

ISSN 1881-5200
Mar.2007

島根県水産技術センター研究報告

第1号

平成19年3月

島根県水産技術センター

島根県水産技術センター研究報告

第1号

2007年3月

目次

報 文

島根県敬川沖における魚類の出現特性-III

- 底生魚類群集の経年変動 -

..... 森脇晋平・若林英人・為石起司 1

ポータブル型近赤外線分光分析装置によるマアジ、アカムツ脂質含有量の非破壊測定とその活用事例

..... 清川智之・井岡 久 11

島根県周辺海域で漁獲されたアカムツ総脂質含有量の季節変化と個体差

..... 清川智之・開内 洋・井岡 久 19

ワカメ養殖業安定化対策試験-I

- 島根県におけるワカメ養殖の実態調査結果 -

..... 道根 淳・佐々木 正・清川智之 25

島根県多伎海域における種苗放流メガイアワビの漁獲状況

..... 内田 浩・佐々木 正 33

中海における漁獲量変動..... 森脇晋平・道根 淳 41

宍道湖における塩分の長期的変動..... 森脇晋平・安木 茂 49

他誌掲載論文の抄録..... 61

本号掲載要旨..... 62

島根県敬川沖における魚類の出現特性—III — 底生魚類群集の経年変動 —

森脇晋平¹・若林英人²・為石起司³

Occurrence of fish off Uyagawa, Shimane Prefecture—III — Interannual variability in occurrence of demersal fish community —

Shimpei MORIWAKI, Hideto WAKABAYASHI and Tatsuji TAMEISHI

Abstract: We examined occurrence of demersal fish, and considered the relationship between alternation of the fish fauna and the oceanographic condition in the south-western Japan Sea off Uyagawa for the period between 1982 and 2003 except 1984-85,1994. Using the cluster analysis of similarity index of fish fauna, three major groups of years were distinguished: group I, from the early 1980s through mid-'80s; group II, from the late 1980s through late 1990s; group III, from the end 1990s to early 2000s. Ratio of cold-water fish were relatively higher in the period from group I, however, declined in the period of group II and cold-water fish were rarely observed in the period of group III. This indicates that the interannual fluctuations of species diversity coincide with changes in long term oceanographic conditions, implying that the oceanic changes affect the composition of fish communities.

キーワード：底生魚類群集，経年変動，島根県敬川沖，日本海南西部

はじめに

島根県敬川沖における底生魚類群集については、出現魚種の整理¹⁾及び魚類相の季節的変動と海況特性との対応関係²⁾についてすでに報告した。今回の報告では魚類群集の経年変化と既報の海洋環境とを対比した結果について述べる。

資料と方法

資料は既報^{1,2)}において用いたものと同じものである。

出現魚種の経年的な変動パターンを検討し、お互

いに同じ傾向をもって相関・連動する魚种群の組み合わせを抽出してデータの類型化を行うことを目的として、得られた資料を用いてクラスター分析を行った。ここでは数量そのもののデータではなく存否のパターンのデータとして処理した。具体的には、年ごとに魚種ごとの出現を「無し・有り」の0(無し) — 1(有り) データに変換してクラスター分析を行い、デンドログラムを得た。

また本報告では、出現した魚類の分布について加藤³⁾に記載されているものに従って3つのタイプ(寒冷系, 中間系, 温暖系)に分類した。これに記載のない魚種は、加藤³⁾に記載のある魚種のタイプと中坊ほか⁴⁾の分布域とを対比し整合性を保つように考慮して、タイプ分けを行った。

¹ 総合調整部 General Coordination Division

² 現：島根県浜田水産事務所 Hamada regional office of Fisheries Affairs, 254 Kataniwa, Hamada 697-0041, Japan

³ 現：島根県隠岐支庁水産局 Oki regional office of Fisheries Affairs, Saigo, Okinoshima 685-8601, Japan

結果と考察

本調査対象海域（図1）では調査期間を通じて259種の魚類の出現が認められている¹⁾が、出現状況の経年変化を付表に示した。確認した魚種数は1982年の最大150種から2000年の最低77種まで変動しており、長期的には減少傾向を示している。これはこの海域に出現する魚種数が必ずしも減少していることを意味するものではない。というのは、図2に示したように年ごとの曳き網回数と魚種数とを対比してみると両者には高い相関がみられる ($r=0.925$, $p<0.1\%$) からである。このことは曳き網回数すなわち掃海面積の増減によって魚種数が増減していると考えることによって理解できよう。太平洋南区の底曳き網漁業での漁獲物の種類数と航海数との関係を調べた結果によると⁵⁾、航海数の増加に伴って魚種数も増えることが認められている。工藤ほか⁵⁾は航海数を掃海する漁場面積と考えており、掃海面積と漁獲される魚種数との正相関の対応関係は一般的な現象であると考えられる。つまり出現種数の変化は曳き網回数の増減によってもたらされたものと考ええる。

出現魚種を分布によって3つのタイプに分類したが（付表）、その組成の変化を図3に示した。温暖系の魚種の占める割合は70.5～82.0%、中間系のそれは16.2～25.7%、寒冷系のそれは0～5.5%、をそれぞれ変動した。それらの割合に顕著な経年的な変化

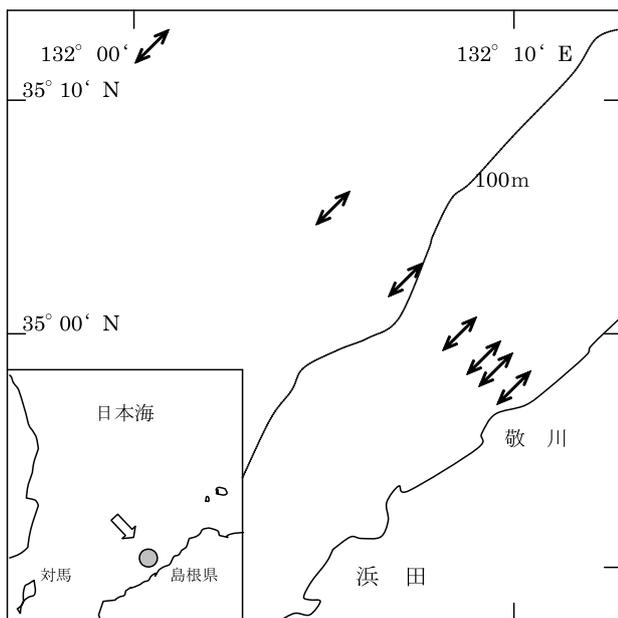


図1. 調査対象海域

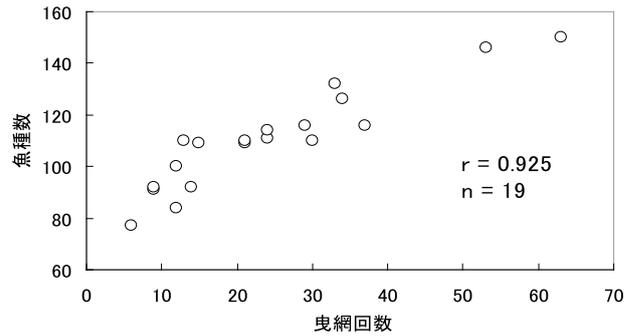


図2. 曳網回数と出現した魚種数との関係

は指摘できない。ただ、1980年代から1990年代初頭に寒冷系魚種の出現がみられたが、それ以降はみられないか、みられてもごくわずかの出現となった。

クラスター分析により各年々の類似性を検討した。組み合わせが結合している年が左にあればあるほど年の間の距離が短くて類似度が高いことを示しているが、分析の結果は大きく3つのグループに分類できた（図4）。1つは1980年代初めから半ばまでのグループI（1982, 1983, 1986）、2つ目は1980年代後半から1990年代後半までのグループIIで、これはさらに前半のサブグループII-a（1987～1990）と後半のサブグループII-b（1991～1993, 1995, 1997～1998）に分割される。さらに3つ目は1990年代末から2000年代初めまでのグループIII（1996, 1999～2003）である。

出現した魚種数の組成の経年変動（図3）をクラスター分析して類型化した結果（図4）とを対比してみると、I～II-aグループの各グループでは寒冷系魚種の占める比重が相対的に高かったが、その後は出現比率がしだいに減少して、II-b及びIIIの各グループではほとんどみられなくなったことがわかる。

ところで、日本海南西部海域の海況について特に水温の長期的な変動に関連した報告⁶⁻¹¹⁾を総合的

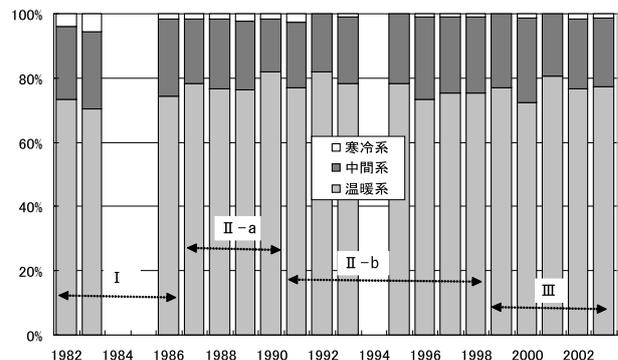


図3. 出現した魚種組成の経年変動

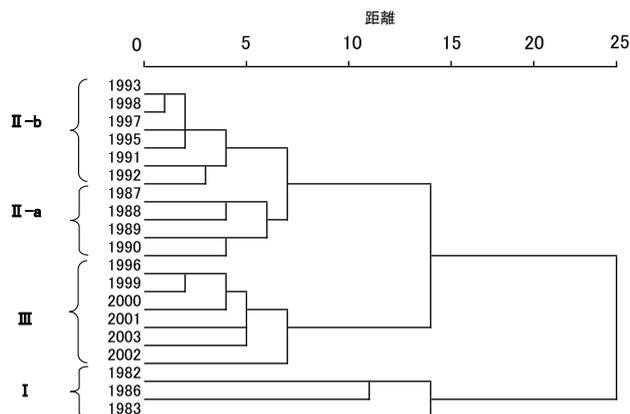


図4. クラスタ分析の結果

に要約すると、日本海南西部沿岸域では1980年代半ばまでは低温期であったが1980年代後半から上昇に転じ、その後1990年代末からは高温期にはいった、といえよう。このような水温の変遷と出現魚種を類型化した年々の対応関係は現象的にはよく符合する。すなわち、IとII-aのグループは低温期、II-bのグループは移行期、IIIのグループは高温期にそれぞれ呼応する。そして種組成の視点からは低温期から移行期にかけて寒冷系種の組成が減少して高温期にはほとんどみられなくなったことが指摘できる。

クラスタ分析の特性から考えて、各グループはお互いに同じ傾向をもって相関・連動する魚種群の組み合わせであろう。したがって、経年的な各グループの出現状況と水温の長期的な変動傾向の比較的良好な対応関係は低温期と高温期の水温環境の差異が魚種組成に影響を与えていることを示唆している。島根沖では陸棚底層部の海況変動が重要底魚類の分布パターンに影響を与えていることが報告されており¹²⁾、北部日本海におけるマダラ漁獲量や日本海南西海域におけるヤリイカ漁獲量と冬季水温とは連動していた^{13, 14)}。このように水温変動に伴う底魚類の分布変動が種組成の変遷に影響を与えている可能性は高い。ただ、環境と生物との関係を短絡的に結びつけるのは注意を要する。ここでは水温の長期的な変動と底魚類の組成の変遷との間には何らかの共変動、連動関係が存在することが示唆されることを指摘しておくに留めたい。

この海域(図1)は生物地理学的視点からみて魚類分布の南方系と北方系の境界にあたる^{15, 16)}ばかりでなく、まき網、底びき網、定置網などの主要漁業の好漁場である。それゆえ、今後ともこの海域における魚類群集の調査研究の充実が望まれる。

謝 辞

この調査を実施するにあたり、島根県水産試験場(現・島根県水産技術センター)調査船「明風」の歴代の乗組員一同、並びに関係職員にはデータの収集・整理に御協力いただき心より感謝します。

文 献

- 1) 松本洋典(2005) 島根県敬川沖における魚類の出現特性 - I. 島根水試研究報告, 12, 79-86.
- 2) 森脇晋平・松本洋典・為石起司・若林英人・田中伸和(2006) 島根県敬川沖における魚類の出現特性 - II. 島根水試研究報告, 13, 21-44.
- 3) 加藤源治(1956) 日本海海産魚類目録, 日本海の底魚漁業とその資源(以東底魚資源調査経過報告). 日水研研究報告, 4, 311-331.
- 4) 中坊徹次・編著(2000) 日本産魚類検索 全種の同定(第二版). 東海大学出版会, 東京.
- 5) 工藤晋二・通山正弘・水関隆(1966) 太平洋南区における底魚類の生態学的研究 I. 魚種組成よりみた群集構造について. 南海区水産研究所報告, 24, 49-57.
- 6) 黒田一紀・平井光行(2003) 1990年代の日本海における海況の特徴, 特に低塩分現象について. 長江大洪水と東シナ海等の海洋環境(西海区水産研究所), 93-102.
- 7) 千手智晴・渡辺俊輝・繁永裕司(2003) 日本海山陰沿岸水温にみられる十年スケール変動. 月刊海洋, 35(1), 59-64.
- 8) 京都府海洋センター(2004) 京都府の海の水温変動. 季報 第80号.
- 9) 為石日出生・藤井誠二・前林篤(2005) 日本海水温のレジームシフトと漁況(サワラ・ブリ)との関係. 沿岸海洋研究, 42(2), 125-131.
- 10) 加藤修・山田東也・渡邊達郎(2006) 過去40年間における日本海の水温変動の特徴. 日本海区水研主要研究成果集, 1, 8-10.
- 11) 小林知吉・堀成夫・土井啓行・河野光久(2006) 山口県の日本海沿岸域における海洋生物に関する特記的現象. 山口県水産研究センター研究報告, 4, 19-56.

- 12) 森脇晋平・小川嘉彦（1989）日本海南西海域における”底部冷水”の底魚類への影響. 東北水研研報, 51, 167-181.
- 13) 石向修一（2001）北部日本海における定地水温の長期変動とマダラ分布域の北偏化. 水産海洋学会研究発表大会（2000年度）講演要旨集, p.50.
- 14) 田永軍（2005）日本海南西海域におけるヤリイカ資源の長期的変動に及ぼす海洋環境の影響. 水産海洋学会研究発表大会（2005年度）講演要旨集, p. 39.
- 15) 西村三郎（1981）地球の海と生命 海洋生物地理学序説. 海鳴社, 東京.
- 16) 中坊徹次（2005）日本の動物はいつどこからきたのか-動物地理学の挑戦-. p.71-77, 京都大学総合博物館編, 岩波書店, 東京.

付表 敬川沖板曳網調査で漁獲された魚種

綱	目	科	魚	種名	タイプ*	1982	1983	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003									
無類 軟骨魚	メクラウナギ ネコザメ メジロザメ	メクラウナギ ネコザメ トラザメ	メクラウナギ ネコザメ トラザメ ドチザメ カスザメ エイ	<i>Epiplatretus burgeri</i>	S	○																											
				<i>Heterodontus japonicus</i>	T																												
				<i>Scyliorhinus torazame</i>	T																												
				<i>Cephaloscyllium umbratile</i>	S																												
				<i>Triakis scyllium</i>	S																												
				<i>Mustelus griseus</i>	T																												
				<i>Mustelus manazo</i>	S																												
				<i>Squatina japonica</i>	S																												
				<i>Squatina nebulosa</i>	S																												
				<i>Narke japonica</i>	S																												
				<i>Torpedo tokionis</i>	S																												
				<i>Rhinobatos schlegelii</i>	S																												
				<i>Rhinobatos hynnicephalus</i>	S																												
				<i>Platyrrhina sinensis</i>	S																												
				<i>Dipturus kwangtungensis</i>	T																												
				<i>Okamejei boesemani</i>	S																												
				<i>Okamejei kenoei</i>	T																												
				<i>Okamejei acutispina</i>	S																												
				<i>Urolophus aurantiacus</i>	S																												
				<i>Dasyatis akajei</i>	S																												
				<i>Gymnura japonica</i>	S																												
				<i>Myliobatis tobijei</i>	T																												
				硬骨魚	ニシン ウナギ ニギス シヤチブリ ヒメ トゲウオ	ニシン カタクチイワシ ウツボ アナゴ ハモ ウミヘビ ニギス シヤチブリ ヒメ エソ ヤガラ サギフエ ヨウジウオ	マイワシ ウルメイワシ カタクチイワシ アミウツボ マアナゴ ハモ ヒレアナゴ ダイナンウミヘビ ミナミホタテウミヘビ ホウライウミヘビ ニギス カゴシマニギス シヤチブリ ヒメ エソ マエソ ワニエソ スナエソ チヨウチヨウエソ アカエソ オキエソ アカヤガラ サギフエ ヨウジウオ	<i>Sardinops melanostictus</i>	T																								
								<i>Etrumeus teres</i>	T																								
								<i>Engraulis japonicus</i>	T																								
								<i>Gymnothorax minor</i>	S																								
								<i>Conger myriaster</i>	T																								
								<i>Muraenesox cinereus</i>	S																								
								<i>Echelus uropterus</i>	S																								
<i>Ophisurus macrorhynchus</i>	S																																
<i>Pisodonophis cancrivorus</i>	S																																
<i>Ophichthus evermanni</i>	S																																
<i>Glossanodon semifasciatus</i>	T																																
<i>Argentina kagoshimae</i>	S																																
<i>Ateleopus japonicus</i>	T																																
<i>Aulopus japonicus</i>	S																																
<i>Saurida elongata</i>	S																																
<i>Saurida</i> sp.2	S																																
<i>Saurida wanteso</i>	S																																
<i>Synodus fuscus</i>	S																																
<i>Synodus macrops</i>	S																																
<i>Synodus tilae</i>	S																																
<i>Trachinocephalus myops</i>	S																																
<i>Fistularia petimba</i>	S																																
<i>Macroramphosus scolopax</i>	S																																
<i>Syngnathus schlegelii</i>	S																																

* N:寒冷系 S:温暖系 T:中間系

ポータブル型近赤外分光分析装置によるマアジ, アカムツ 脂質含有量の非破壊測定とその活用事例

清川智之¹・井岡 久²

Rapid non-destructive determination of fat content in raw horse mackerel and blackthroat seaperch using a portable near infrared spectrophotometer and a case of practical use

Tomoyuki KIYOKAWA, Hisashi IOKA

Abstract: From the analysis result at Shimane Prefectural Fisheries Technology Center, jack mackerel and blackthroat seaperch caught off the coast of Hamada, having abundant lipids became clear. To improve these value further, we developed the lipid measurement technique by near-infrared spectrophotometer to measure in auction and Shop. As a result, the correlation coefficient with the chemical analysis value became possible about 1% and accuracy good measurements of the forecast standard error margin as for 0.95 or more. This approach succeeded in obtaining the trust of people with whom it related and it began to appear to the price. The jack mackerel was classified with this device by a different content of the lipid, we made a dried horse mackerel that the content of the lipid is different. And it offered it to the consumer, the obtained satisfaction rating was different. In addition, when having sold it after the content of the lipid was measured in the landing site and the retail store, and the numerical value that the fish had obtained was displayed, a high evaluation "It was easy to sell and bought it easily" was obtained in blackthroat seaperch.

キーワード：近赤外線, 脂質含有量, 非破壊測定, アカムツ, マアジ

はじめに

島根県浜田漁港を基地とするまき網漁船によって漁獲されたマアジ (*Trachurus japonicus*) は, “脂の乗り” の良いことが経験的には知られていたが, 島根県水産技術センター (旧島根県水産試験場) において可食部の総脂質含有量 (以下脂質含有量) を分析した結果, 旬の時期 (4 ~ 8月) には全国屈指であることが科学的にも証明された^{1,2)}.

上述の研究結果, および“脂の乗り” が良好と感

じられる脂質含有量が, 官能試験結果ではおよそ10%以上と考えられたため, これを超えるマアジを地元では“どんちっちアジ”と呼んでブランド化を進めることになった。しかし, 同じ旬のマアジでも, 漁場や魚の大きさにより脂質含有量に違いがみられ, 旬の時期であっても10%を下回る事例が確認されたことから, 現場で脂質含有量を即座に確認し, 規格に合致していることを明らかにすることが急務となった。

次にアカムツ (*Doederleinia berycoides*) は, 山陰西部沖合において底曳網で多獲される主要な魚種

¹ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

² 現：島根県庁水産課 Department of Fisheries, Shimane Prefectural Government, Matsue 690-8501, Japan

で、地元ではノドグロと呼ばれている。本種は、一般に“脂の乗り”が良いとされているが、産地、季節、サイズ、さらには個体により、“脂の乗り”が大きく異なることが明らかとなり³⁾、本種の付加価値を高めるためには、マアジと同様、個体や箱ごとに脂質含有量を提示することが必要と思われた。

そこで本研究では、現場において脂質含有量を測定できる可能性のある機種の中から、ポータブル型近赤外分光分析装置を選定し、サンプリング、測定部位の検討、本装置による近赤外スペクトルの測定、脂質含有量の化学分析、およびこれらの結果を照合、解析することにより、競りや出荷、または小売の店頭等で、精度良く脂質含有量を非破壊測定するための技術開発を行った。

さらに得られた測定技術を活用し、水揚げ現場、鮮魚店等で脂質測定を行うとともに、脂質含有量の異なるマアジを用いて開き干しを作製し、試食してもらうなど、より有効な本装置の活用方法を模索することで、ブランド化や高付加価値化にどのような形で資することが可能か、若干の検討を加えた。

材料および方法

材料 マアジについては、浜田漁港のまき網（一部定置網）で漁獲された、さまざまな脂質含有量の266個体を用いた（表1）。また、アカムツについては、島根県浜田漁港の沖合底曳網、島根県仁摩漁港

表1 検量線作成, および検定に使用した標本魚 (マアジ)

標本漁獲日 (年/月/日)	測定時の状態 (解凍M・冷蔵R)	分析尾数 (尾)	平均尾又長 (cm)	平均魚体重 (g)	脂質範囲 (%) ^{※1}	LF ^{※3}
2005.3.30	R	17(7)	202.5	119.8	4.55-11.72	○
2004.4-7月	M	19(8)	176.7	82.0	2.78-18.45	
2004.10.22	M	10(4)	200.3	106.5	2.28-9.05	○
2005.3.10	M	10(4)	170-230 ^{※2}	70-150 ^{※2}	2.01-5.49	○
2005.3.17	M	10(4)	約200 ^{※2}	約100 ^{※2}	4.00-8.53	○
2005.1.28	M	10(4)	155.1	44.9	1.16-2.16	○
2005.4.13	R	40(16)	176.3	73.3	5.25-10.91	○
2005.4.25	R	20(8)	180.6	85.5	6.22-14.50	
2005.4.28	R	20(8)	189.5	98.2	11.26-16.57	
2005.4.27	R	20(8)	181.9	84.0	9.01-14.80	
2005.5.17	R	20(8)	196.3	115.7	10.83-19.60	
2005.5.19	R	20(8)	172.1	69.5	5.08-15.00	
2005.12.20	R	50(20)	224.2	150.6	1.07-7.90	○
2004-2005	M・R	266(107)				

分析尾数の()は、うち検量線の検定に用いた尾数を示す
 ※1: Bligh-Dyerの方法で分析 ※2: 尾又長、体重の測定は行わなかった
 ※3: 検量線LFを作成するのに使用したデータ

表2 検量線作成, および検定に使用した標本魚 (アカムツ)

標本漁獲日 (年/月/日)	測定時の状態 (解凍M・冷蔵R)	分析尾数 (尾)	平均尾又長 (cm)	平均魚体重 (g)	脂質範囲 (%) ^{※1}
2005.5.19	R	20(8)	246.8	291.1	9.43-27.17
2005.4.13	R	24(9)	206.9	178.7	6.92-24.34
2005.3.1	M	18(7)	283.1	412.9	23.97-35.45
2005.3.25	M	20(8)	223.0	182.1	1.19-8.00
2005.3.7	M	32(13)	240.8	248.4	4.80-40.91
2005.10.11	R	21(8)	234.2	241.6	5.40-24.18
2005	M・R	135(53)	253.4	237.6	0.85-21.05

分析尾数の()は、うち検量線の検定に用いた尾数を示す
 ※1: Bligh-Dyerの方法で分析

の小型底曳網、および県外の延縄と沖合底曳網により3~5月に漁獲された、さまざまな脂質含有量の135個体を用いた（表2）。なお両者とも、鮮魚を中心にサンプリングしたが、一部解凍魚も使用した。得られた試料のうち、およそ6割を検量線作成用、4割を検量線検定用試料とした。すなわちマアジは266尾のうち159尾を作成用、107尾を検定用試料とし、アカムツは135尾のうち82尾を作成用、53尾を検定用とした。

脂質含有量の化学分析 試料の調製と脂質含有量の化学分析については、材料の項で示した試料の左半身から、マアジでは鱗とゼイゴの後半分を、また、アカムツでは鱗を除去して得られた皮付きの魚肉を、全体が均一になるようにフードプロセッサを用いて細断した。得られた試料は、真空パックしたうえで-80℃で冷凍保存しておき、適時、Bligh-Dyer法に準じたクロロホルム-メタノール法で全脂質を定量し、分析標本の重量と全脂質重量の比から脂質含有量の割合を算出した。

近赤外スペクトルの測定 近赤外スペクトルの測定には、水産用に改良が施されたポータブル型近赤外分光分析装置（FQA-NIRGUN, 果実非破壊品質研究所（FANTEC株）社製、写真1）を用いた。本装置で測定できる近赤外スペクトルの波長の範囲は600-1100nmの間であるが、解析は直接的、間接的に脂質の影響を受ける（FANTEC 林崎氏私信）と考えられる700-950nmの範囲で行い、1回の測定におけるスキャン回数や校正方法は本装置の仕様に従った。本装置による測定については、山内らによれば表面から5mmまでの近赤外スペクトルデータから脂質含有量を割り出すとされている⁴⁾。浜田のまき網で漁獲されるマアジは比較的小型（50~150g程度）の個体を中心であること、普通筋肉の方が血



写真1 測定に用いたポータブル型近赤外分光分析装置

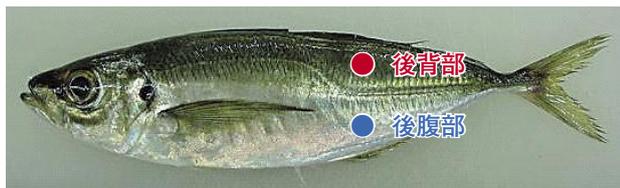


写真2 マアジの近赤外スペクトル測定部位

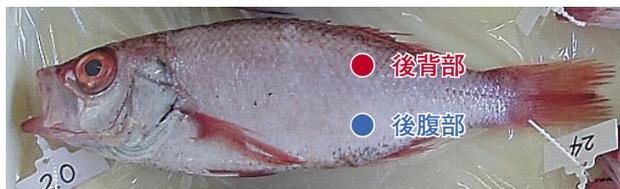


写真3 アカムツの近赤外スペクトル測定部位

合筋肉より脂質含有量の変動がはっきりしていると思われること、“ゼイゴ”や内臓の影響を避ける必要があること等から、これらの条件を満たす魚体左側後背部と後腹部の2カ所を測定部位に選定し(写真2)、それぞれに計測ヘッド部を密着させて2回ずつ測定を行った。なお、アカムツについてもマアジと同様、測定部位を魚体左側後背部と後腹部の2カ所とし、それぞれ同様に2回ずつ測定を行った(写真3)。スペクトル測定時の積算時間は魚種や測定部位により20~60msに設定した。近赤外線は温度に強い影響を受けるとされるため、測定時の魚体温度については、水揚げ時の魚体温が通常0~5℃程度であることから、現場と同程度となるよう、海水に浸漬し、冷却した状態で測定を行った。

スペクトルの解析 脂質含有量を測定するための重回帰検量線は、原スペクトルの吸光度2次微分値と、左半身の脂質含有量の化学分析値から、本測定装置に付属するソフトウェア(Ca-Maker)によって総当たり法による重回帰分析を行い作成した。な

お波長の選択は、これまでの研究によれば、魚油の特性吸収波長である920nm前後を第一波長としている事例が多いが⁵⁻⁷⁾、この解析ソフトを用いた場合、波長の選択を自由に行うことができない。そのため、上述した原スペクトルの吸光度2次微分値と化学分析値から検量線を作成し、得られた検量線を使って検定用試料の評価を行った。また、マアジでは脂質含有量が少ない個体のグループ(表1中のLF)だけでさらに検量線を作成し、検量線の精度を比較した。なお、重回帰検量線を作成するために選択した波長の数は、マアジ、アカムツの後背部、後腹部とも1~5とした。

測定技術の活用方法の検討 マアジ、アカムツとも、得られた測定技術を活用し、水揚げ現場、鮮魚店等で脂質含有量の測定を行い、毎日の漁船(漁場)や銘柄、個体ごとの脂質含有量の違いを調べ、さらに聞き取った意見を整理した。また、マアジでは本装置で測定した脂質含有量の異なるマアジ(原魚の脂質含有量:10~15%, 15~20%)の開き干しを作製し、脂の乗りに関するアンケートに回答してもらうことで、本装置の活用方法について若干の検討を加えた。

結果と考察

解析によって選択された近赤外スペクトルの波長 表3にマアジ、表4にアカムツの脂質含有量推定検量線を作成する際に選択された波長を示した。マアジ、アカムツとも選択波長数を1とした場合、解析に用いたソフトウェアによって選択された波長は、脂質含有量が少ないマアジのスペクトルデータを使用して作成したマアジ後背部の検量線を除き、油脂

表3 マアジ脂質含量推定検量線の作成、および検定結果

検量線作成 使用部位	選択 波長数	採用波長(nm)					検量線 相関係数	検定試料 相関係数	SEC (%)	SEP (%)	Bias (%)	RPD
		λ1	λ2	λ3	λ4	λ5						
後背部	1	924					0.897	0.851	2.009	2.249	0.131	1.82
	2	880	900				0.969	0.959	1.122	1.212	0.236	3.38
	3	768	876	900			0.973	0.966	1.061	1.121	0.265	3.65
	4	732	776	880	900		0.974	0.966	1.040	1.102	0.291	3.71
	●5	732	772	880	904	932	0.975	0.972	1.009	1.017	0.275	4.02
後腹部	1	924					0.916	0.899	1.824	1.795	0.504	2.23
	2	876	900				0.966	0.954	1.183	1.270	0.481	3.15
	3	856	872	900			0.968	0.960	1.117	1.170	0.470	3.41
	4	856	872	900	920		0.972	0.963	1.071	1.144	0.428	3.49
	●5	712	856	872	900	920	0.973	0.964	1.064	1.135	0.414	3.52
後背部 (LF)	1	856					0.787	0.900	1.673	1.413	-0.402	2.15
	2	880	900				0.939	0.963	0.935	0.855	0.208	3.55
	3	768	880	900			0.947	0.954	0.878	0.953	0.157	3.18
	●4	772	792	880	904		0.955	0.963	0.811	0.861	0.109	3.52
	5	772	792	820	880	904	0.958	0.961	0.790	0.881	0.121	3.44
後腹部 (LF)	1	924					0.771	0.852	1.725	1.609	0.317	1.88
	2	876	908				0.937	0.949	0.952	0.998	0.212	3.04
	3	832	876	900			0.947	0.952	0.878	0.952	0.222	3.18
	4	700	716	876	900		0.952	0.950	0.840	0.990	0.146	3.06
	●5	776	800	824	876	900	0.959	0.958	0.777	0.870	0.066	3.48

●.....:作成した検量線の中で、最も精度が高いと考えられた採用波長数

表4 アカムツ脂質含量推定検量線の作成, および検定結果

検量線作成 使用部位	選択 波長数	採用波長(nm)					検量線 相関係数	検定試料 相関係数	SEC (%)	SEP (%)	Bias (%)	RPD
		λ 1	λ 2	λ 3	λ 4	λ 5						
後背部	1	928					0.973	0.964	2.205	2.697	-0.173	3.47
	●2	828	932				0.977	0.969	2.050	2.527	0.013	3.71
	3	732	824	932			0.977	0.968	2.017	2.568	0.016	3.65
	4	828	912	932	948		0.979	0.968	1.973	2.559	-0.008	3.66
	5	732	848	912	932	948	0.979	0.967	1.948	2.568	-0.028	3.65
後腹部	1	928					0.965	0.973	2.485	2.259	0.015	4.15
	2	840	932				0.971	0.977	2.263	2.089	0.128	4.48
	3	728	868	932			0.975	0.982	2.144	1.868	-0.020	5.01
	●4	732	748	868	932		0.976	0.982	2.107	1.864	-0.007	5.02
	5	848	868	888	916	932	0.977	0.975	2.071	2.178	-0.152	4.30

●.....:作成した検量線の中で、最も精度が高いと考えられた採用波長数

の官能基であるCHの3倍音に帰属すると考えられている920nm付近にあった⁸⁾。アカムツの場合も、後背部と後腹部のすべての選択波長数の検量線とも、選択された波長は脂質に由来すると思われる920nm付近の、928nmと932nmであったことから、作成された検量線が脂質の影響を強く反映したと考えられる。しかしながらマアジでは920nm前後の波長が選択されない検量線もあった。そのような検量線では、脂質含有量を直接測定しているというよりは、脂質があることで魚肉の性状に何らかの違いが生じ、そのために脂質含有量が測定できている可能性も考えられた。

本装置を用いて果実の糖度、酸度の測定が行われているが、グルコース等の糖やクエン酸等の酸に直接吸収される近赤外線領域は、本装置で測定できる範囲にはないとされる (FANTEC 林崎氏私信)。脂質の場合も脂質含有量に起因した様々な物性の違いがあり、その影響で脂質を測定できることが示唆さ

れた。

脂質含有量測定検量線の作成と評価 表3にマアジ、表4にアカムツの脂質含有量推定検量線(以下、検量線)の作成, および検定結果を示した。なお表中のSECは化学分析値(%)と近赤外線による脂質含有量推定値(%)間の検量線作成時の標準誤差を、SEPは検量線検定時の標準誤差を、Biasは検量線検定用試料の推定誤差の平均値を、RPDは検量線検定用試料の脂質含有量の標準誤差を検量線検定時の標準誤差(SEP)で除したものである。

マアジでは、選択波長数を1から2にすると、SEPが大きく減少し、精度が向上した。しかしアカムツでは、選択波長数が1の場合ではマアジと比較して精度が高かったものの、1から2にした場合ではマアジとは異なりほとんど変化しなかった。この理由として、アカムツの場合はマアジと比較して脂質含有量の幅が大きく(マアジ:1.16-19.60%, ア

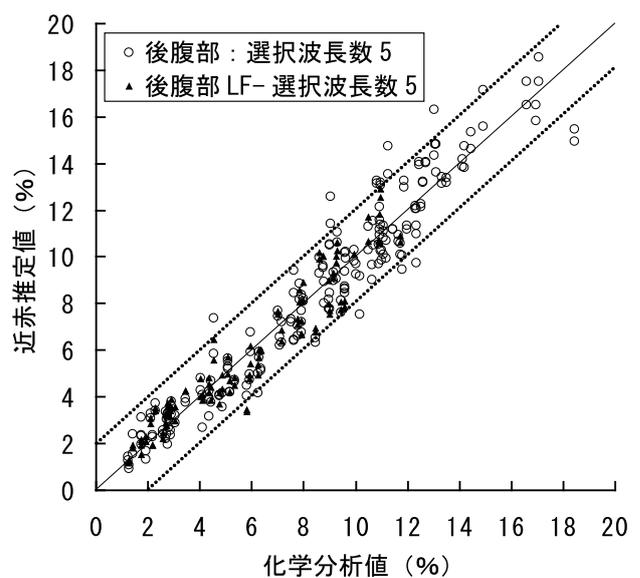
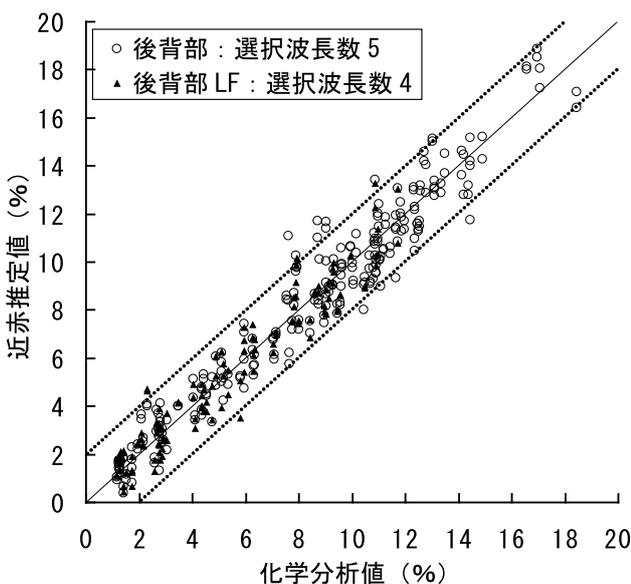


図1 最も精度が高かった検量線で検定した際の化学分析値と近赤による脂質含有量推定値の関係(マアジ)
(点線に挟まれた部分は±2%の範囲を示す)

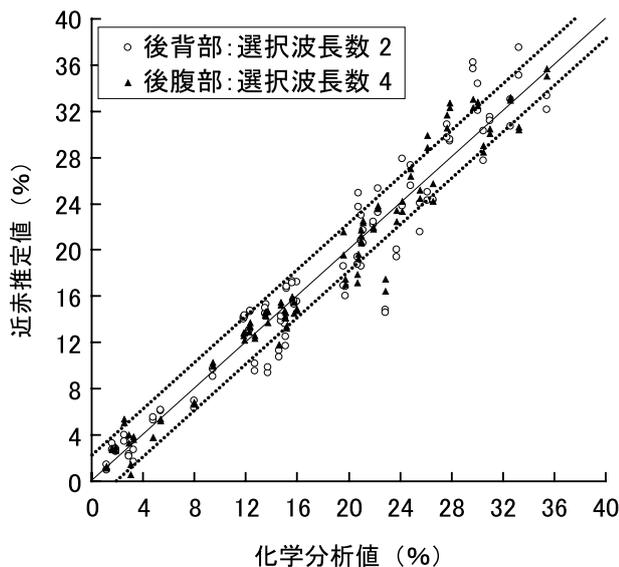


図2 最も精度が高かった検量線で検定した際のと近赤による脂質含有量推定値の関係（アカムツ）
（点線に挟まれた部分は±2%の範囲を示す）

カムツ：1.19–40.91%），脂質の影響をより強く受けたことが考えられる。また，マアジでは，選択波長数が後背部，後腹部の検量線とも5の時にSEPが最も小さく，低脂質個体のみを用いて作成した検量線（検量線LFとする）では，後背部が4，後腹部が5の時にSEPが最も小さかった。一般に選択波長数が多くなると，検量線検定時の標準誤差SEPが大きくなることが知られている。この現象はオーバーフィッティング（過剰適合）と呼ばれ，重回帰式に説明変数を取り込みすぎた際に発生するとされるが，検量線を作成する際は，これが発生しない範囲に選択波長数を抑えなければならない⁹⁾。そのため，アカムツの検量線では，選択波長数を後背部では2に，後腹部では4に，マアジ低脂質個体の後背部のデータを用いて作成した検量線LFでは4に，それ以外ではオーバーフィッティングはみられなかったことから5に設定するのがよいと考えられた。

図1にマアジの，各部位ごとに最も精度が高かった検量線で検定した際の化学分析値と近赤外線による脂質含有量推定値の関係を示したが，すべての検量線とも±2%の範囲からはずれている個体の割合が少ないことが見てとれる。しかしながら，後背部と後腹部の検量線を比較すると，±2%の範囲から外れている個体の割合は後腹部の方が多く，後背部の方がやや精度が高い傾向が認められた。また，低脂質魚の脂質含有量を測定する場合，検量線LFを



写真4 水揚げ現場や鮮魚店での脂質含有量表示の様子

使用する方が，すべてのデータを用いて作成した検量線よりもSEPの値が小さく，精度が高いことが示唆された。しかしながら，作成した検量線によって比較的高脂質であることが多いマアジ養殖魚を測定すると，推定された脂質含有量が分析値よりも高めとなったり，脂質含有量の個体差が大きい秋期の魚を測定するとやや誤差が大きくなったことから（清川，未発表），検量線作成に用いるサンプルの選択や，使用する検量線に用いたサンプルの特徴を十分考慮する必要があると思われる。ただし，浜田のマアジの場合，これまでの研究から^{1,2)}，季節ごとの脂質含有量の変化がある程度把握できているので，季節によって解析に用いるサンプルを変えたり，検量線を使い分けたりすることで，より精度の高い測定値が得られるものと考えられる。

図2にはアカムツの，各部位ごとに最も精度が高かった検量線で検定した際の化学分析値と近赤外線による脂質含有量推定値の関係を示したが，後腹部の検量線の方が後背部の検量線と比較して精度が高かった。しかし，精度はどちらも実用に耐えうるレベルと判断されることから，例えば魚箱に立ててある魚体を測定する場合には，背側を測定することに

より、精度はやや劣るものの、魚箱から取り出すことなく測定することも可能である（写真4）。そのため、いくつかの部位で検量線を作成し、測定する場所や状況に応じて検量線を使い分けることも、本装置を活用するためには有効な方法といえよう。

なお、近赤外線を用いた脂質や糖度の測定において精度は、通常SEPと成分値の変動範囲で表現されるが、変動範囲の異なる複数の検量線の精度を比較する指標としてRPD（検量線評価用試料の対象成分値の標準偏差のSEPに対する比率）が考案されている。RPD値が2.5～3.0の場合、検量線は大まかなスクリーニングに適し、3.0以上の場合、満足なスクリーニングが可能で、5以上の場合、品質管理用の分析に適している⁹⁻¹¹⁾とされる。マアジ、アカムツとも今回作製した検量線はRPD値が3を超え、一部には5を超えるものもあることから、測定精度はかなり高いと考えられた。

測定技術の活用結果 マアジでは、漁船（漁場）や魚の銘柄で脂質含有量に違いがあり、旬の4～8月の時期であっても平均脂質含有量10%を下回る船や銘柄がみられた。しかし、本装置を活用することで、競りの前に仲買人等に対して確実に平均脂質含有量10%を超えているという、ブランド基準を満たしていることを提示することが可能となり、厳密な形で“どんちっちブランド”の品質管理ができるようになった。それにより、消費者の信頼も得られるようになり、価格にも反映され始めたようである¹²⁻¹⁴⁾。また、同じ脂質含有量が10%を超えている場

合でも、そのレベルで消費者の感じ方が異なると考えられたため、本装置を活用し、脂質含有量10～15%と15～20%のマアジを用いて開き干しを作製し、それぞれを消費者に提供、試食してもらったところ、満足度が異なった（図4）¹⁵⁾。さらに、アカムツでは、水揚げ現場や鮮魚店等で脂質含有量を測定し、その数値を提示した魚を販売したところ、売りがやすい、買いやすいといった評価が得られた（写真4）¹⁶⁾。

このように、美味しさに直結する脂質含有量を提示することは、漁獲物の高付加価値化に対して有効な手段と考えられた。今後は本装置を活用することで、さらにハタハタ、ブリ、メダイ、マサバ等、脂の乗りが売りとなっている魚の脂質含有量測定技術を開発し、さらに脂質以外の成分分析（肉質等）への応用を進めていきたいと考える。

謝 辞

本報告を取りまとめるに当たり、近赤外線を用いた脂質測定に関する視察、技術指導を快く受け入れていただいた、静岡県水産試験場山内悟氏、果実非破壊品質研究所の方々、また、サンプルの入手、並びに実用化試験に多大な協力をいただいた、浜田市ブランド化戦略会議専門部会長（裕丸漁業生産組合専務理事）渡辺祐二氏ほか、関係各位に対し、厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 開内洋・井岡久・石原成嗣（2000）マアジの総脂質含量の季節変動について。水産物の利用に関する共同研究 第40集（第47回 日本海水産物利用担当者会議），石川県水産総合センター，16-18.
- 2) 開内洋・井岡久・石原成嗣（2001）島根県産マアジの脂質について。水産物の利用に関する共同研究 第41集（第48回 日本海水産物利用担当者会議），富山県食品研究所，47-52.
- 3) 清川智之・開内洋・井岡久（2007）島根県周辺海域で漁獲されたアカムツ総脂質含有量の季節変動と個体差について。島根県水産技術センター研究報告 第1号，19-23.
- 4) 山内 悟・平塚聖一・岡田裕史・長谷川薫（2004）近赤外分光法によるサバ・アジの脂肪含量の非破壊評価法の開発，平成15年度水産物品質

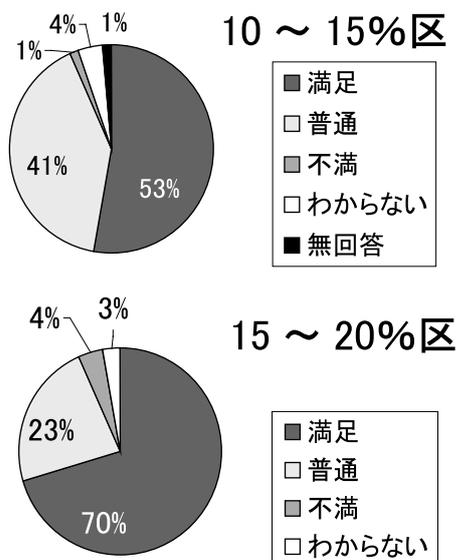


図4 脂質含有量の違いで異なるマアジ開き干しの脂の乗りの満足度

保持技術開発基礎調査研究成果の概要.

- 5) 山内 悟・澤田敏雄・河野澄夫 (1999) インタラクタンス方式の光ファイバーを用いた近赤外分光法による冷凍カツオ粗脂肪量の非破壊測定. 日水誌 65, 747-752.
- 6) 寫本淳司・長谷川薫・藤井大樹・河野澄夫 (2000) ビンナガの脂肪分布と近赤外分光法による脂肪含量の非破壊測定. 日水誌, 66, 1059-1065.
- 7) 寫本淳司・長谷川薫・井出 圭・河野澄夫 (2001) 生・凍結マアジの近赤外分光法による脂肪量の非破壊測定. 日水誌, 67, 717-722.
- 8) Osborne BG, Fearn T, Hindle PH. Theory of near infrared spectrophotometry. Practical NIR Spectroscopy with Application in Food and Beverage Analysis, 1st ed., Longman Scientific and Technical, New York, 1983;29-33*.
- 9) 山内悟・寫本淳司 (2004) 近赤外線分光法による脂肪含量の非破壊評価. 水産学シリーズ 141, 水産物の品質・鮮度とその高度保持技術 (中添純一・山中英明編), 恒星社厚生閣, 東京, 92-101.
- 10) William P. Variable affecting Near-Infrared Reflectance Spectroscopic Analysis. In: William P, Norris K (eds) Near-Infrared Technology in the Agriculture and Food Industries, AACC, Minnesota 1987;147*.
- 11) William P. (1996) 第12回非破壊計測シンポジウム講演要旨 日本食品科学工学会, 9*.
- 12) 浜田市水産物ブランド化戦略会議: 「水産ブランドどんちっち」 - 利己的から利他的に - . 平成17年度「立ち上がる農山漁村」選定案概要書. 農林水産省, No.22 (n.d). <http://www.maff.go.jp/tatiagaru/H1722donchicchichi.pdf>
- 13) 三木奈都子 (2006) 「国産水産物新需要創出ビジネス モデル化支援事業報告書 (平成17年度)」第1章 地域ブランド保護方策について I-2 「まき網アジのブランド化 - 山口県萩市の「萩の瀬付きアジ」と島根県浜田市「どんちっちアジ」 - . 財団法人魚価安定基金, 15-24.
- 14) 井岡久 (2006) トレーサビリティシステムを利用した地域水産物のブランド化について. 日水誌, 72, 972-973.
- 15) 島根県水産技術センター (2006) 美味しい! 健康に良い! 『どんちっちアジ』 ~マアジ干物の試食アンケート結果~ トビウオ通信号外とびっくす. No.10. <http://www2.pref.shimane.jp/suisi/topics/tobics/2006/tobics010.pdf>
- 16) 島根県水産技術センター (2005) ノドグロでも脂の乗りを瞬時に測定! マアジに続き脂質測定器の実用化に成功 トビウオ通信号外とびっくす. No.6. <http://www2.pref.shimane.jp/suisi/topics/tobics/2005/tobics006.pdf>

*直接参照しなかった.

島根県周辺海域で漁獲されたアカムツ総脂質含有量の 季節変動と個体差

清川智之¹・開内 洋²・井岡 久³

Seasonal changes and individual difference of the fat content from of blackthroat seaperch are caught in the coastal waters off Shimane Prefecture

Tomoyuki KIYOKAWA, Hiroshi HIRAKIUCHI and Hisashi IOKA

Abstract: Consumers attach importance to the amount of the content of the lipid most when blackthroat seaperch is bought. It was thought that the content of the lipid of blackthroat seaperch caught by the trawl fishery that belonged to our prefecture reached at the level that along the consumer's expectation of the many. However, the individual of 10% or less in the content of the lipid existed a little in blackthroat seaperch caught. The individual with a low such content of the lipid existed regardless of the season. It is difficult to presume the individual with few contents of the lipid from the obesity level and the color. It is hoped that the technology that measures the content of the lipid that uses the near-infrared radiation etc. is developed to understand an accurate content of the lipid.

キーワード：脂質含有量，アカムツ，季節変動，個体差

はじめに

アカムツ (*Doederleinia berycoides*) は、山陰西部沖合において底曳網で多獲される主要な魚種で、本県ではノドグロと呼ばれ、親しまれている。本種の特徴には、豊富な“脂の乗り”があり、消費者もそれを期待して購入することが多い。開内ら¹⁾は、季節やサイズ、さらに個体による“脂の乗り”について調査を行っているものの、詳細は明らかになっていない。近年、魚価が低迷する中で、漁獲物の付加価値向上を目指した取り組みが求められているが、本種の脂質含有量に関する科学的情報を得ること

は、本種の高付加価値化を図るためには有効な手法と考えられることから、調査研究を行った。

材料および方法

標本魚の入手 調査期間を表 1 に示した。調査は 2000 年 9 月から 2005 年 10 月にかけて、①島根県西部の沖合底曳網（以下「沖底」）、②島根県西部の小型底曳網（以下「小底」）、③県外の沖合底曳網（山口県の沖合底曳網と韓国からの輸入、以下「山口・韓国」）、④県外（九州産）の釣り、または延縄（以下「県外の釣り・延縄」）で漁獲されたアカムツを、集

¹ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

² 現：栽培漁業部 Sea Farming Division

³ 現：島根県庁水産課 Department of Fisheries, Shimane Prefectural Government, Matsue 690-8501, Japan

計の便宜上、100g未満を銘柄小、100~200gを銘柄中、200~350gを銘柄大、350g以上を銘柄特大、の4種類に分け、各々のサイズの個体を各数尾~数十尾ずつ標本とした。なお、一部の分析では5個体分をプールしたものを、1つのサンプルとした。

脂質含有量の分析方法 標本魚は、三枚におろした際の左側可食部を、フードプロセッサを用いてミンチ状にしたものを分析に供した。得られた試料は、25g(あるいは20g)正確に秤量し、Bligh-Dyer法に準じたクロロホルム-メタノール抽出法により脂質を抽出し、秤量することで脂質含有量を調べた。

肥満度 一般的に脂質含有量が多いほど肥満度が高

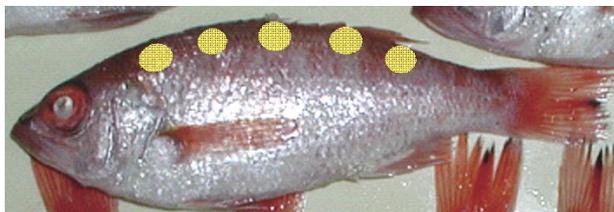


写真1 色差計による体色測定部位

いとされることから、尾又長(L)と体重(W)から肥満度を求め、脂質含有量の分析結果と比較した(肥満度 = $W(g)/L(cm)^3 \times 10^3$ 、なお、体重には内臓および胃内容物重量を含む)。

体色と脂質含有量の関係 アカムツは一般的に脂質含有量が多いほど白っぽいとされている。その真偽を確かめるため、2004年10月12日~12月1日に入手した「沖底」と「小底」の漁獲物について、白さの指標である体色のL*a*b*表色系におけるハンター白色度を調べた。測定には簡易型分光色差計NF333(日本電色工業株式会社製)を用い、魚の左側背中上部の体表5箇所(色の濃い部分、写真1に示した)にセンサーを当てて各1回ずつL*a*b*値を測定し、それを平均した数値をその個体のハンター白色度とした。ハンター白色度は、 $100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{1/2}$ により計算した。

結 果

アカムツのサイズ別脂質含有量 表1にこれまでに

表1. これまでの分析したアカムツの脂質含有量

(小:100g未満、中:100-200g、大200-350g、特大350g以上^{※1})

調査年	調査月日(月/日)	漁法	個体数(尾)	範囲	平均体重(g)	標準偏差	平均脂質含有量(%)	標準偏差	調査年	調査月日(月/日)	漁法	個体数(尾)	範囲	平均体重(g)	標準偏差	平均脂質含有量(%)	標準偏差
2000	9/8	沖底	5	小	72.9	7.13	13.0	6.11	2003	11/7	釣り・延縄	5	特大	563.0	23.61	1.6	0.92
	10/4	沖底	10	小	73.7	9.37	6.9	3.85		12/12	沖底	5	中	129.6	7.40	4.8	2.61
	9/3	沖底	5	特大	392.0	25.14	27.4	-		12/12	韓国・山口	5	大	207.2	10.16	2.5	0.86
	9/3	沖底	5	大	209.6	22.60	16.7	-		1/8・21	沖底	5	大	308.0	47.62	22.2	8.19
	9/3	沖底	5	中	143.2	22.12	23.3	-		1/21	沖底	4	中	161.5	13.89	6.4	2.29
	10/9	沖底	5	小	89.6	8.79	8.5	-		1/21	沖底	4	小	89.3	3.77	13.5	2.25
	10/7	沖底	5	小	97.6	3.85	4.5	-		1/8	小底	5	中	134.4	18.73	6.4	4.00
	11/7	沖底	5	大	260.8	27.84	15.3	-		1/不明	韓国・山口	3	小	93.0	6.08	8.9	5.25
	11/11	沖底	5	中	107.6	14.79	9.3	-		2/13	韓国・山口	5	大	265.6	19.72	22.9	4.65
	11/11	小底	5	大	271.6	20.22	20.4	-		3/15	沖底	5	中	151.6	14.38	15.2	7.67
11/8	小底	5	中	122.4	14.24	6.9	-	3/15	韓国・山口	5	特大	357.6	86.25	21.1	8.78		
12/20	沖底	5	大	275.6	40.36	14.7	-	4/19	沖底	5	特大	379.6	31.86	23.1	4.68		
12/20	沖底	5	小	96.2	7.56	16.0	-	4/19	沖底	5	中	154.8	14.67	15.2	9.52		
12/6	小底	5	小	94.4	8.56	7.2	-	4/19	沖底	5	小	82.6	7.83	11.8	1.84		
12/4	韓国・山口	5	小	90.6	8.26	8.9	-	8/24	沖底	5	特大	417.3	52.17	22.3	6.75		
1/16	沖底	5	特大	354.0	18.38	17.8	-	8/24	沖底	5	大	245.5	23.38	21.6	4.38		
1/10	沖底	5	中	126.8	7.56	8.1	-	9/6	沖底	5	中	104.6	18.40	10.7	4.02		
1/23	小底	5	中	130.0	18.11	11.0	-	9/3	小底	5	中	112.4	10.42	8.0	1.62		
4/15	韓国・山口	5	中	161.2	20.33	16.9	8.69	10/13	沖底	5	特大	418.2	27.75	27.0	0.70		
4/15	韓国・山口	5	特大	412.0	52.00	23.4	5.24	10/13	沖底	5	大	266.0	9.31	15.0	1.51		
4/15	韓国・山口	5	小	192.0	8.94	16.7	8.94	10/13	沖底	5	小	84.1	5.48	6.3	1.77		
5/6	韓国・山口	5	大	301.4	16.73	16.4	4.89	10/12	小底	2	特大	500.9	43.91	21.3	0.52		
5/6	韓国・山口	5	中	163.0	10.07	16.0	5.30	10/12	小底	6	大	270.3	38.49	15.7	5.73		
5/6	沖底	5	小	63.6	3.65	8.2	2.76	10/12	小底	3	中	146.2	19.51	12.3	4.86		
6/13	釣り・延縄	5	大	316.8	39.96	5.6	3.26	10/12	小底	5	小	71.8	2.70	4.3	3.24		
7/24	韓国・山口	5	大	204.8	14.46	23.2	3.74	11/24	小底	5	大	284.9	20.96	13.0	4.09		
7/24	韓国・山口	5	小	70.6	6.07	11.8	2.58	11/24	小底	6	中	124.1	15.00	6.1	2.73		
7/不明	釣り・延縄	5	特大	384.0	33.38	5.7	2.81	11/24	小底	4	小	79.9	8.16	4.4	2.19		
8/21	沖底	5	特大	470.4	33.33	26.6	6.02	12/1	沖底	5	大	297.1	67.92	21.0	8.28		
8/21	沖底	5	大	302.8	7.29	22.5	5.41	12/1	沖底	8	中	152.1	26.17	6.1	2.66		
8/21	沖底	5	中	112.4	4.10	18.3	3.58	3/1	沖底	18	特大	412.9	32.63	29.6	3.29		
8/20	沖底	5	小	83.0	3.24	8.6	3.05	3/7	韓国・山口	29	大	253.9	45.60	25.3	7.33		
9/11	沖底	5	特大	367.6	17.74	13.2	2.09	3/7	韓国・山口	3	中	195.8	2.02	20.0	4.14		
9/8	沖底	5	中	178.8	15.14	18.1	4.82	3/25	釣り・延縄	3	大	208.0	3.69	2.8	1.53		
9/10	沖底	5	小	69.6	4.93	8.5	2.46	3/25	釣り・延縄	17	中	177.6	14.59	3.3	1.95		
9/8	小底	5	大	232.0	9.70	11.0	1.49	4/13	小底	3	大	205.2	7.69	12.3	2.82		
10/8・14	小底	10	大	269.4	25.56	13.5	2.47	4/13	小底	21	中	174.9	13.65	14.0	3.93		
10/10	沖底	5	小	75.6	4.16	5.2	2.25	5/19	沖底	8	特大	421.0	51.37	24.0	2.02		
10/8	韓国・山口	5	大	302.8	28.16	14.1	4.18	5/19	沖底	6	大	252.2	68.94	17.3	6.16		
11/14	沖底	5	大	304.4	12.84	16.4	4.21	5/19	沖底	6	中	156.8	16.26	12.8	4.18		
11/14	沖底	5	小	99.8	5.22	5.1	2.75	10/11	沖底	16	大	275.0	28.39	16.3	3.95		
11/17	韓国・山口	5	大	268.4	30.11	22.5	4.86	10/11	沖底	5	中	134.8	9.55	10.8	4.90		

※1:一部範囲外の魚を含む ※2:魚肉をプールして分析に供した

分析したアカムツのサイズ別調査年月日、漁法、平均体重および平均脂質含有量を示した。分析に用いた標本数は「沖底」が262尾、「小底」が90尾、「山口・韓国」が105尾、「県外の釣り・延縄」が30尾の合計500尾であった。また、サイズ別では銘柄特大が83尾（10尾）、銘柄大が168尾（20尾）、銘柄中が148尾（25尾）、銘柄小が101尾（25尾）であった（カッコはそのうち5尾ずつプールして分析した個体数）。

図1に得られた漁獲物すべての漁法、魚体重ごとの脂質含有量を示した。脂質含有量は「県外の釣り・延縄」を除き、魚体重が重いほど、その割合は高まった。「沖底」では350g以上の個体の平均が25%を超えており、クロマグロの脂身（通称トロ）にも匹敵するレベルであった²⁾。「県外の釣り・延縄」の漁獲物は、サンプルが入手できなかった100g未満を除き、すべての階級でその他の漁法を大きく下回った。

図2に漁業種類、個体ごとの脂質含有量を示し

た。「沖底」、「山口・韓国」、「小底」では同じ魚体重であっても脂質含有量のばらつきは大きく、特に200g前後で大きかった。さらに「山口・韓国」の魚では、「沖底」、「小底」の漁獲物よりもそのばらつきは顕著であった。一方「県外の釣り・延縄」の漁

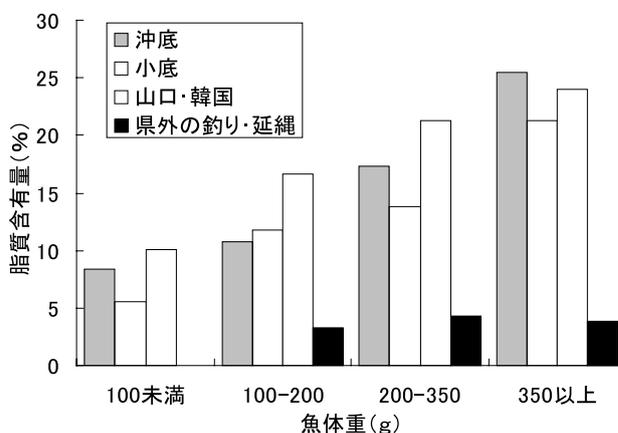


図1. アカムツの漁業種類、体重別の脂質含有量（プールして分析した分は1尾として計算）

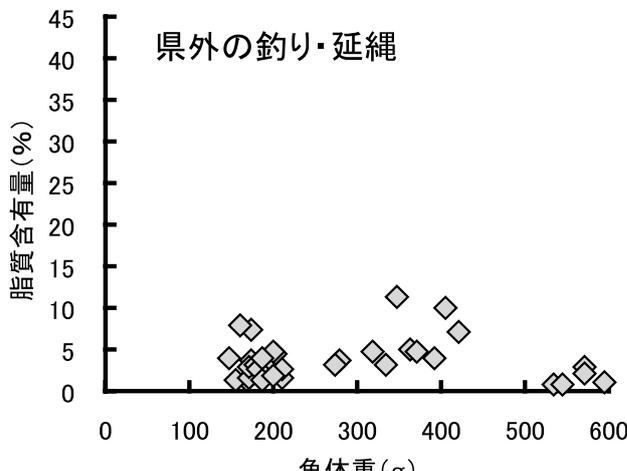
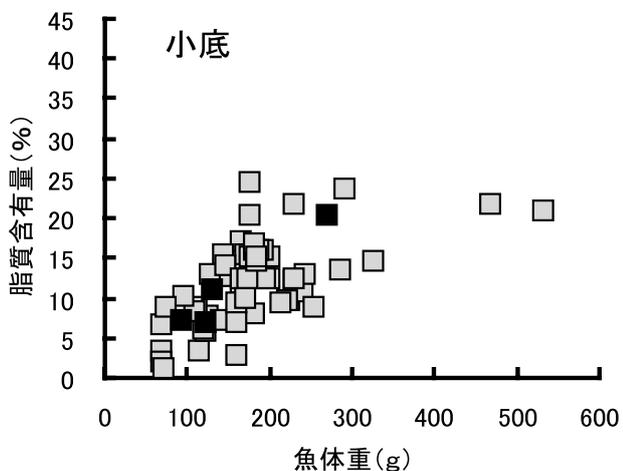
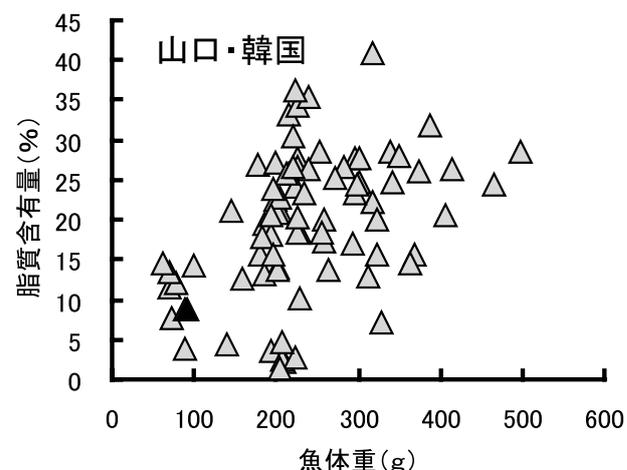
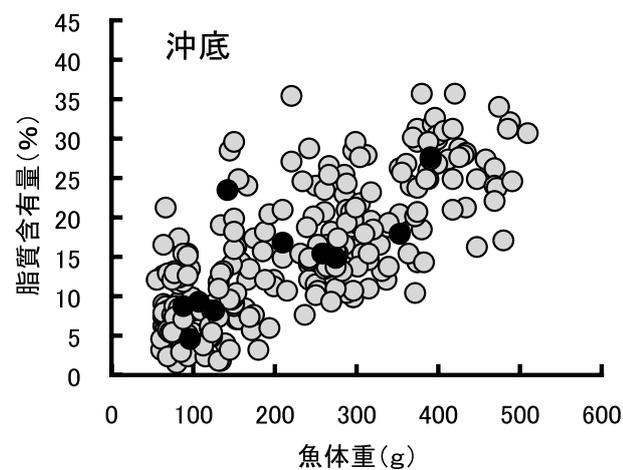


図2. 漁業種類、個体ごとの脂質含有量（プールして分析した個体は黒色で示した）

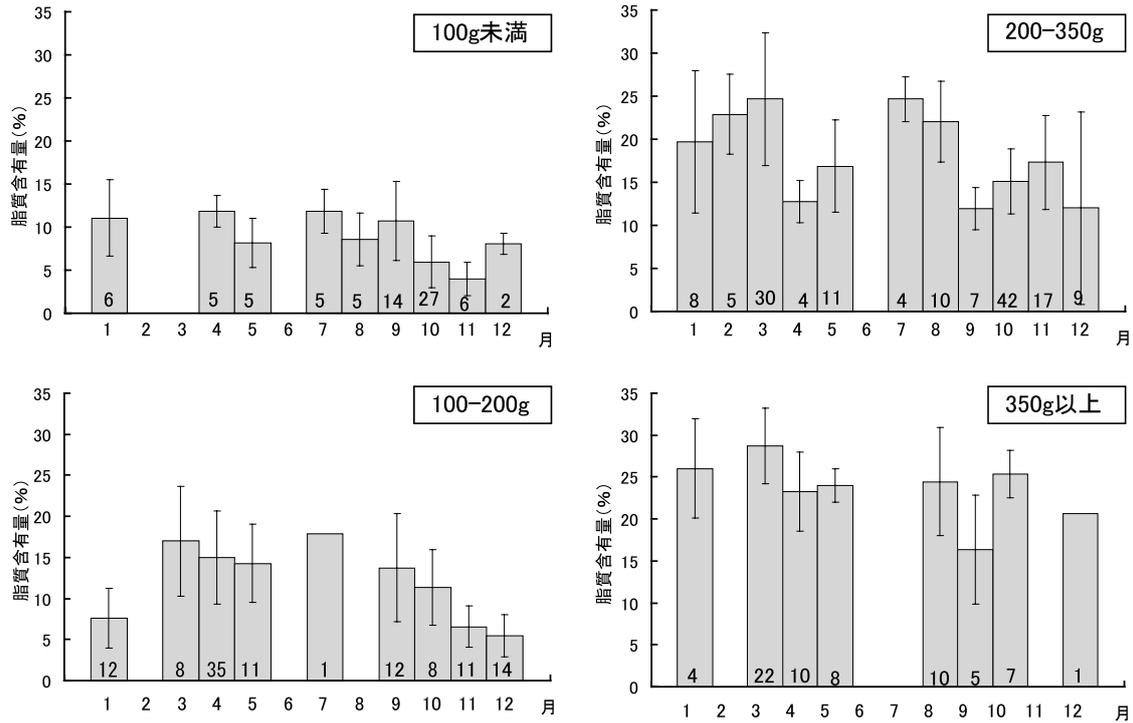


図3. 魚体重ごとの平均脂質含有量の割合の月変化
(沖底, 山口・韓国, および小底の漁獲物を一括にまとめたもの
図内の数字は分析個体数を, 縦線は標準偏差の範囲を示す)

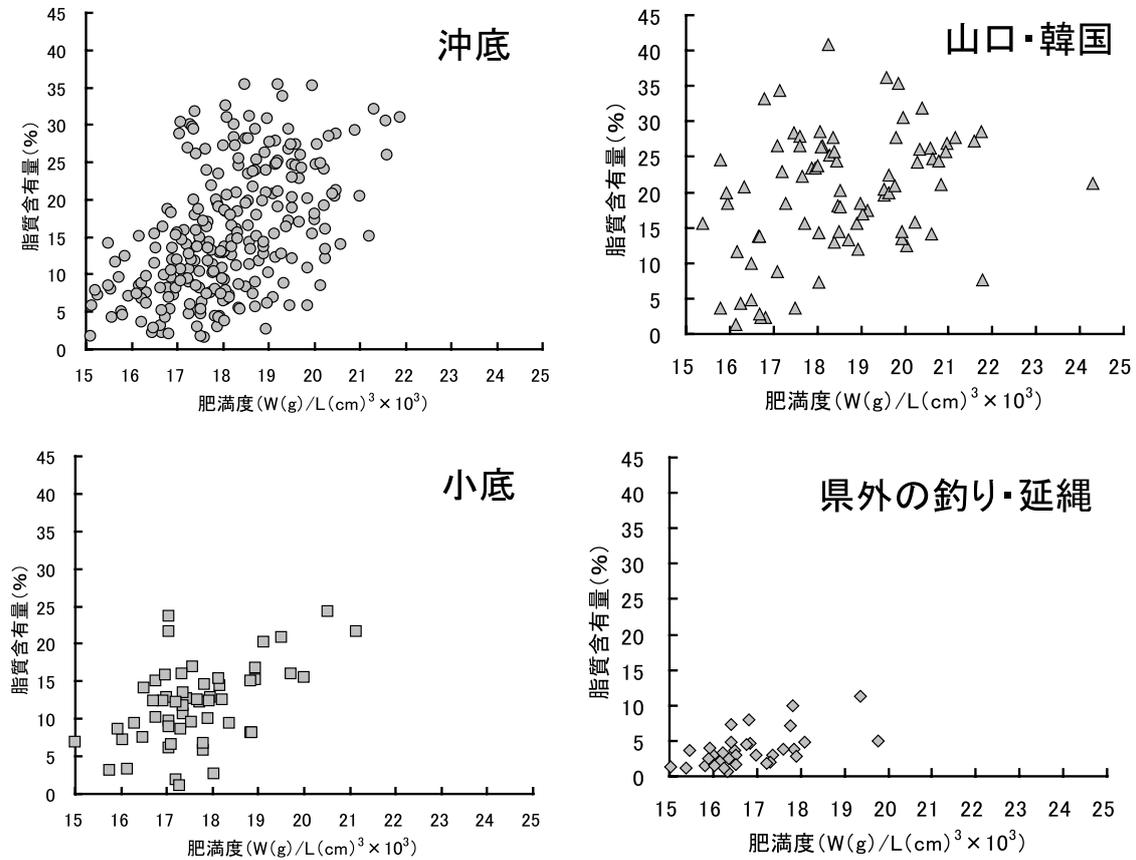


図4. 漁業種類ごとの肥満度と脂質含有量の関係

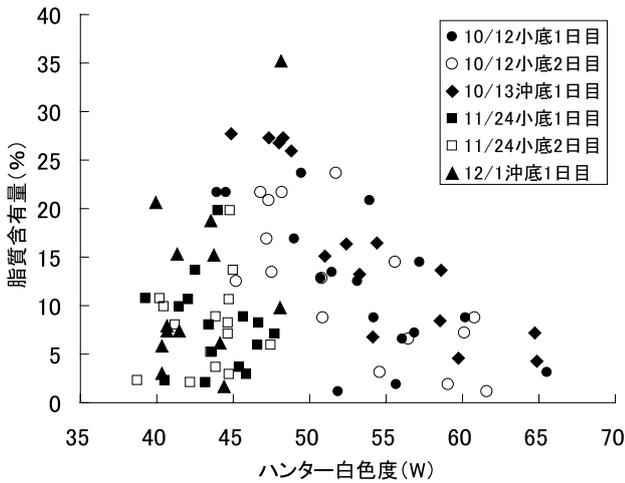


図5. L*a*b*表色系におけるハンター白色度と脂質含有量の関係 (数字が大きいほど、白さが強い)

獲物では、ほぼすべての個体が10%以下であった。

脂質含有量が比較的類似している「沖底」, 「山口・韓国」, および「小底」の漁獲物を一括にまとめ、月ごとに集計したものを図3に示した。銘柄小の脂質含有量は平均10%程度であったが、10, 11月では5%程度とやや低い傾向が認められた。銘柄中では、春～夏に平均15%程度を示したが、11, 12月では5%程度と低かった。銘柄大では、銘柄小、中と比較すると脂質含有量の割合が高まり、ばらつきも比較的小さかった。銘柄特大では脂質含有量の割合はさらに高まり、ばらつきも少なくなったが、9月の漁獲物のみ脂質含有量が比較的少なく、ばらつきも大きかった。一般に生殖腺の発達は、脂質含有量の低下を伴うことが多いが、図示していないものの、脂質含有量の少ないアカムツには生殖腺の顕著な発達が認められた。

肥満度 図4に漁業種類ごとの肥満度を示した。肥満度が16以下の個体については脂質含有量が少ない傾向が、また肥満度20以上の個体については脂質含有量が多い傾向が認められた。しかしながら、大部分を占める肥満度16～20の個体については顕著な差は認められなかった。

体色と脂質含有量の関係 図5にL*a*b*表色系におけるハンター白色度と脂質含有量の関係を示した。この結果からハンター白色度と脂質含有量には明確な相関は認められず、調査日や漁業種類により、両者の関係に偏りがみられることが確認された。

考 察

アカムツの脂質含有量の特徴として、「県外の釣り・延縄」の漁獲物は脂質含有量の割合が明らかに低いこと、大型魚の割合が小型魚より高いこと、季節的な変動よりも個体差の方が大きく、特に200g前後の個体で顕著なことなどが明らかとなった。消費者がアカムツを購入する際に最も重要視する要素が“脂の乗り”であることから、本県沖底および小底で漁獲される本種の脂質含有量は、その多くが消費者の期待に合致したものであると思われた。しかしながら、一部には脂質含有量が10%、さらに低い場合は5%を下回るような低脂質な個体もみられた。これらの中には、肥満度が明らかに低く、痩せたものもあったが、その多くは脂質含有量の割合が高い個体と同程度の肥満度であった(図4)。さらにノドグロの脂質含有量は白っぽいほど豊富といわれているが、ノドグロの白さと脂質含有量の間には相関がほとんどなく、むしろ船間差や魚体の大きさ、時間の経過に伴う退色によることが調査結果から推測された(図5)。このことは、形態や色などの外部情報から“脂の乗り”の善し悪しを判断することが難しいことを示している。

アカムツの付加価値を高めるためには、脂質に富む魚を選別し、出荷していくことが有効と考えられるが、今後は近赤外線を用いた脂質測定技術³⁾を開発することなどにより、非破壊で脂質含有量を明らかにする技術がさらなる付加価値向上には必要と考えられる。

文 献

- 1) 開内洋・井岡久・石原成嗣(2004) 特産魚種における「旬」の解明および船上処理・流通技術の開発. 平成15年度島根水試事報, 26.
- 2) 科学技術庁資源調査会編(2005) 五訂食品成分表, 女子栄養大学出版部, 200-201.
- 3) 山内悟・寫本淳司(2004) 近赤外線分光法による脂肪含量の非破壊評価. 水産学シリーズ141, 水産物の品質・鮮度とその高度保持技術(中添純一・山中英明編), 恒星社厚生閣, 東京, 92-101.

ワカメ養殖業安定化対策試験 — I — 島根県におけるワカメ養殖の実態調査結果 —

道根 淳¹・佐々木正²・清川智之²

Measures examination to stabilize sea mustard *Undaria pinnatifida* aquaculture— I — A fact-finding result of wakame *Undaria pinnatifida* aquaculture in Shimane —

Atsushi MICHINE, Tadashi SASAKI, Tomoyuki KIYOKAWA

Abstract: We performed hearing investigation to elucidate the cause that decreased of production by wakame culture in Shimane. As a result, production of cultured wakame happens by decrease of a producer. On the other hand, volume of production per producer is a tendency to sideways movement. On the other hand, volume of production per fishery worker is a tendency to sideways movement. Productivity after 1991 deteriorates in comparison with before 1990. As for the age structure, a fisherman of the over-sixties occupies 70%. However, there is not a young fisherman equal to or less than 40 years old. In other words, as a decrease factor of production in cultured wakame, a fall of work force by aging and a fall of productivity by an environmental factor was thought about with a factor.

キーワード：ワカメ養殖，養殖実態，加工

緒 言

島根県におけるワカメ養殖は，島根半島部，隠岐地区を中心に冬季から春季にかけて盛んに行われており，沿岸漁業者にとってこの時期の貴重な収入源のひとつとなっている。特に養殖によって生産されたワカメを加工した板ワカメは本県の特産品のひとつであり，主に地元，京阪神方面へ出荷されている。

一方，近年，本県の養殖ワカメの生産量は著しい減少傾向にあり，また加工業者への原藻販売においても韓国産，中国産といった外国産ワカメの輸入量増加による影響も大きな問題となっている。

そこで，ワカメ養殖業の収穫量の減少要因を明らかにするとともに，技術的な対応策を検討するための調査・研究を平成12年度から平成17年度にかけて行った。本報では，このうちワカメ養殖業における実態調査結果を取りまとめ，収穫量の減少要因ならびにワカメ養殖業の課題を報告する。

資料と方法

漁獲統計資料として，島根農林水産統計年報¹⁾，漁業・養殖業生産統計年報²⁾を使用した。

また，本県のワカメ養殖業者を対象にワカメ養殖の実態および現状を把握するため，2000年度にワカメ養殖を行っている地区の生産者代表もしくは漁協

¹ 内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

² 現：漁業生産部 Fisheries Productivity Division

職員を対象に聞き取り調査を行った。聞き取り項目は、①養殖漁業者の現状、②養殖規模、③生産と流通、④種苗、⑤問題点の五項目である。

結 果

養殖ワカメの収穫量と経営体数および生産金額の推移 図1に1966年以降の島根県における養殖ワカメの収穫量とワカメ養殖業経営体数の推移を、図2にワカメ養殖業における生産金額の推移を示した。

本県の養殖ワカメの収穫量は1966年以降経営体数の増加に伴い増加傾向を示し、1974年には3,336トンとピークを迎えた。その後、1986年にかけて増減は見られるが2,000～3,000トン台で推移したが、1987年以降収穫量は急激に減少し、1994年には1,000トンを下回り、最近年では400トン前後で推移している。2005年の収穫量は392トンであり、ピーク時(1974年)の1/10程度まで減少した。

一方、ワカメ養殖を営む経営体数は、本養殖が本格的に行われるようになった1966年以降急激に増加し、1972年には1966年の約10倍の902経営体まで増加した。1969年～1974年にかけて860～900経営体が

ワカメ養殖を行っていたが、その後、経営体数は急激に減少し、1989年にはピーク時(1972年)の1/2まで減少した。経営体数の減少傾向はその後も続き、2002年には200経営体を割り込み、2005年の経営体数は113経営体となった。

表1に5年ごとの経営数の減少率を比較した。1970年から1990年にかけて減少率は13～23%であったが、1990年以降減少率は次第に大きくなり、2005年/2000年には48%となった。

図2にワカメ養殖業における生産金額の推移を示した。1966年以降収穫量の増加に伴い生産金額は増加し、1977年には7.8億円となったが、収穫量のピーク(1974年)に比べ、数年のずれが見られた。その後、一時的に生産金額は減少したが、1980年代前半には6.6～7.5億円まで回復した。1990年以降は収穫量の減少に伴い、生産金額も減少し、2004年には2億円を割り込んだ。2005年の生産金額は1.1億円であり、ピーク時の1/7まで減少した。

1経営体当たりの収穫量の推移 図3にワカメ養殖業1経営体当たり収穫量の推移を示した。1経営体当たり収穫量は、1974年にかけて指数関数的に増加し、1974年には3.8トンとなり、1986年にかけて

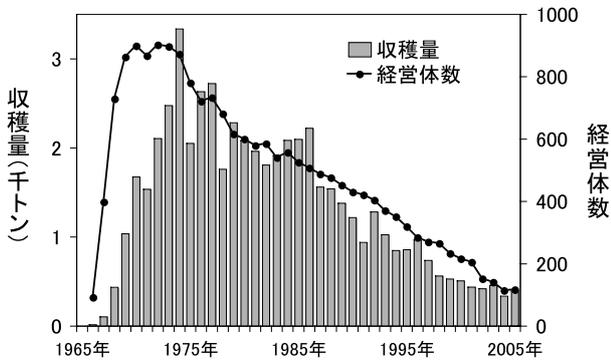


図1. 島根県における養殖ワカメの収穫量とワカメ養殖業経営体数の推移

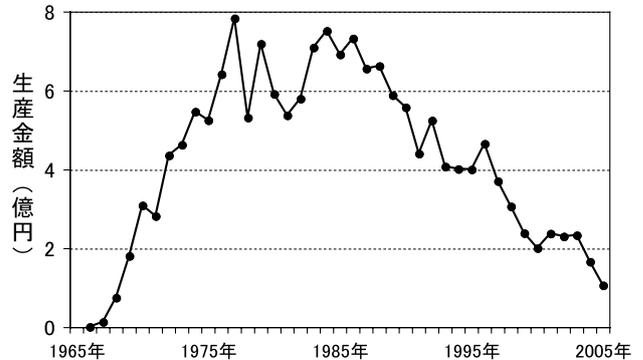


図2. ワカメ養殖業における生産金額の推移

表1. 経営体数の減少率の比較

対象年/対象5ヶ年前		減少率
1975年	/ 1970年	13%
1980年	/ 1975年	23%
1985年	/ 1980年	13%
1990年	/ 1985年	18%
1995年	/ 1990年	26%
2000年	/ 1995年	32%
2005年	/ 2000年	48%

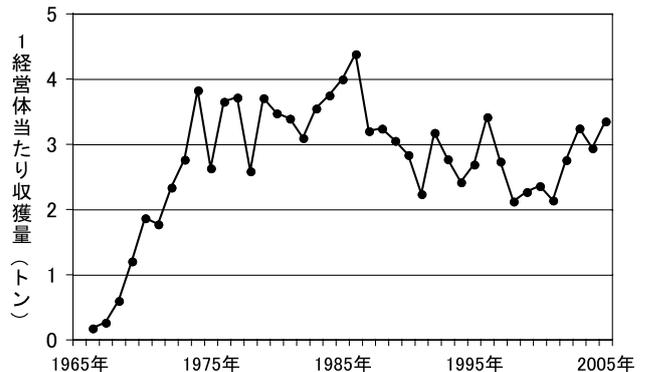


図3. ワカメ養殖業1経営体当たり収穫量の推移

約3～4トンの範囲で推移した。その後、1991年にかけて急激に減少し、2001年にかけて約2～3トンの範囲で推移したが、2001年以降は増加傾向にある。このように1経営体当たり収穫量は、年代によって収穫量の違いはあるが2～4トンの範囲で比較的安定して推移した。

年齢構成 図4に2000年におけるワカメ養殖業者203経営体の年齢構成を示した。ワカメ養殖を営んでいる漁業者の平均年齢は63.6歳であり、最高齢者は81歳、最も若い漁業者は44歳であった。60歳代の漁業者が最も多く、次いで50歳代、70歳代と続いた。40歳未満の漁業者はおらず、最も若い40歳代は12経営体と全体の1割にも満たなかった。一方、60歳以上の高齢者は全体の7割を占めており、本養殖業の高齢化が明らかとなった。

養殖規模 図5にワカメ養殖における総ロープ長と1経営体当たりロープ長の推移を示した。総ロープ長は1973年にかけて増加し、986kmとなった。翌年には急減したが、1985年にかけて増減はあるが400～600kmの間で推移した。1985年以降、総ロープ長

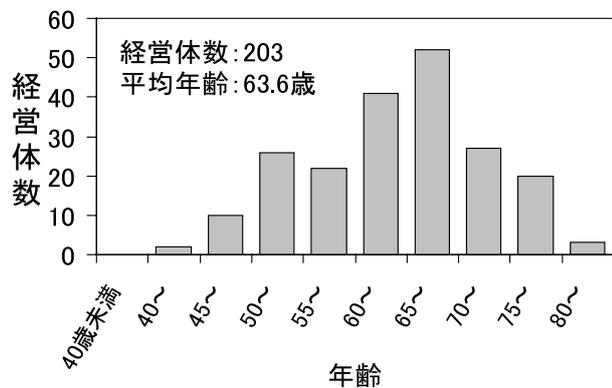


図4. ワカメ養殖を営む経営体の年齢構成 (2000年)

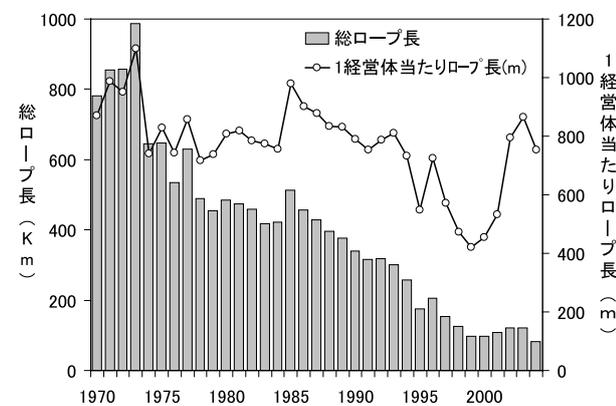


図5. ワカメ養殖業における総ロープ長と1経営体当たりロープ長の推移

は徐々に減少し、1999年には98kmまで減少、近年は100km前後で推移している。

一方、1経営体当たりロープ長は年による増減が見られるが、1984年にかけて800m前後で推移した。その後、急激に減少し、1988年には400mまで落ち込んだが、1999年以降増加傾向にあり、2003年には約900m程度となっている。

養殖種苗の由来 ワカメ養殖を営んでいる経営体のほとんどは地元で生産した養殖ワカメのメカブを次年度用の種苗として採苗に用いていた。その際、数年に一度の頻度で、採苗用メカブの半分を天然ワカメからのものを使用し、種苗の入れ替えを行っていた。地元以外の種苗では、現在は鳴門産種苗を用いる地区が数地区見られた。以前には、愛知、鹿児島、福岡から種苗を取り寄せ、板ワカメ加工に供したが、葉部が肉厚で水洗（塩抜き作業）に要する時間が多くかかる、原藻を広げにくいなどの問題から、現在ではこれらの地区からの種苗の取り寄せは行っていない状況であった。

加工方法 板ワカメに加工する際、ワカメ原藻を水洗したのち、スノコに広げ、乾燥作業に取り掛かるが、各地区ごとに原藻の水洗や乾燥の方法が異なっていた。

まず原藻の水洗であるが、回数は1～4回、そのうち2～3回実施する地区が最も多かった。所要時間は15～60分で、平均30分であった。そして、ほとんどの地区が流水で原藻の水洗を行っていた。

次に乾燥作業であるが、乾燥温度は40～60℃であり、その多くが50℃前後であった。間接熱風により、主に4～8時間かけて乾燥させるが、乾燥時間は当日の気象、湿度により調整を行っていた。

出荷方法 複数回答により養殖ワカメの加工・出荷方法を聞き取ったところ、約半数が板ワカメに加工し、出荷すると回答した。隠岐地区では、板ワカメ加工のほか、天日干しによる絞りワカメ、塩蔵ワカメに加工し、地元を中心に出荷するという回答が見られた。このほか、島根半島部では、生ワカメ、ワカメの茎のみの出荷を行っている地区も見られた。

課題と問題点 今回、ワカメ養殖業者から挙げられた課題、問題点として、①種苗に関すること、②沖出しに関すること、③収穫時期、生産後期の品質に関すること、④高齢化に関することの4点にまとめられた(表2)。

この中で特に意見が多かったのが、近年の沿岸水温の上昇に伴う種苗の沖出し時期の遅れ、これによる収穫開始時期の遅れと収穫終了期の早まり、収穫

表2. ワカメ養殖技術に関する意見と要望 (H12年聞き取り結果から)

項目		意見	課題と対策
種苗に関すること	現状	種の入荷が遅れる (11月上旬→下旬) ので、生産開始も遅れる (1月下旬→2月中旬) 種の質の低下 (芽の状態、製品の葉が薄い) 鳴門種は1週間早く生産できる 地種さえ安定すれば鳴門種は要らない 種は濃くつける (2件) 種は薄めにつける (2件)	良質の種苗の安定確保 鳴門種 (入荷時期の遅れ、品質の低下) 地種 (安定生産)
	要望	種苗の質のいいのを安定して手に入れたい 収穫期をながくするために遅く生える種苗も必要	
沖出しに関すること	現状	沖出し時期が最近では遅れ気味 近年、高水温のため沖だしの時期が遅れている (10月20日→11月10日) 最近では水温が高くて沖だし時期が遅れ、生産期が短くなる かつては定置網の作業の関係で沖だしが遅かった (1月10日までに本養殖を始めれば良い)	沖出し時期の遅れ (高水温の影響?) 鳴門種の導入 早稲種の開発 種苗の管理方法の改善
収穫時期、生産後期の品質に関すること	現状	生産開始はかつては1月下旬からであったが、最近遅れ気味 かつては2月20日から生産開始、最近では種苗の搬入が遅く、3月中旬から生産開始 最近では早く枯れる 3月になると濁りを伴った潮が入ってきて品質が低下する かつては3月下旬に色落ちしたが現在では3月中旬に色落ちする 4月に先端が枯れる 4月は藻が生えて製品にならない 4月も製品の質が良いが値段が安いので生産しない かつては5月中旬まで生産できたが、4月には葉に泥がつき白くなる減少が近年見られる かつては5月まで生産したが、最近では4月中旬以降は色が悪くなるので業者が取ってくれない かつては6月10日頃まで加工していたが、最近では4月以降業者が取ってくれない 後半のワカメはほとんど捨てている。 時化で収穫が思うように出来ない (2件) 早く大きくしても時化で収穫できないし、被害が大きい。	収穫開始時期の遅れおよび収穫終了期の早まり 沖出し時期の調整 抑制種の開発 養殖技術の改善 収穫後期のワカメの利用方法
	要望	早い時期から収穫したい 生産時期が短くなっているのを早く、遅くまで生産したい 2月上旬から生産開始したいが、時化の影響があるのでどうか	
高齢化に関すること	現状	高齢化により作業がきつくなった (2件) 高齢化により世話をやかない様になった 錨の設置作業が大変 (2件) 加工の人手が確保できない (6件) 加工の人手は今のところ確保できる (廃業した経営体からの補充) 製品の単価が6千円位で安定してくれれば良いが	加工、出荷作業の共同化 製品規格の統一 個人ではなく地区のブランド化
	要望	新規の後継者には県が補助すべきだ	

終了期の藻体の質の低下といった意見が各地区から挙げられた。また、年齢構成からも分かるように、各地区とも生産者の高齢化、後継者不足、過疎化による加工作業員の不足といった問題も挙げられた。

考 察

島根県における養殖ワカメ収穫量の減少要因の一つとして、就業者の高齢化、過疎化による加工作業員の不足といった労働力の低下が考えられた。実態調査を行った2000年当時、60歳以上の漁業者は7割を占めていたが、本調査以降も就業者の高齢化、廃業が進む一方、本養殖業への新規着業者は隠岐地区でのIターンを含め数名しかいない。さらに経営体数の減少率を比較したところ、1990年代後半からその割合は急激に大きくなっており、今後もこの状況が続くと、経営体数の減少は急激に進むことが予測され、本養殖業の存続が危機的な状況にあることが窺えた。

種苗を自家生産している漁業者の聞き取り調査によると、近年の海水温の上昇による種苗の沖出し時

期の遅れ、収穫開始時期の遅れと収穫終了期の早まりという現象が起こっていることが明らかになった。即ち対象地区の8割の地区で過去と比較して収穫期間が10~30日程度短くなっていると感じているという結果であった。

ワカメ葉体の成長について、沖出しの時期は水温21℃前後^{3,4)}が適しており、さらに一定の大きさになる時期は垂下時期が早いほど成長が速い^{4,5)}。また葉体の末枯れは成長が鈍る水温上昇期の14~15℃頃から見え始め、水温17~18℃になると成長は低下し、末枯れが著しく目立つ⁵⁾。このことから、近年の高水温化が本養殖の生産性を低下させている一要因であると推測されるが、この検討については次の機会としたい。

謝 辞

本研究に対して御協力を頂きました県内各漁業協同組合、各地区ワカメ養殖代表の皆様には厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 中国四国農政局松江統計・情報センター編：島根農林水産統計年報. 島根農林統計協会.
- 2) 農林水産省統計部：漁業・養殖業生産統計年報. 農林統計協会.
- 3) (社) 資源協会 (1986) 浅海養殖, 大成出版社, 東京, 547-566.
- 4) 四井敏雄 (1967) 有明海におけるワカメ種苗の垂下時期と生長について. 水産増殖, 15 (3), 47-53.
- 5) 西川博 (1967) 有明海におけるワカメ養殖の研究-V. 水産増殖, 14(4), 197-203.
- 6) 彦田和昭 (1973) わかめ養殖読本「めのは」, 島根県浅海増養殖技術開発会議, 22-30.

付表 1-2 2000 年聞き取り調査まとめ

自家採捕	採苗	夏眠入り	夏眠明け	沖出し	本養殖開始	生産開始	生産盛期	生産終了	沖出し時期	生産開始時期	枯れる時期	収穫期間	
	箕浦	5月中下旬	8月下旬	10月上旬	11月中旬	(11月上旬)2月下旬	(1月下旬)	3月	4月上旬	10日遅い	30日遅い	早くなった	短くなった
	布施	5月下旬	7月下旬	9月下旬	11月中旬	2月中旬	(1月)	3月	3月下旬 (5月中旬)	30日遅い	早くなった、5月→4月	短くなった	
	笹子	5月上旬	7月中旬	8月下旬	11月中旬	2月中旬	2月中旬	3月	3月下旬	10日遅い	4月以降	短くなった	
	笠浦	5月中下旬	7月下旬	9月下旬	11月中旬	2月下旬	2月~3月	3月中旬	3月中旬	10日遅い	3月以降	短くなった	
	瀬崎	5月中下旬	7月中下旬	9月下旬	11月中旬	2月中旬	2月~3月	3月中旬	3月下旬→3月中旬	20日遅い		短くなった	
	多古	5月下旬	7月下旬	9月中旬	11月中旬	2月中旬	2月~3月	3月下旬				変わらず	
	加賀	5月10日頃	6月下旬	9月30日頃	11月上旬	1月中旬	2月	3月中旬			早く枯れる	短くなった	
	片句	5月下旬	8月1日頃	9月20日頃	11月20日頃	2月下旬	3~4月	5月連休				短くなった	
	北浜	5月下旬	7月中旬	9月下旬	11月上旬	2月上旬	3月	4月上旬			4月以降	短くなった	
	中山	5月下旬	7月中旬	9月下旬	11月上旬	2月下旬、3月上旬	3月	4月中旬				短くなった	
種購入 (県内)	採苗	夏眠入り	夏眠明け	沖出し	本養殖開始	生産開始	生産盛期	生産終了					
	蛸木			11月中旬		3月中旬	3月下旬	4月					
	犬来			11月中旬		3月上旬	3~4月	4月下旬					
	黒木			11月下旬	12月中旬	3月中旬	3月	3月下旬					
種購入 (鳴門)	採苗	夏眠入り	夏眠明け	沖出し	本養殖開始	生産開始	生産盛期	生産終了					
	七瀬			11月下旬 (1 cm)	11月下旬	2月10日頃	2月~3月	3月中、下旬					
	笹子			11月下旬 (1 cm)		2月上旬							
	笠浦			11月下旬 (3 cm)		1月下旬							

島根県多伎海域における種苗放流 メガイアワビの漁獲状況

内田 浩¹・佐々木 正²

Catch situation of hatchery-released Siebold's abalone *Haliotis gigantea* in Tagi sea area, Shimane Prefecture

Hiroshi UCHIDA, Tadashi SASAKI

Abstract: Siebold's abalones have been released continuously after 1998 off Taki, we investigated the change in the catch and recapture condition of hatchery-released abalone in 2001 to 2005. The catch showed the increasing tendency after 2000 and fishing individuals were mainly from 100 to 130mm in the length of the shell. Rate of the released abalone in the catch ranged from 46 to 79%. When we presumed the released year from shell ring, the part of released abalone was caught within two years after released. And released abalone recruited completely almost in three years after, it was returned mainly until five years later. The recapture rate was 9.7%, 14.7%, and 15.7% in the released group of 1998 to 2000 and this result was very high compared with another sea area. We think that the activity of improvement the survival rate after released as well as continued hatchery-released related to increase of the recaptured catch of released abalone.

キーワード：メガイアワビ，種苗放流，混獲率，回収率，多伎海域

はじめに

沿岸磯根資源の重要種であるアワビ類は，その増殖のため全国の各海域で種苗放流が実施されており，2004年度の放流個数は24,284千個¹⁾に達している。

島根県においてもアワビ類の種苗放流は1976年隠岐西ノ島町に島根県栽培漁業センター（現島根県水産技術センター栽培漁業部，以下栽培漁業部）が設置されて以来本格化し，2004年度ではメガイアワビ（以下メガイ）*Haliotis gigantea* 308千個¹⁾の放流がなされている。放流が開始された当初は主にクロアワ

ビ（以下クロ）を放流していたが，その後栽培漁業部において種苗生産が不調となり，1995年以降メガイに転換²⁾された。したがって，現在はメガイの放流が開始されてから10年が経過する。しかし，これまで放流されたメガイの漁獲状況は，明確にはされていない。放流経費は各沿岸市町村や漁協等が負担しており，放流事業を継続する上でその効果の把握は必要不可欠である。

そこで，1998年以降継続してメガイを放流している島根県多伎海域を対象にして2001～2005年に放流貝の再捕状況等の調査を実施した。漁獲量の推移や放流貝の混獲率とともに各放流群の加入状況や回収率を推定したので報告する。

¹ 現：島根県松江水産事務所 Matsue regional office of Fisheries Affairs, 1741-1 Tsuda Matsue 690-0011, Japan

² 現：漁業生産部 Fisheries Productivity Division

材料および方法

調査海域の概要 図1に調査対象とした多伎海域を示す。出雲市多伎町は島根県の中央部、出雲市の西端に位置し、約8kmの海岸線を有している。東部の久村地区は砂浜域であるが、中央部の小田地区から西部の田儀地区にかけては断続的に転石や岩盤帯が続いている。さらに、天然石やコンクリートブロックの投入による築いそ事業が実施されていることから、アワビ、サザエ、ウニ類等の好漁場となっている。ウニ類については夏季の一定期間素潜も行われているが、アワビ、サザエの漁獲については資源保護を目的に潜水漁法が禁止されているため、船上からの目視によるカナギ漁が行われている。漁獲期間は禁漁期（サザエ5、6月およびアワビ10、11月）を除く、周年操業である。また、アワビ類の漁獲サイズは漁業調整規則に合わせて殻長10cm以上となっている。

調査方法 漁獲統計については、多伎町漁業協同組合（現漁業協同組合JFしまね大社支所多伎出張所、以下JF多伎町出張所）が集計した1982～2005年のアワビ類の漁獲資料を使用した。放流実績については、各年の栽培漁業種苗生産、入手・放流実績³⁾並びにJF多伎町出張所への聞き取り調査を行った。

市場調査は、メガイの8割程度（平成7～17年の平均）を漁獲する12～4月に数回実施し、調査日に出荷された全数の殻長測定と放流貝の判別を行った。JF多伎出張所では、アワビ類の集荷を毎日行うのではなく、市況を見ながら月に数回集荷する。操業は継続して行われているので、各漁業者は漁獲したアワビ類をカゴ等に蓄養している。したがって、集荷日には数日間分のアワビ類が出荷されることになる。放流貝の判別には殻頂部の緑色の着色（グリーンマーク）とし、合わせてグリーマークのサイズも

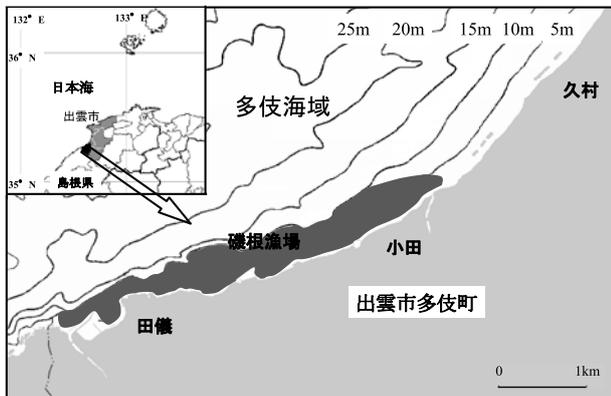


図1 多伎海域

測定した。これにより、各年度の殻長組成と放流貝の混獲率を推定した。また、漁獲物の一部を買い取り、殻長、体重の測定から殻長-体重関係 ($W_{(g)} = 3.323 \times 10^{-5} L_{(mm)}^{3.273}$, $F = 1,241$, $n = 138$, $P < 0.01$) を算定した。さらに、放流貝については、殻表の直接観察と殻の加熱処理⁴⁾により、放流後に形成された輪紋数を測定して放流後経過年数から放流年度を判別した。なお、メガイの輪紋形成時期については、米山⁴⁾、景山・伏見⁵⁾、藤川・山田⁶⁾の報告があるが、本研究では夏から秋季にかけて年1本形成されると仮定した。

漁獲個数、天然および放流貝の漁獲量等は次の方法によって求めた。つまり、①市場調査を行った12～4月の殻長組成が、各年を代表していると仮定する。そして、殻長組成と殻長-体重関係から調査重量を算出し、調査重量を測定個数で除して調査個体の平均体重を求める。②この調査個体平均体重を全漁獲物の平均体重とし、漁獲量を平均体重で除して総漁獲個数を求める。③総漁獲個数を殻長組成の階級に分け漁獲物の殻長組成を作成する。④さらに、各階級の放流貝の割合から、漁獲物殻長組成を放流と天然に分離する。そして、放流、天然別に集計して、放流、天然の漁獲個数を推定した。⑤また、この放流、天然別の漁獲物殻長組成と殻長-体重関係から放流および天然の漁獲重量を算定した。

各放流群別の回収率については、まず放流群の殻長が正規分布すると仮定し、④で作成した年度別放流貝殻長組成を各放流群毎に分離する。そして分離された各放流群を調査期間を通して集計し、放流個数で除した。計算にはMS-Excelのソルバーを使用し、収束化方法は最小二乗値とした。計算に必要な初期値は、各正規分布の平均と標準偏差及び殻長組成に占める各放流群の出現割合である。したがって、輪紋数から判別された各放流群の平均殻長、標準偏差や殻長組成のモード、各放流群の出現割合については放流個数及び放流後経過年数から判断した数値を初期値とした。

結 果

漁獲動向と放流実績 多伎海域におけるアワビ類の漁獲量（1994年以降の漁獲量は、クロとメガイを区別して集計）とクロとメガイの放流個数を図2に示す。アワビ類漁獲量は、1980年代1.5～2トンで推移し、1989～1991年は2.5トン程度まで増加した。しかし、1992年から減少傾向を示し、1995年には1

トンを大きく下回って0.5トンとなった。これ以降も低水準が続いたが、2000年以降は増減を繰り返しながらも回復傾向を示し2002年、2004年は2トンを上回り、1980年代の水準と同程度となった。なお、2005年の漁獲量の減少は、漁獲盛期である12月の荒天により出漁日数が減少したためである。これを種別に見るとメガイは2000年以降増加傾向を示し、2002年は近年で最も多い734kgとなった。クロも2000年以降増加傾向を示しているが、これを増加率で比較すると最も漁獲量が少なかった1995年に対して2000～2005年の平均値はメガイで約6倍、クロでは約3倍の漁獲量となり、メガイの増加率が高くなっている。

表1に多伎海域におけるメガイの放流実績を示す。放流種は他の海域と同様に1994年まではクロであったが、1995年からはメガイに変更され、以降は平均殻長30mmサイズ1～2万個の放流を継続して実施している。放流方法は、種苗が付着した波板(30×30cm)をアワビ漁場全域に、船上より投入することにより行われている。

また、2002年及び2003年は試験放流により各平均殻長41mmを47,000個、同30mm44,000個の放流が行われたため放流個数が増加している。

殻長組成と放流貝の混獲状況 市場調査で測定した2001～2005年の多伎海域におけるメガイの殻長組成と放流貝の混獲率を図3に、天然及び放流貝の平均殻長および標準偏差を表2に示す。測定したアワビの殻長範囲は90～175mmで、主体となっているのは100～130mm程度である。平均殻長は全体で112.6～118.2mmの範囲に、天然では120mm前後であるが、2002年のみ107.9mmと他の年と比較して小さい。放

表1 多伎海域におけるメガイアワビの放流実績

放流年月	放流サイズ	
	(mm)	個数
1995年7月	30	10,000
1998年3月	30	19,000
1999年3月	30	19,000
2000年3月	30	10,000
2000年12月	30	20,000*
2001年3月	30	10,000
2002年3月	30	10,000
2002年4月	41	47,000
2003年2月	30	44,000
2003年3月	30	10,000

*中間育成して放流しており、正確な放流数は不明である。

流では、110.9～116.4mmであり、2002年以外は天然に比べて放流は平均殻長は小さくなっている。2002年は、125mm以上の割合が小さく、測定個数も少ないので、調査に偏りがあった可能性もある。2005年も100～120mmの小型の割合が高い傾向が見られる。また、各年とも2～3箇所のモードがあり、モード位置は105～110mm、120～125mmに形成される年度が多い。放流貝の混獲は各年とも見られ、殻長の範囲は90～150mm、その混獲率は46～79%であった。

表3に2001～2005年のメガイの漁獲量および推定漁獲個数を示す。なお、10、11月が禁漁期となって

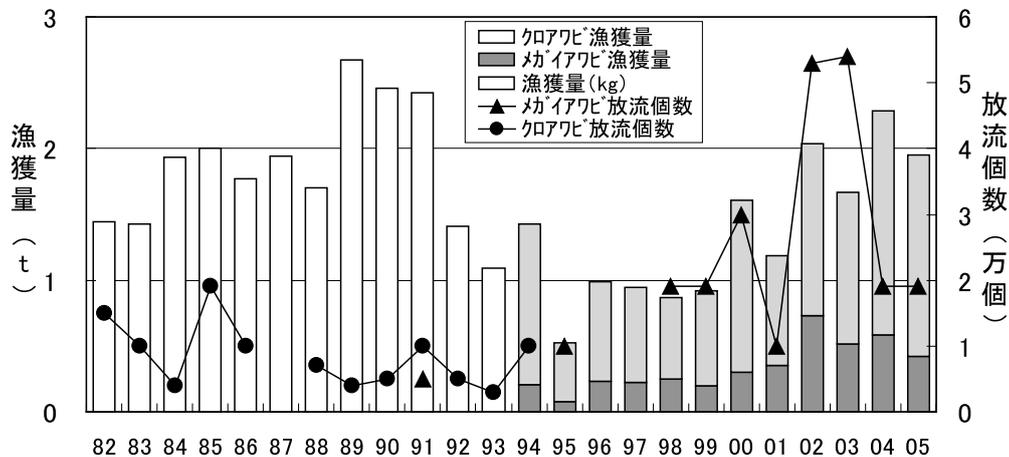


図2 多伎海域におけるアワビ類の漁獲量およびクロアワビとメガイアワビの放流個数

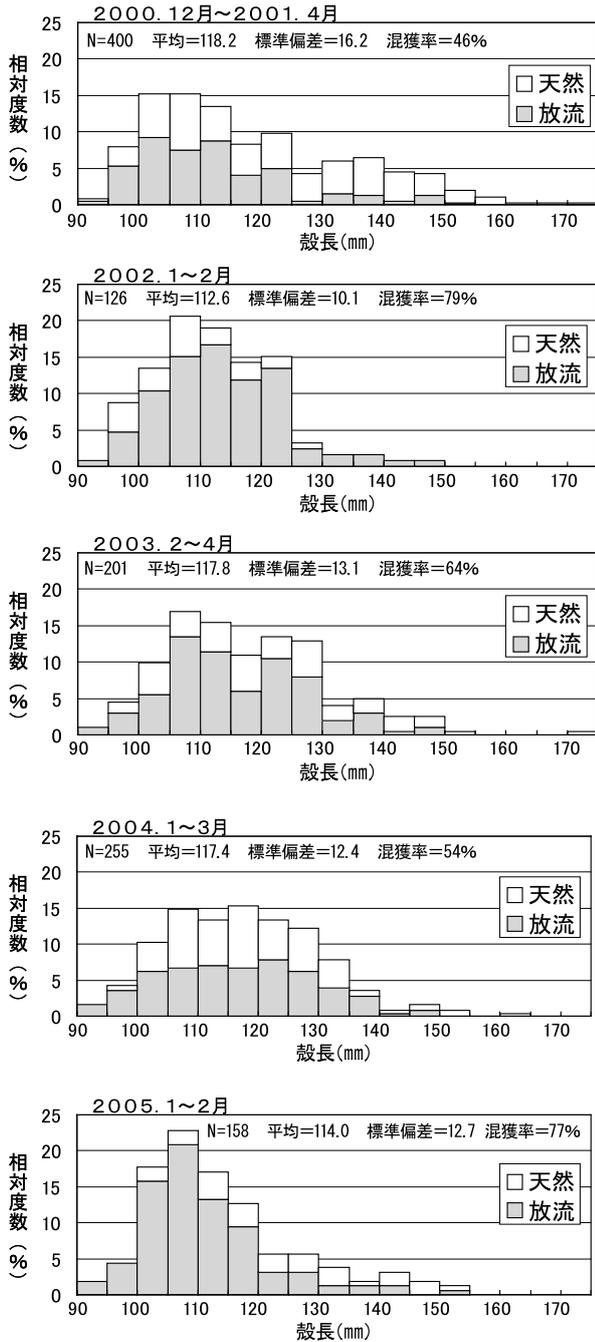


図3 多伎海域におけるメガイアワビ殻長組成と放流貝の混獲状況

表2 多伎海域における天然及び放流メガイアワビの平均殻長と標準偏差 (単位: ●)

調査年	天然		放流	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
2001	123.2	17.3	112.3	12.4
2002	107.9	9.0	113.8	10.0
2003	120.2	15.9	116.4	11.1
2004	118.6	12.1	116.4	12.5
2005	123.9	14.2	110.9	10.5

表3 多伎海域におけるメガイアワビ漁獲量, 漁獲個数 (12~9月)

調査年	天然		放流	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
2001	123.2	17.3	112.3	12.4
2002	107.9	9.0	113.8	10.0
2003	120.2	15.9	116.4	11.1
2004	118.6	12.1	116.4	12.5
2005	123.9	14.2	110.9	10.5

いるため、前年の12~翌9月を1年として再集計した。漁獲量は394~694kgの範囲であり、その内の放流貝は148~570kgで、重量換算の混獲率は38~82%である。混獲率の高い年度は、放流貝の漁獲重量が多い。漁獲個数は、1,821~3,917個、内放流は828~3,109個と算出された。

放流貝の輪紋別殻長測定結果 表4に2002~2005年における放流メガイの輪紋数別の殻長と放流時サイズ(グリーンマーク)の測定結果を示す。測定個体の輪紋数は、2~9本の範囲で観察された。夏季から秋季に輪紋が形成されると仮定しているため、調査時期の輪紋数は放流後経過年数となる。放流は通常30mmで行われているが、中には放流後2年で100mm前後まで成長しているものも見られる。放流後3年程度で殻長は105~112mmとなり、4年後では120~125mm、5年後では128~132mmに成長している。

なお、2002、2003および2005年における輪紋6~9本の個体は1995年群と考えられるが、放流後経過年数と一致しない。これは1995年の放流が7月であり、放流後直ぐに輪紋形成期に入るため、輪紋の形成が不十分であったり、さらに形成されなかったとも考えられる。また、高年齢になると、殻の縁辺部に形成される輪紋が密になるため、輪紋を分離、読取ることができなかった個体もあったと推測される。

放流群別の回収率 推定された放流群別の漁獲個数、平均殻長、標準偏差及び回収率を表5に示す。放流後2年で一部の個体が漁獲対象となり、放流後3年ではほぼ完全加入し、主に5年後までの間が漁獲対象となっている。

年別に見ると2001年は、1995、1998、1999年の一部が漁獲対象で、高年齢は1995年群のみで、主体は1998年群である。2001年は継続放流が開始されて3年目であり、漁獲量の増加は2000年12月から見られ始めるので、低水準の資源に多量の放流群が加入し

表4 放流貝の輪紋数別殻長と放流時サイズ（グリーンマーク）の測定結果

調査年	項目	輪 紋 数				
		2	3	4	5	6~9
2002	測定個数	2	22	14		2 (6本)
	殻長*	101.6±0.9	111.6±6.4	124.5±4.0		133.8±3.0
	放流時サイズ*	36.2±1.4	32.0±3.5	31.8±4.9		29.3±0.6
2003	測定個数		17	14	2	1 (7本)
	殻長		107.3±5.1	122.1±7.3	132.1±4.2	148.3
	放流時サイズ		29.3±7.1	30.1±4.7	31.6±1.6	37.2
2004	測定個数	7	20	20	9	1 (6本)
	殻長	96.9±4.5	108.2±7.4	120.0±10.5	131.8±4.1	145.5
	放流時サイズ	43.2±8.4	29.5±4.5	31.8±5.4	31.4±2.8	36.5

*：単位mm、平均値±標準偏差

表5 放流年度別の漁獲個数、平均殻長、標準偏差（単位：mm）および放流後3～5年間の回収率
～5年間の回収率

放流年	放流 個数	調査年										回収率 (%)
		2001		2002		2003		2004		2005		
		漁獲 個数	平均 標準偏差									
1995	10,000	133	132.7 12.2	11	140.0 12.0	0	145.0 12.6	0	150.0 14.0			
1998	19,000	557	110.2 7.5	990	121.3 7.3	297	131.4 10.0	0	135.0 12.0	8	140.0 12.4	9.7
1999	19,000	139	100.3 1.7	2,106	108.9 7.5	437	124.0 3.2	256	130.9 8.5	0	135.0 12.0	14.7
2000	10,000			2	98.0 1.1	893	109.2 4.6	454	122.7 6.5	221	131.4 9.9	15.7

*：2000年12月放流は、2001年放流群に含めるが、正確な尾数が把握できない。

**：同じ種苗生産年度であるので、放流サイズが異なっているものも含めた。

始めた年と考えられる。2002年以降、継続して放流群の加入と成長が見られる。

回収率は、漁獲の主体となっている3～5年後が算定できる1998～2000年放流群で9.7%、14.7%、15.7%であった。

なお、放流後2年では成長の早い個体のみが漁獲対象となっており、殻長が正規分布しておらず、誤差が大きいと考えられる。

考 察

島根県において通常の操業を通して放流アワビの混獲率を調査をした例は少ないが、メガイでは多古海域での18%⁸⁾ および17%⁹⁾、今回の調査と同じ多伎海域でクロを対象にした調査では5.4%¹⁰⁾ であり、これらと比較すると、多伎海域の放流メガイの混獲率46～79%は非常に高い。混獲率は、天然発生資源量や放流実績等に影響を受けるとされ、和歌山県加太海域では天然メガイの生息が少ないことや放流実

績から¹¹⁾、また静岡県では過去の放流実績から¹²⁾混獲率について説明している。多伎海域の場合は、もともとクロの漁獲割合の多い海域¹⁰⁾であり、そこに大量のメガイ種苗を継続して放流した結果、混獲率は上昇したと考えられる。3～5年前の放流個数の合計と混獲率との関係は、有意ではないものの、サンプリングに問題があると考えられる2002年を除くと、放流数が増加すれば混獲率も増加する傾向($r = 0.95$, $n = 4$, $P = 0.052$)が見られる。

次に放流群毎の回収率は、9.7～15.7%であり、メガイを対象にした他県の回収率調査例¹³⁾と比較して高い傾向が見られる。他県の調査海域では潜水も行われており、カナギ漁のみの多伎海域は優良な事例である。回収率に影響を及ぼす要因として、生残率と漁獲率^{13, 14)}があげられている。多伎海域では漁場造成、外敵駆除および密漁防止活動等、生残率を高める取り組みを実施している。また、メガイに転換されてからは、漁場全域に放流が行われるようになった。クロでは禁漁区である保育場へ集中して放流が行われていたため、限られた期間しか漁獲できなかった。藤川らは¹⁰⁾、一般漁場内で、毎年違った海域に放流するのが得策であると指摘しており、低密度で広い範囲に放流できたことも、メガイの再捕量の増加に繋がっていると考えられる。

また、回収率を推定するために、各年の放流メガイの殻長組成を放流群毎に分解した。この時成長の情報を初期値として使用しているため、初期値としての有効性を検討するため、多伎の放流メガイの成長と他の海域との比較を行った。つまり、輪紋数別の殻長測定時に各輪紋径の測定も実施したので、藤川・山田¹⁵⁾が隠岐海士町の知々井海域で調査した結果と比較した(図4)。多伎海域の放流メガイの方が僅かに成長が早い傾向を示しているが、ほぼ同じであり、初期値として妥当と考えられる。

漁獲率の面から回収率を上げるためには、漁獲努力量を増加させる必要があるが、多伎海域の漁獲盛期は冬季であり、荒天のため出漁日数が制限されている。努力量の増加については、資源管理体制やサザエやクロ等他種への影響も充分検討する必要があるが、今後の重要課題である。

この研究においては、冬季の調査結果のみから、放流貝の漁獲量や回収率の推定範囲を一年にまで拡大しており、精度的に課題が残る。また、サンプリングに偏りがある可能性もある。したがって、今後も継続した調査が必要であると考えられる。

放流は全国的に実施されているが、漁獲量が増加

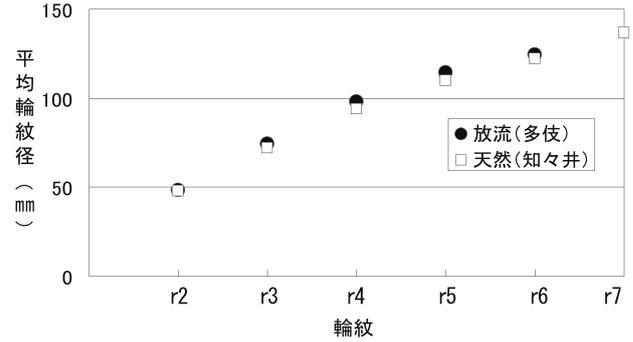


図4 多伎海域の放流メガイアワビと知々井海域の天然メガイアワビの輪紋径の比較

傾向ある海域は少ない。資源を回復・維持するためには、種苗放流だけでなく、漁場管理、資源管理等も含めての取り組みが不可欠である。

謝 辞

本研究に対して御協力を頂きました元島根県多伎町漁業協同組合藤井多津江参事、漁業協同組合JFしまね大社支所浜豊多伎出張所長には厚くお礼申し上げます。また、測定の補助をして頂いた島根県水産技術センター内水面浅海部時職員加藤栄子さん、片岡靖子さん、元臨時職員の青戸富美江さんには感謝の意を表する。

文 献

- 1) 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協議会(2006)平成16年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)。
- 2) 清川智之・川上勲輝(1997)アワビの種苗生産。島根県栽培漁業センター事業報告、平成6・7年度、10-13。
- 3) 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協議会(2004年以前：水産庁・(社)日本栽培漁業協会)(1984~2006)各年度年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)資料編。
- 4) 米山純夫(1991)伊豆大島におけるメガイアワビの輪紋形成。水産増殖、39(2)、p181-188。
- 5) 景山佳之・伏見浩(1979)若令メガイの輪紋形成。静岡水試研報、13、83-92。
- 6) 藤川裕司・山田正(1994)資源管理型漁業推進総合対策事業(地域重要資源調査、アワビ)。島

- 根県水産試験場事業報告, 平成4年度, 182-197.
- 7) 内田浩・山根恭道 (2003) メガイアワビの放流技術開発 (増殖技術開発事業). 島根県水産試験場事業報告, 平成14年度, 35.
 - 8) 佐々木正 (2001) 沿岸有用資源の種苗生産と効率的な放流技術開発 (増殖技術開発事業). 島根県水産試験場事業報告, 平成12年度, 42.
 - 9) 佐々木正・山根恭道 (2002) メガイアワビの放流技術開発 (増殖技術開発事業). 島根県水産試験場事業報告, 平成13年度, 33.
 - 10) 藤川裕司・山田正・勢村均・郷原育郎 (1995) 資源管理型漁業推進総合対策事業 (地域重要資源調査). 島根県水産試験場事業報告, 平成5年度, 154-162.
 - 11) 奥山芳生 (2003) アワビ類資源総合対策調査研究事業. 和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場事業報告, 平成13年度, 89-101.
 - 12) 静岡県 (2005) 平成16年度栽培漁業技術開発事業報告書地先型定着性種 (暖海域) グループ, 1-41.
 - 13) 青森県, 岩手県, 秋田県, 神奈川県, 福岡県 (1990) アワビ種苗放流マニュアル.
 - 14) 武市正明 (1988) 大量放流されたエゾアワビ人工種苗の回収率と生残率. 栽培技研, 17 (1), 27-36.
 - 15) 藤川裕司・山田正 (1994) 資源管理型漁業推進総合対策事業 (地域重要資源調査, アワビ). 島根県水産試験場事業報告, 平成4年度, 182-197.

中海における漁獲量変動

森脇晋平¹・道根 淳²

Catch fluctuations in Nakaumi, estuarine inland-sea, western Japan

Shimpei MORIWAKI and Atsushi MICHINE

Abstract: The present paper deals with the catch fluctuations in Nakaumi focusing on the alternations of dominant species in the fisheries resources community. The study is based on the various catch statistics. Data sources were examined to point out the long-term fluctuation of the population.

Remarkable alternations of dominant species have occurred. The major events are summarized as follows: (1) Fishing conditions of the benthos resource such as shrimps, crabs, and shellfishes begun to decreased drastically after the early 1980s. (2) "other fisheries animals", which is mainly composed of Mysidae and small goby, showed poor catch years after the mid-1980s. (3) Fish-catch conditions as well as fish fauna have shifted in their composition since the early 1990s: the catch of pond smelt and small silvery mackerel have decreased near to zero and that of common goby and ell have significantly decreased. However, the catch and size of sea bass have remarkably increased. This coincides with the increase in coastal of Japan Sea.

It is important for us to continue the survey to solve the mechanism of the population dynamics of this area.

キーワード：中海，漁獲量，漁獲統計

はじめに

中海はかつては生物生産性の高い漁場であったことが知られているが，その海域における漁業は長期的に大きく衰退していった^{1, 2)}。本報告では各種の漁獲統計資料に基づき，中海の漁獲量の経年変動の特徴を整理・検討することに重点をおき，中海の漁業生産の長期的な変遷について言及する。併せて最近の魚類相の変化についてもふれる。

山室ほか³⁾も指摘しているように，実際に利用できる漁獲統計資料は必ずしも対象漁場の生物生産を反映させているとは限らない。しかしながら一定の基準で収集された資料を約半世紀の時間スケールで

検討すれば変動パターン的一端はうかがい知ることが可能であろうし，また必要な作業であると思われる。

資料と方法

ここで取り扱った漁獲量に関する資料は「島根農林水産統計年報」の1956年（昭和31年）版から2004年（平成16年）版である。このなかで，安来・東出雲・松江・八東の各地区を中海の漁業生産の場（図1）と考えて処理を行った。ただし，用いた統計は1964年以降は属人であるので調査対象の漁場以外での水揚げを含んでいる場合がある。この取り扱いについては該当の節で説明する。また，貫単位で表示

¹ 現：総合調整部 General Coordination Division

² 内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

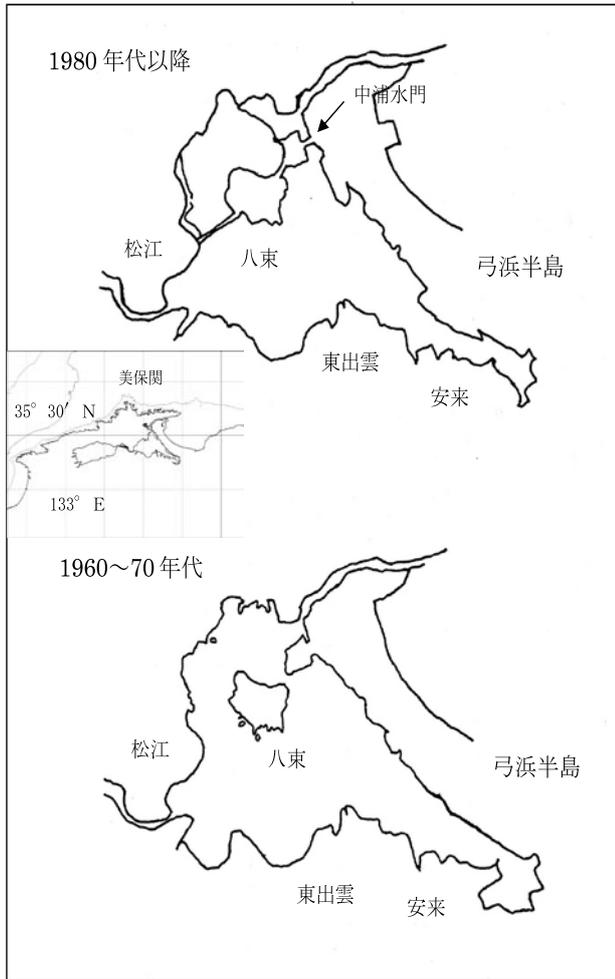


図1 調査範囲の地理的概要

されている場合はkg単位に換算した。

もう一つの漁獲統計資料は中海の漁獲成績報告書である。このうち、刺網漁業（1988年，1994年，2000年）と小型定置網漁業（1988年，1991年，1995年）の資料を用いた。

最近の漁況の特徴に関してスズキとコノシロについて言及するが、スズキについては美保関町漁協（現・JFしまね美保関支所）が収集している漁獲統計資料を、またコノシロについては漁業養殖業生産統計年報（1995年～2004年）に掲載されているものを用いた。

結果と考察

1. 漁業種別漁獲量の経年変動

この節では島根農林水産統計年報の漁業地区別漁業種別漁獲量を用いた。さらに、漁労体数および出漁日数を用いて単位努力当たり漁獲量（CPUE）を示した。

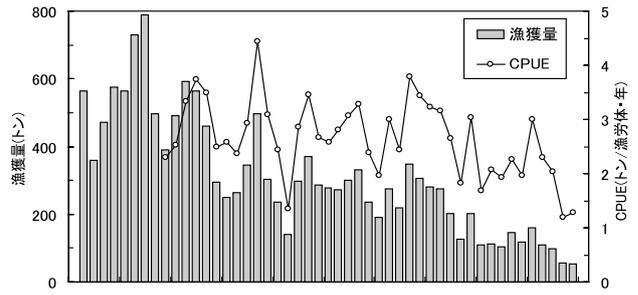


図2 小型定置網漁業による漁獲量及び単位努力量当たり漁獲量の経年変動

(1) 小型定置網漁業（安来・東出雲・松江・八束）

漁獲量の経年変動には長期的な減少傾向がみられる（図2）。1956年から1960年代中葉までは年による増減はあるが年間漁獲量は600トン前後を変動していた。しかし1960年代末からは減少傾向を示し、500トンを上回った年はなく、300トン前後を中心に変動していた。1990年代初頭からはさらに減少傾向がみられ、1995年以降は100トン台前半を上下しながら低迷している。2004年には50トン台となり、漁獲統計が公表され始めて以来の最低の値を記録した。

一方、1漁労体当たりの漁獲量（CPUE）の変動には2000年代初期までは漁獲量変動にみられたような長期的な減少傾向は指摘できない。年による変動は大きいものの1漁労体当たり約2～3トンの漁獲を維持していたが、2003～2004年の最近の統計値ではCPUEは1.2トン程度に急減している。

(2) 刺網漁業（安来・東出雲・松江・八束）

長期的な漁獲量変動には1960年代及び1980年代のそれぞれの中葉を中心とした漁獲の高水準期がみられる（図3）。1990年代は低位ながら安定していたが、2000年代に入り減少傾向にある。

1日1隻当たり漁獲量（CPUE）の長期的な変動傾向には1960年代中葉の漁獲量のピークとはややず

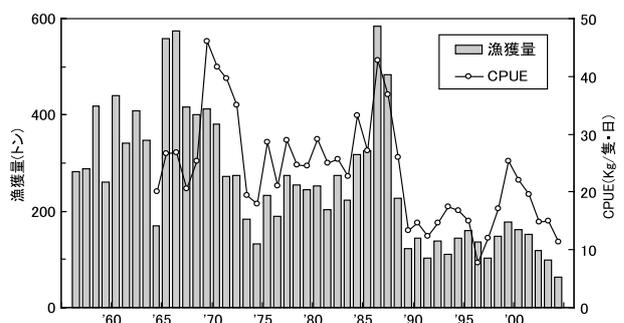


図3 刺網漁業による漁獲量及び単位努力量当たり漁獲量の経年変動

れているが漁獲の増減に対応したCPUEの上昇・下降がみられている。1990年代の低迷期にはCPUEは最低のレベルで経過し、1990年代後半からは上昇の傾向がみられ始めたものの、2000年代に入り減少の方向に転じた。

(3) はえ縄漁業（安来・東出雲・八束）

漁獲量の経年変動（図4）をみると1966年に統計期間を通じて最大の水揚げ量を記録しており、その後1970～1980年代にかけては年による変動は激しいものの低水準で経過した。しかし1980年代末から1990年代になると漁獲量は上昇傾向に転じ、1998年には過去最高であった1966年に次ぐ漁獲量であったが、その後は減少傾向にある。CPUEは漁獲量の変動傾向にほぼ対応している。

(4) 釣漁業（安来・東出雲・松江・八束）

1974年に最大の漁獲量を示し、1970年代には全期間中のうち漁獲量の上位から3位が出現して概して高水準であったといえる（図5）。その後1980年代は低水準で推移したが、1990年代になって漁獲は増加傾向を示しているように見え、CPUEもそれに対応して上昇傾向にある。

(5) 船びき網漁業（東出雲・松江）

統計期間を通じて漁獲量の増減が激しいが、1970

年代末～1980年代初頭にかけて漁獲水準の高い年が出現している（図6）。1990年代に入ると1991に漁獲量・CPUEともやや高かったのを除けば極めて低水準で推移している。

(6) 採貝漁業（八束）

1960年代後半からの漁獲量の上昇は後述するようにアサリの漁獲増によるものである。1980年までは高水準状態を維持したが、1981年以降漁獲量は半減し、さらに1990年代になって1994～1996はやや増加したものの低水準・減少傾向で推移している（図7）。CPUEは漁獲量の変動にほぼ対応して変化しているが、漁獲量が低水準状態になった1990年以降では変動が激しい。

(7) 底びき網漁業（八束）

底びき網漁業による漁獲統計値が「その他の底びき網」として1975年まで掲載されている。中海の底びき網漁業は貝桁網、エビ桁網、オダエビ桁網、オゴ桁網に分類できるが^{4, 5)}、漁獲量の大部分は貝桁網による⁴⁾。事実、底びき網漁業と採貝漁業との合計値は「その他貝類」の漁獲量とほぼ一致するので、底びき網漁業による漁獲は貝類が主体であったと思われる。

漁獲量は1960年代前半にかけて急速に減少した

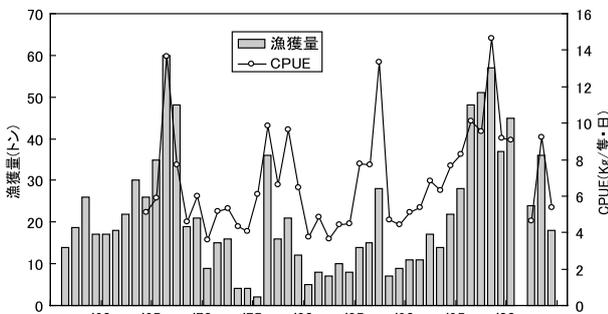


図4 縄漁業による漁獲量及び単位努力量当たり漁獲量の経年変動

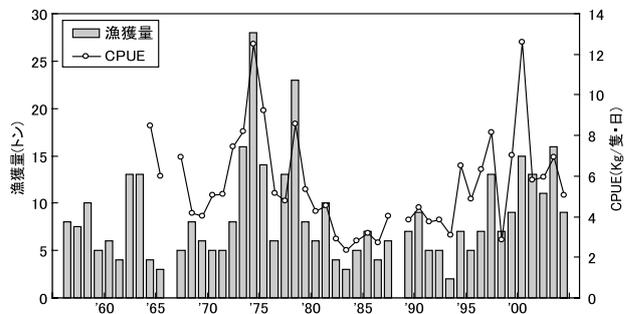


図5 釣漁業による漁獲量及び単位努力量当たり漁獲量の経年変動

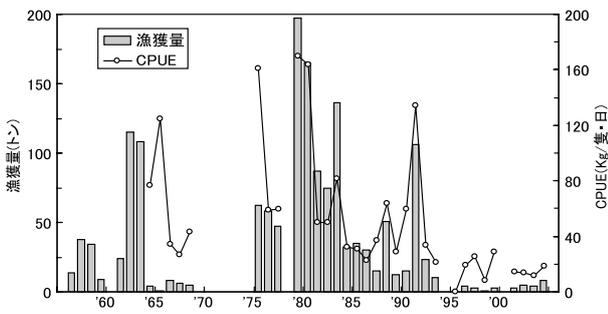


図6 船びき網漁業による漁獲量及び単位努力量当たり漁獲量の経年変動

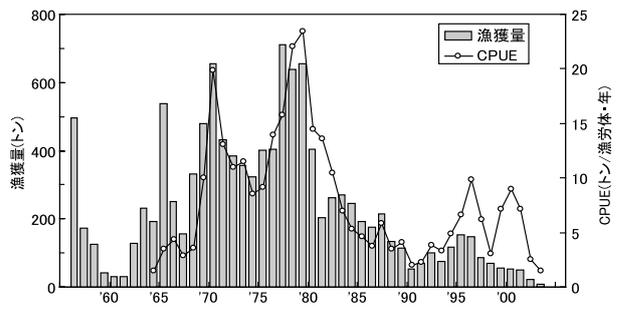


図7 採貝漁業による漁獲量及び単位努力量当たり漁獲量の経年変動

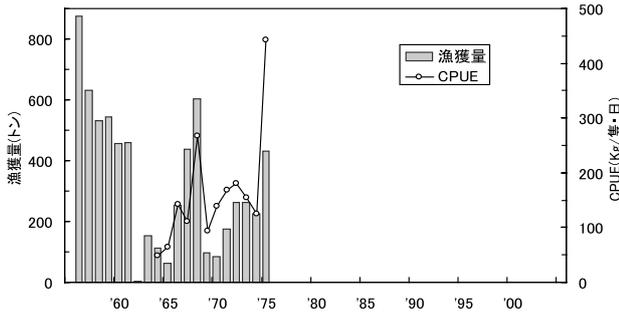


図8 底びき網漁業による漁獲量及び単位努力量当たり漁獲量の経年変動

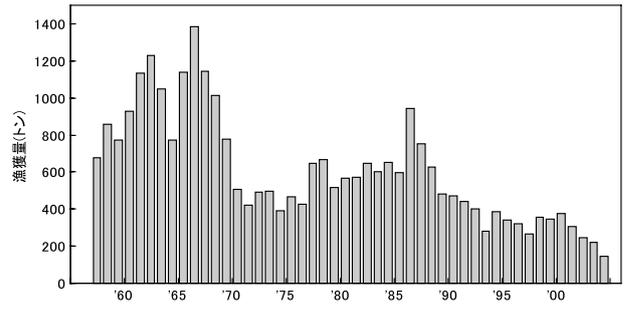


図9 魚類の漁獲量の経年変動

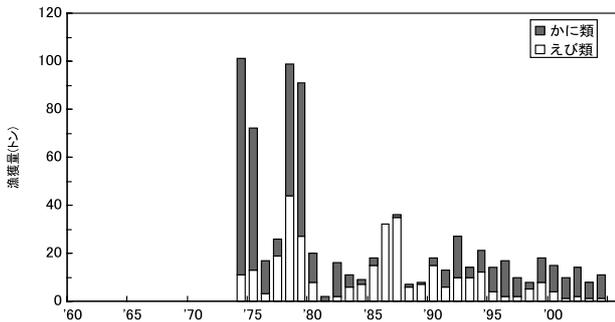


図10 甲殻類の漁獲量の経年変動

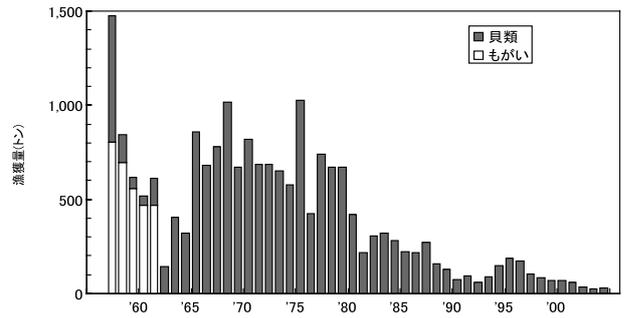


図11 貝類の漁獲量の経年変動

(図8). その後、一時的に600トン台にまで回復したが長続きせず、増減の激しい変動を示している。CPUEの変動は漁獲量のそれにほぼ対応している。

2. 魚介類別漁獲量の経年変動

この節では鳥根農林水産統計年報の漁業地区別魚種別漁獲量を用いた。

(1) 魚類

中海には1959～1961年当時103種類⁶⁾、1995～1997年当時69種類⁷⁾の魚類の生息が確認されているが、産業的に利用されているのは約30種類である⁸⁾。そのうちで今回用いた漁獲統計に記載されているのは「かれい類」、「ほら類」、「すずき」であり、それ以外は「その他の魚類」にまとめられている。ただし、「ほら類」は1960～1961の2年間のみ掲載されており、「すずき」も1962年以降、独自の項目からは削除され「その他の魚類」に統合されている。したがって、中海の魚類の漁獲量としては1961年までは「その他の魚類」、「かれい類」、「ほら」、「すずき」の合計値を、1962年以降は「その他の魚類」、「かれい類」の合計値を使用した。また、この統計は属人であるので1964年から1973年の「松江」地区に「沖合底びき網」による漁獲が含まれている。このうちの大部分は魚類であろうと推測してこの期間は合計

値から除いた。この「沖合底びき網」による漁獲量は統計法により公表されていない年があるが、これについては公表されている年の漁獲量と操業日数との回帰直線にあてはめて推定した。この間の「かれい類」はその前後3年間の平均値を漁獲量として加算した。

このようにして推定した中海の魚類漁獲量の経年変動(図9)をみると、1969年まではほぼ800トン弱から1,400トンの間を変動し高水準で推移した。その後、1976年までは400～500トンと低迷したのち1986年までは漸増傾向を示した。それ以降ふたたび減少に転じ1993年には統計が公表され始めて以来最低の200トン台を記録した。それ以降は300トン台の低水準状態が続いていたが、2002年には200トン台前半に低下した。

(2) 甲殻類

かに類とえび類の統計値が掲載されるようになったのは1974年からであり、その経年変動を図10に示した。1970年代は年による変動は著しく大きいものの70～100トン漁獲した年もしばしばみられたが、1980年代に入ると多い年でもせいぜい30トン台であり、特に1980年代末からは10トンを下回る年も出現するようになり低水準で推移している。

(3) 貝類

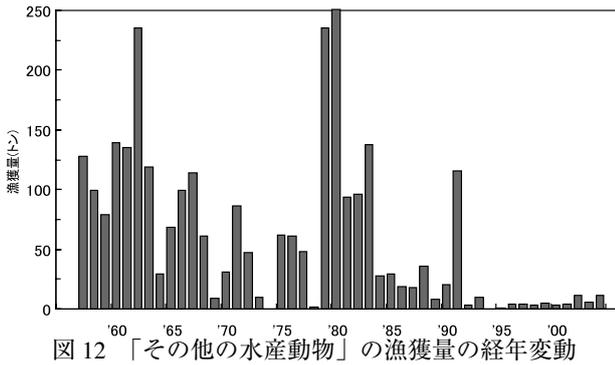


図12 「その他の水産動物」の漁獲量の経年変動

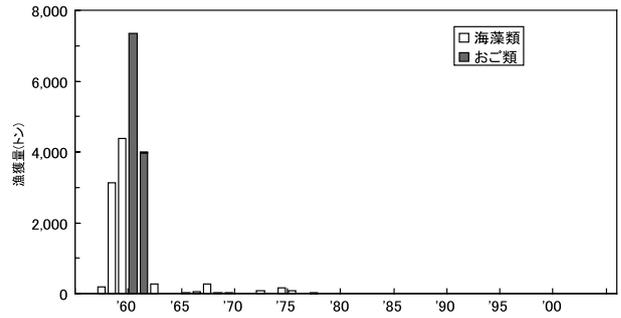


図13 海藻類の漁獲量の経年変動

「もがい」と「その他貝類」の漁獲量変動を図11に示した。1957年に1400トン以上の水揚げのあった貝類は急激に減少し、1962年にはわずか143トンにまで落ち込んだ。1962年以降は統計上「もがい」の項目も消滅し、1960年代前半までに「もがい」の水揚げは事実上なくなったと推測される。

1965年から1970年代にかけての水揚げはアサリが主体となって700～800トン以上の水準を維持して経過したが、これはアサリの需要増大と江島から境水道周辺のアサリ漁場の開発によるところが大きい⁹⁾。その後1981年以降は漁獲量は半減し、さらに1990年代になると100トンを下回る年も頻繁に出現するようになり最近の統計では20～30トン台と低水準で推移している。

(4) その他水産動物

その他水産動物の漁獲量には著しい経年変動がみられる(図12)が、1950年代の終わりから1960年代にかけてと1980年代初頭前後にかけては100～250トンの水準の水揚げがある年も多く、高水準の期間であったといえる。しかし、1980年代後半からは1991年の120トンを最後にきわめて低水準で経過している。

ところで、1975年以降の「その他の水産動物」の漁獲量経年変動と船びき網によるそれ(図6)とはよく類似するので「その他水産動物」の大部分は船

びき網で漁獲される「アミ類」やビリンゴ、ニクハゼ¹⁰⁾であると判断され、1973年以前はえび類・かに類も含んでいたと思われる。なお、中海で採集されるアミ類にはニホンイサザアミとクロイサザアミが確認されている¹¹⁾。

(5) 海藻類

海藻類の漁獲量(図13)は1958～1961年にかけて約3,000～7,300トンの範囲を変動している。この海藻は、いわゆる「おご類」、「オゴ草」で主体は紅藻類のオゴノリであろうと思われる。カンテン原料の用途で漁獲される。この期間中、特に1960年は30年ぶりの大豊作に加え全国的な品薄で例年より2～3割高い価格で取引され、高収入をもたらした¹²⁾。1962年以後は急激に減少し、1970年代末からは漁獲統計のなかには計上されていない。オゴノリだけについての調査はないが、中海の海藻類は1960年頃から1970年前半にかけて大きく衰退する方向へ変化した¹³⁾。この減少過程については平塚ら¹⁴⁾による詳細な記述がある。

3. 1990年代における魚種組成の変化

この節では漁獲成績報告書の資料を用いた。

小型定置網漁業と刺網漁業の魚種組成に基づき、1988年の漁業種毎の総漁獲量を指数100として、その後の漁獲量変動に対応させた魚種別の漁獲量指数

表1 小型定置網漁業と刺網漁業の漁獲量指数の変化。1988年の漁獲量を100として計算した。

小型定置網												
年\魚種	スズキ(成魚)	スズキ(未成魚)	ハゼ類	ヒイラギ	ウナギ	サヨリ類	コノシロ	メバル類	ワカサギ	サッパ	その他	計
1988	0.4	5.2	39.7	4.8	2.8	1.4	7.0	5.7	17.2	12.5	3.3	100.0
1991	0.0	7.2	50.5	1.9	0.9	1.1	4.9	0.8	0.4	8.1	3.2	79.0
1995	0.3	1.6	20.2	0.3	0.5	0.5	3.1	0.7	0.5	2.3	1.9	31.6
刺網												
年\魚種	スズキ(成魚)	スズキ(未成魚)	ハゼ類	ヒイラギ	ボラ類	サヨリ類	コノシロ	メバル類	その他	計		
1988	0.6	13.8	29.1	9.3	16.6	2.8	13.5	9.4	4.8	100.0		
1994	2.0	13.2	16.6	0.4	9.8	0.9	1.0	4.0	2.3	50.2		
2000	14.5	10.9	11.9	0.3	16.6	1.6	2.7	8.4	4.0	70.9		

を求めた(表1)。これによると、小型定置網ではすべての魚種で漁獲量指数は減少しているが、とりわけ(1)ワカサギ・ヒイラギがほとんど漁獲されなくなったこと、(2)ウナギ・「メバル」・サッパが大幅に減少したこと、(3)「ハゼ」の漁獲が半減したこと、が特徴的である。一方、刺網では(1)スズキが急激に増加したこと、(2)ヒイラギが大幅に減少したこと、(3)「ハゼ」の漁獲が1/3に減少したことが指摘できる。

このうちサッパは市場価値が低く、出荷されない割合が高い⁷⁾ので、この減少が資源量の減少を反映したものではないであろう。逆にこれらを除く魚種はいわゆる中・高級魚で需要が高く、年々の漁獲量水準は資源水準を指標するとみてよい場合が多いであろう。こういった考えから、次のことが指摘できる；(1)ワカサギとヒイラギは1990年代に入り激減した。(2)マハゼを主体とするハゼ類は1980年代末に比べ1990年代半ばに1/2に、2000年代には1/3にそれぞれ減少した。(3)スズキは銘柄組成の変化からみて1990年代の半ばから急激に大型・増加傾向を示した。(4)ウナギ・サヨリ類は減少傾向を示したが、ボラ類はその傾向はみられなかった。

1962～1974年にかけて安来魚市場において中海産魚類を取り扱った統計資料¹⁵⁾から類推すれば、その期間の中海の重要水産資源生物としてはボラ、ハゼ、ヒイラギ、セイゴ、ワカサギ、サヨリであった。このことと1980年代後半の魚種組成¹⁶⁾からみておそらく1960年代から1980年代後半まではある特定の重要水産資源生物が激減するような魚類相の大きな変化はなかったであろうと思われる。しかしながら、1990年代になって、ここで指摘したような顕著な魚類相の変化が生じたと考えられる。特にワカサギについては宍道湖から降下して中海から境水道・島根半島へ分布を拡げる群がある¹⁷⁾が、この“降下遡上”群が激減したことは、この水系における重要水産資

源生物の生態変化として特筆すべきである。

4. スズキとコノシロの増加現象

すでに前節で指摘したように中海においてスズキが増加し(表1)、また、この水系におけるコノシロの増加も報告されている⁷⁾。そこでこれらの魚種について最近の漁獲統計資料を用いて議論する。

漁業・養殖業生産統計年報に1995年から記載されている島根県におけるコノシロの漁獲量変動を図14に示した。今回示した統計期間がコノシロの長期変動のなかでどのような傾向および水準にあるのかにわかに判断できないが、コノシロの長期的な漁獲量変動はマイワシのそれに類似している¹⁸⁾ことが指摘されている。日本海におけるマイワシ資源は1989年以降急激に資源量は減少し続けており、2002年の資源量・漁獲量とも過去最低であった¹⁹⁾ので、コノシロの変動がマイワシのそれと同様な長期的変動傾向に従うとすると今後のコノシロの資源水準は減少する方向に進むことが予想される。

他方、美保関漁協のスズキ漁獲量の年変動(図15)をみると1998～2002年では明瞭な増加傾向を指摘できる。主な漁場は日本海沿岸域であるので、外海域における資源変動を指標しているとみてよいであろう。中海におけるスズキの増加はこれを主な漁獲対象魚種とするはえ縄・釣り・刺網漁業の漁況にも反映されており、1990年代後半以降のこれらの漁業種類の漁獲量・CPUEの増加(図3, 4, 5)は、スズキ・セイゴの増加・大型化を反映したものと推測され、日本海におけるスズキの漁獲動向(図15)と符合する結果となった。この事実は中海のスズキ漁獲量は外海の資源量と連動している可能性が強いことを示している。

コノシロ、スズキは生活史の一部あるいは大部分を外海に依存している魚種である²⁰⁾ので、中海での漁況を支配するのは外海から入り込む量の消長一

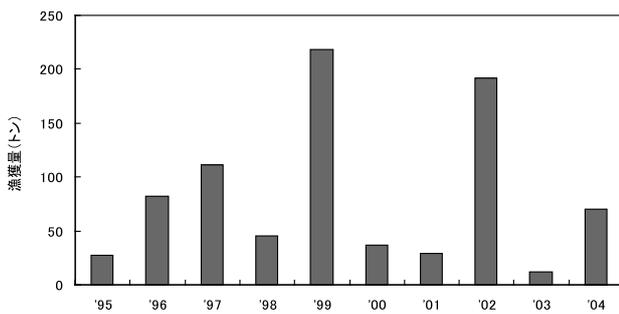


図14 島根県におけるコノシロの漁獲量変動

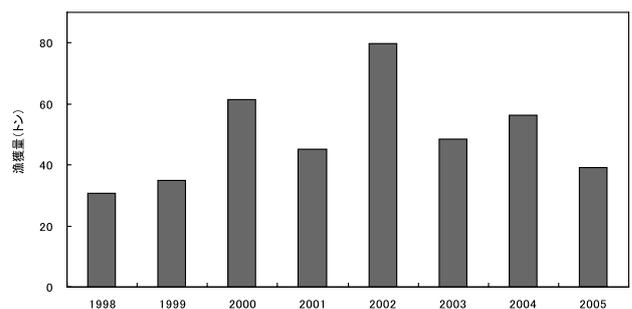


図15 日本海側沿岸域におけるスズキ漁獲量変動(美保関漁協)

外海域の資源動向一に左右されている面があることは否定できない。もともとコノシロ、スズキは有機汚濁に強い魚種である²¹⁾ので、これらの魚種が中海で増大したのはそれらの資源が増大して中海への来遊量が増加したことに加え、これらの魚種が中海の富栄養化²²⁾に適合した種であることが有利に働いた結果であると考えられる。

最近の特徴として、2000年代に入ってからの中海の魚類漁獲量の動向は減少方向にある(図9)が、この事実と外海域ではスズキ漁獲量が減少に転じたように見える(図15)こと及び長期的にコノシロ資源の減少が予想されることとは無関係ではないように思われる。

5. 終わりに

1990年頃を境にして生物群集相一特に魚類相は漁況の変化や種組成の遷移からみて異なったフェーズに入ったと考えられる。そしてその移行は徐々にではなくかなり短い時間で現在の状態へシフトしたようにみうけられる。その後すでに約10年以上が経過して2000年代に入りすべての漁業種類で漁況は減少の方向にあり、再び新しいフェーズにシフトしていくのか注意深く見守っていく必要がある。

今回は限られた漁獲統計資料の簡単な分析による現象の記述に留まったが、今後この水域の生物群集変動メカニズムの詳細な解明が待たれるとともに継続的な取り組みの必要性を強調しておきたい。

文 献

- 1) 伊藤康宏(1998) 干拓事業と漁業問題—中海干拓事業の現代史的課題—。漁業考現学(地域漁業学会編)。農林統計協会, 198-213.
- 2) 國井秀伸(2002) 宍道湖・中海で起こったこと。科学, 72, 87-89.
- 3) 山室真澄・平塚純一・越川敏樹・桑原弘道・石飛 裕(1996) 汽水性潟湖である宍道湖における魚類相の周年変化。陸水学雑誌, 57, 273-281.
- 4) 今岡要二郎(1953) 中海の桁漁業について。水試月報(島根県水産試験場), 23, 3-9.
- 5) 越川敏樹(2002a) 中海の漁具, 漁法解説。宍道湖・中海の漁具, 漁法(島根県立宍道湖自然館ゴビウス・ホシザキグリーン財団編), 22-30.
- 6) 宮地傳三郎(1962) 中海干拓・淡水化事業に伴う魚族生態調査報告。
- 7) 石飛 裕・平塚純一・桑原弘道・山室真澄(2000) 中海・宍道湖における魚類および甲殻類相の変動。陸水学雑誌, 61, 129-146.
- 8) 越川敏樹(2002b) 中海北東部水域の魚類相—森山堤防で隔てられた2つの水域の比較—。LAGUNA(汽水域研究), 9, 95-109.
- 9) 読売新聞(1999) 汽水域—中海・アサリ—1月5日付け島根版, はぐくむ食(現地からの報告)。
- 10) 越川敏樹(1999) 本庄水域の魚類中海本庄工区の生物と自然(汽水域研究グループ編)。たたら書房, 71-84.
- 11) 大塚 攻(1999) 動物プランクトン相。中海本庄工区の生物と自然(汽水域研究グループ編)。たたら書房, 39-51.
- 12) 八束町教育委員会(1992) 行政・経済。八束町誌, 610-748.
- 13) 國井秀伸(2003) 中海とそれに隣接する水域の水生大型植物の分布。海洋と生物145, 116-122.
- 14) 平塚純一・山室真澄・石飛 裕(2006) 里湖モク採り物語—50年前の水面下の世界。生物研究社, 東京, 141pp.
- 15) 大氏正巳(1975) 主要魚類・貝類・鳥類の生息分布の推移に関する調査。中海・宍道湖の水質保全に関する報告書(第1報) 島根県環境保健部, 55-67.
- 16) 島根県環境保全課(1990) 魚介類。宍道湖・中海, その環境と生物, 35-42.
- 17) 川島隆寿(1991) 宍道湖・中海におけるワカサギの生活史。国際生態学シンポジウム島根1990, 汽水域・その豊かな生態系を求めて。報告書, 29-46.
- 18) 黒田一紀・孔 立波・川崎将義・藤田 清(2002) 漁獲資料からみた日本近海産コノシロの長期変動。水産海洋研究, 66, 239-246.
- 19) 水産庁増殖推進部・水産総合研究センター(2003) マイワシ(対馬暖流系群), 我が国周辺の漁業資源評価, 16-18.
- 20) Kawanabe Hiroya, Yoko Tezuka Saito, Tetuo Sunaga, Iwao Maki, Mikio Azuma(1968) Ecology and Biological production of Lake Nakami and Adjacent Regions. Spec. Publ. Mar. Biol. Lab. Series II. 45-73.
- 21) 門谷 茂(1996) 環境保全の指標としての漁業。瀬戸内海の生物資源と環境。恒星社厚生閣,

29-40.

- 22) 伊達善夫 (1982) 窒素とリン. 飢宇の入海—中海とその干拓・淡水化をめぐる— (島根大学地域分析研究会編). たたら書房, 104-109.

宍道湖における塩分の長期的変動

森脇晋平¹・安木 茂²

Long-term variation of salinity in Lake Shinji

Shimpei MORIWAKI and Shigeru YASUGI

Abstract: Trends of salinity in brackish Lake Shinji, connected to Japan Sea through Lake Nakaumi, West Japan, between late 1930s and early 2000s, were analyzed based on the bibliographical survey. Lake Shinji experienced a long-term (i.e. decadal) saline fluctuations as follow:(1) from the last 1930s to early 1950s as high saline period, (2) from the 1950s to early 1970 as low saline period, (3) after that as shifted upward trend. Such variation also has to be considered to understand how changes in salinity affect biological population.

キーワード：宍道湖，塩分，長期変動

はじめに

宍道湖と中海とを合わせた水系はわが国最大の汽水域を構成しており¹⁾，地史的にも大きな環境変化があったことが明らかにされている²⁾。その過程で水環境にも顕著な歴史的変化が生じ，周辺に生息する水生生物や人間との関わりが密接であることから大きな関心が払われてきた³⁾。とりわけ宍道湖と塩分との関係は「国営中海干拓事業」の一環であるいわゆる宍道湖淡水化問題として古くから周辺住民の大きな関心事のひとつであった⁴⁾。

同時に塩分は浸透圧調整能力の差異によって水生生物に与える影響も大きいので汽水域における水生生物の生息環境を議論する上において基本的で最も重要な水質条件の一つである⁵⁾。それゆえ日本有数の汽水域生態系を有している地理的な背景から宍道湖ではさまざまな研究者あるいは研究機関がそれぞれの目的のために水質資料を得てきているが，塩分についても多くのデータが蓄積されてきた。

この報告ではこれまでに公表された文献記録に基づいて宍道湖における塩分の知見を整理するとともに，その長期的変動について言及したい。なお，大正末期～昭和初期以前の塩分については平塚ら⁶⁾が詳述している。

資料と方法

(1) 研究方針

調査対象水域における水質は時間的・空間的に変動が著しい⁷⁾。したがって長期的変動を議論しようとするならば，特定の座標軸上の1点において時間サンプリングのできるだけ短いデータが長期間得られることが望ましいであろう。今回利用した主要な資料の一つは島根県水産試験場／内水面水産試験場が1979年4月から継続して実施している月例の定期観測資料^{8～33)}である。この観測はほとんどが毎月上旬に実施されており，今回の議論では1980年1月から毎月の測定値の年間(1月～12月)平均値とその標準偏差を求めて経年変動の検討を行った。

¹ 現：総合調整部 General Coordination Division

² 内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

これ（1979年）以前では今回の定義での年間平均値をえられる年は限られてくるが、各種の資料の中からこの条件に適合するものを選んだ。それ以外の断片的な資料についても変動傾向を推測する手立てとして利用した。

調査対象水域は東西に環境傾斜が大きいことが予想され³⁴⁾、斐伊川-大橋川の流軸に直交するように図1に示した3区画に分けて整理した。また資料の探索には相崎³⁵⁾の文献目録を参考にした。

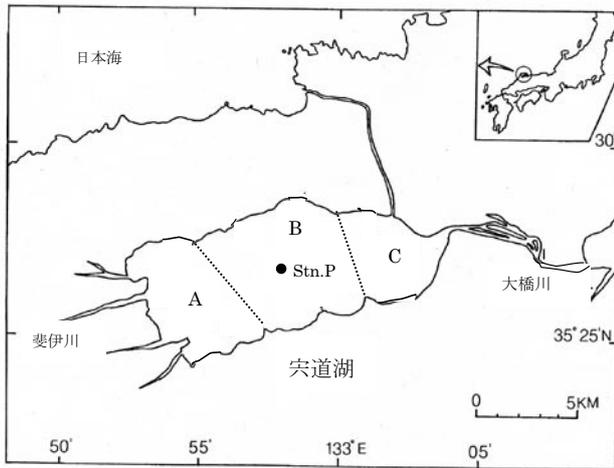


図1. 調査対象水域

(2) 塩分測定値の統一方法

今回利用した資料で塩分の値を示す表記法は次の4種類に異なっている：①水質計による電気伝導計から求められた数値、②モール法による塩素量で表示されている数値 (mg/L, g/Lあるいはppm)、③比重計による測定値、④%による表示、である。統一して比較検討するため、①の数値（実用塩分）はそのまま用い、②はClからSを換算³⁶⁾した数値を、③は海洋観測常用表（日本気象協会1975）を用いてSに換算し、④は10倍した。S (%)と実用塩分とはほとんど同じ数値をとるのでこの報告では①～④の統一した数値でpsuを省略して使用する。

結果と考察

(1) 1979年以前の変化

この節では1979年以前の既往の資料を整理した結果（付表1, 2）について述べる。

1935年：高木³⁷⁾は貝類の分布特性を調査する一環として7月～11月にかけて塩分測定を実施した。測定水深は不明であるが、内容から推測して沿岸部の表層と思われる、1.1～3.8の範囲を変動した。地理

的には東部水域（図1；C）が最も高くて期間内の平均値は2.45、中央部水域（図1；B）が1.96であった。

1939年：8月29日に行われた上野³⁸⁾の観測によれば表層においても全域で9.85～10.46に達し、中央部の底部5.5m深では18.17に及んでいる。この高塩分化は大橋川改修により中海からの海水遡上が容易になったことと、この年の旱魃による水位低下によるものとしている³⁸⁾。

1941年：3月に神戸海洋気象台が観測を行ったが、この結果の概要について松平ほか³⁹⁾によると、全域で1.05～3.61の範囲にあり、鉛直的には中央部で全層にわたり1.6前後であった。

1948～'49年：8月27～30日と翌1949年2月27日～3月6日に島根県水産試験場による観測が行われ、渋谷ほか^{40, 41)}の報告を整理・再計算すると、8月表層では7.19～11.47、底層は8.07～11.54であった。1949年2月末～3月上旬では表層・底層とも0～1.57で、上下層の差はなかった。

1956年：島根県水産試験場が4月、8月、11月に全域の環境調査を行った⁴²⁾。冬季の資料は欠けけれどもこの期間の変動範囲は表層0.45～2.22、底層0.60～3.21、中央部での平均値は表層1.40、底層1.69となった。'40年代末まで出現した塩分10.0を超える高塩分水塊は観測されなかった。

1957年：島根県が6月から翌年3月まで実施した毎月の測定記録⁴³⁾がある。1957年の中央部における平均値は表層2.54、底層3.82であった。

1958年：上述の1月～3月の測定記録と秋山⁴⁴⁾が報告した4月～11月の表層塩分量の測定値とから年平均値は中央部表層で2.2程度と推定できる。

1959年：Kikuchi⁴⁵⁾による4月、8月、10月の底層塩分値から中央部の平均値を求めると2.31である。ちなみに、最高値は8月に6.05を記録している。

1960～'61年：前述のKikuchi⁴⁵⁾による'60年1月の底層の資料と岡林ほか⁴⁶⁾による6月から翌々年の'62年1月までの原則として毎月の観測記録から平均値を算出した。なお、このデータの一部分は中海干拓・淡水化事業に伴う魚族生態調査報告⁴⁷⁾のそれと同一である。それによると中央部では、'60年の表層で3.41、底層で4.95となり、'61年では表層で2.98、底層で4.63となった。

1962年：上述の1月の記録があるにとどまる。ちなみに中央部では表層1.13、底層1.17であった。

1963年：8月に行った水野ほか⁴⁸⁾の観測記録によれば中央部表層0.33、底層3.85であった。

1967年：鳥根県水産試験場が5月、7月、10月、12月に調査を行ったが⁴⁹⁾、その中央部での平均値は表層0.29、底層0.52であった。ほぼ周年にわたって観測された年平均値のなかでは塩分濃度は最も低いレベルにある。

1968～'69年：鳥根県衛生研究所を中心とした宍道湖の水資源基礎調査が1968年12月～'69年11月に実施された⁵⁰⁾。その結果から中央部における平均値を算出すると、'68年12月の表層は2.50、底層は3.15であり、'69年のそれは表層2.03、底層3.00を得た。また、伊賀⁵¹⁾によれば1968年8月～'69年7月までの表層の変動範囲は0.7～4.5であった。

1972～'77年：公共用水域水質測定結果報告書⁵²⁾によると'72年の平均値は表層1.68、底層3.72であった。1973～'74年は中央部では年平均値で表層5.19～5.66、底層6.72～8.33と上昇したが、1975～'77年には表層1.88～2.60、底層2.93～3.39と下降した。

1978～'79年：同上の資料⁵²⁾（鳥根県：昭和53年度～54年度）によるとこの期間の塩分値は再び上昇し、表層4.25～4.33、底層4.57～7.01であった。なお、この2年間について鳥根県水産試験場^{53, 54)}の同じ観測月の資料と対比してみると表層ではよく一致した。他方、底層では公共用水域水質測定結果報告書の資料がやや低い傾向がみられた。

以上、1935～'79年の宍道湖における塩分の状況を得られた観測結果を基に年ごとにまとめて概説した。長期間の中断があり、取り扱った資料も統一性を欠き充分とはいえないが、調査水域における表層と底層の塩分変動を整理した（付表2）。これによると、1930年代後半から高塩分化へ推移していったものと推測され、1940年代末までは、夏季には表層

でも10前後の相対的に高塩分な水塊が出現していたと判断できる。1950年代前半の観測記録は見当たらないが、1954年に調査した宮本⁵⁵⁾の掲載図によると表層の最高塩分値は1.1～1.3程度と思われるので、少なくとも'50年代の半ば頃から低塩分に移行していった可能性がある。その後60年代後半～70年代初頭までは低塩分で推移したが、1973～'74年と1978年にみられるように高塩分の年がみられるようになった。とりわけ1973年夏は早魃のため急激な塩分の上昇が観測され、それに伴う宍道湖内の異常漁況、ヤマトシジミのへい死なども報告されている⁵⁶⁾。

(2) 1980年以降の変化

鳥根県水産試験場／内水面水産試験場による月例定期観測が1979年4月から継続されている。ただし、1992年3月までは、湖底から50cmの水深を採水しモール法により塩素量をもとめていたが、4月以降は水質計による電気伝導度から湖底直上層の塩分値を測定するように変更されている。したがって1979年と1992年は同質のデータではないのでこれらの年を除き、中央部（図1：Stn, P）における1月～12月の表層と底層・湖底直上の平均値とその標準偏差とを年ごとに示した（図2、付表3）。

表層と底層・湖底直上との変動を比較すると全期間を通じて年による変動の幅は底層・湖底直上でより大きい。また調査期間前半の湖底上50cm深を測定していた時期に比べ、湖底直上を測定するようになって以降、変動の幅が大きい年の出現が顕著になったことが特徴的である。このことは湖底直上では湖底から50cm深に比べ季節あるいは月変化による高塩分水の影響が顕著に現れていることを示している。すなわち、湖底直上では月によって高塩分水

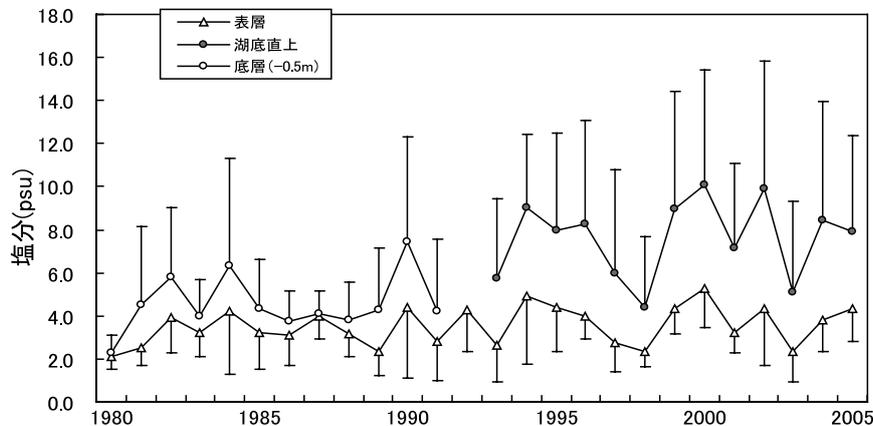


図2. P点（図1）における平均塩分値の経年変化
縦線は標準偏差の範囲を示す

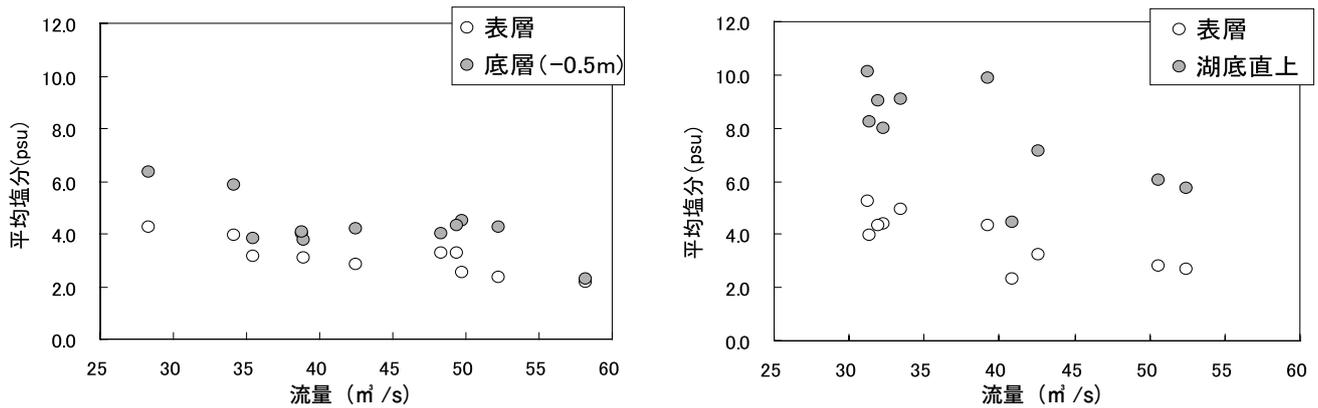


図3. 年平均流量と表層、底層及び湖底直上の塩分との関係

塊が出現したりしなかったりするため塩分の変動が激しいことによる。

汽水域の塩分変動を規定する主要な要因のひとつとして河川流入量がある⁵⁷⁾。実際に隣接する中海では河川系水の流入が水塊形成に大きな影響をあたえていることが認められている⁵⁸⁾。そこで宍道湖に流入している斐伊川の年平均流量と年平均の塩分とを対比してみると有意な負相関がみられる(図3)。これは斐伊川流量が多い年ほど塩分が低くなることを示している。しかし、両者の関係を表層と底層(図3, 左)及び湖底直上(図3, 右)とで対比してみると、湖底直上では表層に比べ点のちらばりが大きいことに気がつく。実際に両者の分散は等しくない($p < 0.05$)。このことから表層及び底層と湖底直上とでは河川流量に対する塩分変化の応答機構は異なっていることが予想される。

表層では直接希釈され河川流量と塩分との関係は明瞭な直線関係で表れる(図3)。一方、宍道湖の塩分躍層はせいぜい数10cmで、高塩分水塊も海底直上にへばりついて存在しているため強風や洪水による攪拌作用は及びにくい⁵⁹⁾。このため、底層部塩分と河川流量の関係は表層ほど単純ではないであろう。湖底直上と湖底から50cm深とで河川流量に対する塩分応答が異なるのは、底層付近の塩分については流入した河川水そのものが直接に底層付近の塩分変動に影響をあたえるのではなく、その基本的な変動パターンは大橋川を通じて中海からの塩分供給にあり、中海側の水位上昇により発生した遡上により高塩分水塊が宍道湖へ到達する現象⁶⁰⁾を反映したものであると考えられる。実際に、Ishitobi *et al.*⁶¹⁾は高塩分水塊の流入機構の解析を行って出現特性を検討し、森脇ほか⁶²⁾は3年間の調査結果の統計的解析から、中海と宍道湖の水位差が遡上する

高塩分水塊量を決定づけていることを報告した。このことから、宍道湖湖底直上の塩分変動は、斐伊川流量変動に伴う宍道湖・中海の水位差によって生じる高塩分水塊の遡上量に起因すると判断できる。

(3) 生息生物と塩分変動との関連

ヤマトシジミは宍道湖での現存量が最も大きい底生動物であるが、1939年の調査³⁸⁾ではヤマトシジミは採集できなかった。1948年には採集はされているが^{34), 41)}、生息密度が1930年ころのレベルに回復したのは1960年になってからである⁴⁵⁾。塩分の変化と対比してみると1930年代末から1950年代初頭にかけては高塩分の時代であったと思われる((1)参照)、このことがこの期間のヤマトシジミの低密度に影響していたと推測できる。ヤマトシジミは60%海水(塩分20)以上では生息できず、それ以下であっても高水温など他の負荷を与える環境条件によっては短期間では生存できる塩分でも死亡する可能性がある⁶³⁾。このような不適な生息環境が密度の低下を招いた可能性がある。

ヤマトシジミ個体群の生息密度は1960年代半ばから上昇しはじめたが⁶⁴⁾、長期的な塩分変動との関連をみるとヤマトシジミの主生息域である3m以浅の表層部塩分は1950年代初頭以降、年平均で5.0以下の年がほとんどで、低位で経過している。本種の浮遊幼生～着底にいたる適塩分は2～8である¹²⁾ことから再生産に安全な塩分の範囲内であったと思われる。

一般にヤマトシジミは広塩性であることが知られている⁶³⁾。しかし、(1)発生から幼生期には成体よりも塩分耐性の幅はかなり狭い⁶⁵⁾こと、(2)稚貝の生息場所としてなぎさ水域・沿岸ヨシ帯・岩や礫のある水深の浅い沿岸域が重要である^{66~68)}ことを

考えあわせると現在のところ表層塩分には長期的な変動傾向は指摘できないが、表層の塩分変動を注視していくことが重要である。とくに産卵期の塩分変動が再生産にどのような影響を与えているのか検証していく作業も必要であろう。

一方、底層の塩分について長期的にみれば、1940～50年代は高塩分期、1960年代後半～1970年代初頭は低塩分期、その後、高塩分の年が出現するようになり、上昇に転じた時代であったと推測された。定期的な観測が実施されるようになった1980年代以降では、底層・湖底直上の塩分値に明確な変動傾向は指摘できない。ただ、1980年頃からの宍道湖の有孔虫出現や堆積物の化学的組成比の変化が現われ始めた⁶⁹⁾ことが指摘されており、塩分も含めた今後の変動に注意していく必要がある。

ま と め

宍道湖において実施された塩分測定 of 文献資料を用い長期的な変動を観察した。長期的変動傾向は①1930年代末～50年代初頭までの高塩分期、②50年代～70年代初頭までの低塩分期、③それ以降の上昇期、に分類可能である。今後の塩分変動を注意深く観察していくと同時にそれに大きく影響されるであろう生物群集の変動に注目していくことの重要性を指摘した。

謝 辞

この研究を実施するにあたり島根県保健環境研究所石飛 裕博士には草稿の段階で有益な批判をいただいた。ここに記して感謝します。

参 考 文 献

- 1) 高安克巳 (2001) 汽水域をつくる地形とその生い立ち. 汽水域の科学 (1章p.1-9). たたら書房, 米子.
- 2) 徳岡隆夫・大西郁夫・高安克巳・三梨 昂 (1990) 中海・宍道湖の地史と環境変化. 地質学論集, 36, 15-34.
- 3) 島根県 (1991) 国際生態学シンポジウム島根'90. 汽水域・その豊かな生態系を求めて. 188pp.
- 4) 豊原義一 (1938) 宍道湖塩害問題に就いて. 地学雑誌, 50, 154-166.
- 5) 宮本 康 (2004) 汽水湖の生物相: 塩分による直接・間接的な生物相の維持. LAGUNA (汽水域研究) 11, 97-107.
- 6) 平塚純一・山室真澄・森脇晋平・石飛 裕 (2006) 大正末期から昭和初期に行われた大橋川拡幅以前の宍道湖の変分. 水環境学会誌, 29 (9), 541-546.
- 7) 橋谷 博・奥村 稔・藤永 薫・近藤邦男・清家 泰 (1992) 宍道湖・中海の水質変動に与える気象・海象の影響— (その2) 1982～1991年の水質変動と気象 5 因子. 山陰地域研究, 8, 69-86.
- 8) 島根県内水面水産試験場 (1999) 事業報告書 (平成10年度) 漁場環境保全対策調査, 96-116.
- 9) 島根県内水面水産試験場 (2000) 事業報告書 (平成11年度) 漁場環境保全対策調査, 84-93.
- 10) 島根県内水面水産試験場 (2001) 事業報告書 (平成12年度) 漁場環境保全対策調査, 44-63.
- 11) 島根県内水面水産試験場 (2003a) 事業報告書 (平成13年度) 漁場環境保全対策調査, 148-166.
- 12) 島根県内水面水産試験場 (2003b) 事業報告書 (平成13年度) ヤマトシジミ資源量調査 (産卵・発生実9 験), 117.
- 13) 島根県内水面水産試験場 (2004) 事業報告書 (平成14年度) 漁場環境保全対策調査, 92-109.
- 14) 島根県内水面水産試験場 (2005) 事業報告書 (平成15年度) 漁場環境保全対策調査, 109-123.
- 15) 島根県内水面水産試験場 (2006) 事業報告書 (平成16年度) 漁場環境保全対策調査, 99-112.
- 16) 島根県水産試験場 (1982) 事業報告 (昭和55年度) 宍道湖漁場環境基礎調査, 314-315.
- 17) 島根県水産試験場 (1983) 事業報告 (昭和56年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 377-378.
- 18) 島根県水産試験場 (1984) 事業報告 (昭和57年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 276-277.
- 19) 島根県水産試験場 (1985) 事業報告 (昭和58年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査,

- 302-303.
- 20) 島根県水産試験場 (1986) 事業報告 (昭和59年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 308-309.
- 21) 島根県水産試験場 (1987) 事業報告 (昭和60年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 291-292.
- 22) 島根県水産試験場 (1988) 事業報告 (昭和61年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 370-371.
- 23) 島根県水産試験場 (1989) 事業報告 (昭和62年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 309-310.
- 24) 島根県水産試験場 (1990) 事業報告 (昭和63年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 277-278.
- 25) 島根県水産試験場 (1991) 事業報告 (平成元年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 273-274.
- 26) 島根県水産試験場 (1992) 事業報告 (平成2年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 306-307.
- 27) 島根県水産試験場 (1993) 事業報告 (平成3年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 335-336.
- 28) 島根県水産試験場 (1994) 事業報告 (平成4年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 354-355.
- 29) 島根県水産試験場 (1995) 事業報告 (平成5年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 281-282.
- 30) 島根県水産試験場 (1996) 事業報告 (平成6年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 244-245.
- 31) 島根県水産試験場 (1997) 事業報告 (平成7年度) 中海・宍道湖漁場環境基礎調査, 210-211.
- 32) 島根県水産試験場 (1998) 事業報告 (平成8年度) 中海・宍道湖環境保全対策推進調査, 230-249.
- 33) 島根県水産試験場 (1999) 事業報告 (平成9年度) 中海・宍道湖環境保全対策推進調査, 262-280.
- 34) 伊達善夫・橋谷 博・清家 泰・近藤邦男・奥村 稔・藤永 薫 (1989) 12年間の定期観測調査からみた中海・宍道湖の水質. 山陰地域研究, 5, 87-102.
- 35) 相崎守弘 (2000) 中海・宍道湖文献目録. LAGUNA (汽水域研究) 7, 85-105.
- 36) 日本気象協会 (1975) 海洋観測指針 (気象庁編), 427pp.
- 37) 高木 仟 (1937) 出雲宍道湖産貝類. THE VENUS, 7 (4), 179-187.
- 38) 上野益三 (1943) 日本の汽水特に潟湖の生態学的研究. 第1報 日本海沿岸汽水の底棲動物. 服部報公會理科報告, 10, 409-425.
- 39) 松平康男・齋藤行正・中山一藏 (1942) 宍道湖の化学生物的研究. 海と空, 22 (12), 403-413.
- 40) 渋谷光時・三島儀一郎・米沢 登・横地鉄之助 (1949) 宍道湖の夏と冬 (一). 水試月報 (島根県水産試験場), 1 (5), 9-18.
- 41) 渋谷光時・三島儀一郎・米沢 登 (1949) 宍道湖の夏と冬 (二). 水試月報 (島根県水産試験場), 1 (6), 25-30.
- 42) 島根県水産試験場 (1958) 事業報告 (昭和29~31年度), 宍道湖のプランクトンについて. 988-993.
- 43) 島根県 (1958) 中海・宍道湖の塩分濃度について (1). 中海干拓調査室資料2, 21-32.
- 44) 秋山 優 (1959) 汽水系宍道湖にみられるオオイシソウの生態. 藻類, 7 (3), 71-74.
- 45) Kikuchi Taiji (1964) Ecology and Biological Production of Lake Naka-umi and Adjacent Regions. 3. Macro-benthic Communities of Lake Shinji-ko and Lake Naka-umi. Special Publications from the Seto Marine Biological Laboratory Series II, Part I, No.1, 21-44.
- 46) 岡林弘之・佐藤一夫・木村俊博・菊池幸子 (1963) 美保湾・中海・宍道湖及びこれらに流入する河川の水質調査について. 島根県衛生研究所業績報告, 4, 1-16.
- 47) 宮地伝三郎 (1962) 中海干拓・淡水化事業に伴う魚族生態調査報告書.
- 48) 水野篤行・角 靖夫・鈴木尉元 (1966) 宍道湖の堆積環境と底棲動物群集についての予察的研究. 地質調査所報告, 214, 1-27.
- 49) 島根県水産試験場 (1970) 事業報告 (昭和41-43年度) 新品種導入試験. 253-259
- 50) 島根県 (1970) 宍道湖—水資源としての基礎調査—. 3・1水質の調査, 25-56.
- 51) 伊賀哲郎 (1973) 宍道湖・中海および神西湖の

- フジツボ類. 山陰文化研究紀要, 13, 59-70.
- 52) 鳥根県 公共用水域水質測定結果報告書(昭和47年度~54年度).
- 53) 鳥根県水産試験場(1980) 事業報告(昭和53年度) 宍道湖漁場環境基礎調査-I. 309-310.
- 54) 鳥根県水産試験場(1981) 事業報告(昭和54年度) 宍道湖漁場環境基礎調査-I. 366-367.
- 55) 宮本 巖(1960) 宍道湖および中海のイシマキガイの生態学的研究. 日本生態学会誌, 10, 45-48.
- 56) 鈴木博也(1974) 宍道湖のカワチブナに発生したカリグス寄生による被害について. 魚病研究, 9, 23-27.
- 57) 大竹久夫・伊達善夫(1981) 統計的にみた中海汽水環境の特徴について. 中海の干拓・淡水化が水圏環境に及ぼす影響に関する基礎的研究, 4, 7-23.
- 58) 森脇晋平・大北晋也(2003) 中海に出現する貧酸素水塊の海況学的特性と海洋構造. LAGUNA(汽水域研究), 10, 27-34.
- 59) 奥田節夫(2001) 宍道湖・中海の物理環境. 宍道湖・中海の今後を考える(第4回ジョイントシンポジウム) -生態系機能評価と環境修復-資料, p.15-20.
- 60) 沢村和彦・神谷 宏(1991) 宍道湖へ逆流した高塩分水塊の動態. 大橋川における栄養塩フラックス調査報告書, 鳥根県衛生公害研究所, 195-202.
- 61) Ishitobi, Y., H. Kamiya, K. Yokoyama, M. Kumagai and S. Okuda (1999) Physical Conditions of Saline Water Intrusion into a Coastal Lagoon, Lake Shinji, Japan. *Jpn. J. Limnol.*, 60, 439-452.
- 62) 森脇晋平・藤井智康・福井克也(2003) 大橋川における高塩分水塊の遡上現象. LAGUNA(汽水域研究), 10, 35-45.
- 63) 山室真澄(1996) 河川感潮域-その自然と変貌-第6章 感潮域の底生動物, 151-172, 名古屋大学出版会, 名古屋.
- 64) 森脇晋平(2004) 宍道湖水系におけるヤマトシジミ 個体群分布の長期的変動. LAGUNA(汽水域研究), 11, 31-41.
- 65) 山本護太郎(1958) 動物の集団形成過程における相互差用の役割—ヤマトシジミの行動を中心にして—. 文部省科学研究費総合研究(動物の種内, 種間相互作用), 57-86.
- 66) 坂本 巖(1992) 宍道湖のヤマトシジミの生息域としての湖岸ヨシ帯. 汽水湖研究, 2, 7-14.
- 67) 坂本 巖(1993) 宍道湖のヤマトシジミ稚貝の生息域. 汽水湖研究, 3, 5-15.
- 68) 坂本 巖(2000) 宍道湖の砂・細礫なぎさ水域のヤマトシジミの生息状況. ホシザキグリーン財団研究報告, 4, 111-134.
- 69) 野村律夫・遠藤公史(1998) 汽水域における人為的改造と有孔虫群集の変化(その5) Ammonia イベントの提唱と2005年の宍道湖. LAGUNA(汽水域研究) 5, 15-26.

付表1. 年ごと・区画ごとの平均塩分値を算出した調査月と回数及び文献

年	区画	平均塩分値	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	文献
1935	A	表層	1.70										8	1		高木(1937)
		底層	-													
	B	表層	1.96								2		2	3		
底層		-														
C	表層	2.45								8		1		4		
	底層	-														
1939	A	表層	10.15								2					上野(1943)
		底層	11.02								1					
	B	表層	10.35								2					
		底層	18.17								1					
	C	表層	10.68								1					
		底層	-													
1948	A	表層	7.57								2					渋谷ほか(1949)
		底層	9.68								2					
	B	表層	9.60								7					
		底層	10.44								7					
	C	表層	10.82								6					
		底層	9.91								5					
1949	A	表層	0.00			4										同上
		底層	0.00			3										
	B	表層	0.13			9										
		底層	0.54			9										
	C	表層	1.05		3	1										
		底層	0.97		2	1										
1956	A	表層	0.79				3				3			3		島根水試(1958)
		底層	1.08				3				3			3		
	B	表層	1.40				5				5			5		
		底層	1.69				3				5			5		
	C	表層	1.54				2				2			2		
		底層	1.72				1				2			1		
1957	A	表層	1.92					1	1	2	1	1	1	1	1	島根県(1958)
		底層	2.37					1	1	2	1	1	1	1	1	
	B	表層	2.54					2	2	4	2	2	2	2	2	
		底層	3.82					2	2	4	2	2	2	2	2	
	C	表層	2.57					2	2	4	2	2	2	2	2	
		底層	2.57					2	2	4	2	2	2	2	2	
1958	A	表層	1.28	1	1	2										島根県(1958)
		底層	1.69		1	1										
	B	表層	2.20	2	2	3										
		底層	2.38	2	2	2										
	C	表層	2.26	1	2	3										
		底層	2.65	2	2	2										
1959	A	表層	-													Kikuchi(1964)
		底層	2.56				3			1		3				
	B	表層	-													
		底層	2.31				2			2		2				
	C	表層	-													
		底層	1.99				1				1		3			
1960	A	表層	3.69					1	1	1	1	1	1	1	1	同上 岡林ほか(1963)
		底層	3.10	4				1	1	1	1	1	1	1	1	
	B	表層	3.41					1	1	1	1	1	1	1	1	
		底層	4.95	3				2	2	2	1	1	1	1	1	
	C	表層	5.38					1	1	1	1	1	1	1	1	
		底層	5.49	2				1	1	1	1	1	1	1	1	
1961	A	表層	2.85	1	1	1		1	1	1	1		1			岡林ほか(1963)
		底層	2.94	1	1	1		1	1	1	1		1			
	B	表層	2.98	1	1	1		1	1	1	1		1			
		底層	4.63	1	1	1		1	1	1	1		1			
	C	表層	3.50	1	1	1		1	1	1	1		1			
		底層	5.86	1	1	1		1	1	1	1		1			

付表1 (続き)

年	区画	平均塩分値	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	文献
1961	A	表層	2.85	1	1	1		1	1	1	1		1			岡林ほか (1963)
		底層	2.94	1	1	1			1	1	1		1			
	B	表層	2.98	1	1	1		1	1	1	1		1			
		底層	4.63	1	1	1		1	1	1	1		1			
	C	表層	3.50	1	1	1		1	1	1	1		1			
		底層	5.86	1	1	1		1	1	1	1		1			
1962	A	表層	-													同上
		底層	-													
	B	表層	1.13	1												
		底層	1.17	1												
	C	表層	1.05	1												
		底層	1.26	1												
1963	A	表層	-													水野 (1966)
		底層	-													
	B	表層	0.33									19				
		底層	3.85									16				
	C	表層	0.31									13				
		底層	2.54									11				
1967	A	表層	0.27					4	4				4	4		島根水試(1970)
		底層	0.40					3	3				3	3		
	B	表層	0.29					3	3				3	3		
		底層	0.52					3	3				3	3		
	C	表層	0.30					3	3				3	3		
		底層	0.50					3	2				2	2		
1968	A	表層	2.33												3	島根県 (1970)
		底層	3.16												3	
	B	表層	2.50												9	
		底層	3.15												9	
	C	表層	3.08												3	
		底層	3.17												3	
1969	A	表層	1.94		1	3	1	3		1			3	2		島根県 (1970)
		底層	2.86		1	3	1	3		1			3	2		
	B	表層	2.03		3	11	3	6		3	2		7	6		
		底層	3.00		3	11	3	6		3	2		7	6		
	C	表層	2.16		1	5	1	1		1	1		3	3		
		底層	3.00		1	5	1	1		1	1		3	3		
1972	A	表層	-													島根県
		底層	-													
	B	表層	1.68						1	1	1	1		1	1	
		底層	3.72						1	1	1	1	1	1	1	
	C	表層	-													
		底層	-													
1973	A	表層	-													島根県
		底層	-													
	B	表層	5.66	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	
		底層	8.33	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	
	C	表層	6.93				1	1	1		1	1	1	1	1	
		底層	7.76				1	1	1		1	1	1	1	1	
1974	A	表層	-													島根県
		底層	-													
	B	表層	5.19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		底層	6.72	1	1	1		1	1	1		1		1		
	C	表層	5.40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		底層	5.98	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1975	A	表層	1.92				1	1	1	1	1	1	1	1		島根県
		底層	2.44					1	1	1	1	1	1	1		
	B	表層	2.60	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		
		底層	3.39	1	1	1			1	1	1	1	1	1		
	C	表層	2.64	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	
		底層	3.12	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	

付表1 (続き)

年	区画	平均塩分値	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	文献
1976	A	表層	1.23	1	1	1	1	1				1		1		島根県
		底層	1.42	1	1	1	1	1						1		
	B	表層	1.88	1	1	1	1			1		1		1		
		底層	2.93		1	1					1		1			
	C	表層	2.01	1	1	1	1	1			1		1		1	
		底層	1.88	1	1	1	1				1		1			
1977	A	表層	1.27			1	1	1	1	1	1		1	1		島根県
		底層	2.00			1	1	1			1		1	1		
	B	表層	2.48			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		底層	2.94			1	1	1		1	1	1	1	1	1	
	C	表層	2.48			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		底層	3.03			1	1		1	1	1	1	1	1	1	
1978	A	表層	3.48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	島根県
		底層	4.68	1		1	1		1	1	1		1	1	1	
	B	表層	4.33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		底層	7.01	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	
	C	表層	4.93	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		底層	5.94	1		1			1	1	1	1	1	1	1	
1979	A	表層	3.11	1	1	1		1	1	1	1	1				島根県
		底層	4.55	1	1	1			1		1	1				
	B	表層	4.25	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1		
		底層	4.57	1	1	1				1	1	1	1	1		
	C	表層	3.99	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	
		底層	4.48	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	
1980 ~ 1990	A	表層														島根水試
B	底層															
	表層	付表	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
C	底層	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	表層															
1991 ~ 2005	A	表層		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		底層/湖底直上*		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	B	表層	付表	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		底層/湖底直上*	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	C	表層		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		底層/湖底直上*		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

* : 1992年4月から湖底直上の観測値

付表 2. 1979 年以前の平均塩分値の変遷.

区域\年	1935	1939	1948	1949	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1967	1968	1969	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
A 表層	1.70	10.15	7.57	0.00	0.79	1.92	1.28	-	3.69	2.85	-	0.27	2.33	1.94	-	-	-	-	1.92	1.23	1.27	3.48	3.11
A 底層	-	11.02	9.68	0.00	1.08	2.37	1.69	2.56	3.10	2.94	-	0.40	3.16	2.86	-	-	-	-	2.44	1.42	2.00	4.68	4.55
B 表層	1.96	10.35	9.60	0.13	1.40	2.54	2.20	-	3.41	2.98	1.13	0.33	0.29	2.50	2.03	1.68	5.66	5.19	2.60	1.88	2.48	4.33	4.25
B 底層	-	18.17	10.44	0.54	1.69	3.82	2.38	2.31	4.95	4.63	1.17	3.85	0.52	3.15	3.00	3.72	8.33	6.72	3.39	2.93	2.94	7.01	4.57
C 表層	2.45	10.68	10.82	1.05	1.54	2.57	2.26	-	5.38	3.50	1.05	0.31	0.30	3.08	2.16	-	6.93	5.40	2.64	2.01	2.48	4.93	3.99
C 底層	-	-	9.91	0.97	1.72	2.57	2.65	1.99	5.49	5.86	1.26	2.54	0.50	3.17	3.00	-	7.76	5.98	3.12	1.88	3.03	5.94	4.48

付表 3. 1980 年以降の平均塩分値の経年変化

区域\年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
A 表層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.43	3.89	1.96	4.79	3.96	3.62	2.16	1.62	3.77	4.79	2.73	4.06	1.76		
A 底層/湖底直上*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.91	4.51	2.96	6.73	5.08	4.75	3.34	2.83	5.78	6.68	3.94	5.76	2.60		
B 表層	2.13	2.50	3.92	3.24	4.25	3.24	3.08	3.97	3.16	2.32	4.40	2.82	4.29	2.65	4.93	4.41	3.96	2.78	2.32	4.32	5.26	3.20	4.34	2.36	3.81	4.324
B 底層/湖底直上*	2.31	4.52	5.82	3.99	6.35	4.33	3.74	4.08	3.81	4.26	7.44	4.22	8.83	5.74	9.05	7.98	8.24	6.01	4.43	9.00	10.11	7.13	9.89	5.11	8.46	7.917
C 表層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.99	5.07	2.80	5.34	4.48	4.23	3.08	2.88	5.02	5.66	3.57	4.75	2.81		
C 底層/湖底直上*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.47	7.36	2.99	6.04	4.54	5.73	3.32	2.92	7.39	6.01	4.45	8.04	3.32		

* : 1992年4月から湖底直上の観測値

他誌掲載論文の抄録

大型クラゲ混獲防除機能を持つ底びき網漁具の技術開発

村山達朗・沖野 晃・井上喜洋

平成17年度水産工学関係試験研究推進特別部会技術シンポジウム報告書, 27-36.

沖合底びき網(2そうびき)漁業による大型クラゲの被害を軽減するため、曳網中に大型クラゲを分離排出する機構の開発を試みた。機構は、分離部と誘導排出部からなり、大型クラゲを上網から排出する。開口板を使用した操業実験の結果、入網した大型クラゲの50~70%を排出することができた。この時、漁獲対象種であるムシガレイ、ケンサキイカ、キダイでは、それぞれ4%、8%、0.4%がクラゲとともに排出された。

定置網における大型クラゲ漁業被害対策

－垣網の大目化－

村山達朗・若林英人・平井ともか・井上喜洋

平成17年度水産工学関係試験研究推進特別部会技術シンポジウム報告書, 67-73.

定置網漁業における大型クラゲの被害を軽減するため、垣網の大目化により箱網への大型クラゲ入網数を減少させることに取り組んだ。水槽実験の結果、傘径90cmの大型クラゲを排出するためには目合150cm以上、流速0.5ノット以上が必要であること、垣網下部(捨て網部分)を大目合化した場合、流速0.5ノット以上での吹かれの中心位置は、捨て網中部の接合部より海面側にあることが推定された。

島根県産マアジの脂質について

開内 洋・井岡 久・石原成嗣

水産物の利用に関する共同研究 第41集:47-52.

島根県内で需要の多い加工用原魚サイズを中心に、マアジ脂質の水揚港別(浜田、恵曇、境)の季節変動を明らかにするとともに、脂質の個体変動、脂肪酸組成及び脂質の酸化特性の季節変動を調査した。漁獲の主体は未成熟魚と推察された。肥満度は3地区とも5、6月が最も高く、9月に向けて低下したが、10~1月は高い傾向を示した。総脂質含量は魚体が大きくなるほど増加傾向を示した。80~100gサイズでの最高値は平成11年では浜田の15.4%(4月)、12年では浜田の14.9%(5月)で、最低値は11年では境港の1.6%(11月)であった。また浜田の4~7月は11、12年ともに平均10%を超える高い水

準であり、浜田では4~5月、恵曇、境港では6月が最も高く、以後11月頃まで減少した。浜田では総脂質含量の高い時期が他より長く続いた。肥満度や総脂質含量にはかなりのばらつきが認められた。主要構成脂肪酸は3地区とも16:0, 16:1, 18:1, 20:5(EPA), 22:6(DHA)であった。3地区とも脂質の初期酸化のピークは総脂質含量の低い時期が1日目であったのに対し、高い時期は2日目であった。また、POV値でも低い時期に比べ高い値を示した。

桑葉エキスがヒラメの成長に与える影響

井岡 久・石原成嗣・開内 洋

水産物の利用に関する共同研究 第44集:48-53.

桑葉には糖質吸収阻害を主とする機能性成分、降圧成分の存在、抗酸化や脂質吸収阻害作用も認められており、過酸化脂質の蓄積により疾病が発生しやすいヒラメ幼魚を試料魚として、桑葉エキスがヒラメ幼魚に与える生理活性を調べた。桑エキス給餌区のヒラメは、生残率の低下やその他の生化学的指標、過酸化脂質の蓄積などの面で、負の効果が認められ、桑葉エキスには強い生理活性のあることが示唆された。ヒラメ幼魚は栄養要求が高いことが知られており、栄養成分の吸収阻害作用を受けた可能性もあるが、成長に影響は及ぼさないことも示唆された。

釣獲したメダイの高品質化に向けての取り組み

清川智之・開内 洋・井岡 久・石原成嗣

水産物の利用に関する共同研究 第45集:47-50.

釣獲したメダイに“活けしめ”を行うことで、色差、K値、官能検査等に違いがでるか検討した。“活けしめ”した個体では、肉の彩度(L*)には違いがみられなかったが、赤色度を示すa*値が低く、黄色度を示すb*値が高かった。内臓の傷みや血液のにじみが少なく、自己消化の進行も遅いように感じられた。官能試験結果からは個体差はあるものの、生臭味が少なく感じられた。一方、“活けしめ”しなかった個体ではエグ味のような後味の悪さが残った。特に血合い部分にその傾向が強く感じられた。核酸関連物質の比率とK値については差がなかった。K値で考えると“活けしめ”の有無に関わらず、釣獲後3日半経過した魚であっても十分生食可能な状態であると推定された。総脂質含量は、相対的にみると夏場に高く、冬場に低くなる傾向が認められた。

本号掲載要旨

島根県敬川沖における魚類の出現特性－Ⅲ

－底生魚類群集の経年変動－

森脇晋平・若林英人・為石起司

沿岸漁場開発調査事業／第2県土水産資源調査事業
(昭和56年度～平成15年度)

1981～2003年にかけて島根県西部敬川沖において底びき網調査で得られた底生魚類の採集資料をもとに、出現した魚種の経年変動について言及した。クラスター分析により出現した魚種の年々の類似性を調べたところ、大きく3つのグループに分類できた。1つは1980年代初めから半ばまでのグループ(Ⅰ)、2つ目は1980年代後半から1990年代後半までのグループ(Ⅱ)、3つ目は1990年代末から2000年代初めまでのグループ(Ⅲ)である。この結果を日本海南西部海域における長期的な水温変動と対比するとⅠグループは低温期、Ⅱグループは低温期からの移行期、Ⅲグループは高温期にそれぞれ符合する。この比較的よい対応関係は水温環境の差異が魚種組成に影響を与えたことを示唆している。

島根水技セ研報, No. 1, 1-10 (2007)

ポータブル型近赤外線分光分析装置によるマアジ、アカムツ脂質含有量の非破壊測定とその活用事例

清川智之、井岡 久

特産魚種における「旬」の解明およびブランド化推進のための技術開発研究(平成15～17年度)

島根県水産技術センターの分析結果から、浜田沖で漁獲されるマアジやアカムツは豊富な脂質を保有していることが明らかとなった。これらの価値をさらに向上させるため、“競り”の前や“小売の店頭”において、脂質含有量を測定できるよう、ポータブル型近赤外線分光分析装置を用いて脂質測定技術の開発を行った。その結果、化学分析値との相関係数は0.95以上、予測標準誤差が約1%と、精度良くこれらの魚種の脂質含有量を測定することが可能となった。この取り組みは関係者の信頼を得て、価格にも反映し始めた。また、この装置を使ってマアジを異なる脂質含有量ごとに分類し、脂質含有量の異なったマアジの開き干しを作製し、消費者に提供したところ、得られる満足度は異なった。さらに、アカムツでは、水揚げ現場や小売店で脂質含有量を測定し、数値を表示して販売したところ、“売りやすく買いやすい”といった、高評価が得られた。

島根水技セ研報, No. 1, 11-17 (2007)

島根県周辺海域で漁獲されたアカムツ総脂質含有量の季節変化と個体差

清川智之、開内 洋、井岡 久

特産魚種における「旬」の解明およびブランド化推進のための技術開発研究(平成15～17年度)

アカムツを購入する際、消費者は脂質含有量の多寡を最も重要視するが、島根県に所属する底曳網で漁獲される本種の脂質含有量は、その多くが消費者の期待に沿うレベルに達していると考えられた。しかしながら、漁獲物の中には、可食部の脂質含有量が10%以下の低脂質な個体も存在した。このような脂質含有量の低い個体は、季節に関係なく存在したが、これらは、肥満度や色から推定するのは難しいと思われた。正確な脂質含有量を把握する目的で、近赤外線等を用いた測定技術の開発が望まれる。

島根水技セ研報, No. 1, 19-23 (2007)

ワカメ養殖業安定化対策試験－Ⅰ

－島根県におけるワカメ養殖の実態調査結果－

道根 淳・佐々木正・清川智之

増養殖技術開発事業：ワカメ養殖業安定化試験(平成12～16年度)

島根県におけるワカメ養殖業の収穫量の減少要因を明らかにするために聞き取り調査を行った。養殖ワカメの収穫量は、経営体数の減少とともに減少している。特に、経営体数の減少率は1990年以降大きくくなっている。また、年齢構成は60歳以上の漁業者が7割を占めており、40歳未満の若手漁業者がいない状況である。一方、1経営体当たり収穫量は年代による違いはあるが、安定推移している。さらに、近年の水温上昇により種苗の沖出し時期の遅れ、収穫期間の短縮を漁業者は感じている。以上のことから、養殖ワカメの収穫量の減少要因として、高齢化による労働力の低下と環境要因による生産性の低下が考えられた。

島根水技セ研報, No. 1, 25-31(2007)

島根県多伎海域における種苗放流メガイアワビの漁獲状況

内田 浩・佐々木 正

増養殖技術開発事業：沿岸有用資源の種苗生産と効率的な放流技術開発(平成10～16年)

1998年以降継続してメガイアワビを放流している島根県多伎海域を対象にして、漁獲量の推移や2001

～2005年における放流貝の再捕状況を調査した。漁獲量は2000年以降増加傾向を示しており、漁獲物の主体は殻長100～130mmであった。放流貝の混獲率は46～79%、輪紋数から放流群を推定すると、放流後2年で一部の個体が漁獲対象となり、放流後3年でほぼ完全加入し、主に5年後までの間に再捕されると推定された。回収率は、1998～2000年放流群で9.7%、14.7%、15.7%であり、他海域と比較しても非常に高い。継続した種苗放流とともに、放流後の生残率を高める活動により、放流貝の再捕量の増加に繋がっていると考えられた。

島根水技セ研報, No. 1, 33-39 (2007)

中海における漁獲量変動

森脇晋平・道根 淳

宍道湖・中海水産振興対策事業（平成13～17年度）

利用可能な漁獲統計資料を用いて中海の重要水産資源生物の長期的な変動傾向を調べた。エビ・カニ類、貝類などの底生動物は1980年代に入ってから急激に減少し始めた。アミ類や小型のハゼ類は1980年代半ばから低水準で経過している。1990年代に入り、ワカサギ・ヒイラギがほとんど漁獲されなくなった

こと、マハゼ・ウナギが大幅に減少したこと、スズキは大型化し増加したことなどから魚類資源と魚類相は異なった状態に移ったと思われる。2000年代に入り、中海の生物群集が新たなフェーズにシフトしていくのか今後とも注意深く観察していく必要がある。

島根水技セ研報, No. 1, 41-48 (2007)

宍道湖における塩分の長期的変動

森脇晋平・安木 茂

宍道湖・中海水産振興対策事業（平成13～17年度）

宍道湖における1930年代から2000年代初頭にかけての文献記録のある塩分観測値を整理・分析した。宍道湖の長期的な塩分変動は、1930～1950年代の高塩分期と1950～1970年代初めまでの低塩分期に分類できる。その後は塩分上昇のモードに移ったと思われる。定期観測が実施され始めた1980年代以降では表層、底層・湖底直上ともに顕著な変動傾向は認められないが、水産資源生物に大きな影響を与える塩分の変動に注目していく必要ことが重要であることを指摘した。

島根水技セ研報, No. 1, 49-59 (2007)

編集委員長

松山康明

編集委員

由木雄一・田中伸和・加茂 司

島根県水産技術センター研究報告 No.1

2007年（平成19年）3月発行

●編集・発行

島根県水産技術センター編集委員会

〒697-0051 浜田市瀬戸ヶ島町25-1

TEL 0855-22-1720 FAX 0855-23-2079

●印刷

柏村印刷株式会社

〒697-0034 島根県浜田市相生町3889

TEL 0855-23-2040 FAX 0855-22-3274

REPORT OF SHIMANE PREFECTURAL FISHERIES TECHNOLOGY CENTER No.1

CONTENTS

Occurrence of fish off Uyagawa, Shimane Prefecture-III – Interannual variability in occurrence of demersal fish community – Shimpei Moriwaki, Hideto Wakabayashi and Tatsuji Tameishi	1
Rapid non-destructive determination of fat content in raw horse mackerel and blackthroat seaperch using a portable near infrared spectrophotometer and a case of practical use Tomoyuki Kiyokawa, Hisashi Ioka	11
Seasonal changes and individual difference of the fat content from of blackthroat seaperch are caught in the coastal waters off Shimane Prefecture Tomoyuki Kiyokawa, Hiroshi Hirakiuchi and Hisashi Ioka	19
Measures examination to stabilize sea mustard <i>Undaria pinnatifida</i> aquaculture – I – A fact-finding result of wakame <i>Undaria pinnatifida</i> aquaculture in Shimane – Atsushi Michine, Tadashi Sasaki, Tomoyuki Kiyokawa	25
Catch situation of hatchery-released Siebold's abalone <i>Haliotis gigantea</i> in Tagi sea area, Shimane Prefecture Hiroshi Uchida, Tadashi Sasaki	33
Catch fluctuations in Nakaumi, estuarine inland-sea, western Japan Shimpei Moriwaki and Atsushi Michine	41
Long-term variation of salinity in Lake Shinji Shimpei Moriwaki and Shigeru Yasugi	49
Abstract of Papers	61