

第II部門

食物網モデルを用いた大阪湾・播磨灘におけるイカナゴ資源の変動解析

大阪市立大学工学部 学生員 ○葛原 滉大

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 相馬 明郎

1. 研究背景・目的

瀬戸内海において、イカナゴはカタクチイワシに次ぐ漁獲量第2位の重要漁業資源である¹⁾。また、瀬戸内海におけるイカナゴの漁獲の70%以上は播磨灘・大阪湾で占められている。この資源を持続的に活用するため、大阪湾・播磨灘では従来から資源管理型漁業が行われてきた。しかしながら、大阪湾・播磨灘でのイカナゴ漁獲量は1970年代をピークに減少し、特に最近2年の低下は著しく、大きな問題となっている。イカナゴの減少要因として、水温上昇、漁獲の変化、貧栄養化に伴う餌の減少などが関連していると考えられているが、その要因は未解明である。本研究では食物連鎖構造を定量的に把握できるEwE(Ecopath with Ecosim)モデルを用いて、生態系構造を明らかにし、生態系の変化がイカナゴ資源に与える影響を解明することを目的とする。

2. EwEモデルの概要

EwEは生態系に登場する全ての種を対象とし、食物連鎖構造を定量的に把握できるモデルであり、EcopathとEcosimの2つのモデルから構成されている。Ecopathは、生態系を構成する生物要素を摂餌生態の観点から類似したグループ(機能群)にまとめ、図1のような定常状態での食物連鎖ネットワークを推定するモデルである。EcosimはEcopathで推定した食物網から、漁獲量や基礎生産量を変化させ、各機能群の現存量の応答を予測・評価するモデルである。

3. EwEモデルの基本式

Ecopathでは、機能群*i*の現存量は次の式で定義される。

$$\frac{dB_i}{dt} = B_i \left(\frac{P_i}{B_i} \right) - \sum_j B_j \left(\frac{Q_{ji}}{B_j} \right) DC_{ij} - M_i - Y_i = 0 \quad (1)$$

$$\Leftrightarrow [\text{生産量}] - [\text{被食量}] - [\text{その他死亡}] - [\text{漁獲量}] = 0$$

ここで、*i*は機能群、*j*は*i*の捕食者、*B*は現存量[t・km²]、*P*は生産量[t・km²・h⁻¹]、*M*は漁獲と捕食以外の死亡[t・km²・h⁻¹]、*Y*は漁獲量[t・km²・h⁻¹]、*Q*は

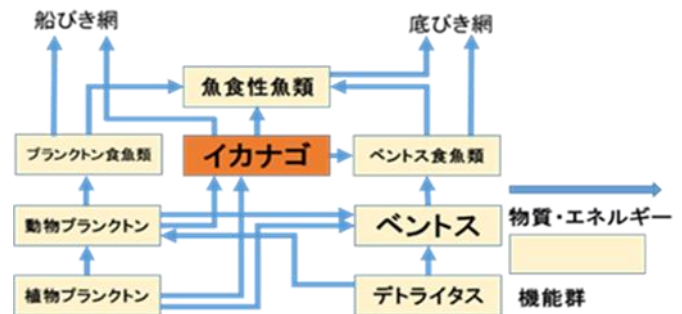


図1: イカナゴを含む食物網の概観

被食量[t・km²・h⁻¹]、*DC*は食物組成(*j*が*i*を食べる割合)[%]を示す。この式の構築に必要なパラメータは1)現存量*B*[t・km²]、2)現存量あたりの生産量*P/B*、3)現存量あたりの摂取量*Q/B*、4)漁獲量*Y*、5)食物組成*DC*である。この5つのパラメータを既往の文献²⁾³⁾から収集・推定する。このようにEcopathでは現存量の時間変化*dB_i/dt*を生産量－その他死亡－漁獲量－被食量で表し、その合計0となった定常状態を仮定する。一方、Ecosimの基本式は以下のように定義される

$$\frac{dB_i^t}{dt} = \left(\frac{P_i^0}{Q_i^0} \right) \sum_j Q_{ji}^t - \sum_j Q_{ij}^t - MO_i^0 B_i^t - F_i^0 B_i^t \quad (2)$$

$$\Leftrightarrow [\text{現存量の時間変化}] = [\text{生産量}] - [\text{被食量}] - [\text{その他死亡}] - [\text{漁獲量}]$$

ここで、*MO_i⁰*は機能群*i*におけるその他死亡率[h⁻¹]、*F_i⁰*は機能群*i*における漁獲死亡率[h⁻¹]である。*P_i⁰*、*Q_i⁰*、*MO_i⁰*、*F_i⁰*はEcopathで計算された定数、*Q_{ij}^t*、*Q_{ji}^t*、*B_i^t*はEcosimで時系列的に計算される変数である。このようにEcosimでは現存量の時系列変化の応答をEcopath同様に生産量－その他死亡－漁獲量－被食量で表し、Ecopathとは異なり現存量の時系列変化をシミュレーションする。

4. 播磨灘・大阪湾へのEcopathの適用

播磨灘と大阪湾では流入する栄養塩濃度の違いやイカナゴの大規模な産卵場の有無など、生態系の特性が大きく異なる。こうした生態系の湾毎の差を把握するために、本研究では、播磨灘と大阪湾それぞれ

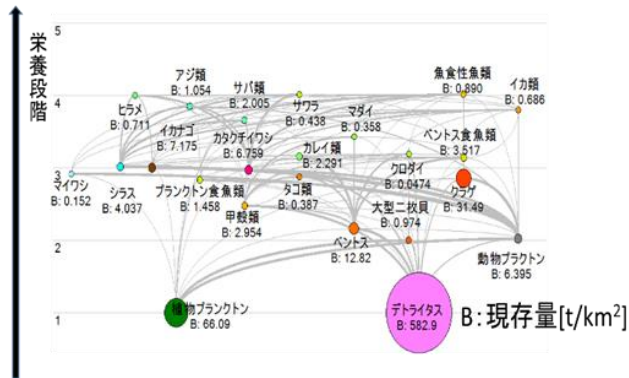


図 2: Ecopath で推定した播磨灘の食物網

に EwE モデルを適用した。図 2 に、Ecopath から推定された大阪湾、播磨灘それぞれの食物網を示す。図 2 では、円の大きさで現存量の大きさを、パスの太さで捕食や漁獲の大きさを表す。この図から生態系を構成する各機能群の食物網を通じた関係性や、システム全体としての特性を定量的に評価できる。

5. Ecosim による季節変動の解析

Ecopath では各パラメータを季節変化のない定常状態を扱う。しかしながら、実海域ではイカナゴなど全ての機能群は変動しており、この変動を考慮することは、生態系の実態を把握する上で重要である。そこで、Ecosim を用い、①イカナゴの摂取量、②植物プランクトンの生産量、③デトリタスの現存量、④ベントスの摂取量、⑤イカナゴを除く魚種の摂取量、⑥動物プランクトンの摂取量について季節変動の解析を行った。この季節変動を考慮した Ecosim モデルを現在の播磨灘・大阪湾が再現された control モデルとし、この control モデルを用いて解析を行った。

6. Ecosim による資源量の解析

Ecosim を用いて、栄養塩、餌、漁獲の変化による影響を把握するために、control モデルに対し、植物プランクトンの生産量、動物プランクトンの生産量、イカナゴ漁の漁獲率を 0 倍、0.25 倍、0.5 倍、2 倍、3 倍に変化させ、イカナゴ、イカナゴとの餌の競合種であるシラス、イカナゴの捕食者であるアジ類の 3 魚種の現存量変化について解析を行った。植物プランクトンの生産量を増加させると、3 魚種の現存量とも単調増加し、アジ類の現存量が特に増加した。イカナゴの現存量の増加率は、アジ類に比べると小さい。動物プランクトンの摂取量を増加させると、3 魚種とも単調増加した。イカナゴの現存量の増加率は、播磨灘では 3 魚種の中で最大となり、大阪湾ではアジ類と同程度となった。播磨灘イカナゴ漁の漁獲率を減

少させてもイカナゴの現存量には、ほとんど影響がなかったが、増加させるとイカナゴの現存量は急激に減少していった。また、漁獲率増加の影響により、大阪湾より播磨灘でイカナゴ資源は大きく減少した。

7. 結論

栄養段階の低い(イカナゴ・シラス)魚より栄養段階の高い(アジ類)魚の方が植物プランクトンや動物プランクトンの変化を強く受けることが示された。また、イカナゴの漁獲の減少が必ずしもイカナゴの現存量の増加にはつながらないことが示された。

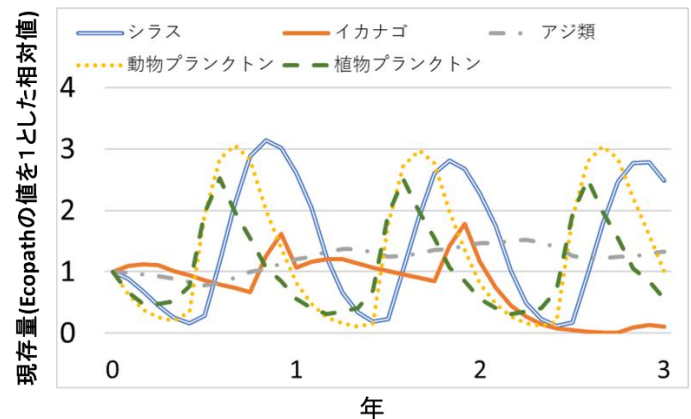


図 3: 播磨灘における Ecosim の季節変動の解析

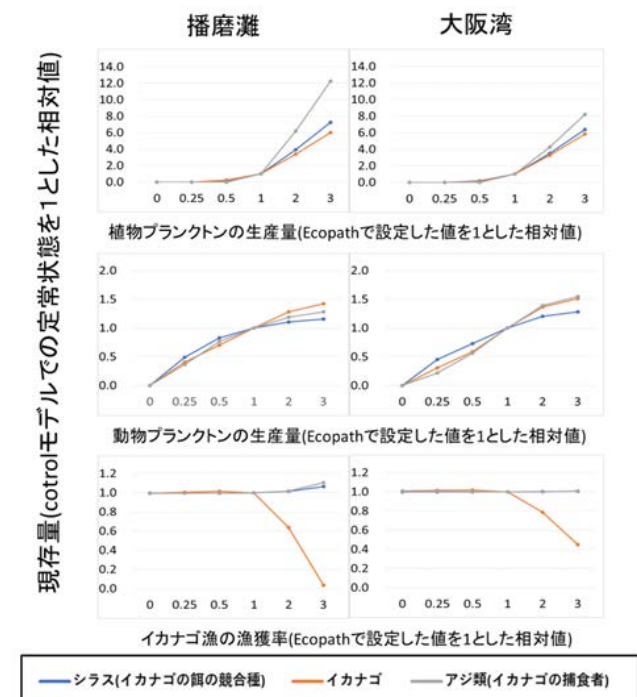


図 4: Ecosim による現存量の解析

参考文献

- 1) 高橋正知: 東部瀬戸内海におけるイカナゴ資源の実態とその現状 東部瀬戸内海研究会報告書 1-3 2017
- 2) 山本昌幸: 沿岸海洋系食物連鎖系における栄養塩物質の循環に関する研究 2017
- 3) 水産技術センター: 兵庫県における組合別漁獲量調査 2017
- 4) 慎吾: 瀬戸内海周防灘における Ecopath with Ecosim より多魚種・漁業を一括対象とした資源解析 2015
- 5) 清田雅史・米崎史郎・亘慎吾: 水産関連データを活用した Ecopath with Ecosim 生態系モデルの構築方法 2015