

## 〈研究発表〉

# バイオマニピュレーションを行った湖における プランクトンに依存したオオクチバスの食性

伊澤 智博<sup>1)</sup>, 花里 孝幸<sup>2)</sup>

<sup>1),2)</sup> 信州大学 山岳科学総合研究所 (〒392-0027 長野県諏訪市湖岸通り 5-2-4, E-mail: 10sa601e@shinshu-u.ac.jp)

### 概要

オオクチバスの食害が及ぼす在来生態系への影響は深刻で、これまでの研究では主に捕食対象となる大型の水生動物（小型魚・エビ類・水生昆虫等）に注目が集まっていた。バイオマニピュレーションで水質が浄化された長野県白樺湖では、オオクチバスは浄化が行われる以前、ワカサギを主な餌生物として利用していた。浄化に伴いワカサギが激減すると、オオクチバスは個体群を減少させると思われた。しかし、調査により魚食魚であるオオクチバスは自身よりもはるかに小さい動物プランクトンを捕食するという珍しい食性で生存していることが明らかとなった。

**キーワード:** バイオマニピュレーション, オオクチバス, プランクトン, ミジンコ, 生存戦略

## 1. はじめに

外来生物であるオオクチバス (*Micropterus salmoides*) は移入先での定着力が強く、また駆除・個体群制御の困難さから、日本生態学会によって侵略的外来種ワースト 100 に指定されている<sup>1)</sup>。オオクチバスの捕食対象生物として、日本ではヨシノボリやワカサギなどの魚類、エビ類、昆虫類などが多く知られている<sup>2),3),4),5)</sup>。そして広い生物相への捕食影響の結果、湖沼の生態系構造を大きく変化させた例も報告されている<sup>6)</sup>。しかし、小型の生物に対する選択捕食性や湖沼環境の変化の際の食性変化の評価が行われたことは少ない。

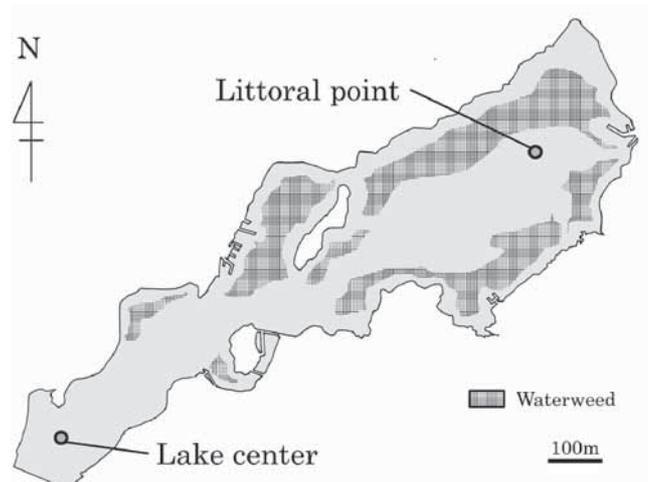
本研究では水質浄化の目的で行われたバイオマニピュレーションによって魚類相やプランクトン相が大きく変えられた長野県白樺湖をフィールドとして、湖の生物相の変化に伴うオオクチバスの食性の変化を解析した。白樺湖では 2000 年以前、増えすぎた植物プランクトンが汚濁の原因となっていた。このため、白樺湖では湖沼の水質を改善するために、植物食の大型動物プランクトンを増やすことを目指し、魚食魚のニジマス<sup>7)</sup>を放流して同時に動物プランクトンの天敵であるワカサギの除去を行った。我々はこのような短期間で湖沼環境と餌環境が大きく変わった白樺湖で、オオクチバスがとっている生存戦略と適応性を明らかにすることを目的とした。

## 2. 調査地と方法

### 2.1 調査地

調査地とした白樺湖は八ヶ岳中信高原国定公園内の霧ヶ峰と北八ヶ岳の間に位置し、水面標高 1416m、最大水深 9.1m、湖面積 36ha の農業用温水溜池として造られた人造湖である (Fig. 1)。そのため、本湖沼に生息する魚類は公式、非公式を問わず多くが放流によって定着したものである。オオクチバスもこの限りではなく、密放流によって 1985 年にはその存在が確認されていた。

この湖では 1966 年ごろからの観光地化の進行とともに富栄養化した白樺湖は水質汚濁が進行、1980 年にはアオコの大発生を招いた。1981 年には水質改善対策



**Fig. 1:** The map of Lake Shirakaba. Meshed area indicates the area covered by waterweed (*Elodea nuttallii*).

として下水処理が開始された。しかし、一時的にアオコの抑制に成功したが、その後再発生を繰り返したため、2000年にバイオマニピュレーションが施行されることとなった<sup>10)</sup>。

このバイオマニピュレーションは汚濁の原因であった植物プランクトンを減らすために植物プランクトンの減少に対して大きな効果を持つカブトミジンコ(*Daphnia galeata*)の導入が行われた。そして導入したミジンコの増殖を妨げる恐れのあるワカサギを中心としたプランクトン食魚を減らすために、魚食魚のニジマス稚魚を導入し、除去を行った。この操作により湖の透明度は大幅に改善された<sup>8)</sup>。

## 2.2 方法

生物採集と湖内環境の調査は湖の2地点(湖心・沿岸帯)において1997年から2009年にかけてそれぞれ5月から11月にかけて隔週で行われた。湖心の水深は7.6mで湖の南端に位置し、水草(コカナダモ)が繁茂する沿岸帯は水深1.5-3.0mで湖の北東部に位置している。それぞれの地点で表水温・透明度・pH・DO・ECを測定し、同時にプランクトンネット(200 $\mu$ m)を用いて動物プランクトンの採集を行った。また、2009年には生息する魚類を捕獲するために、毎採集日に投網(3.1-5.0mmメッシュ)を用いて1時間で10回の捕獲を行った。

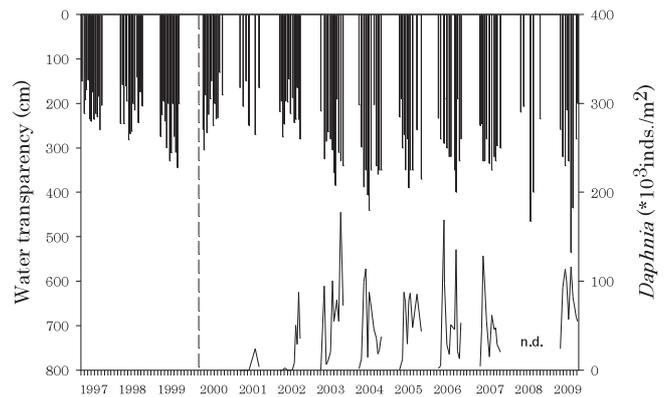
捕獲された魚類はその場で殺し、冷凍保存して研究室に持ち帰った。採集した各個体は電子ノギスを用いて全長(TL, mm)・標準体長(SL, mm)・口径(GS, mm)を測定し、湿重量(BW, g)を電子天秤で測定した。

魚類の胃内容物解析では各個体を解剖して胃内容物を取り出し、生物個体の分類・計数・体長測定を実体顕微鏡を用いて測定した。分類は可能な限り低位の分類群まで行ったが、結果的には6つの分類群(カブトミジンコ(*Daphnia galeata*), ノロ(*Leptodora kindtii*), ユスリカ, 水生昆虫, 陸生昆虫, 魚類)に分けた。また各餌生物個体の乾燥重量を体長から計算し、分類群ごとの乾燥重量を出した。これをもとに空胃率、餌料出現率( $\%F = (\text{ある生物を捕食していた個体数} / (\text{総個体数} - \text{空胃個体数})) \times 100$ )、餌料重量比( $\%W = (\text{ある生物の胃の中での重量} / \text{胃内容物重量}) \times 100$ )を用いてオオクチバスの食性を評価した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 環境要因の年変化

1997年から2009年の調査期間における透明度は、バイオマニピュレーションが行われる以前の1997年から1999年にかけての透明度は平均226cmであり、2009年には観測史上最大となる535cmを記録した



**Fig. 2:** Changes in water transparency (upper vertical bars) and in the density of *Daphnia galeata* (lower line) in 1997-2009. The dashed line shows the time when the biomani-pulation was conducted and n.d. is no data.

(Fig. 2)。また調査期間中における表水温は17°C前後であった。

バイオマニピュレーション後の動物プランクトン調査では湖心、沿岸ともにカブトミジンコが年間を通じて優占しており、特に夏期にかけて個体群が増大する傾向が見られた。また、カブトミジンコほど個体群密度は高くはないものの、体長10mmほどの大型の捕食性動物プランクトンのノロ(*Leptodora kindtii*)は、毎年の夏期をピークに個体群を増加させた。

また2000年以後、カブトミジンコの増加に伴って透明度が上昇したことがわかる。

### 3.2 オオクチバス

#### (1) 漁獲・体サイズ

漁獲調査で採集・解析された魚類は100個体のうち99個体がオオクチバスで、魚はすべて沿岸帯で集められた。採集されたオオクチバスの平均全長( $\pm$ SE)は138 $\pm$ 3 mm (TL: 78~260mm)、平均肥満度は20.8であった。また、生殖腺指数を元にもとめた白樺湖のオオクチバスの成熟サイズはメスが155mm、オスが135mmあると報告されている<sup>12)</sup>。この値は一般的な湖沼でみられるオオクチバスの成熟サイズである全長200mmや、近傍の湖である女神湖の全長170mm<sup>13)</sup>に比べてかなり小さいと言える。

#### (2) 胃内容物の解析

採取された99個体のオオクチバスうち主に捕食されていたものはカブトミジンコ、ノロなどの動物プランクトンを中心とする生物群で、年間の餌料重量比( $\%W$ )にして63.3%が動物プランクトンで占められていた(Fig. 2)。胃内容物の構成生物は季節変動しており、動物プランクトンの利用率は夏から秋期にかけて上昇する傾向にあり、大型の動物プランクトンであるノロが多い夏期には優先的に捕食される傾向にあった。し

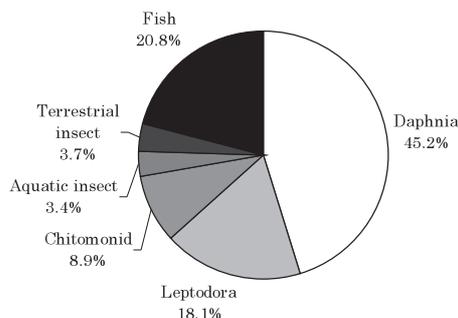


Fig. 3: Percentage of gut contents (dry weight) of Largemouth bass (*Micropterus salmoides*) caught in 2009.

しかし、サンプリング期間中の胃内容を乾燥重量で比較すると、カブトミジンコの占める割合が各分類群中最大であった。ユスリカや水生昆虫は春季から夏期にかけて多く検出された。一方で魚類は春季から夏期にかけて見られ、餌料重量比はサンプリング期間中20.8%と比較的高い値であったが、餌料出現率(%F)は極めて低く、99個体のうち3個体からしか検出されなかった。そのうちの1個体は体長10cm程度のオオクチバスの幼魚で、残る2個体については消化が進んでいて判別できなかった。

オオクチバスは稚魚期にはプランクトン食性であることは知られている。ただし、体長が30mm、または60mmまでは動物プランクトンを捕食し、それ以上の体長になると胃内容物からプランクトンは検出されなくなると報告されている<sup>5), 14)</sup>。それに対して白樺湖のオオクチバスの最小個体の体長は78mmであり、体長150mmを越えた成熟した24個体においてプランクトンの餌料重量比(%W)のが50%を越える個体が8個体認められた。一般的にオオクチバスは可能な限り大きな餌生物を好むので、このような成熟期を越えてプランクトン食性を維持している例は日本では極めて少ない。

### 3.2 バイオマニピュレーションでの変化

2009年の本研究による調査と2008年の調査では捕獲された魚類の大半をオオクチバスが占めていたが<sup>9)</sup>、バイオマニピュレーション前の1999年夏から2000年夏に行われた調査においても白樺湖に生息する中・大型魚で最も個体数が多かったのはオオクチバスであった<sup>7)</sup>。大型曳網を用いた調査では体長100mmをこえる魚類の80.1% (156尾中125尾) がオオクチバス(TL: 118~275mm)で占められていた。一方、体長100mm以下の小型魚で優占していたのはワカサギで、80.4%を占めていた。

2008年以後では、白樺湖ではワカサギの漁獲は全くなり、オオクチバスの胃内容物からも検出されなかったが、1999、2000年の調査では、オオクチバスの主要な餌生物はワカサギ(%F: 71.4%)で、次いで

水生昆虫(%F: 37.3%)も多く見られた。

また、ワカサギが姿を消した2009年の調査で特徴的だったのは空胃率の低さである。捕獲された99個体のオオクチバスのうち1個体のみが空胃で、空胃率は1.0%であった。バイオマニピュレーションが行われる以前の1999、2000年の調査での空胃率が11.3~29.1%であったことから、バイオマニピュレーション後に空胃率が大幅に低下したと言えるだろう。

当初、バイオマニピュレーションによるオオクチバスにとって主要餌生物であるワカサギの減少は、オオクチバスの個体数に大きな負の影響を与えられられた。しかし、ワカサギの減少に伴い増加した動物プランクトンをオオクチバスは利用していた。動物プランクトンは年間を通じて安定的に存在しており、かつ捕食も容易であるため、オオクチバスの餌資源として有効ではないだろうか。オオクチバスを中心とした食物網における生物量を考えればその現存量はワカサギの現存量よりも多い。つまり、オオクチバスは魚食魚としての生態的地位をプランクトン食魚の地位に下げることによって、ワカサギが減少した白樺湖においても生存することができたと考えられる。

## 4. まとめ

これまでオオクチバスの研究では沿岸帯のエビや魚類に対する捕食圧に焦点が当てられており、プランクトンには注目されていなかった。その理由としてプランクトンを捕食するオオクチバスは体長3.0cmに至るまでとされてきたためである。しかし白樺湖で行われたバイオマニピュレーションの前後におけるオオクチバスの調査により、自らの栄養段階を下げるニッチシフトによって動物プランクトン群集を重要な餌生物として利用し、魚類を欠いた環境に適応し、再生産しているという事実が明らかとなった。

一方、海外ではオオクチバスは餌となる小型魚が減った場合、共食いによって餌生物を確保しているという報告がある<sup>15)</sup>。しかし、白樺湖ではオオクチバスの共食いはほとんど観察されなかった。今後の研究では、白樺湖のオオクチバスが魚食性を開始しないことと、水質浄化による*Daphnia*の増加がどのように関係しているかを明らかにする必要がある。また魚食性を失ったオオクチバスが湖沼生態系にどのような影響を与えるかについても湖沼管理において把握すべき重要な課題となるだろう。

## 参考文献

- 1) 村上興正・鷲谷いづみ, 日本の侵略的外来種ワースト100. 「外来

- 種ハンドブック」, 日本生態学会編, 地人書館, 東京, pp.362-363 (2002)
- 2) 淀大我・木村清志, 三重県青蓮寺湖と滋賀県西の湖におけるオオクチバスの食性, 日本水産学会誌, 64, pp. 26-38 (1998)
- 3) 武居薫, 諏訪湖のオオクチバスの定着初期における生態, 長野県水産試験場報告, 22-30 (2006)
- 4) 淀大我・井口恵一郎, バス問題の経緯と背景, 水研センター研報, pp.10-24 (2004)
- 5) 滋賀県水産試験場, 昭和60-62年度オオクチバス対策総合調査研究報告, 滋賀県水産試験場報告, pp. 1-92 (1989)
- 6) 長野県水産試験場, ブラックバス問題を考える～ブラックバス等の湖沼河川への影響調査書～, pp. 24-26 (2002)
- 7) 花里孝幸・沖野外輝夫・戸田任重・朴虎東・実吉峯朗・北野聡, 人為的生態系操作による湖沼水質改善手法に関する研究, 平成10年度～12年度 科学研究費補助金(基礎研究 B(2)) 研究報告書 (2001)
- 8) Ha Jing Yong, An evaluation of the efficiency and mechanism of バイオマニピュレーション as a technique for the restoration of lake water, Ph. D thesis, Shinshu University, pp. 139 (2009)
- 9) 川之辺素一・細江昭, 白樺湖における外来魚除去, 長野県水産試験場報告 pp. 14 (2008)
- 10) 花里孝幸, 魚類群集を制御して湖沼水質を改善する, 環境研究 137, 112-119 (2005)
- 11) Lampert W., W.W. Fleckner, H. Rai and B.E.Taylor, Phytoplankton control by grazing zooplankton communities, Nature, 280, 391-393 (1986)
- 12) 長野県水産試験場, 未発表 (2008)
- 13) 河野成美, 外来魚駆除湖沼(女神湖)におけるオオクチバスの産卵実体, 長野県水産試験場報告, pp. 44 (2008)
- 14) 舟橋信行・鈴木緑・内田直樹・河野博・茂木正人・今井仁・久保田正秀, 日比谷濠におけるオオクチバス稚魚幼魚の食性と形態の変化, Journal of Tokyo University of Fisheries, 90, 1-11 (2003)
- 15) Post M. David, Individual variation in the timing of ontogenetic niche shifts in Largemouth bass, Ecology, 84(5), 1298-1310 (2003)