

# 建設分野におけるカーボンニュートラルに向けた 高機能鋼材と利用技術の可能性

## Nippon Steel Corporation's Construction Products and Technologies for Carbon Neutral Buildings and Infrastructures

鈴木 悠介*	平川 智久	赤司 有三
Yusuke SUZUKI	Tomohisa HIRAKAWA	Yuzou AKASHI
亀山 彰久	澤泉 紳一	妙中 真治
Akihisa KAMEYAMA	Shinichi SAWAIZUMI	Shinji TAENAKA

### 抄 録

建設分野におけるカーボンニュートラルに向け、鋼構造物のCO<sub>2</sub>排出量試算を通じた日本製鉄(株)の高機能鋼材・利用技術の可能性を述べる。鉄鋼材料はリサイクル特性に優れた素材であり、鉄のリサイクル効果を反映した原単位を構造物としてのCO<sub>2</sub>排出量評価に反映することが可能になっている。また高い強度特性を活かし、構造物としての鋼材重量、CO<sub>2</sub>排出量を抑制することができる。鋼材製造プロセスの革新に加え、高機能鋼材とその特性を最大限に引き出す利用技術を組み合わせて鋼構造物としてのCO<sub>2</sub>排出量の最小化を追求することで、建設分野におけるカーボンニュートラルに貢献していく。

### Abstract

Steel products offer extremely high recyclability and the highest strength to weight ratio of any building material. These characteristics also have a huge potential to mitigate CO<sub>2</sub> emission in building and infrastructure construction. Pursuing the best combination of high strength/performance steel products and their engineering design technologies as well as innovative processes of steel production could provide a solution for carbon neutral building and infrastructure construction.

## 1. カーボンニュートラルに向けた社会動向と日本製鉄(株)の取り組み

2020年10月に当時の菅内閣総理大臣は所信表明演説を行い、日本が2050年までにカーボンニュートラル(以下“CN”)を目指すことを宣言した。この宣言の後、日本製鉄は2021年3月に“カーボンニュートラルビジョン2050”を発表し、その実現に向けた施策とロードマップを公表している<sup>1)</sup>。鉄鋼製品は自動車、エネルギー、社会インフラ、家電などあらゆる分野で使用され、鉄鋼業におけるCO<sub>2</sub>排出量は日本国内の全排出量の14%(電力配分後)を占めている。また今後の世界的な人口増加や生活水準の向上に伴う鉄鋼需要の増加<sup>2)</sup>に対応しながら、CNを実現していく取り組みが不可欠である。

日本製鉄“カーボンニュートラルビジョン2050”では、

2013年を起点として2030年までにCO<sub>2</sub>総排出量を30%削減、2050年までにCNを目指している。高炉法による製鉄は、鉄鉱石の還元プロセスから不可避免的にCO<sub>2</sub>が排出されるため、CN実現には製鉄プロセスそのものを変える必要がある。具体的な施策として、①大型電炉での高級鋼材製造、②COURSE50(Super COURSE50を含む)および③100%水素直接還元プロセスの3つを超革新技術開発として推進すると共に、既存プロセスや電力の低炭素化および効率的な生産体制の構築、そして外部技術であるCCU/CCSの導入といった改善をそれぞれ図1のロードマップに基づき推進するよう計画している。また日本製鉄のCN施策によってCO<sub>2</sub>排出量を削減したことを認定した鉄鋼製品NSCarbolex® Neutralの販売を開始することを公表しており<sup>3)</sup>、日本製鉄のCN施策の効果を順次反映した鋼材の活用が可能な環境が整いつつある。

\* 厚板・建材事業部 建材開発技術部 建築建材技術室 建築技術第一課長 Ph.D. 東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071

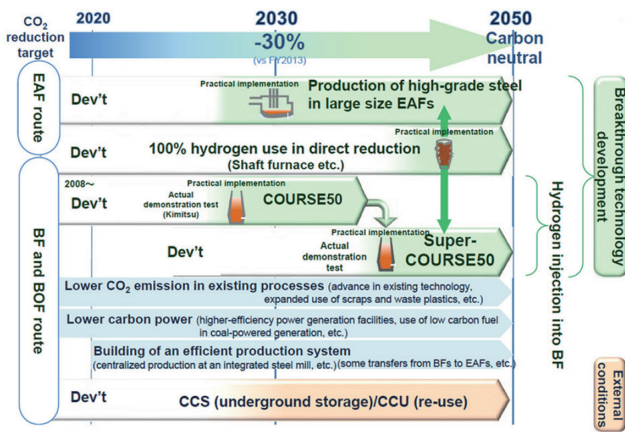


図1 日本製鉄“カーボンニュートラル2050”施策ロードマップ  
Roadmap of reduction measures for CO<sub>2</sub> emissions

建設分野においては省エネルギー対策、再生可能エネルギーの導入拡大といった運用段階における施策に加え、建設工事における施工段階、建設資材の製造段階も含めたサプライチェーン全体のCO<sub>2</sub>排出量を把握、削減推進するニーズが高まっている。こうした動向の中、上述した日本製鉄の長期的なCN施策に加えて、現行の鉄鋼・建材製品においてもCO<sub>2</sub>排出量の開示、さらには日本製鉄独自の高機能鋼材と利用技術による鋼構造物のCO<sub>2</sub>排出量削減への貢献が求められる。本稿では、日本製鉄の鉄鋼・スラグ製品によるCNに向けた技術展望として、鋼構造物のCO<sub>2</sub>排出量試算を通じた日本製鉄の高機能鋼材・利用技術の可能性を述べる。併せて、鉄鋼スラグ・セメント製品の建設資材としての活用の取り組みを紹介する。

## 2. 鉄鋼製品のリサイクル性とCO<sub>2</sub>排出原単位

鉄鋼製品は、ほぼ全量がスクラップとして回収され、ほとんどの不純物が除去されて天然資源を代替し、何にでも何度でも循環利用される素材としてのクローズドループリサイクルを形成している。従って、鉄鋼製品のライフサイクルにおいてリサイクルは不可分であり、そのリサイクル効果を環境負荷計算において考慮する計算法がISO 20915, JIS Q 20915で規格化されている。また、この計算法に従いリサイクル効果を考慮すれば、高炉鋼も電炉鋼も環境負荷は等価になる。この規格に基づいて計算された日本製鉄製品の温室効果ガス等の排出原単位は、ISO 14025規格に準拠した環境ラベルであるEPD (Environmental Product Declaration) であるエコリーフによって公開されている<sup>4)</sup>。これにより日本製鉄の鉄鋼製品のリサイクル効果を反映した排出原単位を、鉄鋼を利用した構造物のCO<sub>2</sub>排出量評価に反映することが可能になっている。

日本製鉄は2019年よりエコリーフの取得を進めており、現在の宣言数は41件(日本製鉄製品の8割強に対応)にのぼる。この鉄鋼製品のエコリーフには、資源採掘～製品製

表1 CO<sub>2</sub> 排出原単位  
CO<sub>2</sub> emissions intensity

Materials	CO <sub>2</sub> intensity (ton-CO <sub>2</sub> /ton)		
	JISF (2018) <sup>5)</sup>		MOE Database <sup>6)</sup>
	Including recycling	Without recycling	
Steel shapes	0.874	1.618	-
Steel plates	0.857	2.110	
Steel bars	0.753	1.541	
Ready mixed concrete	-	-	0.134

造までの各種環境負荷物質の排出原単位のほか、上述の鉄鋼製品のリサイクル効果も開示されており、それも合わせたCO<sub>2</sub>排出原単位の値は資源採掘～製造段階のみのCO<sub>2</sub>排出原単位と比べて半分程度となる。なお、ISO 20915, JIS Q 20915はそれぞれ2018年、2019年に規格化されたが、例えば組織のサプライチェーンGHG排出量計算の事実上の基準であるGHGプロトコルにおいては、現状、リサイクル効果等のオフセット効果は算入に含めてはならず別途記載することになっており、他の多くの排出量に関する規格でも同様である。鉄鋼の環境性能をより正当に評価するためには、これらにおいてもリサイクル効果を算入できるようにすることが望ましい。

鉄鋼製品は上述のリサイクル特性に加えて、材料強度に優れる素材である。そのため同じ強度の構造物を異なる素材でつくる場合、その使用量は大きく異なる。例えば表1に示す鋼(形鋼、リサイクル効果を考慮)と生コンクリートの単位質量あたりのCO<sub>2</sub>排出原単位<sup>5,6)</sup>はそれぞれ0.874 ton-CO<sub>2</sub>/ton、0.134 ton-CO<sub>2</sub>/tonであり、鋼よりも生コンクリートの方が小さい。しかし鋼の強度は一般的に用いられるコンクリートの約10倍あるため、単位質量あたりのCO<sub>2</sub>排出原単位を材料強度で除した単位強度あたりのCO<sub>2</sub>排出原単位を比較すると、形鋼0.0037 ton-CO<sub>2</sub>/ton・MPa (0.874 ÷ 235 MPa)、生コンクリート0.0056 ton-CO<sub>2</sub>/ton・MPa (0.134 ton-CO<sub>2</sub>/ton ÷ 24 MPa)となり、鋼は生コンクリートに対し概ね同等以下となる。このことから、構造物としてのCO<sub>2</sub>排出量の議論には、本章で述べた鋼材のリサイクル特性を活かした原単位の考え方を踏まえた評価に加え、実構造物の材料使用量に基づく議論が必要である。次章にその試算例を通じた高機能鋼材および利用技術の活用可能性を述べる。

## 3. 鋼材と利用技術による構造物のCO<sub>2</sub>排出量削減への貢献

### 3.1 事務所ビルにおけるCO<sub>2</sub>排出量試算

建設物のCO<sub>2</sub>排出量評価は、設計、建設、運用、改修、廃棄の各段階に大別される。このうち建設段階のCO<sub>2</sub>排出量は建築資材の製造から現場施工に係るもので、ライフサイクル全体の環境負荷を考えるにあたり無視できない割合

を占める。日本製鉄は建築物の軽量化や施工合理化等に資する建材製品、技術を実用化してきているが、これらは建設段階のCO<sub>2</sub>排出量削減の観点でも有効な施策となり得る。本節では中層規模の事務所ビルの建設段階におけるCO<sub>2</sub>排出量を試算し、日本製鉄製品・技術によるCO<sub>2</sub>排出量削減に向けた方向性を述べる。表2に検討対象の建物概要を示す。検討モデルは建築面積879m<sup>2</sup>、延床面積7030m<sup>2</sup>の地上8階建て事務所ビルであり、文献5)に示される標準オフィスモデルを基に現行の設計規準類に適合するよう再設計されたものである<sup>6)</sup>。図2に基準階平面図および柱・杭配置図を示す。本建物はX、Y構面とも鉄骨ラーメン構造である。構造躯体は、柱は冷間プレス成形角形鋼管(BCP325B)、梁は圧延H形鋼(SN400B, SN490B)、基礎は回転圧入鋼管杭(SKK490)である。

本検討における資材製造に係るCO<sub>2</sub>排出量は、構造物に使用する資材量に、CO<sub>2</sub>排出原単位を乗じて算出する。鋼材およびコンクリート・セメントの原単位は表1に示す値を用いる。鋼の原単位は日本鉄鋼連盟公表値<sup>7)</sup>を用い、リサイクル効果を考慮する場合と非考慮とする場合のそれぞれのケースを検討する。生コンクリートは環境省データベース<sup>8)</sup>を用いる。鋼材およびコンクリート以外の資材は、文献5)に示されるCO<sub>2</sub>排出原単位を用いる。鉄骨躯体の

表2 建物概要  
Details of the studied office building

Location	Tokyo	
Use	Office	
Structure	Steel MRF structure	
Area	Commercial zone, Fire protection zone	
Number of stories	8-story	
Site area	1 125.60m <sup>2</sup>	
Building area	879.75m <sup>2</sup>	
Total floor area	7 030.57m <sup>2</sup>	
Typical floor area	879.75m <sup>2</sup>	
Building height	30.6m (PH32.9m)	
Finishing material	Floor	Granite
	Cladding	Aluminum curtain wall, Extraction molded cement panel
	Roof	Asphalt waterproofing layer

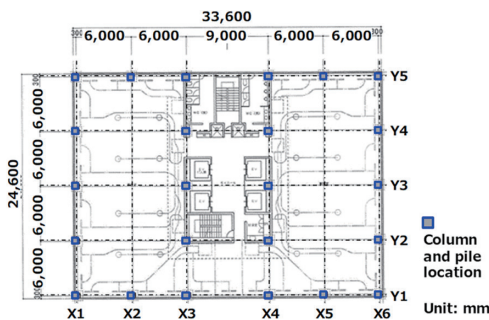


図2 平面図、柱・杭配置図<sup>6)</sup>を改変  
Typical floor plan and column location<sup>based on reference 6)</sup>

製作に係る排出量は文献9)を参考に0.025ton-CO<sub>2</sub>/ton、施工時のCO<sub>2</sub>排出量は文献10)に基づき0.037ton-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>を仮定した。

本検討の建設段階におけるCO<sub>2</sub>排出量を図3に示す。建物・杭全体のCO<sub>2</sub>排出量は、鋼材原単位におけるリサイクル効果を考慮した場合、リサイクル効果非考慮の場合の約65%となる。以上のように鋼材製造時だけでなく、リサイクル効果を考慮したCO<sub>2</sub>排出量での評価をできるようにしていくことが、鉄鋼製品の環境影響の評価において課題である。

### 3.2 橋梁基礎くいにおけるCO<sub>2</sub>排出量試算

本節では橋梁基礎くいの建設段階におけるCO<sub>2</sub>排出量についての試算例<sup>11)</sup>を紹介する。国土交通省では、2013年～2016年にはライフサイクルを通じたCO<sub>2</sub>収支量の定量的把握手法の開発に取り組み、これらの成果を報告書<sup>11)</sup>に纏めている。本報告書の添付資料“社会資本のライフサイクルコストを通じた二酸化炭素排出量の手引き(案)”(以下、手引き)では、概略設計段階における橋梁基礎工の比較案について、工法別にCO<sub>2</sub>排出量の総量と由来について言及されている。

表3に、手引きの検討結果を整理した。対象となる橋梁基礎は、湾岸部橋梁区間のハイピアRC橋脚の基礎であり、中掘鋼管杭・SC杭(鋼管コンクリート杭)・鋼管ソイルセメント杭・場所打ち杭・回転杭の5工法が比較されている。表3に示すように各工法の特長により設計上、必要となる杭径・本数が異なり、結果として基礎フーチングのサイズも異なる。CO<sub>2</sub>排出量の試算対象範囲は、資材の採取から工事完了までの基礎工の建設過程一式であり、橋梁基礎1基分である。試算結果を図4に示す。5工法とも資材に由来するCO<sub>2</sub>排出が約9割と大宗を占める。手引きでは鉄鋼製品のCO<sub>2</sub>排出原単位として0.799ton-CO<sub>2</sub>/tonを使用しており、これは先に示したりサイクルを考慮した原単位に近く、リサイクル前提での試算と解釈しても問題ないと考え

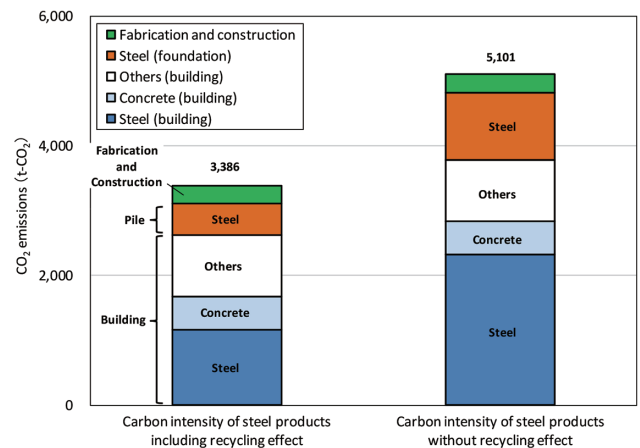


図3 事務所ビルのCO<sub>2</sub>排出量  
CO<sub>2</sub> emissions from the studied office building

表3 各工法の諸元とCO<sub>2</sub>排出量<sup>11)</sup>を再整理  
Specifications and CO<sub>2</sub> emissions for each method<sup>based on reference 11)</sup>

	Inner excavation steel pile	Steel concrete composite pile	Soil-cement composite steel pile	Cast-in-place pile	Screw pile
<b>Pile dimensions</b>					
Pile diameter	φ1000	φ1000	φ1200	φ1500	φ1200
Pile length	19.5 m	19.0 m	19.0 m	18.5 m	19.0 m
Pile number	32	32	16	16	18
<b>Footing size</b>					
TR direction	14.5 m	14.5 m	11.0 m	14.3 m	14.4 m
LG direction	14.5 m	14.5 m	11.0 m	14.3 m	11.4 m
Height	3.5 m	3.5 m	3.5 m	3.5 m	3.5 m
<b>CO<sub>2</sub> emissions</b>					
Footing	243	243	140	236	190
Piles	282	455	267	234	171
Sum	525	698	407	470	361

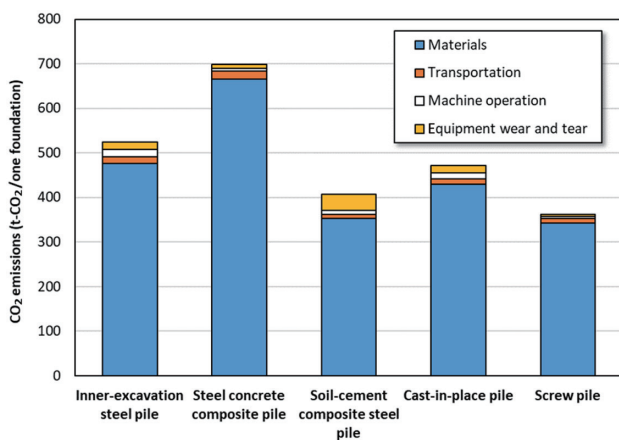


図4 各工法のCO<sub>2</sub>排出量と由来<sup>11)</sup>を再整理  
CO<sub>2</sub> emissions of 5 pile methods and its sources<sup>based on reference 11)</sup>

る。

各工法比較では、回転杭(361ton-CO<sub>2</sub>/1基分)が最もCO<sub>2</sub>排出量が少なく、鋼管ソイルセメント杭(407ton-CO<sub>2</sub>/1基分)、場所打ち杭(470ton-CO<sub>2</sub>/1基分)と続く。これら3工法は1基あたりの杭本数が少なく、残る中掘鋼管杭やSC杭の杭本数の半分程度となっていることが特徴的である。手引きでは、経済性を勘案した上で、CO<sub>2</sub>排出量が2番目に少ない鋼管ソイルセメント杭を最適案としている。鋼管ソイルセメント杭は、最もCO<sub>2</sub>排出量の少ない回転杭と比較すると約13%多いが、最も排出量の多いSC杭と比較すると42%の削減が可能となる。

本検討から基礎くいにおけるCO<sub>2</sub>排出量は資材由来が大部分を占めること、工法選定によりCO<sub>2</sub>排出量が大きく異なることが確認される。基礎工に限らず、工法・技術の選定は、おもに初期建設コスト・現場条件・建設工期により決定されてきたが、今後はCO<sub>2</sub>排出量も考慮した判断がなされていくと考える。

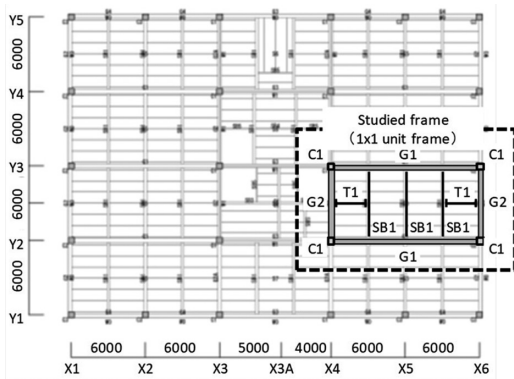
### 3.3 高性能鋼材・利用技術の可能性

前節までに例示した鋼構造物のCO<sub>2</sub>排出量に対して、日

本製鉄の高機能鋼材、利用技術の適用により、更なるCO<sub>2</sub>排出量削減が期待できる。

事務所ビル等の鉄骨造建物に対し、まず鋼重削減によるCO<sub>2</sub>排出量削減を図ることができる。大梁に用いる外法一定H形鋼ハイパービーム<sup>®</sup>は、JISサイズH形鋼には無い幅広いサイズバリエーションを有しており、設計要求に合わせた最適断面の選定が可能である。さらに、従来鋼規格(SN490B)に対し設計基準強度を20N/mm<sup>2</sup>高めた鋼材NSYP<sup>®</sup>345B、ハイパービームの特徴である重量効率に優れた薄肉ウェブや細幅サイズの性能を引き出す梁端ウェブ補剛工法や横補剛材省略工法を組み合わせることで、更なる大梁部材の鋼重削減を図ることができる。さらに柱部材への高強度冷間設計角形鋼管UBCR365(ロールコラム)、BCHT385, 440(プレスコラム)の適用、小梁部材への溶接軽量H形鋼スマートビーム<sup>®</sup>の適用も鋼重削減に有効である。さらに、横補剛材省略工法は、大梁の横座屈止め部材の省略による鋼重削減に加え、ボルトやガセットプレートといった接合部の削減、施工現場における揚重回数等の削減といった鉄骨加工、現場施工の合理化に伴うCO<sub>2</sub>排出量削減効果も期待できる。また、ハイパービームや冷間成形角形鋼管は、ビルトアップH形鋼、溶接四面ボックスに対して組立溶接工程を省略することができ、溶接材料や加工工数の削減といった鉄骨加工工程におけるCO<sub>2</sub>排出量の削減効果が期待できる。図5には、3.1節の事務所ビルから1×1スパンの構造躯体を対象としたCO<sub>2</sub>排出量削減検討の一例を示す。上述の高性能鋼材、利用技術の適用により、対象とした構造躯体(柱、大梁、小梁)に用いる鋼材鋼重、およびこれら鋼材に係るCO<sub>2</sub>排出量は約13%削減される。今後、これらのCO<sub>2</sub>排出量削減効果の定量評価を進めていく。

3.2節で示した橋梁基礎くい例では、鋼管杭を活用した杭工法がCO<sub>2</sub>排出量削減の視点では比較的、効果的な選択であることが確認できた。日本製鉄では、CO<sub>2</sub>排出量



Members	Designation	Original design	Proposed design
Girder	G1	HY-700×300×12×25 (SN490B)	HY-800×250×12×25 (SN490B) *Stiffened beam-end web construction method
	G2	HY-550×300×16×28 (SN490B)	HY-600×300×12×25 (NSYP345B)
Beam	SB1	H-400×200×8×13 (SS400)	LH-450×200×4.5×9 (SWH400)
Lateral brace	T1	H-250×125×6×9 (SS400)	- *Lateral stiffener omission construction method
Column	C1	□500×22 (BCP325B)	□500×19 (UBCR365)
Steel weight		12 134 kg	10 521 kg (13% reduction)
CO <sub>2</sub> emissions		10 529 kg-CO <sub>2</sub>	8 190 kg-CO <sub>2</sub> (13% reduction)

図5 CO<sub>2</sub> 排出量削減検討

A case study of CO<sub>2</sub> emissions reduction utilizing high performance steel products and technologies

の最も小さい回転杭としてNSエコパイル®を有しており、無排土施工・無振動・低騒音を実現可能な環境負荷低減が可能である。経済性を考慮した際に最適工法と位置付けられた鋼管ソイルセメント杭としては、ガンテツパイル®があり、非常に多くの実績を有している。さらに建築分野の中掘工法では支持部に最大2400mmの根固め球根を築造することで最大17900kNの先端支持力を発揮する高支持力杭TN-X工法もあり、更なる杭本数やCO<sub>2</sub>排出量の削減に効果的である。

以上、本章では幾つかの構造物を対象に建設段階のCO<sub>2</sub>排出量試算を示し、日本製鉄の高機能鋼材製品、利用技術によるCO<sub>2</sub>排出量削減の可能性を示した。鋼構造物の安全性の向上や鋼材重量の削減といったニーズに対応した高機能鋼材と、これらの特性を最大限に引き出す利用技術の適用は、更なるCO<sub>2</sub>排出量の削減においても有効な施策となる。鋼材製造プロセスの革新によるCO<sub>2</sub>排出量削減に加え、高機能鋼材製品と利用技術を組み合わせることで、鋼構造物としてのCO<sub>2</sub>排出量の最小化ソリューションを提供することが重要となる。今後、鋼材重量や、鉄骨加工、現場施工工数の削減をCO<sub>2</sub>排出量削減効果としても捉えた鋼材製品、利用技術の高度化とその適用先の拡大を進め、CNに向けた環境負荷軽減に対するニーズに対応していく。

#### 4. 鉄鋼スラグ・セメント活用による低炭素社会への貢献

鉄鋼スラグは、鉄鉱石から鉄を還元・精錬した際に生成する副産物で、近年の鉄鋼スラグの年間生産量は約3800

万tに達し、その99%が鉄鋼スラグ製品として建設資材や農業用肥料等で活用<sup>12)</sup>されている。我が国での鉄鋼スラグ活用の歴史は約100年に及び、社会環境に応じた用途開発も推進し、高炉セメントや路盤材等の一部の鉄鋼スラグ製品については、2001年に施行された“国等による環境物品等の調達推進等に関する法律”(グリーン購入法)の公共工事における特定調達品目(環境負荷低減に資する製品)に指定されている。また、近年のCN政策において、海域向けの鉄鋼スラグ製品は、海藻がCO<sub>2</sub>を吸収固定するブルーカーボンに寄与する材料として注目をされている。今回、CNに貢献する建設資材としての鉄鋼スラグ製品について紹介する。

高炉セメントは、焼成工程を不要とする高炉スラグ微粉末を混合して製造するため、表4<sup>13)</sup>に示すように、高炉セメントB種はポルトランドセメントに比べて323kg/セメントtもCO<sub>2</sub>排出量が少ない。また、長期材齢の強度の伸びが大きい<sup>14)</sup>ため、同文献データをもとに図6に示すようにセメント排出CO<sub>2</sub>あたりの強度を比べると格段に高炉セメントの方が優れている。一方で、我が国における高炉セメントのシェアは20%程度にとどまっている。高炉セメントは低炭素なセメントであることに加え、アルカリシリカ反応や塩害に対する抵抗性が高いという性能を有しており、更なる需要拡大が期待される建設材料である。

次に図7に示すブルーカーボンに寄与する資材を紹介する。近年、CO<sub>2</sub>の吸収源として、海藻が光合成をする際に吸収するCO<sub>2</sub>がブルーカーボンとして注目されている。日本の海岸線の長さは世界6位であり、ブルーカーボンは有

表4 セメント1tあたりのCO<sub>2</sub>排出量<sup>13)</sup>  
CO<sub>2</sub> emissions per ton of cement<sup>13)</sup>

CO <sub>2</sub> emission source	Ordinary Portland cement	Portland blast-furnace slag	CO <sub>2</sub> reduction amount	CO <sub>2</sub> reduction rate
	① CO <sub>2</sub> emissions	cement type B ② CO <sub>2</sub> emissions		
Limestone	480	273	207	43
Electric power energy	286	171	115	40
Total	766	443	323	42

(unit: kg)

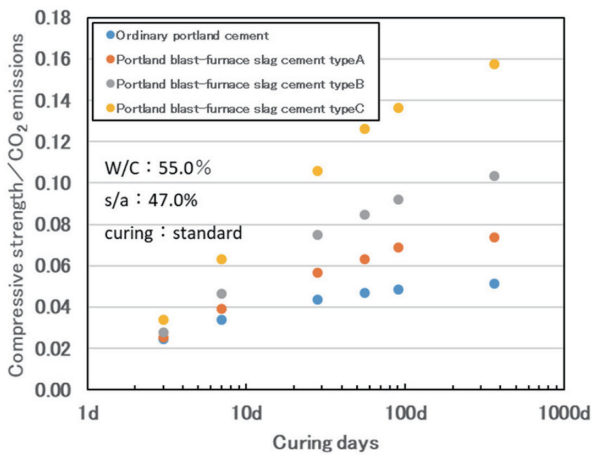


図6 セメントの排出CO<sub>2</sub>あたりの圧縮強度  
Compressive strength per cement emission CO<sub>2</sub>

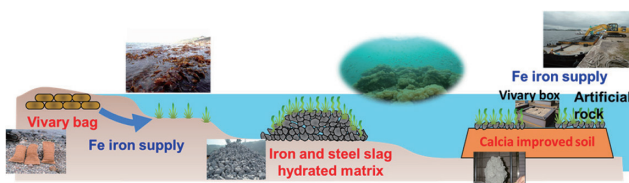


図7 鉄鋼スラグ製品の概要  
Overview of steel slag products

効なCO<sub>2</sub>削減策と見込まれている。この海藻繁茂によるブルーカーボンに対して、3つの製品を以下に示す。1つ目は、ビバリー®バッグおよびビバリー®ボックスである。これは、海藻生育に必要な成分である“鉄分”を供給する海の肥料であり、CO<sub>2</sub>を吸収する海藻の増殖材である。2つ目は鉄鋼スラグ水和固化体製人工石である。これは、鉄鋼スラグで製造した人工石であり、CO<sub>2</sub>を吸収する海藻の着生基盤材である。3つめ目は、浚渫土を固化改良した地盤材料であるカルシア改質土で、光が届く水深への嵩上げ水中盛土材である。

ビバリー®バッグは、北海道の増毛町や泊村等の海岸で試験施工を行い、磯焼けが改善され、水産庁発刊の“改訂磯焼け対策ガイドライン”に掲載されている技術である。鉄鋼スラグ水和固化体製人工石は、藻礁石材に用いることができる他に東日本大震災復旧における釜石湾口防波堤の被覆石等の土木工事用資材としても活用されている材料であり、人工石を活用した港湾構造物への海藻着生も期待される。カルシア改質土は、藻場造成用嵩上げ材の他に防波堤補強のための背後水中盛土<sup>15)</sup>にも活用されており、水中盛土上面の藻場活用が可能である。

国土交通省はカーボンニュートラルポート政策の1つとしてブルーカーボンに着目しており、港湾機能維持のための浚渫事業や国土強靱化のための港湾施設補強事業等と共にブルーカーボン事業が進むことが期待されている。また、2020年にはジャパブルーエコノミー技術研究組合が発足し、JブルークレジットによるCO<sub>2</sub>吸収量の認証が日本で

も始まった。このような状況下、公共工事等におけるCO<sub>2</sub>削減に鉄鋼スラグ製品を活用することでCNへ貢献していきたいと考えている。

## 5. まとめ

鉄鋼材料はリサイクル特性に優れた素材であり、そのリサイクル特性を考慮したCO<sub>2</sub>排出原単位の考え方はISO、JISで規格化されている。日本製鉄製品のCO<sub>2</sub>排出原単位は、環境ラベルの1つであるエコリーフで公開され、鉄のリサイクル効果を反映した原単位を構造物としてのCO<sub>2</sub>排出量評価に反映することが可能になっている。また強度特性に優れた鉄鋼材料やスラグは強度あたりのCO<sub>2</sub>排出量が低位であり、使用する建設資材量を削減し、その結果、建設工事全体としてのCO<sub>2</sub>排出量を抑制することができる。

鋼材製造プロセスの革新によるCO<sub>2</sub>排出量削減に加え、形状、強度といった特性に優れた高機能鋼材製品と、その特性を最大限に引き出す利用技術の組み合わせを追求し、鋼構造物としてのCO<sub>2</sub>排出量の最小化ソリューションを提供することが重要となる。今後、鋼材重量や、鉄骨加工、現場施工工数の削減等の合理化効果をCO<sub>2</sub>排出量削減効果としても捉えた鋼材製品、利用技術の高度化とその適用先拡大を推進し、環境負荷軽減に対するニーズに対応することが、建設分野におけるCNに向けて進むべき方向性であろう。

また鉄鋼スラグは、海藻がCO<sub>2</sub>を吸収固定することでブルーカーボンに寄与する材料である。鉄鋼スラグは歴史的にセメントや路盤材等に用いられてきたが、近年では多様な用途へ展開されており、本稿で紹介したものは一例に過ぎない。CNに貢献が期待される材料であり、さらに多様な用途開発・展開を進めていく必要がある。

## 参考文献

- 1) 日本製鉄カーボンニュートラルビジョン2050 : [https://www.nipponsteel.com/ir/library/pdf/20210330\\_ZC.pdf](https://www.nipponsteel.com/ir/library/pdf/20210330_ZC.pdf)
- 2) 日本鉄鋼連盟長期温暖化対策ビジョン“ゼロカーボン・スチールへの挑戦” : [https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/zerocarbonsteel/documents/zerocarbon\\_steel\\_honbun\\_JISF.pdf](https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/zerocarbonsteel/documents/zerocarbon_steel_honbun_JISF.pdf)
- 3) 日本製鉄プレスリリース : [https://www.nipponsteel.com/news/20220914\\_100.html](https://www.nipponsteel.com/news/20220914_100.html)
- 4) サステナブル経営推進機構 : <http://www.ecoleaf-jemai.jp/>
- 5) 日本建築学会 : 建物のLCA指針, 2013.2
- 6) 日本鉄鋼連盟 : 建設環境研究会報告書 鋼構造建築物のLCA試算に向けた検討, 2017.3
- 7) 日本鉄鋼連盟 : <https://www.jisf.or.jp/business/lca/data/index.html>
- 8) 環境省 : [https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply\\_chain/gvc/estimate\\_tool.html](https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/estimate_tool.html)
- 9) 葉袋 ほか : 日本建築学会学術講演梗概集(関東), 40499,

2001.9

- 10) 越後 ほか：川田技報. 27, 92-93 (2008)
- 11) 国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所プロジェクト報告, No.63, 2019.3
- 12) 鉄鋼スラグ協会：環境資材 鉄鋼スラグ, 2021
- 13) セメント協会：https://www.jcassoc.or.jp/, 2020
- 14) 鉄鋼スラグ協会：鉄鋼スラグの高炉セメントへの利用 (2022年版)
- 15) 林 ほか：浚渫土砂を活用した防波堤背後盛土の築造. 土木学会論文集 B3 (海洋開発). 76 (2), I\_546-I\_551 (2020)



鈴木悠介 Yusuke SUZUKI  
厚板・建材事業部 建材開発技術部  
建築建材技術室 建築技術第一課長  
Ph.D.  
東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



平川智久 Tomohisa HIRAKAWA  
厚板・建材事業部 厚板建材企画室  
首席主幹



赤司有三 Yuzou AKASHI  
スラグ事業・資源化推進部 スラグ営業室  
部長代理 博士(工学)



亀山彰久 Akihisa KAMEYAMA  
厚板・建材事業部 建材開発技術部  
土木建材技術室 土木技術第二課  
部長代理 技術士(建設部門)



澤泉紳一 Shinichi SAWAIZUMI  
厚板・建材事業部 建材開発技術部  
部長



妙中真治 Shinji TAENAKA  
厚板・建材事業部 建材開発技術部  
土木建材技術室長 Ph.D.