

メッシュの階層化による処理施設選定手法の開発に関する研究

学生員 九大大学院○巖 斗鎔 フェロー 九大工学部 楠田哲也

学生員 九大大学院 石川和也 学生員 九大大学院 金 銀娥

1. はじめに

都市域の公共下水道施設の整備がかなり進んでいる現在、下水道施設には新しい役割が求められており、流域の水量水質保全のための高度処理及び再利用とともに、主に河川流域の上流部に位置している人口密度の低い地域の生活排水処理が要求されている。また渇水に頻繁に覆われている都市地域では新しい水源としての役割も重要になっている。こうした現状のなかで、流域の最適な下水道施設の選定の際、一番重要なのが処理区域の範囲と規模を決めることである。しかし、前報¹⁾までの方法では、人口密度の分布と地形により規模が異なるため、理論的に最適の規模を決めることは難しかった。それで、本研究では、処理区域の境界決定の曖昧さを無くすとともに規模決定の理論的ルールを作るため、メッシュの階層化手法を適用することにした。

2. メッシュの階層化による処理施設選定手法の考え方

まず、1辺約100mの基本メッシュの建設費用と人口密度の関係を分析して基礎データを作って、メッシュサイズ変換による階層化によって、大体の処理区域の広さ(規模)を決定することにした。大体の範囲が決められたら、元のメッシュを利用しもっと適切な処理区域と費用を求める。このため、まずメッシュ上、同じ条件を持つモデル地域を想定した。このモデル地域でメッシュの人口密度と費用との関係を求め、メッシュの結合による費用最少の処理区域の規模を求めることにした。この際、1辺100mの基本メッシュから大きなメッシュまで拡張しながら、階層化によって管路の決定と処理区域の規模決定を行って、実際の流域への適用を行った。

・メッシュの階層化の手順：メッシュの大きさの変換は、単一メッシュの分析、多メッシュ分析、仮処理区域の規模決定の順序で行い、メッシュの階層化による処理区域の決定を行った。分析に適用する各層の区分と位置づけは次の通りである。第一層では、各メッシュのレベルの分析、人口増加と費用の関係を明確にし、処理施設の選定の基礎データを作る。第二層では、支線ぐらいの配管の処理ブロックなので、同じブロックが1処理区内に多数ある程度の規模を持つようにする。第三層では、数メッシュで処理区域の範囲を決めるぐらいの大きさを持つようにする。階層化によって作られた大メッシュの内部での下水の流れ(内部配管)は、単一メッシュの大きさ別の内部経路による費用データを作って配管の費用計算を行うことにした。第二層で、大メッシュの処理区域の計算で人口が住んでいない穴のメッシュは避けて行くようにし経路を変更し、不必要な配管をできるだけ減らすように計算をした。第三層では、第2層を利用し、木の枝状の第3層を作って処理区域を決定した。

・計算で用いたモデルに関する仮定：各メッシュの人口、勾配は一定であること。また、実際、流域の住宅メッシュの平均人口が134人であるから、モデル地域も同程度の分布を想定し、計算した。費用関数は、処理場の建設と維持管理費及び配管関係費用の二種であるが、メッシュの合体、分離、は、その費用の多少を比較し決めた。

3. 階層化による分析結果

・メッシュ単位分析：1メッシュの人口と費用の関係に基づき、メッシュデータを分析した。1メッシュの場合、約80人以上で合併浄化槽の方より下水処理施設の方が安価になり、単一メッシュだけを考える時には、処理区域は同じながら処理量多くなってスケールメリットが認められた。

2メッシュ間の分析では、メッシュごとに処理場を建設するよりは1処理区として合体する場合が安くなることが分かった。このようにメッシュ数(面積)を増やししながら、合体と単独の反復計算をして合体と単独の判断基準データを作った。このようにメッシュ数(面積)を増やししながら、単位費用が最少になる処理区域の大きさを計算した。結果によると、図1のように一定の規模を超えると配管費用が高

くなって、費用最少になる規模が求められた。ここで決めた基本処理区域の広さを用いて、実際流域に適用することにする。メッシュ数を増やしていくと、内部配管の仕方を考える必要があるのですが、実際の流域に適用する時には、階層化手法を利用し、計算する。

・処理区の大きさ決定：処理場の規模による費用最少の結果を見ると、農業排水事業などの小規模、処理量1万m³以下の中規模、それ以上の大規模等3種施設の中で、最適処理施設の選択は、処理区域の面積より、主に処理区域の人口に支配された。小規模の場合、およそ人口9千～1万人以下で、中規模の場合には、約2万4千から5千人当たり以下が最適な規模になり、それ以上の規模では大規模処理場の方が費用最少の最適処理施設になった。これらの結果は、処理場の建設費用に対する管渠施設の建設費用の比率が50～60％程度の比較的低い範囲に止まると、処理区域の人口、つまり処理量に依存することが分かった。しかし、大規模処理場の場合、処理区域の大きさを見ると、単位メッシュ当たりの処理人口の増加に従って、その大きさが小さくなる傾向を見せ、最適な規模の処理施設の人口はほとんど変わらなかった。総費用の中で配管費用の割合が、処理区域が大きくなるに従って、徐々にその比率が80％程度まで上昇し、総費用は管渠建設費用によって決定されることになった。

メッシュ当たり人口を100人から200人まで、10人ずつ増やしながらか計算した結果、処理区域の規模は、1処理区域内の総人口（処理量）より、メッシュの数、つまり処理区域の大きさに一番影響されることがわかった。費用の面で見ると、処理場関連費用より管渠関連費用の方がかなり大きくなるので、費用面の最適な規模は、配管部の費用によって決められることが分かった（総費用に対する管渠関連費用の割合は図2参考）。1メッシュ当たりの配管費用が高くなると、最適な処理場の規模が小さめに計算されるので、最適な規模を決定するためには、正確な配管費用の積算が必要であると思われる。

配管のルートによる費用と処理場の大きさの関係をみると、下水の流下ルートによって管径が変わるので、配管費用に影響を与え、処理区の大きさにかなり関係することがわかった。この計算で適用した下水流下ルートは、可変ブロックを持つ樹木枝状と考えた。その傾向を見ると、できるだけ最適規模を大きくするほど全体の費用を安く抑えられることが分かった。最適規模を決めるための単位費用は、日処理量当りの費用（億円/m³・day）とメッシュ当たり（人口）の費用（億円/mesh）の項目で計算した。処理区域の総費用は、この単位処理費用が最小になる値の配管と処理場建設費用で計算した。これらの計算で算定した処理区域の大きさに基づいて、流域全体を対象にし、処理区域の境界は基本メッシュの処理区域から決める予定である

4. 終わりに

階層化の考え方の整理、そのための基本メッシュ分析及びモデル地域での分析、処理区域の規模と大きさの計算に引き続く、現在対象地域での適用の計算を行う予定である。

1) 厳 斗 鈴、流域における再利用を中心とした下水道施設の選定に関する研究、第52回年次学術講演会講演概要集、平成9年9月、pp34-35

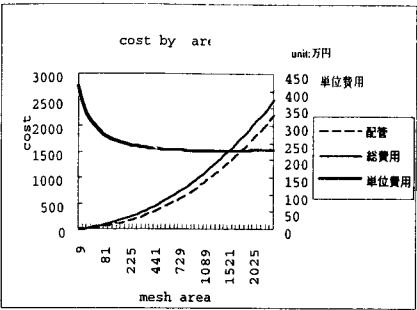


図1 費用と処理場規模の関係

メッシュ内 単位人口	メッシュ 数	人口	配管費用 の比率	単位費用 (万円/m ²)
100	1369	136900	0.86	283.4
130	1225	159250	0.84	231.2
150	1225	183750	0.83	207.1
190	1225	233275	0.82	174.4

表1 総費用に対する配管費用の比率

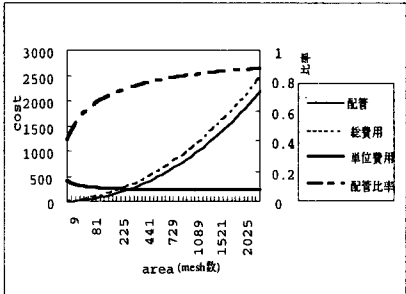


図2 総費用に対する配管費用割合

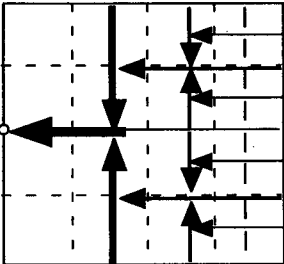


図3 樹木の枝状法概念