

17. 都市更新代替案の環境負荷算定システムの構築

ESTIMATION SYSTEM OF LIFE CYCLE ENVIRONMENTAL EMISSIONS FOR URBAN RENOVATION ALTERNATIVES

中原智哉*、藤田壮**、酒井寛二*、盛岡通**

Tomoya NAKAHARA, Tsuyoshi FUJITA, Kanji SAKAI, Tohru MORIOKA

ABSTRACT ; It is presumed that the estimation of the urban renovation by strategic urban environmental improvement policies on districts and cities that precedes the estimation of individual products and structures will be questioned, so that environmental emissions estimation methods to lead such policies and supporting tools will be needed. This paper supplies a basic scheme of estimation system for life cycle environmental emissions caused by different planning scenarios and environmental improvement methods on the urban renovation process as its prototype system for preliminary simulation analysis. The system of high utility for mainly urban planners is developed to enable simple estimation on urban renovation projects. It is composed of four basic sub-systems, and life cycle estimation processes consist of seven stages from material production to demolition. As life cycle estimation indexes, CO₂ emissions and solid wastes, etc. that are most important as global and regional problems are taken up. The ultimate purpose of efforts in the future is to develop the system that be capable of making specific proposals for sustainable urban redevelopment projects and that can be applied to preparation of guidelines on urban environmental master plans and strategic environmental assessment, etc. in municipalities.

KEYWORDS ; Urban Renovation, Life Cycle Assessment, CO₂ emissions, Solid wastes, Software

1. 研究の背景と目的

近年、持続的発展に向けた環境負荷評価手法のひとつとして LCA が注目を集め、国際標準化機構 (ISO) では、ISO14040 シリーズとしてその標準化が進められている。国際的なこのような動きに伴い、産業製品全般を対象とした LCA 実施をサポートする支援ソフトも数多くの開発例がみられる。都市構造物においても大学、研究所、企業などでさかんに研究が進みつつあり、これまでに構造物単体についての LCA 解析の報告は数多く見られる。また、建築物単体の詳細な LCA 支援ソフト開発についてもいくつか報告されているが、都市全体をとりあげた汎用的な環境負荷評価システム及び支援ツールについての研究はまだ着手されたばかりといえる。一方で、今後、持続可能な社会構築に向けた都市や地区スケールでの戦略的な都市環境施策が問われ、それを誘導する環境負荷評価手法の確立ならびにその支援ツールが求められるものと考えられる。

これらの背景をもとに本稿では、都市や地区スケールにおける様々な計画シナリオによる新規開発計画や既成市街地の更新事業に伴い発生するライフサイクル環境負荷発生量について、代替案の改善効果を定量的に比較するための初期解析が可能なプロトタイプシステムとして報告を行う。

* (株)大林組 Obayashi Corp.

** 大阪大学工学研究科 Graduate Course of Engineering, Osaka University

2. 全体システム構築方針

2. 1 基本方針

都市全体に対するLCA手法の適用は国際的にもまだ着手されたばかりであり支援ツールの開発事例はみられないが、建築物単体の詳細な解析ソフトは欧米を中心に一般公開または市販されている先進的な事例はいくつかみられる。これらの共通点は、建築物単体の既存物件又は新規計画物件を個別に解析するものであること、基本設計～詳細設計段階における設備・仕様データを基本として建築・設備設計担当者又は専門コンサルタント及びLCA研究者を対象利用者としていることなどがあげられる。

都市全体の環境負荷削減にあたっては個々の構造物解析に先駆けて、都市や地区スケールにおける幅広い施策を現状から将来の更新時にかけて先導的に誘導する必要があると考えられる。そこで、建築・設備設計者や専門研究者よりむしろ都市環境計画立案者にとって利用性の高いシステム開発を行うものとする。システム構築の基本方針は下記の通りである。

- 1) 都市計画や環境計画に関する環境負荷削減施策を戦略的に導入したサブシステムを内部化する。
- 2) 地区再開発における企画構想段階での構造物基本データによって演算可能とする。
- 3) 現況をもとに更新後データ作成の支援を可能とする。
- 4) 基礎データ（各種原単位や標準設定値）は基本的にシステム内部で事前に整備し、適宜ユーザー側からの変更・追加を可能とする。
- 5) ライフサイクルでの総量算定にとどまらず時系列においても同時に捉えるとともに、複数ケースでの代替案比較を可能とする。
- 6) 汎用性や今後の研究発展性を考慮し、OSをWindowsとしてExcelやAccessデータテーブルとの連携を容易なものとする。

2. 2 システム基本構成

全体システムは、「情報入力サブシステム」「戦略的代替案計画サブシステム」「環境負荷算定サブシステム」「出力表示サブシステム」の4つのサブシステムから構成される。図-1にその基本構成を示す。

「情報入力サブシステム」において建築物や土木構造物属性データを入力・作成し、「戦略的代替案計画サブシステム」において環境負荷削減手法等を取り込みながら、「環境負荷算定サブシステム」で構造物属性データに各種原単位・標準値データを適用させることにより、構造物資材量及びライフサイクル環境負荷の演算を行う。「出力表示サブシステム」では演算結果を集計し、テーブル及びグラフとして出力を行い、

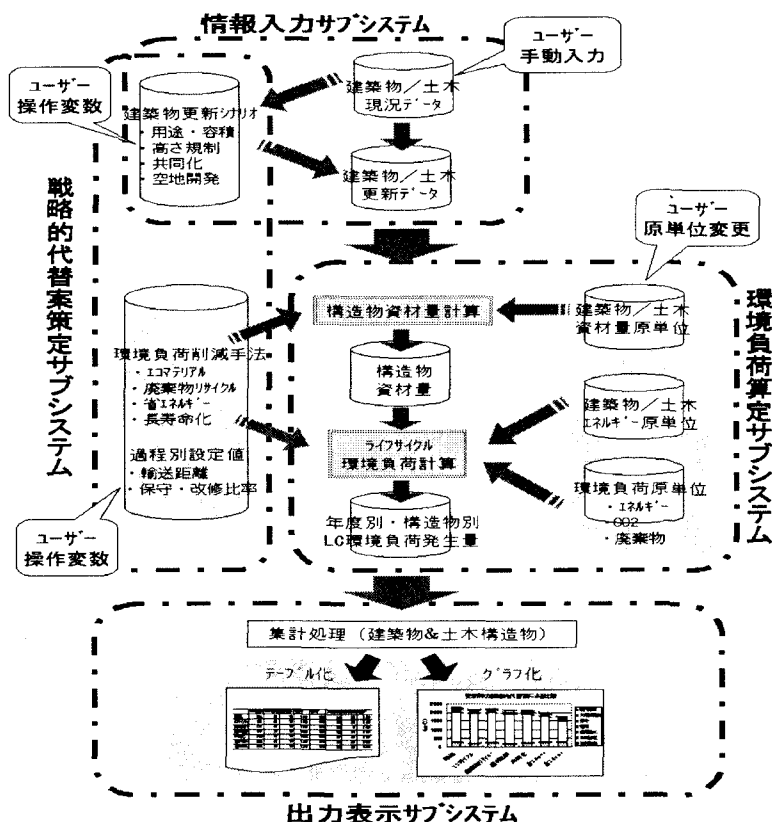


図-1 全体システム基本構成

代替案の環境改善効果を定量的に比較することが可能となる。

評価対象構造物は建築物及び土木構造物（交通基盤：道路・鉄道・人工地盤）とする。ライフサイクルステージは、資材生産・資材輸送・現場施工・運用・保守・大規模改修・解体除却の7段階に分割して算定を行う。また、評価指標は地球環境ならびに地域的環境問題として特に重要視される二酸化炭素排出量、建設廃棄物発生量をはじめ、資材使用量、エネルギー使用量を取りあげることとする。

3. サブシステム構造

3. 1 情報入力サブシステム

建築物属性データは用途・構造・階数・延床面積・着工年度など基本条件のみの入力・作成を行うことで演算が可能である。現況の属性データは全て手動により入力を行うが、Excel や Access 等のデータテーブルによるインポート／エクスポートには対応可能である。また、更新後に隣接建物の共同化を想定する場合はユーザーが独自に想定した街区・ブロックデータを入力することにより対応することもできる。更新後のデータについては“更新条件”を設定することにより既存データをもとに自動作成することが可能である。“更新条件”は、空間・時間的な簡易条件を設定するものであり、“更新形態”と“更新（共同化）スケジュール”の2つの組み合わせからなる。“更新形態”では建替方法・用途・構造・高さ（階数）・基準階面積・空地開発の有無、“更新（共同化）スケジュール”では一斉更新又は逐次更新（寿命設定）の選択や共同化更新時期などの設定が可能である。共同化更新時期は、共同化の対象となる建築物全体の用地面積または建築面積または延床面積の合計に対する寿命経過物件の割合を基準に決定することとしている。“更新条件”は、様々な敷地条件や構造物条件に適合する物件毎に異なるものを適用させることもできる。尚、更新データ自動作成の場合には、建物構造・施工期間・運用期間データは“標準設定値”から自動的に与えることも可能である。

土木構造物属性データも種類・形式・面積（幅員・延長）・着工年度など建築物と同様、基本条件のみの入力・作成を行えばよい。寿命経過後に繰り返し同一の更新を行う場合には更新後データの自動作成が可能である。尚、交通量については外性的に与えることとしている。

“建築物データ入力/変更”及び“更新形態”のGUI（Graphical User Interface）を図-2、図-3に示す。また、建築物属性データへの更新条件の適用手法を図-4に示す。

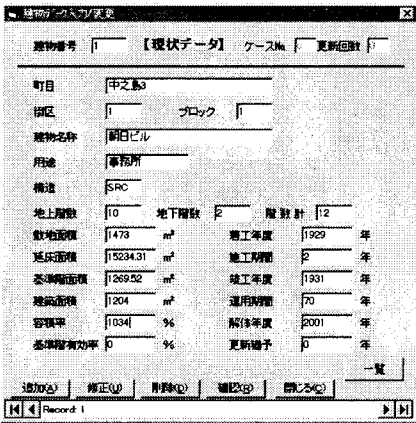


図-2 “建築物データ入力/変更” GUI

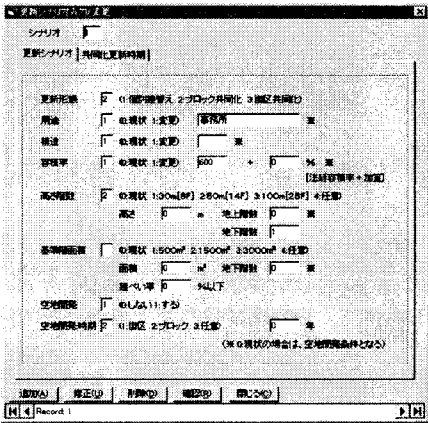


図-3 “更新形態” GUI

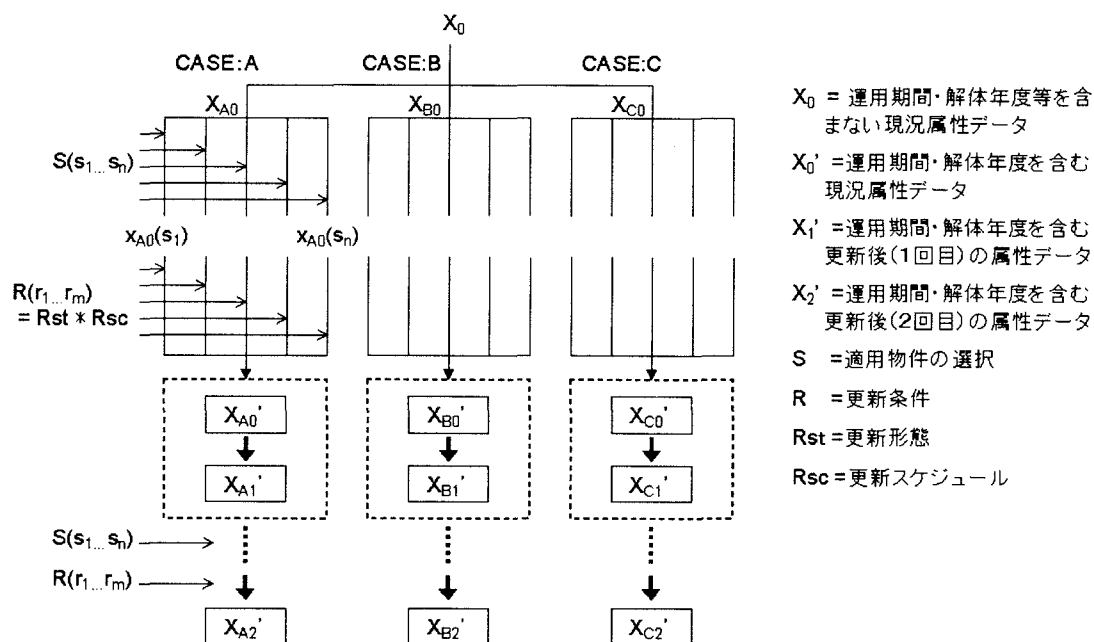


図-4 更新条件の適用

3. 2戦略的代替案策定サブシステム

都市集積を構成する構造物に関わる環境改善施策において環境負荷削減効果が期待される手法を戦略的な代替案として取り込み、その効果を環境負荷計算に反映させることができる。環境負荷削減手法はシステム側で事前に用意されているため、ユーザーは容易に操作変数を取り扱い代替案の諸条件を設定することが可能である。システムに導入した環境負荷削減手法を表-1に示す。

表-1 環境負荷削減手法

項 目	概 要
エコマテリアル使用	・ 高炉鋼から電炉鋼への転換率の設定 ・ ポルトランドセメントから高炉スラグ入りセメントへの転換率の設定
省エネルギー	・ 運用過程におけるエネルギー使用量削減率の設定
建設廃棄物リサイクル	・ 再生骨材の使用率・搬入距離の設定及びコンクリート殻のリサイクル率・搬出距離の設定 ・ 再生アスファルトの使用率・搬入距離の設定及びアスファルト殻のリサイクル率・搬出距離の設定

“環境負荷削減手法”は“過程別設定値”との自由な組み合わせにより、代替案ケース毎の評価パラメータとして登録され、環境負荷計算の際に適用される。“過程別設定値”では、資材生産及び運用過程において算定式を用いる計算または標準値による計算の選択、資材輸送距離、初期投資に対する保守・大規模改修比率、解体材搬出距離などの設定を行う。また、“更新条件”の場合と同様に、評価パラメータは、様々な敷地条件や構造物条件に適合する物件毎に異なるものを適用させることもできる。“環境負荷削減手法”及び“過程別設定値”の GUI を図-5、図-6 に示す。また、構造物属性データへの評価パラメータの適用手法を図-7 に示す。

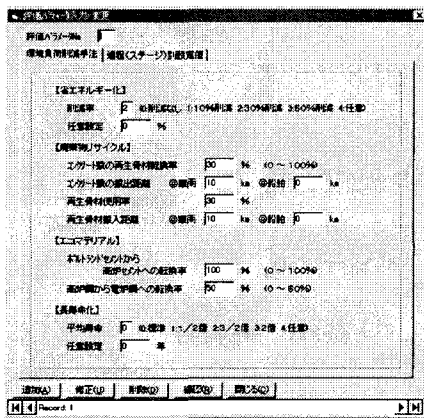


図-5 “環境負荷削減手法” GUI

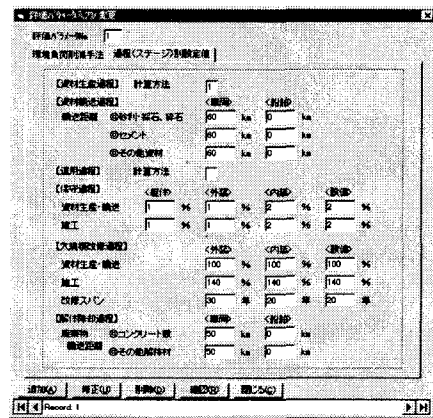


図-6 “過程別設定値” GUI

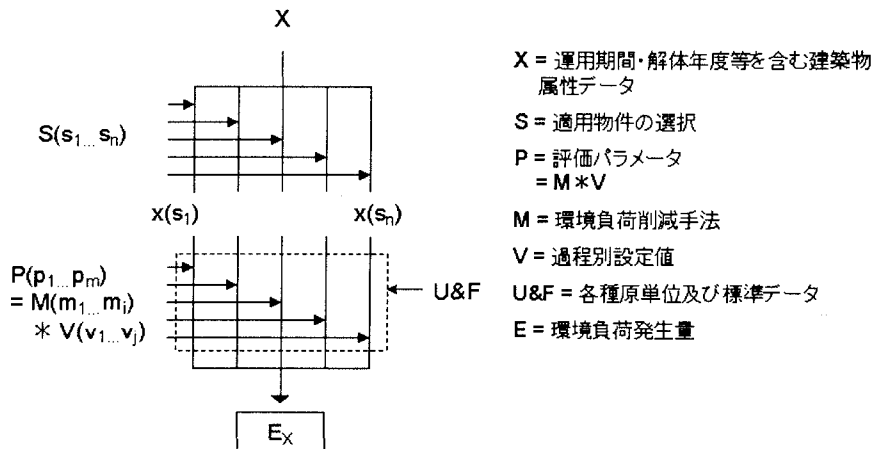


図-7 評価パラメータの適用

3. 3 環境負荷算定サブシステム

環境負荷計算は構造物データ及び評価パラメータ（環境負荷削減手法及び過程別設定値の代替案ケース）を指定することにより様々な組み合わせで演算を行うことができる。

まず、構造物属性データと用途・構造別の資材使用量原単位（主要 17 資材）及び算定式（セメント、高炉鋼、電炉鋼）をもとに評価パラメータを適用させ、構造物別の資材使用量を求める。ここで、資材使用量を独自に変更することも可能である。次に、この資材使用量をもとにライフサイクルの各過程（ステージ）に関わる環境負荷原単位、用途別エネルギー使用量算定式及び評価パラメータを再度適用させることによりライフサイクル別環境負荷発生量を演算する。ここで、着工年度～竣工年度～解体年度のデータをもとに各ライフサイクル過程毎の算定値を年度別に展開することによって、構造物毎の過程別環境負荷発生量が時系列で求められることとなる。尚、システム側で演算に必要な各種原単位や標準値を事前に整備しているが、これらの数値はいずれも GUI を通してユーザー側で適宜変更・追加が可能である。さらに各種原単位や計算結果は、Excel や Access データテーブルとのインポート/エクスポートと対応している。

3. 4 出力表示サブシステム

“集計レポート出力”では“構造物入力/変更”で入力・作成した構造物データと“環境負荷削減

手法”“過程別設定値”で設定した評価パラメータの自由な組み合わせによる比較パターンを複数設定することができる。集計のための条件として集計対象（全体、建築物、土木構造物、道路、鉄道、人工地盤）、集計エリア（地区全体、街区別、ブロック別）、集計種別（全体、年度別）、集計単位（総量、年間当たり）及び集計指標（資材使用量、エネルギー使用量、二酸化炭素排出量、建設廃棄物発生量）の選択にしたがって集計し、インベントリ分析を行う。集計結果の出力表示は Excel を自動起動させテーブル化及びグラフ化を行うことで、代替案の環境負荷削減効果を定量的に比較することが可能である。グラフ出力例を図-8 に示す。

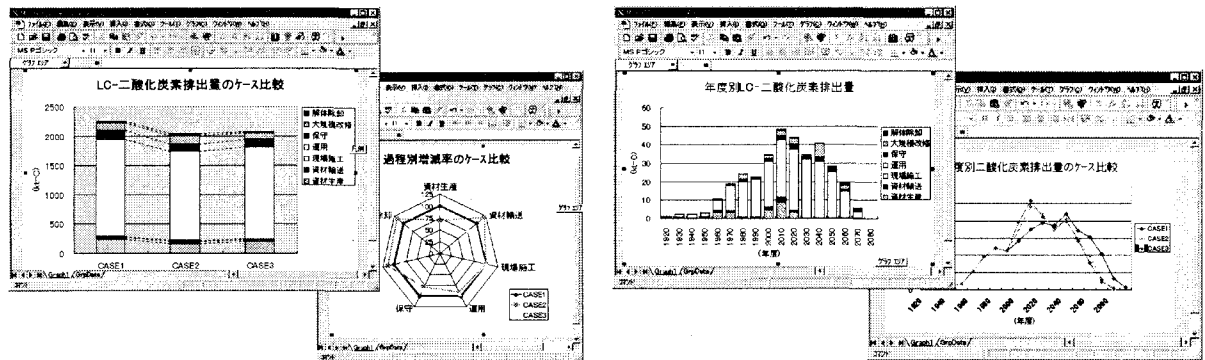


図-8 グラフ出力例

4. まとめ

本稿では、初期解析が可能なプロトタイプシステムについての報告を行った。本システムを活用することで都市・地区レベルへの LCA 手法適用の有効性を確認し、様々な計画シナリオによる環境負荷改善効果を容易に定量解析することが可能となった。全体システムの構築目標として、次のような機能導入を検討する予定である。

- ・建築物や交通基盤整備に対応した発生・集中交通量や広域対応・地区専用のエネルギー供給施設及び廃棄物処理システムに起因する環境負荷の評価
- ・既存デジタル DB や GIS の活用により建築物及び土木構造物属性データを入力するサブシステム
- ・複数環境負荷指標の総合的な評価及び最適計画案策定を支援するサブシステム
- ・都市・環境計画実務者が利用可能な汎用性・機能性・操作性の向上 など

今後、持続可能な都市再開発プロジェクトへの具体的提案や自治体ガイドライン・マスタープランの策定、戦略的環境アセスメント等に適用可能なシステムとして改善・機能拡充を図りたい。

謝辞：本研究を進めるにあたって、科学技術振興事業団・戦略的基礎研究推進事業（CREST）の支援を得るとともに、システム構築にあたり NEC ソフトウェア関西(株)の協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Fujita.T., Morioka.T., Sakai K., et.al.; (1998) Life Cycle Estimation of Environmental Emission from Urban Development process, Proceedings, The 3rd International Conference on Ecobalance, p.163-166
- 2) Sakai K., Fujita.T., Morioka.T., et.al.; (1998) Application of Life Cycle Assessment to Urban Renewal Projects, Proceedings Symposium A, vol.2, CIB World Building Congress 1998, p.819-826