

世界の車の環境性能を高める ターボチャージャーの可能性



株式会社 IHI 車両過給機セクター
技術統括センター センター長

鬼東 和宏

世界の車両過給機の開発をリードする 技術統括センター

車両過給機セクターは車両用・産業用・レジャー用機器等の小型過給機に関するお客さまのニーズ把握と技術開発、受注案件の見積もりから製品引き渡し、アフターサービスおよび付帯する事業活動まで担当しています。技術統括センターの役割は車両過給機関連事業の将来技術に関する開発・設計・生産技術の方針立案および新製品開発と客先プロジェクト対応です。セクター内の各部門間の連携促進とともに海外拠点を含む関係会社との技術協力、推進も担当しています。

当セクターの生産拠点は 2014 年 2 月現在、日本、アメリカ、イタリア、ドイツ、タイ、中国 2 拠点の計 7 拠点で、2013 年度の過給機生産は約 600 万台の見通しです。世界では第 3 位、国内では第 1 位のシェアを占めています。

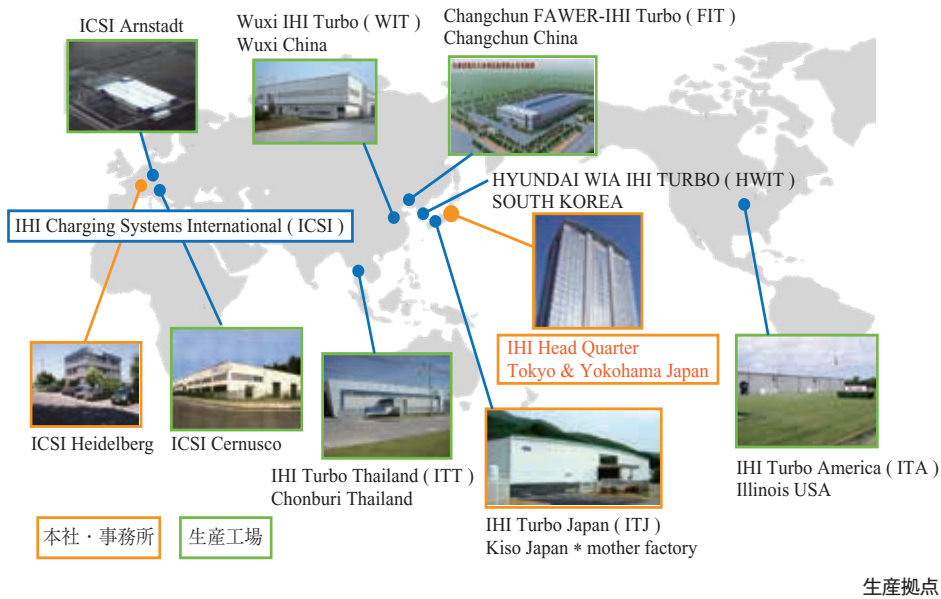
ターボチャージャーに対するニーズの変遷

車両過給機（以下、ターボチャージャー）へのニーズは時代とともに変遷しており、製品開発はその時代のニーズに確実に、より高いレベルで応えていくことが求められます。

初期のターボチャージャーは大出力を志向していましたが、1990 年ごろから、環境負荷に配慮した排ガス浄化と燃費向上へとニーズが変化してきました。現在、ターボチャージャーが世界の自動車開発の潮流のなかで果たしている役割をご紹介します。

ディーゼルエンジンの環境負荷低減への使命

自動車の排ガス規制は世界各国で厳しさを増し、特にディーゼルエンジンから排出される PM（粒子状物質、いわゆる黒いすす）や NO_x（窒素酸化物）の規



制が厳しくなる傾向にあります。

PM は酸素不足による燃料の不完全燃焼によって発生するため、いかに燃料と空気をよく混合して酸素不足を解消するかがポイントとなります。現在のディーゼルエンジンでは、燃料を高圧で噴射して微細な霧状にすることで、空気との混合効率を上げるよう改善されていますが、燃焼の際に酸素が不足すると PM が発生してしまいます。そこで、IHI の高効率ターボチャージャーが、燃焼室内に十分な空気を送り込むのに活躍しているわけです。

従来、ヨーロッパを中心としてディーゼルターボ乗用車の環境性能の高さが評価され、安定した需要があります。これら現在の厳しい排気ガス規制に適合するにはすすと NO_x を同時に低減するための燃焼技術をさらに進化（低温予混合燃焼）させることが必要となります。高 EGR (Exhaust Gas Recirculation) 率を維持しながら高過給をするためには高効率のターボが必要となります。IHI 製ターボチャージャーはこれらの課題をクリアし、ガソリンエンジンと変わらないクリーンなエンジンの実現に大きく貢献しています。

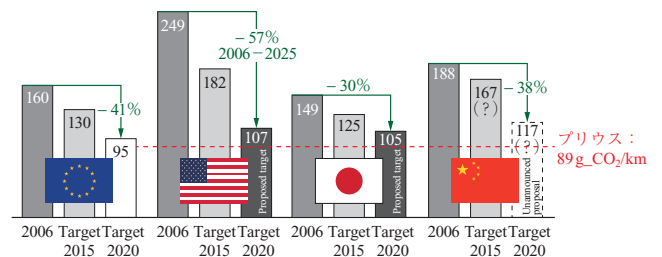
ガソリンエンジンのダウンサイジングへの使命

ここ 10 年ほどで、ヨーロッパを中心に自動車のダウンサイジングコンセプト、つまりエンジンの排気量を小さくしてターボチャージャーを搭載し、出力性能を維持したまま燃費を向上させるエンジン設計が大き

なトレンドとなっています。燃費向上という課題に対して、主要なヨーロッパの自動車メーカーはダウンサイジングを推進してきました。最近は北米や中国でもダウンサイジング設計が主流になりつつあります。

また、ダウンサイジングコンセプトに基づいたフォルクスワーゲン・ゴルフが、2013-2014 日本カー・オブ・ザ・イヤーを受賞。輸入車の受賞は初めてのことで、日本でもターボ搭載によるダウンサイジングが評価されたことの証しとなりました。

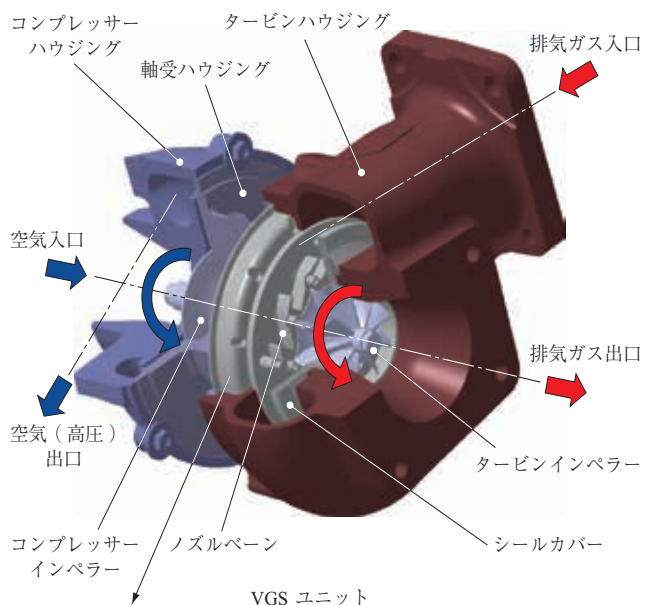
燃費規制は欧米、日本など各国で厳しい達成目標が設定されています。2020 年ヨーロッパにおけるガソリン自動車の CO₂ 規制は 95 g_CO₂/km に設定される見通しであり、これは日本のハイブリッド車と同水準をメーカー平均で達成しなければならず、相当厳しい基準と言えます。このような世界的燃費規制をダウンサイジングコンセプトで達成するためにターボチャージャーへ求められる要求は高度化し、需要はより一層高まっていくと考えられます。



市場環境 (各国の CO₂ (燃費) 規制動向)
Source: International Council on Clean Transportation, Global Passenger Vehicle Policy Update No. 13 (August 19th, 2011)

加速時のターボラグ改善への挑戦

ターボチャージャー搭載の自動車には従来、アクセル操作時に応答が遅れる「ターボラグ」という課題があり、開発初期にはいわゆる「ドックンターボ」などと呼ばれていたときもありました。この課題に対して排気ガス流量が少ない状況でもターボを必要な回転数まで加速させる高性能なタービンインペラーや低メカロス軸受の開発、低速から高速まで幅広い作動範囲で高効率を達成するコンプレッサーインペラーなど総合効率を上げる努力を続けてきました。エンジンの改良と合わせて最近のターボ車はターボラグを感じなくなっているはずですが、また、ディーゼルエンジン向けには積極的に空気流量をコントロールする必要性があり、排気ガスをタービンに吹き付けるノズル部分の面積を変える方法を開発しました。これはノズル部分にベーンという案内羽根を配置し、排気ガスの流量に応



VGS : Variable Geometry System
ターボチャージャーの構造

じてベーンの角度すなわち開度を調節して流速を制御します。この技術により空気量の制御が可能となり、燃焼改善と NO_x 低減からクリーンな排気ガスを達成しました。

将来的にさらなるクリーン化とエンジン全体効率改善による燃費向上のため、電動モーターでのエネルギー回収や排気エネルギーに頼らず空気量確保を可能にする「電動過給機」の研究開発も進められています。

ターボチャージャーを支える基盤技術

ターボチャージャーは 900℃ を超える高温下で、最小サイズのターボなら毎分 30 万回転に達する超高速回転機械です。このような条件のもとで高い性能と信頼性を達成するためには、さまざまな技術が必要となります。IHI グループにはジェットエンジン、回転機械、発電設備、社会基盤設備、産業機械などさまざまな事業分野があり、これらに共通する基盤技術を保有しています。ターボチャージャーは、高い基盤技術群をもつ IHI だからこそ提供できる製品なのです。

< 回転機械技術 >

ジェットエンジンに代表される回転機械に関わる高速回転体のバランス技術や軸受、トライボロジーなどの基盤技術はターボチャージャー開発で重要な役割を果たしています。

< 流体解析技術 >

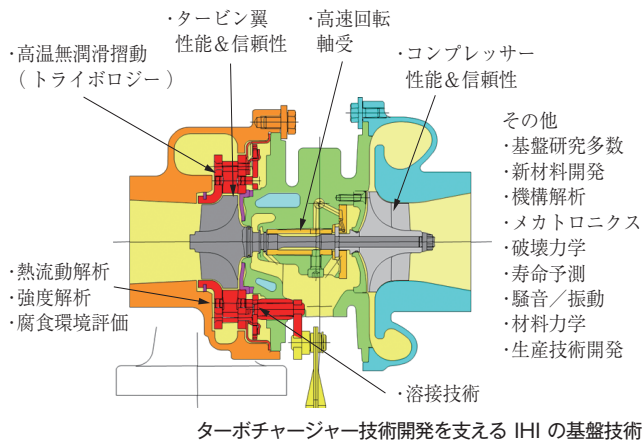
コンピュータの飛躍的な発達に支えられた CFD (Computational Fluid Dynamics : 数値流体力学) 技術の発達により、タービンやコンプレッサーの中の流れ予測が可能になり性能が大幅に改善されました。

< 材料技術、構造設計技術 >

高温高速下で高い耐久性を維持するために、材料や構造設計の改善を重ねています。より優れた材料や構造の探求に加え、限界の見極めも一層精緻化して、効率化に努めています。

< 振動・騒音抑制技術 >

ターボチャージャーは高速回転系なので振動や騒音の原因になる回転部品のアンバランス修正が非常に重要です。最近では多くのお客さまが音の静かなターボを期待されていることから、すべての製品に対して高速域での検査を行い、ミクロン単位のバランス調整を実施しています。



＜マッチング技術＞

ターボチャージャーはエンジンとの組み合わせで発揮される総合性能が重要視されます。そのためお客さまの車種やエンジンごとに最適なターボチャージャーを見積もり・設計・生産しています。いわば車種ごとのオーダーメイドであり、常に数多くの次期エンジン開発プロジェクトを抱えながら技術対応しています。

生産プロセスの改善による 性能向上とコストダウンのジレンマ克服

製造工程における一番の課題はコストダウンです。燃費規制や排ガス規制など求められる性能は年々厳しくなっていますがコストは下げなければなりません。フルモデルチェンジで以前の販売価格から大きくコストダウンを求められるケースもあります。

厳しい条件が課されるなかで我々が注力すべきは調達のしやすさや生産プロセスに配慮した設計、品質を安定的に保つためのロバスト設計などです。調達では、品質の良い材料を安く手に入れることはもちろんですが、常に新たなサプライヤーの発掘や育成の努力も必要です。また設計はコストに最も影響しますから、生産現場の状況を把握して設計に反映しなければなりません。また生産拠点の人員費の高低によっても、製造プロセスを変える工夫も必要になります。

製造技術の進歩もコストダウンの大きなファクターです。例えばコンプレッサーのインペラーは従来鋳造品のみでしたが、現在は、5軸マシンによる切削加工での製造が一部スタートしています。プログラムを変更するだけで形状を変えられるため、あらゆる形状の製作が可能になれば多品種小ロットの生産において大きなコストダウンにつながる期待があります。このよ

うにものづくりの方法を変えることで競争力を得ることは製造会社として大変重要なことであり、設計の段階からも積極的に取り組みたいと考えています。

グローバルなニーズへの対応

車両用ターボチャージャーの今後は市場動向に大きく左右されます。世界的な傾向として、ガソリン乗用車エンジンのダウンサイジング化やクリーンディーゼルの進化は今後も進んでいくと考えられ、その点で他社をリードできる技術を持ち続けることがお客さまのニーズに応えられることだと思います。中国やインド、東南アジアでは、今後ますますモーターリゼーションが進むと予測されますが、燃費や排ガスの規制はヨーロッパ並みの基準です。環境性能に優れたターボチャージャー搭載車への需要はグローバルに拡大していくことが予想されます。

また、環境規制の強化に対し、多様化する市場ニーズへの対応として燃料電池車へ搭載予定の特殊なターボチャージャーや、バッテリーを有効に活用できる環境向けにタービンのない電動過給機の開発も現在研究が進められています。

未来のターボチャージャーにかける夢

ターボチャージャーの効率と信頼性をもっと向上させていくことが我々のミッションです。そのためには、小型化・軽量化の技術を高め、限界設計をより追求していくことが不可欠です。

また、ターボチャージャーや、今後世の中の役に立つエンジンシステムそのものの進化にもっともっと貢献していきたいというのが私の夢です。例えば、ターボチャージャーそのものに知能を持たせる。センシングと制御技術によって排気ガスの状況をモニターしながらエンジンも含めて最適制御できるようになれば、燃費や走行性能など飛躍的に向上する可能性も秘めています。

私は若手の設計者にお客さまとの会話のなかで、夢を語り合っていて欲しいと思っています。未来の車がこんな風にならったら・・・こんな技術が生まれたら・・・とさまざまな夢が浮かんで来て、それをともに実現する。技術の発展に終わりはありません。みんなの夢を何とかして実現するためにも次世代技術の開発に一層力を注いでいきたいと思っています。