

# 浄水施設におけるライフサイクルアセスメントの適用

## Application of Life Cycle Assessment (LCA) to Water Purification Facilities

清塚雅彦<sup>1)</sup>, ○竹田憲史<sup>1)</sup>, 松井佳彦<sup>2)</sup>, 向井藤利<sup>3)</sup>, 森康輔<sup>4)</sup>, 榊原康之<sup>5)</sup>

1) 水道技術研究センター, 2) 岐阜大学, 3) 前澤工業, 4) 荏原製作所, 5) 日水コン

Masahiko Kiyozuka<sup>1)</sup>, ○Norifumi Takeda<sup>1)</sup>, Yoshihiko Matsui<sup>2)</sup>

Fujitoshi Mukai<sup>3)</sup>, Kosuke Mori<sup>4)</sup>, Yasuyuki Sakakibara<sup>5)</sup>

1) Japan Water Research Center, 2) Gifu University

3) Maezawa Industries, 4) Ebara Corporation, 5) Nihon Suido Consultants

### Abstract

LCA was applied to analyze the life cycle (material, construction, operation and maintenance) of water purification facilities. In this analysis, trial calculations of Life Cycle-Energy (LC-E) and Life Cycle-CO<sub>2</sub> (LC-CO<sub>2</sub>) were conducted. As a result, the energy consumed in construction and operation stages are 49% and 51% of its total, and the carbon dioxide discharged in those stages are 68% and 32% respectively.

**Key Words :** Life Cycle Assessment (LCA), environmental impact, carbonic anhydride, energy, purification

## 1 はじめに

わが国の水道は96%を越える高普及率を達成しており、21世紀における健全な水循環系の構築が求められる中、水道に対する関心はこれまで以上に高まっている。浄水システムといえども安全な水の供給という視点だけでなく、システム全体として水の有効利用を図り、河川や下水道への負荷を低減するとともに、省エネルギーや発生汚泥量の削減化等、環境影響の低減化につながるシステムを構築することが課題となっている。

こうした観点から本稿では、浄水施設のライフサイクル、すなわち資材、建設、運転、維持管理を対象とし、環境負荷評価（ライフサイクルアセスメント：LCA）の適用により、ライフサイクルエネルギー（LC-E）、及びライフサイクルCO<sub>2</sub>（LC-CO<sub>2</sub>）の定量的な試算を行った結果について報告する。なお、本研究は（財）水道技術研究センターの産官学プロジェクト『環境影響低減化浄水技術開発研究（e-Water）』の一環として行ったものである。

## 2 検討方法

### 2.1 検討対象及び検討範囲

検討対象はTab.1に示す通り、処理水量20,000m<sup>3</sup>/日の仮想的な浄水場であり、わが国の水道において代表的な処理フローである「凝集沈澱+砂ろ過」を山間部に新規に建設する状況を想定した。検討対象は、浄水施設の建設段階及び運転段階であり、施設の廃棄段階については検討対象外とした。今後、廃棄段階も含めて検討する予定である。

Tab.1 検討対象及び検討範囲

基本事項	処理水量：20,000m <sup>3</sup> /日（山間部に新設），系列数：2系列 取水及び送配水は自然流下
検討範囲	凝集・沈澱・砂ろ過・浄水池・排水池・濃縮槽・機械式脱水機・薬注に関わる土木・機械・電気・建築設備一式の「建設段階（イニシャル）」及び「運転段階（ランニング）」
各設備の処理方式	フラッシュミキサ×1×1系列，フロキュレータ×2×2系列，傾斜板沈降装置×2系列，汚泥掻き寄せ機×2×2系列，急速ろ過池（固定式表洗装置付き）×8池，空気源設備×2台，次亜注入設備（前・後、小出し槽方式），PAC注入設備（小出し槽方式），汚泥掻き寄せ機×2台，脱水機設備1式（汚泥貯留槽，脱水機本体，空気源設備等）

## 2.2 検討手法

LCAの検討手法としては、積み上げ法、産業連関法、両者の組み合わせの3通りがある。積み上げ法は検討対象の素材、加工、輸送、組立等に係る各要素を可能な限り列挙し、別途検討されている原単位との積算によって算出する方法である。その概念が明確で分かりやすい反面、数多くの要素を抽出するという膨大な作業を行わなければならない。一方、産業連関法は経済活動を構成する産業部門間の金額ベースでのやりとりを記述した産業連関表を用いて、別途定める原単位により、金額の入出力を物の入出力へと置き換え、各要素が環境に及ぼす直接及び間接の影響を推定する方法である。ある産業部門の活動によって発生する環境負荷を、その部門が直接発生させる負荷だけでなく、他部門に誘発させている間接的な負荷も含めて評価できる反面、構造の基となる産業連関表の部門数がおおよそ400と限定されているため、数多くの素材から構成されている浄水施設への適用においては、十分な精度を得られるかどうか必ずしも明確でない。こうしたことを考慮の上、本研究では積み上げ法を採用し、浄水施設に係る様々な資材を可能な限り列挙することとした。

## 2.3 使用した原単位

本稿で使用したエネルギー及びCO<sub>2</sub>原単位の主なものはTab.2に示す通りである。既往文献値の引用を基本として、原単位が得られない項目については、独自に調査・設定を行った。

Tab.2 本検討で使用した主な原単位と出典

項目	エネルギー	二酸化炭素
コンクリート	2.02 MJ/m <sup>3</sup> 1)	62.97 kg-C/m <sup>3</sup> 2)
ダクトイル鋳鉄管	25.7 MJ/kg 1)	0.9873 kg-C/kg 2)
鉄筋	25.7 MJ/kg 1)	0.2563 kg-C/kg 2)
鋼管	25.7 MJ/kg 1)	0.3911 kg-C/kg 2)
電動機	915.5 MJ/kW 5)	22 kg-C/kWh 5)
高低圧盤_素材	28.205 MJ/kg 5)	0.401 kg-C/kg 5)
高低圧盤_組立	11.282 MJ/kg 5)	0.120 kg-C/kg 5)
計装設備_素材	67.583 MJ/kg 5)	1.746 kg-C/kg 5)
計装設備_組立	27.033 MJ/kg 5)	0.524 kg-C/kg 5)
監視操作盤_素材	30.699 MJ/kg 5)	0.454 kg-C/kg 5)
監視操作盤_組立	12.28 MJ/kg 5)	0.136 kg-C/kg 5)
RC工場	9266.3 MJ/m <sup>2</sup> 3)	192.5 kg-C/m <sup>2</sup> 3)
RC事務所	12523.9 MJ/m <sup>2</sup> 3)	247.6 kg-C/m <sup>2</sup> 3)
電力	9.45 MJ/kWh 1)	0.105 kg-C/kWh 4)

1) 電力中央研究所：発電のプラントのエネルギー収支分析，1991，2) 空気調和・衛生工学会：地球環境に関する委員会報告書，1995，3) 建築学会LCAデータベース，4) 環境庁：地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく地方公共団体の事務及び事業に係る温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン，1999，5) 独自調査

## 2.4 ライフサイクルの期間

LCAにて評価を行う上では、各施設のライフサイクルを設定する必要がある。ここでは法定上の耐用年数を参考に、土木構造物 60 年、機械設備 15 年、電気設備 15 年、建築設備 50 年として計算を行った。

## 2.5 検討対象の構造化

検討対象となる浄水施設の仮想的な設計書をもとに、施設を構成する資材や設備、及び施設の稼動に係る要素を列挙した結果、おおよそ1,500点となった。これらを整理したものがTab.3であり、積み上げ法による積算結果は大分類及び中分類で集計した。

Tab.3 検討対象の構造化

区分	大分類	中分類	小分類
建設 (イニシャル)	土木	沈澱池／ろ過池	管類／弁類, 躯体, 土工
		浄水池	管類／弁類, 躯体, 土工
		排水池／濃縮槽	管類／弁類, 躯体, 土工, 複合工
		場内配管	管類／弁類, 土工
		造成工事	管類／弁類, 躯体, 土工
		場内整備工事	躯体, 土工
	機械	薬品混和槽	急速混和機
		薬品注入設備	ポンプ, 架台, 管類／弁類, 計器, 貯槽
		沈澱池／ろ過池	トラフ, フロッキュレタ, ポンプ, 汚泥掻き機, 管類／弁類, 傾斜板装置, 付帯設備, コンプレッサ, ろ過砂／砂利, 集水装置, 洗浄装置, 排水装置, 付帯設備, 複合工, 流入装置
		排水池／濃縮槽	ポンプ, 汚泥掻き機, 架台, 管類／弁類,
		監視制御／計装	給水装置
	電気	動力／制御	ケーブルダクト, ケブルラック, 高低圧盤, 電線, 補助継電器盤
		監視制御／計装	監視操作盤, 高低圧盤, 電子機器収納盤, 電線, 計器, 高低圧盤, 電線
		受変電	高低圧盤, 自家発連絡盤・変圧1次盤, 電線, 変圧器盤
		自家発	高低圧盤, 電線, 発電機
建築	沈澱池／ろ過池	建屋	
	排水池／濃縮槽	建屋	
	脱水機	建屋	
	管理棟	建屋	
運転 (ランニング)	機械	薬品混和槽	急速混和機
		沈澱池／ろ過池	フロッキュレタ, 汚泥掻き機, 付帯設備, コンプレッサ, ポンプ
		排水池／濃縮槽	ポンプ, 汚泥掻き機, 付帯設備, コンプレッサ
	電気	動力／制御	補助継電器盤
		監視制御／計装	電力
		受変電	自家発連絡盤・変圧1次盤, 発電機盤, 主幹盤, 受電盤, 進相コンデンサ盤, 柱上気中負荷開閉器, 電源盤, 変圧器盤
		自家発	原動機, 自動始動盤, 電源盤, 発電機盤

小分類の下位に「細目」を設け、要素の具体的な諸元及び数量を割り当てている

### 3 検討結果

#### 3.1 ライフサイクルエネルギー

ライフサイクルエネルギー (LC-E) を大分類で集計した結果がFig.1の左図である。1年間に消費するLC-Eは $6.5 \times 10^6$  MJ/年 (0.89 MJ/m<sup>3</sup>) となり、その内訳は建設段階が49%、運転段階が51%であった。運転段階の機械が全体の約1/3を占め、次いで建設段階の建築、土木、運転段階の電気が全体の約2割でほぼ同水準となった。このことから、環境負荷低減のためには機械の運転段階に主眼を置くことが最も効率的であることが示唆された。また、中分類別の内訳はFig.1の左図であり、建設段階の沈澱池／ろ過池、管理棟、運転段階の沈澱池／ろ過池、排水池／濃縮槽、受変電の占める比率が高かった。本検討では自然流下にて取水及び送配水を行う浄水場を想定しており、地形的にポンプ圧送を必要とする施設の場合には、これに係る比率が高くなると考えられる。

#### 3.2 ライフサイクルCO<sub>2</sub>

ライフサイクルCO<sub>2</sub> (LC-CO<sub>2</sub>) を大分類で集計した結果がFig.1の右図である。1年間に発生するLC-CO<sub>2</sub>は113ton/年 (15.5 g-C/m<sup>3</sup>) であり、その内訳はエネルギーと比べて建設段階の比率が高く、建設段階が68%、運転段階が32%となった。建設段階の土木が全体の約3割を占め、次いで建設段階の建築、運転段階の機械が全体の約2割

でほぼ同水準となった。また、中分類別の内訳はFig.1の右図であり、建設段階の沈澱池／ろ過池、管理棟、運転段階の沈澱池／ろ過池、排水池／濃縮槽、受変電の占める比率が高かった。CO<sub>2</sub>の場合、エネルギーと比較して土木構造物の占める比率が高くなる点が特徴的である。

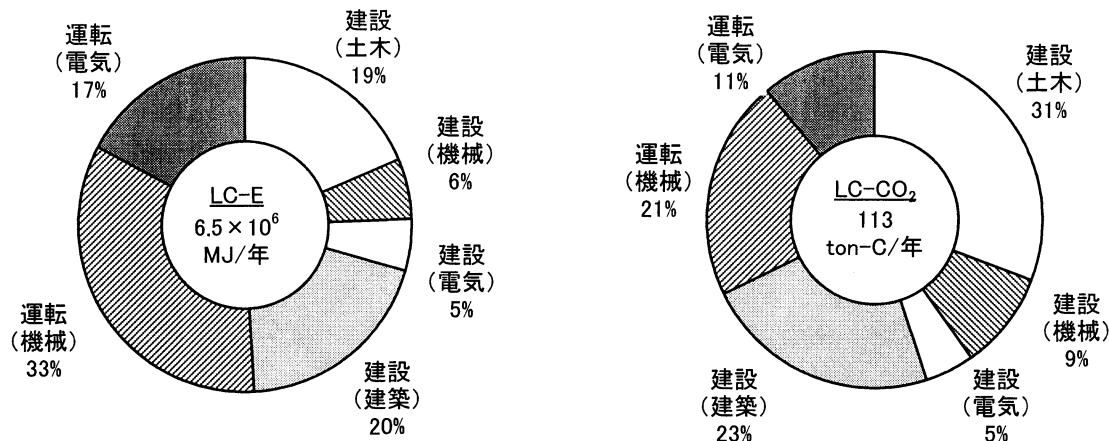


Fig.1 大分類別にみた LC-E 及び LC-CO<sub>2</sub>

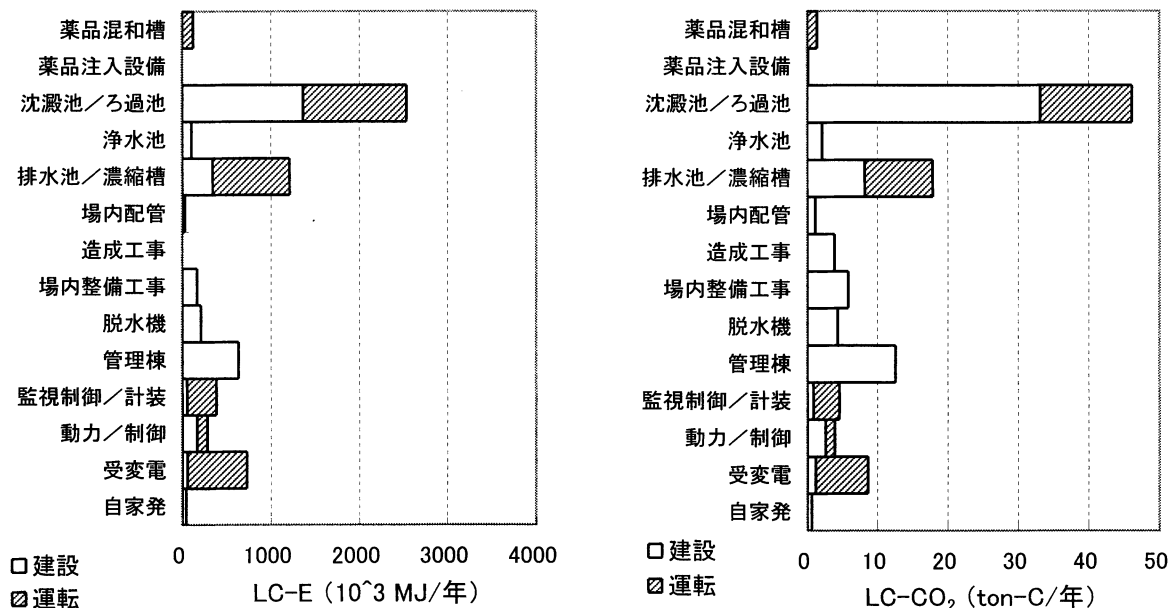


Fig.2 中分類別にみた LC-E 及び LC-CO<sub>2</sub>

#### 4 おわりに

本稿では、浄水施設のライフサイクル、すなわち素材、建設、運転、維持管理を対象とし、ライフサイクルアセスメント (LCA) の適用により、ライフサイクルエネルギー (LC-E)、及びライフサイクルCO<sub>2</sub> (LC-CO<sub>2</sub>) の試算を行った結果について報告した。計算結果はあくまでもTab.1に示した前提条件のもと得られたものであり、原水水質、浄水処理方式、水源と浄水場の高低差、給水区域の地形等、様々な背景や特徴を有する水道事業者全般に対しての一般的な知見を本検討結果が示すものではないことに留意されたい。今後は、検討の対象外とした廃棄段階を考慮するとともに、近年、企業で盛んに行われている環境効率といった概念も見据えながら、環境影響の低減化に配慮した水道事業の望ましいあり方に取り組んでいく必要がある。