

## 衛星データを利用した東京湾の水質環境評価に関する研究

日本大学 学生会員 阿部 透

日本大学 正会員 岩下 圭之

日本大学 フェロー 西川 肇

カリフォルニア大学 非会員 Eric K Dean

### 1. はじめに

近年、水域環境評価に衛星リモートセンシングの広域観測性・同期性を有効活用したリアルタイムマッピングが期待されている。

本研究では、東京湾における、富栄養化や赤潮の指標となる Chlorophyll-a (以降、Chl.-a) の分布に着目し、並列化された多種・多時期の衛星データを利用した新たなバンドコンビネーションによる「Chl.-a 濃度分布評価画像」を作成した。これより、その季節別の分布状況を定量評価し、あわせてその分布パターンと東京湾独特の水理状況との因果関係を考察した。さらに、特に赤潮による影響が頻繁に報告されている「三番瀬」を対象に、高分解能(15m)のASTER/WNIR データにより局所的に評価した。

### 2. 研究対象水域の概要

研究対象水域である東京湾は、三浦半島と房総半島に囲まれた「半閉鎖的な水域」である。

画像-1は、対象水域の概況図にこの湾内に設けられた計33点(図中の印)の定点水質調査地点において現地調査を実施した。また三番瀬は、東京湾の最北部の市川市から船橋市の沖合に広がる浅海域(浅瀬・干潟;水深5m以下、面積1,200ha)である。

### 3. 現地調査

#### 3-1 水質調査の概要

各定点水質調査地点において、LANDSAT 7号の観測日である2000年11月24日および2001年6月4日に同期して、計12の水質項目について船上からの直接測定ならびに室内分析用の試料水のサンプリングを行った。また、ASTER データの観測日に対しては「三番瀬」のみの現地調査を同時に行った。なお、採取したサンプルのChl.-a濃度の分析には、本学科の環境研究室の協力を得た。

#### 3-2 調査結果の概要

現地測定データの分析結果から、いずれの観測日においても濁度・SS(浮遊懸濁物質)・Chl.-aは顕著に地域的な差異が認められ、内湾部と比較すると特に大都市近郊湾岸部・河口部においては、いずれも高濃度な値が検出された。これは、過去の調査においても、値の大小はあるものの地域的には同様の汚染の



画像 - 1 現地調査地点

傾向がみられ、これからも慢性的な同海域の富栄養化を指標する事ができる。

### 4 衛星データによるChl.-a評価

#### 4-1 衛星データの前処理

オリジナルセットの衛星データで水域を判読する場合、水域特有のノイズ(UMN; unwanted noise)や大気中エアロゾルなどの妨害因子がその解析結果の信頼性を著しく損なうとされている。本研究では、(1)データの幾何学的歪み、(2)海面の反射による影響などを除去する処理をオリジナル衛星データに施した。

#### 4-2 Chl.-a濃度推定モデルの作成

##### 4-2-1 衛星データから海面輝度値への変換

衛星の各Bandデータを利用して水域の情報を正確に引き出すためには、大気中のエアロゾルの影響を取り除かなければならないので、エアロゾルの一つの指標となるSPM(浮遊粒子状物質; Suspended Particulate Matter)濃度を衛星データより推定する必要がある。各衛星データと大気中エアロゾルとの関係を見るうえで、衛星データを用いて解析をする場合にはDN(Digital Number)値から海面の輝度値( $mw/cm^2 \cdot sr$ )に変換する必要がある。

##### 4-2-2 SPM濃度推定式

大気中のエアロゾルの情報については、同湾の沿岸域・海岸域付近に設置してある大気監視システム(千葉県環境生活部)

Keyword ;SPM Chl.-a 衛星データ

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL:047-474-2471 FAX:047-474-2449

による計21ヶ所のSPM濃度のデータを利用した。なお、データは衛星観測日の9時～11時の1時間値の平均値を用いた。検証の結果、ETM+ Band-1 (VB; 可視青波長域; 0.40-0.50  $\mu\text{m}$ ) において最も良い正の相関が見られた。これにより、ETM+ Band-1 データとSPM濃度との単回帰分析により大気中のSPM濃度の推定が可能であり、このSPM濃度が大気中のエアロゾル濃度と関係しているならば、Band-1でエアロゾルの影響の推定が可能である。

1) 2000年11月24日のSPM濃度推定式

$$\text{SPM} = (R_{\text{Band-1}} - 0.1722) / 0.0013$$

2) 2001年6月4日のSPM濃度推定式

$$\text{SPM} = (R_{\text{Band-1}} - 0.4238) / 0.0014$$

なお、ASTER/VNIRデータにはVBの情報を有していないため、同時刻の観測されたETM+ Band-1データを代用した。しかし、異なった衛星であるため、ASTER/VNIRデータとLANDSAT/ETM+データとの並列化をする必要がある。図-1は、前処理されたASTER/VNIRとLANDSAT/ETM+のBandデータの輝度値を任意にプロットしたものを示した。ここで得られた回帰式を基に両データの並列化を行なった。

#### 4-2-3 Chl. a濃度と衛星Bandデータの回帰分析

現地調査データの解析で得られた結果(3.3)を基に、Chl. aデータと衛星データの回帰分析を行った。その結果からBand-1により得られたSPM濃度推定式値を差し引くことで衛星データによるChl. a濃度分布推定モデルの算定式を見出し、以下の結果を得た。<sup>2)</sup>

1) 11/24/00 Chl. a濃度推定式 (ETM+)

$$\begin{aligned} \text{Log}(\text{Chl. a}) &= 11.403 \times (\text{ETM+ Band-4}) \\ &\quad - 9.883 \times (\text{ETM+ Band-1}) + 4.096 \end{aligned}$$

2) 06/04/01 Chl. a濃度推定式 (ETM+)

$$\begin{aligned} \text{Log}(\text{Chl. a}) &= 7.905 \times (\text{ETM+ Band-4}) \\ &\quad - 7.341 \times (\text{ETM+ Band-1}) + 5.230 \end{aligned}$$

3) 06/04/01 Chl. a濃度推定式 (VNIR)

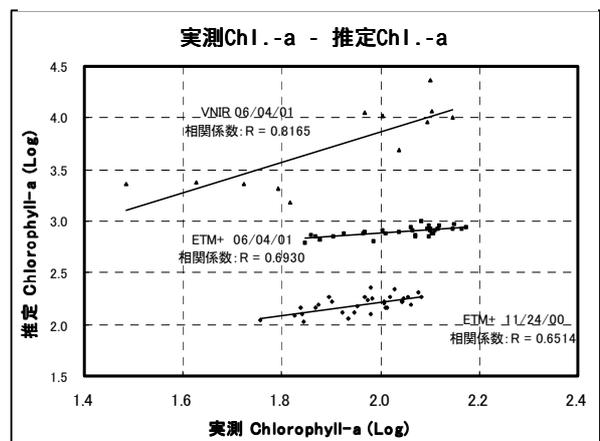
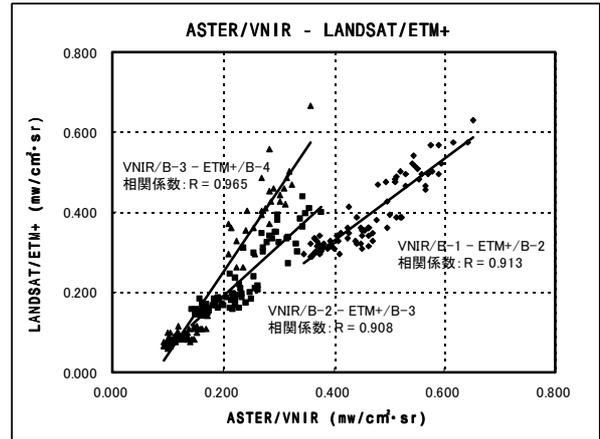
$$\begin{aligned} \text{Log}(\text{Chl. a}) &= 11.521 \times (\text{ASTER Band-3}) \\ &\quad - 18.9274 \times (\text{ETM+ Band-1}) + 10.3548 \end{aligned}$$

#### 4-3 Chl. a濃度分布画像

上記のChl. a濃度推定式より「Chl. a濃度分布評価画像」を作成し、ここで、3シーンによるChl. a濃度の評価画像を行なった。

#### 4-4 Chl. a推定値の検証

図-2は、Chl. a濃度推定モデルより得られた推定値と現地水質調査で得られた実測値との関係を示した。3つのデータとも、良好な正の相関を得ることができた。これより、本研究の解析手法の妥当性を確認することができた。



## 5. まとめ

本研究の結果より、次の知見を得た。

- (1) 本研究で提唱した手法により推定されたChl. a濃度と現地調査結果と間に良好な正の相関を得ることができた。特に、ETM+データの解析結果と比較して、ASTER/VNIRデータによる解析結果から更に良好な相関を得ることができた。これは、両データ間には最大解像度において約2倍の開きがあり、これが相関結果に顕著に表れた。
- (2) SPM濃度推定値をETM+/Band-4およびVNIR/Band-3から除くことによって衛星データによるChl. a濃度の推定結果の精度を向上することができた。
- (3) 夏季におけるChl. aの分布を表面流ベクトルと照らし合わせたところ、顕著に表面流にそって渦状に富栄養化現象が進行していることを確認した。特に、大井町野中から芝浦中へ向かう表面流および横兵巷・本牧野頭野中における時計周りの表面流が干渉している状況から考察すると、夏季においてこれらが「淀み」となり慢性的に高濃度域となるメカニズムの主因子であると判断できる。