

3. 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

STUDY ON LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL LOAD
FROM A SEWAGE TREATMENT FACILITY

靄巻峰夫* ・ 藤岡荘介** ・ 内藤 弘***

Mineo TSURUMAKI, Sosuke FUJIOKA, Hiroshi NAITO

ABSTRACT: A number of studies on application of Life Cycle Assessment (LCA) for evaluation of environmental loads and standardization are now being conducted worldwide in the industrial production.

Environmental impact assessment (EIA) method have been applied for the environmental evaluation of infrastructure. however, EIA methods are limited to the regional environment, whereas LCA can deal with broader range of impacts both spacewise and timewise. Introducing LCA methods to civil engineering is increasingly drawing attention for this reason.

In this study we've made a trial of Life Cycle Inventory of a waste water treatment facility. The research objects are mainly to extract problems in making an inventory and discuss about the solutions, and to build up any data and information usable for LCA application in civil engineering field. We've chosen CO₂ generation as an environmental load.

KEYWORDS: Life cycle assessment, CO₂ emission, Sewerage system

1. はじめに

近年、工業製品等の製品製造分野においてライフサイクルアセスメント (LCA) による環境影響評価の適用の研究や標準化に関する活動が活発に行われている。

土木施設に対する環境影響に関する評価としては従来から環境アセスメント (EIA) が盛んに行われているが、EIAの評価対象が施設周辺の地域環境に限定されていることから地球環境面からの環境影響評価手法としては不十分であり、代替の評価手法が必要になる。このような視点に立った評価手法として土木分野においても時空間スケールにおいて広範な取り扱いができるLCA手法が注目されてきている。

土木分野にLCA手法を適用する際の問題として、第一には、多種類の製品や資材を利用して建設されるため、全体の解析が煩雑になることがあげられる。次には、土木構造のライフサイクルとはどのような状態の変化であるかという点で捉え方が難しいことがあげられる。

本研究は下水道終末処理施設を対象としてライフサイクルインベントリーを試行的に実施することにより、特にインベントリー段階での問題点を抽出し、その解決法について検討するとともに、土木分野へのLCA適用に向けてケーススタディによる情報収集を図ろうとしたものである。本検討では環境負荷の対象項目としてはCO₂を選定して行っている。

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

**; 株式会社ニュージェック Water Supply and Sewerage Dep. NEWJEC Inc.

***; 株式会社エックス都市研究所 Environmental Science Div. Ex Corporation

2.分析方法

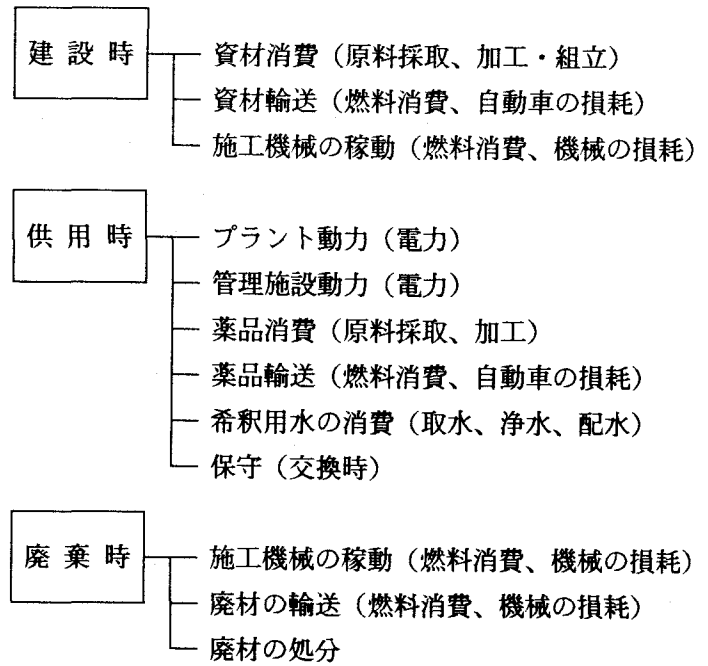
2.1 分析の範囲（ライフサイクルの考え方）

本検討での分析の範囲（ライフサイクルの考え方）は、図－1に示すように、建設段階での資材消費から廃棄段階までを対象とする。

2.2 対象とした環境負荷発生要因と環境負荷算定方法

環境負荷の算定方法は、環境負荷要因の大きさ（工事数量、資材の輸送重量・距離など）に全産業の波及効果を考慮した原単位を掛けてる原単位法を用いた。

原単位は別報告¹⁾による検討値を用いることを原則としたが、下水道で特有に必要なものについては別途検討した。個々の算定方法は表－1にまとめるとおりである。



図－1 検討対象としたライフサイクル

表－1 対象とした環境負荷要因と負荷の算定方法

での影響要因

	環境影響要因の数量	原単位の内容*
1.建設時		
ア)資材の消費		
・土木工事	計画において積算した主要工事数量	全産業への波及を考慮した材料別
・建築工事	計画において検討した建築延べ床面積	全産業への波及を考慮した延床面積当り
・機械工事	計画において検討した主要機器リスト	全産業への波及を考慮した機器重量当り
	計画において検討した配管概算重量	全産業への波及を考慮した材料重量当り
・電気工事	他の研究報告に ²⁾ にもとづき機械工事の30%として負荷を算定	
イ)資材の輸送		全産業への波及を考慮した輸送重量・距離当り
・輸送資材量	計画において算定した数量 (建築・電気工事は他の研究報告 ²⁾ によりア)で算定した。)	
・輸送距離	首都圏での工事とし、製造工場等の距離を適宜設定	
ウ)施工機械の稼働 ・燃料消費	積算歩掛 ^{3)・4)} にもとづき稼働時間を算定 (建築、電気工事はイ)と同様)	全産業への波及を考慮した燃料使用量当り
・機械の損耗	機械の稼働時間当りの損耗率を時間当り当該機械の全体に対する1時間当りの損耗相当分と仮定	全産業への波及を考慮した機械重量当り

2. 供用時（供用30年と仮定）		
7) プラント動力	計画において検討した動力リストに下記を仮定	全産業への波及を考慮した電力使用量当り
イ) 管理設備動力		
ウ) 薬品、上水	平均処理量当りの薬品及び希釈水量の算定	全産業への波及を考慮した使用量当り ⁵⁾
エ) 保守	機械設備：3回 交換を仮定 電気設備：0.8回 交換を仮定	工事と同様に算定
3. 廃棄時		
7) 施工機械の稼働	工事と同様	
イ) 廃材の輸送	工事と同様	
ウ) 廃材の処分	コンクリートガラ：安定型処分のため無視 その他：リサイクルとして無視	

＊ コメントがないとき原単位数値は別報1)による

3. 検討対象下水道終末処理施設の計画概要

3.1 計画諸元

(A) 計画下水量

表－2 計画下水量 (単位：m³/日)

項目 \ 下水量	日平均	日最大	比 率
家 庭	47,000	63,000	60.5
工 場	22,000	29,000	28.0
地下水	9,000	12,000	11.5
計	78,000	104,000	100.0

(B) 計画流入水質及び処理水質

表－3 計画流入水質、処理水質

項目	流入水質(mg/ℓ)	処理水質(mg/ℓ)	除去率(%)
BOD	220	20	91
SS	180	27	85

3.2 検討対象施設の概要

(A) 処理フロー

(水処理)

流入渠～沈砂池～流入ポンプ～最初沈殿池～エアレーションタンク～最終沈殿池～消毒～放流渠
(標準活性汚泥法)

(汚泥処理)

重力濃縮～嫌気性消化～脱水(ベルトプレス)～焼却(流動床炉)
----> コンポスト化(計画)

(B) 対象設備の範囲

表－４ 対象施設の構成

施設 \ 工種	土 木 ・ 建 築	機 械 ・ 電 気 設 備
全 体	管理棟、機械棟、受変電室	受変電設備、自家発電設備 運転監視設備、電気計装設備
沈砂・揚水施設	流入渠、沈砂池、ポンプ棟 管廊	沈砂池設備、汚水ポンプ設備 同上付属設備
水 処 理 施 設	最終沈殿池、エアレーションタンク	水処理設備、送風機設備
消毒・放流施設	塩素混和池、消毒設備棟 放流渠	消毒用水設備、同左付属設備
汚 泥 処 理 施 設	汚泥濃縮棟、同左補機棟 汚泥消化タワ、ガスタワ、同左補機棟 汚泥処理棟、汚泥焼却棟 汚泥管廊	汚泥濃縮設備、消化槽設備 脱水設備、汚泥焼却設備 ボイラー設備、同左付属設備

4. L C C O₂の算定結果

(A) 下水道終末処理場のライフサイクルでのC O₂ 排出量

下水道終末処理場のライフサイクルでのC O₂ 排出量を図－２に示す。その構成の特徴は以下のとおりである。

- ・プラント動力が全体の約65％、管理設備動力も約10％で合計約75％と非常に大きな割合を占めている。
- ・建設時の負荷は全体の約14％で、そのうち土木工事が約50％を占め、次いで建築工事が約30％となっている。
- ・廃棄時の負荷は全体の約３％で寄与としては小さい。

(B) 建設時のC O₂ 排出

建設時の負荷の算定は、検討する項目が多く作業が煩雑となるため、今後の検討を行う際、作業を簡略化するために少し詳しく検討する。建設時の負荷の算定結果は図－３に示すとおりであるが、下記の事が言える。

- ・土木工事では資材消費が全体の60％以上で、そのうち85％以上がコンクリートによるもの、15％程度が鉄筋によるものとなった。
- ・資材輸送時は全体の25％弱であった。また施工は15％程度であった。（土木、機械工事での検討）
- ・今回の検討での工種別の割合は概略以下のとおりとなった。
 - ・土木工事：50％
 - ・建築工事：30％
 - ・機械工事：15％
 - ・電気工事：５％

下水道終末処理施設の計画段階において電気工事及び配管、配線の工事内容を把握することは一般に難しいが、この結果をみれば土木工事及び機械工事の主要動力機器の把握で他をそれらの比率として設定しても全体としては誤差の少ないC O₂ 排出量の推計が可能と考えられる。

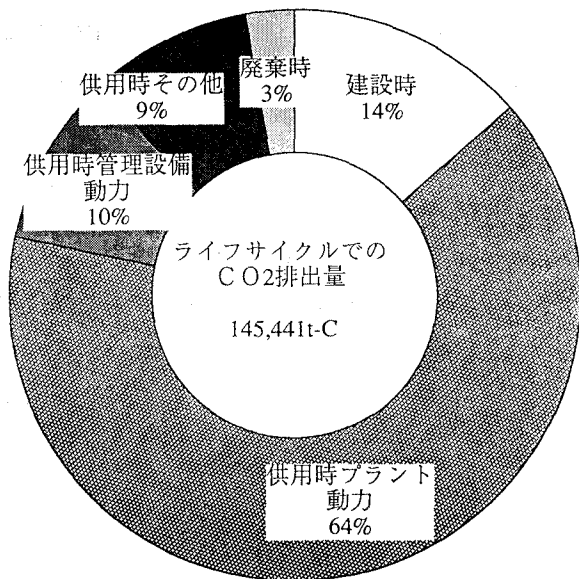


図-2 下水道終末処理場のLCCO₂

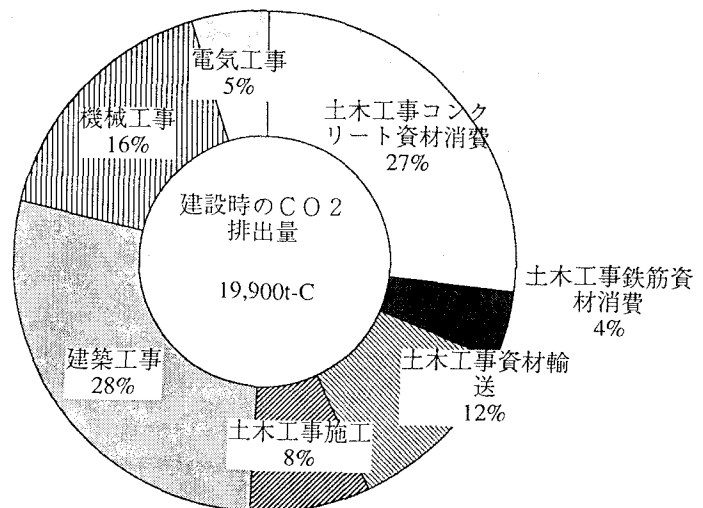


図-3 建設段階のCO₂排出量

(C) 反応によるCO₂ 排出との比較

以下の条件で処理過程で生じるCO₂ を算定してみた。

- ・流入TOC : 50mg/ℓ
- ・除去率 : 75%
- ・CO₂ 転換の条件 : 除去TOCがすべてCO₂ に転換する。

この条件で計算すると(理論的に考える最大のCO₂ 量であるが)今回算定したLCCO₂ 量の約25%に当たるCO₂ 量が水処理反応過程で発生すると試算された。

5. 結果の考察

(A) 下水処理の原単位的数値

本検討により下記のような下水処理における原単位的数値が得られた。

- ・処理量当りのCO₂ 排出量 : 0.18kg-C/m³
- ・処理BOD当りのCO₂ 排出量 : 0.91kg-C/kg-BOD

(B) 下水道終末処理の改善点につて

(1) 供用時の負荷の削減対策

本分析の結果ではCO₂ 排出量の約65%がプラント動力に起因したものと推定された。プラント動力の内容を見ると特に負荷の高い設備として下記のものが上げられる。

- ・ブロワ(エアレーション用)設備
- ・場内ポンプ設備
- ・汚泥返送設備
- ・汚泥焼却設備

これらはいずれも従来から下水処理の効率化の上で問題とされている内容であり、単に経済性の問題だけでなく環境面からの問題としても重要な課題であることが証明された。

(2) 建設時の削減対策

建設時の負荷としてはコンクリートと鉄筋の資材消費の寄与が大きく、また、資材・廃材の輸送による

負荷も無視できない事がわかった。資材の中ではコンクリート（セメント）及び鋼材はCO₂ 排出の面では社会全体での総量、製品数量当たりとも負荷排出の大きい資材であり、この面から土木材料に関する研究の重要性が提起できる。

(3) その他

試算として算定した処理過程の反応で発生するCO₂ 量については水処理過程での炭素収支についてブラックボックスにした計算であり絶対量としての信憑性には疑問があるが最大として想定される量を示した。

この量をすべて人為的な負荷としてカウントすることは抵抗を感じるが技術的な面からは汚泥処理や処理生物の制御などの点から全く関与できないわけでもなく今後取り上げていく研究テーマのひとつと考えている。

(C) ライフサイクルインベントリーの手法について

環境負荷算定の方法としては本分析のために用意された原単位を用いることにより資材の消費、施工の段階及び供用時のエネルギー消費等主な環境負荷要因の算定方法は概算工事費を算定する方法とほぼ同様な方法で可能である。ただし、ライフサイクル設定の考え方として廃棄段階の廃材の処理・処分については設定が曖昧であり、今後この範囲についての検討が必要となると考えている。

6. おわりに

本研究はLCAにおけるライフサイクルインベントリーにあたる部分で、本格的なLCAを実施するためにはなお多くの課題がある。

土木分野においてLCAを適用する目的としては土木構造物を環境負荷をより小さくして建設することを目指すことと計画・構想段階に適用して社会システム自体の環境負荷が最小になる方向に導く目的がある。いずれの目的に対しても土木分野におけるLCA研究は極く初期の段階にあり、各種の施設に対してインベントリーを実施して技術及び数値的な情報を蓄積することがまず重要になる。その後の段階として代替案の比較検討や開発技術の環境負荷評価を行う実用段階を目指すことができると考えられる。

なお、本研究は土木学会地球環境委員会土木建設業環境管理システム研究小委員会環境負荷評価（LCA）検討部会の活動の一部として行われたものである。

<参考文献>

- 1) 酒井寛二 土木建設物の二酸化炭素排出量原単位の推定 第4回地球環境シンポジウム講演集
- 2) 霸巻, 野池 排水処理施設のライフサイクル分析による環境負荷の定量化について 土木学会第51回年次学術講演会概要集
- 3) 建設工事標準歩掛 (財)建設物価調査会
- 4) 建設機械等損料算定表 (社)日本建設機械化協会
- 5) 地球環境時代における建築設備の課題 平成7年7月 (社)空気調和・衛生工学会