

低炭素化に向けた土石系資源のストックフローモデルの構築

名古屋大学 学生会員 ○松井健吾

名古屋大学大学院 学生会員 長谷川正利

名古屋大学大学院 正会員 奥岡桂次郎, 谷川寛樹

1. はじめに

日本の物質循環において、投入されている国内資源のうち、大部分を非金属資源が占めており、そのほとんどが石灰石と岩石と砂利、つまり主にコンクリートの生産や路盤材に用いられる土石系資源である。年間約6400万トンの建設廃棄物のうち、約6000万トンが路盤材などに再利用されているが、残りの約400万トンは最終処分されている¹⁾。構造物の維持管理が叫ばれ、天然資源の消費抑制や環境負荷の低減が求められている日本の現状において、これらの土石系資源のストックフローを把握することは大きな意義を有する。今後は建築物及び社会基盤施設の更新に伴って大量の廃棄物が排出されることが予測されるが、モデルを構築することにより、将来のストックフロー推計を行うことで、廃棄物発生量の予測やそれに対する対策を事前に立てることが可能となる。

また、持続可能な社会の実現に向け、二酸化炭素排出量を削減することは急務であるが、セメント製造過程からは日本の温室効果ガス総排出量の約4%²⁾を占める多くの二酸化炭素が排出されている。セメント製造過程において、原料として高炉スラグ、フライアッシュなどをクリンカーとともに用いる混合セメントが二酸化炭素削減に有効である。高炉セメントB種は一般的に用いられる普通ポルトランドセメントと比較して、製造過程に排出される二酸化炭素を4割近く減少させることが可能である²⁾。

本研究では、ストックフローモデルを用いたセメントを対象とした将来生産量の推計とそれを用いた高炉セメント(高炉Ce)、フライアッシュセメント(FACe)の2種類の混合セメント導入による二酸化炭素排出削減量を推計する。

2. 推計方法

2.1. マテリアルストックフローモデルの構築

本研究では土石系資源の過去の生産量³⁾と人口⁴⁾・GDP⁵⁾の将来推計より図-1に示すストックフローモデルの構築を行った。説明変数として人口と建設業におけるGDP、目的変数として1人当たりのセメント出荷

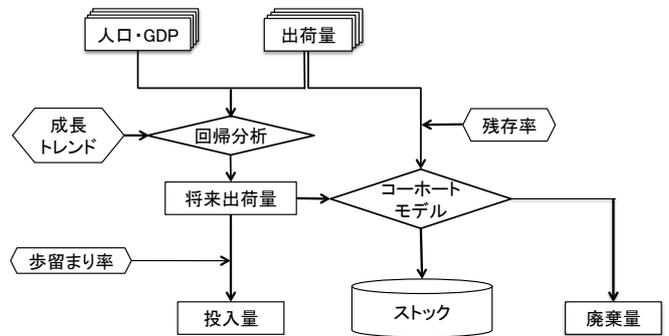


図-1 ストックフローモデル

量を用いることにより回帰モデルを作成した。回帰分析に関する諸元を表-1に、一人当たりのセメント出荷量の実績値と推計値を図-2に示す。回帰式は以下に示す通りである。

$$CP = a_1BP + a_2DT + b$$

なお、 CP ：人口当たりセメント出荷量[トン/千人]、 BP ：人口当たり建設部門出荷量[円/千人]、 DT ：成長トレンド(ダミー)、 a 、 b ：パラメータである。

表-1 回帰分析に関する諸元

	係数	t 値
GDP(建設業)/人口	2576.41***	13.90
成長トレンド	222.83***	12.25
定数項	-266.50***	-4.56
サンプル数	45	
R^2	0.83	

※ ***：0.1%有意、 R^2 自由度決定済み決定係数

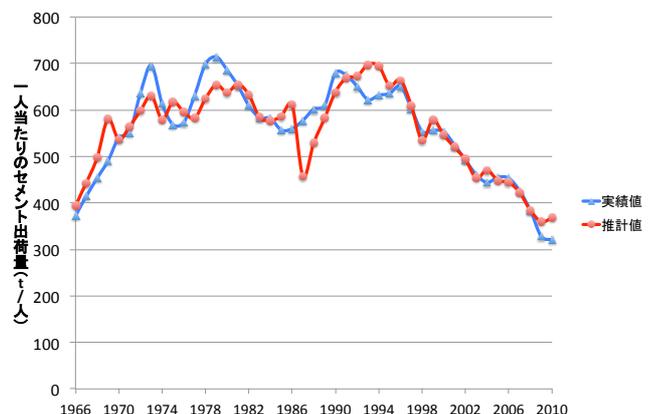


図-2 実績値と推計値の比較

2.2 シナリオ設定

将来生産量の推計に際して、説明変数とした人口とGDP（建設業）のシナリオを設定した。人口の将来推計値⁵⁾と2000～2010年の値を対数近似したGDP（建設業）を用いることにより、2050年までの推計を行った。

2.3 二酸化炭素排出量推計

推計されたセメント将来生産量より、混合セメント導入による二酸化炭素排出削減量の推計を土木構造物・建築物（上部構造、基礎・地下構造）別に行った。推計に際して、現状維持シナリオ⁶⁾と混合セメント普及シナリオを想定し推計を行う。普及シナリオにおいては、土木構造物に高炉 CeB 種を94%⁷⁾、建築（上部構造）に高炉 CeA 種を60%⁷⁾、FA CeB 種を20%、建築物（基礎・地下構造）には高炉 CeB 種を60%⁷⁾、FA CeB 種を20%まで2050年に全セメントに対する割合が増加すると仮定した。推計には表-2の二酸化炭素原単位を用いる。

表-2 二酸化炭素排出原単位 (kg-CO₂/t-cement)

普通	高炉		FA
	A種	B種	B種
746.6	605.4	464.1	674.6

3. 結果と考察

3.1 土石系資源の将来生産量推計

図-3はセメントの将来出荷量の推計値を表したものである。2010年までが実績値、2011年以降は推計値で表したものである。人口・GDP（建設業）ともに減少するシナリオを用いて推計したが、GDP（建設業）を対数近似したため、2032年から出荷量が増加傾向に転じる推計結果となった。最も出荷量が少なく推計された2031年が約4400万トン、2050年には約4500万トンの出荷量が推計された。

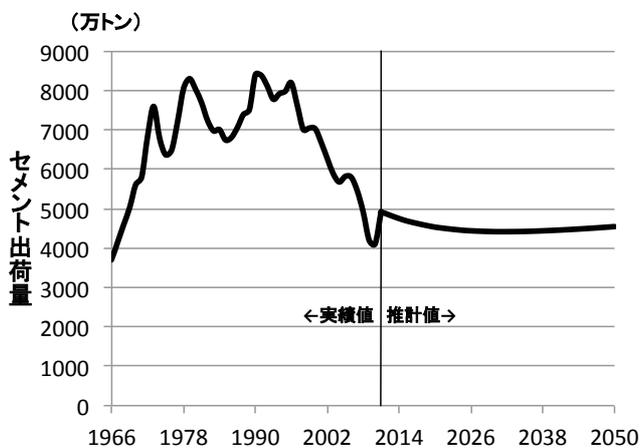


図-3 セメント将来出荷量

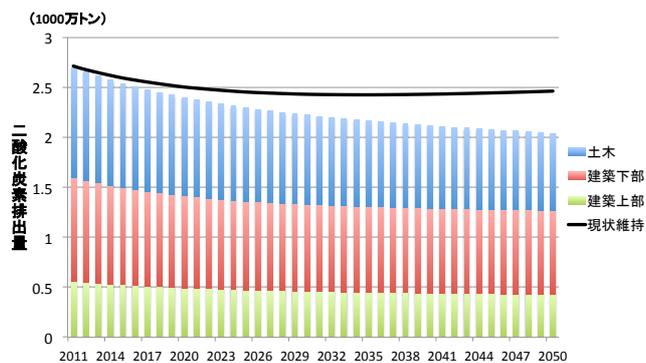


図-4 二酸化炭素排出量の推計結果

3.2 二酸化炭素排出削減量の推計

図-4は二酸化炭素排出量の推計値を示したものである。普及シナリオの2050年の二酸化炭素排出量は約2000万トンと推計され、普及シナリオの2011年と比べ、約700万トン、現状維持シナリオの2050年に比べ、約400万トンの二酸化炭素の減少が推計される結果となった。前者は2010年に比べ、前者は約24%、後者は約16%の二酸化炭素が削減されたことになる。

4. おわりに

本研究ではストックフローモデルの構築によるセメントの将来出荷量の推計と、混合セメント導入シナリオを設定することで二酸化炭素排出量の将来推計を行った。但し、本研究ではストックの推計は行えておらず、セメントのみのモデルの構築を行ったため、今後はストックの推計と岩石、砂利といった他の土石系資源のストックフローモデルの構築が課題として挙げられる。二酸化炭素排出量の推計においても混合セメントの原料の供給量を考慮していないため、需給バランスも考慮に入れた推計の必要がある。

謝辞：本稿は、環境省環境研究総合推進費(1-1402)、科研費(基盤研究(B)26281056, 25281065)、の一環として行われたものである。記して謝意を表する。

参考文献

- 1)リサイクルデータブック 2013：一般社団法人産業管理協会
- 2)鉄鋼スラグ協会:高炉セメント 100年史 2010.
- 3)都道府県別需要部門別販売高：一般社団法人セメント協会 (1966~2012)
- 4)日本の将来推計人口：国立社会保障・人口問題研究所
- 5)国民経済計算確報：内閣府
- 6)経済産業省製造産業局住宅産業窯業建設課:平成 20 年度中小企業支援調査 セメント産業における非エネルギー起源二酸化炭素対策に関する調査-混合セメントの普及拡大方策に関する検討- 2009.
- 7)IEA:Cement Technology Roadmap: Carbon emissions reductions up to 2050, 2009.