

E-0807 社会資本整備における環境政策導入によるCO₂削減効果の評価と実証に関する研究

(2) シミュレーション試行のための大都市圏でのデータ収集・実態調査

東京理科大学 理工学部建築学科

兼松 学

平成20～22年度累計予算額： 5,737千円（うち、平成22年度予算額 1,456千円）

予算額は、間接経費を含む。

〔要旨〕本研究では、コンクリート関連産業の環境負荷排出量を把握し、その地域特性について明らかにすることを目的として、主に、工場規模が環境負荷原単位に及ぼす影響について関東近圏の実態調査を実施し、環境負荷原単位の算定を行った。また、コンクリート需要量の将来予測手法確立を目的として、比例ハザードモデルの導入により、東京都23区の各種建設関連統計、人口動態や経済指標などから建築構造種別の除却量の推計値を求め、コンクリート塊発生量および建設需要の予測モデルの構築を行った。

さらに、コンクリート関連産業のマテリアルフローに基づき、コンクリートの需要量および廃棄量から各工場の活動量を推計し、活動に伴うCO₂排出量を求める手法として、資源循環シミュレーションシステム（以下、EcoMAと呼ぶ）を用い、産業の実態をできる限り忠実に再現し、実社会のマテリアルフローを模擬して正確で精緻な評価とする。さらに、将来の建設需要・解体量を推計し、2010年から2050年にわたる環境負荷排出量の上限值、下限値を定量的に示した。

〔キーワード〕コンクリート， 関東， 環境負荷， CO₂排出原単位， 地域特性

1. はじめに

建設関連産業からの二酸化炭素（以下、CO₂と呼ぶ）発生量が全産業に占める割合は約40%と大きく、この中でも物質投入量において建設関連産業の約半分を占めるコンクリート関連産業の環境負荷を正しく見積もることは、我が国における環境負荷低減の取組の中でも大きな意義を有する。

しかし、地域的な広がりや複雑な業界の実態を考慮して産業全体を対象として評価した事例は少ない。これは、コンクリート関連産業特有の工場規模や地域特性による環境負荷排出への影響を評価するための手法やツールが多くは存在しないためであると考えられる。

2. 研究目的

そこで本研究では、コンクリート関連産業の環境負荷排出量を把握し、その地域特性について明らかにすることを目的とする。これには、著者らが開発中の資源循環シミュレーションシステム（以下、ecoMAと呼ぶ）を用い、産業の実態をできる限り忠実に再現し、実社会のマテリアルフローを模擬して正確で精緻な評価とする。さらに、将来の建設需要・解体量を推計し、2010年から2050年にわたる環境負荷排出量の上限值、下限値を示す。

なお、本研究においてコンクリート関連産業とは、レディーミクストコンクリート工場、砕石工場、砂利採取場、中間処理施設、最終処分場、セメント工場とした。

3. 研究方法

本研究では、関東近圏のコンクリート関連産業の地域特性および工場規模などが、環境負荷原単位に及ぼす影響について考察することを目的とし、開発中のecoMAを用い、産業の実態をできる限り忠実に再現し、実社会のマテリアルフローを模擬して正確で精緻な評価をした。

以下にその概要を示す。

(1) CO₂排出原単位の算定

1) 概要

コンクリート関連産業の環境負荷評価を行うにあたり、評価の際に環境負荷排出量を定量化するための係数である環境負荷原単位を求めた。環境負荷原単位とは、一定量の製品の生産活動に伴い発生する環境負荷量を表す値である。

現在、建設産業の環境負荷原単位としては、日本建築学会や土木学会の各種委員会、関連協会等から公表されている値が用いられている¹⁾。しかし、環境負荷原単位の算出方法や対象としている評価範囲（システム境界）が異なること、都道府県や地方単位での整備がなされていないために地域ごとの比較が難しいことなどの問題があり、環境評価を行う際に必ずしも利用しやすい値であるとはいえない。

そこで、コンクリート関連産業の地域特性および工場規模が環境負荷原単位に及ぼす影響を考慮した実態調査に基づく環境負荷原単位の算定を行った。算定方法、実態調査および結果の詳細については、平成21年度までの報告書および既往の研究²⁾を参照いただきたい。

2) CO₂排出原単位の算定方法

本研究では環境負荷物質としてCO₂を対象とした。このため、環境負荷原単位を一定量の製品の生産活動に伴い発生するCO₂の量とし、CO₂排出原単位と呼ぶ。CO₂排出原単位の算定は積上げ法により行い、式(1)を用いて求めた。これは、CO₂発生量を製品の製造プロセスごとに求めるのではなく、1年間に工場で消費されたエネルギー量や製品の生産量から求めるものである。この式で、エネルギー投入量とは、評価の対象としている工場において1年間に使用されたエネルギー量である。エネルギー原単位は、エネルギーの種別ごとにJEMAI-LCA³⁾から得ることとした。工場の製品生産量は、評価の対象とする製品が1年間に生産された量である。本研究では式(1)を用いてCO₂排出原単位を求めるため、コンクリート関連産業に対して実態調査を行い、算定に必要なデータを収集することとした。

$$\text{CO}_2\text{排出原単位}(\text{kg-CO}_2/\text{t}) = \frac{\text{CO}_2\text{排出総量}(\text{kg-CO}_2)}{\text{工場の製品生産量}(\text{t})} \quad \text{式(1)}$$

$$\begin{aligned} & \text{CO}_2\text{排出総量}(\text{kg-CO}_2) \\ & = \sum \{ \text{エネルギー投入量}(\text{※}) \times \text{エネルギー原単位}(\text{kg-CO}_2/\text{※}) \} \\ & \text{※ は単位でエネルギーごとに異なる。} \end{aligned}$$

3) 実態調査

表2実態調査工場数を示す。実態調査はコンクリートに関連する産業を対象として実施し、調査

の対象とする工場の選定は、組合や協会に加盟している工場のうち、工場規模を加味して無作為に抽出した。また、地域特性の検討のため、地域的な差が大きいと考えられる首都圏（1都7県）および北海道の2地域を対象として、この地域に立地する工場に対し調査を行った。

調査方法は、工場を訪ねて聞き取りを行うヒアリング調査、電話およびファックスを用いて、CO₂の排出に関連するデータの回答を依頼するアンケート調査とした。CO₂排出原単位の算定には、表 2 に示す有効データ数を用いた。

表 2 調査工場数

工場種	首都圏			北海道			組織率 (%)
	データ回収 工場数	有効 データ数	組合加盟 工場数	データ回収 工場数	有効 データ数	組合加盟 工場数	
生コンクリート工場	37	17	919	22	18	345	73.9
砕石工場	26	22	185	29	24	201	87.8
砂利工場	26	26	214	23	11	65	—
アスファルト合材工場	12	10	190	18	17	189	—
中間処理場	115	33	767	27	7	220	—
最終処分場	4	0	60	8	5	187	—
セメント工場	*	—	—	*	—	—	100

*は全国で4社13工場

注) データ回収工場数：調査により回答が得られた工場数

有効データ数：回収したデータのうち、不備がなく信頼性が高いデータ数

組合加盟工場数：調査対象地域に存在し、協会団体等に所属している工場数

(2) コンクリート需要量および廃棄量の将来推計

1) 概要

将来の環境負荷排出量評価を行うためには、今後のコンクリート需要量、廃棄量を求めることが必要である。そこで、需要量および廃棄量の将来推計を行った。推計は東京都および北海道の建築・土木向けコンクリート出荷量と、建築物の解体により発生するコンクリート塊を対象とした。

コンクリート廃棄量の推計は、建築物の耐久性の向上による長寿命化や近年の景気の低迷による解体抑制等を考慮した既往の研究⁴⁾において提案されたモデルを用いて行った。これは、固定資産データから算出した減失率を長期にわたって分析し、その推移を実際に建築物が解体される年や、新築年に関するパラメータを説明変数として推定する。そしてこの減失率から建築物の寿命分布を決定し、コンクリート廃棄量を求めるものである。ただし、既往の研究では寿命推定の際の説明変数として経済指標（公定歩合、経済成長率、地価上昇率）を用いていたが、本研究では環境負荷評価の際に地域特性を考慮するため、建物の解体に影響を与えられられる説明変数として表4に示す変数を加えて評価した。

2) 比例ハザードモデルによる減失率の推定

式(2)に示すCo_xの比例ハザードモデルを使用し、実社会の諸要因を考慮した推定を行う。

$$\lambda(i, j) = \lambda_0(j-i) \exp(\beta_{i,1}X_{i,1} + \beta_{i,2}X_{i,2} + \dots + \beta_{i,m}X_{i,m} + \beta_{j,1}X_{j,1} + \beta_{j,2}X_{j,2} + \dots + \beta_{j,n}X_{j,n}) \quad \text{式(2)}$$

ここで、 $\lambda(i, j)$:新築年*i*の建築物の観察年*j*における滅失率、 $\lambda_0(t)$:時間*t*におけるベースラインハザード関数、 $\beta_{i,1} \sim \beta_{i,m} \cdot x_{i,1} \sim x_{i,m}$:それぞれ新築年*i*における説明変数の係数および値、 $\beta_{j,1} \sim \beta_{j,n} \cdot x_{j,1} \sim x_{j,n}$:観察年*j*における説明変数の係数および値である。ベースラインハザード関数には、信頼性工学において寿命分布等によく用いられるワイブル分布を用いた。

$$\lambda_0(t) = m \cdot \frac{\ln 2}{T^m} \cdot t^{m-1} \quad \text{式(3)}$$

ここで、 $\lambda_0(t)$:時間*t*(経年数)におけるベースラインハザード関数、*m*:形状母数、*T*:ベースラインハザード関数の平均寿命(年)である。

3) 説明変数の検証

表 3に示した説明変数を用いて、式(2)により非線形回帰計算を行った。説明変数の組み合わせを変更して回帰計算を繰り返し行い、有意な説明変数だけを用いて自由度修正済決定係数 R^2 が最も大きくなる説明変数の組み合わせを決定した。このとき、耐震基準法改定の影響を考慮するため、1980年以降に新築された建築物に1を、それ以前を0とするダミー変数を設定した。その結果、最も有意な組み合わせは、ダミー変数・着工床面積増加率・経済成長率・地価上昇率・人口増加率であった。表 4に、入力した変数と、その将来推計値を示す。

表 3 推計に用いた説明変数

入力データ	使用データの期間	データ出典元	発行元
経済成長率(実質GDP対前年増加率)	1981-2007	国民経済計算年報平成20年度版	総務省統計局
公定歩合	1960-2007	基準割引率および基準貸付利率	日本銀行
地価上昇率(対前年増加率)	1965-2007	市街地指数	(財)日本不動産研究所
建設投資率(対前年)	1960-2007	建設工事費デフレーター	国土交通省
着工床面積増加率(対前年)	1960-2007	建築統計年報 各年度ごとに入手	東京都都市整備局
着工床面積比	1960-2007	建築統計年報 各年度ごとに入手	東京都都市整備局
人口増加率(対前年)	1960-2007	住民基本台帳 東京23区人口	総務省統計局

表 4 説明変数の将来予測値

説明変数	2009-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2030-2060
着工床面積増加率	0	0	0	0	0	0
経済成長率	2.1	1.9	1.9	1.2	1.2	1.2
地価上昇率	0	0	0	0	0	0
人口増加率	0.52	0.24	0.06	-0.08	-0.22	-0.32

4) コンクリート廃棄量の推計

比例ハザードモデルにおいて推定した滅失率と残存率の積で表される除去確率密度を用い、1960年以降の各年の着工床面積とコンクリート塊発生源単位から式(4)にてコンクリート塊発生量を予測する。着工床面積は建築統計年報の東京都の各年のものを使用した。また、コンクリート塊発生源単位は、橋本らの報告値⁵⁾から得た木造0.205t/m²、建築業協会報告値からS造0.617 t/m²、SRC造1.097t/m²、RC造1.134 t/m²とした。

$$W(j) = G \times \sum_{i=1960}^j [I_i \times R(i, j-1) \times \lambda(i, j)] \quad \text{式(4)}$$

ここで、 $W(j)$: j 年におけるコンクリート塊発生量 (t)、 I_i : 新築年*i*における着工床面積 (㎡)、 G : コンクリート塊発生源単位 (t/㎡)、 $R(i, j)$: 新築年*i*の建築物の*j*年末における残存率、 $\lambda(i, j)$: 新築年*i*の建築物の観察年*j*における比例ハザードモデルによる減失率である。

北海道については、コンクリート廃棄量推計を行うのに十分な固定資産データ数が得られなかった。そのため、東京都のコンクリート出荷量とコンクリート廃棄量の割合、東京都と北海道のコンクリート出荷量の割合から按分して与えた。

(3) ecoMAによる地域性の評価

1) 概要

ecoMAとは、著者らが開発しているマルチエージェントモデルを用いた資源循環シミュレーションシステムである⁶⁾。

本システムは、仮想の社会の中に、エージェントと呼ばれる自身で行動を判断する主体を置き、エージェント間で取引を発生させ、その過程で発生するCO₂や廃棄物量といった環境負荷を積算するものである。本システムの特長は、各エージェントが自身の戦略を持っている点である。戦略とは、「環境負荷物質の排出を最小限に抑えることを優先する」、「コストを優先する」などの自身の取引に関する評価指標である。この戦略を用いて、ある想定した社会をモデル化することが可能である。例えば、「CO₂排出量をできる限り少なくする」という戦略をエージェント全体の傾向として設定することにより、CO₂の排出量が抑制された社会をシミュレートすることが可能となる。

ecoMAを用いたコンクリート関連産業のシナリオ評価の概要を以下に示す。

2) 評価範囲

評価の対象地域は、環境負荷排出量に対する地域特性の影響を考察するため、首都圏および北海道とした。また、評価期間は将来の環境負荷排出量を評価するため2010年から2050年とした。

3) 評価シナリオ

図 10に評価の対象としたマテリアルフローを示す。(2) 4)において推計したコンクリートの需要量・廃棄量推計結果を用い、建物の建設・解体から始まるフローを設定した。建物建設のフローでは、建設によりコンクリートが発注され、それに伴って原材料を製造するセメント工場、砂利工場、砕石工場が稼働する。セメントの輸送については、実態としてセメントサービスステーション(以下、SS)を経由してコンクリート工場に運ばれるため、これを考慮した。建物解体のフローでは、解体に伴って発生するコンクリートがらを中間処理施設で受け入れ、再生骨材を製造する。また、この処理に伴って廃棄物が発生し、これを最終処分場が受け入れる。このフローについて、需要および廃棄の高位シナリオ、低位シナリオによる環境負荷排出量を評価する。

4) 入力データ

a) 解析範囲

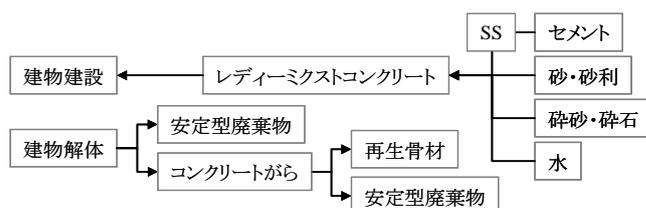


図 10 シナリオのマテリアルフロー

表 5 解析対象地域の基準地域メッシュ

	首都圏	北海道
基準地域メッシュID(南西端)	52382174	62390671
東方向メッシュ数	216	485
北方向メッシュ数	272	496
解析範囲総メッシュ数	58,752	240,560
解析対象地域メッシュ数	36,187	84,732

ecoMAによる解析対象地域の設定は、解析の対象とする範囲の南西端の基準地域メッシュIDを定め、そこから東および北へのメッシュ数を与えて範囲を決める。表 35に解析対象地域としたメッシュの範囲を示す。このように、解析対象地域は四辺形の範囲で指定するが、この範囲の中には海上や解析の対象とする地域以外の地点も含まれるため、これら対象外の地点のメッシュを除いたメッシュ数を解析対象地域メッシュ数として示した。

b) 工場データ

表 6に評価に用いたコンクリート関連産業の各工場の入力データを、表 7にそのデータの根拠を示す。

表 6 EcoMA入力データの概要

工場種類	製品	原材料	原材料使用原単位 (t/t)		CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /t)		工場数	
			首都圏	北海道	首都圏	北海道	首都圏	北海道
セメント工場	セメント	石灰石	1.20	1.20	733.98	733.98	462	※
		粘土	0.21	0.21				
		珪石	0.08	0.08				
		鉄さい	0.03	0.03				
		石膏	0.04	0.04				
レディーミクストコンクリート工場	レディーミクストコンクリート	セメント	0.15	0.15	1.06	1.36	922	347
		砂	0.32	0.32				
		砕石	0.45	0.45				
		水	0.08	0.08				
砕石工場	砕石	砕石原石	1.00	1.00	4.21	5.64	192	226
砂利工場	砂	砂利原石	1.00	1.00	3.56	4.54	209	56
最終処分場	—	—	—	—	3.20	3.20	60	188
中間処理場	路盤材	がら	1.18	1.18	3.17	10.94	747	221
		安定型廃棄物	0.18	0.18	3.20	3.20		

※セメント工場の工場数にはセメントサービスステーション数を含む

表 7 工場の名称、位置、生産規模データの出典元

レディーミクストコンクリート工場	砂利工場
「生コン年鑑 平成18年度版」付属CD-ROM セメントジャーナル社	各都道府県の骨材協同組合、砂利協同組合等から入手した名簿データ
セメント工場・セメントSS	中間処理場
「セメント年鑑 第60巻」, 「セメント年鑑 第62巻」 セメント新聞社編	各都道府県の産業廃棄物関連課, および産業廃棄物協会から入手した名簿データのうち, がれき類のみを扱い, 処分方法が「破砕」である処理場のみを抽出.
碎石工場	最終処分場
「日本碎石新聞」 平成12年9月30日～平成17年2月15日掲載記事 日本碎石新聞社	各都道府県の産業廃棄物関連課, および産業廃棄物協会から入手した名簿データのうち, 安定型処分場のみを抽出. ※東京都・神奈川県には安定型処分場は存在しない.

EcoMAによるCO₂排出評価をできる限り現実社会に模して行うために、工場の立地情報や生産能力など、入力するデータは可能な限り実際の工場のデータを用いた。表中の原材料使用原単位とは、製品1単位を生産する際に必要となる原材料の量を表す。レディーミクストコンクリートの原材料使用原単位は、水セメント比を55%として求めた。中間処理施設は、実態調査の際に得られた工場のコンクリートがら受入量と再生材生産量から求めた。その他の工場の原材料使用原単位については解析に影響を及ぼさないため、仮の値を与えた。

5) 仮定条件

a) 建物建設・解体の発地点

評価フローの開始地点となる建物建設量・解体量には、(2) 4)において推計したコンクリートの需要量・廃棄量を用いた。これらの建設や解体が起こる地点については、発生地域を東京都および北海道とし、総需要量・廃棄量を人口分布に比例して配分した。また、コンクリート需要量のうち1%は骨材に再生材が使用されるものと仮定した。さらに、建物建設量、解体量の発生単位をシステムのデータ処理時間の都合上、10000m²（現在、2500 m²で再解析中）の建設、2500tのコンクリート系廃棄物とした。

b) 工場の規模データ

各工場の製品生産量、廃棄物処理量といった規模情報は、表7の名簿や統計値から得た。一部の規模情報が得られなかった工場に関しては、その工場の存在する都道府県の他の工場の規模の平均値を与えるものとした。都道府県ごとに規模情報が得られなかったものには、規模情報が得られた評価対象地域内の全工場の平均値を与えた。

c) 取引工場の選定

工場間における原材料や製品の取引については、距離が最短となる工場間で行われるものとした。このとき、工場間の距離は、工場の存在する基準地域メッシュの中心間の直線距離で求める。ただしecoMAシステムでは、工場の位置を基準地域メッシュIDの指定により入力しており、同一メッシュ上に取引関係にある工場が存在する場合、取引距離が0となり、取引によって発生する原材料の輸送負荷がカウントされないという問題がある。しかし今回評価しようとしているのは、コンクリート関連産業全体からの環境負荷量であり、評価対象地域も首都圏と北海道というある程度の広さをもった範囲を対象としているため、このような輸送による環境負荷が全体の評価結果へ及ぼす影響は限りなく小さいものと推測される。このため、今回の評価ではこの問題を考慮しないこととした。

また、取引を行おうとする最短距離にある工場において、工場の生産能力を超えたために必要とする製品が生産不可となった場合には、次に近い工場を探して発注を行うこととした。

6) CO₂排出量の算定方法

工場の製品生産や廃棄物処理によって発生するCO₂排出量の算出には、(2)において求めたCO₂排出原単位を用いた。また、輸送によるCO₂排出量はJEMAI-LCA³⁾より得た10tトラックの輸送原単位を用いて求めた。

4. 結果・考察

(1) CO₂排出原単位算出結果および考察

実態調査により収集したデータを用いてコンクリート関連産業のCO₂排出原単位を算定した。表8に算出したCO₂排出原単位の平均値を示す⁸⁾。また、参考値として既往の文献および関連する学協会出版物に示されている値を掲載した。これらの値はシステム境界や導出方法が必ずしも一致していないことから、あくまで参考値として示したものであるが、今回算定したCO₂排出原単位の平均値とある程度近い値であると考えられる。

地域特性に関しては、北海道のCO₂排出原単位は首都圏に比べて大きくなる傾向を示した。CO₂排出原単位は生産規模への依存性を有しており、北海道の工場は総じて操業規模が小さいことから、製造機器の性能や生産効率が悪く、事業所の運営や場内輸送等によるCO₂発生量の全発生量に占める割合が大規模な工場に比べて大きくなることなどにより、CO₂排出原単位が大きくなったものとする。

尚、参考までに平成21年度までの調査結果を図11および図12に示す。

表 8 CO₂排出原単位平均値およびCO₂排出原単位文献値

	CO ₂ 排出原単位平均値 (kg-CO ₂ /t)			CO ₂ 排出原単位文献値 (kg-CO ₂ /t)
	コンクリート	鉄筋	その他	平均値
コンクリート	733.98			746.60
鉄筋	1.06	1.36		0.26 ^{*1 5)}
その他	4.21	5.64		2.9~3.7 ^{*1 5)}
その他	3.56	4.54		12.0 ^{*2 3)}
その他	3.17	10.94		
その他		3.20		

*1 参考文献(1) *2 参考文献(2)

表 9 セメント消費量の「底」予測

1人当たりのコンクリート増加率の「底」	予測したセメント消費量の「底」	同左・1人当たりの消費量	「底」を記録する年
0.8%	約3000万t	約240kg	2021年頃
1.1%	約3900万t	約10kg	2015年頃
1.4%	約4700万t	約370kg	2010年頃

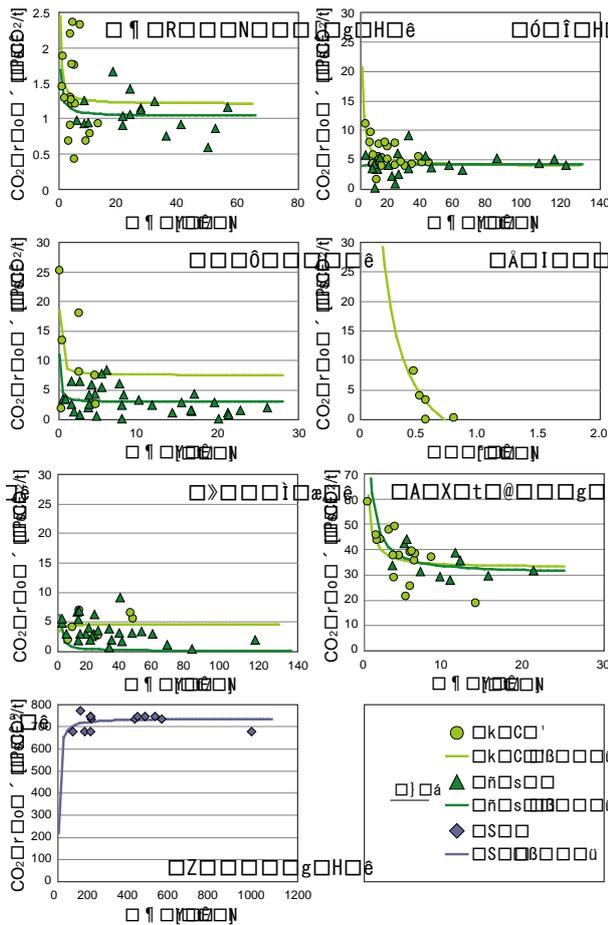


図12 工場の年間生産量とCO₂排出原単位

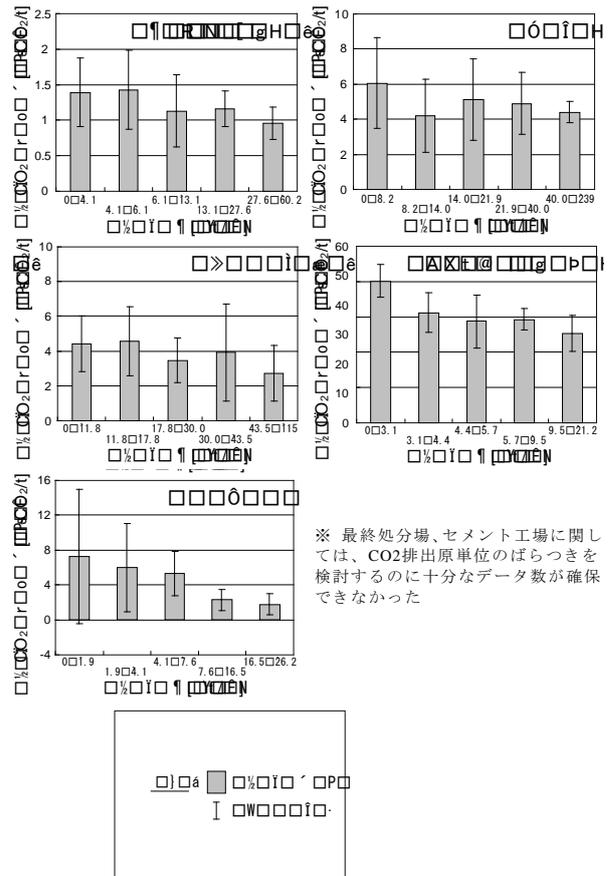


図11 2地域の工場生産量平均値とCO₂排出原単位平均値および標準偏差

(2) コンクリート需要量および廃棄量の将来推計結果

図 13にコンクリート需要量の推計結果を示す。コンクリート出荷量の「底」を2010年とした高位シナリオと、2021年とした低位シナリオでは、2021年以降、東京都で224万m³、北海道で87万m³の差が生じる結果となった。

図 14にコンクリート廃棄量の推計結果を示す。既往の研究に基づく高位シナリオは東京都、北海道共に2007年頃からコンクリート廃棄量が増加し2030年頃にピークを迎えた後、減少に転じる結果となった。この推計値は、国土交通省のコンクリート塊に関する統計値⁹⁾の2.4倍であった。この原因としては推計に用いた各パラメータの予測値や延べ床面積あたりのコンクリート塊発生量原単位の値の影響が考えられる。また、この推計は除却統計に基づいて行っており、潜在的なコンクリート塊発生量を表すものであると捉えられる。一方、コンクリート出荷量から推計した低位シナリオではコンクリート廃棄量は微増傾向であった。高位シナリオと低位シナリオでは、最も差が生じる年で低位シナリオの6倍であった。

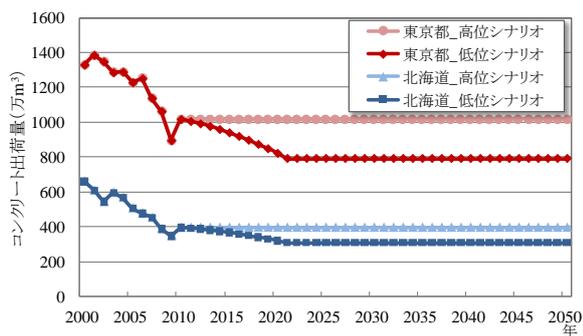


図 13 コンクリート需要量の将来推計結果

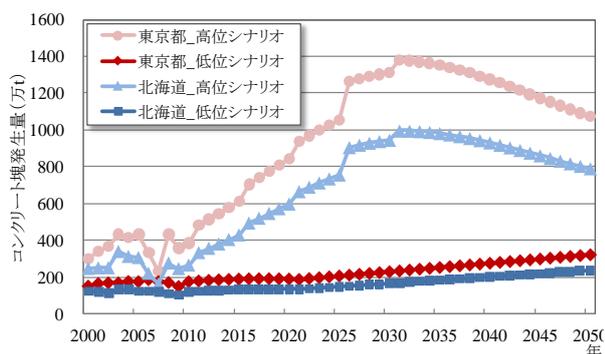


図 14 コンクリート廃棄量の将来推計結果

(3) EcoMAによる地域性の評価

図 15および図 16に建設・解体フローに分けてecoMAによるCO₂排出量評価結果を示す。2地域共に建設フローからのCO₂排出量が大部分を占めていた。中でもセメント製造によるCO₂排出量が地域全体のCO₂排出量の9割以上を占めていた。これは、セメント製造原単位によるものであると考える。また、解体フローからのCO₂排出量は2地域共に全体の1%にも満たなかったが、廃棄フローだけを見れば、高位シナリオ・低位シナリオ共に廃棄物輸送によるCO₂排出量が最も多いことが示された。

シナリオ別では、高位シナリオでCO₂排出量が多く、低位シナリオの1～1.3倍であった。2050年の値でみると、首都圏の高位CO₂排出量は267.7千t-CO₂、低位では208.0千t-CO₂となり、その差は59.7千t-CO₂であった。北海道では、高位シナリオのCO₂排出量は106.3千t-CO₂、低位シナリオでは82.7千t-CO₂となり、その差は23.6千t-CO₂であった。

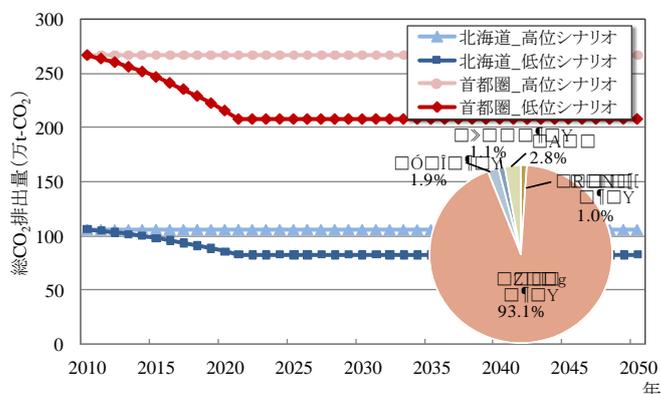


図 15 建設フローからのCO₂排出量とその内訳

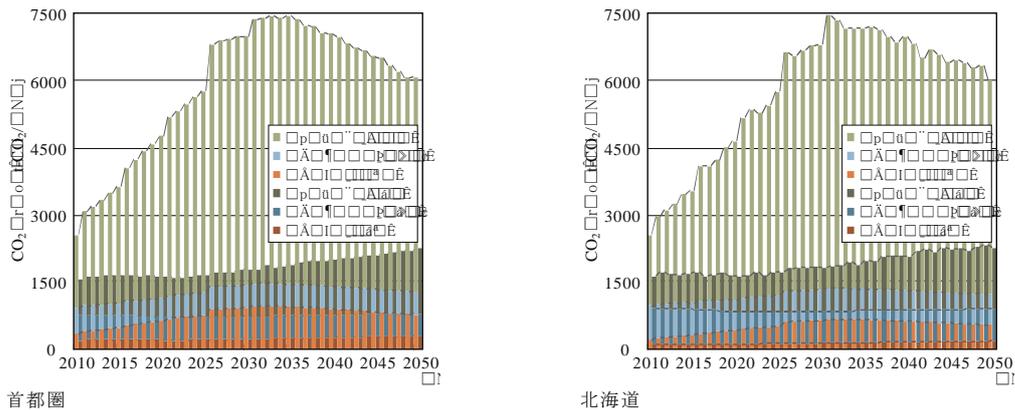


図 16 廃棄フローからのCO₂排出量

図 17に建設・解体がそれぞれ1回ずつ行われた際の取引による1工場あたりの工場間輸送距離を示す。ただし、北海道のセメント工場からSSまでの距離は突出して大きかったため、図の見やすさを考慮して除外した。輸送距離は、北海道のセメント工場からSSまでの距離を除くと、総じて首都圏の方が長距離であった。また、工場間距離の長短の順序に差異がみられ、首都圏では解体現場から最終処分場、北海道ではセメント工場からSSまでの距離が最も長く、それぞれ45~65km、130~160kmであった。2地域共に工場数の多いコンクリート工場、中間処理施設では輸送距離は短いことが示された。

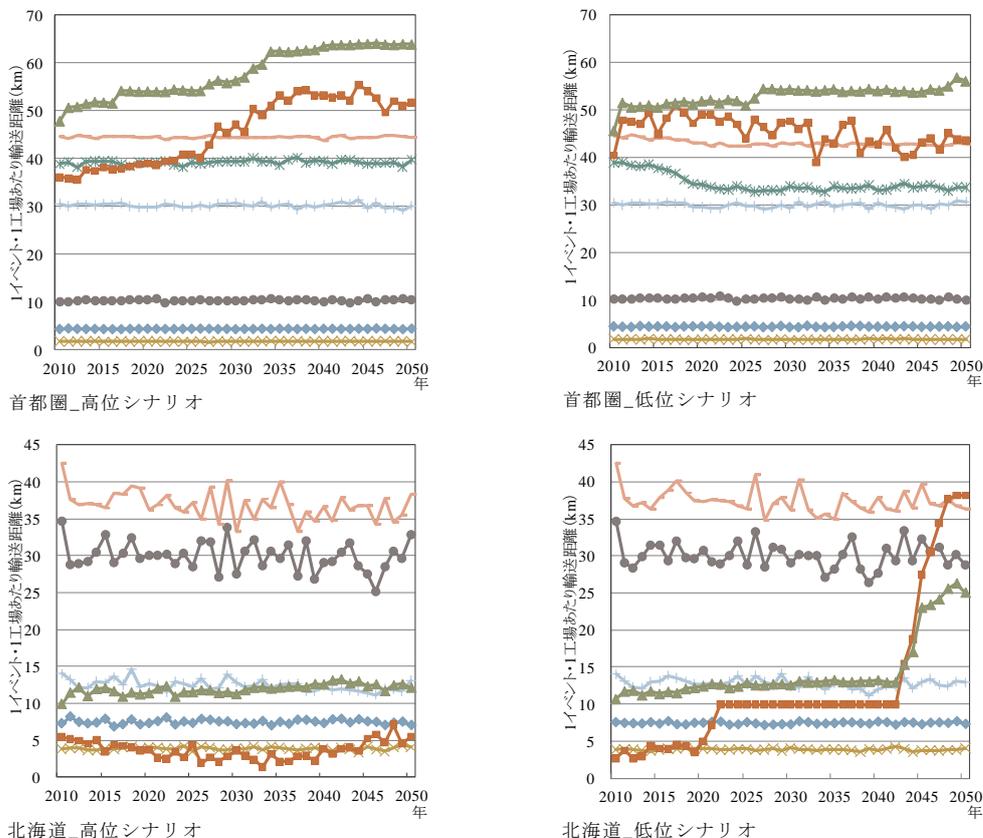


図 17 1イベント・1工場あたりの工場間輸送距離

シナリオ別では、総じて高位シナリオの輸送距離が長かった。これは、建設・解体量が多い高位シナリオでは現場に近い工場から順に生産上限値を超える発注がなされ、現場から遠い工場まで発注が行われるためであると考えられる。この傾向は最終処分場の距離で顕著である。廃棄物が受入上限値を超えると、次に近い処分場へ廃棄物が流れるが、最終処分場は数が少なく分散しており、1つの処分場が上限値に達すると、他の工場種に比べ長距離にある処分場に廃棄物を運ばざるをえないためである。

一方、一部の距離については異なる傾向がみられた。北海道のセメント工場からSSの輸送では、低位シナリオにおいて長距離輸送となった。これは、一部の工場において、需要が多い2020年頃までは近隣のセメント工場が生産上限値まで生産しているために、遠くの工場までセメントを発注していたものが、需要量の減少に伴い近隣の工場のみで需要に応えられるようになるためであると考えられる。これと同様のことが、首都圏のセメント工場からSS、砂利工場からコンクリート工場でも起こっているものと考えられる。今後の建設需要は減少傾向が続くとされているが、輸送の観点から見れば、むしろCO₂排出量は少なくなるものと思われる。しかし、需要の減少に伴い工場の縮小や減数を行った場合には、逆に輸送距離が増加し、輸送によるCO₂排出量が増えることになると考えられる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究では、関東近圏のコンクリート産業の環境負荷排出実態について調査し、規模性および地域性の検証を行った結果、例えば北海道などと比して、規模や生産状況に隔たりがあることが明らかになるとともに、生産規模に応じてCO₂排出原単位が異なることが明らかになった。特に、CO₂排出原単位は生産規模への依存性を有しており、北海道の工場は総じて操業規模が小さいことから、製造機器の性能や生産効率が悪く、事業所の運営や場内輸送等によるCO₂発生量の全発生量に占める割合が大規模な工場に比べて大きくなることなどにより、CO₂排出原単位が大きくなったものとする。

また、コンクリート関連産業を対象として、2010年から2050年にかけての首都圏および北海道の環境負荷評価を行った。その結果、CO₂排出量に関して地域特性による差異が確認された。また、シナリオによる今後のCO₂排出量の上限値、下限値を示した。

(2) 環境政策への貢献

(1)に述べた成果は、環境政策の地域性評価という目的のためには不可欠な情報である。特に、産業構造が零細企業に偏り、かつ環境に及ぼすインパクトも一定量ある当該分野において、これら情報が整備された点で意義深く、本プロジェクトで開発中のecoMAのバックデータとして地域環境政策の評価に貢献するものとする。

さらに、これら情報を利用し、その結果、CO₂排出量に関して地域特性による差異が確認された。また、シナリオによる今後のCO₂排出量の上限値、下限値を示し、地域性における環境政策シナリオの評価が可能であること示唆された。

6. 引用文献

- 1) 例えば、日本建築学会：建物のLCA指針～温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール～、2006.11
- 2) 岩田彩子，兼松学，野口貴文，長井宏憲，北垣亮馬，藤本郷史：実態調査に基づくコンクリート関連産業のCO2排出原単位に及ぼす地域特性・工場規模の影響，日本建築学会技術報告集，Vol.16，No.32，pp.43-48，2010
- 3) 「JEMAI-LCA」社団法人 産業環境管理協会
- 4) 島裕和 他：日本建築学会計画系論文集，Vol.573，p.84-94，2003
- 5) 橋本征二，寺島泰：廃棄物学会論文誌，Vol.10，No1，pp.34-44，1999
- 6) 藤本郷史，北垣亮馬，兼松学，野口貴文，間宮尚，鈴木宏一：日本LCA学会誌，Vol.2，No.3，pp.222-228，2006
- 8) 土木学会：コンクリート構造物の環境性能照査指針(試案)，コンクリートライブラリー No.125，土木学会，2005
- 9) 「建設副産物実態調査結果」，国土交通省

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

なし

<査読付論文に準ずる成果発表> (社会科学系の課題のみ記載可)

なし

<その他誌上発表(査読なし)>

岩田彩子，兼松学他4名、コンクリート関連産業の環境負荷低減に向けたシナリオ評価、第6回日本LCA学会研究発表会講演要旨，pp.220-221，2011

(2) 口頭発表(学会等)

1) 岩田彩子，兼松学他4名、コンクリート関連産業の環境負荷低減に向けたシナリオ評価、第6回日本LCA学会研究発表会 東北大学(2011年3月)

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム，セミナーの開催(主催のもの)

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

(6) その他

なし