

〔短 報〕

## 河北潟沿岸透明度向上技術の検討 (第 1 報)

石川県保健環境センター 環境科学部 前田 空人・原田 由美子・中山 哲彦  
堅田 勉

### 〔和文要旨〕

平成 27 年の中央環境審議会において、沿岸透明度を地域環境目標として設定することが適当とされた。石川県の河北潟は透明度が 0.2m～0.5m と年間を通して低く、透明度改善のためには主な原因物質と考えられる懸濁物質 (SS) の性質及び濃度傾向を把握する必要がある。そこで、本研究では、流入河川及び河北潟の計 7 地点において、SS と透明度に関する実態調査を行った。調査の結果、流入河川及び河北潟の無機態 SS の増加に伴って河北潟の透明度は低下する傾向が見られた。一方で、河北潟の透明度に対する有機態 SS の寄与は低かった。

キーワード：河北潟，湖沼，透明度，懸濁物質

本報の内容については以下の学会で発表した。

令和元年度日本水環境学会中部支部研究発表会 令和元年 11 月 16 日 静岡県  
第 54 回日本水環境学会年会 講演要旨集 (紙面発表)

### 1 はじめに

石川県の河北潟、木場潟及び柴山潟の 3 湖沼においては、昭和 49 年及び 52 年に環境基準を当てはめてから未だに化学的酸素要求量 (COD) の環境基準を達成していない<sup>1)</sup>。このような経緯から、これまで河北潟を対象として、「難分解性有機物に関する実態調査」<sup>2)</sup>や「植物プランクトンを活用した水質浄化技術の検討」<sup>3)</sup>といった、湖沼の有機汚濁改善対策に重点を置いた調査研究を行ってきた。

一方で、平成 27 年の中央環境審議会において水質汚濁に係る環境基準の見直しが審議された。その答申において、COD や全窒素、全リンといった従来の有機汚濁指標のみでは、水生生物の生育環境を表すのに不十分であるとされ、水生生物の保全・再生の観点から、底層溶存酸素量 (底層 DO) を生活環境基準項目として設定すると共に、沿岸透明度を地域環境目標として設定することが適当であるとされた<sup>2)</sup>。

底層 DO の低下によって生ずる貧酸素水塊は水生生物の生息を困難にさせる。また、透明度の低下は水中光量の減少を引き起こし、水生植物の生育を阻害する。平成 29 年度の県調査<sup>4)</sup>では、河北潟中央の底層 DO は 7.1mg/L～14mg/L で、貧酸素状態 (底層 DO が 4.0mg/L 未満) は観測されていない。一方で、河北潟中央の透明度は 0.2m～0.5m と年間を通して低く、河北潟における水生動物や沈水植物の生息を困難にしているおそれがある。従って、透明度改善のための対策が必要であると考えられる。

一般的に、透明度低下の主な原因物質は水中に含まれる懸濁物質であり、その量は浮遊物質 (SS) として測定されている。湖水中の SS の低減・除去により透明度の向上が期待されるが、その手法を検討するためには、湖沼流域における SS の性質及び濃度傾向を把握し、透明度との関係性を明らかにする必要がある。「難分解性有機物に関する実態調査」では、河北潟の SS に対して易分解性粒子状有機炭素 (易分解性 POC) 及びクロロ

---

An Examination of Technology to Improve Water Transparency at Kahokugata Lagoon (First Report)  
by MAEDA Sorato, HARADA Yumiko, NAKAYAMA Tetsuhiko, KATADA Tsutomu (Environmental  
Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Kahokugata Lagoon, Lakes, Water Transparency, Suspended Substance

フィルa (Chl a) が相関を示さないことを報告した<sup>2)</sup>。また、末永らは、河北潟の低い透明度は藻類増殖よりも無機懸濁物質によるところが大きいと推定している<sup>5)</sup>。しかし、SSの組成や透明度との関係に関する知見は乏しく、新たに調査が必要である。

そこで、本研究では沿岸透明度を向上させる手法の検討を目的とし、河北潟及びその流入河川でSSと透明度に関する実態調査を行った。本報では、調査結果に基づきSS組成と透明度との関係性等についていくつかの知見が得られたので報告する。

## 2 実験方法

### 2.1 調査地点の選定及び試料採取

調査地点を図1に示した。まず、過去の石川県調査結果<sup>6),7)</sup>を用いて、河北潟における主要流入河川(宇ノ気川、能瀬川、津幡川、森下川及び金腐川)によるSS負荷量を試算したところ、東部承水路に接続する3河川のSS負荷量の合計が主要流入河川によるSS負荷量の約6割を占めていた。本試算結果を踏まえて、宇ノ気川(St.1:宇ノ気川橋)、能瀬川(St.2:浦能瀬橋)及び津幡川(St.3:住ノ江橋)の流入河川3地点、東部承水路上流(St.4:宇ノ気川河口付近)、中流(St.5:湖北大橋)及び下流(St.6:才田大橋)の東部承水路3地点、並びに河北潟(St.7:河北潟中央)の1地点、計7地点を調査地点とした。平成31年4月から令和2年3月を通して、1月を除く毎月の計11回の試料採取を行った。

### 2.2 試料の分析

分析項目と分析方法について表1に示した。

水温、気温、透視度及び透明度は試料採取時に現場測定し、その他の項目については試料を試験室に持ち帰った後に前処理及び分析を行った。なお、流入河川の透明



図1 調査地点

表1 各項目の分析方法

分析項目	分析方法
水温	JIS K0102 7.2 水温(ベッテンコーヘル水温計)
気温	JIS K0102 7.1 気温(ガラス棒状温度計)
透視度	JIS K0102 9 透視度(30cm透視度計), 参考(100cm透視度計)
透明度	上水試験方法(2011) VI-1.5 透明度(セッキー円板)
濁度	上水試験方法(2011) VI-1.3 濁度 3.3.1 透過光測定法(吸光度計: HITACHI U-2900)
pH	JIS K0102 12.1 ガラス電極法 (pHメーター: HORIBA F-54)
電気伝導率 (EC)	JIS K0102 13 電気伝導率 (電気伝導率計: HORIBA DS-52)
浮遊物質 (SS)	ろ紙にガラス繊維ろ紙(Millipore AP400470, 孔径1μm)を用い、昭和46年環境庁告示第59号付表9に準じて測定
有機態SS	下水試験方法(上巻)(2012) 第2編 第1章 第12節付 浮遊物質の強熱減量(1)ガラス繊維ろ紙法(SS測定後のろ紙を使用)
無機態SS	SS-有機態SS
粒子状有機炭素 (POC)	SS測定後のろ紙を、炭素・窒素同時定量装置(Yanaco CNコーダー MT-700Mark2)により測定
粒子状有機窒素 (PON)	同上
溶溶性有機炭素 (DOC)	試料ろ液をJIS K0102 22.2 燃焼酸化-赤外線方式 TOC自動計測法により測定(TOC計: Shimadzu TOC-V)
全有機炭素 (TOC)	DOC+POC
クロロフィルa (Chl a), クロロフィルb (Chl b), クロロフィルc (Chl c)	セルロース混合エステルメンブレン(MF-Millipore, 孔径0.45μm)でろ過後、ろ紙を90%アセトン10mL中でスターラー攪拌30分、超音波処理5分、4℃抽出2時間、遠心分離(10,000rpm (Rmax=15,400×g), 30分)し、上澄みを上水試験方法(2011) IV-2.25に準じて測定
粒度分布	JIS R1629 レーザー回折・散乱光法(粒度分布計: HORIBA LA-300)

注) JIS: 日本産業規格

度については水深が浅く正確な測定が困難であったため、東部承水路及び河北潟のみで測定を行った。透視度については4月から6月までの調査では測定上限30cmの透視度計を、7月以降は測定上限100cmの透視度計を用いて測定を行った。また、透視度の測定上限値を上回る値については、30cm又は100cmとして数値を取り扱うこととした。

## 3 結果及び考察

### 3.1 透視度及び透明度と無機態SSの関係

各地点における透視度、透明度及びSS成分の年間推移について図2で示した。流入河川(St.1, St.2, St.3)におけるSS中の無機態比率は、年平均でそれぞれ48%, 59%及び62%とSSの半分程度であった。また、St.2及びSt.3において無機態SSが比較的高い6月、10月、11月及び3月で透視度の低下が見られた。

東部承水路(St.4, St.5及びSt.6)及び河北潟(St.7)についてみると、SS中の無機態比率は年平均でそれぞれ54%, 55%, 63%及び64%とSSの半分以上であった。

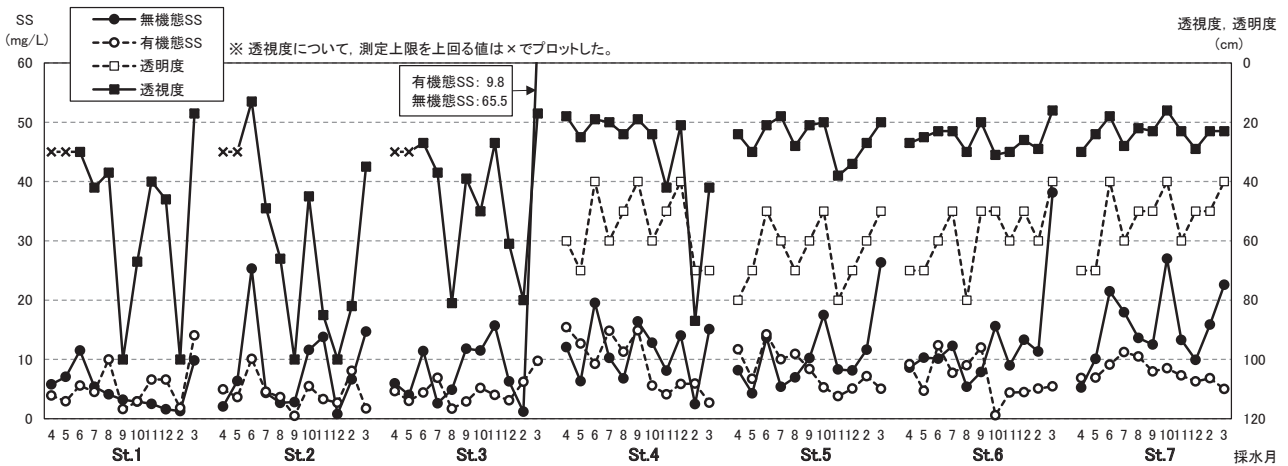


図 2 透視度、透明度及びSS成分の年間推移

表 2 無機態SSと降水量の決定係数R<sup>2</sup>

観測所 調査地点	調査前日			調査前々日			調査3日前		
	かほく	金沢	医王山	かほく	金沢	医王山	かほく	金沢	医王山
St.1	0.43	0.32	0.48	0.00	0.25	0.15	0.05	0.08	0.11
St.2	0.60	0.51	0.59	0.02	0.52	0.25	0.03	0.05	0.08
St.3	0.01	0.01	0.00	0.01	0.09	0.48	0.62	0.72	0.84
St.4	0.26	0.17	0.32	0.26	0.41	0.28	0.00	0.00	0.01
St.5	0.04	0.02	0.02	0.04	0.41	0.72	0.60	0.68	0.72
St.6	0.01	0.03	0.01	0.01	0.14	0.63	0.69	0.80	0.88
St.7	0.16	0.08	0.10	0.16	0.58	0.65	0.12	0.16	0.19

注) 表中、灰色部分は決定係数R<sup>2</sup>が0.7以上のものを示す。

また、St.5、St.6及びSt.7において、無機態SSが比較的高い6月、10月及び3月で透視度及び透明度の低下が見られた。

次いで、無機態SSへの降雨の影響を調べるため、各地点における無機態SSと調査日3日前までの降水量との決定係数を計算し、その結果を表2に示した。なお、降水量については気象庁かほく観測所、金沢観測所及び医王山観測所の日降水量データ<sup>8)</sup>を用いて計算した。また、地点間における無機態SSの連動性を調べるため、各地点の無機態SSを用いて地点間の決定係数を計算し、その結果を表3に示した。St.3、St.5及びSt.6の無機態SSについて、特に医王山観測所における調査日前々日及び3日前の降水量と高い相関を示し、それぞれの地点間でも高い相関を示した。このことから、降雨によって津幡川から東部承水路下流に無機態SSが流入していたことが考えられる。しかし、東部承水路中流の調査地点

表 3 無機態SSの地点間の決定係数R<sup>2</sup>

	st.2	st.3	st.4	st.5	st.6	st.7
St.1	0.46	0.20	0.27	0.16	0.12	0.07
St.2		0.15	0.17	0.28	0.10	0.42
St.3			0.14	0.70	0.86	0.18
St.4				0.18	0.08	0.08
St.5					0.72	0.49
St.6						0.26
St.7						

注) 表中、灰色部分は決定係数R<sup>2</sup>が0.7以上のものを示す。

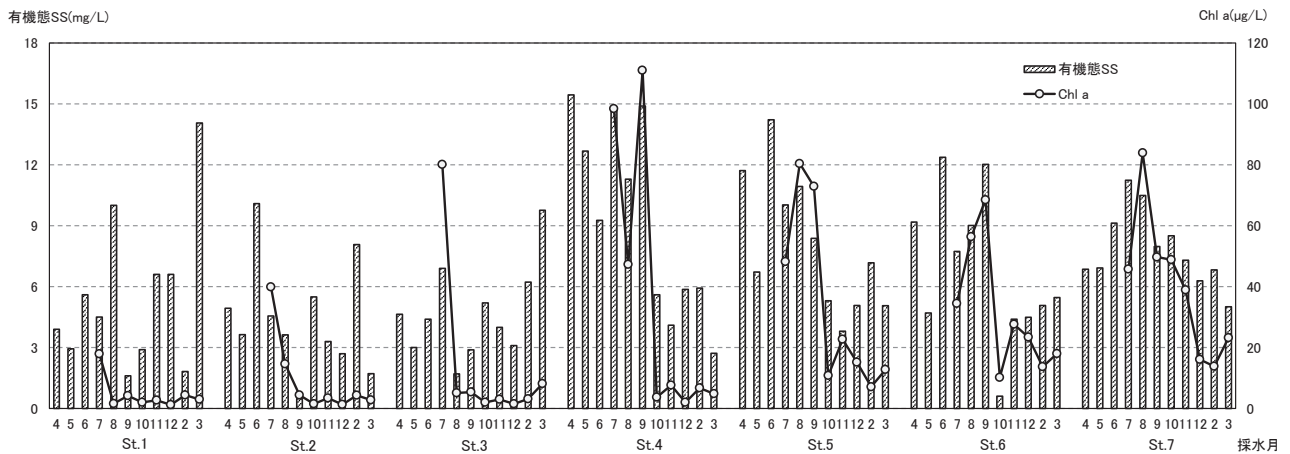


図3 有機態SSとChl aの年間推移

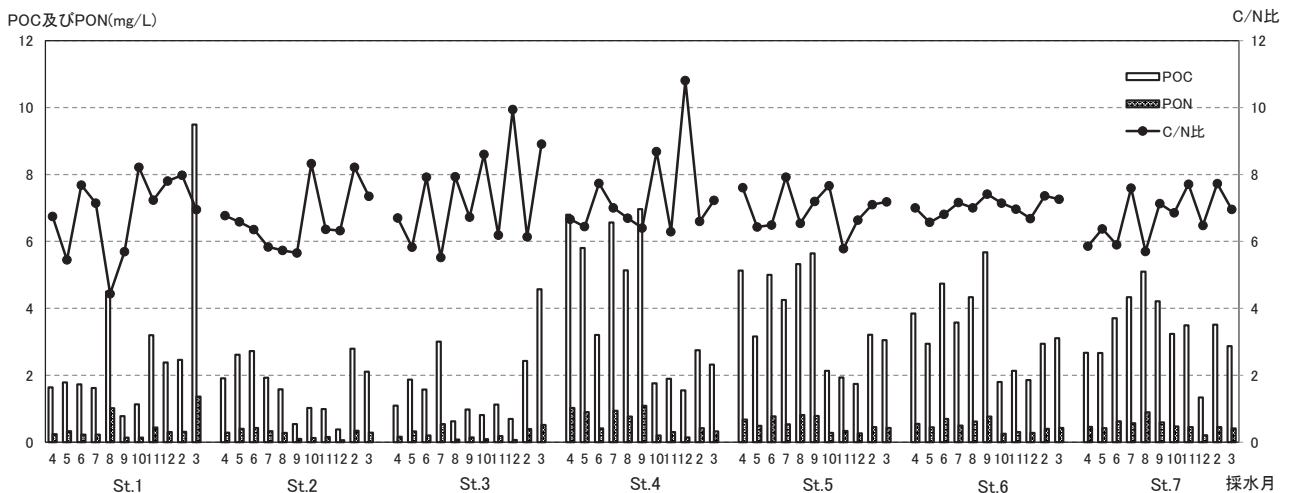


図4 POC, PON及びC/N比の年間推移

である湖北大橋は津幡川河口から約400m上流に位置しており、津幡川の流入がSt.5の無機態SSに影響を及ぼしていたとは考えにくい。より信頼度の高い結果を得るため、今後も継続して調査を実施していく必要があると考えられる。一方で、St.7の無機態SSは前述のSt.3、St.5及びSt.6の場合と比較して降水量との相関は低く、他の地点との相関も低かった。これは、金腐川及び森本川からの流入や底質の巻き上げなど、別の発生源による負荷が影響を及ぼしたためと考えられる。

### 3・2 有機懸濁物質の由来

有機態SSとChl aの関係について図3で示した。St.5、St.6及びSt.7において、Chl a及び有機態SSは8月又は9月にピークが見られ、10月以降は減少傾向となるものの、両項目ともに一定濃度存在していた。一方で、流入河川のSt.1、St.2及びSt.3のChl aは7月をピークとして急激に減少し、8月以降はほとんど存在していなかった。しかし、有機態SSは8月以降も高く検出された月もあり、両項目の増減の一致は乏しかった。過去

の調査結果<sup>4)</sup>においても、河北潟及び東部承水路のChl aは8月以降も一定濃度存在しているのに対し、津幡川は8月以降Chl aがほとんど存在せず、本調査結果と類似した傾向が見られる。

次いで、各調査地点におけるPOCとPONの比(C/N比)を図4で示した。流入河川におけるC/N比は4.4～9.9の範囲にあり、年間平均値は6.7～7.3であった。東部承水路及び河北潟におけるC/N比は5.8～10.8の範囲にあり、年間平均値は6.8～7.3であった。一般にC<sub>3</sub>陸上高等植物のC/N比は20以上<sup>9)</sup>であることから、陸上植物由来のデトリタスの寄与は少ないと考えられる。一方で、一般に植物プランクトンのC/N比は5～10程度<sup>10)</sup>であり、本調査で得られたC/N比と近い範囲にあった。以上のことから、東部承水路及び河北潟の有機態SSは植物プランクトンの増殖による有機物増加、つまり内部生産による寄与が大きいと考えられる。

一方で、流入河川の有機態SSについては、C/N比は植物プランクトンのC/N比に近い値にあるものの、8

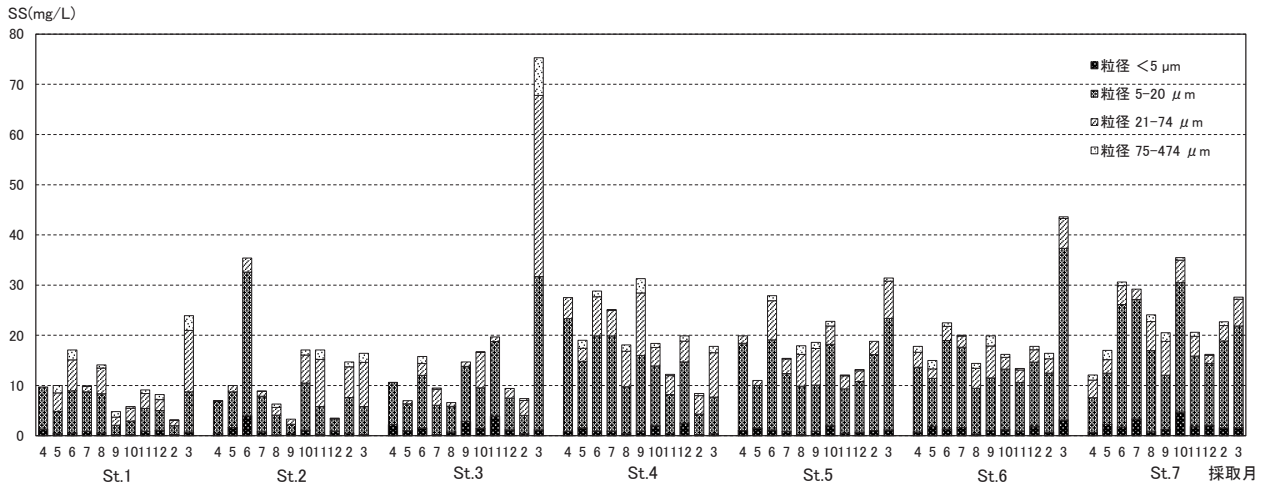


図 5 粒度別 SS の年間推移

月以降についてはChl aがほとんど存在しておらず、植物プランクトンは表層水中にほとんど残っていないことが考えられる。このことから、8月以降の流入河川の有機態SSについては植物プランクトンや陸上植物以外の比較的低いC/N比を持つ有機物に由来していることが示唆されるが、詳細は不明である。

3・3 懸濁物質の粒度組成

各地点における粒度別のSSの年間推移について図5に示した。全ての地点において、JIS A1204「土の粒度試験方法」で規定されている粒径区分のシルト（粒径5-74μm）に相当する粒子が懸濁物質の大半を占めていた。特に粒径5-20 μmの比較的微細な粒子が多くを占めており、河北潟の懸濁物質は沈降速度が小さいことが考えられる。無機懸濁物質については一般的に有機物よりも粒子密度が大きく、Stokes式による沈降速度の関係から粒径は小さいと想定される。また、過去の河北潟に関する調査<sup>11)</sup>では、河北潟湖水を粒度別に分画したところ、粒径1-25 μm画分に含まれるChl aが全体の

77%であったことを報告している。後述の通り、東部承水路及び河北潟の有機態SSとChl aは相関が高いことから、東部承水路及び河北潟の有機態SSは粒径5-20μmの懸濁粒子に多く含まれていることが推定される。しかし、本調査結果の粒度組成だけではSS成分を粒径で区別することが出来なかった。SSを一定の粒径範囲毎に分画してSS成分の同定を行うことや、SSの沈降実験を行う等、今後さらなる調査が必要であると考えられる。

3・4 SS成分と各項目間の相関関係

各地点における有機態SS及び無機態SSと各項目間の相関係数について表4に示した。Pooleらによれば、透明度は消散係数の逆数に比例する<sup>12)</sup>。水中における消散係数とは、水中に入射した光の減衰する割合を表す値であり、中村らは、湖沼における消散係数について光を吸収・散乱させる各成分濃度（有機懸濁物質・無機懸濁物質・有色溶存有機物）の1次式として示している<sup>13)</sup>。そこで、透視度及び透明度の逆数はSS成分と良好な相関が得られると考え、透視度及び透明度の逆数についても

表 4 SS成分と各項目間の相関係数

	有機態SS							無機態SS							
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	
SS	0.71	0.73	0.52	0.70	0.27	0.09	0.44	0.81	0.97	1.00	0.74	0.86	0.91	0.97	
有機態SS	-	-	-	-	-	-	-	0.33	0.53	0.51	0.03	-0.25	-0.33	0.19	
無機態SS	0.33	0.53	0.51	0.03	-0.25	-0.33	0.19	-	-	-	-	-	-	-	
粒度別SS	< 5 μm	0.47	0.67	-0.37	-0.02	-0.15	-0.24	0.26	0.02	0.68	0.10	0.32	0.40	0.86	0.64
	5 - 20 μm	0.43	0.81	0.42	0.74	0.18	0.01	0.43	0.65	0.82	0.97	0.51	0.81	0.93	0.93
	21 - 74 μm	0.67	0.04	0.59	0.19	0.32	0.42	0.04	0.69	0.56	0.96	0.60	0.55	0.41	0.23
	75 - 474 μm	0.60	-0.14	0.60	0.17	0.30	0.36	-0.05	0.74	0.36	0.96	0.37	0.24	-0.43	-0.45
透視度	-0.57	-0.46	0.23	-0.52	-0.45	-0.42	-0.18	-0.62	-0.52	-0.51	-0.61	-0.44	-0.61	-0.76	
1/透視度	0.76	0.64	0.17	0.71	0.52	0.31	0.20	0.74	0.73	0.63	0.59	0.44	0.73	0.78	
透明度	-	-	-	-0.13	-0.08	0.23	-0.01	-	-	-	-0.57	-0.69	-0.68	-0.79	
1/透明度	-	-	-	0.11	0.08	-0.23	-0.04	-	-	-	0.60	0.75	0.79	0.82	
濁度	0.59	0.82	0.56	-0.40	-0.38	-0.35	-0.29	0.55	0.84	0.92	0.37	0.72	0.87	0.65	
POC	0.81	0.64	0.40	0.96	0.90	0.95	0.75	0.37	0.39	0.70	-0.04	-0.12	-0.22	0.24	
DOC	0.83	0.32	-0.34	0.59	0.74	0.63	0.78	0.57	0.25	-0.42	0.34	-0.12	-0.32	0.41	
TOC	0.82	0.61	0.25	0.97	0.87	0.93	0.88	0.49	0.44	0.51	0.07	-0.23	-0.32	0.17	
PON	0.68	0.59	0.21	0.94	0.92	0.95	0.74	0.37	0.38	0.41	-0.09	-0.15	-0.24	0.15	
Chl a	-0.15	0.01	0.64	0.94	0.82	0.92	0.90	-0.03	-0.37	0.75	0.31	-0.46	-0.49	0.00	

注) 表中、灰色部分は相関係数Rの絶対値が0.60以上 (Chl aについては0.71以上) のものを示す。

表5 重回帰分析で得られた統計値

目的変数	$Y_{1/透視度}$	$Y_{1/透明度}$
重相関係数R	0.812	0.723
重決定係数 $R^2$	0.660	0.523
補正決定係数 $R^2$	0.643	0.500
F検定値	$2.51 \times 10^{10}$	$2.57 \times 10^7$
p検定値	$X_1$	0.259
	$X_2$	$4.33 \times 10^{-8}$

相関関係を調べた。サンプル数11（自由度9）で無相関検定を行った結果、5%有意水準での棄却域は $|R| < 0.602$ であった。また、Chl aについてはサンプル数8（自由度6）のため、5%有意水準での棄却域は $|R| < 0.707$ であった。よって、相関係数の絶対値が0.60以上（Chl aについては0.71以上）ならば有意な相関とし、灰色で強調して示した。流入河川について、St.1及びSt.2の有機態SSはPOC及びTOCに対して正の相関を示したが、Chl aとは相関を示さなかった。また、St.3の有機態SSはPOC、TOC及びChl aに対して相関を示さなかった。前述の通り、流入河川については8月以降Chl aがほとんど存在していなかったことを踏まえると、流入河川の有機態SSには植物プランクトン以外の有機物が影響を及ぼしていると考えられる。また、St.1及びSt.2では透視度の逆数に対して有機態SS及び無機態SSは共に正の相関を示し、St.3では無機態SSのみ正の相関を示した。次いで、東部承水路及び河北潟について、いずれの地点でも有機態SSに対してPOC、TOC、PON及びChl aがそれぞれ正の相関を示しており、有機態SSは植物プランクトンと関連性が高いことが考えられる。また、St.4では透視度の逆数に対して有機態SSのみ正の相関を示し、St.6及びSt.7では無機態SSのみ正の相関を示した。一方で、透明度の逆数に対してSt.4～St.7で有機態SSには相関を示さず、無機態SSについては正の相関を示した。

粒度別SSとSS成分の相関関係に着目すると、流入河川については、St.1及びSt.3で両成分ともに比較的大きい粒径と相関が見られた。St.2では両成分ともに比較的小さい粒径と相関が見られた。次いで、東部承水路及び河北潟についてはSt.4を除くSt.5～St.7で有機態SSと粒径の相関は見られなかった。これは、SSと無機態SSの相関が特に高いことから、St.5～St.7におけるSSの変動に対しては無機態SSの変動が支配的で、有機態SSの変動は比較的小なかったためと考えられる。一方で、St.5～St.7の無機態SSは比較的小さい粒径の粒子、特に粒径5-20  $\mu\text{m}$ と強い相関が見られた。

透視度及び透明度の変動に対する有機態SS及び無機態SSの寄与率を調べるため、St.4～St.7における透視度、

透明度、有機態SS及び無機態SSの調査結果を用いて重回帰分析を行った。なお、本来であれば消散係数を目的変数に設定して重回帰分析を行い、成分毎に得られた回帰係数で寄与率を評価すべきであるが、本調査では消散係数を測定していないため、透視度の逆数及び透明度の逆数を用いて寄与率を評価した。透視度の逆数及び透明度の逆数を目的変数（ $Y_{1/透視度}$ 、 $Y_{1/透明度}$ ）に、有機態SS及び無機態SSを説明変数（ $X_1$ 、 $X_2$ ）に設定し重回帰分析を行った結果、①、②の重回帰式を得た。また、重回帰分析により得られた統計値を表5に示した。

$$Y_{1/透視度} = 0.0016X_1 + 0.0010X_2 + 0.015 \dots \text{①}$$

$$Y_{1/透明度} = 0.014X_1 + 0.042X_2 + 1.2 \dots \text{②}$$

①式における $X_1$ の回帰係数は $X_2$ の約1.6倍の値を示し、②式の $X_2$ の回帰係数は $X_1$ の約3倍の値を示した。また、p検定より①式の $X_1$ と $X_2$ はともに1%有意水準で有意（ $p < 0.01$ ）であった。一方で、②式の $X_2$ は1%有意水準で有意であったが、 $X_1$ は有意でなかった（ $p = 0.259$ ）。これらの結果から、東部承水路及び河北潟における透視度の変動に対しては植物プランクトンと無機態SSの両方が寄与しているが、透明度の変動に対しては植物プランクトンの寄与は少なく、無機態SSの寄与が比較的大きいと考えられる。

#### 4 まとめ

- ① いずれの地点でもSS中の無機態比率は年平均で半分程度であり、ほとんどの地点で無機態SSの増加に伴って透視度及び透明度が低下する傾向にあった。
- ② 有機態SS、Chl a及びC/N比の関係から、東部承水路及び河北潟の有機態SSは内部生産による寄与が大きいと考えられた。
- ③ 懸濁物質の粒度組成から、河北潟の懸濁物質には粒径5-20  $\mu\text{m}$ の比較的微細な粒子が多くを占めていることが分かった。
- ④ 東部承水路及び河北潟において、透明度の逆数に対して有機態SSは相関を示さなかったが、無機態SSは正の相関を示し、無機態SSが透明度に影響を及ぼしていると考えられた。
- ⑤ 重回帰分析等の結果から、東部承水路及び河北潟の透明度の変動に対して植物プランクトンの寄与は少なく、無機態SSの寄与が大きいと考えられた。

以上から、河北潟の透明度には無機態SSが影響を及ぼしていることを示した。今後は、無機態SSの性状や発生源、気象による影響について調査することにより、最終目標としている沿岸透明度向上技術の検討に繋げていきたい。

## 文 献

- 1) 石川県：平成30年度公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書 (2018)
- 2) 安田能生弘, 古澤佑一, 川畑陵介, 牧野雅英, 亀井とし, 谷村陸美：河北潟における難分解性有機物に関する実態調査 (最終報), 石川県保健環境センター研究報告書, **52**, 1-6 (2015)
- 3) 秋澤久美子, 前田空人, 原田由美子, 川畑陵介, 吉田秀一, 安田能生弘, 清水隆二, 古澤佑一：植物プランクトンを活用した水質浄化技術の検討 (第3報), 石川県保健環境センター研究報告書, **55**, 7-11 (2018)
- 4) 中央環境審議会：水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて (答申) (2015)
- 5) 末永遼, 小杉優佳, 高野典礼, 本田了, 池本良子：EEM-PARAFAC解析による河北潟流域の溶存態有機物の動態調査, 土木学会論文集G (環境), **73**, 229-239 (2017)
- 6) 石川県：平成29年度公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書 (2017)
- 7) 石川県：平成17年度第2回河北潟水質汚濁負荷量調査検討会資料 (2005)
- 8) 気象庁：過去の気象データ・ダウンロード CSVデータ (<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>) (2019/4/1-2020/3/31参照)
- 9) HARMELIN, Mireille., DIEKING, Jan., BĂNARU, Daniela., FONTAINE, M F., ARLHAC, Denise. : Seasonal variation in stable C and N isotope ratios of the Rhone River inputs to the Mediterranean Sea (2004-2005), *Biogeochemistry*, **100**, 139-150 (2010)
- 10) HEDGES, John I., CLARK, Wayne A., QUAY, Paul D., RICHEY, Jeffrey E., DEVOL, Allan H., SANTOS, M. : Compositions and fluxes of particulate organic material in the Amazon River, *Limnology and Oceanography*, **31**, 717-738 (1986)
- 11) 橋田哲郎, 澤田道和, 小森正樹, 柿本均, 東海林寛史, 本田和子：タマミジンコの食餌による水質浄化, 石川県保健環境センター研究報告書, **45**, 61-66 (2008)
- 12) POOLE, Horace, H., ATKINS, William R G. : Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year, *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **16**, 297-324 (1929)
- 13) 中村剛也, 相崎守弘：霞ヶ浦に入射した光の減衰に対する懸濁物質の影響, *陸水学会誌*, **77**, 13-23 (2016)