

宍道湖における衛星同期水質調査 (その2)

作野裕司¹⁾・中山大介²⁾・高安克己³⁾・松永恒雄⁴⁾・中村幹雄⁵⁾・國井秀伸³⁾

Simultaneous water quality survey with satellite observation in Lake Shinji (Part 2)

Yuji Sakuno¹⁾, Daisuke Nakayama²⁾, Katsumi Takayasu³⁾
Tsuneo Matsunaga⁴⁾, Mikio Nakamura⁵⁾ and Hidenobu Kunii³⁾

Abstract : Simultaneous water quality surveys with satellite observation were carried out in Lake Shinji from June to November 1996. The field data were obtained in 6 out of the 9 surveys. Field data of Secchi Depth (SD), Suspended Substance (SS) and Chlorophyll-a (Chl-a) were discussed instantaneous distribution, seasonal changes and relationship of each parameter. As a result, mean distribution of SD wholly ranged about 1.0-1.5 m, that of SS about 5 mg/l but for the mouth of the River Hii. Distribution of Chl-a showed a trend of lower concentration along the shore than in the offshore. SD and Chl-a had no relation to seasonal changes, but SS related to seasonal changes. SD was inversely proportional to Chl-a. SS correlated with Chl-a, but both relations changed every time.

Keywords : Chlorophyll-a, instantaneous distribution, Lake Shinji, satellite observation, seasonal change

1. はじめに

宍道湖, 中海のような汽水湖は陸と海の接点にあり, 常に双方の影響を受けているので環境変化が最も激しい水域の一つを形成している. このような水域において行われる船による従来の調査法では, ある瞬間の広域的な水質分布を把握することが困難であった. このため, 広域性と同時性という性質を持つ衛星リモートセンシングによる湖全体の水質マッピングが期待されている.

水質を対象としたリモートセンシングは水色を用

用している. 水色は, 水中に入射した太陽光が, 水分子や浮遊している土砂あるいはプランクトンなどの粒子によって選択的吸収あるいは散乱を受けることによって変化する. 人工衛星のセンサーは地上から入射して来る光を, 特定の波長帯のエネルギー強度としてデジタルで記録する. したがって, 衛星のセンサーで記録されるエネルギー強度と水中の懸濁粒子濃度とに相関があれば, 人工衛星データから懸濁粒子濃度分布を再現することが可能である.

筆者らは宍道湖において衛星データと懸濁粒子濃度などの水質データとの関数が成り立つかどうかを明らかにするために, 1995年7月から1996年11月まで衛星が宍道湖に飛来する時刻と同時刻に行なう衛星同期水質調査(以下同期調査と略す)を行ってきた. 水域リモートセンシングで観測可能と考えられる測定項目は現時点では, 赤潮, アオコ, SS, 透明度, 油汚染, 塩分濃度, 水温分布, 流況などである(宮崎・大井, 1982). しかしこの中で赤潮, アオコ, SS, 透明度の濃度および水温の解析以外は極めて困難であるのが現状である. 筆者らの同期調査では, 現時点で衛星データによる水質濃度分布を作成できる可能性が高い透明度, SS および Chl-a に重点を置いた. すでに1995年に実施した現地調

¹⁾ 東京大学大学院工学系研究科
Graduate School of Engineering, The University of
Tokyo, Bunkyo-ku 113, Japan
²⁾ 島根大学大学院理学研究科
Graduate School of Science, Shimane University,
Matsue 690, Japan
³⁾ 島根大学汽水域研究センター
Research Center for Coastal Lagoon Environments,
Shimane University, Matsue 690, Japan
⁴⁾ 工業技術院地質調査所
Geological Survey of Japan, Tsukuba 305, Japan
⁵⁾ 島根県水産試験場三刀屋内水面分場
Mitoya Branch of Shimane Prefectural Fisheries
Experimental Station, Mitoya 690-24, Japan

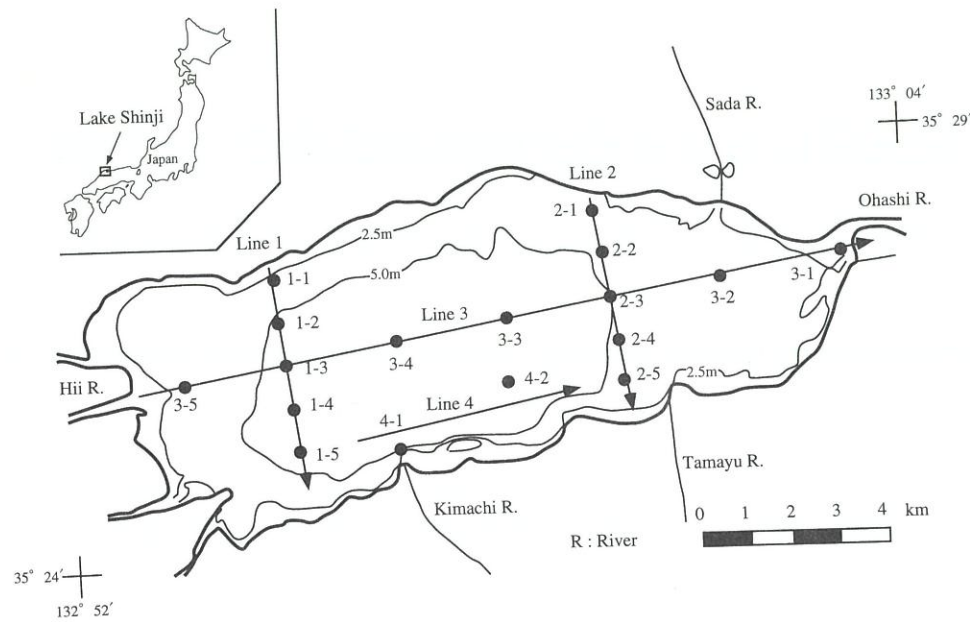


図1. 調査測点(1996年).

Fig. 1. Points of survey in Lake Shinji, 1996.

表1. 懸濁物質およびクロロフィル a の測定精度.

Table 1. Accuracy in measuring of Suspended Substance and Chlorophyll-a.

(a)		(b)	
No.	SS (mg/l)	No.	Chl-a ($\mu\text{g/l}$)
1	11.0	1	21.0
2	11.1	2	16.6
3	11.1	3	21.2
4	11.7	4	20.3
5	12.3	5	19.2
Mean	11.4	6	18.8
SD	0.55	7	18.3
CV(%)	4.82	8	17.2
		9	20.3
		10	19.8
		Mean	19.3
		SD	1.55
		CV(%)	8.03

査結果については、作野ほか(1996)が報告している。また松永ほか(1996)は、同期調査と同時に行った分光反射率測定により、リモートセンシングによって宍道湖水質を把握するための物理的根拠を示した。

以下は主に1996年に実施した宍道湖における同期調査で得た現地調査データの解析結果を示す。具体的には、宍道湖の透明度、SS および Chl-a データの瞬間的な分布特性、季節変化、相互の相関についての報告である。なお衛星画像の解析は別の機会に報告する。

2. 調査測点と方法

宍道湖上空に衛星が飛来する日時に合わせ、図1に示す測点において2隻の調査船を用いて調査を行った。1996年度の調査日は、6月16日、8月9日、13日、9月5日、10月7日、11日、11月5日、6日、8日の9回を設定した。観測する衛星センサは LANDSAT / TM (熱バンドを除くバンドの地上分解能 $30\text{m}\times 30\text{m}$)、SPOT / HRV (マルチバンドの地上分解能 $20\text{m}\times 20\text{m}$)、JERS-1 / OPS (地上分解能 $18\text{m}\times 24\text{m}$) という可視、近赤外波長帯を観測する高分解能の光学センサである。衛星画像の撮影時刻は、いずれの衛星も午前10時前後の数秒間である。現地調査は衛星画像撮影時刻の前後1時間以内に終了するように実施した。現地調査における位置決定は GPS (精度は約100 m) を用いた。透明度はセッキ板、水温、DO、pH、塩分濃度は水質計 (YSI 3800: 島根大学汽水域研究センター所有、島根県水産試験場所有) により、0.5 m、1.0 m および 2.0 m の深度で測定した。懸濁物質およびクロロフィル定量用の採水試料は、水面下約50 cm 以内の表層水をバケツですくい採り、ポリ容器に1測点につき4 l の採水により得た。研究室に持ち帰った試料は調査終了後、約2時間以内にガラスフィルター (アドバンテック、GS 25) でろ過した。その後、ろ過前の乾燥ろ紙重量とろ過後のろ紙乾燥重量との差を SS として定量した。また UNESCO(1966)の方法により Chl-a、Chl-b、Chl-c およびカロチノイドの定量を行った。またこれらの定量が終わっ

表2. 調査結果の概略(1996年).

Table 2. Outline of findings in Lake Shinji, 1996.

No.	Date	Weather	Satellite (sensor)	Path - Row	Imagery	Field Data
1	96.6.16	cloudy	JERS-1 (OPS)	76-241	-	Available
2	96.8.9	cloudy	SPOT (HRV)	317-279	-	Available
3	96.8.13	fine	LANDSAT (TM)	111-35	Cloud-free	Available
4	96.9.5	cloudy	LANDSAT (TM)	112-35	-	Available
5	96.10.7	rainy	LANDSAT (TM)	112-35	-	-
6	96.10.11	fine	SPOT (HRV)	317-279 (slanting observ.)	Cloud-free	Available
7	96.11.5	rainy	SPOT (HRV)	317-280 (slanting observ.)	-	Available
8	96.11.6	cloudy	SPOT (HRV)	317-281 (slanting observ.)	-	-
9	96.11.8	rainy	LANDSAT (TM)	111-35	-	-

表3. 透明度、懸濁物質およびクロロフィル a の基礎統計量(1996年).

Table 3. Statistics of Secchi depth, Suspended Substance and Chlorophyll-a in Lake Shinji, 1996.

(a) Secchi depth (m)							
No.	Date	Point	Mean	SD	Max	Min	CV(%)
1	1996/6/16	17	0.9	0.2	1.4	0.7	24.1
2	1996/8/9	17	1.2	0.2	1.7	1.0	14.3
3	1996/8/13	17	1.2	0.2	1.4	0.8	13.4
4	1996/9/5	17	1.1	0.3	2.0	0.6	23.9
5	1996/10/11	17	1.4	0.2	1.9	1.0	14.8
6	1996/11/6	17	1.5	0.2	1.8	1.2	13.6

(b) Suspended Substance (mg/l)							
No.	Date	Point	Mean	SD	Max	Min	CV(%)
1	1996/6/16	17	11.5	6.1	22.0	4.4	53.5
2	1996/8/9	17	4.5	2.0	12.1	3.3	45.4
3	1996/8/13	17	4.7	0.7	6.3	3.9	14.2
4	1996/9/5	17	6.7	1.4	9.8	3.7	20.3
5	1996/10/11	17	4.7	1.5	8.3	3.0	31.7
6	1996/11/6	17	3.8	0.4	4.6	3.3	11.1

(c) Chlorophyll-a ($\mu\text{g/l}$)							
No.	Date	Point	Mean	SD	Max	Min	CV(%)
1	1996/6/16	17	39.8	40.6	120.6	2.6	102.0
2	1996/8/9	17	27.2	8.7	44.8	16.0	31.9
3	1996/8/13	17	27.2	3.3	31.7	19.1	12.3
4	1996/9/5	17	25.5	6.8	33.0	8.3	26.7
5	1996/10/11	17	22.0	6.3	34.1	12.4	28.4
6	1996/11/6	17	21.9	5.9	30.7	14.5	26.8

た後、Lorenzen (1967)の方法により Chl-a およびクロロフィルの分解産物であるフェオフィチンの定量を行った。なお、現地調査の方法および分析方法についての詳細は作野ほか(1996)を参照されたい。

また同期調査とは別の日に、宍道湖湖心において採集した試料により SS および Chl-a の測定精度を調べた。SS および Chl-a の測定試料の採集日はそれぞれ、1996年6月6日、1996年10月7日である。SS と Chl-a の測定方法は上記の方法に従った。この手順を同じ試料につき SS は5回、SS に比べて手順が複雑な Chl-a は10回繰り返した。測定結果の平均値および標準偏差から変動係数(標準偏差/平均値) $\times 100$ 、以下 CV と略す)を算出し、この値を精度とした。表1(a),(b)に SS と chl-a の測定精度を示す。

3. 結果および考察

3-1 衛星同期水質調査概要

表2は1996年に行なった調査結果の概要である。1996年の調査は9回計画したうち、天候が悪かった10月7日、11月8日を除いた6日間行なった。そのうち天候や湖面の状態がよく、雲のほとんどない衛星画像が取得できたのは8月13日および10月11日であった。取得された衛星画像はそれぞれ LANDSAT の TM センサー、SPOT の HRV センサーによるものであった。各衛星は可視から近赤外の波長を観測するセンサーを有しているため、水色の解析が可能である。また TM は温度センサーも搭載しているもので8月13日は水温の解析も可能である。現地調査による各水質パラメータの分析結果の一覧を付表1~付表6に掲載する。また、各調査日における透明度、SS および Chl-a の基礎統計量を表3に示す。

3-2 透明度、SS および Chl-a の平均値分布

図2(a),(b)および(c)は1996年に行なった調査による宍道湖における透明度、SS および Chl-a の平均値分布を示している。ただし、表3に示すように他の調査日や例年に比べて極端に値が高い6月のデータは除去した。以下、透明度、SS および Chl-a の平均値分布について個別に記述する。

a) 透明度の平均値分布

宍道湖の透明度は全体に1.0~1.5 m 前後である。地点間による透明度のばらつきは SS や Chl-a と比べて小さい。このような傾向は1995年に行なった筆者らの調査結果(作野ほか, 1996)と一致している。一般に「透明度が2 m 以下であったら富栄養」(西条・三田村, 1995)であり、この観点から宍道湖の瞬間的な透明度の分布をみると、湖全体が富栄養であるといえる。

また、透明度は光量と密接な関係があることが知

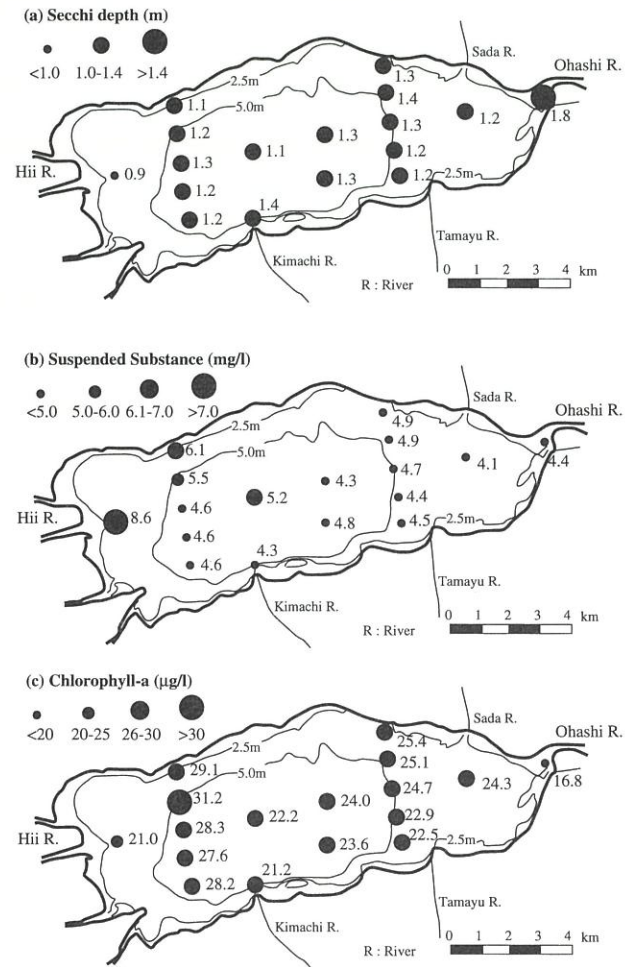


図2. 宍道湖における透明度、懸濁物質およびクロロフィル a の平均値分布(1996年)。(a): 透明度, (b): 懸濁物質, (c): クロロフィル a, 調査日: 8/9, 8/13, 9/5, 10/11, 11/6. 調査時刻: 9時~11時。
Fig. 2. Mean distribution of Secchi depth, suspended Substance and Chlorophyll-a in Lake Shinji, 1996. (a): Secchi depth, (b): Suspended Substance, (c): Chlorophyll-a. Date of survey: Aug. 9, Aug. 13, Sep. 5, Oct. 17 and Nov. 6. Time of survey: From about 9 to 11. a.m.

られている。光は水中で指数関数的に低下する(Lambert-Beerの法則)。一般に透明度の2~2.5倍の深さが相対照度の約1% (ただし湖の水面直下の照度を100%とする) に相当し、この照度は補償深度(光合成量と呼吸量が等しくなる深さ)と呼ばれる。宍道湖の透明度が1.5 mだとすると補償深度は3~4 mであり、この水深まで光が届いていると考えられる。衛星データは水面、水中および湖底から来る太陽光の反射エネルギーをとらえている。したがって衛星データから水中の懸濁物濃度を推定しようとする際、湖底からの反射光は解析の障害となる。衛星データの成分から湖底の反射光の影響を除くためには、宍道湖ではどの程度の水深がある測点のデータを使用するかを見つめる必要がある。この

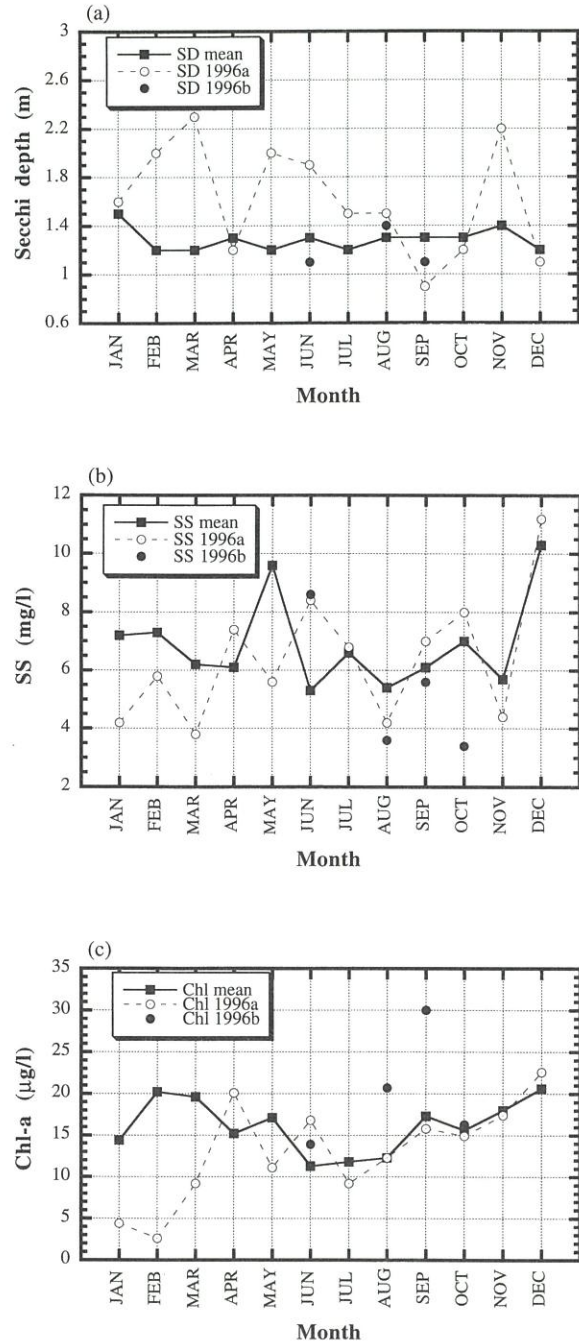


図3. 宍道湖における透明度、懸濁物質およびクロロフィル a の季節変化。(a): Secchi depth, (b): Suspended Substance, (c): Chlorophyll-a. mean: 宍道湖湖心表層における1982~1993年の平均値(鳥根大学のデータ), 1996 a: 宍道湖湖心表層における1996年の平均値(鳥根大学のデータ), 1996 b: 1996年の同期調査における測点3-3の値。
Fig. 3. Seasonal changes of Secchi depth, Suspended Substance and Chl-a in Lake Shinji. (a): Secchi depth, (b): Suspended Substance, (c): Chlorophyll-a. mean: Mean of water surface data 1982-1993 at the center of Lake Shinji (Data from Shimane University), 1996 a: Mean of water surface data 1996 at the center of Lake Shinji (Data from Shimane University), 1996 b: data of point 3-3 in our survey.

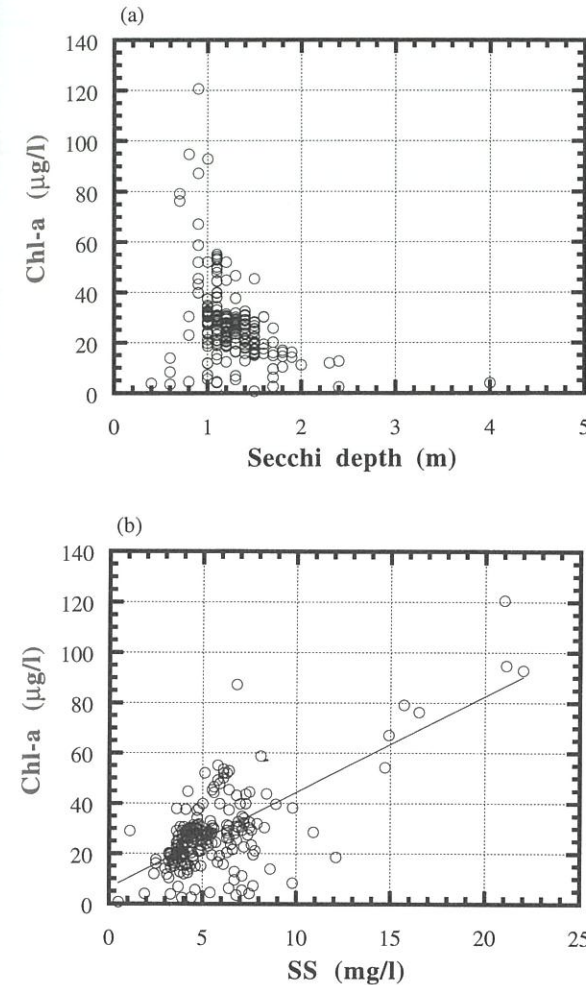


図4. 宍道湖の透明度、懸濁物質およびクロロフィル a の相互相関。(a): 透明度とクロロフィル a, (b): 懸濁物質とクロロフィル a。
Fig. 4. Relationship of each parameters: Secchi depth, Suspended Substance and Chlorophyll-a, in Lake Shinji. (a) Secchi depth and Chlorophyll-a, (b) Suspended Substance and Chlorophyll-a.

ように衛星データ解析において水深と透明度の関係を考慮することは、実際的水域における解析に応用されている(例えば Lathrop and Lillesand, 1986)。

b) SS の平均値分布

SS は斐伊川河口から南東部の測点1-1, 1-2付近を除いて5 mg/l 前後で、一定である。測点1-1から1-2付近にかけては、北東方向に高濃度帯を形成している。このような傾向は、湖の沿岸が低濃度で、湖の沖が高濃度の傾向を示した1995年の調査結果とは異なる。これは宍道湖に流入する淡水量の約80%をしめる斐伊川の水流(武田ほか, 1996)と密接な関係があると思われる。即ち1996年において斐伊川河口付近でSSが高濃度なのは、1995年と比べて斐伊川に近い地点におけるSSの中身により多くの無機堆積物が含まれた結果と考える。しかしこのような

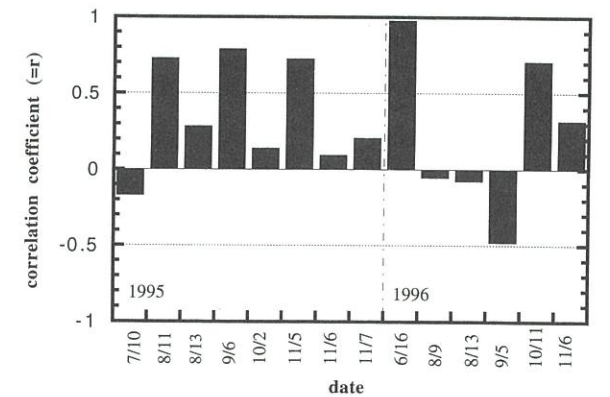


図5. 懸濁物質とクロロフィル a との関係の推移(1995~1996年)。
Fig. 5. Change of relationship between Suspended Substance and Chlorophyll-a in Lake Shinji, 1995-1996

仮説を証明するためには、今後SSの中身について詳細な検討を行う必要がある。また作野・高安(1995)は衛星画像から宍道湖の水溫推定を行なった結果、斐伊川から北東方向に伸びる低水溫パターンを指摘しており、斐伊川の流れとSS分布との関係に関する研究が待たれる。

C) Chl-a の平均値分布

Chl-a は全体に20~30 µg/l 前後である。大橋川、斐伊川および来待川河口付近の測点でChl-aが相対的にやや低い。このような傾向は、湖の沿岸部が低濃度で、沖が高濃度という傾向を示した1995年の調査結果と比べて、明瞭とはいえないが近似している。秋山(1991)は、宍道湖における沿岸帯水のクロロフィル量は沖帯に比較して少ないと述べている。さらにその原因として河川からの栄養塩の湖沼への流出過程で、沿岸植物の果たす役割に栄養塩の消費あるいはその一時的蓄積の効果を指摘している。また中村ほか(未発表)は宍道湖の沿岸部でChl-a濃度が小さく、透明度が高い現象を、シジミによる捕食のためであると指摘している。筆者らの同期調査だけでは、宍道湖におけるChl-aの濃度が沖部と比べて沿岸部の方が低いという理由はわからないが、少なくとも瞬間的なChl-aの広域分布でこのような濃度傾向があることが経験的に示された。

3-3 透明度, SS および Chl-a の季節変化

同期調査における透明度, SS および Chl-a データが季節変化の影響を受けているかを確かめる目的で、これらの水質パラメーターの季節変化について検討した。図3(a), (b)および(c)は、宍道湖の透明度, SS および Chl-a の季節変化を示している。データ

は島根大学理学部化学科環境分析化学研究室(1994)が1982年から1993年までの12年間、宍道湖湖心において計測した毎月の透明度、SS および Chl-a の平均値である(実線)。また同じデータで、1996年の月変化を点線で表した。さらに筆者らが行なった1996年の同期調査の中で湖心に近い測点3-3のデータ(調査日:6月16日,8月9日,9月5日および10月11日)を黒丸(無線)で表した。以下、透明度、SS および Chl-a の季節変化について簡単に記述する。

宍道湖における透明度の12年間の平均は年間を通じて1.0~1.5 m で推移しており、季節による明瞭な変化はない。これに対し1996年の月変化は平均値と比べ変動が大きい。特に3月と11月は透明度が2 m 以上のピークがあり、初夏(5月)から秋(9月)にかけて透明度が徐々に低下している。一方同期調査のデータは12年間の平均値付近にあり変動は少ない。

宍道湖における SS の12年間の平均は4~10 mg/l で推移しており、5月、12月に高濃度のピークが見られる。1996年の月変化は4月から6月にかけての12年間の平均値と比べ若干ピークが異なるが、その他は概ね同様な変化をしている。同期調査のデータも10月のデータを除いて季節的な変化は近似している。

宍道湖における Chl-a の12年間の平均は 10~20 µg/l で推移している。冬に高濃度のピーク(2月,12月)が見られ、逆に夏に低濃度のピーク(6月,7月)がある。1996年の月変化は1月から3月にかけては12年間の平均値と比べかなり低濃度を示すが、その他は概ね同様な変化をしている。同期調査のデータは8月,9月で平均と比べ10 µg/l 程度高い濃度を示している。

3-4 透明度, SS および Chl-a の相互相関

一般に透明度の大小と水中の懸濁物量とは逆の相関があるといわれている。宍道湖でもそのような相関が成立するか確かめる目的で、透明度、SS および Chl-a の相互相関を調べた。

図4に1995年から1996年に行なった同期調査から得られた透明度と Chl-a の関係を示す。両者は概ね反比例の関係にある。このような関係は有賀(1973)も指摘している。すなわち「クロロフィル含有量の増加が、水中の光条件を制限することによって、有光層(生産層)の厚さを制限するのに大きくかかわっている」のである。宍道湖でも植物プランクトン量の濃度が透明度の大小を規定していると思われる。

図5には1995年から1996年に行なった同期調査か

ら得られた SS と Chl-a の関係を示す。SS と Chl-a の全体的な関係を一次直線近似をすると0.68程度の相関(回帰式 $Y=6.4X+3.8$)がある(図4b)。しかし図5に示すように、調査日によって相関係数が極めて高い日や、全く相関がない日がある。このような相関の相違は、SS の中身の多くが植物プランクトンで占められているか、その他の懸濁物で占められているかによる違いである。秋山(1977)は、宍道湖におけるセストン(本文中の SS と同意とみなす)の増減の要因は、水界の無機セストン(粘土粒子などの微鉱物)の変動の方が、有機物の変動よりも大きく影響していると指摘している。ここでは宍道湖の SS の中身については検討していないので明言できないが、宍道湖の SS と Chl-a の関係は常に変動しており、常時一定の関数で表すことは困難であるといえる。

4. ま と め

筆者らは宍道湖において衛星データと懸濁粒子などの水質パラメーターとの関数が成り立つかどうかを明らかにするために1995年から1996年にかけて宍道湖の透明度、SS および Chl-a を中心とした水質パラメーターの観測を行ってきた。この論文では主に1996年の水質調査の結果について若干の考察を行い、以下の事項が明らかになった。

- 1)1996年は6月~11月まで計9回の同期調査を予定し、そのうち6回の現地調査を実施した。8月13日と10月11日は雲がほとんどない鮮明な衛星画像を取得できた。
- 2)宍道湖における透明度の平均値分布は全体に1.0~1.5 m 前後と一様であった。
- 3)SS の平均値分布は斐伊川河口から北東部にのびる高濃度帯を除いては一様であった。
- 4)Chl-a の平均値分布は沿岸帯で低く、沖帯で高い濃度の傾向を示した。
- 5)同期調査データは宍道湖の平均的な透明度、Chl-a の季節変化と対応していないが、SS の同期データは宍道湖の平均的な季節変化と対応していた。
- 6)透明度と Chl-a の関係は反比例の関係が成立していた。
- 7)SS と Chl-a の関係は全体的には直線的な関係が成立しているが、両者の関係は調査日によって大きく異っていた。

今後は、本稿に示した現地調査結果と衛星データとの関係を詳細に検討し、衛星データによる宍道湖の瞬間的な水質分布図を作成する予定である。

謝 辞

本研究の現地調査を遂行するにあたり、快く協力していただいた島根県水産試験場の職員の方々および島根大学総合理工学部地球資源環境学科の学生の皆様に深く感謝いたします。

引用文献

- 秋山優(1976)宍道湖のプランクトンおよび着生藻類の推移に関する調査。中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書(第2報)。島根県環境保健部, 23-58 p.
- 秋山優(1991)中海・宍道湖における植物プランクトンおよび着生藻類の推移ならびにその生態学的研究。中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書(第12報)。島根県環境保全課, 1-20 p.
- 有賀祐勝(1973)水界の植物群落-植物プランクトン, 生態学講座8, 共立出版, 東京, 91 p.
- Lathrop, Jr, R. G. and Lillesand, T. M. (1986) Use of Thematic Mapper data to assess water quality in Green Bay and Central Lake Michigan. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52(5): 671-680.
- Lorenzen (1967) Determination of chlorophyll and

phaeo-pigments: Spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography*, 12: 343-346.

松永恒雄・作野裕司・高安克己・中村幹雄・國井秀伸(1996)宍道湖における水面分光特性と水質。日本リモートセンシング学会第20回学術講演予稿集, 67-68.

西条八束・三田村緒佐武(1995)新編湖沼調査法, 講談社, 東京, 230 p.

作野裕司・高安克己・松永恒雄・中村幹雄・國井秀伸(1996)宍道湖における衛星同期水質調査(その1), LAGUNA(汽水域研究), (3): 52-72.

作野裕司・高安克己(1995)衛星リモートセンシングによる宍道湖の湖面温度分布と季節変化の推定, 島根大学地質学研究報告, 14: 56-63.

島根大学理学部化学科環境分析化学研究室(1994)宍道湖・中海水質月報。自主調査彙報, 321 p.

宮崎忠国・大井紘(1982)リモートセンシングによる水質計測の現状。国立環境研究所報告, 34: 29-42.

武田育朗・福島晟・森也寸志(1996)斐伊川から流入する汚濁負荷量の推定。LAGUNA(汽水域研究), (3): 91-96.

UNESCO (1966) Determination of photosynthetic pigments in sea water. Report of SCOR-UNESCO Working group 17 (Paris): *Monographic Methodology* 1.69.

付表1. 宍道湖における水質調査データ (1996年6月16日).

Appendix 1. Raw data of water quality survey in Lake Shinji (June 16, 1996).

Table with 20 columns (Sampling Point 1-1 to 4-2) and 30 rows of water quality data including North latitude, East longitude, Time of beginning work, Time of finishing work, Water depth, Secchi depth, Water temp, DO, pH, Salinity, SS, and various chemical parameters like Chl-a, Chl-b, Chl-c, Carot., and Phaeo.

*UNESCO (1966) method
**Lorenzen (1967) method

付表2. 宍道湖における水質調査データ (1996年8月9日).

Appendix 2. Raw data of water quality survey in Lake Shinji (Aug.9, 1996).

Table with 20 columns (Sampling Point 1-1 to 4-2) and 30 rows of water quality data including North latitude, East longitude, Time of beginning work, Time of finishing work, Water depth, Secchi depth, Water temp, DO, pH, Salinity, SS, and various chemical parameters like Chl-a, Chl-b, Chl-c, Carot., and Phaeo.

*UNESCO (1966) method
**Lorenzen (1967) method

付表3. 宍道湖における水質調査データ (1996年8月13日).

Appendix 3. Raw data of water quality survey in Lake Shinji (Aug.13, 1996).

Table with 20 columns (Sampling Point 1-1 to 4-2) and 30 rows of water quality data including North latitude, East longitude, Time of beginning work, Time of finishing work, Water depth, Secchi depth, Water temp, DO, pH, Salinity, SS, and various chemical parameters like Chl-a, Chl-b, Chl-c, Carot., and Phaeo.

*UNESCO (1966) method
**Lorenzen (1967) method

付表4. 宍道湖における水質調査データ (1996年9月5日).

Appendix 4. Raw data of water quality survey in Lake Shinji (Sep 5, 1996).

Table with 20 columns (Sampling Point 1-1 to 4-2) and 30 rows of water quality data including North latitude, East longitude, Time of beginning work, Time of finishing work, Water depth, Secchi depth, Water temp, DO, pH, Salinity, SS, and various chemical parameters like Chl-a, Chl-b, Chl-c, Carot., and Phaeo.

*UNESCO (1966) method
**Lorenzen (1967) method

付表5. 宍道湖における水質調査データ (1996年10月11日).

Appendix 5. Raw data of water quality survey in Lake Shinji (Oct.11, 1996).

Table with 20 columns (Sampling Point 1-1 to 4-2) and 30 rows of water quality data including North latitude, East longitude, Time of beginning work, Time of finishing work, Water depth, Secchi depth, Water temp, DO, pH, Salinity, SS, and various chemical parameters like Chl-a, Chl-b, Chl-c, Carot., and Phaeo.

*UNESCO (1966) method
**Lorenzen (1967) method

付表6. 宍道湖における水質調査データ (1996年11月6日).

Appendix 6. Raw data of water quality survey in Lake Shinji (Nov.6, 1996).

Table with 20 columns (Sampling Point 1-1 to 4-2) and 30 rows of water quality data including North latitude, East longitude, Time of beginning work, Time of finishing work, Water depth, Secchi depth, Water temp, DO, pH, Salinity, SS, and various chemical parameters like Chl-a, Chl-b, Chl-c, Carot., and Phaeo.

*UNESCO (1966) method
**Lorenzen (1967) method