

# V 河川底質のサンプリングについての一考察

## — 重金属と粒度分布について —

Investigation for Sampling Method  
of River Sediment

河川水質科 杉崎三男・野辺 博<sup>\*</sup>・丸山由喜雄

( \*昭和55年4月1日 埼玉県春日部保健所へ転出 )

### 1 はじめに

河川水中の有害物質等は、多くの場合、定量限界以下の濃度であるので評価することはむずかしい。

河川底質は水質と異なり、一過性のものでなく蓄積性であり、有害物質等が高濃度で存在するために、分析が盛んに行われている。しかしながら、底質のサンプリングや分析定量を行ううえで、多くのことに考慮する必要がある。たとえば、サンプリングの時には、河川の流れ方、水量、採取位置、底質の性状、汚染源の有無など。また、分析定量のときには、ふるい分け、酸分解、定量方法、定量時における共存物質などである。

底質のサンプリングについての研究は、あまり多くなされていない。

当初年報において、30地点を25×30mメッシュで採取し、分析・考察を行った。<sup>1)</sup>

また、鎗田らによって、河川と沼について研究が行われた。<sup>2)</sup> 河川の場合、3×6mメッシュで37地点を採取し分析・考察をした。

山県らは、山形県吉野川の底質について、粒度別に重金属濃度を求めた。<sup>3)</sup> その結果、200メッシュ以上(粒子直径74 $\mu$ m以下)の分画に、大部分の鉛、亜鉛が存在していると報告した。

本研究では、荒川の2地点(秋ヶ瀬堰上流、久下橋)で、河川の横断方向に一定間隔でサンプリングを行った。試料をふるい分けをし、粒度別に重金属濃度を求め、一考察を行ったので報告する。

### 2 実 験

#### 2.1 底質のサンプリング方法と採取地の概要

##### 2.1.1 秋ヶ瀬

荒川河口から3.7Km地点で、秋ヶ瀬のサンプリング地点の河川断面図をFig.1-[I]に示した。底質の採取は、エクマンバーシ採泥器を用いた。川幅は12.6m、

最大水深は4.5mであった。サンプリングは、約10mおきに14地点で行った。流心での水深は一定であった。流心(地点8)の流速は、水深0.5mで0.06m/s、1m、2m、3.5mで、0.05m/s以下であった。

底質の性状は、流心部で砂質であり、川岸で黒い泥土を含む砂であった。

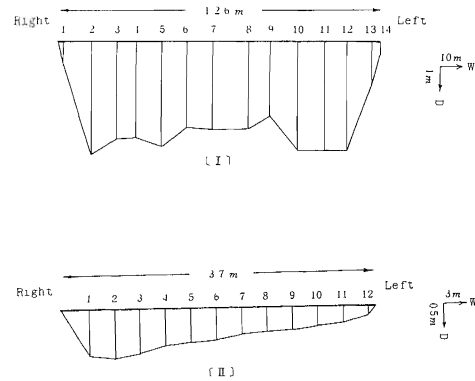


Fig.1 秋ヶ瀬、久下橋の底質サンプリング地点の断面図

[I]秋ヶ瀬 [II]久下橋 D:深さ W:幅

##### 2.1.2 久下橋

荒川河口から7.35Km地点で、採取時は5月であったが、平年に比べ雨量が少なく濁水状態であった。

同地点の断面図をFig.1-[II]に示した。秋ヶ瀬と比較して、川幅も水深もかなり小さい。川幅は3.7m、最大水深0.95mであった。サンプリングは、ひしゃくを用いて約3mの間隔で、12地点の試料を採取した。

流速は、最大で0.05m/s(地点4)であったが、通常は、0.5m/s前後の流速があるものと思われる。

試料は、地点1と12は泥土・小石を含んだ砂で、他は、小石を含む砂であった。

## 2.2 ふるい分け

試料は、室温で自然乾燥させた後、JIS規格のふるいにより、9、16、48、100、200メッシュのものを用いて、ふるい分けを行った。9、16、48、100、200メッシュのふるい目の開きは、2、1、0.297、0.149、0.074mmである。

ふるい分けは、試料50gを20分間、290rpm、156tpmのふるい振とう機(関西ワイヤー・ネットイング機)を用いて行った。ふるい分けの後に、各分画の粒度分布(重量%)を求めた。

## 2.3 各分画の水分含有率と強熱減量

水分含有率と強熱減量は、「底質調査法とその解説」<sup>4)</sup>により求めた。

## 2.4 試料の前処理

試料は目的に応じて酸分解を行った。分解法は、「底質調査法とその解説」により、ヒ素は硫酸-硝酸分解を行い、鉛、銅と鉄は、塩酸-硝酸分解を行い、ろ過後100ml定容とした。

## 2.5 定量法

ヒ素はヒ化水素として発生させ、ジエチルジチオカルバミン酸銀-ピリシン溶液に吸収させ、遊離した銀コロイドを比色定量した。比色計は島津スペクトロニク88を用いた。鉛と銅は、pH9~9.5クエン酸存在下で、ジエチルジチオカルバミン酸塩として酢酸n-ブチルに抽出し、酢酸n-ブチル溶液を直接原子吸光法により定量した。鉄は、分解液を適宜希釈した水溶液を原子吸光法により定量を行った。原子吸光光度計は、日立508Aを用いた。

## 3 結果とその考察

### 3.1 ふるい分け

ふるい分けの条件を決めるために、秋ヶ瀬地点8の試料を用い分取量を変えて、各分画の粒度分布(重量%)を求めた。結果をFig.2に示した。

分取量100~900gと比較的多くのサンプル量をとったとき、16~48メッシュ分画(粒子直径1~0.297mm)に多く分布し、その割合は50%を超える。

分取量25、50gをとったとき、48~100メッシュ分画(0.297~0.149mm)が優占となる。

これは、試料が多い場合、優占となるふるい目がつまる。それ以上のメッシュに分配されなくなるものと思われる。

従って、以後50gのサンプルを分取しふるい分けを

行った。その結果を秋ヶ瀬、久下橋について、それぞれTable I、IIに示した。

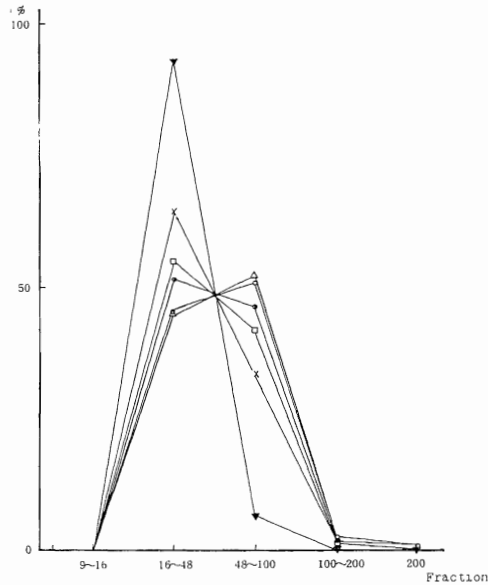


Fig.2 ふるい分けにおける試料分取量の影響  
試料：秋ヶ瀬、地点8  
分取量(g)：25(○)、60(△)、100(●)、200(□)、  
400(x)、900(▼)

Table I 秋ヶ瀬の粒度分布  
(単位%)

分画	9~16	16~48	48~100	100~200	200<	備考
1	—	1.3	26.3	56.7	15.6	Muddy
2	—	1.5	53.1	24.3	21.0	Muddy
3	—	6.3	77.1	12.7	4.0	Muddy
4	—	11.1	75.6	11.3	2.0	Sandy
5	—	40.9	56.2	2.1	0.72	Sandy
6	—	47.9	48.9	1.9	1.2	Sandy
7	—	39.8	56.1	2.5	1.6	Sandy
8	—	46.1	51.5	1.6	0.8	Sandy
9	—	51.3	45.2	2.4	1.0	Sandy
10	—	50.8	46.1	1.2	1.6	Sandy
11	—	33.1	49.7	9.9	5.8	Sandy
12	—	4.7	33.9	32.5	28.5	Muddy
13	—	23.3	32.0	24.3	20.1	Muddy
14	—	2.5	17.8	36.0	43.8	Muddy

Table II 久下橋の粒度分布  
(単位 %)

分画	9~16	16~ 48	48~ 100	100~ 200	200<	備 考
1	13.0	45.3	26.2	8.3	7.5	Muddy
2	11.6	72.7	12.5	2.3	0.9	Sandy
3	23.7	61.3	11.8	2.4	0.73	Sandy
4	44.2	74.2	20.3	0.91	0.43	Sandy
5	4.5	76.3	17.8	1.1	0.35	Sandy
6	4.0	66.2	27.0	2.1	0.61	Sandy
7	2.5	65.2	29.1	2.2	0.87	Sandy
8	0.75	52.2	43.3	3.0	0.75	Sandy
9	3.9	49.7	38.7	5.8	1.6	Sandy
10	7.3	44.6	39.5	6.8	1.7	Sandy
11	18.0	47.6	27.4	5.3	1.6	Sandy
12	1.5	11.7	44.8	29.2	12.8	Muddy

秋ヶ瀬では16メッシュ以下(粒子直径1mm以上)の分画はほとんどなかった。

性状で分類した砂質、泥質について、砂質は16~100メッシュ分画(粒子直径1~0.149mm)が優占であり、泥質は、100メッシュ以上(同0.149mm)が優占であった。

### 3.2 水分含有率と強熱減量

秋ヶ瀬、久下橋の結果を、それぞれ、上段に水分含有率、下段に強熱減量を、Table III、IVに示した。

Table III 秋ヶ瀬の試料分画の水分含有率と強熱減量

分画	9~16	16~ 48	48~ 100	100~ 200	200<	9<
1	--	5.8 22.1	1.8 3.48	1.4 2.79	2.8 5.75	1.8 3.59
2	--	1.2 3.70	0.8 1.85	1.4 2.63	4.7 6.04	1.7 2.27
3	--	0.67 1.45	0.55 1.39	0.50 1.41	2.0 4.42	0.70 1.57
4	--	0.42 1.39	0.37 1.29	0.16 0.59	1.2 3.84	0.59 1.35
5	--	0.46 1.35	0.32 1.27	0.30 1.18	2.5 6.90	0.66 1.22
6	--	0.32 1.36	0.26 1.33	0.16 1.11	2.62 5.89	0.55 1.25
7	--	0.39 1.46	0.35 1.36	0.40 1.92	1.9 6.38	1.2 1.36
8	--	0.43 1.18	0.42 1.10	0.23 0.70	2.0 5.42	0.46 1.14
9	--	0.40 1.21	0.29 1.23	0.21 0.92	1.4 4.63	0.44 1.16
10	--	0.48 1.24	0.38 1.20	0.28 0.81	2.1 5.60	0.51 1.22
11	--	0.50 1.52	0.47 1.51	1.0 1.86	2.9 4.87	0.88 1.60
12	--	1.0 2.26	1.2 2.12	1.7 2.53	4.1 5.72	2.7 3.80
13	--	0.81 1.67	1.3 2.21	2.2 3.29	5.4 6.22	2.8 2.68
14	--	0.6 2.47	1.6 3.57	2.1 3.88	4.8 7.16	4.6 4.67

上段：水分含有率(%) 下段：強熱減量(%)

Table IV 久下橋の試料分画の水分含有率と強熱減量

分画	9~16	16~ 48	48~ 100	100~ 200	200<	9<
1	0.21 1.15	0.34 1.51	0.60 2.20	1.18 4.24	3.19 10.42	0.96 2.80
2	0.18 0.75	0.27 1.13	0.50 1.60	0.73 5.16	1.78 7.40	0.35 1.29
3	0.18 0.81	0.23 1.12	0.53 1.96	0.64 2.50	1.27 6.73	0.35 1.21
4	0.21 1.11	0.41 1.19	0.63 1.63	0.67 2.57	1.54 5.52	0.47 1.50
5	0.31 0.90	0.46 1.24	0.66 1.56	1.03 2.77	1.59 6.43	0.65 1.36
6	0.17 0.96	0.26 1.25	0.54 1.65	0.56 2.29	1.31 5.82	0.44 1.46
7	0.22 1.09	0.36 1.36	0.53 1.66	0.64 2.18	1.49 5.70	0.58 1.48
8	0.16 1.10	0.41 1.35	0.62 1.54	0.69 2.22	1.62 5.78	0.60 1.52
9	0.18 0.80	0.37 1.32	0.60 1.61	0.66 2.12	1.24 4.44	0.57 1.69
10	0.62 0.94	0.18 1.32	0.34 1.79	0.72 2.12	0.54 5.44	1.54 1.52
11	0.20 0.89	0.25 1.21	0.45 1.75	0.62 2.16	1.26 4.56	0.51 1.41
12	0.33 1.81	0.43 1.74	0.68 2.14	0.80 2.48	1.60 4.10	0.81 2.56

上段：水分含有率(%) 下段：強熱減量(%)

水分含有率は、秋ヶ瀬の試料では0.16~5.8%の範囲にある。16~48メッシュ(粒子直径1~0.297mm)、48~100メッシュ(同0.297~0.149mm)、100~200メッシュ(同0.149~0.074mm)、200メッシュ以上(同0.074mm以下)の平均は、それぞれ、0.96、0.72、0.86、2.88%であった。地点1の16~48メッシュ分画は、多量の植物片の混入により高い値を示した。地点1を除いた平均は0.59%であり、粒子が細くなるに従って水分含有率は大きくなる。

強熱減量は0.59~2.21%の範囲にあり、16~48、48~100、100~200、200メッシュ以上と9メッシュ以上の分画の平均は、3.16、1.77、1.83、5.63と2.07%であった。16~48メッシュ分画の地点1を除いた平均は1.71であり、水分含有率と同じ傾向を示す。ただし、100~200メッシュ分画は、地点4、8、9、10と低値を示すが、鉄の含有量が、それぞれ、2.27、2.25、1.56、1.63%であり、鉄が砂鉄として存在し、600℃の高温で酸化され、重量増加のためであると思われる。

久下橋については、結果をTable IVに示した。

水分含有率は、0.16~3.19%の範囲にあり、9~16、16~48、48~100、100~200、200

メッシュ以上分画の平均は、0.25、0.33、0.56、0.75、1.5%であり、粒子が細くなるに従って、水分含有率は増大する。

また、強熱減量は、9~16、16~48、48~100、100~200、200メッシュ以上の分画の平均値はそれぞれ、1.02、1.31、1.76、2.73、6.02%であり、水分含有率と同様の傾向を示す。

### 3.3 重金属について

各分画試料の分析結果をもとに、地点ごとに次式により算出値を求めた。

$$\text{算出値 (ppm, \%)} = \frac{\sum \text{分画の重金属濃度 (ppm, \%)} \times \text{その粒度分布 (\%)}}{100}$$

Fig.3、5、7、9に、重金属の算出値と分画の占め

る量を、地点ごとに棒グラフで示した。

また、「底質調査法とその解説」に示している9メッシュ以上の分画の分析値と上記の式により求めた算出値との相関を、Fig.4、6、8、10に示した。黒丸は秋ヶ瀬、白丸は久下橋を示す。回帰直線は、秋ヶ瀬と久下橋の全地点について求めた。回帰直線は、算出値と9メッシュ以上の分画の分析値が一致すれば、原点を通る傾き1の直線(図中に破線で示す。)となる。

秋ヶ瀬について、Table Vに分析元素別に各地点間分画ごとの平均値と変動係数を示した。全地点(W)、泥質(M)、砂質(S)について示した。泥質と砂質の区分はTable Iの備考に示してある。また16~48メッシュ分画のカッコ書きは地点1を除いた平均値、変動係数を示す。

Table V 秋ヶ瀬試料の各分画についてのFe、Pb、As、Cuの平均値と変動係数

Element Mesh		Fe		Pb		As		Cu	
		Mean (%)	C.V. (%)	Mean (ppm)	C.V. (%)	Mean (ppm)	C.V. (%)	Mean (ppm)	C.V. (%)
16 ~ 48	W	2.19* (1.99)	15.7** (9.7)	9.30 (8.15)	92.8 (52.2)	8.85 (6.83)	83.7 (47.7)	22.7 (17.7)	59.1 (37.2)
	M	2.58 (2.13)	43.1 (6.5)	13.50 (11.36)	92.1 (49.1)	13.65 (9.32)	80.4 (45.7)	34.2 (27.0)	80.8 (22.3)
	S	1.89	8.8	6.14	17.7	5.26	29.5	14.2	19.8
48 ~ 100	W	2.92	28.1	7.87	34.6	5.97	29.5	20.9	48.3
	M	2.48	2.97	9.95	29.9	7.42	13.5	29.1	39.6
	S	3.17	31.9	6.30	15.0	4.89	9.7	15.8	18.8
100 ~ 200	W	10.79	62.5	11.07	23.3	7.33	18.0	29.4	36.4
	M	4.58	51.1	12.32	29.0	7.41	13.5	34.5	41.2
	S	15.45	35.6	10.14	9.7	6.62	11.3	25.5	15.1
200 <	W	5.96	39.6	23.63	18.4	15.76	22.8	60.7	31.1
	M	4.57	51.1	25.62	18.1	18.21	22.7	67.3	41.7
	S	7.02	35.1	22.14	17.0	13.80	18.5	55.8	10.6
9 <	W	3.61	15.7	8.46	53.2	6.74	38.6	22.4	59.1
	M	3.68	15.9	12.31	37.5	9.03	27.3	33.6	41.5
	S	3.36	16.4	5.57	7.1	5.03	13.2	14.1	8.7

C.V.: 変動係数 W: 全地点(14) M: 泥質(6) S: 砂質(8)  
\* 地点1を除いた地点の平均値  
\*\* 地点1を除いた地点の変動係数

#### 3.3.1 鉄

底質中で、一番多く存在する重金属は鉄である。

Table Vに示したように秋ヶ瀬では、100~200メッシュ分画の鉄濃度の平均値は10.5%であり、また泥質(M)と砂質(S)の平均値は、それぞれ、4.5と

15.4%で、砂質の100~200メッシュに局在していることが明らかである。これは、砂質中に砂鉄状の鉄として存在しているものと思われる。また、200メッシュ以上の分画ではあまり差がなかった。

Fig.3から、地点4、8が他に較べて大きな値となっ

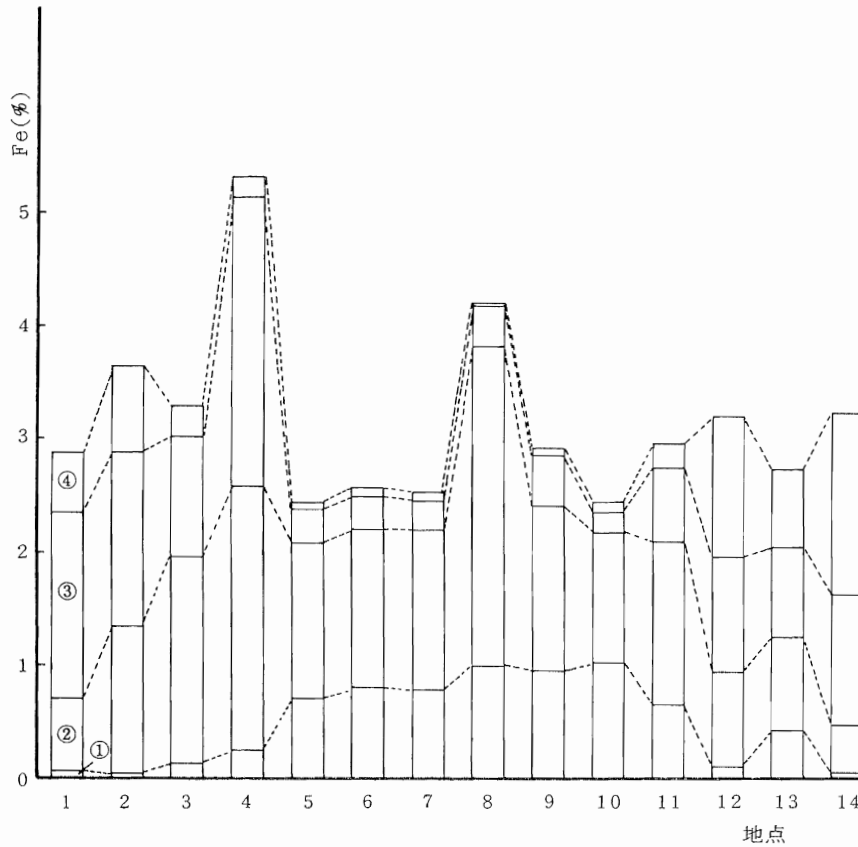


Fig.3 秋ヶ瀬の各地点の鉄の算出値

① 16～48 mesh    ② 48～100 mesh    ③ 100～200 mesh    ④ 200 mesh以上

ている。地点4では、100～200メッシュ分画の鉄濃度が高く、地点8では、48～100メッシュ分画の粒度分布が50%を超え、他の地点の分画よりも鉄濃度が高いことによる。他の地点での算出値は、ほぼ同じ値を示す。

久下橋では、秋ヶ瀬のように一つの分画に局在することではなく、粒子直径が小さくなるに従って鉄濃度は高くなる。

また、Fig.4から、秋ヶ瀬では9メッシュ以上の分画の鉄濃度が、計算により求めた算出値より高い値を示しばらつきも多い。久下橋では、9メッシュ以上の分画の鉄濃度と算出値は、ほぼ同じ値が得られ破線上に集まっている。これは、秋ヶ瀬の試料が、久下橋のものよりも一つの分画に局在しているために、秤量時の試料の分取によるばらつきが大きいと思われる。

### 3.3.2 鉛

秋ヶ瀬では、Fig.5に示したように流心部の算出値は 小さく、川岸部では大きい。

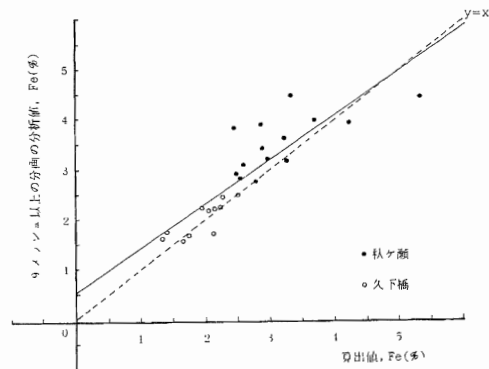


Fig.4 鉄の算出値と9メッシュ以上の分画の分析値との相関

$$y = 0.89x + 0.517 \quad (r = 0.85)$$

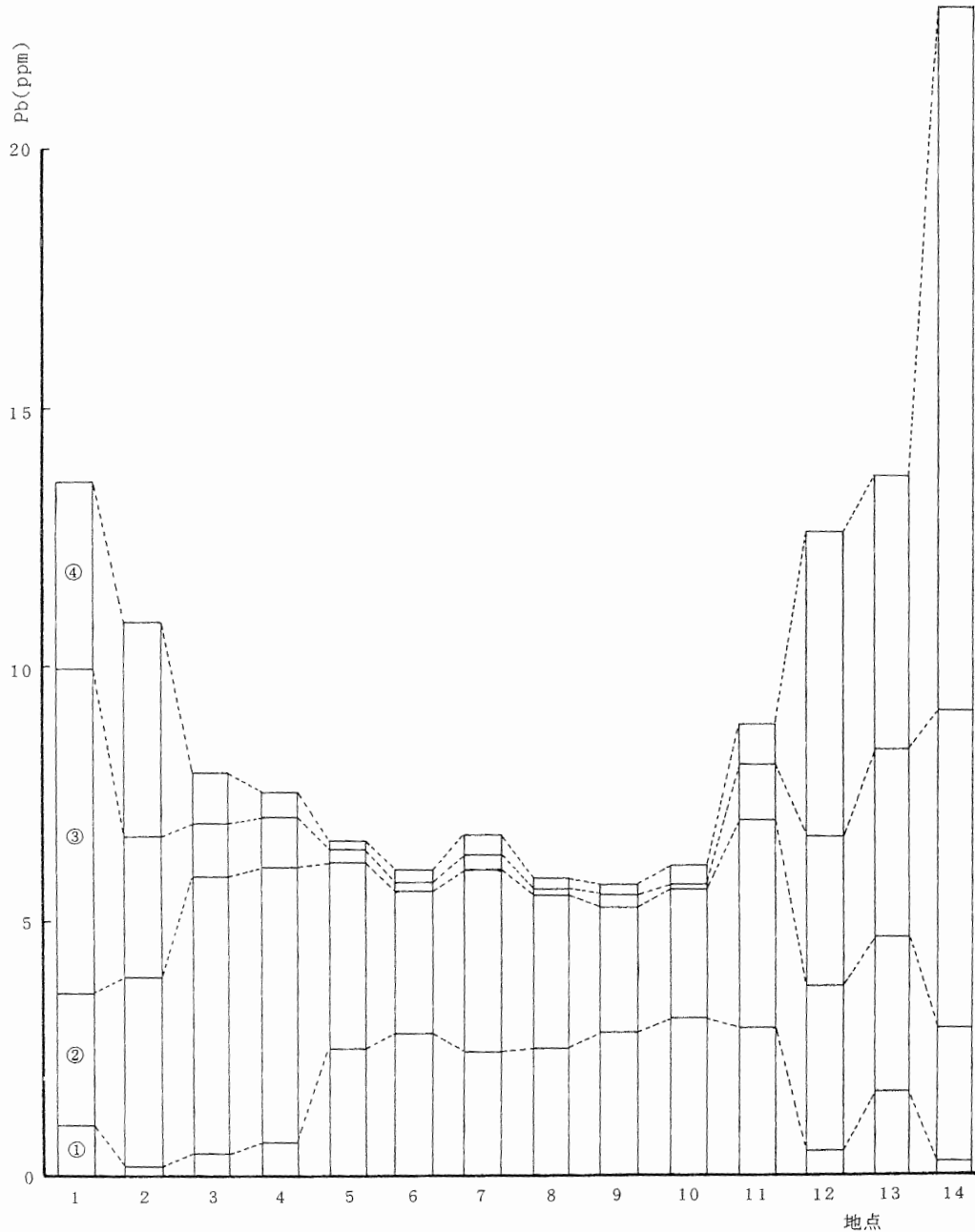


Fig.5 秋ヶ瀬の各地点の鉛の算出値

① 16~48 mesh    ② 48~100 mesh    ③ 100~200 mesh    ④ 200 mesh以上

これは、Table Vに示したように、粒子直径が小さくなるに従って平均値は大きくなる。粒子が、100メッシュ以上であれば平均値は、砂質も泥質も差はあまりない。川岸部の値が大きいのは、粒子直径の小さい分画

の占める割合が大きくなるためである。(Table I)

また、変動係数は泥質の地点間より、砂質の地点間の方が小さい。

久下橋も、川岸部が流心部よりも算出値が大きい。

Fig.6について、秋ヶ瀬では算出値が9メッシュ以上の分画の分析値よりも大きな値を示すが、久下橋では破線（原点を通る傾き1の直線）付近に点在し、算出値と分析値の一致がみられる。

秋ヶ瀬、久下橋の全地点の相関は、0.95とよい結果を示している。

Fig.4とFig.6から、秋ヶ瀬の鉛は鉄と異なった挙動を示している。鉄は算出値が9メッシュ以上の分画の分析値より小さい。鉛はその逆である。同一の分解液を用いたので、鉄が鉛の抽出や原子吸光法による定量時において影響するものと思われる。

### 3.3.3 ヒ素

ヒ素は他の重金属と異なり、硫酸と硝酸を用いて分解しているので、秤量時の試料分取について、他と同一ではない。

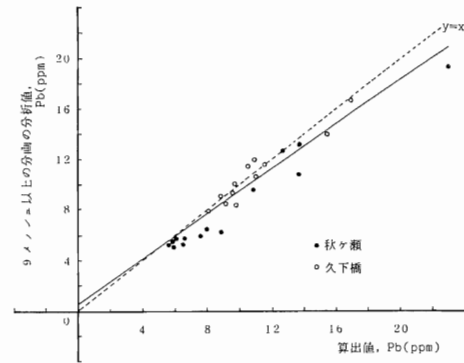


Fig.6 鉛の算出値と9メッシュ以上の分画の分析値との相関

$$y = 0.89x + 0.259 \quad (r = 0.95)$$

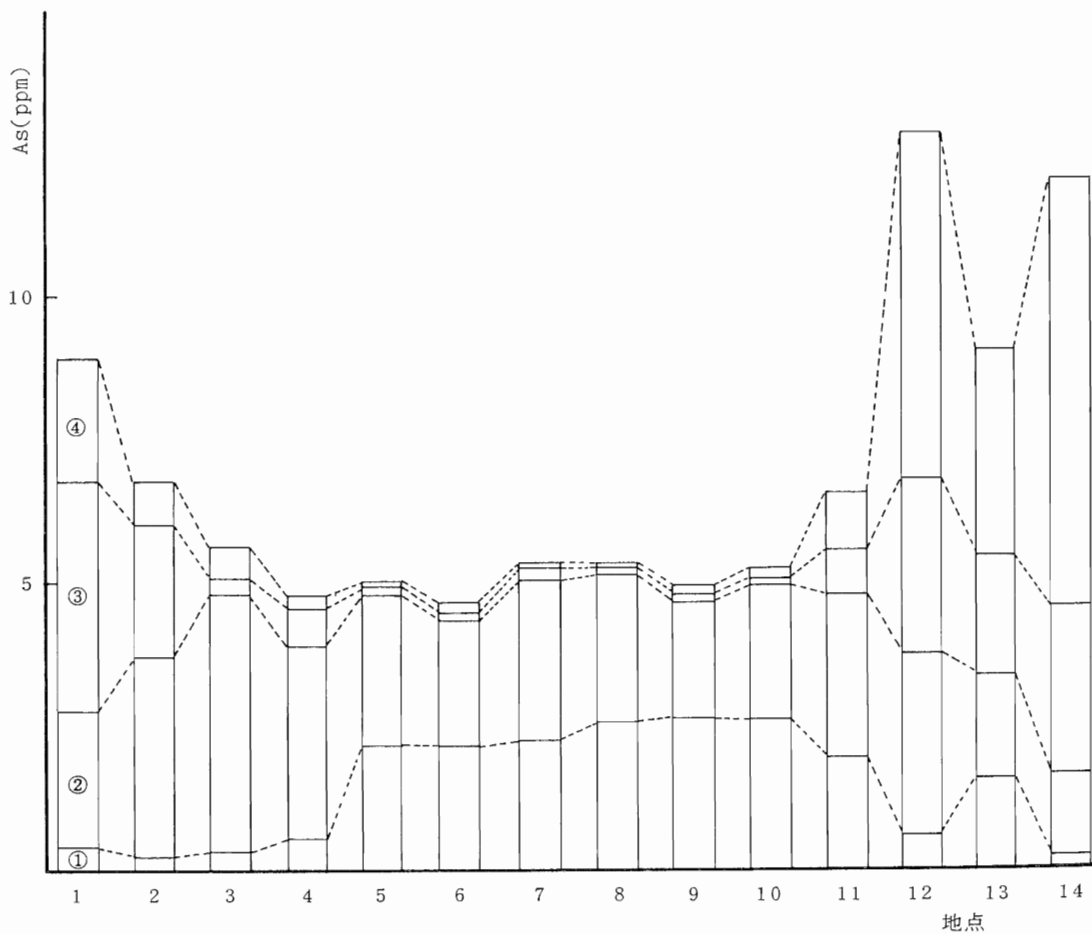


Fig.7 秋ヶ瀬の各地点のヒ素の算出値

① 16～48 mesh    ② 48～100 mesh    ③ 100～200 mesh    ④ 200 mesh以上

Fig.7に、秋ヶ瀬の算出値とその分画の存在量を示した。鉛と同様に川岸部で算出値は大きく、流心部で小さい。流心部では、分画の存在量はほぼ一定であるが、川岸部では異なる。

Table Vに示すように、性状から分類した砂質と泥質の平均値は、どの分画も泥質の方が大きい。変動係数は泥質より砂質の方が小さく、地点間の変動は小さい。

久下橋では、図や表に示していないが、川岸部での算出値は流心部の値よりも大きい。秋ヶ瀬と同じ挙動を示す。Fig.8に計算から求めた算出値と9メッシュ以上の分画の分析値との関係を示した。相関係数  $r=0.95$  と相関性があり、回帰直線からの算出値は9メッシュ以上の分画の分析値よりも大きい。

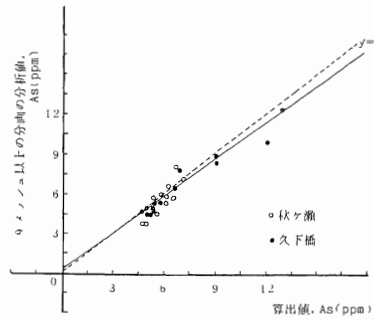


Fig.8 ヒ素の算出値と9メッシュ以上の分画の分析値との相関

$$y = 0.91x + 0.326 \quad (r = 0.95)$$

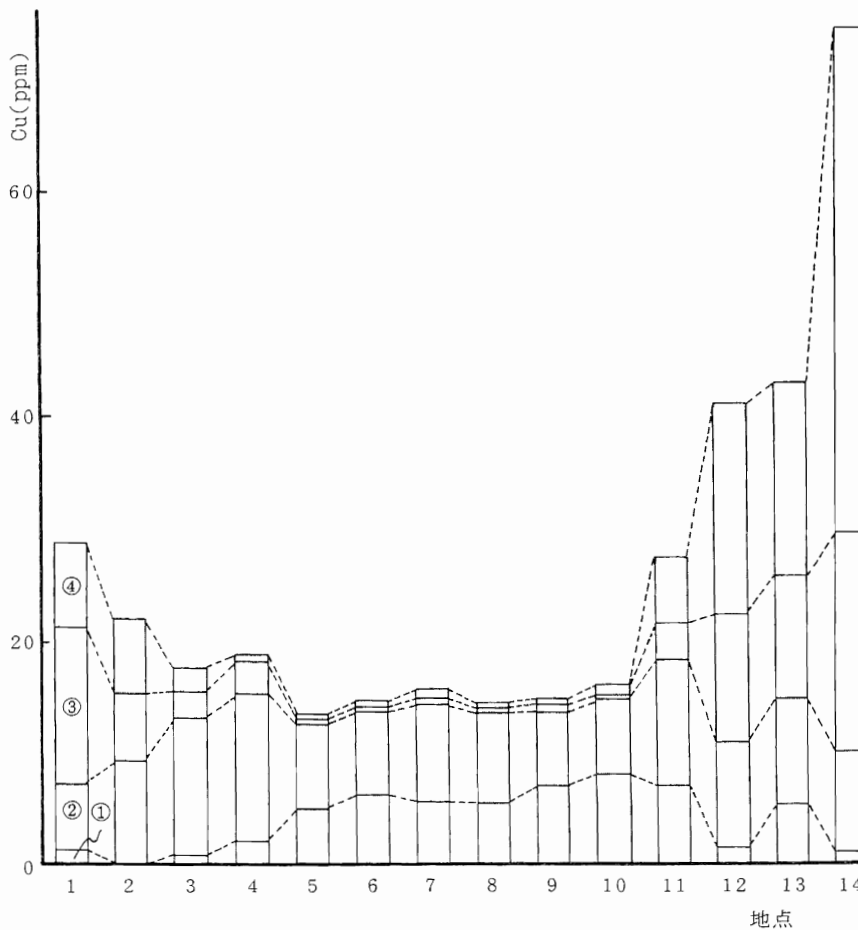


Fig.9 秋ヶ瀬の各地点の銅の算出値

① 16 ~ 48 mesh    ② 48 ~ 100 mesh    ③ 100 ~ 200 mesh    ④ 200 mesh 以上



### 3.3.4 銅

前述の鉛やヒ素と同様な挙動を示し、流心部での算出値は小さく、川岸部で大きい。(Fig.9)

秋ヶ瀬の試料について、分画ごとの地点間の平均値と変動係数をTable Vに示す。

銅濃度は、砂質より泥質の方が大きく、粒子直径が小さくなるに従って大きくなる。16~48メッシュ分画において地点1を除く平均値、変動係数をカノコ内に示した。平均値と変動係数とも小さくなっている。植物片の混入により地点1は、他の地点と明らかに異なった組成を示している。

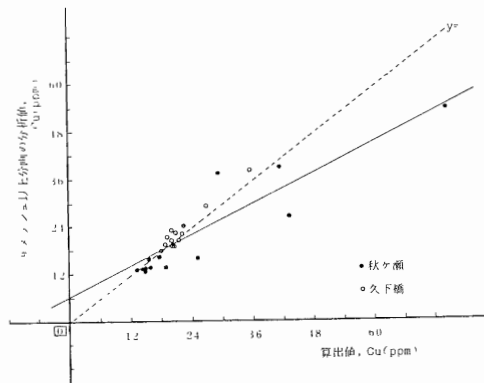


Fig.10 銅の算出値と9メッシュ以上分画の分析値との相関

$$y = 0.67x + 0.67 \quad (r = 0.88)$$

Fig.10に、銅の算出値と9メッシュ以上の分画の分析値との相関を求めた。9メッシュ以上の分析値は、算出値より低値を与える。秋ヶ瀬の試料は、久下橋に比較してばらつきが大きい。久下橋の試料は、破線付近に点在している。鉛同様鉄の濃度に強く影響されているものと思われる。

### 4 まとめ

考察についてまとめると、

(1) ふるい分けは、分取量を50gを限度とする。それ以上の分取量では目づまりをおこす。(Fig.2)

(2) 鉄について、秋ヶ瀬では、砂質と泥質という区分で異なった挙動を示す。砂質では、砂鉄状で局在する地点があり、泥質では、粒子直径が小さくなるに従って、鉄濃度が増大している。久下橋では、秋ヶ瀬の泥質と同様の挙動を示す。(Fig.3、4、Table V)

(3) 鉛・銅・ヒ素は、同様の挙動を示し、流心部(砂質)は低濃度で、川岸部(泥質)で高濃度であった。粒子直径が小さくなるに従って、金属濃度は増加する。

(4) 試料採取時の外見の様相(すなわち、泥質、砂質や粘土質など)によって、粒度分布や金属濃度は大きく左右される。

(5) 砂質と泥質の変動係数を比較すると、砂質は泥質よりも小さい。(Table V)

以上、述べたまとめは、秋ヶ瀬、久下橋についてのみ考察にとどまった。今後、工場排水の流入する河川や生活雑排水の流入する河川についても研究する必要があると思う。

また、重金属の定量法の改良や主成分分析により、底質の起原を知ることにより、バックグラントを求め、人為的汚染の度合を知る必要がある。

### 参考文献

- 1) 埼玉県公害センター年報 163(1976) 43~46
- 2) 鎗田, 小林他, 千葉県水質保全研究所研究報告 第5号(1978) 11~25
- 3) 山県他, 公衆衛生院研究報告 20(1971) 170~186
- 4) 環境庁水質管理課編, 「底質調査方法とその解説」 日本環境測定分析協会(1975)