

モータ駆動システムのカーボンニュートラル に向けた取り組み

2024年9月

一般社団法人 日本電機工業会 (JEMA)

技術戦略推進部

- 電動機（モータ）について
- モータの国内市場の現状
- トップランナーモータとは
- トップランナーモータ 省エネ達成度
- トップランナーモータへの切替率
- モータの高効率化技術
- モータ・インバータの技術革新
- カーボンニュートラルの実現に貢献するインバータ
- インバータの省エネ計算例

• モータの分類

直流電動機

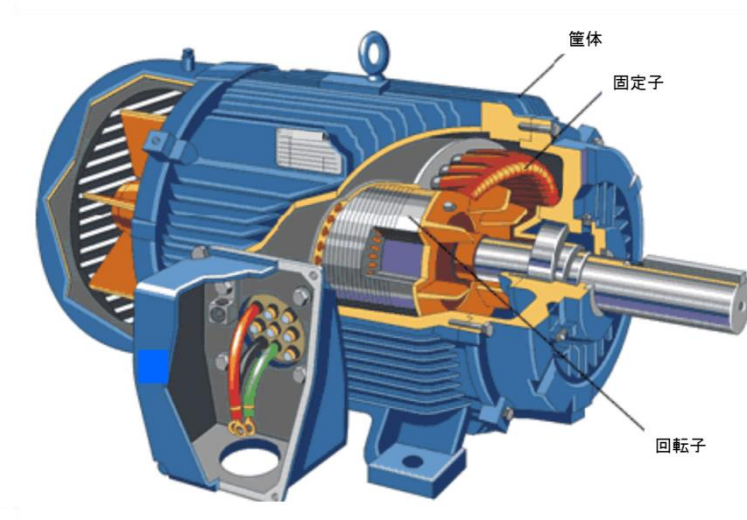
- 分巻形
- 直巻形
- 複巻形

交流電動機

➤ 誘導電動機

- 三相誘導電動機
- 単相誘導電動機

➤ その他の交流電動機（同期電動機、整流子電動機など）



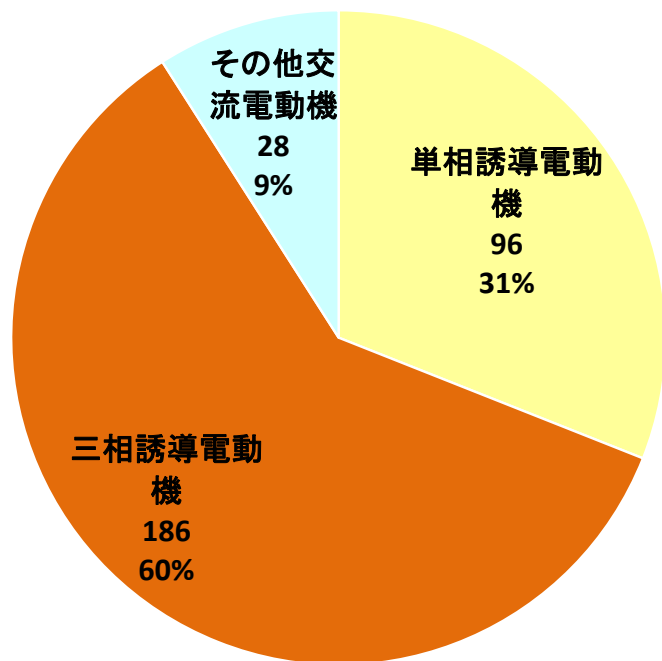
誘導モータ

• 三相誘導電動機

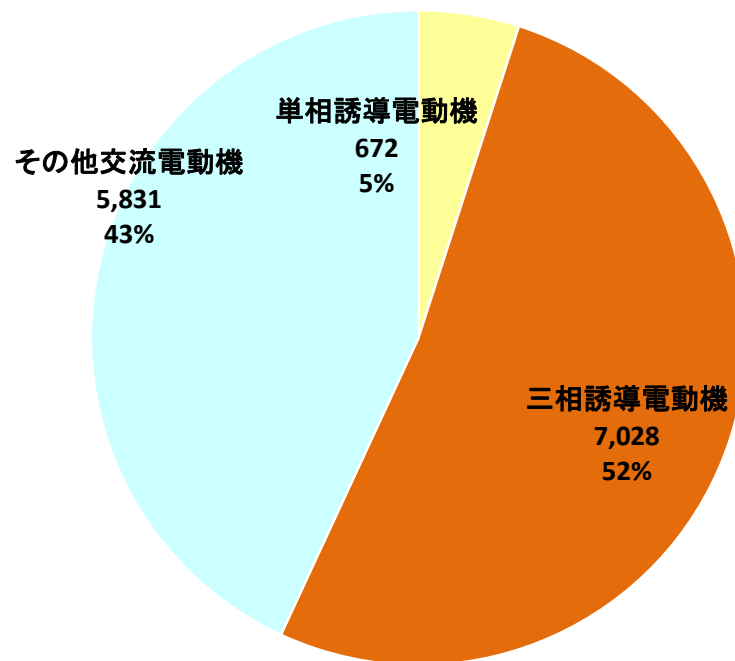
三相交流電源から動力を得て、電磁誘導によって一次側（固定子）から二次側（回転子）に電力を送り、これを利用して動力を発生する誘導電動機。構造上、かご形と巻線形の2種類があるが、その大半をかご形が占める。

産業用途として幅広く使われ、汎用品の主要特性は世界中で標準化されている。

- 三相誘導モータは、台数、容量ともに多数を占める。



生産・出荷実績(2023年度)台数(万台)



生産・出荷実績(2023年度)容量(MW)

出典：経済産業省生産動態統計

- 一般社団法人 日本電機工業会（JEMA）では、**省エネ法特定機器に指定される交流電動機の判断基準に適合した製品を「トップランナーモータ」と呼称して普及促進**に努めている。
- 従来モータと識別しやすくするために、JEMA加盟メーカーでは、カタログやモータ本体に「**トップランナーモータ**」の**ロゴマーク**を表示します。マークは、「省エネ」「地球環境」「信頼」をイメージしたデザインで**省エネルギー基準達成**を示す。
- 「トップランナーモータ」を容易に選定できるように、カタログには省エネ性能（エネルギー消費効率）を記載する。エネルギー消費効率が高いほど省エネ性に優れている。



トップランナーモータ 省エネ達成度



年度／項目	実績値		基準値	④基準達成率 (%) ④＝②/③
	①出荷台数 (台)	②エネルギー 消費効率合計 (台*%)	③基準エネルギー 消費効率合計 (台*%)	
2015年度	679,073	60,655,861 (1台当たり89.3%)	59,561,978 (1台当たり87.7%)	101.8
2016年度	755,353	67,417,354 (1台当たり89.3%)	66,140,351 (1台当たり87.6%)	101.9
2017年度	844,338	75,281,329 (1台当たり89.2%)	74,066,042 (1台当たり87.7%)	101.6
2018年度	903,248	80,562,100 (1台当たり89.2%)	79,253,006 (1台当たり87.7%)	101.7
2019年度	820,443	73,212,118 (1台当たり89.2%)	72,117,987 (1台当たり87.9%)	101.5
2020年度	688,249	61,408,740 (1台当たり89.2%)	60,492,755 (1台当たり87.9%)	101.5
2021年度	746,964	66,686,219 (1台当たり89.3%)	65,591,400 (1台当たり87.8%)	101.7
2022年度	799,073	71,440,761 (1台当たり89.4%)	70,283,910 (1台当たり88.0%)	101.6
2023年度	632,936	56,549,638 (1台当たり89.3%)	55,674,761 (1台当たり88.0%)	101.6

集計対象：昭和電機*、住友重機械工業、東芝産業機器システム、日立産機システム、富士電機、三菱電機、明電舎、安川オートメーション・ドライブ、TMEICの9社。2021年度以降は*を除く8社。

トップランナーモータへの切替率

- 2015年度以前には、モータの97%がIE1（標準効率）レベルだったが、現状、毎年出荷されるモータの70%以上が、IE3（プレミアム効率）レベルに切り替わっている。
- JEMA自主統計の非標準モータ（受注生産品）において、小容量(0.75kW未満)を除いた対象範囲のトップランナーモータの比率は、64.2%(2023年度)。標準三相と非標準三相の合計では74.8%(2023年度)がトップランナーモータに切り替わっている。
- 米国70%、スイス62.5%に比べても着実に切り替えが進んでいる。

	標準三相					非標準三相				
	全体 (台数)	小容量 (台数)	小容量除 く (台数)	トップラン ナー モータ (台数)	トップラン ナー化比率 (%)	全体 (台数)	小容量 (台数)	小容量除 く (台数)	トップラン ナー モータ (台数)	トップラン ナー化比率 (%)
2015年度	373,931	71,568	302,363	275,023	90.96%	1,328,919	-	-	-	-
2016年度	415,869	74,027	341,842	337,568	98.75%	1,259,838	401,569	858,269	416,792	48.6%
2017年度	442,542	71,804	370,738	369,100	99.56%	1,361,528	467,053	894,475	473,512	52.9%
2018年度	460,580	75,707	384,873	384,358	99.87%	1,351,185	461,468	889,717	495,791	55.7%
2019年度	430,218	65,679	364,539	364,415	99.97%	1,173,635	412,025	761,610	452,697	59.4%
2020年度	363,717	59,867	303,850	303,750	99.97%	1,019,951	339,869	680,082	356,278	52.4%
2021年度	416,184	74,771	341,413	336,236	98.48%	1,137,572	369,756	767,816	413,520	53.9%
2022年度	426,215	73,940	352,275	349,599	99.24%	1,172,863	360,270	812,593	506,581	62.3%
2023年度	291,051	39,351	251,700	249,142	98.98%	839,510	265,285	574,225	368,680	64.2%

	標準三相 + 非標準三相				
	全体 (台数)	小容量 (台数)	小容量除 く (台数)	トップラン ナー モータ (台数)	トップラン ナー化比率 (%)
2015年度	1,702,850	-	-	-	-
2016年度	1,675,707	475,596	1,200,111	754,360	62.9%
2017年度	1,804,070	538,857	1,265,213	842,612	66.6%
2018年度	1,811,765	537,175	1,274,590	880,149	69.1%
2019年度	1,603,853	477,704	1,126,149	817,112	72.6%
2020年度	1,383,668	399,736	983,932	660,028	67.1%
2021年度	1,553,756	444,527	1,109,229	749,756	67.6%
2022年度	1,599,078	434,210	1,164,868	856,180	73.5%
2023年度	1,130,561	304,636	825,925	617,822	74.8%

- ・ 標準三相誘導モータ： JIS規格品であり、三相誘導モータの出荷台数に占める割合は、約30%程度。
- ・ 非標準三相誘導モータ： JIS規格品外のもの。機械セットメーカーやエンドユーザの仕様に合わせて生産・納入された製品であり、モータ全体の大半を占める。

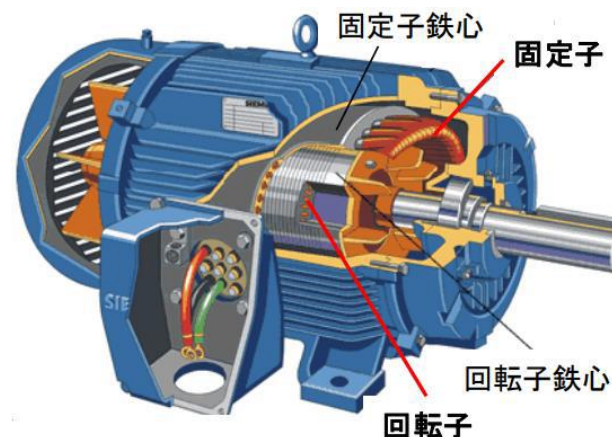
発生損失は、**固定損**（鉄損及び機械損）、**負荷損**（一次銅損及び二次銅損）、**漂遊負荷損**に大別される。

（１）電磁鋼板の材料改善

- 鉄心を構成している電磁鋼板を、鉄損[W/kg]が少ない種類のものに改善する。

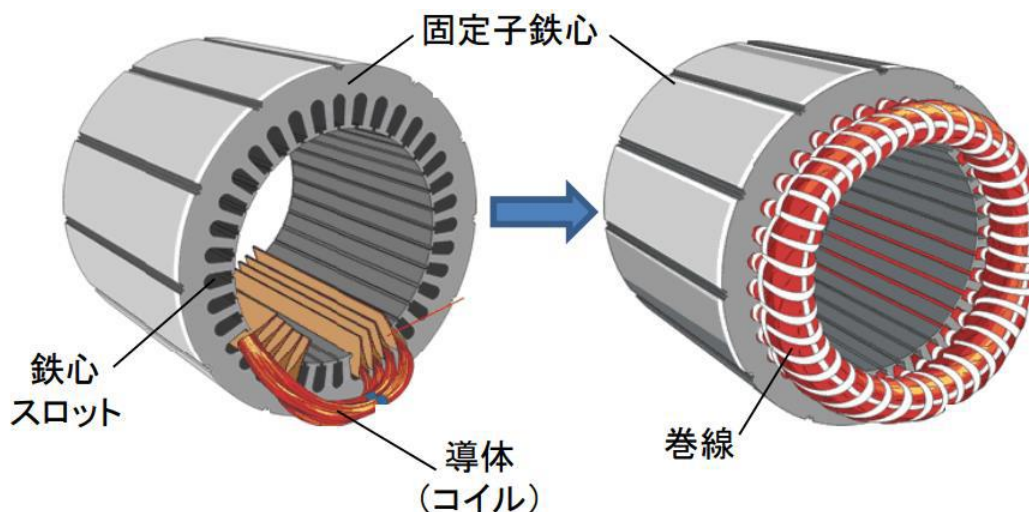
（２）固定子側及び回転子側での改善

- （１）によって、鉄損の低減は可能となるが、逆に磁束密度が低下し、電動機内部の磁束が減少し、それを補う形で電流が増え、銅損や漂遊負荷損等の増加につながるため、固定子側及び回転子側の改善も必要。



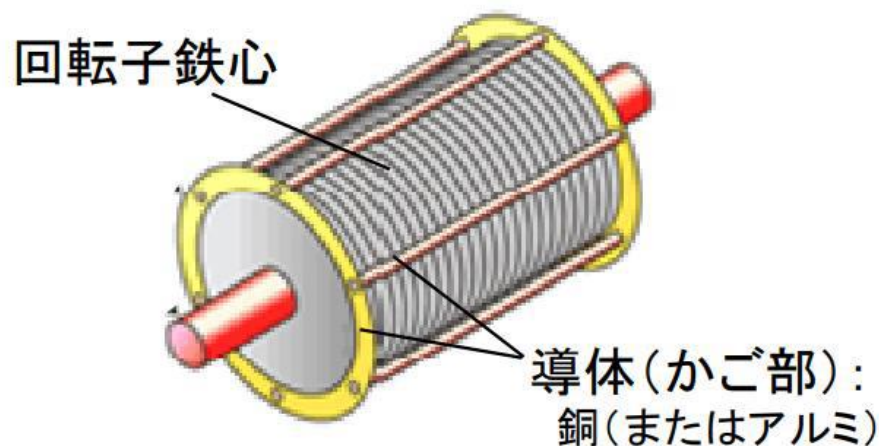
・固定子側での改善例

- ① **導体断面積の増加**：導体（コイル）を、より多く納められるよう鉄心のスロット形状を変える等
- ② **巻線端長さの短縮**：巻線成形寸法を短縮し抵抗を小さくする等
- ③ **巻線占有率の向上**：鉄心スロット内のコイル量を増やす等



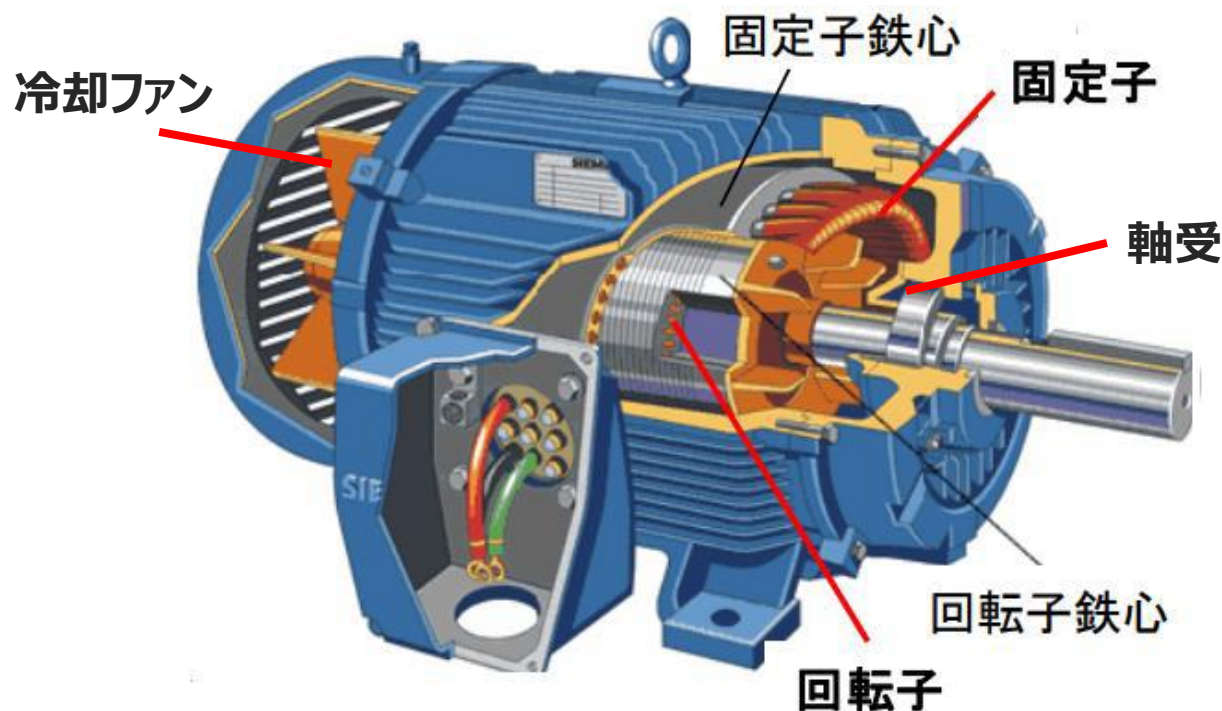
- 回転子側での改善例

- ① **導体断面積の増加**：導体（かご部）の占有率を上げるよう鉄心の形状を変える、かご部のアルミの充填率を上げる等
- ② **回転子の溝絶縁処理、熱処理**：導体と鉄心間の絶縁性能を高める等



(3) 機械損の改善例

- ① **風損の改善**：冷却ファンの外径を小さくし、風損を小さくする等
- ② **摩擦損の改善**：軸受の封入グリースを変更し、摩擦損を小さくする等

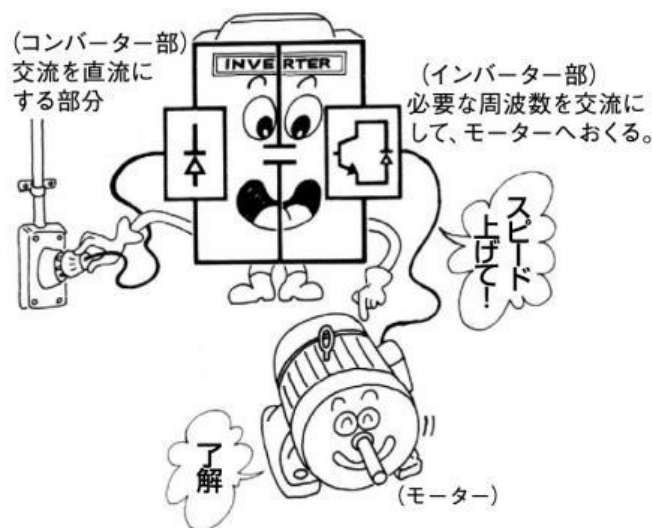


- モータメーカー各社は、IE3よりも効率の高いIE4やIE5レベルの開発に取り組み、ラインアップを増やしてセットメーカー製品の高効率化・高付加価値化に貢献するモータを提案している。
- IE5レベルの同期リラクタンスモータ、永久磁石同期（PM）モータ、アモルファスモータなども市場投入されており、省エネやカーボンニュートラルを追求するユーザーニーズに応える。
- インバータメーカーは使い勝手の向上や機能の充実を図っている。工具を使わずに配線できたり、モバイル端末から設定・メンテナンスができたりするようになった。制御盤レスやPMモータ駆動なども実現している。ファンやポンプ、エレベーターなどの用途に特化した制御機能も内蔵する。
- また、インバータ内部のスイッチング素子に炭化ケイ素(SiC)パワーデバイスや窒化ガリウム(GaN)デバイスを採用したり、レアアースを使わない同期リラクタンスモータやアモルファスモータへ対応したりするなど、さらなる高効率化や省エネ化を目指す。

カーボンニュートラルの実現に貢献するインバータ

- 汎用インバータは、社会インフラ・ものづくり・生活関連機器と幅広い分野で適用されている。適用用途も省エネ効果の高いファンやポンプの駆動から、通信ネットワークに適応し高付加価値を実現した機械・装置まで多岐に亘り、省エネルギー化や生産効率アップを図る事が可能である。

① モーターの速度を自由に変えて制御できる

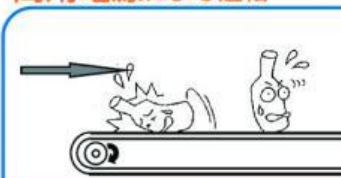


インバーターの導入メリット

図表はすべて
日本電機工業会「INVERTER2023-2024
持続可能な社会に貢献するインバータ」パンフレットより

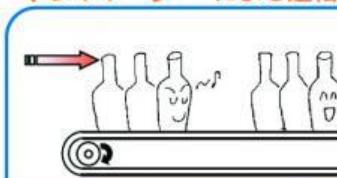
② ソフトスタート・ストップとモーター始動時の電源容量の低減を統合。振動・過重の負担軽減で設備の故障率低下、信頼性向上

商用電源による運転



スタート、ストップの
ショックが大きく荷物が転倒

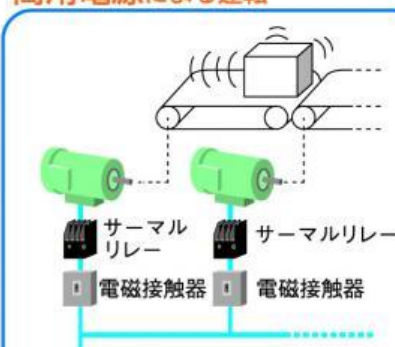
インバーターによる運転



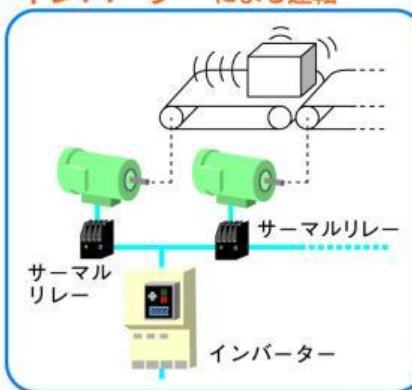
ソフトスタート、
ソフトストップで荷崩れ防止

③ 複数台のモーターを制御できる

商用電源による運転

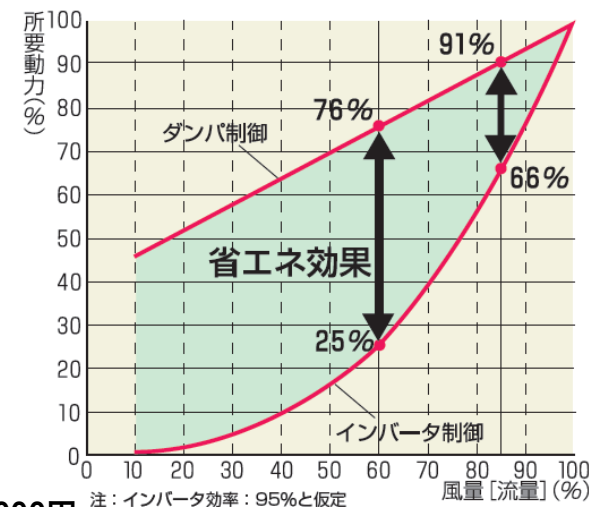


インバーターによる運転



インバータの省エネ計算例

- ファン・ポンプを、ダンパ（バルブ）制御またはインバータ制御で運転する場合、風力（流量）と、所要電力の関係は、右図 のようになっている。
- 風量（流量）が、少ない場合は、特に省エネルギー効果が大きくなる。



事務所空調設備での省エネルギー効果は以下となります。

11kW(200V)×1台

機器・商用切替回路一体形盤製作・納入据付・ケーブル接続・試験費込み税抜金額1,700,000円

運転パターンを風量：85%：1200時間、60%：1200時間の合計2400時間/年、電動機出力：11kW×1台と仮定

●ダンパ（バルブ）制御の場合の所要動力量（A）

モータ11kW × 所要動力91% × 運転時間	：風量85%	モータ11kW 所要動力76%	× 運転時間	：風量60%	動力量合計(kWh/年)
	12,012		10,032		22,044

●インバータ使用の場合の所要動力量（B）

モータ11kW × 所要動力66% × 運転時間	：風量85%	モータ11kW × 所要動力25%	× 運転時間	：風量60%	動力量合計(kWh/年)
	8,712		3,300		12,012

●年間の省エネルギー効果(kWh/年)：(A)-(B)

10,032

●電力料金を23円/kWhとした時の節約効果(万円)

23.1

●設備償却年数

7.4

●年間のCO₂削減量(kg-CO₂/年)

※CO₂排出係数=0.436（2023年9月 電気事業低炭素社会協議会）

4,374

●年間のCO₂削減効果

45.5%

東京都千代田区一番町17-4 (〒102-0082)

一般社団法人 日本電機工業会 (JEMA)

技術戦略推進部 重電・産業技術課

小川 晋 (Susumu OGAWA)

TEL: 03-3556-5884 FAX: 03-3556-5890

e-mail: susumu_ogawa1@jema-net.or.jp