

関東地方における既存の水道事業に関する LCA 手法を用いたエネルギー評価

東京都市大学工学部 学生会員 ○渡邊 佳孝
東京都市大学工学部 正会員 長岡 裕

1. はじめに

近年、温暖化を初めとする環境諸問題から省エネルギー政策が進められている。水道事業においても、環境に対する取り組みが求められるようになった。水道施設の全ライフサイクルで消費される資源及び排出する環境負荷を定量的、かつ客観的に評価する必要性があり、LCA (Life Cycle Assessment)を用いる手法が有効な手段であるとして注目を集めている。

LCA とは、製品やサービスなどが環境に与える影響を、原料採取から設計、生産、流通、消費、廃棄、再利用に至るまでの各段階における資源・エネルギーの消費と環境負荷を定量的に分析し、環境負荷の低減および環境改善を図る手法¹⁾である。

本研究では、関東地方における既存の水道事業に関して LCA 手法を用いてエネルギー評価を行い、環境影響評価を詳細にし、環境負荷の少ない水循環システムの構築を目指すことを目的とする。

2. 調査対象

研究では、関東地方の水道施設を対象とした。表 1 に調査対象の詳細を示す。対象地域を関東地方の各都道府県、対象団体は県営水道、水道企業団、主要市とした。また調査対象期間は、水道統計（平成 21 年度版）より記される平成 21 年 4 月 1 日から平成 22 年 3 月 31 日までとし、調査範囲は、ダム施設、浄水施設、配水施設、導水管、送水管、配水管、ポンプ施設を対象とした。給水人口の詳細は、上水道、簡易水道、専用水道人口の合計人数とする。給水量の詳細に関しては、有収水量、無収水量、無効水量の合計を給水量として扱う。

表 1 調査対象の詳細²⁾

対象地域	対象団体	調査対象期間	調査範囲	給水人口	給水量
関東地方の各都道府県	各都道府県の県営水道、水道企業団、主要市	平成21年（平成21年4月1日から平成22年3月31日まで）	ダム、導水管、浄水施設、送水管、配水施設、配水管	上水道、簡易水道、専用水道の合計	有収水量+無収水量+無効水量

3. 調査結果

本研究では、エネルギー消費の指標として CO₂に着目し、すべて CO₂を基準に算出を行っていく。水道施設における CO₂は、施設の建設、運転、維持管理、廃棄・リサイクルの過程において発生するものであり、これらの各過程においての CO₂排出量の算出を行う。

施設建設における CO₂排出量の算出式を式(1)、式(2)、式(3)、式(4)、式(5)に示す。式(1)は、浄水施設等の有効容量の値を用いて CO₂排出量の算出を行う。式(2)は、コンクリート体積とダム建設時の水道事業負担金額のパーセンテージを乗じることにより、コンクリート体積中の水道事業分を仮定し、さらにコンクリート原単位を乗じることにより CO₂排出量の算出を行う。式(3)は、ダムの建設費用中の水道事業負担金額と水道事業の原単位を乗じることにより CO₂排出量の算出を行うものである。式(4)は、管路施設の管口径、管路延長の値を用いて CO₂排出量の算出を行うものである。式(5)は、ポンプ施設建設における CO₂排出量を原動機出力の値から算出を行う。

次に、施設運転に伴う CO₂排出量の算出式を式(6)、式(7)に示す。施設運転に伴う CO₂排出量は、電力、薬品使用により排出されるものであり、式(6)に電力に伴う CO₂排出量の算定式、式(7)に薬品使用に伴う CO₂排出量の算定式である。式(6)は、水道施設の電力使用量と CO₂排出係数を乗じ、CO₂排出量の算出を行うものである。式(7)は、薬品使用量と CO₂排出係数を乗じ、CO₂排出量の算出を行うものである。

また、施設修繕に伴う CO₂排出量の算出式を式(8)に示す。式(8)は、修繕費と原単位を乗じ、CO₂排出量の算出を行うものである。

$$PCoco_2 = (-51.566Ln(Ca)+632.56) \times Ca \quad (1)^{1)}$$
$$PCoco_2:池状構造物の CO_2排出量(t-CO_2),$$
$$Ca:池状構造物の有効容量(m^3),Ln:自然対数(定数を e)$$

コンクリートダム建設におけるCO₂排出量(t-CO₂)
= A × B × C (2)³⁾

A: コンクリート体積(m³), B: 水道事業負荷率(%),
C: コンクリート原単位(t-CO₂/m³)

その他ダム建設におけるCO₂排出量(t-CO₂)
= E × F (3)²⁴⁾

E: 建設費水道事業負担分 F: 水道事業原単位

Pipeco₂ = 5 × 10⁻⁵ × D^{-1.4226} × L (4)¹²⁾

Pipeco₂: 管路建設におけるCO₂排出量(t-CO₂),
D: 管口径, L: 管路敷設延長

PGolco₂ = 3.762 × Gp^{-0.6939} (5)¹⁾

PGolco₂: ポンプ建設におけるCO₂排出量(t-CO₂),
Gp: 原動機出力(kw)

電力に伴うCO₂排出量 = G × H (6)²⁵⁾

G: 水道施設の電力使用量合計(kwh),
H: CO₂ 排出係数(t-CO₂/kwh)

薬品に伴うCO₂排出量 = I × J (7)⁴⁾

I: 薬品使用量(t), J: CO₂排出量(Mg-CO₂/GJ)

修繕に伴うCO₂排出量 = K × L (8)²⁾

K: 修繕費(万円), L: 原単位(t-CO₂/万円)

式(1)～式(8)より, 水道施設の建設, 運転, 維持管理の各サイクルにおける CO₂排出量の算出を行い, 各施設の耐用年数⁶⁾を除すことにより, 年間における CO₂排出量を求める. 表 2 に水道施設の CO₂排出量における LC 構成比を示す.

表 2 水道施設の CO₂排出量における LC 構成比

	建設		修繕		運転		合計	施設別の LC構成比 (%)
	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	耐用年数 (年)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	電力に伴う CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	薬品に伴う CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	施設別合計 CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	
ダム	5.41.E+04	80	6.76.E+02	1.13.E+05	1.13.E+05	1.73.E+04	6.76.E+02	0.06%
浄水施設	2.92.E+04	50	5.85.E+02				8.45.E+04	8.02%
配水施設	6.61.E+05	50	1.32.E+04				9.71.E+04	9.22%
導水管	1.24.E+06	40	3.11.E+04				4.99.E+04	4.73%
送水管	2.31.E+06	40	5.78.E+04				7.66.E+04	7.27%
配水管	6.61.E+05	40	1.65.E+04				3.53.E+04	3.35%
ポンプ施設	1.94.E+05	50	3.87.E+03	6.87.E+05	8.00.E+05	1.73.E+04	7.10.E+05	67.34%
合計			1.24.E+05	1.13.E+05	8.00.E+05	1.73.E+04	1.05.E+06	100%
LC構成比 (%)			11.74%	10.72%	75.91%	1.64%	100%	

表 2 より, 水道施設の各サイクルにおける CO₂排出量が示された. 各施設別の CO₂排出量の割合は, ポンプ施設の 67.64%が最も大きな割合となった.

また, LC 構成比は, 各サイクルにおいて, 運転における割合が 77.55%となり, その内の電力における割合が 75.91%と最も大きな割合となった. つまり, 水道施設の CO₂排出量において, ポンプ施設運転の電力における過程において, CO₂排出量の算出が多いということが示された.

よって水道施設の CO₂排出量の削減を図る際には, ポンプ施設の電力消費を抑えることが重要であると考えられる.

4. まとめ

以下に本研究のまとめを記載する.

- ・水道施設の各施設, 各サイクルにおける CO₂排出量の内, ポンプ施設の運転における CO₂排出量が最も多く, CO₂排出量が大きな割合を占めるという算出結果が出た.
- ・水道施設の CO₂排出量の削減を図る際には, ポンプ施設の電力消費を抑えることで CO₂排出量の大幅な削減が可能であると示唆される.

参考文献

1) 財団法人水技術研究センター 『持続可能な水道サービスのための管路技術に関する研究』平成 23 年 3 月 P5-1-P5-28

2) 社団法人日本水道協会 『水道統計』 (平成 21 年 4 月 1 日～平成 22 年 3 月 31 日) p178-p372

3) 建設省河川局 監修, 日本の多目的ダム 直轄編, 株式会社山海堂, pp148-pp288, 1980 年 3 月

4) 南齋 規介, 森口 祐一, 東野 達 『環境負荷原単位一覧表』 2002 年

<http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/pdf/4/breakdownlist.pdf>

5) 厚生労働省 水道事業統計 環境負荷の現状把握 2013/01/13

<http://www.mhlw.go.jp/za/0723/c02/dl/c02-02-06.pdf>

6) 財務省『減価償却資産の耐用年数等に関する省令』 2013/01/13