

# 配水ブロックシステム化による 既設配水管網の再編成計画に関する研究

## 学位論文内容の要旨

我国で初めて近代水道が整備されてから1世紀以上が経過し、水道普及率は96%に達しており、生活や産業活動を支えるライフラインとして不可欠となっている。しかし、施設整備後長年月を経過した水道施設は、老朽化、陳腐化が著しくなっている。特に水道施設のうち配水施設については需要水量が増加していなくても、住宅地のスプロール化等により需要の地域的分布が変化しており、管網構成がそれに対応できずに機能的な陳腐化が生じている地域も多い。このような地域では、既存の配水管網を現状および将来の需要者ニーズに応じて、改良または再編成していくことが重要である。需要者のニーズは高度化し、時間最大時や消火時において安定給水できることや水質の安全性を確保することに加えて、震災時や渇水時における一定の給水を可能とし、配水施設の維持管理や断水工事作業の効率化、配水制御を容易にすることなど、様々な目標を達成するための施設再編成が必要となっている。

本論では、このようなニーズに応えるために配水ブロックシステムの導入を提案し、既設の配水管網から配水ブロックシステムへと再編成を行う計画手法を明らかにした。配水ブロックシステムとは、配水区域を幾つかの独立したブロックに分割すると同時に、それに水輸送を行う配水本管とブロック内の水配分を行う配水支管とを構成することより配水を行うものである。配水管網は配水本管網と支管網の2階層のシステムとなり、水の流下過程が単純化されるだけでなく、ブロック間では独立して配水されるため、水圧管理や水質管理等が行いやすい利点がある。またブロックを水供給における共同体としてとらえ、地形的、社会的に一体となった地域に分割することにより、震災時の応急給水や応急復旧などを同時に行うことで、社会的に同意を得やすい施策の実施が可能となる。

以上のことから、まず第1章では、水道における配水施設の役割を明らかにし、配水施設の再編成の必要性とその計画手法確立の必要性を明らかにした。さらに、配水ブロックシステムを定義し、その効果を整理した。最後に既存配水管網の再編成計画プロセスの提案を行い、そのプロセスに対応した本論の構成を示した。

第2章では、配水管理の目標と計画プロセスで用いる評価指標について考察した。配水施設に

関する課題を整理し、その課題について需要者がどのようなニーズを持っているかをアンケート回答結果より分析した。この結果、需要者のニーズは、安定性、安全性といったニーズが強いものの、利便性や快適性を求めるといった傾向も見られ、今後は安定性や安全性を維持しつつも、更なるサービス向上のためにこれらの新たなニーズにも応えていかなければならないと考えられた。さらに、これらの評価要因について、具体的な評価指標を考察した。

第3章では、配水ブロックシステムに移行するための第1段階の計画内容として、配水ブロック境界の設定に関する計画手法を考察した。配水ブロックの境界を設定する手法として、配水区域をメッシュに分割し、メッシュのグルーピングにより配水ブロックを構成していく手法を提案した。メッシュをグルーピングするための指標として一体性指標を定義し、地形的一体性、社会的一体性、管網の一体性の3つの要因から総合的な指標を作成した。そして、本手法をモデル地域に適用して、その有効性を確認した。

第4章では配水支管網のモデル分析を行って、理想的な配水支管網の規模、形態を分析した。配水ブロックは水圧管理面では小さなブロックにする方が細かな管理が行える反面、管路布設延長が長くなることが考えられ、最適なブロックの規模が設定できると考えられる。分析の結果、ブロックを大きくすると支管整備費用は減少するものの、1辺1kmを超えると支管の口径を大幅に増加させなければならず、経済性はやや低下する傾向にあった。以上のことから、ブロック規模はおおむね1kmの規模を目安に(600m~1200m)、既設の配水管網の口径の分布や、社会的な一体性及び需要密度等を考慮して規模を設定することが必要と考えられた。

配水支管の幹線配置に関しては、配水支管は口径選択の範囲が狭く(100mmから300mm程度まで)、給水管との接続から公道部分にはほとんど布設されるため、支管の規模配置問題は幹線配置問題に帰着する。すなわち、水理上どこに幹線を配置させることが効果的かを考察することが重要である。このため、モデル配水支管網を用いて、幾つかの幹線配置案を設定して、種々の評価指標のもとで効果的な配置案とブロック注入点の位置を考察した。その結果、平坦な地域ではブロックの中央から注入し十字型の幹線配置にすることが、また勾配を持つ地域では上流からT字型の幹線配置とすることが水理上効率的であることがわかった。また、既設管網を配水ブロックシステムへと再構築するための、計画手法についても明らかにした。

第5章では、既設の配水管網の管路をどのように組織化することにより、配水ブロックシステムへの再編成させるかの計画手法を考察した。既設配水管網のうち、どのルートを配水本管、支管とし、どこに新設管路を配置させるかの手順を示した。既に設定された配水ブロック分割案を前提に既設管網の評価を行い、新たに配水本管、支管の整備の必要性を3つの評価指標を用いて検討して行く手法を提案した。そして、実際のモデル管網にこの手法を適用して、有効性を確認した。この手法により、配水ブロックシステムの構築計画で検討すべき配水小ブロック注入点の位置、既設管の活用方法、新設管路の整備案を比較評価することができ、実務的に試行錯誤が少ない手法であると判断された。

第6章では本論文で得られた結果を総括した。

# 学位論文審査の要旨

主査	教授	高桑哲男
副査	教授	渡辺義公
副査	教授	眞柄泰基
副査	教授	窪田英樹
副査	助教授	船水尚行

学位論文題名

## 配水ブロックシステム化による 既設配水管網の再編成計画に関する研究

我が国で初めて近代上水道が整備されて以来、1世紀以上を経過して今や水道普及率は96%に達し、国民生活や産業活動を支えるライフラインとして不可欠な役割を担っている。その一方で、施設整備後長年月を経た配水施設は、老朽化・陳腐化が進み、増大・高度化する水需要への対応が困難になりつつあり、水量・水圧・水質管理上の目標を達成するための再編成計画の策定に苦慮している事業体が多い。

本論文では、このようなニーズに応えるために配水ブロックシステムの導入を提案し、既設の配水管網から配水ブロックシステムへと再編成する計画手法を具体的に記述している。配水ブロックシステムとは、配水区域をいくつかの独立した基本ブロックに分割すると同時に、そこに水輸送を行う配水本管と基本ブロック内の水配分を行う配水支管で2階層の管路網を構成するものである。これによって水の流下過程が単純化・明確化されるとともに、基本ブロックに個別配水されるために、水圧管理や水質管理が行いやすい。また、基本ブロックを水需要における共同体としてとらえ、地形的・社会的な一体性が強い区域に分割することにより、震災時の応急給水や応急復旧などを同時に行うことで、社会的に同意を得やすい施策の実施が可能となる。

第1章では、都市上水道における配水施設の役割を明らかにし、その再編成の必要性と計画手法の目標を示している。また、在来の配水ブロックシステム案を高度化した形で再定義し、その効果を整理するとともに、既存配水管網の再編成計画プロセスに組み込んだフローチャートとして具体化している。

第2章では、配水管理上の目標項目と計画段階で選択する評価指標について検討している。配水施設の果たすべき役割を整理して需要者へのアンケート調査を実施し、需要者の

持つニーズを分析した。その結果から、需要者は水量の安定性・水質の安全性への要求が強い一方で、利便性・快適性を求める傾向も見られ、今後は在来の水需要を満足させるだけにとどまらず、一般消費者としての使いやすさ・おいしさといった新たなニーズにも対応すべきことが示された。次いで、これらの要求を設計因子に変換した具体的な評価指標を提示している。

第3章では、既設管網から配水ブロックシステムへ移行するための第一段階で決定すべき配水ブロック境界の設定の計画手法について述べている。その手法として、配水区域をメッシュに分割し、メッシュのグルーピングによって配水ブロックを構成していく方法を提案した。グループの属性に関して一体性指標を定義し、地形的・社会的・既存管路に関する三つの一体性を組み込んだ総合的指標を作成し、その一体性が高いブロックを合体させていく手法にまとめ、モデル地域に適用して有効性を確認している。

第4章では、配水支管網の規模と管路配置形態に関して、水量分配と経済性の観点から分析し、ブロック規模は約1 kmスケール(800~1,200 m)を目安にし、既設管路口径の分布や社会的一体性を考慮して設定すべきことを明らかにしている。配水支管網内の幹線配置に関しては、モデル配水支管網の分析結果から、各評価指標のもとで効果的な配置案とブロックへの注入点位置を評価し、平坦な区域ではブロック中央から注入する十字状の幹線配置、勾配のある区域では上流から注入するT字状の幹線配置が水理上と水圧分布の均等化から効果的であることを示している。

第5章では、既設管網の管路を組み込み、配水ブロックシステムへと再編成するための計画手法を提案している。これは既設管網のうち、配水本管と配水支管に残すべき管路の区分け、また、新設管路の配置に関して、代替案を作成しつつ、3種類の改善必要水頭を評価指標として検討を進める方法であり、実際の既設管網に適用した結果から有用性を確認している。

第6章は本論文で得られた結果を総括している。

これを要するに、著者は既設管網の再編成に当たってブロックシステム化による諸評価指標の向上策を組み込んだ再編成計画手法を提案するとともに、ケーススタディによってその有用性を確認しており、都市上水道工学に貢献するところが大きい。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。