

●災害用トイレ排水システムの構築 Construction of a Disaster Toilet Drainage System

園田 哲平
Teppei Sonoda

Key Word : disaster toilet, emergency toilet

1 はじめに

近年、大地震やゲリラ豪雨を始めとした異常気象が増加しており、災害へのレジリエンス性強化が注目されている。本件マンホールトイレもその一環であり、「被災時のトイレ確保」は最重要事項の一つとして、その普及が進んでいる。

また、国土交通省発行の「マンホールトイレ整備・運用のためのガイドライン」にも記載されているように、避難者の健康維持には「快適なトイレ空間確保」が必須であり、それを可能にした当社の取り組みを紹介する。

2 開発コンセプト

マンホールトイレの普及には、「多様な設置環境への対応力」が不可欠であり、同時に「快適なトイレ空間」の実現が求められる。

これらの課題を達成するべく、当社では「衛生面」「安全面」「運用面」「施工時の利便性」「省スペース性」の5つの観点を製品コンセプトに設定し、独自のマンホールトイレシステムの構築に取り組んできた(図1参照)。

上記コンセプトおよび当該システムの中核となる「管内洗浄装置：水門マス」について、その製品特長および製品開発の経緯を「3」に示す。



図1 当社マンホールシステム概略

3 管内洗浄装置「水門マス」の開発経緯

マンホールトイレ設置時には、便器やテントの選定が重視される一方、排泄後の洗浄方法が十分に考慮されていない場合が多い。特に、少量の水による継続的な「垂れ流し洗浄(例:バケツ洗浄)」では洗浄力が足らず、管路内に排泄物が堆積し便器から溢れ出すことで衛生面に重大なリスクを生じる可能性がある。システムの適切な維持運用には避難者による管内洗浄への「共助」が不可欠であるが、それと同時に、避難者の負担を最小限に抑えることも重要である。そこで、管内洗浄力を効率的に最大化する方法を、以下のプロセスにて構築した。

3.1 洗浄方式および水量の決定

避難所における貴重な水資源を効果的に活用する意味でも、汚物の搬送性能向上は必要不可欠な要素である。また有事には電源確保が困難なことも想定されるため、当社では無電力で効果的な洗浄効果を生むシステムの開発を目指し、貯め流し洗浄方式を採用した(図2参照)。



図2 試験装置(貯め流し洗浄方式)

「貯め流し洗浄方式」の性能確認のため、ゲート部付き円筒体を貯水部とし、側面に排出部を設けた試験装置でモデル検証を実施した。試験条件は「全長65mの配管(一般的な戸建住宅の配管長×安全率3倍)、最大10基のトイレ、各基で10回分の排泄物を用いる」という非常に大規模な条件下で実験を行った(図3参照)。その結果、従来の垂れ流し洗浄方式に比べて汚物搬送性能が大幅に向上し、貯め流し洗浄方式の有効性とシステムの妥当性が明確に確認された。



図3 実機試験状況

製品化には汚物搬送性能だけでなく、「施工性」や「コスト」なども考慮が必要である。施工時の埋設深さや設置時の周辺スペース、使用時の安全性を考慮し、水量確保の方法に応じて「平面方向に水量を確保するWIDEタイプ（Wタイプ）」と「深さ方向に水量を確保するVERTICALタイプ（Vタイプ）」の2種類を基本形状とし、検討を行った（図4参照）。



図4 Wタイプ/Vタイプ

通常、各モデルの構想と実機検証の比較検討を行うことが開発プロセスの基本だが、前述の通り、試験規模や必要工数が非常に大きいため、効率化が求められた。そこで、汚物搬送性能に強く関係する「洗浄水量」と「流速」に着目し、これらと「排水可能汚物量」との関連性を回帰分析によって明らかにすることで実験の効率化を図った。実験では、製品単体の下流側に5 mの配管を設置し、2種類の試験装置を用いて、30、50、60、80 Lの4つの洗浄水量パターンで流速を測定した。その結果、洗浄水量が増加するほど流速も大きくなり、特に水の高さによる圧力が得られるVタイプでは、より高い流速が確認された。一方、「排水可能汚物量」の検証は規模や工数が膨大となるため、効率化の観点から最小規模の30 Lのみで実施し、得られたデータから「洗浄水量・流速・排水可能汚物量」の関係を示す回帰式を導出した。この回帰式に基づいて汚物搬送性能を算出した結果、VタイプはWタイプと比較して125～200%の性能向上が期待できることが示唆された（図5参照）。

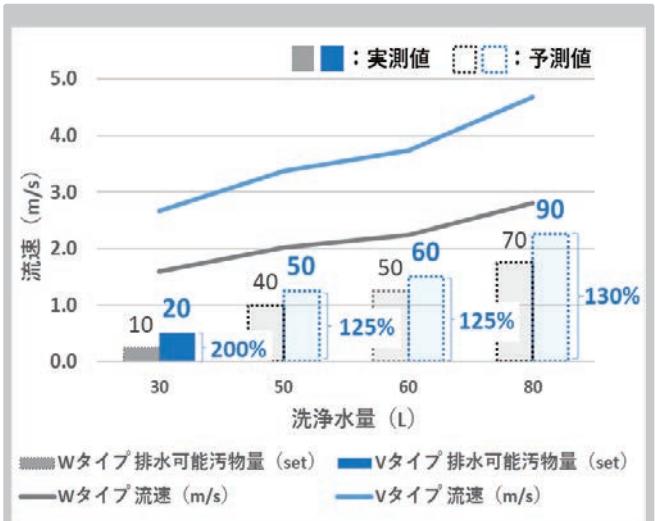


図5 排水可能汚物量の推測

次に、回帰式の妥当性を確認するため、実験配管を用いてWおよびVタイプの実機検証を行った。その結果、推測値に近い排水性能が得られ、Vタイプでは約10 Lの節水が可能となり、本プロセスの有効性と基本寸法の確立が示された（図6参照）。

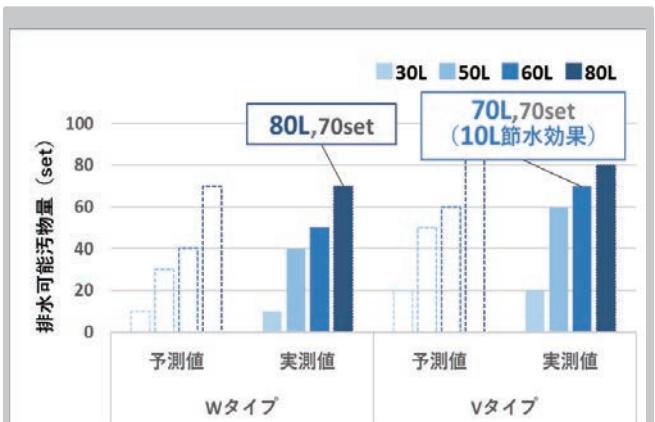


図6 排水可能汚物量の実機検証

詳細部分は当社ノウハウであるため、本稿での詳細記述を省くが、2025年現在も洗浄機能の効率化・機能改良等、継続的な検討を進めており、上記考え方は開発工期の短縮に大きく寄与している。また、得られた検証結果を回帰モデルに再反映することで更なる精度向上に繋がる期待もあり、本件（大規模検証に対する理論式確立）は、非常に効果的な取り組みであったと振り返られる。

3. 3 洗浄装置 水門マスの形状検討

導き出した洗浄方式・水量を確保しつつ、「多様な設置環境への対応力」および「快適なトイレ空間」の条件を満たす製品形状を以下にて検討した。前述のVタイプの製品寸法は「 $\phi 300 \times 1,200 \text{ mm}$ 」であり、地中深く設置することで、下流側の配管設計の自由度が制限される。洗浄水量と設置スペ

ースはトレードオフの関係にあり、製品設計上の大きな課題となっていたが、施工時と使用時で求められる性能の違いに着目し、水門マスの容積を追加できる拡張構造を考案した（施工時要求性能 = スペース重視、使用時要求性能 = 洗浄性能重視）。この工夫により、省スペースで設置しつつ、有事の際には容積を拡張して管内の洗浄効果を高める「洗浄装置：水門マス」を完成させた（図7参照）。



図7 水門マス（分割構造）

4. 快適なトイレ空間を追求したその他機能製品

以下では、当社マンホールトイレシステムにおける、水門マス以外の特長的な構成部品を紹介する。これらの製品も「多様な設置環境への対応力」および「快適なトイレ空間」の実現に不可欠であり、市場において高い評価を得ている。

4.1 臭気・害虫対策【衛生面】

マンホールトイレは従来、「排泄空間の確保」のみを最低限の機能として認識されてきたが、不衛生さが原因で利用されず、健康被害が発生した事例も報告されている。こうした課題を踏まえ、緊急施設としての役割を超えて、日常のトイレ環境に近づける必要性が高まっている。特に要望の多かった下水管からの「防臭・防虫対策」として、トイレ排出口と管路点検口の間にフラップ弁を備えた「防臭ふた」を開発し、マンホールトイレの衛生面を大幅に向上させる成果を得た（図8参照）。



4.2 製品サイズのコンパクト化【省スペース性・安全性】

マンホールトイレは、当初は既存のマンホールを活用して設置されていたが、東日本大震災以降その重要性が認識され、新設公共施設や既存施設の改修時にも積極的に導入されてい

る。限られた敷地での設計が課題となる中、当社は塩ビ製小口径マスの開発を見応用し、トイレ機能を維持しつつサイズを最小化した専用マスを開発した。これにより、従来の設備配管と同等のコンパクト性を実現し、敷地スペースの効率的活用が可能となった。さらに、点検口の最小化によって利用者の転落リスクを軽減し、安全性向上にも貢献している（図9参照）。



図9 軽量・コンパクト「マンホールトイレ用マス」

4.3 配管設計の自由度【フレキシブル性】

マンホールトイレの設置案件が増加する中、環境に応じた配管設計の最適化や、下水道本管の被害状況に応じ災害貯留槽へ排水先を切り替えるなど、排水先の確保が求められている。設置環境や運用面を含めた多様なニーズに対応するため、当社は管路切替装置を提供するなど製品ラインナップを充実させるとともに、下流側の配管経路に依存しない安心なマンホールトイレシステムを構築した（図10参照）。

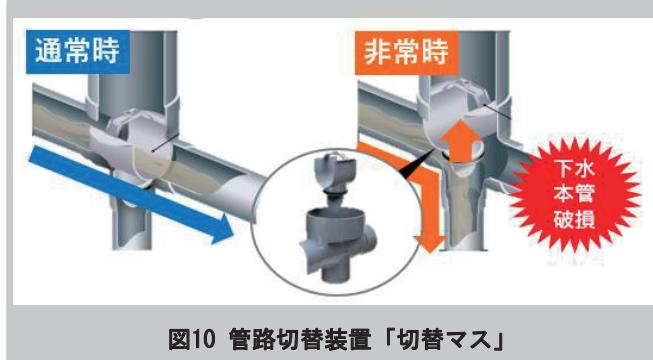


図10 管路切替装置「切替マス」

5 今後の展望

2024年度末時点では全国自治体が管理するマンホールトイレは49基に達し、避難所を中心に設置が進むと予測される。2024年度の能登半島地震以降、地震対策への意識が高まり、民間物件での設置検討も加速している。当社が構築したマンホールトイレシステム「E-WCシステム」は、その特長が公共・民間物件で高く評価され、幅広い場面で採用されている。本システムは被災者の負担軽減を目的としており、今後もマンホールトイレに限らず、災害時の支援に繋がるシステム開発を継続していく方針である。

参考文献

- [1] 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部
マンホールトイレ整備・運用のためのガイドライン
-2025年版-
<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/conten t/001964877.pdf> (参照 2025-10-27)
- [2] 内閣府（防災担当）, 「避難所におけるトイレの確保・管理ガイドライン」
https://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/pdf/2412 hinanjo_toilet_guideline.pdf (参照 2025-9-18)
- [3] 国土交通省住宅局, 一時避難場所整備緊急促進事業ガイドブック【第4版】
<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/conten t/001887711.pdf> (参照 2025-9-18)
- [4] 国土交通省住宅局, 災害時拠点強靭化緊急促進事業ガイドブック（第8版）
<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/conten t/001601506.pdf> (参照 2025-9-18)
- [5] 国土交通省, 都道府県別・政令市別 マンホールトイレ管理基数（2024年度末）
<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/conten t/001964862.pdf> (参照 2025-10-27)