

第 部門

瀬戸内海東部海域における浮遊ゴミ総合システムの構築

国土環境株式会社

近畿地方整備局 神戸港湾空港技術調査事務所

近畿地方整備局 神戸港湾空港技術調査事務所

国土環境株式会社

正会員 ○岡本 恭明

宮川 悟

中川富士男

近藤 弘章

1. はじめに

海面に浮遊するゴミ(図-1)は海洋環境・景観に対し悪影響を及ぼし、海上交通の障害となることから、国土交通省では昭和 49 年以降、直轄事業として浮遊ゴミの回収を行っている。大阪湾、紀伊水道、播磨灘東部の瀬戸内海東部海域では、近畿地方整備局神戸港湾事務所、同・和歌山港湾事務所及び四国地方整備局小松島港湾・空港整備事務所に所属する海面清掃船が浮遊ゴミの回収作業を行っている。

今回、瀬戸内海東部海域における浮遊ゴミ回収作業の効率化を図ることを目的に、図-2 に示した範囲を対象にして海域区分別の期待回収量や浮遊ゴミの位置を気象条件等から予測する「浮遊ゴミ総合システム」を構築したのでその内容について報告する。

2. 浮遊ゴミ総合システムの概要

本システムは考え方の異なる 2 つの予測手法で構成している。ひとつは統計モデルと呼ばれ、過去の回収実績と気象要素の関係を多変量解析によって求め、関係式に作業前日までの条件を入力して海域区分別に期待回収量を算出する方法である。もうひとつは物理モデルと呼ばれ、海水の流れや風圧流等による浮遊ゴミの移動過程を定式化し、位置が特定されている浮遊ゴミの軌跡を計算して海面清掃船が到着するまでの時間差を考慮した位置を推定する手法である。

前者は過去の回収実績が十分にある海域では精度の良い予測式を構築できるが、回収実績の記録が乏しい海域ではモデル自体が構築できない。また、後者はシステムの対象範囲であれば回収実績の記録の多寡によらず浮遊ゴミの数日先の位置が予測できるが、最初の位置が特定できないと機能しない。そのため、本システムの設計では、異なる特徴を持つ 2 つの予測手法を併用し、回収作業に有効なシステムを目指した。

予測機能に加えて、A.予測に必要な風向・風速、降水量を自動的に集信して予測モデルに提供するシステム、B.回収実績を保存・管理する回収実績データベース、C.予測結果を港湾事務所で閲覧・表示するための予測結果表示システム等を併せて作成し、それらを近畿地方整備局の広域ネットワークで繋いで回収事業全体を支援する総合的なシステムを構築した。



図-1 浮遊ゴミの状況



図-2 各港湾事務所の担務海域と対象範囲

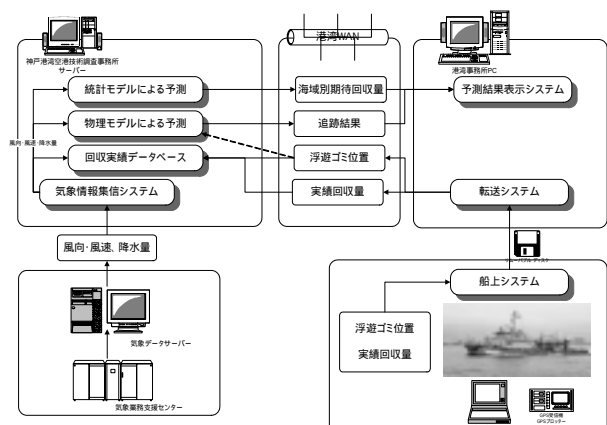


図-3 浮遊ゴミ総合システムの構成

3. 予測手法

(1) 統計モデル

統計モデルで算出される期待回収量は海面清掃船の運航計画立案の指標となるものである。構築にあたっては、まず海域区別に回収量を整理し、回収量を目的変数、対象範囲周辺のアメダス観測点 50 地点の風向・風速、降水量、10 箇所の潮位、8 箇所の河川流量を説明変数として多変量解析を行い、海域区別に回収量と相関性の高い要素を抽出して期待回収量の予測式を求めた。運用時は定時に集信した気象情報から予測式を用いて海域区別の期待回収量を算出する。

(2) 物理モデル

物理モデルは港湾管理者、海上保安庁等からの要請や回収作業の制限で取り残した位置の特定できる浮遊ゴミを対象としている。構築にあたっては、潮流、密度流、吹送流シミュレーションを実施し、これらの流れの要素について流向・流速のテーブルを作成しておく。運用時は浮遊ゴミの位置がデータベースに登録されると、その位置を初期値として表-2 に示した計算方法で流れの要素を計算しながらラグランジェ手法によって軌跡を逐次計算し、位置を推定する。追跡期間は翌日から 3 日後までである。

表-1 浮遊ゴミの軌跡の計算方法

$X_{n+1} = X_n + \left(\sum_{m=1}^M U_n^m(X_n, Y_n) + \bar{U}(X_n, Y_n) \right) dt$	
$Y_{n+1} = Y_n + \left(\sum_{m=1}^M V_n^m(X_n, Y_n) + \bar{V}(X_n, Y_n) \right) dt$	
n, dt	時刻と計算タイムステップ(s)
$(X_n, Y_n), (X_{n+1}, Y_{n+1})$	時刻 $n, n+1$ の浮遊ゴミの位置(m)
(X_0, Y_0)	発見位置(m)
$U_n^m(X_n, Y_n), V_n^m(X_n, Y_n)$	地点 (X_n, Y_n) 、時刻 n 、要素 m の流速成分(m/s)
$\bar{U}(X_n, Y_n), \bar{V}(X_n, Y_n)$	地点 (X_n, Y_n) の平均流成分(m/s)

表-2 流れの要素の計算方法

潮流	構築段階では、主要 4 分潮流 (M_2, S_2, K_1, O_1) についてシミュレーションを実施し、潮流調和定数のテーブルを作成した。予測では、調和定数と予測時刻から各分潮流の流速を求める。
密度流	構築段階では、代表河川の流量について密度シミュレーションを実施し、流向・流速のテーブルを作成した。予測では、降水量から代表河川の流量を推定し、流量に対応した流向・流速の分布を引用する。
吹送流	構築段階では、代表風向について吹送流シミュレーションを実施し、流向・流速のテーブルを作成した。予測では、代表点の風向に対応した吹送流の流向・流速の分布を引用する。
風圧流	予測では、代表点の風向・風速に風圧係数を乗じて風圧流成分を計算する。

4. その他の構成要素

(1) 気象情報集信システム

統計モデルや物理モデルの予測条件とする対象範囲周辺のアメダスデータ（風向・風速、降水量）を契約企業のサーバーから取得し回収実績データベースに登録するシステムである。このシステムで前日までに取得した風向・風速、降水量を入力条件として期待回収量の予測や浮遊ゴミの追跡を行う。

(2) 回収実績データベース

浮遊ゴミの回収量、回収場所を気象情報とともに保存・管理するためのシステムであり、ここに蓄積されたデータをもとに定型の帳票や経時変化を作成することができる。

(3) 予測結果表示システム

港湾事務所のクライアント PC 等で期待回収量や追跡結果等の予測結果を閲覧・表示するためのシステムであり、いずれの港湾事務所でも対象範囲全体の状況を閲覧できるため、海面清掃船を効果的に運用することが可能である。

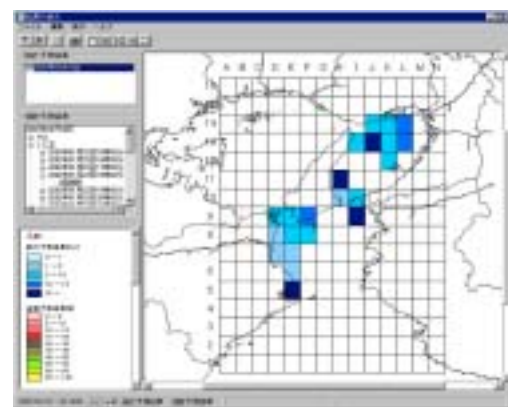


図-4 予測結果の表示

5. 成果とまとめ

本システムの導入により、それぞれの港湾事務所が独立して実施してきた回収作業が担務海域を越えて連携の図れる環境が整備され、瀬戸内海東部海域の回収事業全体の省力化、効率化を図ることができた。

今後は、回収実績等の情報の蓄積とその解析を行い、予測の精度を向上させることが重要である。また、一層の省力化、効率化や情報の有効利用という観点から、海面清掃船と港湾事務所の通信手段を確立し、予測結果の取得や回収量・回収場所の情報交換を速やかに行える環境を整える必要がある。これからは、浮遊ゴミ集積機構に重要とされている潮目について解析を行い、予測システムに取り込むことでより高い精度の予測が可能になることが期待される。