

報告 生コンクリート工場における二酸化炭素排出量の実態について

山之内 康一郎^{*1}・諏訪 一広^{*2}・糸内 完太^{*1}・西本 洋一^{*1}

要旨：生コンクリート業界におけるカーボンニュートラル達成に向け、生コンクリート製造の各段階における対応策の検討に必要な基礎データの収集を目的に、29 事業所 36 会員工場を対象に二酸化炭素排出量の調査を行った。調査の結果、生コンクリートの製造および現場までの運搬にかかわる 1 m³あたりの二酸化炭素排出量は約 10 kg-CO₂/m³であった。また、システム境界の範囲内と現場までの運搬を含めた二酸化炭素排出量は、2022 年度の出荷量 7,445 万 m³から試算すると生コンクリート業界全体として 164 万 ton-CO₂となった。

キーワード：二酸化炭素排出量、製造、運搬、システム境界、生コンクリート

1. はじめに

全国生コンクリート工業組合連合会（以下、全生連と称す。）では、2020 年 10 月に内閣総理大臣から「2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現」を目指すことが宣言されたことを受け、総務委員会、共同事業委員会、技術委員会と連携したカーボンニュートラル対応検討特別委員会を設置し、生コンクリート業界におけるカーボンニュートラルに向けた検討を進めることとした。そこで、組合による共同販売事業や共同運搬による二酸化炭素削減、プラントの省電力化、リサイクル材の有効活用、戻りコンの削減などの可能性を調査するとともに、生コンクリート製造の各段階における対応策を検討することとした。全生連の技術委員会では、検討に必要な基礎データの収集を目的に、全国の会員工場を対象に二酸化炭素排出量の調査¹⁾、²⁾を実施した。

また、2030 年度に温室効果ガスを 2013 年度から 46 %削減する目標が示されたことにより、排出する温室効果ガスの総量を削減することが大前提となることから、まずは原材料の製造・運搬から生コンクリートの製造・運搬にかかわる二酸化炭素排出量について、その達成状況を把握しておくことも必要と考え、2022 年度より 2031 年度までの 10 年間、全地区を対象に代表工場を選定し、データ収集を実施することとした。

本調査結果は、会員各社が二酸化炭素排出量を簡易に算出可能となるよう『二酸化炭素排出量簡易計算シート』を作成し、各地区本部の技術委員会委員を通じて選定した 29 事業者 36 工場を対象に 2013 年度と 2021 年度および 2022 年度との比較についてとりまとめたものである。

2. 調査の概要

2.1. 調査対象

調査対象は、生コンクリートの製造・運搬にかかわる二酸化炭素排出量を 10 年間継続して調査を行うにあたり、極力、プレキャストコンクリート製品の製造や土

木建設業または外注業務として他者が製造した生コンクリートの輸送を手掛けていない生コンクリート事業者を選定した。事業者数・対象工場数を表-1 に示す。

表-1 事業者数・対象工場数

年度	事業者数	工場数
2013	29	37
2021	29	36
2022	29	36

2.2 二酸化炭素排出量の調査範囲

JIS Q 13315-2 コンクリートおよびコンクリート構造物に関する環境マネジメントー第 2 部：システム境界およびインベントリデータ 4 システム境界 4.5 コンクリートで設定しているコンクリート製造のシステム境界を図-1 に示す。

本調査では、図-1 のシステム境界に含まれない原材料の製造、生コンクリート工場から建設現場までの運搬も調査範囲とし、生コンクリート工場で使用する燃料の運搬にかかわる二酸化炭素排出量は対象外とした。

2.3 調査項目

調査項目は、原材料の製造、原材料の運搬およびその貯蔵、生コンクリートの製造に必要な電力、生コンクリートの製造に関わる全てのプロセス、生コンクリートの

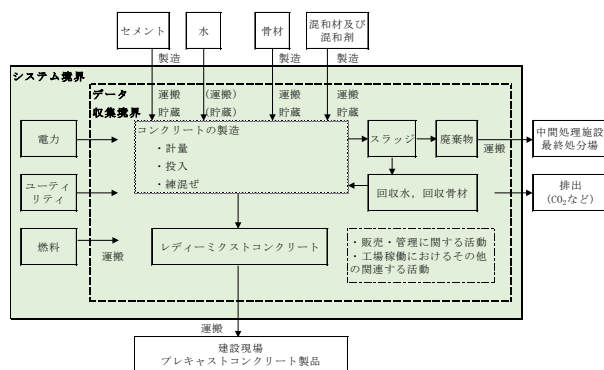


図-1 コンクリート製造のシステム境界

^{*1} 全国生コンクリート工業組合連合会（正会員） ^{*2} 晴海小野田レミコン株式会社（非会員）

表－2 大手電気事業者 10 社の排出係数

年度	排出係数(t-CO ₂ /kWh) (2013 年度に対する増減率(%))									
	北海道 電力	東北 電力	東京 電力	中部 電力	北陸 電力	関西 電力	中国 電力	四国 電力	九州 電力	沖縄 電力
2013	0.000680	0.000560	0.000406	0.000373	0.000494	0.000475	0.000672	0.000656	0.000599	0.000692
2021	0.000549 (-19.3%)	0.000457 (-18.4%)	0.000441 (+8.6%)	0.000377 (+1.1%)	0.000465 (-5.9%)	0.000350 (-26.3%)	0.000521 (-22.5%)	0.000569 (-13.3%)	0.000479 (-20.0%)	0.000705 (+1.9%)
2022	0.000533 (-21.6%)	0.000483 (-13.8%)	0.000451 (+11.1%)	0.000382 (+2.4%)	0.000484 (-2.0%)	0.000309 (-34.9%)	0.000536 (-20.2%)	0.000526 (-19.8%)	0.000382 (-36.2%)	0.000684 (-1.2%)

製造および供給のプロセスで発生した廃棄物の工場内での処理、並びに中間処理施設および／又は最終処分場までの運搬、生コンクリート工場から建設現場までの運搬とした。

2.4 二酸化炭素排出量の算出方法

生コンクリートの製造・運搬、原材料運搬時における二酸化炭素排出量は、環境省・経済産業省公表の電気事業者別排出係数（特定排出者の温室効果ガス排出量算定用）³⁾や資源エネルギー庁の「物流分野の CO₂ 排出量に関するガイドライン」⁴⁾に基づき算出した。

なお、二酸化炭素等の温室効果ガスを一定量排出する電気事業者は、年度ごとの排出量を国に報告することが義務付けられていることから、排出係数は公開されている電気事業者別排出係数を用いた。大手電気事業者 10 社の排出係数の推移を表－2 に示す。

排出係数は電気事業者毎に異なり、10 社の中では沖縄電力が最も高く、関西電力が最も小さい。また、関西電力、九州電力の 2013 年度の調整後排出係数に対する 2022 年度の調整後排出係数は 35%程度減少しており、原子力発電の再開や太陽光発電、風力発電等、再生可能エネルギーへの転換などが考えられる。

3. 調査結果

3.1 システム境界からみた二酸化炭素排出量

2013 年度と 2021 年度・2022 年度の 29 事業所全体の二酸化炭素排出量(t-CO₂)を表－3 に、1 工場あたりの二酸化炭素排出量(t-CO₂)を表－4 に示す。

システム境界の範囲内に建設現場までの運搬を含めた 29 事業所全体の二酸化炭素排出量は、2013 年度に比して 2021 年度は 13.0 %減少、2022 年度は 3.1 %減少して

表－3 29 事業所全体の二酸化炭素排出量

年度	生コンの 製造量 (m ³)	二酸化炭素排出量(t-CO ₂) [割合]		
		システム境界		
		範囲内 (現場までの運搬含む)	範囲外 (原材料の製造)	合計 (排出量全体)
2013	1,805,274 (—)	34,015 [7.5 %] (—)	421,169 [92.5 %] (—)	455,184 [100 %] (—)
2021	1,416,668 (-21.5 %)	29,607 [8.0 %] (-13.0%)	341,981 [92.0 %] (-18.8%)	371,588 [100 %] (-18.4%)
2022	1,496,896 (-17.1 %)	32,962 [8.0 %] (-3.1 %)	379,077 [92.0 %] (-10.0 %)	412,039 [100 %] (-9.5 %)

()内の数値は、2013 年度に対する減少割合 $(X_{2021 \text{ or } 2022} - X_{2013}) / X_{2013} \times 100$

表－4 1 工場あたりの二酸化炭素排出量

年度	生コンの 製造量 (m ³)	二酸化炭素排出量(t-CO ₂) [割合]		
		システム境界		
		範囲内 (現場までの運搬含む)	範囲外 (原材料の製造)	合計 (排出量全体)
2013 : 37 工場	48,791 (—)	919 [7.5 %] (—)	11,383 [92.5 %] (—)	12,302 [100 %] (—)
2021 : 36 工場	39,352 (-19.3%)	822 [8.0 %] (-10.6 %)	9,499 [92.0 %] (-16.6%)	10,321 [100 %] (-16.1%)
2022 : 36 工場	41,580 (-14.8%)	916 [7.8 %] (-0.4 %)	10,530 [92.0 %] (-4.9 %)	11,446 [100 %] (-7.5 %)

()内の数値は、2013 年度に対する減少割合 $(X_{2021 \text{ or } 2022} - X_{2013}) / X_{2013} \times 100$

おり、原材料の製造も含めた二酸化炭素排出量全体では、生コンクリートの製造量の減少（2021年度-21.5%、2022年度-17.1%）に伴い、2013年度に比して2021年度は18.4%減少し、2022年度は9.5%減少した。

また、システム境界の範囲内に建設現場までの運搬を含めた1工場あたりの二酸化炭素排出量は、2013年度に比して2021年度は10.6%減少し、2022年度は0.4%減少しており、原材料の製造も含めた二酸化炭素排出量全体では、2013年度に対して2021年度は16.1%減少し、2022年度は7.5%減少した。

なお、二酸化炭素排出量の割合は、システム境界の範囲内に建設現場までの運搬を含めたもので7.5%～8.0%、範囲外(原材料の製造)で92.0%～92.5%であった。

3.2 システム境界の内訳

表-5は、システム境界の範囲内である生コンクリートの製造に用いる原材料の運搬、製造時の使用電力、販売・管理に伴うガス、重機や営業車等の燃料、廃棄運搬の燃料、その他灯油や重油等の燃料に加えて、システム境界の範囲外ではあるが、建設現場までの運搬を含めた二酸化炭素排出量について示したものである。

また、表-6は、システム境界の範囲外となる原材料の製造にかかわる二酸化炭素排出量として、セメントおよびセメント以外（骨材・混和材料）の内訳を示した。

表-5および表-6に示すように、生コンクリートの製造に由来する電力や燃料からの二酸化炭素排出量(t-CO₂)の割合がいずれの年度においても約15%～17%である

表-5 システム境界の範囲内(現場までの運搬含む)の二酸化炭素排出量

年度	内訳	原材料 運搬:燃料 上:海送/ 下:陸送	製造: 電力 (kWh)	販売・ 管理: ガス (L)	製造等: 燃料※ (L)	産廃運搬: 燃料 (t)	その他 燃料※※	運搬: 燃料 (L)	合計
2013	数量	— —	10,458 千	6,345	275,479	89,220	—	4,415,253	—
	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂) [割合]	7,066 [21 %] 8,757 [26 %]	5,199 [15 %]	41 [0 %]	668 [2 %]	186 [1 %]	707 [2 %]	11,391 [33 %]	34,015 [100 %] (—)
2021	数量	— —	9,575 千	4,062	258,837	99,023	—	3,904,921	—
	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂) [割合]	7,851 [27 %] 6,207 [21 %]	4,272 [14 %]	27 [0 %]	635 [2 %]	153 [1 %]	387 [1 %]	10,075 [34 %]	29,607 [100 %] (-13.0 %)
2022	数量	— —	9,783 千	3,638	237,454	112,642	—	3,932,855	—
	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂) [割合]	10,762 [33 %] 6,647 [20 %]	4,264 [13 %]	24 [0 %]	569 [2 %]	215 [1 %]	335 [1 %]	10,147 [31 %]	32,963 [100 %] (-3.1 %)

※製造等:燃料: 重機、試験車、営業車等の燃料 ※※その他燃料: 灯油、A 重油

()内の数値は、2013年度に対する減少割合 $(X_{2021 \text{ or } 2022} - X_{2013}) / X_{2013} \times 100$

表-6 原材料の製造にかかわる二酸化炭素排出量

年度	内訳	セメント	セメント以外	合計
2013	数量(t)	603,186	—	—
	CO ₂ 排出量(t-CO ₂) [割合]	410,943 [98 %]	10,226 [2 %]	421,169 [100 %] (—)
2021	数量(t)	485,342	—	—
	CO ₂ 排出量(t-CO ₂) [割合]	333,835 [98 %]	8,145 [2 %]	341,981 [100 %] (-18.8 %)
2022	数量(t)	520,576	—	—
	CO ₂ 排出量(t-CO ₂) [割合]	370,525 [98 %]	8,552 [2 %]	379,077 [100 %] (-10.0 %)

()内の数値は、2013年度に対する減少割合 $(X_{2021 \text{ or } 2022} - X_{2013}) / X_{2013} \times 100$

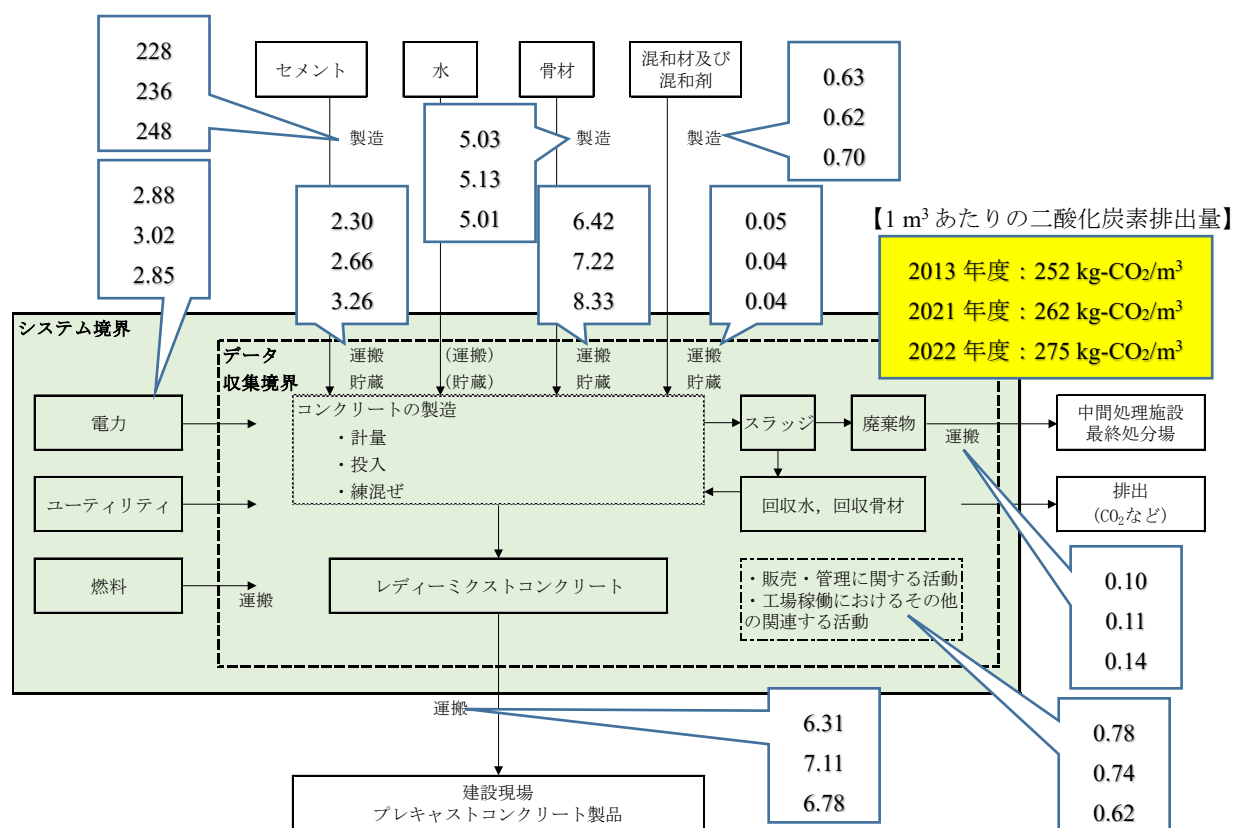


図-2 コンクリート製造のシステム境界と1m³あたりの二酸化炭素排出量
 (上段：2013 年度／中段：2021 年度／下段：2022 年度 単位：kg-CO₂/m³)

のに対し、現場までの運搬に由来する燃料からの二酸化炭素排出量 (t-CO₂) の方が約 31 %～34 %と大きく占めており、原材料の製造にかかわる二酸化炭素排出量 (t-CO₂) では、いずれの年度においてもセメント由来が約 98 %を占めている。

3.3 1m³あたりの二酸化炭素排出量の年度推移

図-2 は、コンクリート製造のシステム境界と 1 m³あたりの二酸化炭素排出量(kg-CO₂/m³)の年度推移を示したものである。図-2 に示すとおり、2013 年度の 1 m³あたりの二酸化炭素排出量 252 kg-CO₂/m³ に対して、2021 年度は 262 kg-CO₂/m³ と 4.0%増加し、2022 年度は 275 kg-CO₂/m³ と 9.1 %増加した。なお、それぞれの項目において、セメントの製造は 2013 年度の 228 kg-CO₂/m³ に対して、2021 年度は 236 kg-CO₂/m³ (+3.5 %), 2022 年度は 248 kg-CO₂/m³ (+8.8 %), セメントの運搬は 2013 年度の 2.30 kg-CO₂/m³ に対して、2021 年度は 2.66 kg-CO₂/m³ (+15.6 %), 2022 年度は 3.26 kg-CO₂/m³ (+41.7 %), 骨材の運搬は 2013 年度の 6.42 kg-CO₂/m³ に対して、2021 年度は 7.22 kg-CO₂/m³ (+12.5 %), 2022 年度は 8.33 kg-CO₂/m³ (+29.8 %)といずれも増加傾向で、他の項目は概ね同等であった。

3.4 1m³あたりの二酸化炭素排出量の変動要因

2021 年度および 2022 年度の 1 m³あたりの二酸化炭素排出量(kg-CO₂/m³)が、2013 年度の 252 kg-CO₂/m³ に対し

それぞれ+10 kg-CO₂/m³ (+4.0%)および+23 kg-CO₂/m³ (+9.1 %)増加した要因について分析した結果を以下に示す。

表-7 は 2013 年度、2021 年度および 2022 年度のセメント種類の構成割合(%), セメント製造時の排出係数(kg-CO₂/t)および二酸化炭素排出量(t-CO₂) を示したものであり、生コンクリート 1 m³ あたりのセメントの原単位(kg/m³)およびセメントの製造における二酸化炭素排出量(kg-CO₂/m³)も併記した。

表-7 に示すとおり、セメント製造時の排出係数が大きい普通セメントの構成割合は、2013 年度に対し 2021 年度は+2.1 %(74.7 %→76.8 %)増加し、2022 年度は+9.5 %(74.7 %→84.2 %)の増加であった。一方、セメント製造時の排出係数が普通セメントより小さい高炉セメント B 種は、2021 年度で-2.0 %(25.2 %→23.2 %)減少し、2022 年度で-9.4 %(25.2 %→15.8 %)の減少であった。

また、二酸化炭素排出量の 90 %を占めるセメントの原単位量は、2013 年度の 334 kg/m³ に対し 2021 年度は+9 kg/m³ (+2.7 %)増加し、2022 年度は+14 kg/m³ (+4.2 %)の増加であった。なお、セメントの製造由来の 1 m³あたりの二酸化炭素排出量(kg-CO₂/m³)は、2013 年度の 228 kg-CO₂/m³ に対し 2021 年度は+8 kg-CO₂/m³ (+3.5 %)増加し、2022 年度は+20 kg-CO₂/m³ (+8.8 %)の増加であった。

表－8 は、2013 年度、2021 年度および 2022 年度のセメントの製造による二酸化炭素排出量(kg-CO₂/m³)を示すとともに、2013 年度のセメント種の構成割合から 2021 年度および 2022 年度の構成割合と原単位量の増加による差をそれぞれ示したものである。

表－8 に示すとおり、2021 年度および 2022 年度のセ

メントの製造由来の増加量(+ 8 kg-CO₂/m³)および(+ 20 kg-CO₂/m³)は、2013 年度の普通セメントの構成割合に対する 2021 年度および 2022 年度の構成割合の増加量<+2 kg-CO₂/m³>および<+11 kg-CO₂/m³>と 1 m³あたりのセメント使用量の増加量<+6 kg-CO₂/m³>および<+9 kg-CO₂/m³>によるものであって、現場までの運搬を含む 29

表－7 セメントの種類における構成割合(%), 製造時の排出係数(kg-CO₂/t)および二酸化炭素排出量(t-CO₂)

年度	生コンの製造量(m ³)	セメントの種類	普通セメント N	高炉セメント B 種	フライッシュセメント B 種	合計	セメント原単位量(kg/m ³)	セメントの製造(kg-CO ₂ /m ³)
2013	1,805,274 (—)	セメント量(t) [構成割合]	450,736 [74.7 %]	152,236 [25.2 %]	214 [0.1 %]	603,186 (—)	334 (—)	—
		排出係数(kg-CO ₂ /t)	762.7	440.3	640.9	—	—	—
		CO ₂ 排出量(t-CO ₂)	343,776 (—)	67,030 (—)	137 (—)	410,943 (—)	—	228 (—)
2021	1,416,668 (-21.5 %)	セメント量(t) [構成割合]	372,639 [76.8 %]	112,703 [23.2 %]	0 [0.0%]	485,342 (-19.5%)	343 (+2.7%)	—
		排出係数(kg-CO ₂ /t)	762.7	440.3	640.9	—	—	—
		CO ₂ 排出量(t-CO ₂)	284,212 (-17.3 %)	49,623 (-26.0 %)	0 (0%)	333,835 (-18.8%)	—	236 (+3.5%)
2022	1,496,896 (-17.1 %)	セメント量(t) [構成割合]	438,330 [84.2 %]	82,125 [15.8 %]	121 [0.0%]	520,576 (-13.7%)	348 (+4.2%)	—
		排出係数(kg-CO ₂ /t)	762.8	439.4	668.5	—	—	—
		CO ₂ 排出量(t-CO ₂)	334,358 (-2.7 %)	36,086 (-46.2 %)	81 (-40.1%)	370,525 (-9.8%)	—	248 (+8.8%)

()内の数値は、2013 年度に対する減少割合 (X_{2021 or 2022} - X₂₀₁₃)/X₂₀₁₃ × 100

表－8 セメントの製造による二酸化炭素排出量(kg-CO₂/m³)

	二酸化炭素排出量(kg-CO ₂ /m ³)			
年度	29 事業所全体における 1m ³ あたりの CO ₂ 排出量 (現場までの運搬含む)	セメントの製造由来 (原材料;範囲外)	普通セメントの構成割合の増加による差	1m ³ あたりのセメント使用量 (原単位量)の増加による差
2013	252(—)	228(—)	—	—
2021	262(+10)	236(+ 8)	< + 2 >	< +6 >
2022	275(+23)	248(+20)	< +11 >	< +9 >

()内の数値は、2013 年度に対する増加量

< >内の数値は、セメントの製造由来の()内の内訳

表－9 セメント製造以外の二酸化炭素排出量(kg-CO₂/m³)

	二酸化炭素排出量(kg-CO ₂ /m ³)			
年度	骨材・混和材の製造由来 (原材料;範囲外)	原材料・廃棄物の運搬/その他 (範囲内)	生コンクリート	
			製造;電力 (範囲内)	運搬;現場まで (範囲外)
2013	6	9	3	6
2021	6	10(+ 1)	3	7(+ 1)
2022	6	12(+ 3)	3	7(+ 1)

()内の数値は、2013 年度に対する増加量

事業所全体における 1 m³ あたりの二酸化炭素排出量の増加量(+10 kg-CO₂/m³)および(+23 kg-CO₂/m³)の約 8 割を占めている。なお、表-9 は、骨材・混和材の製造や原材料・廃棄物の運搬、生コンクリートの製造および現場までの運搬などセメント製造以外の二酸化炭素排出量(kg-CO₂/m³)を示したもので、2013 年度に対する増加量は、2021 年度および 2022 年度ともに同等または+1 kg-CO₂/m³~+3 kg-CO₂/m³程度であり、年度の違いによる大きな変動は見られなかった。

4. 生コンクリート業界全体の二酸化炭素排出量

全国生コンクリート工業組合連合会・全国生コンクリート協同組合連合会のホームページで公開している 2013 年度、2021 年度および 2022 年度の生コンクリート出荷量 9,885 万 m³、7,610 万 m³ および 7,445 万 m³ を用いて、本調査で得られた図-2 の 1 m³ あたりの二酸化炭素排出量結果を基に、生コンクリート業界からの二酸化炭素排出量（システム境界範囲内と現場までの運搬）を試算すると 186 万 t-CO₂、159 万 t-CO₂ および 164 万 t-CO₂ であった。また、原材料の製造由来を含めると 2,496 万 t-CO₂、1,999 万 t-CO₂ および 2,053 万 t-CO₂ となった。

5. まとめ

本調査では以下のことが明らかとなった。

- 1) 原材料の製造も含めた二酸化炭素排出量は、生コンクリートの製造量の減少に伴い減少傾向にある。
- 2) 二酸化炭素排出量の割合は、生コンクリートの製造（システム境界の範囲内）に建設現場までの運搬を含めたもので 8.0 %、原材料の製造（範囲外）で 92.0 % であった。
- 3) 1m³ あたりの二酸化炭素排出量の年度推移は、2013 年度の 252 kg-CO₂/m³ に対して、2021 年度は 262 kg-

CO₂/m³ (+4.0 %), 2022 年度は 275 kg-CO₂/m³ (+9.1 %) と増加傾向にあった。

- 4) 1m³ あたりの二酸化炭素排出量は、主にセメントの種類や構成割合、原単位量の変動が影響し、事業者毎にそれぞれ傾向が異なる。
- 5) システム境界範囲内と現場までの運搬を含めた生コンクリート業界全体の二酸化炭素排出量(t-CO₂)を試算すると、2013 年度で 186 万 t-CO₂、2021 年度で 159 万 t-CO₂ および 2022 年度で 164 万 t-CO₂ となった。

謝辞

本調査は全国生コンクリート工業組合連合会のカーボンニュートラル対応特別検討委員会技術部会において、10 年間継続して調査を行うにあたり、各地区本部の技術委員会委員を通じて選定いただいた事業者・工場の協力を得て実施しているものです。ここに多大なご協力をいただいております各委員および工場関係者の皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 全国生コンクリート工業組合連合会技術委員会：新技術開発報告 No.49 環境負荷低減に関する実態調査報告書Ⅱ，2022.3
- 2) 山之内，諏訪，西本：生コンクリート業界における二酸化炭素排出量の実態調査（2019 年度），一般社団法人日本建築学会，2024 年度建築学会大会（関東）学術講演会，Vol.39，No.3，pp.36-43，2024.8
- 3) 環境省・経済産業省公表：電気事業者別排出係数（特定排出者の温室効果ガス排出量算定用）-2021 年度実績-，2021.7，-2022 年度実績-，2022.7
- 4) 資源エネルギー庁：物流分野の CO₂ 排出量に関するガイドライン Ver3.1，2016.7