



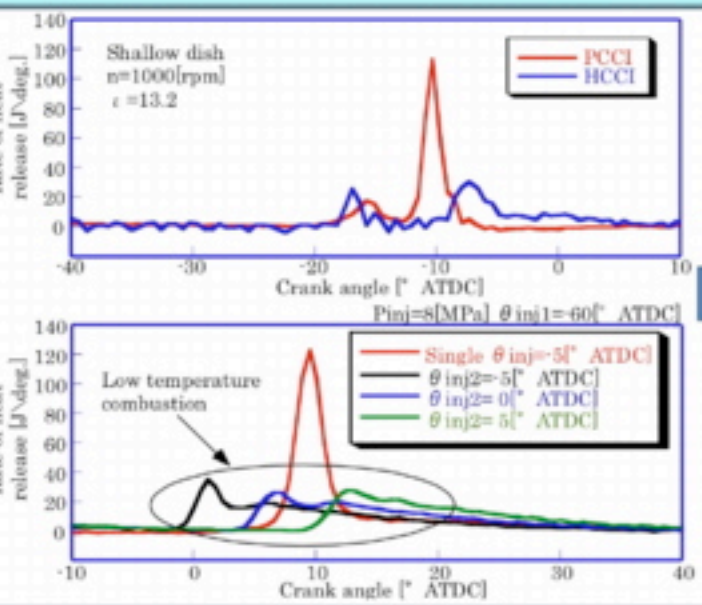
## 予混合圧縮着火機関の燃焼状態の検討

**予混合圧縮着火**

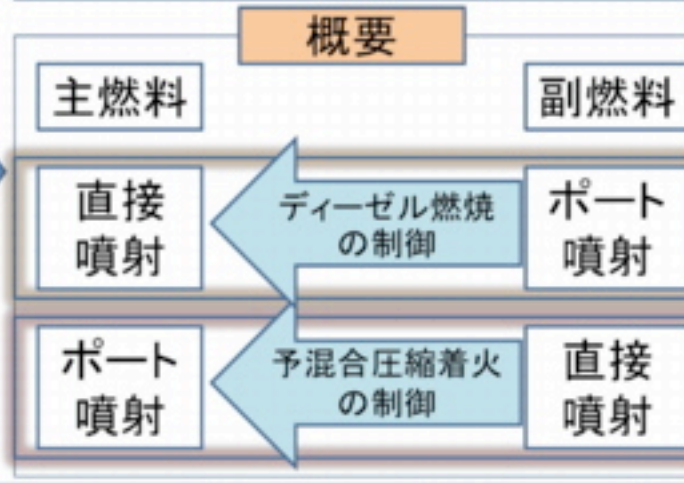
- PCCI: 圧縮行程後期(-60° ATDC)での筒内直接噴射
- HCCI: 吸気行程中での吸気管内への噴射
- 運転領域が比較的広いHCCIでもIMEPが最大0.35MPaと低く制限された

**低圧2段噴射を用いた低温燃焼**

- 緩慢な燃焼となり運転領域が広がったものの、等容度の低さと燃焼完結性の悪化によるHCの増加を招いた



### ポート噴射+直接噴射



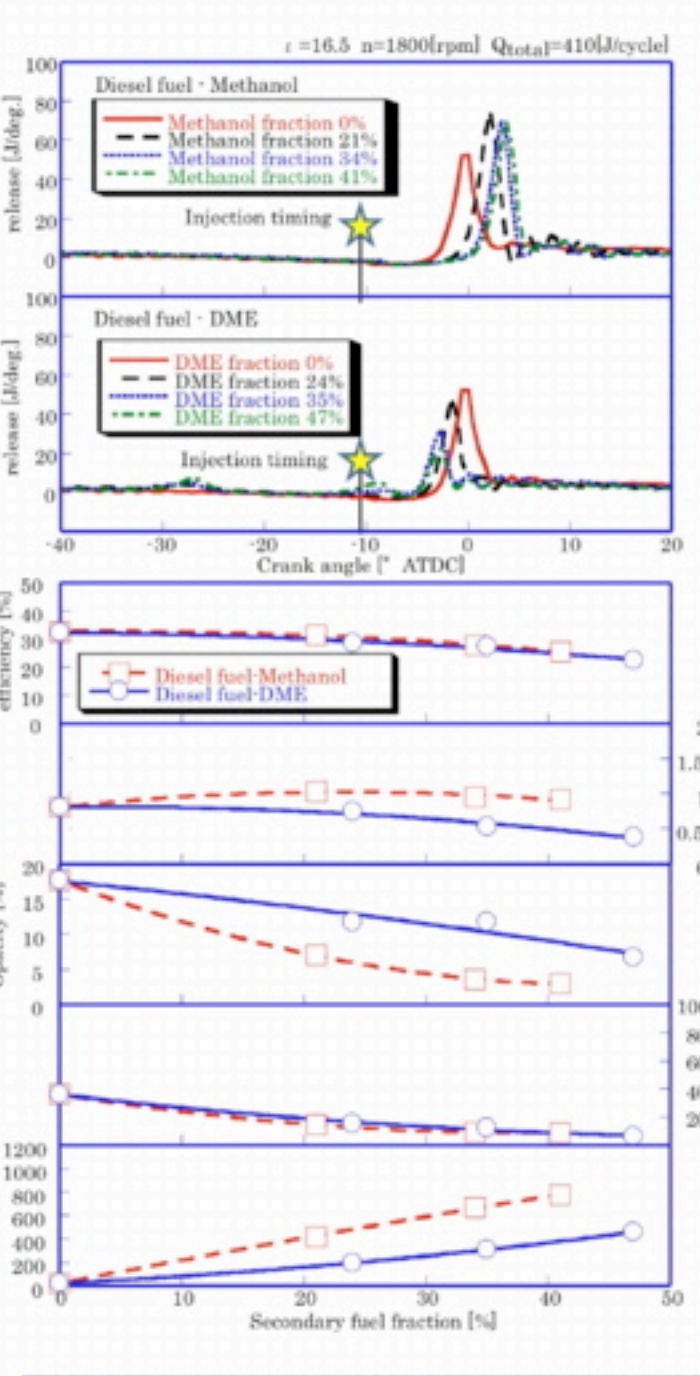
Fuel properties	Diesel fuel	GTL灯油	DME
Cetan number	40~55	62 @Cetan index	>>55
Heat of combustion [MJ/kg]	43.5	44.1	28.8
Stoichiometric A/F ratio [-]	14.37	15.02	9
Bulk modulus [N/m <sup>2</sup> ]	1.49 × 10 <sup>9</sup>	1.09 × 10 <sup>9</sup>	6.37 × 10 <sup>9</sup>

	主燃料	副燃料
軽油, GTL灯油	100~60%	メタノール, DME 0~40%
DME	90~55%	軽油, GTL灯油 10~45%

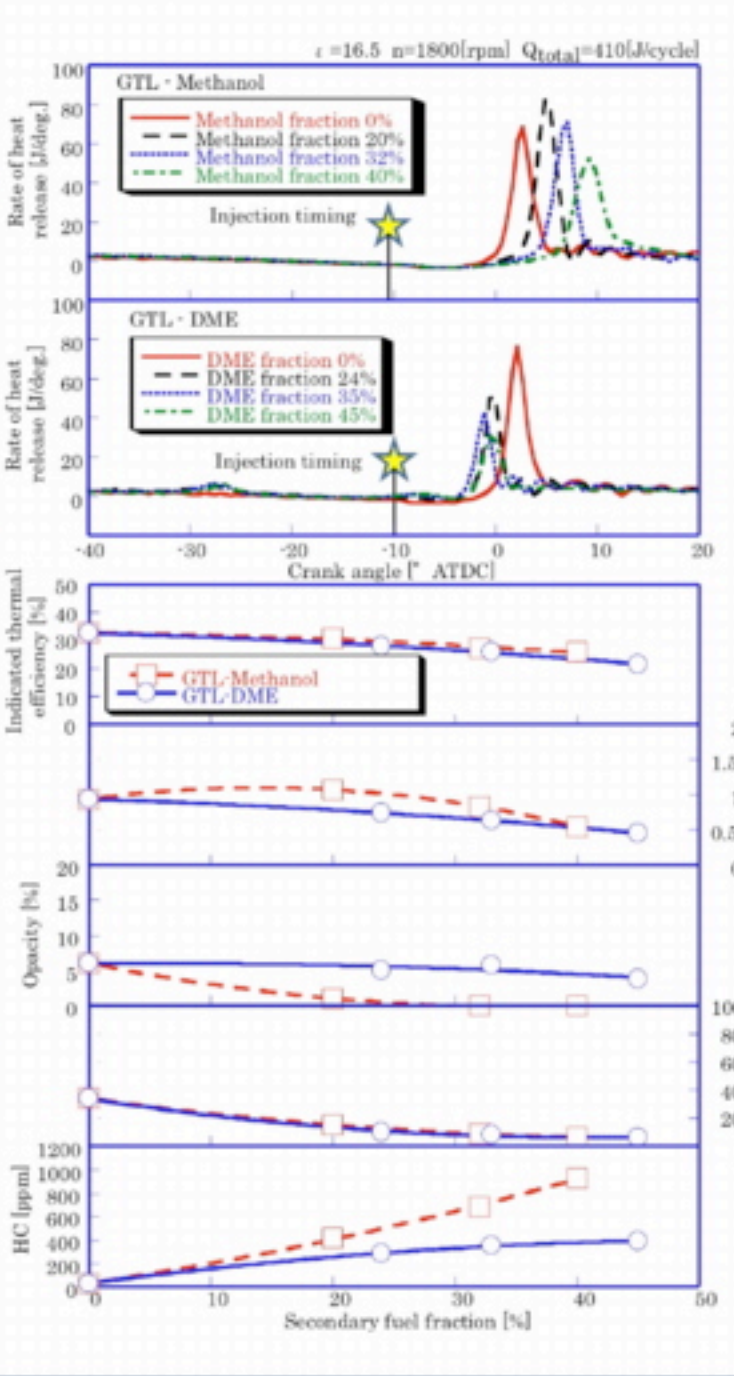
2つの燃料供給系からの投入熱量割合を変化することで燃焼の制御を図る。

## 主燃料の直接噴射+副燃料のポート噴射 (DI割合>PI割合)



**主燃料: 軽油**  
**副燃料: メタノール, DME**

- 副燃料のメタノールをポート噴射することで主燃料の軽油の着火時期が遅角し予混合的な燃焼となる
- ポートから副燃料のDMEを噴射することで主燃料の軽油の着火時期が進角し拡散的な燃焼になる
- 正味熱効率は副燃料による差は見られない
- 最大圧力上昇率は拡散的な燃焼となるDME噴射の場合が低くなる
- メタノール噴射の場合は着火時期の遅角によって着火遅れ期間が長期化する。これによって希薄予混合燃焼となりオパシティとNOが同時低減する
- HCはDMEの低温酸化反応によってメタノール噴射よりも排出が抑えられている

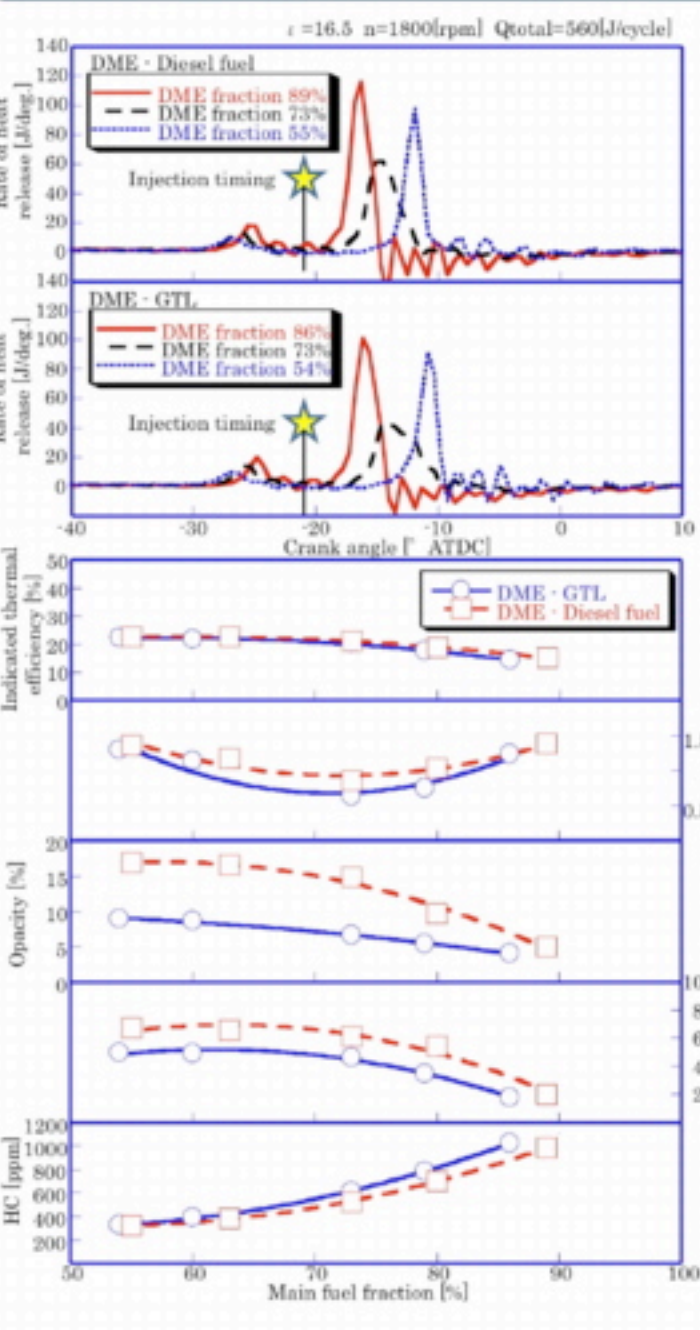


**主燃料: GTL灯油**  
**副燃料: メタノール, DME**

- メタノールを噴射することで着火時期が遅角しているが主燃料が軽油の場合と比べて遅角の度合いが大きい
- DME噴射による着火時期の進角化の効果は主燃料による差は見られない
- 正味熱効率は副燃料による差は見られない
- 最大圧力上昇率はメタノール熱量割合が30%以降にかけて軽油の場合よりも低くなる
- 主燃料がGTLの場合はDME噴射によるオパシティの排出量が軽油の場合よりも低くなる
- HCはメタノール噴射の場合GTLの方が着火時期遅角の効果が大きいため燃焼完結性の悪化から軽油に比べ増加する

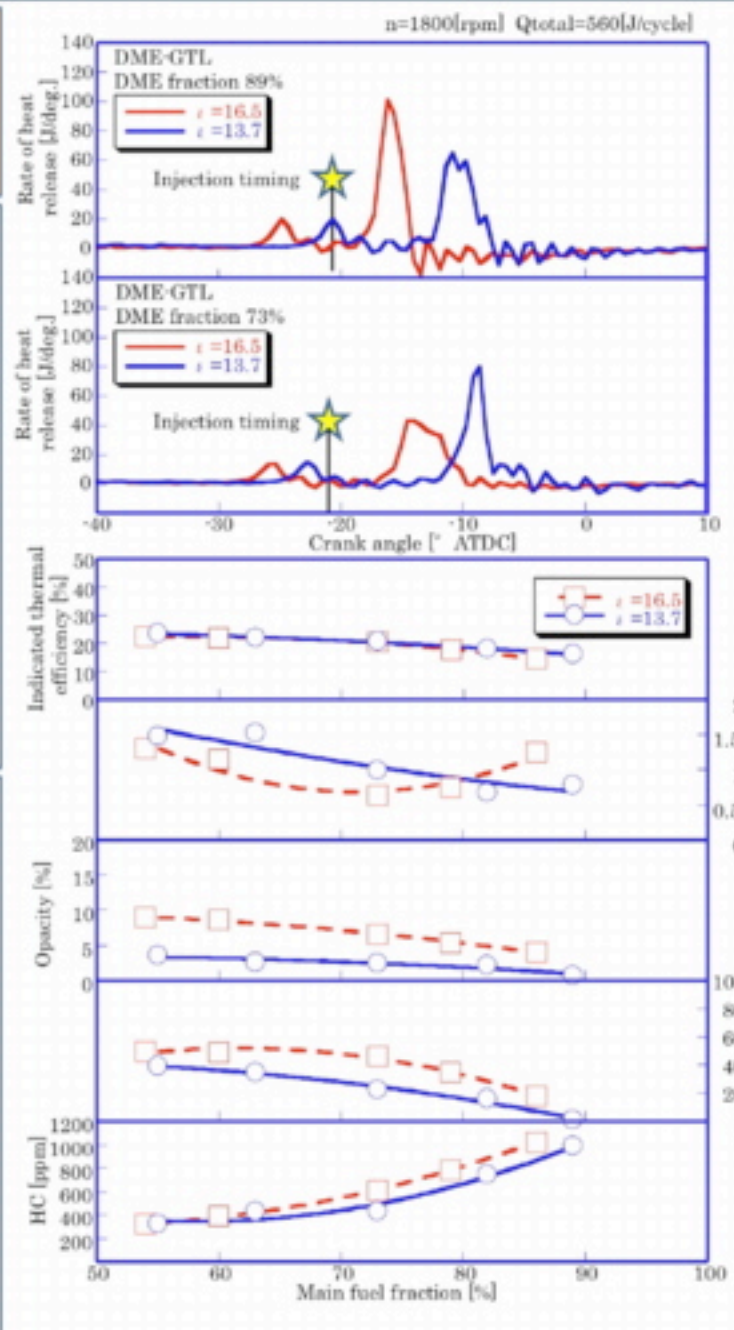
セタン価の低いメタノールをポート噴射することで着火時期が遅角させ、セタン価の高いDMEをポート噴射することで着火時期を進角させることができ、副燃料を噴射することで主燃料の燃焼を制御可能である。

## 主燃料のポート噴射+副燃料の直接噴射 (PI割合>DI割合)



**主燃料: DME**  
**副燃料: 軽油, GTL灯油**

- ポート噴射される主燃料のDME熱量割合89%の場合にはDMEの燃焼が支配的となり副燃料の直接噴射の影響が小さい
- DME熱量割合が73%の場合には副燃料を直接噴射することで着火時期が遅角しピーク値も低く、緩慢な燃焼となっている
- DME熱量割合55%の場合には着火遅れが長期化することで急峻な燃焼となっている
- 正味熱効率は副燃料による差は見られない
- 最大圧力上昇率は拡散的な燃焼となっているDME熱量割合73%が最も低くなる
- オパシティとNOは主燃料のDME熱量割合が増加するほど同時低減し、副燃料がGTLの場合はすべてのDME投入熱量割合で軽油の場合よりも低くなる
- HCは副燃料を直接噴射することで着火時期がTDCに近づくため燃焼完結性が向上し減少する



**副燃料: GTL灯油**

- 圧縮比の影響
- DME熱量割合89%の場合、ε=13.7では副燃料のGTLの噴射時期が低温酸化反応期間中になることで急峻な高温酸化反応を抑制している
- DME熱量割合73%の場合はいずれの圧縮比においてもGTLの噴射時期は低温酸化反応後であるため燃焼に与える影響が小さく、ε=13.7では着火遅れ期間が長期化することで予混合的な燃焼となっている
- 正味熱効率は圧縮比による差はみられない
- 最大圧力上昇率はDME熱量割合が55~80%付近まではε=13.7の方が大きいが80%以降はε=16.5の方が大きくなる
- オパシティとNOはDME熱量割合が最も高い90%付近で排出が抑えられている
- HCはε=13.7の場合には着火時期がTDCに近づく燃焼完結性が向上したため減少する

ポート噴射されるDMEの燃焼を、副燃料を直接噴射することで制御でき、急峻な燃焼を抑制可能となった。今後は直接噴射時期の最適化や副燃料の種類を変更しさらなる運転領域の拡大と排気の改善を目指す。