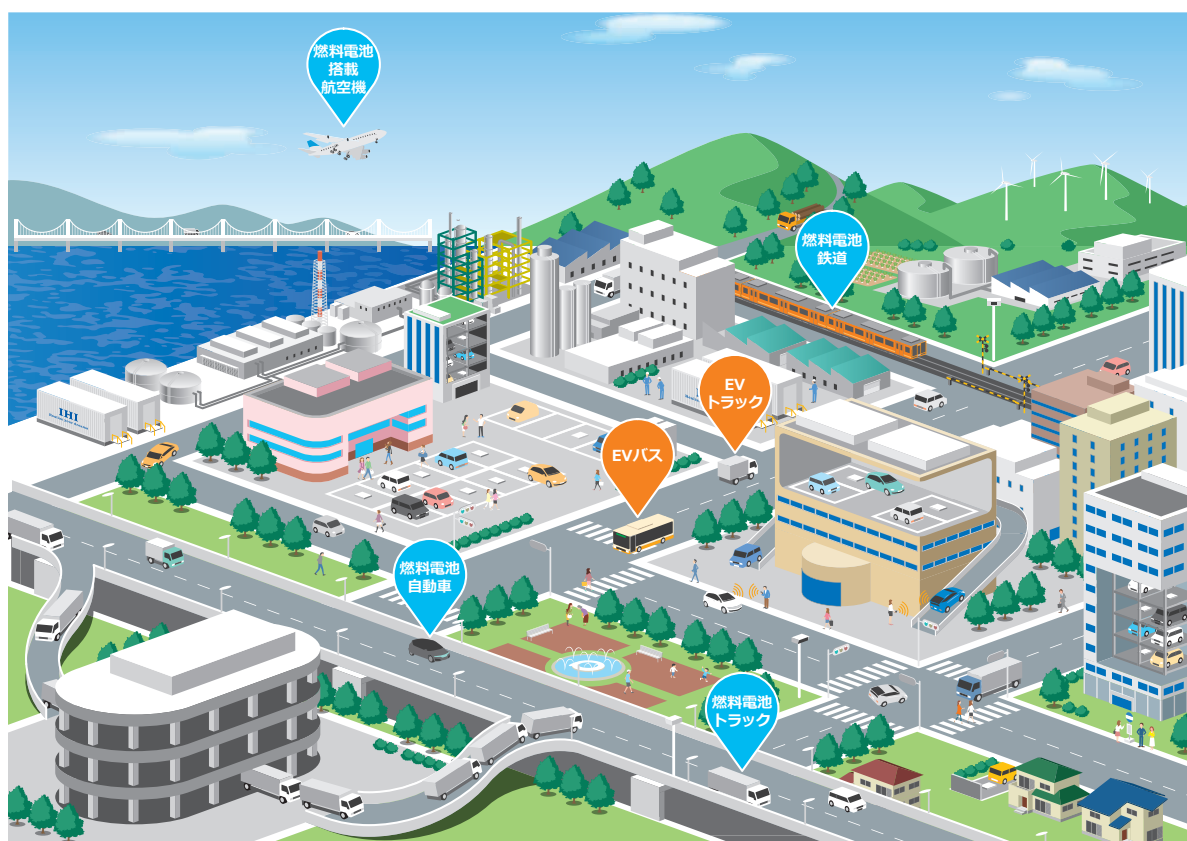


持続可能なモビリティ社会の 実現に挑戦する

燃料電池自動車の空気供給システムで活躍する オイルフリー電動過給機

未来のエコカーである燃料電池自動車向けに電動過給機を開発した。従来のエンジン用過給機にはない使用条件、環境に適応するため、独自の空気軸受や電気耐性技術、熱マネジメントで対応。乗用タイプ燃料電池自動車のキーコンポーネントとして市場投入を果たした。



持続可能なモビリティ社会

持続可能なモビリティ社会

自動車、鉄道、船舶、飛行機など、世界中でさまざまなモビリティ（移動手段）が活躍している。そのなかでも自動車は自由度が高いモビリティであり、世界中に普及している。しかしながら、自動車の普及とともに有害ガスによる大気汚染や二酸化炭素による地球

温暖化の環境問題が世界中で問題視されるようになった。日本の場合、モビリティ（運輸部門）が排出する二酸化炭素は、全排出量の 17.9%（2 億 1 300 万 t/年）を占めている。このような問題を次世代に残さないために、持続可能なモビリティ社会の構築が望まれる。

このような背景の下、例えばアメリカのカリフォルニア州では ZEV（Zero Emission Vehicle）規制開始、

フランスやイギリスでは 2040 年までに内燃機関を使用した自動車の新規販売を禁止など、環境問題を解決するための施策が世界中で施行・検討されている。そのため自動車メーカー各社は、環境負荷が低い自動車（電気自動車：EV、燃料電池自動車：FCV、プラグインハイブリッド自動車：PHV）の開発にしのぎを削り、持続可能なモビリティ社会の実現を目指している。

IHI グループにおいても、車両過給機や航空・宇宙分野などで培ってきた回転機械技術と産業用分野で培ってきたパワーエレクトロニクス技術を融合させることで、事業分野を超えた製品開発に取り組み、新たな過給機市場の開拓に挑戦することで持続可能なモビリティ社会の実現に貢献したいと考えている。

有望視されている燃料電池自動車

水素は、さまざまな 1 次エネルギーから製造可能であり、水素と酸素の反応は有害物質を発生させずに電気を生み出せることから、優れたクリーンエネルギーと目されている。この水素を燃料とする環境負荷が低い自動車の一つとして燃料電池自動車がある。近年、複数の自動車メーカーが燃料電池自動車の販売を開始し普及が徐々に進んでいる。しかしながら、コスト面や水素ステーション不足などのインフラの課題もあり、本格的な普及にはまだ時間を要すると考えられている。

一方で燃料電池自動車は、電気自動車の充電時間に

比べ水素の充填時間が短い、従来自動車と変わらない航続距離を実現できるなど、ユーザーにとってもストレスを感じることなく受け入れやすい自動車である。そのため乗用車だけでなく、バス、トラック、フォークリフトなど、さまざまな車両が世の中で活躍し始めている。

今回、IHI グループが開発した燃料電池自動車向けのオイルフリー電動過給機が、乗用タイプの燃料電池自動車に採用された。

新製品の概要

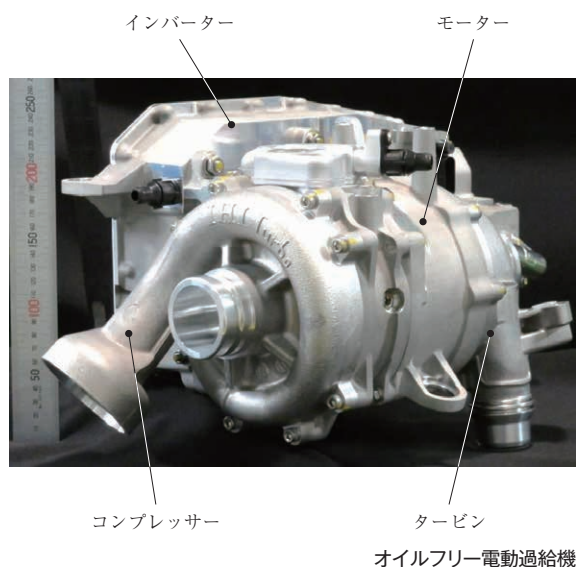
燃料電池で発電するためには空気（酸素）を燃料電池スタックに供給する必要がある。本電動過給機は、燃料電池スタックへ空気を供給するシステムの主要機器として活躍する回転機械であり、燃料電池自動車の重要な機器の一つである。本電動過給機は、コンプレッサー、タービン、モーターおよびインバーターで構成されている。

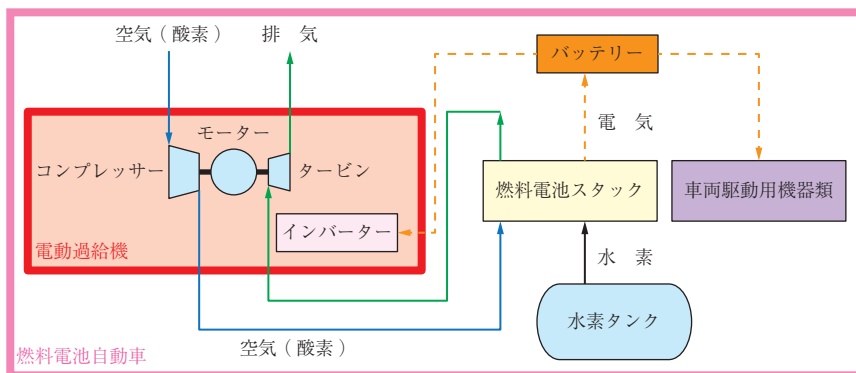
燃料電池自動車稼働時の物質とエネルギーの流れは次ページ上図のとおりである。電動過給機で圧縮された空気（酸素）と水素タンクから供給された水素が燃料電池スタックで化学反応し、発電されバッテリーに充電される。充電された電気が主機モーターの駆動や電動過給機の駆動などに使用される。また燃料電池スタックで化学反応後、排出される排気ガス（湿り空気）は、タービンで動力回収し外部に排出される。

新製品の特長

本電動過給機は以下のような多くの特長をもつ。

- (1) 低比速度インペラと羽根付きディフューザを採用し、作動点での高効率化を図ることで燃料電池スタック内部の圧力を高めることができ、空気（酸素）と水素の化学反応を促進させた（発電量向上）。その結果、高効率発電が可能になり、燃料電池スタックの小型・軽量化に貢献し、燃費向上、燃料電池スタックのコストダウンや車両空間の有効活用に寄与した。
- (2) モーターに加えてタービンによって燃料電池スタックの排気ガスから動力を回収することで電動過給機の消費電力を削減し、燃料電池システ



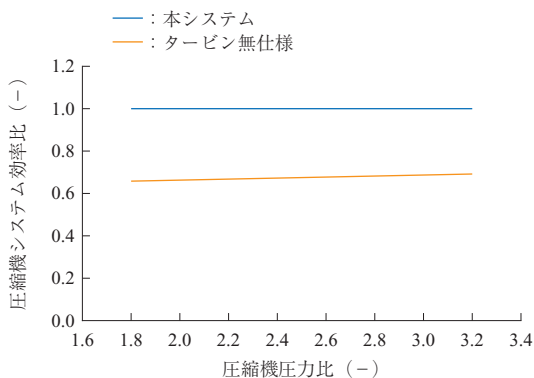


空気供給システム

ムのさらなる小型・軽量・高効率化を図った。その結果、圧縮機システムとしてタービン無仕様に対し作動範囲全域において約 1.5 倍の効率が得られるようになり、燃料電池システム効率の向上に寄与している。

- (3) 燃料電池から排出される排気ガスは、多くの水蒸気や水滴を含む。そして電動過給機では通常のエンジン用過給機では存在しないモーターという電気機器がある。このような特殊な環境下においても、タービンとモーターは作動できることが求められる。本電動過給機は高速回転するオイルフリー回転機械のため、モーター軸にはリップシールなどのシール部品を使用できない。そのためモーター軸部から流入する湿った空気に対する耐絶縁性と外部からモーターへの耐水性の確保が求められる。今回、モーターコイル製造プロセスやモールド充填プロセスなどの開発に取り組み、特殊な環境下においてもこれらの耐性を確保し、タービンによる動力回収を可能にした。

- (4) (3) で示した水蒸気や水滴を含む排気ガスをタービンに流入させるために、モーター-インバーター間の耐気密性の確保が求められる。今回、これらを一体化させるためモーター-インバーター間の電氣的接続部（モーターコネクター）で耐性を確保した。また、車載用のため外部からインバーターへの耐水性も確保した。これによりパワーエレクトロニクスの信頼性を高め、モーターコネクターの採用により生産性も向上させた。
- (5) 最近の自動車は車内の快適性・静粛性の要求が高くなっている。運転時の燃料電池自動車は従来自動車よりもいっそう静かな運転環境であるが、機器から発生する音への配慮がさらに求められる。本電動過給機は遠心式過給機のため、間欠流である容積式過給機に比べ低騒音（当社容積型過給機に対し -7 db）であり、車内の快適性・静粛性の確保に寄与している。
- (6) 高速回転かつ高出力の小型モーターは発熱密度が高く、連続運転するために熱マネジメントが不可欠である。電動過給機内で発生する熱に対



圧縮機システム効率向上



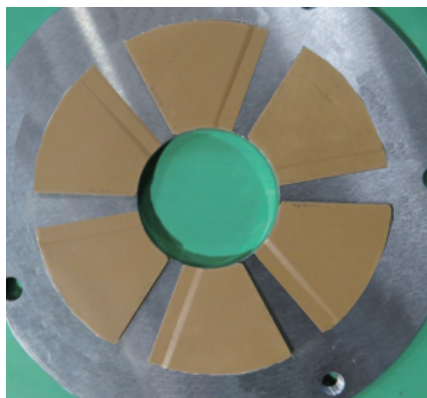
耐水性評価

し、冷却水と冷却空気を用いた効果的な冷却手法を用いることで、高発熱密度となる超高速モーターを実現し、高速回転であっても安定した連続運転が可能となった。

- (7) 仮に過給機から油分が燃料電池スタックに到達すると、被毒によりスタックの性能は低下し、最悪の場合は損傷に至る。このため、燃料電池自動車用の過給機では通常の過給機で使用する油潤滑ボールベアリングを採用することができない。今回、IHIグループが長年培ってきた独自のフォイル式空気軸受を採用した。この空気軸受は、振動荷重が空気膜を介してトップフォイルへ伝ばし、トップフォイルとバンプフォイル、およびバンプフォイルと軸受ケースがそれぞれ擦れ合うことで振動エネルギーが消散されるため、高速回転でも安定して回すことができる。空気軸受の採用により、凍結状態でも起動可能、あるいは異物が混入しても運転可能など、高耐異物摩耗性を有している。また車載環境下でも連続的に運転できる高耐振動特性も有しており、燃料電池用過給機に求められるオイルフリー化を実現させた。

- (8) 本電動過給機は、車載用インバーターや制御ソフトウェアも含めた全ての要素を独自に設計し、電動製品特有の電磁ノイズ対策や電氣的な安全面にも十分に対応できる。全ての要素を社内のみで調整可能なため、設計開発のコンカレント性を高め、開発速度の向上を図ることができた。

このように本電動過給機は、圧縮空気供給による燃料電池の発電効率向上と電動過給機の消費電力低減を両立させ、高効率な燃料電池システムを構成すること



新規開発された空気軸受

ができる。また、モーターとインバーターとの一体化によるコンパクト性と安全性、容積式過給機よりも優れた静粛性も実現したことで、車両環境の快適性にも寄与することができ、付加価値の高い電動過給機となった。お客さまからも大いに喜ばれ、また高い関心を集めており、燃料電池自動車の普及に貢献しつつある。

持続可能なモビリティ社会の実現に向けて

クリーンエネルギーである水素を使用した燃料電池自動車は、世界共通の課題である環境面だけでなく、ユーザーにとってもストレスを感じさせない魅力あるモビリティの一つになることは間違いない。自動車メーカー各社は、燃料電池自動車を次世代モビリティの主役の一つと位置づけ、乗用車だけでなく航続距離・大出力が求められる大型商用車への普及も有望視している。IHIグループは、大出力タイプの電動過給機の開発なども進め、今回採用された乗用車だけでなく、大型バスや大型商用車への採用も目指していく。そのためには、さらなる高回転かつ大出力のモーターの開発、熱マネジメントの最適化や生産性向上などに取り組んでいく所存である。

また燃料電池自動車の技術は鉄道、船舶、航空機や産業用への展開も考えられており、水素エネルギー社会の実現を目指し、今後もいっそう技術開発が進んでいくであろう。そしてクリーンである水素エネルギーが身近なエネルギー源の一つとなり、そのクリーンなエネルギーを活用したモビリティが世界中で普及していけば、低炭素・循環・自然共生社会においても多様なモビリティが社会で共存し続けることができる。

IHIは、これからもものづくりをとおして、技術の力で持続可能なモビリティ社会の実現に貢献していく。

問い合わせ先

株式会社 IHI

産業システム・汎用機械事業領域

車両過給機 SBU 営業部

電話 (045) 759-2849

<https://www.ihi.co.jp/>