

構想・計画段階における環境負荷評価適用について

鶴巻 峰夫¹, 星山英一², 吉田 雅一³, 吉原 哲³

¹正会員 博(工) 和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒644-0023 和歌山県御坊市名田町野島77)

E-mail tsurumaki@wakayama-nct.ac.jp

²正会員 工修 八千代エンジニアリング (〒810-0062 福岡県福岡市中央区荒戸2-1-5)

³非会員 八千代エンジニアリング (〒161-8575 東京都新宿区西落合2-18-12)

各種の公共的事業は、構想・計画段階から設計段階を経て、建設、事業運営に至る。これらの各段階における環境配慮手法としては、戦略的環境アセスメント(SEA)等があり、その環境影響検討手法については、従来の環境影響評価の手法が適用されているが、このような構想・計画段階では環境の状態変化を予測・評価するよりも、環境負荷量による予測・評価の方が取り扱いがしやすいと考えられる。その場合、消費する資材やエネルギーのライフサイクルを考慮して算定した環境負荷量によって比較評価することがより効果的であるとする。本論文では、生活排水処理施設の整備における構想から供用・運営に至る過程において、その各段階で提供される検討基礎データ及び決定される計画事項等を考慮して、どのような検討が可能かを試行し、現状での技術的または情報整備としての問題点の整理を行い、今後の検討の方向性について考察した。

Key Word: life cycle assessment, strategic environmental assessment, sewage works planning

1. はじめに

各種の公共的事業は、構想・計画段階から設計段階を経て、建設、事業運営に至る。これらの各段階においては、構想・計画・設計と推移するにしたがって、検討して決定される項目及び精度が詳細化されていく。

このため、各段階において可能な環境配慮に関する検討においては、入力できる計画情報の内容・精度が大きく相違することになり、環境配慮に関する検討についても、検討項目・手法を精査して最適化する必要がある。

本論文では、構想・計画段階での環境影響評価及び環境保全措置の検討手法としてライフサイクル分析に基づく環境負荷量を適用することを提案して、その試行を行うものである。

2. 構想・計画段階での環境負荷評価の意義

(1) 環境要素ごとの特性への対応による意義

環境問題について、その発生の時空間スケールの相違から2つに大別することが行われている。

一つには、大気汚染、水質汚濁、騒音などで、特徴としては、影響の地域的範囲が局地的なこと、影響の継続時間が施設の稼働期間に限られる(一過性である。)ことが挙げられる。一方、近年では地球温暖化、酸性雨、オゾン層破壊といった地球規模的環境問題が顕在化してきているが、これらの問題は影響の地域的範囲が広域的・グローバルであること、環境影響要因がなくなった場合でも影響が残存し、かつ他の活動等と重合する可能性をもつ影響の蓄積性が特徴として挙げられる。

表-1 環境問題の性質から適用できる影響評価手法・保全対策

	局地的・一過性環境問題	広域的・蓄積性環境問題
代表的環境問題	道路沿道大気汚染, 中小河川水質汚濁, 騒音, 振動, 悪臭等	地球温暖化・オゾン層破壊等地球環境問題, 閉鎖性水域富栄養化 等
影響評価の手法	事業・活動等による環境の状態の変化による予測・評価が可能.	個別事業・活動と環境状態・最終被害の因果関係を考慮して予測・評価することが困難.
有効な対策	・個別事業での対策が可能. ・環境影響との関連によるフィードバックによる対策の検討が可能.	・個別事業での対策も重要であるが, 総量的規制が有効. ・個別事業に対しては影響評価の手法との関連からトップダウン的規制枠の設定が必要.

これらの影響評価における考え方について表-1にまとめるとおりである。特に現在制度的に行われている環境影響評価（LCAと区分するため、以下、「EIA」という。）の実施時点では、環境影響の程度によってはフィードバックによる対症療法的な環境保全措置の立案は可能であるが、広域的・蓄積性の環境問題において必要となる広域的・地球規模的な総量枠を意識した対策は不可能と言える。このため、広域的・蓄積性の環境問題については、構想・計画段階において事業としての規制目標を設定する必要がある。

(2) 環境保全措置及び全体構想の調整からの意義

最新の公害防止技術によれば局地的・一過性環境問題に対しては対症療法的措置によって相当程度の対応が可能であるが、一般論として環境負荷量を最小化できる事業案を構想・計画段階で採用していれば、その後の設計段階において環境基準等の環境保全目標に適合できる対策案を作成することが容易となる。

また、構想段階では、複数の事業を同時並行で検討することになる。そのため、全体としての環境負荷量の削減を検討するには構想段階が適切な段階にあり、事業全体として環境負荷が最小となる政策や構想のもとで個別事業における環境保全措置の検討を行うことが、有効な環境保全措置立案の体系であると考えられることができる。

3. 既存研究や適用の動向

政策や構想・計画段階におけるLCAの適用（環境負荷評価の適用）については、これまでもいくつか試行や研究がある。筆者らは、都市構造の集積化によって適用可能となる資源循環施設による環境負荷量の削減効果について考察を行っている¹⁾。また、国土交通省では、ディスポーザー導入に伴う環境負荷影響について導入検討の事例として示している²⁾。松本らはディスポーザー導入による有機性廃棄物の回収・循環利用による環境負荷削減についてLCAによって解析を行っている³⁾。狩野らは鉄道に整備における路線の比較検討のための原単位整備を行っている⁴⁾。粟島らは、施設誘致型の地域政策に対して環境負荷削減の可能性のある施策選択のためのLCA検討を行っている⁵⁾。

4. 研究の手法

LCAは検討対象による環境影響をライフサイクルにわたって評価しようとする手法のため前述の地球環境問題のような継続的・蓄積的環境問題を取り扱うのに有利な手法であると考えられることができる。また、インフラ施設は地域環境に対しては非常にインパクトが大きいいため、環境の状態を指標として評価を行うEIAが有効であ

表-2 下水道等の生活排水処理施設の構想・計画段階と主な計画情報

注：計画・設計基準等^{6), 7), 8)}を参考としたが基本的に筆者らによるとりまとめである。

検討段階	区分	整理・入力される 主な計画情報等	検討結果として出力される 主な検討結果等	
政策・構想	流域別下水道総合整備計画	・人口、事業場の地域分布 ・水質汚濁負荷の地域分布 ・放流水域の水質保全目標	・公共下水道処理区域 ・処理施設・主要ポンプ場の配置 ・処理施設処理水質 ・地域別の事業優先順位	
	全区域汚水適正化処理構想	・人口の区域分布 ・土地利用計画 ・比較検討区域の家屋の区域配置	・区域別の集合、個別及び事業方式	
	生活排水処理施設整備計画	同上	同上	
	ディスポーザー導入時の影響判定	・下水道計画（既存計画） ・既設下水道施設の稼働実績データ	・ディスポーザーによる下水道への施設の稼働、社会的、環境的影響の程度（ディスポーザー導入の可否に関する意志決定を支援）	
全体計画	全体計画 事業計画 等	・計画処理人口 ・計画処理区域 ・計画汚水量 ・計画水質汚濁負荷 ・根幹施設配置	・処理施設（水処理方式、汚泥処理方式、敷地計画 等） ・幹線管渠（幹線ルート、管径、概略土被り 等） ・主要ポンプ場（設備容量、敷地計画 等）	
基本計画・設計	基本設計 認可設計	処理施設	・計画汚水量、汚濁負荷 ・敷地利用計画 ・基本処理フロー ・土質等	・各設備の方式決定（ばっ気方式、濃縮、脱水、焼却 等） ・躯体構造形式
		幹線管渠	・計画汚水量 ・管径、土被り ・土質等	・工法（開削、推進、シールド）
		枝線管渠	・対象地区土地利用 ・道路 等	・ルート ・管径、土被り、管種
		ポンプ設備	・計画汚水量 ・必要揚程 ・土質等	・ポンプ形式 ・施設諸元（マンホールポンプ、ポンプ施設）

表-3 検討各段階で行われる事例と、検討における必要な原単位情報の内容

検討内容		計画情報		必要とされる環境負荷原単位情報	
		主な入力情報	主な検討情報	原単位の種類	含まれることが望ましい計画情報
構想・計画段階	集合・個別処理区域の区分	人口密度 家屋密度	管渠延長・概略土被り	管渠延長当り	土被り、管種、管径、 工法 揚程別、規模別 処理方式別、規模別
			ポンプ施設箇所数・揚程 処理場規模	ポンプ箇所当り 処理量当り	
全体計画・基本計画段階	処理方式の検討	流入水量・水質 敷地面積・標高 放流条件	土木工事概略数量	工種工事数量当り	機器素材構成
			主要機械機器概略仕様 電力・薬品概略消費量	機器重量当り 機器稼働時間当り (機器稼働時間当り)	
基本設計段階	機器選定 (脱水機の例：ベルト、遠心等)	汚泥量、汚泥性状 (含水率等)、処理 汚泥性状、機種別 脱水性能	掘進工法 掘進機械概略仕様	工種工事数量当り 機器重量当り	機器素材構成
			立坑構造・工法、概略工事数量	工事数量当り	
基本設計段階	機器選定 (脱水機の例：ベルト、遠心等)	汚泥量、汚泥性状 (含水率等)、処理 汚泥性状、機種別 脱水性能	脱水機の機種 脱水機仕様・動力	機器重量当り 稼働時間当り電力量 処理量当り助剤量	機器素材構成

ることは言うまでもない。

したがって、水処理施設のようなインフラ施設の環境評価においては、地域的環境問題についてはEIA、地球的環境問題についてはLCA手法というように得意分野を使い分けることを提案する。

本論文では、社会資本整備における構想・段階における事例として第一段階として下水道整備に関して検討条件の入力と、検討結果としての出力内容を整理する。第二段階として、経済比較と同様なベースで温室効果ガス(CO₂の直接・誘発排出量とN₂Oの直接排出量)の比較の試行を行う。最後に試行の過程で、原単位情報等の整備等について考察するとともに、今後の検討の方向性について考察する。

5. 生活排水処理における計画段階の概要

ここでは、下水道を中心とした生活排水処理施設の構想・計画段階において行われる検討内容(入力条件と出力条件)の整理を行う。

(1) 構想・計画段階

生活排水処理の手法としての根本的選択肢は、下水道等の集合処理を行うか、浄化槽による個別処理によるかの区域区分となる。表-2において政策・構想段階としての整理では、主に区域区分の検討が大きな対象項目となっている。

この段階で入力される主な計画情報としては、地域における人口密度、家屋密度等である。代替案として検討される計画情報としては管渠、処理場、ポンプ施設に関する延長・箇所と概略の規模

表-4 生活排水処理構想段階の検討用に整理したLCI用二次原単位等

施設区分	原単位の種類	算定の方法	原単位数値		出典	
			CO ₂ kg-CO ₂	エネルギー MJ		
管渠	建設管渠延長 当り (m)	開削工法：ヒューム管、φ200、土被り2.0m、積算基準により一次原単位から組み立てた。	126.4	1,913	11)	
		推進工法：インベントリ分析事例の結果を延長当りに換算(φ600)。	803.9	11,866	12)	
		シールド工法：同上(φ2400)。	927.5	12,699	13)	
ポンプ施設	箇所当り・年 当り	電力消費量：御坊市内にある51カ所のポンプ場の実績から揚水量の想定によって2,500~6,700kWh/箇所・年の間で設定した。	-	-	9)	
		建設・電力以外の維持管理、廃棄：インベントリ分析の結果から電力消費の負荷量に対する比率として設定	-	-	14)	
集合処理施設 (水処理)	処理量当り (m ³)	電力消費量：インベントリ事例(1施設)と御坊市内の3カ所の処理施設を用いて処理量-電力消費量の関数を作成した。 (年間電力消費量)=8.7×(年間処理量) ^{0.30}	-	-	9)、 15)	
		建設・電力以外の維持管理、廃棄：インベントリ分析の結果から電力消費の負荷量に対する比率として設定	-	-	15)	
集合処理施設 (汚泥処理)	処理汚泥量当 り(DS-t)	規模別の原単位設定を行うためのインベントリ分析事例がないため、一事例より設定した。	濃縮	2,746	131	15)
			消化	548	28	
			脱水	3,415	147	
			焼却	6,647	338	
浄化槽	1基・年当り	7人槽でのインベントリ分析事例	646	10,554	16)	
し尿・汚泥 処理施設	処理量当り (m ³)	標準脱窒素処理方式でのインベントリ分析事例での中間値	66	975	17)	

が対象となり、それらの比較検討の結果として出力として集合処理区域と個別処理区域が決定される。

この段階で行われる検討の事例と、入力・出力される主要な計画情報と、環境負荷評価を適用するに当たって必要とされる原単位情報について表-3に試行的にまとめた。構想・計画段階においてはLCAにおけるインベントリ分析に相当する資材・エネルギー及び環境負荷の収支解析を行う計画情報は与えられないため、ライフサイクルでの環境負荷量を用いた比較検討を行おうとすれば、稼働実績や全体計画や基本計画・設計など後段の計画・設計情報によって作成した二次的なライフサイクル環境負荷を考慮した原単位（以下、本報では「LCI用二次原単位」と呼ぶ。）が必要になる。

(2) 全体計画段階

下水道等集合処理における全体計画では、生活排水処理計画にとって必要な計画情報の整理が完了し、主要な施設（処理施設、ポンプ施設、幹線管渠）の必要な仕様が決定される。

この段階においては、例えば処理施設については、ブロックフロー程度の方式選定が行われ、機電設備の機器仕様は検討されないが、水槽容量等や運転段階の電力量等の概略数値が示されるため、資材・環境負荷の物質収支解析は主要な部分について可能となる。このため、ライフサイクルでのインベントリ分析はLCAの原則である物質収支解析にもとづいて行うことが可能である。

(3) 基本計画・設計段階

基本計画・設計段階では、上位の構想・計画によって整理された計画情報のほか、施設立地における敷地条件、土質条件等が入力され、主要設備における機器、構造、工法等の比較検討が行われる。主要な比較検討はこの段階で終了する。

この段階では、構造物・機械機器の仕様が確定するため詳細な物質収支解析も可能な段階となっており、その結果を用いてLCAの原則どおりのインベントリ分析が可能である。

6. 構想段階における比較検討の試行

(1) 試行検討の概要

構想段階の生活排水処理施設整備の検討の試行として、集合処理または個別処理の選択に関する地域別の比較検討を行う。現状では未処理雑排水の放流を伴うし尿くみ取り及び単独処理浄化槽によるし尿処理システムは残っているものの

将来的生活排水処理システムは図-1のように分類できる。

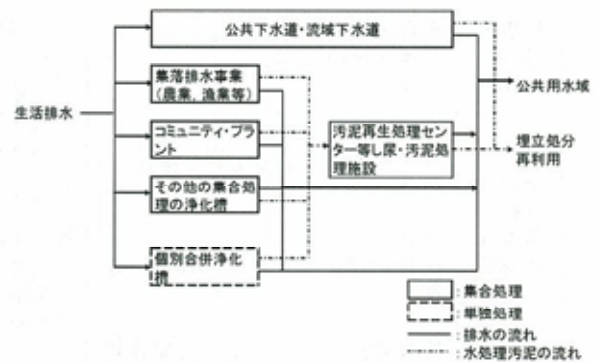


図-1 整備計画での生活排水処理システム

前章の整理のように、構想段階における環境負荷評価ではLCI用二次原単位の作成が必要であることから、最初に既存文献等により、LCI用二次原単位の整理・作成等を行う。その結果を利用して人口3万人程度の地方都市を対象にケーススタディを行い、手法や情報の精度や今後の検討方針等について考察する。

(2) 原単位情報の整理

ここでは、既存の研究事例等をもとに試行に用いるLCI用二次原単位の収集・整理・検討を行った結果を整理する。その内容は表-4に示すとおりである。

(3) 検討対象区域の概要と比較検討内容

和歌山県御坊市は図-2に示すように和歌山県中部の海辺の都市で日高川の河口に開けた人口約3万人の都市である。

同市における生活排水処理の

実態は表-5に示すとおりである。



図-2 御坊市の位置

表-5 御坊市の生活排水処理の状況（平成14年）
出典：環境省資料¹⁸⁾より作成

総人口		28,107
雑排水未処理	し尿くみ取り	11,322
	単独浄化槽	11,385
雑排水処理	公共下水道	0
	合併浄化槽	5,400

なお、ケーススタディを実施するに当たって同

表-6 生活排水処理の関する比較検討案

排水処理形態		現状	将来	
			公共下水道整備	個別浄化槽整備
公共下水道	G処理区	-	18,700	-
	S処理区	-	3,700	-
集落排水事業	T地区	700	1,230	1,230
	U地区	1,000	2,100	2,100
	N地区	300	470	470
合併浄化槽		3,400	1,800	24,200
雑排水未処理	し尿くみ取り	11,300	-	-
	単独浄化槽	11,300	-	-

市の下水道及びし尿・汚泥処理施設等の計画・施設・稼働のデータ⁹⁾、¹⁰⁾を検討条件の一部として利用した。

(4) 比較検討案

同市の中心部については、公共下水道の計画があるものの、事業は未着手の状況である。このため、比較検討は、表-6に示すように現状と将来2案（公共下水道整備、個別浄化槽整備）の計3案について行うこととした。また、施設計画については表-7のように設定した。

(5) 比較検討結果

比較検討3案についてCO₂排出量とBOD負荷量の比較をそれぞれ図-3及び図-4に示す。なお、BOD負荷量の原単位は既存文献⁶⁾によった。

現状では、し尿くみ取り及び単独浄化槽人口の雑排水が未処理となるため、CO₂排出量は小さいがBOD負荷量が非常に大きな値となっている。

下水道整備案と浄化槽整備案の比較では、CO₂排出量は前者に対して後者の量が約70%大きい値となった。差が大きくなった原因は、比較対象とした地域が同市の中心市街地を含む人口密度の高い地区であったためであり、人口密度の低い郊外地区を比較対象とする場合には差が小さくなるものと考えられる。

7. まとめ

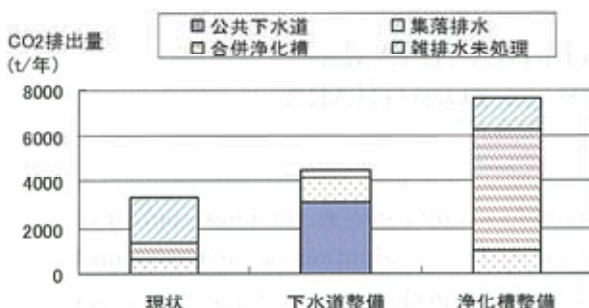


図-3 CO₂排出量による生活排水処理方式の比較

表-7 計画条件の設定

区分		計画条件設定根拠
公共下水道	管渠	下水道統計 ¹⁹⁾ において面積、人口が類似の事例を抽出して面積当たりの管渠延長原単位を設定した。管径φ200開削工法とした。
	ポンプ施設	既存集落排水3地区を参考として力所数を設定した
	処理施設	計画にもとづいて処理規模、方式を設定した。汚泥処理は焼却とした。
集落排水事業		既存施設の諸元を採用した。
合併浄化槽		検討条件を単純化してすべて7人槽とした。設置基数は3.0人/基として計算した。
浄化槽汚泥処理施設		既存施設の諸元を採用した。

試行の結果について、主に収集整理できた原単位情報の面からまとめる。

(1) 管渠建設

管渠建設については、何種類かの工法があり、管渠延長当りの環境負荷原単位は相違する。ただし、今後の検討対象となる地区としては郊外の小規模地区と考えられるため、小口径の開削工法について原単位情報の整備が必要である。

(2) 処理施設（水処理）

処理施設での環境発生要因として最大の要因は稼働時の電力消費である。試行では電力消費量原単位を作成し、電力消費による環境負荷量を算定した後、他の環境負荷発生要因による環境負荷を既存文献¹³⁾、¹⁵⁾により構成比を設定して計算する方法を採用した。また、処理量と電力消費原単位について、関係式を作成した。

(3) 処理施設（汚泥処理）

汚泥処理についてはインベントリ事例が少なく処理量と環境負荷量との関係式を作成することができなかった。

(4) 浄化槽

浄化槽については参考とした文献¹⁶⁾では、人槽別に環境負荷量が算定されているが、検討事例がその一例のみである。

(5) 浄化槽汚泥処理施設

浄化槽汚泥処理施設についてはCO₂排出量とエネルギー資源消費に関してインベントリ手法

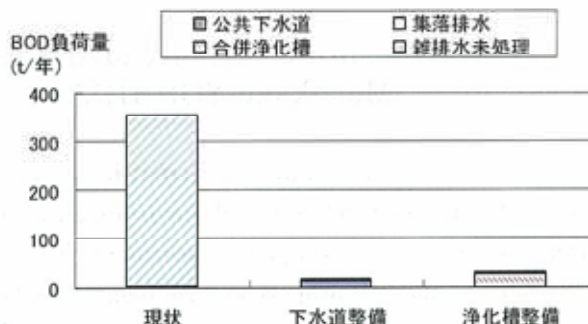


図-4 BOD負荷量による生活排水処理方式の比較

をとりまとめた文献¹⁷⁾があり、インベントリ事例も紹介されている。

(6) 原単位共通事項

上記のまとめのように、現状においては構想段階に利用できるLCI用二次原単位作成に必要なデータが一応網羅された状況であるが、その数は少なく、データ蓄積による精度向上が課題となることがわかる。

(7) 評価手法全体について

本検討では、BOD 負荷量についても予測を行っている。生活排水処理は、局地的・一時的環境問題と言える水質汚濁への対策と言えるため、本来的には負荷の総量だけでなく地域での水質保全効果を考察すべきであり、今後、このような検討を含めて手法の整備を行う必要がある。

謝辞：下水道等集合処理の計画、施設及び稼働データを御坊市下水道課様より、し尿・汚泥処理施設の施設・稼働データを御坊周辺広域市町村圏組合様より提供していただきました。関係者の皆様にこの場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 鶴巻峰夫, 沼田健一郎ら：都市の集積化による環境負荷の削減に関する検討, 第 29 回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 375-380, 2001
- 2) 国土交通省：ディスプレイ導入時の影響判定の考え方, 国土交通省HP, 2005.7
- 3) 松本亨, 鮫島和範, 井村秀文：ディスプレイ導入による家庭の生ごみ処理・再処理システムの評価, 環境システム論文集, vol. 28, pp9-19, 2000
- 4) 狩野弘治, 浅見均, 高橋浩一, 加藤博一：鉄道整備におけるLCA, 第 32 回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 203-208, 2005

- 5) 栗島英明, 瀬戸山春輝, 玄地裕, 稲葉敦：施設誘致型の社会資本整備に対するLCA手法の研究：三重県クリスタルタウンのケーススタディ, 第 32 回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 215-221, 2005
- 6) (社)日本下水道協会：流域下水道整備総合計画調査指針と解説 平成 11 年版, 1999
- 7) (社)日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説 2001 年版, 2001
- 8) (社)全国都市清掃会議：汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領, 2001
- 9) 御坊市下水道課資料
- 10) 御坊周辺広域市町村圏組合資料
- 11) 中島英一郎, 中島智史：集落から発生する下水の処理に係るLCI (CO₂・エネルギー), 第 40 回下水道研究会講演集, 2003
- 12) (財)愛知県水と緑の公社, 八千代エンジニアリング株式会社：下水道構造物の環境性比較検討業務報告書, 2002
- 13) 土木学会地球環境委員会 LCA 研究小委員会：土木建設業における環境負荷評価 (LCA) 研究小委員会講演要旨集, 1997
- 14) 八千代エンジニアリング社内資料
- 15) 鶴巻峰夫：環境調和性を考慮した排水処理システムの評価手法に関する研究, 東北大学大学院博士論文, 1998
- 16) (財)日本環境整備教育センター：浄化槽のライフサイクルアセスメントに関する調査 報告書, 2002
- 17) 液状廃棄物処理LCA研究会：し尿・浄化槽汚泥処理に係る施設のライフサイクル分析に関する技術資料集, 2002
- 18) 環境省：一般廃棄物処理実態調査 平成 14 年度データ (環境省HP)
- 19) (社)日本下水道協会：下水道統計, 2003

APPLICATION OF ENVIRONMENTAL LOAD EVALUATION FOR PROJECTS ON STRATEGIC STAGES

Mineo TSURUMAKI, Eiichi HOSHIYAMA
Masakazu YOSHIDA and Satoru YOSHIHARA

Strategic environmental assessment is applied for evaluation of projects on strategic stages. The evaluation methods for each environmental items is basically same as the ones applied to project environmental impact assessment (EIA), which is the evaluation of environmental condition change. We propose environmental load evaluation for projects on strategic stages and attempt to apply to domestic wastewater treatment project.