

Ⅱ-365

網走湖における分光反射率とクロロフィル a 濃度との相関

北見工業大学大学院 学生員 塩見 秀之
北見工業大学工学部 フェロー 佐渡 公明

1. はじめに

近年網走湖で問題になっている富栄養化現象は、植物プランクトンの異常発生であるアオコを引き越し水質汚染として大きな影響を与えている。本研究では、アオコの指標としてクロロフィル a 濃度を使用し、分光放射計を用いた現地観測を行い、水面での分光反射率と水深毎の平均クロロフィル a 濃度との回帰分析により、今後のデータ解析に使用する際の平均クロロフィル a 濃度を求めるための最適水深を調べた。

2. 現地測定方法の概要

2.1 水面分光反射率の測定

水面分光反射率の測定は多目的分光放射計((株)オプトリサーチ製、MSR-7000)を用いて行った。図-1は水面における測定概要を示している。分光反射率 R は、波長域を同一にした、水面直上の上向分光放射輝度 $U(\mu \text{ W cm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ nm}^{-1})$ と白色標準反射板を用いた水面下向分光照度 $H(\mu \text{ W cm}^{-2} \text{ nm}^{-1})$ より

$$R = U / H \quad (1)$$

と表される。ここで、水面直上の受光部で検出される上向分光放射輝度 U は、図-1における(I)水中物質により散乱された光、(II)水面における直接反射光、これら2つの成分の和である。また水面下向分光照度 H は、白色標準反射板の分光反射輝度値 W より

$$H = (\pi W) / \rho \quad (2)$$

で表すことができる。ここで、白色標準反射板は完全拡散面と仮定し、反射率は $\rho=1$ で近似した。なお、船上調査は測定波長域を 350~900nm とし、1997 年 6 月 12 日から 8 月 28 日まで合計 14 日間、1 日当たり 7 地点調査を行った。

2.2 クロロフィル a 濃度の測定

クロロフィル a 濃度の測定は、クロロテック(アレック電子(株)製、ACL-1180-DK)を用いて水面から湖底まで 10cm おきに行った。図-2は 6 月 19 日の湖心におけるクロロフィル a 濃度の鉛直分布を示している。図より、クロロフィル a 濃度は水深によって異なっており、2~4m の範囲でピークを迎え、その後徐々に減少していく様子を示している。よって、データ解析を行う際にクロロフィル a 濃度の平均値が必要であるが、どの水深までの平均値を考えれば良いのかが問題となる。また、クロロフィル a の分光特性として 440nm, 670nm 付近で吸収、700nm 付近で蛍光放射があると言われている。そこで、これらの波長を利用することが相関解析に適していると思われる。今回の観測データをまとめた結果、これらの波長を中心に前後 10nm の範囲にピークが生じていたので、クロロフィル a の吸収帯を 430~450nm と 660~680nm、蛍

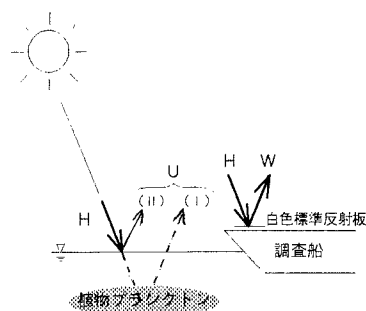


図-1 現地測定概要

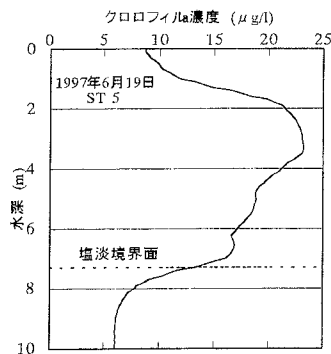


図-2 クロロフィル a 濃度鉛直分布の一例

キーワード：クロロフィル a 濃度、分光反射率、アオコ

連絡先：〒090-8507 北見市公園町 165 番地 TEL 0157-26-9492 FAX 0157-23-9408

光放射帯を 690～710nm と定めて、この範囲内で U と H の積算値より R を求め、相関解析を行った。

3. 平均クロロフィル a 濃度と分光反射率との相関解析

3.1 吸収帯と蛍光放射帯を使用した相関解析

水深の対象範囲を水面から 5m まで 0.5m 刻みとして、これらの水深範囲の平均クロロフィル a 濃度と、波長域を 2つの吸収帯と蛍光放射帯とした分光反射率について相関解析を行った。表-1 は解析結果を示したものであるが、良い相関が得られなかった。この原因としては、上向分光放射輝度の測定時に、図-1 で示した(II)成分の水面反射光の関与が大きな影響を与えていると思われ、この成分を除去する必要がある。

3.2 分光反射率の差、比、NDVI 方式を使用した相関解析

水面反射光の影響を除去する方法として、蛍光放射帯 (690～710nm) と吸収帯 (660～680nm) における分光反射率の差、比、NDVI ($=(\text{Ch.2} - \text{Ch.1})/(\text{Ch.2} + \text{Ch.1})$) 方式を用いて解析を行った。NDVI 方式とは、NOAA 衛星における植生の反射強度の強い Ch.2 (近赤外線) を蛍光放射帯に、反射強度の弱い Ch.1 (可視域) を吸収帯と見なして算出したものである。表-2 に結果を示す。解析結果は、各方法ともに水深 0～2m で一番良い相関が得られた。また、相関係数が最も良かった水深 0～2m における分光反射率の差について相関図を図-3 に示す。図より濃度が 9.73 ($\mu\text{g/l}$) 以下

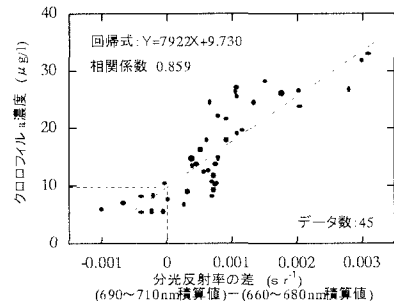


図-3 分光反射率の差と 0-2m 平均クロロフィル a 濃度との相関図

では、分光反射率の差が負の値となり蛍光放射が行われない可能性があると思われる。

表-1 クロロフィル a の吸収帯と蛍光放射帯を用いた相関係数

分光反射率の 波長域	平均クロロフィルa濃度計算の水深範囲										
	水面値	0-0.5m	0-1m	0-1.5m	0-2m	0-2.5m	0-3m	0-3.5m	0-4m	0-4.5m	0-5m
430-450nm	-0.021	0.057	0.124	0.139	0.131	0.175	0.316	0.298	0.220	0.231	0.237
660-680nm	0.081	0.172	0.245	0.255	0.243	0.257	0.391	0.370	0.299	0.305	0.306
690-710nm	0.196	0.304	0.391	0.406	0.408	0.408	0.509	0.492	0.423	0.429	0.429

表-2 分光反射率の差、比、NDVI 方式を用いた相関係数

説明変数	平均クロロフィルa濃度計算の水深範囲										
	水面値	0-0.5m	0-1m	0-1.5m	0-2m	0-2.5m	0-3m	0-3.5m	0-4m	0-4.5m	0-5m
分光反射率の差	0.588	0.693	0.773	0.806	0.859	0.837	0.849	0.851	0.824	0.820	0.817
分光反射率の比	0.475	0.497	0.520	0.548	0.600	0.554	0.448	0.437	0.430	0.413	0.401
NDVI方式	0.481	0.507	0.530	0.556	0.611	0.570	0.469	0.462	0.455	0.439	0.429

4. 結論

- 0～2m の平均クロロフィル a 濃度を目的変数とし、蛍光放射帯、吸収帯を用いた分光反射率の差を説明変数とした場合が、最も良い相関係数を示した。
- クロロフィル a の蛍光放射は、9.73 ($\mu\text{g/l}$) 以下の低濃度では行われないことがある。

人工衛星 (NOAA-14, OrbView-2) による観測データとクロロフィル a 濃度との関係を見出すことができれば、より正確なアオコ状況を面的に把握することが可能と思われ、今後この方面に研究を進展させる。今回の測定では北海道開発局網走開発建設部、(株)北開水工コンサルタントにご協力を頂いた。ここに深く感謝致します。

参考文献

- 岡見 登, 岸野 元彰, 宮崎 忠国: 霞ヶ浦湖水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、1982。