

学 位 論 文 題 名

網走湖産ワカサギの生活史多型分岐と資源変動機構

学位論文内容の要旨

網走湖におけるワカサギ *Hypomesus nipponensis* の漁獲量は、全国産地別ワカサギ漁獲量の常に上位に位置している。また網走湖はワカサギ人工種苗卵の供給基地としても非常に重要である。しかし網走湖におけるワカサギ漁獲量は年変動が大きいことが知られている。Hamada (1961) は、ワカサギは本来遡河回遊性の魚であると位置づけ、さらに海からの遡上時期によって、これらを秋遡上の遡河回遊 a 型と春遡上の遡河回遊 b 型とに分けた。宇藤・坂崎 (1987) は、網走湖産ワカサギの降海および遡河移動を周年調べ、海からの遡河移動は 11～12 月に集中するが、4 月にも成熟魚の海からの遡河が見られることを明らかにした。しかし、網走湖産ワカサギの漁獲量変動や遡河回遊に関わる生活史多型が生ずる原因については、これまで明らかにされていない。そこで本研究では、網走湖産ワカサギの生活史全体を調べた上で、遡河回遊型・淡水残留型という生活史多型の分岐と資源変動機構について考察した。

産卵生態：網走湖産ワカサギの産卵河川でワカサギの産卵生態を調べた。その結果、網走湖産ワカサギの産卵盛期は 4～5 月で、遡上時期はその年の水温に左右されることが示唆された。また産卵並びに産卵に伴う産卵河川への遡上・降下は夜間に行われ、雄は雌に先行して産卵河川に遡上し、産卵期間中、長期に亘って産卵に参加するのに対し、雌は遡上後短期間で産卵を終えて降下してしまうことが分かった。さらに雌雄大小の組合せにより行った産卵実験では、ど

の組合せにおいても産卵が行われ、しかも産出された卵はそのほとんどが正常にふ化した。したがって、生活史多型間で産卵遡上時期や体サイズに差が生じたとしても、産卵場における厳密な生殖的隔離は起こり得ないと考えられた。

初期生活期：ふ化時期の仔魚調査から、仔魚のふ化は日没直後短時間に集中して行われること、産卵河川におけるふ化時期は年によってずれがみられ、同一年でも流下仔魚の採集個体数変動には2～3つの山がみられること、などが分かった。また湖内での初期生活期のワカサギは偏りを持って分布し、特に調査開始初期の5月中には、流入河川のある湖上流部で分布量が多かった。しかし、その後の分布パターンには一定の傾向を見出すことはできなかった。また、初期生活期における分布量と体サイズは年により大きく異なった。

0+年魚の降海移動と生活史多型分岐：網走湖からの流出河川である網走川でトラップを用いて、降海群（遡河回遊群）0+年魚の日周降海移動と、毎年の日別降海群量を調べた。その結果、降海群の湖を出てからの移動は、潮汐の干満によって流向・流速を変える川の流れに乗るようにして夜間に行われ、自ら海に向かう積極的な降海行動は観察されなかった。また毎年の降海移動は主に7～9月の間に、潮汐周期と密接に連動して行われていた。降海群量、降海ピーク時期、降海ピーク時期の体長はいずれも年により大きく異なり、同一年における降海個体の体長組成も時期を追うに従い大型化し、一定していなかった。また降海群量は、降海開始直前の湖内密度がある一定密度を超えると急激に増加した。さらに湖中残留群と降海群との間に体長組成、肥満度、体色のいずれにも、普遍的な差異を見いだせなかった。さらに孵化からの経過日数の異なる個体を用いて行った塩分耐性に関する飼育実験では、網走湖産ワカサギはふ化直後から高い塩分耐性を示した。以上のことから、網走湖産ワカサギの遡河回遊に関わる生活史多型分岐は、遺伝的支配によるものではなく、多型分岐発現直前の

湖内における個体群密度に依存するものであり、湖内の個体群密度が湖内の環境収容量を超えると、遡河回遊群が生ずると考えられた。

0+年魚の海からの遡河行動：湖内で行われる秋期曳き網漁業による単位努力量当たり漁獲個体数（CPUE）の変化から、秋期遡上時期を推定した。また海と湖をつなぐ網走川に設置したトラップによる遡上個体の日別採捕個体数からも遡上時期を推定した。その結果、0+年魚の海からの秋期遡上は、ほとんどの年で11月中旬から下旬にかけて始まった。また遡上魚の生物測定資料から、秋期遡上は成長や性成熟に関連して起こるものではないと考えられた。一方、0+年魚の春期遡上群量は秋期遡上群量に比べ非常に少ないと考えられた。また春期、海から湖へ遡上中の雌は最終成熟には達していなかった。この春期遡上雌を用いて行った飼育実験から、雌の最終成熟には水温のみならず塩分も大きな影響を与えていると考えられた。

漁業による漁獲物の解析：湖内および流入河川での漁業漁獲物を定期的に採取し、これらの生物学的な特徴を調べた。その結果、0+年魚と1+年魚以上とは、一部を除きほぼ体長で区分できると考えられた。また0+年魚は春から10月下旬～11月上旬頃まで成長し続けると考えられた。年により11月中旬から12月にかけて、湖中残留群と、この時期海から遡上してきた遡河回遊群で成長が異なることに起因すると考えられる体長組成の急変が見られた。1～3月の間、体長はほとんど変化しなかった。性成熟は雄が雌に先行し、雌雄ともいずれの年齢群においても大型個体ほど早く進行した。また雌雄とも未熟か成熟かが分岐する体長は概ね60～70mmの間にあった。したがって体長組成が小型の年は群成熟率が低下した。0+年魚の性比は毎年ほぼ雌雄1：1と考えられたが、1+年魚以上では明らかに雄が少なかった。これは産卵行動の雌雄差に起因して、雄の方が雌に比べ産卵期後の減耗が多いためではないかと考えられた。

網走湖産ワカサギの資源変動機構：以上で得た結果と DeLury 法による各漁期ごとの資源量推定値から求めた資源変動に関わる諸特性値から，網走湖産ワカサギの資源変動機構を考えた。その結果，網走湖産ワカサギの漁獲量（資源量）は前年度の漁獲量（資源量）と負の相関関係を持って増減し，年漁獲量が 250 トン前後の資源量水準であれば，その翌年の漁獲量（資源量）の増減は，ほぼ正負均衡すると考えられた。また網走湖産ワカサギの減耗は，卵から稚魚期に至るまでの過程では年による変動が大きく，稚魚期に至って初めて安定すると考えられた。魚体の平均体重は湖中残留群においても遡河回遊群においてもその個体数と負の相関関係を持って変動し，親の平均体重と卵から稚魚に至る歩留まりとの間には正の，有効産卵数と卵から稚魚に至る歩留まりとの間には負の相関関係が認められた。ただし親の平均体重と有効産卵数との間には有意な相関関係は認められず，卵から稚魚に至る歩留まりには，親の魚体サイズと有効産卵数がそれぞれ独立に影響を与えていると考えられた。以上のことから網走湖産ワカサギの資源変動には，資源量増加→魚体小型化（あるいは産卵量増加）→初期生残低下→資源量減少→親魚大型化（あるいは産卵量減少）→初期生残上昇→資源量増加→・・・というサイクルによって，常に平衡状態に保たれるような資源変動機構が働いていると考えられた。したがって，湖内資源密度によって左右される遡河回遊に関わる生活史多型分岐は，このような資源変動機構と密接に連動して発現していると考えられた。さらに，資源を安定して利用し続けるためには，約 100 億粒の有効産卵数を確保すると同時に，産卵河川や湖を含む周辺環境を守ることが重要であると考えられた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 山 崎 文 雄

副 査 教 授 菅 野 泰 次

副 査 助 教 授 後 藤 晃

学 位 論 文 題 名

網走湖産ワカサギの生活史多型分岐と資源変動機構

網走湖はワカサギの漁獲量が全国産地別で上位にあり、人工種苗卵の供給基地として重要な役割を担っている。しかし湖内の漁獲量には年変動があり、資源管理上その変動機構の解明が求められてきた。特に網走湖のワカサギには湖内残留型と遡河回遊型の生活史多型があり、この生活史にみられる2型の分岐が湖内のワカサギ資源とどのような関わりをもつかを解明することが求められてきた。

申請者はこの点に注目し、本研究において下記の評価すべき成果を得た。

1. 網走湖におけるワカサギの産卵生態をほぼ明らかにした。特にこれまで産卵期のワカサギの性比は、雌雄1:1とはなっておらず、常に雄の比率が高いとされてきたことに対して、夜間にみられる産卵河川への遡上・降河行動を詳細に調べた結果、本来の性比は、雌雄1:1であるが、雄は雌に先行して早くに遡上し産卵期間中、長期に亘って産卵に参加するのに対して、雌では遡上後短期間で産卵を終えて死亡または降下するという、雌雄にみられる産卵生態の違いによって見かけ上の性比が雄に傾くことを実証した。また湖内残留型と遡河回遊型の分岐によって生ずる体サイズの差は産卵の支障にならず、大型サイズと小型サイズ間でも正常な産卵行動が誘起され、孵化率や孵化仔魚にも影響はないことから生活史の分岐によって生ずる両型間の体サイズの違いによる生殖的隔離は生じないと推論した。
2. 産卵場所の特定と孵化仔魚の移動状況を把握した。初期生活期の減耗は資源動態に大きな影響を与えることから、仔魚調査を行い、仔魚のふ化が日没直後短期間に集中して起こること、ふ出と同時に川を下り、川口近くの湖岸域に集中して局所的な分布を示すこと、その後分散する仔魚の移動状況を明らかにした。産卵は大部分が湖に注ぐ女満別川、網走川等で行われると推定した。また初期生活期の分布量と体サイズは年により大きく異なり、仔魚の生存が環境の短期間の変動にも影響される可能性が示唆された。
3. 生活史多型分岐の機構を明らかにした。ワカサギの生活史分岐は降海移動と連動して起こり、降海群は潮汐の干満によって生ずる川の流れに乗るようにして夜間移動することを明らかにした。降海群量、降海ピーク時期、降海ピーク時の体長はいずれも年により大きく異なること、また降海群量は降海開始直前の湖内個体群密度がある一定値を越えると急激に増加することを明らかにした。更に生活史分岐との関係で湖内残留群と降海群との間の体長組成、肥満度、体色を比較し、いずれの形質においても両群に普遍的な差異がないことを明らかにした。また、降海群に不可欠な塩分耐性についても、湖産ワカサギは全てふ化直後から高い塩分耐性を

有することから、生活史多型分岐に直接関連せず、網走湖産ワカサギの遡河回遊に関わる生活史多型分岐は遺伝支配によるものではなく、分岐発現直前の湖内における個体群密度に依存するもので、湖内の環境収容量を超えると、遡河回遊群が生ずるという結論を導いた。この知見は網走湖のワカサギ資源の動態を考える上で重要であり高く評価された。

4. 秋期遡上群と春期遡上群の特徴と産卵への関わりについて明確な結論を提示した。従来秋期遡上は産卵との関連で論じられてきたが、詳細な資料分析の結果から、海洋の厳しい生活条件をさける行動として進化したとの見方を示した。一方春期遡上群は産卵に直接関与するが、この群は秋期遡上群と比較して1/60と極めて少なく、資源の再生産維持には秋遡上群が重要な群と位置づけられることを明確に示した。

5. 0+年魚が初めて漁獲される9月から翌年8月までを単年度として1925年～1996年の長期に亘る網走湖産ワカサギの漁獲量変動の実態を明らかにした。変動幅は1971年度の28.5トンから1976年度の564.9トンと大きな変動があり、漁獲量変動は資源量変動を反映しており、長期的視点からみて変動には周期性はない事、また1年差で負の相関のある点に着目し、当年の漁獲量が翌年の漁獲量増減に影響を与える事、など資料を総合的に検討して年漁獲量が250トン前後の資源量水準であれば、その翌年の漁獲量（資源量）はほぼ正負均衡するとの結論を導いた。資源量変動の要因は卵から稚魚期に至る過程にあり、この過程での歩留まりには、親の体サイズと有効産卵数がそれぞれ独立して影響を与えているとの考えを提示し、資源の安定化には約100億粒の有効産卵数の確保が必要であることを示した。

6. 網走湖産のワカサギの資源量変動機構を湖内の環境収容力による生物学的要因によって説明した。資源量の増加は産卵量を増加させるが、魚体の小型化を誘起すると同時に、初期生存率を低下させ、翌年の資源量減少をもたらす。このため産卵数は減少するが、個体当たりの利用可能な餌生物が増して魚体が大型化し、初期生存率の上昇により再び資源量が増加するとの仮説を立てた。

以上により、これらの結果と考察は網走湖のワカサギ資源管理上重要な指針を与えるもので、応用上の価値も高く、審査員一同は、申請者が博士（水産学）の学位を授与される十分な資格を有すると判定した。