

# PS-21 閉鎖系湾内における油流出事故の環境影響評価

物流研究グループ \*間島 隆博、大阪府立大学 中谷 直樹、環境影響評価研究グループ 城田 英之、原 正一

## 1 はじめに

閉鎖系湾内における油流出事故は、湾内の環境に深刻な打撃をもたらす可能性を孕んでいる。本件では、閉鎖系湾内（東京湾）で流出した油の拡散挙動モデル、および、湾内の生態系長期影響評価モデルで構成されるシステムに関して報告する。拡散挙動モデルは油に含まれる毒性成分の濃度分布を出力し、生態系長期影響評価モデルは、その濃度分布を計算条件に取り入れて、生物生産量の変化を出力する。流出油の存在の有無による生物生産量の差を測ることにより、流出油が生態系に対して長期的に与える影響を定量的に評価することが可能となる。以下で構築したモデルの概要と炭素固定量を評価値とした解析例について報告する。

## 2 流出油拡散挙動モデル

本モデルは、閉鎖系湾内で流出した油の拡散現象を、流出油に見立てた多数の粒子を散逸させることで模擬する。粒子は、密度など油が持つ属性や、重量、大気と触れる表面積などの情報を持つ。以下に本モデルが持つ機能と解析例を示す。

### 2.1 解析機能

本モデルでは、海上流出油だけでなく海中における拡散解析を必要とする現象に対しても解析可能となるよう、以下に示す機能を持つ。

- ・ 油分散剤が流出油に対して与える効果を計算モデルとして実装している。そのため、分散剤の散布の有無により生じる拡散範囲や濃度分布（海中も含む）の差から、散布の効果を把握することが可能である。
- ・ 海底にあるタンクにできた破口からの油流出流量の計算モデルが実装されており、例えば、沈船からの油流出の問題が扱える。
- ・ 上記2つの機能を組み合わせ、海中で流出する油に対する分散剤散布の効果を見積もることが可能である。
- ・ 解析結果が3次元情報となるため、ユーザーが、拡散状況を視覚的に分かりやすく把握できるインターフェースを持つ。図1にはコンピューター内に構築された3Dの東京湾の俯瞰図を示す。

ユーザーはマウス操作によって、湾内の様子を様々な角度から見る事ができる。

なお、本モデルの計算過程における詳細については、文献<sup>1)</sup>を参照されたい。

### 2.2 解析結果の例

東京湾内、横浜港沖の海底に沈んだタンクから油流出が起こった状況を設定した。解析結果を図1に示す。

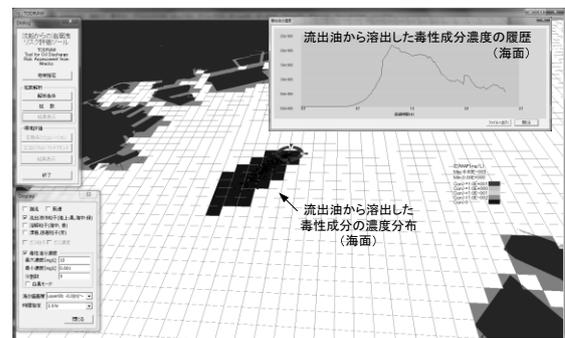


図1 拡散解析例（東京湾俯瞰図）

タンクは海底にあるが、流出した油は海水より密度が低いため、海面まで浮上する。その後、海面における潮流、風の影響を受け、移流拡散が起こる。図1には、油から溶解した成分（WAF：生物に対して毒性を持つ成分）の濃度分布を示す。（海域は1辺500mの矩形の領域（セル）に分割され、それぞれのセルで、濃度が計算される。）また、図中右上に示すように、セルの指定により、濃度分布の履歴も閲覧することができる。

## 3 生態系長期影響評価モデル

油が沿岸に漂着した場合の沿岸生態系への長期影響を数理モデルによって評価する。生態系影響評価モデルでは、東京湾内沿岸を海岸線や生息生物の特徴を考慮して20のZoneに区分けした。このZone毎に適切な生物群集を模した付着生態系モデルを設定し、流出油拡散挙動モデルの計算結果として得られるZone内の濃度履歴を入力データとし、炭素固定量を評価値とした評価を行う。

### 3. 1 モデルの概要

東京湾のゾーニングでは、海岸の状況から人工海岸・砂浜・干潟・岩礁（磯場）の4つのタイプに分類し、それぞれにおいて異なる付着生態系モデルを設定する。基本の生態系モデルの概要を図2に示す。沿岸の付着生態系は、大きく分けると、大型海藻や付着珪藻などの基礎生産者と、マガキやベントスなどの定着動物、カニやエビ・定在性の魚などのネクトンで構成される。本研究の付着生態系モデル(SSE)では、このような特徴を表現するため、図2に示すように、海藻(SW)、付着動物(SA)、ネクトン(NK)の3つのコンパートメントを基本構成要素として生態系を表す<sup>2)</sup>。そして、各海岸においてこのコンパートメントの構成種を変化させる。例えば砂浜 Zone においては、SW として付着珪藻類を、SA としてアサリを考慮し、定住魚は考慮しない。

油の影響に関しては、風化油影響下の長期毒性試験結果より、WAF 濃度に対する生物機能（例えば摂餌や成長など）の影響を関数化してモデルに組み込んだ。

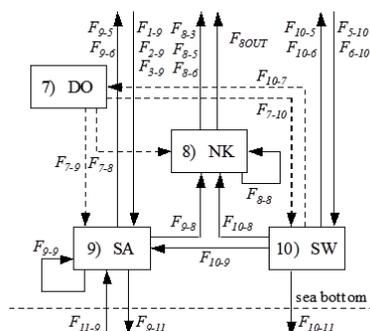


図2 付着生態系モデルの基本構成図  
(矢印は各構成要素間の物質フラックスを示す)

### 3. 2 解析結果

東京湾内横浜沖で 10,000 トンの油が流出した事故を想定した。砂浜と定義された Zone において、油流出により図3に示すような WAF 濃度履歴があった場合、油流出の有無により生じるアサリの現存量の差の変化を図4に示す。

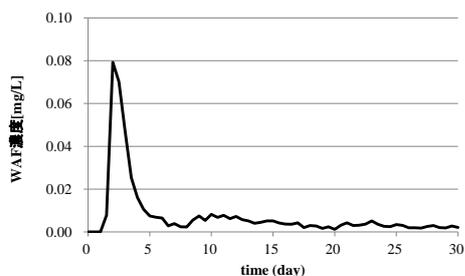


図3 砂浜 zone に与えた WAF 濃度履歴

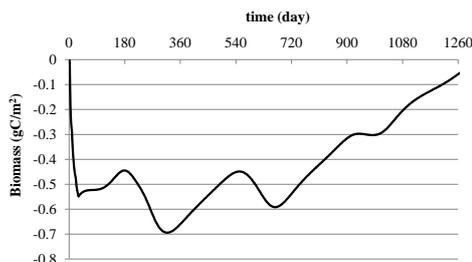


図4 油流出有無によるアサリ現存量の差分

WAF 濃度の履歴は漂着した直後に高い濃度を示し、その後は極端に下がるものの、30日後もゼロにはならず低濃度で推移している。この条件下においては、アサリの濾過作用が影響を受けるため、油流出がない状態と比べて、若干現存量は減少し、2年を過ぎても影響が残り、約3年半～4年程度で元に戻ることが示された。

次に、ここで示したアサリのように、油の流出によって失われた生物量による生態系サービス量を次式による損失炭素固定量で算出する。

$$\sum \Delta CF_i = A \cdot \sum \Delta B_i \cdot r_i \quad (1)$$

ここで、 $\Delta B_i$  は年平均の損失生物炭素量、 $r_i$  は対象生物の P/B 比(固定量/現存量)、 $A$  は計算対象 Zone の面積である。例示した結果の場合、現存量がもとに戻るまでの期間における、平均損失炭素固定量は約 1170 (kgC/year) となった。

このように、流出油が生態系に対して長期的に与える影響を、定量的に評価することが可能となる。

### 4 まとめ

東京湾内において油流出事故が発生した場合を想定して、沿岸の付着生物への環境影響評価ツールを試作し、その解析例を示した。本ツールの特徴は、3次元漂流拡散モデルと生態系影響モデルを組み合わせ、油流出リスクに関する指標を選定して環境影響を評価したことにある。

#### 参考文献

- 1) 城田英之, 他: 船舶からの油及び有害液体物質の排出・流出による海洋汚染防止に資する研究, 海上技術安全研究所報告, 第9巻, 第3号, pp.147-206, (2009)
- 2) 中谷直樹, 他: 生態系モデルを用いた環境修復技術の機能評価 —りんくう公園内海の例—, 土木学会論文集, No.755/VII-30, pp.13-28, (2004)