

卵形フリュームによる 公共樹での流量計測

高梨技術士事務所
代表

高梨 哲彦

ペントラフ(株)
大阪調査事業部
事業部長

高桑 国宏

ペントラフ(株)
東京調査事業部
業務課長

篠崎 幹生

1 はじめに

1.1 背景

公共樹内での流量計測は、これまで排水設備からの雨天時浸入水や事業排水の定量を目的として試みられることがあったが、普及はしていない。

分流式下水道における雨天時浸入水は、マンホールから道路への溢水、処理場・ポンプ場の過負荷・汚損、排水設備への逆流、公共用水域の水質悪化の原因であり、その対策の重要性はストックマネジメントにおけるリスク管理の根幹であることが認識されるようになった。

合流式下水道でも、地球温暖化やヒートアイランド現象に伴う降雨強度の増加に対応する雨水流出抑制が喫緊の課題になっており、排水設備規模の抑制効果定量の必要性が高まっている。

また最近では、下水熱利用のための下水熱負荷量を排水設備規模で調べる需要が高まっている。

雨天時浸入水対策では、排水設備側対策が公共下水道側対策よりも効率的である事例^{1)~3)}が知られており、排水設備における流量計測と機材開発の必要性が論じられてきた⁴⁾。

しかし、排水設備の大半が私有財産であること

から、これを対象とした定量調査は、ほとんど実施されず、対応する流量計の開発も実用レベルには達していないのが現状である。

1.2 卵形フリュームの開発経緯

これまで排水設備の流量を付近のマンホールを利用して計測することはあったが、計測場所が限定されるため、公共樹を利用して排水設備の流量を計測する方法が求められていた。

公共樹用流量計としては、小口径用 PB フリューム式やせき式が試用された実績はあるが、実用化レベルには至っていない。

そこで、公共樹のインバート部、または取付管口部に簡単に設置できるタイプの流量計として考案されたのが、「卵形フリューム式流量計」である。

2 卵形フリューム式流量計の設計

2.1 設計要求性能

- ① 公共樹（内径 300mm 以上）のインバート部、または取付管口から下流方向に設置可能
- ② 測定精度：R.S. $\pm 5\%$ （流量範囲 20 : 1）
- ③ 掃流性：夾雜物（糞塊・紙・毛髪等）の影響を受けない

2.2 測定原理と特徴

卵形フリュームは、ベンチュリーフリュームの一種で、流路内的一部に絞りを設け、流れが常流から射流に遷移する中で限界流を発生させ、限界流量と限界水深、計測水深との関係から流量を計測する装置である。

計測部からスロート部への連続的な絞り込みや、スロート部から流出口への流線形状で、汚物掃流性と微小流量時の流量計測精度を確保している。

水位 - 流量特性試験の結果、限界水深と計測水深には高い一次相関が見られ、装置の実用性が明

写真-1 卵形フリューム外観

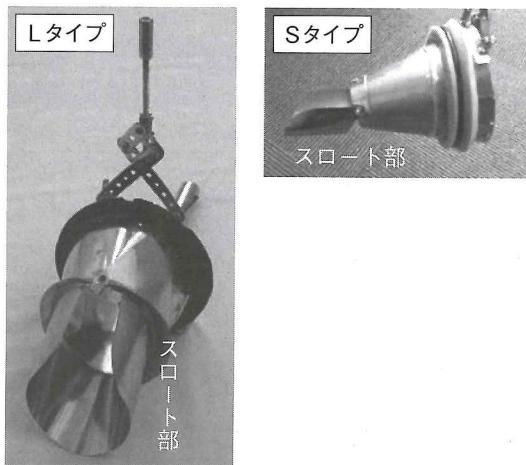
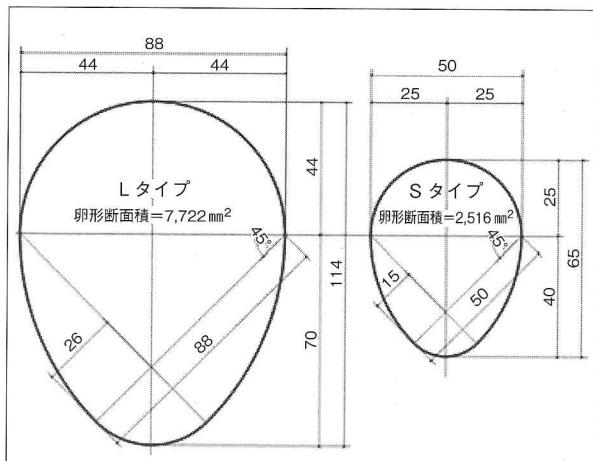


図-1 スロート部断面



らかになった。

2.3 實用適合設計

フリューム形状と寸法は、流下能力、流量測定精度、拠内設置性能、汚物掃流性などを総合的に勘案し、実証試験の結果を踏まえて、2タイプを設計した(写真-1)。

Lタイプは主に集合住宅・事業所排水用、Sタイプは主に戸建て排水設備用である。

- ① 材質：ステンレス
 - ② 外径寸法: $\phi 150 \times 180\text{ L}$ (L・Sとも同じ)
 - ③ スロート部断面: L タイプ 88 W × 114 H、
S タイプ 50 W × 65 H (図-1)
 - ④ 固定方法: パンタグラフ拡径固定式、インバート部へは、専用取付具による

2.4 水位検出器

流量計は、卵形フリュームと水位検出器で構成される。水位検出器（写真-2）には、触針式・超音波式・圧力チップ式があり、実証試験で比較検討した結果、いずれの方式も2.1に示す設計要求性能を満足している。

- ① 触針式：ピンポイント測定に特徴があって、広範囲の水位計測に高性能を発揮する
 - ② 超音波式：Lタイプ用。メンテナンス性能が高く、事業排水用定置型流量計に適す
 - ③ 圧力チップ式：大気圧チップと併用する。設置が簡単で調査用に適し、温度センサを内蔵するため下水熱負荷量調査にも対応する

写真-2 水位検出器



3 水位－流量特性試験

3.1 Lタイプ

Lタイプは、電磁流量計を基準流量計とした比較試験により性能を確認した(写真-3)。

最大計測流量 $18\text{m}^3/\text{h}$ 、通水能力 $50\text{m}^3/\text{h}$ 、実測水深ベースで流量計測精度 R.S. $\pm 3\%$ (流量範囲 20:1) を確認した(図-2)。

3.2 Sタイプ

Sタイプは、トレーサビリティを有する電磁流量計を基準流量計とした比較試験により性能を確認した(写真-4)。また基準流量計の性能範囲を下回る微小流量は、容積－時間法による基準流

量で比較した。

最大計測流量 $6\text{m}^3/\text{h}$ 、通水能力 $10\text{m}^3/\text{h}$ 、実測水深ベースで流量計測精度 R.S. $\pm 3\%$ (流量範囲 20:1) を確認した(図-3)。

4 現場実証試験

4.1 分流区域の雨天時浸入水定量 (S地区)

(1) 調査の概要

分流式下水道区域にある排水設備を対象にした雨天時浸入水定量試験。

- 試験対象区域面積: 全域で約 100ha (図-4)
- 区域対象流量計測: 5カ所 (PB フリューム + 超音波式流量計)
- 排水設備流量計測: 5カ所 (卵形フリューム

写真-3 試験状況 (N大学 水理実験室)



写真-4 試験状況 (OP テストラボ)

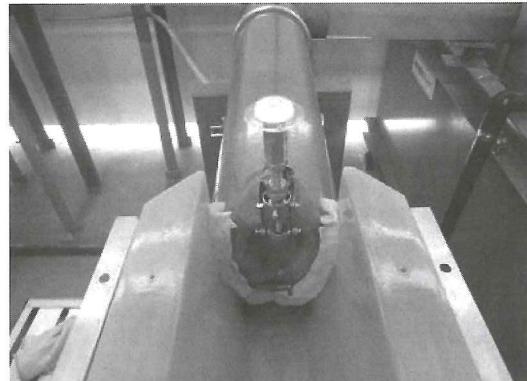


図-2 Lタイプの水位流量曲線

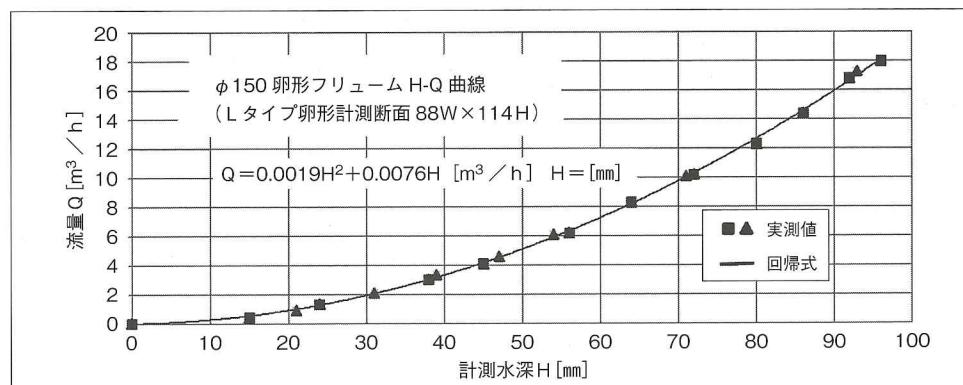


図-3 Sタイプの水位流量曲線

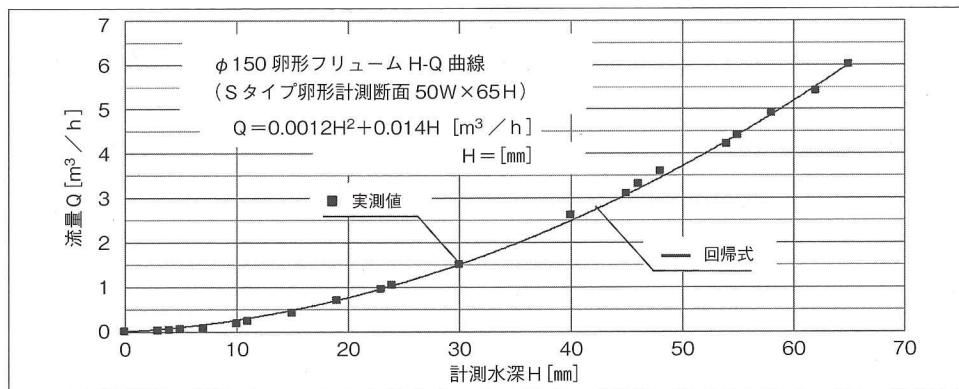
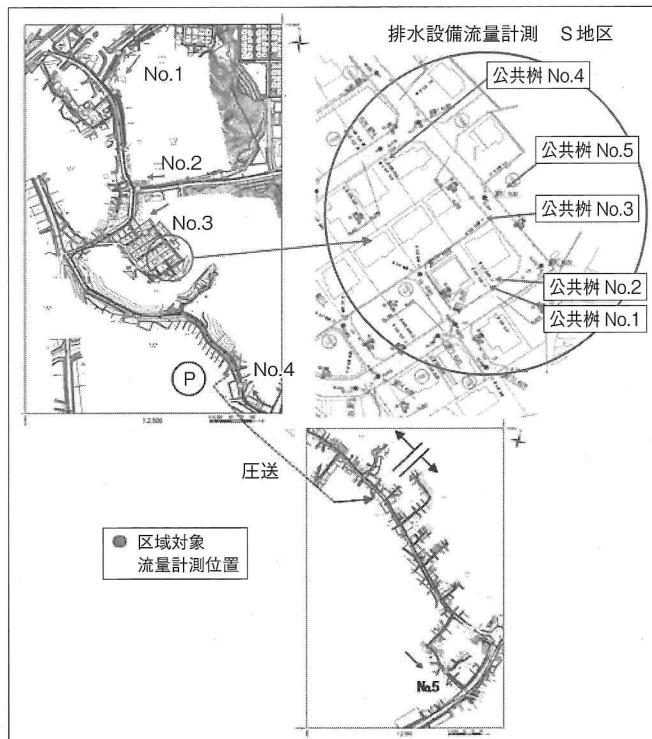


図-4 調査区域図



+触針式1・超音波式4) (写真-5)

- 試験期間：2週間

(2) 定量評価

- 流量計測宅地を含むS地区(約1.5ha)では、降雨量29mm時に雨天時浸入水量21.4m³(雨水流入面積換算で約738m²)を定量したが、標本

写真-5 卵形フリューム設置状況



抽出した排水設備5ヵ所では、いずれも雨天時浸入水は認められなかった

- 排水設備からの雨天時浸入水がほとんどなかった事例をハイエト・ハイドログラフに示す(図-5、6)

4.2 合流区域の雨水流出抑制定量(S市)

(1) 調査の概要

屋上緑化や透水性舗装などの雨水流出抑制施設を有する合流式下水道区域内の集合住宅を対象とした流出雨水定量調査。

- 事業所併設集合住宅：RC造4階建
- 排水設備流量計測：1ヵ所(卵形フリューム+触針式水位計)(写真-6)
- 試験期間：7日間

図-5 S地区の雨天時浸入水

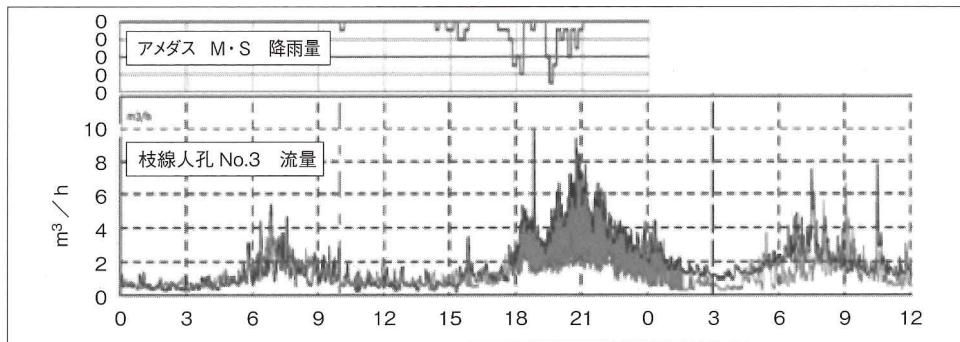


図-6 S地区内排水設備流量の一例

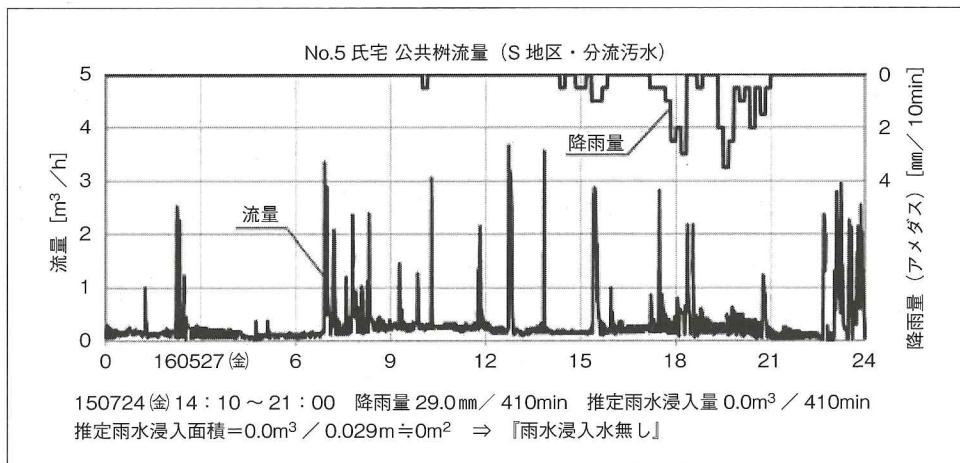


写真-6 触針式流量計設置状況



(2) 定量評価

- 降雨量 13mm 時（午前 3 時～6 時）に、雨水と汚水を併せた流量 0.22m³ を観測した（図-7）

- この流量を雨水と仮定したとき、推定される流入面積は約 17m²で、敷地（建築）面積：約 320 (190) m² と比較して、雨水流出抑制効果が明らかである（写真-7）

4.3 誤接宅地の雨天時浸入水定量 (M市)

(1) 調査の概要

誤接が確認されている 2 宅地（図-8）を対象に、排水設備からの流量を計測し、誤接引受面積等から推定される雨天時浸入水量との比較を行った。

- 対象宅地 A : S タイプ卵形フリューム + 圧力チップ式水位計を、公共樹 ϕ 350 の下流管口に設置。誤接相当の引受面積約 18m²
- 対象宅地 B : S タイプ卵形フリューム + 圧力

図-7 雨水流出抑制効果

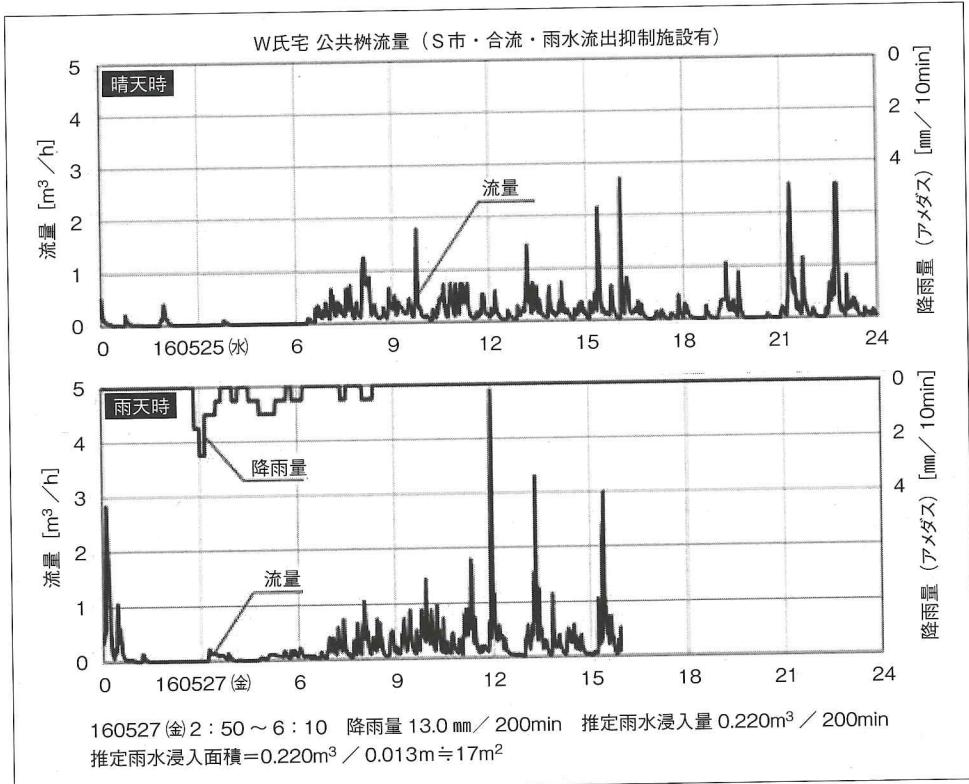


写真-7 屋上緑化状況



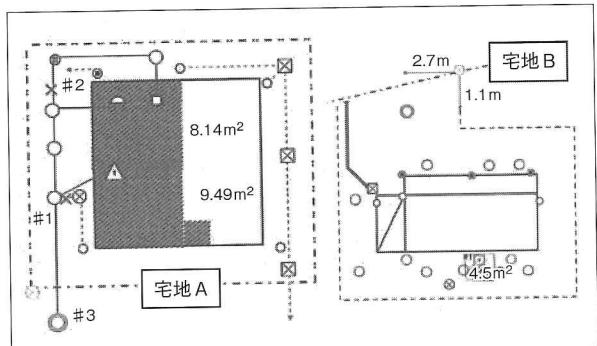
チップ式水位計を、 $\phi 450$ 公共樹のインバート部に設置。誤接相当の引受面積約 4.5m^2 (写真-8)

- 定量期間：1ヵ月間

(2) 定量評価

- 対象宅地A：降雨量70.5mm時に、流量 2.13m^3

図-8 配管系統図



を観測した。流量 2.13m^3 は、雨水流入面積に換算すると約 30m^2 で、誤接相当面積約 18m^2 (誤接によるもの約 10m^2 、未接雨樋流入約 8m^2) の約 1.6 倍であった。誤接相当面積以外の流入径路としては、現場踏査結果から、污水樹の水密性不良箇所からの流入を確認している (図-9)

- 対象宅地B：降雨量70.5mm時に、流量0.39m³を観測した。この流量をすべて雨水としたときに推定される雨水流入面積は5.5m²で、これに

対し誤接相当面積（低位置集水面積）は4.5m²であったため、雨天時浸入水の大半を低位置集水が占めることが判定される（図-10）

写真-8 卵形フリュームおよび圧力チップ設置状況



5まとめ

(1) 卵形フリューム式流量計の実用性

実証試験結果から、卵形フリューム式流量計が雨天時浸入水の定量や雨水の浸透抑制効果の定量に適合することがわかった。

また圧力チップ式水位検出器を用いた結果では計測温度も記録されており、下水熱負荷量調査に適合することが明らかである。

(2) 樽内形状への対応

樽の内径と深さ、排水量、流入管および取付管

図-9 宅地Aの雨天時浸入水

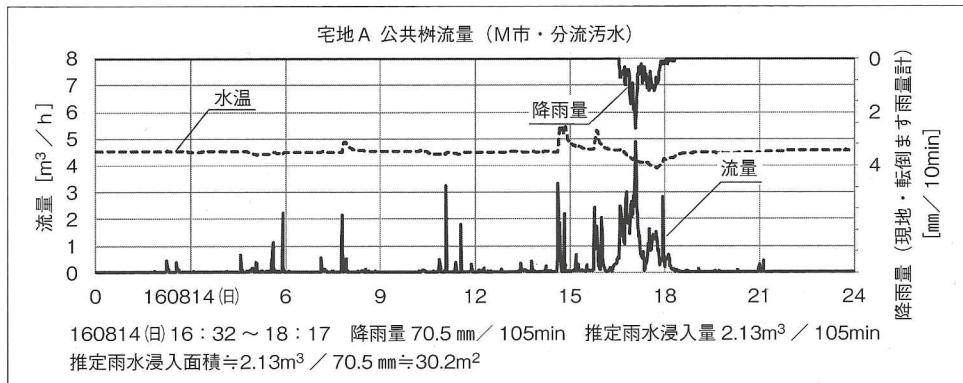
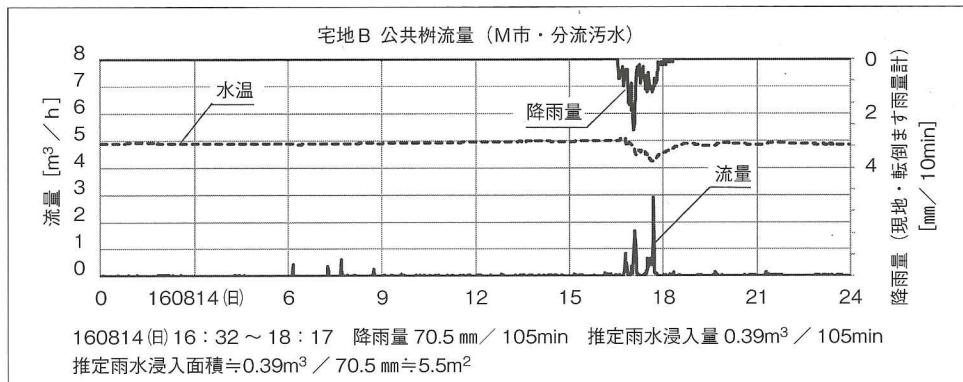


図-10 宅地Bの雨天時浸入水



管径、インバート勾配、極端な取付管急勾配、いびつなインバート形状、管口の仕上げ不良など、公共樹内の状況はさまざまで、これらすべてに適合するフリュームの開発は困難である。

当初S地区用にLタイプを設計したが、S市やM市の樹内状況に対応できなかつたため、インバートへの設置も可能なSタイプを開発した経緯がある。

(3) 雨天時浸入水の定量精度について

排水設備からの汚水排出パターンは、一般的に不定期かつパルス形状を示すため、晴・雨天時の流量パターン差から雨天時浸入量を定量することは誤差を伴うことが多い。

精度の厳密さが要求される場合は、降雨時間帯の晴天時平均流量を差し引く方法や、深夜降雨時のデータを用いるなどの工夫が必要である。

(4) 現場の工夫・改善から実用化へ

当初から延べ十数種類の卵形フリュームを試作し、以下の改善を経て実用化レベルに達した。

- 深い樹：パンタグラフ固定式による地表付近操作タイプへの改良
- 急勾配や曲りの強いインバート：インバート部設置タイプの追加
- 奥まっている取付管口：フリューム流入口のスポンジゴムパッキンに加え、急結モルタルやパテ併用による止水

- フリューム固定法の改良：パンタグラフアームや支持棒の増強
- 圧力チップの現場適合：チップ固定位置と方向の改良による水位検出精度の向上

6 謝辞

この「卵形フリューム」による公共樹内流量計測装置の開発にあたり、多くの方々からご指導やご協力をいただいた。

実証試験のための公共樹の現場を提供くださったS地区とM市の下水道管理担当部署、S市にお住いの渡辺正彦氏、器材開発への的確な助言とともに現場実証試験への道を開いてくださった江成敬次郎東北工業大学名誉教授、本来あるべき下水道の姿を示し日本の下水道が今後向かうべき方向を示唆してくださった野池達也東北大名誉教授の皆様に深く感謝いたします。

〈参考文献〉

- 1) 分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアル、2009年3月、(財)下水道新技術推進機構
- 2) 分流式下水道における雨天時増水対策計画の手引き(案)、H 15年3月、(財)下水道新技術推進機構
- 3) H 20 全国上下水道コンサルタント協会東北支部実務者研修会、雨天時浸入水の削減を中心とした「下水管路の不明水対策」、p12、http://www.pquest.org/0810_03.pdf
- 4) 井川理「汚水樹流量計による不明水調査手法の検討」、平成18年下水道研究発表会論文集

業界ニュース

エコ防食工法研究会：

事務局を移転

スチレンモノマーをまったく含まない樹脂による防食工法の開発・展開を図るエコ防食工法研究会（増田聖史会長）はこのほど、研究会本部事務所を移転させた。会長会社である㈱コーベンが、工事関連機器工場が手狭になったことや研究開発

の強化を図るために一部部門を移転させることに伴うもの。電話番号やファクシミリ番号、電子メールアドレスの変更はない。新事務所は、旧所在地から徒歩約10分の距離。

新所在地は、以下のとおり。

〒236-0002

横浜市金沢区鳥浜町2-28 ㈱コーベン内

Tel・Fax. 045-773-0103 (変更なし)