

# 北海道南西部太平洋水域におけるソウハチ仔魚の生残過程

## 学位論文内容の要旨

### 【目的】

ソウハチ *Cleisthenes pinetorum* は、北海道周辺各地において刺網や沖合底曳網によって漁獲されている重要な漁業資源である。しかし、漁獲量の年変動は大きく、資源量変動の原因はよくわかっていない。一般に、海産魚類は初期生活期(卵・仔魚・稚魚期の初期)の死亡率が高いため、資源量変動機構の解明には、初期生残過程を明らかにする必要がある。これまで、北海道南西部沖合の噴火湾を含む太平洋水域において、2001-2003年に本種仔魚の空間分布と日周鉛直移動の調査が行われ、摂餌開始期仔魚は水深 30 m 層前後に分布すること、噴火湾湾口部で産卵・孵化した仔魚は、水深 30 m 層前後を中心として流入する津軽暖流水によって湾内へ輸送されることなどが明らかとなっている。しかし、仔魚の摂餌生態、成長様式、栄養状態などは未詳である。本研究では、2001-2006年に採集された仔魚の摂餌生態、成長率の年変動、および脂肪酸を用いた栄養状態の評価を行い、餌生物環境と水理環境が初期生残に及ぼす影響を考察し、資源量変動に最も強い影響を与える要因とそのメカニズムを検討した。

### 【材料と方法】

調査は、北海道南西部太平洋水域において、2001年8月には北海道大学水産学部練習船北星丸、2002-2006年6-10月には同練習船うしお丸を用いて行った。各調査地点では、口径 80 cm のプランクトンネットおよび口径 56 cm の MTD ネット(ともに網地開口部

0.33 mm) を用いてソウハチ仔魚を採集し、6L 型バンドン採水器により動物プランクトンを採集した。水温と塩分は CTD を用いて測定した。ソウハチ成魚・未成魚は、2003–2008 年にうしお丸のオッター・トロール網の着底曳きによって採集し、耳石輪紋数から年齢を推定した。また、2004 年 9 月に人工授精により得られた仔魚および 2004–2006 年 9 月に採集された仔魚について、耳石日周輪による成長解析を行った。さらに、2005–2006 年 9 月に採集された仔魚を用いて、その脂肪酸組成と蓄積量を HPLC 法により求めた。

### 【結果と考察】

2001 年 8 月に出現した仔魚の摂餌生態を調べた。A–C 期仔魚(摂餌開始から脊索屈曲前、体長 1.9–7.5 mm)は、かいあし類ノープリウスの中でも *Oithona similis* と *Pseudocalanus newmani* を主に摂餌しており、環境中に豊富に存在する *Microsetella* 属の摂餌は極めて少なかった。D–F 期(脊索屈曲期から眼球移動開始期、体長 5.05–12.5 mm)になると、ノープリウスより大型のかいあし類コペポダイトや尾虫類 *Oikopleura* 属の一種へと餌生物が変化していた。夏季の噴火湾では、コペポダイトはマイクロ動物プランクトンを摂餌し、尾虫類はナノプランクトンやピコプランクトンといった微小生物を効率的に濾過摂餌している。このことから、ソウハチ仔魚は餌料基盤を微生物ループを起点とした食物網に依存していると判断された。噴火湾内・湾口部・湾外における *Microsetella* 属を除くかいあし類ノープリウス(以下餌ノープリウスと表示)の平均密度は 15.5–56.5 個体/L の範囲であったが、摂餌開始期仔魚の摂餌強度は、水域によって差はみられなかった。このことから、環境中の餌ノープリウスの平均密度が 15.5 個体/L 程度であれば、仔魚は少なくとも飢餓に陥ることはないと考えられた。

ソウハチの年級群強度を判定し、仔魚密度と摂餌強度の年変動との関係を調べた。成魚・未成魚の耳石を観察して年齢組成を検討した結果、2001、2005 年級群が高い年級群豊度を示し、2002、2003、2004、2006 年級群の豊度は低かった。2001 年 8 月、2005 年 9–10 月には、広い発

育段階にわたる仔魚(2001年:A-F期, 2005年:A-G期)が採集され, 仔魚密度はすべての発育段階について相対的に高かった。しかし, 2002, 2003, 2004, 2006年に採集された仔魚の大半は, 摂餌開始直後のA-B期でこれらの密度は低かった。したがって, ソウハチは摂餌開始直後の仔魚の生残率が年級群強度に強く影響していることが考えられた。また, A期仔魚は3.8–19.1℃の水温範囲で採集されたが, 12℃以下では低い摂餌強度( $\leq 0.5$  個体/仔魚)しか示さなかったことから, 低水温による摂餌制限を受けることが明らかとなった。一方, この水温を超えていれば最低の餌ノープリウス密度(3.4 個体/L)でも比較的高い摂餌強度(2.0 個体/仔魚)を示したことから, 仔魚の摂餌強度は餌密度よりも水温の制限を強く受けることがわかった。強勢な年級群が発生した2001, 2005年には, 津軽暖流水の熱輸送による昇温効果によって平均水温が高かつ12℃以上の継続日数も長かった。したがって, この水塊の流入時期や規模は, 仔魚の摂餌可能な水温期間を規定し, 低水温による仔魚の摂餌の失敗が年級群強度に影響することが考えられた。

ソウハチ仔魚の耳石日周輪解析を行うため, 飼育実験による耳石微細輪紋の日周性の確認と天然仔魚の成長率の推定を行った。飼育仔魚の耳石には, 孵化後6日目まではほぼ規則的な輪紋が形成されていた。また, すべての野外採集個体について外縁部で明瞭な輪紋が観察されたため, 天然仔魚の採集直前の成長率は推定可能と判断された。9月における脊索屈曲前仔魚の採集直前5日間の平均成長率は, 2004年(0.13 mm/日)と2006年(0.12 mm/日)よりも2005年(0.15 mm/日)に高かった。仔魚採集地点における水深30 m層の平均水温は, 2004年(17.0℃)と2006年(17.2℃)に高く, 2005年には比較的lowかった(14.0℃)。一方, 餌ノープリウスの平均密度は3年間で大きな違いはなく(9.6–16.0 個体/L), 摂餌強度も2005年と2006年の間で差はなかった。したがって, ソウハチ仔魚にとって17℃以上の水温は, 代謝やより早期での変態のために多くのエネルギーを要するため, 2005年の14℃よりも高成長率を得るには不向きな水温であった可能性がある。

2005年および2006年に採集されたソウハチ仔魚の個体ごとの脂肪酸組成と蓄積量を調べ、同一個体の耳石縁辺の成長率を同時比較することで、天然仔魚の栄養状態の評価を行った。仔魚の躯幹部における脂肪酸蓄積量とDHA割合は、ともに体の各部位間で正の相関がみられたため、躯幹部についてもこれらは栄養状態を示す指標として有効であることがわかった。同一仔魚の躯幹部における脂肪酸蓄積量と耳石縁辺部の成長率との間には、弱い正の相関がみられたが、高成長率を示した個体の中には低い脂肪酸蓄積量を示す個体も存在していた。これは餌生物から得られた脂質は、体内に蓄積する前に代謝とタンパク質合成に用いられて成長へ寄与するためと考えられた。一方、脂肪酸分析に用いた仔魚からは、過去の飢餓耐性実験で確認されている様な、低い脂肪酸蓄積量かつ高いDHA割合を示す個体はみられなかった。このことから、比較的長期に及ぶ絶食を経験したと考えられる仔魚は天然水域には存在しないものと考えられた。

本研究により、道南太平洋水域におけるソウハチ仔魚の摂餌強度と成長率は、餌ノープリウス密度よりも水温に強く規定されており、湾内へ流入する津軽暖流水は、卵・仔魚の輸送にかかわるだけではなく、保持している熱量そのものが仔魚の摂餌と成長の“survival window”すなわち「生残に適する期間」を規定することが明らかとなった。また、ソウハチの強勢年級群の発生は、比較的発育の進んだ仔魚が高密度に出現することと、津軽暖流水の流入規模や湾内の水温変化を指標とすることで、ある程度予測可能と考えられた。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 高 橋 豊 美  
副 査 教 授 桜 井 泰 憲  
副 査 准教授 中 谷 敏 邦  
副 査 准教授 高 津 哲 也  
副 査 准教授 安 藤 靖 浩

## 学位論文題名

### 北海道南西部太平洋水域におけるソウハチ仔魚の生残過程

ソウハチは、北海道周辺各地において刺網や沖合底曳網によって漁獲されている重要な漁業資源であるが、漁獲量の年変動は大きく、資源量変動の原因はよく判っていない。資源量変動機構の解明には、初期生残過程を明らかにする必要がある。本研究は、北海道南西部太平洋水域において2001–2006年に採集された仔魚の摂餌生態および成長率の年変動を明らかにするとともに、脂肪酸を用いた栄養状態の評価を行い、同海域におけるソウハチの資源量変動メカニズムを考察したものである。

本論文において評価される点は次の通りである。

1. ソウハチ仔魚は、夏季噴火湾においてマイクロ動物プランクトンを主に摂餌するかいあし類コペポダイトと、ナノプランクトンやピコプランクトンを濾過摂餌する尾虫類を主に摂餌していたことから、餌料基盤が微生物ループを起点とした食物網に依存していることを推察した。
2. 成魚・未成魚の耳石を観察して年齢組成を検討した結果、2001, 2005年級群が高い割合を占め、2002, 2003, 2004, 2006年級群の割合は低かった。2001年8月, 2005年9–10月には仔魚密度が相対的に高く、広い発育段階にわたる仔魚が採集されたが、2002, 2003, 2004, 2006年には仔魚密度が低く、比較的初期の発育段階に留まっていた。したがって、摂餌開始期仔魚の生残率が年級群強度に強く影響すると判断した。
3. ソウハチ仔魚は水深30 m層の水温が3.8–19.1°Cの地点に出現した。摂餌開始直後の仔魚は、12°C以下の水温では低い摂餌強度(0.5個体/仔魚以下)しか示さなかったのに対し、この水温を超えていれば最も低いノープリウス密度(3.4個体/L)でも比較的高い摂餌強度(2.0個体/仔魚)を示していた。これらの結果より、仔魚の摂餌強度は餌密度よりも水温の影響を強く受けることを明らかにした。
4. 強勢年級群が発生した2001, 2005年には平均水温が高く、かつ12°C以上の継続日数も長か

った。さらに、これらの年は湾内の平均水温が 14.0–15.8 °C に上昇した環境に、仔魚は高密度に分布していた。このことから、湾内の水温が海面加熱によってある程度昇温した後の 8 月以降に湾内へ移送され、十分な摂餌が期待できる 12 °C 以上の水塊中に生息し、生残率が高められたものと推察した。また、当海域のソウハチの長期間にわたる産卵は、水温変化が生じやすい環境においても、死亡リスクを分散する再生産戦略であると推察した。

5. 9 月に、ソウハチ脊索末端屈曲前仔魚の採集前 5 日間の成長率は、2004 年 (0.13 mm/日) や 2006 年 (0.12 mm/日) よりも 2005 年 (0.15 mm/日) が高かった。仔魚の成長率は餌密度や摂餌強度よりも水温の差を強く反映し、2004 年や 2006 年の 17 °C 以上の水温は、2005 年の 14 °C よりも高成長率を得るには不向きな水温であったと推察した。
6. 比較的大型のソウハチ天然仔魚の躯幹部では、脂肪酸蓄積量の多い個体の DHA の割合は約 25% で安定していたことから、これらの仔魚は一定の DHA 割合を保ちつつ脂肪酸を体内に蓄積することが示された。よって、摂餌開始期を除いて仔魚の栄養状態の評価には、脂肪酸組成よりも脂肪酸蓄積量が有効であると判断した。
7. 同一仔魚の躯幹部における脂肪酸蓄積量と耳石縁辺部の成長率との間には、弱い正の相関がみられたが、高成長率を示した個体の中には低い脂肪酸蓄積量を示す個体も存在した。これは餌生物から得られた脂質は、体内に蓄積する前に代謝とタンパク質合成に用いられて成長へ寄与するためと推察した。
8. 本研究結果から、6–9 月に湾内へ流入する津軽暖流とその前面の移行水は、仔魚の移送だけでなく、保持している熱量そのものが仔魚の摂餌と成長の“survival window”，すなわち「生残に適する期間」を規定することを示唆した。ソウハチの強勢年級群の発生は、比較的発育の進んだ仔魚が高密度に出現することと、津軽暖流水の流入規模や湾内の水温変化を指標として、ある程度予測可能であることを指摘した。

以上の結果は、ソウハチ仔魚の摂餌生態を詳細に検討し、本種で初めて耳石日周輪による成長解析を行い、孵化直後の天然仔魚で初めて同一個体における成長と脂肪酸組成および蓄積量との関係を示した。さらに、北海道南西部太平洋水域における本種の加入量変動を決定する最も重要な要因を指摘し、資源量変動予測の可能性を示した点が評価される。よって審査員一同は、申請者が博士（水産科学）の学位を授与される資格のあるものと判定した。