

携帯電話カメラを使った淡水中に含まれる Chl-a 濃度の推定モデル式の算出

長崎大学工学部 学生会員 光永海斗

長崎大学大学院工学研究科 正会員 多田彰秀

長崎大学大学院工学研究科 正会員 鈴木誠二

長崎大学大学院工学研究科 非会員 板山朋聡

1. はじめに

先進国や開発途上国を問わず、水域の富栄養化に伴い、ダム貯水池や湖沼において植物プランクトンが過剰に増殖しており、さらに、地球温暖化に伴う気温上昇の影響として有毒藍藻の発生増加が懸念させている¹⁾。その対策には水質モニタリングが必要であるが、水質分析機器は高額なため、開発途上国での常時水質モニタリングは厳しく、国連報告書でも低価格な分析機器の重要性が示されている²⁾。そこで本研究では開発途上国でも大幅に普及している携帯電話のカメラを有効利用して、従来の高額な分析機器を用いずに、水質調査を行うための研究を試みた。まず、もっとも重要な水質パラメータとしての Chl-a の定量を試みた。

2. 実験方法

2.1 現地観測

現地採水は 2016 年 7 月末～9 月末にかけて毎週 1 回 AM9:00～10:30 の同一時間帯実施した(図-1)。また、図-1 以外にもアオコが発生する対馬の小浦ダム、諫早の貝瀬川ダム、島原の農業貯水池、岡山県の倉敷カントリークラブ内の貯水池からの採水を夏季に行った。採水したサンプルは、2 リットルのプラスチックボトルに入れ、冷媒が入ったクーラーボックスに保存し、研究室に持ち帰っている。各地点において全浮遊物質濃度(TSS)、Chl-a 濃度を測定した。

2.2 水質分析の手法

Chl-a は、植物プランクトンがもつ光合成色素の一つである。Chl-a は全ての光合成植物に存在するため、水中の植物プランクトン現存量の指標となる。Chl-a 濃度は $MgCl_2$ 2% 含有の温 90% メタノール(60°C)を用いて 30 分の抽出法を用い、4 点吸光光度法で測定した(島津製作所 UV-1800)³⁾。Chl-a 濃度は以下の計算式(1)で求められる。

$$(\mu g/L) = (11.6 * (A_{665} - A_{750}) - 1.31 * (A_{645} - A_{750}) - 0.14 * (A_{630} - A_{750})) * (mt/sv) \dots (1)$$

※mt(mL): 抽出メタノール量, sv(L): ろ過したサンプル量

2.3 デジタルカメラによる定量方法

前述で抽出したメタノールを 24 穴のマイクロプレートウェルに入れ、LED 照明装置を備えた簡易ボックス(図-2)で、携帯電話(iphone6S)のデジタルカメラで撮影した。撮影データは JPEG データとして保存し、画像処理ソフト ImageJ を使い中心部分の RGB データを計測した。その RGB データと Chl-a 実測値に対して統計解析を行った(統計解析ソフト R ver. 3.10 を使用)。



図-1 諫早湾内の観測点の位置

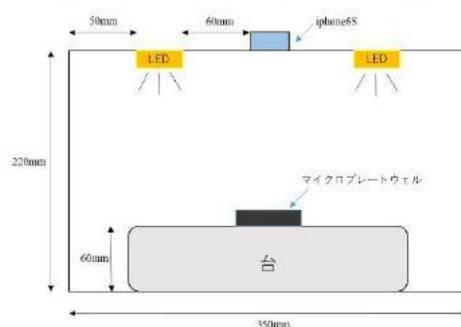


図-2 簡易ボックス断面図

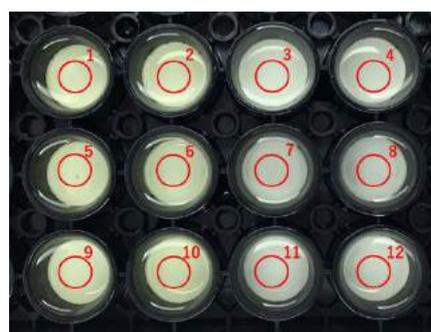


図-3 携帯電話カメラで撮影した抽出液

3. 結果と考察

表-1 Chl-a と RGB の線回帰分析一覧 ※C = r + g + b (res29 より)

	線形モデル式	Adj R ²	AIC	res15	chl-r1+mt+sv	0.66	1004.95
res1	chl-r+mt+sv	0.15	1124.24	res16	chl-g1+mt+sv	0.76	959.87
res2	chl-g+mt+sv	0.17	1120.72	res17	chl-b1+mt+sv	0.75	967.75
res3	chl-b+mt+sv	0.48	1060.77	res18	chl-r1+g1+mt+sv	0.76	961.25
res4	chl-r+g+mt+sv	0.34	1092.44	res19	chl-r1+b1+mt+sv	0.76	961.25
res5	chl-r+b+mt+sv	0.72	981.03	res20	chl-g1+b1+mt+sv	0.76	961.25
res6	chl-g+b+mt+sv	0.74	974.02	res21	chl-r1+g1+b1+mt+sv	0.76	961.25
res7	chl-r+g+b+mt+sv	0.74	974.43	res22	lgchl-log(r1)+log(mt)+log(sv)	0.82	163.39
res8	lgchl-log(r)+log(mt)+log(sv)	0.56	277.42	res23	lgchl-log(g1)+log(mt)+log(sv)	0.83	157.12
res9	lgchl-log(g)+log(mt)+log(sv)	0.59	268.98	res24	lgchl-log(b1)+log(mt)+log(sv)	0.84	149.93
res10	lgchl-log(b)+log(mt)+log(sv)	0.59	269.66	res25	lgchl-log(r1)+log(g1)+log(mt)+log(sv)	0.84	148.60
res11	lgchl-log(r)+log(g)+log(mt)+log(sv)	0.68	236.63	res26	lgchl-log(r1)+log(b1)+log(mt)+log(sv)	0.84	151.62
res12	lgchl-log(r)+log(b)+log(mt)+log(sv)	0.84	147.55	res27	lgchl-log(g1)+log(b1)+log(mt)+log(sv)	0.84	151.49
res13	lgchl-log(g)+log(b)+log(mt)+log(sv)	0.85	138.50	res28	lgchl-log(r1)+log(g1)+log(b1)+log(mt)+log(sv)	0.84	150.09
res14	lgchl-log(r)+log(g)+log(b)+log(mt)+log(sv)	0.85	139.21	res29	lgchl-log(C)+log(r1)+log(g1)+log(b1)+log(mt)+log(sv)	0.84	148.69

目的変数を Chl-a として, res1~res14 は RGB の r(Red の数値), g(Green の数値), b(Blue の数値)と, mt(抽出メタノール量), sv(ろ過したサンプル量)を説明変数とし, 対数変換も行い組み合わせを考慮した. それらを比較することで Chl-a の予測性が高い線形モデルを探索した. 基準として AIC(赤池情報量基準)を用いた. 結果のまとめを表-1 に記す. 図-4 より g, b と Chl-a の間に直線的な関係性は低いが, 表-1 より g, b を用いた res13 の線形モデル式が Adj R² (自由度調整済み決定係数)=0.85, AIC=138.5 と最も良い結果を示した. これは Chl-a を抽出したために g の要素が大きくなったからであり, r が式に入っていないのは r と g の間に強い相関関係があるからだと考えられる. log(g), log(b)に対する log(Chl-a) の予測値も実測値とほぼ同じ値を示した(図-5, 図-6). しかし, res1~res4 は Adj R² が 0.5 未満であった. これにより Chl-a の値は r, g, b 単体に依存していないことがわかった.

次にそれぞれの数値を $r1 = r/(r+g+b)$, $g1 = g/(r+g+b)$, $b1 = b/(r+g+b)$ のように各色成分の比率として変数変換を行った. いずれも Adj R² が 0.5 以上を示したので相関関係にあることがわかる. したがって表-1 に記す res15~res29 の推定モデル式には変数として r1, g1, b1, mt, sv を使用した. res18~res21 が変数は異なるが Adj R², AIC の数値が同一の結果を示した. これは先と同じく r と g の間に強い相関関係があるからだと考えられる.

今後は LED 照明装置の当て方による照射量の違いや TSS による Chl-a への影響度なども加味して検討していく. さらに作成したモデルの適用可能性の検討もしていく必要がある.

参考文献

- 1) Hans W. Paerl and Jef Huisman, „Blooms Like It Hot, SCIENCE VOL (2008) 320 (4), pp57-58
- 2) ”Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - SecondEdition”, Edited by Deborah Chapman, 1992, 1996 UNESCO/WHO/UNEP
- 3) Y. Saijo, A method for determination of chlorophyll, Jpn. J. Limnol.,(1975) 36, pp20-43..

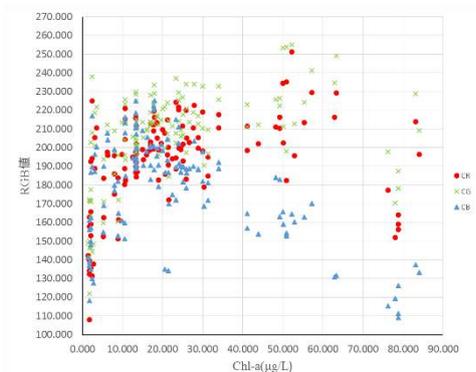


図-4 抽出液 RGB と Chl-a 濃度の関係

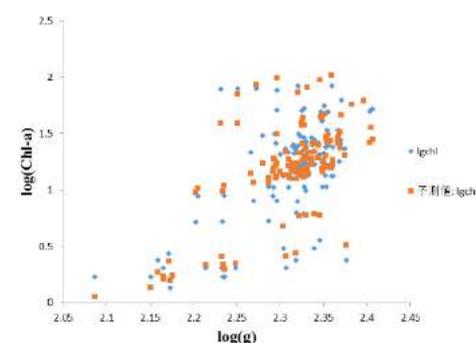


図-5 log(g)に対する(logChl-a)の実測値と予測

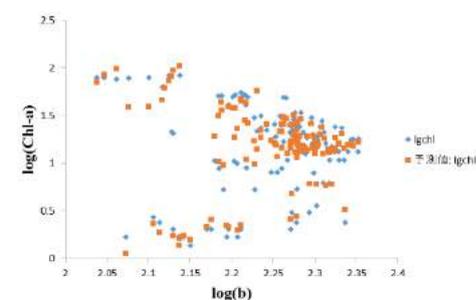


図-6 log(b)に対する(logChl-a)の実測値と予測