

# 1 水道管路の維持保全について

## (1) はじめに

本市では、水道創設以来、市政の発展などに併せて多くの水道管路を整備・拡充してきました。今後、こういった管路が順次老朽化を迎えることから、将来に渡り持続可能な水道事業を実現していくためには、更新や維持補修に必要となる事業費を明らかにした上で、計画的に維持保全を実施していくことが必要です。

こういった観点から、概ね50年先を見据えた水道管路の維持保全計画を策定し、管路の更新需要の抑制及び平準化を図ります。

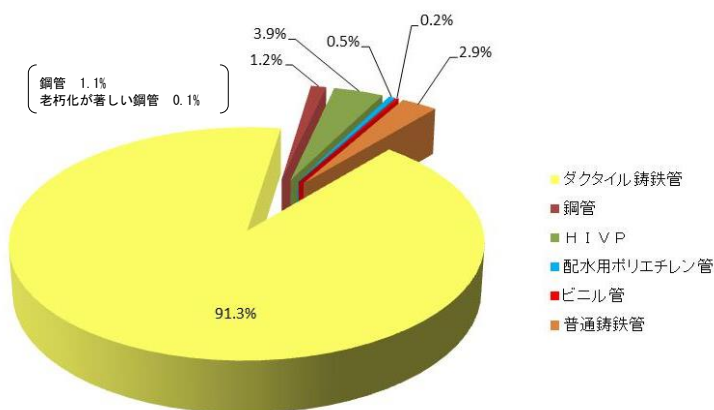
## (2) 現状と課題

### ア 現状

#### (7) 管種の分布

導・送・揚・配水管を合わせた管路の総延長は、簡易水道事業を含め平成24年度末で約4,750kmとなっており、管種別の内訳は、強度の高いダクタイル鋳鉄管が4,335kmで全体の91.3%を占めています(図-1)。鋼管は大口径管を中心に1.2%、主に50mm以下の配管に使用される耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)が3.9%、水道配水管用ポリエチレン管(HPPE)が0.5%存在し、老朽管として定義している強度の低い普通鋳鉄管が2.9%、ビニル管が0.2%、鋼管のうち老朽化が著しいものが0.1%となっています。

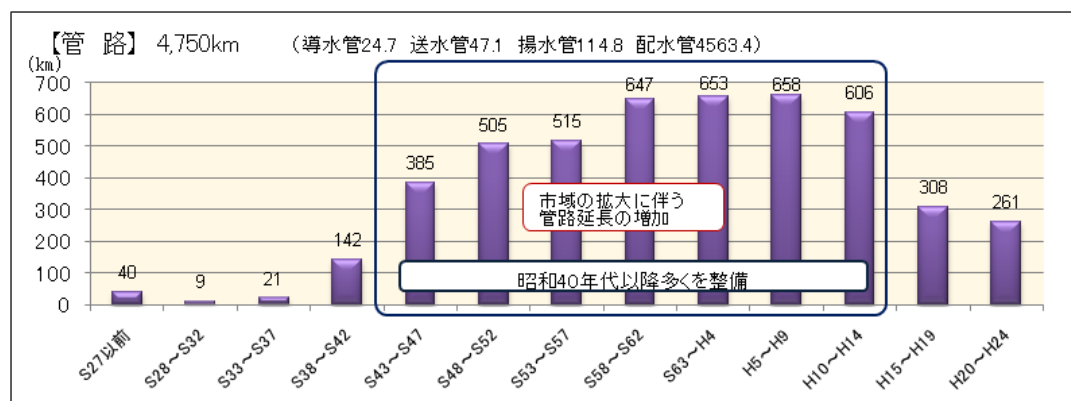
図-1 管種別構成



#### (イ) 布設年代の分布

水道管路の年代別布設延長は昭和46年度～平成14年度で80～154km/年、高度経済成長期やバブル景気、平成10年代前半にピークがあり、その後減少し最近では50km/年程度です(図-2)。

図-2 水道管路の年度別整備状況



(ウ) これまでの取組み

老朽管の更新については、配水施設整備事業として昭和 40 年度から計画的に取り組んでおり、平成 24 年度末までに約 950km の管路を更新し、平成 24 年度末現在での老朽管の残延長は約 152km となっています（表－1）。

表－1 老朽管改良延長 (km)

年度	S40～S45	S46～S50	S51～S57	S58～S62	S63～H4	H5～H9	H10～H12
事業名	配水設備整備事業	第2次配水設備整備事業	第3次配水設備整備事業	第4次配水設備整備事業	第5次配水設備整備事業	第6次配水設備整備事業	第7次配水設備整備事業
改良延長	137.7	94.6	126.6	120.9	100.6	71.2	51.9
内訳	铸铁管			79.0	49.3	17.6	6.4
	鋼管						
	ビニル管			7.2	8.1	23.6	37.2
	石綿管			34.7	43.2	30.0	8.3
累計	137.7	232.3	358.9	479.8	580.4	651.6	703.5

年度	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	
改良延長	19.6	16.1	12.6	19.4	22.1	20.4	20.2	
内訳	铸铁管	2.8	2.9	3.7	4.7	12.5	16.2	15.0
	鋼管	0.0	0.04	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2
	ビニル管	16.5	10.7	7.3	13.3	8.3	3.6	5.0
	石綿管	0.3	2.5	1.5	1.2	1.1	0.3	0.0
累計	723.1	739.2	751.8	771.2	793.3	813.7	833.9	

年度	H20	H21	H22	H23	H24	残延長	
改良延長	20.4	20.7	24.1	24.6	24.1	152.1	
内訳	铸铁管	17.7	17.3	21.9	21.5	22.5	136.0
	鋼管	0.2	0.3	0.1	0.02	0.02	9.7
	ビニル管	2.5	2.8	2.1	3.1	1.6	6.4
	石綿管	0.0	0.3				0.0
累計	854.3	875.0	899.1	923.8	947.9		

(エ) 取組みの効果

管路の維持保全として、漏水や折損の未然防止を目的とした管路の更新による「機能維持」と、漏水や折損による道路陥没等の二次災害の防止を目的とした、漏水調査と管路巡視による「安全確保」の両面から実施しています。

表－2に示すとおり、平成 14 年度と平成 24 年度を比較すると、10 年間で漏水量では約 3 分の 2、漏水修理件数では約 5 分の 1 にそれぞれ減少し、着実に効果が現れています。

表－2 漏水量と修理件数

	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
更新延長 (km)	16.1	12.6	19.4	22.1	20.4	20.2	20.4	20.7	24.1	24.6	24.1
漏水量 (m <sup>3</sup> /日)	19,964	19,201	18,861	18,059	17,299	16,755	15,809	14,770	13,751	12,894	12,283
修理件数 (件)	99	59	78	48	61	66	52	46	35	25	22

イ 課題

(7) 対策面

水道管路においては、これまで実施してきた計画的な漏水防止調査や管路巡視及び老朽管の更新といった取組みにより漏水は年々減少してきていますが、一方で、これまで更新対象としていないダクタイル铸铁管でも、腐食性土壌部のポリエチレンスリーブを被覆していない管路においては、近年漏水を発見した事例があります。

また、水道管路は昭和 40 年代後半以降に多くを整備しており、今後、法定耐用年数

(40年)を超える管路延長が急激に増加する見込みであるため、より効果的・効率的な維持保全を行う必要があります。

(イ) 予算面

法定耐用年数を超える水道管路は、10年後には約36%、20年後には約64%を占め、維持管理に要する費用は今後増大すると考えられます。

しかしながら、水需要の低迷や今後到来する人口減少時代を踏まえると、将来的に給水収益の増加は見込まれない状況にあり、維持保全に係る費用の確保が課題となっています。

(ウ) 技術面

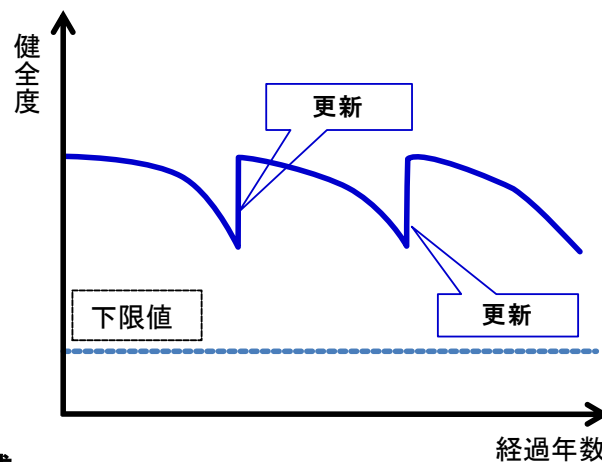
点検にあたっては、人材の確保・育成と職員全体の技術力の向上に加え、より効率的な点検技術及び漏水調査技術の導入を検討する必要があります。

(3) 維持保全計画策定の基本方針

ア 維持保全について

水道管路の老朽化に伴う断水等の機能不全は市民生活等に与える影響が大きく、また、その復旧には多大な経費が必要となることから、計画的な点検・更新を実施するなど予防保全型の維持保全が必要です(図-3)。

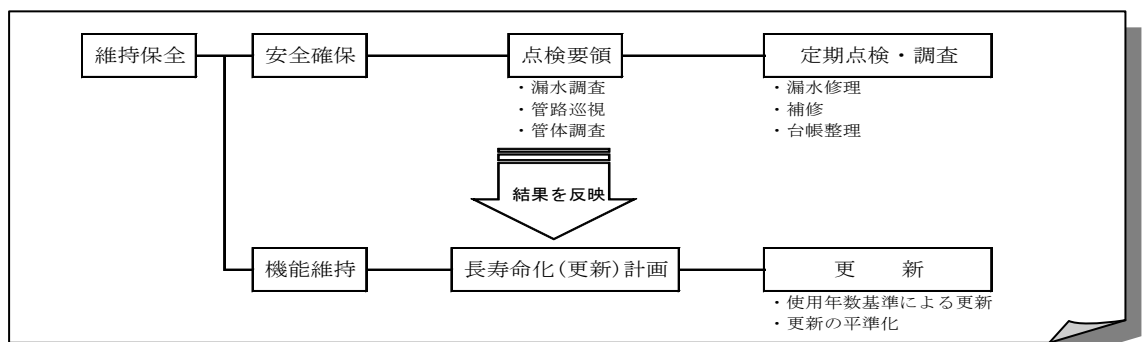
図-3 維持保全のイメージ図



イ 計画の構成

水道管路の維持保全計画は、安全確保を目的に管路の状態を把握し、漏水を早期に発見・修理するための点検要領と、機能維持を目的に、長大な管路を効率的かつ効果的に更新していく長寿命化(更新)計画で構成されています(図-4)。

図-4 維持保全計画の構成



## 2 点検要領

水道管路の腐食や継手の抜出し等の異状は漏水の原因となり、道路陥没等の二次災害を誘発する可能性があります。このことから、定期的な点検と継続的な漏水調査により水道管路の機能維持に努め、その結果を基に管路更新の優先順位を見直すなど、確実に管路更新計画にフィードバックします。

点検要領は、「漏水調査マニュアル」と「管路巡視マニュアル」及び「管体調査マニュアル」で構成しています。

### (1) 漏水調査マニュアル

地上に現れない地下漏水を計画的に調査し、発見した漏水を直ちに修理することにより水資源の有効利用と道路陥没等の二次災害防止を図ります。

#### ア 調査対象

- ・ 導水管
- ・ 送水管
- ・ 配水管（造成から概ね 10 年以内の団地等を除く。）
- ・ 給水管（配水管から水道メーターボックスまで）

#### イ 調査の内容

漏水調査は、管理事務所の所管（表-3）ごとに専門業者に委託し、漏水音の探知を主体として戸別・弁栓音聴調査、路面音聴調査、ログ型多点相関調査により、微小な漏水個所を特定します。

表-3 管理事務所の所管区域

管理事務所	所管区域
中部管理事務所	中区、南区
東部管理事務所	東区、安芸区、安芸郡府中町・坂町、海田町
西部管理事務所	西区、佐伯区
北部管理事務所	安佐南区、安佐北区

### (7) 戸別・弁栓音聴調査

戸別・弁栓音聴調査は、水道メーター等に伝わる漏水音を音聴棒等により探知する調査で、給水区域を 186 地区に分け、漏水履歴を基に調査周期を地区ごとに 1～5 年に設定して調査します。各戸の止水栓、水道メーター等及び道路上の止水栓並びに口径 250mm 以下の配水管の仕切弁・消火栓等において調査します。

また、貯水槽水道における各戸メーター方式の受水槽については、越流管や定水位弁等を調査します。

### (イ) 路面音聴調査

路面音聴調査は、路面に伝わる漏水音を漏水探知器により探知する調査で、表-4に示すとおり、漏水による二次災害等の社会的影響が大きい中・大口径を「重要管路」に、その他の管路で特に漏水の発生要因となる環境にある管路を「一般管路」に分類し、交通量の少ない夜間に管路上の路面を漏水探知器等で調査します。

表-4 路面音聴調査の調査対象

調査対象	定義	調査頻度
重要管路	導水管、送水管及び口径 300mm以上の配水管	1回/年
	重要管路のうち布設から 40 年を越える管路（重点管路）	2回/年
一般管路	口径 250mm 以下の配水管で以下に該当するもの ① 埋立地の非耐震管路 ② 旧式パッキンが集中し、漏水の多い団地内	1回/年

(ウ) ログ型多点相関調査

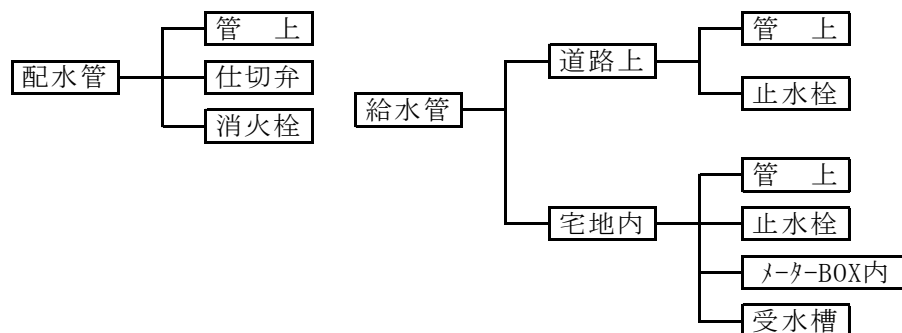
ログ型多点相関調査は、水道管路の弁栓類に伝わる漏水音を複数の据置き式のセンサーで捕捉し、漏水音のデータをコンピュータで解析して漏水地点を特定する調査で、軌道横断面部や国道横断面部及び法面等、路面音聴調査が実施できない路線について、1年に1回調査します。

ウ 調査結果の整理

(7) 漏水報告書の作成

発見した漏水か所を速やかに修理するために、漏水か所の住所・目標、漏水の区分(図-5)、地上漏水・地下漏水の別、付近見取図などを記載した漏水報告書を作成します。

図-5 漏水の区分



(イ) 調査結果の記録

1年間の調査結果は、調査会社ごとに「委託業務実施報告書」により報告され、これらを総括した「漏水防止調査業務報告書」を作成・保存します。

また、漏水修理の履歴は、修理伝票を基に水道施設情報管理システム（以下「マッピングシステム」という。）へ入力します。

(2) 管路巡視マニュアル

管路が埋設されている道路を定期的に巡視し、地下で発生した漏水が引き起こす道路陥没などの有無を調査します。

また、水道管路はその大部分が道路下に埋設されていますが、仕切弁や消火栓、空気弁などの鉄蓋は目視できるため、擦り減りや路面との段差を定期的に点検・補修し、安全管理に努めます。

なお、目視できる橋梁添架管や水管橋については、塗装や発錆状況を点検します。

## ア 点検対象及び頻度

表－5 管路巡視の対象管路と点検頻度

対象管路	定 義	頻度
重要管路	導・送・揚水管、排水口 口径 300mm 以上の配水管 重要管路を断水するために操作する仕切弁までの管路 口径 250mm 以下の配水管で 2 系統以上が断水となる配水管路 所属長が重要と認めた管路	1 回/年
危険管路	口径 300mm 以上の水管橋 口径 75～250mm の鋼管製の水管橋、橋梁添架部 軌道・国道の横断部 軌道と 5m 以内に並行した管路等 法面配管部 危険管路を断水するために操作する仕切弁までの管路	1 回/年 (一部船上からの点検 1 回/2 年)
一般管路	重要管路、危険管路以外の管路	1 回/4 年

## イ 点検の内容

表－6 点検の内容

点検対象	点検内容
管路	道路の陥没や路面の濡れを調査し、これらの現象を発見した場合は原因を調査する。 なお、山水等の水道以外の要因で陥没や路面の濡れがあった場合についても、その旨を記録する。
弁栓類その他	① 鉄蓋・受枠 路面との段差、受枠周辺の状況、鉄蓋摩耗の状況、蝶番の状況、枠ずれの状況等を調査する。路面との段差や受枠周辺の状況は通行に支障をきたさないかどうかを点検する。また、鉄蓋の摩耗、蝶番、枠ずれの状況については、管路の維持管理上支障がないかどうかを点検する。 ② 弁室 弁室内の溜水や溜砂、タラップの腐食状況等を点検する。弁室の溜水や溜砂は、弁の操作や機能に支障をきたさないかを点検する。また、タラップの腐食は危険な状況でないかを点検する。 ③ 本体 漏水状況及び発錆状況を点検する。発錆状況は、本体だけでなくボルト・ナットについても注意深く点検する。
水管橋・添架管	① 本体 管の塗装状態、腐食状況を点検するとともに管及び空気弁からの漏水の有無を調査する。また、ブラケットの塗装状態、腐食状況等も点検する。 ② 付帯設備 フェンスは破れていないか、門扉に施錠されているか、用地は不法使用・不法投棄されていないか、また草刈は必要ないか、局看板に異状はないかを点検する。

## ウ 点検結果の整理

点検結果は点検台帳に整理し、異状を発見した場合は図面及び写真等の資料を添付した「水道施設パトロール業務調査結果報告書」により所管課・所・場へ報告し、適切な処置を講じます。

また、点検結果は点検日ごとに「水道施設パトロール日報告書」に整理するとともに、月間報告書及び年間報告書により整理します。

### (3) 管体調査マニュアル

水道管は地下に埋設されているため通常は目視調査できませんが、給水管の取出し工事や下水道工事、ガス工事などで水道管が露出する場合があります。このような機会を活用し、管体の腐食状況や土壌の状況などのデータを調査・蓄積し、管路更新計画に役立てます。

#### ア 調査対象

管路工事における既設管との連絡や給水管の取付工事、他の地下埋設物占有者等の工事立会などにおいて露出した埋設管路を対象とします。

#### イ 調査の内容

管種、口径、土被り、ポリエチレンスリーブの有無、腐食状況、土質、土の色、地下水位などを目視により調査し、「配水管等の管理台帳」に記録します。

#### ウ 調査結果の整理

「配水管等の管理台帳」の記録は、オペレーターによりマッピングシステムに入力します。

## 3 長寿命化（更新）計画

### (1) 水道管路の長寿命化の必要性

法定耐用年数は会計上毎年計上する減価償却費を算出するため地方公営企業法で定められたものであり、水道管路が実際に使用できる年数は、漏水事故の発生状況からみても法定耐用年数より長いと考えられます。また、従来から漏水の早期発見・修理及び管路巡視に努めるなど、水道管路をできる限り長期間使用するよう取り組んでいるため、法定耐用年数を基に管路を更新することは健全な管路まで布設替えすることとなる恐れがあります。

これらのことから、法定耐用年数とは別に管路の使用年数基準を定め、将来の更新需要を平準化します。

### (2) 長寿命化（更新）計画の策定

これまで本市で実施してきた管体調査のデータや漏水履歴などを基に、管種、口径、埋設された地盤の条件ごとに漏水の発生状況を調査・分析し、使用年数基準を設定しました。

#### ア 管種

水道管は、管の材質や防食対策の状況により劣化の進行速度が異なるため、管種別・防食対策別に使用年数基準を定める必要があります。したがって、更新を最優先で進める老朽管（普通铸铁管、ビニル管、老朽化の著しい鋼管）を除き、管種を表-7のとおり区分しました。

なお、ポリエチレンスリーブは、水道管が埋設土壌に直接接触して腐食することを防ぐ効果があり、昭和 52 年からダクタイル铸铁管に被覆しています。



表-7 管種の区分

1. ダクタイル鋳鉄管（ポリエチレンスリーブ被覆あり）
2. ダクタイル鋳鉄管（ポリエチレンスリーブ被覆なし）
3. 鋼管
4. 耐衝撃性硬質塩化ビニル管（HIVP）
5. 水道配水用ポリエチレン管（HPPE）

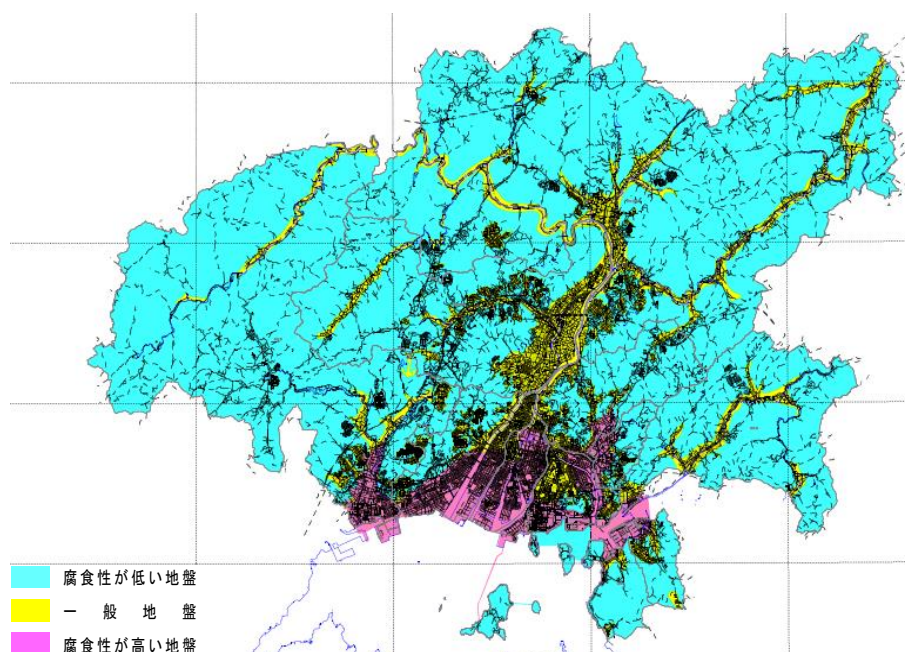
### イ 口径

水道管は口径が大きくなると管の肉厚も大きくなるため、口径が大きくなるほど事故率が低く、特に口径 500mm 以上での事故率は口径 500mm 未満の5分の1以下と著しく低いため、口径は「500mm 未満」と「500mm 以上」の2通りに区分しました。なお、耐衝撃性硬質塩化ビニル管と水道配水用ポリエチレン管についてはすべて口径 500mm 未満で、口径による区分はありません。

### ウ 地盤

管路の埋設状況で特に問題となるのが地盤の腐食性です。このため、これまで蓄積した土質のデータや古地図、地質図等を基に、干拓地や埋立地などの「腐食性が高い地盤」、山地や丘陵地などの「腐食性が低い地盤」、その他の「一般地盤」の3通りに区分しました（図-6）。

図-6 腐食性地盤区分図



### エ 使用年数基準

使用年数基準は、本市における平成 14 年 4 月から平成 23 年 9 月までの間に発生した 16,000 件余りの漏水の分析結果と、管路の外表面腐食に伴う強度の低下や経年に伴う事故率の上昇を考慮した老朽度評価により、表-8のとおり設定しました。

なお、老朽管（普通鋳鉄管、ビニル管、老朽化の著しい鋼管）については、材質的に強度に劣る管として従来から更新を推進していることから、使用年数基準を設けていません。



表一八 使用年数基準

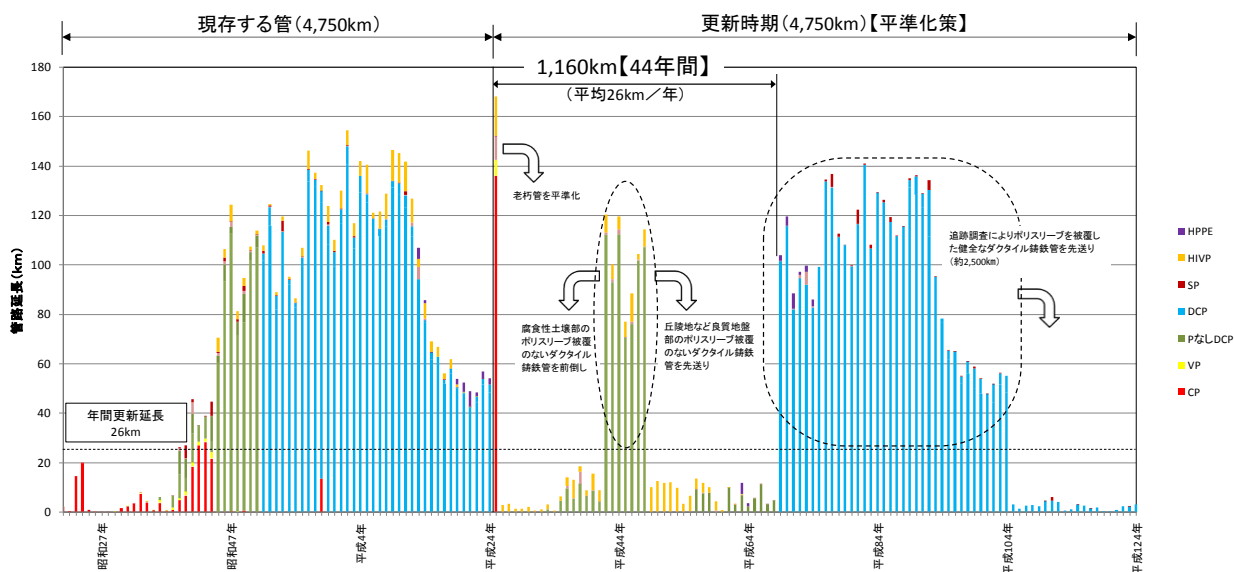
管の区分		口径	使用年数
ダクタイル鋳鉄管 (ポリスリーブ被覆なし)	腐食性が高い地盤	φ 500未満	40年
		φ 500以上	60年
	一般地盤	φ 500未満	50年
		φ 500以上	70年
ダクタイル鋳鉄管 (ポリスリーブ被覆)	腐食性が高い地盤	φ 500未満	60年
		φ 500以上	80年
	一般地盤	φ 500未満	70年
		φ 500以上	90年
鋼 管	腐食性が高い地盤	φ 500未満	50年
		φ 500以上	90年
	一般地盤	φ 500未満	60年
		φ 500以上	100年
腐食性が低い地盤	φ 500未満	60年	
	φ 500以上	100年	
H I V P			40年
H P P E			50年

(3) 更新需要の平準化

水道管路の更新需要は使用年数基準により推計しますが、ポリエチレンスリーブ被覆のあるダクタイル鋳鉄管については、これまで腐食による漏水事例がなく、また、ポリエチレンスリーブの防食性能が想定(20年)以上である可能性を踏まえ、今後、定期的な試掘調査などにより管体の追跡調査を行い、更なる長寿命化を検討する必要があります。したがって、ポリエチレンスリーブ被覆のあるダクタイル鋳鉄管の使用年数基準については、最長となる「腐食性が低い地盤」を適用します。

これによると、ポリエチレンスリーブ被覆のあるダクタイル鋳鉄管が更新対象となるまでの44年間(平成25年から平成68年まで)の更新需要は、老朽管及びポリエチレンスリーブ被覆のないダクタイル鋳鉄管を主体に1,160kmとなりますが、整備年次により偏りがあることから、腐食性が高い地盤部の前倒しや、腐食性が低い地盤部の先送りにより、1年あたりの更新延長を約26kmに平準化します(図一七)。

図一七 更新計画(長期)



※このグラフは全管路を「腐食性が低い地盤」として推計しています。

#### (4) 既存管路の評価

ポリスリーブ被覆のないダクタイル鋳鉄管のような短期間に集中する更新需要に対し、より効率的・効果的な管路の更新を実施するためには、既存管路を評価し、路線ごとに更新の優先順位を設定する必要があります。

今回行った既存管路の評価では、評価項目の大分類を「水理水質面」、「耐震性」、「老朽度」、「社会的影響度」の4項目を大分類として点数化し（表-9）、これに階層分析法による重み（表-10）を考慮して総合評価点を求めました（図-8）。これにより求められた総合評価得点が高い管路ほど更新の優先度が高い路線となります。

図-8 総合評価点算定式

$$\begin{aligned} \text{水理水質面} : S_a &= (S_{a1} \times S_{a2} \times S_{a3})^{1/3} \\ \text{耐震性} : S_b &= S_{b1} \\ \text{老朽度} : S_c &= S_{c1} \\ \text{社会的影響度} : S_d &= (S_{d1} \times S_{d2} \times S_{d3} \times S_{d4})^{1/4} \\ \text{総合評価得点} \quad S &= S_a \times W_1 + S_b \times W_2 + S_c \times W_3 + S_d \times W_4 \end{aligned}$$

なお、評価項目の大分類はさらに小分類に分かれており、「水理水質面」は流向変化率と水圧低下世帯数及び内面の腐食対策、「耐震性」は地震時被害率、「老朽度」は外面腐食、「社会的影響度」は流量と用途地域、道路条件及び重要拠点寄与度から構成しています。

表-9 評価項目と評価点数

評価項目 (大分類)	評価項目 (小分類)	評価点数	
水理水質面 : Sa	流向変化率 : Sa1	3%以上 : 4	
		1~3% : 3	
		0.1~1% : 2	
		0.1%未満 : 1	
	水圧低下世帯数 (幹線のみ) : Sa2	10,000世帯以上 : 4	
		1,000~10,000世帯 : 3	
		100~1,000世帯 : 2	
	100世帯未満 : 1		
	内面の腐食対策 : Sa3	内面塗装なし : 4	
一部内面塗装なし : 3			
モルタルライニング : 2			
粉体塗装管・樹脂管 : 1			
耐震性 : Sb	地震時被害率 : Sb1	3.0件/km以上 : 4	
		1.0~3.0件/km : 3	
		0.4~1.0件/km : 2	
		0.4件/km未満 : 1	
		耐震継手管 : 0	
老朽度 : Sc	外面腐食 : Sc1	安全率1.0未満 : 4	
		安全率1.0~2.5未満 : 3	
		安全率2.0以上 : 2	
		腐食代確保 : 1	
社会的影響度 : Sd	流量 (幹線のみ) : Sd1	500m <sup>3</sup> /h以上 : 4	
		50~500m <sup>3</sup> /h : 3	
		5~50m <sup>3</sup> /h : 2	
		5m <sup>3</sup> /h未満 : 1	
	用途地域 : Sd2	商業地域 : 4	
		近隣商業地域 : 3	
		住宅・工業地域 : 2	
	1 : 1		
	道路条件 : Sd3	緊急輸送道路、河川堤防、軌道近傍	バス (複数)、県国道、主要地方道等 : 4
			バス路線 (単線) : 3
			上記以外 : 2
1 : 1			
重要拠点寄与度 : Sd4	10か所以上 : 4		
	5~10か所 : 3		
	1~5か所 : 2		
	1か所未満 : 1		

※得点が高いほど低評価となる

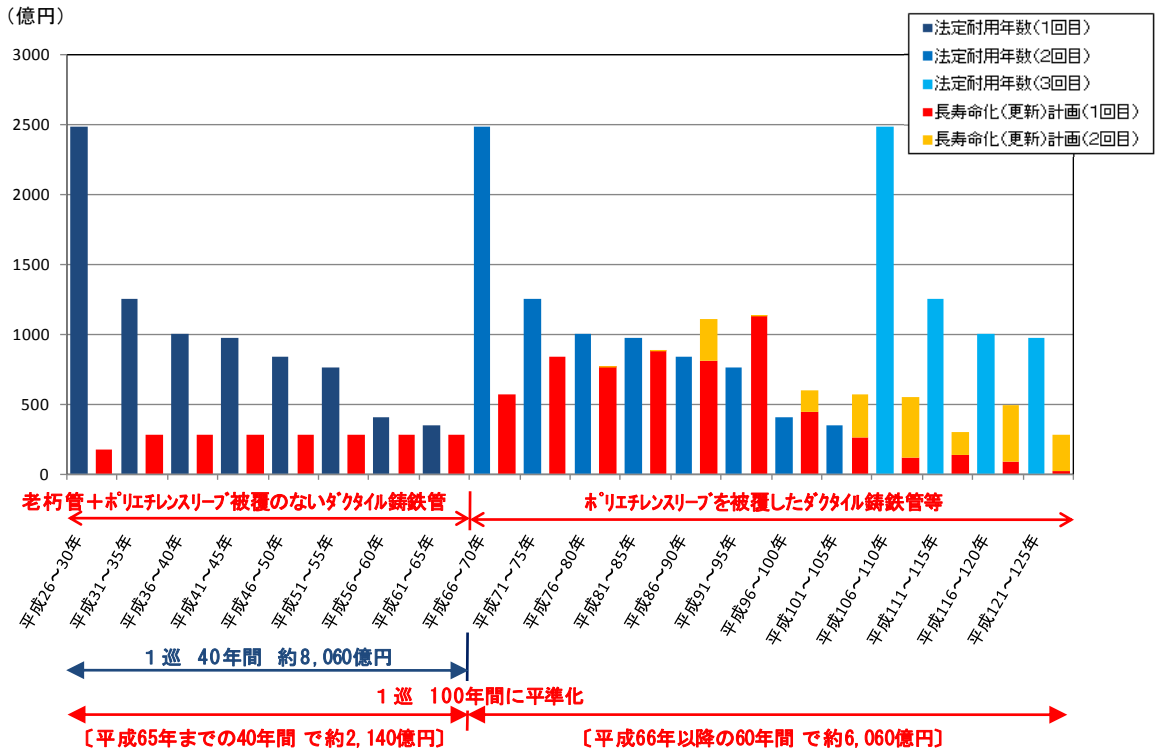
表-10 重み付け

評価項目	比較検討						
	比較			レベル			
項目A	項目B	同程度	絶対的に優先する	非常に優先する	優先する	若干優先する	
① 水理水質面	② 耐震性	○					○
① 水理水質面	③ 老朽度	○			○		
① 水理水質面	④ 社会的影響度	○					○
② 耐震性	③ 老朽度	○		○			
② 耐震性	④ 社会的影響度	○			○		
③ 老朽度	④ 社会的影響度	○					○
得点化	項目Aが項目Bより優先			9	7	5	3
	項目Bが項目Aより優先			1/9	1/7	1/5	1/3
	同程度						1
	水理水質面	耐震性	老朽度	社会的影響	幾何平均	ウエイト	
水理水質面	1	5	1/7	1/3	0.698534	W1 0.11	
耐震性	1/5	1	1/9	1/7	0.237368	W2 0.04	
老朽度	7	9	1	3	3.707793	W3 0.59	
社会的影響度	3	7	1/3	1	1.626577	W4 0.26	

### (5) 長寿命化（更新）計画に係る費用の推計

すべての管路を法定耐用年数で更新する場合、維持補修費を含め40年間で約8,060億円必要となりますが、長寿命化（更新）計画により更新する場合概ね100年間に平準化され、今後40年間の費用で比較すると約5,920億円の削減が可能となります（図-9）。

図-9 長寿命化（更新）計画における維持保全費用の推移



### (6) PDCA サイクルの確立

水道管路は、水圧や土圧、埋設されている土壌の腐食性などにより常に劣化が進行していくことから、今後も計画的に漏水防止調査や管路巡視、管体調査を実施することで管路の劣化状況を的確に把握し、使用年数基準や更新時期の再検討を行っていく必要があります。したがって、PDCAサイクルにより、定期的に更新計画を見直すこととします（図-10）。

図-10 定期的な水道管路の管理イメージ

