

学 位 論 文 題 名

函館湾におけるマコガレイ仔稚魚の捕食者としての
エビジャコ *Crangon uritai* の時空間分布と摂餌生態

学位論文内容の要旨

マコガレイ *Pleuronectes yokohamae* は函館湾から木古内湾に至る北海道津軽海峡沿岸において、年間 173-349 トン漁獲されており、この海域における重要な漁業資源となっている。当海域では本種の資源変動機構を解明するため、初期生態に関する研究が行われてきた(中神, 2001; 中神ら, 2001)。それによると、マコガレイ仔稚魚の成育場は函館湾沿岸域に形成され、着底期に大規模な減耗が起こる可能性が示唆されている(中神ら, 2001)。しかし、その減耗要因については不明のままである。これまでに異体類の着底期における減耗要因の一つとして、エビジャコ属による被食が報告されており(van der Veer and Bergman, 1987; Yamashita *et al.*, 1996; Wennhage and Gibson, 1998; Ansell *et al.*, 1999; Oh *et al.*, 2001)、卓越年級群形成に強く関与していることが示唆されている。そこで本研究では、函館湾に分布するエビジャコ *Crangon uritai* の時空間分布と摂餌生態について調べ、エビジャコによるマコガレイ仔稚魚の被食機構の解明を目的とした。

1) 函館湾におけるエビジャコの時空間分布とマコガレイ仔稚魚の被食状況を調べるため、1997~2000年の3~6月(各月2~3回)に函館湾の水深3~20m域で小型そりネットを用いて、エビジャコ、マコガレイ仔稚魚およびその他の小型動物を採集した。食性解析の結果、マコガレイを捕食していたエビジャコの最小サイズは全長19mmであった。そこで、全長19mm以上のエビジャコをマコガレイ仔稚魚の捕食者とみなし、水深別個体数密度と海底水温との関係を調べた。エビジャコについては、加重平均分布水深と海底水温との間に有意な負の相関がみられ($r = -0.68$, $N = 20$, $p < 0.001$)、水温上昇に伴って浅所に移動することがわかった。一方、マコガレイ仔稚魚については、加重平均分布水深と海底水温との間に有意な相関は認められ

ず ($N = 19$, $p > 0.05$), 一部の期間を除いてエビジャコより深い水域で個体数密度が高かった。

2) 食性解析の結果, エビジャコはマコガレイの他に環境中に分布する仔稚魚, ベントス, プランクトンなど様々な小型動物を摂食することがわかった。エビジャコのジュベナイル, ニクハゼ仔魚, アミ類, ヨコエビ類について, 個体数密度がおよそ 1.0 個体 / m^2 を超えるとエビジャコによる被食頻度が急激に高まる, いわゆる密度依存的な被食が確認された。

3) 餌種の行動や形態特性の違いがエビジャコの餌選択にどのように関わっているかを明らかにするため, 捕食実験を行った。実験はエビジャコ5個体に対して, マコガレイ稚魚とエビジャコの主要な2種類の餌(アミの1種 *Nipponomysis* sp.とヨコエビの1種ナミノリソコエビ)を, それぞれ10個体ずつ同時に与えて行った。その結果, マコガレイ稚魚はエビジャコにとって処理(捕獲してから飲みこむまでの行為)に時間を要しない餌であるが, 底面から離れることがほとんどないために発見されにくく, かつ逃避能力も高いため, *Nipponomysis* sp.よりも捕食されにくい餌であった。また, ナミノリソコエビはマコガレイ稚魚に比べて小型であるが, 処理に時間を要し, 3種のうち最も捕食されにくい餌であった。以上の結果より, マコガレイ稚魚に比べて相対的に目立ちやすく, 逃避能力も低く, かつ処理にそれほど時間を必要としないアミ類のような餌の存在は, 野外でマコガレイの被食頻度を低下させている可能性が示唆された。

4) エビジャコの摂餌日周期性を明らかにするため, 1999年および2002年の4月に函館湾七重浜において, 2時間ごと24時間にわたり, そりネットによる採集を行った。エビジャコは昼夜ともに摂餌を行うが, 摂餌のピークは夜間にあり, 夜間は昼間の1.5-2.0倍にあたる重量の餌を捕食することが示された。

5) マコガレイ仔稚魚の発育段階の違いによる日周期的な活動性の変化, およびエビジャコによる被食リスクの差異を把握するため, 飼育環境下でエビジャコとマコガレイの行動を観察した。エビジャコは昼間に比べて夜間活発に行動するため, どの発育段階においても夜間の方がエビジャコによる被食の可能性は高くなることが示唆された。マコガレイについて, 脊索屈曲前仔魚前期は昼間に浮上個体が多く, 夜間には遊泳はほとんどみられなかった。この時期の仔魚は逃避能力が低く, かつ処理

時間が短いため、エビジャコに遭遇した場合、被食の影響は大きくなると考えられる。一方、脊索屈曲前仔魚後期は昼間よりも夜間の方が浮上している個体が多かった。この行動は骨格が未完成で被食に対する抵抗力の低い脊索屈曲前仔魚後期の個体にとって、エビジャコからの被食回避に有利であると考えられた。脊索屈曲・眼球移動中仔魚や脊索屈曲後仔稚魚は昼夜ともに着底しているため、エビジャコの攻撃を受けやすいが、逃避能力の発達や頭高の増大による処理時間の延長によって被食が緩和されていると考えられた。ただし、変態中である脊索屈曲・眼球移動中仔魚は脊索屈曲後仔稚魚に比べて逃避能力が低く、処理時間が短いため、被食の危険性は高いことが示唆された。

6) 野外においてエビジャコによる被食の可能性が高い期間を推定するため、まず、飼育環境下でエビジャコが選択的に捕食するマコガレイの体長を調べた。その結果、エビジャコはサイズ比(マコガレイの体長/エビジャコの全長)で 0.12-0.31 倍のマコガレイを捕食し、特にサイズ比 0.15-0.19 倍の個体を選択的に捕食することが示された。この実験で求めたサイズ階級ごとの捕食確率、および野外で採集されたマコガレイとエビジャコのサイズ比組成から、採集日ごとの被食可能性を推定した結果、水温の上昇が遅れた 1999 年は被食期間が長く、4-6 月にかけて高水温で推移した 2002 年は被食期間が短いことが示された。この被食期間の違いは、当海域では水温が高い年ほどマコガレイの成長は促進されるのに対し、マコガレイの成育場に分布するエビジャコの全長組成は変化しないことに起因すると考えられた。

以上の結果、エビジャコによるマコガレイ仔稚魚の被食状況は、水温を主要因とする分布の重複とマコガレイの成長速度によって大きな年変動を示す可能性が示唆された。エビジャコはそれぞれの餌について、個体数密度の差が小さい場合、発見しやすく、処理時間の短い餌を選択的に捕食するが、基本的に密度依存的な摂餌を行う。当海域では 3-4 月に卓越する北西風が連送することにより、中底層に分布するマコガレイ仔魚が湾奥へと運ばれる(中神ら, 2001)。したがって、仔魚の湾奥への輸送のタイミングと程度は、仔魚の湾内における個体数密度を変化させ、エビジャコによる被食インパクトの年変動をもたらす一因となることが考えられる。エビジャコによる被食減耗が激しいと考えられる年は、仔魚期から稚魚期にかけての密度低下が顕著であり、エビジャコによる仔稚魚の被食はマコガレイの加入量を決定する重要な要因の一つであることが示唆された。7 月以降の稚魚期については、エビジャコや魚類に

よる被食が認められなかった。今後、マコガレイの加入量予測を可能にするには、仔稚魚期の成長速度、若齢魚に対する漁獲圧の解析に加え、野外における仔稚魚の発育段階ごとのエビジャコによる被食頻度の違いや、昼夜における被食量の違いについても詳しく調べる必要がある。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 高 橋 豊 美
副 査 教 授 中 尾 繁
副 査 教 授 桜 井 泰 憲
副 査 助 教 授 中 谷 敏 邦

学 位 論 文 題 名

函館湾におけるマコガレイ仔稚魚の捕食者としての エビジャコ *Crangon uritai* の時空間分布と摂餌生態

マコガレイ *Pleuronectes yokohamae* は函館湾から木古内湾に至る北海道津軽海峡沿岸において、年間 173-349 トン漁獲されており、この海域における重要な漁業資源となっている。当海域では本種の資源変動機構を解明するため、初期生態に関する研究が行われてきた。それによると、マコガレイ仔稚魚の成育場は函館湾沿岸域に形成され、着底期に大規模な減耗が起こる可能性が示唆されている。しかし、その減耗要因については不明のままである。これまでに異体類の着底期における減耗要因の一つとして、エビジャコ属による被食が報告されており、卓越年級群形成に強く関与していることが示唆されている。そこで本研究では、函館湾に分布するエビジャコ *Crangon uritai* の時空間分布と摂餌生態について調べ、エビジャコによるマコガレイ仔稚魚の被食機構の解明を試みたものである。本論文で評価される点は次の通りである。

- 1) マコガレイ仔稚魚の主生育場となっていた函館湾を中心に、エビジャコとマコガレイ仔稚魚の時空間分布様式を調べ、エビジャコについては、加重平均分布水深と海底水温との間に有意な負の相関がみられ ($r = -0.68, N = 20, p < 0.001$)、水温上昇に伴って浅所に移動することを明らかにした。一方、マコガレイ仔稚魚については、加重平均分布水深と海底水温との間に有意な相関は認められず ($N = 19, p > 0.05$)、一部の期間を除いてエビジャコより深い水域で個体数密度が高いことを明らかにした。
- 2) 食性解析の結果、エビジャコがマコガレイ仔稚魚をはじめ環境中に存在する仔稚魚、ペントス、プランクトンなど様々な小型動物を摂食することを明らかにした。摂餌様式について、エビジャコのジュベナイル、ニクハゼ仔魚、アミ類、ヨコエビ類について餌の個体数密度が 1.0 個体/m^2 を超えるとエビジャコによる被食頻度が急激に高まる、いわゆる密度依存的な被食を確認した。
- 3) マコガレイ稚魚とその他エビジャコの主要な餌であるアミ類やヨコエビ類を同時に与え、エビジャコの餌選択基準の解明を試みた。その結果、マコガレイ稚魚はエビジャコ

にとって処理（捕獲してから摂餌が完了するまで）に時間を要しない餌であるが、底面から離れることがほとんどないために発見されにくく、かつ逃避能力も高いため、アミ類よりも捕食されにくい餌であった。また、ヨコエビ類はマコガレイ稚魚に比べて小型であるが、処理に時間を要し、3種のうち最も捕食されにくい餌であった。このように、エビジャコは発見しやすく、逃避能力が低く、捕食に時間を要しない餌を選択することを明らかにした。

- 4) エビジャコの摂餌日周性を明らかにするため、函館湾七重浜海岸において、2時間ごと24時間にわたり、そりネットによる採集を行った。その結果、エビジャコは夜間活発に摂餌を行い、夜間には昼間のおよそ1.5-2.0倍に相当する重量の餌を捕食することを示した。
- 5) マコガレイ仔稚魚の発育段階の違いによる日周期的な活動性の変化、およびエビジャコによる被食リスクの差異を把握するため、飼育環境下でエビジャコとマコガレイの行動を観察した。エビジャコは昼間に比べて夜間活発に行動するため、どの発育段階においても夜間の方がエビジャコによる被食の可能性は高くなることを示した。また、脊索屈曲・眼球移動中仔魚が最もエビジャコによる被食の危険性が高いことを示唆した。
- 6) 野外においてエビジャコによる被食の可能性が高い期間を推定するため、まず、飼育環境下でエビジャコが選択的に捕食するマコガレイの体長を調べた。その結果、エビジャコはサイズ比（マコガレイの体長/エビジャコの全長）で、特にサイズ比0.15-0.19倍の個体を選択的に捕食することを示した。この実験で求めたサイズ階級ごとの捕食確率、および野外で採集されたマコガレイとエビジャコのサイズ比組成から、採集日ごとの被食可能性を推定した結果、水温の上昇が遅れた1999年は被食期間が長く、4-6月にかけて高水温で推移した2002年は被食期間が短いことを示した。この被食期間の違いは、マコガレイは環境水温に依存した成長を行うが、エビジャコは環境水温に依存した成長を行わないことに起因すると推察した。

本研究は、エビジャコによるマコガレイ仔稚魚の被食減耗機構を明らかにし、天然資源の加入量予測および資源管理を実施する上で重要な基礎的知見を提供したものとして、審査員一同は、本研究の申請者が博士(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。なお、平成16年2月19日の研究科委員会最終審査において、投票数32票、可とするもの32票で研究科委員全員が合格と判定した。