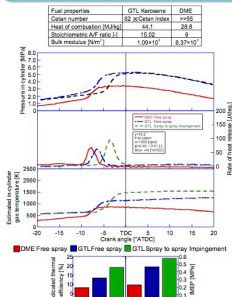


# スワールノズルを用いた対向噴霧による 予混合圧縮着火 (PCCI) 燃焼の制御

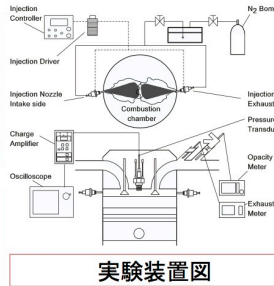
琉球大学大学院 内燃機関工学研究室 並里和明 若井謙介

## PCCI燃焼における運転領域拡大の検討

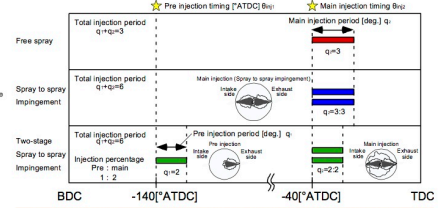


・当研究室ではこれまで代替燃料であるDMEを用いたPCCI燃焼を実現したが、気体燃料でありセタン価の高いDMEは拡散性が良いため燃料投入量を増加させるとノッキングが生じIMEPが最大0.31MPaと運転領域が低く制限されていた。  
そこで運転領域の拡大を図るため液体燃料であり低位発熱量の高いGTLを代替燃料として使用する。また、 $P_{inj}=12.1$ [MPa]と低圧での対向噴射を行うことで、より不均質性を持たせる。

・物性の違いによりGTLはDMEよりも着火時期が遅角化しており対向噴射を取り入れることで、より遅角化している。これにより熱効率が増した。  
・GTLはDMEに比べ低位発熱量も高いため同当量比においてもIMEPが大きく向上する



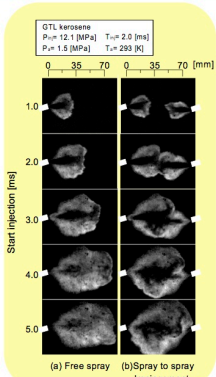
実験装置図



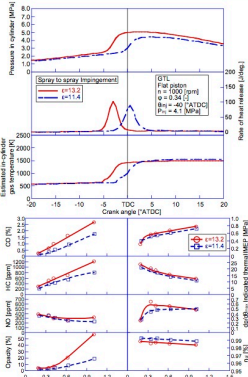
・自由噴霧に比べ、対向噴霧及び多段対向噴霧を適用することで、混合気形成過程を変化させPCCI燃焼の制御を図る  
・コモンレールを使用せず低圧でスワールノズルを用いた噴射を行うことで混合気の濃度分布を制御する

## PCCI燃焼において、対向噴射、多段対向噴射を適用することで運転領域の拡大を図る

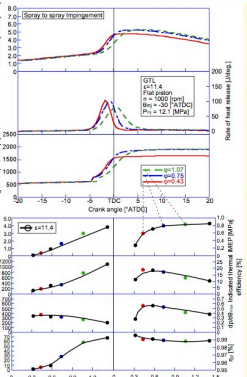
### 対向噴射が噴霧特性及び燃焼に与える影響



・シュリーレン法で撮影した噴霧画像において、黒い領域は燃料の密度が高く、白い領域は燃料の密度が低い部分を表している  
・自由噴霧は時間と共に急激に拡散している  
・対向噴霧は、衝突後に黒い領域が渦を巻きながら広がっている  
・対向噴霧は噴霧面積の拡がりや抑制され、濃度差が生じている



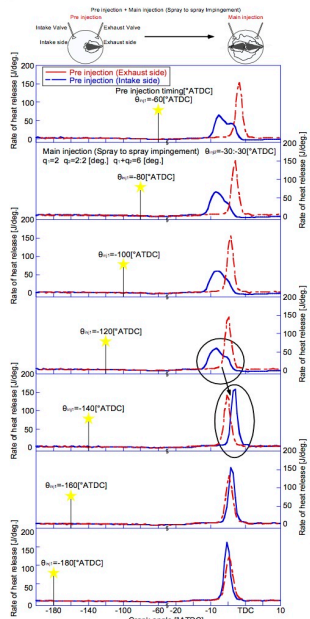
・ノッキングの抑制、等容量の向上を図るため、圧縮比を $\epsilon=13.2$ から $\epsilon=11.4$ に低下させた  
・低圧縮比化により熱発生位置が遅角化している  
・熱発生率の最大値は減少しているが等容量の向上により、IMEP、熱効率の減少は大きくみられない  
・予混合期間の長期化により均質な混合気量が増加し、PMが大幅に低減可能となった  
・燃焼結性の向上によりCO、HCの低減も実現できている  
・NOも熱発生率の最大値の減少により低減した



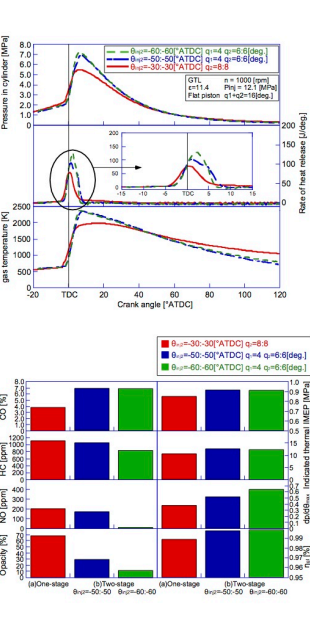
・当量比 $\phi$ の増加に伴い、熱発生率の最大値が減少し、緩やかな燃焼となっている  
・ $\phi=0.6$ 以降ではIMEPの増加率が低減し、等容量熱効率も低下している。また、CO、HC、PMに大幅な悪化がみられた  
・高負荷領域での運転を行うため、燃料投入量を増加させると混合気濃度が濃くなる領域が増え排気・機関特性が悪化したと考えられる  
・予混合気量を増加するため噴射時期を遅角化させると、ノッキングが生じ運転領域が制限される

一定の当量比以上の領域において混合気が過濃になり、排気・機関特性の大幅な悪化がみられた  
そこで、多段対向噴射を適用し比較的高負荷領域において燃焼を制御し改善を図る

### 多段対向噴射による、高負荷領域での排気・機関特性の改善



・Pre噴射を吸・排気側それぞれの方向から行い、適した噴射時期を検討した  
・ $\theta_{pi}=-120$ [ ATDC]から $-140$ [ ATDC]にかけて熱発生率に大きな変化がみられた。熱発生位置が遅角化し最大値の高い急峻な予混合燃焼となっている  
・対向噴射のみだと過濃となり排気の悪化がみられた総噴射期間 $q_1+q_2=12$ [deg.]において、多段対向噴射を取り入れると、最大値の高い急峻な燃焼となり、予混合気量が増加していることがわかる  
・排気側からのPre噴射を行うと、2つのピークが存在する特徴的な熱発生率を示した。これにより、吸気側からのPre噴射に比べ圧力上昇率が低減した



筒内圧力、熱発生率、筒内温度  
・さらに燃料投入量を増加させた。総噴射期間 $q_1+q_2=16$ [deg.]における、対向噴射のみと多段対向噴射を適用した際の結果を示す  
多段対向噴射では、混合気が過濃になるのを抑制し、かつノッキングが生じない時期までメイン噴射時期 $\theta_{inj}$ を遅角化させた  
・多段対向噴射は、対向噴射のみに比べて熱発生率の最大値が高くなっている。また、熱発生時期は遅角化しており、TDC以降で最大値を示している  
・筒内温度をみると、多段対向噴射は最高温度が高いものの減少率が大きく、50 [ ATDC]付近で対向噴射のよりも低温になっている。

排気特性  
・多段対向噴射はTDC以降に熱発生率の最大値が生じ、比較的低温で急峻な燃焼が発生したため、NOが大幅に低減している  
・多段対向噴射ではPre噴射、メイン噴射時期の遅角化の効果により、均質な混合気量が増えたためPMも大幅に低減している  
・多段対向噴射は燃焼期間が長期化しているため、燃焼結性が向上しHCが低減している

機関特性  
・多段対向噴射は熱発生率の最大値の上昇により、IMEPが向上している

対向噴射により予混合圧縮着火燃焼における運転領域の拡大が実現できること、  
多段対向噴射により、高負荷領域での排気・機関特性の改善を行えることがわかった  
今後は、更なる高効率・高出力化を目指すため高圧縮比化やEGRの適用等を試みる