

# 送水管の新設に伴う水道システムの 保全性向上の経済評価

システム計画学研究室 國井大輔

## 1. はじめに

送水管の故障や被災を防ぐためにはその保全が不可欠である。しかし、その実施に際して多くの世帯への給水を一旦停止せざるをえない地域では、適切な保全が困難である。このような地域では、既設の送水管と相互連絡が可能な送水管を新設することで保全を可能にする事業が行われている。本研究では、その実例として神戸市の「大容量送水管整備事業」を取り上げ、送水管整備事業がもつ保全性向上のためのプラットフォーム機能の経済効果を評価するモデルをマルコフ決定過程を用いて構築する。

## 2. 経済評価モデルの基本的な考え方

送水システムの状態を  $(i, e, d)$  で表す。  $i$  は既設の送水管の劣化状態であり、  $s+2$  個の状態  $(0, 1, \dots, s, s+1)$  のうち 1 つの状態にあるとする。ここで 0 は新品同様の劣化状態、  $1 \dots s$  は劣化の進行状態を表し、  $s+1$  は故障状態を表す。  $e$  は地震の状態（規模）である。  $d$  は大容量送水管が整備されているか否かを表しており、  $d=1$  は整備されている、  $d=0$  は整備されていない状態である。

大容量送水管が整備されている場合、水道管理者が点検によって送水システムの状態が  $(i, e, d)$  であると知ったときにとりうる行動は既設の送水管の「補修」、「更新」、「運転を続け  $T$  期後に再点検」の 3 つであるととし、それぞれの行動を  $a_1$ 、  $a_2$ 、  $a_3$  と表す。

大容量送水管が整備されていない場合、「水道管理者は運転し続け、  $K$  期後に大容量送水管を整備する」という行動をとらざるを得ず、それを行動  $a_0$  と表す。

大容量送水管が整備されている、されていない場合のそれぞれにおけるライフサイクルコストを動的計画法により求め、それらのライフサイクルコストの差によって大容量送水管の経済効果を導出する。

## 3. モデルの定式化

記号を以下のように表す。

- $V_1(i, e, 1)$  :  $a_1$  を選択したときのライフサイクルコスト
  - $V_2(i, e, 1)$  :  $a_2$  を選択したときのライフサイクルコスト
  - $V_3(i, e, 1; T)$  :  $a_3$  を選択したときのライフサイクルコスト
  - $V_0(i, e, 0; K)$  :  $a_0$  を選択したときのライフサイクルコスト
- 大容量送水管が整備された場合の最適なライフサイ

クルコストは次式で求められる。

$$V(i, e, 1) = \min \{ V_1(i, e, 1), V_2(i, e, 1), \min_{1 \leq T \leq \infty} V_3(i, e, 1; T) \}$$

同様に大容量送水管が整備されていない場合のそれは次式で求められる。

$$V(i, e, 0) = \min_{1 \leq K \leq \infty} V_0(i, e, 0; K)$$

よって、大容量送水管が整備されたときの経済効果は  $V(i, e, 0) - V(i, e, 1)$  により導出される。

## 4. 実証分析

劣化状態の推移確率を仮定し、劣化状態を「0: 新品同様の状態」、「1: 構造体としての強度が期待できる劣化状態」、「2: 構造体としての強度が期待できない劣化状態」、「3: 故障状態」、地震の状態を「0: 100 ガル未満」、「1: 100 ガル以上 300 ガル未満」、「2: 300 ガル以上」として分析を行った。行動に伴うコストや各状態でのコストは神戸市水道局へのインタビューに基づき推定した。大容量送水管を整備している場合の各状態下での各行動をとったときのライフサイクルコストは図-1 のように表され、制御限界状態が存在することがわかる。またこのときに大容量送水管の整備に伴う経済効果の期待値は約 749.832 億円と推定され、事業費の 500 億円を上回る結果となった。

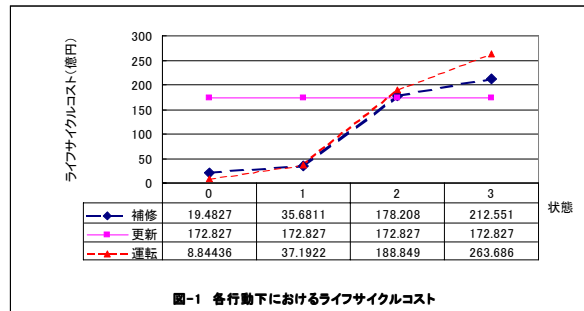


図-1 各行動下におけるライフサイクルコスト

## 5. おわりに

本研究では、マルコフ決定過程を用いて神戸市の送水管整備事業の経済効果を定量的に測定した。今後は既設の送水管をセグメント化するなど、より実態のシステムに即した評価モデルへと改良していく。