

平成 30 (2018) 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（久保田洋、宮原寿恵、松倉隆一）

参画機関：北海道区水産研究所、北海道立総合研究機構中央水産試験場、北海道立総合研究機構函館水産試験場、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、兵庫県立農林水産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

本系群の資源量について、調査船による釣獲試験で得られた標準化 CPUE（釣り機 1 台 1 時間あたりの採集尾数）により推定した。本系群の資源量は、1980 年代の低い水準から 1990 年代に増加し、1997 年に最大となった。2000 年前後以降は 1,000~2,000 千トンの高い水準で推移したが、2015 年に減少し、以降 1,000 千トン未満となっている。2018 年の資源量は 670 千トンと推定され、資源量に基づき資源水準を中位、最近 5 年間（2014~2018 年）の資源量の変化から動向を減少と判断した。なお、2018 年の親魚量は 317 千トンで、Blimit（424 千トン）を下回る。本資源では、1990 年代と比べて、2000 年前後以降において再生産成功率（RPS）が低くなっているが、その原因として海洋環境の変化（秋季の高水温化）や韓国以外の外国の漁獲が計算に入っていない影響により実際より低く見積もられていることが挙げられ、また高水準期では密度効果も影響した可能性がある。韓国以外の外国の漁獲量が不明であることにより、親魚量や再生産関係、および推定される将来予測についても、近年不確実性が高まっていることに注意を要する。今後、再生産成功率（加入量／親魚量）が、日本海の海洋環境に変化が生じたと考えられる 1999 年以降の中央値で継続した場合に、親魚量の増大（ $B/Blimit \times F_{med}$ ）および親魚量の増大（5 年で Blimit へ回復）の漁獲シナリオで期待される漁獲量を 2019 年の ABC として算定した。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2019年 漁期 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)	2023年漁期後 の親魚量 (千トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2023年 漁期後に 2018年 漁期後の 親魚量を 維持	2023年 漁期後に Blimitを 維持
親魚量の増大* (5年でBlimit へ回復) (Frec5yr)	Target	31	5	0.07 (-56%)	853 (287~1,519)	88	79
	Limit	38	6	0.08 (-45%)	813 (276~1,486)	86	77
親魚量の増大* (B/Blimit× Fmed) (Frec)	Target	39	6	0.08 (-45%)	808 (274~1,474)	86	76
	Limit	49	7	0.10 (-30%)	758 (257~1,439)	84	72
		2019年 漁期算定 漁獲量 (千トン)					
親魚量の維持 (Fmed)	Target	52	8	0.11 (-25%)	741 (251~1,421)	83	70
	Limit	64	10	0.14 (-7%)	679 (229~1,306)	81	67
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	55	8	0.12 (-20%)	723 (246~1,395)	83	69
	Limit	68	10	0.15 (±0%)	659 (223~1,281)	79	66
<p>コメント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本系群のABC算定には規則1-1)-(2)を用いた。 ・単年生資源であるため、資源量は短期的に変動しやすいと考えられる。 ・スルメイカの再生産にとって不適な寒冷レジームに移行したと判断された場合は、将来予測手法や管理基準値を変更する必要がある。 ・近年、韓国以外の外国による漁獲が増加している可能性があるが、実態が不明であるため本評価ではその漁獲が考慮されていない。このため、親魚量や再生産関係、および推定される将来予測についても、近年不確実性が高まっていることに注意を要する。 ・海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第3に記載されている本系群の中期的管理方針では、「本資源は減少傾向にあるが、これは海洋環境の変化に伴う再生産環境の悪化によると考えられ、短期的には減少傾向を緩和し、中期的には環境が改善された場合に資源を速やかに増大できるよう親魚量を確保することを基本方向とする。ただし、本資源は、大韓民国等と我が国の水域にまたがって分布し、外国漁船によっても採捕が行われており我が国のみでの管理では限界があることから、関係国との協調した管理に向けた取組が行えるよう努めつつ、管理を行うものとする」とされており、本系群の親魚量はBlimitを下回っていることから、親魚量の増大を図るよう管理をすることが望ましい。同方針に合致するシナリオに*を付した。 							

Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。現状の漁獲圧を示す $F_{current}$ は過去 3 年間（2015～2017 年）の F の平均値。 F_{med} は日本海西部海域における秋季の水温が上昇した 1999 年以降の再生産成功率の中央値 (2.10) に対応する F。漁獲割合は 2019 年漁期漁獲量/資源量。2019 年以降の加入量は、1999 年以降の再生産成功率の中央値 (2.10) を使用して予測した。2019 年漁期は 2019 年 4 月～2020 年 3 月。

年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2014	1,830	922	112	0.09	6
2015	823	376	102	0.18	12
2016	914	440	84	0.13	9
2017	919	441	85	0.13	9
2018	670	317	69	0.15	10
2019	664	—	—	—	—

2018 年の親魚量、漁獲量、漁獲割合はそれぞれ $F_{current}$ （2015～2017 年の F 値の平均）で漁獲した場合に計算される漁期終了時の予測値である。また 2019 年の資源量は将来予測に基づく値である。

	指標	水準	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	15.1 億尾 (424 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
2018 年	親魚量	11.3 億尾 (317 千トン)	

水準：中位 動向：減少

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） 水産統計（韓国海洋水産部） (https://www.fips.go.kr/p/Main/ 、2018年10月)
資源量指標値 ・資源量指標値 ・幼生分布調査 ・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、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、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、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（11）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の主要な水産資源の1つであり、平成28年の漁業・養殖業生産統計年報によると、我が国海面漁業の漁獲量（養殖業を除く）におけるスルメイカの占める割合は約2%であった。本系群の多くは、日本海においていか釣り漁業で漁獲される。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、大臣許可）と、小型いか釣り漁業（30トン未満漁船、知事許可）に分けられる。

本系群は我が国のほか、韓国、中国、北朝鮮およびロシアによっても漁獲されている。このうち韓国による漁獲量は、1999年以降、我が国を上回っている。中国漁船は、2004年から日本海の北朝鮮水域に入漁しており、漁獲量は増加傾向と考えられるが、正確な情報は無い。

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。このうち、秋季から冬季に発生した群が卓越して多く、産卵時期や分布回遊の違いから本系群と冬季発生系群の2系群に分けて評価している（図1）。なお、春季から夏季に発生した群も想

定されているが（新谷 1967）、資源量および漁獲量は少ない。夏季に発生した群の分布回遊は本系群に近く、春季に発生した群の分布回遊は冬季発生系群に近いことから、本報告書では、これらの漁獲量および推定資源量をそれぞれ本系群および冬季発生系群に含めて扱った。

(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。スルメイカの成長は発生時期や分布域および雌雄によって異なるが（浜部・清水 1966、新谷 1967、木所・檜山 1996）、本系群の平均的な成長は図 2 のとおりである。

(3) 成熟・産卵

スルメイカの雄では、孵化後 7~8 ヶ月から生殖腺が発達し始め（坂口 2011）、約 9 ヶ月で成熟し、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、産卵直前になって急速に生殖器官を発達させ、多くのイカ類同様（Rocha et al. 2001）、生活史の最後に産卵して死亡する。しかし、産卵回数が 1 回のみであるとの確証は得られていない（安達 1988、Ikeda et al. 1993）。本系群は主に 10~12 月に北陸沿岸域から対馬海峡付近および東シナ海で産卵する（図 1）。

(4) 被捕食関係

スルメイカの餌料は発育とともに変化する。外套背長 5cm 未満では主にプランクトンを捕食するが、外套背長 5~7cm 以上になると成体と同様の体型になるとともに、遊泳力が増大し、魚類を多く捕食するようになる（Uchikawa and Kidokoro 2014）。日本海では海域によって餌料が異なり、沿岸の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と考えられるものの、日本海における被食状況は明らかでない。孵化後 100 日前後の若齢個体は共食いによる被食が多い（木所・氏 1999）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群は主に日本海に分布し（図 1）、主に夏から秋に漁獲対象となる。漁場は、スルメイカの回遊とともに移動する。我が国では、日本海の沿岸域では主に小型いか釣り漁船（30 トン未満）により、沖合域では旧中型いか釣り漁船（30~200 トン）により漁獲される。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。本系群は、我が国のほか、韓国、中国、北朝鮮およびロシアでも漁獲されている。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量の推移（日本+韓国）を図 3 および表 1 に示す。なお、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ことから、本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用いた。

我が国における本系群の漁獲量は、日本海中央部で漁場が開発された 1960 年代後半以降に増加し、ピーク時の 1975 年には 308 千トンに達した(図 3)。1970 年代半ば以降は漁獲量が減少に転じ、1986 年には 54 千トンに落ち込んだ。その後は増加し、1990 年代の漁獲量は 107~178 千トンとなった。漁獲が最も多かったのは 1996 年で、以降は減少傾向となり、2013 年以降は 40 千トンを下回っている。2017 年の漁獲量は 33 千トンで、2016 年(28 千トン)を上回った。

本系群を対象とした韓国の漁獲量は 1980 年代までは最大 44 千トンであった(図 3)。しかし、1990 年以降に急速に増加し、1993 年に 100 千トンを超えた。1999 年以降、我が国の漁獲量を上回ったものの、我が国と同様に減少傾向となり、2017 年は 52 千トンであった。本系群の漁獲量に占める韓国の比率は、近年 60%以上である。

本系群に対する我が国と韓国の合計漁獲量は、1980 年代は平均 157 千トンであったが、韓国の漁獲量の急速な増加により 1996 年および 1999 年には 300 千トンを超え、1970 年代前半の日本海の漁獲量と同程度まで増加した(図 3)。しかし近年は減少傾向にあり、2016 年には 100 千トンを下回り 2017 年の漁獲量は 85 千トンであった。

なお、2018年11月19日現在での2018年4~9月のスルメイカ秋季発生系群の漁獲量は、我が国(全国イカ水揚げ集計表(全漁連)による)は16,089トン、韓国は18,153トン、合計34,242トンで、前年同期の60%、過去5年平均の64%であった。

韓国以外の外国船による漁獲のうち、中国漁船による漁獲に関する情報として、韓国の研究(Lee et al. 2017)によれば、2004年から主に2そうびき網船が北朝鮮水域に入漁しており、近年は灯火まき網も加わり、漁獲量は2004年以降増加傾向である。同報告では、日本海における中国漁船の漁獲量は2010年以降、200千トン前後と推定しているが、資源解析に採用できる精度ではないと判断した(詳細は補足資料4)。日本海における北朝鮮漁船による漁獲については、木造船や鋼船の増加、我が国EEZでの不法漁獲、我が国漁船への操業妨害等が新聞等で報じられているが、漁獲量に関する情報は無い。これら中国および北朝鮮の漁船の日本海への出漁時期は8月~10月をピークとして11月までで、12月にはかなり減少する(補足資料 6)。日本海での漁獲物は11月以降は太平洋から来遊した冬季発生系群が漁獲の主体として入れ替わってくるが、中国・北朝鮮の主漁期は10月までであるため、漁獲対象としている資源は秋季発生系群が主体であると推察される。ロシアによる日本海でのスルメイカの漁獲量について、2015年まで年間数トン~500トンと少なかったが、その後増加しており、2016年は1,300トン、2017年は4,800トンであるとの情報をロシアの研究者から得ている。

本系群の漁獲量(日韓計)が 2000 年前後をピークに減少した要因として、資源量が 2000 年前後をピークに減少傾向にあること(「4.資源の状態」参照)が考えられるが、我が国の漁獲量の減少の方がより顕著であることの要因として、1998 年以降に春季~秋季の日本海の海水温が上昇したこと(加藤ほか 2006)が考えられる。日本海の本州沿岸域での漁獲量は、特に夏秋季に大きく減少している(木所 2011)。日本海沖合域で操業する旧中型いか釣り船での漁獲量も減少傾向であるが、CPUE の減少傾向は沿岸いか釣りの方がより顕著である(木所 2016)。日本海では本州沿岸に沿って対馬暖流が流れているため、相対的に沖合域~大陸寄りの海域の方が水温は低いが、日本海全体の高水温化により、夏秋季(8~11月)の我が国の本州沿岸域は、スルメイカの生息にとってより不適な環境となってい

ることが考えられる。この結果、夏秋季のスルメイカの分布域がより沖合や北方に移ることによって、相対的な我が国の漁獲の減少、ロシアの北方海域での漁獲の増加、また、我が国 EEZ 内での漁場の沖合化・北偏化が起きている可能性が考えられる。さらに、我が国のいか釣り漁船数が長期的に減少しており（三木 2003、佐藤 2009、四方 2009）、その傾向が近年まで継続していることによる影響もあると考えられる。

(3) 漁獲努力量

本系群を対象とする主漁業である日本海沖合域の旧中型いか釣り漁船の漁獲努力量（5～10月の日本海および5～11月の東シナ海における操業日数）は、1980年代半ばまで年間おおよそ70～100千日であったが、1990年代以降減少し、2000年代には20千日台を下回った（図4、表2）。2007年以降は10千日前後となり、2017年は7.7千日であった。漁獲努力量の長期的な減少には沖合域で操業する漁船数の大幅な減少が関係している。

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により、各発育段階の資源状況を把握し、資源動向を判断する資料とした（補足資料1および3）。なお、資源量の推定方法の概要は下記のとおりである（補足資料2）。

- ア) 6月中旬～7月中旬の日本海漁場一斉調査（2001年以降）および6～7月の調査船・実習船による釣獲調査（1981～2000年）の結果から分布状況を把握するとともに、各調査点で CPUE（釣機1台1時間あたりの採集尾数）を求め、併せて水温、外套背長組成等を記録した。平成30年度より、これらの調査で得られた CPUE を標準化することにより資源量指標値を求めた。
- イ) 資源尾数は、上記の調査で得られた標準化 CPUE に基づく資源量指標値に比例すると仮定し、資源量指標値に比例定数（ q ）を乗じて推定した。資源量は資源尾数に漁獲物の平均体重として 280g を乗じることにより求めた。
- ウ) 比例定数（ q ）は、2000年以前の漁獲係数の平均値が、1979～2000年の釣獲調査で得られたデータ（CPUE の日間減少率）から推定した 2000年以前の平均的な漁獲係数（ $F^*=0.447$ ）と同値になるように求めた。
- エ) 親魚尾数は、資源尾数を自然死亡係数 M で減耗させ、漁獲尾数を差し引くことにより求めた。漁獲尾数は漁獲量を平均体重 280g で割ることで求めた。自然死亡係数 M は月あたり 0.1、漁期 6ヶ月間で 0.6 と仮定した。

(2) 資源量指標値の推移

ア) 資源量指標値

2001年以降の漁場一斉調査および2000年以前の6～7月の釣獲調査における CPUE（釣機1台1時間あたりの採集尾数）の標準化により得られた資源量指標値の経年変化を図5と表3に示す。資源量指標値は1980年代前半に減少し、1986年は1.93となった。1990年以降増加傾向に転じ、1997年に17.26と最も高い値をとった。1998年に6.56となった後、2000年前後から2014年にかけて9～16と比較的高い値で経過していたが、2015年に減少

し、以降は7前後で推移している。2018年は5.29となり1991年代以降で最も低い値であった。

イ) 新規加入量調査

新規加入量調査は、漁期前に資源状況を把握するため、4月に実施している。2000～2011年の調査結果では、本系群に相当する外套背長5cm以上の個体の平均採集数と資源量の間には有意な相関関係があることが報告されている(Kidokoro et al. 2014)。2018年の調査結果では、外套背長5cm以上の個体の1曳網あたりの平均採集尾数は10.7尾であり、2017年(8.6尾)を上回り、近年5年平均(16.5尾)を下回った(補足資料3)。

ウ) 幼生分布密度

幼生の分布密度は、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は、1980年代は低い値(0.1尾前後)であったが、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。しかし、その後は減少傾向となり、特に2016年以降、1989年以降の資源増加期と同様に対馬海峡付近で幼生が採集されているものの、平均採集数が0.1程度と1988年以前に観察された分布密度並となっている(図6)。2018年の調査における速報値は0.17で、2017年(0.12)よりは多いものの、2016年以降の少ない水準のままであった。近年の幼生分布密度の低下には、本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合わなくなった影響(補足資料3)、外国漁船も含めた場合漁獲が過剰で親魚が減少している可能性があること、および再生産成功率が減少傾向にあること((5)再生産関係参照)が関係していると考えられる。

エ) CPUE(漁船)

日本海と東シナ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年代前半は概ね1トン以下であった。その後、資源量指標値(調査船の標準化CPUE)と同様に1990年代になると増加し、2000年前後には約3トンとなった。その後は短期的な変動はあるものの減少傾向にあり、2010年以降は2トン前後で経過し、2017年は2.24トンとなった(図4、表2)。

(3) 外套背長組成

図7に日本海漁場一斉調査で得られた外套背長組成を、各調査点の分布密度(各調査点で実施した調査船のCPUE)で重み付けした平均値で示す。2018年は19cm台にモードがある組成であった。外套背長組成は前年より大きいサイズに偏っており、近年平均と同様であった。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

本系群の資源量は、1980年代前半に減少し、1986年には245千トンとなった(図8、表3)。資源量は1990年代に増加し、1997年に最大の2,186千トンとなり、翌1998年に一旦1,000千トンを下回ったものの、1999年以降は1,000～2,000千トンで推移した。しかし、

2015年に資源量は1,000千トンを下回り、2017年は919千トン、2018年は670千トンと推定された。

漁獲割合は1980年代に資源量の減少とともに上昇し、1980年代半ばに32~44%となった(図8、表3)。その後、資源量の増加とともに低下し、1990年代から2000年代前半にかけては15~27%で推移した後、2007年以降にさらに低下し6~13%となっている。

F値は1980年代に上昇し、1990年に最大の0.9となった後に低下し、1990年代から2000年代前半にかけては概ね0.2~0.4、2007年以降は0.2を下回っている(図9、表3)。

親魚尾数(計算手法は補足資料2参照)は資源量と同様に1980年代には減少傾向にあったが、1990年以降は増加し1997年に最大の35.5億尾をとった後、2000年前後以降は概ね15~35億尾の間を推移した(図10、表3)。2015年以降は20億尾を下回り、2017年は15.8億尾であった。2018年漁期に近年3年平均の漁獲係数($F = 0.15$)で漁獲した場合、2018年の漁獲量は69千トン、2018年の親魚尾数は11.3億尾(親魚量は317千トン)となり、2017年を下回ると予測される。なお、親魚尾数は漁獲後の生き残り尾数として推定しているため、実際には明らかでない韓国以外の外国の漁獲があるため、近年は親魚量を過大推定していると考えられる。

また、ロシアから得た資源調査の情報によれば、沿海州南部では2012年以降分布密度が低下したが、間宮海峡では2013年以降、分布密度が高くなったと推察される。

(5) 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11)。また、再生産成功率(RPS)を、親魚1尾あたりの加入資源尾数(資源尾数/前年の親魚尾数)として求めた。RPSは、資源が増加傾向にあった1990年代までは2~4尾以上で数年に一度5以上の高いRPSである年もあったのに対し、2000年以降は2尾前後の年が多く、また4を超えるようなRPSは認められていない(図12、表3)。

RPSが2000年以降では1990年代より低下した要因として、海洋環境の変化(1998年以降に顕著となった秋季の日本海西部の高水温化)に加えて、資源が高水準期では密度効果もあった可能性が考えられる。そのほか、漁期当初の資源尾数から漁獲死亡と自然死亡を差し引いた生き残り尾数として推定される漁期末の親魚尾数の計算において、近年増加していると想定される日本海における中国および北朝鮮による漁獲を考慮していないことから、親魚量が過大推定され、その結果RPSが過小推定されていると考えられる(補足資料4)。日韓の漁獲量は近年5年間で10万トン前後である一方で、日本海における中国の漁獲量は20万トン前後との推定値もあり(Lee et al. 2017)、さらに近年増加している北朝鮮漁船の漁獲量は推察できていない。これらの漁獲量が不明であることにより、近年のRPS推定値の不確実性が高まっている(補足資料7)。

(6) Blimit の設定

資源回復措置の閾値(Blimit)は、Myers et al. (1994)を参考に、RPS_{high}(RPSの高い方からの10%点に相当)を示す直線において、R_{high}(新規加入量の高い方からの10%点に相当)を実現する親魚量(424千トン、15.1億尾)とした(図13)。Blimit以下の親魚量では高いRPSがあっても高い加入を期待することが難しくなるため、親魚量をBlimit

以上とすることが重要である。本系群では、評価年の予測親魚量がこの値を下回った場合、次年の ABC 設定にあたっては資源回復措置をとる。

(7) 資源の水準・動向

資源量の変化から、資源量が少なかった 1980 年代（1981～1989 年）の平均値（560 千トン）を低位水準と中位水準の境界、資源量が増加した 1990 年代（1990～1999 年）の平均値（1,213 千トン）を中位水準と高位水準の境界とした（図 8）。

2018 年の資源量は 670 千トンであり、この値は高位水準の閾値と低位水準の閾値の間に位置することから、資源水準は中位と判断した。動向は近年 5 年間（2014～2018 年）の推定資源量の変化（図 8）から減少と判断した。

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と、年による短期的な海洋環境の変化に影響される（村田・新谷 1977、Okutani and Watanabe 1983、Sakurai et al. 2000、木所 2009）。特に 1989 年の北西太平洋における冬季水温の上昇は（Hare and Mantua 2000、Yasunaka and Hanawa 2002）、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）、主発生時期の変化（木所 2009）と関連し、1990 年代以降にスルメイカの資源量が増加した主要因と考えられている。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が、今後の資源変動を把握する上で重要である。

一方、本系群の資源量が 2000 年前後以降、中長期的に減少傾向にあるのは、2000 年前後以降に RPS がそれ以前（1990 年代）より低下したことによる影響と考えられ、RPS の低下要因として推察されることは「(5) 再生産関係」で述べたとおりである。2014/15 年を境として PDO の符号が負から正へと反転したことや、近年の様々な浮魚資源の資源動向の変化を受け、過去にマイワシが増加した時期であった寒冷期へとレジームシフトが起きた可能性についての議論もあるが（渡邊ほか 2017、黒田・戸谷 2017）、現段階ではレジームシフトが起きたとは判定されていない。一方、本系群の現在の減少傾向に関しては、これまでに観察されている稚仔の分布生態を考慮すれば、近年の秋季の高水温化が稚仔の生残率の低下を引き起こしている可能性が考えられ、寒冷化に伴う変化とは異なると推察される。今後も引き続き、海洋環境と資源調査結果を注視していくことが重要である。

資源量変化に対する漁獲の影響としては、日韓両国の漁獲量をベースとした本系群の評価においては、過剰な漁獲により減少したと言える状況ではない。しかし、特に中国および北朝鮮による北朝鮮水域～ロシア水域（一部は日本の水域における違法操業を含む）での漁獲があつて、これらの国々による明らかでない漁獲量を含めれば、適正な漁獲圧を越えて漁獲があつた可能性もある。一方、1990 年代では、F 値（漁獲圧）が概ね 0.3～0.4 と、現状（0.15）の倍以上あつた時代でも資源が増加または維持されていた（図 8、図 9）。近年の RPS は、中国・北朝鮮の漁獲量がある程度見込めば上方修正されるものの（(5) 再生産関係参照）、その程度は漁獲量の仮定に左右されるという不確実性がある。ただし、中国・北朝鮮の漁獲量がある程度仮定しても、近年の RPS は 1990 年代よりも相対的に低い状態にあると考えられる（補足資料 7）。従って、比較的高い漁獲圧であっても資源が増加した 1990 年代に比べれば、近年はスルメイカが増加しにくい環境条件になっていると考えられる。その主要因は産卵期である秋季の高水温化の影響が大きいと推察されるものの、

今後の調査・研究により明確にしていく必要がある。

(8) 今後の加入量の見積もり

今後の加入量の見積もりに適用する RPS を求めるにあたって、本年の評価では、1998 年以降の日本海の高水温化と 2000 年前後以降の RPS がそれ以前（90 年代）より低い状態となっていることの間に関連があるとの考えを重視した。この考え方に基づき 2017 年評価より、本系群の主産卵場にあたる日本海西部海域の水温が上昇した 1998 年の秋に産まれた 1999 年級群の RPS（1999 年の RPS）以降の中央値により今後の加入量を見積もった（補足資料 4）。1999 年以降（1999～2018 年）の RPS 中央値は 2.10 であり、資源水準（親魚量）を維持する管理基準値（Fmed）を（1）式より 0.14 と算出した。なお、前年の評価で適用した RPS 中央値は 2.19 であったが、本年の評価では標準化 CPUE を採用したことも影響して、RPS 中央値は 2.10 に低下した。

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

ここで、M は自然死亡係数（= 0.6）である。

(9) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

現状（近年 3 年間の平均）の漁獲係数（Fcurrent）は 0.15 である。この値は、親魚量の増大（5 年で Blimit へ回復）が期待される漁獲係数（Frec5yr = 0.08）、親魚量の増大（B/Blimit × Fmed）が期待される漁獲係数（Frec = 0.10）、および親魚量を維持することが期待される漁獲係数（Fmed = 0.14）よりも高い値である。また、Fcurrent の加入量あたり親魚量率（%SPR）は 86%、Frec5yr の %SPR は 92%、Frec の %SPR は 90%、Fmed の %SPR は 87% であり、漁獲がない場合と比較してそれぞれ 86%、92%、90% および 87% の親魚尾数が確保されていると計算される（図 14）。

5. 2019 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

スルメイカの資源量は、漁獲や海洋環境の変化の影響を受け大きく変動する。1990 年代は、好適な環境（温暖な環境）へ変化するとともに資源量が増大し、1990 年代半ばには概ね 1,000 千トンを超えた。しかしながら、2000 年前後以降資源は減少傾向にあり、2015 年以降は 1,000 千トンを下回った。2018 年の資源量は 670 千トンであり、資源水準は中位、動向は減少と判断され、2018 年漁期終了後の親魚量は Blimit を下回ると推定された。

本系群の資源量が 2000 年前後以降、中長期的に減少傾向にあるのは、RPS が 2000 年前後以降、それ以前（1990 年代）より低下したことの影響のほか、外国漁船による明らかでない漁獲と合わせた場合、漁獲圧が過剰であった可能性も考えられる。RPS については、未集計の漁獲量があることにより親魚量が過大推定され、その結果 RPS が過小推定されているという一面もあるが、海洋環境の変化（秋季の高水温化）が近年の RPS の低下要因になっていると考えられる（補足資料 4）。

(2) 漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定

2018年の資源量は670千トン(23.9億尾)と推定され、近年3年平均の漁獲係数($F = 0.15$)で漁獲した場合、2018年の漁獲量は69千トン(2.5億尾)、漁期後の親魚量は317千トン(11.3億尾)と予測される。2018年漁期後の親魚量は B_{limit} (424千トン、15.1億尾)を下回ることから、ABC算定規則の1-1)-(2)を適用した。親魚量を B_{limit} に回復させることを管理目標として、 F_{med} を B/B_{limit} の比率で引き下げたシナリオ(F_{rec})と5年後に親魚量が B_{limit} まで回復するシナリオ(F_{rec5yr})により2019年のABCを算定した。また、現状の漁獲圧(近年3年間の F 値の平均値)シナリオ($F_{current}$)と親魚量の維持シナリオ(F_{med})についても算定漁獲量として検討した。

2019年の ABC_{limit} は、管理基準値(漁獲割合) \times 2019年予測資源量として算定される。管理基準値は、親魚量の増大($B/B_{limit} \times F_{med}$)シナリオで $F_{rec} = 0.10$ (漁獲割合7%)、親魚量の増大(5年で B_{limit} へ回復)シナリオで $F_{rec5yr} = 0.08$ (漁獲割合6%)であり、2019年の予測資源量は、2018年漁期後の親魚量(317千トン、11.3億尾)と1999年以降のRPSの中央値(2.10)から、664千トンと予測された。以上を基に、2019年の ABC_{limit} は親魚量の増大(F_{rec})シナリオで49千トン、親魚量の増大(F_{rec5yr})シナリオで38千トンと算定された。また、現状の漁獲圧シナリオ $F_{current} = 0.15$ による算定漁獲量は68千トン、親魚量の維持シナリオ $F_{med} = 0.14$ による算定漁獲量は64千トンであった。

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15ならびに以下に示す。予防的措置として、各漁獲シナリオの漁獲係数に安全係数(0.8)をかけた漁獲シナリオを検討した。なお、親魚尾数が37.2億尾(資源尾数の最大値(78.1億尾) \div RPSの中央値)を超えた場合は親魚尾数を37.2億尾として翌年の資源量(2,186千トン)を計算した。その結果、今後の資源量および漁獲量は、親魚量の維持(F_{med})シナリオでは2019年以降一定、現状の漁獲圧の維持($F_{current}$)では2019年以降減少すると推定された。また、親魚量の増大(F_{rec5yr} および F_{rec})では、2019年以降資源量および漁獲量は増加し、 F_{rec5yr} の方がより早く増加すると推定された。

漁獲シナリオ (管理基準)		F 値	漁獲量 (千トン)						
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
親魚量の増大 (5年 で B_{limit} へ回復) (F_{rec5yr})	Target	0.07	85	69	31	33	36	39	42
	Limit	0.08	85	69	38	41	43	46	49
親魚量の増大 ($B/B_{limit} \times F_{med}$) (F_{rec})	Target	0.08	85	69	38	40	43	45	48
	Limit	0.10	85	69	49	51	52	54	56
親魚量の維持 (F_{med})	Target	0.11	85	69	52	54	55	57	58
	Limit	0.14	85	69	64	64	64	64	64
現状の漁獲圧の維持 ($F_{current}$)	Target	0.12	85	69	55	57	58	59	60
	Limit	0.15	85	69	68	68	67	66	66

漁獲シナリオ (管理基準)		F 値	資源量 (千トン)						
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
親魚量の増大 (5年 で Blimit へ回復) (Frec5yr)	Target	0.07	919	670	664	715	770	830	894
	Limit	0.08	919	670	664	704	746	790	837
親魚量の増大 (B/Blimit×Fmed) (Frec)	Target	0.08	919	670	664	705	748	794	843
	Limit	0.10	919	670	664	688	712	738	764
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.11	919	670	664	682	702	721	741
	Limit	0.14	919	670	664	664	664	664	664
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	0.12	919	670	664	677	691	705	719
	Limit	0.15	919	670	664	657	651	645	638
			親魚量 (千トン)						
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
親魚量の増大 (5年 で Blimit へ回復) (Frec5yr)	Target	0.07	441	317	341	368	396	427	460
	Limit	0.08	441	317	336	356	377	400	424
親魚量の増大 (B/Blimit×Fmed) (Frec)	Target	0.08	441	317	336	357	379	402	427
	Limit	0.10	441	317	328	340	352	365	378
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.11	441	317	326	335	344	354	364
	Limit	0.14	441	317	317	317	317	317	317
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	0.12	441	317	323	330	337	343	350
	Limit	0.15	441	317	314	311	308	305	302

Limitは、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルのF値による漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待されるF値による漁獲量である。Ftarget = α Flimitとし、係数 α には標準値0.8を用いた。

(3) 2019年ABC、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

シミュレーション(補足資料5)を基に加入量の不確実性による影響を検討した(図16)。加入量の不確実性によって漁獲量や親魚量の予測値は大きく変化し、各漁獲シナリオの5年後における親魚量の変動幅(80%区間)および2017年漁期終了時の親魚量とBlimitの維持確率は下表のとおりとなった。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2019年 漁期 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)	2023年漁期後 の親魚量 (千トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2023年 漁期後に 2018年 漁期後の 親魚量を 維持	2023年 漁期後に Blimitを 維持
親魚量の増大* (5年でBlimit へ回復) (Frec5yr)	Target	31	5	0.07 (-56%)	853 (287~1,519)	88	79
	Limit	38	6	0.08 (-45%)	813 (276~1,486)	86	77
親魚量の増大* (B/Blimit× Fmed) (Frec)	Target	39	6	0.08 (-45%)	808 (274~1,474)	86	76
	Limit	49	7	0.10 (-30%)	758 (257~1,439)	84	72
		2019年 漁期算定 漁獲量 (千トン)					
親魚量の維持 (Fmed)	Target	52	8	0.11 (-25%)	741 (251~1,421)	83	70
	Limit	64	10	0.14 (-7%)	679 (229~1,306)	81	67
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	55	8	0.12 (-20%)	723 (246~1,395)	83	69
	Limit	68	10	0.15 (±0%)	659 (223~1,281)	79	66
<p>コメント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本系群のABC算定には規則1-1)-(2)を用いた。 ・単年生資源であるため、資源量は短期的に変動しやすいと考えられる。 ・スルメイカの再生産にとって不適な寒冷レジームに移行したと判断された場合は、将来予測手法や管理基準値を変更する必要がある。 ・近年、韓国以外の外国による漁獲が増加している可能性があるが、実態が不明であるため本評価ではその漁獲が考慮されていない。このため、親魚量や再生産関係、および推定される将来予測についても、近年不確実性が高まっていることに注意を要する。 ・海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第3に記載されている本系群の中期的管理方針では、「本資源は減少傾向にあるが、これは海洋環境の変化に伴う再生産環境の悪化によると考えられ、短期的には減少傾向を緩和し、中期的には環境が改善された場合に資源を速やかに増大できるよう親魚量を確保することを基本方向とする。ただし、本資源は、大韓民国等と我が国の水域にまたがって分布し、外国漁船によっても採捕が行われており我が国のみでの管理では限界があることから、関係国との協調した管理に向けた取組が行えるよう努めつつ、管理を行うものとする」とされており、本系群の親魚量はBlimitを下回っていることから、親魚量の増大を図るよう管理をすることが望ましい。同方針に合致するシナリオに*を付した。 							

Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。現状の漁獲圧を示す $F_{current}$ は過去 3 年間（2015～2017 年）の F の平均値。 F_{med} は日本海西部海域における秋季の水温が上昇した 1999 年以降の再生産成功率の中央値 (2.10) に対応する F。漁獲割合は 2019 年漁期漁獲量/資源量。2019 年以降の加入量は、1999 年以降の再生産成功率の中央値 (2.10) を使用して予測した。2019 年漁期は 2019 年 4 月～2020 年 3 月。

(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
2014～2016 年漁獲量	2014～2016 年の漁獲量の更新、2017 年漁獲量の追加
資源量指標値の確定値 (標準化した調査船 CPUE に基づく)	1979～1980 年の資源量指標値の削除、1981～2017 年資源量指標値の更新、2018 年資源量指標値の確定、 B_{limit} 、比例定数 q の更新
2018 年資源量確定値 (標準化した調査船 CPUE に基づく)	2018 年資源量の確定、2018 年 RPS の追加、1999 年以降の RPS 中央値

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	F 値	資源量 (千トン)	ABC_{limit} (千トン)	ABC_{target} (千トン)	漁獲量 (千トン)
2017 年 (当初)	F_{med}	0.23	1,020	156*	128	
2017 年 (2017 年再評価)	F_{med}	0.18	968	120	98	
2017 年 (2018 年再評価)	F_{med}	0.14	919	90	73	85
2018 年 (当初)	F_{med}	0.18	1,045	129*	105	
2018 年 (2018 年再評価)	F_{med}	0.14	670	65	52	
2017、2018 年とも、TAC 設定の根拠となった管理基準について行った。 *は TAC 設定の根拠となった数値である。						

資源量指標値を標準化 CPUE へと変更したことにより、2017 年、2018 年ともに RPS 中央値が 2.19 から 2.10 へ低下した。RPS 中央値の変更に伴い 2017 年、2018 年の F_{med} は 0.18 から 0.14 へと修正された。また、資源量指標値から算出した資源量の変更に伴い、2017 年の資源量は 968 千トンから 919 千トンへと下方修正された。また、2018 年資源量は、当初評価では 2017 年推定残存親魚量に $RPS_{med} = 2.19$ を乗じることで 1,045 千トンと推定したが、2018 年の資源量は調査結果から 670 千トンと推定され、実際の RPS は 1.52 であり、

2017年当初評価時のRPSmedより小さかった。このように、再生産成功率が低かったことにより2018年の再評価では資源量が2017年当初評価の64%に下方修正された。さらに将来予測に適用するRPSmedは2.19から2.10に下方修正された。以上から、2017年ABC(親魚量の維持(Fmed)シナリオ)の再評価値(90千トン)は、2017年当初評価(2015年度資源評価時=156千トン)の58%に下方修正された。また、2018年ABC(親魚量の維持(Fmed)シナリオ)の再評価値(65千トン)は、2018年当初評価(2017年度資源評価時の値=129千トン)の50%に下方修正された。

6. ABC以外の管理方策の提言

スルメイカは単年生の生物資源で、毎年漁獲対象資源が更新される。このため、本評価においてABC算定の対象となる年の資源量推定値は、仮定した再生産関係および親魚量(漁獲と自然死亡によって推定される前年の取り残し資源量)によって大きく変動するため、ABCには高い不確実性が伴う。特に近年ではRPSが低下し、資源量も減少しているため、資源評価の不確実性を考慮したTACの設定が重要である。

スルメイカの再生産関係は中長期的および短期的な海洋環境の変動に影響される(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)によって資源動向を把握することが重要であり、再生産関係が変化した場合には管理基準値を変更する等、状況変化に応じた的確な対処が必要である。また、レジーム変化の判定についても、的確な判定をするための基準が必要であり、情報収集と検討を進めていく必要がある。

本系群は我が国および韓国以外の国によっても漁獲されるが、そのうち中国および北朝鮮による漁獲量、努力量、漁期、漁場などの情報が不明であることが本資源評価の不確実性の主要因の一つとなっている。このため、各国の漁獲量や努力量等を正確に把握した上で、各国間の相互協力による資源の評価・管理が必要である。

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 N. J. Mantua (2000) Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. *Prog. Oceanogr.*, **47**, 103-145.
- Ikeda, Y., Y. Sakurai and K. Shimazaki (1993) Maturation process of the Japanese common squid *Todarodes pacificus* in captivity. pp.179-187. In *Recent Advances in Cephalopod Fisheries*

- Biology, ed. Okutani, T., R. K. O'Dor and T. Kubodera, Tokai University Press, Tokyo.
- 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**, 205-210.
- 木所英昭 (2016) スルメイカ秋季発生系群の推定資源量と日本海における漁業情報(中型・小型いか釣り漁船のCPUE)との関係. スルメイカ資源評価協議会報告(平成27年度), 40-51, 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, **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., T. Shikata and S. Kitagawa (2014) Forecasting the stock size of the autumn cohort of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) based on the abundance of trawl-caught juveniles. *Hidrobiológica*, **24** (1), 23-31.
- Kidokoro, H., T. Goto, T. Nagasawa, H. Nishida, T. Akamine and Y. Sakurai (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.
- 黒田 寛・戸谷夕子 (2017) 日本周辺亜寒帯域における近年の海況変動. 月刊海洋, **49**, 398-403.
- Lee, J.-S., J.-G. Ryu and H.-K. Kee (2017) A study on the status of Chinese fishing in the East Sea off North Korea and Directions for Countermeasures. *J. Fish. Bus. Admin.* **48** (3), 61-74. (In Korean with English abstract)
- 三木克弘 (2003) イカ釣り漁業の展開. 「スルメイカの世界」有元貴文・稲田博史共編, 成山堂書店, 東京, 1-51.
- 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., A. A. Rosenberg, P. M. Mace, N. Barrowman and V. R. Restrepo (1994) In search of thresholds for recruitment over fishing. *ICES J. Mar. Sci.*, **51**, 191-205.
- 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 T. Watanabe (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.
- Rocha, F., A. Guerra and A. F. Gonzalez (2001) A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biol. Rev.* **76**, 291-304.
- 坂口健司 (2011) 北海道西部日本海および津軽海峡周辺海域に分布する雄スルメイカの性成熟と日齢. 北水試研報, **80**, 17-23.

- Sakurai, Y., H. Kiyofuji, S. Saitoh, T. Goto and Y. Hiyama (2000) Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. ICES J. Mar. Sci., **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.
- 佐藤 充 (2009) 北海道西部日本海海域におけるスルメイカ漁業の変化. スルメイカ資源評価協議会報告 (平成 20 年度), 42-47, 日水研.
- 四方崇文 (2009) 日本海沖合におけるスルメイカ資源といか釣り漁業. スルメイカ資源評価協議会報告 (平成 20 年度), 58-64, 日水研.
- Uchikawa, K. and H. Kidokoro (2014) Feeding habits of juvenile Japanese common squid *Todarodes pacificus*: Relationship between dietary shift and allometric growth. Fisheries Research, **152**, 29-36.
- 渡邊千夏子・宍道弘敏・船本鉄一郎・渡邊良朗 (2017) 変動期に入った日本周辺海域の漁業資源. 月刊海洋, **49**, 331-335.
- Yasunaka, S. and K. Hanawa (2002) Regime shifts found in the North Hemisphere SST field. J. Meteorol. Soc. Jpn., **80**, 119-135.



図1. スルメイカ秋季発生系群の分布図

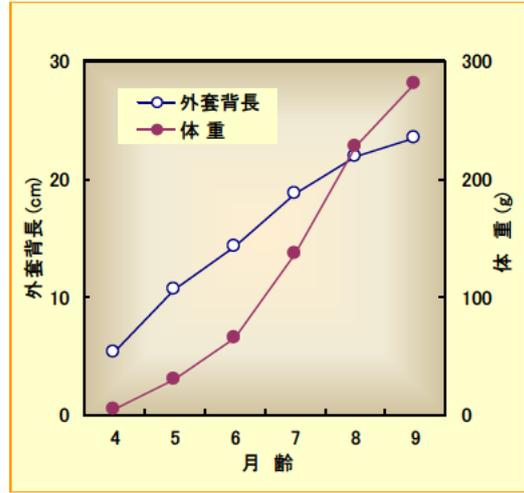


図2. スルメイカ秋季発生系群の成長

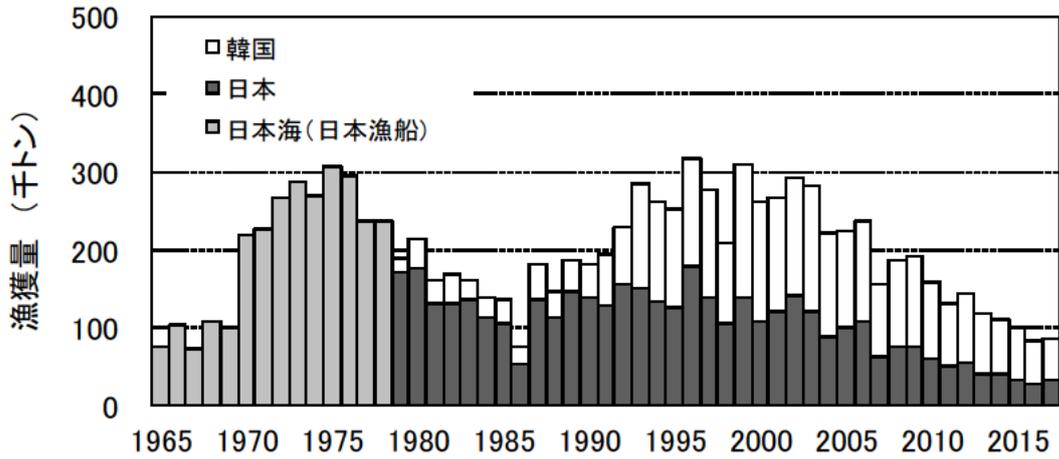


図3. スルメイカ秋季発生系群の漁獲量 1978年以前は秋季発生系群が大部分を占めていた日本海における日本漁船の漁獲量である。

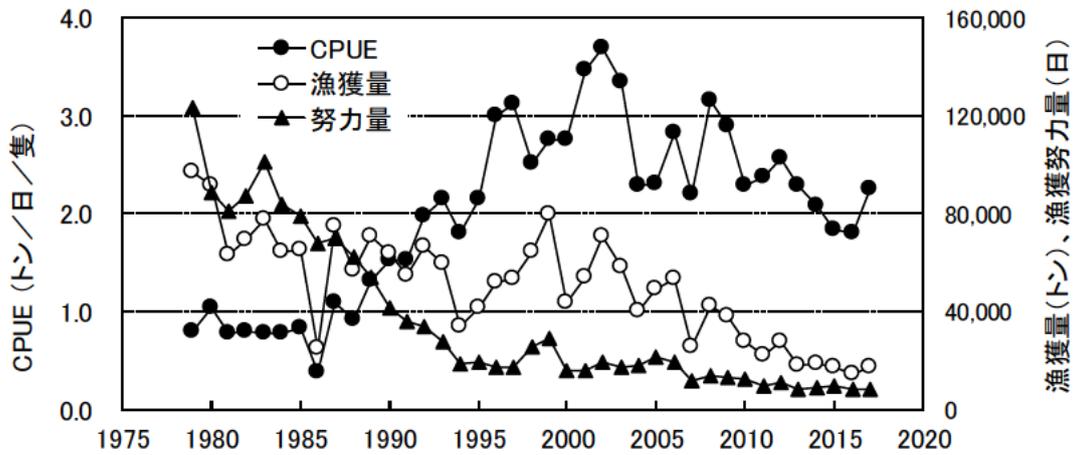


図4. 旧中型いか釣り漁船によるスルメイカ秋季発生系群の漁獲量、CPUE (1日1隻あたりの漁獲量) および漁獲努力量

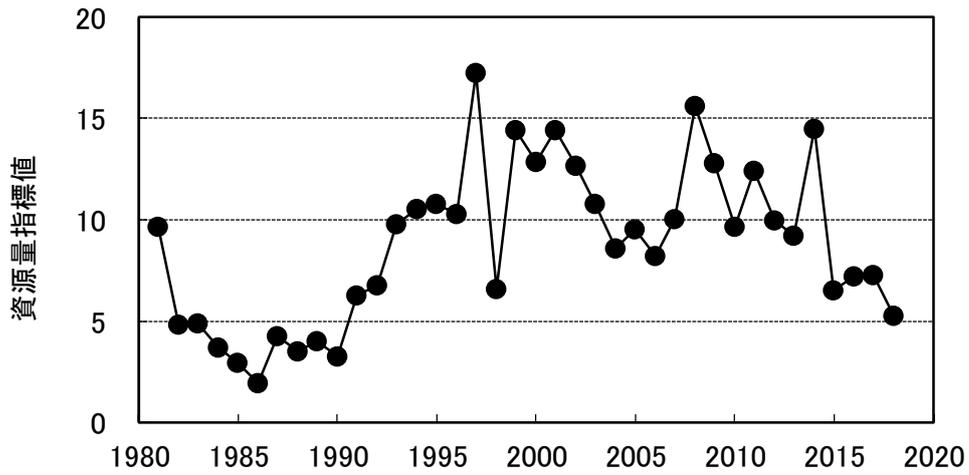


図5. 漁場一斉調査による調査船 CPUE の標準化によるスルメイカ秋季発生系群の資源量指標値

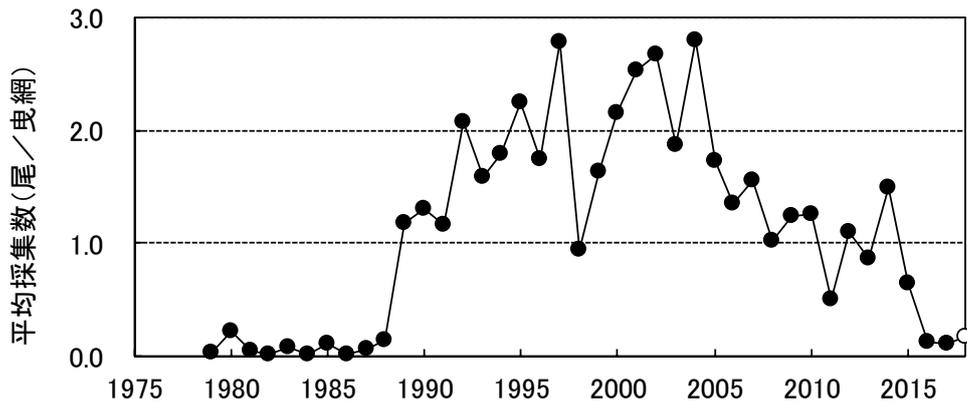


図6. 秋季の日本海におけるスルメイカ幼生の分布密度値

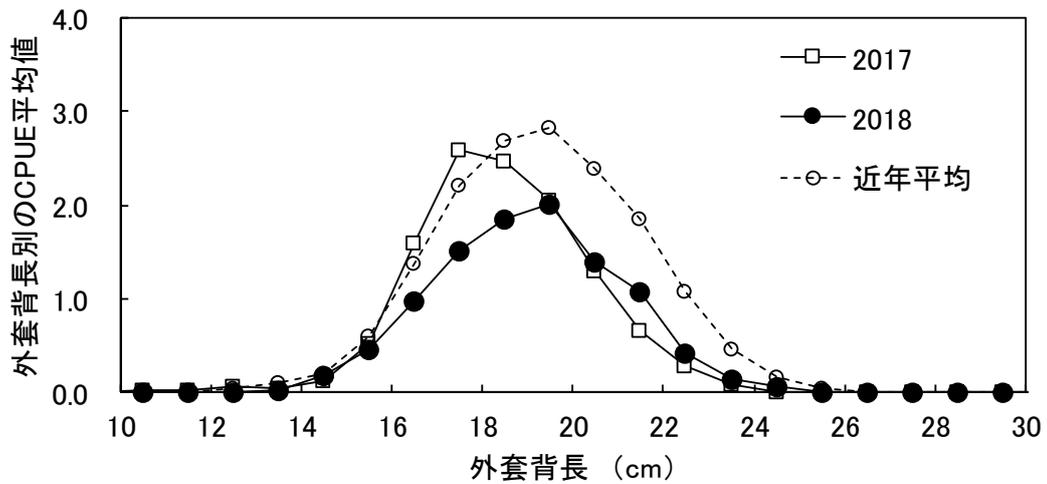


図7. 日本海スルメイカ漁場一斉調査結果によるCPUE重み付け平均外套背長組成
近年平均は2013～2017年の5年平均。

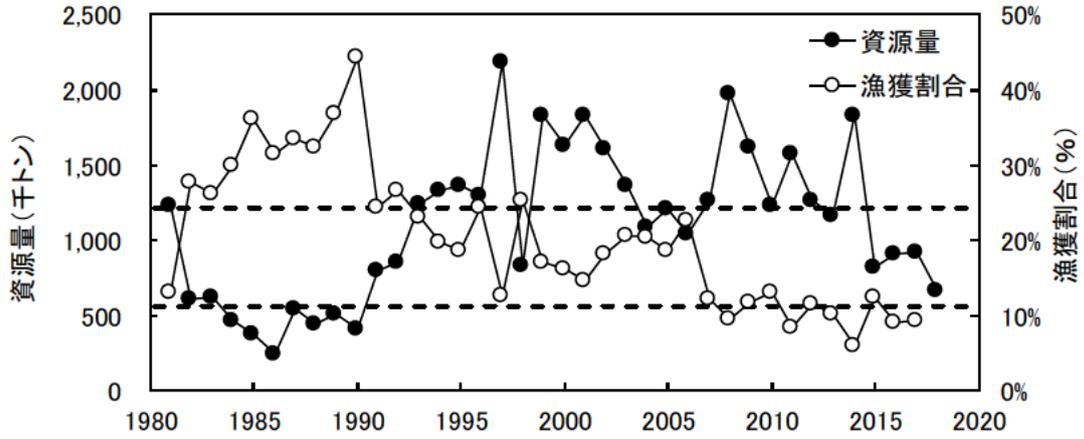


図8. スルメイカ秋季発生系群の資源量および漁獲割合
破線は、高位水準と中位水準の境 (1,213 千トン) と、
中位水準と低位水準の境 (560 千トン) を示す。

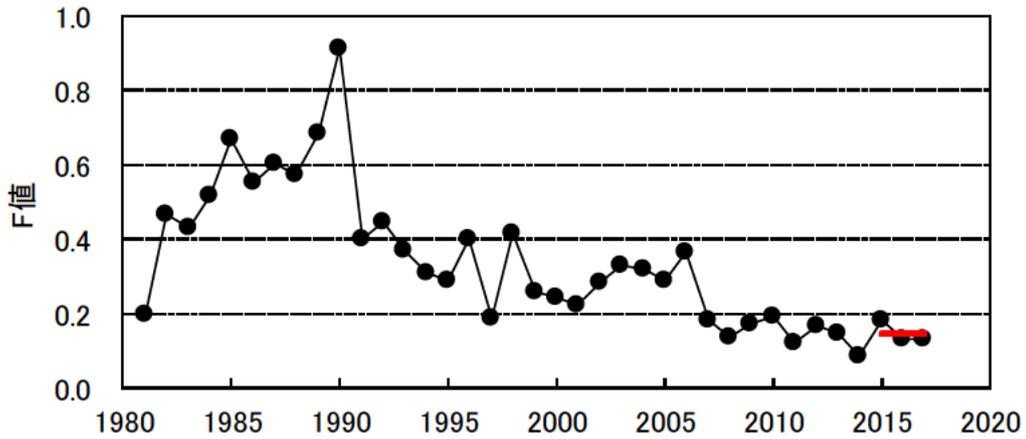


図9. スルメイカ秋季発生系群の漁獲係数 (F)
赤線は近年3年間のF値の平均値 (F = 0.15) 。

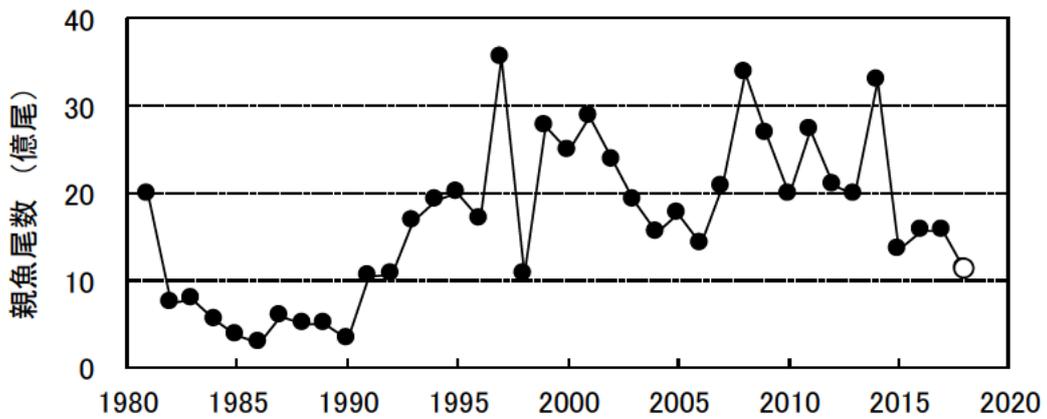


図10. スルメイカの親魚尾数 ○は2018年の予測値。

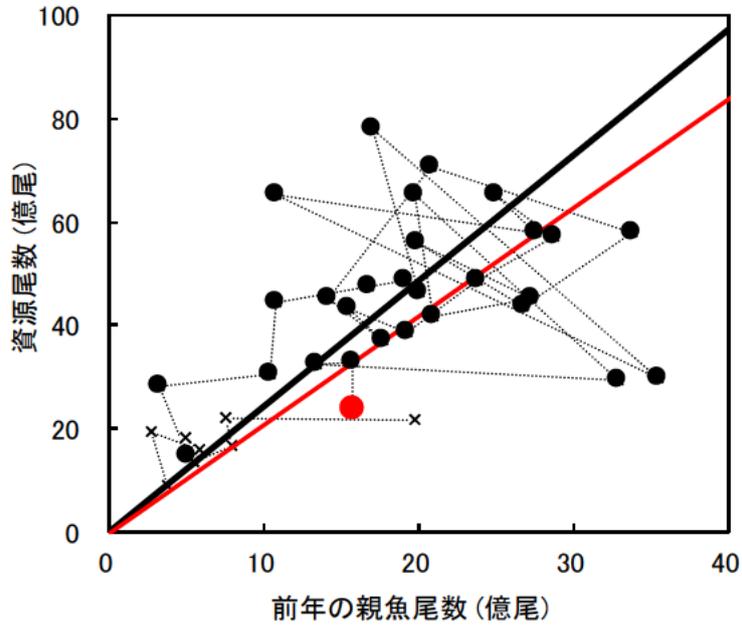


図11. スルメイカ秋季発生系群の再生産関係
 図中 (●) は2018年、(●) は1990年以降、(×) は1980年代の関係を
 示す。黒太線は1990年以降の再生産成功率 (RPS) の中央値、赤線は1999
 年以降の RPS の中央値を示す。

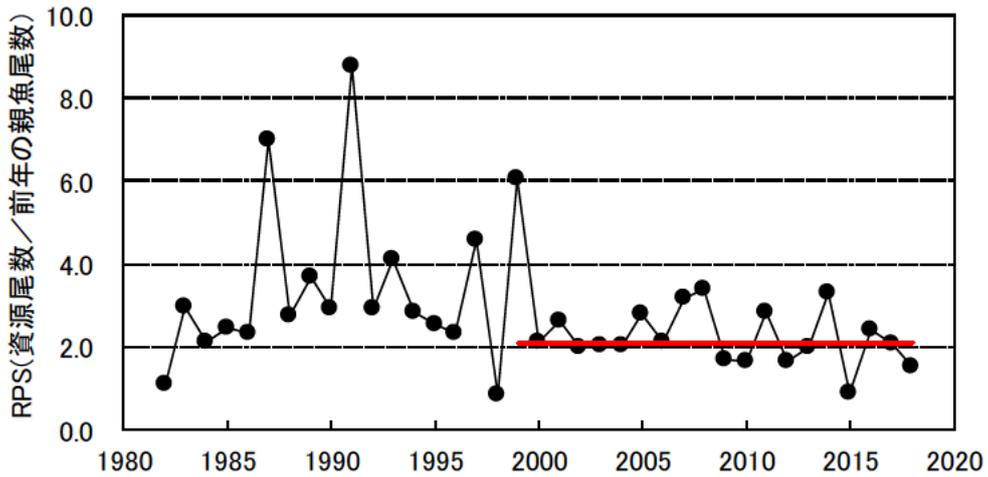


図 12. スルメイカ秋季発生系群の再生産成功率 (RPS (資源尾数/前年の親魚尾
 数)) 赤線は1999年以降の RPS 中央値。

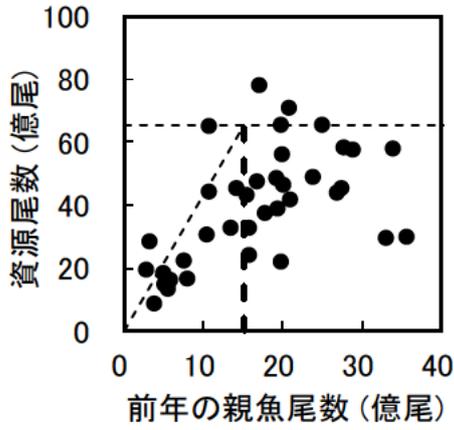


図 13. スルメイカ秋季発生系群の再生産関係と Blimit 細破線は Blimit (太破線) を推定する際に用いた資源尾数と再生産成功率 (RPS) の 90% 値を示す。

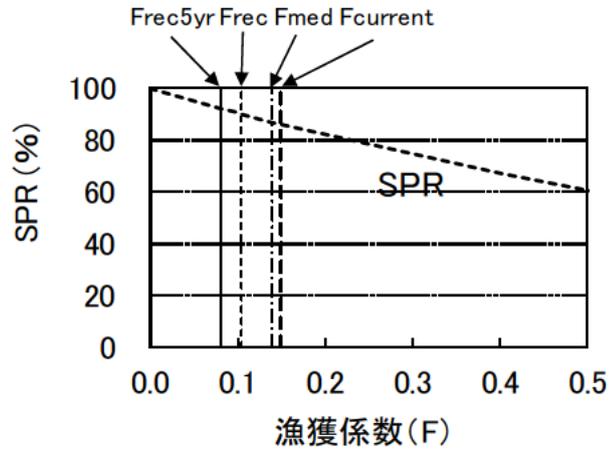


図 14. F と SPR の関係

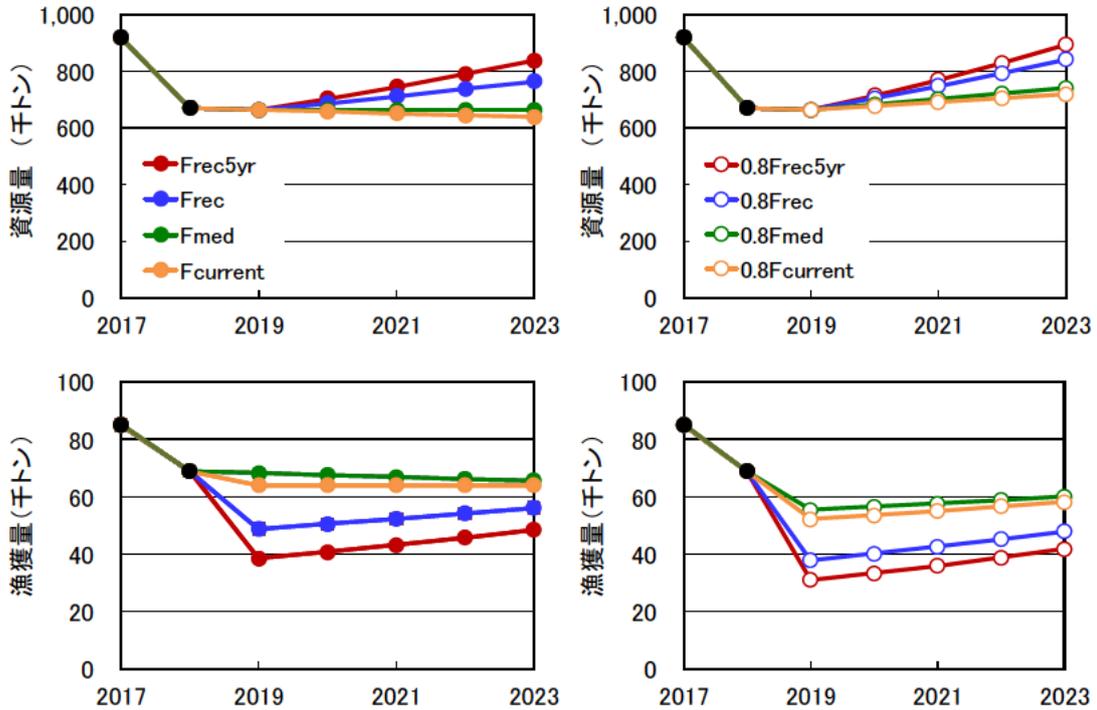


図 15. 各漁獲係数による資源量 (上図) と漁獲量 (下図) 左は各漁獲係数の Limit 値、右は Target 値による結果を示す。

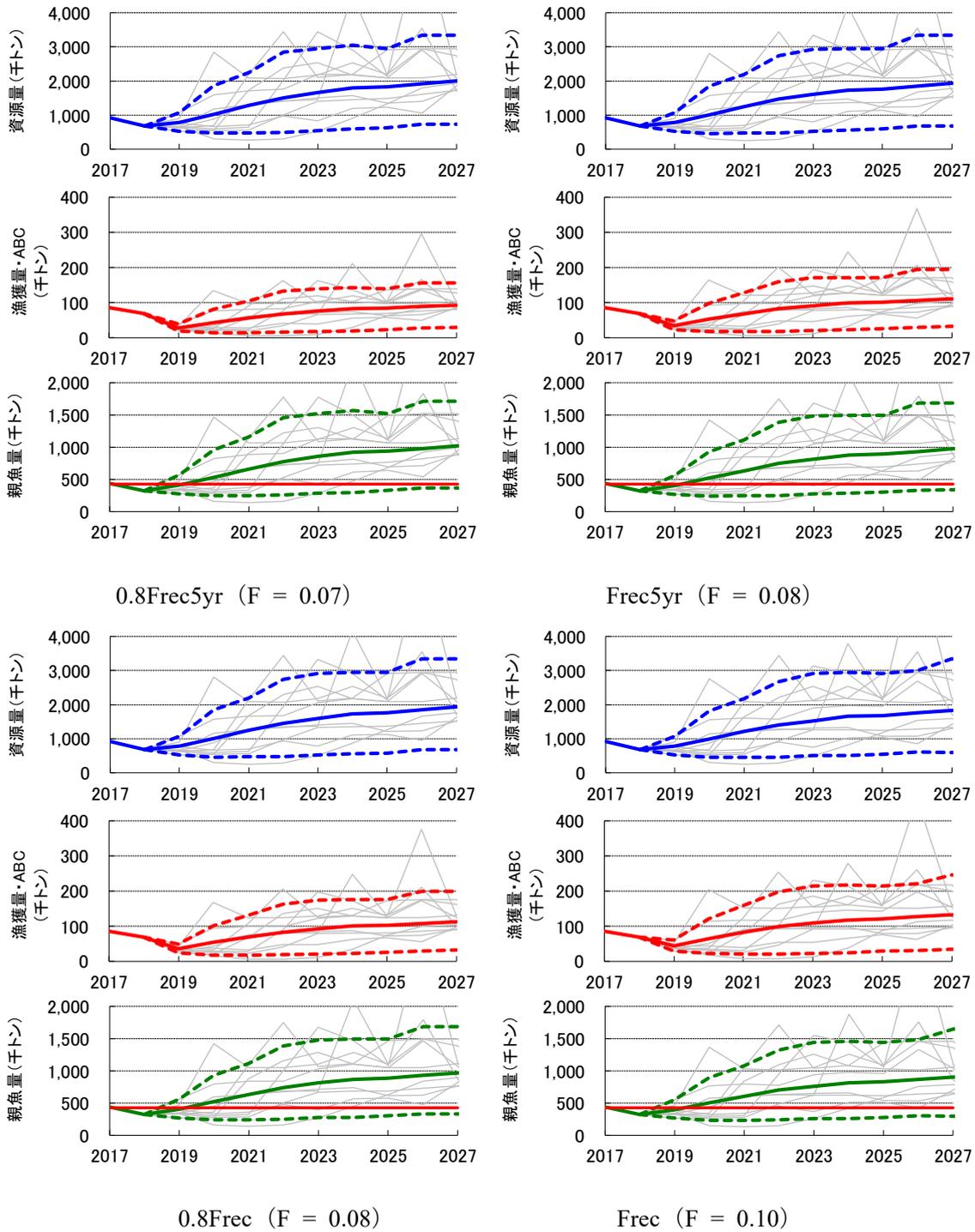


図 16-1. 加入量の不確実性を考慮して各資源管理基準値で漁獲した場合の資源量(上図)、漁獲量(中図)、親魚量(下図)の推移。細線は1,000回の試行のうち、任意の10回の試行の各推移、太線は1,000回の試行による平均値、太点線は上側10%と下側10%点を示す。親魚量のグラフ中の赤線はBlimit(424千トン)を示す。

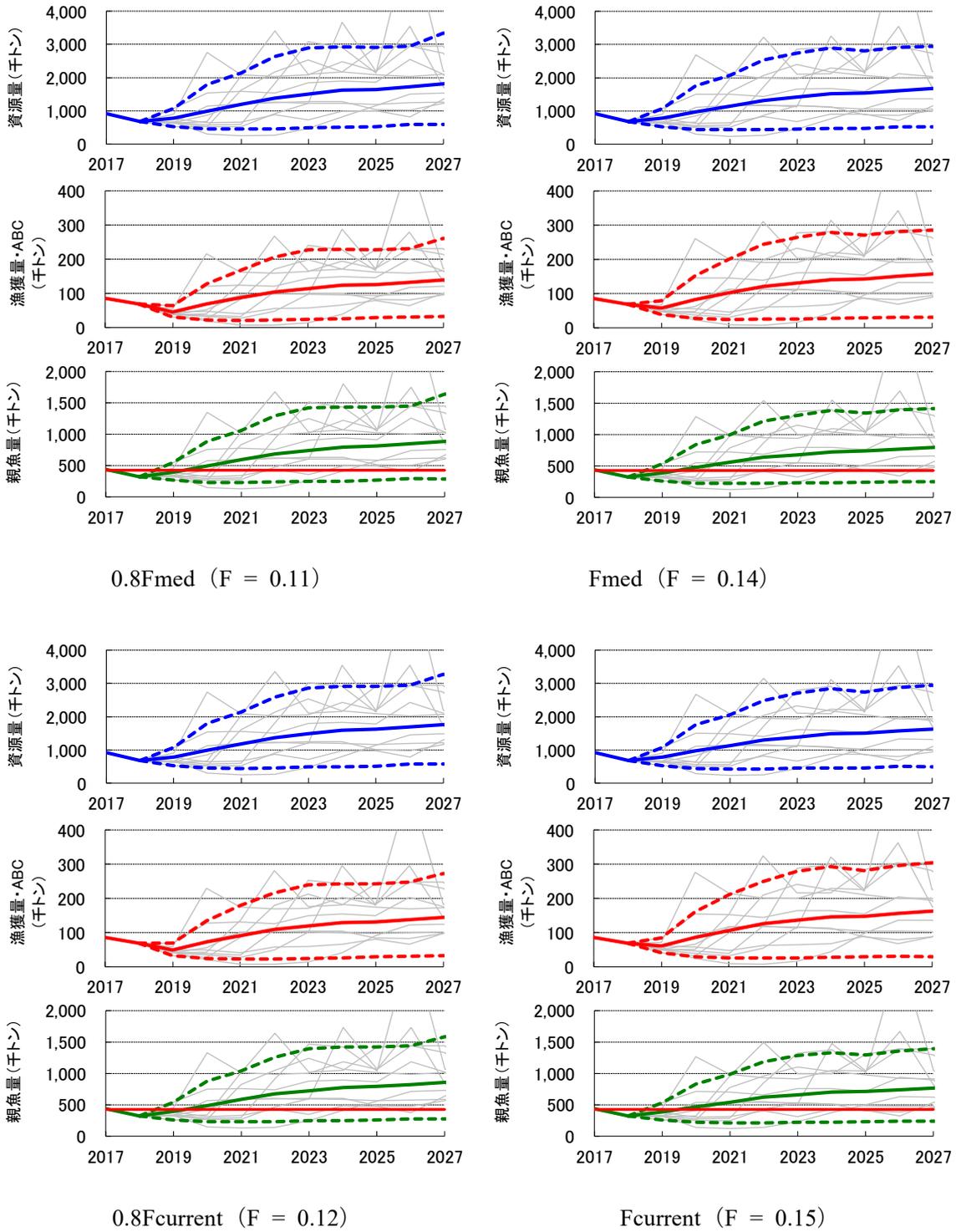


図 16-2. 加入量の不確実性を考慮して各資源管理基準値で漁獲した場合の資源量(上図)、漁獲量(中図)、親魚量(下図)の推移。細線は1,000回の試行のうち、任意の10回の試行の各推移、太線は1,000回の試行による平均値、太点線は上側10%と下側10%点を示す。親魚量のグラフ中の赤線はBlimit(424千トン)を示す。

表 1. スルメイカ秋季発生系群の漁獲量 (トン)

年	日本	韓国	計
1979	171,855	17,725	189,581
1980	177,249	37,469	214,718
1981	131,396	29,962	161,358
1982	130,649	38,360	169,009
1983	136,247	25,908	162,155
1984	114,006	25,017	139,023
1985	105,080	30,548	135,628
1986	53,938	23,265	77,203
1987	137,254	43,580	180,834
1988	113,332	31,915	145,247
1989	145,374	41,767	187,140
1990	137,936	44,991	182,926
1991	128,797	65,641	194,438
1992	157,623	71,179	228,802
1993	150,544	134,771	285,314
1994	134,173	128,597	262,770
1995	126,623	125,558	252,181
1996	178,290	139,259	317,548
1997	139,028	138,714	277,741
1998	107,152	102,992	210,144
1999	139,000	170,980	309,980
2000	109,724	152,677	262,401
2001	122,408	146,033	268,441
2002	142,191	150,286	292,477
2003	121,071	161,075	282,146
2004	89,699	131,476	221,175
2005	101,975	123,152	225,127
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	61,969	97,474	159,442
2011	51,415	79,393	130,808
2012	56,266	88,569	144,835
2013	39,852	77,981	117,833
2014	39,632	71,898	111,530
2015	32,503	69,265	101,768
2016	27,838	55,822	83,660
2017	33,056	51,968	85,024

表2. 旧中型いか釣り漁船によるスルメイカ秋季発生系群の漁獲量、CPUE（1日1隻あたりの漁獲量）および漁獲努力量

年	漁獲量 (トン)	CPUE (トン/日)	努力量 (日)
1979	96,803	0.786	123,216
1980	91,150	1.032	88,323
1981	62,536	0.774	80,834
1982	69,034	0.790	87,409
1983	77,219	0.767	100,662
1984	64,342	0.767	83,866
1985	64,702	0.824	78,537
1986	24,976	0.370	67,509
1987	74,864	1.077	69,501
1988	56,728	0.914	62,072
1989	70,166	1.307	53,687
1990	63,546	1.525	41,661
1991	54,325	1.517	35,819
1992	66,133	1.973	33,523
1993	59,266	2.149	27,584
1994	33,549	1.789	18,754
1995	41,480	2.134	19,433
1996	51,882	2.999	17,302
1997	53,269	3.117	17,091
1998	64,308	2.514	25,575
1999	79,139	2.754	28,739
2000	43,534	2.749	15,835
2001	53,999	3.465	15,584
2002	70,679	3.692	19,143
2003	57,899	3.343	17,322
2004	39,919	2.276	17,542
2005	48,670	2.293	21,223
2006	53,220	2.825	18,837
2007	25,567	2.192	11,663
2008	41,845	3.146	13,300
2009	37,606	2.895	12,989
2010	27,391	2.290	11,962
2011	21,797	2.374	9,180
2012	27,238	2.555	10,661
2013	17,599	2.279	7,722
2014	18,240	2.076	8,788
2015	16,916	1.839	9,198
2016	14,306	1.797	7,963
2017	17,350	2.240	7,746

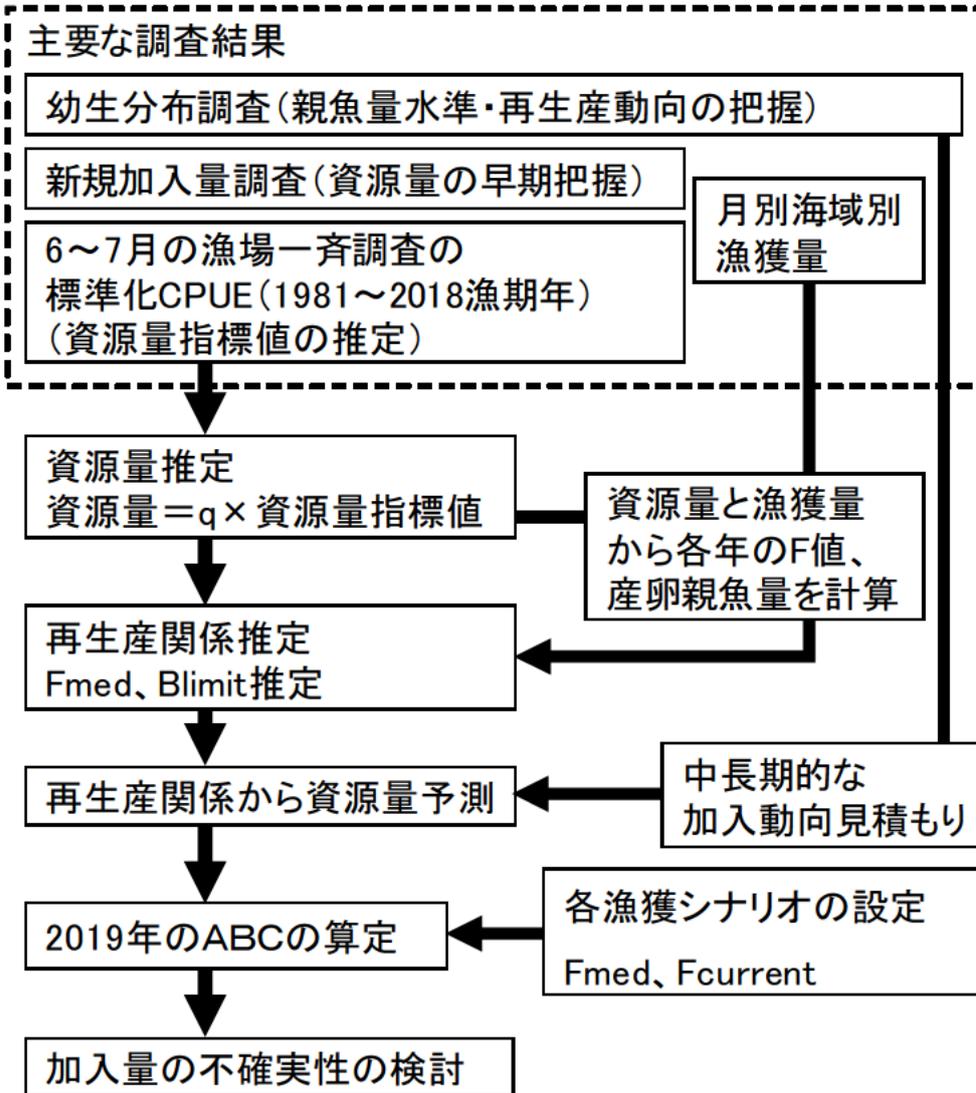
表における漁獲量は日本海（5～10月）と東シナ海（5～11月）の冷凍漁獲量集計値。CPUE（漁船）は漁獲成績報告書における日本海（5～10月）と東シナ海（5～11月）の漁獲量集計値／のべ操業日数により算出。漁獲努力量はこれらの値から漁獲量／CPUE（漁船）として算出。

表 3. スルメイカ秋季発生系群の資源解析結果

年	一斉調査 CPUEの 算術平均	資源量 指標値	資源尾数 (億尾)	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	親魚尾数 (億尾)	親魚量 (千トン)	漁獲割合 (%)	漁獲係数 (F値)	再生産 成功率 (RPS)
1979	13.32			190						
1980	16.20			215						
1981	9.59	9.68	43.76	161	1,225	19.75	553	13.2	0.20	
1982	6.54	4.81	21.77	169	610	7.48	209	27.7	0.47	1.10
1983	7.28	4.91	22.22	162	622	7.91	221	26.1	0.43	2.97
1984	8.82	3.68	16.62	139	465	5.44	152	29.9	0.52	2.10
1985	4.36	2.97	13.41	136	376	3.77	106	36.1	0.67	2.46
1986	2.76	1.93	8.73	77	245	2.75	77	31.6	0.56	2.31
1987	6.18	4.26	19.28	181	540	5.79	162	33.5	0.60	7.01
1988	5.09	3.54	16.00	145	448	4.94	138	32.4	0.58	2.76
1989	6.04	4.02	18.16	187	508	5.01	140	36.8	0.69	3.68
1990	7.58	3.25	14.71	183	412	3.24	91	44.4	0.91	2.93
1991	8.29	6.27	28.35	194	794	10.41	292	24.5	0.40	8.76
1992	11.46	6.76	30.59	229	856	10.73	301	26.7	0.45	2.94
1993	12.00	9.80	44.32	285	1,241	16.78	470	23.0	0.37	4.13
1994	15.08	10.51	47.52	263	1,331	19.13	536	19.7	0.31	2.83
1995	15.80	10.75	48.63	252	1,362	20.02	560	18.5	0.29	2.54
1996	14.64	10.25	46.35	318	1,298	17.04	477	24.5	0.40	2.32
1997	21.70	17.26	78.05	278	2,186	35.49	994	12.7	0.19	4.58
1998	8.46	6.56	29.69	210	831	10.73	301	25.3	0.42	0.84
1999	18.46	14.41	65.16	310	1,825	27.56	772	17.0	0.26	6.07
2000	23.01	12.83	58.03	262	1,625	24.91	697	16.1	0.25	2.11
2001	21.68	14.44	65.31	268	1,829	28.74	805	14.7	0.22	2.62
2002	25.04	12.68	57.33	292	1,605	23.73	664	18.2	0.28	2.00
2003	16.88	10.76	48.67	282	1,363	19.24	539	20.7	0.33	2.05
2004	12.07	8.58	38.81	221	1,087	15.45	433	20.4	0.32	2.02
2005	16.24	9.53	43.11	225	1,207	17.70	496	18.7	0.29	2.79
2006	15.80	8.22	37.19	236	1,041	14.16	396	22.7	0.37	2.10
2007	11.18	10.01	45.29	156	1,268	20.74	581	12.3	0.18	3.20
2008	21.06	15.62	70.63	187	1,978	33.81	947	9.5	0.14	3.41
2009	18.24	12.80	57.91	192	1,621	26.70	748	11.8	0.17	1.71
2010	14.59	9.68	43.77	159	1,226	19.80	554	13.0	0.19	1.64
2011	16.59	12.40	56.08	131	1,570	27.32	765	8.3	0.12	2.83
2012	17.32	9.98	45.15	145	1,264	20.94	586	11.5	0.17	1.65
2013	14.12	9.21	41.66	118	1,167	19.75	553	10.1	0.15	1.99
2014	28.80	14.45	65.36	112	1,830	32.92	922	6.1	0.09	3.31
2015	14.56	6.50	29.38	102	823	13.43	376	12.4	0.18	0.89
2016	11.12	7.22	32.65	84	914	15.71	440	9.2	0.13	2.43
2017	11.89	7.26	32.82	85	919	15.76	441	9.3	0.13	2.09
2018	10.16	5.29	23.94	69 *	670	11.32 *	317 *	10.3 *	0.15 *	1.52

*2018年の漁獲量、親魚尾数、親魚量、漁獲割合および漁獲係数は予測値。

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源量の計算方法

(1) 資源量指標値

前年の評価まで、本系群の資源量指標値は漁場一斉調査結果（補足資料 3）から得られる調査船調査の CPUE（釣機 1 台 1 時間あたりの採集尾数）の各年の平均値としてきた。しかしながら単純な算術平均であったため、調査時期の海況の影響により調査点数が少ない年や特定の海域での漁獲の多寡があった年に資源量指標値が過大または過小に推定される可能性がこれまで指摘されてきた。このため、平成 30 年度よりこの漁場一斉調査の調査船調査における CPUE を標準化した上で、資源量指標値 (U_t) とすることとした。

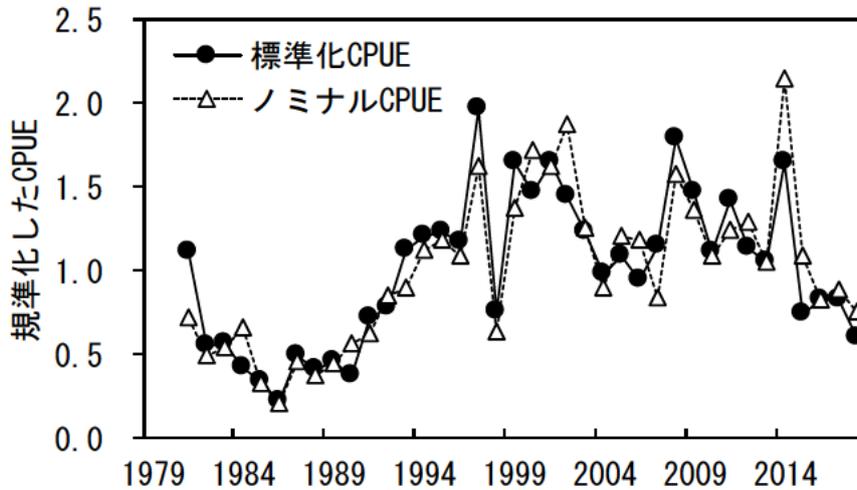
漁場一斉調査は 1994 年以前と 1995 年以後で調査を行っている時期や海域が異なる（詳細は補足資料 3-(1)に記述）。また、1980 年以前の調査船調査のデータについては表面水温等の情報が欠損しているものが多かった。このため、本年度の評価では 1995 年以降の漁場一斉調査の調査時期と海域情報に基づき、1981 年以降の調査船調査データのうち、6～7 月に実施された我が国 EEZ 内の東経 132 度以東の調査船調査データを用いて、一般化線型モデルによる標準化を行った。応答変数には調査船調査 CPUE の自然対数、初期モデルの説明変数には年のほかに漁獲効率に関係すると考えられる海域、年と海域の交互作用項、表面水温、表面水温の二乗、平均外套背長、海域と平均外套背長の交互作用項を用い、BIC を評価基準として変数選択を行った。最適モデルの説明変数としては、年のほか海域、表面水温、表面水温の二乗、平均外套背長が選ばれた。

説明変数のうち、「外套背長」については分布密度と正の関係が導き出された。これは、大型個体の方がより釣られやすいことを意味し、同じ 1 個体でも、小型個体の方が実際の分布密度は高いと考えることになる。「表面水温」に関しては、19.5 度でもっとも CPUE が高く、それより高水温側・低水温側の両方では CPUE が低いというドーム型の関係が得られた。これは、一斉調査が行われる 6～7 月では、表面水温 19.5 度付近に海洋フロントが存在するケースが多く、スルメイカがその水温帯に留まり群を形成しやすいことを表していると想定される。説明変数の「海域」については、これまでの調査船調査における分布状況をもとに任意に海域を 7 つに分けたものであるが、北海道西部海域と大和堆海域でもっとも CPUE が高く、次いでその中間の沖合域が高く、その他本州沿岸域では比較的分布密度が低いという分布の偏りがあることが検出された。このような分布の偏りは、水温と同様に、元々スルメイカが集まりやすい場所とそうでない場所が存在することを意味すると考えられる。また、スルメイカの分布深度が浅い海域では、いか釣りの仕掛けを下ろす深度を浅くできるため、CPUE が高くなりやすいことや、例年調査を行う調査船が海域によりある程度固定している影響が含まれている可能性がある。このような各海域での特徴を踏まえて、特定の海域や水温帯で CPUE が高いといった偏りを取り除いた結果得られた標準化 CPUE は、ノミナル CPUE（CPUE の算術平均）よりも、より真に近い資源状態を表していると考えられる。

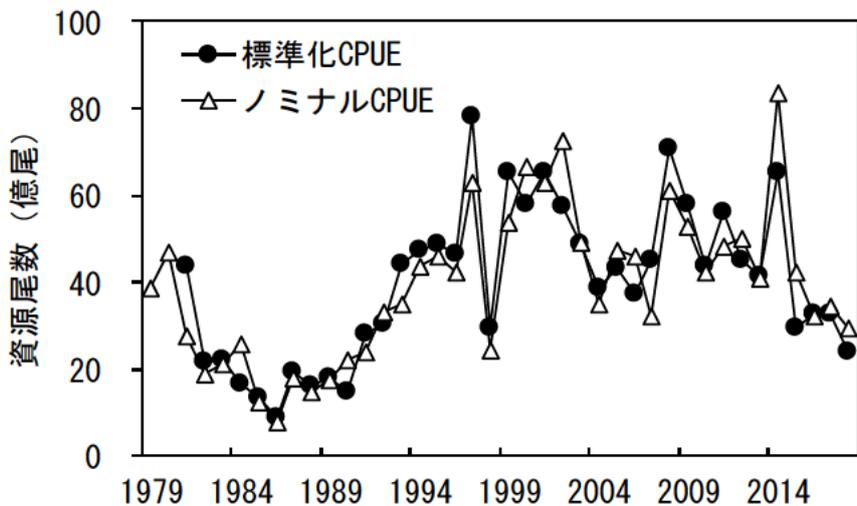
最適モデルを用いて標準化 CPUE を推定し、また前年評価の手法から求めたノミナル CPUE をそれぞれ規準化（各 CPUE の平均が 1 となるように各 CPUE の平均値で除す）し、比較した結果、変動の傾向は大きく変わらなかった。また、過去に過大と指摘された 2014 年の資源量指標値および資源尾数は下方に修正された。

標準化 CPUE の導入により、比例定数 q は 2.91×10^8 から 4.52×10^8 へと変更となった。

また、これに伴い親魚尾数、RPS、漁獲係数、Blimit 等も変化した。



補足図 2-1. 標準化 CPUE とノミナル CPUE（前年評価と同手法で算出）の年推移比較のため、各 CPUE は平均が 1 となるように規準化している。



補足図 2-2. 標準化 CPUE とノミナル CPUE（前年評価と同手法で算出）により推定された資源尾数の年推移

(2) 資源量の推定方法

本系群の資源尾数 (N_t) は、資源量指標値 (U_t) に比例すると仮定し、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（180 日）漁獲対象になる。しかし、漁獲加入直後の小型個体および産卵直前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 280 g 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、これまでにバイオマス解析（月あたり 0.431、安達 1988）、標識放流調査（町中ほか 1980）による推定が試みられている。しかし、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。

本系群の資源尾数（ N_t ）は（1）で計算された資源量指標値（ U_t ）を用いて、以下のよう

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

ここで、 N_t は t 年の資源尾数（億尾）、 q は比例定数、 U_t は t 年の資源量指標値である。資源量指標値に比例定数（ q ）をかけると、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。

（3）資源量推定に用いた比例定数（ q ）の推定方法

比例定数 q は、下記（4）で計算された 1979～2000 年の平均的な漁獲係数 $F^*=0.447$ を再現するように推定した。t 年の漁獲係数 F_t は、 q 、t 年における漁獲尾数 C_t 、 U_t を用いて以下のように表される。

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

上式を用いて 2000 年以前の各年の F を計算し、その平均値が F^* となるような q を求め $q=4.52 \times 10^8$ を得た。

（4）2000 年以前の平均的な漁獲係数の推定方法

2000 年以前の平均的な漁獲係数（ F^* ）は、全減少係数（ Z^* ）を 1979～2000 年の調査船調査結果を用いて推定した後、仮定した自然死亡係数（ $M=0.6$ ）を差し引いて求めた。ここで、漁獲係数（ F^* ）、全減少係数（ Z^* ）および自然死亡係数（ $M=0.6$ ）は漁期間（6 ヶ月間）の値である。

まず、各年月日の調査船 CPUE の平均値（ $u_{d,y}$ ）を、実施した調査船 CPUE の平均値（ $u_{avg,y}$ ）で割った相対値（ u_d ）として求めた。そして、調査船 CPUE の相対値（ u_d ）を 1 日あたりの全減少係数（ z^* ）を用いて下記で示した。

$$u_d = a \cdot e^{-z^* \cdot d} \quad (2-3)$$

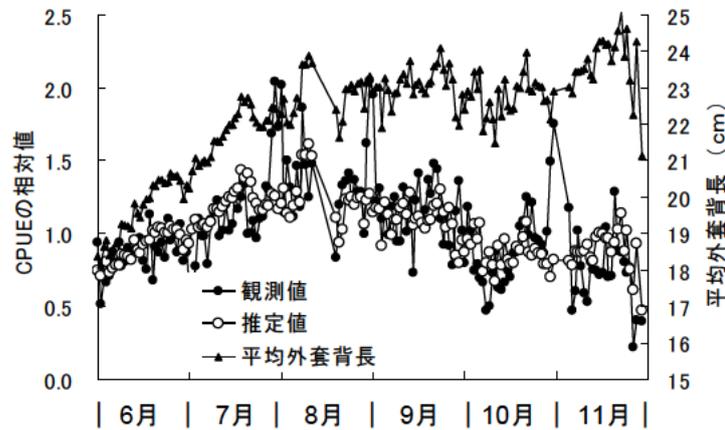
ここで、（ z^* ）は 1979～2000 年の平均的な 1 日あたりの全減少係数、 d は 6 月 1 日からの経過日数である。

しかし、調査船 CPUE の相対値（ u_d ）は、7 月下旬以降（ $d=50$ 日以降）は減少傾向とな

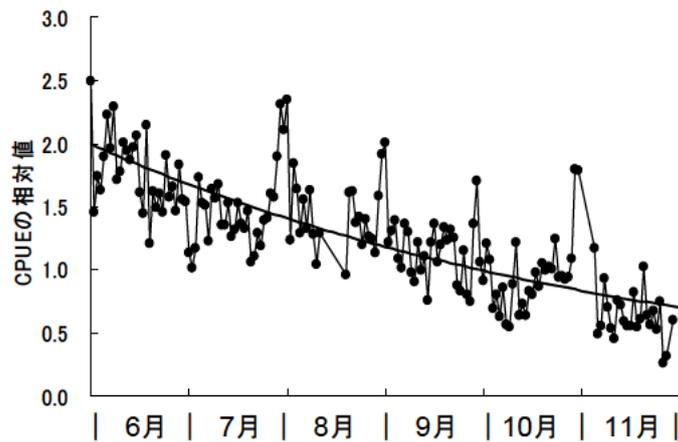
っていたものの(補足図 2-3)、 u_d は7月までは増加しており、この間の資源尾数の減少は示されていない。そこで、調査船 CPUE の相対値 (u_d) の変化は、実際には、全減少係数 (z^*) に加えて、スルメイカの平均外套背長 (x_d) と関連する獲られやすさも影響(指数関係にあると仮定)していると判断し、下式をもとに全減少係数 (z^*) を推定した。

$$u_d = a \cdot e^{(bx_d - z^* \cdot d)} \quad (2-4)$$

(2-4) 式の各パラメータは最小二乗法によって、 $a = 0.0153$ 、 $b = 0.212$ 、 $z^* = 0.00582/\text{日}$ と推定された。なお、平均外套背長による獲られやすさで補正した漁期中の減少過程は補足図 2-4 となる。漁期間を 180 日とすると、1 日あたりの全減少係数 ($z^* = 0.00582$) から全減少係数(漁期間)は $Z^* = 1.047$ と計算され、推定された全減少係数 (Z^*) 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は $F^* = 0.447$ と計算された。



補足図 2-3. 年相対 CPUE および平均外套背長の日別変化



補足図 2-4. 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) の変化として示す。

(5) 親魚量の推定方法

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。

$$S_t = \left(N_t - C_t \cdot e^{\frac{M}{2}} \right) \cdot e^{-M} \quad (2-5)$$

ここで、 M は自然死亡係数 (= 0.6) を示す。

親魚量 (SSB_t) は、資源量と同様に、親魚 1 尾あたりの体重が 280g であるとして、親魚尾数 (S_t) に乗じて算出した。

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.

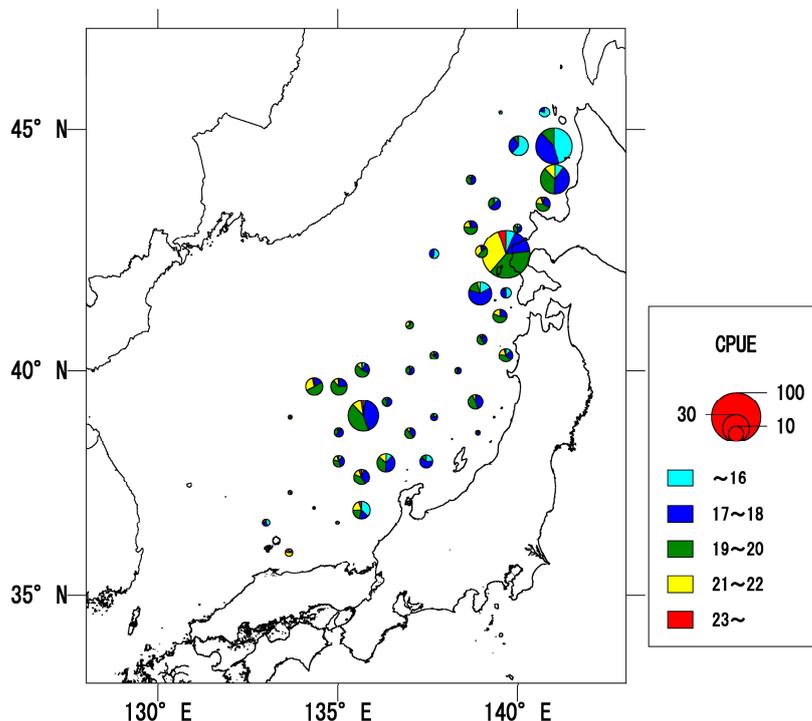
補足資料 3 調査船調査の経過および結果

(1) 漁場一斉調査（釣獲調査）

本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）。本調査船調査により得られた調査船の CPUE（釣機 1 台 1 時間あたりの採集尾数）を標準化することで、本系群の資源量指標値が得られている（補足資料 2）。なお、資源量指標値から推定される資源量は、その年の漁況（旧中型いか釣り漁船の CPUE）と良い関係が得られている（補足図 3-2）。

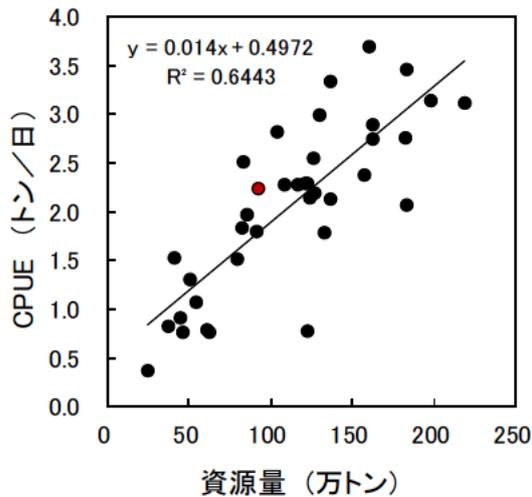
2018年の調査結果の概要を補足図3-1に示す。2018年の調査は悪天候の影響により主に本州北部沖合および日本海西部海域にて欠測点が多かった。道北・道央海域では外套背長 18cm 台の個体を中心に沿岸寄りで多く採集され、CPUEは最大55尾であった。道南・津軽海域から本州沿岸域では17～22cm 台の比較的広いサイズの個体が採集され、檜山西方沿岸で CPUE が 50 を超す調査点があったが、その他の調査点では概ね 20 尾以下となった。一方、大和堆付近では例年通り、ほかの海域と比べて CPUE が比較的高かったが、50 尾を超えるような分布密度の高い点はなく 39 尾が最大であった。また、前年と同様に近年の組成と比べ本海域で採集された個体の組成は小型に偏っていた。

なお、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 6～7 月の 1 回のみの実施となっている。



補足図 3-1. 2018 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調査船の 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。

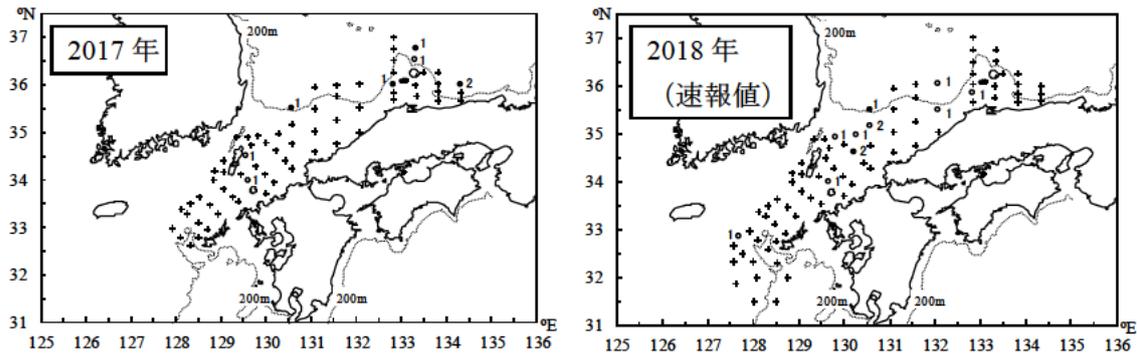


補足図 3-2. 資源量と旧中型イカ釣り漁船の CPUE の関係 図中の回帰式は 1981～2017 年のデータを基に解析。●は 2017 年。

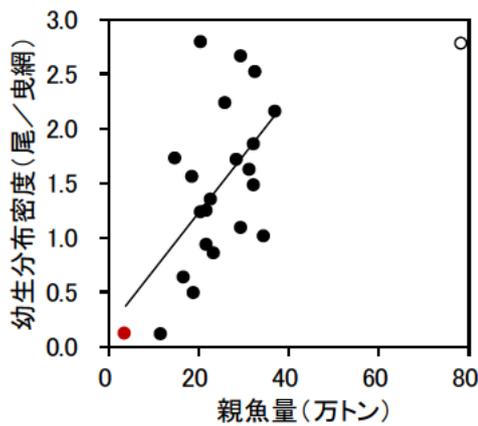
(2) 幼生分布調査

スルメイカ幼生の分布状況把握を目的として、10～11月に本系群の主産卵場である山陰から九州北西部沿岸域でプランクトンネットを用いて実施している（補足図 3-3）。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）、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った（後藤 1999）。しかし、2000 年以降は、本系群の主産卵時期が遅くなった（桜井ほか 2007、桜井 2014）ため、調査時期と主産卵時期が一致しなくなり、関係が認められなくなった。ただし、10～11月にふ化したと推定される漁場一斉調査時に外套背長 20cm 以上サイズ（木所 2009）の比率で親魚量を補正すると、現在でも、親魚量との間に有意な相関関係が得られている（補足図 3-4）。

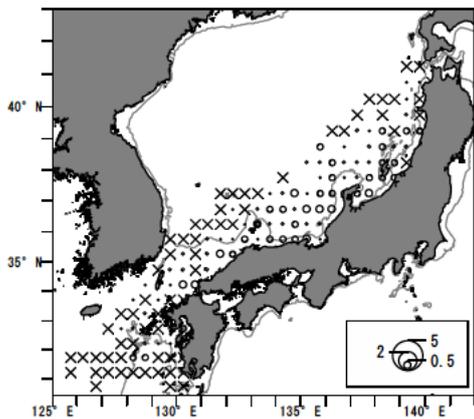
一方、これまでの調査結果から、スルメイカ幼生の分布海域（概ね産卵場を示している）はスルメイカの資源水準と連動して変化してきたことが明らかとなっている（Goto 2002）。資源量が減少した 1980 年代は、主に北陸沿岸域がスルメイカ幼生の主分布域であったが、資源量が増加した 1990 年代には対馬海峡から東シナ海まで幼生の分布域が拡大した（補足図 3-5）。このような幼生の分布海域（産卵海域）の変化は、海洋環境の変化と関連していると考えられていることから、スルメイカの資源動向を判断する上で重要な情報となっている。



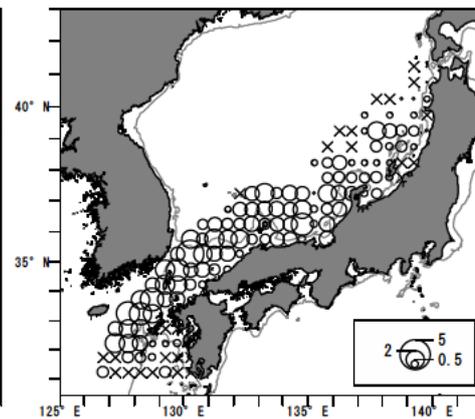
補足図 3-3. 口径 45cm ネットの鉛直曳きによるスルメイカ幼生の採集尾数
 +: 採集無し、●: 孵化直後の幼生が採集された地点、○: 幼生の採集地点。



補足図 3-4. 外套背長組成で補正した親魚量と幼生の分布密度 (尾/鉛直曳) の関係
 図中の回帰直線は 1997 年 (○) を除いて推定。● は 2017 年を示す。



資源減少期 (1980~1988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 (1989~2000年) の平均採集数
 (鉛直曳1網あたりの採集尾数)

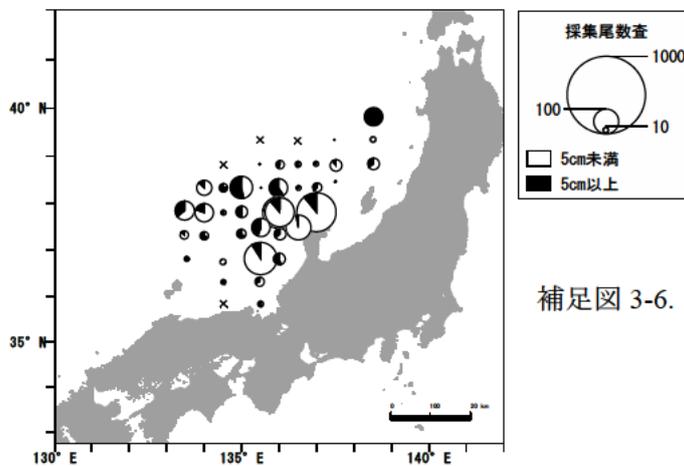
補足図 3-5. スルメイカ幼生の分布域の変化 (Kidokoro et al. 2010 より)

(3) 新規加入量調査

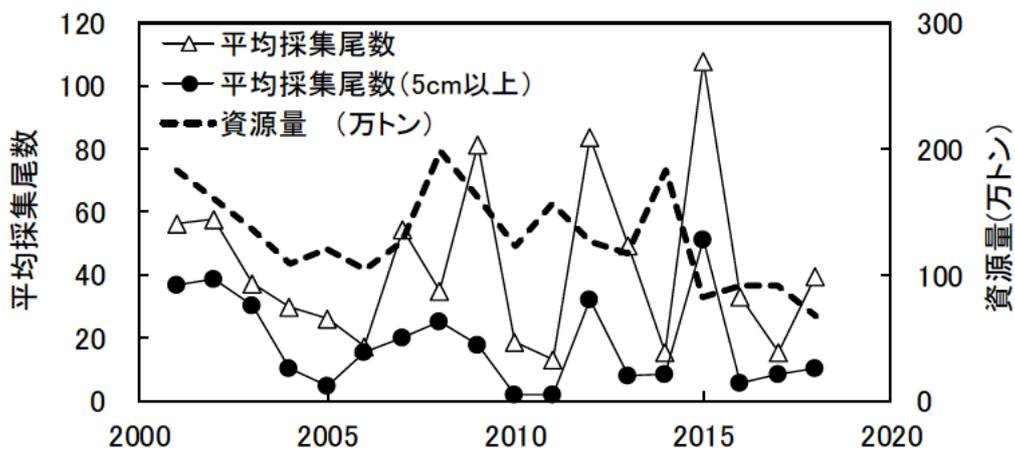
スルメイカは単年生 (寿命が 1 年) であることに加え、幼生から加入までの生残率は環境の影響を受けやすく、十分な親魚量を確保したにもかかわらず、年によっては資源量が

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）を用いて漁期直前の4月に分布状況を把握し、資源量を予測する調査を2001年より実施している。2010年までの調査結果では、外套背長5cm以上の平均採集個体数とその後の調査（漁場一斉調査）で得られる資源量との間には有意な相関関係があることが示されている（Kidokoro et al. 2014）。

2018年4月に実施した調査では、外套背長5cm以上のスルメイカは主に調査会域の沖合の調査点で採集され、一方で、外套背長5cm未満のスルメイカは沿岸側の調査点で多く採集された（補足図3-6）。1調査点あたりの平均採集尾数は39.9尾であり、前年（15.5尾）を上回り、近年平均（2013～2017年の5年平均）（44.3尾）を下回った。また外套背長5cm以上の平均採集尾数は10.7尾であり、前年（8.6尾）を上回ったが、近年平均（16.5尾）を下回った（補足図3-7）。



補足図 3-6. 2018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
 図中、○の面積は採集尾数、×は採集されなかった調査点を示す。



補足図3-7. 新規加入量調査の平均採集尾数と資源量の経年変化

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, 北海道区水産研究所.
- 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, 北海道区水産研究所.
- 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.
- Kidokoro, H., T. Shikata and S. Kitagawa (2014) Forecasting the stock size of the autumn cohort of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) based on the abundance of trawl-caught juveniles. *Hidrobiológica*, **24** (1), 23-31.
- Kidokoro, H., T. Goto, T. Nagasawa, H. Nishida, T. Akamine and Y. Sakurai (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 (2014) スルメイカの繁殖生態と気候変化に応答する資源変動. 水産振興, **559**, 54pp.
- 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.

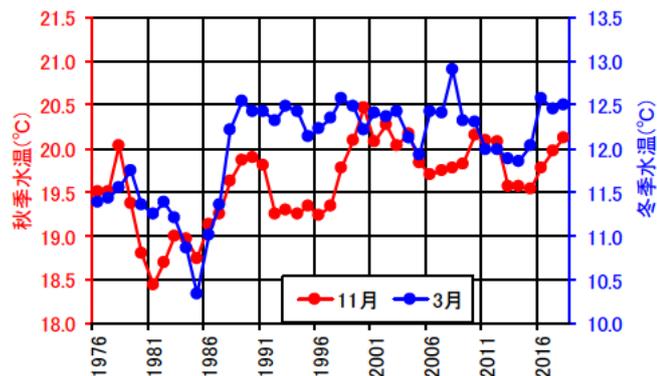
補足資料 4 RPS の低下傾向と今後の加入量の見積もり

近年の日本海の海洋環境は、1980年代（資源低水準期）に観測された低水温の環境にはなっていないが、本系群の再生産成功率（RPS）は低下傾向にある。1990年代は、親魚1尾あたりの加入資源尾数が概ね3~4尾であったのに対し、2000年以降は2尾前後の年が多くなっている。RPSが低下傾向にある要因は特定できていないものの、（1）1998年頃に起きた日本海の環境の変化、（2）資源量の増大による密度効果（2000年代）、（3）さらに未集計の漁獲量による影響（中国漁船が北朝鮮水域で漁獲を始めた2004年以降）が想定される。特に海洋環境の変化によってRPSが低下していた場合、好適レジーム（温暖レジーム）としている1990年以降のRPSの中央値により今後の加入量を見積もるとABCが過大推定となる危険性がある。このため本評価においては、将来予測の際に適用するRPSは、環境変化があった年（1998年秋）に生まれた1999年級群のRPS（1999年のRPS）以降の中央値を採用することとした。以下、上述した各要因について説明する。

（1）1998年頃の日本海の海洋環境の変化

本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したことに加えて、1998年以降は春季~秋季の水温も上昇し（補足図4-1）、周年にわたって水温の高い状態となった（加藤ほか2006）。1998年に水温の上昇が観察され、同年にスルメイカの資源量が減少したものの、1999年以降は資源量が増加し、2000年前後には資源量指標値が最も高い値となった。そのため、当時は、1998年の水温の変化はスルメイカの資源動向に影響を与えなかったと判断された（木所ほか2004）。

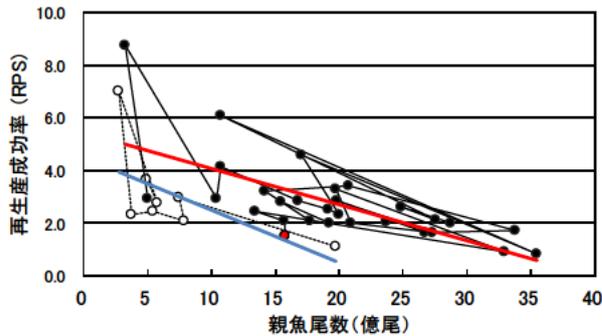
しかし、その後のデータ蓄積によって、1998年以降の対馬暖流域の秋季水温の上昇による産卵場形成への影響（Rosa et al. 2011）や、日本海沿岸域の漁期漁場の変化（木所2011）が報告され、主産卵時期の中心が冬季へ移行したことも想定されるようになった（桜井ほか2007）。以上のように、1998年以降の水温上昇がスルメイカの生態に影響を及ぼし、RPSの低下を引き起こした可能性が考えられる。



補足図 4-1. 西部対馬暖流域（東経 130~134 度）における 50m 深水温（3 年移動平均値）の推移

(2) 密度効果

本系群では、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 4-2）、2000 年代のように資源が高水準となり親魚尾数が多くなると、RPS は低くなる傾向がある。ただし、この傾向は親魚尾数の観測誤差等によって過大に生じる場合があるため、その判断には慎重な検討が必要であることが指摘されている（Walters and Martell 2004）。



補足図4-2. 親魚尾数と再生産成功率 (RPS) の関係 ○は1980～1989年、●は1990年以降、●は2018年の関係を示す。青細線は80年代、赤細線は90年以降の親魚尾数とRPSの回帰直線。

(3) 未集計漁獲量による影響

近年のRPSの低下には未集計漁獲量の影響も考えられる。RPSの計算に用いる親魚量は、資源量から漁獲量と自然死亡による減少を差し引いて得られたものである（補足資料2）。現在、漁獲量は、日本と韓国のみを対象としているが、近年、スルメイカを狙って操業する中国や北朝鮮の漁船が増加していると推察され、操業実態および漁獲動向を把握するための調査を実施している（補足資料6）。北朝鮮水域における中国漁船のスルメイカの漁獲量について、Lee et al. (2017) による推定値があるが、①そもそも漁獲国の公式統計値でない、②中国漁船による1隻あたりの年間漁獲量の推定手法の出典等詳細が明示されていないこと、③中国漁船が北朝鮮水域に入漁した年のうち、半数の年で1隻当たり漁獲量が推定困難となっており、そのような年には前後年等の近い年の値を適用していること、④漁船数のカウントに際して漁船の種類が不明であることなど、ABCを求める資源計算に適用できる精度の情報ではないと考えられ、本報告書においては、親魚量推定の際に用いる漁獲量に含めていない。しかし、詳細は不明ながらも、近年の中国の漁獲量として日韓両国の合計漁獲量より多い値が推定されており、本資源評価において生き残り資源尾数として推定している親魚量は、程度の多寡は不明ながらも過大評価となっていると考えられる。このため、この親魚量を用いて計算されるRPSは、近年は過小推定となっていると考えられる。ただし、RPSの低下の全てを中国漁船による漁獲の影響で説明する場合、10年間にわたり30万トンの漁獲が必要（平松・木所 2013）と試算されており、かなり多い漁獲量を想定する必要がある。この検討結果は、未集計の漁獲量があることによってRPSが過小推定されているのは確かであるが、RPSの低下には海洋環境の変化が影響を及ぼしていると考えられ、また資源が高水準であった年には密度効果も影響を及ぼしていたと考えられる。

引用文献

- 平松一彦・木所英昭 (2013) スルメイカ秋季発生系群の資源管理の検討. スルメイカ資源評価協議会報告 (平成 24 年度), 3-12, 日本海区水産研究所.
- 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.
- 木所英昭・森 賢・後藤常夫 (2004) 1998 年におけるスルメイカ資源の減少とその後の変化. 水産海洋研究, **68**, 264.
- Lee, J.-S., J.-G. Ryu and H.-K. Kee (2017) A study on the status of Chinese fishing in the East Sea off North Korea and Directions for Countermeasures. *J. Fish. Bus. Admin.* **48**(3), 61-74. (In Korean with English abstract)
- Rosa, A. L., J. Yamamoto and Y. Sakurai (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 S. J. D. Martell (2004) *Fisheries ecology and management*. Princeton university press, Princeton, 399pp.

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の方法

加入量の不確実性を考慮したシミュレーション（図 16）において、資源尾数（ N_t ）は、(4-1) 式より、前年の親魚尾数（ S_{t-1} ）に再生産成功率（RPS）をかけて計算した。ただし、親魚尾数（ S_{t-1} ）が、78.1 億尾（= 資源尾数の過去の最大値/RPS の中央値）を超えた場合は 78.1 億尾として、(4-1) 式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 は本系群の主産卵場にあたる日本海西部海域の水温が上昇した 1998 年の秋に産まれた 1999 年級群の RPS（1999 年の RPS）以降（1999～2018 年）の RPS 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、2018 年の親魚尾数（= S_{2018} ）は、2018 年の資源尾数と近年 3 年平均の F より求めた値を用いることとし、 w は 280g で一定とした。2018 年の親魚尾数は、11.3 億尾である。

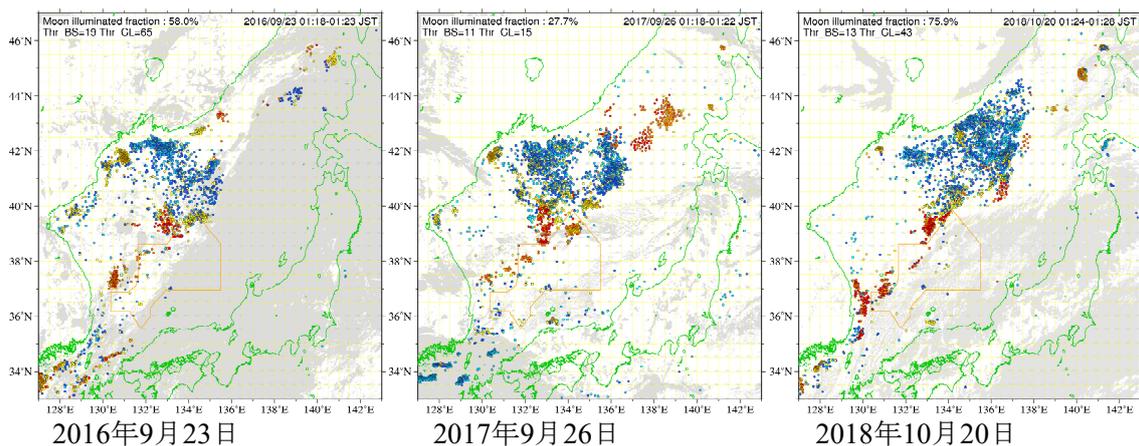
また、スルメイカの漁獲制御方法として、親魚量（ SSB_{t-1} ）が B_{limit} （405 千トン）を下回った場合、管理基準となる漁獲係数（ F ）に削減係数 β を掛けた漁獲係数（ $F_t = \beta F$ ）を用いた。 β は前年の親魚量（ $SSB_{t-1} = S_{t-1} \cdot w$ ）をもとに (4-4) 式で計算した。

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

シミュレーションは 2018 年から 2027 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 6 日本海北西部における外国漁船の漁獲動向について

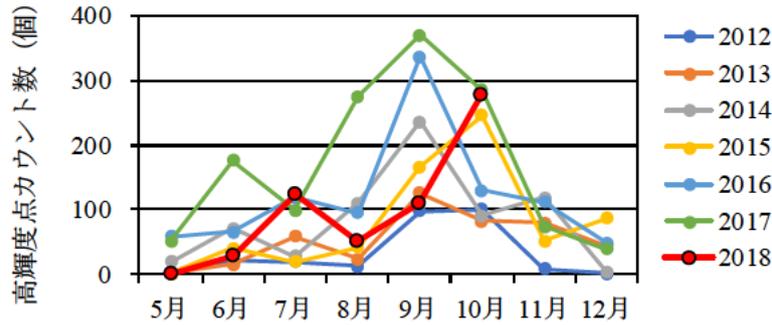
補足資料 4 (3) で述べたように、スルメイカ秋季発生系群の資源評価において、現在、日本海北西部で操業する中国漁船の操業実態および漁獲動向を把握することが重要な課題となっている。そこで、平成 26 年度から外国漁船の漁獲動向把握を目的として、人工衛星夜間可視データ処理手順の確立、灯火を用いる漁船操業のモニタリング実施体制の構築に取り組んでいる。この調査では、米国の地球観測衛星 (Suomi NPP) の夜間可視データ (Miller et al. 2011) から、灯火を用いて操業している漁船を光点として抽出し、さらに、輝度レベル、操業位置、水温などの条件によりスルメイカを対象として操業する漁船か否かを判別して計数する。漁船の判別手法については、現在、技術開発途中ではあるが、操業点の抽出例として 2016~2018 年の 9~10 月に得られた画像 (光点図) を補足図 6-1 に示す。北緯 38~40° 付近に見られる輝度の高い光点 (赤~橙) にはいか釣り漁船の他に、中国の虎網漁船やかぶせ網船が含まれていると推測される。また、これらの北側には輝度の低い光点 (水色~青) が多数認められる。抽出される光点 (漁船) の数および配置に関する経年的な違いもある程度把握できるようになった。これらの光点を抽出し、漁船の種類を判別・計数することにより、外国漁船の操業実態や漁獲動向を把握する試みを進めている。



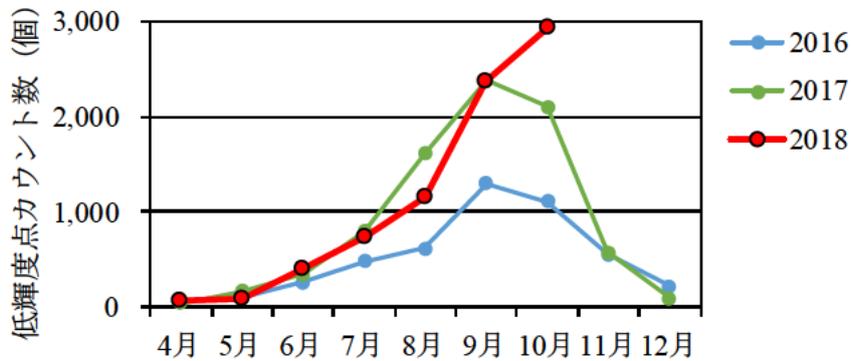
補足図 6-1. 秋季の日本海において NPP 衛星夜間可視データから抽出された操業点 2016~2018 年 3 カ年の比較。暖色系は明るい光点を、灰色は雲域を示す。

北朝鮮水域から大和堆の西側の水域において検出される高輝度点 ($400 \times 10^{-10} \text{W cm}^{-2} \text{sr}^{-1}$ 以上) は、多くが中国の灯光網船 (虎網、かぶせ網) と考えられる。また、北朝鮮水域からロシア水域、さらに一部は日本側 EEZ にもはみ出すように分布する低輝度点 ($300 \times 10^{-10} \text{W cm}^{-2} \text{sr}^{-1}$ 未満) は、中国の 2 そうびき網船 (作業灯程度の灯り) または北朝鮮の木造船・鋼船 (集魚灯を装備しているが光量が小さい) であると考えられるが、輝度からこれらを分類するのは困難と考えられる。北朝鮮水域 (一部周辺海域を含む) の高輝度光点数の推移について、各月において月光や雲により変化する視認条件が良好で、光点数のカウントが最も多かった日 (Monthly Best) を抽出し、補足図 6-2 に示した。また、低輝度点については、分布域が北朝鮮水域や大和堆周辺水域に留まらずかなり北の方へと分布域が広がっているため、より広範囲の海域を対象として、Monthly Best の光点数を求め、補

足図 6-3 に示した。現状の情報のみでは、漁船の種類に限界があるほか、1 日 1 隻あたりの漁獲量の推定が困難であるという問題があるものの、モニタリングの継続が重要である。光点数分布の動向として、高輝度点は 2017 年まで増加傾向で、2018 年では 9 月までは比較的少ない水準であったものの、10 月には前年並に増加した。低輝度点のカウントは、2015 年以前の解析が完了しておらず、2016 年以降の結果を示した。なお、低輝度点の分布域が従来よりも北東に拡大したため、2018 年 8 月以降でカウント領域も広げたことに注意を要するが、低輝度点は 9 月まで前年並、10 月に前年を上回る数となった。



補足図 6-2. 北朝鮮水域～大和堆西側水域における高輝度点 ($400 \times 10^{-10} \text{W cm}^{-2} \text{sr}^{-1}$ 以上、補足図 6-1 の黄色～赤色の点) の Monthly Best カウント数の推移。ここで計数した光点の多くは中国の灯光網船 (虎網、かぶせ網) と推察される。



補足図 6-3. 東経 130～137 度、北緯 38 度 37 分～北緯 43 度 (2018 年 8 月以降は東経 130～138 度 30 分、北緯 38 度 37 分～北緯 45 度。北朝鮮水域、ロシア水域、我が国 EEZ を含む) の海域における低輝度点 ($300 \times 10^{-10} \text{W cm}^{-2} \text{sr}^{-1}$ 未満、補足図 6-1 の水色～青色の点) の Monthly Best カウント数の推移。ここで計数した光点の多くは北朝鮮漁船、中国の 2 そうびき網船と推察される。

引用文献

Miller, S. D., S. P. Mills, C. D. Elvidge, D. T. Lindsey, T. F. Lee and J. D. Hawkins (2011) Suomi satellite brings to light a unique frontier of nighttime environmental sensing capabilities. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **109**, 15706-15711.

補足資料7 明らかでない漁獲量が資源評価に及ぼす不確実性

(2) 漁獲量の推移、および補足資料6で述べたように、夏秋季に中国および北朝鮮の漁船が日本海中央部から大陸寄りの海域に多数現れてスルメイカを漁獲しており、その漁獲時期から、主に秋季発生系群が漁獲対象となっていると想定される。Lee et al. (2017)は、精度に疑問はあるものの、中国の漁獲量を2010年以降、200千トン前後と推定している。北朝鮮漁船については、かつては手釣りであったが、2016年以降、流し網も併用していることが報道されている。漁船数は補足資料6のようにある程度推定できるものの、具体的な漁獲量は未知数である。こうした漁獲があっても、資源量は6~7月の漁場一斉調査の結果によって推定されるため、その年の資源量推定値の精度に直接影響を与えることはないが、(5)再生産関係、(7)資源の水準・動向および補足資料4(3)等で述べたように、親魚量の過大推定を通じて、RPSを過小推定することになる。再生産関係の不確実性は、Blimitや、将来予測に基づき算定されるABCの不確実性にも繋がっている。以上のような不確実性による漁獲量、親魚量、漁獲係数、再生産成功率の変化の度合いを、不明の漁獲について複数の仮定を置き試算した結果について、補足表7-1.に示した。ここでの仮定は、中国が北朝鮮海域で漁獲を始めたのが2004年からであることを踏まえ(Lee et al. 2017)、2004年以降の中国等の不明漁獲量を①日本+韓国の1/2、②日本+韓国と等量、③日本+韓国の2倍、④Lee et al. (2017)の最大推定漁獲量(2017年の推定値は未公表につき、仮に200千トンとした)の4つとした。これらの仮定を置いた場合の資源量指標値等の変化を試算した結果、当然ながら中国の漁獲の仮定値が大きくなるほど残存親魚量はより減少し、RPSはより大きくなった。また、Blimitの変化は必ずしも一定ではないが、2018年については資源量推定値が低いため、どの仮定を置いても2018年漁期後の親魚量はBlimitを下回ると推定された(補足表7-1.、補足図7-1.)。

補足表7-1. 2004年以降の中国等の不明漁獲量を仮定した場合のスルメイカ秋季発生系群の漁獲量、残存親魚量、漁獲係数、再生産成功率、Blimit

年	資源量 (千トン)	2018年資源評価結果 (Blimit = 424千トン、RPSmed = 2.10)				①日本+韓国の1/2 (Blimit = 424千トン、RPSmed = 2.22)			
		漁獲量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲 係数 (F値)	再生産 成功率 (RPS)	漁獲量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲 係数 (F値)	再生産 成功率 (RPS)
2004	1,087	221	433	0.32	2.02	332	351	0.53	2.02
2005	1,207	225	496	0.29	2.79	338	412	0.47	3.44
2006	1,041	236	396	0.37	2.10	354	309	0.62	2.53
2007	1,268	156	581	0.18	3.20	233	523	0.29	4.10
2008	1,978	187	947	0.14	3.41	280	878	0.21	3.78
2009	1,621	192	748	0.17	1.71	288	677	0.27	1.85
2010	1,226	159	554	0.19	1.64	239	495	0.31	1.81
2011	1,570	131	765	0.12	2.83	196	716	0.18	3.17
2012	1,264	145	586	0.17	1.65	217	533	0.26	1.76
2013	1,167	118	553	0.15	1.99	177	509	0.23	2.19
2014	1,830	112	922	0.09	3.31	167	880	0.13	3.59
2015	823	102	376	0.18	0.89	153	338	0.29	0.93
2016	914	84	440	0.13	2.43	125	409	0.20	2.70
2017	919	85	441	0.13	2.09	128	410	0.21	2.25
2018	670	69	317	0.15	1.52	103	291	0.23	1.64

2018年漁獲量、残存親魚量および漁獲係数は予測値。

補足表 7-1. 続き

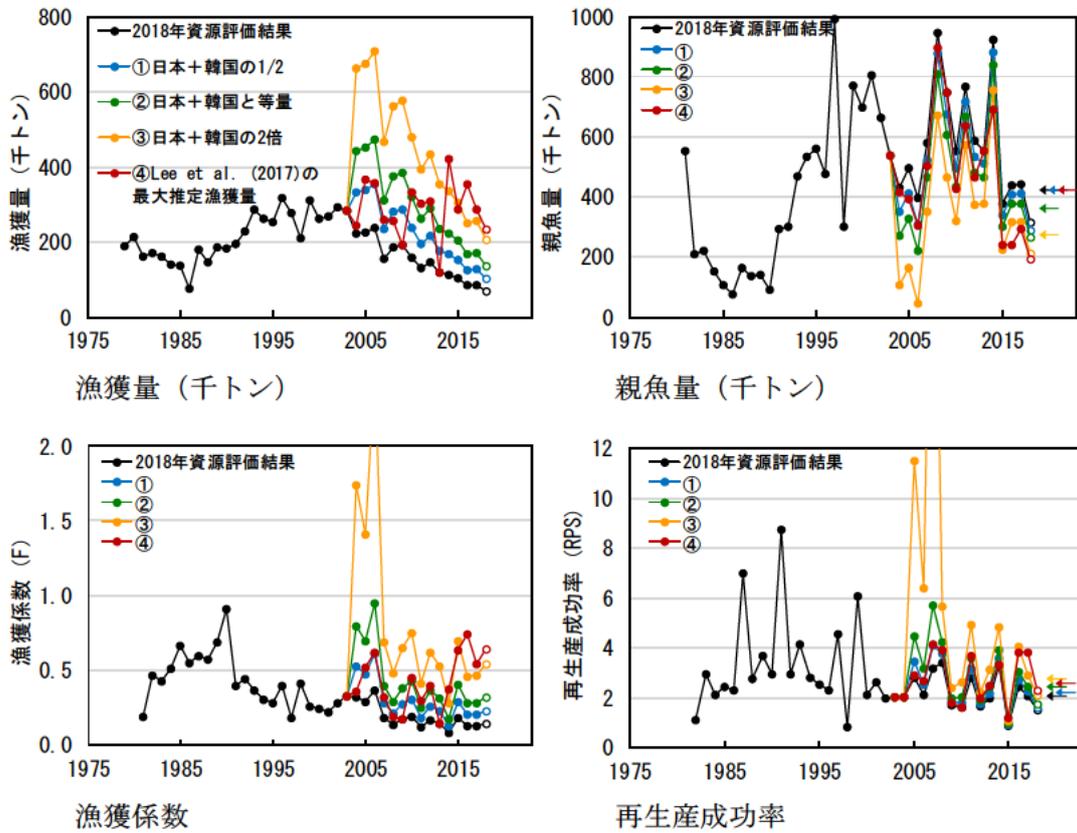
年	②日本+韓国と等量 (Blimit = 362 千トン、RPSmed = 2.43)				③日本+韓国の2倍 (Blimit = 274 千トン、RPSmed = 2.78)			
	漁獲量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲 係数 (F 値)	再生産 成功率 (RPS)	漁獲量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲 係数 (F 値)	再生産 成功率 (RPS)
2004	442	269	0.80	2.02	664	105	1.74	2.02
2005	450	329	0.70	4.49	675	162	1.41	11.51
2006	473	221	0.95	3.17	709	46	2.51	6.42
2007	311	465	0.40	5.73	467	350	0.69	27.31
2008	374	808	0.29	4.25	561	670	0.48	5.65
2009	384	605	0.39	2.01	576	463	0.65	2.42
2010	319	436	0.43	2.02	478	318	0.75	2.65
2011	262	668	0.25	3.60	392	571	0.41	4.93
2012	290	479	0.37	1.89	435	372	0.62	2.21
2013	236	466	0.32	2.43	353	378	0.53	3.14
2014	223	839	0.18	3.93	335	757	0.28	4.84
2015	204	301	0.41	0.98	305	225	0.69	1.09
2016	167	378	0.28	3.04	251	316	0.46	4.06
2017	170	378	0.29	2.43	255	315	0.47	2.91
2018	138	266	0.33	1.77	208	214	0.54	2.13

年	④Lee et al. (2017)の最大推定漁獲量 (Blimit = 423 千トン、RPSmed = 2.57)			
	漁獲量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲 係数 (F 値)	再生産 成功率 (RPS)
2004	243	417	0.36	2.02
2005	365	392	0.52	2.90
2006	358	306	0.62	2.66
2007	260	504	0.32	4.14
2008	255	896	0.19	3.93
2009	192	748	0.17	1.81
2010	333	426	0.46	1.64
2011	302	638	0.30	3.69
2012	309	465	0.40	1.98
2013	118	553	0.15	2.51
2014	422	692	0.37	3.31
2015	288	238	0.64	1.19
2016	355	239	0.74	3.84
2017	285	293	0.54	3.85
2018	235	194	0.64	2.29

2018 年漁獲量、残存親魚量および漁獲係数は予測値。④の仮定では 2017 年の中国等の不明漁獲量を 200 千トンとした。

引用文献

Lee, J.-S., J.-G. Ryu and H.-K. Kee (2017) A study on the status of Chinese fishing in the East Sea off North Korea and Directions for Countermeasures. *J. Fish. Bus. Admin.* **48**(3), 61-74. (In Korean with English abstract)



補足図 7-1. 2004 年以降の中国等の不明漁獲量を仮定した場合のスルメイカ秋季発生系群の漁獲量、残存親魚量、漁獲係数、再生産成功率の推移 各仮定の詳細は補足資料 7 の文中を参照のこと。2018 年 (白丸) の漁獲量、親魚量、漁獲係数は予測値。親魚量の図中の矢印は各仮定での Blimit を、再生産成功率の図中の矢印は各仮定での 1999 年以降の再生産成功率の中央値 (RPSmed) を示す。詳細な値は表 3.および補足表 7-1.参照。