

平成 28（2016）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、後藤常夫、宮原寿恵、松倉隆一、高原英生）

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 CPUE（釣り機 1 台 1 時間あたりの採集尾数）を用いて推定した。2016 年の資源量は 906 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（2012～2016 年）の資源量の変化から動向を減少と判断した。なお、2016 年の親魚量は 444 千トンで、Blimit（404 千トン）を上回る。

近年の調査から、10～11 月の稚仔分布量の減少や再生産成功率（RPS）の低下が観察されており、その原因として、海洋環境の変化（秋季の高水温化）や密度効果の影響が考えられる。このため、これまでの本系群の評価方法と同様に、RPS の低下傾向を考慮して加入量を見積もることが重要である。

生物学的許容漁獲量（ABC）は、現状の漁獲圧の維持（ $F_{\text{current}}=0.11$ 、漁獲割合=8%）および親魚量の維持（ $F_{\text{med}}=0.23$ 、漁獲割合=15%）の漁獲シナリオを設定し、各シナリオによる 2017 年の予測漁獲量として 2017 年の ABC を算定した。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	F 値 ($F_{current}$ との 比較)	漁獲割合 (%)	2017 年漁期 ABC (千トン)	Blimit= 404 千トン
					親魚量 5 年後 (千トン)
現状の漁獲圧 の維持* ($F_{current}$)	Target	0.09 ($0.80F_{current}$)	6	65	901
	Limit	0.11 ($1.00F_{current}$)	8	81	804
親魚量の維持* (F_{med})	Target	0.19 ($1.64F_{current}$)	13	128	560
	Limit	0.23 ($2.05F_{current}$)	15	156	444

コメント

- ・本系群の ABC 算定には規則 1-1)-(1)を用いた。
- ・2016 年漁期終了時の推定親魚量は 444 千トン。
- ・現状の漁獲圧は資源を悪化させる状況にはないと判断される。
- ・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。
- ・海洋環境によって資源動向が変化した場合は、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。
- ・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、「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、関係漁業者の経営への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」とされており、好適な海洋環境が継続すれば親魚量の維持シナリオ以下に漁獲圧を維持することで、資源水準を高、中位に維持可能と考えられる。同方針に合致する漁獲シナリオには*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（2013～2015 年）の F の平均値。漁獲シナリオにある「親魚量の維持（ F_{med} ）」は中長期的に安定する親魚量での維持を指し、1994～2016 年（過去 23 年間）の再生産成功率の中央値（2.30）に対応する F。漁獲割合は 2017 年漁期漁獲量／資源量。評価の対象とした 5 年後の親魚量は、2021 年漁期終了時の予測親魚量。2017 年漁期は 2017 年 4 月～2018 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 (%)
2012	1,411	667	145	0.15	10
2013	1,150	544	118	0.15	10
2014	2,346	1,205	112	0.07	5
2015	1,186	575	102	0.12	9
2016	906	444*	—	—	—

*2016 年親魚量は $F_{current}$ で漁獲した場合に計算される 2016 年漁期終了時の予測値である。

	指標	水準	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	404 千トン	この値未満だと高い加入量が期待できなくなる。
2016 年	親魚量	444 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） (http://www.fips.go.kr:7001/index.jsp 、2016 年 3 月)
資源量指標値 ・資源量指標値	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
・幼生分布量	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
・新規加入量調査	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
・海洋環境・海洋観測調査	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 26 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 5%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）と、小型いか釣り漁業（30 トン未満漁船）に分けられる。

本系群は韓国、中国、北朝鮮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多く、1999 年以降は我が国を上回る漁獲量となっている。中国の漁獲量に関する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本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）。なお、春季から夏季に発生した群も想定されている（新谷 1967）が、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、産卵直前になって急速に生殖器官を発達させ、多くのイカ類（Rocha et al. 2001）同様、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哺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。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。

(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。その後は増加し、1990年代の漁獲量は11万～18万トンとなった。しかし、2000年以降は再び減少傾向となり、2013年以降は4万トンを下回り、2015年の漁獲量は3.3万トンと過去30年の最低値であった。

本系群を対象とした韓国の漁獲量は1980年代までは最大4万トンであった。しかし、1990年以降に急速に増加し、1993年に10万トンを超えた。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、2015年は6.9万トンであった。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15.7万トンであったが、韓国の漁獲量の急速な増加により1996年および1999年には30万トンを超え、1970年代前半の日本海の漁獲量と同程度まで増加した。しかし、近年は減少傾向にあり、2007年には20万トンを下回った。2015年の漁獲量は低調であった前年を下回る10.2万トンで、過去30年間では1986年(7.7万トン)に次ぐ低い値となった。

なお、2016年11月21日現在での2016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16,747トン、韓国は28,976トン、合計45,723トンで、前年同期の83%、過去5年平均の81%であった(一部推定値を含む)。

本系群の漁獲量が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)や、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(木所 2011)ことが推察される。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)、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7万～10万日であったが、1990年代以降減少し、2000年代には2万日台を下回った(図4、

表 2)。2007 年以降は 1 万日前後となり、2015 年は 9.2 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（詳細は補足資料 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（詳細は補足資料 2）。

- ア) 日本海漁場一斉調査の結果から分布状況を把握するとともに、全調査点で実施した調査船の 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標値として求めた。
- イ) 資源量は、上記の漁場一斉調査で得られた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。
- ウ) 比例定数（ q ）は、1979～2000 年の漁獲係数の平均値が、1979～2000 年の調査船調査で得られたデータ（CPUE の日間減少率）から推定した 1979～2000 年の平均的な漁獲係数（ $F^*=0.447$ ）と同値になるように求めた。

(2) 資源量指標値の推移

ア) 資源量指標値

漁場一斉調査（詳細は補足資料 3）で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 2.76 となった。1987 年以降は増加傾向に転じ、2000 年前後には約 20 となった。その後、やや減少し、2003 年以降は 15 前後で経過していたが、2014 年には 28.80 となり、過去最も高い値となった。しかし、翌 2015 年は 14.56 となり、2013 年以前の水準に戻った。2016 年は 11.12 となり 2000 年以降では最も低い値となった。

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有意な相関関係があることが報告されている（Kidokoro et al. 2014）。2016 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 5.8 尾であり、2015 年（51.2 尾）および近年 5 年平均（20.6 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、2011 年は 1990 年以降で最も少ない 0.50 尾となった（図 6）。2015 年の 1 曳網あたりの採集数は 0.64 尾であり、2014 年（1.49 尾）および過去 5 年平均（1.04 尾）を下回った。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）、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。なお、2016 年の調査結果（速報値）では、資源が増加した 1989 年以降と同様に対馬海峡付近で幼生が採集されたものの、1 曳網あたりの平均採集尾数は 0.11 尾で、1988 年以前に観察された分布密度に低下している可能性が高い。本調査における幼生の採集海域と分布密度は資源量の中長期的な変化と関連していることから（補足資料 3）、今後の海洋環境および調査結果を注視する必要がある。

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 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、2015 年には 1.84 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。2016 年は 19cm 台にモードがある組成であり、外套背長 18cm 台より小さい個体は前年および近年平均より少なかった。外套背長 20～21cm 台の個体も前年および過去 5 年平均より少なかったが、22cm 台以上の個体は前年と同程度であった。

（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 23 万トンとなった（図 8、表 3）。資源量は 1990 年代に増加し、2000 年前後には概ね 150 万～200 万トン、2003 年以降は 100 万～150 万トンで推移した。2014 年の資源量は 235 万トンと過去最高となったが、その後減少し、2015 年に 119 万トン、2016 年に 91 万トンと推定された。

漁獲割合は 1980 年代に資源量の減少とともに上昇し、1980 年代半ばに 35～40%となった。その後、資源量の増加とともに低下し、1990 年代で 30%以下、2000 年以降で 20%前後となった。2008 年以降にさらに低下し、2011 年以降で 5～10%となっている。

親魚尾数（計算手法は補足資料 2 参照）も資源量と同様に 1980 年代前半は減少傾向にあったが、1980 年代後半以降は増加し、2000 年前後は 30 億尾前後となった（図 9、表 3）。2003 年以降は低下し、概ね 20.5 億尾前後で推移しており、2014 年は 43.0 億尾と過去最も高い値であったが、2015 年は 21 億尾と 2013 年以前と同程度であった。2016 年漁期に近年 3 年平均の漁獲係数（ $F=0.11$ ）で漁獲した場合、2016 年の漁獲量は 7.2 万トン、2016 年の親魚尾数は 15.9 億尾（親魚量は 44.4 万トン）となり、2015 年の 20.5 億尾を下回ると予測される（図 9、表 3）。

（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 10）。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 年代に概ね 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（図 11、表 3）。

RPS が低下傾向にある要因として、近年の北朝鮮海域における中国漁船による漁獲量の把握ができず親魚量を過大推定しているため、見かけ上、RPS が低下している可能性もある。ただし、観察された 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ことには無理があるため、2016 年までの RPS の低下には、海洋環境の変化（秋季の高水温化）や密度効果も影響していると考えられる。（補足資料 4）。

(6) Blimit の設定

Blimit は、Myers et al. (1994) を参考に、再生産関係を用いて、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 (40.4 万トン、14.4 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。

(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 (51.3 万トン) 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 (108.7 万トン) を中位水準と高位水準の境界とした (図 8)。

2016 年の資源量は 90.6 万トンであり、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 (2012～2016 年) の推定資源量の変化 (図 8) から減少と判断した。

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 が長期的に低下傾向にあることの影響と考えられる。RPS の低下要因として、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）や密度効果も一因となっていると考えられる（補足資料 4）。スルメイカ冬季発生系群では不適レジーム（寒冷レジーム）への移行の可能性が示唆される調査結果も得られたが（本報告書「スルメイカ冬季発生系群の資源評価」参照）、近年の水温の傾向と観察されている分布生態を考慮すれば、秋季の高水温化の方が問題となる可能性のある本系群においては、2016 年までの資源量減少の原因が寒冷化にあるとは考えにくい。ただし、2016 年 10～11 月の本系群の幼生分布密度（速報値）から、本系群でも資源動向が変化する可能性も考えられることから、今後の調査結果を注視していく必要がある。

(8) 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（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）、主発生時期（木所 2009）の変化と関連し、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（木所 2009）。

2015 年 10～11 月の幼生分布調査においては、幼生の分布範囲は資源減少期に観察された状態（対馬海峡～東シナ海で出現しない）にはなっておらず（補足資料 3）、分布密度も資源減少期に観察された極めて低い水準にまでは低下していなかった（図 6）。ただし、幼生の分布密度は長期的には減少傾向にあり、90 年代以降では 2 番目に低い値であった。なお、2016 年 10～11 月の同調査により得られた分布密度の速報値は、1988 年以前の資源減少期に観察された値に近く、今後の海洋環境および調査結果の動向を注視する必要がある。また、RPS は 2000 年以降長期的に減少傾向にある（図 11）。

以上のことから、本年の評価においては前年までの方法と同様に、近年の RPS の低下傾向を反映させるため、再生産成功率の仮定値である RPS 中央値の参照期間を最近 23 年（平成 23 年度以降の評価において適用）として、加入量を予測した（補足資料 4）。この計算方法では、RPS の中央値を 1990 年以降の値で計算する方法よりも、近年の RPS の変化を反映しやすくなると考えられる。加入量の見積もりに用いる過去 23 年間（1994～2016 年）の RPS 中央値は 2.30 と計算され、資源水準（親魚量）を維持する管理基準値（Fmed）を（1）式より 0.23 と算出した。

$$Fmed = \ln(RPSmed) - M \quad (1)$$

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 0.11 である。この値は、親魚量を維持することが期待される漁獲係数（Fmed=0.23）よりも低い値であり、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、Fcurrent の加入量あたり親魚量率（%SPR）は 89%、Fmed の%SPR は 79%であり、漁獲がない場合と比較してそれぞれ 89%、および 79%の親魚尾数が確保されていると計算される。

5. 2017 年 ABC の算定

（1）資源評価のまとめ

スルメイカの資源量は、漁獲の影響と海洋環境の変化によって大きく変動する。1990 年代以降は、好適な環境（温暖な環境）へ変化するとともに資源量が増大し、1990 年代半ばには 100 万トンを超えた。2016 年の資源量は 90.6 万トンであり、資源水準は中位、動向は減少と判断された。

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 が長期的に低下傾向にあることの影響と考えられる。RPS の低下要因として、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）や密度効果も一因と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

2016 年の資源量は 90.6 万トン (32.4 億尾) と推定され、近年 3 年平均の漁獲係数 ($F=0.11$) で漁獲した場合、2016 年の漁獲量は 7.2 万トン (2.6 億尾)、漁期後の親魚量は 44.4 万トン (15.9 億尾) と予測される。2016 年漁期後の親魚量は B_{limit} (40.4 万トン、14.4 億尾) を上回ることから、ABC 算定規則の 1-1)-(1) を適用し、現状の漁獲圧の維持 ($F_{current}$) シナリオおよび親魚量の維持 (F_{med}) シナリオで 2017 年の ABC を算定した。

2017 年の ABC_{limit} は、管理基準値 (漁獲割合) $\times$ 2017 年予測資源量として算定されるが、現状の漁獲圧 (近年 3 年間の F 値の平均値) シナリオの管理基準値は、 $F_{current}=0.11$ (漁獲割合 8%) であり、親魚量の維持シナリオにおける管理基準値は、 $F_{med}=0.23$ (漁獲割合 15%) であった。一方、2017 年の資源量は、2016 年漁期後の親魚量 (44.4 万トン、15.9 億尾) と過去 23 年間 (1994～2016 年) の RPS の中央値 (2.30) から、102 万トンと予測された。以上を基に、2017 年の ABC_{limit} は現状の漁獲圧シナリオ ($F_{current}$) では 8.1 万トン、親魚量の維持シナリオ (F_{med}) では 15.6 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 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 36.5 億尾 (資源尾数の最大値 (83.8 億尾) $\div$ RPS の中央値) を超えた場合は親魚尾数を 36.5 億尾として翌年の資源量 (234.6 万トン) を計算した。その結果、今後の資源量は、親魚量の維持シナリオを除いて 2017 年以降増加し、現状の漁獲圧 ($F_{current}$) を維持した場合では 2021 年には 164 万トンに達した。漁獲量も同様に、親魚量の維持シナリオ以外は、2017 年以降増加すると計算された。

ただし、以上の将来予測は、RPS に過去 23 年の中央値 (2.30) を適用して得られた結果である。RPS の低下傾向が継続しており、最近 10 年間では 2.30 よりも低い RPS が観察された例の方が多いこと (図 11、表 3) に留意する必要がある。

漁獲シナリオ (管理基準)		F 値	漁獲量 (千トン)						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
現状の漁獲圧 の維持 ($F_{current}$)	Target	0.09	102	72	65	75	87	100	115
	Limit	0.11	102	72	81	91	102	115	130
親魚量の維持 (F_{med})	Target	0.19	102	72	128	134	140	147	154
	Limit	0.23	102	72	156	156	156	156	156
			資源量 (千トン)						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
現状の漁獲圧 の維持 ($F_{current}$)	Target	0.09	1,186	906	1,020	1,175	1,354	1,559	1,796
	Limit	0.11	1,186	906	1,020	1,149	1,294	1,457	1,641
親魚量の維持 (F_{med})	Target	0.19	1,186	906	1,020	1,069	1,119	1,172	1,228
	Limit	0.23	1,186	906	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020

			親魚量（千トン）						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	0.09	575	444	512	589	679	782	901
	Limit	0.11	575	444	500	563	634	714	804
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.19	575	444	465	487	510	535	560
	Limit	0.23	575	444	444	444	444	444	444

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) 2017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15)。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年後における漁獲量の変動幅(80%区間)および親魚量(2016年の親魚量と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	F 値 ($F_{current}$ との 比較)	漁獲 割合 (%)	将来漁獲量 (千トン)		確率評価 (%)		2017 年 漁期 ABC (千トン)
				5 年後	5 年 平均	2016 年親魚 量を維持 (5 年後)	Blimit を 維持 (5 年後)	
現状の漁獲 圧の維持* ($F_{current}$)	Target	0.09 (0.80 $F_{current}$)	6	34 ～ 247	109	82	85	65
	Limit	0.11 (1.00 $F_{current}$)	8	38 ～ 305	131	80	83	81
親魚量の 維持* (F_{med})	Target	0.19 (1.64 $F_{current}$)	13	42 ～ 451	189	71	75	128
	Limit	0.23 (2.05 $F_{current}$)	15	42 ～ 495	217	63	67	156

コメント

- ・本系群の ABC 算定には規則 1-1)-(1)を用いた。
- ・2016 年漁期終了時の推定親魚量は 444 千トン。
- ・現状の漁獲圧は資源を悪化させる状況にはないと判断される。
- ・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。
- ・海洋環境によって資源動向が変化し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。
- ・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、「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、関係漁業者の経営への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」とされており、好適な海洋環境が継続すれば親魚量の維持シナリオ以下に漁獲圧を維持することで、資源水準を高、中位に維持可能と考えられる。同方針に合致する漁獲シナリオには*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（2013～2015 年）の F の平均値。漁獲シナリオにおける「親魚量の維持（ F_{med} ）」は、中長期的に安定する親魚量での維持を指し、1994～2016 年（過去 23 年間）の再生産成功率の中央値（2.30）に対応する F。将来漁獲量および確率評価は、過去 23 年間の RPS を無作為抽出するシミュレーション（1,000 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。将来漁獲量の「5 年後」は 2021 年、「5 年平均」は 2017～2021 年の平均値、確率評価の「2016 年親魚量」は 2016 年漁期終了時の親魚量（444 千トン）である。また、確率評価の対象とした 5 年後の親魚量は、2021 年漁期終了時の予測親魚量である。

(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
2012～2015 年漁獲量	2012～2014 年の漁獲量の更新、2015 年漁獲量の追加 2012～2015 年の親魚量の更新
2016 年資源量確定値	2016 年資源量の確定、2016 年 RPS の追加、管理基準値 (Fmed) の変更

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)
2015 年 (当初)	Fmed	0.33	2,345	486	402*	
2015 年 (2015 年再評価)	Fmed	0.23	1,186	183	150	
2015 年 (2016 年再評価)	Fmed	0.23	1,186	183	150	102
2016 年 (当初)	Fmed	0.23	1,326	205*	168	
2016 年 (2016 年再評価)	Fmed	0.23	906	139	114	
2015、2016 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。						

2016 年の RPS の追加および参照期間の更新があったが、過去 23 年の RPS 中央値および F 値の変化はほとんど無かった。再評価値は予測漁獲量と実漁獲量との違いによっても変化するが、2015 年評価における 2015 年の予測漁獲量 101 千トンに対し、実際の漁獲量は 102 千トンであり、この影響での変化もほとんど無い。一方、2015 年度の資源評価では、RPS として 2.30 を仮定し 2016 年の資源量を 1,326 千トンと予測していたが、2016 年の調査結果では 906 千トンと推定された（予測値の 68%、RPS=1.58）。以上のように、2016 年の資源量が予測よりも少なかったため、2016 年の ABC（親魚量の維持（Fmed）シナリオ）の再評価値（139 千トン）は、2016 年当初評価（2015 年度資源評価時の値=205 千トン）の 68%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 算定の対象となる資源の量は仮定した再生産関係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 の低下傾向が観察されており、また 2015 年の親魚量は Blimit に近い水準にあることから、資源評価の不確実性を考慮した TAC の設定が重要である。

スルメイカの資源量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、資源動向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

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。

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

7. 引用文献

- 安達二郎 (1988) 日本海西部海域におけるスルメイカ, *Todarodes pacificus* Steenstrup, の漁業生物学的研究. 島根水試研報, **5**, 1-93.
- 新谷久男 (1967) スルメイカの資源. 水産研究叢書, **16**, 日本水産資源保護協会, 66pp.
- 後藤常夫 (1999) 口径 45cm プランクトンネットの鉛直曳きによるスルメイカ幼生の採集とその有効性 (要旨). イカ類資源研究会議報告 (平成 10 年度), 99-100, 北水研.
- Goto, T. (2002) Paralarval distribution of the ommastrephid squid *Todarodes pacificus* during fall in the southern Sea of Japan and its implication for locating spawning grounds. Bull. Mar. Sci., **7**(1), 299-312.
- 浜部基次・清水虎雄 (1966) 日本海西南海域を主としたスルメイカの生態学的研究. 日水研報, **16**, 13-55.
- Hare, S. R. and 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. by Okutani, T., R. K. O'Dor and T. Kubodera, Tokai University Press, Tokyo.
- 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., 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.
- 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.
- 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.
- 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

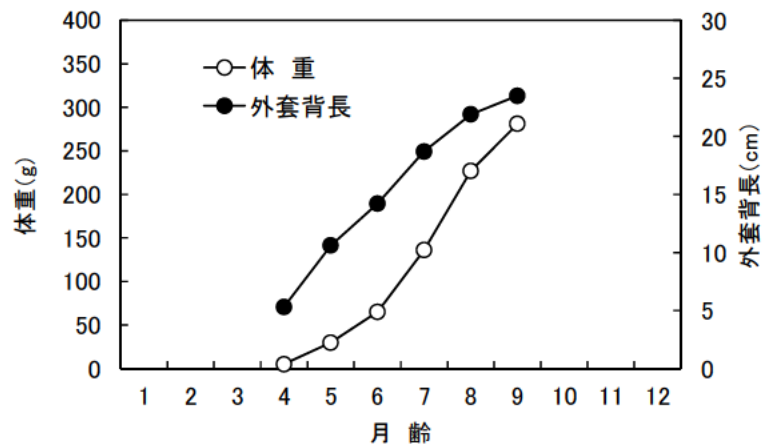


図 2. スルメイカ秋季発生系群の成長

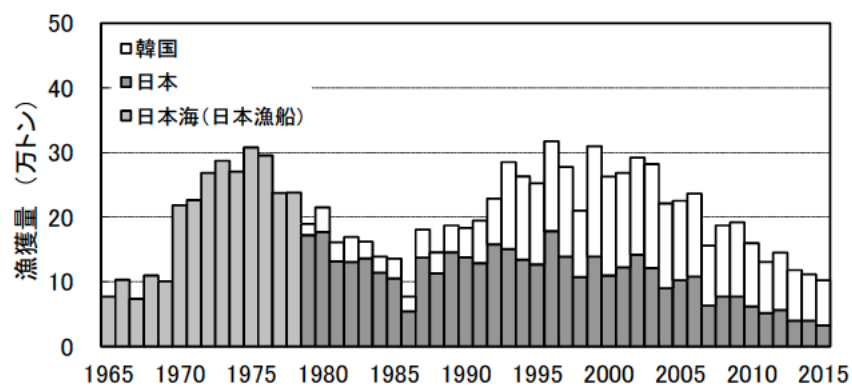


図 3. スルメイカ秋季発生系群の漁獲量 1978 年以前は秋季発生系群が大部分を占めていた日本海における日本漁船の漁獲量である。

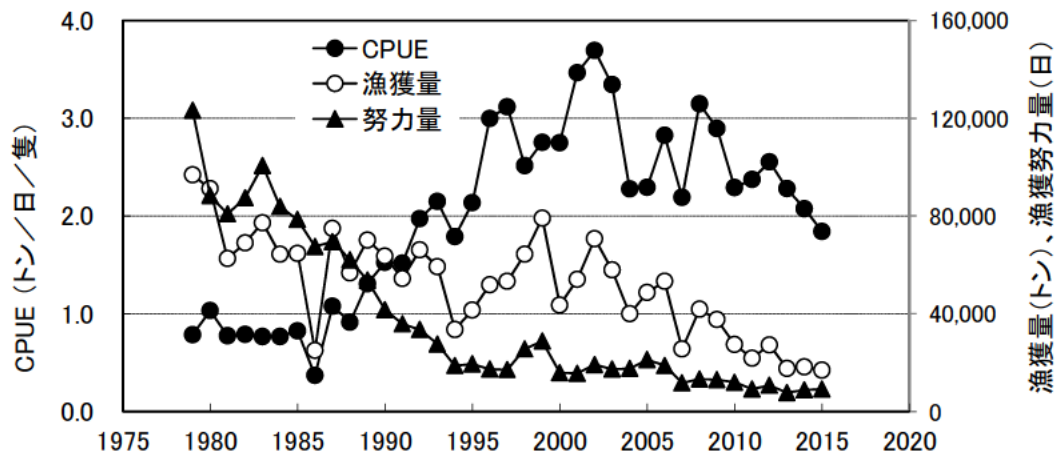


図 4. 旧中型いか釣り漁船によるスルメイカ秋季発生系群の漁獲量、CPUE（1日1隻あたりの漁獲量）および漁獲努力量

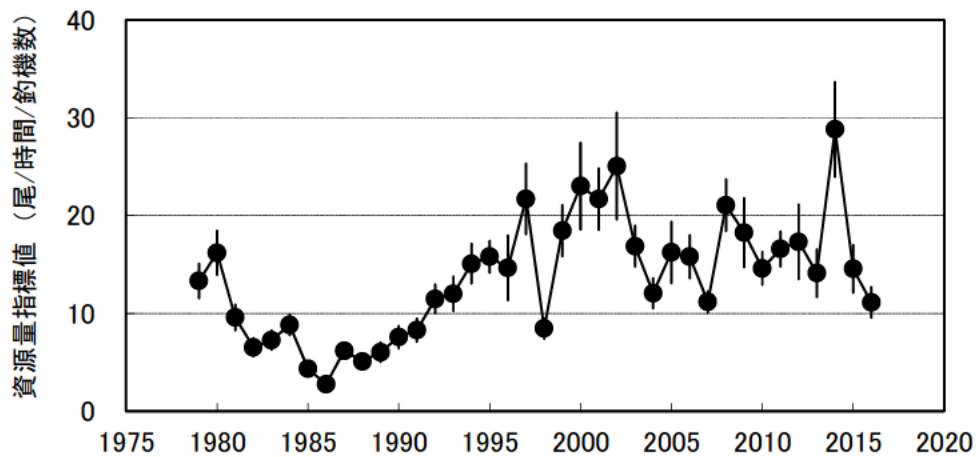


図 5. スルメイカ秋季発生系群の資源量指標値（|は標準誤差）

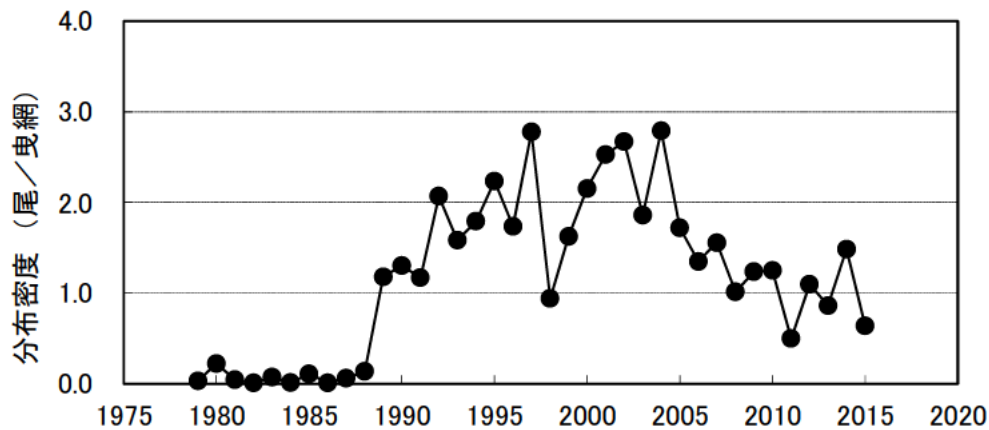


図 6. 秋季の日本海におけるスルメイカ幼生の分布密度

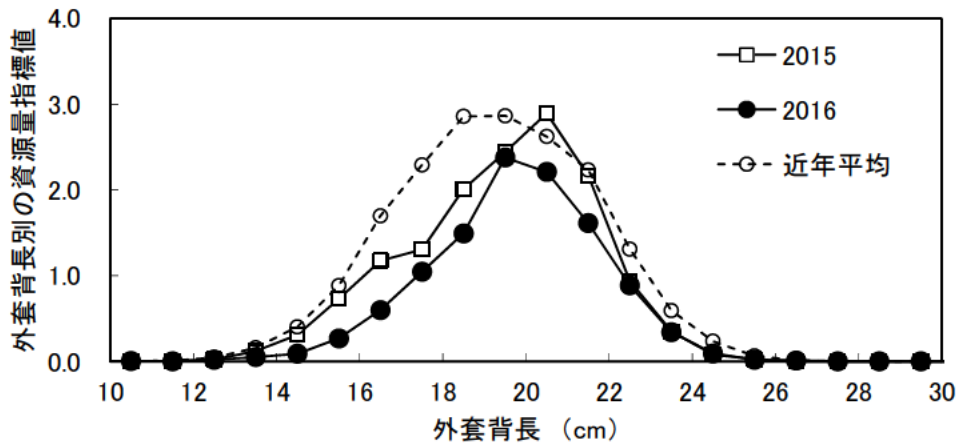


図7. 日本海スルメイカ漁場一斉調査結果によるCPUE重み付け平均外套背長組成

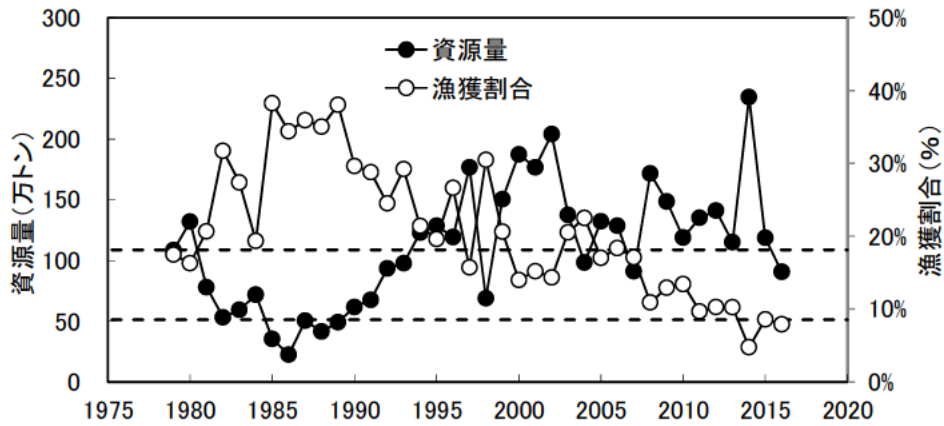


図8. スルメイカ秋季発生系群の推定資源量および漁獲割合
破線は、高位水準と中位水準の境（108.7 万トン）と、
中位水準と低位水準の境（51.3 万トン）を示す。

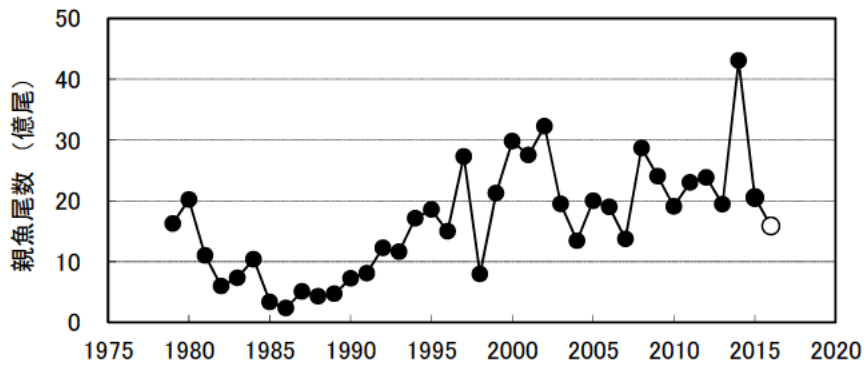


図9. スルメイカの推定親魚尾数 ○は2016年の予測値。

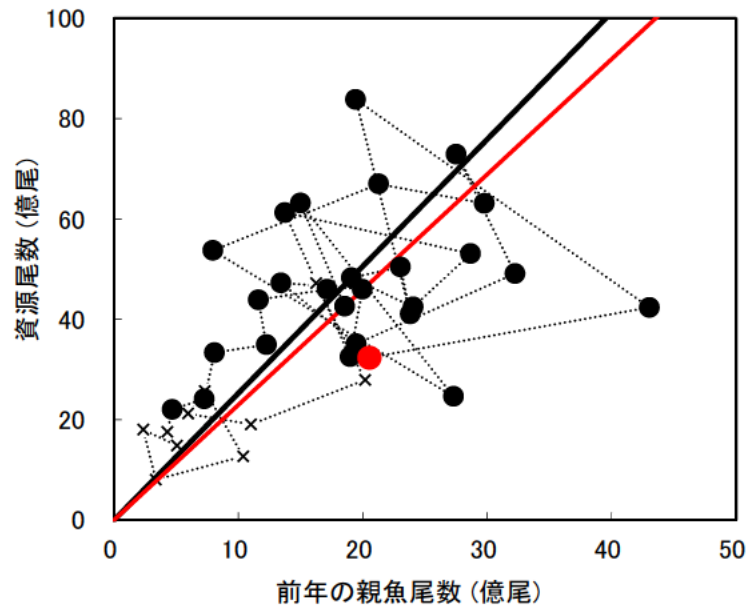


図10. スルメイカ秋季発生系群の再生産関係

図中（●）は2016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、赤線は過去23年間（1994～2016年）のRPSの中央値を示す。

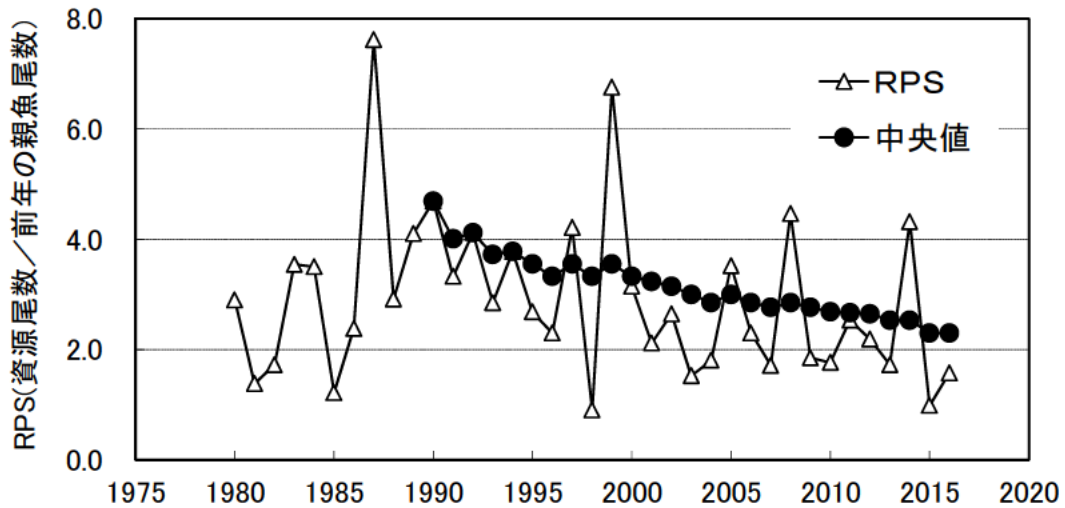


図 11. スルメイカ秋季発生系群の再生産成功率（RPS（資源尾数／前年の親魚尾数）） 図中の中央値は、1990～2011年については1990年以降その年までのRPSの中央値を示し、2012年以降は過去23年間の中央値を示す。

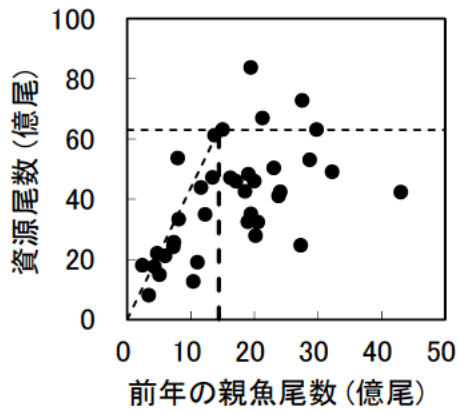


図 12. スルメイカ秋季発生系群の再生産関係と Blimit 細破線は Blimit (太破線) を推定する際に用いた資源尾数と再生産成功率 (RPS) の 90% 値を示す。

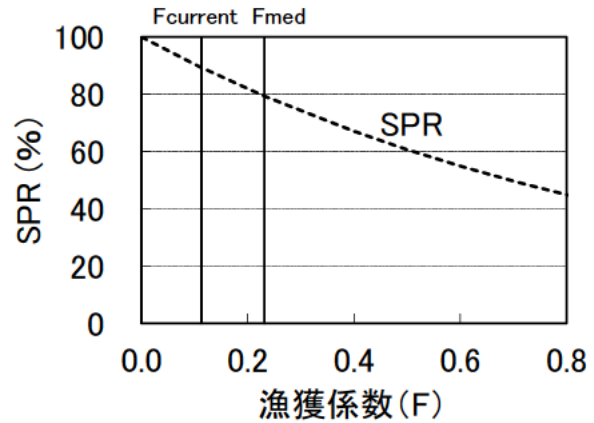


図 13. F と SPR の関係

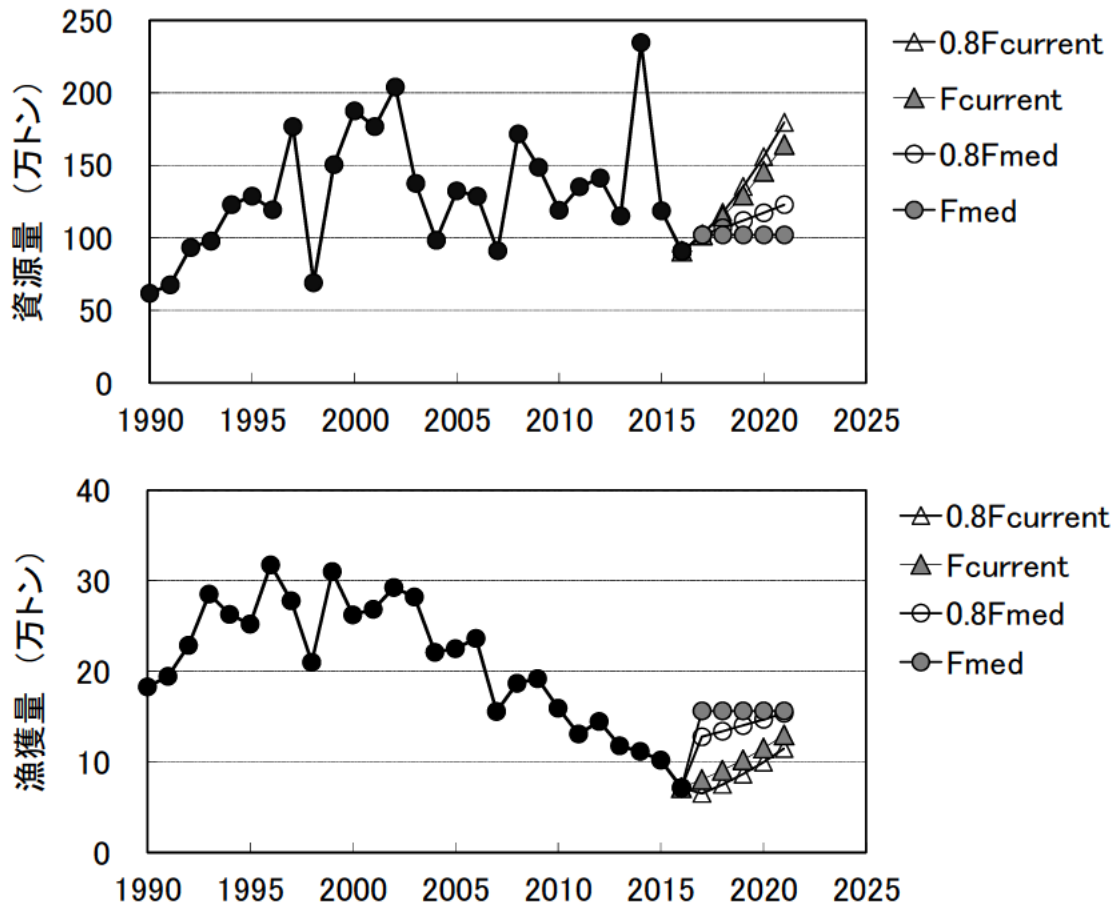


図14. 各漁獲係数による資源量 (上図) と漁獲量 (下図)

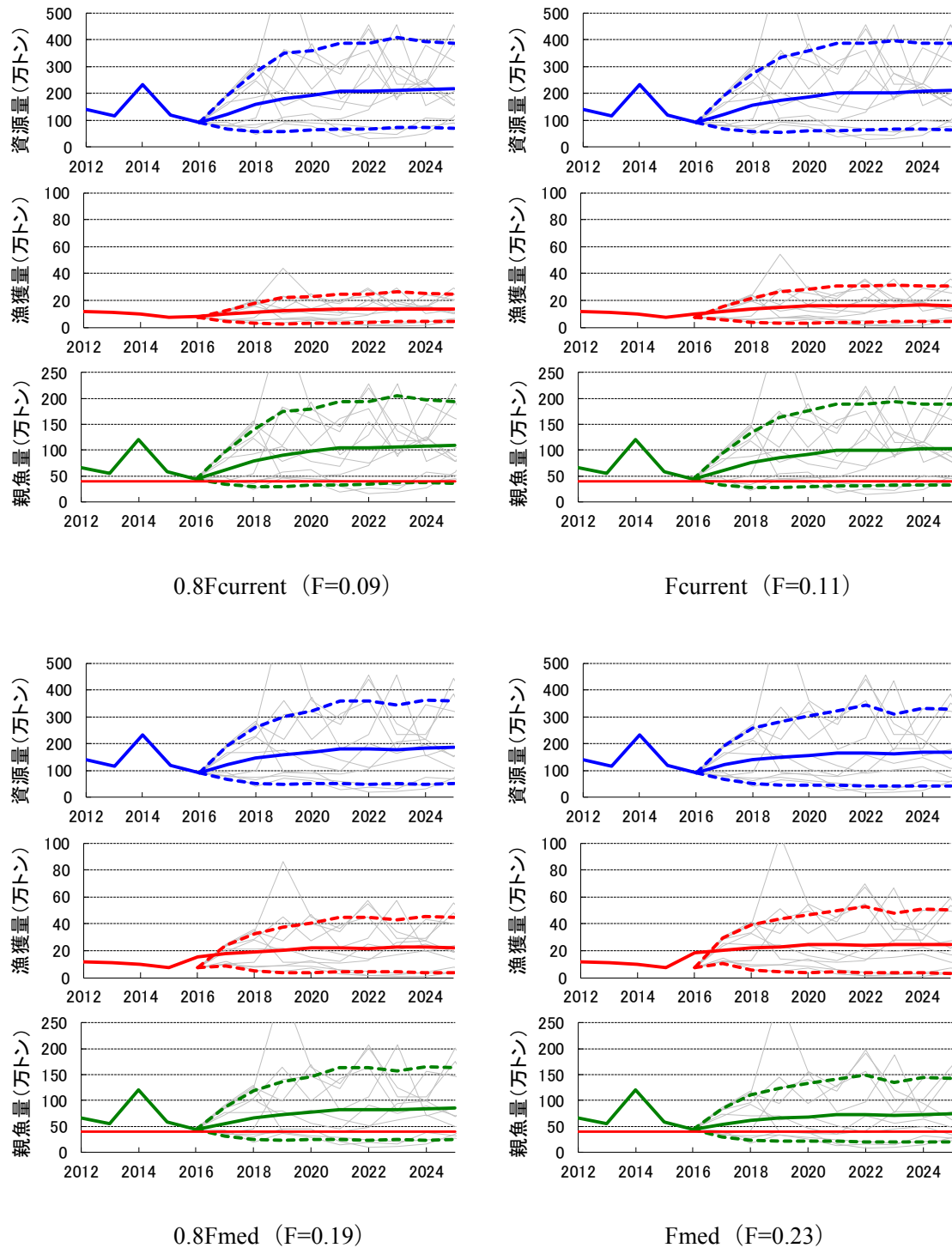


図 15. 加入量の不確実性を考慮して各資源管理基準値で漁獲した場合の資源量（上図）、漁獲量（中図）、親魚量（下図）の推移。細線は 1,000 回の試行のうち、任意の 10 回の試行の各推移、太線は 1,000 回の試行による平均値、太点線は上側 10%と下側 10%点を示す。親魚量のグラフ中の赤線は B_{limit} (40.4 万トン) を示す。

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	56,237	88,569	144,806
2013	39,834	77,981	117,815
2014	39,642	71,898	111,540
2015	32,690	69,265	101,955

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	27,224	2.555	10,655
2013	17,591	2.279	7,719
2014	18,259	2.076	8,797
2015	16,906	1.841	9,185

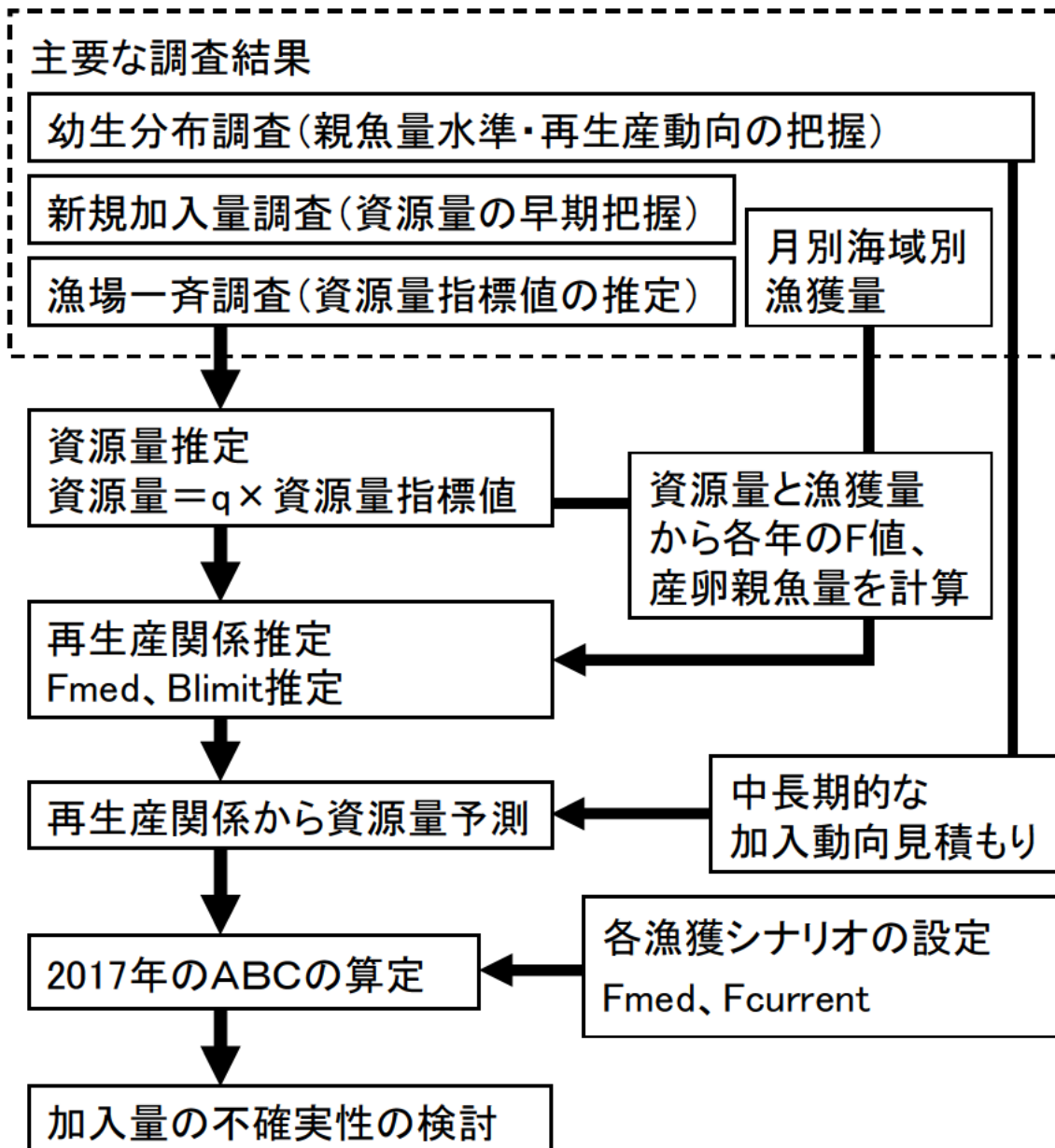
表における漁獲量は日本海（5～10 月）と東シナ海（5～11 月）の冷凍漁獲量集計値。CPUE（漁船）は漁獲成績報告書における日本海（5～10 月）と東シナ海（5～11 月）の漁獲量集計値／のべ操業日数により算出。漁獲努力量はこれらの値から漁獲量／CPUE（漁船）として算出。

表 3. スルメイカ秋季発生系群の資源解析結果

年	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	38.75	190	1,085	16.25	455	17.5	0.27	
1980	16.20	47.13	215	1,320	20.18	565	16.3	0.25	2.90
1981	9.59	27.89	161	781	11.04	309	20.7	0.33	1.38
1982	6.54	19.03	169	533	5.97	167	31.7	0.56	1.72
1983	7.28	21.17	162	593	7.33	205	27.4	0.46	3.54
1984	8.82	25.65	139	718	10.40	291	19.4	0.30	3.50
1985	4.36	12.67	136	355	3.37	94	38.2	0.73	1.22
1986	2.76	8.02	77	225	2.36	66	34.4	0.62	2.38
1987	6.18	17.98	181	503	5.08	142	35.9	0.66	7.62
1988	5.09	14.82	145	415	4.29	120	35.0	0.64	2.92
1989	6.04	17.58	187	492	4.70	132	38.0	0.72	4.10
1990	7.58	22.04	183	617	7.25	203	29.6	0.51	4.69
1991	8.29	24.13	194	676	8.10	227	28.8	0.49	3.33
1992	11.46	33.35	229	934	12.25	343	24.5	0.40	4.12
1993	12.00	34.91	285	977	11.61	325	29.2	0.50	2.85
1994	15.08	43.88	263	1,229	17.13	480	21.4	0.34	3.78
1995	15.80	45.95	252	1,287	18.55	519	19.6	0.31	2.68
1996	14.64	42.60	318	1,193	14.98	419	26.6	0.45	2.30
1997	21.70	63.12	278	1,767	27.29	764	15.7	0.24	4.21
1998	8.46	24.61	210	689	7.95	223	30.5	0.53	0.90
1999	18.46	53.69	310	1,503	21.27	595	20.6	0.33	6.76
2000	23.01	66.93	262	1,874	29.79	834	14.0	0.21	3.15
2001	21.68	63.07	268	1,766	27.51	770	15.2	0.23	2.12
2002	25.04	72.85	292	2,040	32.24	903	14.3	0.22	2.65
2003	16.88	49.09	282	1,375	19.48	545	20.5	0.32	1.52
2004	12.07	35.11	221	983	13.42	376	22.5	0.36	1.80
2005	16.24	47.24	225	1,323	19.97	559	17.0	0.26	3.52
2006	15.80	45.97	236	1,287	18.98	531	18.4	0.28	2.30
2007	11.18	32.51	156	910	13.73	384	17.1	0.26	1.71
2008	21.06	61.26	187	1,715	28.68	803	10.9	0.16	4.46
2009	18.24	53.07	192	1,486	24.05	673	12.9	0.19	1.85
2010	14.59	42.44	159	1,188	19.07	534	13.4	0.20	1.77
2011	16.59	48.27	131	1,352	23.03	645	9.7	0.14	2.53
2012	17.32	50.39	145	1,411	23.82	667	10.3	0.15	2.19
2013	14.12	41.07	118	1,150	19.42	544	10.2	0.15	1.72
2014	28.80	83.80	112	2,346	43.04	1,205	4.8	0.07	4.31
2015	14.56	42.34	102	1,186	20.54	575	8.6	0.12	0.98
2016	11.12	32.35	72*	906	15.86*	444*	7.9*	0.11*	1.58

*2016 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) 資源量の推定方法

本系群の資源尾数 (N_t) は、漁場一斉調査結果 (補足資料 3) から得られる資源量指標値 (U_t) を用いて、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、漁場一斉調査結果 (補足資料 3- (1)) より得られる資源量指標値 (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)、 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。

(2) 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 (3) 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 1979～2000 年の F を計算し、その平均値が F^* となるような q を求め $q=2.91 \times 10^8$ を得た。

(3) 1979～2000 年の平均的な漁獲係数の推定方法

1979～2000 年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。

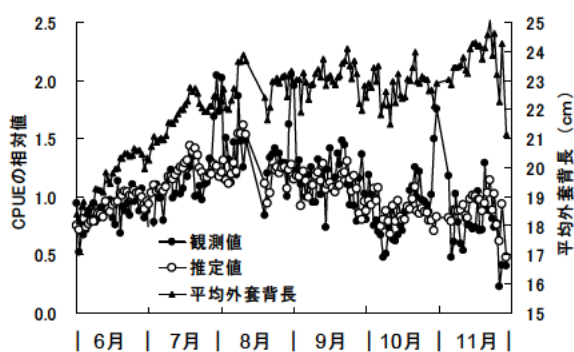
$$u_d = a \cdot e^{-z^* \cdot d} \quad (2-3)$$

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。

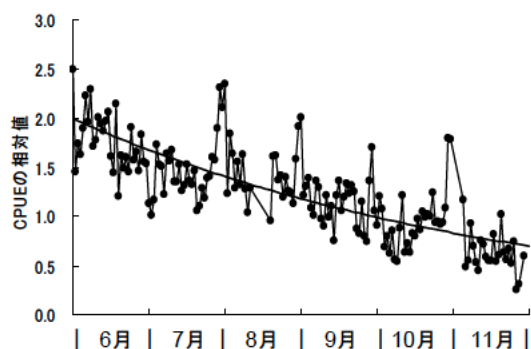
しかし、調査船 CPUE の相対値 (u_d) は、7 月下旬以降 ($d=50$ 日以降) は減少傾向となっていたものの (補足図 2-1)、 u_d は 7 月までは増加しており、この間の資源尾数の減少は示されていない。そこで、調査船 CPUE の相対値 (u_d) の変化は、実際には、全減少係数 (z^*) に加えて、スルメイカの平均外套背長 (x_d) と関連する獲られやすさも影響 (指数関係にあると仮定) していると判断し、下式をもとに全減少係数 (z^*) を推定した。

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

(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 2-2 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 2-1. 年相対 CPUE および平均外套背長の日別変化



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) の変化として示す。

(4) 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) 漁場一斉調査および資源量指標値

漁場一斉調査 (釣獲試験調査)

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)。なお、実施した全調査点における調査船の CPUE (釣機 1 台 1 時間あたりの採集尾数) の平均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)。ただし、2014 年は、資源量が過去最高値であったにもかかわらず、旧中型いか釣り漁船の CPUE が低く、これまでの関係から大きく外れた。

2016 年の調査結果の概要を補足図 3-1 に示す。道北・道央海域では外套背長 16cm 台以下および 17～18cm 台の小型サイズを中心に採集され、CPUE が 50 前後の分布密度の高い調査点もあった。本州沿岸域では CPUE が 50 を超す分布密度が高い調査点はなかった。一方、大和堆付近から秋田県沖にかけては CPUE が 50 以上の分布密度が高い調査点があった。また、この海域で採集された個体は他の海域よりも大型であった。

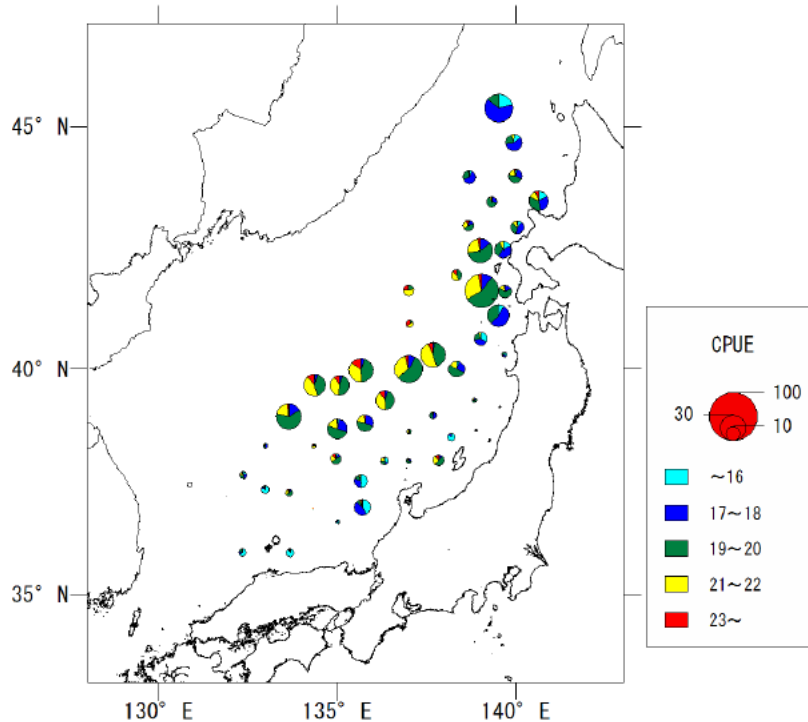
資源量指標値

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標値は、1995 年を境に下記のように求めた。なお、資源量指標値の推移を図 5 に示す。

a) 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

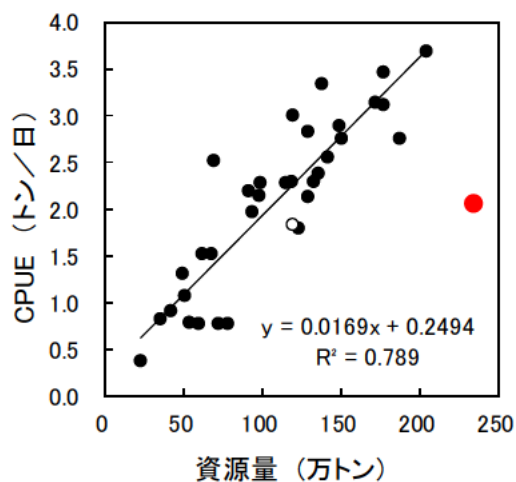
月の調査海域を緯度経度 1 度範囲の小海区に区分し、各小海区内で実施された調査の平均 CPUE を小海区における調査船の CPUE として求め、全小海区における調査船 CPUE の平均値を資源量指標値として計算。

- b) 1995 年以降は実施した全調査点の調査船の平均 CPUE（釣機 1 台 1 時間あたりの採集尾数）を資源量指標値として計算。



補足図 3-1. 2016 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。

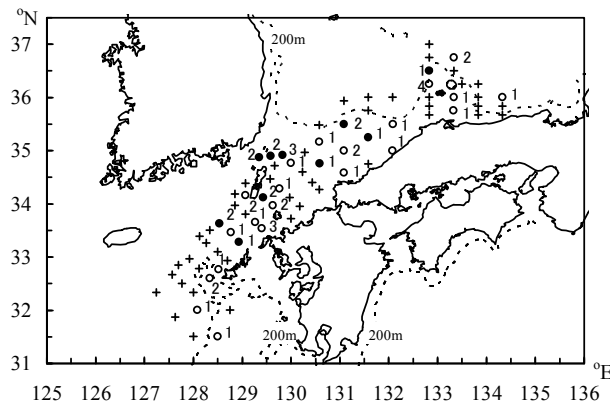


補足図 3-2. 資源量と旧中型イカ釣り漁船の CPUE の関係 図中の回帰式は 2014 年を除く 1981～2015 年のデータを基に解析。○は 2015 年。2014 年（●）は、この関係から大きく外れた。

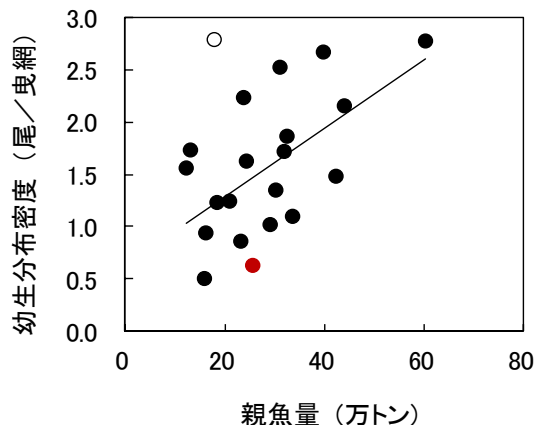
(2) 幼生分布調査

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）。

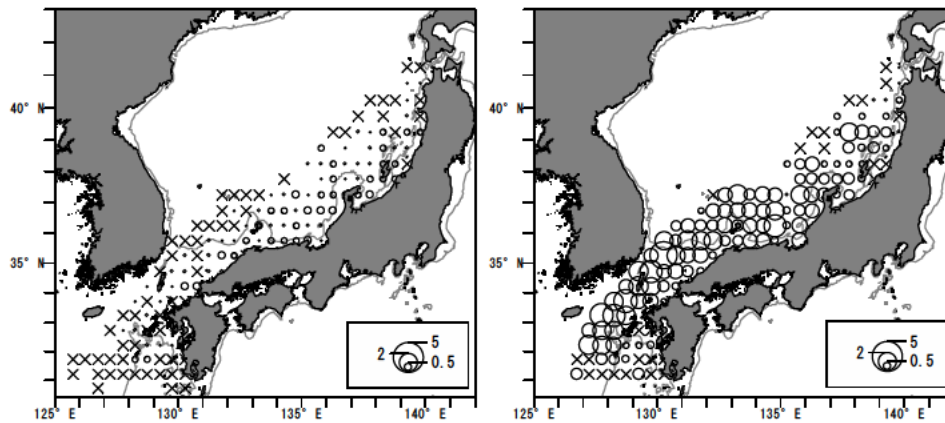
一方、これまでの調査結果から、スルメイカ幼生の分布海域（概ね産卵場を示している）はスルメイカの資源水準と連動して変化してきたことが明らかとなっている（Goto 2002）。資源量が減少した 1980 年代は、主に北陸沿岸域がスルメイカ幼生の主分布域であったが、資源量が増加した 1990 年代には対馬海峡から東シナ海まで幼生の分布域が拡大した（補足図 3-5）。このような幼生の分布海域（産卵海域）の変化は、海洋環境の変化と関連していると考えられていることから、スルメイカの資源動向を判断する上で重要な情報となっている。



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（2015 年）
 +: 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 2004 年（○）を除いて推定。赤丸は、2015 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）

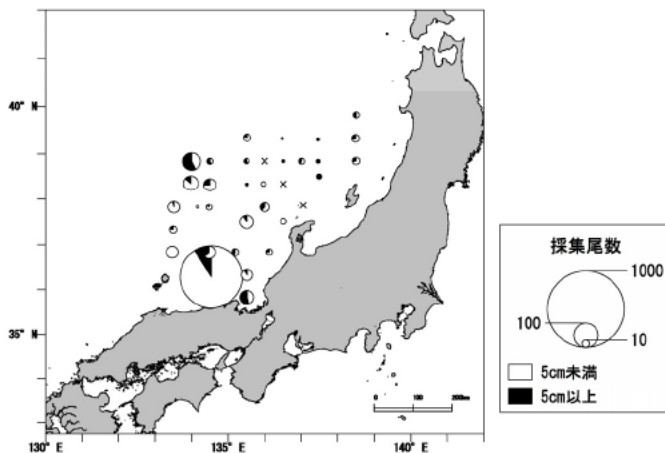
資源増加期（1989～2000年）の平均採集数
（鉛直曳1網あたりの採集尾数）

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

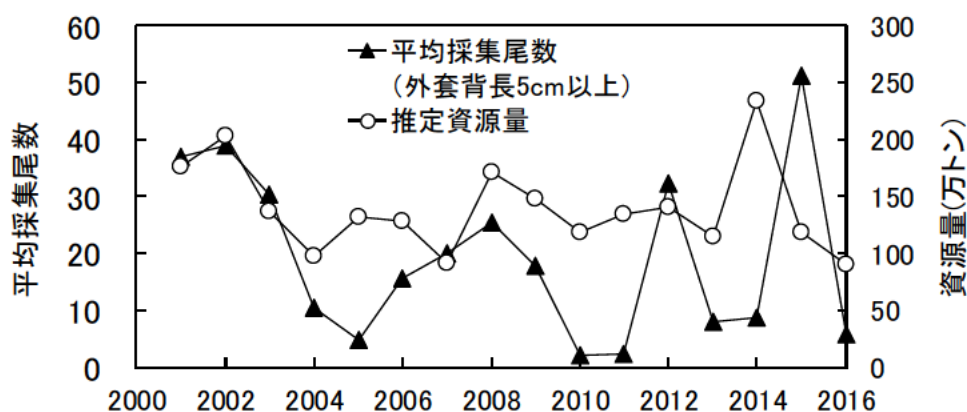
スルメイカは単年生（寿命が1年）であることに加え、幼生から加入までの生残率は環境の影響を受けやすく、十分な親魚量を確保したにもかかわらず、年によっては資源量が大きく減少する場合がある。そのため、表層トロール網（主に網口の直径12m）を用いて漁期直前の4月に分布状況を把握し、資源量を予測する調査を2001年より実施している。2010年までの調査結果では、外套背長5cm以上の平均採集個体数とその後の調査（漁場一斉調査）で得られる資源量との間には有意な相関関係があることが示されている（Kidokoro et al. 2014）。

2016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ほとんど採集されなかった（補足図3-6）。一方、兵庫県沖では、外套背長5cm未満のスルメイカが多数採集された。1調査点あたりの平均採集尾数は33.3尾であり、前年（107.6尾）および過去5年平均（53.9尾）を下回った。また外套背長5cm以上の平均採集尾数も5.8尾であり、前年（51.2尾）および近年5年平均（20.6尾）を下回った（補足図3-7）。



補足図 3-6. 2016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.

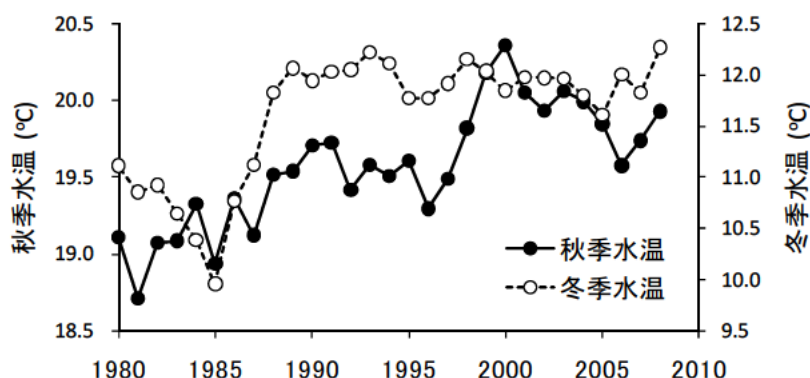
補足資料 4 RPS の低下傾向と今後の加入量の見積もり

2014 年秋以降の調査結果では、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の変化は認められていない。しかし、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) 海洋環境の変化、(2) 資源量の増大による密度効果、(3) さらに未集計の漁獲量による影響が想定される。特に海洋環境の変化によって RPS が低下していた場合、1990 年以降の RPS の中央値で今後の加入量を見積もると ABC が過大推定となり、資源量を大きく減少させる危険性がある。そこで、平成 24 年度以降の本系群の資源評価では、加入の見積もりに使用する RPS 中央値の参照年数を、データ数の蓄積とともに毎年追加するのではなく、近年の傾向を段階的に反映できるように参照期間を平成 23 年評価時と同じ年数（23 年）に固定して計算することとした。

(1) 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 年以降は他の季節の水温も上昇し（補足図 4-1）、周年にわたって水温の高い状態が続いている（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指摘されている。

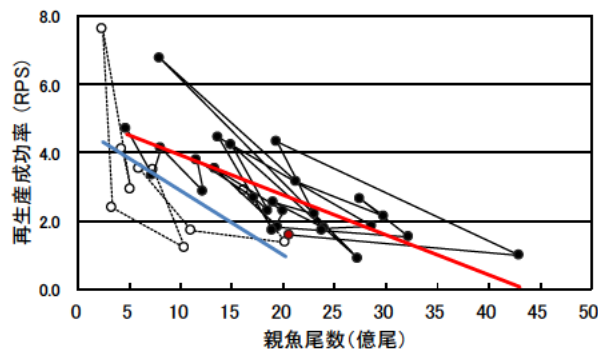


補足図 4-1. 対馬暖流域における深度 50m 水温の変化

(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）、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2016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、スルメイカ狙いの中国漁船が日本海北西部で近年急増していると推察されており、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）。しかし、中国漁船によるスルメイカの漁獲量は現在のところ明らかでなく、親魚量を推定する際に用いる漁獲量には含めていない。このため、2016年の推定親魚量（44.4万トン、15.9億尾）は、過大評価となっている。そして、この親魚量を用いて計算されるRPSも、近年は過小推定となっている可能性がある。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、現実的ではない著しく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と密度効果のうち一方、または両者が影響をしていることを示していると考えられる。なお、中国の漁獲量を仮定して計算した場合、親魚量は現在の推定値より少なくなり、 B_{limit} との上下関係が変化する可能性があるものの、この仮定を入れた場合は B_{limit} も変化する点に注意する必要がある。

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.
- 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 15）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、36.4 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 36.4 億尾として、(4-1) 式より翌年の資源尾数を計算した。

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

ここで、RPS は過去 23 年間（1994～2016 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、2016 年の親魚尾数（ S_{2016} ）は、2016 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。2016 年の親魚尾数は、15.9 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} （40.4 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 (4-4) 式で計算した。

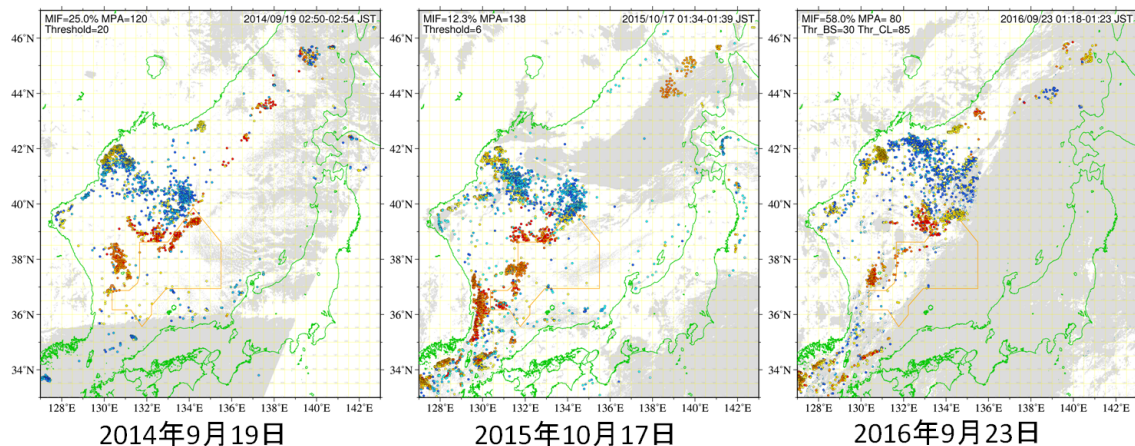
$$\beta = \frac{SSB_{t-1}}{B_{limit}} \quad (4-4)$$

シミュレーションは 2017 年から 2026 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 2014～2016 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 37～39° 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、中国の虎網やかぶせ網漁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。今後、これらの光点を抽出、分類し、日本海北西部で操業するいか釣り漁船等を判別・計数することで外国漁船の操業実態や漁獲動向を把握することが可能になると期待される。



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 2014～2016 年 3 カ年の比較。暖色系は明るい光点を、灰色で雲域を示す。

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.