

2024年度 JPECフォーラム

**【9】将来ディーゼルエンジンを想定した
合成燃料利用技術の研究開発**

2024年5月14日

北海道大学

1. 研究目的と実験装置

- 急速圧縮膨張装置の紹介

2. 試験燃料

- GTLとOME_{mix}の紹介

3. エンジンデータとRCEMによる燃焼観察

- 軽油とGTLの燃焼差異
- 炭化水素系燃料はどのように燃焼するか？
- OME_{mix}による噴霧間干渉の抑制と後燃え低減
- OME_{mix}によるすす低減効果

4. 結論

研究目的:

カーボンニュートラル燃料としてe-fuelに代表される**液体合成燃料の導入に期待**が寄せられている。市販の軽油レベルの液体合成燃料を単に市場導入するのではなくて、**燃料の組成とディーゼルエンジンの燃焼方法の両面から高効率かつ低排出ガスの実現を目指す。**

北海道大学の研究装置類

1. エンジン(クボタ V2607-DI-TE4B改造エンジン)

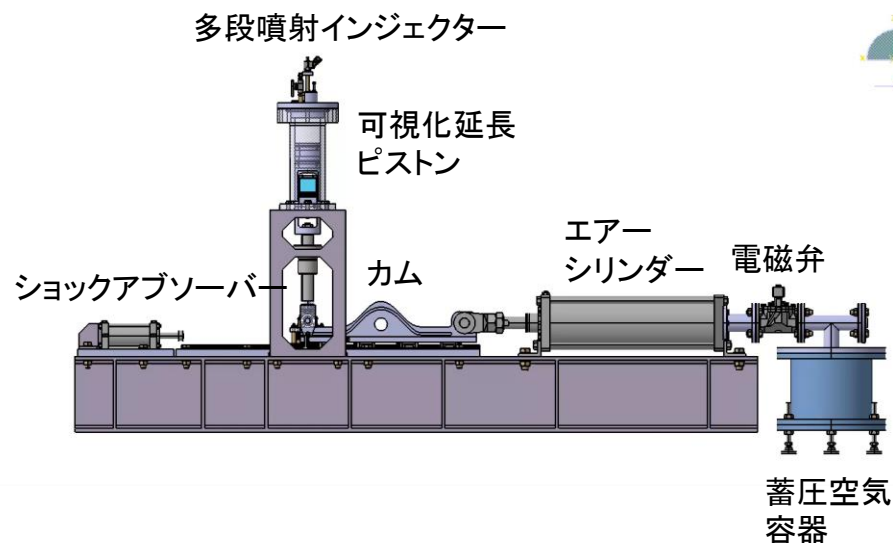
- 排出ガスの計測
- 熱効率関連因子の計測

2. 急速圧縮膨張装置

- シリンダ内の燃焼の観察

3. 定容燃焼容器

- 噴霧干渉領域でのスモークの生成の観察



1. 研究目的と実験装置

- 急速圧縮膨張装置の紹介

2. 試験燃料

- GTLとOME_{mix}の紹介

3. エンジンデータとRCEMによる燃焼観察

- 軽油とGTLの燃焼差異
- 炭化水素系燃料はどのように燃焼するか？
- OME_{mix}による噴霧間干渉の抑制と後燃え低減
- OME_{mix}によるすす低減効果

4. 結論

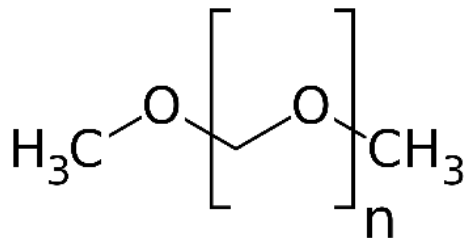
研究内容

燃料： ①軽油、②GTL、③GTL+OME30%、④GTL+OME50%

➤ 軽油とGTLの燃焼の差異

➤ OME_{mix}*燃料がディーゼル燃焼に及ぼす効果を調査。

		Diesel JIS No.2	GTL	GTL+ OME _{mix} 30%	GTL+ OME _{mix} 50%	
Cetane number	[-]	59.7	72.7	72.2	71.0	
Density (@15 C)	[g/cm ³]	0.826	0.777	0.855	0.9105	
Distillation	IBP	C	172.0	207.5	156.5	153.0
	T50	C	283.0	258.0	235.5	202.0
	T90	C	335.5	312.5	305.0	298.0
	EP	C	361.5	328.5	323.0	319.0
Aromatic content	vol %	18.5	0.2	0	0	
Oxygen content	mass %	<0.1	<0.1	17.1	26.9	
Lower heating value	kJ/kg	43330	43670	34830	29600	



* A mixture of OME3: OME4: OME5
in the ratio of 6:3:1 (volume ratio)

1. 研究目的と実験装置

- 急速圧縮膨張装置の紹介

2. 試験燃料

- GTLとOME_{mix}の紹介

3. エンジンデータとRCEMによる燃焼観察

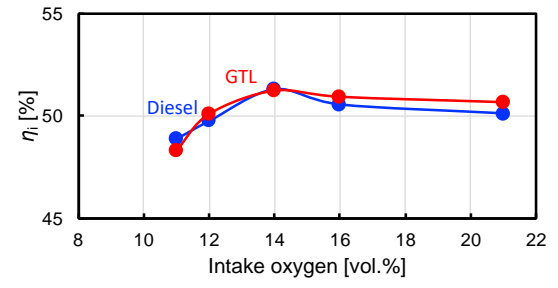
- 軽油とGTLの燃焼差異
- 炭化水素系燃料はどのように燃焼するか？
- OME_{mix}による噴霧間干渉の抑制と後燃え低減
- OME_{mix}によるすす低減効果

4. 結論

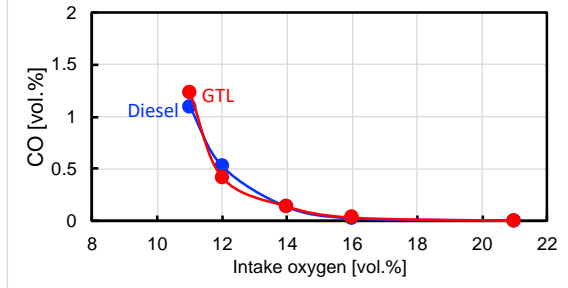
軽油とGTLの燃焼差異(エンジン)

吸気酸素濃度変更試験(1200rpm, IMPE 900 kPa)

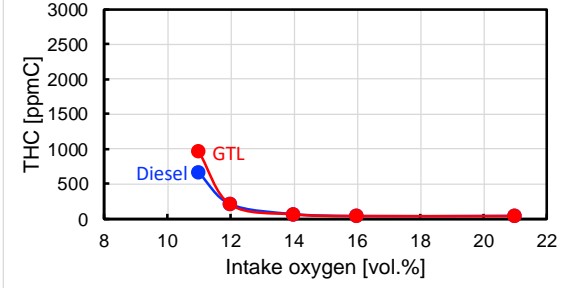
熱効率



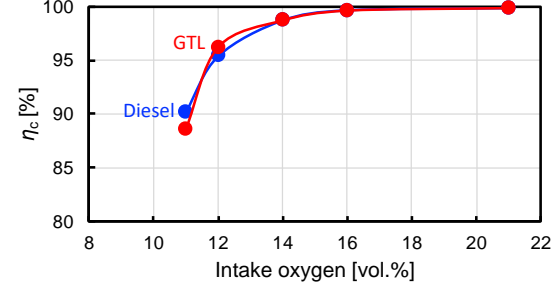
CO



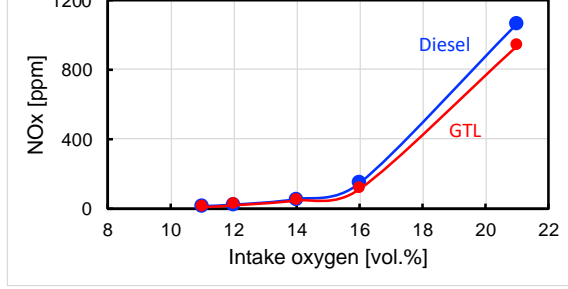
Total hydrocarbon



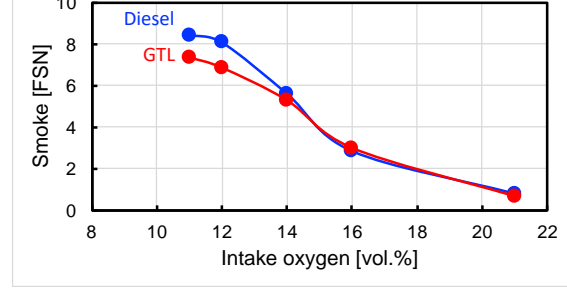
燃焼効率



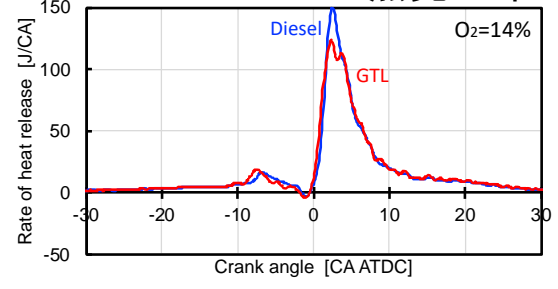
NOx



Smoke



熱発生率



GTLと軽油の燃焼の違い

- (1) GTLは着火遅れが短い燃焼をする(セタン価の影響)
- (2) 熱効率、燃焼効率はGTLと軽油に遜色はない
- (3) GTLは高酸素濃度時に低NOx
- (4) GTLは低酸素濃度時に低スモーク

軽油とGTLの燃焼差異(急速圧縮膨張装置)

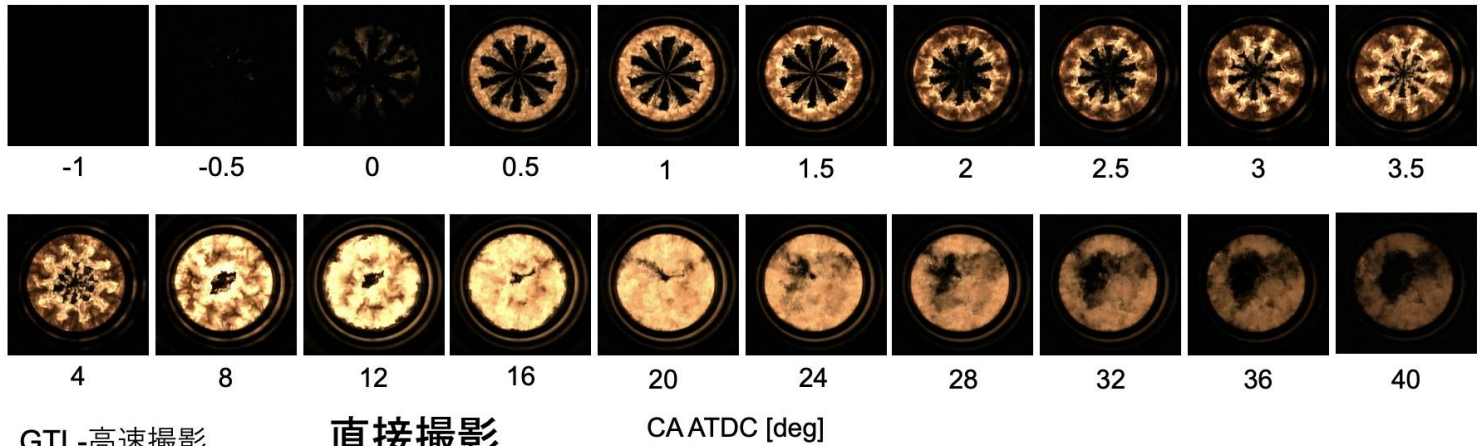
撮影条件: 回転数 1030rpm相当、負荷 IMEP 900kPa相当

噴射時期 -2CA ATDC(単段噴射)、噴射圧力 75MPa、吸気酸素濃度 18%、過給圧力 110kPa (abs)

燃料: 軽油、GTL

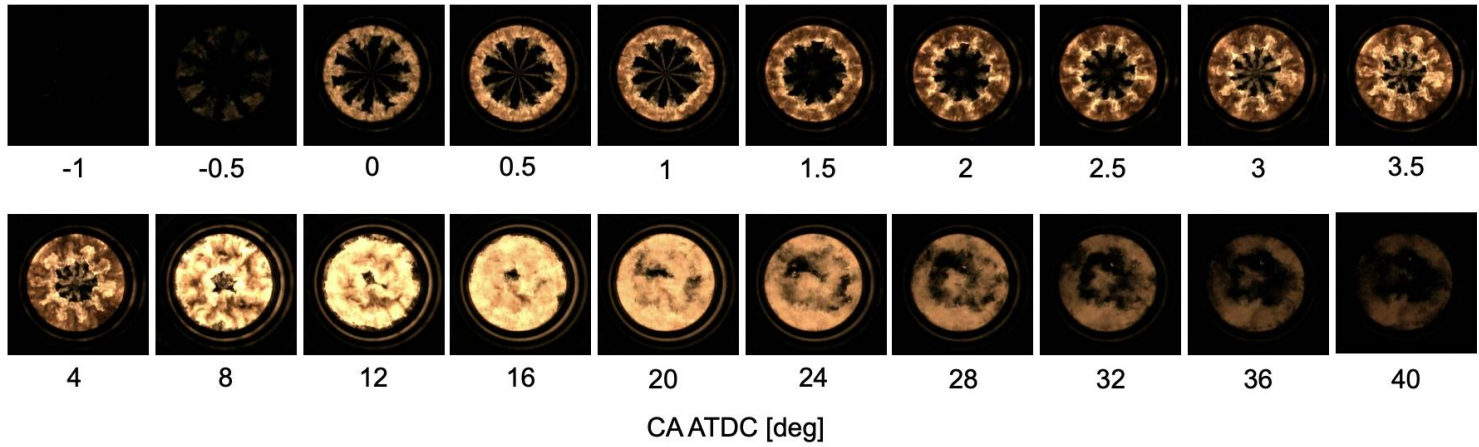
軽油-高速撮影

直接撮影



GTL-高速撮影

直接撮影



GTLと軽油はセタン価による着火性と噴霧中のスモーク生成の程度に差異があるが燃焼中プロセスは類似(エンジン性能ではGTLの方が軽油よりもスモーク排出量は低い)

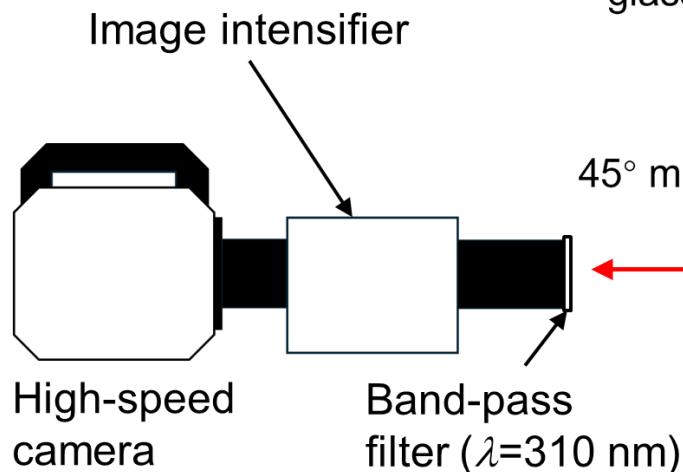
急速圧縮膨張装置によるOHラジカル計測方法

急速圧縮膨張装置での燃焼撮影

- (1) シリンダ内の混合気をピストン圧縮
- (2) 上死点でパイロット噴射、メイン噴射を実施
- (3) 膨張行程中の燃焼画像高速度ビデオ撮影

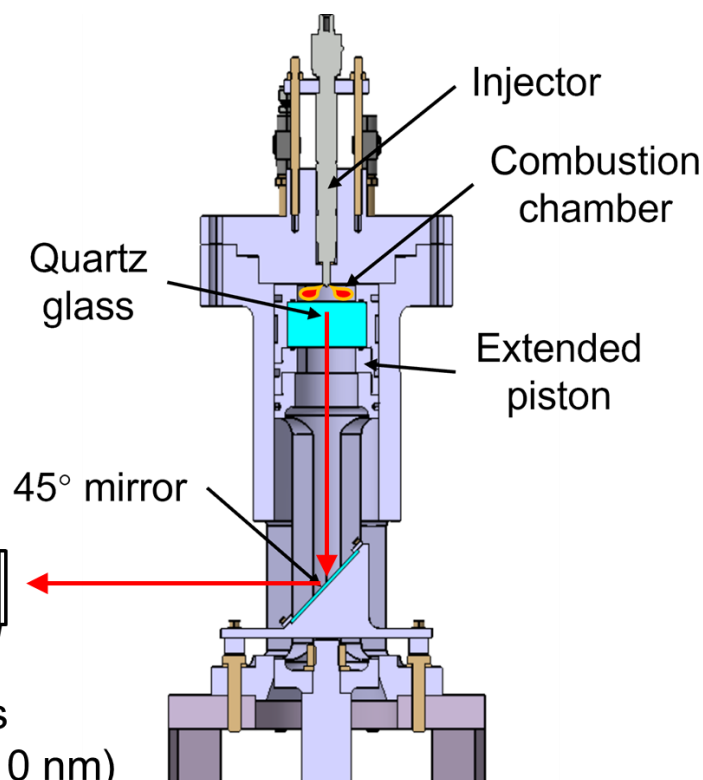
燃焼に大きく寄与するOHラジカル発光を308nmのバンドパスフィルターで捉え、高速度ビデオカメラで撮影。

(そのままでは暗くて何も映らないので、イメージンテンシファイヤーによる増幅が必須)



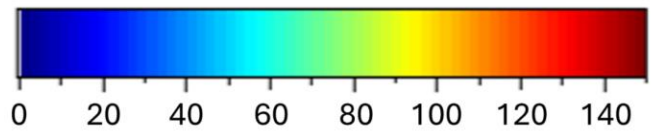
実験条件

エンジン回転数	1030rpm相当
吸気圧力	160kPa (過給)
吸気温度	38°C
吸気酸素濃度	16%
燃料噴射圧力	75MPa

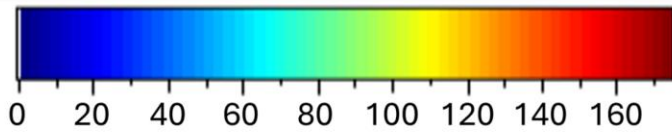
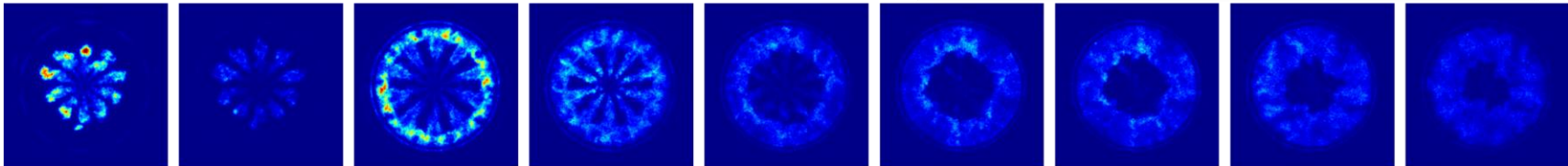


炭化水素系燃料はどのように燃焼するか？ (酸素濃度影響) (GTL)

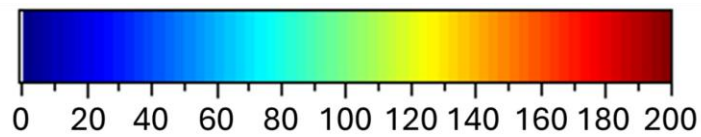
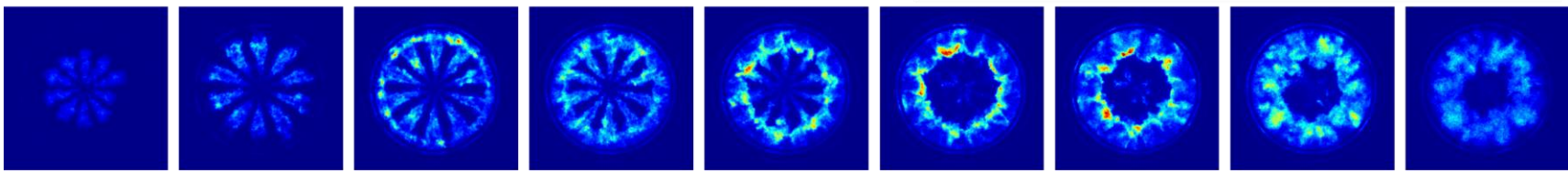
吸気酸素濃度 (注意:各条件でI.I.のゲインが違います)



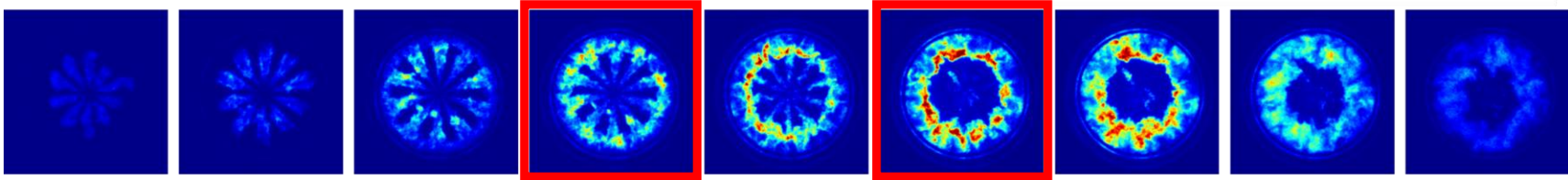
12 vol.%



14 vol.%



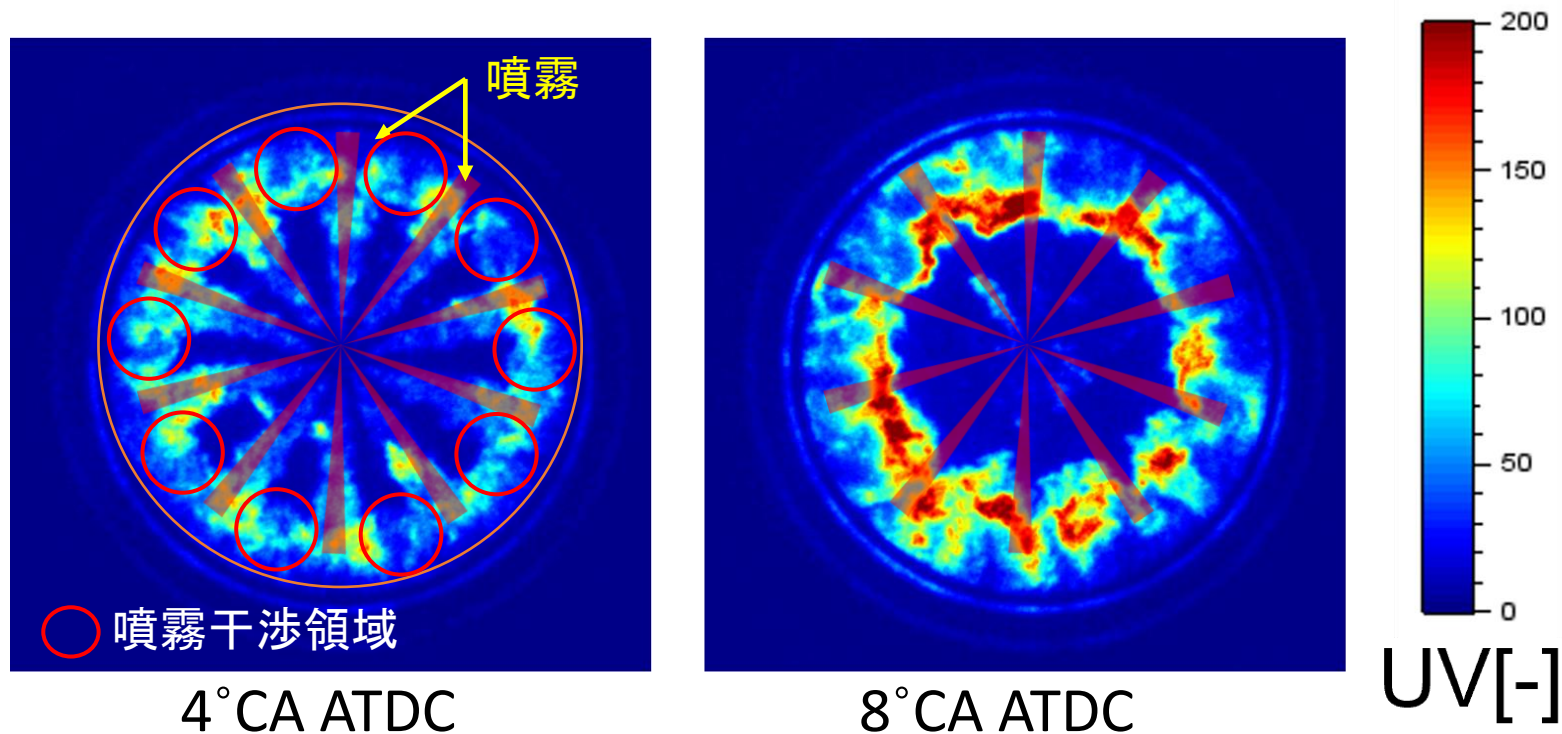
16 vol.%



-2 0 2 4 6 8 10 15 20

°CA ATDC

炭化水素系燃料はどのように燃焼するか？（酸素濃度影響）（GTL）



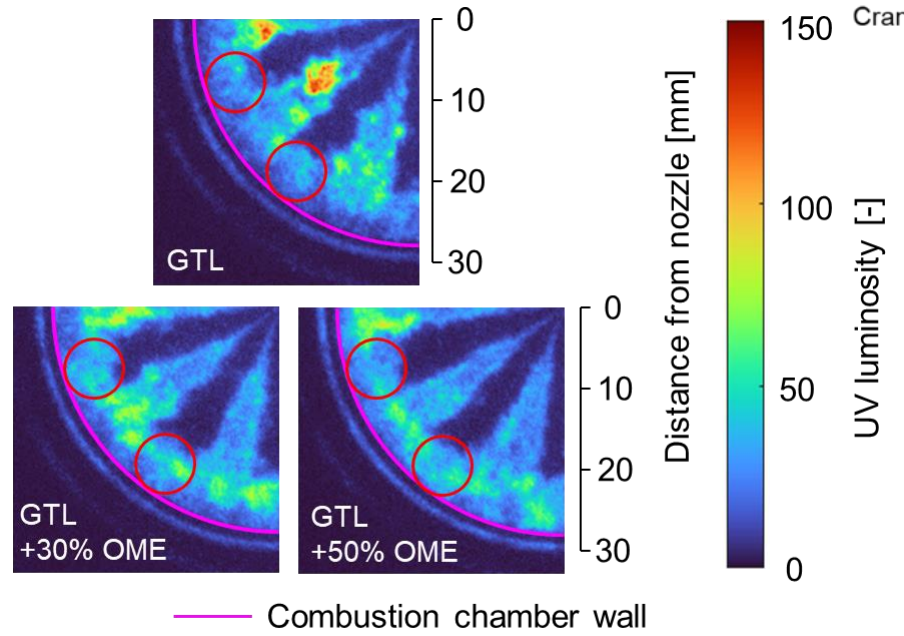
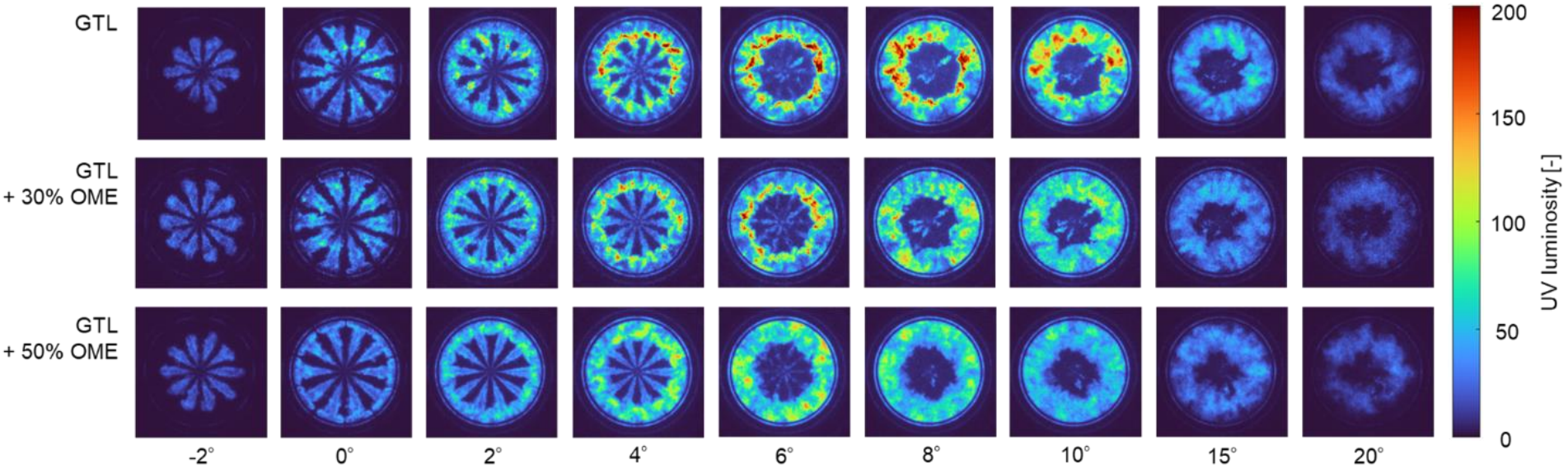
GTLや軽油のような炭化水素系燃料は、

- ・噴霧干渉領域での反応が緩慢
- ・その後、噴霧中心に向かって移動し再酸化が起こる

後燃え期間が伸長する

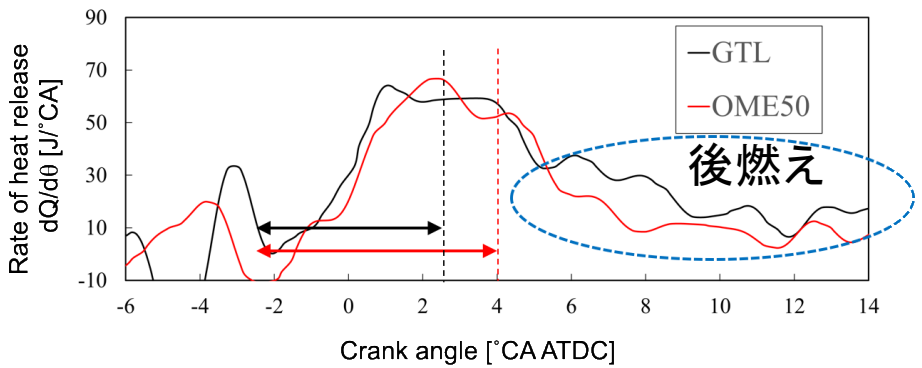
= 等容度低下に伴う熱効率低下

OME_{mix}による噴霧干渉の抑制と後燃え低減 (注意:同じI.I.のゲインで撮影)



1.5CA ATDCにおけるOHラジカル発光画像

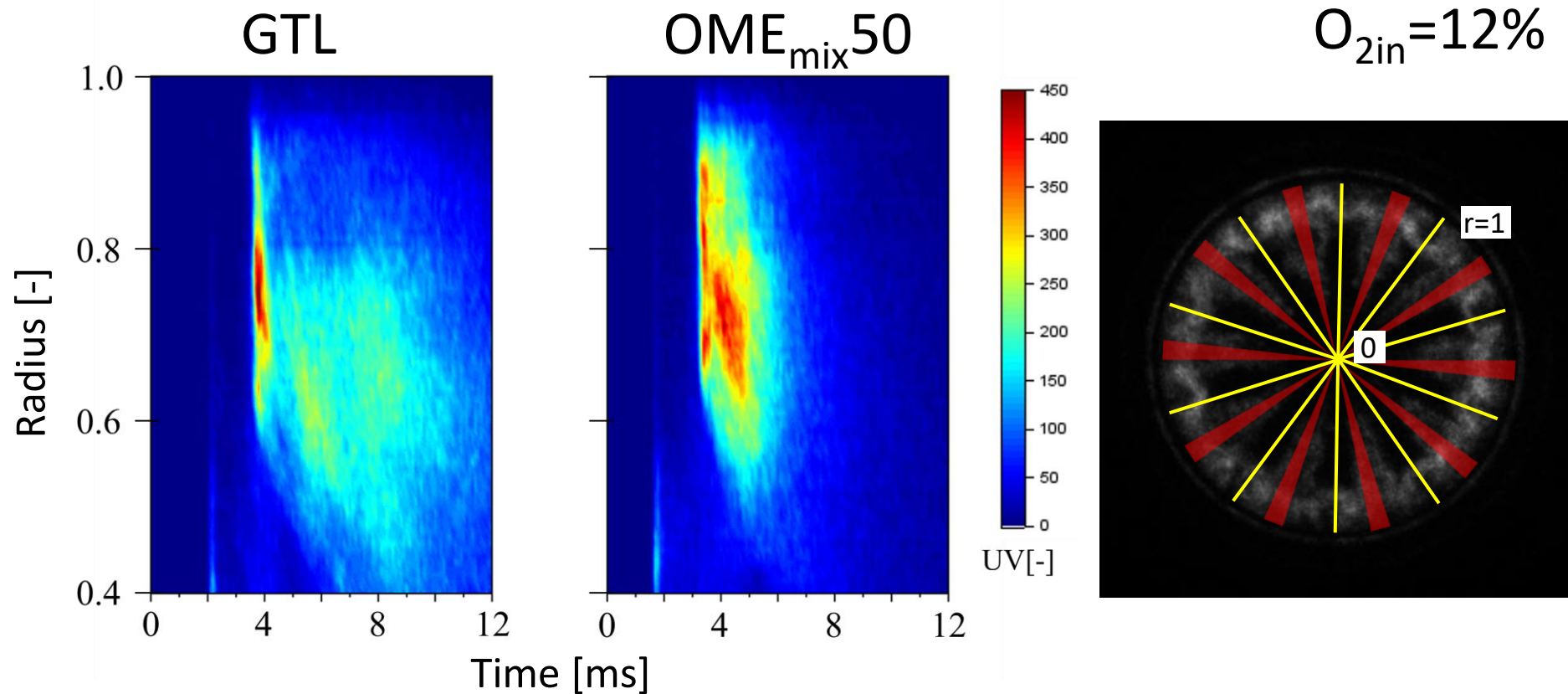
OMEによる噴霧干渉領域の燃焼活性化と後燃え期間の短縮効果の画像



熱発生率から見たOMEによる後燃え短縮効果

OME_{mix}による噴霧干渉の抑制と後燃え低減

噴霧間半径軸方向(黄色い領域でのOHラジカル解析)

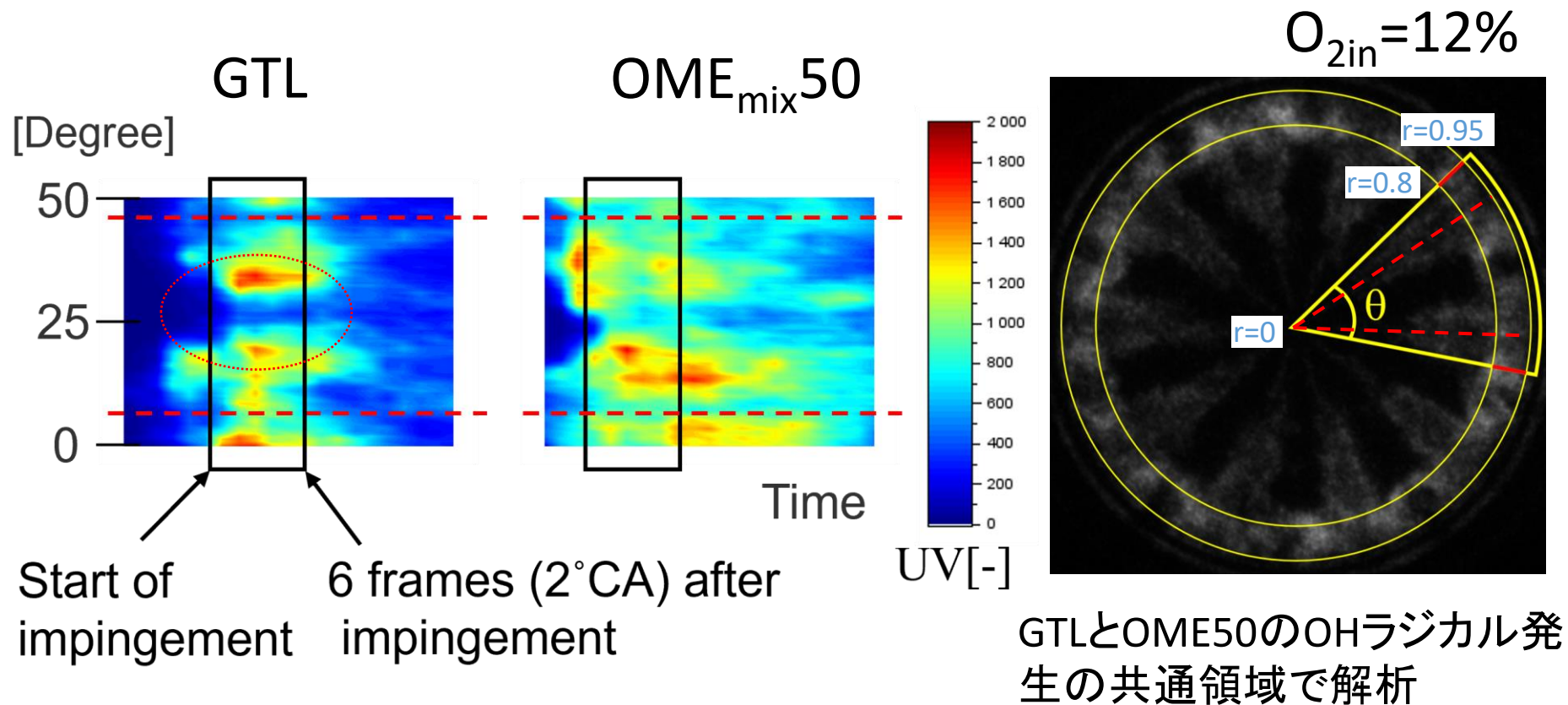


- GTLは燃焼室中央付近での後燃え発生(長時間燃焼)
- OME_{mix} 50%では壁面付近でも燃焼が活発(短時間燃焼)

噴射ノズルを最適化すれば、さらなる高効率低エミッションが期待できる

OME_{mix}による噴霧干渉の抑制と後燃え低減

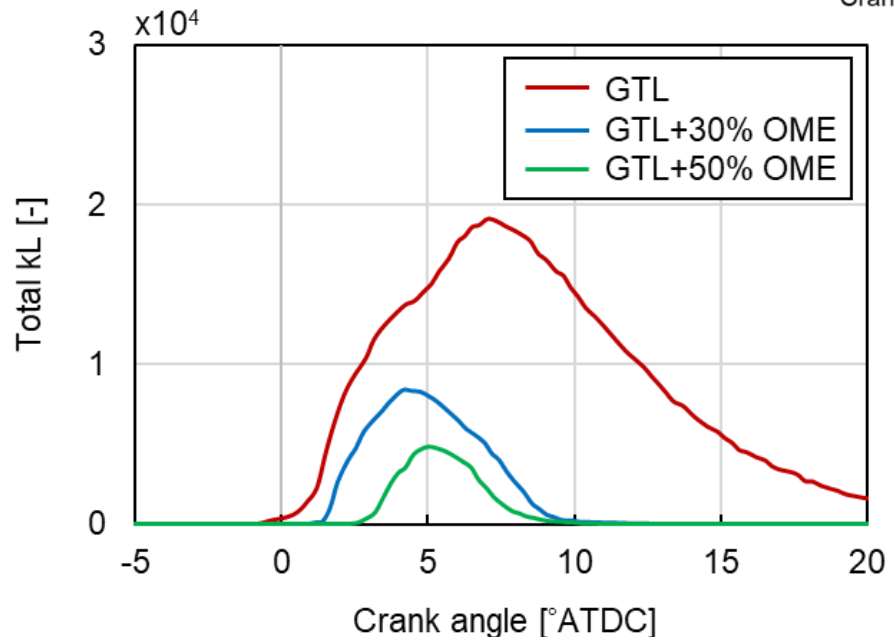
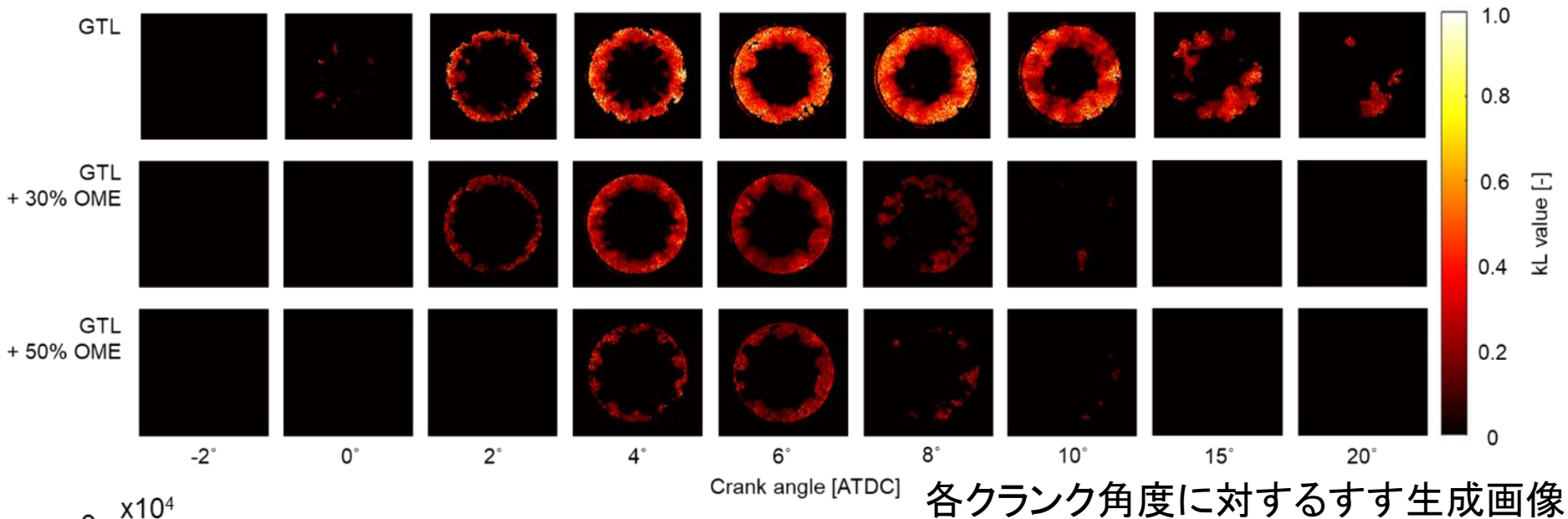
噴霧間円周方向(シリンダ壁近傍)



- 噴霧干渉領域での燃焼改善効果を確認

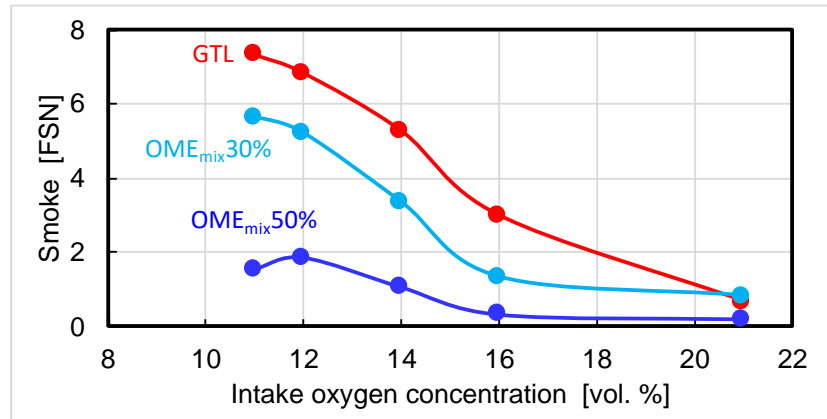
OME_{mix}によるすす生成低減効果 (二色法)

関係者限り



すす生成の時間変化

OME添加により燃焼中のすす成長が抑制され、エンジンからのスモーク排出が低減



スモーク排出データ(エンジン実験)

1. 研究目的と実験装置

- 急速圧縮膨張装置の紹介

2. 試験燃料

- GTLとOME_{mix}の紹介

3. エンジンデータとRCEMによる燃焼観察

- 軽油とGTLの燃焼差異
- 炭化水素系燃料はどのように燃焼するか？
- OME_{mix}による噴霧間干渉の抑制と後燃え低減
- OME_{mix}によるすす低減効果

4. 結論

1. GTLは軽油よりもセタン価が高いため着火性に優れるが、燃焼プロセスはよく似ている。また、エンジン性能を計測すると、GTLの方が軽油よりもスモークの生成量は少ない。
2. 炭化水素系燃料では、噴霧干渉領域において燃焼が凍結しその後のシリンダ中心部に向かう筒内流動で移動してから再酸化されるため、燃焼期間が長期化しそれが後燃え期間として観察される。
3. OMEのような含酸素系燃料は、噴霧間干渉領域での酸化を促進する効果があるため、すすの生成を抑制するとともに後燃え期間を短くする効果がある。



等容度が向上するので、噴射ノズルをOME混合燃料に最適化すれば、すす排出がなく高効率な燃焼を実現できる
(今後の研究)

本発表内容は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO*）からの委託事業によるものです。関係各位に感謝の意を表します。

*New Energy and Industrial Technology Development Organization