

## 底質調査における粒度試験の意義\*

菊池 正行\*\*・佐竹 武典\*\*  
関 敏彦\*\*・角田 行\*\*

### 1. はじめに

現在、河川、海域などの水質調査が各地で行なわれているが、これらのデータは、連続測定を行わないかぎり瞬時の情報であり、長期間における水質を代表しているデータとして取り扱うことは不可能である。

そこで、最近、河川における長期的水質汚濁を把握する目的で、底生動物や付着藻類を指標とした調査が行われている<sup>1-3)</sup>。これらは、川底に生息する昆虫や藻類の種類と個体数に着目し、間接的に有機汚濁などを推定するものである。

これらと同様に、長期間の水質汚染の履歴を反映すると考えられるのが、河川および海域の底質である。

底質は、長期間にわたる水中の汚染物質を堆積と吸着作用により、蓄積していると考えられる。

しかし、底質のデータを用いて長期間の水質の状態を推測し、他の水域や流域との比較を行うためには、それぞれの底質の各物質に対する吸着力を把握し考慮する必要がある<sup>4)</sup>。底質の吸着力は、吸着媒体である粘土鉱物の種類と量、さらに腐植（有機物が化学的および微生物的に変成、縮合、重合し黒褐色化したもの）成分の質および量にも影響されることから、底質組成の違いにより著しく異なることが予想される<sup>5-6)</sup>。

これらのことから、各底質ごとおよび各物質ごとの吸着力を求める必要が生じるが、非常に複雑な試験を行わなければならない。

そこで、土粒子の粒径分布と粘土鉱物の量が把握できる粒度試験を行い、その結果の指標性について、予備的検討を行ったので報告する。

### 2. 調査方法

#### 2・1 採取試料

仙台市内の河川 12 地点および海域 5 地点において、

合計 17 件の底質を採取した。

#### 2・2 調査項目

pH (H<sub>2</sub>O), pH (KCl), COD, 大腸菌群数, ヘキサン抽出物質, カドミウム, 鉛, ひ素, 総水銀, クロム, 総リン, 硫化物, 総窒素, 強熱減量, 土粒子の比重および粒度試験を行った。

なお、粒度試験の結果より、特に吸着の指標性が高いと考えられる粘土分（粒径 0.005 mm 以下）、74 ミクロンふるい通過百分率、60% 粒径および 10% 粒径を算出した。

#### 2・3 分析方法

土粒子の比重は、JIS-A-1202<sup>7)</sup>、粒度試験は、JIS-A-1204<sup>8)</sup> に準じた。

他の項目は、底質調査方法とその解説<sup>9)</sup>および土壌養分分析法<sup>10)</sup>に準じた。

### 3. 結果および考察

各分析結果の平均、標準偏差、CV%および最小最大値を表 1 に示した。

各分析結果と粘土分、74 ミクロンふるい通過百分率、60% 粒径、10% 粒径および土粒子の比重との相関性を中心に検討を行った。

#### 3・1 粘土分

吸着媒体の一つと考えられる粘土鉱物の含有率を示す粘土分との相関性は、

総リン	0.91
ヘキサン抽出物質	0.83
COD	0.77
総窒素	0.75

と、それぞれ高い正相関性（危険率 1% で有意）を示した。最も相関係数が高い総リンとの相関図を図 1

\* Significance of Grain-Size Analysis of Sediments

\*\* Masayuki KIKUCHI, Takenori SATAKE, Toshihiko SEKI, Akira TSUNODA (仙台市衛生試験所) Sendai Municipal Institute of Public Health

表1 平均、標準偏差、CV%および最小最大値

		算術平均	標準偏差	CV%	最小値	最大値
PH	KCl	6.65	0.80	12	5.3	7.8
	H <sub>2</sub> O	7.42	0.49	6.6	6.5	8.0
COD	mg/kg	13,202	15,495	117	1,450	64,400
大腸菌群数	個/ml	$4.5 \times 10^5$	$6.6 \times 10^5$	146	$3.3 \times 10^2$	$2.2 \times 10^6$
ヘキサン抽出物質	mg/kg	949	1,033	109	72	3,990
総窒素	々	1,020	1,200	117	45	4,000
総リン	々	637	624	98	139	2,750
カドミウム	々	0.28	0.24	86	0.02	0.70
鉛	々	16.9	12.5	74	2.5	40.2
ひ素	々	8.31	7.69	93	0.7	20.8
総水銀	々	0.12	0.11	93	0.01	0.32
クロム	々	23.8	9.3	39	10	36
硫化物	々	164	189	116	<10	721
水分	々	43.1	19.1	44	15.8	74.1
強熱減量	%	6.4	4.8	75	1.1	14.1
粘土分	々	6.5	7.7	118	0.3	32.1
74μmふるい通過百分率	%	41.5	36.4	88	2.8	96.8
60%粒径	mm	0.229	0.225	94	0.0101	0.8067
10%粒径	々	0.059	0.089	150	0.0005	0.317
土粒子の比重		2.55	0.134	5.3	2.24	2.72

※不等号(<)は、定量限界値未満を示す。

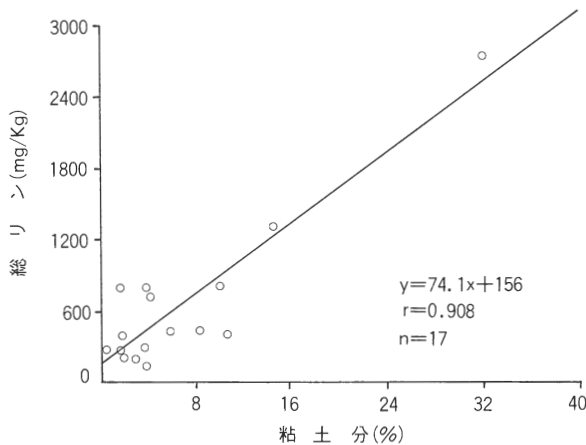


図1 粘土分と総リンとの相関性

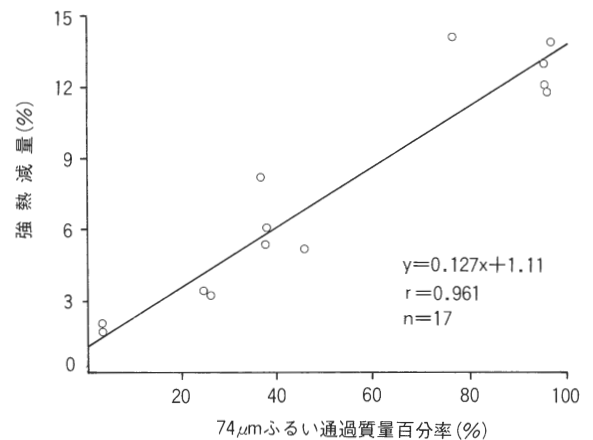


図2 74μmふるい通過質量百分率と強熱減量との相関性

に示した。

粘土分と金属との相関性を予測していたが、高い相関性は認められなかった。金属の吸着には、他の要因が大きく影響しているものと考えられる。

総リンとの相関性が特に高く、顕著な吸着傾向が認められた。このことは、日本が火山国であり粘土鉱物として特にアロフェンが多く、これが吸着媒体となっていると考えられる。

アロフェンは、鉄とアルミニウムからなる粘土鉱物で、著しいリンの吸着容量をもっていることによるものである<sup>5)11)12)</sup>。

### 3・2 74ミクロンふるい通過質量百分率

粘土とシルトの総和量である74ミクロンふるい通過質量百分率と各分析結果との相関性では、

強熱減量	0.96
ひ素	0.91
総水銀	0.86
鉛	0.82
カドミウム	0.79

と金属を中心に高い正相関性(危険率1%で有意)を示した。最も相関係数が高い強熱減量との相関図を図2に示した。

このことは、単にシルト分(0.005~0.074mm)と

の関係のみでなく、強熱減量と74ミクロンふるい通過質量百分率が0.96と非常に高い相関性を示していることから、腐植とシルトの関係が強く関与しているものと考えられる。

3・3 60% 粒径

60% 粒径とは、小粒径側からの加積百分率が60%にあたる比較的大粒径組成部の粒径を示すもので、土粒子の粒径の構成が、大小いずれかに傾いているかの目安である。

各分析結果との相関では、

強熱減量	- 0.81
カドミウム	- 0.79
総水銀	- 0.76
鉛	- 0.75
ひ素	- 0.70

と、それぞれ高い負の相関性（危険率1%で有意）を示し、74ミクロンふるい通過質量百分率とほぼ同様の傾向が認められた。このことは、土粒子の径が小さいほど金属の吸着力が大きくなることを示している。

さらに、強熱減量との相関性も高いことから、腐植との関連性も大きいと考えられる。

最も相関係数が高い強熱減量との相関図を図3に示した。

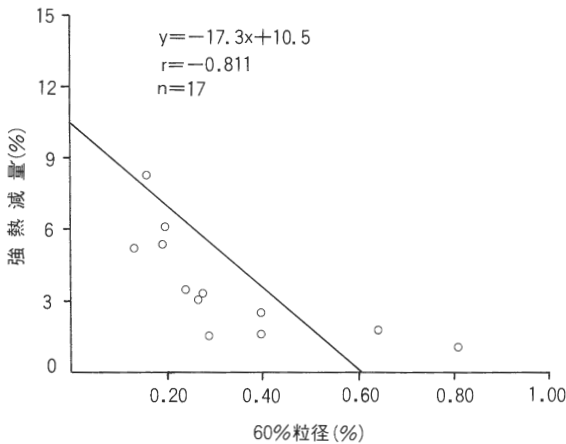


図3 60% 粒径と強熱減量との相関性

3・4 10% 粒径

10% 粒径は、小粒径組成からの加積百分率が10%の部分の粒径を示すものであり、比較的小さい部分の粒径の傾きを示すものである。

各分析結果との相関性では、

鉛	- 0.63
クロム	- 0.63
強熱減量	- 0.62

カドミウム	- 0.61
総水銀	- 0.60

と、他の粒度試験の結果との相関性より低い相関ではあったが、それぞれ負の相関性（危険率1%で有意）を示し、60% 粒径と同様に、小粒径ほど吸着が顕著であることを示した。

3・5 土粒子の比重

土粒子の比重は、粒度の算出に必要な値である。

各分析結果との相関性では、

ヘキサン抽出物質	- 0.87
カドミウム	- 0.83
C O D	- 0.82
総水銀	- 0.81
強熱減量	- 0.81
総リン	- 0.80
鉛	- 0.72

と、それぞれ高い負の相関性（危険率1%で有意）を示した。最も相関係数が高いヘキサン抽出物質との相関図を図4に示した。

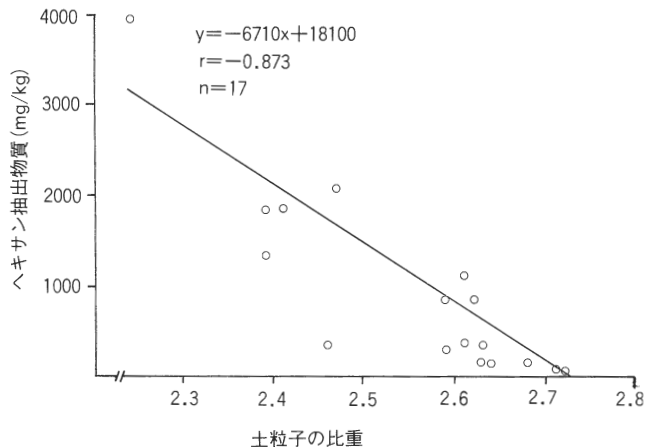


図4 土粒子の比重とヘキサン抽出物質との相関性

土粒子の比重は、鉱物の種類と腐植の含有率などにより変化する。鉱物の比重は、軽い正長石で2.5~2.6、重い磁鉄鉱で5.2である。一方、腐植などの有機物の比重は、1.2~1.7程度である<sup>6)</sup>。

したがって、底質中の腐植含有量が大きいほど比重は小さくなる。そこで、土粒子の比重と高い負の相関性を示すことは、有機物と高い正相関性を示すことになる。このことは、CODおよび強熱減量との相関性が-0.87と-0.81で非常に高いことから確認できる。

3・6 重金属の吸着

今回、重金属として、カドミウム、鉛、ひ素、総水銀およびクロムの分析を行ったが、粘土分および土粒

子の比重との関係などにおいて、粘土鉱物より腐植の吸着性の方が大きい傾向を示した。

そこで、腐植（有機物）の量の指標として取り扱うことが可能な COD および強熱減量と各重金属との関係について検討を行った。

COD と各重金属との相関性では、

総水銀	0.70
ひ素	0.68
カドミウム	0.62

と、高い正相関性（危険率 1% で有意）を示した。最も高い相関係数が得られた COD と総水銀の相関図を図 5 に示した。

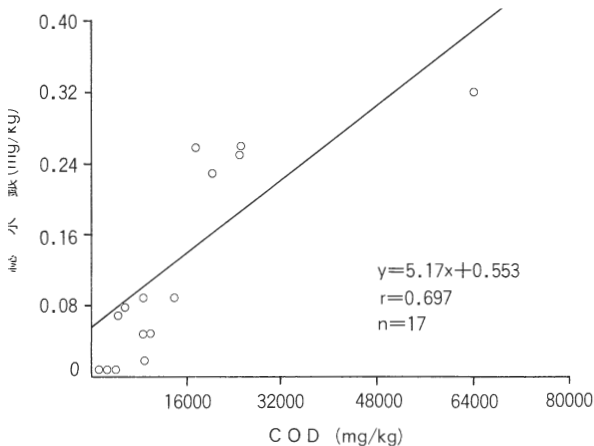


図 5 COD と総水銀との相関性

また、強熱減量と各金属の相関性では、

総水銀	0.94
ひ素	0.89
鉛	0.88
カドミウム	0.87

と、特に高い正の相関性（危険率 1% で有意）を示した。

これらのことから、カドミウム、鉛、ひ素および総水銀は、粘土鉱物の吸着性よりも腐植の吸着性が大きく関与していると考えられる。

最も高い相関性を示した強熱減量と総水銀の相関図を図 6 に示した。一方、クロムは、他の貴金属と異なる吸着傾向を示した。

粘土分、74 ミクロンふるい通過質量百分率、60% 粒径および土粒子の比重との相関性では、

60% 粒径	- 0.65
土粒子の比重	- 0.58
74 ミクロンふるい通過質量百分率	0.56
粘土分	0.55

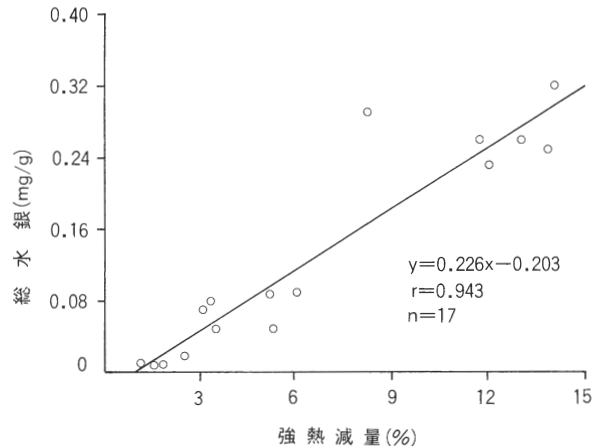


図 6 強熱減量と総水銀との相関性

と、他の重金属より低い相関性を示した。

また、COD および強熱減量においても、

強熱減量	0.61
C O D	0.49

と、低い相関性を示した。

このことは、クロムの分析方法が、アルカリ溶融法であり、土粒子の表面に吸着するクロムに加え、砂れきや粘土鉱物中のクロムまでも分析するものであり、他の重金属のとは異なる方法で分析されたことによる差異と考えられる。

#### 4. ま と め

海域や河川の底質調査において、水質汚染の履歴を把握し、他の水域や流域との比較を行うためには、それぞれの底質に対する吸着力を考慮する必要がある。そこで、粒度試験および土粒子の比重試験の結果の指標性について、予備的検討を行った。

粘土分は、総リン、ヘキサン抽出物質、COD および総窒素と 0.91 ~ 0.75 の高い正相関性を示した。

74 ミクロンふるい通過質量百分率は、強熱減量、ひ素、総水銀、鉛およびカドミウムと 0.96 ~ 0.79 の高い正相関性を示した。60% 粒径は、強熱減量、カドミウム、鉛、総水銀およびひ素と - 0.81 ~ - 0.70 の高い負の相関性を示した。

有機物との関連が大きい土粒子の比重は、ヘキサン抽出物質、カドミウム、COD、総水銀、強熱減量、総リンおよび鉛と - 0.87 ~ 0.72 の高い負の相関性を示した。

以上のことから、底質中の汚染物質などの含有量は、粒度および有機物組成に大きく影響されることが確認され、粒度試験および土粒子の比重試験結果の指標性が高い結果が得られた。

今回は、試料数が17件と少ないことから、河川と海域のデータを混合し解析を行ったが、各物質の挙動が異なることが考えられる。したがって、今後のデータの蓄積を待ち、河川と海域のデータを分離し検討を行いたい。

#### —引用文献—

- 1) 平山南見子, 松尾清孝, 山田茂, 福嶋悟: 多摩川及び鶴見川水系の付着藻類植生と底生動物相による水質の調査研究。日本水処理生物学会誌, Vol. 17, No. 2, pp. 16-25, 1981.
- 2) 田口早智子, 菅野猛, 佐竹武典, 関敏彦: 広瀬川の水質調査(第2報), 仙台市衛生試験所報。No. 14, pp. 375-380, 1984.
- 3) 菅野猛, 田口早智子, 佐竹武典, 関敏彦: 広瀬川の水質調査(第3報), 仙台市衛生試験所報。No. 14, pp. 381-389, 1984.
- 4) 菊池正行, 竹内公江, 石井鉄雄, 田口早智子, 菅野猛, 佐竹武典, 結城幸雄, 桜井三弥, 横堀満雄, 関敏彦, 角田行, 佐々木政光, 国井清: 河川, 海域および湖沼の底質調査, 仙台市衛生試験所報, No. 14, pp. 392-395, 1984.
- 5) 日本土壤肥料学会編「土壤の吸着現象」p. 6, 博友社, 東京, 1985.
- 6) 川口桂三郎, 熊田恭一, 青峰重範, 古坂澄石, 佐々木清一, 高井康雄, 山根一郎, 船引真吾「土壤学」p. 105, p. 92, 朝倉書店, 東京, 1965.
- 7) 日本規格協会「土粒子の比重試験方法」JIS-A1202, 東京, 1975.
- 8) 日本規格協会「土の粒度試験方法」JIS-A-1204, 東京, 1980.
- 9) 環境庁水質保全水質管理課編「底質調査法とその解説」日本環境測定分析協会, 東京, 1983.
- 10) 土壤養分測定法委員会「土壤養分分析法」養賢堂, 東京, 1973.
- 11) 高橋英一, 谷沢田道彦, 大平幸次, 原田登五郎, 山田芳雄, 田中明「作物栄養学」p. 103, p. 119, 朝倉書店, 東京, 1969.
- 12) 奥田東「土壤肥料総説」p. 65, 養賢堂, 東京, 1969.