

ライフサイクルアセスメントを適用した 排水処理の評価に関する研究

STUDY ON EVALUATION OF WASTE WATER TREATMENT BY LIFE CYCLE ASSESSMENT

轟巻 峰夫*, 野池 達也**

Mineo TSURUMAKI, Tatsuya NOIKE

ABSTRACT; Recently, Life Cycle assessment has been applied to environmental impact evaluation for industrial products. Environmental Impact Assessment (EIA) methods have been applied for the environmental impact evaluation of plans of infrastructures. However, the EIA methods are limited to the regional environment, whereas LCA can deal with broader range of environmental issues like the global environmental problems. Application of LCA to civil engineering fields is effective in this reason.

The purpose of this study is the environmental impact evaluation of waste water treatment by Life Cycle Assessment. At first we've prepared many kinds of unit environmental loads of materials, machines, and energies consumed in life cycle time by input-output analysis method using 1990 Input-Output Tables of Japan and these values of unit loads include the direct and indirect loads. Using the result of life cycle inventory analysis of waste water treatment, we calculated environmental loads from biochemical and chemical unit processes and attempted to evaluate the three types of high advanced COD treatment.

KEYWORD; Life Cycle Assessment, CO₂ emission, COD, Waste water treatment

1. はじめに

社会全体が複雑になるにつれ、個々の施策や行動がすべての環境的側面や社会全体において、環境調和性を保っているかどうかを評価することが重要になってきている。工業製品分野においては近年ライフサイクルアセスメント(LCA)による全ライフサイクルでの環境負荷の評価が適用されつつある。本研究の対象である社会基盤施設(インフラストラクチャ)整備においては、環境影響を評価する手法として従来から環境影響評価(environmental impact assessment, EIA)が適用されている。しかし、EIAの目的は事業実施による周辺環境への影響を評価しようというものであり、最初に述べた問題に対する評価手法としては適切とは言えず代替の評価手法が必要であり、その点でLCAが注目される。インフラ整備に関するLCA適用に関しては、最近、積極的な取り組みがされており、いくつかの研究成果が発表されている。^{1), 2)}

本研究では、まず、ライフサイクルインベントリー(LCI)に用いる資材等の環境負荷原単位を検討した後、一般廃棄物最終処分場浸出水処理施設を対象とした詳細なLCIデータに基づいて、排水処理施設の計画段階でのLCA適用を考慮した処理フローの比較検討及び単位処理における他の環境要素への依存性について検討した。

評価対象とした環境負荷はCO₂, BOD, COD(処理以前の発生負荷量)の3要素を用い、BOD, CODの処理効率をCO₂を指標として評価を試みた。

なお、本論文では文章中での説明を簡略化するために幾つかの独自の用語を使用しているため以下にいく

* ; 八千代エンジニアリング株式会社 Environmental Planning Dep. Yachiyo Engineering Co., Ltd.

** ; 東北大学工学部 Civil Engineering Dep. Tohoku Univ.

つかを説明する。

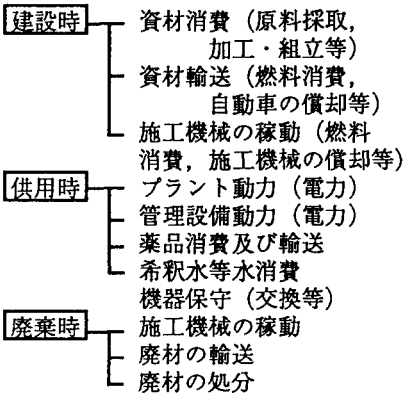
- ・LCI（ライフサイクルインベントリ）：LCA全体の中で検討対象のライフサイクルでの資材消費や廃棄物量等環境負荷を積算する段階。
- ・LCI用原単位：LCIにおいて使用する資材等のライフサイクルでの環境負荷が考慮された原単位。
- ・環境負荷：本論文の中では検討対象としたCO₂、BOD、COD（処理以前の発生負荷量）を総称する場合に用いている。
- ・環境間依存比：インフラストラクチャの環境面での効果を相違する環境要素の貢献と寄与の比で表した数値（内容は後述）。本論文で導入した考え方である。

2. ライフサイクルでの環境負荷定量化の手法

2.1 解析の対象範囲

解析対象とした排水処理施設のライフサイクルでの環境負荷や資源消費に連がる要因、行為は、図－1に示すとおりである。

また、各資材の消費についても後述する産業連関表を用いた手法により算定した原単位を用いることにより、資源の採取から加工、廃棄など、社会的な波及効果を考慮した。



図－1 解析対象のライフサイクルの範囲

2.2 環境負荷量の算定方法

対象施設での全ライフサイクルでの負荷量は、表－1に示す計画の情報を準備し、図－2～3のフローにしたがって算定した。

表－1 ライフサイクルでの環境負荷量の算定に用いる資料等

		環境負荷要因の数量	原単位の内容
建設時	資材消費	・ 土木、機械、電気工事 積算した工事数量及びそれにもとづいて想定した資材量等。	資材種類毎の重量または容量当たり原単位。
		・ 建築工事 建築延べ床面積。	建築延べ床面積当たり原単位。
	資材輸送	・ 輸送資材量：工事数量 ・ 輸送距離 当該工事を首都圏臨海部として資材毎に出荷先を仮定。	・ 車両の燃費：2.5ℓ軽油／kmと仮定 ・ 自動車のライフサイクル分析例 ³⁾ を参考にして燃料に対するCO ₂ 直接排出量に間接量も含む値に変化した原単位を設定した（換算係数＝1.4）。
		・ 車両台数 資材毎に輸送車両の積載量仮定。	
供用時	施工機械	・ 燃料消費：積算歩掛 ⁴⁾ により積算した。	自動車と同様に間接量も含む燃料に対する原単位を設定（換算係数＝1.3）。
	電力	・ 動力リストから下記の数値を仮定して算定。 ・ 負荷効率：0.85 ・ 需要率：0.7	使用電力量当たりの原単位
	薬品 上水	平均処理量に対する消費量を算定。	薬品等消費量当たりの原単位
	保守	機械設備：2回交換を仮定。 電気設備：0.5回交換を仮定。	建設時と同様
廃棄時	施工機械	建設時と同様。	〃
	廃材輸送	処分地を想定して輸送距離を仮定した。他は建設時と同様。	〃
	廃材処分	コンクリートがら：安定型処分として負荷を無視。 その他：金属類はリサイクルされるとして無視。	

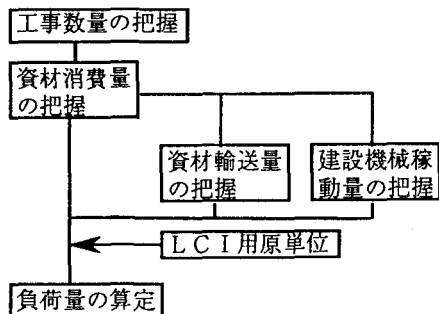


図-2 建設時及び廃棄時の負荷量の算定方法

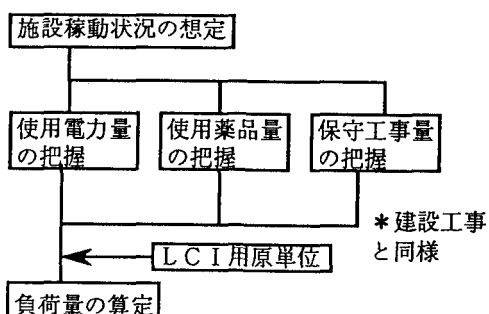


図-3 供用時の負荷量の算定方法

3. 社会的波及効果を考慮した環境負荷原単位（LCI用原単位）の作成

3.1 原単位の作成方法

LCI用原単位は図-4に示すフローにしたがって作成したが、ここでは社会的な波及効果を考慮するために産業連関分析手法を用いて算定を行っている。同手法及び同手法による環境負荷の解析については別途詳細な報告等^{5) 6)}がありここでは詳述しないが、本検討では競争輸入型逆行列を利用し、産業関連表としては最新の平成二年版の「91部門表」及び「建設部門分析用産業関連表一般部門表」を用いた。また、両表の使用にあたっては、それぞれ別々に扱い、これまでの報告⁷⁾にあるような統合表は作成せず、個別資材・製品を検討する段階で使い分けることにより検討を簡略化した。

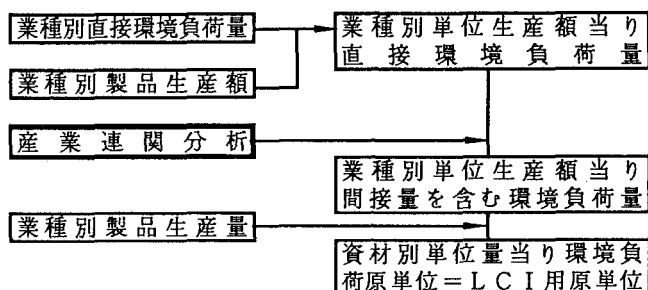


図-4 LCI用原単位の作成フロー

なお、資材・製品毎の環境負荷単位の作成は、下式を用いて算定した。本検討で用いている産業連関表で、一業種一製品の対応ができない業種については業種内の製品生産額及び製品重量、体積を区分したうえで下式を用いた。なお、各業種の製品生産量（重量、容量等）及び製品別生産額は「産業連関表部門別品目別国内生産額表」及び当該製品に係わる統計資料によった。

$$P_{LC} = e_{LCi} \cdot m_p / W_p$$

P_{LC} : 製品pのLCI用原単位（環境負荷 t or m^3 / 製品 t or m^3 ）

e_{LCi} : i業種のLCI用の単位生産額当りの環境負荷原単位
（環境負荷 t or m^3 / 百万円）

m_p : 製品pの生産額（百万円）

W_p : 製品pの生産重量または体積（製品 t or m^3 ）

なお、本検討で生産重量、体積の判明しないポンプ・プロワなどは、「産業連関表付表物量表」により、当該業種への材料の流れを追跡して生産総重量とした。

3.2 LCI用原単位基礎数値及び検討原単位

3.2.1 環境負荷総量及び業種毎の環境負荷量の算定

各環境要素や資源毎の原単位算定用の負荷等の総量や各業種への割り振りは表-2にまとめるとおりである。これらの数値で取りまとめた本検討での解析対象の全体システムとしてのわが国での環境負荷及び資源

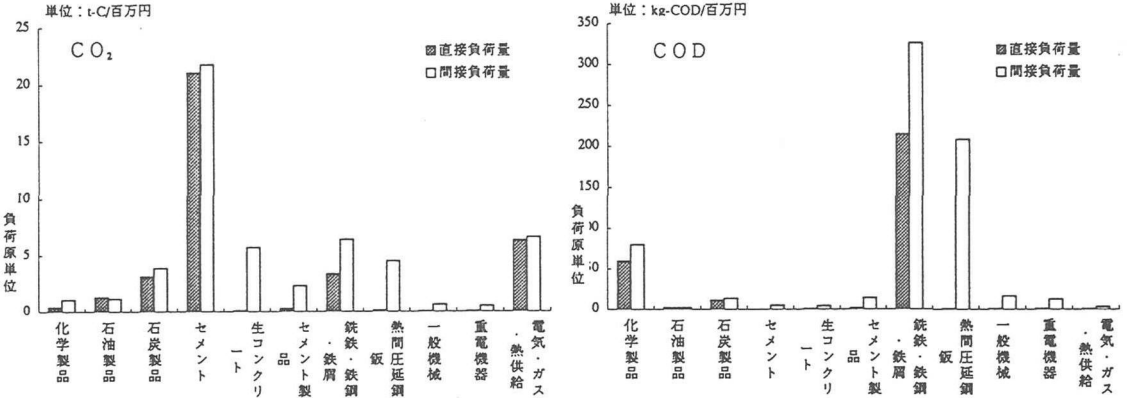
消費量は表－３のとおりである。表－２，３の数値から各業種の生産額当りの直接の環境負荷量を算定し、産業連関分析を行って間接的環境負荷量を求めた。本研究に関連が深い主な業種についてその両者を比較したものが図－５である。

表－２ 環境負荷量、資源消費量の総量及び業種別振り分けの方法

	総量の積算方法	業種別の積算方法
エネルギー消費量	「平成二年産業連関表物量表」による積算を下記で補正した。 ・総合エネルギー統計 平成３年度版	同左及び下記で補正 ・平成３年度 電力需給の概要 ・総合エネルギー統計 平成３年度版 ・平成２年 石油等消費構造統計表（商工業編）
CO ₂ 排出量	「地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン（資料編）平成５年８月 環境庁」によるエネルギー種別のCO ₂ 排出係数を用いてエネルギー消費データから算定した。	
水消費排水量	(1)工業用水：「平成２年 工業統計 用地・用水編」での淡水補給量 (2)その他：「平成２年度 水道統計」	
BOD, COD 負 荷 発 生 量	「流域別下水道整備統合計画調査 指針と解説 平成５年」による業種別濃度に上記排水量により積算した。	

表－３ 解析対象の全体システムであるわが国での環境負荷量及び資源消費量

項目	エネルギー消費 G cal/年	CO ₂ 排出量 百万t - C/年	使用水量 十億m ³ /年	排水量 十億m ³ /年	BOD負荷発生量 百万t - BOD/年	COD負荷発生量 百万t - COD/年
数値	4,360	317	25.6	22.0	10.6	7.47



図－５ 業種毎の直接、間接の環境負荷原単位

3.2.2 LCI用原単位の作成

業種毎の環境負荷原単位を先に述べた業種毎の製品生産量にもとづく方法で資源毎の原単位に変換したものが表－４である。これらの数値を比較的解析例が多いCO₂ について他の報告と比較したものが表－５であるが、分散のなかでやや小さめという印象であるが数値的にはこれらの原単位は十分に利用に耐えるものであると考えられる。

表－４ 主要資材等のライフサイクル分析用の負荷量原単位

土木建築用資材

資材等名称	単位	CO ₂ 排出量 kg-C/*	BOD発生量 kg-BOD/*	COD発生量 kg-COD/*
セメント	t	200	0.24	0.046
砂利・碎石	t	1.6	0.009	0.007
生コンクリート	t	29	0.057	0.022
既製RC製杭	t	51	0.29	0.31
普通鋼形鋼	t	280	5.4	13
鉄筋	t	250	4.8	12
鋼管	t	250	4.3	10

機械・電気製品

ポンプ・モーター	t	920	17	23
原動機	t	860	22	20

エネルギー

電力	kwh	130	0.000087	0.000049
軽油	kℓ	840	0.084	0.12

薬品・水・活性炭

資材等名称	単位	CO ₂ 排出量 kg-C/*	BOD発生量 kg-BOD/*	COD発生量 kg-COD/*
硫酸	t	31	0.19	0.20
苛性ソーダ	t	150	0.95	1.0
過酸化水素	t	620	3.8	4.0
塩化第一鉄 ・第二鉄	t	150	0.95	0.99
次亜塩素酸 ソーダ(溶液)	t	59	0.37	0.38
メタノール	t	160	0.98	1.0
凝集・脱水 助剤	t	520	20	66
水	m ³	0.20	0.0013	0.00086
粉末活性炭	t	1200	6.3	6.6

表－５ LCI用原単位の他の報告との比較

(単位: kg-C/kg, 電力のみkg-C/kWh)

	本研究	酒井, 漆崎	外岡	吉岡	建築研究所	空気調和 衛生工学会	国立環境研 究所
セメント	0.200	0.235, 0.138 ^{*1}	0.223	0.219	0.214	0.213	
生コンクリート	0.029				0.0299	0.027 ^{*2}	0.043 ^{*2}
熱間圧延鋼材	0.315 ^{*3}	0.436	0.351	0.303	0.436	0.355	0.415
電力	0.130					0.129	
作成方法	産業連関表	産業連関表	産業連関表	産業連関表	積上げ方式	産業連関表	
参考文献		8)	9)	10)	11)	12)	13)

注 *1: 前者がポルトランドセメント, 後者が高炉スラグ45%混入高炉セメント

*2: コンクリートの単位体積重量2.25t/m³として換算した重量

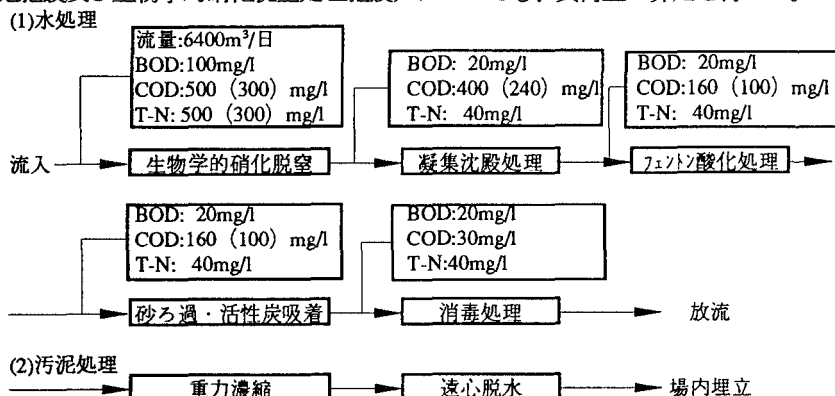
*3: 熱間圧延鋼材の平均値

4. 検討対象排水処理施設のLCI結果

4.1 検討対象排水処理施設の概要

4.1.1 処理フロー

検討対象とした排水処理施設は高濃度のアンモニア性窒素と難分解性CODを含んだ最終処分場浸出水処理施設で、図－6に処理フロー図を示す。検討対象施設の流入水の水質は供用当初最も高く、年次毎に漸次低下し、供用最終年で最低となると予測している。図中に示す物質収支は既存文献¹⁴⁾及び室内試験で得られたデータにもとづいて設定している。また、比較検討対象として、図－7に示す下水道終末処理施設（標準活性汚泥施設及び生物学的硝化脱窒処理施設）についても、負荷量の算定を行った。



図－6 検討対象施設の処理フロー図

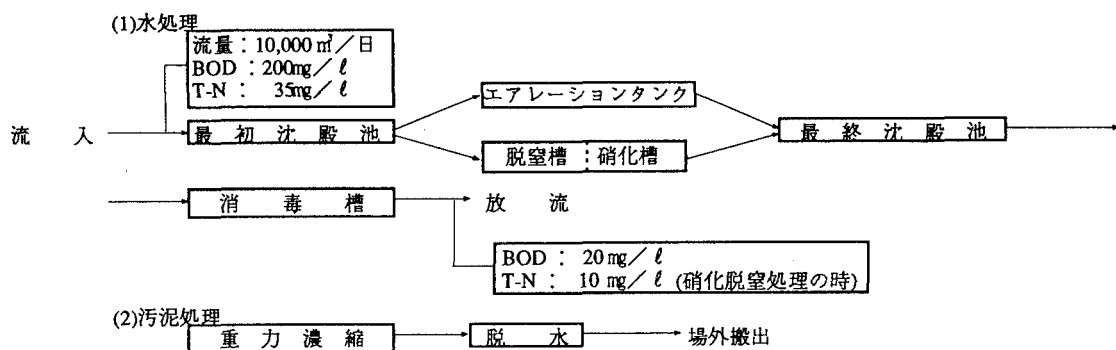


図-7 比較検討対象施設の処理フロー図
(標準活性汚泥処理施設及び生物学的硝化脱窒処理施設)

4.1.2 工事及び運転の概要

建設時の工事数量は項目が多いため全項目は掲載できないが検討対象施設の主要な項目の工事数量を表-6に示す。また、運転時の薬注条件等は表-7のとおりである。施設の供用年数は廃棄物処理施設の一般的耐用年数である15年を採用した。

表-6 検討対象施設の主要な項目の工事数量(資材消費)

土木・建築工事				機械・電気工事			
区分	工種	単位	数量	機器名称	台数	動力(kw)	単体重量(kg)
土木 工事	コンクリート	m ³	37,400	ばっ気ブロワ	6	220	8,600
	鉄筋	t	4,900	攪拌ブロワ	6	55	1,100
	採石	m ³	2,900	循環ポンプ	6	7.5	830
	基礎杭	本	530	汚泥移送ポンプ	10	7.5	330
	φ800 l=500m			かき寄せ機(活性汚泥沈殿池)	4	0.75	7,500
建築 工事	管理棟	床-m ²	4,200	“(凝集沈殿池)	8	3	12,500
	薬品棟	“	1,600	砂ろ過タンク	8	—	20,100
	電気室棟	“	900	活性炭吸着塔	8	—	29,000
				電気(盤類)	—	—	140
				合計	—	2,700	—

表-7 検討対象施設の薬注条件等

処理工程	計画水量に対する薬注率等(各処理の合計数値で表記した)
生物処理	メタノール=流入T-Nに対し3倍, リン=流入BODに対し1/100
凝集沈殿	凝集剤FeCl ₃ =480mg/l, 凝集助剤=3mg/l, pH調整用NaOH=470mg/l
フェントン酸化	反応用H ₂ O ₂ =流入CODに対し1当量, 触媒FeCl ₂ =1000mg/l, pH調整用H ₂ SO ₄ =3200mg/l, H ₂ O ₂ 分解NaOH=2900mg/l
活性炭吸着	活性炭吸着率0.085kg-COD/kg-AC
消毒	次亜塩素酸Na'=3mg/l

また、比較検討施設も検討対象施設と同様に建設時の工事数量を積算して環境負荷を積算したが電気・建築・配管(機械)工事は検討対象施設の結果から土木・機械工事の比率で環境負荷を算定した。供用時は電力の他、消毒用薬品のみを考慮した。施設の供用期間は下水道終末処理施設の耐用年数として一般的に使用されている30年を採用した。

4.2 検討対象施設及び比較検討施設でのLCIの結果

検討対象施設のLCIの結果は、表－8に示すとおりである。環境負荷量はCO₂の場合、供用時に80～90%集中しているが、水質負荷は70%程度となっている。また、処理効率として各施設の値を整理したものが表－9である。処理の難易が環境負荷の面によく表れており、窒素処理はBOD処理に比してCO₂で比較すると4～8倍、COD高度処理を含んだ場合10倍以上となっている。

表－8のデータ中の比較検討施設は解析対象を処理に直接関連する部分と汚泥処理を脱水までとして簡易なインベントリで負荷を算定したため他の報告事例¹⁾⁵⁾と比較すると30%以上の差が出ており、施設計画段階でのLCI手法にはまだ改善点が多く、なお多数のケーススタディが必要になると考えられる。ただし、本検討での値でも表－9の処理方式毎の値の相違からすれば種々の検討に利用は可能と言える。

表－8 検討対象施設等のLCI結果

		CO ₂ 排出量 (t-C)	BOD発生量 (t-BOD)	COD発生量 (t-COD)	備 考
検討対象施設 浸出水処理施設 Q=6,400m ³ /日	建設時	8,647	94.4	183.7	工事種目全てを算定した詳細検討値、供用時は稼働状況を想定した。
	供用時	102,007	393.0	482.1	
	廃棄時	270	0.2	0.2	
	合計	110,924	487.6	666.0	
供用15年間	(生物処理のみ)	(30,181)	(76.0)	(131.5)	
比較検討対象施設 下水道終末処理施設 Q=10,000m ³ /日	標準活性汚泥処理	8,116	30.5	62.0	検討対象施設を参考とし、主要項目を積み上げた概略検討値である。
	硝化脱窒				
	処理	14,269	38.3	70.4	
供用30年間					

表－9 単位処理量当りの環境負荷量

		単位 *	CO ₂ 排出量 kg-C/*	BOD発生量 kg-BOD/*	COD発生量 kg-COD/*	備 考
検討対象施設	処理量当り	m ³	4.5	0.020	0.027	生物処理工程のみ COD高度処理を含む
	処理T-N当り	t	3,600	9.1	16	
	処理COD当り	t	12,000	54	73	
比較検討施設 (標準活性汚泥処理)	処理量当り	m ³	0.11	3.9×10 ⁻⁴	8.1×10 ⁻⁴	
	処理BOD当り	t	590	2.2	4.3	
比較検討施設 (硝化脱窒処理)	処理量当り	m ³	0.18	5.0×10 ⁻⁴	9.2×10 ⁻⁴	
	処理T-N当り	t	7,400	20	37	
参考事例 ¹⁴⁾ (標準活性汚泥処理)	処理量当り	m ³	0.18	—	—	基本設計情報で積算されたデータ
	処理BOD当り	t	910	—	—	

5. 難分解性COD処理過程のLCAによる評価

5.1 検討の内容

前述の検討において、難分解性CODの処理において際立って、環境負荷が大きいことがわかった。CODは現在、富栄養化対策の一環として総量規制が強力に実施されている。公共的機関における排水処理では廃棄物最終処分場浸出水処理施設やし尿処理施設において、富栄養化対策や色度対策として高度処理が要求されている。

ここでは、COD高度処理について、図－8に示す3フローを比較検討し、COD除去によって得られる効果と直接・間接的に加わる環境負荷(CO₂、COD)を比較することで環境要素間のトレードオフ構造を検討する。

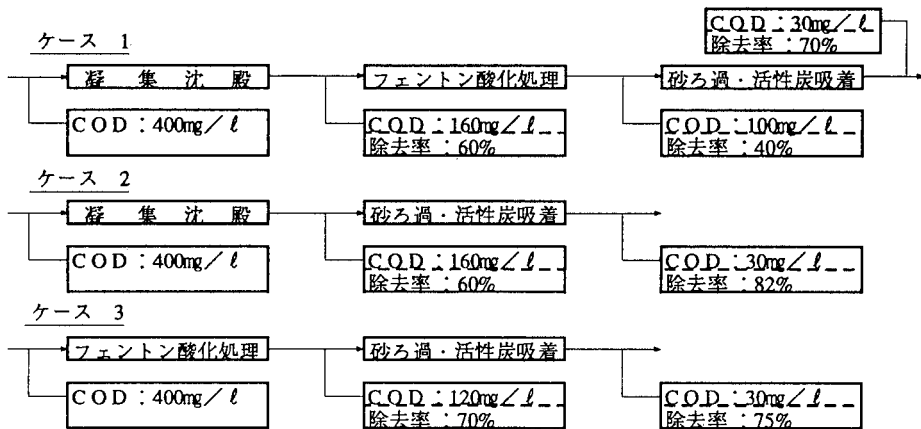


図-8 比較検討対象のCOD高度処理フロー

5.2 検討方法

検討は、図-9示すフローによって求まる比を用いて行う。この数値は環境に対する貢献と寄与をそれぞれ全体の何％と表したのち両者の比を採ったものである。ここではこの比率（＝環境への負荷寄与度（負荷量％）／環境への貢献度（除去量％））を「環境間依存比」と呼ぶととする。つまり、環境間依存比＝1ということは、ある環境要素の負荷を除去するに際し、他の環境要素に対し、全体の寄与として同等の負荷を環境中へ与えてしまうと考えることもできる指数である。

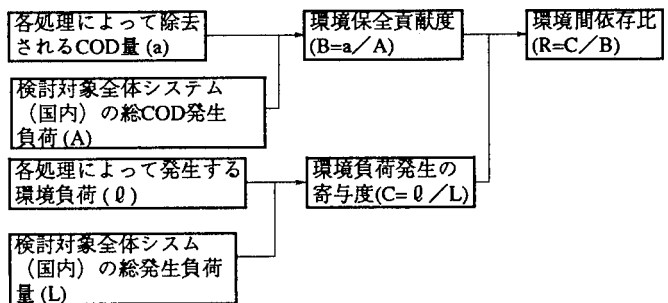


図-9 環境間依存比野計算方法

5.3 算定結果

5.3.1 代替案比較結果

以上の方法で図-8に示した3方式の比較検討した結果を表-10に示す。参考として経済比較を行った結果についても併記する。本事例では、経済比較とLCAによる結果が、一致していない。比較検討におけるそれぞれの精度的には同列に並べることは現段階ではできないが、経済的効率と環境保全の側面が完全には一致しない可能性もあることが伺われる。また、環境間依存比を見ると、0.25～0.29の間で、CODを除去するために、CO₂排出への依存が決して少なくないことが伺われる。

表-10 検討対象施設でのCOD処理の比較検討結果

	CO ₂ 排出量 t-C	COD発生量 t-COD	COD除去量 t-COD	COD除去- CO ₂ 環境 間依存比	経済比較 (参考) (円/m ³)
ケース1	7,400	480	6,600	0.26	1,790
ケース2	7,300	430	6,700	0.25	1,960
ケース3	7,500	450	6,600	0.29	2,110

注) COD除去量は間接発生量を減じた数値としたためそれぞれ異なる。

5.3.2 各処理の環境間依存比の検討

次にLCA結果を用いてフロー上に組み込まれた処理工程（凝集沈殿、フェントン酸化、砂ろ過・活性炭吸着）について環境間依存比による評価を行う。表-11が算定結果の比較表である。環境間依存比を比較するために比較検討対象施設（標準活性汚泥処理施設）も加えた。

標準活性汚泥処理におけるBOD処理に比して、凝集沈殿がやや大きめ程度に留まるのに対し、二次的に

使用するフェントン酸化処理や活性炭吸着は数十倍の値となり、凝集沈殿に対しても10倍以上である。値自体も0.7～0.8と他の地域または時間におけるCO₂排出に大きく依存してCOD除去を行っている実態がこの検討によって伺うことができたと言える。

また、COD自体でも、活性炭吸着では間接的に除去量の17%に当たる量を発生しており、この面でも他の時間や地域環境への負担の状況が伺うことができる。

表－11 COD高度処理工程別の
環境間依存比の比較結果

処理過程	COD除去－ CO ₂ 環境間依存比	COD除去－ COD*2) 間接発生比率
凝集沈殿	0.05	0.010
フェントン酸化 (ケース1)	0.72	0.18
フェントン酸化 (ケース3)	0.15	0.040
活性炭吸着	0.80	0.17
標準活性汚泥処 理(参考)*1)	0.018	0.0017

*1)BOD除去での値

*2)間接的に生じる量と直接除去量の比

6. 解析上の課題

以上の研究はインフラストラクチャに対するLCAをケーススタディとして一つのストーリーを作成することに重点を置いて解析を行ったものであり解析上の課題として以下の問題があり今後解決が必要と考えている。

1)本研究ではBOD、CODの環境負荷として排出負荷とせず発生負荷を採用している。これは工場排水の下水道普及率や個別の排水濃度の把握などが難しいという技術的な面と排水処理過程の現状を評価するという限定的な目的では発生負荷でも利用可能であると考えた2つの理由からである。

ただし汎用的LCAに用いる場合は排出負荷を用いるのが妥当であると考えられる。排水処理の場合その費用は産業連関分析に含まれた行為であり、CO₂排出は含まれない行為であるため、現状の評価としては解析可能と考えられるが変化を予測することは理論上無理があるといえる。

2)本研究過程で導入した「環境間依存比」は、インフラ整備によって社会全体で得られるメリットとデメリットの比較する手法として有効であると考えられるが、どの程度が許容される値であるかさらにケーススタディが必要と言える。

特に本件のように、水質問題というどちらかと言えば地域的スケールの問題とCO₂排出という地球的スケールの問題を検討するには、必要なことである。

3)本研究で明確となった環境要素間のトレードオフ構造を解消するためには一つには個別施設の効率化のための研究の方策がある一方で、そのような問題の根源を社会システムの変革により解決する方策がある。その場合本研究が対象とした排水処理のみでなく、インフラストラクチャ全般のLCI情報の集積により都市全体の評価を行う必要がある。

4)今回対象とした施設はライフサイクルとして15～30年の時間を考えているが、全体システムとしては、平成2年のデータで解析した負荷量によって種々の検討を行っている。前記のような社会システムを問題としてLCA的アプローチを行おうとすれば現在のような全体システムが静的な取り扱いではなく動的な扱いのできるモデルも考慮する必要がある。

7. まとめ

本研究では、複数の環境項目を設定してLCAを実施する上で必要な原単位の検討とLCAによる排水処理の評価を行い、以下のことが明らかになった。

1)本研究では、平成2年産業連関表を利用して原単位の検討を行った。手法的には従来行われたものに比して簡便化を図ったが精度的には、使用に十分耐える結果が得られた。

2)排水処理施設におけるCO₂排出量はBOD除去に対しては0.5～1.0kg-C/kg-BOD、T-N除去に対し、3～8kg-C/kg-N程度の数値が得られた。また、BOD、CODの負荷発生量(処理を必要とする負荷量で排出負荷量ではない)についても目安の数値が得られた。

これらはいずれも幅があり、計画及びLCAの境界の設定で相違するものと考えられる。

- 3) 排水処理施設の環境負荷の発生はCO₂ 排出の場合は供用段階で、電力消費、薬品消費などにより80～90%になる。
- 4) LCIの結果よりCOD高度処理について代替案比較を行ったが、経済比較とは必ずしも一致しない可能性があることがわかった。
- 5) 水質負荷除去量当りで比較すると窒素除去はBOD除去の4～8倍のCO₂ 排出量となる。また、COD高度処理を含んだ場合では検討対象としたケースでは10倍以上となった。
- 6) 環境間依存比として導入した係数（環境負荷減量に寄与する比と、他の環境項目の負荷増加に寄与する比の比較値）によりCOD高度処理についての評価を行ない以下のことが明らかになった。
 - ① CODの高度処理は、より高次の処理になるにしたがってCOD除去-CO₂ 排出間の環境間依存比が急増し、本検討事例では凝集沈殿0.05に対し、活性炭吸着処理0.79という10倍以上相違する値となった。
 - ② 上記の活性炭吸着処理での値は、高次のCOD処理がCO₂ 排出に大きく依存して達成されていることを示しており、このような場合の環境間トレードオフ構造が明らかになった。

<参考文献>

- 1) 井村秀文・銭谷賢治・楠田哲也ら；下水道システムのライフサイクルアセスメントに関する研究 環境システム研究 Vol.23 (1995)
- 2) 伊藤真知子・伊藤武美・花木啓祐・松尾友矩；下水を用いた地域冷暖房施設のライフサイクルアセスメント 環境システム研究 Vol.23 (1995)
- 3) 森口祐一・近藤美則・清水浩・石谷久 自動車によるCO₂ 排出のライフサイクル分析 エネルギー経済 第19巻第4号 (1993年4月)
- 4) 建設工事標準歩掛 (財)建設物価調査会
- 5) 宮沢健一；産業関連分析入門 日経文庫 など
- 6) 吉岡完治・外岡豊・早見均・池田明由・菅幹雄；環境分析のための産業関連表の作成 KEIO ECONOMIC OBSERVATORY OCCASIONAL PAPER 1992 年10月
- 7) 建設省土木研究所；資源・エネルギー、環境負荷の算定手法の開発と実態調査(その1) 土木研究所資料 平成5年2月
- 8) 岡本英靖・酒井寅二・漆崎昇；土木工事における炭素排出量の推定 第1回 地球環境シンポジウム講演集(1993)
- 9) 外岡豊ほか 大気汚染排出構造に関する研究 その13 産業関連表を用いた建設部門CO₂ 排出構造と削減の可能性の検討 日本建築学会学術講演梗概集 (1993)
- 10) 吉岡完治 環境分析用産業関連表応用—生産活動に伴うCO₂ 排出量とその要因 イノベーション&テクニク 第3巻第4号 環太平洋産業関連分析学会 (1993)
- 11) 国土開発技術センター 省資源・省エネルギー型国土建設技術開発(建築委員会) 報告書 1995.3
- 12) (社)空気調和・衛生工学会；地球環境時代における建築設備の課題 平成7年7月
- 13) 森保文・乙間末広・近藤美則・鮫島良二・森本林 ごみ発電によるエネルギー回収およびCO₂ 排出量の削減効果の推定 エネルギー・資源vol.15 No.6 1994/11
- 14) 田中俊博ほか 高濃度NH₄-Nを含有する浸出水の担体投入型活性汚泥法による硝化・脱窒実験 第16回清掃研究発表会講演論文集 1995.2
- 15) 轟巻峰夫・藤岡荘介・内藤弘；下水道終末処理施設のライフサイクルでの環境負荷の定量化について 第4回 地球環境シンポジウム講演集 1996.7