

# 宍道湖・中海におけるコノシロ大量へい死の原因究明

(宍道湖・中海水産振興対策検討調査事業)

石田健次・大北晋也

## 1. 研究目的

宍道湖・中海では、平成8年以降数千から数十万尾のコノシロの大量へい死が5月から7月にかけて毎年のように発生し、腐臭魚が湖岸に漂着する現象が起きた。市民の関心を集め、湖水の環境悪化（貧酸素化等）と大量へい死との関連性が広く危惧されたため、13年度からへい死原因の究明を目的に調査を実施した。

## 2. 研究方法

### 1) 研究課題の設定

#### (1) 14年度までの結果<sup>1)</sup>

- ① 宍道湖におけるコノシロの大量へい死は、へい死時期と産卵終期が同時期であり、しかも大量へい死魚と産卵魚の体長組成がほぼ一致していることから、産卵生態（産卵後の疲弊）も関与していると考えられた。
- ② 大量へい死と貧酸素水の関係については、貧酸素化が顕著な7～9月に大量へい死が見られないことから、貧酸素水のみの影響によって大量へい死が起きる可能性は低いと考えられた。

#### (2) 以上の結果を受け、15年度は大量へい死現象に対する疑問に答えるために次の研究課題を設定した。

- ① コノシロの生活史と宍道湖との関係はどうか？
- ② コノシロは低塩分や貧酸素等の環境に弱いのではないのか？
- ③ へい死魚の浮上が宍道湖において特に多く見られるのはなぜか？
- ④ 大量へい死が平成8年以降起きたのはなぜか？

### 2) 調査研究方法

#### (1) コノシロの生活史と宍道湖との関係はどうか？（生活史のなかでの宍道湖の位置づけ）

##### A. 漁獲量調査

平成8年以降の島根県におけるコノシロの漁獲量は美保関町漁協の販売取扱書および農水省統計情報部の漁業・養殖業生産統計年報により調べた。また、宍道湖・中海におけるコノシロの漁獲状況は国土交通省および当場が行ったます網の標本船調査野帳から調べた。

##### B. 魚体精密測定調査

宍道湖（底刺網：平田市美野町沖水深2～3m）、大橋川（小袋網：新大橋直下）、中海（ます網：東出雲町下意東沖）、外海（定置網：美保関町沖）の水域別に漁獲されたコノシロの雌雄、尾叉長、体重、生殖腺重量を調べた（付表）。

##### C. 分布状況調査

コノシロは調査船が航行時に船体の周りでジャンプしたり水面近くを遊泳する。6、7月に宍道湖で目視観察された場所と範囲を記録した。

#### (2) コノシロは低塩分や貧酸素等の環境に弱いのではないのか？（低塩分や貧酸素への耐性試験）

宍道湖は一級河川の斐伊川が流入し、一方日本海（美保湾）から境水道、中海を経由して海水の影響を受け複雑な生態系を有する汽水湖で、海水濃度は1/10程度である。また中海から大橋川、宍道湖において夏期を中心に貧酸素化現象が起きる。このような水域で、へい死の要因として、低塩分や貧

酸素等がどの程度関わっているかを把握するために行ったもので、これらの環境耐性試験は中海分室で行った。供試魚のコノシロは大橋川の小袋網で漁獲されたものを用いた。

#### A. 淡水、低塩分耐性試験

5月21日～28日の間に中海の海水（6～9 psu）を用いてコノシロを飼育した後、淡水および0.5 psuと1 psuの飼育水を貯めた500L水槽に1～2尾ずつ投入し、生死の状況を観察した。また、宍道湖における塩分については定期観測資料を用いた。

#### B. 貧酸素水耐性試験

10月30日に貧酸素水に遭遇したコノシロの行動と、その後の生存状況について水槽実験を行った。用いた貧酸素水は中海の海底付近の溶存酸素濃度が0.7～0.8mg/lの貧酸素水を水中ポンプで汲み上げて150lの実験水槽に満たした。実験設定は、コノシロを貧酸素水に投入後の2分後、4分後、20分後、30分後に取上げて、中海の表層海水（19.7 psu、8.7 mg/l）を入れた飼育水槽での生存日数を調べた。

(3) 宍道湖において特に多くのへい死魚の浮上が見られるのはなぜか？

#### A. コノシロが死んでから浮上するまでの経過

死んだコノシロが各水域の海底ではどのようになるのかを調べるため、図1に示した折りたたみ式の籠漁具を使って6～7月に被捕食試験を行った。籠の設置は、外海では水深4m、中海が水深2mと6m、宍道湖が水深2mと5m、合計5箇所とした。餌のコノシロは籠の中に入れたものとそのまま外に露出したものの2通りとし、腐敗・浮上するまでを観察した。

#### B. へい死したコノシロが腐敗して湖面に浮上するまでの日数および湖面に浮いている日数の推定

4～8月に漁獲により死んだコノシロ数尾を飼育実験室で300lの水槽に投入し、浮上するまでの日数および浮上から沈降するまでの日数を観察した。

(4) 大量へい死が平成8年以降起きたのはなぜか？

宍道湖、中海への入り口である美保関町漁協における昭和54年以降の販売取扱書と港勢調査票による漁獲量および国交省のコノシロへい死情報をを用いた。

### 3. 研究結果と考察

(1) コノシロの生活史と宍道湖との関係はどうなのか？（生活史のなかでの宍道湖の位置づけ）

平成8年以降の島根県におけるコノシロの漁獲量を図2に示す。これを見ると、宍道湖・中海の入り口である外海の美保関では県全体の約7割を占めていた。次に、宍道湖・中海におけるます網のコノシロ漁獲状況を図3に示す。宍道湖では中海に比べて漁獲量が多く、春から秋にかけて1日当たり10～20kgの水揚げがあ

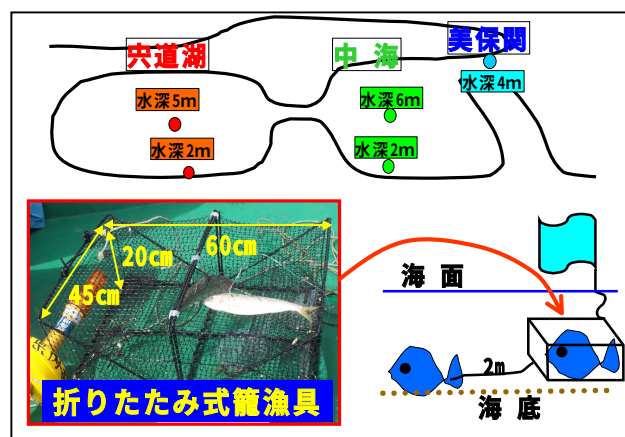


図1 コノシロの被捕食試験

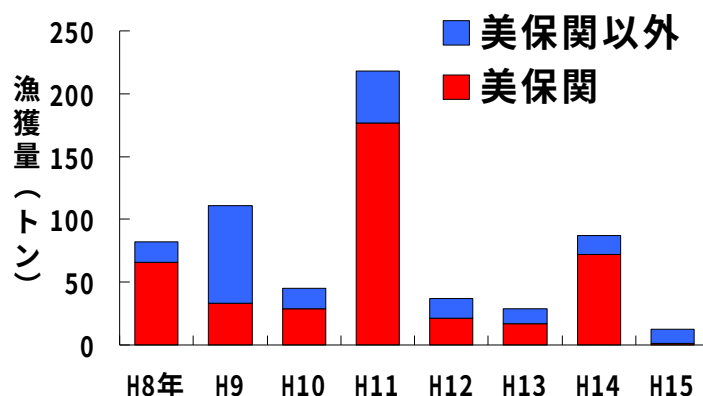


図2 島根県におけるコノシロ漁獲量

ったが、冬期にはほとんど漁獲されなかった。一方、中海では春から秋にかけて 2~3 kg と横這い傾向を示し、冬期は宍道湖と同様に漁獲されなかった。

図4に宍道湖・中海・外海の水域別の体長組成を示す。4~6月の産卵期にはそれぞれの水域で満1歳魚以上のコノシロ成魚の分布がみられた。

宍道湖におけるコノシロの分布

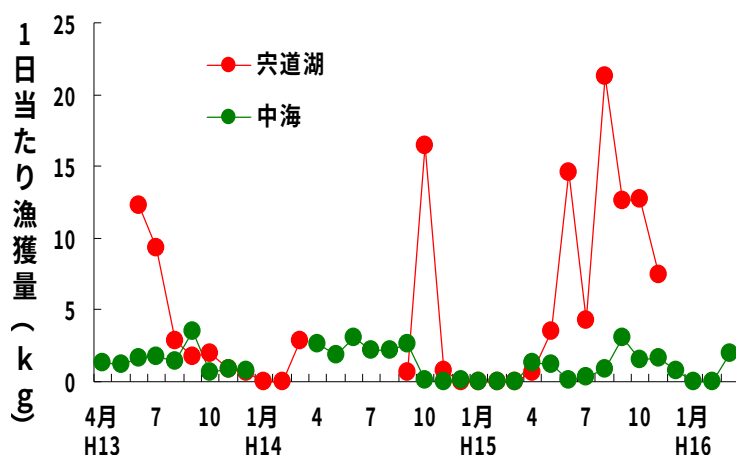


図3 宍道湖・中海のます網によるコノシロ漁獲量

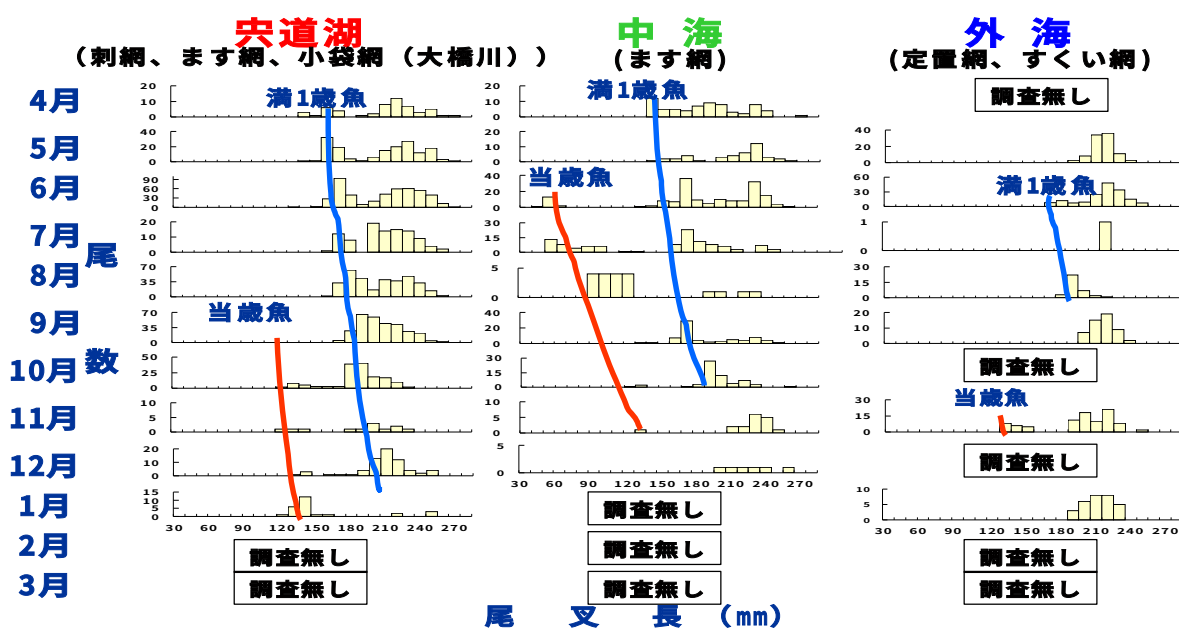


図4 水域別の体長組成 (平成 13~16 年)

の観察記録を図5に示す。コノシロは宍道湖の西側と南側の浅い場所で確認され、湖心と北側から東側にかけては観察されなかった。また、コノシロが観察された場所の数や大きさは、7月は6月に比べて少なく、範囲も狭くなっていた。6月は産卵のために分布密度が高くなっていたためと思われる。もう一つの特徴は、7月11日は梅雨末期の大雨で宍道湖は増水しており、大橋川では相当な量のコノシロが中海の方へ流れ下るのが確認され、産卵後のコノシロが湖外へ移動している一例かと思われた。

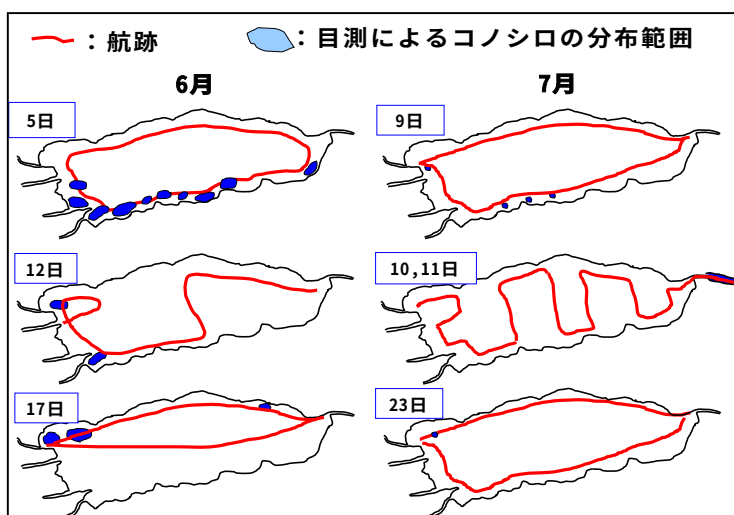


図5 宍道湖におけるコノシロの分布

これらをまとめると、図6に示したようにコノシロは宍道湖・中海には水温上昇に伴い3月頃に外海から入り（索餌・成長）、4～6月にかけては産卵が行われ、その後宍道湖のコノシロは徐々に湖外へ移動し、冬期は外海が主な分布域になっていると考えられた。

(2) コノシロは低塩分や貧酸素等の環境に弱いのではないのか？（低塩分や貧酸素への耐性試験）

淡水・低塩分耐性試験結果を図7に示す。コノシロは淡水では試験開始後3時間位までは水槽を叩いた刺激に敏感

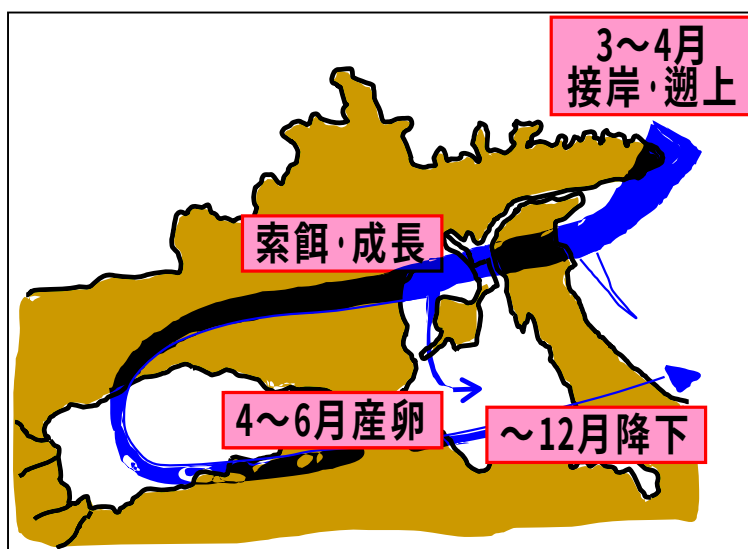


図6 コノシロの分布・生態



図7 淡水・低塩分耐性試験（5月下旬）

な動きを示したが、6時間後の刺激では動作が緩慢で、時々横倒しになるヨタヨタ状態になり、7～9時間後に死亡した。一方、0.5 psuおよび1 psuの低塩分濃度では試験開始の1～2日後も生存しており、飼育水槽を叩いた刺激にも敏感な行動を示した。このことから、コノシロはかなりの淡水に近い低塩分でも生存が可能で、また急激な塩分濃度の変化にもかなり強いものと思われた。

図8に宍道湖でのコノシロの分布と表層塩分の関係を示した。コノシロは塩分濃度が1psu前後の宍道湖西側の河口周

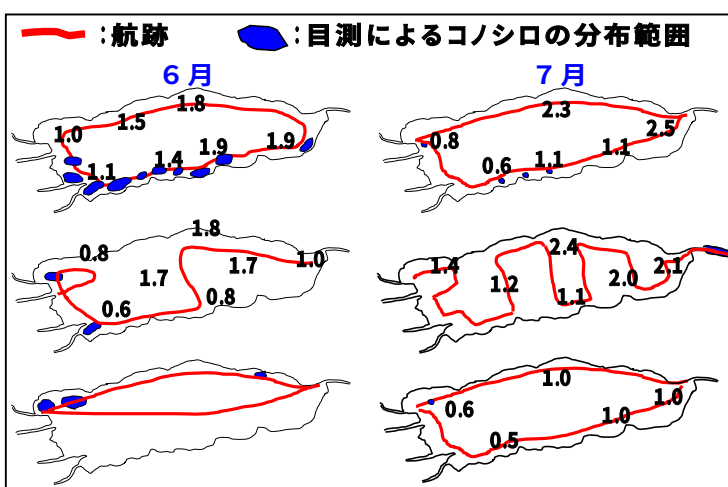


図8 宍道湖におけるコノシロの分布と表層塩分 (psu)



辺にも多くみられ、低塩分に関係無く分布していた。

図9にコノシロを貧酸素水に投入後に取り上げ、その後の生存状況について水槽実験を行った結果を示す。貧酸素水に投入したコノシロは間もなくあらゆる方向にかなりの速度で遊泳したり、鰓蓋をパクパク大きく開閉させるなど、通常とは異なる行動を示した。貧酸素水に4分間と30分間浸けたコノシロは取上げ後7日目も生存しており、ここで調査を打切った。なお、中海の海水に戻した後におおむね3日程度で死亡した個体は、コノシロを小袋網から取上げて実験するまでのハンドリングに大きな原因があったものと考えられた。これらのことから、コノシロはかなりの貧酸素状態でも生存が可能で、貧酸素層に遭遇しても逃避行動は可能であろうと思われた。

以上のことから、コノシロは低塩分のみや貧酸素水のみ急激な環境変化にはかなりの耐性をもっており、これらによって大量にへい死が起こる可能性は低いものと考えられた。

(3) へい死魚の浮上が宍道湖において特に多く見られるのはなぜか？

その要因として、生息環境や分  
布量の違いがまず考えられるが、  
この外に捕食動物との関係がある  
のではないかと仮定のもとに次の  
実験を行った。折りたたみ式の籠  
漁具を使ったコノシロの被捕食状  
況を表1、図10に示す。これらを  
みると、外海では翌日にはコノシ  
ロは食べ尽くされて無くなった。  
中海では貧酸素水の影響がない水  
深2mではコノシロは捕食され、  
一方貧酸素水の影響がある水深6m  
では2日経ってもコノ

表1 被捕食試験結果

| 調査<br>開始<br>月日 | 調査<br>場所 | 水 深<br>(m) | 溶存酸素<br>(mg/l) | 貧酸<br>素層 | コノシロの残存状況 |     |     |                              | 捕 食 魚 貝 類                              |                                           | 備 考 |
|----------------|----------|------------|----------------|----------|-----------|-----|-----|------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|-----|
|                |          |            |                |          | 籠の外       |     | 籠の中 |                              | 籠の中・魚体内外                               |                                           |     |
|                |          |            |                |          | 1日後       | 2日後 | 1日後 | 2日後                          | 1日後                                    | 2日後                                       |     |
| 6/9            | 外 海      | 4          | —              | 無        | 無         |     | 無   | ・マナゴ 2尾<br>・ヒメヨウナ<br>(約100個) |                                        |                                           |     |
| 7/8            | 中 海      | 2          | 5.4            | 無        | 無         |     | 有   | 無                            | ・アラムシロガイ<br>(数個)<br>・カワナ チツナ<br>(数10個) | ・アラムシロガイ<br>(数10個)<br>・カワナ チツナ<br>(数100個) |     |
|                |          | 6          | 1.9            | 有        | 有         |     | 無   |                              | ・硫化水素臭<br>・ヘドロ状                        |                                           |     |
|                | 央道湖      | 2          | 6.7            | 無        | 有         |     | 無   |                              | ・硫化水素臭<br>・ヘドロ状                        |                                           |     |
|                |          | 5          | 6.4            |          |           |     |     |                              |                                        |                                           |     |

シロに変化は見られず、3日目には籠の外のコノシロは腐敗して浮上した。宍道湖では貧酸素水の影響が無い水深2mと海底がヘドロ状で硫化水素臭のある水深5mの場所では、いずれも中海の水深6mの結果と同じく2日経過してもコノシロは捕食されず、3日目には籠の外のコノシロは腐敗して浮上した。また、コノシロの魚体の内外に付着または籠の中で観察された捕食魚介類は、中海ではアラムシロガイ、カワグチツボの巻貝、外海ではヒメヨウラクの巻貝とマアナゴで、いずれも肉食性または雑食性の魚介類であった。

表2にへい死したコノシロが腐敗して湖面に浮上するまでと、湖面に浮いていた日数を示す。これによると、大量へい死が見られた6～7月ではコノシロが湖面に浮上するまでに1～2日間、湖面には7～10日間は浮いていたものと思われた。腐敗臭は沈む1～2日前が最も強く感じられた。また、宍道湖において大量へい死と言えるほどへい死魚が多くない場合には、浮上してもアオサギ、トビ、ハシボソカラス等の

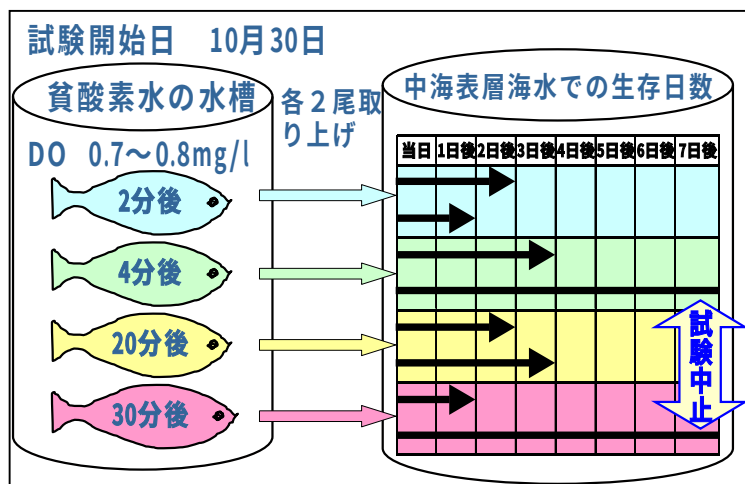


図9 貧酸素水耐性試験

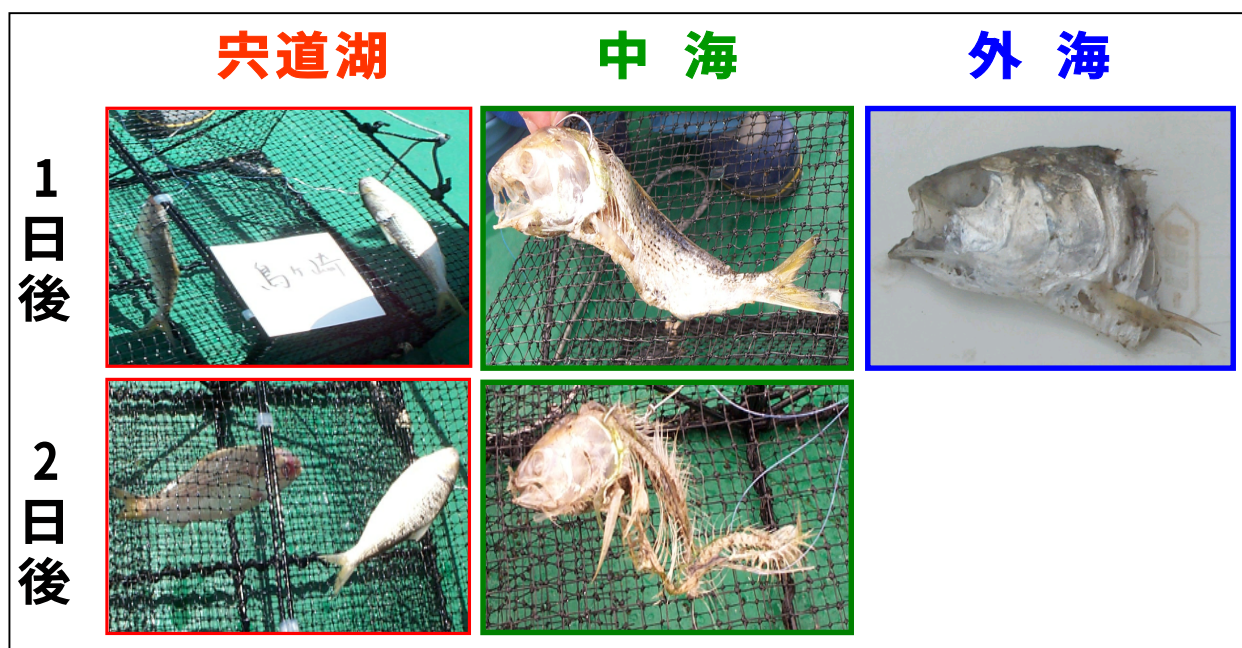


図 10 コノシロの被捕食状況

鳥類に捕食されるため発見されにくいと思われた。

以上の結果から、穴道湖においてへい死魚の浮上が特に多い要因として、穴道湖は分布域の縁辺部であるという生息環境や分布量の違いの外に、捕食動物との関係が強く示唆された。すなわち、へい死魚は外海や中海の貧酸素水やヘドロ等の影響がない場所では、肉食性の魚類や巻貝等に捕食され消失し易いが、穴道湖ではそれ程ではなく数日後にそのまま浮上するものと推察された。

(4) 大量へい死が平成8年以降起きたのはなぜか？

穴道湖・中海への入り口である外海的美保関でのコノシロ漁獲状況を図11、図12に示す。美保関ではコノシロは定置網とすくい網により漁獲され、コノシロの単価は1kg当り約50円と、ブリの1/10、ヒラメの1/40、マダイの1/20と非常に安いので、すくい網では目的とするイワシが不漁な時に、定置網ではコノシロが多く入網した時にのみ漁獲される。従って、ここに示した

表 2 水槽実験によるコノシロのへい死から浮上までの日数

| 試験月          | 4～5月           | 6月             | 7月             | 8月             |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| へい死から浮上までの日数 | 2～3日           | 1～2日           | 1日             | 1日             |
| 浮上から沈降までの日数  | 23～24日         | 8～10日          | 7～8日           | 7～8日           |
| 穴道湖水温        | 14.0～<br>21.4℃ | 22.0～<br>24.8℃ | 24.2～<br>26.1℃ | 26.9～<br>28.6℃ |

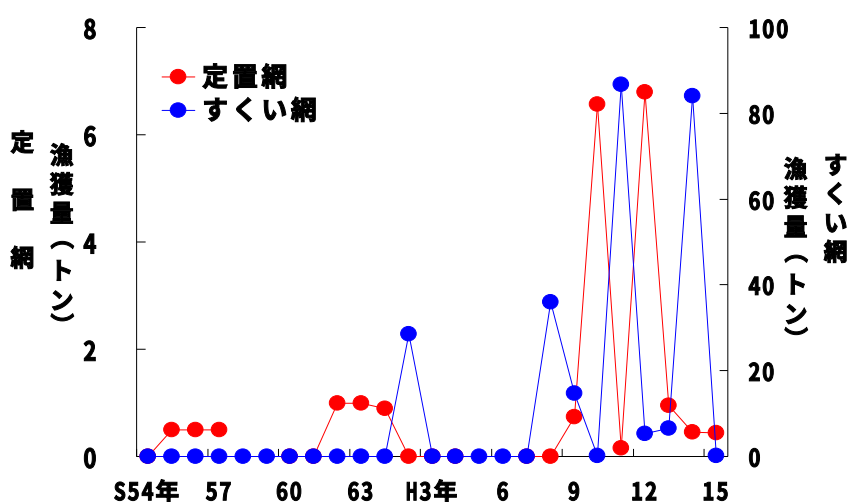


図 11 外海（美保関）のコノシロ漁獲量の推移

漁獲量はコノシロの資源を正確には反映していない。しかし、量がまとまった時や、目的とする魚が不漁な時には積極的にコノシロを漁獲しており、ある程度は資源の自然変動を示しているものと考えられる。定置網とすくい網の昭和54年以降の漁獲動向を見ると、漁獲量は平成7年頃まで数トン程度に過ぎなかったが、大量へい死が確認された平成8年頃からは、年によっては急激な増加をみせている。また、定置網によるコノシロの月別漁獲量をみると、水揚げが多い時期は春から夏であって、産卵期と重複している。

図13に宍道湖におけるへい死尾数と外海（美保関）のすくい網と定置網の漁獲量の関係を示した。これをみると、両漁業種の漁獲動向は必ずしも合致していない。これは定置網が魚の通り道に網を固定して魚を待つ待機型の漁業に対して、すくい網では魚を追い求めて獲る移動型の漁業であり、イワシが多ければイワシを獲るといった漁獲方法の違いによるものと思われる。しかし、両漁業種によるコノシロの漁獲動向とへい死尾数との間にはかなり似かよった傾向が見られた。すなわち、外海でのコノシロ分布量が多い年と大量へい死が発生する年には強い相関が見られた。また黒田ら<sup>2)</sup>によると、図14に示した日本近海産のコノシロの長期変動

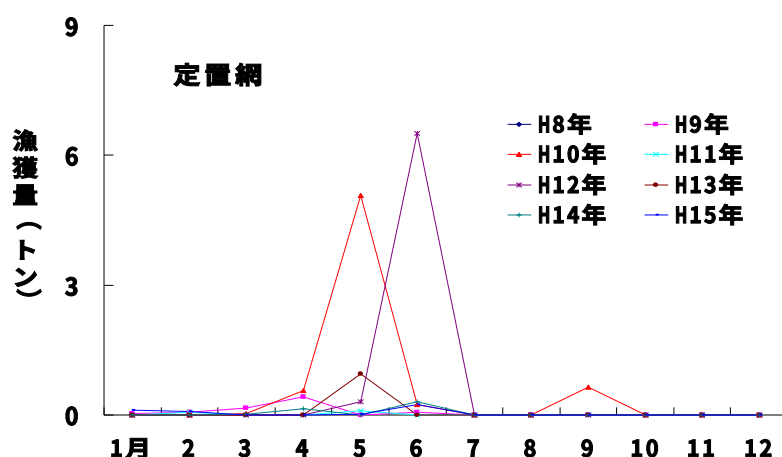


図 12 外海（美保関）の定置網によるコノシロ漁獲量経月変化

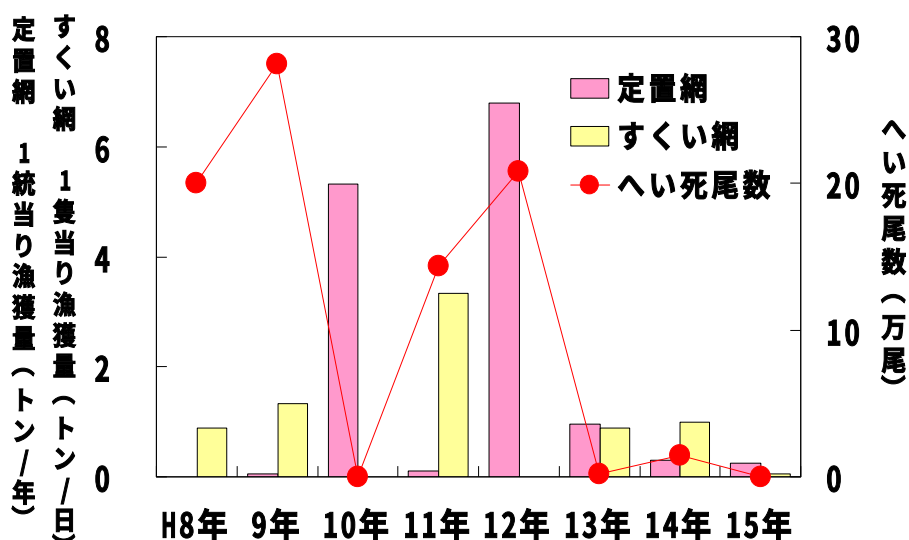


図 13 宍道湖におけるへい死尾数と外海（美保関）の5～7月漁獲量

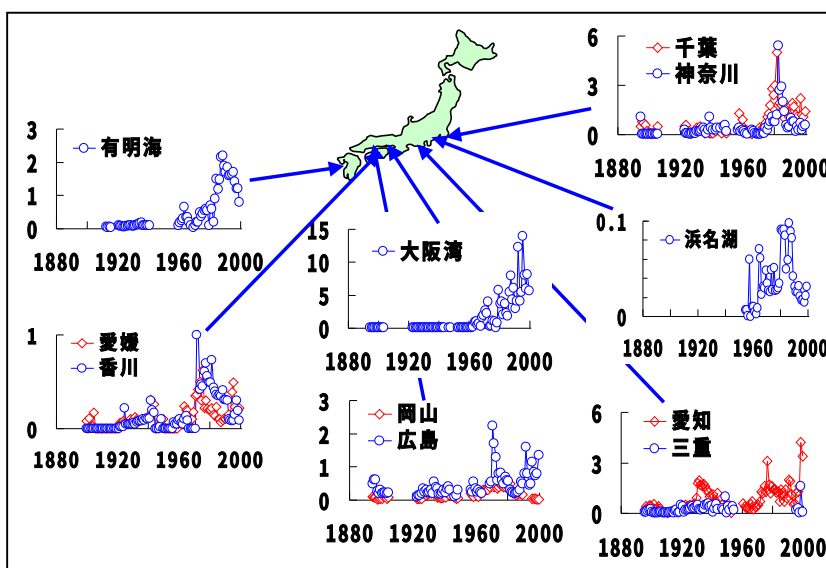


図 14 日本近海産コノシロの漁獲量（×1,000 トン）の長期変動（黒田ら<sup>2)</sup> から作図）



を基に、コノシロはニシン科の近縁種であるマイワシとほぼ同様な長期の変動傾向を示すとしており、島根県周辺のコノシロにおいても同じように長期変動の現象が起きているものと思われた。

今年度の調査結果として、以下のことが考えられた。

- (1) 宍道湖には水温上昇に伴い3月頃から溯上（索餌・成長）。6月までが産卵期で、その後ほとんどは除々に湖外に降下する。
- (2) 貧酸素化が顕著な8～9月に大量へい死が見られないことに加え、今回の試験で低塩分のみや貧酸素水のみ急激な環境変化には耐性があることが同われたことから、これらの要因だけによってあれほどの大量のへい死現象が起きる可能性は低いものと推察された。
- (3) 大量へい死が宍道湖で特に多いのは、県都松江市が位置し地勢的に人目につきやすいこともあろうが生息環境や分布量の違いの外に、海底のへい死魚は肉食性の魚介類等に捕食されるが宍道湖ではそのような捕食者が少ないためにそのまま浮上することが大きく関与しているものと推察された。
- (4) コノシロ分布量は平成8年に急増し、その後高水準を維持している。
- (5) 外海で分布量が多い年には宍道湖で大量へい死が発生する傾向が強い。

最後に、コノシロの宍道湖における大量へい死現象のこれまでの調査結果のまとめを図15に示す。

①コノシロの近年の分布量が外海域で高水準を形成し、②宍道湖への来遊群も増加することによって、③そして、産卵生態（産卵後の疲弊）が大きく関与して起きたものと考えられ<sup>1)</sup>、貧酸素化が顕著な8～9月に大量へい死が見られないことから、当初心配された宍道湖の環境異変（貧酸素化現象等）によるものではないと考えられる。

コノシロの大量へい死原因調査事業は本年度で終了し、今後は試験場の通常業務の中で監視する。

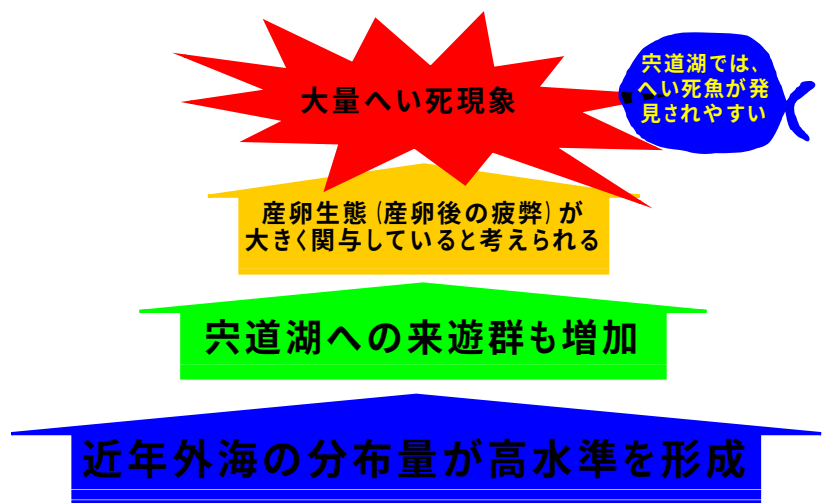


図 15 宍道湖における大量へい死現象の発生プロセス

#### 4. 研究成果

- 平成 15 年 6 月にコノシロ大量へい死調査について記者発表を行い、これまでの調査結果と平成 15 年度の調査計画を報告した。
- 当初心配された宍道湖の環境異変（貧酸素化現象等）との関係は薄いと考えられたことから、県民の不安感を柔らげることができ、公設試験研究機関としての説明責任を果たすことができた。
- 調査で得られた結果は、内水面調査研究協議会および宍道湖・中海水産振興対策検討委員会で報告された。

#### 5. 文献

- 1) 藤川祐司. 宍道湖、中海におけるコノシロ大量へい死の原因究明. 島根県内水面水産試験場事業報告（平成 14 年度）2004；71－77.
- 2) 黒田一紀, 孔 立波, 川崎将義, 藤田 清. 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 2002；66(4)：239－246.