

(2) オオクチバスの成長に伴う食性変化 : 安定同位体比を用いた餌の推定

安野 翔(東北大学大学院生命科学研究科 ※現所属: 仙台市役所)

オオクチバスの餌は、成長に伴い変化する。

体サイズの小さいうちは動物プランクトンを捕食するが、成長に伴って魚類を捕食ようになる。

魚食になった後も、体サイズが大きくなるにしたがってさらに大きな餌を捕食ようになる。

通常は生後1年目で魚類を捕食し始めるが、

魚食になれずに翌年まで動物プランクトン等を食べ続ける場合もある。

伊豆沼においては、魚食になれず、動物プランクトンを食べ続ける個体の存在が明らかになった。

■オオクチバスの食性変化

オオクチバスの餌は、成長に伴い変化する

オオクチバスは魚食性の魚類である。本種は、餌を食いちぎらずに丸呑みするため、口に入るサイズの餌のみを捕食する。そのため、体の小さい時期には動物プランクトンを食べる。成長に伴い体が大きくなると、口に入るサイズの水生昆虫や甲殻類、他の魚類の仔稚魚等を食べるようになる(Olson 1996)。さらに成長すると、より大型の魚類も捕食ようになる。以上のように、体サイズが大きくなるのに従い、餌が変化する。

当歳魚は生後1年目で魚食になれるとは限らない

オオクチバスは、通常、生後1年目で魚類を捕食ようになる(Keast 1985, Olson 1996)。魚食になると、魚類は動物プランクトン等よりも栄養価が高いので、成長速度が上昇する(Shelton et al. 1979, Olson 1996)。また、秋に栄養価の高い魚類を捕食し続けると、体内に脂肪を蓄積させることができるため、冬季の飢餓に耐え、越冬することができる(図1)。しかし、すべてのオオクチバス当歳魚(生後1年目のオオクチバス)が年内に魚食になれるとは限らない。オオクチバスが最初に捕食する魚は、主に他魚種の仔魚や稚魚である。当然ながら、これらの仔魚や稚魚も時期が進むにつれて成長し、体サイズは大きくなっていく。当歳魚がこれらの魚類を捕食するためには、餌魚類よりも速く成長しなければならない。そのため、中には餌となるはずの魚類の成長に追い付けず、1年目で魚食にならない個体も出てくる(図1)。原産地の北米では、同じオオクチバス当歳魚であっても、早期に魚食に移行して大きなサイズに成長する個体がいる一方で、魚食に移行できず、秋になっても小さなサイズのままの個体も珍しくない(例えば Shelton et al. 1979, Phillips et al. 1995)。

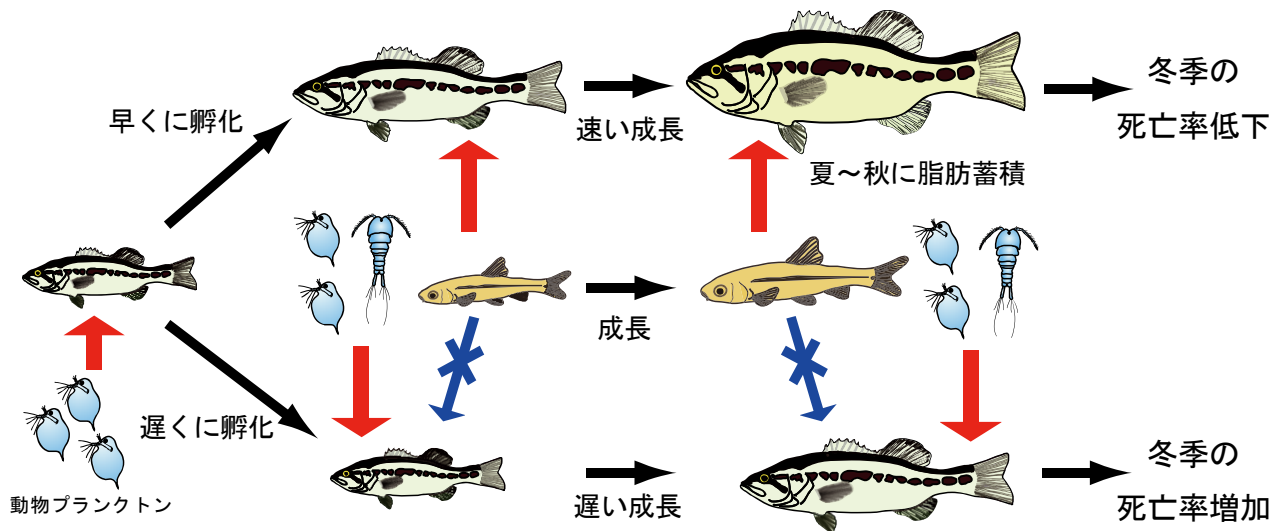


図1. オオクチバス当歳魚の食性変化. オオクチバスの成長速度は、魚食に移行すると急激に上昇する。栄養価の高い魚類を食べ続けることができるため、脂肪を蓄積させて、冬季の飢餓に耐えることができる。一方、捕食可能なサイズの餌魚類がないために魚食に移行できなかった場合は、翌年まで動物プランクトン等を食べ続けることになる。成長速度は小さく、十分な脂肪を蓄積させることができないため、冬季に飢餓で死亡する可能性が高くなる。

移入先である日本では、魚食が始まる体サイズについて調べられており、原産地や他の移入先よりも小さい体サイズで魚類を捕食し始めることが知られている（例えば高橋 2002, Azuma & Motomura 1998）。しかし、一部のオオクチバス当歳魚が早期に小さな体サイズで魚食に移行することと、当歳魚の大部分が年内に魚食になれることは、必ずしもイコールではない。魚食に移行できた個体は成長が速くなり、その後も魚食を続けられるが、魚食に移行できなければ、餌魚類の成長に追いつけず動物プランクトン食を続けることになり、ますます成長が遅れるかもしれない。したがって、オオクチバス当歳魚のうち、どのくらいの割合の個体が年内に魚食に移行できるのかについては、当歳魚それぞれの個体の食性を秋まで調べ続けなければ分からない。

■安定同位体比による餌の推定

魚類の餌を調べる場合、通常、胃の内容物を観察する。しかし、胃の内容物は、あくまで直前に食べた餌であり、それが彼らのいつも食べている“主食”だとは限らない。さらに、オオクチバスのような魚食魚の場合、胃の中が空である場合も少なくない。

近年、餌の推定には安定同位体比を用いる手法が使われるようになっている。安定同位体比は、ある期間内に食べた餌の平均的な値を反映する。多種類の餌を食べている場合には餌の推定は難しくなるものの、餌の種類がそれほど多くない場合には、強力なツールになる。

元素には、性質は同じであるが全体の重さ（＝質量数）が異なる原子が存在し、これを同位体と呼ぶ。このうち、時間の経過とともに崩壊するものを「放射性同位体」、安定に存在するものを「安定同位体」と呼ぶ。自然界における炭素安定同位体は、質量数がそれぞれ 12, 13 である ^{12}C , ^{13}C からなり、窒素安定同位体は、 ^{14}N , ^{15}N からなる。安定同位体比は、 ^{13}C , ^{15}N の割合をそれぞれ千分率で表したものである（ $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ (‰)）と表記。標準物質中の割合とのずれを千分率で表す。安定同位体比は、生物や有機物ごとにそれぞれ異なる。動物の安定同位体比は、食べた餌の安定同位体比を反映する。つまり、 $\delta^{13}\text{C}$ は餌とほぼ同じ値を示し、 $\delta^{15}\text{N}$ は、餌に対して 3～5‰程

上昇することが知られている (Fry & Sherr 1984, Minagawa & Wada 1984). そのため、動物の安定同位体比と、その動物が食べている可能性のあるもの (餌候補) の安定同位体比を測定すれば、餌の推定を行うことができる (図 2).

■伊豆沼のオオクチバスの食性

体サイズの異なるオオクチバスとその餌候補の安定同位体比を測定することで、オオクチバスの餌の推定を試みた (図 3). 全長 10~20 cm の個体は、魚食と考えられる $\delta^{13}\text{C}$ 値を示した. 一方、全長 10 cm 以下の個体の $\delta^{13}\text{C}$ 平均値は、動物プランクトンとコイ科魚類の中間的な値を示し、個体間で $\delta^{13}\text{C}$ 値はばらつきを示した. そのため、全長 10 cm 以下の個体には、動物プランクトン食の個体と魚食の個体が混在していたと考えられる. 全長 20 cm 以上の個体は、さらに高い $\delta^{13}\text{C}$ 値を示した. これらの大型個体は、モツゴ等のコイ科魚類だけでなく、さらに高い $\delta^{13}\text{C}$ 値を示すアメリカザリガニやカネヒラを捕食していたと考えられる. 実際に、刺し網で捕獲された大型個体の胃の中から、アメリカザリガニがしばしば見つかった. カネヒラは、他の魚類に比べて体高があるため、小型~中型の個体には捕食されず、大型個体のみに捕食されている可能性が考えられる.

■伊豆沼の当歳魚は、年内に魚食に移行しているのか？

伊豆沼のオオクチバス当歳魚のうち、どのくらいの個体が魚食に移行しているのだろうか？ 2006 年 6 月から 11 月にかけて全長と $\delta^{13}\text{C}$ 値の関係を調べたところ、いずれの月においても、小型個体ほど低い $\delta^{13}\text{C}$ 値を示し、大型個体ほど高い値を示した (図 4). つまり、小型個体は $\delta^{13}\text{C}$ 値の低い動物プランクトンを捕食し、大型個体では $\delta^{13}\text{C}$ 値の高い小型魚類を捕食していたと考えられる. 11 月まで同様の傾向が続いたことから、伊豆沼では、1 年目に魚食になれずに動物プ

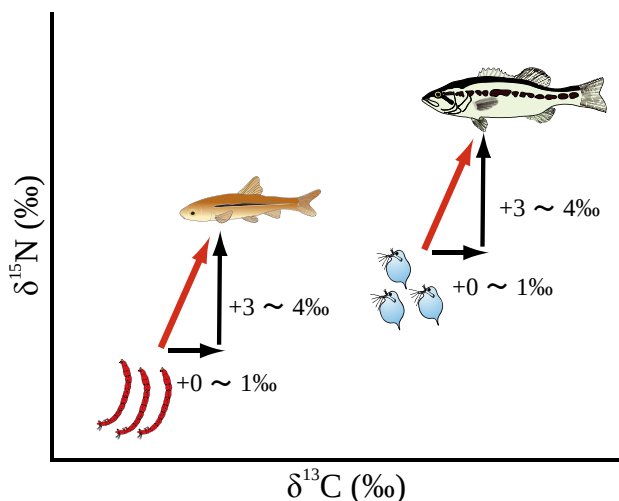


図2. 炭素・窒素安定同位体比による餌の推定動物の安定同位体比は、餌の安定同位体比を反映する. 特定の餌のみを食べ続けた場合、動物の $\delta^{13}\text{C}$ は餌に対して 0~1‰増加し、 $\delta^{15}\text{N}$ は 3~5‰増加する. そのため、動物とその餌候補の安定同位体比を測定し、図のような δ マップを描くことで、餌の推定を行うことができる.

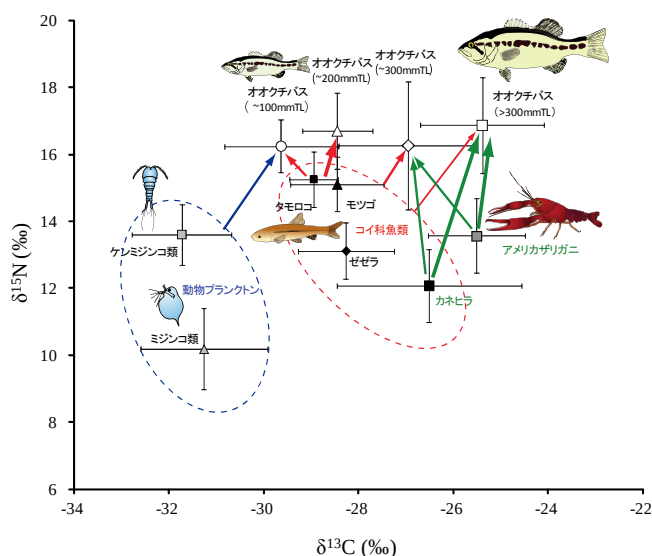


図3. 炭素・窒素安定同位体比によるオオクチバスの餌の推定. 図中のシンボルは安定同位体比の平均値、エラーバーは標準偏差を表す. 矢印は、安定同位体比から推定された捕食被食関係を示す. オオクチバスの体サイズが大きくなるのに伴い、動物プランクトン→コイ科魚類→カネヒラ、アメリカザリガニと餌が変化しているのが分かる.

ランクトンを食べている個体が存在することが分かった。

では、どのくらいの割合の当歳魚が、魚食になれずに動物プランクトンを食べていたのだろうか？当歳魚の全長組成を見ると、中央よりも左側に山型のピークがあり、右側に尾を引いたような分布をしている(図 5)。炭素安定同位体のデータ(図 4)から、山型のピークは魚食に移行できていない個体のサイズと概ね一致している。そして、早くに魚食に移行した個体ほど大きく成長するので、その個体が右側の尾を引いたような分布となる。そこで、山型の分布が小型の動物プランクトン食個体とみなして解析を行った。求めた動物プランクトン食個体の分布が図 5 に示した曲線である。当歳魚全体に対する動物プランクトン食個体の割合を計算すると、7 月で 75.7%, 8 月で 77.6%, 9 月で 59.0%, 11 月で 36.4%であった。したがって、伊豆沼においては、1 年目で魚食に移行できず、動物プランクトン食のままの個体が、かなりの割合で存在していたということになる。

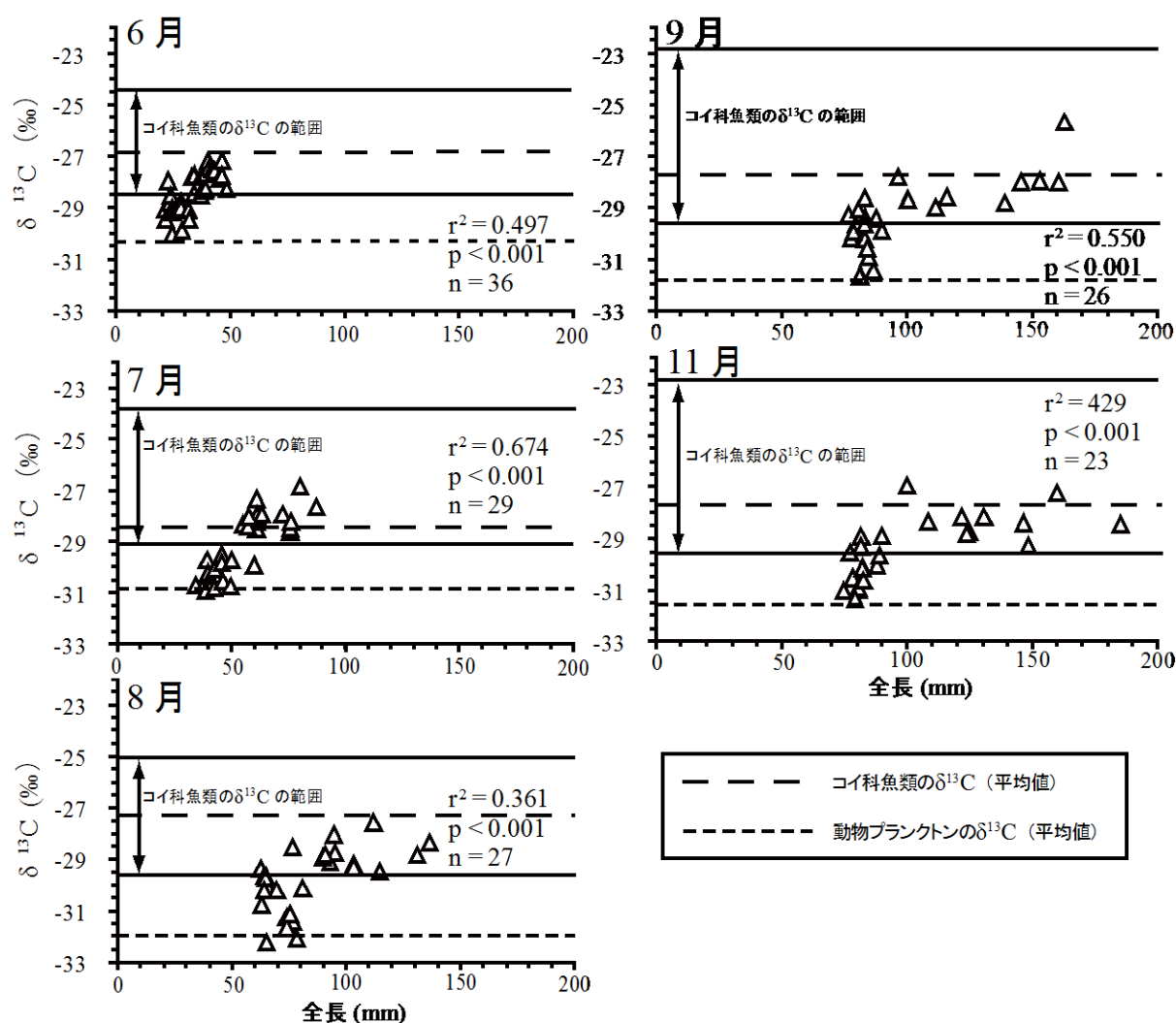


図 4. オオクチバス当歳魚の全長と $\delta^{13}\text{C}$ の関係。2006 年 6~9 月及び 11 月、いずれの月においても、全長と $\delta^{13}\text{C}$ の間に有意な正の相関が認められた。動物プランクトンの $\delta^{13}\text{C}$ はコイ科魚類よりも低いので、オオクチバス当歳魚の $\delta^{13}\text{C}$ からどちらを食べているのかを推定できる。いずれの月においても、サイズの小さい個体はコイ科魚類の $\delta^{13}\text{C}$ の範囲よりも低い $\delta^{13}\text{C}$ をもち、動物プランクトン食であることが分かる。

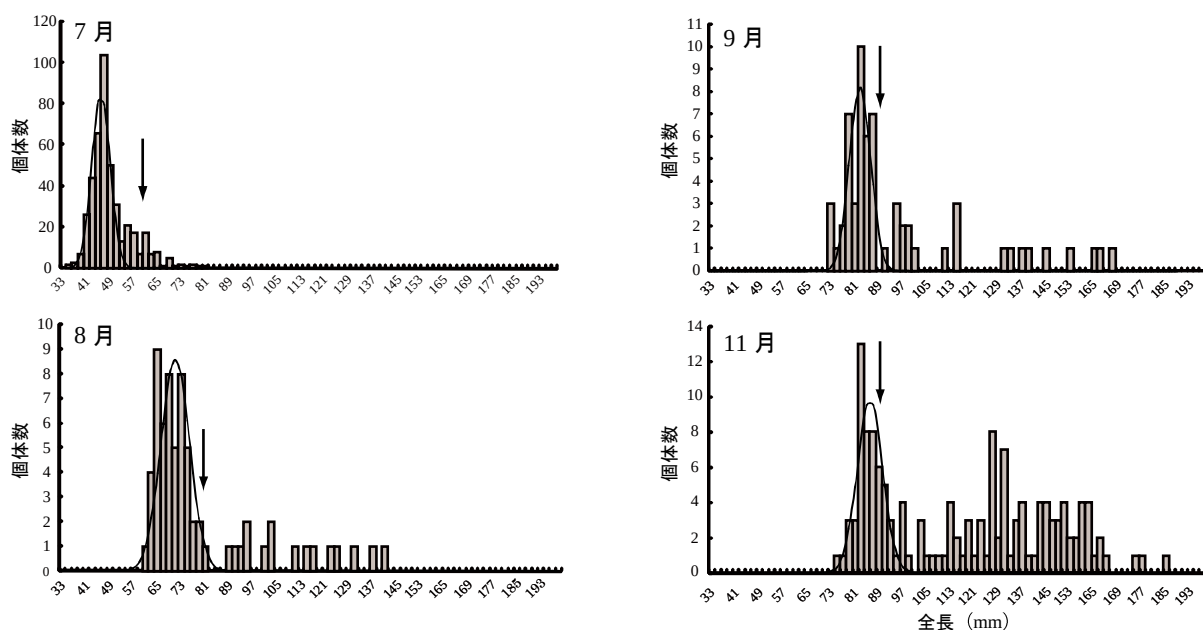


図5. オオクチバス当歳魚の全長組成. 矢印は、炭素安定同位体比から推定された魚食と動物プランクトン食の境界となる体サイズを表す. 左側の山型の分布が、概ね境界サイズより小さいサイズであることがわかる.

■産卵時期と魚食への移行の可否との関係

原産地の北米では、体高のあるブルーギルがオオクチバスの餌となる。それに対して、伊豆沼でオオクチバスの餌となっているのは、モツゴやタモロコ、ゼゼラといった細身の魚類であり、捕食しやすい体型のはずである。それにもかかわらず、なぜ魚食になれない個体が、これほどの割合で存在するのだろうか？

一因として考えられるのは、オオクチバスと餌魚類の相対的な産卵時期である。オオクチバスが餌魚類よりも早くに産卵すれば、その当歳魚は早期に成長を開始できる。そして、より早く大きな体サイズになれるため、餌魚類を捕食できる可能性が高まる。原産地では、オオクチバスは、ブルーギルよりも早い時期に産卵する(Keast 1985)。自分の子どもがブルーギルの仔稚魚を捕食できるように、長い時間をかけて適応してきたのだ。しかし、移入先においては、そのようなことは無関係である。伊豆沼の小型コイ科魚類は、オオクチバスと同時期かそれよりも早くに産卵を行う。コイ科魚類の産卵時期がオオクチバスよりも早いために、オオクチバス当歳魚の魚食への移行が妨げられたのかもしれない。

長崎県の川原大池では、ハゼ科のゴクラクハゼとチチブがオオクチバスの主な餌となっている(Azuma & Motomura 1998)。ゴクラクハゼとチチブは夏季に産卵を行うため、オオクチバスよりも産卵時期が遅い。川原大池では、オオクチバス当歳魚は高い魚食率を示し、秋にはすべて全長 16 cm 以上に成長している。したがって、餌魚類の産卵時期は、魚食への移行の可否に大きく影響するものと思われる。

■当歳魚の生態から見たオオクチバス駆除の難しさ

伊豆沼において、比較的多くの当歳魚が魚食になれなかったもう一つの原因として、以下のようなことが考えられる。通常、早産まれのオオクチバス稚魚は、遅産まれの個体よりも早期に魚食へと移行する(Phillips et al. 1995)。早産まれの個体は、捕食可能な小型サイズの餌魚類に強い捕食圧をかけることになる。餌魚類は小型個

体から減少することになる。そのため、遅産まれの個体が魚食に移行しようとしても、捕食可能なサイズのコイ科魚類はすでに食べ尽くされており、ほとんどいなかったのである。

オオクチバスの駆除を進めていくと、当歳魚の個体数も減少してくると思われる。そうすると、上記の早産まれの個体による捕食圧は弱まり、コイ科仔稚魚も徐々に増えてくる。それは、これまで魚食になれなかった遅産まれの個体にとって、捕食可能なサイズの餌魚類が増加することを意味する。つまり、魚食へ移行する当歳魚の割合は、逆に増加すると予想される。

前述した通り、魚食に移行した個体は、移行できなかった個体に比べて、成魚個体群に加入する可能性が高い。そのため、駆除によりブラックバス稚魚の個体数は減少したとしても、1年目で魚食に移行し成魚個体群に加入する個体数はそれほど減少しない可能性が考えられる。もし途中で駆除圧が低下することになれば、減少した個体数が再び増加すると予想される。そのためにも、粘り強く駆除を継続させる必要があるだろう。

引用文献

- Azuma, M. & Motomura, Y. 1998. Feeding habits of largemouth bass in a non-native environment: the case of a small lake with bluegill in Japan. *Environmental Biology of Fishes*. 52 : 379-389.
- Fry, B. & Sherr, E. B. 1984. $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicator of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Contributions in Marine Science*. 27 : 13-47.
- Keast, A. 1985. The piscivore guild of fishes in small freshwater ecosystems. *Environmental Biology of Fishes*. 12 : 119-129.
- Minagawa, M. & Wada, E. 1984. Stepwise enrichment of $\delta^{15}\text{N}$ along food chains: Further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 48 : 1135-1140.
- Olson, M. H. 1996. Ontogenetic niche shift in largemouth bass: variability and consequence for first-year growth. *Ecology*. 77 : 179-190.
- Phillips, J. M., Jackson, J. R. & Noble, R. L. 1995. Hatching date influence on age-specific diet and growth of age-0 largemouth bass. *Transactions of the American Fisheries Society*. 124 : 370-379.
- Shelton, W. L., Davies, W. D., Kling, T. A. & Timmons, T. J. 1979. Variations in the growth of the initial year class of largemouth bass in West-Point-Reservoir, Alabama and Georgia. *Transactions of the American Fisheries Society*. 108 : 142-149.
- 高橋 清孝. 2002. オオクチバスによる魚類群集への影響-伊豆沼・内沼を例に. 日本魚類学会自然保護委員会(編). 川と湖沼の侵略者ブラックバス. pp. 47-59. 恒星社厚生閣, 東京.

本稿は以下の学術雑誌の内容を中心に作成いたしました。ご参照下さい。

- Yasuno, N., Chiba, Y., Shindo, K., Fujimoto, Y., Shimada, T., Shikano, S. & Kikuchi, E. 2012. Size-dependent ontogenetic diet shifts to piscivory documented from stable isotope analyses in an introduced population of largemouth bass. *Environmental Biology of Fishes*. 93: 255-266.

安野 翔・菊地 永祐. 2012. 導入地域におけるオオクチバス当歳魚個体群の魚食への移行. 伊豆沼・内沼研究報告 6:1-16.