

学 位 論 文 題 名

ホソメコンブ現存量予測モデルの研究

学位論文内容の要旨

1. 研究の背景

我が国における水産資源や海域環境に対する社会的要請は、水産資源の維持回復や環境保全にあるものの、現状ではそれらを定量的に予測評価する手法が確立されていない。その中でも藻場の持つ魚類の産卵・生息場としての機能や水産資源としての価値の高さから、藻場環境および藻場現存量を予測する手法の研究開発が急務である。また、北海道の水産業の大きな課題の一つである漁獲量の増大を図るためには、磯焼けの解消・藻場の創出が必要である。本研究では、磯焼け海域の代表種であるホソメコンブを研究対象とし、その現存量を海域環境（波浪、潮流、水質、底質等）を指標に予測するモデルである。このモデルの実用化により、投資効果の高い藻場造成や環境に配慮した漁港計画の立案などが可能となり、また環境影響評価手法としての活用も期待される。

2. 生産量式構築の方針

これまでに提案されている海藻群落の生産量（ P_g ）算定式は、生態特性に由来する指標（ a , b , m , K , F ）を用いた光合成法に基づく式である。海域環境を指標としてこの式を再構築するため、以下の方針を定めた。

- ① a , b , m を定数として求めた生産量を P_1 、環境変化による P_1 の生産率を β として、 P_g を P_1 と β の積（ $P_g = P_1 \times \beta$ ）であらわす。
- ② a , b , m は季節変化が大きいので、その変動率 β は水温、流況（波浪）、栄養塩濃度等の環境変化に依存する。
- ③ 生産率 β は、水温による β_1 と流速・栄養塩による β_2 の積（ $\beta = \beta_1 \times \beta_2$ ）であらわし、 β_2 は現地実験で明らかにする。
- ④ K （群落吸光係数）と F （葉面積指数）は群落の生産とともに変化する係数であるため、生産量を指標に定量化する。

3. 生産量式の構築

松山が忍路湾で行った調査結果および、忍路湾産のホソメコンブを用いた流速一成長量、栄養塩濃度一成長量の2種類の実験結果をもとにモデルを構築した。

K は葉の傾きや配列様式、光の透過率などによる群落特有の値である。また F は単位面積当りの葉面積である。松山が忍路湾で行った調査結果を用いて相関関係を整理

した結果、月毎の累積生産量 ΣP_g と、影響を受ける翌月の K 、 F の相関が良いことが明らかになり、その関係を定式化した。

水温による生産率は、月別の水温変化による相対光合成量から年平均値を求め、それを1.0とした各月の相対光合成量を規格化して β_1 とした。

流速・栄養塩濃度に依存する β_2 を求めるため、現地実験により成長率 α を求めた。成長率 α のホソメコンブは、1日で重量が α (%)増加し、翌日の重量は $(1 + \alpha/100)$ 倍となる。この α は茎～30cmまでの成長率であるため、ホソメコンブ全体(茎～先端)に換算するには α を0.340倍する必要がある。また増加分は翌日からの生産に寄与し、 n 日経過後の重量は $(1 + 0.340 \alpha/100)^n$ となる。この値を β_2 とした。

実験ではその他考慮すべき係数として、栄養塩吸収効率があることが明らかになった。この効率とは、周囲に栄養塩濃度が十分にあっても老化したホソメコンブでは吸収率が低下することを示している。この吸収効率の生産量式中での扱いは、式中の変数が環境因子のみで生態特性値を扱っていないため、栄養塩濃度の係数として栄養塩濃度に乗じることとした。これは、ホソメコンブ自体が内的に持つ吸収効率を、栄養塩濃度という外的な環境要因に置きかえることである。この吸収効率は β_2 を求める際に、実際の濃度に乗じる係数となる。

上記の各係数を用いた生産量式の再現性を確認するため、忍路湾をモデルケースとして試算を行なったところ、ホソメコンブの光合成特性を再現することができた。

4. 現存量の算定

実海域での適用を可能とするためには、生産量(光合成のみを考慮)から現存量(光合成のほかキタムラサキウニの摂餌や先枯れ等を考慮)への変換方法を確立する必要がある。そのため以下の関係にある各項目の設定方法を明らかにした。

$$(\text{現存量}) = (\text{生産量 } P_n) - (\text{摂餌量}) - (\text{先枯れ量}) - (\text{流出量})$$

$$(\text{生産量 } P_n) = (\text{総生産量 } P_g) \times (P_n/P_g \text{ 比}) \times (\text{生産率 } \beta)$$

P_n/P_g 比、先枯れ量、流出量の3項目については忍路湾での調査結果を用いた。

摂餌量の算定は、 $(\text{摂餌量}) = \{\text{個体の摂餌量(月で規定)}\} \times \{\text{個体の摂餌圧(流速で規定)}\} \times \{\text{個体の分布数(流速で規定)}\}$ であらわした。ここで個体当りの摂餌量は菊池・浮、流速の影響は川俣の報告によるものとした。

5. 平面モデルでの検証

当研究の実用性を明らかにし汎用的な利用方法を確立するために、生産量式の応用例として実海域における平面モデルの妥当性検証と、波浪計算手法の選定や計算条件の設定方法を提案した。また、ホソメコンブの現存量に大きな影響を与えるキタムラサキウニの摂餌量の設定方法を、波浪と振動流速の関係を現地調査結果と比較検証しながら明らかにした。

不規則波による波浪場を簡便に算定できるエネルギー平衡方程式と、規則波ながら碎波変形を厳密に再現できる非定常緩勾配方程式の2種類を現存量算定式に適用し、その結果を比較検証した。結果をまとめると次のとおりである。

検 討 手 法		評 価	過去の 検証例
波 浪 変 形	エネルギー平衡	対象範囲が広い場合、回折・反射の影響が少ない場所での計算に適しているため、環境アセスメントや藻場適地選定に利用できる。	有
	非定常緩勾配緩勾配	砕波変形や回折・反射の計算精度が高いため、構造物近傍、局所的な地形変化がある場所の評価、砕波帯内での検討に利用できる。	—
波 浪 条 件	平均波	有義波と比較して振動流速の再現性が悪い。	有
	有義波 33%波	一般的に33%波のほうが波高は小さくなるため、計算手法にかかわらず33%波のほうが摂餌量は大きく、現存量は小さくなる。しかし、その違いは砕波帯近傍に限られる。	—
	最大波	上記3つの波とは計算結果が大きく異なる。摂餌量、現存量ともに現状を再現できない。	—

これらの結果、ホソメコンブの分布域が再現できることを確認し、また計算手法による結果の違いは、反射・回折域に限られることを明らかにできた。波浪場の計算手法選択の目安としては、構造物近傍の反射・回折領域や、砕波帯内の水位上昇の影響を考慮すべき領域に着目する場合には非定常緩勾配方程式を用いることが妥当である。一方、広範な領域を対象とし施設配置の影響などに着目する場合にはエネルギー平衡方程式でも十分適応可能であることが明らかになった。

学位論文審査の要旨

主査	教授	梨本勝昭
副査	教授	中尾 繁
副査	教授	山本勝太郎
副査	助教授	平石智徳
副査	助教授	山下成治

学位論文題名

ホソメコンブ現存量予測モデルの研究

我が国周辺における沿岸の海洋生物資源の水準が著しく低下し、漁業生産量が減少してきている。沿岸漁業の生産量を増大するために種苗を積極的に生産して放流する事業、人工魚礁設置や藻場・干潟を造成する漁場整備の事業が推進されてきている。また、日本海沿岸では「磯焼け」が著しく進行して、魚類の産卵や生息の場、藻食動物の餌料として重要な海藻類が消滅し、沿岸漁業に大きな被害をもたらしている。我が国では200カイリ体制の下で、周辺水域における水産資源の適切な保存管理と持続的利用を基本として国民への水産物の安定供給や漁業地域の活性化を図るために積極的に増養殖事業が取り組まれつつある。水産資源の持続的利用のための調査研究の高度化を重要課題の一つにあげ、水産資源の変動機構の解明と予測方法の開発、水産資源の評価手法および管理技術の高度化、環境調和型漁業生産技術の開発を行って漁業資源の水準の上昇と安定生産を目指している。水産資源や海域環境に対する我が国の社会的要請は水産資源の維持回復や環境保全にあるが、これらを定量的に予測評価する手法がほとんど確立されていない。その中でも藻場は魚類の産卵・生息場として、さらに有用な海藻の生産の場として大きく機能しており、藻場環境および藻場現存量を予測する手法の研究開発が急務となっている。これまでの研究では海洋生物の生息に関与する代表的な環境因子を指標に、生息場を定性的に評価する手法は幾つか提案されている。しかし、生物の現存量を定量的に、かつ多くの環境因子をそれぞれ独立変数として同時に考慮し、現存量を評価するモデルを構築するまでには至っていない。

本論文では北海道南西部の磯焼け海域の代表的な海藻ホソメコンブを対象として、海域環境と藻場生産の関係を既往の研究や室内実験からモデル化し、また食害動物の影響も考慮した藻場現存量予測モデルを開発した。ホソメコンブ群落の光合成に影響を与える環境因子を独立変数として、生産量式を構築した。次に、生産量を現存量に変換するため、ホソメコンブの現存量に影響を与えるキタムラ

サキウニの摂餌量を環境因子でモデル化し、また先枯れや流失量も考慮した。そして、現存量の算定が実海域において適用可能となる平面モデルを構築した。この平面モデルの構築にあたっては波浪場の計算が流況やキタムラサキウニの摂餌を規定し現存量に大きく影響するため、幾つかの波浪計算式を用いて比較して、その妥当性について検討したものである。

特に審査員一同が高く評価した点は以下の通りである。

- 1) ホソメコンブの群落の生産量を純生産量と、水質、振動流速（波浪）、栄養塩濃度などの環境要因に影響する生産率との関数として表示した点。
- 2) 生産に及ぼす栄養塩吸収効率を、生産量式中では栄養塩濃度の係数として栄養塩濃度に乗じることによってホソメコンブ自体が内的に持つ吸収効率を栄養塩濃度として外的環境要因に置きかえた点。
- 3) ホソメコンブ現存量を純生産量、ムラサキウニによる摂餌量、先枯れ量、流出量との関数として数学モデルを構築した点。
- 4) 実海域の波浪場の条件を策定するのに非定常緩勾配方程式、エネルギー平衡方程式との2種類を現存量算定式に適用して、比較検討した。ホソメコンブの分布域と現存量を十分再現ができることを確認し、前者の計算では構造物近傍の反射・回折領域や砕波帯内の水位上昇の影響を考慮すべき領域に着目する場合に用いるのが妥当であり、広範な領域を対象として施設の配置などに着目する場合には、後者でも十分適用できることを明らかにした点。

以上の成果は投資効果の高い藻場造成や環境に配慮した漁港計画の立案などに適応が可能であり、さらに環境影響評価手法としての活用にも大いに寄与することができ高く評価できる。よって審査員一同は本論文が博士（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。