

環境システム研究成果の実務的利用に向けた 環境整備のための提案

鶴巻 峰夫¹, 星山 英一², 檀 智之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正会員 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)

環境システム学の研究分野では数々の環境解析や評価の手法が提案されている。その一方で、筆者らは、この研究分野の成果を公共機関や民間企業の実務技術者が、各種の検討における手法として十分には利用できていないのではないかと推察している。このため、本報では環境システム研究と関連のある技術者について位置づけの整理を行った。その結果として、研究成果の展開の対象として計画・設計を行う技術者が重要であると提案した。次いで、現状での環境的側面に関する比較評価等について、研究成果活用対象者の技術的状況を勘案した実務レベルでの展開に向けた環境整備に向けた提案を行った。

Key Word : technical transposition, Environmental Impact Assessment, life cycle assessment

1. 概要

環境システム研究分野においては、環境問題を解決するための手法や方法論として、環境工学的なアプローチだけではなく、社会学的、経済学的な側面からもアプローチも研究対象とし、数多くの研究成果が得られている。

しかし、その一方で国・地方公共団体や民間企業（以下、「企業等」という。）において実務的業務を執行する技術者（以下、研究者と区分する意味で、「実務技術者」という。）が、当該研究分野の成果を十分に生かしているかという面では、研究成果に比較して適用が進んでいないのが現状ではないかと考えられる。

本報では、このような状況認識のもとで、実務的な場面での環境システム研究成果（以下、「研究成果」という。）を実務技術者が積極的かつ容易に利用する環境を整備することを目的として、いくつかの現状分析と提案を行うものである。

2. 研究成果の提供先として実務技術者

(1) 環境システム研究成果の実務的利用についての概観

環境システム学の大系化に関する研究成果¹⁾などを参考にすると、環境システム技術者は環境問題解決のため

にシステム的アプローチで対処するための仕組みや方法論についての技術サービスを行う技術者と考えることができる。この場合には、環境工学をはじめとする工学的な側面だけでなく、社会学的、経済学的など大きな意味での人と環境に関わる全体分野を網羅するものと考えることができる。

また、近年の環境システムの研究動向を見ると、環境問題の先端的解析手法だけではなく、あらゆる事業や活動に対する環境的側面からの解析・評価手法等環境的側面の判断を行うことができる手法等の研究が多くなっており、研究成果の実務的利用者とは、環境問題の専門技術者や環境インフラの計画・設計技術者に限定する必要性は薄れているように考えられる。

環境システム研究成果を利用する実務技術者が所属する組織の多くは企画・計画・設計等を行う組織であると考えられるが、前述の状況を踏まえると、このような組織の中で環境システム分野に関わる技術者について従来から関係を有する技術者と、今後関係を深めるべき技術者として図-1のような位置づけができると考える。

以下、それらの実務技術者の状況について、どのような環境整備を行うべきかという点を明確にするために整理を行う。

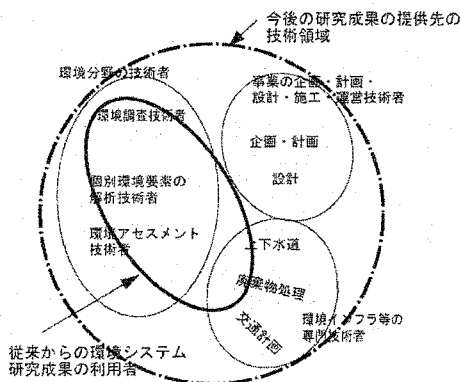


図-1 環境システム実務技術者の位置づけの提案

(2) 従来からの環境システム実務技術者

a) 環境調査の技術者

① 環境調査

大気、水質などの公害項目や、動物、植物などの自然環境についての現地調査を行う技術者である。調査の企画や結果の分析において研究成果の活用が考えられるが、一般的には調査技法に特化しており、環境システムとは関わりは薄いようである。

② 個別環境要素等の解析技術者

環境シミュレーションや環境評価の開発や運用のコンサルティングを行う技術者である。技術開発という面では環境システムの要素技術の開発・利用を担っており、従来型の環境システム実務技術者の中心的な存在と言える。

③ 環境アセスメントの技術者

環境アセスメントを実施する場合に、個別の要素技術をもつだけでなく、検討要素を横断的に把握してとりまとめを行う技術者が必要である。このような技術者は、従来から各環境要素の予測を行う上で、環境システム研究成果を利用できる立場にある。

一方で、当該技術者は、一般に事業計画を立案する技術者と重複することはない、対象となる事業への理解が低いことが多い。このため、事業計画の代替案の提示や環境保全措置については計画や設計の技術者に依存しているのが実状であり、今後は、その部分についての支援が必要である。

b) 環境インフラ等の専門技術者

環境保全等を目的とする環境インフラや交通に関する分野では、それ自体を目的とするプロジェクトも多く存在するが、面開発等では、供給処理・交通等のインフラ整備及び環境対策のため、当該技術者がスタッフとして参加する場合が多い。この分野における便益評価として研究成果の利用が多くなることが考えられる。

(3) 今後、研究成果利用要望が高まると考えられる技術者

a) 企画・計画技術者

公共事業における PFI やアセットマネジメントの普及や、事業における効率性・必要性の説明責任の増加によって事業の目的や機能の一部となる環境性について説明する必要性が生じてきている。ただし、これらの技術者は必ずしも環境問題を専門としていないため、研究成果利用に当たっての技術的問題が存在すると考えられる。

b) 施設・構造物の設計技術者

施設や構造物の設計技術者は、従来は対象物の機能・構造を確保し、かつ経済性を持って設計することが要求され、現在でも環境的配慮を比較評価に適用することはまれである。ただし、LCA は設計段階の比較評価手法であり、筆者らは適用を推進する必要があると考えている。

(4) 実際の企業等の事業分野について

対象となる実務技術者の考えられる現状での所属組織としては、国・地方公共団体では開発・建設、廃棄物処理、環境部門であり、民間企業ではシンクタンクまたは技術コンサルタント企業での当該マネジメントまたは専門技術部署、建設・開発会社の企画設計部門等の技術者が考えられる。

他の土木学会の学術部門と比較した場合、例えば、橋梁や構造関係については、構造工学・鋼構造、地域・交通計画関係は土木計画学、砂防・水資源関係は水工学等、施設の構築を伴う事業と直結しているのに対して、環境システム分野では、建設や製造部門との関わりが極端に希薄といわざるを得ない。この点で環境システム分野は、図-2 に示すように他の部門に比較して、ユーザーの範囲が狭いということがこれまでの状況と言える。

土木分野では、官公庁及び建設会社等に多数の技術者が施工や施設の運営・保守・管理に携わっており、環境システム分野の現状では、研究成果の提供先の技術者の絶対数が、他の土木分野に比較して少数であることを認めざるを得ない。

一方で、管理の段階では、LCA や便益評価は有効であると考えられるため、そのような技術者向けの研究も必要になると考えられる。

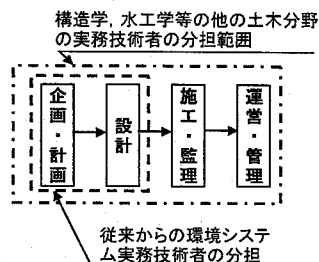


図-2 現状での環境システム分野と他の土木分野での技術者分担領域の相違

(5) 研究成果の提供対象と考えるべき技術者のイメージ

以上の技術者の状況の認識にもとづいて、環境システム研究の成果の利用者として考えなければならない技術者として、以下の技術者集団を本報では考慮することとする。b)の事業の企画・計画・設計技術者を対象とすることが、本報での大きな提案である。

- ①環境アセスメントの技術者
- ②事業の企画・計画・設計技術者
- ③個別環境要素等の解析技術者

a)環境アセスメントの技術者

現行の環境影響評価制度や戦略的環境アセスメントにおいても、影響評価の基本として代替案による比較検討を要求している。環境問題におけるシステムの検討でも、種々ある要素技術の最適組み合わせを比較検討によって抽出することが求められる。

この点で、当該技術者の問題点としては、影響評価の対象事業の計画・設計に関して専門的知識に欠けるといえる点である。事業目的に対応して計画される各種の施設・設備の計画に関して代替案を用意できる企画力と評価能力を支援する仕組みを用意すれば、代替案の比較検討が可能となる。

b)事業の企画・計画・設計技術者

本報の提案内容の最重要項目として、ここでは、従来、環境システム実務技術者と見ていなかった事業の企画・計画・設計技術者を、今後の環境システム研究成果の提供者として中心的に位置づけるよう提案する。

前述したとおり、本来的には環境影響評価は、代替案の比較検討を基本とする手法であると考えることができる。代替案の比較検討は、当該技術者集団の本来的業務であるので、適切な情報と検討手法の提供によって、影響評価の実行を促すことが可能であると考えている。

c)個別環境要素等の解析技術者

個別環境要素等の解析技術者は、環境システム研究における個別要素技術の開発者・利用者と位置づけられる。

ただし、現状での企業等の状況を見ると、特に有力な技術を有する場合を除き、企業等の収益源の中核を担っているとは認識されていないようである。したがって、研究成果の普及という面では、このような技術者集団だけを対象と考えていては限界があると言える。

3. 研究成果の活用を促す環境整備

環境システム研究分野の中でも細分化すれば多様な研究成果が存在する。その中から、ここでは事業評価や計画・設計における研究成果の活用を考慮して、筆者らが密接に関連のある次の視点について提案を行う。

- a)計画・設計における環境配慮
- b)LCAの計画・設計での適用
- c)便益評価の活用

(1) 計画・設計における環境配慮のための環境整備

環境アセスメント等において影響予測を行う場合、水質汚濁負荷量や大気汚染物質発生量等の計算のために各種の原単位情報を利用する。環境分野では従来からこのような原単位情報は整備が進み、活用されている。

また、今後、事業全体の評価を環境的側面から行おうとする場合、いくつかの代替案の提示や環境保全措置の提案が必要になってくる。

このような目的では次の2つの整備が考えられる。

- ①代替案設定やその場合の環境負荷を比較することのできるシステムソフトウェアの整備
- ②代替案ごとの各種活動量及び環境負荷量を計算するための原単位データベースの整備

以下では、このうち、原単位データベース整備について述べる。

環境影響評価において利用される原単位の整備については検討事例²⁾があり、整理の方法としては、その検討事例を参考とすることができる。

原単位情報についての、系統的整備のための原単位の位置づけは図-3に示すように考えることができる。図中3種類の原単位情報の整備が必要と考えられ、大きく2区分して内容を以下に述べる。

a)計画原単位及び活動量原単位

事業の基本的計画目標である活動量（基本的計画量：例えば、土地開発では、開発面積と誘致企業や宅地分譲の計画など）と、それを達成するために行われる行為や、事業による誘致で第三者が行う行為について活動量や施設規模等を推定するための原単位という位置づけである。

このような原単位を用意することで、事業計画及び環境保全措置における代替案の設定が可能となる。

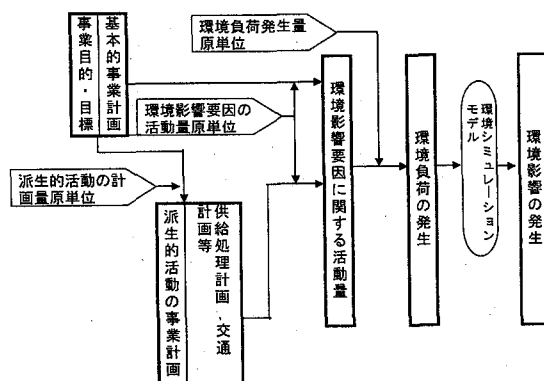


図-3 系統的原単位整備を想定した原単位整理の考え方

なお、事業目的を達成するために必要な施設を整備したり、事業に誘発されて他者が何らかの行為を行ったりすることを、ここでは派生的・二次的な事業計画と呼んでいる。

b) 環境原単位

環境原単位とは事業に伴う行為等の活動量や施設規模に対応して発生する環境負荷量を推定するための原単位とする。

基本的には、どのような環境影響評価を行うためにも、このような原単位は必要である。

特に重要と考えているのは、環境負荷量による評価を行う場合には、ライフサイクルの視点が欠かせないため、そのための原単位を用意するということである。

(2) LCA 適用における情報整備

現状において、計画・設計技術者が環境的な側面での比較検討において最も現実的な利用は LCA の適用が考えられる。

a) 施設設計での適用への課題と提案

施設設計においては、方式、構造や工法等を決定するときの比較評価が、重要な検討項目である。

このような適用については、土木構造物についての LCA 適用研究が始まった当初の地球環境委員会での橋梁上部工についての比較検討³⁾や港湾構造物の構造比較検討⁴⁾、橋梁や道路構造の比較検討⁵⁾など、環境要素として CO₂ やエネルギー資源消費には限定されるが、種々の先駆的検討が行われている。

LCA の適用における問題点を CO₂ やエネルギー資源消費について考慮した場合、問題点としては次の 2 点が上げられる。

① インベントリ項目の多さと、環境負荷要因の偏在

インフラ施設のインベントリ分析の事例として、下水道終末処理施設の例を図-4 に示す。

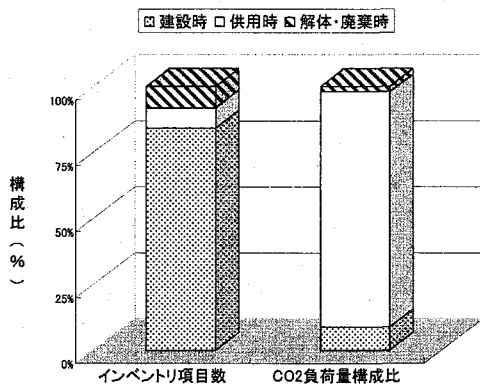


図-4 下水道終末処理施設でのインベントリの概要⁶⁾

この事例でもわかるように、環境負荷の発生量としては供用時が 90% 程度になっているにも拘わらず、インベントリ対象となる項目数は、建設時が 70% 以上になっているという状況がある。

グラフでは表示しないが、土木構造物の環境負荷はセメントと鉄鋼製品に由来するものが大部分を占めることはこれまでのインベントリの事例でもわかった⁶⁾。

② 設計において情報提示されないインベントリ項目

構造物の比較検討等の段階での適用では、概ね概算工事による比較と同程度の情報によって検討が可能である。ただし、次の事項については、LCA のために情報収集が必要であり、検討を煩雑化させている。

・ 資材の出荷元を想定した搬入条件

価格が一般的に現場引き渡しであるのに対して、LCA では工場出荷時の原単位が多いことが挙げられる。

・ 建設時の燃料使用量

建設時の燃料使用量は詳細設計後の工事発注用の工事費積算時にしか算定しない。また、この作業は非常に煩雑である。一般的に工事費を比較する場合は工事数量当たりの概算金額がこれまでの実績等で用意されている場合が多い。

③ 対応の提案

以上のような状況から、当面解決可能な問題として建設時の環境負荷量算定の合理化が重要な事項として挙げられる。この点については以下のような対応が考えられる。

・ 建設時の環境負荷量について、工事規模当たりの原単位を用意するか、簡易アプリケーションソフトを用意する。

・ 下水道処理施設や廃棄物処理施設などは、環境負荷の 90% 程度が維持管理時に発生していることがこれまでの検討⁶⁾でわかってきている。このような場合において建設時の検討をどの程度省略して良いかのデータを示し、検討を簡略化させる。

・ 建設時の工種が多いという問題については、算定上の重要工種の抽出が考えられる。CO₂ 排出量を対象としたときにはコンクリート及び鋼材による環境負荷量が占める比率が大きく、その他の工種について計算を簡略化する方法を用意する。

b) 事業計画での適用への課題と提案

事業計画段階における検討事項としては、種々の施設を組み合わせた最適のシステムを構築することである。

このような検討として、筆者らは生活排水処理事業の事例⁷⁾及び廃棄物処理事業の事例⁸⁾について既報によって適用可能性を示した。前者では生活排水処理の事業方式に関して、対象区域となる市域における区域配分の最適化を目的としており、選択肢としては図-5 に示す項目が存在し、その比較検討を行った。

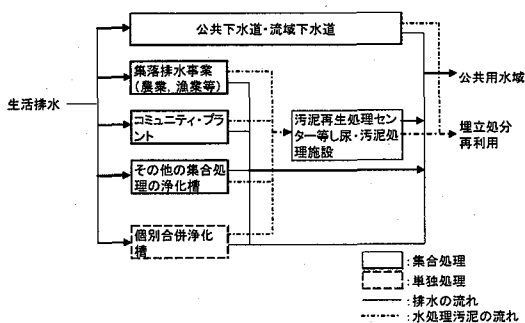


図-5 生活排水処理事業での処理方式の選択肢の例

表-1 生活排水処理事業比較検討のために整備した原単位情報

検討内容		必要とされる環境負荷量原単位情報	
		対象負荷項目	単位
段階・計画	集合・個別処理区域の区分	管渠施工	管渠延長当り
		ポンプ施工	ポンプ箇所当り
		処理場施工	処理量当り
段階・全体計画・基本計画	処理方式の検討	土木工事	工種工事数量当り
		機器製造・据付	機器重量当り
		電力・薬品消費	機器稼働時間当り
	管路工法の検討	掘進工事	工種径・延長当り
		立坑工事	掘削容積当り

このような事例では、計画情報として入力できる項目が限られているうえ、LCI の前提となる物質収支データの大部分を得ることはできない。このため、詳細な LCI にもとづく原単位情報等の整備が必要になる。実際、生活排水事業では表-1 に示すような項目の原単位を作成または収集した。

類似の研究事例としては、加藤らの交通システムに関する比較検討⁹⁾や国総研でのディスプレイ導入に関する検討事例¹⁰⁾などがある。

研究レベルでは、このように徐々に事業計画に関する代替案の比較評価が可能になってきているが、実務レベルで計画の比較評価を行うためには、表-1 に示すような工事規模や性能当たりの原単位に関するデータベースの構築を進める必要がある。

また、代替案について検討する場合などには、システムソフトウェアとして検討段階の手法と原単位情報を同時に提供する方法も考えられる。一般廃棄物処理事業を対象とした松藤らの研究成果¹¹⁾は、その先駆的事例と言える。このような事例は、実務者向けの研究成果提供として非常に有効な手段であると考えられる。

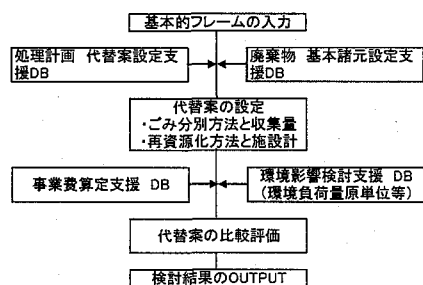


図-6 代替案の比較評価を支援するソフトの構成例

(参考文献¹¹⁾を参考に作成)

検証事例や先進事例を参考として以下のような対応を提案する。

- ・先に述べた計画・設計における環境整備についても考慮すれば、事業目的を達成するための行為や誘発する行為などを網羅でき、かつ、必要となる施設や活動について規模や量的な把握を可能とする原単位情報を整備する。
- ・原単位についてはスケールメットのような基本計画量の変化に対応できる情報として整備すべきである。
- ・一般廃棄物処理における循環型社会形成推進地域計画など利用頻度の高い業務などを想定したシステムソフトウェアの開発も有効である。このとき、先進事例 11) 等を参考とすると、図-6 のような構成が考えられる。
- ・環境負荷量に関しては、複雑な物質収支解析を行うことなく計算できる施設規模や対象物量 (処理量等) に対応する原単位を整備する。

(3) 便益評価の活用に関する情報整備

近年、各種公共事業の説明責任を果たすため事業に関する便益評価が頻繁に行われるようになりつつある。筆者らが委託調査で収集したところ、650 事例以上の計測値を収集することができた。

環境改善が可能な事業においては当然、環境財の経済評価が行われている。

一般に CVM, TCM 等を利用して行われるが、これらの作業は一般に煩雑である上、事業熟度が低く計画情報が十分に得られない場合など適用に問題もある。

このため、計測事例についてデータベース化して類似事例による評価を可能にすることが有効となる。一部にこの試行も始められているようである¹²⁾。

データに関する必要事項としては以下の項目が挙げられる。

- ・計測対象物の区分
- ・計測値 (値のほか、平均値、中央値の区別)
- ・適用条件に関する情報
- ・計測補正に関する情報

4. まとめ

本報は、これまでの環境システム研究の成果を公的機関や民間企業など実社会での実務技術者が積極的かつ容易に活用できる環境を整備するために現状を分析して、いくつかの提案を行ったものであり、検討の内容としては以下のようにまとめられる。

- ①環境システム実務技術者の位置づけを明確化した。
- ②環境システムの研究成果の提供先の技術者について、従来から環境問題を取り扱ってきた技術者だけでなく、事業の企画・計画・設計を行っている技術者を対象にすることが重要であることを提案した。
- ④研究成果を活用する環境整備の方針として、i)計画・設計、ii)LCAによる環境負荷量を用いた比較検討、iii)便益評価の活用の視点から提案を行った。

参考文献

- 1) 土木学会環境システム委員会：環境システム学のすすめ 報告書、平成17年3月
- 2) 八千代エンジニアリング株式会社：環境影響評価における原単位の整備に関する調査 1992.3
- 3) 土木学会地球環境委員会：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、平成9年
- 4) 運輸省下関調査設計事務所：ライフサイクルアセスメント手法を導入した環境影響評価手法開発調査、平成

11年

- 5) 加藤・中澤・徳重：建設事業における環境負荷算定システム、第32回環境システム研究論文発表会 講演集、2004.10, pp.463-468
- 6) 竊巻：「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」におけるバックデータ
- 7) 竊巻・星山・吉田・吉原：構想・計画段階における環境負荷評価適用について、第33回環境システム研究論文発表会 講演集、2005.11, pp.197-202
- 8) 竊巻・星山・吉田・吉原：事業段階に対応した環境影響評価手法に関する研究、第34回環境システム研究論文発表会 講演集、2005.11, pp.73-78
- 9) 長田・柴原・加藤：中距離輸送機関導入のLCA適用、第1回日本LCA学会研究発表会 講演要旨集、2005.12 pp.88-89
- 10) 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
- 11) 松藤：都市ごみ処理システムの分析・計画・評価、2005.11 技法堂出版
- 12) 例えば 栗山、IGES DB 検索
http://kkuri.cache.waseda.ac.jp/~kkuri/iges_db/direct.php3

SUGGESTION TO ARRANGE THE TECHNICAL PLATFORM OF ENVIRONMENTAL SYSTEM STUDIES FOR BUSINESS USE

Mineo TSURUMAKI, Eiichi HOSHIYAMA, Tomoyuki DAN

Technique of many environmental analysis and evaluation have been suggested in a field of environmental system research. On the other hand, it is guessed that business engineers may not use result of this research field as technique in various examinations enough. We analyzed engineer's organizations related with environmental system research and inspected positioning of an environmental system engineers. We suggested that the planning and designing engineers are important as users of result of environmental system research. Subsequently, we performed suggestion about the technical platform for environmental system business engineers.