

藻の繁殖に起因した Chlorophyll-a の濃度変化がスペクトル特性に及ぼす影響評価

日大生産工(院) ◦ 森 幹高 日大生産工 岩下 圭之
日大生産工 西川 肇 日大生産工 大木 宜章

1. はじめに

近年、閉鎖性水域の富栄養化現象の主要因として、植物性プランクトンの異常発生により起る赤潮、アオコ、アルガエ・ラーデン(淡水赤潮)等が、生活環境に悪影響をもたらしている。水域のリモートセンシングにおいて、通常、衛星等のプラットフォームに観測された水面の分光放射輝度と水質パラメータ濃度との相関を定式化し、衛星データ観測と同期したグラントゥルースデータとの回帰モデルなど統計モデルを利用し推定する手法が一般的とされてきた。既往の研究事例においても、水質定量評価のための『有効スペクトル』として様々なコンビネーションが提案されているが、いずれもモデル化は容易であるが大気減衰や水面の鏡面反射光による影響によりそのモデルが日時や場所によって異なり、安定した評価が難しいという欠点も有している。

本研究は、筆者等と米国研究機関とで構築してきた衛星リモートセンシングデータの『複合ジオメトリック補正手法 (Filament-Shaped 法)』の検証の一貫として、Chlorophyll-a 濃度変化がスペクトル特性にどのように影響するか、また評価のための有効波長帯の選定の知見を得るため、人工的に超高濃度化された実験池を利用して検討を行った。

2. 汚濁水の濃度変化とスペクトル特性

水中に入ってきた太陽光は、水中の物質及び水自身によって吸収または散乱される。光に対するそれらのスペクトル特性は含有物質に大きく依存しながら、再び水面に出てきた光は、水中の物質組成によって異なる。特に、衛星による遠隔計測データにはこれらに加えて大気散乱光や大気減衰効果等が大きく影響しており、解析結果をさらに不安定なものにしてきた。ここで、本研究ではこれらが無視できる水面付近において直下測定によるスペクトルのパターン分析を行い、その結果より『有効波長帯』選定のための『濃度閾値』を見い出すこととした。

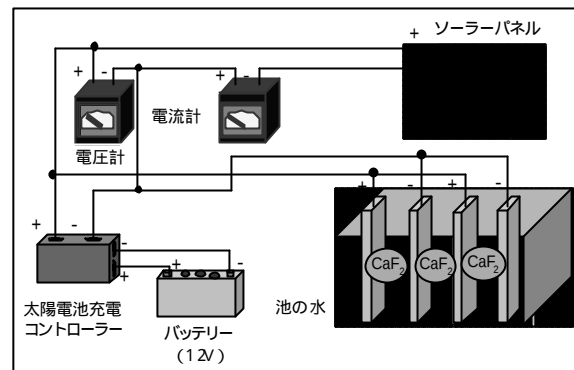


Fig.1 System configuration of pilot plant

3. 電解処理実験と同期したスペクトル分析

本研究は、Chlorophyll-a 定量値がスペクトル特性に与える影響を把握するため、アオコベースの超高濃度の Chlorophyll-a を発生させた本学部図書館横の池を利用し、平成 16 年 7 月 26 日より同年 9 月 20 日までの快晴の毎日一定の時間帯において、多目的分光反射計 MSR-7000(280 ~ 2500nm の波長域 1nm ピッチごと)を用いて、詳細に波長別の分光反射測定を行った。この実験は本学科環境研究室が提案する『フッ素化合物電解法』(Fig. 1)のサイドプロジェクトとして、アオコを親水性から疎水性に個液分離し死滅、凝集およびフロック化する過程において引き起こる Chlorophyll-a 含有量変化(30µg/l ピッチ)のスペクトルパターンを時系列的に計測するものである。

4. 測定結果

Fig.2 は、電解処理実験によって生じた Chlorophyll-a 含有量変化に伴うスペクトルパターンの計測結果を示したものである。これより、以下のような結果を得た。

- 1) Chlorophyll-a 含有量が 120µg/l 周辺を境として、スペクトル応答に大きくパターンの変化が認められる。
- 2) 超高濃度域 (180µg/l 以上)にて、可視光緑波長域 VG の 585nm 付近から近赤外波長域 NIR の 730 nm 付近へ反射のピークが移動する。
- 3) Chlorophyll-a 含有量が 120µg/l を越したあたりから

Spectral Property of Algae-Laden Water with Various Chlorophyll-a Concentrations

Mikitaka MORI, Keishi IWASHITA, Hajime NISHIKAWA, Takaaki OHKI

徐々に可視光赤波長域 VR の 685nm 付近において顕著に Chlorophyll-a による吸収が始まり 濃度が増えるほど徐々に強くなっていく。しかし 超高濃度域まで達するとほぼ一定となり 近赤外波長域 NIR ほどおおきな変化は見られない。

- 4) Chlorophyll-a の別の吸収帯である可視光青波長域 VB(450 ~ 520nm)においては、含有量の変化に伴う反射率の変化は殆ど見られなかった。

Fig. 3(a)に、近年の研究で多く取り上げられている水中反射率の比 NIR/VR とChlorophyll-a 含有量との相関および回帰直線を示した。これを見ると含有量 120 $\mu\text{g/l}$ を境として、大きく2つの相関パターンを確認することができ、それぞれの相関係数にも差があることがわかる。そこで、前述の反射のピークが移動する境界と思われる含有量 120 $\mu\text{g/l}$ 以下の測定結果と Chlorophyll-a 推定モデルとして以前より広く利用されている「Gordon モデル」による水中反射率の比 (VG/VB) との相関をとったところ、Fig. 3(b)を得た。含有量 120 $\mu\text{g/l}$ 以下に対しては、NIR/VR より高い相関係数が認められた。本来、Gordon モデルは「きれいな水」や「外洋水」を対象に構築されたもので、このように VB のような短波長域に影響をおよぼす溶存有機物が多くかつ Chlorophyll-a が超高濃度の水域においては適さないが、本研究の実験池のように溶存有機物が少なく、また Chlorophyll-a 含有量がある境界値以下である場合には Gordon モデルが最も適していると思われる。

5. 考察

本学図書館横の池を選定し、時系列的に測定された水面スペクトルデータを基に Chlorophyll-a 含有量と水面直下での分光スペクトル との関係調べ、推定モデル構築の有効波長帯をそれぞれ見出すことができた。検討結果を以下にまとめる。

- 1) VR と NIR の 2 波長の水中分光反射率の比 NIR/VR は、Chlorophyll-a 含有量と比例して多くなる水中の懸濁物質の後方散乱の影響をさけることができることから Chlorophyll-a 含有量がおおよそ 180 $\mu\text{g/l}$ 以上の「超高濃度域」においては NIR/VR による推定モデルが最も適していることが分かった。
- 2) Chlorophyll-a 含有量が約 100 $\mu\text{g/l}$ 以下の水域においては、VG と VB の 2 波長の水中分光反射率の比：VG/VB が、懸濁物質濃度に関係なく Chlorophyll-a 含有量を推定できることが示された。

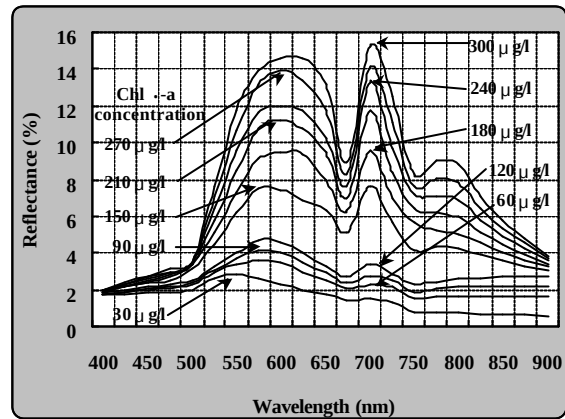


Fig.2 Field measured spectra of Algae-laden water with various Chl.-a concentration

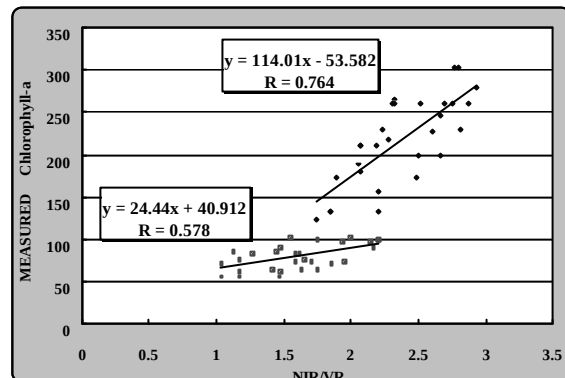


Fig.3(a) Correlation between measured Chl.-a and simple spectra ratio (NIR/VR)

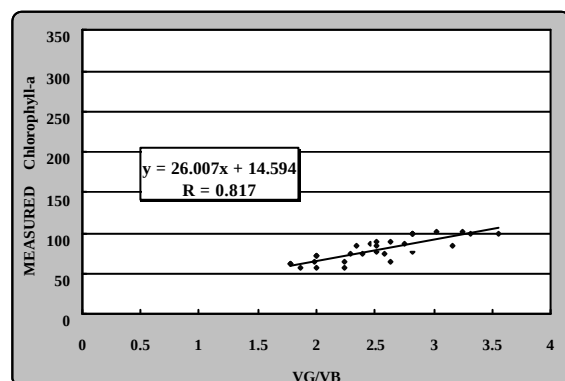


Fig.3(b) Correlation between measured Chl.-a and simple spectra ratio (VG/VB)

- 3) 本研究で得た異なる2つの推定モデルを、衛星データを利用した広域評価モデルに直接置き換えるためには、水面 (鏡面) 反射や大気散乱光の影響を除去する手法 (Filament-Shaped 法) を対象水域毎にその現地測定結果を基に検討する必要がある。