

# AI 技術を活用した管路の老朽度評価手法

株式会社クボタ 小林 優一

## 1. はじめに

国内の水道管路の多くは高度経済成長期に布設され、現在老朽化が進行している。実際の管路の耐用年数は管種により様々であるが、2020（令和2）年時点で管の法定耐用年数40年を超過した水道管の割合は全国で20%を超えている<sup>1)</sup>。このため、老朽化した水道管を効率的に更新し、将来にわたり管路を適切に維持管理することが求められている。他方、人口減少に起因する水道料金収入の減少から管路の更新率は年々減少し、全国平均では更新率0.65%と全ての管路を更新するには約150年かかるペースにまで落ち込んでいる。

農業水利施設においても水道管路と同様に耐用年数を超過したパイプライン施設の割合が増加しており、突発事故の発生件数も近年急増している<sup>2)</sup>。

健全な施設の維持管理のためには施設の点検が必要になるが、管路は地下に埋設されており、全ての管路を目視で確認することはできない。このため、管路全体の老朽度を信頼性の高い老朽度評価方法に基づいて評価し、適切な更新計画を策定することが不可欠になる。そこで、弊社は水道管路を対象に高精度な老朽度評価手法（以下、クボタモデル）を開発した。

## 2. 老朽度評価手法（クボタモデル）の概要

### 2.1 老朽度評価の流れとアウトプット

図1に老朽度評価の流れとアウトプットを示す。全国版のクボタモデルは既に構築済みで予

測対象の管路データを入力するだけで、現在から将来の老朽度を予測することが可能となっている。

また、老朽度の評価結果は、1年間で1km当たり何件の漏水が発生するかを示す漏水事故率（件/年/km）として示されるため、この漏水事故率に管路延長を乗じることで年間の漏水件数を予測することができる。これにより、年間の予測漏水件数から漏水修繕に必要な予算・人員を予め確保することや、将来の漏水件数の推移を定量的に予測することが可能となる。

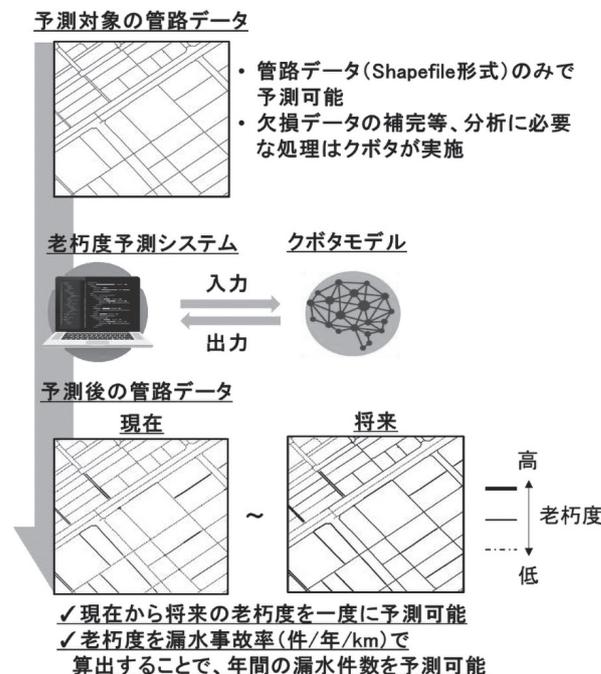


図1 老朽度評価の流れとアウトプット

### 2.2 クボタモデルについて

図2にクボタモデルの構成を示す。クボタモデルは鉄管モデルと塩ビ管・銅管モデルの2つ

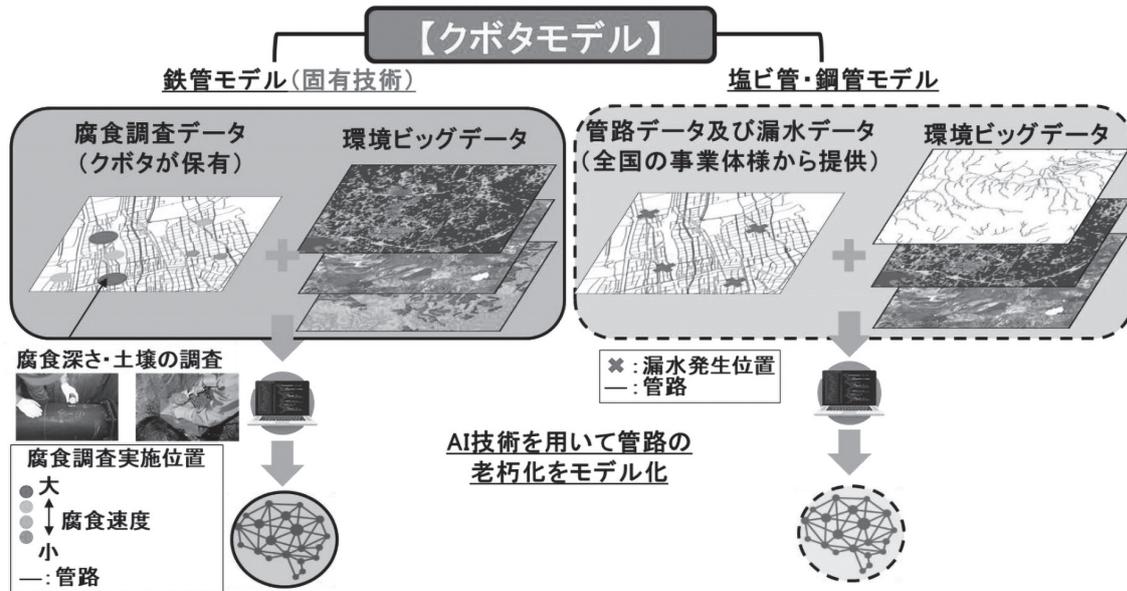


図2 クボタモデルの構成

のモデルで構成されている。

鉄管モデルは弊社が収集した全国の埋設管路の腐食調査データに環境ビッグデータを加えて分析、AI技術でモデル化を行った。塩ビ管・鋼管モデルについては、データ提供にご協力いただいた全国の水道事業体の管路・漏水データに環境ビッグデータを加えて分析、AI技術でモデル化を行った。

### 2.2.1 鉄管モデル

鉄管モデルは土壌の腐食性を基に管路の漏水事故率を予測する新腐食予測方法と全国の土壌の腐食性を示す埋設環境分類マップで構成されている。

図3に新腐食予測方法の例を示す。弊社が保有する全国約6,000件の腐食調査データを弊社の知見とAI技術を基に腐食速度に有意な差がある4つの埋設環境（比抵抗1,500Ωcm未満、粘土系、シルト系、砂系）に分類し、埋設環境ごとにAI技術を用いて管の老朽度を予測する新腐食予測方法を開発した<sup>3)</sup>。埋設環境に加え、管種や口径・管厚によって漏水事故率の傾向はさまざまに変化する。

図4に埋設環境分類マップの構築イメージを示す。作成した新腐食予測方法を全国の事業体

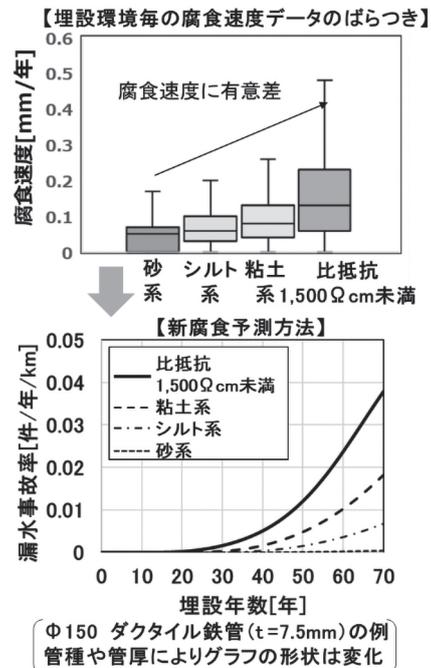


図3 新腐食予測方法の例

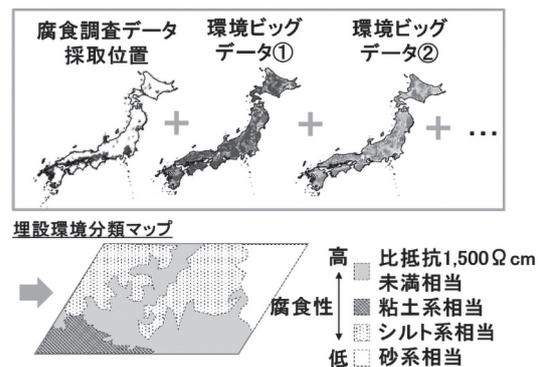


図4 埋設環境分類マップの構築イメージ

で適用するために、腐食調査データの採取位置と各種環境ビッグデータの関係から全国の土壤の腐食性を定義した埋設環境分類マップを開発した。本マップも土壤の腐食性を比抵抗 1,500 Ωcm 未満、粘土系、シルト系、砂系の4つに分類しており、このマップと管路を重ね合わせ、新腐食予測方法を適用することで管路ごとに漏水事故率を予測することができる。

### 2.2.2 塩ビ管・鋼管モデル

図5に漏水データを学習した予測アルゴリズムのイメージを示す。機械学習の一種である決定木をベースとした予測アルゴリズムを構築しており、様々な要因の組み合わせから漏水確率の大小に影響する要因の組み合わせパターンを学習している。簡単なイメージとしては、学習データ中の漏水がある管路と漏水のない管路を埋設年数40年以上という条件で区切ると、漏水確率が高いパターンと低いパターンに分かれる。更に漏水確率が高いグループを表層地質が砂礫系であるか否かで分けると更に漏水確率が高いパターンが形成される。このような条件分岐を無数に繰り返し、漏水確率が高いパターンの要因の組み合わせを学習したものが予測アルゴリズムとなる。

予測対象の管路毎に要因の組み合わせから学習したパターンに当てはめて老朽度の予測を行う。

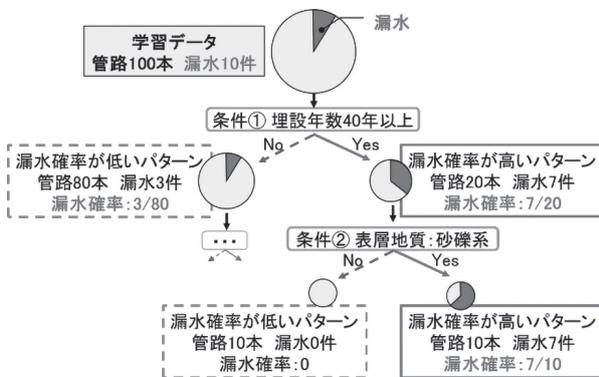


図5 漏水データを学習した予測アルゴリズムのイメージ

## 3. 老朽度評価結果の検証事例

### 3.1 予測精度の検証方法

過去の管路データを用いて現在の管路の老朽度を予測し、現在までに発生した漏水事故を予測できているかについて検証した。具体的には図6に示すように①2015(平成27)年時点(例)の管路データに対して従来手法及びクボタモデル(鉄管モデル)を用いて老朽度を予測する。②老朽度が高いと判断した管路で2016(平成28)～2022(令和4)年に実際に漏水が発生していたかについて比較した。

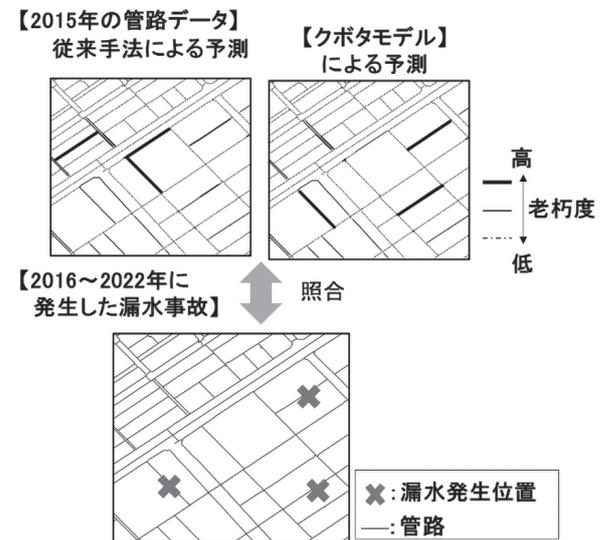


図6 漏水事故の予測精度検証方法

図7に精度検証方法の詳細を示す。予測された老朽度順に管路を更新した場合に漏水を何件まで減らせたか(残る漏水件数)により精度を比較した。例えばI事業体の管路を老朽度順に並べ上位20%を更新したと仮定すると、従来手法では25件のうち13件の漏水を捉え、残る漏水件数を12件にするが、クボタモデルでは7件まで減らすことができた。残る漏水件数が少ないほど、実際に管路を更新した場合に発生する漏水を抑制できると考えられるため、本検証方法では残る漏水件数が少ないほど予測精度が高い手法であると評価した。

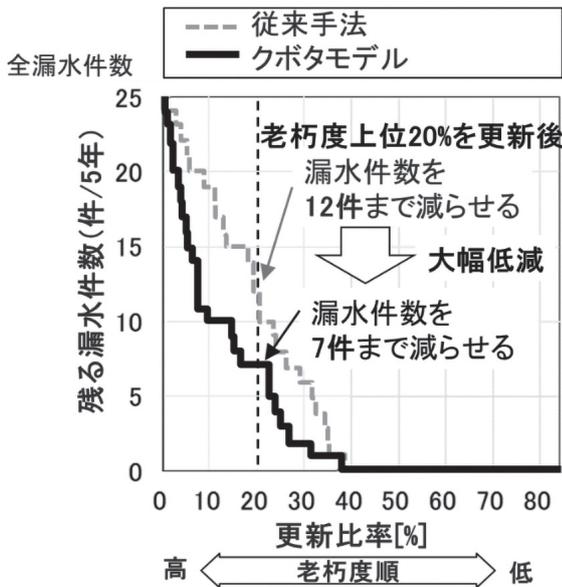


図7 精度検証方法の詳細

### 3.2 予測精度の検証結果

3.1の予測精度の検証方法を9事業体に適用した結果を図8に示す。

老朽度の上位20%を更新した場合、従来手法の残る漏水件数91件と比較してクボタモデル（鉄管モデル）では46件となり将来発生する漏水を半減させる効果を確認した。

ここでの従来手法とは管路を経年順に更新する手法ではなく、k値を用いて鉄管の腐食深さを予測する腐食予測式<sup>4)</sup>や漏水発生履歴を統計的に分析して作成された機能劣化予測式<sup>5)</sup>など

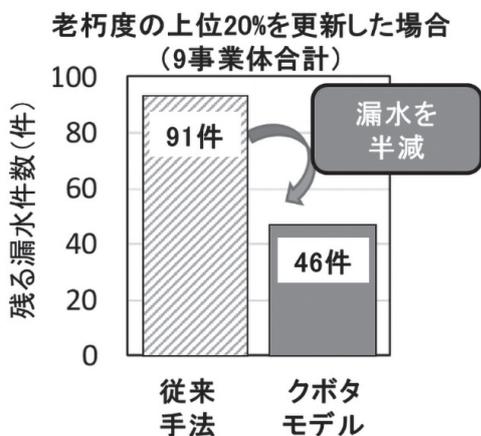


図8 クボタモデルの予測精度検証結果

公的に認められた老朽度評価手法である。

本結果よりクボタモデルを活用することで発生する漏水を十分に低減させ、限られた予算で健全な管路の維持管理に寄与するものと考えられる。

### 3.3 事業体独自モデルの作成

ここまで全国のデータを活用し汎用性を高めた全国版のクボタモデルについて紹介した。

弊社では全国版のモデルだけではなく、各水道事業体が保有するデータを活用することで予測精度を高めた事業体独自モデルを構築することが可能である。

事業体独自モデルの導入事例としては、2022（令和4）年度に実施した人口100万人規模の水道事業体との共同研究及び更新計画への活用が挙げられる。共同研究では、当該水道事業体がこれまで蓄積されてきた漏水事故データ及び管体調査データを反映した事業体独自モデルを構築し、管路の老朽度を予測した。また、予測精度の検証として実際に埋設管路を掘削し管路の老朽度を調査、予測結果と調査結果を比較検証した。

その結果、道路を掘削することなく管路の老朽度が予測でき、市内全域の配水管約4,000kmの老朽度を評価し更新優先順位を設定した。

## 4. おわりに

### 4.1 水道事業体における本手法の評価

弊社グループではこれまで水道管路の老朽度診断業務の委託を15件、共同研究を3件実施している（2023（令和5）年12月末時点）。

各水道事業体からは、①全管種の老朽度をAIで予測できること、②腐食調査データをベースにしたモデルが信頼できること、③モデルの説明性が高く更新計画等を市民へ説明する際に説明責任を果たせる手法であることが評価され、採用していただいた。

## 4.2 まとめ

弊社は独自のデータを活用して管種の特徴を考慮した管種別の老朽度評価手法（クボタモデル）を開発した。クボタモデルは従来手法よりも高精度で漏水を予測することができる。また、予測結果を漏水事故率（件／年／km）で表示でき、老朽度を定量的に評価することができる。

本モデルを用いることで、①漏水事故低減による修繕費用の削減や②水の安定供給及び③費用対効果を最大化できる管路の更新計画の立案が期待され、老朽化が進む水道管路等の戦略的な保全管理に貢献するものと考えられる。

## 参考文献

- 1) 厚生労働省（2022（令和4）年）：令和4年全国水道関係担当者会議 資料
- 2) 農林水産省（2022（令和4）年）：令和4年度食料・農業・農村白書
- 3) 川勝智，奥村勇太，船橋五郎，滝沢智（2021（令和3）年）：ダクタイル鉄管及び鋳鉄管の高精度な老朽度評価方法の開発，水道協会雑誌，第91巻，第9号
- 4) 公益社団法人 日本水道協会（2006（平成18）年）：水道施設更新指針
- 5) 公益財団法人 水道技術研究センター（2011（平成23）年）：持続可能な水道サービスのための管路技術に関する研究