

# 学位論文審査結果の報告書

氏 名

神村 裕之

---

生 年 月 日

昭和・平成60年 3月27日

本 籍 (国籍)

京都府

---

学位の種類

博 士 ( 農 学 )

学位記番号

農 第 198 号

学位授与の条件  
(博士の学位)

学位規程第5条該当

論 文 題 目

持続可能な利用に向けたビワマスの漁獲過程

---

に関する研究 (Study on the capture process of Biwa  
salmon for sustainable fisheries)

---

審 査 委 員

(主 査) 塚正 泰之



(副主査) 多田 稔



(副主査) 小林 徹



(副 査) 光永 靖



(副 査)



## 論文内容の要旨

琵琶湖に生息する固有種の中でビワマス *Oncorhynchus masou* subsp. は、唯一のサケ科魚類である。本種は、古来より利用されてきた琵琶湖漁業を支える重要な水産資源である一方で、流入河川におけるダム建設や産卵場所の減少によって環境省のレッドリストに準絶滅危惧種として登録されている希少種でもある。漁業者は、主に成層期に湖内で回遊するスモルトを刺網や引縄によって漁獲する。一方で、産卵親魚と未成魚を保全するために、禁漁期と体長規制が設けられている。しかし、湖内における本種と漁具の時間空間分布、生態または動態に関する情報は極めて乏しい。そこで本研究では、超音波テレメトリとバイオロギング手法を用いて本種の時間空間分布を調べ、行動生態について議論した。また、漁具にデータロガーを装着するギアテレメトリによって、本種の代表的な漁法である引縄と刺網の時間空間分布と動態を調査した。特に釣獲漁法である引縄では、餌生物が漁獲過程に大きく関わってくるため、漁獲されたビワマスの胃内容物を調べ、摂餌生態についても考察した。

### 超音波テレメトリによるビワマスの時間空間分布

2009年6月に3個体のビワマス成魚に超音波発信機を装着して北湖北部に放流した。放流後、2個体は可搬型受信機を搭載した調査船で約5から6時間能動追跡された。2個体の平均三次元遊泳速度は、それぞれ1.3, 0.9 BL/sであった。能動追跡後、2個体は琵琶湖各所に設置した28機の設置型受信機で受動記録された。2個体は北湖沖合に分布し、うち1個体は昼間に水温躍層から深水層まで幅広く利用し、夜間に水温躍層ではほぼ一定の遊泳水深を保持する明確な日周鉛直分布を示した。

2010年6月に10個体のビワマス成魚に、より電池寿命が長い発信機を装着して北湖北部に放流した。翌年7月まで湖内で受信され続けた非繁殖個体(1個体)では、季節的な水平分布と日周鉛直分布様式が存在した。成層期(夏季、秋季)では湖盆が広がる北湖北部の沖合に偏って分布し、水温躍層のやや下と深水層を使い分けた。表水層に分布するアユと深水層に分布するアナンデルヨコエビを索餌するための摂餌戦略であった。夜間では、一定の遊泳水深を保っておりエネルギー消費を抑えていた。混合期(冬季、春季)では、表層水温の低下に伴って北湖北部の沿岸にも出現したが、昼夜ともに一定の遊泳水深を保つ頻度が高く、エネルギー消費を抑えていた。一方、他の3個体の水平分布は先のものよりも幅広く、北湖南部の沖合まで出現を広げた。浅い深度を遊泳することに伴い高い体温を経験しながら沿岸と沖合を往来し、その後受信が途絶えたことから、繁殖個体だと判断された。受信が途絶えた時期は、報告されている本種の産卵期と一致していた。3個体は、表水層で母川の手がかりを探しながら沖合の水温躍層下でエネルギー消費を抑えていた。

### バイオロギングによる詳細な鉛直移動

2010年6月に11個体のビワマス成魚に深度・温度センサが搭載されたデータロガーを装着して、再捕地点に放流した。放流から32, 93, 480日後に再捕され、3個体の遊泳水深と体温の時系列を2分間隔で得た。1個体(BS1012)は、再捕された際に二次性徴を呈していた。3個体は、明確な24時間周期をもって鉛直移動しており、昼間に幅広い深度を利用し、夜間に一定の深度を保持した。BS1012の時系列は、2分毎の鉛直移動量から相対エントロピーを算出した結果、5期間に分類された。2010年の成層期(非繁殖期)では、表水層から深水層まで幅広く移動しており、水温躍層でアユを深層でアナンデルヨコエビを索餌しながらエネルギー消費を最小限に抑えていた。混合期(非繁殖期)では、表水層から中層で頻繁に鉛直移動しており、アナンデルヨコエビの幼生やヒウオを捕食していた。2011年の成層期(繁殖期)では、母川の手がかりを掴むために浅い深度を遊泳しながら高い体温を経験し、それによるエネルギー消費を最小限にするため水温躍層下で冷水を獲得していた。繁殖前のビワマスにとって、母川の手がかり探索とエネルギー消費の抑制はトレードオフの関係であった。

非繁殖または繁殖期におけるBS1012と繁殖との関係が不明な2個体との鉛直移動量に相対エントロピーを適応し、クラスター分析を用いて繁殖との関係性を推定した。繁殖との関係が不明であった2個体は、それぞれ非繁殖個体と繁殖個体に分類された。夏季以降、非繁殖個体は深層で索餌に専念し、繁殖個体は表水層で母川の手がかりを探しながら水温躍層下で冷水を獲得してエネルギーを節約していた。

#### ギアテレメトリによる漁具の時間空間分布と食性調査

2009年から2014年にかけて、レッドコアラインとダウンリガー仕掛けを用いて合計261個体のビワマスを漁獲した。水平的な漁獲地点と船速は、GPS端末を用いて記録した。仕掛けにデータロガーを装着してビワマスが疑似餌を捕食した際の深度を計測した。261個体の漁獲地点は、北湖北部から南部において湖盆が広がる西岸に分布した。捕食深度の最頻値は21mであり、成層期に水温躍層が形成される深度と一致していた。79個体の胃内容物を調査した結果、アナンデールヨコエビとアユが多くを占めた。表水層に分布するアユを索餌する際に、疑似餌をアユと認識して攻撃し、針掛かりに至ったと考えられる。引縄釣によって漁獲が成立する割合は、経験的に3から4割であり特に仕掛けの巻上げに長時間を要するレッドコアラインでは、魚が体をくねらすことによって頻繁に針が外れた。魚類と漁具の魚時間空間分布は一致していたが、生態と動態は一致していなかった。漁獲が成立しにくい引縄の特性が過剰な漁獲を防いでいるのかもしれない。また、漁獲魚のサイズと捕食速度に緩やかな負の相関が確認されたことから、仕掛けを引く速度によって漁獲選択できる可能性がある。

魚類が罹網した際の刺網の挙動を調べるために、2011年8月と9月に北湖海津沖漁場で現用の3枚網(30×10 m)に二軸加速度データロガーを装着し操業した。漁獲された2個体は日の入り以降にブラインド状態で刺網に罹網し、網内で運動を弱めることなく揚網されるまで10時間以上漁具と一体であった。夜間の罹網を期待する刺網漁は、ビワマスと刺網の時間空間分布が一致し、かつ生態と動態が一致した合理的な漁業であった。しかし、幅広い水温が存在する水温躍層で苦悶することは、鮮度や価値の低下に繋がる。成層期の昼間に沖合の湖底付近や混合期の夜間に沿岸で刺網漁を行うことで、資源の価値を維持しながら有効に利用していくことができると考えられる。

## 論文審査結果の要旨

本論文は、琵琶湖の固有種で、重要な漁獲対象魚であるとともに、準絶滅危惧種にも登録されているビワマスの行動生態を明らかにするために、バイオテレメトリ技術を用いてビワマスの時間空間分布を調べている。また、漁獲対象魚としてのビワマスの行動と漁法との関係を明らかにするために、ギアテレメトリによって引縄と刺網の時間空間分布と動態についても検討している。さらに、漁獲過程に大きく関わる摂餌生態を明らかにするため、胃内容物についても調査している。

### 第2章 超音波テレメトリによるビワマスの時間空間分布

2009年6月に、3個体のビワマス成魚に超音波発信機を装着して北湖北部に放流し、放流後、可搬型受信機を搭載した調査船で約5から6時間能動追跡している。2個体の平均三次元遊泳速度が、それぞれ1.3, 0.9 BL/sであることを確認した。能動追跡後、琵琶湖各所に設置した28機の設置型受信機で受動記録した。2個体は北湖沖合に分布し、うち1個体は昼間に水温躍層から深水層まで幅広く利用し、夜間に水温躍層でほぼ一定の遊泳水深を保持する明確な日周鉛直分布を示すことを明らかにした。

2010年6月に10個体のビワマス成魚に、電池寿命が長い発信機を装着して北湖北部に放流した。翌年7月まで湖内で受信され続けた非繁殖個体（1個体）では、季節的な水平分布と日周鉛直分布様式が存在することを明らかにした。成層期（夏季、秋季）では湖盆が広がる北湖北部の沖合に偏って分布し、水温躍層のやや下と深水層を使い分けた。表水層に分布するアユと深水層に分布するアナンドールヨコエビを索餌するための摂餌戦略であることを確認した。夜間では、一定の遊泳水深を保っておりエネルギー消費を抑えていた。混合期（冬期、春季）では、表層水温の低下に伴って北湖北部の沿岸にも出現したが、昼夜ともに一定の遊泳水深を保つ頻度が高く、エネルギー消費を抑えていた。一方、他の3個体の水平分布は先のものよりも幅広く、北湖南部の沖合まで出現を広げた。浅い深度を遊泳することに伴い高い体温を経験しながら沿岸と沖合を往来し、その後受信が途絶えたことから、繁殖個体だと判断した。受信が途絶えた時期は、報告されている本種の産卵期と一致していた。3個体は、表水層で母川の手がかりを探しながら沖合の水温躍層下でエネルギー消費を抑えていることを明らかにした。

### 第3章 バイオロギングによる詳細な鉛直移動

2010年6月に11個体のビワマス成魚に深度・温度センサが搭載されたデータロガーを装着して、再捕地点に放流した。放流から32, 93, 480日後に再捕され、3個体の遊泳水深と体温の時系列を2分間隔で得た。1個体（BS1012）は、再捕された際に二次性徴を呈していた。3個体は、明確な24時間周期をもって鉛直移動しており、昼間に幅広い深度を利用し、夜間に一定の深度を保持したことを明らかにした。BS1012の時系列は、2分毎の鉛直移動量から相対エントロピーを算出した結果、5期間に分類されることを確認した。2010年の成層期（非繁殖期）では、表水層から深水層まで幅広く移動しており、水温躍層でアユを深層でアナンドールヨコエビを索餌しながらエネルギー消費を最小限に抑えていることを明らかにした。混合期（非繁殖期）では、表水層から中層で頻繁に鉛直移動しており、アナンドールヨコエビの幼生やヒウオを捕食していた。2011年の成層期（繁殖期）では、母川の手がかりを掴むために浅い深度を遊泳しながら高い体温を経験し、それによるエネルギー消費を最小限にするため水温躍層下で冷水を獲得していることを明らかにした。

非繁殖または繁殖期におけるBS1012と繁殖との関係が不明な2個体との鉛直移動量に相対エントロピーを適応し、クラスター分析を用いて繁殖との関係性を推定した。繁殖との関係が不明であった2個体は、それぞれ非繁殖個体と繁殖個体に分類されることを明らかにした。夏季以降、非繁殖個体は深層で索餌に専念し、繁殖個体は表水層で母川の手がかりを探しながら水温躍層下で冷水を獲得してエネルギーを節約していることが明らかになった。

#### 第4章 ギアテレメトリによる漁具の時間空間分布と食性調査

2009年から2014年にかけて、レッドコアラインとダウンリガー仕掛けを用いて合計261個体のビワマスを漁獲した。水平的な漁獲地点と船速は、GPS端末を用いて記録した。仕掛けにデータロガーを装着してビワマスが疑似餌を捕食した際の深度を計測した。捕食深度の最頻値は21mであり、成層期に水温躍層が形成される深度と一致していた。79個体の胃内容物を調査した結果、アナンドールヨコエビとアユが多くを占めることが明らかとなった。表水層に分布するアユを索餌する際に、疑似餌をアユと認識して攻撃し、針掛かりに至ったと考察している。引縄釣によって漁獲が成立する割合は、経験的に3から4割であり、特に仕掛けの巻上げに長時間を要するレッドコアラインでは、魚が体をくねらすことによって頻繁に針が外れたと考察している。魚類と漁具の魚時間空間分布は一致していたが、生態と動態は一致していなかったことが判明した。また、漁獲魚のサイズと捕食速度に緩やかな負の相関があることを確認し、仕掛けを引く速度によって漁獲選択できる可能性があることを示唆した。

魚類が罹網した際の刺網の挙動を調べるために、2011年8月と9月に北湖海津沖漁場で現用の3枚網(30×10 m)に二軸加速度データロガーを装着し操業した。漁獲された2個体は日の入り以降にブラインド状態で刺網に罹網し、網内で運動を弱めることなく揚網されるまで10時間以上漁具と一体であったことを確認した。夜間の罹網を期待する刺網漁は、ビワマスと刺網の時間空間分布が一致し、かつ生態と動態が一致した合理的な漁業であったことが明らかとなった。幅広い水温が存在する水温躍層で苦悶することは、鮮度や価値の低下に繋がることから、成層期の昼間に沖合の湖底付近や混合期の夜間に沿岸で刺網漁を行うことで、資源の価値を維持しながら有効に利用していくことができると、今後の漁業の方向性を示した。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。なお、審査にあたっては、論文に関する専攻内審査および公聴会など所定の手続きを経たうえ、平成27年2月7日、農学研究科教授会において、論文の価値ならびに博士の学位を授与される学力が十分であると認められた。