



日本鑄造協会における エネルギー使用量調査結果 － 2020 年度概況報告－

エネルギー削減委員会

1. はじめに

2021年度より鑄造業界におけるカーボンニュートラルの実現に向け、カーボンニュートラル特別委員会が設立され、(公社)日本鑄造工学会の協力のもと、省エネ施策について検討が進められている。カーボンニュートラルに取り組むにあたっては、まずエネルギー排出量を把握し、目標設定や課題抽出することが求められる。当協会では2008年度よりエネルギー使用量を把握し、会員企業の省エネ活動を推進する目的で、会員企業を対象にアンケート調査を実施し、エネルギー排出量を調査してきた。この度、2020年度の調査結果の概況がまとまったので、これから2回に分けて調査結果を報告する。本稿では、第1報として、生産品目間の比較と鑄鉄・鑄鋼に関するデータについて紹介する。銅合金、軽合金については第2報として来月号以降にて報告します。

2. 調査方法および回答状況

調査対象：日本鑄造協会の会員企業、および(公社)日本鑄造工学会所属の会員企業

調査方法：アンケート票を、会員企業へメールで送付し、回収。

調査期間：2021年5月11日～2021年11月30日

回答状況：

表1に2015(平成27)年以降の有効回答数を示す。本年度は弊協会内へのカーボンニュートラル特別委員会の発足もあって、例年より多くの企業から回答を頂けたこと、そして(公社)鑄造工学会にもご協力を頂いたことから、例年の3倍近い、148事業所から回答が得られた。そのうち、鑄造以外の企業を除いた137事業所のデータを使って、以下のデータ分析を行った。例年回答が少なかった、非鉄系(銅合金および軽合金)企業からの回答も大幅に増えた。本調査は来年度の引き続き実施するが、現状回答数は全鑄造メーカの半数以下であり、鑄造業界全体をより正確にとらえるためには、2022年度の調査では更なるご協力を頂ければ幸いである。

表1 有効回答社数

| 調査年度 | 年度 | H27 | H28 | H29 | H30 | 令和元年 (R1) | 令和2年度 (R2) | |
|---------|-----------------|------|------|------|------|--------------|---------------|----|
| | | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | |
| 総回答事業所数 | 件 | (65) | (59) | (59) | (59) | (57) | (148) | |
| 内訳 | 鑄鉄 | 件 | 46 | 45 | 49 | 46 | 49 | 86 |
| | 鑄鋼 | 件 | 7 | 5 | 5 | 4 | 5 | 10 |
| | 軽合金 | 件 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 23 |
| | 銅合金 | 件 | 4 | 8 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| | 精密鑄造 | 件 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| | 鑄造以外 (中子・加工) | 件 | — | — | — | — | — | 12 |

※複数材質選択

3. 調査項目およびCO₂排出量計算方法

主な調査項目は、溶解重量と鑄造品出荷重量(すなわち生産重量)、そして鑄造品生産のために使用した電気使用量、LPGガスなどの使用量と、溶解、鑄型造型などの設備と生産方法であり、データの各種分析も行っている。

CO₂排出量は、電気使用量、LPGガス使用量等を元に、毎年改定される電気事業者ごとの二酸化炭素(CO₂)の実排出係数、LPGなど燃料毎のCO₂排出係数(詳細は参考資料を参照)を使って、CO₂排出量を計算した。その計算値を溶解重量あるいは製品重量で除することで、それぞれの原単位を計算した。

4. 生產品目間の比較

2020年度の調査では鋳鉄以外のデータが得られたことから、生產品目間での比較を行った。図1、図2に、溶解重量あるいは製品重量1t当たりの総エネルギー使用量と総CO₂排出量の平均値を生產品目ごとに示す。軽合金については、生産方法によっても異なるデータが得られたため、「ダイカスト」と「砂型・G・LP」のそれぞれの値と「軽合金全体」での平均値を示した。

生產品目の中では、鋳鉄が最も小さい値を示し、鋳鋼、銅合金、軽合金、そして精密鋳造の順に大きかった。また、鋳造歩留まりを考慮すると、どうしても溶解重量ベースより製品重量ベースの原単位は大きくなる。生產品目により異なるが、概ね生産重量ベースではそれぞれの原単位は溶解重量ベースの1.3～2.2倍になっている。

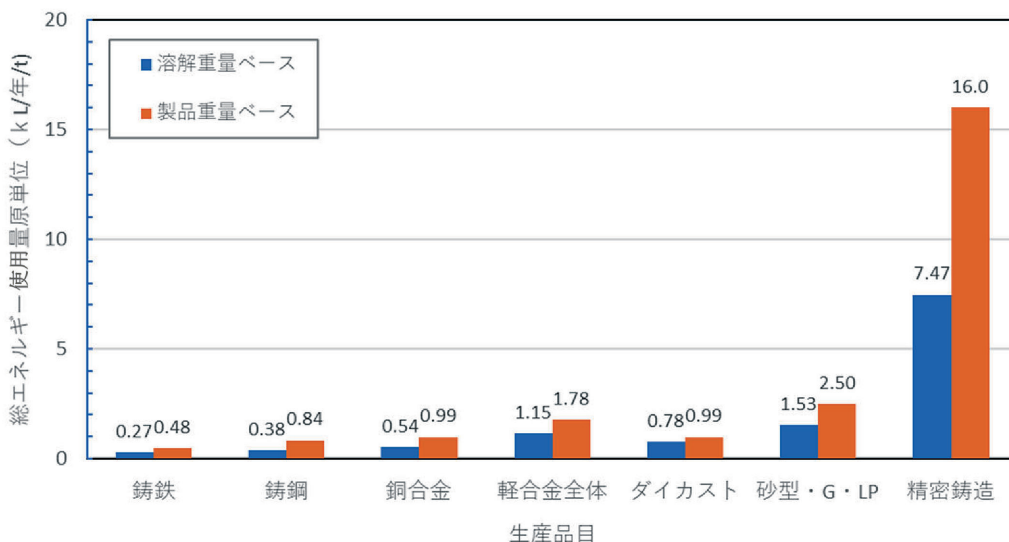


図1 生產品目間の総エネルギー使用量原単位

注) 軽合金全体は、ダイカストと砂型・G・LP全体の平均を示す。

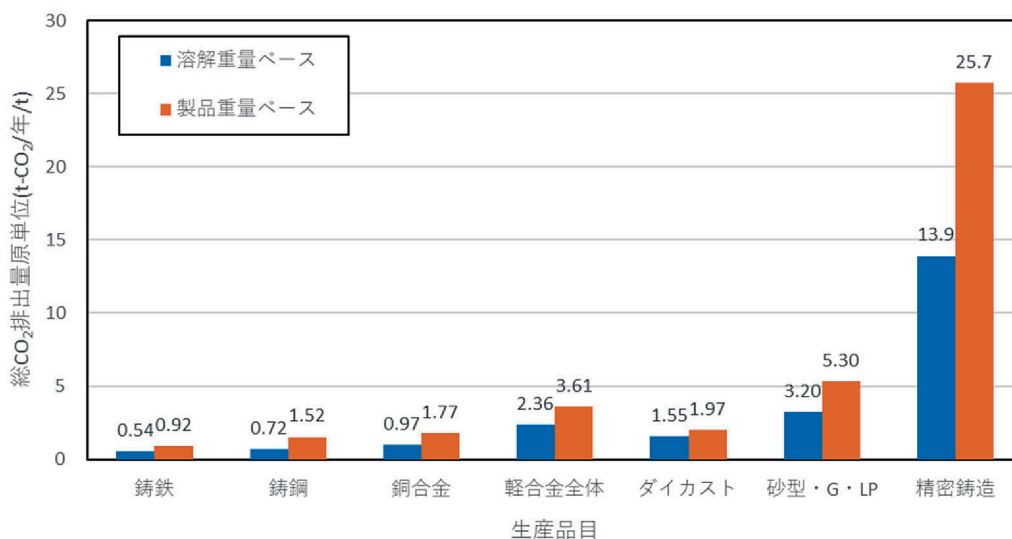


図2 生產品目間の総CO₂排出量原単位

注) 軽合金全体は、ダイカストと砂型・G・LP全体の平均を示す。

5. 鋳鉄・鋳鋼

5.1 全体の傾向

表2、表3に鋳鉄・鋳鋼の2016年度から2020年度までの総エネルギー使用量と総CO₂排出量の推移を示す。各表の最上段の数字が、本調査の集計値である。これらの集計値から、推定国内総エネルギー使用量と推定総CO₂排出量を求める方法、そして本調査における「把握率」を計算する方法を以下に説明する。初めに、鋳鉄・鋳鋼の各社の調査データを使い、横軸に溶解重量または生産重量、縦軸にエネルギー使用量とCO₂排出量を取り、散布図を作成する（本報図

5～8参照)。散布図のプロットは横軸の溶解重量または生産重量とほぼ比例することから、原点を通る近似直線と仮定して最小二乗法で算出すると、近似直線の傾きが求まる。本報告では、この傾きを、1t当たりのエネルギー消費量またはCO₂排出量とする。

*注：図1、2の平均値は各社の回答結果の単純平均なので、厳密に言えば近似直線の傾きとは若干異なる

次に、経済産業省の生産動態統計年報から、日本国内の銑鉄鋳物（球状黒鉛鋳鉄品含む）、可鍛鋳鉄品、鋳鋼品鋳物の年間の総生産重量を計算する。この総生産重量と、上述した近似直線の傾きの積を計算すると、エネルギー使用量およびCO₂排出量の年間の推定値（表2、表3の上から2行目）が得られる。以下に、総エネルギー使用量、総CO₂排出量に対するコメントを示す。

- ① 昨年度（2019年度）の調査では、総エネルギー使用量、総CO₂排出量ともに、2016～2018年度と比べて大幅に減少したが、2020年度は2016～2019年度を上回るデータを収集できた。これは、回答事業所数が増えたことによる。
- ② 2020年度のアンケートによる総エネルギー使用量は、鋳鉄・鋳鋼における約51%、総CO₂排出量では約48%を把握しており、2016～2019年度（約19～33%）を上回るデータを把握できた。これも、2020年度の回答事業所数が増えたことによる。
- ③ 推定国内総エネルギー使用量は2019年度よりも約35万kl/年（減少率21%）、総CO₂排出量は99万ton/年（減少率25%）減少した。コロナ禍に伴う鋳物生産量の減少によるところが大きいと思われる。

表2 総エネルギー使用量（鋳鉄・鋳鋼）

| 調査年度 | 単位 | H28 | H29 | H30 | R1 | R2 |
|-------------------------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| 本調査での総エネルギー使用量(a) | kl/年 | 442,130 | 506,445 | 513,332 | 332,752 | 662,627 |
| 推定国内総エネルギー使用量(b=c×d) | kl/年 | 1,362,165 | 1,598,506 | 1,587,272 | 1,646,647 | 1,300,994 |
| 経済産業省生産動態統計年報による鋳物製品の総生産重量(c) | t/年 | 3,441,549 | 3,660,421 | 3,733,001 | 3,529,789 | 2,940,100 |
| エネルギー使用量/溶解重量(勾配) | kl/t | 0.236 | 0.241 | 0.237 | 0.243 | 0.255 |
| エネルギー使用量/製品重量(勾配d) | kl/t | 0.396 | 0.437 | 0.425 | 0.467 | 0.443 |
| 本調査による推定把握率(a/b) | % | 32.5% | 31.7% | 32.3% | 20.2% | 50.9% |

表3 総CO₂排出量（鋳鉄・鋳鋼）

| 調査年度 | 単位 | H28 | H29 | H30 | R1 | R2 |
|---------------------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| 本調査での総CO ₂ 排出量(a) | t-CO ₂ /年 | 1,044,166 | 1,156,128 | 1,193,865 | 733,988 | 1,384,158 |
| 推定国内総CO ₂ 排出量(b=c×d) | t-CO ₂ /年 | 3,379,945 | 3,908,964 | 3,880,828 | 3,892,298 | 2,903,055 |
| 経済産業省生産動態統計年報による鋳物製品の総生産重量(c) | t/年 | 3,441,549 | 3,660,421 | 3,733,001 | 3,529,789 | 2,940,100 |
| CO ₂ 排出量/溶解重量(勾配) | t-CO ₂ /t | 0.581 | 0.585 | 0.568 | 0.565 | 0.443 |
| CO ₂ 排出量/製品重量(勾配d) | t-CO ₂ /t | 0.982 | 1.068 | 1.040 | 1.103 | 0.987 |
| 本調査の推定把握率(a/b) | % | 30.9% | 29.6% | 30.8% | 18.9% | 47.7% |

図3、図4に、表2、表3に示した溶解重量または製品の生産重量当たりのエネルギー原単位とCO₂排出量原単位（いずれもグラフの勾配から算出）の推移を、2011～2014年度の過去の調査結果とともに示す。図3のエネルギー使用量原単位を見ると、エネルギー使用量原単位は、2011年のリーマンショックにより約0.21と小さい値を示したが、その後は0.24前後で推移している。2020年は0.255と若干の増加しているものの、ここ数年では大きな変化が見られない。しかし、生産重量基準で見ると、2020年は前年より若干減少したものの、全体的には2011年以降は増加傾向と言える。これは製品歩留まりが悪化していることを示している。

図4において、CO₂排出量原単位は、溶解重量基準で見るとリーマンショックの影響を含む2011年のデータを除外すれば減少傾向を示し、ここ数年の中では最も小さい値となった。2020年度のエネルギー使用量は同等もしくは増えていることから、2020年度の電力会社のCO₂排出量換算係数が昨年よりも小さくなったことが影響していると思われる。生産重量基準で見ると、CO₂排出量原単位は0.99～1.15の間で変動しており、減少しているとは言えない。CO₂排出

量原単位が溶解重量基準では減少し、製品重量基準では減っていないことから、製品歩留まりの悪化が影響していると考えられる。

なお、本調査は工場全体の総エネルギー使用量を示すものである。溶解エネルギーは工場で使用される全エネルギーの70%程度と言われていることから、2020年度の溶解重量当たりの溶解エネルギーの原単位を算出すると、エネルギー使用量で約0.179(kl/t)、CO₂排出量は、約0.310(t-CO₂/t)と推定された。

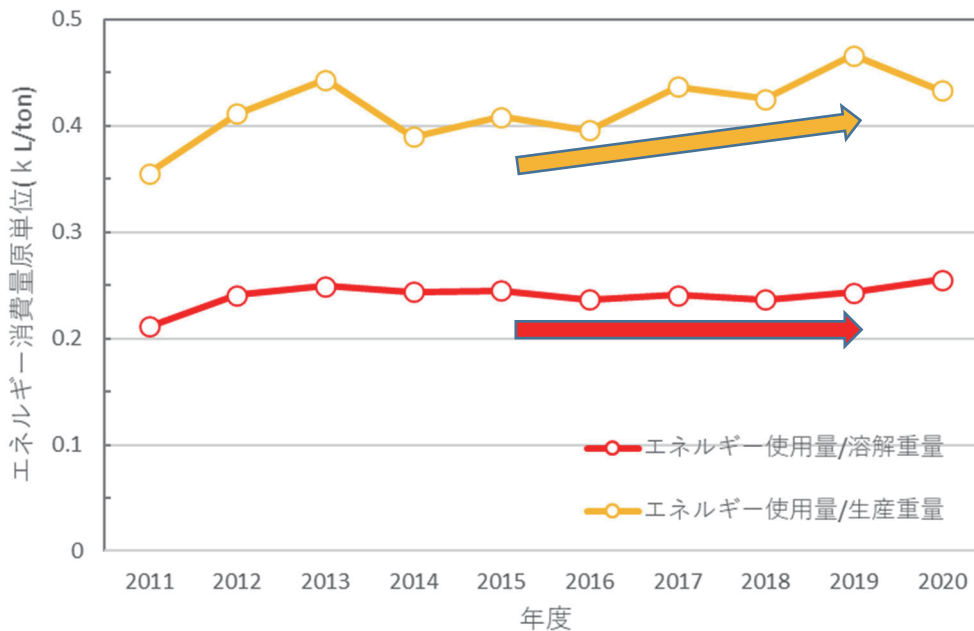


図3 エネルギー使用量原単位の2011年度以降の推移 (鉄・鋼)

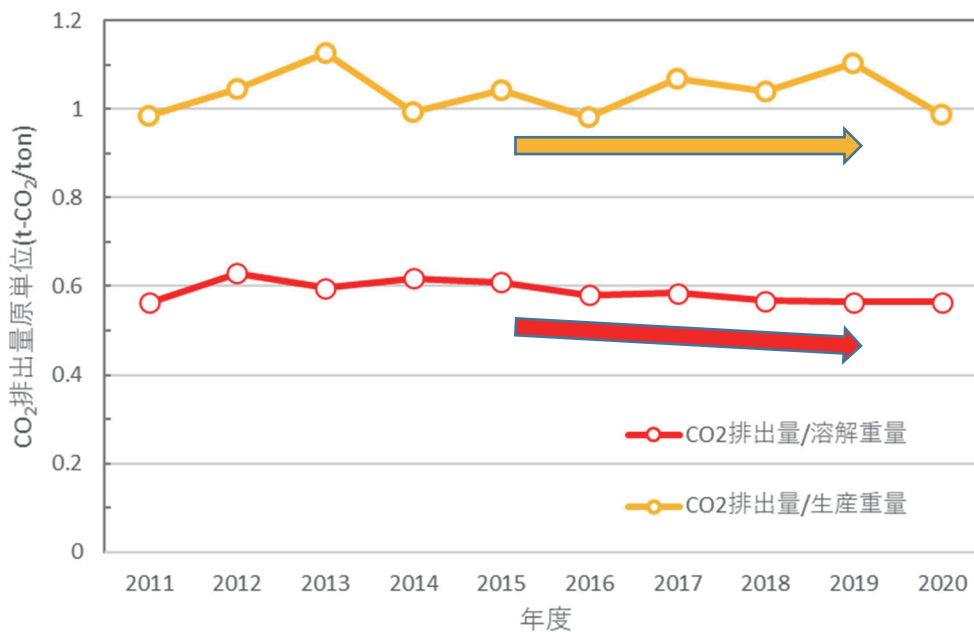


図4 CO₂排出量原単位の2011年度以降の推移 (鉄・鋼)

5.2 溶解重量、製品生産重量とエネルギー消費量、CO₂排出量の関係

図5に2015年度から2020年度までの年間溶解重量とエネルギー使用量の関係を示す。エネルギー排出量に関しては、2020年度の結果をみると多少のばらつきはあるが、相関係数は0.91で信頼度は決して低くはないと言える。2020年のデータはここ数年では多めの数字ではある。

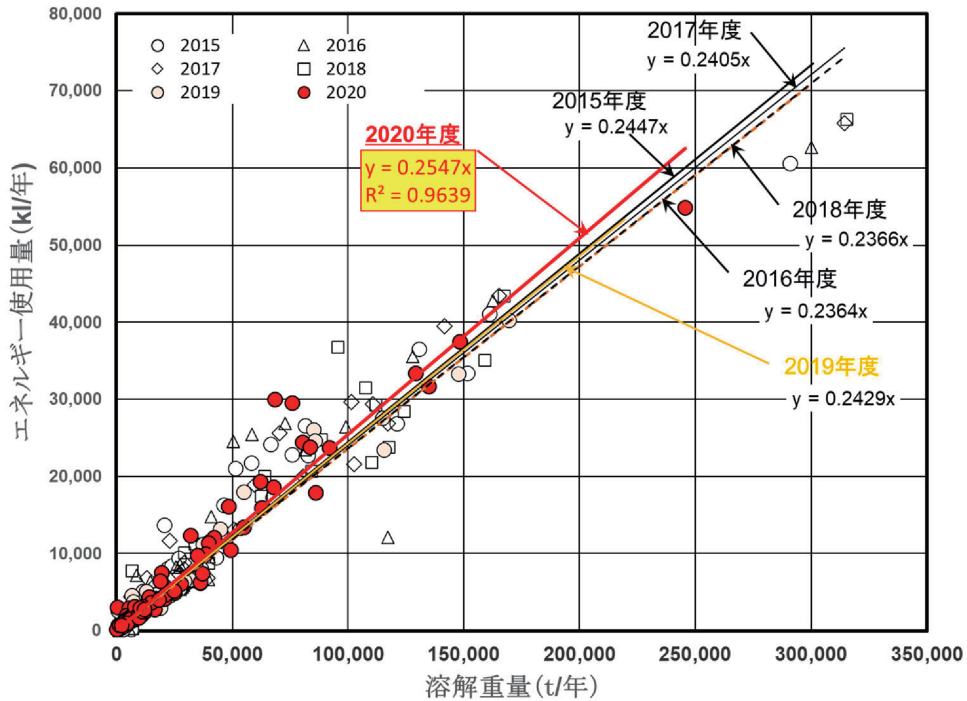


図5 鉄・鋼鋳造における溶解重量とエネルギー使用量の年度比較

図6に2015年度から2020年度までの年間溶解重量とCO₂排出量の関係を示す。エネルギー使用量が変化していないのに対して、CO₂排出量は2015年度以降の中では最も低い水準であった。これは、すでに述べているように、エネルギー使用量が下がったわけではなく、電力会社のCO₂排出量換算係数が昨年よりも小さくなったことが影響していると思われる。

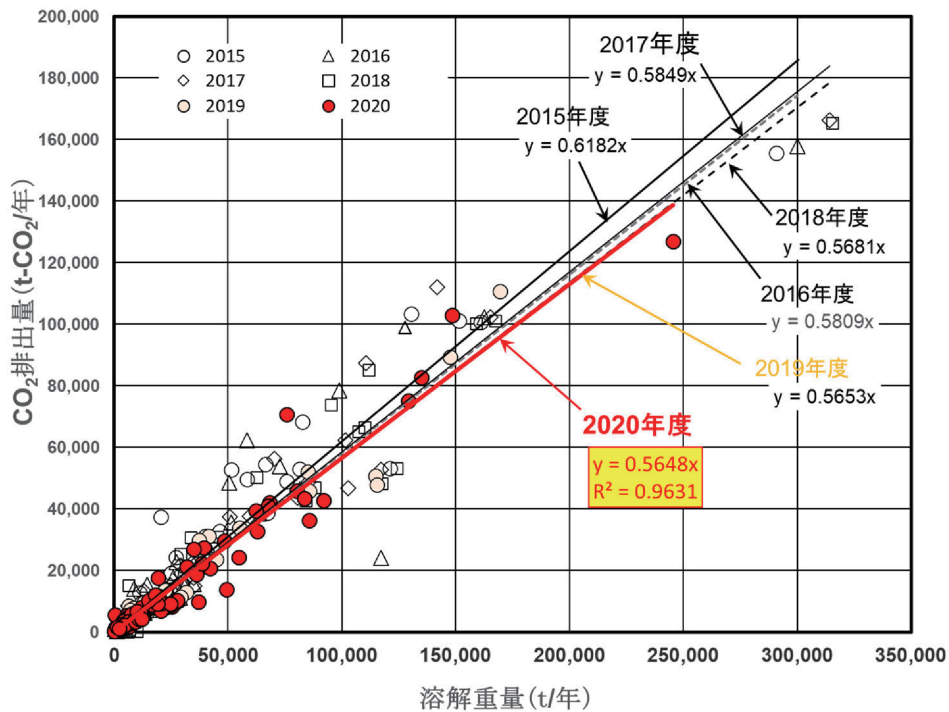


図6 鉄・鋼鋳造における溶解重量とCO₂排出量の年度比較

図7に、2015年度から2020年度までの年間生産重量とエネルギー消費量の関係を示す。年間溶解重量を横軸にとった図5と同様に、2020年のデータはここ数年では多めの数字ではある。

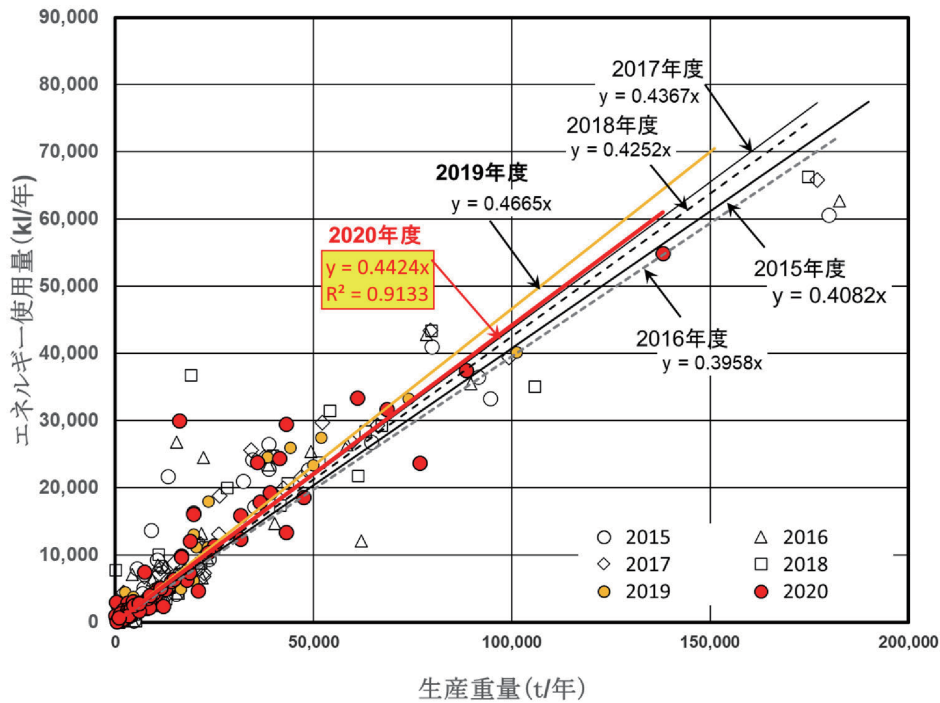


図7 鋳鉄・鋳鋼鋳造における生産重量とエネルギー使用量の年度比較

図8に2015年度から2020年度までの年間溶解重量とCO₂排出量の関係を示す。年間溶解重量を横軸にとった図6と同様に、CO₂排出量は2015年度以降の中では最も低い水準であった。

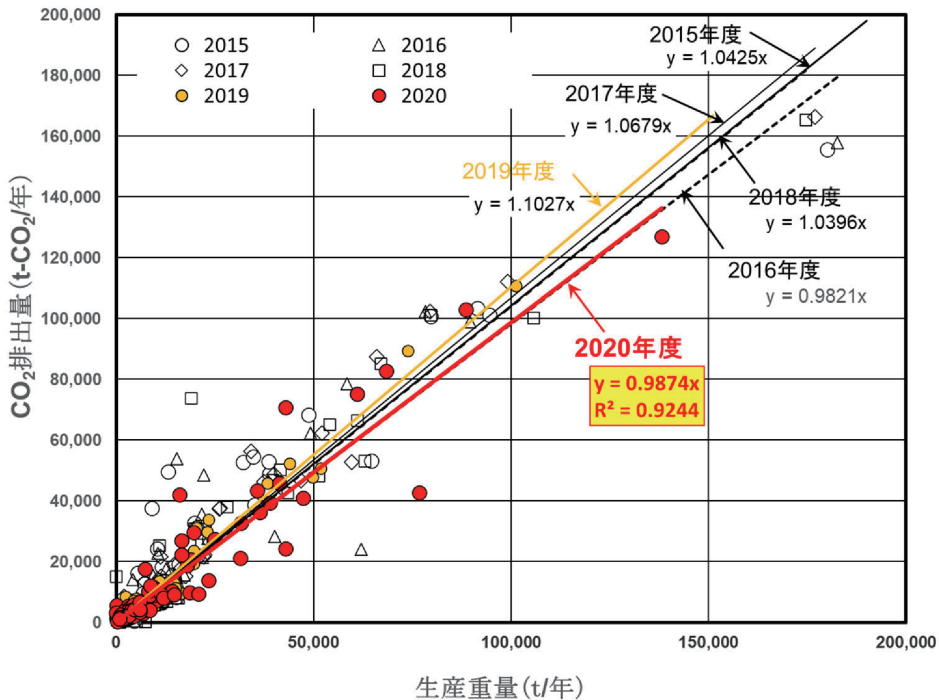


図8 鋳鉄・鋳鋼鋳造における生産重量とCO₂排出量の年度比較

5.3 溶解方式の違い：キュボラと誘導電気炉の比較

図9、図10に、キュボラ溶解（キュボラ単独又はキュボラ+保持炉）と、誘導電気炉における溶解重量とエネルギー使用量とCO₂排出量を比較した結果を示す。図9のエネルギー使用量では、キュボラ+保持炉と誘導電気炉とで大きな差は見られず、2020年度の調査では誘導電気炉の方がキュボラより多い結果である。図10のCO₂排出量で見ると、キュボラ溶解のCO₂排出量は誘導電気炉の約1.2倍であり、2019年度同様、CO₂排出量はキュボラの方が多かった。これは、CO₂換算係数の違いによるものである。

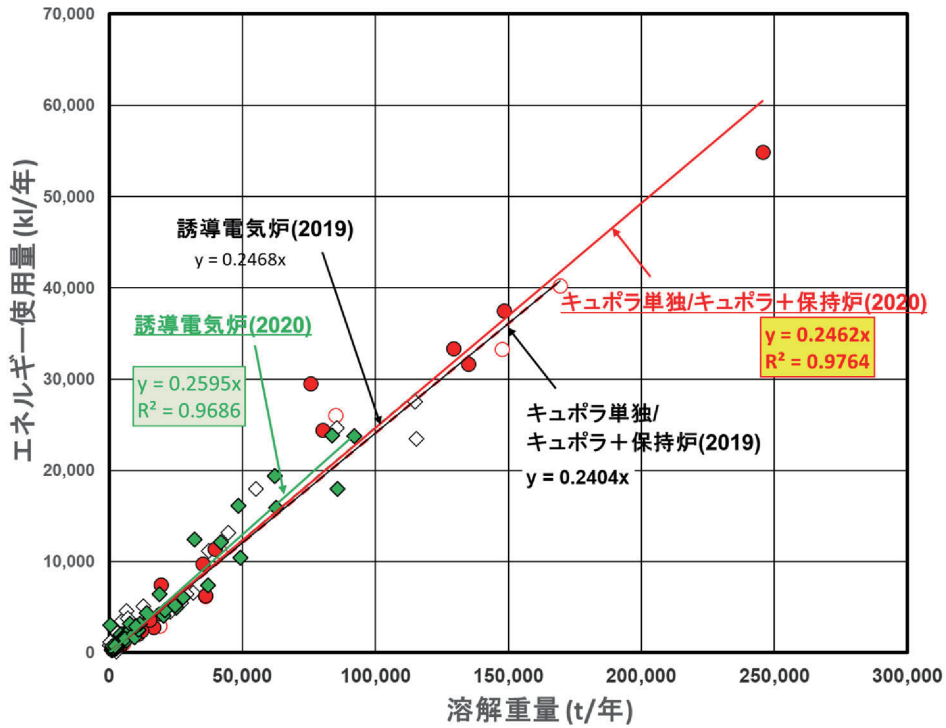


図9 キュボラと誘導電気炉における溶解重量とエネルギー使用量の比較

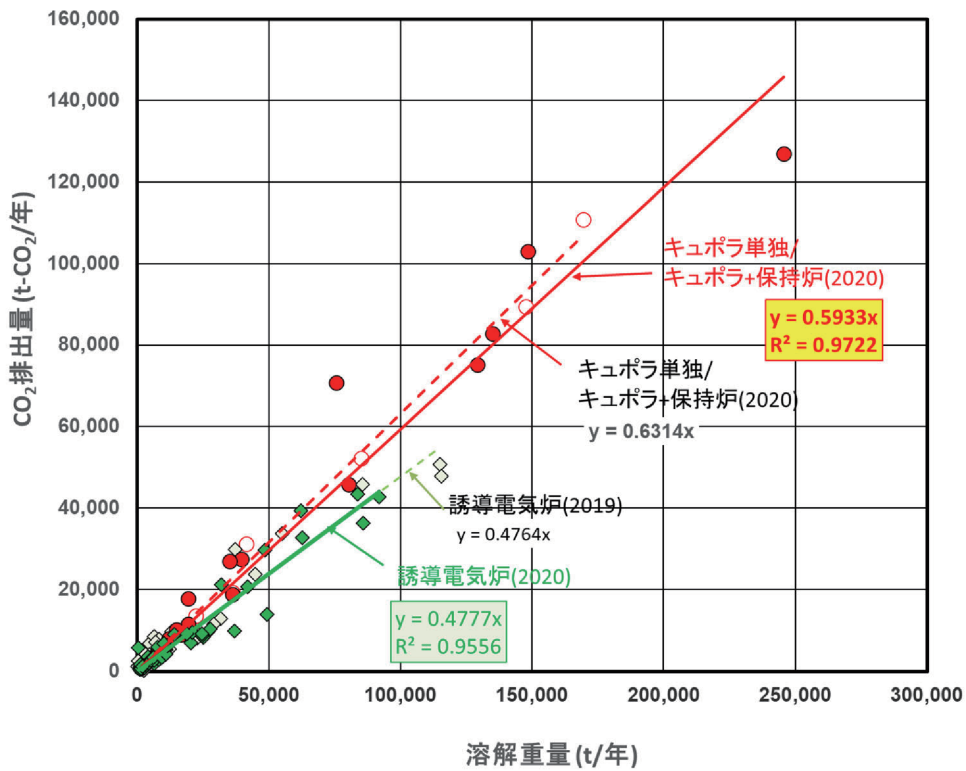


図10 キュボラと誘導電気炉における溶解重量とCO₂排出量の比較

キュボラと誘導電気炉の違いをさらに分析するために、溶解重量と、エネルギー使用量原単位およびCO₂排出量原単位との関係についてもグラフ化し、図11、図12に示した。図11のエネルギー使用量原単位では、データのばらつきが目立つため、両者の差は見いだせないが、図12では、キュボラの方が誘導電気炉よりCO₂排出量原単位溶解重量が多いことがわかる。また、誘導電気炉では溶解重量が少ない(20,000t/年以下)データにおいては、キュボラよりもデータの分布範囲が広い。誘導電気炉においても少量溶解では原単位の低減の余地があることを示唆している。

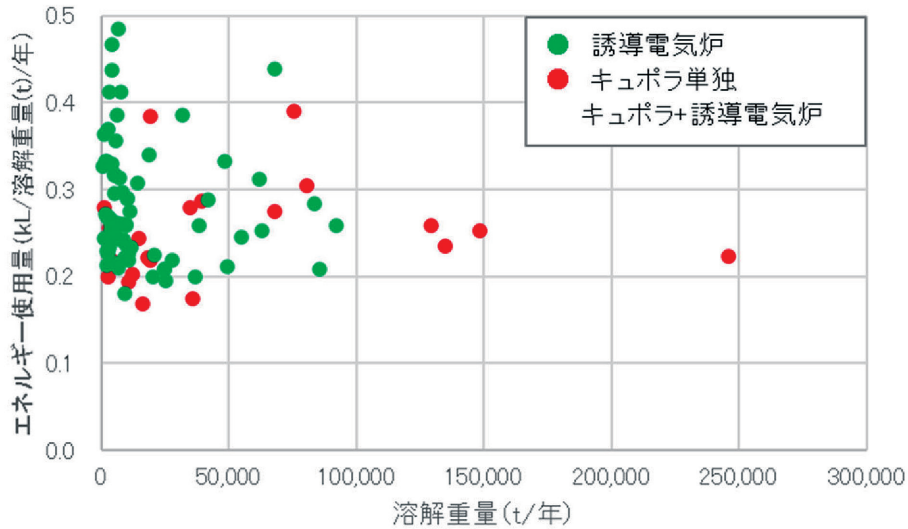


図11 キュボラと誘導電気炉における溶解重量とエネルギー使用量原単位の比較

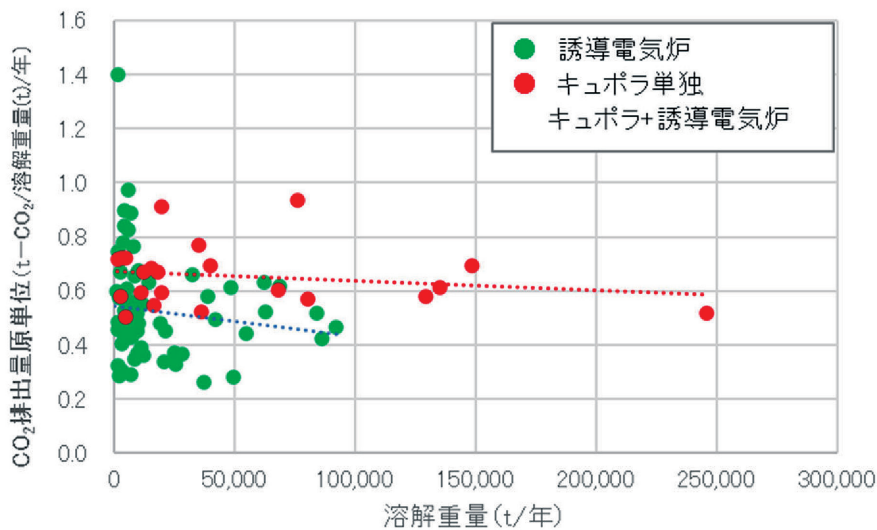


図12 キュボラと誘導電気炉における溶解重量とCO₂排出量原単位の比較

6. まとめ

鉄鋼・鋳鉄・鋳鋼製造では、2020年度も2019年度と大きな変化は見られないことがわかった。一方で、キュボラと誘導電気炉での違いをCO₂排出量原単位で見ると、誘導電気炉であっても、溶解重量の少ない小規模事業所においては原単位の改善の余地があることも示された。協会の会員企業には中小企業会員も多く、原単位削減に課題を抱えている企業もあると思われる。

協会の会員企業の中には、省エネルギー法によるエネルギー使用量削減に向けた中長期計画の提出やエネルギー使用状況等定期報告義務のある特定事業者該当する企業もあり、そのような会員企業ではエネルギー使用量(kL/年：原油換算)を既に把握している。鋳造業界のカーボンニュートラルを進めるためには、定期報告義務のない小規模事業所においても、エネルギー使用量削減に向けた取り組みを進めることが求められる。協会としても、カーボンニュートラル特別委員会、エネルギー削減委員会等を通じて必要な情報の提供を実施してゆく。

7. 最後に

2021年度は、エネルギー使用量調査に対して例年以上の148事業所の回答を頂きました。お忙しい中、回答頂いた事業所には紙面をもって御礼申し上げます。2022年度も、(公社)日本鋳造工学会のご協力もいただきながら、本調査を継続していくので、より多くの事業所のご協力を頂けるよう、お願いします。

*) 訂正連絡

2021年8月号19ページに掲載した表3、表4(本記事の表2、3に相当)において、経済産業省生産動態統計年報による総製品重量の集計値に転記ミスがあることがわかり、本記事の表2、表3で修正しました。これに伴い、国内の推

定総エネルギー使用量およびCO₂排出量の計算値も修正しました。

【参考情報】

1) 電力使用量からの総エネルギー消費量、CO₂排出量の換算

総エネルギー消費量は、電力使用量 (kWh) を0.261 (9.97 (GJ/kwh) / 38.2GJ/kL) : GJは発熱量を示す) を、またCO₂排出量は電力使用量 (kWh) に参考表1に示した基礎排出係数を掛けることで計算ができる。参考表1は今回のアンケートに回答のあった企業が利用している電力会社名とその基礎排出量を示す。毎年公表される最新の数値を使用している。主要電力会社以外に、特定規模電気事業者 (PPS) として経済産業省に登録する新電力会社を利用する企業が毎年増加してきている。

参考表 1 2020 年度の各電力会社の基礎排出係数(会員企業利用会社)

| 電力会社 | 基礎排出係数 |
|------------------------------|-------------------------|
| | kg-CO ₂ /kWh |
| 北海道電力 (株) | 0.593 |
| 東北電力 (株) | 0.519 |
| 東京電力パワーグリッド (株) | 0.457 |
| 中部電力 (株) | 0.431 |
| 北陸電力 (株) | 0.510 |
| 関西電力 (株) | 0.340 |
| 中国電力 (株) | 0.561 |
| 四国電力 (株) | 0.382 |
| 九州電力 (株) | 0.344 |
| イーレックス(株) | 0.385 |
| エネサーブ(株) | 0.365 |
| ダイヤモンドパワー (株) | 0.447 |
| 丸紅新電力 (株) | 0.308 |
| (株) エネット | 0.391 |
| (株) アイ・グリッド・ソリューションズ | 0.410 |
| テプコカスタマーサービス(株) | 0.491 |
| 九電みらいエナジー (株) | 0.465 |
| ENEOS(株) (旧 : JXTG エネルギー(株)) | 0.503 |

*) 出典:資源エネルギー庁:温対法に基づく事業者別排出係数の算出及び公表についてー電気事業者別排出係数ー

2) 電力以外の燃料または熱源からの総エネルギー消費量、CO₂排出量の換算

各燃料または熱源の発熱量 (GJ) を合計し、その値に0.0258を掛けることにより、原油使用量 (kl) に換算した。

参考表 2 電力以外の燃料または熱源の単位発熱量、排出係数と基礎排出係数

| 燃料又は熱源 | 単位 | 単位発熱量 | 排出係数 | 基礎排出係数 |
|---------------|-----------------|--------|--------|-----------------------|
| | | GJ/ton | tC/GJ | t-CO ₂ /単位 |
| 天然ガス(LNGを除く) | 千m ³ | 43.5 | 2.217 | 0.0139 |
| 原料炭 | 1トン | 29.0 | 2.605 | 0.0245 |
| 一般炭(輸入炭) | 1トン | 25.7 | 2.328 | 0.0247 |
| 無煙炭 | 1トン | 26.9 | 2.515 | 0.0255 |
| コークス | 1トン | 29.4 | 3.169 | 0.0294 |
| コールタール | 1トン | 37.3 | 2.858 | 0.0209 |
| コークス炉ガス | 千m ³ | 21.1 | 0.851 | 0.011 |
| 高炉ガス | 千m ³ | 3.41 | 0.329 | 0.0263 |
| 転炉ガス | 千m ³ | 8.41 | 1.184 | 0.0384 |
| 都市ガス 13A | 千m ³ | 45.0 | 2.244 | 0.0136 |
| 熱供給等 | | | | |
| 産業用蒸気 | GJ | 1.02 | 0.0601 | - |
| 産業以外の蒸気、温水、冷水 | GJ | 1.36 | 0.0568 | - |