

複合補正衛星データによる東京湾水質環境に関する研究 -富栄養化指数；Trophic State Index を利用した-

○日本大学 学生会員 山口総志郎
日本大学 正会員 岩下 圭之
日本大学 フェロー会員 西川 肇
University of California, LA Eric K.dean

1.はじめに

近年、東京湾沿岸域は以前にも増して人口密度が上昇傾向（3,300 人/km²）にあり、河口からの栄養塩類の負荷量の増大、また海水の交換が悪い典型的な「半閉鎖性海域」であるために、赤潮（Chlorophyll-a；以降、Chl.-a）が頻発する「富栄養化現象」が起こり、環境問題の一つとして対策が様々議論されている。

本研究は、継続的な研究の一環として、東京湾全域を対象に多時期の衛星データを利用した画像解析および同期現地調査により、赤潮の主要因である Chl.-a より算定した『富栄養化指数』(Trophic State Index；以降、TSI_{CHL})を利用して視覚的にかつ広域的に評価したものである。

2.東京湾水質の定点観測の概要

現地調査は Landsat 7 号の観測日と同期して千葉県、東京都ならびに神奈川県に関連機関と本学との合同で行う定期定点調査によるものである。Fig.1 に示した調査地点において、衛星観測日（2000 年 11 月 24 日、2002 年 8 月 10 日）と同期して、計 12 項目についての船上からの直接水質測定及び観測、室内分析用試料のサンプリングを行った。

その結果、各観測日に測定したデータより平均的に Chl.-a に差異が認められ、沿岸域、内湾部、湾口部の順に高い濁度値、また高濃度の Chl.-a 値が検出された。

これらの結果を、過去の測定結果と比較したところ、地域的な富栄養化の傾向ならびにパターンはほぼ一致している事が分かった。

3.現地調査

3-1 Chl.-a のスペクトルパターンへの影響

ここで、Chl.-a の含有量の違いがどのようにスペクトル特性に表れてくるのかを事前に検証する必要がある。California 大学における反復的な予備実験により、本来低いスペクトルレスポンスを示す水域において、

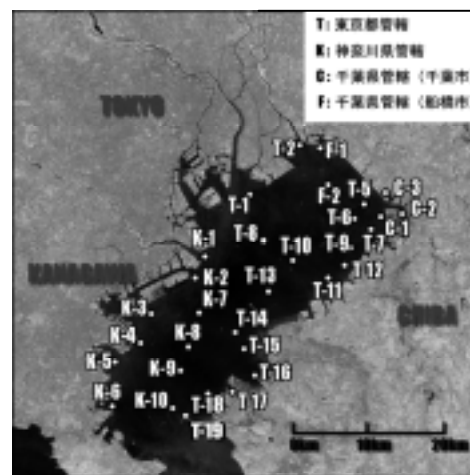


Fig.1 千葉県・東京都・神奈川県管轄の東京湾定点観測概況

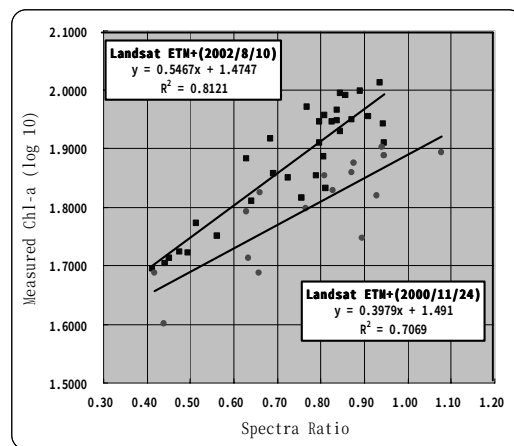


Fig.2 実測 Chl.-a と NIR/VR との関係

一定以上の Chl.-a の含有量が増加すると、可視赤波長域 VR(0.630～0.690μm)において Chl.-a の吸収の影響が顕著となり、その差異も含有量にしたがい大きくなるという事、逆に反射のピークも近赤外波長域 NIR(0.750～0.900μm)付近へ移動するという、典型的な植物的なレスポンスパターンに変化し、Chl.-a によるスペクトルへの影響を確認することができた。結果として、Chl.-a を主体とした TSI を評価するにあたり、NIR、VR および VB のスペクトルレスポンスの比演算（NIR/VR+VB）が最も有効である事が判った。

3-2 Chl.-a とスペクトル特性との関係

Fig.2 は、個々の現地調査日における実測 Chl.-a 濃度とスペクトル比との関係を示したものである。両日とも風波によって生じる「ホワイトキャップ；白波」によるみせかけの反射の影響で相関にばらつきがあるが、良好な相関を得ることが出来た。季節的には、相対的に夏季のほうが高濃度の Chl.-a が生じる傾向が判る。

4.衛星データによる東京湾の TSI 評価

本研究において利用した衛星データは、2000 年 11 月 24 日、2002 年 8 月 10 日観測された Landsat ETM+ Data である。これらのオリジナルセットに対し、Filament Shaped 法による複合ラジオメトリック補正、幾何補正等の前処理を施した。補正後の各対象バンドを利用して、画像解析を行った。なお、画像上における同期現地調査地点の割出しは、通常の UTM 座標変換法により行った訳だが、過去の潮風における誤差の標準偏差より ETM+データが示すスペクトル値（DN 値：Digital Number）は周辺 3×3pixel をサンプリングし、その平均値を利用することとした。

4-1 Carlson の TSI 評価

富栄養化指数(TSI)は、1977 年にカルソンによって湖沼の富栄養化を Chl.-a により評価するために構築されたもので、高い水品質評価能力を容認されている。

Chl.-a 濃度を基本とした TSI（以降、TSI_{CHL}）は次式により算定される。

$$TSI_{CHL} = 10 \times \{6 - (2.04 - 0.68 \ln[Chl-a]/In_2)\} \quad (1)$$

4-2 衛星データによる TSI_{CHL} マッピング

Plate1 および 2 に、Landsat ETM+の Band-4 (NIR)、Band-3 (VR)および Band-1 (VB) を基に作成された 2 時期の「TSI_{CHL} 評価画像」を示した。2 時期の衛星データは濃度変換を施してあることから、基本的に平行に評価することが出来る。得られた平均 DN 値を(2)式によりそれぞれ推定濃度に変換し、それを再度(1)式に代入し画像にフィードバックしたものである。

$$\text{Log}_{10}(Chl.-a) = 0.158(B4/B3) - 0.057(B1) + 4.512 \quad (2)$$

5.解析結果の検証

(1) Fig.3 に、衛星データより推定された Chl.-a を実測値で検証した結果を示した。両日とも良好な相関がみられ、これより衛星データの前処理が適切に行われた事、およびエアロゾルに対する複合補正処理効果の妥当性を確認する事ができた。

(2)実測値と衛星データからそれぞれ推定された



Plate1 TSI_{CHL} 評価画像 (2000 年 11 月 24 日)

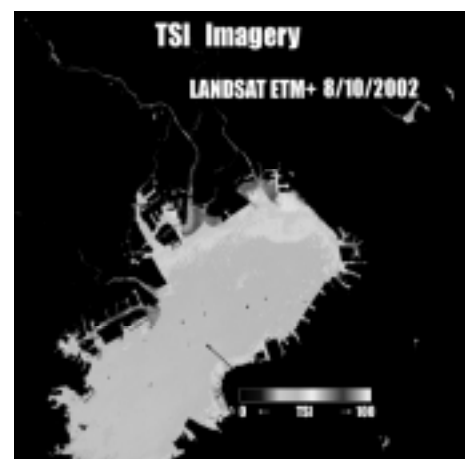


Plate2 TSI_{CHL} 評価画像 (2002 年 8 月 10 日)

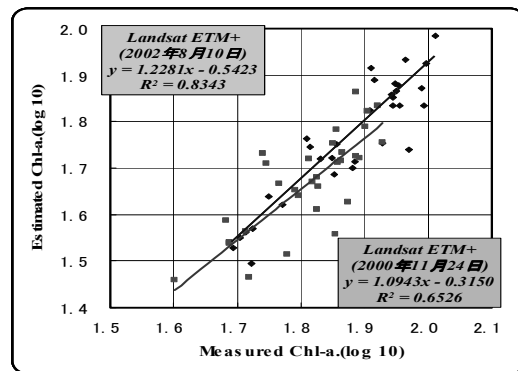


Fig.3 衛星データから求めた Chl.-a 推定値の実測値による検証

TSI_{CHL} において、三番瀬においては実測値と衛星データによる TSI_{CHL} 推定値とのバラツキが認められた。これは前記の通りホワイトキャップの影響による見せかけの反射パターンの増加により衛星データによる推定値が高めに検出されたものと考えられる。

(3)「ホワイトキャップの影響」に対する今後の課題として、大気補正処理が組み込まれた SeaWiFS(Sea Wide Field-of-View Scanner)データ等による光学補正があげられる。また、沿岸域を中心とする「吸収性エアロゾル」の検知と補正のアルゴリズムの構築が、衛星データによる高濃度域評価の解析精度に繋がると思われる。