



Title	スケトウダラ稚魚の捕食者としてのソウハチの生理・生態学的研究〔論文内容及び審査の要旨〕
Author(s)	西尾, 燦吾
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第16206号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95447
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Sango_Nishio_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）

氏名：西尾燦吾

学位論文題目

スケトウダラ稚魚の捕食者としてのソウハチの生理・生態学的研究

ソウハチ *Cleisthenes pinetorum* の漁獲量および資源量は近年増加傾向にあり、最重要漁業資源の一つであるスケトウダラ *Gadus chalcogrammus* の稚魚の捕食者として注目されている。そのため、ソウハチがスケトウダラ稚魚に及ぼす捕食圧の推定が急務である。その捕食圧の推定には、摂餌速度等の生理的パラメーターを飼育実験で推定する必要がある。また、ソウハチは海底を離れ表層付近まで浮上する習性をもつ。この異体類としては特異な生態が、表-中層に分布するスケトウダラ稚魚の捕食を可能とするため、本種の浮上メカニズムの解明に向け、本研究では三つの仮説を設定した。i) 水温依存的な生理的制限：本種の生息域である噴火湾周辺で春-夏季の底層は低水温であり、表層との間に 10℃以上の水温差が生じることがある。変温動物である魚類の生理は温度依存性であるため、低温下では摂餌速度が著しく低下する。そのため、本種は高水温な表-中層へ浮上することによりそれらの制限を補っている可能性がある。ii) 餌サイズ選択性：底層よりも表-中層に分布する小型の餌の方が、ソウハチにとって捕食しやすい可能性がある。iii) 鉛直移動のコスト：本種を含む異体類は鰾を持たず、浮力を調節できない。そのためソウハチは浮上コストを削減するために、体密度を低く維持しているかもしれない。本研究ではこれらの仮説の検証を通じて、ソウハチの浮上メカニズムを解明すると共に、生理的パラメーターの推定を通じてスケトウダラ稚魚に対する捕食圧の推定を実現することを目的とした。

ソウハチの空間分布規定要因を明らかにするため、2007-2022 年に北海道太平洋沿岸での着底および中層トロール調査資料により、本種の生物量と各種環境変数との関係を調べた。その結果、ソウハチの着底曳きでの分布重心は 3.4℃にあり、中層曳きでは 5.5℃と 2.1℃の差があった。

ソウハチの摂餌速度を調べるため、スケトウダラ稚魚を摂餌したソウハチの胃内容物重量と摂餌後の経過時間の関係および摂餌量と成長量の関係を調べ、胃内容物排出速度（摂餌速度の上限值）および食物要求速度（ゼロ成長となる摂餌速度：摂餌速度の下限值）に及ぼす水温の影響を明らかにした。その結果、4、9 および 14℃において、胃内容物排出速度と食物要求速度はそれぞれ 24.5、51.3、137.4 J g⁻¹ day⁻¹ および 17.7、27.0、35.7 J g⁻¹ day⁻¹ となり、10℃の水温上昇で両指標はそれぞれ 6.6 および 2.0 倍増加した。ソウハチの食物要求速度は冷水性魚種の中では中庸な値であったが、胃内容物排出速度は冷水性底魚類の中で最大値を示した。また、摂取可能なエネルギーを示す両指標の差は 14℃で 128.5 J g⁻¹ day⁻¹ だったが、4℃では 11.7 J g⁻¹ day⁻¹ と 1/10 未満に減少し、低温下で本種の成長は大きく制限されることが示された。

絶食時およびスケトウダラ稚魚を摂餌したソウハチの酸素消費速度を水温ごとに測定し、基礎代謝速度および消化時の代謝速度（特異動的作用：SDA）に及ぼす水温の影響とエネルギー配分の変化を調べた。その結果、4、9、14℃の基礎代謝速度および SDA 総量はそれ

ぞれ 2.63 ± 1.353 、 6.22 ± 1.776 、 $7.62 \pm 1.862 \text{ J gBW}^{-1} \text{ day}^{-1}$ および 347 ± 67.8 、 244 ± 46.2 、 $227 \pm 69.4 \text{ J gBW}^{-1} \text{ gPREY}^{-1}$ と推定され、水温の上昇とともに増加および減少した。それに伴い、4、9 および 14°C における消化に必要なエネルギーは摂取餌エネルギーの 8.7、6.1 および 5.7% に相当した。この結果から、水温が高いほうが消化効率が高いことが示された。一方で、基礎代謝速度は水温上昇に伴い増加したものの、非消化活動時の低水温におけるエネルギー可能性は限定的であった。

スケトウダラ稚魚に対するソウハチの餌サイズ選択性を明らかにするため、実内実験により両種の捕食-被食行動を観察し、接近、攻撃および捕食成功回数を計数するとともに、処理（嚥下）に要した時間を測った。その結果、ソウハチの捕食成功率（捕食回数/攻撃回数）、攻撃率（攻撃回数/接近回数）および利益率（餌重量/捕食成功率/処理時間）はスケトウダラ稚魚の体長比が 0.2 で最大となり、0.4 以上の稚魚を捕食しなかった。また、捕食成功率には両者の追跡や逃避の速度よりも逃避開始時の距離が関連しており、稚魚の成長に伴う察知能力の向上により捕食成功率の違いが生じたものと考えられた。

ソウハチの浮力調節機構を明らかにするために、ソウハチと他のカレイ科魚類 16 種の体密度を測定した。その結果、底生食者 ($1.060 \pm 0.0082 \text{ g cm}^{-3}$)、混合食者 ($1.058 \pm 0.0096 \text{ g cm}^{-3}$) および漂泳食者 ($1.026 \pm 0.0055 \text{ g cm}^{-3}$) の順に体密度が小さくなる傾向にあった。混合食者に分類されたソウハチは、混合食者の中で体密度が最も小さく ($1.046 \pm 0.0029 \text{ g cm}^{-3}$)、海底からの浮上に有利に働くと考えられた。

以上の結果より、ソウハチの浮上について、4 つの作動機構が考えられた。1 つ目に、低温 (4°C) 下では本種の胃内容物排出速度と食物要求速度の差が少なく、成長が著しく制限されることから、この水温による生理的制限を補償するために浮上している可能性があると考えた。2 つ目に、消化に要する SDA 総量は高水温になるほど低下し、消化の効率が高まることから、高水温な表中層にとどまることは適応的と判定した。3 つ目に、着底前のスケトウダラ稚魚はソウハチにとって最適な餌サイズとして選択され、着底後のサイズに対しては捕食の成功率が著しく低下すると推定した。そのため、利益率の高い捕食を行うために、浮上している可能性を示した。4 つ目に本種は、他の底生性カレイ科魚類よりも体密度が低く、浮上コストを節約できることが本科魚類の中で特異的な浮上生態を担保していると推定した。

最後に、スケトウダラ稚魚に対するソウハチの捕食圧を推定するため、胃内容物排出速度および食物要求速度と、胃内容物に占めるスケトウダラ稚魚の重量割合 (28%: 引用値) から構築した摂餌モデルに生息水温を適用し、水温ごとのソウハチの生物量に応じて求めた捕食量を積算することで、捕食量の上限および下限を推定した。その結果、ソウハチ道南太平洋 (1 万 5 千トン) は、スケトウダラの着底直前期に当たる 6 月の 30 日間に 1.15 億–1.93 億尾のスケトウダラ稚魚を捕食すると推定された。これはスケトウダラ太平洋系群 0 歳魚加入量の 13.6–22.8% に相当したことから、ソウハチによる捕食圧は当系群の加入に大きな影響を及ぼすと推定された。本研究は、太平洋系スケトウダラ加入におよぼす捕食者の影響を定量に明らかにした初の事例であるが、今後より高精度な推定を行うためには、ソウハチとスケトウダラ稚魚の水平・鉛直的な分布重複の時空間変動と、捕食生起の関連を明らかにする必要がある。