

(81) 発光バクテリアの発光強度による 下水管評価方法に関する研究

江本 久雄¹・十亀 陽一郎²

¹ 正会員 福島工業高等専門学校 都市システム工学科 (〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30)

E-mail: emoto@fukushima-nct.ac.jp

² 正会員 福島工業高等専門学校 化学・バイオ工学科 (〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30)

E-mail: sogame@fukushima-nct.ac.jp

本研究は、下水管の評価に発光バクテリアの発光強度を利用する方法を提案する。既往の下水管の評価では、カメラ調査による目視点検が実施されている。この方法は、非常に手間暇がかかり、データ整理に膨大な時間がかかるため、下水管きょ総延長のうち、例えば 5%程度しか調査が実施できていない。そこで、容易に下水管を評価するために、生物に共生している発光バクテリアを利用して評価することを試みる。これは、下水管の劣化の主な原因は、下水から発生する硫化水素であることから、下水を評価することで、下水管の評価につなげる。また、今後の課題として、データベースを構築し、データマイニングや画像処理技術の特徴点抽出などにより下水管評価の定量化が課題と考える。

Key Words: *microbe, luminous bacteria, luminescent intensity, evaluation of sewer pipe, DB system*

1. はじめに

社会基盤構造物のひとつである管きょをはじめとする下水道施設も、高度経済成長期にその多くを建設したためその更新時期を一度に迎える。また、管きょにおいては、地下に埋設されているために全数点検調査には非常にコストがかかる。特に、コンクリート製管きょに関しては、コンクリートの経年劣化と下水道設備特有の硫化水素発生による管きょの劣化が挙げられる。そのため、コンクリート製管きょの劣化がすすみ、破損した場合は、地表部の道路陥没を引き起こす。下水管を起因とした道路陥没の発生件数¹⁾は、2006 年から 2009 年度の年平均で 4,000 件程度発生している。突然おこる道路陥没の社会的な影響は、原因が異なる事例であるが、2016 年 11 月未明に発生した博多駅前の陥没現場の復旧は 1 週間にわたり長さ約 30m 幅 27m にわたり陥没したため、通行止めやガス・電気・通信などの停止といった社会生活を脅かす自体となったことは、記憶に新しい。このような老朽化しつつある下水管きょの総延長は、約 47 万 km であるが、その点検方法²⁾³⁾は、カメラ調査を含む目視点検によって実施されている。ある市における目視調査の割合は、管理する総延長のうちわずか 5%である。そ

の結果を基にその他の管きょの劣化予測を実施しているのが現状である。このようなデータ数では正確な劣化予測は困難であり、予防保全的に計画的な維持管理計画の策定⁴⁾は困難を極める。そこで、本研究では下水管の劣化の主な原因は下水であることから、下水を簡易に評価して下水管の評価につなげることを試みる。下水の評価には、生物に共生している発光バクテリアの発光強度を利用して評価する。発光強度は、発光バクテリア数によってその強度を示し、発光バクテリア数が多いほど発光強度が強いことを示す。すなわち、下水のなかで発光バクテリアが死滅するような下水環境であれば、発光強度が低く下水管の劣化が考えられる。なお、本研究において発光バクテリアはアオメエソから採取し培養したものを利用している。

このように下水を採取させれば、管きょの評価が可能となる。この簡易な計測方法によって、調査箇所数が増えること、また、これまで目視調査によるランク付けによる判定からデータベースによる発光強度と管きょの状態(管きょの写真)から定量的な評価方法の構築の可能性がある。つまり、精度の高い劣化診断が可能となり維持管理計画の立案が可能となる。

2. 発光バクテリアによる評価方法

(1) 評価手順

発光バクテリアを用いた下水の評価方法の手順を図-1に示す。発光バクテリアは、いわき市の魚であるアオメエソに共生していることが知られている⁵⁾。本研究では、地域復興も視野に入れ、アオメエソに共生する発光バクテリアを採取して実験に用いた。まず、発光バクテリアを採取するため、アオメエソの採集を行った。アオメエソの採集は福島県水産試験場に依頼した。アオメエソの魚体から発光部位を採取し、寒天培地上で培養した。培養後発光バクテリアをスクリーニングし、単一コロニーを採取して再度培養したものを実験に用いた。

発光バクテリアを用いた下水の評価は、発光バクテリア懸濁液と下水を混合し、混合液の発光バクテリアの発光（光波長 475nm）の強度を測定することにより行う。発光バクテリア懸濁液は、寒天培地で培養した発光バクテリア（単一コロニー）を培養液に加えて 12 時間程度十分に培養したものを使用した。下水は、採取位置を検討し、マンホール位置で採取した。

(2) 発光強度の感度

発光バクテリアの発光強度を用いた下水の評価が可能かどうか確かめるため、下水に見かけた水溶液サンプルを作成した。下水に見かけた水溶液サンプルは、生物に有害な物質（今回は硫酸を用いた）の濃度を 1.5 M、0.0015 M、0 M（control）となるように純水で希釈して作成した。これらのサンプルを発光バクテリア懸濁液と混合して、発光バクテリアの発光強度を測定した（図-2）。この結果から、硫酸の濃度依存的に発光強度が変化するため、下水の評価に発光バクテリアを用いることができる可能性が示唆される。

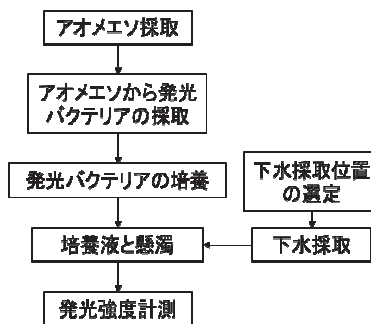


図-1 発光バクテリアによる評価手順

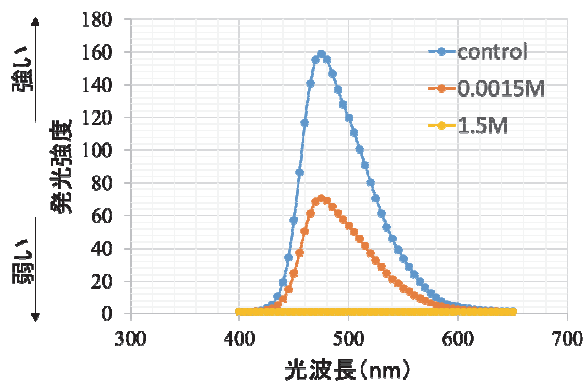


図-2 発光強度の感度

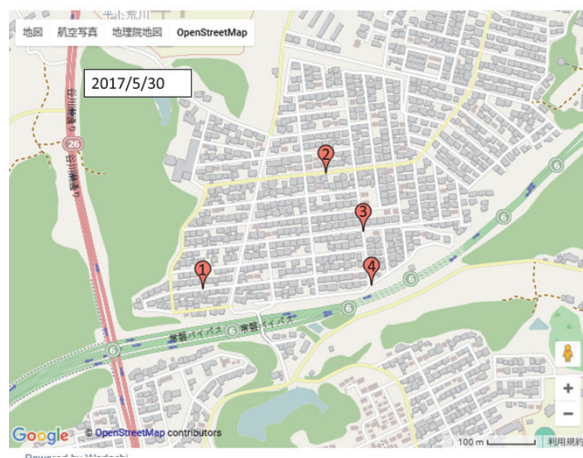


図-3 採取日と採取位置図

3. 下水管の状態および下水採取による評価

(1) 採取位置および下水管の状態

本研究では、いわき市生活環境部生活排水対策室下水道事業課との連携により図-3に示すいわき市内のある団地内のマンホールを選定し、2017年5月30日に調査を実施した。また、この箇所のマンホールの外観状況、管内の状況およびそのランクを表-1に示す。

(2) 評価

図-4に発光強度によって評価した結果を示す。評価方法は、発光強度をコントロールの値で除した数値を利用し、評価値が高ければ発光強度が高く健全な状態で、

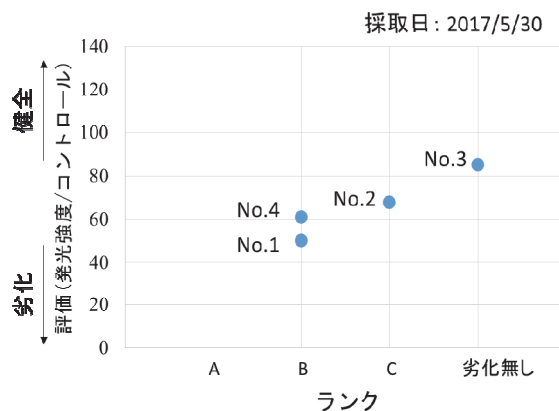


図-4 管きよのランク評価と発光強度の関係

表-1 マンホールの状況と管きょおよびそのランク

計測 番号	状況写真-1	管内写真-1	ランク
1			B
2			C
3			劣化無し
4			B

評価値が低ければ劣化している状態を示す。また、この図は、管きよの緊急度を評価したデータからランクに置き換えたデータ³⁾を横軸にとりグラフ化した。

(3) 考察

本研究においては、図-4 から管きよのランクが高く (A から C, 劣化なし) になると評価が高くなる (健全) という正の相関があることが分かる。例えば、図-4 中の No. 1, と No. 4 に対応するマンホールの状況は表-1 からジャンカや硫化水素による劣化であるマンホールの蓋の縁部分の錆びなどからランク評価が低いと共に発光強度による評価も低いことが分かる。

このことから、サンプル数が4点と統計的には不十分であり、今後点数を増やす必要があるものの、ある一定の相関が見られると考えられる。そこで、この発光強度による評価のサンプル数をより多く採取、取得しデータベース化することによって、データマイニング、画像処理技術^{6), 7)}などにより劣化判定の定量化に発展させることを今後の課題と考える。

4. データベースの構築

本研究のデータベースの構成と出力結果を図-5 に示す。この図に示すように対象となるデータの大部分類としては、「管きよの基本的な情報」と「評価に関する点検データ」に分類できる。「管きよの基本的な情報」とは、位置情報、竣工年、管きよの仕様 (材料や直径など) といったデータのことである。

「評価に関するデータ」とは、点検年月日、点検者、発光強度による評価、画像データ、ランク評価などである。これらのデータを蓄積し、発光強度や写真から定量的な評価の検討を行い、最終的には下水管網の維持管理計画策定に発展させる。

5. まとめ

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

- 1) 下水管の評価方法として、発光バクテリアと下水を懸濁して評価する方法を提案した。
- 2) 評価基準としては発光強度を用いた。この発光強度が強い場合は劣化の程度が低く、また、弱い場合は劣化している可能性があることが分かった。
- 3) 劣化判定の定量化を行うために、データベースを

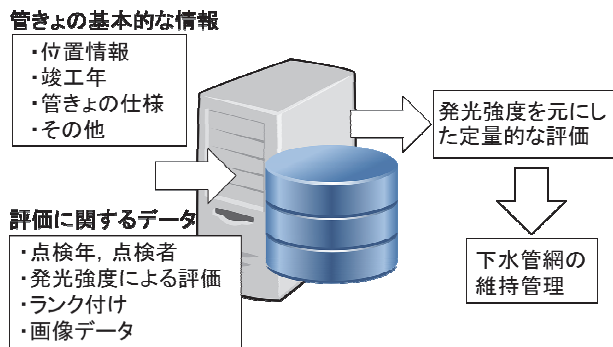


図-5 データベースの構成と出力結果の概要

構築しデータを蓄積する仕組みを検討した。今後、データを蓄積し、データマイニングや画像処理技術の特徴点抽出などにより定量化を試みる。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、下水管きよの選定および下水の採取にご協力いただきました「いわき市生活環境部生活排水対策室下水道事業課」の皆様、アオメソの採集をして頂きました福島県水産試験場水産資源部の皆様、蛍光光度計を快く貸していただきました福島高専化学・バイオ工学科准教授羽切正英先生に感謝の意を表します。また、本研究は、日本科学協会 平成 29 年度笹川科学研究助成 (29-808)、公益信託 成茂動物科学振興基金、JSPS 科研費 (16K18827) の研究助成のもと推進できましたことに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 横田敏宏, 深谷渉, 宮本豊尚: 国土技術政策総合研究所資料 下水道管路施設に起因する道路陥没の現状, No.668, pp.88, 国土技術政策総合研究, 2012.
- 2) 長谷川健司: 下水道管路施設維持管理マニュアル-2007 年版-, (社) 日本下水道管路管理業協会, 2007.
- 3) 技術委員会: 下水道管路施設改築・修繕に関するコンサルティング・マニュアル(案), (社) 管路診断コンサルタント協会, 2016.
- 4) 松川努, 宮本 文穂, 中村 秀明: メタ戦略による下水道管路施設の保全計画策定支援システムの構築, Vol. 66, No. 4, pp.536-555, 土木学会論文集 F, 2010.
- 5) 宗宮弘明: 深海魚の視覚と生態, 月刊海洋科学, Vol.12, No.8, pp.555-564, 1980.
- 6) 広兼道幸, 野村泰稔, 楠瀬芳之: コンクリート構造物のひび割れ形状に基づく損傷度分類への線形 SVM の適用, 土木学会論文集 A, Vol.64, No.4, pp.739-749, 2008.
- 7) 鶴飼正人, 長峯望: 画像処理技術による構造物検査手法の高精度化, 鉄道総研報告, Vol.28, No.11, pp.11-16, 2014.