

水素エンジンの高効率化と NO_x 低減技術

1. はじめに

水素エンジンは、燃料電池と同様に水素燃料を利用したエネルギー変換機である。研究は古くから行われており、既存の内燃機関を流用できる点では実現化に向けたハードルは低く、マツダでは水素ロータリエンジンが開発されている⁽¹⁾。しかしながら、着火性が高いことに起因する異常燃焼、高負荷時の NO_x 低減と熱効率の改善が課題である。これに対し、直噴化による水素過濃度混合気塊燃焼などによる効率改善の可能性が示されている⁽²⁾⁽³⁾。

2. 高圧水素噴流の混合

図1に水素噴流の可視化計測結果を示す。水素は最も軽い物質であり、その流動状態を計測するために、雰囲気空気にトレーサとしてシリコン粒子を浮遊させ、水素噴流を噴射している。その動きを粒子画像相関法 (PIV) にて解析した結果が下段である。噴射圧力は 10MPa の単噴孔噴流の一例である。時間とともに水素噴流が発達し噴流先端には周囲空気を押しよけるような流れが観察でき、噴流上流部では周囲空気を取り込むような流れが形成される。こうした流れにより噴流が拡散していく。この噴流先端部に直接点火することにより、過濃度混合気塊燃焼を実現できる。

3. 水素ロータリエンジンへの適用

エンジンはマツダより共同研究の一部として供試いただいたシングルロータの水素ロータリエンジンである。図2に示すように水素噴流へ直接点火を実現するために、ロータリエンジンに設置してある2本の点火プラグの間に設置した。噴流は圧縮行程後半に噴射し、ロータに衝突後、ロータ回転方向に流れ、噴流へ直接点火させた。

図3は、正味平均有効圧力と NO_x 排出量に及ぼす噴射タイミングの影響を示している。パラメータ燃料噴射期間である。噴射時期を遅角化するにつれ、平均有効圧力は増加し、同時に NO_x 排出量が低下していることがわかる。さらに噴射を遅らせると急激に平均有効圧力は低下する。燃料噴射期間が長いほどその影響は大きくなるがわかる。

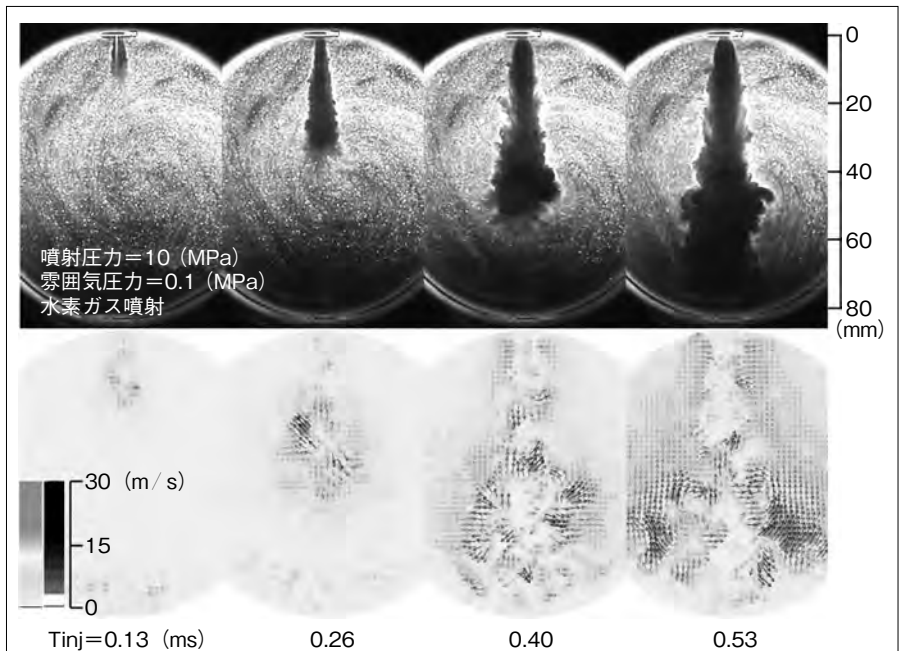


図1 高圧水素噴流の発達過程

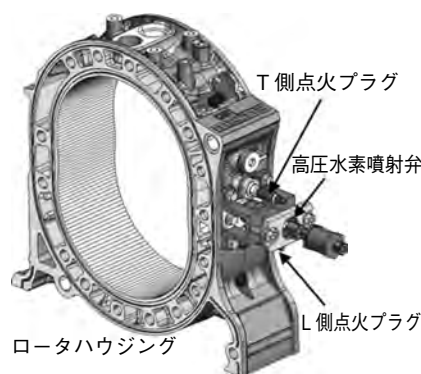


図2 高圧水素噴射弁取り付け位置

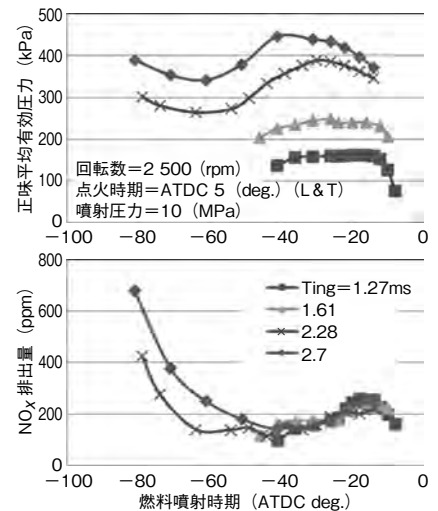


図3 正味平均有効圧力と NO_x 排出量に及ぼす噴射時期の影響

4. おわりに

直接噴射による過濃度混合気塊燃焼により、効率改善と低 NO_x 化を両立できることがわかった。また、こうした燃焼室内の一部で限定した燃焼は、ロータリエンジンの冷却損失の低減に有効である。本来ロータリエンジンは構造的に燃焼室が独立しており水素の異常燃焼に対して有効であるとされている⁽¹⁾。水素のインフラが進めば、コスト面やコンパクト性を生かした水素ロータリエンジンの実用化も期待できる。

(原稿受付 2015年1月28日)

[田端道彦 近畿大学]

●文献

- (1) Mazda, 水素自動車, 環境技術 <http://www2.mazda.com/ja/technology/env/hre/> (2015年1月28日)
- (2) 高木靖雄, 直噴水素エンジンの過濃混合気塊の拡散燃焼による NO_x 生成低減, 自動車技術, 66-4 (2012), 92-98.
- (3) 田端道彦・Nizar Jaber・香川良二, 水素噴流特性とエンジン燃焼に及ぼす高圧水素噴射弁の噴孔パターンの影響, 第24回内燃機関シンポジウム講演論文集, (2013-11).