〈論 文〉

河川底質の粒度分布について (I)

—底質の粒度分布測定法の比較—

Particle Size Distribution of River Sediments (I),

—Comparison of Some Methods for Measuring Particle Size Distribution of River Sediments—

下 川 洪 平*・高 田 英 明*・安 田 裕*
Kohei SHIMOKAWA Hideaki TAKADA Yutaka YASUDA渡 辺 憲 人*・小 瀬 洋 喜**
Norito WATANABE Youki OSE

Abstract

Application of the methods by wet sieve, hydrometer and Andreasen pipette was studied to measurement of particle size distribution of river sediments. The three methods were confirmed to be applicable by the experiment using standard and river sediment samples, and the values measured by the three methods were in fair agreement with each other in the range of 60 to 110 microns. In the subsieve range, hydrometer and Andreasen pipette methods were in good agreement and were found very useful to measurement of fine particles.

1. 緒 言

河川、湖沼、海洋等の底質は、一般に永年にわたる水質汚濁の履歴を保持し易いという特性から、しばしば調査の対象とされ、また特に底質中の重金属は微細粒子区分に集中的に存在しているため、底質の粒度分布の測定は、重金属類の分析と並行して行われる場合が多い。

しかし、底質の粒度分布の測定法についての報告¹⁾²⁾は少なく、標準試験法としては、日本薬学会協定衛生試験法(以下衛生試験法と略記)の中に湿式ふるい法²⁾が示されているにすぎない。しかしこの湿式ふるい法による場合には、目開きが2.0~0.053 mmのふるいを使用するため53 μ 以下の微細粒子の分級が出来ないという難点がある。従って大河川の中、下流部あるいは都市河川の底質のように微細な粒子を多く含む底質の粒度分布を測定することは困難な場合が多い。

著者らは、特殊な装置を使用することなく、かつ比較的短時間に微細粒子を多く含む底質の粒度分布を測定する方法として、土壌、粘土等の粒度分布測定法として採

用されている比重計法^{3)~5)}及び粉体工学の分野において多用されているアンドレアセンピペット法⁶⁾に着目し、湿式ふるい法並びにこれらの方法の底質試料に対する適用性について比較検討を行った。

2. 調査方法

2.1 試 料

(1) 標準試料

粒度分布既知の試料として、不規則形状の珪砂より成る試験用ダスト1種⁷⁾(中央粒子径190 μ)及び3種⁷⁾(中央粒子径8 μ)を重量比で1:1に混合し標準試料とした。標準試料の粒子径は0~297 μ の範囲にあり、その中央粒子径は約60 μ である。なお標準試料の粒度分布については、従来の河川底質の粒度分布の測定実績から比較的その分布が広範囲にわたるものが多いため、これを配慮して決定した。

(2) 河川底質試料

表層から深さ約20 cmまでの底質をエクマンページ型

*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 (%)
a	Middle course of main river	Sand	1.7
b	Middle course of main river	Silty sand	2.2
c	Lower course of main river	Silty sand	4.4
d	Lower course of main river	Mud	6.2
e	Small urban river	Mud	7.1
f	Small urban river	Mud	6.7

採泥器を用いて採取し、目開き2mmのふるいを通して試料について3000rpmで20分間遠心分離を行い、得られた沈殿物を底質試料とした。また、粒度及び性状の異なる種々の底質について検討を行う目的から、試料採取地点については、水質汚濁の著しい都市河川（水質類型E）及び水質汚濁の比較的に少ない大河川の中流部（水質類型A）、下流部（水質類型B）とした。なお採取した底質試料の性状についてはTable 1に示した。

2.2 粒度分布測定方法

(1) 湿式ふるい法

衛生試験法²⁾に準じて操作を行った。すなわち試料を湿潤の状態で50~100gを精秤したのち、JIS標準ふるい³⁾の目開き0.74mm, 0.59mm, 0.42mm, 0.21mm, 0.105mm及び0.063mmのものを用いて順次ふるい分けを行ない粒度分布を求めた。

(2) 比重計法

ヘキサメタリン酸ナトリウム0.05%を含む蒸留水に試料濃度が約2%となるように試料を加え、均一に分散させたのちJIS A 1204⁴⁾に準じて粒度分布を求めた。

(3) アンドレアゼンピペット法

ヘキサメタリン酸ナトリウム0.05%を含む蒸留水に試料濃度が約2%となるように試料を加え、均一に分散させたのち内容積590mlの標準型アンドレアゼンピペットを用い粒度分布を求めた。

なお比重計法及びアンドレアゼンピペット法による測定時に必要な試料の真比重の測定はルシヤテリエ比重瓶法⁵⁾により実測した。

3. 結果および考察

3.1 標準試料における比較

標準試料について湿式ふるい法、比重計法及びアンドレアゼンピペット法による測定結果をFig. 1に示す。また、湿式ふるい法、比重計法及びアンドレアゼンピペット法はそれぞれの適用粒子径範囲が異なるため、粒度

分布が広範囲にわたる試料について、全領域で上記3方法をそれぞれ単独に用いて測定することは原理的に困難である。そこでこれら3方法による測定値を比較するため、各方法にわたって測定可能な粒子径として105 μ を選定し、標準試料の105 μ における、ふるい下%を測定した結果をTable 2に示す。

上記実験結果から、湿式ふるい法の場合は、ふるい下75%付近の粒径の粗い部分で測定値は理論値とはほぼ一致したが、ふるい下50%付近では理論値と若干の差が認められた。一方、比重計法、アンドレアゼンピペット法の場合は、どちらの測定値もふるい下25%以下では理論値と若干の差が認められたがその他の部分では理論値とは

Fig. 1 Comparison of three different methods for measuring particle size of standard sample.

Table 2 Comparison of cumulative undersize % of 105 μ in standard sample

Method of measurement	Wet sieve method	Hydrometer method	Andreasen pipette method
Measured value	58	58	62
Theoretical value	58~62		

Standard sample: Class I and class III dusts defined by JIS Z 8901 are blended by the ratio 1:1

Theoretical value: Calculated from the distribution of standard sample

ば一致し、また両方法による測定値間にも大きな差は認められなかった。粒子径 105 μ における各方法によるふるい下%の実測値は、いずれの方法によった場合も大差なく、かつ理論値の範囲内にあった。

なお、湿式ふるい法の場合、粒子径 63 μ におけるふるい下%の値が若干低くなったのは、織網式ふるいを使用することによる、ふるい自体の目開きの誤差⁹⁾、あるいは湿式ふるい法の場合の測定値の変動係数が約 25%である²⁰⁾とされていることを考慮すれば、ほぼ満足すべき結果であろうと考えられる。また比重計法及びアンドレアゼンピペット法で、ふるい下 25% 付近の粒子径の値が大きくなったのは、極微粒子の凝集に起因するものと考えられる。

ふるい法、比重計法及びアンドレアゼンピペット法について直接比較を行った報告例は少ないが、例えば三輪ら¹⁰⁾は粒子径を 350~420 μ の間に揃えた球状のガラス玉を用いて、ふるい法、沈降法及び顕微鏡法の比較について検討し、いずれの測定値もほぼ一致することを報告している。また、榎本ら¹¹⁾はマイクロシープを用い、粒子径が 70 μ 以下の不規則形状を有する SiC の粒度分布を測定し、適切な装入量とふるい分け時間を選べば、沈降法によって得られる粒度分布とかなり良く一致することを報告している。また、Hunt ら¹²⁾は粒子径 30 μ 以下の微細ガラス玉を用い、マイクロシープと顕微鏡によって粒度分布を測定し、10 μ 以下の部分で差を生じ易いことを指摘している。また顕微鏡法とアンドレアゼンピペット法の測定値はほぼ一致することが明らかにされている^{13)~15)}。

以上の結果から単一物質より成る試料の粒度分布の測定に、湿式ふるい法、比重計法及びアンドレアゼンピペット法を適用した場合、各方法によって得られる結果はほぼ一致するものと考えられる。

3.2 河川底質試料における比較

大河川の中、下流部及び都市河川より採取した粒度及び性状の異なる底質試料について、湿式ふるい法、比重計法及びアンドレアゼンピペット法で粒度分布を測定した結果を Fig. 2 に示す。

湿式ふるい法、比重計法及びアンドレアゼンピペット法の測定範囲が重複する、粒子径 60~110 μ について比較すると、中央粒径が 320~200 μ の大河川の中流部の底質(試料 a, b)、80~35 μ の大河川下流部の底質(試料 c, d)、20 μ 前後の都市河川の底質(試料 e, f)のいずれの場合についても、これら 3 方法による測定値にほぼ近接した値となった。また湿式ふるい法で分級が困難となる 60 μ 以下の微細粒子区分では、比重計法とアンドレアゼンピペット法の測定値はよく一致する傾向を示し、Kaddah ら¹⁶⁾が土壌に対して得た知見と一致した。

一般に都市河川の底質は、大河川の底質にくらべて微細粒子を多く含むうえ、強熱減量値が大きいため、測定原理又は、測定操作の異なるこれらの測定法を用いた場合、測定値に若干の差を生ずることが予想されたが、本実験に供した試料(強熱減量 6~7%)については、これらの影響は殆ど認められなかった。

以上の結果より、粒度分布が広範囲にわたる底質試料については、湿式ふるい法と比重計法またはアンドレアゼンピペット法を併用することにより、かなり正確な粒度分布の測定が可能であると考えられる。また、比重計法はアンドレアゼンピペット法にくらべて測定操作が簡易で分析所要時間が短かい利点を有しているため、日常分析における粒度分布の測定に便利であると考えられる。

4. 結 言

河川底質の粒度分布を比較的簡易に、かつ迅速に測定できる方法のうち、湿式ふるい法、比重計法及びアンドレアゼンピペット法の底質試料に対する適用性について比較検討し、次の知見を得た。

- 1) 粒度分布既和の標準試料を調製し、各測定法によ

Fig. 2 Comparison of three different methods for measuring particle size of river sediments.
○: wet sieve method △: hydrometer method
□: Andreasen pipette method

る測定値について比較を行ったところ、いずれの場合も標準試料の粒度分布の規格範囲にはば一致した結果が得られた。

2) 性状の異なる河川底質試料を採取し、これらの試料について各測定法による測定値の比較を行ったところ、いずれの試料についても、各測定法の測定可能範囲が重複する $60 \sim 110 \mu$ の範囲では、ほぼ近接した値となった。また 60μ 以下の微細粒子区分では、比重計法とアンドレアゼンピペット法による測定値はよく一致した。

以上の結果より、粒度分布が広範囲にわたる底質試料については、湿式ふるい法と比重計法又はアンドレアゼンピペット法を併用することにより、かなり正確な粒度分布の測定が可能であると考えられる。また、比重計法はアンドレアゼンピペット法にくらべて測定操作が簡易で分析所要時間が短い利点を有しているので、日常分

析における粒度分布の測定に便利であると考えられる。

(原稿受理: 昭和54年1月9日)

一引用文献一

- 1) 上杉陽(1971), ふるいを用いた粒度分析方法の吟味, 地理学評論, **44** (12), 839~857.
- 2) 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~A-32.
- 3) JIS A 1204 (1976), 土の粒度試験方法.
- 4) American Society for Testing Materials, Designation 422 (1972), Standard method for particle size analysis of soils.
- 5) TAPPI Suggested method T-649 sm-54 (1954), Particle size distribution of coating clay.
- 6) 三輪茂雄(1968), アンドレアゼンピペットによる粒度測定, 粉体工学研究会誌, **5**(2), 1057~1068.
- 7) JIS Z 8901 (1974), 試験用ダスト
- 8) JIS Z 8801 (1976), 標準ふるい
- 9) JIS Z 8807 (1976), 固体比重測定法
- 10) 三輪茂雄(1964), フルイわけによる粒度測定値の物理的意味, 材料, **13** (133), 89~96.
- 11) 榎本時和, 谷口晴次, 吉田薫(1974), マイクロシープによるサブシープレンジにおけるフルイ分けについて, 粉体工学研究会誌, **11** (9), 521~527.
- 12) C.M. Hunt, A.R. Wolf (1969), Comparison of some different methods for measuring particle size using microscopically calibrated glass beads, Powder Technology, **3**, 9~23.
- 13) 粉体工学研究会研究資料, No. 38 (1962), 粉体工学研究会.
- 14) 粉体工学研究会研究資料, No. 49 (1963), 粉体工学研究会.
- 15) 粉体工学研究会研究資料, No. 59 (1964), 粉体工学研究会.
- 16) M.T. Kaddah (1974), The hydrometer method for detailed particle-size analysis, Soil Science, **118** (2), 102~108.