

平成24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、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）であったことから、スルメイカ秋季発生系群の資源量は500千トン前後の水準で推移した。1990年代以降は好適な環境（温暖な環境）へ変化すると共に資源量が増大し、1990年代半ばには資源量が1,000千トンを超え、2000年前後には概ね1,500～2,000千トンとなった。2004年以降の資源量水準はやや低下し、近年は概ね1,200～1,700千トンの水準にあるものの、以前として高い資源水準（2012年の資源量は1,410千トン）が維持されている。

2012年の親魚量は直近3年平均の漁獲係数で漁獲された場合、649千トンであり、Blimit（398千トン）を上回ると推定された。また、資源量の少なかった1980年代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現在観測されていない。そのため、2013年以降も適切に資源を管理することで資源量を高い水準に維持することが可能と考える。そこで、2013年のABCは、現状の漁獲係数を維持（ $F_{current}=0.176$ 、漁獲割合=12.0%）、現状の親魚量を維持する漁獲（ $F_{med}=0.374$ 、漁獲割合=23.1%）を設定し、各漁獲シナリオによる2013年の予測漁獲量として算定した。

2013年の資源量は2012年の予測親魚量（649千トン）と再生産成功率（1990年以降の中央値=2.65）から1,719千トンと予測され、2013年のABCは、現状の漁獲圧の維持（ $F_{current}$ ）では206千トン、現状の親魚量の維持（ F_{med} ）では397千トンと算定された。

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		2013 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 (Fcurrent)	F=0.176 (1.00 Fcurrent)	12.0 %	101 千トン ～ 471 千トン	258 千 トン	77.4%	90.5%	206 千トン (82 千トン)
現状の親魚量 の維持 (Fmed)*	F=0.374 (2.12 Fcurrent)	23.1 %	90 千トン ～ 761 千トン	418 千 トン	42.8%	70.5%	397 千トン (158 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。 ・ 漁獲量の年変動は大きく、資源量は短期的に変動すると推測される。 ・ 2013 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 Fcurrent は直近 3 年間(2009～2011 年)の平均の F である。Fmed は、1990～2012 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 2012 年の予測親魚量(649 千トン)、将来漁獲量の 5 年後は 2017 年、5 年平均は 2013～2017 年の平均値である。我が国 EEZ 内の漁獲量は、2007～2011 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(0.398)から算出。

年	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F値	漁獲割合
2010	1,188	159	0.200	13.4%
2011	1,351	128	0.137	9.5%
2012	1,410			

	指 標	値	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	398千トン	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
2012	親魚量	649千トン	

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） 全国イカ水揚げ集計表（全漁連） 主要港漁業種類別水揚量、生物情報収集調査（北海道～長崎 (14)道府県） 韓国漁獲統計量(URL： http://fs.fips.go.kr/main.jsp) 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 21 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（養殖業を除く）の 5%、生産額（養殖業を除く）の 3%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 30～200 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。なお、韓国以外の国に関しては資料が少なく、正確な情報は得られていない。

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。

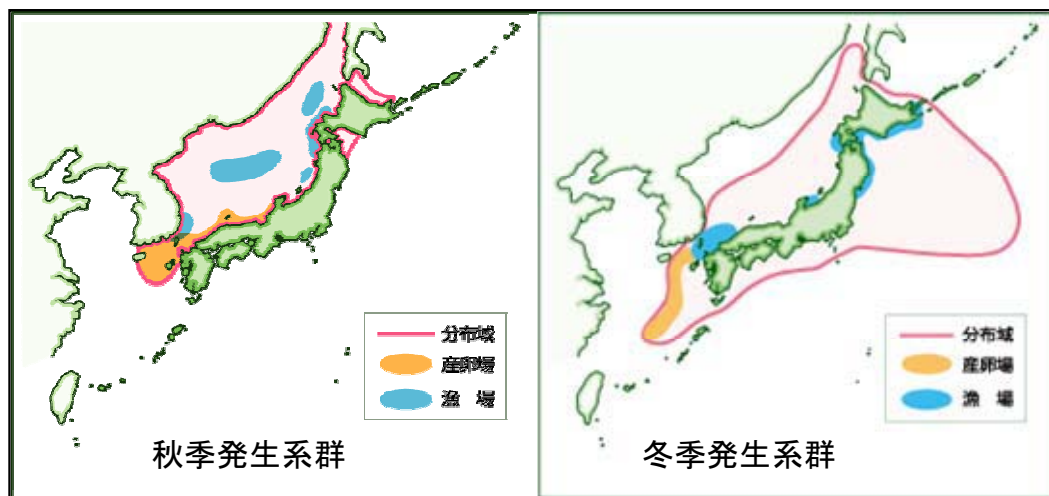


図1. スルメイカの分布図（秋季発生系群（左図）と冬季発生系群（右図））

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。

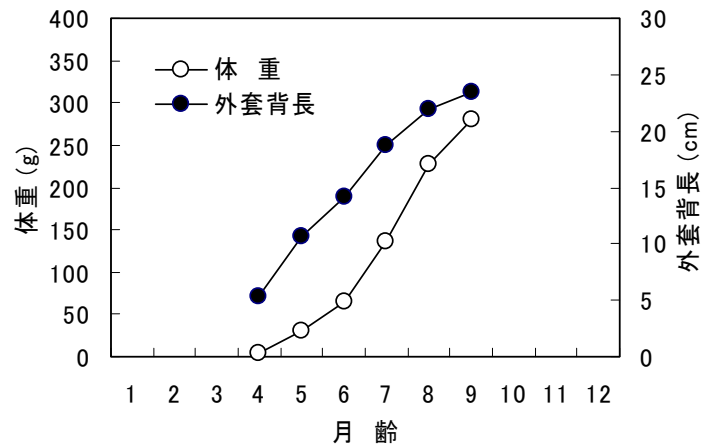


図2. スルメイカ秋季発生系群の成長

(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年以前の漁獲量は各系群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30.7万トン

に達した。1970年代半ば以降は漁獲量が減少に転じ、1986年には5.4万トンに落ち込んだ。その後、1990年代の漁獲量は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。2011年の漁獲量は4.8万トンで、5万トンを下回り、過去30年間で最も低い値となった。

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。

我が国と韓国の合計漁獲量は、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20万トンを下回った。さらに、2011年は12.8万トンまで減少し、過去30年間では1986年（7.7万トン）に次ぐ低い値となった。

以上の様にスルメイカ秋季発生系群の漁獲量は2000年前後をピークとして漁獲量が減少している。その要因として、後述するように資源量が2000年前後をピークとして近年はやや水準が低下していることに加え、日本周辺海域の水温上昇によって夏季の日本海沿岸域を中心に漁場が形成されにくくなったことがある（木所 2011）。また、いか釣り漁船の操業隻数の減少（表2および図6も参考）に加えて、冬季発生系群の増加に伴い、太平洋側での操業比率が高くなったこと（木所 2011）も要因として考えられる。その結果、2000年以降では冬季発生系群の漁獲量が多い年は秋季発生系群の漁獲量が少なくなる傾向が見られている。

表1. スルメイカ秋季発生系群の漁獲量（トン）

	日本	韓国	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	152,677	262,287
2001	122,491	146,033	268,524
2002	142,133	150,286	292,419
2003	121,056	161,075	282,130
2004	89,695	131,476	221,171
2005	101,654	123,152	224,805
2006	108,143	128,124	236,267
2007	62,518	93,088	155,606
2008	77,124	109,789	186,912
2009	76,913	115,095	192,008
2010	61,796	97,474	159,269
2011	48,477	79,393	127,870

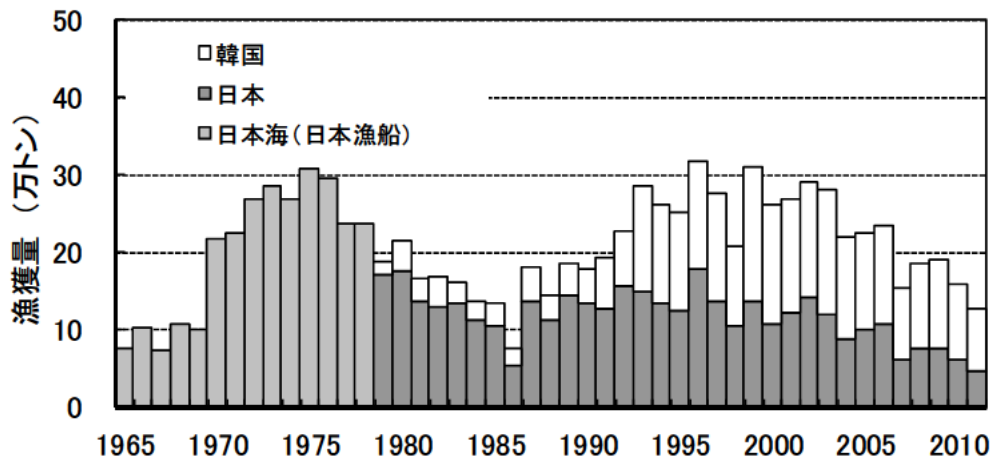


図3. スルメイカ秋季発生系群の漁獲量の推移

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。

(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）。2011年は約1.3万日となり、1990年の約1/4、2000年との比較でも約1/2の水準に減少した。漁獲努力量の減少には、長期的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。また、近年では日本海における魚体の小型化による魚価安、および漁期開始期の遅れも努力量減少の要因となっていると考えられる。

なお、表2におけるCPUEは漁獲成績報告書における日本海と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。

表2. 旧中型いか釣り漁船の努力量の変化

	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	38,968	2.289	17,027
2011	32,845	2.556	12,851

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量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、2012年の調査結果では17.32尾となった。

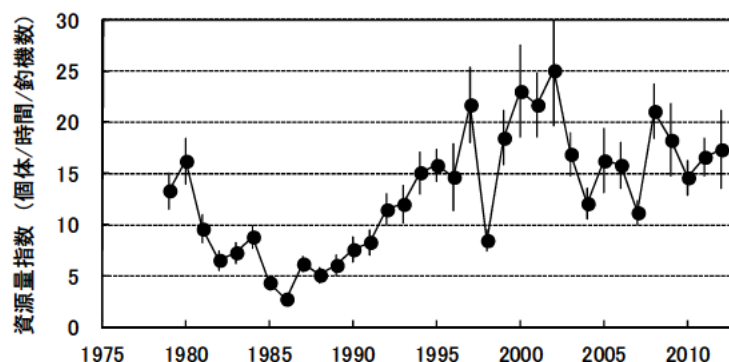


図4. スルメイカ秋季発生系群の資源量指数の経年変化（|は標準誤差）

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。2012年の調査結果では、1曳網あたりの平均採集尾数は88.7尾、秋季発生系群に相当する外套背長5cm以上の個体は36.2尾であり、2011年（それぞれ13.2尾、2.3尾）および近年5年平均（それぞれ40.5尾、13.5尾）を上回った（補足資料3）。

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、2011年の調査結果では0.50尾であった。この値は1990年代以降では最も低い値のため、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には、秋季発生系群の主産卵時期が遅くなり（桜井ほか 2007）、調査時期と主産卵時期が一致しなくなった影響も考えられる。

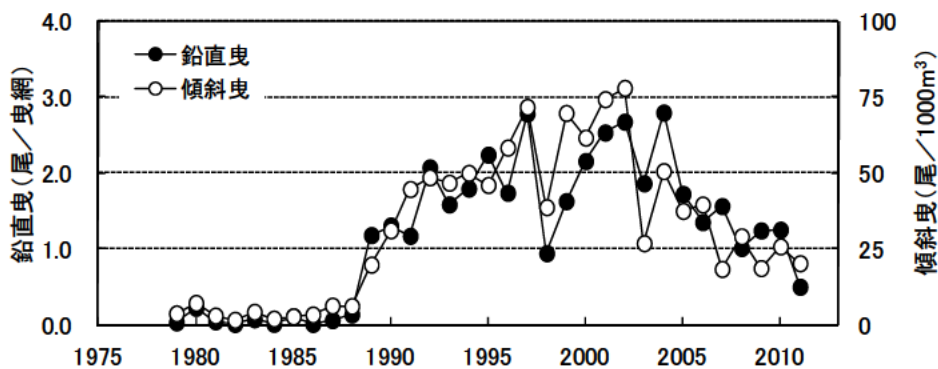


図5. 秋季の日本海におけるスルメイカ幼生の分布密度
鉛直曳は全ての採集個体、傾斜曳は外套背長1.5mm以上の個体の分布密度。

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、資源量指数と同様に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、旧中型いか釣り漁船のCPUEはやや水準が低下し、2004～2011年は2.5トン前後で推移している（図6）。

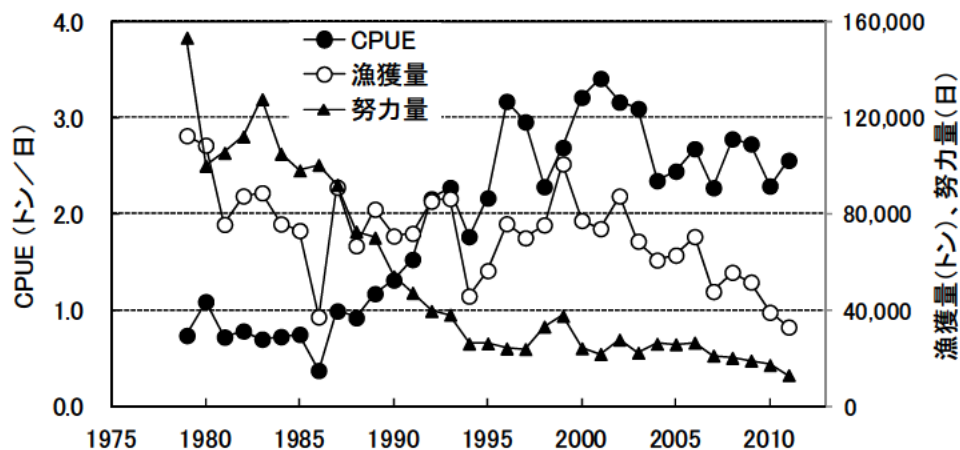


図6. 日本海における旧中型いか釣り漁船のCPUE、漁獲量、努力量の推移

(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。2012年は20cm台にモードがあり、前年および近年（2007～2011年）平均よりも大型であり、近年以前（2002～2006年）の平均に近い外套背長組成であった。

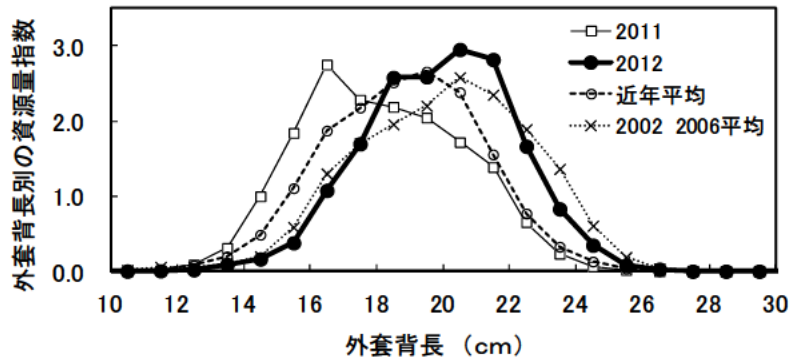


図7. 日本海漁場一斉調査結果による外套背長組成

(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 低位水準と中位水準の閾値）、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（中位水準と高位水準の閾値）、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（2012年は141万トン）にある。

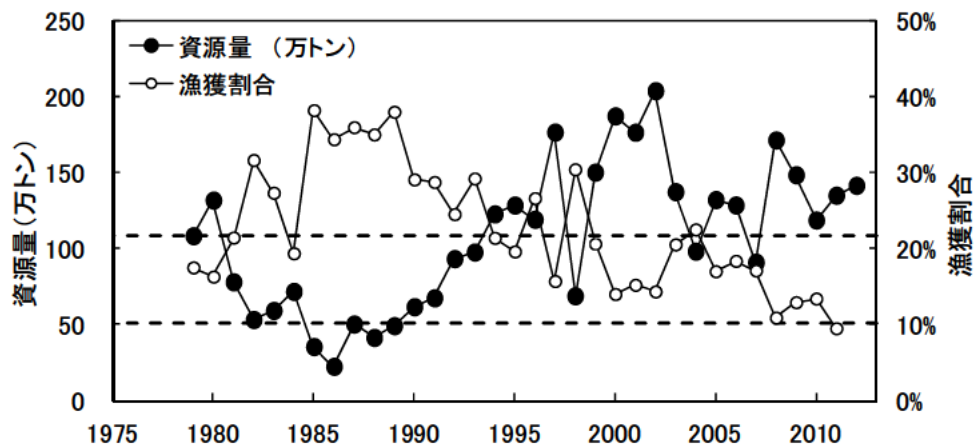


図8. スルメイカ秋季発生系群の推定資源量および漁獲割合
破線は、各資源水準の閾値（高位水準109万トン、中位水準51万トン）を示す。

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10.9～13.4%となり、2011年(9.5%)には10%を下回った。

資源量および漁獲量から算出した親魚尾数の変化を図9に示す(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、2011年は23.1億尾と推定された。なお、2012年漁期に直近3年平均の漁獲係数($F=0.176$)で漁獲した場合、2012年の漁獲量は16.9万トンとなり、2012年の親魚尾数は23.2億尾(64.9万トン)と予測される。

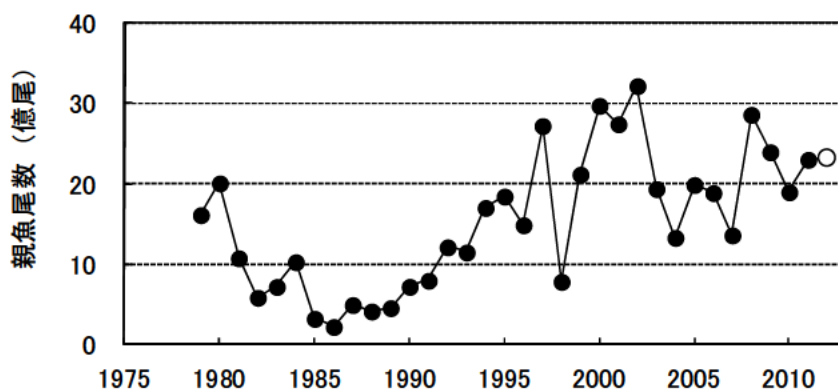


図9. スルメイカの推定親魚尾数 ○は2012年の予測値。

(5) 資源の水準・動向

2012年の資源量は141万トンであり、2011年(135万トン)および近年5年平均(133万トン)をやや上回った(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、2012年の資源水準は高位と判断された。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。なお、今後の加入の見積(後述)をもとに近年の再生産成功率の代表値として、1990年以降のRPSの中央値(2.65)を用い、(1)式より、資源水準(親魚量)を維持する管理基準値(F_{med})を0.374と算出した。

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

ここで、 M は自然死亡係数($=0.6$)である。

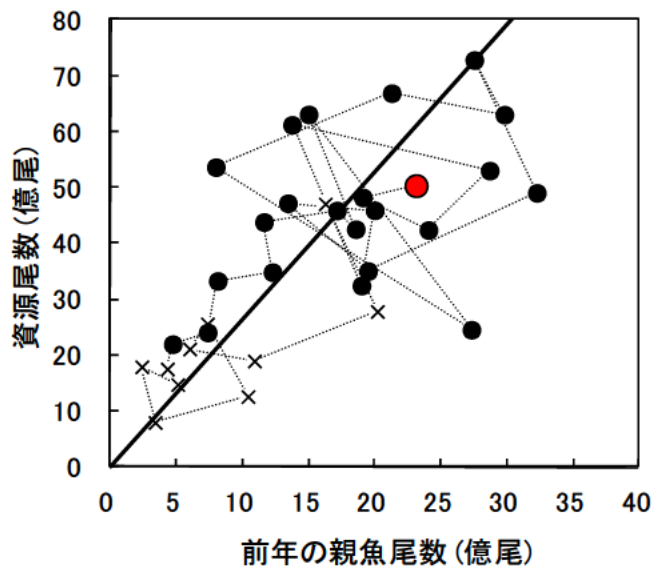


図10. スルメイカ秋季発生系群の再生産関係
 図中(●)は2012年、(●)は1990年以降、(×)は1980年代の関係を示す。原点を通る太直線は1990年以降のRPSの中央値を示す。

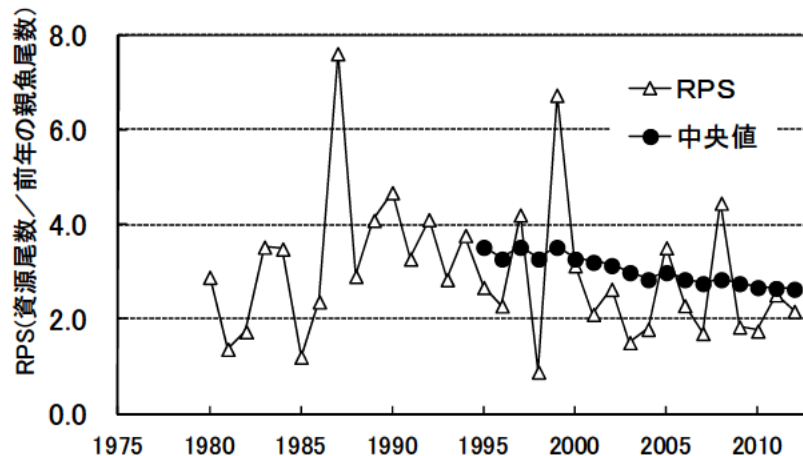


図11. RPS (資源尾数 / 前年の親魚尾数) の経年的変化
 図中の中央値は、1990年以降のRPSの中央値の推移を示す。

(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 Hanawa 2002)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、1990年代以降にスルメイカの資源量水準の上昇に大きく関与したと考えられている。そのため、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)。

2011～2012年の調査結果では、幼生の分布密度が大きく低下したものの、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認められず、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。そこで、資源水準が増大した1990年以降のRPSの中央値にしたがって加入量が得られると判断して、今後の加入量を見積もった。

一方、スルメイカ秋季発生系群の資源水準は1990年代以降、中位～高位水準を維持しているものの、2000年以降のRPSは1990年代と比較して低い状況にある。2000年以降にRPSが低下した要因としては、海洋環境の変化および密度効果の影響が想定される（補足資料5）。特に1998年以降の対馬暖流域における水温上昇はスルメイカの漁場形成（木所 2011）ばかりでなく、秋季のスルメイカの産卵場形成にも大きな影響（同産卵時期における産卵場の北偏化、産卵時期の遅れ）を与えたことが想定され、今後のスルメイカ資源への影響が懸念される。

(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（39.8万トン、14.2億尾）として設定した（図12）。評価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。

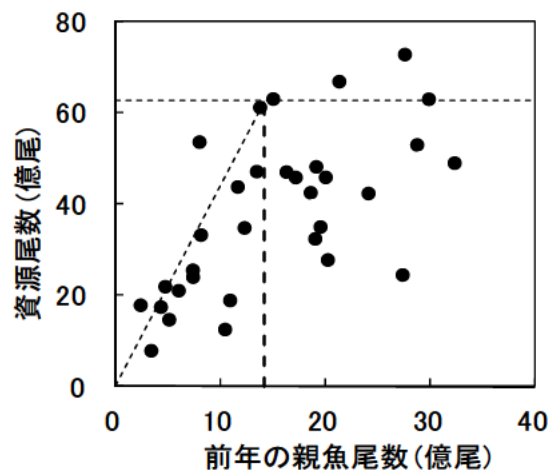


図12. スルメイカ秋季発生系群の再生産関係とBlimit値

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0.176であり、この値は、1990年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} 0.374)よりも低い値である。つまり、1990年以降の再生産状況を基にすると、現状の漁獲係数は、資源量を低下させる水準にないと判断される（図13）。また、 $F_{current}$ の%SPRは約80%、 F_{med} の%SPRは約70%であり、漁獲がない場合と比較してそれぞれ約80%、および約70%の親魚尾数が確保されていると計算される。

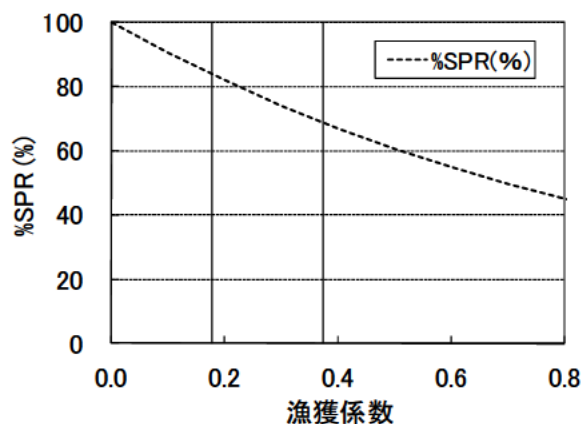


図13. 生物学的管理基準値($F_{med}=0.374$)と現状の漁獲圧($F=0.176$)の関係
%SPR（図中の曲線）と合わせて示す。

5. 2013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、漁獲の影響に加えて海洋環境の変化によって資源量が大きく変動する。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量が減少し、50万トン前後で推移した。1990年代以降は好適な環境（温暖な環境）へ変化すると共に資源量が増大し、1990年代半ばには100万トンを超え、2000年前後の資源量は概ね150万～200万トンとなった。2004年以降の資源量水準はやや低下し、近年5年は概ね120万～170万トンの水準にあるものの、以前として高い資源水準が維持されていると判断される（2012年の資源量は141万トン）。現在、調査結果では、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、2013年以降も適切に資源を管理することで資源量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2013年ABC並びに推定漁獲量の算定

2012年の資源量は141万トン（50.4億尾）と推定され、2012年漁期に直近3年平均の漁獲係数($F=0.176$)で漁獲した場合、2012年の漁獲量は16.9万トン（6.0億尾）となり、2012年の親魚量は64.9万トン（23.2億尾）と予測され、2012年の親魚量は B_{limit} （39.8万トン、14.2億尾）を上回る値となる。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($F_{current}$)による漁獲シナリオ、および現状の親魚量を維持(F_{med})する漁獲シナリオをもとに2013年のABCを算定した。

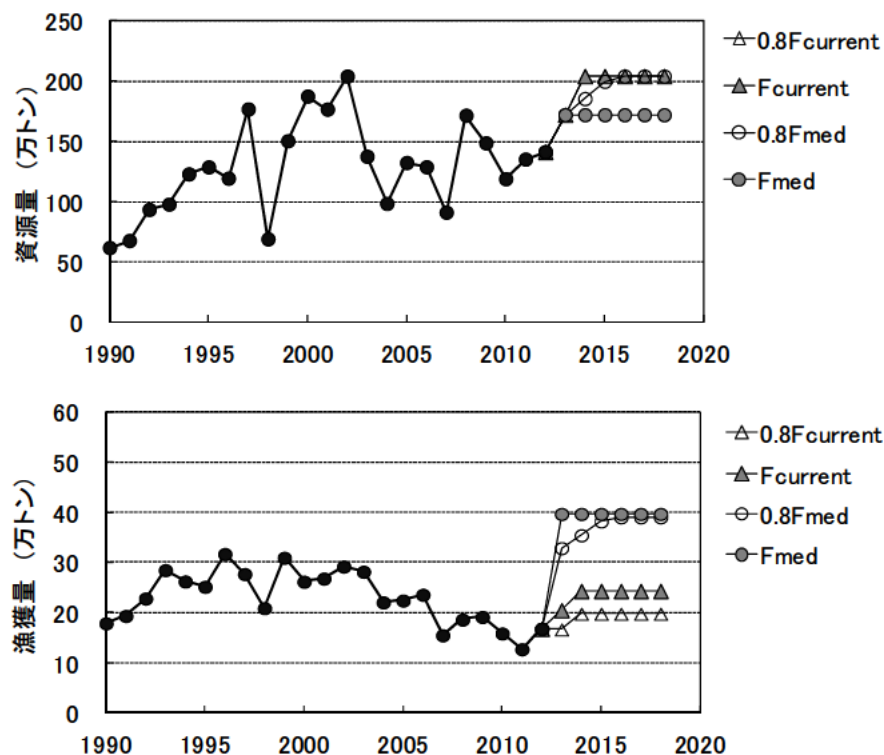


図14. 各漁獲係数による資源量（上）、および漁獲量（下）の推移

2013年の資源量は、2012年の予測親魚量（64.9万トン、23.2億尾）と1990年以降のRPSの中央値(2.65)から172万トン（61.4億尾）と予測された。近年3年間のF値の平均値は、 $F_{current}=0.176$ （漁獲割合12.0%）であり、現状の親魚量を維持する $F_{med}=0.374$ （漁獲割合23.1%）であったことから、2013年のABCは、現状の漁獲圧($F_{current}$)を維持した場合では20.6万トン、現状の親魚量を維持する漁獲(F_{med})では39.7万トンと算定された。

各漁獲シナリオで予測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、親魚尾数が27.5億尾（資源尾数の過去の最大値（72.8億尾）／ RPS_{med} ）を超えた場合は親魚尾数を27.5億尾として翌年の資源量（203.9万トン）を計算した。なお、予防的措置として、各漁獲シナリオに安全係数(0.8)をかけたF値による漁獲も検討した（図14、表3）。

現状の親魚量の維持(F_{med})のシナリオで漁獲した場合は、資源量と漁獲量が2013年以降、横ばいで推移した。一方、現状の漁獲圧を維持した場合、および基準値に安全率をかけた漁獲（ $0.8F_{med}$ および $0.8F_{current}$ ）では、資源量が増加し、2014年および2016年に上限値に達すると共に、漁獲量も横ばいとなった。

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)						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
現状の漁獲圧の維持	$F_{current}$ ($F=0.176$)	169	206	244	244	244	244	244
上記の予防的措置	$0.8F_{current}$ ($F=0.141$)	169	167	198	198	198	198	198
現状の親魚量の維持	F_{med} ($F=0.374$)	169	397	397	397	397	397	397
上記の予防的措置	$0.8F_{med}$ ($F=0.299$)	169	329	355	382	390	390	390
		資源量(千トン)						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
現状の漁獲圧の維持	$F_{current}$ ($F=0.176$)	1,410	1,719	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039
上記の予防的措置	$0.8F_{current}$ ($F=0.141$)	1,410	1,719	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039
現状の親魚量の維持	F_{med} ($F=0.374$)	1,410	1,719	1,719	1,719	1,719	1,719	1,719
上記の予防的措置	$0.8F_{med}$ ($F=0.299$)	1,410	1,719	1,852	1,996	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

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）。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大きく変化した。平均値では、親魚量を維持させる漁獲(F_{med})では資源量、

漁獲量ともやや減少する傾向が見られたが、現状の漁獲圧の維持($F_{current}$)、および安全率を見込んだ漁獲では、やや増加した後、ほぼ横ばいで推移した。

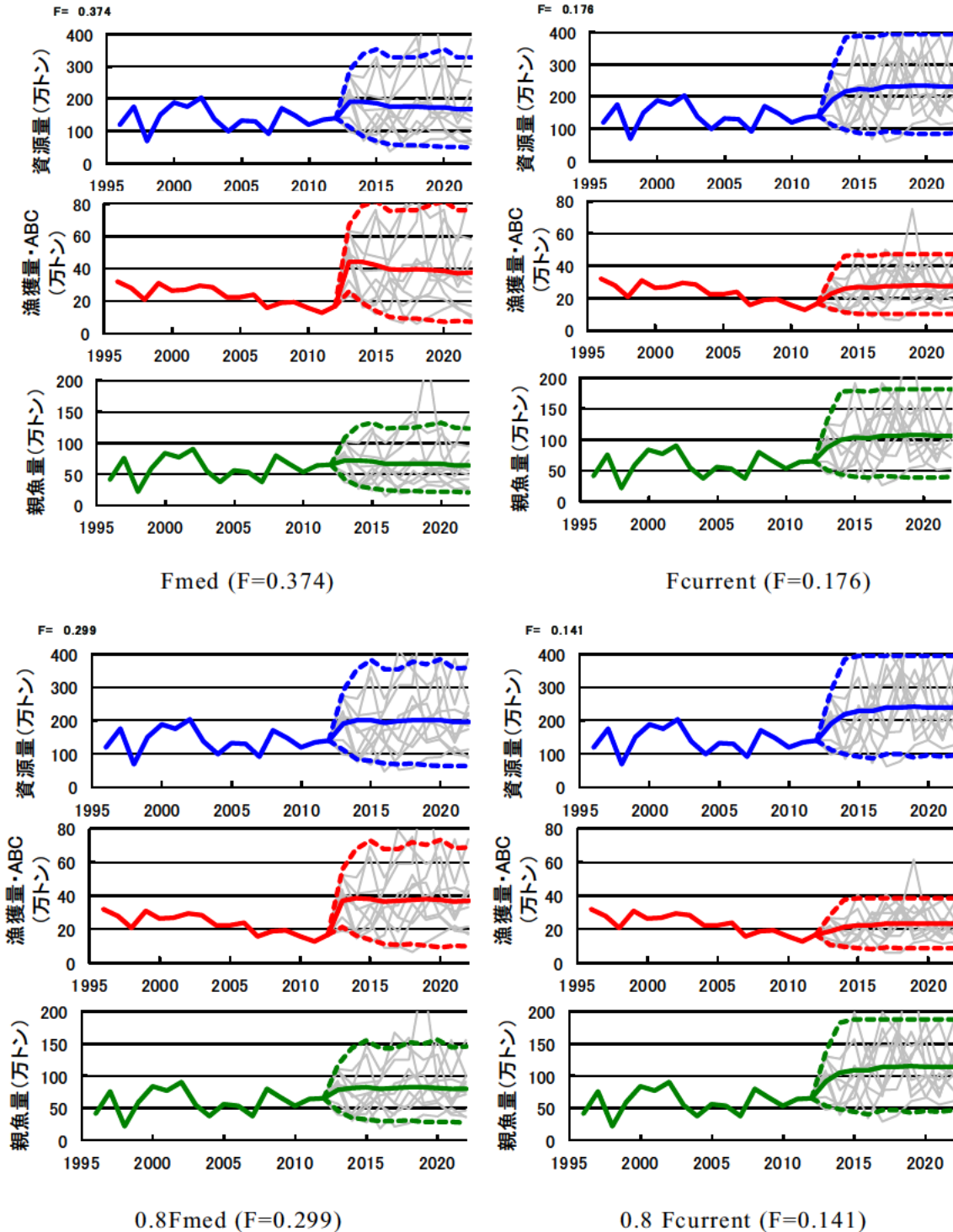


図15. 加入量の不確実性を考慮して各資源管理基準値で漁獲した場合の資源量 (上図)、漁獲量 (中図)、親魚量 (下図) の推移 細線は1000回の試行のうち、任意の10回の試行の各推移、太線は1000回の試行による平均値、太点線は上側10%および下側10%点を示す。

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 (管理基準)	F 値 ($F_{current}$ と の比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価		2013 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 ($F_{current}$)	$F=0.176$ (1.00 $F_{current}$)	12.0 %	101 千トン ～ 471 千トン	258 千 トン	77.4%	90.5%	206 千トン (82 千トン)
上記に予防的 措置をとる (0.8 $F_{current}$)	$F=0.141$ (0.80 $F_{current}$)	9.7 %	92 千トン ～ 383 千トン	215 千 トン	81.9%	94.5%	167 千トン (67 千トン)
現状の親魚量 の維持 (F_{med})*	$F=0.374$ (2.12 $F_{current}$)	23.1 %	90 千トン ～ 761 千トン	418 千 トン	42.8%	70.5%	397 千トン (158 千トン)
上記に予防的 措置をとる (0.8 F_{med})*	$F=0.299$ (1.70 $F_{current}$)	19.2 %	105 千トン ～ 677 千トン	374 千 トン	59.5%	80.1%	329 千トン (131 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。 ・ 漁獲量の年変動は大きく、資源量は短期的に変動すると推測される。 ・ 2013 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(2009～2011 年)の平均の F である。 F_{med} は、1990～2012 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 2012 年の予測親魚量(649 千トン)、将来漁獲量の 5 年後は 2017 年、5 年平均は 2013～2017 年の平均値である。我が国 EEZ 内の漁獲量は、2007～2011 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(0.398)から算出。

(4) ABCの再評価

2011 年および 2012 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(F_{med})は 2012 年のデータ追加により、0.381 から 0.374 に低下した(漁獲割合で 1.4%の低下)。また、2011 年度の資源評価では、2012 年の資源量を 164.5 万トンと予測したが、2012 年の調査結果では 2012 年の資源量は 141.0 万トン(予測値の 85.7%、23.5 万トンの減少)と推定された。管理基準値および 2012 年資源量の再評価によって、2012 年の ABC (2012 年再評価値=32.6 万トン)は、2012 年当初値(2011 年度資源評価値=38.6 万トン)の 84.5%(6.0 万トンの減少)となった。

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
2011年漁獲量確定値	2011年漁獲量の確定、管理基準値(Fmed)の更新
2012年資源量確定値	2012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)
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)	
2011年 (2012年再評価)	Fmed	0.374	1,351	312 (133)	259 (111)	128 (49)
2012年 (当初)	Fmed	0.381	1,645	386 (160)	320 (132)	
2012年 (2012年再評価)	Fmed	0.374	1,410	326 (135)	270 (112)	
2011年、2012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。

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の対応が必要である。

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。

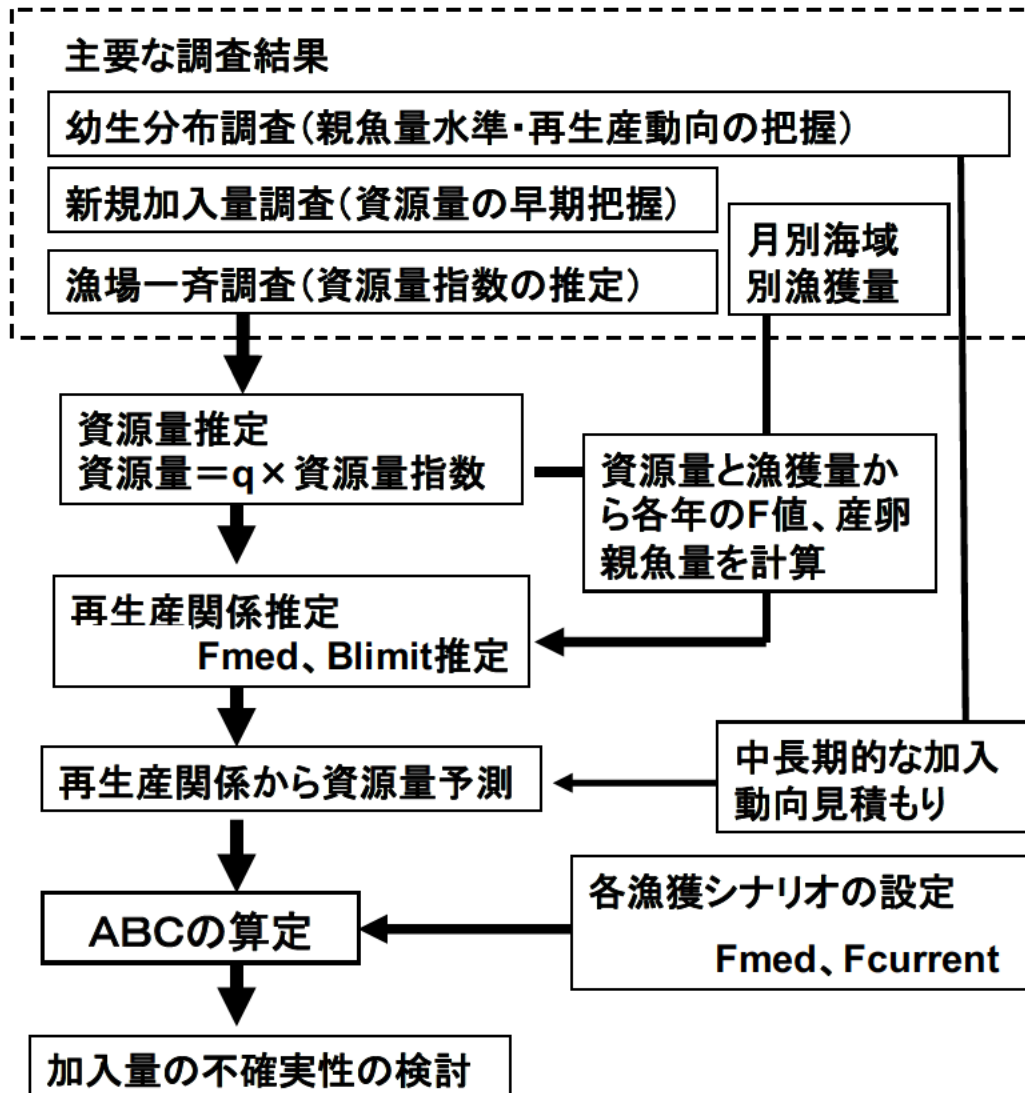
7. 引用文献

- 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.
- 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, 205-210.
- 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.
- 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. Oceanogr.* 2, 401-431.
- Sakurai, Y., Kiyofuji, H., Saitoh, S., Goto, T. and Hiayama, 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

資源評価方法の手順



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）。

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

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

(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。

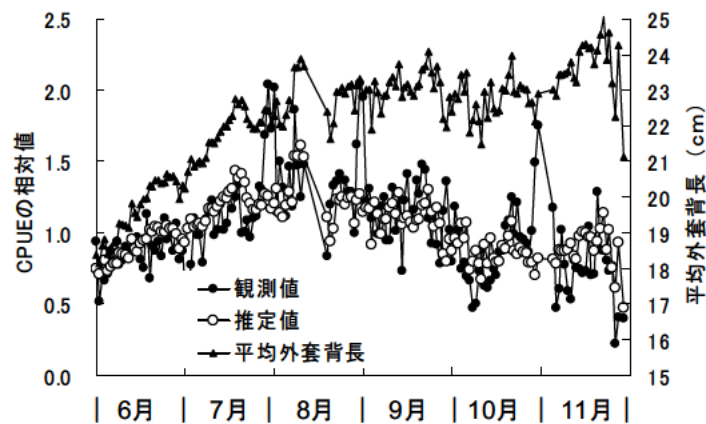
$$u_d = \frac{u_{d,y}}{u_{avg,y}} \quad (2-4)$$

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）。

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

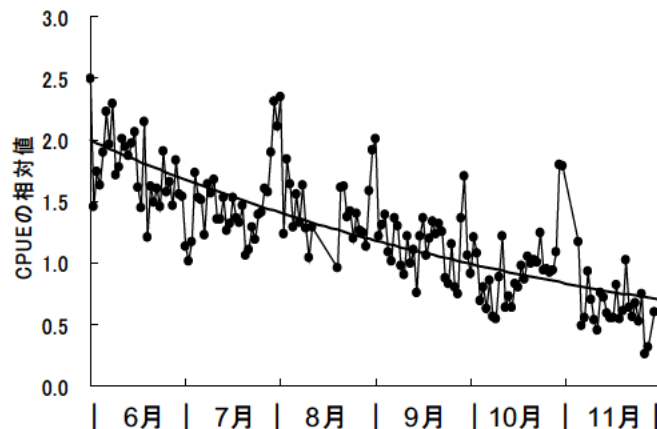
CPUE の相対値(u_d)の変化は、平均外套背長の関数で示される d 日のスルメイカの獲られやすさ(f_d)と全減少係数(Z)によって式 2-6 で示される。

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



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。

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.
- 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.

補足表2. スルメイカ秋季発生系群の資源量指数、資源尾数、漁獲量、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

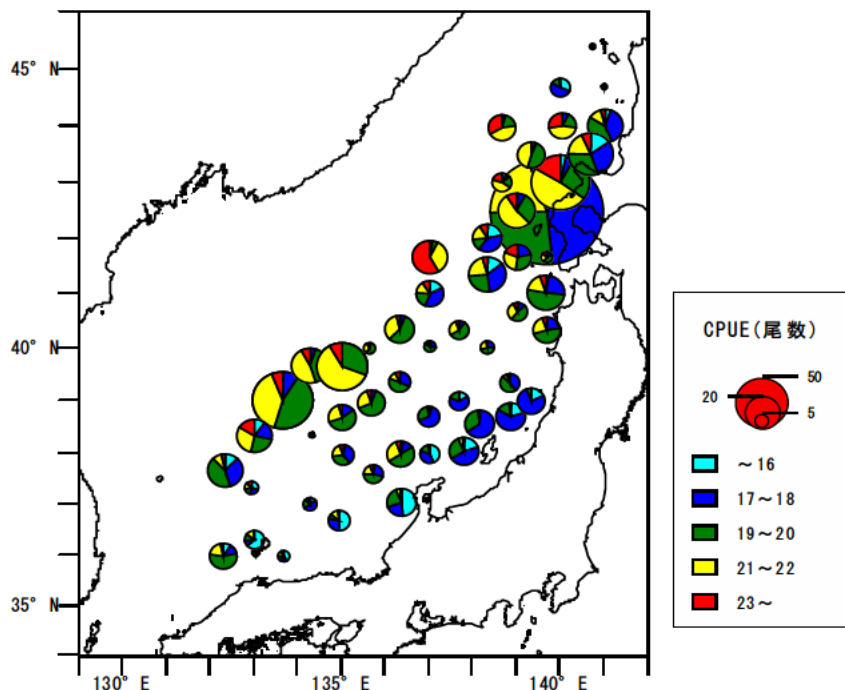
	資源量指数 (尾数)	資源尾数 (億尾)	漁獲量 (万トン)	資源量 (万トン)	親魚尾数 (億尾)	親魚量 (万トン)	漁獲割合 (%)	漁獲係数 (F値)	再生産 成功率 (RPS)
1979	13.32	38.73	18.98	108.4	16.23	45.45	17.5	0.270	
1980	16.20	47.10	21.49	131.9	20.16	56.45	16.3	0.248	2.90
1981	9.59	27.87	16.73	78.0	10.87	30.43	21.4	0.342	1.38
1982	6.54	19.02	16.85	53.3	5.98	16.75	31.6	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	15.56	91.0	13.71	38.40	17.1	0.263	1.71
2008	21.06	61.22	18.69	171.4	28.66	80.23	10.9	0.159	4.46
2009	18.24	53.04	19.20	148.5	24.03	67.28	12.9	0.192	1.85
2010	14.59	42.42	15.93	118.8	19.07	53.38	13.4	0.200	1.77
2011	16.59	48.24	12.79	135.1	23.09	64.66	9.5	0.137	2.53
2012	17.32	50.36		141.0					2.18

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. 2012 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。

2012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。

北海道北部海域ではほとんど分布していなかったが、北海道南部から中央部海域では、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り、奥尻島の北にCPUEが100尾を超える非常に分布密度の高い調査点があった。これらの海域では外套背長21cm以上の比率が高く、前年よりも大きい個体が多かった。

本州北部海域ではCPUEが主に5尾～20尾前後であり、分布密度の高い調査点がなかった。魚体の大きさは前年と同様に17cm～18cm台以下の比率が高かった。西部日本海でも本州北部海域と同様にCPUEが主に5尾～20尾前後であり、分布密度が高い調査点がなかった。魚体の大きさも17cm～18cm台以下の比率が高かった。

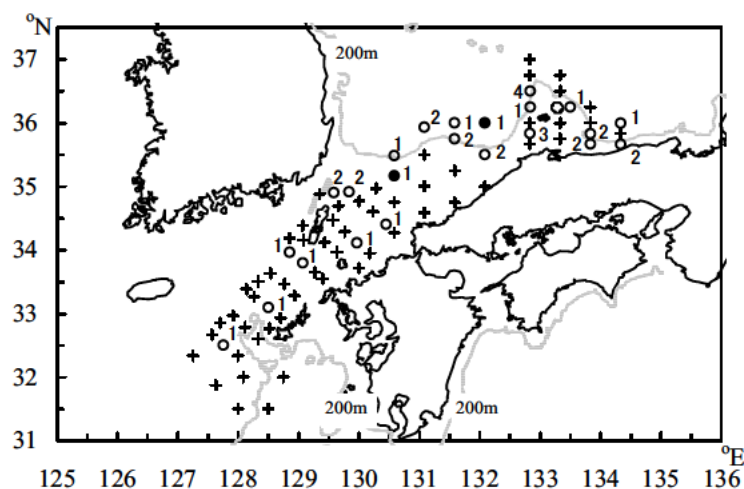
沖合域では、CPUEが20尾以上の分布密度が比較的高い調査点が多くあり、大和堆付近ではCPUEが50尾以上の分布密度が高い調査点もあった。魚体の大きさは前年と同様に外套背長19～22cm台が大半を占めた。

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

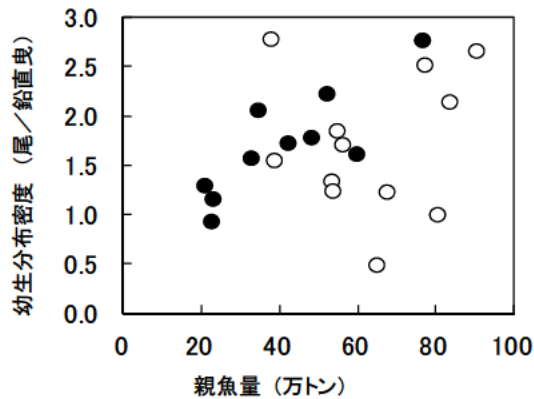
スルメイカ幼生の分布状況把握を目的として、10～11月にスルメイカ秋季発生系群の主産卵場である山陰から九州北西部沿岸域で口径45cm（鉛直曳）及び70～80cm（傾斜曳）のプランクトンネットを用いて実施している（補足図3-2）。幼生の分布密度は翌年の加入量よりもその年の親魚量との相関が高いことが知られ（笠原・永澤 1988）、特に口径45cm（鉛直曳）による結果は、資源水準が高い年代には親魚量を把握するのに有効である（後藤 1999）。しかし、2000年以降、推定親魚量（図9）と口径45cm（鉛直曳）による結果（図5）では、傾向が合わない状況も見られている（補足図3-3）。その理由として、秋季発生系群の主産卵時期が遅くなり（桜井ほか 2007）、調査時期と主産卵時期が一致しなくなった等の影響が考えられる。



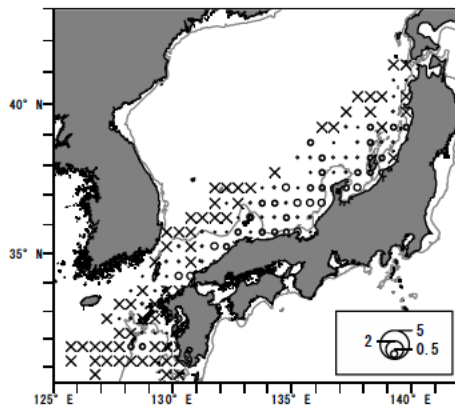
補足図 3-2. 口径 45cm ネットの鉛直曳きによるスルメイカ幼生の採集尾数（2011 年）

＋：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。

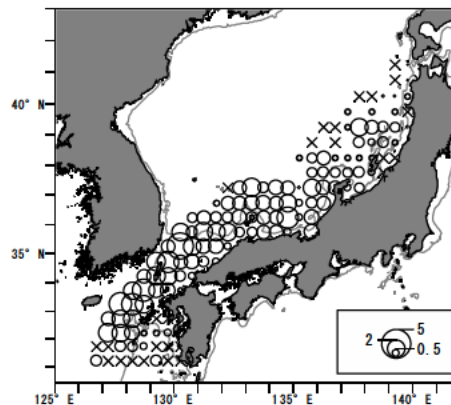
これまでの調査結果からスルメイカ幼生の分布海域（概ね産卵場を示している）はスルメイカの資源水準と連動して変化してきた(Goto 2002)。資源量が減少した1980年代は、主に北陸沿岸域がスルメイカ幼生の主分布域であったが、資源量が増加した1990年代には対馬海峡から東シナ海まで幼生の分布域が拡大した（補足図3-4）。このような幼生の分布海域の変化（産卵海域の変化を示す）は海洋環境の変化が関連していると考えられ、スルメイカの幼生の分布域から海洋環境および資源動向の変化を判断することが可能と考えられる。



補足図 3-3. 幼生の分布密度（尾／鉛直曳）と推定親魚量の関係
図中、●は1990年代の関係、○は2000年以降の関係を示す。



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）

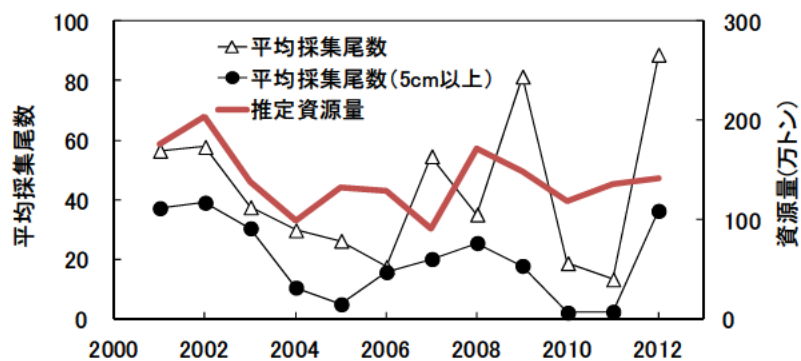
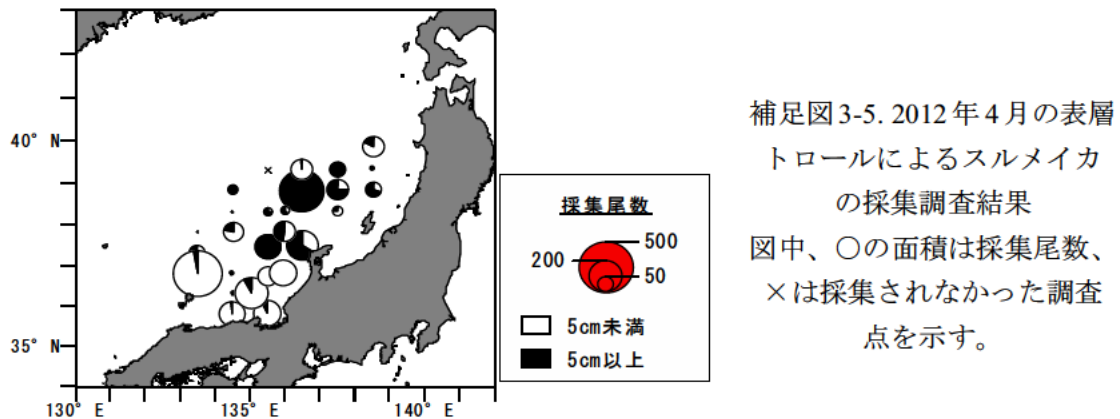
補足図3-4. スルメイカ幼生の分布域の変化（Kidokoro et al. 2010より）

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。

2012年4月に実施したスルメイカの新規加入量調査結果では、隠岐諸島から能登

半島沖にかけての広い範囲でスルメイカが採集された（補足図3-5）。1調査点あたりの平均採集尾数は83.6尾であり、近年5年平均（40.5尾）および前年（13.2尾）を上回った（補足図3-6）。さらに、秋季発生系群に相当する外套背長5cm以上のスルメイカは、1調査点あたりの平均採集尾数は32.4尾であり、近年5年平均（13.5尾）および前年（2.3尾）を大きく上回った（補足図3-6）。



補足図3-6. 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

引用文献

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

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、27.5 億尾 (=資源尾数の過去の最大値/RPSmed) を超えた場合は 27.5 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、2012年の親魚尾数(= S_{2012})は、2012年の資源尾数と直近3年平均のFより求めた値 (23.2億尾) を用いた。 w は280gとした。

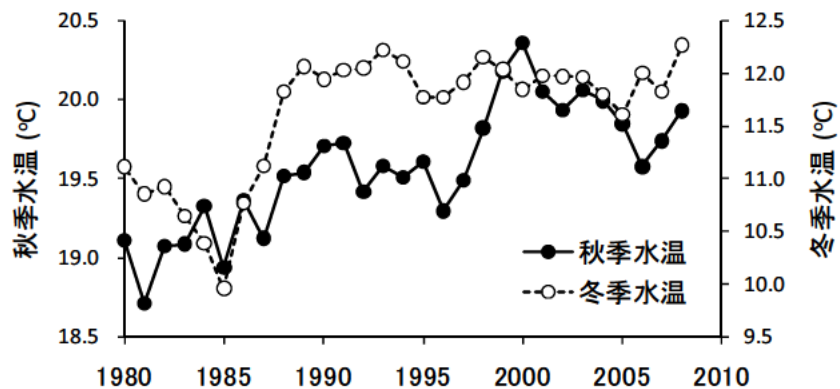
また、スルメイカの漁獲制御方法として、親魚量(SSB_{t-1})が B_{limit} (39.8万トン)を下回った場合、管理基準となる漁獲係数(F)に削減係数 β を掛けた漁獲係数($F_t=\beta F$)を用いた。 β は前年の親魚量($SSB_{t-1} - S_{t-1} \cdot w$)をもとに式4-4で計算した。

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

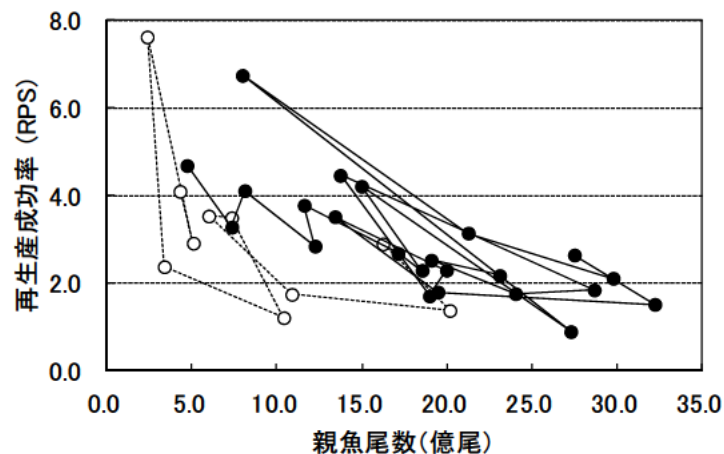
シミュレーションは2013年から2022年までの10年間の変化を1,000回反復して計算した。

補足資料5 2000年以降のRPSの低下要因

現在、調査結果では1980年代（資源低水準期）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。しかし2000年代以降、スルメイカ秋季発生系群では再生産成功率(RPS)の低下が観測されている。2000年以降にRPSが低下した要因は特定できないものの、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したことも想定されている（桜井ほか 2007）。



補足図 5-1. 対馬暖流域における水深 50m 水温の変化



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。

一方、推定されたスルメイカの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）となっている。つ

まり、2000年以降のRPSの低下は、スルメイカの資源量が多くなった影響による可能性もある。ただし、このような傾向は親魚尾数の観測誤差等によって生じる場合もあり、その判断には慎重な検討が必要である(Walters and Martell 2004)。

引用文献

- 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 (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, 205-210.
- 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.
- 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.
- Walters C.J. and Martell S.J.D. (2004) Fisheries ecology and management. Princeton university press, 399pp.