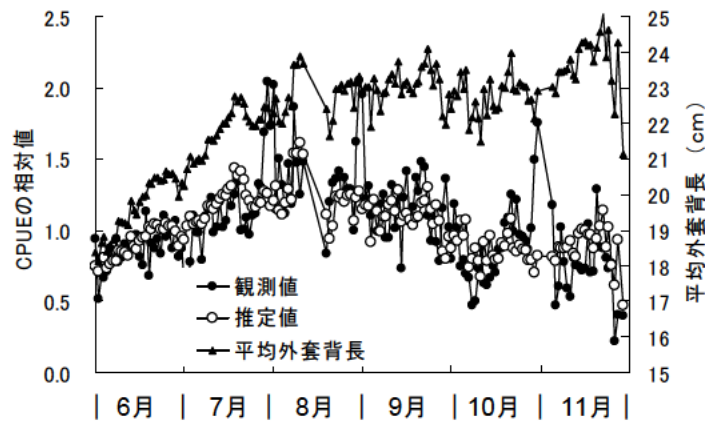
$$u_d = \frac{u_{d,y}}{u_{avg,y}} \quad (2-4)$$

CPUEの相対値(u_d)は、7月までは増加したが、7月下旬以降($d=50$ 日以降)は減少傾向となっていた(補足図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(補足図2-1)。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、CPUEの相対値(u_d)の変化から全減少係数(Z^*)の推定を試みた(補足図2-2)。

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

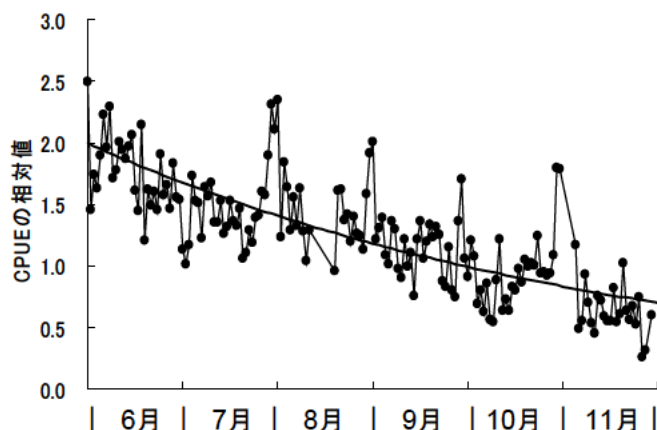
CPUEの相対値(u_d)の変化は、平均外套背長の関数で示されるd日のスルメイカの獲られやすさ(f_d)と全減少係数(Z)によって式2-6で示される。

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



補足図 2-1. 年相対 CPUE および平均外套背長の日別変化

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、 $a=0.0153$ $b=0.212$ $Z=0.00582$ 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。



補足図 2-2. 平均外套背長で補正した年相対 CPUE の日別変化
平均外套背長 23cm で加入率が 1 とした場合（縦軸の切片を設定）における外
套背長補正後の CPUE の相対値(u_d)の変化として示した。

推定された全減少係数から自然死亡係数($M=0.6$)を差し引くと、1979～2000 年の平均的な漁獲係数(F^*)は $F^*=0.4474$ となり、前項の式 2-2 および 2-3 から $q=2.907 \times 10^8$ と推定された。

4) 親魚尾数の算出

親魚尾数(S_t)は、資源尾数(N_t)と漁獲尾数(C_t)より下式で算出した。

$$S_t = \left(N_t - C_t \cdot e^{\frac{M}{2}} \right) \cdot e^{-M} \quad (2-7)$$

ここで、 M_t は自然死亡係数($=0.6$)を示す。

なお、親魚の体重も資源量と同様に 1 尾あたりの体重(280g)として、親魚量(SSB_t)を算出した。

5) 資源量の推定結果

上記の手法を用いてスルメイカ秋季発生系群の資源尾数、資源量、親魚尾数、親魚量、漁獲割合、漁獲係数、再生産成功率を補足表2のように推定した。

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

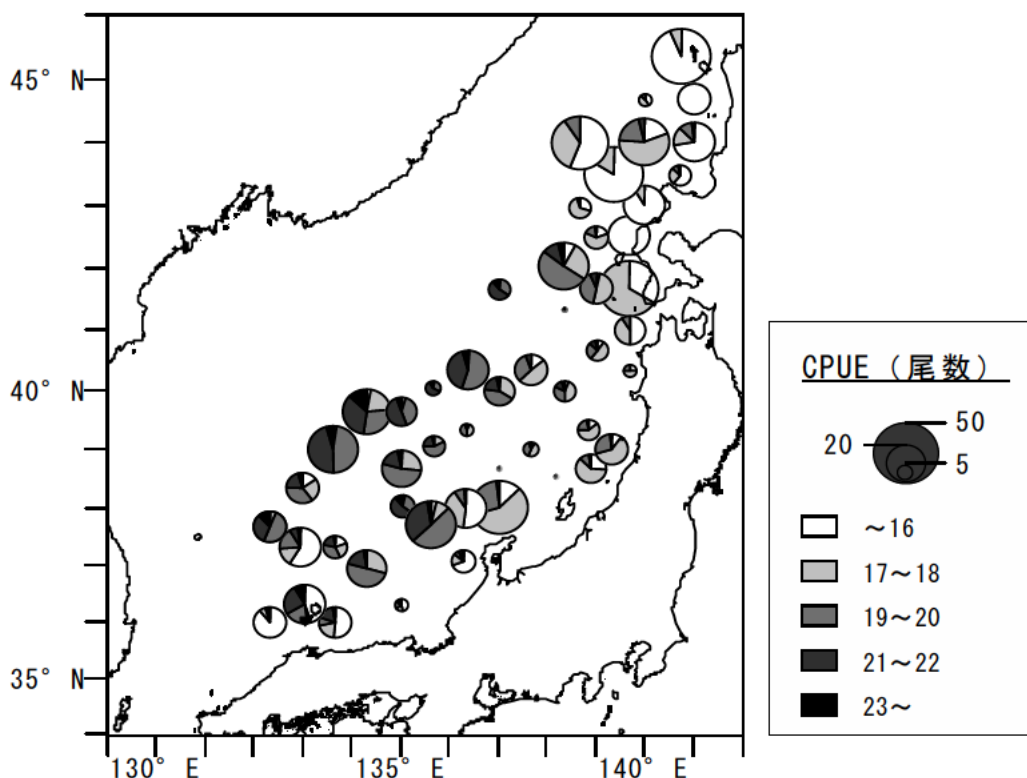
	資源量指数 (尾数)	資源尾数 (億尾)	漁獲量 (万トン)	資源量 (万トン)	親魚尾数 (億尾)	親魚量 (万トン)	漁獲割合 (%)	漁獲係数 (F値)	再生産 成功率 (RPS)
1979	13.32	38.73	18.98	108.4	16.23	45.45	17.5	0.270	
1980	16.20	47.10	21.49	131.9	20.16	56.45	16.3	0.248	2.90
1981	9.59	27.87	16.73	78.0	10.87	30.43	21.4	0.342	1.38
1982	6.54	19.02	16.85	53.3	5.98	16.75	31.6	0.557	1.75
1983	7.28	21.15	16.19	59.2	7.33	20.51	27.3	0.460	3.54
1984	8.82	25.63	13.90	71.8	10.39	29.09	19.4	0.303	3.50
1985	4.36	12.66	13.55	35.5	3.37	9.42	38.2	0.725	1.22
1986	2.76	8.01	7.71	22.4	2.36	6.60	34.4	0.624	2.38
1987	6.18	17.97	18.09	50.3	5.07	14.20	36.0	0.665	7.62
1988	5.09	14.81	14.52	41.5	4.29	12.00	35.0	0.640	2.92
1989	6.04	17.57	18.69	49.2	4.70	13.15	38.0	0.719	4.10
1990	7.58	22.02	17.94	61.7	7.34	20.55	29.1	0.499	4.69
1991	8.29	24.11	19.41	67.5	8.10	22.67	28.7	0.491	3.28
1992	11.46	33.33	22.89	93.3	12.24	34.26	24.5	0.402	4.12
1993	12.00	34.89	28.54	97.7	11.60	32.47	29.2	0.501	2.85
1994	15.08	43.85	26.28	122.8	17.11	47.92	21.4	0.341	3.78
1995	15.80	45.92	25.22	128.6	18.53	51.89	19.6	0.308	2.68
1996	14.64	42.58	31.74	119.2	14.97	41.91	26.6	0.445	2.30
1997	21.70	63.08	27.75	176.6	27.28	76.38	15.7	0.238	4.21
1998	8.46	24.60	20.95	68.9	7.96	22.28	30.4	0.529	0.90
1999	18.46	53.66	30.99	150.2	21.25	59.50	20.6	0.326	6.74
2000	23.01	66.89	26.23	187.3	29.77	83.36	14.0	0.210	3.15
2001	21.68	63.04	26.85	176.5	27.49	76.97	15.2	0.230	2.12
2002	25.04	72.81	29.24	203.9	32.22	90.22	14.3	0.215	2.65
2003	16.88	49.06	28.21	137.4	19.46	54.49	20.5	0.325	1.52
2004	12.07	35.09	22.12	98.2	13.40	37.53	22.5	0.362	1.80
2005	16.24	47.21	22.48	132.2	19.96	55.89	17.0	0.261	3.52
2006	15.80	45.94	23.63	128.6	18.96	53.09	18.4	0.285	2.30
2007	11.18	32.49	15.55	91.0	13.72	38.41	17.1	0.262	1.71
2008	21.06	61.22	18.68	171.4	28.66	80.24	10.9	0.159	4.46
2009	18.24	53.04	19.18	148.5	24.03	67.29	12.9	0.192	1.85
2010	14.59	42.42	15.95	118.8	19.06	53.36	13.4	0.200	1.77
2011	16.59	48.24		135.1					2.53

補足資料3 調査船調査の経過及び結果

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（50～70の調査点）を実施し、魚群の分布状況や魚体の大きさを把握している（補足図3-1）。なお、この調査の全調査点のCPUE（釣機1台1時間あたりの採集尾数）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。



補足図 3-1. 2011 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 時間の採集尾数) を示し、各色は各外套背長範囲(cm)の比率を示す。

2011年の調査結果の概要（補足図3-1）は、各海域別に次のとおりであった。(1) 道北・道央海域では、CPUE（釣機1台1時間あたりの採集尾数）が20尾～50尾の分布密度が比較的高い調査点が多くあった。しかし、外套背長16cm未満の小型の個体がほとんどであった。(2) 道南・津軽海域では、昨年同様CPUEが5尾～20尾の調査点が多かったが、昨年と比較して小型の個体の比率が高かった。(3) 本州北部では、能登半島付近にCPUEが20尾～50尾の比較的高い分布密度の調査点があった。しかし、昨年と比較して小型の個体の比率が高かった。(4) 西部日本海では、CPUEが5尾～20尾の調査点が多かった。他の海域と異なり、外套背長16cm未満の小型

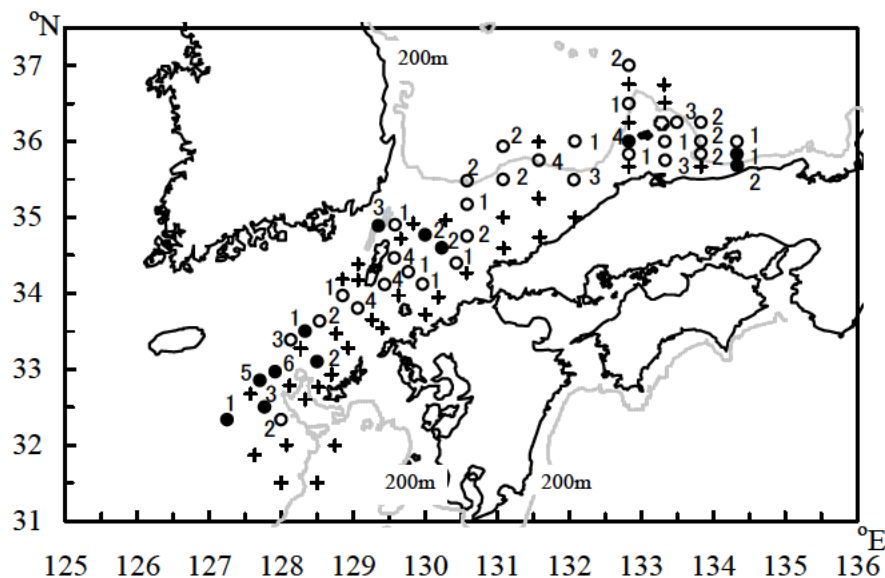
の個体の比率が昨年よりも低かった。(5)沖合域では、大和堆を中心にCPUEが20尾～50尾の分布密度が比較的高い調査点が複数あったものの、外套背長23cm以上の大型の個体の比率は昨年より低かった。

漁場一斉調査（日本海スルメイカ漁場一斉調査）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時間あたりの採集尾数）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月の調査海域を緯度経度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) 幼生分布調査

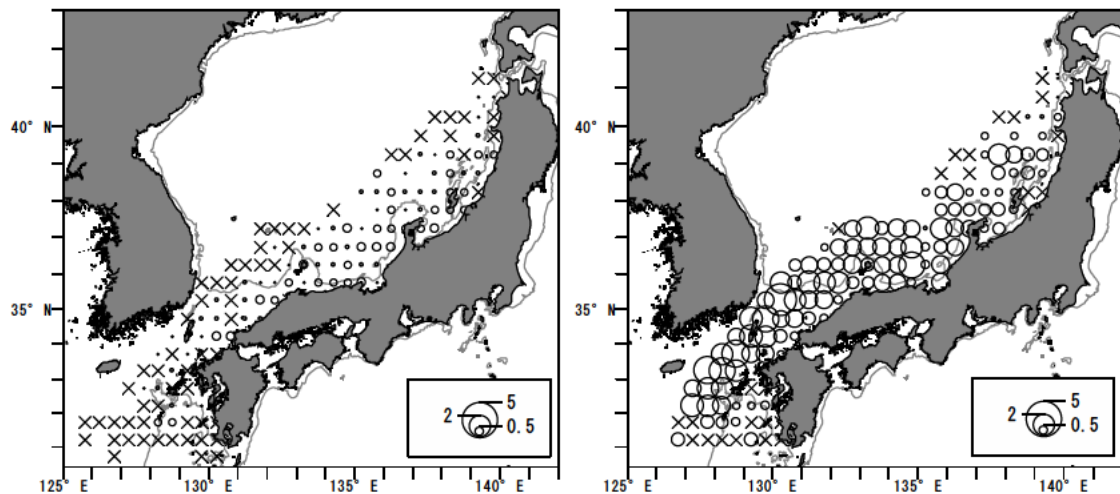
スルメイカ幼生の分布状況把握を目的として、10～11月にスルメイカ秋季発生系群の主産卵場である山陰から九州北西部沿岸域で口径45cm（鉛直曳）及び70～80cm（傾斜曳）のプランクトンネットを用いて実施している（補足図3-2）。幼生の分布密度は翌年の加入量よりもその年の親魚量との相関が高いことが知られ（笠原・永澤1988）、特に口径45cmのプランクトンネットによる結果は、資源水準が高い年代には親魚の資源水準を把握するのに有効である（後藤1999）。



補足図 3-2. 口径 45cm ネットの鉛直曳きによるスルメイカ幼生の採集尾数（2010 年）

＋：採集尾数が無し、●：孵化直後の幼生が採集された地点、○：幼生の採集地点。

これまでの調査結果からスルメイカ幼生の分布海域（概ね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してきた(Goto 2002)。資源量が減少した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、資源量が増加した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（補足図3-3）。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。



資源減少期（1980年～1988年）の平均採集数
（鉛直曳1網あたりの採集尾数）

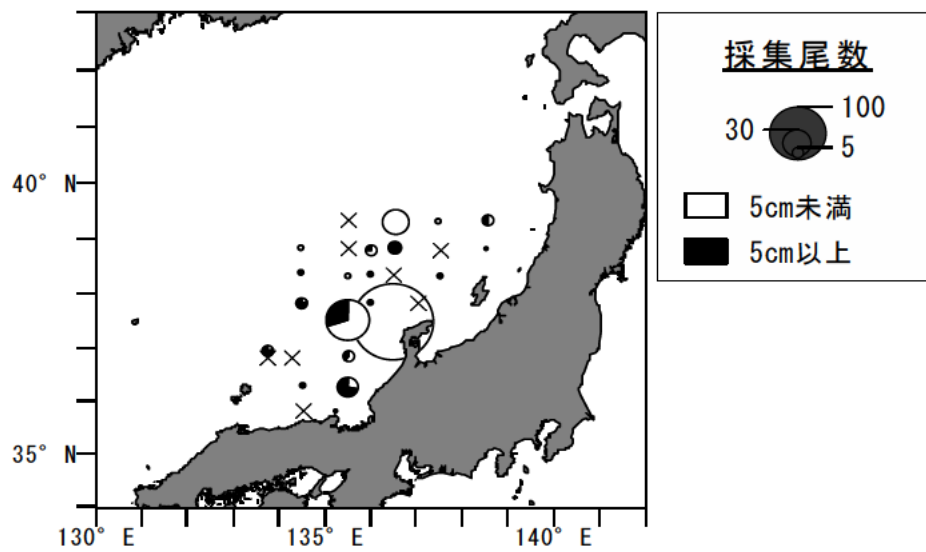
資源増加期（1989年～2000年）の平均採集数
（鉛直曳1網あたりの採集尾数）

補足図3-3. スルメイカ幼生の分布域の変化（Kidokoro et al. 2010より）

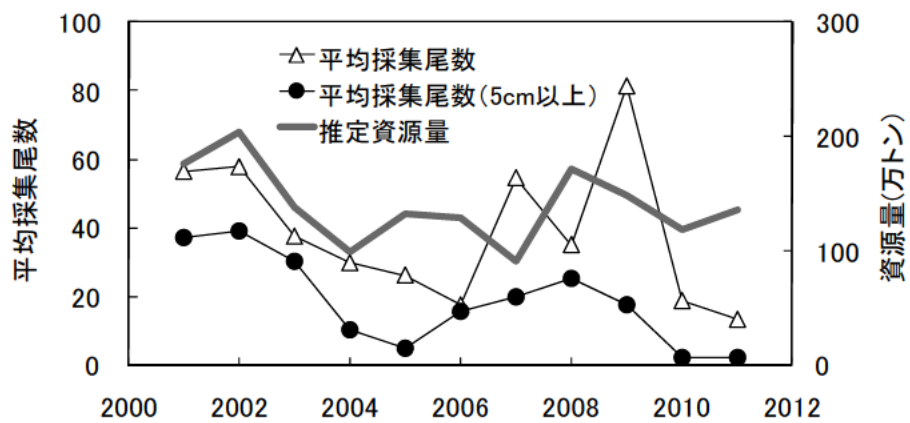
3) 新規加入量調査

スルメイカは単年生であるため、毎年資源が更新し、新規加入群がその年の全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。そのため、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。

2011年4月に実施したスルメイカの新規加入量調査では、能登半島付近で外套背長5cm未満のスルメイカが採集されたが、全体的に採集数が少なく、外套背長5cm以上のスルメイカはほとんど採集されなかった（補足図3-4）。1調査点あたりの平均採集尾数は13.2尾であり、近年平均（41.3尾）および昨年（18.64尾）を下回った（補足図3-5）。特に外套背長5cm以上のスルメイカでは、1調査点あたりの平均採集尾数は2.3尾であり、昨年（2.0尾）同様、近年平均（16.2尾）を大きく下回った（補足図3-5）。



補足図3-4. 2011年4月の表層トロールによるスルメイカの採集調査結果（○の面積は採集尾数、×は採集されなかった調査点）。



補足図3-5. 新規加入量調査の平均採集尾数と推定資源量の経年変化

補足資料4 加入量の不確実性を考慮したシミュレーション

資源尾数(N_t)は(4-1)式より、前年の親魚尾数(S_{t-1})に再生産成功指数(RPS)をかけて計算した。ただし、親魚尾数(S_{t-1})が、27.1 億尾 (=資源尾数の過去の最大値/RPSmed) を超えた場合は 27.1 億尾として、式(4-1)より翌年の資源尾数を計算した。

$$N_t = RPS_i \cdot S_{t-1} \quad (4-1)$$

ここで、RPSは、1990年以降の値が同じ確率で発生するものとした。

親魚尾数(S_t)および漁獲量(Y_t)は資源尾数と漁獲係数(F_t)および自然死亡係数($M_t=0.6$ で一定) から(4-2)式および(4-3)式で求めた。

$$S_t = N_t \cdot e^{-M_t - F_t} \quad (4-2)$$

$$Y_t = N_t \cdot e^{-M_t/2} \cdot (1 - e^{-F_t}) \cdot w \quad (4-3)$$

ただし、2011年の親魚尾数(= S_{2011})は、2011年の資源尾数と直近3年平均のFより求めた値 (22.0億尾) 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、親魚量(SSB_{t-1})が B_{limit} (39.7万トン) を下回った場合、管理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 は前年の親魚量($SSB_{t-1}=S_{t-1} \cdot w$)をもとに式4-4で計算した。

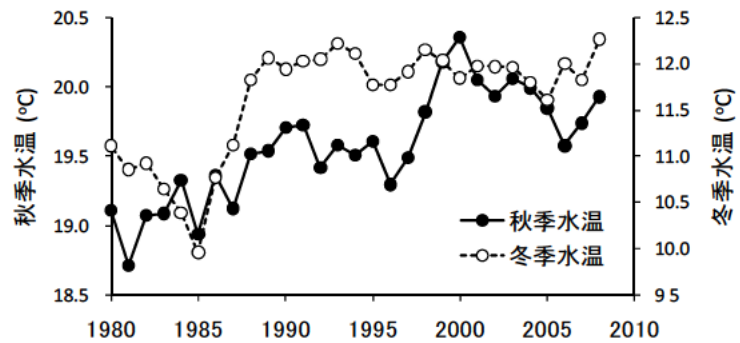
$$\beta = \frac{SSB_{t-1}}{B_{limit}} \quad (4-4)$$

シミュレーションは2012年から2021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5 2000年以降のRPSの低下傾向による影響

現在、1980年代に観測された海洋環境および生態的特性への変化は認められていないが、2000年代以降、スルメイカ秋季発生系群ではRPSの低下が観測されている。よって、2000年代以降のRPSの低下による影響にも留意する必要がある。

2000年以降のRPSの低下要因としては、海洋環境の変化による影響および資源量の増大による密度効果が想定される。海洋環境の変化として、スルメイカ秋季発生系群の主分布域である対馬暖流域の水温は、1980年代後半に冬季の水温が上昇、さらに1998年以降は

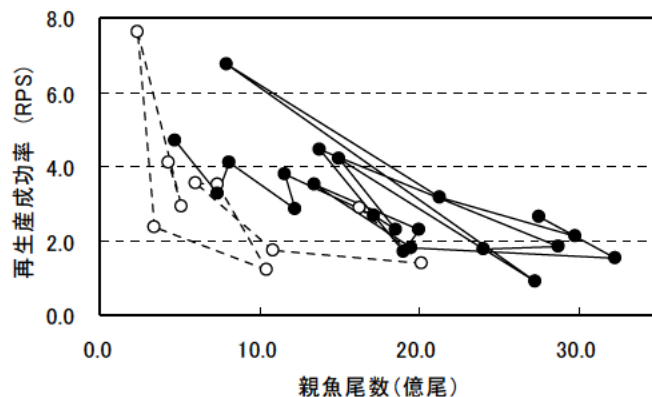


補足図 5-1. 対馬暖流域における水深 50m 水温の変化

他の季節の水温も上昇し（補足図5-1）、周年にわたって水温の高い状態が続いている（加藤ほか, 2006）。また、その影響として、産卵場の変化（Rosa et al. 2011）や漁期漁場の変化（木所2011）が報告されている。さらに水温上昇によって、主産卵時期の中心が冬季へ移行することも想定され（桜井ほか2007）、1990年代と比較して、2000年以降の海洋環境は秋季発生系群にとって不適な環境へ変化したことが懸念される。この場合、加入の見積りで仮定した1990年以降のRPSの中央値では、加入量およびABCを過大に算定する可能性がある。

一方、スルメイカのRPSは親魚尾数と負の相関関係があり（補足図5-2）、親魚尾数が増大するとRPSは低下する傾向（密度効果）が観察されている。ただし、このような関係は、親魚尾数の観測誤差等によっても検出される場合がある。補足図5-2で示される関係が密度効果であった場合、加入の見積りの際に仮定したRPSの中央値では、親魚数が多い場合には加入量を過大に、少ない場合には過小に見積もる可能性が高く、現状維持シナリオのABCで漁獲しても資源はそれぞれ減少または増加することになる。

いずれにしろ、スルメイカ秋季発生系群のRPSは2000年以降、低い状況にあり、1990年以降のRPSの中央値を用いたABC算定では、上記の影響が予想される。特に、資源水準の高くなった近年のABCは過去最大の漁獲量を上回る値が算定されており、その影響にも留意することが重要である。

補足図5-2. 親魚尾数と再生産成功率（RPS）の関係
○は1980～1989年、●は1990年以降の関係を示す。