

H2ICE – 水素内燃機関

エンジン改装

TNO innovation
for life

HD 輸送における TNO の使命

2030 年と 2050 年に気候目標を達成するために、社会は野心的な目標を持っています。2030 年には、CO₂ 全体の排出量は 1990 年と比較して 55% 減少、2050 年には 95% 減少させなければなりません。大気質基準では、車両が EURO 6/VI 後の法律に準拠することが義務付けられます。H2-ICE 技術の適用は、上記の目標と一緒に満たさなければならないソリューションの組み合わせにおける 1 つの方法です。

なぜ H2-ICE(水素内燃機関)か？

H2-ICE がパワートレイン開発の興味深い道筋になる理由は次の通りです。

1. 燃料からの CO₂ 排出無し、後処理なしでユーロ 6 を、また潜在的にユーロ 7 を満たします。
2. 費用対効果が高く、実績のある技術。内燃機関は信頼性があります。生産ラインとサービスインフラはすでに存在します。
3. 生産に必要な原材料の地理的独立性があります。
4. 高純度の水素である必要がありません。
5. 複燃料方式での H2-ICE の適用だけでなく、単燃料としても水素市場の需要を牽引します。

TNO と水素設備

TNO はオランダのヘルモントにある持続可能なパワートレインのためのイノベーションセンター(ICSP)を運営しています。エンジンベンチ室には、最大 700kW のエンジンをテストするための最新かつ最新の機器が装備されています。さらに、TNO には、車両やエンジンの気候条件試験に使用できる気圧温度チャンバーがあります。試験温度は 45~+55°C、および 4000m の高度圧力まで対応します。ICSP は欧州市場向けの技術サービスとして機能し、エンジン所有者は道路や水上で運転できるようにするテストレポートを作成することが義務付けられています。

最も重要な事として、2020 年以降の ICSP には、ヘビーデューティエンジンを水素でテストするためのインフラがあります。試験施設では、個々の

試験室に最大 350bar の圧縮水素燃料が供給されます。水素燃料はチューブトレーラーに貯蔵され、水素の供給が途切れることがないことを実現するために 2 台のトレーラーは試験施設の近くに配置されています。試験室には、多気筒(最大 700kW)エンジンと単気筒エンジンの両方を装備できます。



図 1 オランダ・ヘルモントの TNO の水素インフラと試験施設
圧縮水素はチューブトレーラーに貯蔵され、最大 700kW の多気筒エンジンとヘビーデューティ単気筒エンジンを運転できる、最大 4 つの実験室に水素を供給します。

なぜ TNO の Traffic & Transport 部門なのか？

TNO は、応用研究の分野で国際的に主導的な研究機関であり、大型トラックセグメントで成功を収めています。私たちは、化石燃料で動作する内燃機関の革新的な技術コンセプトの実証において 50 年以上の実績があり、最近では持続可能な燃料に重点を置いています。

エンジン改装に関する TNO の経験

TNO は、内燃機関の試験と改装、およびパートナーとの提携技術で 50 年以上の経験を持っています。2020 年からは、水素燃料の実験も加速しています。

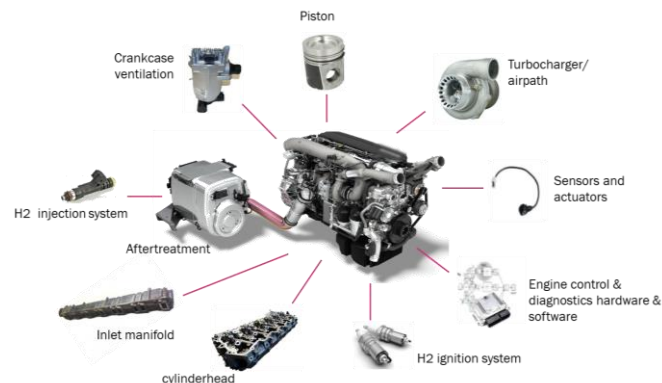


図 2 既存のディーゼルエンジンまたはガスエンジンプラットフォームの水素への改装は、すべてのメインコンポーネントに影響を与えます。

水素の使用は、すべての主要エンジン部品に影響を与えます。TNO は、主に ICE 向けの水素専用技術の開発において、OEM および TIER を支援します。主に、燃焼コンセプト開発、水素/空気混合、制御および診断です。また、実際にディーゼルエンジンをデュアルフューエルとモノフューエルの水素エンジンに改装しました。EURO VI を下回る NOx 排出量と、BMEP が 20 バール以上であることを実証しました。

実験的および数値的な内燃機関の研究開発

TNO は、実験的な燃焼研究のために独自の単気筒エンジンを設計および構築しました。その目的は、OEM や TIER が革新的なハードウェアコンポーネントや新しい燃焼コンセプトを試すために使用できる柔軟なプラットフォームを持つことです。このプラットフォームはモジュール式で柔軟性が高く、基本的な燃焼パラメータのコスト効率がよく体系的な評価を可能にします。シリンダーヘッド、ピストン、バルブ、燃料システム、点火システムなど、OEM/TIER 固有の部品を適用できる汎用ベースを備えています。

実験的開発は、詳細な数値流体力学 (CFD) シミュレーションから、現象論的、物理学ベースのシリンダー内燃焼モデル、およびエンジンコンセプトの開発と制御および診断の最適化のための完全なエンジンモデルに至るまで、数値ツールによってサポートされます。

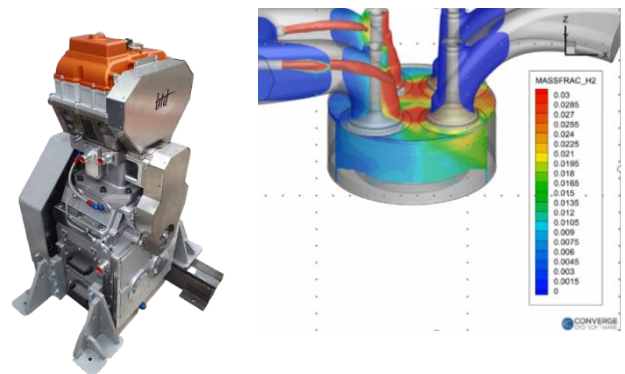


図 3 左に TNO の水素燃焼の基礎研究に使用される実験・数値ツールの実験用エンジン。右に CFD シミュレーション、例えば、超低 NOx を目標とするポート燃料噴射スパーク点火水素 ICE の水素/空気混合を調査するために使用されます。

現在の水素燃焼エンジン開発段階では、CFD シミュレーションは主要な水素燃焼の側面を研究開発するための効果的なツールです。ここでの主な開発領域は、燃料噴射システム (PFI、DI、または高圧 DI) と、低排出ガス、高効率、安定した燃焼を目標とする燃焼ハンバー形状との間の相互作用を理解し、最適化することです。

TNO の提案

TNO は、OEM や TIER と連携を取り、エンジンの水素への改装の概念実証をお手伝いしたいと考えています。また、業界パートナーと公的資金によるプロジェクトを確立し、実験することにも検討しています。

高効率水素エンジンにつながる革新的なアイデアをテストします。プログラムの研究テーマには、次のようなものがあります。

- 正味熱効率 (BTE) を改善する方法
- 出力密度と過渡応答を改善する方法
- エンジンアウト NOx 排出量削減方法

TNO の提案 (論文発表)

- [1] Bekdemir, C., Doosje, E., Seykens, X., H2-ICE Technology Options of the Present and the Near Future, **SAE paper 2022-01-0472, 2022**
- [2] Seykens, X., Doosje, E., Bekdemir, C., van Gompel, P., The hydrogen ICE for heavy-duty applications: Towards Ultra-low NOx Emissions, **43rd Vienna Motoren Symposium, 2022**

TNO Powertrains
Senior Research Scientist
Dr. Ir. Xander Seykens
Xander.seykens@tno.nl
+31 8 88 665738

TNO Traffic & Transport
Business Developer
Jack Bloem
jack.bloem@tno.nl
+31 6 10 75 73 39