

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

用途別日本のセメント需要予測および建材起源の CO₂ 排出量の予測

令和 4 年 12 月

**A Projection of Cement Demand by Usage of Japan and an Assessment of
CO₂ Emission from Building Materials**

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies

国立研究開発法人科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター

LCS-FY2022-PP-01

概要

資源エネルギー庁総合エネルギー統計によれば、2020年のセメント業のエネルギー起源CO₂排出量は日本全体の約1.2%程度であるが[1]、原材料起源のCO₂排出を含むと約3%に増えるとされる。また建設・建築業ではこれに代わる有力な材料も見当たらない。このため日本の炭素中立化の実現には、セメント部門からの排出をDAC/CCSか、CO₂吹込みによる固定化技術開発を土木工事一般に広げるか、セメントに代わる素材を開発するか、いずれかの手段が必要であるが、現時点ではいずれも高価である。これらの技術の導入規模と費用およびその社会的負荷を評価するためには、まず将来のセメント需要を詳細に見ることが重要となる。

セメントの需要先である社会資本は、ストックがサービスを提供し、その更新や拡大がセメントなど建材用途の新規需要を生む。そのためストック需要の将来推計から行う必要がある。

本提案書では、まず主要な需要先である住宅、非住宅建物、土木建設について社会資本将来ストックを推計する。ついで、これら施設の耐用寿命から用途別新規投資需要を推計し、さらにこの新規建設に必要な建材需要の予測を行う。

この推計の結果、2030年まではセメント需要の微増傾向は続くものの、それ以降2050年にかけては人口減少による新築需要減少が顕在化し、建物需要起源のセメント需要は2018年実績値の42%にまで低下した。一方、インフラ建設の補修・更新需要は80%程度にしか低下しないため、全体としては62%程度までの低下にとどまることになった。これは、対策オプションの限られるセメント製造部門の2050年の炭素中立化の実現に対する大きな課題となるので、DAC/CCSの導入または炭素中立的な建材あるいは工法の開発が急がれることが結論とされる。

Summary

According to the Comprehensive Energy Statistics of the Agency for Natural Resources and Energy, energy based CO₂ emissions from the cement industry for 2020 was about 1.2% of Japan's total emissions, and that total comes to around 3% when raw material sources are included. Since few alternatives to cement are currently available in construction and civil engineering sectors, methods such as using DAC/CCS for emissions from the cement industry, generally expanding the development of fixing technology through CO₂ injection in public works, or developing alternative materials to cement are required to achieve carbon neutrality in Japan, but currently they are all expensive and applicability is limited. Estimating future cement demand is essential to evaluate the required scale and costs of implementing these new methods, and their burden on society.

In social capital, which creates demand for cement, stocks provide service, and their renewal and expansion create new demand for building materials such as cement. As such, we must first perform future estimations on stock demand.

In this study, we first evaluate the future stocks of social capital of residential buildings, other non-residential buildings and civil engineering facilities, which provide the major demand. Next, new investment demand by function is calculated from the durable life span of these buildings, then we estimate the required building material demand from new buildings.

The results show that while the marginal rising trend in demand for cement will continue until 2030, it will decrease rapidly from there until 2050 reflecting the decreasing demand for new buildings due to the decreasing population, and demand for cement, the core building material, will decrease to 42% of actual 2018 values. At the same time, demand for repairs and renovations of infrastructure facilities will only decrease to around 80% of 2018 values, so overall cement demand will decrease and remain at around 62% of 2018 values. This will become a major issue when attempting to achieve carbon neutrality by 2050 in the cement industry, where options for measures are limited, thus it is proposed that there must be an acceleration in the introduction of DAC/CCS technology, or the development of carbon neutral building materials or construction methods.

目次

概要

1. はじめに	1
2. 住宅部門の 2018 年、2030 年、2050 年新築住宅セメント需要の推計	2
3. 非住宅建物ストック需要と新築用建材需要の将来推計	3
3.1 ストック将来需要の推計	3
3.2 建物残存関数のパラメータ推定	9
4. 土木建設部門のセメント需要	15
5. 結論	20
6. 政策提案に向けて	20
参考文献	21

1. はじめに

セメントは非エネルギー起源CO₂排出源の最大のものである。2020年度総合エネルギー統計[1]では、エネルギー起源のCO₂排出量は日本全体の1.2%であるが、全排出量の6割は原材料の石灰石からの排出とされる[2]。すなわち、非エネルギー起源を含めると、約3%を占める。これは日本全体のCO₂排出量から見ると小さく見えるが、土木・建設資材としてコスト面、資源面のいずれから見ても代替案がほとんど見当たらないため、炭素中立化のうえでは大きなネックとなる。生産の省エネルギー化をどれほど進めても、原材料からの原理的な排出は下げることができないため、国土保全と炭素中立社会の実現の両立は、現状では、代替材料が開発されるか、CO₂吹込み貯蔵のセメントが実用化されるか[3]、または炭素回収隔離とのセットが不可欠となる。これによる炭素中立化の費用見積もりは、セメントの将来需要に依存することになる。将来需要が低下すれば、炭素回収隔離需要も下げられ、そのための追加的な社会的負担も低下させられることが期待できる。

セメントの生産は、図1のように生産は低下から横ばい傾向にあるが、輸出が増えている点にも注目がされる。国内需要は約4千万トンであるが、その約10%が国内在庫積み増しに回っている¹⁾。統計上、輸入はほとんどない。

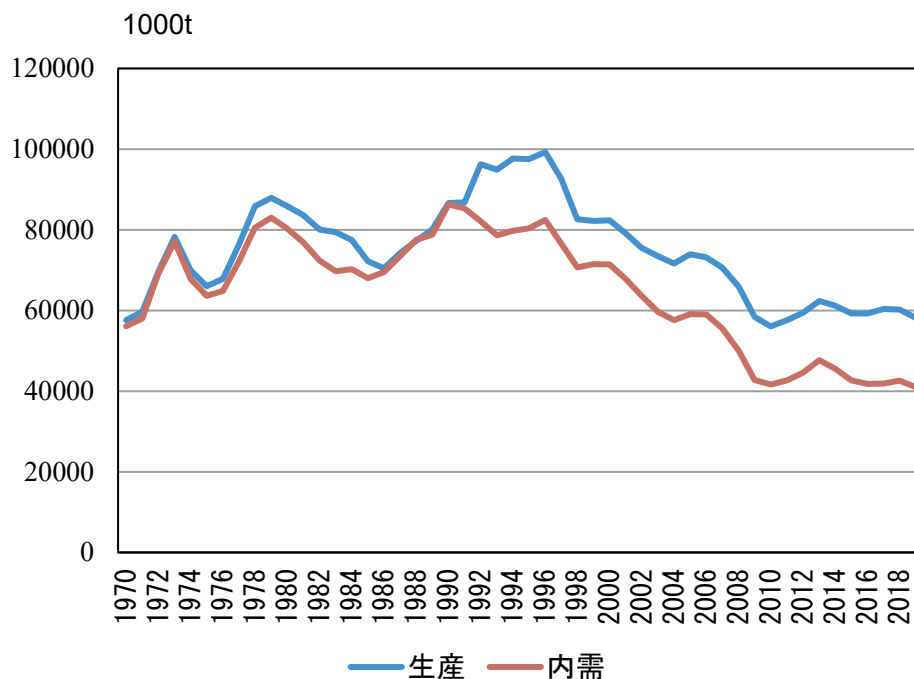


図1 セメント生産量・内需の推移 [4]

セメントの需要は、おおまかには①住宅建築、②非住宅建築、③建設・土木、④補修、からなる。主要な販売先は生コンクリート製造であるが、セメントハンドブックによれば2019年の国内出荷40,948 ktのうち生コンクリート業への販売は28,751 ktであり、残りは建設業や鉄道業などにセメントのまま販売されている。

LCSでは、すでに①住宅部門における2030年および2050年のセメント需要の予測推計を行っているが[5]、この数値とセメント生産量全体と整合しているかは、他の部門の推計値と合わせ

¹⁾ 過去10年以上、在庫積み増しは常に400万トン程度で継続している。

たうえで総合的に評価する必要がある。本提案書では、セメント需要全体をみるため、住宅部門に加え②非住宅建築、③建設・土木、④補修、の将来需要予測を行う。

2. 住宅部門の2018年、2030年、2050年新築住宅セメント需要の推計

LCS政策提案書[5]は、厚労省人口問題研究所の予測に基づき、市町村別に人口変化、世帯数変化の将来予測を行った。さらに住宅選好のシナリオ想定を与え、建材需要とCO₂発生推計を行っている。この推計では、住宅建設のセメント需要は全セメント国内需要の約半分を占める。2050年には2018年から約半減するが、集合住宅への移動が加速すると2/3までの減少にとどまる。これは戸建住宅の多くが木造であるのに対し、集合住宅では鉄筋コンクリート工法が主になるためである。本政策提案書は森[6]による推計試算を詳細に述べるものである。

建材需要は、まず国土交通省の床面積当たりの工法別住宅用建材消費原単位[7]に基づき推計する。この場合、建物の大きさや地域性などは反映できず、日本全体の推計にそのまま適用するには限界がある。実際、2015年の産業連関表物量表に示されたセメント投入量は表1に記す値となり、乖離が大きい。まず生産量についてセメント協会の統計値と産業連関表物量表は整合している。2015年から2018年間の新築住宅床面積は75,059 1000 m²から75,309 1000 m²とほぼ横ばいであることから、住宅部門のセメントおよび生コンクリート需要は過大推計となる。生産量に合わせるには建材需要を40.5%に補正することとした。

ただし、セメント製品は産業連関表物量表に記載されないため、セメント製品へのセメント投入量5,988 ktを、投入金額にもとづきセメント需要に按分し推計した。表2には、2018年についての推計値と補正後の数値を合わせて示した。将来値に補正後の値を用いる。

表1 産業連関物量表住宅部門セメントおよび生コンクリート投入量およびセメント協会統計

		セメント (kt)	生コンクリート (1000m ³)	セメント計 (kt)
産業連関表 (2015) 物量表	住宅	949	19,086	8,685
	非住宅建物	892	21,291	9,322
	非建物建設	9,908	47,844	30,885
	セメント製品	5,988		
	生コンクリート	31,256	84	31,286
	輸出	10,196	202	10,267
	合計	59,189	88,507	59,189
セメント協会 (2015)	生産	59,465		
	輸出	10,142		
	内需	42,347		

表2 人口移動シナリオに対する住宅新築需要と建材需要の推計

集合住宅への移動シナリオ		セメント (kt)	生コン (1000m ³)	セメント計 (kt)
補正前	2018	11,720	32,477	21,463
補正後	2018 (40.5%)	4,747	13,153	8,693
移動なし	2030	3,826	10,780	7,060
	2040	2,167	6,102	3,998
	2050	2,113	5,958	3,901
基準	2030	4,478	12,666	8,278
	2040	2,558	7,211	4,721
	2050	2,465	6,959	4,553
移動加速	2030	5,734	16,250	10,609
	2040	2,200	6,209	4,063
	2050	3,236	9,147	5,980

この補正後の数値による建材起源のCO₂排出量を表3に示す。

表3 人口移動シナリオに対する建材起源CO₂発生量(補正後)

人口移動シナリオ		セメント起源 (kt-CO ₂)	生コン起源 (kt-CO ₂)	石材・骨材起源 (kt-CO ₂)	木材起源 (kt-CO ₂)	鋼材起源 (kt-CO ₂)	CO ₂ 排出計 (kt-CO ₂)	エネルギー起源 CO ₂ (kt-CO ₂)
実績値	2018	3,860	3,394	500	892	4,850	13,497	9,194
比例縮小	2030	3,112	2,782	402.165	890	3,208	10,395	6,898
	2040	1,763	1,575	230.445	541	1,776	5,885	3,905
	2050	1,718	1,538	218.295	442	1,828	5,744	3,812
基準	2030	3,643	3,269	438	600	4,252	12,201	8,100
	2040	2,080	1,861	264.87	539	2,207	6,952	4,613
	2050	2,005	1,796	249.48	443	2,213	6,707	4,451
移動加速	2030	4,663	4,194	537	445	5,807	15,646	10,390
	2040	1,790	1,602	224.775	422	1,946	5,985	3,972
	2050	2,632	2,360	319.14	467	3,035	8,812	5,850

3. 非住宅建物ストック需要と新築用建材需要の将来推計

3.1 ストック将来需要の推計

建物や構築物は、本来ストックとして社会的機能を果たすものであり、この更新や需要の拡大に合わせ新築需要が発生する。そのため、まずストック需要を推計し、次いで新築需要を推計する、という2段階の推計が必要となる。

店舗、事務所など非住宅建物は規模、工法、用途とも多様である。主要な統計は国土交通省から様々な形で提供されている。ここでは以下の新築データとストック統計に着目した。

(1) 新築建物統計

新築建物の床面積については、市町村別統計が国土交通省から提供されている [8]。

建築着工統計調査は、建築基準法第15条第1項の規定により届出が義務づけられている建築物を対象とする統計調査で、毎月調査結果を公表しています。調査から得られる全国の建築物の動態は、国や地方公共団体の施策の基礎資料となるばかりでなく、民間でも業界団体、金融機関、各種研究機関等で動態分析などに広く利用されています。建築着工統計調査では、建築物の着工状況について建築主別の建築物の数、床面積の合計、工事費予定額などの結果を、全国、都道府県、市区町村の地域で提供しています。(建築着工統計調査 概要説明 <https://www.e-stat.go.jp/statistics/00600120>)

建物の種類として、業務ビルとして①事務所、②店舗、③工場及び作業場、④倉庫、⑤学校の校舎、⑥病院・診療所、⑦その他、の用途別、工法としては木造、RC、SRC、S、WRC、その他の6種類について、工法別の統計が1988年以降毎年公表されている。

(2) 建物ストック [8]

建物ストック面積は、将来の経済活動や人口と建物需要を結びつける本質的なデータであるが、新築統計ほどは過去にさかのぼることはできない。既存建物の床面積統計は、国土交通省によれば

国土交通省では、我が国の建築物を対象とし、「住宅」、「法人等の非住宅建築物」および「公共の非住宅建築物」の床面積について取りまとめた建築物ストック統計を作成しています。このうち、「住宅」および「法人等の非住宅建築物」については、住宅・土地統計調査、法人土地・建物基本調査および建築着工統計を基に、使途別、構造別、竣工年代別等に床面積の総量を推計し、「公共の非住宅建築物」については、国有財産一件別情報、公共施設状況調より、建物用途別に床面積の総量を集計しています。このたび、最新の統計情報※を基に建築物ストック統計を取りまとめました。

(建築物ストック統計の公表について

https://www.mlit.go.jp/report/press/joho04_hh_000785.html)

とあるよう、複数の統計から取りまとめ推計されたものである(表4)。

非住宅では「法人等の非住宅建物」が事務所・店舗、工場・作業所・倉庫、その他の3種類に、工法は木造、非木造、不詳、の3種に集約され提供されている。法人等の非住宅建物では、調査時点(2008及び2013年)の建物の床面積が建物の竣工年別に与えられており、これにより建物の寿命や残存率を推計できる特徴がある。ただし、1991年以前は10年ごと、1960年以前は全て一括されている。また、図2にあるよう、データは必ずしも連続していない。これは、2008年及び2013年の詳細な調査や、この間の年次データを新築統計や滅失統計など別調査をもとに補完したものと考えられる。表5にあるよう2013年では1960年以前の建物面積が2008年よりも増加していることから、この2回の間に調査対象が変化したことが分かる。

公共建物はさらに複雑であり、調査対象建物の分類も一貫していない。事務所やその他建物など対象の定義が変わったことも示唆されている。

また、「非住宅建物」は公共と法人だけではなく、小規模店舗や自営業など家計によっても所有される。これらについては表6のような比較が2013年調査に示されるのみである[10]。しかし世帯保有の非住宅床面積は34%を占めている。そのため、法人および公共建物に限定される「建物ストックデータ」と全建物を対象とする「新築建物統計」の接続には、補正が必要となる。

非住宅建物床面積については、以上のような制約があるため統計分析に限界が生じ、将来予測は注意と留保条件が必要となる。延長の際は、できるだけ説明変数変化に対して感度の低く安定性の高い手順を選ぶべきであるといえる。

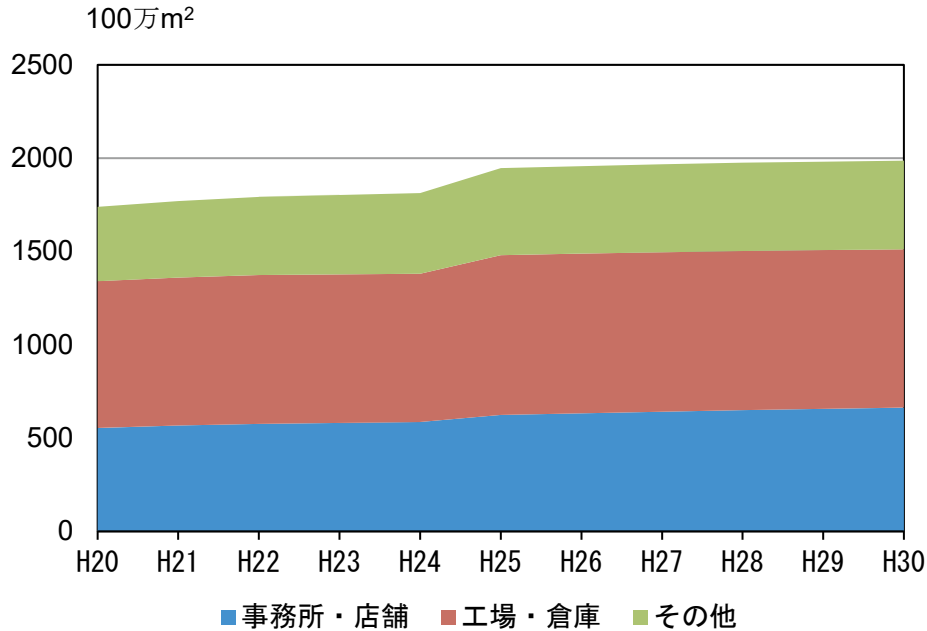


図2 2008年から2018年までの法人非住宅建物ストック延床面積の推移

表4 建築物ストック調査 公共建物（国）の床面積推移 [8]
 公共建物（国） (万m²)

	事務所	医療施設	教育施設	その他	合計
H17					
H18					
H19					
H20					
H21	1,661	2,106			3,767
H22	2,459	106	66	970	3,600
H23	2,471	55	62	970	3,558
H24	2,457	67	63	1,007	3,595
H25	2,496	67	64	991	3,618
H26	2,499	56	64	1,004	3,623
H27	1,036	64	24	3,284	4,407
H28	1,035	71	25	3,309	4,440
H29	1,037	71	25	3,308	4,441

表5 建築物ストック調査 公共建物（自治体）の床面積推移 [9]

	事務所	医療施設	福祉施設	教育施設	その他	合計	公共建物計
H17	3,417	364	308	23,260	32,862	60,211	60,211
H18	2,835		417		3,850	7,102	7,102
H19	2,829		411		3,914	7,155	7,155
H20	2,838		401		3,854	7,094	7,094
H21	2,844		375		3,842	7,061	10,829
H22	2,862		367		3,851	7,080	10,680
H23	3,377		355	23,451	27,098	54,280	57,837
H24	3,388	362	347	24,557	32,476	61,130	64,725
H25	3,344	358	342	23,389	32,719	60,153	63,771
H26	3,382	350	335	23,377	32,867	60,311	63,934
H27	3,399	372	324	23,328	32,857	60,280	64,687
H28	3,417	364	308	23,260	32,862	60,211	64,651

表6 所有主体別建物延べ床面積(平成25年)[10]
(万 m²)

所有主体計	826,201
住宅合計	487,988
世帯	463,052
法人	14,327
公共	10,609
非住宅合計	338,213
世帯	183,533
法人(*)	116,386
公共	38,296

(*) 総務省「平成25年度 固定資産の価格等の概要調査」
 における非住宅（法人・個人計）から法人分を除いたもの。

そこで、本提案書では以下の手順で非住宅建物の種類別将来推計を行う。

(1) 非公共建物

建物ストック床面積は、過去の人口とGDPの回帰分析で延長する。基本式は

$$\ln \text{建物種 } i \text{ の床面積} = \alpha_i \ln(\text{人口}) + \beta_i \ln(\text{GDP}) + \gamma_i (\text{調査年ダミー}) + K_i \quad (1)$$

である。(調査年ダミー)は2013以降1、それ以前は0とする。人口には全人口、20歳以上人口、30歳以上人口、等から最も適切な結果を与えるデータ系列を選択する。

これを次のように変形する。これは線形変換のため回帰分析の結果には影響は与えない。

$$\ln(\text{建物種 } i \text{ の床面積} / \text{人口}) = A_i \ln(\text{人口}) + B_i \ln(\text{GDP} / \text{人口}) + \gamma_i (\text{調査年ダミー}) + C_i \quad (2)$$

一人当たりオフィス面積は業績とは独立して近年縮小傾向にあることがKOKUYOの調査[11]

などで指摘されている。業務ビル床面積変化を経済規模要因と人口要因に分け、要因別影響を明示する。

ここでストック床面積統計は法人建物のうち店舗・事務所、工場・作業場、その他、の3種類でしか与えられない。そこで、新築建物統計の7種建物、①事務所、②店舗、③工場及び作業場、④倉庫、⑤学校の校舎、⑥病院・診療所、⑦その他、の2018年のストック初期値ストックは、7種の新築建物床面積の1988-2018年累積値に基づいて店舗・事務所、工場・作業場、そのほかの法人ストック床面積を按分して推計する。さらに、このうち①事務所、②店舗、③工場及び作業場、④倉庫、について拡大係数を乗じ、ストック床面積合計が表6の拡大係数(183,533+116,386)/183,533に(法人建物ストック床面積)を乗じた値に一致するよう修正を行った。

事務所・店舗における結果を表7に示す。ここでは、全産業GDPの7年移動平均値を用いている。これは、建物ストック規模の決定要因となる経済活動には時間差があると考えられるためである。

表7 事務所・店舗建物ストック床面積対数回帰分析結果

		調査ダミー	一人当たり GDP	年齢クラス人口	R ²	DF
事務所・店舗 (20歳以上人口)	7年移動平均	0.080	1.083	4.342	0.979	-6.21
	(t-値)	10.31	4.24	3.35		
事務所・店舗 (30歳以上人口)	7年移動平均	0.063	0.956	1.765	0.990	-6.04
	(t-値)	11.45	6.16	7.109		
事務所・店舗 (40歳以上人口)	7年移動平均	0.047	0.454	1.084	0.998	-4.42
	(t-値)	9.91	3.23	9.45		
事務所・店舗 (50歳以上人口)	7年移動平均	0.051	0.081	0.680	0.992	-4.97
	(t-値)	11.12	0.46	7.00		

(*) DF値はDicky=Fullerテストによる検定値。サンプル数が少ないため参考以上のものではない。

回帰分析の統計指標はデータ数の少なさもあって本質的にはあまり大きな差は示さない。しかし人口に20歳以上および30歳以上を用いた場合、弾性値が大きく説明変数に過敏になると予想されるため、ここでは「40歳以上人口」が最も安定的と判断し採用した。

一人当たりオフィス面積は、過去のトレンドから離れ、フリーアドレスの導入やテレワークの拡大に対応して、一人当たりのオフィス面積は近年低下の傾向があり、2013年時点での一人当たり10m²から近年では8.55m²に縮小した点が指摘されている[11]。ただし店舗面積については情報が無い。本提案書では将来予測の際、一人当たりGDPの係数を0として延長した。

工場倉庫においては、国民経済計算[12]の部門別GDP系列との相関を取った場合、輸送機械製造業との関係が有意であった。全産業、製造業GDPなどマクロな指標とは有意な相関を示さなかった。また、人口要因は有意にならなかった。GDPでは、10年移動平均、7年移動平均、5年移動平均で比較を行った。結果を表8に示すが、サンプル数が少ないため有意な差ではないが、ここでは10年移動平均をとることとした。これは製造業での工場計画意思決定は、商業よりもリードタイムが長いと思われたためである。

表 8 工場・倉庫ストック床面積需要対数回帰式結果

		調査ダミー	一人当たり GDP	年齢クラス人口	R ²	DF
工場・倉庫 (40 歳以上人口) 輸送機械業生産額 実質	10 年移動平均	0.071	0.139		0.995	-3.35
	(t- 値)	37.67	3.66			
	7 年移動平均	0.081	0.133		0.993	-3.54
	(t- 値)	21.59	2.40			
	5 年移動平均	0.076	0.027		0.988	-2.73
	(t- 値)	8.34	0.29			

その他非住宅建物では、一人当たり GDP が有意とはならず、人口のみが影響を与えた。次の表 9 が示すよう、R²、DF 値は 30 歳以上人口が好ましい数値を示すものの、人口弾性値が 2.9 と高く、過去の変動に対して過剰に反応していることがうかがえる。この場合、将来への延長の際は人口要因に過敏になる。そこで、延長の際の安定性とデータ数の少なさを考慮し、ここでも 40 歳以上人口を説明変数に用いることとする。

表 9 そのほか非住宅建物床面積需要対数回帰式結果

		調査ダミー 一人当たり GDP	年齢クラス人口	R ²	DF
その他非住宅建物	20- 人口	0.105	7.388	0.959	-3.87
	(t- 値)	11.13	3.98		
	30- 人口	0.073	2.931	0.988	-3.21
	(t- 値)	10.10	8.66		
	40- 人口	0.059	1.194	0.973	-1.77
	(t- 値)	4.27	5.29		
	50- 人口	0.071	1.313	0.958	-1.64
	(t- 値)	4.44	3.85		
	60- 人口	0.063	0.768	0.997	-0.70
	(t- 値)	15.12	17.06		
	全人口	0.114	-1.494	0.882	-1.58
	(t- 値)	4.32	-0.42		

(3) 公共建物

公共建物は前述のようにデータ長 4-5 点しかとれず、回帰分析は参考程度にしか適用できない。この留保条件のもとに、公共教育施設に対して最小二乗法から表 10 の係数を用いることとした。

表 10 公共建物・教育施設建物ストック面積
 の対数回帰分析結果

	20 未満人口	R ²
教育施設	0.27	0.907
(t- 値)	5.49	

データ数はこの場合4点しか利用できない。教育以外の施設に対しては、20歳以上人口一人当たり床面積を2018年値に固定し、20歳以上将来人口に比例してストック需要が発生するものと仮定した。

3.2 建物残存関数のパラメータ推定

建物ストック将来値から建物新築需要を推計するには、建物残存関数が必要となる。将来時点Tにおける建物ストック面積とそれまでの時点tの新築建物面積の間には、残存率を用い次のような関係が与えられる。

$$\text{建物ストック}(T) = \sum_{t=0}^{\infty} R(t) \text{新築建物}(T-t) \quad (3)$$

ここでR(t)はt年後の残存確率である。対数正規分布やワイブル分布がしばしば用いられる。ここでは、計算が容易でかつt=0付近では急激な変化のない形状パラメータ=2のワイブル分布を用いる。

この残存関数 $R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{S}\right)^2\right)$ では尺度パラメータSの与え方が第一の課題となる。第二

の課題は、非住宅建物ストックにおける法人建物ストックと世帯保有を含む全建物ストックへの拡大の設定である。

本提案では、次のような方法を用い、これらのパラメータの推計を行った。前述のように、1988年以降の新築住宅建物面積は、①事務所、②店舗、③工場および作業場、④倉庫、⑤学校の校舎、⑥病院・診療所、⑦その他、の7種類であるのに対し、2018年ストックデータは法人に対する事務所店舗、工場・作業所・倉庫、その他の3分類である。

- (1) 2018年ストックデータを、1988-2018間新築面積累計値で比例配分し、7種類別初期ストック推定値を与える。
- (2) 建物種iごとの2018年ストックの法人一全体拡大率をA(i)とする。ただし、校舎、病院、その他では拡大率=1と仮定する。すると、2018年の建物ストックは、 $A(i)S(i) =$

$\sum_{t=0}^{30} R(t)N(i, 2018-t) + B(1988)$ と表せる。S(i)は2018年の建物iの法人建物ストック、N(i, 2018-t)は2018年t年前の新築面積、B(1988)は1988年以前に建てられた建物の残存面積である。建物ストック調査では、2018年時点における1981-1991、1971-1980、1961-1970、1951-1960および1950年以前の建物ストック面積が記載されているので、この調査の1991年以前の建物残存率と整合するよう、ワイブル分布の尺度パラメータおよび拡大率の調整を最適化法で行う。ただし、ここでは調整対象から病院、学校等は除いた。また、公共建物を含む非住宅建物面積全体(338,213万m²)との誤差も最小化に含めた。

結果を表11、表12に示す。工場、倉庫、その他では世帯保有による調整が大きくなっている。

表 11 建物種類別尺度パラメータおよび法人保有ストックの拡大率推計結果

	半減期 (年)	法人保有拡大率
事務所	41.5	102%
店舗	41.6	116%
工場	48.8	123%
倉庫	49.3	147%
学校・校舎	34.0	100%
病院・診療所	34.0	100%
その他	32.3	148%

表 12 建物ストックデータにおけるパラメータ推定値と建物ストック調査残存率との比較 (1000m²)

	合計	店舗・事務所	工場・倉庫	その他 (学校・病院等含む)
単純累積 -2018	2,254,953	624,234	719,379	1,211,161
法人 (国土交通省)	1,986,530	707,164	848,836	430,530
H25 世帯分調整	3,338,213	763,752	1,128,534	1,445,926
拡大率	168%	108%	133%	134%
-1991 年以前残存率	48%	42%	55%	42%
法人 -1991 残存率	48%	42%	55%	42%

前章に述べた建物種類別ストック需要と上記の残存率、建物ストック面積 2018 年初期値から、将来の新築需要床面積を推計できる。ここでは、2030 年および 2050 年までの建物種類別新築床面積需要の推計を行う。2030 年および 2050 年の推計ストック需要から 2018 年以前建設分の残存ストックを差し引いた分を 2018-2030 間、および 2030-2050 間の新築需要とみなした。結果を表 13 に示す。2018 年以降の新築床面積は 2050 年まではそのまま維持されると仮定している。

新築建物統計は、建物種類別に工法別内訳を提供している。もし、2018 年の工法シェアを延長すると、表 14 のような種類・工法別着工床面積の推計を得る。

建材の消費原単位は、国土交通省から、表 15[7] のように提供されている。ただし、建物の用途、構造や形状により、当然原単位には幅が生じる。そのため、この原単位の数値はあくまで基準値であり、のちにセメント生産量などから調整係数を乗じ整合化する必要がある。

主要建材の CO₂ 排出原単位は、氏家 [13] による表 16 の数値が利用できる。ただし、生コンクリート製造の際のセメント等移入比は、0.26-0.35 と幅がある。また、セメントの製法によっても幅が生じる。ここでは、代表値として 0.3 t/m³ を用いている。

これらの数値を適用することで、建材需要および CO₂ 排出量推計ができる。この数値は、上述のように暫定値であり、セメント出荷量全体に合わせ調整する。2018 年の値を表 2 の数値で補正すると、42.7%の補正が必要となる。これにより、CO₂ 排出量も補正した。これらの結果を表 17 に示す。

表 17 の結果は、2030 年までは工場、倉庫のストックが増加する一方、この他の建物のストック需要の低下がまだ小さいため、セメント需要は上昇することを示す。しかし 2030 年以降ストック需要の低下から新築需要も急激に低下し、結果として 2030 年の約 1/4 に低下することになる。

CO₂ 排出量もこれに合わせて低下する。もし生産方法の省エネ化や低炭素排出製法が導入されれば、非住宅建築部門からの排出はさらに低下することが見込まれる。

表 13 建物種類別ストック及び新築需要将来予測値

	半減期	1000m ²	2030 :	2050 :	ストック需要推定値		ストック変化率	
		2018 ストック	2018 前建設 ストック	2018 前建設分 ストック	2030 ストック (1000m ²)	2050 ストック (1000m ²)	2030/2018 比	2050/2018 比
		1000m ²						
		2018 新築						
事務所	41.5	413,325	299,883	214,524	406,785	335,848	98.4%	81.3%
店舗	41.6	350,427	266,298	209,913	344,882	284,740	98.4%	81.3%
工場	48.8	608,373	473,000	353,226	619,570	637,760	101.8%	104.8%
倉庫	49.3	520,161	398,305	283,253	529,734	545,287	101.8%	104.8%
学校・校舎	34	175,940	116,526	82,727	167,648	150,919	95.3%	85.8%
病院・診療所	34.0	124,827	84,393	62,128	123,291	106,255	98.8%	85.1%
その他	32.3	1,145,160	660,509	369,431	1,131,073	974,780	98.8%	85.1%
合計	0	3,338,213	2,298,914	1,575,202	3,322,984	3,035,588	99.5%	90.9%

表 14 建物種類別・工法別新規着工面積将来予測値

用途	工法	年新築着工面積（1000m ² ）			累積新築着工面積（1000m ² ）	
		2018	2030	2050	2018-2030	2030-2050
事務所	SRC	287	401	32	4,806	648
	RC	640	893	72	10,716	1,446
	S	4,875	6,802	551	81,629	11,012
	木造他	582	813	66	9,752	1,316
	合計	6,384	8,909	721	106,903	14,421
店舗	SRC	99	121	0	1,455	0
	RC	80	98	0	1,182	0
	S	4,877	5,975	0	71,695	0
	木造他	289	354	0	4,252	0
	合計	5,346	6,549	0	78,584	0
工場	SRC	85	103	58	1,231	1,158
	RC	333	403	228	4,841	4,557
	S	9,448	11,456	6,470	137,470	129,398
	木造他	208	252	143	3,028	2,850
	合計	10,074	12,214	6,898	146,570	137,964
倉庫	SRC	1,089	807	481	9,689	9,628
	RC	1,666	1,236	737	14,830	14,737
	S	11,411	8,463	5,046	101,560	100,922
	木造他	601	446	266	5,350	5,316
	合計	14,767	10,952	6,530	131,430	130,604
学校・校舎	SRC	178	200	40	2,404	803
	RC	1,801	2,032	407	24,386	8,142
	S	1,629	1,838	368	22,051	7,363
	木造他	169	190	38	2,281	762
	合計	3,776	4,260	853	51,122	17,069
病院・診療所	SRC	150	187	15	2,249	302
	RC	828	1,032	83	12,382	1,665
	S	1,293	1,611	130	19,337	2,599
	木造他	330	411	33	4,930	663
	合計	2,601	3,241	261	38,898	5,229
その他	SRC	685	1,051	181	12,612	3,612
	RC	4,694	7,205	1,238	86,466	24,767
	S	15,746	24,171	4,154	290,055	83,082
	木造他	4,421	6,786	1,166	81,431	23,325
	合計	25,546	39,214	6,739	470,563	134,786
合計	SRC	2,572	2,870	808	34,446	16,152
	RC	10,043	12,900	2,766	154,804	55,314
	S	49,279	60,316	16,719	723,797	334,377
	木造他	6,600	9,252	1,712	111,024	34,231
	合計	68,493	85,339	22,004	1,024,070	440,074

表 15 建物種類別建材消費原単位 [6]

建材消費原単位	工法			
	SRC	RC	S	木造
10m ² あたり				
セメント (t)	2.57	3.05	1.61	0.78
生コン (m ³)	7.43	8.83	4.05	2.23
石材・骨材 (m ³)	10.1	11.18	7.68	4.05
木材 (m ³)	0.09	0.34	0.13	1.91
鋼材 (t)	1.36	1.46	1.6	0.13
従業者 (人日)	20.67	24.19	18.1	19.87

表 16 主要建材のCO₂排出原単位 [13]

建材	内訳	原単位
セメント	原材料	467 kg-CO ₂ /t
	エネルギー	285.5 kg-CO ₂ /t
	廃棄物	60.8 kg-CO ₂ /t
	合計	813.3 kg-CO ₂ /t
生コンクリート	セメント	244.0 kg-CO ₂ /m ³
	生コン製造	9.2 kg-CO ₂ /m ³
	骨材製造	36.6 kg-CO ₂ /m ³
	合計	289.8 kg-CO ₂ /m ³
骨材		25 kg-CO ₂ /m ³
木材		213.1 kg-CO ₂ /m ³
鋼材		1940 kg-CO ₂ /t

表 17 推計された日本の新築非住宅建築部門の主要建材需要とCO₂排出量（建材需要補正）

	新築着工面積建材需要				累積建材需要（×1000）		
	2018	2030	2050	2018-2030	2018-2050	2030-2050	
建材需要（補正前）	セメント (t)	12,172,645	15,104,894	3,876,324	181,258,733	77,526,484	
	生コン (m ³)	32,208,208	40,015,050	10,194,962	480,180,605	203,899,231	
	石材・骨材 (m ³)	54,344,290	67,391,749	17,440,970	808,700,988	348,819,405	
	木材 (m ³)	2,265,752	3,015,692	645,555	36,188,308	12,911,091	
	鋼材 (t)	9,786,418	12,044,724	3,210,889	144,536,691	64,217,775	
	セメント投入合計 (t)	21,835,107	27,109,410	6,934,813	325,312,915	138,696,254	
	セメント (t)	5,197,719	6,449,790	1,655,190	77,397,479	33,103,809	
	生コン (m ³)	13,752,905	17,086,426	4,353,249	205,037,118	87,064,972	
	石材・骨材 (m ³)	23,205,012	28,776,277	7,447,294	345,315,322	148,945,886	
	木材 (m ³)	967,476	1,287,700	275,652	15,452,408	5,513,036	
建材需要（補正後）	鋼材 (t)	4,178,800	5,143,097	1,371,050	61,717,167	27,420,990	
	セメント投入合計 (t)	9,323,591	11,575,718	2,961,165	138,908,615	59,223,300	
	セメント起源 (kt-CO ₂)	4,227	5,246	1,346			
	生コン起源 (kt-CO ₂)	3,986	4,951	1,261			
	石材・骨材起源 (kt-CO ₂)	580	719	186			
	木材起源 (kt-CO ₂)	206	275	59			
	鋼材起源 (kt-CO ₂)	8,107	9,978	2,660			
	全CO ₂ 排出量 (kt-CO ₂)	17,106	21,169	5,513			
	エネルギー起源CO ₂ (kt-CO ₂)	15,306	18,935	4,939			
	建材起源CO ₂ 排出量（補正後）						
CO ₂ 排出量合計（補正後）							

4. 土木建設部門のセメント需要

建物以外の土木建設部門では、今後は道路などの新設よりも既存インフラの補修・整備が中心になり、セメントなどの建材需要はここから発生すると考えられる。インフラ部門の更新需要について、内閣府政策統括官（経済社会システム担当）「日本の社会資本2017」[14]が道路や港湾など17部門について過去の投資実績とストック、および設備耐用寿命と残存曲線パラメータを示している。これから既設の設備更新需要を求め、ついで産業連関表の係数を用いてセメントおよびセメント製品、生コンクリート投入額を推計する。これによって、非建物のセメントおよび関連製品需要の将来値を推計する。道路や治水の設備は、鉄道や学校などの建物と異なり、人口減による廃止はあまり起きないと考えられる。そこで、ここでは更新設備需要のみは今後も必要な投資需要であると仮定する。

報告書にまとめられた17項目のうち、庁舎や学校の建物を除く15部門の残存分布パラメータは表18のとおりである。

表18 日本の非建物インフラ設備の残存関数ワイブル分布
 尺度パラメータと形状パラメータ [14]

分野	ワイブル分布パラメータ	
	尺度母数	形状母数
道路	78.91	3.06
港湾	54.42	2.5
航空	18.53	2.5
下水道	30.11	1.89
廃棄物	38.21	4
水道	67.95	1.55
公園	48.59	3
治水	135.47	2.5
治山	50.95	2.5
海岸	57.89	2.5
農業	48.63	2.5
林業	46.32	2.5
漁業	48.63	2.5
国有林	47.47	2.5
工業用水	73.29	2.5

このパラメータにより投資後の除却率の時間推移が分かるので、過去の投資実績にこの除却率推移を乗じ合計することで、2015年以降の除却額推移が分かる。

ただし、投資額は1960-2014年間54年間のみ与えられているので、これ以前の投資について分の更新が得られない。そこで以下の手順を取る。

- ① 報告書 [14] にある 1960 年時点の各部門のストック額を用い、1960-2014 年間の各設備の更新投資額を推計する。
- ② この数字よりも 2014 年の投資実績値が下回る場合は、その差を 1960 年以前の設備ストックの更新投資とみなす。
- ③ ワイブルパラメータを用い、1960 年以前の残存確率とストックから更新額を推計する。
- ④ 2014 年の実績値とストック更新額が一致するよう調整係数を求め、補正を行う。

逆に①で推計された更新投資が実績値を上回る場合もある。これは、2013 年以前になされた投資が大きく、かつワイブル分布が実態から乖離する場合といえるので、修正はせず残すこととする。

こうして推計した過去の実績値と将来の更新需要の推移を図 3 に示す。日本の非建物インフラは 1990 年代半ばに急増したが近年は新規投資が減少したため、今後大きな更新需要が発生することが予想される。道路は耐用寿命が長いいため、1990 年台の新規投資の更新需要は徐々に現れる。

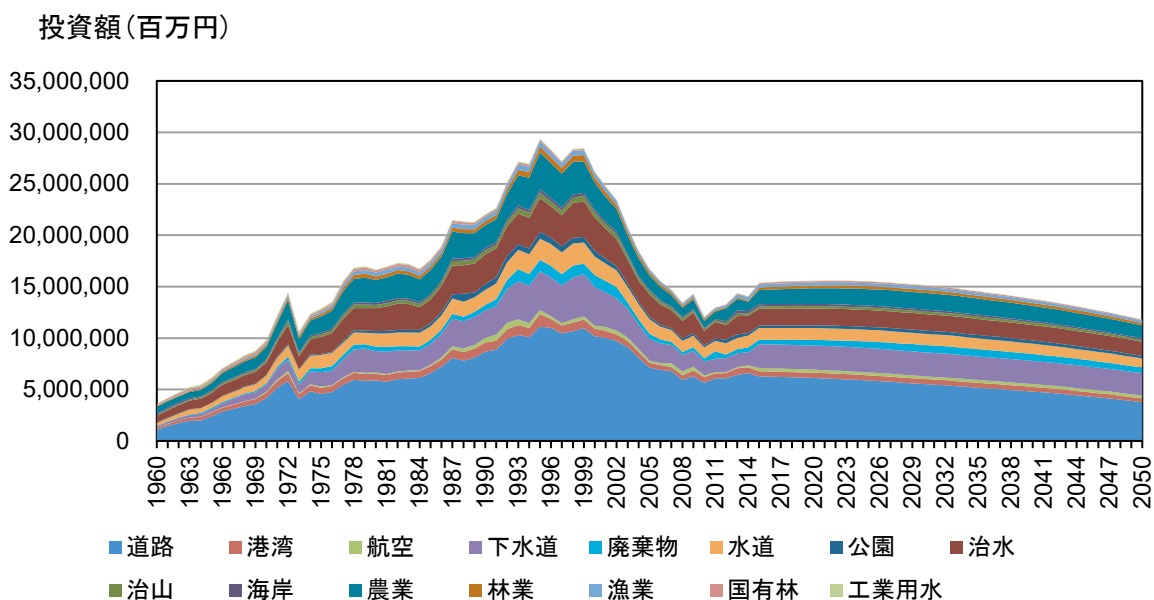


図 3 1960-2014 年までの土木建設投資額とワイブル残存関数による 2014-2050 年間のインフラ更新需要の推計値 (百万円) [6]

2030 年の非建物インフラ更新需要は次の表 19 のようになる。

表 19 推計されたインフラ更新投資需要の将来推計値（百万円）
 （百万円）

	2014 実績	2030 年	2050 年
道路	6,601,605	5,535,093	3,758,230
港湾	559,210	495,258	379,383
航空	167,421	267,822	276,497
下水道	1,274,921	2,334,324	2,174,431
廃棄物	474,293	704,666	564,704
水道	1,171,538	1,099,748	871,343
公園	244,926	304,338	249,767
治水	1,681,444	1,602,874	1,367,015
治山	221,006	252,622	203,621
海岸	229,252	182,912	132,355
農業	895,889	1,616,415	1,244,836
林業	142,843	294,437	241,613
漁業	301,213	299,332	230,381
国有林	67,347	120,705	81,491
工業用水	37,259	32,284	18,861
非建物系合計	14,070,167	15,142,832	11,794,529

この投資額から、建材の投入量を推計する。ここでは、2015 年建設部門分析用産業連関表 [15] から主要建材の投入係数を抽出する。これを表 20 に示す。

表 20 建設部門分析用産業連関表（2015）による主要建材の投入係数 [14]

	セメント	生コン	セメント製品	鋼材
道路	0.007	0.036	0.034	0.026
港湾	0.002	0.065	0.020	0.024
航空	0.001	0.024	0.030	0.014
下水道	0.001	0.020	0.045	0.026
廃棄物	0.002	0.049	0.022	0.018
水道	0.006	0.033	0.020	0.070
公園	0.000	0.005	0.024	0.001
治水	0.002	0.047	0.039	0.024
治山	0.005	0.021	0.026	0.028
海岸	0.004	0.069	0.019	0.046
農業	0.007	0.045	0.041	0.028
林業	0.007	0.045	0.041	0.028
漁業	0.002	0.065	0.020	0.024
国有林	0.007	0.045	0.041	0.028
工業用水	0.006	0.033	0.020	0.070
建設補修	0.000	0.024	0.022	0.015
土木補修	0.001	0.023	0.041	0.024

この投入係数と表 19 の投資額および物量表の価格を用いると建材投入量を推計できる。しかしセメント製品は物量表に記載がない。そこで、2015 年のセメント製品部門の生産額（1,040,111 百万円）と同部門へのセメント投入額（45,166 百万円）の比を用いセメント製品部門をセメント部門に統合した。こうして得たセメント、生コンクリート、鋼材の需要量と CO₂ 発生量推計値を表 21 に示す。

表 21 非建物建設部門の主要建材投入量とCO₂排出量推計値

	セメント、同製品 (1000t)				生コンクリート (1000m ³)				鋼材 (1000t)				CO ₂ 排出量計 (kt-CO ₂)			
	2018	2030	2050		2018	2030	2050		2018	2030	2050		2018	2030	2050	
道路	343	5,874	3,988		16,135	14,430	9,798		1,920	1,717	1,166		13,742	12,290	8,345	
港湾	171	168	129		2,379	2,339	1,791		145	142	109		1,109	1,090	835	
航空	100	86	88		546	466	481		53	45	47		343	292	302	
下水道	803	802	747		3,337	3,334	3,106		738	738	687		3,053	3,050	2,841	
廃棄物	211	297	238		1,770	2,495	1,999		106	149	120		890	1,254	1,005	
水道	1,036	987	782		2,770	2,638	2,090		959	913	723		3,505	3,339	2,645	
公園	37	46	38		91	113	93		2	3	2		61	76	62	
治水	774	752	641		5,584	5,421	4,624		464	450	384		3,147	3,056	2,606	
治山	177	198	160		345	387	312		76	85	69		392	439	354	
海岸	142	124	90		1,047	913	660		116	101	73		645	562	407	
農業	1,614	1,786	1,375		4,709	5,210	4,012		494	547	421		3,637	4,024	3,099	
林業	290	325	267		847	949	779		89	100	82		654	733	601	
漁業	101	101	78		1,405	1,413	1,088		85	86	66		655	659	507	
国有林	155	133	90		453	389	263		48	41	28		350	300	203	
工業用水	36	29	17		97	77	45		34	27	16		123	98	57	
建設補修	292	292	292		3,446	3,446	3,446		362	362	362		1,939	1,939	1,939	
土木補修	657	657	657		2,789	2,789	2,789		480	480	480		2,274	2,274	2,274	
合計	13,166	12,658	9,678		47,752	46,809	37,376		6,172	5,987	4,835		36,520	35,475	28,083	

住宅部門、非住宅建物部門の推計値と合わせたものと表22に示す。これによると、2018年セメント需要は45,508 ktであり、表1のセメント協会の国内販売実績値41,178 ktよりも過大であるが、同表のセメント生産量60,093 ktから輸出量10,658 ktを差し引いた49,435 ktよりは小さく、推計値としては妥当な範囲と考えられる。

表22 住宅・非住宅建物・建設部門セメント需要 (kt) およびCO₂排出量合計 (kt-CO₂) [6]

	2018年	2030年	2050年
セメント需要 非建物合計	24,672	23,881	18,071
セメント需要 土木建設補修	2,819	2,819	2,819
セメント需要 住宅計	8,693	8,278	4,553
セメント需要 非住宅建物計	9,324	11,576	2,961
セメント需要 建設建築部門合計	45,508	46,554	28,404
セメント起源CO ₂ 排出量 (非建物)	24,546	23,860	18,702
セメント起源CO ₂ 排出量 (住宅)	7,255	6,911	3,801
セメント起源CO ₂ 排出量 (非住宅)	8,213	10,197	2,608
建材起源CO ₂ 排出量 (非建物)	36,520	35,475	28,083
建材起源CO ₂ 排出量 (住宅)	13,497	12,201	6,707
建材起源CO ₂ 排出量 (非住宅)	17,106	21,169	5,513
建材起源CO₂排出量計	67,123	68,845	40,302

表22からは、補正によらず2030年までのセメント需要は2018年から微増、2050年では2018年から大きく減少し、2050年では2018年値の62%に減少することが示される。建物新築需要が2050年で住宅系52%、非住宅建物で32%まで減少するにもかかわらず全体での減少が小さい理由は、既存インフラ補修・建て替えのための非建物建設需要が2050年でも2018年の70%程度しか減少しないこと、建設補修需要を一定と仮定したことにある。

5. 結論

本報告では、代替製品もCO₂排出削減オプションも極めて限られているセメントの将来需要について2050年までの住宅部門、非住宅建物部門、土木建設部門の将来のストック需要と新規投資需要を積み上げにより推計し、実績値との比較補正を行い建材需要の予測を行った。結果、2030年まではセメント需要の微増傾向は続くものの、それ以降2050年にかけては人口減少による新築需要減少が顕在化し、建物需要起源のセメント需要は2018年実績値の42%にまで低下する一方、インフラ建設の補修・更新需要は80%程度しか低下しないため、全体としては62%程度への低下にとどまることとなった。これは2050年の炭素中立化の実現目標から遠く、DAC/CCSの導入または炭素中立的な建材、あるいは工法の開発が急がれることが結論される。本提案書の結果はこれ単独で完結するものではなく、拡張産業連関分析に接続され、エネルギーと産業全体の炭素中立化の評価の一環となるものである。

6. 政策提案に向けて

本報告の結果は産業連関分析に接続され経済的波及効果の評価に適用される。また、セメント

産業が多く、廃棄物を受け入れ処理に貢献しているため、将来のセメント需要の低下の環境影響評価にも利用することができる。本提案書では、2050年の建材起源のCO₂排出量は約40 Mt-CO₂に達すると推計された。この部門の炭素中立化の実現には、本提案書の予測したセメント需要を①どのような製品あるいは工法で代替するか、②排出量をDAC/CCSでオフセットするかの2点が必要である。

より具体的な政策評価としては、①現在NEDO等で進められているCO₂吸収型セメントは、現状では生コンクリートに適用できないものの、住宅、非住宅建物、非建物土木インフラ、などの分野に適用可能か、②現在のセメントプロセスを変えられない場合、どれほどの量のCO₂回収が必要か、の2点について定量的検討を進めるべきである。人口減少を前提とした将来のストック需要から新築建材需要を推計した本提案書の方法は、この検討の基盤を与えたものといえる。

参考文献

- [1] 総合エネルギー統計, https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/xls/stte_2020b.xlsx (アクセス日 2022年5月22日)。
- [2] 細谷, セメント産業におけるCO₂排出削減の取り組み, コンクリート工学, Vol.48, No.9, PP.51/53, 2010.
- [3] 鹿島建設株式会社, 環境配慮型コンクリート「CO₂-SUICOM (シーオーツースイコム)」, https://www.kajima.co.jp/tech/c_eco/co2/index.html#!body_02, (アクセス日 2022年6月10日)。
- [4] セメントハンドブック 2021, https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jj3h_06.pdf, (アクセス日 2022年6月10日)。
- [5] LCS政策提案書, 人口変化, 住宅種類選択, 住宅省エネルギー技術と電力化を考慮した家庭部門市町村別CO₂排出の地域別将来推計, LCS-FY2021_PP-15.
- [6] 森, 人口変化と居住形態および電力化を考慮した家庭部門市町村別CO₂排出の2050年予測および建材需要の推計, 第41回エネルギー資源学会研究発表会(オンライン), 2022年8月8日。
- [7] 令和元年度国土交通省, 「建築資材・労働力需要実態調査」, <https://www.mlit.go.jp/common/001291391.pdf> (アクセス日 2022年5月13日)。
- [8] 建築着工統計調査, (建築物構造別床面積時系列), <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000032086237&fileKind=0>, (アクセス日 2022年5月13日)。
- [9] 建築物ストック統計, <https://www.mlit.go.jp/common/001254407.xlsx>, <https://www.mlit.go.jp/common/001254406.xlsx>, <https://www.mlit.go.jp/common/001254405.xlsx> (アクセス日 2022年4月1日)。
- [10] 国土交通省, 我が国における土地・建物のストックの概況, <https://www.mlit.go.jp/common/001205332.pdf> (アクセス日 2020年11月16日)。
- [11] コクヨ, 「コクヨのオフィス移転ソリューション」, <https://www.kokuyo-marketing.co.jp/column/cat3/post-115/1>, (アクセス日 2022年11月11日)。
- [12] 内閣府, 国民経済計算(GDP統計), <https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/menu.html>, (アクセス日 2020年11月16日)。
- [13] 氏家, コンクリート骨材の地産地消による環境負荷量の低減に関する研究, 愛媛大学大学院理工学研究科, 2020年3月, <http://www.ehime-saiseki.jp/download/data/data05.pdf>.
- [14] 内閣府政策統括官(経済社会システム担当), 日本の社会資本2017, <https://www5.cao.go.jp/keizai2/ioj/docs/pdf/ioj2017.pdf> (アクセス日 2021年10月13日)。
- [15] 2015年建設部門分析用産業連関表, https://www.mlit.go.jp/toukeijouhou/chojou/gai_tokubetuyousa.htm, (アクセス日 2022年6月1日)。

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

用途別日本のセメント需要予測および 建材起源のCO₂排出量の予測

令和4年12月

A Projection of Cement Demand by Usage of Japan and an Assessment of CO₂ Emission from Building Materials

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies,
Center for Low Carbon Society Strategy,
Japan Science and Technology Agency,
2022.12

国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

本提案書に関するお問い合わせ先

- 提案内容について・・・研究統括／上席研究員 森 俊介 (MORI Shunsuke)
- 低炭素社会戦略センターの取り組みについて・・・低炭素社会戦略センター 企画運営室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ 8階

TEL : 03-6272-9270 FAX : 03-6272-9273

<https://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2022 JST/LCS

許可無く複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

