

# 日本全国における建築物と土木構造物を対象とした建設活動由来の CO<sub>2</sub> 排出量推計

太田 裕也<sup>1</sup>・蛭田 有希<sup>2</sup>・白川 博章<sup>3</sup>・谷川 寛樹<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 D2-1(501))  
E-mail: ota.yuya.y0@s.mail.nagoya-u.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 D2-1(501))  
E-mail: hiruta.yuki.m3@f.mail.nagoya-u.ac.jp

<sup>3</sup> 正会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 D2-1(501))  
E-mail: shirakawa@urban.env.nagoya-u.ac.jp

<sup>4</sup> 正会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 D2-1(501))  
E-mail: tanikawa@nagoya-u.jp

低炭素社会実現に向けて、日本全国におけるマテリアルストック・フローに伴う CO<sub>2</sub> 排出動態を詳細な空間情報として把握することは急務である。しかしながら、既往研究は都道府県単位や自治体単位で建設活動に伴う CO<sub>2</sub> 排出量を推計しており、都市における CO<sub>2</sub> 排出量の詳細な空間分布を分析した研究は確認できない。本研究では、日本全国の建築物と土木構造物を対象に、建設活動に伴う CO<sub>2</sub> 排出の時空間分析を行い、CO<sub>2</sub> 削減策を提案した。建築物に関する建設活動由来の CO<sub>2</sub> 排出量は 2014 年から 2016 年で 62.71 百万トン/年と推計され、そのうちの 30.2%が東京 23 区と政令指定都市に集中していることが示された。土木構造物に関する資材製造由来の CO<sub>2</sub> 排出量は、1960 年から 1970 年で 56.50 百万トン、2000 年から 2010 年で 22.05 百万トンと推計され、減少傾向であることが明らかになった。

**Key Words:** carbon dioxide, global warming, GIS, bottom-up approach, construction activity

## 1. はじめに

温室効果ガスの増加に伴い地球温暖化が進行し、大雨等の自然災害の増加が後を絶たない。気象庁によると、1 時間降水量 50mm 以上の最近 10 年間 (2012 ~ 2021 年) の平均年間発生回数 (約 327 回) は、統計期間の最初の 10 年間 (1976 ~ 1985 年) の平均年間発生回数 (約 226 回) と比べ、約 1.4 倍に増加している<sup>1)</sup>。今後、自然災害の更なる頻発化や激甚化が懸念されており、重点的な地球温暖化対策を講じることが急務である。日本は地球温暖化対策の一環として、2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「カーボンニュートラル」の実現を目指している。また、2021 年 4 月の第 45 回地球温暖化対策推進本部において「2050 年目標と総合的で、野心的な目標として、2030 年度に、温室効果ガスを 2013 年度から 46%削減することを目指す。さらに 50%の高みに向けて、挑戦を続けていく」ことを宣言した<sup>2)</sup>。

他方、人間活動に必要な大量の資源採掘やそれに伴うエネルギー消費による環境負荷の増大が深刻化

している。環境省によると、2020 年度の温室効果ガスの総排出量は 11 億 5,000 万トン (CO<sub>2</sub> 換算) であり<sup>3)</sup>、2030 年度の 46%削減目標である 6 億 4,860 万トンを達成するためにさらに約 5 億トン削減する必要がある。建設活動の排出に焦点を当てると、2013 年度の日本国内の排出量のうち約 38.9%が建築物の建設資材の製造・輸送や施工、運用エネルギー由来である<sup>4)</sup>。建設活動に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は日本の CO<sub>2</sub> 排出量全体の約 3 分の 1 を占めており、2030 年度、さらには 2050 年度の CO<sub>2</sub> 削減目標達成に向けて重要な要因である。

建設活動の CO<sub>2</sub> 排出量評価に着目した研究手法はトップダウン・アプローチとボトムアップ・アプローチの 2 つアプローチが存在する。トップダウン・アプローチは統計資料を用いるため、長期的な時系列で推計が可能であり、国や都道府県単位の枠組みに用いるのに適している。一方で、空間情報を含む分析ができないため、都市における詳細な分析が困難である。ボトムアップ・アプローチは CO<sub>2</sub> 排出原単位を用いて各建築物データから CO<sub>2</sub> 排出量を推計する方法である。ボトムアップ・アプローチは

空間情報を考慮した詳細な分析が可能であるが、推計結果は原単位の精度に依存するため、各年における正確な原単位のデータが求められる。また、データの制約などから推計範囲が限定される。

トップダウン・アプローチによる 既往研究は多く存在する。例えば、中口ら(2007)<sup>9)</sup>は、全国を対象に市区町村単位で建築物及び都道府県単位で土木構造物の施工現場で発生する直接的 CO<sub>2</sub> 排出量の推計を行い、2004 年の建築物の建設由来 CO<sub>2</sub> 排出量は 454 万 t-CO<sub>2</sub> に対して 1990 年は 680 万 t-CO<sub>2</sub> であり、14 年間で約 33%減少したことを示した。

他方、ボトムアップ・アプローチによる 建設活動の CO<sub>2</sub> 排出量評価に関する研究はトップダウン・アプローチによる研究と比較して限られている。酒井ら(1996)<sup>6)</sup>はモデルビル 3 棟を対象に、資材製造から施工・運用・廃棄に至るまでのライフサイクル全般にわたって CO<sub>2</sub> 排出量の検討を行なっている。しかしながら、推計範囲が特定の建築物に焦点を当てたものに限定されており、大規模に空間情報を考慮した CO<sub>2</sub> 排出量推計は行われていない。GIS(Geographic Information System/地理情報システム)により、どこに、どのような物質由来の CO<sub>2</sub> がどの程度排出されているのかを定量評価し、可視化することは低炭素まちづくりによる持続可能性を検討することや実際の環境政策立案に役立つものと考えられる。

本研究では日本全国を対象に、建設活動由来の CO<sub>2</sub> 排出の空間分布により、都市と地方における CO<sub>2</sub> 排出動態を把握することを目的とする。具体的には、日本全国における建築物を対象とした建設活動(建設資材の製造や輸送、施工、解体、廃棄物運搬)に伴う CO<sub>2</sub> 排出量の時空間分析(2003 年~2016 年)、および、日本全国における土木構造物を対象とした建設活動(建設資材の製造)に伴う CO<sub>2</sub> 排出量推計(1960 年~2016 年)を行う。

## 2. 研究方法

### (1) CO<sub>2</sub> 排出原単位

#### a) LCI データベース

CO<sub>2</sub> 排出原単位の推計には、一般社団法人産業環境管理協会が提供する「IDEA v2」<sup>7)</sup>を利用した。

#### b) 資材製造段階における推計方法

建設資材製造由来の CO<sub>2</sub> 排出原単位の推計方法を式(1)に示す。建築物は東岸ら(2008)<sup>8)</sup>が作成した資材投入原単位、土木構造物は田中ら(2013)<sup>9)</sup>の資材投入原単位を用いた。また、LCA ソフトウェア MiLCA によって算出された単位資材重量あたりの各建設資材製造由来の CO<sub>2</sub> 排出量を用いた。建築物の躯体や外装材、内装材は基礎資材をそれほど加工せずに建築物に導入されていることから、加工過程を考慮せず資材製造由来の原単位を使用しても結果に大きく影響しない(酒井ら 1996)。

$${}^{est}PRD_{s,m} = MI_{s,m} \times {}^{MiLCA}PRD_m \quad (1)$$

ここで、 ${}^{est}PRD_{s,m}$ : 構造種  $s$  の建築物・土木構造物の建設資材  $m$  の製造由来の CO<sub>2</sub> 排出原単位、 ${}^{MiLCA}PRD_{s,m}$ : MiLCA で算出された建設資材  $m$  の製造由来の CO<sub>2</sub> 排出原単位である。

#### c) 資材輸送段階における推計方法

建設資材輸送由来の CO<sub>2</sub> 排出原単位の推計方法を式(2)に示す。建設資材輸送とは、建設資材の製造過程での産業間運搬や建設現場までの運搬、さらには新築時の現場からの残材や廃棄物搬出を示す。本研究では酒井ら(1996)の単位資材重量あたりの建設資材輸送由来の CO<sub>2</sub> 排出量を用いる。

$${}^{est}DTB_{s,m} = MI_{s,m} \times {}^{unit}DTB \quad (2)$$

ここで、 ${}^{est}DTB_{s,m}$ : 構造種  $s$  の建築物の、建設資材  $m$  の輸送由来の CO<sub>2</sub> 排出原単位、 ${}^{unit}DTB$ : 酒井ら(1996)で提案された輸送由来の CO<sub>2</sub> 排出原単位である。

#### d) 施工段階における推計方法

施工由来の CO<sub>2</sub> 排出原単位は、経済産業省が毎年提供する「総合エネルギー統計」<sup>10)</sup>と国土交通省が提供する「建設工事施工統計調査」<sup>11)</sup>の 2 つの統計データを利用した。統計データを利用することにより、年代を考慮した原単位作成へと役立つ。総合エネルギー統計は建設業が現場で消費しているエネルギー種別毎の数量に関する統計資料であり、施工現場での年間 CO<sub>2</sub> 排出量が記載されている。この内、民間工事分の CO<sub>2</sub> 排出量は建設工事施工統計調査に記載されている工事金額比率を乗じて求めた。算出した民間工事分の CO<sub>2</sub> 排出量を GIS データベースより算出可能な総延床面積で除することにより施工段階の CO<sub>2</sub> 排出原単位を求めた。

#### e) 解体・廃棄物運搬段階における推計方法

建築物解体由来と廃棄物運搬由来の CO<sub>2</sub> 排出原単位は MiLCA によって算出された解体・運搬と製造・施工由来の各構造種別の原単位を前述した建設資材製造由来と施工由来の値を基に按分し算出した。建築物解体由来の CO<sub>2</sub> 排出原単位の推計方法を式(3)に示す。

$${}^{est}DAB_{s,u,m} = \frac{{}^{MiLCA}DAB_{s,u} \times ({}^{est}PRD_{s,m} + {}^{est}CST_{s,m})}{{}^{MiLCA}PC_{s,u}} \quad (3)$$

ここで、 ${}^{est}DAB_{s,u,m}$ : 構造種  $s$ 、用途種別  $u$  の建築物の建設資材  $m$  の解体由来の CO<sub>2</sub> 排出原単位、 ${}^{MiLCA}DAB_{s,u}$ : MiLCA で算出された建築物構造種別  $s$  で建築物用途種別  $u$  である建築物の、解体由来の CO<sub>2</sub> 排

出原単位,  $estCST_{s,m}$ : 建築物構造種別 $s$ である建築物の, 建設資材 $m$ の施工由来のCO<sub>2</sub>排出原単位,  $MiLCA PC_{s,u}$ : MiLCAで算出された建築物構造種別 $s$ で建築物使用種別 $u$ である建築物の, 製造・施工由来のCO<sub>2</sub>排出原単位である.

廃棄物運搬由来は式(3)の解体由来を廃棄物運搬由来に置き換えることで求めた. ただし, MiLCAの廃棄物運搬は4tトラックに平均して2.11t積載し, 往復50km輸送したと仮定している.

## (2) 建築物を対象としたCO<sub>2</sub>排出量推計

### a) 建物データ

建築物一棟単位で建設活動由来のCO<sub>2</sub>排出量のGISデータベースを構築するためには, 位置情報や建築物情報を有する建築物GISデータが必要である. 本研究では株式会社ゼンリンが提供する「Zmap-TOWN II(2003, 2009, 2014, 2016)」<sup>12)</sup>という住宅地図を基盤データとして利用した. Zmap-TOWN IIは全国に存在する建築物を対象に現地調査により作成され, 各建築物の形状(建築物ポリゴン)は位置情報と結びつき, 階数や建築物名称等の詳細情報が属性情報として建築物ポリゴンに格納されている.

### b) ボトムアップ・アプローチ

本研究では建築物の建設活動由来のCO<sub>2</sub>排出量の推計方法としてボトムアップ・アプローチを用いた. ボトムアップ・アプローチとは, 各建築物の延床面積に単位延床面積あたりに排出されるCO<sub>2</sub>量(CO<sub>2</sub>排出原単位)を乗じることにより推計する方法である. 推計式(4)を以下に示す.

$$CE_{s,u,l} = TFA_{s,u} \times CEI_{s,u,l} \quad (4)$$

ここで,  $CE_{s,u,l}$ : 建築物構造種別 $s$ で建築物使用種別 $u$ ある建築物の, ライフサイクル $l$ のCO<sub>2</sub>排出量,  $TFA_{s,u}$ : 建築物構造種別 $s$ で建築物使用種別 $u$ ある建築物の投入・廃棄の延床面積,  $CEI_{s,u,l}$ : 建築物構造種別 $s$ で建築物使用種別 $u$ ある建築物の単位延床面積あたりに排出される, ライフサイクル $l$ のCO<sub>2</sub>排出量である.

### c) 研究フロー

本研究では, 朝隈ら(2018)<sup>13)</sup>の手法を参考に建築物を対象としたCO<sub>2</sub>排出量推計を行なった. 研究フローを図-1に示す.

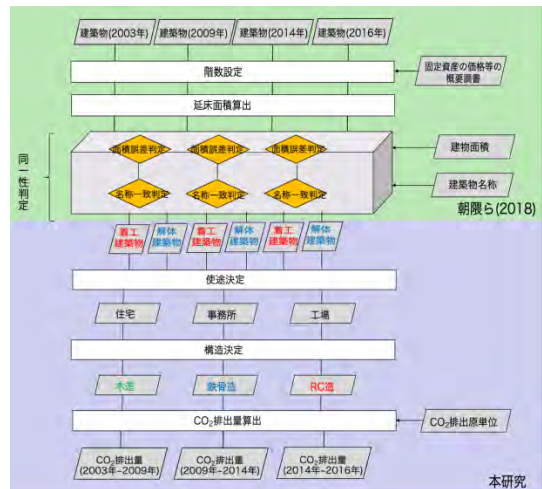


図-1 建築物を対象としたCO<sub>2</sub>排出量推計の研究フロー

## (3) 土木構造物を対象としたCO<sub>2</sub>排出量推計

### a) 使用したGISデータ

本研究ではデータの制約によって日本全国における入手可能であった7種類の土木構造物のGISデータ(一般道路, 高速道路, 鉄道, 空港, 港湾, 漁港, ダム)を用いた. 表-1に示す.

表-1 GISデータ一覧

対象構造物	データ名	年代
一般道路	経年道路データ <sup>14)</sup>	1901-2007
高速道路	高速道路時系列データ <sup>15)</sup>	1962-2016
鉄道	鉄道時系列データ <sup>15)</sup>	1950-2016
空港	空港時系列データ <sup>15)</sup>	1952-2016
港湾	港湾時系列データ <sup>15)</sup>	1951-2002
漁港	漁港時系列データ <sup>15)</sup>	1951-2002
ダム	ダム時系列データ <sup>15)</sup>	1912-2016

### b) 推計方法

本研究では, 建築物の推計方法と同様にボトムアップ・アプローチを用いた. 推計式(5)を以下に示す.

$$CE_s = TA_s \times CEI_s \quad (4)$$

ここで,  $CE_s$ : 土木構造種 $s$ の, 建設資材製造由来のCO<sub>2</sub>排出量,  $TA_s$ : 土木構造種 $s$ である社会に投入された面積または長さ,  $CEI_s$ : 土木構造種別 $s$ の単位面積(長さ)あたりに排出される, 建設資材製造由来のCO<sub>2</sub>排出量である.

## 3. 研究結果と考察

### (1) 建築物を対象としたCO<sub>2</sub>排出量の推計結果

2014年~2016年

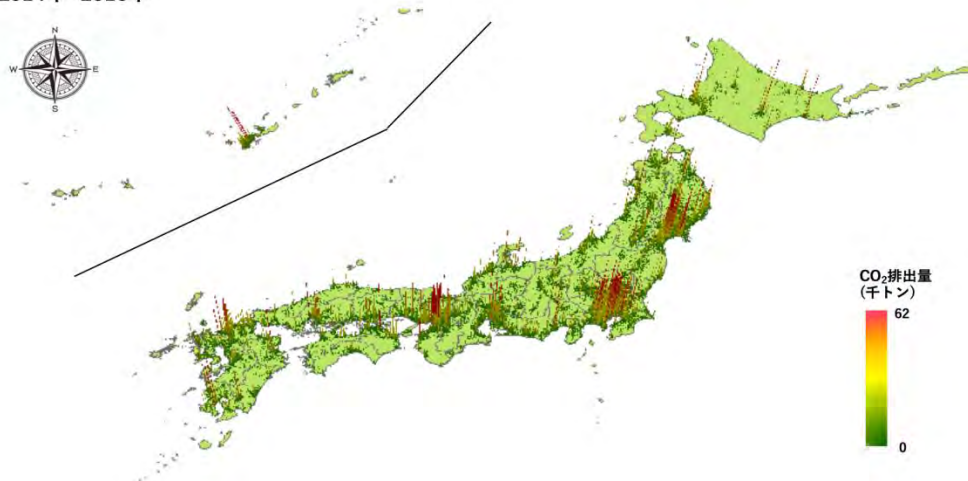


図-3 日本全国における建設活動由来のCO<sub>2</sub>排出量分布(1km×1kmメッシュ, 2014年から2016)

2003年から2016年までの年代間におけるCO<sub>2</sub>排出量の経年推移を図-2に示す。また、2014年から2016年におけるCO<sub>2</sub>排出量分布を図-3に示す。単年あたりのCO<sub>2</sub>排出量は、2003年から2009年で89.44百万トン、2009年から2014年で96.55百万トン、2014年から2016年で62.71百万トンと推計された。また、2014年から2016年において、CO<sub>2</sub>排出量が都市部に集中していることが明らかになった(図-3)。特に、東京23区と政令指定都市(20都市)における単年あたりのCO<sub>2</sub>排出量は、18.97百万トンであり、日本全体(1,724市町村)の30.2%を占める。

建設活動全体における建設資材製造由来のCO<sub>2</sub>排出割合は2003年から2009年で83.2%、2009年から2014年で81.5%、2014年から2016年で81.6%であった。2003年から2016年までの年代間の建設資材別製造由来のCO<sub>2</sub>排出量を表-2に示す。上位2つの資材である鉄とコンクリート製造由来のCO<sub>2</sub>排出割合は、それぞれ全体の48.2%、34.1%と推計され、CO<sub>2</sub>排出量の上位2つの資材で全体の82.3%を占めることが明らかになった。

これらの結果から、CO<sub>2</sub>排出抑制の案として、政令指定都市や東京23区等の建て替わり多い地域での資源の循環利用や長寿命化による建設資材投入量の削減と、特に鉄とコンクリートにおける低炭素型建設資材の開発と導入が挙げられる。

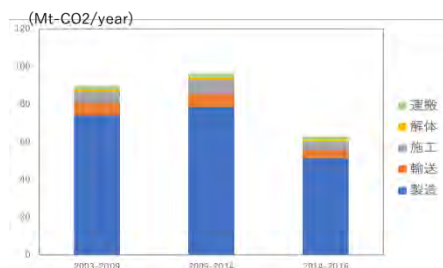


図-2 建設活動由来のCO<sub>2</sub>排出量の経年推移

表-2 建設資材別製造由来のCO<sub>2</sub>排出量 (Mt-CO<sub>2</sub>/year)

	2003-2009	2009-2014	2014-2016
砂利・石材	0.18	0.20	0.13
コンクリート	26.24	26.73	16.66
モルタル	2.58	2.63	1.72
木材	3.55	4.79	3.68
ガラス	0.95	1.18	0.89
陶磁器	3.59	4.90	3.70
鉄	36.82	37.67	23.97
アルミニウム	0.55	0.62	0.43
合計	74.45	78.71	51.18

(2) 土木構造物を対象とした建設資材製造由来のCO<sub>2</sub>排出量の推計結果

1960年から2016年までの年代間における建設資材別のCO<sub>2</sub>排出量の経年推移を図-4に示す。CO<sub>2</sub>排出量は、1960年から1970年で56.50百万トン、2000年から2010年で22.05百万トンとなり、61.0%の減少を示した。また、土木構造物別のCO<sub>2</sub>排出の割合を図-5に示す。1960年から1970年で全体の58.5%を占めていた港湾と漁港は、2000年から2010年で2.9%となった。要因として、港湾や漁港は高度経済成長期以降に集中して整備され、既に整備し尽くされたことが考えられる。一方で、土木構造物別のCO<sub>2</sub>排出のうち、ダムが増加傾向にある(図-5)。これは、ロックフィルダム等の近年のダムの大規模化による建設資材の増加と一般道路のGISデータが2007年までに留まっていることが要因として考えられる。

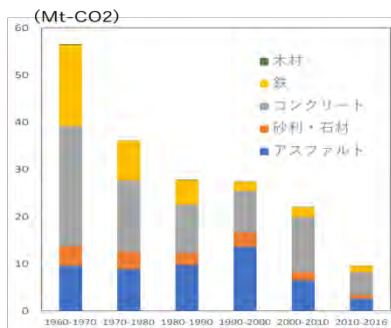


図-4 建設資材別 CO<sub>2</sub> 排出量

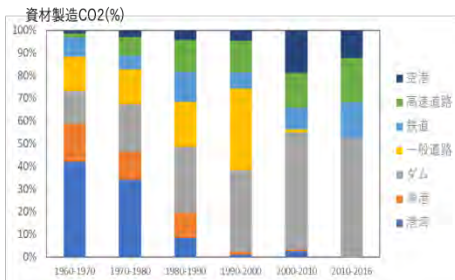


図-5 土木構造物別 CO<sub>2</sub> 排出の割合

### (3) 推計結果の妥当性の検討

2003年から2016年までの建設資材製造由来におけるCO<sub>2</sub>排出量を用い、本研究の推計手法における推計精度を検討した。対象の建設資材を、CO<sub>2</sub>に関する統計資料が豊富な鉄とコンクリートとした。

鉄製造におけるCO<sub>2</sub>排出の統計資料として、一般社団法人日本鉄鋼連盟が公表している、エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量<sup>16)</sup>と鋼材最終用途ベース受注量<sup>17)</sup>を用いた。後者は、鋼材の各最終用途の割合を示している。前者のCO<sub>2</sub>排出量を後者の値を用いて按分することにより、鉄製造におけるCO<sub>2</sub>排出量のうち建築物と土木構造物用途のCO<sub>2</sub>排出量を推計した。

コンクリート製造におけるCO<sub>2</sub>排出の統計資料として、都道府県別エネルギー消費統計調査<sup>18)</sup>と日本国温室効果ガスインベントリ報告書(2020)<sup>19)</sup>と山下ら(2022)<sup>20)</sup>を用いた。山下ら(2022)は、生コンクリートの各用途における出荷割合を示している。都道府県別エネルギー消費統計調査と日本国温室効果ガスインベントリ報告書(2020)により推計されたCO<sub>2</sub>排出量を用途別の出荷割合で按分することにより、コンクリート製造におけるCO<sub>2</sub>排出量のうち建築物と土木構造物用途のCO<sub>2</sub>排出量を推計した。

建築物と土木構造物を対象としたコンクリートと鉄に関する製造由来のCO<sub>2</sub>排出量の統計値と推計値の比較結果を表-3、4に示す。建築物のコンクリート製造由来のCO<sub>2</sub>排出に関しては、統計値に対して推計値は2009年から2014年は13.9%、2014年から2016年は49.8%小さく推計された。本研究は東岸ら(2008)が作成した建設資材原単位を使用しており、近年の建築物の耐震化に伴う建設資材の増加を考慮できていないことが過小推計された要因として考えら

れる。鉄製造由来のCO<sub>2</sub>排出に関しては、2014年から2016年で統計値に対して推計値は15.0%小さく推計された。本研究は鉄骨鉄筋コンクリート造である高層ビルを一律に鉄筋コンクリート造とみなしている。鉄骨鉄筋コンクリート造は鉄筋コンクリート造の建築物より多くの鉄が使用される。そのため、本研究では鉄の投入量とCO<sub>2</sub>排出量が過小評価されたと考える。

土木構造物のコンクリートと鉄製造由来のCO<sub>2</sub>排出に関しては統計値に対して推計値は小さく推計された。過小推計された1つの要因として、一般道路と高速道路に関するGISデータの不足が挙げられる。今回使用した株式会社デジタルアース・ラボが作成した経年道路データは一般国道と都道府県道のみで、全体総延長の82.9%を占める市町村道は含まれていない。また、道路のGISデータに総延長等の路面データは格納されているが、トンネルや橋梁については考慮できていない。これらのデータ不足により、コンクリートや鉄の投入量とCO<sub>2</sub>排出量が過小評価されたと考えられる。

表-3 建築物の資材製造由来の統計値との比較 (Mt-CO<sub>2</sub>/year)

年代	コンクリート		鉄	
	統計値	推計値	統計値	推計値
2003-2009	41.77	28.82	28.38	36.82
2009-2014	34.09	29.35	27.61	37.67
2014-2016	36.63	18.38	28.19	23.97

表-4 土木構造物の資材製造由来の統計値との比較 (Mt-CO<sub>2</sub>/year)

年代	コンクリート		鉄	
	統計値	推計値	統計値	推計値
2003-2009	26.71	1.90	15.14	0.11
2009-2014	23.69	1.23	14.72	0.16
2014-2016	21.51	1.07	15.04	0.24

## 4. おわりに

本研究では、朝隈ら(2018)と田中ら(2013)の手法を参考に建築物と土木構造物を対象とした建設活動に伴うCO<sub>2</sub>排出量推計と時空間分析を行った。また、本研究で推計したコンクリートと鉄製造由来のCO<sub>2</sub>排出量について妥当性の検討を行った。

本研究で明らかになったことを以下にまとめる。

- 建築物に関する建設活動由来の単年あたりのCO<sub>2</sub>排出量は2014年から2016年で62.71百万トンと推計された。鉄とコンクリート製造由来のCO<sub>2</sub>排出割合は、全体の82.3%であることがわかった。これらの結果から、CO<sub>2</sub>排出抑制の案と

して、鉄とコンクリートにおける低炭素型建設資材の開発と導入が挙げられる。

- ii. 土木構造物に関する資材製造由来のCO<sub>2</sub>排出量は、1960年から1970年で56.50百万トン、2000年から2010年で22.05百万トンと推計され、減少傾向であることが明らかになった。
- iii. 建築物のコンクリートと鉄製造由来のCO<sub>2</sub>排出に関しては、統計値と推計値との誤差が50%以下であるが、土木構造物に関しては約140倍小さく推計された。要因の1つとして一般道路データに全体総延長の82.9%を占める市町村道は含まれていないことが挙げられる。

今後の課題として、建築物と一般道路のGISデータベースを最新年度である2020年に更新することが挙げられる。また、建設活動に伴うCO<sub>2</sub>排出の将来予測と建築物の長寿命化によるCO<sub>2</sub>削減予測を行う。

謝辞：本研究は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20201003, JPMEERF20S11816, JPMEERF20212003, JPMEERF20223C02, JPMEERF20201004), JSPS 科研費 (JP22H03805, JP20H00648,)、MEXT 科研費 (JPJ10039)から助成を受けたものです。

#### 参考文献

- 1) 気象庁：全国(アメダス)の1時間降水量50mm以上の年間発生回数
- 2) 首相官邸：令和3年4月22日地球温暖化対策推進本部
- 3) 環境省：2020年度(令和2年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について
- 4) 国土交通省：社会資本整備審議会第18回建築環境部会
- 5) 中口毅博, 飯田俊洋(2007)：建設業における市町村別CO<sub>2</sub>排出量の推計, 環境情報科学学術研究論文集, Vol.21, pp.637-642

- 6) 酒井寛二, 漆崎昇, 下山真人, 相賀洋(1996)：建築物のライフサイクル二酸化炭素排出量, 地球環境シンポジウム講演集, Vol.43, pp.287-292
- 7) 一般社団法人産業環境管理協会：LCIデータベース IDEAv2
- 8) 東岸芳浩, 稲津亮, 内藤瑞枝, 谷川寛樹, 橋下征二(2008)：都市構造物における経年的資材投入原単位の推計に関する研究, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, Vol.19, pp.147-149
- 9) 田中健介, 早川容平, 奥岡桂次郎, 杉本賢二, 谷川寛樹(2013)：都道府県における建築物・社会基盤施設の経年マテリアルストック推計に関する研究, 環境システム研究論文集, Vol.69, pp.25-34
- 10) 経済産業省：総合エネルギー統計, 2003-2016
- 11) 国土交通省：建設工事施工統計調査, 2003-2016
- 12) 株式会社ゼンリン：Zmap TOWNII, 2003, 2009, 2014, 2016
- 13) 朝隈友哉, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹(2018)：建築物の年代間での同一性判定を用いた東京都市圏における更新量の推計, 環境情報科学学術論文集, Vol.32, pp13-18
- 14) 株式会社デジタルアース・ラボ：経年道路データ
- 15) 国土交通省：国土数値情報
- 16) 一般社団法人日本鉄鋼連盟：鉄鋼業の地球温暖化対策への取組
- 17) 一般社団法人日本鉄鋼連盟：鉄骨建築関連統計・図表
- 18) 経済産業省：都道府県別エネルギー消費統計調査, 2003-2016
- 19) 環境省：日本国温室効果ガスインベントリ報告書, 2020
- 20) 山下奈穂, 橋本征二, 白川博章, 谷川寛樹：非金属鉱物系資源の物量投入産出表の整備及び循環指標群への適用, 日本環境共生学術論文集, (掲載決定)2022年9月頃

(Received August 22, 2022)

## Estimation of CO<sub>2</sub> Emissions from Construction Activities for Buildings and Civil Engineering Structures in Japan

Yuya OTA, Yuki HIRUTA, Hiroaki SHIRAKAWA and Hiroki Tanikawa

In order to achieve a low-carbon society, it is imperative to have a whole picture of detailed spatial information on the dynamics of CO<sub>2</sub> emissions associated with material stock and flow throughout Japan. However, previous studies have estimated CO<sub>2</sub> emissions associated with construction activities at the prefectural or municipal level, and no studies analyzing the detailed spatial distribution of CO<sub>2</sub> emissions in cities can be confirmed. This study conducted a spatio-temporal analysis of CO<sub>2</sub> emissions from construction activities for buildings and civil engineering structures throughout Japan, and proposed measures to reduce CO<sub>2</sub> emissions. CO<sub>2</sub> emissions from construction activities for buildings were estimated to be 62.71 million tons/year from 2014 to 2016, of which 30.2% was concentrated in the 23 wards of Tokyo and government-designated cities. CO<sub>2</sub> emissions from material manufacturing related to civil engineering structures were estimated to be 56.50 million tons from 1960 to 1970 and 22.05 million tons from 2000 to 2010, indicating a decreasing trend.