

ASTER L1b データによる汚濁水塊のスペクトル特性評価

岩下圭之 (土木工学科)、E.K. Dean (UCLA)、J.C.Dozier (UCSB)

1. はじめに

都市における水系で、人間活動の影響による汚染は、河川、湖沼、港湾部などの「都市水域」に最も集約され、水質汚濁は水に依存することの多い我国にとって深刻な社会問題である。近年、世界レベルで高まる「環境」への意識向上も相まり我国における産業活動や都市活動が活発な大都市近郊の都市水域においては、重金属、廃油などによる無機的水質汚濁は激減したものの、以前として閉鎖性（半閉鎖性）水域における有機物による富栄養化現象が環境問題の一つとして議論されている。すなわち都市生活を取り巻く様々な複合要因の重なり具合によっては、水中の動・植物プランクトンが著しく生産を高め、海域において赤潮、湖沼におけるアオコ問題を引き起こし、逆に人間生活環境に大きく悪影響を与えている(1)。

本年度は、大木等の実験池におけるアオコ電解処理実験と同期し、超高濃度Chl-a (クロロフィル) が濃度変化に伴いそのスペクトル特性にどのように影響をおよぼすかの予備相関分析を行い、得られた結果を実水域において応用した。また、次年度以降Terra/Aquaデータを解析アルゴリズム構築のために、今回の予備実験ならびに現地実験で得られた結果を同波長を有するASTERデータにフィードバックし、画像解析を行った。Chl-aの異常発生に大きく関与する水中の浮遊懸濁物質(Suspended Solid : SS)、またそのバロメータである透明度(Degree of Transparency : D_T)との相関を明らかにすると共に、衛星リモートセンシングデータを利用して汚染物質の流入源である湖沼、河川と集約地である内湾部の複合的な富栄養化評価を行った結果を報告する。

2. 研究対象水域における定点水質調査

本研究では、汚染物質の流入源（発生源）である湖沼・河川として千葉県北西部に位置する北印旛沼を集約地である内湾部として東京湾北東部戸を選定した。東京湾においては、1998年以來、人工衛星観測日に同期して定期的に定点水質調査（シートルース）を行っている。また、2001年からは、東京湾湾岸部の水質に關与しているといわれている北印旛沼にも約32箇所

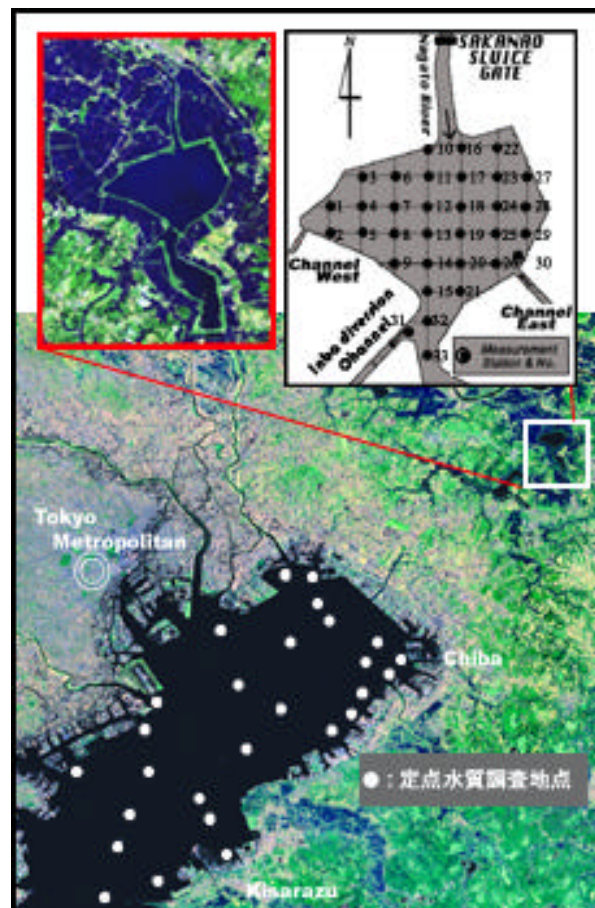


図-1 解析対象域の概況

の定点を設け、同様の調査を開始している。各定点において、以下のような項目について測定ならびに分析を行なっている。図-1に、研究対象水域の概況を示した衛星画像を示した。

<本研究に關与するシートルース項目>

採集深度, 気温&水温, 濁度, 透明度, COD, N-ヘキサン, クロロフィル濃度, 直下測定スペクトル

3. 水質予備実験

近年、水質汚濁との関連の深いSS濃度がChl.-aの生育に大きく關与していることが岡見氏等による研究(2)より明らかにされている。しかしながら、資料によればSS構成成分にはChl.-aの栄養分である有機物質が多く含まれており、Chl.-a含有量とSS含有量は相互に影響を与えあっているために、まずは予備実験において両者の関係、また、そのスペクトル特性との関係を明らかにする必要がある。

予備実験は、本学図書館横の池を利用して、最もアオコの繁藻が著しい夏期(6/11 9/28)に、以下の項目について実施した。

<図書館横予備実験項目>

固形肥料の池水への散布(アオコの故意の増殖)
電解処理によるアオコの死滅 フロック化
固液分離(アオコの故意の減少)
* から に移行する過程において
Chl.-a含有量の測定
D_T(Degree of Transparency;透明度)の測定
SSの測定
分光反射の測定(FieldSpecPro)

図-2は、本学図書館横の池の可視青から中間赤外波長域(400-2500nm)までの分光スペクトルの測定風景を示したものである。水のように表面形状が常に微妙に変化するような対象物のスペクトルは、水の鏡面反射ならびに微波による散乱を防ぐために直下測定とした。上記の予備実験より得られた各水質項目の分析結果を基に、図-3にChl.-aとSS、図-4にSSとDT、および図-5にChl.-aとDTとの相関関係をそれぞれ示した。いずれも、定説とおりの結果を得ることができた。ここで透明度は汚濁のパロメータであることから、これよりスペクトル反射が皆無の低層水域における汚濁状況を推定するできる。

図-6は、予備実験の結果をもって既に外洋用に構築されているGordon法とRVI法によるスペクトル特性と実測Chl.-aとの関係を示したもの

である。図-7は、2005年6月4日の東京湾および印旛沼におけるシートルースにより得られた結果による同様の関係を示した。



図-2 実験池におけるスペクトル測定

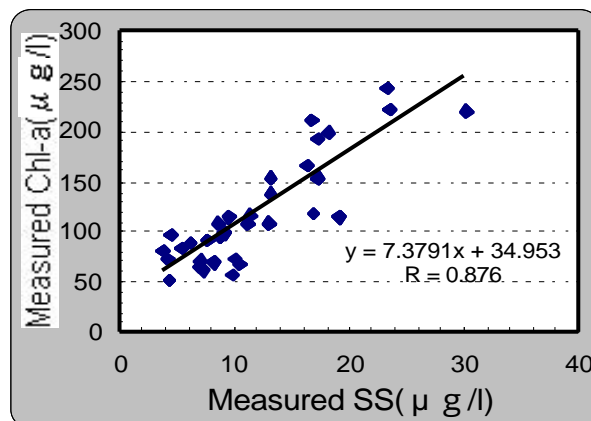


図-3 Chl.-aと浮遊懸濁物質(実験池)

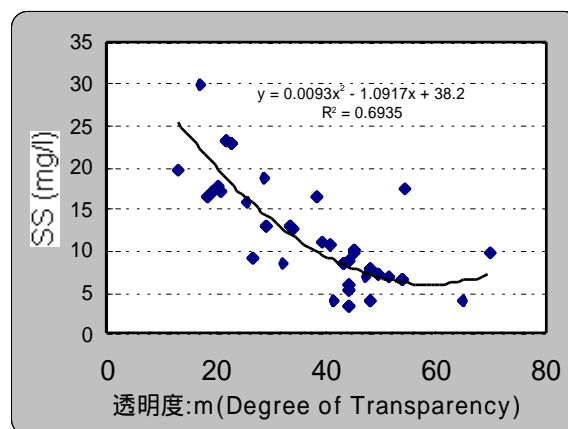


図-4 浮遊懸濁物質と透明度(実験池)

ものである。これについても、良好な相関を得ることができた。なお、印旛沼および東京湾のような流速の小さい個所においては、直径約30cmのブリキの円盤でできたSecchi Diskを利用して、透明度を測定した。

4. Carlsonの富栄養化指数

水域の富栄養化状態を多重パラメータ指数として簡便にかつ正確に評価するために、1977年にKent State Univ.のCarlson博士が構築した「富栄養化指数TSI: Tropical State Index」法を本研究においても応用し、各水質項目毎のTSI評価をおこなった。ここで、このCarlsonのTSIモデルは、特定範囲の水質評価のために、水質パラメータの経験的關係に基づいてSecchi Diskによる水の透明度(D_T)、Chl-aおよびSS等の水質データを、以下に示すCarlson式によって0-100の指数に導出される。

$$TSI_{DT} = 10 \times \{6 - (\ln[D_T] / \ln 2)\}$$

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

$$TSI_{SS} = 10 \times \{6 - (3.19 - \ln[SS] / \ln 2)\}$$

ここで、得られた指数により以下のとおりに評価することができる。

TSI (0-40) : 正常な栄養状態

TSI (40-50) : 中程度の富栄養化状態

TSI (50-80) : 富栄養化状態

TSI (80-100) : 超富栄養化状態

5. ASTER L_{1B} データによる富栄養化評価

本研究において利用した衛星データは、2004年6月4日観測のASTER L_{1B} データである。このASTERは我国と米国とで2000年に共同開発されたもので、従来のLandsat ETM+データより解像度及び波長帯分割等において優れており、これからの利点が大いに期待できる。

5-1. 衛星データに対する前処理

同データを基本に前処理として以下のような処理を施した。

- (1)基本処理 (マスキング、幾何補正)
- (2)水域のスキャンノイズや大気エアロゾルに対処するためによる複合ラジオメトリック補正

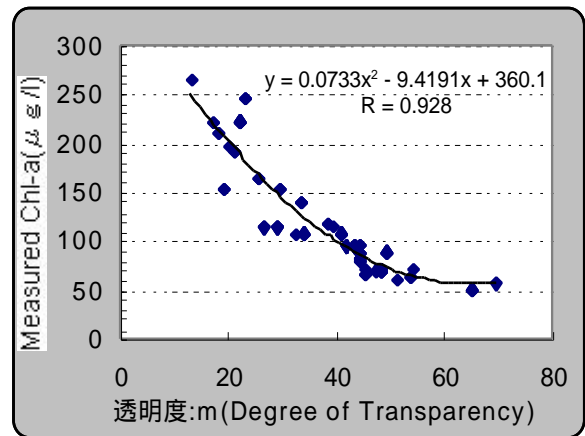


図-5 Chl.-aと透明度 (実験池)

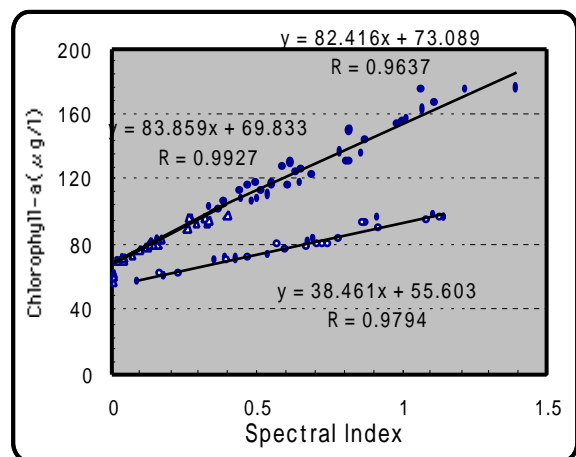


図-6 Chl.-aとスペクトル特性 (実験池)

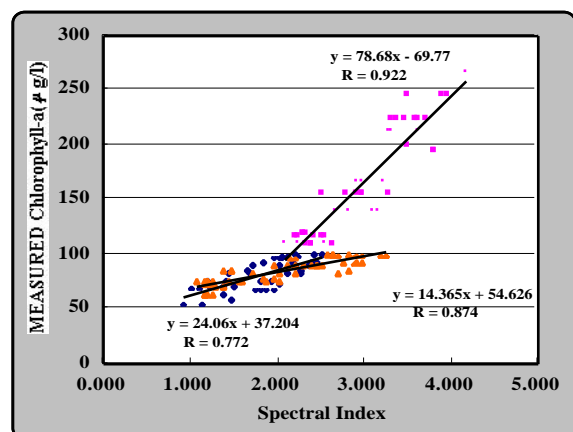


図-7 Chl.-aとスペクトル特性
(印旛沼&東京湾)

前述の予備実験ならびにシートルースにより得られた結果を基本的な考えとし、ASTERデータの各波長間の四則演算処理による富栄養化評価画像を作成した。

5-2 . ASTER 富栄養化評価画像

図- 8 および9に、2005年6月4日(現地調査と同期)のASTER TSI_{CHL}, TSI_{SS}評価画像を示した。

6. 考 察

(a) TSI_{CHL} - 印旛沼における定期放流が同年6月2日とASTER観測日の約48時間前に行なわれており、西印旛沼ならびに北印旛沼においては高濃度汚濁水塊の浄化はほぼ完了しているが、依然として北印旛沼の上部沿岸部にAlgae中心のアオコが流動していない様子が判読できる。反面、その最終集結地である花見川河口付近および三番瀬付近に極めて高濃度のChl-aが東京湾特有の時計周りの表面流に沿って、拡散している様子が判読できる。相対的に、高濃度と判読されたChl-aの移動方向(トラッキングベクター)は、全て東京湾に河口をもつ河川から向いていることが判る。

(b) TSI_{SS} - 基本的にはChl-aの分布と同じシェイプをしており、前述のとおり互いに依存しあっていることが判る。しかし、湾北東部(三番瀬から千葉港にかけて)は明らかにChl-aの影響であるが、湾北西部(隅田川および荒川河口)と湾南西部(横須賀港周辺)における超高濃度SSはChl-aの影響よりも土砂汚濁の可能性が極めて高いことが判る。

(c) TSI_{DT} - 透明度は一般的に測定前の降雨の有無に大きく依存し変化する。衛星観測日前に10日以上降雨がない場合はWaterColorバンドとされている可視青バンドで単純評価できるが、本画像においては荒川河口の異常な透明度の無さから判断して明らかに降雨の影響が見受けられるため、(可視青-可視赤)式にて求められた値を再度画像にフィードバックするという手法をとった。

7. まとめ

今年度の研究成果として、一定の濃度を超過する前後でそのスペクトル特性のバンドコンビネーションも異なることが解った。波長が年々と細分化される近年の衛星データに対応するためにも、また衛星の種類、観測日に応じた補正アルゴリズムの構築するためにも大きな収穫であったといえる。信頼性の高い衛星データ解析結果というバックグラウンドをもって、将来の環境モニタリングや管理計画に、衛星リモートセンシングのもつ広域&周期観測性を利用する利点は大きい。

*参考文献

- 1)尾島敏雄、リモートセンシングシリーズ「都市」、朝倉書店
- 2)岡見等、「霞ヶ浦の分光反射率と水質」、日本リモートセンシング学会誌、Vol.2, No.1, pp.21-31, 1992

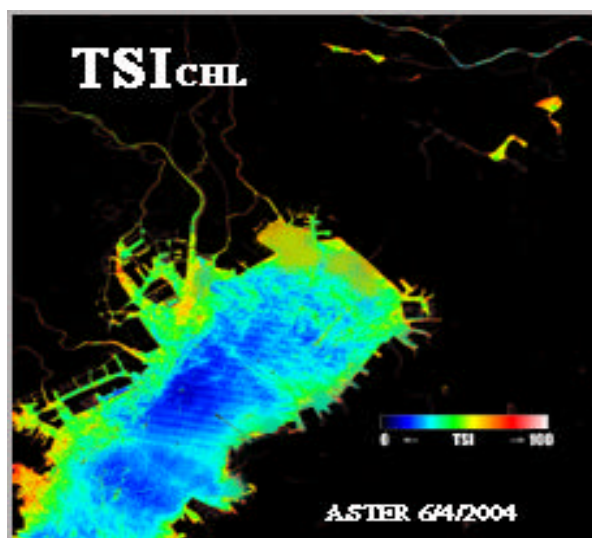


図- 8 ASTER画像によるTSI_{CHL}評価画像
(2005年6月4日観測)

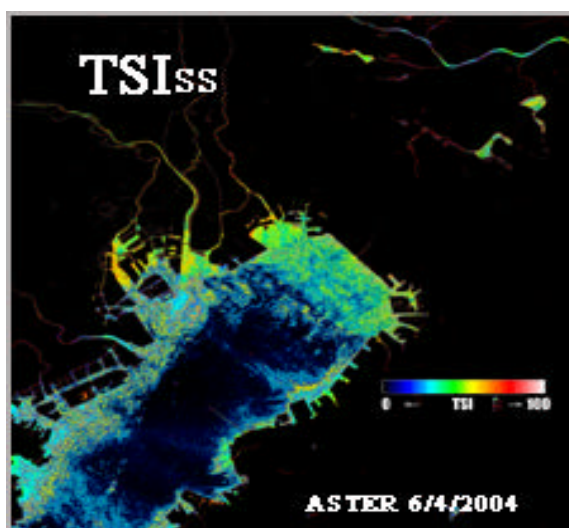


図-9 ASTER画像によるTSI_{SS}評価画像
(2005年6月4日観測)

