

論文内容の要旨

氏名	くに 宗 義 雄			
学位の種類	博士(農学)			
学位記番号	農第171号			
学位授与の日付	平成24年3月22日			
学位授与の要件	学位規程第5条第1項該当			
学位論文題目	琵琶湖におけるニゴロブナ・ゲンゴロウブナの時空間利用			
論文審査委員	(主査)	教授	山根	猛
	(副主査)	教授	高木	力
	(副主査)	教授	松野	裕
	(副査)	准教授	小林	徹
	(副査)	講師	光永	靖

琵琶湖は日本最大の自然湖であり、多くの固有種が生息している。琵琶湖に生息する60種の魚類のうち12種は固有種で、中でも特に多いのがコイ科魚類(7種, 58%)である。琵琶湖には、コイ科フナ属魚類として、固有亜種ニゴロブナ*Carassius auratus grandoculis*、固有種ゲンゴロウブナ*Carassius cuvieri*、非固有亜種ギンブナ*Carassius auratus langsdorfii*が生息している。ニゴロブナ、ゲンゴロウブナ天然個体は、近年個体数が激減し、2007年には環境省レッドリストの絶滅危惧IB類に指定された。しかし、保全すべきニゴロブナ、ゲンゴロウブナの生態はあまり知られていない。特に成魚の行動は、繁殖期の断片的な情報に限られる。これら魚種/亜種が南湖と北湖をどのように利用しているのか、科学的に検証した報告はない。南湖あるいは北湖で繁殖するニゴロブナ、ゲンゴロウブナがどこから来たのか、繁殖期を過ぎればどこにいるのか、どのような場所で越冬するのかなど、対象動物がいつどこにいるのかということは、生態学のもっとも基盤的な研究対象であって、今後の保全対策を検討する上でも必須情報である。テレメトリーは、対象動物の移動、回遊、回帰、帰巢といった時間位置情報を取得することに優れている。なかでも超音波テレメトリーは、ラジオテレメトリーが適用できない、深い水域に生息する魚類に有用である(Lucas & Baras 2000)。そこで本研究では、超音波テレメトリーを用いて、空間分布の季節推移をはじめとして、これら魚種の時空間利用を明らかにすることを目的とした。また、水温をはじめ水域の環境要因を測定して、フナの行動にそれらの環境要因がどのようにかかわっているかを明らかにすることを試みた。

ニゴロブナ、ゲンゴロウブナ成魚の季節分布

2007, 2008年の4, 5月に、琵琶湖南湖西岸、大津漁業協同組合の定置網で採捕されたニゴロブナ、ゲンゴロウブナに音響標識を施して放流した。琵琶湖各所に設置した設置型超音波受信機により、14か月にわたって放流個体からの時間位置情報を取得した。さらに、2010年の4, 5月には北湖南端東岸の中主漁業協同組合の定置網および野洲川下流域で採捕したニゴロブナ、ゲンゴロウブナに音響標識を施して放流した。その結果、ニゴロブナ、ゲンゴロウブナともすべての季節においてランダムな分布をせず、滞在場所を選択していることが明らかになった。また、南湖で放流したニゴロブナは周年産卵場所周辺に滞在するが、ゲンゴロウブナは、繁殖期が終わると北湖へ移動し、翌年の繁殖期の前に再び南湖を訪れる季節移動をすることが明らかになった。北湖南端で放流したニゴロブナ、ゲンゴロウブナでは南、北湖間の季節移動は見られなかった。これらのことから、ゲンゴロウブナは北湖を主な棲息場所とし、南湖を繁殖場所として利用していると考えられた。2007, 2008年に放流した各1尾のゲンゴロウブナの例から、ゲンゴロウブナの南北湖間の季節移動は適水温を求めて徐々に北上、南下をするというような性質のものではなく、

滞在場所の水温など何らかの環境要因をきっかけとして一気に短時間で変わることが示唆された。それに比べて、ニゴロブナが周年南湖を最も選好していたことは、ニゴロブナがゲンゴロウブナよりも南湖の大きな年間水温較差に対する高い耐性を有していることを示しているのかもしれない。そこで、季節移動と水温との関係を明らかにするために、2008年4-7月に琵琶湖各所の水温を測定して、各月のニゴロブナ、ゲンゴロウブナの経験水温を求めた。その結果、ゲンゴロウブナがニゴロブナに比べて有意に低い水温を好んでいることが示された。さらに月ごとの平均水温と滞在場所から、ゲンゴロウブナでは繁殖期の南湖における滞在場所の水温が上昇すると北湖へ移動している可能性が示唆された。

2007、2008年の放流実験は、ほぼ同じデザインの実験であり、結果の再現性が確認された。同所的に棲息する近縁種が明瞭に異なった季節移動パターンを持っていることはその生存戦略の観点から非常に興味深い。今後は、餌の手に入れやすさ、被食の危険性、水域の物理環境などに対する適応度の観点から種々論議されなければならない。

ニゴロブナ、ゲンゴロウブナの繁殖期の行動と滞在場所選択

音響標識ニゴロブナの可搬型受信機による追跡実験では、繁殖期にニゴロブナは一定の行動圏を持たず、夜間、おそらく薄明または薄暮に大きく移動し、南湖の水温の上昇、下降に伴って、前者の場合は北へ、後者の場合は南へ移動することで最も好適な水温を選んで滞在していると考えられた。一方ゲンゴロウブナの追跡個体は、南湖の狭い範囲に滞在してほとんど移動しなかった。放流の年と翌年の繁殖期の滞在場所を比較すると、ニゴロブナ、ゲンゴロウブナとも有意な相関がみられた。しかし、両魚種/亜種の一部の個体では、翌年の繁殖期に明らかに産卵場所を変更したと考えられた。これらのことは、多回産卵魚であるニゴロブナ、ゲンゴロウブナが、個体ごとに毎年同じ産卵場所を利用することを示唆していると同時に、一部の個体は次の年の産卵場所を変更することがあるということを示している。次の年に同じ産卵場所を利用する割合がどの程度のものであるのか、逆にどの程度の割合で、産卵場所の変更が起こるのか、個体群の遺伝的多様性にもかかわる問題であり、今後はより大規模な行動調査を行って定量的に把握する必要がある。

南湖でのテレメトリー実験において各受信場所でのニゴロブナとゲンゴロウブナの平均受信数を比較すると、一部の受信場所有意差がみられた。このことは、ニゴロブナとゲンゴロウブナが互いに異なった場所を産卵場所として選択している可能性を示唆している。琵琶湖に同所的に棲息し、交雑可能なニゴロブナとゲンゴロウブナが種/亜種を維持するためには、何らかの生殖的隔離メカニズムが存在しなければならない。生殖的隔離には両動物種/亜種間の交通が妨げられる地理的隔離、生殖器官の構造の違い、産卵場所選択の違い、繁殖時期の違いなどが知られている。本研究でニゴロブナ、ゲンゴロウブナの産卵回帰が示唆されたことは、これらのフナ

が、岸際の抽水植物帯であればどこでもよいということではなく、産卵場所としてかなり厳密な選択をしていることがわかる。ニゴロブナ、ゲンゴロウブナに産卵時期の違いは報告されていない。すなわち、ニゴロブナとゲンゴロウブナの間にある生殖的隔離は互いに異なった産卵場所を選択することによって成立していると考えられた。

ゲンゴロウブナの産卵場所への出現と環境要因の関係

2010年に北湖南端東岸で音響標識放流したゲンゴロウブナ12尾のうち、5尾が2011年の繁殖期にゲンゴロウブナ産卵場所へ出現した。ゲンゴロウブナの産卵場所への出現と環境要因との関係を調べるために、2011年3月から6月まで各種環境要因を測定し、ロジスティック重回帰分析を行った。ゲンゴロウブナの出現を目的変数、水温、Chlorophyll a量、溶存酸素量、琵琶湖水位、濁度を説明変数とした。その結果、水温、Chlorophyll a量、溶存酸素量、琵琶湖水位を説明変数としたモデルが最も尤度が高かった。また、ゲンゴロウブナの産卵場所への出現には、取り上げた環境要因の中では水温が最も大きな影響を与えており、次にChlorophyll a量の影響が大きかった。観察期間中の産卵場所の1日平均水温は、14 ° C 台に最頻値を持ち、ゲンゴロウブナが最も多く(4尾)出現した日の平均水温は、14.3±1.9 ° C (Mean ±SD)であった。これらのことから、ゲンゴロウブナの産卵場所として具えるべき環境は、以下の条件を満たしている必要があると考えられた

1. 3-6月に1日平均水温の最頻値が14 ° C 台になる
2. 高い植物プランクトン量
3. 抽水植物が豊富に繁茂している

琵琶湖のフナの移動速度

2007、2008年のテレメトリー実験で得られたすべての受信データを用いて、ニゴロブナ、ゲンゴロウブナ、ギンブナの自然界での移動速度を初めて算出することができた。その結果、ゲンゴロウブナ:ニゴロブナ、ギンブナよりも有意にはやい速度で移動していることが分かった。ニゴロブナとギンブナの移動速度には、有意差は無かった。移動速度のうち0-0.4 BL/secが、ニゴロブナでは69 %、ゲンゴロウブナでは48 %を占めた。本実験で得られた平均移動速度の有意差は、このきわめてゆっくりとした移動によってもたらされたと考えられた。

また、ゲンゴロウブナの南北移動時の移動速度を抽出すると1.0 ± 0.5 BL/sec (Mean ± SD, n = 8)であった。この値は、Videlerの唱えた最適遊泳速度 $U_{opt} = 1.10M^{-0.14}$ に基づいて算出したゲンゴロウブナ供試魚の最適遊泳速度の平均値 1.1 ± 0.05 BL/sec (Mean ± SD, n = 21) とよく一致していた。このことから、ゲンゴロウブナが南北湖間を季節移動するときに、エネルギー消費を最小にするべく最適遊泳速度で遊泳していたと考えられた。

論文審査結果の要旨

國宗 義雄の琵琶湖のニゴロブナ、ゲンゴロウブナの時空間利用に関する論文はバイオテレメリー手法により周年同湖に生息する上記2種のフナの時空間分布について初めて詳細な情報を捉えた、画期的な研究である。結絶滅危惧動物の保全には、特にその種が産業的に重要な動物種であった場合に、複雑な問題が絡む。資源管理政策を高い説得力を持って厳しく打ち出すためには、そのプログラムが科学的証拠に裏付けられていることが必須ある。ニゴロブナ、ゲンゴロウブナの行動を詳細にとらえると、季節移動ばかりでなく、種々の点で異なっていることが本研究から明らかになった。このことは少なくともそれぞれの保全計画が個別に立案する必要があることを示している。また、本研究でフナの産卵回帰の可能性が示唆されたことは、種が利用する産卵場所の重要性を示しており、それぞれの種に最適な産卵場所の環境がおのずと決まっていると考えられる。ゲンゴロウブナについてはそれを明らかにすることができた。今後はニゴロブナについても産卵場所の特性を明らかにすることで、効果的な保全プログラム立案につなげることができると考えられる。本研究結果は、琵琶湖で産業上重要種であるフナ類の時間・空間分布を考慮した資源管理方策(漁期・漁場の制限等)の策定に非常に有用な情報を提供することになる。

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の審査および博士論文発表会などの所定の手続きを経たうえ、平成24年2月9日、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。

氏名	田中照佳
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	農第172号
学位授与の日付	平成24年3月22日
学位授与の要件	学位規程第5条第1項該当
学位論文題目	Dietary anti-osteoporotic and hepatoprotective substances and their action mechanism (食餌性骨吸収改善および肝保護物質の探索と作用機構の解明)
論文審査委員(主査)	教授 河村 幸雄
(副主査)	教授 内海 龍太郎
(副主査)	教授 塚 正 泰之