



Rainbows

Reliable, Advanced and Innovative Network for Building Optimum Water System

プロジェクト

JWRC

公益財団法人 水道技術研究センター

JWRC
水道技術研究センター

私たちは、水の未来を考えています。
Thinking Water, Designing for the Future

〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-8-1 虎ノ門電気ビル2F
TEL:03-3597-0211~0214 FAX:03-3597-0215 URL <http://www.jwrc-net.or.jp/>

将来の不確実性に対応した 水道管路システムの再構築に関する研究

Rainbows プロジェクト

Reliable, Advanced and Innovative Network for Building Optimum Water System

我が国の水道事業では、給水人口や給水量の減少を前提に、老朽化施設の更新に対応するために様々な施策を講じなければならないという、未だ経験したことのない時代が到来しています。人口減少やそれに対応するための広域連携等、将来の不確実性に対応するために、基幹管路等の重要管路の再構築と、効率的な管路網への再整備に伴う管網管理に関する課題及びその解決策を明らかにすることが求められています。そのため、公益財団法人水道技術研究センターでは、平成26年度から平成28年度までの3ヶ年にわたり、産官学連携による共同研究プロジェクトとして「将来の不確実性に対応した水道管路システムの再構築に関する研究（Rainbowsプロジェクト）」を実施しました。

《プロジェクトの研究内容》

■重要管路の再構築に関する研究 重要管路研究委員会

① 計画手法の研究

重要管路*の中でも、工事中の水運用や施工の難易度、事業費などの理由により、特に更新が難しい、大口径・単線の基幹管路に焦点をあて、計画手法を研究しました。給水量の減少を踏まえた口径設定の手法と、更新に合わせて冗長化を図る新たな計画手法を検討し、事業体の計画事例を交えながら手順としてまとめました。

② 再構築における課題と対策の研究

事業体の重要管路*に関する取り組み事例を、計画、設計、施工、維持管理の面から調査し、課題に対する取り組みとその解決策についてまとめました。重要管路の更新・再構築に取り組む機運を高めるため、先行事例をまとめた事例集を作成しました。 ※本研究では、基幹管路と重要施設給水管路を重要管路と位置づけています。

■新技術を取り入れた管網管理に向けた研究 管網管理研究委員会

① 適正口径選定手法に関する研究

将来の不確実性を主に人口減少に起因する水需要の減少と捉え、新たな管網管理手法として、将来の水需要減少に伴う配水圧の不均一や滞留水による水質低下などの問題を解決すべく、平常時、火災時及び事故時における水理面、水質面を満足できる配水管網全体の管路口径を決定する適正口径選定手法を提案しました。また、消火用水量が適正口径選定に与える影響を検討しました。

② 水道のスマート化に関する研究

水需要減少に対する管網管理手法として、管網管理のスマート化の可能性について検討しました。限られたリソースでの管網管理への適用性について、ICTの活用に着目し、ICT類の事例集の作成やICT導入による管網管理へのメリットについて検討しました。

《プロジェクトの研究体制》

管路技術研究推進委員会		
	重要管路研究委員会	管網管理研究委員会
委員長	首都大学東京 小泉特任教授	鳥取大学 細井副学長・理事
学識者	東京都市大学 長岡教授 首都大学東京 荒井准教授	大阪大学 鎌田教授 名古屋大学 平山准教授 鳥取大学 増田准教授
事業体	大阪広域水道企業団、神奈川県内広域水道企業団、川崎市上下水道局、埼玉県企業局、千葉県水道局、東京都水道局、新潟市水道局、八戸圏域水道企業団、広島市水道局	神奈川県企業庁企業局、神戸市水道局、さいたま市水道局、札幌市水道局、豊中市上下水道局、名古屋市上下水道局、福岡市水道局、横須賀市上下水道局、横浜市水道局
企業	(株)クボタ、(株)クボタケミックス、(株)栗本鐵工所、コスモ工機(株)、JFEエンジニアリング(株)、積水化学工業(株)、大成機工(株)、(株)東京設計事務所、(株)日水コン、日鉄住金パイプライン&エンジニアリング(株)、日本水工設計(株)、日本鑄鉄管(株)、(株)日立製作所、日之出水道機器(株)	(株)NJS、(株)クボタ、(株)栗本鐵工所、(株)ジオブラン、水ing(株)、積水化学工業(株)、(株)東芝、(株)日立製作所、日之出水道機器(株)、フジテコム(株)
	(公財) 水道技術研究センター	(公財) 水道技術研究センター

1 計画手法の研究

基幹管路を対象に、更新に合わせて冗長性を持たせる、更新・再構築の計画手法を研究しました。

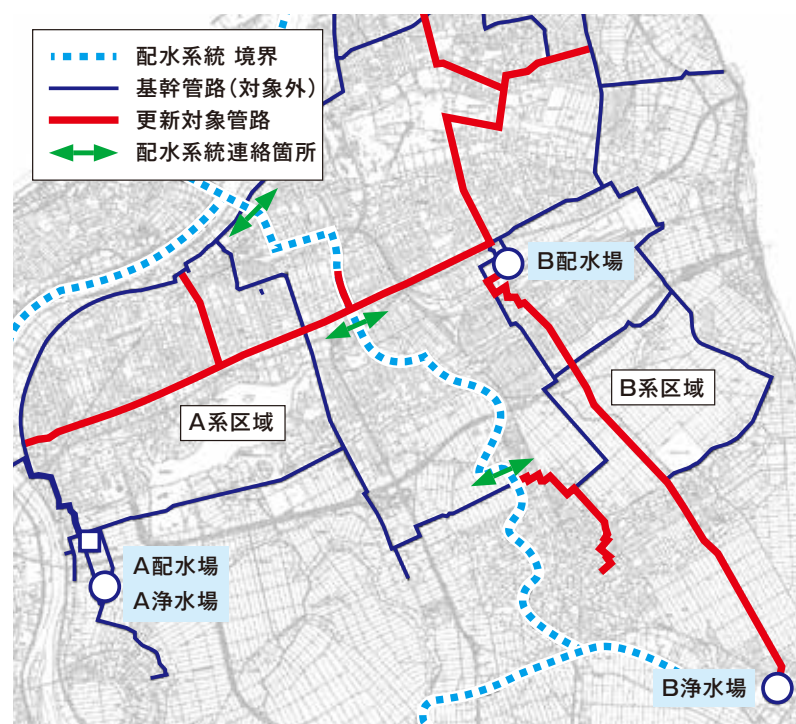
1 再構築モデルにおける計画策定手法の検討

更新が難しいとされている、大口径・単線の基幹管路を対象に、更新に合わせて、緊急時や次期・次々期の更新工事に備えて冗長性を持たせ、更に需要減少にも対応できる計画策定手法を検討しました。冗長性を持たせる整備手法として、「二重化」、「ループ化」、「系統連絡」を取り上げました。仮想のモデル管路である再構築モデルにおける、計画策定のシミュレーション並びに計画実施事例の調査を行うことにより、更新・再構築計画策定フロー(素案)を作成しました。

整備手法	定義
二重化	既設管と同じ路線で、新設管整備+既設管にPIPを行う
ループ化	任意節点から隣接した節点に、最短で連絡する路線の整備を行う
系統連絡	浄水場間、配水池間を連絡する管路の整備を行う

2 実管路モデルにおける計画策定手法の検証

実管路をモデル化した実管路モデルにおいて、計画策定のシミュレーションを行い、更新・再構築計画策定手順の検証を行いました。その結果を踏まえて、計画策定フロー(素案)を一部修正し、更新・再構築計画策定フローを作成しました。



実管路モデル
 それぞれ1つの浄水場と1つの配水池を有する2つの隣接する配水系統からなっており、配水系統間の連絡が可能となっています。検討した基幹管路は口径400mm以上の送水管8.8km、配水本管88.6kmです。

3 基幹管路の更新・再構築計画策定手順

● 基幹管路の更新・再構築計画策定フロー

次の3つを手順とする計画策定フローを新たに作成しました。

① 基幹管路システムの設定

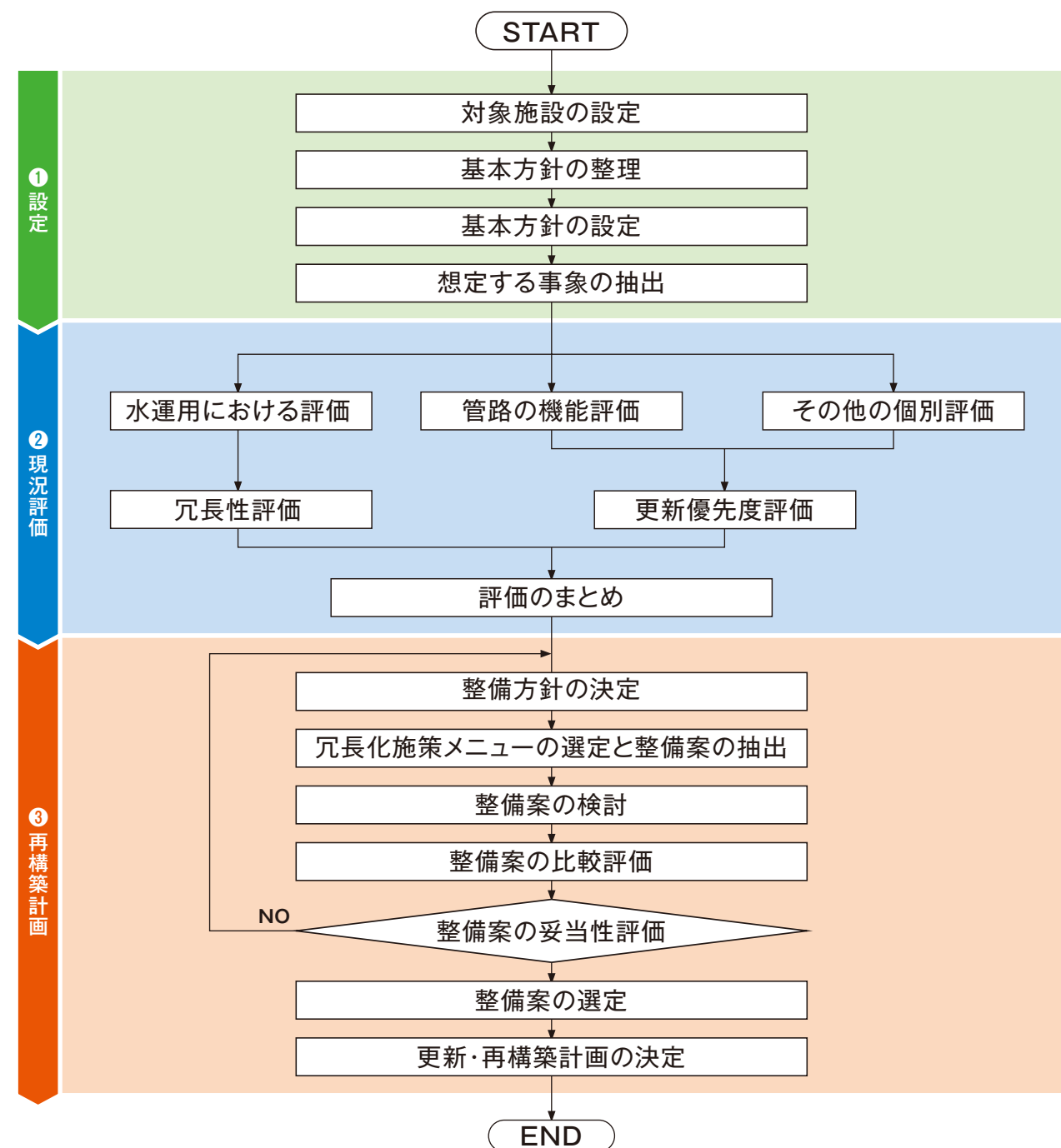
基本情報の整理を行い、基本方針の設定と想定事象の抽出を行う。

② 基幹管路システムの現況評価

管路の物理的評価、重要度評価に、新たに冗長性評価を加えてまとめる。

③ 基幹管路システムの再構築計画

冗長性を有する「二重化」、「ループ化」、「系統連絡」及び冗長性がない「単純更新」を、便益や費用の面から比較して整備案を選定する。

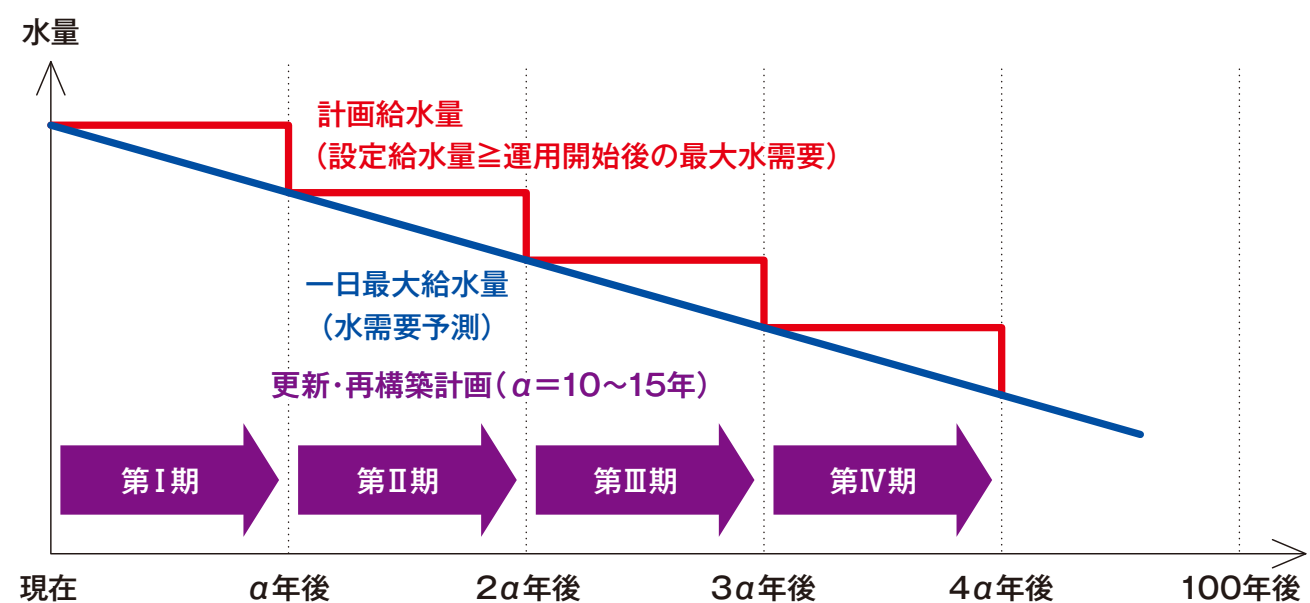


重要管路の再構築に関する研究

●計画期間と計画水量の設定方法

計画期間を10年から15年に設定し、設計に用いる計画給水量は計画期間ごとに設定することとしました。整備対象の管路は、計画期間終了後に運用を開始することとし、計画給水量は、運用開始後の最大給水量とします。例えば、水需要が減少する場合は、運用開始当初の給水量を用います。

人口や一人一日給水量が減少しない場合や、人口の偏在が発生する場合等、水需要が予測どおりに推移しない場合を想定して、計画した管口径でどの範囲の水量に対応できるかを把握し、計画期間ごとに見直しを行いながら進める手順としています。



●整備案の評価方法

冗長性の確保に当たっては、給水量減少下での既存施設的能力を有効に活用する手法を組み込みました。

冗長性を有する基幹管路の便益については、評価方法が定められていないため、新たに定性的な評価項目の抽出を行いました。

さらに、次期更新時及び属具の更新時の費用低減、もらい事故時の被害低減、等について定量化する方法を提案しました。

研究成果

- ・更新が難しいとされている大口徑・単線の基幹管路を対象に、緊急時や次期・次々期の更新工事の時に備えて、更新に合わせて冗長化を図る新たな計画手法を検討し、基幹管路の更新・再構築計画策定フローを作成しました。
- ・計画期間や計画水量の考え方を明らかにし、将来の人口減少を踏まえた口径設定手法を提案しました。また水需要の減少が予測どおりに推移しない場合を想定し、感度分析手法を取り入れ、計画期間ごとに見直しを行う手順を組み込んでいます。
- ・冗長性を有する管路の便益について、新たな評価項目を抽出し、可能な限り定量化する方法を提案しました。

重要管路研究委員会

2 再構築における課題と対策の研究

重要管路に関する課題と解決策を研究するため、全国の事業実施事例を調査しました。

■重要管路の再構築に関する事例集

全国の重要管路に関する事業実施事例を、計画・設計・施工・維持管理の面から調査し、事業を進める上での課題と解決策を整理しました。

計画・設計・施工事例では、事業の計画期間や財源(事業予算の確保手段)を、維持管理事例では、直営か委託かといった維持管理体制も調査しました。

調査した事例の中から、他の事業体の参考となる事例を「重要管路の再構築に関する事例集」として取りまとめました。

計画・設計・施工の課題と解決策

課題	解決策	対象施設
バックアップ強化	二重化	導水施設
基幹管路の更新	系統連絡	送水施設
重要給水施設管路の耐震化	ループ化	配水施設
更新計画の策定	相互融通	
その他	ダウンサイジング その他	

計画・設計・施工事例



維持管路の課題と解決策

課題	解決策
点検業務の効率化	施設点検 流量・水圧測定
洗管作業の効率化	管内調査 水質測定
未然の漏水事故防止	洗管作業 管体腐食調査
将来計画の策定	漏水調査 その他
その他	

維持管理事例



研究成果

- ・重要管路に関する事業実施事例を調査し、課題とその解決策を整理しました。
- ・他の事業体の参考となる事例について、事例集として取りまとめました。

1 適正口径選定手法に関する研究

将来の水需要の減少に伴う管路の適正口径を選定する手法について検討しました。

1 「適正口径選定手法」とは

「適正口径選定手法」とは、将来の水需要減少に対する平常時、火災時及び事故時における水理面、水質面を満足できる配水管網全体の口径を決定する手法と定義しました。

2 適正口径選定手順

適正口径の検討は、「条件設定・現況管網モデル構築」、「現況管網モデル評価」、「計画管網モデルの設定、口径の評価解析」の手順としました。

計画管網モデルの設定に当たっては、標準導水勾配を5%以下、消火用水量の確保を条件としました。

3 評価指標

管網モデルの評価は、右記の評価指標を設定して実施しました。ただし、設定した評価指標は、事業体の特性に応じた設定が必要になります。

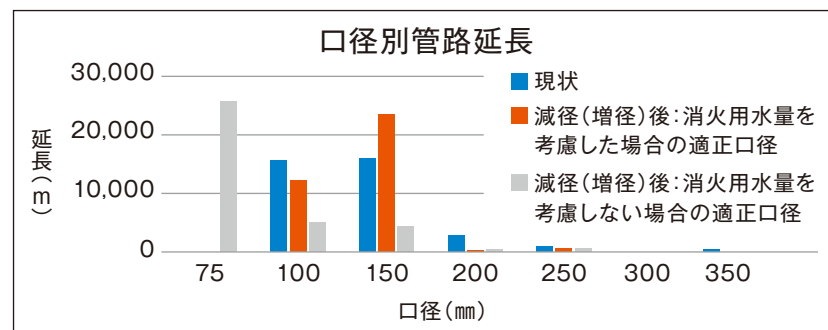
管網評価指標	目標値
水圧	平常時: 0.15MPa~0.74MPa 火災時: 正圧であること
流速	0.2~3.0m/s
残留塩素濃度	0.1~0.4mg/L

4 「適正口径選定手法」の有効性

平常時、火災時及び事故時において、水理面、水質面を考慮し、将来の水需要に対応できる手法として有効であることが確認できました。

5 消火用水量の影響

管路口径を減少(ダウンサイジング)するに当たっては、消火用水量の影響が大きいことが分かりました。



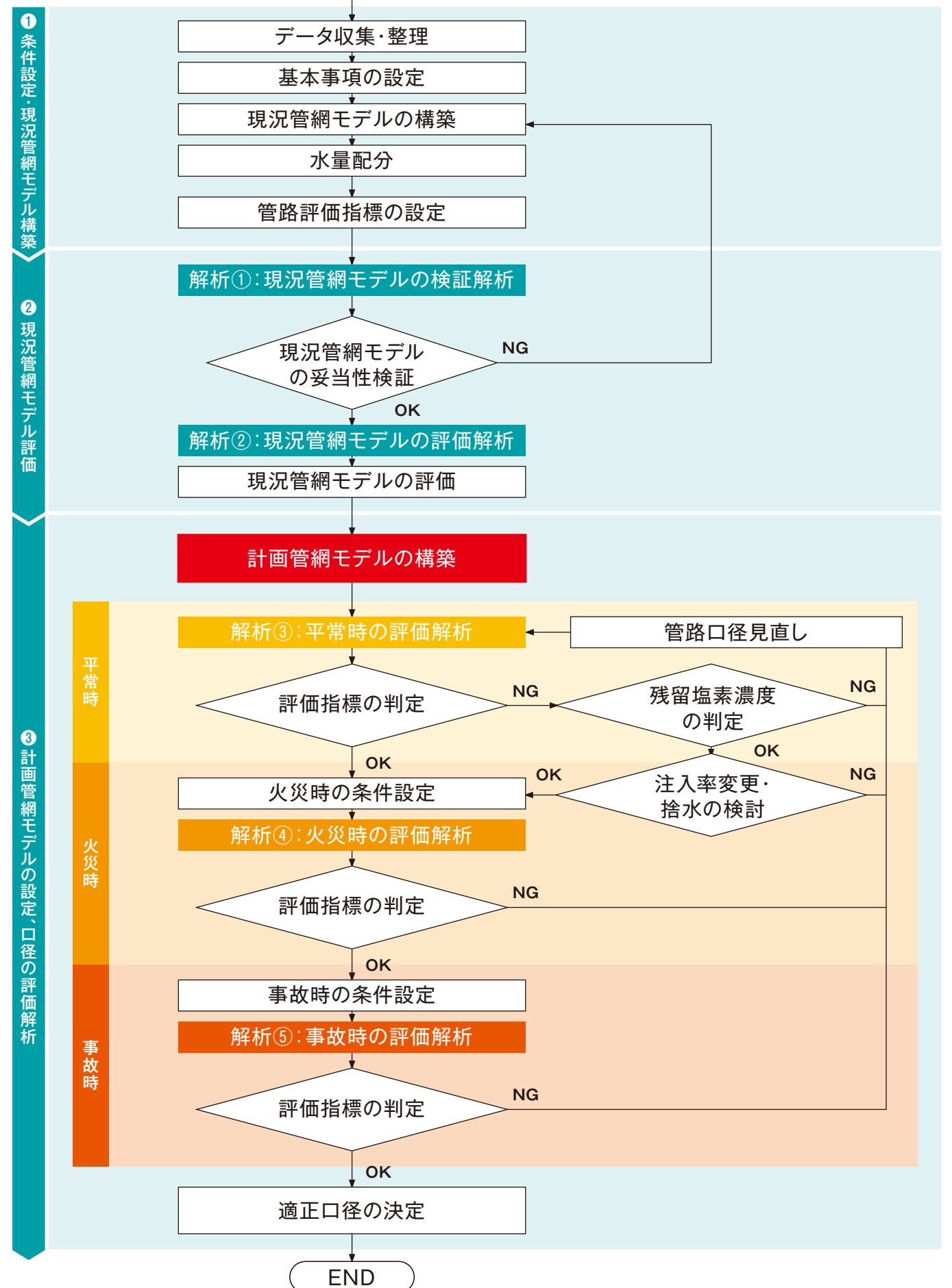
6 最適化アルゴリズムの適応性

最適化アルゴリズム(コンピューターで適正な管路口径の組合せを高速自動計算する方法)は、迅速・容易に適正口径を選定できる手法となる可能性が分かりました。

研究成果

- ・適正口径選定手法は、実管路モデル(管網状管路、樹枝状管路)における将来の水需要に対応できる手法であることが分かりました。
- ・消火用水量が管路の口径の減少(ダウンサイジング)に大きく影響することが判明しました。

適正口径選定手順



2 水道のスマート化に関する研究

管網管理における水道のスマート化の可能性について検討しました。

1 「水道のスマート化」とは

「水道のスマート化」とは、管網管理においては、管路施設の状態や流況のモニタリングなどで配水管網の健全度を把握し、潜在リスクを可視化することで、将来に発生しうるリスクの最小化を図ることと定義しました。

2 スマート化技術の整理と事例集の作成

ICTに関する情報を項目別(適応箇所、課題、効果等)に整理し、活用しやすい事例集を作成しました。

活用事例表

項目	スマート化技術	適応箇所	課題	効果
漏水検知	スマートメーター	給水配水池	漏水検知精度向上	漏水検知精度向上
	水圧計	消火栓	漏水検知精度向上	漏水検知精度向上
	流量計	配水池	漏水検知精度向上	漏水検知精度向上
	スマートメーター	給水配水池	漏水検知精度向上	漏水検知精度向上
滞留塩素濃度の低減	スマートメーター	給水配水池	滞留塩素濃度の低減	滞留塩素濃度の低減
	水圧計	消火栓	滞留塩素濃度の低減	滞留塩素濃度の低減
	流量計	配水池	滞留塩素濃度の低減	滞留塩素濃度の低減
	スマートメーター	給水配水池	滞留塩素濃度の低減	滞留塩素濃度の低減
宅内漏水の検知	スマートメーター	給水配水池	宅内漏水の検知	宅内漏水の検知
	水圧計	消火栓	宅内漏水の検知	宅内漏水の検知
	流量計	配水池	宅内漏水の検知	宅内漏水の検知
	スマートメーター	給水配水池	宅内漏水の検知	宅内漏水の検知
流況のモニタリング	スマートメーター	給水配水池	流況のモニタリング	流況のモニタリング
	水圧計	消火栓	流況のモニタリング	流況のモニタリング
	流量計	配水池	流況のモニタリング	流況のモニタリング
	スマートメーター	給水配水池	流況のモニタリング	流況のモニタリング

ICT機器情報



3 ケーススタディによる検証

実フィールドにおいて計測したスマートメーター*給水量データ、消火栓水圧データ、配水池流量データの組み合わせから、下記の①～④について、実現の可能性について検証しました。

計測データ

- ・給水量データ:スマートメーター*から計測(約100箇所)
- ・水圧データ:消火栓に水圧計を設置して計測(約30箇所)
- ・流量データ:配水池で配水量を計測(1箇所)

計測間隔

- ・データは、40日間・1分単位で計測

*本ケーススタディでは、電子式メーターにデータロガーを取り付けたものをスマートメーターとして活用

給水量データ取得



水圧データ取得



① 漏水範囲の予測

給水量データ、水圧データ及び配水池流量データを用いて、漏水範囲の絞り込みの可能性について検証しました。

取得したデータから漏水範囲を絞り込んだ結果、実漏水エリアと合致したため、漏水範囲を予測できる可能性があることが分かりました。

② 残留塩素濃度の低減

給水量データから、各需要家の水使用状況による管網内における水の到達時間、滞留状況の把握に基づく残留塩素濃度の低減の可能性について検証しました。

管網内の水の到達時間が分かるため、残留塩素濃度の低減の可能性があると分かりました。

③ 宅内漏水の検知

給水量データから、需要量の最小値が「0」か否かを基準に宅内漏水の有無について検証しました。

遠隔で宅内漏水の検知の可能性があると分かりました。

④ 流況のモニタリング

取得データから、流況をモニタリングすることにより、管網の健全度の把握、潜在するリスクの可視化の可能性について検証しました。

管網の健全度を連続的にデータから把握できるため、潜在リスクの可視化や要因特定の可能性があると分かりました。

研究成果

- ・水道のスマート化に寄与できる ICTに関する情報を事例集としてまとめました。
- ・スマートメーターの活用により、漏水範囲の予測、残留塩素濃度の低減、宅内漏水の発見、流況のモニタリングなど、管路の維持管理向上に期待できることが分かりました。