

富山湾におけるホタルイカ (*Watasenia scintillans*)

来遊量は予測可能か? *

西田 宏¹⁾ · 内山 勇²⁾ · 平川 和正¹⁾

Possibility of Forecasting the Abundance of the Firefly Squid *Watasenia scintillans* Immigrating into Toyama Bay, Southern Japan Sea

Hiroshi NISHIDA, Isamu UCHIYAMA and Kazumasa HIRAKAWA

Abstract

Methods for elucidating the mechanism of interannual variability in the firefly squid (*Watasenia scintillans*) biomass were examined on the catch data (adult females only) obtained using set nets in Toyama Bay from 1982 to 1995, in relation to changes in both biotic and abiotic factors. It is indicated that the reproductive activity (mean egg abundance from March to May) of the squid in a certain year is not linked to the catch (from March to June) in the following year. Among several environmental factors, water temperature, phytoplankton (diatoms) density and possibly zooplankton biomass in spring (April or May) contribute to a significant increase in the squid catch (April) increasing from 1986 to 1990 (density-independent effect). However, such an effect has not always been recognized from 1991 to 1995 when the peaks and troughs of the squid catch were not synchronized with those of their mantle length in April, and the annual catches decreased gradually due mainly to density-dependent effects. On the other hand, in the light of top-down control, there are significant relationships between the catches of the squid and those of predators such as walleye pollack and mackerel during the period from 1982 to 1995. Results from multiple regression analysis suggest that water temperature (implying plankton biomass as an index of food availability), salinity and predation pressure are valid factors for forecasting the catch of this population immigrating into the bay from spring to early summer.

Key words : density-dependent effect, density-independent effect, multiple regression analysis, predator, Toyama Bay, *Watasenia scintillans*, water temperature

1997年11月12日受理 日本海区水産研究所業績A第520号

¹⁾ 〒951-8121 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所
(Japan Sea National Fisheries Research Institute, Suido-cho, Niigata 951-8121, Japan)

²⁾ 〒936-0021 滑川市高塚364 富山県水産試験場
(Toyama Prefectural Fisheries Research Institute, Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-0021, Japan)

*本研究は、水産庁委託事業『漁場生産力モデル開発基礎調査』(平成7~11年)の一環として、実施された。

緒 言

富山湾におけるホタルイカ (*W. scintillans*) は春から夏にかけて産卵の為に湾岸域に來遊・集群することが古くから知られており、その雌の産卵群を漁獲対象とした定置網漁業が主に3～6月に営まれ、特に4月がその盛漁期にあたる。富山湾における「ホタルイカ定置網」は、毎年ホタルイカの漁期に約50数統敷設される(日本海ホタルイカ資源研究チーム 1991)。林(1995)によれば、1953～1992年(40年間)の富山県におけるホタルイカの漁獲量は476～3,894トンの範囲で変動し、1986年に最低値、1992年に最高値を示し、この最低値と最高値の差は約8倍であり、ヤリイカ類、スルメイカ類及びコウイカ類で報告されている3～5倍の差と比較して最も大きい。定置網漁業の経営の安定をはかるためには、このような顕著な変動を示すホタルイカの漁獲量変動に対する科学的根拠に基づいた漁況の見通しが必要であり、特に、隣接漁場における漁獲情報が得られない沖合から沿岸へ移動するような魚介類群にとっては、來遊量を特定の環境要因から推定する新しい予測手法の開発が重要課題である。

ホタルイカ漁獲量の予測手法としてはこれまで、富山湾における底部冷水がホタルイカ漁況に及ぼす影響が大きいという仮定に基づき、富山湾のホタルイカ漁期における200 m深水温を指数化し、それを漁獲量予測の説明変数とする試みがなされた(今村 1977)。しかしながら、当時においてはホタルイカの生活史特性が十分には解明されていなかったため、本種の再生産(親子)関係や分布変動と環境要因との関連などについての解析は課題として残されていた。最近、林(1995)は、富山湾で漁獲されるホタルイカの成長と分布・移動に関して多くの知見を報告し、その中で、富山湾に來遊するホタルイカ群は、能登半島以西とは比較的独立した集団とする見解を提起した。したがって、(1) この見解に基づき、富山湾におけるホタルイカ産卵群とその産出卵の出現量から見た再生産関係を正しく把握することができれば、産卵量から翌年の産卵群の來遊(回帰)量を予測できるはずである。また、(2) ホタルイカ漁獲量(成熟産卵群)と生物・非生物的環境要因との関連解析から、産卵群変動を規定する要因を抽出することができれば、特定の環境要因に基づいて翌年の産卵群來遊量を予測できるはずである。

本研究では、富山湾に來遊するホタルイカ産卵群(漁獲量)の変動がどのような要因によって引き起こされているのかを明らかにすることを目的とし、その手掛かりとして、本種の漁獲量と卵の分布量、漁獲物の体長、水温、塩分、餌料生物(プランクトン)及び捕食種との相互関係をそれらの経年変化に基づき解析した。その結果、将来本水域におけるホタルイカ來遊量を予測する上で不可欠であると考えられる生物的・物理的過程とその構成要因を抽出することができた。また、重回帰分析によって、これら諸要因のうち、特に漁期前(1～3月)における能登半島～男鹿半島の50 m深水温と、漁期(4月)における富山湾奥部の50 m深塩分が重要な要因であることを指摘した。更に、これらの要因を説明変数として作成した重回帰式によって推定される漁獲量と実際の漁獲量の差に関する解析結果に基づき、ホタルイカの來遊量を予測する上で捕食種の來遊量、即ちトップ・ダウン・コントロール(捕食圧)を考慮する必要性を明らかにした。

本稿をとりまとめるにあたりご校閲を頂いた富山県庁の林清志博士に感謝申し上げる。また、本研究に用いたデータの多くは、富山県水産試験場が長年にわたり収集したものである。データ収集とその整理にご尽力された富山県水産試験場のスタッフ各位に深謝する。

資料と方法

1 ホタルイカ漁獲量の年変動に関する解析

定置網は、沿岸漁場に敷設した網に魚群をトラップする漁具であり、魚介類の入網の日間差に漁獲努力の変動を考慮する必要はない。この点で富山湾は、来遊するホタルイカの来遊量を定置網漁獲量と漁獲物に関する生物データに基づき定量化できる最も適した海域(漁場)であるとみなされる。本研究では、富山湾の定置網(Fig.1)による漁獲量をホタルイカ来遊量の指数化されたものとみなした。本研究に用いたホタルイカ漁獲量は、富山県水産試験場が収集している富山県各港における1982~1995年の月別水揚げ量統計値(富山県水産試験場 1996)のうち、卵分布量との対応の解析では全漁獲期間である3~6月の、また漁獲物の体サイズ、水温、プランクトン及び捕食種との対応では漁獲盛期にあたる4月のデータを各々利用した。

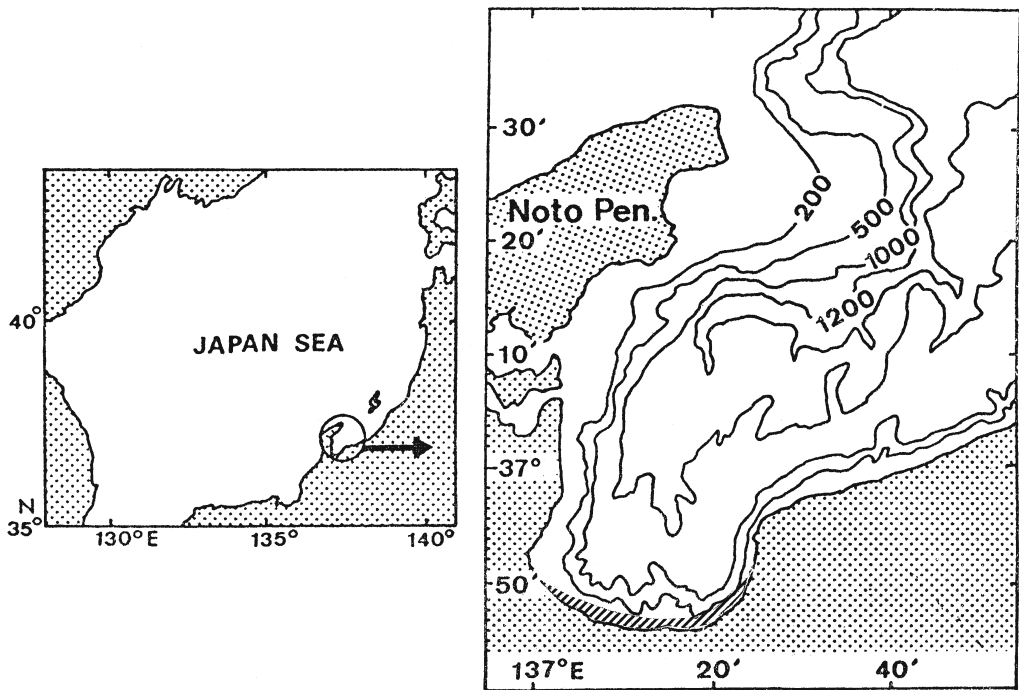


Fig. 1. Maps showing location of Toyama Bay (left), and of the set nets in the main firefly squid fisheries ground of Toyama Bay (right). Bathymetric contours (1200, 1000, 500 and 200 m) in Toyama Bay are also shown. /// : set nets

2 ホタルイカ卵の分布量の年変動に関する解析

富山湾におけるホタルイカの雌の成熟産卵群量(漁獲量)と卵の分布量の関係を解析するために、1982~1995年の3~6月まで富山湾から佐渡島西部にかけての22定点において富山県水産試験場が行った卵の分布調査の結果(富山県水産試験場 1996)から1000m²あたりの卵の平均出現数を算出した。試料はノルバックネット(口径:45cm, 網目:0.35mm)を用いた150m深から海表面までの鉛直曳採集によって得られた。その詳細な方法は林(1995)により報告されている。

3 漁獲されたホタルイカの外套背長の年変動に関する解析

ホタルイカの体サイズの経年変動を調べるために、富山県水産試験場による漁獲物に関する外套背長測定結果(富山県水産試験場 1996)の平均値を用いた。この測定結果は1986年から1995年において漁期の各旬毎に得られている。ホタルイカ(稚仔～成体)の外套背長の月別変化に基づき適用されたvon Bertalanffyの成長式(林 1995)から判断すると、ホタルイカの雌個体は性成熟後も成長を続けるが、3月以降その外套背長の増加は前年の8～12月までの増加と比較して著しく遅滞する。そのため、本研究においては、通常漁獲量が急増する4月上旬をホタルイカが漁場へ加入する最適時期とみなし、4月上旬における外套背長の経年変動を解析した。

4 ホタルイカをとりまく環境要素の経年変動の解析

RUNGE(1988)は漁業と基礎生産の関係について論じ、漁業生産の経年変動は、(1)物理的環境(プロセス)の経年変動による直接的影響だけでなく、(2)食物連鎖(低次生物生産)を経由した物理的環境の間接的影響とも密接な関わりをもつことを指摘した。魚類の来遊量変動機構を解明する上で、同様の概念がPOULET and WILLIAMS(1991)によって提唱されている。本研究においても、これら2点について水温・塩分(水塊指標)及びプランクトン(餌料生物指標)を要因として各々解析する。

(1) 水温・塩分

漁期における水温の代表値として、1982～1995年の4月に富山湾から佐渡島西部の24～32定点において富山県水産試験場が観測を行った結果(富山県水産試験場 1996)のうち、50 m深水温の平均値を用いた。春季の富山湾における50 m深水温はホタルイカの生息水深及び漁場形成と密接な関わりをもつ対馬暖流水の動向(林 1995; 内山・平川 未発表)の指標になると考えられる。また、漁期前(1～3月)～漁期(4～6月)に対応する水温値としては、調査対象域を拡げ長沼・市橋(1995)による富山湾を含む日本海北区(能登半島～男鹿半島)の1～3月における50 m深平均水温ならびに4～6月における50 m深平均水温を用いた。さらに、富山湾の沿岸域は春季において河川水(融雪氷水)の影響を強く受ける(長田・奈倉 1993)ことも推察されるため、塩分の影響を検証するために、富山湾奥部の3定点(緯度 $36^{\circ}50'N$ 上で、経度 $137^{\circ}05'E$, $137^{\circ}14'E$, $137^{\circ}22'E$ の3点)の50 m深平均塩分を用いた。

(2) プランクトン

ホタルイカ漁獲量に対する餌料生物(プランクトン)量の影響を両者の長期間の分布変動を通して明らかにする必要がある。富山湾においてはホタルイカの主要な餌料生物としてオキアミ類 *Euphausia pacifica*, 端脚類 *Themisto japonica*, カイアシ類 *Metridia pacifica*などが知られている(林・平川 1997)。しかしながら、これらの動物プランクトンと同様に植物プランクトン(基礎生産量)の経年変動を解析するために利用できるデータはみられない。そのため、舞鶴海洋气象台による定期海洋調査定線(PM線)に位置する若狭湾湾口から湾外の2定点, Stn.1(海深200～250 m, $36^{\circ}10'N$, $135^{\circ}50'E$)及びStn.2(海深600～700 m, $36^{\circ}25'N$, $135^{\circ}40'E$)における1977～1996年の20年間のプランクトンデータ(気象庁 1977～1997; 舞鶴海洋气象台 1996)を用いた。動物プランクトン現存量(湿重量)はノルバックネットを用いた150 m深から海表面までの夜間鉛直曳採集により、また、植物プランクトン(珪藻類)の細胞数密度は表面海水500 mlを採水することにより得た各々の試料で測定された。本海域は富山湾と同様に対馬暖流域に位置し、また、ホタルイカが漁獲されている点で共通性をもつ。更に、富山湾のホタルイカ漁期(4, 5月)の50 m深水温(富山県水産試験場 1996)と若狭湾口から湾外における50 m深水温(気象庁 1977～1997; 舞鶴海洋气象台 1996)とは類似した経年

変動パターンを示している。

5 ホタルイカ捕食種に関する資料

日本海におけるホタルイカは、大きな資源量をもつと推察され、魚介類の餌生物としても重要であると考えられる。逆に、魚介類に捕食されることによりホタルイカの来遊量が大きく減少する可能性も否定できない。ホタルイカの捕食者としてはアカガレイ・マダラ・スケトウダラなどの底魚類が知られている(YAMAMURA *et al.* 1993)。更に、富山湾及びその隣接海域においてはさば類(西田 未発表)とホッケ(内山 未発表)がホタルイカを比較的多く捕食している。また、日本海区水産研究所(1984)によると、富山湾においてホタルイカを捕食していた魚種としてタチウオ、アカカマスなども挙げられている。本研究においてはこれらの魚種のうち、本水域において代表的な底魚類であるスケトウダラと代表的な浮魚類であるさば類の両種の来遊量とホタルイカ来遊量との相互関係を1982~1995年における経年変動について解析した。スケトウダラとさば類の漁獲量は、両魚種とホタルイカとの遭遇頻度の高まるホタルイカ漁期(4, 5月)における富山県全県の漁獲量(富山県水産試験場 1996)を用いた。

結果と考察

1 富山湾において漁獲されるホタルイカの再生産(親子)関係

Fig. 2 に1982~1995年の富山湾の定置網におけるホタルイカの漁獲量と卵の出現数の経年変動を示した。ホタルイカ漁獲量は林(1995)も述べているように、1986年には僅か476トン(最低値)まで減少したが、その後毎年増加し、1990年及び1992年の2回にわたりほぼ同程度の顕著なピークを示し(1990年:3,732トン、1992年:3,895トン)、最低値の約8倍に達した。しかしながら、本研究結果を付け加えることにより、1990年以降、ホタルイカ漁獲量は増減を繰り返しながら減少する傾向を示すことが明らかとなった。一方、本種の平均出現卵数は1989年までは約6個/1000m³未満であったのが、1990年に約25個/1000m³(最高値)まで急増し、その後、約8個/1000m³以上で推移するものの、次第に減少傾向を示した。したがって、漁獲量と産出卵数の経年変動を比較すると、両者は共に1984~1986年を低極として、1990年までは増加期、その後は減少期を迎えたことから、類似した変動パターンを示すことが明らかになった。このことは、まず定置網漁獲量がその年に富山湾に来遊した産卵雌群の来遊量を反映していると判断できる一つの根拠を示すものである。次に、卵の出現数が、翌年の来遊量を予測する根拠として使えるかどうかを検討する。ホタルイカでは、Fig. 2 に示したように、産卵数の増減時期と産卵群のそれらとがほぼ同調し、両者間には時間的隔たり(1年間)が生じていない。このことから、本種の産卵量は次年の来遊量の多寡の指標として十分ではなく、ホタルイカ来遊量の変動要因として富山湾での再生産量が決定的であると判定することには無理があるといえる。

2 ホタルイカ漁獲量と外套背長との関連(密度依存型)

Fig. 3 に、ホタルイカ漁獲量が回復から減少に転じた1986年から1995年までの10年間における4月の漁獲量と、4月上旬における平均外套背長を示した。両者の関係を経年変化を通してみると、漁獲量が1000トン以下を示す1989年以前の外套背長は比較的大きく(57~59mm)、しかもほぼ一定に推移したが、1990年以降は明瞭に変動し、漁獲量の増減とは逆の位相を示した。すなわち、ホタルイカ漁獲量が1000トン以上を記録した1990年、1992年、1994年及び1995年では外套背長の小型化が認められた。なお、漁期間の各旬毎の平均外套背長をそれぞれの旬の漁

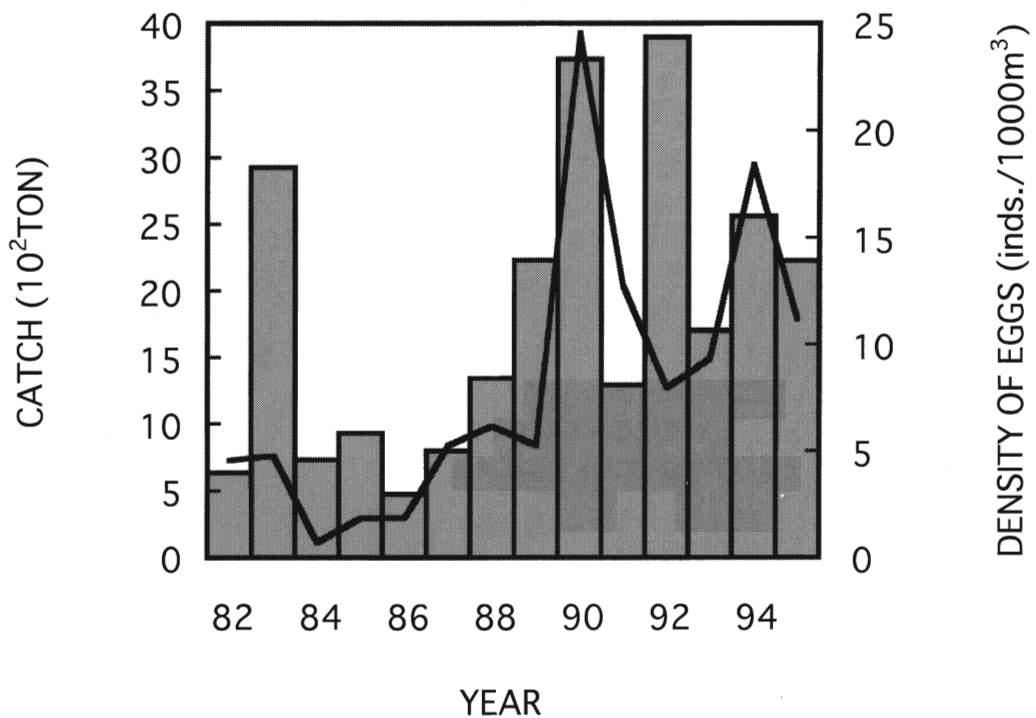


Fig. 2. Yearly-fluctuation in catch (TON) of firefly squid (bar) and density of eggs of the squid (thick line) in Toyama Bay.

獲量で重み付けた後に平均外套背長を算出して同様の解析を行った結果においても、1992年を除いて同じような傾向がみられている(林 私信)。このように1990~1995年に見出された漁獲量と成長との逆位相関係は、漁獲量の多い年には小型の個体が多く、漁獲量の少ない年には大型の個体が多いことを示す。イカ類においては資源量の変動が成長速度に及ぼす影響については知られていないが、例えば近年において大きな資源量変動を経験したマイワシでは、資源量の増大に伴う成長の遅れが報告されている(和田 1988, HIYAMA *et al.* 1995)。単年性のホタルイカでは、成体に達してからの成長(林 1995)に大きな差があるとは考えにくいので、成長の差は、富山湾よりむしろ未成体の主分布域である沖合までの広い海域において発生すると判断される。先述の再生産関係と併せて解析すると、富山湾における来遊量の多い年は個体数も多く産卵量も多くなるものの、成熟雌の体サイズが小さく、卵の量に対する翌年の漁場への加入量が必ずしも高くはないと結論づけられる。従って、富山湾においては、個体の成長から推定されるホタルイカ資源全体での密度依存的な変動が、卵の量に対する翌年の漁場への加入量が高い年と低い年が交互に現れることによる漁獲量の変動として、局地的に反映されていることが示唆される。

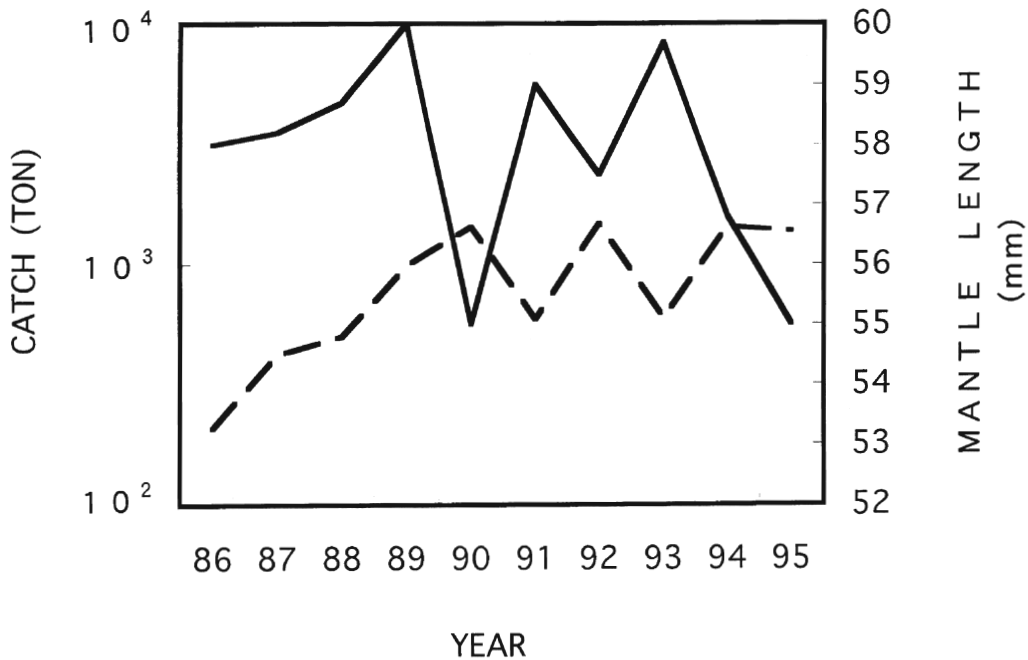


Fig. 3. Yearly-fluctuation in catch (TON) of firefly squid (dotted line) and mantle length of the squid landed (thick line) in the ports of Toyama Bay.

3 ホタルイカ漁獲量と環境要因との関係(密度独立型)

(1) 漁獲量と漁場形成期の水温・塩分との関係

1982～1995年の間における富山湾～佐渡島西部海域における4月の50m深水温と4月のホタルイカ漁獲量との関係をFig. 4に示した。水温は1984年に最低値(8.1℃)を示したが、その後次第に上昇し、1989年以降は1993年に最高値(10.7℃)を示すとともに、10.5℃前後の高い値を維持した。したがって、1984～1990年では、ホタルイカ漁獲量は水温の上昇傾向と同調していることから、ホタルイカ来遊量はこの期間中、密度独立的に変動していることが明らかとなった。ホタルイカ同様、マアジのような暖海性浮魚類でも1987年以降の漁獲の増大がみられる(西田 1997)ので、水温の上昇傾向がこれらの魚種の分布量の変動に大きな影響を与えることが推察される。しかしながら、1990年以降では高水温が持続したにもかかわらず、それに応答した高い漁獲量(>1000トン)は維持されず、1991年及び1993年には1000トン以下を示したので、密度独立的な変動は成立しなかった。

次に、1982～1995年の富山湾奥部における4月の50m深塩分と4月のホタルイカ漁獲量との関係をFig. 5に示し、両者の関係を調べた。塩分は、1989年に最高値(34.2psu)を、1992年に最低値(33.84psu)を示し、水温とは異なった変動パターンが認められた。塩分は水温とともに水塊構造を特徴づける要素であるが、期間を通じてホタルイカ漁獲量の変動との間に直接的で明瞭な関係はみられなかった。

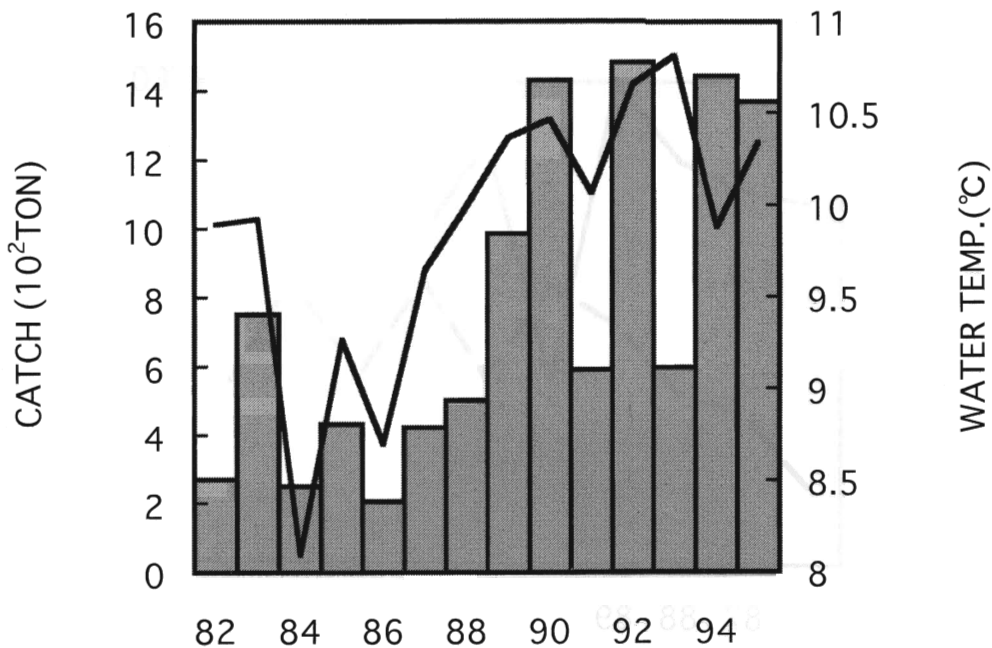


Fig. 4. Yearly-fluctuations in catch (TON) of firefly squid (bar) and water temperature in April at 50 m depth (thick line), in Toyama Bay.

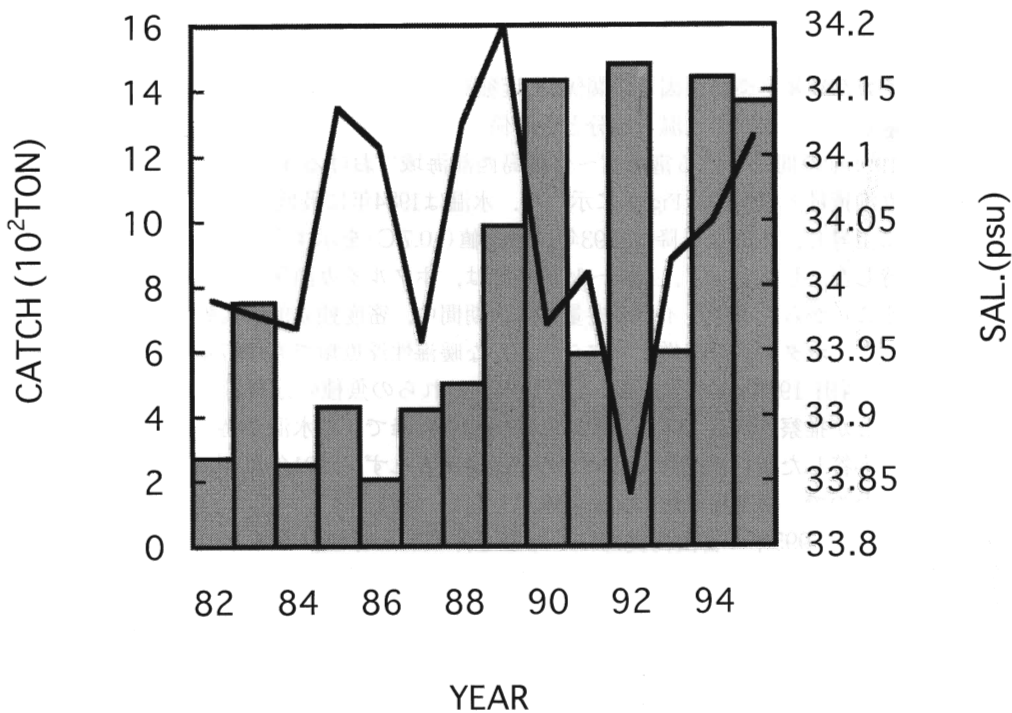


Fig. 5. Yearly-fluctuations in catch (TON) of firefly squid (bar) and salinity in April at 50 m depth (thick line), in Toyama Bay.

(2) 漁獲量と餌生物(動・植物プランクトン)との関係

若狭湾口・湾外(PM線上の2定点)における1977~1996年(20年間)の春季(5月)における珪藻類の細胞数密度と50m深水温との関係をFig. 6に示した。これによると、水温の変動傾向と珪藻類の細胞数密度(対数値)の変動傾向は1993年に大きく異なるほかは、同位相の変動を示した。なお、1993年の結果について舞鶴海洋気象台(1993)は、PM線における植物プランクトン細胞数は少なく、春季としては例年の1/100程度であると報告している。

更に、珪藻類の細胞数密度と動物プランクトンの湿重量の経年変動の関係をFig. 7に示した。なお、動物プランクトンには昼夜で顕著な鉛直移動を行う種もあるので、分布水深が表層寄りになる夜間のデータを用いた(1981, 1986年は昼間採集のデータのみなので、これを示した)。1992年以降を除き動物プランクトンの湿重量が珪藻類の細胞数密度(対数値)に同位相(1983年以前)或いは1~2年遅れて同位相(1984~1996年)で変動していることが伺えた。それ故、基礎生産量の指標となる動・植物プランクトンの現存量をホタルイカ来遊量予測の説明変数として採用するならば、これらは水温の関数としてその予測にほぼ組み込むことができる。

以上の結果から、富山湾におけるホタルイカ来遊量の変動様式は水温(外的要因)との対応で示された密度独立型(1986~1990年)と漁獲物の外套背長(内的要因)の変化から示された密度依存型(1991~1995年)の2つの変動過程の組み合わせによって特徴づけられる。

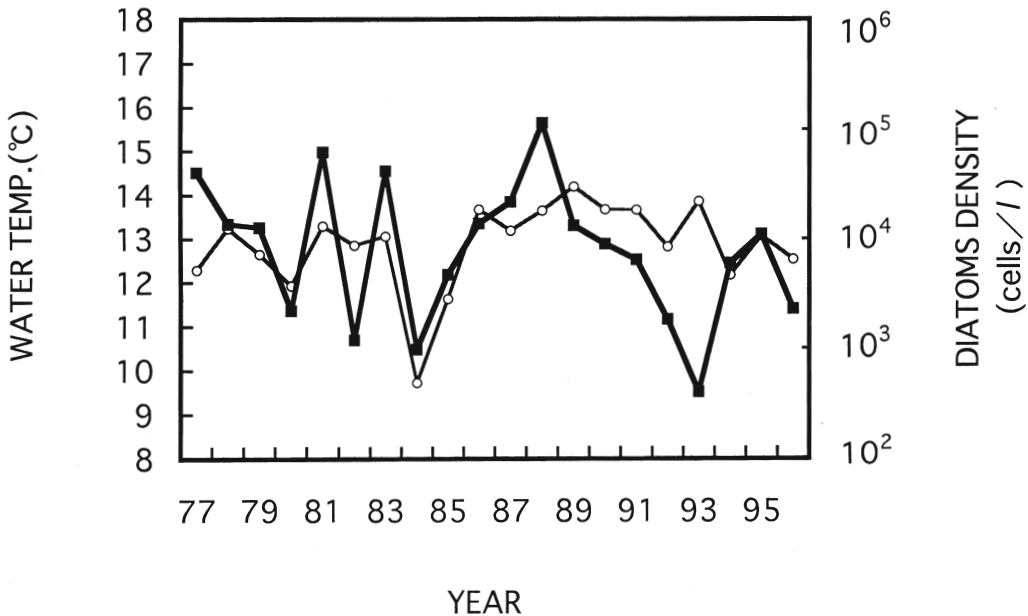


Fig. 6. Yearly-fluctuations in water temperature at 50 m depth (open circle and thin line) and density of diatoms at the sea surface (solid square and thick line) off Wakasa Bay.

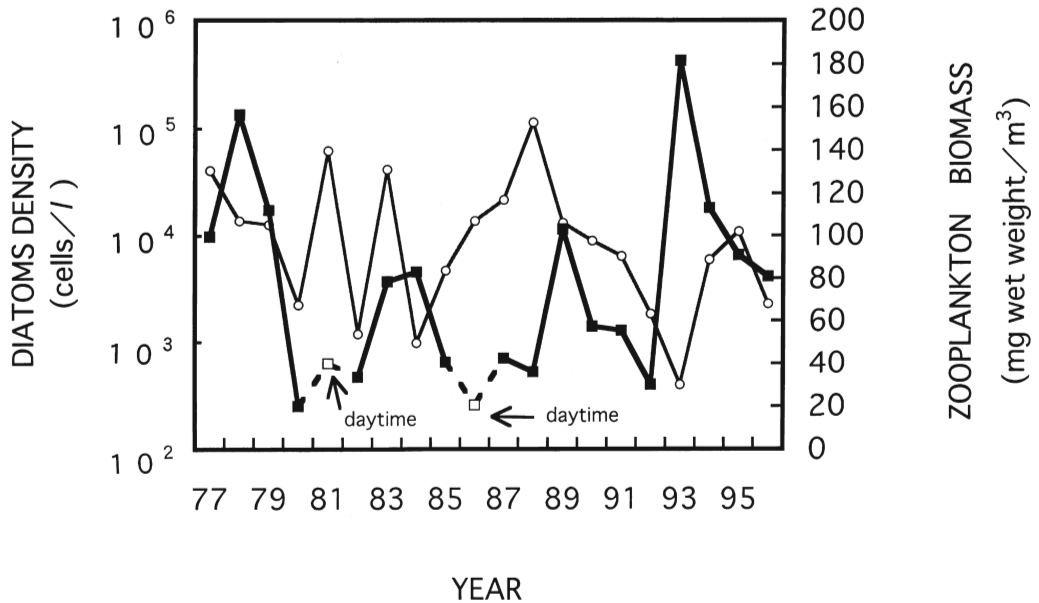


Fig. 7. Yearly-fluctuations in density of diatoms at the sea surface (open circle and thin line) and zooplankton biomass (wet weight) collected with NORPAC net in 0-150 m layer (solid square and thick line) off Wakasa Bay. Night data were used for indicating zooplankton biomass except for 1981 and 1986 (open square).

4 ホタルイカ漁獲量とホタルイカ捕食種の漁獲量との関係

スケトウダラとさば類について、1982～1995年における漁獲量の経年変動をホタルイカの漁獲量とともに示し、それらの相互関係を調べた(Fig. 8)。1982～1993年の間、スケトウダラ漁獲量は1990年の最低値(207トン)まで減少傾向を示したが、1991年以降はほぼ一定に推移した。さば類は増減を繰り返しながら減少し、1991年に最低値(27トン)を示した後、1993年以降に急増した。さば類はスケトウダラと比較し、より早く漁獲量を回復する傾向を示し、同じ捕食種でも、ホタルイカの漁獲量変動に対して異なる変動様式を示した。しかしながら、スケトウダラとさば類の漁獲量が低水準にある間に、ホタルイカの漁獲量がピーク(1990年及び1992年)に達した点では類似した変動様式を示した。このことは、スケトウダラ及びさば類の捕食圧の減少による被食種としてのホタルイカ来遊量の増加を示唆するが、冷水性種(スケトウダラ)及び暖水性種(さば類)から成る捕食種2種と被食種ホタルイカの来遊量変動(逆の位相)が同じ環境に対応して変動している可能性がある。そのため、これまでの結果から導出された密度依存型・密度独立型の変動様式を踏まえながら、これら捕食種の来遊量とホタルイカ来遊量の関係を考察する。

5 ホタルイカ漁獲量を予測するための重回帰式

ホタルイカの漁獲量の変動要因に関しては、富山湾においては、(1) 再生産関係を考慮しないこと、(2) 漁獲量増加期には水温(プランクトン)の影響を受け、密度独立的な資源変動をする可能性のあること、他方、(3) 漁獲量減少期には密度依存的な資源変動をする可能性が指摘されたので、以下のように重回帰式を組み立てた。ここでは、水温とともに、水塊構造を定義

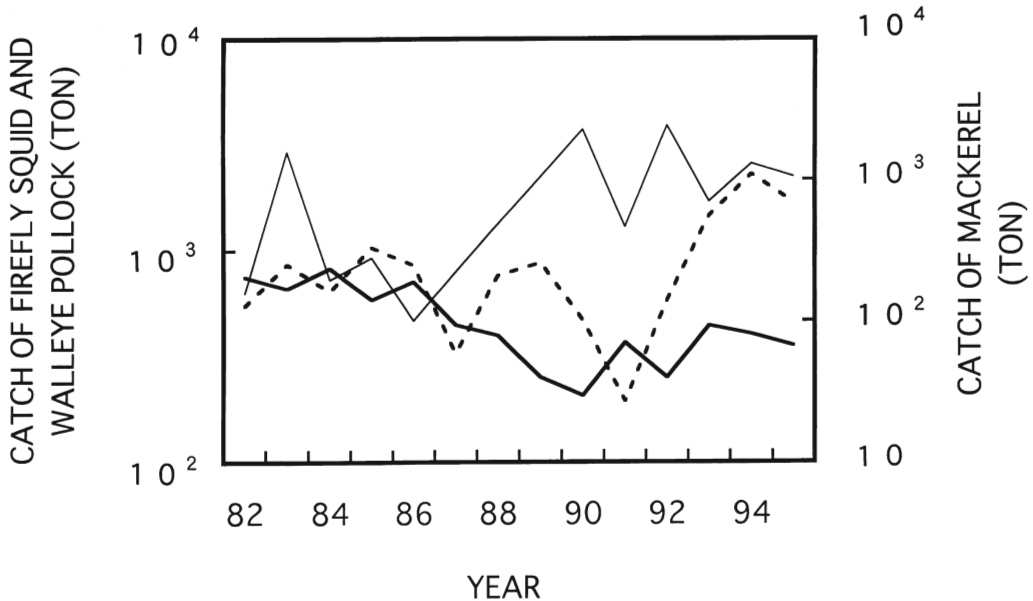


Fig. 8. Yearly-fluctuations in catch (TON) of firefly squid (thin line), walleye pollock (thick line) and mackerel (dotted line).

する1変数となる塩分を変数として組み入れた。1977~1995年におけるホタルイカ漁獲量の対数値(Y)を目的変数とし、説明変数として前年の漁獲量の対数値(X_1)、漁期前(1~3月)における日本海北区の50m深水温(X_2)、漁期(4~6月)における日本海北区の50m深水温(X_3)、盛漁期(4月)における富山湾から佐渡島西部における50m深水温(X_4)、同じく4月における富山湾奥部における50m深水温(X_5)及び50m深塩分(X_6)を選んだ。そして、まず説明変数間の相関関係を検討するために、相関マトリックスをTable 1に示した。Table 1において変数 X_2 ~ X_5 相互の相関係数が高いことが明らかであるので、これらの水温に関係した変数からは1変数を採用することにし、 X_1 、 X_6 に X_2 ~ X_5 のうちの1変数を組み入れた重回帰式をそれぞれ求め、Table 2に示した。それぞれの変数を採用したことによる重相関係数は、4式とも0.994~0.995と極めて高いことが示されたが、そのなかでも X_1 、 X_2 、 X_6 を組み込んだ下式が最も重相関係数が高いことが示された。

Table 1. Correlation coefficients between variables used in the multiple regression analysis of catches of firefly squid during the fishery season.

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Catch (Y)	-0.03	0.42	0.57	0.46	0.43	-0.12
X_1	1.00	0.28	0.10	0.16	0.12	-0.12
X_2		1.00	0.88**	0.90**	0.90**	-0.02
X_3			1.00	0.87**	0.86**	-0.07
X_4				1.00	0.99**	0.00
X_5					1.00	-0.02
X_6						1.00

** $\alpha = 0.01$

Table 2. Matrix of partial regression coefficients and multiple correlation coefficients as the result of multiple regression analysis of catches of firefly squid during the fishery season.

Variables	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	
Coefficient	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	r
	-0.15	0.16				0.06	0.995
	-0.15		0.16			0.06	0.994
	-0.1			0.18		0.05	0.994
	-0.08				0.16	0.05	0.994

$$Y = -0.15 X_1 + 0.16 X_2 + 0.06 X_6$$

ただし、 Y はホタルイカ漁獲量(トン)の対数値

X_1 は前年の漁獲量(トン)の対数値

X_2 は漁期前(1~3月)の日本海北区における50m深水温(°C)

X_6 は4月の富山湾奥部における50m深塩分(psu)

この式は漁獲量の実績に対し、重相関係数 r が0.995 ($P < 0.01$) と高く、ホタルイカ来遊量の予測に用いることができるものと期待される。さらに、漁獲量が前年とは逆方向に変動し、漁期前の水温と漁期の塩分が高いことが漁獲量を好転させる要素であることを示しており、本研究における解析結果を支持している。また日本海ホタルイカ資源研究チーム(1991)は、富山湾における暖流系水の鉛直方向及び湾内への広がり漁獲量の好転に影響していると述べているが、本解析結果はこれを支持している。さらに、過去において好漁年と不漁年が交互に出現する傾向にあったことや、漁期の水温が高めにシフトした年代に漁獲量の増大傾向が見られたことと矛盾しない。

次に、捕食種の来遊量の変動がホタルイカ来遊量を変動させる可能性を明らかにするために、重回帰式による解析結果に基づき、ホタルイカ漁獲量とスケトウダラ及びさば類の漁獲量との関係を解析する。(1) 捕食種(スケトウダラ)の少ない年代では、ホタルイカはその期待されるより多い来遊量になる、ことに加え、(2) ホタルイカの豊度が高い年代においてはそれを捕食する魚種(さば類)も来遊量が多くなる、という点が示されれば、餌生物としての側面をもつホタルイカの位置づけが明確になるものと期待される。そこで、重回帰式で計算された漁獲量の推定値と実際の漁獲量の差について、1982~1995年におけるスケトウダラとマサバの漁獲量の合計(6次式で近似したものとあわせて表示)との関係をFig. 9に示す。これによると、1989年までの捕食種が比較的多い年代には差が負になり、1990年以降捕食種が比較的少ない年代では差が正になる結果となった。このことは、ホタルイカの前来遊量変動が密度独立的なフェイズ(資源増大期)にあっても、密度依存的なフェイズ(資源減少期)にあっても、捕食種の来遊量との関係がみられることを示している。即ち、ホタルイカの前資源減少は密度依存効果だけでなく、密度独立効果(生物的・非生物的要因)にも関連した複雑な過程に負うところが大きいといえる。このことから、ホタルイカ前来遊量を予測するための要因として、従来のボトム・アップ・コントロールの視点から見た水温(プランクトン)・塩分に加え、新たにトップ・ダウン・コントロール(捕食圧)の視点から見た捕食種の来遊量を考慮することは有用であると結論づけられる。

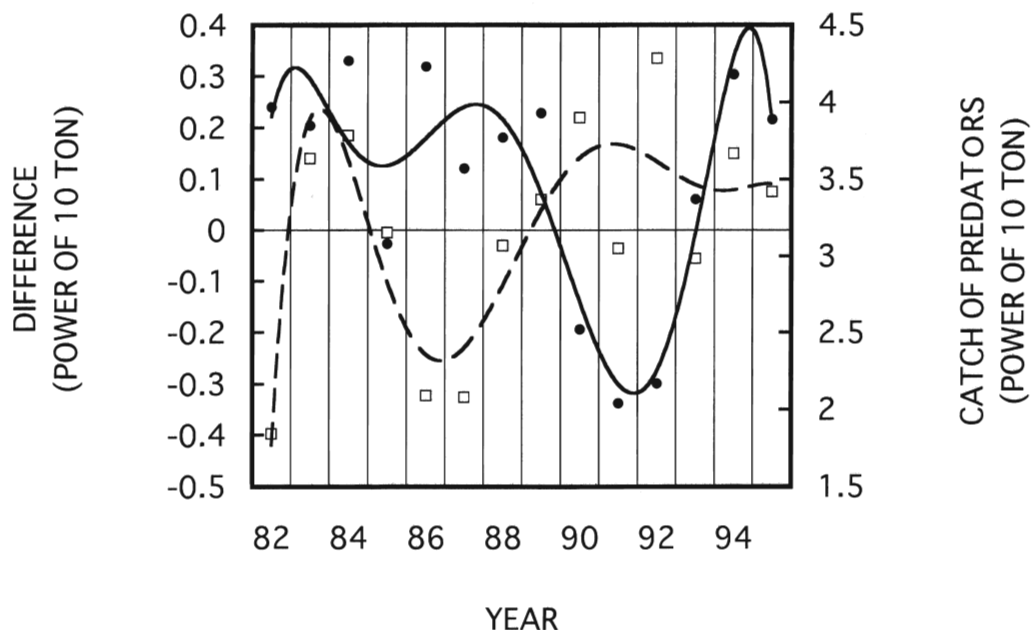


Fig. 9. Yearly-fluctuations in the difference of the catch (TON) of firefly squid from the virtual catch estimated from multiple regression analysis (open square) and the catch amount of the predators i.e. walleye pollock and mackerel (solid circle).

文 献

林 清志 (1995) 富山湾産ホタルイカの資源生物学的研究. 富山水試研報, (7), 1-128.
 林 清志・平川和正 (1997) 富山湾産ホタルイカの餌生物組成. 日水研報, (47), 57-66.
 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**, 177-183.
 今村 明 (1977) 富山湾におけるホタルイカの漁況予測について. 日本海ブロック漁況海況連絡会議研究発表報告集, (1), 17-35.
 気象庁 (1977~1987) 海洋気象観測資料.
 気象庁 (1988~1997) 海洋観測資料.
 舞鶴海洋气象台 (1993) 海洋速報. (382), 15.
 舞鶴海洋气象台 (1996) 海洋速報. (395), 29, 40.
 長沼光亮・市橋正子 (1995) 日本海における海況諸要素の季節別値と変動の特性. 日本海区試験研究連絡ニュース, (373), 10-15.
 長田 宏・奈倉 昇 (1993) 富山湾における河川水の流入とクロロフィル a濃度の季節変動. 日水研報, (43), 55-68.
 日本海区水産研究所 (1984) 海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究. 北陸沿岸地域調査成果報告. 日水研, 433 pp.
 日本海ホタルイカ資源研究チーム (1991) 水産業関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書. 155 pp.
 西田 宏 (1997) 日本海西部へのマジ・マサバ来遊量の長期変動. 水産海洋研究, **61**, 316-318.
 POULET.S.A.and WILLIAMS.R. (1991) Characteristics and properties of copepods affecting the recruitment of fish larvae. *Bull.Plankton Soc. Japan, Spec. Vol.* (1991), 271-290.
 RUNGE.J.A. (1988) Should we expect a relationship between primary production and fisheries? The role of copepod dynamics as a filter of trophic variability. *Hydrobiologia*, (167/168), 61-71.
 富山県水産試験場 (1996) 平成7年度漁場生産力モデル開発基礎調査資料.
 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, (52), 1-138.
 YAMAMURA.O., INADA.T.and SHIMAZAKI.K. (1993) Predation on firefly squid, *Watasenia scintillans* by demersal fishes off Sendai Bay, northern Japan. pp633-639. in *Recent Advances in Fish Biology*, Tokai.Univ.Press, Tokyo.