

外部条件の変化を考慮したライフサイクル評価手法 - 長寿命型住宅の普及シミュレーションへの適用 -

松本 亨¹・石崎美代子²・中山裕文³・井村秀文⁴

¹正会員 博(工) 北九州市立大学助教授 国際環境工学部環境空間デザイン学科
(〒808-0135 北九州市若松区ひびきの1-1)

²学生員 九州大学大学院 工学府都市環境システム工学専攻(〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

³正会員 博(工) 九州大学大学院助手 工学研究院環境システム科学研究センター(同上)

⁴正会員 工博 名古屋大学教授 環境学研究科都市環境学専攻(〒464-8603 名古屋市千種不老町)

LCAにおいて時間依存性のあるシナリオ分析を行うためのライフサイクル評価手法を検討した。評価対象として、長寿命型住宅として提案、実用化が進んでいるスケルトン・インフィル(SI)住宅を取り上げ、その普及シミュレーションを行った。ダイナミックに変化するシナリオとして、住宅床面積の需要変化と運用段階における世帯人員数別CO₂排出原単位を扱えるモデルとし、1995年から2100年の105年間を評価対象とした。これにより、SI住宅普及によるLC-CO₂及び解体廃棄物削減効果を試算した。

Key Words: dynamic modeling, life cycle assessment (LCA), Skeleton-infill housing, life of house

1. 序論

廃棄物の発生抑制や省資源、環境負荷削減対策として、製品や構造物の「長寿命化」が有力な手段の一つとして認識されている。これは、全産業の資源利用量の約5割を建設資材として利用し、産業廃棄物の約2割、最終処分量の約4割を占める¹⁾建設業においても重要な課題といえ、長寿命型建造物の技術開発とその普及には強い社会的要請がある。ところで、都市はその姿をとどめることなく常に変化の過程にあり、都市構造物を取り巻く状況も常に動いている。都市構造物の評価を行うためには、それがもたらすサービスと環境負荷(もしくは環境影響)とのバランスを考える必要があるが、その場合双方の時間的な変化を考慮することが求められる。つまり、都市構造物へのニーズを固定的に扱わず、ダイナミックに分析するための手法が必要であるといえる。

製品や構造物のライフサイクルにわたる環境影響を総合的に評価する手法としてライフサイクルアセスメント(LCA)がある。従来からLCAは、長期的な時間依存性を考慮することに難点があることが指摘されてい

る^{2),3)}。つまり、運用段階や廃棄段階の環境負荷発生を決める変数をすべて初期条件として固定的に設定してしまうこと、プロダクトバスケット(あるいはベネフィットバスケット)法を用いる場合の代替効果についても時間依存性を無視していることによる。また、インベントリ分析において用いられる環境負荷原単位も、特定の年の産業活動データを前提としていることから、やはり資源フロー構造を固定的に扱わざるをえない。ライフサイクルの長い建築物や都市インフラにLCAを適用するにあたって、これらの課題はこれまで無視できるものとして適用されてきた。

本研究では、長寿命型住宅のためのライフサイクル評価手法を検討する。具体的には、躯体住戸分離方式の工法として提案されているスケルトン・インフィル住宅(以下、SI住宅)を評価対象として取り上げる。これは、長期耐用の躯体部分(サポート)と、取り替え可能な住戸部分(インフィル)を構造的に分離した建築方式である⁴⁾。本研究では、サポートの寿命を平均100年、インフィルの寿命は世代が変わるスパンを考えて30年とした。この方式の住宅が都市に普及するこ

とが、環境負荷削減にどのように寄与するかを評価する。そのためには、長期にわたる外部条件の変化を考慮したLCA手法を検討する。まず、考慮すべき外部条件の整理を行う。その上で、実際に変化する外部条件の予測を行い、それをを用いた普及シミュレーションを行う。これにより、都市の総合戦略のためにLCAがどのような役割を果たすことができるかを、その検討に資することを目的とする。

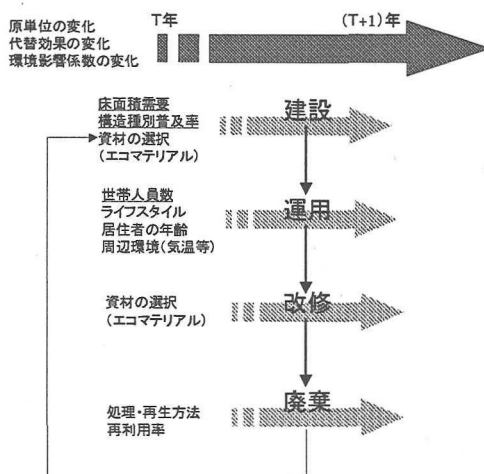
2. 研究の分析フレーム

(1) 評価対象と外部変化

住宅ストックの更新周期を比較すると、我が国が木造で約40年、非木造で30～40年であるのに対して、欧米諸国はアメリカが103年（1991年）、イギリスが141年（1991年）と、日本より極めて長いことがわかる⁵⁾。建設廃棄物の処分問題、省資源、さらには生活の質（Quality of Life）の問題から、近年建築物の寿命の問題は大きくクローズアップされるに至っている。

建築物の寿命には、①物理的寿命のほか、②機能的寿命、③社会的寿命（社会制度の変更、文化的価値観の変化、経済的効率性の劣化等）が存在する^{6), 7)}。我が国の住宅ストックの短寿命要因は、①よりむしろ②、③にあるといわれている。本研究で評価対象とするSI住宅は、安全性、耐久性、耐震性などの普遍的要素が求められるサポートと、時代の変化や居住者のライフステージに即して柔軟な可変的要素が求められるインフィルを分離することに特徴がある。これまでの住宅では、この二つの要素を一体のものとして建設してきたため、インフィルがその役割を満たさなくなることが、物理的寿命がくる前に廃棄される大きな要因となっていた。スケルトンとインフィルの分離により、機能面で居住者の要求に柔軟に対応でき、②の機能的寿命の短縮要因を抑制することが可能となる。

ここで、SI住宅の普及によるLCAを実施するにあたり、そのライフサイクルに関係してくる外部条件の変化を図1に整理する。まず、各プロセスに共通するところでは、1章で述べたとおりインベントリ分析のための原単位変化がある。積み上げ法、産業連関法に関わらず、ある時点での産業間の資源フローを基本とすることによるものであるが、現実的には対処が困難である。また、リサイクル等再資源化による代替効果についても、技術進歩や社会情勢の変化による時間依存性が存在する。次に、各プロセス別にみていくと、まず建設段階では、住宅床面積全体の需要変化とその構造種別割合の変化（つまりSI住宅の普及率変化）があ



注）アンダーラインは本研究で取り上げたシナリオ

図-1 ライフステージと時間依存シナリオの関係

る。ここで、SI住宅の長寿命という特性から、人口が減少する場合長期的に見ると床面積の需給にアンバランスが生じる可能性がある。その予測評価は従来のLCA手法では不可能であり、本論で検討する評価手法が有効となる。運用段階では、ライフスタイルや住宅周辺環境（都市気候等）の変化による環境負荷原単位変化がある。また、維持管理に関しては、そのエコマテリアル等の利用による資材製造環境負荷原単位変化がある。廃棄段階では、再利用率の向上等、その処理方法の変化が検討対象となる。

(2) 外部条件の時間的変化を考慮したLCAの既往研究

嶋田ら（2000）⁸⁾は、廃プラスチックの循環シナリオについて、時間依存性のある複数のシナリオを設定し、LC-CO₂排出量を計算できるようなライフサイクルモデルを構築している。具体的には、シナリオ分析をする際に、影響がシステム全体に伝播する時間、製品の寿命の相違、資源の残量変化等を考慮することで、時間依存性のあるシナリオを扱うことができるとしている。

McLarenら（1999）⁹⁾は、イギリスにおける携帯電話の回収・再資源化シナリオを時間的変化のもとで推計している。

都市に適用した例としては、林ら（2000年）¹⁰⁾の建築物及び都市インフラについて、都市空間構造の改変施策による影響を時系列的に評価したものがある。建築物（住宅及び非住宅）について、コーホートモデル

を用いて建築物の年齢と環境影響の関係を経年で分析している。また、居住ゾーンの変化と交通量の関係について動的な分析が試みられている。

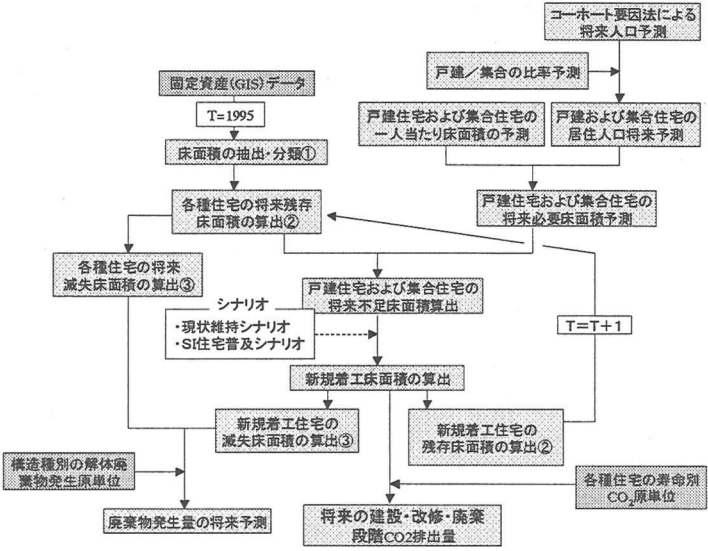
(3) 本研究の分析フレーム

図2に、本研究の分析フローを示す。図1で示した時間的変化のある外部条件のうち本研究のモデルで組み込む部分は、①すべてのステージに影響する住宅床面積の需要変化（総量及び種類別、構造種別）、②運用段階に影響する世帯人員数別のCO₂原単位変化である。いずれのシナリオも、初期設定では固定化されず時間とともに変化する時間依存型シナリオである。これらは、①人口予測のための諸変数、②世帯人員数がパラメータとなり、シナリオが決定される。

評価期間は、SI住宅の導入効果

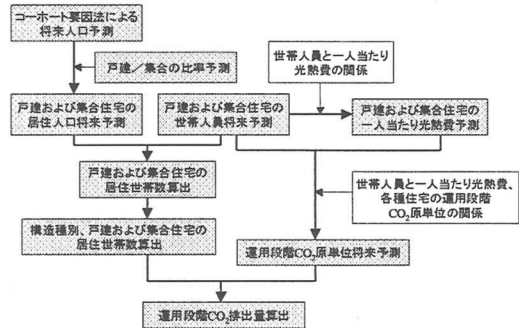
が十分評価できるように、1995年から2100年までの105年とした。対象都市は、建築物の構造種別建築年別のデータを入手することができた北九州市である。ただし、シミュレーションのためのフィールドデータとして北九州市のデータを利用したのみであり、将来予測は市の具体的な計画等を反映したものではないことに付言しておく。評価指標としては、ライフサイクルCO₂と、解体廃棄物発生量（体積及び重量）を採用する。

まず、住宅のライフサイクルを運用段階とそれ以外に分けて考える。運用以外のステージ（建設、改修、廃棄）の予測方法であるが、コーホート要因法によって推計した将来人口と戸建／集合の種類別一人あたり床面積をもとに、戸建／集合別床面積需要を求める。また、種類別構造種別の残存床面積を減失関数を用いて求め、これと床面積需要から新規着工面積を求める手順となる。ここで、新規着工面積を補う2つのシナリオを設定した。一方は、1995年度の構造種別（木造、RC造、鉄骨造）住宅床面積比を将来にわたって一定（戸建と集合の種類別床面積比は変化させる）と仮定して補うシナリオ（以下、現状維持シナリオと呼ぶ）で、他方は、戸建は現状維持シナリオと同様であるが、集合住宅については全てSI住宅で補うというシナリオ（以下、SI住宅普及シナリオと呼ぶ）である。この2つのシナリオのもと、種類別構造種別の床面積あたりLC-



- 注)
①分類：建築年別木造・RC造・鉄骨造戸建および集合住宅
②各種床面積に各種住宅の残存率をかけることにより算出
③ [(T-1) 年度床面積 - T 年度床面積] より算出

(a). 建設・改修・廃棄段階の分析フレーム



(b). 運用段階の分析フレーム

図-2 研究のフロー

CO₂原単位を乗じることで、LC-CO₂排出量を求める。

次に、運用段階についての分析手順を概説する。基本的には、住宅種類別構造種別のCO₂原単位と世帯数からCO₂排出量を算出するが、CO₂原単位については世帯人員数と一人あたり光熱水費の関係を利用して、世帯人員数の減少傾向によるCO₂原単位の増加を予測に取り込む。住宅種類別居住人口と世帯人員から種類別構造種別世帯数予測値を予測し、これにCO₂原単位を乗じることで運用段階のCO₂排出量を算出する。

以上のようにして求めた各ステージにおけるCO₂排出量を加え、住宅のライフサイクルCO₂排出量とする。

なお、運用以外のステージからのLC-CO₂は、滅失確率を考慮した寿命で除することで、単年度の値として用いる。解体廃棄物発生量は、滅失床面積に構造種別原単位を乗じて求める。

3. 趨勢シナリオにおける住宅のLC-CO₂予測

(1)人口および世帯人員、世帯数の予測

将来人口は、コーホート要因法を用い、2100年まで5歳刻み5年間隔で予測した。

前期(t年)の人口と生残率、純移動率より、次期(t+1年)の人口を予測する。人口の初期値としては、1995年度の北九州市男女年齢階層別人口¹¹⁾を用いた。生残率、出生率は、北九州市と全国との間でほとんど差異はないと考え、全国予測値¹²⁾を用いた。出生性比は一定値1.056¹²⁾を用いた。純移動率は、北九州市の過去のトレンド¹³⁾から対数近似曲線により、男女年齢階層別に予測した。

次に、この予測人口を戸建住宅および集合住宅の居住人口に分配する。その分配比は、北九州市の過去のトレンド¹⁴⁾から修正指数曲線により予測したものを用いた。修正指数曲線は2100年には、戸建住宅および集合住宅の居住人口比が、35%:65%に収束するように設定した。図3に戸建住宅および集合住宅の居住人口予測結果を示す。

また、世帯人員についても、戸建および集合住宅別に、過去のトレンド¹⁴⁾から修正指数曲線により求めた。各々の2100年における収束値は、2人/世帯、1.5人/世帯とした。結果を図4に示す。さらに、戸建/集合住宅別居住人口を戸建/集合別世帯人員で除すことにより、将来の世帯数を戸建/集合住宅別に予測した。構造種別の世帯数比は、現状値を将来にわたって用いた。その結果を図5、6に示す。

(2)住宅の寿命および建替え予測

まず、残存床面積の算出方法を説明する。1995年時点で北九州市に現存する住宅の床面積を、木造、RC造、鉄骨造の戸建および集合住宅別に、固定資産管理用のGISデータより集計した。これをさらに建築年別に集計し、1995年における各住宅の年齢xを判別した。そして、1995年からn年後、つまりその住宅が建築されてから(x+n)年後の住宅には、(x+n)年後の住宅残存率を乗じて、(x+n+1)年後の住宅残存床面積を予測した。これを構造種別、建築年別に行うことで、2100年までの構造種別の残存床面積を求める。図7にその概念を示すが、垂直方向が1980年に建築されたある構造種の年別残存床面積であり、水平方向は同

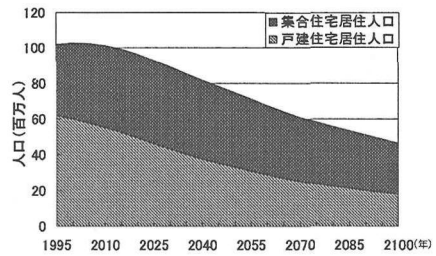


図-3 人口予測結果

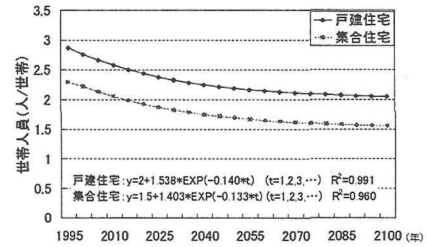


図-4 世帯人員予測結果

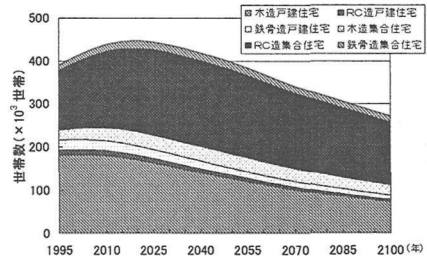


図-5 世帯数予測結果(現状維持シナリオ)

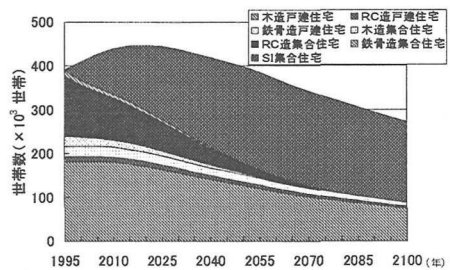


図-6 世帯数予測結果(SI住宅普及シナリオ)

一寿命の床面積を意味する。この手法は、人口予測に用いたコーホート要因法と基本的には同じであるが、後述するように寿命別に異なるCO₂原単位を用いることから、残存床面積についても構造種別建築年別に予測し、さらに寿命年数別に集計するという複雑な作業を実行している。住宅残存率は、既往研究¹⁵⁾による戸建および集合住宅の構造種別故障密度関数から、最も適した分布形とパラメータを用いて算出した。

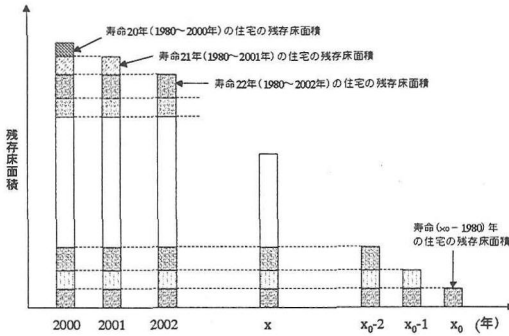


図-7 残存床面積の算出方法：ある構造種の1980年築住宅の例

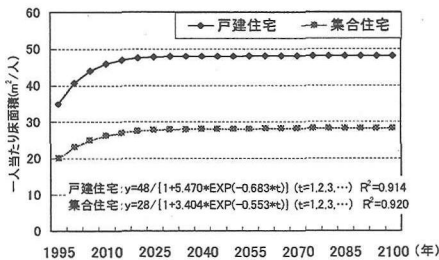


図-8 一人当たり床面積予測結果

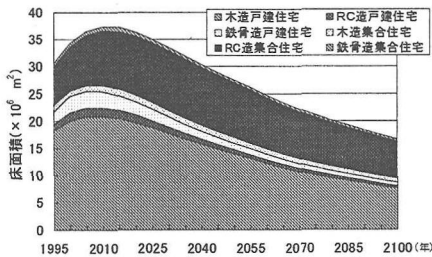


図-9 将来床面積予測結果（現状維持シナリオ）

次に、床面積需要の推計方法であるが、一人あたり床面積需要を北九州市の過去のトレンド¹⁴⁾からロジスティック曲線により戸建／集合住宅別に予測した。2100年における収束値は、それぞれ48 m²/人および28m²/人とした。一人あたり床面積の予測結果を図8に示す。この戸建／集合住宅別一人あたり床面積に戸建／集合住宅別予測人口を乗じることにより将来の必要床面積を算出した。

この必要床面積から寿命で減失した残存床面積を引くことで不足床面積を予測した。その不足面積をここでは現状維持シナリオのもと補い、将来の住宅床面積を2100年まで予測した。将来の住宅床面積予測結果を図9に示す。

(3)住宅のLC-CO₂ 予測と考察

CO₂排出量は、前述したとおり、建設(部材及び施工)、運用、改修、廃棄の4段階において算出する。このうち、運用段階をのぞいたステージにおける原単位(床面積あたり)は、短期間もしくは断続的に発生するため、減価償却と同様の考え方から建築物の寿命で除することにより各年に割り振る。したがって、1年あたりに排出されるLC-CO₂排出量は寿命によって異なる値となることになり、寿命が長くなる程小さくなる。原単位については、国土交通省建築研究所のデータベース¹⁶⁾を用い、入力条件については既存研究^{17),18)}を参考にして算出した。図10に、算出した住宅の寿命と運用以外のステージのLC-CO₂原単位との関係を、住宅構造種別に示す。つまり、LC-CO₂原単位が、住宅種類別構造種別、さらに寿命年数別に存在することになる。これに、戸建／集合住宅の構造種別、寿命年数別に集計した残存床面積データを乗じて、各種住宅のCO₂排出量を2100年まで算出した。

次に、運用段階のCO₂排出量の算出について説明する。これは、住宅種類別構造種別で異なることは当然であるが、居住者のライフスタイルと密接な関係があ

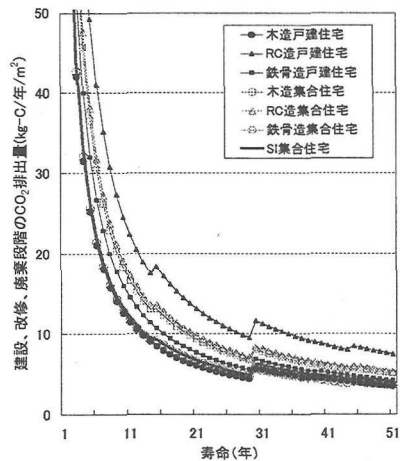


図-10 建設、改修、廃棄段階CO₂ 排出量

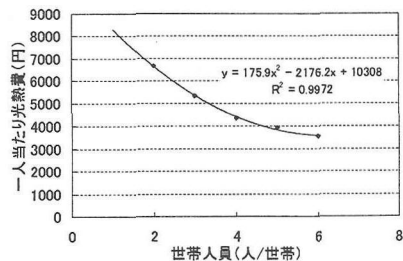


図-11 世帯人員と一人当たり光熱費の関係

る。例えば、世帯人員数、居住者の年齢、滞在時間、家電保有台数、さらに環境意識といったところである。将来人口をコーホート要因法で予測しているため、年齢別の原単位を考慮することも考えられるが、ここでは世帯人員数による原単位の差を考慮する。

まず、国土交通省建築研究所のデータベース¹⁹⁾を用いて、任意の世帯人員における住宅種類別構造種別の原単位(床面積あたり)を算出する。ところで、世帯人員数と一人当たり光熱水費の間には、図11に示すような関係¹⁹⁾がある。この関係と先に求めた任意の世帯人員数と原単位の関係を関数化する。その関係を用いて、将来の世帯人員予測値に対応する CO_2 原単位を求め、これに住宅種類別構造種別の世帯数を乗じて運用段階の CO_2 排出量とした。

以上のようにして算出した全ステージにおける CO_2 排出量の将来予測結果を図12に示す。さらに、LC- CO_2 を予測人口で除して、一人当たり CO_2 排出量を求めたものが図13である。図13の漸増の要因は、一人あたり床面積の増加と世帯人員数の減少による。

4. 長寿命型建築物としてのSI住宅普及シナリオにおけるLC- CO_2 予測

(1) 住宅単体の評価によるSI住宅の静的評価

SI住宅単体のLC- CO_2 について、まず、時間依存シナリオを無視した静的評価を行い、既存の住宅と比較する。SI住宅の入力条件については、ヒアリング調査^{注1)}及び既往研究^{4), 20)}を参考にした。なお、インフィルの更新時期は30年とした。

図10は、運用以外のステージの床面積あたりLC- CO_2 原単位を寿命で除したものであるが、SI住宅は寿命が長いことを反映して、木造集合住宅の次に小さい値で推移している。図14は、集合住宅について、構造種別平均寿命(ただし正規分布の場合の期待値を採用)¹⁵⁾における運用以外のステージLC- CO_2 原単位と、運用段階の原単位を合計した比較である。これを見ると、SI住宅のLC- CO_2 は木造住宅の次に小さく、鉄骨造の0.70倍、RC造の0.84倍となっていることがわかる。また、SI住宅は寿命が長いことを反映して、建設・改修・棄段階の CO_2 発生量が、使用段階の CO_2 発生量に対して小さくなっていることも読み取れる。

(2) 普及シミュレーションによる CO_2 削減効果

3章では現状維持シナリオのシミュレーションを行ったが、ここでは、4.(1)の結果を踏まえ、SI住宅普及シナリオの評価を行う。

床面積の予測結果を図15に示す。これに、構造種別

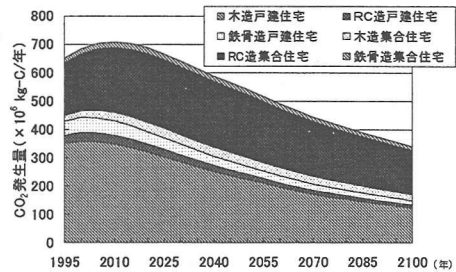


図-12 CO_2 排出量予測結果(現状維持シナリオ)

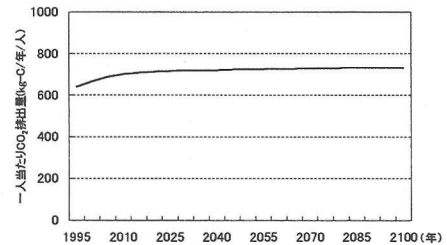


図-13 一人当たり CO_2 排出量(現状維持シナリオ)

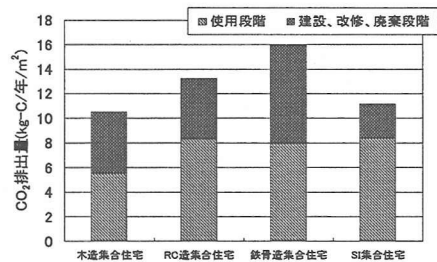


図-14 各種住宅の平均寿命におけるLC- CO_2 発生量

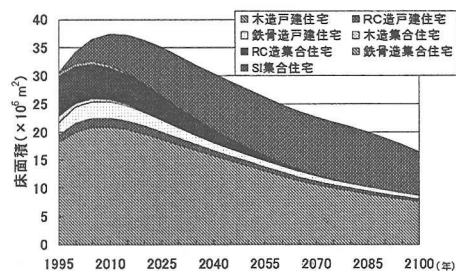


図-15 将来床面積予測結果(SI住宅普及シナリオ)

寿命別LC- CO_2 原単位を乗じて2100年まで運用時以外のLC- CO_2 排出量について算出する。ここで留意する必要があるのは、SI住宅の滅失速度よりも人口減少速度の方が大きいために、2060年から2095年にかけてSI住宅残存床面積に余剰が発生していることである。この結果、当然ながら一人あたり CO_2 排出量が、運用以外

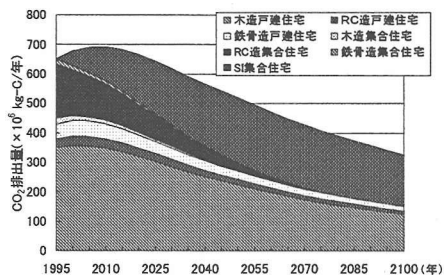


図-16 CO₂排出量予測結果 (SI住宅普及シナリオ)

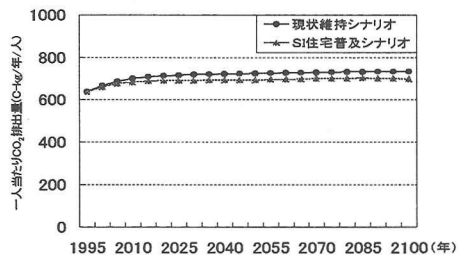


図-17 一人当たりCO₂排出量 (両シナリオ)

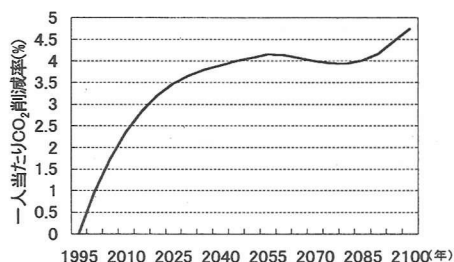


図-18 SI住宅普及シナリオの現状維持シナリオに対する一人当たりCO₂削減率

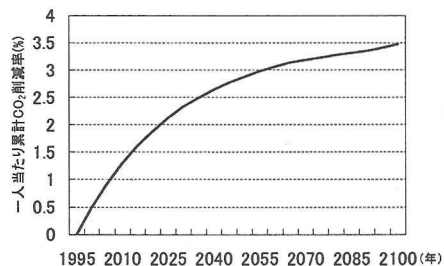


図-19 SI住宅普及シナリオの現状維持シナリオに対する一人当たり累計CO₂削減率

のステージでは増加している。運用段階のCO₂排出量の算出方法は、現状維持シナリオと同様である。なお、余剰床面積に相当する部分の運用段階のCO₂排出量は、その期間に限りゼロとした。

図16にLC-CO₂の予測結果、図17にその一人あたりを示す。これをさらに、現状維持シナリオからの削減効果を、経年 (図18) 及び累積 (図19) で表した。これより、一人あたりCO₂削減率は2000年には最高の4.7%に達すると予測された。ここで、2060年から一人当たりCO₂排出量削減率が減少しているのは、SI住宅普及シナリオにおける建設、改修、廃棄段階の一人当たりCO₂排出量が増加しているからである。また、1995年からの累計CO₂削減率は、2100年には3.5%になることがわかった。

5. 解体廃棄物発生量による評価

建築物の長寿命化による効果は、建築のための資源消費量や解体廃棄物発生量の削減に対して大きいことが予想される。そこで、現状維持シナリオとSI住宅普及シナリオについて、解体廃棄物の発生量を2100年までシミュレーションする。

解体廃棄物の推計手法としては、住宅の滅失床面積に、構造種別物質別の床面積あたり廃棄物発生原単位²⁾を乗じることで求める。なお、非木造住宅については、建設時の資材投入量²⁾で代用する。原単位は体積ベースと重量ベースを用いた。体積については、特に最終処分場の逼迫問題を意識している。

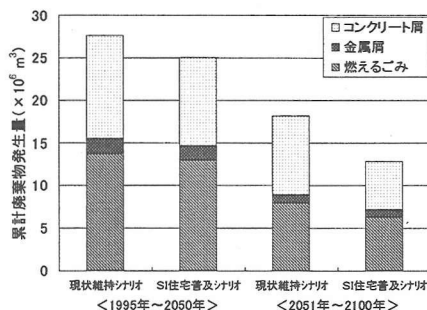


図-20 廃棄物発生量 (体積ベース)

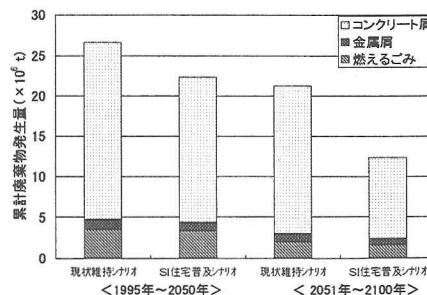


図-21 廃棄物発生量 (重量ベース)

図20及び21に予測結果を示す。これは、1995～2050年及び2051～2100年の各累積発生量で、2つのシナリオを比較している。これによると、21世紀後半のSI住宅普及シナリオの現状維持シナリオと比較した場合の解体廃棄物削減効果は、体積ベースで29.4%、重量ベースで41.7%と予測された。このように、LC-CO₂と比較して解体廃棄物の方が環境負荷削減効果が大きい結果となった。

6. 結論と今後の課題

本研究では、LCAにおいて時間依存性のあるシナリオ分析を行うためのライフサイクル評価手法を検討した。その検討例として、長寿命型住宅として提案、実用化が進んでいるSI住宅を評価対象とした。ダイナミックに変化するシナリオとしては、住宅床面積の需要変化（総量及び種類別、構造種別）と運用段階における世帯人員数別CO₂排出原単位を事例として検討した。

その結果、以下を明らかにすることができた。

- 1) 実在都市のデータを利用し、2100年までの住宅の建て替えに関する将来予測シミュレーションを行い、建設、運用、改修、廃棄の各段階で発生するCO₂排出量を推計した。その際時間依存パラメータを導入することで、長寿命型住宅の普及効果のように、長期にわたるライフサイクル評価に対応しうる手法を開発することができた。
- 2) 動的な解析を実施することで、住宅床面積の需給構造を追うことができた。その結果、長寿命型住宅普及の際に、シナリオによっては余剰面積が発生することも再現できた。
- 3) 北九州市におけるSI集合住宅普及による一人当たりCO₂削減率は、現状維持シナリオ（構造種別床面積比が現状のまま推移した場合）を基準にすると、2100年に約4.7%となり、1995年からの累計CO₂削減率は約3.5%となると評価された。
- 4) 減失床面積から解体廃棄物を推計した。その結果、SI住宅普及シナリオでは、現状維持シナリオを基準にすると、21世紀後半の累計廃棄物削減率は、体積で29.4%、重量で41.7%となることが明らかにされた。SI住宅の導入は、特に建設廃棄物削減で大きな効果を発揮することがわかった。

今後の研究の拡大方向としては、以下のような点が考えられる。

- 1) 他の時間依存シナリオ：今回の研究において、解体廃棄物発生量は予測したが、その処分・再資源化方法による評価は行っていない。さらに、再生材利

用率の変化も検討対象であろう。

- 2) 面的解析：今回は、データのインプット段階のみにGISを使用した。住宅普及を面的に解析することにより、都市環境インフラを利用したサーマルリサイクル型のエネルギーシステムの評価とセットで評価することもありうる。また、集合住宅の増加に伴うオープンスペースと緑化の都市気候に与える影響とのリンクも可能となる。
- 3) 最適化モジュール：一定期間における環境負荷最小化となるような対策の導入スケジュールの分析を行うことである。

謝辞：データの提供にご協力いただいた川崎製鉄株式会社建材センター事業開発部の東藤 剛主査に深く謝意を表します。

付録

注1)川崎製鉄へのヒアリング調査

参考文献

- 1) 解体・リサイクル制度研究会：解体・リサイクル制度研究会報告-自立と連帯によるリサイクル社会の構築と環境産業の創造を目指して-、1998
- 2) Atsushi Inaba: Development of New Methodologies for LCA - Social LCA and Dynamic LCA, Proceedings of AIST Symposium, pp.1-8, 1999
- 3) 松本 亨, 井村秀文：都市環境計画における意思決定とLCA, 環境科学会2000年会, pp.210-211, 2000
- 4) 三宅理一, 林 明夫：次世代街区への提案, 鹿島出版会, p143, 1998
- 5) 総務庁：住宅統計調査, 1993
- 6) 橋本征二, 寺島 泰, 折戸真美：廃棄物削減策としての躯体住戸分離方式の評価～NEXT21を対象として～, 第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.126-128, 1999
- 7) 加藤 悟, 木村文彦：ライフサイクルシミュレーションモデルを用いた施設や製品の最適寿命設定, 第28回環境システム研究論文発表会講演集, pp.139-144, 2000
- 8) 嶋田雅俊, 宮本教一, 福島康裕, 平尾雅彦：ダイナミックLCAのためのライフサイクルモデルの設計, 第4回エコバランス国際会議, pp.165-168, 2000
- 9) Jake McLaren, Lucy Wright, Stuart Parkinson, Tim Jackson: A Dynamic Life-Cycle Energy Model of Mobile Phone Take-back and Recycling, Journal of Industrial Ecology, Vol.3, No.1, pp.77-91, 1999
- 10) 林 良嗣, 加藤博和, 北野恭央, 希代永さち子：都市空間構造改変施策に伴う各種環境負荷のライフサイクル評

- 価システム,環境システム研究論文集 Vol.28, pp.55-62, 2000
- 11) 北九州市:北九州市統計年鑑, 1996
- 12)(財)厚生統計協会,(財)人口問題研究会,国立社会保障・人口問題研究所:日本の将来推計人口(平成9年1月推計)
- 13) 北九州市:北九州市長期時系列統計書,1994
- 14) 総務庁統計局:国勢調査報告 第2巻その2 福岡県編,1995,1990,1985,1980
- 15) 小松幸夫,加藤裕久,吉田卓郎,野城智也:わが国における各種住宅の寿命分布に関する調査報告,日本建築学会計画系論文集 第439号, pp.101-110,1992
- 16) 建設省建築研究所 小玉祐一郎,澤地孝男,中島史郎:建築のライフサイクルエネルギー・CO₂算出プログラムー建築LCAー,建築研究資料 第91号,1997
- 17)(財)国土開発技術研究センター:省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発(建築委員会)報告書,pp.153-191,1996
- 18) 盛岡 通(研究代表):社会実験地での循環複合体のシステム構築と環境調和技術の開発,科学技術振興事業団戦略的基礎研究推進事業研究実施中間報告書,1999
- 19) 総務庁統計局:家庭調査年報,1999
- 20) 寺田利坦:次世代街区用鉄骨系SI住宅,溶接構造シンポジウム'99講演論文集, pp.28-33, 1999
- 21) 橋本征二,寺島 泰:建設解体廃棄物の原単位設定,廃棄物学会論文誌, Vol.10, No.1, PP.35-44, 1999

EVALUATION METHODOLOGY FOR LIFE CYCLE MODELING IN ANALYSIS OF TIME-DEPENDENT SCENARIOS -APPLICATION OF LONG-LIVED HOUSING TO DIFFUSION SIMULATIONS-

Toru MATSUMOTO, Miyoko ISHIZAKI, Hirofumi NAKAYAMA and
Hidefumi IMURA

The authors examine the evaluation methodology for life cycle assessment in analysis of scenarios with time dependency. The evaluation target was skeleton-infill (SI) housing, offering advanced proposal and practical utilization as long-lived housing, and diffusion simulation was performed. Dynamically-changing scenarios used were demand change in the floorage of the house and the CO₂ emission factor in the operation stage references to number of people per household, and the evaluation covered a period of 105 years from 1995 to 2100. The effects of SI housing diffusion on LC-CO₂ and demolition waste were estimated based on the results.