

BULLETIN
OF
YAMAGUCHI PREFECTURAL FISHERIES RESEARCH CENTER

No. 8
October, 2010

山口県水産研究センター研究報告

第 8 号

平成 22 年 10 月

山口県水産研究センター

外海研究部：〒759-4106 長門市仙崎 2861-3

内海研究部：〒754-0893 山口市秋穂二島 437-77

Yamaguchi Prefectural Fisheries Research Center

Japan Sea Research Division: Senzaki, Nagato-city, 759-4106, Japan

Inland Sea Research Division: Aiofutajima, Yamaguchi-city, 754-0893, Japan

目 次

1	漁業調査船「くろしお」搭載 ADCP の精度比較試験	渡辺俊輝・種子田雄	1
2	2009 年 7 月の集中豪雨に伴う周防灘の海洋環境の変化	和西昭仁・小柳隆文	11
3	山口県日本海沿岸域におけるメダイの分布	河野光久・石田祐司・繁永裕司	23
4	山口県日本海沿岸域におけるさめ類によるアカアマダイ放流種苗の被食	河野光久	27
5	日本海南西海域におけるキアンコウの資源管理に関する研究——I 沖合底びき網によるキアンコウの漁獲実態	河野光久	31
6	日本海南西海域におけるキアンコウの資源管理に関する研究——II キアンコウ資源解析の試み	河野光久	37
7	日本海南西山口県沖におけるアカムツの年齢と成長	河野光久	45
8	山口県日本海沖合域で沖合底びき網によって漁獲された魚類	河野光久・小林知吉	49
9	山口県瀬戸内海東部平生町地先のマナマコの産卵期について	村田実・松野進	53
10	山口県産水産物の成分分析結果について	白木信彦・植木陽介	59
	<抄録>		
	底魚類の資源回復のための自然変動を活用した漁獲システムの開発	村山達朗・天野千絵・志村健	65
2	そうびき沖合底びき網で漁獲された日本海南西部における底魚 4 種 (ソウハチ・ムシガレイ・アカムツ・キダイ) 資源の長期変動	天野千絵・塚本洋一	66
	周防灘における栄養塩の減少とノリ養殖の衰退	和西昭仁・小柳隆文・畑間俊弘	67
	山口県海域における赤潮モニタリングへの衛星情報の活用	和西昭仁・渡辺俊輝・馬場俊典	68
	瀬戸内海における環境変動の現状と生態系変質の可能性	樽谷賢治・中嶋昌紀・原田 和宏・工藤孝也・和西昭仁	69
	瀬戸内海における環境変動の現状と関連する取り組み	樽谷賢治・中嶋昌紀・原田 和宏・工藤孝也・和西昭仁	70

漁業調査船「くろしお」搭載 ADCP の精度比較試験

渡辺俊輝・種子田雄*

Accuracy comparison experiment for ADCP mounted on R/V Kuroshio

Toshiteru WATANABE and Takeshi TANEDA

Abstract

In order to check ADCP mounted on R/V Kuroshio, comparison experiments were conducted using moored current meter and ADCP mounted on R/V Yoko-maru. Significant positive correlations were recognized between Kuroshio's ADCP data and moored current meter data. Horizontal distributions of flow obtained from Kuroshio's ADCP were similar to those from Yoko-maru's ADCP except areas where Kuroshio's ADCP data were not valid. There were significant positive correlations between their spatial-average velocities perpendicular to the observation line after removing the invalid data. Therefore, we conclude that Kuroshio's ADCP data can be used for monitoring current field under appropriate data processing.

key words : ADCP;comparison experiment

船舶搭載型の超音波式多層流速計 (ADCP: Acoustic Doppler Current Profiler) は、航行しながら船の下の流れを多層にわたって計測できる大変便利な測器である。この ADCP を用いて観測を行えば、流速の空間分布を容易に把握することができる。しかし、主な誤差要因 (アライメント誤差 (送受波器ビームの回転に起因する誤差とジャイロコンパスの回転に起因する誤差の和) やスケール誤差) を評価しなければ、得られた結果に対し、誤った解釈を与えることになり注意が必要である 1)。したがって、ADCP によって取得したデータを研究に活用するためには、正確に計測し、かつ誤差要因も評価した上でデータを補正しなければならない。

山口県漁業調査船「くろしお」(116 トン) に搭載している ADCP は、SUNWEST TECHNOLOGIE 社製のもので、建造時 (1993 年) に設置された。しかし、設置当初から船底の送受波器より発信される出力が弱い

問題や、収録ソフトに不具合がみられるなど、ハード・ソフトの両面に多くの問題を抱え、データを収録できない状況が続いた。そのため、1995 年には SW1000 (115kHz) から SW2000 (115kHz) への機種変更を行ったが、その後も種々の不具合が生じ、データ収録のままならない状態が続いた。なお、ADCP 不具合への対応経緯の詳細については Appendix に示す。

しかしながら、2004 年頃から対地モードのデータが得られていることがわかった。なぜその時期を境にデータの取得状況が良好になったのか、理由は不明であるが、対地モードでデータが得られているという事実を踏まえ、2004 年以降のデータを利用できるか否かを判断するために精度比較試験 (係留型流速計との比較試験、他船 ADCP との船間比較試験) を行った。これらの試験をもとに ADCP (SW2000) で取得したデータの妥当性を検討した結果を報告する。

* (独) 水産総合研究センター 西海区水産研究所

材料および方法

(1) 係留型流速計との比較試験

試験は2005年8月8～9日に、Fig.1に示す海域で実施した。ADCPとの比較に用いた係留型流速計は、JFEアレック電子社製のメモリー式電磁流速計ACM-8Mである。係留位置は、川尻岬から北西方向に伸びる調査線上の2点(D1:34°30.145'N, 130°53.154'E, 水深97m, D2:34°35.645'N, 130°45.185'E, 水深121m), 係留深度は、D1で海面下20mと87m(海底直上10m), D2で20mと111m(海底直上10m)とした。係留深度の設定理由は、表層や海底付近におけるADCPの測定不能な領域を避けるためである。

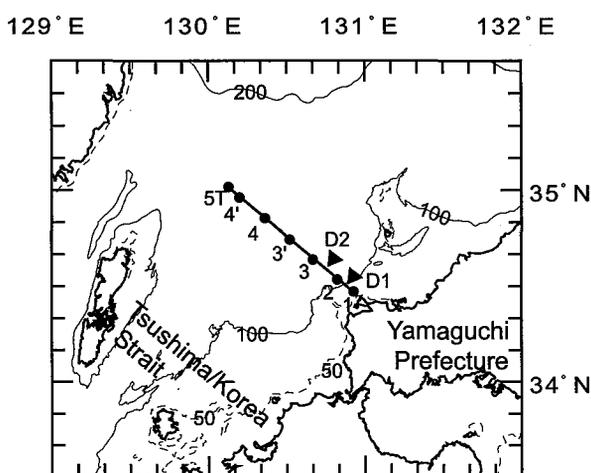


Fig.1 Observational line northeast of the Tsushima/Korea Strait. Closed circles indicate the observational stations by R/V Kuroshio every month. Closed triangles show the positions of moored current meters. The section between Stn.1 and Stn.3 indicates the comparison experiment area between R/V Kuroshio's ADCP data and moored current meter data. The section between Stn.1 and Stn.5T indicates the comparison experiment area between R/V Kuroshio's ADCP data between R/V Yoko-maru's ADCP data. Also shown is the isobath in meter.

ADCPデータは、調査線上のStn.1～3を「くろしお」で6往復、航行して取得した。ADCPの設定は、測定間隔を1分、測定層厚(Bin width)を11m、船底からのブランク領域を5mとした。「くろしお」の喫水が5mのため、係留型流速計と比較するADCPデータの水深は、27m層(21～32m深)、83m層(77～88m深)、104m層(98～109m深)になる。取得したADCPデータにアライメント誤差の補正(回転角 $\phi = 0.19$, スケーリング係数 $A = 0.9966$)を施した後、係留点(D1・D2)を通過した時の計測値とその前後1つずつの計測値から平均流速を求め、それを比較する

値とした。

これらの処理を施したADCPと係留型流速計それぞれのデータについて、東西・南北成分に分解し、成分ごとに相関係数および原点を通る回帰式を求めた。

(2) 陽光丸との船間比較試験

試験は2009年5月14～15日、Fig.1に示す調査線(Stn.1～5T)で実施した。この調査線を「くろしお」、「陽光丸」(独)水産総合研究センター所属・490トン)の2船で1往復した。「くろしお」は、「陽光丸」の左舷後方を航走して、両船間の距離を約1マイルに保った。両船の航行経路・時間に若干差異があるため、比較時にはデータに空間平均を施すことでその影響を緩和した。具体的には、それぞれのADCPデータについて、アライメント誤差の補正(「くろしお」: 回転角 $\phi = 0.38$, スケーリング係数 $A = 1.0306$, 「陽光丸」: 回転角 $\phi = 1.03$, スケーリング係数 $A = 1.0038$)を行った後、調査線に対する流れの直交成分を①Stn.1～3(30km), ②Stn.3～4(37km), ③Stn.4～5T(28km)(Fig.1参照)の3区間で平均して、2船のデータを比較した。例えば、Fig.2の矢印で示す直交成分の分布に対して、空間平均値は、流れの直交成分と観測線とで囲まれる面積の総和($\sum S_i$)を区間距離の総和($\sum L_i$)で除して求めた。なお、2つの実測流速が同符号の場合(Fig.2のC～D間)は、台形の面積公式により面積(S_i)を求めた。異符号の場合(Fig.2のA～B間, B～C間)は、次式によって面積(S_i)を求めた。

$$S_i = \frac{L_i(V_i^2 - V_{i+1}^2)}{2|V_i - V_{i+1}|}$$

V_i : ADCPによる実測流速の直交成分

「陽光丸」搭載のADCPは、古野電気CI-35(130kHz)である。観測深度は、36m, 58m, 80mで、データの測定間隔は2分とした。データを船間で比較す

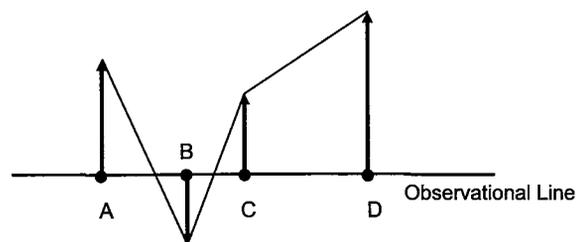


Fig.2 Schematic view of averaging method for velocity component perpendicular to the observational line. A-D:observational points of ADCP. Arrows:velocity components perpendicular to the observational line.

るため、「くろしお」の観測深度についても「陽光丸」に合わせた。なお、「くろしお」の ADCP の測定層厚 (Bin width) は 22m とした。「くろしお」の測定間隔は 1 分であるが、データの比較時には、「陽光丸」に合わせて 2 分間平均値を計算した。これらの処理を施した両船のデータを比較した。

結 果

係留型流速計との比較試験

係留型流速計の測流結果を Fig.3 に示す。D1, D2 ともに下層より上層(20m 深)の流れの方が強い。また、上層と下層で流れの向きが異なっており、シアアの強

い流れであることが窺える。

ADCP データのうち、27m 層のものは良好に収録できたが、D1 付近の 83m 層および D2 付近の 104m 層のものには、エラー値が含まれていた。そのため、このエラー値のあった層の ADCP データは比較に用いなかった。

D1 および D2 における係留型流速計の上層(20m 深)と ADCP (27m 層) のデータを、東西・南北成分に分解して比較した結果、両者の間には、東西成分、南北成分ともに 5% の危険率で有意な正の相関が認められた (Fig.4)。D1 における南北成分の相関係数が他より低く、また回帰式の傾きも他よりも小さかった。

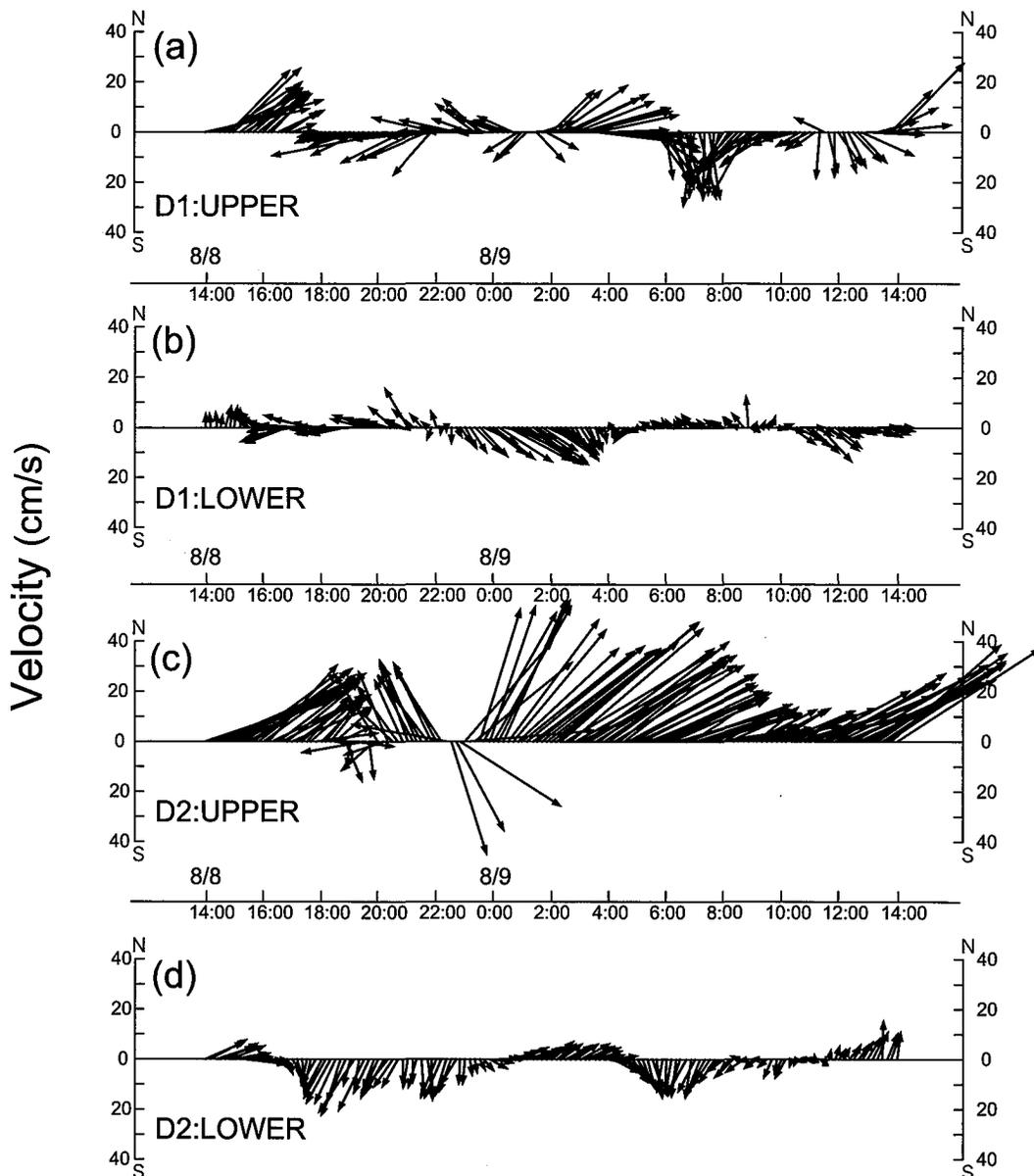
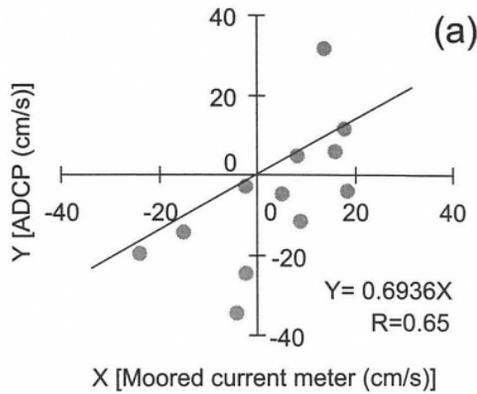
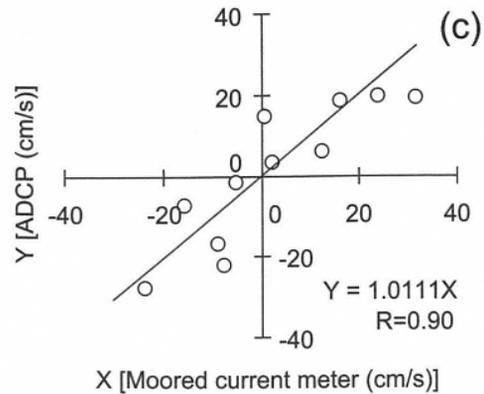


Fig.3 Stick diagrams of current on D1 and D2. (a)20m depth on D1, (b)87m depth on D1, (c)20m depth on D2 and (d) 111m depth on D2.

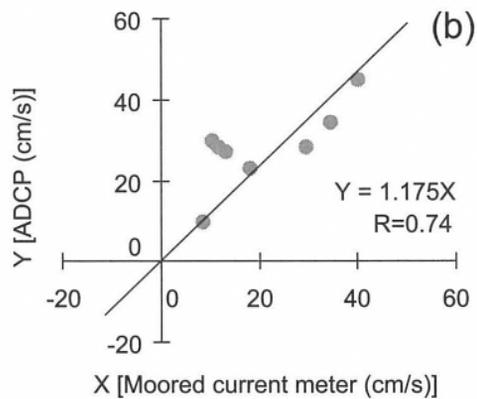
D1:NS-comp.



D2:EW-comp.



D2:NS-comp.



D2:EW-comp.

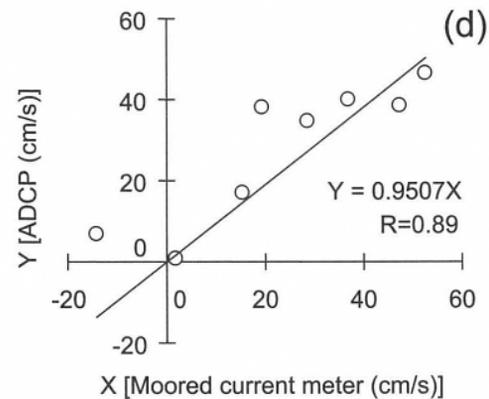


Fig.4 Scatter diagrams which indicate the relationship between ADCP data and moored current meter data. (a) meridional component on D1, (b) meridional component on D2, (c) zonal component on D1 and (d) zonal component on D2.

陽光丸との船間比較試験

「くろしお」, 「陽光丸」の両船で得た ADCP データから, 流速ベクトルの水平分布図を作成したところ, 往路(沿岸から沖合に向かう時)では, 流れの向き・大きさとも両船の計測値はほぼ一致した (Fig.5a)。ただし, 36m 層の沿岸側 (34° 20'N, 130° 50'E) において, 「くろしお」の方にエラーデータと考えられる大きな流速がみられた。復路(沖合から沿岸に向かう時)では, 「くろしお」のデータにばらつきがみられた (Fig.5b)。特に沖合 (35° 00'N, 130° 07'E) で変針後に流向・流速とも不安定になり, 調査線の中央付近 (34° 40'N, 130° 40'E) まで, 頻繁に大きな流速がみられた。

調査線に直交する流れの成分を Stn.1 ~ 3, Stn.3 ~ 4, Stn.4 ~ 5T の測点間で空間平均した結果を Fig.6 に示す。ただし, この計算の前には, エラーデータを除くためのチェックを行っている。その条件は, ①流

速値 1.5kt 以上のとき, ②船速 5kt 以下のとき, ③ 2 分前の船速との差 1kt 以上のとき, ④ 2 分前の船首方位との差 3° 以上のときとして, ①~④のいずれかの条件に該当する場合にエラーデータとみなした。Fig.6 から, 沖合区間 (Stn.4 ~ 5T) を除くと, 両船の差はほぼ 0.2 kt 以内に収まっていることがわかる。各層について, それぞれ散布図を作成し相関係数 (R) を調べた (Fig.7)。36m, 58m, 80m 層の順に R は, それぞれ 0.948, 0.939, 0.936 となり, 3 層とも危険率 5% で有意な正の相関が認められた。

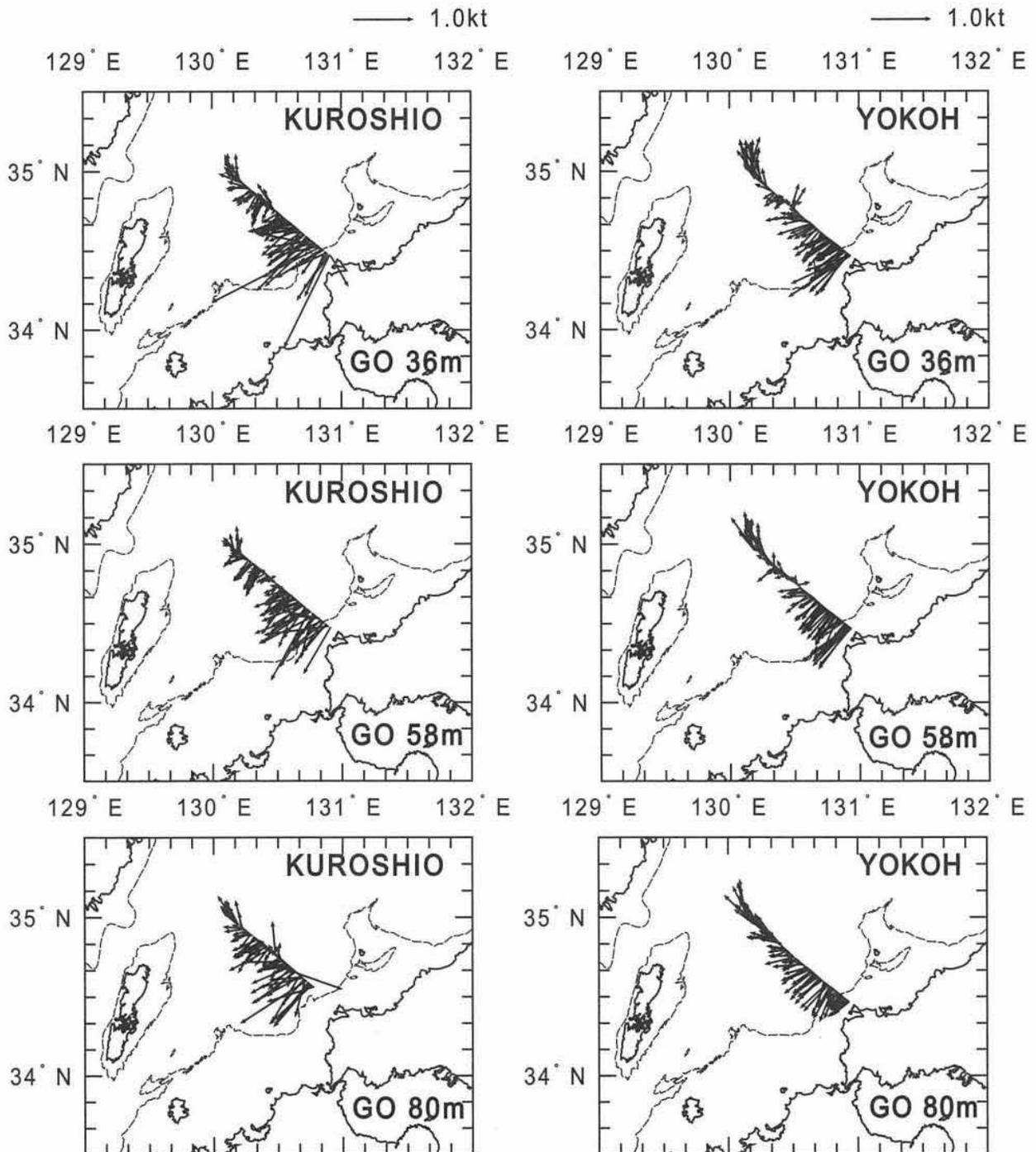


Fig.5a Horizontal distributions of velocity vector obtained by R/V Kuroshio (left side) and R/V Yoko-maru (right side) during the northwestward course. Upper:36m layer, Middle:58m layer, Bottom:80m layer.

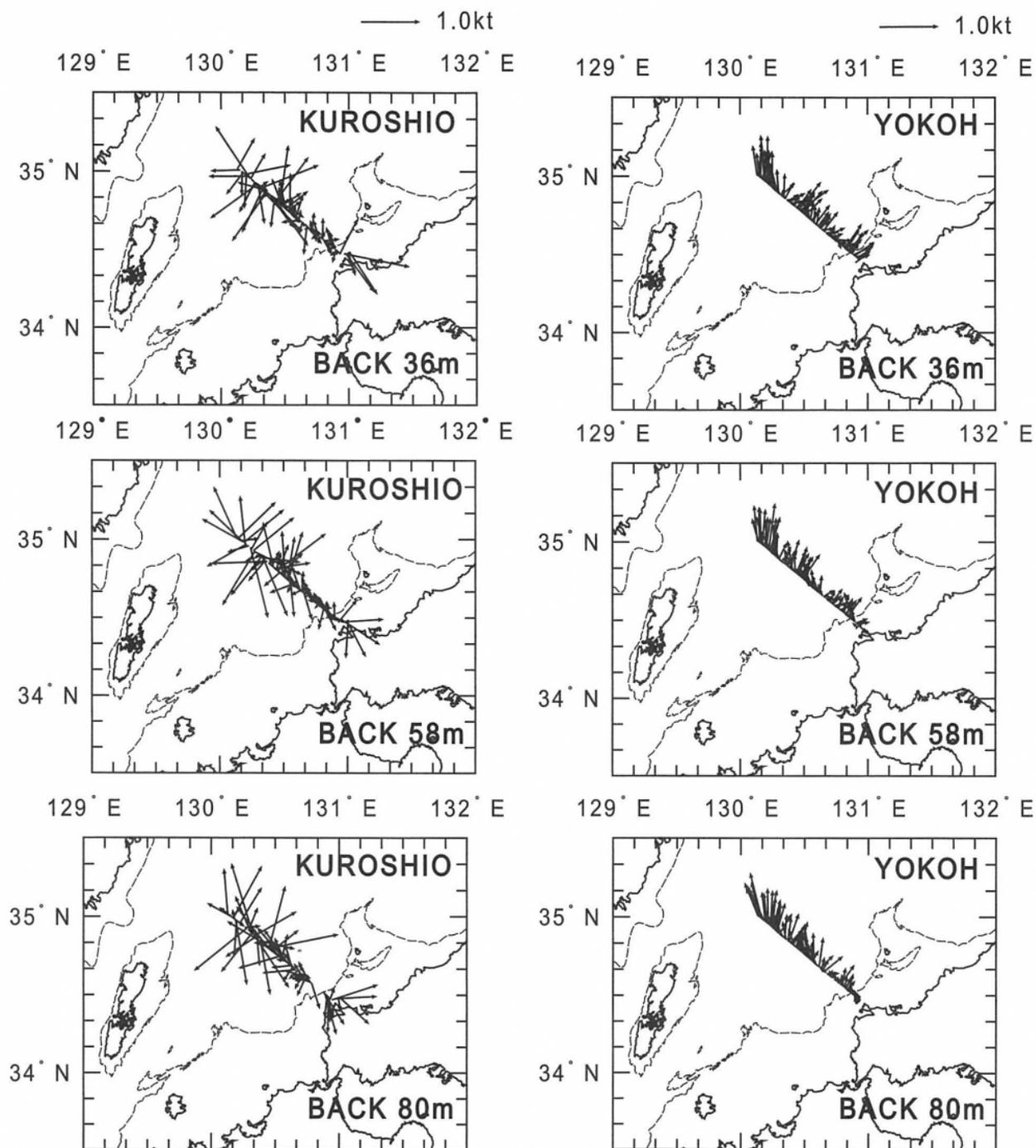


Fig.5b Same as Fig.5a, but during the southeastward course.

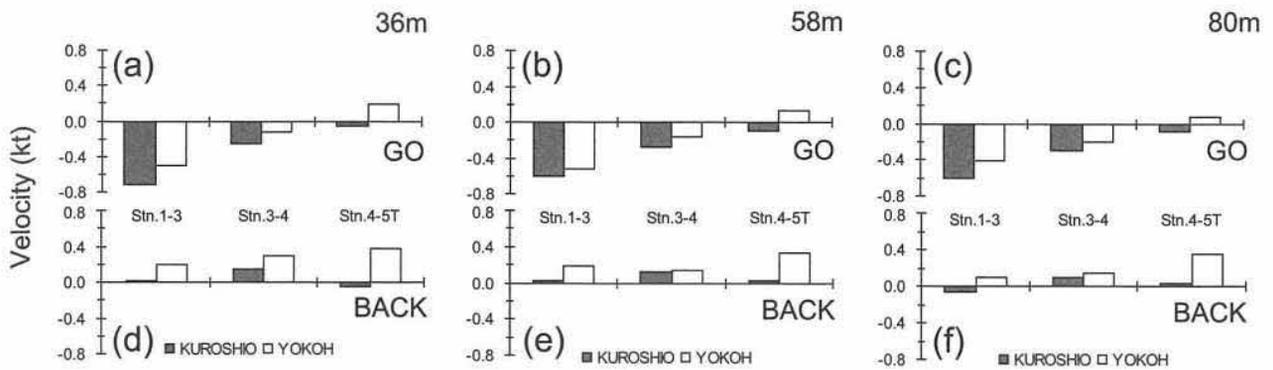


Fig.6 Sectional means of velocity component perpendicular to the observational line in (a)36m, (b)58m and (c)80m layer during the northwestward course and (d)36m, (e)58m and (f)80m layer during the southeastward course. Positive (negative) values show northeastward (southwestward) flow.

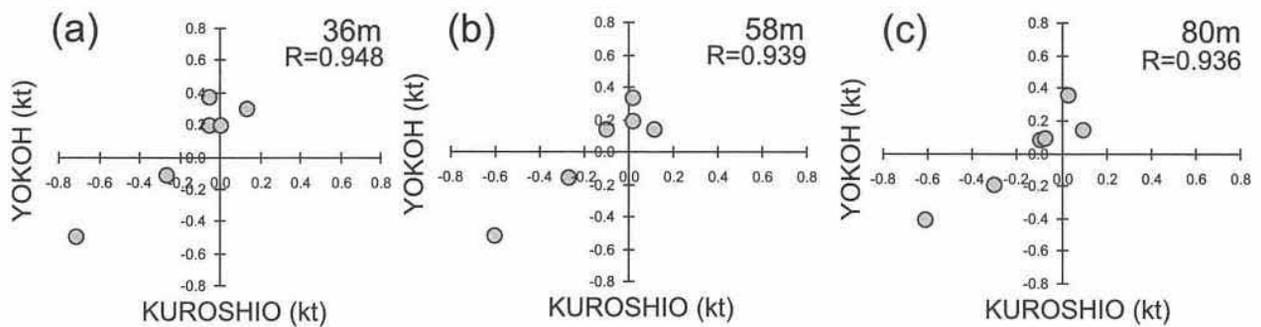


Fig.7 Scatter diagrams of sectional means of velocity perpendicular to the observational line obtained from R/V Kuroshio and R/V Yoko-maru in (a) 36 m, (b)58m and (c)80m layer. The correlation coefficients are shown in the upper-right corner respectively.

考 察

2種類の精度比較試験から、「くろしお」搭載の ADCP (SW2000) で収録したデータの妥当性を検討したところ、主な誤差要因を評価し、エラーデータを除けば、データは研究に利用可能と考えられた。

その理由は第1に、ADCPと係留型流速計との比較試験において、D1付近のADCPデータの南北成分が大きくなったものの、両者間の相関係数はすべて、危険率5%で有意と認められたからである (Fig.4)。D1の南北成分でADCPデータの方が大きかったことについては、計測方法の違い—ADCPは21~32mの層間(空間)平均を計測しているのに対し、係留型流速計は1ポイント(水深20m)での計測—による可能性も考えられるが原因は不明である。

第2の理由として、「陽光丸」との船間比較試験において、復路のデータがばらついた (Fig.5b) もの、往路のデータは「陽光丸」のデータとほぼ一致した

(Fig.5a) ことがあげられる。復路についても、エラーデータを取り除いた後、約30kmで空間平均すると、両者の関係は大きく異なっていない (Figs.6, 7) ことも、「くろしお」のADCPデータの妥当性を支持していると考えられる。

しかし、「くろしお」のADCPデータが不安定になった区間があった (Fig.5b) ことから、その使用にあたっては、主な誤差要因を評価した後、流速ベクトルの水平分布図等の作図結果から、手作業でエラーデータを除く作業は必須事項であると考えられる。エラーデータとみなす条件も固定値とするのではなく、計測値(流速)や船速の変動幅を考えて、臨機応変に変える必要もあろう。場合によっては、予めデータの不安定な区間を排除して解析することの方が安全と考えられる。また、「くろしお」のADCPデータ収録システムでは、航海の度にジャイロコンパスから読み取る初期入力値がリセットされるため、航海毎に誤差要因を評価する必要がある。

「陽光丸」との比較試験の結果 (Fig.5a, b) でわかるように、沖合域を除いて往路と復路 (固定点で見ると 3.5 ~ 11 時間の差) で流向が約 180° 近く変わっている。このことから、計測した流れには潮流成分が含まれていると推測できる。今後、卵稚仔輸送などの研究に、この流れのデータを利用するためには、潮流成分の分離も必要であることを指摘しておきたい。

要 約

漁業調査船「くろしお」に搭載した ADCP の精度検証のために、係留型流速計との比較試験を行った。その結果、両者の間には、有意な正の相関関係が認められた。また、「くろしお」と漁業調査船「陽光丸」の ADCP を用いて船間比較試験を行ったところ、「くろしお」のデータが不安定になるときもあったが、ノイズを取り除き、調査線に直交する成分を求めて約 30km で空間平均を施すと、両者の間には有意な正の相関関係が認められた。以上から「くろしお」のデータは、誤差要因を評価し、エラーデータを除けば、研究に利用可能であることがわかった。

謝 辞

漁業調査船「くろしお」の運行にあたっては、「くろしお」の上田船長 (現 漁業取締船「きらかぜ」船長)、泉谷船長代理ほか乗組員の方々にたいへんお世話になった。また、「陽光丸」との比較試験の実施にあたり、船戸船長ほか乗組員の方々、西海区水産研究所東シナ海海洋環境部の秋山部長、山田室長に特段のご配慮をいただいた。ここに深謝の意を記す。

参考文献

- 1) 気象庁 (1999) : 海洋観測指針 (第 1 部). 財団法人気象業務支援センター, 東京, pp.187-200.

Appendix

Detail about dealing with bad condition of ADCP mounted on R/V Kuroshio.

付表

年月	項目
1993.02	「くろしお」建造に伴い SW1000(115kHz)を設置
1993.08	機器調整航海
1993.06	ジャイロコンパス、GPS 信号入力のプログラム修正
1993.11	SW1000 収録プログラム修正
1994.10	「くろしお」搭載の GPS の取替につき、収録プログラム修正
1995.08	データ収録ができないため機器交換 (SW1000 → SW2000(115kHz)) トランスジューサー点検、残響対策工事、ジャイロコンパスインターフェース取付け
1995.10	島根県水試と洋上テストを実施するも時化のため途中で中止
1996.01	データ収録ができないため対策会議を実施 (於：山口県外海水産試験場)
1996.03	改善がみられないため、GPS を米国トリンプル社のものに変更
1996.08	作図用プログラム完成
1996.10	<1996.01>の会議に基づき業者から結果が報告される。 ・対水モードでは島根水試とほぼ同様のデータが収録可能 ・対地モードでのデータ収録は依然として不可 *しかしその後、対水モードでも頻繁にエラー発生する現象が見られるようになる。
1999.04	DSP ボードの接続不良のため、対水モードでもデータ収録が不可となる。
2000.04	DSP ボードの不良のため、ボード差し替え等の作業を実施
2000.08	収録プログラムに不具合 ・解析プログラムの異常 (バイナリファイルからテキストファイルへ変更する時の異常) ・航海中に機器本体の日付が頻繁に書き換わる。収録プログラムの停止も頻繁に生じる。
2000.09	GPS 信号の読み取り不具合に対応するプログラムを修正
2001.01	対水モードでデータの収録が可能となる。しかし対地モードでは不可
2003.	収録プログラムの変更を多数回行うも、収録中にプログラムが頻繁に停止
2003.10	西海区水研に取得データを提出(1998~2002年に収録したもの)
2005.05	正常な対地モードのデータがあることが判明
2005.08	係留型流速計を設置し、ADCP との比較試験を実施
2006.06	機器調整航海
2007.03	収録/解析プログラムの修正 ・アスキーアウト形式でのデータの書き出しが可能となる。 ・アライメント誤差のプログラムを作成
2007.03	測定誤差の検討 (於：西海区水研)
2007.04	西海区水研から測定誤差への指摘 ・アライメント誤差の計算には、船速 300cm/s, 加速度 15cm/s, 針路 2° 以内のデータを用いる。
2007.04~11	データ取得不可
2007.12	再び対地モードでのデータ収録が可能となる。
2008.05	アライメント誤差についての協議 (於：西海区水研)
2009.03	陽光丸との船間比較調査について検討 (於：西海区水研)
2009.05	陽光丸との船間比較試験を実施
2009.06	船間比較試験の結果検討 (於：山口水研センター)

2009年7月の集中豪雨に伴う周防灘の海洋環境の変化

和西昭仁・小柳隆文

Some Characteristic Changes of the Marine Environment in Suo Nada
Caused by the Localized Torrential Downpour
Striking the Chugoku and the Northern Kyushu Region in July of 2009

Akihito WANISHI and Takafumi KOYANAGI

Changes in the water quality of Suo Nada in response to the localized torrential downpour striking the Chugoku and the northern Kyushu region from July 19 to 26 in 2009 were investigated. Due to inflow of a large quantity of the muddy water from large and small rivers, water temperature, salinity (at surface layer), transparency, dissolved oxygen (at bottom layer) tended to decline, and dissolved inorganic nitrogen (DIN) and dissolved inorganic phosphate (DIP) at bottom layer tended to increase, temporarily. Nutrients at surface layer didn't increase extremely after this downpour, and no significant red tide occurred probably because salinity didn't decline less than 28, unlike the similar downpour in July, 1985 which caused serious red tide of the toxic dinoflagellate, *Gymnodinium nagasakiense* (the present *Karenia mikimotoi*) under rich nutrients brought by river water. The difference of phenomena between in 1985 and in 2009 should be examined more minutely. It is noteworthy that wide area distribution of the muddy water and the floating wreckage on Suo Nada could be caught in detail by various sensors of the earth observation satellite such as ALOS (Daichi), Aqua and Terra from far height of several hundred kilometers. Because the localized torrential downpour has been increasing year by year, we should hurry the use of the remote sensing information like this in order to avoid the fisheries damage.

key words : torrential downpour; water quality; satellite image; Suo Nada

2009年7月19日から26日までの8日間、中国地方および九州北部を襲った記録的な集中豪雨は、気象庁によって「平成21年7月中国・九州北部豪雨」と命名された(2009年7月27日付け気象庁報道発表資料)。この豪雨に伴って、山口県では土石流、土砂崩れ、河川堤防や護岸の決壊など甚大な被害が随所で発生し、死者や負傷者が多数出る惨事となった。水産関係では、海岸施設の破損、河川の氾濫による養殖アユの流出などによって2,940万円(2009年8月末現在)もの被害が発生した¹⁾。このほか、大量の土砂を含む濁水とともにゴミや流木などが海域に流入し、これらが漂い続けて漁網に絡まると除去するのに多くの時間と労力を要したことから、操業に支障が生じた。こうしたことから、金額としては現れていないような被害もかなり大きかったことが推測される。

1985年には梅雨時期(6月下旬~7月上旬)に大量の降雨があった影響で周防灘の表層塩分が極端に低下し、その後、貧酸素化の進行と底質からの栄養塩類の溶出の強化が引き金となって、有害渦鞭毛藻の一種 *Gymnodinium nagasakiense* (現在の学名は *Karenia mikimotoi*) による大規模な赤潮が発生した²⁾。今回の豪雨の後、山口県海域では本種による赤潮の発生は確認されなかったが、豪雨の前後で海域の環境がどう推移したかについてはデータがあまり整理されておらず、*K. mikimotoi* 赤潮が発生しなかった理由についても詳しく考察されていない。

そこで本報では、豪雨の前後において周防灘海域で水温、塩分、栄養塩類および植物プランクトンなどの海洋環境がどう変化したかを明らかにし、2009年の豪雨後に1985年のような赤潮が発生しなかった理由

についても考察を試みた。なお、海洋観測の一部は、水産庁委託の「平成21年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業（瀬戸内海西部における有害赤潮等分布拡大防止）」により実施された³⁾。

材料および方法

降水量等に関するデータ 周防灘沿岸の降水量、日照時間および気温については、豪雨で深刻な被害が発生した防府市に設置されているアメダス（AMeDAS：Automated Meteorological Data Acquisition System）（図1，34°01.8'N，131°32.1'E）によって観測されたデータを気象庁のWEBサイト（気象統計情報，<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>）からダウンロードして使用した。なお、平年値を求める際の平年の期間は、降水量および気温が1979～2000年の22年間、日照時間が1986～2000年の15年間である。また、このアメダスから西南西に約12km離れた山口市秋穂二島の山口県水産研究センター内海研究部（図1，34°00.4'N，131°24.7'E）において毎日09:00に観測されている降水量（前日09:00の観測以降24時間における雨量）および気温のデータも使用した。なお、平年の期間は1980～2008年の29年間である。このほか、山口市を流れる樅野川の水位の変動を山口県土木防災情報システム（<http://y-bousai.pref.yamaguchi.jp/>）によって参照した。

海域環境に関するデータ 周防灘海域で行われてい

る定地観測、船舶による海洋観測および地球観測衛星によって得られたデータを収集、整理した。これらの詳細については、以下に示すとおりである。

(1) **定地観測** 山口県水産研究センター内海研究部によって、秋穂湾の湾奥部にある山口漁港の北側突堤先端部（図1，34°00.5'N，131°24.8'E）で、毎日09:00に観測されている項目の中から、表層の水温および比重のデータを使用した。なお、平年値を求める際の平年の期間は1980～2008年の29年間である。このうち水温は、棒状二重管温度計（0～50℃，1/5目盛）を使用し、表層水1Lを採水した後、現場で直ちに測温された値である。また、比重は、採取された海水を実験室に持ち帰り、海水用うきばかり型比重計（赤沼式比重計）の数値を読み取り、それと同時に再度測定された水温値とを使用して、換算表により標準比重（以下「 σ_{15} 」）に換算した値である⁴⁾。 σ_{15} から塩分を求める際には海洋観測常用表⁵⁾を使用した。

(2) **船舶による海洋観測** 山口県水産研究センター内海研究部が、山口県公営・漁業調査船せと（総トン数30トン）または用船によって実施した浅海定線調査（毎月上旬に実施）、赤潮中旬調査（5～9月の中旬に実施）および赤潮広域共同調査³⁾（6～8月に計6回実施）における6月上旬から9月上旬のデータを使用した。調査日は、6月1・12・25日，7月2・3・23・28日，8月3・6・12日，9月1日であった。図1に示した24調査点のうち、浅海定線調査はStn.1～24，赤潮中旬調査はStn.5・6・15・16・18，赤

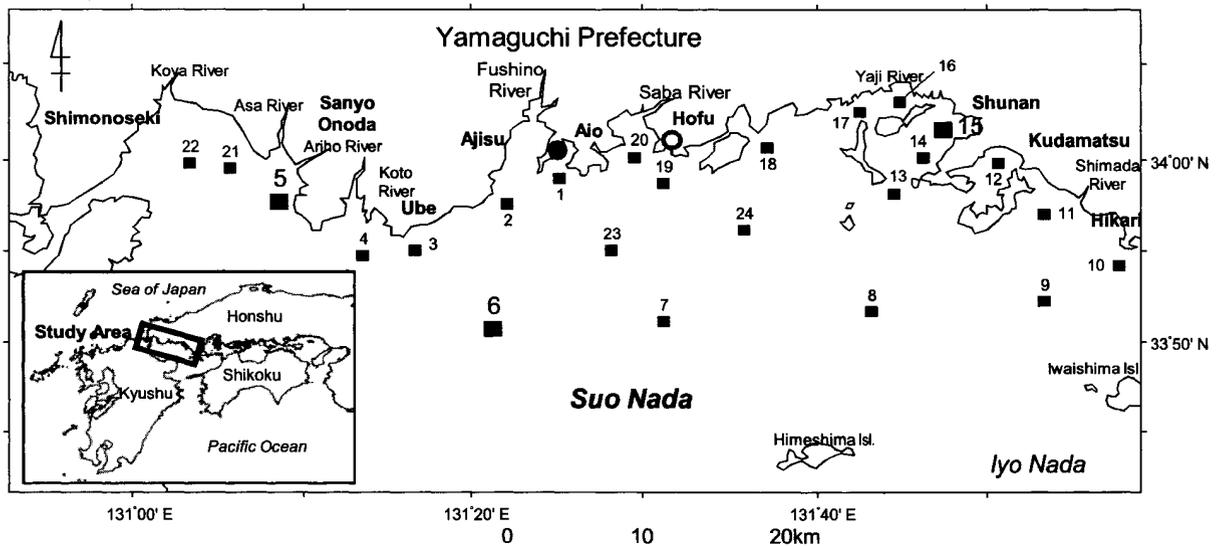


Fig.1 Map showing the study area off Yamaguchi Prefecture, the western part of the Seto Naikai. The closed circle near Aio represents the location of Yamaguchi Prefectural Fisheries Research Center (Inland Sea Division), one of the observation point of precipitation bordering Yamaguchi Fishing Port in Aio Bay, observing Water Temperature and Specific Gravity. The open circle in Hofu represents the location of the AMeDAS, automatically observing precipitation, wind, hours of sunlight, etc. Closed squares (Stn.1～24) represent the sampling stations for marine environment by a vessel.

潮広域共同調査は Stn.5 で行われている。これらのうち、今回は周防灘沿岸域の Stn.5 (山陽小野田市の沖合約 1km, 33° 57.4'N, 131° 08.9'E), 同じく Stn.15 (徳山湾の蛇島東方, 34° 01.2'N, 131° 48.3'E) および沖合域の Stn.6 (宇部市の南東約 15km 沖合, 33° 50.3'N, 131° 21.1'E) の 3 調査点を解析対象調査点とした。なお、浅海定線調査 (2009 年 1 ~ 12 月) における平均水深は、Stn.5 が 6.4m, Stn.15 が 11.5 m, Stn.6 が 28.8 m であった。

調査項目は、水温、塩分、透明度、溶存酸素 (以下「DO」)、溶存態無機窒素 (以下「DIN」)、溶存態無機リン (以下「DIP」)、クロロフィル *a* (以下「Chl-*a*」) および植物プランクトン細胞数であった。解析対象とした採水層は 0.5 m 層 (以下「表層」) および海底上 1 m 層 (以下「底層」) で、採水はリゴ- B 号透明採水器またはバンドーン採水器 (いずれも (株) 離合社) によって行った。水温および塩分は STD (AST-500 / アレック電子 (株)), 透明度はセッキ-板⁴⁾, DO は Winkler 法 (窒化ナトリウム変法)⁶⁾ により測定した。また、栄養塩類はオートアナライザー (TRAACS800 / ブラン・ルーベ (株)) を使用してアンモニア態窒素 (NH₄-N), 亜硝酸態窒素 (NO₂-N), 硝酸態窒素 (NO₃-N) およびリン酸態リン (PO₄-P) を測定し, NH₄-N, NO₂-N および NO₃-N の濃度の合計を DIN 濃度, PO₄-P 濃度を DIP 濃度として扱った。Chl-*a* 濃度は吸光法⁴⁾ によって測定した。また、浅海定線調査のデータについては、毎月上旬の観測が長期間継続されていることから、平年値 (1973 ~ 2002 年の 30 年間平均値) に対する観測値の平年偏差 (δ) および平年の標準偏差 (σ) について、 $|\delta| < 0.6\sigma$ となる場合を「平年並み (高め基調・低め基調)」, $0.6\sigma \leq |\delta| < 1.3\sigma$ の場合を「(平年に比べて) やや高め・低め」, $1.3\sigma \leq |\delta| < 2.0\sigma$ の場合を「(同) かなり高め・低め」, $2.0\sigma \leq |\delta|$ の場合を「(同) はなはだ高め・低め」として判定した。

また、1973 ~ 2009 年の 37 年間 (のべ 444 ヶ月間) について、浅海定線調査の全調査点における各月の表層塩分の平均値を求めて、周防灘山口県海域における塩分の長期的な変動を概観した。

(3) 地球観測衛星による観測 宇宙航空研究開発機構 (以下「JAXA」) が、地球観測衛星 ALOS (だいち) に搭載されている AVNIR-2 (高性能可視近赤外放射計 2 型) のポインティング機能により緊急に観測した周防灘海域の画像 (2009 年 7 月 27 日撮影) を JAXA から入手した。この画像の明度やコントラストを調整することによって、河川から周防灘に流入した濁水の流れや広がり具合を観察した。また、JAXA の地球観

測利用推進センター (EORC) が公開している衛星観測情報 (<http://www.eorc.jaxa.jp/>) の中から、NASA (米国航空宇宙局) の地球観測衛星 Aqua および Terra による解像度 250 m の RGB 画像および解像度 500 m の Chl-*a* 画像を用いて、降雨に伴う濁水の分布を検討する際の参考とした。これらのうち、Chl-*a* 画像は MODIS (中分解能撮影分光放射計) によって高度 705km の上空から観測された海面データなどが基になっているため、Chl-*a* の実測濃度が衛星による推定濃度ほど高くなくても、濁水の流入などによって海面に異状がある海域では Chl-*a* の高濃度域と判断される傾向がある^{7, 8)}。そこで、この現象を逆に利用することによって、濁水が広がっていると思われる海域を推測した。

結 果

降水量および海水比重の推移 防府市のアメダスにおける日降水量および最大降水量 (1 時間), 山口県秋穂二島の山口県水産研究センター内海研究部における 24 時間降水量は表 1 のとおり推移した。

活動の活発化した梅雨前線が西日本に停滞したため、防府市では、7 月 19 日の 23:00 を過ぎてから雨が降り出した。その後、21 日の朝から雨足が急激に強まり、この日の降水量は 275mm, 1 時間あたりの

Table 1 Time series of precipitation observed automatically by the AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System) in the south part of Hofu City near Suo Nada (a) and measured manually once a day at 09:00 by Yamaguchi Prefectural Fisheries Research Center (Inland Sea Division) in the south part of Yamaguchi City around Aio Bay in Suo Nada (b) from July 19 to July 26 in 2009.

Date	Precipitation (mm)		
	(a) Hofu		(b) Yamaguchi
	Total	Maximum rate (per 60min.)	Total
July 19	0.5	0.5	26.8
20	56.5	28.5	120.0
21	275.0	72.5	97.6
22	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.7
24	98.5	27.5	182.5
25	73.5	12.0	36.5
26	45.0	10.0	92.5
Total	549.0	^{max.} 72.5	556.6

* From 00:00 to 24:00 on that day.

** From 09:00 of the previous day to 09:00 on that day.

最大降水量は 72.5mm (1976 年の観測開始以降の最大値) に及んだ。続く 22 ~ 23 日には降雨がなかったが、24 ~ 26 日の間には再び 45.0 ~ 98.5mm の日降水量があった。今回の豪雨に伴う降水量は合計 549.0mm で、これは平年の年間降水量 (1671.8mm) の 33 %、2009 年の年間降水量 (1887.0mm) の 29% に相当する猛烈な雨であった。

一方、山口市秋穂二島の山口県水産研究センター内海研究部では、豪雨の期間中、降水量が最も多かったのは 7 月 24 日観測分 (7 月 23 日 09:00 から 24 日 09:00 までの 24 時間) の 182.5mm であり、雨のピークが防府市とは異なった。7 月 19 ~ 26 日観測分 (7 月 18 日 09:00 ~ 7 月 26 日 09:00) の降水量は合計 556.6mm で、防府市とほぼ同程度の降水量であった。また、7 月 21 日の 09:30 頃 (大潮の下げ潮時)、山口漁港の周辺では、小高い山が背後に迫った陸地から、猛烈な勢いで濁水が海域に流入しているのが観察された。護岸から 50 ~ 100 m 沖までの範囲は短時間のうちに濃密な薄茶色の濁水に覆われ、その沖側にある比較的澄んだ海水との間に明瞭な境界をしばらく維持し (図 2)、その後、湾の全域に広がっていった。

同センターにおいて 2009 年 6 ~ 8 月の間に観測された毎日の降水量と、隣接する山口漁港における表層水温および σ_{15} は図 3 のように推移した。豪雨期間中 (図 3 の灰色部分) の表層水温は、多量の降雨の影響のほか、日照時間が 0.0 ~ 1.8 時間 (防府市アメダス、7 月 22 ~ 23 日を除く) と非常に少なかったこと、日平均気温が 7 月 21 日以降は平年よりも 0.6 ~ 3.2°C 低め (防府市アメダス) に推移したことなどから、7 月 19 日の 26.2°C から 7 月 26 日の 23.2°C まで 3.0°C 低下した。 σ_{15} は、豪雨前の 8 日間 (7 月 11 ~ 18 日、降水量 25.0mm) には 19.3 ~ 22.9 (平均値 ± 標準

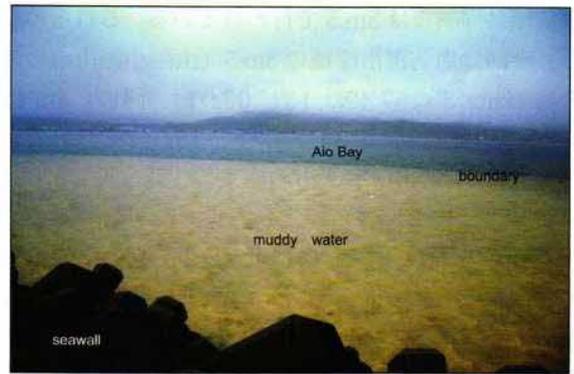


Fig.2 Landscape around Aio Bay on 09:30 JST, July 21, 2009 in the intervals of heavy rain. Terribly muddy water mass covered along the seawall of Yamaguchi Fishing Port in Aio Bay. The clear boundary between the muddy water and the clear-blue water has been formed at 50-100m off-shore.

偏差 21.6 ± 1.29) で推移していたが、豪雨期間中には 9.6 ~ 21.9 (同 17.6 ± 3.78) まで急激に低下した。特に 7 月 26 日の σ_{15} の値 (9.6) は、塩分に換算すると 13.6psu となり、7 月下旬の平年値 (塩分換算値 30.9psu) の半分以下になっていた。その後、豪雨後の 8 日間 (7 月 27 日 ~ 8 月 3 日、降水量 8.8mm) には 18.6 ~ 22.7 (平均値 ± 標準偏差 21.3 ± 1.32) まで回復した。なお、降水量と σ_{15} の推移を比べると、降雨があっても σ_{15} が即座に反応して低下するわけではなく、むしろ 1 ~ 2 日後に低下している傾向がみられた。

また、2009 年 5 ~ 9 月の間の旬ごとに、降水量 (防府市および山口市)、日照時間 (防府市)、気温 (防府市および山口市)、表層水温 (山口市) および σ_{15} (山口市) の平年偏差をまとめると図 4 のようになった。7 月下旬に降水量の平年偏差が最大、そのほかの項目の平年偏差は最小となった。降水量は 7 月下旬に平年

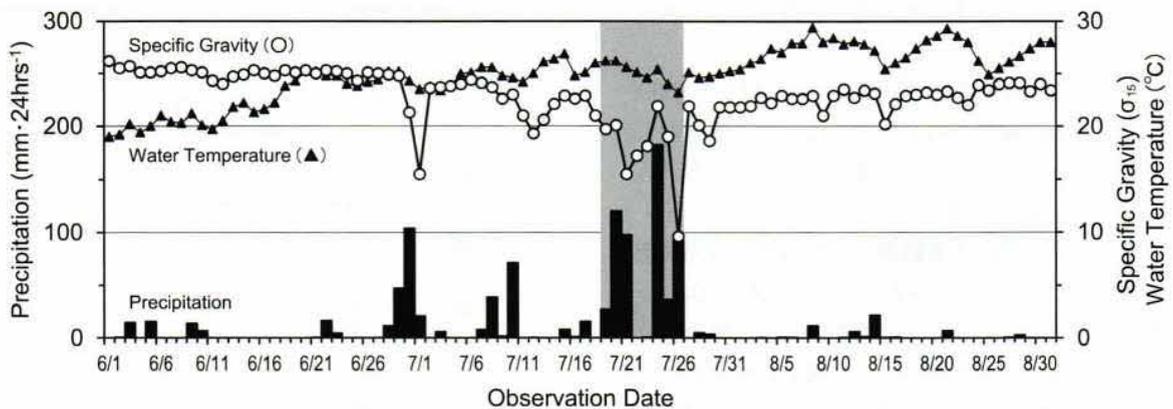


Fig.3 Changes in precipitation per 24 hours (from 09:00 of the previous day to 09:00 on observation day) observed at Yamaguchi Prefectural Fisheries Research Center (Inland Sea Division), water temperature and specific gravity (σ_{15}) in Yamaguchi Fishing Port from June 1 to August 31 in 2009. A section with gray background (from July 19 to July 26) represents the period torrential downpour striking this area.

を 400mm 前後上回ったものの、その他の期間は平年を下回ることが多かった (図 4 (a))。日照時間は 7 月上旬～下旬に平年を 23～44 時間下回り、一方で 6 月中旬や 9 月上旬には平年を 35～40 時間上回った (図 4 (b))。気温は 7 月下旬や 9 月中旬に 1～2℃ 低く、9 月下旬には平年を 2～3℃ 上回った (図 4 (c))。水温は 6 月中旬～7 月中旬は平年より 1～2℃ 高めで推移していたが、7 月下旬には一転して平年を 1.9℃ 下回り、8 月上旬には平年値まで急速に回復した (図 4 (d))。σ₁₅ は 5～6 月に平年を 1～2 上回って推移していたが、7 月下旬には急低下して平年を 4.1 下回り、1 ヶ月後の 8 月下旬にはほぼ平年値まで戻った (図 4 (e))。

周防灘の表層塩分の推移 浅海定線調査における山口県周防灘海域 24 調査点の表層塩分の平均値 (図 5) をみると、2009 年 7 月上旬には 32.22psu (平年偏差 + 2.22psu) で「やや高め」であったものの、豪雨を挟んだ 8 月上旬には 30.46psu (平年偏差 - 0.86psu) まで急激に低下して「やや低め」に転じ、8 月上旬の値としては 1973～2009 年の 37 年間で 6 番目に低い値を記録した。表層塩分の長期的な推移 (図 5 (上段)) をみると、平均塩分が 30psu を下回った月は最近では 2006 年 7 月で、それ以前にも 19 ヶ月確認され、最も低かったのは 1985 年 7 月における 23.31psu であった。なお、表層塩分の長期的な上昇傾向については、年に対する年間平均値の直線回帰において有意性が認められなかったが ($p=0.20$)、最近 10 年間の表層塩分の動向をみると、1985 年や 1995 年などのように極端に塩分が低下する傾向がみられなくなった。

解析対象調査点における観測結果 周防灘沿岸域の Stn.5 および 15、沖合域の Stn.6 (図 1) において、豪雨を挟む 2009 年 6 月 1 日から 9 月 1 日までの間に実施された海洋観測で得られた水温、塩分、透明度、DO 飽和度、DIN 濃度、DIP 濃度、Chl-*a* 濃度は図 6 のとおり推移した。図 6 において灰色で示された部分は今回の豪雨の期間に相当する。

(1) 水温 表層では、豪雨後に水温上昇が鈍った結果、Stn.5 では 7 月下旬になっても 7 月上旬とほとんど変わらない 24℃ 台で推移した。また、7 月 30 日～8 月 8 日の間は降雨が全くなく (防府市アメダス)、日照時間も回復した (同) ことから、8 月に入ると各調査点とも水温が 26.9～28.1℃ まで上昇したが、8 月上旬 (平年偏差 - 1.1～-1.6℃) は平年に比べて「やや低め」であった。さらに、豪雨から 1 ヶ月以上経過した 9 月上旬には、各調査点 (平年偏差 - 0.2～+0.7℃) とも「平年並み」に回復した。底層では、各調査点とも 7 月上旬まで平年偏差が -0.9～

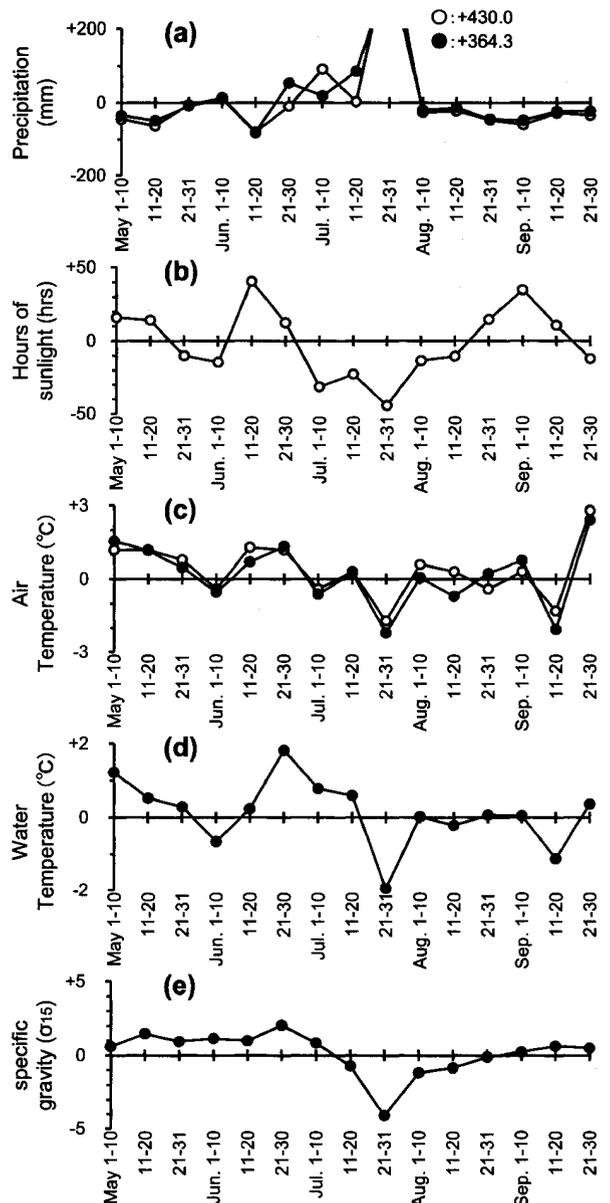


Fig.4 Changes in anomaly to the mean of each 10 days for the past 15-29 years on precipitation (a), hours of sunlight (b), air temperature (c), water temperature at surface layer (d) and specific gravity at surface layer (e) from May to September in 2009. Open circles represent the values observed in Hofu by AMeDAS and closed circles represent the ones at Yamaguchi fishing port or Yamaguchi Prefectural Fisheries Research Center, respectively.

+ 1.9℃ で、「やや低め」～「かなり高め」と様々な状況であったが、8 月上旬にはいずれも平年を下回って (平年偏差 - 1.1～-2.6℃)、「かなり低め」～「やや低め」となった。9 月上旬になると、沿岸域の Stn.5 および Stn.15 では平年偏差が -0.7～-0.2℃ まで回復して「平年並み (低め基調)」となったが、沖合域の Stn.6 (平年偏差 - 1.6℃) では依然として「やや低め」の状態であった。

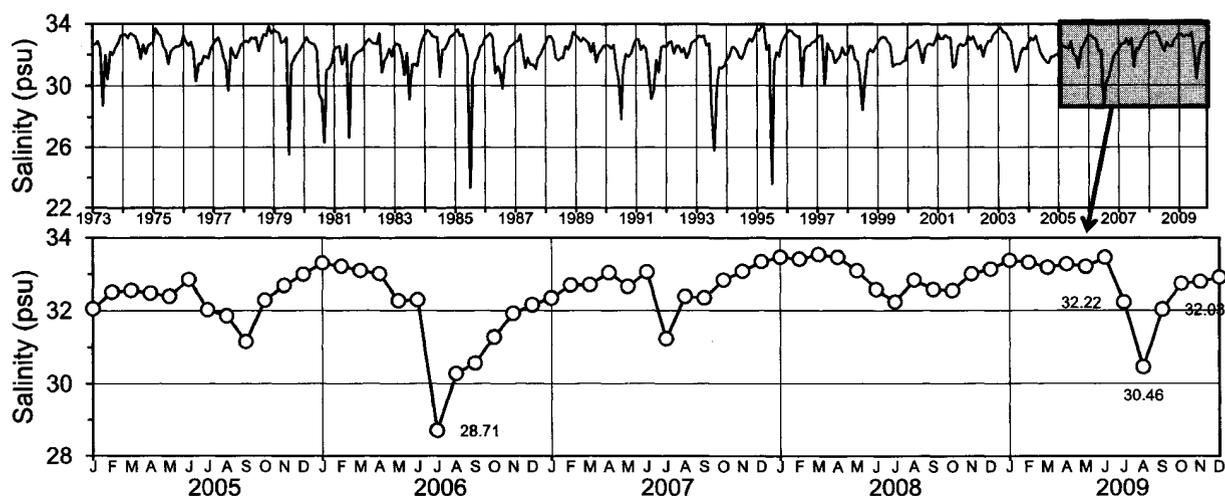


Fig.5 Monthly change in the mean salinity at the surface layer (Stn.1 ~ 24) in Suo Nada off Yamaguchi Prefecture for 37 years from 1973 to 2009 (upper) and for recent 5 years (lower).

(2) 塩分 表層では、7月上旬に全調査点で「平年並み」～「やや高め」の範囲（平年偏差 + 1.14 ~ + 3.04psu）であったが、豪雨後に急激に低下して、7月28日にはこの年の最低値（28.48 ~ 29.81psu）を記録した。8月上旬（平年偏差 - 1.09 ~ - 0.70psu）には「やや低め」～「平年並み（低め基調）」であったが、その後徐々に回復して、9月上旬には全調査点で「平年並み（平年偏差 - 0.15 ~ + 0.27psu）」となった。底層では、水深の浅いStn.5のように表層に連動して推移し、豪雨の直後に最低値（30.07psu）となった調査点もあったが、Stn.15やStn.6では急激な変動がみられず、期間中の変動幅はそれぞれ0.88, 0.61psuであった。また、全ての調査点で7月上旬（平年偏差 + 0.62 ~ + 1.56psu）には「やや高め」～「かなり高め」、8月上旬（平年偏差 + 0.05 ~ + 0.73psu）には「平年並み」～「かなり高め」、9月上旬（平年偏差 - 0.01 ~ + 0.39psu）には「平年並み」～「やや高め」となった。

(3) 透明度 Stn.5では2.0 ~ 3.8 mの範囲で推移し、8月上旬には「はなはだ高め（平年偏差 + 1.4 m）」であった。豪雨の間および直後に大きく変動している様子はみられなかった。Stn.15では2.5 ~ 4.0 mの範囲で、8月上旬には「やや低め（平年偏差 - 0.9 m）」であった。Stn.6では4.0 ~ 12.0 mの間で大きく変動し、8月上旬（4.5 m）には平年値（8.8 m）の約半分まで「かなり低め」であったが、8月中旬以降は11.0 ~ 12.0 mにまで急激に上昇し、9月上旬（平年偏差 + 3.2 m）には「やや高め」となった。

(4) DO 飽和度 表層では、各調査点とも6月以降減少または横ばい傾向で推移した。豪雨から一週間後あたりの時期にピークがあり、その後は再び緩やかに減少する傾向がみられた。7月上旬（平年偏差 - 14.0 ~ - 6.7%）には「かなり低め」～「平年並み（低め基調）」

と低め傾向が強かったが、8月上旬（平年偏差 - 1.0 ~ - 26.4%）になると「平年並み」～「やや高め」と高め傾向に転じた。Stn.6では期間中の変動幅が小さく（15.8%）、Stn.5やStn.15の3分の1程度であった。底層では、8 ~ 9月に各調査点において45.9 ~ 64.3%まで低下した。8月上旬（平年偏差 - 36.1 ~ - 4.2%）には「はなはだ低め（Stn.5）」～「平年並み（低め基調）」、9月上旬（平年偏差 - 21.9 ~ - 4.6%）には「やや低め」～「平年並み（低め基調）」で推移した。表層と底層の飽和度の差はStn.15で大きく、最大値は8月3日における84.1%であった。

(5) DIN 濃度 表層では、Stn.5の場合、6月下旬から7月下旬の間は3 ~ 6 μ Mであったが、その他の期間は2 μ Mを下回ることが多かった。7月28日（5.99 μ M）から8月3日（0.11 μ M）にかけての減少は著しく、一時的に枯渇した状態となった。Stn.15では0.37 ~ 2.61 μ M、Stn.6では0.80 ~ 2.25 μ Mの範囲で変動し、6 ~ 9月上旬の観測値はいずれも「やや低め」で推移した。底層では、Stn.5の場合、表層とほぼ連動したような動向を示し、表層と同じく7月28日（6.28 μ M）から8月3日（0.21 μ M）にかけて著しく減少した。Stn.15では7月28日に9.28 μ M（NH₄-N:4.48 μ M、NO₂-N:3.15 μ M、NO₃-N:1.65 μ M）まで増加したが、8月3日には2.53 μ Mまで減少し、8月中旬以降は再び増加した。Stn.6では豪雨の前は3 μ M前後で推移していたが、豪雨後は5 ~ 6 μ Mにまで増加し、8 ~ 9月は「やや高め」で推移した。また、他の調査点でみられたような7月下旬から8月上旬にかけての落ち込みは観測されなかった。

(6) DIP 濃度 表層では、Stn.5において豪雨中から直後にかけて約0.3 μ M前後まで急増したが、DIN濃度と同様、その後は急激に減少して8月3日には

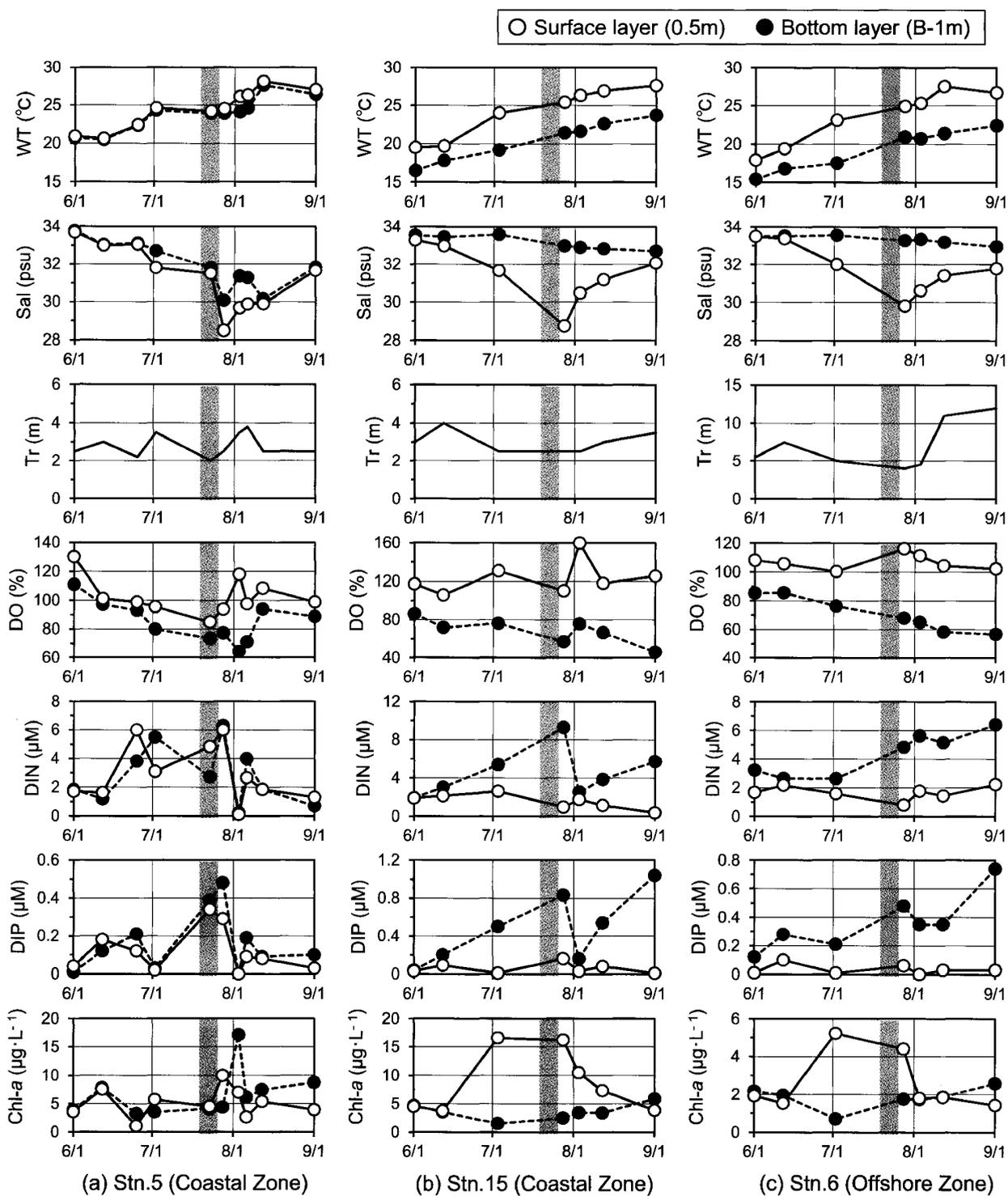


Fig.6 Changes in water temperature (WT), salinity (Sal), transparency (Tr), dissolved oxygen (DO), dissolved inorganic nitrogen (DIN), dissolved inorganic phosphate (DIP) and chlorophyll-*a* (Chl-*a*) observed at surface (0.5 meters) and bottom (a meter above the sea bottom) layers of Stn.5 (a, 6.4 meters in mean depth) and Stn.15 (b, 11.5m) in the coastal zone and Stn.6 (c, 28.8m) in the offshore zone in Suo Nada, off Yamaguchi Prefecture from June 1, 2009 to Sep. 1, 2009. Sections with gray background (from July 19 to July 26) represent the period torrential downpour striking this area. Observations were carried out at Stn.5 (a) on Jun. 1, 12 and 25, Jul. 2, 23 and 28, Aug. 3, 6 and 12 and Sep. 1, 2009, at Stn.15 (b) on Jun. 1 and 12, Jul. 3 and 28, Aug. 3 and 12 and Sep. 1, 2009 and at Stn.6 (c) on Jun. 1 and 12, Jul. 2 and 28, Aug. 3 and 12 and Sep. 1, 2009, respectively.

枯渇状態となり、その後は $0.03 \sim 0.09 \mu\text{M}$ で低調に推移した。これに対して、Stn.15 および Stn.6 では $0.10 \mu\text{M}$ 前後の値で急激な変動はみられず、6～9月の上旬の観測値は「やや低め」～「平年並み（低め基調）」で推移した。底層では、各調査点とも豪雨中から直後にかけて $0.5 \sim 0.8 \mu\text{M}$ まで急増し、その後、沿岸域では8月3日にかけて $0.00 \sim 0.16 \mu\text{M}$ まで著しく減少した。Stn.15 および Stn.6 では9月上旬にかけて再び増加し、特に Stn.6 では9月上旬に「はなはだ高め（平年偏差 $+0.38 \mu\text{M}$ ）」となった。また、Stn.15 および Stn.6 の底層では、DIP 濃度が DIN 濃度と似たような変動傾向を示し、DIN/DIP 比は Stn.15 では 16.2 ± 14.4 （平均 \pm 標準偏差）、Stn.6 で 14.1 ± 6.3 （同）であった。

(7) Chl-*a* 濃度 表層では、Stn.5 の場合、豪雨期間中の7月23日 ($4.51 \mu\text{g/L}$) から豪雨直後の7月28日 ($9.96 \mu\text{g/L}$) にかけて大きく増加したが、その後は緩やかに減少した。Stn.15 および Stn.6 では増減傾向が互いに類似しており、7月の間、Stn.15 では約 $16 \mu\text{g/L}$ 、Stn.6 では約 $5 \mu\text{g/L}$ で推移し、7月上旬には両調査点とも「やや高め」であった。底層では、Stn.5 において8月3日に $17.16 \mu\text{g/L}$ という一時的に高い値を記録したが、その後は $6.16 \sim 8.76 \mu\text{g/L}$ で推移した。Stn.15 および Stn.6 においては激しい増減が認められず、7月上旬に極小値となった後は漸増傾向にあった。

(8) 植物プランクトン Stn.5 においては、期間中

Chaetoceros spp., *Skeletonema costatum*, *Nitzschia* spp. などの珪藻類が優占し³⁾、有害種の *K. mikimotoi* や *Chattonella antiqua* などはほとんど出現せず、赤潮の発生も確認されなかった。Stn.15 および Stn.6 では、7月3日には両調査点とも珪藻類 (*Chaetoceros* spp., *S. costatum*, *Nitzschia* spp.) が優占しており、*K. mikimotoi* や *Chattonella* 属プランクトンは低密度 (0.01cells/ml 未満) であった。豪雨直後の7月28日には、Stn.15 の表層で依然として *Chaetoceros* spp. などの珪藻類が優占する中、*K. mikimotoi* が 83cells/ml 出現し、Stn.6 の表層でも *K. mikimotoi* が 317cells/ml 確認された。約1週間後の8月3日、Stn.15 の表層では *Chaetoceros* spp. が優占する中、表層および5m層では、*K. mikimotoi* がそれぞれ 367 , 350cells/ml 、*Heterosigma akashiwo* がそれぞれ 900 , 450cells/ml 出現した。Stn.6 においては珪藻 (*Chaetoceros* spp.) が優占し、*K. mikimotoi* および *H. akashiwo* は各層とも 1cells/ml 未満であった。さらに、8月12日になると両地点で *K. mikimotoi* は全く確認されず、*H. akashiwo* もごく低密度になった。

濁水の流動状況 豪雨による大量の雨に伴って、山口市を流れる樺野川（山口市小郡東津橋観測局）では、7月21日の11:00～17:00の間に水位が氾濫注意水位（警戒水位）の4.9mを上回り、平水とは比較にならない量の土砂やゴミを含む濁水となった。豪雨直後の7月27日に撮影された地球観測衛星 ALOS（だいち）の AVNIR-2 画像（図7）をみると、樺野川や佐

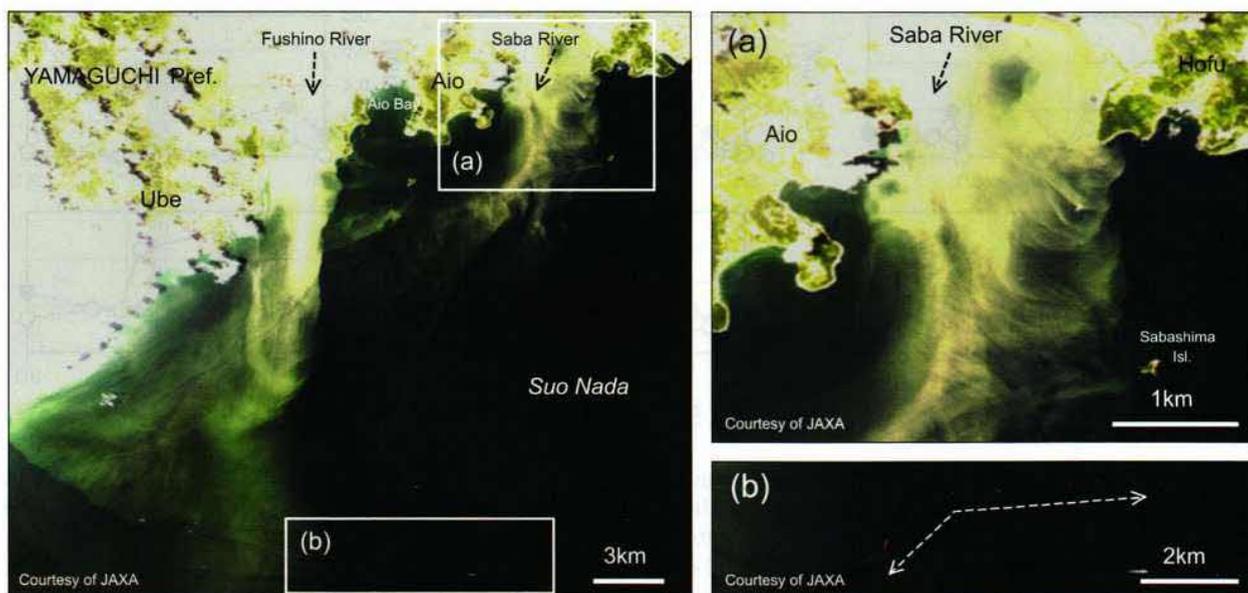


Fig.7 Images captured the extent of the muddy water toward the offshores of Suo Nada by ALOS (Daichi)/AVNIR-2 on July 27, 2009 immediately after the torrential downpour from July 19 to July 26. (a) A large quantity of heavily muddy water from Saba River in Hofu flowed into Suo Nada, and spread to the south. (b) Distribution of the floating wreckage around the current-rip at the offshores zone. Satellite images were supplied by courtesy of JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency).

波川など比較的大きな河川から薄茶色に濁った水が大量に周防灘に注ぎ込み、濁水塊の先端部分が周防灘の中央付近 (Stn.6 の周辺) まで及んでいる様子が分かった。また、画像の色調を調整した結果、周防灘沖合域の潮目と思われる部分に、赤味を帯びた線状の分布物がみられた (図 7 (b))。翌 28 日に実施した海洋観測では、周防灘沖合域において赤潮の発生は全く確認されず、潮目付近にアシなどの切れ端や長いもので約 3 m にも及ぶ流木、竹、生活ゴミなどが大量に浮遊し、それらが集積して帯状に分布しているのが確認された。

2009 年 7 月 27 日の地球観測衛星 Terra の RGB 画像 (図 8 (a)) をみると、佐波川や榎野川だけでなく、広島湾に面した山口県東部の今津川、門前川、小瀬川などからも大量の濁水が流入し、周防大島の北部海域にかけて広がっている様子がみてとれた。地球観測衛星 Aqua および Terra の Chl-*a* 画像 (図 8 (b) ~ (d)) をみると、豪雨以前の 2009 年 7 月 18 日 (図 8 (b)) には防府市や宇部市東部の沿岸域から周防灘沖合域にかけて Chl-*a* 濃度の特に高い海域はみられなかった。宇部市西部から下関市瀬戸内海側にかけての周防灘沿岸

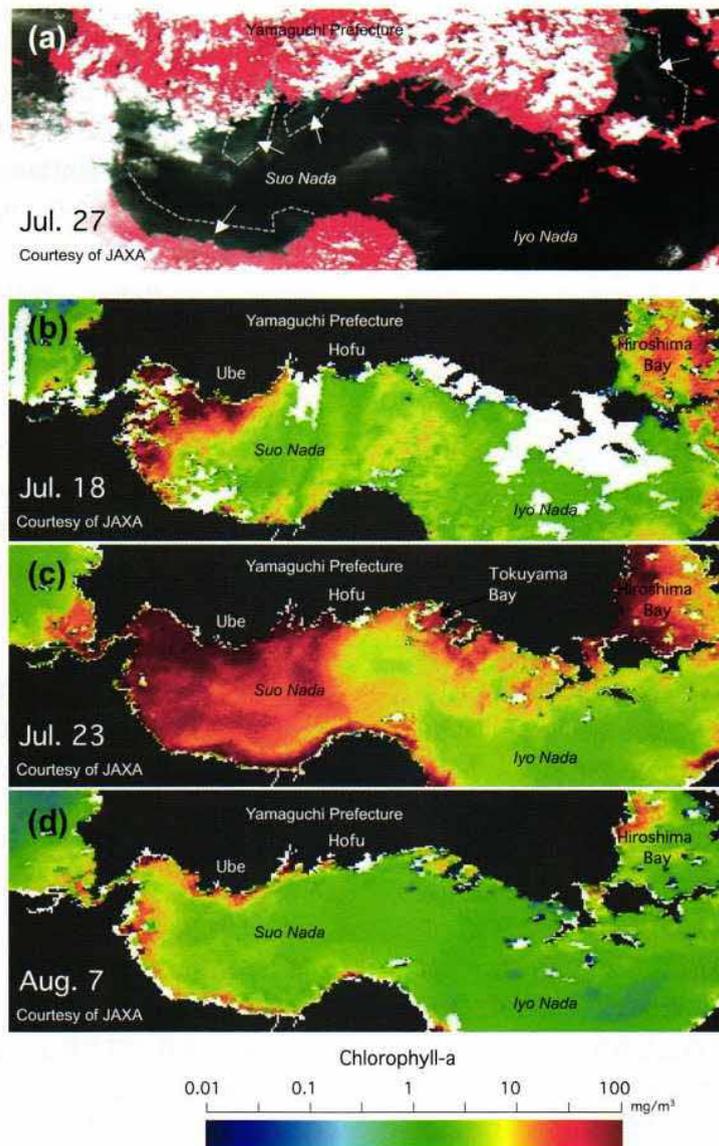


Fig.8 Satellite images captured the inflow and the extent of the muddy water (a) or the distribution of Chlorophyll-*a* (b)(c)(d) in the Seto Naikai off Yamaguchi Prefecture. Satellite images were supplied by courtesy of JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency).
 (a) RGB image (250meters resolution) by Terra on 02:24 UTC, July 27, 2009. The arrows represent the inflow of the muddy water (seen as slight blue) from rivers.
 (b)(c)(d) Chlorophyll-*a* images (500meters resolution) by Aqua/MODIS on 04:10 UTC, July 18, 2009, 04:28 UTC, July 23, 2009 and 03:46 UTC, August 7, 2009, respectively. The area with higher concentration of Chlorophyll-*a* spread over the western part of Suo Nada, in and around Tokuyama Bay, in most of Hiroshima Bay etc. on July 23, 2009.

に Chl-*a* 濃度の高い海域が認められたが、この海域の大半は水深が 10 m 以浅であるため恒常的に濁りが発生しやすく、その影響で年間を通じて Chl-*a* 濃度が高め（数十 $\mu\text{g/L}$ ）に表示されていることが多い。豪雨期間中の 7 月 23 日（図 8 (c)）には、防府市から大分県国東半島を結んだ線から西側の周防灘において Chl-*a* 濃度が明らかに高くなっており、海域の大半が衛星による推算値では数十 $\mu\text{g/L}$ になった。一方、当該海域に含まれる Stn.5, Stn.15 および Stn.6 で同時期に測定された表層 Chl-*a* 濃度は、高くても約 16 $\mu\text{g/L}$ であった。また、対岸の福岡県や大分県の豊前海沿岸でも、岸に沿って Chl-*a* 濃度が高まっていた。細部をみると、佐波川や榎野川の河口から沖合方向に向かう長さ約 20km の高濃度海域が認められ、これは同日 ALOS が撮影した画像（図 7）に写っていた濁水の分布状況と一致していたことから、今回得られた衛星画像は濁りの度合いを表していた。豪雨から 12 日後の 8 月 7 日（図 8 (d)）になると、ごく沿岸の所々に Chl-*a* 高濃度域が残っているが、海域の大半が数 $\mu\text{g/L}$ になった。

考 察

周防灘の表層塩分が 1973 年以來の最低値を記録した 1985 年 7 月の場合、山口市では 6 月下旬に 600mm 以上の降雨があり、7 月上旬になっても 200mm の降雨があったことによって、榎野川、厚東川、木屋川（図 1）などに近い調査点では表層塩分が 6.03 ~ 8.42psu まで低下した²⁾。表層塩分と DIN 濃度または DIP 濃度とがそれぞれ負の相関関係を示し、塩分が 10psu を下回るような極めて低塩分の海域では、DIN 濃度が 26.6 ~ 39.9 μM 、DIP 濃度が 1.2 ~ 1.9 μM と非常に高まった。また、周防灘南部では貧酸素化が進行し、場所によっては底層の DO 飽和度が 10% 以下になって、底質からの栄養塩類の溶出が促進された。そして、こうした要因がもとになって、*G. nagasakiense* による赤潮が発生し、山口県においては周防灘から伊予灘にかけての沿岸域で 3,000 万円を超える漁業被害（養殖または畜養魚介類のへい死、漁獲物のへい死または品質低下）が発生した⁹⁾。

2009 年の場合、周防灘沿岸域の Stn.5 では、表層塩分が豪雨直後の 7 月 28 日には 28psu 台まで低下した（図 6 (a)）。平年において栄養塩類の濃度¹⁰⁾ が低調な 7 月下旬の表層において、*Chaetoceros* spp. などの珪藻類が優占しながらも、DIN 濃度が約 6 μM 、DIP 濃度が約 0.3 μM まで急激に増加したのは、豪雨によって栄養塩類が河川経路で豊富に供給されたためと考えられる。さらに、8 月に入ると日照時間（図 4、防府

市アメダスの平均 5.9hrs/d）がやや回復して、表層の珪藻類がさらに増殖するとともに、底層においても Chl-*a* 濃度が高まる結果となった。その一方で、栄養塩類は大量に消費され、豪雨から約 1 週間後には枯渇状態となった。

これに対して、Stn.15 や Stn.6 の表層では、豪雨直後（7 月 28 日）に表層塩分が 30psu 以下に低下したにもかかわらず、栄養塩類の濃度には大きな動きはみられなかった（図 6 (b)・(c)）。一方で、表層の Chl-*a* 濃度は、Stn.15, Stn.6 とともに平年値の約 2 倍と高く、*Chaetoceros* spp. などの珪藻類が優占していたことから、降雨によって増加した栄養塩類はあまり多くなかったが、増加した分の栄養塩類は珪藻類によって即座に消費されたのではないかと推測される。

一方、Stn.15 の底層では、DO 飽和度が低下するに伴って底質からの栄養塩類の溶出が強化されていき、DIN や DIP の濃度が徐々に増加していったが、7 月 28 日 ~ 8 月 3 日の約 1 週間については著しい減少がみられた。その反面、底層の Chl-*a* 濃度はほとんど変化せず、表層では Chl-*a* 濃度が減少した。一方、7 月 28 日の表層では、有害種である *K. mikimotoi* および *H. akashiwo* がそれぞれ数十 cells/ml 出現してきて、8 月 3 日には表層および 5 m 層でそれぞれ数百 cells/ml まで増殖している。*K. mikimotoi* は鉛直移動を行うことから、底層の栄養塩類の消費に関与している可能性がある。本種は水温 10 ~ 30°C、塩分 15 ~ 30psu で増殖可能な広温、広塩分性種とされており、最大増殖速度を与える水温、塩分の組み合わせは 25°C、25 である¹¹⁾。7 月 28 日における Stn.15（表層）の水温は 25.4°C で、塩分も 28psu 台まで低下したため、本種の増殖に適した環境に近づいたが、その後は日照時間の回復によって水温が上昇するとともに、低下していた塩分が急速に回復し、栄養塩類の濃度も一旦落ち込んだことから、本種はそれ以上増殖することなく急速に消滅したと考えられる。

また、豪雨の前においては、7 月上 ~ 中旬に表層水温が約 25°C に達していたが、周防灘表層の平均塩分は 2007 年 4 月以降平年より高めで推移しており、7 月上旬でも平均 32.22psu（平年偏差 + 2.22psu）と高かった^{10, 12)}。また、表層の DIN 濃度、DIP 濃度ともに低調に推移したため、7 月上 ~ 中旬には *K. mikimotoi* が増殖できず、その結果、珪藻類が引き続き優占したものと考えられる。

山口漁港における毎日の観測では、豪雨期間の終盤にあたる 7 月 26 日、 σ_{15} が 9.6（塩分換算 13.6psu）まで著しく低下したのが観測された（図 3）。 σ_{15} は 8 月上旬に大きく回復し、以後徐々に平年値に近づい

ていった。こうした激しい降雨によって海域が低塩分状態になると予想される場合には、塩分低下に弱い魚介類を畜養することに関して細心の注意が必要である。また、山口漁港での降水量と比重との関係からも分かったように、降雨の直後のみならず、1～2日後にやや遅れて塩分が低下する場合も多いので、雨の上があった後もしばらくは留意しなければならない。

周防灘沖合域の Stn.6 における表層塩分の低下は、濁水の影響が周防灘中央部にまで及んだことを示している。ALOS (だいち) の AVNIR-2 画像 (図7) によると、樫野川や佐波川などの河川から周防灘に大量の濁水が流入し、沖合域まで広がったことがうかがえる。沖合域の潮目と思われる部分に写っていた線状に分布した物体 (図7 (b)) の正体は、豪雨直後 (7月28日) の海洋観測の結果、潮目付近に蟻集していた大量のアシなどの切れ端や流木、竹、生活ゴミなどの浮遊物であった。さらに、今回、WEB上でほぼリアルタイムに公開されている地球観測衛星の観測した RGB 画像や Chl-a 画像 (図8) を使用して、濁水の分布を反映していると考えられる変色海域が周防灘全域に広がっているのを確認できた。災害時における陸域や海域の状況を緊急に把握する手段として、衛星情報の利用価値が大きいことがあらためて確認されたと言える。こうした有用な情報については解像度のさらなる向上が大いに望まれるところであるが、そればかりを追求しすぎると観測頻度 (衛星 Aqua や Terra の場合は周期 99 分) が低下し、短時間で変動するような現象の把握が困難になる恐れがある。将来的には、解像度と観測頻度とのバランスをとりながら、陸域や海域の状況が詳細に把握できるシステムが望まれる。

要 約

- 1 2009年7月19日から26日までの豪雨 (平成21年7月中国・九州北部豪雨) により、防府市 (アメダス) では 549.0mm、山口市秋穂二島では 556.6mm の降水量があった。
- 2 山口漁港では、豪雨期間の終盤に σ_{15} が 9.6 (塩分換算 13.6psu) まで低下した。
- 3 山口県周防灘海域の表層塩分は、豪雨の1週間後に 30.46psu まで低下して、8月上旬としては 1973～2009年の37年間で6番目に低い値となった。
- 4 豪雨後には、塩分のほか、水温、透明度および底層 DO 飽和度が低下傾向であり、底質からの栄養塩類の溶出が促進された。
- 5 *K. mikimotoi* は数百 cells/ml まで増殖したが、豪雨後は日照時間が回復、低下していた塩分も急速に上

昇し、栄養塩類の濃度も一旦落ち込んだことから赤潮の発生には至らず、珪藻が優占したまま推移した。

6 膨大な量の河川水が海域に流入し、各種衛星の画像から濁水やゴミの分布から、河川水の影響が周防灘沖合域まで達している様子が把握できた。

謝 辞

JAXA 宇宙利用ミッション本部衛星利用推進センター (SAPC) の蔭山邦幸氏には地球観測衛星 ALOS (だいち) の AVNIR-2 画像を提供していただくとともに、衛星画像に関するアドバイスを賜りました。また、桃山和夫博士 (元山口県水産研究センター内海研究部長) には広い視点から貴重なご意見を賜りました。お世話になった方々に対して厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 山口県防災危機管理課 (2009) : 災害記録～平成21年7月21日豪雨災害～. 37pp.
- 2) 池田武彦・松野進・桃山和夫 (1987) : 昭和60年夏季発生 of *Gymnodinium nagasakiense* 赤潮について. 山口県内海水産試験場報告 (昭和60年度), 15, 58-66.
- 3) 山口県・広島県・福岡県・大分県・宮崎県・愛媛県 (2010) : 平成21年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 (瀬戸内海西部における有害赤潮等分布拡大防止) 報告書. 73pp.
- 4) 日本気象協会 (1988) : 海洋観測指針. 417pp.
- 5) 日本気象協会 (1970) : 海洋観測常用表. 96pp.
- 6) 日本水産資源保護協会 (1980) : 水質汚濁調査指針. 543pp.
- 7) 石坂丞二 (2001) : 沿岸域での海色リモートセンシングの現状と将来. 沿岸海洋研究, 39(1), 21-26.
- 8) 和西昭仁 (2005) 衛星によるクロロフィル-a 情報を利用した赤潮モニタリングの可能性-I 船舶観測値と衛星推算値との相関. 山口県水産研究センター研究報告, 5, 73-80.
- 9) 水産庁瀬戸内海漁業調整事務所 (1986) : 昭和60年瀬戸内海の赤潮. 18pp.
- 10) 和西昭仁・小柳隆文・馬場俊典 (2009) : 資源管理体制強化実施推進事業 (周防灘定線調査). 平成20年度山口県水産研究センター事業報告, 222-235.
- 11) Nakamura, Y and M.M. Watanabe (1983) : Growth characteristics of *Chattonella antiqua*

(Raphidophyceae) Part 1. Effects of temperature, salinity, light intensity and pH on growth. J. Oceanogr. Soc. Japan, **39**, 110-114.

- 12) 和西昭仁・小柳隆文・馬場俊典 (2008) : 資源管理体制強化実施推進事業 (周防灘定線調査). 平成 19 年度山口県水産研究センター事業報告, 254-267.

山口県日本海沿岸域におけるメダイの分布

河野光久・石田祐司*・繁永裕司

Distribution of *Hyperoglyphe japonica* in Coastal Waters off Yamaguchi Prefecture
in the Southwestern Japan Sea

Mitsuhisa KAWANO, Yuji ISHIDA and Yuji SHIGENAGA

We studied on monthly distribution of *Hyperoglyphe japonica* in waters off Yamaguchi Prefecture in the southwestern Japan Sea and relationship between the distribution and water temperature. The fish were caught with gill net at reefs in the waters 70-130m deep and water temperatures <21°C throughout the year. Surveys with fish finder and underwater video system showed that the fish were distributed in waters deeper than 40-50 m in April and deeper than 75 m in August. The water temperatures at the distribution area were 14-16°C in April and below 21°C in August. These results indicate that distributions of the fish would be influenced by the distribution of optimum water temperatures (<21°C) for the fish.

key words : *Hyperoglyphe japonica*; Distribution; Southwestern Japan Sea ; Optimum water temperature

メダイ *Hyperoglyphe japonica* は 1997 年以降, 山口県日本海沿岸域に大量に来遊するようになり¹⁾, 刺網の重要な漁獲対象種となっている。メダイは稚魚期に流れ藻に付随して本海域に来遊し^{2,3)}, その後体長 20cm 以上になると流れ藻から離れ⁴⁾, 成長を続けながら日本海を北上する⁵⁾ことが知られている。しかし, 日本海における漁獲対象サイズの分布については, 十分に明らかにされているとは言えない。漁獲対象サイズの本種の分布を明らかにすることは, 日本海における本種の生態を解明し, 今後の利用のあり方を検討するために重要である。

そこで, 本研究は山口県日本海沿岸域における本種の水深別分布(岸一沖分布)および鉛直分布の特徴を明らかにするとともに, それらと水温分布との関係について考察したので報告する。

材料および方法

メダイの水深別分布を明らかにするために用いた資料は, 1999 年 4 月から 2000 年 3 月までの沖建網漁船 2 隻(萩地区 1 隻, 長門地区 1 隻)の操業日誌および長門市青海島周辺の定置網 (Fig.1, 水深 20 ~ 50m) で漁獲され仙崎地方卸売市場に水揚げされたメダイの月別漁獲統計である。また, 水深別分布と水温分布との関係を明らかにするため, 川尻岬北西約 30 海里沖観測点 (Sta.C, Fig.1) における 1999 年 4 月 ~ 2000 年 3 月各月の月例定線観測による水深別水温を調べた。さらに, 漁場におけるメダイの鉛直分布と水温との関係を調べるため, 2008 年 4 月 30 日に萩市見島西方 (Sta.A, Fig.1, 水深約 90m) の高層魚礁 (高さ 21m の鋼製魚礁) および同年 8 月 5 日に長門市川尻沖 (Sta.B, Fig.1, 水深約 96m) のマウンド魚礁 (高さ約 20m のコンクリートブロック乱積み魚礁) で, 山口県漁業調査船第 2 くらしお (16 トン) を用い,

* 現:(社) 山口県栽培漁業公社

魚群探知機（古野電気株式会社製 FCV1500L）による魚群反応の確認，および水中テレビロボット（広和株式会社製 MARINE VEGA）による魚種確認を行った。

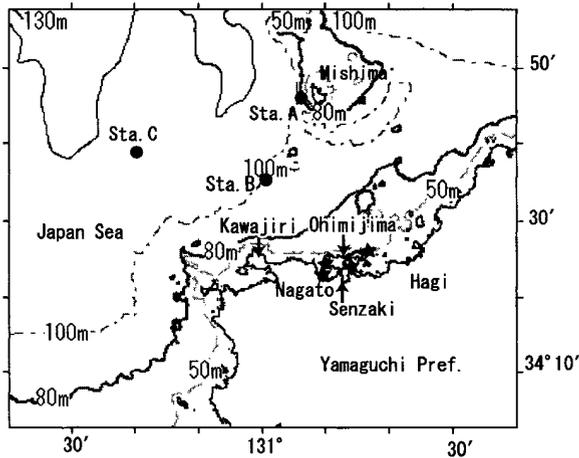


Fig.1 Map showing the survey area. Sta.A and Sta.B show the sites of the fish reefs where the vertical distributions of *Hyperoglyphe japonica* and water temperature were investigated. Sta.C shows the hydrographic observation station. Star marks show the sites of set nets.

結 果

メダイの水深別分布と水温分布

沖建網ではメダイは1999年4月から2000年3月まで周年，岸からやや離れた水深70～130mで漁獲されていた（Fig.2）。漁獲尾数は12～3月に多く，水深別にみると100～130mで多かった（Fig.2）。操業日誌の記録によると，メダイが漁獲されていた漁場はすべて天然礁または魚礁であった。

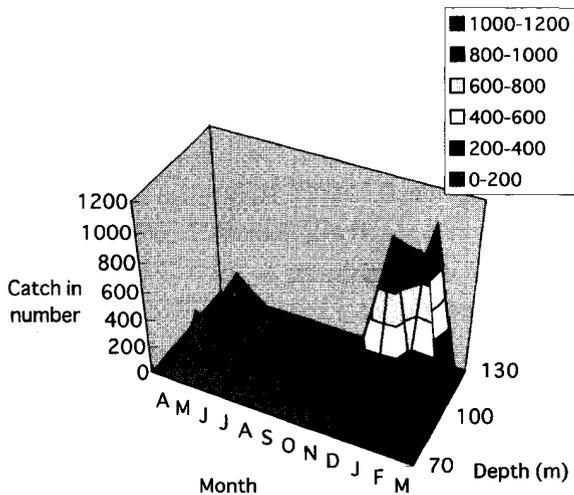


Fig.2 Monthly catch in number of *Hyperoglyphe japonica* by depth with gill net by the two fishing boats from April, 1999 to March, 2000.

沿岸の定置網での漁獲は（Fig.3），1999年12月，2000年1月および3月の冬～春季に限られた。漁獲量が最も多かったのは1月で371kgであった。

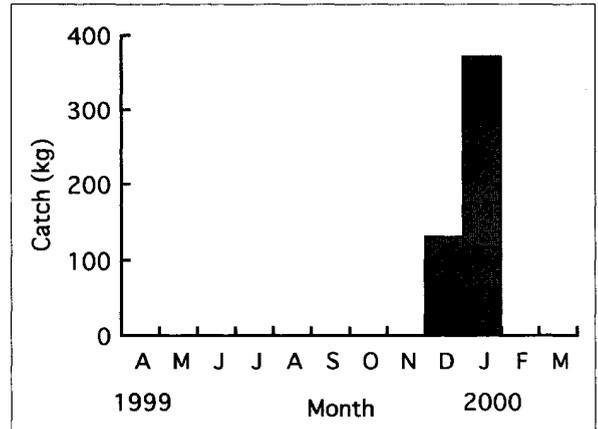


Fig.3 Monthly catch of *Hyperoglyphe japonica* with set nets at the Senzaki Fish Market from April, 1999 to March, 2000.

川尻岬北西沖の水温は（Fig.4），1999年4月には表層から底層までほぼ15℃台を示したが，5月以降次第に表層から昇温し，6月には表層で20～21℃を示した。20℃の等温線の深度は9月にかけて次第に深まり，9月には期間中最大の水深約80mまで達した。また，9月には期間中最高の26℃台を水深20m以浅で記録した。10月以降表層から次第に冷却が進み，20℃の等温線は次第に上昇した。水温は12月には18～19℃台，2000年1～3月には14～16℃台と低下した。沖建網で周年メダイの漁獲が見られた水深70m以深の水温に注目すると，周年21℃以下であった。

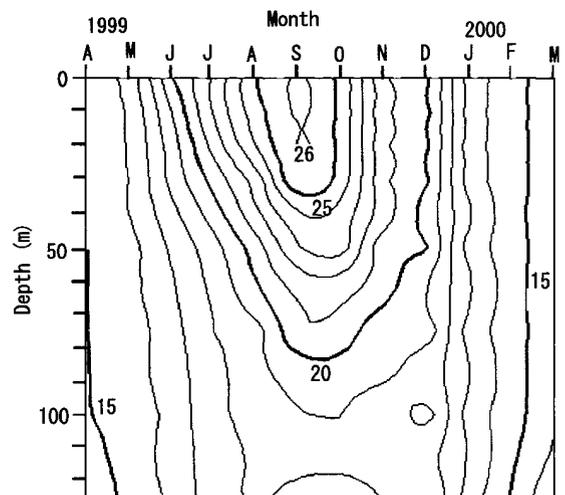


Fig.4 Monthly change in vertical distribution of water temperature at Sta.C from April, 1999 to March, 2000.

メダイの鉛直分布と水温分布

魚群反応（海底の魚礁周辺に散在する水色の点）は、2008年4月には魚礁内および魚礁の頂上から水深40～50m付近まで浮上して見られた（Fig.5A）。一方、8月には魚礁の周辺および魚礁の頂上から水深75m付近までしか反応が見られなかった（Fig.5B）。

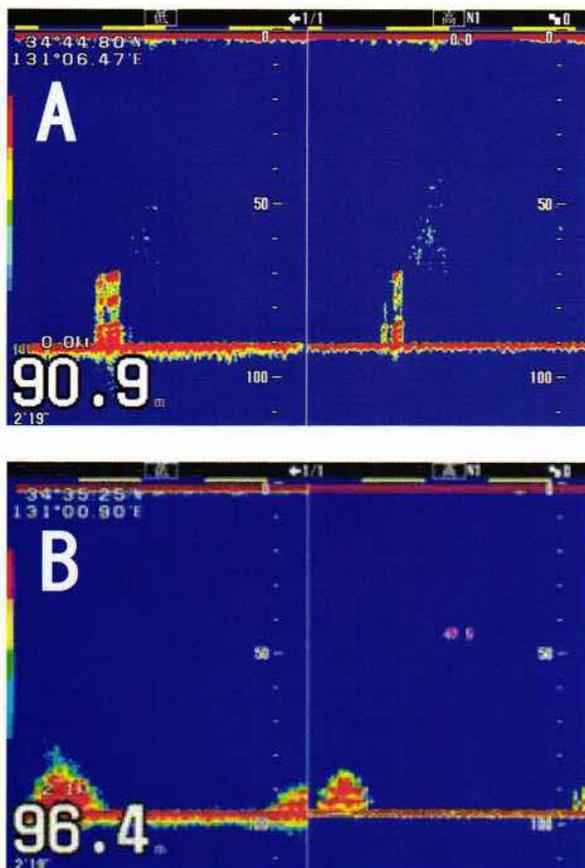


Fig.5 Fish finder images of *Hyperoglyphe japonica* (A: fish reef at Sta.A in April 30, 2008; B: fish reef at Sta. B in August 5, 2008). Red areas attached to the bottom show fish reefs; light blue dots near the fish reefs show *Hyperoglyphe japonica*.

水中テレビロボットを用いた観察により、両月とも魚群反応はメダイの群れであることを確認した。

各調査時の調査海域における水温の鉛直分布をFig.6に示す。4月には表層から底層まで14～16℃台とほぼ均一な水温分布を示した（Fig.6）。一方、8月には水深70mより上層では水温21℃以上を示し、とりわけ水深30m以浅では24℃以上を示した（Fig.6）。

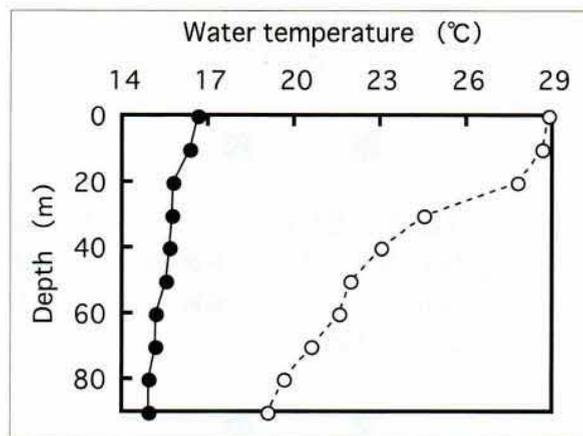


Fig.6 Vertical distributions of water temperatures. Closed circles: at Sta.A in April 30, 2008; open circles: at Sta. B in August 5, 2008.

考 察

沖建網の操業日誌調査の結果、漁獲対象サイズのメダイは周年水深70～130mの天然礁や魚礁に分布し、漁獲されていることがわかった（Fig.2）。

それではなぜ、メダイの漁場は水深70mより深い海域に形成されやすいのであろうか？その理由を本種の生息適水温と海域の水温分布から考察する。まず、生息適水温については、東京都水産試験場の飼育試験結果⁶⁾によると、メダイ幼魚は水温が24℃台に上昇したところから斃死魚が多く見られるようになること、および上野・山口⁷⁾によれば11～21℃前後の海洋深層水はメダイ幼魚の飼育に適しているとされていることから、ほぼ水温21℃以下とみなすことができる。次に、山口県日本海沿岸域の水温の経月変化を調べた結果、水深70m以深では周年水温が21℃以下であることがわかった（Fig.4）。これらのことから、水深70m以深は周年メダイの生息適水温域に相当するため、メダイの漁場が形成されやすいと考えられる。12～3月の冬～春季には沿岸の水深20～50mに設置された定置網にもわずかであるが入網が見られた（Fig.3）のは、この時期水温が表層から底層までメダイの生息適水温である21℃以下になる（Fig.4）ため、分布が岸寄りに広がることを示していると考えられる。また、漁場におけるメダイの鉛直分布を調べた結果、4月にはメダイが魚礁の頂上から水深40～50m付近まで浮上して見られたのに対し、8月には魚礁周辺から水深75m付近までしか見られなかった（Figs.5）ことについても、4月には表層から底層まで広く生息適水温になっていたのに対し、8月には生息適水温が水深70m以深に限定されていた（Fig.6）ことによると考えることができる。以上のことから、メダイの水深別

分布および鉛直分布には生息適水温の分布が大きく影響しているといえる。

謝 辞

操業日誌の記帳に協力していただいた漁業者の皆様に深く感謝する。また、フィールド調査にあたっては山口県漁業調査船第2くろしおの乗組員の皆様に多大な協力をいただき、感謝する。

文 献

- 1) 小林知吉・堀 成夫・土井啓行・河野光久 (2006): 山口県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.
- 2) 小林知吉 (1998): 山口県の日本海沿岸におけるメダイ *Hyperoglyphe japonica* の稚魚および未成魚. 山口県外海水産試験場研究報告, 27, 39-42.
- 3) 河野光久・齋藤秀郎 (2004): 山口県日本海沿岸域に出現する春季の流れ藻とそれに付随する稚魚. 山口県水産研究センター研究報告, (2), 95-99.
- 4) 森脇晋平・為石起司・齋藤寛之・古江幸治・若林英人 (2005): 島根沿岸の流れ藻に付随する魚類の出現特性. 島根県水産試験場研究報告, (12), 33-42.
- 5) 小林知吉 (2000): 日本海におけるメダイ *Hyperoglyphe japonica* の標識放流. 日本海プロック試験研究集録, (40), 25-29.
- 6) 東京都水産試験場 (1972): 昭和 46 年度指定調査研究総合助成事業底魚資源調査研究報告書 (メダイ・アオダイ). 4-6.
- 7) 上野幸徳・山口光明 (1998): 海洋深層水によるメダイの飼育について. 高知県海洋深層水研究所報, (3), 11-17.

山口県日本海沿岸域におけるさめ類による アカアマダイ放流種苗の被食

河野光久

Predation by Sharks on Hatchery-raised Red Tilefish, *Branchiostegus japonicus*,
in Waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea

Mitsuhisa KAWANO

In order to elucidate the state of predation of hatchery-raised red tilefish (*Branchiostegus japonicus*), a total of 48 specimens of 16 fish species were caught with long line around the release point of the tilefish fry in waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea. Tilefish fry were found only in stomachs of *Scyliorhinus torazame* and *Mustelus manazo*. This indicates that sharks are most significant predators of the released tilefish fry. Predation by sharks was found at least until the second day after release, but was not found the one month later. Based on these results, the author proposed getting rid of sharks to prevent the decrease of released tilefish fry.

key words : *Branchiostegus japonicus*; Released tilefish fry; Predation; Sharks

アカアマダイ *Branchiostegus japonicus* は山口県日本海沿岸域では近年漁獲量の減少が著しい¹⁾ことから、資源の回復を図るため2006年7月に「山口県日本海海域あまだい類資源回復計画」が山口県により策定された。本計画では漁獲努力量の削減措置のほか、資源の積極的培養措置として種苗放流を実施することになっている。山口県では計画策定前の2005年からアカアマダイの種苗放流を継続しているものの、放流魚の漁獲が少ないことから、放流魚の減耗要因の究明が急務となっている。放流魚の減耗要因に関しては、ヒラメでは放流サイズが3～10cmであることから、飢餓よりも被食が主要な要因となっていると考えられている²⁾。本種についても種苗の放流サイズが7～10cmであるので、被食による減耗が大きいと予想される。そこで、放流海域で延縄による漁獲試験を行った結果、放流種苗のさめ類による被食が明らかになったので報告する。

材料および方法

アカアマダイ人工種苗は2008年4月22日に萩市相島北西沖(34°33'N, 131°13'E, Fig.1)水深75mに1万尾(平均全長90mm)を放流した。その2日後の4月24日と約1ヶ月後の5月28日に放流海域で山口県漁業調査船くろしお(119トン)により延縄による漁獲試験を行い、魚類を採捕した。使用した延縄は12鉢で、4鉢ずつ放流点を中心として南北に3本のライン(ライン間隔約500m)を設けて漁獲試験を行った。1鉢の針数は約50本で、針はタイ針10号を使用した。

2009年には3月11日に相島北西沖(Fig.1, 2008年4月22日と同一海域)に6,300尾の人工種苗(平均全長72mm)を放流し、同日の放流30分後、および放流約1ヶ月後の4月23日に調査船くろしおにより延縄による漁獲試験を行い、魚類を採捕した。使用した延縄は各々9鉢で、3鉢ずつ放流点を中心として南北に3本のライン(ライン間隔約500m)を設けて漁獲試験を行った。1鉢の針数は約100本で、針は

タイ針 10～11 号を使用した。

各試験で漁獲された魚類はすべて漁獲後すみやかに全長を測定した後、開腹して胃内容を調べた。

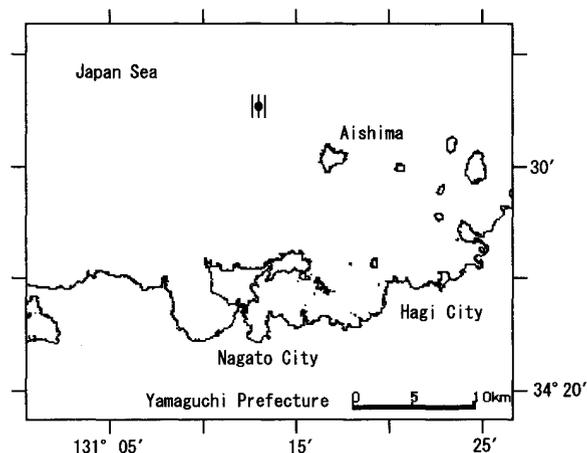


Fig.1 Map showing the location of study area. Dot symbol and the three lines around the symbol show release point of tilefish fry and sampling lines of fishes with longline, respectively.

結 果

2008 年の漁獲試験結果

4月24日には、トラザメ *Scyliorhinus torazame* (全長 37～43cm) 15 個体、アミウツボ *Gymnothorax chlamydatum* (全長 30～35cm) 2 個体、イトヨリダイ *Nemipterus virgatus* (全長 33cm) 1 個体、ニシキウミヘビ *Ophichthus tsuchidae* (全長 38cm) 1 個体、スズキ *Lateolabrax japonicus* (全長 70～90cm) 3 個体が漁獲された (Table 1)。

胃内容を調べた結果 (Table 1)、トラザメ 5 個体が合計 8 個体のアカアマダイ幼魚を捕食していた。トラザメ 5 個体のうち 1 個体は 3 個体のアカアマダイ放流種苗を捕食していた。

5月28日には、ヒレアナゴ *Echelus uropterus* (全長 34～36cm) 2 個体、アカアマダイ (全長 37～41cm) 3 個体、イトヨリダイ (全長 42cm) 1 個体、キダイ *Dentex tumifrons* (全長 21cm) 1 個体、スズキ (全長 62cm) 1 個体が漁獲された (Table 1)。

胃内容を調べた結果、アカアマダイ幼魚を捕食していた個体はいなかった (Table 1)。

2009 年の漁獲試験結果

3月11日にはトカゲエソ *Saurida elongata* (全長 33cm) 1 個体、ホシザメ *Mustelus manazo* (全長 70cm) 1 個体、トラザメ (全長 36～39cm) 3 個体、ムシガレイ *Eopsetta grigorjewi* (全長 25cm) 1 個体、

ワニエソ *Saurida wanieso* (全長 25cm) 1 個体、カナド *Lepidotrigla guentheri* (全長 20cm) 1 個体が漁獲された (Table 1)。

胃内容を調べた結果、ホシザメ 1 個体がアカアマダイ放流種苗 4 個体を捕食していた (Table 1)。

4月23日には、カサゴ *Sebastes marmoratus* (全長 22cm) 1 個体、アカアマダイ (全長 38～39cm) 2 個体、イトヨリダイ (全長 31～37cm) 2 個体、アミウツボ (全長 45cm) 1 個体、キダイ (全長 25cm) 1 個体、コモンサカタザメ *Rhinobatos hynnicephalus* (全長 70cm) 1 個体、オニカナガシラ *Lepidotrigla microptera* (全長 14cm) 1 個体、ムシガレイ (全長 20cm) 1 個体が漁獲された (Table 1)。

胃内容を調べた結果、アカアマダイ幼魚を捕食していた個体はいなかった (Table 1)。

考 察

本研究で漁獲した魚類 16 種 48 個体の内、アカアマダイ放流種苗を捕食していたのはトラザメ 5 個体とホシザメ 1 個体だけであった (Table 1) ことから、山口県日本海域ではさめ類がアカアマダイ放流種苗の最大の捕食者になっていることが明らかになった。また、さめ類による被食は放流直後から少なくとも 2 日後まで活発に行われることが明らかになった (Table 1)。2008 年には種苗放流 2 日後にはトラザメが 15 個体も漁獲されたが、約 1 ヶ月後にはさめ類はまったく漁獲されなかった (Table 1) ことから、さめ類は種苗放流 2 日後までには放流種苗を捕食するために周辺海域から蟻集し、種苗放流約 1 ヶ月後までには捕食可能な放流種苗をほぼ捕食しつくして、放流海域から移動したのではないかと推測される。2008 年 5 月に山口県長門市沖で水中テレビを用いて放流種苗の行動を観察した結果によれば、放流種苗は放流後すみやかに海面から海底に向かって移動するものの、すぐに海底に穴を掘って潜ることはなく、海底付近を遊泳していたことから、海底付近を遊泳している間にさめ類から被食され、大きな減耗が起きるのではないかと推測される。

以上のことから、放流後さめ類の被食による種苗の減耗を軽減するための対策としては次のことが考えられる。第 1 に、種苗放流前後に放流海域のさめ類を駆除する。放流後の駆除については、放流種苗が穴を掘って潜りさめ類からの被食を免れるようになるまで継続する必要があると考えられる。多くの種苗がこのような行動をとるようになるには、どの程度の日数がかかるのかについては、減耗過程の定量的評価と併せて今

Table 1 Fishes caught with longline and incidence of predation on tilefish fry in coastal waters off Yamaguchi Prefecture.

Date	Species	Catch in number (TL, cm)	No. of stomachs with tilefish	Total no. of tilefish in stomachs	Maximum no. of tilefish in a stomach
Apr. 24, 2008	<i>Scyliorhinus torazame</i>	15 (37-43)	5	8	3
	<i>Gymnothorax chlamydatus</i>	2 (30-35)	0	0	0
	<i>Nemipterus virgatus</i>	1 (33)	0	0	0
	<i>Ophichthus tsuchidae</i>	1 (38)	0	0	0
	<i>Lateolabrax japonicus</i>	3 (70-90)	0	0	0
May 28, 2008	<i>Echelus uropterus</i>	2 (34-36)	0	0	0
	<i>Branchiostegus japonicus</i>	3 (37-41)	0	0	0
	<i>Nemipterus virgatus</i>	1 (42)	0	0	0
	<i>Dentex tumifrons</i>	1 (21)	0	0	0
	<i>Lateolabrax japonicus</i>	1 (62)	0	0	0
Mar. 11, 2009	<i>Saurida elongata</i>	1 (33)	0	0	0
	<i>Mustelus manazo</i>	1 (70)	1	4	4
	<i>Scyliorhinus torazame</i>	3 (36-39)	0	0	0
	<i>Eopsetta grigorjewi</i>	1 (25)	0	0	0
	<i>Saurida wanieso</i>	1 (25)	0	0	0
	<i>Lepidotrigla guentheri</i>	1 (20)	0	0	0
Apr. 23, 2009	<i>Sebastiscus marmoratus</i>	1 (22)	0	0	0
	<i>Branchiostegus japonicus</i>	2 (38-39)	0	0	0
	<i>Nemipterus virgatus</i>	2 (31-37)	0	0	0
	<i>Gymnothorax chlamydatus</i>	1 (45)	0	0	0
	<i>Dentex tumifrons</i>	1 (25)	0	0	0
	<i>Rhinobatos hynnicephalus</i>	1 (70)	0	0	0
	<i>Lepidotrigla macroptera</i>	1 (14)	0	0	0
	<i>Eopsetta grigorjewi</i>	1 (20)	0	0	0

後解明していかなければならないが、少なくとも放流後2日程度はさめ類の駆除を行う必要がある。第2に、さめ類が少ない時期、場所を選んで、広域的に分散放流を行う。第3に、放流前に潜砂能力を付けて種苗を放流する。これらの取組をできるものから実践することにより、放流効果が向上することを願う。

謝 辞

あまだい延縄の漁獲試験に多大な協力をいただいた山口県漁業調査船くろしおの乗組員の皆様に感謝する。

文 献

- 1) 河野光久・天野千絵 (2005): 日本海南西部山口県沖におけるアカアマダイの資源管理に関する研究—I 山口県におけるあまだい漁業の実態. 山口県水産研究センター研究報告(3), 55-59.
- 2) 山下 洋・山本和稔・長洞幸夫・五十嵐和昭・石川 豊・佐久間 修・山田秀秋・中本宣典 (1993): 岩手県沿岸における放流ヒラメ種苗の被食. 水産増殖, 41 (4), 497-505.

日本海南西海域におけるキアンコウの 資源管理に関する研究— I 沖合底びき網によるキアンコウの漁獲実態

河野光久

Study on Management of Anglerfish,
Lophius litulon in the Southwestern Japan Sea - I
Fishing Condition of Anglerfish by Offshore Trawls

Mitsuhisa KAWANO

The author analysed anglerfish *Lophius litulon* fishing condition by offshore trawls in the southwestern Japan Sea. Landings of the fish at Shimonoseki Fishing Port increased from 1999 to 2006 but decreased in the successive years. CPUE (cases/ vessel) also decreased from 2007 on. Compositions of total length of the fish in 2006 and 2008 were clearly smaller than those in 1999 and 2003. These results suggest that stock condition of the fish became worse from 2007 on.

key words : *Lophius litulon*; Fishing condition; Southwestern Japan Sea

キアンコウ *Lophius litulon* は日本海南西海域では主に沖合底びき網2そうびき（以後、沖底とよぶ。）で漁獲される重要魚種であり、下関漁港や浜田漁港に水揚げされている。この内、下関漁港では漁港活性化策の1つとして、2003年に下関漁港沖合底びき網ブランド化協議会が設立され、あんこう（ほぼ90%以上がキアンコウ）のブランド化が推進されている。ブランド化の推進には、安定供給が不可欠であり、そのためには資源が乱獲に陥らないようにすることが必要であると考えられる。

本研究は、将来資源管理を行うために必要な基礎的な漁業情報を得ることを目的として、下関漁港を根拠地とする沖底の水揚げデータを用いて、日本海南西海域における沖底による本種の漁獲実態の概要を明らかにしたので報告する。

材料および方法

1999～2008年の下関漁港における沖底によるキアンコウの水揚げ量を明らかにするために、下関中央魚

市場株式会社の水揚統計資料（月別入数別水揚箱数、1箱約20kg）を調べた。また、沖底漁船の入港隻数を山口県下関水産振興局が発刊している下関漁港統計年報（平成11～20年各年版）を用いて調べ、さらにCPUE（1隻当たり水揚箱数）の動向を調べた。

本種の全長組成を推定するために、2005年4月～2008年3月に沖底により下関漁港に水揚げされたものを銘柄別に購入または市場で測定することにより銘柄別全長組成を求めた。下関漁港では小型の個体は“切アンコウ”として頭部を切り落としてむき身状態で箱に詰めて出荷されており、これについては銘柄別に購入し、測定することにより平均的な入数を求めるとともに肛門—尾鰭末端長（ X , mm）から全長（ TL , mm）を次式により推定した。

$$TL = -6.97 + 2.21X \quad (r = 0.979, P < 0.0001)$$

そして、銘柄別水揚箱数と銘柄別全長組成を基に、全長組成を年別に推定した。

漁場については、沖底漁船第1やまぐち丸および第

2やまぐち丸の2003年の操業位置別あんこう類漁獲量¹⁾を用いて調べた。

結 果

水揚量

沖底によるキアンコウの水揚箱数は1999年の6,061箱から年々増加し、2006年には期間中最高の73,823箱を記録したが、その後は2年連続して減少し、2008年には43,290箱となった(Fig.1)。

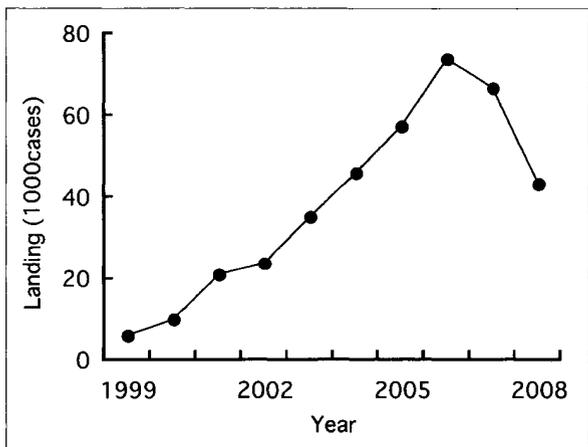


Fig.1 Landing trend of anglerfish by offshore trawls at Shimonoseki Fishing Port.

1999～2008年の月別平均水揚箱数をFig.2に示す。水揚箱数は(Fig.2)、1月には4,180箱であったが、2～5月には2,758～3,348箱とやや減少した。休漁(5月16日～8月15日)明けの8月には、水揚箱数は最低の1,907箱を示したが、その後次第に増加し、10～12月には4,000箱以上となった。年間最高を示したのは11月で7,186箱であった。

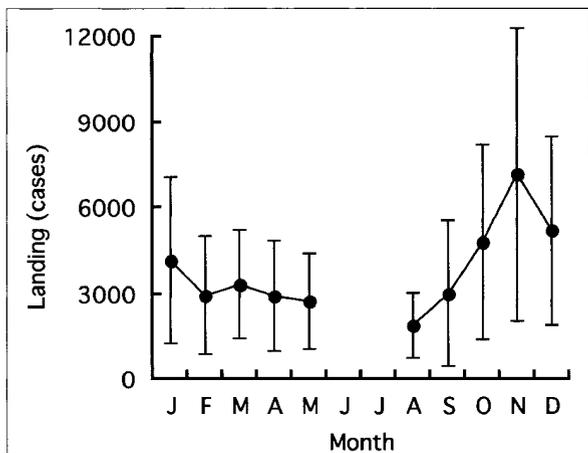


Fig.2 Monthly mean landings of anglerfish by offshore trawls at Shimonoseki Fishing Port during 1999-2008. Vertical bars show the standard deviations.

入港隻数およびCPUE

沖底漁船の下関漁港への入港隻数は、1999年には1,846隻であったが、その後は廃業の影響もあって年々減少し、2008年には872隻にまで減少した(Fig.3)。

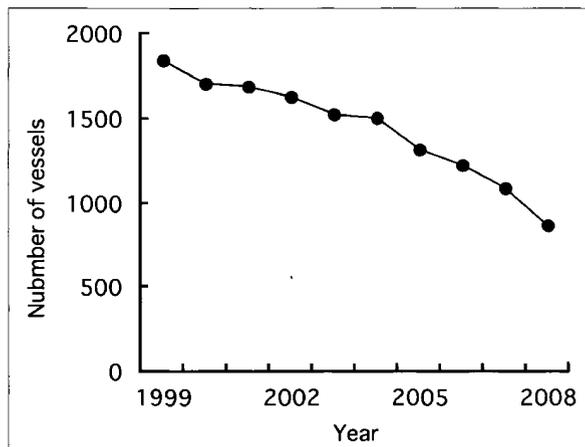


Fig.3 Yearly changes in number of offshore trawl vessels arrived at Shimonoseki Fishing Port.

沖底によるキアンコウのCPUEをFig.4に示す。CPUEは、1999年の3.3箱/隻から年々増加し、2007年には期間中最高の60.9箱/隻となったが、2008年には49.6箱/隻に減少した(Fig.4)。

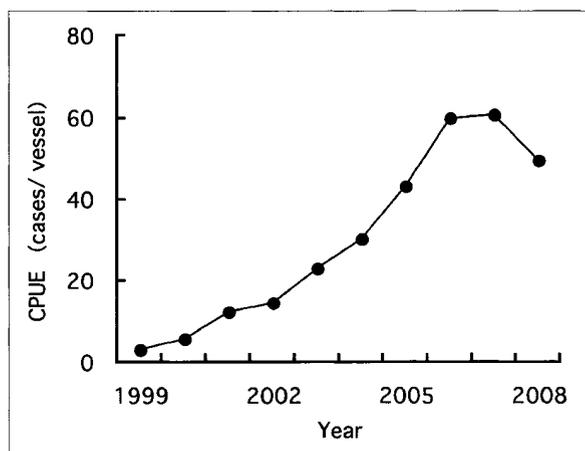


Fig.4 Yearly changes in CPUE (cases/vessel) of anglerfish by offshore trawls at Shimonoseki Fishing Port.

漁場

2003年4月～2004年3月の沖底漁船第1やまぐち丸および第2やまぐち丸の操業位置別あんこう類漁獲量をFig.5に示す。あんこう類の漁場は(Fig.5)、4～5月には山口県見島と対馬の間から見島にかけての水深120～150mの海域に形成された。その後8～10月には4～5月に比べ対馬寄りに漁場が拡大し、対馬西沖にも100kg/網以上の高密度の漁場が見られた。11～1月には対馬と見島間の漁場は8～10

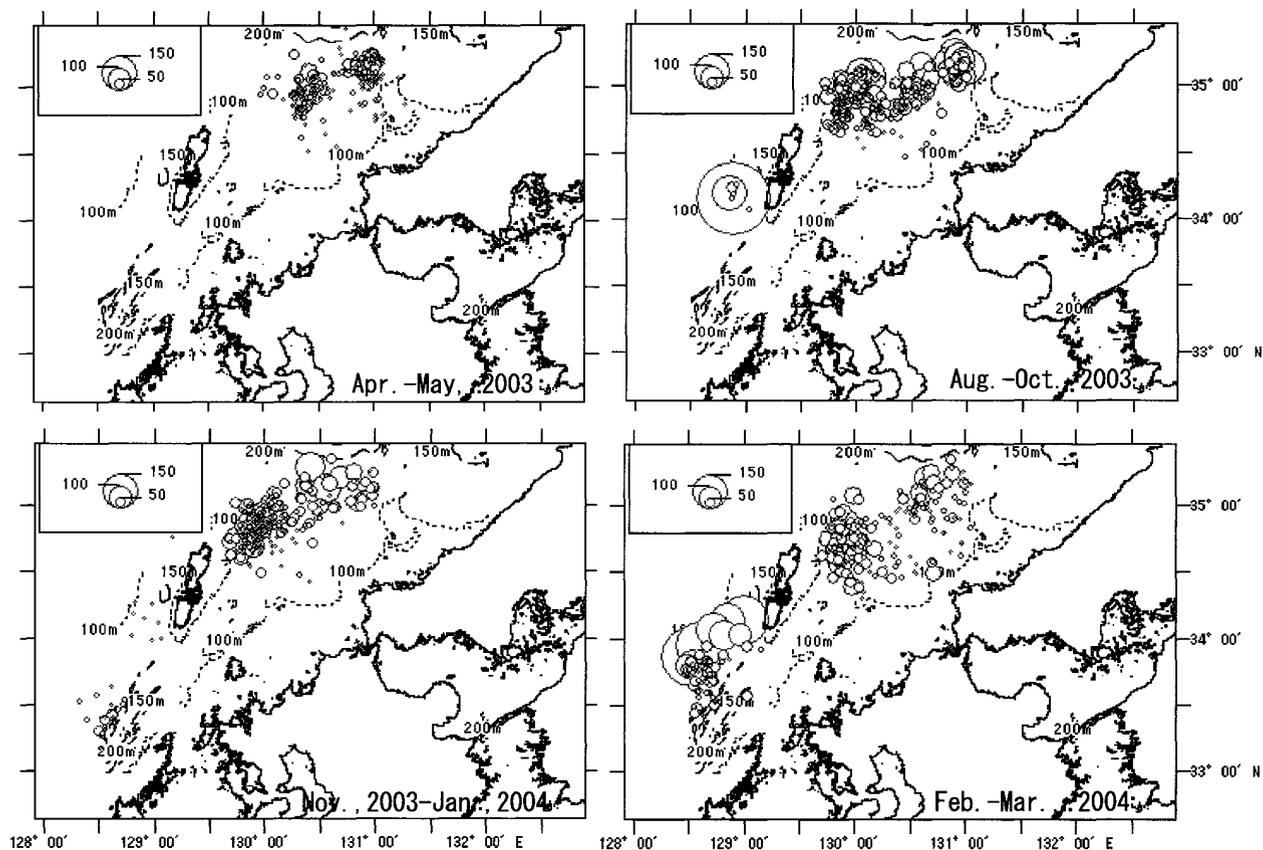


Fig.5 Geographical distribution of catches (kg/ haul) of anglerfish by two offshore trawls during April, 2003 to March, 2004.

月とほぼ同様な場所に形成されたが、対馬西沖の高密度な漁場が見られなかった。2～3月には対馬と見島間の漁場が最も沿岸寄りに拡大して形成された。また、対馬南西沖～五島北沖に 100kg/ 網以上の高密度な漁場が見られた。

漁獲物の全長組成

キアンコウは比較的大型の個体は 1 入からおおよそ 30 入までに分けられて木箱で、また小型の個体は切アンコウとして 3～10 段（段数は 1 箱に並べられた魚の列数を示す。）に分けられてスチロール箱で出荷され、各銘柄の全長組成は Tables 1,2 のとおりであった。

年別銘柄別水揚箱数と銘柄別全長組成 (Tables 1,2) を基に推定した 1999 年, 2003 年, 2006 年および 2008 年の全長組成を Fig.6 に示す。全長組成のモードに注目すると (Fig.6), モードは 1999 年および 2003 年には 470～480mm に見られたが、2006 年および 2008 年には 350mm と 120～130mm も小型化していた。また、全長 600mm 以上の大型個体の比率は 1999 年, 2003 年の順に高く、全長 300mm

未満の小型個体の比率は 2006 年, 2008 年の順に高かった (Fig.6)。

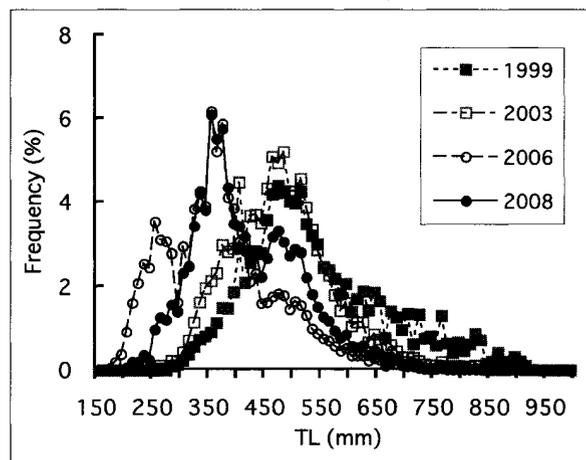


Fig.6 Frequency distributions of total length of anglerfish landed by offshore trawls at Shimonoseki Fishing Port in 1999, 2003, 2006

Table 1 Composition of total length of *Lophius litulon* by commercial size category (number of individuals laid in a wooden tray).

TL (mm)	Commercial size category													
	1	2	3	4	6	8	9	10	12	15	18	20	24	30
200-209	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
210-219	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
220-229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
230-239	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
240-249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
250-259	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
260-269	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	3
270-279	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
280-289	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	1	3
290-299	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3	2	2
300-309	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	5	1	8	2
310-319	0	0	0	0	0	0	0	2	2	6	5	1	3	4
320-329	0	0	0	0	0	0	0	0	6	9	7	4	4	6
330-339	0	0	0	0	0	0	1	0	6	16	7	2	2	4
340-349	0	0	0	0	0	0	3	0	6	18	8	1	0	7
350-359	0	0	0	0	0	0	1	0	8	17	19	3	4	5
360-369	0	0	0	0	0	1	1	1	7	21	15	5	13	6
370-379	0	0	0	0	0	0	2	2	16	24	7	7	3	5
380-389	0	0	0	0	1	1	1	2	16	21	10	4	4	5
390-399	0	0	0	0	4	1	1	7	23	12	3	3	6	3
400-409	0	0	0	0	4	8	3	10	33	17	3	3	3	1
410-419	0	0	0	0	3	8	3	10	20	6	8	4	6	2
420-429	0	0	0	0	9	9	5	15	20	6	4	2	4	2
430-439	0	0	0	2	13	17	4	14	14	6	2	4	3	1
440-449	0	0	0	1	17	18	3	10	16	3	2	0	3	0
450-459	0	0	0	1	22	22	3	21	13	6	0	2	1	1
460-469	0	0	0	6	34	21	4	24	11	6	0	4	1	1
470-479	0	0	0	6	33	36	3	20	5	4	1	4	1	1
480-489	0	0	0	9	37	26	3	12	12	10	1	2	1	0
490-499	0	0	1	13	32	33	1	11	6	1	0	3	2	0
500-509	0	0	1	15	32	30	0	10	8	1	3	3	1	0
510-519	0	0	4	19	30	29	2	16	4	3	1	2	0	0
520-529	0	0	7	22	35	15	2	7	2	5	1	1	0	0
530-539	0	0	6	18	20	25	2	5	4	2	0	0	0	0
540-549	0	0	19	22	26	14	1	1	1	1	0	0	0	0
550-559	0	0	9	19	27	11	0	0	2	0	0	0	0	0
560-569	0	1	11	22	19	9	0	1	3	0	0	0	0	0
570-579	0	4	8	29	9	8	0	0	0	0	0	0	0	0
580-589	0	4	12	18	9	5	0	2	0	0	0	0	0	0
590-599	0	5	19	15	17	4	0	0	0	0	0	0	0	0
600-609	0	5	9	11	8	4	0	1	0	0	0	0	0	0
610-619	0	13	5	16	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0
620-629	0	15	12	10	7	4	1	0	0	0	0	0	0	0
630-639	0	14	9	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
640-649	0	19	11	12	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
650-659	1	17	7	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
660-669	0	8	10	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
670-679	1	15	8	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
680-689	2	14	4	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
690-699	2	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
700-709	6	10	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
710-719	0	6	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
720-729	7	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
730-739	4	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
740-749	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
750-759	1	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
760-769	7	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
770-779	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
780-789	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
790-799	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
800-809	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
810-819	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
820-829	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
830-839	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
840-849	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
850-859	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
860-869	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
870-879	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
880-889	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
890-899	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
900-909	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
910-919	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	84	225	193	336	467	364	51	205	266	230	117	68	81	75

Table 2 Composition of total length of "Kirianko" (*Lophius litulon*) by commercial size category "Dan" (number of rows of fish in a tray).

TL (mm)	Commercial size category							
	3-Dan (21)	4-Dan (36)	5-Dan (41)	6-Dan (55)	7-Dan (63)	8-Dan (73)	9-Dan (87)	10-Dan (115)
170-179	0	0	0	0	0	0	0	1
180-189	0	0	0	0	0	0	0	4
190-199	0	0	0	0	0	0	0	8
200-209	0	0	0	0	0	0	2	9
210-219	0	0	0	0	0	1	3	15
220-229	0	0	0	0	0	3	4	14
230-239	0	0	0	0	1	4	5	14
240-249	0	0	0	0	0	6	4	13
250-259	0	0	0	0	4	11	4	13
260-269	0	0	0	1	4	9	3	10
270-279	0	0	0	2	6	8	3	10
280-289	0	0	0	6	5	8	2	4
290-299	0	0	0	6	4	5	0	0
300-309	0	0	0	11	4	6	2	2
310-319	0	0	0	6	7	6	0	0
320-329	0	0	2	6	9	6	2	1
330-339	0	0	4	8	17	3	1	0
340-349	0	4	6	15	9	2	1	0
350-359	0	4	11	25	14	4	0	0
360-369	0	6	11	16	8	3	0	0
370-379	0	14	16	22	15	0	0	0
380-389	1	11	8	14	6	1	0	0
390-399	0	19	14	22	1	0	0	0
400-409	3	6	7	11	1	0	0	0
410-419	1	12	8	8	0	0	0	0
420-429	2	10	3	7	0	0	0	0
430-439	4	5	7	5	0	0	0	0
440-449	4	6	3	3	0	0	0	0
450-459	5	2	2	0	0	0	0	0
460-469	5	1	0	0	0	0	0	0
470-479	5	5	0	0	0	0	0	0
480-489	3	0	0	0	0	0	0	0
490-499	4	0	0	0	0	0	0	0
500-509	4	0	0	0	0	0	0	0
510-519	1	0	0	0	0	0	0	0
Total	42	105	102	194	115	86	36	118

Numbers in parentheses show the average number of fish contained in a tray.

考 察

2003年からあんこうのブランド化を推進して以降2006年までキアンコウの水揚量およびCPUEは順調に上昇した(Figs. 1,4)。この間、島根県沖から見島北沖で操業する島根県の沖底によるCPUE(1統当たり漁獲量)も上昇していた²⁾ことから、2006年までの水揚量の増加はブランド化に伴い標的種としての漁獲が開始されたことよりも、資源量の増加に大きく依存していたのではないかと考えられる。本種のCPUEの増加は三陸・常磐海域でも1990年代以降顕著に見られており、これについては1987/88年のレジームシフト以降温暖レジーム期に入り、加入豊度の高い年級が発生するようになったことが原因と考えられている³⁾。本海域においても1997年以降明瞭な高温期に入った⁴⁾ことから、高温環境が加入量の増加を促進した可

能性が高い。

しかし、水揚箱数は2006年をピークとしてその後2年連続して減少し、CPUEも2008年には山口県の沖底(Fig.4)だけでなく、島根県の沖底でも顕著に減少した²⁾ことから、資源は減少に転じたと推察される。漁獲物の全長組成の経年変化を調べた結果によると、2006年および2008年には全長組成が1999年および2003年に比べ明瞭に小型化していた(Fig.6)ことから、大型魚に対する漁獲圧が強まった結果、資源が減少した可能性が示唆され、今後の資源動向は楽観できないと思われる。

あんこう類の漁場を調べた結果、漁場は休漁期を除く周年、対馬と見島間の水深120~150mの海域に形成され、2~3月には漁場が最も沿岸寄りに形成されることが明らかになった(Fig.5)。このような季節的な深浅移動は他の海域でも見られており、北海道近海では産卵期の6~7月に水深100m以浅へ移動する

こと⁵⁾、仙台湾では摂餌が最も活発となる2～6月に魚群密度が高まり、最も接岸状態になること⁶⁾が報告されている。山口県日本海域ではキアンコウの産卵期は3～4月と推定されている⁷⁾ことから、本海域における浅所への移動は産卵に関連した移動ではないかと推察される。

謝 辞

下関中央魚市場株式会社の漁獲統計資料は独立行政法人水産大学校今井千文准教授を通じて入手したものである。ここに記して感謝する。

文 献

- 1) 独立行政法人水産総合研究センター (2004)：平成15年度新漁業生産システム構築実証化事業報告書 (沖合底びき網〈2そうびき〉：日本海西部海域)。45-123.
- 2) 島根県水産技術センター (2009)：トビウオ通信 (H21 第7号)。
- 3) 二平 章 (2007)：レジーム・シフトと底魚資源。レジーム・シフト ―気候変動と生物資源管理― (川崎 健・花輪公雄・谷口 旭・二平 章編著)，成山堂書店，東京，157-173.
- 4) 小林知吉・堀 成夫・土井啓行・河野光久 (2006)：山口県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.
- 5) 鈴木孝行 (1993)：キアンコウについて。北水試だより，22，29-31.
- 6) 小坂昌也 (1966)：キアンコウの食生活。東海大学紀要 (海洋学部)，(1)，51-70.
- 7) 中原民男 (1969)：山口県沖合大陸棚に分布する重要底魚類の漁業生物学的特性。山口県外海水産試験場研究報告，11，60-64.

日本海南西海域におけるキアンコウの 資源管理に関する研究—II キアンコウの資源解析の試み

河野光久

Study on Management of Anglerfish *Lophius litulon*, in the Southwestern Japan Sea- II A Trial of Population Analysis of Anglerfish

Mitsuhisa KAWANO

The author analyzed the stock condition of anglerfish, *Lophius litulon* in the southwestern Japan Sea using VPA. Catch in number of the fish increased from 1999 to 2006, because the stock in number and fishing mortality coefficient (F) increased. The increase of the stock was supported by the increase of the parent stock and recruit. Nevertheless the catch, stock and recruit per parent stock remarkably have decreased after 2006, F has continued to be high (>1.0). According to the simulation results, if the current F will continue, amount of the stock and the catch will decrease below 10 % of the present ones in five years. Therefore limitations of the fishing efforts are needed urgently.

key words : *Lophius litulon*; Catch; Stock; Southwestern Japan Sea

前報¹⁾では日本海南西海域における沖合底びき網2そうびき(以後、沖底とよぶ。)によるキアンコウ *Lophius litulon* の漁獲実態について調べ、2008年には資源状態が悪化し、今後の資源動向は楽観できないことを指摘した。本報ではVPA²⁾を用いて資源状態のより詳細な解析を試みた。その結果、キアンコウの再生産成功率が2003年をピークとして近年低下傾向にあるのに、漁獲圧が高まっているため、資源の減少が起きていること、今後資源を増加させるためには、漁獲努力量を削減する必要があることが明らかになったので報告する。

材料および方法

水揚量の資料は、前報¹⁾と同様に1999～2008年に日本海南西海域で操業した沖底により下関漁港に水揚げされたキアンコウの月別銘柄別箱数の資料(下関中央魚市場株式会社資料)を用いた。

資源解析に必要なキアンコウの生物特性値は以下の方法で求めた。(1)年齢と成長については、Yoneda *et al.*³⁾が椎体の輪紋を年齢形質として東シナ海における成長を示している。しかし、太平洋側で体長組成の推移から求めた成長^{4,5)}と大差があり、体長組成から求めた1年の成長量は飼育による成長とほぼ符号するとされていることから、以下のとおりとした。Yoneda *et al.*³⁾は椎帯に形成される輪紋を年輪としているが、年輪ではなく、1年に2本輪が形成されるとみなすと、太平洋側で体長組成の推移から求めた成長とほぼ一致することから、Yoneda *et al.*³⁾の年齢の1/2を年齢としてYoneda *et al.*³⁾のTables 1, 2から雌雄別年齢別平均全長と標準偏差の値を得た。これらの値を基に、加入尾数100万尾、生残率0.7と仮定して、季節別(4-6月, 7-9月, 10-12月, 1-3月)のAge-length key (Appendix tables 1, 2)を作成し、年齢分解を行った。また、各年齢の平均全長に対応する体重は、Yoneda *et al.*³⁾の次の全長(TL, mm) — 体重(BW, g)関係式に

より求めた。

$$\text{雄: BW} = (3.44 \times 10^{-4}) \text{ TL}^{2.47}$$

$$\text{雌: BW} = (4.01 \times 10^{-5}) \text{ TL}^{2.85}$$

(2) 性比については、まず2005年8月～2008年1月に日本海南西海域で沖底で漁獲されたキアンコウ211個体の全長別雌雄別個体数とYoneda *et al.*³⁾のFig.3の全長別雌雄別個体数を併せて、全長100mm階級毎の性比を求めた。次に1999～2008年のキアンコウの月別銘柄別箱数、銘柄別全長組成(河野¹⁾のTables 1,2)、および全長別性比を基に月別雌雄別全長組成を求めた。さらにこれにAge-length key(Appendix tables 1,2)を適用し、年齢別雌雄別漁獲尾数を推定した。そして、1999～2008年の年齢別雌雄別漁獲尾数から年齢別の性比の10年間平均値を求め、年齢別性比として用いた。(3) 雌の成熟率については、本研究で求めた年齢に対応する成熟率をYoneda *et al.*⁷⁾のFig.7より読み取った。

資源特性値のうち自然死亡係数は、田中⁸⁾の方法により求めた。この方法を適用するに当たって、寿命はYoneda *et al.*³⁾は最高齢を15歳としているので、その1/2の7歳とした。資源尾数と漁獲係数(F)の推定は年別年齢別漁獲尾数を基にVPA²⁾により行った。VPAに際しては、最高齢(6歳)のFとその1齢前(5

歳)のFは等しいと仮定した。また、近年の各年齢のFは各年齢の過去5年平均値を基準として選択率を求め、最高齢のFに選択率を乗じて求めた。

結 果

生物特性値

全長別性比をTable 1、推定した年齢別性比、雌の年齢別成熟率および雌雄別年齢別全長・体重をTable 2に示す。

性比は全長別にみると、500mm以上になると雄よりも雌の比率が高くなり、700mm以上ではすべて雌であった(Table 1)。年齢別では4歳以上になると雄よりも雌の比率が高くなり、5歳および6歳ではすべて雌と見であった(Table 2)。

雌の成熟開始年齢は3歳で、4歳以降では9割以上が成熟すると見なされた(Table 2)。

雌雄別の成長については、同一年齢では全長および体重とも雄よりも雌の方が大きい(Table 2)。

漁獲尾数

年別年齢別漁獲尾数をTable 3に示す。

漁獲尾数は(Table 3)、1999年の22,918尾から年々増加し、2006年には期間中最高の1,225,828尾に達した。しかし、その後2007年には901,732尾、2008

Table 1 Sex ratio of *Lophius litulon* by total length.

	Total length (mm)					
	< 300	300-399	400-499	500-599	600-699	700 ≤
N. of females (♀)	22	240	98	76	33	25
N. of males (♂)	26	254	155	33	2	0
♀ / (♀ + ♂)	0.46	0.49	0.39	0.70	0.94	1.00

Table 2 Biological characteristics of *Lophius litulon*.

Age	Sex ratio ♀ / (♀ + ♂)	Maturity rate Female	Total length (mm)		Body weight (g)	
			Male	Female	Male	Female
1	0.6	0.00	197	213	160	173
2	0.5	0.00	332	361	580	780
3	0.4	0.42	455	529	1264	2317
4	0.8	0.96	552	640	2038	3988
5	1.0	1.00		733		5871
6	1.0	1.00		844		8774

Table 3 Catch in number of *Lophius litulon* by age.

Age	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	0	0	5	1	7	91	52	5,720	14,065	78
1	745	1,600	7,168	8,860	19,012	47,760	103,337	375,576	246,146	88,301
2	6,976	12,266	48,691	65,592	111,027	226,641	350,373	638,280	444,315	251,307
3	9,935	14,435	52,159	54,371	93,580	114,107	166,519	179,573	173,371	115,834
4	3,387	5,261	9,081	12,592	14,121	16,591	16,536	23,123	19,850	14,694
5	1,429	2,537	2,649	2,828	2,218	2,770	2,349	3,018	3,374	2,336
6	446	1,061	948	673	507	449	402	538	611	463
Total	22,918	37,160	120,701	144,917	240,472	408,409	639,568	1,225,828	901,732	473,013

年には 473,013 尾と、2 年連続で大きく減少した。

年齢組成に注目すると (Table 3), 1999 ~ 2001 年には 3 歳魚の漁獲尾数が最も多かった。しかし、2002 年以降 2 歳魚が漁獲の主体となった。また、漁獲尾数が多かった 2006 年と 2007 年には 2 歳魚に次いで 1 歳魚の漁獲尾数が多かったことが特徴的である。

VPA による資源解析

自然死亡係数は寿命を 7 歳として田中⁸⁾の方法に従い 0.35 とした。

VPA により求めた漁獲係数 (F), 資源尾数, 親魚量および再生産成功率 (翌年 0 歳魚資源尾数 / 当年親魚量) を Table 4 に示す。

F の全年齢平均値は、1999 年には 0.273 であったが、その後次第に大きくなり、2006 年以降は 1.0 以上と大きな値を示した (Table 4)。F が最も大きかったのは、2007 年の 1.211 で (Table 4), 2007 年には F が最大であったのに、漁獲尾数が前年より大きく減少した (Table 3) ことが明らかになった。

資源尾数は (Table 4), 1999 年の 717,562 尾から次第に増加し、2005 年には期間中最高の 4,914,145 尾となったが、2006 年には減少に転じ、2008 年には 1,375,905 尾と 2001 年の水準にまで減少した。年齢別にみると、2002 ~ 2006 年には 0 歳魚の資源尾数が 100 万尾以上と多く、特に 2004 年と 2005 年に

は 200 万尾を超えていた。

親魚量は、1999 年の 102 トンから年々増加し、2006 年には 255 トンと最高を示したが、翌年から連続して減少し、2008 年には 169 トンと 2003 年の水準にまで減少した (Table 4)。

再生産成功率は (Table 4), 1999 年の 5.819 尾/kg から次第に上昇し、2003 年には 14.366 と最高を示した。しかし、翌 2004 年には 11.581 尾/kg とやや低下し、2005 年には 6.708 と 2000 年の水準まで低下した。その後さらに低下し、2006 年には 3.684 尾/kg, 2007 年には 0.084 尾/kg と著しく低くなった。

資源の将来予測

今後の再生産成功率がどのようになるかは不明であるが、再生産成功率が 2005 年と 2006 年の平均値である 5.2 尾/kg まで回復するとして、2008 年 (現状) の漁獲量および資源重量をそれぞれ 100 とした場合の漁獲量および資源重量の将来予測を行った結果を Table 5 に示す。

再生産成功率が 5.2 尾/kg まで回復したとしても、現状の F では 5 年後の漁獲量および資源重量はそれぞれ 2008 年の 8% と 9% に低下すると試算された (Table 5)。また、F を現状の 80% に低下させても、5 年後の漁獲量および資源重量は 2008 年の水準まで回復せず、2008 年よりも増加させるためには、F を現状の 75%

Table 4 Fishing mortality coefficient (F), stock in number (S), parent stock in weight (P) and recruit per parent stock (RPS).

Age	Year										
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
F	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.018	0.005
	1	0.004	0.007	0.021	0.019	0.025	0.050	0.076	0.345	0.338	0.177
	2	0.131	0.108	0.351	0.317	0.429	0.570	0.768	1.180	1.178	0.873
	3	0.498	0.532	1.155	1.096	1.407	1.525	1.615	1.830	2.028	1.778
	4	0.423	0.663	0.985	1.365	1.327	1.493	1.345	1.579	1.722	1.580
	5	0.426	0.819	1.117	1.352	1.304	1.474	1.182	1.329	1.597	1.457
	6	0.426	0.819	1.117	1.352	1.304	1.474	1.182	1.329	1.597	1.457
Average		0.273	0.421	0.678	0.786	0.828	0.941	0.881	1.085	1.211	1.047
S	0	397,439	591,395	777,785	1,283,384	1,649,309	2,385,536	2,175,270	1,458,493	938,995	19,336
	1	204,318	280,071	416,749	548,092	904,385	1,162,242	1,680,983	1,532,843	1,022,981	649,891
	2	67,485	143,355	196,020	287,661	378,796	621,349	778,926	1,097,822	764,896	514,254
	3	30,174	41,700	90,724	97,259	147,649	173,731	247,602	254,777	237,813	166,030
	4	11,704	12,923	17,268	20,147	22,895	25,490	26,638	34,697	28,794	22,047
	5	4,910	5,404	4,691	4,545	3,627	4,280	4,035	4,890	5,040	3,628
	6	1,532	2,260	1,679	1,082	829	694	691	872	913	719
Total		717,562	1,077,108	1,504,914	2,242,169	3,107,490	4,373,323	4,914,145	4,384,393	2,999,432	1,375,905
P (tons)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	11	16	34	36	55	65	93	95	89	62
	4	39	43	57	67	76	84	88	115	95	73
	5	36	40	35	33	27	31	30	36	37	27
	6	16	23	17	11	8	7	7	9	9	7
Total		102	121	143	147	166	188	217	255	231	169
RPS (inds./kg)		5.819	6.428	9.002	11.188	14.366	11.581	6.708	3.684	0.084	

Table 5 Estimation of future relative catch and stock of *Lophius litulon*.

F		Year					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
F _{current}	Catch in weight	100	68	40	23	14	8
	Stock in weight	100	75	44	26	15	9
F _{current} × 0.8	Catch in weight	100	72	71	70	69	68
	Stock in weight	100	85	84	83	82	81
F _{current} × 0.75	Catch in weight	100	110	125	142	162	184
	Stock in weight	100	89	101	115	131	149

に低下させる必要があると試算された (Table 5)。

のあんこうのブランドを維持するためにも、資源増加に向けての取組を早く開始する必要があると考える。

考 察

日本海南西海域におけるキアンコウの資源解析を行った結果、1999年から2006年にかけての漁獲尾数が顕著に増加したことが明らかになった (Table 3)。この間、資源尾数の増加とFの上昇も起きていた (Table 4) ことから、漁獲尾数の増加は資源尾数の増加とFの上昇の両方に起因するものと考えられることができる。また、この間資源尾数が増加した原因については、親魚量の増加と再生産成功率の上昇により0歳魚の資源尾数が2002～2006年に100万尾以上と高い水準にあったことが大きく影響していたとみることができる (Table 4)。

注目されるのは、再生産成功率が2003年をピークとしてその後次第に低下し、特に2006年以降著しく低下し、資源尾数も2006年以降顕著に減少しているのに、Fが1以上と高い値を維持していることである (Table 4)。また、資源の将来予測を行った結果によると、現状のFで漁獲を続けた場合、再生産成功率が5.2尾/kgまで回復したとしても、5年後の漁獲量および資源重量は現状の1/10以下に減少すると予測された (Table 5)。以上のことから、資源を増加させるためには漁獲努力量を削減する必要があると考えられる。漁獲努力量の削減割合としては現状の75%に削減すれば、漁獲量および資源重量とも現状より増加すると試算された (Table 5)。具体的な削減策としては、山口県沖合での産卵期は3～4月とされている⁹⁾ こと、およびあんこう類の魚価が3～8月には400円/kg以下に低下し、他の月に比べ安い¹⁰⁾ ことから、3～8月の漁獲をできるだけ削減することが望まれる。2008年の下関漁港統計年報¹⁰⁾ によれば、3～8月の水揚量 (264トン) は、年間水揚量 (857トン) の30.8%に相当する。本種の資源を増加させるためには、この程度の削減は必要と思われる。本研究では資源の将来予測は再生産成功率を5.2尾/kgとして行ったが、再生産成功率が上昇しなければ、さらに急激に資源状態が悪化すると予想されることから、下関漁港

文 献

- 1) 河野光久 (2010) : 日本海南西海域におけるキアンコウの資源管理に関する研究—I 沖合底びき網によるキアンコウの漁獲実態. 山口県水産研究センター研究報告, (8), 31-36.
- 2) 平松和彦 (2001) : VPA (Virtual Population Analysis), 平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書—, 日本水産資源保護協会, 104-128.
- 3) Yoneda *et.al.* (1997) : Age and Growth of Anglerfish *Lophius litulon* in the East China Sea and the Yellow Sea. Fisheries Science, **63**(6), 887-892.
- 4) 池川正人・根本芳春・安岡真司 (2000) : 福島県海域のキアンコウの漁獲実態と生態について. 東北底魚研究, (20), 29-35.
- 5) 堀 義彦 (1993) : 茨城県のキアンコウについて. 第14回東北海区底魚研究チーム会議報告, 43-47.
- 6) 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次 (2007) : キアンコウ. 東シナ海・黄海の魚類誌, 神奈川, pp331-338.
- 7) Yoneda M., M. Tokimura, N. Takeshita and M. Matsuyama (2001) : Reproductive cycle, fecundity, and seasonal distribution of the anglerfish *Lophius litulon* in the China and Yellow seas. Fisheries Bulletin, **99**(2), 356-370.
- 8) 田中昌一 (1960) : 水産生物のPopulation Dynamicsと漁業資源管理. 東海区水産研究所研究報告, (28), 1-200.
- 9) 中原民男 (1969) : 山口県沖合大陸棚に分布する重要底魚類の漁業生物学的特性. 山口県外海水産試験場研究報告, **11**(2), 1-70.
- 10) 下関水産振興局 (2009) : 下関漁港統計年報 (平成20年版), 29-32.

Appendix table 1 Age-length key of males of *Lophius litulon*.

April-June					July-September				October-December					January-March							
TL (mm)	Age 0	1	2	3	4	TL (mm)	Age 0	1	2	3	TL (mm)	Age 0	1	2	3	TL (mm)	Age 0	1	2	3	
150	0	10000	0	0	0	150	0	10000	0	0	150	0	4695	5305	0	0	150	0	10000	0	0
160	0	10000	0	0	0	160	0	10000	0	0	160	0	4	9996	0	0	160	0	10000	0	0
170	0	10000	0	0	0	170	0	10000	0	0	170	0	10000	0	0	170	0	10000	0	0	
180	0	10000	0	0	0	180	0	10000	0	0	180	0	10000	0	0	180	0	10000	0	0	
190	0	10000	0	0	0	190	0	10000	0	0	190	0	10000	0	0	190	0	9993	7	0	
200	0	10000	0	0	0	200	0	10000	0	0	200	0	10000	0	0	200	0	9636	364	0	
210	0	10000	0	0	0	210	0	10000	0	0	210	0	10000	0	0	210	0	2655	7345	0	
220	0	9998	2	0	0	220	0	10000	0	0	220	0	10000	0	0	220	0	37	9963	0	
230	0	9986	14	0	0	230	0	10000	0	0	230	0	10000	0	0	230	0	10000	0	0	
240	0	9896	104	0	0	240	0	10000	0	0	240	0	10000	0	0	240	0	10000	0	0	
250	0	9228	772	0	0	250	0	9999	1	0	250	0	10000	0	0	250	0	10000	0	0	
260	0	5891	4109	0	0	260	0	9991	9	0	260	0	10000	0	0	260	0	10000	0	0	
270	0	1413	8587	0	0	270	0	9936	64	0	270	0	10000	0	0	270	0	10000	0	0	
280	0	178	9822	0	0	280	0	9561	439	0	280	0	9999	1	0	280	0	10000	0	0	
290	0	19	9981	0	0	290	0	7481	2519	0	290	0	9993	7	0	290	0	10000	0	0	
300	0	2	9998	0	0	300	0	2818	7182	0	300	0	9954	46	0	300	0	10000	0	0	
310	0	0	10000	0	0	310	0	478	9522	0	310	0	9684	316	0	310	0	9999	1	0	
320	0	0	9999	1	0	320	0	62	9938	0	320	0	8055	1945	0	320	0	9994	6	0	
330	0	0	9998	2	0	330	0	7	9992	0	330	0	3486	6514	0	330	0	9962	38	0	
340	0	0	9992	8	0	340	0	1	9999	1	340	0	621	9379	0	340	0	9749	251	0	
350	0	0	9969	31	0	350	0	0	9998	2	350	0	78	9922	0	350	0	8473	1527	0	
360	0	0	9884	116	0	360	0	0	9995	5	360	0	9	9991	0	360	0	4308	5692	0	
370	0	0	9557	443	0	370	0	0	9983	17	370	0	1	9998	1	370	0	900	9100	0	
380	0	0	8410	1590	0	380	0	0	9944	56	380	0	0	9997	3	380	0	122	9878	0	
390	0	0	5554	4446	0	390	0	0	9805	195	390	0	0	9991	9	390	0	15	9984	1	
400	0	0	2214	7786	0	400	0	0	9325	675	400	0	0	9972	28	400	0	2	9996	2	
410	0	0	587	9413	0	410	0	0	7847	2153	410	0	0	9911	89	410	0	0	9993	7	
420	0	0	130	9870	0	420	0	0	4811	5189	420	0	0	9712	288	420	0	0	9982	18	
430	0	0	27	9973	0	430	0	0	1853	8147	430	0	0	9078	922	430	0	0	9948	52	
440	0	0	5	9995	0	440	0	0	510	9490	440	0	0	7350	2650	440	0	0	9846	154	
450	0	0	1	9999	0	450	0	0	121	9879	450	0	0	4295	5705	450	0	0	9537	463	
460	0	0	0	10000	0	460	0	0	27	9973	460	0	0	1645	8355	460	0	0	8647	1353	
470	0	0	0	10000	0	470	0	0	6	9994	470	0	0	473	9527	470	0	0	6567	3433	
480	0	0	0	9998	2	480	0	0	1	9999	480	0	0	119	9881	480	0	0	3556	6444	
490	0	0	0	9975	25	490	0	0	0	10000	490	0	0	28	9972	490	0	0	1330	8670	
500	0	0	0	9711	289	500	0	0	0	10000	500	0	0	6	9994	500	0	0	395	9605	
510	0	0	0	7844	2156	510	0	0	0	10000	510	0	0	1	9999	510	0	0	105	9895	
520	0	0	0	3393	6607	520	0	0	0	10000	520	0	0	0	10000	520	0	0	26	9974	
530	0	0	0	862	9138	530	0	0	0	10000	530	0	0	0	10000	530	0	0	6	9994	
540	0	0	0	220	9780	540	0	0	0	10000	540	0	0	0	10000	540	0	0	1	9999	
550	0	0	0	70	9930	550	0	0	0	10000	550	0	0	0	10000	550	0	0	0	10000	
560	0	0	0	28	9972	560	0	0	0	10000	560	0	0	0	10000	560	0	0	0	10000	
570	0	0	0	15	9985	570	0	0	0	10000	570	0	0	0	10000	570	0	0	0	10000	
580	0	0	0	10	9990	580	0	0	0	10000	580	0	0	0	10000	580	0	0	0	10000	
590	0	0	0	9	9991	590	0	0	0	10000	590	0	0	0	10000	590	0	0	0	10000	
600	0	0	0	0	10000	600	0	0	0	10000	600	0	0	0	10000	600	0	0	0	10000	
610	0	0	0	0	10000	610	0	0	0	10000	610	0	0	0	10000	610	0	0	0	10000	
620	0	0	0	0	10000	620	0	0	0	10000	620	0	0	0	10000	620	0	0	0	10000	
630	0	0	0	0	10000	630	0	0	0	10000	630	0	0	0	10000	630	0	0	0	10000	
640	0	0	0	0	10000	640	0	0	0	10000	640	0	0	0	10000	640	0	0	0	10000	
650	0	0	0	0	10000	650	0	0	0	10000	650	0	0	0	10000	650	0	0	0	10000	
660	0	0	0	0	10000	660	0	0	0	10000	660	0	0	0	10000	660	0	0	0	10000	
670	0	0	0	0	10000	670	0	0	0	10000	670	0	0	0	10000	670	0	0	0	10000	
680	0	0	0	0	10000	680	0	0	0	10000	680	0	0	0	10000	680	0	0	0	10000	
690	0	0	0	0	10000	690	0	0	0	10000	690	0	0	0	10000	690	0	0	0	10000	

Appendix table 2 Age-length key of females of *Lophius litulon*.

April-June									July-September								
TL (mm)	Age 0	1	2	3	4	5	6	7	TL (mm)	Age 0	1	2	3	4	5	6	
150	0	10000	0	0	0	0	0	0	150	0	10000	0	0	0	0	0	
160	0	10000	0	0	0	0	0	0	160	0	10000	0	0	0	0	0	
170	0	10000	0	0	0	0	0	0	170	0	10000	0	0	0	0	0	
180	0	10000	0	0	0	0	0	0	180	0	10000	0	0	0	0	0	
190	0	10000	0	0	0	0	0	0	190	0	10000	0	0	0	0	0	
200	0	9999	1	0	0	0	0	0	200	0	10000	0	0	0	0	0	
210	0	9998	2	0	0	0	0	0	210	0	10000	0	0	0	0	0	
220	0	9996	4	0	0	0	0	0	220	0	10000	0	0	0	0	0	
230	0	9986	14	0	0	0	0	0	230	0	10000	0	0	0	0	0	
240	0	9948	52	0	0	0	0	0	240	0	10000	0	0	0	0	0	
250	0	9796	204	0	0	0	0	0	250	0	9999	1	0	0	0	0	
260	0	9154	846	0	0	0	0	0	260	0	9996	4	0	0	0	0	
270	0	6869	3131	0	0	0	0	0	270	0	9987	13	0	0	0	0	
280	0	2861	7139	0	0	0	0	0	280	0	9949	51	0	0	0	0	
290	0	618	9382	0	0	0	0	0	290	0	9787	213	0	0	0	0	
300	0	97	9903	0	0	0	0	0	300	0	9064	936	0	0	0	0	
310	0	13	9987	0	0	0	0	0	310	0	6474	3526	0	0	0	0	
320	0	2	9998	0	0	0	0	0	320	0	2388	7612	0	0	0	0	
330	0	0	10000	0	0	0	0	0	330	0	460	9540	0	0	0	0	
340	0	0	9999	1	0	0	0	0	340	0	66	9934	0	0	0	0	
350	0	0	9999	1	0	0	0	0	350	0	8	9991	0	0	0	0	
360	0	0	9997	3	0	0	0	0	360	0	1	9999	0	0	0	0	
370	0	0	9992	8	0	0	0	0	370	0	0	9999	1	0	0	0	
380	0	0	9979	21	0	0	0	0	380	0	0	9998	2	0	0	0	
390	0	0	9947	53	0	0	0	0	390	0	0	9996	4	0	0	0	
400	0	0	9863	137	0	0	0	0	400	0	0	9990	10	0	0	0	
410	0	0	9646	354	0	0	0	0	410	0	0	9978	22	0	0	0	
420	0	0	9102	898	0	0	0	0	420	0	0	9949	51	0	0	0	
430	0	0	7874	2126	0	0	0	0	430	0	0	9881	119	0	0	0	
440	0	0	5707	4292	1	0	0	0	440	0	0	9720	280	0	0	0	
450	0	0	3191	6806	3	0	0	0	450	0	0	9342	658	0	0	0	
460	0	0	1396	8598	6	0	0	0	460	0	0	8509	1491	0	0	0	
470	0	0	523	9466	11	0	0	0	470	0	0	6927	3072	1	0	0	
480	0	0	181	9799	20	0	0	0	480	0	0	4665	5332	4	0	0	
490	0	0	60	9904	35	0	0	0	490	0	0	2499	7493	9	0	0	
500	0	0	19	9918	62	0	0	0	500	0	0	1108	8874	18	0	0	
510	0	0	6	9885	109	0	0	0	510	0	0	438	9530	32	0	0	
520	0	0	2	9807	191	0	0	0	520	0	0	162	9781	57	0	0	
530	0	0	1	9667	332	0	0	0	530	0	0	58	9844	98	0	0	
540	0	0	0	9426	573	0	0	0	540	0	0	20	9812	168	0	0	
550	0	0	0	9027	973	0	0	0	550	0	0	7	9708	285	0	0	
560	0	0	0	8394	1606	0	0	0	560	0	0	2	9517	481	0	0	
570	0	0	0	7460	2540	0	0	0	570	0	0	1	9198	801	0	0	
580	0	0	0	6224	3776	0	0	0	580	0	0	0	8691	1308	0	0	
590	0	0	0	4800	5200	0	0	0	590	0	0	0	7933	2067	0	0	
600	0	0	0	3404	6596	0	0	0	600	0	0	0	6887	3113	0	0	
610	0	0	0	2236	7764	0	0	0	610	0	0	0	5601	4399	0	0	
620	0	0	0	1382	8617	1	0	0	620	0	0	0	4225	5775	0	0	
630	0	0	0	819	9177	4	0	0	630	0	0	0	2955	7045	0	0	
640	0	0	0	471	9511	18	0	0	640	0	0	0	1936	8064	0	0	
650	0	0	0	265	9664	71	0	0	650	0	0	0	1206	8793	1	0	
660	0	0	0	146	9606	249	0	0	660	0	0	0	725	9270	5	0	
670	0	0	0	77	9165	758	0	0	670	0	0	0	425	9551	24	0	
680	0	0	0	37	8041	1922	0	0	680	0	0	0	244	9661	95	0	
690	0	0	0	16	6146	3838	0	0	690	0	0	0	137	9529	334	0	
700	0	0	0	6	4038	5956	0	0	700	0	0	0	72	8923	1005	0	
710	0	0	0	2	2409	7589	0	0	710	0	0	0	34	7508	2457	0	
720	0	0	0	1	1411	8588	0	0	720	0	0	0	14	5370	4616	0	
730	0	0	0	0	860	9139	1	0	730	0	0	0	5	3286	6709	0	
740	0	0	0	0	562	9435	3	0	740	0	0	0	2	1857	8142	0	
750	0	0	0	0	400	9585	14	0	750	0	0	0	0	1051	8949	0	
760	0	0	0	0	311	9615	74	0	760	0	0	0	0	627	9373	0	
770	0	0	0	0	260	9370	371	0	770	0	0	0	0	404	9594	2	
780	0	0	0	0	213	8120	1667	0	780	0	0	0	0	285	9704	12	
790	0	0	0	0	131	4764	5104	0	790	0	0	0	0	220	9717	63	
800	0	0	0	0	48	1502	8450	0	800	0	0	0	0	183	9479	338	
810	0	0	0	0	13	325	9662	0	810	0	0	0	0	149	8234	1617	
820	0	0	0	0	4	63	9933	0	820	0	0	0	0	90	4746	5164	
830	0	0	0	0	1	12	9987	0	830	0	0	0	0	31	1411	8558	
840	0	0	0	0	0	2	9997	0	840	0	0	0	0	8	285	9707	
850	0	0	0	0	0	0	9999	0	850	0	0	0	0	2	52	9946	
860	0	0	0	0	0	0	10000	0	860	0	0	0	0	1	9	9990	
870	0	0	0	0	0	0	10000	0	870	0	0	0	0	0	2	9998	
880	0	0	0	0	0	0	10000	0	880	0	0	0	0	0	0	10000	
890	0	0	0	0	0	0	10000	0	890	0	0	0	0	0	0	10000	
900	0	0	0	0	0	0	10000	0	900	0	0	0	0	0	0	10000	
910	0	0	0	0	0	0	10000	0	910	0	0	0	0	0	0	10000	
920	0	0	0	0	0	0	10000	0	920	0	0	0	0	0	0	10000	
930	0	0	0	0	0	0	10000	0	930	0	0	0	0	0	0	10000	
940	0	0	0	0	0	0	9804	196	940	0	0	0	0	0	0	10000	
950	0	0	0	0	0	0	266	9734	950	0	0	0	0	0	0	10000	
960	0	0	0	0	0	0	1	9999	960	0	0	0	0	0	0	10000	
970	0	0	0	0	0	0	0	10000	970	0	0	0	0	0	0	10000	
980	0	0	0	0	0	0	0	10000	980	0	0	0	0	0	0	10000	
990	0	0	0	0	0	0	0	10000	990	0	0	0	0	0	0	10000	
1000	0	0	0	0	0	0	0	10000	1000	0	0	0	0	0	0	10000	

Appendix table 2 (continued).

October–December								January–March							
TL (mm)	Age 0	1	2	3	4	5	6	TL (mm)	Age 0	1	2	3	4	5	6
150	9999	1	0	0	0	0	0	150	10000	0	0	0	0	0	0
160	9508	492	0	0	0	0	0	160	10000	0	0	0	0	0	0
170	141	9859	0	0	0	0	0	170	10000	0	0	0	0	0	0
180	0	10000	0	0	0	0	0	180	10000	0	0	0	0	0	0
190	0	10000	0	0	0	0	0	190	10000	0	0	0	0	0	0
200	0	10000	0	0	0	0	0	200	10000	0	0	0	0	0	0
210	0	10000	0	0	0	0	0	210	9992	8	0	0	0	0	0
220	0	10000	0	0	0	0	0	220	9579	421	0	0	0	0	0
230	0	10000	0	0	0	0	0	230	2397	7603	0	0	0	0	0
240	0	10000	0	0	0	0	0	240	35	9965	0	0	0	0	0
250	0	10000	0	0	0	0	0	250	0	10000	0	0	0	0	0
260	0	10000	0	0	0	0	0	260	0	10000	0	0	0	0	0
270	0	10000	0	0	0	0	0	270	0	10000	0	0	0	0	0
280	0	10000	0	0	0	0	0	280	0	10000	0	0	0	0	0
290	0	9999	1	0	0	0	0	290	0	10000	0	0	0	0	0
300	0	9997	3	0	0	0	0	300	0	10000	0	0	0	0	0
310	0	9988	12	0	0	0	0	310	0	10000	0	0	0	0	0
320	0	9950	50	0	0	0	0	320	0	10000	0	0	0	0	0
330	0	9775	225	0	0	0	0	330	0	9999	1	0	0	0	0
340	0	8953	1047	0	0	0	0	340	0	9997	3	0	0	0	0
350	0	6027	3973	0	0	0	0	350	0	9989	11	0	0	0	0
360	0	1951	8049	0	0	0	0	360	0	9950	50	0	0	0	0
370	0	337	9663	0	0	0	0	370	0	9759	241	0	0	0	0
380	0	45	9955	0	0	0	0	380	0	8818	1182	0	0	0	0
390	0	5	9994	1	0	0	0	390	0	5530	4470	0	0	0	0
400	0	1	9998	2	0	0	0	400	0	1560	8439	1	0	0	0
410	0	0	9997	3	0	0	0	410	0	243	9756	1	0	0	0
420	0	0	9994	6	0	0	0	420	0	30	9968	2	0	0	0
430	0	0	9988	12	0	0	0	430	0	3	9994	3	0	0	0
440	0	0	9975	25	0	0	0	440	0	0	9994	6	0	0	0
450	0	0	9947	53	0	0	0	450	0	0	9990	10	0	0	0
460	0	0	9886	114	0	0	0	460	0	0	9981	19	0	0	0
470	0	0	9756	244	0	0	0	470	0	0	9965	35	0	0	0
480	0	0	9473	527	0	0	0	480	0	0	9934	66	0	0	0
490	0	0	8883	1116	0	0	0	490	0	0	9872	128	0	0	0
500	0	0	7756	2242	1	0	0	500	0	0	9751	249	0	0	0
510	0	0	5960	4035	4	0	0	510	0	0	9512	487	0	0	0
520	0	0	3822	6167	11	0	0	520	0	0	9052	947	1	0	0
530	0	0	2029	7946	24	0	0	530	0	0	8211	1787	2	0	0
540	0	0	933	9021	46	0	0	540	0	0	6843	3151	6	0	0
550	0	0	392	9526	82	0	0	550	0	0	5012	4973	15	0	0
560	0	0	156	9704	140	0	0	560	0	0	3138	6829	33	0	0
570	0	0	60	9705	236	0	0	570	0	0	1695	8238	66	0	0
580	0	0	22	9586	392	0	0	580	0	0	820	9060	119	0	0
590	0	0	8	9347	645	0	0	590	0	0	369	9427	204	0	0
600	0	0	3	8953	1044	0	0	600	0	0	158	9503	339	0	0
610	0	0	1	8350	1649	0	0	610	0	0	65	9382	553	0	0
620	0	0	0	7490	2510	0	0	620	0	0	26	9088	886	0	0
630	0	0	0	6371	3629	0	0	630	0	0	10	8600	1390	0	0
640	0	0	0	5076	4924	0	0	640	0	0	4	7882	2114	0	0
650	0	0	0	3767	6233	0	0	650	0	0	1	6914	3085	0	0
660	0	0	0	2612	7388	0	0	660	0	0	0	5736	4264	0	0
670	0	0	0	1711	8289	0	0	670	0	0	0	4463	5537	0	0
680	0	0	0	1074	8925	1	0	680	0	0	0	3252	6748	0	0
690	0	0	0	654	9339	7	0	690	0	0	0	2234	7766	0	0
700	0	0	0	389	9578	33	0	700	0	0	0	1463	8537	0	0
710	0	0	0	227	9644	129	0	710	0	0	0	924	9073	2	0
720	0	0	0	128	9423	448	0	720	0	0	0	570	9419	12	0
730	0	0	0	68	8615	1317	0	730	0	0	0	344	9604	52	0
740	0	0	0	31	6902	3067	0	740	0	0	0	203	9596	201	0
750	0	0	0	12	4608	5380	0	750	0	0	0	115	9206	679	0
760	0	0	0	4	2648	7348	0	760	0	0	0	59	8050	1890	0
770	0	0	0	1	1436	8562	0	770	0	0	0	26	5952	4022	0
780	0	0	0	0	795	9205	0	780	0	0	0	9	3621	6370	0
790	0	0	0	0	469	9531	0	790	0	0	0	3	1945	8052	0
800	0	0	0	0	300	9698	1	800	0	0	0	1	1020	8980	0
810	0	0	0	0	211	9781	8	810	0	0	0	0	557	9442	0
820	0	0	0	0	163	9790	48	820	0	0	0	0	328	9672	0
830	0	0	0	0	136	9590	275	830	0	0	0	0	211	9788	1
840	0	0	0	0	113	8450	1437	840	0	0	0	0	149	9844	7
850	0	0	0	0	68	4929	5003	850	0	0	0	0	116	9841	43
860	0	0	0	0	22	1407	8571	860	0	0	0	0	98	9637	265
870	0	0	0	0	5	264	9730	870	0	0	0	0	81	8433	1485
880	0	0	0	0	1	45	9954	880	0	0	0	0	47	4667	5286
890	0	0	0	0	0	7	9992	890	0	0	0	0	14	1199	8787
900	0	0	0	0	0	1	9999	900	0	0	0	0	3	205	9792
910	0	0	0	0	0	0	10000	910	0	0	0	0	1	32	9967
920	0	0	0	0	0	0	10000	920	0	0	0	0	0	5	9995
930	0	0	0	0	0	0	10000	930	0	0	0	0	0	1	9999
940	0	0	0	0	0	0	10000	940	0	0	0	0	0	0	10000
950	0	0	0	0	0	0	10000	950	0	0	0	0	0	0	10000
960	0	0	0	0	0	0	10000	960	0	0	0	0	0	0	10000
970	0	0	0	0	0	0	10000	970	0	0	0	0	0	0	10000
980	0	0	0	0	0	0	10000	980	0	0	0	0	0	0	10000
990	0	0	0	0	0	0	10000	990	0	0	0	0	0	0	10000
1000	0	0	0	0	0	0	10000	1000	0	0	0	0	0	0	10000

日本海南西山口県沖における アカムツの年齢と成長

河野光久

Age and Growth of Black-throat Seaperch,
Doederleinia berycoides in the southwestern
Japan Sea off Yamaguchi Prefecture

Mitsuhisa KAWANO

Age and growth of *Doederleinia berycoides* were studied by analyzing the ring marks on scales taken from the specimens in the southwestern Japan Sea off Yamaguchi Prefecture. Bertalanffy's growth equations were estimated as follows:

$$L_t = 369.66 \times (1 - e^{-0.2219(t+0.3141)}) \text{ for male,}$$

$$L_t = 395.36 \times (1 - e^{-0.2487(t+0.2295)}) \text{ for female.}$$

L_t : total length (mm) at t-age.

The relationship between total length (L, mm) and body weight (W, g) were as follows:

$$W = 1.7357 \times 10^{-6} \times L^{3.4166} \text{ for male,}$$

$$W = 5.2187 \times 10^{-6} \times L^{3.2001} \text{ for female.}$$

The growth of the fish in recent years was estimated to be slower than that in 1960-1970'.

key words : *Doederleinia berycoides*; Age; Growth; Southwestern Japan Sea

アカムツ *Doederleinia berycoides* は本邦の北海道以南に分布するが、特に日本海南西海域に多産し、主に沖合底びき網で漁獲されている¹⁾。

日本海南西海域における本種の年齢と成長については、小嶋¹⁾の報告があるが、年齢査定に使用した鱗の採取年が1966～1974年と30年以上も前である。また、多くの魚種で環境や資源状態に応じて成長が変動することが知られている^{2,3)}ことから、現在の成長は当時の成長とは異なっている可能性がある。

そこで、本研究は日本海南西山口県沖に生息するアカムツの最近の年齢と成長を明らかにし、既往知見との比較を行ったので、結果を報告する。

材料および方法

本研究に用いたアカムツは2007年10月から

2008年8月に沖合底びき網(2そう曳)により日本海南西山口県沖(Fig.1)で漁獲され、下関漁港に水揚げされたもので、総標本数は622個体である。標本は全長、体重、生殖腺重量を測定した後、467個体について胸鰭基部付近の鱗を採取した。鱗は水洗し夾雑物を除去した後、4～6枚をスライドグラスにはさんで万能投影機で20倍に拡大して輪紋の計測を行った。計測は焦点と被覆部上縁角とを結んだ直線を計測軸として、焦点から休止帯外縁までの長さを測定した。輪紋は通常2本が接近して現れ、2重輪としてくり返し出現することから、小嶋¹⁾に従い、産卵期に形成される外輪を年齢標示として採用した(Fig.2)。年齢査定に用いたのは輪紋が比較的明瞭であった378個体である。なお、1歳魚では雌雄の判定が困難な個体の比率が高かったことから、雌雄別の1歳魚の標本数を増やすため、1歳魚については性別不明個体を雌雄それ

それぞれの1歳魚の標本に加えて、雌雄別の鱗径—全長関係式、全長—体重関係式、輪紋形成時の平均鱗径および平均全長を求めた。

結 果

鱗径と全長の関係

鱗径 (R, mm) と全長 (L, mm) の関係式は次のとおりであった。

$$\text{雄} \quad L = 48.142R \quad (n = 174, r^2 = 0.7246)$$

$$\text{雌} \quad L = 51.141R \quad (n = 329, r^2 = 0.8471)$$

$$\text{雌雄込み} \quad L = 50.346R \quad (n = 467, r^2 = 0.8256)$$

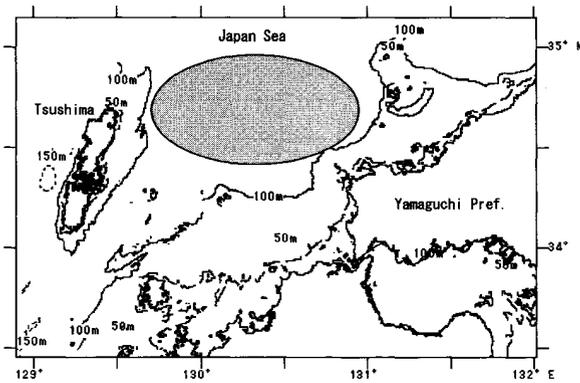


Fig.1 Map showing the sampling locations of black-throat seaperch.

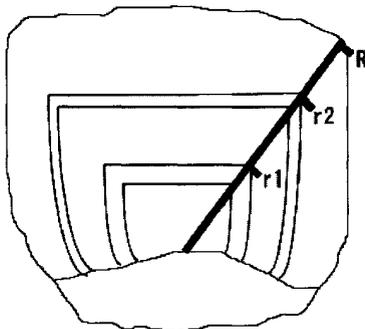


Fig.2 Diagram showing the radii of rings and radius of scale measured in the present study.

輪紋形成時の平均全長

輪紋形成時の平均鱗径と平均全長を Table 1 に示す。

輪紋形成時の平均全長は、輪紋形成時の平均鱗径および R と L の関係式から、雄では $L_1 = 94.4\text{mm}$, $L_2 = 152.1\text{mm}$, $L_3 = 187.8\text{mm}$, $L_4 = 228.7\text{mm}$, 雌では $L_1 = 102.8\text{mm}$, $L_2 = 166.7\text{mm}$, $L_3 = 214.3\text{mm}$, $L_4 = 258.8\text{mm}$, $L_5 = 291.5\text{mm}$, $L_6 = 310.4\text{mm}$ と計算された。

成 長

輪紋形成時の平均全長を用いて、Walford の定差図法により L_t と L_{t+1} との関係式を次のとおり求めた。

$$\text{雄} : L_{t+1} = 0.8009L_t + 73.58$$

$$\text{雌} : L_{t+1} = 0.7797L_t + 87.06$$

次に von Bertalanffy の成長式を以下のとおり求めた。

$$\text{雄} : L_t = 369.66 \times (1 - e^{-0.2219(t+0.3141)})$$

$$\text{雌} : L_t = 395.36 \times (1 - e^{-0.2487(t+0.2295)})$$

Table 1 Mean values (M) and standard deviations (SD) of ring radii in each ring group and calculated total length (L).

Sex	Age	n		r1	r2	r3	r4	r5	r6	
Male	1	41	M	2.08						
			SD	0.24						
	2	73	M	1.96	3.22					
			SD	0.20	0.30					
	3	59	M	1.89	3.08	3.90				
			SD	0.31	0.33	0.38				
	4	1	M	1.65	2.75	3.65	4.75			
			SD	0.00	0.00	0.00	0.00			
				M	1.96	3.16	3.90	4.75		
				SD	0.26	0.32	0.38	0.00		
			L (mm)	94.4	152.1	187.8	228.7			
Female	1	41	M	2.08						
			SD	0.24						
	2	96	M	2.00	3.30					
			SD	0.19	0.27					
	3	106	M	1.99	3.21	4.11				
			SD	0.25	0.38	0.45				
	4	50	M	2.01	3.34	4.32	5.04			
			SD	0.21	0.38	0.38	0.42			
	5	33	M	1.96	3.19	4.25	5.07	5.69		
			SD	0.21	0.30	0.34	0.38	0.43		
	6	3	M	2.18	3.33	4.05	5.05	5.88	6.07	
			SD	0.12	0.21	0.09	0.23	0.20	0.16	
				M	2.01	3.26	4.19	5.06	5.70	6.07
				SD	0.22	0.34	0.42	0.39	0.42	0.16
			L (mm)	102.8	166.7	214.3	258.8	291.5	310.4	

全長—体重関係

全長と体重の関係は次の式で示された。

$$\text{雄} : W = 1.7357 \times 10^{-6} \times L^{3.4166}$$

$$(n = 206, r^2 = 0.968)$$

$$\text{雌} : W = 5.2187 \times 10^{-6} \times L^{3.2001}$$

$$(n = 378, r^2 = 0.988)$$

Bertalanffy の成長式と全長—体重関係式とから求めた雌雄別年齢別の全長および体重を Table 2 に示す。年齢別の全長および体重を雌雄で比較すると、すべての年齢で雌の方が全長、体重ともやや大きく、雌の方が雄より成長が良いことがわかった。

Table 2 Total length (L) and body weight (W) at each age.

Age	Male		Female	
	L(mm)	W(g)	L(mm)	W(g)
1	93.5	9.4	104.2	14.9
2	148.5	45.6	168.3	69.4
3	192.5	110.7	218.3	159.4
4	227.7	196.7	257.3	269.8
5			287.7	385.7
6			311.4	497.0

考 察

小嶋¹⁾は対馬東部群として本研究と同様な海域における1960～1970年代のアカムツの成長を示している。その結果と本研究結果を比べると、近年同海域では1960～1970年代に比べ、雌の1～2歳魚ではやや成長がよいが、雌の3歳以上および雄では成長が悪くなっている (Table 3)。同海域ではムシガレイでも、1960～1970年代に比べ近年成長が悪化したことが報告されている⁴⁾。この原因の1つとして、漁業により大型魚が選択的に漁獲されると成長が遅い方が生残に有利になるため、高齢になると成長が悪くなった可

能性が考えられる。

次に、本研究結果と新潟県沖の研究結果⁵⁾を比較すると、本海域では新潟県沖に比べ雌の1歳魚では成長がやや劣るものの、雌のその他の年齢および雄では新潟県沖よりも成長がよいことがわかる (Table 3)。小嶋¹⁾によれば対馬西部群の方が対馬東部群よりもやや成長がよいとされていることから、本種は日本海ではヒラメ⁶⁾と同様に水温が高い南の海域ほど成長がよいことが窺える。

文 献

- 1) 小嶋喜久雄 (1976) : 日本海西南海域産アカムツの年令と成長. 西海区水産研究所研究報告, **48**, 93-111.
- 2) 和田時夫 (1988) : 道東海域におけるまき網対象マイワシ資源の来遊動態に関する研究. 北海道区水産研究所研究報告, (52), 1-138.
- 3) 河野光久 (2004) : ホソトビウオ (*Cypselurus hiraii* Abe) の資源生物学的研究. 山口県水産研究センター研究報告, (2), 27-76.
- 4) 今井千文・宮崎義信 (2005) : 耳石解析によるムシガレイ日本海西部群の成長モデルの再検討. 水産大学校研究報告, **53** (1), 21-34.
- 5) 大西健美 (2009) : 新潟県沿岸域におけるアカムツの年令と成長及び産卵期. 新潟県水産海洋研究所研究報告, (2), 15-20.
- 6) 河野光久 (1997) : 山口県沿岸海域におけるヒラメの資源生物学的研究. 山口県外海水産試験場研究報告, **26**, 27-40.

Table 3 Comparison of total length (mm) at ages among studies.

Age	Male			Female		
	Kojima	Ohnishi	this study	Kojima	Ohnishi	this study
1	97	91	93.5	96	107	104.2
2	155	140	148.5	167	158	168.3
3	204	180	192.5	225	201	218.3
4	243	214	227.7	275	238	257.3
5	270			306	278	287.7
6				329	298	311.4
7				345	321	
8				357	342	
9				365		
10				372		

山口県日本海沖合域で沖合底びき網によって 漁獲された魚類

河野光久・小林知吉*

Fishes Caught by Offshore Trawls in Offshore Waters
of Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea

Mitsuhisa KAWANO and Tomokichi KOBAYASHI

We made a list of fishes occurred at bottom layer in offshore waters of Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea between 2005 and 2006 based on the catches by offshore trawls. The total number of species was 119 species consisting of 52 families and 16 orders. These fishes were divided into three groups: 30 hot water species, 83 warm water species and 6 cold water species. The list would be useful to analyze the changes in species composition of fishes in relation to the changes in water temperature.

key words : Fish; Species composition; Offshore trawl; Southwestern Japan Sea

近年、山口県日本海沿岸域では水温の上昇に対応して、熱帯・亜熱帯性魚類の出現が顕著になっている¹⁾。このような現象は山口県日本海沖合域でも起きていることが想定されるが、沿岸域に比べ沖合域に生息する魚類の種組成に関する知見や情報は極めて少ないのが現状である。著者ら²⁾は先に、2005～2006年に山口県日本海沖合域で操業した沖合底びき網（2そうびき、以下沖底という。）による投棄魚の種組成を報告したが、種名の記載については主要種のみで、また出荷魚の種組成については報告しなかった。本報では、今後地球温暖化により予測されるさらなる海水温の上昇³⁾に伴う出現魚種の変化を解明するための基礎資料とするため、先に報告した沖底の漁獲物に関する資料²⁾に新たな資料を追加し、山口県日本海沖合域における出現魚種の目録を作成した。

材料および方法

魚種組成の資料は、沖底漁船第1やまぐち丸および

第2やまぐち丸が2005年5月～2006年10月に8回（表1）、山口県日本海沖合域（水深99～136m、図1）で操業して得られた漁獲物の出荷魚の記録と、投棄魚標本（40～85kg）の種の査定を行い得られた資料を用いた。なお、種の査定および学名の記載は中坊^{4,5)}に準じた。また、各魚種の気候区分に基づく分布型は西村⁶⁾に準じ、熱帯・亜熱帯性種、温帯性種、寒帯・亜寒帯性種の3つに分類した。

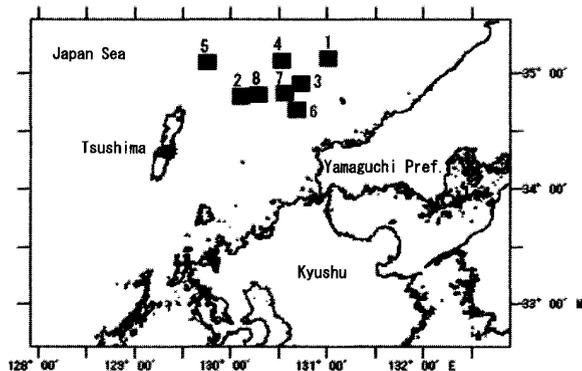


図1 沖合底びき網による魚類の採捕場所。
採捕場所の数字は表1に対応。

* つのしま自然館（山口県下関市豊北町角島 893-1）

表1 沖合底びき網による魚類の標本採取記録

採取年月日	採取海域*	水深 (m)	表層水温 (°C)	底層水温 (°C)	漁船名
2005年5月22日	1	120-136	18.7-18.8	15.3-15.6	第1・第2やまぐち丸
8月26日	2	122-123	25.8	13.6	第1やまぐち丸
8月31日	3	118-125	26.5	12.2	第1・第2やまぐち丸
11月18日	4	132-133	18.2-19.5	9.8	第1・第2やまぐち丸
2006年1月30日	5	132-157	14.2-14.3	13.0-16.2	第1・第2やまぐち丸
4月14日	6	120-131	14.8	14.8	第1やまぐち丸
5月27日	7	99-121	17.6	15.5-15.6	第1やまぐち丸
10月26日	8	126-130	21.3	10.9	第1やまぐち丸

* 図1参照

結果および考察

出現した魚種はメジロザメ目1科1種, エイ目2科6種, ウナギ目3科6種, ニシン目1科1種, ニギス目1科2種, ヒメ目3科4種, タラ目1科1種, アシロ目1科2種, アンコウ目2科4種, キンメダイ目1科1種, マトウダイ目1科2種, トゲウオ目1科1種, スズキ目27科46種, カサゴ目7科18種, カレイ目7科20種, フグ目3科4種, 合計16目62科119種であった(表2)。

気候区分に基づく分布型でみると, 温帯性種が83と最も多く出現した(表2)。熱帯・亜熱帯性種は30種で, 温帯性種の半分以下であるが(表2), 今後地球温暖化が沖合域の底層水温にも影響を及ぼすようになれば, 熱帯・亜熱帯性種が増加する可能性があり, 今後の出現動向が注目される。寒帯・亜寒帯性種は, コウライガジ *Zoarces gillii*, ハタハタ *Arctoscopus japonicus*, ビクニン *Liparis tessellatus*, ソウハチ *Hippoglossoides pinetorum*, ヒレグロ *Glyptocephalus stelleri*, およびババガレイ *Microstomus achne* の6種が出現した(表2)。本海域では10°C以下の冷水が陸棚斜面から陸棚上の底層に出現することが知られており⁷⁾, この冷水がソウハチなどの寒帯・亜寒帯性種の分布と密接に関連していると考えられている⁸⁾。

著者らは本調査と併行して, 下関漁港地方卸売市場で沖底により水揚げされた魚類の調査を継続している。これにより本調査では確認できなかったメダイ *Hyperoglyphe japonica*, ハモ *Muraenesox cinereus*, クロアナゴ *Conger japonicus*, ニシン *Clupea pallasii*, マナガツオ *Pampus punctatissimus*, コショウダイ *Plectorhinchus cinctus*, アカイサキ *Caprodon schlegelii*, ハチビキ *Erythrocles schlegelii*, アオハタ *Epinephelus awoara*, ケムシカジカ *Hemitripterus villosus*, オオクチイシナギ *Stereolepis doederleini*, トラフグ *Takifugu rubripes*, ゴマフグ *Takifugu stictonotus* 等を確認している。今後も本報告に未記載の魚種はまだ出てくると思われるので, 沖底で漁獲される魚種と分布に関する資料を継続して収集していきたい。

謝 辞

本研究に用いた漁獲物の資料は独立行政法人水産総合研究センター開発調査センターおよび第1やまぐち丸・第2やまぐち丸の協力により提供していただいたものである。ここに記して謝意を表します。とりわけ, 標本採取の労をとっていただいた同センター高山剛氏ならびに岩中正博氏, 第1やまぐち丸漁労長兼船長清島龍太郎氏, 第2やまぐち丸船長玉城文雄氏ほか乗組員の皆様に深く感謝します。

文 献

- 1) 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.
- 2) 河野光久・小林知吉(2006): 日本海南西海域で操業する沖合底びき網による漁獲物の投棄量と種組成. 山口県水産研究センター研究報告, (6), 25-29.
- 3) 坂本 天・鈴木立郎・羽角博康(2008): 温暖化シナリオ下において日本周辺海域で予期される海洋環境の変化. 水産海洋研究, 72(4), 284-285.
- 4) 中坊徹次(編)(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, vi +866pp.
- 5) 中坊徹次(編)(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, vii +882pp.
- 6) 西村三郎(1995): 日本近海における動物分布. 原色検索日本海岸動物図鑑 I (西村三郎編著), 保育社, 東京, pp.xi-xix.
- 7) 森脇晋平・小川嘉彦(1998): “底部冷水”の海況学的特性. 東北区水産研究所研究報告, (50), 25-47.
- 8) 森脇晋平・小川嘉彦(1998): 日本海南西海域における“底部冷水”の底魚類への影響. 東北区水産研究所研究報告, (51), 167-181.

表2 山口県日本海沖合域で沖合底びき網により漁獲された魚類

No.	綱	目	科	種名	分布型*	2005				2006				
						5.22	8.26	8.31	11.18	1.30	4.14	5.28	10.26	
1	軟骨魚綱	メジロザメ目	トラザメ科	トラザメ	<i>Scyliorhinus torazame</i>	T	●	●	●	●		●	●	●
2	軟骨魚綱	エイ目	シビレエイ科	シビレエイ	<i>Narke japonica</i>	T	●		●			●	●	●
3			ガンギエイ科	ガンギエイ	<i>Dipturus kwangtungensis</i>	T	●		●			●	●	
4				ツマリカスベ	<i>Okamejei schmidti</i>	T	●							
5				コモンカスベ	<i>Okamejei kenojei</i>	T	●			●	●			
6				イサゴガンギエイ	<i>Okamejei boesemani</i>	T							●	
7				モヨウカスベ	<i>Okamejei acutispina</i>	T	●						●	
8	硬骨魚綱	ウナギ目	アナゴ科	マアナゴ	<i>Conger myriaster</i>	T	●	●	●	●	●	●	●	●
9				ニセギンアナゴ	<i>Gnathophis nystromi ginanago</i>	T	●							
10				ギンアナゴ	<i>Gnathophis nystromi nystromi</i>	T	●		●				●	●
11			ヘラアナゴ科	ヘラアナゴ	<i>Nessorhamphus ingolfianus</i>	W			●					
12			ウミヘビ科	ダイナンウミヘビ	<i>Ophisurus macrorhynchus</i>	W				●				
13				スソウミヘビ	<i>Ophichthus urolophus</i>	W								●
14		ニシン目	ニシン科	マイワシ	<i>Sardinops melanostictus</i>	T				●				
15		ニギス目	ニギス科	カゴシマニギス	<i>Argentina kagoshimae</i>	T	●							●
16				ニギス	<i>Glossanodon semifasciatus</i>	T	●	●	●	●	●	●	●	●
17		ヒメ目	ヒメ科	ヒメ	<i>Aulopus japonicus</i> Gunther	W	●	●	●	●	●	●	●	●
18			エソ科	マエソ	<i>Saurida sp.2</i>	T						●		
19				クロエソ	<i>Saurida sp.1</i>	T			●					
20			ハダカエソ科	シロナメハダカ	<i>Lestidiops jayakari</i>	W					●			
21		タラ目	ソコダラ科	ヤリヒゲ	<i>Gaelorinchus multispinulosus</i>	T	●	●	●	●	●	●	●	●
22		アシロ目	アシロ科	シオイタチウオ	<i>Neobythites sivicolus</i>	T		●	●	●	●	●	●	●
23				ヨロイタチウオ	<i>Hoplobrotula armata</i>	T		●	●	●	●	●	●	●
24		アンコウ目	アンコウ科	アンコウ	<i>Lophiomus setigerus</i>	W	●	●	●	●	●	●	●	●
25				キアンコウ	<i>Lophius litulon</i>	T	●	●	●	●	●	●	●	●
26			アカグツ科	アカグツ	<i>Halieutaea stellata</i>	W	●	●	●	●	●	●	●	●
27				ワヌケフウリュウウオ	<i>Malthopsis annulifera</i>	W				●				
28		キンメダイ目	マツカサウオ科	マツカサウオ	<i>Monocentris japonica</i>	W	●						●	
29		マトウダイ目	マトウダイ科	カガミダイ	<i>Zenopsis nebulosa</i>	W	●		●	●	●	●	●	●
30				マトウダイ	<i>Zeus faber</i> Linnaeus	W	●	●	●	●	●	●	●	●
31		トゲウオ目	サギフエ科	サギフエ	<i>Macroramphosus scolopax</i>	W	●		●					●
32		スズキ目	スズキ科	スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	T						●		
33			ホタルジャコ科	アカムツ	<i>doederleinia berycoides</i>	W		●		●	●	●	●	●
34				スミクイウオ	<i>Synagrops japonicus</i>	W			●	●	●	●	●	●
35				ヒメスミクイウオ	<i>Synagrops philippinensis</i>	W								●
36				ワキヤハタ	<i>Malakichthys wakiyae</i>	T		●		●				
37			ハタ科	マハタ	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	T			●					
38				ヒメコダイ	<i>Chelidoperca hirundinacea</i>	T		●	●	●	●	●	●	●
39				アラ	<i>Nippon spinosus</i>	W		●						
40			キントキダイ科	チカメキントキ	<i>Cookeolus japonicus</i>	W	●		●					
41			テンジクダイ科	テンジクダイ	<i>Apogon lineatus</i>	T	●							
42				ネンブツダイ	<i>Apogon semilineatus</i>	W			●				●	
43			アマダイ科	アカアマダイ	<i>Branchiostegus japonicus</i>	T	●	●	●				●	●
44			アジ科	マアジ	<i>Trachurus japonicus</i>	T	●	●	●		●	●	●	●
45				マルアジ	<i>Decapterus maruadsi</i>	T			●					
46				カイワリ	<i>Kaiwarinus equula</i>	W	●		●				●	
47			ヒイラギ科	ヒメヒイラギ	<i>Leiognathus elongatus</i>	W	●							
48			イトヨリダイ科	イトヨリダイ	<i>Nemipterus virgatus</i>	W	●							
49			タイ科	キダイ	<i>Dentex tumifrons</i>	T	●	●	●		●	●	●	●
50				チダイ	<i>Evynnis japonica</i>	T			●					
51				マダイ	<i>Pagrus major</i>	T	●		●				●	●
52			ニベ科	コニベ	<i>Johnius grypotus</i>	T				●				
53			ヒメジ科	ヒメジ	<i>Upeneus japonicus</i>	W	●					●	●	
54			チョウチョウウオ科	チョウチョウエソ	<i>Chaetodon auripes</i>	T	●		●			●		
55			アカタチ科	スミツキアカタチ	<i>Cepola schlegeli</i>	T								●
56			イボダイ科	イボダイ	<i>Psenopsis anomala</i>	T		●	●			●	●	●
57			マナガツオ科	マナガツオ	<i>Pampus punctatissimus</i>	T				●				
58			ゲンゲ科	コウライガジ	<i>Zoarces gillii</i>	C				●				
59			ハタハタ科	ハタハタ	<i>Arctoscopus japonicus</i>	C			●					
60			トラギス科	クラカケトラギス	<i>Cirrhoscyllium japonicum</i>	W	●		●				●	●

* C:寒帯・亜寒帯性種, T:温帯性種, W:熱帯・亜熱帯性種

表2 山口県日本海沖合域で沖合底びき網により漁獲された魚類 (続き)

No.	綱	目	科	種名	分布型*	2005			2006				
						5.22	8.26	8.31	11.18	1.30	4.14	5.28	10.26
61	硬骨魚綱	スズキ目	トラギス科	オキトラギス	<i>Parapercis multifasciata</i>	T			●				●
62				シズクトラギス	<i>Parapercis sp.2</i>	T			●				
63			ホカケトラギス科	アイトラギス	<i>Bembrops caudimacula</i>	W			●				●
64				ホカケトラギス	<i>Pteropsaron evolans</i>	T					●		
65			ワニギス科	ワニギス	<i>Champsodon snyderi</i>	T	●	●		●	●		●
66			ミシマオコゼ科	ミシマオコゼ	<i>Uranoscopus japonicus</i>	T	●	●	●	●	●	●	
67			ミシマオコゼ科	アオミシマ	<i>Xenocephalus elongatus</i>	T		●					
68			ネズヅボ科	ホロヌメリ	<i>Repomucenus virgis</i>	T	●		●				●
69				ソコヌメリ	<i>Bathycallionymus sokonumeri</i>	T			●				
70				ベニテグリ	<i>Foetorepus altivelis</i>	T			●				●
71				ヤリヌメリ	<i>Repomucenus huguenini</i>	T						●	
72			カマス科	アカカマス	<i>Sphyaena pinguis</i>	T				●	●		
73			クロタチカマス科	カゴカマス	<i>Rexea prometheoides</i>	W				●			●
74				ナガタチカマス	<i>Thyrsitoides marleyi</i>	W				●			
75			タチウオ科	タチウオ	<i>Trichiurus japonicus</i>	T				●	●		
76			サバ科	マサバ	<i>Scomber japonicus</i>	W			●				
77				サワラ	<i>Scomberomorus niphonius</i>	T				●	●		
78		カサゴ目	フサカサゴ科	ウスメバル	<i>Sebastes thompsoni</i>	T			●		●		
79				カサゴ	<i>Sebastes marmoratus</i>	T				●			
80				イズカサゴ	<i>Scorpaena neglecta</i>	T	●	●	●	●			●
81				ミノカサゴ	<i>Pterois volitans</i>	W					●		
82				ユメカサゴ	<i>Helicolenus hilgendorfi</i>	T	●	●		●			
83			オニオコゼ科	イトオコゼ	<i>Minous quincarinatus</i>	T	●						
84			イボオコゼ科	アブオコゼ	<i>Erisphex pottii</i>	T	●	●		●	●		●
85			ホウボウ科	ホウボウ	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	T			●				
86				オニカナガシラ	<i>Lepidotrigla kishinouyei</i>	T	●		●	●	●	●	●
87				カナド	<i>Lepidoteigla guentheri</i>	T	●			●	●	●	●
88				カナガシラ	<i>Lepidotrigla microptera</i>	T	●	●	●	●	●	●	●
89				ソコカナガシラ	<i>Lepidotrigla abyssalis</i>	T	●		●	●	●	●	●
90			コチ科	アネサゴチ	<i>Onigocia macrolepis</i>	T							●
91				メゴチ	<i>Suggrundus meerdervoortii</i>	T					●	●	
92				ハナメゴチ	<i>Ratabulus megacephalus</i>	T		●					
93			ハリゴチ科	ナツハリゴチ	<i>Hoplichthys langsdorffii</i>	T	●		●	●	●	●	●
94			クサウオ科	クサウオ	<i>Liparis tanakae</i>	T	●			●	●		
95				ビクニン	<i>Liparis tessellatus</i>	C			●				
96		カレイ目	コケビラメ科	コケビラメ	<i>Citharoides macrolepidotus</i>	W		●					●
97			ヒラメ科	ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>	T	●				●	●	●
98				タマガンソウビラメ	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	T	●	●	●	●	●	●	●
99			ダルマガレイ科	トウカイナガダルマガレイ	<i>Arnoglossus yamanakai</i>	T			●				
100				トサダルマガレイ	<i>Psettina tozana</i>	T			●		●	●	
101				ヒメダルマガレイ	<i>Engyprosopton longipelvis</i>	T							●
102				ナガダルマガレイ	<i>Arnoglossus tenuis</i>	T					●	●	
103				クチボソザラガレイ	<i>Chascanopsetta micrognathus</i>	W	●						
104				コウベダルマガレイ	<i>Crossorhombus kobensis</i>	T						●	
105			カレイ科	ソウハチ	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	C	●			●	●	●	
106				ムシガレイ	<i>Eopsetta grigorjewi</i>	T	●	●	●	●	●	●	●
107				メイタガレイ	<i>Pleuronichthys cornutus</i>	T	●	●	●	●	●	●	●
108				ヤナギムシガレイ	<i>Tanakius kitaharai</i>	T	●	●	●	●	●	●	●
109				ミギガレイ	<i>Dexistes rikuzenius</i>	T	●	●		●	●	●	
110				ヒレグロ	<i>Glyptocephalus stelleri</i>	C	●			●			
111				ハバガレイ	<i>Microstomus achne</i>	C	●				●		
112			カワラガレイ科	カワラガレイ	<i>Poecilopsetta plinthus</i>	T	●		●				●
113			ササウシノシタ科	トビササウシノシタ	<i>Aseraggodes kobensis</i>	T						●	
114				セトウシノシタ	<i>Pseudaesopia japonica</i>	T			●				
115			ウシノシタ科	ゲンコ	<i>Gynoglossus interruptus</i>	T						●	
116		フグ目	ベニカワムキ科	ベニカワムキ	<i>Triacanthodes anomalus</i>	T		●	●	●	●		
117			カワハギ科	ウマヅラハギ	<i>Thamnaconus modestus</i>	T	●		●			●	
118			フグ科	マフグ	<i>Takifugu porphyreus</i>	T	●		●			●	
119				ヨリトフグ	<i>Sphoeroides pachygaster</i>	T			●				

* C:寒帯・亜寒帯性種, T:温帯性種, W:熱帯・亜熱帯性種

山口県瀬戸内海東部平生町地先のマナマコの産卵期について

村田 実・松野 進*¹

Spawning Period of the Japanese sea cucumber *Stichopus japonicus* in the coast of Hiraō, eastern Yamaguchi Pref., Japan

Minoru MURATA, Susumu MATSUNO

The Japanese sea cucumber *Stichopus japonicus* is an important fishery resource of the Seto Inland Sea Yamaguchi Pref.. The spawning period of the sea cucumber in the coast of Hiraō was estimated using monthly changes of gonad index (GI) and histological observations of reproduction organs. GI was calculated for three color types of the sea cucumber captured by the beam trawl fisheries (called as NAMAKO KOGI) and the ISARI fishing (includes the diving fishing) from Jan. 2008 to Mar. 2010. Based on the seasonal changes of GI and the gonad maturational conditions, the spawning periods for the sea cucumber in this area is estimated to occur from March to June..

key words : Japanese sea cucumber; spawning period; gonad index

マナマコは山口県瀬戸内海の重要な水産資源である。とりわけ、冬季の底びき網漁業、素もぐり漁あるいはいさり漁にとり重要魚種である。

山口県瀬戸内海は、西日本におけるマナマコの主要な産地であり、マナマコの漁獲量は、ここ数年約1,000トンで推移している。なかでも県東部に位置する平生町は、マナマコの漁獲量が多く、マナマコの加工品が町の特産品として知られる、マナマコの加工業が盛んな地区である。

この海域におけるマナマコの産卵期を明らかにすることを目的に、2008年1月から2010年3月までの間、定期的にマナマコを採集し、生殖巣の成熟過程を調査した。その結果から本海域におけるマナマコの産卵期に関して若干の知見を得たので報告する。

本種には、アオナマコ、クロナマコ及びアカナマコの3種の色彩変異型が知られているが、平生町で漁獲されるマナマコは、アオナマコが60%から70%を占め、ついでクロナマコ、アカナマコの順に水揚げされている。アカナマコの水揚げ量はごくわずかである。

材料と方法

マナマコを採集した平生町沿岸は、山口県瀬戸内海東部に位置し、沖側を馬島（うましま）、芻島（はねしま）、佐合島（さごうしま）の島しょと室津半島に囲まれた伊予灘に面した海域である（図1）。

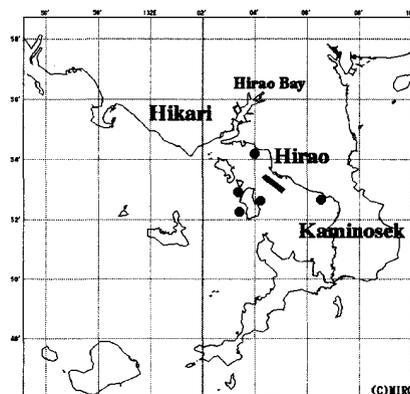


Fig.1 Map showing the coast of Hiraō. Symbols areas show sampling localities (—NAMAKO KOGI ●DIVING FISHING)

* 前（社）山口県栽培漁業公社 内海生産部

結 果

成熟調査に供したマナマコは、2008年、2009年とも1月から7月及び11月、12月の9ヶ月間（ただし、2009年11月は試料が採集できなかった）と2010年1月から3月までの期間、原則月1回採集した。

また、2008年、2009年とも7月に採集した個体の一部を、約2ヶ月間飼育し、9月に成熟調査を行った。

2008年は、素もぐり漁あるいはいさり漁で漁獲されたマナマコについて、また、2009年、2010年は、素もぐり漁あるいはいさり漁に加えて、ナマコ漕ぎ漁で漁獲されたマナマコについて調査した。

これらのマナマコは、ナマコ漁期である11月から翌年3月までは、市場に水揚げされたマナマコを買い上げた。また、4月から7月の禁漁期間中は、素もぐり漁とナマコ漕ぎ漁船各1隻を用船し特別採捕許可により採集した。

調査個体数は、素もぐり漁（いさり漁も含む）、ナマコ漕ぎ漁ともに、各色彩型別に30個体とした。

採集したマナマコは、実験室に持ち帰って水槽に収容し、翌日、体重、殻重量、性別および生殖巣重量を計測した。また、標準体長の計測は写真撮影した個体について山名^{3,4)}の方法によって求めた。

なお、殻重量は、切開後に体腔水を含め内部器官をすべて除去した殻の重量とした。生殖巣指数は生殖巣重量/殻重量×100により求めた。

また、雌雄判別は、生殖巣を顕微鏡観察によって行い、さらに雌については生殖巣内の卵母細胞の長径を測定した。

2008年から2010年までのマナマコの成熟調査結果を表1に示した。

また、調査海域の水温を図2に示した。

試料採集について、アカナマコは、十分な個体数を採集することができなかった。また、アオナマコ、クロナマコについても2009年6、7月は、採集個体数が少なかった。

調査した個体数は、アオナマコ1010個体、クロナマコ905個体、アカナマコ172個体であった。

ナマコ漕ぎ漁を加えた2009年に採集されたマナマコの大きさを漁法別に比較すると、アオナマコ、クロナマコについては、ナマコ漕ぎ漁で漁獲された個体が、素もぐり漁で漁獲された個体より大型であった。

このような大きさの違いは、素もぐり漁やいさり漁

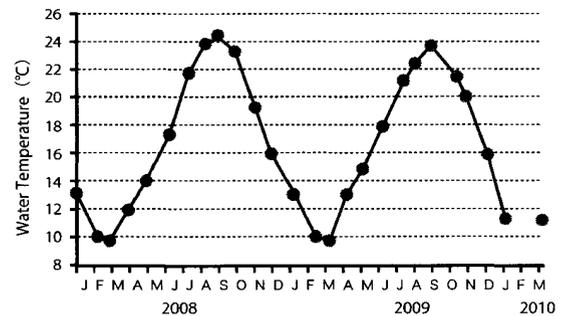


Fig.2. Water temperatures from Jan.2008 to Mar. 2010 at the coast of Hirao.

Tab.1. Sampling data of the Japanese sea cucumber in Hirao coast

調査年月日 Date	アオ (Green type)			クロ (Black type)			アカ (Red type)		
	調査 個体数 No.	生殖巣を もつ個体数 Indiv. No. of maturity	生殖巣指数 Gonad index	調査 個体数 No.	生殖巣を もつ個体数 Indiv. No. of maturity	生殖巣指数 Gonad index	調査 個体数 No.	生殖巣を もつ個体数 Indiv. No. of maturity	生殖巣指数 Gonad index
2008/1月15日	20	2	0.646 - 22.179	10	1	7.744	-	-	-
2月12日	29	2	0.828 - 4.339	29	5	0.749 - 2.861	-	-	-
2月26日	30	3	0.299 - 1.051	30	5	0.055 - 2.677	-	-	-
3月27日	30	1	5.546	30	2	0.026 - 0.654	-	-	-
4月16日	30	6	0.009 - 5.011	30	5	0.037 - 0.25	-	-	-
5月07日	30	6	0.057 - 0.236	30	5	0.022 - 1.564	14	8	0.014 - 5.495
5月27日	32	1	1.199	30	1	0.419	-	-	-
6月18日	30	8	0.160 - 6.632	30	7	0.015 - 8.038	-	-	-
7月09日	30	16	0.018 - 9.362	30	13	0.055 - 10.019	-	-	-
7月30日	30	21	0.132 - 19.397	30	28	0.073 - 24.183	-	-	-
9月24日	24	17	0.077 - 48.813	12	9	0.623 - 18.647	-	-	-
11月12日	30	7	0.016 - 41.619	30	7	0.014 - 22.751	-	-	-
12月15日	30	1	0.707	30	2	0.042 - 0.043	-	-	-
2009/1月15日	60	4	0.204 - 7.496	49	5	0.034 - 3.853	-	-	-
2月22日	58	6	0.013 - 2.000	57	7	0.025 - 1.706	-	-	-
3月18日	60	31	0.062 - 16.907	60	37	0.008 - 20.662	25	-	0.010 - 28.060
4月17日	60	7	0.783 - 17.558	60	9	0.251 - 24.834	17	13	0.336 - 12.527
5月13日	90	14	0.485 - 22.324	46	7	0.363 - 23.727	5	1	17.087
6月18日	45	4	0.030 - 0.788	39	7	0.612 - 8.230	21	0	-
7月23日	10	2	0.139 - 1.636	15	4	0.144 - 1.563	-	-	-
9月15日	14	3	0.582 - 10.926	7	5	5.607 - 16.345	-	-	-
12月10日	60	1	7.0765	52	3	0.072 - 18.195	20	0	-
2010/1月15日	61	15	0.256 - 3.756	60	23	0.101 - 6.165	13	2	0.958 - 6.165
2月12日	59	14	0.166 - 6.04	59	12	0.047 - 10.487	33	20	0.072 - 9.130
3月23日	58	11	0.023 - 9.834	50	10	0.107 - 17.447	24	15	0.011 - 15.114

(Gonad Index=Gonad weight/Weight of body wall × 100)

は、水深5 m前後のごく浅い岩礁帯の周辺が漁場であるのに対し、ナマコ漕ぎの漁場は、水深約10 mとより深い漁場であり、生息水深が深くなるにつれナマコが大型となる崔¹⁾が述べているナマコの層別分布を反映した結果と考えられた。

また、時期別では、3月から5月に大型個体が多くなる傾向がみられた。

次に、採集したマナマコから体重(BW g)と殻重量(MW g)および標準体長(Le mm)と殻重量の関係式を色彩型別に求めた。

アオナマコ $MW=0.497 \times BW+15.396$ ($R^2=0.8976$)

$MW=131.38 \times \exp(0.0023 \times Le)$ ($R^2=0.6694$)

クロナマコ $MW=0.4841 \times BW+12.391$ ($R^2=0.9197$)

$MW=140.5 \times \exp(0.0021 \times Le)$ ($R^2=0.7141$)

アカナマコ $MW=0.4305 \times BW+12.114$ ($R^2=0.8718$)

それによると、体重に対する殻重量の値は、アオナマコ、クロナマコ、アカナマコの順に大きくなった。

また、アオナマコ、クロナマコについて求めた、殻重量-標準体長の関係でも、クロナマコの殻重量がアオナマコより大きい値となり、色彩型で形態的に異なっていた。

次に、3色彩型の体重に対する生殖巣指数の推移を図3-1, 2, 3に示した。

それによると、アオナマコ、クロナマコでは、生殖巣を有する個体が毎月観察されたが、生殖巣指数の値は、採集時期により大きく異なっていた。

アオナマコの体重300g以上の比較的大型の個体では、3月から5月に生殖巣指数が高い個体が多く、6月以降その数は減少した。一方、小型の100から200gの若令個体の一部に、7月以降高い生殖巣指数を持つものがあらわれ、大型個体より成熟時期が遅れる傾向がみられた。

クロナマコは、アオナマコとほぼ同様な生殖巣の発達状況を示した。しかし、クロナマコでは、小型の個体で6月にも生殖巣の発達がみられた。また、生殖巣指数の値が高い個体の大きさは、アオナマコと比較してより大型であった。

アカナマコは、生殖巣の発達がアオナマコやクロナマコより早い2月から観察された。また、生殖巣がよく発達した個体の大きさは、アオナマコやクロナマコより小型であった。

体重が100 g以下の小型の個体を除くと、生殖巣指数の値が10を上回る個体は、3月および4月にはアオナマコで600g、クロナマコで800g、アカナマコでは200gであった。しかし、5月にはアオナマコで400 g、クロナマコで600 gとより小型のマナマ

コにも生殖巣指数の値が10を上回る個体が出現した。このように、より小型個体の生殖巣の発達は、大型個体にくらべ遅れていた。

以上のように、本海域におけるマナマコの生殖巣の発達は、色彩型にも、また、同じ色彩型であっても個体の大きさによっても異なっていた。

卵径の観察結果は、各色彩型とも2月以降徐々に卵径が大きくなり、3月には150 μ 以上の成熟卵^{6,7)}をもつ個体があらわれた。

このように生殖巣の発達結果と卵母細胞の大きさの推移から、この海域におけるマナマコの産卵期は、3月から5月であると推察された。

継続飼育を行ったアオナマコおよびクロナマコの若令個体の一部は、夏眠期である7月あるいは9月に生殖巣が発達した。この現象は生物学的最小形である殻重50g以下の若令個体にも観察されている。しかし、生殖巣に成熟した卵や精子は観察されなかったことから、産卵をしている可能性は少ないと考えられた。

また、夏眠期に生殖巣が発達した個体の生殖巣以外の内臓器官は極度に縮小していた。

考 察

これまでマナマコの産卵期については、水温13~15℃で産卵が開始され、18~22℃で産卵が終了するとして崔¹⁾の報告や、佐賀県のナマコについて12~18℃とした伊東²⁾の報告がある。

また、マナマコは多回産卵で、産卵期間も長く、生殖巣指数のピークの出現は、生息水深や地域差などのほか、年によっても異なることが知られている。

今回の調査結果によると、生殖巣の発達とその顕微鏡観察から、これまでの産卵期と考えられていた時期より1ヶ月ほど早い3月に産卵は開始され5月まで続くとして推察された。

しかし、本海域の3月の水温は、図2に示したように、10℃から12℃であり、これまでの報告より低い水温時期に産卵が開始される可能性が示唆された。

生殖巣指数がピークを示す3~4月に、生殖巣指数の値が10を上回る個体の体重は、アオナマコでは600g以上、クロナマコでは800g以上、アカナマコでは200g以上であった。この結果を佐賀県²⁾と比較すると、アオナマコについてはほぼ同じ大きさであるが、アカナマコではかなり小型個体に偏っていた。

夏眠期に、継続飼育した小型個体の一部に発達した生殖巣がみられたのは、若令個体の成熟が、成体ナマコより遅れる¹⁾、単なる成熟時期の遅延と考えてよいのか、今後の課題として残された。

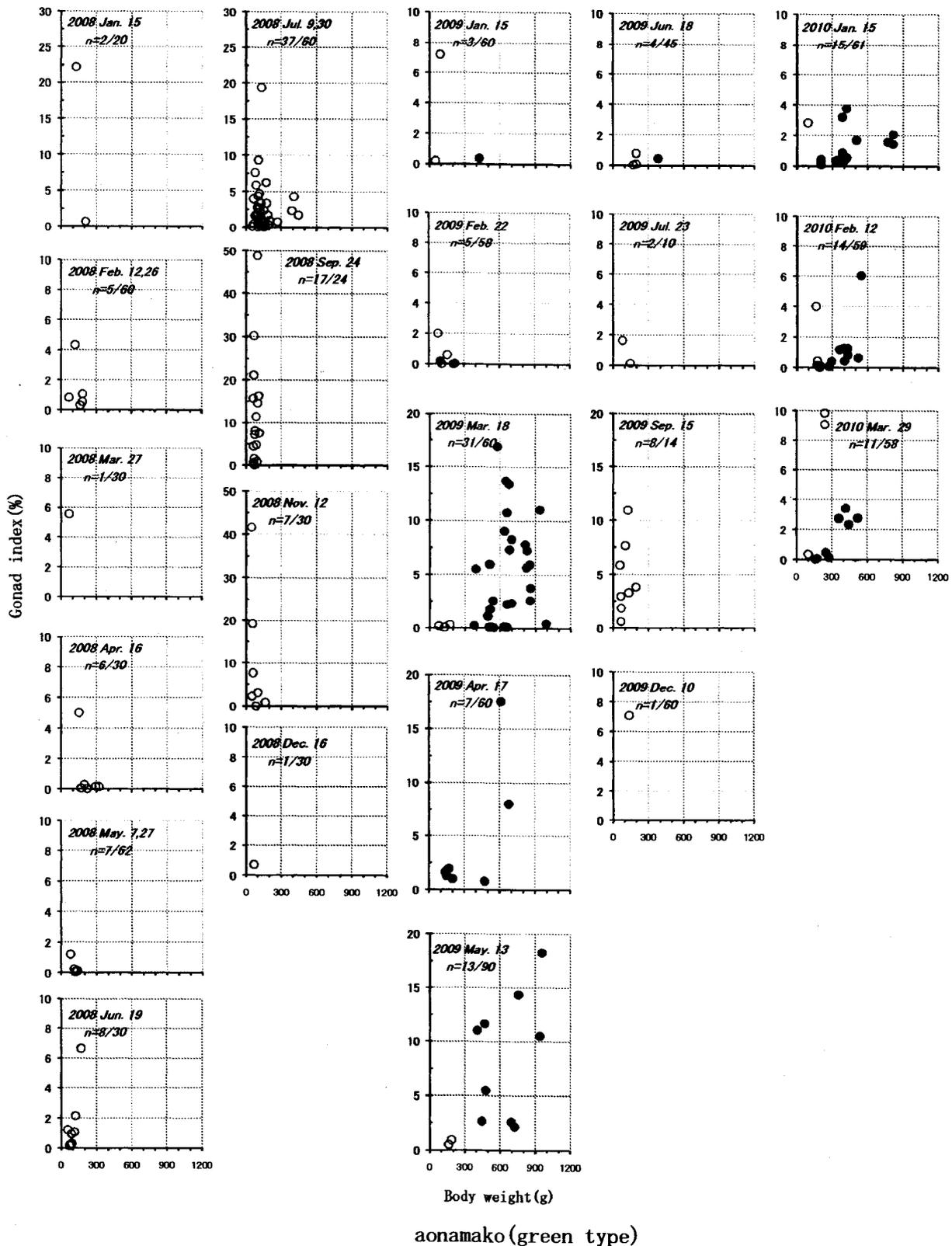
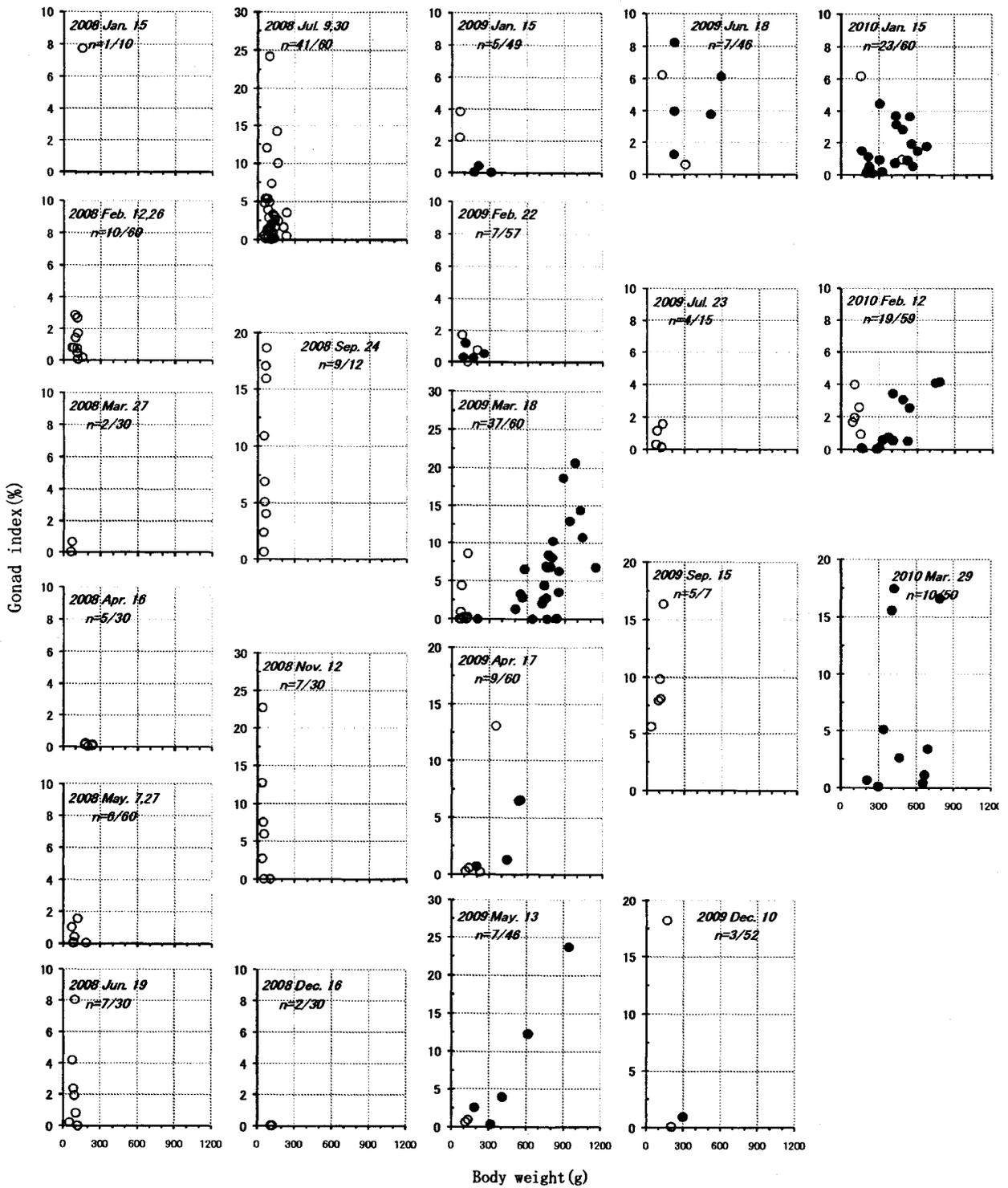


Fig.3-1. Relationships between body weight and gonad index of the green type sea cucumber 2008 January to 2010 March. (Closed marks indicate the specimens caught by the beam trawl fishing and open marks indicate the specimens caught by the ISARI fishing or the diving fishing.)



kuronamako (black type)

Fig.3-2. Relationships between body weight and gonad index of the black type sea cucumber 2008 January to 2010 March.

(Closed marks indicate the specimens caught by the beam trawl fishing and open marks indicate the specimens caught by the ISARI fishing or the diving fishing.)

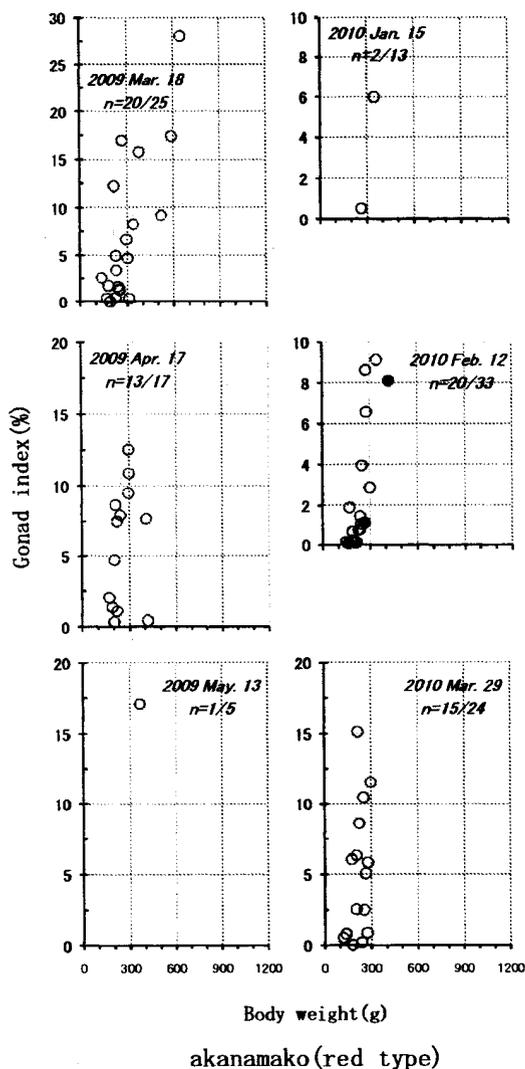


Fig.3-3. Relationships between body weight and gonad index of the red type sea cucumber 2008 January to 2010 March. (Closed marks indicate the specimens caught by the beam trawl fishing and open marks indicate the specimens caught by the ISARI fishing or the diving fishing.)

謝 辞

マナマコ試料の収集にあたり、山口県漁業協同組合平生町支店 永木憲子氏、村上敏彦氏、第二千代丸、大徳丸の皆様には多大なる便宜を図っていただいた。ここに付記して謝意を表する。

文 献

- 1) 崔 相 (1963) : ナマコの研究, 海文堂, 226pp.
- 2) 伊藤史郎 (1995) : マナマコの人工種苗生産技術の開発に関する研究, 佐賀県栽培漁業センター, 第4号, 1-87.
- 3) 山名裕介・浜野龍夫 (2006) : マナマコの新標準体長の有効性, 水産大学校研究報告, 54(3), 105-110.
- 4) Yusuke YAMANA AND Tatu HAMANO (2006): New Size measurement for Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Stichopodidae) estimated from the body length and body breadth, FISHERIES SCIENCE, 72, 585-589.
- 5) 山名裕介・浜野龍夫・三木浩一 (2006) : 山口県東部平生湾の潮間帯におけるマナマコの分布—種ナマコの生育適地の環境条件, 54(3), 111-120.
- 6) 北海道 (2009) : マナマコ人工種苗の陸上育成マニュアル, 北海道立栽培水産試験場, 北海道立稚内水産試験場
- 7) 山野恵祐 (2009) : 産卵誘発ホルモン「クビフリン」を用いたマナマコの採卵技術, 養殖, 2009, 9, No577, 40-42.

山口県産水産物の成分分析結果について

白木信彦・植木陽介

SHIRAKI Nobuhiko・UEKI Yousuke

キーワード：山口県産；水産物；成分分析

近年、漁獲物の付加価値向上策のひとつとして、県内産重要魚種のブランド化に関する取り組みが行われている。このような重要魚種を消費者にPRするためには、成分の特性や季節変化（旬）を把握することが重要であるが、これら魚種の成分特性に関する科学的なデータは少ない。こうしたことから、山口県水産研究センターでは県内産重要魚種を対象に、平成17年度より成分分析を実施してきており¹⁻⁴⁾、平成20年度までに実施した5魚種（アカムツ、アカアマダイ、ハモ、マダイ、タチウオ）について、分析結果を一括整理したので報告する。

材料および方法

アカムツは沖合底びき網で漁獲された450～600gサイズ（18入り）および300～400gサイズ（28入り）のものを、アカアマダイは萩市場に水揚げされた450～650gサイズのもの、ハモは本県瀬戸内海の小型機船底びき網で漁獲された500～700gサイズのもの、マダイは本県瀬戸内海東部海域で漁獲された750～1,200gサイズのもの、タチウオは本県瀬戸内海で漁獲された420～500gサイズのものそれぞれ入手し、アカムツ、アカアマダイは背肉を、ハモ、マダイ、タチウオは可食部全体を皮付きのままホモジナイズし、均質化したものを分析用試料として分析まで冷凍保管した。

一般成分は、各魚種とも漁獲のない時期を除いて毎月分析を行った。水分は105℃常圧乾燥法、灰分は550℃灰化法、粗タンパク質はセミミクロケルダール

法、粗脂肪はソックスレー法により分析を行った。

遊離アミノ酸組成及び脂肪酸組成比については、各魚種とも年1回分析を行った。遊離アミノ酸組成は、試料1gを過塩素酸により除タンパクし⁵⁾、高速液体クロマトグラフLC-10Aアミノ酸分析システム（島津製作所、カラム：Shim-pack Amino-Li）により分析を行った。脂肪酸組成比は、Folch改良法により抽出した脂質を羽田野ら⁶⁾の方法によりメチルエステル化し、ガスクロマトグラフGC-14A（島津製作所、カラム：信和化工ULBONHR-Thermon-3000B）により分析を行った。

結 果

一般成分の分析結果を表1～6および図1～6に示した。

魚類の味に大きな影響を与える粗脂肪量に注目してみると、アカムツは年間を通じて粗脂肪量13%以上と高く、特に18入りでは周年20%以上と、マグロのトロに匹敵する粗脂肪量であった。アカアマダイは晩春から夏にかけて粗脂肪量の値が高い。ハモは9月以降、マダイは秋から冬にかけて、タチウオは初夏及び初冬に粗脂肪量の値が高かった。

水分量については、各魚種とも粗脂肪量の推移と負の相関が認められ、水分量と粗脂肪量の和は概ね一定で推移した。

粗タンパク質量及び灰分量については、各魚種とも顕著な季節変化が認められなかった。

遊離アミノ酸組成及び脂肪酸組成比の分析結果を表

表1 アカムツ（18入り）一般成分

	水分	粗脂肪	粗たんぱく	灰分
9月	59.4%	24.3%	15.9%	1.0%
10月	56.7%	30.8%	14.5%	0.9%
11月	57.3%	27.2%	17.0%	0.9%
12月	55.2%	30.6%	13.3%	1.0%
1月	61.5%	23.2%	14.4%	1.0%
2月	54.8%	29.6%	14.7%	1.0%
3月	59.7%	27.2%	13.7%	1.0%
4月	61.9%	24.3%	15.4%	1.0%

表2 アカムツ（28入り）一般成分

	水分	粗脂肪	粗たんぱく	灰分
9月	62.3%	21.0%	15.1%	1.0%
10月	71.2%	13.2%	17.3%	1.2%
11月	61.2%	22.8%	16.1%	1.0%
12月	55.2%	30.2%	13.4%	1.1%
1月	59.0%	27.0%	13.1%	0.9%
2月	61.0%	22.6%	15.5%	1.0%
3月	64.3%	16.7%	15.5%	1.1%
4月	59.5%	26.4%	13.2%	0.9%

表3 アカアマダイ一般成分

	水分	粗脂肪	粗たんぱく	灰分
1月	77.7%	2.4%	19.7%	1.3%
2月	77.8%	1.3%	18.8%	1.4%
3月	77.7%	2.3%	18.8%	1.3%
4月	78.7%	2.4%	18.4%	1.3%
5月	77.1%	3.2%	19.1%	1.3%
6月	76.2%	2.8%	18.8%	1.3%
7月	76.4%	3.7%	18.7%	1.3%
8月	75.1%	4.9%	18.9%	1.4%
9月	78.0%	2.2%	18.3%	1.4%
10月	79.8%	0.9%	18.0%	1.4%
11月	79.9%	0.7%	17.6%	1.4%
12月	77.0%	2.3%	18.0%	1.4%

表4 ハモ一般成分

	水分	粗脂肪	粗たんぱく	灰分
5月	75.7%	3.5%	19.9%	1.5%
6月	74.2%	4.1%	21.4%	1.5%
7月	75.1%	3.9%	19.1%	1.5%
8月	75.0%	4.2%	19.9%	1.5%
9月	72.0%	4.9%	23.4%	1.6%
10月	73.4%	5.3%	21.6%	1.5%
11月	72.8%	5.3%	21.3%	1.6%

表5 マダイ一般成分

	水分	粗脂肪	粗たんぱく	灰分
1月	71.9%	7.5%	19.4%	1.3%
2月	73.7%	5.8%	19.6%	1.4%
3月	74.6%	4.1%	20.9%	1.5%
4月	72.3%	6.2%	21.3%	1.4%
5月	74.7%	4.8%	19.8%	1.4%
6月	75.4%	3.5%	19.6%	1.4%
7月	74.4%	3.7%	20.7%	1.4%
8月	72.9%	5.8%	19.6%	1.4%
9月	72.0%	7.3%	20.0%	1.3%
10月	72.6%	7.9%	19.1%	1.4%
11月	70.9%	9.8%	18.8%	1.3%
12月	70.1%	10.7%	20.7%	1.4%

表6 タチウオ一般成分

	水分	粗脂肪	粗たんぱく	灰分
6月	74.7%	6.3%	17.6%	1.1%
7月	76.4%	5.0%	18.0%	1.3%
8月	76.5%	3.7%	18.0%	1.3%
9月	79.0%	2.5%	17.5%	1.2%
10月	77.3%	3.8%	18.0%	1.2%
11月	77.9%	3.1%	18.4%	1.3%
12月	75.1%	6.2%	18.1%	1.2%

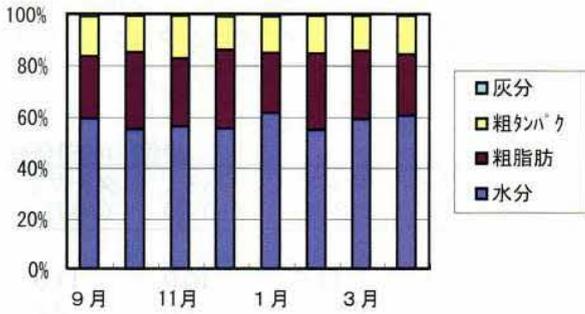


図1 アカムツ（18入り）一般成分

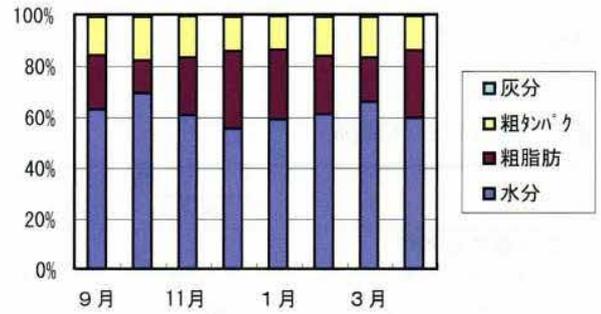


図2 アカムツ（28入り）一般成分

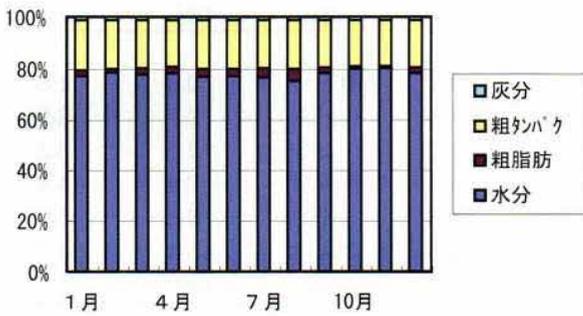


図3 アカアマダイ一般成分

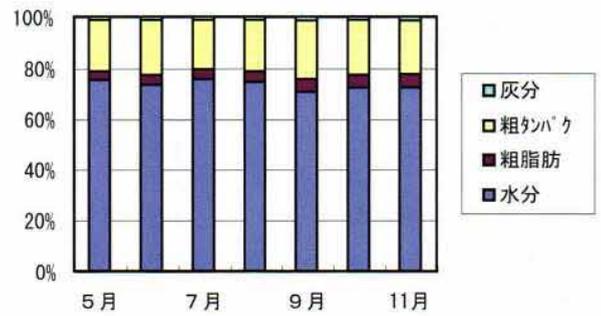


図4 ハモ一般成分

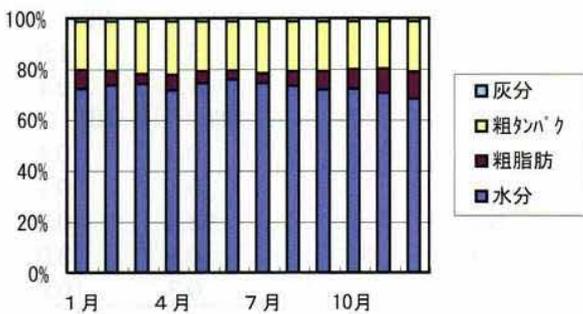


図5 マダイ一般成分

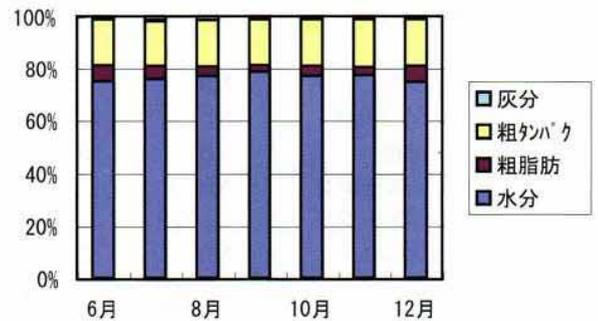


図6 タチウオ一般成分

7, 表8に示した。

遊離アミノ酸組成については、アカムツがジペプチドのアンセリンを高い割合で含んでいることが特徴的であった。その他の魚種はいずれもタウリンを最も多く含んでいるが、旨み系、甘み系アミノ酸に注目してみると、アカアマダイはグリシン、アラニン、リジン

を、マダイはリジンを、ハモはプロリン、グリシンを、タチウオはグルタミン酸、アラニン、リジンをそれぞれ多く含んでいた。

脂肪酸組成比については、各魚種とも概ね同様の傾向を示しており、オレイン酸、パルミチン酸、ドコサヘキサエン酸 (DHA)、エイコサペンタエン酸 (EPA)

表7 遊離アミノ酸組成

単位: mg/100g

	アカムツ (1月)			アマダイ (1月)	マダイ (12月)	ハモ (10月)	タチウオ (10月)
	18入り	28入り	平均				
うまみ系アミノ酸							
グルタミン酸	9.4	8.4	8.9	7.5	11.6	10.0	11.6
アスパラギン酸	ND	4.0	2.0	0.9	ND	1.0	0.2
甘み系アミノ酸							
プロリン	18.0	9.0	13.5	ND	4.6	63.6	7.5
トレオニン	5.6	7.7	6.7	4.4	7.4	ND	3.7
セリン	2.5	16.8	9.7	5.6	5.9	ND	4.0
グリシン	3.3	11.3	7.3	12.5	19.4	95.4	7.6
アラニン	9.7	11.4	10.6	15.8	16.1	6.5	18.6
ヒドロキシプロリン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.3
リジン	20.6	34.8	27.7	28.6	33.6	10.5	17.9
苦み系アミノ酸							
メチオニン	ND	0.7	0.4	1.1	ND	0.3	1.8
バリン	2.5	3.5	3.0	1.6	6.1	2.7	3.9
イソロイシン	1.1	2.0	1.5	1.7	3.0	2.2	3.3
ロイシン	2.2	3.1	2.7	2.1	4.2	2.4	4.4
フェニルアラニン	1.5	2.0	1.7	1.8	1.7	0.8	1.9
ヒスチジン	2.0	6.2	4.1	1.6	14.0	43.4	4.2
アルギニン	3.8	2.1	3.0	13.4	37.3	13.0	2.7
その他のアミノ酸							
ホスホセリン	0.4	0.4	0.4	0.3	1.2	0.7	0.4
タウリン	44.1	43.1	43.6	104.7	281.5	181.7	56.2
サルコシン	ND	ND	ND	0.1	ND	ND	0.2
アミノアジピン酸	26.4	11.8	19.1	1.2	5.6	51.6	0.7
シトルリン	ND	ND	ND	ND	2.2	ND	ND
α -アミノ酪酸	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
シスチン	ND	ND	ND	1.4	ND	6.9	ND
シスタチオニン	ND	ND	ND	0.1	ND	ND	ND
チロシン	2.0	3.1	2.5	2.9	5.9	3.9	1.9
β -アラニン	ND	0.1	ND	ND	ND	31.0	0.1
β -アミノイソ酪酸	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
γ -アミノ酪酸	ND	ND	ND	ND	ND	0.9	0.4
3-メチルヒスチジン	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	0.1
1-メチルヒスチジン	0.3	0.3	0.3	ND	ND	63.3	0.3
ヒドロキシリジン	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	3.0
オルニチン	0.0	7.5	3.8	1.0	2.0	0.3	10.9
ジペプチド							
カルノシン	0.5	0.5	0.5	3.6	ND	17.8	ND
アンセリン	135.7	168.7	152.2	1.1	ND	ND	9.6
アミノアルコール							
エタノールアミンリン酸	1.3	1.3	1.3	0.2	ND	ND	0.1
エタノールアミン	3.3	3.7	3.5	ND	4.6	3.9	1.2
合計	296.2	363.3	329.7	215.3	467.9	614.1	180.7

表8 脂肪酸組成比

	アカムツ (1月)			アマダイ (1月)	マダイ (12月)	ハモ (10月)	タチウオ (10月)
	18入り	28入り	平均				
14 : 0	4.9	5.0	4.9	5.6	3.5	6.8	4.7
16 : 0	18.6	20.6	19.6	25.4	21.9	26.3	20.2
16 : 1	7.4	7.8	7.6	9.6	7.9	12.8	6.0
18 : 0	0.7	0.7	0.7	0.6	5.0	0.5	7.8
18 : 1	31.7	31.0	31.3	31.7	25.7	23.3	28.1
18 : 2	1.0	0.8	0.9	ND	0.4	ND	0.7
18 : 3	0.6	0.4	0.5	ND	0.6	ND	ND
18 : 4	0.7	0.4	0.5	ND	0.2	ND	ND
20 : 1	4.6	4.2	4.4	1.2	3.2	0.2	1.2
20 : 5	4.5	4.7	4.6	6.0	7.2	5.4	4.3
22 : 1	4.7	3.9	4.3	ND	0.5	0.2	0.7
22 : 5	1.8	2.0	1.9	4.3	3.2	2.8	2.1
22 : 6	11.8	11.9	11.8	9.3	8.0	15.3	10.6
未同定	7.0	6.6	6.8	6.3	12.6	6.3	13.6
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

の割合が高かった。

考 察

一般に、食物における旬については、「味が良い」、「出盛り」の時期であると言われている（三省堂「大辞林」より）。このうち「味」に関しては、魚類では粗脂肪量の違いが味に大きな影響を与えており、また、季節変化が大きいことから、一般的に粗脂肪量が高い時期が旬であると言われている。

アカムツの粗脂肪量は、常に平均13%以上と高い値を示し、特にサイズの大きな18入では常にマグロ類の脂身（トロ）の粗脂肪量に匹敵する値であった。また28入であっても、12月から2月にかけては18入と同等の粗脂肪量であった。遊離アミノ酸組成で高い割合を示したアンセリンは、抗酸化作用等の生理作用を持つと言われている。また、脂肪酸組成比で高い割合を示したDHAは、抗血栓作用や学習能向上作用などの生理作用が注目されており、これらの成分を多く含むことはアカムツの特徴の一つであると考えられる。アカムツの消費拡大を図るためには、非常に脂の乗りがよく、大銘柄では漁期を通じて、中銘柄では冬場にマグロのトロ並みに脂が乗っていること、多様な生理作用を持つ成分を多く含むことをPRすることが重要であると考えられる。

アカアマダイは一般に、年間を通じて美味な魚であるが、特に冬が旬であると言われている。しかし、粗脂肪量は晩春から夏にかけて高い値となる傾向を示したことから、今後アカアマダイの消費拡大を図るためには、旬と言われている冬だけではなく、夏にも脂が

乗り、より美味しくなることをPRすることが重要であると考えられる。

ハモの旬について、一般には様々に言われている。例えば「梅雨の水を飲んでうまくなる」等と表現されるように、梅雨入り後の夏が旬であるとする場合や、旬は夏と秋の2度あるとする場合がある。今回の調査結果からは、漁獲が増加し始める5月からピークとなる8月までは脂は乗らず、その後、秋になると漁獲量は減少するものの脂が乗ることがわかった。夏が旬であるとされているのは、出盛りの時期である7、8月が、まだ脂の乗る前で比較的あっさりした味であり、暑さで食欲が落ちている夏季に美味しいと評価されてきたためであると推測される。京都では、7月に行われる祇園祭が別名「鱧祭り」と呼ばれるほど、この時期のハモが好まれているが、同様にあっさりした味が好まれてきたものと考えられる。ハモは7、8月に出盛りを迎えるが、その頃はまだ脂は乗っておらず、秋に脂が乗ることから、これまで言われてきた夏、秋ともに旬であると考えられた。しかし、夏と秋とで特徴が異なることから、それぞれの特徴を活かした利用方法等を特徴と併せてPRすることがハモの消費拡大のために重要であると考えられる。

マダイは一般に、年間を通じて美味な魚であるが、特に春が旬であると言われている。しかし、今回の調査結果では粗脂肪量は晩秋から冬にかけて高い値となる傾向を示したことから、今後マダイの消費拡大を図るためには、旬と言われている春だけではなく、冬にも脂が乗り、より美味しくなることをPRすることが重要であると考えられる。

タチウオは一般に、夏から秋が脂の乗った旬とされているが、今回の分析結果では、初夏および初冬に脂が乗っていた。以上このことから、味の良さに関係すると言われる粗脂肪の面から見たタチウオの旬は、一般に言われている夏から秋ではなく、初夏および初冬であると考えられた。今後、タチウオの消費拡大を図るためには、旬と言われている夏から秋だけではなく、初夏および初冬に脂が乗り、より美味しくなることをPRすることが重要であると考えられる。

文 献

- 1) 齋藤義之・田中良治・嶋内潤 (2006) : 県内産重要魚種の成分分析. 山口県水産研究センター事業報告, 平成 17 年度, 52-54.
- 2) 齋藤義之・田中良治・嶋内潤 (2007) : 県内産重要魚種の成分分析. 山口県水産研究センター事業報告, 平成 18 年度, 83-85.
- 3) 白木信彦・齋藤義之・田中良治・嶋内潤 (2008) : 県内産重要魚種の成分分析. 山口県水産研究センター事業報告, 平成 19 年度, 66-68.
- 4) 白木信彦・植木陽介 (2009) : 県内産重要魚種の成分分析. 山口県水産研究センター事業報告, 平成 20 年度, 61-63.
- 5) 志賀正路 (1974) : 水産生物科学・食品学実験書 (齋藤恒行・内山均・梅本滋・河端俊治編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.19.
- 6) 羽田野六男ら (1984) : 昭和 59 年度魚介類有効栄養成分利用技術研究成果の概要, 水産庁研究部研究課, 397.

底魚類の資源回復のための自然変動を活用した 漁獲システムの開発

村山達朗*・天野千絵・志村 健**

月刊海洋, 41 (10), 554-561 (2009) 海洋出版株式会社

底魚資源の管理において、卓越年級の発生とその時空間分布を把握し、それを避けるように漁獲努力量を制御することが効果的である。本報では、卓越年級群発生の予測、漁獲努力の時空間分布の調整およびその結果生じる漁獲圧の変化に起因する管理効果の予測という3つの要素を持つ管理モデルを構築するための計画を紹介した。手法としては、①加入量（卓越年級発生量）の早期予測技術の開発、②底びき網漁業が対象としている水産生物の群集構造の推定、③高精度漁業情報の収集と小型魚投棄実態調査、④卓越年級を利用した資源回復を行うための漁業管理モデルの開発、⑤沖底漁労長日誌の予備的解析結果、等を利用し、漁場選択の管理ルールを検討するため、いくつかの仮定に基づいて、過去の漁業情報を分析した。

キーワード：底魚類；資源回復；底びき網漁業；漁獲システム

* 島根県水産技術センター, ** 鳥取県水産試験場

2 そう曳き沖合底曳網で漁獲された 日本海南西部における底魚4種 (ソウハチ・ムシガレイ・アカムツ・キダイ) 資源の長期変動

天野千絵・塚本洋一*

西海ブロック漁海況調査研究報告, 17, 29-36 (2009)

日本海南西部における2 そう曳き沖合底曳網の1966～2005年の漁獲成績報告書の中から、兵庫・鳥取・島根・山口の4県で漁獲量や水揚げ金額の多い底魚4種(ソウハチ・ムシガレイ・アカムツ・キダイ)資源の長期変動を調べ、魚種ごとの資源利用の提言をする目的でその変動要因を検討した。

山陰沿岸を事例研究として、底魚4種の資源密度指数と努力量および100m深水温との関係を調べた結果、底魚4種資源は努力量と水温の影響を受けて変動している可能性が示唆された。

キーワード：2 そう曳き沖合底曳網；底魚類；資源；長期変動

* (独) 水産総合研究センター 西海区水産研究所

周防灘における栄養塩の減少とノリ養殖の衰退

和西昭仁・小柳隆文・畑間俊弘

Relationship between the decline of nutrients and the collapse of nori (laver) cultivation off the coast of Yamaguchi Prefecture in Suo Nada

Akihito WANISHI, Takafumi KOYANAGI and Toshihiro HATAMA

海洋と生物, 31(2), 150-153 (2009)

周防灘では古くからノリ養殖が行われてきたが、近年、養殖中のノリに色落ちが目立つようになってきた。この現象は、海水中の溶存無機態窒素 (DIN) や溶存無機態リン (DIP) など栄養塩類の濃度が低下することによって発生する。長期的な原因としては陸域からの栄養塩負荷量の減少など、短期的な原因としては珪藻プランクトンの増殖による栄養塩の大量消費などが考えられる。山口県におけるノリ生産量は 1960 年代に飛躍的に伸び、1970 年代には年間 3～5 億枚の生産が安定的に維持されたが、1990 年代以降は大きく減少した。栄養塩類の減少に伴って発生する色落ちが、生産量の衰退した大きな要因と考えられる。

現在、山口県のノリの大半を生産している周防灘に面した宇部漁場では、DIN 不足が年々深刻になっている。健全なノリの生育に必要な DIN 濃度 (3 μ M) を下回る漁場が多くなり、もはやノリ養殖に不向きな栄養塩環境になっている。宇部市に隣接する山陽小野田市では、低栄養塩条件下でも生育可能とされる壇紫菜 *Porphyra haitanensis* (イワノリ的一种) の養殖に取り組むようになったが、この品種をもってしても栄養塩濃度の低い年には色調が浅く、生産量に結びつかないこともある。

これまで周防灘では、総量規制の導入や排水処理施設の整備などが行われてきたが、海域の水産業にとって本来必要な栄養塩レベルが検討されることはなかった。現在の周防灘では、最低限必要な栄養塩レベルをすでに下回り、豊かな海に戻るどころか、逆に貧しい海に向かっていくように見えてならない。望ましい海洋環境を検討する場に多くの人に参加し、真剣な議論が重ねられるとともに、早急に周防灘の回復措置を行う必要があるのではなかろうか。

Key words : ノリ養殖 (nori cultivation); 色落ち現象 (decolorization phenomenon); 栄養塩類 (nutrient); 周防灘 (Suo Nada)

山口県海域における赤潮モニタリングへの 衛星情報の活用

和西昭仁・渡辺俊輝^{*1}・馬場俊典^{*2}

水産海洋研究, 73(4), 289-291 (2009)

山口県海域での赤潮による漁業被害の発生率は、瀬戸内海側よりも日本海側のほうが2倍以上高い。この一因は、瀬戸内海では綿密な赤潮モニタリング網が構築されているのに対し、日本海ではモニタリング頻度が低く、加えて対象海域が広範なため、漁業被害が発生するまで有害プランクトンの増殖や接近に気付かない場合が多いことである。この状況を改善するため、従来行われてきた採水、検鏡という手法に加えて、地球観測衛星によるクロロフィル *a* (Chl-*a*) 情報の利用を検討した。衛星 Chl-*a* 情報の確度を確認するため、中分解能撮影分光放射計 (MODIS) を搭載した衛星 Aqua および Terra による Chl-*a* 濃度 (推算値) を、船舶調査による Chl-*a* 濃度 (実測値) と比較したところ、両者の間に有意な正の相関 ($r=0.649$, $n=1,018$) が認められた。また、2003年の夏季に日本海沿岸で発生した渦鞭毛藻 *Cochlodinium polykrikoides* による赤潮では、実際に赤潮が発生している海域と、衛星による Chl-*a* 高濃度域とがうまく符合していた。その反面、雲による欠測や濁りによる誤差なども課題として残されており、現時点では衛星情報だけの赤潮監視は困難と考えられる。しかし、従来のモニタリング手法と併用すれば、原因プランクトンがまだ沖合にいる段階でその挙動を察知することができる可能性があるため、赤潮に対する備えが従来よりも迅速に行え、漁業被害が軽減できるであろう。

キーワード：赤潮；地球観測衛星；MODIS；クロロフィル *a*

*1 山口県水産研究センター外海研究部

*2 山口県防府水産事務所

瀬戸内海における環境変動の現状と生態系変質の可能性

樽谷賢治^{*1}・中嶋昌紀^{*2}・原田和弘^{*3}・工藤孝也^{*4}・和西昭仁

月刊海洋, 41(9), 508-513 (2009)

瀬戸内海の近年の魚種別漁獲量は、概ね漸減もしくは低位横這い傾向にあり、増養殖業においてもノリの色落ちやカキの身入りの低下など問題が山積している。埋め立てによる浅場域の減少や水温の上昇など、共通する要因が認められる一方で、水質については、総量規制などの一連の環境施策によって改善傾向にあり、貧栄養化による水産業に対する弊害も指摘されている。

播磨灘北部海域では、1990年代半ば以降、DIN濃度の減少とほぼ同調して、クロロフィルa濃度(植物プランクトン現存量)が減少傾向にあり、周防灘でも同様の傾向が見られている。広島湾の基礎生産量(実際は生態系全体の代謝量「純生態系代謝量」)の推定結果によると、純生態系代謝量は1990年代前半を境に正の値(生産>呼吸・分解など)からほぼゼロに移行しており、基礎生産量が低下している可能性が指摘されている。

燧灘では、基礎生産量および基礎生産から二次生産への転送効率については、1990年代前半と2000年代前半とで有意な相違はなかったが、2000年代前半の燧灘では二次生産に占める微小動物プランクトン、特に小型の無殻繊毛虫類(少毛類)の割合が大きかった。これは、低次生産構造が生食食物連鎖から微生物食物網が卓越する方向に変化している可能性を示唆するものであろう。

水質のみで生態系の健全性を評価するこれまでの手法には限界が見えてきた。最近では、物質循環を表現する要素、例えば物質循環速度や転送効率を指標として生態系の健全性を評価する試みがなされるようになってきている。このためには、瀬戸内海における魚介類を含めた食物網構造(被捕食関係)を定量的に明らかにするとともに、食物網を通じた栄養塩等の物質フロー、エネルギーフローの現状を評価することが第一歩となるだろう。

キーワード：貧栄養化；低次生態系；物質循環；ボトムアップ効果

*1 独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所

*2 大阪府環境農林水産総合研究所水産研究部水産技術センター

*3 兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター

*4 広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター

瀬戸内海における環境変動の現状と関連する取り組み

樽谷賢治^{*1}・中嶋昌紀^{*2}・原田和弘^{*3}・工藤孝也^{*4}・和西昭仁

水産海洋研究, 74(1), 64-65 (2010)

近年、瀬戸内海における漁獲量は、多くの種類で漸減もしくは低位横這い傾向にあり、また、増養殖業においても、ノリの色落ちやカキの身入りの低下など、深刻かつ緊急の対策を要する問題が山積している。埋め立てによる浅場域の減少や水温の上昇など、共通する要因が認められる一方で、水質については、総量規制などの一連の環境施策によって改善傾向にあり、貧栄養化による水産業に対する弊害も指摘されている。

浅海定線調査で得られたデータについて、大阪湾、播磨灘および周防灘の溶存態無機窒素 (DIN) の経年変化を見たところ、1990年代半ば以降については、いずれの海域でも DIN 濃度は減少傾向で推移していた。窒素に対しても総量規制が導入されたことにより、陸域からの窒素負荷量が減少したことが関与していると推定される。播磨灘や周防灘では、DIN 濃度の減少とほぼ同調した形で、1990年代半ば以降、クロロフィル a 濃度 (植物プランクトン現存量) が減少傾向にあった。

また、一部の海域においては、近年、二次生産に占める微小動物プランクトン (特に小型繊毛虫類) の割合が増加している。これは、これらの海域における低次生産構造が生食食物連鎖から微生物食物網が卓越する方向に変化している可能性を示唆している。このように、近年、栄養塩濃度 (負荷量) の低下によって、瀬戸内海の低次生態系が変化していることが断片的に分かってきた。植物プランクトンや動物プランクトンは、魚介類の餌料生物として、沿岸・内湾生態系の底辺を構成する生物群であることから、これらの生物群もしくは生物群構造の量的・質的な変化は、魚介類などの高次生物を含む沿岸・内湾生態系、ひいては漁業生産にも多大な影響を及ぼすことが予想される。

水質のみで生態系の健全性を評価するこれまでの手法には限界が見えてきた今、物質循環を表現する要素、例えば物質循環速度や転送効率を指標として生態系の健全性を評価する試みがなされるようになっている。

キーワード：貧栄養化；低次生態系；物質循環；ボトムアップ効果

*1 独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所

*2 大阪府環境農林水産総合研究所水産研究部水産技術センター

*3 兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター

*4 広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター

山口県水産研究センター研究報告 第8号

2010年10月発行

編集・発行者 山口県水産研究センター
〒759-4106 山口県長門市仙崎 2861-3
TEL: 0837-26-0711 FAX: 0837-26-1042
E-mail: a16402@pref.yamaguchi.lg.jp
<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/soshiki/125/21871.html>

外海研究部 (同上)
内海研究部 〒754-0893 山口市秋穂二島 437-77
TEL: 083-984-2116 FAX: 083-984-2209
E-mail: a16403@pref.yamaguchi.lg.jp
