

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 4月12日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580237

研究課題名（和文） 運動飼育による養殖魚水銀量の低減化

研究課題名（英文） Reduction of mercury level in cultured fish by compulsory swimming

研究代表者

安藤 正史（ANDO MASASHI）

近畿大学・農学部・教授

研究者番号：80247965

研究成果の概要（和文）：養殖魚を強制的に遊泳させることにより新陳代謝を活発化させ、筋肉中の水銀量を低下させる試みを行った。マダイを4ヶ月飼育した場合、筋肉総水銀濃度は運動区においてわずかに低くなった。遊泳魚であるシマアジを用いた場合では、総水銀濃度が間欠運動区においてわずかに高くなった。水流を厳密に管理するために行った小型水槽＋グッピーの実験では総水銀量・メチル水銀量ともに有意な差は認められなかった。以上の結果より、強制運動による養殖魚の水銀濃度の低減化は現状では困難であると思われる。

研究成果の概要（英文）：Reduction of cultured fish mercury level was tried by compulsory swimming leading metabolic activity. In case of red seabream, total mercury concentration was slightly decreased in exercising group. In case of striped lack, one of pelagic fishes, total mercury level was slightly decreased by interval swimming group. In case of guppy experiment, total mercury and methylmercury levels showed no significant difference with exercising breeding. According to these results, reduction of mercury level of cultured fish by exercising breeding may be difficult in the current situation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：水産学

科研費の分科・細目：水産学一般・増養殖

キーワード：養殖，水銀，運動飼育

## 1. 研究開始当初の背景

近年、BSEをはじめとして、鳥インフルエンザや輸入食品の残留農薬など、消費者の健康を脅かす食品の事件が多発している。それにとともに消費者の食の安全性に対する意識は非常に高くなっており、食を提供する側としても慎重に対処することが強く望まれている。このような社会状況にあつて、确实

に人々の健康を脅かしているもののひとつに水銀の問題がある。平成16年に厚生労働省がキンメダイなどに含まれる水銀の危険性を発表した際には大きな社会的関心と呼んだが、現在では社会的関心は薄れてきている。

ではなぜ社会的な関心が低いのであろうか？それは、現状の水銀の汚染レベルでは

BSE のように致死的な問題とはならないためである。しかしながら、水銀中毒は神経系に影響を及ぼすため、胎児への影響はもとより、成長期にある幼児への影響は無視できない。現在は仮説にすぎないが、「キレやすい」とされる現代の子供たちへの影響がゼロであるとは言いきれない。

現在、日本人の水銀摂取の原因となる食品はその 87.1% を魚介類が占める (厚生労働省, 2004)。よってヒトの水銀の摂取量を減らすためには、魚介類に含まれる水銀量を減らすことがきわめて重要なポイントとなる。この点について国際的な動きを見た場合、水銀汚染は環境問題として捉えられることが多いため、魚介類の汚染状況に関する報告例は非常に多いが、その汚染レベルを下げる試みを具体的に研究例はきわめて少ない。食品学的には特にツナ缶などの高水銀量を明らかにし、その摂取量への注意を喚起する研究例は多いが、材料が天然のマグロ類であるためか、原料までさかのぼって製品の水銀量の低減化を試みた研究例は見当たらない。申請者らは養殖クロマグロの水銀量が 0.6ppm で頭打ちとなり、同サイズの天然クロマグロよりも低くなる傾向にあることを報告した (Nakao et al., 2006)。しかし、低レベルとはいえないまだ暫定基準値の 0.4ppm を上回っており、さらなる水銀濃度の低減化は大きな課題として残っている。ところで、養殖魚では飼育環境を人為的に制御できる。また、水銀は筋原繊維タンパク質に強く結合するために半減期が 70 日と長く、これが水銀の蓄積しやすいひとつの要因となっている。

中国の産業活動の増大に伴い、石炭の燃焼による気化水銀の排出量は増加の一途である。気化した水銀は降雨とともに日本周辺の海洋に落ち、わずかずつではあるが海洋における水銀汚染を拡大させている恐れがある。

マグロ類は好んで食される魚種である一方、水銀含有量が比較的高い魚種であるため、海洋環境における水銀汚染が進行しつつある現代において、天然マグロの水銀汚染レベルは大きな問題となる可能性がある。この点において、養殖マグロは飼育環境のコントロールが可能であり、将来の水銀問題への対処方法のひとつとして期待できる。また、代謝速度をあげることにより水銀の排出を促進するメカニズムが明らかとなれば、それはヒトに対しても応用できる可能性がある。

天然魚も含め養殖魚においても、その水銀含有量を低減化させるという試みは全くなされていない。天然魚の場合は測定データを積み上げ、大きな魚体ほど水銀濃度が高く、危険性が高いことが示されているものの、餌の種類や量を管理できないため水銀濃度そのものを減らすことはできない。また、飼育

環境を制御できる養殖魚の場合であっても、顕著な海洋汚染がない限り重大な問題としてはとらえられず、さらにコスト競争のために余分な安全管理には関心が向きにくいという現実があった。

## 2. 研究の目的

本研究では、養殖魚を強制的に運動させることによって新陳代謝を活発化させ、筋原繊維タンパク質のターンオーバーを促進することで水銀の排出を早め、水銀濃度を低下させることを目的とした。

## 3. 研究の方法

4 トン水槽 (直径 2 m, 深さ 1.5 m) を 2 基用いる。2 基ともに給水位置を水槽側面近傍とするが、1 基は水平方向に給水して流れを形成し、魚群の走流性を誘発する (運動群, 図 1)。一方、対照区では水面に対して垂直方向に給水して流れを形成させず、魚群の走流性を抑える (対照群, 図 2)。この水槽中にマダイの幼魚 (魚体重約 300 g) をそれぞれ 20 尾投入し、市販配合飼料を与えて 4 ヶ月間飼育する。給餌量はそのまま水銀摂取量に影響するため、飽食させることとして飼育条件の安定化を図る。2 ヶ月ごとに魚体重・魚体長および筋肉・肝臓の水銀濃度を測定し、水銀の蓄積状況をモニターする。同時に配合飼料中の水銀濃度も測定し、給餌量のデータ

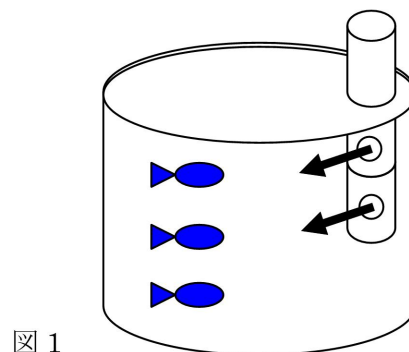


図 1

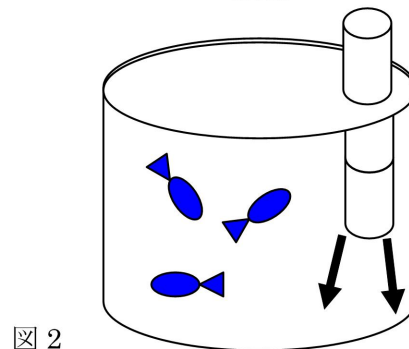


図 2

図 1 : 運動群, 図 2 : 対照群

← : 給水の方向

♣ : 実験魚

と合わせて水銀摂取量を計算する。これらのデータをすべて統合することで、摂取した水銀の蓄積率および排出率が算出される。このデータを運動群および対照群の間で比較することにより、運動飼育による水銀排出効果を判定する。

なお、流速はマダイにとって無理のない範囲として1 body length/sec 以下を最初に試みるが、流速が不十分なため運動による効果が認められない可能性がある。その際には、次年度において流速をさらに大きくしてその効果を見る。

流速の他、魚種による効果の違いも予想されるため、マダイに続いて回遊性魚種であるシマアジについても飼育試験を実施する。

#### 4. 研究成果

(1) 飽食飼育を続けた結果、給餌量は止水区に比べ運動区において少なくなった。これは水流がマダイにとってストレスとなったためと思われた。ただし、体重は両区の間には差はないことから、運動による餌料効率の向上が生じたのかもしれない。筋肉総水銀濃度に有意差はないものの運動区においてわずかに低かった(図3)。この結果が給餌量の差によるものか、新陳代謝の活発化によるかは不明である。

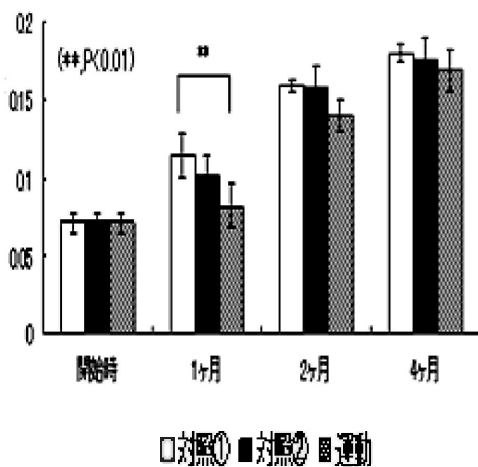


図3 マダイ筋肉の総水銀量 (ppm)

(2) 初年度のマダイを用いた実験において、有意な結果は得られなかった。その要因として、マダイは回遊魚ではないため、強制的に運動させることがストレスとなり、新陳代謝に悪影響を及ぼしたことが考えられる。

そこで平成22年度では、魚種を回遊魚であるシマアジに変更し、さらに連続遊泳によるストレスの可能性を排除するため、夜間は水流を止める間欠運動区を設定した。

体重は間欠運動区においてわずかに大きくなり、運動による摂餌行動の活発化が認め

られた。筋肉(図4)・肝臓ともに総水銀濃度は間欠運動区においてわずかに高くなった。これは摂餌量が多くなったことによる水銀摂取量の増大が原因と思われるが、同時にそれを上回る新陳代謝の活発化による水銀排出の促進にはつながらなかったことが明らかとなった。

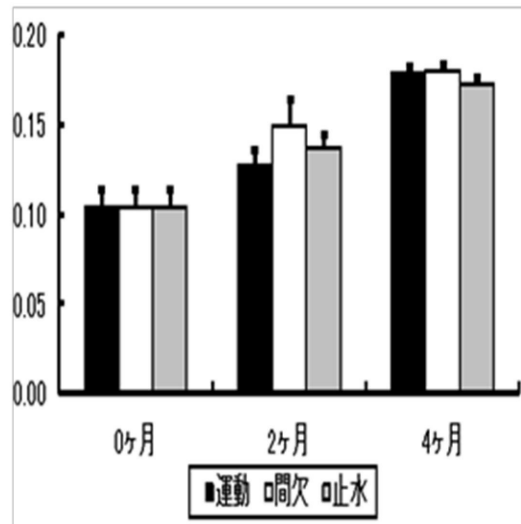


図4 シマアジ筋肉の総水銀量 (ppm)

(3) これまでの実験では2トン水槽を使用したため細かな飼育条件の設定が困難であった。そこで、平成23年度は小型水槽(20L)および小型魚(グッピー)を用いて運動飼育実験を実施した。また、飼育期間をシマアジよりも短期間に設定した。これにより、大規模な飼育実験に反映させ得る基礎データを取得することを目的とした。

飼育期間を通じ、両区の間には体長・体重における成長差は認められなかった。魚体の総水銀濃度・メチル水銀濃度は飼育期間の延長に伴って増加したが、いずれの期間においても、試験区の間には有意差はなかった。また、新陳代謝の活発化による脱メチル反応の活性化を期待したが、水銀のメチル化率においても両区の間には有意差は見られなかった。

本研究では残念ながら運動飼育の水銀低減効果は認められなかったが、今後の検討課題としては(1)さらに流速を上げる(2)間欠運動の設定を変える(3)飼育水温を変える、などが考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計14件)

①Masashi Ando, (6名中1番目) Effect of water temperature on feeding activity and resultant mercury levels in muscle of

cultured bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temminck and Schlegel). *Aquaculture Research*, 査読有, 42 巻, 516-524 (2011).

②Wen Jye Mok, Masashi Ando (5 名中 5 番目) Mercury levels of small fish: Influence of size and caught area. *Fisheries Science*, 77 巻, 査読有, 823-828 (2011).

③Masashi Ando (8 名中 8 番目) Reduction of mercury levels in cultured bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, using feed with relatively low mercury levels. *Aquaculture*, 査読有, 288 巻, 226-232 (2009).

[学会発表] (計 1 1 件)

①Wen Jye Mok, Manabu Seoka, Yasuyuki Tsukamasa, Ken-ichi Kawasaki, Masashi Ando. Mercury levels of small fish: Influence of size and caught area. *Aquaculture America 2012*. 2 Mar. Las Vegas. Nevada, United State.

②Wen Jye Mok, Shigeharu Senoo, Yasuyuki Tsukamasa, Ken-ichi Kawasaki, Masashi Ando. Concentrations of toxic elements on aquaculture products in Malaysia. 2010 EFFoST Annual Meeting, 11, November, 2010. Dublin, Ireland.

③安藤正史「クロマグロ養殖業－技術開発と事業展開・展望－，食材としての安全性」平成 22 年度日本水産学会春季大会シンポジウム，2010 年 3 月 30 日，日本大学農獣医学部

[図書] (計 2 件)

①Masashi Ando, NOVA Publishers, Mercury in Cultured Bluefin Tuna: The Mercury Level Can Be Controlled Artificially. *Food Production: New Research*. 2011 年, 141-154.

②安藤正史, 成山堂, 水銀から見たマグロの安全性, 近畿大学プロジェクト クロマグロ完全養殖, 2010 年, 97-111.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

安藤 正史 (ANDO MASASHI)  
近畿大学・農学部・教授  
研究者番号：80247965

### (2) 研究分担者

滝井 健二 (TAKII KENJI)

近畿大学・水産研究所・教授  
研究者番号：60197225

(3) 連携研究者 無し  
( )

研究者番号：