

ディスポーザ排水に混入する高比重物質の管路内輸送に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 山口聡世 学生会員 篠原久志
フェロー 楠田哲也

1. はじめに

近年、廃棄物排出量の増大とその処理処分が深刻な問題になっており、一般廃棄物の中で60%以上を占める生活系ゴミの内、生ゴミはその重さ故、輸送にかかる負荷が大きく、焼却の際のダイオキシン発生量増大などの問題も指摘されている。これらの問題を解決するための一つの手法として、ディスポーザと下水管路を用いて生ゴミを下水処理場へ輸送し、有機成分を回収して再資源化するリサイクルシステムがある。

下水管路は、土砂等が堆積することなく処理場までスムーズに掃流するような流速を基に設計されているが、多くの管路においては堆積物の存在が確認されている。堆積物は、流下能力の阻害、悪臭の発生、腐食性物質（硫化水素など）による管路の腐食、雨天時越流水による水源の汚濁など、維持管理を行う上での様々な問題を引き起こす。¹⁾

実際にディスポーザ排水が直接、下水管路に流された場合、比重の高い貝類や卵殻は管路内で沈降堆積することが懸念される。そこで本研究では、沈降堆積の原因として掃流力に着目し、ディスポーザ排水中の高比重物質である貝殻の限界掃流力を測定し、管路内堆積の可能性を検討した。

2. 実験方法

表-1に示すディスポーザ排水に含まれる野菜類、卵殻、貝殻の密度より、実験試料を貝殻（アサリ、シジミ）とした。図-1に実験に使用したディスポーザで破碎した貝殻の粒径の分布を示す。アサリとシジミの貝殻の種類による相違は見られなかったため、以後併せて貝殻と称し、区別せずに表現することとする。

図-1より質量換算では粒径2.00mm以上に全体の約65%以上が分布することから、実験には等量のアサリとシジミをディスポーザで破碎した後に篩い分け、4.75, 2.00, 1.40 mmの篩に留まったものを使用した。

底面路材が塩化ビニルの水路（水路幅20cm）に整流域を設け、貝殻設置点までの助走区間を5m以上とした。また、試料は水路底面の中心線上の定点に置いた。水路の概略を図-2に示す。

貝殻が流れ出したときの流量、水路勾配、および貝殻を置いた点の上流側、下流側それぞれ5cm, 15cmの水深を測定した。また、貝殻を水路に置く際の水流に対する方向は掃流に最も耐えうる方向とした。

3. 結果および考察

開水路にエネルギー勾配 I_0 で水が流れるとき、径深を R とすると、貝殻には $\tau_0 = gRI_0$ が掃流力として作用する。限界掃流力 τ_{0c} を求める際に貝殻を置いた点の上流側、下流側それぞれ5cm, 15cmの水深から水面勾配が認められた場合は、水路勾配にそれを加えてエネルギー勾配とした。

実験試料とした破碎貝殻の質量と掃流時の摩擦速度との関係を図-3に示す。図-3より破碎貝殻の掃流には摩擦速度が0.04 m/s程度必要なことが解る。また、質量、粒径が大きければ摩擦速度がより大きくなるが、質量が小さいものであっても摩擦速度が大きいものが確認された。この多くは形状が薄く平らであり、掃流されにく

表-1. ディスポーザ排水中の生ゴミの密度

| 区分 | 密度 [kg/m ³] |
|-------------|-------------------------|
| 野菜 | 700-1,200 |
| 卵殻 | 2,400 |
| 貝殻(アサリ、シジミ) | 2,800 |

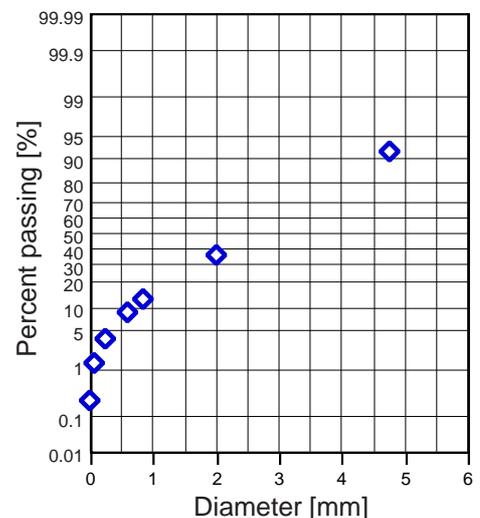


図-1. 破碎貝殻の粒径の分布

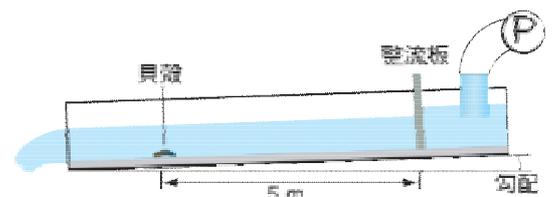


図-2. 水路の概略

キーワード：ディスポーザ，高比重物質，管路内堆積，限界掃流力

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1 工学部4号館 都市環境工学研究室

TEL 092-642-3303 FAX 092-642-3322

い形状の特徴と言える。

貝殻は流れに対する断面（以後、断面積と記す）と上面（以後、表面積と記す）に掃流の作用を受けると考えられる。そこで簡単のため、断面積を貝殻が流されたときの流れの方向に対して垂直な軸と厚さから四角形として求めた。一方、表面積は（長軸×短軸×1/2）で求められる面積と等しい面積を持つ円形として求めた。表面積と厚さから逆算して求めた体積と、貝殻の質量と密度から求めた体積はよく一致した。断面積、表面積それぞれと等しい面積を持つ等価円の粒径に最適な重みを配して求めた整理用粒径を使用した粒子レイノルズ数と限界掃流力との関係を 図-4 に示す。

実験試料とした破碎貝殻は曲率を持つものも多かったが、図-4 に示すように粒子レイノルズ数と限界掃流力との間には線形関係が認められた。また、破碎貝殻の掃流には掃流力が 1.2 N/m^2 程度必要なことが解る。粘性底層の厚さから、貝殻は粘性底層の外に出ており、乱れ的作用を受けていることが解った。

現在、沈殿物や土砂等が堆積しない流速として、最低流速を 0.6 m/s として污水管を設計するようになっている。¹⁾ 実際の管路設計では、この最低流速が満管流時に出現するように管路勾配などが決められることが多いが、実際の管路では管径に対して通常 $1/3 \sim 2/3$ 程度の水深であり、また、管路は平均値を用いて余裕を持った設計とされているため、雨天時を除いて、まず満流の状態となることはない。²⁾

実験で使用した水路幅が 20 cm であることから、管径 200 mm の硬質塩化ビニル管を想定し、現行の設計基準である最低勾配 3.0 ‰ 、マンングの粗度係数を 0.013 とした場合、水深が管径の $1/3 \sim 2/3$ のときの摩擦速度は $0.03 \sim 0.04 \text{ m/s}$ 程度であり、実際の下水管では前述のように土砂やラードといった堆積物が存在することを考慮すると、現行の設計基準での流速は全ての貝殻を掃流するために決して十分ではないと考えられる。

今後は、摩擦速度と卵殻なども含めた高比重物質の掃流率との関係、また、下水管路が円形であることに由来する更に別の物質の相乗的な堆積状況を検討する予定である。

4. 結論

- (1) ディスポーザで破碎された貝殻の中で、管路内堆積が示唆される粒径は 2.00 mm 以上のものであった。
- (2) ディスポーザで破碎された貝殻の掃流には 1.2 N/m^2 程度の掃流力が必要であり、流れに対する断面積と表面積の等価円粒径から得られる整理用粒径を使用した粒子レイノルズ数と限界掃流力とはほぼ線形関係にあった。
- (3) 現行の設計基準では全ての貝殻を掃流するのに掃流力が十分ではなく、管路内での堆積が示唆される。

謝辞

なお、本研究は、平成 13, 14 年度科学技術振興調整費による「都市ゴミの高付加価値資源化による生活排水・廃棄物処理システムの構築」の一環として行われたこと、また、実験に使用した水路は九州大学流域システム工学研究室の多大な配慮のもとに使用させていただいたことを記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説 -1994 年版- , pp. 130 - 131 , 1994
- 2) 田中修司 編：下水道管渠学 , 環境新聞社 , pp. 214 - 221 , 2001

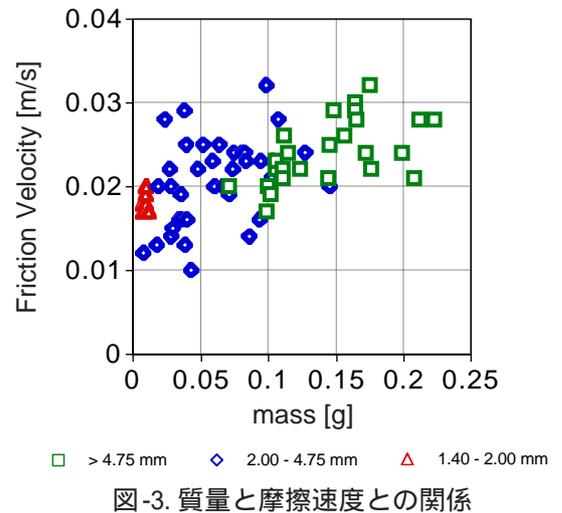


図-3. 質量と摩擦速度との関係

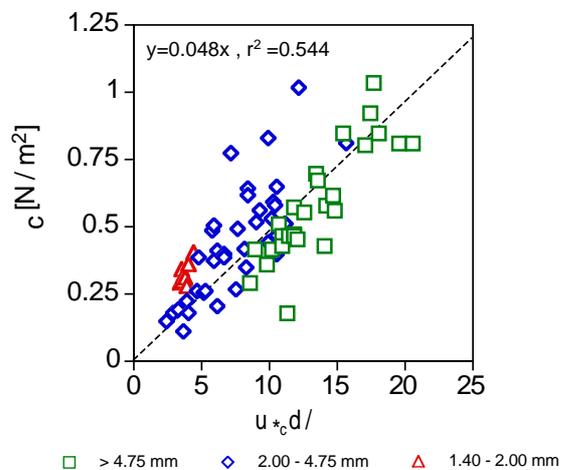


図-4. 粒子 Re と限界掃流力との関係