



衛星リモートセンシングによる 湖山池の水質モニターの現状と課題

○作野裕司(広島大学大学院工学研究院)・
畠山恵介・宮本 康・初田亜希子・森 明寛・九鬼貴弘(鳥取県衛生環境研究所)

研究の背景



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

- 鳥取県東部の湖山池は長年、**水質汚濁と漁業不振**に深刻な問題を抱えていた。
- 2012年3月12日に約50年ぶりに水門の完全開放、**全国初の再汽水化**に踏み切る。
- 水門開放後は、1年以内に**アオコの解消**、**ヒシの激減**等大きな環境変化が起きている。
- 湖山池の環境変化は**船舶による調査**が継続的に行われているが、今後の長期にわたる日々のモニタリング、**空間的なモニタリング**が必要となっている。
- 作野らは、1993年に鳥取大学教育学部の卒論として、**湖山池の底質環境調査**を行っており、2012年5月からは鳥取県と共同して、**衛星による湖山池の水質モニタリング手法開発**に取り組んでいる。
- 本日は、主として2012年から開始された**衛星モニタリング研究の初期的な成果**を報告する。

日本最大の池、水門開放 鳥取、全国初の再汽水化

鳥取市郊外にある日本最大の面積を持つ池「湖山池」と日本海を結ぶ水門が12日、全面開放された。1963年の設置以降、塩分濃度調整のための全面開放は初めて。水門閉鎖後、深刻化していた水質汚濁や漁業不振の解決に一步前進することとなる。



塩分濃度調整のための全面開放される「湖山池」と日本海を結ぶ水門＝12日午後、鳥取市

全面開放を求めてきた湖山池漁協の中村幹雄顧問は「淡水化を図った湖沼が再汽水化されるのは全国初。画期的」と話している。

湖山池は83年まで、鳥取市中心部を流れる千代川を介し日本海とつながっていた。千代川の河口付け替え工事後、池は日本海と直結したため周辺の田畑で塩害が発生。水門による塩分濃度の調整がされてきた。

2012/03/12 19:21 【共同通信】

<http://www.47news.jp/CN/201203/CN2012031201001937.html>

▼作野が開設している湖山池情報のHP

TOP Page
DB (試作版)
リンク

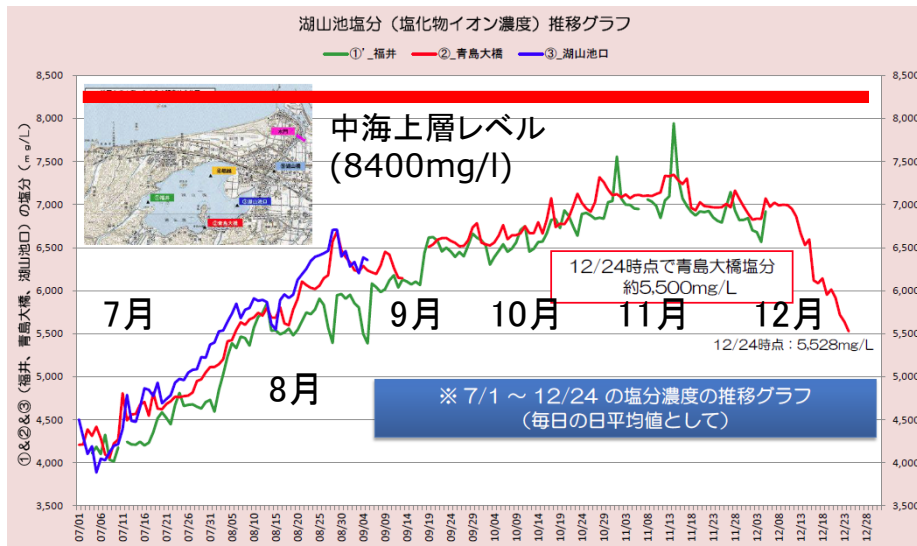
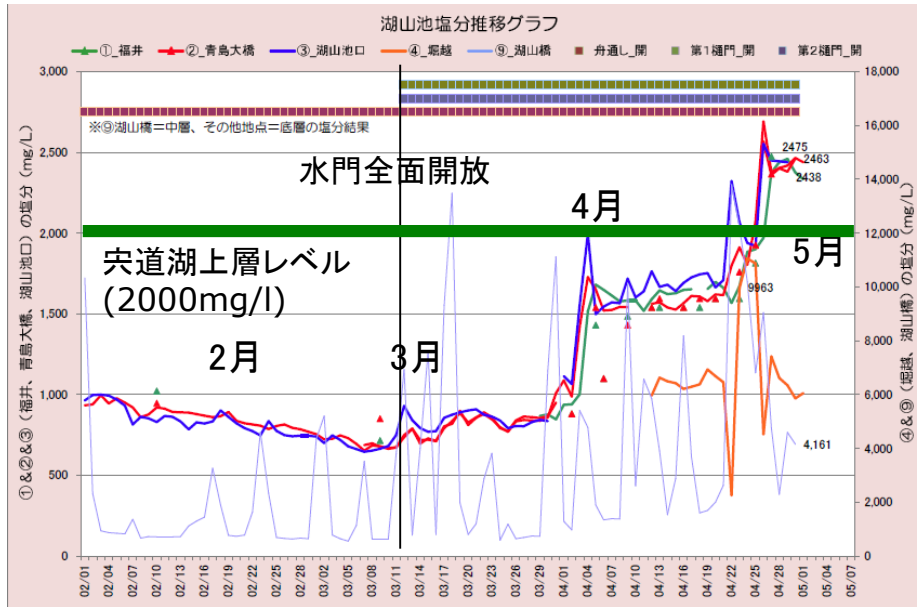
特設 湖山池 衛星・数値情報データベース

2012年3月16日開設
2012年4月3日更新

2012年3月12日、鳥取県鳥取市湖山町にある日本一大きな池「湖山池」で歴史的な試みが行われた。汽水化にむけて日本海とつながる湖山川の水門を全面開放したのだ。汽水化によりシジミや藻場が戻ってくるのか、これを期に同湖の環境のモニタリングをする目的で、同湖に関する衛星データベースサイトを特設した。関連報道は以下の通り。記事1、記事2、記事3

http://home.hiroshima-u.ac.jp/sakuno/koyamaike/ky_index.htm

湖山池の水門開放前後の塩分変化



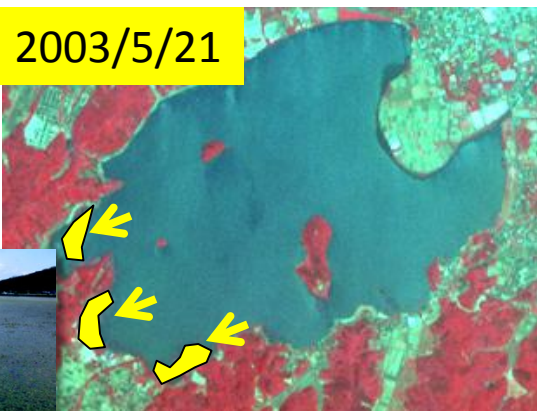
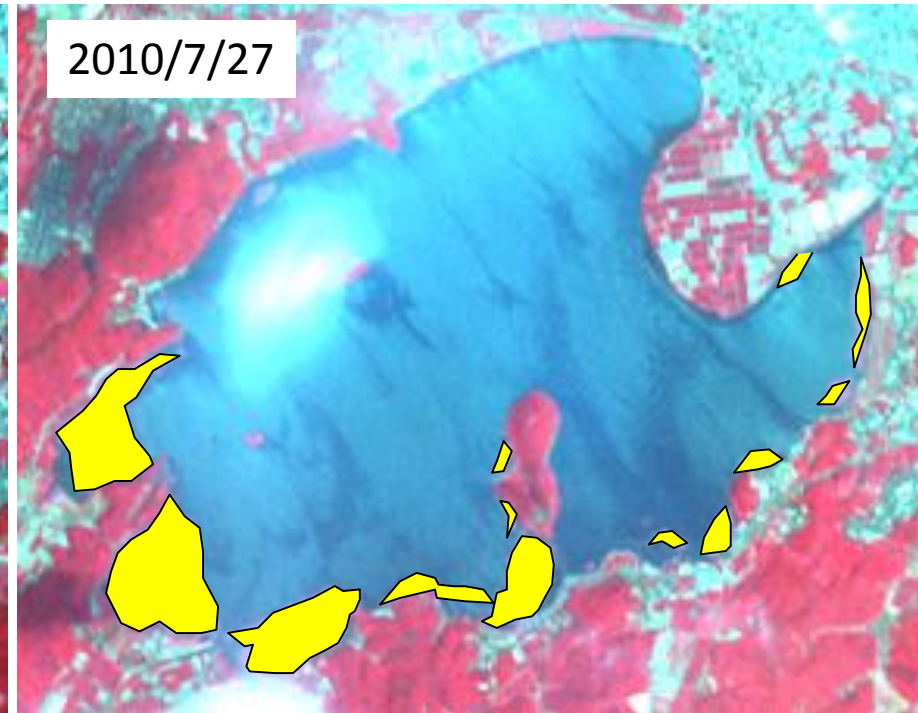
<参考, 年平均塩化物イオン濃度10年(2000-2009)平均>
 中央湖上層: 約2000mg/l(島根県, 2010)
 中海上層: 約8400mg/l(島根県, 2010)
 ※2012年4月中に中央湖並み, 11月には中海並み(その後, 塩分低下あり)

湖山池の水門開放前後の浮葉植物の分布変化(衛星赤外写真より)

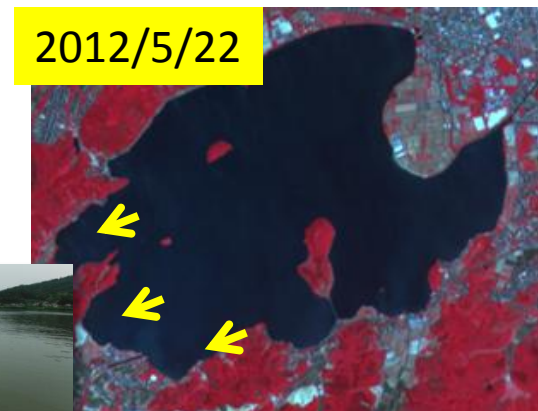
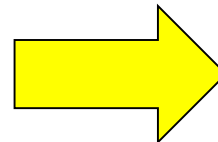


Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

※衛星はTerra/ASTER



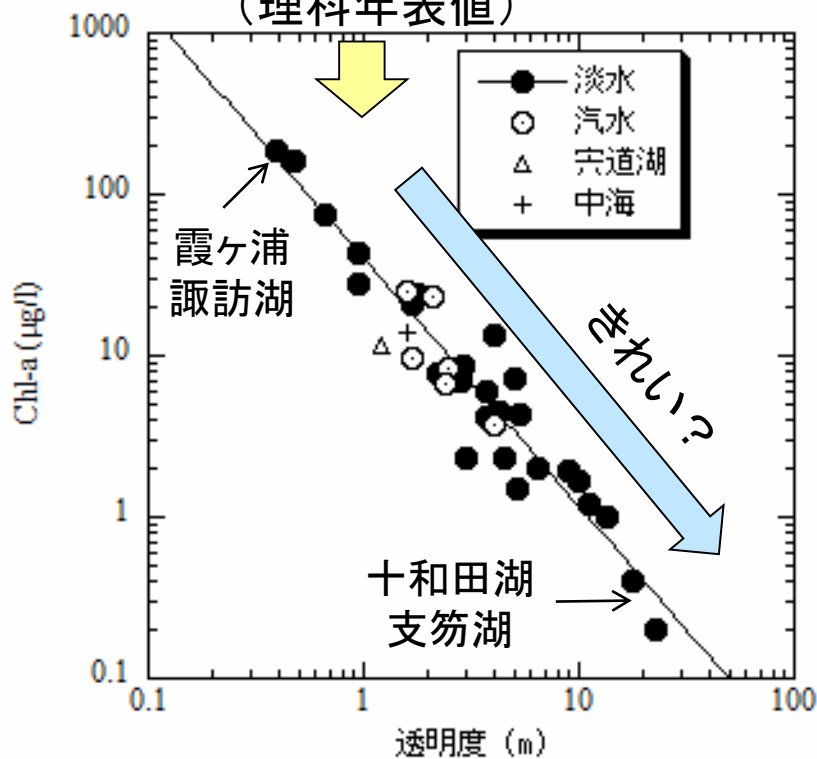
水門開放



湖山池の水質を衛星で何をどう見るか

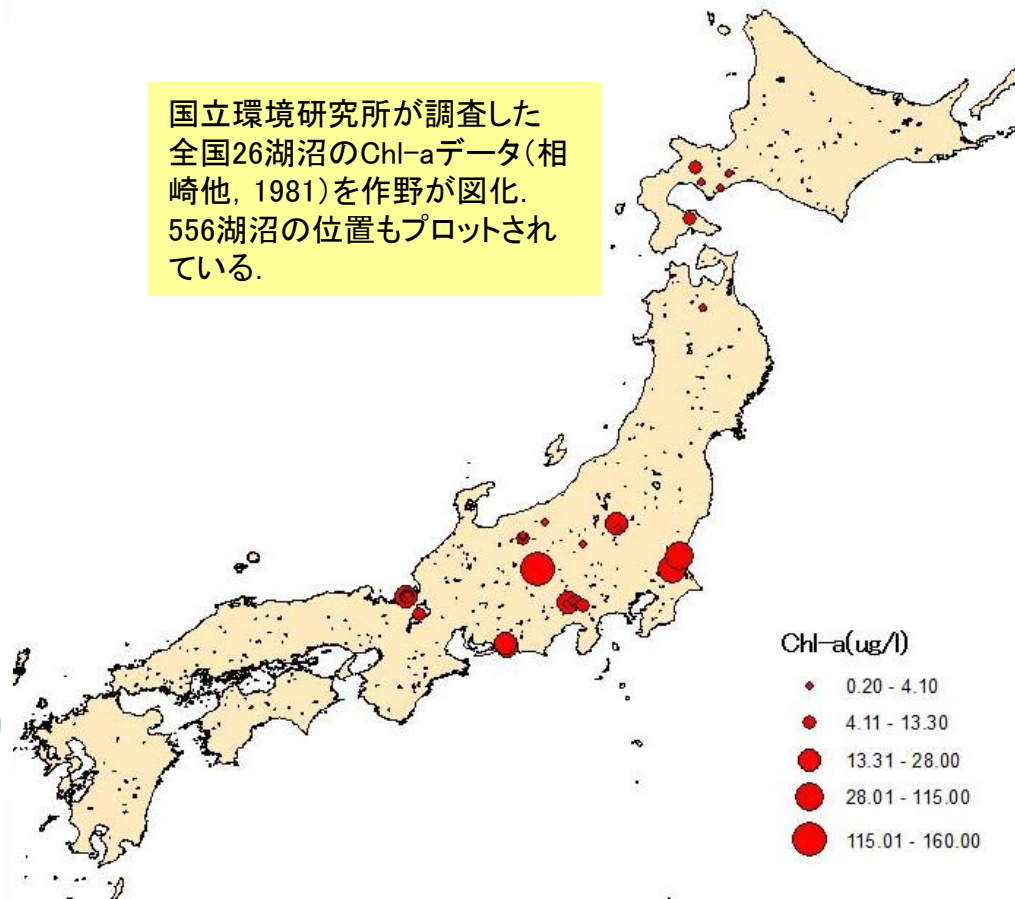


湖山池の透明度: 1m
(理科年表値)



全国の湖沼のChl-a濃度分布

国立環境研究所が調査した
全国26湖沼のChl-aデータ(相
崎他, 1981)を作野が図化。
556湖沼の位置もプロットされ
ている。



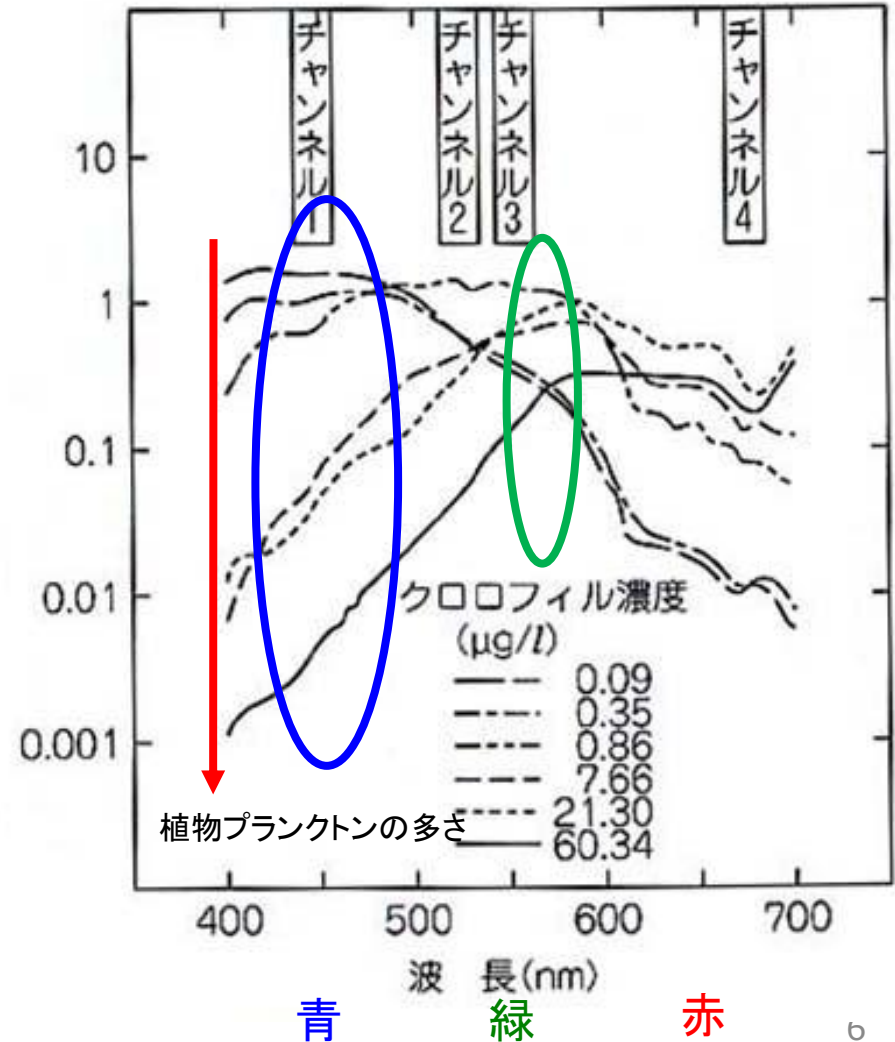
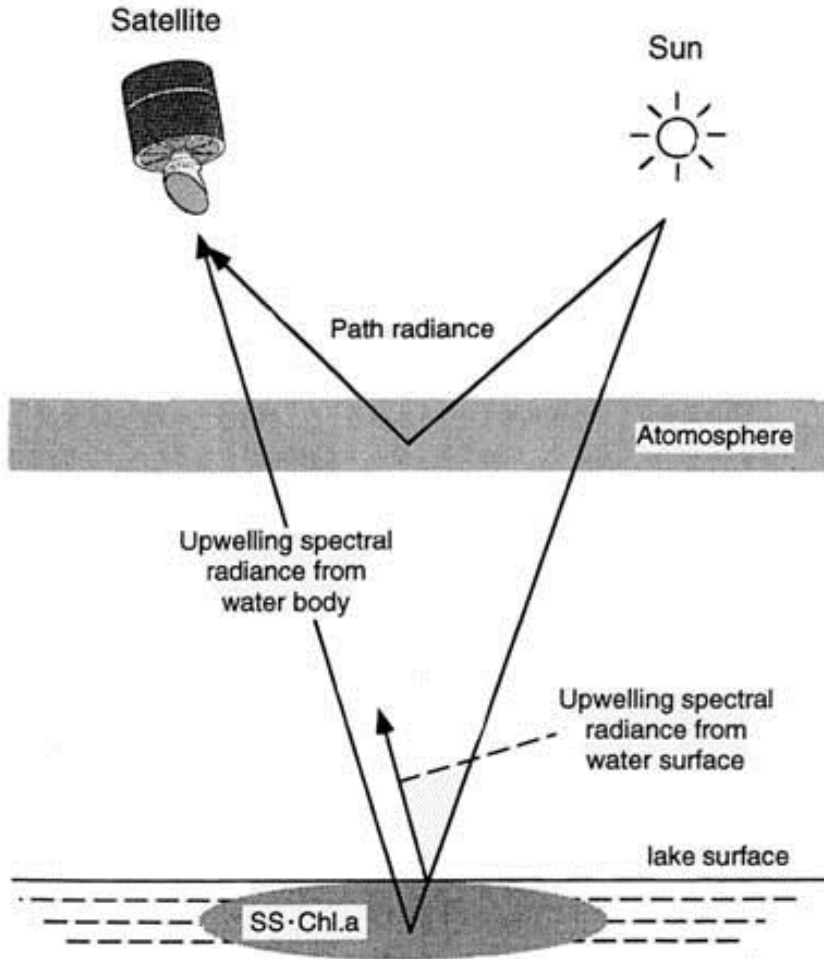
※一般に分かりやすい指標は透明度だが、やや主観的。

※衛星ではより客観的で水色から推定できる「クロロフィルa(Chl-a)」のモニターが主流。

衛星による水質測定の基本的なしくみ



分光反射率と水質との関係



衛星による湖山池の水質モニターの可能性



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

<MODIS Chl-a(毎日観測, 500m解像度, 無料)>



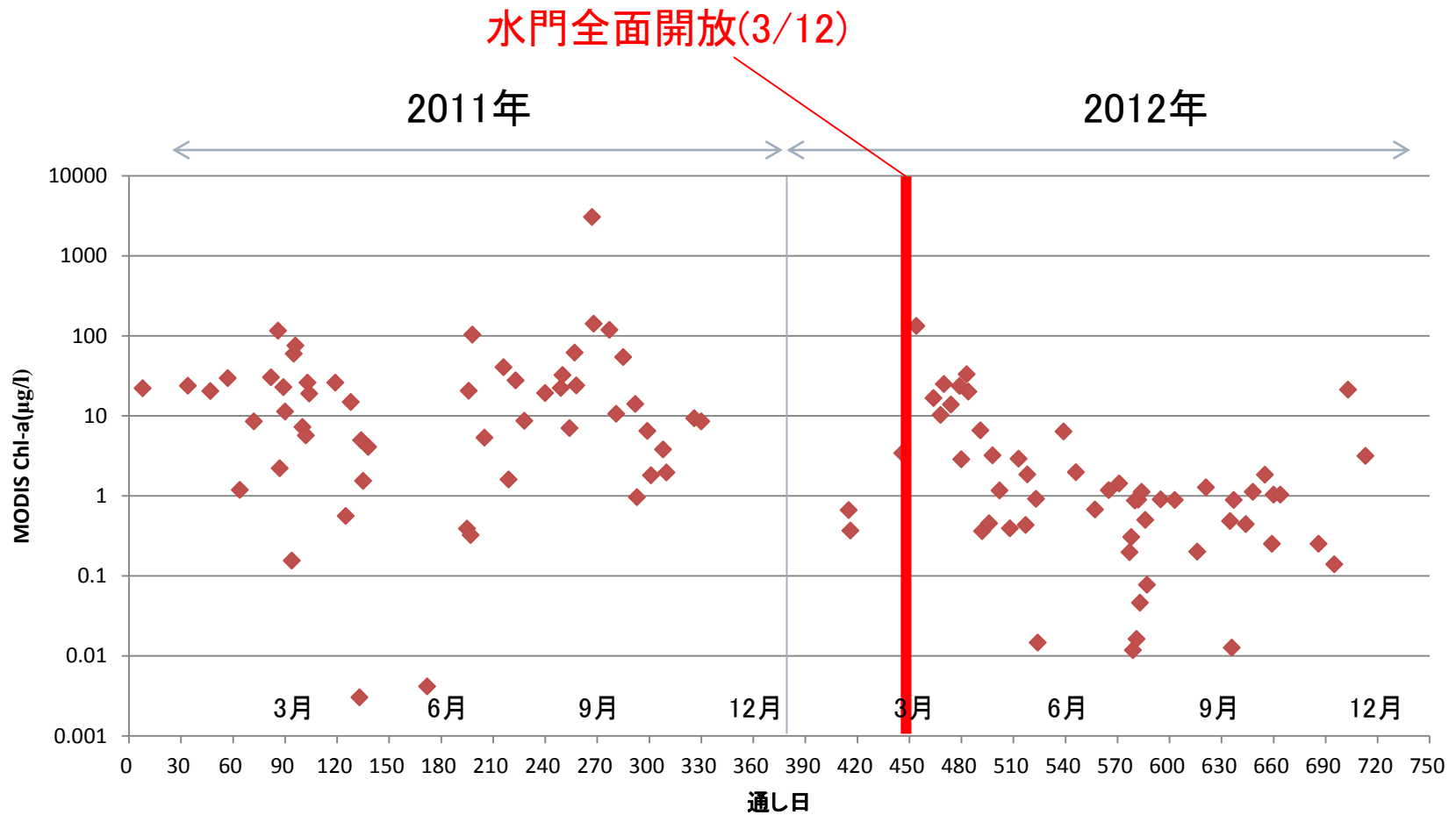
データ取得:http://kuroshio.eorc.jaxa.jp/ADEOS/mod_nrt/ ※2006年4月から現在まで

<TM/ASTER/AVNIR-2(1か月に1-2回, 10-30m解像度, 3-7万円/シーン)>



- ✓ 無料のMODISで全体平均の時系列Chl-aモニターができないか.
- ✓ 有償のTM/ASTER等で, 空間的なChl-aモニターができないか.

海色センサMODISによる水門開放前後の湖山池 Chl-aモニター

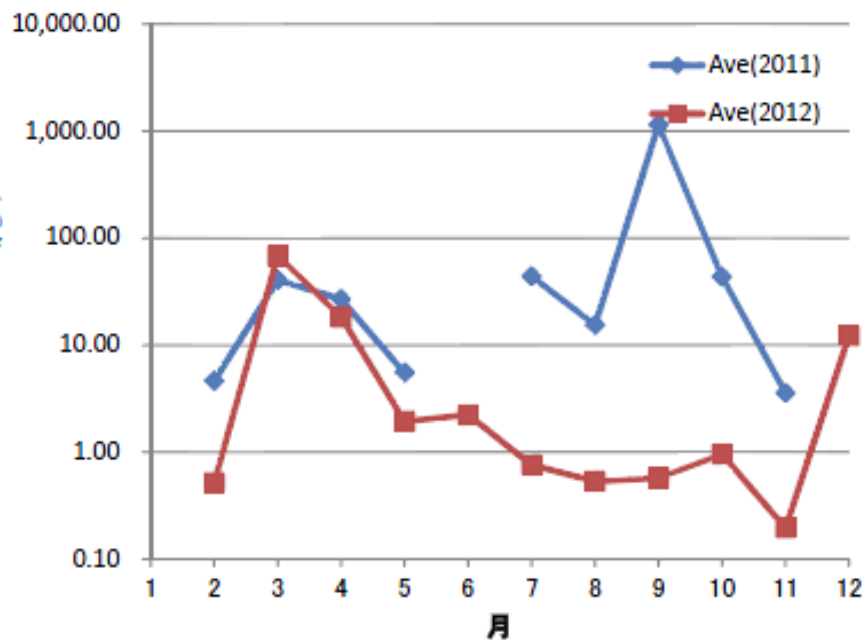


MODISによる水門開放前後の湖山池月平均 Chl-aモニター



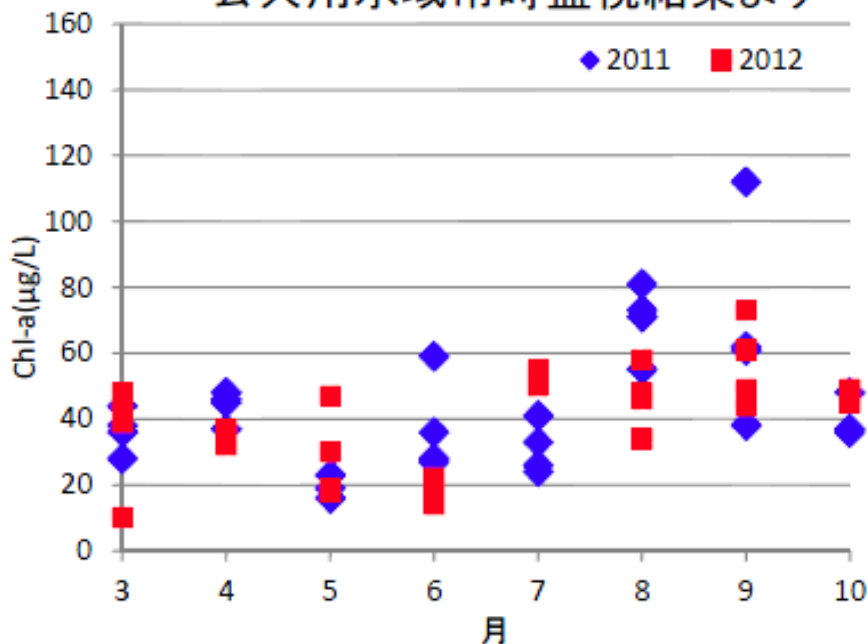
Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

MODIS(衛星)



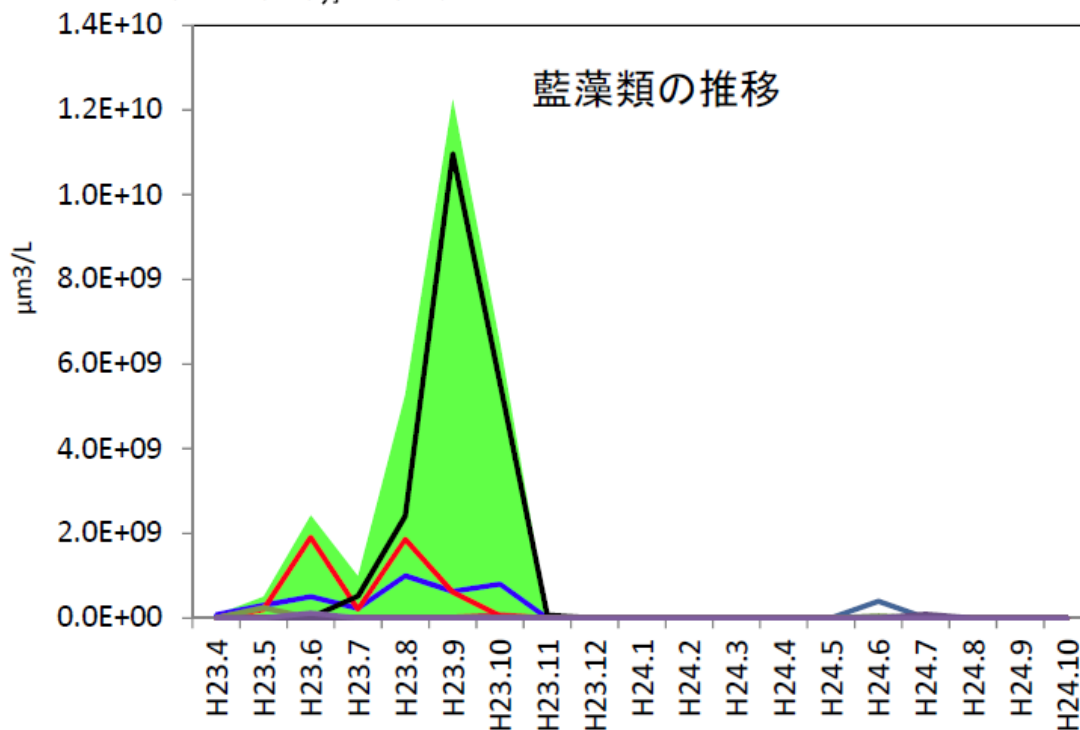
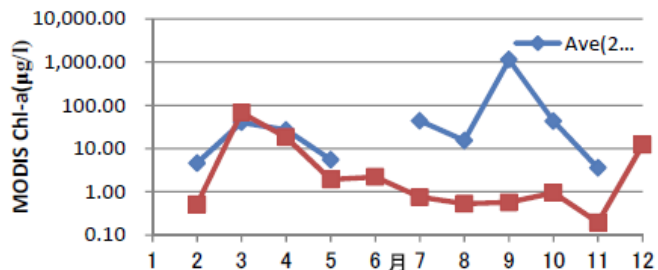
実測

公共用水域常時監視結果より



- MODISでは7-10月に顕著なChl-a低下が見られる。
- 実測では7-8月に違いが見られるがその他の月は同程度。
- 両者の違いは水質測定水深, MODIS Chl-a推定手法の問題, データ処理の問題(データ数, ノイズ処理等)によるものか。
- 衛星 Chl-a推定精度が悪い問題を分光反射率-Chl-aデータセット収集・解析で解消できないか。(課題)

MODIS情報とラン藻類の変化比較



- アオコ形成種
 - Anabaena spp.
 - Aphanizomenon sp.
 - Arthrospira sp.
 - Microcystis spp.
 - Planktothrix spp.
 - Aphanocapsa sp.
 - Chroococcaceae
 - Chroococcus sp.
 - Gomphosphaeria sp.
 - Merismopedia sp.
 - Phormidium spp.
- * 細胞数から細胞体積に換算

MODISの2011傾向とアオコ形成種の挙動が類似

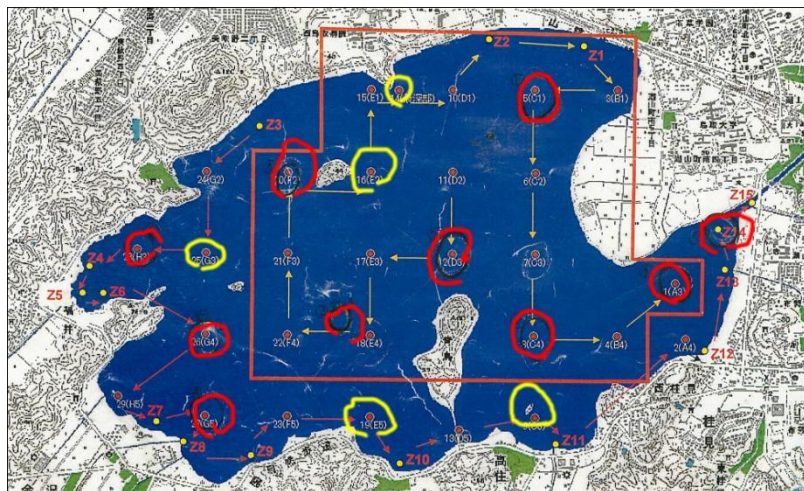
アオコ形成種が大量に発生した場合、水面で膜状or粒状のアオコを形成する。

→ 上空から非接触で捉えた場合の方が水面の状況を的確に反映しているのでは？と思われる。

湖山池の分光反射率／水質調査



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



調査日:(1)2012/5/3

(2)2012/7/19

(3)2012/9/25

※時刻は概ねAM9-11時

調査項目:

分光反射率,

Chl-a, SS(採水後JIS法)等

分光機器:MS720(EKO社)

※3.3nm間隔のデータを1nm間隔でデータ処理

水質レンジ:以下の通り

調査月	Chl-a(ug/l)		SS(mg/l)		データ数
	最小値	最大値	最小値	最大値	
5月	17.5	45.3	47.6	24.8	10
7月	4.7	15.1	3.6	47.6	15
9月	7.8	18.8	4.0	29.6	11
全体	4.7	45.3	3.6	47.6	25

Chl-a推定モデル:

2波長反射率比モデル

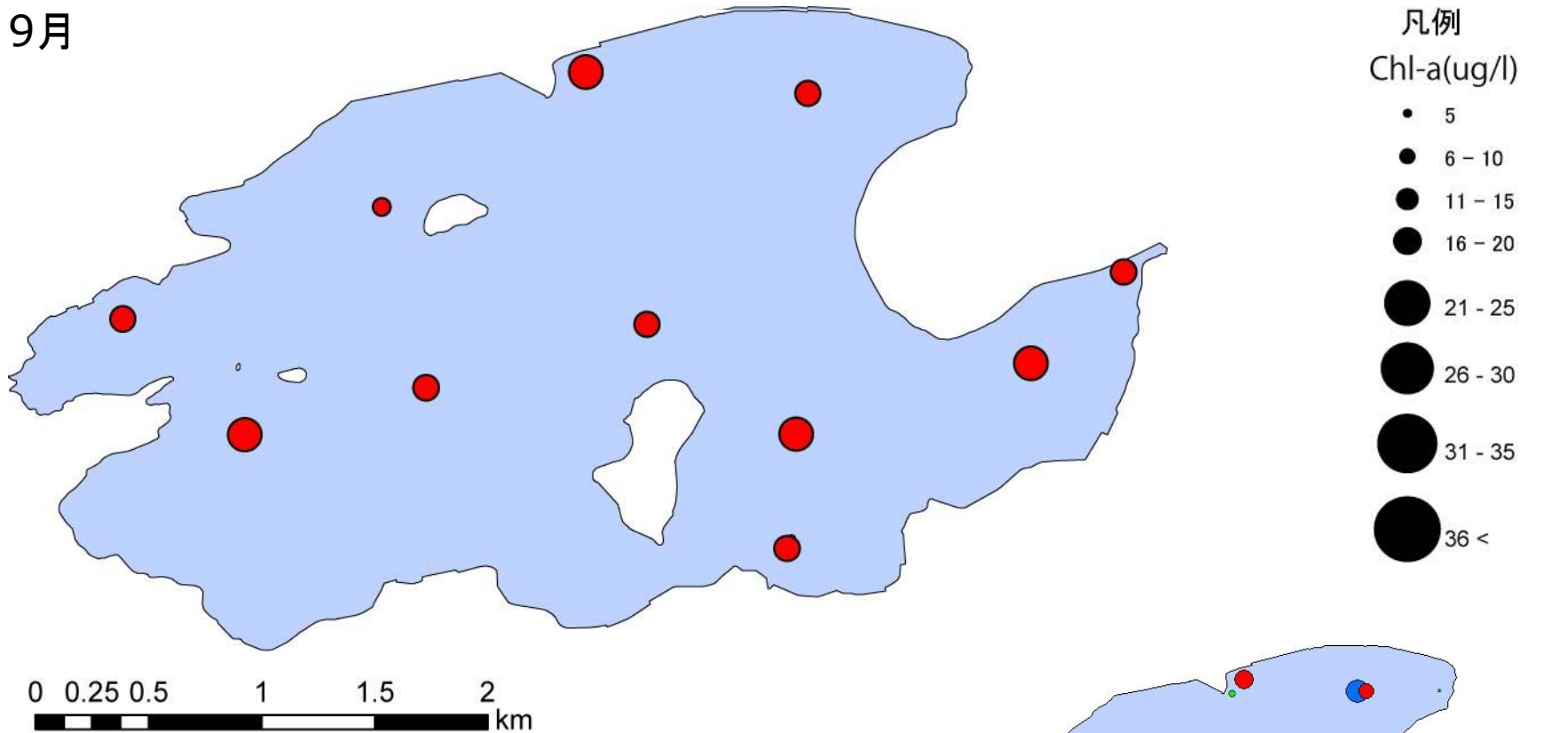
$$\text{Chl-a} = a(R_i/R_j) + b$$

※Rは反射率, i, jはバンド, a, bは定数

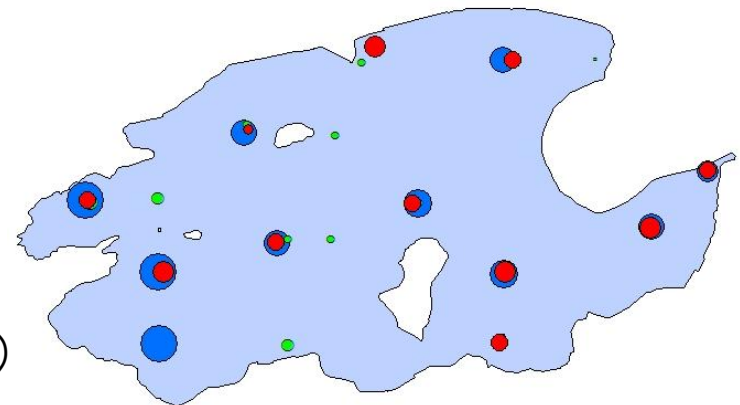
湖山池の実測クロロフィル分布特性 (植物プランクトンの分布)



9月



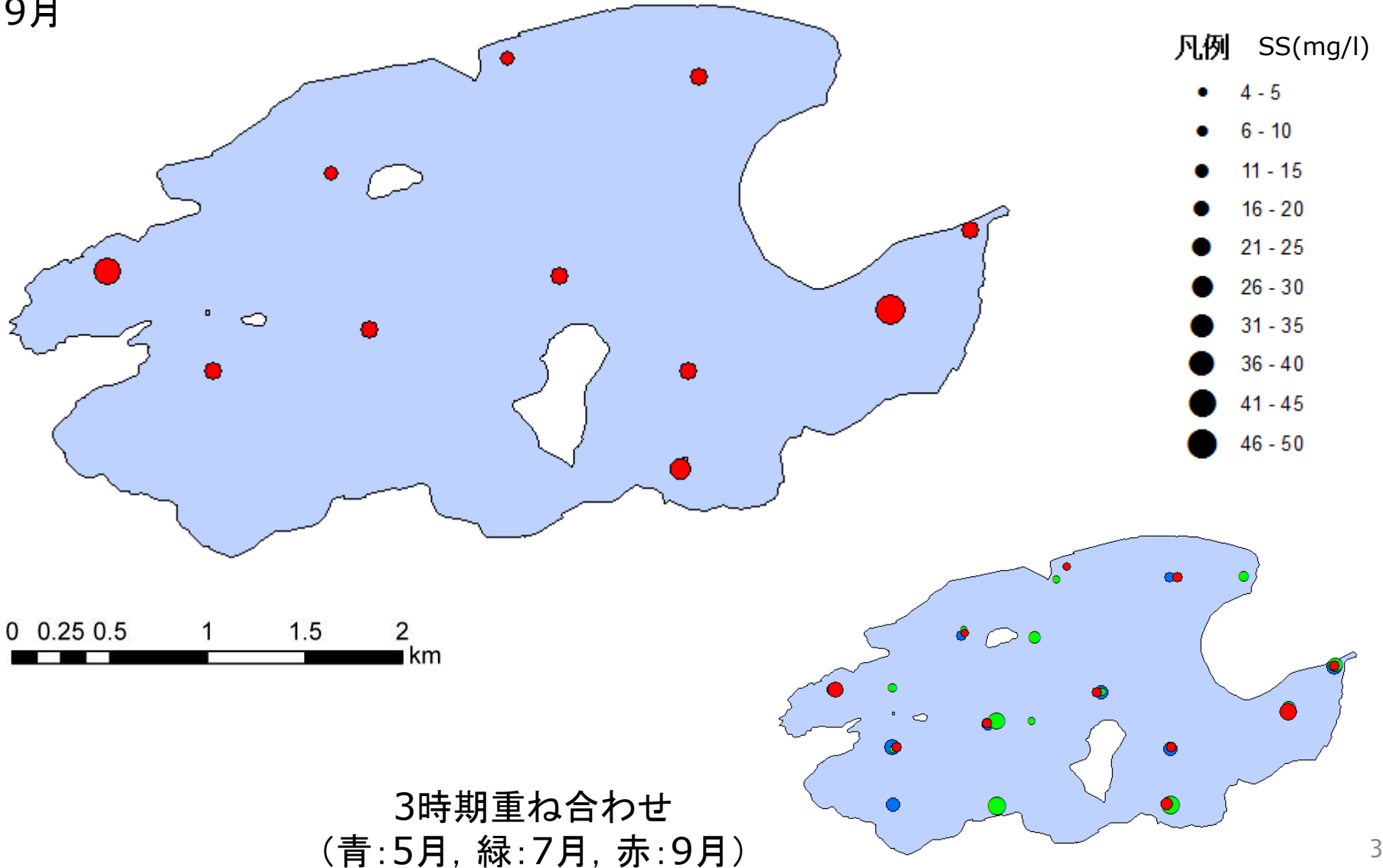
3時期重ね合わせ
(青:5月, 緑:7月, 赤:9月)



湖山池の実測SS分布特性 (無機懸濁物質の分布)



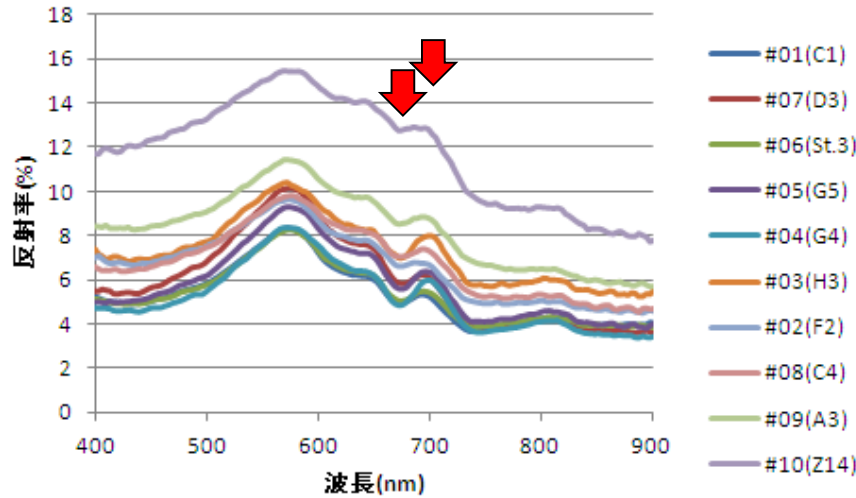
9月



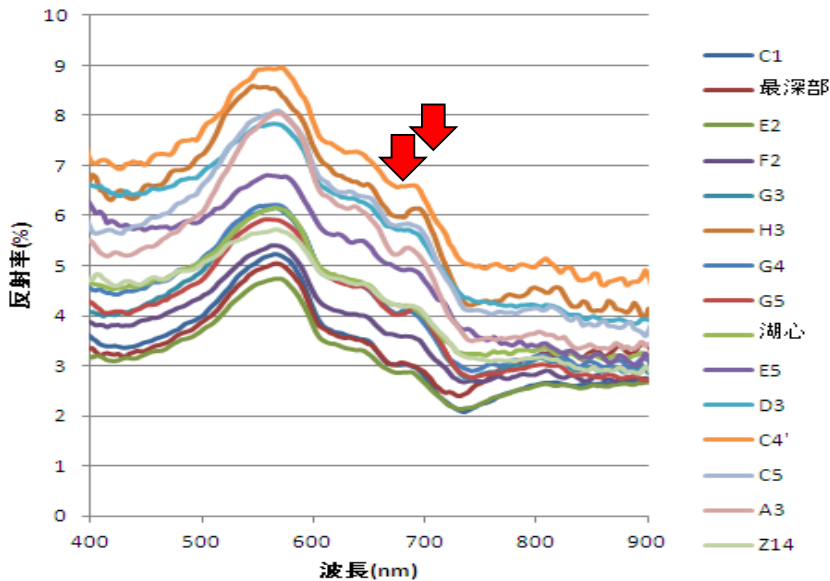
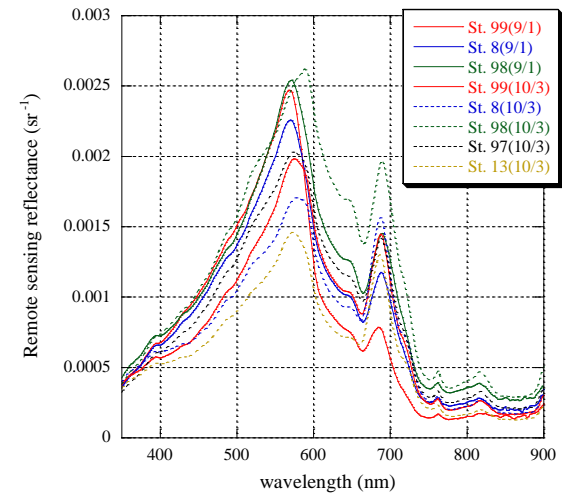


湖山池水の分光反射率特性と他湖沼との比較

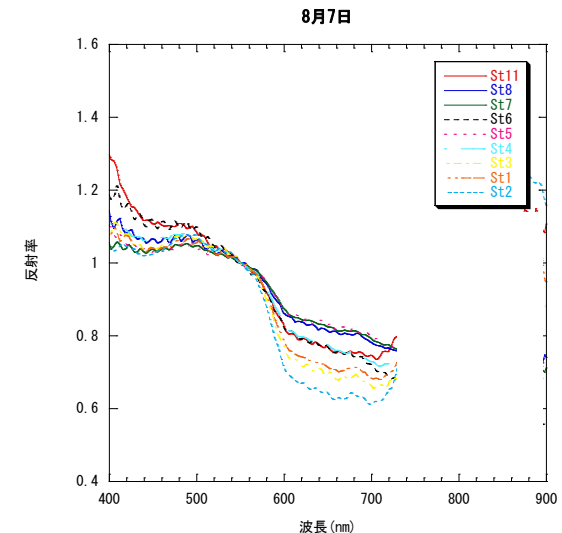
湖山池 (2012年5月と9月)



東京湾奥 (2010年9-10月)



有明海 (2012年8月)

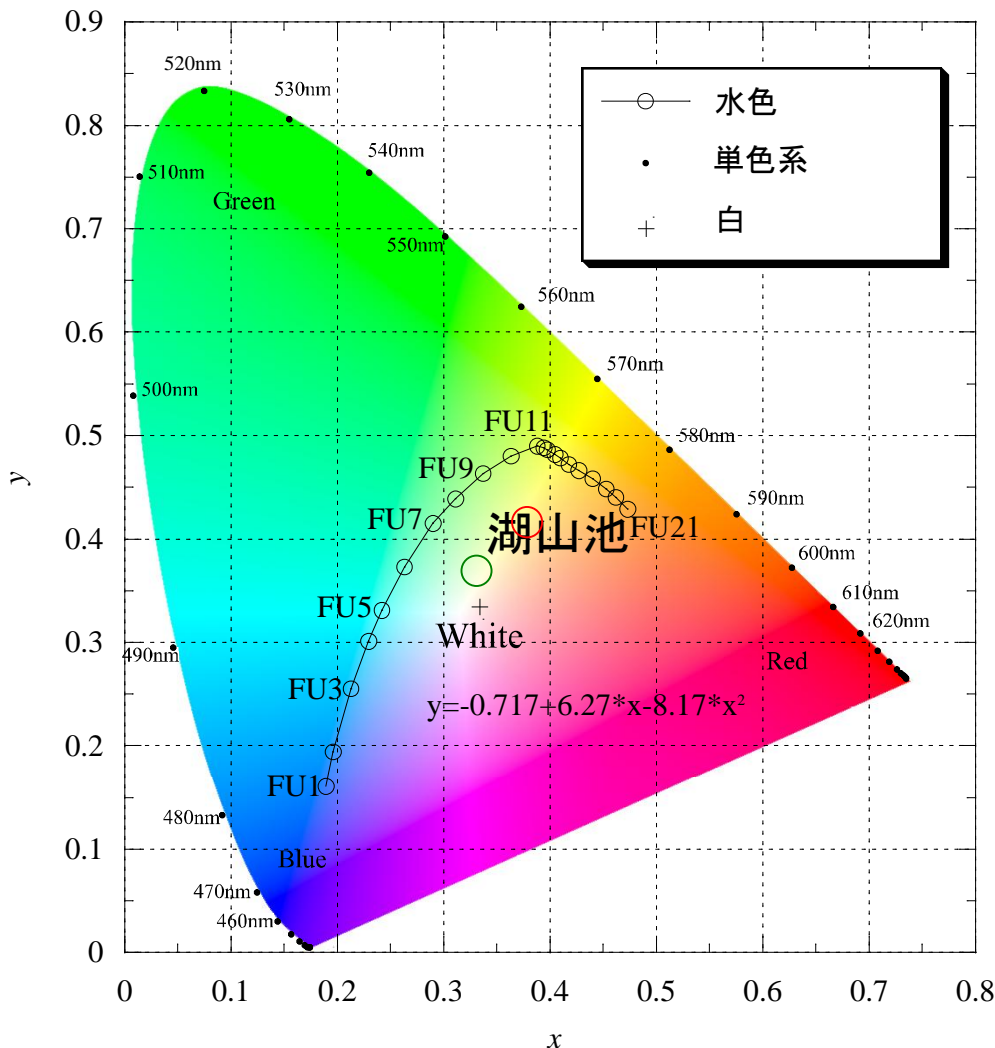




湖山池の水は何色か？

CIE XYZ色度理論

380～780nmの反射率とD65標準光による計算



湖山池9月平均:

<正規化しない場合>

$$Y=5.51, x=0.332, y=0.352$$

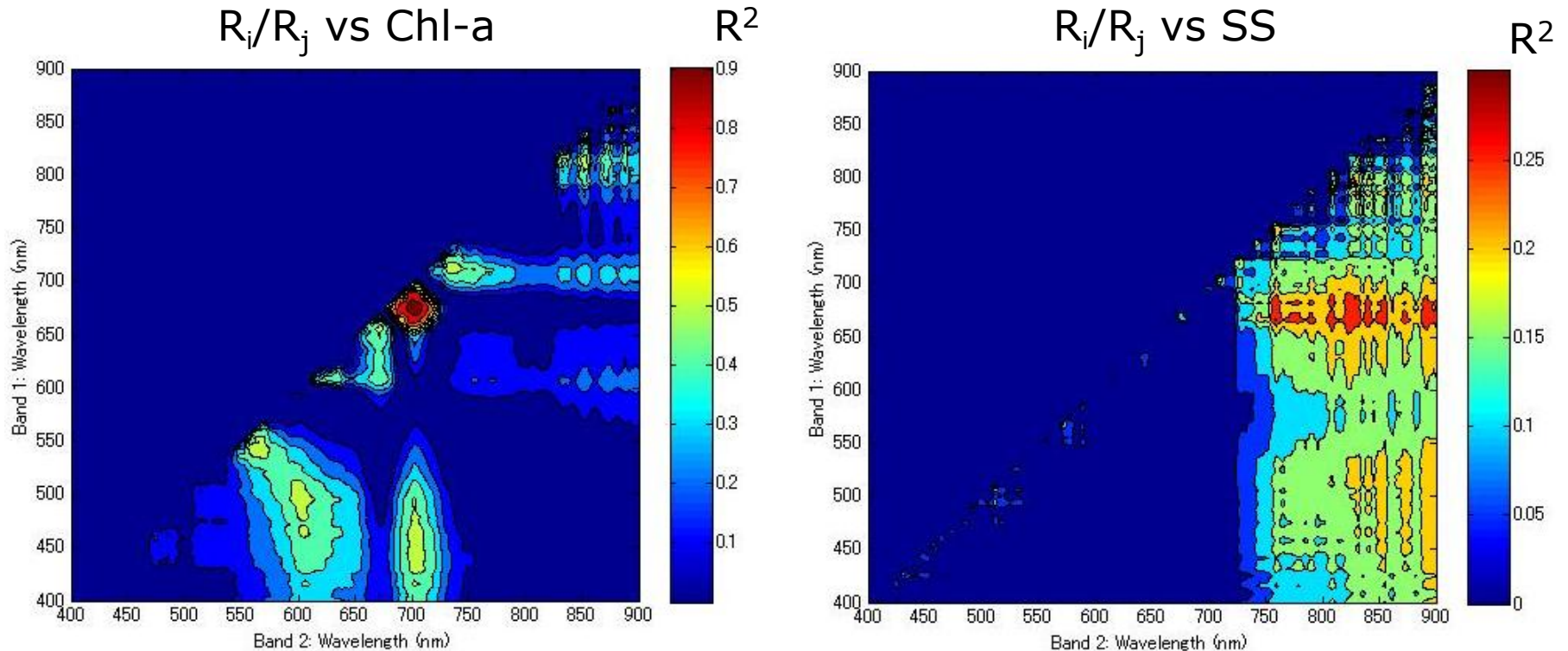
<正規化した場合>

$$Y=18.96, x=0.381, y=0.418$$



湖山池の2波長反射率比とChl-a/SSの相関係数

3日間36データセット



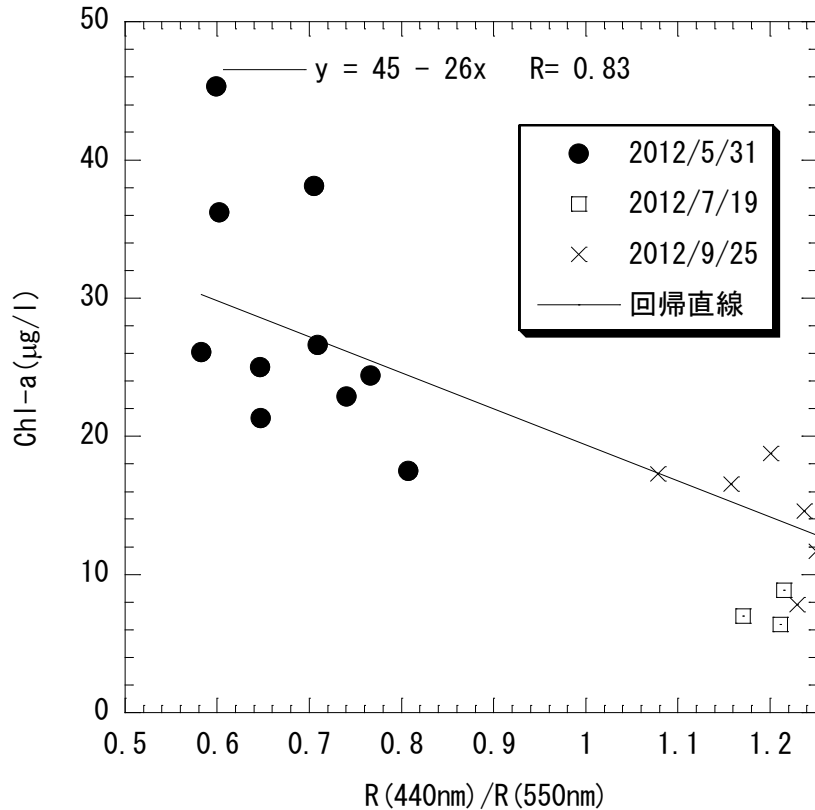
- Chl-aは700nm付近の狭い波長範囲の反射率で高い決定係数(0.9以上)を示す.
- SSは反射率比では0.3以下の低い決定係数.

MODIS(500m):466, 554, 646, 857, 1241, 1628, 2114nm

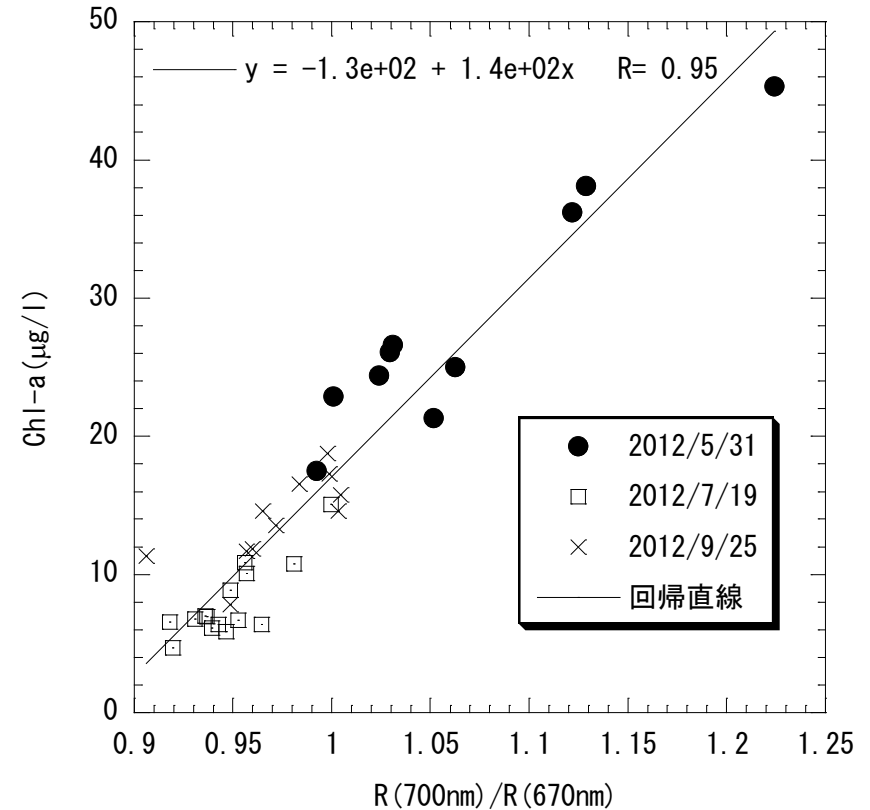


湖山池の2波長反射率比とChl-aの最適な関係

現行法(海洋用)



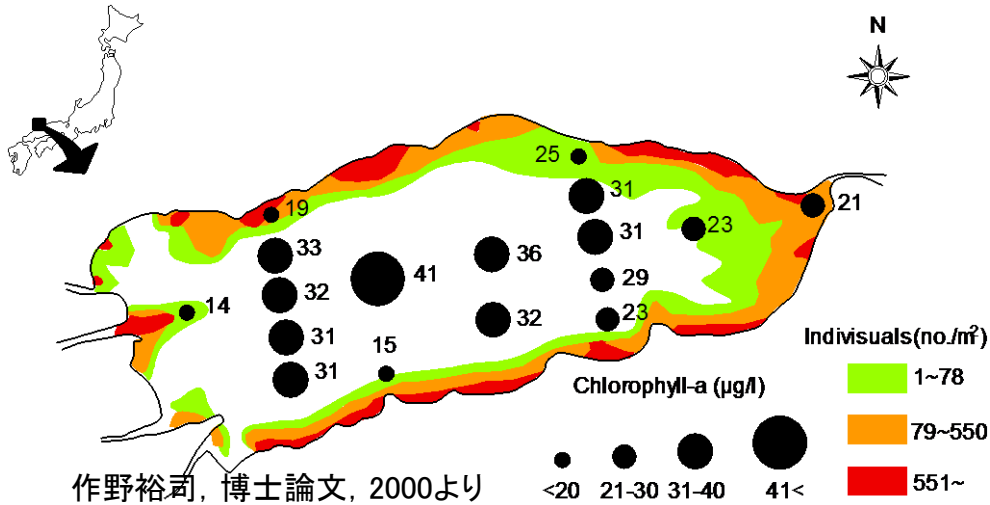
新規法(富栄養化湖沼用)



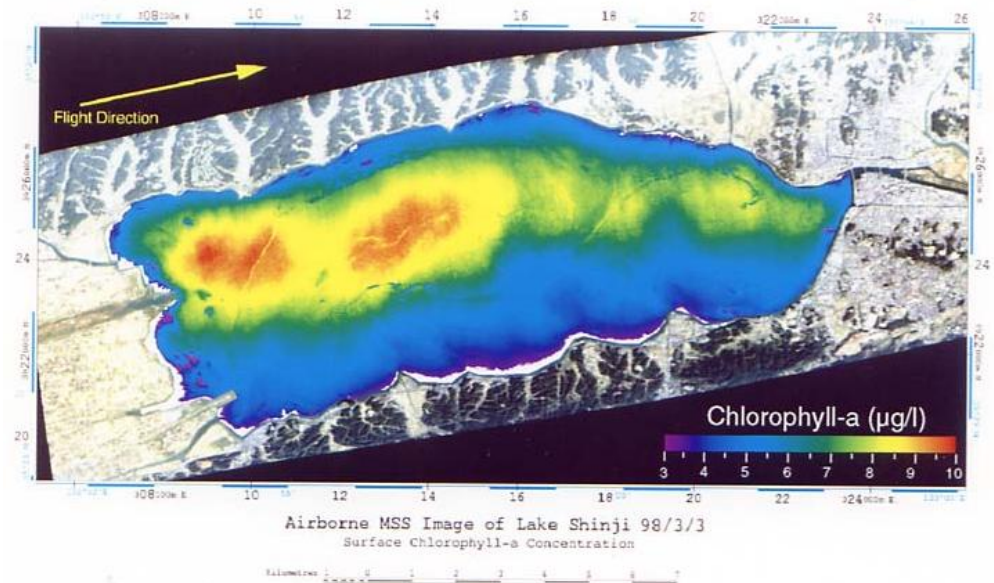
最適方法を使った宍道湖における経験と課題 (航空機MSSによる実験)



宍道湖のシジミ分布と浄化作用



航空機によるChl-aマップ例



- 湖山池でも手法自体は同じでこのようなマッピングは可能. ただし, 実行には莫大な費用がかかる.
- 現行の衛星(無料または安価)によるマッピング手法開発が今後の課題



- MODIS (500m) Chl-aデータと現場Chl-aデータを使って水門開放前後の湖山池のChl-a比較を行った。
- MODIS Chl-aは現場Chl-aとやや異なる傾向を示した(7月のChl-a低下は一致)がラン藻類の変化と対応づけられる可能性があった。
- 衛星による高精度のChl-a推定手法開発の一環として、2012年5月、7月、9月に現地において分光反射率/Chl-aデータセットの取得を行った。
- 湖山池の分光反射率特性は、典型的な富栄養化水域の波形をしていた。
- 二波長反射率とChl-aの相関は700nm付近の狭い範囲の反射率比が有効であることがわかった。
- 今後は、反射率/Chl-aデータセットと衛星データを使って、長期的なモニタリング(MODIS/GOCI等)および空間的なモニタリング(TM/ASTER)ができる湖山池用のモニタリングツールを開発・公開していきたい。