

石川県水産総合センター研究報告 第1号



石川県水産総合センター

〒927-0435 石川県鳳至郡能都町字宇出津新港3-7

Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center

Ushitsu, Noto, Fugeshi, Ishikawa 927-0435, Japan

発刊にあたって

石川県水産総合センターは、水産試験場、増殖試験場、内水面水産試験場、水産業改良普及所を統合して平成6年4月に開所しました。

これに伴い各試験場で刊行していた研究報告を発展的に解消して「石川県水産総合センター研究報告」として発刊することとなりました。

近年における水産資源の動向の変化及び水産業をめぐる社会状況の変化に対処するため私たちは試験研究等の一層の高度化、総合化を目指して努力を重ねていかねばと考えております。

開所以来の成果をここに発表すると共に、今後本報告が充実したものになり広く各界の方々に活用され、更にそうした方々との交流が発展することを願うものです。

平成10年3月

石川県水産総合センター

所長 中道五郎

石川県水産総合センター研究報告

第1号

1998年3月

目 次

石川県の船びき網漁業によるサヨリ漁獲量の解析	貞方 勉, 辻 俊宏, 四方崇文	1
アカガレイの価格形成要因に関する統計学的解析	大橋洋一	9
選別器による定置網混獲幼稚魚の選別	池森貴彦, 大橋洋一	15
タイ類投棄魚の削減をめざした小型底びき網の改良	大慶則之	23
コイの体成分と肝臓酵素活性に及ぼす飼料タンパク質の影響 (英文)	四方崇文, 示野貞夫	31
スルメイカの大きさ, 雌雄, 成熟度, 漁期, 漁場による エキス成分の違い	高本修作	37
アナアオサの栄養体と成熟部に含まれている色素の吸光分析 (英文)	田島迪生	43
海岸漂着重油の手作業による回収量の決定に関する研究: ナホトカ号重油流出事故の事例から	敷田麻実	47

石川県の船びき網漁業によるサヨリ漁獲量の解析

貞方 勉, 辻 俊宏, 四方崇文

(1997年12月1日受理)

Analysis of Catches of Halfbeak *Hyporhamphus sajori*
by Two-Boat Seine in Ishikawa Prefecture *¹

Tsutomu Sadakata, *² Toshihiro Tsuji, *² and Takafumi Shikata *²

The variations in the stock size of halfbeak *Hyporhamphus sajori* in the waters off Noto Peninsula were analyzed by using the data of the catches by two-boat seine in Ishikawa Prefecture between 1964 and 1996. The most characteristic variations in the stock size was the repeat of rise and fall. Halfbeak matures and dies just after spawning in two years. Therefore, the periodic fluctuation of stock size was likely for the reason that the adjoining year classes have small chance to crossbreed each other. The repeat of rise and fall in the stock size was sometimes reversed by the changes in environmental conditions. However, the progressive decline of the catches from 1993 to 1996 could not be explained by the changes in environmental conditions. On the other hand, the fishing ground was extended to the offshore in the middle of 1980's. Therefore, the recent decrease in the stock size was probably due to the increase in the fishing pressure by the extension of fishing ground.

キーワード: サヨリ, 漁獲量, 能登半島近海

サヨリ *Hyporhamphus sajori* は沿岸漁業の重要な漁獲対象資源であり, 石川県では船びき網や定置網漁業などによって漁獲されている。近年の漁獲量は100 t から600 t の範囲で変動し, その90%以上が船びき網による。動力を使用したサヨリ船びき網漁業は1955年頃に始まり, 40年あまりで県全域へ普及し, 石川県の代表的な沿岸漁業として定着している。本漁業は知事許可漁業で, 許可隻数は600隻余り, 総トン数5 t 未満船による2艘曳が主流となっている。漁期は3月から6月の春漁と10月から12月の秋漁に分けられ, それぞれの操業許可期間は地区によっても異なる。近年, サヨリ資源量が急激に減少しているものの, 生態に関する知見が乏しいため, 資源維持のための適切な措置がとられていない。本報では, 能登半島近海におけるサヨリの生態を究明して行くための予備的調査として, 既報の漁獲統計資料を解析したので, その結果を報告する。

資料および方法

石川農林水産統計年報¹⁾によって, 船びき網漁業の漁獲量が示されている1964年から1996年の33年間にわたる統計資料を解析した。このうち1964年から1972年と1983年から1996年は地区別漁獲量, 漁労体数, 出漁日数が, 1960年から1962年と1969年から1972年, それに1974年から1996年は月別漁獲量が示され, これらの統計資料も解析に用いた。解析では, 船びき網漁業による漁獲量の経年変化と地区別漁獲量の変遷から, 石川県における漁獲の特徴を明らかにした。次に月別漁獲量を年代別に分けて比較し, 経年と地区別以外の漁獲量の特徴を抽出した。また出漁日数は漁獲努力量に等しいとみなせるので, 出漁日数と漁獲量の関係を解析した。さらに漁獲量の経年変化にみられる周期性を解析した。これらによって, 漁獲量の変動特性と近年の漁獲量の減少の要因についても考察した。石川県の船びき網漁業による漁獲物は, 漁法上ほとんどがサヨリである。統計資料で石川県のサ

*¹能登半島近海におけるサヨリ資源回復技術に関する研究-I (Studies on the Stock Recovery of Halfbeak in the Waters off Noto Peninsula - I)

*²石川県水産総合センター (Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center, Ushitsu, Noto, Fugeshi, Ishikawa 927-0435, Japan)

Table 1. Annual changes in number of operating boats, fishing days, and catch by two-boat seine

Year	No. of operating boats(A)	Fishing days (B)	(B)/(A)	Catch in ton	Catch per day in Kg	Year	No. of operating boats(A)	Fishing days (B)	(B)/(A)	Catch in ton	Catch per day in Kg
1964	12	635	52.9	8	12.6	1981	-	-	-	233	-
1965	18	1,269	70.5	24	18.9	1982	-	-	-	189	-
1966	66	2,393	36.2	45	18.8	1983	192	2,081	17.3	222	79.2
1967	19	915	48.2	51	55.7	1984	157	2,280	14.5	146	64.0
1968	18	811	45.0	61	75.2	1985	148	2,652	17.9	210	79.2
1969	54	1,618	30.0	62	38.3	1986	149	3,560	23.9	253	71.1
1970	83	1,765	21.3	65	36.8	1987	181	3,500	19.3	229	65.4
1971	125	2,578	20.6	101	39.2	1988	177	3,349	18.9	239	71.4
1972	132	2,489	18.8	167	67.1	1989	139	3,739	26.9	244	65.2
1973	-	-	-	106	-	1990	130	4,303	33.1	354	82.3
1974	-	-	-	98	-	1991	121	3,645	30.1	224	61.4
1975	-	-	-	156	-	1992	110	4,020	36.5	292	72.6
1976	-	-	-	164	-	1993	121	4,008	33.1	259	64.6
1977	-	-	-	294	-	1994	113	3,606	31.9	237	65.7
1978	-	-	-	309	-	1995	124	3,050	24.6	167	54.8
1979	-	-	-	612	-	1996	99	2,618	26.4	108	41.2
1980	-	-	-	183	-						

ヨリ漁獲量が示されているのは、1962年の93t、1995年の174t、1996年の121tだけである。このうち船びき網漁業による漁獲量は、1962年で39t、1995年で167t、1996年で108tと、近年では本種の漁獲量の90%以上を占めている。すなわち石川県の船びき網漁業による漁獲量を解析することは、能登半島近海のサヨリ資源量の動向を知る最も有効な手がかりである。

結果

船びき網漁業による漁獲量 石川県の船びき網漁業による1964年から1996年までの漁労体数、出漁日数、漁獲量の年変化をTable 1、漁獲量、出漁日数、1日当たり漁獲量の経年変化をFig. 1に示した。漁労体数は12から181の範囲で変化し、1970年代以降は100台で安定した数を示しているが、1987年をピークに減少傾向がみられる。サヨリ船びき網漁業の操業方法は1965年頃に1艘曳から2艘曳が主流となり、1970年代以降の着業隻数は漁労体数のおよそ2倍になる。延べ出漁日数は635日から4,303日の範囲で変化し、1970年代以降は2,000日以上で安定した漁獲努力量を示している。延べ出漁日数のピークは1990年にみられ、漁労体数の変化との一致はみられない。1漁労体当たり平均出漁日数は、1970年代以降で安定しており、14日から36日の範囲である。ここでも延べ出漁日数の変化との一致はみられない。これらのことから、サヨリ船びき網漁業は2艘曳の出現で1970年代に安定した漁業として確立したといえよう。1970年代に入って漁獲努力量が安定したとはいえ、漁労体数と出漁日数それに1漁労体当たり平均出漁日数の変化には必ずしも一致がみられず、それぞれ独自の要因で変化している。

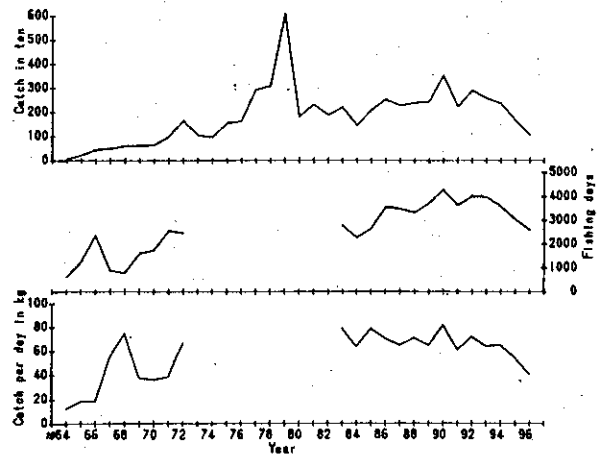


Fig. 1. Annual changes in catch, fishing days, and catch per day.

漁獲量は8tから612tの範囲で、漁獲努力量の安定した1970年代以降ではおよそ100tを下限とする大きな変動を示している。しかし1979年の612tを除くと100tから354tの範囲での変動となっている。1979年に漁獲量が増大した原因については、漁労体数、出漁日数のいずれもが不明で詳しくはわからない。漁獲量の経年変動には、増減の繰り返しがみられ、前年との比較で好漁あるいは不漁が2年続けて起こることは少ない。しかし近年になって、1992年の292tから1996年の108tまで4年連続して約50tづつ漁獲量が減少するという大きな特徴を示している。

なお漁獲努力量が安定してからの1日当たり漁獲量の変動傾向には漁獲量と同じ増減の繰り返しが認められ、1日当たり漁獲量はサヨリ資源量を表わす指標になると考えられる。

地区別漁獲量の年変化 石川農林水産統計年報の地域区分にしたがって(Fig. 2)、石川県の43地区別の船びき網漁業による漁獲量の年変化をFig. 3に示し

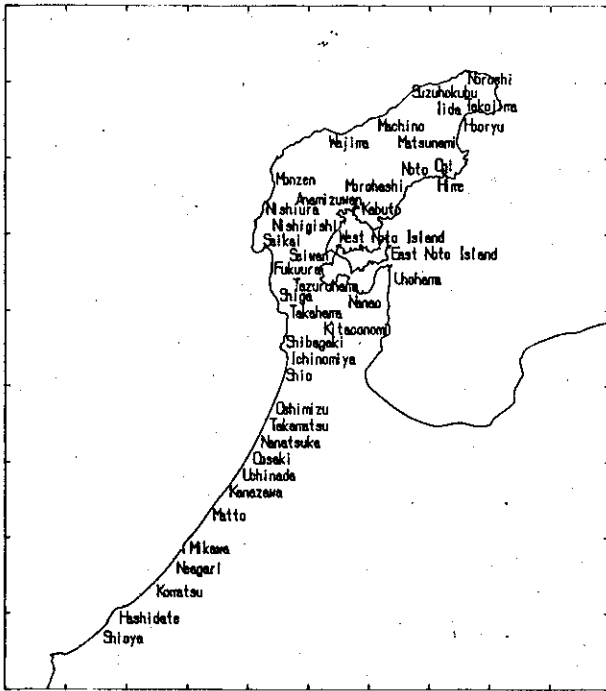


Fig. 2. Localities of statistical division in Ishikawa Prefecture.

た。石川県におけるサヨリ船びき網漁業の普及は、七尾湾の甲地区に始まって、同じ七尾湾の七尾地区、珠洲北部地区を含む能登半島東部海域、それに能登半島西部海域へと順次に広まった様子が窺われる。近年では石川県でくまなくサヨリ船びき網漁業が着業されているといってもいい。船びき網漁業による漁獲量が多く、サヨリが盛んに漁獲されていたと考えられる地区には時系列的な遷移がみられ、およそ次のように時代区分できる。1960年代は甲地区、1970年代は七尾地区、1980年代は七尾、松波地区、そして1990年代になって松波地区などである。いずれも能登半島東部海域を主漁場としている。能登半島西部海域でも、1980

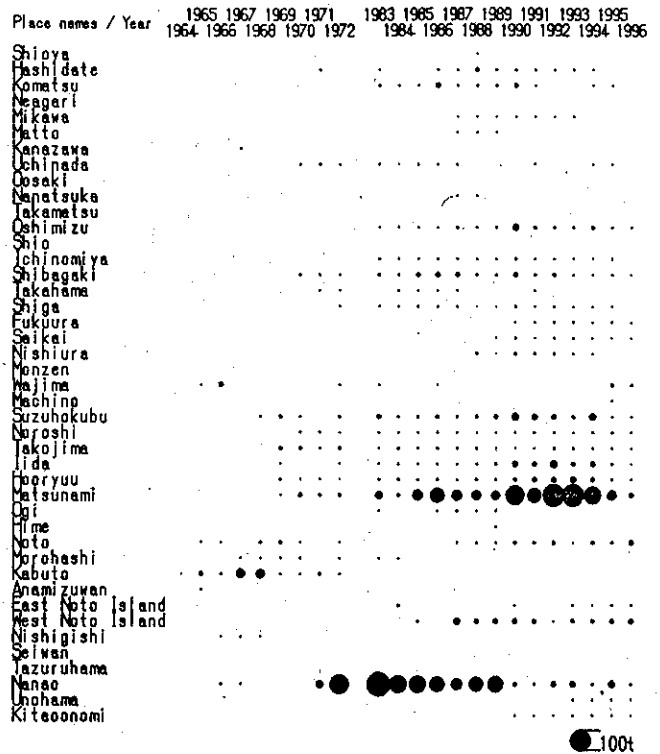


Fig. 3. Annual changes in catch by locality.

年代になって柴垣、押水、小松、橋立地区などでサヨリ船びき網漁業が盛んにおこなわれているが、能登半島東部海域にみられるほどの漁獲量には達していない。能登半島近海のサヨリ漁場形成は、半島の西部よりも東部で大きいことを示している。

月別漁獲量の年変化 船びき網漁業による月別漁獲量の年変化を Table 2, さらに月別漁獲量を年代別に区分して Fig. 4 に示した。船びき網漁業による漁獲量は、操業許可期間を反映して春と秋に多い。1970年

Table 2. Monthly changes on catch by two-boat seine (Unit:ton)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	From Jan. to Jun. / From Jul. to Dec.	From Jan. to Dec.
1974	13	12	33	22	15	1	0	0	0	1	0	1	96 / 2	98
1975	1	2	7	46	21	5	0	0	0	2	44	28	82 / 74	156
1976	8	21	3	47	35	2	3	5	10	4	27	9	116 / 48	164
1977	2	1	2	99	93	1	0	0	3	7	49	30	198 / 96	294
1978	1	1	2	71	45	2	0	1	80	8	97	78	122 / 187	309
1979	22	28	16	89	75	14	12	9	0	99	107	61	244 / 368	612
1980	1	1	2	102	53	0	0	0	0	0	15	9	159 / 24	183
1981	0	0	15	44	21	0	0	0	0	5	108	40	80 / 153	233
1982	0	0	10	55	32	0	0	0	0	12	59	21	97 / 92	189
1983	0	0	2	68	44	0	0	0	0	1	88	16	114 / 105	219
1984	0	0	0	22	34	0	0	0	0	15	51	24	56 / 90	146
1985	0	0	13	102	64	0	0	0	0	9	11	12	179 / 32	211
1986	0	0	12	116	86	0	0	0	0	4	10	28	214 / 42	256
1987	0	1	14	73	56	0	0	0	0	9	39	37	144 / 85	229
1988	0	0	12	72	75	2	0	0	0	4	43	32	161 / 79	240
1989	0	0	32	64	37	1	0	0	0	5	50	55	134 / 110	244
1990	0	0	45	144	131	1	0	0	0	5	16	12	321 / 33	354
1991	0	0	27	109	53	0	0	0	0	5	18	12	189 / 35	224
1992	0	0	54	112	102	1	0	0	0	2	10	11	269 / 23	292
1993	0	0	85	47	97	3	0	0	0	2	12	16	229 / 30	259
1994	0	0	58	90	65	1	0	0	0	1	14	9	214 / 24	238
1995	0	0	35	76	29	0	0	0	0	0	19	8	140 / 27	167
1996	0	0	39	24	15	1	0	0	0	0	14	15	79 / 29	108

代と1980年代では秋の漁獲量が多い年もみられるが、全体的には春の漁獲量が多い。その傾向は1980年代に強まり、1990年代では春の漁獲量の優位性が明らかである。春より秋の漁獲量が多い年は、1985年以降では全くみられない。ここで、1-6月を春漁、7-12月を秋漁に区分して、春とその年の秋および秋と翌年の春の漁獲量の相関性を検討してみると (Fig. 5), そのいずれとも有意な相関を示さなかった ($r^2 < 0.07$; $P > 0.1$)。春漁を1としたときのその年の秋漁の比をとると、1970-1984年で0.02~1.91 (平均で0.85), 1985-1996年で0.08~0.82 (平均で0.29) と最近年で秋漁の不振がひどくなっている。しかし、春漁も1990年代に入って次第に不振となっている。

次に漁獲量の経月変化について検討してみる。漁獲量のピークは、全体的に春漁では4月、秋漁では11月にみられる。春漁では盛漁期の4月から5月に漁獲量の落ち込みは小さく、漁獲努力によってサヨリ資源量が急激に減少することはないと考えられる。また5月に漁獲量のピークがみられる年が稀れにあるが、日本海の冬季の海水温が異常冷水となった1984年²⁾のように、水温が低くて漁期が遅れたためと考えられる。秋漁では1970年代から1980年代にかけて11月の漁獲量のピークが際立っていたものの、秋漁の不振に合わせて漁獲量のピークの形成も弱くなっているの

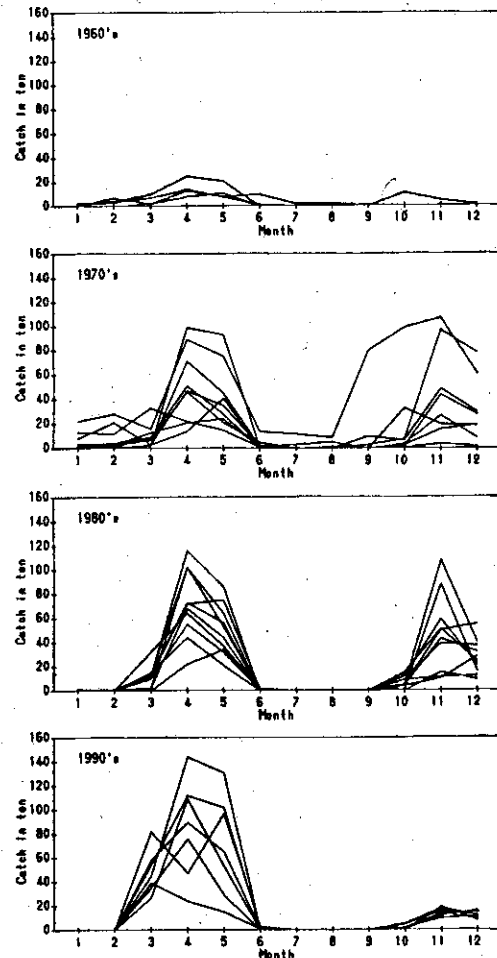


Fig. 4. Monthly changes in catch by years.

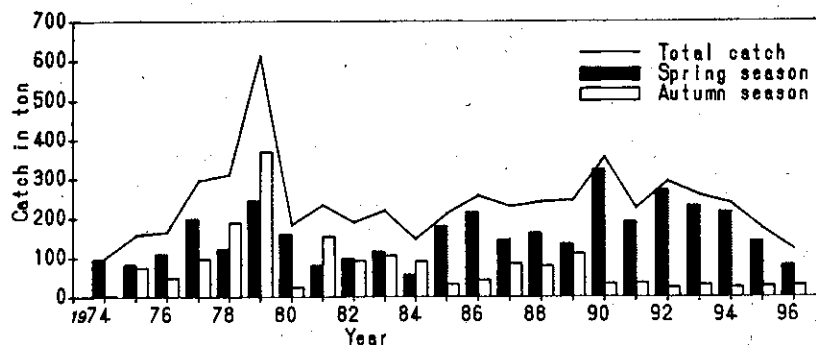


Fig. 5. Annual changes in catch at spring and autumn season.

が特徴である。

漁獲努力量と漁獲量の関係 出漁日数と漁獲量および1日当たり漁獲量との関係をFig. 6, 7に示した。漁獲量は出漁日数の増加に応じて直線的に増加し、浮魚資源に多くみられる密度独立的な関係が得られる。また漁獲努力量が安定してからの1日当たり漁獲量は、出漁日数とは無関係におよそ60-80kgの範囲である。2艘曳のサヨリ船びき網漁業では、操業経費が高かつくことから採算割れするまで無理して操業を続けない

ためと考えられる。このことは、年間の1漁労体当たり平均出漁日数が操業許可期間に反して極めて少ないことから想像できる。次に出漁日数と1日当たり漁獲量と総漁獲量との関係を、漁獲努力量が継続してわかっている1983年以降についてFig. 8に示した。期間を通して能登半島近海の船びき網漁業による漁獲量は200tから300tの範囲で比較的安定している。また全体的に1日当たり漁獲量の多い年には出漁日数の増加する傾向が明らかである。その傾向は1985年以

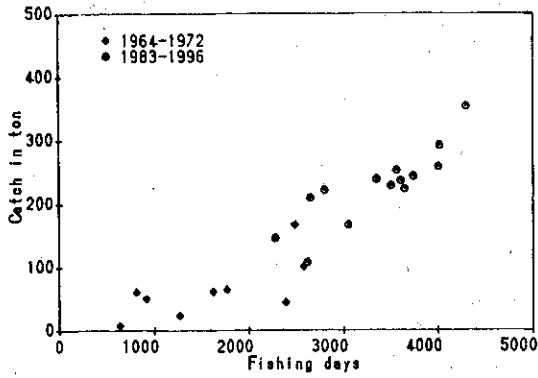


Fig. 6. Relationship between fishing days and catch.

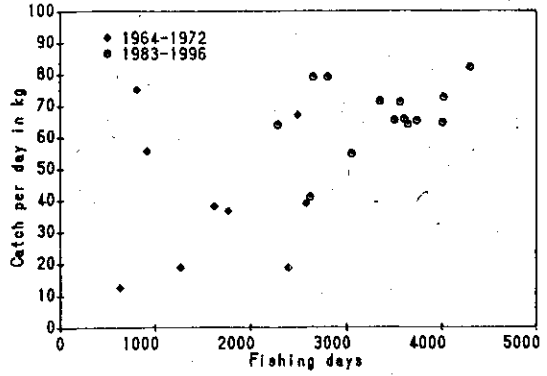


Fig. 7. Relationship between fishing days and catch per day.

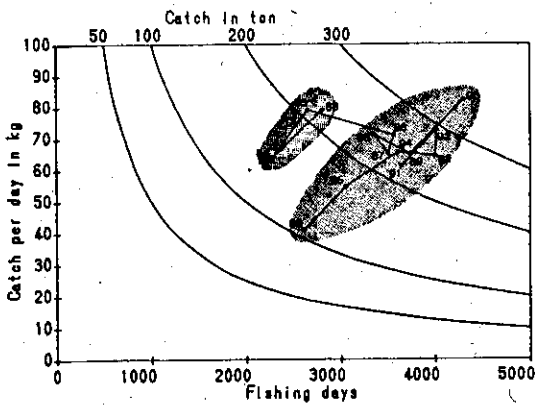


Fig. 8. Relationships Between fishing days, catch per day, and total catch. Numerals indicate fishing year.

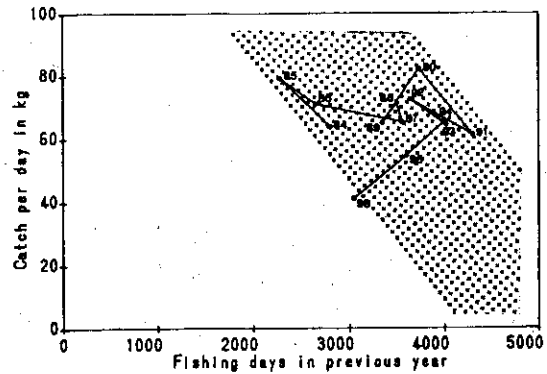


Fig. 9. Relationship between fishing days in previous year and catch per day. Numerals indicate fishing year.

前と1986年以降とは異なる。1986年以降では、1日当たり漁獲量の低下が窺われ、時期的には1980年代の中頃からみられた秋漁の不振と一致する。秋漁が不振となってからは、1990年に出漁日数と1日当たり漁獲量が増加したこと、1995年と1996年に出漁日数と1日当たり漁獲量のいずれもが急激に減少したことが特徴となっている。船びき網漁業の1日当たり漁獲量は資源量を表す指標となることから、出漁日数は資源量を敏感に反映することを示している。近年の船びき網漁業による出漁日数と1日当たり漁獲量の減少は、これまでにないサヨリ資源量の減少を示唆しているといえよう。ここで1日当たり漁獲量と前年の出漁日数の関係をFig. 9に示した。資源量変動が影響しているので明瞭ではないが、資源量の減少が顕著で出漁日数が急減した1995年と1996年のデータを除くと、前年の出漁日数が多いと1日当たり漁獲量は少なく、前年の出漁日数が少ないと1日当たり漁獲量が多い傾向が認められる。したがって漁獲努力量の増加はサヨリ資源量に悪影響を及ぼしていると推察される。

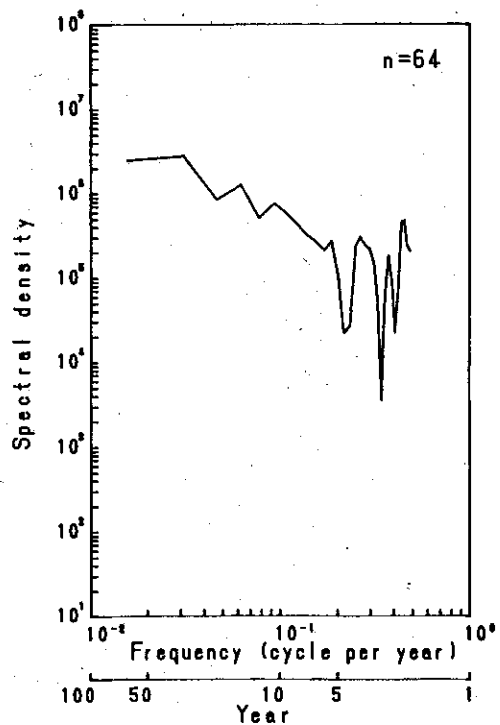


Fig. 10. Power spectrum of annual changes in catch.

漁獲量の経年変化にみられる周期性の解析 船びき網漁業による1964年から1996年の33年間の漁獲量の経年変化をフーリエ変換⁷⁾で解析し、その結果をFig. 10に示した。同図から、16年、10.7年、2.2年、2.3年、3.8年、5.3年などに周期性が認められ、なかでも2.2年と2.3年の周期が特徴となっている。すなわち、2年続けて好漁あるいは不漁が起りにくいことを示唆している。

考 察

船びき網漁業による漁獲量を解析することにより、能登半島近海におけるサヨリ漁獲量の変動特性を抽出した。石川県で2艘曳が主流となって漁獲努力量が安定した1970年代以降の最も大きな特徴は、増減を繰り返して2年続けて好漁あるいは不漁が起りにくいことであり、漁獲量の周期性を解析した結果もこのことを裏付けている。サヨリは春に産卵し、ほとんどが満2年で成熟・産卵後に死亡^{3,4)}することから、隣りあう年級群の間で交流の少ないことが影響していると考えられる。すなわち、サヨリ漁獲量は2年周期を示すことが最大の変動特性といってもよいであろう。したがって漁獲対象は隣りあう年級群が混合したものとなるが、漁獲量と1日当たり漁獲量のいずれにも増減の繰り返しが明らかであった。しかし漁獲量の増減傾向には時として逆転が認められた。近年では漁獲量が1985年まで奇数年に増加して偶数年に減少する傾向を示したが、1986年の増加を境にその後は偶数年に増加して奇数年に減少する傾向を示すようになった。

1986年に漁獲量が増加に転じた理由としては、1984年冬季の日本海の異常冷水現象²⁾を揚げることでできよう。この異常冷水は、3月から4月の表層付近の平均水温が平年よりも約2℃低く、数多くの水産生物の漁期や生残量の多寡に影響を及ぼした。春に産卵するヒラメ、マダイでは強勢年級群となったことが知られている。^{2,5,6)} サヨリでも春漁期の遅れがかなり明瞭であったが、強勢年級群になったと考えても差し支えないであろう。同様の現象が富山と福井の両県の漁獲量変動にも認められ (Fig. 11), *^{3,4)} 本種の資源量変動には環境的要因が強く働いているとみることができよう。ただ、石川、富山、福井の3県の間で1984年以前をみると漁獲量の増減には必ずしも一致が認められない。その理由として本種の生活圏が比較的狭い³⁾ため、1984年の異常冷水現象のように大きな環境の変化が日本海全域で同時に起こることは稀なためと考えられる。以上のことから、本種の漁獲量は増減を繰り返すことが大きな特徴となることがわかった。しかし、近年の漁獲量は1993年から4年続きで大きく減少した。環境的要因だけからは説明のできないサヨリ資源量の減少を示唆しているといえよう。サヨリ資源量の減少の原因として、船びき網漁業の漁獲努力量(出漁日数)との関係を検討したところ、前年の出漁日数が多いと1日当たり漁獲量の少ない傾向が認められ、漁獲努力量の影響を否定できなかった。また、船びき網漁業にみられたもう一つの特徴として、1日当たり漁獲量が多い年には出漁日数も多く、1日当たり漁獲量が少ない年には出漁日数も少ない傾向が当然のことながら明らかであった。ただ

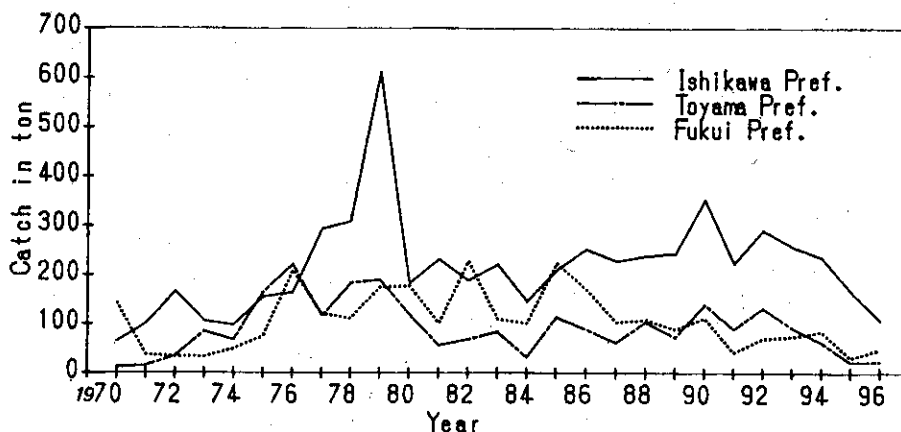


Fig. 11. Annual changes in catch of Ishikawa, Toyama and Fukui Prefectures.

*³⁾ 富山県水産試験場：平成7年度水産業関係地域重要新技術開発促進事業年度末報告資料。1-13 (1996)。

*⁴⁾ 福井県水産試験場：平成7年度水産業関係地域重要新技術開発促進事業年度末報告資料。1-22 (1996)。

し、1985年以前と比べて1986年以降では、1日当たり漁獲量の低下が窺われ、その原因としては1980年代の秋漁の不振との関係が考えられた。秋漁の不振は、1990年代に入ってさらに強まり、近年のサヨリ漁獲量の減少の要因となっている。

サヨリは藻場あるいは流れ藻に産卵する^{3,8)}ことから、春に産卵のため岸に近づいて来る群が主な漁獲対象となっている。ここで、近年のサヨリ漁獲量の減少の最大の要因ともなっている秋漁の不振について考察してみる。まず、春漁と秋漁の相関性を検討したが、有意な相関は認められなかった(Fig.5)。しかし、漁獲量は春に多いと秋に少なく、春に少ないと秋に多い傾向がある。このような関係は1980年代の中頃から顕著となっており、これ以降の秋漁の不振には春漁の先獲りが影響しているともみることが出来る。次に1日当たり漁獲量は、1985年以前と比較して1986年以降の低下が窺われた。聞き取り調査によれば、1980年代の中頃にそれまでの沿岸操業から沖合への進出が多くなったようである。事実、出漁日数は1986年に飛躍的に増加した(Table 1)。すなわち1日当たり漁獲量の低下は沖合への進出によって出漁日数が増加し、1日当たり操業回数も減少したためと考えることができる。以上のことを総合すると、サヨリ船びき網漁業は、1980年代の中頃に始まった沖合への進出で資源の先獲りが始まり、これによって秋漁が不振となり、ひいては春漁自体も次第に悪化したと考えられる。したがって、能登半島近海の近年のサヨリ資源量の減少は、環境的要因による影響も否定できないが、沖合への進出を契機とした漁獲努力量の増加によるところが大きい。今後、サヨリ資源を維持していくためには資源構造と産卵・加入機構を実証的に解明することによ

り、適切な漁獲努力量の配分に努めていくことが必要であろう。

謝 辞

本報をとりまとめるにあたり、貴重な助言をいただいた石川県漁業取締船宮下民部船長に感謝します。

文 献

- 1) 北陸農政局統計情報部：石川農林水産統計年報。(1964 - 1996)。
- 2) 笠原省吾：1984年日本海の異常低水温にかかわる魚・貝類の弊死及び漁況の特異現象について。日本海区水産試験研究連絡ニュース, 329, 1-9 (1984)。
- 3) 松原喜代松, 落合明：魚類学(下)。水産学全書, 19, 恒星社厚生閣。東京, 1977, pp.622-626。
- 4) 国行一正, 小出高弘：さより Hemiramphus sajori (Temminck et Schlegel)の生態学的研究。内水研研報, 18, 1-9(1962)。
- 5) 梨田一也, 金丸信一：日本海中部海域における底魚類の初期生態と海洋環境。水産海洋研究, 55(3), 218-224(1991)。
- 6) 石川県水産試験場：昭和59年度漁況海況予報事業結果報告書。石川水試資料, 143, 1-85(1985)。
- 7) 野上道男, 杉浦芳夫：パソコンによる数理地理学演習。古今書院。東京, 1986, pp.91-101。
- 8) 傍島直樹, 船田秀之助：若狭湾西部海域におけるサヨリの漁業生物学的研究。I 産卵生態。京都府海洋センター研報, 11, 51-60(1988)。

アカガレイの価格形成要因に関する統計学的解析

大橋洋一

(1997年11月5日受理)

Statistical Analysis of Factors Affecting the Unit Price of Flathead Flounder

Yoichi Ohashi *

The factors affecting the unit price of flathead flounder *Hippoglossoides dubius* are important to understand so that we can utilize this resource rationally. The relationship of the unit price of flathead flounder, landed at the Kanazawa Fish Market, to its body length and its catch quantity was surveyed statistically. The correlations between the unit price and the body length or the catch quantity were both statistically significant. The catch quantity was not that of the Kanazawa Fish Market only but that of a total of 10 markets in Ishikawa Prefecture, and was also not that of a single day but that of the past 10 days. The equation obtained by regression analysis is:

$$Y = 9.18372(x - 219.579) + (-0.03432 \cdot C + 1841.20)$$

where Y, x, and C are unit price (yen / kg), body length (mm), and catch quantity (kg) of 10 days at 10 markets in Ishikawa Prefecture, respectively. This equation can be applied to predict the landed value after the managed fishing of flathead flounder.

キーワード：価格形成，単価，産地市場，アカガレイ

石川県沖合域で漁獲されるアカガレイは、ズワイガニやホッコクアカエビ・ニギスにつぐ底びき網漁業の重要対象種のひとつである。石川農林水産統計年報によると、アカガレイの漁獲量は1977年に1,763トン記録して以降減少を続けた。ここ数年は回復傾向にあるが、1995年で782トンと最盛期の44%である。底びき網漁業者は、アカガレイ資源の回復と漁獲量の増大を目指して資源管理に近年取り組んでいる。¹⁾ 最終的な目標はアカガレイの水揚げ金額の増大であり、大きさや漁獲量が価格に与える影響について関心が持たれている。

アカガレイの大きさと価格の関係は過去に調べられているが、²⁾ 漁獲量と価格の関係は定量的な解析がなされていない。一方漁獲量が価格に影響することは、ニギス²⁾ やホッコクアカエビ³⁾ で知られている。また水産物の価格形成では、ブリの価格がサケの価格に影響を受けるなど競合種の存在が指摘されている。^{4, 5)}

本研究では、産地市場におけるアカガレイの価格に与える要因として、それらの大きさや漁獲量・ズワイガニの漁獲量などを取り上げ定量的に解析し、資源管理を実施した際の効果予測の一助としたい。

材料と方法

石川県漁業協同組合連合会金沢港販売部（以後金沢港市場という）が開く産地市場において、1994年5月から1995年3月に原則として各月1回の頻度で、銘柄別に1箱づつアカガレイを購入し箱ごとの価格を記録した。購入したアカガレイは実験室に持ち帰り、測定板を用いて全長・体長を1mm単位、電子てんびんを用いて体重を0.1g単位で測定した。

石川県水産総合センターが所有する「水産情報システム」により、1994年4月1日から1995年3月31日におけるアカガレイ漁獲量・漁獲金額と底びき網漁船の漁獲金額、ズワイガニ漁獲量を日別に集計した。「水産情報システム」は、県内10ヶ所（蛸島漁業協同組合・宝立町漁業協同組合・内浦漁業協同組合・能都町漁業協同組合・七尾魚市場株式会社・輪島市漁業協同組合・西海漁業協同組合・南浦漁業協同組合・金沢港市場・加賀市漁業協同組合）のコンピュータで保持している水揚げデータを、電話回線を通じて石川県水産総合センターのコンピュータに集約・集計するシステムである。これにより石川県全体の底魚漁獲量の約9割が捕捉されている。

*石川県水産総合センター (Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center, 3-7 Shinko, Ushitsu, Noto, Fugeshi, Ishikawa 927-0435, Japan)

解析の方法と結果

アカガレイの体長と単価との相関関係 各月ごとのアカガレイの「体長」と「単価 (円/kg)」の関係を Fig. 1 に示した。1箱当たりの入れ尾数・重量・価格は、それぞれ5～104尾、2.5～5.5 kg、600～8,500円であった。ここで箱ごとの平均体長を「体長」とし、測定した重量で箱ごとの価格を除いた値を「単価」とした。

3月の一番大きな銘柄で単価が下がった他は、体長の増加にともない単価が上がっている。10月では大きな銘柄で単価上昇の伸びが鈍る傾向がみられるが、2月では逆の傾向がみられる。両者の関係は月ごとに差がみられるものの、全体的には体長の増加にともない単価が直線的に増加している。

体長と単価について直線回帰式と相関係数を月別に求めた (Table 1)。求められた相関係数は、いずれも5%以下の危険率で有意な相関を示した。このため、体長と単価との関係には直線回帰式を当てはめることができるかと判断した。体長134～287mmの範囲では、体長が大きくなるにともない、単価は直線的に増大すると言える。

各月の単価の代表値とその比較 アカガレイの体長と単価の間で求められた直線回帰式では、月により回帰係数や回帰定数が異なっている。月により回帰直線が有意に異なるかどうかを共分散分析法によって調べた。検定および計算の方法は応用統計ハンドブック⁶⁾によった。

最初に直線回帰式の回帰係数が調査月により差がな

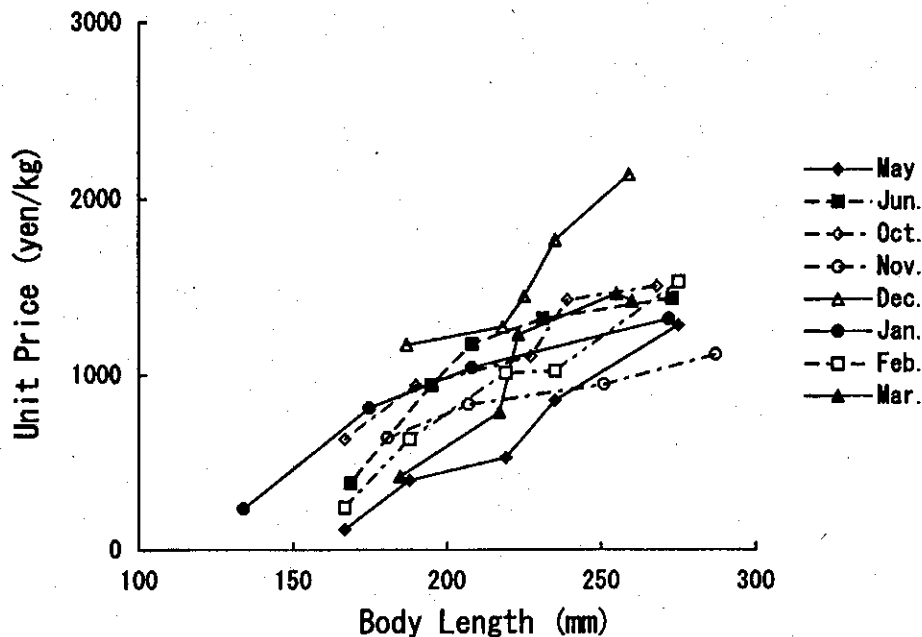


Fig. 1. Relationship between body length and unit price in flathead flounders landed at the Kanazawa Fish Market.

Table 1. Regression equations for the unit price of flathead flounder on its body length.

* : significant at 5% level. ** : significant at 1% level.

Month	Regression coefficient	Intercept	Correlation coefficient
May	10.5519	-1650.25	0.985386**
Jun.	9.4858	-987.35	0.894614*
Oct.	8.6605	-765.72	0.967630**
Nov.	4.2029	-87.73	0.984106*
Dec.	13.9646	-1578.43	0.930392*
Jan.	7.5368	-633.64	0.954046*
Feb.	10.6063	-1473.48	0.957675*
Mar.	13.9010	-2103.23	0.947920*

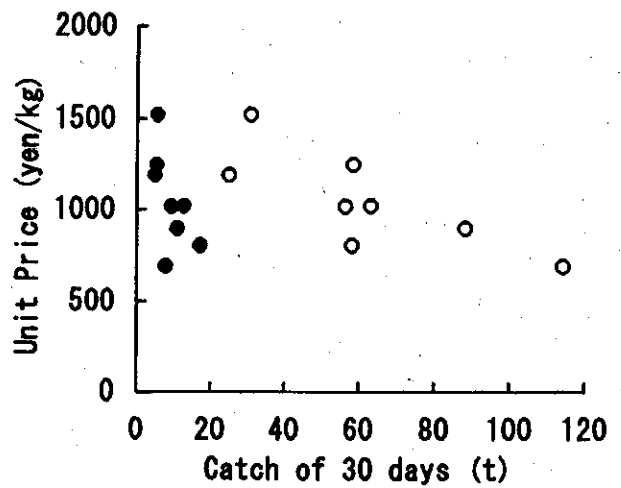
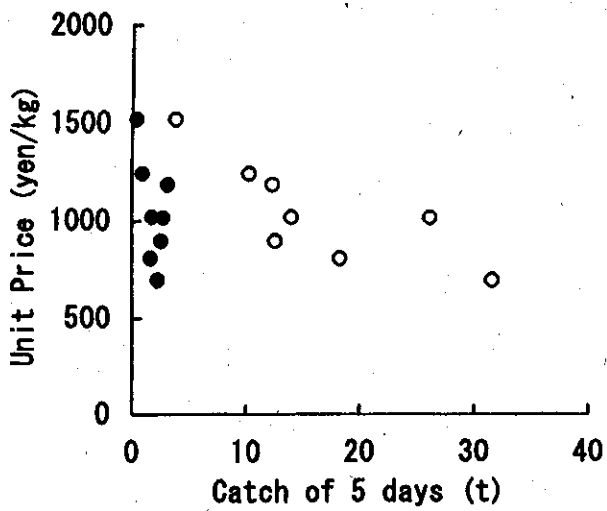
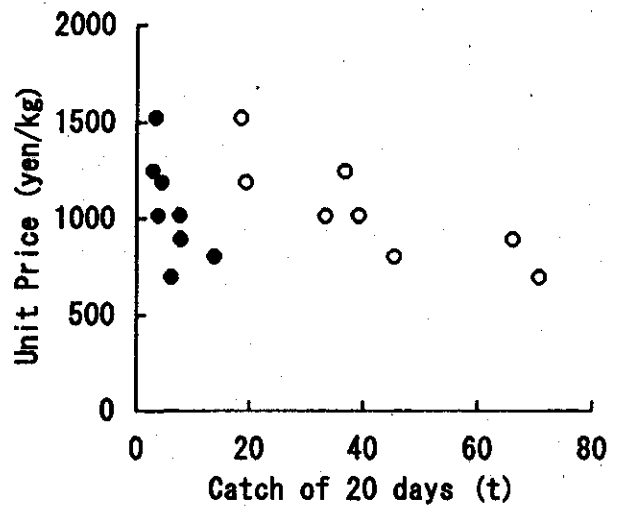
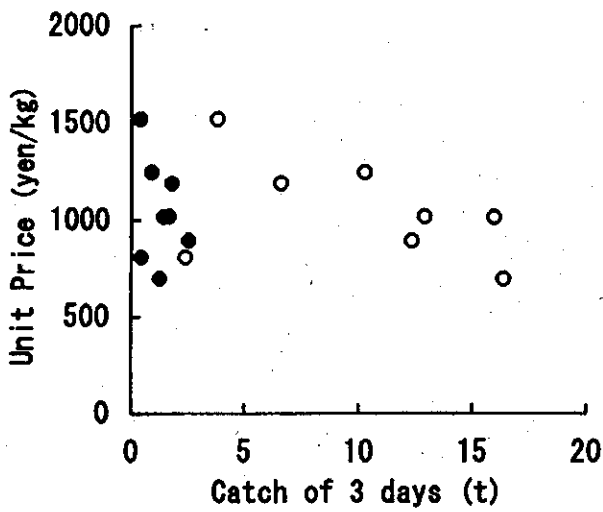
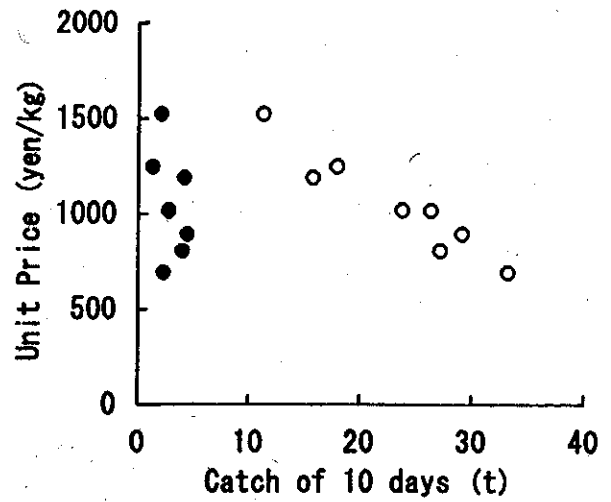
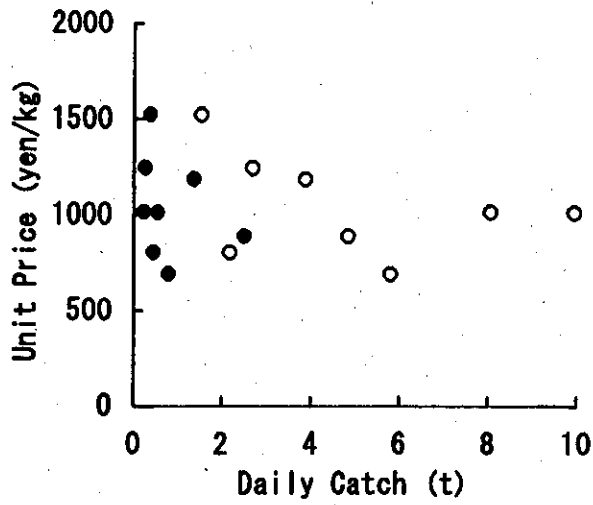


Fig. 2. Relationship between catch and unit price in flathead flounders.
 ○: 10 markets, ●: Kanazawa Fish Market.

Table 4. Regression equations for the unit price of flathead flounder on its catch in the unit periods.

*: significant at 5% level. **: significant at 1% level.

Name of market	Unit period of catch (day)	Regression coefficient	Intercept	Correlation coefficient
Kanazawa	1	-0.08933	1119.98	0.260750
	3	-0.11552	1198.49	0.317465
	5	-0.15176	1340.73	0.538239
	10	-0.09233	1321.62	0.395242
	20	-0.04748	1341.26	0.644829
	30	-0.03900	1406.85	0.626053
10 markets	1	-0.03426	1214.44	0.380580
	3	-0.02226	1272.84	0.445866
	5	-0.02358	1428.61	0.795059*
	10	-0.03432	1841.20	0.961945**
	20	-0.01148	1520.97	0.831632*
	30	-0.00722	1494.39	0.785652*

Table 5. Result of multiple regression analysis for the unit price of flathead flounder on 10 days catch of flathead flounder, 1/10 days catches of snow crab, and 1/10 days landed values except flathead flounder by Danish seine fishermen.

F: Catch of flathead flounder, C: Catch of snow crab, V: Landed value by Danish seine fishermen.

**: significant at 1% level.

	F-10days	C-1day	V-1day	C-10days	V-10days
Partial regression coefficient	-0.037417	0.056835	-0.000003	-0.007279	-0.000001
t-value	11.5951**	2.9823	1.2214	2.0613	2.1063

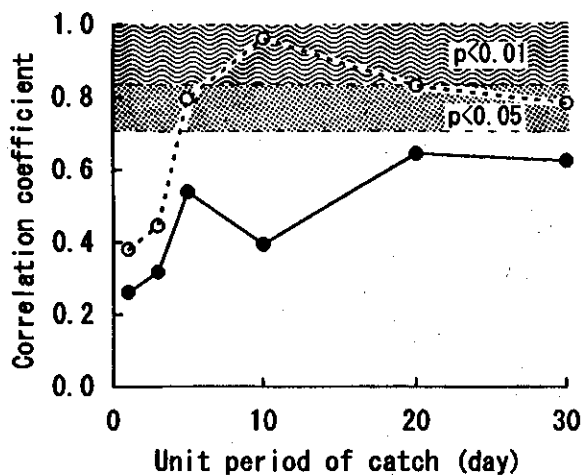


Fig. 3. Changes in correlation coefficients between the unit price of flathead flounder and its catch quantity in unit periods. ○: 10 markets, ●: Kanazawa Fish Market.

考 察

「市場経済の下では、価格は需要量と供給量が均衡する点、換言すれば需要曲線と供給曲線の交点で決定され⁸⁾る。石川県の底びき網漁業者はズワイガニ・ホッコクアカエビ・ニギスを主体に操業しており、アカガレイの単価に応じてアカガレイに対する漁獲努力

を適応させてはいない。このため、アカガレイの供給の価格弾力性は完全に非弾力的であり、需要曲線に対し供給曲線は垂直となる。また需要曲線は所得水準や嗜好・人口などの諸条件によって変化するが、⁸⁾ 1993 から 1994 年にかけての石川県民所得の減少は 0.3% であり、⁹⁾ 1 年程度であれば他の条件も含めてほぼ一定とみなして問題ないと考えられる。したがって、アカガレイの漁獲量と単価との間で求めた関係式は、アカガレイの需要曲線とみなすことができる。

金沢港では、水揚げされたアカガレイの用途は生鮮向けが主体であり、冷凍・加工にはほとんど利用されていない。このため、日々の漁獲量が単価に影響するはずだが、実際には 10 日前後の累積漁獲量が単価を左右している。スーパーなどの量販店の進出により、販売価格の急激な変動を嫌う傾向が影響した可能性がある。^{*}

「石川県内各漁協で水揚げされるアマエビは加賀市漁協が自らの産地市場で価格形成を行う他はその大部分が金沢港水産埠頭に隣接するふたつの産地市場に集中¹⁰⁾しており、他の底びき網漁獲物も同様の流通経路をとっている。このため、金沢港市場だけの漁獲量ではなく県内 10 港の漁獲量が金沢港市場の単価に影響を与えている。

* 南浦漁業協同組合高野喜美男氏私信

アカガレイの単価はその体長と10港10日集計のこれらの漁獲量から推定でき、それぞれに求めた関係式から両式を統合した次式が導かれる。

$$Y = 9.18372(x - 219.579) + (-0.03432 \cdot C + 1841.20)$$

(Y:単価(円/kg), x:体長(mm), C:10港10日集計のアカガレイ漁獲量(kg))

資源管理を実施して漁獲する大きさや量に変化した場合、アカガレイの単価がこの式から推定できる。さらに成長と再生産関係がわかれば水揚げ金額を最大とする漁獲方法が推定できる。但し、この式を用いて単価を推定するにはいくつかの制限条件が加わる。第一に、回帰式の外挿では、直線性が保証されていないことや推定誤差が非常に大きくなるのが指摘されている。⁶⁾

このため体長が134~287mm, 10港10日集計のアカガレイ漁獲量が11,274~33,263kgの範囲で用いなければならない。第二に、今回アカガレイの単価と体長との間に直線関係を当てはめたが、体長が一定以上大きくなると単価が下がることがマダイ¹¹⁾やアカガレイ¹²⁾で報告されている。このため、アカガレイの単価とその体長との関係をそのつど検討し、当てはめる理論式を決めなければならない。第三に、所得や人口が変化すれば漁獲量と単価の関係式も変化することを注意しなければならない。

水産物の単価に影響を与える要因として、鮮度¹³⁾や年末の価格急騰、魚体が抱卵しているかどうか¹²⁾などがその他に挙げられる。本研究では特に考慮していないが、単価と体長・漁獲量との関係で今後著しく外れる値がみられる場合はこれらの要因を検討する必要がある。

水産物の流通経路や競合魚種は地域・魚種によって異なることが予想される。本研究で求めた予測式の適用については、常に適合性について吟味する姿勢が重要である。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、石川県農林水産部水産課の敷田麻実博士、石川県水産総合センターの辻俊宏技師、南浦漁業協同組合の高野喜美男氏、ユニー株式会社の中村重明氏には貴重な助言をいただいた。心から厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 石川県：石川県広域回遊資源管理推進指針。14 pp.(1996)。
- 2) 日本海西区資源管理型漁業推進協議会：平成7年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書。29 pp.(1996)。
- 3) 日本海ホッコクアカエビ研究チーム：ホッコクアカエビの生態と資源管理に関する研究(総合報告)。120pp。(1991)。
- 4) 多屋勝雄：カツオ・マグロの需要の特徴と価格回数。漁業経済研究, 33(4), 19-52(1989)。
- 5) 多屋勝雄：サケ・マス類の需給と価格形成。漁業経済研究, 33(1), 23-46(1989)。
- 6) 吉田 實：共分散分析法。「応用統計ハンドブック」(応用統計ハンドブック編集委員会編), 第5版, 養賢堂, 東京, 1986, pp.309-317。
- 7) 石川県：石川県消費者物価指数年報(平成8年)。60pp.(1997)。
- 8) 清水照夫, 岩崎寿男：水産物の市場メカニズム。水産経済, 初版, 恒星社厚生閣, 東京, 1982, pp.75-132。
- 9) 石川県：石川県民所得平成6年度。49pp.(1996)。
- 10) 石川県：水産物流通実態調査報告書。66pp.(1997)。
- 11) 石川県：平成元年度広域資源培養管理推進事業報告書。51pp.(1990)。
- 12) 倉長亮二：鳥取県におけるアカガレイの生態と資源に関する研究。アカガレイの生態と資源に関する研究報告書, 2-47(1997)。
- 13) 飯塚 覚, 宗清正廣, 和田洋蔵, 田中雅幸：京都府における漁獲物の魚価形成要因に関する研究-I。カタクチイワシの例。京都海洋センター研報, 13, 49-55(1990)。

選別器による定置網混獲幼稚魚の選別

池森貴彦, 大橋洋一
(1997年12月6日受理)

Selection of Bycatch of Juvenile Fish in Set-net with Selector

Takahiko Ikemori and Yoichi Ohashi *

There are approximately 300 set-nets in Toyama Bay off Ishikawa Prefecture. Small mesh size nets (about 20 mm in stretched size) are commonly used in bag-net. Therefore a number of juvenile fish are sometimes caught. In order to reduce the capture of juvenile fish, we investigated three types of sorting methods (slit; mesh; net) and presumed the influence on catch quantity in case of using selector. The selection range (difference of fork length between 25% and 75% selection) of the slit type was the shortest of the three. It was estimated that the 50% retention fork length of the red sea bream *Pagrus major* by using 20mm slit selector was 130mm, and that the 50% retention fork length of the jack mackerels *Trachurus japonicus* by using 15mm slit selector was 136mm. In case of using 20mm slit selector at the Nanao Public Fish Market for one year, about 6,000 individuals (250kg in weight) of juvenile red sea breams will avoid the capture. It is only 1.3% decrease of the total landed value. And in case of using 15mm slit selector at the Notomachi Fishery Cooperation Market for 6 months, about 4,400,000 individuals (65tons in weight) of juvenile jack mackerels will avoid the capture. It is only 0.8% decrease of the total landed value.

キーワード：幼稚魚, 選別器, 定置網, 選択性曲線, マダイ, マアジ

石川県では大小様々な多くの定置網が営まれている。これらの漁獲対象種はブリ *Seriola quinqueradiata*, マダイ *Pagrus major* などの大型魚種のみならず, マアジ *Trachurus japonicus* やマイワシ *Sardinops melanosticta* などの小型魚種まで多岐にわたるため, 魚捕り部は細かい網目 (12~16節) が使用されている。そのためマダイ, マアジなどの有用魚種の幼稚魚が多数漁獲され, それらは低い価格で売買されている。

一方これらの有用魚種の保護を目的に魚捕り部の網の目を拡大することは多大な経費と労力を要するうえ, 小型の有用魚種の漁獲量の減少が見込まれることから実行は容易ではない。今回は漁獲した幼稚魚を生かしたまま他の魚種と選別し再放流や養殖種苗への利用を検討した。

材料と方法

選別器には縦 53cm×横 77cm×高さ 30cmの台形の枠に金属製丸パイプを等間隔に取り付けた「スリット選

別器」と, 同じ大きさの枠に網を張った「網目選別器」および内側に粗い網, 外側に細かい網を張った「選別タモ網」を使用して選別の違いを比較した。

試験に用いた選別器を Fig. 1 に示す。スリットは間隔を 15 mm・20 mm・25 mm の 3 種類, 網は内径で 58.0 mm・71.0 mm・125.5 mm の 3 種類, タモ網は内網が内径 58.0 mm, 外網が内径 25.0 mm を用いた。供試魚はマダイとマアジで, マダイは 1995 年 10 月に地びき網で漁獲された当歳魚約 100 尾と, 11 月に養殖業者から購入した 1・2 歳魚各々 100 尾の計約 300 尾 (尾叉長範囲 71~317 mm) を使用した。マアジは 1996 年 5・6・8 月に定置網で漁獲された約 300 尾 (尾叉長範囲 73~282 mm) を使用した。マアジの選別時にはタモ網の選別時の絞り込みを防止するため鉄製のリングを網内に取り付け, 取り付けしないものとの比較を行った。

試験は 500 ℓ 角形水槽に海水を満たし, その中に選別器を設置した。タモ網ですくった供試魚は選別器が一杯にならない程度に適量投入し, 選別器を 10 秒程海水中に静置したのち選別器を海水中で揺すりながら

*石川県水産総合センター (Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center, 3-7 Shinko, Ushitsu, Noto, Fugeshi, Ishikawa 927-0435, Japan)

選別を行った。次に選別器内に残った個体と選別器から抜け出した個体の尾叉長を測定し、得られた選択率（尾叉長ごとのぬける割合）に最尤法¹⁾によりロジスティック曲線をあてはめ、選択性曲線を求めた。

1995年7・9月に定置網船上で、あらかじめ海水を満たした500ℓ角形水槽に選別器を設置し、定置網の魚捕り部を絞り込む前にタモ網ですくった漁獲物をその中に投入し選別を行った。選別器は7月には「スリット15mm」「網目58.0mm」の2種類を、9月には「スリット15mm」「網目58.0mm」「タモ網58.0mm」の3種類を用いた。選別器から抜け出した個体を70ℓ容器に移し、入港まではエアレーションを施し、入港後はエアレーションを施さず約40分かけて室内水槽

に陸送した。水槽収容後海水かけ流し無給餌で1週間蓄養し、毎日2回9時と15時に死亡個体を計数・測定し、選別形状の違いによる生残率の差を比較した。

1994年5月～1995年4月の石川県七尾公設市場において月2回マダイの尾叉長測定を行いその月別尾叉長組成を求めた。また、1995年4月～1996年3月に石川県能都町漁業協同組合において定置網で水揚げされたマアジを月数回抽出測定し、その日のマアジ漁獲量で重みづけして月別尾叉長組成を求め、マダイおよびマアジの幼稚魚の出現状況を調査した。

能都町漁業協同組合において、1994年6月、1996年5月～9月にマアジを「せり山」ごとに無作為抽出して尾叉長を測定し平均尾叉長を求め、尾叉長1cmきざみの尾叉長と価格の関係を調査した。

得られたマダイ・マアジの月別漁獲量・月別尾叉長組成や尾叉長と価格の関係、選択性曲線とを組み合わせることにより定置網で選別器を使用した場合の定置網の漁獲量・金額に与える影響を推定した。

結果および考察

選択性曲線 マダイの選別結果をTable 1, Fig. 2・3に示す。スリット15mm・20mm・25mmの50%選択尾叉長はそれぞれ92mm・130mm・182mmであった。網目58.0mm・71.0mm・125.5mmの50%選択尾叉長はそれぞれ107mm・147mm・263mmであった。

スリット・網目ともに間隔・目合が大きくなるにともない50%選択尾叉長が大きくなり、曲線の傾きは緩やかとなった。また、スリットと網目ではスリットの方が鋭い選択性を示した。

58.0mm網目の選別器と同じ目合のタモ網との選択性曲線を比較すると、タモ網が選別器に比べて緩やかな選択性を示した。これは、タモ網では選別時に網が絞り込まれるため、網の形が一定である選別器に比べ選別の能力が劣るためである。石川県ではマダイ資源の管理の方法として全長130mm未満の小型魚は再放流

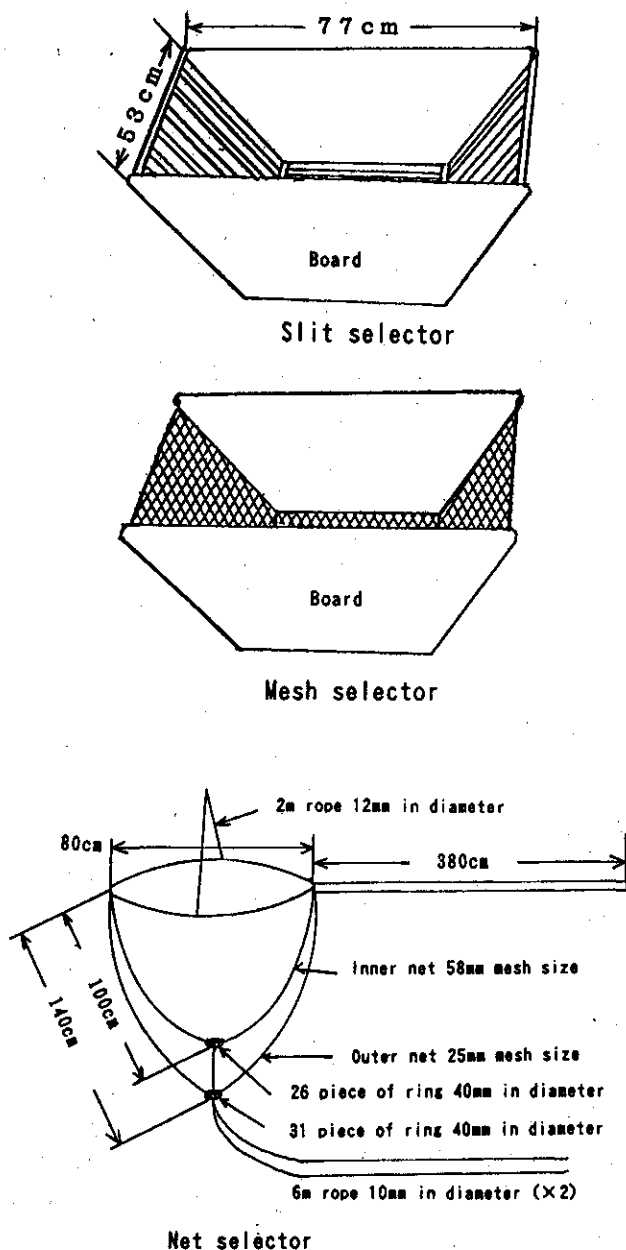


Fig. 1. Schematic diagram of three types selector.

Table 1. Comparison of selection characteristics of six selector for red sea bream

Type of selector	Fork length of selection ratio (mm)			Selection range (mm) (75%-25%)
	25%	50%	75%	
15mm SLIT	91	92	93	2
20mm SLIT	129	130	131	2
25mm SLIT	175	182	188	13
58.0mm MESH	99	107	115	16
71.0mm MESH	136	147	157	21
125.5mm MESH	250	263	277	27

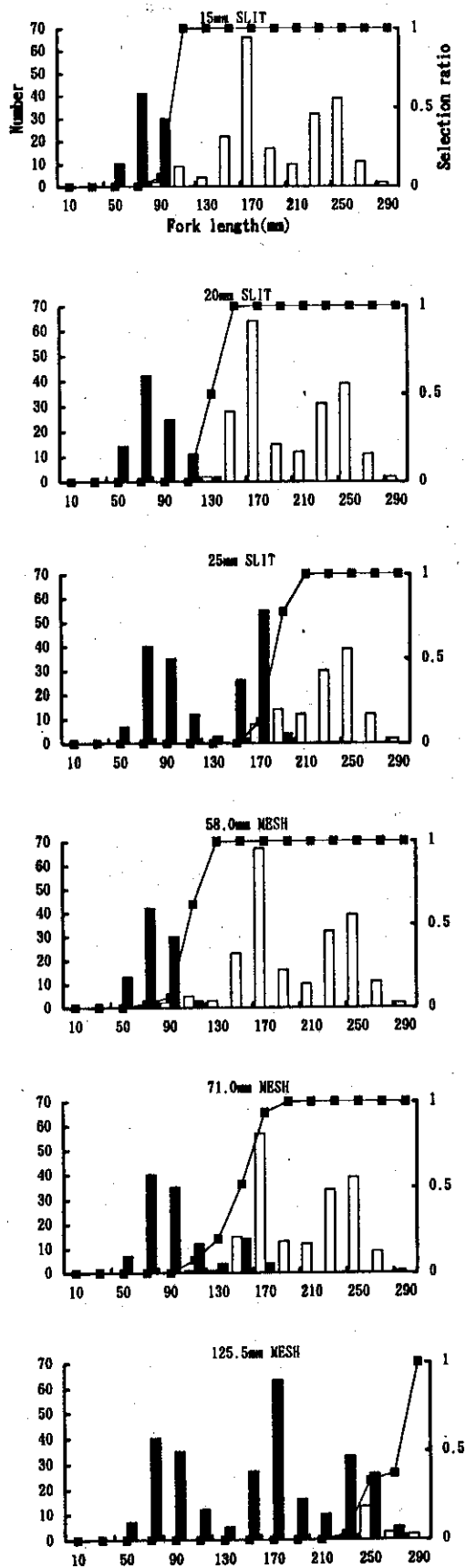


Fig. 2. Fork length distributions of red sea bream selected by six selector.

White bars show the number of each length class caught in the selector and black bars show the number of each length class passed through the selector.

を実施している。その大きさのマダイの再放流には、選択性曲線が他の選別器に比べ鋭く、なおかつ50%選択尾叉長が130mmである20mmスリット選別器が最も適当と考えられた。

マアジの選別結果を Table 2, Fig. 4 に示す。スリット 15mm・20mm・25mm選別器及び58.0mmタモ網・リングタモ網の50%選択尾叉長はそれぞれ136mm・174mm・240mm・197mm・200mmであった。マダイの場合と同様にスリット選別器についてはスリットの間隔が大きくなるにともない、より大きなマアジが

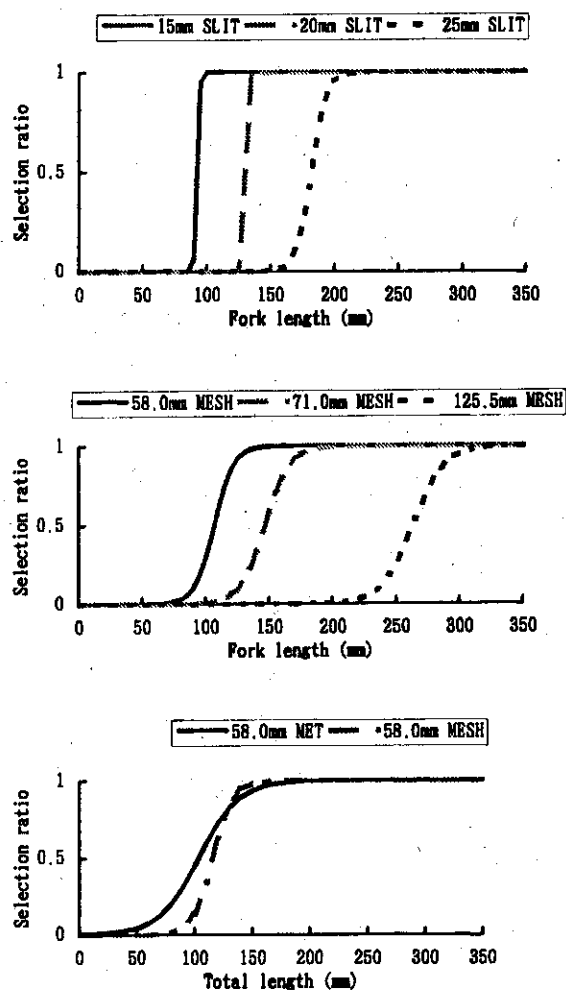


Fig. 3. Selection curve for red sea bream represented by logistic equations.

Table 2. Comparison of selection characteristics of five selector for jack mackerel

Type of selector	Fork length of selection ration (mm)			Selection range (mm) (75%-25%)
	25%	50%	75%	
15mmSLIT	131	136	142	11
20mmSLIT	166	174	182	16
25mmSLIT	230	240	250	20
58.0mmNET	173	197	221	49
58.0mmNET AND RING	185	200	215	29

選別器から抜け落ち、選択性曲線の傾きは緩やかとなった。タモ網ではリングを取り付けたタモ網が無いものに比べて鋭い選択性を示した。このことからリングの装着による網の絞り込み防止は有効であった。

以上より選択性曲線は「スリット選別器」>「網目

選別器」>「選別タモ網」の順で選択性に優れ、「選別タモ網」はリングにより網の絞り込みを軽減することを明らかにした。

マダイとマアジについて、尾叉長をスリットの間隔や網目で除したものと網目選択率とから求めたマスターカーブ^{2,3)}を Fig. 5 に示す。スリット選別器ではマアジのマスターカーブは、マダイのものに比べて緩やかで、右側に寄っていた。これはマアジとマダイの体型の違いによるものと考えられる。

選別後の生残率 選別器から抜け出したマアジの生残率を Fig. 6 に示す。漁獲から水槽収容までにへい死はなく、水槽収容から1時間~1時間40分後の午前9

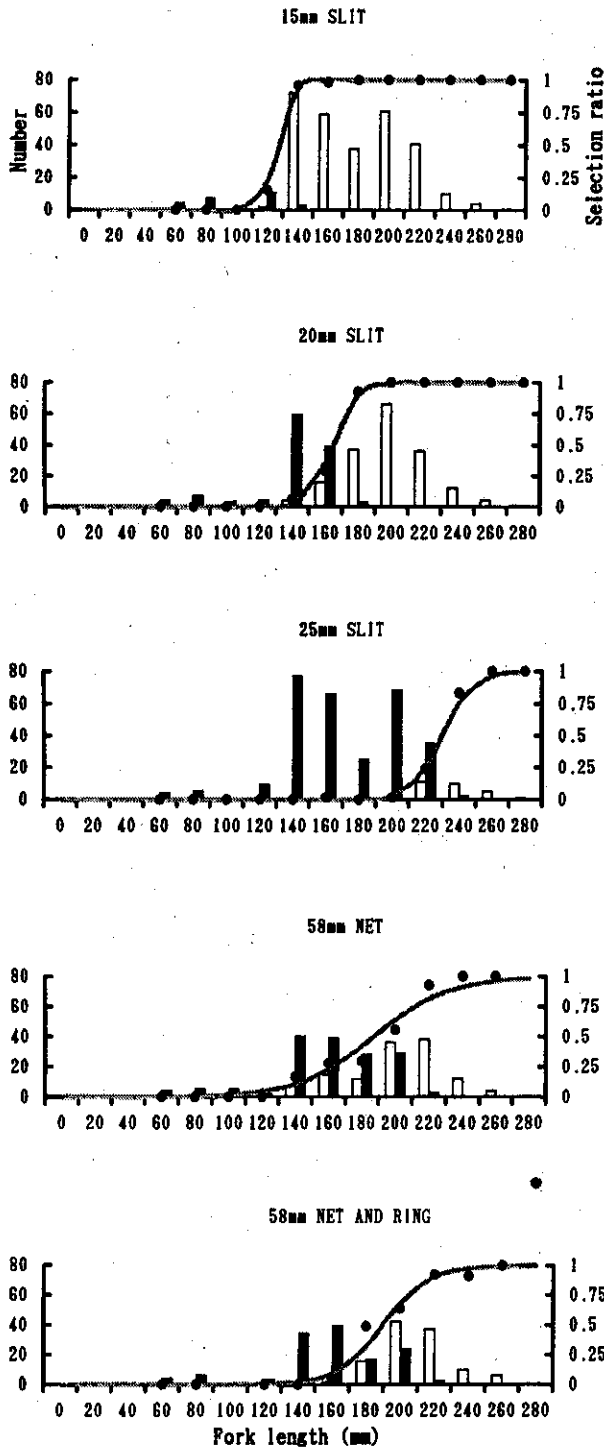


Fig. 4. Fork length distributions and selection curve represented by logistic equations of jack mackerel selected by five selector.

White bars show the number of each length class caught in the selector and black bars show the number of each length class passed through the selector.

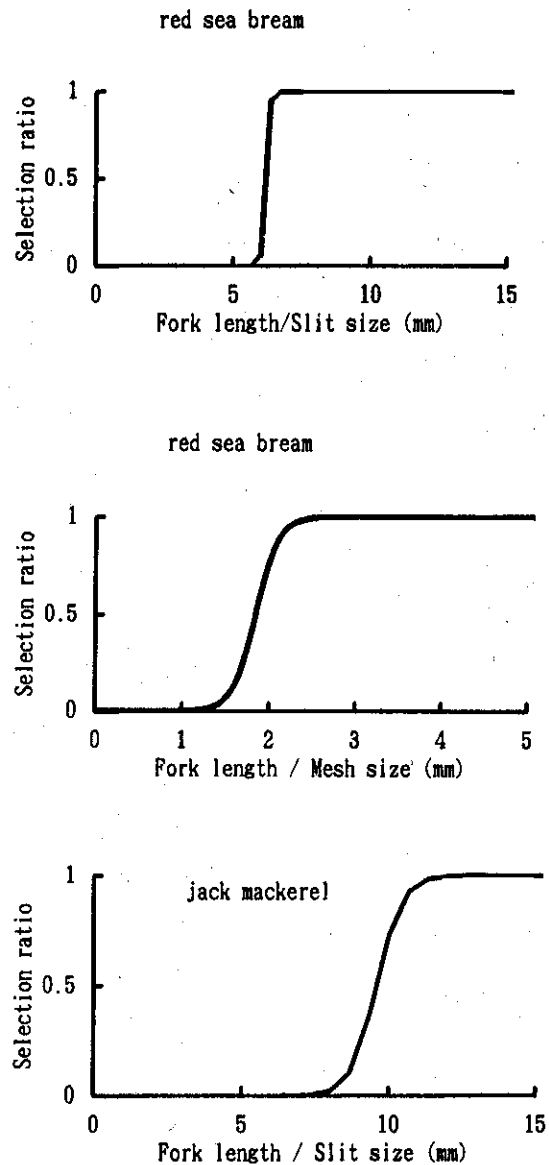


Fig. 5. Master selection curves for red sea bream and jack mackerel selected by slit and mesh selector.

時には大量のへい死が見られた。このへい死は2回次では80%に達している。蓄養2日後ではほぼへい死が止まった。

1回次の試験では7日後の生残率は58.0mm網目で17%、15mmスリットで9%で、網目選別器の方が生残率が高かった。しかし、25日の15時までは15mmスリット選別器の方が生残率が高かった。これは供試魚が15mmスリットでは69尾、58.0mm網目が2,614尾と尾数の差が大きかったためではないかと考えられる。2回次の試験では15mmスリット266尾、58.0mm網目513尾を用いて試験を行った。7日後の生残率は58.0mm網目で6%、15mmスリットで18%であり、スリットと網目の選別器の生残率には1%の危険率で有為な差が見られた(検定値 $5.02 > u(0.01) = 2.58$)。タモ網で選別したマアジは翌日の9月5日午前9時には全滅していた。

選別器から抜けたマアジのへい死については、その外部所見からスレが原因と推察された。タモ網により選別したマアジが翌日全滅したのも同じ網目の選別器と比較して選別時に網が絞られるため魚体に受けたスレがより激しかったためと考えられる。

選別後の幼稚魚の生残率は「スリット選別器」>「網目選別器」>「選別タモ網」の順で高かった。

漁獲物の体長組成 七尾公設市場でのマダイの尾叉長を月別に10mmごとの階級に分けた月別尾叉長組成をFig.7に示す。1994年はマダイ幼稚魚の水揚げが多く、9月から1月にかけて出現が顕著で、幼稚魚の尾叉長モードは9月100~110mm、10月130~140

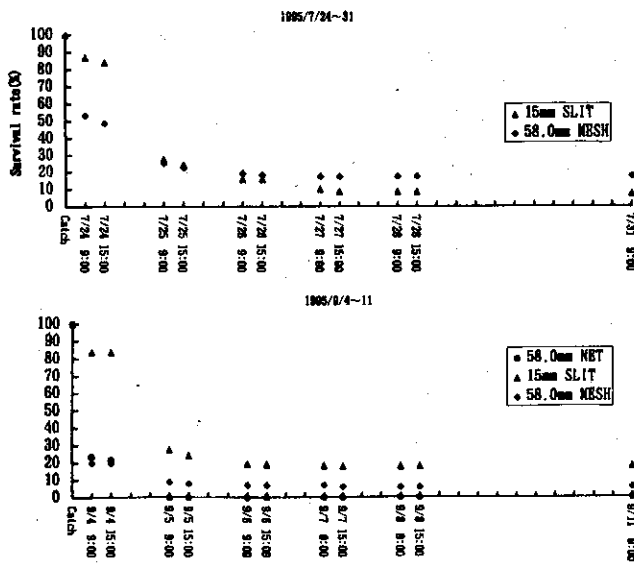


Fig. 6. Survival rate of jack mackerel passed through the selector.

mm, 11月140~150mm, 12月140~150mm, 1月150~160mmであった。

能都町漁業協同組合でのマアジの尾叉長を月別に10mmごとの階級に分けた月別尾叉長組成をFig.8に示す。幼稚魚は6~9月にかけて多く出現し、その尾叉長モードは6月40~50mm、7月50~60mm、8月70~80mm、9月100~110mmであった。また1996年1月~3月にかけてはその組成の殆どが150mm以下であった。

尾叉長と価格 マダイの尾叉長と1kgあたりの価格の関係式は、七尾公設市場での1989年4~12月の $P = -1.878854 \times FL^2 + 189.245068 \times FL - 1136.150564$ (FL:cm)

を用いた。⁴⁾ 60mm以下では価格が付かず、70mm以上では尾叉長の増大とともに価格は増大していくが、その傾きは減少していく。500mmで傾きは0になり、それより大きくなると価格は減少していく。

能都町漁業協同組合での1994年6月、1996年5月~9月のマアジの尾叉長と1kgあたりの価格をFig.9に示す。110~170mmの大きさでは安く横ばいであり、180~230mmでは急激に上昇し、240mm以上では緩やかな上昇となった。100mm以下では110~170mmに比べ高価であった。これはこの大きさのマアジが田楽やマリネ等の加工用として、また延縄の餌として利用されるためと考えられる。

選別器を使用した場合の影響 1994年5月~1995年4月に七尾公設市場に定置網によって水揚げされたマダイのうち、20mmスリット選別器を用いた時に選別される漁獲量・漁獲金額をTable3に示す。同市場でのマダイの月別尾叉長組成(Fig.7)と尾叉長と体重 $BW = 1.3390 \times 10^{-5} \times FL^{3.1155}$ (FL:mm)の関係式および同市場での同時期の月別漁獲量から尾叉長10mmきざみの階級ごとの漁獲尾数を算出した。そしてマダイの20mmスリット選別器での選択性曲線(Fig.3)から各階級ごとに選別器から抜ける尾数を月別に算出し、算出された尾数を体重に変換して選別器から抜ける月別重量を推定した。あわせて尾叉長と1kgあたりの価格の式より選別器から抜ける月別金額を推定した。

七尾公設市場において定置網によって水揚げされたマダイのうち、選別され再放流される漁獲尾数は年間約6,000尾と推定された。これは漁獲される尾数の15.5%である。しかし定置網に与える金額的損失は年間漁獲金額の1.3%・23万円と僅かであった。

1995年4月～1996年5月に能都町漁業協同組合において定置網によって水揚げされたマアジのうち、15mmスリット選別器を用いた時に選別される重量・金額を、尾叉長組成 (Fig. 8), 尾叉長と体重の関係式 $BW = 1.23 \times 10^{-5} \times FL^3$ (FL: mm), 尾叉長と価格 (Fig 9), および月別漁獲量を用いてマダイと同様に推定した結果を Table 4 に示す。

選別器を周年使用した場合には、年間漁獲尾数の

89.4%が抜け、金額では年間漁獲金額の4.4%にあたる1,378万円相当のマアジ幼稚魚が抜けると推定された。

しかし、80～90mmのマアジは比較的価格が高いので、この大きさのマアジが出現する7月～9月と、1月～3月については選別器を使用せず、それ以外の6カ月間に選別器を用いて選別すればよい。その場合には選別され再放流される漁獲尾数は年間で約

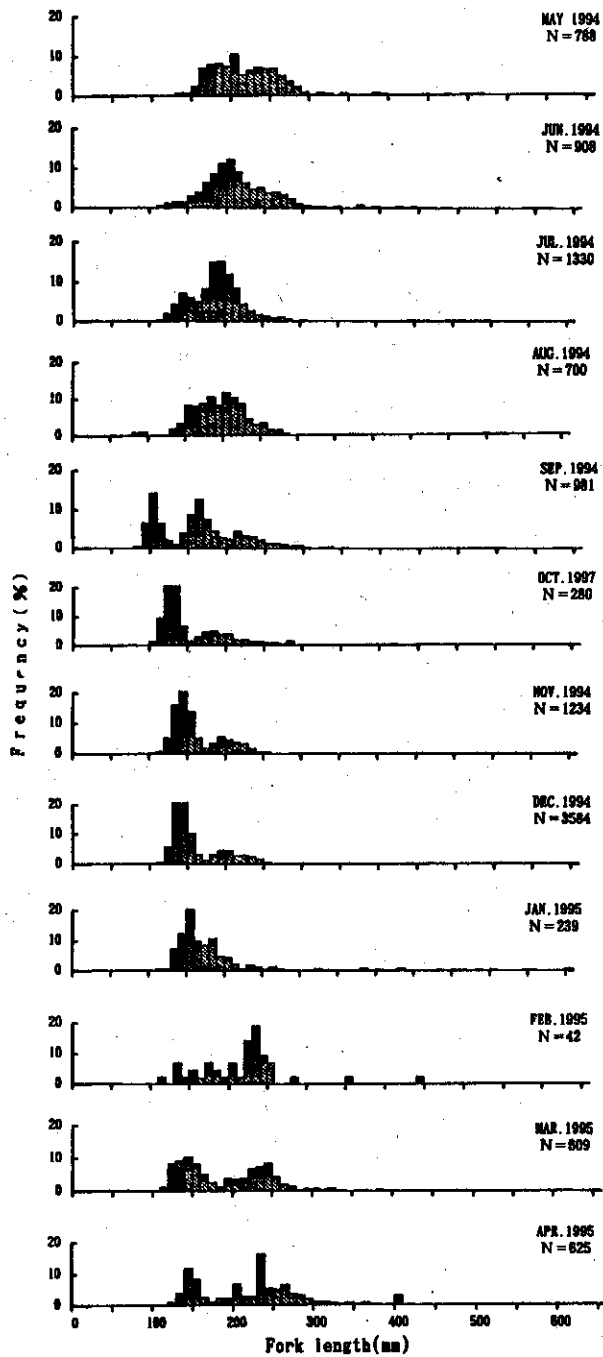


Fig. 7. Fork length distributions of red sea bream in Nanao Public Fish Market.

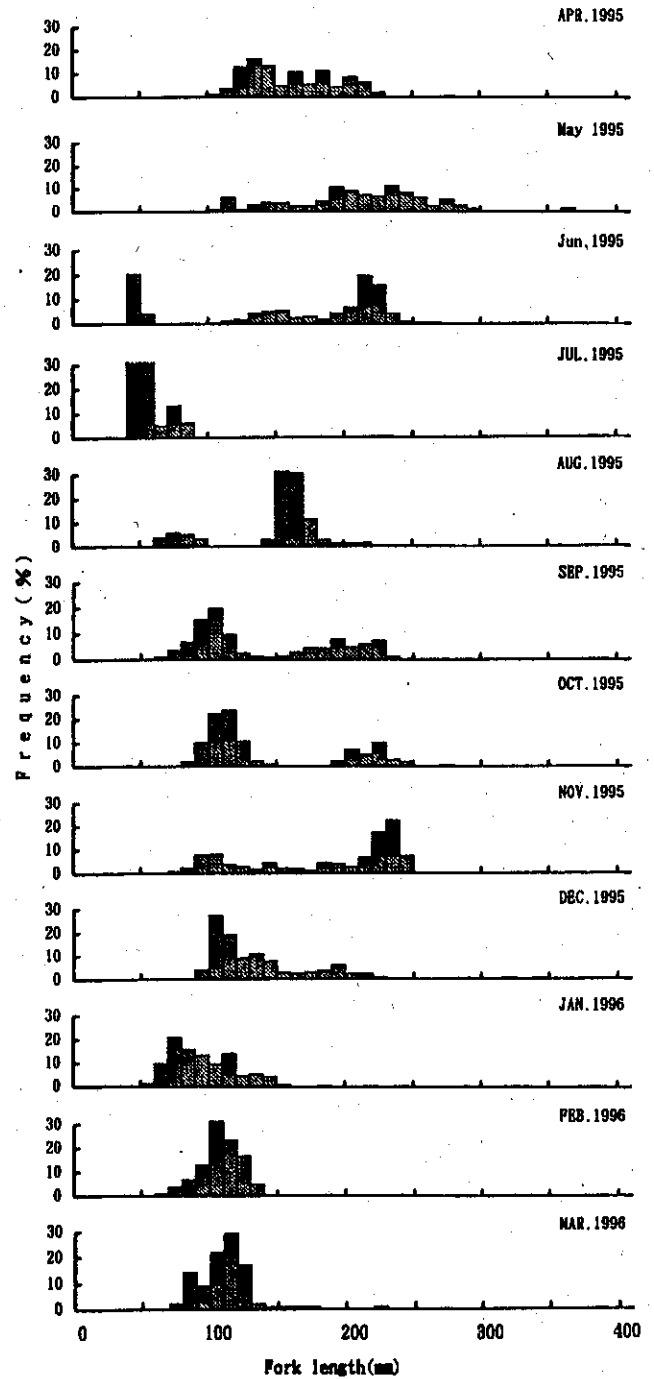


Fig. 8. Fork length distributions of jack mackerel in Notomachi Fishery Cooperation Market.

4,400,000尾と推定された。これは漁獲される尾数の6.1%である。定置網に与える金額的損失は0.8%・248万円と推定された。

定置網で漁獲される幼稚魚を魚捕り部の網目を拡大することによって保護する方法については検討されている。^{5・6)}しかしながら、石川県的大型定置網は一部の網を除いて1ヶ統の網しか所有せず、夏季に補修のため網揚げする時以外は周年同じ網を使用している。就業者の老齢化等により、労力的・資本的に予備の網を持つことは難しい状況にある。このため労働力・経費を極力増加させない副漁具として選別器を検討し、ある程度の効果を示した。選別形状としては今回用いた3種の内では「スリット」型が選択性・生残率とも

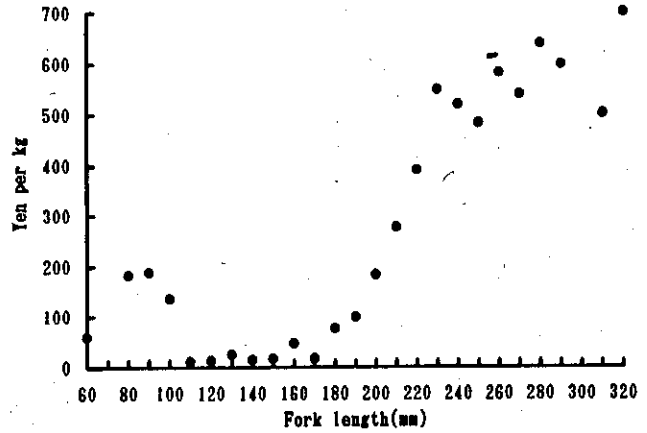


Fig. 9. Fork length and price of jack mackerel in Notomachi fishery cooperation Jun. 1994 and from May to Sep. 1996.

Table 3. Catch and price influence of red sea bream in case of using 20 mm slit selector at the Nanao Public Fish Market

Month	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Total
Total catch (number)	2,802	1,174	6,941	3,787	1,571	5,487	4,229	9,459	776	514	1,017	1,484	39,242
Lost by using selector (number)	14	35	329	135	487	2,469	629	1,714	42	31	151	46	6,083
Percentage of lost	0.5	3.0	4.7	3.6	31.0	45.0	14.9	18.1	5.4	6.0	14.9	3.1	15.5
Total catch (kg)	1,170	413	1,328	852	343	656	485	1,054	257	156	353	523	7,590
Lost by using selector (kg)	1	1	15	4	12	100	28	81	2	1	6	2	254
Percentage of lost	0.1	0.3	1.1	0.4	3.5	15.3	5.9	7.6	0.8	0.8	1.8	0.4	3.3
Total price (¥1,000)	3,216	1,082	2,769	1,892	875	1,298	865	1,825	723	388	961	1,364	17,258
Lost by using selector (¥1,000)	1	1	14	3	8	89	27	77	2	1	6	2	230
Percentage of lost	0.0	0.1	0.5	0.2	0.9	6.9	3.1	4.2	0.3	0.3	0.6	0.2	1.3

Table 4. Catch and price influence of jack mackerel in case of using 15 mm slit selector at the Notomachi Fishery Cooperation Market

Month	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Total
Total catch (number/1000)	580	3,075	4,985	56,301	207	311	1,451	563	970	1,213	1,843	307	71,805
Lost by using selector (number/1000)	246	427	1,783	56,301	62	188	1,024	165	718	1,175	1,821	292	64,202
Percentage of lost	42.3	13.9	35.8	100.0	30.2	60.7	70.6	29.3	74.0	96.9	98.8	95.2	89.4
Total catch (tons)	31	389	359	111	9	14	66	52	31	14	26	5	1,106
Lost by using selector (tons)	6	10	17	111	1	2	15	3	13	12	26	4	222
Percentage of lost	21.2	2.6	4.8	100.0	14.7	16.6	23.3	4.9	42.3	89.8	98.0	82.1	20.0
Total price (¥1,000)	3,559	148,860	106,054	8,064	434	2,815	18,518	21,221	2,868	1,003	1,767	419	315,581
Lost by using selector (¥1,000)	137	217	331	8,064	56	227	947	188	662	946	1,756	249	13,780
Percentage of lost	3.8	0.1	0.3	100.0	12.9	8.1	5.1	0.9	23.1	94.4	99.4	59.5	4.4

In case of using 15 mm slit selector for 6 months

Month	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Total
Total catch (number/1000)	580	3,075	4,985	56,301	207	311	1,451	563	970	1,213	1,843	307	71,805
Lost by using selector (number/1000)	246	427	1,783	0	0	0	1,024	165	718	0	0	0	4,363
Percentage of lost	42.3	13.3	35.8	0.0	0.0	0.0	70.6	29.3	74.0	0.0	0.0	0.0	6.1
Total catch (tons)	31	389	359	111	9	14	66	52	31	14	26	5	1,106
Lost by using selector (tons)	6	10	17	0	0	0	15	3	13	0	0	0	65
Percentage of lost	21.2	2.6	4.8	0.0	0.0	0.0	23.3	4.9	42.3	0.0	0.0	0.0	5.9
Total price (¥1,000)	3,559	148,860	106,054	8,064	434	2,815	18,518	21,221	2,868	1,003	1,767	419	315,581
Lost by using selector (¥1,000)	137	217	331	0	0	0	947	188	662	0	0	0	2,481
Percentage of lost	3.8	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	5.1	0.9	23.1	0.0	0.0	0.0	0.8

に優れていた。また、マダイとマアジについてのみではあるが、選別器を使用した場合を想定しその金銭的損失を推定したところ、年間漁獲金額の損失は、単一魚種では0.8～1.3%とその影響は僅かであり、それにより漁獲尾数のうち、6.1～15.5%と多数の幼稚魚の再放流が可能であると推定された。将来的には定置網操業で使用されるタモ網について二重構造とし、内側をスリット形状にすること等によりさらに利便性を向上することが可能であり、定置網の網目の変更なしに幼稚魚の保護・活用が可能であると考えられる。また、今回の調査では再放流された幼稚魚が成長し再び漁獲されることへの検討はなされていないが、再放流後の生残率とあわせて再放流後の成長と再捕率についても検討が必要であろう。今後は選別器の利便性の向上の検討と併せて、幼稚魚の再放流後の成長と再捕について、さらに検討を加えていきたい。

文 献

- 1) 平松一彦：最尤法による水産資源の統計学的研究—パラメータ推定とモデル選択—, 遠洋水研報, 29, 57-114(1992).
- 2) 東海正：底びき網における網目選択性曲線決定法の考え方について, 南西水研ニュース, 44, 8-12(1990)
- 3) 東海正, 伊藤弘, 正木康明, 上城義信, 横松芳治, 安東欣二：小型底びき網(手繰第2種, エビ漕ぎ網)のカレイ類に対する網目選択性, 南西水研報, 22, 35-46(1989).
- 4) 日本海中部海域マダイ斑(石川県増殖試験場他)：昭和58年度回遊性魚類共同放流実験調査事業報告書, 99-123(1984).
- 5) 上野陽一郎, 和田洋蔵, 田中雅幸, 中西雅幸：定置網漁業の資源管理に関する研究—II—, 京都府立海洋センター研報, 18, 46-49(1995).
- 6) 戸嶋孝, 藤田真吾：箱網揚網実験によるマダイ幼魚の網目選択性, 日水誌, 63(3), 333-339(1997).

タイ類投棄魚の削減をめざした小型底びき網の改良

大慶則之

(1997年11月5日受理)

Improvement of the Danish Seine Codend to Decrease Discarded Sea Breams

Noriyuki Okei *

Many small and unmarketable fish were discarded back into the sea after bycatch, because the Danish seine fishermen in Ishikawa Prefecture used small mesh size codend. In order to decrease the number of discarded sea breams (*Pagrus major*, *Evynnis japonica* and *Dentex tumifrons*), the experimental operations were carried out by using three types of the improved Danish seine codends, which were 56 / 72 mm mesh size connected with 31mm mesh size. It was concluded that the 56mm mesh size codend, the end of which was sewed with a rope, was effective and practical in respect of the similarity to the selection made by the fishermen on the deck. This codend decreased the number of discarded sea breams less than half in comparison with the 31mm mesh size codend. Although the decrease of catch of marketable fish is estimated to be about 30%, that of more than 145mm in fork length is estimated to be within 10%.

キーワード：小型底びき網、マダイ、チダイ、キダイ、投棄魚、網目選択性

石川県では、マダイ *Pagrus major*・チダイ *Evynnis japonica*・キダイ *Taius tumifrons* をあわせて、1986～1995年に年平均790トンが漁獲されている。マダイはこのうちの81.3%を占め、3種のなかで最も漁獲量が多い。これらのタイ類は底びき網・定置網・ごち網をはじめとする多様な漁法により漁獲されるが、石川県西岸沖で盛んに営まれるかけまわし式小型底びき網（以下小型底びき網）は、タイ類漁獲量の約20%を占める主要な漁業種類の1つである。タイ類を対象とした小型底びき網の操業には、マアジ・ハタハタ・ニギス等を対象とした操業にも使用される目合の小さい網が多く用いられる。このため、市場価値の低い小型のタイ類が多数混獲され、その多くが選別後に海上で投棄されている。

著者らの調査では、小型底びき網で漁獲された小型のタイ類は、主として揚網時に受ける損傷のため、船上から迅速に放流が行われた場合でも、生残率は10%程度しか期待できないことが判明している。¹⁾したがって、小型のタイ類を効率的に保護するためには、網目選択性を利用してこれらを海中で分離する必要がある。

これまでに、投棄魚の削減を目的とした小型底びき

網の網目選択性の研究はいくつか行われているが、²⁻⁵⁾ 小型底びき網では、市場価値を有する大きさが様々に異なる複数の魚種を漁獲対象とするため、目合の拡大規制を行うことは困難である。このため、主とする漁獲対象種の大きさや混獲魚種の組成に応じて、漁具の選択性を操業現場で容易に変更できる方法の開発が望まれる。著者は、小型底びき網でタイ類を対象とした操業に通常使用されている目合の小さい魚捕りに、目合の大きい魚捕りを連結してこれらを簡便に使い分ける方法を考案し、試験操業により小型のタイ類に対する保護効果を検討したので報告する。

実験方法

試験操業には、小型底びき網漁船が通常の操業に使用している漁具の目合内径31mmの魚捕り末端に、目合の大きい魚捕りを連結した漁具を用いた。連結した魚捕りの目合内径は56mmと72mmの2種類である。操業方法は、魚捕り連結部と後方の魚捕り末端の2ヶ所を結束して「網を絞った状態」で曳網し、魚捕り部を海面まで揚網した後、魚捕り連結部のロープを解いて、前方の魚捕りに止まった小型魚を後方の魚捕りか

*石川県農林水産部水産課 (Fisheries Department of Ishikawa Prefecture, 2-1-1 Hirosaka, Kanazawa, Ishikawa 920-8580, Japan)

ら逃がす方法 (以下タイプI), 魚捕りの連結部を解放し, 後方の魚捕りの末端を結束して「網を絞った状態」で曳網する方法 (以下タイプII), 魚捕りの連結部を解放し, 後方の魚捕り末端を縫い合わせて「網を開いた状態」で曳網する方法 (以下タイプIII) の3通りとした (Fig. 1)。このうち, タイプIの方法は, 有用な小型魚を対象とした操業で, 多数の不要な小型魚の入網が確認された場合に, それらを海中で分離することを意図したものである。

連結した魚捕りの目合毎に3通り, 計6通りの方法により, Fig. 2に示す金沢市沖の水深30~90mの海域で, 小型底びき網漁船1隻 (6.9トン, 2人乗り) による試験操業を, 1992年5月から1993年10月の間に計26回実施した。1方法あたりの操業回数は, 3~5回, 1回の操業に要した曳網時間は通常の操業と同じく約50分であった。

魚捕りを通過した個体は, タイプIでは後方の魚捕り部を目合内径31mmの大型タモ網に收容し, タイプII・タイプIIIでは後方の魚捕りに目合内径31mmのカバーネットを装着して採集した。また, この内8回の操業で得たタイ類は, 選別時の人為的な選択率 (以下全選択率) を調査するため乗組員により出荷個体と投棄個体に選別された。これらを区分して実験室に持ち帰り種別に計数計測した。

得られたタイ類の測定結果を尾叉長階級幅10mmごとに集計し, 魚捕りに残った個体数を入網総個体数で除して尾叉長別選択率を算定した。次に, 尾叉長と尾叉長別選択率の関係に非線形最小二乗法によりロジスティック曲線をあてはめ, 50%選択尾叉長, 選択幅 (75%選択尾叉長と25%選択尾叉長の差) および任

意の尾叉長範囲における選択率 (当該尾叉長の個体が魚捕りに残る割合) を算定した。全選択率調査では出荷個体と投棄個体を同様に集計処理した。

結 果

漁獲種の組成 計26回の試験操業で約1.5トン・51,000個体の魚類, 甲殻類および頭足類が漁獲された。主要な漁獲種をTable 1に示した。マダイ・チダイ・キダイは個体数・重量ともに上位3位に位置し, 3種の計は総漁獲重量の56.1%, 総漁獲尾数の

37°40'N

37°N

36°10'N

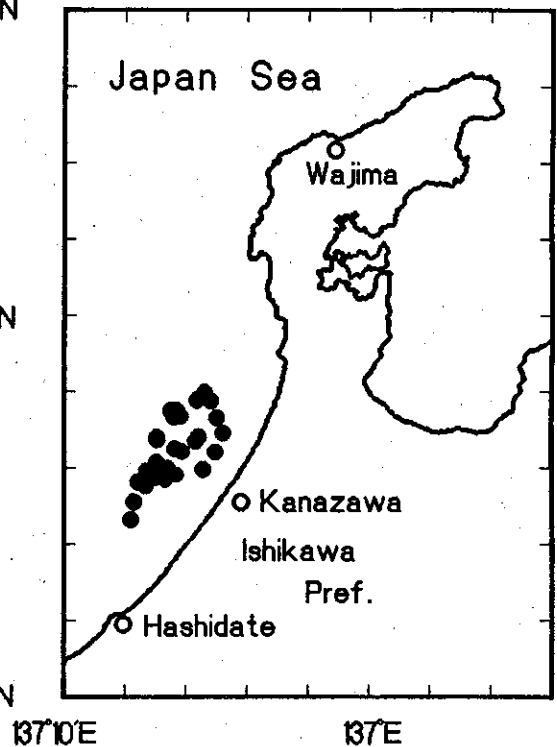


Fig. 2. Map showing the sites where experimental operations were carried out (filled circles) off Ishikawa Prefecture.

Table 1. Species composition of the fishes caught in a series of experimental operations

Species name	Catch			
	in weight (Kg)	%	in number	%
<i>Evynnis japonica</i>	384	24.7	16,592	32.3
<i>Pagrus major</i>	259	16.7	8,082	15.7
<i>Dentex tunifrons</i>	228	14.7	6,831	13.3
<i>Lepidotrigla spp.</i>	157	10.1	5,431	10.6
<i>Zeus faber</i>	119	7.7	570	1.1
<i>Thamnaconus equula</i>	72	4.6	850	1.7
<i>Kaiwarinus equula</i>	56	3.6	1,319	2.6
<i>Trachurus japonicus</i>	38	2.5	5,739	11.3
Others	241	15.4	5,975	11.4

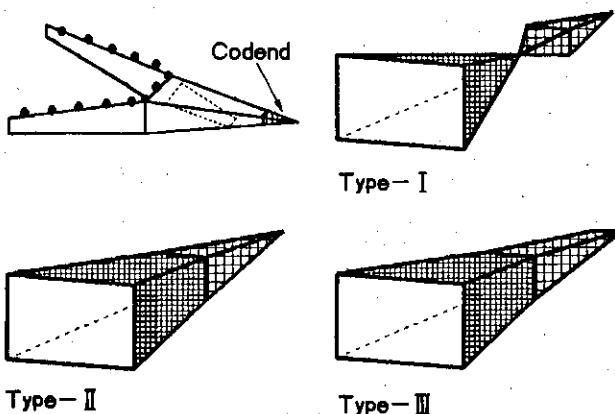


Fig. 1. Schematic diagram of Danish seine and three types of codend used in the experimental operations.

Large mesh size codend (mesh size 72mm, 56mm) was connected with the end of small mesh size codend (mesh size 31mm).

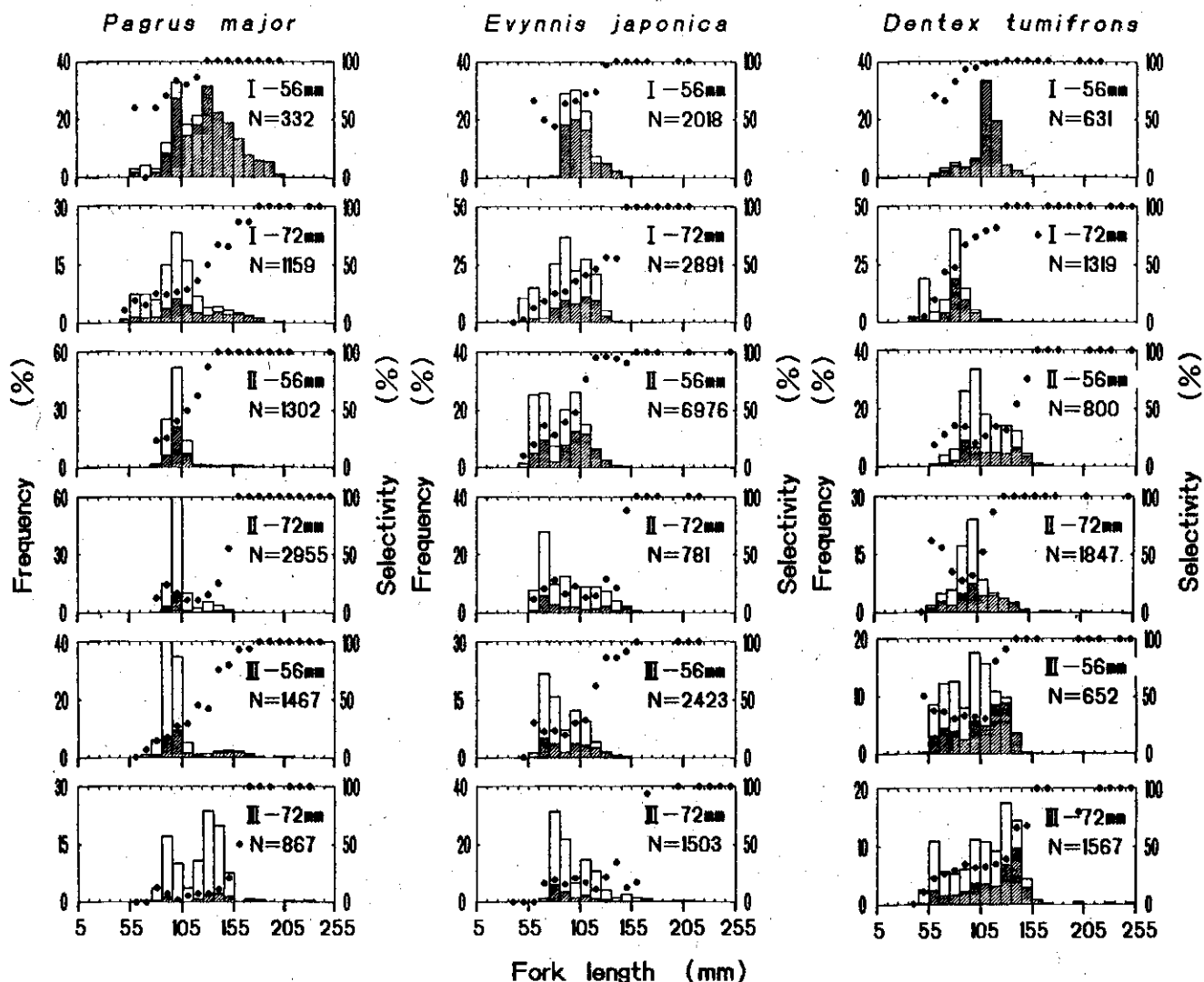


Fig. 3. Distribution of fork length and mesh selectivity rates for three species, *P. major*, *E. japonica* and *D. tumifrons* caught by each codend.

Gray bars show the frequency distribution of the fork length of fishes caught in the codend. Open bars show the frequency distribution of the fork length of fishes caught in the cover net. Filled circles show the mesh selectivity rates.

61.3%を占めた。タイ類以外の魚種では、カナガシラ類・マトウダイ・ウマツラハギ・カイワリ・マアジが量的に多数を占めた。

タイ類の尾叉長組成と選択率曲線 各試験方法により採集されたタイ類3種の尾叉長組成と尾叉長別選択率をFig. 3に、全選択率調査に供したタイ類3種の尾叉長組成と尾叉長別全選択率をFig. 4に示した。尾叉長組成のモードは3種とも100mm以下に多く認められ、小型個体が高い割合を占めた。

得られた網目選択曲線と各魚種的全選択曲線をFig. 5に示した。また、これらの選択曲線から算定した50%選択尾叉長・選択幅・尾叉長50mm~200mmの範囲における選択率(以下指標選択率)をTable 2に示

した。

魚種別・操業方法別に大小2種類の目合で得られた結果を比較すると、50%選択尾叉長は目合内径72mmを用いた場合に、目合内径56mmを用いた場合よりもマダイで34.4~47.1mm、チダイで43.2~50.2mm、キダイで26.9~35.5mm大きな値を示した。選択幅は目合内径72mmを用いた場合に小さくなる場合が多く認められた。目合内径の拡大に伴う選択幅の変化はキダイよりマダイ・チダイで大きく、タイプII・タイプIIIでは両種を選択性の先鋭化が認められた。指標選択率は目合内径72mmを用いた場合に、マダイで22.9~28.7%、チダイで23.1~33.2%、キダイで14.2~20.5%いずれも低下した。

魚種別・目合別に3通りの操業方法で得られた結果

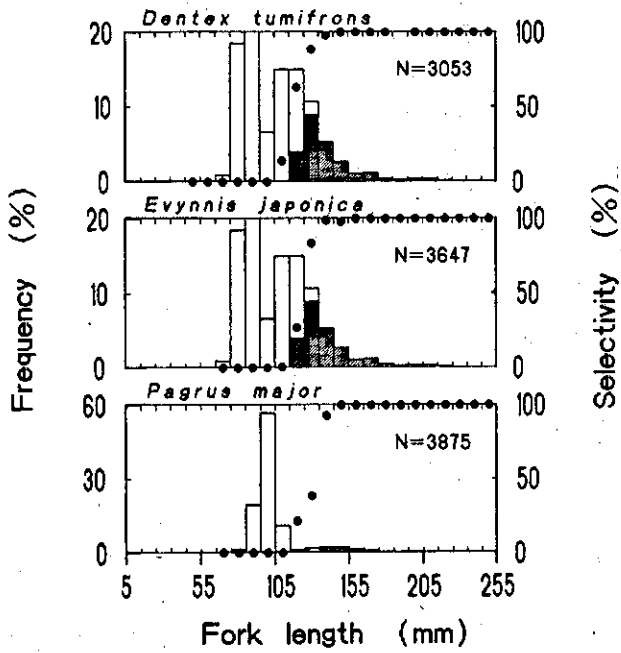


Fig. 4. Distribution of fork length and artificial selectivity rates for three species, *P.major*, *E.japonica* and *D.tumifrons*.

Gray bars show the frequency distribution of the fork length of fishes landed at a fish market. Open bars show the frequency distribution of the fork length of discarded fishes. Filled circles show the artificial selectivity rates.

Table 2. 50% selectivity fork length (L_{50}), selection range (L_{75-25}) and selectivity between 50mm and 200mm (S_{50-200}) in fork length for three species, *Pagrus major*, *Evynnis japonica* and *Dentex tumifrons* in each codend

Species name	Type of codend	Mesh size (mm)	L_{50} (mm)	L_{75-25} (mm)	S_{50-200} (mm)
<i>Chrysophrys major</i>	I	56	77.4	42.1	79.0
		72	124.5	56.9	50.3
	II	56	106.5	33.2	62.1
		72	146.5	14.8	35.6
	III	56	124.0	41.2	50.7
		72	158.4	12.1	27.8
<i>Evynnis japonica</i>	I	56	66.1	75.0	78.7
		72	115.9	50.0	55.6
	II	56	112.0	39.8	58.4
		72	162.2	14.9	25.2
	III	56	120.2	41.3	53.1
		72	163.3	5.4	24.2
<i>Dentex tumifrons</i>	I	56	48.9	48.9	91.4
		72	81.6	38.4	77.2
	II	56	90.2	57.2	70.1
		72	125.7	56.7	49.6
	III	56	94.1	66.4	67.0
		72	121.0	68.5	52.2

を比較すると、3種の50%選択尾叉長はいずれもタイプIで最小値を示し、タイプII・タイプIIIではタイプIより、マダイで22.0~46.6mm、チダイで45.9~54.1mm、キダイで39.4~45.2mm大きな値を示した。一方、マダイ・チダイの選択幅はタイプIで最大値を示したが、キダイの選択幅は逆にタイプIで最小値を示した。3種の指標選択率はいずれもタイプ

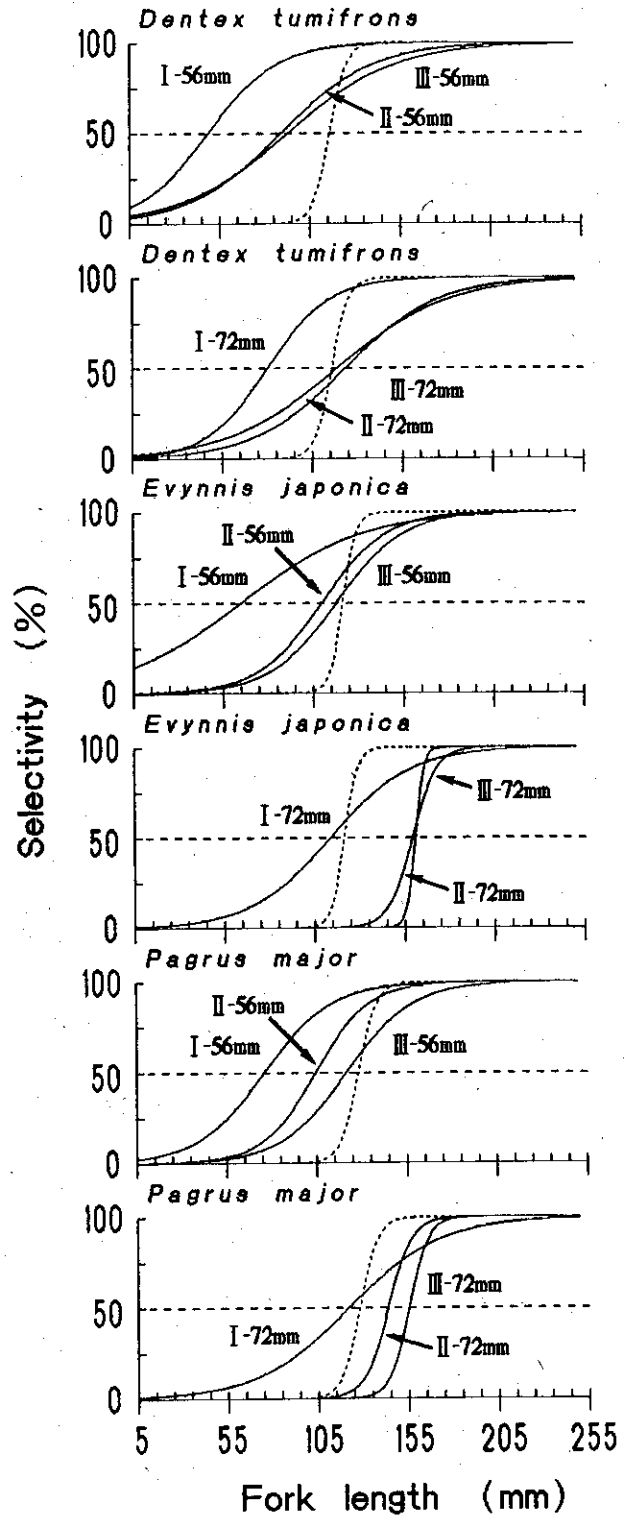


Fig. 5. Mesh selectivity curves of each codends for three species, *P.major*, *E.japonica* and *D.tumifrons* represented by logistic equations. Dotted lines indicate artificial selectivity curves.

Dotted lines indicate artificial selectivity curves.

Iで最大となり、タイプII・タイプIIIではタイプIより、マダイで14.7~28.3%、チダイで20.3~31.4%、キダイで21.3~27.6%低下した。また、タイプIIとタイプIIIを比較すると、3種の指標選択率は1例

(目合内径 72 mmにおけるキダイ)を除きタイプIIよりタイプIIIで低下した。タイプIIとタイプIIIの指標選択率の差はチダイ・キダイと比較してマダイで大きな値を示した。

同一条件で得られた3魚種の結果を比較すると、50%選択尾叉長は、マダイはキダイと比較して16.3~42.9 mm, チダイはキダイと比較して17.6~42.7 mm大きく、マダイ・チダイはキダイと比較して相互に近似した値を示した。選択幅は、タイプIではキダイがマダイ・チダイと同等以下の値を示したが、タイプII・タイプIIIでは、キダイはマダイと比較して24.0~56.4 mm, チダイと比較して17.4~63.1 mm大きな値を示した。指標選択率はいずれもキダイで最大値を示し、マダイはキダイと比較して8.0~26.9%, チダイはキダイと比較して11.7~28.0%低い値を示した。また、マダイとチダイには概ね近似した指標選択率が認められた。

3種の全選択曲線はいずれも選択幅10 mm前後の非常に鋭い選択性を示した。50%全選択尾叉長は、マダイ・チダイ・キダイの順に大きく、マダイとキダイには12.3 mmの差が認められた (Table 3)。

Table 3. 50% artificial selectivity fork length (L_{50}) and selection range (L_{75} - L_{25}) for three species, *P. major*, *E. japonica* and *D. tumifrons*

Species name	L_{50} (mm)	L_{75} - L_{25} (mm)
<i>Chrysophrys major</i>	130.3	11.2
<i>Eyynniss japonica</i>	123.8	8.2
<i>Dentex tumifrons</i>	118.0	10.4

考 察

以上に述べたとおり、目合内径が同じ場合でも、操業方法によって連結した魚捕りの各魚種に対する選択性は変化することが分かった。3通りの操業方法を比較すると、タイプIは海面まで揚網された魚捕り内で、団塊状に集合した漁獲物に対して網目選択が短時間作用するのに対し、タイプII・タイプIIIは曳網中に、入網する漁獲物に対して網目選択が長時間作用する。タイプIと比較してタイプII・タイプIIIで3種の網目選択率が低下したのは、このような網目選択性の発現条件の相違が原因と考えられる。

一方、同一条件ではキダイの指標選択率がいずれもマダイ・チダイと比較して高い値を示したように、マダイとチダイに対する網目選択性にはキダイと異なる特徴が認められ、マダイ・チダイはキダイと比較して網目を抜けやすい性質を有することが示唆された。魚

体の外部形状の相違は網目選択性に影響をもたらす要因とされ、⁶⁾ 東海ら³⁾は、小型底びき網のメイタガレイとマコガレイに対する網目選択性の差異が、同一体長に対する体高の差によって生じたことを報告している。マダイ・チダイ・キダイの体型を観察すると、キダイは他2種と比較して体高が高く、側扁した印象を受ける。このため、これら3種の体高と網目選択性の関連について以下に検討を行った。

3種の尾叉長と体高の関係をFig. 6に示した。両者の関係はいずれも有意な回帰直線で表され、共分散分析の結果、3種の回帰係数には危険率1%で有意差が認められた。これより尾叉長60~160 mmの範囲で尾叉長を揃えた場合、キダイの体高が最も大きく、尾叉長135 mmまではチダイよりマダイの体高が大きいことが判明した。そこで、得られた尾叉長と体高の関係式を用いて25・50・75%選択尾叉長を体高に換算し、50%選択体高と選択幅を求めて両者の関係をFig. 7に示した。Fig. 7では、測定長に体高・尾叉長のいずれを用いた場合も、3種の50%選択長と選択幅の間に顕著な変化は認められず、マダイ・チダイ・キダイは尾叉長に対する体高の相対成長が異なるものの、体高差は網目選択性に差を生じる要因ではないと考えられた。

曳網中の遊泳による疲労や、揚網時の水圧変化によって遊泳力を失った入網魚は、能動的な網目の通過が困難になると考えられる。試験操業時には、揚網に伴う急激な水圧変化のため、鰾が膨張して浮上する魚類が多数観察されたが、仰向け又は横転状態にもかかわらず遊泳を続ける個体や正常な体位を保持して遊泳

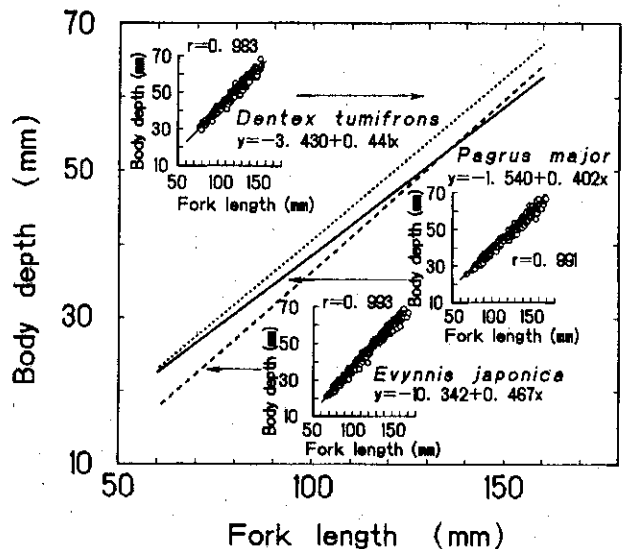


Fig. 6. Relationships between fork length and body depth for three species, *P. major*, *E. japonica* and *D. tumifrons*.

する個体はマダイに多く、逆に遊泳力を失った個体はキダイに多く観察された。したがって、魚体の遊泳能力や水圧変化に対する耐性が網目選択性に影響を与える可能性が推察されるが、この点については今後さらに詳細な検討を加える必要がある。

次に、各操業方法の投棄魚に対する選択的な削減効果を比較検討するため、Fig. 8 に示すとおり 50%全選択尾又長の前後で選択率が 0% から 100% に変化する状態 (50%全選択尾又長での絶対選択) を理想状態として、各魚種について尾又長 50 mm から 50%全選択尾又長までの個体が網に止まる割合 (以下投棄サイズ of 選択率: S1) と、50%全選択尾又長から尾又長 200 mm まで個体が網を抜ける割合 (以下水揚サイズの逸出率: S2) を算定した。この結果を Fig. 9 に示した。S1 と S2 がともに低い方法は選択的な漁獲に適すると判断される。S1 と S2 の和はマダイ・キダイでは目合内径 72 mm を用いたタイプ II、チダイでは目合内径 56 mm を用いたタイプ III で最小となった。3 種の S1 と S2 の総和は、目合内径 72 mm を用いたタイプ II で 119%, 目合内径 56 mm を用いたタイプ III で 123%, 目合内径 56 mm を用いたタイプ II で 126% と低い値を示し、これらはタイ類投棄魚の選択的な削減効果が高いと判断された。また、出荷サイズの個体の減少を考慮すれば、目合内径 72 mm を用いたタイプ II よりも、S2 の低い目合内径 56 mm を用いたタイプ III またはタイプ II がより実用性に優れると考えられた。

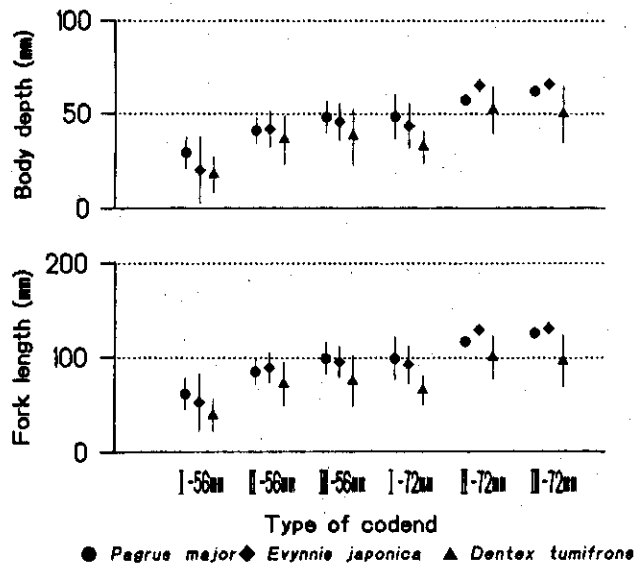


Fig. 7. Comparison of 50% selectivity fork length and 50% selectivity body depth for three species, *P. major*, *E. japonica* and *D. tumifrons* calculated from regression equations of body depth against fork length. Vertical bars indicate selection range.

通常使用される目合内径 31 mm の魚捕りを、目合内径 56 mm を用いたタイプ III に変更した場合の 3 種の尾又長組成の変化を、計 26 回の試験操業で得られた尾又長組成と全選択率曲線及び網目選択性曲線から推定し、Fig. 10 に示した。目合内径 31 mm の魚捕りで漁獲されたマダイ・チダイ・キダイのうち投棄サイズの個

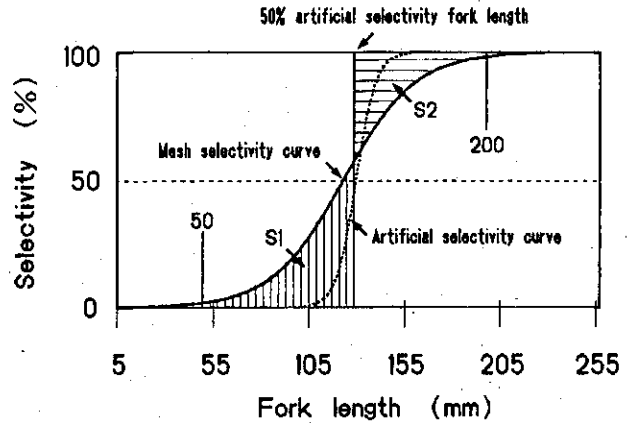


Fig. 8. Diagram of the method to evaluate conformity of mesh selectivity to artificial selectivity.

S1 shows the selectivity from 50mm in fork length to 50% artificial selectivity fork length. S2 shows the passing rate from 50% artificial selectivity fork length to 200mm in fork length.

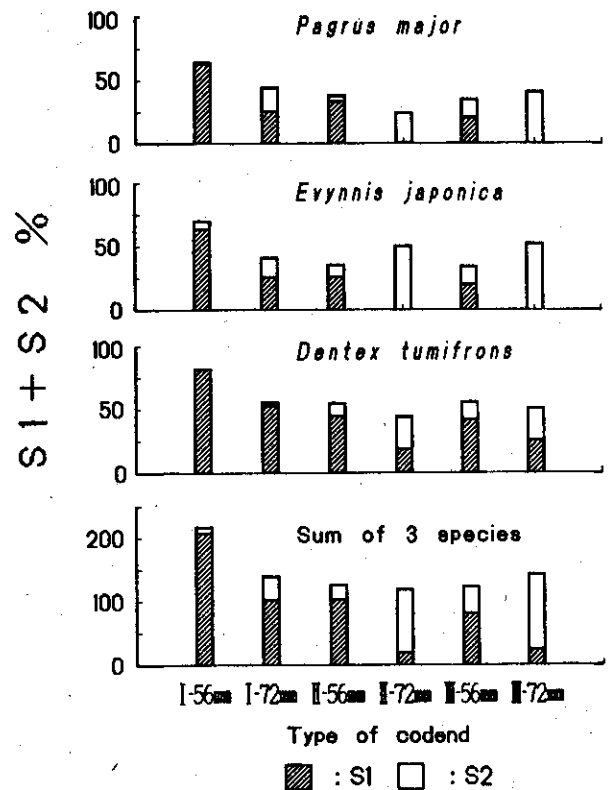


Fig. 9. Evaluation value of each codend for three species, *P. major*, *E. japonica* and *D. tumifrons*. S1, S2 as in Fig. 8.

体が占める割合は各々 85.6%・86.7%・72.8%に達するが、目合内径 56 mmを用いたタイプⅢを採用すれば、これらの投棄魚数がマダイ・チダイでは約 1/4、キダイでは約 1/2に減少すると推定された。

方、出荷サイズに相当する個体は、マダイ・チダイ・キダイそれぞれ 73.2%・64.9%・76.8%に減少するが、長叉長 145 mm以上の漁獲個体数の減少は約 10%にとどまると推定された。また、投棄魚数の減少に伴って、漁獲個体に占める出荷対象魚の割合が 1.4~2.4 倍に上昇することから、選別に要する労力の軽減が推察された。

小型底びき網の操業では、多様な対象種の選択的漁獲に適した漁具を各々用意し、これらを適切に使い分けることは、経費的にも労力的にも非常に困難である。今回の調査では、目合内径の小さい魚捕りに目合内径の大きい魚捕りを連結し、これらを使い分ける簡便な操業方法によって、タイ類投棄魚を効果的に削減できることが判明した。今後は、様々な対象魚種に適した目合についてさらに知見を収集し、操業現場への選択的漁法の導入と普及に努め、より合理的な操業の実現を図ることが重要であると考えられる。

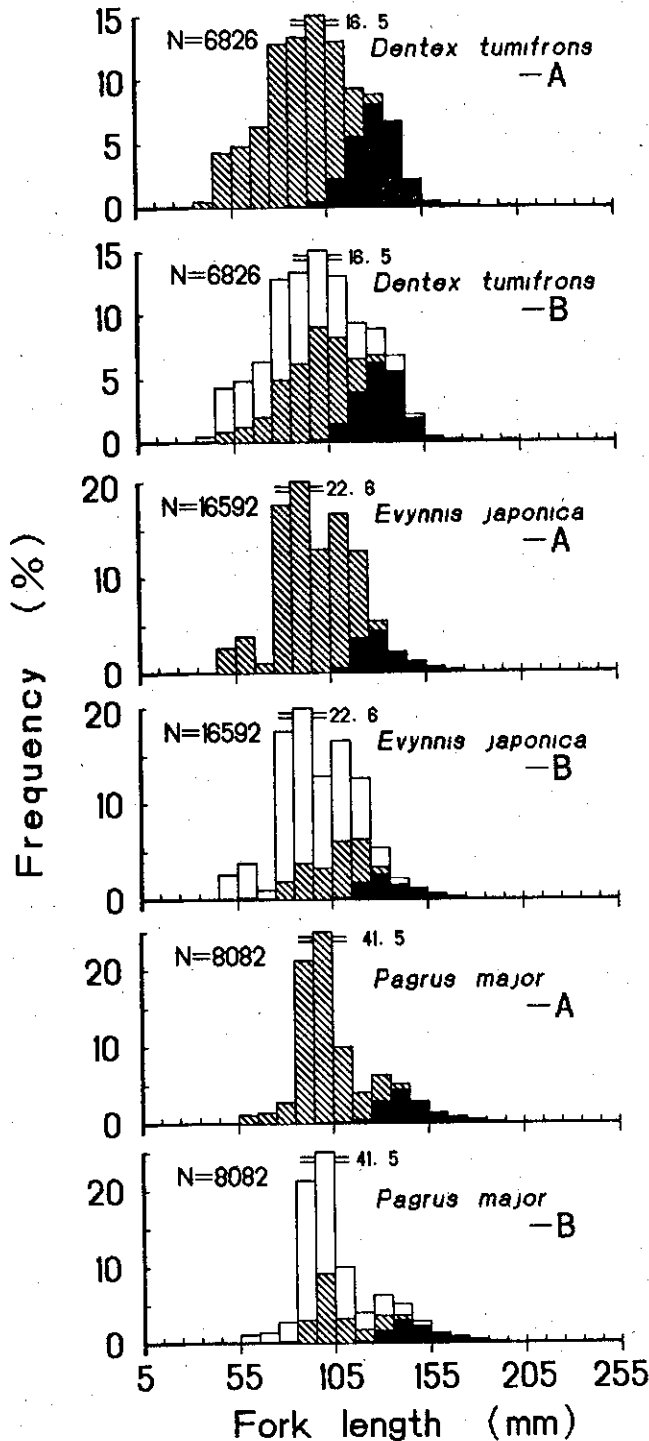


Fig. 10. Changes in the distribution of fork length for three species, *P. major*, *E. japonica* and *D. tumifrons* caught by whole experimental operations, in case where the improved codend was used. Filled bars, gray bars and open bars show the landed fish, the discarded fish and the preserved fish, respectively. A: 31mm mesh codend, B: TypeⅢ-56mm mesh codend.

謝 辞

試験漁具の考案と製作および試験操業の実施に多大な協力をいただいた、金沢港漁業協同組合宝信丸知田信二船長と乗組員に深く感謝する。また乗船調査に協力いただいた当時石川県増殖試験場の職員一同と、報文のとりまとめに際し、貴重な助言を賜った石川県水産総合センター大橋洋一専門員にお礼申し上げる。

文 献

- 1) 石川県：栽培資源調査。平成2年度広域資源培養管理推進事業報告書，43-44 (1991)。
- 2) 東海 正，伊東 弘，山口義昭：小型底びき網（手繰第3種，桁網）による異体類3種の網目選択性に関する予備的検討。南西水研研報，22，29-34 (1989)。
- 3) 東海 正，伊東 弘，正木康昭，上城義信，横松芳治，安東欣二，山口義昭：小型底びき網（手繰第2種，エビ漕ぎ網）のカレイ類に対する網目選択性。南西水研研報，22，35-46 (1989)。
- 4) 清水詢道：東京湾の小型底びき網の漁業資源に関する研究-I。神水試研報，11，27-33 (1990)。
- 5) 清水詢道：東京湾の小型底びき網の漁業資源に関する研究-II。神水試研報，11，35-39 (1990)。
- 6) 藤石昭生：網目選択性に関する理論的研究-I。水大校研報，22 (1)，1-28 (1973)。

Effect of Quality of Dietary Protein on Body Composition and Hepatopancreatic Enzyme Activities in Carp

Takafumi Shikata *¹ and Sadao Shimeno *²

*¹ Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center, Ushitsu, Noto, Fugeshi, Ishikawa 927-0435, Japan

*² Laboratory of Fish Nutrition, Faculty of Agriculture, Kochi University, Monobe, Nankoku, Kochi 783-0093, Japan

(Received November 4, 1997)

In order to investigate the effect of quality of dietary protein on hepatopancreatic enzyme activities and body component levels in carp *Cyprinus carpio*, the fish were fed a casein control diet and five diets containing 12.5% and 25% of gluten and 10%, 20%, and 30% of gelatin for 30 days. The growth rate and protein efficiency ratio of the fish fed diets containing 12.5% and 25% of gluten and 10% of gelatin were comparable to those of the fish fed the casein control diet, while the growth performance and apparent protein retention of the fish fed diets containing 20% and 30% of gelatin were markedly low, indicating insufficiency and unbalance of essential amino acid in both gelatin diets. Moreover, the hepatopancreatic glycogen content and serum urea level increased with increasing level of dietary gelatin. However, the activities of hepatopancreatic enzymes relating to glycolysis, gluconeogenesis, lipogenesis, and amino acid degradation were scarcely influenced by dietary treatments.

Key words: carp, dietary protein, carbohydrate metabolism, hepatic enzyme

In mammals, the quality of dietary protein affects several hepatic enzyme activities. For example, it was shown in rat that dietary gluten, gelatin, and soybean protein reduced more strongly hepatic lipogenic enzyme activities than fish protein and casein,^{1,2)} and that pyruvate kinase activity decreased with increasing level of dietary protein and its reduction was more remarkable in the animals fed the protein having higher biological value.³⁾ Therefore, there are some attempts to use enzyme activity for the evaluation of protein quality. On the other hand, Cowey *et al.*⁴⁾ compared the hepatic gluconeogenic enzyme activities in rainbow trout fed fish meal, casein, and gluten and described that those enzyme activities somewhat reflected the nutritional quality of those proteins. However, the relationship between protein quality and hepatic enzyme activity is still unclear in fish.

In recent years, many studies on alternative protein source for fish meal have been conducted very actively,⁵⁾ but little attention has been given to the effect of protein source on the metabolism in fish. In the present study, therefore, casein, gluten, and gelatin, which are similarly high in digestibility but different in nutritive value, were used as dietary protein source, and their effects on the hepatopancreatic enzyme activities and body component levels in carp were investigated.

Materials and Methods

Experimental Diets

Six isonitrogenous and isoenergetic purified diets were formulated (Table 1). In diet 1 (control diet), casein was used as a sole protein source. In diets 2 to 6, 12.5% and 25% of gluten and 10%, 20%, and 30% of

gelatin were supplemented to the diets by replacing the corresponding level of casein in the control diet. All ingredients were mixed well with water and were made into pellets of 3 mm in diameter. All diets were stored in a freezer at -30 °C. The contents of crude protein, crude sugar, and crude fat in the diets were ca. 42%, 34%, and 3%, respectively.

The essential amino acid (EAA) composition of the protein sources is shown in Table 2. Since whole egg protein has a high nutritive value for many fishes, its amino acid composition is also shown for reference. Casein was low in sulfur containing amino acids (methionine and cystine) and arginine compared with whole egg protein. On the other hand, gluten contained more sulfur containing amino acids than casein, and gelatin was rich in arginine, while both protein sources were poor in the other essential amino acids. Therefore, total EAA content in the diets decreased with increasing level of gluten and gelatin (Table 3), while the content and A/E ratio of sulfur containing amino acids and arginine were increased by dietary supplementation with gluten and gelatin.

Fish and Feeding Methods

Yearling carp *Cyprinus carpio* purchased from a fish farmer in Nankoku City were reared on a commercial diet until used in the Freshwater Feeding Room, Kochi University. Then the fish were placed into 150 l fiber reinforced plastic aquaria containing aerated water. After one week of acclimation period, the fish averaging 41.2 g were divided into 6 groups of 17 fish each, and they were fed each test diet twice a day at the same daily feeding rate (1.61 ~ 1.71%). Unfiltered well water was supplied at a rate of approximately 2 l/min. The feeding trial was conducted for 30 days from May

Table 1. Formulation and proximate composition of experimental diets (%)

Diet :	1	2	3	4	5	6
Protein :	Casein	Gluten		Gelatin		
Level :		12.5%	25%	10%	20%	30%
Casein * ¹	45.0	34.0	23.0	34.0	23.0	12.0
Wheat gluten * ²		12.5	25.0			
Gelatin * ³				10.0	20.0	30.0
Carbohydrate mixture * ⁴	35.0	34.0	33.0	35.0	35.0	35.0
Cellulose	7.0	6.5	6.0	8.0	9.0	10.0
Others * ⁵	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
<i>Nutrient on dry matter basis</i>						
Crude protein	40.3	41.0	41.6	43.6	43.5	44.5
Crude sugar	33.7	34.3	34.7	33.6	34.2	34.7
Crude fat	3.1	3.8	4.6	3.0	3.1	2.7
Energy (kcal/kg) * ⁶	3240	3350	3450	3370	3400	3430

*¹ Vitamin free casein, ICN Biochemicals, Ltd.

*² Wheat gluten, Wako Pure Chemical Industries, Ltd.

*³ Bacto-gelatin, Difco Laboratories.

*⁴ Dextrin: α -starch=1:1.

*⁵ Others (% in diet): pollack liver oil, 5; Halver's²⁰ vitamin mixture, 3; Ogino's²¹ mineral mixture, 5.

*⁶ Digestible energy (kcal/g): protein, 4.5; fat, 8.0; sugar, 3.5.

Table 2. Essential amino acid composition of casein, gluten, gelatin, and whole egg (% in protein)

Protein :	Casein	Gluten	Gelatin	Whole egg
Threonine	4.60	2.57	1.58	4.64
Valine	6.50	3.86	2.73	6.56
Methionine+Cysteine	3.92	4.64	1.06	6.08
Isoleucine	5.10	3.36	1.17	5.28
Leucine	9.88	6.80	0.97	8.48
Phenylalanine+Tyrosine	11.15	8.00	2.71	8.96
Lysine	8.40	1.65	3.64	7.04
Histidine	2.99	2.10	0.93	2.56
Arginine	3.85	3.42	7.80	6.40
Tryptophan	1.35	0.98	0.02	1.60
Total	57.74	37.38	22.61	57.60

25, 1993. Water temperature was in the range of 16.9 ~ 17.9 °C.

Analytical Methods

The fish were weighed every 10 days, and the weight gain and feed efficiency were calculated. At 15 to 17 h after the last feeding, five fish were sampled from each group, and the blood was taken from the caudal vein for analysis of serum components. Then the fish were sacrificed, and the hepatopancreas was removed, weighed, individually frozen in liquid nitrogen, and stored in a freezer at -80 °C until used for enzyme analysis.

The hepatopancreas was homogenized with 9 volumes of cold water by a Physcotron homogenizer (Nition Co., Ltd., NS-50) and centrifuged at 5,000 rpm for 10 min at 4 °C. The supernatant was used to analyze the following enzymes: glucose-6-phosphatase (G6Pase, EC 3.1.3.9) ; fructose-1,6-diphosphatase (FDPase, EC 3.1.3.11) ; phosphofructokinase (PFK, EC 2.7.1.11) ; pyruvate kinase (PK, EC 2.7.1.40) ; glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PDH, EC 1.1.1.49) ; phosphogluconate dehydrogenase (PGDH, EC 1.1.1.44) ; NADP-dependent malate dehydrogenase

(NADP-MDH, EC 1.1.1.40) ; NADP-dependent isocitrate dehydrogenase (NADP-ICDH, EC 1.1.1.42) ; aspartate aminotransferase (Asp-AT, EC 2.6.1.1) ; alanine aminotransferase (Ala-AT, EC 2.6.1.2) ; and arginase (EC 3.5.3.1). The enzyme activities were assayed by the methods described previously.⁶⁻⁹⁾ Serum glucose, total protein, urea, free fatty acid, triglyceride, phospholipid, and cholesterol levels were determined with Wako kits (Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), and serum free amino acid level was determined by the method of Goodwin.¹⁰⁾ The proximate composition of hepatopancreas and whole body was assayed by ordinary methods. The total sugar level in whole body and diets was assayed by the phenol-sulfuric acid method.¹¹⁾ The hepatopancreatic glycogen level was determined by the methods of Carroll *et al.*¹²⁾ Statistical analysis of the serum component levels and enzyme activities was done by the Student's *t*-test.

Results

Growth Performance and Body Composition

The weight gain and protein efficiency ratio (PER) of the fish fed diets 2, 3, and 4 were comparable to those of the fish fed the control diet (diet 1), while the fish fed diets containing higher level of gelatin (diets 5 and 6) showed low growth performance (Table 4).

In the hepatopancreas, the glycogen content markedly increased with increasing level of dietary gluten and gelatin, while conversely the protein content slightly decreased (Fig. 1). The whole body protein content was slightly high in the fish fed the gelatin diets (diets 4, 5, and 6). Based on the results of feed intake, weight gain, and the proximate analyses of whole body and diets, the apparent retentions of protein and energy were calculated (Table 4). The protein and energy retentions were similarly high in the fish fed diets 1, 2, 3, and 4, while they decreased in the fish fed diets 5 and 6.

Table 3. Essential amino acid composition of experimental diets (% in protein)

Diet :	1	2	3	4	5	6
Protein :	Casein	Gluten		Gelatin		
Level :		12.5%	25%	10%	20%	30%
Threonine	4.60(80) *	4.10(78)	3.60(75)	3.86(79)	3.12(77)	2.38(75)
Valine	6.50(113)	5.85(111)	5.21(109)	5.58(114)	4.65(115)	3.73(117)
Methionine+Cysteine	3.92(68)	4.10(78)	4.27(89)	3.22(66)	2.52(62)	1.82(57)
Isoleucine	5.10(88)	4.67(89)	4.25(89)	4.14(84)	3.18(78)	2.21(69)
Leucine	9.88(171)	9.12(173)	8.37(175)	7.70(157)	5.52(136)	3.34(105)
Phenylalanine+Tyrosine	11.15(193)	10.37(197)	9.60(201)	9.08(185)	7.02(173)	4.96(155)
Lysine	8.40(146)	6.74(128)	5.09(107)	7.23(147)	6.07(150)	4.91(154)
Histidine	2.99(52)	2.77(53)	2.55(53)	2.48(51)	1.98(49)	1.48(46)
Arginine	3.85(67)	3.74(71)	3.64(76)	4.81(98)	5.78(143)	6.74(211)
Tryptophan	1.35(23)	1.26(24)	1.17(25)	1.03(21)	0.70(17)	0.37(12)
Total	57.74	52.72	47.75	49.13	40.54	31.94

* Numbers in parentheses indicate A/E ratio (1000×amino acid/total essential amino acid).

Table 4. Growth performance and apparent retentions of the fish fed test diets for 30 days

Diet :	1	2	3	4	5	6
Protein :	Casein	Gluten		Gelatin		
Level :		12.5%	25%	10%	20%	30%
Daily feeding rate (%) * ¹	1.64	1.64	1.64	1.61	1.65	1.71
Initial body weight (g)	41.1	41.1	41.1	41.3	40.5	41.1
Final body weight (g)	66.8	69.5	68.1	69.3	62.1	57.0
Average weight gain (g)	25.7	28.4	27.0	28.0	21.6	15.9
Feed efficiency (%) * ²	97.3	104	101	105	85.2	63.4
Protein efficiency ratio * ³	2.42	2.55	2.42	2.41	1.96	1.42
Apparent protein retention (%) * ⁴	35.9	33.7	31.6	36.0	30.1	24.3
Apparent energy retention (%) * ⁴	57.5	54.0	54.4	54.6	46.7	38.5

*¹ 100×Dry diet fed (g)/100g body weight/day.

*² 100×Weight gain (g)/dry diet fed (g).

*³ Weight gain (g)/protein fed (g).

*⁴ 100×Nutrient deposited (g)/nutrient fed (g).

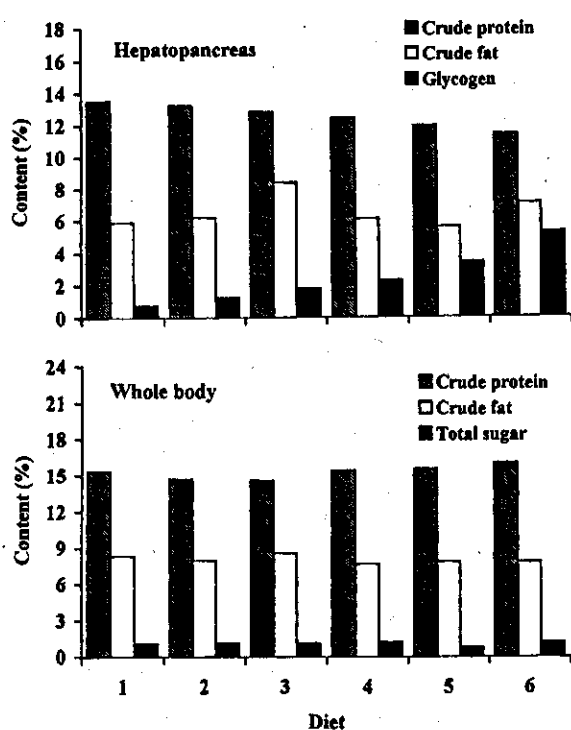


Fig. 1. Proximate composition of the fish fed test diets for 30 days. Samples were pooled for 6 (hepatopancreas) and 3 (whole body) fish.

Hepatopancreatic Enzymes and Serum Components

The results of hepatopancreatic enzyme activities and serum component levels were summarized in Table 5. Of the enzyme activities assayed, Ala-AT activity showed a tendency to decrease with increasing level of dietary gluten or gelatin. However, there was no remarkable difference in the other enzyme activities. The serum urea level significantly increased with increasing level of dietary gelatin. On the other hand, triglyceride, phospholipid, and cholesterol levels were slightly low in the fish fed diets 5 and 6. The other serum component levels did not show a consistent response to dietary treatments.

Discussion

Generally, casein has a high nutritive value, but sulfur containing amino acids and arginine are slightly insufficient. Conversely, gluten contains more sulfur containing amino acids than casein, and gelatin is rich in arginine. Therefore, the shortage of sulfur containing amino acids and arginine in casein can be compensated for by gluten and gelatin. In this experiment, total EAA content of diets containing 12.5% and 25% of gluten and 10% of gelatin was lower than that of the control diet, while the growth rate and PER of the fish fed these three diets were comparable to those of the fish fed the control diet. This result

Table 5. Hepatopancreatic enzyme activities and serum component levels of the fish fed test diets for 30 days

Diet :	1	2	3	4	5	6
Protein :	Casein	Gluten		Gelatin		
Level :		12.5%	25%	10%	20%	30%
<i>Hepatopancreatic enzyme</i>						
G6PDH	209±18* ¹	225±48	212±42	207±32	197±41	190±46
PGDH	62.5±7.1	63.0±11.9	57.0±12.7	64.2±8.9	57.7±13.9	56.7±11.8
NADP-MDH	161±23	159±13	149±23	132±29	157±28	151±18
NADP-ICDH	120±21	129±13	115±11	114±11	115±14	104±13
PFK	43.1±6.3	46.7±8.0	43.6±6.1	53.2±7.6	47.1±7.8	50.1±4.3
PK	54.5±23.9	47.4±5.5	45.2±1.1	51.6±14.4	52.6±8.7	63.7±22.8
G6Pase	13.7±1.0	12.1±1.8	14.9±1.6	11.8±2.3	12.4±3.6	13.2±2.2
FDPase	8.73±1.36	9.63±1.62	9.53±1.04	10.8±0.9†* ²	8.23±1.54	8.08±2.52
Asp-AT	73.1±9.0	93.8±18.8	82.0±12.7	83.9±9.3	79.0±7.0	72.6±14.3
Ala-AT	11.9±1.1	10.6±1.4	9.82±0.87†	10.0±3.2	8.34±1.93†	8.30±2.01†
Arginase	7.93±1.55	10.2±2.4	9.57±0.71	8.98±1.41	8.28±1.50	7.72±1.30
<i>Serum component</i>						
Glucose (mg/100ml)	44.1±8.5	44.6±8.3	33.9±6.9	31.8±7.1†	42.2±12.1	41.6±11.8
Triglyceride (mg/100ml)	434±139	352±45	436±102	606±221	294±101	333±60
Cholesterol (mg/100ml)	206±37	184±20	210±23	224±66	172±27	185±10
Phospholipid (mg/100ml)	609±81	620±49	731±77†	700±111	552±97	588±63
Free fatty acid (mEq/1000ml)	0.641±0.210	0.413±0.097	0.476±0.071	0.731±0.146	0.587±0.070	0.536±0.128
Free amino acid (mg-N/100ml)	14.9±2.3	14.8±3.9	17.0±2.6	11.8±1.9†	11.6±4.3	14.7±1.8
Total protein (g/100ml)	2.56±0.33	2.49±0.16	2.48±0.23	2.31±0.29	2.36±0.22	2.38±0.16
Urea (mg-N/100ml)	5.32±0.90	4.33±0.46	3.92±0.82†	4.58±0.56	6.71±2.33	10.3±2.3‡

*¹ Enzyme activities are expressed as μ mol of substrate or coenzyme converted per min per hepatopancreas per 100g body weight. Values are means±SD for 5 fish.

*² Significant differences between the fish fed diet 1 and those fed the other diets are indicated by: † $P < 0.05$; ‡ $P < 0.01$.

suggests that the amino acid balance of dietary protein was improved by combinational use of casein and gluten or casein and gelatin. On the other hand, the fish fed diets containing 20% and 30% of gelatin showed low growth performance, indicating the insufficiency and unbalance of EAA in both gelatin diets.

Ingested protein enter the amino acid pool in body and are used for the synthesis of body protein. When large amounts of amino acids enter the pool, excess amino acids are deaminated and then the carbon skeletons are oxidized for energy production or used as the precursor for lipogenesis and gluconeogenesis. Likewise, if the biological value of dietary protein is low, more amino acids can be available for energy production or the synthesis of lipid and glycogen. In this study, the fish fed diets containing 20% and 30% of gelatin showed low protein retention and high hepatopancreatic glycogen content, while the analytical results of the hepatopancreatic enzyme activities did not show any evidence of the activation of amino acid degradation, lipogenesis, and gluconeogenesis. Fish naturally have high dietary requirement for protein and preferentially oxidize amino acids as energy source.^{13,14} Therefore, the metabolic difference between the fish fed high quality protein and those fed low quality protein may be not very great. For this reason, the hepatopancreatic enzymes presumably failed to respond to the quality of dietary protein.

Amino acid degradation is regulated by tissue amino acid concentrations as well as enzyme induction.^{15,16} Since amino acid degrading enzymes are not normally

saturated with substrate under physiological conditions, the enzymes are automatically activated by the increased concentrations of tissue amino acids after feeding. In rainbow trout, the dietary supplementation with lysine, tryptophan, and arginine raised the oxidation rates of ¹⁴C-labeled lysine, tryptophan, and arginine to ¹⁴CO₂ without affecting the hepatic lysine- α -ketoglutarate reductase, tryptophan pyrrolase, and arginase activities.¹⁶ This observation suggests that amino acid degradation was regulated by tissue amino acid concentrations. In the present study, arginase activity were hardly affected by dietary supplementation with gelatin, while the serum urea level was markedly increased. In teleost fish, urea is mainly formed *via* the breakdown pathway of purine base, while a portion of urea can arise from the hydrolysis of arginine by arginase.¹⁷ Therefore, there is a possibility that a high concentration of tissue arginine due to the ingestion of gelatin diets activated arginase *in vivo*, resulting in increased level of serum urea. On the other hand, Shimeno *et al.*¹⁸ reported that the activities of arginase, Asp-AT, and Ala-AT in the hepatopancreas of carp were increased by an increase in dietary protein level. In rat,¹⁹ tryptophan and methionine have great effects on the inductions of hepatic arginase and threonine dehydratase. Hence, the amino acid degrading enzymes in the hepatopancreas of carp may be also induced by some nonsubstrate functional amino acids.

References

- 1) N. Iritani, K. Nagashima, H. Fukuda, A. Katsurada, and T. Tanaka: Effects of dietary proteins on lipogenic enzymes in rat liver. *J. Nutr.*, **116**, 190-197 (1986).
- 2) G. R. Herzberg and M. Rogerson: Hepatic lipogenesis in young rat given proteins of different quality. *Br. J. Nutr.*, **52**, 131-137 (1984).
- 3) J. Peret, M. Chanez, J. Cota, and I. Macaire: Effects of quantity and quality of dietary protein and variation in certain enzyme activities on glucose metabolism in rat. *J. Nutr.*, **105**, 1525-1534 (1975).
- 4) C. B. Cowey, D. J. Cooke, A. J. Matty, and J. W. Adron: Effects of quantity and quality of dietary protein on certain enzyme activities in rainbow trout. *J. Nutr.*, **111**, 336-345 (1981).
- 5) T. Akiyama: Nutritional value of alternative proteins, in "Use of Alternative Protein Sources in Aquaculture" (ed. by T. Watanabe), Koseishakoseikaku, Tokyo, 1994, pp.43-53.
- 6) T. Shikata, D. Kheyyali, and S. Shimeno: Effect of feeding rates on hepatopancreatic enzymes and body composition in common carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**, 835-839 (1993).
- 7) S. Shimeno, H. Hosokawa, M. Takeda, S. Takayama, A. Fukui, and H. Sasaki: Adaptation of hepatic enzymes to dietary lipid in young yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **47**, 63-69 (1993).
- 8) D. Kheyyali, S. Shimeno, and M. Takeda: Effect of dietary carbohydrate and lipid levels on hepatopancreatic enzymes and body composition in carp. Proc. Third Int. Symp. on Feeding and Nutr. in Fish, Toba, Aug.28-Sep.1, 1989, pp.175-188.
- 9) S. Shimeno, T. Shikata, and S. Iwanaga: Changes in the concentrations of glycolytic intermediates and nucleotides and their relation to phosphofructokinase activity in the liver of yellowtail. *Suisanzoshoku*, **41**, 535-539 (1993).
- 10) J. F. Goodwin: The colorimetric estimation of plasma amino nitrogen with DNFB. *Clin. Chem.*, **14**, 1080-1090 (1968).
- 11) K. Anno and N. Seno: General analytical methods of carbohydrate, in "Experimental Methods in Biochemistry-XI" A separate volume of Protein, Nucleic Acid, and Enzyme, Kyoritsu Shuppan, Tokyo, 1968, pp.13-26.
- 12) N. V. Carroll, R. W. Longley, and J. H. Roe: The determination of glycogen in liver and muscle by use of anthrone reagent. *J. Biol. Chem.*, **220**, 583-539 (1956).
- 13) M. Nagai and S. Ikeda: Carbohydrate metabolism in fish-III. Effect of dietary composition on metabolism of glucose-U-¹⁴C and glutamate-U-¹⁴C in carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **38**, 137-143 (1972).
- 14) K. Jürss and R. Bastrop: Amino acid metabolism in fish, in "Biochemistry and Molecular Biology of Fishes" (ed. by P. W. Hochachka and T. P. Mommsen), Vol. 4, Elsevier Science, Amsterdam, 1995, pp.159-189.
- 15) H. A. Krebs: Some aspects of the regulation of fuel supply in omnivorous animals. *Adv. Enzyme Regulation*, **10**, 397-420 (1972).
- 16) M. J. Walton: Aspects of amino acid metabolism in teleost fish, in "Nutrition and Feeding in Fish" (ed. by C. B. Cowey, A. M. Mackie, and J. B. Bell), Academic Press, London, 1985, pp.47-67.
- 17) M. J. Walton and C. B. Cowey: Aspects of intermediary metabolism in salmonid fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, **73B**, 59-79 (1982).
- 18) S. Shimeno, D. Kheyyali, and T. Shikata: Metabolic response to dietary carbohydrate to protein ratios in carp. *Fisheries Sci.*, **61**, 277-281 (1995).
- 19) K. Nakano, T. Kishi, N. Kurita, and K. Ashida: Effect of dietary amino acids on amino acid-catabolizing enzymes in rat liver. *J. Nutr.*, **100**, 827-836 (1970).
- 20) J. E. Halver: Nutrition of salmonid fishes-III. Water soluble vitamin requirements of chinook salmon. *J. Nutr.*, **62**, 225-243 (1957).
- 21) C. Ogino, L. Takeuchi, H. Takeda, and T. Watanabe: Availability of dietary phosphorus in carp and rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **45**, 1527-1532 (1979).

スルメイカの大きさ、雌雄、成熟度、漁期、漁場による エキス成分の違い

高本修作

(1997年11月7日受理)

Some Extractive Components of Squids : Differences in Size, Sex, Maturity,
Date of Samplings, and Location*¹

Shuusaku Takamoto*²

Some extractive components of the mantle muscle of squids *Todarodes pacificus*, related to taste, were analyzed. The major extractive components were taurine, proline, octopine, arginine, alanine, and histidine. The free amino acid compositions were significantly different statistically in various factors such as size and sex of the squids. Taurin content decreased with increasing mantle length ($r = -0.76$, $p < 0.001$). On the contrary, proline content increased with increasing mantle length ($r = 0.53$, $p < 0.01$).

These results suggest that taste-active components are influenced in size and sex of squids, even if kamaboko gel was made from squid.

キーワード：スルメイカ、一般成分、エキス成分、遊離アミノ酸

石川県におけるスルメイカの漁獲量は平成7年には29,398 t があり比較的高い水準で安定している。魚価も高級魚に比べて安価であるため、水産加工品の原料としても広く利用され、塩辛、一夜干し、薫製品等が製造されている。しかしながら、近年では健康志向・高級化志向などの消費者のニーズに対応するため、新たな加工品を開発することが求められるようになってきた。したがって、著者は、イカ肉の“ねり製品化”というアイデアを得、実用化への試験を平成6年度から実施してきた。本報告はその一環としてイカ肉特有の性質を食品学的立場から生化学的に把握することを目指したものである。

特に、呈味成分として大きな役割があり最も重要なエキス成分である遊離アミノ酸と Arg の誘導体である Oct (オクトピン) に注目して分析したが、さらに参考として一般成分をも分析した。それらの結果を踏まえて、エキス成分がスルメイカの大きさ、雌雄、成熟度、漁期、漁場によってどう変化するのかを検討した。

実験方法

試料 本研究においては、平成6年6月29日から11月16日の期間に日本海および黄海で石川県漁業調査船白山丸により漁獲されたスルメイカ *Todarodes pacificus* を分析の試料とした (Fig. 1)。これらを大きさ、雌雄、成熟度、漁期、漁場によって分けた。大きさは大型 (外套背長 23cm 以上)、中型 (外套背長 21 - 23cm)、小型 (外套背長 21cm 以下) とし、成熟度は生殖器官の発達程度を基準として成熟、半熟、未熟、時期は8月、9月、10月とそれぞれを3群に、雌雄は雄、雌、場所は北緯 41° 以北、以南とそれぞれ2群に分けた。試料はスルメイカ 2-3 尾から胴肉を採り、剥皮し細切り後十分混合し、その一部を試料として実験に供した。分析した試料数は、Table 1、Table 3 に記載した。

エキス成分の調製 各試料に、その2倍量の冷水を加え、冷却しながら2分間ホモジナイズ (日本精機製作所製) 後、3500 × g で10分間遠心した。沈殿物に再び冷水を加え同様にホモジナイズし遠心した後、そ

*¹本研究は、水産庁補助事業“水産加工新原料開発事業”の一部として行ったものである。

*²石川県水産総合センター (Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center, 3-7 Shinko, Ushitsu, Noto, Fugeshi, Ishikawa 927-0435, Japan)

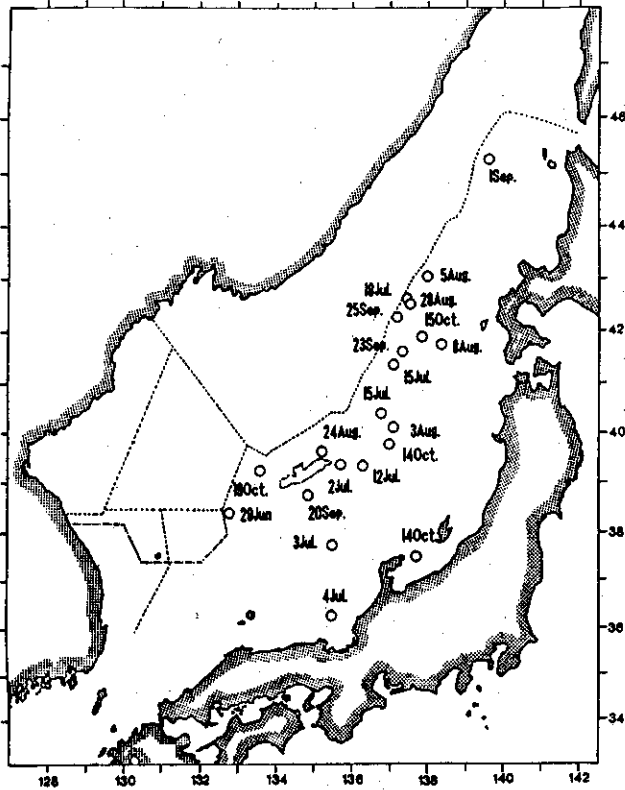


Fig. 1. Map showing sampling date and sampling location of the squids in the Sea of Japan. The sampling stations dated Nov. 12 and 16 were located in the Yellow Sea.

の上清に先程の上清を合わせ冷水抽出液を得た。これに同量の10%トリクロル酢酸を加え1時間放置後、5%水酸化リチウムでpH 2.2に調整し、3500×gで10分間遠心した。この上清をクエン酸リチウムで2.5倍に希釈し、メンブランフィルター（東洋アドバンテック製、孔径0.45 μm）でろ過した。このろ液を遊離アミノ酸およびOctの分析試料とした。また、エキス窒素分析は冷水抽出液に2倍量の15%トリクロル酢酸を加え冷却下で2分間ホモジナイズ後、3500×gで10分間遠心し、その上清を分析試料とした。

エキス成分の定量 アミノ酸およびOctは島津高速液体クロマトグラフ（LC-10A高速アミノ酸分析システム）を用いて定量した。これは検出用試薬としてオルトフタルアルデヒド（OPA）を用いる蛍光検出法であり、Octも検出可能である。また、エキス窒素は自動式窒素/タンパク定量装置（三田村理研工業製）を用いて定量した。

一般成分 水分、粗脂肪、粗タンパク質、灰分を測定した。水分は105℃における常圧恒温乾燥法、粗脂肪はソックスレー抽出器によるエーテル抽出法、粗タ

ンパク質は自動式窒素/タンパク定量装置を用いたケルダール法、灰分は550℃での恒温灰化法を用いて分析した。

統計による数値の解析 大きさ、雌雄、成熟度、漁期、漁場によって分けられた試料の測定結果をDuncanの新多重範囲検定法およびStudentのt検定により有意差の検定を行った。Duncanの検定法は大きさ、成熟度、漁期の3群間で、Studentのt検定は雌雄、場所の2群間で差があるかを用いた。

結 果

エキス成分 スルメイカ胴肉中の遊離アミノ酸の測定結果と、大きさ、雌雄、成熟度、漁期、漁場により分けた各群間の有意差検定の結果をTable 1、Table 2に示した。

スルメイカの主要なアミノ酸はTau, Pro, Arg, Ala, およびHisであり、Octもかなりの量が含まれていた。総遊離アミノ酸量は1844 mg/100 gであったが、窒素回収率（総遊離アミノ酸量とOctの窒素量がエキス窒素に占める割合）は62%と低い値を示した。大きさにより有意差のみられたアミノ酸はTau, Thr, Pro, およびHisの4つで、TauとThrは大型、中型より小型に、ProとHisは小型より大型に多く含まれていた。総遊離アミノ酸量やエキス窒素量についても大きさによって差がみられた。すなわち、総遊離アミノ酸量は大型より小型に、エキス窒素量は中型より小型に多く含まれていた。また、雌雄により有意差のみられたアミノ酸はGly, Val, I-Leu, およびLeuの4つであった。Glyは雄が雌より高い値を示したが、Val, I-Leu, Leuは雌が雄より高い値を示した。これに対し、成熟度、漁期、漁場では有意差のみられた成分は少なく、それぞれTau, Asp, Metにおいて差がみられただけであった。成熟度別ではTauが半熟、成熟に比べて未熟に、漁期別ではAspが8月、9月に比べて10月に、漁場別ではMetが北に比べて南に多く含まれていた。

なお、TauとProが有意水準1%で大きさにより差がみられたので、TauとProと外套背長の関係をそれぞれ、Fig. 2, Fig. 3に示した。Tauと外套背長の関係は一次近似の相関係数が-0.76 ($p < 0.001$)で負の相関を示した。また、Proと外套背長の関係は一次近似の相関係数が0.53 ($p < 0.01$)で正の相関を示した。一方、OctとArgのは一次近似

の相関係数が -0.49 ($p < 0.05$)で、負の相関を示すことが明らかになった (Fig. 4)。

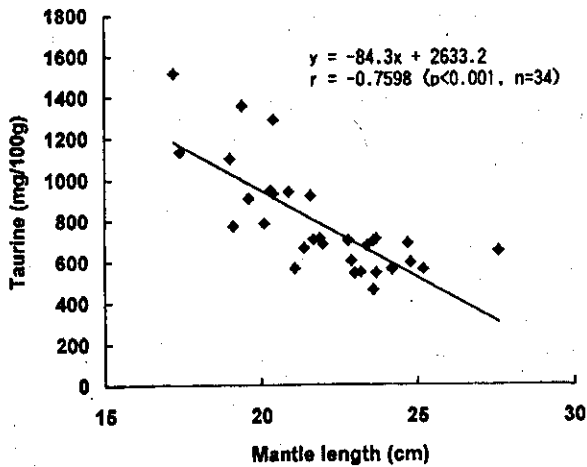


Fig. 2. Relationship between the mantle length and the amount of taurine.

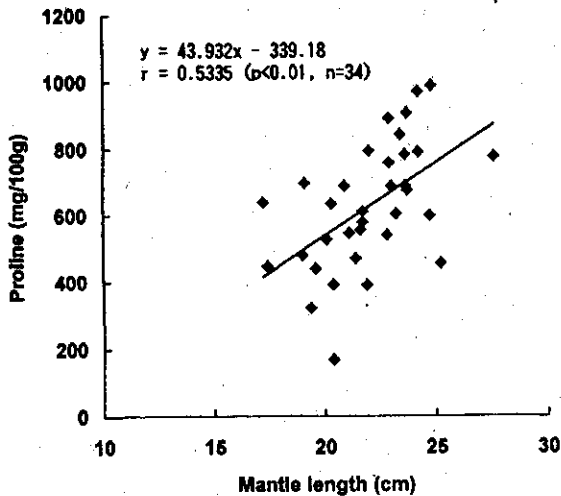


Fig. 3. Relationship between the mantle length and the amount of proline.

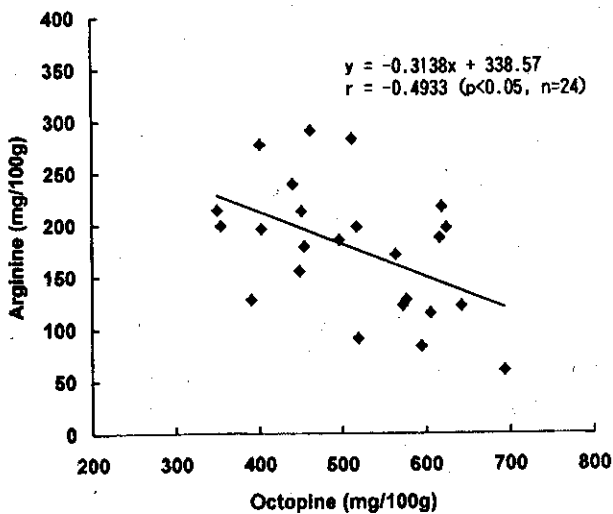


Fig. 4. Relationship between the amount of octopine and that of arginine.

一般成分 スルメイカ胴肉中の一般成分の測定結果と、大きさ、雌雄、成熟度、漁期、漁場により分けた各群間の有意検定の結果を Table 3, Table 4 に示した。

一般成分は、水分 74-77%, 粗脂肪 1.2-1.4%, 粗タンパク質 19-21%, 灰分 1.6-1.8% で、測定値はほぼ一定であった。しかしながら、大きさ、雌雄、成熟度によって分けるとそれぞれ、粗脂肪、粗タンパク質、水分に有意差がみられた。すなわち、粗脂肪は大型が小型より高く、粗タンパク質は雄が雌より高かった。また、水分は未熟、成熟よりも半熟が高かった。これに対し、漁期、漁場別では差はみられなかった。

考 察

エキス成分は味と密接に関係しており、食品学的には重要な要素である。¹⁾ しかしながら、エキス成分には様々な成分が含まれており、高含量でも味に関与していない成分と微量でも不可欠な成分がある。したがって、エキス成分のどれが呈味の発現に関与しているかを解明することは新製品を開発する上でも重要な課題となってくる。²⁾ 遠藤ら³⁾ はエキス成分を食品化学的な立場から分析し、総遊離アミノ酸量の多いイカは美味で、特に甘味を呈する Gly, Ala, Pro は食味と密接に関与するとしている。本研究では、スルメイカの総遊離アミノ酸量は、外洋性イカ類⁴⁾ やアメリカオオアカイカ⁵⁾ と同様に、小型個体ほど多いことが知られた。これは Tau が小型のイカに顕著に多かったためと考えられる。しかしながら、本結果を見る限り総遊離アミノ酸量だけでは美味・不味の判断はできない。なぜなら、食味に関与しているといわれる Pro が大型のイカに多かったことや、窒素回収率が 62% 前後と低く、他の成分が呈味に及ぼす影響も考えられるからである。スルメイカのエキス成分は遊離アミノ酸の他にベタイン、トリメチルアミノオキサイド等の 4 級アンモニウム塩基の占める割合も高く、⁶⁾ 食味にも関与しているので、これらの成分の検討も必要かもしれない。このように、試料を外套膜のサイズで区別したり、あるいは雌雄で分けると、主要成分である Tau, Pro, His など計 8 種のアミノ酸で有意差がみられた。このことから、たとえ同一種を用いても生理学的に異なるイカを原料にすると呈味成分が少なからず変化する可能性が示唆された。また、これらの成分が加工工程中でどの程度失われ、加工品としたとき風味にどのように寄与するかについても今後の課題である。

Table 1. Extractive components of the mantle muscle of the squids and statistical analysis of the data on each group of size, sex, maturity, date, and location

	Content * ¹ (mg / 100g) n = 45	Singificance * ²				
		Size n = 34	Sex n = 24	Maturity n = 24	Date n = 22	Location n = 22
Taurine	683±255.4	p<0.01	NS	p<0.05	NS	NS
Aspartic acid	8±10.6	NS	NS	NS	p<0.01	NS
Threonine	31±9.8	p<0.05	NS	NS	NS	NS
Serine	22±7.7	NS	NS	NS	NS	NS
Glutamic acid	41±13.9	NS	NS	NS	NS	NS
Proline	584±182.7	p<0.01	NS	NS	NS	NS
Glycine	57±18.1	NS	p<0.05	NS	NS	NS
Alanine	154±54.3	NS	NS	NS	NS	NS
Valine	32±12.7	NS	p<0.05	NS	NS	NS
Methionine	38±10.4	NS	NS	NS	NS	p<0.05
Isoleucine	22±7.5	NS	p<0.01	NS	NS	NS
Leucine	37±10.9	NS	p<0.05	NS	NS	NS
Tyrosine	25±14.1	NS	NS	NS	NS	NS
Phenylalanine	24±8.9	NS	NS	NS	NS	NS
Histidine	127±42.4	p<0.05	NS	NS	NS	NS
Lysine	16±3.8	NS	NS	NS	NS	NS
Arginine	180±74.5	NS	NS	NS	NS	NS
Total amino acid	1844±308.0	p<0.05	NS	NS	NS	NS
Octopine	513±97.8	NS	NS	NS	NS	NS
Extractive N	696±66.5	p<0.05	NS	NS	NS	NS
Extractive-N recovery(%)	62±8.7	NS	NS	NS	NS	NS

NS : Not significant (p>0.05) n : number of samples

*¹ Mean±SD*² Significantly differences were analysed by F-test.**Table 2.** Extractive components (Mean ± SD) showing significant difference in Table 1

		group		
		1	2	3
Size		Big	Middle	Small
	Taurine	607±87.3 ^a	676±102.1 ^a	1064±242.0 ^b
	Threonine	22±10.0 ^a	25±8.7 ^a	38±18.0 ^b
	Proline	757±159.9 ^a	621±148.1 ^{ab}	494±164.6 ^b
	Histidine	158±42.7 ^a	130±27.1 ^{ab}	114±29.0 ^b
	Total amino acid	2026±374.6 ^a	2158±246.7 ^{ab}	2393±356.2 ^b
	Extractive N	704±83.5 ^{ab}	647±60.3 ^a	721±58.1 ^b
Sex		Male	Female	
	Glycine	66±18.2	48±15.7	
	Valine	25±6.3	34±10.2	
	Isoleucine	18±3.9	24±4.8	
	Leucine	32±7.5	42±11.9	
Maturity		Mature	Maturing	Immature
	Taurine	504±103.7 ^a	513±80.1 ^a	693±220.6 ^b
Date		August	September	October
	Aspartic acid	1±2.7 ^a	5±5.8 ^a	18±13.2 ^b
location		North	South	
	Methionine	35±7.2	42±9.1	

^a ^b The same letter superscript shows no significant difference in the value within a row.

Table 3. Proximate composition of the mantle muscle of the squids and statistical analysis of the data on each group of size, sex, maturity, date, and location

	Content * ¹ (mg / 100g) n = 45	Singificance * ²				
		Size n = 34	Sex n = 24	Maturity n = 24	Date n = 22	Location n = 22
Moisture	75.6±0.78	NS	NS	p<0.05	NS	NS
Crude lipid	1.3±0.18	p<0.01	NS	NS	NS	NS
Crude protein	20.2±0.51	NS	p<0.05	NS	NS	NS
Ash	1.7±0.07	NS	NS	NS	NS	NS

NS : Not significant (p>0.05) n : number of samples

*¹ Mean ± SD*² Significantly differences were analysed by F-test.**Table 4.** Proximate composition (Mean ± SD) showing significant difference in Table 3

		group		
		1	2	3
Size		Big	Middle	Small
	Crude lipid	1.4±0.13 ^a	1.3±0.18 ^{a,b}	1.2±0.18 ^b
Sex		Male	Female	
	Crude protein	20.5±0.42	20.0±0.69	
Maturity		Mature	Maturing	Immature
	Moisture	75.1±0.73 ^a	76.0±0.74 ^b	75.1±0.72 ^a

^{a,b} The same letter superscript shows no significant difference in the value within a row.

謝 辞

本稿の御校閲を賜った金沢大学理学部附属臨海実験所の笹山雄一教授に深謝する。

文 献

- 1) 鴻巣章二, 秋山明子, 森高次郎: 水産動物筋肉のエキス成分-I. スルメイカ筋肉エキス中のアミノ酸, トリメチルアミン及びトリメチルアミノキサイドについて. 日水誌, 23, 561 - 564 (1958).
- 2) 山口勝己, 渡辺勝子: 魚介肉の味とエキス成分. 「魚介類のエキス成分」(坂口守彦編), 恒星社厚生閣, 東京, 1988, pp.104 - 115.
- 3) 遠藤金次, 藤田真夫, 清水亘: 水産動物肉に関する研究-XXX. イカ肉中の遊離アミノ酸, トリメチルアミノキサイドおよびベタインについて. 日水誌, 28, 833 - 836 (1962).
- 4) 飯田遥, 中村弘二, 徳永俊夫: 外洋性頭足類筋肉エキスの含窒素化合物組成. 日水誌, 58, 2383 - 2390 (1992).
- 5) 山中英明, 松本美鈴, 畑江敬子, 中谷肇: アメリカオアカイカの異味成分に関する研究. 日水誌, 61, 612 - 618 (1995).
- 6) 須山三千三, 小林博文: イカ類外套筋の遊離アミノ酸と4級アンモニウム塩基の組成. 日水誌, 46, 1261 - 1264 (1980).

Spectrophotometric Determination of Pigments in Full-mature and Vegetative Parts of *Ulva pertusa*

Michio Tajima

Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center, Ushitsu, Noto, Fugeshi, Ishikawa
927-0435, Japan

(Received December 5, 1997)

The fertile thalli of *Ulva pertusa* were collected from intertidal and subtidal zones in Notojima, Noto Peninsula, Ishikawa Prefecture. These thalli were divided into three groups as the male, the female gametophytes and the sporophytes. The absorption spectra of pigments in the intact thalli and in the methanol extracts were analyzed by spectrophotometric measurement.

The absorption spectra indicated that the full-mature parts were characterized by higher content of carotenoids and lower that of chlorophylls than the vegetative parts.

Absorption difference spectra of the full-mature parts versus the vegetative parts of the intact thalli showed a distinct absorption band around 505 nm. The formation of this red pigment seemed to be an important characteristic change in the course of the fertilization of this algae.

Absorption difference spectrum of pigments in the methanol extracts of the full-mature parts versus the vegetative ones showed a maximum at 453 nm and a shoulder at about 473 nm. The absorption maximum at 505 nm in the intact thalli sifted toward shorter wavelength as a result of extract into methanol.

Key words: spectrophotometric determination, *Ulva pertusa*, carotenoids, chlorophylls, red pigment

In general, the fruiting of *U. pertusa* usually occurs at biweekly intervals during the spring neap tides of a lunar month. When they become fertile the full-mature parts of the thalli differ in color from the vegetative interior ones. The full-mature parts of thalli always turn rather yellowish green than the vegetative ones. The color change in the full-mature parts of three plants, i.e. the male, the female gametophytes and the sporophytes, is somewhat different from each other.¹⁻⁵⁾

Such color difference suggests that some modification of the pigments or the change in the pigment composition might have taken place between the vegetative parts and the full-mature ones.⁶⁻⁹⁾

In the present study the absorption and the absorption difference spectra of pigments in the intact thalli and the methanol extracts of the vegetative and the full-mature parts of the three plants of *U. pertusa* were measured by spectrophotometric determination. The difference of pigment composition in the respective materials was investigated by comparing the spectra obtained.

Materials and Methods

Materials

The fertile thalli of *U. pertusa* used in this study were collected in Notojima, Noto Peninsula during march, 1985. After return to the laboratory of Ishikawa prefecture marine culture station in Notojima, they were divided into groups as the male, the female gametophytes and the sporophytes. Because color change was quite remarkable in fertile fronds, it was easy to cut off the full-mature parts

from the thalli with scissors.

Preparation of Pigment Extracts

The vegetative and the full-mature parts of *U. pertusa* were carefully wiped with filter papers. These materials (5-10 g wet weight) which were weighed according to color tone were cut up into small pieces and were put into Erlenmeyer flasks of 100 ml volumes. Pigments in them were extracted with absolute methanol containing 0.5 mg basic MgCO₃ in the dim light at room temperature until they were colorless. The residue in these pigment extracts was removed by being filtered out through the 3g-2 glass filters.

Spectrophotometric Determination

Absorption spectra of the intact thalli were measured with a Shimadzu multipurpose spectrophotometer MPS 50L. Opal glass method was used for this analysis. The vacancy opal glass slide and the opal glass slide with a small piece of thallus which was spread smoothly were set to the cell holder of reference side and sample side of spectrophotometer, respectively. The absorption spectra were examined as usual.

The absorption spectra of the methanol solutions of pigments were determined with a Shimadzu spectrophotometer UV-200. This analysis was also carried out in 1 cm-cells.

The absorption difference spectra were examined by way of setting the vegetative parts to reference side and the full-mature ones to the sample side of the spectrophotometer.

Results

Pigments in the Intact Thalli

Fig. 1 shows the spectra of the pigments in the male (A), the female gametophyte (B) and the sporophyte (C) examined by the opal glass method. The absorption spectra of the vegetative (a) and the full-mature part (b) and the absorption difference spectrum (c) between the each are in this figure.

The six absorption spectra were essentially similar in shape. The main absorption bands in those spectra were commonly located at 425 nm and 670 nm and the shoulder at about 575 nm and 645 nm, respectively.

The 650-675 nm band was higher in the absorption

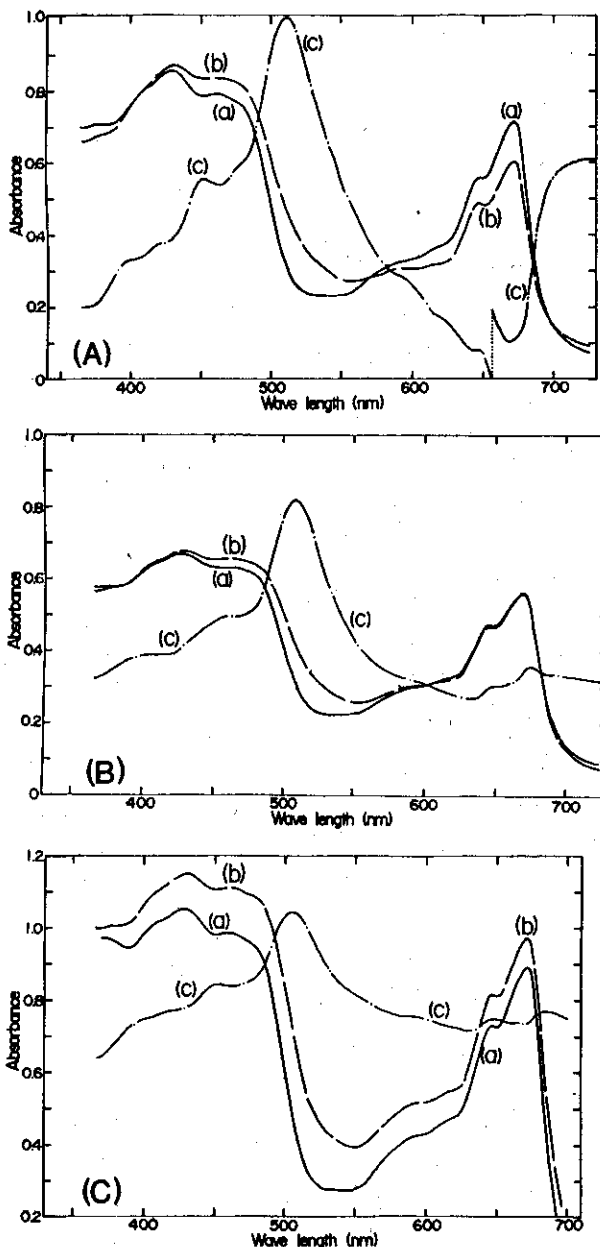


Fig. 1. Absorption and absorption difference spectra of the vegetative and the full-mature part of the male, the female gametophyte and the sporophyte of *Ulva pertusa*. (A), male gametophyte; (B), female gametophyte; (C), sporophyte; (a), vegetative part; (b), full-mature part; (c), full-mature part versus vegetative one.

spectrum of the vegetative parts than in that of the full-mature one of the male gametophyte, but the 450-570 nm band conversely was lower. The height of the 650-675 nm band in the vegetative spectrum of the female gametophyte was almost identical with that in the full-mature one, but the 450-570 nm band is low in the vegetative.

The two absorption spectra of the sporophyte extremely resembled each other in shape, though the ratio of 500-550 nm to 665 nm was somewhat lower in the vegetative spectrum than in the full-mature one.

The spectral difference of the full-mature parts and the vegetative ones of three plants shows that the pigments in them were different in composition each other.

The main maxima of the absorption difference spectra (c) of pigments in the vegetative part versus in the full-mature one of the male, the female gametophyte and the sporophyte were located at 505 nm. Shapes of absorption maxima were sharply in the male spectrum, somewhat sharply in the female one and shortly in the sporophyte one.

Pigments in the Extracts

Fig. 2 shows the absorption spectra ((a) and (b)) and the absorption difference spectrum (c) of pigments extracted by methanol from the vegetative and the full-mature parts of the male thalli.

The absorption spectra of extracts from the vegetative parts had the major absorption maxima at 436 nm, 468 nm and 665 nm. The main absorption maxima of the full-mature parts was located at 438 nm, 468 nm and 665 nm. The absorption maximum at 436 nm of the vegetative spectrum sifted 2 nm toward longer wavelength as a result of maturity. The

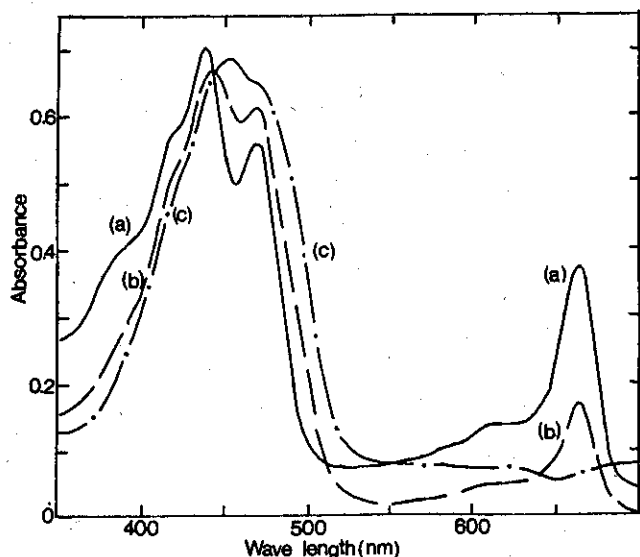


Fig. 2. Absorption and absorption difference spectra of the pigments extracted into 100% methanol from the vegetative and the full-mature parts of *U. pertusa*. (a), vegetative parts; (b), full-mature parts; (c), full-mature parts versus vegetative ones.

absorption maximum of the vegetative at 665 nm was higher than that of the full-mature parts, but the absorbance at 440-525 nm was lower. Those results could be interpreted that there was some differences in the pigments composition between the two parts.

The absorption difference spectrum of the full-mature parts versus the vegetative ones showed that the absorbance curve at 650-750 nm (red region) was low and the absorbance at 450-520 nm (green from blue region) was high. Moreover there was the maxima at 453 nm and the shoulder at about 473 nm attributed to carotenoids. It is seemed that the ratio of the carotenoids / chlorophylls content in the full-mature parts is higher than that in the vegetative ones.

Discussion

The absorption spectra of pigments in the intact thallus of the vegetative and the full-mature part of the male, the female gametophyte and the sporophyte were comparatively similar in shape, but the ratio of absorbance of 400-500 nm to 665 nm was lower in the vegetative spectra than in the full-mature ones. On the absorption spectra in the methanol extracts from the male gametophytes, the absorption maxima in the vegetative spectrum and in the full-mature one were at 430 nm and at 428 nm, respectively. Moreover the ratio of absorbance at 400-500 nm to 665 nm in the vegetative ones was lower than that in the full-mature ones. The spectral difference between the vegetative and the full-mature parts shows that the pigment component changed and the ratio of chlorophylls / carotenoids contained was higher as a result of full-maturity.

In the intact thalli of three plants, main maxima of the absorption difference spectra of the full-mature part versus the vegetative one were located at 505 nm. The absorption maximum around this wavelength is assumed to be primarily due to a red pigment which has absorption activity in green light.

The band at 505 nm in difference spectra of the male, the female gametophyte and the sporophyte differed in the height. This indicates that there was the difference in the content of the red pigment among the full-mature part of each plants.

In vivo absorption spectra of deep-water green algae, *U. japonica*, showed a distinct band around 540 nm (green region).¹⁰ This pigment seemed to be siphonaxanthin. Siphonaxanthin was presumed to be an efficient photosynthetic pigment which was important for the green algae living in deep coastal water.¹⁰

The maximum of the absorption difference spectrum of the full-mature part versus the vegetative one was at 505 nm, therefore the red pigment in the full-mature part of *U. pertusa* is not siphonaxanthin. It is suggested that this red pigment was relevant to fruiting process or the formation of spores and their germination.

In methanol extracts, the absorption difference spectrum of the full-mature parts versus the vegetative ones had the maxima at 453 nm and the shoulder at

about 473 nm attributed to carotenoids. Previously, the author have carried out the analysis of pigments in the full-mature parts of *U. pertusa* and *Enteromorpha linza*, and detected a characteristic pigment with the absorption maxima bands at 443, 472 and 502 nm in diethylether.¹¹ In the present study, the measurement of the absorption difference spectrum of the intact thallus cleared that this pigment had the absorption maxima bands at 505 nm. It is presumed that this change is due to a disruption of a carotenoid protein link, rather than to a destruction of the pigment itself.

The color change to yellowish green of the edge due to maturing of *U. pertusa* is probably caused by the change of the carotenoids / chlorophylls ratio and by the formation of a red pigment absorbing at 505 nm. The difference of color tone of the full-mature parts among the male, the female gametophytes and sporophytes is due to the difference of the red pigment content.

Acknowledgments

The author is indebted to Dr. S. Arasaki, Dr. T. Okuda and Dr. M. Ikemori for valuable advice, encouragement and helpful discussions. It is a pleasure to record here a debt of gratitude to Mr. Y. Ohashi and Dr. T. Shikata, Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center, for their kindness in correcting the manuscript.

References

- 1) S. Arasaki: Studies on the swarms and their development in Ulvaceae and Monostromaceae. *Seibutsu*, 1, (5 / 6), 281-287 (1946).
- 2) T. Sawada and T. Watanabe: Reproduction of Ulvaceous algae with special reference to the periodic fruiting. I. Semilunar rhythmicity of *Ulva pertusa* in Northern Kyushu. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, 18, 81-88 (1974).
- 3) T. Okuda: Reproduction of Ulvaceous algae with special reference to the periodic fruiting, II. Fruiting of *Ulva pertusa* during the neap tides in Okayama. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, 19, 149-157 (1975).
- 4) G. M. Smith: On the reproduction of some pacific coast species of *Ulva*. *American journal of Botany*, 34, 80-87 (1947).
- 5) M. Chihara: *Ulva arasaki*, a new species of green algae. *Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo*, 12, (4), 849-862 (1969).
- 6) F. T. Haxo and K. A. Clendenning: Photosynthesis and phototaxis in *Ulva lactuca* gametes. *Biological Bulletin*, 105, 111-114 (1953).
- 7) M. Ikemori: Study on the change in the forms of photosynthetic pigments in marine algae according to the environmental conditions as well as the ages. I. *Bull. of the Jap. Sea Research Institute, Kanazawa Univ.*, 5, 25-87 (1973).
- 8) M. Ikemori: Study on the change in the forms of photosynthetic pigments in marine algae according to the environmental conditions as well as the ages. II. *Bull. of the Jap. Sea Research Institute, Kanazawa Univ.*,

- 6, 1-41 (1974).
- 9) M. Ohno and S. Arasaki: Information Bulletin on Planktology in Japan Commemoration Number of Dr. Y. Matsue, Pigments in spores and thallus of *Ulva pertusa*. 187-190 (1967).
- 10) Y. Yokohama: Green light-absorbing pigments in marine green algae, their ecological and systematic significance. *Jap. J. Phycol.*, **29**, 209-222 (1981).
- 11) M. Tajima: Studies on chlorophylls and carotenoids in marine algae changed with aging and processing. *The Bulletin of Ishikawa Prefectural Marine Culture Station*, **4**, 1-79 (1985).

海岸漂着重油の手作業による回収量の決定に関する研究 ナホトカ号重油流出事故の事例から

敷田麻実

(1997年12月3日受理)

The Statistical Analysis of Manual Removal of Stranded Oil Spills:
Lessons Learnt from Oil Spills Caused by Russian Tanker Nakhodka

Asami Shikida *¹

On 2nd January 1997, the Russian tanker Nakhodka, weighing 13,157 tons sank off Oki Island in the Japan Sea reportedly causing an oil spill of 6,240kl. A large amount of spilled oil drifted into the Japan Sea and in spite of offshore oil collection attempts, as a result of strong winds and rough winter weather, consequently vast amounts of this heavily emulsified oil washed up on shorelines. The oil spills had a serious impact both ecologically on the shoreline environment and economically on coastal activities such as fisheries and tourism. Great efforts were made to clean up the shorelines, chiefly by manual removal of the spilled oil. More than 200,000 local people, volunteers, public officials and self-defense force members participated in cleaning the polluted shorelines. However, in their haste to collect it quickly, they lacked the consideration to optimize their logistics and efforts. This study aims to estimate the parameters of oil removable, and to explain the framework in which those parameters work. The result shows that the amount of oil removed on a day correlates to the cumulative amount of oil removed and the number of people engaged in cleaning up on that day. The equation predicting the amount of oil collected calculated from the official reports of Ishikawa Prefecture is:

$$S=13.4827 E-0.03874 C+38458.1525 \quad R^2=0.918, F(2,34)=192.28, p<0.01$$

Where S=the amount of collected oil on a day (ℓ), E=the number of people engaged in cleaning up on a day, C=cumulative amount of oil removed (ℓ).

It is suggested from the above equation that it is possible to estimate the total amount of stranded oil that can be collected on a certain day, based on data collected in the first few days. It is also possible from this to calculate the number of people necessary to remove spilled oil at the most efficient rate. This will clearly be a great contribution to efficient manual removal of washed up oil spills in the future.

Key words: Coastal zone management, Russian tanker Nakhodka, Japan Sea, Oil spill, Volunteers, Environmental disaster

1997年1月に日本海沖合で沈没したロシア船籍のタンカー、ナホトカ号(13,157トン)から大量のC重油(以下、特に断りのない限り「重油」と表記する。)が流出した。重油は、漂流中に一部回収されたが、残りは本州日本海側1府8県の海岸に漂着して環境を汚染し、水産業や観光業のような沿岸域資源の利用者に多大な影響を及ぼした。各府県では、地元住民やボランティアらが漂着重油の回収に精力的に取り組んだ。しかし、各府県で重油事故対策の終結宣言が出た後も、海岸には重油が残留し、長期間にわたる悪影響が懸念されている。

本研究は、今回の重油流出事故で回収に参加した人員数と回収された重油量の記録から、回収量を決定する要因について分析し、重油回収努力の最適化に寄与することを目的とした。

重油流出事故の概要 1997年1月2日に日本海、隠岐諸島の北北東106kmで、ロシア船籍のタンカー、ナホトカ号が折損・沈没し、船体から6,240klにもものぼる重油が流出した。¹⁾流出した重油は、沈没しなかった船首とともに日本海を漂流したが、冬季の日本海の荒天に阻まれて、洋上での回収作業ははかどらな

*¹ 石川県水産課 (Fisheries Department of Ishikawa Prefecture, 2-1-1 Hirosaka, Kanazawa, Ishikawa, Japan 920-8580)

かった。また流出から1-2日のうちに海水を取り込んでムース状になった重油は、粘性とその量が非常に大きくなり、洋上回収をさらに困難にした。その結果、大量の重油が、船首部分とともに1月7日に福井県の三国町に漂着したのをはじめ、流出重油は本州日本海側の1府8県の海岸に広く漂着した。

石川県では、1月8日に県南部の加賀市に重油が漂着したのをはじめ、合計18市町の海岸に重油が漂着した。石川県の海岸線583kmのうち、重油が漂着した海岸線は約250km(43%)に及んだ(Fig.1)。海岸に漂着した重油は、潮間帯付近の環境を汚染し、岩礁海岸では冬季の磯での主な収穫物である岩のりの収穫をほとんど不可能にした。

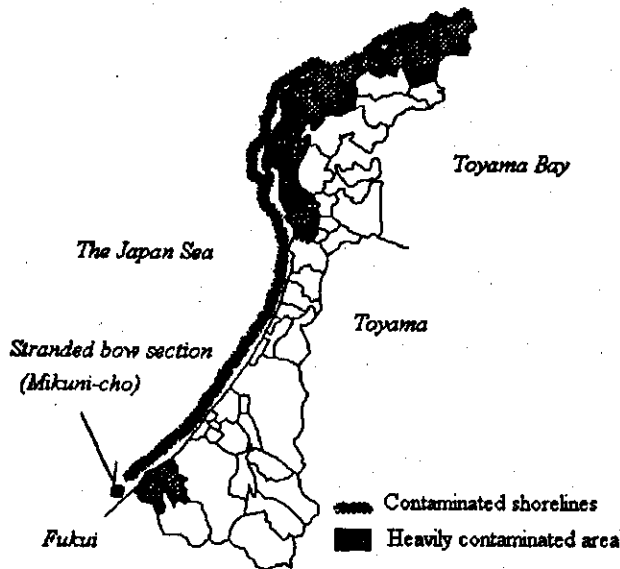


Fig. 1. Geographic description of oil contaminated areas.

重油回収の内容 重油の回収は、船舶を用いた海上作業と、漂着した海岸での作業に大きく分けられる。海上作業は、漁船・チャーター船舶・官公庁船などで、柄杓(ひしゃく)やざるを使う「すくい取り」や専用回収船・回収装置による機動的回収である。海上回収作業では、機材の機能や性能が回収量を大きく左右する。また海上であるので、天候の影響を受けやすく、悪天候で回収中止になることも多かった。さらに、地元住民やボランティアは、ほとんど参加せず、各対策本部による組織的な活動で行われるのも特徴である。

石川県では、海上で回収された重油が3,820.1kl(21%)であったのに対し、漂着した海岸で回収した重油が14,401.2kl(79%)と圧倒的に多かった。し

かし漂着重油は、流出から時間を経過してムース化しており、ポンプなどの機材はほとんど役立たなかった。また生態系への影響が不明確であるため、石川県は沿岸漂着重油に油処理剤を極力使わないように指導した。²⁾ その結果、石川県での漂着重油の回収は、スコップや柄杓で回収した重油を、バケツリレーで回収用ドラム缶まで運ぶ労働集約的な作業であった。

作業現場では、漂着した重油をすぐに回収しなければ、海岸の環境が重大な影響を受けると考え、またそうすべきだという専門家のアドバイスもあり、³⁾ 日本海側特有の厳しい冬季の気候の下でも回収作業が急がれた。しかし、早期回収を優先したため、回収作業の効率や資材・人員を最適に配置することについて検討されることは少なく、回収作業が最適化されていたとは考えにくい。またマスメディアが回収を「人海戦術」と呼んだように、人力による回収に頼らざるを得なかったため、回収の効率を考えるより、回収参加者の増員に努力が払われていた。回収参加者からは、漂着した重油をどこまで、どれだけ回収すれば作業が終了するのか、またどうすれば回収が早く進むのかなどについて疑問が出ることも多かった。

また石川県内で回収した重油の量は、海上と海岸を合わせてドラム缶約110,000本に達した。これは1府8県で回収した総重油量の53%にあたる(1997年5月16日現在)。⁴⁾

回収作業最適化の根拠 石川県での重油回収作業には、延べ204,921人が参加した。特にボランティアが回収参加者全体の40%近くを占めたことが特徴であった(Fig.2)。そして回収作業に対する彼らの直接的貢献に加え、ボランティアに参加することの社会的意義も強調された。そのため、ボランティアによる回収では、効率について考える必要はないとする意見も聞いたが、次のような理由から、本研究を進めた。第一にボランティアといえども、重油回収作業による海岸への影響が避けられない。貴重な海浜植物の生育地は、人間の歩行や運搬車輛の海岸への進入で重大な影響を受けるし、⁵⁾ 砂浜に生息する動物(例えばスナガニなど)にも同様のことが言える。

第二に、ボランティアの疲労や健康上の問題などを考慮する必要があるということである。⁶⁾ ボランティアの生命や身体の安全は最善の努力で確保されるべきであり、自己の意志で参加しているのであるから、安全や疲労防止のための効率など考えなくても良いとする意見には、著者は与しない。実際に石川県では、重油回収作業中のボランティア1名が死亡している。

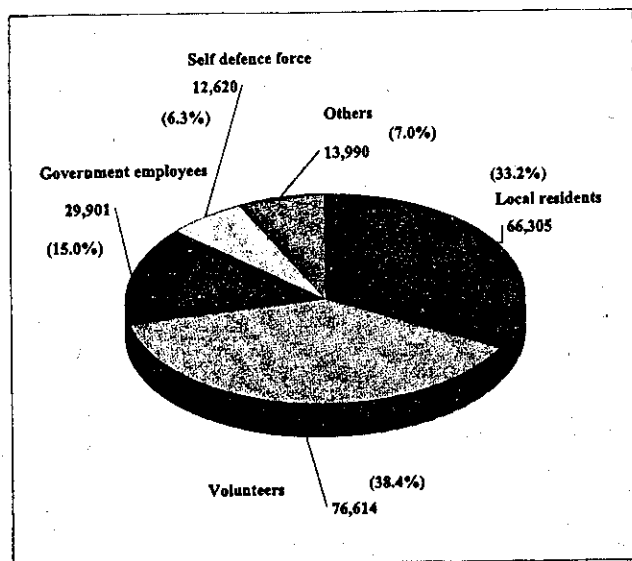


Fig. 2. Proportion of participants engaged in oil removal as of March 30, 1997.

Source: Ishikawa Prefectural Government.

第三に、総合的環境負荷を考慮する必要性である。重油の回収作業では、参加する個人ごとにゴム手袋・雨合羽・軍手などの石油系製品を必要とし、かつ使用した資材は重油汚れがひどく、再利用は難しい。再利用するにしても、灯油・洗剤・界面活性剤などによる洗浄が必要である。また回収現場へは自動車でアクセスすることがほとんどで、そのために燃料というエネルギーを消費する。このように重油の回収は「油で油をとる作業」であり、かかるコストや総合的な環境負荷を考えずに、徹底的に漂着重油を回収することが正

しい選択と結論することはできない。

分析の方法

分析の対象としたのは、石川県の海岸で行われた重油回収作業である。石川県では、回収が始まった1月8日から、市町の災害対策本部が回収参加者数や回収した重油の量を日別に集計・発表し、またその内容は県へも報告していた。本研究では、このうち組織的な回収がほとんど終了した1997年3月30日までのデータを採用した。

また本研究では、回収した重油の量を決定する回帰式のパラメータを推定するために、次のようなデータ集計方法を採用した。悪天候や現場の作業環境が悪い場合、各市町とも独自の判断で回収作業を中止している。そのため、隣同士の市町でも、回収実施と中止に分かれる日もあった。こうした差を解消するために、回収中止日のデータをスキップし、回収開始日から回収1日目、2日目というように、データを連続させた。漂着した重油の量は、回収作業を進めない限り減少しないと考えたからである。結果的に、各市町ごとのデータを集計する際に、回収開始日の異なりを補正し、回収日数と回収量の連続した変化を得たことになる。

なお本研究で用いた重回帰分析については、養谷⁷⁾および松原ら⁸⁾を参考にした。

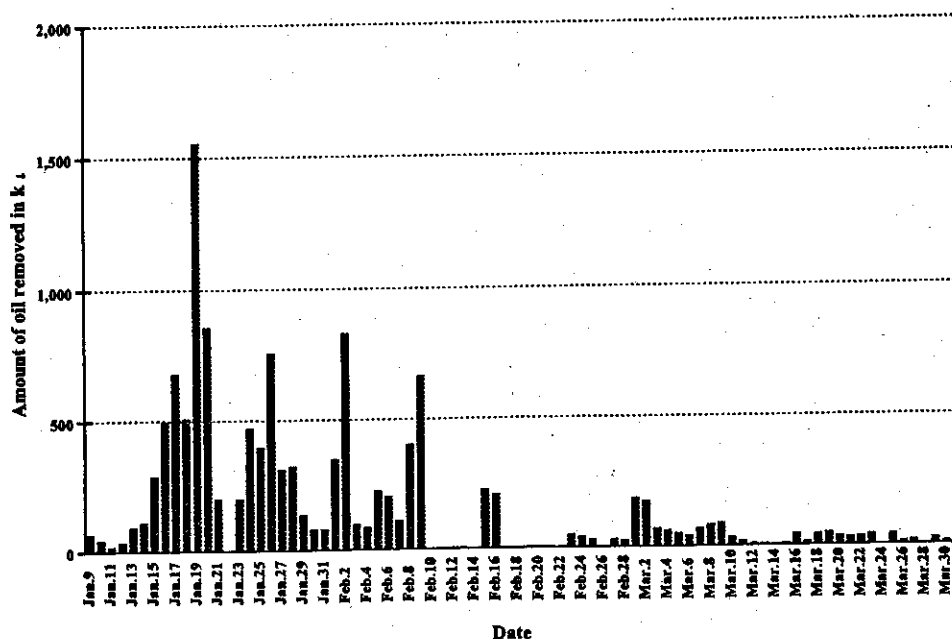


Fig. 3. Observed changes in the amount of oil removed manually in Ishikawa Prefecture.

Source: Ishikawa Prefectural Government.

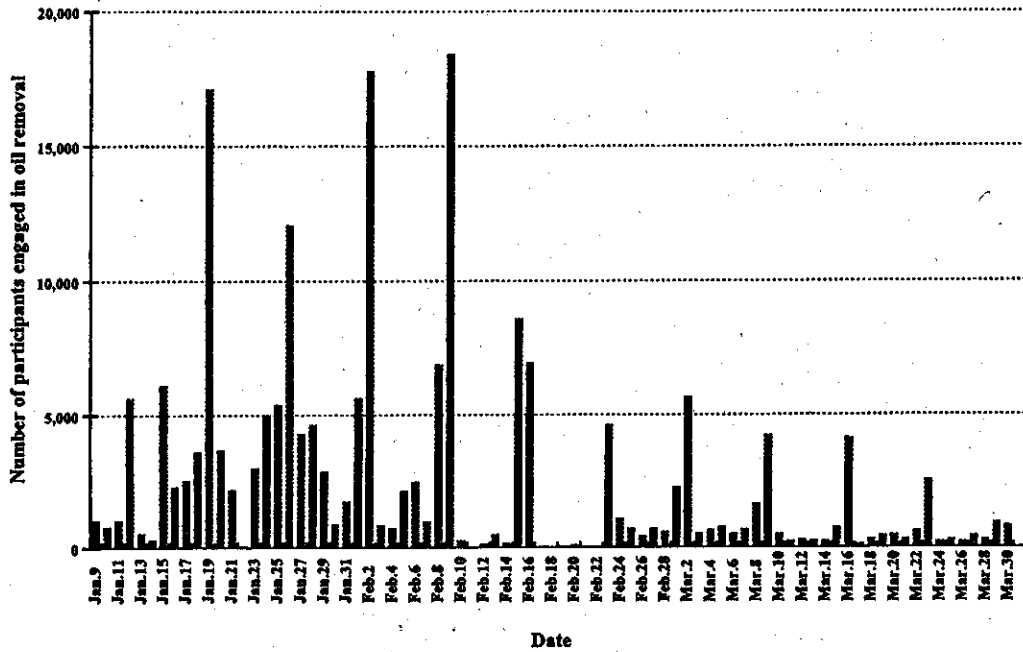


Fig. 4. Observed changes in the number of participants engaged in manual oil removal in Ishikawa Prefecture. Source : Ishikawa Prefectural Government.

結 果

回収作業と重油回収量の変化 重油の回収がどのように進められたのかを知る資料として、石川県全体の重油回収量 (Fig. 3) と回収参加者数 (Fig. 4), また重油回収量を回収参加者数で割った1人1日あたりの重油回収量の推移 (Fig. 5) を示す。

Fig. 3 と Fig. 4 から、回収参加者数が多い日と回収量が多い日が一致していないことがわかる。また1人

1日あたりの重油回収量は一定ではなく、何らかの要因で重油回収効率に変化していることを示している。単純に考えれば、これは、①回収参加者が多すぎても、空間に限りがある海岸の作業場所では、回収能率が低下する、②海岸の漂着重油が減少した場合には、回収よりも探索に時間がかかり効率が落ちる、などの理由をあげることができる。

次に、回収参加人数と毎日の1人あたりの重油回収量との関係を Fig. 6 に示す。石川県に最初に重油が漂

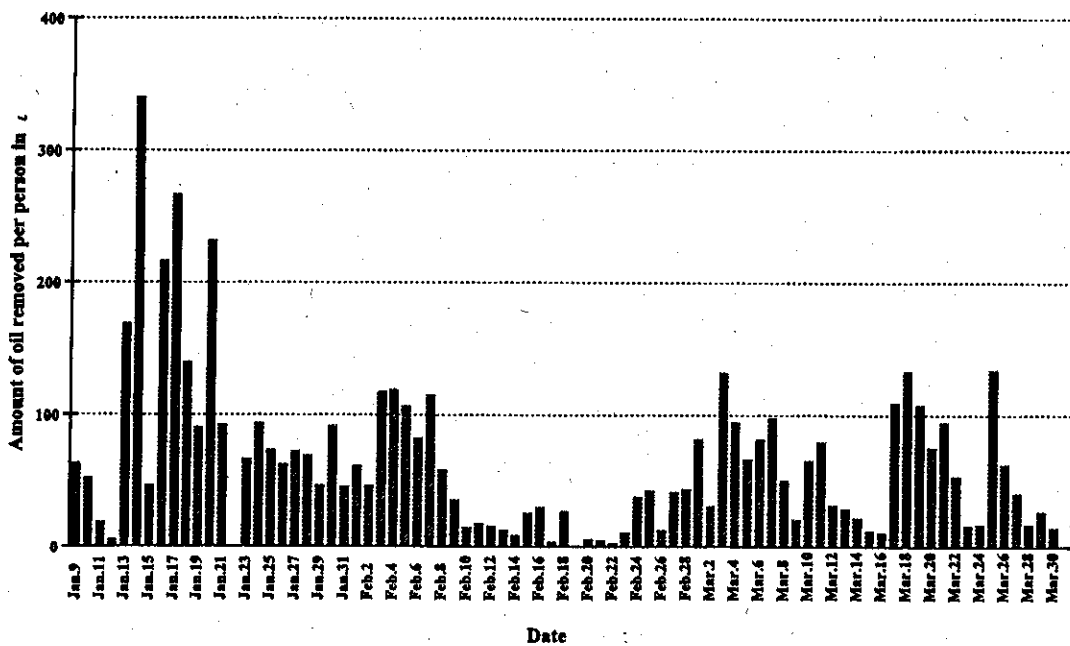


Fig. 5. Observed changes in the amount of oil removed manually per person in Ishikawa Prefecture. Source : Ishikawa Prefectural Government.

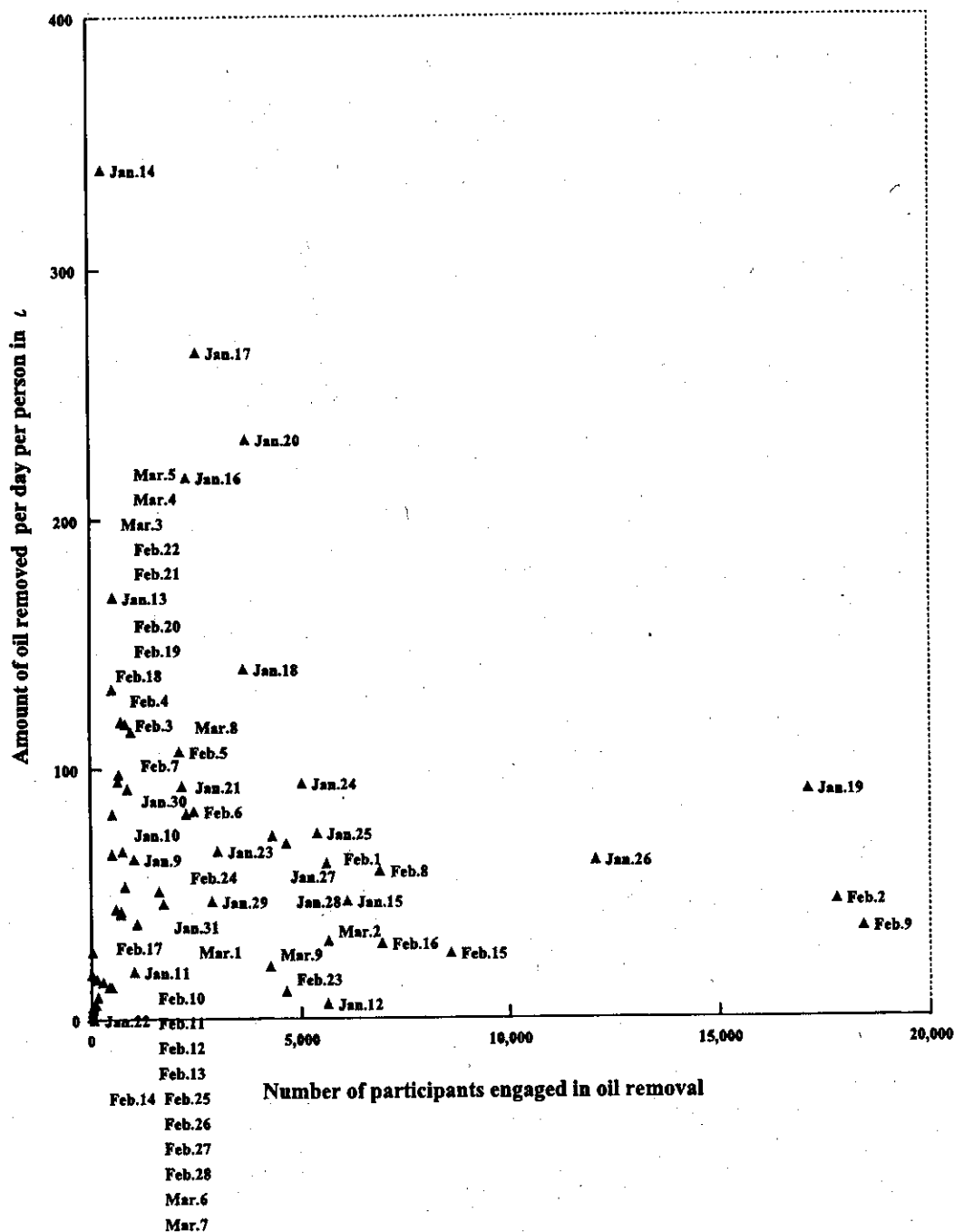


Fig. 6. The relationship between daily amount of oil removed manually and the number of participants engaged in removal in Ishikawa Prefecture. Source : Ishikawa Prefectural Government.

着したのは1月8日であり、その後、漂流重油の北上にしたがって、重油は県北部18市町の海岸にも漂着した。Fig. 6からわかるように、漂着直後の1月14・16・17・20日は1人あたりの回収量が多いが、回収が進んだ1月26日や2月2・9日では、1人1日あたりの回収量は少ない。特に、1人1日あたりの回収量が少ない1・2月の3日間は、いずれも週末で、回収参加者は多いが、回収量はそれに比例していない。

また1月19日は漂着から日数が経過していないに

も関わらず、1人1日あたりの回収量が少ない。これは、19日が日曜日で回収参加者が多く、重油残存量に対して参加者が多すぎたためと考えられる。それに加え、回収効率が低い(重油の分布密度が低い)砂浜海岸主体の9市町(松任市～羽咋市)の回収が初めて行われた日であり、いずれの市町も1人あたりの回収量は少なかった(1人あたり5.0～39.0ℓ)ことを反映したと考えられる。

全体的な傾向として、回収が進むにしたがって、1人1日あたりの回収量が落ちてきたことがわかる。そ

のため、回収が進んだ時には、多人数が回収に参加した日でも、重油回収量は少ないという結果になる。

重回帰分析による重油回収量の予測 前述したように、重油の回収量は単純に回収参加者が増えた分だけ増加するのではなく、重油の残存量と回収参加者数によって決定されると考えることができる。そこで、回収参加者数 (E) と、重油残存量 (R) によって、ある回収日の重油回収量を予測する重回帰モデルを考えた。

ただしこの分析では、重回帰分析の説明変数に、累積重油回収量 (C) と回収参加者数 (E) を用いた。累積重油回収量を用いた理由は次のとおりである。海岸での手作業による重油の回収では、海岸の重油量 (重油残存量) が少なくなるほど、単位面積あたりの重油の量が減り、回収が難しくなると考えられる。そのため重油の残存量を説明変数として利用することが考えられるが、重油の初期量がわからないので重油の残存量を推定することはできない。そこで、漂着した重油は可能な限り回収したと仮定し、回収が終了した時の回収総量 (T) を重油の初期量とする。つまりある回収日の重油残存量は、最終的な重油回収総量から、ある回収日までの累積重油回収量を引いたものである (つまり、 $R = T - C$)。しかし、重油回収総量は回収が終了するまでわからず、重油残存量を用いるのは現実的ではない。そこで重油残存量に代えて、累積重油回収量を用いた。

次に回収参加者数を説明変数に用いたのは、手作業による回収は、誰もが初めての経験であり、回収能率に差は少なく、回収量は回収参加者数に比例すると考えられるからである。天候や海象条件の変化によって、作業能率が必ずしも一定でないとする考え方もあるが、今回のデータは回収開始日から何日目という集計をしてあり、全体ではこのような影響を直接受けることはないと考えられる。

さらに著者の観察では、砂浜海岸と岩礁海岸では漂着状態が明らかに異なり、回収の状況も違っていたので、それを区別した。海岸を砂浜が主の市町 (小松市から羽咋市まで) と、岩礁が主の市町 (志賀町から珠洲市まで) に分けて、回収参加者数と累積重油回収量の2つの説明変数で、重油回収量を予測する重回帰分析を行い、回帰係数 (標準誤差) を推定した。

その結果、砂浜海岸では、次の重回帰式を得た。

$$S = 13.4827 E - 0.03874 C + 38458.1525$$

$$(11.01663) \quad (-3.06163) \quad (2.73434)$$

$$R^2 = 0.918, F(2, 34) = 192.28, p < 0.01$$

ここで、S はある日の重油回収量 (ℓ), E はその

日の回収参加者数 (人), C はその日までの累積重油回収量 (ℓ) である。

上記の式から、ある日の重油回収量は、累積重油回収量 (C) と回収参加者数 (E) で説明できることがわかる。決定係数が 0.918 と高く、回帰式の説明力は高い。また F 検定の結果から、この重回帰式は 1% の有意水準で採択できる。

またこの重回帰モデルによって得られる重油回収量の推定値と実測値を比較したのが Fig. 7 である。この図から、推定値が実測値によく迫っていて、説明力が高いことがわかる。ただし砂浜海岸での解析の場合、回収が安定していない回収開始日から 2 日間のデータは残差が大きいため削除した。

次に岩礁海岸では、次の重回帰式を得た。

$$S = 104.0676 E - 0.0267 C + 225937.022$$

$$(8.23913) \quad (-2.89675) \quad (2.57972)$$

$$R^2 = 0.776, F(2, 50) = 86.621, p < 0.01$$

やはり岩礁海岸でも、ある日の重油回収量は、累積重油回収量 (C) と回収参加者数 (E) で説明できることがわかる。決定係数は 0.776 とやや低いですが、F 検定の結果から、この重回帰式は 1% の有意水準で採択できる。この結果から、砂浜海岸と同じように、回収参加者数が多いほど重油回収量は多くなるが、累積重油回収量が増加すると、つまり回収が進むと、回収量が減少していくことがわかる。しかし岩礁海岸の場合、回収参加者が 1 人増加することにより増えると期待される重油回収量は約 104 ℓ と、砂浜海岸の約 13 ℓ に比較して大きい。すなわち岩礁海岸では、重油回収量の増加に回収参加者数が大きく効いていることが示唆される。一方累積重油回収量が重油回収量に与える影響については、砂浜と岩礁海岸との間の差はほとんどない。

考 察

本研究は、ナホトカ号重油流出事故において、海岸漂着重油の回収参加者数と重油回収量の記録から、重油回収量を決定しているパラメータを推定して、回帰モデルを考えた。その結果から、単純に回収参加者が多いだけでは回収量は増加せず、残存する重油の量が関係していることが明らかであった。

漂着した重油を海岸環境に負荷をかけずに回収するには、油処理剤や温水・高圧洗浄機を使用せず、たとえば「人海戦術」であっても、現時点では手作業で回収することが最も望ましい。^{9~11)} そこで今後の重油回収でも、地元住民やボランティアの参加が求められるで

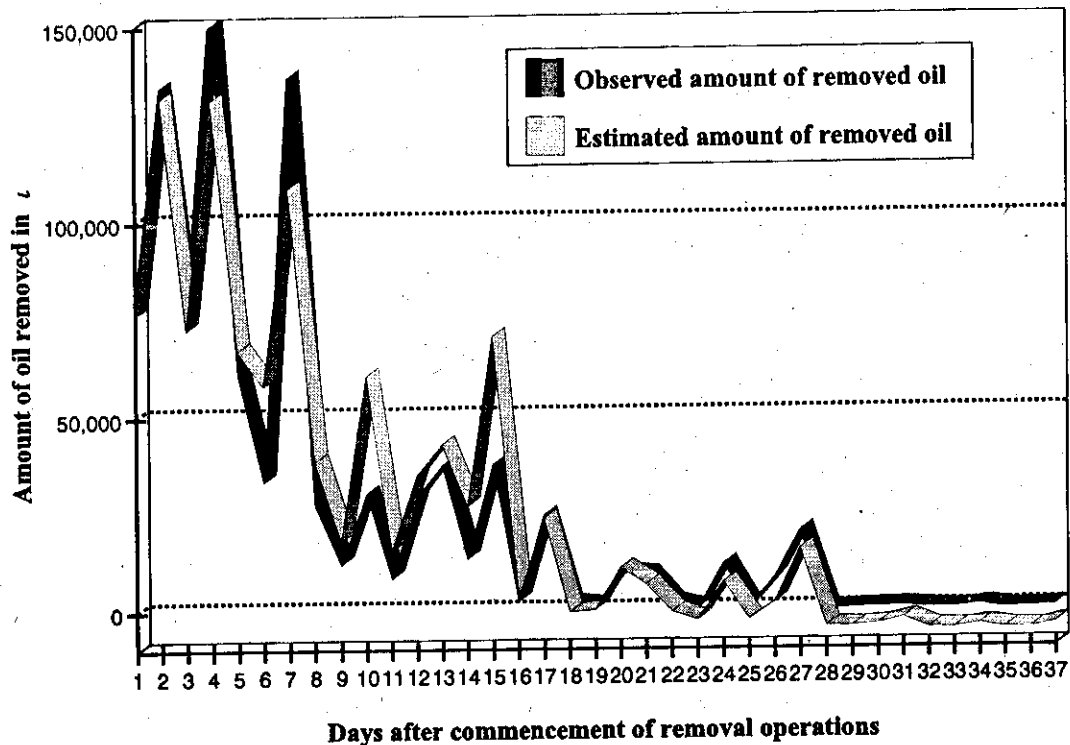


Fig. 7. Comparison of observed amount of oil removed manually at sandy beaches in Ishikawa Prefecture, and amount estimated using model equation.

あろう。こうした人々の努力を無駄にしないためにも、回収作業の効率化は必要であり、本研究の結果が利用できると思われる。

また漂着した重油のすみやかな回収は、重油の環境への影響を軽減するためには必要な措置である。しかし、回収作業最適化の根拠でも述べたように、その際に、回収参加者の生命や、身体の安全や、健康への配慮は最低限必要なことである。

そこで、本研究の結果をもとに回収目標量や回収作業の進捗度を回収参加者に示すことができれば、回収作業のめどを明らかにして、回収参加者の疲労や作業負担を軽減する効果があると思われる。

また、残存量を推定することで、ある回収日に最適な回収参加数を決定することが可能となり、地元住民やボランティアの参加者数の過多によって、海岸の環境に悪影響が出ることや、総合的環境負荷の増加を防ぐことができる。ナホトカ号重油流出事故対策では、このような回収作業の最適化が十分図られてはおらず、回収参加者の貴重な努力を効率よく回収量に反映させたとはいえないことも多くあった。今回の重油流出事故を教訓として、本研究のように回収作業の効率やその決定メカニズムを考慮することが、人的資源の浪費も生まず、効果的な対策につながると思われる。

謝 辞

データを提供していただいた石川県環境安全部消防防災課、および本研究に丁寧なコメントをいただいた石川県水産総合センター貞方勉研究主幹、大橋洋一専門員にお礼申し上げます。また研究に有益な示唆とご指導をいただいた、金沢大学経済学部の平館道子教授、佐々木雅幸教授に感謝します。

文 献

- 1) 坂場正保：ナホトカ号事故・流出油事故の概要と今後の課題。環日本海学会発表資料（1997年9月20日）松江市，（1997）。
- 2) 石川県：沿岸漂着油回収指針（てびき）素案 Ver1.2. 10pp.（1997）。
- 3) 徳田広：回収急がねば致命的。1997年1月10日毎日新聞，（1997）。
- 4) 石川県消防防災課：ロシアタンカー油流出災害の概要と対応について（1997年6月6日発表）。（1997）。
- 5) 財団法人国立公園協会：平成8年度ナホトカ号重油流出事故による海域・海浜生物等に関する調査（国立・国定公園内等の海岸）報告書。35pp.（1997）。

- 6) 石川県厚生部：重油回収作業に際しての健康上の注意事項の徹底について（1997年1月21日通知）。（1997）。
- 7) 養谷千風彦：回帰分析の話。東京図書株式会社，東京，1995，325 pp.
- 8) 松原望ほか：統計学入門。東京大学出版会，東京，1991，307 pp.
- 9) 石川県：沿岸漂着油回収指針（てびき）素案 Ver1.2. 10pp. (1997).
- 10) NOAA Hazardous Materials Response and Assessment Division: Shoreline Countermeasures Manual. 62pp. (1994).
- 11) Nordvik, A. B. : The Technology Windows-of-Opportunity for Marine Oil Spill Response as Related to Oil Weathering and Operations. *Spill Science and Technology Bulletin*, 2 (1), 17-46 (1995).

本号掲載報文要旨

石川県の船びき網漁業によるサヨリ漁獲量の解析

貞方 勉, 辻 俊宏, 四方崇文
(水産総合センター)

船びき網漁業による1964年から1996年までの漁獲量を解析することにより、能登半島近海におけるサヨリ資源量の変動特性と近年の漁獲量の減少の要因を検討して、次のことがわかった。

- 1) 資源量の最大の変動特性として増減の繰り返しが認められた。これは、本種が2年で成熟・産卵後に死亡して、隣りあう年級群の間でほとんど交流しないためである。
- 2) 資源量の増減の繰り返しは環境的要因で逆転することがあった。
- 3) 近年の資源量の減少は、沖合への進出を契機とした漁獲努力量の増加によるところが大きいと考えられた。

石水総セ研報, No1, 1-7 (1998)

アカガレイの価格形成要因に関する統計学的解析

大橋洋一 (水産総合センター)

アカガレイの価格形成要因の把握は、資源を合理的に利用するために重要である。石川県金沢港の産地市場におけるアカガレイの単価とその体長や漁獲量との相関関係を統計学的に解析した。単価は体長や漁獲量と有意な相関を示したが、有意となった漁獲量は金沢港単独分ではなく県内10ヶ所を合計したものであり、また水揚げ日当日分ではなく10日間分を集計したものであった。得られたアカガレイ単価の予測式は $Y = 9.18372(x - 219.579) + (-0.03432 \cdot C + 1841.20)$, Y: 単価(円/kg), x: 体長(mm), C: アカガレイの10港10日間集計漁獲量(kg)であった。

石水総セ研報, No1, 9-14 (1998)

選別器による定置網混獲幼稚魚の選別

池森貴彦, 大橋洋一 (水産総合センター)

石川県の定置網は多くの魚種の漁獲を目的とするため、大型魚種の幼稚魚が多数漁獲され問題となっている。これらの幼稚魚の混獲を防止するために、船上で幼稚魚を選別・再放流することを想定し、スリット・網目・タモ網の3種の形状の選別器について選択性の鋭さと、選別後の幼稚魚の生残率を調査した。その結果スリット選別器が選択性・生残率ともに優れていた。定置網で漁獲されたマダイ・マアジについて、スリット選別器により選別を行った場合の幼稚魚の抜ける尾数・金額の推定を行った。マダイでは漁獲金額の1.3%の損失で、漁獲尾数の15.5%の再放流が可能であり、マアジでは漁獲金額の0.8%の損失で、漁獲尾数の6.1%の再放流が可能であると推定された。

石水総セ研報, No1, 15-22 (1998)

タイ類の投棄量削減をめざした小型底びき網の改良

大慶則之 (石川県水産課)

小型底びき網によるマダイ、チダイ、キダイ投棄魚の削減方法を検討するため、目合内径31mmの魚捕り後方に、目合の大きい魚捕りを連結し、3通りの方法で試験操業を実施した。3種に対する網目選択性曲線と全選択曲線を比較した結果、目合内径56mmの魚捕りを連結し、魚捕り末端を縫い合わせて曳網する方法は、投棄魚の選択的削減に有効で、かつ実用性が高いと判断された。投棄魚数は、目合内径31mmの魚捕りを用いた場合と比較してマダイ、チダイで1/4、キダイで1/2に減少すると推定された。

石水総セ研報, No1, 23-29 (1998)

コイの体成分と肝臓酵素活性に及ぼす飼料タンパク質の影響

四方崇文 (水産総合センター)

示野貞夫 (高知大学農学部)

コイにカゼインを唯一のタンパク質源とする対照飼料、ならびにグルテンとカゼインまたはゼラチンとカゼインを併用した飼料を30日間給与した。12.5%または25%グルテン配合区および10%ゼラチン配合区の成長やタンパク質効率は対照区のそれらに匹敵したが、20%以上のゼラチン配合区では成長とともにタンパク質蓄積率は著しく低下し、肝臓グリコーゲンや血清尿素の含量は増加した。しかし、糖代謝、脂肪酸合成およびアミノ酸分解に関与する肝臓酵素の活性は飼料タンパク質の質にはほとんど影響されなかった。

石水総セ研報, No1, 31-35 (1998)

スルメイカの大きさ、雌雄、成熟度、漁期、漁場によるエキス成分の違い

高本修作 (水産総合センター)

大きさ、雌雄、成熟度、漁期、漁場の異なるスルメイカの胴肉について、食品の味に関するエキス成分や一般成分を分析し、各群によって有意差があるか否かを統計的に比較した。主要なエキス成分は、Tau, Pro, Oct, Arg, Ala, Hisであった。本研究はイカのねり製品の開発を目指して始められたものであるが、大きさや雌雄の異なるイカを原料として用いると“食品の味”に影響を受ける可能性があることが示唆された。エキス成分では大きさ、雌雄に分けると高い有意差がみられ、特に、Tau含量は外套背長が大きくなるとともに減少し、Pro含量は外套背長が大きくなるとともに増加した。

石水総セ研報, No1, 37-41 (1998)

アナアオサの栄養体と成熟部に含まれている色素の吸光分析

田島迪生 (水産総合センター)

アナアオサの栄養体と成熟部に含まれている色素を吸光分析した。生体での吸収スペクトルは665 nm に対する400 ~ 500 nm の吸光値比が栄養体部に比べ成熟部で高かった。栄養体部に対する成熟部の吸収差スペクトルは、505 nm に吸収極大を示し、雄 > 雌 > 造胞体の順に顕著であった。

雄のメタノール色素抽出液での栄養体部と成熟部の吸収差スペクトルは453 nm に吸収極大と473 nm に吸収の肩を示し、生体中で505 nm に極大を持つ色素は、短波長側にシフトした。

石水総セ研報, No.1, 43 - 46 (1998)

海岸漂着重油の手作業による回収量の決定に関する研究：ナホトカ号重油流出事故の事例から

敷田麻実 (石川県水産課)

1997年1月2日に日本海、隠岐の島の沖合で、ロシアのタンカー、ナホトカ号が折損・沈没し、船体から6,240 klにもものぼる重油が流出した。石川県では1月8日に県の南部の加賀市に重油が漂着し、その後も日本海側の18市町の海岸線に、連続して重油が漂着した。海岸に漂着した重油は、汀線付近の環境や生態系に影響を与え、岩礁海岸では潮間帯を汚染した。しかし回収作業は人力に頼らざるを得なく、効率を無視したように多人数が回収に出ることもあった。そこで回収の科学的分析のために、油の回収量や回収参加者数のデータを元に、重回帰分析を試みた。その結果、ある日に回収した重油量が、累積重油回収量と回収参加者数で説明できることが解り、次のような回帰式を得た。

$$S = 13.4827 \times E - 0.03874 \times C + 38458.1525$$

$$(R^2 = 0.918, F(2, 34) = 192.28, p < 0.01)$$

S : ある日の重油回収量 (kl), E : 回収参加者数 (人), C : 累積重油回収量 (kl) この回帰式を元に、回収作業を効率化することが出来る。つまり漂着した重油の回収データから、海岸漂着油の総回収量の予測が可能であり、また効率の高い回収計画の立案が可能である。このような点で、本研究の結果は今後の重油事故対策に重要な役割を果たすと考える。

石水総セ研報, No.1, 47 - 54 (1998)

石川県水産総合センター研究報告

発行年月 1998年3月

編集・発行者 石川県水産総合センター

〒927-0435 鳳至郡能都町字宇出津新港3丁目7番地

TEL 0768-62-1324 FAX 0768-62-4324

印刷所 (株)能登物産商会印刷部

〒927-1213 珠洲市野々江町メ部63番2号

TEL 0768-82-0577 FAX 0768-82-0565

Bulletin of Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center

No.1

March 1998

CONTENTS

Analysis of Catches of Halfbeak <i>Hyporhamphus sajori</i> by Two-Boat Seine in Ishikawa Prefecture.....	Tsutomu Sadakata, Toshihiro Tsuji, and Takafumi Shikata	1
Statistical Analysis of Factors Affecting the Unit Price of Flathead Flounder	Yoichi Ohashi	9
Selection of Bycatch of Juvenile Fish in Set-net with Selector	Takahiko Ikemori and Yoichi Ohashi	15
Improvement of the Danish Seine Codend to Decrease Discarded Sea Breems	Noriyuki Okei	23
Effect of Quality of Dietary Protein on Body Composition and Hepatopancreatic Enzyme Activities in Carp	Takafumi Shikata and Sadao Shimeno	31
Some Extractive Components of Squids : Differences in Size, Sex, Maturity, Date of Samplings, and Location.....	Shuusaku Takamoto	37
Spectrophotometric Determination of Pigments in Full-mature and Vegetative Parts of <i>Ulva pertusa</i>	Michio Tajima	43
The Statistical Analysis of Manual Removal of Stranded Oil Spills : Lessons Learnt from Oil Spills Caused by Russian Tanker Nakhodka	Asami Shikida	47