

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 15 日現在

機関番号：13201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23651010

研究課題名（和文） 陸域水圏環境変化のプロキシ：オオクチバスと鱗の中の炭素・窒素安定同位体比

研究課題名（英文）  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  in *Micropterus Salmoides* largemouth bass and their scales: a freshwater environmental proxy

研究代表者

張 勁 (JING ZHANG)

富山大学・大学院理工学研究部（理学）

研究者番号：20301822

研究成果の概要（和文）：狭い範囲に標高差 3000m もの多様な環境がある日本中部の富山県において、10 カ所の調査地点（水圏環境：ダム湖 8 カ所、溜池 2 カ所）から各水圏の Top Predator であるオオクチバス（9～10 個体）を採集し、脱脂筋肉の  $\delta^{15}\text{N}$  と  $\delta^{13}\text{C}$  を分析・比較した。 $\delta^{15}\text{N}$  と  $\delta^{13}\text{C}$  は各調査地点内においては大きな変異を示さない一方で、それぞれの調査地点では異なる値を示した。ダム湖は集水域の標高と湖水の回転率により二つのグループに分けられ、食物連鎖の栄養源が異なることも示唆された。オオクチバスの  $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{15}\text{N}$  は、生息する水圏環境を反映でき、淡水域の環境評価や食物連鎖のプロキシとして有効であり、同一種を用いた世界規模での水圏環境の比較やモニタリングが可能である。さらに、オオクチバスの脱脂筋肉と鱗の  $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{15}\text{N}$  には高い相関があることから、保存や処理の簡便な鱗が活用できる。

研究成果の概要（英文）：Toyama is located in central Japan and features a variety of distinct geographical environments, a result of the 3000-m elevation that changes over short distances, and abundant water systems. We determined  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  of the lipid-extracted muscles of largemouth bass, a top aquatic predator, from eight dam lakes and two ponds. The mean  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values for the lipid-extracted muscle of largemouth bass from all sampling locations showed large variability, but there were only small standard deviations at each sampling location. The dam lakes could be divided into two groups by their isotopic compositions, as a function of mean altitude and flushing rate of the dam water. This suggests that the isotope ratios for largemouth bass express the characteristics of each investigated hydrosphere environment and food chain. Moreover a very high correlation of isotopic values ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $R^2 = 0.98$ ;  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $R^2 = 0.95$ ) was found between largemouth bass scales and lipid-extracted muscles, suggesting the more easily analyzed scales can replace muscle samples for the monitoring and comparison of hydrosphere environments throughout the world.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：炭素・窒素安定同位体比 オオクチバス 鱗

1. 研究開始当初の背景

地球規模で生物多様性の保全が強く訴え

られている昨今、生物の生息環境そのものやそれらの変化を正しく理解することが不可欠であり、特に水を取り巻く生物生産やそれに関わるエネルギーフローの実態や変化を知ることが急務である。

水圏生態系についての研究は、食物網とその物質循環を明らかにする必要があり、基礎生産者や消費者を対象に、これまで食物連鎖や栄養段階構造の解明について、炭素窒素安定同位体を用いた研究は多く行われている。窒素同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) は、食物連鎖における栄養段階を表す指標として用いられ、栄養段階毎に 3.4‰前後高くなる一方、炭素同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) は栄養段階が高くなっても大きく変化せず (0.8‰前後)、食物連鎖における栄養源推定に用いられている。しかし、基礎生産を担う植物プランクトンや付着藻類は、構成種も量も季節変動が大きく、その影響で低次の消費者の炭素窒素安定同位体比の変動も大きくなるのが難点である。

一方、外来侵入種のおオクチバスは、在来生物、特に魚類などに大きな食害を与え、陸域の水圏食物網では最上位の捕食者になることが多いことから、自然環境や人為起源物質による水圏環境の環境変化を食物網を通じてインテグレートしていることが推察される。また、サケ・マス等魚類の鱗と筋肉の炭素窒素同位体組成は高い相関性を持つことが知られており、おオクチバスも鱗を魚肉の代わりに利用できる可能性が高い。その鱗の炭素窒素安定同位体比がインテグレートされた環境の指標になるなら、多くの湖沼・ダム湖に蔓延るおオクチバスの鱗は、様々な湖沼の環境変化を記録する簡便な指標となりうる。

富山県は標高 3000m級の北アルプスが聳え立ち、雨や雪を源とする急流河川が沖積平野を下り、変化に富む地形により多様な自然環境が存在し、多様な流水域と水圏環境をコンパクトに構成している。さらに、人為的な影響の少ない環境を多く有しており、基礎研究を行うのに最適である。

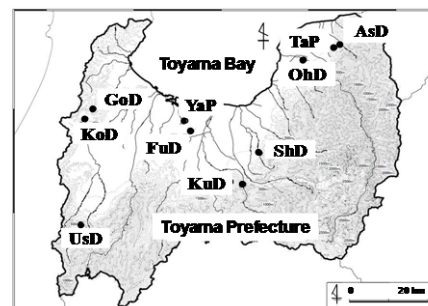
## 2. 研究の目的

地球温暖化や生物多様性の減少、人為的な自然開発などによる地球環境の変化は、降雨(雪)量や状態の変化など、世界各地で気象異常として顕著になってきている。当然、地球上の物質循環に重要な役割を果たす陸域水圏(河川、ダム湖、池沼など)の環境も変化していると推測される。本研究では、世界各地に移植されている外来生物おオクチバスを対象に、特にその鱗の炭素窒素安定同位体比を分析・解析することにより、陸域水圏の環境モニターとして、世界規模のダム湖や池沼の現状と環境変化を把握するための簡易的な方法として提案することを目的とし

ている。

## 3. 研究の方法

対象地域の富山県は人為的影響が少なく、異なる集水域標高を比較できる水圏環境を有した地域と考え、既にオオクチバスが定着している富山県内の 8 カ所のダム湖を中心に、2 カ所の溜池を加えて調査水域とした(図 1)。調査地点は各水域の沿岸域にそれぞれ 1 地点ずつ設けた。2 カ所の溜池(棚山西池、葉勝寺池)を除く 8 カ所のダム湖を、その集水域を含めた設置場所から渓流域ダム(朝日小川ダム、白岩川ダム、熊野川ダム、臼中ダム)および丘陵域ダム(大谷ダム、古洞ダム、五位ダム、子撫川ダム)と便宜上二つのカテゴリーに分けた。各調査水域の水系、標高、総貯水量、有効貯水量、湛水面積、流域面積、竣工年、設置目的、属性などは既存のデータを用いた。



AsD: Asahiogawa Dam (n=10) OhD: Ohtani Dam (n=10)  
KuD: Kumanogawa Dam (n=10) TaP: Tanayamanishi Pond (n=10)  
YaP: Yakushohji Pond (n=10) ShD: Shiraiwagawa Dam (n=10)  
GoD: Goi Dam (n=10) FuD: Furodoh Dam (n=10)  
KoD: Konadegawa Dam (n=9) UsD: Usunaka Dam (n=10)

図 1. 調査地点分布図

サンプル採集は、流入河川などからの濁水流入や強風による波の影響を避けるため、荒天の後は避け、雨の降らない穏やかな日の日中に行った。各水域の比較および筋肉と鱗の比較研究に用いたおオクチバスは、全調査水域の沿岸域において岸からのルアー釣りでの採集した。採集した魚類は、同位体比測定の試料作成時まで凍結保存 (-25℃) した。同位体比測定に用いた魚類は、標準体長 (BL)、体重 (BW) を測定した。

魚肉と鱗(正常鱗)試料は前処理をし、それらの炭素・窒素安定同位体比は、北海道大学大学院地球環境科学院にあるエレメンタルアナライザー (Fisons NA1500) を連結した質量分析計 (Finnigan MAT 252) を用いて測定した。測定値は国際基準PDB(炭素)と大気中 $\text{N}_2$ ガス(窒素)で補正し、測定誤差は $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ともに $\pm 0.2\text{‰}$ 以内であった。

## 4. 研究成果

各水域におけるおオクチバスの餌と推定されたのは、共食いされた小型のおオクチバ

スを含む小型魚類であった。これら小型魚類の $\delta^{15}\text{N}$ は、オオクチバスに比べて3.4%程度低い値が多く、典型的な栄養段階の差を示す水域が多かった。しかし、これら小型魚類の $\delta^{13}\text{C}$ はばらつきが大きく、また、オオクチバスの $\delta^{13}\text{C}$ から大きく離れた値を示す場合もみられた。さらに同じ魚種でも、水域によって $\delta^{13}\text{C}$ や $\delta^{15}\text{N}$ のばらつきの状況が大きく異なっており、これら小型魚類の $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ を検討しても、各水域の食物網を特徴付けることは困難であった。

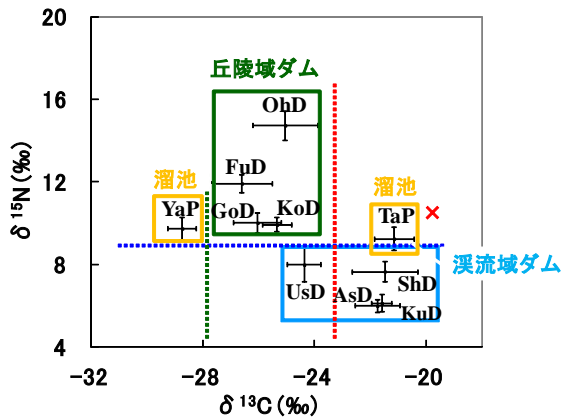


図2. オオクチバスの $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ と水圏環境

一方、オオクチバスの $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ は各水域でまとまった値を示しており、各水域における食物網の特徴である基礎生産の $\delta^{15}\text{N}$ の値（人為起源物質の影響）や食物連鎖長、さらに栄養源を複合的に表わしており、各水域の食物網を特徴付けていることが判明した。

表1. オオクチバス $\delta^{15}\text{N}$ と環境指標との相関

相関係数 $R^2$	湖水容積	湖水面積	集水域平均標高	堆積物 $\delta^{15}\text{N}$
食物連鎖長	0.10	0.08	0.75	0.22
集水域平均標高	—	—	—	0.63
オオクチバス $\delta^{15}\text{N}$	—	—	—	—
相関係数 $R^2$	オオクチバス $\delta^{15}\text{N}$	年間*流入量	湖水年平均水温	オオクチバス-堆積物 $\delta^{15}\text{N}$
食物連鎖長	0.84	0.34	0.18	—
集水域平均標高	0.94	0.55	0.88	0.73
オオクチバス $\delta^{15}\text{N}$	—	0.65	0.85	0.81

\*富山県資料

オオクチバスの脱脂筋肉の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ からは、各水域におけるオオクチバスの $\delta^{15}\text{N}$ は9‰を境として、9‰以上では丘陵域ダムや溜池であり、9‰以下では渓流域ダムであった。さらに $\delta^{13}\text{C}$ をみると、渓流域ダムの中でも、湖水の年間回転率が10回/年以下では丘陵域ダムと同様に $\delta^{13}\text{C}$ が $-23‰$ 以下であったが、年間回転率が10回/年以上では $\delta^{13}\text{C}$ が $-23‰$ 以上であり付着藻類を栄養源とする食物網と推定

された（図2）。

8カ所のダム湖において、集水域の平均標高とオオクチバスの食物連鎖長との相関を求めたところ、 $r = -0.87$ と高い負の相関を示した。また、人為的な影響が強い大谷ダム以外の7カ所のダム湖では、食物連鎖長と集水域平均標高は相関係数 $r = -0.87$ と高い負の相関を示し、さらに集水域平均標高とオオクチバス $\delta^{15}\text{N}$ の相関を検討したところ、 $r = -0.97$ と極めて高い負の相関となった（表1）。

さらに、オオクチバスの鱗と脱脂筋肉の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ は高い相関（ $R^2 = 0.98$ ・ $R^2 = 0.95$ ）を持つことが確認でき、過去のサケ・マスなど他魚種に比較しても高い相関性を示した。また、環境の異なる各水圏においても、すべて同様の関連性がみられた。以上より、サンプル処理の容易なオオクチバスの鱗を用いても、陸域水圏環境の指標になることが分かった。

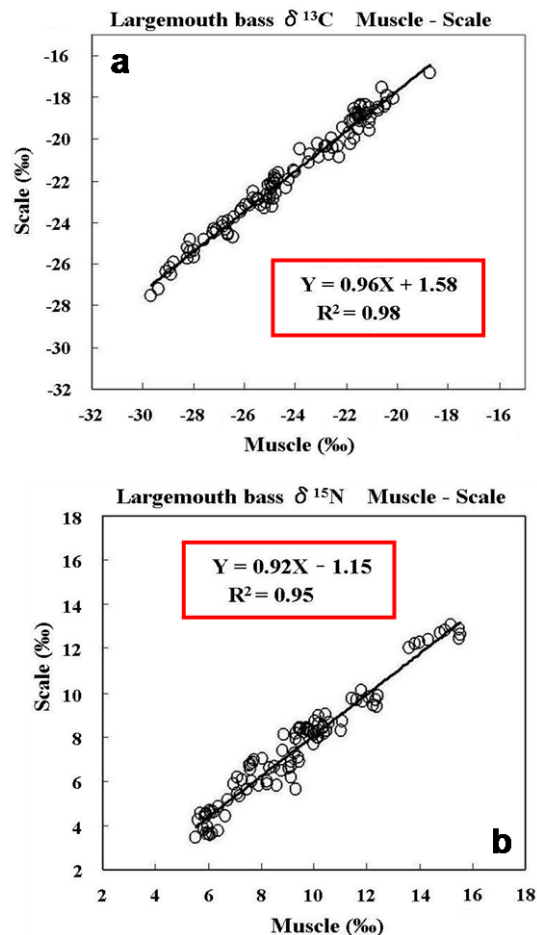


図3. オオクチバスの鱗と脱脂筋肉の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ の相関

以上をまとめると、オオクチバスは食物網の最上位捕食者として水圏環境を特徴付けており、さらにダム湖の集水域平均標高と高い相関を持つことから、地球温暖化などによる環境変化の水圏生物への影響をモニタリ

ングする指標種として有効と考えられる。さらに、オオクチバスの筋肉と鱗の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ には安定した高い相関があることから、保存や処理の簡便な鱗の活用を提言する。

#### 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3件)

1. O. Inamura, J. Zhang and M. Minagawa (2011)  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values in scales of *Micropterus salmoides* largemouth bass as a freshwater environmental indicator, *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 26: 17- 24) (査読有)
2. Mst. Shamsun Nahar and Jing Zhang (2012) Impact of natural water chemistry on public drinking water in Japan, *Environ. Earth Sci.*, 69, 127-140 (査読有)
3. Mst. Shamsun Nahar and Jing Zhang (2012). Assessment of sources variation in potable water quality including organic, inorganic and trace metals, *Environ. Geochem. Health*, 34, 141-150 (査読有)

[学会発表] (計9件)

1. 山崎奈津実・張勁・稲村修, ホタルイカおよび動物プランクトンの炭素・窒素安定同位体比による日本海の世界網解析, 2012年度地球化学会年会, 9月, 福岡
2. O. Inamura・J. Zhang and M. Minagawa,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of *Micropterus Salmoides* largemouth bass as a freshwater environmental indicator, 2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting, Jul, Shiga
3. N. Yamazaki, J. Zhang and O. Inamura, Study of migratory behaviour of *Watasenia Scintillans* between spawning area and growth area in the sea of Japan, 2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting, Jul, Shiga
4. 中易佑平, 張勁, 硝酸態窒素同位体による黒部川扇状地地下水の涵養状況の解明, 日本地下水学会 2011 年秋季講演会, 10月, 広島
5. 中易佑平, 張勁, 佐竹洋, 阿熱依・熱孜旦, 黒部川扇状地地下水の同位体地球化学的特徴と経年変化, 2011 年度日本地球化学会年会, 9月, 札幌
6. 佐野和広, 張勁, 富山県東部河川における硝酸態窒素の輸送状況, 2011 年度日本

地球化学会年会, 9月, 札幌

7. 稲村修, 張勁, 南川雅男, オオクチバスの  $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$  による淡水域の環境評価, 2011 年度日本地球化学会年会, 9月, 札幌
8. J. Zhang, L.-L. Bai, and S. Kagaya, Fluxes of trace elements in fresh submarine groundwater discharge in the coastal environment using the CM-PEHA resin preconcentration method, International Congress on Analytical Sciences 2011 (ICAS2011), May, Kyoto
9. 稲村修・張勁・南川雅男, 炭素・窒素安定同位体組成と水圏環境指標としてのオオクチバスの利用, 2011 日本生態学会札幌大会, 3月, 札幌

[図書] (計1件)

1. 張勁, 高低差4千メートルの水循環, 「富山湾読本」, 北日本新聞社, 2012, (341)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

張勁 (Jing Zhang)

富山大学・大学院理工学研究部 (理学)・教授

研究者番号: 20301822

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3)連携研究者

成田 尚史 (Hisashi Narita)

東海大学・海洋学部・教授

研究者番号：50250501