

## 富山湾のホタルイカ漁況

内山 勇<sup>†,††</sup>, 林 清志<sup>1</sup>, 小川嘉彦<sup>2</sup>Catch fluctuation patterns of firefly squid (*Watasenia scintillans*)  
in Toyama BayIsamu UCHIYAMA<sup>†,††</sup>, Seishi HAYASHI<sup>1</sup> and Yoshihiko OGAWA<sup>2</sup>

Annual yields of firefly squid (*Watasenia scintillans*) in Toyama Bay, Japan Sea, widely fluctuated from 473 to 3,895 tons with the average of 1,655 tons from 1982 to 2001. Hence there has been a strong desire for reliable forecasts of annual yield among fisherman. To find out keys for yield forecasts, we examined yearly, 5-day period and daily fluctuations of catch by areas, relation between daily catch and sea temperature, and body size changes of squid during 1982 to 2001. When defining a fishing season as the period from the first date to the last date with over one-ton daily catch, the maximum duration of fishing season in Toyama Bay was from early March to middle July. The potential and optimum sea temperature for squid fishing seemed 9 to 15°C and 11 to 13°C, respectively. The western part, Shinminato, and the eastern part, Namerikawa and Uozu, of Toyama Bay showed distinctively different patterns in annual and daily catches. These differences in catch pattern were considered partly due to bottom topography. When looking at the average of years with rich yields, there were 7 days lags from Shinminato to Uozu in daily catch correlation, suggesting the eastward movement of squid. Body size of squid generally increased through a fishing season. However, the detailed examination of changes in mean body size in comparison with a known growth rate of squid indicated an occurrence of several recruitments during a season every year. This was also supported by an occurrence of several peaks in daily catches for each year and area. Understandings on recruitment mechanisms would be essential for a development of reliable yield forecast.

**Key words:** *Watasenia scintillans*, catch fluctuations, recruitment, Toyama Bay, Japan Sea

## はじめに

ホタルイカ (*Watasenia scintillans*) は古くから富山湾奥部に定置網によって漁獲され、近年では年平均で2,000トン近い漁獲量と、10億円近い生産額をあげる重要な水産資源である。しかしながら、最大で約8倍の開きがあるほど年々の漁獲量の変動幅は大きく(林, 1995)、こうしたことから本種の漁況予測に対する要望は、現場の漁業者のみならず漁獲物に依存する加工業者からも強く寄せられている。漁況予測の内容としては、一般的に漁期、漁場、魚群

の質、漁獲量などが考えられる(土井, 1972)が、定置網によって産卵接岸群を対象に行われる富山湾のホタルイカ漁業(林, 1995)においては、漁期間の総漁獲量の的確な予測が最も強く望まれている。

漁況とは一般に「漁場での特定の魚種の漁獲量(厳密にはCPUEとしている場合が多い)の経時変化」と定義されている(相川, 1949; 久保・吉原, 1969; 山中, 1973)。したがって総漁獲量の経年変動も漁況とみなすことはできる。しかし、総漁獲量の多寡は各地区での毎日の漁獲量の漁期全体での累積であり、より小さな時空間スケールでの漁況の実態を明らかにしなければ、総漁獲量の変動様式についての的確に理解することはできないし、何を根拠にどのような方法で総漁獲量を予測すればいいのかを知ることもできない。総漁獲量を予測するためにはホタルイカがどのように富山湾沿岸へ加入するののかも知る必要があると考えられる。そのためにも、久保・吉原(1969)が「漁況の解析は漁期の推移、魚群の移動経路の推定には是非とも必要である」と指摘するように、まず富山湾におけるホタルイ

2003年7月28日受付、2005年6月23日受理

<sup>1</sup> 富山県水産試験場

Toyama Prefectural Fisheries Research Institute, 364, Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan

<sup>2</sup> 山口市古熊3-2-401

3-2-401, Furukuma, Yamaguchi 753-0031, Japan

<sup>†</sup> uchiyama@npec.or.jp

<sup>††</sup> 現所属 財団法人環日本海環境協力センター

Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, 5-5, Ushijimashin-machi, Toyama 930-0856, Japan

カの漁況を時空間の上で階層構造的に解析し、その特徴を明らかにする必要がある。

富山湾のホタルイカ漁況については、Sasaki (1914)、今村 (1977)、内山 (1986)、日本海ホタルイカ資源研究チーム (1991)、稲村 (1994)、林・今村 (1995) および道之前・鬼頭 (1999) などの報告がある。また、ホタルイカの総漁獲量予測については横田ほか (1998)、西田ほか (1998) の報告がある。これらの報告では、年、旬あるいは日といった様々な時間スケールで漁況が整理されている。その結果、漁期は3~7月で漁獲盛期は4月下旬~5月上旬であること、富山湾内における主漁場は湾奥沿岸に限られていること、漁獲対象となっているのはほとんど全てが成熟メス個体の産卵群であること、漁獲量は明瞭な規則性のない大きな年変動を示すことなどが明らかにされている。

しかしいずれの報告でも、例えば総漁獲量の多寡によって、漁期内の漁獲量変動パターン、漁期の長さ、漁期の始まり・終わりの時期などに差があるのか否かといった、漁況の時間構造に関する検討、さらには、それらの地区間での相違といった空間構造に関する検討は行われていない。すなわち漁況に内在する時空間的な構造を検討した上で、総漁獲量の変動が論じられているとはいえない。そこで本研究では、富山湾におけるホタルイカの総漁獲量を予測するための手掛かりを得ることを目的に、漁況が持つ時空間的階層構造に着目して、ホタルイカ漁況の解析を行った。

### 材料と方法

漁獲量の資料としては、1982~2001年の間、富山県水産試験場がFig. 1に示す富山県下の氷見、新湊、四方、岩瀬、水橋、滑川、魚津および黒部の各地区の産地市場から報告を受けたホタルイカの日別漁獲量統計を用いた。ホタルイカは全て定置網で漁獲されており、ホタルイカを漁獲している定置網の統数は、日本海ホタルイカ資源研究チーム (1991)、林・今村 (1995) に基づくと同時に、聞き取り調査によっても調べた。

本報で用いた水温観測資料のうち、15m深の資料は、富山県水産試験場がFig. 1に示すStn. Aの海底 (水深15m) から、生物飼育のため導水管を通じて取水している海水の水温測定資料を用いた。Stn. Aにおける水温は、滑川地区における定置網の網口付近の水温とほぼ等しいと考えられる。水温の測定は、原則として毎日午前9時に、1995年2月~1997年3月は飼育水槽への給水口において棒状温度計によって、1997年4月~2001年7月は受水槽内に設置された記録式の水温計によって行った。また水温観測資料のうち水深50、100、150、200mの資料は、Fig. 1に示すStn. Bにおいて、1995年3月~2001年7月に富山県水産試験場所属の調査船が、原則として毎月月上旬に行った海洋観測の資料を用いた。観測にはCTD (1995~1998年はNiel Brown社製MkIIIb、1999~2001年はSeabird社製SBE911plus) を用い

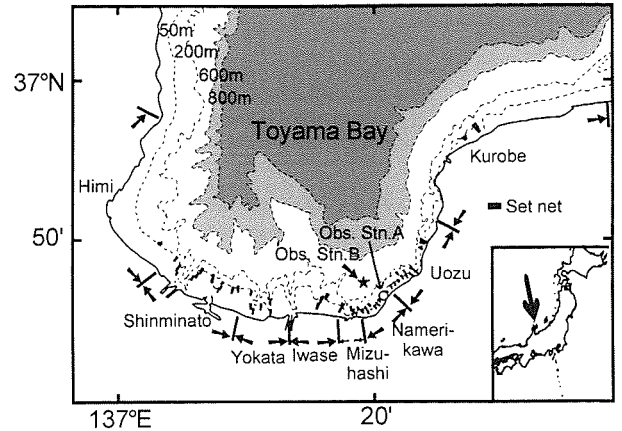


Figure 1. Locations of set nets for firefly squid fishing, fishing areas, and stations for sea temperature measurement in Toyama Bay.

た。

ホタルイカ外套背長についての資料は、1986~2001年の3~6月に原則として各旬1回、滑川地区に水揚げされた漁獲物から、富山県水産試験場が無作為に抽出し測定した標本の測定結果である。抽出した標本は生鮮状態で実験室に持ち帰り、外套背長を0.1mmの精度で測定した。1回当たりの測定数は原則100個体で、漁獲物のほとんど全ては雌であったので、測定は雌個体についてのみ行った。延べ測定回数は150回、測定総数は15,116個体であった。

なお、この研究に用いた資料は、富山県単独事業のほか、水産庁の委託事業である「漁場生産力モデル開発基礎調査事業」、「我が国周辺資源評価調査事業」、国庫補助事業である「新漁業管理制度推進事業」によって得られたものである。

### 結果

#### 漁獲量の経年変動

1982~2001年における富山湾全体のホタルイカの漁獲量は平均1,655トンだったが、最低は1986年の473トンから最高は1992年の3,895トンまで、約8倍にも及ぶ大きな変動を示した (Fig. 2左上)。そこで、各年の漁獲量水準を客観的に評価するために、漁獲量が経年平均値の95%信頼限界内の年を並漁年、これを上回る年を好漁年、下回る年を不漁年と定義し各年をクラス分けした。その結果、湾全体漁獲量について、1983、1989、1990、1992、1994、1995年の6カ年が好漁年に、1988、1991、1993、1996、1998、1999、2000年の7カ年が並漁年に、1982、1984、1985、1986、1987、1997、2001年の7カ年が不漁年に分類された。それぞれの平均漁獲量は、好漁年が2,927トン、並漁年が1,493トン、不漁年が728トンであった。資料を扱った20年の間では好漁年、並漁年、不漁年はほぼ同じ頻度で出現していた。しかし実際の湾全体漁獲量の経年変動では、漁獲の峰や谷が2~5年

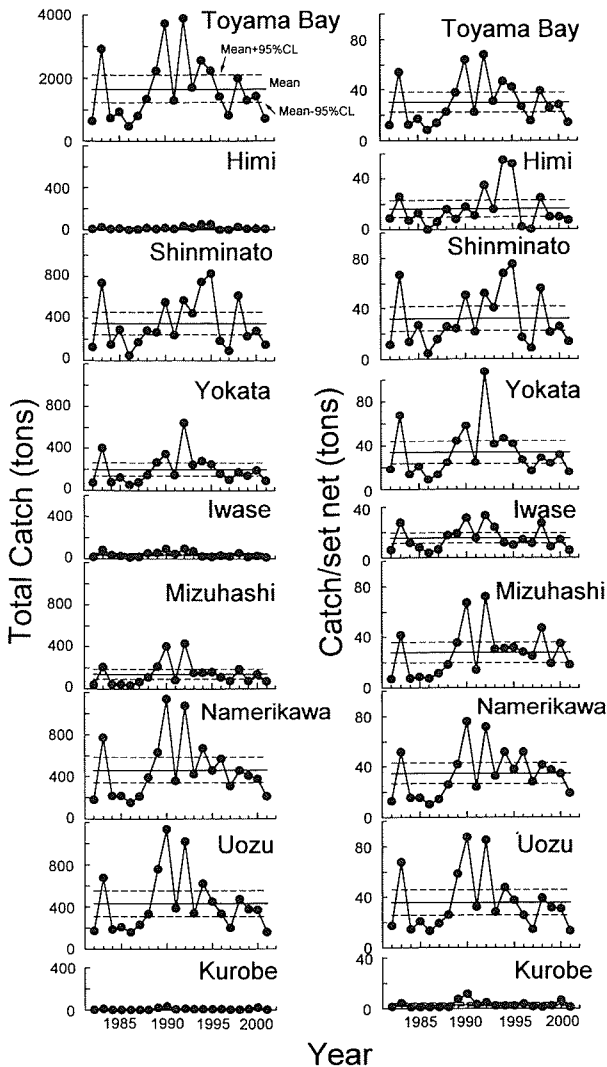


Figure 2. Fluctuations of annual catch of firefly squid in total as well as by fishery areas in Toyama Bay. Left panels show annual total catch and right panels show CPUE (tons/set net). CL indicates confidence limit.

の間隔で不規則に現れるうえ、並漁年が1~3年、好漁年が1~7年、不漁年が1~10年の間隔で現れるなど、複雑なパターンを示した。

次に地区ごとの総漁獲量の経年変動をみると (Fig. 2 左列)、漁獲量のレベルは滑川地区と魚津地区が平均400トンを超えていて最も多く、300トン台の新湊地区、200トン程度の四方地区、100トン台の水橋地区がこれらに次ぎ、氷見、岩瀬および黒部地区では少なかった。漁獲量の経年変動のパターンを地区間で対比してみると、いずれの地区においても漁獲の峰や谷の現れる年はほぼ一致していたが、年による漁獲量の峰や谷のレベルは地区によって異なっていた。すなわち、湾全体では明瞭な好漁年であった1990年と1992年では、水橋地区、滑川地区および魚津地

区でも好漁年であったが、四方地区では1990年が、新湊地区では兩年ともが並漁年をやや上回る程度の漁獲にとどまっていた。また1994年と1995年は湾全体では並漁年をやや上回る程度の漁獲で、四方地区から魚津地区でもそれと同様か並漁にとどまっていたのに対し、新湊地区では明瞭な好漁を示した。このように、水橋地区から魚津地区では漁獲量の経年変動は類似のパターンを示したが、新湊地区と四方地区はそれぞれに、水橋地区以东のそれとはやや異なるパターンを示していた。

本報で扱った地区については、それぞれ海岸線の長さや地区内に設置されている定置網の統数が異なる (Fig. 1) ので、定置網1統当たりの漁獲量についても同様の検討を行った (Fig. 2 右列)。まず湾全体についてみると、1統当たりの年平均漁獲量は約30トンであり、その経年変動のパターンは湾全体の総漁獲量のパターンと一致していた。また、1統当たりの漁獲量の経年変動から好漁年、並漁年、不漁年を分類しても、その結果は総漁獲量の経年変動から分類した結果とほとんど変わらなかった。地区別にみると、1統当たりの漁獲量が多いのは、年平均値が30トンを超える魚津地区、滑川地区、四方地区および新湊地区であった。水橋地区では30トン以下、氷見地区と岩瀬地区は20トンを下回り、黒部地区は5トン以下であった。1統当たりの漁獲量でも西部の新湊地区と東部の滑川・魚津地区の漁獲量が多いが、それらの地区より漁獲量の少ない四方地区で1統当たりの漁獲量は新湊地区を凌ぐという特徴が認められた。1統当たりの漁獲量の経年変動パターンは、地区別漁獲量の経年変動と同様に、岩瀬地区から魚津地区では類似性が高く、新湊地区と四方地区ではそれぞれ岩瀬地区以东とは異なる特徴が認められた。氷見地区の変動パターンは新湊地区と類似性が高かった。

このような地区間の相違について、地区別の漁獲量の相関を検討した結果 (Table 1) では、氷見地区と岩瀬地区、新湊地区と黒部地区の組み合わせを除く全ての地区間において5%以下の危険率で有意な相関関係がみられた。特に四方地区から魚津地区の間の地域では、どの地区を組み合わせても相関係数が0.8以上と高かった。また、新湊地区と氷見地区との漁獲量の相関係数も0.91と高い値を示した。

総漁獲量および1統当たり漁獲量の地区による違い、それらの経年変動パターンの地区による違いおよび地区別の漁獲量間の相関などからみて、富山湾のホタルイカ漁場は、新湊地区を中心とした湾奥西部と滑川・魚津地区を中心とした湾奥東部に緩やかに二分されている。東西二つの漁場の境界は、総漁獲量や1統当たり漁獲量からは岩瀬地区にあるように見えるが、漁獲量の経年変動パターンの類似性からは新湊地区と四方地区の間にあるように見える。これを Fig. 1 に示した海底地形と対比すると、新湊地区と四方地区の間および四方地区と岩瀬地区の間には等深線が沖方

**Table 1.** Correlation coefficients between annual firefly squid catches of each areas in Toyama Bay.

Area	Himi	Shinminato	Yokata	Iwase	Mizuhashi	Namerikawa	Uozu	Kurobe	Total
Himi	1	0.91	0.59	0.25	0.46	0.48	0.49	0.06	0.64
Shinminato	**	1	0.69	0.50	0.62	0.64	0.64	0.27	0.79
Yokata	**	**	1	0.80	0.90	0.89	0.87	0.54	0.93
Iwase	NS	*	**	1	0.84	0.81	0.81	0.59	0.81
Mizuhashi	*	**	**	**	1	0.95	0.96	0.73	0.95
Namerikawa	*	**	**	**	**	1	0.97	0.75	0.97
Uozu	*	**	**	**	**	**	1	0.79	0.96
Kurobe	*	NS	*	**	**	**	**	1	0.67
Total	**	**	**	**	**	**	**	**	1

\*: Significant at 5% level, \*\*: Significant at 1% level, NS: No significant

向に突出している海底地形が存在しており、二つの漁場の境界に対応している可能性がある。

**漁期**

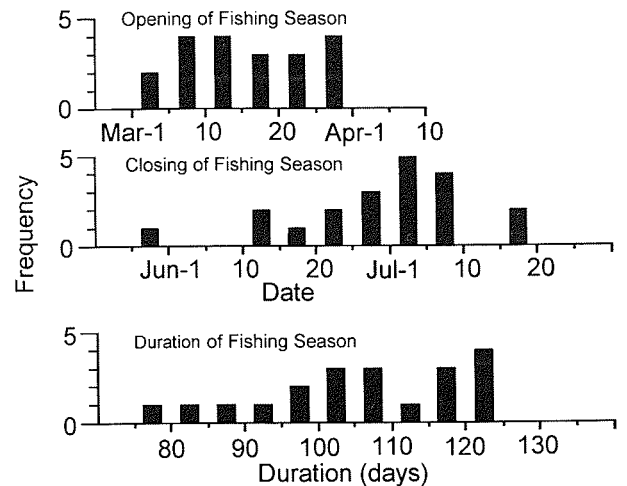
富山湾におけるホタルイカの漁期を明確にするため、ホタルイカ漁の始まりや終わり、および漁期の長さを検討した。ここでは、富山県沿岸で漁獲量が初めて1トンを超えた日を初漁日、最後に1トン以上の漁獲のあった日を終漁日、初漁日から終漁日までの日数を漁期の長さとしてそれぞれ定義し、それぞれの発生日の頻度分布や期間について調べた。

初漁日、終漁日および漁期の長さの頻度分布を Fig. 3 に示した。初漁日は3月1日から3月31日までの1ヶ月の範囲にあり、3月上旬前半の出現頻度は低いものの、3月上旬後半から月末までの期間では明らかな偏りはみられなかった。一方、終漁日の出現範囲は5月25日から7月20日の約2ヶ月間に及び、モードが7月上旬前半にみられた。終漁日のバラツキは左右対称ではなく、終漁日がモードよりも1ヶ月以上も早い年があるものの、遅れる場合はせいぜいモードから15日程度であった。漁期の長さについてみると、年による変動の幅は76~124日と大きく、111~115日の出現頻度が低いものの、漁期が長いほど出現頻度が高くなる傾向がみられた。以上から、富山湾でのホタルイカの漁期は、3月上旬前半から7月中旬後半までの間の最長で124日の範囲内にあるとみなすことができる。

ちなみに、富山湾で最初に、あるいは最後に漁獲報告のあった日についての検討も同様に行ったところ、その最大期間は1トン以上の漁獲のある期間よりも56日長い、2月1日から7月30日までの180日間であった。しかし、最初や最後の漁獲は、他の漁獲物との混じり具合などによって確実に報告されるとは限らず、商業的にまとまった量とみなし得る1トン以上の基準でみた漁期の方が実際の変動をより忠実に反映していると考えられる。

**漁期内の漁獲量変動**

湾全体の漁期内における漁獲量の変動の特徴を検討するため、先に定義した好漁年、並漁年および不漁年に分けて、

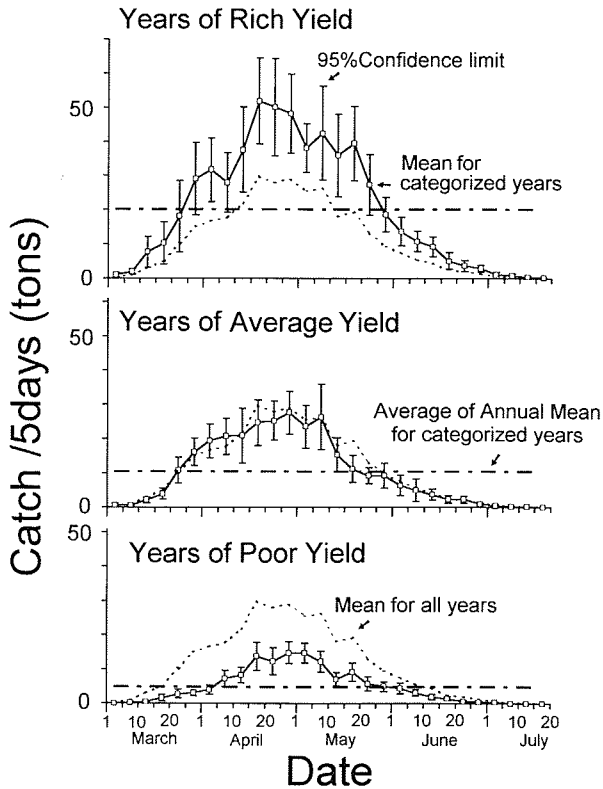


**Figure 3.** Frequency distribution of opening dates (top), closing dates (middle) and duration (bottom) of fishing season of firefly squid in Toyama Bay.

3月1日から7月20日までの半月ごとの日漁獲量の平均(実線、以下半月漁獲量という)を Fig. 4 に示した。Fig. 4 には半月漁獲量の95%信頼限界、漁期平均半月漁獲量(一点鎖線) および1982~2001年の20年平均の半月漁獲量(破線)も併せて示してある。

半月漁獲量の時間経過は、並漁年では20年平均値にほぼ一致し、また半月漁獲量とその95%信頼限界からみて、好漁年では漁期全体を通じて漁獲が20年平均値を上回るが、逆に不漁年では漁期全体を通じて20年平均値を明らかに下回っていた。半月漁獲量の漁期平均値についてみると、並漁年は10.3トンであった。他方、不漁年はその約1/2の4.8トンにとどまるのに対し、逆に好漁年は並漁年の約2倍の20.2トンで、不漁年と好漁年とでは漁期平均値に約4倍強の開きがあった。

漁期内における漁獲量変動についてみると、いずれの水準の年でも漁獲量は3月初めには少なく、4月後半から5



**Figure 4.** Fluctuations of mean catch for every 5 days of firefly squid by categories of yield level in Toyama Bay. Three categories of yield level were defined for each year depending on its annual catch relative to the 95% confidence interval of mean for 1982 to 2001 shown in Fig. 2, i.e. years with catches above the upper limit of mean as “years of rich yield”, those with catches below the lower limit of mean as “years of poor yield”, and all remaining years as “years of average yield”. Years under each category were as follows: “years of rich yield”; 1983, 1989, 1990, 1992, 1994 and 1995, “years of average yield”; 1988, 1991, 1993, 1996, 1998, 1999 and 2000, and “years of poor yield”; 1982, 1984~87, 1997 and 2001.

月前半に相対的に増加した後6月末には減少していて、大きくみれば単峰型の変動を示した。ただし、いずれの水準の年でもまた20年平均でも、半旬漁獲量には小刻みな変動がみられ、単調に増加・減少してはなかった。半旬漁獲量とその漁期平均値を超える時期を盛漁期の始まり、半旬漁獲量とその漁期平均値を割り込む時期を盛漁期の終わりと定義すると、盛漁期の始まりは好漁年では3月下旬後半、並漁年では3月下旬前半であったが、不漁年ではこれよりも遅い4月上旬後半であった。他方盛漁期の終わりは、好漁年では5月下旬後半、並漁年では5月下旬前半、不漁年では6月上旬前半に該当し、不漁年では盛漁期の始まりと終わりが、他の水準の年より遅れる傾向があった。また盛漁期の長さは、好漁年および並漁年

が6旬、不漁年が5旬半で、不漁年に盛漁期が短くなる傾向がみられた。

次に、漁獲量経年変動のパターンに違いのみられた西部の新湊地区と東部の魚津地区について、漁期内の漁獲量変動を比較検討した (Fig. 5)。この両地区は富山湾内のホタルイカの代表的漁場と考えられる (Fig. 2)。両地区を比較すると、魚津地区よりも新湊地区では漁獲量の増減が早い時期にみられるのに対し、魚津地区では漁獲の増減がより緩やかで、漁況経過における漁獲量の時間的な重心が、魚津地区に比べ新湊地区で早くみられる特徴があった。両地区におけるこのような違いは好漁年において顕著で、西部の新湊地区では急激に漁獲が増加して4月下旬前半に最大漁獲量が得られた後に漁獲が急減したのに対し、東部の魚津地区では漁獲の伸びは緩やかで、最大漁獲量は新湊地区よりも2旬半遅い5月中旬後半にみられた。また並漁年では、最大漁獲量の出現時期には明確な差はなかったが、盛漁期に入った直後の漁獲の伸びが魚津地区の方が新湊地区よりも緩やかである一方、新湊地区では5月中旬前半には漁獲が急減し盛漁期がほぼ終わったのに対し、魚津地区では漁獲の減少も緩やかで5月末まで盛漁期が続いた。不漁年においても、新湊地区では5月下旬前半にはほぼ盛漁期が終わったのに対し、魚津地区では6月上旬後半まで継続した。これらのような両地区での漁況経過の違いを反映して、盛漁期の終わりは新湊地区の方が早いという傾向があったが、盛漁期の始まりの時期にはそれほど明瞭な違いはなかった。また不漁年の新湊地区でも、平均的には7月中旬後半までわずかながら漁獲があり、漁獲増加の時期が早い新湊地区で早く終漁し、遅い魚津地区で遅くまで漁獲が継続するという傾向は認められなかった。

#### 漁期中の漁場の水温と水温別の漁獲量

富山湾におけるホタルイカの漁期が、どのような水温環境に対応しているかを検討するため、1995~2001年の漁期に該当する2~7月の、Stn. Aにおける15m深の毎日の水温およびStn. Bにおける水深50, 100, 150, 200mの各月の水温を、滑川地区の日別漁獲量と対比してFig. 6に示した。当該期間のStn. Aの水温は9.1~25.53°Cの範囲にあり、2月から3月上旬に低下し3月中旬から4月初めに年間最低水温を示した後上昇した。年による水温の変動幅は、最低水温期には約2°C以下と小さかったが、下降期および上昇期には大きく、特に5月中旬には6°C以上にも達していた。水深50, 100, 150および200mの水温は、深くなるほどバラツキが大きいものの、大まかにみると4月上旬に最低水温となってその後上昇し、いずれの深さでも15m深よりも低かった。3, 4月は水深200mを除いて15m深との水温差は小さくなっていったが、5~7月には浅い部分ほど水温上昇の度合いが大きくなり、季節躍層の形成が認められた。ホタルイカは、15m深の水温でみると、最低水温期を経た後の水温上昇期の初期に多く漁獲されており、水温が約20°C

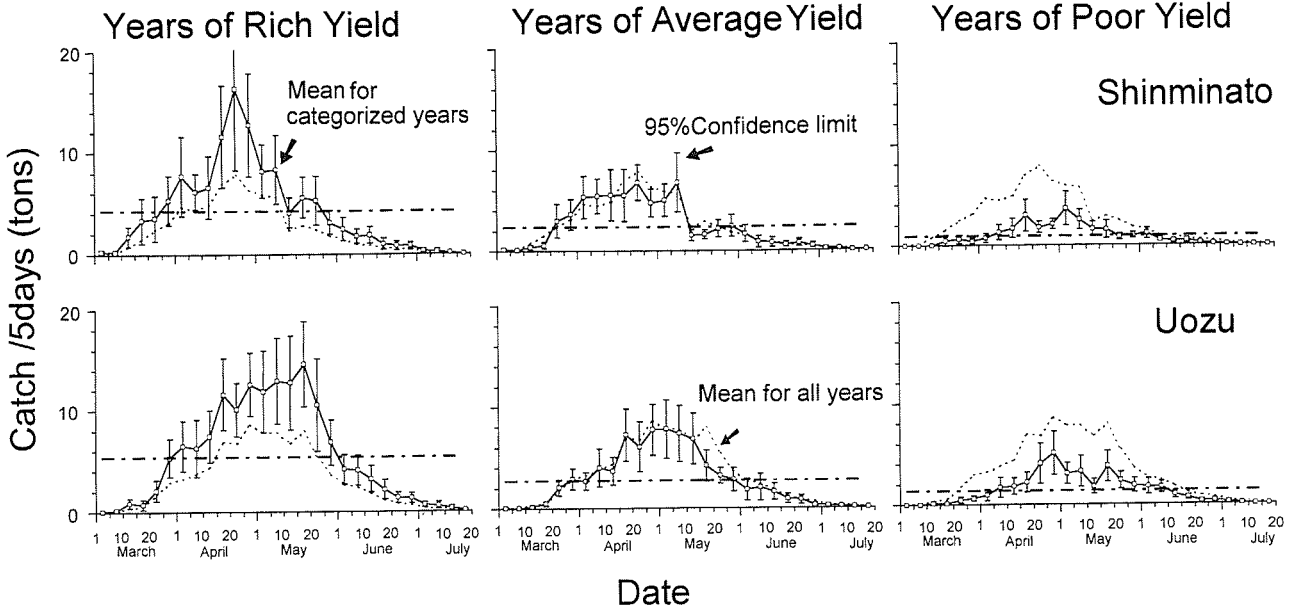


Figure 5. Comparison of fluctuation patterns of mean every 5 days catch of firefly squid fishing in Shinminato and Uozu in Toyama Bay.

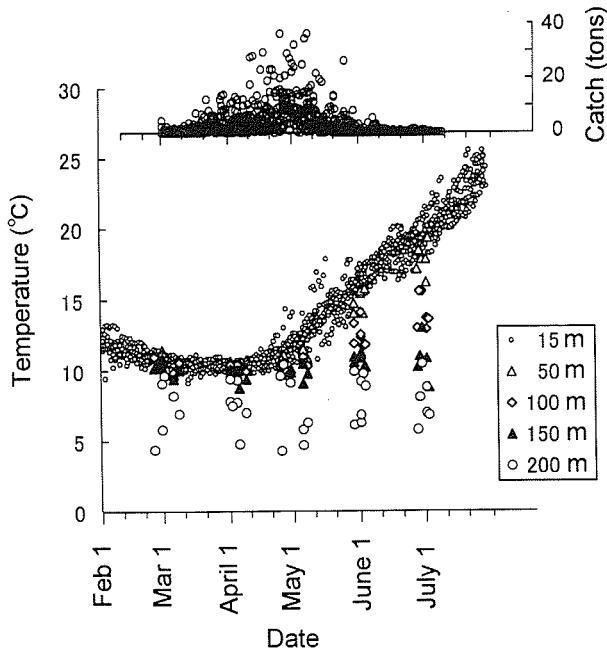


Figure 6. Daily catch of firefly squid (upper panel) and sea temperature at Stn. A and B (lower panel) in Namerikawa fishing ground from 1995 to 2001.

に達すると漁獲されなくなった。

ホタルイカの漁獲量と水温の関係をさらに詳しく検討するため、Fig. 6に示した15m深の水温資料に基づき、水温間隔1°Cごとの平均日漁獲量とそれに対する95%信頼限界を最低水温期の前後に分けFig. 7に示した。ホタルイカの

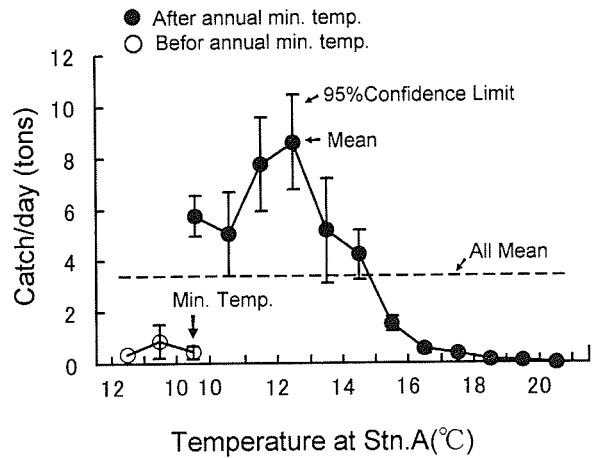


Figure 7. Relationship between of mean daily catch of firefly squid and temperature measured at 15m depth in Namerikawa fishing ground.

漁獲量は、同じ水温であっても、最低水温期より前ではそれ以降よりも明らかに少なかった。最低水温期以降では、漁獲量は水温が9~15°Cの時に平均値で4トン以上と比較的多く、特に水温11~13°Cの範囲で漁獲量が多かった。また水温が15°C以上になると漁獲量は急激に減少し18°C以上では極めて少なくなり20°C以上では漁獲されなくなった。これらのことから、ホタルイカの漁獲適水温は、年間最低水温期直後の水温上昇期の9~15°Cの範囲にあって、その中でも最適水温帯は11~13°Cにあることが分かる。

## 漁期と漁獲量の関係

初漁日や漁期の長短と、漁獲量の多寡との関係を検討した。初漁日と漁獲量との関係を見ると (Fig. 8上)、両者には3%の危険率で有意な負の相関が認められたが、初漁日が3月10日より前であった年の漁獲量は、約800トンから4,000トン近くにまで大きく分散し、初漁日が著しく遅れた年には漁獲量が少なくなる傾向があるものの、初漁日が早かった年であっても必ずしも漁獲量が多くなるとは限らないことが分かる。漁期の長さとの関係を見ると (Fig. 8下)、両者の間には0.5%の危険率で有意な正の相関が認められ、漁期が長いほど漁獲量が多く、漁期が短いほど漁獲量は少ない関係が認められた。しかし、漁期の長さが90日以下でも漁獲量が2,000トンを超える年もある一方で、漁期の長さが100日を超えても漁獲量が1,000トンにも満たない年が認められるなど、年によるバラツキはかな

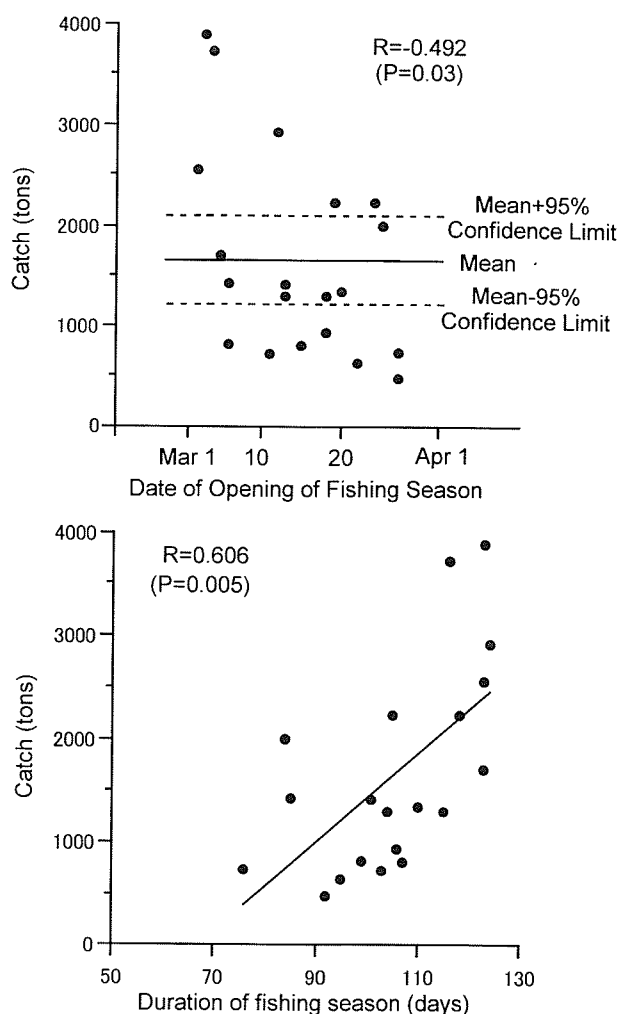


Figure 8. Relations between opening dates of fishing season and annual catch (upper panel), and between duration of fishing season and annual catch (lower panel) of firefly squid in Toyama Bay.

り大きかった。

## 漁獲量の日変動

漁期内の半月漁獲量は単調な1峰を形成している訳ではなく、小刻みな変動を示した (Fig. 4)。そこで、漁期内の漁獲量変動の実態とその特徴を明らかにするために、日別漁獲量の変動を検討した。Fig. 9にその結果の中から典型的な年として1992年 (好漁年)、1993年 (並漁年)、1986年 (不漁年) の例を各地区ごとに示した。次項で述べるように、日別漁獲量の変動には、平均して4~6日程度の周期を持つ変動がみられるので、図には10日移動平均漁獲量も併せて示した。

Fig. 9をみると、日単位でみたホタルイカの漁況には、数日前後の変動とともに複数の比較的継続時間の長い漁獲のピークがみられる。比較的継続時間の長い漁獲のピークについてみると、例えば好漁年である1992年の新湊地区では、大まかにみて、3, 4, 5月のそれぞれの中・下旬および6月の中旬の各時期に4程度認められた。このような漁獲のピークは並漁年の1993年にも認められ、新湊地区についてみると、3月下旬~4月上旬、4月中旬、5月上旬、中・下旬および若干小さいものの6月下旬~7月上旬に、合わせて5程度認められた。新湊地区以外の地区についても、数日前後の変動と重なってやや不鮮明ではあるが、新湊地区の変動とほぼ対応するように、比較的継続時間の長い漁獲のピークが認められた。不漁年の1986年ではこのようなピークは不明瞭になるが、いずれの地区においても、漁獲量の日変動には複数のピークが認められ、これらのピークは10日の移動平均ではより明瞭に現れていた。一方、数日前後の変動は、漁獲量水準や地区を問わずいずれの年においてもみられていた。この変動は、西部の新湊地区や四方地区よりも東部の滑川地区や魚津地区においてより明瞭に認められる傾向があった。またFig. 13に示した滑川地区における日別漁獲量の変動でも、どの年においても数日前後の変動がみられるとともに、10日移動平均漁獲量で滑らかにすると、Fig. 9では不鮮明であった比較的継続時間の長い漁獲のピークが、どの年にも存在していることがわかる。

漁獲量全体の変動を地区別にみると、四方地区以西の地域では漁期前半に漁獲が多く後半に少なくなり、漁期後半では漁獲のピークは出現しているも、水橋以東の地区に比べると漁獲量は少ないという特徴が認められた (Fig. 9)。このような特徴は、多くの年に共通してみられていたが、好漁年の1992年では特に顕著だった。また比較的継続時間の長い漁獲のピークの出現は、隣接する地区間ではほぼ同調していたが、距離の離れた地区間では数日程度の時間差があった。これらの特徴も、多くの年にほぼ共通していた。

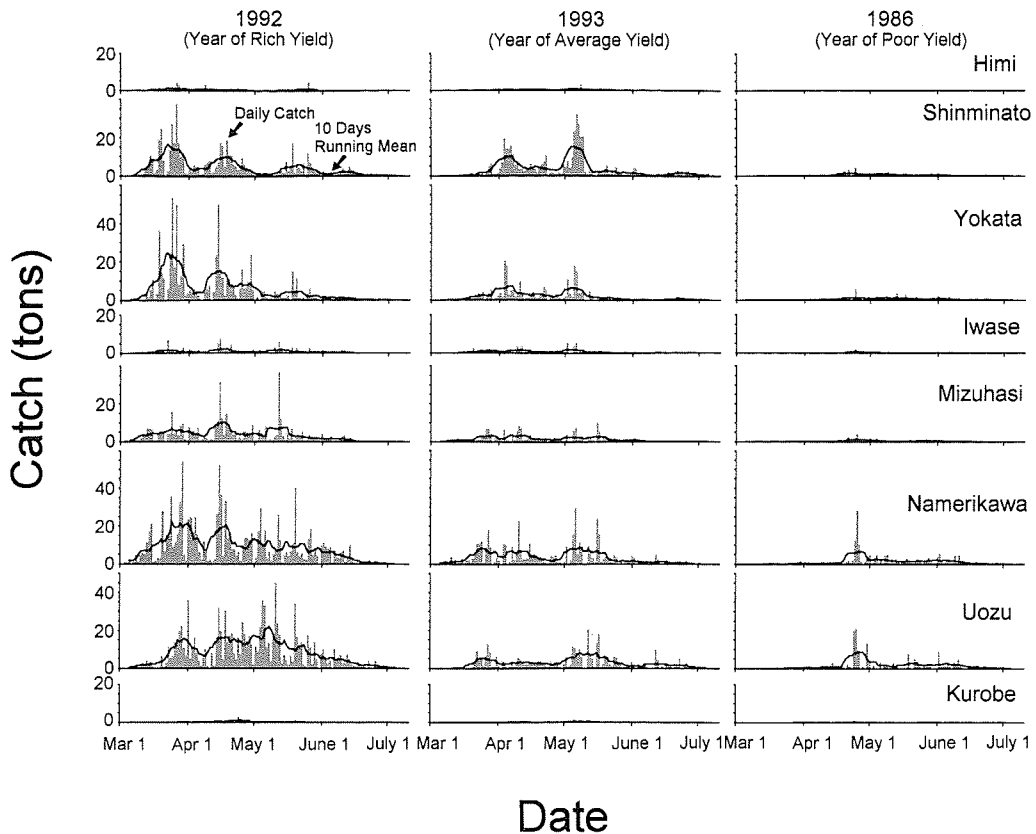


Figure 9. Daily fluctuations of catch of firefly squid in those years representing three categories of yield level shown in Fig. 4.

#### 日別漁獲量の自己相関

日別漁獲量の変動には、数日前後の変動と比較的継続時間の長い変動とがみられた (Fig. 9, Fig. 13 後述) ので、これらの変動について周期性の有無を検討するため、代表的な漁場である滑川地区について好漁年、並漁年、不漁年に分けて年毎のコログラムを Fig. 10 示した。

自己相関係数は、好漁年では2~6日 (平均4日)、並漁年では3~6日 (平均4.4日)、不漁年では2~11日 (平均6.2日) に高くなることが認められた。不漁年には好漁年、並漁年に比較して自己相関の周期が長いという特徴があった。一方で10日以上の間は、不漁年に該当する1987年の11日を除いては認められなかった。図には示さないが、同様の検討を新湊地区および魚津地区についても行った。その結果、新湊地区においては、好漁年で3~12日 (平均5日)、並漁年で2~6日 (平均4日)、不漁年で2~8日 (平均4日) に相関が高くなっており、漁獲量水準による大きな違いはなかった。また魚津地区においては、好漁年で5~7日 (平均6.3日)、並漁年で2~5日 (平均4日)、不漁年で2~7日 (平均5.3日) に相関が高くなり、漁獲量水準による傾向的な違いはなかった。10日以上の間は、新湊地区の1983年 (好漁年) の10・12日にみられただけ

であった。

地区や漁獲量水準にかかわらずどの年においても、平均して4~6日程度の日別漁獲量の変動周期が存在しており、周期は長くても12日以下であることが分かった。ただし、漁獲量水準によるこうした周期の現れ方は地区によって異なっていて、地区間に共通する傾向はみられなかった。一方で日別漁獲量の変動には、複数の比較的継続時間の長いピークが存在する (Fig. 9, Fig. 13 後述) が、これらに相当すると考えられる周期の長い自己相関のピークがみられたのは、3地区各々20年間の60例のコログラムの中で、滑川地区の1987年 (不漁年に該当) と新湊地区の1983年 (好漁年に該当) の2例だけであった。このことは、漁獲量の日変動にみられた比較的継続時間の長い変動が、周期性のある変動ではなくむしろランダムな変動であることを示している。

#### 日別漁獲量の新湊地区と魚津地区の相関

半月漁獲量の漁期内変動を湾の東西で比較すると、漁況経過における漁獲量の時間的な重心が、西で早く東で遅くみられる特徴があった (Fig. 5)。また、日別漁獲量にみられた比較的継続時間の長い漁獲のピークは、距離の離れた地区間では数日程度の時間差を持って出現する傾向があった



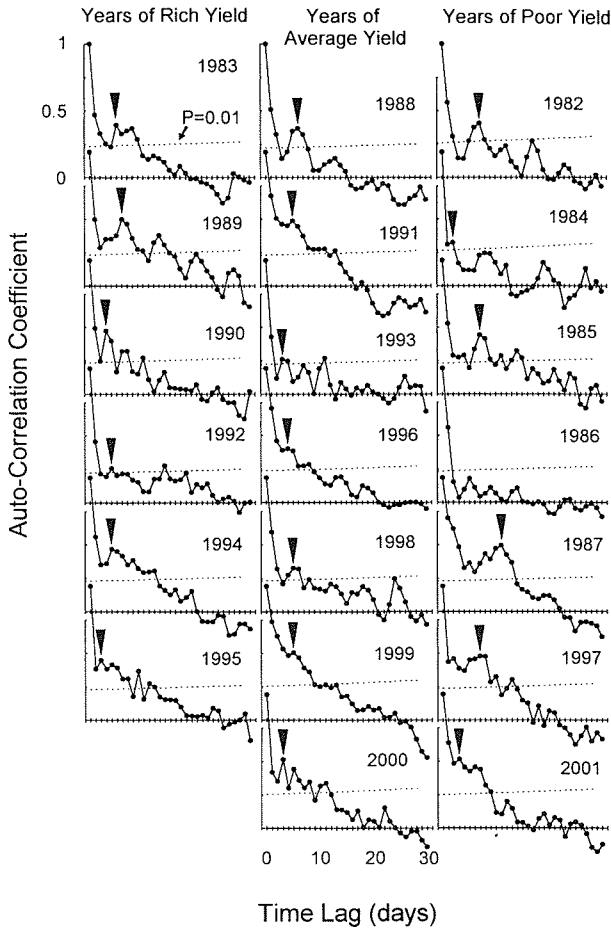


Figure 10. Correlograms of daily catch of firefly squid in Namerikawa in Toyama Bay.

(Fig. 9). これらの特徴は、東西漁場間の群の移動を反映している可能性が考えられる。そこで比較的継続時間の長い漁獲のピークが明瞭に現れる好漁年について、新湊地区と魚津地区の日別漁獲量の時間差11日までの相関を Fig. 11 に示した。

Fig. 11には、1989年を除いて新湊地区から魚津地区方向の相関が魚津地区から新湊地区方向よりも高い、右肩上がりの傾向が認められた。新湊地区から魚津地区方向の時間差11日までの相関係数の値は、全66例のうち62例が1%の危険率で有意であった。一方魚津地区から新湊地区方向については、有意な相関は66例中28例あった。新湊地区から魚津地区方向で、時間差無しを除いて、年ごとに相関係数が最も高い値を示す時間差は4~10日の範囲にあり、平均は7.3日であった。魚津地区から新湊地区方向については、1983年に5日、1989年に7日、1994年に4日の時間差で相関が高かったが、いずれの場合も、新湊地区から魚津地区方向でみられる相関係数よりも低い値であった。他方、1994年および1995年を除いて、同じ日の両地区漁獲量間の相関が高くなっており、1989年および1990年には

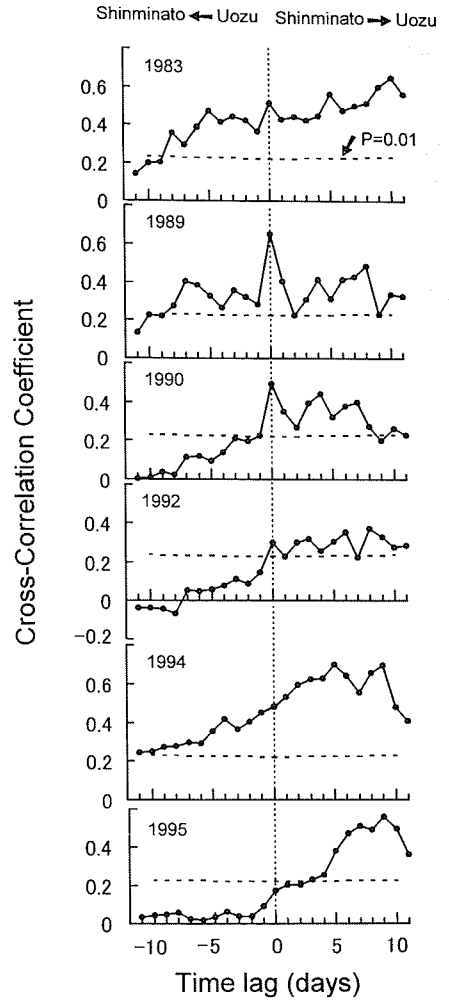


Figure 11. Cross-correlation between Shinminato and Uozu in daily catch of firefly squid.

時間差11日までの中で最も高い値を示した。

Fig. 11に右肩上がりの傾向が認められたことは、漁獲量の日変動パターンが新湊地区から魚津地区方向に波及する傾向があることを示している。このことは、日別漁獲量にみられる比較的継続時間の長い漁獲のピークが、離れた地区間で時間差を持って出現する傾向のあったこと(Fig. 9)と対応しており、相互相関の検討結果は、この変動が平均して7日程度で、新湊地区から魚津地区方向に波及することを示している。他方、同日の相関も高いことから、年によっては、日別漁獲量変動に新湊地区と魚津地区とで同期するような変動パターンも存在することが分かる。

#### 漁獲物の外套背長組成とその漁期内変化

富山湾に来遊するホタルイカが、どのような群によって構成されているかを検討するため、滑川地区での漁獲物の測定結果に基づき、旬別の外套背長組成を、好漁年、並漁年、不漁年の各水準年別に Fig. 12 に示した。漁獲されたホタル

イカの外套背長範囲は40~74 mmで、単一モードの分布型を示すことが多かった。しかしモードが2つみられることもあり、また、モードが1つの場合でもしばしば尖度は小さかった。いずれの漁獲量水準の年においても、平均外套背長は時間経過と共に次第に大きくなる傾向を示した。しかし、漁期の終わりに近い6月中・下旬には、いずれの漁獲量水準の年においても平均外套背長がやや小さくなる傾向があった。漁獲量水準別に外套背長を比較すると、盛漁期に入る4月以降においては、不漁年の外套背長が好漁年や並漁年に比べ大きい傾向がみられた。また好漁年と並漁

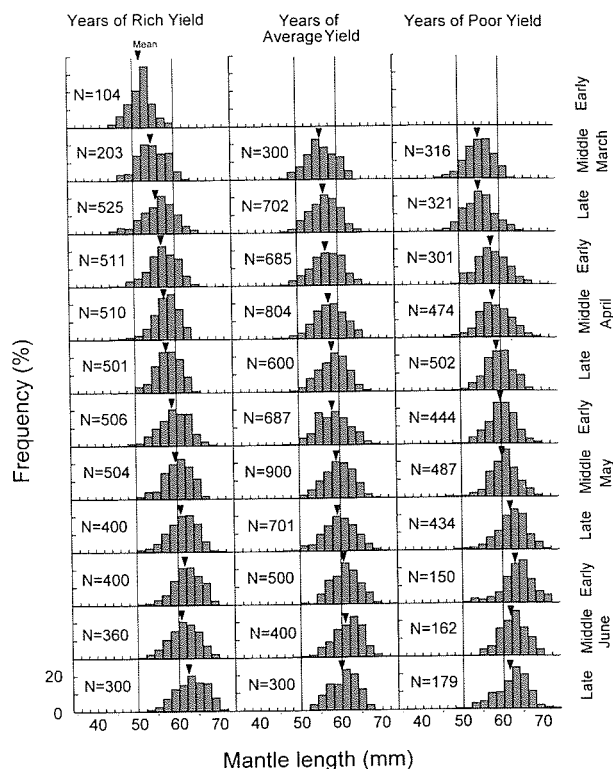
年を比較すると、好漁年が並漁年よりもやや大きい傾向がみられた。

漁獲量水準による漁獲物の大きさの違いを詳しく検討するため、不漁年と好漁年、不漁年と並漁年および並漁年と好漁年の平均外套背長の差を Table 2 に示した。不漁年と好漁年を比較すると、不漁年の体サイズは、漁期始めの3月下旬および漁期末の6月下旬に好漁年の体サイズよりも有意に小さかったが、盛漁期を含む4月上旬~6月中旬には好漁年よりも大きい傾向があり、その差は5月中旬を除きいずれも有意であった。一方、不漁年と並漁年を比較すると、不漁年の体サイズは3月中・下旬には並漁年の体サイズよりも有意に小さかったが、盛漁期の始まり以降の4~6月では並漁年のそれよりも常に有意に大きかった。次に並漁年と好漁年を比較すると、並漁年の体サイズは3月中・下旬および4月下旬には好漁年の体サイズよりも有意に大きかったが、5月上旬~6月下旬では、5月中旬および6月中旬を除いて好漁年のそれよりも有意に小さかった。盛漁期に入って以降の漁獲物の大きさは、不漁年が好漁年や並漁年よりも大きかったが、並漁年と好漁年の差は、漁期前半には並漁年が大きいものの漁期後半には好漁年が大きく、漁獲量の水準が低い時に漁獲物が大きいという傾向はあったが、漁獲量の水準が高いほど漁獲物が小さいという傾向は認められなかった。

**漁獲量変動と体サイズの変化**

漁期中外套背長は徐々に大きくなる傾向を示す一方で、漁期末に小さくなる傾向があった (Fig. 12)。また日単位でみたホタルイカの漁況は、数日前後の変動とともに複数の比較的継続時間の長い漁獲のピークによって構成されていた (Fig. 9)。これらのことは、漁期中、単一の群が成長しながら漁獲対象となっているのではなく、複数の群が漁場に加えている可能性を示していると考えられる。そこで、この点を更に詳しく調べるため、滑川地区の個々の年について、測定日ごとの平均外套背長とその95%信頼区間を成長式 (林, 1995) から求まる成長曲線と重ね、日別の漁獲量変動と対比して漁獲量水準別に Fig. 13 に示した。

平均外套背長についてみると、Fig. 12 に示されたと同様



**Figure 12.** Seasonal changes of mantle length composition of firefly squid caught in Namerikawa fishing ground, by categories of yield level shown in Fig. 4.

**Table 2.** Comparison of mean mantle length by categories of yield level shown in Fig. 4.

Difference (mm)	March			April			May			June		
	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	
Poor-Rich	+0.51	-0.79*	+1.21**	+0.87**	+1.40**	+0.84**	+0.42	+1.27**	+1.39**	+0.94**	-0.88*	
Poor-Ave.	-1.06**	-1.79**	+0.77**	+0.56*	+0.70**	+1.58**	+0.81**	+2.56**	+2.45**	+0.74*	+1.59**	
Ave.-Rich	+1.57**	+1.00**	+0.44	+0.31	+0.70**	-0.73**	-0.39	-1.29**	-1.06**	+0.20	-2.47**	

Rich: Years of Rich Yield, Ave.: Years of Average Yield, Poor: Years of Poor Yield

E: Early of Month, M: Middle of month, L: Late of month

\*: Significant at 5% level, \*\*: Significant at 1% level

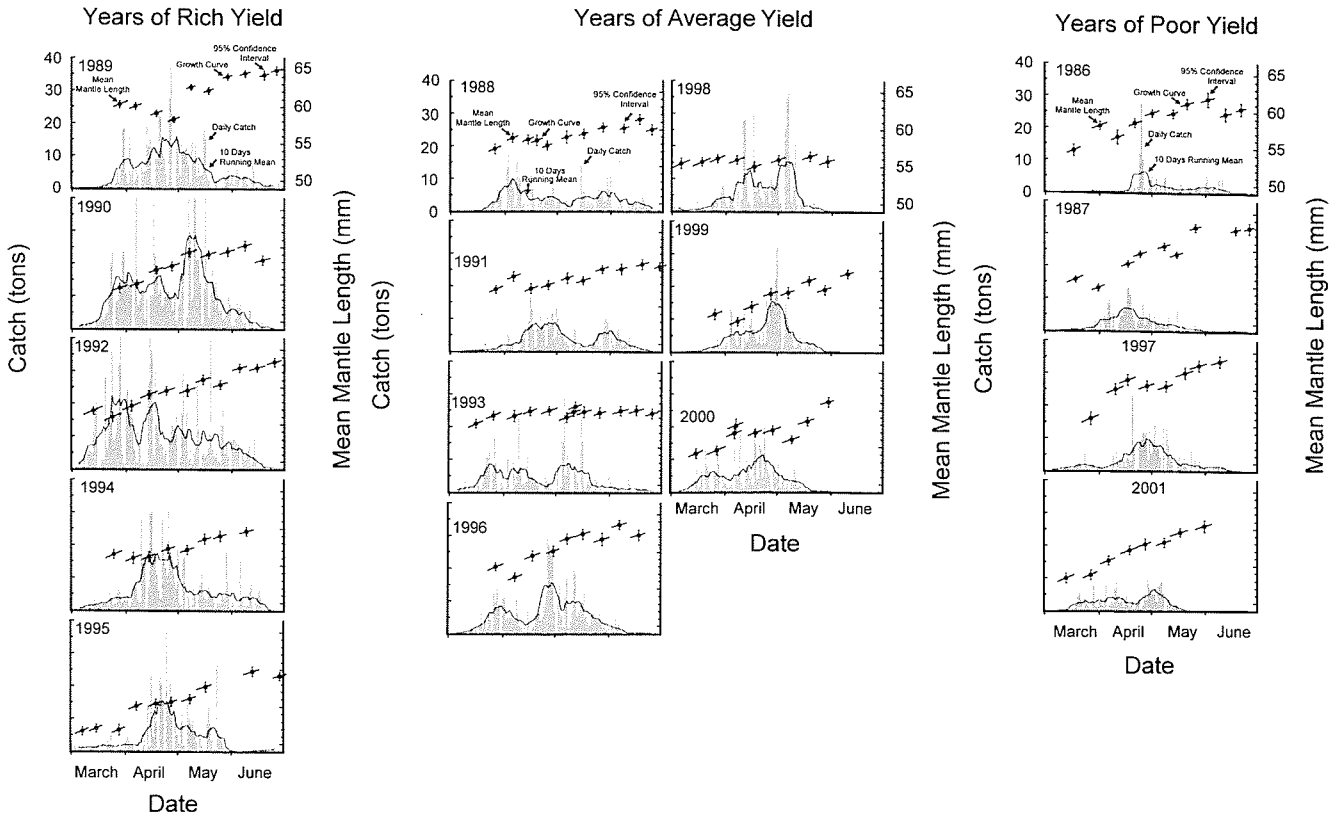


Figure 13. Time series of mean mantle length with a known growth curve (Hayashi, 1995) and catch of firefly squid in Namerikawa fishing ground.

に、多くの年で大まかには時間経過とともに体サイズが大きくなる傾向がみられた。しかし1993年や1998年（ともに並漁年）のように、平均外套背長が時間経過とともに大きくなならない年もあった。また、時間経過とともに体サイズが大きくなっている年であっても、漁期間を通じて体サイズが一定の成長曲線に乗った形で変化しているようにはみえなかった。この点について個々の年をみると、例えば1989年（好漁年）の4月に行われた3回の測定日間のうちに、隣り合う測定日間で明らかに体サイズが小さくなっている場合もあり、こうした例は、好漁年ではこの年に加え1990年に、並漁年では1988, 1991, 1996, 1999, 2000年に、不漁年でも1986, 1987年にみられていた。これとは対照的に、隣り合う測定日間で成長曲線で想定される成長量よりも体サイズがはるかに大きくなっている場合が、1989, 1995年（好漁年）および1987年（不漁年）にみられていた。これらの年ほど極端ではないにしても、隣り合う測定日間で、成長量を考慮すれば体サイズが有意に小さくなっている場合や大きくなっている場合が全ての年においてみられていた。このような不連続な体サイズの経時変化のみみられる回数は、測定間隔と測定のタイミングの問題もあって十分推定できないが、みかけ上は年によって異なっているものの、漁獲量水準に応じた違いはないようにみえ

る。以上のことから、いずれの年においても、漁期中漁場に体サイズの異なるホタルイカの複数の群が加入していることが推定される。

### 考察

日別漁獲量の変動パターンを検討した結果からは、漁獲量水準に応じて峰の高さが異なるものの、ホタルイカの漁況には、数日前後の変動とともに、複数の比較的継続時間の長い漁獲のピークがあることが明らかになった (Fig. 9, Fig. 13)。さらに、日別漁獲量の自己相関を検討してみると、漁獲量水準や地区によって異なるものの、平均して4~6日程度の周期の変動がみられたが、10日を超える大きな周期はほとんど検出されなかった (Fig. 10)。自己相関から比較的継続時間の長い漁獲変動パターンに対応した10日以上周期の周期性がほとんど検出されないという事実 (Fig. 10) は、このような漁獲変動パターンには周期性がないことを示していると考えられる。

他方、漁期中のホタルイカの体サイズは、漁獲量水準にかかわらずほとんどの年において、平均的にみれば時間経過とともに大きくなる傾向を示した (Fig. 12)。しかし個別の年についてみると、漁期中体サイズが大きくなならない年がみられたうえに、大きくなる傾向がみられた年でも、こ

の傾向は単一の成長曲線に従うようなものではなかった。さらに、体サイズはしばしば隣り合う測定日間で不連続に変化し、体サイズが極端に小さくなったり、あるいは大きくなるような変化もみられた (Fig. 13)。

これらのことから、いずれの漁獲量水準の年でも、体サイズ組成の異なる複数のホタルイカ群が漁場に参加し、断続的に漁獲されていることが示唆される。このことは、富山湾で漁獲されるホタルイカが、漁期を通じて単一の群に依存しているのではなく、発生時期あるいは発生海域、もしくはその両者を異にする複数の発生群によって構成されていることを示していると考えられる。このような、ホタルイカの複数群の漁場への来遊は、底曳網漁場である若狭湾においても推定されている (日本海ホタルイカ資源研究チーム, 1991)。

ホタルイカ群の構造については、それを検討する十分な材料はないが、複数の加入群が発生時期あるいは発生海域、もしくはその両者が異なる群であると解釈すれば、Lebedev (1967) の言う要素個体群に相当する群である可能性が考えられる。一方、漁獲量水準による体サイズの違いについては、好漁年や並漁年に比べて不漁年の体サイズが大きく密度効果の影響も示唆される。しかし、好漁年が並漁年よりも小さいわけではなく、単純に密度効果のみが作用しているとはいえない (Fig. 12, Table 2)。

富山湾の定置網漁場へのホタルイカの前遊もしくは補給に関して注目されるもう一つの漁況の特徴は、西の新湊地区と東の魚津地区との間で、日別漁獲量変動に新湊から平均7日程度の遅れで魚津側に有意な相関がみられたことである (Fig. 11)。このことから、富山湾奥では、大きくみてホタルイカが西から東へ移動もしくは補給されていると考えられる。ただし、Fig. 2にみられた地区別の漁獲量の多寡と変動パターンの差異からみると、ホタルイカは単純に西から東へと移動しているとは考えがたい。この、岩瀬ないしは四方を境にした東西の漁場でのホタルイカ漁況にみられる差異には、岩瀬および四方と新湊の間に沖へ突出した海底地形 (Fig. 1) が関与している可能性がある。この点は、富山湾で漁獲対象となるホタルイカが産卵群 (林, 1995) であり、ホタルイカの漁場形成 (安達, 1991) や産卵場形成 (内山ほか準備中) には海底地形との密接な関係が示唆されていることから十分考えられる。

一方で、新湊地区と魚津地区の日別漁獲量間には、年によっては同じ日の漁獲同士で高い相関がみられる (Fig. 11) が、これは、例えば宇田 (1960) が示した気象条件等のような、各漁場に共通した外因的な要因によって、湾内全体の漁獲量が同じように変動する状況を反映していることが考えられる。こうした変動の原因としては、例えば道之前・鬼頭 (1999) が考察したような月齢なども考えられるが、詳しいことは今後の課題と言えよう。

本研究で得られた結果をホタルイカの総漁獲量予測の観

点から考えると、富山湾において、ホタルイカ要素個体群と思われる複数の群れが、漁獲対象になっていることが見出された点は特に重要であると考えられる。富山湾で漁獲対象となるホタルイカが、発生時期あるいは発生海域のどちらか、もしくはその両者を異にする群によって構成されているとすると、富山湾で漁獲対象となるものに富山湾以外の海域で発生したものも含まれる可能性があるからである。たしかに、富山湾においてホタルイカ卵が多く出現する期間は3~6月 (林, 1995) とけっして短くはないので、漁期中富山湾に出現する複数の群が、富山湾で異なる時期に発生したものに由来する可能性も否定できない。しかしながら、漁獲対象群の由来を明確にすることは、漁獲量予測を行う上で根本的な重要課題である。仮に富山湾で漁獲されるホタルイカに、富山湾以外の発生群も含まれているとした場合、富山湾で発生したものだけが漁獲対象になると想定した手法 (西田ほか, 1998) や、漁獲対象群の構造を明確に意識していない (横田ほか, 1998) 漁獲量予測の手法については、基本となる仮設からの再検討が必要となる。したがって、今後、富山湾で漁獲対象となるホタルイカ群が、富山湾も含んだより広範な海域の、どの時期のどの海域に由来するものなのかを、富山湾における漁獲量と海域別の産卵量との関係を検討するなどして明らかにする必要がある。

漁獲量の年変動において、湾の東部と西部の主漁場間で、好不漁が一致しない年があった点も、漁獲量予測の実効性を高める観点から重要な問題を提起する。湾奥ではホタルイカは西から東へ移動もしくは補給されていると考えられることや、東部と西部の主漁場間で、経年変動の峰や谷の現れ方のパターンが共通していたことは、東部と西部の漁場を全く独立したものとして捉える必要がないことを示している。しかし、例えば湾全体の総漁獲量が正しく予測できたとしても、それが湾全体について言えるのか、或いは東西の漁場では異なるのかといった、各々の漁場への配分についての的確に予測できなければ、漁場が固定されている定置網漁業にとって役立つ情報とはなり得ない。総漁獲量予測の実効性を高める上では、地区による差異について予測できる方法を見つけ出すことも今後の大切な課題である。

漁獲量と漁場水温の関係 (Fig. 6) からは、富山湾におけるホタルイカの漁期が、最低水温期の直前から水温上昇期の初期に該当していることが明らかになった。富山湾におけるホタルイカの漁期は、太陽暦でみれば初春から初夏に該当するが、海の季節変化の中では厳冬の終わりから春季に該当しているといえる。一方、ホタルイカの日別漁獲量と漁場水温の間には、かなり密接な関係が認められた (Fig. 7)。また、漁期の始まりの時期や漁期の長さは、漁獲量の水準と相関がある (Fig. 8) ももの変動が大きく、漁期の終わりの時期の変動も大きかった (Fig. 3)。これらの事実からは、漁期の始まりや終わりの時期、漁期の長さ、さ

らには漁獲量の多寡が、漁場の水温にも関係して変動していることが考えられる。東部と西部の2つの漁場間での漁況の違いも含めて、富山湾のホタルイカ漁況と水温環境の関係についても今後検討する必要がある。

## 謝 辞

本研究を行うに当たり、研究の機会を与えて頂いた前富山県水産試験場場長鈴木満平博士、常に暖かい励ましを頂いた高松賢二郎場長ならびに職員の皆様に感謝申し上げる。長年にわたり測定サンプルの入手に便宜を図って頂いた滑川漁業協同組合の皆様にも感謝申し上げます。

## 引用文献

- 安達辰典 (1991) 若狭湾におけるホタルイカ漁場の形成要因, 日本海ブロック試験研究収録, 日本研, 新潟, 1-12.
- 相川広秋 (1949) 水産資源学総論, 産業図書株式会社, 東京, 1-5.
- 土井長之 (1972) 水産研究叢書22 漁況予報の理論と方法, 日本水産資源保護協会, 東京, 18-22.
- 林 清志 (1995) 富山湾産ホタルイカの資源生物学的研究, 富水試研報, 7, 128.
- 林 清志・今村 明 (1995) 富山湾のホタルイカ漁, ていち, 87, 10-19.
- 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書, 1, 17-35.
- 稲村 修 (1994) ホタルイカのはなし, 魚津水族博物館, 魚津, 30-45.
- 久保伊津男・吉原友吉 (1969) 水産資源学改訂版, 共立出版株式会社, 東京, 322-337.
- Lebedev, N. V. (1967) Elementary Population of Fish. Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem 1969, 224.
- 道之前允道・鬼頭勇次 (1999) ホタルイカと光, 水棲無脊椎動物の最新学, 奥谷喬司・大田 秀・上島 勲編, 東海大学出版会, 東京, 177-188.
- 西田 宏・内山 勇・平川和正 (1998) 富山湾におけるホタルイカ (*Watasenia scintillans*) 来遊量は予測可能か? 日本研報, 48, 37-49.
- 日本海ホタルイカ資源研究チーム (1991) 日本海におけるホタルイカの資源利用研究, 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.
- Sasaki, M. (1914) Observation on Hotaru-ika, *Watasenia scintillans*. Jour. of the College of Agr., Tohoku Imp. Univ., Sapporo, 6, 75-107.
- 内山 勇 (1986) 富山湾における1986年春季のホタルイカ漁況, 水産海洋研究会報, 50, 345-346.
- 宇田道隆 (1960) 海洋漁場学, 恒星社厚生閣, 東京, 89-100.
- 山中一郎 (1973) 漁況, 海況論, 海洋学講座12 水産資源論, 田中昌一編, 東京大学出版会, 東京, 93-95.
- 横田賢史・北田修一・鶴殿謙二郎・渡邊精一 (1998) 富山湾におけるホタルイカの環境要因による漁獲量予測, 日本誌, 64, 975-978.