

実数値GAを応用した漏水発生 シミュレーションモデルに関する研究

稲員 とよの^{1*}・〇片岡 麻希²・小泉 明³・荒井 康裕⁴
佐々木 史朗⁵・芦田 裕志⁶

¹正会員 首都大学東京大学院准教授 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

²学生会員 首都大学東京大学院 工学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

³フェロー 首都大学東京大学院教授 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

⁴正会員 首都大学東京大学院助教 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

⁵東京都水道局 給水部給水課 (〒163-8001 東京都新宿区西新宿二丁目8-1)

⁶首都大学東京大学院 / 東京都水道局 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

* E-mail: inakazu@tmu.ac.jp

水道管路では、管布設後の経過により埋設環境の影響を受け、劣化や腐食が進行して漏水が発生し易くなったり、管材質の差異により破損の確率が異なると考えられている。本論文では、配水小管での漏水発生に着目し、漏水防止量も含め地中や地上に生じたと考えられるすべての漏水を漏水発生量と定義し、管の老朽化の影響を考慮して予測モデルの作成を試みた。実数空間での最適解探索を行う実数値GAを適用してモデル化を行った結果、配水小管における漏水発生率を表すモデルを定式化でき、漏水発生量を算定する適合性の高いモデルが得られた。また、今後の維持管理計画をシナリオとして設定して将来の漏水発生を予測し、経年管更新の効果等について検討した。

Key Words : water leakage, prediction model, Real-Coded GA, aged pipes, renewal planning

1. はじめに

現在、日本の水道普及率は97%を超える高水準に達しており、維持管理に重点を置くべき時代だといえる。水道事業のサービス水準をより向上させるため、漏水のさらなる低減は近年の重要課題となっている。だが、水道管路で生じる漏水の大部分は地中で発生しており、漏水の実態把握は非常に難しい。そうしたなかで、漏水の未然防止を図るために漏水防止を行う必要がある。

東京都では漏水防止作業が系統的になされており、その漏水防止対策は、即応的対策、予防的対策、技術開発に分類されている¹⁾。即応的対策とは、地上あるいは地下で発生した漏水を発見して修理を行う作業を指し、機動作業と計画作業に大別される。機動作業とは、都民からの通報や都職員のパトロールによって発見された地上漏水を修理する作業である。一方、計画作業には、漏水量測定作業と巡回調査作業がある。漏水量測定作業は、漏水量の推定や漏水の動向把握を目的として、夜間最小流量の測定を行うものである。また、巡回調査作業は、

各戸のメータや道路下を対象に音聴調査を行う作業である。予防的対策では、漏水の未然防止や漏水の復元を抑えるために、経年配水管のダクタイル鋳鉄管への取替え(以下、ダクタイル化)、給水管のステンレス鋼管への取替え(以下、ステンレス化)など、主に水道管路の材質改善を行っている。

東京都は、古くから漏水防止を積極的に行ってきたおり、図-1及び図-2からは、その成果が読み取れる。これらのデータを用い、漏水率に着目した統計分析を過去に行ったところ、水道管の材質改善(ダクタイル化やステンレス化等)や漏水防止作業がこれまでの漏水低減に大きく寄与してきたという定量的な研究成果が得られている²⁾。だが、東京都においては現在までに材質改善はほぼ完了しており、将来の漏水状況を検討できるような他のモデルが必要だと考えた。

漏水発生を定量的に検討した既往の研究は数少なく、漏水量を水圧の関数とするモデル³⁾、地下で発生した漏水が地上へ流出するまでの日数の確率分布モデル⁴⁾、配水管の破損発生率を管径の関数としたモデル⁵⁾⁶⁾が挙げ

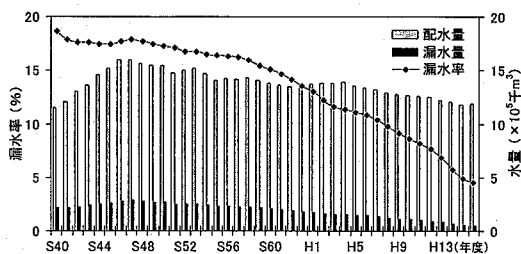


図-1 配水量,漏水量,漏水率(都区部)

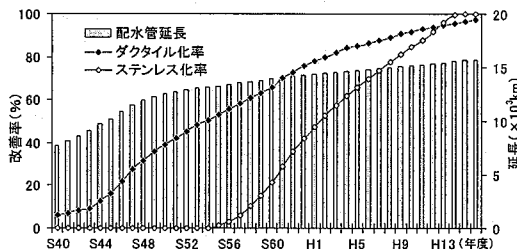


図-2 ダク化率,ステン化率,配水管延長(都区部)

られる。一般に、管路の共用年数が長くなると、腐食が進行して管路が劣化する⁷⁾と考えられているが、データの蓄積が十分でないこともあり、昭和61年以前の調査による管種別の平均的事故率は示されている⁸⁾ものの、共用年数と漏水発生の定量的関係は確立されていない。

本論文では、管の老朽化が漏水に及ぼす影響に着目し、東京都区部を対象とした漏水発生シミュレーションモデルの作成を試みた。昭和48年度から平成16年度の東京都区部のデータを用い、遺伝的アルゴリズム (Genetic

Algorithms: GA) を適用した。さらに、今後の維持管理計画をシナリオとして設定し、平成40年度までの漏水発生予測シミュレーションを行った。以下2. では、モデル化の対象である漏水発生量を定義する。3. では、漏水発生モデルの作成法とその結果について述べる。4. では、漏水発生量の予測を行い、維持管理計画の相違に伴う漏水発生の変化を検討する。

2. 漏水発生量の定義

本論文では、実データをもとに算出される漏水発生量（以下、漏水想定量）と、モデルで算定される漏水発生量（以下、漏水算定量）との誤差を最小化問題を解き、漏水発生モデルを構築する。図-3は本モデルの構造である。以下に漏水想定量と漏水算定量の定義を示す。

(1) 漏水想定量

漏水想定量 $qw(t)$ [$\text{km}^3/\text{年}$]は、漏水防止がなされなければ実際は生じていたであろうと想定される漏水量を考える。すなわち、機動作業で対応可能であった地上に出現した漏水量、夜間最小流量による小管と給水管からの推定地下漏水量及び本管継手からの推定自然漏水量の総和と仮定する。これは、公表値としての漏水量と漏水防止量の合計値と捉えられる。

漏水量（公表値）及び漏水想定量の系列図を図-4に示す。両者の差分が漏水防止量に相当するものである。

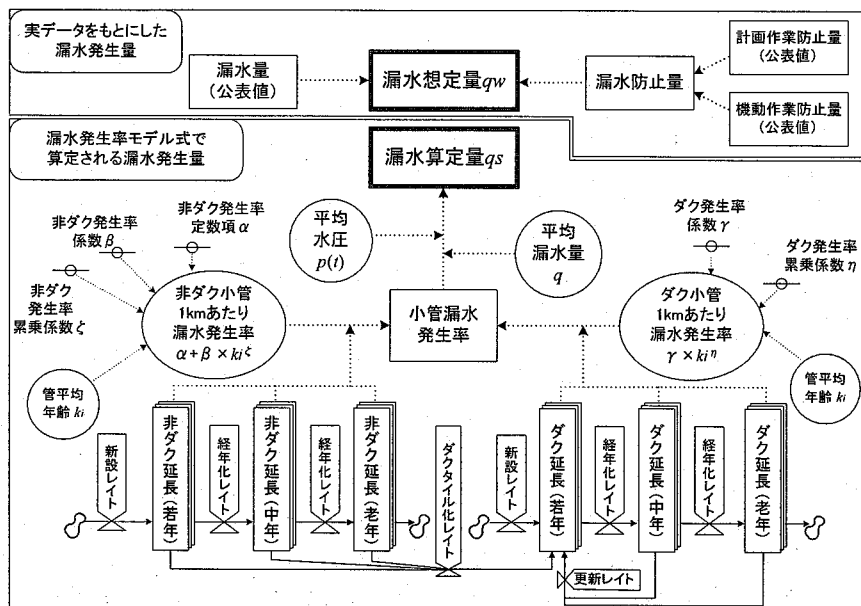


図-3 漏水発生モデルの構造

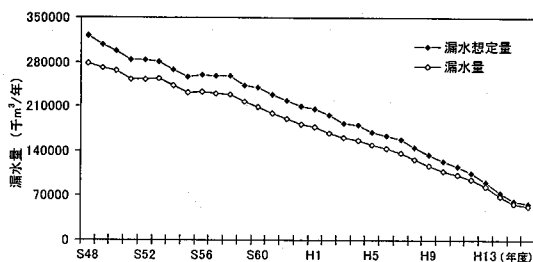


図-4 漏水想定量の系列図

(2) 漏水算定量

本論文では、統計データをもとに、地中で生じている漏水を配水小管に換算して考える。このため、配水小管での漏水発生件数を x [件/年]、同様に、配水本管では y [件/年]、給水管では z [件/年]とおく。漏水修理件数のデータより、 x, y, z の比率を算出し⁹⁾、その平均値を用いた。

$$x:y:z=1:0.07:11.58 \quad (1)$$

これより、漏水発生件数 M [件/年]は、

$$\begin{aligned} M &= x + y + z \\ &= x + 0.07x + 11.58x \\ &= 12.65x \end{aligned} \quad (2)$$

と表せる。さらに、配水小管、配水本管及び給水管における漏水1件あたりの漏水量を、ここでは仮に等しいものと設定し、 q [m³/年/件]とする。このとき、漏水量 Q [m³]は以下のように表すことができる。

$$Q = 12.65x \times q \quad (3)$$

つぎに、配水小管における管路延長1kmあたりの年間漏水発生件数を小管漏水発生率として、モデル化する。水道管路では、布設後の年数の経過とともに、埋設環境の影響も受け、劣化や腐食が進行して漏水が発生し易くなると考えられる。管材質によっては、外圧による変形や破壊の危険性も有し¹⁰⁾、布設直後においても漏水が発

生する可能性がある。また、管体の破損率は、材質により異なると言われている⁹⁾¹⁰⁾。そこで、小管漏水発生率を、非ダクタイル鋳鉄管（以下、非ダク）及びダクタイル鋳鉄管（以下、ダク）について、5つのパラメータ $\alpha, \beta, \gamma, \zeta, \eta$ を用いて次式のように定式化する。ただし、 t_0 は管布設年度である。

$$\text{非ダク} : \alpha + \beta \times (t - t_0)^\zeta \quad (4)$$

$$\text{ダク} : \gamma \times (t - t_0)^\eta \quad (5)$$

$(t - t_0)$ は、管の経年数（管年齢）に相当する。このため、過去の配水設備統計（年度別現在数）データを用いて管平均年齢構成比率を求め（図-5）、管種ごとの総延長（例えばダクタイル管の総延長は、図-2における「配水管延長×ダクタイル化率」）を按分して年齢別管路延長とした。なお、管平均年齢は、 $k_i = 2, 7, 12, 17, \dots$ と5才区分で設定している。

これより小管漏水発生率 $x(t)$ [件/年]は、 t 年度における布設後 k_i 年の非ダク管路延長を $LU(t, i)$ [km]、 t 年度における布設後 k_i 年のダク管路延長を $LD(t, i)$ [km]として、次のようなモデル式となる。

$$\begin{aligned} x(t) &= \sum_{k_i} \left(\alpha + \beta \times k_i^\zeta \right) \times LU(t, i) \\ &\quad + \sum_{k_i} \left(\gamma \times k_i^\eta \right) \times LD(t, i) \end{aligned} \quad (6)$$

式(3)及び式(6)より、漏水算定量 $qs(t)$ [m³/年]を次の式で表した。

$$qs(t) = 12.65 \times q \times x(t) \times \frac{\sqrt{p(t)}}{\sqrt{p(H12)}} / 1000 \quad (7)$$

なお、平均漏水量 q は過去の調査結果⁹⁾より設定しているが、一般に、漏水量は水圧の0.5乗に比例すると報告されている³⁾ことより、式(7)では、各年度の平均水圧 $p(t)$ [Mpa]と、平成12年度の水圧 $p(H12)$ の比を用いて、漏水量を補正している。

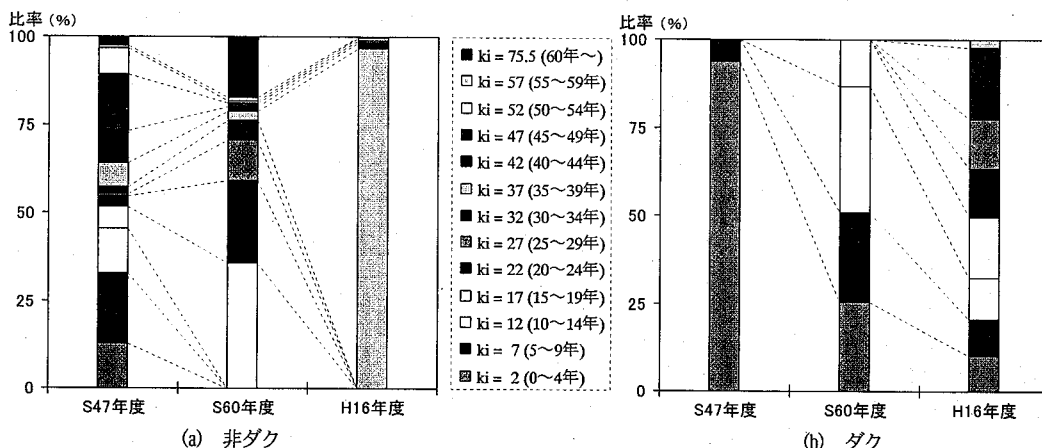


図-5 管種別管平均年齢構成

3. 漏水発生量のモデル化

(1) 遺伝的アルゴリズムについて

漏水発生モデルを構築するにあたり、実数値GAの適用を試みた。

GA (遺伝的アルゴリズム) は、生物進化を計算機上で模して、適応、学習、最適化といった機能を実現しようとする進化型計算のひとつである。基本的なGAの構成法としては、「単純GA (Simple GA:SGA)」が提案されている。SGAでは、まず、問題の解を $\{0,1\}$ の2値による固定長の記号列で個体を表現し、個体集合を生成する。そして、生物の遺伝機構と自然選択を模擬し、主に3つの遺伝的操作より最適解の探索を進めていく。その遺伝的操作とは、選択、交叉、突然変異である。

選択は、ある世代の個体集合中の各個体について、適応度に応じて次世代に残す子の数を増減させるものである。その一つの方法として、ルーレット選択が挙げられる。これは、個体 i が適応度 f_i の個体集合内の適応度の総和 G に対する割合 f_i/G の確率で、選択後の個体集合に含まれるようにする方法である。

交叉では、個体集合内の個体をランダムに2個ずつ組み合わせるペアを生成する。そして、各ペアについてある確率 (交叉率 pc) で2つの個体の遺伝子列を部分的に入れ換える。

突然変異とは、各個体の各遺伝子座について、ある確率 (突然変異率 pm) でその遺伝子を反転させるものである。

SGAを実現するには、計算終了までの世代数、個体集合のサイズ (個体数)、交叉率、突然変異率をあらかじめ設定する必要がある¹²⁾。

さらに近年、遺伝子型空間での解探索ではなく、実数空間で最適解を探索する実数値GAが提案されている。これは、実数ベクトルによって個体を表現し、遺伝的操作により評価関数を最大化する手法である。本手法は、従来の最適化手法 (線形計画法など) に比べ、解空間の形状にかかわらず解探索が可能のため、工学的与件情報の不足している問題にも幅広く適用可能であり、非線形な適応度関数も用いることができる自由度の高い最適化手法と言える。

(2) 実数値GAの適用について

本モデル化の計算手順を図-6に示す。まず、文献の管種別事故率⁹⁾及び予備分析より、各パラメータのとり得る範囲を、式(8)から(12)に示す上下限值として設定し、一様乱数を用いて初期集合を生成した。

$$0 \leq \alpha \leq 0.40 \quad (8)$$

$$0 \leq \beta \leq 0.50 \quad (9)$$

$$0 \leq \gamma \leq 0.50 \quad (10)$$

$$0.50 \leq \zeta \leq 3.00 \quad (11)$$

$$0.50 \leq \eta \leq 3.00 \quad (12)$$

適応度 f_v には、以下のような漏水想定量と漏水算定量の相対誤差を採用した。

$$f_v = \frac{1}{\sum_i \frac{|qw(t) - qs(t)|}{qw(t)}} \quad (13)$$

次世代の生成におけるモデルパラメータの制約条件としては、 α, ζ, η について定めている。 α は非負の制約条件を設定し、遺伝子操作で $\alpha < -0.01$ となる場合には、その絶対値に応じたペナルティを課して個体の適応度を下げ、次世代に生き残り難くしている。また、 ζ と η については、以下の範囲に生成された個体は致死遺伝子と見なし、乱数を用いて新たに個体を生成することとした。

$$\zeta < 0.49, \quad 3.01 < \zeta \quad (14)$$

$$\eta < 0.49, \quad 3.01 < \eta \quad (15)$$

選択は、ルーレット選択の方法で行い、交叉法としては、ブレンド交叉を採用した。ブレンド交叉では、両親の実数ベクトルによって生成される区間をある割合 h で拡張させ、その区間から一様乱数に従って子を2個体生成する。すなわち、座標軸ごとに独立にランダムサーチを行って新たな子個体を生成する方法であり¹³⁾、突然変異を行わない場合でも、比較的良好な結果が得られると報告されている¹⁴⁾。

本モデル化では、世代数は300、個体数は100、交叉率 pc は0.8、 h は0.5と設定した。

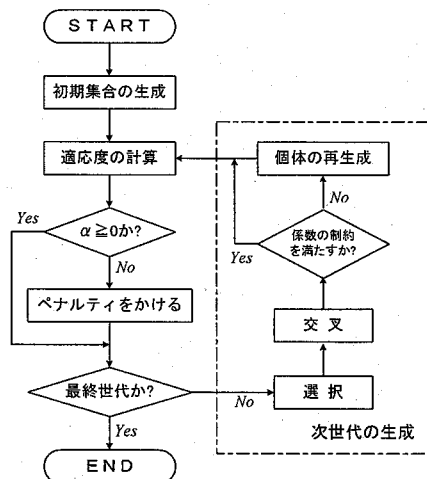


図-6 計算のフロー

表-1 パラメータ推定結果(1)

Model	乱数元		最大適応度への到達						
			世代数	適応度	平均適応度	最良個体のパラメータ			
	nran	nkg	fvg	fva	α	β	γ	ζ	η
A-1	10	111	0.362	0.329	0.0093	0.0472	0.0128	0.9431	0.5561
A-2	20	17	0.362	0.290	-0.0020	0.0681	0.0152	0.8460	0.4957
A-3	30	165	0.355	0.306	0.0432	0.0809	0.0150	0.7828	0.5140
A-4	40	85	0.346	0.288	-0.0096	0.1726	0.0165	0.5727	0.5012
A-5	50	175	0.356	0.345	0.0063	0.1082	0.0157	0.7074	0.4974
A-6	60	272	0.353	0.327	0.0047	0.0653	0.0082	0.8541	0.7118
A-7	70	261	0.348	0.316	0.0013	0.1630	0.0159	0.5888	0.5059
A-8	80	66	0.352	0.325	-0.0082	0.1368	0.0159	0.6412	0.4991
A-9	90	272	0.366	0.334	-0.0040	0.0504	0.0153	0.9282	0.4946
A-10	100	87	0.352	0.325	0.0021	0.1359	0.0168	0.6423	0.4968
平均値									0.5

表-2 パラメータ推定結果(2)

Model	乱数元		最大適応度への到達						
			世代数	適応度	平均適応度	最良個体のパラメータ			
	nran	nkg	fvg	fva	α	β	γ	ζ	η
B-1	10	127	0.362	0.313	-0.0097	0.0798	0.0152	0.8	0.5
B-2	20	8	0.357	0.291	0.0361	0.0770	0.0158	0.8	0.5
B-3	30	108	0.360	0.283	0.0088	0.0785	0.0156	0.8	0.5
B-4	40	40	0.359	0.298	0.0095	0.0787	0.0160	0.8	0.5
B-5	50	108	0.361	0.327	-0.0100	0.0794	0.0156	0.8	0.5
B-6	60	21	0.358	0.294	-0.0030	0.0787	0.0155	0.8	0.5
B-7	70	115	0.361	0.320	0.0003	0.0788	0.0155	0.8	0.5
B-8	80	42	0.360	0.304	0.0103	0.0781	0.0154	0.8	0.5
B-9	90	7	0.360	0.259	0.0037	0.0794	0.0150	0.8	0.5
B-10	100	29	0.358	0.290	0.0139	0.0771	0.0158	0.8	0.5
平均値									0.012

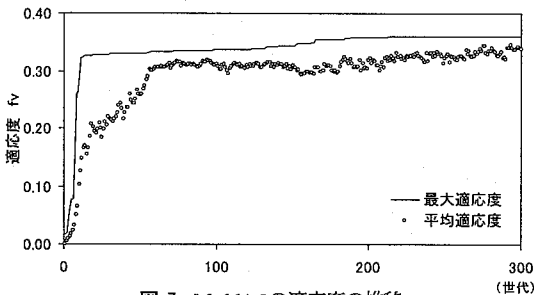


図-7 ModelA-3の適応度の推移

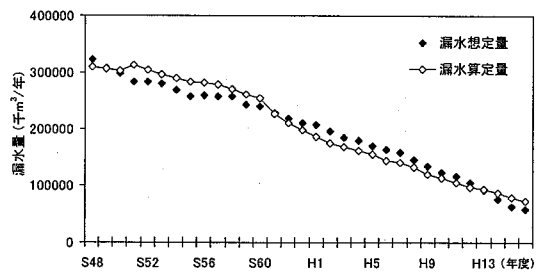


図-8 漏水発生量の推定結果

(3) 解析結果

初期集合を生成する際の乱数元を10ケース設定し、モデルパラメータを推定した結果、表-1のようになった。また、ModelA-3の最大適応度と平均適応度の推移を図-7に示す。表-1より、 ζ と η が比較的近い値となっており、 ζ と η はその平均値をとって次のように決定した。

$$\zeta = 0.8 \quad (16)$$

$$\eta = 0.5 \quad (17)$$

パラメータ α, β, γ を再度推定した結果は表-2である。 β と γ がそれぞれ近い値に収束しており、平均値をとってモデルパラメータを決定した。その際 α については物理的有意性を考慮し、負値は除いて平均値をとることとした。決定したモデルパラメータにより得られた、小管1kmあたり漏水発生率は下式となる。

$$\text{非ダク} : 0.012 + 0.079 \times ki^{0.8} \quad (18)$$

$$\text{ダク} : 0.016 \times \sqrt{ki} \quad (19)$$

漏水想定量と作成したモデルによる漏水算定量の系列を図-8に示す。自由度調整済み重相関係数 R^* は0.982となり、適合性の高いモデルを得ることができた。式(18)及び(19)は、布設後 ki 年における年間漏水発生件数を表しているため、布設後 ki 年までに起こる累積漏水発生件数は両式を ki について積分したものと与えら

れる。累積漏水発生率は、管路の経年化に伴い線形に増加するのではなく、加速的に増加して行き、非ダクタイル管について加速の度合いが大きいのという結果を意味している。

4. 漏水発生量の予測シミュレーション

将来の維持管理計画をシナリオとして設定し、平成19年度から平成40年度までの漏水発生量の予測シミュレーションを行った。シナリオは、配水小管に関する更新計画及び平均水圧の制御について設定した。

標準ケース (Case1) の管路更新計画は、東京都水道局の初期ダクタイル管取替え計画⁷⁾に準拠している。初期ダクタイル管と定義されている配水小管は、昭和47年までに布設された管路であり、優先路線については平成30年度を目途に取替えを完了させるという目標が立てられている。年次計画としては、経年管取替事業 (K0プロジェクト) の事業量や完了年度を考慮し、配水小管では約110[km/年]を更新する計画となっている。標準シナリオとしては、初期ダクタイル管取替えを平成30年度まで継続し、平成40年度までに初期ダクタイル管が完全に解消されるように設定した結果、管路更新率は約0.8%で行われるものとなった。また、平均水圧の設定につい

表-3 シナリオの一覧

Case	実施年度	ダク更新計画		平均水圧	シナリオの方針
		距離(km/年)	更新率		
1	H19～30	110	約0.8%	0.3[MPa]	初期ダク更新完了
	H31～40	80			
2	H19～30	110	約0.8%	H30年度に 0.5[MPa]	徐々に増圧
	H31～40	80		0.5[MPa]	
3	H19～40	240.5	1.7%	0.3[MPa]	50才以上に達する 管の更新完了
4	H19～40	352	2.5%	0.3[MPa]	更新率2.5%を継続

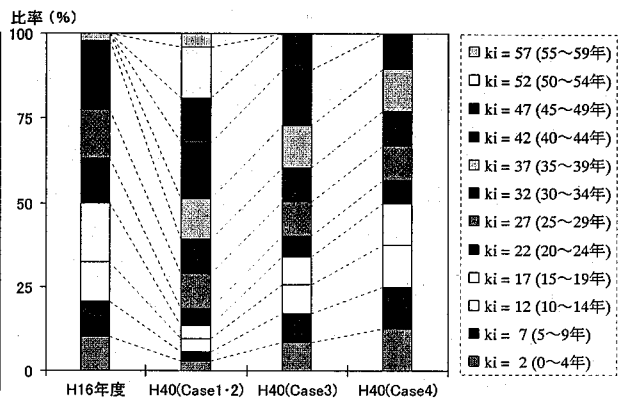


図-9 各シナリオにおける最終年度の管平均年齢構成

ては、現状を平成40年度まで維持するようにした。

Case2のシナリオは、管路更新については標準ケースに準じているが、平均水圧の設定を変えた。現在、東京都水道局では今後の給水水質向上を目指し直結給水化が計られている。このことを考慮し、平成30年度まで徐々に増圧していき、0.5[MPa]に達するように設定した。なお、平成30年度を区切りとしているのは、初期ダクタイ管取替え計画の目標年度と一致させるためである。

Case3は、平成40年度に布設後50年となる管の更新が完了するように設定した。その結果、管路更新を標準ケースの約2倍のペースで進めるような計画となり、ダクタイ管の更新率は1.7%となっている。

Case4は、Case3よりもさらに管路更新に重点を置き、ダクタイ管の更新率が2.5%となるようなシナリオとした。標準ケースの約3.5倍の更新計画である。

各シナリオにおける更新計画及び平均水圧の設定を表-3に示し、各シナリオの最終年度（平成40年度）におけるダクタイ管平均年齢構成を、現状（平成16年度）の年齢構成（図-5の一部を再掲）とともに図-9に示す。本シミュレーションでは、単純に、年齢の高い管路から順に更新して行くという設定をしており、図-9を見ると、Case1及びCase2では、平成40年度に到る更新速度が管の経年化に追いついていないが、Case3、Case4と更新距離を増加するにつれ、経年化に歯止めがかかっている様子が表れている。

予測シミュレーション結果を図-10に示す。標準ケースの管路更新計画では、平成40年度に漏水量が現在よりも約2割増加するものと予測され、さらに平均水圧の増圧がなされると約5割増加する結果となった。これより、漏水発生に対する平均水圧増圧の影響が大きいということが示唆される。一方、Case3のような更新計画を行えば、平成40年度にはほぼ現在の漏水を維持できるものと推察された。また、Case4のように更新率2.5%で経年ダクタイ管の更新を継続すれば、平成40年度には約14%の漏水削減効果が期待できる。

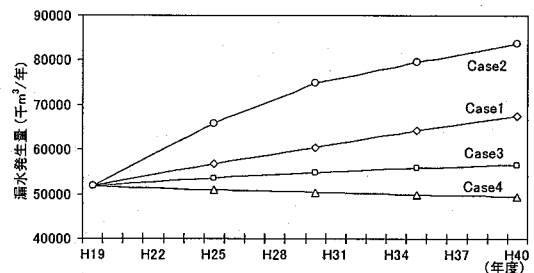


図-10 予測シミュレーション結果

5. おわりに

本論文では、東京都区部を対象に、管の老朽化が漏水発生に及ぼす影響に着目し、実数値GAにより漏水発生量を算定するモデルを得た。また、経年管更新の効果を検討するため、将来の漏水発生の予測シミュレーションを行った。その結果、経年ダクタイ管の更新を重点的に進めれば、漏水の低減が可能であるということが示唆された。

提案した漏水発生モデルでは、給水管等における漏水発生を配水小管に換算して平均化した扱いを取っている。今後、漏水の復元を含め、現象メカニズムの解明や漏水データの蓄積が進んだ際には、配水管と給水管ごとに管種別漏水発生率を算定するなど、モデルの改良を行い精度の向上を図っていく必要がある。

しかし、漏水防止計画や更新計画は、配水小管と給水管について一体的に行われてきた経緯があり、今後さらに漏水低減を目指すならば、配水小管のみならず他の水道管も含めて総合的な経年管更新を進めるなど、漏水防止により一層力を入れる必要があると考えている。

謝辞：本研究は、合理的な漏水量算定方法の構築に関する東京都水道局との連携研究の一部であることを付記し、ここに関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 東京都水道局：東京の漏水防止 平成16年度版, 東京都水道局給水部漏水防止課調査係, 2004
- 2) 片岡麻希, 稲員とよの, 小泉明, 荒井康裕, 野口芳男, 中川眞：東京都区部における漏水率の経年変化分析, 第57回全国水道研究発表会講演集, pp418-419, 社団法人日本水道協会, 2006
- 3) 比企三蔵：漏水量と圧力の関係, 水道協会雑誌, vol.51, No.5, pp50-54, 社団法人日本水道協会, 1982
- 4) 橋本憲太郎, 新居寛：地下における漏水の挙動と効率的な漏水防止, 第51回全国水道研究発表会講演集, pp366-367, 社団法人日本水道協会, 2000
- 5) 細井由彦, 村上仁士, 香西正夫, 丸高茂幹, 鎌田圭郎, 奥田義郎：徳島市における配水管網の信頼性に関する研究, 水道協会雑誌Vo59, No.10, pp15-27, 社団法人日本水道協会, 1990
- 6) 細井由彦, 城戸由能, 市平雅美：漏水調査と修理のモデル, 環境工学論文集Vo36, pp371-378, 社団法人土木学会, 1999
- 7) 渡辺映一：東京都水道局における管路更新への取り組み, 水道技術ジャーナル, No.40, pp9-16, 財団法人水道技術研究センター, 2006
- 8) 水道施設更新指針, p.63, 社団法人日本水道協会, 2005
- 9) 東京都水道局：漏水防止のあゆみと統計第1編～第4編, 東京都水道局給水部漏水防止課調査係, 1979, 1986, 1995, 2005
- 10) 水道施設更新指針, p.55, 社団法人日本水道協会, 2005
- 11) 小棚木修, 小泉明, 渡辺晴彦：水道管路の更新順序と投資水準の適正化に関する研究, 環境システム研究論文集, vol.31, No.5, pp169-176, 社団法人土木学会, 2003
- 12) 三宮信夫, 喜多一, 玉置久, 岩本貴司（システム制御学会編）：遺伝アルゴリズムと最適化, 朝倉書店, 2000
- 13) 小野功, 山村雅幸, 喜多一：実数値GAとその応用, 人工知能学会誌, Vol.15, No.2, pp61-68, 2000
- 14) 田村孝廣：GAによる水循環モデルパラメータの多目的最適化, 東京都立大学博士学位論文, 2003

Study on Simulation Model of Water Leakage Occurrences with Application of Real-Coded GA

Toyono INAKAZU, Maki KATAOKA, Akira KOIZUMI,
Yasuhiro ARAI, Shirou SASAKI and Hiroshi ASHIDA

In water distribution system, leaks and breaks occur because of degradation and/or corrosion under the influence of aged pipes and/or underground environment. Pipe material also makes a difference in the probability of breaks. This paper focused on water loss amount from leaks and breaks in distribution sub-mains, and made a prediction model to quantify the leakage using pipe ages and materials as influence factors. We fit the model with application of Real-Coded GA that find the most suitable coefficient vector in real space. In consequence, our model could predict leakage amount in the future with some alternatives of the management and the renewal planning of water sub-mains.