

次世代自動車用パワーシステムソリューションの包括的研究	
題目	冷却水流制御が高圧縮比ガソリンエンジンの予混合圧縮着火に及ぼす影響
著者	早稲田大学 今駒龍太郎 野尻大輔 須藤智広 劉天昊 草鹿仁

1. 概要

近年、排ガス性能と燃費性能を同時に向上できる予混合圧縮着火（HCCI）燃焼が注目されている。そこで本研究では、エンジンの冷却水流路を分割し、各流量を独立制御する過給 HCCI 筒内壁面温度測定試験に加えて、数値熱流体コードと一次元熱伝導方程式を組み合わせ壁面温度計算をすることで冷却水流制御が HCCI 燃焼に与える影響を調査した。以上より冷間始動時の HCCI 早期運転開始および高負荷運転域拡大に向けた指針を得ることを目的とする。

2. 今年度の研究成果

2.1 冷却水流路の分割

まずエンジン部品であるヘッドガスケットの冷却水流路穴を塞ぐことでエンジン内の冷却水流路をシリンダヘッド側とシリンダブロック側に分割した。その上で、シリンダヘッドとシリンダブロックそれぞれに冷却水入口を設け、各冷却水ラインにポンプと熱交換器を設置した。シリンダヘッド側とシリンダブロック側冷却水流路でそれぞれのエンジン入口直前に設けた熱電対で得た温度データをもとに熱交換器の冷却量をフィードバック制御し冷却水温度を任意に設定可能とした。ポンプはインバータによる手動制御で流量の調整を可能とした。

2.2 過給 HCCI 筒内壁面温度測定試験

2.0 リットル直列4気筒ガソリンエンジンの第1気筒のみを HCCI 用に改造して、過給 HCCI 試験を行った。本試験ではベース流量（シリンダヘッド側：8L/min, シリンダブロック側：16L/min）からシリンダヘッド側かシリンダブロック側のいずれか一方の冷却水を停止させる流量減少条件と、ベース流量からヘッド側とブロック側いずれか一方の冷却水流量を 24 L/min.増加させる流量増加条件にて試験を行った。実験結果を図 1 に示す。冷却水流量を減少させると筒内壁面温度が上昇し、シリンダヘッド側冷却水を停止した条件では壁温が最大 11.0 K 上昇している。また筒内最大圧力が最大で 0.15 MPa 増大した。これらの結果から、冷却水流量の減少はエンジンを暖機し、燃焼を促進する効果があると示唆された。

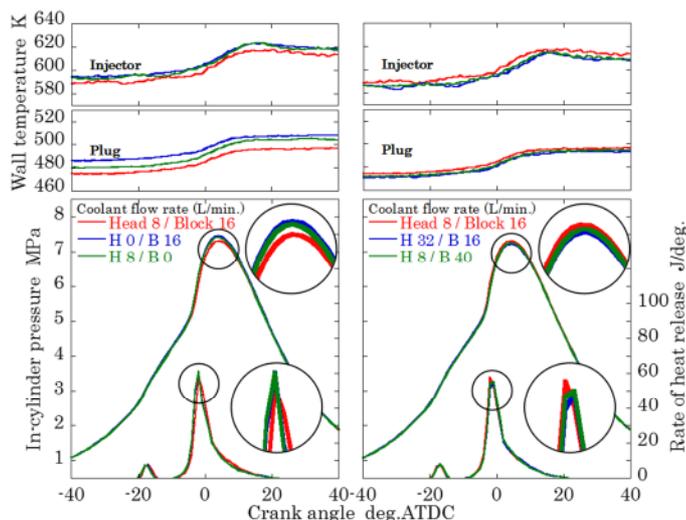


図 1 過給 HCCI 筒内壁面温度測定試験結果

2.3 壁面温度算出モデルによる冷却水流変化の再現

実験と同様の条件において壁面温度算出モデルを用いた三次元流体計算を行った。以下に筒内温度を筒内の断面上で表した可視化結果を図 2 に示す。図 2 では同じ 3 条件に関して、着火直前の -10 deg.ATDC、上死点、筒内圧力が最大となる 3 deg.ATDC の 3 つの時期で比較を行った。この比較から、低流量条件ほど着火前の筒内温度が相対的に高くなっており、それに伴い着火時期が早期化していることがわかる。着火時期が早期化することで、圧力上昇率が上昇し燃焼温度のピーク値も高くなっていると推察される。したがって、冷却水流量の変化によって筒内壁面温度ひいては筒内温度が変化し、HCCI 燃焼の着火時期に影響を与えることで燃焼を促進、抑制することがわかった。

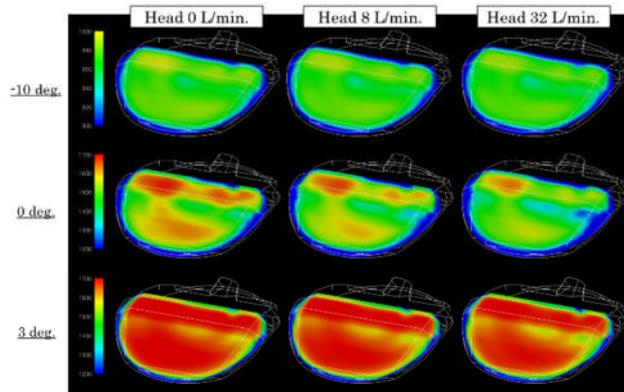


図 2 筒内温度の筒内断面図

3. 次年度の研究

次年度は実機試験により、冷却水流制御が冷間始動時の HCCI 燃焼早期運転開始に及ぼす影響を調査する。