

ヤリイカの資源変動と来遊予測手法開発研究

伊藤欣吾

はじめに

ヤリイカの資源変動要因を解明し、中長期的な来遊予測が可能となる技術基盤を確立するとともに、これらの研究成果を漁業者に広め、資源増殖及び管理の対策を通じ来遊資源の安定を招来し、ひいては本県沿岸漁業の安定に資するものである。

事業計画

研究計画は表1に示したとおりである。調査の海域、地点は図1のとおりである。

表1 研究年次計画表

目的	調査項目	平成12年度	平成13年度	平成14年度	平成15年度	平成16年度
1 資源再生産過程の解明	(1) 卵発生に及ぼす低水温の影響	○	—	—	—	—
	(2) 卵発生に及ぼす低塩分の影響	—	○	○	○	—
2 中長期的資源変動の予測	(3) 漁獲、海況データの収集整理	○	○	○	○	○
	(4) 資源特性のモニタリング	○	○	○	○	○
	(5) 沿岸水温のモニタリング	○	○	○	○	○
	(6) 資源動態の解析	—	○	○	○	○
	(7) 資源変動予測モデルの開発	—	—	—	○	○
3 短期的来遊群の予測	(8) 未成体分布量の推定	○	○	○	○	○
	(9) 移動経路の解明	○	○	○	—	—
	(10) 冬季来遊群予測モデルの開発	—	—	○	○	○
	(11) 春季来遊群予測モデルの開発	—	—	—	○	○

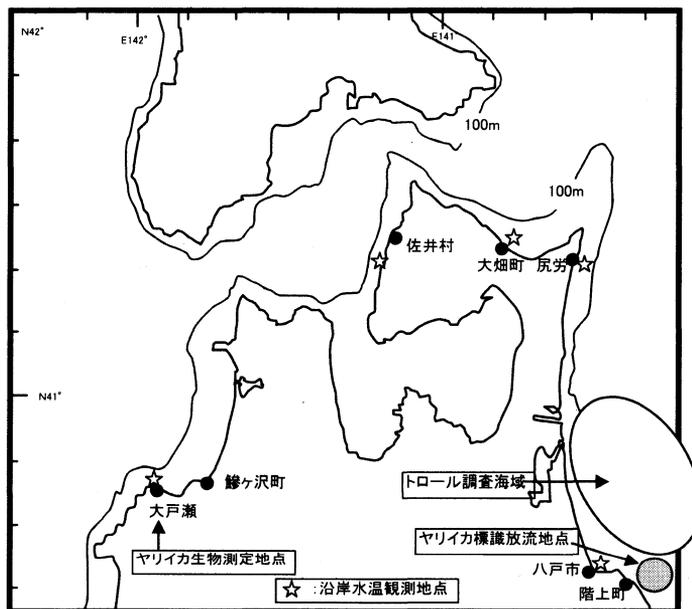


図1 調査の海域と地点

1 資源再生産過程の解明

(1) 卵発生に及ぼす低水温の影響 (概要) (詳細は伊藤・桜井 (2001) に報告)

1999年と2000年に1回ずつインキュベータを使った室内実験により、ヤリイカ卵を5°C、7°C、9°C、11°Cの恒温条件で、また、3段階の異なる発生段階(前期、中期、後期)において一時的に5°Cの水温にさらして飼育し、その発生過程を観察した。ヤリイカ卵は、水温とふ化要日数との間には負の相関関係にあることが確認された(図2)。ヤリイカ卵は発生途中で水温が7°Cに低下しそのまま続くとふ化率が低下すること、さらに、5°Cに低下しそのまま続くと発生が停止しふ化しないこと(図3)、また、一時的に5°Cの水温にさらされるとふ化率が低下することが明らかになった。一時的に5°Cの水温にさらされる場合、その期間が長いほどふ化率は低下すること、特に、発生段階の中期にさらされるとふ化率が極めて低くなることが明らかになった(図4)。標識放流試験と漁獲動向解析により、ヤリイカの産卵群は好適水温帯を求めて移動し、その好適水温帯の下限が8~9°Cであろうと推測した説(伊藤, 1998)を、ヤリイカの繁殖生態の視点から裏付けるものと思われた。

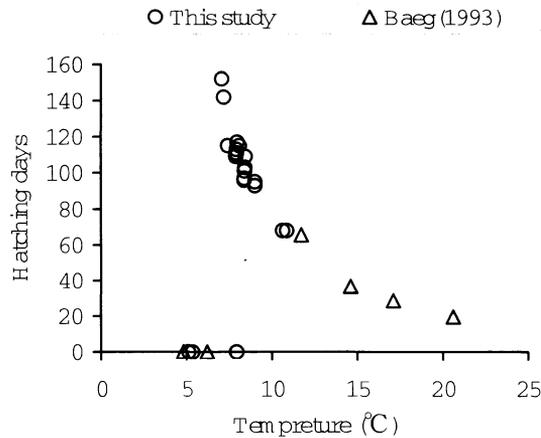


図2 水温とヤリイカのふ化要日数との関係

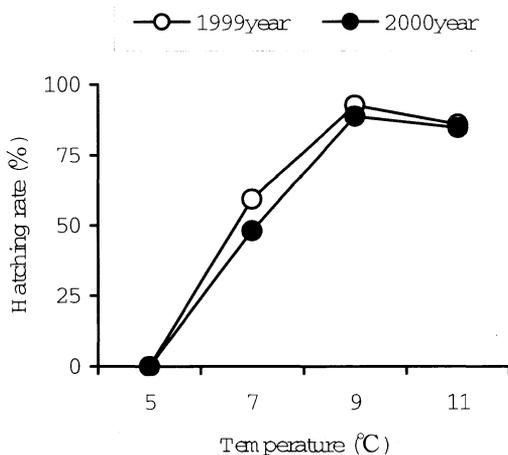


図3 水温とヤリイカのふ化率との関係

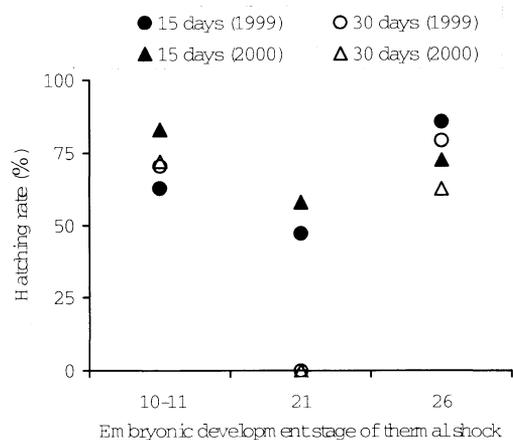


図4 発生段階別の水温ショックによるふ化率

(2) 卵発生に及ぼす低塩分の影響（概要）（詳細は伊藤・桜井（2004）に報告）

2002年にヤリイカの卵嚢を塩分が20.4psuから34.6psuまでの7段階の異なる塩分の実験水槽内(図5)に収容し、胚発生速度と発生異常の有無およびふ化率を比較した。また、胚発生途中で低塩分にさらされた場合の胚発生への影響を調べるための実験も行った。ヤリイカの胚発生は、低塩分ほどふ化までの発生期間が長くなり(図6)、胚の死亡率が増加しふ化率も低下すること、正常胚発生のための塩分下限値は、9°Cで27.2-28.8 psu、15°Cで24.5-27.2 psuと判断された(図7)。また、胚発生途中で卵が一時的に発生に不適な低塩分にさらされた場合には、すべての胚が死亡することが明らかとなった。ヤリイカの卵嚢が産卵される沿岸海域の水深は、北日本では主に5-30mであり、沿岸表層を一時的に覆う河川水由来の低塩分水の影響は少ないと判断される。ただし、集中豪雨など大量の河川水が沿岸に流入し、それが潮流や波浪により攪拌されて海底近くまで低塩分水が覆う場合には、ヤリイカの再生産に大きな影響があると考えられる。

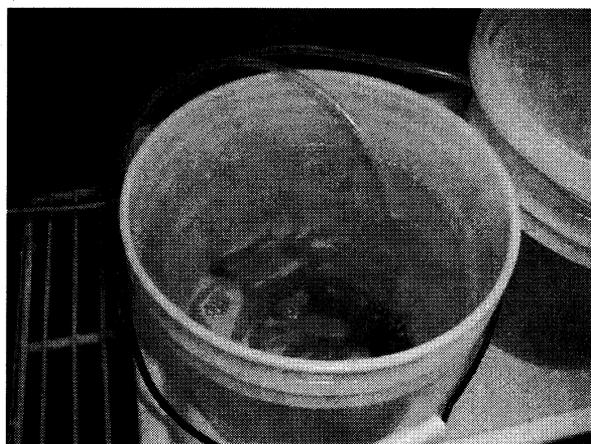


図5 インキュベータ内のヤリイカ卵飼育水槽

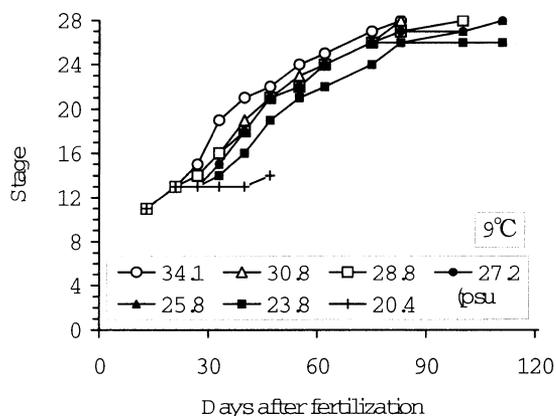


図6 各塩分のヤリイカ胚発生過程

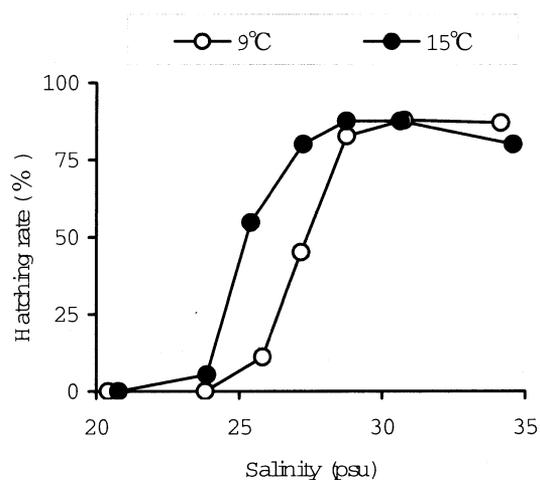


図7 塩分とヤリイカのふ化率との関係

2 中長期的資源変動の予測

(3) 漁獲、海況データの収集整理

材料と方法

県統計（青森県海面漁業に関する調査結果書（属地調査年報））により市町村別、月別及び漁業種類の漁獲量と漁獲金額を調べた（2004年12月までのデータ）。また、1984年以降の石川県～北海道、岩手県の月別漁獲量を各県水産試験研究機関の提供、北海道水産現勢より収集した。

また、これまでの解析結果からヤリイカの漁場形成、資源変動に影響を与えると考えられた津軽暖流の流量（深浦と函館の水位差）、青森県沿岸（鱒ヶ沢、蛇浦、八戸）の沿岸水温、対馬暖流の100m最高水温（深浦町舳作崎西方沖の定線観測）についてデータを収集した。これらのデータは全てデータベースとして当センターに保管した。

結果と考察

北日本におけるヤリイカの資源構造は、標識放流試験と漁獲動向から、能登半島以北の日本海側から対馬暖流の影響がおよぶ岩手県付近までが一つの集団であろうと推測された（伊藤ら，2003）。その集団内に位置する青森県では、12月から2月にかけて太平洋側から日本海側へ産卵回遊する群と、3月から5月にかけて日本海を北上しながら産卵回遊する群が見られ、遺伝的に分化しているとは思えないが、産卵時期と回遊経路が異なる二つの産卵群（冬季産卵群と春季産卵群）が存在するであろうと推測されている（田村ら，1981）。これまでの知見にもとづいた冬季産卵群と春季産卵群の移動分布想定図を図8に示した。2001年漁期を例にした冬季産卵群と春季産卵群の漁獲量の集計区分を図9に示した。この集計方法により冬季産卵群と春季産卵群の漁獲量について1984年漁期以降の推移を図10、11に示した。冬季、春季産卵群の漁獲量はともに、1984～1986年漁期に低調で、1987～1999年漁期に好調で推移し、2000～2001年漁期に急減し2002年漁期に急増した。

漁場形成の環境要因を検討した結果、冬季産卵群の全海域に占める青森県日本海海域の漁獲割合は11～12月（漁期中）の津軽暖流の流量（図12）と強い負の相関関係（ $r=0.79$, $P<0.001$ ）が見られた（伊藤，2005a）。春季産卵群の全海域に占める青森県日本海以北海域の漁獲割合は1～5月（漁期中）の沿岸海面水温（図13）と強い正の相関関係（ $r=0.83$, $P<0.001$ ）が見られた（伊藤ら，2004）。両産卵群全体に占める冬季産卵群の漁獲割合は1～5月（産卵期～初期生活期）の津軽暖流の流量（図14）と強い正の相関関係（ $r=0.85$, $P<0.001$ ）が見られた（伊藤，2005b）。両産卵群全体の漁獲量は3～7月（発生年の初期生活期）の対馬暖流水深100m深最高水温（図15）と正の相関関係（ $r=0.61$, $P<0.01$ ）が見られた（伊藤，2005b）。

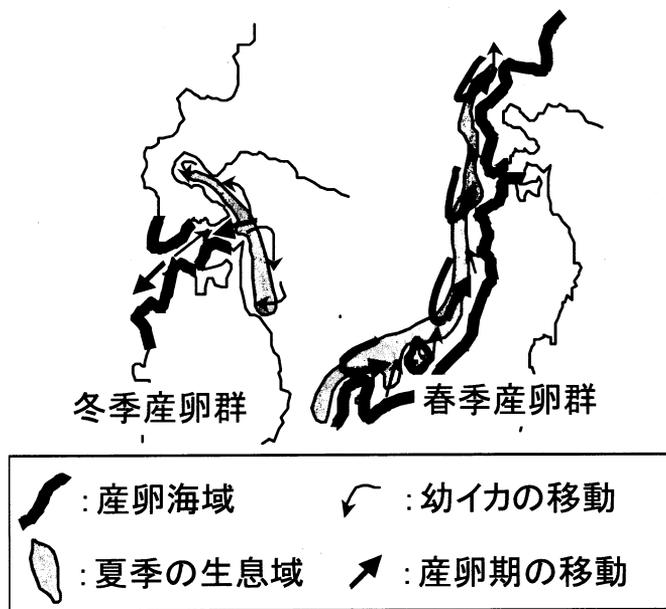


図 8 北日本におけるヤリイカの冬季産卵群と春季産卵群の移動分布想定図

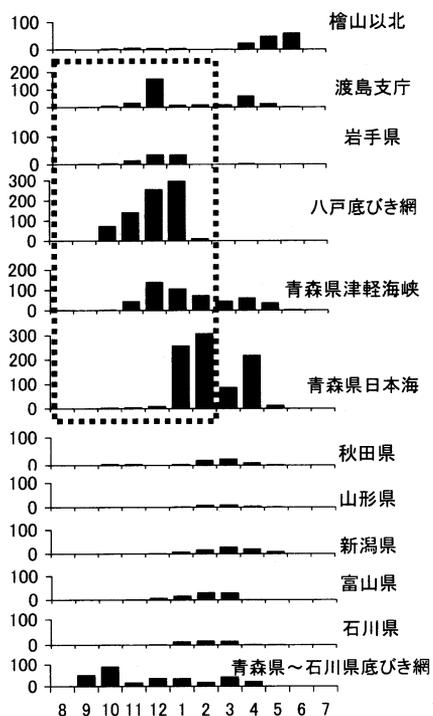


図 9 2001 年漁期を例にした冬季産卵群と春季産卵群の漁獲量の区分。破線内が冬季産卵群、その他は春季産卵群。

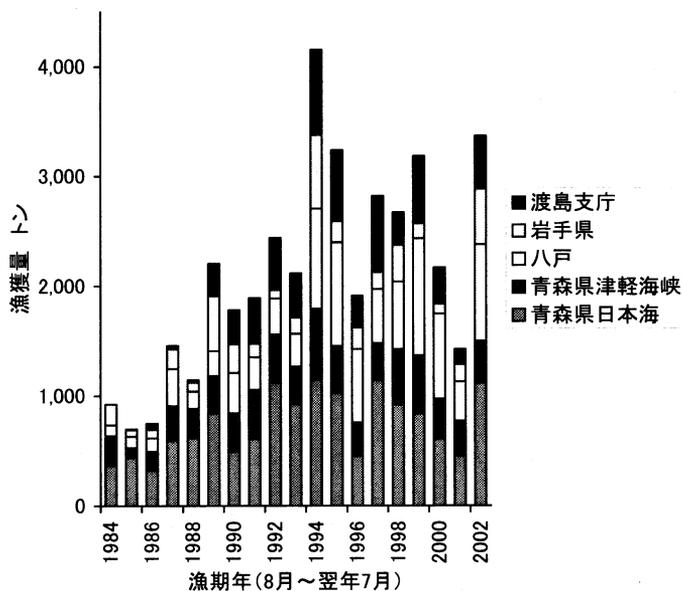


図 10 冬季産卵群の海域別漁獲量の推移

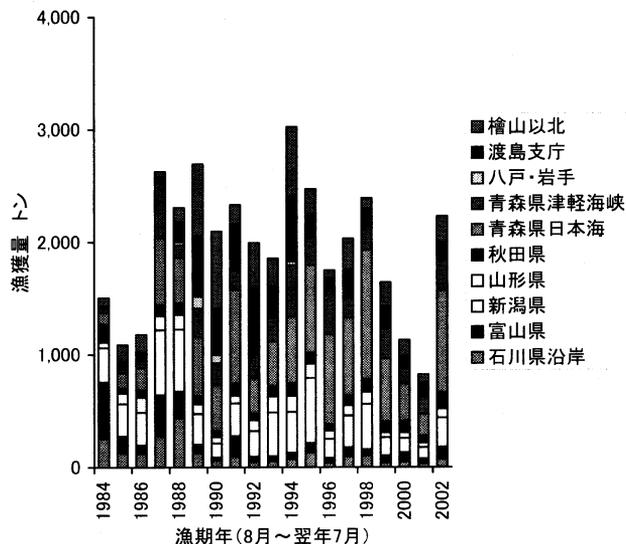


図 11 春季産卵群の海域別漁獲量の推移

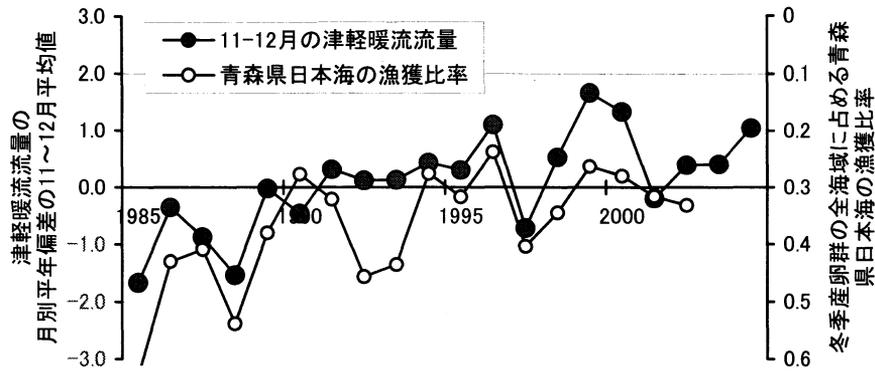


図 12 深浦—函館水位差より推定した津軽暖流流量の11~12月各月年平均偏差平均値の経年変化

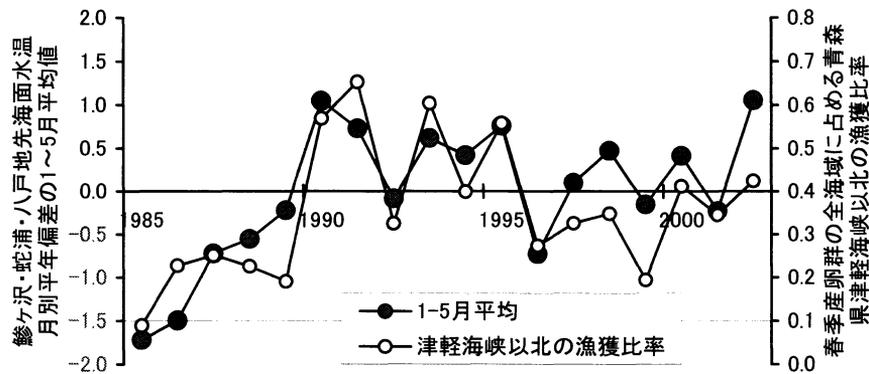


図 13 青森県（鯨ヶ沢、蛇浦、八戸）地先海面水温の月別年平均偏差1~5月平均値の経年変化

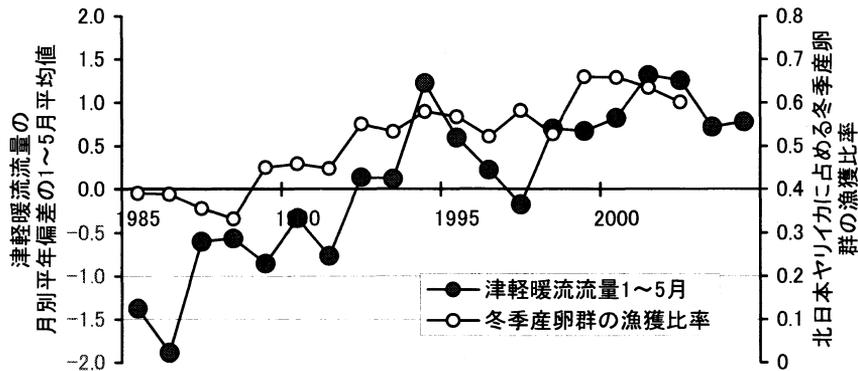


図 14 深浦—函館水位差より推定した津軽暖流流量の月別年平均偏差1~5月平均値の経年変化

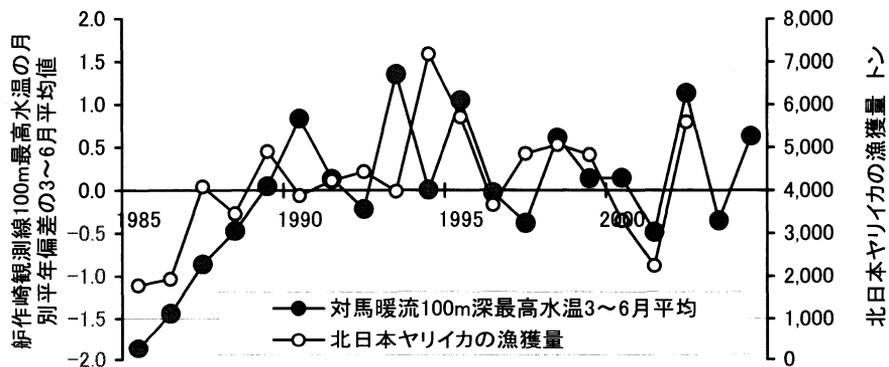


図 15 深浦町船作崎西方沖 100m 深最高水温の月別年平均偏差3~6月平均値の経年変化

(4) 資源特性のモニタリング

材料と方法

鱈ヶ沢漁協と大戸瀬漁協において、沖合底曳網漁業と底建網漁業により漁獲されたヤリイカを標本採集し生物測定を行った。生物測定に供した標本を表2に示した。測定項目は外套背長、体重、雌雄、成熟度、生殖腺重量、外套膜重量及び胃内容物とした。雄については、生殖腺を精巣、貯精嚢及び精莢嚢に分けて重量を測定し、成熟度の判定は精莢嚢に精莢が入っていれば成熟、入っていなければ未熟とした。雌については、てん卵腺の重量および生殖腺を卵巣、輸卵管内卵及び輸卵管線に分けて重量を測定し、成熟度の判定は輸卵管内に卵が入っていれば成熟、入っていなければ未熟とした。

月別銘柄別に抽出された標本をもとに、その月の漁獲量全体に引き伸ばし、月別の雌雄比、平均体重、平均外套背長、成熟割合を推定した。これらの資源特性値を過去のデータと比較した。

結果と考察

図16に示したとおり、鱈ヶ沢漁協と大戸瀬漁協における2003年漁期のヤリイカ月別漁獲重量と月別推定漁獲個体数は、近年では最も少なかった。漁獲のピークは、過去5ヵ年とも2月にあった。

生物測定結果により推定された資源特性値について、図17に雌雄比、図18に平均体重、図19に平均外套背長、図20に成熟割合、図21に外套背長組成を月別に示した。2003年漁期の資源特性は次のとおりであった。漁獲重量の雄比率は56%、漁獲個体数の雄比率は45%で、近年同様に個体数では雄の割合が少なかった。平均体重と平均外套背長は、2002年漁期と同程度で、1月に最大値を示した。成熟個体の割合は雌雄共に12月に90%を超え、前年同様に近年では成熟時期がやや早い結果となったものの、12月の漁獲量が極めて少ないことから、全体的な成熟状況は例年並と考えられた。

資源特性値として、雌雄比、平均体重、平均外套背長、成熟割合を推定した。ここ6ヵ年の結果ではあるが、2001年漁期は雄の大型個体が少ないという特徴が見られた。今後は、その原因を明らかにするため、成長速度、海洋環境を調べる必要がある。

表2 ヤリイカ生物測定標本

年月日	漁協	漁法	銘柄	個体数	
2003.09.24	鱈ヶ沢	沖合底曳網	水	93	*:各銘柄3kg入り 冬期:大:13個体まで 小:14~22個体
2003.10.22	鱈ヶ沢	沖合底曳網	水	100	
2003.11.27	鱈ヶ沢	底建網	水	65	水:23個体以上 春期:大:15個体まで 小:16~25個体
2003.11.27	鱈ヶ沢	底建網	小	41	
2003.11.27	鱈ヶ沢	底建網	小小	65	
2003.12.17	大戸瀬	底建網	小	52	水:26個体以上
2003.12.17	大戸瀬	底建網	大	53	
2003.12.24	大戸瀬	底建網	水	80	
2004.01.13	大戸瀬	底建網	水	65	
2004.01.13	大戸瀬	底建網	小	67	
2004.01.13	大戸瀬	底建網	大	66	
2004.02.09	大戸瀬	底建網	水	63	
2004.02.09	大戸瀬	底建網	小	67	
2004.02.09	大戸瀬	底建網	大	69	
2004.03.15	大戸瀬	底建網	水	70	
2004.03.15	大戸瀬	底建網	小	72	
2004.03.15	大戸瀬	底建網	大	91	
2004.04.14	大戸瀬	底建網	水	65	
2004.04.14	大戸瀬	底建網	小	70	
2004.04.22	大戸瀬	底建網	大	26	
合計				1,340	

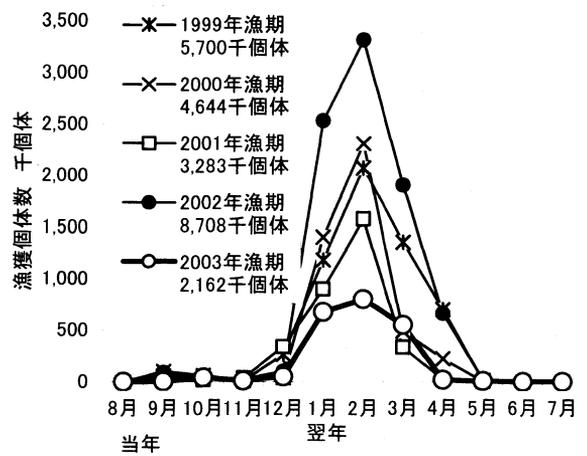
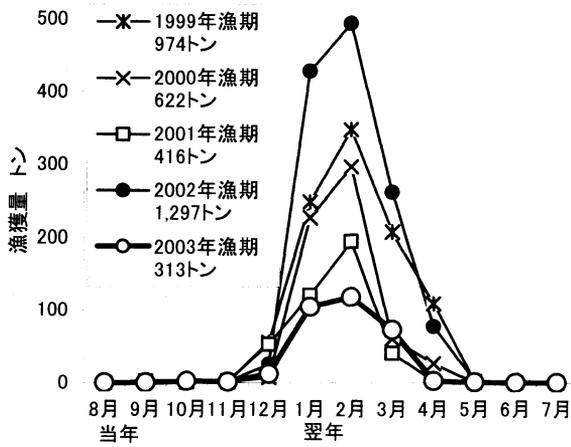


図16 鱒ヶ沢漁協と大戸瀬漁協におけるヤリイカの月別漁獲重量（左図）と月別推定漁獲個体数（右図）

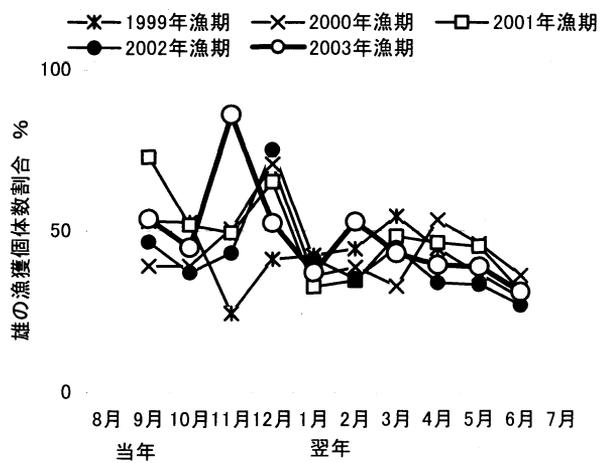
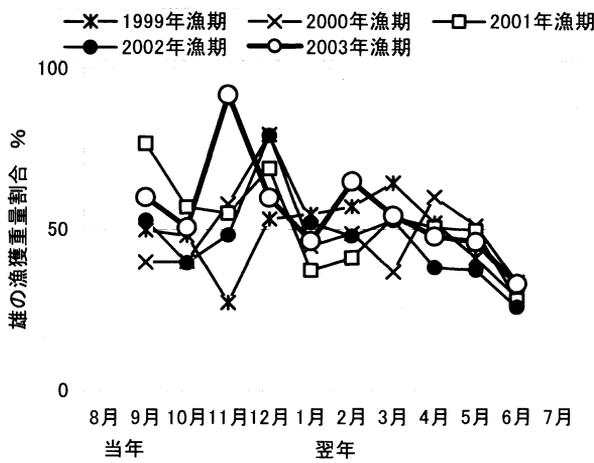


図17 鱒ヶ沢漁協と大戸瀬漁協におけるヤリイカの雄の月別漁獲重量割合（左図）と雄の月別漁獲個体数割合（右図）

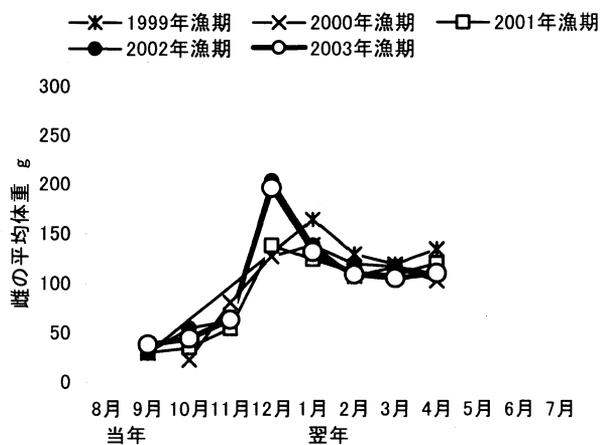
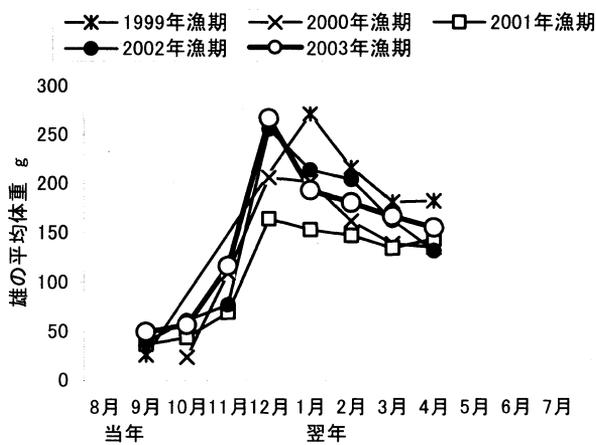


図18 鱒ヶ沢漁協と大戸瀬漁協におけるヤリイカの雄の月別平均体重（左図）と雌の月別平均体重（右図）

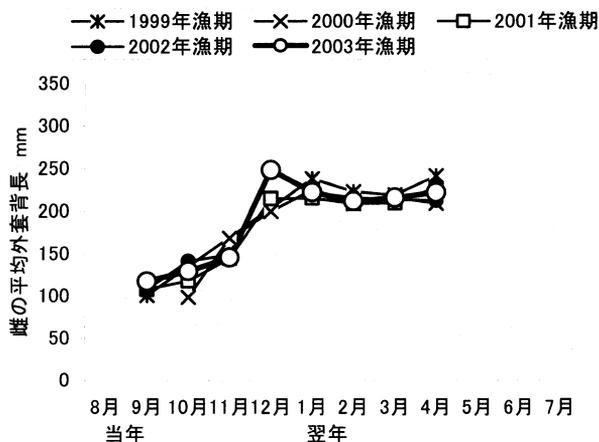
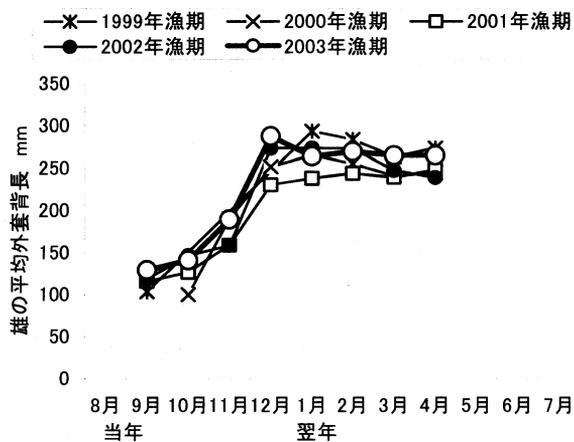


図19 鱒ヶ沢漁協と大戸瀬漁協におけるヤリイカの雄の月別平均外套背長（左図）と雌の月別平均外套背長（右図）

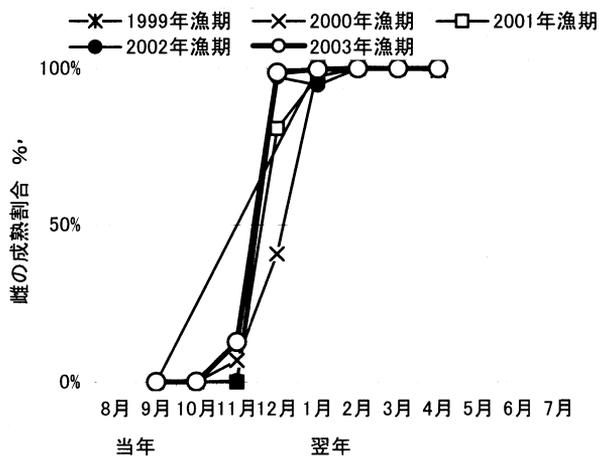
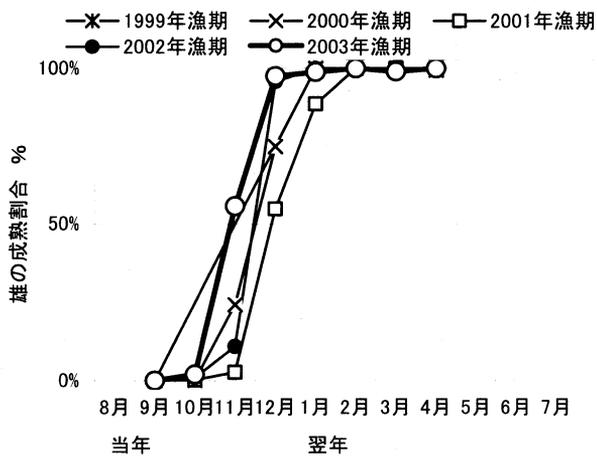


図20 鱒ヶ沢漁協と大戸瀬漁協におけるヤリイカの雄の月別成熟個体割合（左図）と雌の月別成熟個体割合（右図）

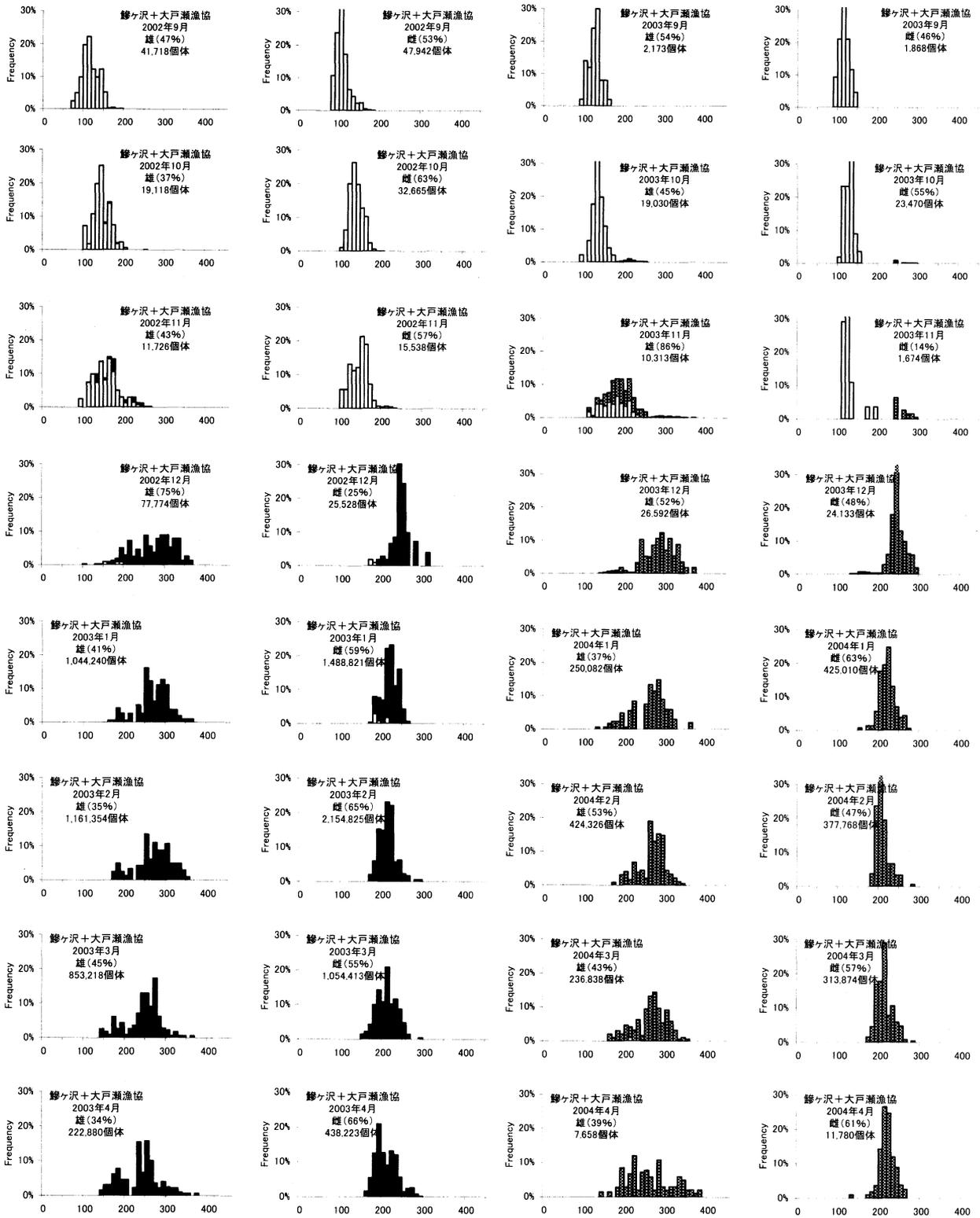


図 21 鱒ヶ沢漁協と大戸瀬漁協における雌雄別月別の推定外套背長組成
2002年漁期（左図）と2003年漁期（右図）

(5) 沿岸水温のモニタリング

材料と方法

表3に示した県内5ヶ所の地先において、海面下5mと海底上3mの水温を観測した。自記式水温計は、深浦町においてはアレック電子社製MDS-Tを、その他の場所ではVEMCO社製MINILOGを用いた。水温計の交換は3ヶ月に1度行った。

表3 沿岸水温観測の概要

開始年月日	場所	海底深度 (m)	観測点	観測インターバル
1995. 03. 06	深浦町大戸瀬漁港地先	25	海面下5mと海底上3mの2点	10分ごと
2001. 01. 20	佐井村長後漁港地先	25	海面下5mと海底上3mの2点	1時間ごと
2000. 12. 11	大畑町大畑漁港地先	25	海面下5mと海底上3mの2点	1時間ごと
2001. 04. 02	東通村尻労漁港地先	50	海面下5mと海底上3mの2点	1時間ごと
2001. 01. 18	八戸市蕪島地先	14	海面下3mと海底上3mの2点	1時間ごと

結果と考察

図22～26に県内5地点で観測した水温の経時変化を示した。(1)卵発生に及ぼす低水温の影響の項で、7℃以下の低水温、特に5℃以下の水温期間の長さや短期的水温変化が再生産の成否を決定すると考えられた。そこで、県内沿岸の底層水温について、ヤリイカの卵発生に適した水温かどうか検討した。日本海の深浦町大戸瀬地先の底層水温は、観測を開始した1995年以降、7℃以下の水温は記録されなかったことから、1995年以降、卵発生に悪影響を及ぼす水温にはなかったと考えられた(図22)。津軽海峡西部の佐井村長後地先の底層水温は、観測を開始した2001年以降、7℃以下の水温は2003年3月下旬に2日間、2004年3月中旬に5日間のみであった(図23)。津軽海峡東部の大畑町大畑地先の底層水温は、冬季の観測が2001年と2004年のみであったが、7℃以下の水温は2001年3月上旬に2日間のみであった(図24)。太平洋北部の東通村尻労地先の底層水温は、自記式水温計の流失により、解析できるほどのデータが得られなかった(図25)。太平洋南部の八戸市蕪島地先の底層水温は、2001年では7℃以下が1月下旬～3月中旬の51日間、2002年は欠測、2003年では7℃以下が2月上旬～4月中旬のうち53日間、5℃以下が3月中旬～4月上旬の15日間、2004年では7℃以下が3月上旬～3月下旬の20日間観測されたことから、2003年3月中旬～4月上旬はふ化率が低下する水温であったと考えられた(図26)。

以上の結果から、調査を行った2001～2004年では、本県日本海～津軽海峡は卵発生に適した水温であったと推定されたが、八戸地先では適さない水温にさらされる危険性があると考えられた。再生産の成否を検討するために、今後も継続して水温をモニタリングする必要がある。

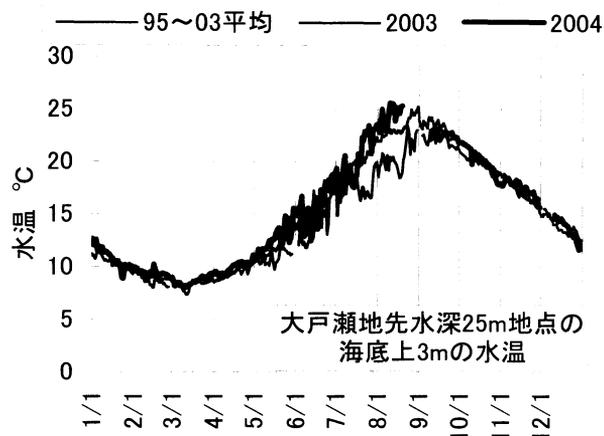
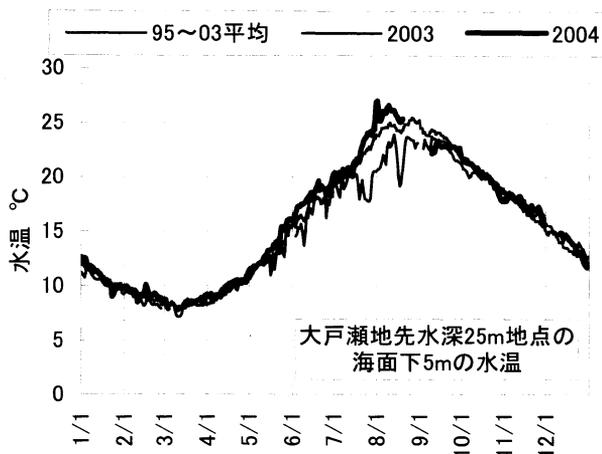


図 22 深浦町大戸瀬漁港地先海深 25m 地点の海面下 5m と海底上 3m における水温の経時変化

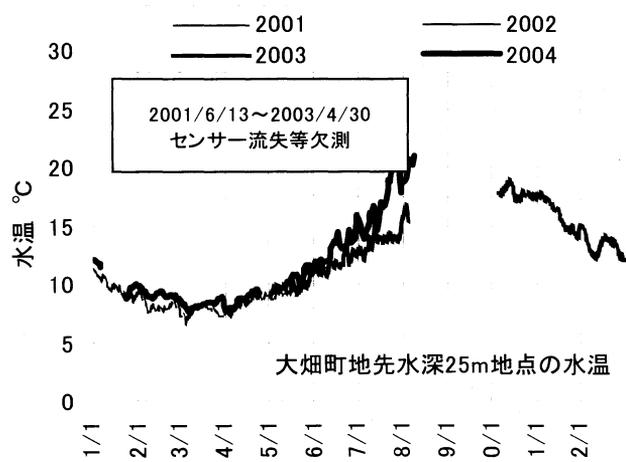
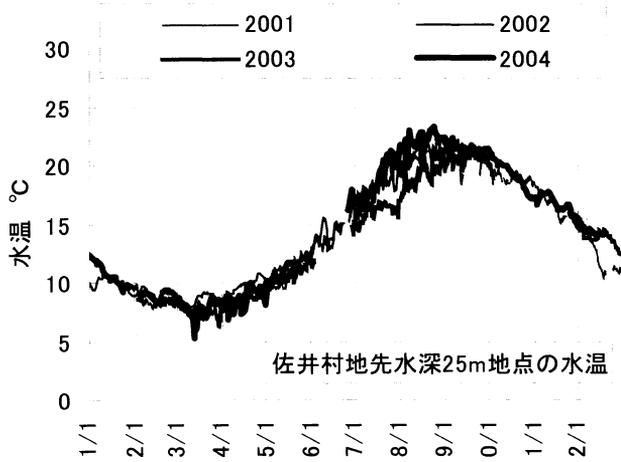


図 23 佐井村長後漁港地先海深 25m 地点の水溫

図 24 大畑町大畑漁港地先海深 25m 地点の水溫

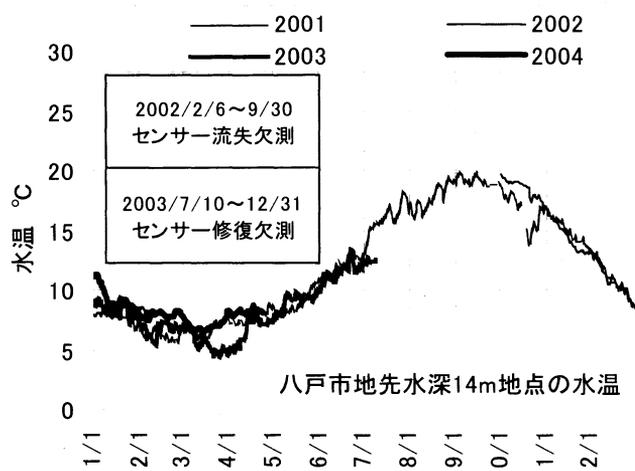
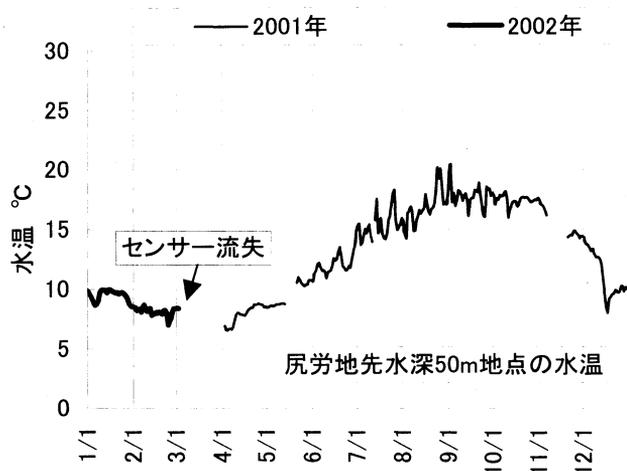


図 25 東通村尻労漁港地先海深 50m 地点の水溫

図 26 八戸市蕪島地先海深 14m 地点の水溫

(6) 資源動態の解析

① 我が国におけるヤリイカの漁獲実態（概要）（詳細は伊藤（2002）に報告）

我が国におけるヤリイカの漁獲実態を明らかにするため、海面を有する都道府県の46水産試験研究機関に対しアンケート調査を行った。ヤリイカは沖縄、瀬戸内海および北海道東部を除く、我が国の広い海域において漁獲されていた（図27）。近年における、我が国のヤリイカの年間漁獲量は8,186～9,794トンと推定された。ヤリイカ漁業の最盛期は1月～3月の海域が多かった（図28）。また、ヤリイカは底曳網と定置網による漁獲が多くを占め、釣りや棒受網によるヤリイカだけを狙った漁業も成立していた。これらの他に、ヤリイカが漁獲されるほとんどの海域において産卵していた（図29）。また、ヤリイカの漁獲変動が気候のレジームシフトと符合している可能性が示唆された。

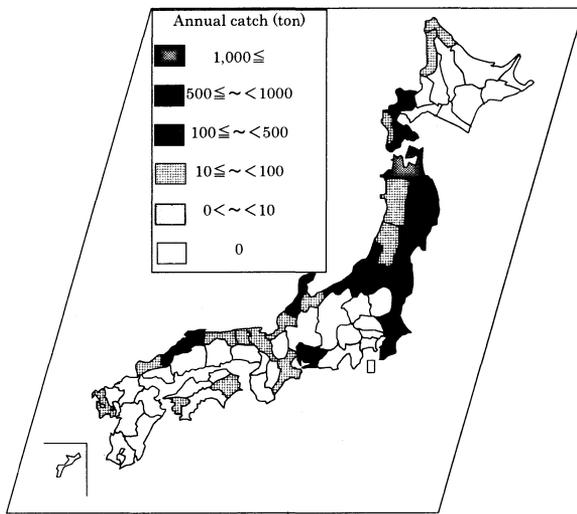


図27 ヤリイカ年間漁獲量
1998～2000年平均値マップ

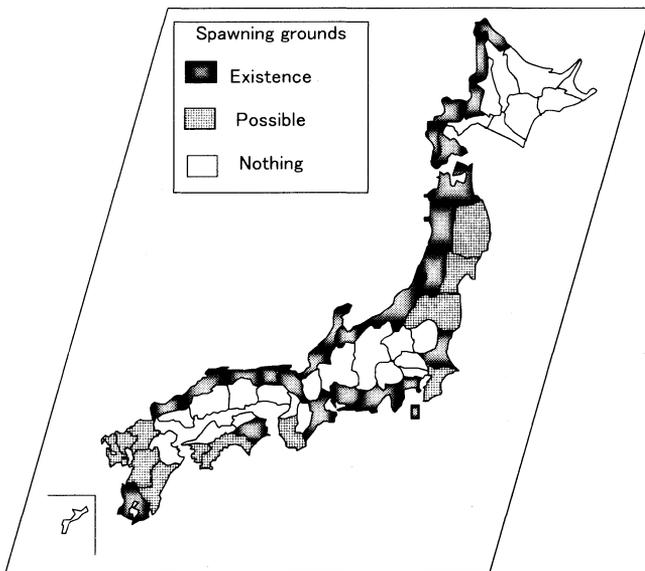


図29 ヤリイカ産卵場の有無

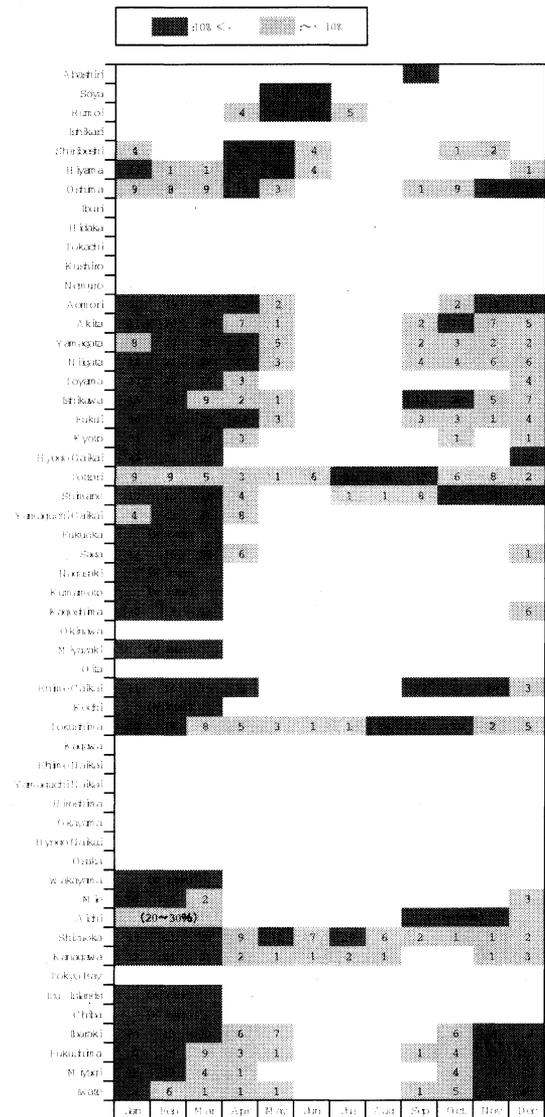


図28 海域別月別のヤリイカ漁獲割合、
1998～2000年平均値、数字は%

② 三陸海域におけるヤリイカの漁獲変動に及ぼす水温環境の影響（概要）

（詳細は伊藤ら（2003）に報告）

青森県から茨城県までの各地のヤリイカ漁獲量の月別変化および各地の水温との関係を解析した。各地のヤリイカ漁獲量の年変動は、青森・道南と八戸、青森・道南と岩手県の定置網、岩手県の定置網と岩手県の底曳網との間に正の相関関係が見られた（表4）。三陸周辺海域におけるヤリイカの集団は2群に分けられ、1つは日本海北部から岩手県までを日本海北部海域群、もう1つは宮城県以南から千葉県までの太平洋北部海域群との仮説が立てられた（図30）。また、太平洋北区沖合底曳網によるヤリイカの漁場推移からも同様に、2群に分かれる傾向が見られた。岩手県の定置網によるヤリイカの漁獲量が、日本海北部海域群の資源に比べて特異的に多く、もしくは少なく漁獲された年は（図31）、平年に比べて親潮の勢力が強いという特徴があった。

表4 三陸海域における海域間の相関表（データ範囲は1981～2001年のうち双方共通年）
**1%有意水準, *5%有意水準

	青森・道南 (八戸除く)	八戸 (底曳網主体)	岩手県 (定置網)	岩手県 (底曳網)	宮城県 (定置網)	宮城県 (底曳網)	福島県 (底曳網主体)	茨城県 (底曳網主体)
青森・道南 (八戸除く)								
八戸 (底曳網主体)	0.66 **							
岩手県 (定置網)	0.55 **	0.29						
岩手県 (底曳網)	0.52	0.28	0.70 **					
宮城県 (定置網)	-0.54	-0.32	0.10	-0.15				
宮城県 (底曳網)	-0.53	-0.10	-0.28	0.02	0.53			
福島県 (底曳網主体)	-0.31	-0.34	-0.10	0.26	-0.13	0.31		
茨城県 (底曳網主体)	-0.12	-0.13	0.06	-0.17	-0.27	0.39	0.28	

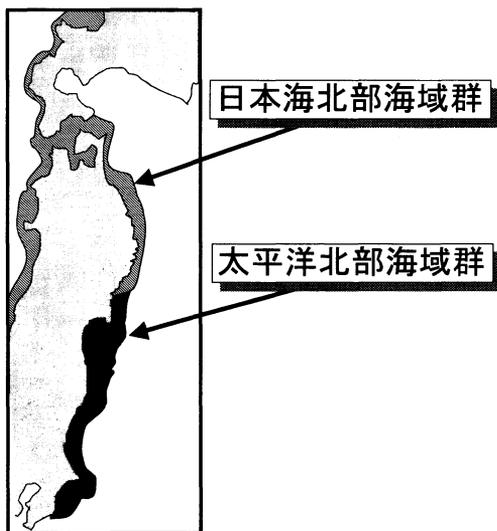


図30 漁獲動向から判断されたヤリイカの集団構造

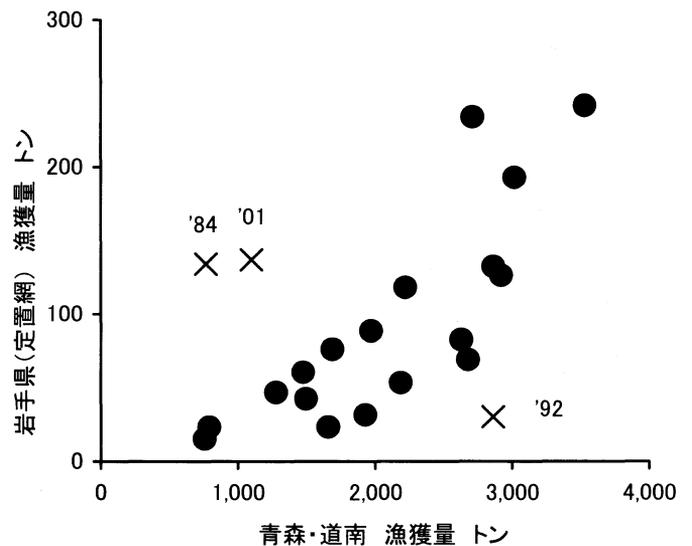


図31 青森・道南と岩手県の定置網によるヤリイカ漁獲量の関係

③ 北部日本海におけるヤリイカの漁獲変動に及ぼす水温環境の影響（概要）

（詳細は伊藤ら（2004）に報告）

石川県から北海道までの各地のヤリイカ春季漁獲量と地先海面水温との関係を解析した。相関分析（表 5）とクラスター分析により漁獲変動の類似する海域を 4 グループに分類した。また、主成分分析により漁場形成の時空間的変動特性を明らかにした。能登半島以北における春季来遊群の漁場は水温上昇とともに北上すること、漁場の中心は青森県～秋田県にあり、1～5 月の沿岸水温が高い（低い）年は漁場が北偏（南偏）すること（図 32）が示された。また、漁場形成の適水温は 8～12℃の範囲であり、8～10℃が最適と推定された。また、1989 年と 1990 年を境に漁場が急激に北偏したこと（図 33）が示され、水温レジームシフトによるヤリイカの資源変動の現れと考えられた。

表 5 北部日本海における春季漁獲量の海域間の相関表（データ範囲は 1985～2001 年）

**1%有意水準, *5%有意水準

	宗谷支庁	留萌支庁	後志支庁	檜山支庁	渡島支庁	青森県 津軽海峡	青森県 日本海北部	青森県 日本海中部	青森県 日本海南部	秋田県	山形県	新潟県	富山県	石川県 沿岸漁業
宗谷支庁	1.00													
留萌支庁	0.49 *	1.00												
後志支庁	0.43	0.12	1.00											
檜山支庁	0.81 **	0.47	0.68 **	1.00										
渡島支庁	0.64 **	0.37	0.73 **	0.91 **	1.00									
青森県津軽海峡	0.24	-0.04	0.14	0.38	0.27	1.00								
青森県日本海北部	-0.06	-0.06	0.21	0.18	0.24	0.54 *	1.00							
青森県日本海中部	-0.07	-0.08	-0.20	-0.13	0.03	0.28	0.54 *	1.00						
青森県日本海南部	-0.15	-0.19	-0.17	-0.13	-0.04	0.47	0.56 *	0.40	1.00					
秋田県	0.11	-0.26	0.34	0.18	0.16	0.43	0.61 **	0.27	0.53 *	1.00				
山形県	0.14	-0.15	0.15	0.21	0.12	0.20	0.22	-0.22	0.28	0.32	1.00			
新潟県	-0.16	-0.24	-0.09	-0.06	-0.07	0.18	0.28	-0.12	0.60 *	0.33	0.78 **	1.00		
富山県	-0.40	-0.28	-0.31	-0.43	-0.49 *	-0.11	-0.27	-0.38	-0.11	-0.31	-0.15	0.19	1.00	
石川県沿岸漁業	-0.40	-0.19	-0.15	-0.37	-0.33	-0.12	-0.07	-0.34	0.13	-0.07	0.23	0.51 *	0.75 **	1.00

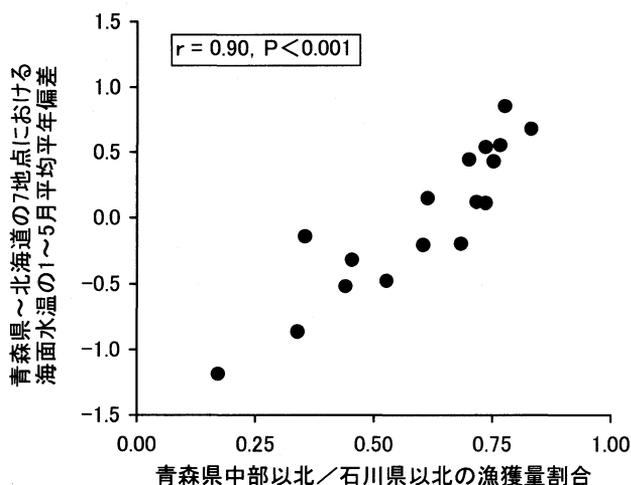


図 32 石川県以北に占める青森県日本海中部以北の漁獲量割合と地先海面水温の 1～5 月平均年偏差との関係

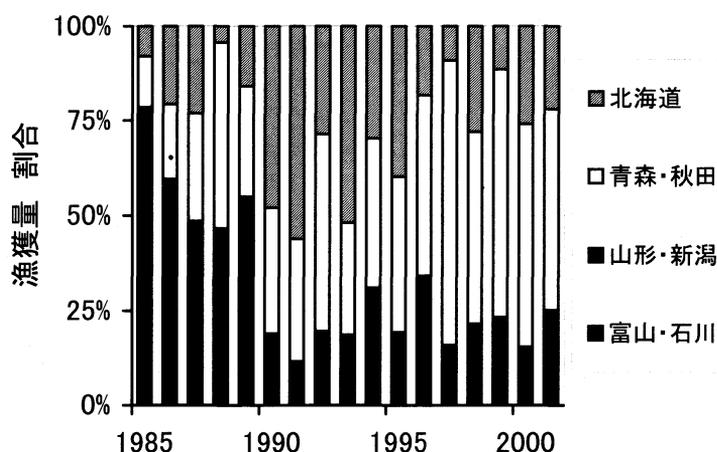


図 33 北部日本海におけるヤリイカ春季漁獲量の海域割合

④ 北日本におけるヤリイカの資源変動に及ぼす水温環境の影響（概要）

（詳細は伊藤（2005b）に報告）

ヤリイカの資源変動に及ぼす水温環境の影響を調べるため、各地のヤリイカ漁獲量と海洋環境との関係を解析した。日本海北部におけるヤリイカは、遺伝的に交流があると思われる冬季産卵群と春季産卵群の2つの群構造が想定されていることから、漁獲量は2つの群に分けて集計した。海域は石川県から北海道および岩手県までとし、期間は1985～2001年とした。海洋環境データは、対馬暖流の指標として青森県日本海沖の流量と100m深最高水温、津軽暖流の指標として流量と100m水温、親潮の指標として第1分枝南下緯度と経度、また、沿岸定地水温を用いた。解析は相関分析を行った。

ヤリイカ漁獲量の経年変化を図34に、海洋環境と翌年の漁獲量との関係を図35に示した。3月、5～7月の対馬暖流水深100m最高水温、1～4月の日本海沿岸定地水温（鯨ヶ沢）、5～6月の津軽海峡沿岸定地水温（蛇浦）と翌年の漁獲量との間に正の相関が示された。これらの沿岸定地水温は対馬暖流の勢力下であり、お互い密接な関係にある。したがって、日本海北部におけるヤリイカ漁獲量は発生年の1～7月の水温と関係があるといえる。長沼（2000）も日本海北部における1～6月の50m水温と翌年のヤリイカ漁獲量とに正の相関があることを示している。つまり、産卵期から初期生活期の水温がヤリイカの資源豊度に影響を及ぼしていると考えられる（図36）。

産卵期から初期生活期の水温がどのような過程を経てヤリイカ資源に影響を及ぼすのか、産卵海域と餌料環境に着目し検討した。前提として、親の量と翌年の資源量との間には明瞭な関係は見出せない。まず、産卵期の漁場を産卵海域とみなすと、産卵期の水温が高い（低い）年は産卵海域が北偏（南偏）することが認められるものの、産卵海域の変化と翌年の漁獲量との間には明瞭な関係は見出せなかった。また、ヤリイカの初期餌料はかいあし類とされているが、産卵海域周辺でのかいあし類に関するデータがないため、今のところ餌料環境と資源変動との関係を検討するのは困難である。

次に、流量と資源量との関係について検討した。1～5月の津軽暖流の流量と翌年の冬季漁獲量との間に正の相関が認められた（図37）。一方、その流量と翌年の春季漁獲量との間には相関関係は認められないものの、ある3ヵ年を除くと、負の相関が見られた。そこで、全漁獲量に占める冬季漁獲量の割合と1～5月の津軽暖流の流量との関係をみたところ、正の相関（ $r=0.84$ 、 $p<0.001$ ）が認められた。この関係の意味するところは、1～5月の津軽暖流の流量が冬季と春季の資源配分に影響していると思われた。例えば、流量が多い年は、親イカが津軽海峡以東に多く来遊し、さらにふ化幼生も津軽海峡以東に多く移送され、冬季産卵群が多くなると想像される。今後は、このプロセスについて検討する必要がある。

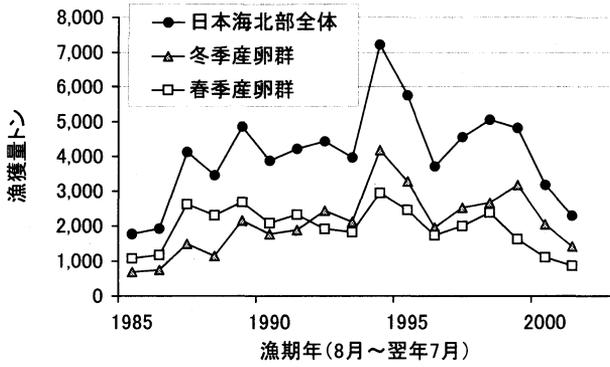


図 34 日本海北部における冬季産卵群と春季産卵群の漁獲量の経年変化

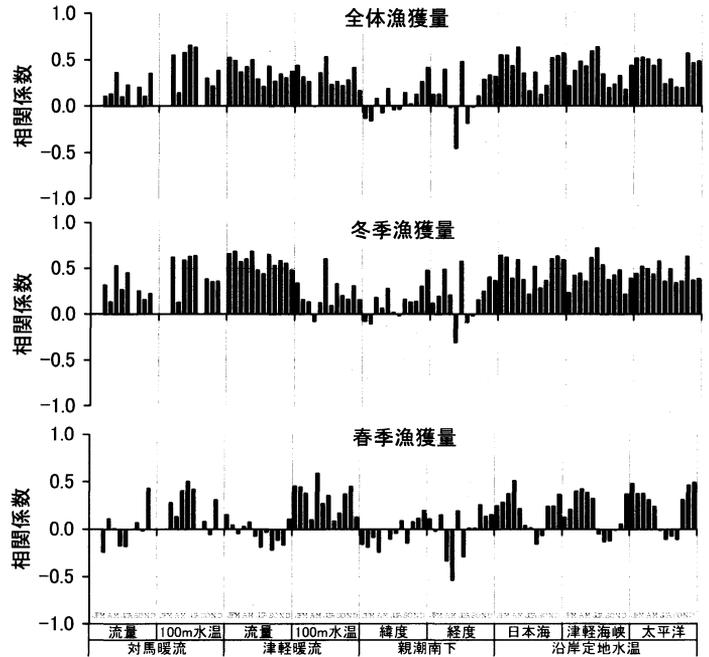


図 35 日本海北部における海洋環境と翌年のヤリイカ漁獲量との関係。データ期間は1985~2001年。漁獲量は8月から翌年7月までの漁期年集計。海洋環境は1~12月の月ごとの偏差。対馬暖流の1, 2, 8, 12月のデータなし

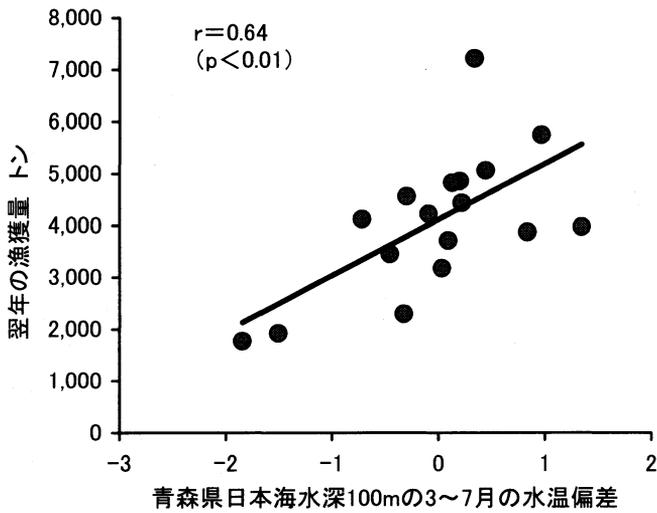


図 36 産卵期から初期生活期の水温と翌年のヤリイカ漁獲量との関係

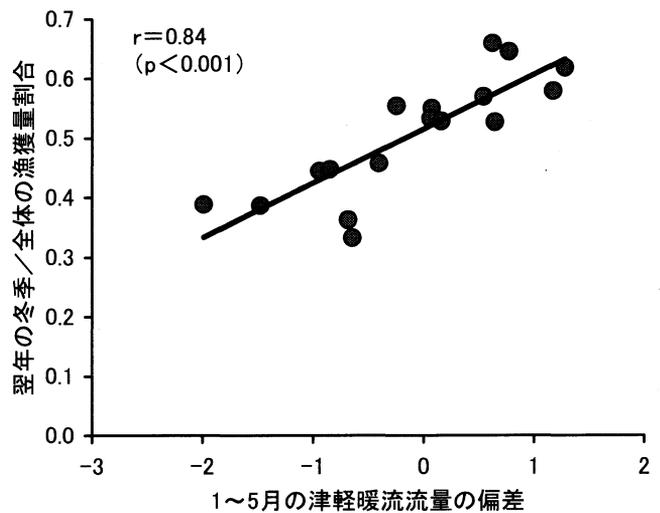


図 37 津軽暖流の流量偏差と翌年の冬季ヤリイカ漁獲割合との関係

(7) 資源変動予測モデルの開発

材料と方法

日本海北部に位置するヤリイカの集団を対象に、資源変動予測を行うため、水温と漁獲データを用いて予測モデルを検討した。水温は月1回実施している試験船による深浦町舳作崎西方の定線観測データとし、その中で最も漁獲量変動と強い相関があった3～7月の各月平年偏差の平均値を用いた。漁獲データは石川県～北海道、岩手県とし、8月～翌年7月までの漁期年集計にした。解析期間は1985～2002年の18年間とした。

結果と考察

予測に用いた回帰直線を図38に、実測値と予測値を図39に示した。予測値が実測値にうまく適合しているとは思えなかった。水温と漁獲量とは相関がみられるものの、水温変動がどのようなメカニズムでヤリイカ資源に影響を及ぼすのかについては、水温が直接的に生残を左右するとは考えにくく、水温が間接的に資源変動要因の指標となっている可能性も考えられる。魚類では餌料環境が資源変動に影響していることが報告されている。今後は、ヤリイカの資源変動と餌料環境についても調べる必要がある。

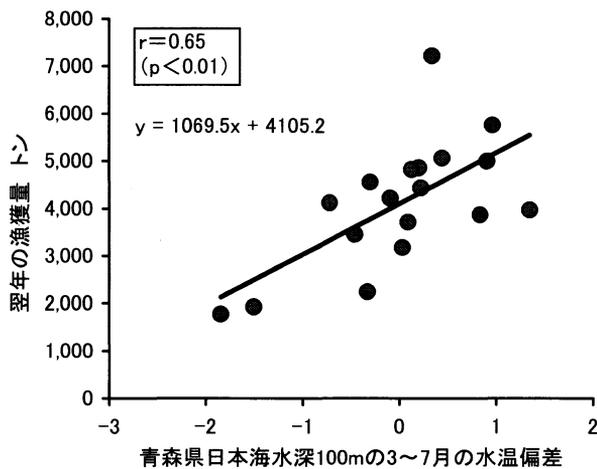


図 38 日本海北部群全体の漁獲量予測に用いた回帰直線

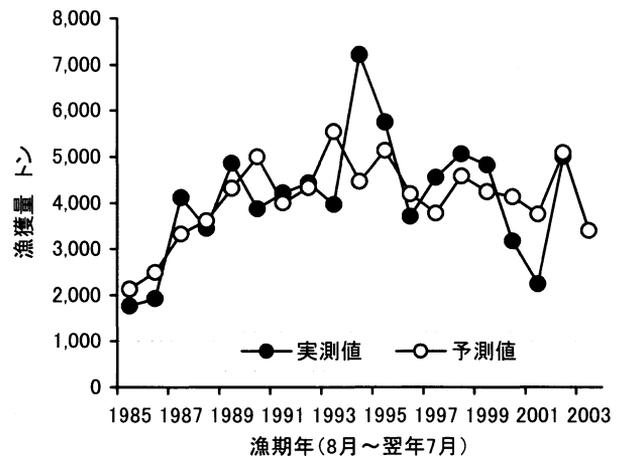


図 39 日本海北部群漁獲量予測モデルの実測値と予測値

3 短期的来遊群の予測

(8) 未成体分布量の推定

材料と方法

本県太平洋南部海域において、2004年10月15～18日に試験船青鵬丸によるオッタートロール調査を行い、ヤリイカ未成体の分布密度を調べた。オッタートロール網の仕様は袖網長7.5m、網口幅2m、網口丈2m、内網目合11mmである。曳網面積は曳網距離×袖先間隔(ネットスキヤマーより平均11.9m)とした。各調査点の分布密度は漁獲効率1とし、採集個体数÷曳網面積で算出した。これまでの調査から、当海域の100m以浅では小型が多く、100～200mではそれより大きく、200m以深ではほとんど分布しないことがわかっている。そこで、これらの水深で3層に分け、100m以浅と100～200mの面積比を1:1として、全体の分布密度を算出した。

結果と考察

表6に2003年の青鵬丸オッタートロール調査によるヤリイカの外套背長組成を、図40には1999年～2004年におけるヤリイカ分布密度を示した。2004年の外套背長組成は50～180mmの範囲にあり、そのモードは100～150mmで、1999年以降最も大きかった(図41)。2004年の分布密度は1.6個体/1000m²と算出され、1999年以降では最も低かった(図42)。分布密度と当海域における10～12月の漁獲量との間に、正の相関は見られなかった。この要因として、1999年、2000年は採集方法が確立されていなかったことが可能性として考えられる。また、外套長組成に年変化が見られたことから、体サイズを加味した、分布量を算出する必要がある。

表6 2004年オッタートロール調査により採集されたヤリイカの外套背長組成(個体数)

St.No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	海域A	海域B	合計
年	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004			(A:B=1:1)
月	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			Ind./1000m ²
日	20	24	20	20	24	19	25	19	19	19			0m<
海域	鯨角沖	鯨角沖	百石沖	百石沖	百石沖	塩釜沖	塩釜沖	小川原沖	小川原沖	小川原沖	0m<	100≤	0m<
水深	80	150	60	80	150	90	150	100	150	200	<100m	<200m	<200m
外套背長mm													
0 <<<<<	10										0	0	0.0
10 <<<<<	20										0	0	0.0
20 <<<<<	30										0	0	0.0
30 <<<<<	40										0	0	0.0
40 <<<<<	50										0	0	0.0
50 <<<<<	60			1		2					3	0	0.0
60 <<<<<	70			3		7					10	0	0.0
70 <<<<<	80					3					3	0	0.0
80 <<<<<	90			1		1					2	0	0.0
90 <<<<<	100					7					7	3	0.0
100 <<<<<	110	4			4	3	5	8	29		3	49	0.1
110 <<<<<	120	10			19		51	24	48		0	152	0.4
120 <<<<<	130	28			27		85	6	19		0	166	0.4
130 <<<<<	140	8			17		48	2	34		0	109	0.3
140 <<<<<	150	5		1	5		30	4	18		1	62	0.2
150 <<<<<	160	2			1		2		6		0	12	0.0
160 <<<<<	170	1			1		2	1	3		0	9	0.0
170 <<<<<	180								2		0	2	0.0
180 <<<<<	190							1			0	1	0.0
190 <<<<<	200										0	0	0.0
合計	0	58	0	6	74	23	224	46	162	0	29	564	1.6
曳網距離(m)	2,308	2,481	2,222	2,542	3,667	2,820	3,858	2,422	3,129	2,371	9,892	15,557	84
曳網面積(m ²)	27,465	29,519	26,440	30,254	43,636	33,554	45,910	28,820	37,240	28,213	117,713	185,126	1,000
密度(Ind./1000m ²)	0.0	2.0	0.0	0.2	1.7	0.7	4.9	1.6	4.4	0.0	0.2	3.0	1.6

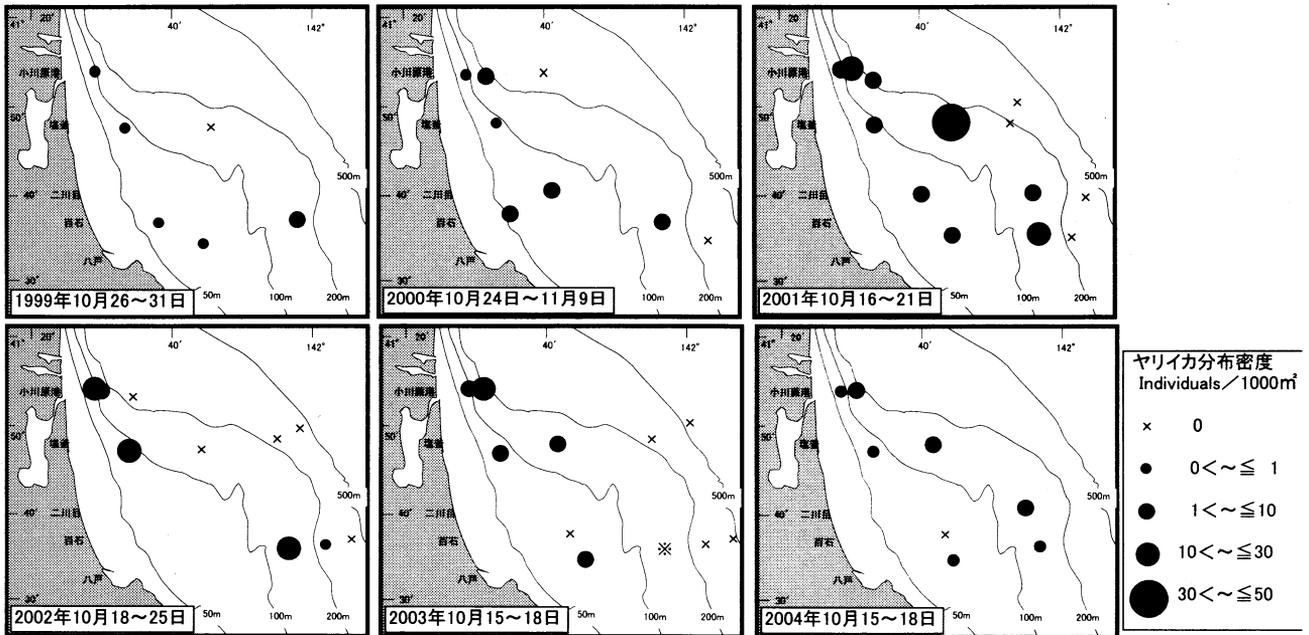


図 40 オッタートロール調査によるヤリイカの分布密度 (個体数)

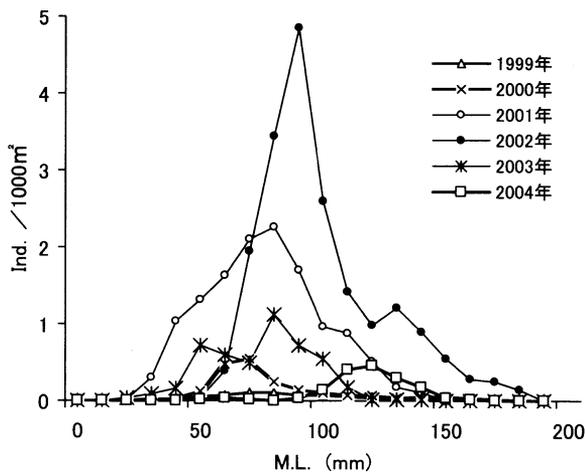


図 41 ヤリイカの外套背長組成 (1000 m²あたりの個体数)

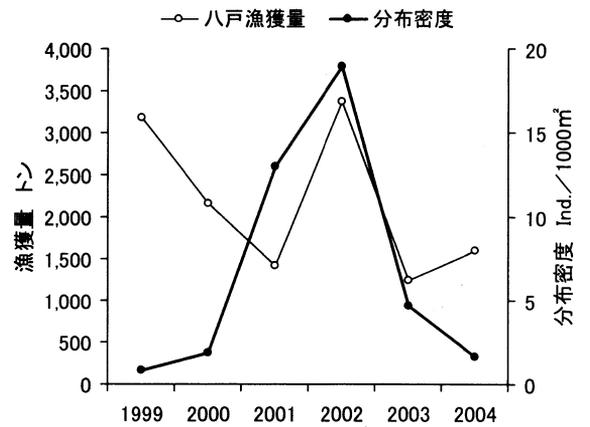


図 42 八戸における 10~12 月の漁獲量とヤリイカ分布密度の推移

(9) 移動経路の解明 (概要) (詳細は前年度報告書と伊藤 (1998) を参照)

青森県周辺海域におけるヤリイカの移動はほぼ解明されている (伊藤, 1998) が、八戸沖の大きな漁場については不明のままである。そこで、青森県太平洋南部海域において 2001~2002 年に 1,670 個体の標識放流を行った。しかし、再捕報告はなかった。

(10) 冬季来遊群予測モデルの開発

材料と方法

これまで、冬季来遊群を対象にした漁獲量予測モデルを検討した結果、以下の 2 つの予測モデルが開発されたことから、それらのモデルを用いて 2004 年漁期の予測を行った。

1 つは、予測の目的変数を青森県、岩手県および渡島支庁の 8 月から翌年 2 月までの漁獲量 (Y1) とし、説明変数は同海域の 8~11 月の漁獲量 (X1) とした。予測モデルを導き出したデータ解析期間は 1984~2003 年とし、2004 年漁期を試験的に予測した。

$$\text{予測モデル: } Y1 = 3.4263X1 + 606.46 \quad (r=0.89) \quad (\text{図 } 43)$$

もう 1 つは、予測の目的変数を青森県日本海海域の 8 月~翌年 2 月の漁獲量 (Y2) とし、予測モデルは、1 つ目の予測漁獲量 (Y1) に、津軽暖流の 11~12 月の平均流量偏差 (X2) と全海域 (青森、岩手、渡島) に占める青森県日本海海域の漁獲比率との単回帰式 ($r=0.78$ 、図 44) を掛け合わせ式とした。予測モデルを導き出したデータ解析期間は 1984~2003 年とし、2004 年漁期を試験的に予測した。

$$\text{予測モデル: } Y2 = Y1 \times (-0.0921X2 + 0.3584) \quad (r=0.72)$$

結果と考察

1 つ目の青森県、岩手県および渡島支庁の 8 月~翌年 2 月の漁獲量を予測するモデルの予測値と実測値を図 45 に示した。過去 5 ヶ年の予測誤差は 3~23% の範囲で、平均 11% であった。2004 年漁期の予測に用いた説明変数 (X1) の 8~11 月漁獲量は 170 トンと見積もられ、予測漁獲量は 1,200 トンと推定した。2004 年漁期の実測値は概算 1,600 トンで予測誤差は 25% であった。誤差要因として、説明変数 (X1) の 8~11 月漁獲量を 170 トンと見積もったが、実際は概算 230 トンであったことから、少なく見積もったことにあると考えられた。対処法としては、できるだけ多くの情報をもとに、8~11 月の漁獲量を見積もることが重要であると考えられた。

2 つ目の青森県日本海海域の 8 月~翌年 2 月の漁獲量を予測するモデルの予測値と実測値を図 46 に示した。過去 5 ヶ年の予測誤差は 1~49% の範囲で、平均 22% であった。2004 年漁期の予測漁獲量は 320 トンであった。2004 年漁期の実測値は概算 550 トンで予測誤差は 42% であった。誤差要因は、1 つ目の予測誤差と同様に、説明変数 (X1) の 8~11 月漁獲量を少なく見積もったことにあると考えられた。

以上 2 つの漁獲量予測モデルは、予測精度と予測発表日から考えて、実用的であると考えられた。

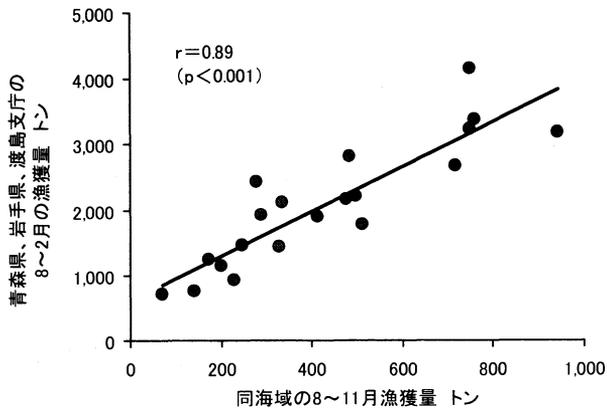


図 43 冬季来遊群の予測に用いた回帰直線

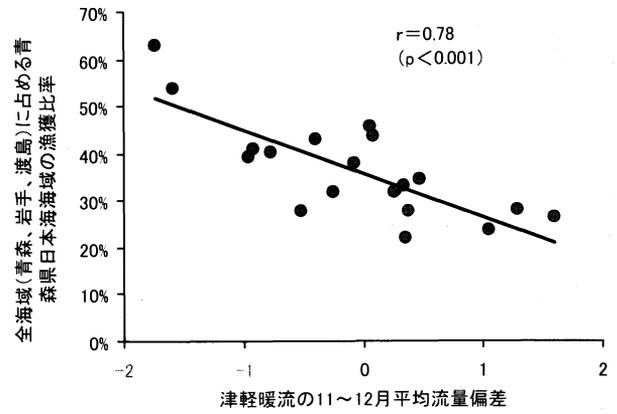


図 44 青森県日本海海域の予測に用いた回帰直線

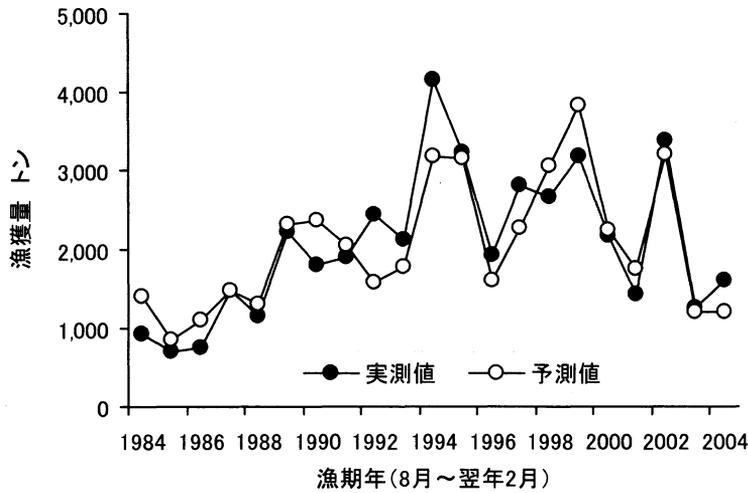


図 45 冬季来遊群予測モデルの実測値と予測値

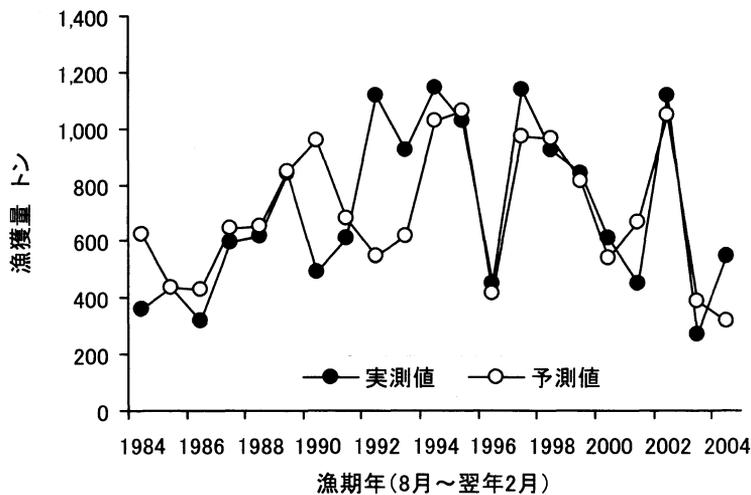


図 46 青森県日本海海域の漁獲量予測モデルの実測値と予測値

(11) 春季来遊群予測モデルの開発（概要）（詳細は前年度報告書を参照）

未成体期の分布域が明らかになっていないため、冬季産卵群のように漁期序盤の漁獲量からその後を予測する手法が使えない状況にある。冬季産卵群と春季産卵群を合わせた漁獲量を水温から予測し、その予測値から冬季産卵群の予測漁獲量を差し引く方法で予測を試みたものの、実用的な精度ではなかった。今後は、春季産卵群の未成体期における主たる分布域を明らかにする必要がある。

まとめ

資源再生産過程の解明

これまでの飼育実験により、ヤリイカ卵の胚発生に適した水温の下限は 7℃、塩分の下限は 28psu であることが明らかになった。今後は、産卵場の水温や塩分をモニタリングし、自然環境における再生産過程の検証を行っていききたい。また、再生産に必要な水温と塩分の条件は、ヤリイカの産卵回遊、産卵期の漁場形成の大きな要因となりうるものと考えられる。

中長期的資源変動の予測

ヤリイカの漁獲データ、生物測定データ、水温データの解析により次のことが明らかになった。我が国のヤリイカの年間漁獲量は約 9,000 トン（伊藤、2002）で、都道府県別では青森県が最も多く約 3 割を占めていた。青森県のヤリイカ資源は日本海北部海域の集団に位置するが、その分布域については、これまで能登半島以北で、北は北海道の積丹半島から石狩湾付近まで、東は津軽海峡東口付近とされてきたが（佐藤、1990）、本研究により、北は北海道の網走支庁、東は岩手県までと推定された。春季来遊群については、水温上昇とともに北上すること、分布の中心が青森県～秋田県にあること、1～5 月の沿岸水温が高い（低い）年は分布が北偏（南偏）することが明らかになった。漁場形成の適水温は 8～12℃の範囲であり、8～10℃が最適と推定された。1989 年と 1990 年を境に漁場が急激に北偏したことが示され、水温レジームシフトによるヤリイカの資源変動の現れと考えられた。

以上の資源生態が明らかにされるとともに、この日本海北部海域のヤリイカ漁獲量の年変動が青森県日本海沖の 3～7 月の水温年変動と強い相関関係にあることが認められた。このことは、ヤリイカの産卵期から初期生活期の水温が資源変動の要因になっている事を示唆していると考えられた。さらに、その関係式を用いて、日本海北部海域のヤリイカ資源を対象に漁獲量予測を試みたものの、予測精度に幅があったことから、今後は精度を高めるためのモデルの再検討、また、水温がどのようなプロセスで資源に影響しているか明らかにする必要がある。

短期的来遊群の予測

冬季来遊群を対象とした 2 つの予測モデルが開発された。一つ目は、冬季産卵群の全海域（青森県、岩手県、渡島支庁）における漁期序盤（8～11 月）の漁獲量から、その後翌年 2 月までの漁獲量を予測するモデルである。2 つ目は、冬季産卵群の全海域に占める青森県日本海海域の漁獲量を、一つ目の全海域の予測漁獲量に、津軽暖流の 11～12 月の平均流量偏差と青森県日本海海域漁獲比率との単回帰式を掛け合わせたモデルで予測する方法である。これら 2 つの予測モデルは、予測精度、予測の発表日から判断し、漁業関係者に対して有効な手法と考えられた。

春季来遊群を対象とした予測については、実用的な予測モデルは開発できなかった。今後は、春季来遊群の未成体期における分布域を調査し、その未成体の分布密度から漁獲量を予測する手法を検討する必要がある。

謝 辞

本報告にあたり、ヤリイカ卵の飼育実験に多大なるご協力をいただいた下前漁業協同組合と小泊漁業協同組合の皆様、ヤリイカの標識放流試験にご協力をいただいた階上町漁業協同組合の皆様に心から感謝申し上げます。

文 献

- 伊藤欣吾 (1998) 青森県沿岸海域におけるヤリイカの移動. 水産海洋研究、62、369-377.
- 伊藤欣吾 (2002) 我が国におけるヤリイカの漁獲実態. 青森水試研報、2、1-10.
- 伊藤欣吾 (2005a) 青森県におけるヤリイカの漁況予測. イカ類資源研究会議報告 (平成 16 年度)、61-66. 日水研.
- 伊藤欣吾 (2005b) 北日本におけるヤリイカの資源変動に及ぼす水温環境の影響. 水産海洋研究、69、51-52.
- 伊藤欣吾・佐藤晋一・桜井泰憲 (2004) 北部日本海におけるヤリイカの漁獲変動に及ぼす水温環境の影響. イカ類資源研究会議報告 (平成 15 年度)、49-56. 日水研.
- 伊藤欣吾・桜井泰憲 (2001) ヤリイカの卵発生に及ぼす低水温の影響. 青森水試研報、1、1-8.
- 伊藤欣吾・桜井泰憲 (2004) ヤリイカの胚発生に及ぼす低塩分の影響. 水産増殖、52、99-100.
- 伊藤欣吾・高橋進吾・筒井 実・桜井泰憲 (2003) 三陸海域におけるヤリイカの漁獲変動に及ぼす水温環境の影響. イカ類資源研究会議報告 (平成 14 年度)、20-26. 北水研.
- 長沼光亮 (2002) 生物の生息環境としての日本海. 日水研報、50、1-42.
- 佐藤雅希 (1990) 北部日本海におけるヤリイカの移動と回遊. 平成元年度イカ類資源・漁海況検討会議研究報告、49-57. 東北水研八戸支所.
- 田村眞通・石川 哲・赤羽光秋 (1981) ヤリイカの生態と大規模増殖場開発事業展開方法Ⅱ. 栽培技研、10、47-54.