

礫付着藻類クロロフィル量の現位置礫を用いた推定法開発について

○芝浦工業大学 正員 菅 和利
 電源開発株式会社 正員 向井伸幸
 電源開発株式会社 正員 大西真弘

1. はじめに

ダム、堰などの河川構造物の設置に伴う砂移動量の減少は、河床の固定化、大型の礫に付着する藻類の更新能力を低下させてきた。対策としてダム堆砂を下流に排砂する、あるいは特定の場所に置き砂をし、出水時の砂移動を促す方策が取られている。この効果が現れるには長期間を要するので、季節的、経年的なモニタリングが必要である。

現在、礫付着藻類の調査は直接採取する方法によって行われている。しかし、調査のたびに異なった礫を採取するため、礫付着藻類の更新の様子、成長の過程などをモニタリングできていない。そのためには指標とする礫を用いた現位置調査でクロロフィル量を測定する簡便なモニタリング手法の開発が求められている。

本研究では、礫付着藻類のクロロフィルの活性度と反射スペクトル特性に着目し、デジタル画像から読み取ったデジタルナンバーからクロロフィル量を推定する手法について検討を行った。

2. クロロフィル溶液と反射スペクトルの関係

水槽にほうれん草の絞り汁で作成したクロロフィル溶液を満たし、上方からCCDカメラで撮影を行った。図-1は各濃度、波長毎のCCD値を示したものである。図の最も下の曲線がクロロフィルa濃度186.7μg/lを示し、最も上の曲線がクロロフィルa濃度1.22μg/lの結果を示している。このCCDの値を白板でのCCD値で除すると反射率になるが、

クロロフィルa濃度が異なれば反射スペクトルの

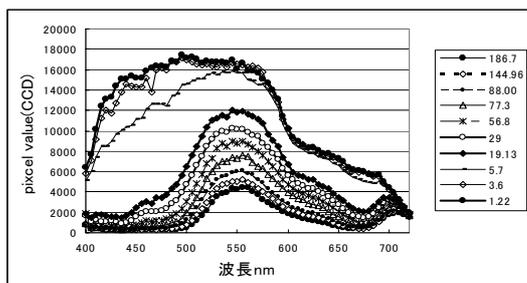


図-1 クロロフィル濃度とCCD値の相関

形が異なることを示している。

スペクトルの形を数値化する方法としてデジタルカメラのデジタルナンバーへの変換を応用することとした。デジタルカメラの各画素はCCD素子で構成されており、各画素には物体の情報に応じたRGBのデジタルナンバーに変換した数値として格納されている。従ってデジタル画像の各画素のデジタルナンバーには物体の性質に応じた反射スペクトルが反映されている。

デジタルナンバーは式 (1) で計算できる。

$$DN_i = \alpha \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} [f_i(\lambda) * S(\lambda)] d\lambda \quad (1)$$

λは波長、λ_{min}は波長400nm、λ_{max}は波長720nmで、S_i(λ)は反射スペクトルである。f_i(λ)はRGBそれぞれの等色関数である。係数αは白板でのDNが255になるように2.5とした。

図-2は反射スペクトルから算定したDN(R)とクロロフィルa濃度との相関を示したものである。多少のばらつきは有るが良好な相関を示しており、デジタル画像のデジタルナンバーDN値から溶液中のクロロフィルa濃度を推定することが可能であることを示している。このクロロフィルa溶液の濃度をデジタル画像のDNから推定する手法を礫付着藻類の活性度算定に応用し、新たなモニタリング手法の開発を検討した。

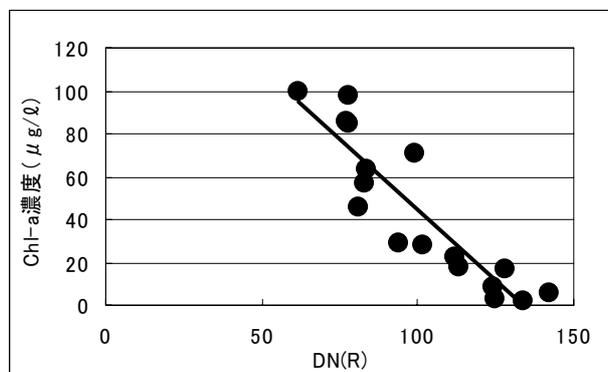


図-2 デジタルナンバーとクロロフィルa濃度

キーワード：礫付着藻類、クロロフィル濃度、反射スペクトル、デジタル画像、デジタルナンバー

芝浦工業大学工学部土木工学科水圏環境研究室 〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5 tel 03-5859-8362

3. 礫付着藻類モニタリングへのデジタル画像の応用

礫付着藻類の主要部分はクロロフィルを含む葉緑素からなっており、付着藻類の活性度もクロロフィル a 量を基準として算定することができる。室内実験で、水槽内に沈めた礫表面のクロロフィル濃度を水面上からの反射スペクトルの測定、デジタル画像のデジタルナンバーの測定から溶液と同様に推定することを検討した。反射スペクトルの測定には **Field Spec Hand Held** を用い、デジタル画像の解析には「**ERDAS IMAGINE8.6**」を用いてデジタルナンバーを取得した。また、礫付着藻類として小松菜で模擬し、コンクリートブロック表面に固定してクロロフィル濃度の測定を行った。葉面クロロフィル a 濃度の測定は、葉面を 3cmx3cm 採取し、この葉面をすり潰して 500ml の水に溶解し、クロロフィル溶液の濃度として測定した。この濃度 $\mu\text{g/l}$ から単位面積あたりのクロロフィル a 量 $\mu\text{g/cm}^2$ に換算した。

1) 水深による光の逸散影響の補正

光は水中に入ると指数関数的に低減する。従って、水中に有る物体からの反射率は見かけ上低下する。その結果、水深が深くなると同じ物体であるにもかかわらず、測定したデジタルナンバーも小さくなる。同じ物体であるので、水深の影響を補正し、その物体固有のデジタルナンバーに換算する必要である。

模擬藻類を水面直下 (0m)、0.1、0.2、0.3、0.4 m に設置し、デジタルカメラと **Field Spec** で測定を行った。デジタルカメラから読み取った水面直下での DN 値を基準にして各深さでの DN 値を正規化すると、R、G のデジタルナンバーは式 (2) の減衰関数で表すことができた。

$$DN(Z)_{R,G} = DN(\text{水面直下})_{R,G} * \exp(-1.1 * Z) \quad (2)$$

しかし、B については減衰が大きく、また波長の短い領域では CCD カメラでも光量を十分に蓄積することができなかつた。B に相当する等色関数の領域ではデジタルカメラ、**Field Spec** 共に正確な反射特性を測定できていないと判断し、R、G のデジタルナンバーを用いたモニタリング手法を検討した。

2) 水面での反射の影響の補正

白板を水面上、水面直下に設置し、**Field Spec** でスペクトル (反射率) を測定すると同じ値になり、**Field Spec** での反射スペクトルは水面の影響を受けていないことが分かる。すなわち、**Field Spec** で測定した反射率には水面での影響を受けず、深さ方向

の減衰の影響のみを受けると考えることができる。デジタルカメラで撮影した水面直下の物体からの DN と **Field Spec** から算定した DN の差が水面での影響を表している。実験ケースの平均値を示したのが、表-1 である。

表-1 水面での影響の DN 値での補正值

	R	G	B
DNの補正值	49.24	51.87	34.94

3) 礫付着藻類のクロロフィル量の DN 値での推定

水中にある礫付着藻類の水面上からのデジタル画像から取得したデジタルナンバーに深さ補正を行ない水面直下でのデジタルナンバーに変換し、さらに水面の影響を除去することで、物体表面固有のデジタルナンバーに変換した。クロロフィル a 量と R のデジタルナンバーの関係を図示したのが図-3 である。図中の曲線は累乗近似曲線を示し、両対数グラフでは直線の周りにデータが分布する。データの多少のばらつきはあるが、近似曲線の周りに分布しており、単位面積あたりのクロロフィル量をデジタル画像のデジタルナンバー DN 値で推定できることを示している。

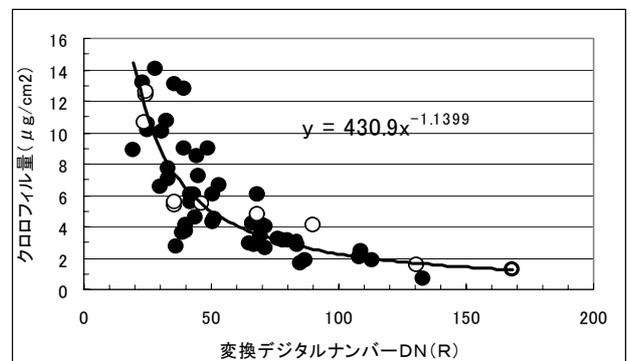


図-3 換算DN値 (R) とクロロフィル量

4. 結論

デジタルカメラの DN に水面影響の補正、水深影響の補正を行なって換算した物体固有のデジタルナンバーからクロロフィル量を推定する式を提案した。

この手法は、調査のたびに異なった礫を採取して付着藻類のクロロフィル量を測定していた従来の手法と異なり、現位置での指標とする礫の付着藻類のクロロフィル量の測定を連続的に行うことができる。出水、置き砂による礫付着藻類の更新の様子を同じ礫を対象にしてモニタリングが可能となる。しかし、礫付着藻類の種の特異性、強熱減量の測定を合わせて行い、推定精度の更なる向上を図る必要がある。