

水産資源管理談話会報

第 30 号

日本鯨類研究所 資源管理研究センター

2003年 3月

翻訳・公表希望者は以下の手続きとり、著者の許可を得た上で翻訳・公表する。

1. 翻訳・公表希望者は文章（FAX、手紙）で著者、表題および会報の号を明記し、資源管理談話会事務局を通じて要請し、著者の許可を得て翻訳・公表する。
2. 翻訳公表物を資源管理談話会事務局に送付する。

目次

お知らせ	2
スルメイカの繁殖生態と再生産機構	桜井 泰憲 3
我が国におけるスルメイカの資源評価・管理方策について	木所 英昭・森 賢・後藤 常夫・木下 貴裕 18

財団法人 日本鯨類研究所

資源管理研究センター

〒104-0055 東京都中央区豊海町 4-5 豊海振興ビル

TEL 03-3536-6521

FAX 03-3536-6522

我が国におけるスルメイカの資源評価・管理方針について

木所英昭（日本海区水産研究所）・森 賢（北海道区水産研究所）・
後藤常夫（日本海区水産研究所）・木下貴裕（北海道区水産研究所）

1. はじめに

日本では1997年より許容漁獲量（TAC）による資源管理制度が開始され、1998年よりスルメイカもTACの対象魚種となった。TACは対象魚種の資源状況や生物特性をもとに算出される生物学的許容漁獲量（ABC）を根拠として算出されるが、現在、ABCは水産庁および水産総合研究センターが推進する資源評価調査の結果をもとに推定されている。TAC対象魚種では、主に年齢別漁獲尾数からVPA（コホート解析）を用いて資源量を求めるとともに、再生産関係を推定してABCが算出されている（谷津 2001）。しかし、単年生の生物資源であるスルメイカにVPAを用いて資源量を推定し、その結果をもとにABCを算出するのは困難である。

スルメイカでは調査船を用いたイカ釣り試験による分布調査をもとに資源状態を把握する手法が長年にわたり用いられ、漁況予報の資料として用いられてきた（笠原 1987；Murata 1990）。そして高い精度で漁況予報をおこなってきた実績とデータの蓄積がある。したがってスルメイカの資源評価はこれまで蓄積されてきた調査船による調査結果を基盤として行うことが可能であり、また妥当な手法と考える。しかしイカ釣り試験による分布調査では、資源量の相対的な変動傾向を捉えることは可能であるものの、資源量を定量的に把握するのは困難である。そのため、これまでもスルメイカの資源量を定量的に評価する試みが、プロダクションモデル（新谷 1985；長谷川 1985；日本海区水産研究所 1997；谷津・木下 2002）やデルーリー法（笠原 1977；中村 1996）による解析、さらに計量魚探による調査（山田・永延 1993；川端 1999）を含め、数多く試みられてきた。

また、スルメイカの資源量は漁獲による影響に加え、年々の海洋環境、および中長期的な海洋環境の変化に大きく影響されることが多くの研究結果によって示されている（Okutani and Watanabe 1983；村田・新谷 1977；桜井 1998；木所・後藤 1999）。特に近年は中長期的な海洋環境の変化がマイワシをはじめとする小型浮魚類に加え、スルメイカの資源水準にも影響を与えると考えられており（Sakurai *et al.* 2000；平井 2001）、資源評価・管理を行う上での重要な要素となっている。したがって海洋環境とスルメイカの資源動向との関係を把握すると共にスルメイカの資源管理方針へ応用する必要がある。

以上の背景を基に、まず本報ではスルメイカの資源構造をとりあげ、評価単位について整理し、海洋環境の変化に伴うスルメイカの資源水準および生態の変化についてまとめた。そして現在実施されている資源調査の概要、およびスルメイカのABCの算出方法を2002年の結果を基に紹介し、現在実施している資源評価の問題点、および今後のスルメイカの資源管理をどのように展開して行くべきかについてまとめた。なお、本報告で用いた資料の一部は、水産庁の委託事業である水産資源調査で得られたものである。

2. 資源構造

2-1 発生時期による系群区分

スルメイカは日本周辺海域に広く分布し、秋季から冬季を中心に周年にわたって再生産を行っている。そして発生時期による分布・回遊および成長様式の違いから夏生まれ群、秋生まれ群、冬生まれ群に分けられてきた（新谷 1967；農林水産技術会議 1972）。これらの群は日本海と太平洋の両海域に分布するとされているが、日本海では秋生まれ群が主体であり、太平洋では冬生まれ群が主体に分布しているとされている（図1）。なお、夏生まれ群はローカル群として各海域の沿岸域に分布するとされている。

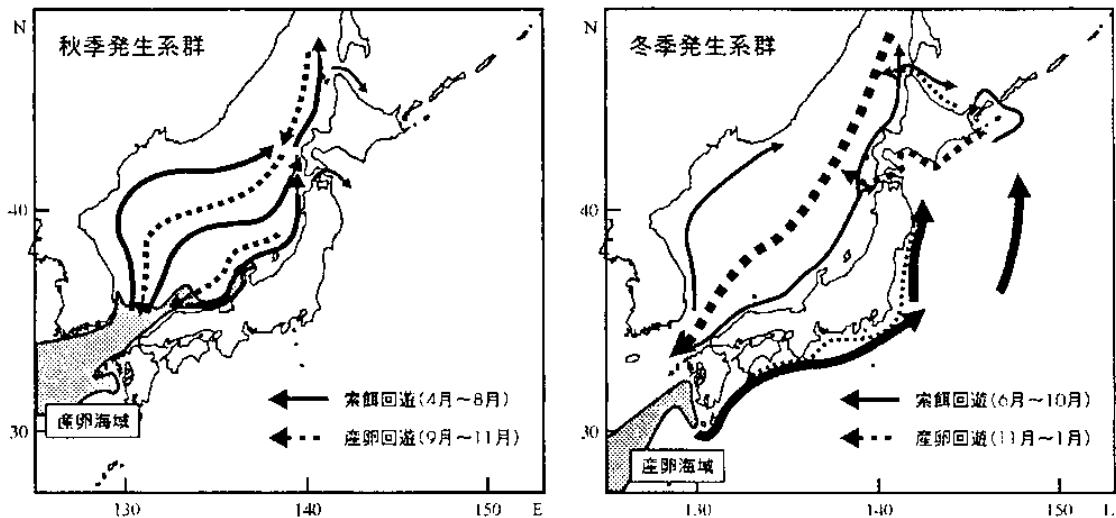


図1. スルメイカの分布回遊の模式図。左図：秋季発生系群（秋生まれ群）の分布回遊図，右図：冬季発生系群（冬生まれ群）の分布回遊図を示している。

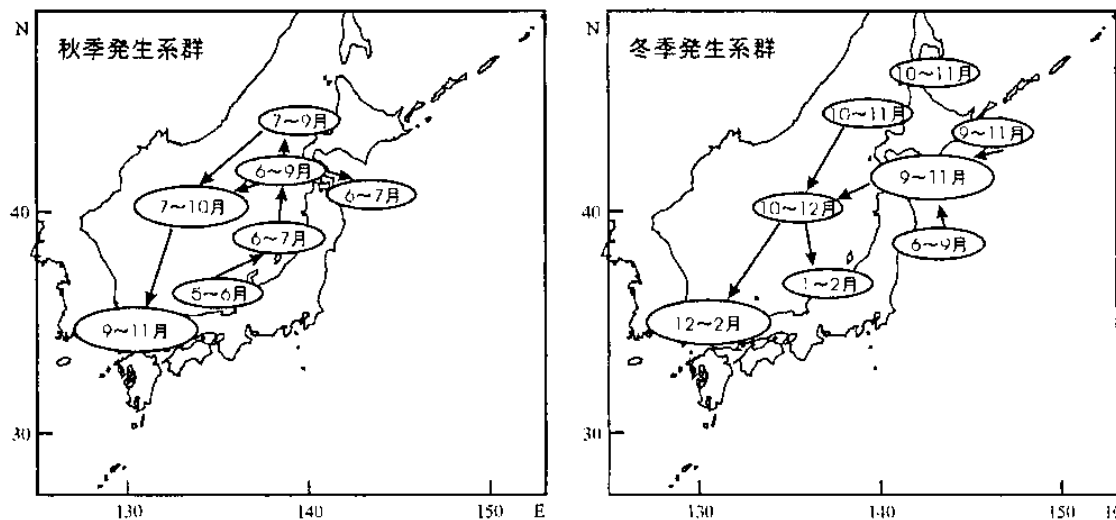


図2. スルメイカの主要漁場の模式図。左図：秋季発生系群（秋生まれ群）の主漁場，右図：冬季発生系群（冬生まれ群）の主漁場を示している。

しかし、ここで紹介したスルメイカの系群区分は分布回遊や発生時期を基にした生物学的な区分である一方、漁期、漁場の違いを基にした漁況予測のための便宜的な区分である側面も有している。したがって漁獲された個体を漁期、漁場、外套背長および成熟状況をもとに漠然と区分することは可能であるが、実際には産卵海域、および産卵期が連続しており、明確な区分は困難である。また、系群による再生産の独立性、例えば、秋に生まれた個体は秋に産卵するが、冬には産卵しない、といった関係についてはある程度の独立性はあるものの、長期的には混合することが想定される。そのため、スルメイカの資源構造や系群の分け方については、漁況予報や生物学的な視点から様々な議論が行われてきた(村田・新谷 1977; 笠原 1982; 新宮 1982; 安達 1988; 小川 1991; Murayama *et al.* 1993; Nakamura and Sakurai 1993)。

スルメイカについては以上のような発生時期による系群が想定され、漁況予報にも用いられてきた。しかし当初、他の評価対象魚種と同様に分布海域を基に太平洋系群と対馬暖流系群に区分して資源評価が行われた。一方、スルメイカの回遊範囲は広く、特に冬に生まれた群は資源水準が高くなると共に回遊範囲が拡大し、晩秋以降に対馬海峡や宗谷海峡を通過して太平洋から日本海に移入し、産卵海域である東シナ海へ移動することが知られている(浜部・清水 1966; 新谷 1967; Nakata 1993)。そして近年の資源の増大と共にこの傾向が再び強くなってきた(中村・森 1998; 森・中村 2001)。その結果、海域を基準とした評価単位の区分方法では、「夏に太平洋系群として評価した群が、秋～冬に対馬暖流系群として漁獲される」といった状況が生じるようになり、資源評価を行う際に問題となってきた(森・中村 2001)。そのため、スルメイカの評価単位についての見直しが検討され、資源管理の時間スケールでは、各発生時期群の再生産関係はある程度独立であると考えられることから、スルメイカの資源評価には海域を基準とした評価単位ではなく、発生時期を基準とした区分で評価を行う方が適当と判断された(平成 13 年スルメイカ資源評価事前検討会議)。

表 1. スルメイカの地域別漁獲量を基にした系群の区分方法(混合は当率で配分)。

	地域	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
太平洋系群	与野	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
	徳志	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
	橋本	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
	宇治	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
	吉崎	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
	尾島	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
	臨瀧	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
	川崎	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
	宇崎	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
	上野	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
	根元	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
	大津	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
	日本海	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋
対馬暖流系群	大津	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬
	日本海	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬
	東シナ海	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬	冬
対馬暖流系群	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	秋	

海域による区分と違い、発生時期で系群を区分するには、新たに系群別の漁獲量の集計方法を検討する必要性が生じる。そこでスルメイカの評価単位として、「秋季発生系群」は主に9～12月に山陰から対馬海峡で産卵発生して日本海を北上する群、「冬季発生系群」は主に1～3月に東シナ海で産卵発生して太平洋を北上する群として区分し、発生時期による回遊経路および主要な漁期・漁場の違い(図2)を基に、各地域の月別漁獲量から漁獲個体を表1の様に便宜的に区分した。なお、スルメイカは日本の他、韓国によっても多く漁獲されており、資源の評価単位としては日本と韓国で漁獲対象となるスルメイカを取り扱った。

2-2系群別漁獲量

以上の方法を用いて、秋季発生系群と冬季発生系群に区分した漁獲量の推移を図3に示す。漁獲量は日本と韓国の合計値である。なお、1978年以前は各地域の月別漁獲量のデータが整備されていないため、季節発生別群に漁獲量の集計が出来なかった。そのため、参考値として1978年以前の漁獲量については、秋季発生系群が大部分を占めていた日本の日本海の漁獲量を秋季発生系群の漁獲量として、日本の太平洋における漁獲量を冬季発生系群の漁獲量として示した。各系群における漁獲量の推移の概要は以下の通りである。

スルメイカ秋季発生系群の漁獲量は、1960年代後期以降に増加し、ピーク時の1975年には30万7千トンに達した。しかしその後は減少に転じ、1986年には7万9千トンに落ち込んだ。1990年代になると主に韓国による漁獲量の増加によって急増し、1990年代は1970年代同様、主に20～30万トンの範囲であった。なお、韓国の秋季発生系群を対象にした漁獲量は1999年以降、我が国を上まわる漁獲量となっている。

スルメイカ冬季発生系群の漁獲量は1950～60年代にピークを迎え、1968年の漁獲量は約55万トンであった。しかし、その後は急速に減少し、1970年代後半から1980年代は低水準期が続いた。1990年代に入ると増加に転じ、1996年には38万トンに達した。1998年には13万トンに減少したが、その後は回復し、2000年の漁獲量は32万トン、2001年の漁獲量は25万トンであった。

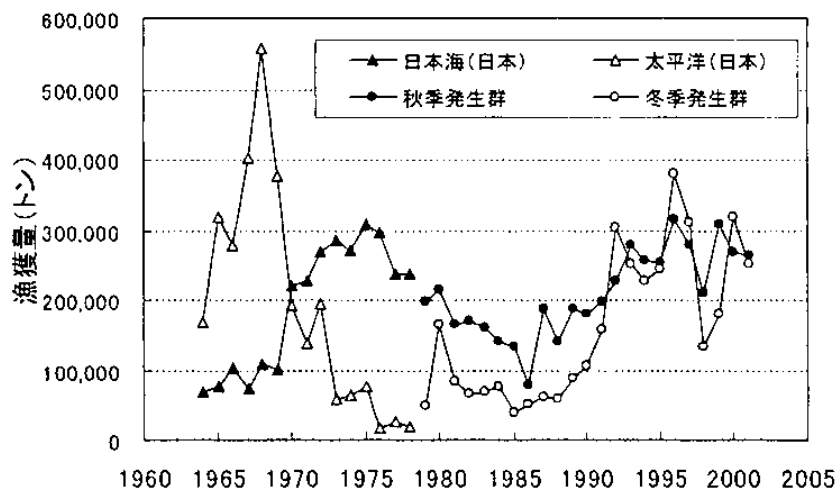


図3. スルメイカの系群別漁獲量の推移。

3. 資源変動と生態の変化

以上のように、スルメイカの漁獲量は冬季発生系群では1970年代に入り急速に減少し、秋季発生系群でも1970年代後半より減少に転じ、1980年代半ばにかけては両系群とも低水準で推移していた。しかし、1987年以降は増加に転じ、1990年代になるとその傾向は顕著となり、現在、スルメイカの資源は高い水準にあると判断されている。近年、このようなスルメイカの中長期的な変動傾向には、海洋環境の変化が大きく関与していることが報告されている。確かに土井・川上(1979)や安達(1988)が報告している様に、1970年代から1980年代半ばの資源の減少は、再生産力以上の漁獲の影響によって加入乱獲に陥り、資源の減少を引き起こしたことが考えられる。しかし、漁獲の

影響も海洋環境の変化による再生産力との相対的な関係によって判断されるものである。よって、その後の資源および漁獲量の増加は海洋環境の変化によってスルメイカの再生産力が変化し、再生産力が漁獲の影響よりも高くなったことが要因と考える。

一般に日本海を含む北西太平洋の海洋環境（水温）の中長期的な変動として、1970年代半ば以降に寒冷なレジームに移行し、その後、1980年代後半からは再び温暖なレジームに移行したとされている（見延 2001）。一例として図4に秋季発生系群の主分布域である対馬暖流域における水深 50 m 水温の平年値からの偏差（°C）を示す（日本海区水産研究所資料）。この図では、1970年代半ばから 1980年代後半にかけては負の値が多い傾向にあり、水温が低い傾向にあったことが分かる。一方、1990年代になると正の値が多くなり、水温が高い傾向に変化したことが分かる。

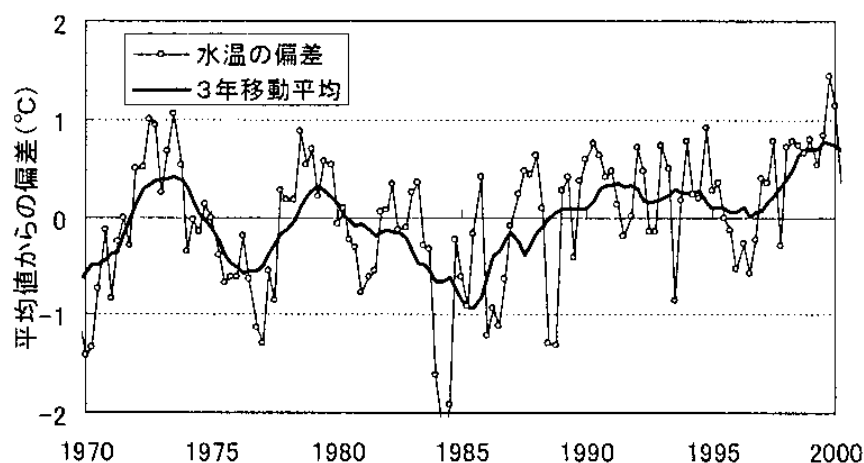


図4. 対馬暖流域における水深 50m 深水温の平均値からの偏差（日本海区水産研究所資料）。平均値は各季節ごとに計算。

このような海洋環境の変化は、1970年代半ば以降のマイワシ資源の急速な増加、および1990年代の資源の急激な減少に代表されるように小型浮魚類の資源変動を引き起こす大きな要因になっていると考えられている（Wada and Jacobson 1998；川崎 2001）。そしてマイワシについては、資源変動に伴って分布回遊や産卵時期・海域および成長・成熟が変化することが報告されている（和田 1988；Hiyama *et al.* 1995）。一方、スルメイカについても年代によって分布回遊や産卵海域および成長が変化していることが報告されており、これらの変化を資源水準および海洋環境の変化との関係で整理する。

スルメイカ冬季発生系群では、資源水準の高かった 1960年代は道東海域で多く漁獲されており、この海域への魚群の来遊が見られていた（村田・新谷 1977）。また、この時期、冬季発生系群の主要な産卵回遊経路は、秋季以降に津軽海況または宗谷海峡を經由して日本海へ来遊し、主産卵場である東シナ海へ南下する経路であった（浜部・清水 1966；新谷 1967）。しかし、1970年代に入り、道東海域へのスルメイカの来遊はなくなり、東シナ海での産卵場も形成されなくなった（Nakata 1993）。

ところが、海洋環境が温暖なレジームに移行し、資源が増加傾向に転じた 1980年代後半になると、再び道東海域およびオホーツク海へのスルメイカの来遊が見られるようになり（中田 1999）、道東海域が冬季発生系群の主要な漁場となった（北海道区水産研究所資料）。そして日本海を南下す

る産卵回遊を行うようになり、東シナ海で産卵場が形成されるようになった (Bower *et al.* 1999 ; 森・中村 1999)。このように冬季発生系群の分布、産卵回遊経路および産卵場の形成位置は、資源水準の変化と共に大きく変化することが報告されている。

一方、秋季発生系群では、冬季発生系群ほど大きくはないものの、資源水準の変化に伴って回遊経路および主産卵場が変化することが報告されている。資源水準の高かった 1960 年代後半では、日本海沖合域に分布していた個体の産卵場への回遊経路は、沖合域に発達する亜寒帯前線に沿って韓国東岸方向へ移動し、その後、対馬海峡から東シナ海へ移動する経路であった (笠原・伊東 1968)。そのため、秋季には韓国東岸で漁場が形成されると共に対馬海峡付近が主産卵場となっていた。ところが、1980 年代になると、日本海沖合域に分布していた個体は亜寒帯前線を横切り、本州中部沿岸域へ来遊する産卵回遊経路に変化した (永澤 1990 ; 西田 1990)。そのため、韓国東岸での漁獲量は減少し、また、主産卵場も北陸から山陰の沿岸域に形成されるようになった (笠原 1987)。その後、1990 年代になると、資源の増大と共に回遊経路も再び 1960 年代に見られた経路に変化し、韓国東岸での漁獲量が増大するとともに主産卵場も対馬海峡付近に形成されるようになった (木所 1999 ; Goto *et al.* 2002 ; Kidokoro *et al.* 2000)。

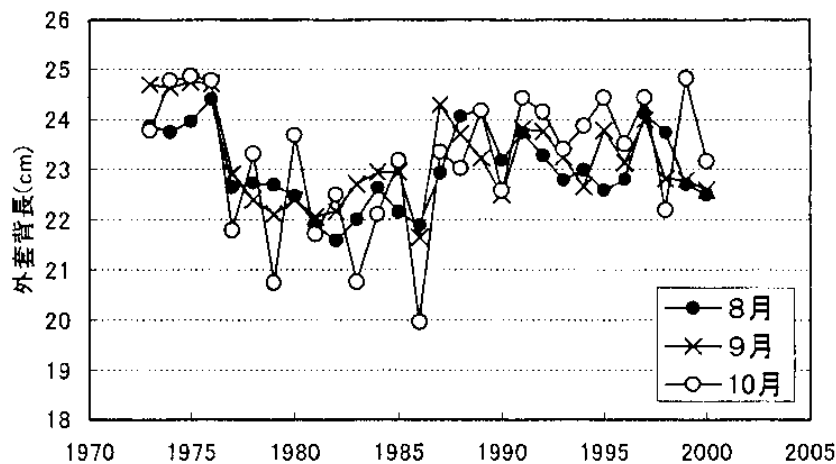


図5. スルメイカ秋季発生系群における外套背長の経年変化。8～10月の日本海で調査船によって採集された個体の平均外套背長をもとに作成。

秋季発生系群では、資源水準の変化に伴って魚体の大きさも変化していたことが明らかになっている (木所 2002)。秋季発生系群は、8～10月にはほとんどの個体が成体に達するとともに成長が停滞する。この時期に調査船によって採集された個体の平均外套背長の経年変化を見ると、資源水準の高かった1970年代前半および資源が増加し高水準となった1980年代後半以降の平均外套背長は23～25cmであった (図5)。ところが、資源が減少し、低水準となった1970年代後半から1980年代半ばの平均外套背長は21～23cmとなっており、資源の増加期および高水準期と比較して小型になっていた。また、このような外套背長の変化は海洋環境が変化したとされる時期とほぼ同時に起きていた。このことは、1970年代半ばから1980年代後半の寒冷なレジームは、スルメイカにとって好ましくない環境であり、この時期にはスルメイカは個体数が減少したばかりでなく、体成長率も減少したことを示唆している。なお、冬季発生系群については、久保田・川端 (1996)が三陸北部海域で漁獲されたスルメイカの外套背長組成を資源水準との関係で整理しているが、この海域では

資源水準の変化によって漁獲対象となる群が変化することから、冬季発生群の外套背長の変化と資源水準の関係を把握するには至っていない。

4. 資源調査

これまで、漁況予報を主目的にスルメイカの分布状況を把握する調査として、調査船による自動イカ釣り機を用いての試験操業が実施されてきた。主な調査体制として、日本海では1970年代より6月、9月の漁場一斉調査および7月の共同運行調査として各道府県の試験研究機関と水産研究所が共同して組織的に実施されてきた。しかし1995年以降は6月下旬から7月上旬に実施する調査に整理されている。図6に2002年6月下旬から7月上旬の日本海で実施した秋季発生系群を対象とした調査結果を示す。太平洋では6月の第1次漁場一斉調査、および9月の第2次漁場一斉調査として1970年代より現在まで継続して実施されている。調査結果は通常、実施した全調査点のCPUE（釣り機1台1時間あたりの採集個体数）の平均値として整理され、その年の資源状況を示す指標値（資源量指数）として用いられている。

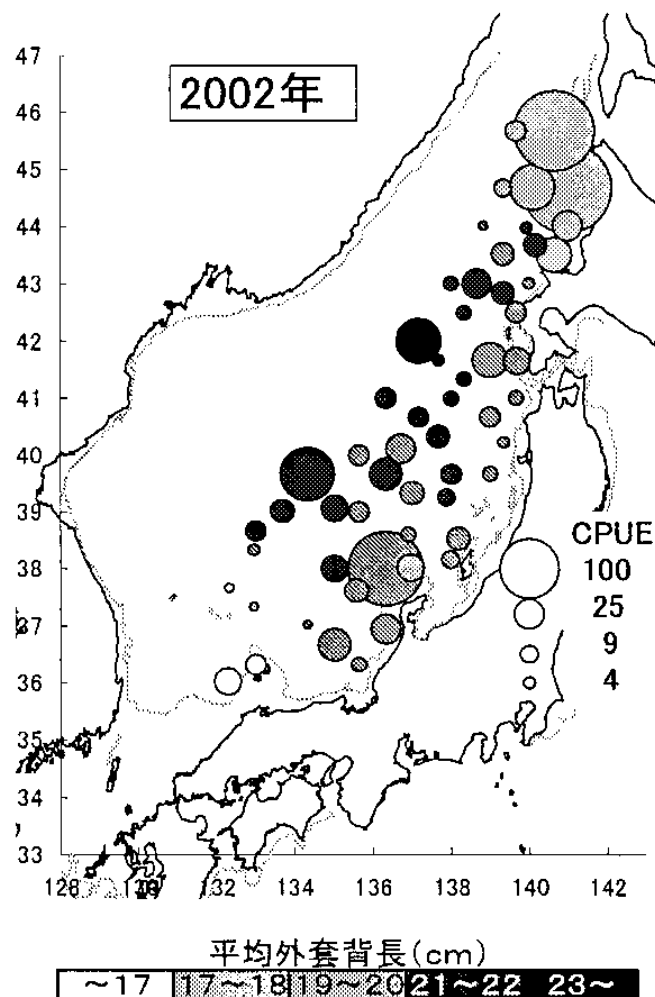


図6. 2002年6月下旬から7月上旬の日本海で実施した調査船による分布調査結果。CPUEは釣り機1台1時間あたりの採集個体数

また、プランクトンネットを用いたスルメイカの幼生の採集調査も長期間にわたって実施されている。日本海では9～11月に、1973年～1990年までは日本海側の各県の試験研究機関と共同で日本海の広い海域で実施していた。しかし1991年以降は調査を整理し、10～11月に山陰から東シナ海北部海域を対象として日本海区水産研究所が単独で調査を継続している。図7に口径45cmのプランクトンネット（改良ノルバックネット）による採集結果を示す。なお、この調査は翌年の資源状況を予測することを目的として実施されてきたが、幼生の密度は翌年の加入量よりも、その年の産卵親魚量との相関が高いことが知られている（笠原・永澤1988）。特に口径45cmのプランクトンネットによる結果は、資源水準が高い年代には親魚の資源水準を把握するのに有効であることが報告されている（後藤1999）。

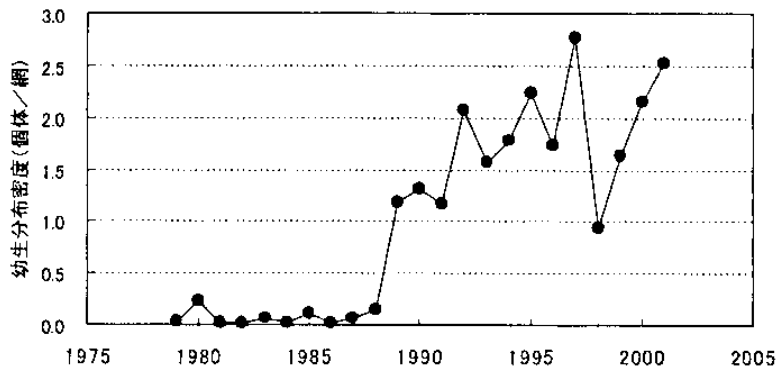


図7. 日本海におけるスルメイカの幼生分布調査結果、口径45cmのプランクトンネットによる幼生分布密度（個体数/1 罟）の平均値の経年変化。

太平洋側（東シナ海から本州東海沿岸）では1960年代より幼生の採集調査が実施されてきたが、1970年代から1980年代にかけて資源量の減少と共に採集されなくなり、調査が中断されていた。しかし、1990年代に入り、冬季発生系群の資源の回復と共に2月を中心に調査が再開され、再び東シナ海から薩南海域におけるスルメイカ幼生の分布状況が把握されるようになった（Bower *et al.* 1999 森・中村 1999）。太平洋側では、採集器具としては日本海側とは異なり、ボンゴネット（口径70cm、網目合い0.33mm）を使用している。なお、採集調査結果から得られた幼生の分布密度は、加入量との関係が不明瞭であるものの、産卵親魚との対応関係が見られている（図8）。

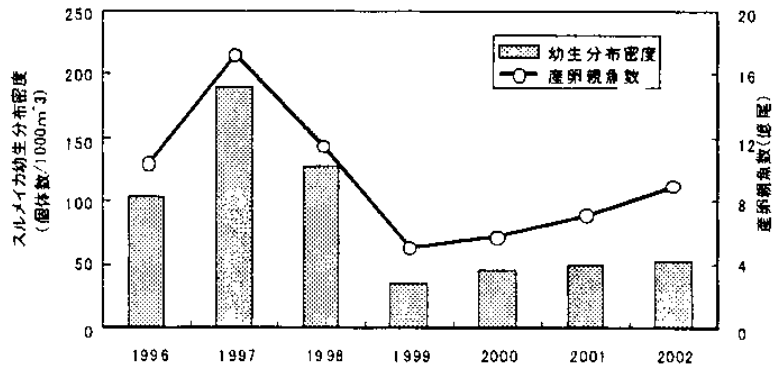


図8. 2月の東シナ海から薩南海域におけるスルメイカ幼生の分布密度（個体/1000m³）と冬季発生系群の産卵親魚数（億個体）の関係。

さらに近年は、表層トロールを用いて漁獲加入前にその年の資源状況を把握する調査が実施されはじめた（木所・長谷川2002；森ほか2002；川端・谷津2002）。日本海では1995年より調査手法の開発が進められ、2001年の3月からは各県の試験研究機関と共同で組織的な調査として実施されている。この調査は、3月および4月の対馬暖流域において網口の直径10～12m、コッドエンド目合い7mmの表層トロール網を用いて実施され、外套背長2～15cmの個体を採集して分布状況を把握することを目的としている。特に4月には亜寒帯前線域を含む対馬暖流域のほぼ全域が調査対象となっており、分布域のほぼ全域を網羅した調査となっている。2002年4月の調査結果では、外套背長2～13cmの個体が大和堆を中心に採集され、全調査点の1曳網あたりの平均採集個体数は57.7個体（2001年は56.3個体）であった。

太平洋でも同様な調査が実施されている。ただし、太平洋側ではスルメイカのみを対象とした調査ではなく、マサバやマイワシの幼稚魚の分布状況を把握する調査として実施されている（森ほか2002）。この調査は5月下旬から6月上旬に常磐～三陸沖合域において網口 25×25 m²、コッドエンド目合い8mmの表層トロールネットを用いて実施されている。なお、2002年の調査結果では調査海域の広い範囲でスルメイカが採集され、平均採集尾数は58尾であった。この値は2001年の46尾をやや上回ったものの、2000年の82尾に比べると低い水準であった。

5. ABC算出方法

スルメイカでは以上の調査が継続して実施され、資源評価を行うためのデータが蓄積されている。次に、これらの調査結果を用いて現在ABCを算出している手法について紹介する。ABCの算出方法は、水産庁が定めた「資源管理基準と漁獲制御ルール」をもとに、各対象魚種のデータの蓄積状況や解析方法に応じて F_{msy} などの管理基準が決められる。そして、管理基準値と対象年の予測資源量をもとにABCが算出される。なお、「資源管理基準と漁獲制御ルール」における管理目標は、資源量のMSY水準への回復と維持である。スルメイカでは調査船等による長期的なデータの蓄積があることから、長期データを基に資源量を求めて再生産関係を推定し、ABCを算出する手法を用いている。

5-1 資源量推定方法

スルメイカは孵化後6ヶ月以降、外套背長15cm以上になるとイカ釣り漁業の漁獲対象となる。そこで、加入から産卵までの減少過程を(1)式で示した。実際には同じ発生季節の系群内においても加入時期は3～4カ月の幅があり、早く発生した個体から順次加入する。しかし、ここでは同じ発生季節の個体は全て同時に生まれ、孵化後6ヶ月で同時に加入すると仮定し、その後産卵するまでの6ヶ月間は(1)式の減少過程を想定した。なお、スルメイカは単年生の生物であるため、産卵後は全て死亡し、次年度への漁獲対象とはならない。また、便宜的に漁獲個体を含む漁獲加入後のスルメイカの体重は、秋季発生系群では加入してから死亡するまでの中間である孵化後9ヶ月の体重(280g)とし、冬季発生系群では漁獲物の平均体重から1個体あたり311gとした。

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

S_t は t 年の産卵親魚数、 N_t は t 年の資源個体数を示している。また、 M_t は自然死亡係数、 F_t

は漁獲死亡係数を表している。自然死亡係数は月当たり 0.1 を妥当な値として用い、加入後から産卵までの6ヶ月間で0.6とした。そして、スルメイカの資源個体数 (N_t) は、調査結果をもとに得られる資源量指数 (U_t) に比例し、以下のように示されると仮定した、

$$N_t = aU_t \quad (2)$$

N_t は t 年の資源個体数 (億個体)、 U_t は t 年の資源量指数、 a は定数である。なお、資源量指数 (U_t) は、秋季発生系群では漁場一斉調査で得られる結果 (平均C P U E) を用いているが、スルメイカ冬季発生系群では、調査結果 (平均C P U E) の信頼性が低いため、資源量指数 (U_t) には、太平洋で操業する小型イカ釣り漁船のC P U E (漁獲個体数 (千個体) / 日 / 隻) を用いた。ただし当年のC P U Eは未集計なため、6月に実施した漁場一斉調査結果と小型いかつり漁船のC P U Eの関係を基に推定して資源量指数値として用いている。なお、2002年の資源評価では下記の推定式を用いて推定した。

$$U_t = 0.175u_t + 0.0299v_t + 0.208 \quad (3)$$

u_t は漁場一斉調査のC P U E (個体/時間/台数) の平均値、 v_t はスルメイカが採集された調査点の全調査点に対する割合 (%) である。

(2) 式を基にすると、各年の U_t は分布調査結果をもとに得られるため定数 a を与えると資源個体数 (N_t) を計算することができ、さらに自然死亡係数と各年の漁獲死亡係数を与えると産卵親魚数 (S_t) を求めることが出来る。そこで定数 a は以下のように検討し、妥当と考えられる値を仮定して資源量を計算した。

秋季発生系群が主体と考えられる日本海のスルメイカの資源量は、これまでの推定の結果、資源が減少した1980年代は約50万トン、増大した1990年代は70~150万トンの水準と推定され、この間の漁獲率は0.2~0.4の水準にある (日本海区水産研究所1997; 1998)。そこで、1980年代の資源量の平均が約50万トン、1990年代の資源量の平均が約100万トン、そして1979~2000年の漁獲率の平均値が0.3 (1979~2000年の資源量の平均値は78万3千トン) となる定数 a ($=2.528 \times 10^8$) を仮定値として用いた。また、冬季発生系群について (2) 式の係数 a は、冬季発生系群も秋季発生系群と同様の漁獲水準にあると考え、1979~2001年の漁獲率の平均値が0.3であると仮定 ($a = 11.5 \times 10^5$) して求めた。その結果、スルメイカ秋季発生系群および冬季発生系群の資源量の推移は図9のようになる。

次に、各年の漁獲死亡係数 (F_t) を各年の漁獲量 (Y_t) と資源個体数をもとに (4) 式を満たす値として求め、(1) 式より産卵親魚数を求めた。

$$Y_t = \frac{F_t}{F_t + M_t} \cdot (1 - e^{-M_t - F_t}) \cdot N_t \cdot w \quad (4)$$

w は漁獲物1個体あたりの体重であり、秋季発生系群は280g、冬季発生系群では311gとした。以上の方法で求めた産卵親魚数を図10に示す。

秋季発生系群の産卵親魚数は、資源個体数同様、1980年代前半は減少傾向にあり、198

0年の17.4億個体から1986年の1.7億個体に減少していた。しかし、1987年以降は増加に転じ、1992年以降は10～20億個体の水準で推移していた。また、1998年には一時的に減少したものの、翌1999年には回復し、2000年（25.0億個体）および2001年（23.6億個体）は、近年で最も高い水準にあると推定された。

冬季発生系群の産卵親魚も秋季発生系群同様、1980年代後半から増加傾向を示し、1996年には最大の17.3億尾に達した。その後1998年に急減したものの、再度上昇傾向が認められる。なお、1989年以前では、1979、1982及び1985年にきわめて小さい産卵親魚数が算出されている。これは冬季発生系群の資源の減少に伴い、系群ごとに漁獲量を区分の際の誤差が相対的に多くなったことが要因と考える。

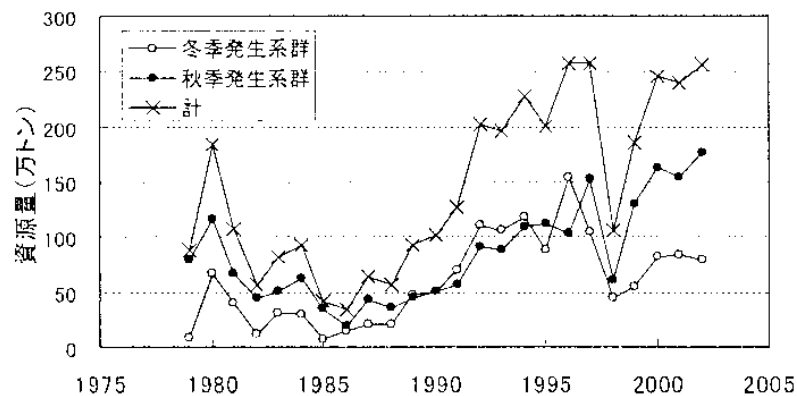


図9. スルメイカの資源量の変化。1979～2000年の漁獲率の平均値が0.3であると仮定して計算。

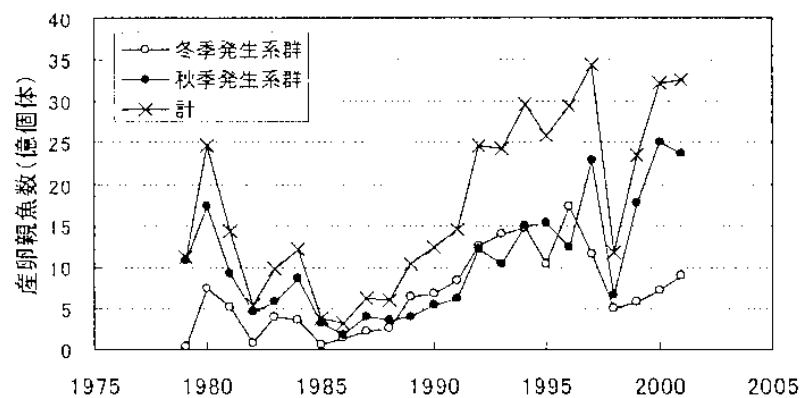


図10. スルメイカの産卵親魚数の変化。資源個体数と漁獲量および自然死亡係数（0.1/月）をもとに計算。

5-2 管理基準値とABC算出

秋季発生系群と冬季発生系群の再生産関係として、 $t-1$ 年の産卵親魚個体数 (S_{t-1}) と t 年の資源個体数 (N_t) の関係を図11に示した。両系群とも産卵親魚数が多いほど資源個体数が多い関係が認められる。また年代によって再生産成功指数 (N_t/S_{t-1}) は異なり、1980年代よりも1990年代の方が高い傾向が見られる。すでに紹介したようにスルメイカは中長期的な海洋環境の変化によって加入状況が変化し、資源水準が変化する。そこで、秋季発生系群の資源量の予測および管理基準を求めるにあたり、近年の良好な加入状況が続く1990年以降の産卵親魚と資源個体数の関係を基に再生産関係式を推定した。ただし関係式を推定する際、環境の一時的な悪化によって資源が大き

く減少したと考えられる1998年の値は除いた。再生産関係はBeverton-Holt型をモデルとして最小自乗法より(5)式のように推定した。

$$N_t = \frac{7.48S_{t-1}}{1 + 0.0903S_{t-1}} \quad (5)$$

また、(5)式は、(1)式より S_{t-1} を N_{t-1} で示し、(6)式のように書くことができる。

$$N_t = \frac{7.48N_{t-1} \cdot e^{-M_{t-1} - F_{t-1}}}{1 + 0.0903N_{t-1} \cdot e^{-M_{t-1} - F_{t-1}}} \quad (6)$$

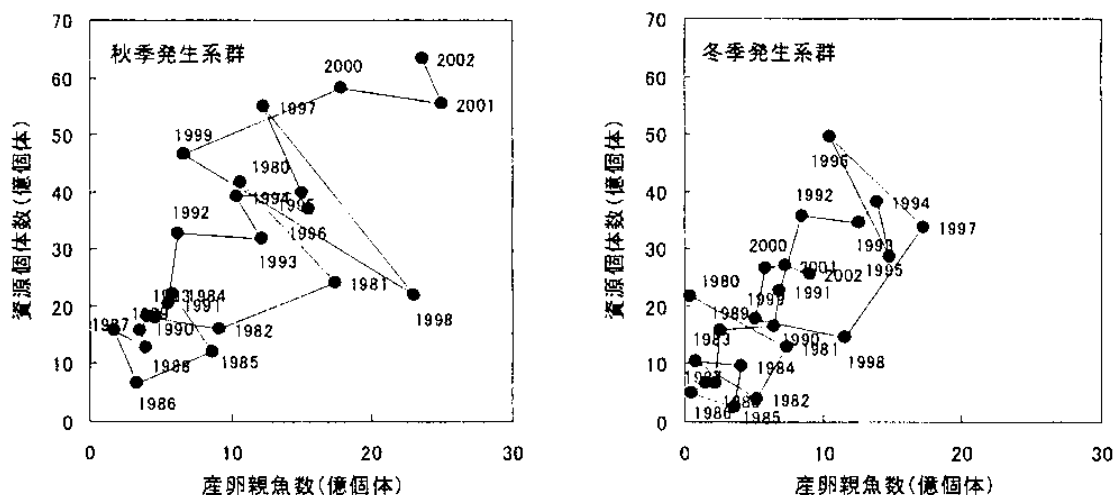


図11. スルメイカの再生産関係。左図：秋季発生系群，右図：冬季発生系群

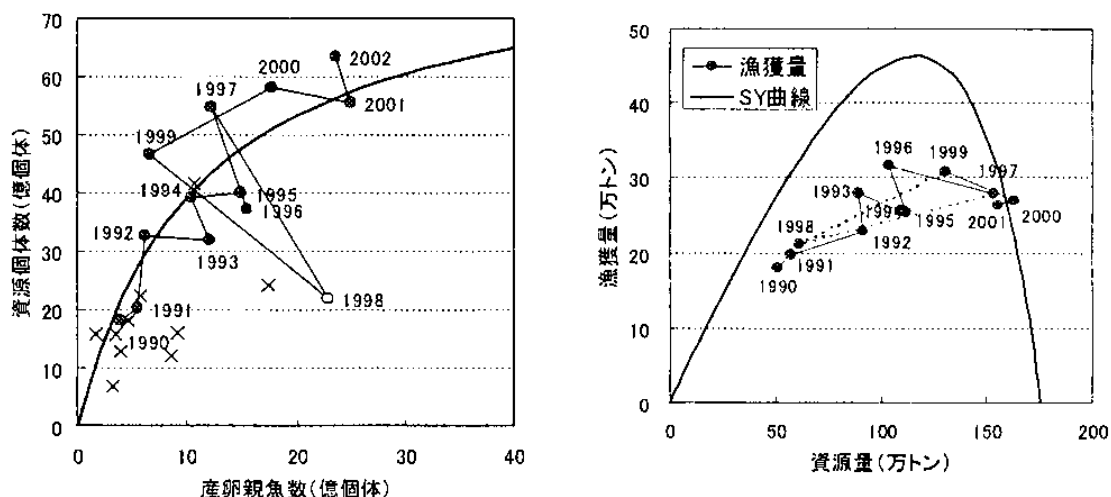


図12. スルメイカ秋季発生系群の再生産曲線(左図)と持続生産量および漁獲量(右図)。なお、左図中の×は1980年代の再生産関係を示す。

推定された再生産曲線と、観測値との関係は図12の通りである。また、あわせて再生産関係式が

ら計算される持続生産量を図12に示した。ここで、管理基準値となる F_{msy} は、(6)式を用いて、世代間の資源量（および漁獲量）が変化しない、 $N_t = N_{t-1}$ の条件を満たす F_t のなかで最大の漁獲量(MSY)を与える F_t として求めた。この際、漁獲量 Y_t は(4)式で計算した。その結果、 F_{msy} は0.719と推定され、 $N_t = N_{t-1}$ の条件を満たす最大の漁獲量(MSY)は46.3万トン（この時の資源個体数41.4億個体、資源量116万トン）と計算された。

以上のように、秋季発生系群では再生産関係をBeverton・Holt型の再生産曲線にあてはめ、管理基準値として F_{msy} を求めた。しかし冬季発生系群では秋季発生群と比較して再生産関係にバラツキが大きいことから、再生産関係式の推定は行わなかった。そのため管理基準値は、 F_{msy} の代替値である F_{med} を用い、近年5年間の再生産成功指数を基に下記の式で算出した。

$$F_{med} = -\ln \frac{1}{RPS_{med}} - M \quad (7)$$

ここで、 RPS_{med} は再生産成功指数の中央値を示す。その結果、管理基準値は、近年5年間のRPSの中央値が3.51であることから、 $F_{med} = 0.656$ と計算された。

ABCは以上のように求めた管理基準値とABCの対象年となる2003年の資源量から算出される。秋季発生系群では、2002年の調査結果で推定された2002年の資源個体数（63.3億個体）と、2002年の漁獲係数として近年5カ年の漁獲係数の平均値（0.345）を用いると、(3)式より2002年は産卵親魚として24.6億個体が確保される。そして(5)式より2003年の資源個体数は57.1億個体（160万トン）と予測される。したがって、管理基準値($F_{msy} = 0.719$)と、ABCの対象年となる2003年の予測資源個体数（57.1億個体、160万トン）を(4)式に代入すると2003年のABCは63.8万トンと計算される。

冬季発生系群では2002年の調査結果より、2002年の資源個体数は25.3億個体と推定されている。そして2002年の漁獲係数として、近年5カ年の漁獲係数の平均値（0.536）を用いると、(1)式より2002年は産卵親魚として8.25億個体が確保され、RPSの近年5カ年の中央値を基に2003年の資源個体数は、28.9億個体（90万トン）と予測される。そして、2003年の予測資源個体数28.9億個体（90万トン、平均体重311g）と、管理基準値（ $F_{med} = 0.656$ ）を基に(4)式を用いて2003年のABCは33万1千トンと計算される。この値は2003年に加入する群に対するABCに相当するが、実際のABCは暦年で算定される。そこで、近年5カ年の1～3月の漁獲量が漁期全体に占める割合（0.14）から、2002年加入群の1～3月の予測漁獲量と、2003年加入群のABCに対する4～12月の漁獲量を計算し、両者を合計して、2003年のABCは32.0万トンとした。このうち我が国EEZ内におけるABC limitは20万9千トンである。

6. 今後の課題と展開

現在のスルメイカの資源評価方法では、基本的には調査船による調査結果をもとに相対的な変動傾向を捉えて評価している。よって資源量の絶対値は、これまでの推定結果をもとに平均的な値を仮定して与えている。そして漁獲量と自然死亡係数をもとに産卵親魚量を計算し、再生産関係を推定している。再生産関係より推定されるABCおよびMSYは、仮定値の感度解析により比較的变化が少ない頑強な結果と判断される。しかし資源量そのものは仮定しているに過ぎないため、資源量や漁獲率は仮定値に比例して変化してしまう。よって現在用いている手法では、スルメイカの資源状態を評価し、ABCを算出する範囲では大きな問題は生じないが、漁獲率等を用いてスルメ

イカと他の評価対象魚種との間で漁業の影響について検討する場合は注意が必要となる。

現在、スルメイカの資源水準は高水準にあり、海洋環境はスルメイカにとって好適な環境（温暖なレジーム）にあると判断されている。また、ABCの算出の際に用いた管理基準値は好適な環境におけるスルメイカの再生産状況を基に算出している。したがってABCは、海洋環境の変化によってスルメイカの再生産状況が今後も変化しないことを前提としている。このことは、海洋環境が変化した場合、それに応じて管理基準値を変更し、ABCを算出しなければならないことを意味する。例えば、今後海洋環境が変化し、近年のスルメイカにとって好適な環境（温暖なレジーム）から1980年代の不適な環境（寒冷なレジーム）に変化すると予測された場合、1980年代の再生産状況を基に管理基準値を算出して対応する必要性が想定される。しかし、海洋環境の中長期的な変化は、20年スケールおよび50年スケールの変動が基になって起こるとされているが（見延 2001）、実際にスルメイカの資源動向に影響を与える海洋環境の中長期的な変化を予測すること、および海洋環境が変化したことを判断するのは、海洋環境のデータのみからでは困難と思われる。

一方、先に紹介したようにスルメイカはこれまでの調査研究から、資源水準や動向によって生態が変化することが報告されている。これらの生態変化が海洋環境の変化とどのように関係し、またどのような過程を経て資源変動を引き起こしているかは、現在、いくつかの仮説の基、研究が進められているものの、依然、不明な部分が多い（桜井 2001）。しかし、回遊経路や産卵場の形成位置および魚体の大きさ等をモニタリングし、海洋環境の変化と共に検討することで今後の資源の動向を判断するのは可能ではないかと考える。例えばスルメイカの再生産環境（資源動向）と生態的特性の変化および海洋環境との間には表2のような関係が想定され、これらの関係からスルメイカの資源動向を判断することが出来るものと考えられる。

表2. スルメイカの再生産環境と生態的特性および海洋環境の関係

	好適な再生産環境	不適な再生産環境
回遊経路	冬季発生系は太平洋～日本海 秋季発生系は韓国東岸へ	冬季発生系の分布域縮小 秋季発生系は本州日本海中部沿岸へ
産卵場	対馬海況から東シナ海	北陸山陰沿岸域
成長（魚体の大きさ）	大型化	小型化
動物プランクトン	増加・高水準	減少・低水準
海洋環境（水温）	高温傾向	低温傾向
その他	マイワシ資源減少	マイワシ資源増大

スルメイカの資源変動には上記で述べた中長期的な変動傾向の他、短期的な変動、特に1998年に代表される一時的な減少がある。特にスルメイカは単年生の生物であるため、年による環境の変化によって資源が大きく増減する場合が想定される。なお、中長期的な変動と異なり、このような短期的な変動の予測は現在のところ非常に困難である。そのため、このような短期的な変動については、変動を予測するよりも、変動を早期（漁期前）に把握して対応していく方策をとる方が実際的と考える。

現在、スルメイカ資源の短期的な変動を早期に把握する手法として、秋季発生系群では3月および4月の対馬暖流域において表層トロールを用いた採集調査を行っている。この調査はまだ開始し

て時期が浅いため、どこまで短期的な変動を把握できるかは評価しにくいですが、ここ2年間の結果では比較的安定した結果が得られており、短期的変動を把握できる可能性が期待される。しかし、短期的な資源の減少を把握した場合に、どのような過程を経て資源管理へ結びつけていくか、その手続きが現在のところ確立されていない。そのため、早急に手続きを確立し、対応する基盤を整備する必要がある。

我が国のTACによる管理制度では、漁期年で管理が実行されるスケトウダラやズワイガニを除き、次年1月1日からのTACを9月頃に決定する仕組みになっている。したがって、ABC同様、TACは不確実な次世代の子測資源量をもとに算出されることになる。一方、アルゼンチンで行っているアルゼンチンイレックス(*Mlex argentinus*)の資源管理制度では、漁期前の資源調査によってその年の資源量を推定し、推定した資源量を基にTACを算出して許可を与える仕組みになっている(Basson et al. 1996; 酒井ほか 2002)。なお、TACを算出する際の管理基準値は、漁獲による再生産力の低下が未利用の場合の40%となる値(40%SPR)を用いており、許可を与えた漁船から送られてくる漁獲量のデータを基にリアルタイムで資源量を推定し、資源量が管理基準値に達した場合、漁獲をうち切るシステムになっている(Basson et al. 1996; 酒井ほか 2002)。

実際には、漁期前に行われる資源量調査の推定精度の問題もあり、年によっては管理基準値を大きく下回るような漁獲が行われるような場合もある。また、アルゼンチンイレックスの資源は、現在、かなり低位水準に落ち込んでおり、アルゼンチンにおける管理方策が必ずしもうまくいっていない側面もある(酒井 私信)。しかし、このような漁期前にその年の資源量を把握してTACを決定し、さらにリアルタイムに資源を管理する方策は、単年生の漁業資源の資源管理を行っていく上で非常に有益な方策であり、スルメイカの資源管理方策にも取り入れて行くべきと考える。

これまで紹介してきたように、現在スルメイカでは発生時期による系群区分をもとに資源評価を行い、ABCを算出している。しかしスルメイカの発生時期は連続的であり、また発生時期で区分した系群間の再生産の独立性も明確でない。よって基本的には系群を区分すること自体に問題があり、全体で1つの評価単位と捉えるのが適当であるとの意見もある。全体で1系群とした場合、これまで紹介してきた海洋環境の変化に伴うスルメイカの資源水準の変化と生態的特性の変化は以下のように整理される。

海洋環境が不適で、資源量が少ない時期のスルメイカは、秋季が発生時期の中心であり、分布域も日本海が中心である。しかし、海洋環境が良好(温暖化)になると、主要な産卵時期が秋季から冬季に延長し、産卵海域も東シナ海へと拡大する。そして産卵場の変化と共に幼生の輸送状況も変化し、黒潮の影響を受けるようになる。すると分布域も太平洋側に拡大し、分布域の拡大によって資源量が增大する。つまり、資源が増大する時期には、冬季に産卵して太平洋に分布する群が増加するため、秋季に産卵して日本海に分布する群とは異なる系群が存在するようになる。

このような考え方はスルメイカの海洋環境の変化に伴う資源変動と生態的特性の変化を、長期的かつ広い視野で整理したものである。そして、スルメイカの環境変化に対応する適応を本質的に捉え、本種の資源変動機構を明らかにするためには不可欠な視点と考える。しかし、このような視野による資源評価および管理方策が、資源管理における時間スケールと漁業形態、および資源管理の実効性を考慮した場合、実際に有効であるかどうかは疑問があり、検討の余地がある。さらに、その際にはスルメイカの資源を全体1系群として評価する調査体制および評価手法を開発する必要が生じる。

以上のようにスルメイカの系群構造や資源変動の時間的スケールは、解明すべき問題によって異なり、現在のところ、資源の評価・管理を行っていく上では季節発生別群を単位として区分するのが妥当と判断している。しかし、どのような系群区分によって資源の評価・管理を行う場合においても、その背後にあるスルメイカの資源構造や、全体としての資源の変動特性および海洋環境との関係を考慮に入れて検討していくことが必要である。そして、このことがスルメイカの適切な管理と持続的な利用に結びつくものとする。

参考文献

- 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. 島根県水産試験場研究報告, (5), 1-93.
- 新谷久男 (1967) スルメイカの資源. 水産研究叢書, (16), 66pp, 日本水産資源保護協会.
- 新谷久男 (1985) スルメイカ漁業の変遷と資源の動向. イカ類資源漁海況検討会議研究報告 (昭和59年度), 1-6, 北水研.
- Basson, M., Beddington, J.R., Crombie, J.A. Holden, S.J., Purchase, L.V. and Tingrey, G.A. (1996) Assessment and management techniques for migratory annual squid stocks: the *Illex argentinus* fishery in the southwest Atlantic as an example. *Fish. Res.*, (28), 3-27.
- Bower, J. R., Nakamura, Y., Mori K., Yamamoto J., Isoda Y. and Sakurai Y. (1999) Distribution of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) paralarvae near Kuroshio off southern Kyushu, Japan. *Marine Biology*, 135, 99-106.
- 土井長之・川上武彦 (1979) 日本近海産スルメイカの生物生産と漁業の管理. 東海区水研報告, (99), 65-83.
- 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., Kidokoro H. and Kasahara S. (2002) Changes in the distribution and abundance of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda, Ommastrephidae) paralarvae in the southwest Sea of Japan with changing stock levels. *in press*.
- 浜部基次・清水虎雄 (1966) 日本海西南海域を主としたスルメイカの生態学的研究. 日水研報告, (16), 13-55.
- 長谷川彰 (1985) 漁業管理. 恒星社厚生閣, 東京, pp.236.
- 平井光行 (2001) 日本海における海面水温の長期変動とマイワシ, スルメイカの資源変動. 月刊海洋号外, (24), 237-244.
- Hiyama Y., Nishida H and Goto T. (1995) Interannual fluctuations in recruitment and growth of the sardine, *Sardinops melanostictus*, in the Sea of Japan and adjacent waters. *Res. Popul. Ecol.* 37(2), 177-183.
- 笠原昭吾 (1977) スルメイカ秋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, 25-38, 日水研.
- 笠原昭吾 (1982) 対馬暖流域におけるスルメイカの資源構造. イカ類資源・漁海況検討会議議事録, 7-10, 北水研.
- 笠原昭吾 (1985) 日本海スルメイカの資源評価と漁況予測, イカ類資源漁海況検討会議研究

- 報告, 29-42, 日水研.
- 笠原昭吾・伊東祐方 (1968) 日本海におけるスルメイカ群の移動に関する研究Ⅱ 1966・1967年秋季の沖合分布群の性状とその移動. 日水研報告, (20), 49-70.
- 笠原昭吾・永澤亨 (1988) 対馬暖流系スルメイカ稚仔分布の経年変動. イカ類資源・漁海況検討会議報告 (昭和62年度), 34-45, 北水研.
- 川端 淳 (1999) 計量魚探調査から見た三陸北部海域におけるスルメイカの分布. イカ類資源研究会議報告 (平成10年度), 23-30.
- 川端 淳・谷津明彦 (2002) 北西太平洋における北上期スルメイカの表中層トロールによる漁獲試験結果. 平成12年度イカ類資源研究会議報告, 22-38, 遠水研.
- 川崎 健 (2001) レジームシフト・気候, 海洋, 海洋生態系に見られる数十年スケールの変動. 海洋号外, (24), 202-211.
- 木所英昭 (1999) 日本海漁場一斉調査時におけるスルメイカの分布とその後の漁期漁場の関係について. 平成9年度イカ類資源研究会議報告, 48-62, 東北水研八戸.
- 木所英昭 (2002) 日本海におけるスルメイカの外套背長の変化. 平成13年度イカ類資源研究会議報告, 2-9, 東北水研八戸.
- 木所英昭・後藤常夫 (1999) 1998年の日本海におけるスルメイカの減少と今後の動向について. 平成10年度イカ類資源研究会議報告, 1-8, 北水研.
- Kidokoro, H., Goto, T. and Kasahara, S. (2000) Relationship between change of spawning area and fluctuation of biomass of the Japanese common squid *Todarodes pacificus* in the Sea of Japan. PICES ninth annual meeting program 77p.
- 木所英昭・長谷川誠三 (2002) 日本海におけるスルメイカの加入前の分布生態と分布量把握手法について. 平成12年度イカ類資源研究会議報告, 1-11, 遠水研.
- 久保田清吾・川端 淳 (1996) 三陸北部海域に來遊するスルメイカの資源動向と外套長組成の特徴. 東北水研報告, (58), 119-136.
- 見延庄士郎 (2001) 同期した50年変動と20年変動をもたらす気候レジームシフト. 月刊海洋号外, (24), 42-49.
- 森 賢・中村好和 (2001) 九州南方海域のスルメイカ稚仔の分布. 46-47, 東北水研八戸.
- 森 賢・中村好和 (2001) 標識放流から推定したスルメイカ太平洋系群の回遊経路. 北水研報告, (65), 21-43.
- 森 賢・土屋光太郎・西田 宏・木下費裕 (2002) 表層トロールネットを用いたスルメイカの採集試験操業結果. 平成12年度イカ類資源研究会議報告, 12-21, 遠水研.
- Murata, M. (1990) Oceanic resources of squids. Mar. Behav. Physiol., (18), 19-71.
- 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.
- Murayama, T. Hiyama, Y. and Kasahara, S. (1993) Why is autumn the main spawning season of the common squid in the Sea of Japan. Bull. Japan Sea Natl. Fish. Res. Inst., (43), 93-103.
- 永澤 亨 (1990) 近年の日本海におけるスルメイカの南下回遊パターン. イカ類資源・漁海況検討会議研究報告 (昭和63年度), 107-113, 日水研.
- 中村好和・森 賢 (1998) 1996年の道東・南部千島太平洋並びにオホーツク海でのスルメイカとアカイカの分布と回遊. 北水研報告, (62), 63-82.

- Nakamura, Y. and Sakurai, Y. (1993) Age determination from daily growth increments in statolith of some group of the Japanese common squid *Todarodes pacificus*. pp.3337-342. In *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology*, ed. by Okutani, T., O'Dor, R. K. and Kubodera, T., Tokai University Press, Tokyo.
- Nakata, J. (1993) Long-term changes in catch and biological features of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) in waters off the east coast of Hokkaido. pp.343-350. In *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology*, ed. by Okutani, T., O'Dor, R. K. and Kubodera, T., Tokai University Press, Tokyo.
- 中田 淳 (1999) オホーツク海, 底建網によるスルメイカの漁獲. イカ類資源研究会議報告 (平成 10 年度), 17-22, 北水研.
- 日本海区水産研究所 (1997) 対馬暖流系スルメイカ. 平成 9 年度我が国周辺漁業資源評価票, 水産庁.
- 日本海区水産研究所 (1998) 対馬暖流系スルメイカ. 平成 10 年度我が国周辺漁業資源評価票, 水産庁.
- 西田 宏・笠原昭吾 (1990) 最近 3 カ年の日本海におけるスルメイカの標識放流結果, イカ類資源・漁海況検討会議研究報告 (平成元年度), 2-10, 東北水研八戸.
- 農林水産技術会議 (1972) スルメイカ漁況予測精度向上のための資源変動機構に関する研究. 研究成果, (57), 246pp.
- 小川嘉彦 (1991) 系統群って何?. 日本海区水産試験研究連絡ニュース, (358), 11-18, 日水研.
- Okutani, T. and Watanabe, T. (1983) Stock assessment by larval survey of the winter population of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), with a review of early works. *Biol. Oceanog.* 2, 401-431.
- 酒井光夫・Brunetti, N. and Jerez, B. (2002) アルゼンチンにおけるマツイカの資源研究とその管理. 平成 12 年度イカ類資源研究会議報告, 108-112, 遠水研.
- 桜井泰憲 (1998) 気候変化に伴うスルメイカ資源変動のシナリオ. *海洋*, 30, (7), 424-435.
- 桜井泰憲 (2001) 気候変化とイカ類資源の変動. *海洋号外*, (24), 228-236.
- Sakurai, Y., Kiyofuji, H., Saitoh, S., Goto, T. and Hiyama, Y. (2000) Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. *ICES journal of Marine Science*, (57), 24-30.
- 新宮千臣 (1982) 系統群研究の現状と問題点. イカ類資源・漁海況検討会議議事録, 5-6, 北水研.
- 和田時夫 (1988) 道東海域におけるまき網対象マイワシ資源の来遊動態に関する研究. *北水研報告*, (52), 1-138.
- Wada T. and Jacobson (1998) Regimes and stock-recruitment relationships in Japanese sardine (*Sardinops melanosticus*), 1951-1995. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, (55), 2455-2463.
- 山田陽巳・永延幹男 (1993) 魚群探知機を搭載した係留式ブイによるスルメイカの魚群量把握. イカ類資源・漁海況検討会議研究報告 (平成 4 年度), 103-108, 北水研.
- 谷津明彦 (2001) 資源量推定手法と生物学的管理基準. *海洋*, 33, (1), 7-10.
- 谷津明彦・木下貴裕 (2002) レジームに応じてパラメータを変化させたプロダクションモデル: スルメイカへの適用例. 平成 13 年度イカ類資源研究会議報告, 29-33.