

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650486

研究課題名(和文) 鯉類の消費拡大と食文化イノベーションがもたらす環境負荷低減効果

研究課題名(英文) GHG Emissions from an Aquaculture System of Freshwater Fish with Hydroponic Plants

研究代表者

大柿 久美子 (Ohgaki, Kumiko)

東京工業大学・総合理工学研究科(研究院)・教務職員

研究者番号：00169898

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,100,000円

研究成果の概要(和文)： コイ科の小型魚ホンモロコは休耕田を利用して単年で養殖できるため、内陸地域で淡水魚を食べる食文化の形成と耕作放棄地を減らす効果が期待される。

そこでホンモロコ養殖のGHG排出量をLCAの手法に基づいて算出した。魚の排泄物や残餌の窒素化合物の硝化・脱窒過程で出る亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)の量も推算しGHG排出量に算入した結果、ホンモロコ養殖の単位面積当たりのGHG排出量は水田で米を生産した場合の3～4倍となった。花卉植物を養殖池中で水耕栽培し水中の窒素除去を行うための基礎実験結果をもとに、N<sub>2</sub>O除去が可能であると推算した。その結果を第9回LCA of Food 国際会議(サンフランシスコ)で発表した。

研究成果の概要(英文)： In this study, the GHG emissions of the farmed fish willow shiner (called Honmoroko) were calculated based on the concept of the LCA. Furthermore, the nitrous oxide(N<sub>2</sub>O) volatilization from an aquaculture pond was estimated that generated from nitrification and denitrification process of non-consumed feed and waste (feces and ammonia) from fish. As the results, the GHG emissions for the production of willow shiner were calculated as 2,000g-CO<sub>2</sub>e /m<sup>2</sup>/year, that contains direct volatilization of N<sub>2</sub>O. It means 3-4 times larger amount of GHGs than the rice production per unit area. Nutritive salts removal experiments show that SunPatens flower has a potential to remove inorganic nitrogen in the aquaculture pond. Therefore, an aquaculture system with hydroponic plants has a capacity to make a clearance of N<sub>2</sub>O from the pond. The purifying effect of the aquaculture pond also has the higher density fish farming potential which will lead the less GHGs aquaculture per the production volume.

研究分野：食生活学、エネルギー学

キーワード：ホンモロコ LCA GHG排出量 亜酸化窒素 水耕栽培 カーボンフットプリント二次データ 休耕田  
養殖

1. 研究開始当初の背景

世界の人口が 70 億を超えた今日、世界では食料も資源も奪い合いの状態であり、二酸化炭素排出量の増加も他の環境破壊もますます拍車がかかっている。

本研究者は地球環境と食料生産の現状調査を行うため、平成 22 年中国を視察し、日本のおよそ 4000 倍の生産量がある鯉類の淡水魚が食生活に浸透していることを目の当たりにした。日本も環境負荷を考慮しつつ休耕田などを利用した淡水魚の養殖を促進するべきではないかと考え、養殖条件の制約が少ない鯉類を養殖する際の環境負荷を計算し、より低環境負荷の養殖方法を検討したいと考えた。

2. 研究の目的

日本の食料事情はその自給率の低さや食品ロスの多さなど多くの懸念事項があり、技術と共に生活と文化のイノベーションも進める必要がある。鯉類は他の魚に比べて養殖条件が厳しくない。また調理直前まで簡単な生簀で活魚として保存できる。そこで鯉類が内陸地域で地産地消の食文化として低環境負荷を実現できるのかを探るために養殖生産の GHG 排出量を詳細に検討し、改善できる要素を提案する。

3. 研究の方法

(1) まず、鯉類の生産と消費動向の実態調査を行い、また養殖ができる場所の制約等を考慮して、最も消費者に受け入れられる可能性がある魚種を選ぶ。

(2) LCA に基づいて GHG 排出量を算出する。システム境界は図 1 に示すとおり、休耕田の改修材、養殖設備なども含む。

その際魚の養殖過程で排出される量だけでなく、図 2 に示すとおり、養殖池の残餌および魚の排泄物が分解して硝化・脱窒の過程で直接大気放出される亜酸化窒素 ( $N_2O$ ) の排出量も推定し GHG 排出量として加算する。

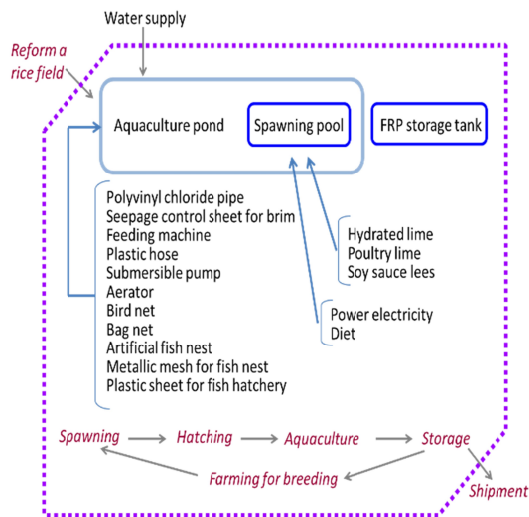


図 1. システム境界

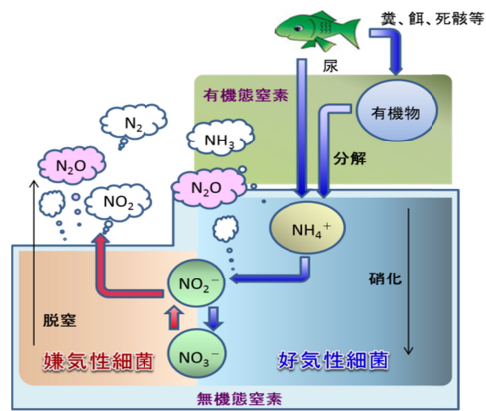


図 2 養殖池の窒素循環

(3) 養殖生産の GHG 排出量が他の食料と比較して大きい場合は、削減できる可能性を検討する。

4. 研究成果

(1) 鯉の生産は鯉ヘルペスの影響によって、当面の生産拡大は難しいと考えられるが、コイ科の小型魚ホンモロコは、休耕田を利用した養殖が可能で、主として単年生産であるため、養殖を始めやすいことがわかった。またその味はクセがなく骨が柔らかいため、消費者の評判も良かった。

(2) そこで埼玉県水産研究所におけるホンモロコ養殖データをもとに聞き取り調査などを行ってデータを追加し、LCA に基づいて、養殖期間 180 日のケースの養殖ホンモロコの GHG 排出量を求めた。

養殖スケジュールは表 1 に示すとおりである。2 月下旬から 3 月に養殖池の乾燥から始め、石灰散布と施肥でミジンコを発生させる準備を始める。その後人口魚巢に産卵させ、孵化池で孵化させて放養する。6 ヶ月の後に一部の産卵用親魚を残して取り上げ、蓄養を経て出荷する。

表 1 ホンモロコ養殖スケジュール

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2/下旬～3/下旬 養魚池乾燥、石灰散布			4/17 施肥(骨油粕・鶏糞)			4/26 孵化槽設置			10/5 蓄養槽設置		
12/中旬～親魚育成			4/28, 29 採卵	5/2 種卵搬入		5/8 孵化		5/12 仔魚放養		11/14 取り上げ、蓄養	

算出された GHG 排出量より、養殖過程では曝気による電力消費の GHG 排出量が最も大きく、飼料が次に大きな値を有することがわかった。求められた GHG 排出量は  $1000m^2$  の養殖池で 400kg を生産した例に基づいたもので、 $1,447g-CO_2/m^2/year$ 、生産量あたりでは  $3.62 t-CO_2/t$  となった。用いた原単位と二酸化炭素排出原単位を表 2 に示す。二酸化炭素排出原単位として第一にカーボンフットプリント二次データを用いて、データがない場合は産業連関表による 3EID データブックの環

環境負荷原単位と品目別国内生産額との対応表(2000)を用いた。

表2 用いた原単位と二酸化炭素排出量

CO <sub>2</sub> 排出原単位	CFP二次データ (t-CO <sub>2</sub> /t)		3EID金額原単位 (t-CO <sub>2</sub> /百万円)	
CO <sub>2</sub> 排出量		t-CO <sub>2</sub>		t-CO <sub>2</sub>
塩化ビニルパイプ	4.15	0.015		
群用遮水シート			4.564	0.025
給餌機 2台	3.14	0.008		
プラスチックホース			4.564	0.000
水中ポンプ 1台			3.901	0.006
曝気エアレータ 2台			3.901	0.078
防鳥網			10.314	0.036
箱型網			10.314	0.008
FRP水槽(6t)	5.21	0.076		
人口魚糞	6.31	0.001		
人口魚糞用ひし形金網 2m <sup>2</sup>			2.876	0.001
孵化槽ビニールシート	5.21	0.002		
石灰(消石灰)200kg	1.39	0.278		
鶏糞100kg			2.906	0.019
醤油160kg			2.906	0.013
配合飼料670kg	0.321	0.209		
魚担金			3.612	0.025
電力(270日使用)kwh	0.479	0.632		
その他消耗品(分類不明)			2.144	0.015
二酸化炭素排出量 (t-CO <sub>2</sub> /400kg)			1.447	
二酸化炭素排出量 (t-CO <sub>2</sub> /t)			3.62	

得られた排出量は他の養殖魚と比較して平均的な値であるが、ホンモロコが可食部100%の魚であることから、可食部当たりのGHG排出量で比較すると、他の養殖魚に比べてGHG排出量が最も小さな魚の一つであることが明らかとなった(表3)。

表3 魚の廃棄率も考慮したGHG排出量

	廃棄率 (%)	CO <sub>2</sub> 排出係数 (t-CO <sub>2</sub> /t)	可食部当たりのCO <sub>2</sub> 排出係数 (t-CO <sub>2</sub> /t)
真アジ (海面養殖)	55	3.672	8.16
真アジ (海面漁業)	55	1.837	4.08
サンマ (海面漁業)	30	0.613	0.88
アユ (内水面漁業)	55	10.555	23.44
アユ (内水面養殖)	55	5.585	12.41
ニジマス (内水面養殖)	45	2.652	4.82
ホンモロコ(内水面養殖)	0	3.62	3.62

(3) さらに養殖池中の残餌や排泄物が分解し硝化・脱窒過程で大気中に排出されるN<sub>2</sub>Oについて、池中の全窒素量と、米国における浄水施設で測定された排水中の窒素の1.8%がN<sub>2</sub>Oとして大気へ放出されたという結果より推算した。

670kgの餌から400kgが魚体となったことから、その差の大部分は魚からの糞尿、残餌また一部は死魚として養殖池の中で窒素循環の経路をたどると考えられる。670kgの餌に含まれる窒素量を概算すると、飼料の成分表からタンパク質重量が求められ、窒素量はタンパク質の16%として全餌の窒素成分は45.1kgとなった。日本食品標準成分表2010に記載されている「ほんもろこ(生)」を参考にしてホンモロコ400kgの魚体のタンパク質量から窒素成分を11.2kgと見積り、餌中の窒素成分との差33.9kgが養殖池中に排出され得ると考えられる。

$$33,900 \text{ g} \times 0.018 = 610 \text{ g-N}$$

$$610 \text{ g} \times 44/14 = 1,917 \text{ g-N}_2\text{O}$$

$$1,917 \text{ g-N}_2\text{O} / 1000 \text{ m}^2 / \text{year}$$

$$= 1.92 \text{ g-N}_2\text{O} / \text{m}^2 / \text{year}$$

$$1.92 \times 298 = 572 \text{ g-CO}_2\text{e} / \text{m}^2 / \text{year}$$

ただしN<sub>2</sub>Oの温暖化係数を298とした(AR4)。したがって大気放出されるN<sub>2</sub>Oの量は二酸化炭素換算で572g-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/yearと推算した。

これらの結果を合わせると、ホンモロコの養殖で排出されるGHG排出量は約2000g-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/yearと推算され、単位面積当たりのGHG排出量は水田における米栽培の3-4倍となることが明らかとなった。

(4) そこで養殖池に残存する窒素塩類を除去することができればN<sub>2</sub>Oの発生を削減できることから、魚の排泄物を養分とする水耕栽培を同時に行うことを考えた。

花卉植物サンパチェンスのワグネルポット内における窒素塩類除去実験を養殖池と同様のエアレーション条件下で行った実験結果より1株あたり76g/m<sup>2</sup>/180daysの吸収能が期待され、10a当たり446株を水耕栽培することで全窒素を除去できる可能性が示された。

(5) 本研究結果により、養殖淡水魚は一般に曝気による電力消費と配合飼料の環境負荷が大きいたことが明らかになり、今後の課題である。また養殖池から直接大気中に放出されるN<sub>2</sub>Oはホンモロコのケースでは、養殖によるGHG排出量を約1.4倍に押し上げることも明らかとなった。

しかし養殖池で植物の水耕栽培を行うシステムを構築することによって、養殖池から直接大気放出されるN<sub>2</sub>Oを削減できるだけでなく、養殖池の窒素とリンの浄化作用があるために養殖可能な魚の数を増やすことができ、生産量当たりのGHG排出量削減に貢献できると考えられる。

味にクセがなく食べやすい養殖ホンモロコは環境負荷の小さな魚であることが明らかになり、内陸地域の休耕田を利用した生産による地産地消の魚として食文化の形成に適している。特に植物の水耕栽培も取り入れたシステムでのホンモロコ養殖は促進する価値がある。

## 5. 主な発表論文等における

(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 0件)

[学会発表](計 1件)

1. Kumiko Ohgaki, Yoko Oki and Atsushi Inaba, GHG Emissions from an Aquaculture System of Freshwater Fish with Hydroponic Plants : 9<sup>th</sup> International Conference LCA of Food

San Francisco, 8-10 October 2014,  
Hotel Nikko, サンフランシスコ, アメリ  
カ合衆国, 査読有

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大柿 久美子 (OHGAKI Kumiko)  
東京工業大学・大学院総合理工学研究科・  
教務職員  
研究者番号：00169898

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：