

## 資 料

CO<sub>2</sub> 排出量評価に向けた加工機の消費電力計測および考察

平井 克尚\*・板倉 亮馬\*・川島 崇宏\*\*\*

## 1. 目 的

近年、先進各国では地球温暖化・気候変動への対策が活発化しており、脱炭素社会の実現に向けた取り組みが進められている。2020年10月、日本政府は2050年までに温室効果ガス排出を実質ゼロにすることを目指し、カーボンニュートラルの実現を目指すことを宣言した<sup>1)</sup>。さらに、2024年2月には金融庁が上場企業に対し、サステナビリティ情報（CO<sub>2</sub> 排出量含む）の法定開示への取り込みの検討を示した<sup>2)</sup>。一方、国際的な基準である温室効果ガスプロトコルでは、企業が自社の活動を通じて排出する温室効果ガスだけでなく、自社より上流（原材料や部品の調達など）と下流（消費者による利用及び廃棄など）で排出される温室効果ガス（これをスコープ3という）も算定の対象としている<sup>3)</sup>。つまり、原材料調達、製造、物流といったサプライチェーン全体にわたる排出量の把握も求められている。これに伴い、将来大手メーカーに部品を供給する中小企業も、CO<sub>2</sub> 排出量の正確な把握が必要とされるようになっていくと考えられる。

製造業はエネルギー多消費産業であり<sup>4)</sup>、CO<sub>2</sub> 排出量削減の重要な対象であると同時に、エネルギーコストの削減や効率的なエネルギー利用は企業の競争力向上に寄与することから、それらの重要性は増すと考えられる。CO<sub>2</sub> 排出量の算出根拠となる消費電力量の詳細を正確に把握するためには、消費電力計測機能を備えた設備への更新や電力計測に関する専門知識を持つ人材が必要だが、県内製造業の特に中、小規模企業にとっては困難であることが予想され、正確な消費電力量の詳細把握に取り組むためには支援が必要になるものと考えられる。そこで本報告では、消費電力量の詳細を正確に把握する取り組みの支援に活かすため、1つの製品を加工する際に消費する電力量の計測方法を明らかにすることを目的とし、異なる2台の加工機について消費電力を計測した結果を例に、その計測方法と計測機器の特性を紹介する。さらに、本報告では、比較的高価な計測器であるクランプ式電力計の代替として安価な電流変換器を使用した場合の評価を行うため、それら2種類の

計測機器を使用し、加工機が動作している際の電流値を計測した結果も紹介する。

## 2. 方 法

## 2.1 消費電力の計測

本研究では、複合CNC旋盤加工機（以降加工機Aと表記）と5軸加工機（以降加工機Bと表記）の2台の加工機を対象に消費電力の計測を行った。計測にはクランプ式電力計（日置電機製PW3360-91、以降電力計と表記）を使用した。計測に使用した電力計を図1に示す。計測は1秒毎

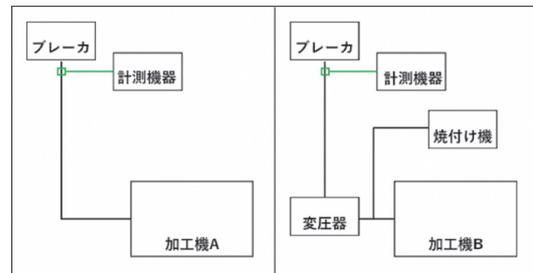
電力計 電流変換器とデータ収集機  
図1 計測機器

図2 計測機器の取付図

クランプ式電流センサ 電圧ケーブル  
図3 電力計による消費電力の計測

図4 電流変換器による電流の計測

\* 情報技術・デザイン科

\*\* 電子・電気技術科 (\*\*\*) 現：スマック株式会社

のサンプリング周期でデータを収集し、収集したデータは本体のSDカードに記録した。

電力計は、3相交流の電力計測が可能で、電圧は600Vまで、電流は500mAから5000Aまでの入力可能な機器である。消費電力の計測には3相3線2電力計法(3P3W2M結線方式)を採用した。計測機器の取付図を図2に、接続の状態を図3に示す。電力計に付属するクランプ式電流センサ及び電圧ケーブルを配電盤の主幹ブレーカ下流側ケーブル端子に図3中の赤矢印のとおり接続した。

電流変換器による電流の計測について、図4に示す。簡易に電流値を計測できる電流変換器(ユー・アール・ディー製、CTT-24-CLS-RMS250)を用いた電流測定は、本体のクランプ部に主幹ブレーカ下流側電源ケーブル一本を通す形で取り付けた。電流変換器から出力されたデータは、データ測定器(ティアンドデイ製、RTR505B)からデータ収集機(ティアンドデイ製、RTR500BC)に送信し、記録した。

## 2.2 工程把握と消費電力量によるCO<sub>2</sub>排出量の算出法

各製品の加工時における消費電力を計測し、どの時間帯

にどの製品の加工を行っていたかを把握するため作業日報の作成を現場担当者に依頼した。作業日報には、使用した加工機名、各加工の開始時間、終了時間を記録した。今回対象とした2つの加工機毎に消費電力が異なると想定されるため、日報と消費電力計測データを照合することで、2つの加工機における製品加工に要した消費電力量を算出した。CO<sub>2</sub>排出量は消費電力量に単位消費電力量当たりのCO<sub>2</sub>排出量を係数として乗じることで得られる<sup>5)</sup>ことから、CO<sub>2</sub>排出量をE、消費電力量をW、単位消費電力量当たりのCO<sub>2</sub>排出量(CO<sub>2</sub>排出係数)をQとして式(1)より求めた。CO<sub>2</sub>排出係数は、中国電力株式会社が公表<sup>6)</sup>している値である0.511 kg-CO<sub>2</sub>/kWh(2023年度実績)を使用した。

$$E=Q \cdot W \quad (1)$$

## 3. 結 果

### 3.1 加工機の消費電力量とCO<sub>2</sub>排出量

加工機Aの消費電力を図5に示し、工程毎の消費電力量とCO<sub>2</sub>排出量の割合を図6に示す。図5は、この製品

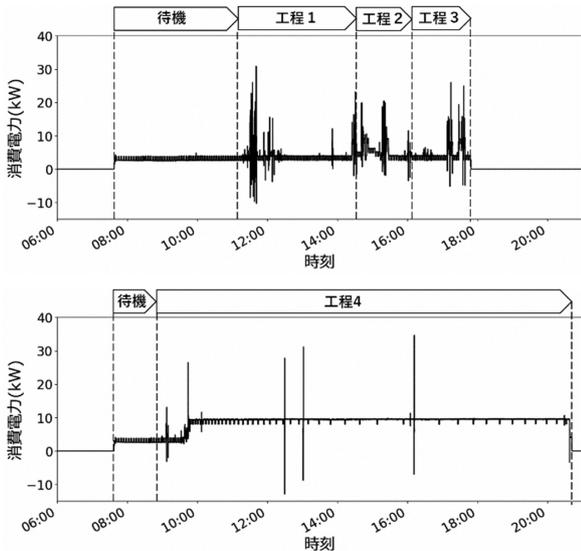


図5 稼働時の消費電力(加工機A)

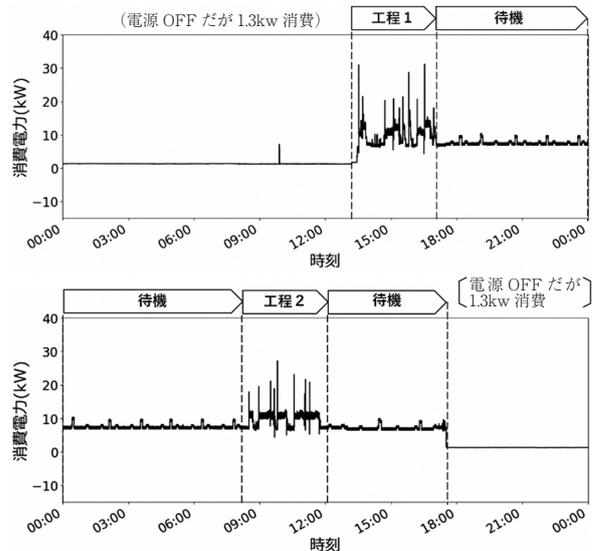


図7 稼働時の消費電力(加工機B)

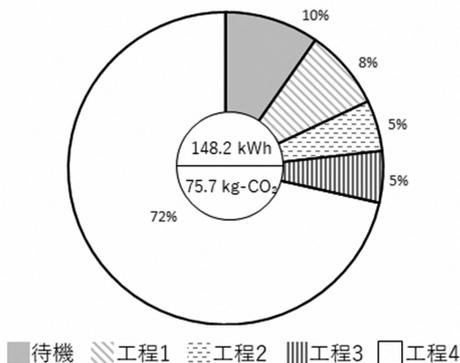


図6 消費電力量とCO<sub>2</sub>排出量の割合(加工機A)

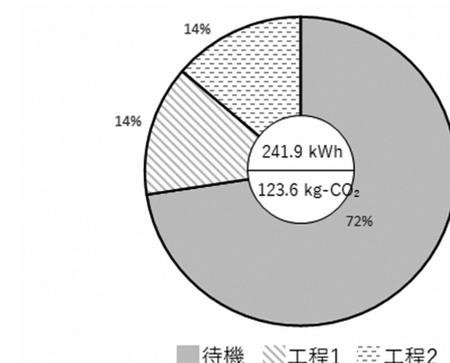


図8 消費電力量とCO<sub>2</sub>排出量の割合(加工機B)

の2日間にわたる4つの工程を示している。この工程区分は、現場担当者の日報の内容に基づいて分けられたものである。図5から、消費電力がマイナスになっている区間があり、回生電力が生じていることが分かる。回生電力とは一般的に回転しているモータが、減速する際に発電機として機能する時に生じる電力である。つまり加工機の稼働中にモータの減速があったと考えられる。

図6から、工程4が最も多くの電力を消費していることが分かった。また、加工機Aは加工終了後に自動で電源がOFFになる機能を備えており、その機能が有効に働いているため待機時の消費電力は全体の約1割程度であった。

次に、加工機Bの消費電力を図7に示し、工程毎の消費電力量とCO<sub>2</sub>排出量の割合を図8に示す。図7は、この製品の2日間にわたる2つの工程を示している。この工程区分も、図5と同様に日報に基づいて分けられた。図8から、待機時の消費電力量が全体の約7割を占めていることが分かった。待機時の消費電力量が大きい要因は、加工機Bには加工終了後に自動で電源がOFFになる機能が備わっておらず、製品の加工の全工程が終了するまでは電源はONの状態を維持しているためである。さらに、加工機Bは電源OFFの状態でも、電力を1.3kW消費していることが分かった。担当者からの聴取の結果から、これは変圧器の電力損失と、変圧器から電力を供給している焼き付け機によるものと考えられる。

以上より、消費電力削減の方法として以下が考えられる。加工機Aについては、待機時の消費電力は比較的小さいものの、工程前の待機時間を見直すことで、更なる消費電力の削減を実現する余地がある。加工機Bについては、待機時の消費電力量は全体の7割を占めることから、長期間稼働しない場合は電源をOFFにする運用が有効である。また、夜間に長期間の加工を行うなど夜間の待機時間が少なくなるような運用方法も有効である。以上で述べたとおり、消費電力計測データを収集することにより加工機の運用状況の把握や見直しを効果的に行うことができる。

### 3.2 電力計と電流変換器の電流値評価

加工機Aを用いた加工について、同時刻に計測した電力計と電流変換器の電流値を図9に示す。図9から電流変動の傾向は似通っているが、電流変換器では高いピーク値が計測できていないことが分かる。これは電流変換器が平均値整流実効値方式であることが原因と考えられる。電流波形から実効値を得る方式は「真の実効値方式」と「平均値整流実効値方式」があり、後者は電流波形が歪むと正確な実効値が得られないという特性がある。そのため正しい実効値を求める場合は真の実効値方式が必要である<sup>7)</sup>。加えて、消費電力は、電圧×電流×力率によって求まる<sup>7)</sup>。そのため、電圧、力率の計測が必須である。従って電流変換器単体では正確な消費電力は算出出来ない。さらに、電力計の測定データでみられるような回生電力等の現象を把

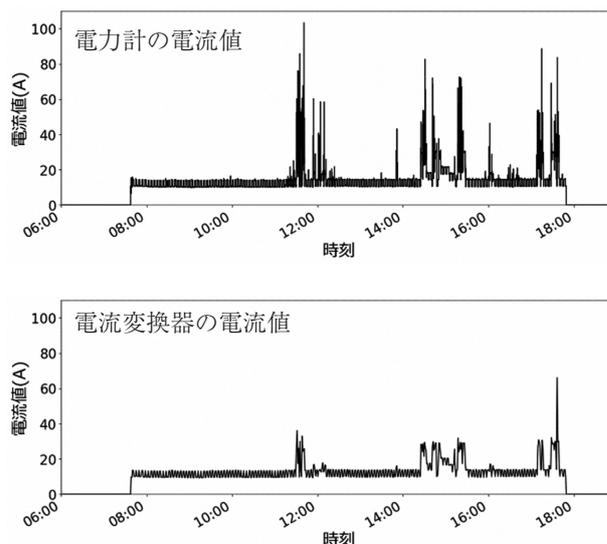


図9 電流値データ

握しきれない。以上の理由から電流変換器は、電力計の代替とはならないものの、加工機の稼働状況の可視化には有効であると考えられる。

### 3.3 今後の課題

更なる研究の発展に向けて、以下の課題が残されている。第1に、現場担当者へのヒアリングから判明していることとして、作業日報の作成が大きな負担となっていることが挙げられる。今後、データを継続的に蓄積していくためには、現場担当者の負担を軽減する手段を検討する必要がある。第2に、各工程の加工内容と消費電力の関係を詳細に把握することが挙げられる。第2課題の解決によって、特定の加工工程に要する消費電力を詳細に分析することができる。また、加工条件や加工精度と消費電力の相関についても分析が必要である。今後の研究では、日報作成の省力化を図りつつ、同一素材・同一形状加工時の消費電力の比較や、各工程における消費電力の詳細な調査に取り組む予定である。

### 謝 辞

本研究を行うのにあたり、加工機の消費電力の計測にご協力頂いた株式会社吉川製作所に深く感謝申し上げます。

### 文 献

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁. 令和2年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2021)第2章2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と取組. [https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/pdf/1\\_2.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/pdf/1_2.pdf). (参照2024-8-20).
- 2) 金融庁. 令和6年2月19日 金融審議会総会 説明資料(サステナビリティ情報の開示と保証のあり方に関する検討). [https://www.fsa.go.jp/singi/singi\\_kinyu/soukai/siryou/20240219/1.pdf](https://www.fsa.go.jp/singi/singi_kinyu/soukai/siryou/20240219/1.pdf). (参照2024-8-20).
- 3) 経済産業省資源エネルギー庁. 知っておきたいサステナビリ

- ティの基礎用語～サプライチェーンの排出量のものさし「スコープ1・2・3」とは、  
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/scope123.html>, (参照 2024-8-20).
- 4) 経済産業省資源エネルギー庁. 令和2年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2023)第2部エネルギー動向第2節部門別エネルギー消費の動向.  
[https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2023/pdf/2\\_1.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2023/pdf/2_1.pdf), (参照 2024-8-20).
- 5) 環境省. 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧.  
[https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran\\_2023\\_rev4.pdf](https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran_2023_rev4.pdf), (参照 2024-8-20).
- 6) 中国電力株式会社. 当社の電源構成・CO<sub>2</sub>排出係数.  
<https://www.energia.co.jp/elec/free/co2/index.html>, (参照 2024-8-20).
- 7) 寺前裕司. “電力の基礎”. 電気回路の測定&評価技法. 第1版, CQ出版, 2012, p.20-21.