

過去・現在・将来の建設ストックによるカルシウムカーボネートコンクリート(CCC)原料の 発生量推計と全国の中間処理場実態調査

DB19141 佐藤 友亮

1. はじめに

現在、環境問題を端緒に SDGs やカーボンニュートラルへの取り組みを具体的に示していかなければならない状況になっている。日本は 2050 年の CO₂ 排出を正味ゼロとするカーボンニュートラルに向けた目標達成に向けて 2030 年までに 2013 年度比で 46% の削減を目指している。日本では長年、コンクリート構造物が多くの建築インフラを支えてきたが、コンクリートがセメント燃焼段階の脱炭酸により二酸化炭素を大量に発生させるという課題が存在する。そこで開発されたのが、CCC (カルシウムカーボネートコンクリート)¹⁾であり、破碎処理をしたコンクリート塊を原材料として、粒子間の空隙を埋めるために廃棄微粉末水溶液に、二酸化炭素を溶け込ませた炭酸水素カルシウム溶液を利用して固化される。

本研究では、CCC の原材料となるコンクリートのストック量を把握するために、過去から現在そして将来的に建築物を中心に使用されるコンクリート量を詳細に推計する。この結果によって、将来の二酸化炭素吸収・固定を基本とした CCC の開発を推進する資源循環シナリオの基礎的情報を得る。

また、全国の中間処理場の処理能力などの評価を行うことで将来 CCC 原料がどの程度発生して、利用ができるのかを知ることができる。

2. 過去・現在のコンクリート製造量の算定

2.1 概要

表 1 に研究概要を、表 2 に建築着工統計から導き出した非木造構造種別割合を、表 3 に資源投入量の評価原単位及び仮定値を、表 4 に資源循環指標の算定方法を示した。これらにより、資源循環シナリオに必要なコンクリート量を算定する。

2.2 建築物着工統計の利用によるコンクリート製造量

図 1 に住宅・非住宅による建築物着工統計を用いた延床面積及びコンクリート製造量を単年量で、図 2 に建築物着工統計を用いた延床面積及びコンクリート製造量を累積量で示す。図 1 の 1950 年から 1988 年の部分は、RC 造、S 造、SRC 造の構造種別ごとのデータが存在しないため建築着工統計の総数から、表 2 の値を利用して構造種別ごとにコンクリート製造量を導き出した。単年量では RC 造と S 造がほとんど同じ製造量で推移していて、全体の 7 割程度であるといえる。累積の延床面積で見ると木造と S 造が多く、コンクリート量では S 造と RC 造が多くなっており、1951～2017 年までに 118 億トン程度のコンクリートが製造されたといえる。

表 1 研究概要

番号	研究項目	内容
研究 1	過去から現在までに発生した建築物ストック統計による建築着工量・コンクリートの調査	木造・非木造 (RC 造、SRC 造、S 造) の 1950 年～2017 年までの年別建築物ストック統計における延床面積 (㎡) 及び製造・蓄積コンクリート量 (㎡、t)
研究 2	将来的な建築着工量・コンクリートの調査	木造・非木造 (RC 造、SRC 造、S 造) 2018 年～2050 年までの年別建築物ストック統計における延床面積 (㎡) 及び製造・蓄積コンクリート量 (㎡、t)

表 2 建築物ストック統計における構造種別分類のため建築着工統計から導き出した非木造構造種別割合 (%)

構造	SRC	RC	S	その他
割合	4%	35%	61%	1%

備考) 直近 10 年の構造別の平均値、その他は木造・非木造の区別が不可のもの

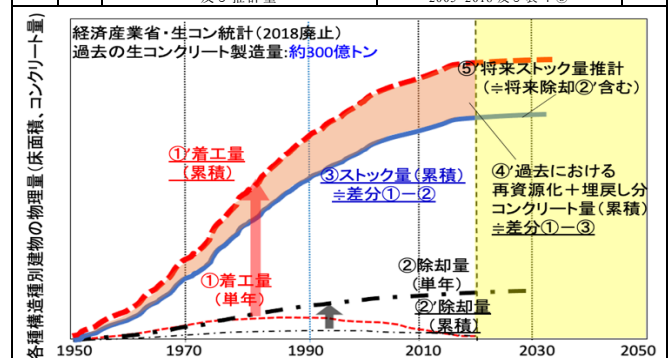
表 3 資源投入量の評価単位及び仮定値

対象	単位	木造	SRC 造	RC 造	S 造
単位面積コンクリート量 (2020)	㎡/㎡	0.22	0.74	0.88	0.41
コンクリート量変換 (㎡→t)	t/㎡	2.4	2.4	2.4	2.4

備考) 現存ストックは鉄筋を含むためコンクリート変換密度値を 2.4t/㎡とした

表 4 資源循環指標の算定方法 (①～⑦)

番号	項目	算定方法	単位
①-1	住宅着工統計・建築着工統計 ²⁾ による各年代・各構造の延床面積	国土交通省建築情報データより 1951～2017	㎡
①-2	①-1 に基づくコンクリート体積	表 4 ①×表 3	㎡
①-3	①-3 の体積値に基づく質量計算値	表 4 ①-2×表 3	t
②	建築物滅失統計 ³⁾ による延床面積	国土交通省建築情報データより 1951～2017	㎡
③-1	建築物ストック統計 ⁴⁾ による各年代・各構造の延床面積	国土交通省建築情報データより 1951～2017	㎡
③-2	③-1 に基づくコンクリート体積	表 4 ③-1×表 3	㎡
③-3	③-2 のコンクリート体積値に基づく質量	表 ③-2×表 3	t
④	着工統計とストック統計の差分による排出コンクリート量	表 4 ①-3－表 4 ③-3	t
⑤	建築物ストック統計の年代別推移将来推計	国土交通省建築情報データより 1951～2018、推計 2050 年まで	㎡
⑥-1	滅失統計による解体床面積将来推計	国土交通省建築情報データより 2015～2018 及び表 4-⑤	㎡
⑥-2	⑥-2 に基づくコンクリート体積	表 4 ⑥-1×表 3	㎡
⑥-3	⑥-2 のコンクリート体積値に基づく質量	表 4 ⑥-2×表 3	t
⑦	土木・建築別発生コンクリート量及び推計量	国土交通省建築情報データより 2005～2018 及び表 4-⑤	t



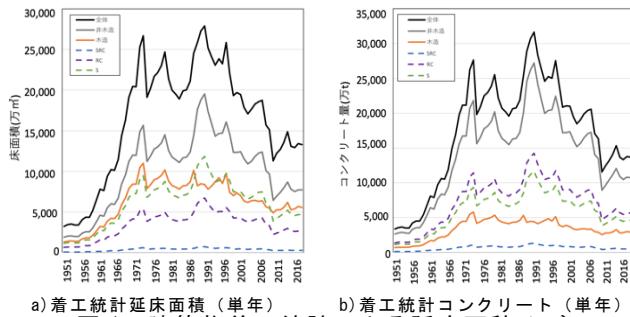


図1 建築物着工統計による延床面積及びコンクリート量(単年:①-1, ①-3)

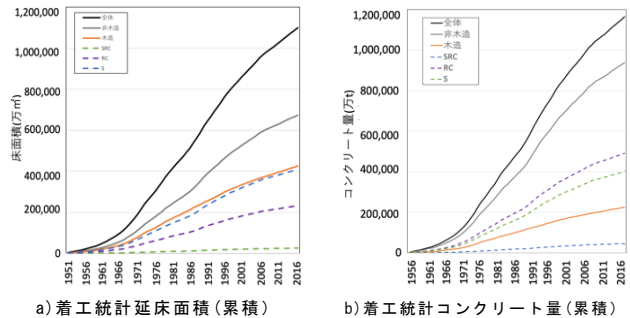


図2 建築物着工統計による延床面積及びコンクリート量(累積:①-1, ①-3)

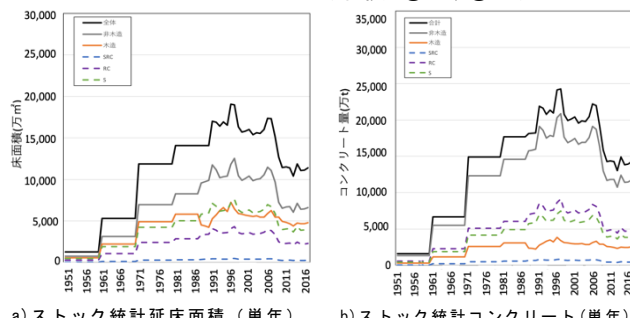


図3 建築物ストック統計による延床面積及びコンクリート量(単年:③-1, ③-3)

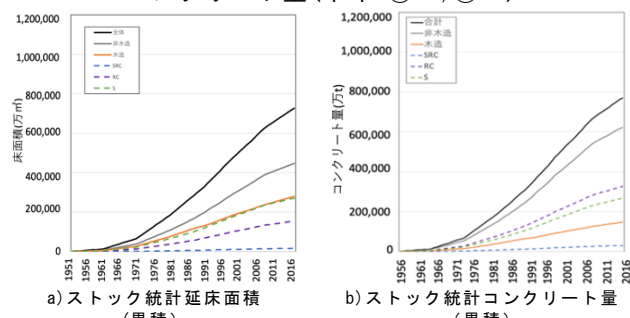


図4 建築物ストック統計による延床面積及びコンクリート量(累積:③-1, ③-3)

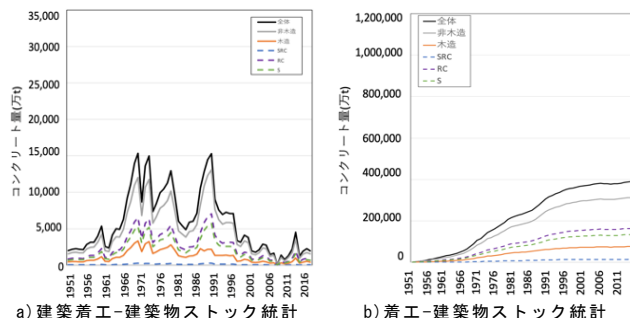


図5 建築物着工統計-建築物ストック統計による過去・現在に廃棄・再資源化されたコンクリート量(④)

2.3 建築物ストック統計の利用による延床面積・コンクリート蓄積量の算定

図3に建築物ストック統計の単年度の延床面積・コンクリート量を、図4に図3の累積量を示す。延床面積は木造とS造が多くなっており、コンクリート量はS造とRC造が多くなっている。建築物ストック統計は、国土交通省で現在残存する建築物を対象とし床面積を年代別にまとめたデータであり、住宅及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・建物基本調査及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が推計され、公共の非住宅建築物は、国有財産一件別情報、公共施設状況調より、建築物用途別に床面積の総量が集計されている。本研究では、建築物ストック統計1951年～2017年のデータを利用し、表4の方法を用いて、現存するコンクリート蓄積量を算定した結果、現在までに蓄積されたコンクリート量は77億トン程度といえる。

2.4 建築物着工統計-建築物ストック統計による過去・現在に廃棄・再資源化されたコンクリート量

図5に図2b)で導いた過去のコンクリート製造量(118億トン)から図4b)で導いた現在のコンクリートストック量(77億トン)の差分である、現在までに廃棄・再資源化されたコンクリート量(41億トン)を示す。この総量を過去約70年(1951～2017)で案分すると年間0.58億トン程度となり、これらが毎年埋戻し、安定型処分、路盤材リサイクル量として置き換わったことになるが、大気中のCO₂吸収源として算定できる可能性もある。

3 将来における解体コンクリート塊発生量の推計

3.1 概要

研究2では、カーボンニュートラルの実現が目標とされる2020～2050年の間に、CCC原料となるコンクリート塊の発生量を推計する。これらは実際に国内でリサイクル可能量として算定できる。図6a)に近年の着工量を、図6b)に近年の除却量の推移を、図6c)にはこれを外挿推計した図を、図6d)に将来の建築物ストック量と着工量・除却量の比較を示した。単純な線形回帰の外挿推計の場合2040年ごろに着工量と除却量が同程度になると考えられるが、新築を建てないで解体だけを行うことは実際には想定し難く、一定の差をもって推移することが考えられるため、次節に詳細を分析した。

3.2 将来の着工建築物における延床面積の推移

図7に将来の着工建築物の延床面積の推移を示した。この推計方法は、建築物ストック統計において実際に計量された年代別ストック量からそれぞれの着工量比率を算定し、将来はその比率変化の傾向で2050年まで推移するとして各々算定した。その結果、a)年代別では1951年から10年ごとの将来のストック量を、またb)構造種別ごとの同様のストック量を把握することができた。

木造の解体量はほぼ横ばいで推移しているが、S造の解体量が増加していることがわかる。

3.3 将来の解体建築物の延床面積とコンクリート塊発生量推移

図8 a)-d)に将来の解体建築物の延床面積及びコンクリート塊の発生量推計を示す。この推計方法は、図7と同様に建築物ストック統計において実際に計量された年代別ストック量から減失量の比率を算定し、将来はその比率変化の傾向で推移するとして各々算定した。その結果、1951年から10年ごとの将来の建築ストック量から算定される解体コンクリート塊量を導出した。単年量で見ると2030年ごろまではコンクリート塊の発生量は増加傾向にあるが、それ以降は微量ながら減少傾向にある。累積値で見ると、2050年にコンクリート塊の発生量は39億トン程度になり、年当たり1.26億トン程度のコンクリート塊が発生することがわかる。

3.4 将来の解体建築物の延床面積とコンクリート塊発生量推移（構造別）

図9 a)に2015年から2018年の実績値と2019年以降推計値を加えた、解体される建物の構造種別ごとの延床面積を、図9 b)に単年ごとのコンクリート塊量を将来推計値として示した。なお、さらに詳細な検討を加えるため、前節の結果に対して表3の構造種別ごとのコンクリート塊原単位を使用して再計算した。単年ごとの解体延床面

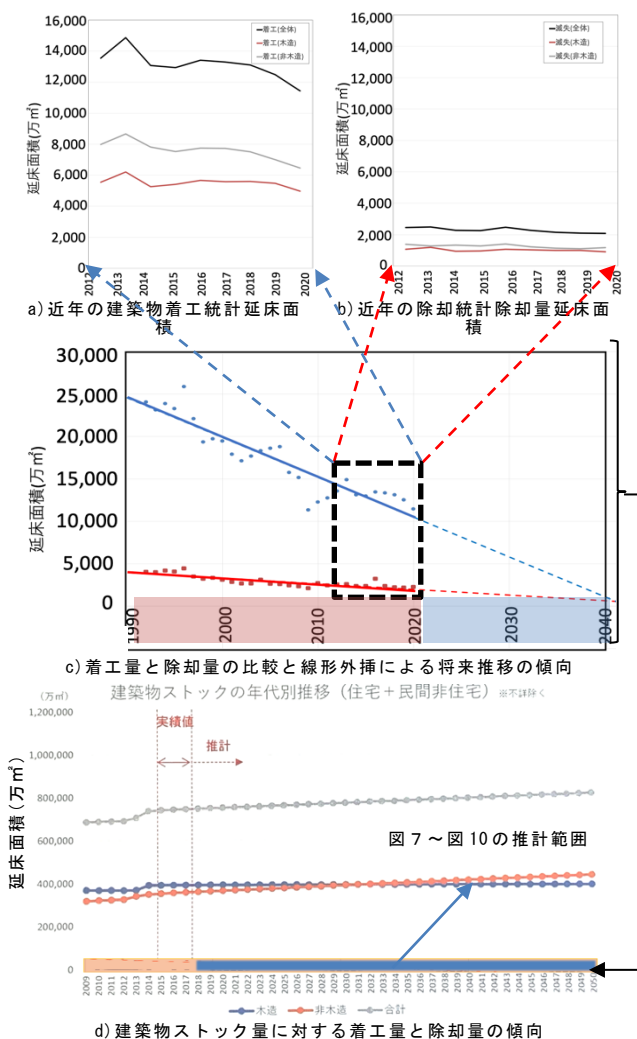


図6 建築物減失統計調査による着工・除却量の推移 (⑥-1)

積は、木造、S造、RC造、SRC造の順で多くなり、2025年ごろから木造の延床面積は減少し、非木造の延床面積が増加することがわかる。その結果、2050年時点の単年ごとのコンクリート塊量の割合は、S造40%、木造26%、RC造24%、SRC造10%程度となった。

図9 c)は解体される建物の構造種別ごとの延床面積を、図9 d)にコンクリート塊量を2015年から2018年の実績値を加えた累積値として求めた。コンクリート塊の発生量割合は、2050年時点でS造39%、木造26%、RC造25%、SRC造10%程度となっており、構造種別を細かく区別して解体することにより、2050年には2015年からの実績値を加えた47億トン程度のコンクリート塊が廃棄・再資源化される対象となり、これらがCCCの製造原材料となる可能性がある。この時、2050年までの年あたりのコンクリート塊の発生量は1.34億トン程度となる。

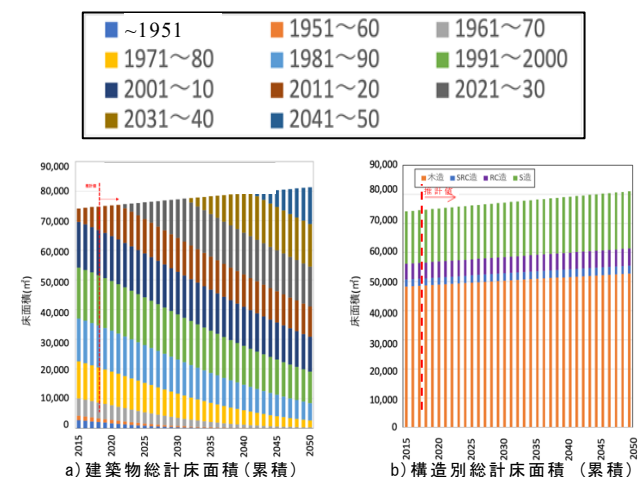


図7 将来の年代別着工建築物量延床面積推計 (⑥-1)

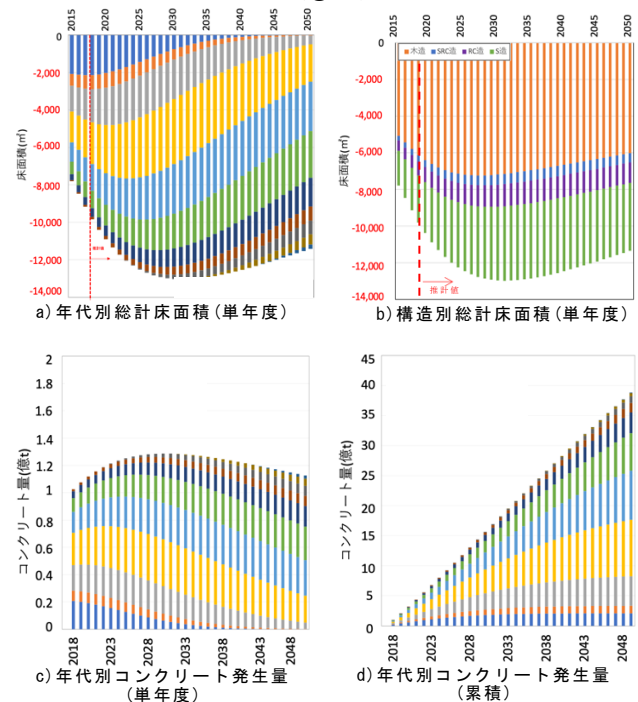


図8 将来の解体建築物の延床面積及びコンクリート塊発生量将来推計 (⑥-1, ⑥-3)

3.5 将来の建築・土木ストックからのコンクリート塊発生量推移

図 10a)は、2005 年から 2018 年の国土交通省の建築副産物実態調査⁵⁾の統計値より、建築・土木のコンクリート塊発生量を区別して整理したものである。土木のコンクリート塊発生量は、建築のコンクリート塊の発生量に対し、土木・建築の発生量比(43.8/56.2)の積より算出すると、土木ストック(製品含む)では 30 億トン程度のコンクリート塊が発生すると予想された。

4. 中間処理-資源循環シナリオ条件の検討

図 11 に中間処理-資源循環シナリオ条件を示す。

特性マッピングでは、A 地方-専業型・B 都市-専業型・C 地方-複合型・D 都市-複合型の 4 区分で整理をした。A は施設あたりの処理コンクリート塊量が少なく現場からの輸送距離が短いもの、B は処理コンクリート塊が多く輸送距離が短いもの、C は処理コンクリート塊量が少なく輸送距離が長いもの、D は処理コンクリート塊が多く輸送距離も長いものである。

全国の中間処理能力とコンクリート塊発生量比較では、処理能力がコンクリート塊発生量を下回る可能性は低いと考えられるが、都道府県別の B の地域などは処理能力を上回ってしまう可能性があるので中間処理施設の地理的・施設の改善を図る必要がある。

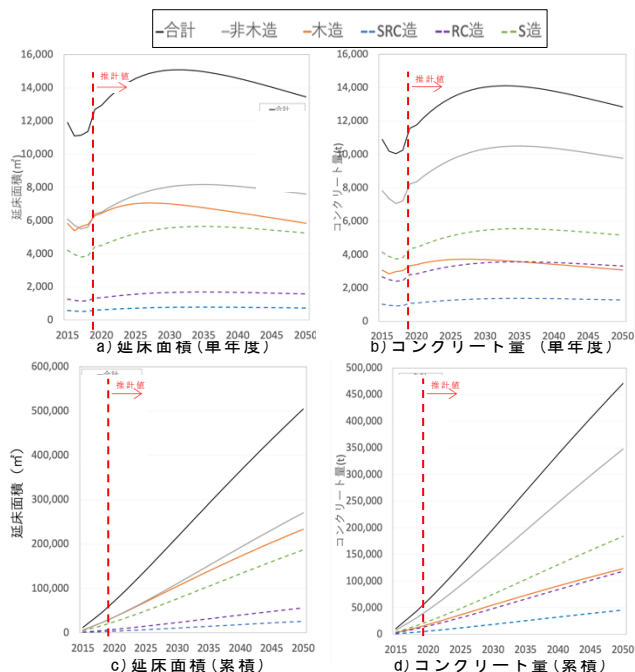


図 9 将来の解体建築物の延床面積とコンクリート塊発生量推移(構造別)(⑥-3)

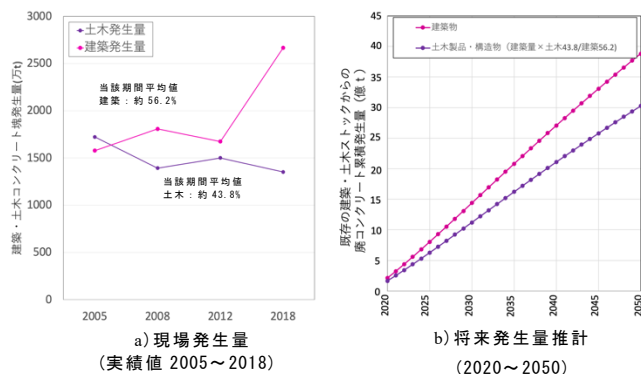


図 10 土木・建築別コンクリート塊現場発生量総量比較(⑦)

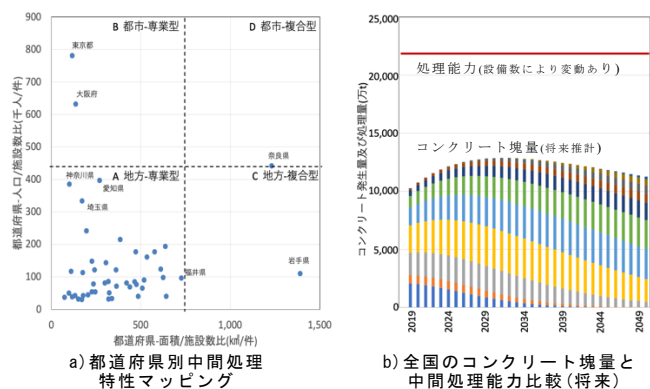


図 11 中間処理-資源循環シナリオ条件

5 まとめ

本研究により、以下の知見が得られた。

- 1) 建築物着工統計より、1951 年～2017 年までの非木造・木造に含まれるコンクリート量を算定し、118 億トン程度のコンクリートの製造量が推計された。
- 2) 建築物ストック統計より、1951 年～2017 年までの非木造・木造に含まれるコンクリート量を算定し、77 億トン程度のコンクリートの蓄積量が推計された。
- 3) 建築物着工統計で求めた過去のコンクリート製造量(118 億トン)から建築物ストック統計で求めた蓄積するコンクリート量(77 億トン)の差分より、現在までに廃棄・再資源化されたコンクリート量は 41 億トン程度と推計され、当該期間年あたりコンクリート塊の廃棄・再資源化量は 0.58 億トン程度と推計された。
- 4) 建築物ストック統計と建築物着工統計により推計した 2018 年～2050 年までの解体建物からのコンクリート塊の発生量は 39 億トン程度、当該期間年あたりコンクリート塊の発生量は 1.26 億トン程度と推計された。
- 5) 2005 年から 2018 年の期間における建築・土木ストックから発生するコンクリート塊量の平均値は建築が約 56.2%、土木が約 43.8%の割合となり、2050 年には建築 39 億トン程度、土木 30 億トン程度のコンクリート塊が発生すると予想される。
- 6) 中間処理場の施設数と発生量の比較を見ると現状と同じようにコンクリート塊が発生するとしても全国的に処理能力がコンクリート塊発生量を下回る可能性が低いと考えられるが、都道府県により処理能力が不足する可能性がある県も確認できたため、地域間を通じて、過大が環境負荷を生じることなく合理的にコンクリート塊を CCC 原料にするための中間処理施設の地理的・施設の改善を図る必要がある。

参考文献

- 1) 野口ほか、ムーンショット目標 4 に貢献する「C4S 研究開発プロジェクト」の概要、日本建築学会学術講演梗概集(東海)、2021.9
- 2) 国土交通省、建築物ストック統計、1951-2017 年
- 3) 国土交通省、建築物減失統計、1951-2020 年
- 4) 国土交通省、建築物着工統計、1951-2020 年
- 5) 国土交通省、建築副産物実態調査結果 2005-2018
- 6) 瀧澤ほか、既存建築物着工・ストック量の統計情報に基づくコンクリート蓄積量と再資源化処理実態の分析、日本建築学会関東支部研究報告、2022.3
- 7) 佐藤ほか、既存建物群の各種統計情報に基づくコンクリート量分析と資源循環シナリオの構築、その 1 建築物ストック統計によるコンクリート量評価、日本建築学会大会(北海道)、2022.9

謝辞

本研究は、2022 年度 NEDO ムーンショット型研究開発事業(C4S 研究開発プロジェクト)の一部であり、研究参画する大学・企業関係各位(東京大学・北海道大学・東京理科大学・宇都宮大学・工学院大学・清水建設・太平洋セメント・増尾リサイクル)および、調査検討にあたり株式会社ウルクム香月清仁氏、相原幸恵氏、増尾リサイクル(株)、株式会社京星、樋口産業株式会社の関係各位に議論・検討を頂き深謝します。