

建設省土木研究所 田中 修司、○ 榎原 隆、岡本誠一郎、小川 文章、深谷 渉

1. はじめにー提案

「下水道管きょ学」を提案する。管きょというモノ、あるいは場に係わるあらゆる意思決定および実行プロセスすなわち計画、設計、施工、維持管理一の諸問題を議論することが目的である。水理学、水文学、水質学にはじまり、応用力学、公共経済学といった従来の学問分野全てを援用することを考えている。研究姿勢としては、個々の学問分野をさらに深く究めていくというよりは、管きょというモノや場に係わるあらゆる知識を総動員することにより、一体的な議論がされ、新しい見方・考え方や知見が生まれることを望んでいる。

2. 管きょ学は学問か

下水管きょというモノ、場に係わるあらゆる現象を扱うことは、一つの切り口でありえても、学といえるか、学問として成立するかという疑問が生ずる。筆者らは、いまのところ管きょ学は上記の趣旨に沿って議論を提供する場と考えている。水理学や水質学も、もともと流体力学や化学、生物学の応用であるので、乱暴に言えば管きょ学と同列と考えられる。ただしこれらの学問の研究手法と比べると、管きょ学の対象とする課題は、屋内におけるモデル実験のような一種の理想条件による手法により再現性や普遍性を確保することが多くの場合困難である。このことは学問体系を確立することを困難にしていると考えられる。

3. 管きょ学は何故必要か

下水管きょに係わる様々な事実や経験が網羅された著作等は多数存在する。中でも欧米の今世紀初期の教科書はそれらの体系化を意識して書かれ編まれた様子が伺え、学ぶべき点が多い。しかし体系化は必ずしも成功したと評価しがたい面がある。また基本的な課題や論点は当時にすでに提示されており、それ以降の著作ではそれらの見直しにより記述の変更があった様子は見られない。

以上、事実や経験の体系化が完成されていないこと、課題や論点の再考の余地があること、これらが筆者らから下水管きょ学にチャレンジする最大の動機であった。言い替えると、下水管きょに関する学問的調査研究は下水処理の分野に比べて十分でなかったと考えられるのである。その理由を以下に整理し考察する。

1) 学問的興味や魅力が希薄：

管きょは地下にあり目にみえない。従って注目を集めにくい。体系化が困難である。右図の対象はいずれも魅力に欠ける。

2) 調査研究の実施が困難：下水の流れをとめて観察、観測することが困難、実験系の研究にのりにくい。

3) 課題や問題点の発見が困難：

地下にあり見えない、現象把握が困難である。

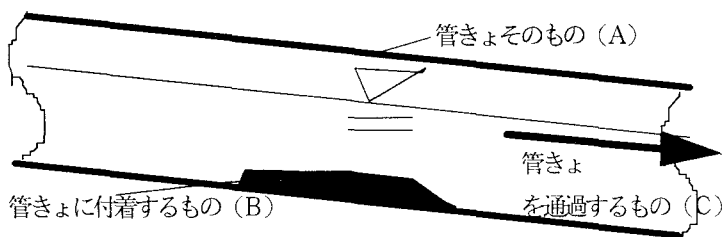


図1 管きょ学の対象

- 4) 情報不足：研究、実務ともに調査研究事例が少ない。
 - 5) 研究成果の実務への反映が少ない
- 以上の点を反省し、今後の調査研究の方法論として以下を提案する

- 1) 実大モデル実験を行う
- 2) 観測・測定・調査を意識したモデル実験区を作る
- 3) 観察、観測方法の確立
- 4) 管きょに関する議論を活発にし、研究者、実務者の興味と関心を集める

4 体系

体系の一例として事業実施段階を学問分野から再整理したものを、筆者らの調査研究課題とあわせて表-1に示す。

表-1 管きょ学の体系と筆者らの調査研究課題

	水理学	水文学	水質学	応用力学	公共経済学
1) 計画	○	○	○		○
2) 設計	○	○	○		
3) 施工			○	○	
4) 維持管理	○	○	○		
調査研究課題 (数字は関連項目)	流 速 分 布 測 定 1). 2). 4) マンホールのエネルギー損失測定 1). 2)	雨水流出モデルの比較 1). 2). 4)	圧力管内硫化物の挙動 2). 3). 4) 堆積物の性状と掃流 1). 2). 4)	地震時の挙動と耐震性 3)	建設維持管理費用の分析 1)

5 成果の事例

5.1 圧送管路施設における硫化物生成速度

管径0.1mの圧送管路を主施設とする腐食防止対策実験施設(図-2)を用いて圧送管路内における生成硫化物量に関する調査を行い、式(1)に示す硫化物生成速度式の各パラメータに関する検討を行い表-2 および下記の結果を得た。

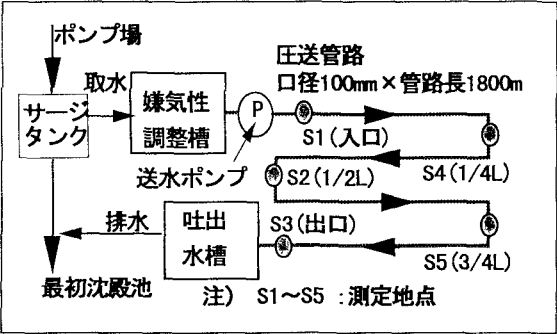


図-2 腐食防止対策実験施設の概要

$$dS/dt = V \times (dS/dX) \times (Flux(20) \times (4/D) + R_s(20)) \times \Theta^{(T-20)} \dots \dots \dots (1)$$

S:硫化物濃度(mg-S/l), t:時間(h) V:流速(m/h) X:距離(m), Flux(20):20℃における単位生物膜面積当たり硫化物生成速度(g/m²・h), D:管径(m) R_s(20):20℃における下水中の硫化物生成速度Θ:温度補正係数(-) T:水温(℃)

表-2 硫化物生成速度式のパラメータの決定と値

研究者	Flux(20)	Rs(20)	Θ	dS/dt	Flux(20) × 4/D	Rs(20)
Pomeroy	f(BOD)	f(BOD)	1.07	6.24	6.00(0.96)	0.24(0.04)
Boon	f(COD)	f(COD)	1.07	3.32	3.19(0.96)	0.13(0.04)
Nielsen	f(DCOD)	—	1.07	0.33	0.33(1.00)	—
Thistlethway	f(v,BOD,SO ₄)	—	1.139	2.58	2.58(1.00)	—
土木研究所	—	—	1.065	7.00	6.88(0.98)	0.12-0.14(0.02)

① $\text{Flux}(T) = \text{Flux}(20) \times \Theta^{(T-20)}$ は $0.115 \sim 0.290 \text{g/m}^2 \cdot \text{h}$ の範囲であり、水温が上昇すると値が大きくなる傾向が見られた。また回帰式における $\Theta = 1.065$ であり、既往式での値(1.07)とほぼ一致した。

② Flux(20)は既往の研究にあるような BOD や COD 等の有機物濃度指標との間の明確な相関がみられなかった。

③ Rs は、冬期で $0.12 \text{mg-S/l} \cdot \text{h}$ 、夏期で $0.14 \text{mg-S/l} \cdot \text{h}$ 程度であった。Flux(20) × 4/D と Rs との比率は概ね 98 : 2 であり、既往値とほぼ一致した。

5.2 堆積物の性状と洗浄

①図-3 に示す大規模雨水貯留幹線で堆積物の性状把握と洗浄実験を実施した。堆積物は有機物と無機物から成り両者の性状の相違は明らかであった。無機物中の硫化物含有率は他所の調査結果より小さかったことより、臭気や腐食の問題は生じないといえる。

②幹線の平坦部での理論的掃流力は 0.3N/m^2 であり、これによる限界掃流粒径は 0.36mm と計算されたが、洗浄前後で堆積厚の変化は顕著でなく、粒径分布もほぼ同様であった。一方溝部は堆積厚の変化があり、洗浄の効果を示唆した。

③洗浄水濃度は SS で $100\text{--}640 \text{mg/l}$ を示した。これより 1 回の洗浄により堆積物の 1-30%が洗浄されると試算された。また洗浄により全放流負荷量の 4%が削減可能と推算された。

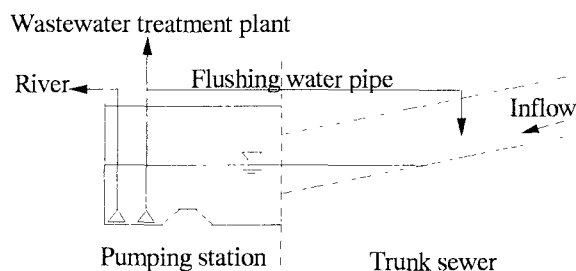


図-3 大規模幹線の概要

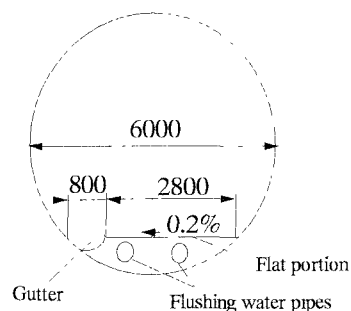


図-4 幹線の断面

6 おわりに

管きょ学の枠組みを通じて、幅広い議論が喚起されること、得られた成果が下水道の計画・設計指針や、維持管理指針の改正の際に反映されることを期待したい。