

## 寄稿

## 宍道湖におけるコノシロの成長・成熟と大量斃死

石飛 裕<sup>†1</sup>, 平塚純一<sup>2</sup>, 桑原弘道<sup>2</sup>, 山室真澄<sup>3</sup>, 中村由行<sup>4</sup>, 森脇晋平<sup>5</sup>Growth, Maturation and Mass Mortality of *Konosirus punctatus* in Lake Shinji, a Coastal Lagoon, JapanYu ISHITOBI<sup>†1</sup>, Jun-ichi HIRATSUKA<sup>2</sup>, Hiromichi KUWABARA<sup>2</sup>, Masumi YAMAMURO<sup>3</sup>, Yoshiyuki NAKAMURA<sup>4</sup> and Shimpei MORIWAKI<sup>5</sup>

In order to know the growth and maturation of *Konosirus punctatus* in Lake Shinji, monthly examination was carried out. Fishes were collected using a set net at the western end of the lake from March 2002 to March 2003. Large, medium and small size groups of *K. punctatus* occurred in March, April and July, respectively. The large group collected from March to June was divided into two groups. We found 4 age groups of *K. punctatus* from the frequency distribution in standard length. Spawning season was estimated to be from May to June from the seasonal change in GSI. Condition factor (CF) of the large and medium groups decreased after the spawning season to September. The large group exhibited greater decrease in CF than the medium group, but no decrease in the small group.

Mass mortality of *K. punctatus* occurred in June 2002 when GSI rapidly decreased. It was confirmed that *K. punctatus* died when the bottom layer was not in anaerobic conditions. The large size fish occupied a larger part of dead fish than the medium fish. The mortality was considered to be closely related to spawning and decrease in CF.

**Key words:** *Konosirus punctatus*, growth curve, GSI, condition factor, Lake Shinji, mass mortality

## はじめに

コノシロ *Konosirus punctatus* はニシン科に属し、日本各地の内湾域で見られる一般的な魚種である。大きな資源量を有し広く漁獲の対象となっているため、久見浜湾・与謝内海（桑谷ほか、1956）、浜名湖（松下・能勢、1974）、大阪湾（吉田ほか、1978）、有明海（Takita、1978）などの水域

における漁業実態や生態に係る調査研究や、日本近海における資源量の長期的な変遷に係る研究（黒田ほか、2002）などがなされてきた。しかしながら、近年の商業的価値の低下とともに調査研究は散発的に行われるだけとなり、その生態学的知見は依然として乏しく、例えば、年齢と成長についても定まった見解が得られていない（桑谷、1958；吉田ほか、1978；Takita、1978；飯田、1994）。

宍道湖・中海水域におけるコノシロの調査研究としては、中海干拓淡水化事業に関連して1960年代初頭に行われた宮地（1962）の魚族生態調査のなかに、回遊・食性・資源量等の記載があるのと、1990年代後半の宍道湖で、宮地（1962）の調査時と比べ富栄養化の進行によりコノシロの資源量が著しく増大したとの Ishitobi *et al.* (2000) の報告があるのみである。

宍道湖では1996年6月から7月にかけて回収斃死個体16万尾のコノシロ大量斃死が起き、1997年（回収21万尾）、1999年（確認17万尾、回収6万尾）、2000年（確認22万尾、回収9.6万尾）、2002年（確認7千尾）の同じ時期に大量斃死が続いた（国土交通省出雲工事事務所資料）。大量斃死の原因として、これまで湖底の貧酸素化や農薬の流入等が疑われてきたが、大量斃死と水質指標の関係から産卵後の

2004年3月1日受付、2005年1月17日受理

<sup>†1</sup> 島根県保健環境科学研究所

Shimane Prefectural Institute of Public Health & Environmental Science, 582-1 Nishihamasada, Matsue 690-0122, Japan

<sup>2</sup> 島根野生生物研究会

Shimane Research Group of Wildlife, c/o Dr. Iwao Sakamoto, Department of Medicine, Shimane University, 89-1 Enyamachi, Izumo 693-0021, Japan

<sup>3</sup> (独) 産業技術総合研究所海洋資源環境研究部門

Marine Resources and Environment Department, AIST, 1-1-3 Higashi, Ibaragi 305-0046, Japan

<sup>4</sup> (独) 港湾空港技術研究所水・工部門

Marine Environment and Engineering Department, Port and Air port Research Institute, 3-1-1 Nagase, Yokosuka 239-0826, Japan

<sup>5</sup> 島根県水産試験場

Shimane Prefectural Fisheries Experimental Station, 25-1 Setogashima, Hamada 697-0051, Japan

<sup>†</sup> ishitobi-yu@pref.shimane.jp

体力低下 (浅田ほか, 2003) や, 大量斃死前後の生殖腺重量指数 (GSI) の変化から産卵後の生理的変調 (森脇ほか, 2003) も疑われている。これらの推論がコノシロの生態に密接に関わるものでありながら, 宍道湖におけるコノシロの生活史はほとんど知られていない。

宍道湖では, 水温が上昇する3月下旬頃, 中海からコノシロの大型群の進入が始まる。4月中旬には中型群も進入し, また, 8月頃から小型群が出現する。通常, 水温の低下する12月末までにはほとんどのコノシロが中海に移動する (石飛ほか, 2000)。我々は, 月1回のます網漁獲物調査により宍道湖に進入したコノシロの成長と成熟過程を検討した。また, 大量斃死発生時の水質を観測し, コノシロの生態と環境の両面から大量斃死の原因を推察した。

## 材料と方法

### 調査水域

宍道湖・中海は山陰沿岸に位置し, 日本有数の汽水域を形成している (Fig. 1)。下流側の中海は, 面積約88 km<sup>2</sup> (本庄水域を含む), 平均水深5.4 m, 境水道によって日本海とつながり, 年間を通し安定した塩分成分をもつ多鹹性の汽水湖である。境水道から流入する海水は中浦水道を通過して中海の主湖盆に至る。中浦水道の南側を除く全域で, 通常5月から10月頃まで下層水が貧酸素化する (伊達ほか, 1989)。本庄水域は面積約17 km<sup>2</sup>, 現在, その西側にある西部承水路の一部が切れており (矢印, Fig. 1), 中海と湖

水交換がある。

宍道湖は, 面積約80 km<sup>2</sup>, 平均水深5.4 mの中鹹性汽水湖である。日本海の気象潮と天文潮に関係して流入する中海塩水により湖底部に不定期に塩分成分層が形成される (Ishitobi *et al.*, 1993)。暖候期に成層した場合には底層水は貧酸素化する (神谷ほか, 1996)。

異なった塩分を有する宍道湖・中海の水環境の特徴を, 中海出口 (N-8), 中海湖心 (N-6), 宍道湖湖心 (S-3) における2002年3月から2003年3月までの各月上旬の塩分, 溶存

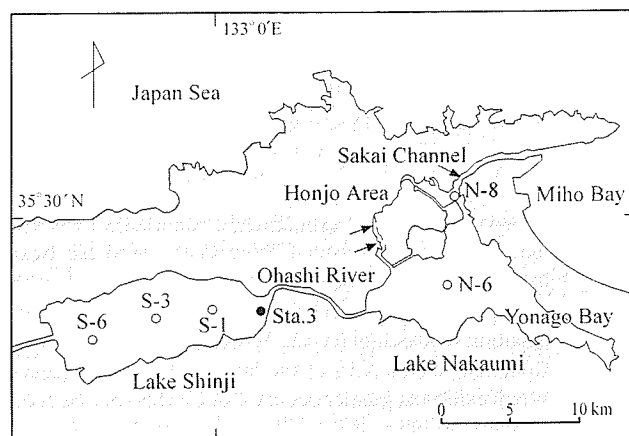


Figure 1. Map of the estuarine lagoons showing the sampling point by set net (solid circle) and the sites for water quality measurement (open circles).

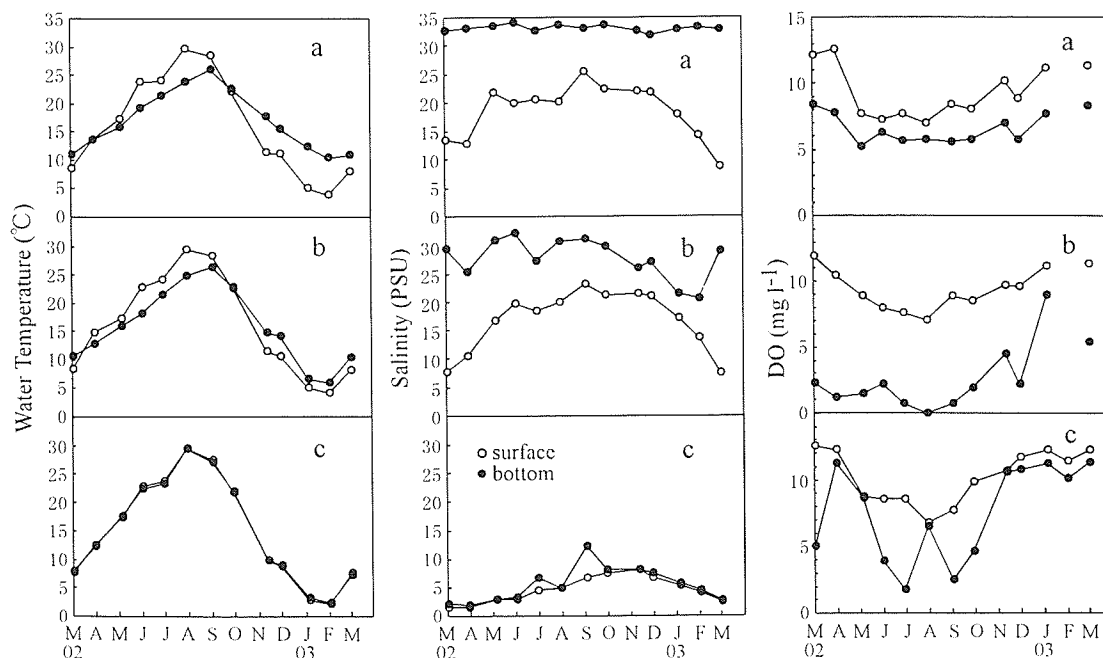


Figure 2. Variation in water temperature, salinity and dissolved oxygen of the upper and bottom layers at the entrance to Lake Nakaumi a, (N-8), at the center of Lake Nakaumi b, (N-6) and in Lake Shinji c, (S-3) in the early month from March 2002 to March 2003. Open and solid circles represent the surface (○) and bottom (●) layers, respectively.

酸素、水温の変動で示す（島根県、2002、2003）（Fig. 2）。塩分成分の強い中海では、冬季に下層の水温が上層のそれより高くなる。宍道湖では上下層の水温差はほとんど見られない。

#### コノシロ

2002年3月から2003年3月まで、宍道湖東部（Sta. 3）に設置された小型定置網ます網による漁獲物の全量調査を月1回行った。ます網の構造および捕獲特性については、山室ほか（1996）に詳しい紹介がある。Sta. 3のます網の設置水深は3.2m、みち網（魚の誘導部）は130m、モンドリの網目は3.8mmであった。網は朝に設置し24時間後の翌朝、漁獲物を回収した。得られたコノシロは、2002年10月を除き全長から2群あるいは3群に分けられたので、各群の漁獲尾数を計測した。原則として各群から任意に40尾を取り出し、40尾に満たない場合は全数について、全長、標準体長、体重、生殖腺重量を測定し、肉眼による生殖腺の雌雄判定を行った。

2002年6月上旬からコノシロの斃死個体が確認された。ます網による調査が行われた6月19日に、宍道湖東部域で浮遊している比較的新鮮な大型個体40尾、中型個体5尾の斃死個体を採集し同様の測定と雌雄判定を行った。

ます網漁獲物と斃死個体の月別の体長測定値から階級幅5mmの体長ヒストグラムを作成した。各群の漁獲尾数が計測尾数を越えた場合、それぞれの階級幅に入った計測尾数に全尾数/計測尾の比率をかけてそれぞれの尾数とした。それらを赤嶺（1982）の方法に従い以下の複合正規分布関数（ $f$ ）に分解し、各峰の平均値（ $\mu$ ）をその月の各群の平均体長とした。Kは度数、 $\sigma$ は分散である。

$$f = \sum K_i \cdot N(\mu_i, \sigma_i, x)$$

$$N = (1/\sigma\sqrt{2\pi}) \exp\{-(x-\mu)^2/2\sigma^2\}$$

また、以下の式に従いそれぞれのコノシロの生殖腺重量指数（GSI）と肥満度（CF）を求めた。W（g）は体重、G（g）は生殖腺重量、SL（mm）は標準体長である。

$$GSI = G/W \times 10^2$$

$$CF = W/SL^3 \times 10^6$$

斃死と水質の関係を探るため、2002年6月28日に宍道湖を調査船で巡航し斃死状況を観測し、宍道湖東部（S-1）、湖心（S-3）、西部（S-6）で溶存酸素濃度、塩分、水温の鉛直分布を測定した。また、湖心域で得た新鮮な斃死個体について、2名による臭気の官能試験を行った。

## 結果

### コノシロの月別体長組成と成長

ます網で漁獲したコノシロと採集した斃死個体について、

月別体長ヒストグラムと複合正規分布関数への分解結果をFig. 3に示した。2002年3月に漁獲された大型群は2群に分解された。4月には大型の2群に加え、中型群が出現した。7月には大型の2群のうちより大きい群は消滅し、新たに小型群が加わり大中小の3群となった。10月は中型群と小型群の分布が重なりそれぞれの明確な境界は示しにくい。10月を除けば12月まで3群が認められた。2003年1月には大型群の漁獲はなく、中型群と小型群のみが漁獲された。2月にはコノシロは漁獲されず、3月には前年と同じく2群に分解される大型群が漁獲された。

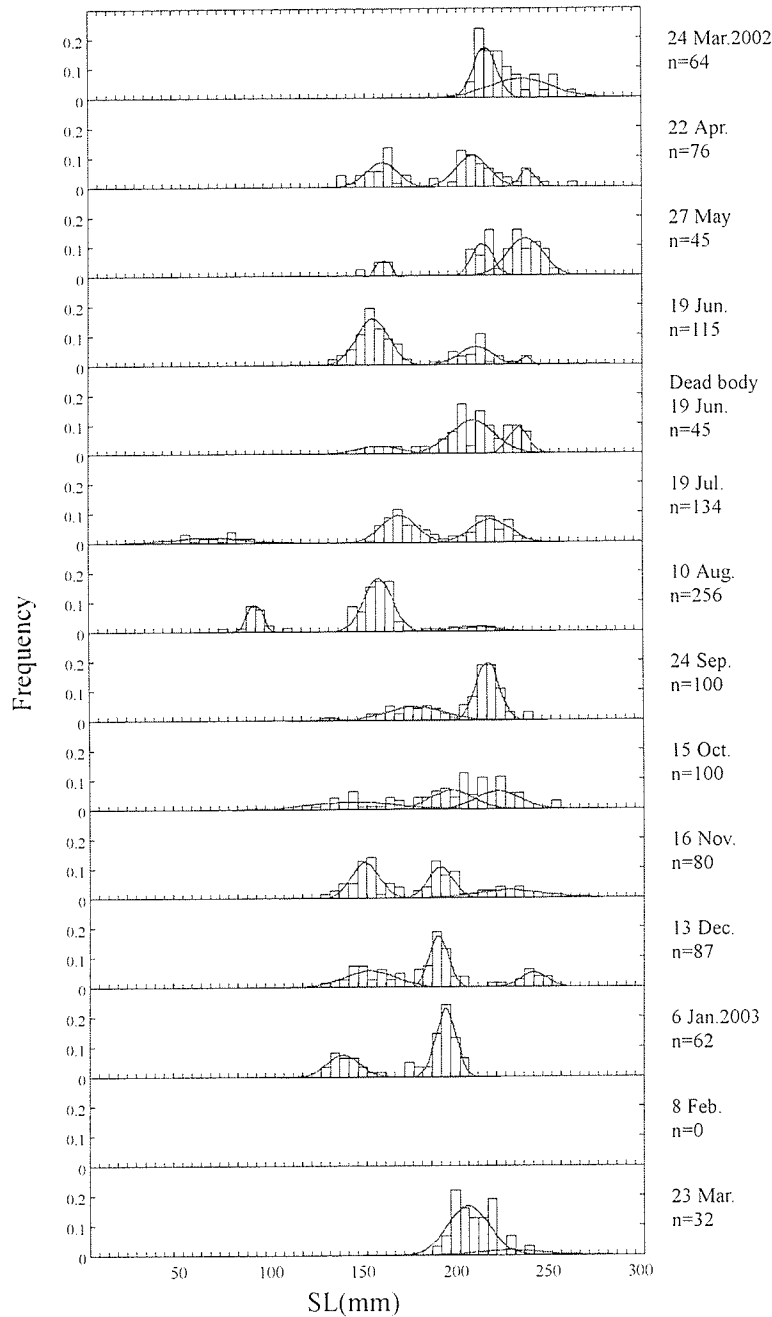
2002年3月から6月までの大型群の体長分布には、230mm前後を境とする2群の重なった分布が認められたのでより大きい群を老齢群とし、コノシロ小型群から老齢群までの体長中央値を経時的につなぎ合わせた月別体長変化を求めた（Fig. 4）。なお、小型群、中型群、雄（2尾）が雌（11尾）より少ない12月を除く大型群では、漁獲尾数と体長について雌雄間の大きな差は認められなかった。老齢群では3月から6月まで雄が毎月少なく、総尾数は雄10尾と雌39尾で、平均体長は雄（236±5mm）が雌（242±8mm）より小さかった。

### GSI

ます網で漁獲したコノシロと採集した斃死個体について、月別の体長—GSI散布図をFig. 5aに示した。2002年3月に出現した大型群（2群）のGSIは3~12で、4月にはさらに上昇したが、6月には減少した。7月には大型群の生殖腺が萎縮してGSIは低い値となった。2002年4月に出現した中型群の生殖腺には雌雄不明から成熟したものまであり、GSIは0~12の広い範囲にわたっていた。5月の5個体ではいずれも生殖腺の発達は見られたがGSIは低く、7月には生殖腺が萎縮しGSIは低い値となった。以降、大型群と中型群のGSIは低い値にとどまり、11月頃から部分的にわずかな上昇が見られた。2002年7月に出現した小型群は、9月まで性別不明、10月には判別ができたが、11月と12月は一部の個体で判別ができなかった。雌雄の判別ができた個体でもGSIは低い値のままであった。2003年3月の大型群（2群）の生殖腺は成熟しておりGSIは4~12であった。なお、6月に採取した斃死個体には大型群（2群）が多く中型群は少なかったが、それぞれのGSIの分布は同日にます網で漁獲したものと同様であった。

### 肥満度

ます網で漁獲したコノシロと採集した斃死個体について、月別の体長—肥満度散布図をFig. 5bに示した。2002年3月から5月まで、大型群（2群）、中型群のコノシロの肥満度はほぼ15~20の間にあり、6月には肥満度が低下する個体が見られ、範囲は12~20となった。7月から9月にかけて大型群、中型群のいずれも肥満度が低下し12~17となった。大型群の低下がより大きく9月には10以下を示すものもあった。7月に出現した小型群のそれは12~17の範囲で推



**Figure 3.** Monthly frequency distributions in standard length (SL) of fresh and dead *K. punctatus*. The normal distributions are applied to the monthly distributions.

移した。11月になると大中小3群の肥満度はいずれも15程度となり、12月には15~20の間に上昇し、中型群、小型群の一部には20を超えるものも見られた。2003年1月の中型小型群の肥満度は15~22、3月の大型群(2群)のそれはほぼ15~20の間にあった。なお、6月の斃死個体の肥満度もます網で漁獲したものと同様であった。

#### 斃死状況と斃死時の水質

本調査中の2002年6月中旬から7月中旬に7千尾の大量斃

死が確認された(国土交通省出雲工事事務所資料)。2002年6月19日のます網漁獲と同日に行った斃死個体採集の際に、大型と中型個体の比率は約10:1であった。7月中旬に大量斃死は終息したものの少数のコノシロ斃死は続き、8月31日に宍道湖東部北岸で岸に打ち上げられた大型斃死個体21尾を確認した。

2002年6月28日は宍道湖全域で斃死個体が見られた。早朝から午前10時頃まで天候は快晴、無風あるいは微風、

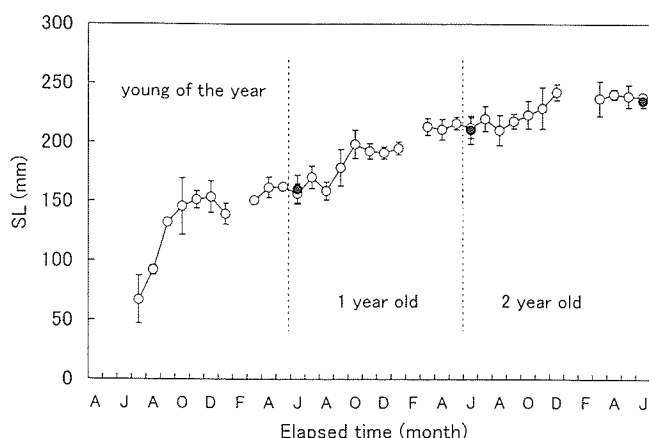


Figure 4. Connected temporal variation in median of standard length from small, medium, large and extra-large groups. Open and solid circles represent the collected fresh and dead samples, respectively. Standard deviation is shown with bars.

東部域S-1地点では厚さ0.5 m、塩分10 PSUの高塩分水が底層にあり、表層および湖底直上0.1 mの溶存酸素(DO)はそれぞれ $8.6 \text{ mg l}^{-1}$ と $5.4 \text{ mg l}^{-1}$ であった。湖心部S-3地点と西部域S-6地点では塩分層は認められず、湖底直上のDOはそれぞれ $8.4 \text{ mg l}^{-1}$ と $7.2 \text{ mg l}^{-1}$ であった。同日、湖心部で採集し臭気官能試験に供した大型と中型の各1個体からはいずれも腐敗臭を認めず、刺し網捕獲時の新鮮な魚体が発する魚臭を認知した。冷蔵して持ち帰り同じ魚臭がするのを確認した後、室温で6時間放置し腐敗臭を認知した。採集した斃死個体はいずれも死亡後あまり時間が経っていない。

## 考察

### 宍道湖での成長

コノシロ小型群から老齢群 (Fig. 3) までの体長中央値を経時的につなぎ合わせた体長変化は、宍道湖におけるコノシロの成長傾向を示している (Fig. 4)。7月に体長74 mmの小型群が出現し、同じく7月には体長約240 mmの老齢群は消失した。宍道湖から移動している期間の体長は得られていないが、4群の体長には連続性が認められる。後述するように産卵期を5月から6月とすれば、この月別体長変化は当歳魚、1歳魚、2歳魚の成長を示すものと考えられる。

コノシロの年齢は、鱗に形成される輪紋あるいは体長組成の経月変化に基づく成長曲線等によって推定される。鱗の輪紋から久見浜湾では6年 (桑谷, 1958)、大阪湾でも6年 (吉田ほか, 1978)、他方、成長曲線から浜名湖では2.5年 (飯田, 1994)、3月から6月までの漁獲物の体長組成から有明海では3年 (Takita, 1978) とされている。飯田 (1994) は鱗紋による年齢の推定 (桑谷, 1958) に矛盾があることを指摘し、また、耳石による年齢査定も難しいとしている。

本研究において、当歳魚は成長ヒストグラムで1歳以上の魚群と明確に区別でき、その体長中央値は当歳魚の出現から2ヶ月後に92 mmになり、満1歳の6月で157 mm、満2歳で214 mm、満3歳で238 mmであった。有明海のコノシロの体長は満1歳で148 mm、満2歳で189 mm、満3歳210 mm、浜名湖では満1歳で156 mm、満2歳で201 mmであった。同じ水域でも年により成長が異なるので単純な比較はできないが、満1歳魚の体長は3水域でほぼ一致している。

宍道湖・中海・美保湾水域を生息域とするコノシロは、その水域を回遊する (宮地, 1962)。宍道湖から移動したものが再び宍道湖へ進入するとは限らず、中海で生息していたものが宍道湖へ進入することも考えられる。1995年4月から1997年3月まで2年間の宍道湖東部と中海西部における同様のます網による漁獲調査で、コノシロは今回の調査と同じく大中小3群に分けられ、各群の全長の月変化は宍道湖と中海で2年間ともほぼ等しかった (石飛ほか, 2000)。中海から新たな群が進入したとしても月別体長変化は大きく変わらないことを示唆している。なお、この調査時には大型群は2群に分けられていない。しかし、宍道湖東部で漁獲された大型群の平均全長は7月頃以降いったん減少したので、今回の調査と同じく老齢群が存在しそれが満3年にあたる6月頃までに死亡したと考えられる。この水域で漁獲したコノシロの最高年齢は3歳の可能性が高い。

### 宍道湖での成熟

コノシロの一部は満1年で成熟する。満1年となる4月から6月にかけてGSIは個体によって大きく異なり、雌雄不明の個体もある (Fig. 4)。飯田 (1994) は浜名湖においてGSI 4以上のコノシロで精巣の肥大化と卵巣内の卵粒が確認されるとしている。宍道湖においても一部の高いGSIを示す満1歳魚の一部が産卵に加わると考えられる。満2年となる魚群のGSIは3月から4月にかけて上昇し、5月から6月にかけて減少し、7月には生殖腺が萎縮した。満3年となる魚群は7月以降消滅するが、GSI変化は満2年の魚群と同じである。これよりコノシロの産卵盛期は5月から6月頃と推察される。GSIの変化から有明海での1974年の産卵盛期は4、5月 (Takita, 1978)、浜名湖での産卵期は3月から5月 (飯田, 1994)、卵巣の成熟段階とGSIの変化から東京湾での産卵期は3月から6月 (Kong *et al.*, 1998) であり、これらとほぼ一致する。

産卵終了後、1歳魚と2歳魚の肥満度は9月まで低下し続け11月に6月の肥満度15まで回復した。GSIの変化から一部しか産卵を行わなかったと考えられる1歳魚より、2歳魚の肥満度の低下が大きく回復も遅い。産卵に関係しない当歳魚の肥満度は低下しない。生息環境が同じなので、この肥満度の低下は産卵の影響と推察される。

既に述べたように、宍道湖におけるコノシロの産卵期は

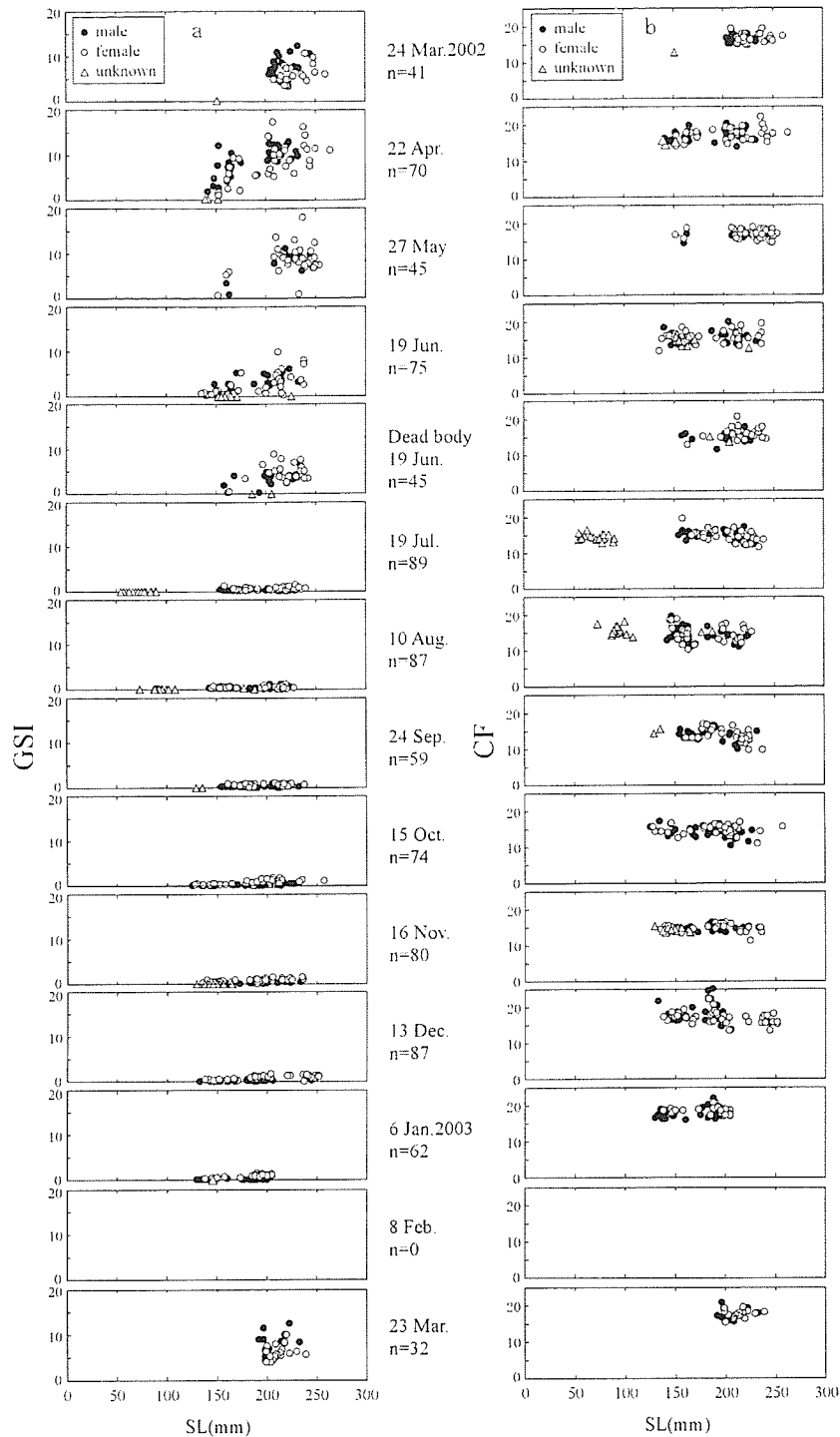


Figure 5. Monthly correlation plots of (a) standard length versus GSI and (b) standard length versus CF for collected fresh and dead samples of *K. punctatus* from March 2002 to March 2003.

GSIの変化から5月~6月頃と考えられる。しかし、当歳魚は体長50~100mmで7月にます網で漁獲されるまで確認されていない。また、7月に漁獲された当歳魚の漁獲尾数は1歳魚と2歳魚よりも少なく、8月には1歳魚より少ない。

仮に宍道湖で孵化・成長が行われていれば、当歳魚が多数漁獲されるはずである。コノシロは宍道湖で産卵行動はしても再生産に結びついていない可能性が大きい。また、本調査と並行して行った中海西部と本庄水域における漁獲調

査でも、7、8月の当歳魚の漁獲尾数は1歳魚より少ないか同じだった。鳥取県水産試験場(1996)は、1994年5月にコノシロ浮遊卵と稚仔魚を中海東部で確認している。従って、宍道湖に出現した当歳魚は、中海西部と本庄水域より海に近い水域から遡上してきたものと考えられる。

#### 大量斃死

コノシロ大量斃死が起きる6月は日本海水位の上昇期で、中海塩水が宍道湖に大量に流入する。同時に風の穏やかな時期なので、宍道湖底層に滞留した塩水が貧酸素化しやすい。このため、大量斃死の原因は湖底の貧酸素とされてきた(例えば、中村、2002)。しかし、貧酸素化した下層水の湧昇による酸欠死では、中海で見られるように、大量斃死は長くても数日しか続かず、また、多種類の底生魚や甲殻類も風上にあたる沿岸部に追いつめられて死亡する。宍道湖の全域にわたって1ヶ月以上継続するコノシロの死亡状況とは明らかに異なっている。

死亡後間もない個体を宍道湖湖心部で採集した2002年6月28日には、宍道湖東部で厚さ0.5mの高塩分水が底層にあったが、湖心部と西部では塩分成分層は認められず、東部、湖心部、西部の湖底上のDOは5.4 mg/l以上であった。前日の6月27日に、著者の一人は湖心部には塩分成分層はなく貧酸素にもなっていないことを確認している。6月24日に宍道湖東岸部の松江で日間平均風速5.4 ms<sup>-1</sup>の東風が吹き、それ以後6月28日まで強い風は吹いていない(気象庁、2002)。湖心部に塩分成分層があったとしてもこの吹風時に解消され、それ以後は成分層は形成されず貧酸素にもなっていないと考えられる。つまり斃死は貧酸素状態でないときにも起きている。コノシロ生息域の中海では、暖候期に下層が貧酸素化するが大量斃死が毎年起きるわけではない。著者の一人は、同じく生息域の美保湾で、1988年以降6~7月頃に美保関付近で多数の大型魚の死体が漂着したこと数回確認している。大量斃死と貧酸素には明確な関係が認められない。

大量斃死が起きる6月はコノシロのGSIの減少時と低下直後、つまり、産卵期末から終了後と一致している。森脇ほか(2003)は、大量斃死の時期にGSIが低下していることから、産卵活動後の生理的変調に基づく斃死の可能性を指摘している。今回の大量斃死時のます網による漁獲調査では大型魚と中型魚の割合は同等であるが、斃死個体では大型魚の割合が圧倒的に高かった。中型群には生殖腺未発達のものもあり一部の個体しか産卵に加わらない。これらのことから大量斃死は産卵に関係している可能性が大きい。大型・中型群ともに、大量斃死時の斃死個体群とます網漁獲個体群のCFには明確な差が見られず、体力消耗による斃死の可能性は小さい。また、比較的新鮮な斃死個体のエラやヒレの基部に鬱血が見られたので、産卵に関係して浸透圧調節など生理的機能の低下が起き、それに耐えられない個体が斃死したと考えられる。大量斃死の後も、少数な

から大型魚の斃死が見られた。大型群の肥満度は7月から9月まで低下し続け痩せた個体が出現するので、体力消耗によるものと考えられる。

宍道湖では毎年5月から9月頃まで、コノシロの老齢魚の自然死、大型・中型魚の産卵活動に関係する斃死、大型魚の体力消耗による斃死が起きていると考えられる。しかし、斃死したコノシロ全てが浮遊死体となり大量斃死に至るわけではない。新鮮な死体はトビ、アオサギなどの魚食性鳥類により湖から持ち出される。夏季の宍道湖におけるコノシロ資源量は1960年代(9トン、宮地、1962)に比較し、1990年代後半には大きく増加した(868トン、Ishitobi *et al.*, 2000)。大量のコノシロが宍道湖に進入し鳥などの処理能力を超えて短期間に斃死した時に大量斃死として顕在化するであろう。2002年1月初旬にも宍道湖東部と大橋川でコノシロの大量斃死(確認1万尾、回収1.2万尾)が起きた(出雲工事事務所、2002)。暖冬が続いた後の1月2日に低気圧が通過しており、これは急激な水温低下による斃死と思われる。

#### おわりに

現在、宍道湖では商業的に重要なヤマトシジミ、ワカサギ、シラウオに重点が置かれ、優占魚種であっても漁業生産上重要でないコノシロなどの生活史や、それらと汽水生態系との関係はほとんど研究されていない。将来の漁業生産のためにも、汽水域生態系の理解のためにも優占魚種に関する知見が欠かせない。ところで、今回の大量斃死の遠因は水域の富栄養化によるコノシロ資源量の増加によるものであろう。この40年間に進行した富栄養化などによる水環境の変化が魚類を含む汽水域生態系にどのような変化をもたらしたのか、内水面漁業の振興を図るうえで明らかにすべき重要な課題と思われる。

#### 謝 辞

本研究を進めるにあたり、宍道湖漁業協同組合の飯塚信吉氏にはます網による漁獲調査に協力頂き、また、コノシロの習性について豊富な漁業経験に基づき詳しくご教示頂いた。ここに記して厚く御礼申し上げる。

#### 引用文献

- 赤嶺達郎(1982) Polymodalな度数分布を正規分布へ分解するBASICプログラム。日本研報、33、163-166。  
 浅田純作・宇野和男・上田 努(2003) 宍道湖の水環境とコノシロの大量死に関する要因分析。土木学会第56回年次学術講演会講演集、VII-047、93-94。  
 伊達善夫・橋谷 博・清家 泰・近藤那男・奥村 稔・藤永 薫(1989) 12年間の定期調査から見た中海・宍道湖の水質。山陰地域研究、5、89-102。  
 飯田益生(1994) 浜名湖におけるコノシロ *Konosirus punctatus* とサッパ *Sardinella zunasi* の成長と成熟。東京農工大学農学部卒業論文、東京。  
 Ishitobi, Y., H. Kamiya and H. Itogawa (1993) Tidal, meteorological and

- hydrological effects on the water level variation in a lagoon, Lake Shinji. *J. Limnology*, **54**, 69–79.
- Ishitobi, Y., J. Hiratsuka, H. Kuwabara and M. Yamamuro (2000) Comparison of fish fauna in three areas of adjacent eutrophic estuarine lagoons with different salinities. *J. Mar. Systems*, **26**, 171–181.
- 石飛 裕・平塚純一・桑原弘道・山室真澄 (2000) 中海・宍道湖における魚類および甲殻類相の変動. *陸水学雑誌*, **61**, 129–146.
- 神谷 宏・石飛 裕・井上徹教・中村由行 (1996) 夏季の宍道湖の底層水に蓄積する栄養塩の起源. *陸水学雑誌*, **57**, 313–326.
- 気象庁 (2002) 気象庁月報. 平成 14 年 6 月, (財) 気象業務支援センター.
- Kong, L., H. Kohno and K. Fujita (1998) Reproductive biology of konoshiro gizzard shad, *Konosirus punctatus*, in Tokyo Bay. *J. Tokyo Univ. Fish.*, **85**, 97–107.
- 黒田 紀・孔 立波・川崎将義・藤田 清 (2002) 漁獲量資料からみた日本近海産コノシロの長期変動. *水産海洋研究*, **66**, 239–246.
- 桑谷幸正・古旗喜太夫・船田秀之助 (1956) コノシロの生態学的研究—I, 産卵期と人工授精による卵発生について. *水産増殖*, **4**, 31–37.
- 桑谷幸正 (1958) コノシロの生態学的研究—III, 年齢査定と成長について. *水産増殖*, **6**, 24–28.
- 鳥取県水産試験場 (1996) 鳥取県水産試験場資料 B, 鳥取県水産試験場, 境港.
- 松下克己・能勢幸雄 (1974) 浜名湖におけるコノシロの産卵生態について. *日本水産学会誌*, **40**, 35–42.
- 中村幹雄 (2002) みんなの宍道湖—自然観察ガイドブック, pp. 90–91. 一畑鉄道開業 88 周年記念事業実行委員会, 松江.
- 宮地伝三郎 (1962) 中海干拓・淡水化事業に伴う魚族生態調査報告. 宮地伝三郎, 京都, 226 pp.
- 森脇晋平・大北晋也・森山 勝・原田茂樹・大島和浩 (2003) 宍道湖・中海水産振興対策事業—コノシロ斃死調査. 平成 13 年度鳥根県内水面水産試験場事業報, 144–147.
- 鳥根県 (2002, 2003) 公共用水域水質測定結果 (平成 13 年度, 平成 14 年度). 鳥根県, 松江.
- Takita, T. (1978) Reproductive ecology of a shad, *Konosirus punctatus*, in Ariake Sound—I, distribution, body condition, and maturation. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.*, **45**, 5–10.
- 山室真澄・平塚純一・越川敏樹・桑原弘道・石飛 裕 (1996) 汽水性潟湖である宍道湖における魚類相の周年変化. *陸水学雑誌*, **57**, 273–281.
- 吉田俊一・林 凱夫・辻野耕實 (1978) 大阪湾におけるコノシロの漁業生物学的研究. *大阪府水試研報*, **5**, 58–98.