

学 位 論 文 題 名

マナマコの資源生物学的研究

学位論文内容の要旨

マナマコは、日本では主に生食で利用される水産上重要種であり、その煮干品は中国で珍重される。その資源状態は、各地で悪化していると考えられ、資源増殖に関心が高まっている。しかし、個体群生態学的な研究の停滞から、今日でも確固たる知見に基づいた対策が立てられていない。そこで本研究では、本種の個体群生態学的な研究を進展させることを目的に、マナマコの資源生物学的研究に取り組んだ。

本種では、生時に伸縮したり、海水や砂を取り込んだりするため、体サイズ測定基準が確立されていなかったことから、最初に、新測定基準（標準体長）を確立することを目的に研究を実施した。体長測定用麻酔液の改良を検討したところ、10%エタノール海水にメントールを飽和溶解させ、これを40%海水希釈すると、体長測定に利用可能な麻酔液となることが明らかとなった。さらに、これを用いて測定される標準体長について、自由な伸縮状態でも、同時に1回だけ測定した体長と体幅によって算出可能とする回帰式を提案した。この方法の有効性を検証するため、野外調査において、標準体長で得られたデータの解析結果を従来の方法によるものと比較した結果、従来の方法では体サイズを過小評価することが明らかになり、標準体長の実用性と有効性が確かめられた。

次に、不明な点の多い幼稚仔の分布の実態を明らかにする目的で研究をおこなった。山口県東部瀬戸内海の潮間帯において、幼稚仔の分布と住み場の環境条件を調査し、住み場が非常に少ないことを明らかにすると同時に、成育に適した生物的・物理的環境条件を明らかにした。また、成体が分布する人工港湾において、幼稚仔の分布の有無を明らかにするため、付着生物の剥ぎ取り調査による稚ナマコの探索をおこなった。その結果、付着生物群集中に潜む稚ナマコの存在を明らかにし、付着生物相と関連付けて稚ナマコの個体数を推定した。

また、個体群動態研究の基礎を築くため、成体の住み場の環境条件や住み場内の季節分布パターンを明らかにすることを目的に研究をおこなった。標識放流個体の追跡調査による夏眠場の特定を試みたほか、室内実験による行動的特性の理解による間接的な夏眠場の推定を試みた。標識個体の追跡では、砂泥上に放流された個体が、直ちに岸壁の構造物上に移動し、何らかの基物の隙間もしくは下面に付着し、潜り込むように身を寄せていた。この観察から重要と考えられた3つの要素、付着角度の選択性、走触性、背光性について、

夏眠場の選択に与える影響を明らかにするために実験をおこなった。その結果、これら全てが満たされて初めて夏眠場が成立する可能性が示唆された。さらに、季節分布パターンを明らかにする目的で、山口県西部の波止場において個体群の追跡調査をおこなった。その結果、冬季には海底にも広く分布する一方、夏季には構造物上に限って分布する季節性が認められ、それは個体の局所移動によるものと考えられた。これによって、季節分布パターンの形成要因について仮説が提示され、特に大きな要因と考えられたことから、基質選択性の季節性の存在を検証する目的で実験をおこなった。その結果、本種の付着基質選択の季節性が明らかになった。

最後に、生活史初期の成長に関する研究に取り組んだ。まず、小規模の中間育成試験を通じて、飼育方法が種苗の成長に与える影響について検討した。その結果、水槽内における摂餌機会の不均等が原因となって成長のバラツキ（成長差）が生じると考えられた。さらに、飼育条件と異なる自然の個体群では、そのような影響はないと予想され、コホート解析の手法により2つの野外調査を実施した結果は、予想通りに成長差の小さいものであった。山口県瀬戸内海における成長速度の推定からは、着底後12ヵ月で標準体長50 mm、24ヵ月で100 mm程度の成長が示された。一方で、着底後半年程度の成長停滞期の存在が明らかになり、成長開始時期の変動に伴い、発生群ごとの成長量の変動が認められた。北海道噴火湾において、放流種苗の成長速度の推定を試みた結果は、瀬戸内海の天然個体群と比較して明らかに遅い成長を示唆し、主群のモードは着底後24ヵ月で40 mm程度、36ヵ月で65 mm程度と推定された。

以上の研究の結論として、本種の生物学的・生態学的知見が次のように得られた。

- 1) 自由な伸縮状態でも次回帰式によりマナマコの標準体長を求めることが出来る。ここで Le は標準体長、 L は体長、 B は体幅を表す。
青色型： $Le = 2.32 + 2.02 \cdot (L \cdot B)^{1/2}$
黒色型： $Le = 1.34 + 2.12 \cdot (L \cdot B)^{1/2}$
- 2) 平生湾の潮間帯において、青色型・黒色型の稚ナマコに好適な住み場は、潮位レベル+0.4 m程度の転石帯で、タイドプールや海水の染み出しによって生物が守られる環境である。ホンダワラ類の存在は稚ナマコの加入に、適度な富栄養化とアオサ類の繁茂は成長と生残に役立つと考える。
- 3) 人工港湾部の潮下帯の付着生物群集において、マガキやキクザルガイの密生する環境は、稚ナマコの加入および生残さらには夏眠に役立っている。付着生物群集の複雑な表面構造、生物多様性にはマナマコに対する資源増殖効果があると考えられる。
- 4) 成体マナマコの本来の夏眠場は、岩礁の裂け目や転石の下面と考えられ、泥に潜入することはないと考える。本種の成体は夏眠期に、負の走地性、走触性、背光性を備え、これらの全てが満たされない限り、夏眠場を求めて夜間に活発に移動する。
- 5) 吉見湾の潮下帯において、成体マナマコは、夏季・秋季には構造物上の物陰で夏眠し、

活動期である冬季・春季には海底にも分布する。約 150 mm 以上の個体は夏眠から回復すると直ぐに海底に降り、厳冬期には広範囲に拡散するが、約 150 mm 未満の個体は春季まで構造物の周辺に留まる。

- 6) 成体マナマコは付着基質選択性を季節的に変化させ、高水温期には、砂に対する忌避、カキ殻への非常に強い依存が観察される一方、低水温期には観察されない。野外で見られる成体マナマコの季節分布パターンは、このような付着基質選択性の季節変化によって形成され则认为る。
- 7) 本種における極端な成長差の拡大は、空間と餌量に制限がある飼育条件下で、付着位置の違いによって摂餌機会が異なるために生じ、自然条件下では生じない。なお、摂餌機会の偏りは、非選択性の堆積物食者とされる本種が餌料に誘引されないことに原因がある。
- 8) 0 歳の稚ナマコは、飼育条件下では 1 年を通して成長を続け、狭い水槽の中でも豊富に餌料を与えれば、着底後 11 ヶ月で 150 mm を超えて成熟にさえ達する。また、飼育条件下では、収容密度そのものが本種の成長に与える影響は小さい。
- 9) 0 歳の稚ナマコは、平生湾の潮間帯では着底後 8 ヶ月以上にわたって成長を停滞させ、成長開始は厳冬期を過ぎる 2~4 月まで持ち越される。その後の成長は飼育条件下よりも急激で、夏眠期までの成長速度は 3~4 ヶ月で 50~90 mm にも達する。
- 10) 噴火湾における放流種苗の成長は遅いが、小型の種苗にも着実な成長が認められ、放流後 2 年で 65 mm 程度と推測される。ただし、これは種苗の多数を占める小型種苗の成長を表し、少数の大型種苗からは 50 mm 以上の遅れがある则认为る。

これらの生物学的・生態学的知見が得られたことにより、本種の個体群生態学的な研究、特に野外における個体群動態研究にとって大きな前進となった。また、これらの知見に基づき、幼稚仔の住み場や成体の夏眠場の整備などが可能となり、資源増殖のための取り組みに直ちに貢献できるほか、本研究で確立した新測定基準や、それを用いて推定された成長速度などの知見は、資源管理計画の策定に役立つと考える。

学位論文審査の要旨

主査	教授	五嶋聖治
副査	教授	高橋豊美
副査	特任教授	伏谷伸宏
副査	准教授	和田哲

学位論文題名

マナマコの資源生物学的研究

マナマコは、日本では主に生食で利用される水産上重要種であり、その煮干品は中国で珍重される。その資源状態は、各地で悪化していると考えられ、資源増殖に関心が高まっている。しかし、個体群生態学的な研究の停滞から、今日でも確固たる知見に基づいた資源増殖策が立てられていない。そこで本研究では、本種の個体群生態学的な研究を進展させることを目的に、マナマコの資源生物学的研究に取り組んだ。

新体サイズ測定法：本種では、生時に伸縮したり、海水や砂を取り込んだりするため、体サイズ測定基準が確立されていなかったことから、新測定基準（標準体長）の確立を図った。体長測定用麻酔液の改良を検討したところ、10%エタノール海水にメントールを飽和溶解させ、これを40%海水希釈すると、体長測定に利用可能な麻酔液となることが明らかとなった。さらに、これを用いて測定される標準体長について、自由な伸縮状態でも、同時に1回だけ測定した体長と体幅によって算出可能とする回帰式を提案した。この方法の有効性を検証するため、野外調査において、標準体長で得られたデータの解析結果を従来の方法によるものと比較した結果、従来の方法では体サイズを過小評価することが明らかになり、標準体長の実用性と有効性が確かめられた。

幼稚子の生息地特性：不明な点の多い幼稚子の分布の実態を明らかにするため、山口県東部瀬戸内海の潮間帯において、幼稚子の分布と住み場の環境条件を調査した。その結果、幼稚子は潮位レベル+0.4m程度の転石帯を好み、ホンダワラ類の存在は稚ナマコの加入に、適度な富栄養化とアオサ類の繁茂は成長と生残に役立つことを明らかにした。

成体の夏眠：成体の住み場の環境条件や住み場内の季節分布パターンを明らかにするため、標識放流個体の追跡調査により夏眠場の特定を試みた。その結果、夏季には何らかの基物の隙間もしくは下面に付着し、潜り込むように身を寄せていることを明らかにした。また、室内実験の結果、付着角度の選択性、走触性、背光性の全てが満たされて初めて夏眠場が成立する可能性が示唆された。

季節的分布パターン：季節分布パターンを明らかにする目的で、山口県西部の波止場において個体群の追跡調査をおこなった。その結果、冬季には海底にも広く分布する一方、夏季には構造物上に限って分布する季節性が認められ、それは個体の局所移動によるものと考えられた。

成体の付着基質選択性：成体マナマコは付着基質選択性を季節的に変化させ、高水温期には、砂に対

する忌避、カキ殻への非常に強い依存が観察される一方、低水温期には観察されない。野外で見られる成体マナマコの季節分布パターンは、このような付着基質選択性の季節変化によって形成され则认为る。

成長：小規模の中間育成試験を通じて、飼育方法が種苗の成長に与える影響について検討した。その結果、水槽内における摂餌機会の不均等が原因となって成長のバラツキ（成長差）が生じると考えられた。さらに、飼育条件と異なる自然の個体群では、そのような影響はないと予想され、コホート解析の手法により2つの野外調査を実施した結果は、予想通りに成長差の小さいものであった。山口県瀬戸内海における成長速度の推定からは、0歳の稚ナマコは、平生湾の潮間帯では着底後8ヵ月以上にわたって成長を停滞させ、成長開始は厳冬期を過ぎる2～4月まで持ち越される。その後の成長は飼育条件下よりも急激で、夏眠期までの成長速度は3～4ヵ月で50～90 mmにも達する。着底後12ヵ月で標準体長50mm、24ヵ月で100 mm程度の成長が示された。商品サイズである体長200mmほどに成長するのに3年以上かかることが分かった。一方で、着底後半年程度の成長停滞期の存在が明らかになり、成長開始時期の変動に伴い、発生群ごとの成長量の変動が認められた。北海道噴火湾において、放流種苗の成長速度の推定を試みた結果は、瀬戸内海の天然個体群と比較して明らかに遅い成長を示唆し、主群のモードは着底後24ヵ月で40 mm程度、36ヵ月で65 mm程度と推定された。

これらの生物学的・生態学的知見が得られたことにより、本種の個体群生態学的な研究、特に野外における個体群動態研究にとって大きな前進となった。また、これらの知見に基づき、幼稚仔の住み場や成体の夏眠場の整備などが可能となり、資源増殖のための取り組みに直ちに貢献できるほか、本研究で確立した新測定基準や、それを用いて推定された成長速度などの知見は、資源管理計画の策定に役立つと考える。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。