

7

世界のセメント需要とその生産に伴うCO₂排出量の推計

京都大学 井上浩隆 河瀬玲奈 松岡譲

Projection of World Cement Demand and CO₂ Emission by Its Production

Kyoto Univ. Hiroataka INOUE, Reina KAWASE, Yuzuru MATSUOKA

1. はじめに

2007年に発行された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第4次評価報告書は、地球の気候システムの温暖化には疑う余地はなく、その原因は人為起源の温室効果ガスである可能性がかなり高いと発表した。その人為的温室効果ガスの排出量の約80%もの量をCO₂が占めており、CO₂を排出する主な産業の1つとして、セメント産業を挙げることができる。セメント産業では製品を製造する過程で多くのエネルギーを消費することから、化石燃料由来のCO₂を多く排出する。それと同時に、原料である石灰石の熱分解によりCO₂を排出し、2003年には全世界で約1,600MtCO₂にも及ぶCO₂がセメント産業から排出され、この値は全CO₂排出量の約5%に相当する。セメント産業からのCO₂排出量削減対策を考える上で、将来のセメント生産量を推計することが重要である。本研究では、社会経済活動と、セメント需要を牽引してきた社会インフラ、生産資本などの財ストック整備の関係を明らかにする。そして、財ストック整備に伴うセメント需要量と、その生産に伴うCO₂排出量の推計を行う。

2. 研究の手法

2.1 概要

本研究では、社会経済指標と、セメントを含む建築物、土木構造物などの耐久財のストック量との関わりを明らかにし、これらの財のストックの変化量からセメント需要量を推計する。また、セメント需要量からセメント生産量を算出し、その生産に伴うCO₂排出量も推計する。モデルの概要を図1に示す。マクロ経済指標や人口・世帯数から、建築物と土木構造物のストック量を求める。建築物についてはさらに、住宅と業務用建築物に分類する。建築部門のストック量は延べ床面積(m²)で推計し、土木部門は一人当たりセメントストック量(t)で推計する。全世界を35地域に区分し、1980年から2030年を対象期間とした。

2.2 手法

本節ではモデルの式体系について示す。建築物の推計について使用する変数とパラメータは表1、表2を使用する。ここでサフィックス r は地域を、 t は年の別を表す。

住宅戸数は世帯数に世帯数あたりの住宅戸数の比率を乗じて算出する(式1)。住宅戸数と世帯数のデータはGMIDを使用する¹⁾。住宅延床面積は住宅戸数に一戸あたりの平均床面積を乗じて算出する(式2)。一戸あたりの平均床面積のデータは住宅・土地統計調査やBRITANNICAなどから得る^{2),3),4)}。住宅新規建設床面積はストック量と、減耗量を

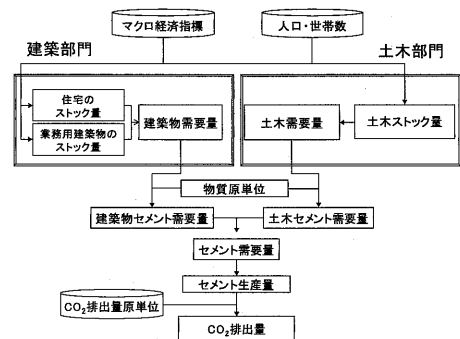


図1 モデルの概要

表1 モデルで使用了変数

変数	定義
$HOU_{r,t}$	世帯数
$DFU_{r,t}$	一戸あたり延床面積
$DWL_{r,t}$	住宅戸数
$DWF_{r,t}$	住宅延床面積
$DFA_{r,t}$	住宅新規建設床面積
$BFU_{r,t}$	就業者一人あたり業務延床面積
$BLF_{r,t}$	業務延床面積
$BFA_{r,t}$	業務新規建設延床面積
$LAB^{23}_{r,t}$	第2・3次就業者数
$BLD_CEM_{r,t}$	新規建築セメント需要量
$CVSCEM_CAP_{r,t}$	一人あたり土木セメントストック量
$CVSCEM_{r,t}$	土木セメントストック量
$CVL_CEM_{r,t}$	新規土木セメント需要量
$DCEM_{r,t}$	セメント需要量
$PCEM_{r,t}$	セメント生産量
ECO_2	CO ₂ 排出量

差し引いた前年のストック量との差により算出する(式3)。建築物や土木構造物の減耗率は醍醐ら(2006)の値を用いる⁵⁾。第2・3次の就業者数に、就業者一人あたりの床面積を掛けたものが、業務延べ床面積となる(式4)。第2・3次の就業者数はWorld Development Indicator から、就業者一人あたりの床面積は固定資産の価値等の概要調書から得た値を世界に用いる⁶⁾。業務新規建設床面積はストック量と、減耗量を差し引いた前年のストック量との差により算出する(式5)。住宅新規建設床面積と業務新規建設床面積にそれぞれの物質密度(単位床面積当たりのセメント投入量)を乗じたものの和が新規建築セメント需要量となる。物質密度は建設資材・労働力需要実態調査の値を世界に用いる⁷⁾。ここでサフィックス *DW* は住宅を表し、*BL* は業務を表す(式6)。土木構造物のセメント需要量については、日本において、一人あたり土木セメントストック量を一人あたり GDP を説明変数とする回帰式にて表し、世界各地域に適用することとする(式7)。一人あたりセメントストック量に各地域の人口を乗じて、各国の土木セメントストック量とする(式8)。新規土木セメント需要量は、ストック量と減耗量を差し引いた前年のストック量との差により算出する(式9)。新規建築セメント需要量と新規土木セメント需要量の和を各地域のセメント需要量とする(式10)。ここで、世界のセメント生産量を網羅した CEMBUREAU の値を用いて、モデルで使ったパラメータの調整を行う⁸⁾。セメント生産量は輸出入を0と仮定し、セメント需要量とセメント生産量は等しいとする(式11)。セメント生産量に、IPCC の原料由来の排出原単位を乗じて、原料由来のCO₂排出量とする⁹⁾(式12)。

表2 モデルで使ったパラメータ

変数	定義
$ho_bld_{r,t}$	住宅比率
$hdpl_bld_{r,t}$	建築物減耗率
$ds_{r,t}, "DW"$	住宅物質密度
$ds_{r,t}, "BL"$	業務建築物物質密度
δ	土木構造物減耗率
ef_{ck}	原料由来の排出原単位

$$DWL_{r,t} = ho_bld_{r,t} \cdot HOU_{r,t} \quad (\text{式1}) \quad DWF_{r,t} = DFU_{r,t} \cdot DWL_{r,t} \quad (\text{式2})$$

$$DFA_{r,t} = DWF_{r,t} - (1 - hdpl_bld_{r,t}) \cdot \left(\frac{DWF_{r,t-1} + DWF_{r,t}}{2} \right) \quad (\text{式3}) \quad BLF_{r,t} = BFU_{r,t} \cdot LAB_{r,t}^{23} \quad (\text{式4})$$

$$BFA_{r,t} = BLF_{r,t} - (1 - hdpl_bld_{r,t}) \cdot \left(\frac{BLF_{r,t-1} + BLF_{r,t}}{2} \right) \quad (\text{式5})$$

$$BLD_CEM_{r,t} = ds_{r,t}, "DW" \cdot DFA_{r,t} + ds_{r,t}, "BL" \cdot BFA_{r,t} \quad (\text{式6})$$

$$\log(CVSCEM_CAP_{r,t}) = C' + \alpha \cdot \log(GDP_POP_{r,t}) \quad (\text{式7}) \quad CVSCEM_{r,t} = CVSCEM_CAP_{r,t} \cdot POP_{r,t} \quad (\text{式8})$$

$$CVL_CEM_{r,t} = CVSCEM_{r,t} - (1 - \delta) \cdot \left(\frac{CVSCEM_{r,t-1} + CVSCEM_{r,t}}{2} \right) \quad (\text{式9})$$

$$DCEM_{r,t} = BLD_CEM_{r,t} + CVL_CEM_{r,t} \quad (\text{式10})$$

$$PCEM_{r,t} = DCEM_{r,t} \quad (\text{式11}) \quad ECO_2 = ef_{ck} \cdot PCEM_{r,t} \quad (\text{式12})$$

3. 結果

セメントストック量の世界の地域別の推計結果を図2に示す。中国のセメントストック量の伸びが大きく、2030年におけるその量は約140億トンと推計された。世界全体では約460億トンで、2005年の約2.5倍となった。ここで、図3は一人当たりのセメントストック量に換算した結果であり、シンガポールや韓国などの

比較的に国土面積の小さいアジアの新興国の値が大きく、一人当たり約30トンとなった。一方、中国は一人当たり約10トンと一人当たりで換算すると、その値はインドやブラジルに比べれば大きい、先進諸国の値に比べると小さい。今後一人当たりセメント量の水準が日本や欧米の基準になるとすれば、さらなるセメント需要が見込まれる。

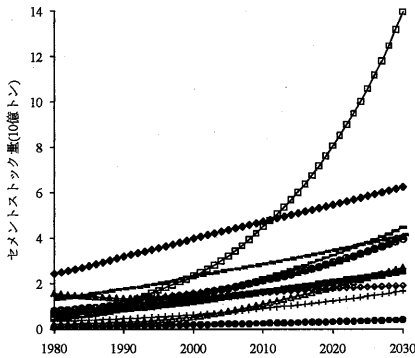


図2 セメントストック量

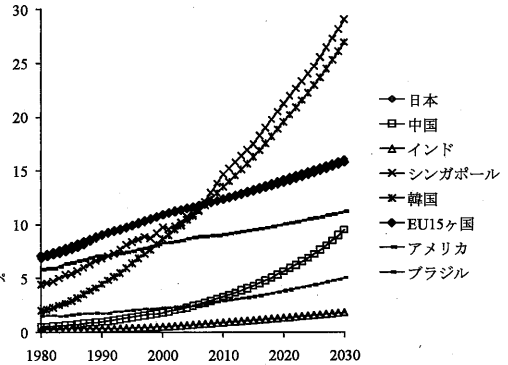


図3 一人あたりセメントストック量

次に各地域の需要量の推計結果を示す。図4から図7は各国の部門別のセメント需要量である。振興国である中国とインドで土木部門を中心としたセメント需要量の急激な増加がみられる。アメリカでは建築部門、土木部門ともに継続的に増加しているが、中国やインドと比較すると、増加の伸びが比較的緩やかである。そして日本では需要量はほぼ一定であり、これは社会資本が飽和状態となりセメント需要の主なドライビングフォースが既存の社会インフラの維持補修にシフトしてきているからだと考えられる。建築物の中で、住宅と業務の占める割合は、中国・インド・日本では住宅が約7割で業務が約3割である。アメリカは住宅が約8割で業務が約2割となっている。

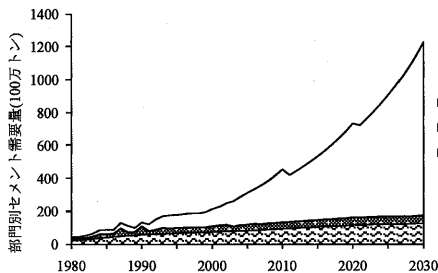


図4 中国の部門別セメント需要量

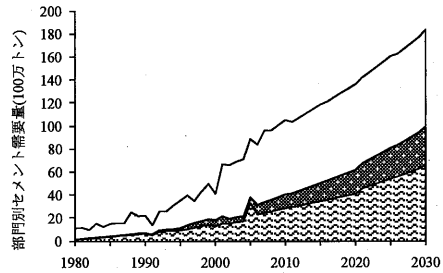


図5 インドの部門別セメント需要量

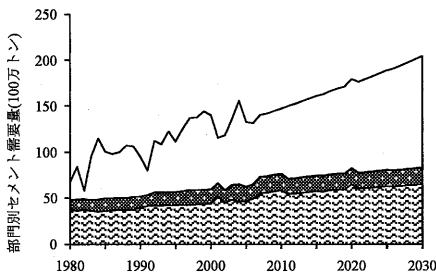


図6 アメリカの部門別セメント需要量

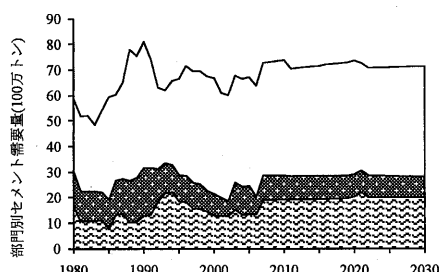


図7 日本の部門別セメント需要量

最後に、CO₂排出量の推計結果を図8から図9により示す。セメント産業からの原料由来のCO₂排出量は2030年まで増加の一途をたどり、2005年と比較すると2030年のCO₂排出量は約2倍にもなると推計された。2030年での各国の内訳を見てみると2030年では中国やインドに代表される新興国あるいは発展途上国の占める割合が約8割と大きいことが推計された。

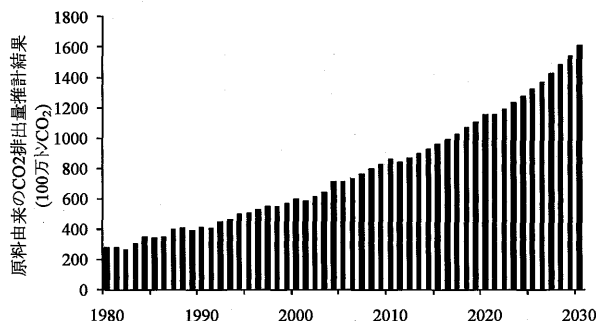


図8 CO₂排出量

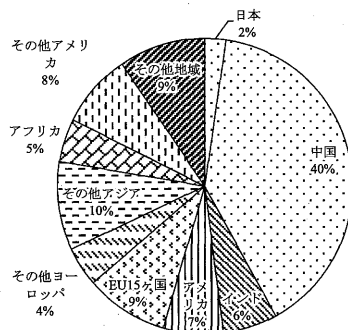


図9 各地域のCO₂排出割合(2030年)

4. おわりに

本研究では、社会インフラとしてストックされているセメントのストック量を明らかにし、将来のセメントストック量からセメント需要量を建築物と土木構造物の部門別に推計した。その結果、中国やインドを筆頭に新興国や発展途上国の需要の増加が顕著であることが示された。また、部門別の需要量は中国では土木構造物に投入されるセメント量が圧倒的に大きく、先進諸国ではほぼ同量もしくは、建築部門に投入されるセメント量が多い地域も見受けられた。将来のセメント産業からのCO₂排出量の削減を考える上で、新興国及び発展途上国について考慮することが重要である。

謝辞

本研究は、三井物産環境基金、科研費19360240による研究成果の一部である。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Euromonitor: GMID (<http://www.euromonitor.com/>).
- 2) 総務省: 住宅・土地統計調査 1978,1983,1988,1993,1998,2003.
- 3) UN/ECE: Bulletin of Housing and Building Statistics for Europe and North America 2000,2002,2004.
- 4) BRITANNICA:Book of the Year 2000.
- 5) 醍醐 市郎: 素材MFAにおける寿命レビュー,平成18年度廃棄物処理等科学研究研究報告書,2006.
- 6) 総務省:固定資産の価値等の概要調査,2005,2006,2007,2008.
- 7) 国土交通省:建設資材・労働力需要実態調査 1997,200,2003,2006.
- 8) CEMBUREAU: World Cement Market In Figures 1913-1995,1996-2005.
- 9) IPCC: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds.) 2006.

キーワード: 物質循環、セメントストック、セメント需要量、二酸化炭素排出量

Key Words: Material Flow, Cement Stock, Cement Demand, CO₂ Emission