

動学的CGEによる長寿命型都市ストックの環境経済評価

九州大学工学府 学生会員 ○小宮哲平
 九州大学大学院工学研究院 正会員 中山裕文
 九州大学大学院工学研究院 正会員 松本 亨

1. はじめに

現在、建設廃棄物が全産業廃棄物に占める割合は、排出量で約2割、最終処分量で約4割と大きく、不法投棄量においては全体の約9割が建設廃棄物とされている¹⁾(1999年)など、その発生抑制が強く求められている。また、過去における建築物着工延床面積の推移²⁾を見ると、昭和40年代以降急激に増大しており、今後、これらの建築物が更新期を迎えることから、建築解体廃棄物発生量の急激な増大が予想される。

建築系廃棄物の発生量を抑制する手法はいくつかあるが、ここでは「建築物の長寿命化」に着目する。ストック期間の長い長寿命建築物の普及は建替えサイクルを長期化させるため、将来における解体廃棄物発生量と新築段階での廃棄物発生量の両者を抑制する効果がある。一方で、新築需要を減少させることから、建設業の需要減少に伴う負の経済波及効果をもつことも考えられる。そこで本研究では、今後長寿命建築物が普及するケースを想定し、都市建設に付随する資源消費、環境負荷の発生量を予測するとともに、都市経済にどのような影響が見られるか、CGE(計算可能一般均衡分析)モデルを用いたシミュレーションによる定量的評価を試みる。

2. 分析手法

(1) モデル構造

本研究において構築したCGEモデルの概要を図-1に示す。モデルにおける各主体の行動方程式、一般均衡条件等は、通常用いられるCGEモデルと同様であるが、廃棄物発生量の計算式が従来のものとは異なる。従来のモデルでは、財の生産量と廃棄物発生量との線形関係を仮定しているため、建築物のように寿命の長い財から発生する廃棄物の量を適切に表すことができない。そこで、本モデルでは、財の生産段階において発生する廃棄物と、財が老朽化し廃棄される段階において発生する廃棄物を、次に示す計算式により区別して取り扱う。

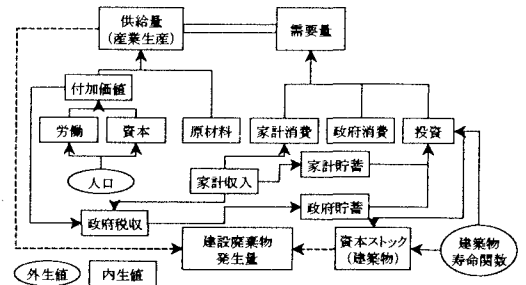


図-1 モデル構造

j 財が生産されて t 年後における廃棄確率 $f_j(t)$ を、次式(1)に示す正規分布によって与える。

$$f_j(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left\{-\frac{(t - \mu_j)^2}{2\sigma_j^2}\right\} \quad \dots(1)$$

μ は平均寿命、 σ は標準偏差を表すパラメータである。また、過去から現在までに生産された j 財が、現在時点 m 年において廃棄される量 $D_j(m)$ は、次式(2)によって表すことができる。

$$D_j(m) = \sum_{n=0}^m \sum_{t=0}^n f_j(t) \cdot Q_j(n) \quad \dots(2)$$

ここで、 $Q_j(n)$ は、過去の時点 n 年における j 財の生産量を表す。

よって、 m 年における j 財の生産、廃棄によって発生する廃棄物の総量は、

$$W_j(m) = \alpha_j \cdot D_j(m) + \beta_j \cdot Q(m)_j \quad \dots(3)$$

となる。ここで、 α_j は j 財の廃棄段階における廃棄物発生原単位、 β_j は生産段階における廃棄物の発生原単位を表す。

本研究では、上で説明した手法を建築物に適用し、その寿命と廃棄物発生量との関係を内生化したCGEモデルを構築することにより、長寿命建築物の環境経済的評価を可能としている。

モデル構築における他の部分の方程式体系の構築、パラメータ設定等の詳細に関しては参考文献³⁾を参照されたい。

(2) モデルにおける初期条件

今回は仮想的な都市を想定し、人口、経済規模、産業構造

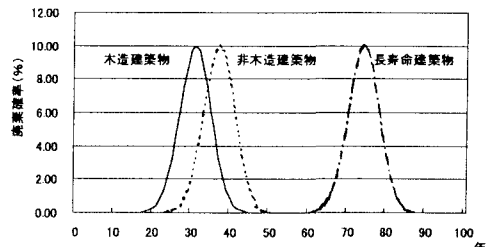


図-2 建築物の構造別廃棄密度関数の設定

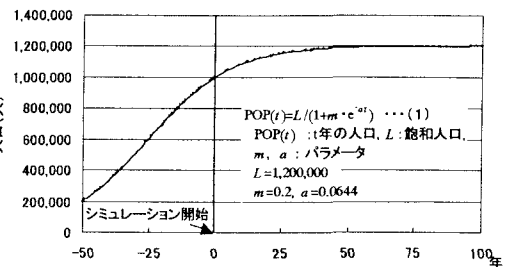


図-3 将来人口の設定

などの計算に必要な条件を設定した上で、これをケーススタディとしてシミュレーションを行う。仮想都市の産業構造については、平成7年全国産業連関表⁴⁾をもとに15の産業部門を設定し、中間投入構造、付加価値構造、最終需要構造を決定する。建築物の平均寿命は(図-2)、既存研究¹⁾を参考に木造31年、非木造37年とし、ピーク時の廃棄確率が10%となるよう式(1)のパラメータを設定している。また、長寿命建築物の寿命は、非木造建築物の2倍としている。将来人口は、図-3に示すように計算開始時を100万人とするロジスティック曲線によって与える。

CGEモデルでは、金額ベースで計算が行われるため、これを実際の物量単位に変換するために原単位を用いる。本研究で使った原単位の一覧とその出所を表-1に示す。

表-1 本研究で用いた(物量/金額)変換原単位とその出所

項目	単位	出所
建築投資当たり着工建築物延床面積	千m ² /百万円	2)、4)
着工延床面積当たり廃棄物発生量	t/m ²	1)
除去建築物延床面積当たり廃棄物発生量	t/m ²	5)

(3) ケース設定

シミュレーション・ケースとして、①今後も従来型の建築物を建設するケース、②非木造建築物の新規建設需要をすべて長寿命型建築物におきかえるケースの2つを設定し、比較評価する。

3. 計算結果と考察

図-4に非木造建築物の着工床面積、図-5に廃棄床面積の将来推計結果を示す。将来においても従来型の建築物を建築するケース1では、過去に建設された建築物の建替え需要が安定的に推移するため、将来の着工面積は800,000m²に漸近する曲線として推計されている。一方、長寿命建築物に置き換わるケース2では、計算開始から約25年で建築需要(着工床面積)が急激に減少している。この理由は、当初は、過去に建設された従来型建築物の建替え需要があったが、長寿命建築物に置き換わるにつれ、建替え需要が発生するまでの期間が長期化するためである。

図-6は、両ケースにおける建築段階の廃棄物、解体廃棄物の計算期間100年間での累計値である。ケース2では、ケース1に比べて廃棄物発生量が約42%削減されるという結果が得られている。

図-7は、仮想都市におけるGDPの推移をケース1とケース2で比較したものである。モデルでは、シナリオ2において建築部門への投資が減少する期間中は、他の産業への投資が増加する構造となっているが、両ケースでGDPに差が現れるのは各産業で最終需要による経済波及効果が異なるためである。今回の計算結果では両ケースのGDPの差は最大で31億円となっている。

4. おわりに

本研究は仮想都市を対象に行われたものであり、計算結果は初期条件に大きく左右される。今後は、初期条件やパラメータの精緻化とともに、モデルを現実の都市や地域へ適用すること、対象とする環境負荷項目を拡大し、廃棄物だけでなく、エネルギーやCO₂などについても評価することが仮題である。これについては、LCAの適用が有効であると考えられる。

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 ー自立と連携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ー、平成10年10月
- 2) 建設省建設経済局調査情報課：建築統計年報、(財)建設物価調査会
- 3) 市岡 修：応用一般均衡分析、(株)有斐閣
- 4) (財)通商産業調査会 経済統計情報センター：平成7年産業連関表
- 5) 社団法人 建築業協会 環境委員会副産物部会：建築系混合廃棄物の原単位調査報告書、平成12年1月

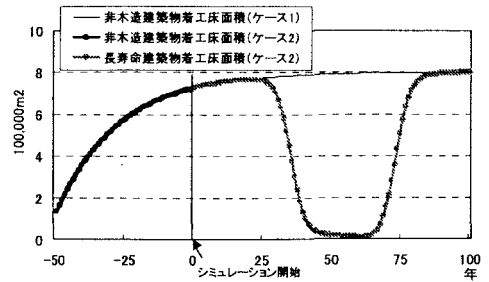


図-4 着工床面積

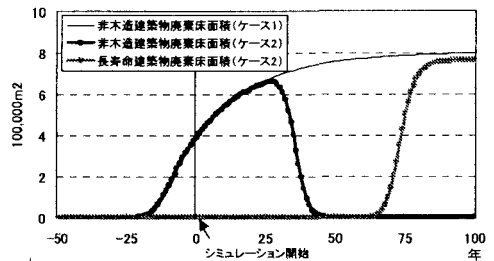


図-5 廃棄床面積

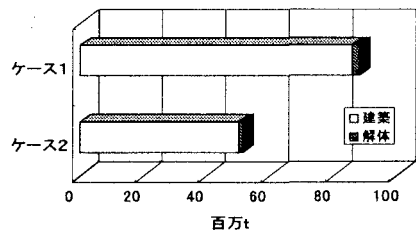


図-6 廃棄物発生量の比較

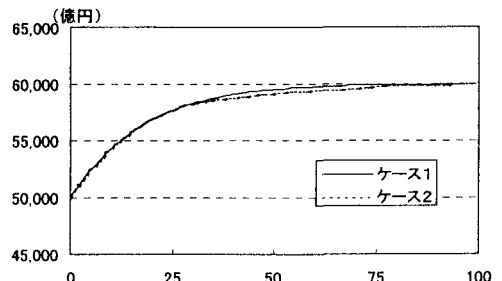


図-7 実質 GDP の推移