

## 5. 琵琶湖-淀川水系に与える影響

5.1 2004年代かき濁水発生時期における  
琵琶湖東岸彦根沖の濁水観測

陀安一郎<sup>1)</sup>、由水千景<sup>1)</sup>※、高津文人<sup>1)</sup>※、キムチョルグ<sup>1)</sup>、横川太一<sup>1)</sup>、  
大手信人<sup>2)</sup>、兵藤不二夫<sup>3)</sup>、井桁明丈<sup>3)</sup>、中野孝教<sup>3)</sup>、永田俊<sup>1)</sup>

1) 京大大学生態学研究センター、2) 京都大学農学研究科、3) 総合地球環境学研究所  
※(現所属) 独立行政法人科学技術振興機構

## 1. はじめに

農業用排水施設整備事業は、農業における用水の安定供給に大きく貢献し、琵琶湖集水域の農業用水の形態を大きく変化させてきた。その反面、農地から琵琶湖への濁水流入といった現象も引き起こすようになってきた<sup>1)</sup>。しかし、琵琶湖流入河川のうちで定期的に水質のモニタリングをされている河川は限られており<sup>2)</sup>、さらに流入河川から琵琶湖への濁水の流入過程に関しては、いくつかの報告があるに過ぎない。

東ほか<sup>2)</sup>は、代かき・田植え時を中心に、空中写真撮影、湖上観測、河川調査を組み合わせることにより琵琶湖の濁水流入の実態について研究した。その結果を元に、大河川の河口域よりも中小河川および小排水路からの濁水の流入が重要であることを示唆した。さらに、焦ほか<sup>3)</sup>は、赤野井湾および丁野木川河口の面的観測により、濁水の湖内への流入過程を研究した。また、大久保ほか<sup>4)</sup>は、代かき・田植え時の濁水排出が湖内における栄養塩濃度の上昇に関係し、藻類生産に効いている可能性を示した。

そこで本研究では、本プロジェクトの調査地である琵琶湖東岸彦根沖において、代かき・田植え時である2004年4月26日及び2004年5月7日の流入河川水質(5月7日のみ)琵琶湖表層の水質空間分布・湖内の水質鉛直分布を明らかにする。

## 2. 材料と方法

2004年4月26日においては、琵琶湖東岸彦根沖を京大大学生態学研究センターの調査船「はす」を用いて採水した。採水地点は、表層のみのサンプリング地点(以下表層サンプリング地点)として15地点、鉛直方向も含めたサンプリング地点(以下鉛直サンプリング地点)として宇曾川河口

からのトランセクト上に4地点の計19地点で行なった(図1)。

2004年5月7日においては、琵琶湖東岸彦根沖を京大大学生態学研究センター調査船「はす」を用いて採水すると共に、芹川、犬上川、安食川、宇曾川、顔戸川、文録川、不飲川、愛知川の河川最下流地点でも採水を行なった。湖内の採水地点は、表層サンプリング地点として4月26日の調査地点に9地点を加えた24地点、鉛直サンプリング地点としては4月26日同様の4地点、あわせて28地点で行なった(図1)。

両日とも、表層サンプリング地点では表面より1mの深度において、5ℓニスキン採水器を用いて採水した。また現場の水温について多項目水質計YSI6600(YSIナノテック社)を用いて計測した。鉛直サンプリング地点では、およそ水深10m(V1)、20m(V2)、30m(V3)、40m(V4)の地点において、表層より1m、2.5m、5m、10mの試水、さらにそれ以下は10mピッチで湖底までサンプリングした。サンプリング地点の実際の深度は小型メモリ水温深度計(アレック電子株式会社)によって測定した。また、現場の情報(水温・溶存酸素濃度(DO))について多項目水質プロファイラー(SBE-911 plus, Sea Bird Electronics Sealogger)を用いて機器計測した。DOについては、ウィンクラー法で計測値を補正した後、分布データに用いた。

電気伝導度(EC)は、試水を持ち帰った後、京大大学生態学研究センターにて電気伝導度計YSI3200(YSIナノテック社)を用いて測定した。懸濁物に関しては、150μmメッシュのプランクトンネットを通した後、あらかじめ秤量したWhatman GF/Fフィルターでろ過し、懸濁粒子量(SS)を求めた。懸濁態有機炭素・懸濁態有機窒

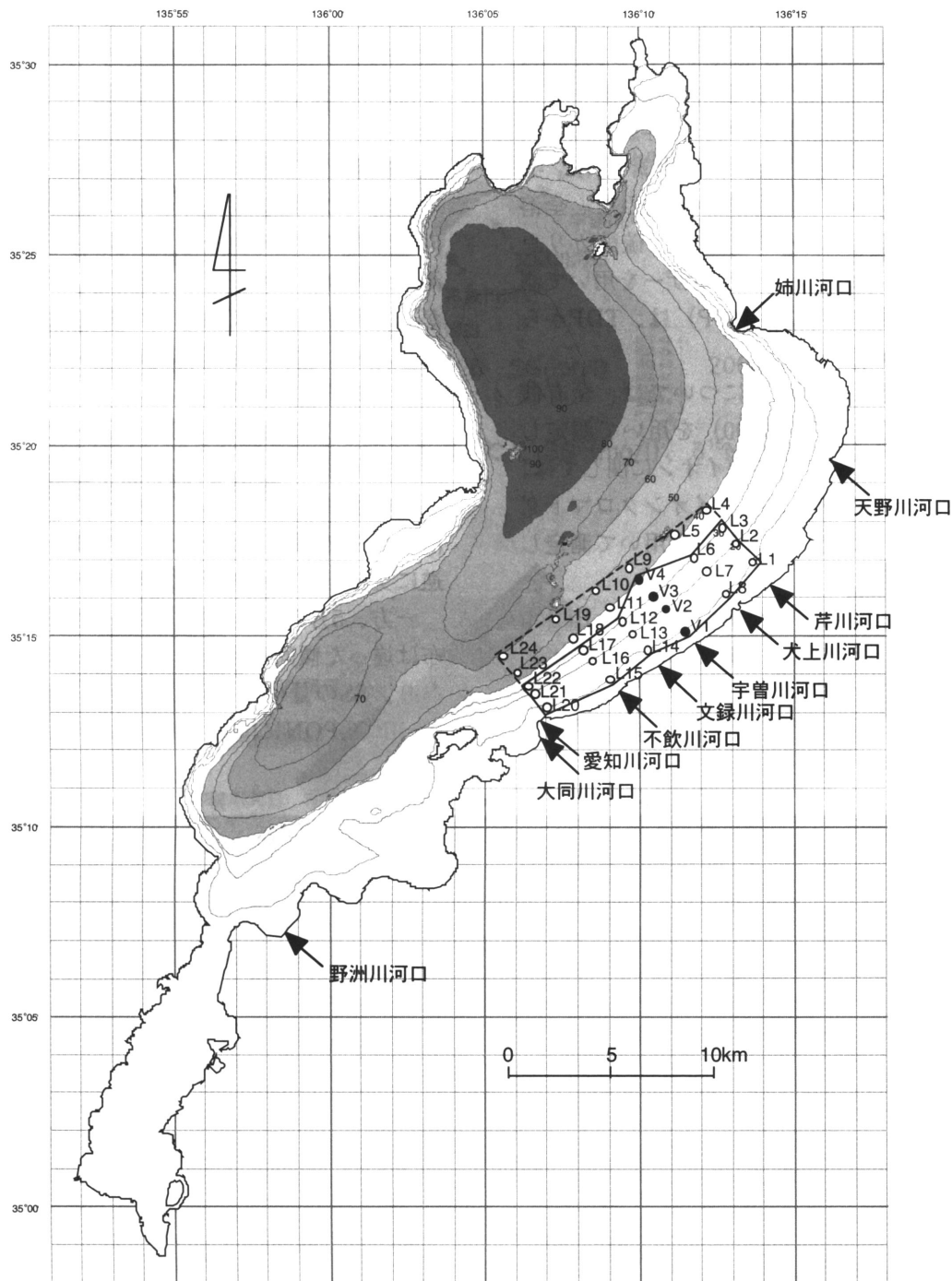


図1 2004年4月26日および5月7日琵琶湖東岸彦根沖調査地点

鉛直採水点 (V1-V4)、および表面採水点 (L1-L24) の場所を示す。実線枠囲みが、4月26日調査地点の領域 (図3) であり、5月7日調査地点は、それに加え点線で囲まれた部分を加えた領域 (図4) である。

素量 (POC、PON) および炭素・窒素同位体比 ( $\delta^{13}\text{C-POC}$ 、 $\delta^{15}\text{N-PON}$ ) は、京大大学生態学研究センターにおいて、Flash-EAを、Conflo IIIをインターフェイスにしてDelta-plus xpに接続した装置 (サーモエレクトロン社) によって分析した。懸濁態リン (PP) に関しては、ペルオキシ二硫酸カリウムで湿式酸化後、オートアナライザー

(AACS-II: ブラン・ルーベ社) を用いて測定した。

溶存態測定用試水は、Whatman GF/Fフィルターでろ過した。シリカ (Si) のみ  $0.2\mu\text{m}$  スクレオポアフィルターを用いてろ過した。アンモニア態窒素 ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) については、Holmes et al.<sup>5)</sup> に従って測定した。硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ )、亜硝酸態窒素 ( $\text{NO}_2^-\text{-N}$ )、リン酸態リン (DIP:  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ )、

シリカ (Si) については、オートアナライザーを用いて測定した。全溶存態窒素 (TDN) は、Pujo-pay and Raimbault<sup>6)</sup> に従い、湿式酸化の後オートアナライザーで測定した。溶存態有機窒素 (DON) は、TDNから、全無機態窒素 ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$  と  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  と  $\text{NO}_2^-\text{-N}$  の和) を引いて求めた。全溶存態リン (TDP) は、ペルオキソ二硫酸カリウムで湿式酸化後、オートアナライザーを用いて測定した。溶存態有機リン (DOP) は、TDPからDIPを引いて求めた。

溶存態有機炭素 (DOC) については、全有機炭素分析装置 (島津TOC5000) を用いて測定した。 $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^+$  の各種イオンに関しては、総合地球環境学研究所においてイオンクロマトグラフ (ダイオネクス社 ICS-90) を用いて測定した。

$\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$  は、脱窒法<sup>7)</sup> を用いて、Gas Bench IIIをインターフェイスとしてDelta-plus xpに接続した装置 (サーモエレクトロン社) によって分析した。

また、5月7日には航空機により流入河川の河口域の航空写真も撮影し、視覚的に濁水流入の有無を確かめた。

### 3. 結果

図2に、2004年5月7日正午ごろにおける文録川河口付近の航空写真を示す。文録川には明らかに濁水が流れていた。また、河口より流れ出た濁水が一旦湖岸に沿って南西 (写真左方向) に向けて流れた後、北東 (写真右方向) へ向かって拡散していく様子がとらえられた。

図3に、2004年4月26日の水温・SS・ $\delta^{15}\text{N-PON}$  の平面分布を示す。4月26日では文録川河口より温かい水が流れている様子がとらえられ、それに沿ってSSの量も多かった。 $\delta^{15}\text{N-PON}$  に関しては逆に文録川河口が若干低い傾向があった。

一方、5月7日の水温・SS・ $\delta^{15}\text{N-PON}$  の平面分布は違った傾向が見える (図4)。水温は平均的であり、SSの量は芹川河口に向けて高くなっていた。 $\delta^{15}\text{N-PON}$  に関しては、宇曾川から犬上川に



図2 文録川河口、2004年5月7日正午ごろの航空写真

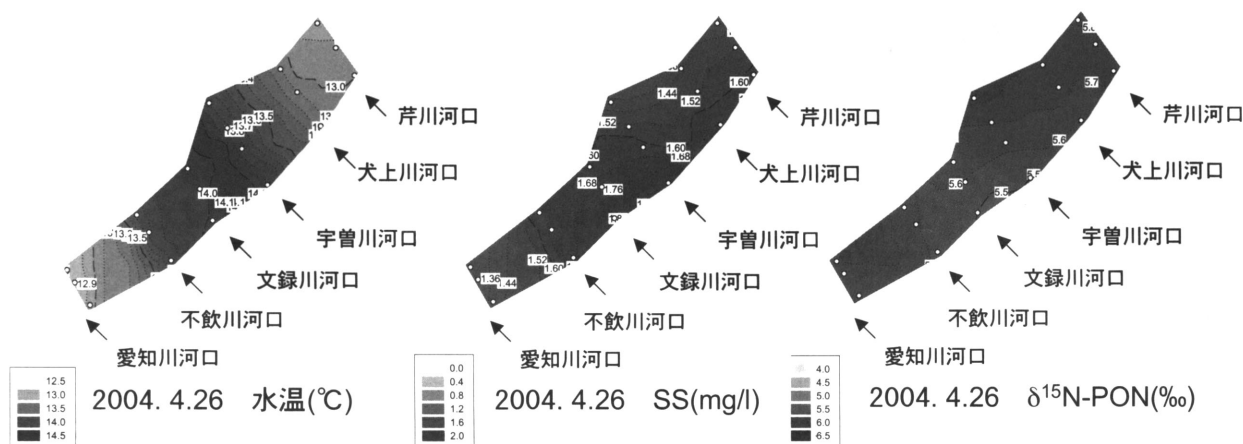


図3 2004年4月26日彦根沖調査水域の水温 (°C)、SS (mg/l)、 $\delta^{15}\text{N-PON}$  (%) の分布図。  
調査水域は図1を参照

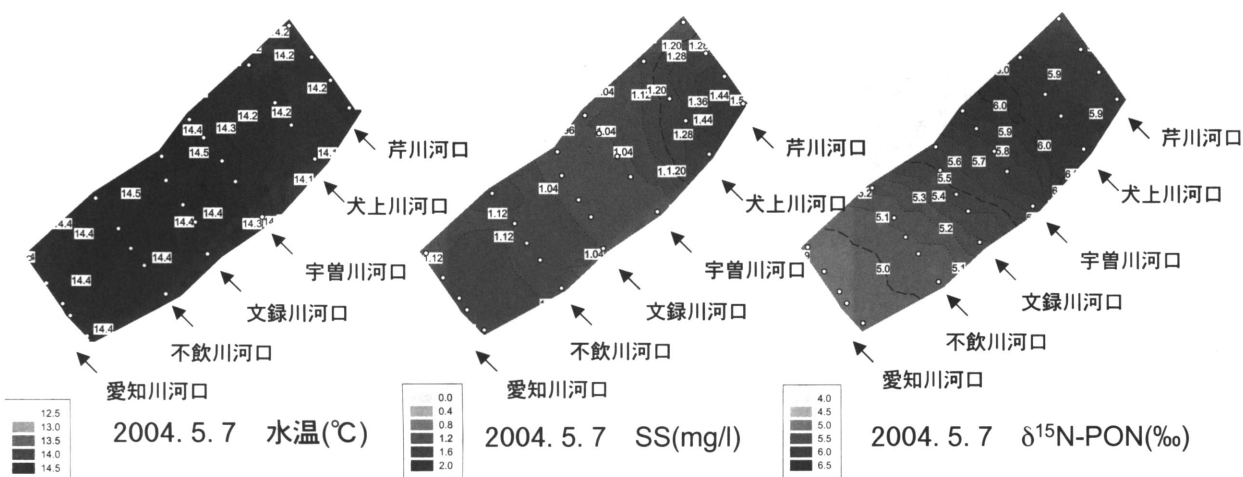


図4 2004年5月7日彦根沖調査水域の水温 (°C)、SS (mg/l)、 $\delta^{15}\text{N-PON}$  (%) の分布図。  
調査水域は図1を参照

かけて高い傾向が見えた。

図5に、4月26日の鉛直サンプリング地点における水温・DOの分布を示す。表層ほど水温もDOも高いが、より沿岸側に寄るほど両者とも高くなっており、河川を含めた沿岸からの影響が強いと考えられる。また、図6に、4月26日の鉛直サンプリング地点におけるSS・ $\delta^{15}\text{N-PON}$ ・ $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ の分布を示す。図5と同様に、河川を含めた沿岸からの影響を示すが、その影響を安定同位体分布で見ると、 $\delta^{15}\text{N-PON}$ は低い側に、 $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ は高い側にていた。

図7に、5月7日の鉛直サンプリング地点における水温・DOの分布を示す。これも4月26日と同様に、表層および沿岸側に寄るほど水温・DO共に高くなっており、河川を含めた沿岸からの影響

が強いと考えられる。また、図8に、5月7日の鉛直サンプリング地点におけるSS・ $\delta^{15}\text{N-PON}$ ・ $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ の分布を示す。今回のSSは、中間地点(V2)の底層で高くなっており、河川を含めた沿岸からの傾度は明瞭ではなくなっている。それはまた、 $\delta^{15}\text{N-PON}$ および $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ に関しても同様である。表層ほど $\delta^{15}\text{N-PON}$ は低い側に $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ は高い側にてているには同様であるが、河川を含めた沿岸からの傾度は明瞭ではない。

表1に、5月7日の各河川の河口近くの水質データを示す。水質パラメータは河川間で大きく異なっており、特に宇曾川、安食川、顔戸川、文録川といった河川ではSSの値が高かった。

なお、付表1~4に4月26日および5月7日の表層サンプリングと鉛直サンプリングの水質データの

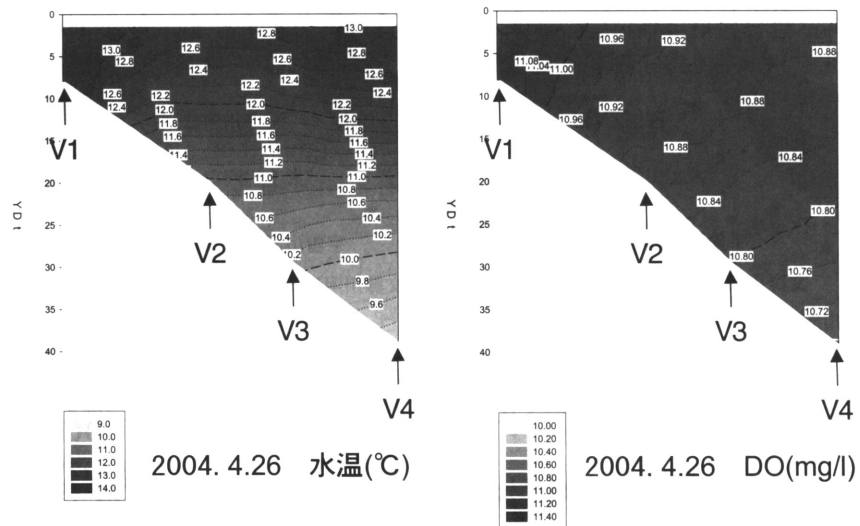


図5 2004年4月26日鉛直採水点 (V1-V4) の断面における水温 (°C)、DO (mg/l) の分布図

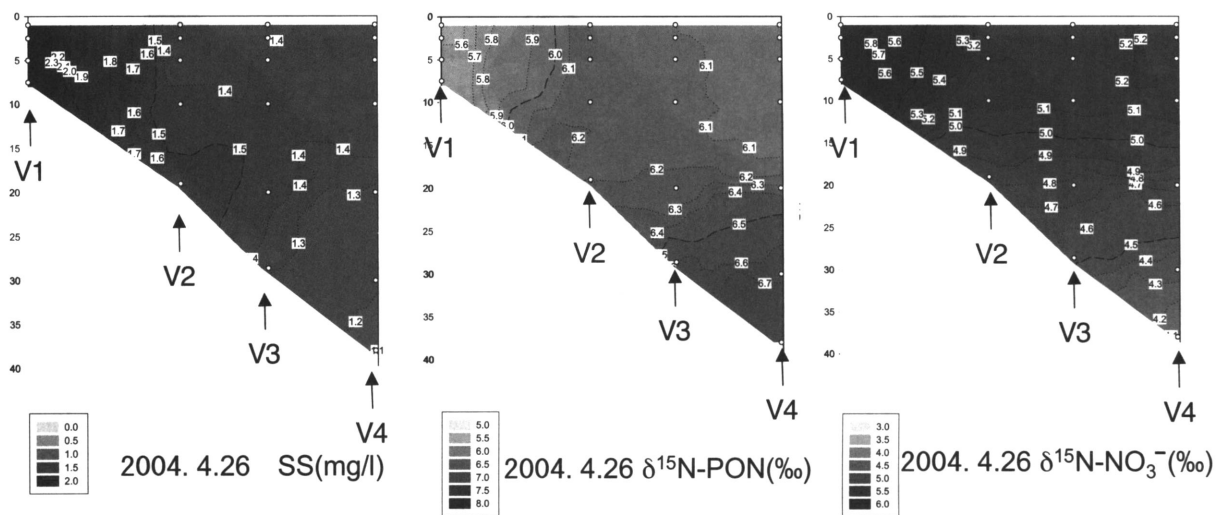


図6 2004年4月26日鉛直採水点 (V1-V4) の断面におけるSS (mg/l)、 $\delta^{15}\text{N-PON}$  (‰)、 $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$  (‰) の分布図

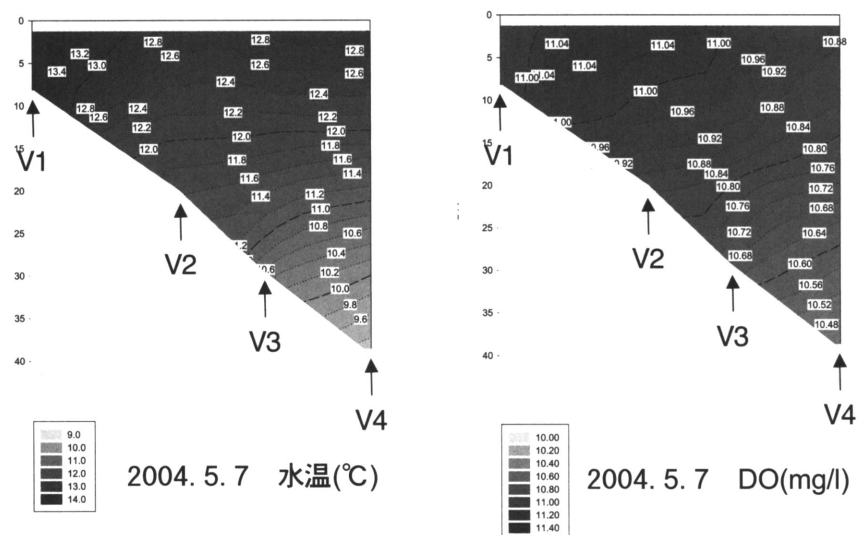


図7 2004年5月7日鉛直採水点 (V1-V4) の断面における水温 (°C)、DO (mg/l) の分布図

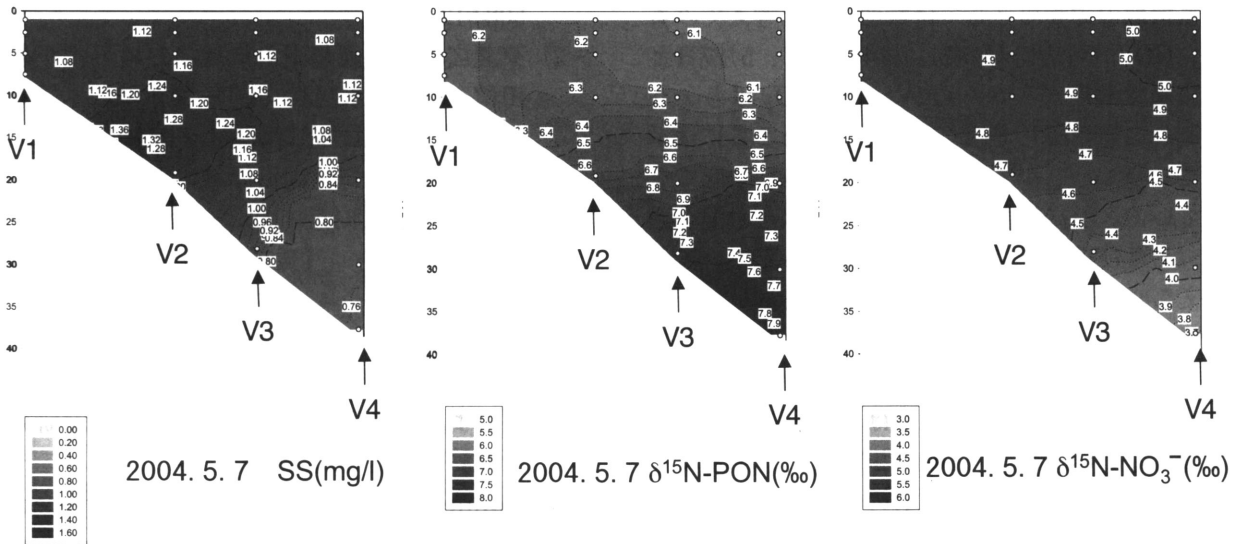


図8 2004年5月7日鉛直採水点 (V1-V4) の断面におけるSS (mg/l)、 $\delta^{15}\text{N-PON}$  (%)、 $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$  (%) の分布図

詳細を示しておく。本報告書においては各項目について詳細な説明は省く。

#### 4. 考察

5月7日の河川データを元にするると、宇曾川、安食川、顔戸川、文録川のSSは高く、芹川、犬上川、不飲川、愛知川では低かった(表1)。しかしながら、5月7日において表層サンプリング地点でこれらの河川間の違いは明瞭ではなく、それよりも北東方向の芹川沖でSSは高かった(図4)。これは、この調査では河川から琵琶湖への流入口から少し離れた水深10m以深の水塊で調査したので、それより浅い沿岸帯での水の動きに影響されたためと考えられる。実際、図2において視覚的に理解される通り、文録川からの濁水はそのまま沖に流れるのではなく、蛇行しながら湖岸沿いを北東に流れていた。

一方、4月26日には文録川の沖に高水温、高SS水界があった。水温の平面分布については測定時間の違いもあり詳細な議論は行なえないが、これらはSSからみても濁水の影響を受けていることを示唆する。この理由については2つ考えられる。2004年の濁水発生期における文録川、顔戸川、不飲川のSSについて、本報告書(第2編2章1節3.3「稲枝地区の水辺の環境」)によれば、5月7日より(本調査と同日ではないが)4月27日の方が2倍程度の濃度であり、多量の濁水が流入していた。もう一つの理由は湖水の流れの影響である。しか

し、今回の調査では物理測定(風向および水流の方向)を行っていないので、この違いが流入の影響であるか、湖水の流れの影響であるかは不明である。

焦ほか<sup>3)</sup>は、丁野木川河口域の調査から、北湖では河川水は表層に乗って拡散することを示唆した。今回の河川水の水温(表1)と湖水の水温は大きく異なり、同様のことが起こっているかもしれない(図5、図7)。しかし、SSについて鉛直断面をしてみると、4月26日は沿岸帯にかたまっており、また5月7日には湖底付近にたまっていた(図6、図8)。これは水の流れとは別に粒子の沈降速度が関係してくると考えられる。

一般に代かき期の水田からの排出における窒素およびリンの形態は、有機態(懸濁態)であり無機態の排出は少ないことが報告されている<sup>8)</sup>。濁水期の河川水中の $\delta^{15}\text{N-PON}$ (懸濁態窒素)は低い値(表1)を示すために、よく用いられる $\delta^{13}\text{C-POC}$ のほかに、 $\delta^{15}\text{N-PON}$ 値は河川由来SSのトレーサーとなる可能性がある。鉛直分布をみると、4月26日ではSS濃度と $\delta^{15}\text{N-PON}$ 値は明瞭な逆相関を持ち(図6)、5月7日についても逆相関を持った(図8)。これは、この仮説を支持するが、表層の分布に関しては、4月26日にSSと $\delta^{15}\text{N-PON}$ は弱い逆相関(図3)であり、5月7日は正の相関を示した(図4)。懸濁物の中には自生性の植物プランクトンもあるために、これを考慮して議論を深める必要がある。

無機態の栄養塩として硝酸態窒素を考えてみると、 $\text{NO}_3^-$  (付表2, 付表4) は4月26日、5月7日とも底層で濃度が高かったが、 $\delta^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$  はちょうどそれに逆相関して低くなった。またここには示していないが、 $\delta^{18}\text{O}\text{-NO}_3^-$  もそれに応じて低くなっている。沿岸帯での流入河川と湖水との混合過程、および硝化脱窒過程が密接にからんでいると考えられ、今後更なる研究が必要である。

溶存酸素 (DO) は、水生生物の生存に欠かせないものであり、その動態は非常に重要である。濁水流入期の5月は、琵琶湖はまだ成層が始まって間もない頃であり、DOが極端に欠乏することはない。しかしながら、DOの鉛直断面分布をみると、底層で酸素が減少している様子がとらえられる (図5、図7)。農業濁水由来の泥がどこに溜まるのかについては、本研究では明らかにできなかったが、酸素を消費する有機物を多く含んだ泥の行方は琵琶湖の水質を考える上で重要な要素である。

#### 謝辞

本研究の一部は、独立行政法人科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業「水の循環系モデリングと利用システム」の研究課題「各種安定同位体比に基づく流域生態系の健全性/持続可能性指標の構築」(研究代表者 京都大学生態学研究センター 永田俊) との連携のもとに実施した。

#### 引用文献

- 1) 渡辺紹裕「琵琶湖集水域における農業用水利用の展開と課題」『環境技術』(1997) 26 : 508-512.
- 2) 東義広ほか「琵琶湖沿岸域における代かき・田植え時の濁水観測 (1) - 集水域と水質の関係 -」『琵琶湖研究所所報』(1999) 17 : 20-25.
- 3) 焦春萌ほか「琵琶湖沿岸域における代かき・田植え時の濁水観測 (3) - 沿岸・河口部の濁水分布と水質 -」『琵琶湖研究所所報』(1999) 17 : 32-35.
- 4) 大久保卓也ほか「琵琶湖沿岸域における代かき・田植え時の濁水観測 (2) - 流入河川の水質および汚濁負荷量の変化 -」『琵琶湖研究所所報』(1999) 17 : 26-31.
- 5) Holmes R.M. et al., A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. (1999) 56 : 1801-1808.
- 6) Pujopay, M. and Raimbault, P., Improvement of the wet-oxidation procedure for simultaneous determination of particulate organic nitrogen and phosphorous collected on filters. *Marine Ecology Progress Series*. (1994) 105 : 203-207.
- 7) Casciotti, K.L., Measurement of the oxygen isotopic composition of nitrate in seawater and freshwater using the denitrifier method. *Analytical Chemistry*. (2002) 74 : 4905-4912.
- 8) 山田佳裕ほか「しろかき期の強制落水による懸濁物、窒素とリンの流出 - 圃場における流出実験 -」『陸水学雑誌』(2006) 67 : 105-112.

表1 2004年5月7日、琵琶湖流入河川下流における測定データ。測定項目に関しては本文を参照。

河川名	計測時間	水温	EC (μS/cm)	SS (mg/L)	POC (μM)	PON (μM)	PP (μM)	δ <sup>13</sup> C-POC (%)	δ <sup>15</sup> N-POC (%)	δ <sup>15</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (%)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μM)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (μM)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (μM)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (μM)	DON (μM)	TDN (μM)	DIP (μM)	DOP (μM)	TDP (μM)	DOC (μM)	Si (mg/L)	Cl (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)
芹川	09:15	16.2	241.8	2.6	35.5	3.2	0.21	-27.0	4.5	5.1	1.10	0.50	73.30	2.15	77.05	0.74	-	0.65	41.6	2.89	10.59	7.47	7.82	23.31	
犬上川	09:58	16.7	200.3	3.1	34.1	4.0	0.28	-27.3	5.8	5.3	0.76	0.36	46.74	9.51	57.37	0.55	0.08	0.63	41.7	3.02	9.96	11.38	10.54	18.05	
宇曽川	10:37	20.5	164.4	35.0	181.9	16.7	0.59	-29.2	4.0	5.7	9.86	2.05	74.78	18.27	104.97	2.77	0.41	3.18	140.6	4.90	11.56	11.23	8.67	15.67	
安食川	11:08	19.2	314.4	24.7	204.4	15.3	0.78	-28.9	3.8	7.0	16.91	2.66	74.00	12.91	106.48	0.63	0.19	0.82	187.1	5.24	17.66	47.96	21.01	27.42	
瀬戸川	11:44	18.9	181.7	62.0	415.0	25.0	0.95	-28.7	4.5	6.0	8.52	3.62	72.34	11.18	95.67	2.11	0.33	2.44	199.1	4.75	12.39	15.04	9.28	16.71	
文録川	12:09	19.1	209.0	43.7	324.5	19.6	1.09	-29.1	4.1	7.3	15.99	2.77	72.70	5.21	96.67	1.35	0.29	1.65	204.8	6.22	13.89	17.71	11.73	20.05	
不飲川	12:44	19.9	187.4	8.4	113.3	5.0	0.38	-30.1	3.5	6.6	9.92	0.95	34.70	6.25	51.82	0.12	0.18	0.30	144.4	5.97	13.53	15.74	8.75	19.54	
愛知川	14:20	22.4	139.2	3.5	51.8	5.4	0.41	-27.8	5.1	6.5	6.14	0.40	35.49	0.72	42.76	0.20	0.11	0.31	84.8	3.46	7.15	13.33	6.84	13.75	

付表1 2004年4月26日、琵琶湖表層サンプリング地点における測定データ。測定項目に関しては本文を参照。

サンプリング地点	調査時刻	EC (μS/cm)	SS (mg/L)	POC (μM)	PON (μM)	PP (μM)	δ <sup>13</sup> C-POC (%)		δ <sup>15</sup> N-POC (%)	
							δ <sup>13</sup> C-POC (%)	δ <sup>15</sup> N-POC (%)		
L1	09:00	130.5	2.4	41.2	5.2	-	-28.4	6.0		
L2	09:09	130.3	1.2	23.2	2.7	0.13	-29.5	5.9		
L3	09:17	130.2	1.1	21.2	2.5	0.14	-29.2	5.7		
L6	09:24	129.8	1.1	23.6	2.8	0.13	-29.6	5.8		
L7	09:30	130.1	1.3	23.2	2.9	0.12	-29.4	5.6		
L8	09:36	132.8	2.2	38.4	4.6	0.19	-28.4	5.1		
L12	13:27	131.6	1.8	35.3	3.7	0.19	-29.0	5.6		
L13	13:32	132.0	2.0	34.0	4.6	0.24	-28.5	5.1		
L14	13:38	131.9	2.0	49.1	5.7	0.21	-29.2	5.2		
L15	13:52	132.3	2.0	39.1	3.3	0.22	-29.2	5.5		
L16	13:59	131.2	1.6	37.6	3.8	0.18	-29.2	5.9		
L17	14:03	129.9	1.2	28.1	2.8	0.14	-30.4	6.0		
L20	14:14	130.7	1.6	35.7	3.7	0.17	-30.1	5.3		
L21	14:19	130.2	1.2	25.1	2.5	0.14	-30.6	5.7		
L22	14:23	130.2	1.2	25.3	2.8	0.14	-30.4	5.9		
V1-1	09:50	132.3	2.1	36.8	4.6	0.23	-28.3	5.5		
V2-1	10:28	130.0	1.3	24.7	2.8	0.12	-29.4	5.8		
V3-1	11:02	130.0	1.4	28.6	3.0	0.16	-29.3	6.1		
V4-1	11:44	130.7	1.2	25.5	2.9	0.12	-28.5	5.9		



付表2 2004年4月26日、琵琶湖鉛直サンプリング地点における測定データ。測定項目に関しては本文を参照。

ロガー 調査地点 深度(m)	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	SS (mg/L)	POC ( $\mu\text{M}$ )	PON ( $\mu\text{M}$ )	PP ( $\mu\text{M}$ )	$\delta^{13}\text{C}$ - POC (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ - PON (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (‰)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N ( $\mu\text{M}$ )	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N ( $\mu\text{M}$ )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N ( $\mu\text{M}$ )	DON ( $\mu\text{M}$ )	TDN ( $\mu\text{M}$ )	DIP ( $\mu\text{M}$ )	DOP ( $\mu\text{M}$ )	TDP ( $\mu\text{M}$ )	DOC ( $\mu\text{M}$ )	Si (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)
V1-1	1.2	132.3	2.1	36.8	4.6	0.23	28.3	5.5	6.0	0.38	12.94	5.93	19.29	0.01	0.06	0.07	91.2	0.43	10.48	10.30	8.19	11.77
V1-2.5	2.2	132.3	2.6	41.0	4.7	0.24	28.6	5.5	6.1	0.33	12.61	6.44	19.42	0.00	0.06	0.07	95.3	0.40	10.49	10.30	8.29	11.80
V1-5	4.9	132.0	2.4	35.1	4.5	0.24	28.5	5.7	5.8	0.31	12.56	6.24	19.18	0.01	0.06	0.08	97.2	0.13	10.47	10.19	8.30	11.65
V1-10	7.5	131.4	2.1	35.1	4.7	0.21	28.3	5.7	5.6	0.31	12.70	7.25	20.29	0.01	0.08	0.08	89.6	0.39	10.43	10.25	8.27	11.90
V2-1	0.8	130.0	1.3	24.7	2.8	0.12	29.4	5.8	5.2	0.27	12.96	5.69	18.95	0.01	0.03	0.04	89.3	0.11	10.41	10.21	8.24	11.83
V2-2.5	2.6	130.0	1.2	29.5	3.7	0.13	28.9	6.4	5.1	0.25	13.00	7.01	20.35	0.00	0.05	0.05	93.5	0.39	10.34	10.16	8.15	10.84
V2-5	4.9	130.0	1.2	27.3	3.8	0.16	29.5	6.3	5.1	0.26	12.96	6.38	19.68	0.01	0.03	0.03	89.7	0.08	10.38	10.18	8.21	10.70
V2-10	9.5	130.5	1.6	28.2	3.4	0.17	29.2	6.1	5.1	0.30	13.18	5.69	19.36	0.01	0.03	0.04	90.9	0.42	10.40	10.18	8.25	11.43
V2-20	18.6	129.8	1.8	28.4	2.8	0.17	29.9	6.3	4.7	0.33	13.77	5.64	20.43	0.01	0.05	0.06	88.2	0.43	10.35	10.14	8.18	11.41
V3-1	0.9	130.0	1.4	28.6	3.0	0.16	29.3	6.1	5.3	0.26	12.86	6.18	19.36	0.01	0.03	0.05	92.0	0.41	10.35	10.13	8.27	10.23
V3-2.5	2.6	130.3	1.4	32.3	4.0	0.16	29.2	6.3	5.2	0.24	12.90	10.11	23.33	0.01	0.06	0.08	92.9	0.41	10.46	10.18	8.27	10.70
V3-5	4.9	130.2	1.4	37.7	4.8	0.18	29.2	6.1	5.2	0.25	12.86	11.74	24.91	0.00	0.09	0.09	93.7	0.41	10.38	10.19	8.32	11.49
V3-10	9.5	130.1	1.5	42.8	5.4	0.16	29.0	6.1	5.2	0.26	12.85	7.74	20.91	0.01	0.06	0.07	88.7	0.41	10.36	10.20	8.24	11.64
V3-20	19.6	129.9	1.2	23.4	2.3	0.12	30.4	6.0	4.7	0.34	13.83	5.27	20.23	0.00	0.03	0.03	85.7	0.43	10.46	10.16	8.43	11.45
V3-30	29.1	129.6	1.5	26.1	2.3	0.13	29.3	6.6	4.6	0.36	14.06	6.44	21.82	0.02	0.01	0.03	85.9	0.45	10.37	10.17	8.26	12.06
V4-1	0.7	130.7	1.2	25.5	2.9	0.12	28.5	5.9	5.1	0.25	12.82	6.18	19.33	0.01	0.03	0.04	92.3	0.41	10.36	10.17	8.29	11.29
V4-2.5	130.9	1.6	29.5	3.8	0.14	28.6	6.2	5.2	5.2	0.25	12.79	6.50	19.60	0.02	0.03	0.05	92.5	0.41	10.38	10.22	8.36	11.91
V4-5	4.9	130.5	1.6	34.3	4.3	0.23	30.1	5.6	5.2	0.26	12.78	6.24	19.34	0.01	0.06	0.07	93.0	0.41	10.33	10.19	8.24	11.19
V4-10	9.6	131.1	1.6	27.4	3.5	0.17	28.9	6.3	5.2	0.25	12.82	6.84	19.98	0.01	0.04	0.05	90.1	0.41	10.34	10.10	8.31	9.82
V4-20	131.1	1.2	25.7	2.7	0.14	29.8	6.2	4.7	4.7	0.30	13.59	4.80	19.21	0.01	0.03	0.04	82.6	0.42	10.36	10.20	8.28	10.63
V4-30	130.3	1.1	21.5	2.2	0.11	30.5	7.2	4.2	4.2	0.54	14.08	7.54	22.95	0.01	0.03	0.04	85.6	0.45	10.32	10.19	8.26	10.51
V4-40	131.0	1.1	20.3	1.8	0.10	30.4	6.4	4.0	4.0	0.63	14.07	14.06	29.76	0.01	0.08	0.09	83.9	0.48	10.35	10.19	8.29	11.75

付表3 2004年5月7日、琵琶湖表層サンプリング地点における測定データ。測定項目に関しては本文を参照。

サンプリング時刻	EC (μS/cm)	SS (mg/L)	POC (μM)	PON (μM)	PP (μM)	δ <sup>13</sup> C-POC (‰)	δ <sup>15</sup> N-PON (‰)	δ <sup>15</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (‰)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (μM)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (μM)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (μM)	DON (μM)	TDN (μM)	DIP (μM)	DOP (μM)	TDP (μM)	DOC (μM)	Si (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)
L1	08:55	131.6	2.4	57.4	7.0	0.29	-29.4	5.5	5.8	-	0.42	13.47	19.22	0.06	0.06	0.12	100.7	0.43	10.54	9.94	8.55	12.16
L2	09:07	130.4	1.3	32.5	4.3	0.18	-29.3	6.0	5.7	-	0.39	12.43	19.10	0.04	0.03	0.07	97.2	0.37	10.11	9.84	8.27	11.90
L3	09:14	131.2	0.9	24.0	2.8	0.14	-29.6	5.5	5.8	-	0.38	12.42	18.15	0.02	0.03	0.06	92.3	0.38	9.79	9.63	8.05	11.75
L4	09:20	130.7	0.8	22.9	2.8	0.13	-29.7	5.6	5.5	-	0.38	12.55	19.04	0.01	0.05	0.06	91.9	0.38	10.52	10.19	8.61	12.11
L5	09:29	131.3	1.3	31.6	4.0	0.17	-29.3	6.1	5.7	-	0.43	12.62	18.00	0.03	0.03	0.06	93.6	0.41	9.32	9.51	7.67	11.56
L6	09:37	131.1	1.4	31.4	4.0	0.17	-29.6	6.0	5.6	-	0.42	12.44	19.24	0.01	0.05	0.06	89.9	0.40	10.54	10.23	8.55	12.32
L7	09:43	131.1	1.6	34.4	4.5	0.17	-29.6	6.3	5.7	-	0.41	12.43	18.68	0.02	0.05	0.07	94.7	0.39	10.48	10.17	8.59	11.15
L8	09:49	130.9	1.2	30.7	4.3	0.20	-29.6	6.0	5.7	-	0.39	12.30	18.31	0.02	0.05	0.07	94.2	0.36	10.74	10.16	8.72	12.32
L9	13:42	130.7	0.8	24.5	2.9	0.11	-29.7	6.4	5.3	-	0.38	12.54	18.20	0.02	0.04	0.06	95.1	0.37	10.21	9.84	8.29	11.02
L10	13:56	130.7	1.1	27.8	3.4	0.14	-29.7	5.6	5.6	-	0.40	12.46	18.25	0.01	0.03	0.04	93.5	0.38	9.66	9.34	7.88	10.63
L11	14:05	130.4	1.3	29.1	3.6	0.22	-29.7	5.7	5.6	-	0.43	12.36	18.32	0.02	0.03	0.05	90.2	0.38	10.63	10.17	8.64	11.96
L12	14:12	130.6	1.1	29.3	4.9	0.14	-29.2	4.9	5.8	-	0.35	12.07	18.16	0.02	0.04	0.06	96.3	0.33	10.60	9.99	8.60	11.39
L13	14:17	131.0	0.9	27.1	3.7	0.15	-29.6	4.8	5.9	-	0.31	11.90	18.37	0.02	0.05	0.07	91.2	0.32	10.19	9.89	8.32	11.05
L14	10:17	131.1	0.9	25.9	3.3	0.16	-29.4	5.5	5.5	-	0.35	12.28	18.15	0.02	0.06	0.07	89.6	0.37	10.48	10.16	8.56	12.29
L15	14:26	132.0	1.0	27.4	3.4	0.14	-29.7	5.0	5.4	-	0.32	11.87	18.41	0.01	0.04	0.05	91.0	0.33	10.45	10.11	8.57	11.08
L16	14:34	132.1	1.1	29.4	3.6	0.19	-29.9	4.7	5.6	-	0.31	12.07	17.89	0.02	0.03	0.05	92.9	0.32	10.60	10.13	8.58	11.75
L17	14:40	131.8	1.2	29.2	4.3	0.18	-30.1	5.0	5.4	-	0.32	12.01	18.63	0.02	0.03	0.05	89.9	0.33	10.59	10.24	8.53	12.31
L18	14:47	131.7	1.1	30.2	3.7	0.15	-29.5	5.5	5.5	-	0.33	12.14	17.94	0.00	0.05	0.05	89.3	0.36	10.52	10.05	8.49	12.02
L19	14:57	131.9	1.2	27.2	3.6	0.17	-29.6	5.2	5.5	-	0.35	12.18	19.48	0.01	0.05	0.05	91.1	0.38	10.57	10.12	8.56	11.74
L20	15:42	131.8	1.4	30.0	3.8	0.14	-29.8	5.3	5.7	-	0.33	12.12	18.47	0.02	0.03	0.05	100.8	0.35	10.50	10.23	8.61	11.83
L21	15:35	132.4	1.3	29.9	3.8	0.14	-30.2	4.6	5.6	-	0.31	11.79	18.97	0.02	0.05	0.06	87.8	0.32	10.13	9.81	8.24	11.67
L22	15:31	132.3	1.1	29.1	3.6	0.13	-29.8	4.9	5.7	-	0.31	11.94	19.56	0.01	0.06	0.08	89.8	0.33	10.53	10.19	8.58	12.33
L23	15:21	132.6	1.0	29.9	4.0	0.14	-30.1	5.0	5.8	-	0.32	11.78	18.07	0.02	0.04	0.06	90.0	0.32	10.58	10.20	8.56	12.24
L24	15:13	132.3	1.0	30.2	3.7	0.16	-29.8	4.8	5.8	-	0.31	11.77	18.52	0.02	0.04	0.05	90.7	0.32	10.62	10.27	8.59	12.33
V1-1	10:41	129.8	1.1	27.0	3.1	0.16	-29.3	6.2	4.9	0.16	0.36	12.25	18.30	0.01	0.02	0.04	90.69	0.39	9.76	9.48	7.95	12.13
V2-1	11:12	129.8	0.9	21.4	2.9	0.13	-28.8	6.0	4.7	0.18	0.36	12.17	19.69	0.02	0.04	0.05	101.97	0.39	10.62	10.26	8.59	12.41
V3-1	11:46	129.7	0.7	20.1	2.4	0.11	-28.8	5.6	5.1	0.14	0.36	12.25	18.16	0.02	0.04	0.05	90.70	0.39	8.90	8.76	7.35	10.26
V4-1	12:18	132.1	0.8	23.9	2.6	0.14	-29.2	6.2	5.1	0.18	0.36	12.11	18.78	0.02	0.03	0.05	83.83	0.38	10.48	10.09	8.68	12.21

付表4 2004年5月7日、琵琶湖鉛直サンプリング地点における測定データ。測定項目に関しては本文を参照。

ロガー 調査地点 深度(m)	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	SS (mg/L)	POC ( $\mu\text{M}$ )	PON ( $\mu\text{M}$ )	PP ( $\mu\text{M}$ )	$\delta^{13}\text{C}$ - POC (%)	$\delta^{15}\text{N}$ - PON (%)	$\delta^{15}\text{N}$ - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (%)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N ( $\mu\text{M}$ )	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N ( $\mu\text{M}$ )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N ( $\mu\text{M}$ )	DON ( $\mu\text{M}$ )	TDN ( $\mu\text{M}$ )	DIP ( $\mu\text{M}$ )	DOP ( $\mu\text{M}$ )	TDP ( $\mu\text{M}$ )	DOC ( $\mu\text{M}$ )	Si (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	
V1-1	1.0	129.8	1.1	27.0	3.1	0.16	-29.3	6.2	4.9	0.16	0.36	12.25	5.53	18.30	0.01	0.02	0.04	90.69	0.39	9.76	9.48	7.95	12.13
V1-2.5	2.4	130.0	1.0	24.4	3.1	0.15	-28.8	6.2	4.9	0.16	0.37	12.16	5.21	17.90	0.01	0.04	0.05	90.25	0.39	10.31	10.03	8.43	12.44
V1-5	5.1	130.0	0.9	30.9	3.7	0.17	-29.2	6.1	4.9	0.19	0.37	12.04	5.11	17.70	0.02	0.17	0.19	91.57	0.38	10.36	10.03	8.43	12.44
V1-10	7.2	129.5	1.2	30.3	3.9	0.18	-28.7	6.0	4.9	0.24	0.36	11.89	5.71	18.20	0.03	0.03	0.06	88.72	0.35	8.04	8.10	6.63	11.14
V2-1	1.1	129.8	0.9	21.4	2.9	0.13	-28.8	6.0	4.7	0.18	0.36	12.17	6.98	19.69	0.02	0.04	0.05	101.97	0.39	10.62	10.26	8.59	12.41
V2-2.5	2.4	129.8	1.3	29.8	3.8	0.16	-29.2	6.5	5.0	0.16	0.37	12.05	5.03	17.60	0.02	0.04	0.07	88.52	0.36	10.45	10.12	8.55	12.33
V2-5	4.9	129.4	1.3	30.7	3.9	0.18	-29.3	6.6	5.0	0.23	0.39	12.15	5.69	18.47	0.02	0.01	0.03	90.66	0.37	10.47	10.15	8.51	12.47
V2-10	9.6	129.2	1.1	26.0	3.5	0.17	-29.5	6.4	4.7	0.32	0.41	12.49	5.32	18.54	0.03	0.02	0.05	90.45	0.39	9.41	9.18	7.64	11.59
V2-20	18.3	129.9	1.7	24.8	3.5	0.18	-29.5	6.4	4.8	0.76	0.43	13.14	5.88	20.22	0.02	0.04	0.05	89.65	0.42	9.90	9.66	8.07	12.24
V3-1	0.9	129.7	0.7	20.1	2.4	0.11	-28.8	5.6	5.1	0.14	0.36	12.25	5.42	18.16	0.02	0.04	0.05	90.70	0.39	8.90	8.76	7.35	10.26
V3-2.5	2.4	129.8	1.2	30.6	4.1	0.17	-29.2	5.9	5.1	0.18	0.37	12.13	5.22	17.91	0.02	0.06	0.08	91.60	0.37	9.40	9.21	7.83	11.47
V3-5	5.0	129.7	1.4	32.8	4.3	0.18	-29.4	6.4	5.0	0.26	0.38	12.08	4.72	17.43	0.02	0.02	0.05	90.87	0.35	7.63	7.89	6.51	10.21
V3-10	1.0	129.5	1.2	27.8	3.5	0.15	-29.5	6.1	4.8	0.57	0.41	12.79	4.97	18.73	0.02	0.02	0.04	90.40	0.38	8.04	7.97	6.61	10.10
V3-20	19.4	129.5	0.8	20.9	2.4	0.15	-29.4	7.2	4.5	0.79	0.49	13.47	5.32	20.06	0.02	0.04	0.05	91.05	0.42	9.92	9.63	8.10	12.23
V3-30	27.8	129.6	0.8	21.1	2.4	0.13	-29.5	7.3	4.4	0.96	0.57	13.90	4.92	20.35	0.01	0.03	0.04	88.82	0.44	10.30	9.99	8.42	12.08
V4-1	1.2	132.1	0.8	23.9	2.6	0.14	-29.2	6.2	5.1	0.18	0.36	12.11	6.13	18.78	0.02	0.03	0.05	83.83	0.38	10.48	10.09	8.68	12.21
V4-2.5	2.4	130.3	1.0	30.2	4.0	0.21	-29.1	6.1	5.2	0.15	0.38	12.11	11.21	23.85	0.01	0.05	0.06	88.60	0.38	9.60	9.55	7.93	11.93
V4-5	4.9	129.9	1.2	32.5	4.1	0.17	-28.9	5.9	4.8	0.23	0.38	12.04	5.66	18.31	0.02	0.07	0.08	85.98	0.37	10.48	10.13	8.54	12.26
V4-10	9.8	130.0	1.2	30.5	4.3	0.17	-29.5	6.4	5.1	0.33	0.41	12.08	5.62	18.44	0.02	0.04	0.06	83.98	0.38	10.09	9.76	8.23	12.05
V4-20	19.4	130.8	0.9	22.6	2.7	0.24	-29.8	6.5	4.7	0.90	0.48	13.46	5.63	20.46	0.01	0.04	0.06	85.28	0.41	10.46	10.12	8.56	12.30
V4-30	29.1	130.4	0.7	18.0	1.8	0.12	-30.1	8.0	3.9	0.86	0.94	14.71	4.29	20.81	0.03	0.01	0.04	80.52	0.46	10.38	10.08	8.43	11.64
V4-40	38.0	130.5	0.8	16.1	1.4	0.12	-30.1	7.9	3.6	0.84	0.99	14.98	4.71	21.52	0.04	0.02	0.06	86.48	0.47	10.47	10.27	8.61	12.63