

LCAを用いた水供給方法の評価に関する考察

九州大学大学院 学生員 ○石川 和也 巖 斗鎔 金 銀娥
九州大学工学部 フェロー 楠田 哲也

1. はじめに

現在、温暖化といった地球規模の環境問題が注目されている。本研究は地球環境に与える影響を評価する手法のLCA（ライフサイクルアセスメント）を利用し、社会基盤施設である水供給施設を対象に研究するものである。また、評価手法の一つとしてメッシュデータを用い、より具体的な評価の可能性を探っていく。評価対象の関係を図1に示す。

2. 計算方法

2.1 環境負荷の計算

本研究では、できるだけ積み上げ法を利用して計算を行う。積み上げ法に必要なデータのうち、把握できない部分には産業連関表を用いて求める方法を援用する。指標はエネルギー消費量と二酸化炭素排出量を用い、単位は水道水1m³当たりで換算したもの（kcal/m³, kg-C/m³）を用いる（下水処理場については、処理水量当たり）。計算に用いる原単位を表1、表2に示す。また、各施設の耐用年数は、土木施設50年、建築施設50年、機械設備15年、電気設備20年とする。計算例として再生水処理施設の計算方法を以下に述べる。

(1) 再生水処理施設

a) 処理場の建設

福岡市内にある再生水処理施設の工事実績データから建設エネルギーを推定した。全工事を土木工事、建築工事、機械設備工事、電気設備工事の4つに分類し、工事金額に産業連関分析によって得られた各工事や設備に対応する原単位を利用することによって工事全体に要するエネルギーを推定した⁴⁾。次に、計算によって求めた結果を耐用年数で除して1年当たりの建設エネルギーを求めた。そして年間処理水量で除すことにより、単位水量当たりのエネルギーを求めた。

b) 処理場の運用

処理場の運転に要するエネルギーは各処理場の運転実績データを積み上げることによって求めた。主な項目は電力と薬品である。

c) 管渠の建設

管渠工事のエネルギーについては産業連関分析は用いず、全て積み上げ法によって計算した。

工法は開削工法とし、管のサイズと掘削深ごとに積算資料を用いて1mごとにエネルギー原単位を算定した。

(2) その他の施設

その他の施設についても積み上げ法と産業連関分析を組み合わせた方法で計算を行ったり、既存の研究成果を参考にしながら環境負荷を算定した。各施設のエネルギー消費量の計算結果を表3に示す。各施設とも管渠部分のエネルギーは含んでいない。ここでの結果は代表の値を掲載しているが、下水道、上水道に関してはいくつかの処理規模についての結果があり、単位水量当たりの環境負荷が最小になる施設の規模があることが分かる。下水処理場の処理規模とエネルギー（建設エネルギー＋運用エネルギー）の関係を示したグラフを図2に示す。

下水道施設や再生水処理施設などは、施設のかんりの部分を管渠が占めている。管渠工事にはかなりのエネルギーが消費されるため無視することはできない。下水処理場にはスケールメリットがあると考えられるので、環境

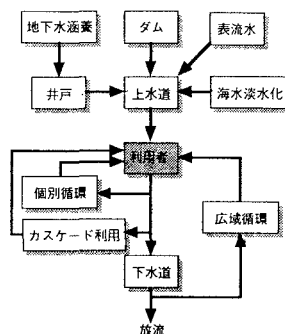


図1 対象施設

表1 計算に用いた原単位（エネルギー）

素材・工事名	単位	エネルギー消費量	備考
砂利	kcal/kg	22.29	参考文献1)
砕石	kcal/kg	19.49	参考文献1)
コンクリート	kcal/kg	155.7	参考文献1)
鉄鋼	kcal/kg	4,472	参考文献1)
鋼管	kcal/kg	4,530	参考文献1)
鋳鉄管	kcal/kg	5,566	参考文献1)
軽油	kcal/l	9,200	参考文献1)
ガソリン	kcal/l	8,400	参考文献1)
電力	kcal/kWh	2,250	参考文献1)
電力	kcal/円	107	参考文献2)
土木工事	kcal/円	18.7	参考文献2)
建築工事	kcal/円	10	参考文献2)
機械設備工事	kcal/円	10.6	参考文献2)
電気設備工事	kcal/円	12.5	参考文献2)
薬品	kcal/円	50.9	参考文献2)
合併浄化槽工事	kcal/円	18.27	参考文献3)

表2 計算に用いた原単位（CO₂）

素材・工事名	単位	CO ₂ 排出量	備考
砂利	kg-C/kg	0.001661	参考文献1)
砕石	kg-C/kg	0.001401	参考文献1)
コンクリート	kg-C/kg	0.03136	参考文献1)
鉄鋼	kg-C/kg	0.3613	参考文献1)
鋼管	kg-C/kg	0.3712	参考文献1)
鋳鉄管	kg-C/kg	0.4325	参考文献1)
軽油	kg-C/l	0.7212	参考文献1)
ガソリン	kg-C/l	0.6432	参考文献1)
電力	kg-C/kWh	0.1	参考文献1)
電力	kg-C/千円	4.88	参考文献2)
土木工事	kg-C/千円	1.54	参考文献2)
建築工事	kg-C/千円	0.75	参考文献2)
機械設備工事	kg-C/千円	0.78	参考文献2)
電気設備工事	kg-C/千円	0.90	参考文献2)
薬品	kg-C/千円	2.92	参考文献2)
合併浄化槽工事	kg-C/千円	1.68	参考文献3)

表3 各施設のエネルギー計算結果

	給水・処理能力 m ³ /日	建設部分 kcal/m ³	運用部分 kcal/m ³	合計 kcal/m ³	備考
浄水場	400,000	417	913	1,330	参考文献4)
下水処理場	350,000	185	1,258	1,443	汚泥処理まで含む
再生水処理施設	4,500	552	3,195	3,747	
海水淡水化施設	40,000	1,540	12,978	14,518	
井戸	518	36	1,118	1,154	

負荷から見た場合、最適な処理区の大きさが存在するはずである。その大きさを把握し、博多湾流域を対象にするとどのような処理区の区分が最適なかを示す予定である。

2.2 メッシュデータを用いた博多湾流域における地下水量の算定

表3を見ると、井戸は得られる水質の割にそのエネルギー消費量は小さく、環境の面のみで考えた場合、環境負荷の大きな海水淡水化施設などの施設を建設・運用するよりも有利であると考えられる。しかし地下水使用量には限界があり、地下水量を把握して利用されるべき水資源である。そこで博多湾流域を約100m×100mのメッシュで区切った地理情報を利用し、地下水量を算定した。

(1) 計算条件

まず地盤図⁵⁾をもとにして博多湾流域の基盤表面高度、沖積層底面高度、地表面地質のデータを入力した。ここで、基盤の表面を不透水面と仮定した。また、博多湾流域に点在する井戸の静水面を不圧帯水層の水表面とした。不透水面の上に存在するのは不圧帯水層であると仮定し、不透水面と水表面と地質をもとに地下水量を算定した(図3)。図4に計算に用いる基盤表面の高度を示す。

(2) 水量の算定

井戸の静水面のデータを用い、重回帰分析によって水面を算定し、揚水できる地下水量を算定した。

(3) 地下水涵養の評価

透水性舗装などの雨水を浸透させる施設を建設することによる、地下水涵養の効果を評価した。まず透水性舗装の建設エネルギーを積み上げ法によって計算し、舗装面1m²当たり25,313kcal/m²という結果が得られた。また舗装面の洗浄にかかるエネルギーがあり、3年に1度の頻度で洗浄すると、年間に消費される運用エネルギーは111kcal/m²となった。以上の結果と各メッシュごとの浸透率などを利用して、地下水涵養量の増加分とエネルギー消費量などの環境負荷を関連づけ、評価した。

3. 結論

水供給施設において環境負荷を減らすには、建設の段階で減らすよりも、いかにして運用部分で電力などのエネルギー消費を抑えるかということが重要である。つまり、建設の段階で安易にコストを抑えるのではなく、運用面でエネルギー消費を抑えるためにいくらかの投資をした方が、ライフサイクルと呼ばれるタイムスケールで見た場合、有利なことが分かった。

また、現在供用されている上水道を補う水資源としていくつかの方法が考えられているが、環境負荷の観点から評価すると、海水淡水化のような電力を大量消費する施設は、かなりの問題を持っていると考えられる。

参考文献

- 1) 田頭直人、鈴木勉、内山洋司：都市インフラストラクチャー構築の資源使用量と環境負荷、電力中央研究所報告、Y95011、(財)電力中央研究所、1996
- 2) 銭谷賢治、井村秀文：建設にともなう環境負荷の定量化に関する研究、環境システム研究、Vol.22、pp.147-153、1994
- 3) 建設省土木研究所地質化学部化学研究室：資源・エネルギー環境負荷の算定手法の開発と実態調査報告書、環境庁、1993
- 4) 水道と地球環境を考える研究会：地球環境時代の水道、技報堂出版株式会社、pp.83-pp.116
- 5) 福岡地盤図作成グループ：福岡地盤図、九州地質調査業協会、1981

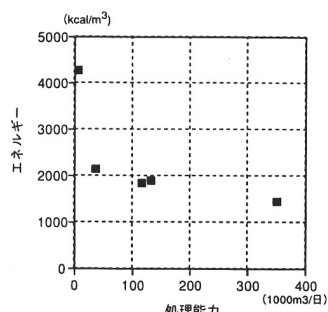


図2 下水処理施設の処理能力とエネルギーの関係

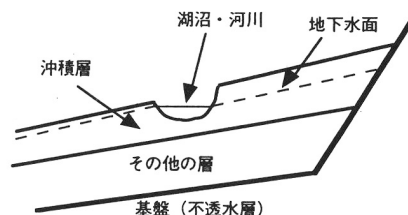


図3 計算条件

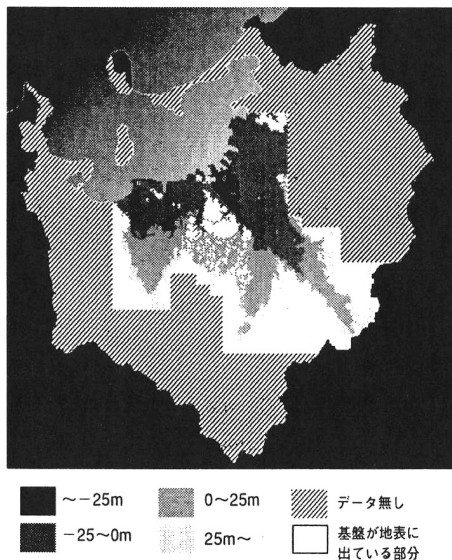


図4 基盤表面の高度