

# 富栄養化指数(TSI)による印旛沼の水質汚濁評価

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 正会員 藤井寿生  
木更津高専 正会員 大木正喜

## 1.はじめに

近年、環境汚染問題の一つとして河川や湖沼などの水質汚染は深刻な問題であり、生活用水として利用される湖沼における水質管理の重要性は非常に高いと言える。特に湖沼は、都市化、産業の発展および人口集中などに伴う汚水の流入による富栄養化が問題視されており、生活配水としての湖沼における水質管理の重要性は非常に高い。

本研究は、湖沼の流動化による水質浄化を試みている印旛沼(Fig.1)を対象に、衛星データを利用し算定された富栄養化指数(Trophic State Index; 以下 TSI) によって評価を試みた。

## 2.水の分光反射特性

Fig. 2に Chlorophyll-a(以降Chl-aと記す)含有量の異なるモデル水のスペクトルパターンを示した。その結果、ある程度Chl-aの含有量が増加すると、可視赤波長域 VR(0.600~0.675 $\mu$ m)においてChl-aの吸収の影響が顕著となり、その表異も含有量にしたがい大きくなるという事、また反射のピークも可視緑波長域 VG(0.500~0.585 $\mu$ m)、近赤外波長域 NIR(0.720~0.900 $\mu$ m)付近へ移動するという、典型的な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。また、これよりChl-aを媒介としてTSIを評価するにあたっての有効波長帯ならびにそのコンビネーションを「(NIR/VR)+VB」とした。

## 3.現地調査

現地調査は、衛星(Landsat)観測日と同期した2001年6月4日に、最も富栄養化が激しい北印旛沼を対象に実施した。

同水域に設定した約33ヶ所の調査地点において、試料水の採取ならびに分光反射特性の測定を行った。Fig.3は、アセトン抽出法により定量された実測Chl-a濃度と反射率の比(NIR/VR)との関係を示したものである。

## 4.印旛沼のTSI評価

本研究では、Landsat-ETM+(2001年6月4日)の衛星データを用い解析を行った。このデータを利用してFig.3に示した実測Chl-a量とNIR/VRの関係を基本的な考えにして、まず

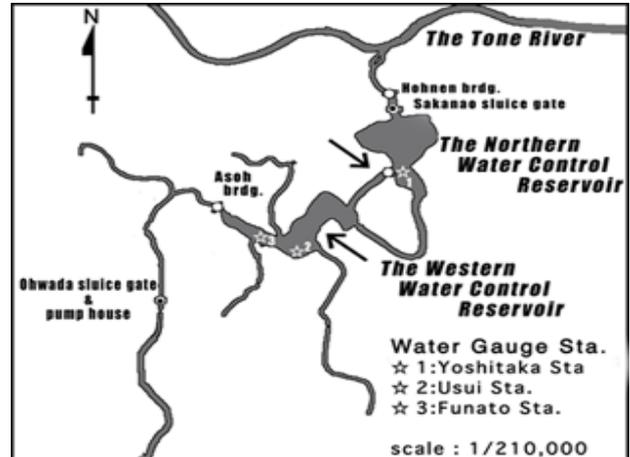


Fig.1 調査対象地域の概況

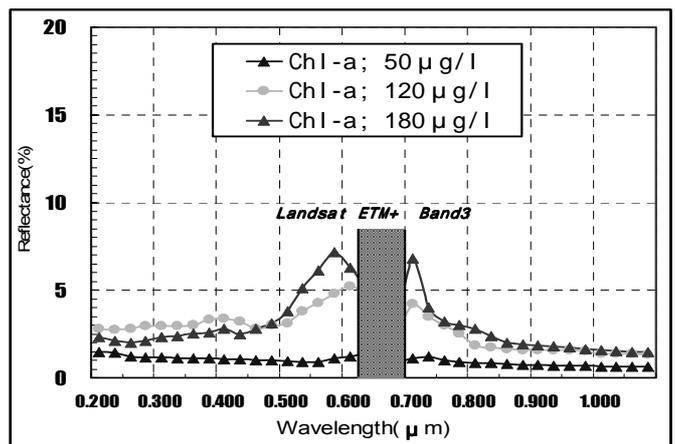


Fig.2 Chl-a含有水のスペクトル特性

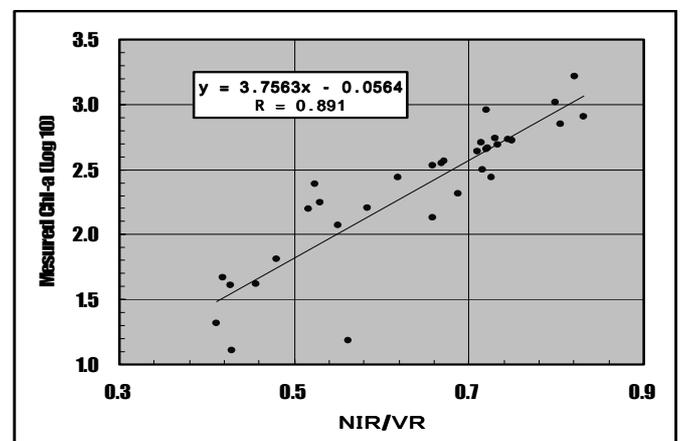


Fig.3 実測Chl-aとNIR/VR値との関係

Keywords: satellite data

前処理として、幾何補正、Radiometric 複合補正、濃度補正を施した。なお、同期観測地点の画像上の位置は、座標変換法による誤差も考慮し、周辺3×3pixelのDN値(Digital Number 値)サンプリングを行った。

#### 4-1 TSI 評価

TSI とは、1977 年 Carlson により湖沼の富栄養化を Chl-a により評価するために構築されたものである。TSI は、基本的には水の透明度、Chl-a 濃度、リン含有量より評価することができ、0~100 の指数で表される。ここで既往の研究によれば、40~50 までが中濃度富栄養化、80 以上が超富栄養化状態であるとされている。TSI を用いる利点としては、1~2 点の水質パラメータ測定であっても、高精度で調査地域の富栄養化状態が評価可能などところにある。(1)式は、Carlson による Chl-a 濃度を基本とし TSI(以下 TSI<sub>CHL</sub>)を算定する式である。

$$TSI_{CHL} = 10 \times \{6 - (2.04 - 0.68 \ln [Chl-a]) / \ln^2\} \quad (1)$$

#### 4-2 衛星データによる TSI マッピング

Plate1 は、Landsat ETM+の Band4(NIR)、Band3(VR)を基に(2)式により推定濃度に変換し再度(1)式に代入し、画像にフィードバックし作成された TSI 画像である。

$$\log_{10}(Chl-a) = 3.756(Band4/Band3) - 0.056 \quad (2)$$

前記の通り印旛沼は水質浄化のため定期的に放流を行っている。この画像取得日は、放流開始より約 72 時間程度経過しているため、これに伴って生じる汚濁水塊の流動パターンや TSI の分布状況が広域に、かつ視覚的に判読することができる。

#### 4-3 画像処理結果の検証および考察

(1)Fig.4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る。

(2)TSI 画像は、印旛沼の流動化による水質変動、印旛沼の富栄養化の原因である汚水の流入場所の特定、放水量による水質変動の違いなどを把握する上で有用なデータになりうる。

### 5. 謝辞

本研究を進めるにあたり、貴重な基礎実験にご協力いただいた本学科環境研究室の皆様、水質データ提供をして頂いた千葉県の皆様、また膨大な量の衛星データ複合数値の補正を行なって頂いたカルフォルニア大学 Eric K.Dean 博士に謝辞を示す。

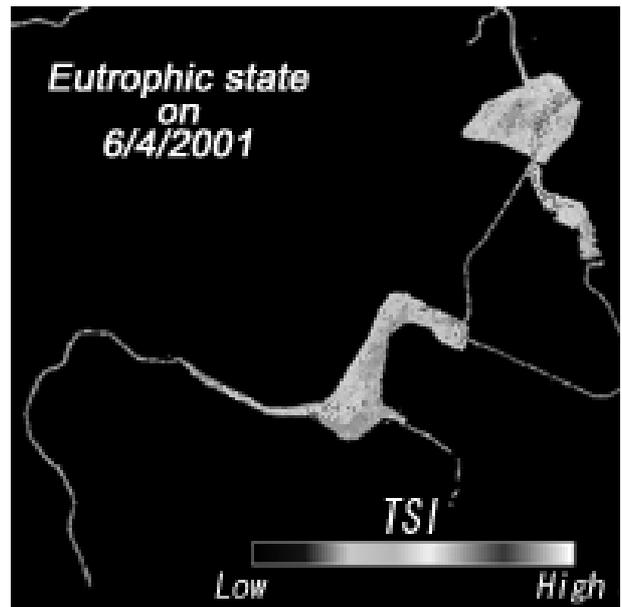


Plate 1 TSI 評価画像 Landsat ETM+(2001/6/4)

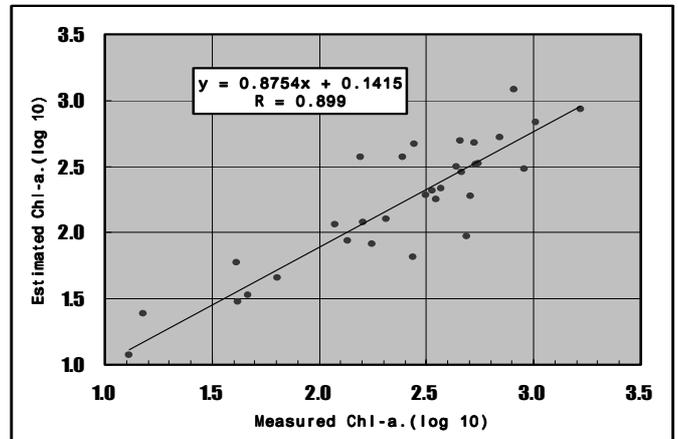


Fig.4 Chl-a 推定値の実測値による検証