

8. 下水道システムの LCA 評価に関する調査

下水処理研究室 室長 南山 瑞彦

研究官 荒谷 裕介

研究官 平出 亮輔

1. はじめに

環境への事業影響評価にあたっては、従来から環境影響評価（以下、EIA）が制度化されているが、近年、施設の建設、維持管理、さらには廃棄を含めたライフサイクルアセスメント（以下、LCA）を用いることが有効な手段であるとして注目を集めている。LCA 手法の特徴の一つとして、施設の全ライフサイクルにわたって消費する資源及び排出する環境負荷を定量的、客観的に評価出来ることが挙げられる。LCA は地球環境等広い地域の環境に及ぼす影響に視点を置いている。一方、EIA は事業の実施場所やその付近に及ぼす影響を評価する手法である。両手法を併用することによって事業実施に伴う環境への影響をより総合的に評価することが可能であると考えられることから、LCA による評価手法を早急に確立し、実務へ早期に適用することが求められている。LCA は、もともと自動車、家電機器といった製造業における製品を対象に実行されたものである。本研究は、社会資本整備に LCA 手法を適用することを想定し、下水道事業の計画・設計段階における事業評価手法として LCA を確立するために必要な基礎的データを得ることを目的として実施した。平成 16 年度は、下水道施設から排出される環境負荷量の排出特性をもとに負荷量算定の簡略化の可能性について検討するとともに、産業連関表の更新が一次原単位および環境負荷量に及ぼす影響についての検討を行った。

2. 環境負荷量算定の簡略化

事業計画や設計段階で、経済的な視点以外に環境保全の視点から事業を定量的に評価する場合には、環境負荷量を概算できる必要がある。

下水道施設は、道路、橋、ダムと異なり、土木・建築施設以外に機械・電気施設が大きな割合を占める。このような特徴を持つ施設に対してライフサイクルインベントリー（以下、LCI）分析を行った場合、算定される環境負荷量の傾向にも特色があらわれ、建設時よりも運転時に多くのエネルギーを消費し、CO₂を排出する。また、運転時負荷の大部分は電力消費に由来し、そのほとんどを主要な機器が占める¹⁾。このことは、これらの主要機器を抽出し、その能力や稼働時間等をパラメータとすることによって、下水道施設のライフサイクル全体にわたる負荷傾向をある程度把握することができ、また、環境負荷量の算定をより簡略化できることを示唆している。

ここでは、オキシデーショントラッキング法(OD)法を採用している下水処理場を対象として LCI 分析を行い、水処理施設の環境負荷量と主要機器との関連性について検討を行った。その結果、ばっ気装置（送風機＋攪拌機）の出力と CO₂ 排出量およびエネルギー消費量の間に関連性があることがわかった（図-1）。この結果から、主要機器としてばっ気装置を抽出し、それらの出力を求めることによって、水処理施設からの環境負荷量を概算できる可能性が示された。

過去の調査から、OD法以外の処理方式においても運転時負荷の大部分は主要な機器の電力消費に由来することがわかっている¹⁾。従って、LCI分析結果を蓄積することによって処理方式毎に主要機器と環境負荷量の関連性を求めることが可能と考えられる。これらの関連性を活用することによって、事業計画や設計段階等限られた情報のもとでの処理方式の評価を環境保全の視点から定量的に行うことが可能と考えられる。

3. 産業連関表の更新による一次原単位および環境負荷量への影響

現在、LCI分析の基本データである基礎資材（素材、基礎部品等）やユーティリティ等の一次原単位は、産業連関表の 1990 (H7) 年表に基づき算定されたもの²⁾を使用している。産業連関表は 5 年毎に作成され、現在は 1995 (H12) 年表に基づく LCI データベースが公表されている³⁾。ここでは、産業連関表の更新が一次原単位および環境負荷量に及ぼす影響についての検討を行った。

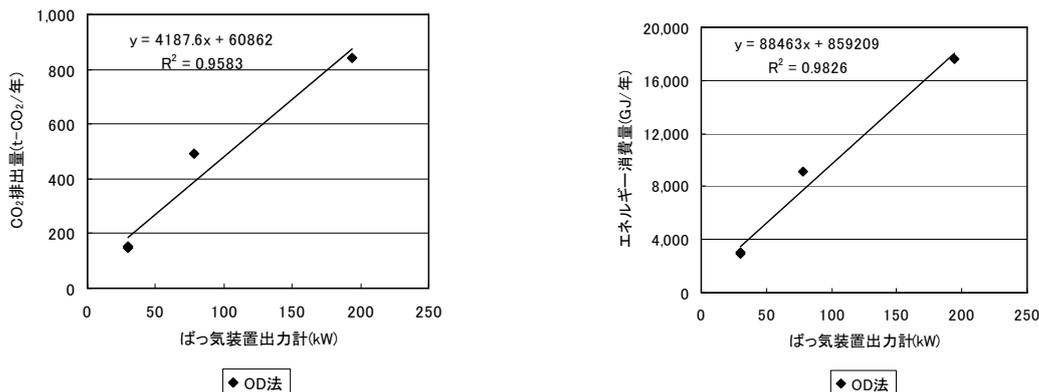


図-1 水処理施設の環境負荷量と主要機器との関係

表-1 一次原単位の変化の状況

3.1. 一次原単位の変化の状況

1990(H7)年表および1995(H12)年表に基づき作成された単位物量あたりおよび単位価格あたりのCO₂排出量原単位の一例を表-1に示す。単位物量あたり原単位のうち、生コンクリートが1990(H7)年表比69.4%の増加、上水道・簡易水道が50.7%の減少と大きく変化した。一方、単位価格あたり原単位については、生コンクリートが1.6%の増加、上水道・簡易水道が44.9%の減少であった。

単位物量あたり原単位と単位価格あたり原単位の間には以下の関係が成り立つ。

$$\text{単位物量あたり原単位} = \text{単位価格あたり原単位} \times [\text{製品総生産額} \div \text{製品総生産量}]$$

この関係から「製品総生産額÷製品総生産量」すなわち製品単価の増減率を求めた場合、生コンクリートで66.7%上昇し、上水道・簡易水道で10.5%下落した計算になる。一方、実勢価格等によると、生コンクリートおよび上水道・簡易水道でそれぞれ19.3%⁴⁾、6.1%⁵⁾の上昇であった。

産業連関表の更新に伴う一次原単位の変化の要因としては、社会経済状況および製品単価が変化すること以外に、産業連関分析を行う過程での海外での活動分(輸入分)や固定資本形成分(工場の建設等)の計算方法の違い等が考えられる。1990年表に基づく原単位²⁾は、固定資本形成分は考慮せず、また輸入分を含めて連関分析により算定されている。一方、1995年表に基づく原単位³⁾は、輸入分は別途積み上げ計算により算定されており、また、固定資本形成分は産業連関表の内生部門に割り振った上で分析を行っている。このように分析方法が異なることから、計算値と実勢価格で大きな違いが生じたものと考えられる。産業連関表の更新に伴って一次原単位が著しく変化する場合は、その算出条件等を詳細に分析し、算定された原単位の妥当性を十分検討した上で見直すべきであると考えられる。

3.2. 運転時における環境負荷量に関するケーススタディ

下水処理施設に対してLCI分析を行った場合の負荷量排出特性として、運転時における負荷量の全負荷量に占める割合が大きいことが過去のケーススタディ結果より明らかとなっている¹⁾。そこで、産業連関表の更新に伴い一次原単位を見直した場合の運転時における環境負荷量の変化について、規模、処理方法の異なる

分類	項目	単位	kg-CO ₂ /*		
			1990年 ²⁾	1995年 ³⁾	
基礎資材	セメント	kg	0.839	0.816	(-2.7)
			90.46	109.906	(21.5)
			0.009	0.007	(-19.9)
	生コンクリート	kg	0.121	0.205	(69.4)
			24.083	24.477	(1.6)
			0.005	0.008	(66.7)
	普通鋼小棒	kg	1.163	0.941	(-19.1)
			20.305	25.155	(23.9)
			0.057	0.037	(-34.7)
	普通鋼型钢	kg	1.303	1.136	(-12.8)
			20.305	25.155	(23.9)
			0.064	0.045	(-29.6)
	碎石	kg	0.008	0.011	(37.5)
			5.737	5.254	(-8.4)
			0.001	0.002	(50.1)
	軽油	MJ	0.076	0.078	(2.6)
			56.027	58.004	(3.5)
			0.001	0.001	(-0.9)
	粗鋼(転炉)	kg	1.352	1.465	(8.4)
			33.003	42.053	(27.4)
			0.041	0.035	(-15.0)
	鑄鉄品	kg	3.346	2.865	(-14.4)
			15.818	14.47	(-8.5)
			0.212	0.198	(-6.4)
ユーティリティ	電力	kWh	0.533	0.564	(5.8)
			27.293	26.83	(-1.7)
			0.020	0.021	(7.6)
	上水道・簡易水道	m ³	2.011	0.992	(-50.7)
			12.692	6.997	(-44.9)
			0.158	0.142	(-10.5)

注) *: 各項目の単位
 上段: 単位物量あたり原単位(A)
 中段: 単位(生産者)価格あたり原単位(B)
 下段: (A)/(B)
 ()内は、前回調査の値に対する増減率(%)

4ヶ所の処理場を対象として検討を行った。その結果、CO₂排出量は約3～5%の増加、エネルギー消費量は5～7%の減少となった。処理場により使用する薬品や燃料の種類および量が異なることから、薬品類・燃料由来の負荷量の増減は各処理場で大きく異なったが、CO₂排出量、エネルギー消費量の大部分を電力由来の負荷量が占めていたことから、薬品類・燃料由来の負荷量が全負荷量に及ぼす影響は僅かであった。従って、多量の薬品や重油等の燃料を使用する場合を除き、1990(H7)年表から1995(H12)年表への産業連関表の更新に伴う一次原単位の見直しは、処理場の運転時における環境負荷量に及ぼす影響は小さいと考えられる。電力由来の負荷の算定においては、輸入分や固定資本形成分の扱い方がCO₂排出量原単位に及ぼす影響は小さい⁶⁾ことから、今回の更新によって原単位および環境負荷量に大きな変化は見られなかったものと考えられる。

4. まとめ

平成16年度は、下水道施設から排出される環境負荷量の排出特性をもとに、負荷量算定の簡略化の可能性について検討するとともに、産業連関表の更新が一次原単位および環境負荷量に及ぼす影響についての検討を行い、以下の知見を得た。

- 1) オキシデーションディッチ(OD)法による水処理施設の主要機器としてばっ気装置を抽出し、それらの出力を求めることによって、OD法による水処理施設からの環境負荷量を概算できる可能性がある。
- 2) 1990(H7)年表から1995(H12)年表への産業連関表の更新に伴う一次原単位の見直しは処理場運転時における環境負荷量に及ぼす影響を4つの処理場を対象に検討した結果、CO₂排出量で約3～5%の増加、エネルギー消費量で5～7%の減少とその影響度合いは僅かであった。

5. おわりに

本調査は、下水道事業の計画・設計段階における事業評価手法としてLCAを確立するために必要な基礎的データをを得ることを目的として実施した。本調査で対象とした環境負荷項目は、原単位の整備状況を勘案して二酸化炭素排出量(LC-CO₂)及びエネルギー消費量(LCE)とした。ライフサイクル全体にわたって下水道システムから排出される環境負荷量を算定するための考え方をライフサイクルインベントリー(LCI)モデルとして構築するとともに原単位を整備し、環境負荷量の定量化を行う上で必要となる基本的な考え方や基礎データを整理した。また、構築したLCIモデルを基に、下水道施設の建設、運転・維持管理等に関するデータを用いて環境負荷量を算定し、建設時よりも運転時により大きな環境負荷を排出するとともに、水処理施設の環境負荷源はばっ気装置といった主要な機器の電力消費に由来する特性があることを把握した。これらの主要機器を抽出し、出力等を求めることによって、計画や設計段階といった限られた情報の中で環境負荷量を概算できる可能性を示した。また、産業連関表の改正にともなう一次原単位の更新にあたっての注意点をまとめた。

得られた成果は、マニュアル等としてとりまとめ、下水道システムを対象としたLCAを実施するにあたり活用されることが期待され、適切な事業推進に資するものと考えられる。

【参考文献】

- 1) 中島英一郎、山下洋正、中島智史：下水道システムのLCA評価に関する研究、平成14年度下水道関係調査研究年次報告書集
- 2) 建物のLCA指針(案)1999年、日本建築学会
- 3) 建物のLCA指針(案)2003年、日本建築学会
- 4) 建設物価、(財)建設物価調査会、レディーミクストコンクリート、規格210-8-25(東京)、1990年および1995年4月号
- 5) 内閣府・国民生活政策ホームページ、<http://www5.cao.go.jp/seikatsu/koukyou/water/wa02.html>
- 6) LCA実務入門、(社)産業環境管理協会、135-137