

## 研究課題名 若狭湾における低次生態系モデルの構築

兼田 淳史 (福井県立大学)  
森本 昭彦 (愛媛大学)  
郭 新宇 (愛媛大学)

### 1. 研究の経緯および目的

近年、水産資源の永続的な利用や将来の海洋環境を考えるうえで、海洋生態系の構造やその特徴を理解することの重要性が高まっている。若狭湾およびその沖合はイカ類やズワイガニ、ブリなどが漁獲される好漁場として知られているが多くの種の資源量は減少傾向で、科学的な資源管理や環境保全を進めるうえで低次生態系の理解や、海洋生態系を評価できる数値モデルの開発が必要とされている。

若狭湾およびその沖合の低次生態系の特徴を把握するため、当研究グループはこれまでに過去に調査船で取得された海洋データの分析を進めてきた。観測データの分析から植物プランクトンの春季のブルームや夏季のクロロフィル極大層の形成などについて調べ、春季ブルームの発生域と沖合冷水渦の配置には関わりがある可能性や、夏季には若狭湾底層で栄養塩濃度が比較的高い高塩分水が一時的に流入して一次生産を高めている可能性などを見いだした。

これらの可能性の説明や仮説の検証をするために若狭湾の低次生態系モデルを構築する必要があると考え、本研究は若狭湾の低次生態系モデルの構築を目的として実施した。

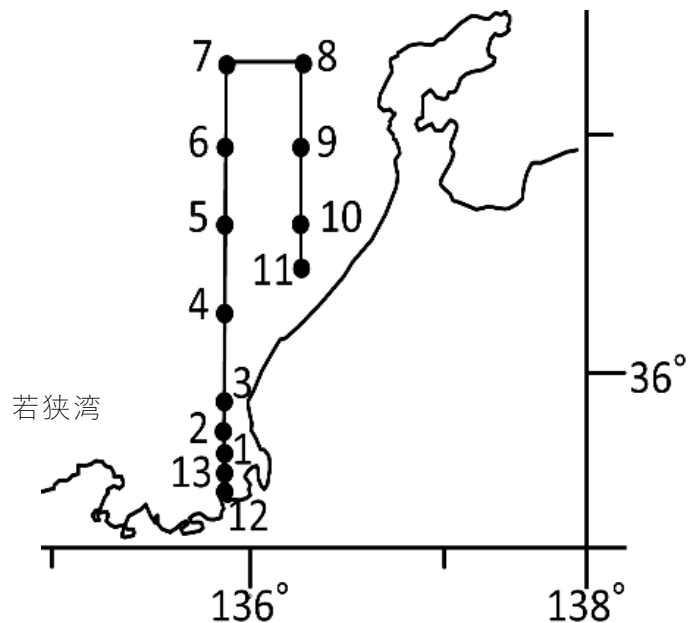


図1 若狭湾および海洋データを分析した測点図. 主に西側の測線(測点 12~7)のデータを分析した。

## 2. 研究内容

### データおよび方法

若狭湾の生態系モデルの構築に向けた行程について、表 1 に示している。まず年度当初に、若狭湾で用いる流動モデルおよび生態系モデルの概要を定めた（表のプロセス 1）。生態系モデルの開発環境のセットアップについては、環境省環境総合推進費を通じて既に日本海の低次生態系モデルを構築した経験のある CMES が軸となり、若狭湾の生態系モデルの開発を進め（プロセス 2）、福井県立大学と CMES の間での計算結果のやりとりの体制の確立、シミュレーションの結果は福井県立大学においても分析するための研究環境をセットアップした。

次に若狭湾の低次生態系モデルを試験的に動かして、計算された生態系モデルの結果の状況について確認を行い（プロセス 3）、結果として初期状態のモデルの状況および改良点について把握した。

この結果をもとに、若狭湾の観測データを利用して当海域に適した初期条件等の設定を決めることにした（プロセス 4）。この設定では、福井県水産試験場が図 1 に示す観測地点で実施した観測データを利用した。福井県立大学の研究グループは 2016～2018 年に航海調査に乗船し、海面から水深 500m までの計 11 層（水深 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 200, 300, 500m）で採水を行い、栄養塩データを取得している。本研究では、この航海で取得された各測点の水温・塩分データ、栄養塩データのうち主に溶存態無機窒素（DIN）、溶存態無機リン（DIP）のデータを分析した。

表 1. 低次生態系モデル構築にむけたプロセス(2022 年度)

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. 流動モデルおよび生態系モデルの概要の決定</li><li>2. CMES が所有するモデルを若狭湾への適用、環境のセットアップ</li><li>3. 若狭湾モデルの計算、結果の分析</li><li>4. 観測データを利用した初期条件の設定</li><li>5. 若狭湾モデル ver2 の構築と計算</li></ol> |
|--|

### 3. 結果

若狭湾の低次生態系モデルの計算範囲は、図 2 に示すように東西の範囲は山陰沖から能登半島の西岸までにある東経 134～136.8 度とし、南北の範囲は北緯 35.35～39 度とした。若狭湾は地形が複雑なことから格子間隔は若狭湾付近でメッシュサイズを小さくさせることにした (300-900m)。鉛直方向の格子は Sigma coordinate を用いて 31 層に設定した。計算期間は、若狭湾で栄養塩やクロロフィルの観測を実施した期間である 2015 年 1 月 1 日から 2018 年 1 月 1 日までとした。生態系モデルは流動モデルに結合させ、NPZD と DO を計算項目とした。

次に、CMES がこれまでに実施した日本海の生態系モデルの初期条件を用いて計算を行い、計算結果と過去に福井県立大学が実施した航海調査の結果を比較した。解析結果の一例として、2016 年 8 月の観測結果とシミュレーション結果を示す。水温は表層に 25℃以上の高水温が覆い、底層には日本海固有水の影響を強くうけた低温水が存在する構造がよく表現されていた。塩分は全体的にやや高めであるものの、表層に低塩分水、海面下 50～100m には高塩分水が存在し、それより深い層の再び塩分が低下する若狭湾の特徴が再現できていた。しかし、DIN は底層で高濃度の海水が観測されたものの、シミュレーションの結果では確認できなかったことから、数値シミュレーションの栄養塩の初期条件および境界条件は修正する必要があると考えられた。

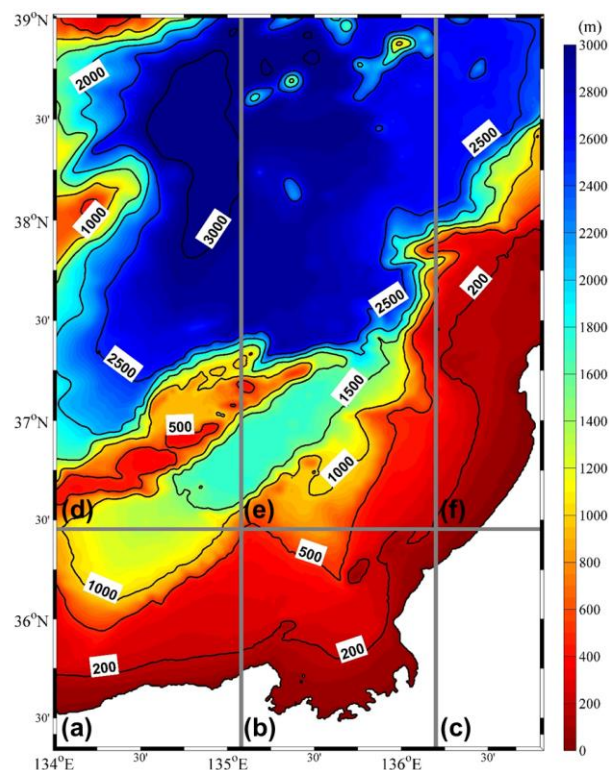


図 2 若狭湾低次生態系モデルの計算領域

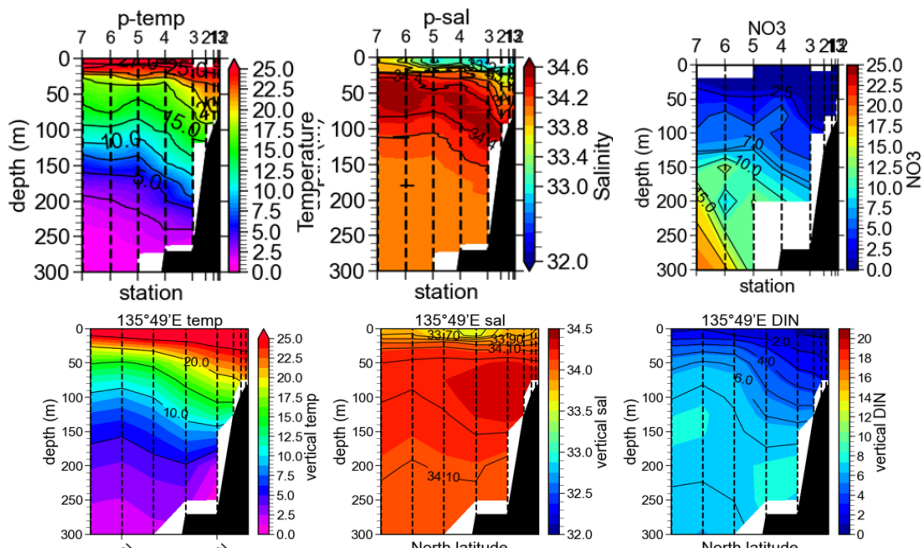


図3 2016年8月の観測結果（上段）とシミュレーション結果（下段）

日本海の生態系モデルに関する先行研究として Shibano et al. (2019) を参考にし、栄養塩分布の初期条件は水温との近似式を作成して設定することにした。

まず、当海域の水温と DIN の関係を近似直線で表すことを試みた。図4には全てのデータを用いた散布図と

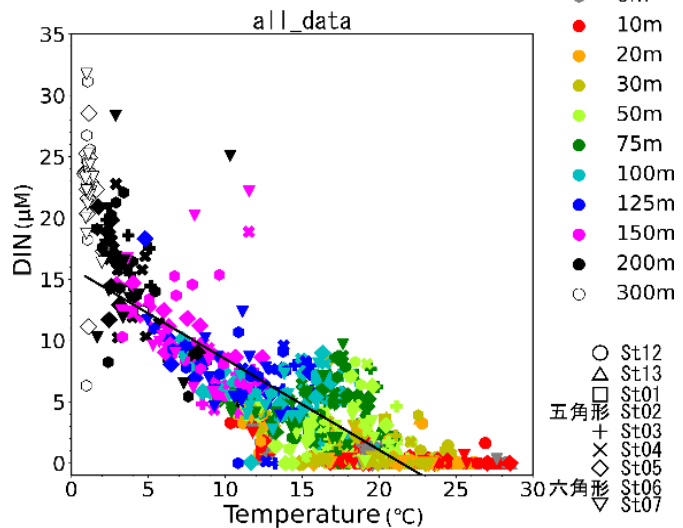


図4 水温と DIN の関係．直線は近似直線を示す

近似直線を示している。図をみると、水温が5~15°C程度では直線上に観測値が比較的プロットされているものの、20°C以上の高温域や0~5°Cの低温域では直線から外れて実態を表現できていなかった。当海域では水深200m以深に日本海固有水の影響を受けた海水が存在し、急激にDIN濃度が高くなるという日本海特有の鉛直構造があるため、直線を用いた近似では表現できなかつたと考えられた。

この結果を踏まえ、日本海の特徴を表現できそうな対数や3次関数を用いた近似式の適用について検討を進めた。解析結果の例として、11月上旬の分析結果を示す(図5)。対数を用いた近似をみると低温域のDINは曲線から大きく外れることなく示されたものの、15~20°Cに注目すると曲線から外れておりDINが中層で一時的に高濃度になる特徴を表現できなかった(図5(b))。それに対して3次関数を用いた近似曲線は、日本海固有水の影響を受ける低温域から、一時的に栄養塩濃度が高くなる10~20°Cの層、そして表層に至るまでの特徴を比較的よく表現することができることが確認され、低次生態系モデルの初期条件および境界条件には3次近似式の適用を軸に進めることになった(図5(c))。

#### 4. 今後の課題

今年度の研究を踏まえ、次年度はさらに若狭湾の低次生態系モデルを改良する。若狭湾およびその沖合の低次生産にかかわる現象を表現できる数値モデルを作成したいと考えている。

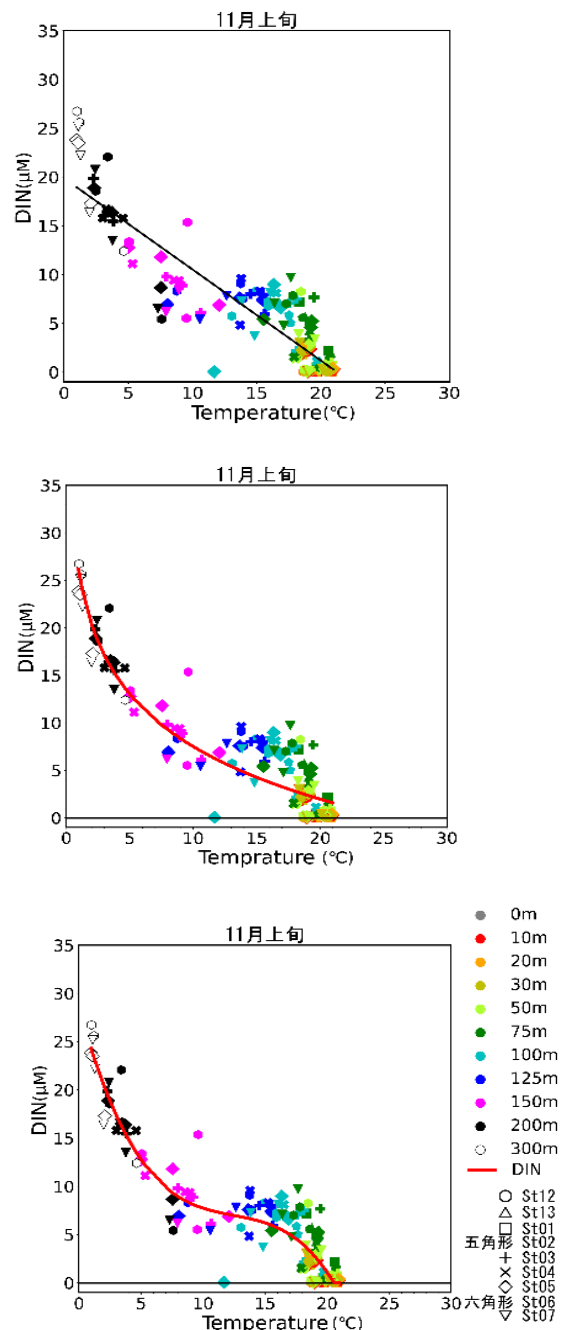


図5 11月上旬(3年分)のデータと(a)1次近似と(b)対数近似、(c)3次近似の近似曲線