

# 河北潟に流入する能瀬川のダイオキシン類の挙動\*

野口邦雅\*\*・相川輝充\*\*  
徳田貴裕\*\*・玉井徹\*\*

キーワード ①ダイオキシン類 ②能瀬川 ③水質 ④底質 ⑤挙動

## 要 旨

石川県の中央部に位置する河北潟に流入する宇ノ気川の宇ノ気川橋および能瀬川の浦能瀬橋は、県内の他の公共用水域の調査地点と比較して水試料中のダイオキシン類濃度が高めに推移してきた。支流の本数が少なく、生活排水の影響が比較的少ない能瀬川を対象に、浦能瀬橋の水試料中ダイオキシン類濃度の年間変動、底質の状態とダイオキシン類濃度の関係、汚染源の推定およびダイオキシン類の流下特性(ダイオキシン類の総流下量、下流域への沈降量)等を調査した。

その結果、浦能瀬橋の水試料中ダイオキシン類濃度の年間変動は0.33~3.9pg-TEQ/Lで、年間平均は1.0pg-TEQ/Lであった。春季に溶存態のダイオキシン類濃度が高くなる傾向が見られた。底質の状態とダイオキシン類の関係は、粒子が細かく、炭素および窒素含有率が高く、強熱減量が高い底質はダイオキシン類濃度が高い傾向が見られた。重回帰分析による汚染源推計の結果、いずれの水試料においてもかつて使用された塩素系水田農薬であるPCPとCNPの合計寄与率が95%以上と推定され、これら水田農薬の不純物の影響が大きいたことが示唆された。また、能瀬川から年間33.8mg-TEQのダイオキシン類が流下していると推計された。能瀬川から流下したダイオキシン類はその流下量の75%が河北潟東部承水路の湖北大橋までに沈降しているものと推定された。

## 1. はじめに

全国的に河川においては、ダイオキシン類の水質環境基準値1pg-TEQ/Lを超過する事例が見られており、平成22年度の全国の調査結果では、1,610地点の河川調査地点中26地点が水質環境基準値を超過していた<sup>1)</sup>。石川県内の公共用水域についても30地点でダイオキシン類の調査を実施しているが、平成12年度から平成22年度までの過去11年間では、平成12年度に羽咋川水系の子浦川(雁田橋)で1.4pg-TEQ/L、平成14年度に大野川

水系の宇ノ気川(宇ノ気川橋)で2.3pg-TEQ/L、同じく能瀬川(浦能瀬橋)で1.2pg-TEQ/L、平成19年度に宇ノ気川橋で1.5pg-TEQ/L、同じく浦能瀬橋で2.2pg-TEQ/Lと、環境基準値を超過した例が見られた。図1に過去11年間の石川県内で採取した水試料中の水質ダイオキシン類測定結果を示す。図1からは、宇ノ気川橋および浦能瀬橋は他の公共用水域の調査地点と比較してダイオキシン類濃度が高いことがわかる。

筆者らが実施したこれまでの調査<sup>2-4)</sup>では、①

\*Behaviors of Aquatic/Sedimentary Dioxins in Nose River, flowing into Kahokugata

\*\* Kunimasa NOGUCHI, Terumitsu AIKAWA, Takahiro TOKUDA, Tohru TAMAI (石川県保健環境センター) Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science

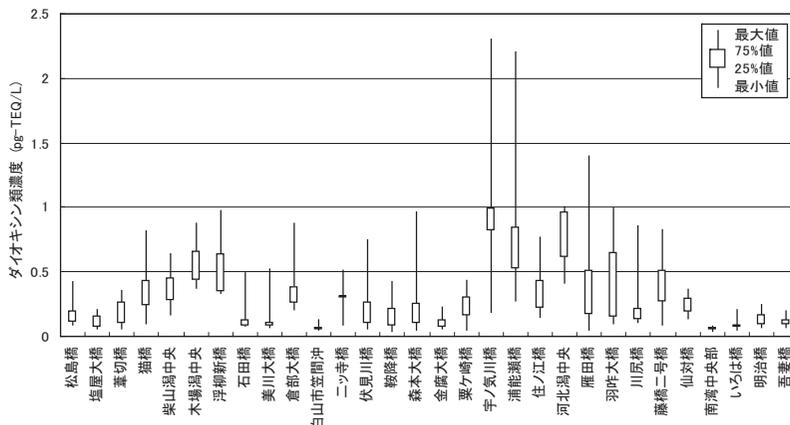


図1 過去11年間の水試料中のダイオキシン類調査結果

県内各河川の水試料からは過去に水田農業として使用されたペンタクロロフェノール(PCP)やクロロニトロフェン(CNP)の不純物として含まれているダイオキシン類異性体が高い比率で検出され、汚染源を推定したところ、いずれもPCPとCNPの寄与率の合計が80%以上を占めること、②宇ノ気川および能瀬川の水試料および底質ともに、PCPとCNPの寄与率の合計が90%以上を占めること、③PCPとCNPの寄与率を比較すると、宇ノ気川および能瀬川はPCPの占める割合が他の水系よりも高く、60%前後を占めることなどの知見が得られ、この傾向はさまざまな水域で調査された過去の報告例と一致する<sup>5~9)</sup>。また、その汚染源別の寄与率を推定する方法については、筆者らが試みた重回帰分析<sup>2,3,7,10)</sup>のほかケミカルマスバランス法(CMB法)<sup>12,13)</sup>による推定も行われてきた。

今回、支流の本数が少なくダイオキシン類の流下量の推計が容易であり、また、生活排水の影響が少ない能瀬川を対象に、浦能瀬橋の水試料中ダイオキシン類濃度の年間変動、底質の状態とダイオキシン類濃度の関係、汚染源の推定、ダイオキシン類の流下特性(ダイオキシン類の総流下量、下流域への沈降水量)を調査し、能瀬川水系のダイオキシン類の挙動を推定したので報告する。

## 2. 分析・測定および解析方法

### 2.1 ダイオキシン類の分析

水試料の前処理は日本工業規格 K0312に準じ

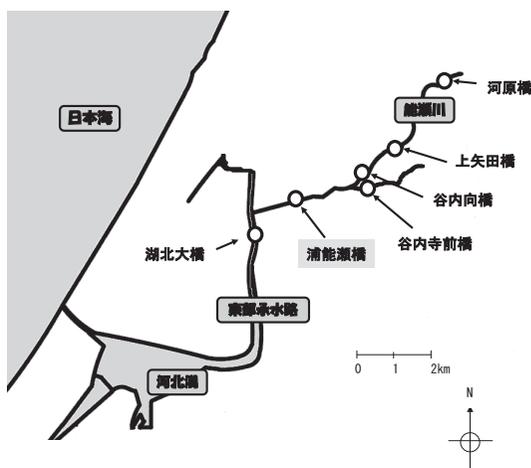


図2 調査地点

て行った。底質の前処理は環境省の「ダイオキシン類に係る底質調査マニュアル」に準じて行った。標準品と試薬、前処理操作およびGC/MS測定は既報のとおりである<sup>14)</sup>。

### 2.2 浦能瀬橋の水試料中ダイオキシン類濃度の年間変動

浦能瀬橋において、平成21年10月から平成22年9月の1年間、月1回の頻度で水試料を採取し、そのダイオキシン類濃度および浮遊物質量(以下、SS)を調査した(図2)。

### 2.3 底質の状態とダイオキシン類濃度の関係

平成19年11月に実施した詳細調査<sup>2)</sup>で採取した6地点(河原橋、上矢田橋、谷内向橋、谷内寺前橋、浦能瀬橋および湖北大橋)の底質、平成17年

度～22年度の常時監視により採取した浦能瀬橋の底質<sup>4)</sup>、平成23年1月で採取した湖北大橋の底質<sup>4)</sup>、合計13の底質試料についてダイオキシン類濃度、粒度組成、元素分析(炭素および窒素含有率)および強熱減量を調査した(図2)。粒度組成および元素分析の試験方法は既報のとおりである<sup>4)</sup>。

## 2.4 汚染源の推定

前述の水試料を対象に汚染源を重回帰分析により推計した。本稿では、ダイオキシン類の起源はPCP、CNP および燃焼起源の3種類のみと仮定し、PCP および CNP 中のダイオキシン類は益永ら<sup>8)</sup>のデータを、燃焼起源のダイオキシン類は石川県内5カ所の廃棄物焼却施設の排出ガスの実測データをそれぞれ使用した。これら3種類の汚染源と水試料中のダイオキシン類濃度の測定結果データを用いて、下記のモデル<sup>10)</sup>により重回帰分析を行った。なお、今回の重回帰分析には毒性等価係数が定められている29異性体と汚染源の推定のために測定した3異性体(1,3,6,8-TeCDD, 1,3,7,9-TeCDD および1,2,7,8-TeCDF)を合わせた32異性体に加えてそれ以外の異性体からも発生源の寄与に関する情報が得られることから、これら情報をできるだけ解析に反映させるため、PCDDs, PCDFs の8同族体のデータも解析に使用した。

$$y_k = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_{ik} + \varepsilon_k$$

ここで、

$y_k$ : k 異性体・同族体の実測濃度

$x_{ik}$ : i 汚染源の k 異性体・同族体濃度

$\beta_i$ : i 汚染源の偏回帰係数

$\beta_0$ : 説明不可のバックグラウンド値

$\varepsilon_k$ : ランダム誤差

である。

重回帰分析により得られた回帰式( $y = b_0 + b_{PCP} \cdot x_{PCP} + b_{CNP} \cdot x_{CNP} + b_{燃焼起源} \cdot x_{燃焼起源}$ )の $\beta_i$ の推定値 $b_i$ から $\sum \beta_i \cdot x_{ik}$ を算出して汚染起源別の寄与率を推定した。

## 2.5 ダイオキシン類の流下特性調査

### 2.5.1 ダイオキシン類の総流下量

ダイオキシン類の総流下量は年間の河川流量と水試料中のダイオキシン類濃度を乗じて推計した。水試料中ダイオキシン類濃度についてはSSの流下量、ダイオキシン類濃度とSSの直線回帰

式から求めた。

### 2.5.2 下流域へのダイオキシン類の沈降水量

能瀬川が河北潟の東部承水路に流入する地点より下流750mに位置する湖北大橋までの間に、能瀬川から流下したダイオキシン類がどれだけ沈降するかを推計した。ここでは、平成22年度の浦能瀬橋の底質を用いて沈降試験を実施し、沈降したダイオキシン類を分析し、その定量値をもとに沈降水量を推計した。底質の沈降試験は1L共栓付きメスシリンダーに底質10g、日本ミリポア(株)製のミリQ超純水製造装置純水 GradientA10で調製した超純水1Lを入れ十分攪拌し、20℃に設定したウォーターバス内に静置した。一定時間経過後の上澄み液を採取し、ダイオキシン類を分析した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 浦能瀬橋の水試料中ダイオキシン類濃度の年間変動

水試料濃度の調査結果を図3に示す。ダイオキシン類濃度の年間変動は0.33～3.9pg-TEQ/Lで、年間平均値は1.0pg-TEQ/Lであった。10月から3月の間は1.0pg-TEQ/L以下で推移していたが、4月に3.9pg-TEQ/Lと急激に高くなり、その後徐々に濃度が下降する傾向が見られた。

過去のさまざまな調査<sup>6,7,15,16)</sup>からも、ダイオキシン類濃度とSSは相関が高いと報告された例があったが、図4に示すように本研究の結果では4月はダイオキシン類濃度が高い割にSSはそれ

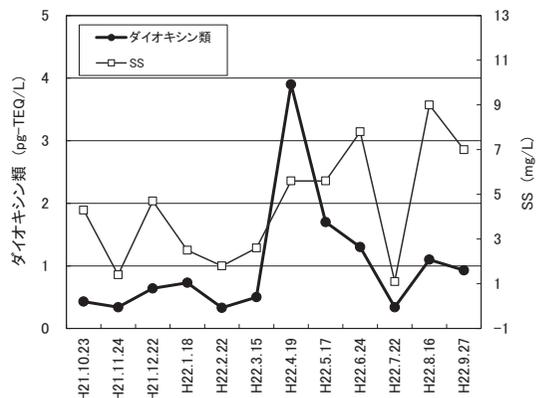


図3 水試料中のダイオキシン類濃度とSS濃度の季節変化

ほど高くなかった。4月および5月を除くとおおむねダイオキシン類濃度とSSに相関(相関係数 $R_2=0.8103$ )があるものと考えられた。4月および5月と他の月の違いを把握するため、4月以降の試料について、溶存態と懸濁態のダイオキシン類を分離して定量した。ここでは $1\mu\text{m}$ のガラス

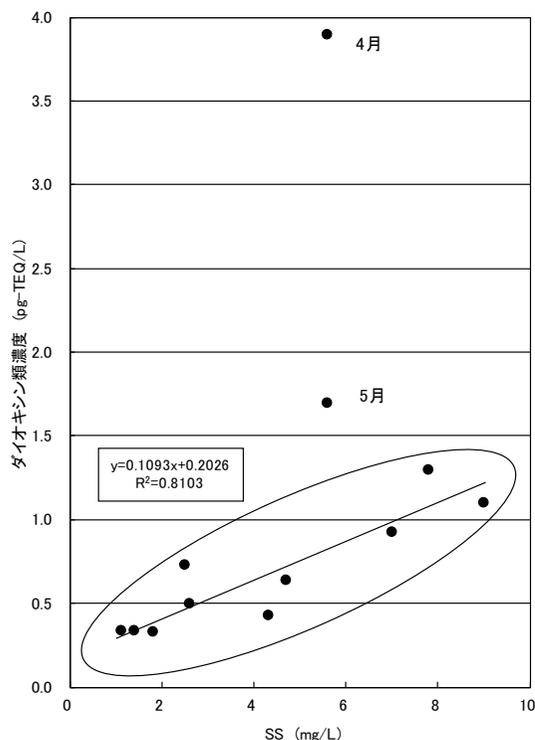


図4 水試料中のダイオキシン類濃度とSSの関係

繊維ろ紙により溶存態と懸濁態を分離した。分析結果を図5に示す。これまで、水試料中のダイオキシン類は大半が懸濁態で存在するものとされていたが<sup>15)</sup>、本研究では4月については懸濁態の比率が40%を下回っていた。その後、徐々に懸濁態の比率が増加し、8月以降は80%以上であった。

溶存態の比率が高くなる原因として考えられることは、 $1\mu\text{m}$ よりも細かい粒子が多く流出していること、また、水溶性の腐植物質(フミン酸、フルボ酸など)が多く存在することにより、それらに吸着した形態のダイオキシン類が溶存態として検出されることなどである<sup>17)</sup>。これらの要因として、水田の田起し、代かきが考えられる。

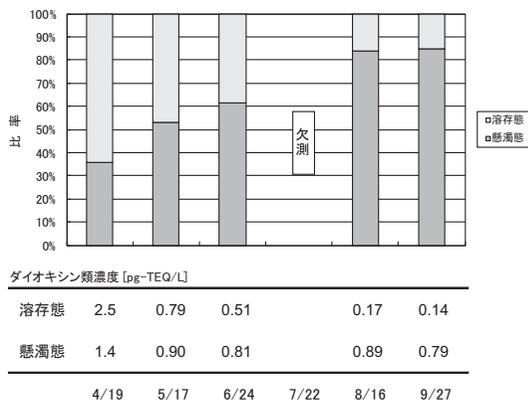


図5 水試料中の溶存態と懸濁態のダイオキシン類の比率

表1 底質の粒度組成およびダイオキシン類濃度等の調査結果

No	試料名	粒度組成 (%)					炭素含有率 (%)	窒素含有率 (%)	強熱減量 (%)	ダイオキシン類 (pg-TEQ/g-dry)
		2000~450 $\mu\text{m}$	450~75 $\mu\text{m}$	75~50 $\mu\text{m}$	50~20 $\mu\text{m}$	20~ $\mu\text{m}$				
1	浦能瀬橋 (H17年度) <sup>*1</sup>	51	49	0	0	0	0.09	0.01	1.3	1.5
2	浦能瀬橋 (H18年度) <sup>*1</sup>	48	49	1	1	1	0.11	0.01	1.1	2.3
3	浦能瀬橋 (H19年度) <sup>*1</sup>	69	26	2	3	0	0.30	0.02	1.5	4.5
4	浦能瀬橋 (H20年度) <sup>*1</sup>	19	76	2	2	1	0.22	0.02	1.3	2.6
5	浦能瀬橋 (H21年度) <sup>*1</sup>	65	33	1	1	0	0.11	0.01	1.1	7.1
6	浦能瀬橋 (H22年度) <sup>*1</sup>	52	32	4	6	6	0.35	0.03	1.6	3.9
7	河原橋	76	22	1	1	0	0.17	0.01	0.9	0.67
8	上矢田橋	76	9	5	7	3	0.16	0.02	1.6	1.5
9	谷内向橋	85	0	7	7	1	0.13	0.02	1.0	0.7
10	谷内寺前橋	2	15	15	43	25	1.46	0.13	7.1	23
11	浦能瀬橋	1	0	30	52	17	2.46	0.33	10.2	30
12	湖北大橋	1	2	46	43	8	2.14	0.38	11.1	73
13	湖北大橋 (H22年度) <sup>*3</sup>	0	7	18	32	43	2.54	0.32	10.7	79

\*1: ダイオキシン類対策特別措置法に基づく常時監視調査(毎年7~9月に実施)

\*2: 底質詳細調査(平成19年11月に実施)

\*3: 本調査研究による捕捉調査(平成23年1月に実施)

### 3.2 底質の状態とダイオキシン類濃度の関係

底質の粒度組成, 元素分析の結果(炭素および

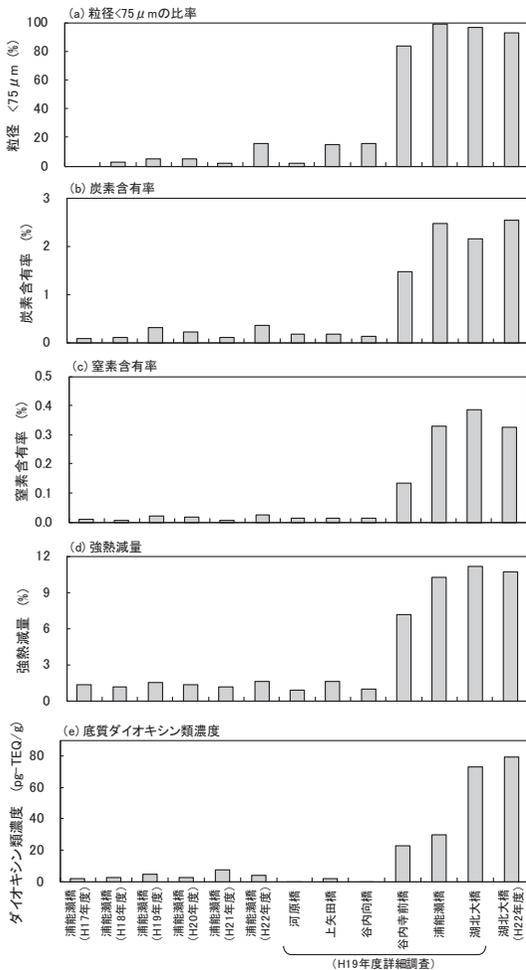


図6 ダイオキシン類濃度と粒度組成等との比較

窒素含有量), 強熱減量およびダイオキシン類濃度の結果を表1に示す。試料1~9は75μmより大きい粒子が, 試料10~13は75μmより小さな粒子が多くを占める結果となった。75μmより小さい微細粒子のものが占める比率が高い底質試料で, ダイオキシン類濃度が高い傾向が見られた。この結果はこれまでの報告例<sup>18)</sup>と一致している。

底質の粒度組成, 炭素および窒素含有率, 強熱減量と底質のダイオキシン類濃度を比較した結果を図6に示す。ダイオキシン類濃度が高い底質は, 粒子が細かく, 炭素および窒素含有率が高く, 強熱減量が高い傾向が見られた。

粒子の細かい底質試料では, 単位重量当たりの粒子の表面積が大きくなり, ダイオキシン類が多く吸着するものと考えられた。また, その他の有機物も同様に多く吸着するものと考えられた。粒度組成や炭素および窒素含有率はダイオキシン類濃度に影響を与える因子であることが示唆された。

### 3.3 汚染源の推定

重回帰分析の結果として, 偏回帰係数および決定係数を表2に示す。得られた回帰式の決定係数(R<sub>2</sub>)は0.976~0.983であり, 偏回帰係数の検定の結果, すべて危険率5%で有意であった。

重回帰分析により汚染源を推定した結果を図7に示す。いずれの月に採取した水試料ともPCPとCNPの寄与率の合計が95%以上を占めており, 農薬不純物の寄与が高いことを示している。PCPとCNPの寄与率を比較すると, PCPの寄与率がCNPより高く, PCPは平均69%(標準偏差

表2 重回帰分析結果

調査月日	偏回帰係数 (t 値)						決定係数 R <sub>2</sub>
	b <sub>PCP</sub>		b <sub>CNP</sub>		b <sub>燃焼起源</sub>		
H21.10.23	2.98	(38.1)	0.572	(10.7)	0.0493	(0.332)	0.978
H21.11.24	2.58	(40.6)	0.884	(20.5)	0.0681	(0.566)	0.983
H21.12.22	3.93	(38.7)	1.27	(18.4)	0.0836	(0.434)	0.981
H22.1.18	4.47	(37.8)	1.06	(13.2)	0.123	(0.548)	0.979
H22.2.22	1.90	(36.3)	0.405	(11.4)	0.0296	(0.299)	0.976
H22.3.15	3.12	(38.2)	0.745	(13.4)	0.0615	(0.397)	0.979
H22.4.19	20.0	(33.9)	6.97	(17.4)	0.197	(0.177)	0.976
H22.5.17	10.2	(34.4)	1.62	(8.06)	0.166	(0.294)	0.973
H22.6.24	8.82	(37.6)	2.14	(13.5)	0.126	(0.282)	0.978
H22.7.22	1.77	(33.9)	0.740	(20.9)	0.0340	(0.343)	0.978
H22.8.16	6.53	(37.9)	1.46	(12.5)	0.139	(0.424)	0.978
H22.9.27	5.50	(37.0)	1.01	(10.0)	0.0951	(0.337)	0.977

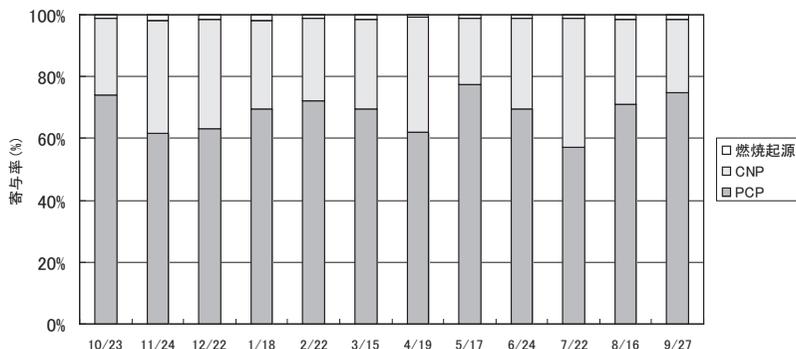


図7 重回帰分析による汚染源寄与率の推定結果

6.2), CNP は平均30% (標準偏差6.2)であった。このことは、PCP の寄与は河北潟の北部でより高く南部では低くなること、また、県内の多くの調査地点はPCP よりCNP の寄与が高いが、宇ノ気川橋、浦能瀬橋、河北潟中央などはCNP よりPCP の寄与が高いことなど、過去の調査結果<sup>3,6,7)</sup>と一致するものであった。

### 3.4 ダイオキシン類の流下特性

#### 3.4.1 ダイオキシン類の総流下量

総流下量は降雨時の流下も含めて推計した。

能瀬川のSSの流下量は過去の調査報告書<sup>19)</sup>より475kg/日、SS濃度の年間平均値は6.0mg/Lである。なお、この結果は降雨時も含めて求められたものである。

ダイオキシン類濃度とSSの関係は、今回の水質濃度の実態調査結果から求めたものを用いた(図4参照)。なお、関係式は前述のとおり4月および5月の結果を除いたものである。

SSの年間平均値は6.0mg/Lとダイオキシン類濃度とSSの関係から水試料中のダイオキシン類濃度の年間平均値は0.9pg-TEQ/Lと算出され、これに能瀬川の年間流量29,073千m<sup>3</sup>を乗じ、26.2mg-TEQのダイオキシン類が流下していると推計した。しかし、これは4月および5月の溶存態のダイオキシン類は含まれていない。そこで、表3に示すとおり、4月および5月の溶存態のダイオキシン類濃度に各月の河川流量を乗じ、溶存態のダイオキシン類の流下量は7.6mg-TEQと推計した。

以上により、26.2mg-TEQと7.6mg-TEQを合わせて、能瀬川から年間33.8mg-TEQのダイ

表3 溶存態のダイオキシン類流下量

	4月	5月	合計
溶存態のダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/L)	2.5	0.79	—
流量 (千m <sup>3</sup> )	2,663	1,132	—
ダイオキシン類流下量 (mg-TEQ)	6.7	0.89	7.6

表4 東部承水路(能瀬川流入地点～湖北大橋間)の状況

幅	300	(m)
平均水深	2.0	(m)
流量	285,951	(m <sup>3</sup> /日)
距離	750	(m)

閉鎖性水域水質保全調査報告書—河北潟— 昭和58年12月 石川県環境部

オキシン類が流下していると推計した。

#### 3.4.2 下流域へのダイオキシン類の沈降水量

河北潟の東部承水路の状況(能瀬川流入地点～湖北大橋間)を表4に示す。これらの条件とストークスの法則<sup>20)</sup>より、能瀬川流入地点から湖北大橋の間に沈降するのは、直径4.1μmより粒子径が大きいものと算出された。

そこで、平成22年度の浦能瀬橋の底質試料(3.9pg-TEQ/g-dry)を用いて、沈降試験により直径4.1μmより細かい粒子と粗い粒子を分離し、それぞれのダイオキシン類濃度を求めた。その結果、直径4.1μmより細かい粒子は0.11pg-TEQ/g-dry(全体の2.8%)、直径4.1μmより粗い粒子は3.79pg-TEQ/g-dry(全体の97.2%)であり、大部分のダイオキシン類は直径4.1μmより粗い粒子側に含まれていることが明らかとなった。

図8に推定されたダイオキシン類の挙動について示す。能瀬川からの総流下量は年間33.8mg-TEQであり、そのうち75%(25.5mg-TEQ/

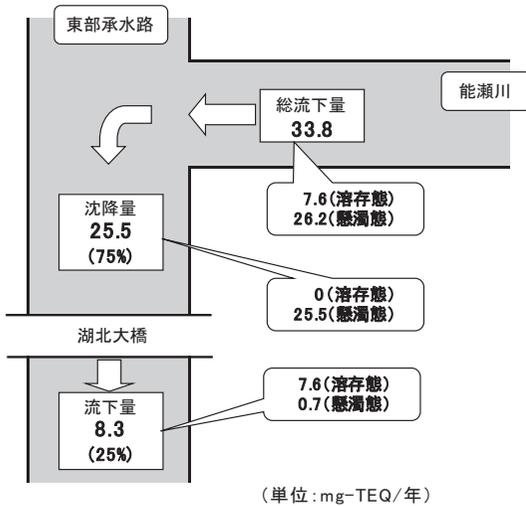


図8 能瀬川のダイオキシン類の挙動

年)が湖北大橋までに沈降し、残り25% (8.3mg-TEQ/年)が湖北大橋より下流へ流下するものと推計された。

能瀬川を一例として、ここから流入したダイオキシン類のかなりの部分(75%)が流入地点より750m下流側の湖北大橋までに沈降することを明らかとしたが、東部承水路は能瀬川の他にも宇ノ気川、津幡川など多くの流入河川があることから、東部承水路の水質および底質のダイオキシン類濃度について、詳細なモニタリングを実施することにより、東部承水路におけるダイオキシン類の挙動、さらには河北潟へのダイオキシン類の総流入量の把握につなげたい。

#### 4. ま と め

- (1) 浦能瀬橋における水試料中のダイオキシン類濃度の年間変動は0.33~3.9pg-TEQ/Lで、年間平均は1.0pg-TEQ/Lであった。顕著な高濃度は春季(4月)に観測されており、その時期には溶存態のダイオキシン類濃度が高くなる傾向が見られた。
- (2) ダイオキシン類濃度が高い底質は、粒子が細かく、炭素および窒素含有率が高く、強熱減量が高い傾向が見られた。
- (3) 重回帰分析による汚染源推計の結果、いずれの水質試料ともPCPとCNPの合計で95%以上の寄与率と算出され、水田農薬の不純物

の影響が高いことが示唆された。

- (4) 能瀬川から年間33.8mg-TEQのダイオキシン類が東部承水路へ流下していると推計した。
- (5) 能瀬川から流下したダイオキシン類はその流下量の75%が流入地点より750m下流側の湖北大橋までに沈降し、残りの25%は湖北大橋より下流へ流下するものと推計された。

#### — 参 考 文 献 —

- 1) 環境省：平成22年度ダイオキシン類に係る環境調査結果、平成24年3月
- 2) 野口邦雅, 岡 秀雄, 清水隆二, 塚林 裕, 蔵本和夫：ダイオキシン類の水質環境基準超過事例についての考察(その1), 石川県保健環境センター研究報告書, **45**, 23-31, 2008
- 3) 野口邦雅, 宮田芳明, 河本公威, 堀 秀朗, 西村久博：ダイオキシン類の水質環境基準超過事例についての考察(その2), 石川県保健環境センター研究報告書, **47**, 15-21, 2010
- 4) 野口邦雅, 相川輝充, 宮田芳明, 河本公威, 堀 秀朗, 西村久博：ダイオキシン類の水質環境基準超過事例についての考察(その3), 石川県保健環境センター研究報告書, **48**, 25-30, 2011
- 5) 柿本均, 岡秀雄, 原田由美子, 牛島茂：河北潟周辺の水質試料に見られたダイオキシン類の特異な異性体分布について, 石川県保健環境センター研究報告書, **40**, 49-56, 2003
- 6) KAKIMOTO Hitoshi, OKA Hideo, MIYATA Yoshiaki, YONEZAWA Yumiko, NIKAWA Akiko, KYUDO Hirohisa, NING Tang, TORIBA Akira, KIZU Ryoichi and HAYAKAWA Kazuichi: Homologue and isomer distribution of dioxins observed in water samples collected from Kahokugata Lagoon and inflowing rivers, Japan, *Water Research*, **40**, 1929-1940, 2006
- 7) 岡秀雄, 柿本均, 木津良一, 早川和一：河北潟におけるダイオキシン類の分布にみられた特徴について, 第14回環境化学討論会講演要旨集, 390-391, 2005
- 8) MASUNAGA Shigeki, TAKASUGA Takumi and NAKANISHI Junko: Dioxin and dioxin-like PCB impurities in some Japanese agrochemical formulations, *Chemosphere*, **44**, 873-885, 2001
- 9) SAKAI Mizuki, KAJIHARA Hideo, FUKUMURA Kinumi, KOBAYASHI Jun, OHIZUMI Manabu, TAKAHASHI Yukio, NAKADAIRA Hiroto and YAMAMOTO Masaharu: Time trends and source for dioxins in sediments in a large-scale rice production area, Niigata, Japan, *Organohalogen Compounds*, **57**, 11-14, 2002
- 10) 安田 裕, 村瀬秀也, 大平武俊：岐阜県内河川環境中のダイオキシン類—汚染起源の推定と寄与率の試算—, 岐阜県保健環境研究所報, **11**, 9-14, 2003
- 11) 村山 等, 鈴木貴博, 茨木 剛, 種岡 裕, 渋谷信雄, 橋本俊次, 柏木宣久：ケミカルマスバランス法を用いたダイオキシン類発生寄与の推計その1, 第13回環境化学討論会講演要旨集, 562-563, 2004
- 12) 加藤謙一, 中村朋之, 菱沼早樹子, 鈴木 滋, 斎藤善則,

- 橋本俊次, 柏木宣久: ダイオキシン類の発生源推定に関する研究, 全国環境研会誌, **30**, 7-13, 2005
- 13) 佐々木啓行, 飯村文成, 津久井公昭, 吉岡秀俊, 佐々木裕子, 安藤晴夫, 柏木宣久: 東京都における環境中のダイオキシン類の組成について, 東京都環境科学研究所年報, 117-123, 2004
- 14) 岡 秀雄, 柿本 均, 原田由美: ダイオキシン類測定におけるクロマトグラム上のピーク分離改善に関する検討, 石川県保健環境センター研究報告書, **40**, 49-56, 2003
- 15) 石川秀樹, 鈴木佳代子, 大津和久, 山本務, 西岡信浩: 河川中のダイオキシン類の濃度と懸濁物質量との関係について, 香川県環境保健研究センター所報, **2**, 57-63, 2003
- 16) 安田裕, 村瀬秀也, 中島孝康: 津屋川におけるダイオキシン類の組成と分布, 岐阜県保健環境研究所報, **14**, 34-38, 2006
- 17) 大高広明, 下野寿男: 水試料中のダイオキシン類分析精度に対する腐植質(フミン質)の影響, 第12回環境化学討論会講演要旨集, 374-375, 2003
- 18) 下向教文, 高浪龍平, 尾崎博明, 谷口省吾, 菅原正孝: 河川底質における粒径別ダイオキシン類含有濃度について, 土木学会第59回年次学術講演会要旨集, 535-536, 2003
- 19) 石川県環境部: 閉鎖性水域水質保全調査報告書—河北潟一, 昭和58年12月
- 20) 社団法人地盤工学会: 土質試験の方法と解説, 第3章 粒度試験, 54-70, 1996