

# 一眼二波長カメラを利用した湖沼の赤潮観測の試み

【水環境対策チーム】

○前田 晃宏、森 明寛<sup>1)</sup>、小野 修司<sup>2)</sup>、伊藤 彰啓<sup>3)</sup>、作野 裕司<sup>4)</sup>

## 1 緒言

富栄養化状態にある県内三大湖沼では、赤潮・アオコのような水質異常が毎年のように発生して公衆衛生上の問題となっている。このような異変が起きた時には原因究明や追加調査が必要となる場合があるが、異常水域は面的に広がり短時間で変化するため、従来型の調査（代表点での採水）では正確な状況把握や原因究明が困難であった。

当所では、このような異変の面的な分布状況を非破壊かつ迅速に把握する手段として「リモートセンシング（遠隔探査）」を利用した研究に取り組んでいる。これは、調査対象から返ってきた光（反射光）を観測・解析することで対象に直接接触することなく情報を得る技術である。この技術を湖沼の水面観測に応用することで、人工衛星(1)(2)やドローン(3)を用いて赤潮をはじめとする湖沼の水質異常の分布を把握し分布図を描くことに成功した。

しかしながらこれらの技術を活用していく中で、人工衛星・ドローンとも「広い範囲を把握する」ことについては非常に優秀なツールである反面、「必要な時に必要な面情報を得る」ことについては限界があることが分かってきた。これを補うための手段の1つとして、湖沼のクロロフィル a の濃度（Chl.a 濃度）の面分布状況を常時観測する固定カメラの設置が考えられる。そこで本事業では、リモートセンシング技術を応用して水面の Chl.a 濃度分布を精度良く撮影することができる特殊なカメラ（以後、一眼二波長カメラと呼称）を開発し、湖面を常時監視することを目指して研究を行った。

## 2 手法

本研究は、カメラ撮影システム開発を担当する「富士フイルム」、カメラによる Chl.a 濃度の撮影を可能とする原理構築を担当する「広島大学」、ネットワークシステムを担当する「NTT ドコモ」、そして実証試験を担当する当所の4者が連携して実施した。本研究で撮影に使用した「一眼二波長カメラ」（図1）はこの連携の中で広島大学と富士フイルム株式会社が共同開発したものであり、2種類の異なる波長（700 nm、673 nm）の画像を同一光軸で撮影し、それら

の波長比を用いて Chl.a 濃度と相関をもつ値を画素ごとに演算し、マッピング表示することができる。

(4)

このほか、通常の RGB 画像撮影用としては市販のデジタルカメラ(Canon PowerShot S100)を用いた。本カメラ使用時には、必要に応じて円偏光フィルタ（ポラロイド社製 37mm）を取り付けている。

また、航空撮影の際には県の消防防災ヘリコプター「だいせん」（アグスタ AW139：全長 16.6m、全幅 3.5m、全高 5.0m）（図2）の行政利用枠を活用した。

Chl.a 濃度については、採水サンプルを GF/C フィルタを用いて当日中に濾過し、99.5%エタノールに 24 時間浸漬させて抽出後、紫外可視分光光度計（JASCO V-650）によりユネスコ法に準拠した波長で定量した(5)。



図1 一眼二波長カメラ



図2 防災ヘリコプター

1) 現 鳥取県生活環境部くらしの安心推進局水環境保全課、2) 富士フイルム株式会社、3)株式会社 NTT ドコモ、4)広島大学

### 3. 結果と考察



(a) 渦鞭毛藻類 *Heterocapsa rotundata*  
Chl.a 濃度 約 190  $\mu\text{g/L}$



(b) 藍藻培養株 *Microcystis aeruginosa*  
Chl.a 濃度 約 1,300  $\mu\text{g/L}$



(c) 超純水 Chl.a濃度 0  $\mu\text{g/L}$

図3 Chl.a 濃度と赤潮色指標との関係  
(白いほど高濃度)

図3(a)~(c)に、一眼二波長カメラで撮影したプランクトン培養株の写真を示す。(a)(b)については一眼二波長カメラによる撮影画像の左に培養株の入ったビーカーのRGB画像も併せて示している。いずれの測定も、白紙の上にサンプルを入れたビーカーを置き、直射日光を当てて実施した。なお、Chl.a濃度が高いほど白く、低いほど黒く表示されるように画像処理を施している。測定の結果、サンプルに含まれ

るChl.aの濃度が多いほど白くなっており、一眼二波長カメラでプランクトン中に含まれるChl.a濃度が把握できていることが確認できた。

次に、このカメラの性能を検証する目的でカメラを用いた航空写真の撮影を試みた。撮影には防災ヘリコプターの行政利用枠を活用し、上空から湖山池、東郷池、水尻池の撮影を行った。本報告では湖山池の結果のみ示す。なお、当日の天候は快晴で、波も穏やかであった。

図4と図5に、湖山池の青島大橋付近の上空で撮影したRGB画像と一眼二波長カメラ画像をそれぞれ示す。黒く縞状に見えるのは、当日発生していた渦鞭毛藻 *Scrippsiella rotunda* を優占種とする赤潮である。目視で分かる赤潮の分布と、Chl.a濃度の分布が対応していることが分かる。

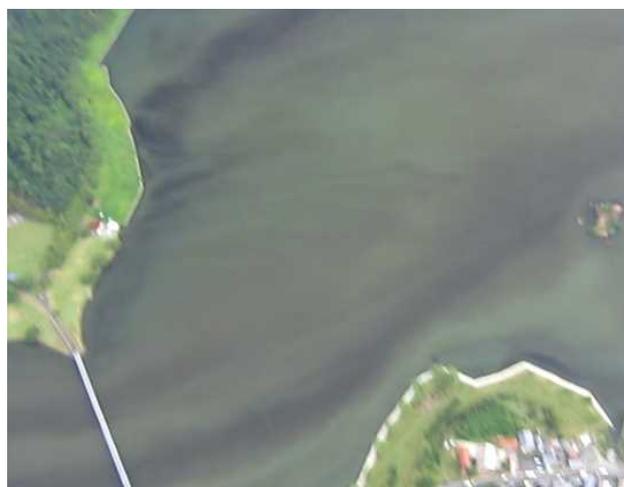


図4 青島大橋付近の赤潮のRGB空撮画像

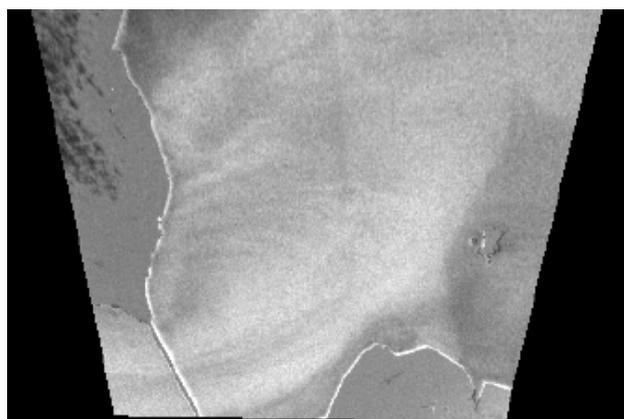


図5 青島大橋付近の赤潮の一眼二波長カメラ空撮画像  
(白いほど高濃度)

次に、高所から水面を撮影した場合のカメラの精度を確認するため、実際のChl.a濃度とヘリコプターから撮影した一眼二波長カメラの輝度値との間の関

係を確認した。図6に両者の相関グラフを示す。なお、実際のChl.a濃度はフライトとほぼ同時刻に図7に示した6点で採水したサンプルを用いて測定した。

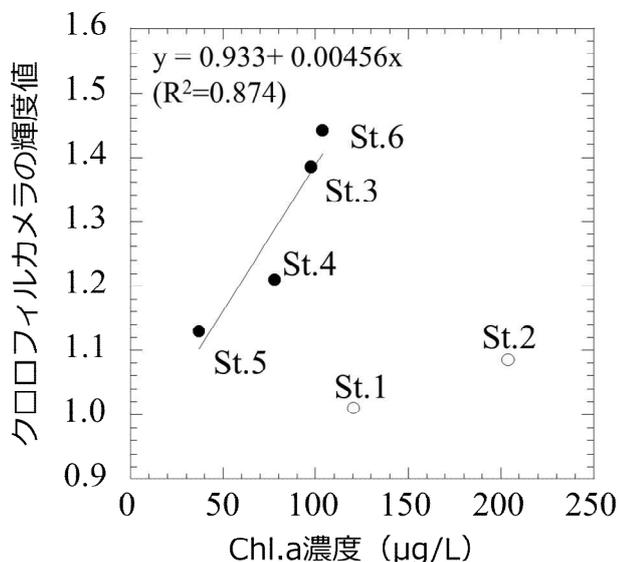


図6 Chl.a濃度と一眼二波長カメラの輝度値の相関



図7 採水地点一覧

採水ポイント3～6については、実際のChl.a濃度と一眼二波長カメラの輝度値とがよく相関しており、一眼二波長カメラでChl.a濃度がほぼ正確に把握できていることが確認できた。しかしながら、池の西側のサンプルについては実際の濃度に比べて薄く判定される結果となった。これは、当日の赤潮の動きが早く、撮影時と採水時で時間や地点にずれが生じたためではないかと考えている。

また、上空から撮影した21枚の一眼二波長カメラ画像について富士フィルムの技術によりノイズを除去し、オルソモザイク加工を施して貼り合わせたものを図8に示す。なお、Chl.a濃度が高い部分が赤くなるように着色している。また、桃色の線は当日のヘリコプターの飛行経路であり、赤い線は飛行経

路を元に復元した湖山池の輪郭である。ヘリコプターの傾きが一定でないため若干のずれが生じているものの、概ね湖山池のChl.a濃度分布は概ね良好にマッピングできていた。ずれの是正やマッピング結果の評価については今後の課題である。

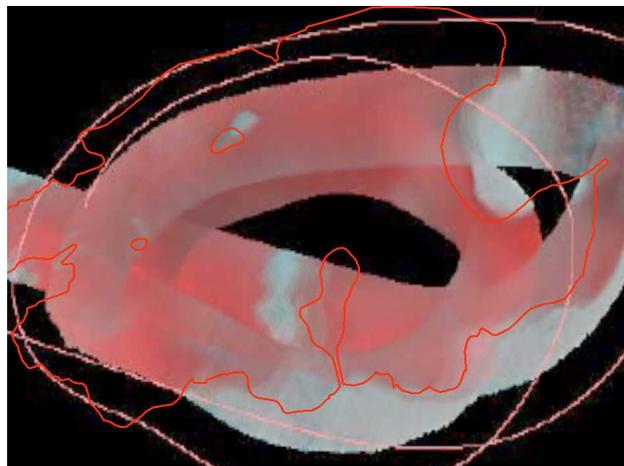


図8 湖山池全域のデータを集積したChl.a分布図  
(赤いほどChl.a濃度が高いことを意味する。なお、桃線は飛行経路、赤線は湖山池の輪郭である。)

## 4 まとめと今後の展望

富士フィルム、広島大学、NTTドコモと共同で一眼二波長カメラを開発と実証実験を行った。実際のプランクトン株や湖沼を対象として実験した結果、それぞれの対象について一眼二波長カメラを用いてChl.a濃度を把握することができた。今後は、カメラの湖上設置と常時監視に向けて研究を継続していきたい。

## 5 謝辞

本研究の航空撮影を実施するに当たり、鳥取県消防防災航空センターの山本武史副隊長をはじめとする皆様には大変お世話になりました。厚く御礼申し上げます。

## 6 参考文献

- (1) 作野裕司, 畠山恵介, 宮本康, 初田亜希子, 森明寛, 九鬼貴弘: 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 69, I\_551-I\_556, (2013).
- (2) 作野裕司, 前田晃宏, 宮本康, 森明寛, 岡本将揮, 畠山恵介, 九鬼貴弘: 土木学会論文集 B3 (海洋開発) 72, I\_964-I\_969, (2016).
- (3) 前田晃宏, 宮本康, 森明寛, 岡本将揮, 九鬼貴弘,

作野裕司: 日本リモートセンシング学会誌 36, 126-130, (2016).

(4) 1) 水質検査システム及び水質検査方法, 特願 2017-044054, 出願日 2017/3/8, 発明者: 小野修司, 作野裕司, 富士フイルム株式会社/国立大学法人広島大学, ステータス (特願)

(5) 根本富美子, 小野美幸, 福原晴夫: 新潟大学教育学部研究紀要 自然科学編, 1, 101-105, (2009).