＜論 文＞

河川底質の粒度分布について(Ⅱ)

—河川底質の粒度分布の規則性—

Particle Size Distribution of River Sediments (Ⅱ),
—Regularity of Particle Size Distribution of River Sediments—下 川 洪 平*・高 田 英 明*・渡 辺 憲 人*
Kohei SHIMOKAWA Hideaki TAKADA Norito WATANABE安 田 裕*・小 瀬 洋 喜**
Yutaka YASUDA Youki OSE

Abstract

The suitability of particle size distribution of river sediments for Rosin-Rammler equation, Gaudin-Schuhmann equation, Roller equation, normal distribution, log-normal distribution and square-root-normal distribution was studied.

The particle size distribution of river sediments was generally fitted to Rosin-Rammler equation, log-normal distribution and square-root-normal distribution, and Rosin-Rammler equation was most excellent among them. On the other hand, suitability for normal distribution, Gaudin-Schuhmann equation and Roller equation was poor.

Therefore it was recognized that particle size distribution could be calculated by using Rosin-Rammler equation in detail.

1. 緒 言

前報¹⁾において著者らは、河川底質の粒度分布が湿式ふるい法と比重計法の併用により測定可能であることを報告した。一般に環境保全の見地から、河川底質の粒度分布を調査するさい、試料数が多くなるうえ短時間に測定結果を要求される場合が多い。ところが湿式ふるい法、比重計法、アンドレアゼンピペット法等により、多数の試料について正確な粒度分布を短時間に測定することは、実際上困難である。もし河川底質の粒度分布が特定の数式で表わされるとすれば、少ない実測値より粒度分布の外挿並びに比表面積²⁾の算出が可能となる。

そこで著者らは、主に、粉体工学の分野において粒度分布を表現するために多用されている Rosin-Rammler 式、Gaudin-Schuhmann 式、Roller 式、正規分布、対数正規分布、平方根正規分布等³⁾ に対する河川底質の粒

度分布の適合性について検討し、若干の知見を得たので報告する。

2. 調 査 方 法

2.1 試料の調整

前報¹⁾と同様の方法によった。なお粒度、性状の異なる種々の底質の粒度分布について検討するため、都市河川および大河川の中、下流部の底質に加えて、粒度のあらい上流部の底質を追加した。Table 1 に供試試料の性状を示す。

2.2 粒度分布の測定方法

河川底質の粒度分布は一般に広範囲にわたっているため、湿式ふるい法および比重計法を併用し、これを求めた

(1) 湿式ふるい法：日本薬学会協定衛生試験法に準じ

*岐阜県公害研究所 ☎500 岐阜市藪田 8 丁目58-2 Gifu Prefectural Research Institute for Environmental Pollution (Yabuta 8-58, Gifu City)

**岐阜薬科大学 ☎502 岐阜市三田洞東5-6-1 Gifu College of Pharmacy (Mitahorahigashi 5-6-1, Gifu City)

Table 1 Characteristics of river sediment samples

Sample	Description of sampling site	Appearance	Loss on ignition (%)	Median diameter (μ)
a	Small urban river	Mud	7.1	26
b	Small urban river	Mud	6.7	30
c	Lower course of main river	Mud	6.2	35
d	Middle course of main river	Silty sand	4.4	100
e	Middle course of main river	Silty sand	2.2	200
f	Upper course of main river	Sand	1.1	500

て行った。

(2) 比重計法：JIS A 1204の方法⁵⁾に準じて行った。

Fig. 1 Results of measurement of particle size distribution of river sediments

Fig. 2 Suitability for Rosin-Rammler equation of particle size distribution of river sediments

3. 結果および考察

粒度および性状の異なる a～f の底質について、湿式ふるい法および比重計法によって粒度分布を作成し、得られた粒度分布の規則性について検討した。検討に用いた底質の粒度分布をFig. 1に示す。

3.1 Rosin-Rammler 分布

河川底質の粒度における積算ふるい上%を R ，粒子径を D_p とするとき， R と D_p の関係が(1)式の Rosin-Rammler 式で示される場合，(1)式を2回対数をとることにより(2)式が導かれる。

$$R = 100 \exp(-b \cdot D_p^n) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\log \log \left(\frac{100}{R} \right) = n \log D_p + C \quad \dots\dots\dots (2)$$

Fig. 3 Suitability for Gaudin-Schuhmann equation of particle size distribution of river sediments

$$(C = \log b + \log \log e)$$

すなわち、Rosin-Rammler 分布に従うとすれば、 $\log \log \left(\frac{100}{R} \right)$ と $\log D_P$ との間に直線関係が成立することになる。

a ~ f の底質について $\log \log \left(\frac{100}{R} \right)$ と $\log D_P$ との関係を Fig. 2 に示す。その結果、中央粒子径が 100μ 以下の比較的細かい a, b, c, d, の底質については $\log \log \frac{100}{R}$ が $-1.0 \sim 0$ の範囲で直線となり、一方粒度の粗い e, f, の底質は約 $1.6 \sim 0$ の範囲で直線となった。すなわち、粒度の細かい底質および粗い底質に対して、R はそれぞれ $10 \sim 80\%$ 、 $10 \sim 90\%$ の範囲で直線性が認められた。したがって大部分の河川底質の粒度分布は、Rosin-Rammler 分布に従うものと考えられる。

3.2 Gaudin-Schuhmann 分布

Gaudin-Schuhmann 式における R と D_P の関係については(3)式で示される。

$$R = C \cdot D_P^m \dots \dots \dots (3)$$

したがって、Gaudin-Schuhmann 分布に従うとすれば、 $\log R$ と $\log D_P$ との間に直線関係が成立する。

a ~ f の底質について、 $\log R$ と $\log D_P$ との関係を Fig. 3 示す。すべての底質について良好な直線性は認め

Fig. 4 Suitability for Roller equation of particle size distribution of river sediments

Fig. 5 Suitability for normal distribution of particle size distribution of river sediments

られず、河川底質の粒度分布に対して Gaudin-Schuhmann 式を適用することは困難と考えられる。

3.3 Roller 分布

Roller 式における積算ふるい下%をDとすると、D と D_P の関係は(4)式に示される。

$$D = a \cdot D_P^{1/2} \cdot \exp(-b/D_P) \dots \dots \dots (4)$$

また、(4)式を整理して(5)式を導くことができる。

$$\log(D/\sqrt{D_P}) = \log a - D/2,303 \times D_P \dots \dots \dots (5)$$

(5)式より Roller 分布に適合すれば、 $\log D/\sqrt{D_P}$ と $1/D_P$ の間に直線関係が成立する。a ~ f の底質について $\log D/\sqrt{D_P}$ と $1/D_P$ との関係を Fig. 4 に示す。その結果すべての底質について良好な直線関係は認められず、Gaudin-Schuhmann 分布と同様に河川底質に Roller 式を適用することは困難と考えられる。

3.4 正規分布

a ~ f の底質について正規確率紙に D_P および D の値をプロットした結果を Fig. 5 に示す。

すべての底質について、一見直線性は認められるものの、その成立範囲は粒度の粗い f 底質を除いてわずか約 40%にすぎない。したがって實際上、底質の粒度分布を

Fig. 6 Suitability for log-normal distribution of particle size distribution of river sediments

Fig. 7 Suitability for square-root-normal distribution of particle size distribution of river sediments

Table 2 Suitable range of particle size distribution of river sediments for diverse equations

Sample	Median diameter (μ)	Rosin-Rammler	Gaudin-Schuhmann	Roller	Normal distribution	Log-normal distribution	Square-root normal distribution
a	26	>75%	30~50%	<30%	<30%	>75%	50~75%
b	30	>75	<30	<30	30~50	30~50	>75
c	35	>75	<30	<30	<30	>75	30~50
d	100	>75	<30	<30	50~75	50~75	>75
e	200	>75	<30	<30	<30	>75	>75
f	500	>75	<30	<30	>75	>75	>75

外挿して求めることは困難と考えられる。

3.5 対数正規分布

a~fの底質について正規確率紙を用い、横軸に $\log D_p$ を縦軸に D をとり、それぞれの値をプロットした結果をFig. 6に示す。

粒度の異なる a~f の底質に対して、 D はほぼ20~90%の範囲で直線性が認められた。特に粒度の粗い e, f の底質では D が5%前後の粒度の細かい部分にまで直線性が認められた。したがって対数正規分布は、Rosin-Rammler式と同様に大部分の河川底質に対して適用できるものと考えられる。

3.6 平方根正規分布

正規確率紙の横軸に D_p の平方根を縦軸に D をとり、a~fの底質について $\sqrt{D_p}$ と D の値をプロットした結果をFig. 7に示す。

粒度の細かい a, b, c, d の底質については、 D は、15~85%の範囲で、また粒度の粗い e, f の底質については、 D は約5~90%の範囲で平方根正規分布に適合した。したがって、中央粒子径が約200 μ 以上の比較的粒度の粗い、上、中流部の河川底質の場合には、平方根正規分布が特によく適合するものと考えられる。

4. 結 論

粒度の異なる種々の河川底質について、湿式ふるい法および比重計法を併用して求めた粒度分布の、Rosin-Rammler 式、Gaudin-Schuhmann 式、Roller 式、正規分布、対数正規分布、平方根正規分布への適合性を検討した結果、Table 2 の知見を得た。すなわち、河川底質の粒度分布は Rosin-Rammler 式、対数正規分布、平方根正規分布により表現される。特に Rosin-Rammler 式への適合性は顕著であった。一方、正規分布、Gaudin-Schuhmann 式、Roller 式への適合性は殆んど認められなかった。したがって、水質汚濁を評価する一手段として、底質の粒度分布を測定する場合には、必ずしも多数のふるいと比重計を用いて正確に測定する必要はなく、適当なふるい3～4種類を用いて分級したのち、これら

の値を Rosin-Rammler 線図に図示することにより、ほぼ正確に粒度分布を推定できることが認められた。

(原稿受理：昭和54年9月1日)

一 引 用 文 献

- 1) 下川洪平, 高田英明, 安田 裕, 渡近憲人, 小瀬洋喜(1979), 河川底質の粒度分布について, 水質汚濁研究, 2(2), 85～89.
- 2) 亀井三郎(1961), 基礎化学工学, pp. 539, いずみ書房, 京都.
- 3) 井伊谷鋼一(1967), 粉体工学ハンドブック, pp. 12, 朝倉書店, 東京.
- 4) 日本薬学会衛生化学調査委員会(1976), 底質試験法衛生化学, 22(1), A-26～A32.
- 5) JIS A 1204 (1976), 土の粒度試験方法.

新

刊

都 留 信 也 編 著

紹

介

「環境と微生物」

近年、産業の著しい発展と、人口の都市部への集中とが相伴って、種々の廃棄物が多量に環境中に排出された。その結果、湖沼・河川・内湾の汚濁が著しく進行し、赤潮、水の華の大量発生をみるにいたり、大きな社会問題となった。

環境浄化のためには、排水ならびに廃棄物を完全に処理したりあるいは再利用する必要がある。排水ならびに廃棄物の処理方法としては、物理的・化学的・生物的処理ならびに焼却処理等があげられるが、省エネルギーの時代でもあり、最大限に自然の浄化能を利用することが最も有利と考えられる。この自然の環境浄化能を担っているのが微生物である。これまでに微生物学といえば、医学、農学、薬学、理学の分野でその目的に応じて研究がなされてきた。しかし環境に関する微生物学は、これらのいずれの分野とも深いつながりを持つ境界領域の分野であるため、それだけ幅広い知識が要求される。わが国における微生物生態学的研究はいろいろとなされているが、環境問題に関する微生物の研究の歴史は浅く、したがって体系的成書もきわめて少ない。本書は、環境微生物学という新しい分野での、初めての体系的成書といえよう。

本書は、まず廃水処理についてふれているが、生物処理は多くの微生物が関与する混合培養系であるため、操作条件を適切に選択することにより、種々の微生物の機能を引き出すことが可能である。しかしながら、これま

で関与する微生物の相互作用については、まったくいってよいほど不明であったが、この混とんとした分野にメスを加え、厚いベールをはがした。このことは経験がものをいう生物処理の分野に、理論的裏付けを明らかにしたことで、この分野にたずさわっている人にとって大きな力となろう。さらに処理の評価方法についても言及している。第2章では土壌による環境浄化についてふれている。土壌1g中には、約1億ひきの微生物がいるといわれ、これらの微生物の分解力を利用して環境浄化を行うことは非常に有利である。廃棄物の土壌還元は、廃棄物を処理すると同時に肥料として利用することが可能なため、現在大いに注目をあびている。著者は、土壌還元の方法さらに廃棄物および農薬等の存在により土壌微生物の生態がどのように変化するかについても詳細に述べている。最後の章では、病原性微生物の環境中での挙動、さらに生物による環境汚染の評価方法についてもふれている。

本書は以上述べたように、幅広い内容を含むと同時に環境浄化に関する種々の問題点を深く掘り下げ、かつこれらをやさしく解説している。本書は、水質汚濁に取り組んでいる専門家にとって必読の書であると同時に、微生物学および生態学に興味ある人たちにはぜひすすみたい書である。

(共立出版, 54年6月刊, 265頁, 2,500円)
(紹介者 国立公害研究所 矢 木 修 身)