

水産海洋シンポジウム

The Japanese Society of Fisheries Oceanography Symposium

1998 年に日本周辺で  
レジームシフトは起こったか？

Had The Regime Shifted in 1998 around Japan?

講演要旨集

Abstracts

主催 水産海洋学会

共催 日本海洋学会

2004 年 3 月 31 日 (水)

於 東京海洋大学品川キャンパス

March 31, 2004, Tokyo

日時：2004年3月31日(水) 9時30分～16時30分

会場：東京海洋大学 品川キャンパス 大講義室

コンピーナー：齊藤誠一(北大院水産)・谷津明彦・中田 薫(中央水研)・千葉早苗(地球フロンティア)

挨拶 松山優治

趣旨説明 谷津明彦

- I . 物理から** **座長：齊藤誠一** **9:40-10:50**  
1998/99年のシフト?の構造と可能な解釈 見延庄士郎(北大院理)  
海面水温で検出した20世紀のレジームシフト 花輪公雄・安中さやか(東北大院理)  
西部北太平洋の海洋表層の経年変動 渡邊朝生(中央水研)  
日本海対馬海流域におけるレジームシフトの可能性 千手智晴(九大応力研)
- II . 低次生産から** **座長：中田 薫** **10:50-12:20**  
衛星から見た北西太平洋における基礎生産の時間変動 亀田卓彦(遠洋水研)・石坂丞二(長崎大水産)  
衛星マルチセンサー観測による北太平洋の低次生産変動解析 笹岡晃征(宇宙航空研究開発機構)  
親潮域における *Neocalanus* 属カイアシ類現存量の長期変動と気候変動との関係 田所和明・千葉早苗(地球フロンティア)・小埜恒夫(北水研)・  
緑川 貴(気象庁)・杉崎宏哉(東北水研)・才野敏郎(名古屋大・地球フロンティア)  
黒潮内側域の生物生産 日高清隆(中央水研)  
レジームシフトおよび ENSO による日本海南部での低次生産の変動 山田圭子・石坂丞二(長崎大水産)・千葉早苗(地球フロンティア)  
九州北西部でみられた大型褐藻類の衰退と近年顕著になったその他の特徴 桐山隆哉(長崎水試)・吉村 拓(西水研)・四井敏雄(前長崎水試)
- III . 高次生産から** **座長：千葉早苗・谷津明彦** **13:30-15:45**  
1998年にレジームシフトは起こったのか?：伊勢湾のイカナゴ資源における検証 山田浩且(三重科技セ水)・富山実(愛知水試漁生研)・中田 薫(中央水研)  
1998年におけるスルメイカ資源の減少とその後の変化 木所英昭(日水研)・森 賢(北水研)・後藤常夫(日水研)  
1990年代後半に対馬暖流域の浮魚にレジームシフトはあったのか? 大下誠二(西水研)  
黒潮親潮域の浮魚類の資源変動とレジームシフト 谷津明彦(中央水研)・上野康弘(東北水研)  
北海道周辺海域底魚資源の環境応答の複雑性 西村 明・八吹圭三・濱津友紀(北水研)  
かつお・まぐろ類の資源変動とレジーム・シフト 稲掛伝三・植原量行・山田陽巳・魚崎浩司・小倉未基(遠洋水研)  
本州太平洋北部および日本海北部における底魚類の資源変動 二平 章・高橋正和(茨城水試)  
西部北太平洋における浮魚類・北星丸データより 山口 篤・目黒敏美・梶原善之・高木省吾・亀井佳彦・坂岡桂一郎(北大院水産)  
陸奥湾におけるヤナギムシガレイの年齢組成とレジームシフトの関係 高津哲也・伊村一雄(北大院水産)
- IV . 総合討論** **座長：友定 彰・桜井泰憲** **16:00-16:30**

## 趣旨説明

世界のマイワシ漁獲量の同期した変動から得られたレジームシフトという認識は、今や気候・海洋あるいは生態系研究において、新しい概念として定着した感がある。また、TACの基礎となる生物学的許容漁獲量の算定においてもレジームシフトや海洋環境変動の影響が議論されている。近年、1997/98年にもレジームシフトが生じたとする見解が北米を中心に盛んに述べられている。1997年には今世紀最大のエルニーニョが生じ、1998年にはスルメイカやサンマが極端な不漁に陥った。そこで、本シンポジウムでは1997/98年にわが国周辺で「いかなる海洋環境と漁業資源の変化が生じたのか」と「1998年以降新たなレジームに入ったのか？」に焦点をあて、気候から高次生産までの各分野から検討する。

レジームシフト Regime Shift = 10年以上持続する突然の自然環境の変化

regime: the prevailing mode or rule of management; prevailing governmental or social system (Webster)

Regime shifts: abrupt changes in a natural phenomenon, such as sea level pressure, water temperature, and recruitment of marine species (Fransis et al., 1998; Hare and Mantua, 2000)

Regimes: periods of relative stability lasting a decade or more

## 1998/99 のシフト？の構造と可能な解釈

### Structure and possible interpretation of 1998/99 shift(?)

見延 庄士郎

北海道大学大学院・理学研究科・地球惑星科学専攻，地球フロンティア研究システム

Shoshiro Minobe

Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido

University. Frontier Research System for Global Change

<はじめに> 1998/99 年に気候シフトが生じたかもしれないという可能性は，多くの注目を集めて来た．この要旨では，Minobe (2002)が報告した，1998/99 年の変化に関する代表的な気候データのその後を紹介しよう．

<結果> Minobe (2002)は，図 1 に示される 3 領域の SST が，1998/99 年に顕著な変動を示したことを報告した．しかしどの領域でも，2002 年半ばには 1998/99 年以前の状態に戻っている(図 2)．すなわち現在までのデータでは，1998-99 年頃から始まった特異な状態の持続期間は 4 年間であった．

20 世紀の主要なレジーム・シフト(1920 年代，1940 年代，1970 年代)では，大気変動ではアリューシャン低気圧の強化・弱화가卓越していたが，1998/99 年の変化と関係する大気変動のパターンは East Pacific (EP) pattern であった(Minobe 2002)．この EP Pattern の冬季の時系列では，1970 年代半ば以降 12-13 年程度の時間スケールを持つ変動が卓越している．1999 年-2001 年の正偏差も，その偏差が 2003 年頃にほぼ解消したことも，この 12-13 年の変動の一環としても理解することができる．ただし，統計的に有意なスペクトルピークがあるわけではないので，一見 12-13 年の変動が卓

越しているだけかもしれない．

1998/99 年の北太平洋の他の著しい変化は，海面水位が舌状に上昇したことであった(図 4)．この上昇が顕著であった領域で，x-t ダイアグラムを描けば，北太平洋中央部の水位変動が西部へ伝播していることが見てとれる．したがって，日本付近の海洋内部の水温変動は 2003 年までは伝播の効果もあって継続していたと考えられる．

<結論> 1998/99 年の変化は 4 年程度継続した後，変化の前の状態に戻っている．これは，EP パターンに見られる 12-13 年の変動と整合的である．北太平洋西部には，ロスビー波の効果で，影響がやや遅くまで残った．

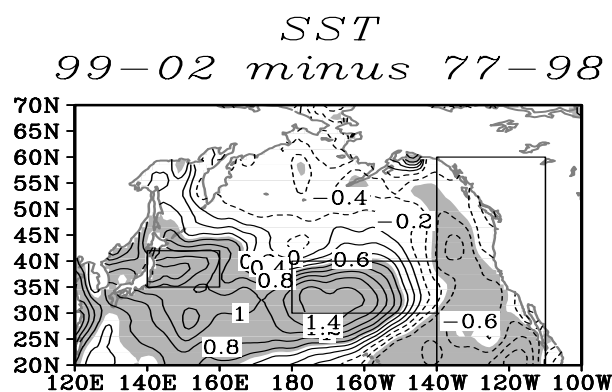


図 1 . 1999-2002 年と 1977-1998 年のとの SST の差 . 3 つの矩形領域の SST 偏差を図 2 に示す . (Minobe 2002)

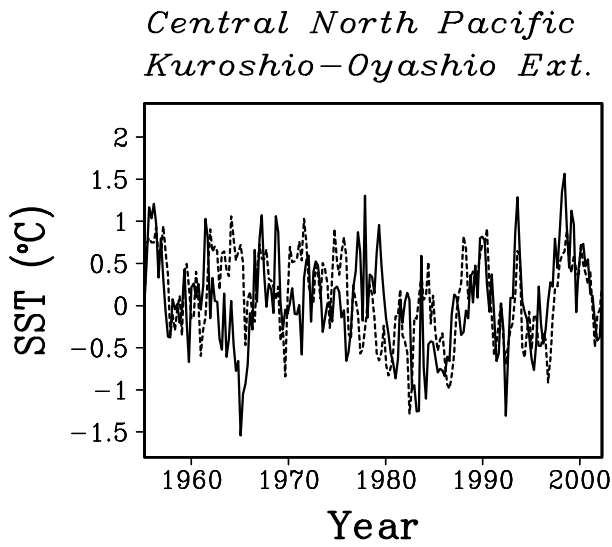
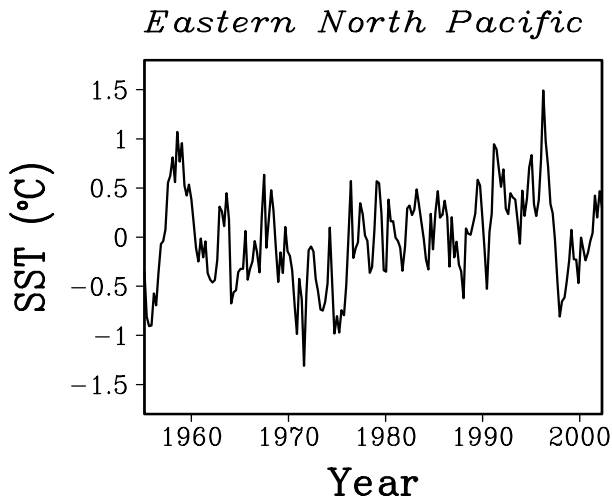


図 2 . 図 1 に示した 3 領域での平均した 2003 年 10 月までの SST 偏差 . 上のパネルは北太平洋東部 , 下のパネルの実線は黒潮親潮続流域 , 破線は北太平洋中央部である .

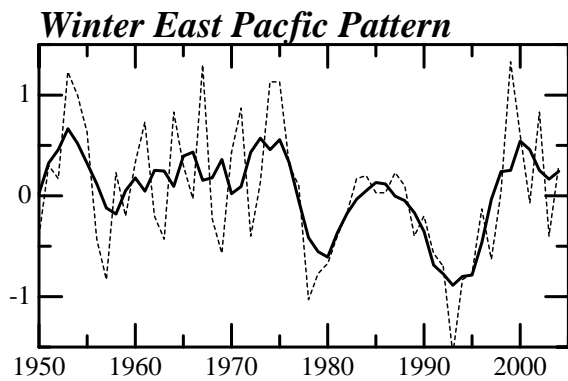


図 3 . 冬季の East Pacific Pattern の時系列 . 破線は生データ , 実線は 5 年移動平均で平滑化したデータ .

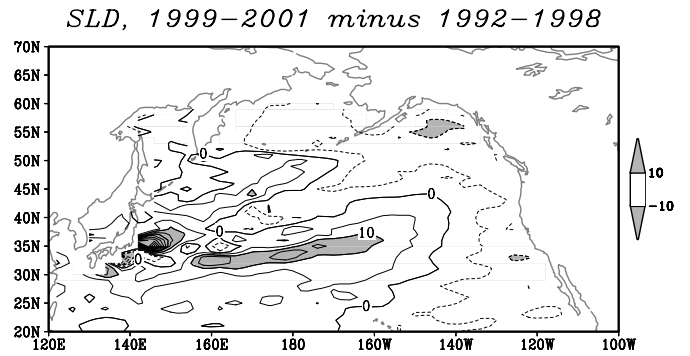


図 3 . 1999-2001 から 1992-1998 を引いた海面変位の差 . 等高線間隔は 5 cm で , 海面変位が 10 cm 以上の領域に陰影を施した . (Minobe 2002)

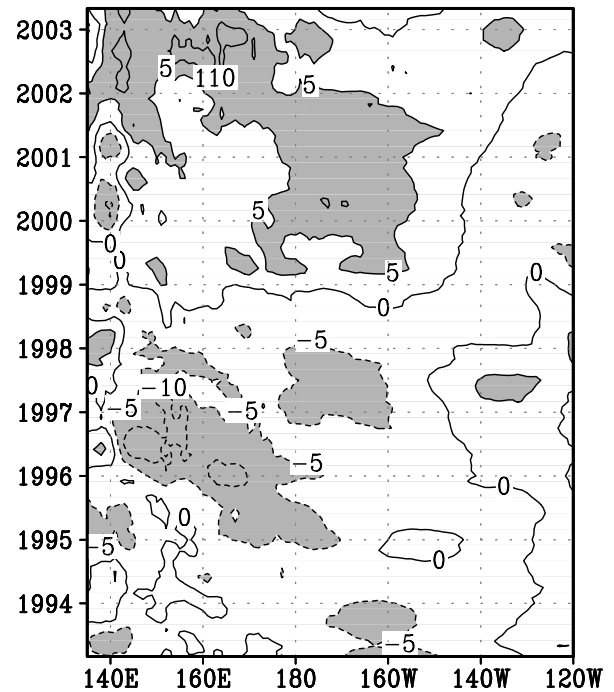


図 4 . 30-35°N で平均した海面高度偏差 .

引用文献

Minobe, S. 2002: Interannual to interdecadal changes in the Bering Sea and concurrent 1998/99 changes over the North Pacific. *Progr. Oceanogr.*, 55, 45-64. (同論文の 1998/99 年のシフトに関する部分の和文解説は以下にある .

[http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~minobe/papers/Minobe\\_2003b\\_gekkankaiyou\\_1999shift.pdf](http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~minobe/papers/Minobe_2003b_gekkankaiyou_1999shift.pdf)

# 海面水温で検出した 20 世紀のレジームシフト

Regime Shifts in the 21st Century Detected by Sea Surface Temperature

花輪 公雄・安中 さやか

東北大学 大学院 理学研究科 地球物理学専攻

Kimio Hanawa and Sayaka Yasunaka

Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

## 1. はじめに

長期の海面水温 (SST) 資料を用いてレジームシフトを検出した著者らの研究を紹介し, 1998/99 年にレジームシフトが起こったかどうかを検討する.

## 2. 20 世紀のレジームシフト

COADS と神戸コレクションから作成した SST データセットを用いて, 複数の方法によりレジームシフトを検出した (Yasunaka and Hanawa, 2002, 03, 04 準備中). ここでいうレジームシフトとは, 大規模スケールで急激に SST がジャンプし, かつその変化が代表的な大気循環場と関係付けられるものを指す. 解析の結果は, 以下のようにまとめられる.

(1) 1910 年代から 1990 年代半ばの期間では, 1925/26 年, 1942/43 年, 1957/58 年, 1970/71 年, 1976/77 年の 5 回, レジームシフトが起こった.

(2) レジームシフトはいずれも ENSO イベントと関係し, 位相が固定している.

(3) 全球の SST 場は, ENSO モード, 南半球トレンドモード, 北太平洋モード, 北極振動モードに分解できる. 南半球トレンドモードを除くモードは, いずれも同時にこれらの年にジャンプしている.

(4) レジーム平均の SST 偏差場は, 各レジームで良く似たパターンを示す.

(5) 1988/89 年は北半球 (特に北太平洋) の SST で急激な変化が出現したが, 熱帯域や南半球の信号は持続しなかった. この点が他のレジームシフトとは異なっている.

## 3. 1998/99 年の変化

1998/99 年の SST の変化を, 前述の 5 回のレジームシフトとの比較から考察する. 1998/99 年に, 大規模スケールで SST ジャンプが生じている (図 1). ENSO イベント (El Nino から La Nina) と位相は固定している (図 2). 偏差場も過去のレジームシフト時のものと一致している (図 3). しかし, SST 偏差場の A0 モードは一旦シフトしたものの, その後持続していない (図略).

結論として, 1998/99 年の変化は, レジームシフトの多くの特徴を示しているが, まったく同じ訳ではない. まだレジームの長さが十分ではないこともあり, 今後のデータの蓄積を待って検討する必要がある.

Yasunaka, S., and K. Hanawa, 2002: Regime shifts found in the Northern Hemisphere SST field. *J. Meteor. Soc. Japan*, **80**(1), 119-135.

Yasunaka, S., and K. Hanawa, 2003: Regime shifts in the Northern Hemisphere SST field: Revisited in relation to tropical variations. *J. Meteor. Soc. Japan*, **81**(2), 415-424.

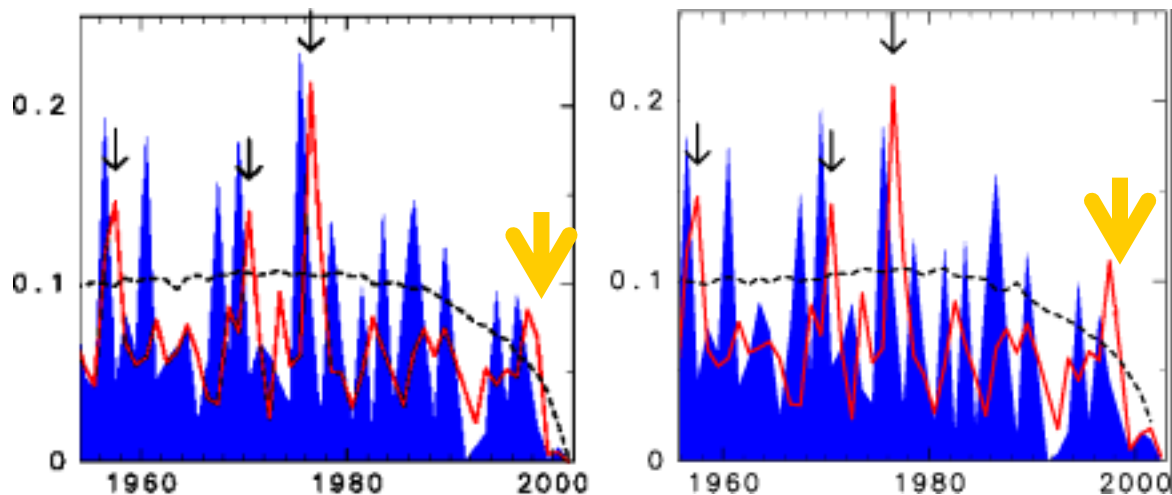


図 1 . Multiple Change-point Test によるレジームシフトの検出(矢印) . 差の有意差検定による熱帯域赤道域の 7-8 月期(塗りつぶし)と他海域の 1-3 月期(実線)の, 全格子数に対するジャンプした格子数の割合 . 左図(右図)は 2002(2003)年までのデータを用いた場合 .

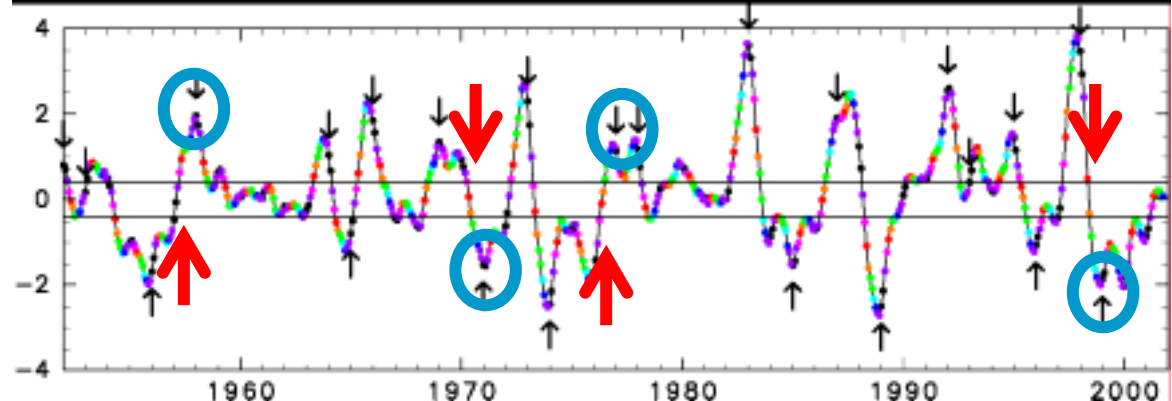


図 2 . Nino-3.4 指数の時系列 . 1998/99 年を除く矢印は , Yasunaka & Hanawa (2002, 03, 04 準備中)で検出したレジームシフト . レジームシフトは ENSO イベントに位相が固定され , その後の状態(エルニーニョやラニーニャ)は 1 年以上持続するのが特徴(丸印) .

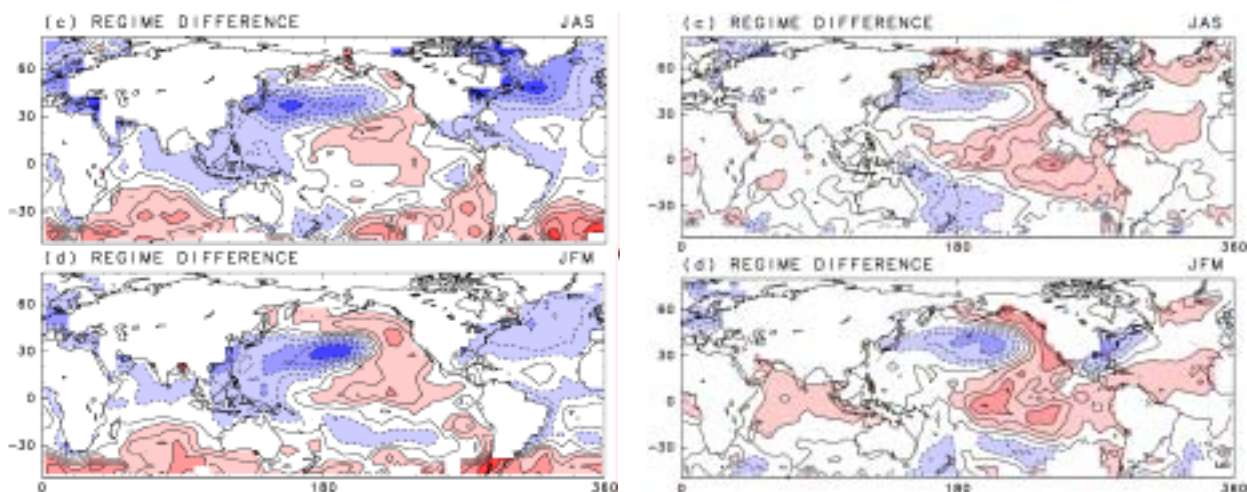


図 3 . レジーム平均した SST 偏差場のシフト時の差 . 左図は 1998/99 年レジームシフト時 . 右図は過去 5 回のレジームシフト時の平均 . 上図は 7-9 月期 , 下図は 1-3 月期 .

## 西部北太平洋の海洋表層の経年変動

Interannual variations of upper layer of the Western North Pacific

渡邊朝生 (中央水産研究所)

Tomowo Watanabe (National Research Institute of Fisheries Science)

### 1. はじめに

西部北太平洋の海面水温データ(気象庁)定線観測データ(水産総合研究センター)の解析結果を基に西部北太平洋の表層海洋の経年変動の実態、及びそれらと亜熱帯循環、西部亜寒帯循環の2つの海流系、東アジアモンスーンの変動との関連について報告する。

### 2. 冬季の海面水温変動の特徴

図1に水温の南北勾配が大きく、変動も大きい東北沖合域の水温変動と北西太平洋の各格子点の変動との冬季(3月)を対象にした同時相関パターンを示した。有意な相関を示す領域が北緯40度に沿って東に伸び、亜熱帯循環と亜寒帯循環の境界の南北変動による水温変動が東西に同期していることを示唆している。図2は、北緯40度線に沿った冬季の水温の長期変動を時間経度断面で示したものである。1970年代半ばの低温化、1980年代末の高温化が現れている。1990年代末後半は、1980年代末の高温へのシフトが終息し、低温化しつつある状態である。

日本南方の亜熱帯循環域に含まれる野島埼沖の冬季の海面水温変動と北西太平洋の各格子点の間の相関パターンを図3に示す。亜熱帯循環域と日本海南部、東シナ海と南シナ海の縁辺海を含む広い海域に有意な相関が広がる。この相関パターンは冬季の季節風の吹き出しの強弱と一対一に対応する

パターンであり、図4に示すように季節風の吹き出しの強さを表すMOIと明瞭な逆相関を示す。図5に示した5年の移動平均時系列から、優勢なトレンドとしては1970年代半ば以降の季節風の低指数化(弱体化)と水温の高温化が読みとれる。シフトという観点では、亜熱帯循環・亜寒帯循環境界域と同様に1980年代末の高温化が顕著である。また、1990年代末については北側の境界域とは逆に、再度高温化し、それが持続していることが特徴である。中緯度海域の変動と重ねると、1990年代末のシフトでは、西部北太平洋の南北の水温勾配が大きくなり、本州東方海域ではフロントが強化される傾向があることが想像される。

### 3. 西部亜寒帯循環域の変動

若竹丸定線のベーリング海・道東沖の中冷層水温の年々の変動の解析結果を図6に示す。6-7年の時間スケールで変化していることがわかる。また1998年から1999年にかけてアリューシャン列島より南の海域の中冷層が大きく低温化し、その状態が2002年まで続いたことも顕著である。このことは西部亜寒帯循環が1999年以降、それまでとは異なる状態にあったことを示唆するものである。また、オホーツク海の海氷の増加や本州東方海域での黒潮の北上など同時期に起こった事象と何らかの関連を持つと推測することができる。



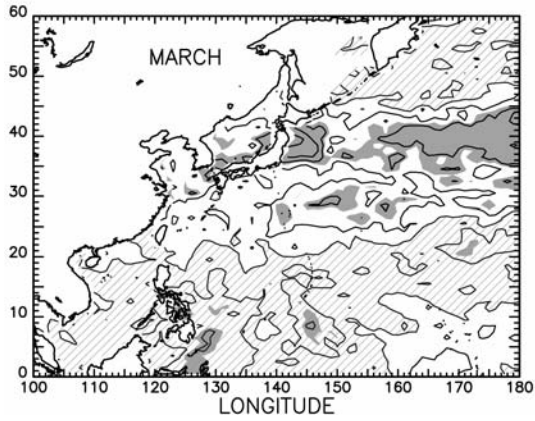


図1 東北沖の冬季の海面水温の経年変動と北西太平洋の海面水温の同時相関関係。斜線のハッチは負の相関を示す。等値線は0.2間隔

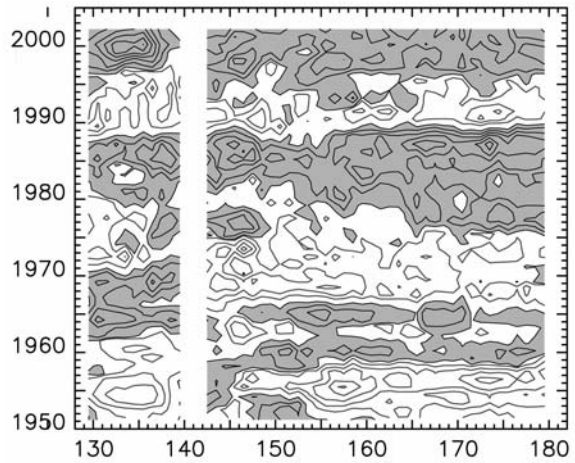


図2 北緯40度線に沿った冬季の海面水温平年偏差の時間経度断面。陰影部は負の海面水温偏差を示し、等値線は0.4°C毎に表示した。

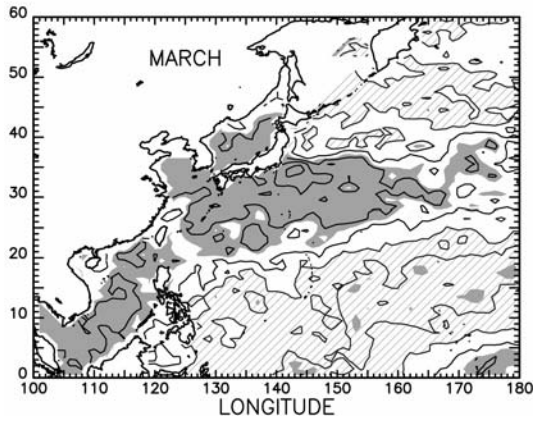


図3 野島埼沖の冬季の海面水温の経年変動と北西太平洋の海面水温の同時相関関係。斜線のハッチは負の相関を示す。等値線は0.2間隔

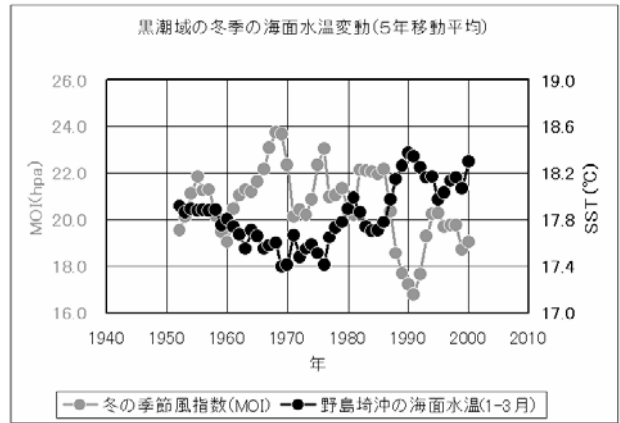


図5 野島埼沖の冬季の海面水温の経年変動時系列と冬の季節風指数 (MOI) の時系列。5年移動平均している。

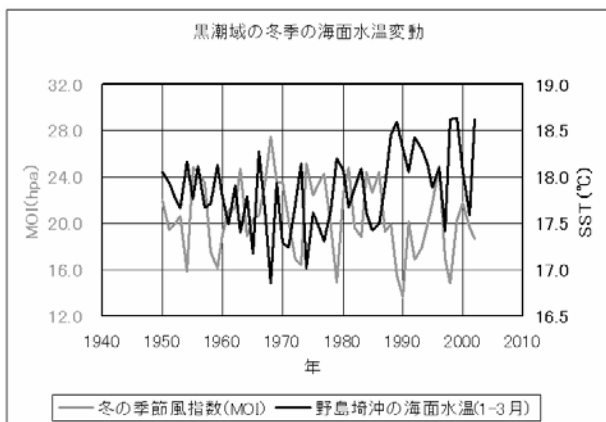


図4 野島埼沖の冬季の海面水温の経年変動時系列と冬の季節風指数 (MOI) の時系列。MOI はイルクーツクと根室の気圧差 (12-2月) で定義している。

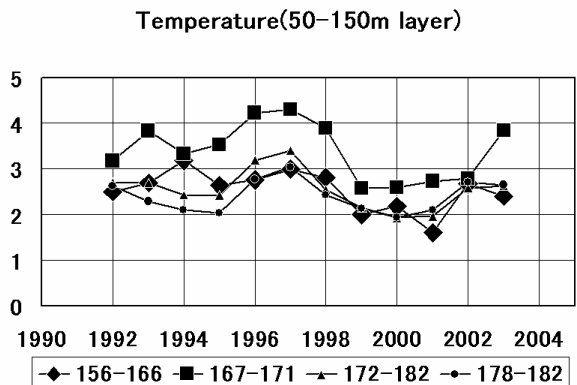


図6 若竹丸のサケマス資源調査ラインのベーリングから戻るラインに沿った海域における中冷層の水温の年々の変動。図中、156-166はライン上の東経156度から166度までの海域の意味。172度以東がベーリング海である。

# 日本海対馬海流域におけるレジームシフトの可能性

Possibility of the regime shifts in the Tsushima Current region in the Japan Sea

千手智晴 (九州大学応用力学研究所)

Tomoharu Senjyu (RIAM, Kyushu Univ.)

## 1. はじめに

近年、レジームシフトの問題と関連して、北太平洋の十年スケール変動が注目されている。このスケールの変動は、当然、黒潮にも影響を与えていると考えられるが、もしそうであるならば、同じ黒潮海流系の対馬海流にも同様の変動が存在し、日本海の海況や生態系に影響を与えている可能性がある。実際、千手ら (2003) は、山陰沖の表層水温に北太平洋のレジームシフトに同期した変動を見出している。また、類似の変動は沿岸水位にも認められ、日本沿岸全域で昇降する 20 年周期の変動が報告されている (Senjyu *et al.*, 1999)。そこで本研究では、最近 40 年間の表層水温と沿岸水位資料を用いて、日本海の対馬海流域でのレジームシフトの可能性を調べた。

## 2. 資料

解析には、沿岸昇降検知センターに登録されている忍路、輪島、浜田の月平均水温、および月平均水位資料を用いた (図 1)。解析期間は、水温資料については 1965 年 4 月 ~ 2003 年 11 月、水位資料については 1962 年 1 月 ~ 2003 年 12 月である。十年スケール変動を抽出するため、これらの資料に 84 ヶ月 (7 年間) の移動平均を施し、水位についてはさらにリニアトレンドを除去したものを解析の基本データセットとした。

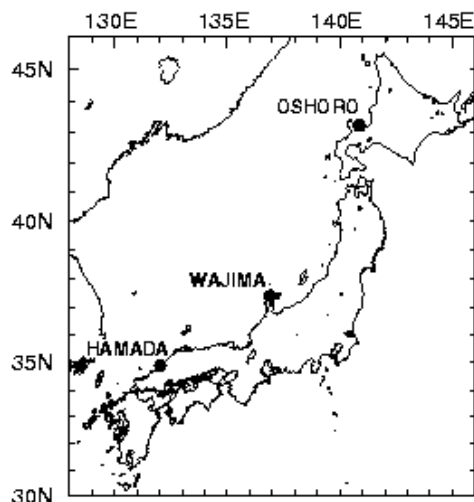


図 1 測点図

## 3. 水温と水位の変動にみられるレジームシフト

各点における水温偏差の時系列を図 2 に示す。輪島については、1979 年以前のデータに異常がみられたため、1980 年以降のグラフしか示していないが、各測点とも約 0.5 の振幅をもつ類似した変動が認められる。特に、1970 年代後半から 1980 年代後半にかけての負の偏差と、1990 年代以降の正偏差が共通して現れており、千手ら (2003) が山陰沖で見出した水温変動と概ね一致している。また、短い資料なので断定的なことは言えないが、忍路と浜田の変動については、約 20 年の周期性が認められる。

同じ 3 測点における、水位のリニアトレンドからの偏差の時系列を図 3 に示す。忍路の 1980 年代以降の変動が他の点と異なっているが、それ以前ではよく似た変動を示し、1970 年代前半には水位のピークが共通して



図2 水温偏差の時系列

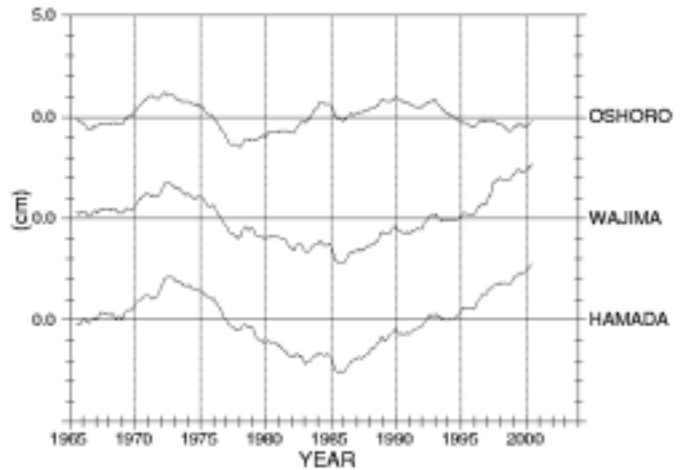


図3 水位偏差の時系列

現れている。また、輪島と浜田における1970年代後半から1990年代前半にかけての負偏差と、1990年代半ば以降の正偏差は、図2の水温偏差の変動と良く一致している。

類似の水温・水位変動は、太平洋側の測点（例えば油壺）においても認められる。そして、1970年代半ばの正偏差から負偏差への変動、および1980年代後半から1990年代前半にかけて負偏差から正偏差への変動は、それぞれ同時期に起こったとされるレジームシフトと対応している。以上のことから、日本海においても、北太平洋のレジームシフトと同期した長周期変動が、山陰沖から北海道沿岸にかけての広い範囲にわたって存在することがわかる。

#### 4. 考察

さて、本シンポジウムの主題である1997/98年に起こったとされるレジームシフトであるが、急激なジャンプのような変動は、この時期には水温にも水位にも認められない。ただし、水位の変動に注目すると、1995年を境に忍路では正から負の偏差に、逆に輪島と

浜田では負から正の偏差に変化しているのがわかる。

忍路と他の点の変動が逆位相であること、さらに1980年代末に起こったとされるシフトがこの偏差の反転を引き起こしている可能性があること（水温偏差には、このシフトが現れている）などから、本当に1997/98年にレジームシフトが起こったのかどうかは、この資料のみでは判然としがたい。本研究では、84ヶ月間という比較的長い平均操作を行ったために、小さなジャンプは平滑化されてしまうくらいがある。その結果、偏差の符号が反転するような形でしか、レジームシフトを検出できないため、もう少し資料が蓄積されないと、はっきりしたことはわからないのかも知れない。

#### 文献

Senjyu, T., M. Matsuyama and N. Matsubara (1999): J. Oceanogr., 55, 619-633.

千手智晴・渡辺俊輝・繁永裕司 (2003): 月刊海洋, 35(1), 59-64.

衛星から見た北西太平洋における基礎生産の時間変動  
Seasonal variation of oceanic primary production  
using ocean color remote sensing data in northwestern Pacific

亀田 卓彦<sup>1</sup>・石坂 丞二<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 遠洋水産研究所 海洋・南大洋部

<sup>2</sup> 長崎大学 水産学部

Takahiko Kameda<sup>1</sup> and Joji Ishizuka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National Research Institute of Far Seas Fisheries

<sup>2</sup> Nagasaki University

## はじめに

1976年から7年半にわたって運用された気象衛星 Nimbus-7 に搭載された海色センサ CZCS により、海洋での植物プランクトンの水平分布が観測可能であることが明らかとなった。その後、1996年に OCTS が観測を開始して以降、Sea WiFS、MODIS 等により人工衛星による海洋の植物プランクトンの観測が継続されてきている。特に1997年9月から運用が開始された Sea WiFS は現在もデータ取得中であり、観測期間は6年になり、数年スケールの植物プランクトン量の変動を把握することが出来るようになってきた。

海洋においては植物プランクトンが主な基礎生産者であるため、衛星から得られた植物プランクトン量(クロロフィル *a* 濃度)から基礎生産量を見積もるためのアルゴリズムの開発が行われてきた。これらのアルゴリズムと衛星データを用いて、全球での基礎生産量分布を計算することが可能となった。

## 研究の方法

衛星データから基礎生産量を計算するモデルとしては、Behrenfeld and Falkowski (1997) の VGPM を用いた。ただし、この

中で用いられている  $PB_{opt}$  (有光層内での最大の同化指数) については下記で表される植物プランクトン 2 群集モデルを用いた。

$$PB_{opt} = (0.071 T - 3.2 \cdot 10^{-3} T^2 + 3.0 \cdot 10^{-5} T^3) / Chl + (1.0 + 0.17 T - 2.5 \cdot 10^{-3} T^2 - 8.0 \cdot 10^{-5} T^3).$$

ここで、 $T$  は表面水温、 $Chl$  は海面クロロフィル濃度である。

VGPM に用いられているパラメータのうち、クロロフィル濃度と海面日射量については Sea WiFS から得られたものを、海面水温については AVHRR のデータを用いた。基礎生産量の計算はそれぞれ各月毎の平均データにより行った。空間解像度は緯度方向・経度方向にそれぞれ 9km である。

## 結果

衛星データとモデルを用いて計算した基礎生産量を全球で積分したところ、1998、1999、2000年の年間基礎生産量はそれぞれ 40.1、41.5、41.8 PgC year<sup>-1</sup> となった。また、この3年間における各大洋(太平洋・大西洋・インド洋)における基礎生産量を見積もったところ、その値に大きな変動は見られなかった。この結果から、全球や大洋スケールでの基礎生産量はほぼ安定していることがわかった。

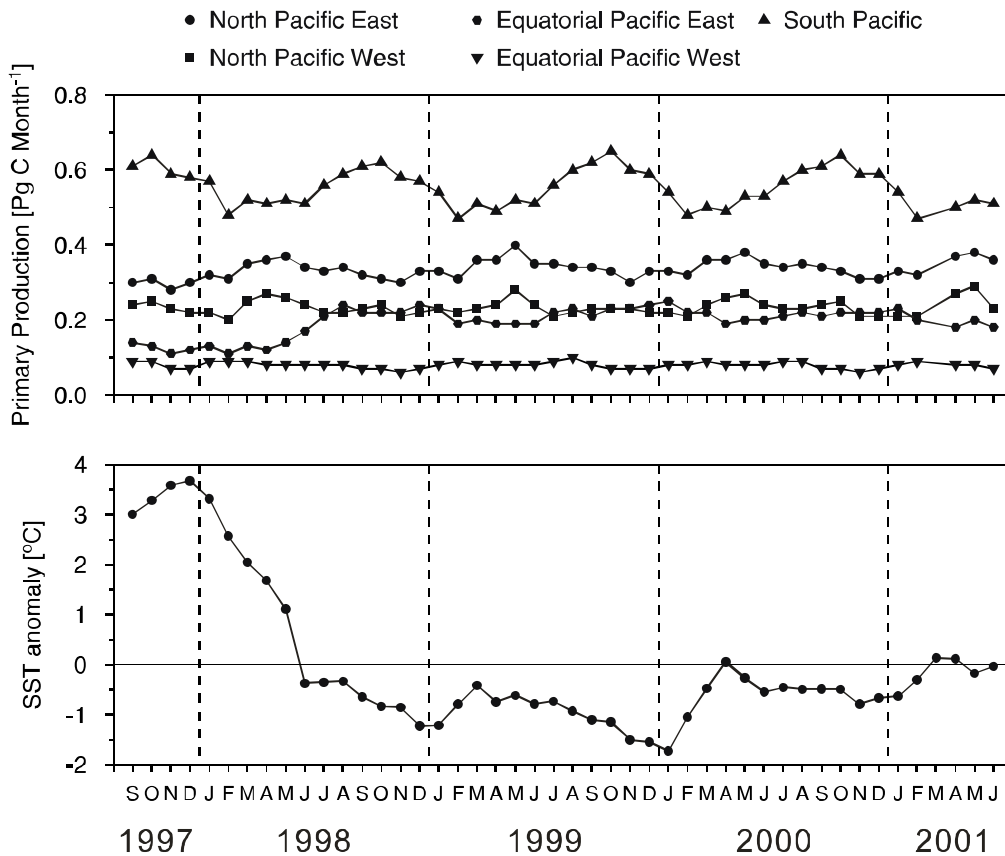
一方，太平洋の内部における基礎生産量を見てみると，東部赤道域における月刊基礎生産量は 1998 年 7 月以前とそれ以降で倍増していることがわかった (図上段)．これを ENSO の指標として用いられる Niño 3 と比較した結果，エル・ニーニョからラ・ニーニャに移行した時期と一致していた．したがって，赤道太平洋東部海域ではエル・ニーニョ期には低生産，ラ・ニーニャ期には高生産になることがわかる．太平洋の他の海域では，エル・ニーニョ時にはカリフォルニア沖，ペルー沖では低生産量に，西部赤道太平洋，北太平洋亜熱帯循環域，

南太平洋亜熱帯循環域では高生産量になることが衛星データから明らかとなった．

講演時には北西太平洋における時間変動についても述べる予定である．

### 引用文献

Behrenfeld M. J. and P. G. Falkowski (1997) Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnol. Oceanogr.*, **42**, 1—20.



(上段) 太平洋における海域毎の基礎生産量の変化．

North Pacific East, West は 10°N 以北でそれぞれ 180°以東, 以西, Equatorial Pacific East, West は 10°N 以南, 10°S 以北でそれぞれ 180°以東, 以西, South Pacific は 10°S 以南の海域と定義した．

(下段) Niño 3 の変化．

## 衛星マルチセンサー観測による北太平洋の低次生産変動解析

### Temporal and spatial variability of primary productivity in the north Pacific using multi-sensor remote sensing

笹岡 晃征<sup>1</sup>・齊藤 誠一<sup>2</sup>・Joaquim I. Goes<sup>3</sup>・才野 敏郎<sup>4,1</sup>

Kosei Sasaoka<sup>1</sup>, Sei-ichi Saitoh<sup>2</sup>, Joaquim J., Goes<sup>3</sup> and Toshiro Saino<sup>4,1</sup>

<sup>1</sup>宇宙航空研究開発機構地球観測利用推進センター <sup>2</sup>北海道大学大学院水産科学研究科

<sup>3</sup>Bigelow Laboratory for Ocean Sciences <sup>4</sup>名古屋大学水循環研究センター

<sup>1</sup>Earth Observation Research and Application Center, Japan Aerospace Exploration Agency

<sup>2</sup>Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University <sup>3</sup>Bigelow Laboratory for Ocean

Sciences <sup>4</sup>Hydrospheric-Atmospheric Research Center, Nagoya University

#### 【はじめに】

北太平洋亜寒帯域は、世界的にも栄養塩が豊富で生物生産が高く、豊富な漁業資源を持つことでも知られている。最近の研究では、北太平洋は全球的にも気候変動と大きな関わりを持ち、海洋の物質循環・生態系への影響が大きい重要な海域であることでも注目されている。このような背景の中、地球環境変化の研究のための重要な手段として、衛星リモートセンシングが発達し、植物プランクトンをはじめ、水温・海上風・海面日射量・海面高度等の環境要素を連続かつ広域に観測することが可能になってきた。複数の環境要素を同時に得られるマルチセンサーリモートセンシングを用いれば、複雑な海洋の物理・化学・生物過程やこれらの相互関係を同時に理解できる。そこで本シンポジウムでは、El Niño, La Niña 期を含んだ 1997 年から 2002 年までのマルチセンサー衛星観測から得られた北太平洋亜寒帯域におけるクロロフィル *a*・基礎生産の季節変動と経年変動特性について述べ、最後にこれらの時空間変動メカニズムと地球環境変動との関わりについて議論する。

#### 【材料と方法】

本研究で用いた衛星データを Table.1 に示した。El Niño, La Niña の影響解析のため、水温は 1985 年から 2002 年、海上風は 1987 年から 2002 年までの月平均データからそれぞれ気候値を算出し、アノマリマップも作成した。衛星データによる基礎生産力の算出には Behrenfeld and Falkowski (1997) による VGPM モデルを用いた。時系列解析を行うため、北太平洋を海洋学的に 12 の海域に区分し (Fig.1) 各々の衛星データから各海域内における物理量の平均値を求めた。

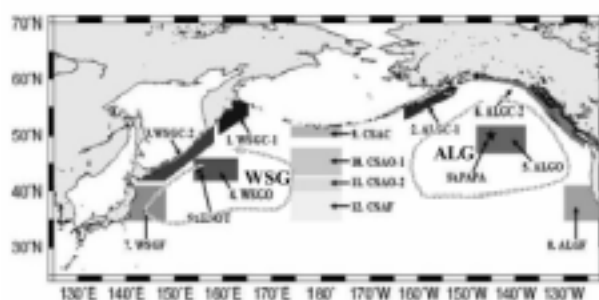


Fig.1 時系列解析に用いた海域区分

#### 【結果及び考察】

1997 年から 2002 年までの西部・中部・東部北太平洋における 4 つの沿岸域と 3 つの外洋域の基礎生産力の時系列を Fig.2 に示した。沿岸域 (Fig.2-(a)) では春に基礎生産力が増加し、5 月から夏季 8 月にピークを迎える。春のピークは東部のアリューシ

ャン列島周辺(ALGC1)が西部のカムチャツカ周辺 ( WSGC1 )、クリル諸島周辺 ( WSGC2 ) 中部のアリューシャン周辺 ( CSAC ) よりも高い。経年変化では、東部の ALGC1 海域では 2000 年の春のピークが顕著で、1998 年の春から夏の基礎生産力が他年より低かった。西部の WSGC1, WSGC2 海域では 1998 年の夏から秋が他年よりも高く、1999 年の春 5 月のピークが他年よりも顕著だった。中部の CSAC 海域では経年変化はほとんど見られなかった。外洋域 ( Fig.2-b ) では 3 海域とも春 4 月から夏にかけて基礎生産力が増加し、7 月または 8 月にピークが見られる。西部亜寒帯循環域 ( WSGO ) の方が、東部のアラスカ循環域 ( ALGO ) や中部北太平洋 ( CSAO1 ) よりも基

礎生産力が高かった。経年変化では、西部の WSGO 域で 1998 年の夏季のピークが顕著であり、一方 CSAO1, ALGO では 1998 年は他年に比べると春から夏のピークが低かった。これらの経年変動メカニズムを明らかにするため、各々 12 海域で、基礎生産力と水温・風・光合成有効放射 ( PAR ) 等の物理環境との関係を調べたところ、西部北太平洋では、風との相関がよく、東部北太平洋では PAR と良い関係が見られた。講演時にはこれらの物理環境と基礎生産力との関係を詳細に述べ、経年変化が顕著だった 1998 年は El Niño から La Niña へとシフトした年であることから、El Niño, La Niña 等の地球環境変動が及ぼす海洋の基礎生産への影響についても議論する。

Table.1 マルチセンサーデータセット

Parameter	Sensor	Products	Temporal/Spatial resolution	Period
Chl- <i>a</i> concentration	OCTS	Level3 Binned-Map NASA	Monthly / 9km	Jan. 1997 - Jun. 1997
	SeaWiFS	NASA/SMI Level3 Global Map NASA/DAAC	Monthly / 9km	Sep. 1997 - Dec. 2002
PAR (Photosynthetically available radiation)	SeaWiFS	Evaluation products NASA/DAAC	Monthly / 9km	Sep. 1997 - Dec. 2002
Sea surface temperature Sea surface temperature anomaly	AVHRR	Pathfinder Global SST NASA/JPL	Monthly / 9km	Jan. 1985 - Dec.2002
Wind speed Wind speed anomaly	SSM/I	NASA Pathfinder program Research System Inc.	Monthly / 0.25 degree	Jul. 1987 - Dec.2002

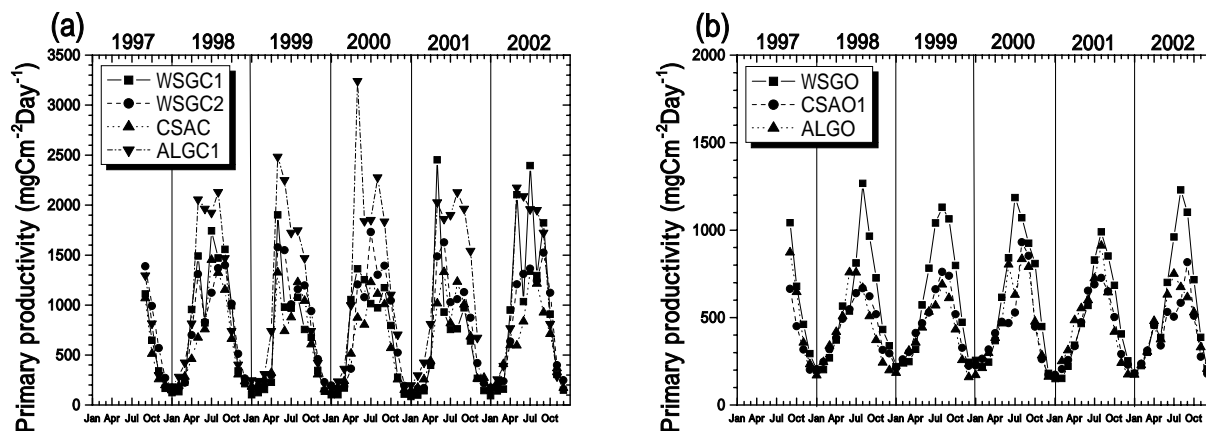


Fig.2 VGPM モデルから算出した西部・中部・東部北太平洋における(a)沿岸域 ( WSGC1, WSGC2, CSAC, ALGC1 ) と(b)外洋域(WSGO, CSAO1, ALGO)における基礎生産力の時系列

## 親潮域における *Neocalanus* 属カイアシ類現存量の長期変動と気候変動との関係

### Long-term variation in *Neocalanus* biomass in the Oyashio and its relation to climate change

田所和明・千葉早苗(地球フロンティア)・小埜恒夫(北水研)・緑川 貴(気象庁)・  
杉崎宏哉(東北水研)・才野敏郎(名古屋大・地球フロンティア)

Kazuaki Tadokoro<sup>1</sup>, Sanae Chiba<sup>1</sup>, Tsuneo Ono<sup>2</sup>, Takashi Midorikawa<sup>3</sup>,  
Hiroya Sugisaki<sup>4</sup>, and Toshiro Saino<sup>1,5</sup>

1: Frontier Research System for Global Change, 2: Hokkaido National Fisheries Research Institute

3: Japan Meteorological Agency, 4: Tohoku National Fisheries Research Institute, 5: Hydrospheric  
Atmospheric Research Center, Nagoya University

親潮域の *Neocalanus* 属カイアシ類現存量の長期変動の実態を明らかにし、気候変動との関係を考察した。材料は気象庁が1972～2001年に北海道沖の海洋観測線PHで採集した試料の分析結果および、東北水研(TNFRI)が東北～北海道沖で採集し(Fig. 1)、現在環境省・地球環境研究総合推進費の研究課題の一環として分析を進めている1970年～2001年までの動物プランクトン試料(Odate Collection)の結果を用いた。PHでは全期間 NORPAC ネットを用いたが東北水研では1991年以前は丸特ネット、1991年およびそれ以降は NORPAC を用いた。試料は全て表面までの鉛直曳きによって採集されたが、曳網深度はPHでは150mで固定されていたのに対し、東北水研では約100～200mと観測点によって異なった。春(4月下旬～5月初旬)のPHで得られたメソ動物プランクトン現存量は1976/77のレジームシフト以降半減した(Fig. 2)。一方 TNFRI のデータは1970年代後半に欠損が多いため1976/77のレジームシフト以降の減少は確認できなかった。1980-1999年の標本を分析した結果、主要なメソ動物プランクトンは *N. flemingeri*

を中心とした *Neocalanus* 属カイアシ類であった。1970年代の標本は分析できなかったが、*Neocalanus* spp.はこの年代も春の親潮の主要なメソ動物プランクトンであったことが過去の研究で示されている。従ってメソ動物プランクトンの減少は *Neocalanus* spp.の減少を反映していると考えられた。新生産の指標となる春の親潮の NCP (Net Community Production)も1976/77のレジームシフト以降半減した。春の *Neocalanus* の主要な餌はケイ藻であることが報告されていることから、この新生産量の減少が *Neocalanus* の減少を引き起こした可能性が考えられた。春の NCP の減少は、冬季の表層の低塩化によって鉛直混合が衰退し、その結果中深層から表層への鉄の供給量が減少したことによって引き起こされたと推測されている。

夏(6月中旬～8月上旬)のPHおよび TNFRI のメソ動物プランクトン現存量は、1976/77のレジームシフト以降半減し、1988/89年のレジームシフト以降再び増加した(Fig. 2)。夏の主要な動物プランクトンは *N. plumchrus* を中心とした *Neocalanus* で、同属の現存量がメソ動物



プランクトン現存量全体の変動を反映していた。この季節、親潮の NCP はレジームシフトに対応した変動は示さなかったことから、現場の新生産の変動が *Neocalanus* に影響を及ぼしたとは考えにくい。夏にメソ動物プランクトンを求めて親潮域に來遊するマイワシの資源量は 1970 年代半に増加し 1980 年代に減少するという *Neocalanus* と逆のパターンを示した。マイワシの摂餌速度と *Neocalanus* の生産速度を比較した結果、資源量の最も高かった 1984 年のマイワシの摂餌量は *Neocalanus* の日生産速度の 32-136%にも達したこと

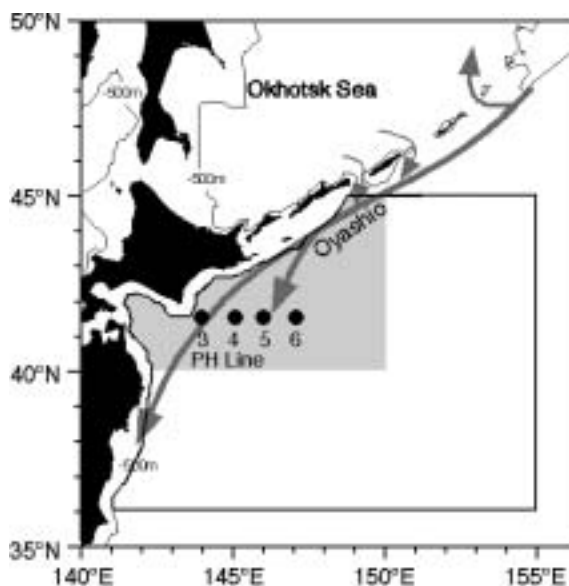


Figure 1. Sampling site in the Oyashio water. Area in which hydrographic data were collected is shaded. Black dots indicate the PH-line stations at which biological data were collected. Area in which data of mesozooplankton biomass collected by TNFRI were collected is blanked box.

から、マイワシの摂餌圧は *Neocalanus* の現存量を減少させるほど大きかったと推測され、マイワシの摂餌圧が 1980 年代のメソ動物プランクトン現存量を減少させた可能性が考えられた。マイワシ資源量は 1976/77 年と 1988/89 年のレジームシフトを原因とした西部亜熱帯水域の表層水温の変動の影響で増減した可能性が指摘されている。従ってそれらのレジームシフトは亜熱帯水域の表層水温を変化させることでマイワシの資源量の増減させ、さらに索餌域である親潮の動物プランクトン現存量も変動させたのかもれない。

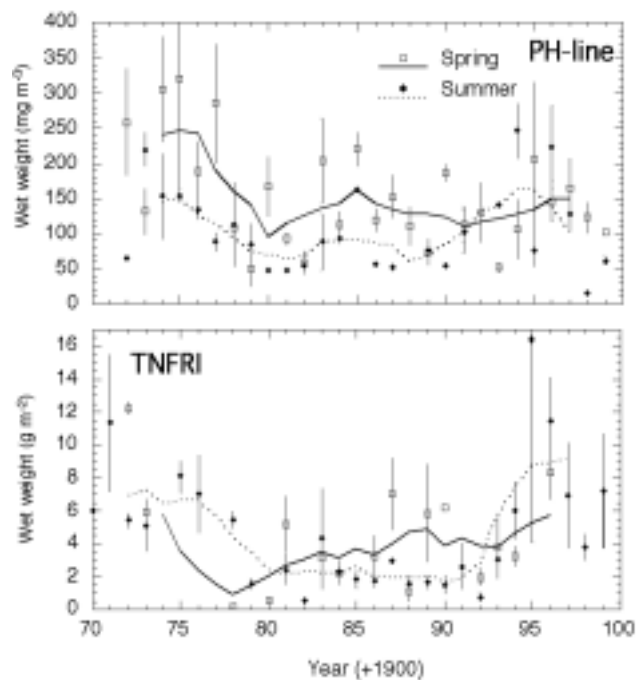


Figure 2. Interannual variation in annual mean mesozooplankton biomass in spring and summer determined from surveys along PH-line 1972-1999 and determinations from the surveys conducted by TNFRI 1970-1999. Units are mg WW  $m^{-3}$  for PH-line, and mg WW  $m^{-2}$  for TNFRI. Bars denote  $\pm$ SD. Solid and broken lines show the 5-year running mean.

## 黒潮内側域の生物生産

Biological production of inshore waters of Kuroshio

日高清隆 (中央水研)

Kiyotaka Hidaka (National Research Institute of Fishery Science)

本州-九州の南岸と黒潮に挟まれる海域はマイワシの産卵場となり、卵が孵化した後は、黒潮に取り込まれて輸送されながら仔魚、稚魚へと成長していく。この間、後期仔魚から当歳魚として漁獲資源に加入してくるまでの期間の死亡率の変動が、資源変動の要因と考えられている。

黒潮-黒潮続流域は、マイワシやサンマなどの多獲性浮魚類の産卵・初期成長の場となっており、仔稚魚の餌となる動物プランクトンの生産に関わる生態系プロセスが注目されている。黒潮のある地点の水は、より上流の黒潮の水に加え黒潮の周辺より取り込まれた水からなっているが、仔稚魚の餌生物(動物プランクトン)を考える場合、黒潮内側域の方が外側域に比べて生産性が高く、従って黒潮内の餌生物量に対する影響も大きい。

今回の報告では、上記のような背景をもとに、黒潮内側域の低次生産(動物プランクトンまで)の経年変動および、既報のある黒潮流軸域のそれとの対応について報告したい。

### 材料と方法

1995~2000年2~3月に本州中部沖の黒潮周辺海域(35°~30°N, 135°~140°E)に

おいて、ノルパックネット(目合335um, 口径45cm)の150→0mの鉛直曳で採集された動物プランクトン試料に含まれるカイアシ類について、頭胸部長(PL)をもとに既知の換算式によって生物量を求め、体サイズ区分ごとの経年変動を検証した。

### 結果と考察

まず、1990-2000年の冬春期における黒潮流軸内のカイアシ類の経年変動について、Nakata and Hidaka (2003) から示す(図1)。大型個体(図1(a))、小型個体(図2(b))とも生物量は1995年から緩やかに増加していおり、1998年から1999年の間での増加幅特に大きかった。また、1990-1998年と1999-2000年をそれぞれ気候レジームとし、両者の間のカイアシ類生物量の違いを見ると、大型、小型ともに有意差を示した(one-way ANOVA, Fisher's PLSD)。しかし1998-1999年と同規模の変化は、同じ気候レジームに含まれるはずの1992-1993年(大型個体のみ)、1993-1994年にもみられ、1998-1999年の変化(のみ)をレジームシフトによるとするには、それぞれのケースについて具体的な説明が必要と考えられた(論文中では ENSO との関連を示唆)。

次に1995-2000年の冬春期における黒潮内側域のカイアシ類の経年変動について示す(図2)。黒潮流軸域と比べると、1995年の時点の生物量が大型個体、小型個体ともに大きく、その水準をそれ以降も維持しており、1998-1999年を含め、特に生物量の大きな変化は見られなかった。観測点は黒潮内側域の全域にわたっていることから、黒潮流軸域の変動との関連については、更に海域を絞り込むことで現れる可能性がある。しかし黒潮内側域全体でカイアシ類の生物量のみを見る限りでは、レジームシフト的な現象は見られなかったといえるだろう。

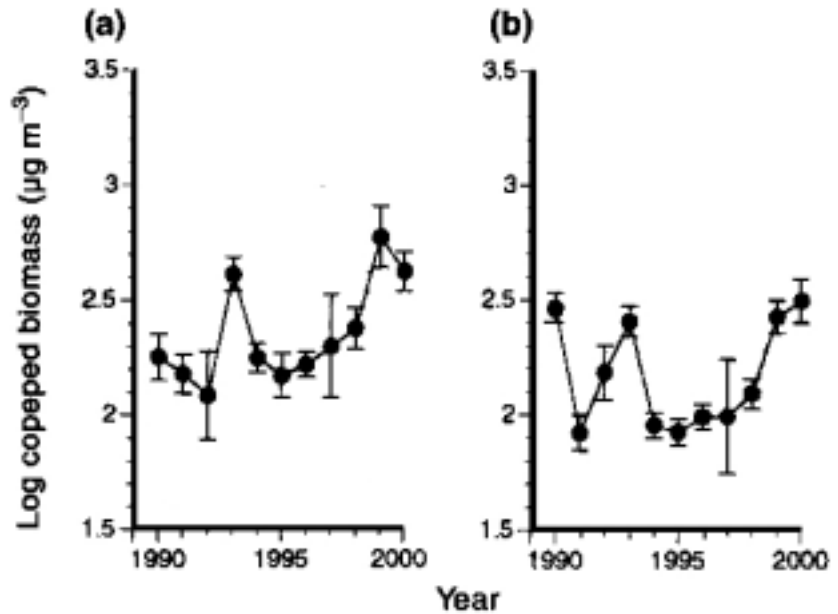


図1 黒潮流軸域におけるカイアシ類生物量(C)の経年変動 (Nakata and Hidaka 2003を改変, (a): PL>1mm (b): PL<1mm)

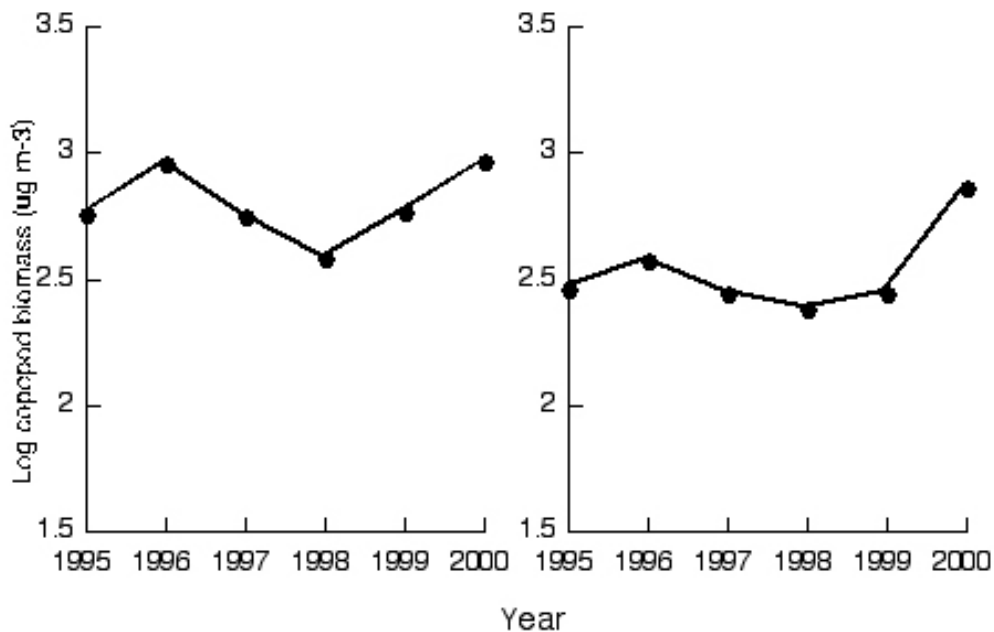


図2 黒潮内側域におけるカイアシ類生物量(C)の経年変動 (a): PL>1mm (b): PL<1mm)

## レジームシフトおよび ENSO による日本海南部での低次生産の変動

Primary productivity variation in the southern part of the Japan Sea affected by regime shift and ENSO events

山田圭子(長崎大院生産科学)・石坂丞二(長崎大水産)・千葉早苗(地球フロンティア)

Keiko Yamada (Graduate School of Science and Technology, Nagasaki University)

Joji Ishizaka (Faculty of Fisheries, Nagasaki University)

Sanae Chiba ( Frontier Research System for Global Change)

【目的】日本海では，春季と秋季に植物プランクトンブルームが観測され，その時期や規模には経年変化が見られることが衛星画像から確認されている．本研究では，1998 年以降の衛星データと現場の鉛直観測データより，ENSO スケールの気候変動に対する日本海における春季の低次生産変動を明らかにする．さらに，1970 年代以降の現場観測データより 1976/1977 年のレジームシフトに対する日本海の春季低次生産変動を明らかにし，1998/1999 年のレジームシフトの可能性について考察した．

【データと方法】衛星クロロフィル a データには，海色センサー SeaWiFS (NASA) の 1998 年 2 月から 2003 年 5 月までの 8days 平均データを利用した．クロロフィル a 濃度が  $0.8\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  に達した時をブルーム発生と定義し，春季ブルームの発生時期や発生週数をピクセル毎に計算した．風速データには 1987 年以降の SSM/I の月平均データを利用した．また気象庁の PM 線の船舶観測データより，1972 年から 2002 年の水温，塩分，リン酸塩濃度，クロロフィル a 濃度のデータを利用した．

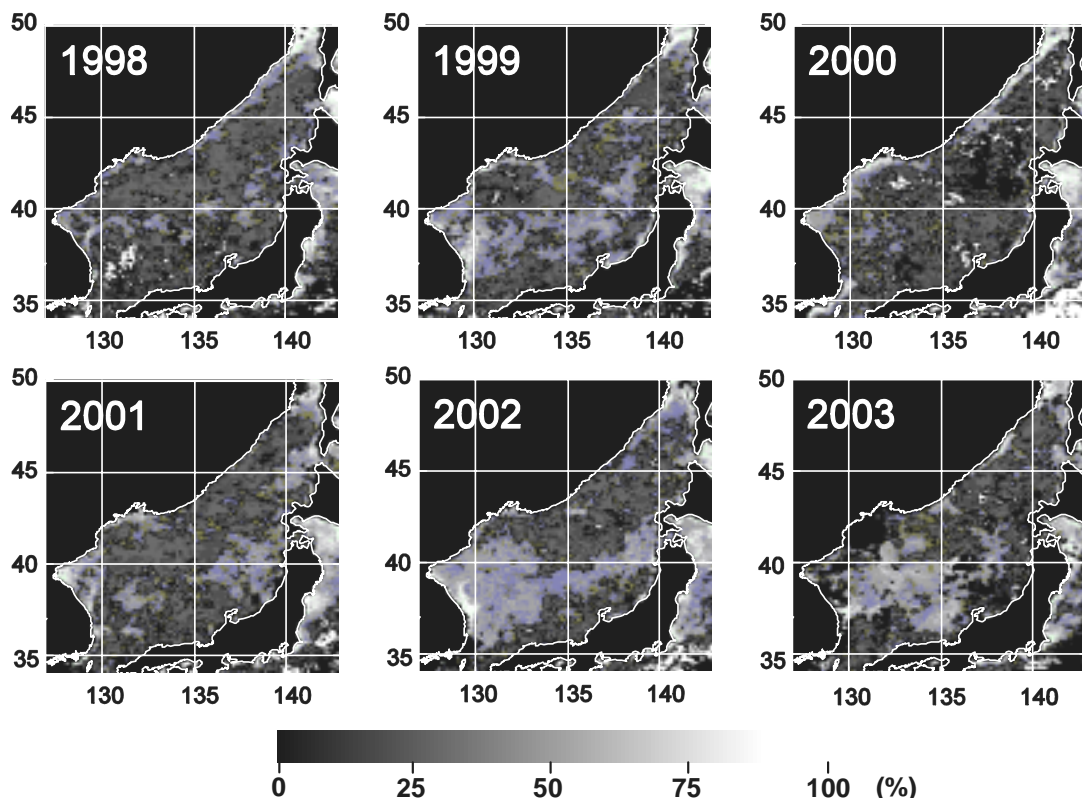


図1. 1998年から2003年までの2月から6月で春季ブルームが発生していた週の割合．本研究でブルームと定義した $0.8\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ を超えた週の数を，欠損以外のデータ数で割った値．値が高いほど，高いクロロフィルa濃度が維持されたことを示す．等値線は30%の時を示す．

【結果と考察】PM線の現場観測データによると、1980年以後に春季観測時の積算クロロフィルa量の低下や珪藻優占種の変化が起こっており、これは1976/77年のレジームシフト後数年のラグがあった。春季の観測は衛星で観測される春季ブルームの後に行われるため、この積算クロロフィルa量や優占種の変化は春季ブルームが早く起こっていたことを示す。アリューシャン低気圧の変化による水温偏差は、ロスビー波によって西部北太平洋亜熱帯域に数年ラグを持って現れると報告されており、そのことが黒潮や対馬暖流に変化をもたらし、春季に上層の成層が強化される可能性がある。したがって、アリューシャン低気圧の強化によるレジームシフトが起こった場合には、ブルームの発生が早くなる可能性がある。

また1980年代は下層冷水が顕著に上昇しており、冬季のリン酸塩濃度が高かったと同時に、1980年代はアリューシャン低気圧の強化によって、冬季中緯度海域の風速が強まっていたと報告されている。アリューシャン低気圧の強化に伴うレジームシフト時に、下層冷水の上昇と風速の増加によって冬季表層の栄養塩が増加するとすれば、春季ブルームの期間は長くなる可能性がある。

一方、1998年以降の衛星データによると、春季風速が弱いエルニーニョの年には春季ブルームの発生が早くなっており、春季の風の弱さが成層形成を早め、ブルームの発生をも早めていたことが示唆された。また春季ブルームの期間は2002年以降長くな

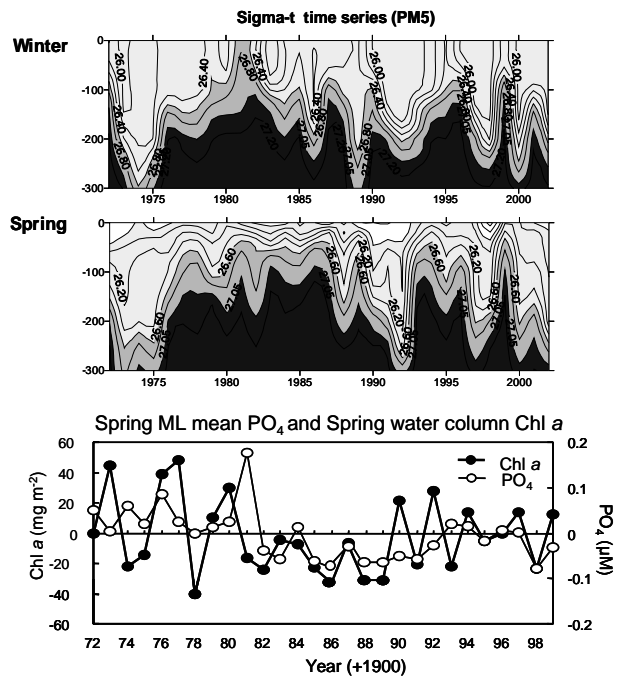


図2. PM5における冬季(上)と春季(中)の密度の鉛直分布と、混合層内の積算クロロフィルaとリン酸塩濃度の偏差(下の時系列(下))。

っていた。冬季風速は1990年代以降増加傾向にあるので、冬季混合によって表層に供給される栄養塩が増加して、ブルームの期間が長くなってきている可能性がある。

PM線の観測結果から考えると、アリューシャン低気圧の強化に伴って1998/1999年にレジームシフトが起こっていた場合には、春季ブルームの発生が早まり、期間が長くなる可能性がある。したがって、衛星画像から確認された2002年以降の春季ブルームの発生時期の遅れと期間の増加は、日本海の低次生産に数年のラグをもって現れた新しいレジームの始まりを表している可能性がある。しかし2002年、2003年はエルニーニョの年でもあったため、これがENSOスケールの変動によるものか、レジームシフトによるものかを見極めるには、もう数年のデータの蓄積を待つ必要がある。

# 九州北西部でみられた大型褐藻類の衰退 と近年顕著になったその他の特徴

Deterioration of Large Brown Alga Population and Increase of Warm Water Species  
along Coast of Northwestern Kyushu, Japan

桐山隆哉、<sup>1</sup> 吉村 拓、<sup>2</sup> 四井敏雄<sup>3</sup>

Takanari Kiriyaama,<sup>1</sup> Taku Yoshimura,<sup>2</sup> and Toshio Yotsui<sup>3</sup>

<sup>1</sup>長崎県総合水産試験場、<sup>2</sup>西海区水産研究所、<sup>3</sup>前長崎県総合水産試験場

<sup>1</sup>Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries

<sup>2</sup>Seikai National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency

<sup>3</sup>Late of Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries

幾つかの大型褐藻において 1998 年に衰退現象が発生し現在も継続している。また、始まった時期は明らかではないが、少なくとも 1996 年以前にさかのぼると思われる現象に暖海性種の北上があり、現在ではかつてはみられなかった種が普通に生育している。ここでは、主として長崎県下で観察した事実を中心にしてこれらの現象を紹介する。

## 1. 大型褐藻群落の衰退

**アラメ、クロメ、カジメの葉状部欠損現象：**1998 年秋～冬期に、長崎県下で初めて観察され、その後もほとんど回復することなく拡大している。この原因は葉状部に残された摂食痕の形状や水槽内実験からアイゴ、イスズミ、ブダイの食害と推察されている。

**ヒジキの生育不良現象：**長崎県はわが国におけるヒジキの主生産地で、1996 年までは 3,000～4,000t の生産であったが、現在 2,000t 前後に低迷している。これは、以前から狭い範囲では発生していた可能性がある生育不良現象が 1998 年頃に県下全域に

広がったためである。生育不良は、摘採期になっても数cm以下に止まる極端なものから藻体長が短く収穫量が減少するものまで多様な変化を示す。発生原因は、生育不良地のヒジキに防護籠を被せることで生長が改善されることや葉に残された摂食痕等から、アイゴ等の魚類の食害によるものと推察されている。

**島原半島沿岸の養殖ワカメの葉状部欠損現象：**この現象は幼芽の時期に葉先が切れるもので、1998 年に島原半島一帯で発生が確認され、その後も継続している。この海域でワカメ養殖が始まって約 40 年になるが、このような現象は初めてのことであった。発生原因は、葉先の欠損した幼体のある養殖縄の一部分をネットで囲むことで、生長が改善されたことや葉に残された摂食痕等から種類は確認されていないが魚類の食害によるものと推察されている。

上述した 3 つの現象に共通する魚類の食害は、水温の上昇に伴い摂食圧が増加したためと考えられている。

## 2 . 暖海性種の分布北上

暖海性ホンダワラ類の分布北上：1960年頃までの調査では、*Eusargassum* 属として長崎県五島福江島南・野母崎、熊本県富岡・牛深等での生育確認や採集記録から、この辺りが暖海性ホンダワラ類の分布の北限と考えられてきた。しかし、近年では対馬南部、壱岐、五島列島、西彼杵半島一帯、橘湾沿岸等の県下各地でみられ、キレバモク、ウスバモク、フタエモク、マジリモクや不明種等の数種が確認されている。標本採取記録が比較的整っているウスバモクの資料では1996年に初めて野母崎で分布が確認されており、分布北上が始まった時期はこれ以前であることが分かる。一方、ホンダワラ類の在来種は減少傾向を示し、ノコギリモクやヨレモクが目立つようになってきている。

アントクメの分布北上：アントクメの分布は熊本県天草までは知られていたが、近年では西彼杵半島では普通になり、平戸島でも分布が確認され、距離にして100km以上分布が北上したことになる。

### 3. 1998年に発生した大型褐藻群落の衰退をどう考えるか

大型褐藻群落の衰退は現象としてみると

1998年に顕在化した。しかし、これと基本的には原因を同じくする暖海性種の分布北上は、始まった時期は明らかではないが、少なくとも1996年以前から進行している。この二つの現象は水温の上昇という同じ環境変化が背景にあり、1998年の大型褐藻群落の衰退はそれ以前から続いていた一連の変化の中で発生したと考えられる。そこで、水温上昇はいつ頃からどの程度起きているのかが重要である。沖合域においては女島における観測結果をみると、近年上昇傾向にあり、1998年には年間の平均水温が最高になっている(図1)。一方、海藻類が生育している沿岸域についてみると、定時観測であったり、不規則観測であったり、沿岸の水温値を知る精度の高い測定が無い。しかし、上述したように暖海性種の分布北上は明らかであり、沿岸域においても水温の上昇は確実に起きていると考えられる。水温上昇が確実にであれば、この影響は海藻に止まらず動物相にも影響し、ひいては水産業にも影響を与える可能性が十分にある。このような水温環境や生物相の変化に対し迅速に対応できるような体制の整備が望まれる。

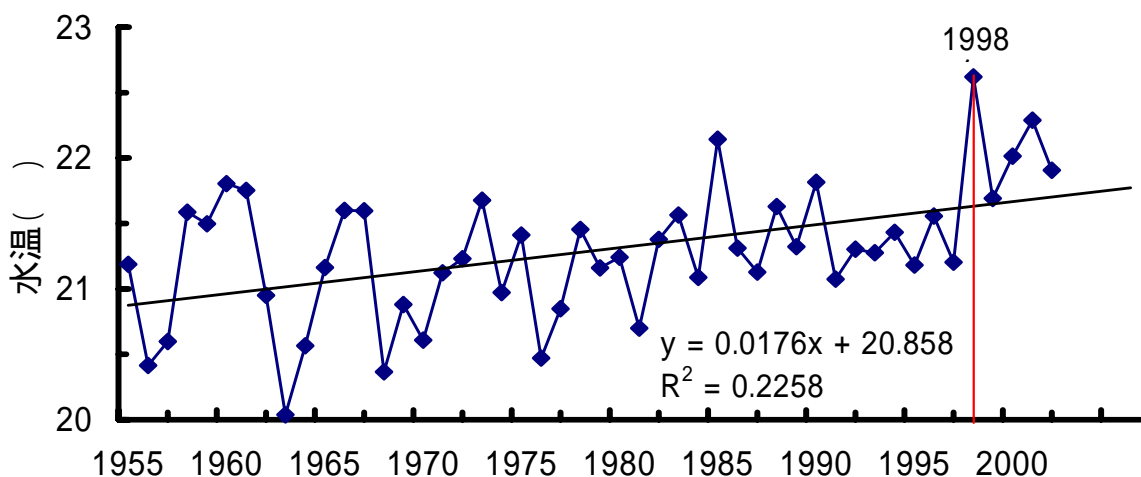


図1 女島における年間平均水温変化(西日本旬報)



## 1998年にレジームシフトは起こったのか？・伊勢湾のイカナゴ資源における検証・

Had the regime shifted in Japanese sand lance *Ammodytes personatus* in Ise Bay in 1998 ?

山田浩且 (三重科技セ水)・富山 実 (愛知水試)・中田 薫 (中央水研)

Hirokatsu Yamada, Minoru Tomiyama, Kaoru Nakata

レジームシフトという用語は、元来、マイワシやカタクチイワシに見られるような全球的、数十年スケールのバイオマスの大変動に対して用いられてきた(川崎 2001)。こうした全球規模の気・海象変動は、沿岸内湾域などのローカルの生態系にどのような影響を及ぼすのであろうか。

ここでは、伊勢湾における冬季の最優占種であるイカナゴを対象に、1998年を含む過去の気候レジームシフトと再生産・加入の成否との対応関係を解析し、その連動性を評価した。

### 1. 伊勢湾のイカナゴ資源

伊勢湾産イカナゴの産卵盛期は12月下旬～1月上旬にみられる。産卵場は湾口部の海底に形成され、ふ化後湾内の恒流によって湾奥へと輸送される。同時期の伊勢湾には本種以外の魚類は少ない。湾内に輸送された仔魚は活発にかいあし類のノープリウス幼生を摂餌し、3月上旬には体長35mm前後のシラスとなる。5月頃から湾口部へ移動し始め、6月には湾口部外域の夏眠場に集群し夏眠生活に入る。夏眠期間は12月までの半年間に及び、夏眠終了後、比較的短期間のうちに満1歳で産卵する。例年、産卵親魚のほとんどを1歳魚が占める。

伊勢湾では主に船曳網船団が、シラス期～未成魚期(3～5月、体長35～80mm)のイカナゴを漁獲している。

### 2. 伊勢湾における海洋環境の長期変動

図1に、湾中央部の10m層(中層)における水温平年偏差の変動を示した。同時に、Yasunaka and Hanawa (2002)に基づく気候のレジームシフト発生時期を併記した。過去の伊勢湾の水温変動は気候変動とよく対応し、寒冷レジーム期には低め基調、温暖レジーム期には高め基調で推移している。イカナゴの再生産期となる1～2月の水温もほぼ同様の傾向にある。近年では1998年に高温化が顕著となり、その後は平年並～低め基調へと移行している。

中田(2000)は冬季の伊勢湾において、暖冬年には珪藻類の現存量が少なく、鞭毛藻類の現存量が多くなることを指摘している。さらに富山(2002)は冬型の気圧配置が強まる寒冷年には、珪藻類 かいあし類への食物連鎖系が、暖冬年には渦鞭毛藻 繊毛虫などへの食物連鎖系(Microbialloop)が発達することを指摘している。イカナゴにとっては、温暖期より寒冷期の方が好適な餌料環境下にあると言える。

### 3. イカナゴの加入尾数の長期変動

Taylor's power law によるDeLury法の一般化モデル(Phiri *et al.*, 1999)を用いて求めた各年の新規加入資源尾数(以下加入尾数)の変動を図2に示した。加入尾数においては気候のレジームシフトに連動した変動は認められなかった。

漁期中に獲り残された当歳魚は、その後短期間で夏眠生活に入る。夏眠期の減耗は



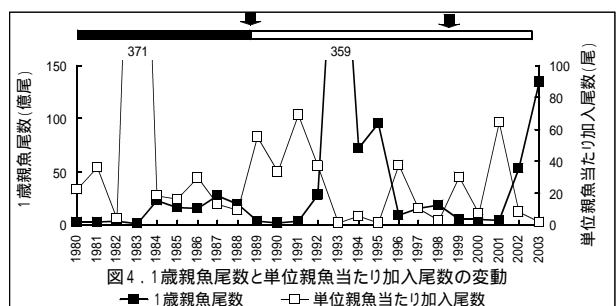
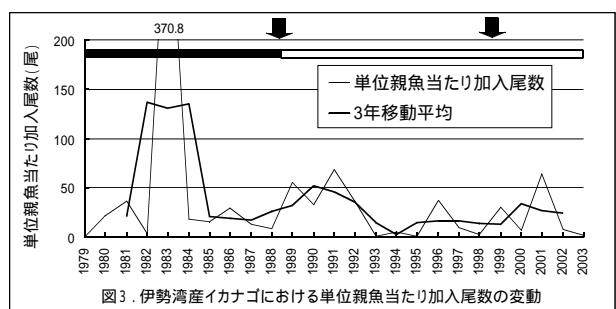
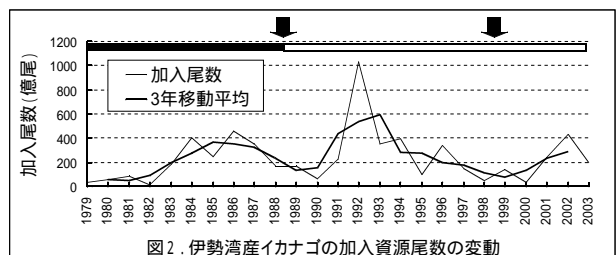
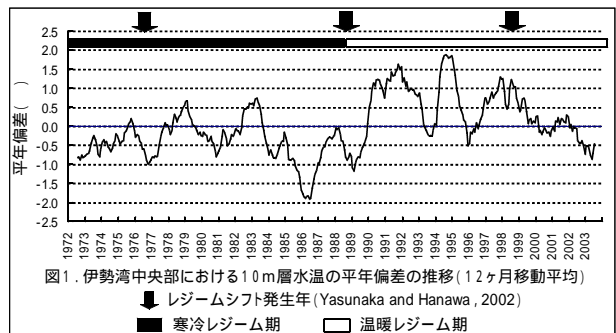
少なく、また、夏眠終了後は短期間で産卵すること、例年産卵親魚の大半を1歳魚が占めること等から、漁期中の残存資源尾数を翌年再生産時の産卵親魚尾数と見なすことができる。こうして得た各年の産卵親魚尾数と図2の加入尾数から、単位親魚当たりの加入尾数を求め、その変動を図3に示した。加入尾数の変動と同様、気候のレジームに連動した変動は認められなかった。また、1998年以降の加入の成否においても特異な変化は認められず、伊勢湾のイカナゴ資源におけるレジームシフトの存在は検出できなかった。

#### 4. 気候のレジームシフトに連動しない伊勢湾産イカナゴの再生産様式

冬季の伊勢湾においては、寒冷期により良好な餌料環境が形成され、イカナゴ仔稚魚の生残に有利になると考えられる。しかし、図2, 3では寒冷レジーム期に加入尾数が増加する傾向は特に見出せなかった。伊勢湾のイカナゴの場合、再生産・加入の成否と気候のレジームシフトは直接連動していないことが示唆される。

伊勢湾産イカナゴの加入の成否はどのような要因によって規定されるのであろうか。図4に1歳親魚尾数と単位親魚当たり加入尾数の変動を併記した。両者は相対する変動を示している。すなわち、親魚が増加すると単位親魚当たり加入尾数が減少する傾向が顕著であり、加入の成否は親魚の密度に強く依存していることがわかる。親魚尾数が多い年には、密度効果によって小型親魚が卓越する。この際、まず親魚の再生産力が低下し、単位親魚当たりの産卵数が減少する。加えて、発生した仔魚におい

ても親魚による捕食圧が増加し、新規加入への負の影響が大きくなる。親魚の密度に依存する新規加入量の決定過程は、こうした生態的機構のもとで成立していると考えられる。冬季の伊勢湾はイカナゴの親魚と仔稚魚が優占する単純な魚類相を示す。また、狭い海域に両者が高密度で分布する。新規加入が海洋環境よりも生態的地位の高い親魚の密度で規定されるのは、こうした特異な高次生産過程が影響していると推察される。



# 1998年におけるスルメイカ資源の減少とその後の変化

Abrupt decline in the population size of *Todarodes pacificus* in 1998 and the recover after that

木所英昭 (日水研)・森 賢 (北水研)・後藤常夫 (日水研)

Hideaki Kidokoro, Ken Mori and Tsuneo Goto

スルメイカの漁獲量(資源量)はレジームシフトによって温暖期に移行したとされる1940年代後半より増加したが、寒冷期に移行した1970年代半ばからは減少に転じた。そして再び温暖期に移行した1980年代後半からは増加し、近年は高い水準量を維持している(図1)。このようにスルメイカはマイワシとは反対に温暖な時期に資源量が増大し、寒冷な時期に資源が減少する傾向にある。また、スルメイカでは資源水準の変化と同時に分布範囲や回遊経路、および産卵場の形成位置が変化したことが調査結果によって示されており、レジームシフトによる海洋環境の変化によって生態的特性が変化し、資源水準の変化を引き起こす要因になると考えられている。したがってスルメイカの資源管理を行うには、環境の変化を早期に把握し、対応することが重要となっている。近年

では1998年に海洋環境の大きな変化が起きた可能性が指摘され、その変化による水産資源への影響が注目されている。そこで1998年前後におけるスルメイカの資源量の変化、および生態的特性の変化について紹介し、近年の海洋環境の変化が与えたスルメイカへの影響を検討する素材として提供する。

## 資源量の変化

現在、スルメイカは主に太平洋で漁獲される冬季発生系群と日本海で漁獲される秋季発生系群に区分して資源評価が行われている。資源評価による1980年以降のスルメイカの推定資源量の変化を図2に示す。漁獲量同様、スルメイカの資源量は1980年代半ばにかけて減少していたが、レジームシフトが起きたとされる1980年代後半以降増大し、1992年~1997年

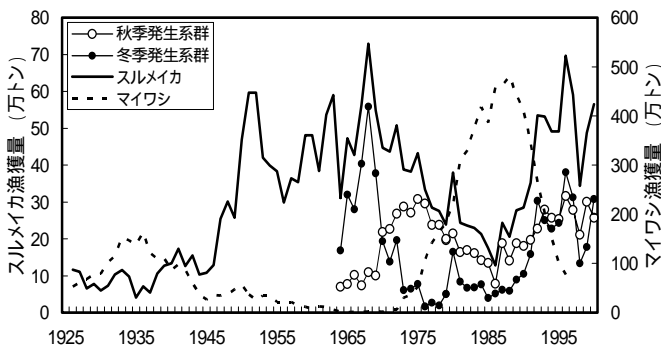


図1. スルメイカとマイワシの漁獲量。

1950年までは、イカ類、イワシ類の漁獲量(日本)。  
1964年以降のスルメイカは日韓合計値。  
1978年までの冬季系は太平洋、秋季系は日本海  
(共に日本のみ)の漁獲量で代用

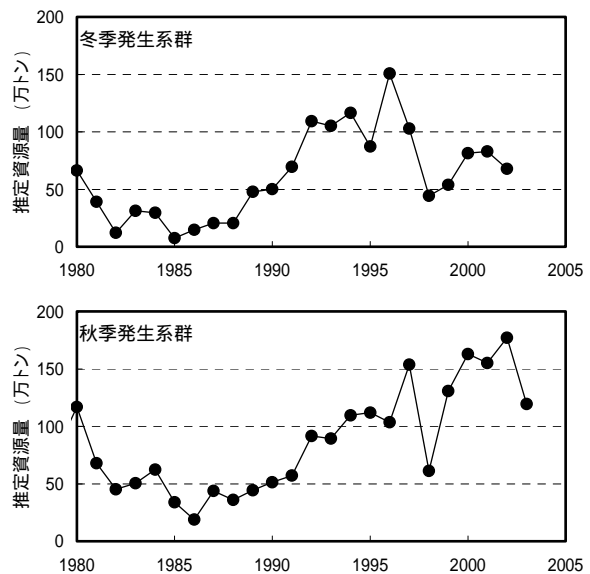


図2. スルメイカの推定資源量

までは高い水準を維持していた．ところが1998年には両系群とも資源量が大きく減少し，冬季発生系群，秋季発生系群とも1997年の半分程度の資源量となった．1998年の資源量の減少によってその後の資源動向が注目されたが，秋季発生系群では翌1999年には1997年に次ぐ高い水準に回復するとともに2002年（近年の最高値）まで増加した．冬季発生系群では翌々年の2000年に資源量が回復したものの，秋季発生系群とは異なり，その後は高水準であった1990年代半ばの資源量の70%程度に留まっている．

### 産卵場の変化

秋季の日本海におけるスルメイカの主産卵場は，1970年代後半から1980年代半ばまでは本州中部沿岸域であったが，資源水準が増加した1990年代以降は対馬周辺海域へと変化したことが示されている．冬季発生系群では資源量が減少した1970年代から1980年代の東シナ海では大規模な産卵場が形成されなかったと考えられているが，資源量が増加した1990年代以降は東シナ海が主産卵場となっている．

資源量の減少が見られた1998年前後の秋季の日本海における幼生分布量の変化として，1997年は幼生の分布量も多かったが，1998年は資源量同様，幼生の分布量も減少した．しかし翌1999年以降は資源量同様，幼生の分布量も1997年以前の水準に回復していた．また，分布量が減少した1998年でも対馬周辺海域で幼生が採集されていたことから，量的には減少したものの，対馬周辺海域が主産卵場であったと推察される．冬季の東シナ海におけるスルメイカ幼生の分布量も1998年群から生まれた1999年は減少していたが，その後は資源量と同様の変動傾向となっている．

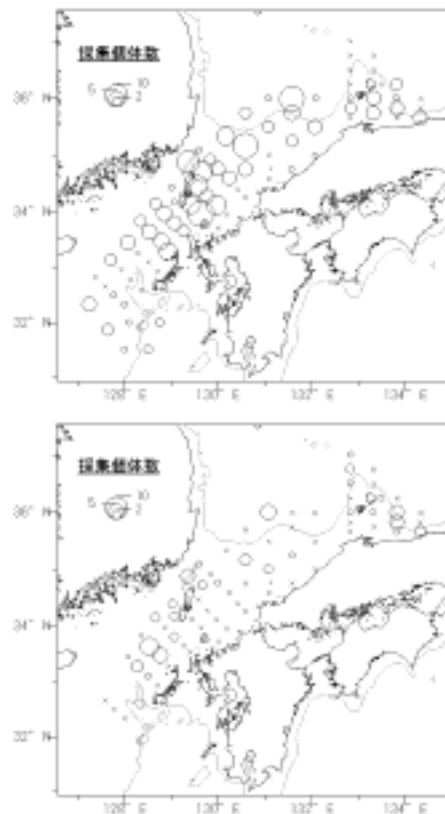


図3. スルメイカ幼生の採集調査結果  
(上図:1997年,下図:1998年)

LNPネットによる1曳網あたりの採集個体数

### まとめ

以上のように1998年にスルメイカの資源量は大きく減少した．しかし秋季発生系群では一年のみの減少にとどまり，翌1999年以降は回復に転じていた．この減少は再生産成功率が例年と比較して低かったことが要因であったことが示されているが，1999年以降は再生産成功率も例年水準に回復し，資源量は概ね1997年以前の水準に回復していた．また，1970年代から1990年代に観察された産卵場の形成位置等の生態的特性の変化も見られず，1998年にはスルメイカの資源水準を中長期的に変化させる様な変化は無かったと判断される．一方，冬季発生系群では2000年以降に資源水準が回復したが，1998年以前と比較して小さく，資源の変動期に入った可能性も考えられる．今後の資源調査結果に注目する必要がある．

## 1990年代後半に対馬暖流域の浮魚にレジームシフトはあったのか？

Had the regime of pelagic fishes in the Tsushima warm current area shifted in the late of the 1990s ?

大下誠二 (水産総合研究センター西海区水産研究所)

Seiji Ohshimo (Seikai National Fisheries Research Institute)

### 【目的】

1990年代後半に対馬暖流域<sup>\*1</sup>において浮魚の資源が違うレジームに入ったかを検証することを目的とした。

### 【方法】

対馬暖流域における水温の変化の指標として、日本海西海域における50m深水温(冬季・春季・夏季・秋季)を用いた(日本海区水産研究所資料)。資料は1964年～2003年まで整理されている。

コホート解析により資源量が求められている対馬暖流域の浮魚類(マアジ・マサバ・ゴマサバ・マイワシ・カタクチイワシ・ウルメイワシ)について、その資源量と再生産成功率(加入尾数÷親魚量)をもとに、特に1990年代後半における変化に着目した。

水産総合研究センターが実施している各種の調査(音響調査・産卵調査)から、前述の各魚種およびマイクロネクトン(はだかいわし類)の指標を整理した。

### 【結果と考察】

図1に日本海西海域における50m深水温の経年変化を示した。また図2には、各浮魚類の資源量、再生産成功率を示した。

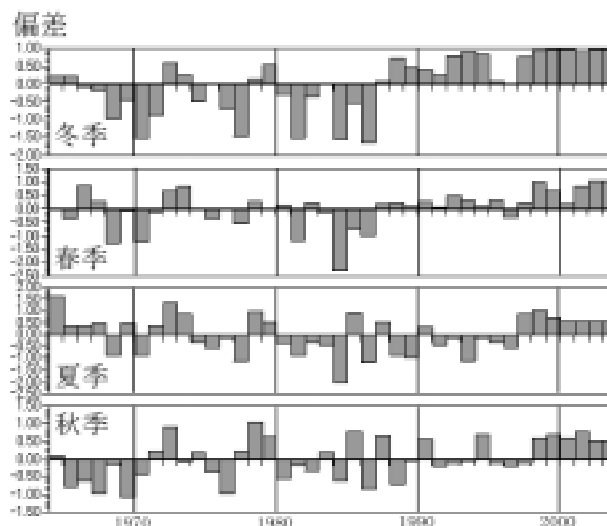


図1 日本海西海域における50m深水温の偏差

日本海西海域の50m深水温の偏差をみると、1980年代後半に冬季・春季の水温が正偏差に変化し、1990年代後半には夏季および秋季にも正偏差した。すなわち周年を通して水温が上昇したことを意味する。この傾向は2002年まで続き2003年には平年の値(全期間の平均値)に収束しつつある。東シナ海の表面水温も同様の傾向を示している。

魚種別に資源量と再生産成功率の推移をみると、マアジは1980年代に資源が増加傾向に転じ、1990年代後半にはやや減少傾向になった。再生産成功率は1980年代から1990年代前半にかけて正偏差の場合が多かった。

\*1 ここでいう対馬暖流域は、東シナ海と日本海をあわせた海域である。

マサバの資源量は 1990 年代前半まで漸減傾向にあったが、1990 年代半ばにいったん増加し、その後減少している。減少の時期は 1996 年以降である。近年の再生産成功率も低い。

ゴマサバの資源量は 1990 年代以降のみ計算されており、1990 年代後半以降は高い水準で推移している。再生産成功率は 1990 年代前半から半ばにかけて正偏差を示し、後半は負偏差となった。

マイワシの資源量は近年急激に減少し、最近では極めて低水準である。再生産成功率は 1990 年代後半以降やや正偏差しているが、資源が回復するまでではない。

カタクチイワシの資源量は 1997 年から 2000 年にかけて高い水準で推移したが、ここ最近はその以前の水準に戻った。再生産成功率の傾向は不明である。

ウルメイワシの資源量は 1990 年代は漸減傾向で推移し、2000 年代にやや回復傾向にある。再生産成功率も 1990 年代は負偏差で推移し、2000 年代は正偏差となった。

以上をとりまとめると、対馬暖流域において 1998 年頃を境に周年に渡って水温上昇がみられる。そこで各魚種の資源動態との関係を見ると、マアジ・マサバ・ゴマサバは 1998 年に明瞭なレジームシフトがあったとは言い切れない。カタクチイワシは 1998 年頃に資源量が増大したが、一時的なものであった。マイワシ・ウルメイワシについては関係が不明である。以上のことから、1990 年代後半に対馬暖流域の浮魚資源にレジームのシフトがあったとは言い切れない。なお当日に

各種調査の結果をあわせて紹介する。

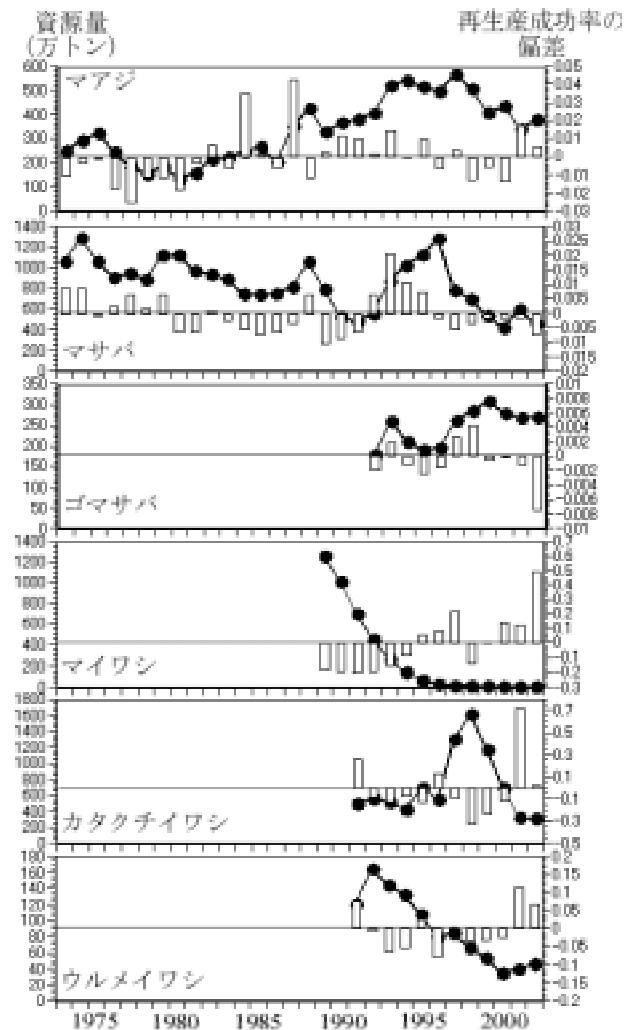


図2 各魚種の資源量（折れ線グラフ）と再生産成功率の偏差（棒グラフ）

【謝辞】

日本海西区の水温は各県水産研究機関の調査によって得られた。これを取りまとめられ、資料をお貸しいただいた日水研・加藤修博士に感謝いたします。

【引用文献】

- 檜山義明他（印刷中）我が国周辺の資源評価～マアジ・マサバ・ゴマサバ～
- 大下誠二（印刷中）我が国周辺の資源評価～マイワシ・カタクチイワシ・ウルメイワシ～

## 黒潮親潮域の浮魚類の資源変動とレジームシフト

Stock abundance variability of small pelagic fishes in the Kuroshio and Oyashio areas  
with a reference to the regime shifts

谷津明彦 (中央水研)・上野康弘 (東北水研)

Akihiko Yatsu and Yasuhiro Ueno (Fisheries Research Agency)

### 【はじめに】

マイワシ, マサバ, サンマなどの小型浮魚類は, 動物プランクトン食性であり, 寿命が短いことなどにより, 気候海洋環境の変化に敏感に応答すると言われる。そこで, 1988年と1998年前後に生じたとされる気候海洋レジームシフトと黒潮親潮域に生息するマイワシ太平洋系群, マサバ太平洋系群およびサンマ北西太平洋系群の資源変動の関連について検討した。

マイワシは寿命7年程度で, 産卵は冬季に土佐湾から関東近海で行われる。マサバの寿命もほぼ7年で, 産卵は冬季~春季に伊豆諸島北部海域を中心に行われる。マイワシとマサバの稚仔は黒潮および黒潮続流域に広く分布する。夏季には親潮域に北上し冬季には黒潮域あるいは常磐海域で越冬する。

サンマは寿命2年と考えられ, 主産卵期と産卵場は, 冬季の黒潮域からカリフォルニアに至る亜熱帯域であるが, 秋季と春季にも移行域において産卵する。肉体長29cm以上を大型サンマと呼び, 2歳魚に相当する。サンマ主漁場は道東から銚子付近に秋季から冬季に形成されるが, 漁獲量はサンマの資源量に加えて我が国近海への来遊状況や価格などにより影響される。また, 大型サンマが高い市場価値を有するため大型サンマのCPUE(投網1回あたり漁獲量トン)は資源の来遊水準を反映すると考えられるが, 中型と小型サンマは大型サンマを補完するために漁獲される傾向があるた

め, これらのCPUEは必ずしも来遊水準を代表しない。

### 【材料と方法】

漁獲量, 資源量, CPUEは我が国の沿岸資源評価調査報告書から用いた。マイワシとマサバの資源量, 産卵資源量 $S$ , 加入尾数 $R$ はコホート解析により推定されている。環境の影響を最も敏感に受けるのは漁場へ加入するまで(マイワシ, マサバは生後約10ヶ月)の期間と考えられる。従って, 再生産成功率( $R/S=RPS$ )は環境の影響を受けて変動するが, 資源水準が高いと密度効果により低下すると考えられる。そこで, 本報告では密度効果を考慮したリッカー型再生産曲線からの加入尾数の残差(LNRR)をマイワシとマサバの資源変動の指標とした。

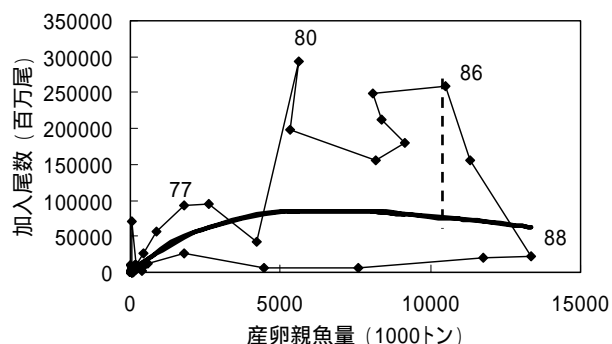


図1. マイワシの再生産関係とリッカー曲線 図中の破線が残差の例, 図中の数字は西暦(1900+)

サンマの資源量はプロダクションモデルにより推定されているが, ここでCPUEの

観測値とモデル値の差が海洋環境の影響を代表すると考え、その残差 (RCPUE) も用いた。

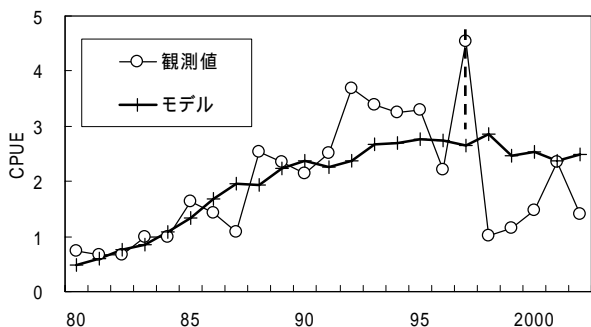


図2．サンマのプロダクションモデルによるCPUEと観測値 図中の破線が残差の例

【結果と考察】

マイワシ・マサバとも 1980 年代後半に RPS および LNRR は非常に低下し、環境レジームシフトとの対応が見られた。サンマ CPUE は 1980 年代後半から徐々に増加したが、この頃には RCPUE は変化が無かった。1990 年代に入るとマイワシとマサバ RPS とサンマ CPUE は増加し、変動が激しくなった。この RPS に見られる変動は資源量低下に伴う密度効果が緩和された影響とも考えられる。

”1998 年レジームシフト”との関連はマイワシでは認められないが、マサバ (RPS と LNRR) とサンマ (CPUE と RCPUE) は 1997 年に比べて顕著に減少した。マサバの RPS と LNRR は 2000 年には高まったが、サンマ CPUE と RCPUE は徐々に回復している。これら 3 種の資源は 1998 年以降に 10 年規模のシフトを生じたとは考えられない。

サンマ大型魚はエルニーニョ年に発生した群は豊度が高くなると言われる。また、サンマ大型魚 CPUE は黒潮続域南部 (30 ~ 35 ° N , 140 ~ 170 ° E) の秋季表面水温

と正の相関が見られた。従って、1998 年の変化は ENSO に関連した短期的な変化と考えられる。

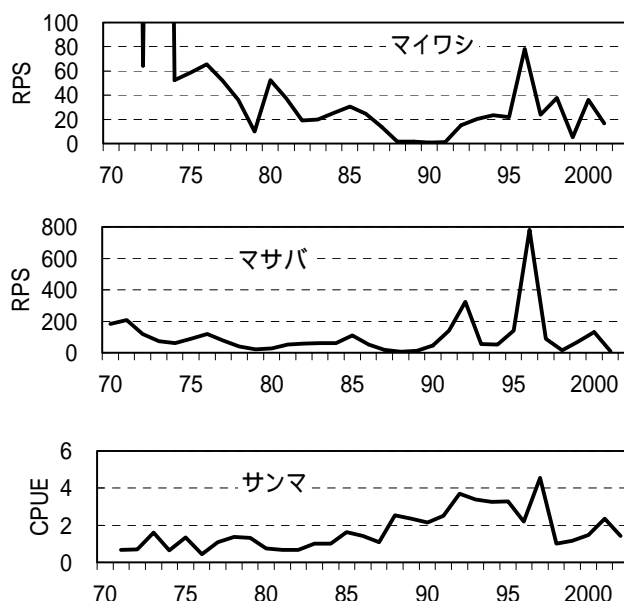


図3．マイワシとマサバの再生産成功率 RPS とサンマの CPUE

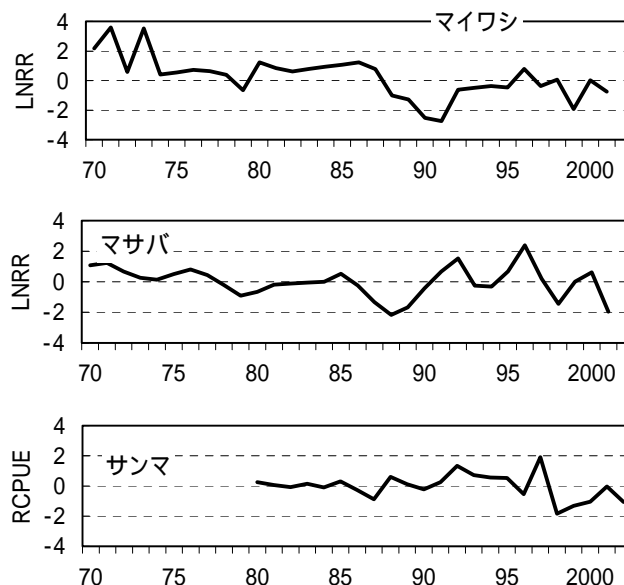


図4．マイワシとマサバの再生産関係からの残差 (対数) とサンマのプロダクションモデル CPUE からの残差



## 北海道周辺海域底魚資源の環境応答の複雑性

Complexity in groundfish response to environmental change around Hokkaido

西村 明・八吹圭三・濱津友紀 (北海道区水産研究所)

Akira Nishimura, Keizo Yabuki, and Tomonori Hamatsu

(Hokkaido National Fisheries Research Institute)

【目的】北海道東部太平洋の沖合底層は、冷たい親潮の影響を受けている。一方、沿岸域は、晩夏から初冬には宗谷暖流変質水よりなる暖かい道東沿岸流に、また晩冬から初夏にはオホーツク海の融氷水を含む冷たい沿岸親潮に支配されており、四季を通して親潮とは異なる水塊に支配されている。ここでは、道東海域の底魚類の分布・資源動向がどのように経年的に変化し、環境に

応答しているか検討することを目的とした。【方法】1997年以降、毎年夏季に実施されている着底トロール調査(100-500m水深帯)により、底魚類の分布をみて、経年的な類似性を調べた。また、沖合底曳網漁業漁獲統計から、主要底魚漁獲対象種のCPUEを得て、その経年変化を調べた。

【結果と考察】沿岸域ではカジカ類が卓越して分布しており、ウナギガジ、トクビレ類等が混在した。年によって、噴火湾由来のスケットウダラ0歳魚が襟裳岬を越えて大量に移入し、1歳、2歳と分布水深を深くしながら漁獲対象資源に加入していた。300m以深ではイラコアナゴ、ゲンゲ、キチジ等が分布し、スケットウダラに代わりイトヒキダラが分布した。カレイ類は、量的には多くないものの、種特有の分布特性をもって100-400m水深帯に広くみられた。

広尾沖では、2001年と2002年は浅海域でハタハタやスルメイカが多く漁獲され、

通常400m以深に分布する魚種が300m水深帯にまで進入しており特異性が認められたが、本シンポジウムで存在を仮定している1997/98シフトに対応する変化は見みられていない。しかし、成熟まで4-5年を要するような底魚類の場合、環境シフトによる変化はタイムラグをもって現れることが考えられ、継続調査が必要となる。

道東海域ではスケットウダラは、産業的にもまた生態的にも重要な位置にある。主産卵場は噴火湾にみられ、道東海域は養育場、および未成魚・成魚の索餌場として機能している。1990年代後半の高いCPUEは、1995年級の加入が良かったことに起因しており、スケットウダラ資源量は卓越年級発生に大きく支配される(図1)。年級豊度の決定には、産卵場周辺での海洋環境(水温)との関わりが示唆されている。

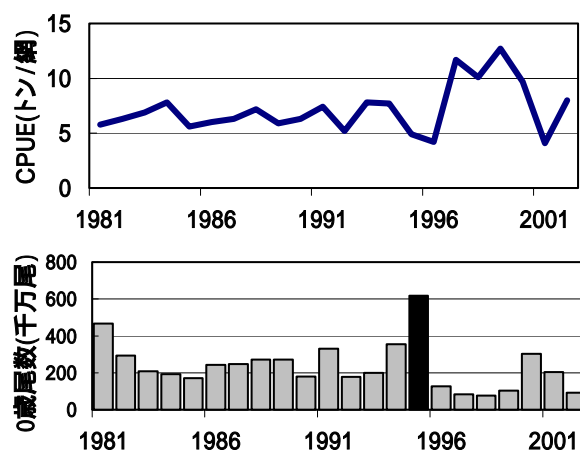


図1. 道東スケットウダラ CPUE(上図)と太平洋系群0歳加入尾数(下図:黒抜き1995年級)



東北海域で 1980 年代に大きかったスケトウダラ未成魚の加入は、90 年代に入ると減少し、近年は道東沖に幼魚分布がみられるようになった。スケトウダラは稚魚から成魚まで分布域を水平的にも鉛直的にも変化させるため、その年級豊度の経年変化は、複数の魚種に生態的プロセスをとおして、複雑な影響を与える可能性が考えられる。

沖底漁獲データを用いて、道東海域における主要漁獲対象の CPUE 経年変化を調べたところ、いくつかの特徴的なパターンに類別され、底魚資源変動に複数の要因が関与していることが示唆された。

1. 単調減少：キチジ，メヌケ，マガレイ
2. 1980 年代後半と 2000 年代に増加：アカガレイ，タコ，マダラ(図 2)
3. 1990 年代後半増加：ババガレイ，ソウハチ，ヒレグロ(図 3)，スケトウダラ
4. スパイク状に振動：アブラガレイ，コマイ，ハタハタ等

マダラ等にみられる変動は、1988/89 年付近で低下し、1997/98 年付近で増大する傾向を示しており、親潮流域に見られる水温変動とも関係しているように見え、環境変動にตอบสนองしている可能性が考えられる。

一方、ヒレグロ等にみられる CPUE の急激な増加は、1990 年代後半のスケトウダラ加入量が大きく変動した時期に対応していた。また、アブラガレイの CPUE 変動は前年のスケトウダラ 0 歳魚加入尾数と 1 年のタイムラグをもって有意な相関を示していた(図 4)。これらの魚種では、海域に卓越して存在するスケトウダラとの種間関係がその豊度決定に影響している可能性が示唆された。

道東海域に集中した解析を実施した結果、この海域の底魚資源は、多様なプロセスで環境と応答している様子が伺われ、その複雑性が示された。一部の魚種では、海洋環境あるいはレジームシフトに対応した変動の可能性が示唆されたが、単に分布域が南北にシフトすることで道東海域での漁獲が影響されているだけなのか、あるいは豊度自体が変動しているのか、その機序と併せて継続した検討が必要である。

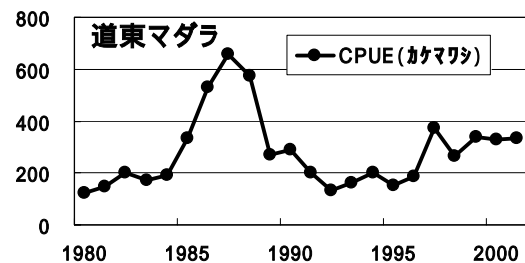


図 2. 道東マダラ, CPUE(kg/網)

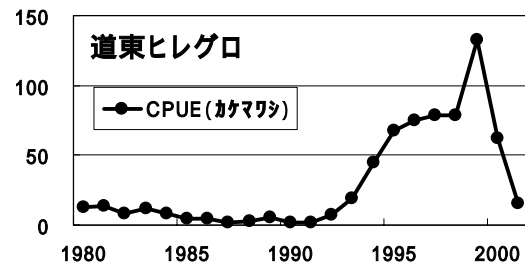


図 3. 道東ヒレグロ, CPUE(kg/網)

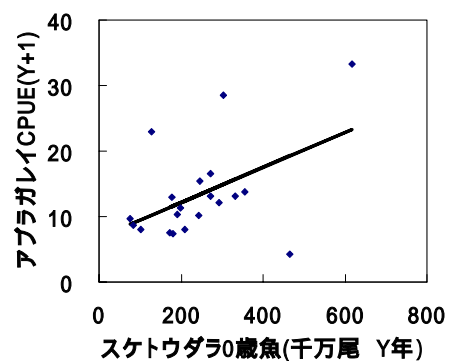


図 4. スケトウダラ 0 歳魚加入尾数 (Y 年) と翌年のアブラガレイ CPUE (Y+1 年; kg/網) との関係

## かつお・まぐろ類の資源変動とレジーム・シフト

### Fluctuations of Temperate Tuna Resources and Climate Regime Shifts

稲掛伝三・植原量行・山田陽巳・魚崎浩司・小倉未基（遠洋水研）

Denzo Inagake, Kazuyuki Uehara, Harumi Yamada, Koji Uosaki and Miki Ogura

National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Research Agency

#### 1. はじめに

稲掛・植原(2003)は、気候変動に連動した水温場の変動とまぐろ類の資源変動との間に相関関係が存在していることを示し、まぐろ類の産卵場・生育場、越冬場の海洋変動が卵の質や量、仔稚魚の生残を与えることにより資源が変動するという仮説を提言した。本研究では、太平洋クロマグロ、カツオ、北太平洋ビンナガの資源変動と気候レジーム・シフトとの関係を検討する。

#### 2. 資料および方法

太平洋クロマグロ0才魚加入量および北太平洋ビンナガ1才魚加入量は tuning VPA を用い、カツオ0才魚加入量は MULTIFAN-CL を用いて推定した。気候レジーム・シフト(以下 RS)の発生年は Yasunaka and Hanawa(2002)に従い、本シンポジウムが注目している 1997/98 年も考慮した。気候変動の指標は、北太平洋パターン(NP)や太平洋北アメリカパターン(PNA)などのテレコネクション指数や南方振動指数(SOI)、アリューシャン低気圧指数(ALPI)、太平洋十年振動(PDO)等を用いた。これらの各指数および加入量は標準偏差で正規化した後、平均からの偏差として解析に用いた。

#### 3. 太平洋クロマグロの加入量変動

図1Aに、太平洋クロマグロ0才魚加入量指数(以下 PBT 指数)の時系列を示す。図中の縦線はRSの出現年を示している。PBT 指数は、1950年代前半において正偏差(1951-56年の

PBT 指数平均で+1.47)であったが、1956/57年のRSを機に減少し、1970年代初頭までは平均に近い値(1957-70年のPBT 指数の平均で-0.06)で推移した。1970/71年のRSでは加入量は増大したが、その後平均近くにまで減少した(1970-76年のPBT 指数の平均+0.74)。最も顕著なRSが生じたとされる1976/77年には加入量は一旦増大したがその後急減し、負偏差で推移した(1977-88年のPBT 指数の平均で-0.63)。その後、依然として加入量は負偏差で推移しているものの徐々に増加する傾向が認められる(1989~1997年のPBT 指数平均は-0.45)。1997/98年のRSでは、加入量は負偏差から正偏差となり(1997-2000年のPBT 指数平均で+0.25)PBT 指数が正偏差であるレジームに入った可能性が示唆される。

このようなPBT 指数の長期変動は、稲掛・植原(2003)の結果と同様に多くの気候変動指数と有意な相関関係にあり、特にSOI、ALPI、PDOの中・長期変動とは0.75~0.85という高い相関係数を持っている。このことに加えて、PBT 指数と海面水温の相関の空間分布から、クロマグロ加入量の中・長期変動は、ENSOやアリューシャン低気圧の強弱にともなう北太平洋の表面水温場の変動といった大洋規模の海洋変動の影響を受けている可能性が示唆される。

#### 4. 中西部太平洋のカツオの加入量変動

図1Bに、中西部太平洋全域150°W以西、20°S~45°N)におけるカツオ0才魚の加入

量指数(以下SKJ指数)の時系列を示す。SKJ指数は、経年変動に直線的な上昇トレンドおよび約20年周期の変動が加わったような変動を示しており、RSとの対応は明確ではない。

また、5年移動平均を施したSKJ指数と各気候変動指数との相関関係は、WPとは0.71、6月のPDOとは0.61、NINO1+2とは0.53の相関係数が得られたが、他の指数には有意な相関関係は認められなかった。表面水温との相関の空間分布から、主産卵場・生息場の一つであるニューギニア北部海域がほぼ通年にわたり有意な正相関となっており、大気/海洋変動がカツオの加入量変動に影響している可能性が示唆されるが、今後更に検討を進める必要がある。

### 5. 北太平洋ビンナガの加入量変動

図1C・Dに北太平洋ビンナガ1才魚の加入量指数(以下ALB指数)と4才魚の体長モードの時系列を示す。ALB指数には25年~30年、体長モードには約40年の周期変動の存在が示唆される。RSとこれらの変動との時間ラグをALB指数が1年遅れ、体長モード変動が4年遅れと仮定すると、1956/57年以降はALB指数が増大し、体長が小さくなるレジーム、1970/71年のRSを機にALB指数は減少、体長は増大するレジーム、1988/89のRSを機に、ALB指数が増大、体長は小さくなるレジームであると見ることもできる。

稲掛・植原(2003)にも示されているように、ALB指数と気候変動指数との相関はあまり高くないものの、クロマグロと同様に、冬季に太平洋中央部の水温が高い年代、産卵場となる海域が冬季に低温、産卵期に高温となる年代に加入量が多くなる傾向が認められている。

今後、近年の加入量推定を更新するとともに、更にRSとの対応関係の検討を加えたい。

### 6. おわりに

魚類資源の推定に用いた tuning VPA および MULTIFAN-CL は年齢別の情報を使用し、資源量を推定する。最新年から数年間は高齢魚の情報がないまま推定するため精度が悪い。まぐろ類の寿命は5年以上なので、最近の数年間の加入量は誤差が大きい。従って、1997/98年のRSとの対応を論じる際には注意を要し、経年的データの蓄積を待ち、再検討する必要がある。

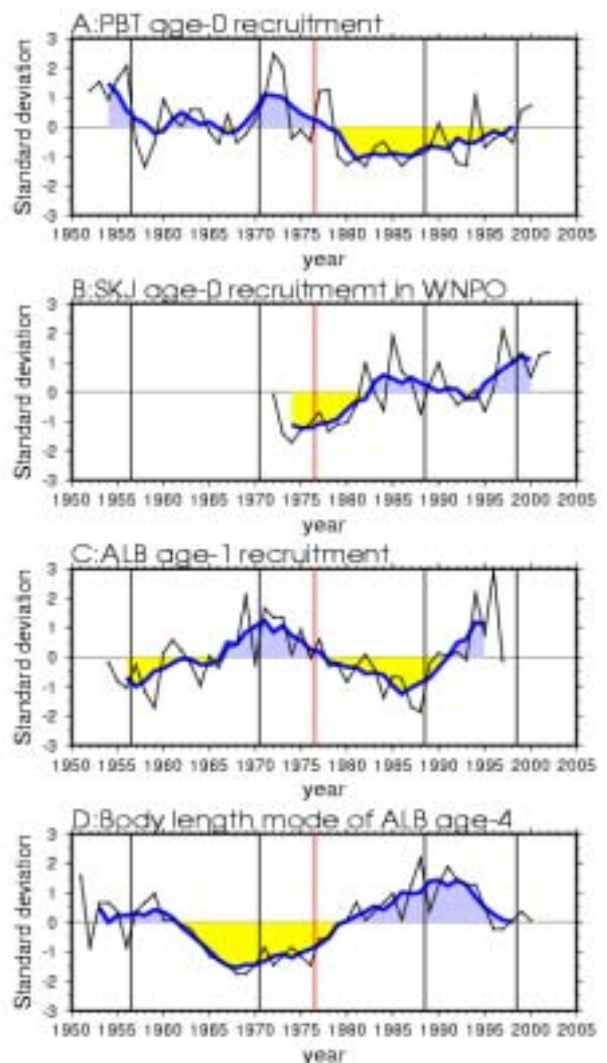


図1. 標準偏差で正規化されたまぐろ類の資源変動。A: 太平洋クロマグロ0才魚加入量、B: 中西部太平洋のカツオ0才魚加入量、C: 北太平洋ビンナガの1才魚加入量、D: 北太平洋ビンナガ4才魚の体長モード。細線が年々の変化、太線(陰影部)が5年の移動平均。

# 本州太平洋北部および日本海北部における底魚類の資源変動

Decadal Variations of Demersal Fish Populations in Relation to Climate/Oceanic Regime Shifts in Northern Sea Area of the Honshu, Japan

二平 章 (茨城県水産試験場)

Akira Nihira (Ibaraki Fisheries Research Center)

**目的** 太平洋北部海域の常磐海域、三陸海域および日本海北部海域における底魚資源の変動を整理し、1976/77,1989/90,1997/98に起きたとされる大気・海洋のレジーム・シフト (Minobe,1997,2002) との関連性について検討する。

**方法** 太平洋北区沖合底びき網漁場別統計から常磐海域 (金華山・常磐・房総海区合計)、三陸海域 (恵山・尻矢・岩手海区合計) について、また日本海沖合底びき網漁場別統計から日本海北部海域 (男鹿北部・男鹿南部・新潟沖海区合計) について1976年から2002年までの魚種別一網あたり漁獲量 (CPUE) を記載種全種について計算し、その経年変動傾向を検討した。

## 結果および考察

### 1. 常磐沖の底魚資源の変動

常磐海域の底魚類で1976/77年以降の海洋環境のレジーム・シフトに関連して資源減少傾向を示した種は、ヤギムシガレイ、キソコウ、ムシガレイ、ハバガレイ、キジ、サマガレイ、メダ類、アブラツガメ、ヒキ類である。また、1989/90年以降に資源増加傾向を示した種としてはヤギムシガレイ、キソコウ、ムシガレイ、ハバガレイ、マガレイ、イガレイ、アカガレイ、ヒキ類、逆に資源減少傾向を示した種としてはスケトウダラ、アブラガレイがある。1997/98年以降に資源減少を示す種としてはヤギムシガレイ、イガレイ、マガレイがあげられる。

### 2. 三陸沖の底魚資源の変動

三陸海域の底魚類で1976/77年以降に資源減少傾向を示した種は、ヒメ、ムシガレイ、マガレイ、ハバガレイ、ソウチ、ヤギムシガレイ、ヒゲロ、アカガレイ、サマガレイ、ヒキ類、アブラガレイ、キジ、メダ類があげられる。また1980年代に資源水準の低迷期を過ごした後、1989/90年以降に資源増加傾向を示した種としてはムシガレイ、キソコウ、ハバガレイ、ヒゲロ、アカガレイがある。1997/98年以降に資源減少を示す種としてはムシガレイ、キソコウがある。

### 3. 日本海北部海域の底魚資源の変動

1976年から2002年までのCPUEを計算し検討した。日本海北部海域の底魚類で1976/77年以降に資源減少傾向を示した種としては、ムシガレイ、ヤギムシガレイ、マガレイ、ハタタ、マダラが挙げられる。また1989/90年以降に、資源増加傾向を示した種としてはムシガレイ、アカガレイ、アカヒキ、ヤギムシガレイ、ハタタがある。1997/98年以降になんらかの資源量変化を示した種は認められなかった。

### 4. 1998年以降の底魚資源の変動

3つの海域とも共通して1976/77年、1989/90年付近を境にした底魚類の資源減少、資源増加傾向が顕著に認められた。しかし、1997/98年付近を境にしての資源変動は常磐海域、三陸海域の一部の底魚に資源減少傾向が認められるものの、1976/77年、1989/90年時に比較して種数も少なくあまり顕著ではない。

図1 常磐沖の底魚資源の変動

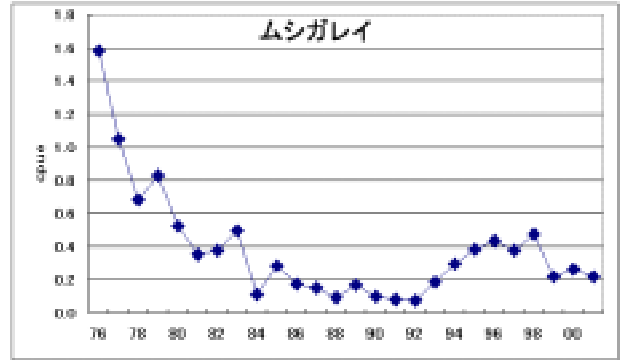
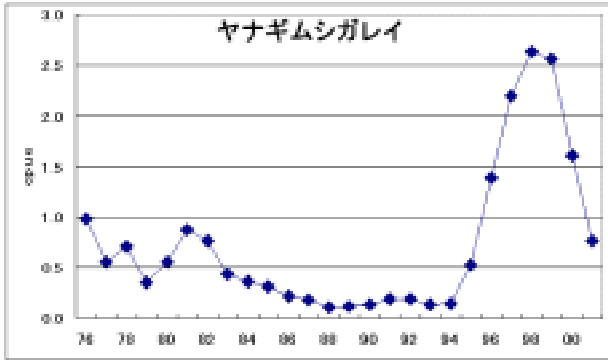


図2 三陸沖の底魚資源の変動

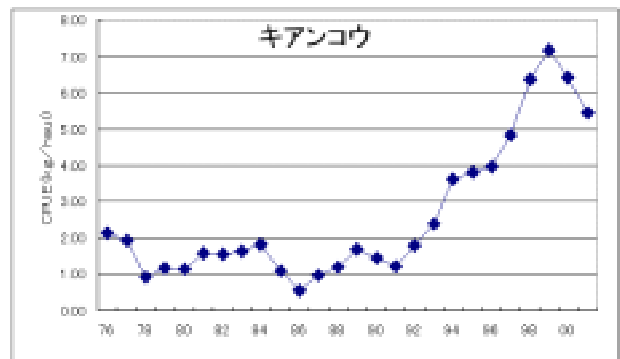
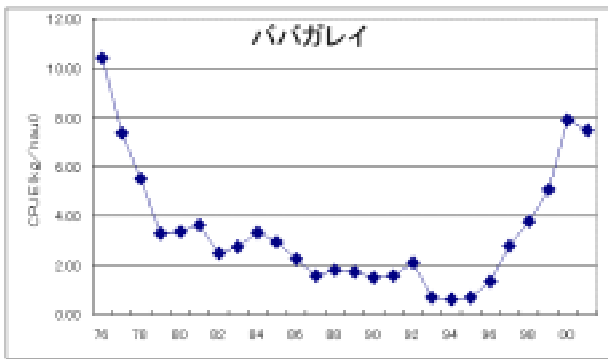
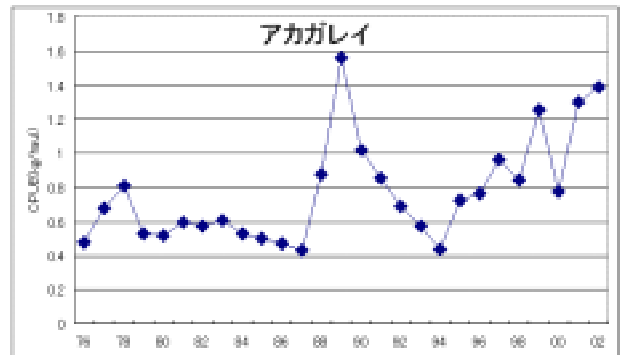
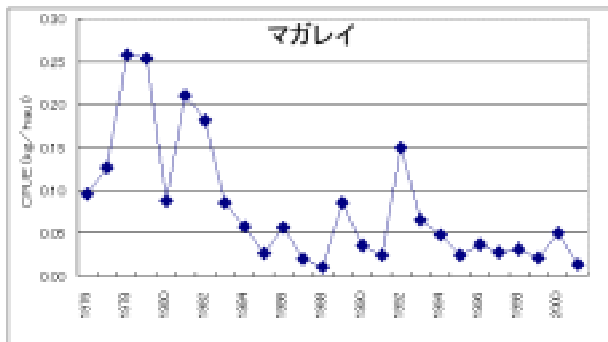


図3 日本海北部海域の底魚資源の変動



## 西部北太平洋における浮魚類・北星丸データより

Long-term changes (1982-2001) in epipelagic nekton community in the western North Pacific:

Data from *T.S. Hokusei-Marui*, Hokkaido Univ.

山口 篤・目黒敏美・梶原善之・高木省吾・亀井佳彦・坂岡桂一郎（北大院水産）

Atsushi Yamaguchi, Toshimi Meguro, Yoshiyuki Kajiwara,

Shogo Takagi, Yoshihiko Kamei, Keiichiro Sakaoka (Hokkaido Univ.)

**はじめに** 1998年のレジームシフトが生物群集に与えた影響を評価するには、長期間にわたるモニタリング資料が必要である。北海道大学練習船北星丸によって1982年から2001年（20年間）にかけて行われた流し網漁獲データは、西部北太平洋における浮魚類資源の長期変動を明らかにするのに適した資料である。本研究は上記北星丸流し網漁獲データを用いて、1：浮魚類群集の類型化を行い、2：各類型浮魚類群集における主要種の経年変動を明らかにすることを目的とした。また1998年を境に各主要魚種の増減があったのか否かについて検討を加えた。

**方法** 1982年から2001年にかけて北星丸によって行われた流し網漁獲データは北海道大学水産学部の海洋調査漁業試験要報より引用した（Fac. Fish. Hokkaido Univ. 1983-2002）。北星丸による流し網は3本のトランセクトで行われ、それぞれ調査を行った時期が異なっているが（155°Eは6月初旬、170°E線は6月後期、175°30'E線は7月後半から8月初旬）今回の解析では全てのトランセクトのデータをまとめて使用した。流し網の反数は年によって異なり、46.5反から137反の範囲にある。全反数に占める各目合いの割合はいずれの年もほぼ一定であるので、全漁獲個体数を反数で割

ってCPUE (inds. tan<sup>-1</sup>)とした。1982年から2001年にかけての全485採集定点におけるCPUEデータ(N)をLog<sub>10</sub>(N+1)変換した後、Bray-Curtis Similarity Indexでクラスタ解析を行った。

**結果および考察** クラスタ解析の結果、全485定点における浮魚類群集はGroup A (92 定点)、B (260)、C (129) およびアウトグループ(4)に類型分けすることができた。浮魚類群集の各類型がみられた表面水温は互いに異なっており、平均±標準偏差はA: 19.2±3.0、B: 13.2±3.2、C: 9.2±1.6であり、それぞれ浮魚類群集は類型Aが亜熱帯域、Bが移行域、Cが亜寒帯域の群集に相当していた。亜熱帯群集と亜寒帯群集の分布域は水平的に互いに異なっていた。6月から8月にかけて亜熱帯群集と亜寒帯群集の境界は北上しており、二次式:  $Y = 0.0017X^2 - 0.0074X + 40.49$  (Y: 亜熱帯群集と亜寒帯群集の境界 [°N], X: 6月1日を1とする積算日数) で表すことができた ( $r^2$ : 0.99,  $p < 0.0001$ )。

各浮魚類群集におけるCPUEについてみると亜熱帯群集は3.3±3.0 inds. tan<sup>-1</sup>、移行域群集は32.1±69.4 inds. tan<sup>-1</sup>、亜寒帯群集は4.9±3.5 inds. tan<sup>-1</sup>であり、変動は大きいものの、移行域群集で高かった。全CPUEに占める主要種の割合は各群集によって異



なり、亜熱帯群集はアカイカ（92 定点の平均: 83%）とシマカツオ（9%）によって、移行域群集はサンマ（260 定点の平均: 52%）、マイワシ（33%）およびシマカツオ（6%）によって、亜寒帯群集はカラフトマス（129 定点の平均: 52%）、シロザケ（22%）およびギンザケ（15%）によって特徴づけられた。これら各群集において5%以上を占めた主要種について、各群集内における CPUE の経年変動を観察した。

各群集における主要種について CPUE の経年変動について5年移動平均を求めて解析したところ（下図参照）亜熱帯群集では1993/94 年を境にアカイカとシマカツオともに CPUE が高くなる傾向が見られた。これは Yatsu et al. (2000) で詳述されている、

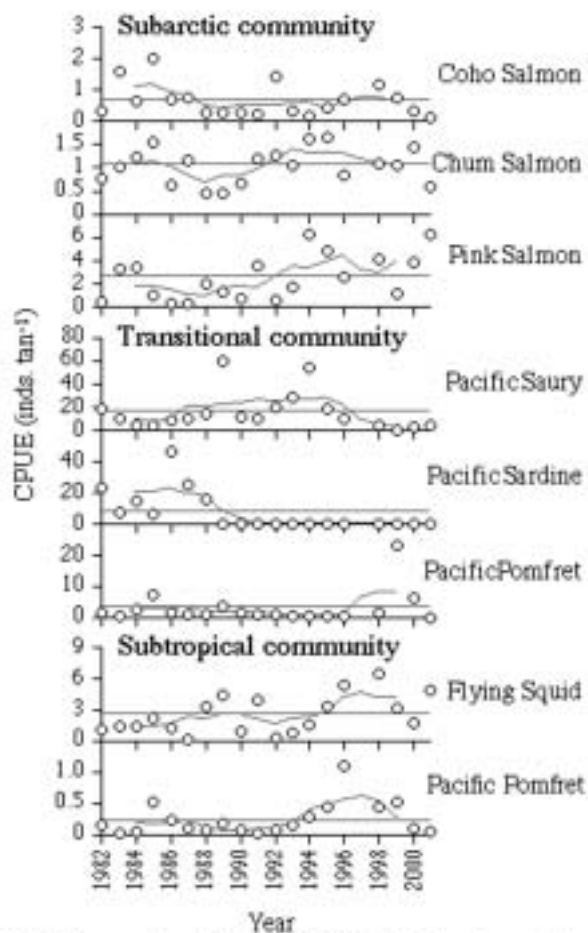


Fig. Interannual variations in CPUE of dominant species in the three nektonic community in the western North Pacific. 5-year running mean and mean values are shown in the panels.

当海域において1993 年以降アカイカ流し網が禁止されたことによる資源の回復であると解釈できる。亜熱帯群集においてシマカツオの CPUE もアカイカと同様に1993 年以降高くなっており、シマカツオにも同じ解釈が可能のように思える。

移行域群集では主要種に明確な年変動があり、サンマは1986 年から1996 年にかけて多く、シマカツオは1996 年以降多く、マイワシは1988 年を境に全く漁獲されていなかった。本来亜熱帯性のシマカツオは3 歳魚より若い個体は亜熱帯域に留まり、4 歳魚以降に移行域・亜寒帯域への摂餌回遊を行うとされている (Percy et al. 1993)。本種の亜熱帯域での CPUE の上昇 (1993 年) に3 年ほどのタイムラグをもって移行域群集の CPUE が上昇している (1996 年) のは、亜熱帯域における資源の回復が移行域に伝播したものと解釈することができる。

亜寒帯群集では1992 年を境にカラフトマスとシロザケが多くなっていた。ギンザケは1986 年以前に多かったが、以降は明確な増減は見られなかった。

1998 年のレジームシフトの影響がある種は CPUE の観察からは特定できなかった。移行域群集におけるサンマは1998 年以降低水準で推移しているが、5 年移動平均からはその減少がもう少し早い時期 (1996 年) から起こっているようにもみえる。

## 文献

- Fac. Fish. Hokkaido Univ. (1983-2002) *Data Rec. Oceanogr. Obs. Expl. Fish.* No. **26-45**.  
 Percy et al. (1993) *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **50**: 2608-2625.  
 Yatsu et al. (2000) *Fish. Oceanogr.* **9**: 163-170.

## 陸奥湾におけるヤナギムシガレイの年齢組成とレジームシフトの関係

Annual change in year-class strength of willowy flounder *Glyptocephalus kitaharai* in Mutsu Bay and the relevance to the regime shift

高津哲也・伊村一雄（北大院水）

Tetsuya Takatsu and Kazuo Imura

(Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University)

### 目的

ヤナギムシガレイは日本周辺に生息する産業重要種であり、水揚量は年により大きく変動する。暖水性種であるヤナギムシガレイにとって陸奥湾は、ほぼ生息北限にあたり、周年津軽暖流が流入するが、冬季には3 前後まで下降し、暖流域としては低温な浅海内湾である（平均水深 35 m；大谷・寺尾, 1974; 大谷・仲村, 1985）。本種の資源量変動機構を解明するためには、個体群内の年齢群強度と初期生活史を明らかにする必要がある。ここではまず、陸奥湾におけるヤナギムシガレイの年齢組成の年変動を明らかにする。次に、これらの初期生活段階における分布様式と生息環境の年変動を示す。そしてこれらの解析結果をもとに、資源量変動要因を探索し、十年スケールの（水温）変動であるレジーム・シフト（見延，2002）との関連を検討する。

### 材料と方法

ヤナギムシガレイの成魚・未成魚は1989-2003年の5-7月に、北海道大学水産学部練習船うしお丸の小型オッター・トロール網（1989-1991年，1993-1997年，1999-2003年；網口：4.4×5.9 m，胴尻目合：12 mm，前田ら，1979；中谷，1987）着底曳きによって採集した。採集されたヤナギムシガレイは標準体長と体重の測定，1歳魚を除いて生殖腺の肉眼観察による性別判

定，耳石を用いた年齢査定を行った。ここでは1-3歳時に個体数で50%を超える年齢群を卓越年齢群と定義した。

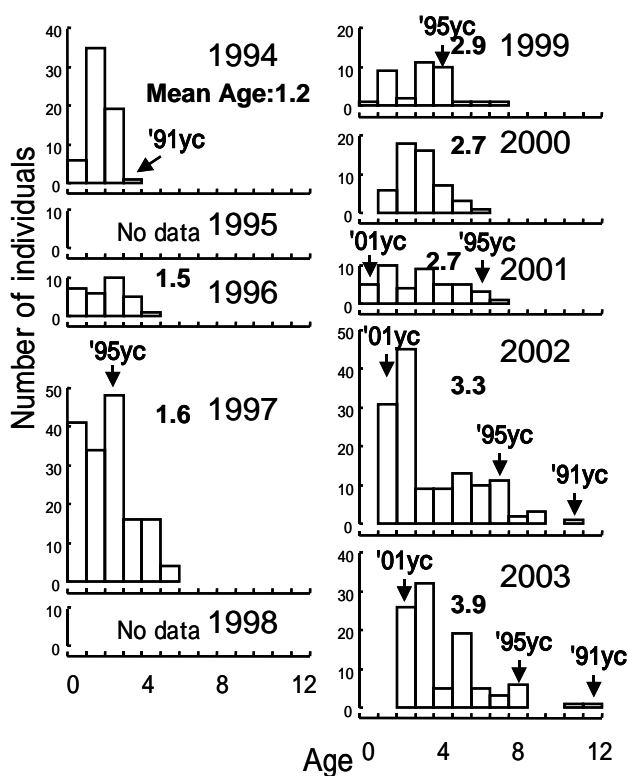
ヤナギムシガレイ仔魚は1989-1999年の2-4月にうしお丸のビームトロール網（網口：2.0 m×2.5 m，目合：20 mm，胴尻目合：0.33 mm，前田ら，1979；中谷，1987）の中層曳きおよび傾斜曳きによって採集し，個体数の計数と体長測定を行った。

### 結果と考察

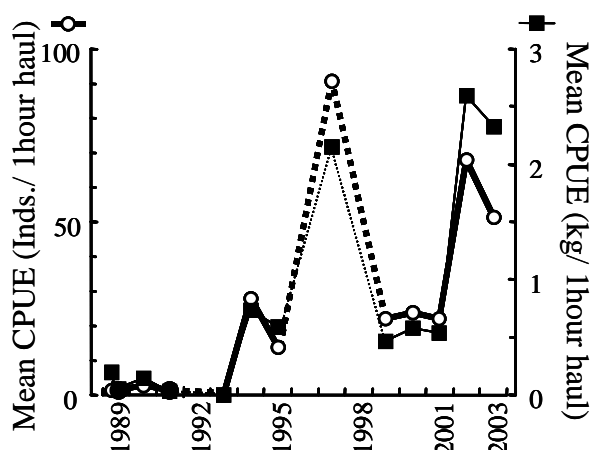
1989-2003年に、陸奥湾の小型オッタートロール網で採集されたヤナギムシガレイからは、1991-2001年級群が出現し、1989-1990年級群や、2002-2003年級群は出現しなかった（Fig. 1）。また平均年齢は、1994年には1.2歳（範囲：0.3-3.3歳）であったが、年々増加し、2003年には3.9歳（範囲：2.3-12.3歳）に達した。1991-2001年級群の出現は、温暖レジーム期間（寒冷レジームから温暖レジームへシフトした'88/89と、逆のシフトが生じた'98/99の間；見延，2002）プラス2-3年と一致しており、高水温は仔稚魚の生残率を高めた結果と考えられた。また1994-1999年には、1989-1993年に比べてヤナギムシガレイ未成魚・成魚の豊度が高く（Fig. 2），湾内で孵化したと考えられる小型浮遊仔魚が多数採集された。これらの結果は、1.陸奥湾内



は寒冷レジーム中には仔稚魚が生残できる条件にはなく、湾外から仔魚が流入しても無効分散になるが('88/89まで)、2.温暖レジーム期に入ると湾内は仔稚魚が生残できる環境に変化するために徐々に加入に成功するようになり('89/90-'93)、3.湾内で成魚の割合が増加すると湾内で産卵・孵化した仔魚の密度も高くなった('94-'98/99)。しかし、4.湾内が再び寒冷レジームに入ると、仔稚魚の加入に失敗する確率が高くなり、結果として湾内の成魚・未成魚の平均年齢が上昇し('99/00-'03以降)、5.いずれ姿を消すものと考えられた('04以降の近い将来)。したがってヤナギムシガレイの資



**Fig. 1.** Age composition of willow flounder in Mutsu Bay from 1994 to 2003. Horizontal axes show the age of brown sole, and vertical ones show number of individuals captured. The 1991-2001 year-classes occurred, and no “dominant” year-class was found. Mean age increased from 1.2 years in 1994 to 3.9 years in 2003. Age ranges were expanded annually, however 2002-2003 year-classes were absent.



**Fig. 2.** Annual change in mean CPUE (Inds./ 1 hour haul and kg / 1 hour haul) of willow flounder in Mutsu Bay from 1989 to 2003.

源変動とレジーム・シフトとのタイム・ラグは、本種の成熟と世代交替に要する時間差に相当するものと考えられる。なお、ヤナギムシガレイの年齢組成には全年級群の50%を超えるような「卓越年級群」はみられず、「相対的に年級群強度が高い年級群」が温暖レジーム期間中に、連続して出現していた。したがってヤナギムシガレイの初期生残には、環境中の餌豊度が生残に関与する割合は低く、水温の年変動の方が強く年級群変動に関与するものと考えられた。

#### 文献

- 前田辰昭・中谷敏邦・高橋豊美・上野元一(1979): スケトウダラ稚仔の沿岸水域での生活. 水産海洋研究, 34, 81-85.
- 見延庄士郎(2002): 長期変動とレジーム・シフト, 東京大学海洋研究所共同利用シンポジウム「気候・海洋・海洋生態系のレジーム・シフトの実態とメカニズム解明へのアプローチ(2002年6月26-28日)」要旨, 東京大学海洋研究所, 5 pp.
- 中谷敏邦(1987): 海産魚類初期生活史研究の手法, 5. 魚卵・稚仔魚および餌生物の採集法. 海洋と生物, 9, 108-110.
- 大谷清隆・仲村俊毅(1985): 第5章陸奥湾, II 物理. 「日本全国沿岸海洋誌(日本海洋学会沿岸海洋研究部会編)」, 東京, 東海大学出版会, pp.178-186.
- 大谷清隆・寺尾豊光(1974): むつ湾の海洋構造. 北大水産彙報, 24, 100-131.