

離島に着目した浄水処理の統合に関する効果分析

首都大学東京大学院 学生会員 武田宗太郎 正会員 稲員とよの
正会員 山崎 公子 フェロー会員 小泉 明

1. はじめに

近年、社会基盤施設における維持管理や更新需要が増加するとともに、財源の確保が課題となっている。水道システムも例外ではなく、高度経済成長期に集中して整備された施設が、今後一斉に更新期を迎える。一方で、人口減少や節水に伴う料金収入の減少が見込まれている。財政基盤が脆弱な小規模水道事業者は、このような状況の影響が大きいと考えられ、有効な対策が求められている。一般に、水道事業は施設の運用により収益を生み出しており、扱う水量規模が拡大すると施設利用効率が上昇するため、「事業者の統合」は有力な解決策の1つと考えられる。そこで本研究では、浄水処理を中心として、事業者規模の拡大による運営効率の変化をモデル式により定量化し、得られたモデル式を複数の統合化シナリオに適用し、比較分析を行うことで、事業統合による効果が見込める条件や統合範囲を明らかにすることを目的とする。なお、統合対象は小規模事業者の中でも、特に水源水質が不安定で、かつ経営資源が限られているなど、厳しい環境下にある離島の水道事業者を想定している。

2. コストモデル式の構築

まず、評価関数モデルの構築に使用するデータと評価指標の選定を行った。平成19年度の水道統計に記載されている全1658事業者の項目を精査し、必要項目においてデータの欠測が無く、かつ、1日有収水量が5000(m³/日)未満の小規模事業者(n=341)を抽出した。この事業者を対象に、重回帰分析を用い、モデル化を行った。

目的関数にコストの指標である給水原価を、説明変数に規模の指標である1日有収水量を選択した。その際、対象母集団における事業者の規模や、水源と処理方法の組み合わせにより、コストモデルが異なる特徴を示すことが明らかとなった。そこで、以降の分析に用いるモデルとして、水源と処理方法の組み合わせによるクロス集計を行い、「井戸水で消毒のみ(n=149)」と「表流水で急速濾過(n=49)」を選択し、それぞれのコストモデルを構築した。

3. シナリオ分析

浄水処理の統合と事業者間の送水管路建設を想定した、事業者の統合シナリオ分析を行った。統合前後のライフサイクルコストを算定して、統合による削減効果と事業者特性との関係を明らかにする。離島の規模や島の数、統合範囲の異なる11シナリオに対し、分析用小規模事業者モデルを適用し、40年間の総コストを比較分析した。なお、シナリオ分析の前提として、統合効果と費用は、1島のみが受益・負担するものとして計算している。

設定した11シナリオに、コストモデルを適用し、統合による効果を計算するとともに、統合管路建設コスト(以下、統合コスト)を計算して、シナリオ間の比較も行った。さらに、効果が高かった2シナリオについて、工事費用と統合距離を変化させた感度分析を行い、統合コストの変動が及ぼす影響を考察した。シナリオ分析

キーワード 離島、水道事業者、統合、ライフサイクルコスト、重回帰分析、シナリオ分析

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京都市環境学部 TEL 042-677-1111 ex.4576

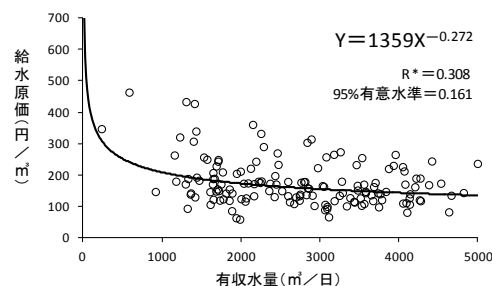


図 1 給水原価のモデル
(井戸水で消毒のみ)

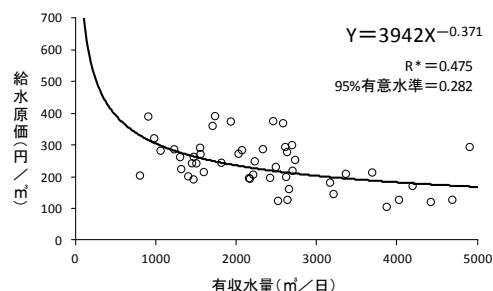


図 2 給水原価のモデル
(表流水で急速濾過)

表 1 統合シナリオの設定と結果

シナリオ番号	統合対象	統合前規模 ($\text{m}^3/\text{日}$)	統合先	規模拡大分 ($\text{m}^3/\text{日}$)	水源と処理法	主要送水管路の口径	最大統合距離(km)
①	小離島	250	本土	3000	井戸水で消毒のみ	100mm	10
②	小離島	250	本土	3000	表流水で急速濾過	100mm	10
③	中離島	1000	本土	3000	表流水で急速濾過	250mm	10
④	小離島	250	本土	3250	井戸水で消毒のみ	150mm	15
⑤	小離島	250	本土と小離島2つ	3500	井戸水で消毒のみ	250mm	20
⑥	小離島	250	本土と中離島1つ	4000	井戸水で消毒のみ	250mm	15
⑦	小離島	250	本土と小離島1つと中離島1つ	4250	井戸水で消毒のみ	100mm	20
⑧	小離島	250	小離島1つ	250	井戸水で消毒のみ	100mm	5
⑨	小離島	250	小離島2つ	500	井戸水で消毒のみ	100mm	10
⑩	小離島	250	中離島	1000	井戸水で消毒のみ	100mm	5
⑪	小離島	250	小離島と中離島	1250	井戸水で消毒のみ	100mm	10

および感度分析の結果を表1及び図3～5に示す。統合前後の比較から、効果が高い統合シナリオは、①、②、③、⑩であり、いずれも統合先を単一にした場合であることが分かった。これは、管路の建設距離を抑えることができたためと考えられる。また、シナリオ②、③より、水源と処理法の組み合わせが「表流水で急速濾過」の場合、統合効果が高いことが分かった。この組み合わせは、他の組み合わせと比べ、原水を処理する工程が多いため、処理水量が多くなるほど単位あたりの水量にかかるコストが減少するためであると考えられる。

次に、効果の高かったシナリオ②、③を対象に、工事費用と統合距離をそれぞれ0.5倍、2倍、4倍、6倍と変化させ、かつ自然流下による送配水の可否（ポンプの有無）を考慮した感度分析を行った。なお、工事費用を6倍にすると、推進工法を採用した場合とほぼ同等の工事費用となる。この感度分析の結果、いずれのシナリオも、工事費用あるいは距離のどちらかが2倍かつポンプ有りという条件までは統合効果が得られるという結果となった。このときの双方の給水原価の内訳を見ると、有収水量250($\text{m}^3/\text{日}$)のシナリオ②では、統合コストが62%を占めるのに対し、有収水量規模1000($\text{m}^3/\text{日}$)のシナリオ③は、37%と低く抑えられている。統合コストは、管路の法定耐用年数(40年間)に渡って固定費である減価償却費になるため、この割合が高いと小規模事業体の経営を長期にわたって圧迫することになる。従って、統合コストをいかに低く抑えるとともに、統合を検討する事業体は、その規模にも留意し、固定費割合の増大に注意を要することが明らかとなった。

4. おわりに

本稿では、人口減少時代と大量更新時代における「水道事業の統合」に注目し、統合の効果を定量的に把握するため、コストのモデル化とシナリオ分析を行った。その結果、水源と処理法の組み合わせが「表流水で急速濾過」であると効果が高いこと、管路建設コストの増大は耐用年数にわたり固定費として事業体の経営を圧迫するので、小規模な事業体においては注意を要することが明らかとなった。今後の展望として、効果・費用負担の仕組みを変えた場合の分析や、離島以外の事業体への適用などが考えられる。

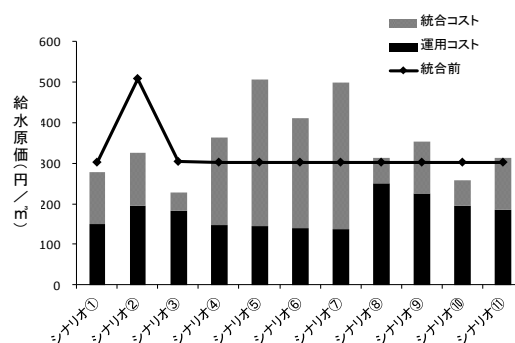


図 3 シナリオ比較

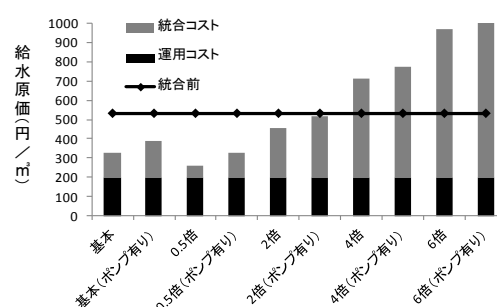


図 4 感度分析(シナリオ②)

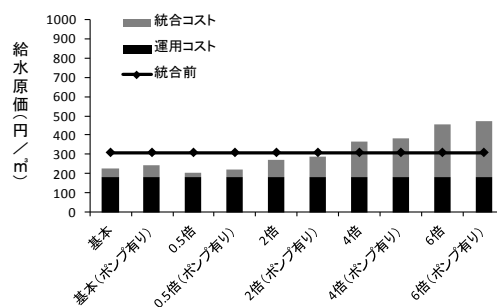


図 5 感度分析(シナリオ③)