

調査報告書

鉄リサイクルを利用した将来低炭素社会のための 課題検討にむけて

— 2020年東京五輪施設のリサイクル鋼材利用とCO₂排出実績—

令和3年7月

Toward Future Low-Carbon Society using Scrap Iron Recycling:
Use of recycled steel and CO₂ emissions in venues of the 2020 Tokyo Games

Survey Report

国立研究開発法人科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター

LCS-FY2021-SR-01

概要

近年の五輪は、環境に配慮した運営が行われるようになり、温暖化防止のために CO₂ 排出削減の取組が行われている。鉄鋼は建設に必須な材料であるが、製造時の CO₂ 排出量が多い材料でもある。そこで我々は東京大会やその他の五輪の施設建設に使用された鉄鋼量、CO₂ 排出量の少ないリサイクル鋼材割合、CO₂ 排出量を比較することにした。東京都で策定したチェックリストの有効性を調べた。

東京大会の全競技施設の鉄鋼使用量は 124,000 t、CO₂ 排出量は 162,000 t、ロンドン大会で、35,000 t、62,000 tであった。東京スタジアムと他のスタジアム（ロンドン、北京、シドニー）を比較した結果、東京スタジアムは北京スタジアム（100,000 t）に次いで鉄鋼使用量が多かった。要因には、日本は地震国であるため耐震性を高め、東京スタジアムは大きな屋根をつけ、複雑な構造の建造物としたためであった。

チェックリストを適用した東京都の施設（スタジアムは入っていない）の鉄鋼量は 55,000 t、CO₂ 排出量は 59,000 t で、リサイクル鋼材の使用割合が 62% と高く、単位鉄鋼量当たりの排出は 1.08 tCO₂/t となり、ロンドン大会の 1.77 tCO₂/t に比べて低かった。

「東京都 環境物品等使用予定（実績）チェックリスト」はリサイクル鋼材の利用を促し、排出を削減するために有効であることが分かった。将来の五輪のホスト都市がこのような「チェックリスト」を大会の全施設に適用することが望ましい。今後、国内の大規模建設現場での「チェックリスト」の利用は、CO₂ 排出を削減するために有用であることが分かった。

Summary

In recent years, the Olympic Games have been managed with consideration for the environment, and the efforts toward reducing CO₂ to prevent global warming are being made. Steel is an essential material for construction, but it is also a material with high CO₂ emissions during manufacturing. Therefore, we decided to compare the amount of steel used in the construction of facilities for Tokyo and other Olympic Games, the percentage of recycled steel with low CO₂ emissions, and the amount of CO₂ emissions. Also, we examined the effectiveness of the checklist developed by the Tokyo Metropolitan Government.

The amount of steel used in all sports facilities at the Tokyo Olympic Games was 124,000 tons, and CO₂ emissions were 162,000 tons, compared to 35,000 tons and 62,000 tons at the London Games. Comparing Tokyo Stadium with other stadiums (London, Beijing and Sydney), Tokyo Stadium had the second highest steel usage after Beijing Stadium (100,000 tons). It is because that Japan is an earthquake-prone country, and the Tokyo Stadium was designed to be earthquake-resistant, with a large roof and a complex structure.

Tokyo's facilities (not including the stadium) to which applied the checklist had a steel volume of 55,000 tons and CO₂ emissions of 59,000 tons. And the percentage of recycled steel used was high at 62% and emissions per unit steel volume of 1.08 tCO₂/t. It was lower than the London Games' 1.77 tCO₂/t.

The "Tokyo Metropolitan Government Checklist of Planned (Actual) Use of Environmental Products" was found to be effective in encouraging the use of recycled steel and reducing emissions. It is desirable that future Olympic host cities apply such a "checklist" to all facilities. In the future, the use of the "checklist" at large-scale construction sites in Japan will prove useful in reducing CO₂ emissions.

目次

概要

1. はじめに	1
2. 調査の背景	1
3. データ取得の方法	2
4. 結果と考察	4
5. まとめ	10
参考文献.....	11

1. はじめに

近年の五輪¹⁾は、環境に配慮し、持続可能な運営が行われるようになってきている。温暖化防止のためにCO₂排出削減の取組も行われている。

我々は、東京大会やその他の大会の施設建設に使用される鉄鋼量を調査した。鉄鋼は建設に必要な材料であるとともに、製造時のCO₂排出量が多い材料である。東京大会の施設に由来するCO₂排出量を明らかにするために、施設に使用された鉄鋼量と種類（新鉄鋼材・リサイクル鋼材）の調査を行った。東京大会の施設の鉄鋼利用の分析を通して、鉄鋼業からの排出削減を進めていくために必要な手法を提案する。

2. 調査の背景

(1) 世界規模の「スポーツの祭典」五輪は前世紀後半に大会規模が拡大していき、短期間に一つの都市に世界中の人々が集合するため、環境への負荷は大きくなり、環境とともに地域社会の持続可能性についての問題意識は強まった[1]。それを受けて1996年にオリンピック憲章は改正され、五輪は環境配慮と持続可能性の施策を行うという内容が織り込まれた[1]。施策には、温暖化防止のためCO₂排出を削減することも含まれている。

(2) 大会建造物は規模が大きく、鉄鋼を大量に使用する。鉄鋼は建設に必要な材料であると同時に、製造時のCO₂排出量が多い材料である。世界的にみると鉄鋼業からのCO₂排出量は世界全体の排出量の4～5% [2]、日本国内では国内排出量の14% [3]と大きな割合を占める。一方、鉄鋼には、鉄鉱石から高炉で製造される新鉄鋼材と、スクラップ鉄から電炉で製造されるリサイクル鋼材があり、製造過程のCO₂排出量はそれぞれ約2 tCO₂/t、約0.4 tCO₂/tであり、リサイクル鋼材の排出量の方が1/5と少ない。建造物にリサイクル鋼材を積極的に利用することでCO₂排出を削減できる。

(3) ロンドン大会は環境配慮と持続可能性を最も考慮した大会とされる。あらかじめ五輪のCO₂排出のシミュレーションを行った。その結果、準備期間も含め大会開催までの7年間のCO₂排出量は3.4 Mt [4]、うち半分が施設に由来し [4]、さらにそのうちの62%が鉄鋼に由来するとの結果を得た [5]。そのため、ロンドン大会は既存施設の積極的な利用を行うとともに新設施設での鉄鋼の利用量を減らす設計を検討し、成果をあげた [5]。

(4) 東京大会は東京都への招致プレゼンテーションで、環境に負荷をかけない取組をアピールしたが、その後、環境と持続可能性施策への取組が遅れていた。東京都は、都が管理する施設にCO₂排出量を抑制できる物品を選択できるように「東京都環境物品等使用予定（実績）チェックリスト」を適用した。さらに、東京都はこの「チェックリスト」に独自の項目として、建築物からの排出を削減するリサイクル鋼材を追加した。これにより、鉄鋼量とリサイクル鋼材割合を把握できる体制が整った [6]。一方、東京都以外が管理する施設には、「持続可能性に配慮した調達コード」が適用された。この「調達コード」では、リサイクル鋼材は対象とされていなかった。

(5) LCSでは、これまでも鉄鋼業の低炭素化と循環型産業への転換への提案を行ってきている [7, 8]。東京大会がリサイクル鋼材の利用促進の取組を行ったことをうけて、本報告書では東京大会の施設の鉄鋼量とリサイクル率を分析した。

¹⁾ 本報では、2020年東京大会、2012年ロンドン大会、2008年北京大会、2000年シドニー大会をそれぞれ東京大会、ロンドン大会、北京大会、シドニー大会と呼ぶ。施設名は表1に示す名称を本文で用いた。

3. データ取得の方法

- (1) **大会施設調査** 東京大会、ロンドン大会、それ以外の大会の施設について、建物の規模と仕様、および鉄鋼使用量とその内訳（新鉄鋼材・リサイクル鋼材、棒鋼・形鋼・鋼板）を調査した。持続可能性大会前報告書 [9] に施設のリサイクル鋼材量が記載されたが、一部の施設のみであり、また、施設全体の鉄鋼量は示されていなかった。そのため、この報告書のデータは用いず、東京都に都が管理する施設の調達リストの情報開示請求を行った。それ以外の施設については、建設や鉄鋼の関係者へのヒアリングからデータを得た。網羅的にデータの収集を行ったが欠損値もあり、詳細は表 1 のデータの列と表の説明に記した。施設の規模や座席数、建物の仕様については東京大会公式サイト [10] や東京都オリンピック・パラリンピック準備局サイト等 [11] から得た。ロンドン大会とそれ以外の大会については主に報告書 [5]、および日本オリンピック委員会サイト [12] から情報を得た。建物面積などが前述の資料から得られない場合には、Google map[13] から概算した。

表1 大会施設と鉄鋼量の調査に用いた施設

NO.	施設	本報告書で用いる名称	管理者等	建造物 タイプ	鉄鋼量(t)	デー タ	建物面積 (m ²)	屋根面積 (m ²)	延床面積 (m ²)	観客数 (座席)	高さ (m)	恒久/ 一時	備考
1	国立競技場	東京スタジアム	(独法)日本スポーツ振興センター	スタジアム	63,000	NR	72,400	55,000	19,400	68,000	50.0	恒久	当初、公募でザハ・ハディド氏の設計が採択されたがコスト高で建設されなかった。再コンペが行われ、隈研吉氏の設計が採択された。軒庇を強調したデザイン。大会後80,000席に拡張
2	馬事公苑	馬事公苑	日本中央競馬会	屋根型	6,000	NR	24,010	24,010	35,320	9,300	18.0	恒久	老朽施設の改修工事を二期に分け行う。大会前に二期工事を 行い、ここではそれを対象とする
3A	武蔵野の森総合スポーツプラザのメインアリーナ棟	武蔵野メインアリーナ	東京都	箱型	不明	N1	15,100	15,100	27,600	10,000	30.7	恒久	メインアリーナ棟、サブアリーナ・プール棟は運送されている が工事は別個に行われた
3B	武蔵野の森総合スポーツプラザのサブアリーナ・プール棟	武蔵野サブアリーナ	東京都	箱型	8,016	T	12,100	12,100	21,500		27.6	恒久	観客数はアリーナの使用目的によって可変で詳細不明
4	有明アリーナ	有明アリーナ	東京都	箱型	16,474	T	25,500	25,500	47,200	15,000	40	恒久	
5	有明テニスの森のロシアム	有明テニスロシアム	東京都	部分屋根型	3,437	T			28,100	10,000		恒久	既存施設の改築・改修工事
6	大井ホッケー競技場	大井ホッケー競技場	東京都	部分屋根型	1,508	T				15,000		恒久	
7	海の森水上競技場	海の森水上競技場	東京都	観客席型	2,392	T			9,480	24,000		恒久	関連施設も含む2つの建造物の面積の和、観客数は10,000人の 立ち見を含む、大会後2,000席に縮小
8	カヌー・スラロームセンター	カヌー・スラローム	東京都	観客席型	1,391	T			3,200	7,500		恒久	観客席と競技用の水路、水流の管理棟なども含む。大会後座 席を撤去。
9	夢の島公園アーチェリー場	夢の島アーチェリー場	東京都	部分屋根型	87	T				5,600		恒久	
10	東京アクアティクスセンター	東京アクアティクス	東京都	箱型	21,479	T	30,000	30,000	65,500	15,000		恒久	大会後、延床面積を56,000m ² に縮小、5,000席とする
11	メディアセンター (IBC/MPC)	メディアセンター	東京2020組織委員会	箱型	11,000	H						恒久	東京ビッグサイト展示会場の一角のIMC (国際放送セン ター) とMPC (メインプレスセンター)
12	選手村メインディング	選手村ダイニング	東京2020組織委員会	箱型	1,000	H	9,848	9,848	18,780	4,500		一時	大会後に解体の予定
13	晴海五丁目西地区第一種市街地再開発事業の住宅棟	選手村住宅棟	民間/東京都	箱型	不明	N2	46,460	46,460	670,210		50-60(21棟) 180(2棟) 25(1棟)	恒久	選手宿泊所として利用後、分譲・賃貸マンションとする。中 層21棟・高層2棟(約5,650戸)と商業棟1棟からなる
14	Olympic Stadium London 2012	ロンドンスタジアム	ロンドン	スタジアム	18,000	RE[5]	62,000	24,500	110,000	80,000	62.7	恒久	大会後25,000席に縮小
15	Aquatics Centre London 2012	ロンドンアクアティクス	ロンドン	箱型	14,000	RE[5]	17,000	17,000	43,000	17,500	45	恒久	公募でザハ・ハディド氏の設計が採択された。波型の大屋根 がロンドン大会のアイコンとされた。大会後2,500席に縮小
16	Velodrome London 2012	ロンドン自転車競技場	ロンドン	箱型	3,000	RE[5]	13,200	13,200	21,000	6,000		恒久	設計段階から建築資材を最小にするように検討、屋根の形状 のシミュレーションを繰り返し検討、最終的に屋根にフアブ リックを使用
17	National Stadium Beijing 2008	北京スタジアム	北京	スタジアム	100,000	[5]	87,600	40,000	258,000	91,000	69	恒久	「鳥の巣」のようなデザイン。大会後80,000席に縮小
18	Stadium Australia Sydney 2000	シドニースタジアム	シドニー	スタジアム	22,000	[5]	62,000	30,000	160,000	110,000	58	恒久	大会後83,500席に縮小

東京大会で新設された13施設(1~13)、ロンドン2012大会で新設された3施設(14~16)、および北京大会とシドニー大会のスタジアム(17,18)の鉄鋼使用量、規模、仕様一覧[5],[10~13]。
建造物タイプは、スタジアム、箱型(壁と屋根で空間が囲まれる)、観客席型(階段状のもの)、部分屋根型(観客席部分に屋根があるもの)に四大別した。建物面積は、箱型タイプの場合は屋根面積と等しい
とし、スタジアムの場合は建物の外周の面積と等しい。観客数は、収容最大人数で座席数と同じ。ただし、立ち見形式の施設は人数を示した。データは、NR:鉄鋼量は関係者からのヒアリング情報に基づき、
リサイクル鉄鋼量は不明、鉄鋼種別区分は鉄筋と鉄骨、N1:チャエックは不明、鉄鋼種別区分はヒアリング、N2:不明、RE:EUのリサイクル鉄鋼平均割合を使用[5]、を
示す。北京とシドニーのスタジアムの鉄鋼量は概数として示している[5]。

- (2) **東京大会とロンドン大会の施設の比較** ロンドン大会およびその他大会と、東京大会のスタジアムやその他の施設について、建物面積当たりの鉄鋼量や、座席数当たりの鉄鋼量などを計算した。
- (3) **大会施設に利用される鉄鋼材と CO₂ 排出量** 東京大会各施設の鉄鋼材の形状別割合（棒鋼、形鋼、鋼板）、および、リサイクル鋼材の割合を計算した。さらに、表2に示す排出係数と計算方法で鉄鋼材製造時の CO₂ 排出量を計算した。

表2 鉄鋼材の排出係数

以下の係数を用いて鉄鋼材製造時の排出される CO₂ 量を計算

		排出係数 tCO ₂ /t	備考
東京大会	新鉄鋼材	2.13	高炉4社計 (2016) [14]
	リサイクル鋼材	0.44	電炉10社計 (粗鋼生産量上位10社) (2016) [14]
ロンドン大会		1.77	リサイクル鋼材の割合をEU平均の42.7%を用い、鉄鋼材全体にこの排出係数を適用 (2008) [5, 15]

4. 結果と考察

(1) 各施設の仕様と鉄鋼使用量と内訳

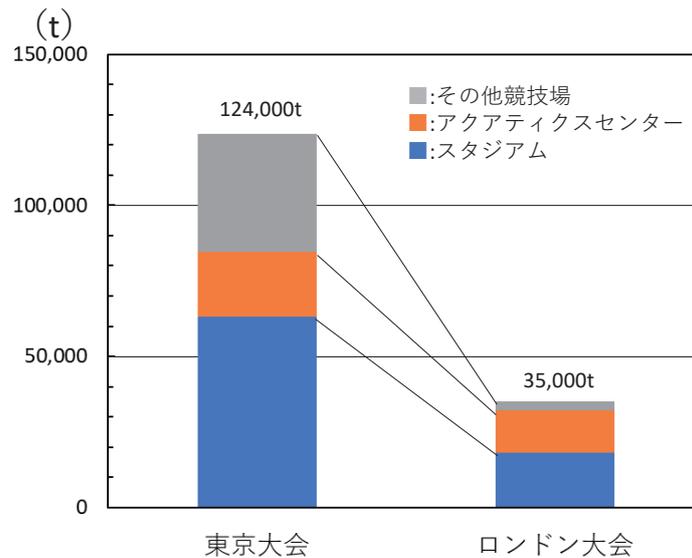
表1に、新設施設の規模、鉄鋼使用量、鉄鋼データに関する情報の一覧を示す。

東京大会は競技用に既存施設や一時施設を含む43施設を準備した。このうち新設したのは競技用10施設、他にメディアセンター、選手村ダイニング、選手村住宅棟の計13施設であった（表1、NO. 1～13）。武蔵野の森総合スポーツプラザはメインアリーナ棟とサブアリーナ・プール棟からなる施設であるが、データの取得情報が以下に示すように異なる。武蔵野メインアリーナは、リサイクル鋼材を記録する以前の平成25年版の調達リストを用いたために、鉄鋼量についての情報がない。一方、これと連結して建設された武蔵野サブアリーナは鉄鋼量の情報が得られた。このため、表1にはそれぞれをNO. 3AとNO. 3Bとして個別に記載した。その他にも、データセットは完全でない部分があり、詳細は表1のデータ欄と表の説明欄に記載した。後出の図にはデータ欠損箇所は注記をつけている。

一方、ロンドン大会は、競技用に既存施設や一時施設を含む30施設を準備した。新設したのはロンドンスタジアム、ロンドンアクアティクス、ロンドン自転車競技場、Lee Valley White Water Centre（カヌー・スラローム競技場）の4施設であった。このうちカヌー・スラローム競技場は水路建設に鉄鋼を使用した記述がないため[16]、鉄鋼を使用したのは3施設とみなした（表1、NO. 14～16）[5]。このほか、北京大会とシドニー大会のスタジアムの鉄鋼量や面積の情報も比較対象とした（表1、NO. 17、18）[5]。

東京大会の新設競技施設は10施設と多かったのに対し、ロンドン大会は4施設（カヌー・スラローム競技場を含む）で、既存施設を効率よく利用していた。

東京大会とロンドン大会の比較を行うために競技施設に限定して、図1に使用鉄鋼量を示した。



東京大会の競技施設は全部で 10 施設で、うち NO.3A 武蔵野メインアリーナの鉄鋼量は不明。ロンドン大会の競技施設は 3 施設。

図 1 大会競技施設に使用した総鉄鋼量

東京大会の競技施設の総和は 124,000 t、ロンドン大会は 35,000 t で、東京大会はロンドン大会の 3.5 倍の鉄鋼を使っていた。競技施設の鉄鋼量のうち、スタジアムは 51% を占め、ついで東京アクアティクス (17%) であった。ロンドン大会でもスタジアムは全体の半分 (51%) を占め、ついでロンドンアクアティクス (40%) であった。

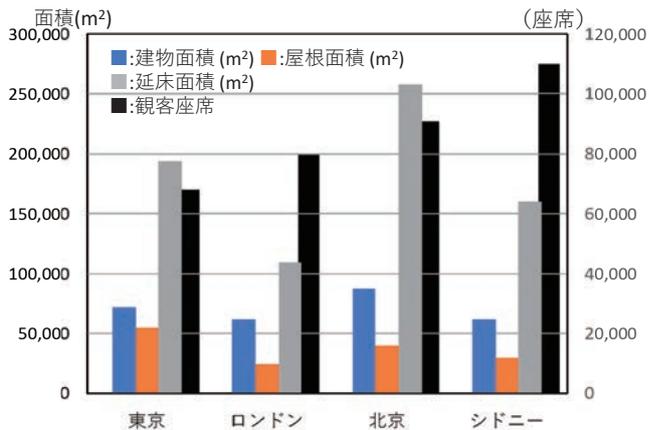
競技場以外にメディアセンターと選手村ダイニングでそれぞれ 11,000 t と 1,000 t の鉄鋼が使用された。建物規模が大きな選手村住宅棟と、武蔵野メインアリーナの鉄鋼量のデータは入手できなかった。

(2) スタジアムの比較

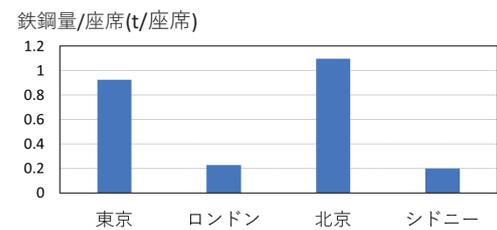
東京、ロンドン、北京、シドニーの 4 大会のスタジアムの比較を行った。

図 2 (1) にスタジアムの規模を示す。建物面積は北京スタジアムがやや大きい、その他の 3 つはほぼ同等であった (62,000 ~ 87,600 m²)。東京スタジアムは、屋根面積が最も大きく、収容可能な最大観客数つまり座席数が最少であった。鉄鋼量は北京が最も多く、ついで東京で、ロンドンとシドニーは同程度であった (図 2 (2))。また、東京は建物面積当たりの鉄鋼量と座席数当たりの鉄鋼量は、北京について 2 番目に多かった (図 2 (3, 4))。建物の形状を見ると、東京は建物面積当たりと収容人員当たりの屋根面積が最も大きかった (図 2 (5) 上)。また、建物面積当たりと座席数当たりの延床面積は建物の複雑さと考えることができる。東京は、建物面積当たりの延床面積が北京について大きく (2.7 vs. 2.9 m²/m²)、また、座席数当たりの延床面積は北京と同等であった (2.8 m²/人) (図 2 (5) 下)。

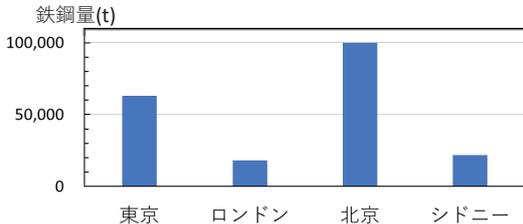
(1) スタジアムの規模



(4) 座席数当たりの鉄鋼量

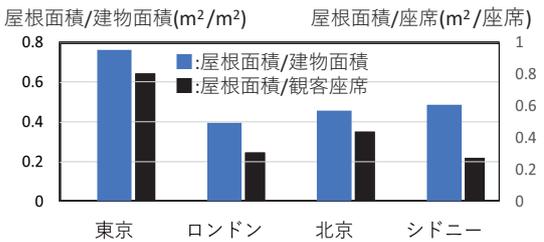


(2) 鉄鋼量

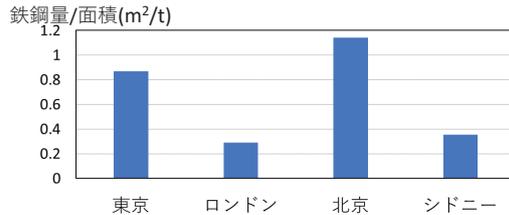


(5) 建物の形状

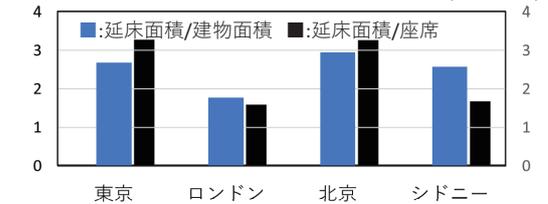
建物面積当たり・座席数当たりの屋根面積（上）と延床面積（下）



(3) 建物面積あたりの鉄鋼量



延床面積/建物面積 (m²/m²)



* 建物面積は、建物の外周が囲む部分の面積とした。

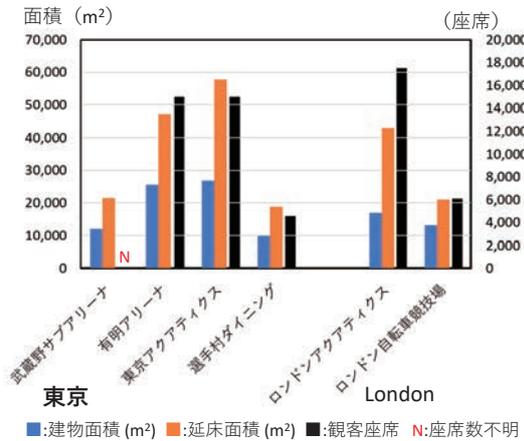
図2 スタジアムの比較

北京スタジアムは、外観から「鳥の巣」とも呼ばれ、スタジアムの外側を無数の鉄骨が多方向に伸びて交差しあい、スタジアムを包み込むようなデザインであったため鉄鋼使用量が多くなった。東京スタジアムは、北京について多くの鉄鋼を使っていた。日本は地震国であるため耐震強度を確保するために大量の鉄鋼を要した。屋根が大きいことや建物形状が複雑であることも大量の鉄鋼使用になったと思われる。

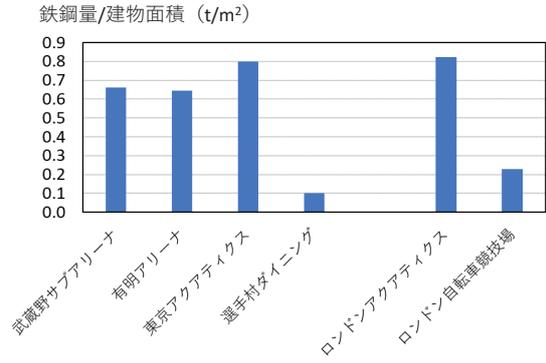
(3) 箱型施設の比較

東京とロンドンの二つの大会で建設された、屋根と壁で覆われた箱型で、建物面積が 10,000 m² 程度以上の施設を比較した (図3 (1))。東京大会の4施設 (武蔵野サブアリーナ、有明アリーナ、東京アクアティクス、選手村ダイニング) と、ロンドン大会の2施設 (ロンドンアクアティクス、ロンドン自転車競技場) についてである。図3 (2) に鉄鋼量、(3) に建物面積当たりの鉄鋼量、(4) に座席数当たりの鉄鋼量を示す。いずれも選手村ダイニングが著しく小さな値を示し、ついで、ロンドン自転車競技場が小さかった。選手村ダイニングは競技場ではなく、かつ、一時施設である。また、ロンドン自転車競技場は設計段階に鉄鋼使用量を極力減らすことを目指し、屋根の形状や素材を繰り返し検討し、屋根にファブリックを使用した。このような事情によって、これら2施設は小さな値を示した。

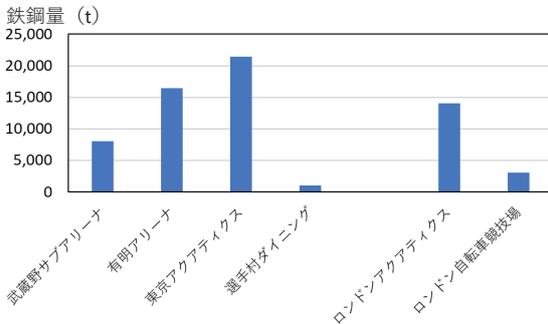
(1) 施設の規模



(3) 建物面積当たりの鉄鋼量



(2) 鉄鋼量



(4) 座席数当たりの鉄鋼量

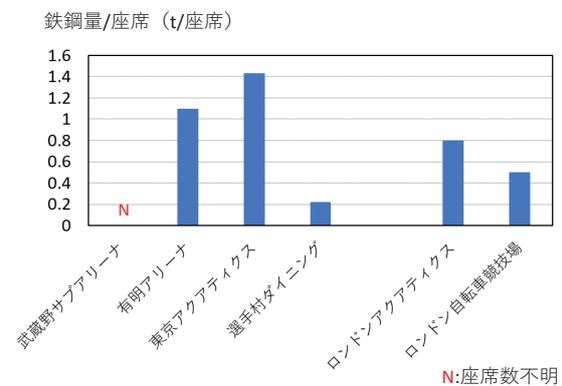


図3 東京大会とロンドン大会の箱型施設の比較

建物面積当たりの鉄鋼量は、ロンドンアクアティクスと東京アクアティクスでは約 0.8 t/m^2 で、同等の値を示した。ロンドン大会施設で比較すると、ロンドンアクアティクスの建物面積当たりの鉄鋼量は、ロンドンスタジアムの2.8倍であった。ロンドンアクアティクスは、デザインを公募し、ザハ・ハディド氏のデザインが採用された建設である。大きく波打つ形の屋根がその特徴で、デザイン性のある造形はロンドン大会のアイコンとされた。ロンドン大会が鉄鋼使用量を抑える試行を繰り返した中で、ロンドンアクアティクスは意匠を重視した異色の施設であった。

選手村ダイニングを除く東京の3施設は建物面積当たりの鉄鋼量は $0.65 \sim 0.80 \text{ t/m}^2$ の範囲であった。

(4) 東京大会施設の鉄鋼使用量とリサイクル率

図4(1)に、各施設の鉄鋼使用量を示す。施設の規模と形状によって鉄鋼使用量は大きくばらついた。施設の鉄鋼使用量は最小87t(夢の島アーチェリー)から最大63,000t(東京スタジアム)と幅があった。リサイクル鋼材の割合も施設により大きくばらつき、その幅は22%(夢の島アーチェリー)から100%(選手村ダイニング)であった。

建築に用いられる鉄鋼材は形状から棒鋼・形鋼・鋼板に三大別できる。各施設の鉄鋼種類別の内訳を図4(2)に示す。その割合も施設によって大きく異なった。ただし、東京スタジアムと馬事公苑は鉄筋と鉄骨の二区分である。棒鋼・形鋼・鋼板は、機能から鉄骨と鉄筋に分けることができる。形鋼と鋼板は建物の全体構造を支える鉄骨となり、細い棒状の棒鋼は部分を強化する鉄筋となる。

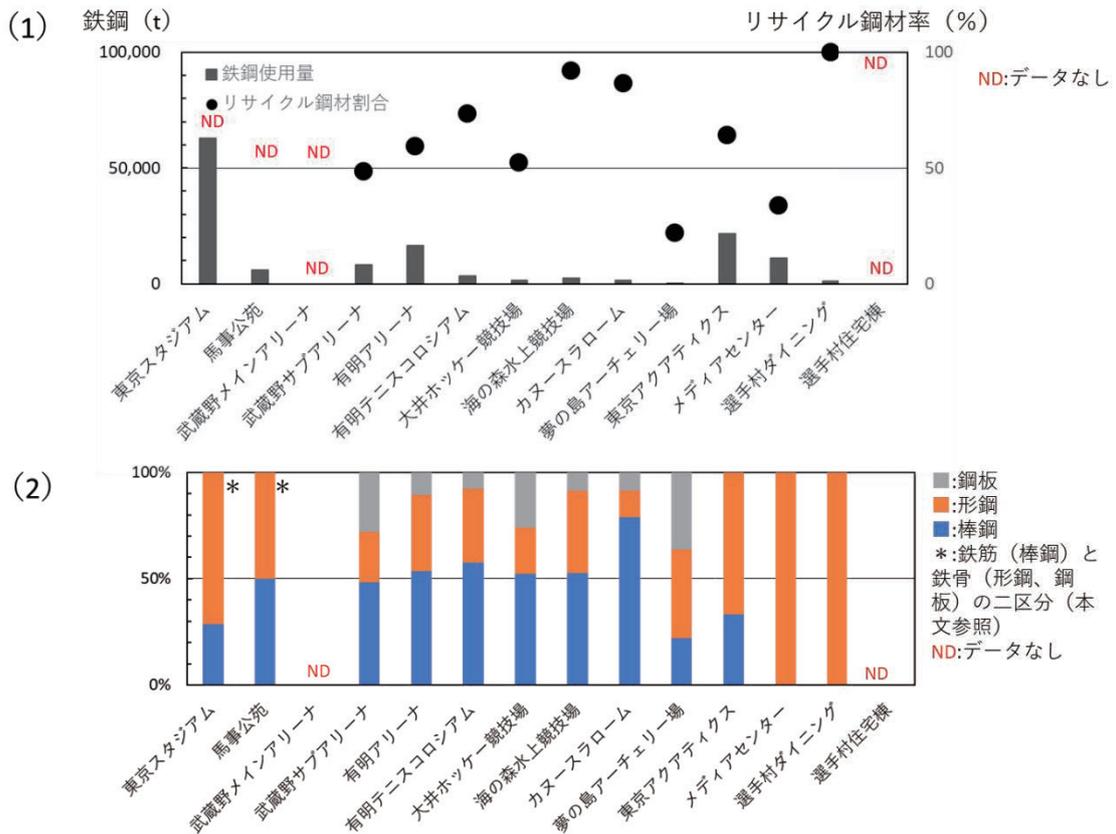


図4 各施設の鉄鋼使用状況
(1) 鉄鋼量とリサイクル鉄鋼材割合、(2) 鉄鋼種類別の割合

図5に、東京大会のリサイクル鋼材量データのある10施設で利用された鉄鋼材の総量とリサイクル鋼材量を示す。総量は67,000t、そのうちリサイクル鋼材量は39,000tであり、リサイクル鋼材割合は58%となった。「チェックリスト」を適用している東京都が管理する8施設に限ると62%であった。ロンドン大会のリサイクル鋼材割合は42.7%であり[5, 15]、これを上回った。

表3に東京大会10施設の鋼材種別のリサイクル割合と、国内の建築物に使用された鉄鋼の鋼材種別のリサイクル割合の平均値を示す[17]。棒鋼については、国内の建築物も東京大会の施設も棒鋼のリサイクル割合はほぼ100%であった。棒鋼は多様な長さ・形状・量の需要があり、電炉はそれらに柔軟に対応できるため、ほぼ100%のシェアを占めるという背景がある。一方、大会施設と一般の建物の形鋼と鋼板のリサイクル率を比較してみると、形鋼は37%対71%で大会施設の方が低く、鋼板も2%対11%で大会施設の方が低かった。大会施設で必要とされた形鋼、および、鋼板の形状は、これまで、高炉で多く作られてきたものが多かった。このため、大会の需要に対して高炉が速やかに応じることができたのであろう。電炉はこれまで扱ったことのない形状への対応が間に合わなかったという状況であった。

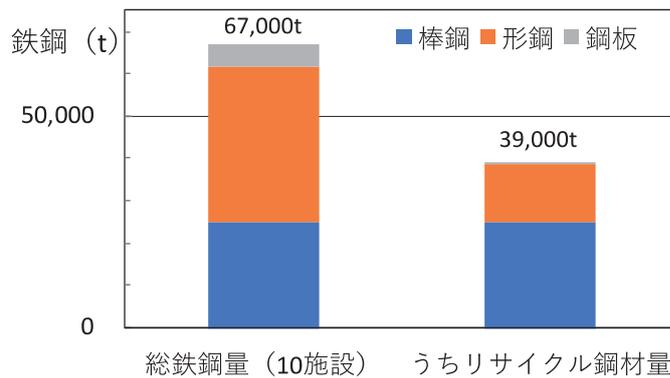


図5 東京大会 10 施設の鉄鋼種類別使用料とうちリサイクル鋼材量

表3 東京大会 10 施設と国内建設物の鋼材種類別リサイクル鋼材割合 (%)

	東京大会10施設	国内建築
棒鋼	100	99
形鋼	37	71
鋼板	2	11

国内建設物の平均リサイクル率 2012 年度資料 [16]

(5) 大会競技施設の鉄鋼に由来する CO₂ 排出量の推定

東京都が管理する施設の CO₂ 排出量は、新鉄鋼材量とリサイクル鋼材量にそれぞれの排出係数（表 2）を乗じて計算した。それ以外の施設（東京スタジアムと馬事公苑の 2 施設）はリサイクル鋼材率が不明であった。これらの施設の鉄鋼について、鉄筋（棒鋼）はほぼ全量が電炉で作られていることからリサイクル鋼材率を 100%、鉄骨は大規模施設で使用される大型なものは高炉で作られる傾向にあるためにリサイクル鋼材率を 10%と仮定した。この仮定による新鉄鋼材量とリサイクル鋼材量に排出係数（表 2）を乗じて排出量を計算した。東京大会の競技施設の排出量は 162,000 t、ロンドン大会の排出量は 62,000 t であった（図 6 (A)）。東京大会の競技施設の排出量は、ロンドン大会の 2.6 倍であった。

東京都の管理ではない施設は、全体の鉄鋼量の 56%を占めた。しかし、リサイクル鋼材量の把握はできていなかった。このことを考慮して、これらを除いた東京大会施設と、スタジアムを除いたロンドン大会施設との比較を行った。東京大会施設とロンドン大会施設の排出量はそれぞれ 59,000 t と 30,000 t であった（図 6 (B)）。鉄鋼使用量は東京大会施設の方がロンドン大会施設より多かったが、リサイクル鋼材率は 62%と東京大会施設の方がロンドン大会施設よりも高く、排出係数は 1.08 tCO₂/t でロンドン大会の 1.77 tCO₂/t を下回った。

東京都は「チェックリスト」の利用によってリサイクル鋼材の利用を促進し、ロンドン大会よりも単位鉄鋼量あたりの排出量を抑制した。

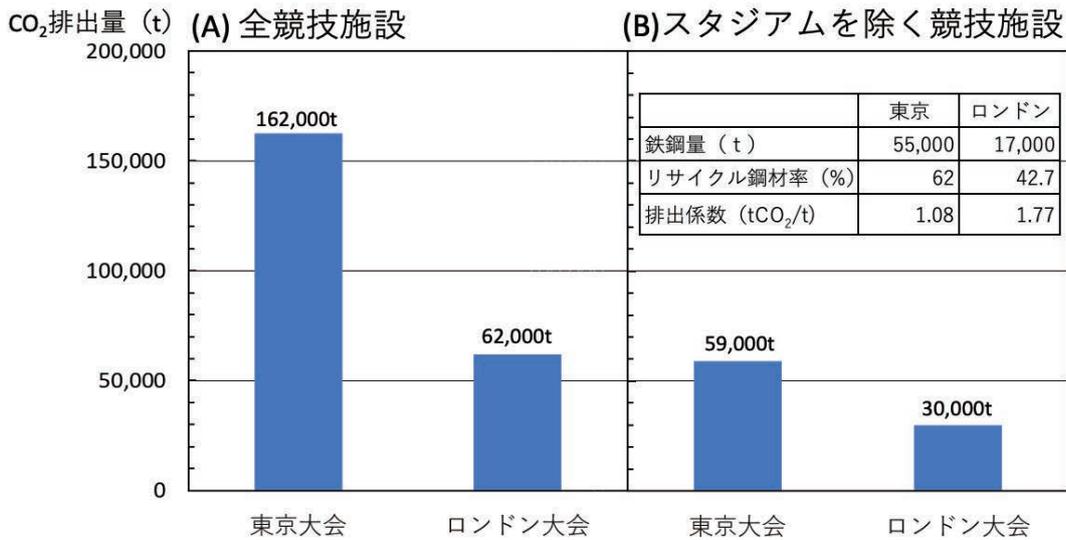


図6 競技場に用いた鉄鋼に由来するCO₂排出量

5. まとめ

- (1) 東京大会において、東京都は施設建設によるCO₂排出を削減するために、製造時のCO₂排出量が少ないリサイクル鋼材を積極的に用いることとした。東京都管理の8施設では、「東京都環境物品等使用予定(実績)チェックリスト」の活用によって鉄鋼量とそのうちのリサイクル鋼材量を把握でき、鉄鋼製造時のCO₂排出量を明らかにすることができた。ロンドン大会の排出量は、EU全体で平均したリサイクル鋼材割合を用いていた。それに対して、東京大会では、建物ごとに利用鉄鋼種が異なり、それぞれのリサイクル鋼材割合も異なることを明らかにし、精度の高いCO₂排出量計算ができた。
- (2) 一方、東京都以外が管理する施設のデータセットは不完全であった。東京スタジアムや選手村住宅棟などの規模が大きな施設で鉄鋼量やリサイクル量が不明であった。
- (3) 東京大会の全競技施設の鉄鋼量は124,000t、CO₂排出量はおおよそ162,000tであった。一方、ロンドン大会では、鉄鋼量35,000t、CO₂排出量62,000tであった。
- (4) ロンドン大会は事前に大会に起因するすべての排出量の計算を行った。そのうち施設に由来する排出量を把握したうえで、それを削減するために、既存施設を積極的に利用し、必要最小限の4施設のみを新設した(うち一つは鉄鋼不使用)。新設施設についても、排出量の多い鉄鋼を減らすための検討を繰り返し行った。大会全体を俯瞰した準備により、CO₂削減が実現した。
- (5) 東京大会とロンドン大会等のスタジアムを比較したところ、東京スタジアムは北京スタジアムに次いで鉄鋼使用量が多かった。一つには、日本は地震国であるため耐震性を高めるためである。このほかの要因としては、東京スタジアムは大きな屋根をつけ、かつ、複雑な構造の建造物としたことが挙げられる。
- (6) チェックリストを適用した東京都の8施設の鉄鋼量は55,000t、CO₂排出量は59,000tであった。一方、スタジアムを除いたロンドン大会施設の鉄鋼量は17,000t、CO₂排出量は30,000tであった。東京都施設のリサイクル鋼材の使用割合が62%、単位鉄鋼量あたりのCO₂排出は1.08tCO₂/tとなり、ロンドン大会の1.77tCO₂/tに対して、4割削減できた。
- (7) 東京都が用いた「東京都環境物品等使用予定(実績)チェックリスト」はリサイクル鋼材

の利用を促し、排出を削減するために有効であった。将来の五輪のホスト都市がこのような「チェックリスト」を大会の全施設に適用することが望ましい。また、国内の大規模建設現場での「チェックリスト」の利用は、CO₂ 排出を削減するために有用であることがわかった。

参考文献

- [1] 石塚創也 (2019), “第1章 スポーツと環境問題・環境保護活動—オリンピック・ムーブメントにおける環境問題と IOC の対応を中心に—”, スポーツ医科学研究報告, “環境保護の視点からみるスポーツの持続可能性に関する調査研究”, 第1報.
- [2] International Energy Agency (IEA): Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ Emissions, IEA, 2020.
- [3] 温室効果ガスインベントリオフィス (編), 環境省地球環境局総務課脱炭素社会移行推進室 (監修), “日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2021 年”, 国立環境研究所地球システム領域地球環境研究センター (2021 年).
- [4] London 2012 (2010) Carbon footprint study: methodology and reference footprint.
- [5] Jonathan M Cullen, Mark A Carruth, Muiris Moynihan, Julian M Alwood, Dan Epstein (2011) Learning legacy, Lessons learned from the London 2012 Games construction project.
- [6] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書, “2020 年東京五輪・パラリンピック「カーボンマイナスのための国民参加型プラットフォーム」の提案”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2019 年 3 月.
- [7] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書, “鉄リサイクルを利用した将来低炭素社会のための課題検討に向けて”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2018 年 1 月.
- [8] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書, “鉄リサイクルを利用した将来低炭素社会のための課題検討に向けて (Vol.2)”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2019 年 3 月.
- [9] 公益財団法人東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会 (2020) 持続可能性大会前報告書.
- [10] 東京 2020 大会公式サイト, 会場 <https://olympics.com/tokyo-2020/ja/venues/>, (アクセス日 2021 年 5 月 1 日).
- [11] 東京都オリンピック・パラリンピック準備局, 東京 2020 大会開催準備, 東京都の取組 <https://www.2020games.metro.tokyo.lg.jp/taikaijyunbi/torikumi/index.html>, (アクセス日 2021 年 5 月 1 日).
- [12] 日本オリンピック委員会, <https://www.joc.or.jp/games/olympic/london/map/>, (アクセス日 2021 年 5 月 1 日).
- [13] Google map, <https://www.google.co.jp/maps>, (アクセス日 2021 年 5 月 1 日).
- [14] 東京製鐵株式会社 (2020) 環境報告書 2020.
- [15] Hammond, G. and Jones C. (2008) Inventory of carbon and energy (ICE), Department of Mechanical Engineering, University of Bath, UK.
- [16] Colin Naish, Damien Dungworth, Tom Doyle (2012) Delivering London 2012: the Lee Valley White Water Centre. Civil Engineering Volume 165, Issue CE1.
- [17] みずほ情報総研株式会社, “諸外国の電炉業の経営動向や原材料・電力コストの動向を踏まえた我が国電炉業の競争力強化による省エネルギー対策調査事業調査報告書”, 平成 25 年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業.

調査報告書

鉄リサイクルを利用した将来低炭素社会のための 課題検討にむけて

－ 2020 年東京五輪施設のリサイクル鋼材利用と CO₂ 排出実績－

令和 3 年 7 月

Toward Future Low-Carbon Society using Scrap Iron Recycling:
Use of recycled steel and CO₂ emissions in venues of the 2020 Tokyo Games

Survey Report
Center for Low Carbon Society Strategy,
Japan Science and Technology Agency,
2021.7

国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

本提案書に関するお問い合わせ先

- 提案内容について・・・低炭素社会戦略センター 河原崎 里子 (KAWARASAKI Satoko)
- 低炭素社会戦略センターの取り組みについて・・・低炭素社会戦略センター 企画運営室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ4 階
TEL : 03-6272-9270 FAX : 03-6272-9273
<https://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2021 JST/LCS

許可無く複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。