

---

---

**下水管きよの新素材、新技術**  
**福井市における抗菌コンクリート管の使用実績とその評価について**

---

---

下水道協会誌 2000.5月号

**福井市における抗菌コンクリート管の  
使用実績とその評価について**



(福井市下水道部建設課長)  
河原 則男

**1 はじめに**

社会基板施設整備における基幹的材料の一つであるセメント・コンクリートは有用な複合材料として建設分野で多用されている。だが近年、その品質が主に耐久性の側面で重要な課題として顕在化してきており、官公庁や学会等でも体系的取組みがなされているところである。下水道分野においても、コンクリート腐食が維持管理・修繕上の大きな課題（管きよ施設の場合、道路陥没、汚水の地下流出等）であることは周知の通りである。直接には酸による腐食であるものの、微生物が介在することを特徴とする固有性を有し、下水道構造物内での生態システムまで考慮した適切な対応が求められている。また、下水道管きよは道路地下に埋設されるが、道路地下空間は複数の供給処理系・情報通信系ライフライン施設の収納空間であり、下水道管きよそのものが光ファイバーの布設スペースとして活用可能となる法整備もなされている。地下空間は、ジオ・フロントとも呼称されるように大きな利用ポテンシャルを有する。このため、地下空間の総合的利用・管理においても、リフォームの困難な地下構造素材の耐久性の確保・向上は大きな意味を持ち、環境と材料の相互作用の科学的把握とそれに基づく工学的対応は取組むべき重要課題である。

本稿では、汚水中の硫黄成分と微生物に起因するコンクリートの腐食対策として、福井市鷹巣・国見地区特定環境保全公共下水道事業において抗菌コンクリート管・マンホールを使用した事例について、その採用動機・背景を含めて報告する。

## 2 事業および地区概要

福井市では下水道事業として、主に市街化区域内を単独公共下水道、流域下水道では九頭竜川流域関連公共下水道により取組んでいたが、平成4年、鷹巣・国見地区特定環境保全公共下水道が認可を受け、事業に着手した。処理区域面積96ha、計画処理人工28,010人（観光人口を含む。内定住人口4,240人）の分流式下水道であり、水処理方式としてオキシデーショディッチ法を採用している（計画処理水量4,600m<sup>3</sup>/日）。平成6年度より工事を始め、平成10年4月に一部供用開始、同年7月に変更認可により処理区域面積を106haに拡大し、面整備の進捗に伴い順次供用区域を拡大している。平成11年度末で整備率は76.9%である。

鷹巣・国見地区は都市計画区域外であり、越前加賀海岸国定公園に指定されている景勝地である。観光と漁業を主産業としており、夏季の海水浴シーズンには、関西・中京圏よりの海水浴客で賑わう。地区環境の改善と公共用水域保全に必須の施設として下水道整備の要望は以前から強く、供用開始は歓喜をもって迎えられた。また、住民は海との共生のなかで、海域汚濁を経験的に看取しており、環境意識は高い。

当地区は市中心部から遠隔地であるために、地区内に出先機関として鷹巣・国見下水道建設事務所を設け、きめ細やかな対応をしている。

計画・設計上では小規模下水道となり、当市他処理地区の「平坦地、粘性地盤、区画整理済連坦市街地」に対して、「起伏に富んだ海岸段丘地形、礫質・岩地盤、散在集落（不整形細街路を有する）」の特徴を持つ。このため、計画・設計・施工の各面で当市としては未経験の技術的対応を求められ、住民対応まで含めた事業の進め方についても新たなノウハウの蓄積があった。小口径マンホールの採用や曲管を本管方向変化部に用いるなどの試みもあり、鷹巣・国見下水道建設事務所は当課のなかでパイオニア的存在である。

### 3 鷹巣・国見処理区の管きよシステムの特徴

当処理区の污水収集・輸送系は、高低差の激しい地形条件を考慮した、自然流下・圧送併用方式である。部分的には、多弾圧送区間、多重圧送区間もあり、マンホール形式ポンプ場を随所に配している。集落内では小口径管により主に自然流下で污水が収集されるが、終末処理場に至るまでに自然流下管と圧送管で交互に輸送されることになる。最大で11のポンプ圧送を経て終末処理場に至る経路もある。全ての污水は中継ポンプ場である蓼ポンプ場（地盤高54.0m、処理区域中最高地点）まで圧送され、処理水は二枚田川、和布川に放流される。

図-1に位置図および一般平面図を示す。福井市西部の海岸線付近を南北に縦断する国道305号線沿線の16集落から污水を収集する計画である。面的な広がり形成しているのではなく、国道305号線の約10kmに及ぶ範囲に各集落が取付くような処理区構成となっている。

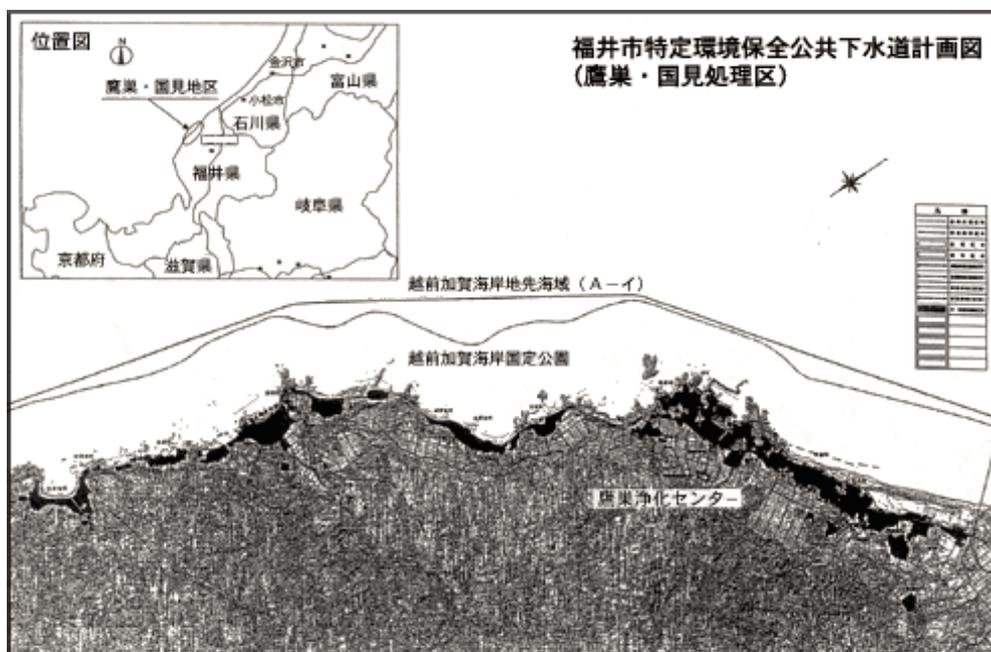


図-1 鷹巣・国見処理区位置図および一般平面図

図-2に幹線特性図を示す。図中の各長方形が幹線の各路線に対応しており、幅が処理面積、高さが延長である。高巣幹線と国見幹線の2系統がある。自然流下区間、圧送区間の別、ポンプ場位置も同時に示した。自然流下管1,653m（芯延長）、圧送管6,180mで、およそ2:8となっている。污水輸送において圧送方式が大きな比重を占めていることがわかる。

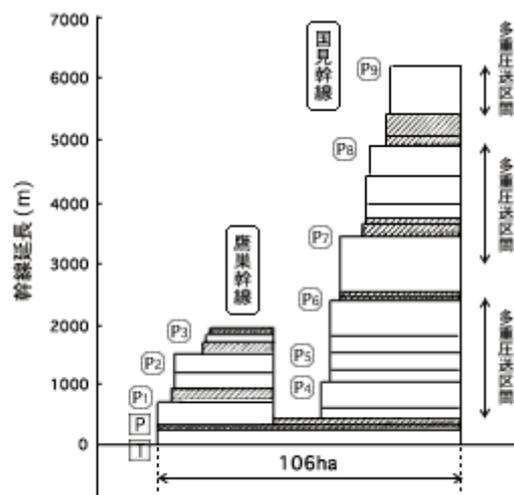


図-2 幹線特性図

図-3で、幹線ルートへの地盤起伏と管路の対応が理解できる。

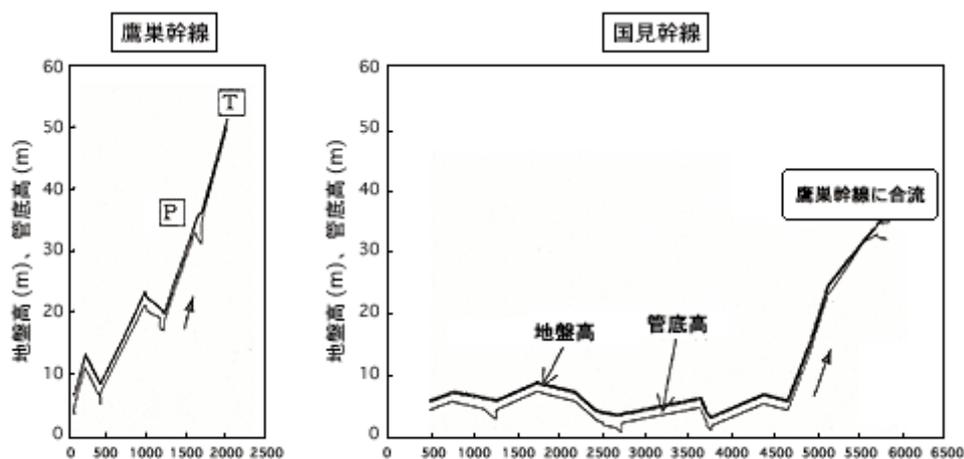


図-3 幹線地盤高および管底高

図-4に圧送管の諸特性をグラフ化して示す。横軸に処理面積、縦軸に圧送距離をとり、管番号別に表示した（ただし、管番号が異なる場合でも単一圧送区間はひとつにまとめ、多重圧送区間も少量の流入があるのみのため同様にまとめた）。幹線圧送区間は10区間あり、平均延長は610m、最長1,163m、最短136mである。枝線は31路線あり、平均延長173m、最長958m、最短13mである。これらの起点には1ヶ所の中継ポンプ場の他は全てマンホール形式ポンプ場を設けている。バルブの幅を管径に対応させており、幹線でφ150(n=2)、φ200(n=7)、φ300(n=1)、枝線でφ65(n=5)、φ75(n=12)、φ100(n=13)、φ150(n=1)がある。圧送流速はほぼ一定に設定しているため、バルブの面積は流量の相対関係を表している。数百メートルオーダーの汚水圧送輸送をする幹線に対して、枝線は100m未満が14路線、処理面積1ha未満が14路線と、汚水収集補助の役目を担っている。圧送時は汚水が嫌気状態になり、硫化水素が生成するコンクリート腐食上のキー・ステージであることから、圧送管路の特質を明らかにした。

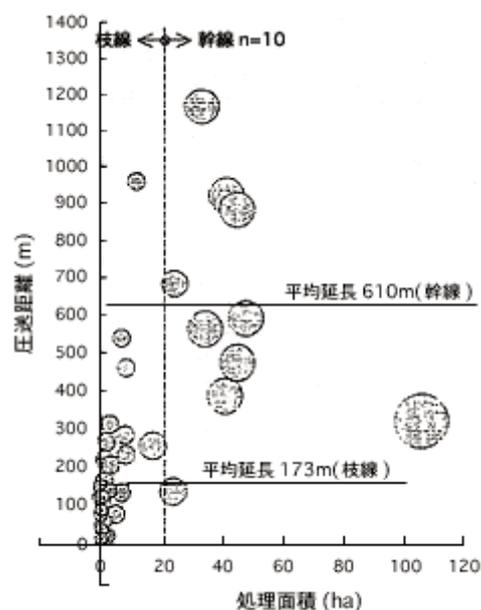


図-4 圧送管特性図

当処理区の管きよは管材により分類すれば、鉄筋コンクリート管（φ300～600、幹線自然流下部）、ダクティル鋳鉄管（φ75～300、圧送部）、塩化ビニル管（φ150～250、主に面整備自然流下部）であり、一部にステンレス鋼管（橋梁添架部）、ポリエチレン管（小口径圧送部）、耐衝撃性硬質塩化ビニル管（小口径圧送部）も用いている。鉄筋コンクリート管は全て抗菌コンクリート製管を用いた。

## 4

# コンクリート腐食防止に対する各代替案と抗菌コンクリートの採用

下水中の硫黄分を軸として、微生物が関与することによるコンクリート腐食は、複数の段階を踏むことが各種文献により明らかにされている。図-5で、そのメカニズムを簡単に示し、現在実施・提案されている対策代替案を各ステップに対応させて整理した。下水中に含まれる硫酸イオンが、嫌気状態（圧送管やビルピット内）で硫酸塩還元細菌の働きにより硫化水素となり、圧送開放部や段落部等で気相に放散される（臭気の原因にもなる）。さらに管内壁の生物膜内に棲息する硫酸化細菌が硫化水素を硫酸に変化させ、セメント・コンクリート中の水酸化カルシウムと反応し、腐食に至る。各種防食法の概要を表-1にまとめたが、その原理および多段階プロセスのどこで効果を発現させるかはそれぞれ異なる。また、コストや必要となる設備、対策案件の条件による適用性にも違いがある。

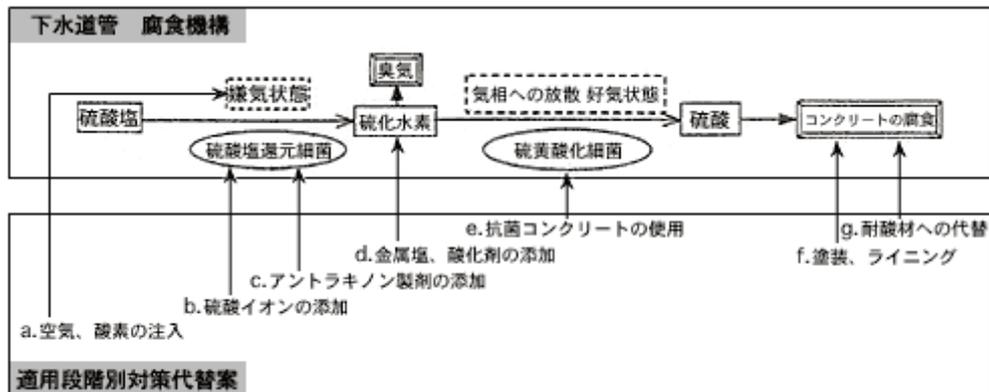


図-5 腐食メカニズムと対策代替案

対策代替案	作用機構
a. 空気、酸素の注入	汚水の嫌気化防止により嫌気性細菌活動抑制
b. 硝酸イオンの添加	硫酸塩還元細菌に硝酸イオンを優先利用させて硫酸イオン還元阻止
c. アントラキノン製剤の添加	硫酸塩還元細菌の硫酸イオン還元代謝経路を阻害
d. 金属塩、酸化剤の添加	硫化水素の固定化、酸化
e. 抗菌コンクリートの使用	硫酸化細菌の増殖抑制
f. 塗装、ライニング	コンクリートと硫酸を絶縁
g. 耐酸材への代替	硫酸により腐食しない材料を用いる

表-1 防食法概要

コンクリート管の腐食を、施設特性との関連で見ると、前節で示したように当処理区では圧送管が約40路線あり、延長は幹線部でも比較的短く、散在している。このため、表-1のa、b、c、dのように注入や添加を行うならば、必要となる装置類が多数にのぼり、制御や点検が煩雑化する。e、f、gは機器類によらずに材料に内在する特性を利用するため、メンテナンスは容易である。また、嫌気時間は圧送距離とポンプ停止時間（ポンプは水位感知による間欠運転）に依存するが、圧送距離を考慮すると、硫化水素の発生量は、経済性等からみてその抑制をする注入・添加方式の適用範囲に見合わない程度であることが予想された。このことより、硫化水素の気相拡散後に好気状態において材料で対応する方法が適切かつ簡易であり、管きよシステムの供用安定性にも資すると判断するに至った。塩化ビニルやポリエチレンのような耐酸管材は、コンクリート管に比して高価であることにより使用は避けた。抗菌コンクリート管は、技術資料より十分な耐腐食性能を有すると判断でき、見積もりから査定した価格では通常品の1.1倍強（抗菌コンクリート製マンホールも同様）と安価であった。以上の根拠により、当時新技術であった魅力もあり、抗菌コンクリート管使用区間のマンホールも抗菌コンクリート製とした。

抗菌コンクリートは、コンクリート二次製品製造時に抗菌剤（粉末状）を混和したものであり、抗菌効果以外の性能に関しては、圧縮強度を始めとする各種強度、剛性等の物性値、耐久性に非混和品との変わりはない。欠損があった場合でも、抗菌部分は膜や層を成しているのではなくコンクリート躯体全体が抗菌化されているため、損壊部位から腐食が進行することはない。構造設計、水理計算、施工時の取扱いは従来と同様に行える。抗菌コンクリートに添加する抗菌剤としては、酸化ニッケル含有鉱物系のものと、ゼオライトに銀、銅イオンを担持させたものが現在あるようである。開発メーカーの違いもあり、前者による製品を防菌コンクリート、後者によるものを抗菌コンクリートと称しているようである。両者には、抗菌効果の程度や取扱いの方法、硫黄酸化細菌以外の細菌への影響等に違いがあるが、本市としては「硫黄酸化細菌の増殖抑制効果を有する」という性質のみに着目し、両者を名称の面でも化学組成の面でも特に区別していない（だが、抗菌コンクリート採用検討時に「防菌」系製品が先行していたため、設計図書・図面類には「防菌」と表記している）。

## 5 抗菌コンクリート製管きよ・マンホールの使用実績

幹線（処理面積20ha以上）の自然流下部全てに抗菌コンクリート管および抗菌コンクリート製マンホールを用いた。非幹線では鉄筋コンクリート管を使用していないため、当処理区のコンクリート製管は全て抗菌仕様である。表-2に使用

抗菌コンクリート管		抗菌マンホール	
呼び径	管延長 (m)		箇所数
φ300	733.9		42
φ350	496.4		1
φ400	180.7		2
φ500	88.5		25
φ600	81.7		2
合計	1581.2	合計	72

※マンホールポンプ室として使用。

表-2 抗菌コンクリート製管・マンホール使用数量

数量を管径別・サイズ別に示す。管延長合計は1,581.2m、マンホールは72カ所である。マンホールについてはインバートにも抗菌剤を添加している。平成7年度、9年度、10年度の工事で布設・設置を行った。幹線布設工事は既に完了しているため、当地区で今後の使用はない。幹線部に9カ所あるマンホール形式ポンプ場はポンプ室躯体が二次製品のものと同現場打設のものがあるが、2カ所について抗菌コンクリート製3号マンホールを用いた。他の7カ所はエポキシ樹脂系防食塗装を内面に施すことで対応した。

当処理区では全線を開削工法で施工しているため、使用した抗菌コンクリート管は全てJSWASA-1規格準拠品であり、推進管での使用はない。

本市他処理区での使用実績は現時点ではないものの、管きよ施設のライフサイクル的観点からの品質確保を見据えて検討すべき課題であると認識している。この意味で、鷹巣・国見処理区での抗菌コンクリート製品採用はパイロット的意義も併わせ持つものである。

## 6 今後の課題

本稿において、抗菌コンクリート製污水管およびマンホールの、性能評価と処理区特性からみた適用性評価、使用実績の紹介を行ったが、鷹巣・国見処理区は併用開始後約2年と日が浅いため、供用事後評価は現在のところなされていない。今後、適切なタイムスパンで維持管理部門による体系的調査（具体的には硫化水素濃度測定、腐食に関与するバクテリアの確認等）と情報データベースの構築を行い、管きよ施設の維持管理・更新に役立てること、および建設部門へのフィードバックにより、技術革新のスパイラル・プロセスに結びつけていくことを企図している。

（執筆にあたり、多くの論文、報告、記事、資料を参考にしたが、一自治体の事例レポートであることを勘案して、文献一覧は省略した。）