

氏 名	かわ たに ゆき お 河 谷 幸 生
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3561 号
学位授与の日付	平 成 13 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	水道システムにおける施設更新計画の最適化に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 住 友 恒 教 授 宗 宮 功 教 授 家 村 浩 和
--------	--

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は水道システムを対象として、老朽施設を更新してゆく最適化手法を計画論として論じたもので、5章からなっている。

第1章は序論であり、都市給水システムすなわち上水道システムが誕生以来百年の経過を経て、施設の更新時代に直面している現状と課題を展望した上で、稼働中の老朽施設を更新することの意義を明確にする必要性を整理している。その上で、老朽施設を放置することによって想定される施設全体の損傷リスクを見過ごしてしまう可能性に着目し、その潜在確率を機会費用として定量化することの重要性を指摘している。これを数理手法として表現することの現実的効果を整理することによって本研究の位置付けを明確にしている。

第2章は、方法論を具体化すべく、需要と供給能力の両者にみられる変動特性とそれらの相対的变化を勘案し、供給能力が需要を下回ることにより見過ごす供給損失に注目している。これを損失機会費用として定量化する方法を具体化することを研究目的として明確にした上で、需要と供給の両分布関数の差を両関数の合成・コンボリューションによって定量化できることを具体的に検討している。サブシステムの故障が全体システムの故障状態となる確率を最小カットセットの集合として定量化している。これらのモデル数値実験から、供給能力の変動分布関数をベータ分布で表現することの効果を提言した上で、典型的な上水需要の発生分布との間に生ずる機会損失の発生確率を算出し、これを機会損失費用として金額で表現することを提言している。上下有限一様分布の活用すなわちヘズン分布の活用も、複数の更新案の優先順位の定量化には極めて有効な簡便法となることを示している。

第3章で更新レベルにいくつかのシナリオを想定し、供給能力が需要を上回るいわゆる余裕と見過ごす機会損失を総合的に評価する方法を論じている。需要分布に正規分布、極値分布、供給能分布に、ベータ分布、両側有限の一様分布を想定することによって発生する損失費用の差異を多角的に検討した上で、トータルコストに最小値を見出し示している。これらの検討結果に、優先順位を評価する指標として重要度指数(BI)とクリイティカル指数(CI)を導入すれば、更新順位を明示できることをも示している。

第4章では、阪神・淡路大震災で水道復興計画の設定に関与した経験を以上の方法論で再整理することによって、その妥当性を検証すると共に、今後の管路の耐震化・更新計画に一つの具体的方法論を提言している。

大阪市内に影響する活断層群を想定した上で、管路が破壊することによって供給能力の分布関数が小さい値にシフトしてしまうことによって発生する機会損失を時系列的に考察している。すなわち、復興速度を考慮することによって、機会損失費用が徐々に減少してゆくその総和に注目し、いくつかのシナリオを復旧率密度関数として定量化した上で、耐震化への事前投資がもたらす効果をトータルコストとして定量的に比較できるようにしている。いくつかの耐震化策に順位付けすることも可能であることを示している。

第5章は結論であり、本論文で得られた成果について要約すると共に、残された課題についても整理しつつ、今後の水道システムの更新計画のあり方を総括的に提言している。

以上総じて、百年以上におよぶ年数を経過した都市施設に対し、稼動中とはいえ更新すべきか否か、論理的方法論の不在現状に対し、確率論的に期待損失の概念を導入することによって、方法論としての一つの方向性を明示したものである。ひいては、複数の更新案に対し、定量的に優先順位を与えることも可能にしている。この方法論は、都市施設の耐震化など防災対策への投資の妥当性を、期待損失の概念で同様に検討できることを示し、新たな分野への新たな学術的アプローチ法を開拓せんとしたものである。

論文審査の結果の要旨

本論文は水道システムを対象として、老朽施設を更新してゆく手法を計画論として研究した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

- 1) 施設更新手法を、需要と供給能力双方に見られる分布関数の差の合成値として定量化する方法を提案し、その実用的有効性を新たに示した。
- 2) 施設の老朽化にともなう供給能力の分布特性の変化を、サブシステムの故障が全体システムの故障となる確率を求めることによって定量化できるとの立場から、最小カットセット定量化手法で数値シミュレーションを実施することによって、供給能力の分布特性を定量化できることを示した。結果として、ベータ分布による両側有限分布の適用が有用であることを示した。
- 3) 確率分布の差を実用的に有用化するために、これを失われる機会損失費用として表現することを検討している。すなわち、供給能力が需要を下回る場合に見過ごす機会損失費用を大阪市水道局における実績値に基づき具体的金額で表示している。その上で、施設の更新投資額、修繕費、機会損失費などの総費用に多くの場合、最小点が発生することを示すことによって、これを最適更新法とみなしうることを提言している。更新法の優先順位の選択についても、重要度指数、クリティカル指数なる指標を導入することによって、その選択が可能となることを示している。
- 4) 以上の手法を阪神・淡路大震災後の水道システムの復興計画にも応用し、現実の復興計画の妥当性を示している。すなわち、以上に示した方法を時系列的に時間を追って適用することによって、復興速度がもたらす機会損失費用から、新たにまとめられた復興計画の現実的妥当性をまとめている。

以上要するに、本論文は、これまで経験的ないし財政的余裕の範疇で推進されてきた施設の更新方法に対し、一つの論理性を提示したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年12月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。