

40

回

優秀省エネ機器・システム

令和2年度受賞機器の概要

経 済 産 業 大 臣 賞
資 源 エ ネ ル ギ 一 庁 長 官 賞
日 本 機 械 工 業 連 合 会 会 長 賞



一般社団法人 日本機械工業連合会



競輪の補助事業 この事業は、競輪の補助により実施しました。

<https://jka-cycle.jp>

当連合会が経済産業省の後援をうけ実施しております優秀省エネルギー機器・システム表彰制度は、今回で40回目を迎えました。

本制度は、今回から新たにCO₂排出抑制技術に関わる機器・システムも表彰の対象に加え、優秀な産業用の省エネ機器・システム、またはCO₂排出抑制に効果的な機器・システムを開発、実用し、エコ社会の推進に貢献していると認められる者及び企業、団体に対して、経済産業大臣賞、資源エネルギー庁長官賞、中小企業長官賞、日本機械工業連合会会長賞を授与、表彰し、その一層の開発を促進することを目的として実施しています。

令和2年度は、受付期間令和2年4月13日から7月17日までの間に、全国から21機器の応募がありました。これらの応募機器については、当連合会内に設置した優秀省エネ機器・システム審査特別委員会（委員長・松本洋一郎 東京理科大学学長）および幹事会（幹事長・松野建一 一般財団法人先端加工機械技術振興協会理事長、日本工業大学理事）において慎重に審査を重ね、特に優秀と認められる機器・システム10件を選定しました。

この冊子は、令和2年度に特に優秀なものとして表彰された経済産業大臣賞1機器、資源エネルギー庁長官賞2機器、日本機械工業連合会会長賞7機器の概要、技術的特徴および効果、用途等を中心に集録・紹介したものです。

各位の今後の省エネルギーの推進、CO₂排出抑制の活動にご活用いただければ幸甚に存じます。

令和3年2月

一般社団法人 日本機械工業連合会

— 目 次 —

受賞機器・システムの選定理由 5

【経済産業大臣賞】

流体軸受式小型といし軸搭載 CBN カムシャフト研削盤 (GC20S/GL32S) 10

●株式会社ジェイテクト

【資源エネルギー庁長官賞】

かしめレスコアを用いた小型、省資源化 AC サーボモータ (HK シリーズ) ... 14

●三菱電機株式会社

蓄熱体燃焼筒内蔵型タイルレス高速リジェネバーナ (IREG2) 18

●Daigas エナジー株式会社

●大阪ガス株式会社

【日本機械工業連合会会長賞】

除鉄機能・温度制御装置付ドレン吸引回収装置 (エコモルダー)

及び熱回収システム 22

●株式会社ビクター特販

デュアルコンプレッサー制御式 (DCC) 縦型産業用冷凍庫 W1200 タイプ 26

●フクシマガリレイ株式会社

R290 対応多用途冷却装置用凝縮器ユニット (MJA 形) 30

●三菱電機冷熱応用システム株式会社

●三菱電機株式会社 静岡製作所

運転時 CO₂ 排出ゼロの水素燃料貫流蒸気ボイラ (SI-2000-H2) 34

●三浦工業株式会社

ダイレクトドライブ方式送風機採用の産業用途向け高効率設備用 パッケージエアコン（ファシレア DD）	38
●三菱電機株式会社	
ユーティリティ流体管理 無線ネットワークシステム（Link920）	42
●株式会社オーバル	
バイオマス発電施設 CO ₂ 供給設備（t-CarVe）	46
●株式会社タクマ	

【経済産業大臣賞】

流体軸受式小型といし軸搭載 CBN カムシャフト研削盤 (GC20S/GL32S)

自動車の主要部品であるカムシャフトの仕上げ研削で使用される“といし”は低摩擦・長寿命化が進められ、高速研削が可能になることで、自動車生産台数の増加に対応してきたが、“といし軸”の高周速化により研削盤の消費エネルギーが増大してきた。また、生産現場からは生産設備自体の小型化の要求も根強くある。申請者は、研削盤の消費エネルギーとスペースに影響する“といし軸”に対して、省エネ、小型化につながる技術を開発した。

“といし軸”の基本性能である剛性と負荷容量は軸を支える流体軸受の面積や供給油圧を上げることで向上するが、軸受面積の増加により軸受のエネルギー損失は増大する。この問題を解決するために、申請者は、従来の給油ノズルに代わるダイアフラムを用いた油量受動制御給油によって軸受剛性を向上させ、更に、軸受ポケット内の流れを整流化することによって軸受損失を低減する技術を開発した。

これらの技術を用いて“といし軸”の軸受を小型化するとともに、“といし軸”の駆動をベルトドライブ方式からモータと直結するダイレクトドライブ方式に変更することで、従来比 24%の省エネを実現するとともに、研削盤のフロアスペースも 35%削減出来たことが高く評価出来る。

【資源エネルギー庁長官賞】

かしめレスコアを用いた小型、省資源化 AC サーボモータ (HK シリーズ)

様々な産業機械の駆動に用いられるサーボモータは、ものづくりのグローバル化に伴い、ますます小型化、高性能化、ラインアップの拡充が求められている。申請者はモータ設計とその製造工程の両面からの工夫により銅損や鉄損の低減を図り、従来に比べ大幅に小型化したサーボモータを開発するとともに、モジュラ設計を行うことで部品点数の削減を実現し、ラインアップの拡大を図った。

従来構造のモータのステータコアでは、“かしめ”締結した箇所を積層した鋼板間に短絡による渦電流が発生し鉄損の増加を招いていたが、申請製品では“かしめ”を行わずにステータコアを積層・固定する方法を開発・適用し、鉄損を約 25%低減した。更に、ステータとロータ間の磁気ギャップを従来の 1.5mm から 0.5mm に短縮することで銅損も約 30%低減した。この磁気ギャップ短縮により増加するトルクリプルに対しては、2 段のダミースロットで低減する方法を開発した。

これらの技術を適用した結果、モータ効率を 0.6%～3.5%向上させるだけでなく、磁石を 20%～30%、銅（電線）を 20%～40%、鉄を 35%～60%それぞれ低減し、小型化、省資源化を実現したサーボモータを開発したことが高く評価できる。また、このサーボモータは、部品共通化、一般流通材の適用でグローバルな生産に対応できる設計としている。

【資源エネルギー庁長官賞】

蓄熱体燃焼筒内蔵型タイルレス高速リジェネバーナ（IREG2）

リジェネバーナは、蓄熱部を有する2台のバーナを短時間に交互に燃焼させることで、排気の熱量を蓄熱部に回収し、燃焼空気の予熱に利用する省エネ機器である。しかしながら、蓄熱部があるためバーナ本体が大きくなり、広い設置スペースが必要であった。更に、NOxを低減するために、十分な燃焼空間も必要であった。そのため、設置スペースが狭い炉、燃焼空間の狭い炉、小容量炉ではリジェネバーナの適用が困難であったが、申請者は、蓄熱体と火炎形状を変更することでこれらの課題を解決し、コンパクトで低NOxを実現した小容量のリジェネバーナシステムを開発した。

一般に蓄熱体にはアルミナボールが用いられているが、申請者は、それよりも表面積率が高いセラミック多孔体を採用し蓄熱体を小型化し燃焼筒内に蔵した。これにより、炉外へのバーナの張り出しを減らし設置スペースを縮小した。また、高速の予熱空気で直進炎を形成し、火炎噴流による排ガスの巻き込みで火炎温度を低減するとともに、ガス吐出速度を下げることでガスと空気の急激な混合を抑制し低NOx化を達成した。更に、この高速の直進炎により炉気を攪拌し、炉内温度分布を均一化することが可能となり、狭い燃焼空間にも対応できるようになった。

これらの技術により、従来リジェネバーナの適用が出来なかった定格燃焼量58kW機、116kW機のような小容量機に対しても適用が可能となり、汎用バーナ機に比し25%効率が向上したことが高く評価できる。

【日本機械工業連合会会長賞】

除鉄機能・温度制御装置付ドレン吸引回収装置(エコモルダー)及び熱回収システム

クリーニング・リネンサプライ業界では、ボイラで加熱した120～180℃の蒸気を熱源として、乾燥やプレスアイロンなどを行っているが、使用後は概ね100℃程度の気液混合の熱水を廃棄している。申請者は、この廃棄熱水から熱回収し温度制御した温水を作り、温水洗濯機やボイラに供給するシステムを開発した。

本システムは、乾燥機、プレスアイロンからの熱水（ドレン）をボイラ用給水の加熱と温水洗濯機用給水の加熱に使用している。ドレン滞留によるトラブルを防ぐために真空吸引によるドレン回収を行うとともに、ドレン回収口に永久磁石を設置しドレンに含まれる鉄さびを除去している。また、ドレン配管内では、上部に蒸気の層があり下部は鉄さびを含んだドレン水の層となっているため、温水洗濯用給水の加熱槽ではドレン配管上部の蒸気だけを吸引して給水を加熱するラインを設置し、鉄さびを含んだドレン水による加熱を減らすことで、洗濯衣類の鉄さびの付着トラブルの防止を図っている。

本装置の適用により、ボイラ燃料費11%程度の削減や工場の建屋外に排出されるフラッシュ蒸気の低減等の事例から高く評価できるシステムである。

デュアルコンプレッサー制御式 (DCC) 縦型産業用冷凍庫 W1200 タイプ

食品工場や外食産業などで使用される冷凍庫は、冷蔵庫や冷凍冷蔵庫に比べて消費電力が大きい機器である。冷凍庫の消費電力の内訳は、圧縮機で 50%、除霜で 22%、防露ヒータで 18%であり、これらで消費電力の 90%を占めている。申請者はこれらの部分の消費電力の削減対策を積み重ね、トップランナ基準で 160%を超える省エネ型の冷凍庫を開発した。

申請者は、メインとサブの 2 台の一定速圧縮機を持ち、冷凍負荷に応じてこの 2 台を使い分ける省エネ冷凍技術 DCC (Dual Comp. Control) をショーケース向けに開発しているが、メイン側にインバータ圧縮機を採用することで更に圧縮機の省エネ効果を高めた。また、扉開閉が多く着霜が多い時にはヒータによる除霜を行うが、扉開閉が少なく着霜が少ない時にはヒータ通電をせずに庫内ファンモータの風により除霜を行うデマンド除霜制御を開発し、除霜による消費電力の低減を図った。更に、扉パッキンと本体との隙間を小さくし、空気層を設けた形状の扉パッキンに変更することで、庫内空気の漏洩を低減し、防露ヒータの使用電力の低減を図った。

冷凍機の入替インターバルが約 10 年であるため、10 年前の従来機とこれらの技術を適用した冷凍庫を比べると消費電力を 49%低減したことが高く評価できる。

R290 対応多用途冷却装置用凝縮器ユニット (MJA 形)

冷凍空調機器では、温暖化防止のために低 GWP (地球温暖化係数) 冷媒への転換と省エネのための高効率化が求められている。低 GWP 冷媒への転換としては CO₂ (GWP=1) で製品化されているが、効率面では代替フロンの R410A (GWP=2090) には及ばず、低 GWP 化と高効率化の両立が難しかった。この問題を解決するために、申請者は、低 GWP で理論効率と設計圧力の点でも R410A より優れる R290 (プロパン、GWP=3.3) を用いた冷却装置用凝縮器ユニットを開発した。

R290 は可燃性冷媒であり安全確保のために小冷媒量で冷凍サイクル (圧縮機→凝縮器→蒸発器→圧縮機) を成立させる必要がある。少冷媒量、かつ、広い運転範囲で圧縮機を高効率で運転可能とするため、低背高の縦置形のツインロータリー圧縮機を開発した。また、従来圧縮機に使用されてきた冷凍機油は電気絶縁性の高い鉱油やエステル油で、R290 との溶解性が高く封入冷媒量が多くなるという欠点があったが、R290 自体の電気絶縁性が高いことを考慮して、R290 との溶解性が低い PAG (ポリアルキレングリコール) を冷凍機油として採用することで、更に冷媒量の低減が可能となった。

これらにより、冷媒量が 150g という小量での冷凍サイクルを成立させることができ、従来の CO₂ 冷媒機種に比べ、消費電力を 59%~72%削減できたことが高く評価出来る。この冷却装置用凝縮器ユニットはコンパクトで、保冷库、プレハブ冷蔵庫、制御盤クーラ、ショーケースなど、多種多様な冷熱応用機器にパッケージモジュールの形で組込が可能であり、今後産業用製品に多く適用されることが期待できる。

運転時 CO₂ 排出ゼロの水素燃料貫流蒸気ボイラ (SI-2000-H2)

か性ソーダの製造プロセスでは副生ガスとして水素が発生する。同プロセスでは、A 重油ボイラも使用されており、このボイラを水素燃焼ボイラに置き換えることにより、CO₂ 排出を抑制できる。この実現のため、申請者は水素 100%を燃料とする貫流ボイラを開発した。

水素の燃焼は火炎温度が高く NO_x が増加する問題があったが、燃焼排ガスを炉内に再循環させることで火炎温度を下げ NO_x の増加を抑えた。また、水素を安全に取り扱うために、以下の 3 つの対策を実施した。①水素は燃焼速度が速く、燃料配管中を火炎が戻る逆火現象が発生する懸念があるため、波板式の逆火装置フレームアスタを設置した。これは、火炎が戻る箇所の流路を狭くして、金属の波板に熱を奪わせて失火する仕組みとなっている。また、②水素は少量の空気でも燃焼が可能のため、ボイラの燃焼停止時に空気が流入する水素配管に水素が残留しないようにする必要がある。このため、水素配管にある燃料遮断弁から下流の配管に水素が残留しないよう窒素でパージする機能を組み込んだ。更に、③屋外仕様として、水素の漏洩があった場合にも、水素が上方へ拡散しやすくしている。

これらの技術により、水素 100%を燃料とする貫流ボイラを開発したことが高く評価できる。この水素燃料ボイラは、今後ともソーダ業界をはじめ副生水素が発生する工場向けに継続的な販売が期待できる。

ダイレクトドライブ方式送風機採用の産業用途向け高効率設備用パッケージエアコン (ファシレア DD)

製造業で使用される設備用パッケージエアコンでは、従来、夏場のピーク電力を抑える目的から、エネルギー消費効率 (COP) が重要視されていたが、2006 年省エネ法改正後は、通年エネルギー消費効率 (APF) も重要視されている。申請者は、熱交換器性能の向上と低～中負荷領域での圧縮機の高効率化により、通年エネルギー消費効率 (APF) を改善した設備用パッケージエアコンを開発した。

当該製品では従来品に比べ、熱交換器の伝熱管の細管化と通風部のスリットフィンの形状を最適化し、熱交換器性能を約 10%改善した。また、スクロール圧縮機では、組込容積比の改善とモータの銅損低減により、低～中負荷領域の運転効率を約 2～7%改善した。更に、ファン駆動方式をプーリー・ベルト方式からモータ直結のダイレクト駆動方式に変更し、メンテナンス性の向上も併せて行った。ダイレクト駆動方式ではモータのトルクアップが必要となるため、20 馬力以下の主力機種に関しては、汎用モータの容量アップでは外径寸法の制約から対応できなかったが、小型の DC ブラシレスモータを開発したことにより、20 馬力以下の機種にもダイレクト駆動方式が適用可能となり、設置スペースを約 15%削減することが可能になった。

これらの技術を適用し、20 馬力機種では、冷暖平均 COP を維持しながら、APF は 2.4 から 3.6 と大きく改善するパッケージエアコンを開発したことが高く評価できる。

ユーティリティ流体管理 無線ネットワークシステム (Link920)

工場などで、水、圧縮空気、蒸気などのユーティリティ流体をきめ細かく管理することは省エネを推進する上で重要である。これを実現するには、「いつ」、「どこで」、「だれが」、「どのように」ユーティリティ流体を消費しているかを可視化するために、多くの流量計の設置とそれらの遠隔管理システムへの接続が不可欠である。しかしながら、遠隔管理システムに流量計を接続するための通信や電源のケーブル敷設は高価なため、「現場表示のみ」の流量計に頼らざるを得ない場合が多く、そのために省エネが進まない設備も多い。申請者は、ユーティリティ流体のきめ細かい管理による省エネを推進するため、「電池駆動式流量計」と「低消費無線通信技術」を組み合わせる方法を開発し、ケーブル敷設が不要な遠隔管理システムとの接続を実現した。

流量計測を長時間電池で行うためには、計測結果を連続的ではなく間欠的に無線通信する必要があるが、間欠的な流量計測では誤差が発生する。そこで、流量計測は流量計内部で「計測の連続性」を維持しながら、計測結果は間欠的に無線通信する方式を開発した。また、無線は、低消費電力で広範囲に適用でき回折性に優れる920Hz帯を採用した。更に、遠隔監視のためのモニタリングツールを備えることで、パソコン、タブレット、スマホからの監視をも可能とし利便性の向上を図った。

これらの技術により、安価で簡単なユーティリティ流体計測の遠隔管理システム接続の手段を開発したことが高く評価できる。尚、大手自動車部品メーカーで計測した圧縮空気の漏れ量から、本手法による流量管理を適用した場合の省エネ効果を試算したところ、年間使用電力量を約325MWh削減でき、費用回収年も1.4年程度と短いことが確認できている。

バイオマス発電施設 CO₂ 供給設備 (t-CarVe)

農作物にCO₂を供給して生育を促進させる技術は、国内でも大型のグリーンハウスで適用され、その効果が確認されている。申請者はバイオマスボイラ・排ガス処理技術を有しており、グリーンハウスへの供給を目的としたバイオマス由来のCO₂供給設備を開発した。

バイオマス燃焼排ガス中には、グリーンハウス内の作物や作業者に有害となる成分が含まれているため、開発されたシステムでは、発電施設の排ガス成分の内、酸性ガス、CO、NO_x等を浄化し、各有害成分を許容濃度以下まで除去した後、温度制御しグリーンハウスに供給する設備としている。本システムは2016年の実証試験を経て、SARAパワー発電所(岡山県、株式会社サラ殿)に納入されており、2019年4月より隣接する11haのグリーンハウスにCO₂を定格2.75t-CO₂/h供給している。

この技術は、バイオマス発電所から出る排ガスを浄化して、グリーンハウスにCO₂を供給する技術で、比較的安価にグリーンハウスにCO₂を供給できることが高く評価できる。尚、SARAパワー発電所で発生する電気、熱も隣接するグリーンハウスで利用され、CO₂の利用と合わせて、バイオマス・トリジェネレーションシステムが構築されている。

【経済産業大臣賞】

流体軸受式小型といし軸搭載 CBN カムシャフト研削盤（GC20S/GL32S）

株式会社ジェイテクト
大阪府中央区

1. 機器の概要

株式会社ジェイテクトでは、1960年代よりエンジンの主要部品であるカムシャフトの仕上げ研削工程を担う研削盤を製造・販売し、国内外合わせて2,000台以上の納入実績を有する。一方、近年では、カムシャフト研削盤に対する更なる省エネ化・小型化の要求が高まっている。カムシャフト研削盤に搭載されている流体軸受式といし軸は、カムシャフト製造（仕上げ研削）に関わる消費エネルギーの70%以上を占めかつ、機械設置スペースに大きな影響を及ぼす。このといし軸の流体軸受について、2014年より省エネ化・小型化に関する技術開発を開始した。そして、2019年にそれらの技術を適用した、流体軸受式小型といし軸搭載 CBN カムシャフト研削盤（GC20S/GL32S）を商品化した（図1）。当該機器は、図2に示す流体軸受式小型といし軸の採用により、従来比24%のエネルギー削減を達成した。



図1 CBN カムシャフト研削盤
（GC20S/GL32S）

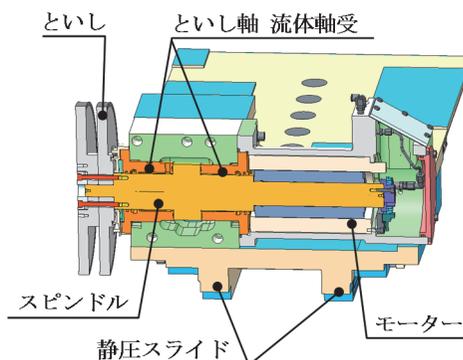


図2 流体軸受式小型といし軸

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

流体軸受式といし軸は回転時、軸受部で油の連れ回りによる回転抵抗が生じ、その損失は軸受面積の増大によって増加する。そのため、軸受面積は小さくすることが望ましいが、軸受性能は低下してしまう。この背反する省エネ性と生産性を両立するため、軸受小型化（面積縮小）による低損失化に向け、軸受単位面積当たりの（1）軸受剛性向上及び、（2）軸受損失低減の技術開発に取り組んだ。

（1）軸受剛性向上技術

流体軸受はポンプによって加圧した油を可動体と固定部（軸受部）間に供給することで、可動体を非接触で支持する軸受である。図3に示すように、可動体に外力が負荷される（軸受内の流体圧力が増大する）と、「絞り」と呼ばれる流量調整機構により流量が変化することで、可動体-軸受間のすきまが変化し可動体を保持する。つまり、軸受性能は「絞り」の特性に大きく影響するため、流体軸受にとって重要な要素となる。

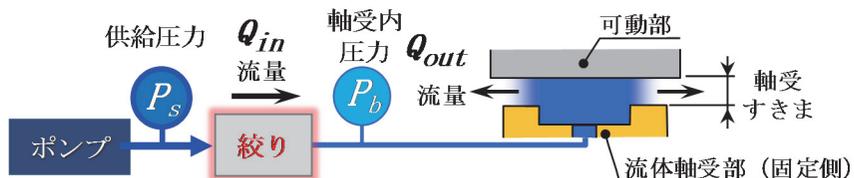


図3 流体軸受の基本構成

今回、新たに開発した『油量受動制御方式』では、「絞り」部分にダイアフラムを用いたことを特徴とする（図4）。軸受内圧力が変化した場合、ダイアフラムは弾性変形を生じ、「絞り」部のすきまは受動的に変化する。このすきま変化量を各種設計値にて調整することで、最適な流量特性（高剛性）を得ることができ、単位面積当たりの剛性を7倍向上させることが可能となった。

項目	従来方式	油量受動制御方式
概略図	ノズル(固定絞り)	ダイアフラム 可変絞り部
絞りの強さ	一定	ダイアフラムたわみ量で変化
流量特性		 設計仕様で、 様々な流量特性 が得られる

図4 流体軸受の「絞り」方式の比

(2) 軸受損失低減技術

軸受損失低減に向け、最新の流体解析により軸回転に伴う流体軸受内の流体挙動の定量把握を行った。その結果を図5に示す。流体軸受内においては、スピンドルの回転に伴う速い流れ（順流）と逆行する遅い流れ（逆流）により、急激な流体の速度変化（抵抗）が生じていることが判明した。この流体の急激な速度変化（抵抗）を低減するため、順流・逆流の境界位置を分離する、新たな軸受構造（整流島構造）を開発し、24%の損失低減（軸受単体）を実現した。

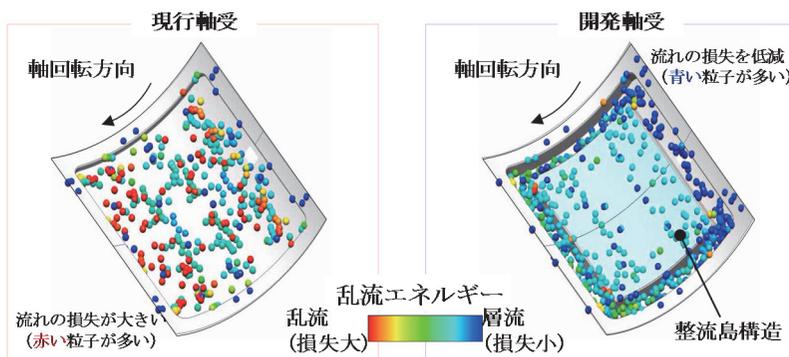


図5 流体解析による流体損失低減効果

上記の技術開発 (1) (2) により、といし軸として大幅な小型・軽量・低損失化を実現した。また、といし軸を搭載し機械内を移動するといし台についても、といし軸の小型・軽量化及び軸受剛性向上技術の波及効果によって、小型化・軽量化を実現し、移動体としての運動性能の大幅な向上も実現した (図6)。

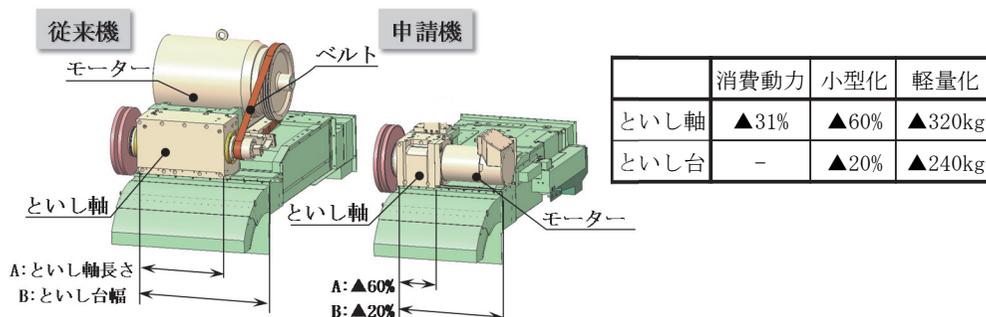


図6 技術開発による小型・軽量化、低損失化、運動性能向上の効果

2.2 効果

(1) 省エネルギー性能

当該機器は、カムシャフト 1 本あたりの製造（仕上げ加工）において、**図 7** に示すように、従来比 24%のエネルギー削減を達成した。また、工場設備としての消費エネルギー（空調、照明など）について、従来機に対し、35%のフロアスペース削減を実現できたことで、8%のエネルギー削減効果が得られ（当社の工場設備消費エネルギーをモデルとした場合）、工場自体の省エネ化にも貢献する。

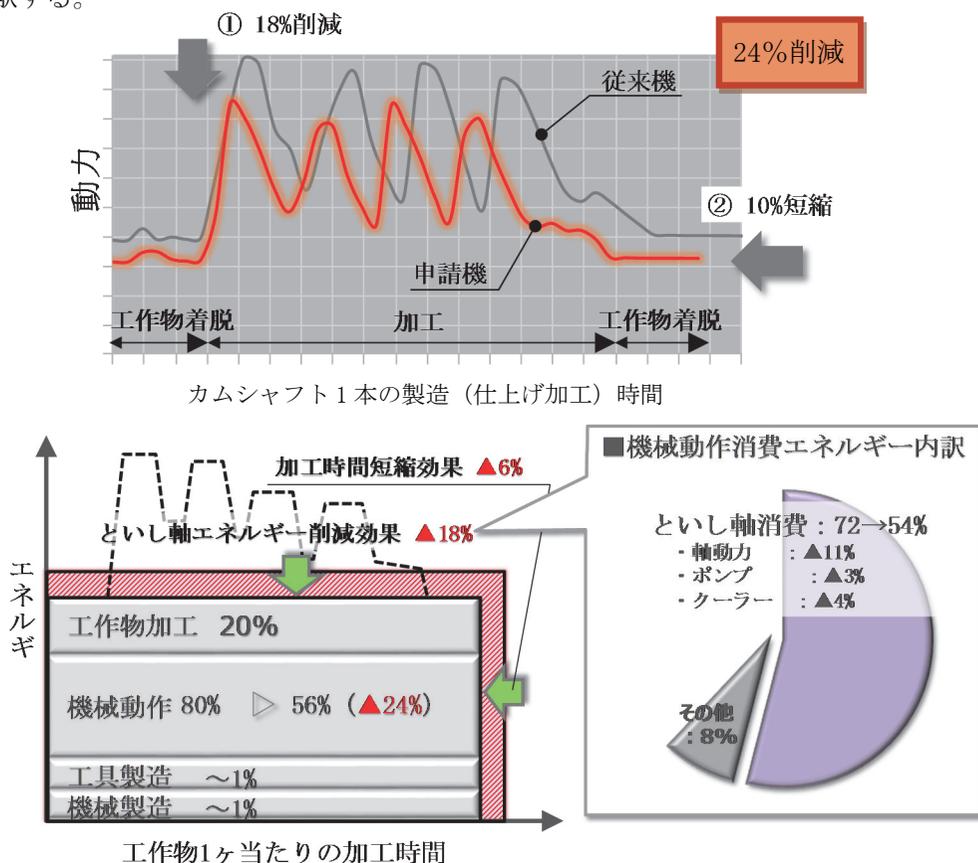


図 7 当該機器の消費エネルギー削減効果

3. 用途

本技術を適用した小型としいし軸を搭載したカムシャフト研削盤を国内外の自動車エンジン製造工場に提案するとともに、本技術を他の工作機械への展開も図り、自動車製造時の省エネ化、環境負荷低減に貢献する。

【資源エネルギー庁長官賞】

かしめレスコアを用いた小型、省資源化 AC サーボモータ (HK シリーズ)

三菱電機株式会社

東京都千代田区

1. 機器の概要

近年、ものづくりのグローバル化が進み、サーボモータへの要求は多様化している。それに対応するには、従来からの機能・性能面の強化や継承性に加え、ラインアップ拡充や付加価値となる機能の追加が必要である。そこで、従来の当社サーボモータ「HG シリーズ」から高性能化（省エネ化）、大幅な小型化（省資源化）、バッテリーレス絶対位置エンコーダ標準搭載や大幅なラインアップ強化を実現した新型サーボモータ「HK シリーズ」（図1）を開発した。

モータの高性能化（省エネ化）は、かしめレスコアの採用、磁気ギャップ短縮による損失の低減で実現し、その結果、従来比で最大 20%の小型化（20%～60%程度の省資源化）を達成、業界最小クラスの高性能、高機能サーボモータを開発した。

新型サーボモータ HKシリーズ

分解能26ビット
バッテリーレス絶対位置エンコーダ
(加速度センサ搭載)

ワンコネクタ



従来(HG)比で全長
最大20%の小型化



図1 サーボモータ HK シリーズ外観

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

新型サーボモータ「HK シリーズ」の開発にあたっては、市場からの要求が高いモータの高性能・小型化（省エネ化、省資源化）、ラインアップ拡充、高付加価値化（バッテリーレス化、省配線化など）を実現している。

2.1.1 高性能・小型化

モータ高性能・小型化のためには、①放熱性の向上、②損失（銅損、鉄損）の低減が必要である。HK シリーズでは、②の損失低減を実現するために、かしめレスコアを採用することで、従来のかしめ固定と比較して、平均 25%の鉄損低減を実現した。図 2 (a) に示すようなかしめは、コアの固定方法として一般的であるが、かしめの締結箇所で渦電流が発生し、鉄損が増加する。HK シリーズでは、コアを固定する新しい工法開発により、図 2 (b) に示すようなかしめレスコアを実現した。図 3 に示すように磁気ギャップを短縮し、銅損を従来比で約 30%低減した。磁気ギャップ短縮は銅損が低減できる一方で、コギングトルクが増加する。コギングトルクは外乱要因となるため、サーボの高性能化のためには、小さくすることが望まれる。HK シリーズでは、磁気ギャップ短縮によるコギングトルク増加の課題に対して、図 4 に示すような 2 段ダミーロットを採用することで、コギングトルク低減と銅損低減を両立した。ステータティース先端に切欠き状のダミーロットを設ける手法はコギングトルク対策の一つとして一般的である。しかし、通常のダミーロットの場合、複数の要因に対して同時に対策することは困難である。2 段ダミーロットでは、1 段目と 2 段目の幅を個別に設計することで、複数要因への対策が可能となり、より高いコギングトルク低減効果を得られる。

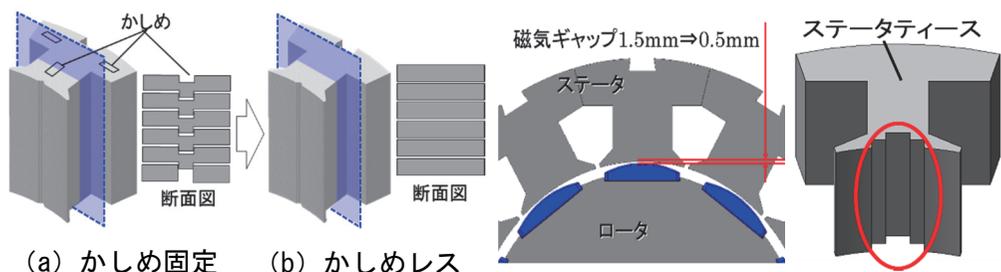


図 2 ステータコア固定方法の比較

図 3 モータ断面構造

図 4 コア形状

2.1.2 ラインアップ拡充

HK シリーズではモジュラデザインにより部品数を削減し、従来に比べ機種数を 58 機種から 78 機種に拡充した。さらに、1つの機種で AC200V・400V 両方の電源電圧のサーボアンプに対応する電圧ワイドレンジモータ駆動（図 5）やサーボアンプとの組合せ拡充による最大トルクアップ（図 6）により、全体で約 270 パターンのトルク特性を実現した。

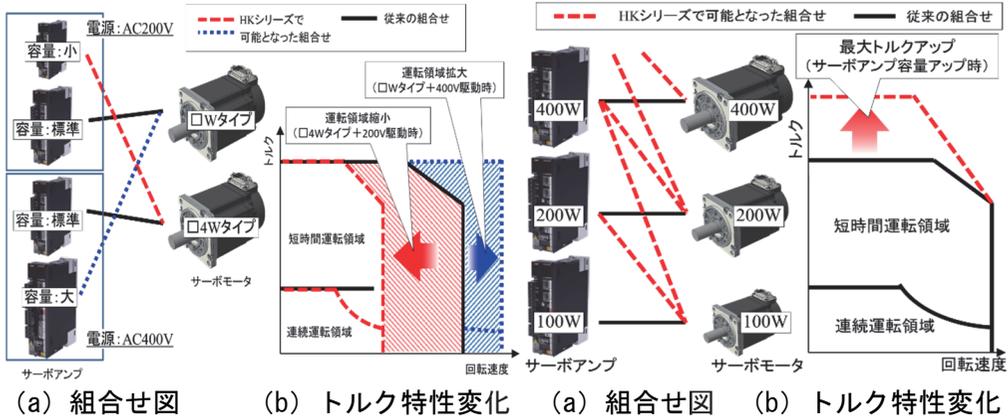


図 5 電圧ワイドレンジモータ駆動

図 6 サーボアンプとの組合せ拡充

2.1.3 バッテリレス化

バッテリレスの方法は、当社独自の自己発電方式を採用した。自己発電方式は図 7 に示すように、モータ軸端に取り付けられた磁石の磁界変化で発電素子から発生するパルスによって位置を検出し、そのパルス電力を活用して不揮発メモリへ位置を記録する。発生するパルス波形と組合せの最適化や低速時の電圧を考慮した回路構成、専用 ASIC を開発することで、駆動条件によらず約 10 年程度の位置検出、記録を可能とした。また、①光学系の検出方式を折返し方式から反射方式へ変更（図 8）、②磁気／光学の複合円板と専用 ASIC の双方信号処理により、使用部品を最小限に留めたバッテリレス絶対位置エンコーダを実現した。

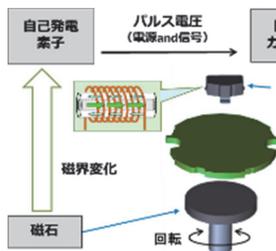


図 7 バッテリレス検出原理

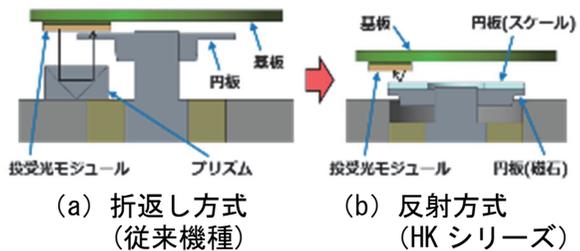


図 8 光学系検出方式の最適化

2.2 効果

HK シリーズは従来機 (HG シリーズ) から各種施策により損失低減を実施し、モータ効率を改善した (表 1)。また、大幅な小型化を実現し、主要材料 (磁石、銅、鉄) 使用量を図 10 のように大幅に削減した。バッテリーレス絶対位置エンコーダを搭載し、バッテリーの交換作業や在庫管理が不要となり、メンテナンスコストを削減可能とした。

表 1 モータ効率比較 (中容量)

モータ出力	0.5kW	1.0kW	1.5kW	2.0kW	3.5kW
従来機 HG シリーズ	84.5%	88.0%	91.0%	88.6%	93.0%
HK シリーズ	85.2%	89.9%	91.7%	92.1%	93.6%

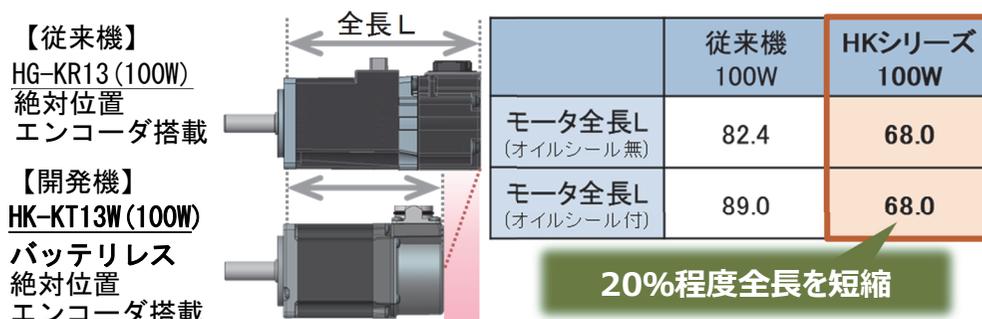


図 9 100W モータ全長 (従来機比較)

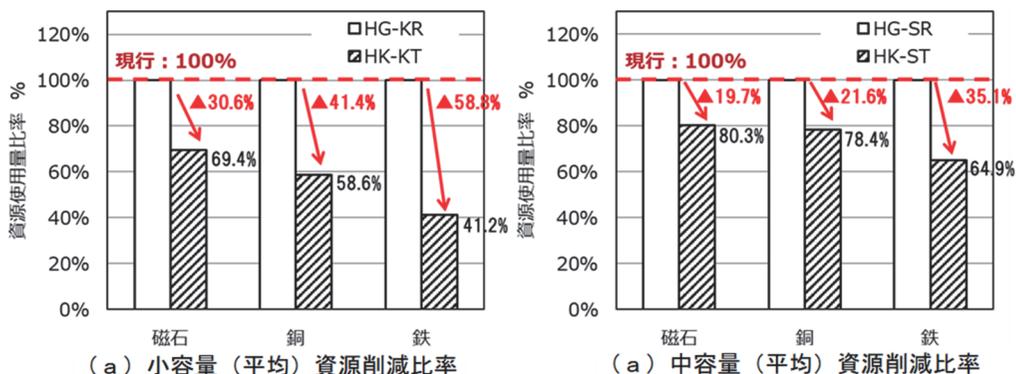


図 10 主要材料使用量 (従来機比較)

3. 用途

新型 AC サーボモータ「HK シリーズ」は、高性能・小型化、ラインアップ強化、バッテリーレス絶対位置エンコーダ標準搭載、電源・エンコーダ複合 ONE タッチロックコネクタ、サーボアンプとの組合せ拡充といった特長により、最適なモータを提案し、幅広い産業機械装置のスマートな装置構築に貢献する。

【資源エネルギー庁長官賞】

蓄熱体燃焼筒内蔵型タイルレス高速リジェネバーナ (IREG2)

Daigas エナジー株式会社 大阪市中央区

大阪ガス株式会社 大阪市中央区

1. 機器の概要

リジェネバーナシステムは主に大型の炉で普及が進んできたが、バーナ本体の大きさ、火炎形状、メンテナンス性などの問題から、設置スペースの狭い炉、燃焼空間の狭い炉や小容量の炉への採用には課題があり、一般的にこれらの炉では汎用バーナと熱交換器を組み合わせたシステムが用いられていた。

本機器は、これまで採用に課題のあった炉へリジェネバーナシステムを適応するために、高効率とコンパクト化の両立・高速かつシャープな火炎形状と低 NOx の両立・小容量機種の種類ラインナップ・メンテナンスコスト低減を図ったものである。

小型熱処理炉においては、従来の汎用バーナと熱交換器を組み合わせたシステムよりも 29%の省エネルギーが可能となる。



図 1 IREG2 外観

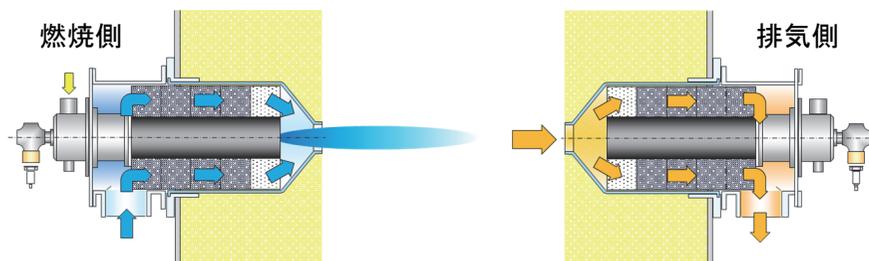


図 2 燃焼空気と排気の流れ

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

(1) 高効率とコンパクト化の両立

蓄熱体に従来のアルミナボールよりも表面積率が高いセラミック多孔体を用いることで蓄熱体を小型化した。また小型化した蓄熱体を燃焼筒に内蔵したことでバーナがコンパクトになり、設置スペースの狭い炉への対応が可能となった。

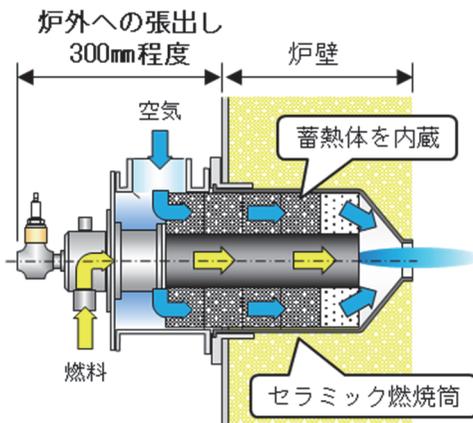
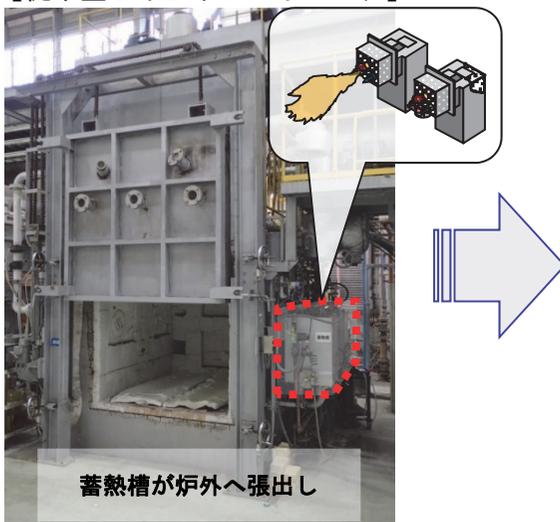


図3 バーナ構造



図4 セラミック多孔体

【従来型ツインリジェネバーナ】



蓄熱槽が炉外へ張出し

【IREG2】



炉外への張出しが小さい

図5 従来型リジェネバーナ設置炉との比較

(2) 高速かつシャープな火炎形状と低 NOx の両立
 燃料と空気の噴出速度の工夫や、自己排ガス再循環燃焼により高速かつシャープな火炎形状と低 NOx を両立できた。これによりピアの高さに制約のある小型台車炉などの、狭い燃焼空間にも対応した。



図 6 火炎形状

(3) 小容量機種ラインナップ

従来のリジェネバーナシステムにはなかった定格燃焼量が 58kW、116kW の機種を開発した。これらの小容量機種でもコンパクト化を図っており、また高速かつシャープな火炎形状と低 NOx を両立できたため、従来の機種では対応できなかった小容量の炉でもリジェネバーナシステムを採用できるようになった。

表 1 ラインナップと仕様

機種		IREG2-50K	IREG2-100K	IREG2-200K
適用ガス種		都市ガス 13A		
定格燃焼量	kW	58	116	233
最高使用温度	℃	1, 150		
標準メインガス量	m ³ /h	5.1	10.3	20.6

※定格燃焼量は低位発熱量基準

(4) メンテナンスコスト低減

従来のリジェネバーナシステムでは、キャストブル耐火材のバーナタイルを用いていたが、経年や繰返し加熱により割れや剥離が発生しやすく、定期的な補修や交換が必要であった。本機器ではキャストブル耐火材のバーナタイルの代わりにセラミック製の燃焼筒を採用したことで耐久性が向上し、部品の交換頻度を下げることができた。

2.2 効果

表 2 に、小型熱処理炉で一般的に採用されている当社従来システム（汎用バーナ+熱交換器）と本機器の、省エネルギー性・CO₂排出抑制効果・経済性の比較を示す。当社従来システムを基準とした場合、省エネ率 29%、年間 CO₂ 排出量 -7.6ton、機器代回収年数 3.1 年となる。

表 2 従来システムとの比較^{※1}

		当社従来システム 汎用バーナ+熱交換器	IREG2
効率		62%	87%
省エネ率		基準	29%
平均ガス量	m ³ N/h	3.84	2.74
年間ガス使用量 ^{※2}	千 m ³ N/年	11.5	8.2
年間 CO ₂ 排出量 ^{※2}	ton/年	26.4	18.8
		基準	-7.6
年間ガス代 ^{※3}	千円/年	956	681
メリット	千円/年	基準	275
機器価格	千円	950 (バーナ+熱交)	1,800 (バーナ+切換弁)
機器代回収年数	年	基準	3.1

※1 当社テスト炉でのテストデータ、都市ガス 13A、空気比 1.2 の場合

※2 年間ガス使用量および CO₂ 排出量は、年間運転時間 3,000 時間、負荷率 50%、CO₂ 排出係数 2.29ton-/千 m³N として算出

※3 想定ガス単価 83 円/m³ として算出

3. 用途

本機器はこれまでリジェネバーナシステムの採用に課題のあった、狭所で使用されるフォークチャージ炉やピット炉、狭い燃焼空間での燃焼が求められる小型の熱処理炉、RX ガス発生炉や鉄鍋式溶解炉などにも採用できるようになった。

今後は、新設炉への導入提案に加え、経年炉、旧型機種や従来熱交換器システムからの更新提案、他燃料仕様のラインナップ拡充を進めていく予定である。

【日本機械工業連合会会長賞】

除鉄機能・温度制御装置付ドレン吸引回収装置 (エコモルダー) 及び熱回収システム

株式会社ビクター特販

大阪府豊中市

1. 機器の概要

クリーニング・リネンサプライ業界では、ボイラで加熱した 120～180℃の蒸気を熱源として、乾燥やプレスアイロンなどを行っているが、使用後は概ね 100℃程度の気液混合の熱水を廃棄している。この廃棄熱水から熱回収し温度制御した温水を作り、温水洗濯機やボイラに供給するシステム開発した。

本システムは、乾燥機、プレスアイロンからの熱水（ドレン）をボイラ用給水の加熱と温水洗濯機用給水の加熱に使用している。ドレン滞留によるトラブルを防ぐために真空吸引によるドレン回収を行うとともに、ドレン回収口に永久磁石を設置しドレンに含まれる鉄さびを除去した。また、ドレン配管内では、上部に蒸気の層があり下部は鉄さびを含んだドレン水の層となっているため、温水洗濯機用給水の加熱槽ではドレン配管上部の蒸気だけを吸引して給水を加熱するラインを設置し、鉄さびを含んだドレン水による加熱を減らすことで、洗濯衣類の鉄さびの付着トラブルの防止を図った。



2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

(1) 除鉄機能

ボイラー本体や機械及び配管などの内部は概ね鉄製であるため、蒸気使用後のドレンには鉄サビが混入され還ってくるが、本装置ではドレンをボイラーへの給水や洗濯用温水など幅広い分野で再利用可能とするため、永久磁石を装置内部に装備し、循環しながらポンプや電磁弁などの故障リスクや、洗濯衣類への付着トラブルの軽減を行っている。また鉄サビ混入の更なる軽減策として、【熱回収システム（ドレンに含まれる気体の湯気分使用）】及び【蒸気循環システムにおける管路乾燥方法（管路の内部乾燥方法）】などを発案し、除鉄機能と共に特許取得とした。

【稼働前の永久磁石】



【稼働後の永久磁石】



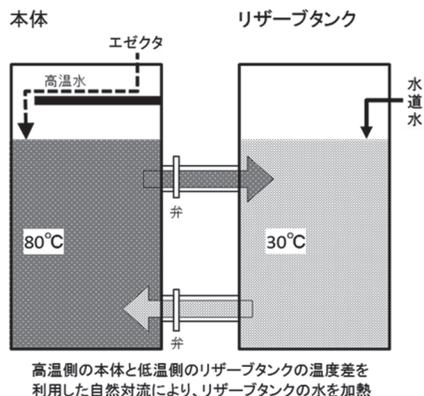
【鉄のサビ粉が磁石に付着する】

(2) 温度制御機能

温水を使用する機械や装置などへ、供給する温水の各温度を、常温～95℃の範囲（2次側機械への最適温度）で供給可能な機能としている。

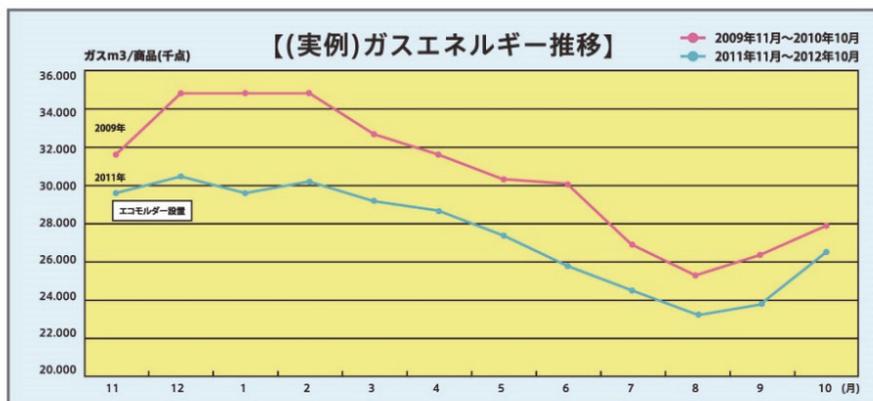
(3) リザーブタンク連結機能

本装置とリザーブタンクに装備している上下連結口を接続する事により、熱の自然対流が発生し、必要に応じ、複数の温度帯の温水を生成し供給する事ができ、また後に生産設備の増量が必要となっても、合わせたサイズへの対応が容易にできる仕様としている。



2.2 効果

エコモルダの導入前後でリネン商品 1000 点あたりの都市ガス使用量を比較した事例を下図に示す。導入後はガス使用量が 11%減少した。



また、リネンサプライ事業所で、廃棄されていた水蒸気が、本装置の導入後は水蒸気による白煙が削減された事例を右の写真に示す。

事業所から排出していた熱水の廃棄熱を本装置導入により削減し、省エネ化を達成するとともに、近隣環境の改善にも貢献した。



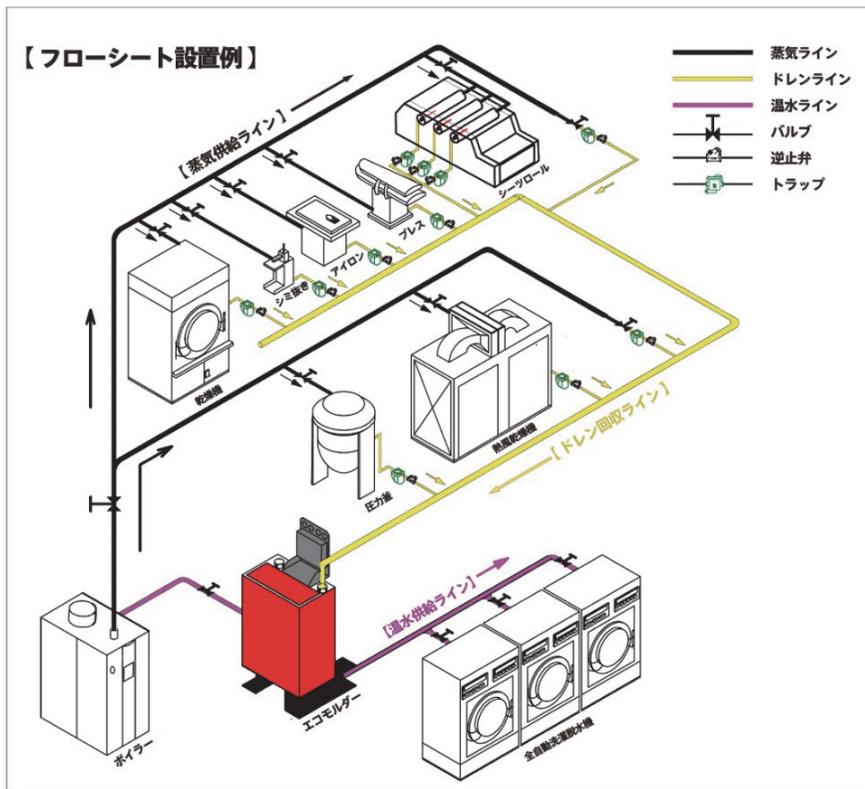
【導入前】



【導入後】

3. 用途

蒸気を使用している事業所での、ドレンにより発生する、背圧や滞留による障害及び陳腐化の軽減を前提とし、余剰となり廃棄排泄としているドレンの熱エネルギーや水分を、再利用可能な条件とした温水として再利用することで、省エネ効果や CO₂ の削減効果をあげる装置及びシステムを開発した。本装置を採用した事業所では、環境省の CO₂ 削減補助金申請に採択されている。今後も本装置を広め、クリーニング・リネンサプライ業界の省エネに貢献する。



【日本機械工業連合会会長賞】

デュアルコンプレッサー制御式（DCC） 縦型産業用冷凍庫 W1200 タイプ

フクシマガリレイ株式会社
大阪府大阪市

1. 機器の概要

食品工場や配送センターなど幅広い産業の現場で使用される縦型冷凍庫は、省エネへの要求が高い。また冷媒ガスを使用している為、高 GWP 冷媒の使用削減や冷媒封入量の削減が急務となっている。

今回開発した縦型冷凍庫 W1200 タイプは、冷却能力の異なる 2 つの圧縮機を使用するデュアルコンプレッサー制御（以下 DCC）のメイン側圧縮機にインバータ圧縮機を使用するインバータ DCC 方式を採用した。加えてデマンド除霜や筐体防露ヒーター電力量削減により、10 年前に生産した製品と比較すると、49%の省エネ性となる。インバータ DCC 方式採用により、高 GWP 冷媒である R404A から R134a への転換に加え、更にサイクル容積の調整により冷媒封入量が削減でき、地球温暖化防止に貢献している。



図 1 縦型冷凍庫
GRD-124FMD

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

(1) インバータ DCC 方式

当社リーチインショーケースに採用している DCC（Dual Comp. Control）方式（高効率な圧縮機をメイン側で運転させ、庫内負荷が大きくなった際にサブ側の圧縮機を運転させることで、省エネ性と冷却性能を両立させた当社独自の冷却技術）を更に進化させ、メイン側にインバータ圧縮機を採用することで省エネ性能を大幅に向上させたインバータ DCC 方式を採用した。

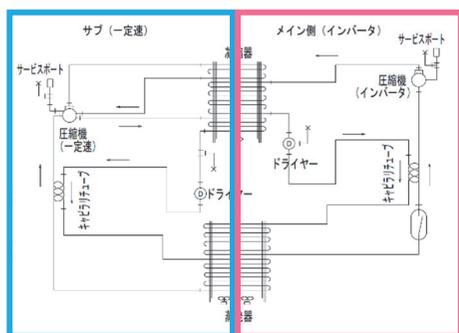


図2 冷凍サイクル図

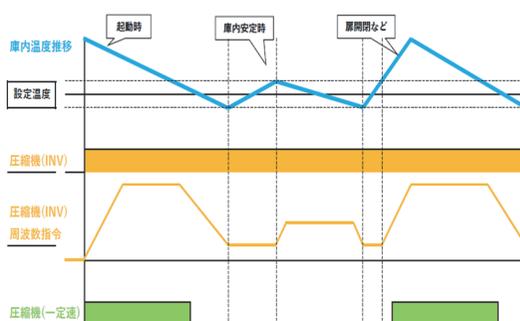


図3 タイムチャート

庫内負荷が小さい場合、インバータ圧縮機のみ運転する事で省エネ運転を行い、庫内負荷が大きくなるとインバータ圧縮機の運転周波数を上げるとともにサブ側の圧縮機も運転させ冷却を行う。

(2) デマンド除霜制御

除霜にかかる消費電力量を減らしつつ、蒸発器着霜での庫内温度上昇による収容物劣化リスクを抑えたデマンド除霜制御を採用した。デマンド除霜制御は、蒸発器の着霜状態を冷凍庫が検知し、除霜ヒーターを通電制御するヒーター除霜を実施するか、除霜ヒーターを通電しないオフサイクル除霜を実施するか判断を行う制御である。

冷凍庫の扉開閉が無い、又は少ない場合、蒸発器の着霜が少ないと判断し除霜ヒーターを通電しないオフサイクル除霜を行う。これにより、除霜ヒーター通電による電力量削減及び、除霜ヒーター通電の熱負荷を冷却する電力量消費を抑制することができる。

冷凍庫の扉開閉が多い場合、蒸発器の着霜が多いと判断し、除霜ヒーターを通電制御するヒーター除霜を行い、蒸発器着霜による収容物劣化リスクを低減する。

この制御により、冷凍庫の扉開閉が多い繁忙時間はヒーター除霜を行い、収容物劣化リスクを低減させ、扉開閉がほとんどない夜間等にはオフサイクル除霜を行うことで、省エネを実現した。

(3) 筐体防露ヒーターの電力量削減

筐体の結露を防止する為の防露ヒーターが筐体枠部に埋め込まれており、結露を防止している。庫内冷氣漏洩を少なくすることで防露ヒーターの通電率が下がり省エネとなる。

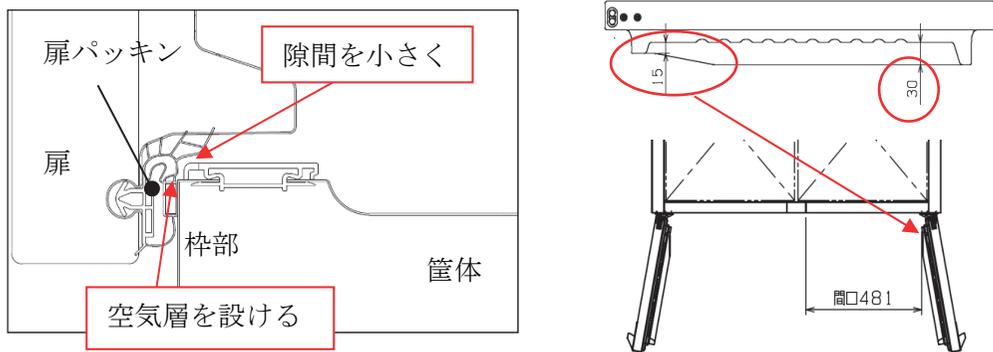


図4 扉廻り

扉パッキンと本体の隙間を小さくするとともに空気層を設けるような扉パッキン形状に変更した。併せて扉裏部の立ち上げ高さを15mmから30mmに高くすることで、筐体枠部への庫内冷氣漏洩を抑制し、防露ヒーター通電率を低減する。扉裏部の立ち上げを高くすることで庫内収容物の出し入れに干渉しないよう、扉ヒンジ側は傾斜を設けつつ高さを15mmとすることで、省エネ性に寄与しながら作業性は前モデルを踏襲している。

2.2 効果

(1) 省エネ性、経済性

JIS B 8630:2009にて測定した製品全体の消費電力量を、10年前の当社製品と比較する。(製品の買い替えインターバルが約10年であるため)

表1 電力量、電気代比較

	旧製品	開発製品
機種名	URD-44FMTA1 (一定測圧縮機)	GRD-124FMD (インバータDCC方式)
年間消費電力量	3,510kWh/年	1,790kWh/年
年間電気代	56,160円/年	28,640円/年

※三相200V：16円/kWh（税込み）で計算

10年前の製品と比較して49%省エネとし、年間電気代を27,520円削減している。

(2) 冷媒封入量削減

冷却効率向上に伴い冷凍サイクル内容積小型化による冷媒封入量の削減を行った。前モデルであるARD-124FMD(2012年より販売)と比較して、R134a年間封入量を706.3kgから588.6kgに削減した。これはCO₂換算で168t/年削減となる。

(GWP R134a : 1,430、CO₂ : 1にて計算)

(3) 庫内収容物の廃棄ロスリスク低減

DCC方式は冷凍サイクルを2系統有しているため、片側の冷凍サイクルに異常が発生したとしても、他方の冷凍サイクルにより冷却が可能である。冷凍能力の低いサブ側の冷凍サイクルだけで運転した場合でも、外気30℃程度であれば、-20℃付近まで冷却が可能の為、完全に庫内収容物が溶けきることはなく、廃棄ロスのリスクを低減させることができる。

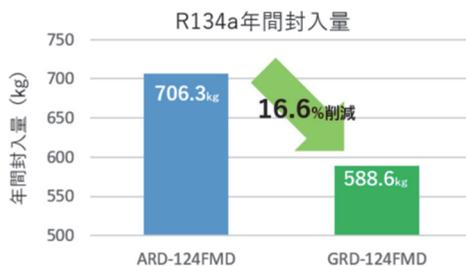


図5 冷媒封入量削減

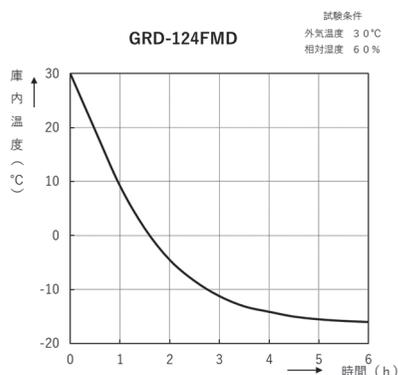


図6 サブ(一定測)側のみで運転した場合の冷却性能

3. 用途

縦型冷凍庫は全国の食品工場や配送センター等の産業用途のほかにも、スーパーマーケットなど様々な場所に納入されている。当技術を当社の他製品にも展開し更なる省エネ性向上を図り、環境負荷低減へ貢献していく。

【日本機械工業連合会会長賞】

R290 対応多用途冷却装置用凝縮器ユニット (MJA 形)

三菱電機冷熱応用システム株式会社 和歌山県和歌山市

三菱電機株式会社 静岡製作所 静岡県静岡市

1. 機器の概要

冷凍空調機器では冷媒の低 GWP 化、消費電力削減、省資源が求められている。自然冷媒 R744 (CO₂) を採用した低 GWP 機も提供されているが、性能面では HFC 冷媒高効率機と比べて課題がある。我々はこの課題を解決するため自然冷媒 R290 (プロパン) を採用した凝縮器ユニット (MJA 形) を開発した (表 1)。本機は縦置形低背高圧縮機 (CPB 形) の開発と凝縮器の小形化により少量の冷媒量でも冷凍冷蔵用途の広い運転領域で高い効率と信頼性が得られる。また本機は同用途の従来 R744 対応凝縮器ユニットに対し製品質量を約 45% (33kg→18kg) 低減し、製品外形も奥行 450mm×巾 460mm の省設置面積と高さ 225mm の低背高を実現し機器への搭載に汎用性を高めている。

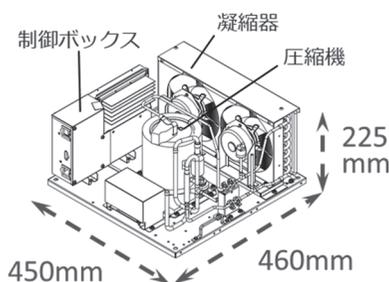


図 1 凝縮器ユニット (MJA 形)

表 1 凝縮器ユニット (MJA 形) 仕様表

形名	MJA-E04形	MJA-E06形
用途	産業用冷凍・冷蔵機器凝縮器ユニット	
呼称出力	400W	550W
冷媒	R290 (ユニット搭載時上限冷媒量150g)	
電源	1Φ-100V 50/60Hz	
据付条件	屋内設置、周囲温度 5~30℃	
圧縮機	CPB 形 DC インバータ ツインロータリー圧縮機	
運転周波数	30~75(Hz)	
冷凍能力(注1)	1041W	1234W
入力(注1)	574W	723W
COP(注1)	1.81	1.71
冷凍機油	ポリアルキレングリコール油	
凝縮器熱交換器	プレートフィンチューブ	
凝縮器送風機形式	DCインバータ	
製品外形寸法	(奥行×巾×高さ) 450×460×225(mm)	
製品質量	18kg	

注1. 周囲温度27℃、蒸発温度-10℃、スーパーヒート5K、サブクール5K、
圧縮機周波数 E04形: 75Hz、E06形: 64Hz

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

開発課題は冷媒量 150g 以下での安定した冷媒サイクルの実現と、可燃冷媒である R290 冷媒での製品安全性の確保とユニットの省設置面積と低背高であり、以下の固有技術によって解決した。

(1) 縦置形低背高圧縮機の開発および使用冷凍機油最適選定

低背高を熱源に求められる機器では横置形圧縮機が採用されることが多い。しかし横置形圧縮機は低背高である一方で必要潤滑油量が多く、150g 以下の R290 冷媒を安定した信頼性のもと冷媒循環させる事が困難だった。本機ではこの課題を縦置形低背高かつ高効率を得られるツインロータリー圧縮機 (CPB 形) を独自に開発し、併せて冷凍機油に R290 との溶解特性が良好な PAG (ポリアルキレングリコール) 油を採用することで解決している。



図2 R290 対応 低背高縦置形ツインロータリー圧縮機 (CPB 形)

(2) 凝縮器のコンパクト化と製品安全対応技術

R290 冷媒は吐出冷媒温度、動作圧力が低い特性を持ち、凝縮器単位伝熱面積あたりで高効率を得られる。この特性を活かして凝縮器容量を R410A 対応高効率機と比べて約 45% の容量までコンパクト化した。このコンパクト化と上記圧縮機の開発により、R290 使用冷媒量 150g 以下で安定した冷媒回路を成り立たせた。また冷媒漏れがもし起こった場合でも、凝縮器風量検知によるファン運転制御で、冷媒滞留による可燃域を発生させない風量制御機能を搭載し安全な運転を実現している。

2.2 効果

本機（MJA-E06 形）の低背高の特性を活かして、レジ前ショーケースに搭載した際の効果を示す。図 3 はレジ前ショーケース外観、図 4 は冷媒回路図、表 2 は従来の R744（CO₂）冷媒同等能力のレジ前ショーケースとの比較を示す。

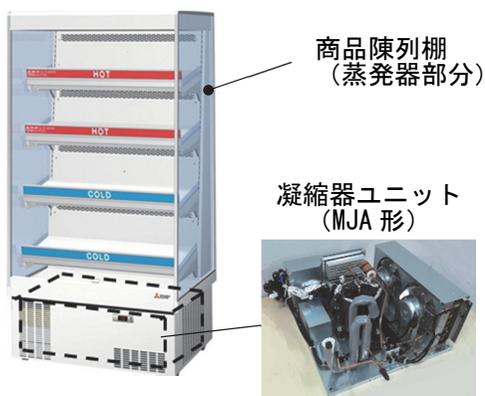


図 3 レジ前内蔵ショーケース
(BC-AF 形)

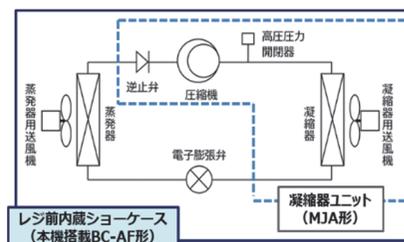


図 4 冷媒回路図

表 2 省エネ比較（当社従来機（CO₂）比較）

内蔵ショーケース形名	BC-AF2014RGV	BC-AF3014RGV	BC-AF2014RF	BC-AF3014RF
冷却器内容積(L)	189	265	189	265
製品巾寸法(mm)	650	900	650	900
搭載凝縮器ユニット	MJA-E06形		専用機	
冷媒	R290(プロパン)		R744(CO ₂)	
年間消費電力量 (kWh/年) 注1	3659 (区分2A)	3690 (区分2A)	8912 (区分2A)	13361 (区分2A)
消費電力削減率 注2	59%	72%	-	-
CO ₂ 削減量(kg-CO ₂ /年) 注3	2427	4468	-	-

注1. JIS B8631-2:2011付属書JA規定の試験方法による測定値

(試験室温度25°C、湿度60%、平均陳列室内温度8°C)

注2. 消費電力削減率(%)=(1-A/B)×100

A: 開発機種の間年消費電力量(kWh/年)、B: 従来機種の間年消費電力量(kWh/年)

注3. CO₂削減量(kg-CO₂)=(B-A)×0.462(kg-CO₂/kWh)

0.462(kg-CO₂/kWh):2020年東京電力エネルギーパートナー公表値を引用

本機（MJA-E06 形）は R290 冷媒を使用しながら、HFC（R410A）高効率機種と同等の高効率を実現し、表 2 に示すように従来の自然冷媒 R744（CO₂）機種に対し省エネ性改善率を年間電力量 BC-AF2014RGV 形で 59%（8912→3659（kWh/年））、BC-AF3014RGV 形で 72%（13361→3690（kWh/年））改善する効果を得ている。また CO₂ 削減量も BC-AF2014RGV 形で 2427（kg-CO₂/年）、BC-AF3014RGV 形で 4468（kg-CO₂/年）の効果を得ている。

3. 用途

本稿では R290 対応の MJA 形凝縮器ユニットをレジ前ショーケースに搭載した事例を示したが、本機は図 5 に示す様に、他形式のショーケースはもとよりプレハブ冷蔵庫用冷却装置、産業用除湿機、産業用チラー、携帯基地局等の制御盤用クーラー、等の多用途の産業用冷却機器に使用できる。今後これら冷凍冷蔵機器の省エネルギー、低 GWP、省資源化に貢献していきたい。

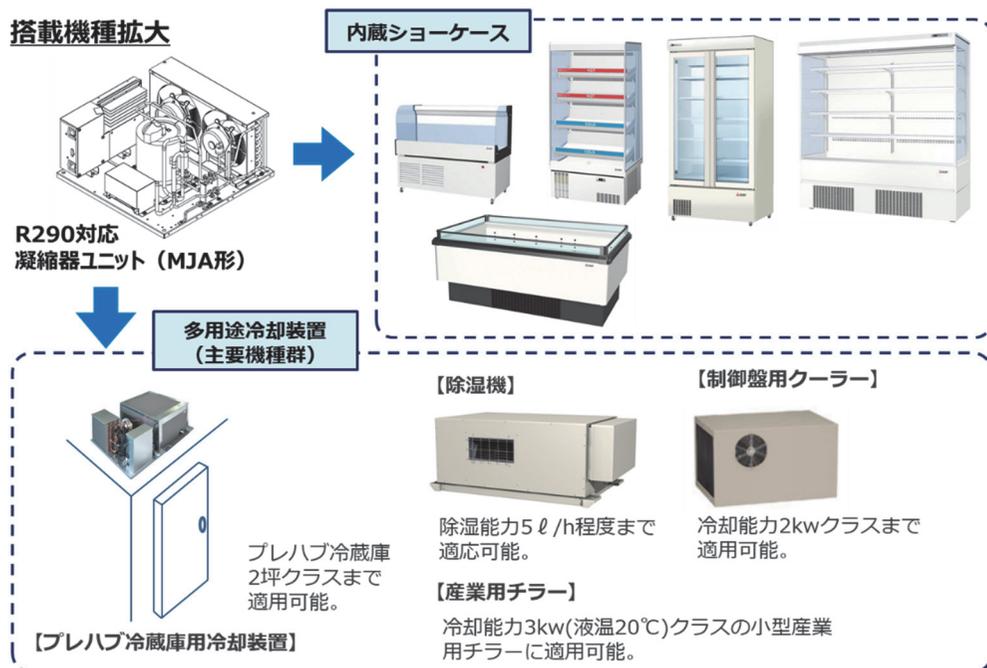


図 5 搭載冷却機器例

【日本機械工業連合会会長賞】

運転時 CO₂ 排出ゼロの水素燃料貫流蒸気ボイラ (SI-2000-H2)

三浦工業株式会社
愛媛県松山市

1. 機器の概要

水素は燃焼時の生成物が水のみであることから、CO₂ 排出ゼロのクリーンエネルギーとして注目されている。2050 年の温暖化ガス排出量実質ゼロを目指す脱炭素社会の実現に向けて、水素は重要なエネルギーと位置付けられており、様々な分野での水素利活用が期待されている。その一翼を担う機器として、広く産業用熱源として利用されている貫流ボイラでの水素利用について開発を行い、日本で初めて 100%水素燃焼（水素専焼）が可能な貫流ボイラを商品化した。

水素は様々な 1 次エネルギーから製造することが可能であり、特にソーダ業界や石油化学業界では製品製造における副生ガスとして水素が発生する。これらの副生水素をボイラ燃料に利用することで、既存燃料（化石燃料）の使用を削減することが可能となり、合わせて CO₂ 排出量も大幅に削減できる。また、将来的には脱炭素の観点から CO₂ フリーな水素（再生可能エネルギーからの水素製造など）の利用が増えると考えられ、脱炭素時代の熱源として水素燃料ボイラの需要が高まってくると考えている。



図 1 水素燃料貫流蒸気ボイラ

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

貫流ボイラを水素燃料に対応させるため、以下に示す2つの課題を解決し商品化した。

(1) 水素を燃焼させられるバーナの開発

水素は非常に燃えやすく、燃焼速度の速い気体であるため、燃焼に際してはその特徴を踏まえたバーナ開発が必要となる。特に水素の燃焼では火炎温度が高いため、バーナの材質を見直すとともにNOxへの対策を行った。空気中の窒素などが燃焼中に酸化されてNOxとなる現象（サーマルNOx）は火炎温度が高いほど反応が進む。水素燃焼ではこのサーマルNOxが増加する傾向にあることから、水素燃料ボイラでは燃焼排ガスを炉内に再循環させるEGRという手法を用いてNOxを減少させ、大気汚染防止法（150ppm未満：O₂=5%）をクリアした。

(2) 水素を安全に取り扱うための安全装置の搭載

上記のような水素の燃焼特性から、水素の取り扱いについては十分な配慮が必要となるが、水素燃料についてはまだ法的に明確な安全基準が定められていない。（水素ガスの取り扱いとしては都市ガスやLPGなどの一般ガスと変わらない。）

このため、水素を取り扱っている様々な業界の指針などを参考に、独自に安全装置の取り付けを検討した。

＜波板式フレームアレスタ（逆火防止器）を採用＞

水素は燃焼速度が速く、燃料配管中を火炎が戻る逆火現象が懸念される。水素燃料ボイラではこの逆火現象を防止する装置を燃料配管中に取り付けて、火炎が戻らない構造としている。この装置はフレームアレスタと呼ばれ、火炎の防止構造によっていくつかのタイプがあるが、本製品では最も防止性能の高い波板式（クリン

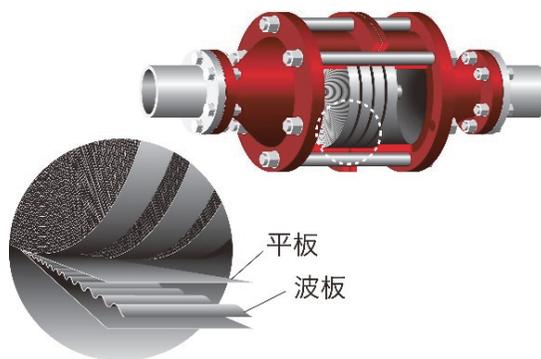


図2 フレームアレスタ

プリボン式) のものを採用して、安全性を高めている。この波板式のタイプは、**図 2** に示すように金属の波板と平板を組み合わせた構造となっており、流路面積が非常に狭く、火炎が通過する際に金属に熱を奪われて失火する仕組みとなっている。本製品ではこの波板式のフレームアレスタで欧州防爆指定 ATEX94/9/EC および EN128741 に適合する認定品を採用している。

<残留水素の窒素パージ>

水素は空気との可燃範囲が広く、少量の空気でも燃焼が可能なため、水素配管中への空気の流入に注意する必要がある。しかし、ボイラが燃焼を停止した際には、どうしても水素配管中に一部残留水素が生じてしまい、炉内や給気口からの空気流入により水素が可燃混合気となる可能性がある。この配管中の残留水素を不活性ガスである窒素でパージする機能を安全制御として組み込んでいる。**図 3** に示すように、燃焼停止時には燃料遮断弁 2 次側に水素が残留するため、この位置に窒素供給ラインを設け、燃焼停止時に窒素を流すことで残留水素のパージを行う。なお、水素配管中の燃料遮断弁はなるべくバーナに近い位置に設け、パージする水素量が極力少なくなるように配管設計を行っている。

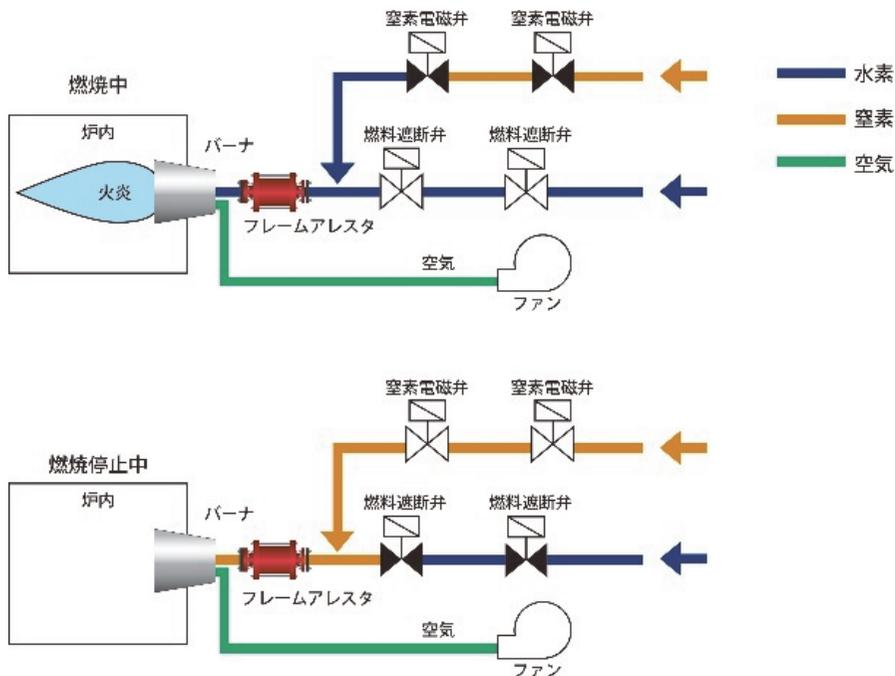


図 3 窒素パージ機能

2.2 効果

水素は燃焼時の生成物が水のみであることから CO₂ 排出はゼロとなる。化石燃料から水素に切り替えた場合、それまで排出していた CO₂ 量がそのまま削減量となるため、削減率は 100% となり、水素燃料ボイラの CO₂ 排出抑制効果は極めて大きい。仮に蒸気量 2t/h の A 重油焚きのボイラから水素ボイラに切り替えた場合の CO₂ 排出量削減量は年間 2,105 トンとなる。

【試算条件】

(A 重油の低位発熱量：36.7 MJ/L、水素の低位発熱量：10.77 MJ/Nm³、ボイラ効率：95%、年間稼働時間：6000hr、A 重油の CO₂ 排出量算定係数：2.71 t-CO₂/kL)

3. 用途

水素は様々な 1 次エネルギーから製造できるため、化石燃料よりも地政学的リスクが低く、幅広い地域での活用が見込まれている。図 4 に示すように、現在では①化学製品の製造過程で副生する水素や②化石燃料からの水蒸気改質による製造などが主流であるが、将来的には③再生可能エネルギーの電気からの水電解による製造、もしくは上記の水蒸気改質と CCS 技術 (CO₂ 貯蔵技術) を組み合わせた製造により CO₂ を排出しない水素製造も期待されており、本製品の活用によって産業熱の脱炭素化を促進できると考えている。

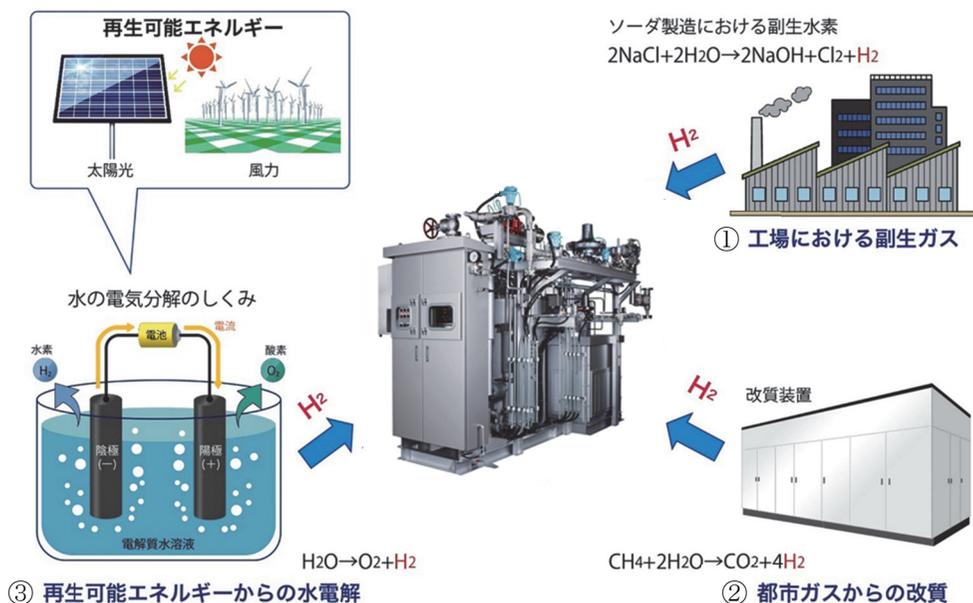


図 4 水素の供給例

【日本機械工業連合会会長賞】

ダイレクトドライブ方式送風機採用の 産業用途向け高効率設備用パッケージエアコン (ファシレア DD)

三菱電機株式会社

東京都千代田区

1. 機器の概要

世界的な温室効果ガス削減の取組みや省エネ志向の高まりを背景に、空調エネルギーの削減が重要な課題となっている。製造業をはじめとする産業用途で多く使用される設備用パッケージエアコンにおいても同様であり、産業用途における省エネルギー・省メンテナンス化を図るため、当社は通年エネルギー消費効率（以後 APF）・エネルギー消費効率（以後 COP）に優れ、なおかつメンテナンス性も満足させる設備用パッケージエアコン「ファシレア DD シリーズ」を開発した。

本製品では、熱交換器の伝熱管細管化や高効率圧縮機の採用によって優れた APF・COP を実現し、更に室内送風機駆動方式を従来のプーリー・ベルト駆動方式からインバータ制御によるモータ直結のダイレクト駆動方式に変更する事でメンテナンス性の向上も同時に実現した。



図 1 20 馬力室内機外観

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

空調業界では、省エネルギー性の指標として実使用条件に近い APF が重要視されているが、設備用パッケージエアコンの主要用途である産業用途では依然として契約電力が重要視され、ピーク電力を抑えるため COP に対する要求も高い傾向にある。よって本製品では熱交換器の伝熱管細管化や高効率圧縮機の採用により、APF の改善を図りつつ COP についても優れた性能を実現した。

(1) 熱交換器

従来と同様、銅の伝熱管（円管）にアルミのフィンを密着させた仕様であるが、本製品では銅の伝熱管（円管）を細管化して管内流速アップを図り、またスリットフィン形状を最適化することで、熱交換性能を改善した。

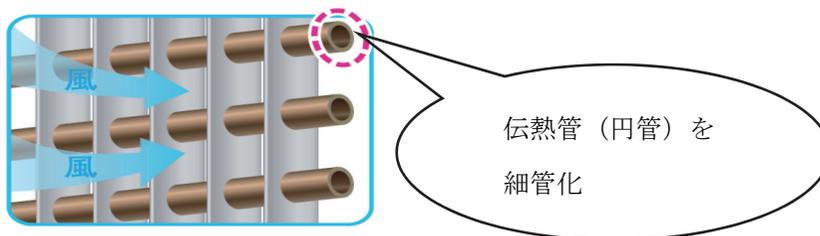


図2 熱交換器構造イメージ

(2) 圧縮機

圧縮機については、スクロール組込み容積比およびモータ巻線の見直しによる銅損の低減によって低～中負荷領域の運転効率を改善し、空調負荷が高い時期だけではなく、比較的低い時期の運転効率も改善され、年間を通して高い省エネルギー性を実現した。

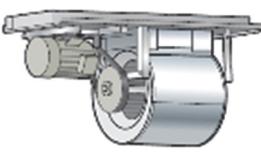
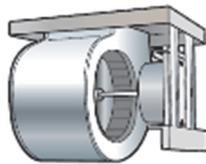
(3) 室内送風機

主力となる 20 馬力以下の機種では新規に開発した高出力 DC ブラシレスモータを搭載し、モータ効率を改善して省エネルギー化を図るとともに、室内送風機の静風圧範囲を確保しながら汎用の高効率モータに対し小型化を実現した。

また、従来のプーリー・ベルト駆動方式では V ベルトの張り調整などの定期的なメンテナンスや、静風圧変更時のプーリー・ベルト交換が必要であったが、

本製品では送風機駆動方式を従来のプーリー・ベルト駆動方式からインバータ制御によるモータ直結のダイレクト駆動方式に変更し、プーリー・ベルト部のメンテナンスを不要とした。

表 1 室内送風機駆動方式比較

	プーリー・ベルト駆動方式	ダイレクトドライブ駆動
構造		
静風圧変更時のファン回転数調整方法	プーリー径とベルトを変更する事でファンの回転数を変更	リモコン上の設定で回転数を変更（インバータ駆動）
プーリー・ベルト部のメンテナンス	ベルト・プーリーの調整・交換 ・2,000時間毎に張り調整 ・5,000時間毎に交換	不要

2.2 効果

ファシレア DD シリーズにおいては、図 3 に示すとおり全機種において APF 向上を実現した。

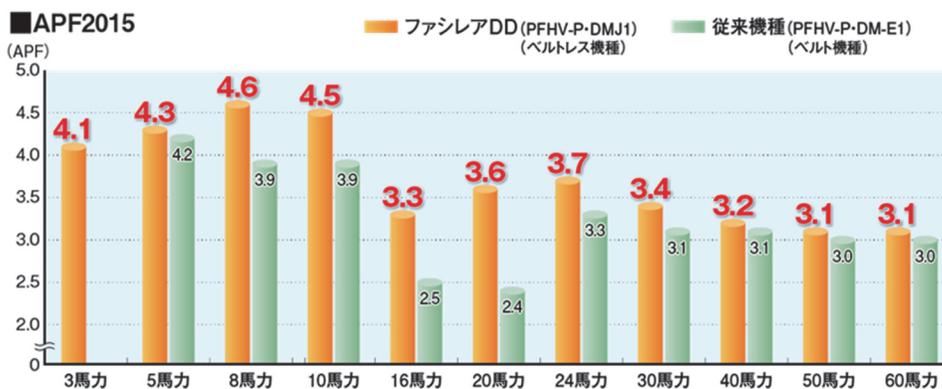


図 3 APF 比較

代表機種 20 馬力において年間電気料金を試算すると、APF 向上効果により当社従来機種 (PFHV-P560DM-E1) よりも約 11% の電気料金削減が可能であり、更に CO₂ 排出量では約 21% の削減が可能である。

表 2 従来機種経済性比較

	従来機種(20HP)	ファンレアDD(20HP)
形名	PFHV-P560DM-E1	PFHV-P560DMJ1
年間電気料金	¥423,092	¥376,513
CO2排出量	3,368kgCO2/年	2,644kgCO2/年

更に、プーリー・ベルトを使って室内送風機を駆動する従来機では定期的に V ベルトの張り調整 (2,000 時間毎)・交換 (5,000 時間毎) が必要であり、V ベルトを使用しない本製品ではこれらの部材費用・交換費用も不要となる。よって、電気料金だけでは無く、定期メンテナンスに関わる費用も含めて経済性に優れた機器であると言える。

3. 用途

設備用パッケージエアコン「ファンレア DD シリーズ」の主な用途は製造業をはじめとする産業分野の空調用途である。床置インバータタイプの設備用パッケージエアコンとして業界に先駆けてダイレクト駆動方式を導入し、17 年の発売以降の累計販売台数は 10,000 台以上 (2020 年 12 月時点) となっている。また当社床置インバータタイプの機種の中でも 60%を超える販売構成比を占めていることから、APF・COP 向上による省エネルギー性に加えて、ダイレクト駆動方式の採用による省メンテナンス性にご好評を頂いているものと考えられる。

【日本機械工業連合会会長賞】

ユーティリティ流体管理 無線ネットワークシステム (Link920)

株式会社オーバル
東京都新宿区

1. 機器の概要

工場や商業施設などにおいては、水・燃料油・圧縮空気・蒸気などのユーティリティ流体が様々な用途で広く使用されているが、これらは身近な流体であるが故に「ムダ・ムラ」を生じやすい傾向が有る。且つ、日常的に大量に使用される流体であることに鑑みれば「ユーティリティ流体のきめ細やかな使用量管理」は、省エネ推進において大きな効果が期待できる分野とも言える。しかしながら多くの企業では導入時のコストや手間などの問題から合理的な遠隔監視システムは導入できず、省エネへの展開が難しい「属人的管理」を行っている現状がある。Link920は無線通信を用いることで簡単・安価に使用流量の遠隔監視を実現可能とし、効果的な省エネ活動を促進するパッケージシステムである。

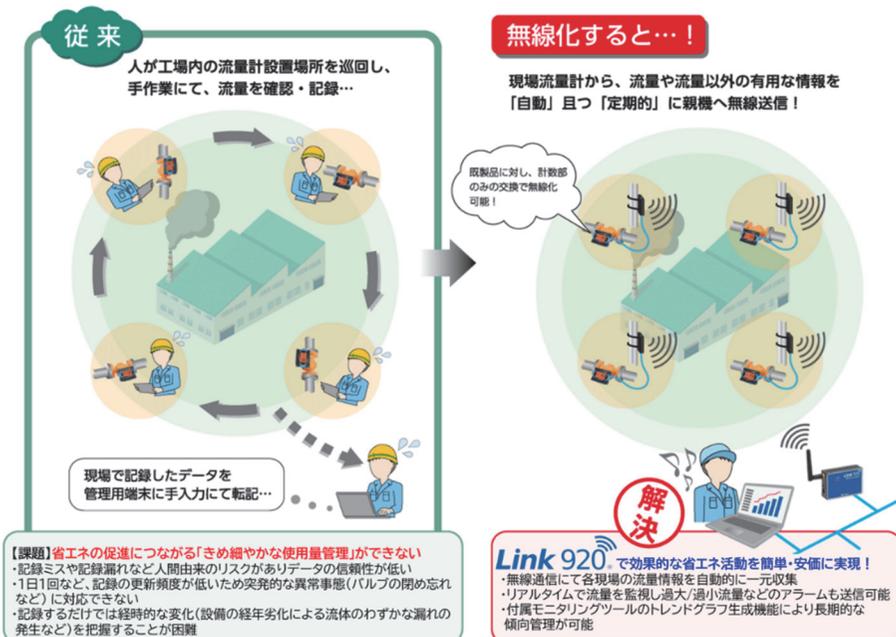


図1 Link920の活用イメージ

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

- ・IoT用途で注目される920MHz無線を採用しており通信距離が長い。
Wi-Fi等と異なる周波数帯域を使用する為、通信障害が起こりにくく、回折性（障害物を回り込んで届く性質）にも優れている。
- ・専用無線流量計は単2サイズのリチウム電池を1本内蔵しており、これにより長期間（約6年）に渡って流量計測および無線通信も含めた全ての動作を行う。外部電源設備が無い場所にも設置でき、最小限のコストで導入が可能である。
- ・流量計は、地中、天井裏、配管が密集した場所など電波環境が劣悪な場所に設置されるケースも想定されるため、「流量計測部」と「無線通信部」は分離構造とし、無線通信部だけをより電波環境の良い場所に設置可能としている。
- ・Link920は既存環境への「後付け」のし易さを追求している。例えば、専用流量計のうち「フローペット-5G」については、非無線仕様の既設品に対し、製品上部の「電子計数部」のみを無線仕様品に交換するだけで無線化が可能である（配管工事不要で無線導入が可能）。また、「パルス入力仕様無線子機ユニット」を用いれば他社製の流量計を無線化することも可能である。

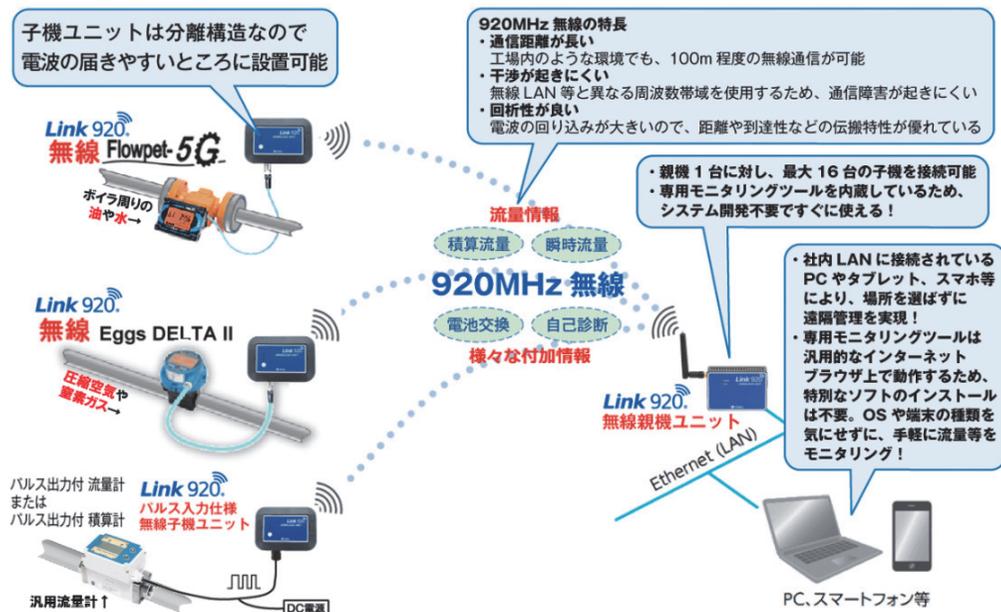


図2 Link920のシステム全容

- 無線センサ（流量計）＋無線通信＋親機（モニタリングツールを含む）をパッケージ化しているため、無線ネットワーク構築に必要な IP アドレスの設定や子機と親機のペアリング等の諸設定は、全て「完了」した状態で当社工場から出荷可能である。ユーザーは、ネットワーク構築を行う手間が一切不要で、機器を現場に設置し、親機を社内 LAN のハブまたはパソコンに接続するだけで即時使用を開始できる。
- 専用モニタリングツールは親機内に格納されており、汎用的なインターネットブラウザ上で動作するため、特別なソフトのインストールは不要で端末や OS を問わず簡単に使用できる。また、アクセスできるユーザーや操作については、管理者による権限設定により任意に制限することができる。
- 専用モニタリングツールでは、「積算流量」「瞬時流量」の情報に加え、「過大流量アラーム」、「任意流量による瞬時流量アラーム」、「電池交換時期到来」など多くの現場情報を得ることができる。トレンドグラフの生成機能もあり、長期間の傾向管理に活用できる。また、親機内のメモリに蓄積される受信データは、CSV 形式にてパソコンにダウンロードすることが可能である。

The screenshot shows the Link 920 monitoring tool interface. It features a main dashboard with a table of device data, a central graph, and a sidebar with device icons. Callouts provide detailed information about the tool's capabilities:

- データ保存メモリ使用量**: Data storage memory usage.
- 最後にデータを受信した時間**: Time when data was last received.
- 各種ステータス情報**: Various status information, including:
 - エラー情報 (左アイコン): Error information (left icon).
 - 電池交換 (中央アイコン): Battery replacement (center icon).
 - 電波状態 (右アイコン): Signal strength (right icon).
- スマートフォンの画面サイズにも対応 (自動切替)**: Supports smartphone screen sizes (automatic switching).
- 任意の画像・子機名称を表示可能**: Can display arbitrary images and device names.
- 積算流量**: Cumulative flow. Clicking a number moves to the cumulative flow graph screen.
- 瞬時流量**: Instantaneous flow. Clicking a number moves to the instantaneous flow graph screen.
- 子機一覧表示画面**: Device list display screen.
- 専用モニタリングツールは親機内に蔵されており、汎用的なインターネットブラウザ (Google Chrome, SAFARI等) にて閲覧可能**: The dedicated monitoring tool is stored in the parent device and can be accessed via a general internet browser.
- データは親機内のメモリに保存されるため、パソコンのハードディスク残量等を気にせず利用できる**: Data is stored in the parent device's memory, so it can be used without worrying about PC hard disk space.
- 蓄積したデータはCSV出力が可能で、お客様にて自由に二次活用できる**: Accumulated data can be output in CSV format for secondary use.
- 流量のみならず、電池交換時期の到来や、自己診断情報も表示され、メンテナンス性を向上**: Displays not only flow but also battery replacement timing and self-diagnostic information to improve maintainability.
- グラフ表示画面**: Graph display screen.
- 直観的なマウス操作で表示範囲を調整決定**: Intuitive mouse operation to adjust and determine the display range.

図3 モニタリングツールの概要

2.2 効果

某国内自動車部品メーカー（図4：A社）の工場においては、過去に、工場エアの使用状況を当社製流量計（有線仕様）にて可視化し、その計測データを元に適切な設備管理を行うことで年間約600万円（電力使用量：352MWhに相当）もの省エネを実現した実績がある（他の工場まで同様の流量監視を拡大すれば年間7,200万円もの省エネ効果が期待される）。「ユーティリティ流体の可視化」による省エネ効果の高さが実証された事例であるが、一方で有線によるデータ収集では、導入費用やシステム構築に費やす時間などの面で大きな課題があり導入できる企業は限定的なものとなる。Link920は、無線通信のメリットを先鋭化することで導入面の課題を解決しており、A社の様な高い省エネ効果を実現し得る「ユーティリティ流体のきめ細やかな使用量管理」を多くの企業に提供することが可能となっている。

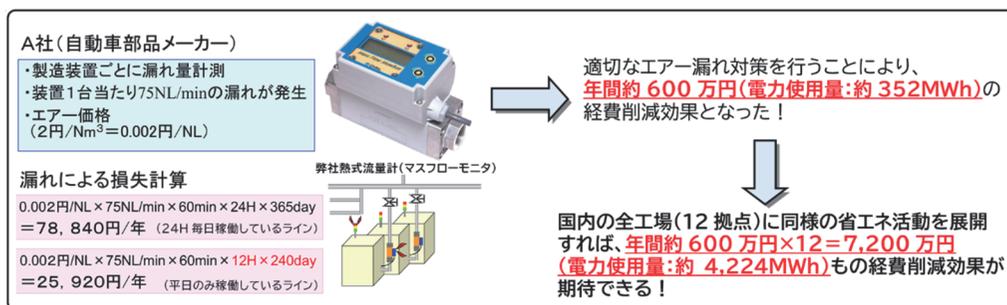


図4 工場エアの流量監視による省エネ効果

3. 用途

ユーティリティ流体は様々な工場・施設で幅広く使用されている為、Link920は業種・企業規模等を問わず活用が可能である。安価且つ簡単に導入できるパッケージシステムであるため、特に中小企業からは好評を得ている。多くの企業では、省エネ活動におけるユーティリティ流体管理の有効性は感じながらも大きな設備投資を行う余裕は無く「管理自体を行わない」もしくは「属人的な管理（現場巡回による記録）」を続けている状況がある。その様な現状を打開し省エネに貢献する。

【日本機械工業連合会会長賞】

バイオマス発電施設 CO₂ 供給設備 (t-CarVe)

株式会社タクマ

兵庫県尼崎市

1. 機器の概要

近年、トマトなどの野菜栽培において、大規模グリーンハウス内の CO₂ 濃度を 600～2000ppm 程度に上昇させることで作物の生育を促進し収量を増加する方法 (CO₂ 施用) がオランダなどを中心に普及しており、国内でも技術導入されている。しかし、現状国内での CO₂ 供給源には液化炭酸ガスや灯油燃焼装置排ガス、LPG 焚貫流ボイラ排ガスなどが使用されており、いずれもコストが高く、CO₂ 施用の普及の妨げになっている。

そこで当社では、安価に安全な CO₂ を大量に供給できるシステムとして、バイオマス発電施設の排ガスを浄化して CO₂ を供給する設備「t-CarVe (ティー・カーブ, takuma Carbon dioxide to Vegetable system)」を開発した。本設備の実用化によりバイオマス発電施設で発生した熱、電気、CO₂ をグリーンハウスで利用する「バイオマス・トリジェネレーションシステム」を構築し、脱炭素社会に適合したシステムを提供することを可能とした。

作物の生育促進に必要なグリーンハウス内の CO₂ 濃度は、バイオマス燃焼排ガス中の CO₂ 濃度と比べて低濃度であるため濃縮して回収する必要がなく、そのためバイオマス燃焼排ガス中に含まれる作物および作業者にとって有害となる可能性のある成分 (一酸化炭素 (CO)、窒素酸化物 (NO_x)、硫黄酸化物 (SO_x)、塩化水素 (HCl)、エチレン (C₂H₄) など) を許容値以下に低減すれば安全な



図1 t-CarVe 外観
(SARA パワー発電所殿納入設備)

CO₂をグリーンハウス内へ供給することができる。

本設備のバイオマス発電施設への適用は、世界初の試みである（当社調べ。対象：SARA パワー発電所殿納入設備・図 1 参照）。CO₂供給量は世界最大規模であり、2.75t-CO₂/hr を供給できる。また、カーボンニュートラルであるバイオマス発電設備の排ガス中の CO₂をさらに有効利用しているため、カーボンネガティブを達成しており、CO₂排出抑制に効果の高い設備でもある。さらに、設備導入する際に補助金がなくても採算が取れる低コストで経済的にも優れたシステムである。

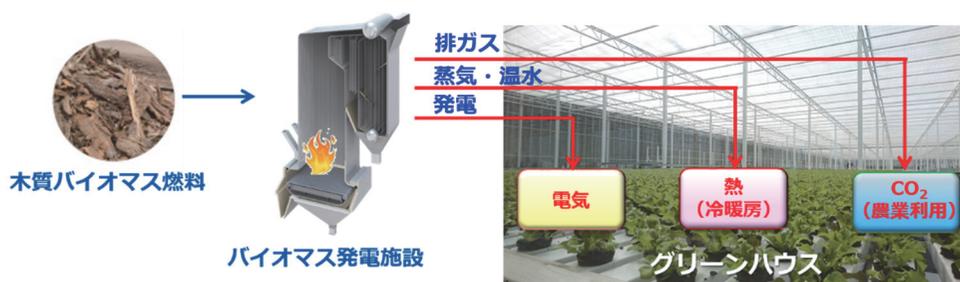


図 2 バイオマス・トリジェネレーションシステムの概略図

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

本設備の開発には、バイオマス燃焼排ガス中に含まれる有害となる可能性がある成分を許容値以下にするための知識および除去する技術だけでなく、野菜栽培に係る知見が必要となる。そこで、本設備の開発にあたり、野菜栽培のエキスパートである株式会社サラ殿の知見と、ごみ焼却施設およびバイオマスボイラ施設などの多くの実績で培われた当社の排ガス処理技術を融合することで、適正な排ガス浄化・CO₂供給設備を実現することができた。

本システムは、発電施設の排気筒から排ガスの一部引き抜き、酸性ガス除去、CO 除去、NO_x 除去を行った後、ガスを冷却してグリーンハウスに供給するフローとなっている（図 3 参照）。

本設備では、各装置において独自の技術を用いており特許権を取得している（現在、5 件特許登録済み）。酸性ガス除去装置ではバグフィルタでの「反応層初期形成方式」を採用し、低濃度まで HCl、SO_x を安定して除去している。CO 除去

装置では、触媒寿命の延命化を目的に、有機シリコンなどによる触媒被毒抑制に配慮した設計としている。NOx 除去装置ではフィードバック制御とフィードフォワード制御のハイブリッド方式を採用し精度の高い制御を行っている。

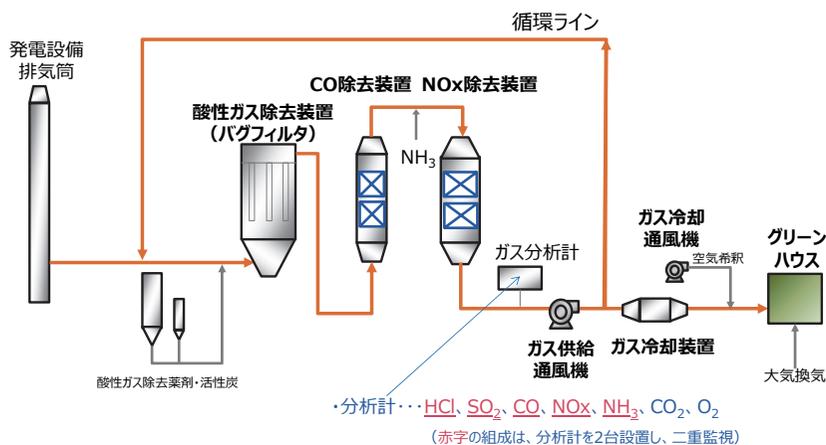


図 3 t-Carve のフロー図

万が一にも排ガス中の有害物質がグリーンハウスへ供給されないように、NOx 除去装置出口に分析計を2系列設置し、設備内でWチェックを行っている。さらにグリーンハウス内でもモニターすることで3重のチェック体制を構築し、作物および作業員への安全性を十分に確保している。また、発電設備での燃焼が突発的に不安定になり、CO ガスなどが高濃度で排出された場合には、CO₂ のグリーンハウスへの供給を緊急遮断し、排ガスを本設備内で循環運転するシステムとしている。さらに、バイオマス発電設備ではほとんど排出されないダイオキシン類についても、安全・安心を確保するために酸性ガス除去装置に活性炭吹込み装置を設置し、大気中と同等の濃度まで除去している。

本設備は立上げ・立下げを含め全自動運転としているため、専属の運転員は不要である。必要な作業は払い落とした薬剤 (フレコン受け) の回収のみである (頻度 1~2 回程度/週)。

2.2 効果

木質バイオマス燃焼時に発生するカーボンニュートラルな CO₂ を安価にトマト

などのグリーンハウスへCO₂源として供給するシステムは、CO₂排出削減の観点から、トータルではカーボンネガティブ（マイナス）なシステムとなる。バイオマス発電施設排ガスを利用してグリーンハウスでのCO₂源として供給した場合のCO₂排出量削減効果は、11ha規模のグリーンハウスでは10,845t-CO₂/年（11ha規模向け本設備定格CO₂供給量2.75t-CO₂/hr×12hr/日×330日/年=10,890t-CO₂/年。設備からのCO₂排出量（使用薬剤、消費電力分）=44.9t-CO₂/年。10,890-44.9=10,845t-CO₂/年）となる。CO₂の有効利用技術はCCUS（Carbon dioxide Capture Utilization and Storage）として世界中で研究開発が進められているが、原油増進回収（EOR）以外で実用化して採算が取れている例はまだ稀有であるのに対し、本設備では年間10,000t-CO₂以上の利用が可能である。

経済性の評価として、11ha規模のグリーンハウスで液化炭酸ガスを用いてCO₂を供給する場合は、液化炭酸ガスの単価を40円/kgとすると、年間約4億円のランニングコストとなる。本設備を導入することでランニングコストを大幅に低減でき、設備費を数年で償却することが可能であるだけでなく、農業設備での増益に貢献することができる。

3. 用途

t-Carveの受注実績は、SARAパワー発電所殿（岡山県笠岡市、株式会社サラ殿）に納入した1件であり、2019年4月から稼働中である（2020年6月30日現在）。当該設備はバイオマス発電施設（発電規模10,000kW）の排ガスの一部を本設備で浄化したCO₂を隣接するグリーンハウス（パプリカ棟3.4ha、トマト棟6.0ha、レタス棟2.5ha、合計規模11ha）に供給している。納入先からは、「従来は液化炭酸ガスが高価であり、近年価格がさらに高騰しているため、CO₂の供給量を制限する必要があったが、本設備の導入によって常時最大量のCO₂を供給することが可能となり助かっている。特に夏季は液化炭酸ガスの購入が困難であるため（ガス会社においてドライアイス製造を優先するため）効果が大きい。」との評価をいただいている。

現在、既に複数の引き合い案件が寄せられている。本設備の導入によりCO₂施用を伴う大型農業設備が多く建設されることで、CO₂排出抑制効果が拡大し、次世代農業の普及が全国的に広まることが期待される。

優秀省エネ機器・システム
令和2年度受賞機器の概要

発行 一般社団法人 日本機械工業連合会
発行日 令和3年2月

東京都港区芝公園三丁目5番8号 機械振興会館
(〒105-0011)

TEL/東京03(3434)5382(業務部)

FAX/東京03(3434)6698

大阪事務所/大阪市北区西天満四丁目11番22号
阪神神明ビル(〒530-0047)

TEL/大阪06(6355)4888

URL: <http://www.jmf.or.jp>



優秀省エネ機器・システム