

「乗用車用ディーゼルエンジンにおける高度燃焼制御」

－ 高速・低冷損・静音ディーゼル燃焼の研究開発 －

I 研究の目標・課題・取り組み

II 研究の成果

熱効率目標の達成

グループの成果概要

フラッシュプレゼンテーション

個別研究成果の紹介

III 産学連携と今後の展開

ディーゼル燃焼チーム

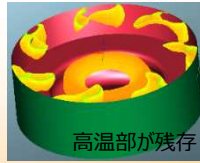
I 研究の目標・課題・取り組み

目標

課題

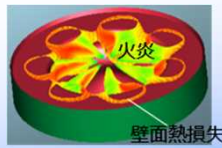
熱効率
50%の達成

高速空間燃焼の実現



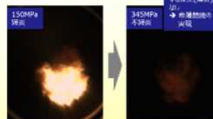
燃焼期間が長い

後燃えなど空気利用・混合の遅れによる長時間に渡る熱発生



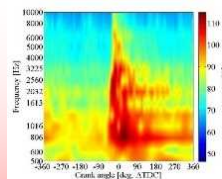
壁面熱損失が多い

燃焼室壁面への噴火炎衝突、高温火炎の滞留による熱損失



燃焼領域の希薄化遅れ

比熱比の低下によるエネルギー変換効率の低下と冷却損失増加



燃焼騒音が大きい

急激燃焼によりPCCI燃焼適用に制限

火炎を極力壁際から離し、しかし素早く燃やす

I 研究の目標・課題・取り組み

損失低減 T

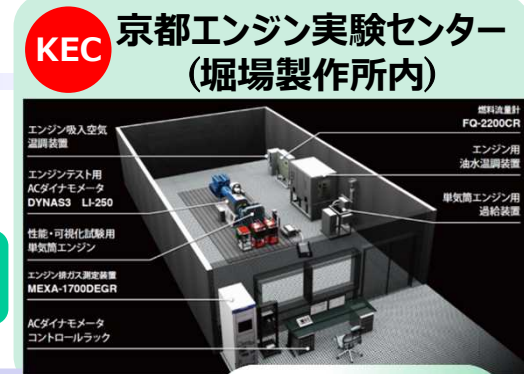
過給機効率up, 摩擦
低減, 熱電発電

制御・CAE T

PCCI燃焼制御

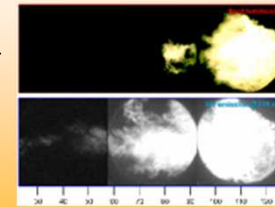
AICE

ディーゼル燃焼 T



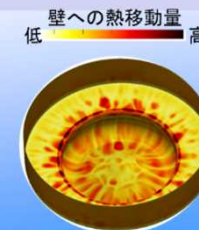
燃焼期間
短縮 Gr.2

後燃えの所在を突き止め抑制し燃
焼を高速化 ★明治大, 徳島大, 早稲田大



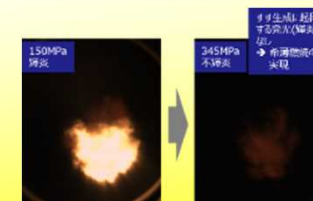
冷却損失
低減 Gr.3

噴霧・火炎の制御により冷却損失
を低減 ★同志社大, 大阪工大, 大阪大



超高压
噴射 Gr.4

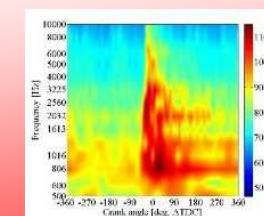
燃焼領域の希薄化・PCCI燃焼
の適用範囲拡大 ★東工大, 滋賀県大



常用(中・低)負荷熱効率向上

放射音
低減 Gr.5

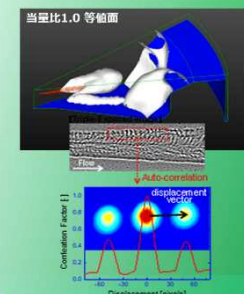
構造・燃焼両面からの対策によ
り放射音を低減 ★山口大, 北海道大



混合気
制御 Gr.1

混合気制御
法の提案と
噴霧・混合
気計算の高
精度化

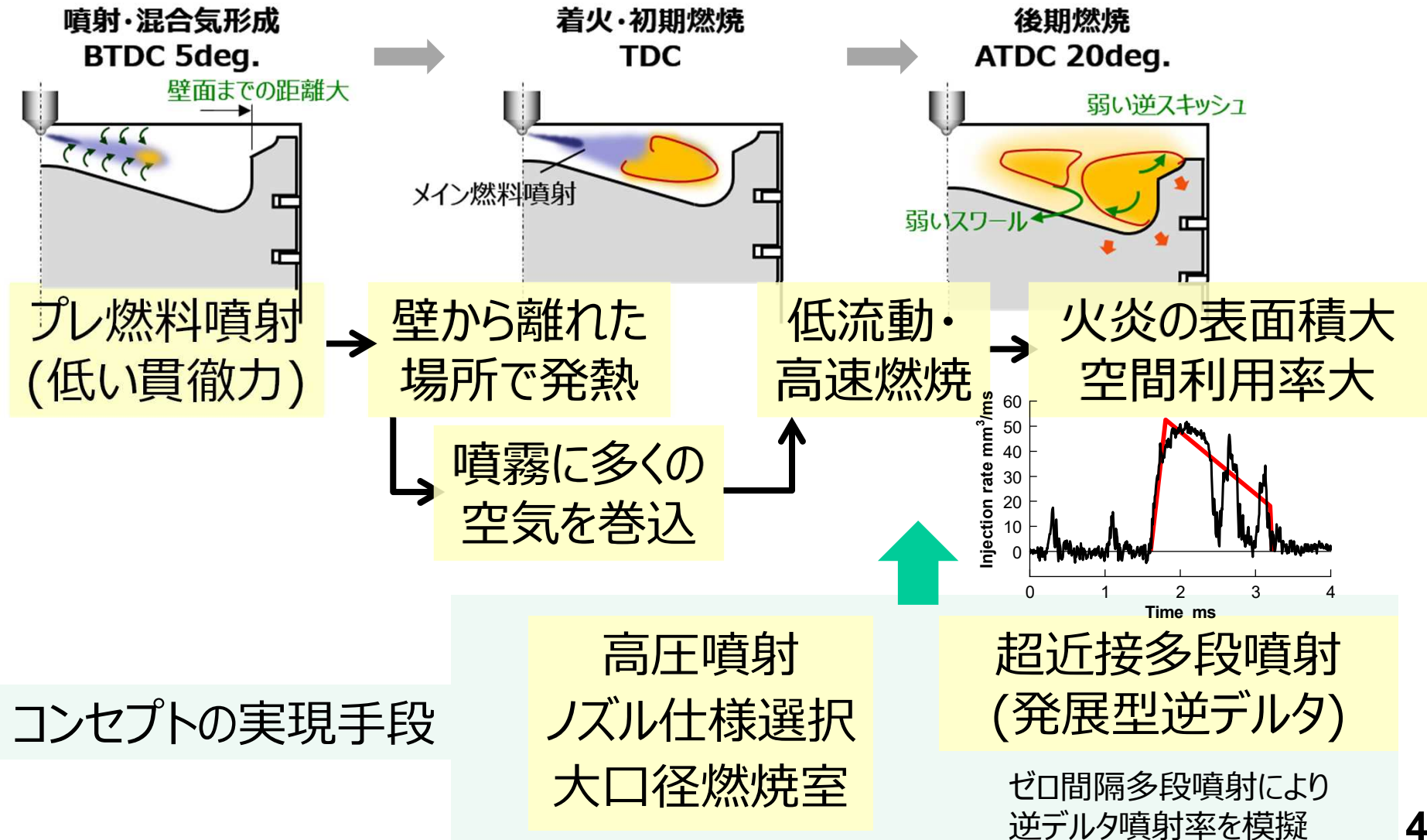
★京都大, 広島大
長崎大, 鳥取大
産総研, 滋賀県大



Ⅱ 研究の成果 高速空間燃焼

高速空間燃焼コンセプト

壁近くでの高温火炎の強い流動を防ぎつつ空気利用と混合を促進し短時間で燃焼を完結



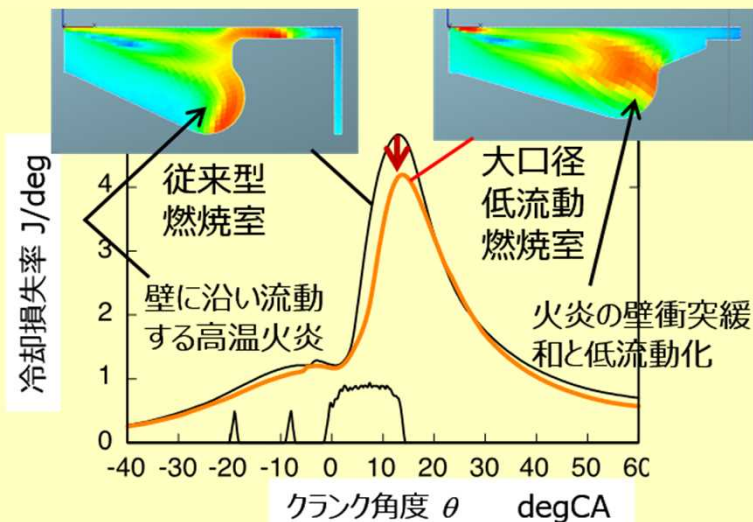
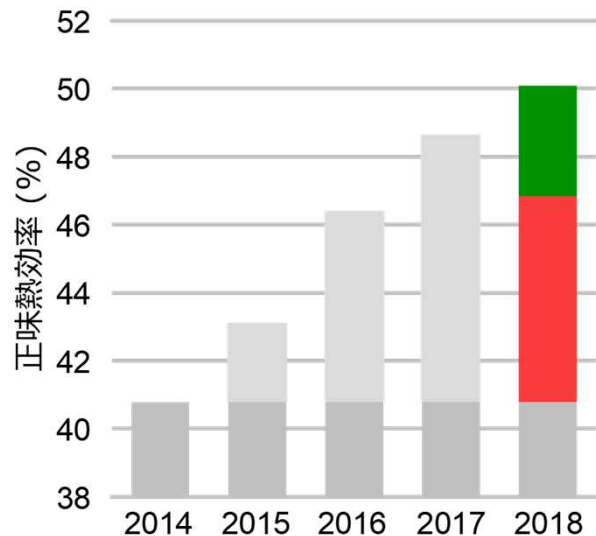
Ⅱ 研究の成果 高速空間燃焼の実現 目標の達成(1/3)

ディーゼル燃焼T

冷却損失低減
(低流動化, 火炎壁面
衝突緩和)
高等容度化
(燃焼期間短縮)

- ・大口径燃焼室
- ・270MPa噴射
- ・ノズル多孔化

CFD解析に基づき, 壁面に沿う高温火炎の
流動が冷却損失の主因と特定、低流動化・
高等容度化を図った

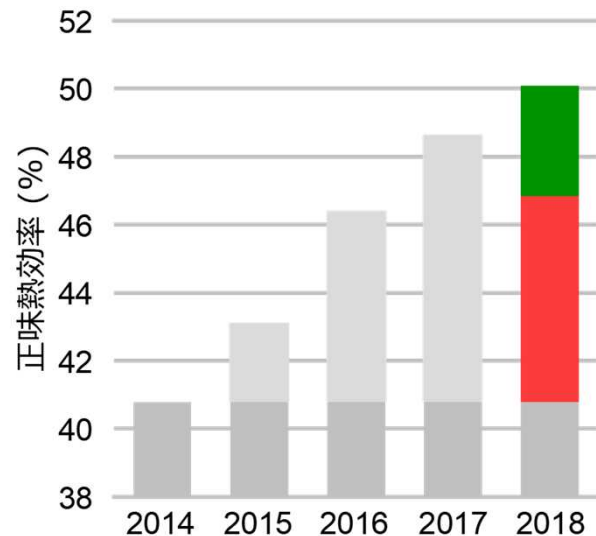


Ⅱ 研究の成果 高速空間燃焼の実現 目標の達成(2/3)

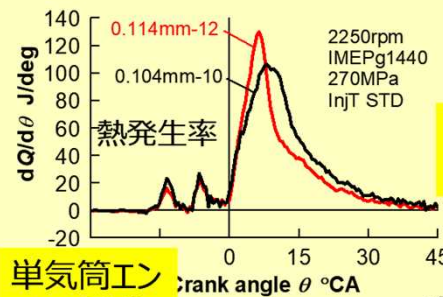
ディーゼル燃焼T

高等容度化
(燃焼期間短縮)
冷却損失低減
(接触時間・面積減少)

ノズル流量増大
(噴射期間短縮)



容器実験の結果 (同志社大)と運動量理論に基づく考察により、ノズル仕様を見直しさらに冷却損失低減・等容度向上



単気筒エンジン試験



接触面積・時間減少 熱伝達率は増加

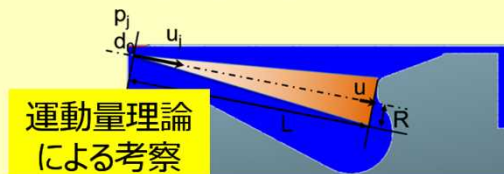
$$\begin{pmatrix} Q \\ h \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{inj}^\alpha & \phi d^\beta & Q_{shot_ratio} & T_{fuel}^\delta & Z_w^\epsilon & \theta_w^\zeta \\ 0.15 & -0.65 & 0.08 & -0.30 & -0.27 & -0.54 \\ 0.45 & 1.00 & -0.11 & -0.22 & -0.05 & -1.13 \\ 0.027 & -0.096 & 0.031 & 0.090 & 0.04 & 0.13 \\ -0.27 & -1.49 & 0.17 & -0.30 & -0.22 & 0.38 \end{pmatrix}$$

10-40% -490K 35-45mm

$$Q \propto (\phi d)^{-0.65} \quad (\phi d: \text{噴孔径})$$

$$h \propto (\phi d)^{1.0} \quad (h: \text{熱伝達率})$$

$$Area \cdot \tau \propto (\phi d)^{-1.49} \quad (Area \cdot \tau: \text{接触時間面積})$$

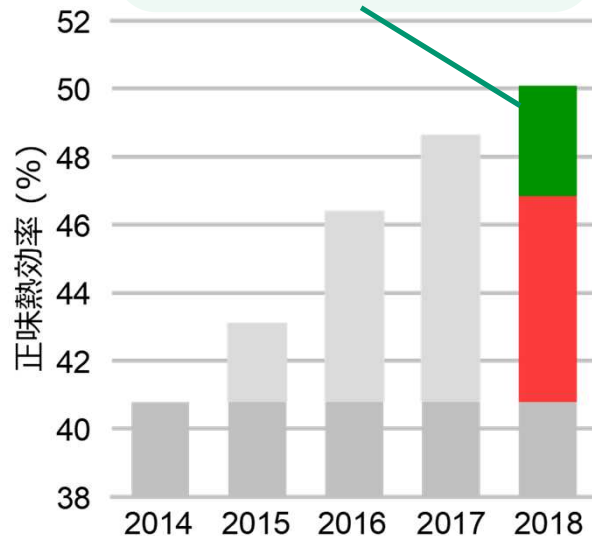


$$Q_{LOSS} \propto d_0^{1.2} p_j^{-0.1} q_j L$$

Ⅱ 研究の成果 高速空間燃焼の実現 目標の達成(3/3)

損失低減T

高効率過給機
熱電発電
摩擦低減



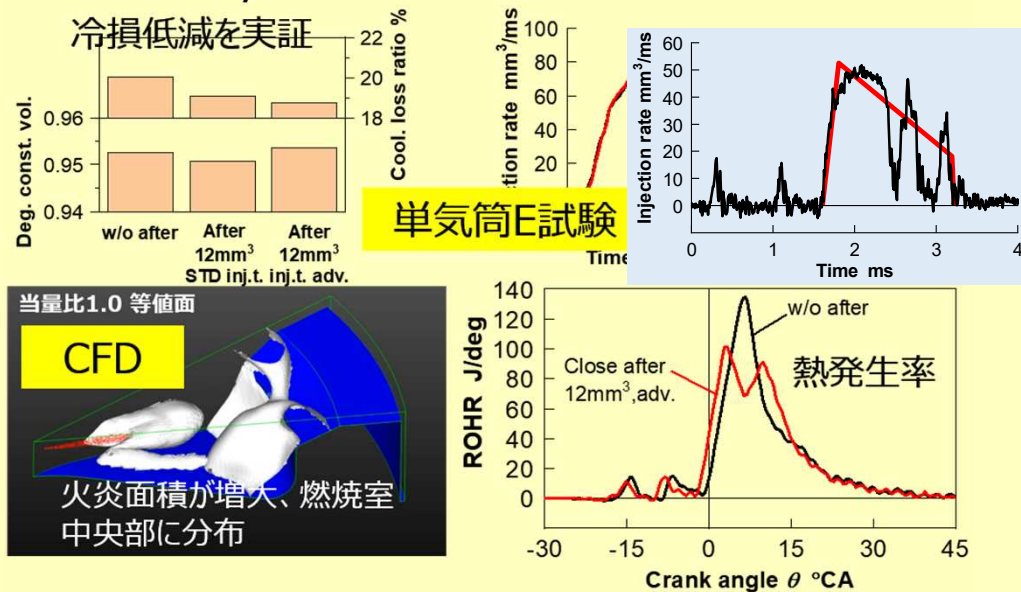
ディーゼル燃焼T

冷却損失低減
(壁面衝突緩和)
高等容度維持
(空間の有効利用)

+ 高圧縮比化, 高過給化

超近接多段噴射
(発展型逆デルタ噴射)

漸減噴射率(明治大)を模擬し火炎の壁衝突を緩和し冷却損失をさらに低減. 残余空間利用により, 高等容度を維持



Ⅱ 研究の成果 グループの成果概要 (グループ1~3)

最大(高負荷)熱効率向上

Gr.	研究テーマ	研究成果	モデル, 燃焼・計測法
1	混合気制御 京都大, 広島大, 長崎大, 鳥取大, 産総研, 滋賀県大	・高速空間燃焼の実現と実証 ・熱発生率制御 (DIS : PCCI燃焼低騒音化, zPCI) ・X線・光学手法によるノズル内部, 噴霧計測とモデル化	・新規燃焼法 (高速空間燃焼, zPCI) ・噴霧形成モデル (CFDとの連携)
2	後燃え低減 明治大, 徳島大, 早稲田大	・UV計測法開発・後燃え原因の解明→噴霧軸方向均質化C提案・実証(逆デルタ噴射率) ・LES, ガス分析による後燃え現象の解析	・UV可視化法 ・噴射率による燃焼制御 ・可変噴射率ノズル (TAIZAC) ・LES計算高精度化
3	冷却損失低減 同志社大, 大阪工大, 大阪大	・燃焼制御因子・壁面熱流束の関係解明→高分散噴霧火炎Cの提案・実証 ・燃焼・壁面熱損失の数値解析	・噴霧火炎制御法 ・簡略反応モデル ・熱損失予測精度向上(CFD)

Ⅱ 研究の成果 グループの成果概要 (グループ4, 5)

常用(中低)負荷熱効率向上

Gr.	研究テーマ	研究成果	モデル, 燃焼・計測法
4	燃焼のリーン化 東工大, 滋賀県大	・光学計測による超高压噴霧特性の解析 ・超高压噴射PCCI燃焼の解析と高効率化	・超高压噴霧データ ・噴射制御方法・燃焼室選択
5	燃焼騒音低減 山口大, 北海道大	・騒音モデルの構築(放射音・内部伝達計測) ・双峰形燃焼による騒音低減と高効率化 ・構造・燃焼アプローチの組み合わせによる放射音低減	・騒音モデル ・双峰形燃焼法

Ⅱ 研究の成果 個別研究成果の紹介

混合制御
Gr.1

X線計測を用いたノズル近傍の流動解析・モデルの構築

・高速X線撮影技法により、実ノズル内部の燃料流動を明らかにするとともに、噴霧の一次分裂過程との関連を示した。

産総研
黄 魏迪 研究員



燃焼期間
短縮 Gr.2

後燃え現象の解明およびその低減方法の開発

・紫外可視化とLESの結果により噴霧先端の過濃混合気が後燃えの一因であることを示し、噴射率制御により低減できることを示した。

明治大学
相澤哲哉 准教授



冷却損失
低減 Gr.3

エントレイン制御噴霧による冷却損失低減法の開発

・燃料の蒸発性に着目し、単気筒試験機関において噴霧コンパクト化による冷損低減効果を確認し、そのメカニズムを解明した。

同志社大学
松村恵理子 教授



放射音
低減 Gr.5

燃焼およびエンジン構造による放射音低減法の開発

・双峰形燃焼とピストン-コンロッド系連成振動数移動とを組み合わせ、騒音低減効果を拡大する方法とその効果を示した。

山口大学
三上真人 教授



X線計測を用いたノズル近傍の流動解析 及びモデルの構築

- ・先進X線噴霧計測技法開発
- ・針弁挙動，ノズル内部流，噴霧計測とモデル化
- ・噴霧ダイナミクスの予測モデル構築

**グループ1 (クラスター大学)
産業技術総合研究所 黄魏迪**

研究背景

- 燃焼等容度向上、コンパクトな火炎形成による熱損失低減に向けた多段噴射などでは、各段の噴射特性の制御性能が十分ではない。

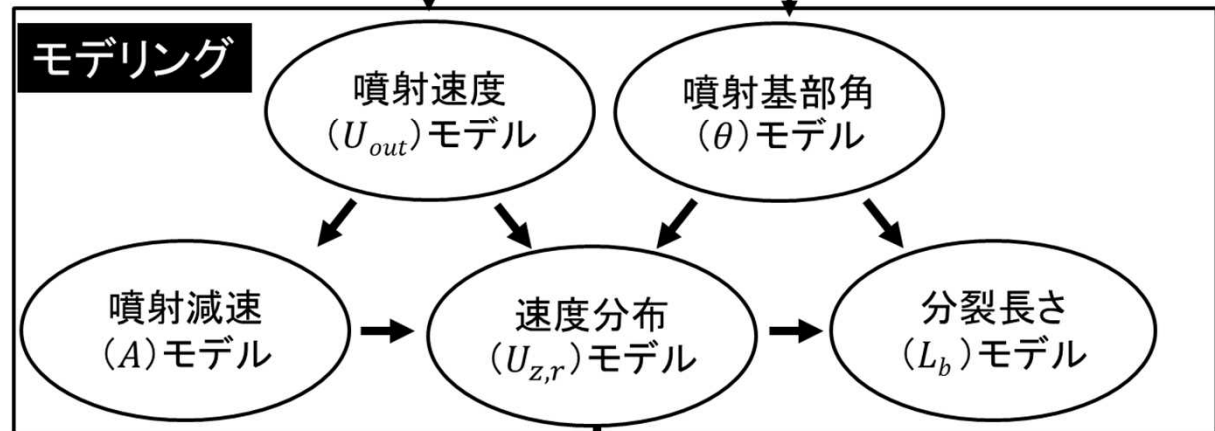
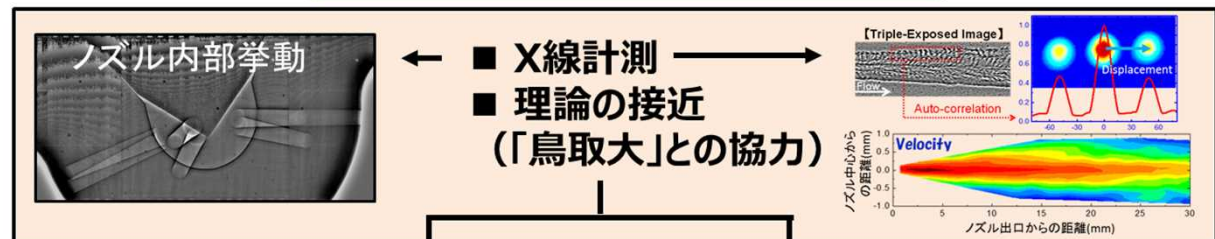
研究目的

- 過渡的な噴霧ダイナミクス解明・モデル化
- 多段噴射制御手法の提示
- 混合気制御の改善

成果概要

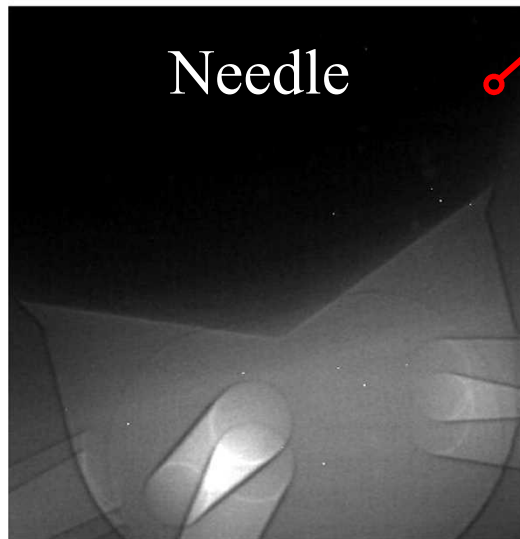
- 噴孔出口近傍の噴霧ダイナミクス解明
- 針弁挙動・噴霧ダイナミクス統合モデル構築
- 3次元噴霧数値解析への搭載及び実施

可変多段噴射条件

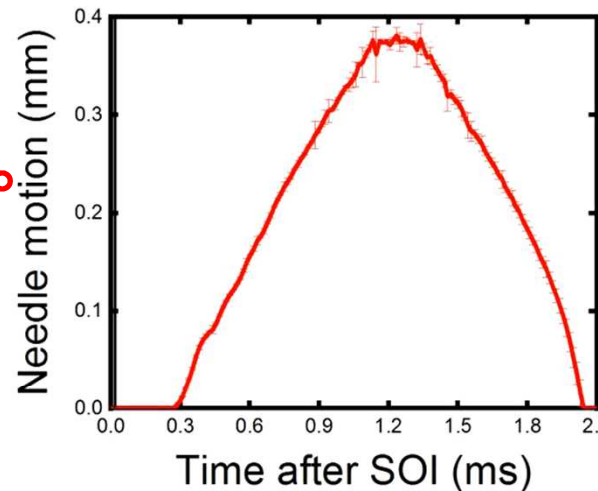


- ✓ モデルプラットフォーム化
- ✓ 3次元噴霧数値解析への搭載及び実施（京都大との協力）

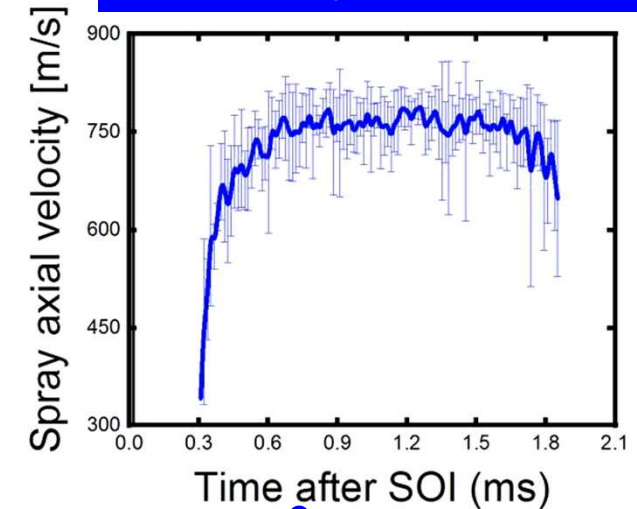
Time:0ms



Needle Lift



Velocity at 2 mm

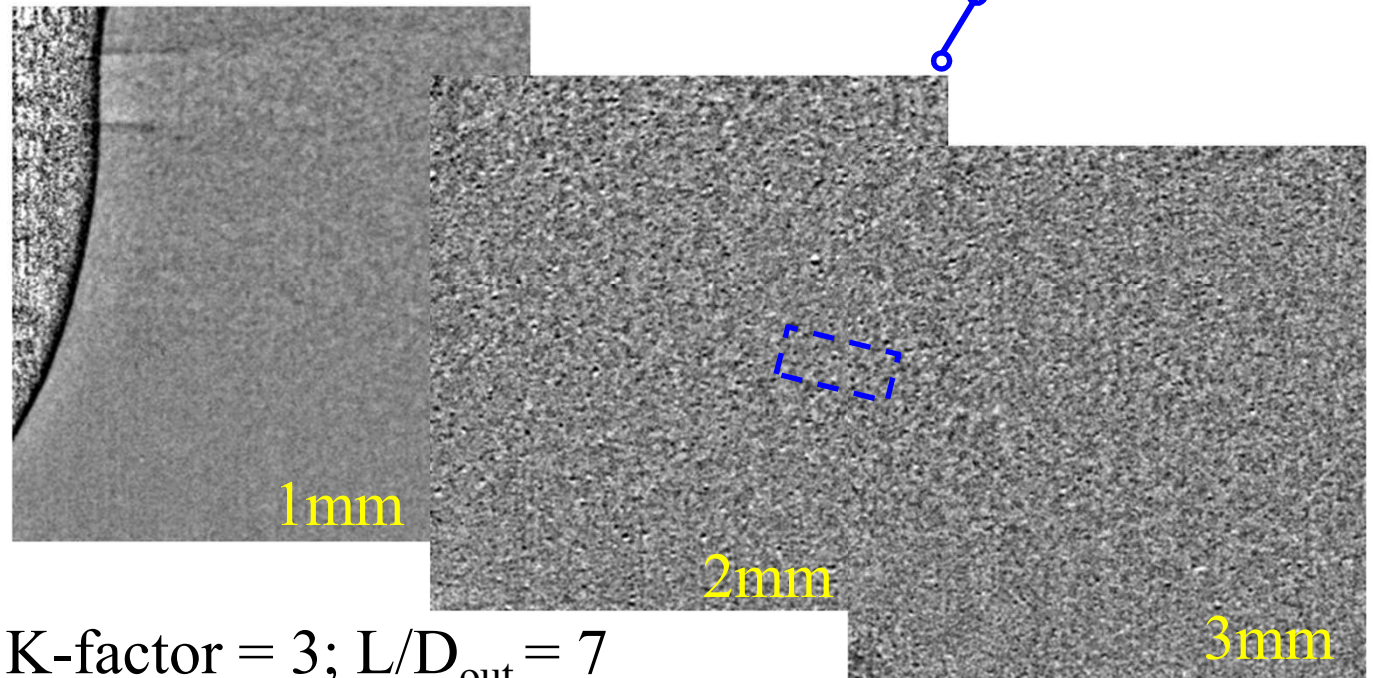


300MPa@1.0ms

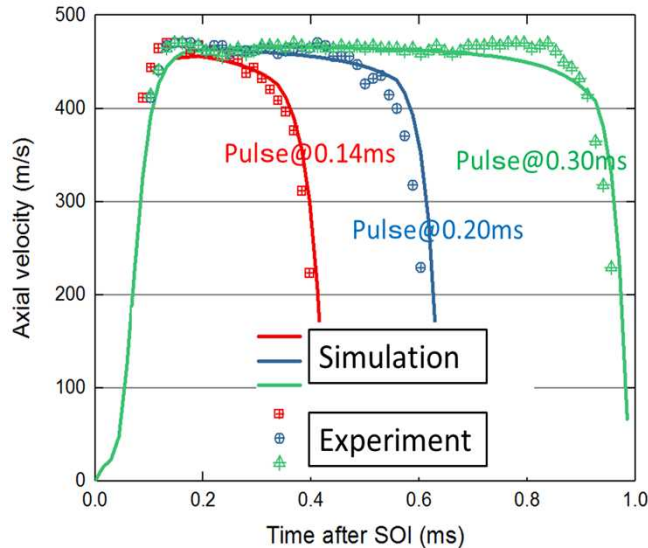
ノズル仕様:

G4S-7hole

$D_{out} = 0.120 \mu m$; K-factor = 3; $L/D_{out} = 7$



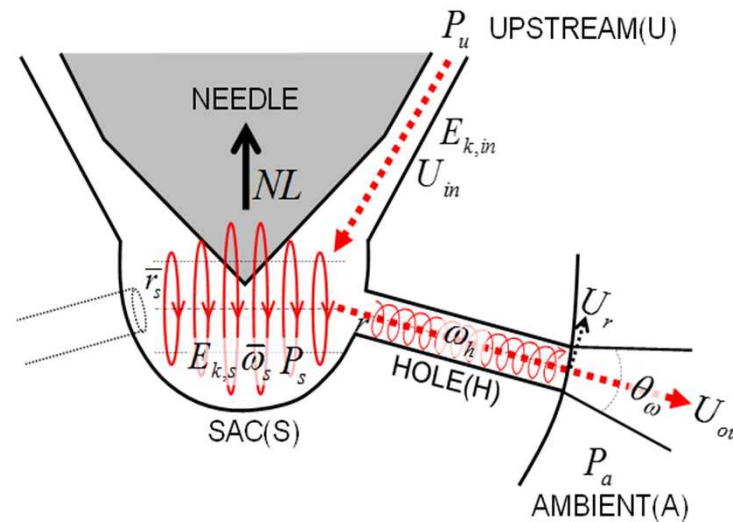
針弁挙動から噴孔出口流速を計算



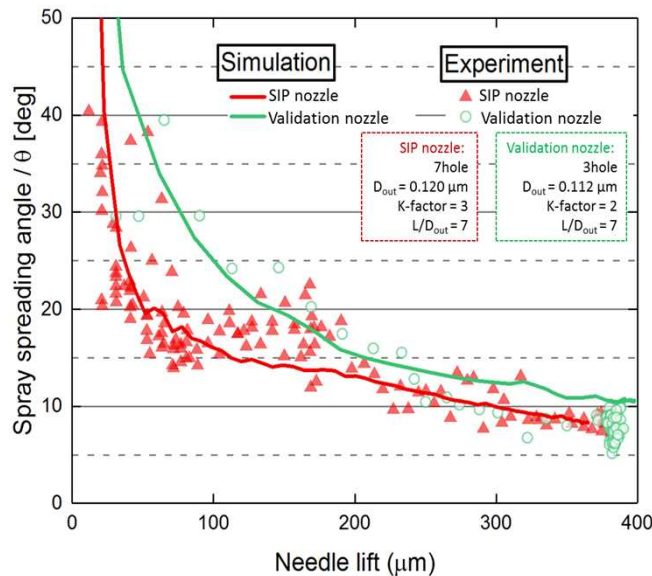
■ 質量保存則と体積弾性特性でモデル化

$$\Delta P_s = KV / \Delta V$$

$$U_{out} = \sqrt{2(P_s - P_a) / \rho_f}$$



針弁挙動から噴霧基部角度を計算



■ サック内旋回運動をモデル化

$$\dot{E}_{k,in} = \zeta \dot{E}_{k,s} + (1 - \zeta) \dot{E}_{k,h}$$

$$\dot{E}_{k,s} = \frac{1}{2} I \bar{\omega}_s^2$$

$$\omega_h = \chi \frac{\bar{r}_s}{r} \bar{\omega}_s$$

$$U_r = \phi_h \omega_h r$$

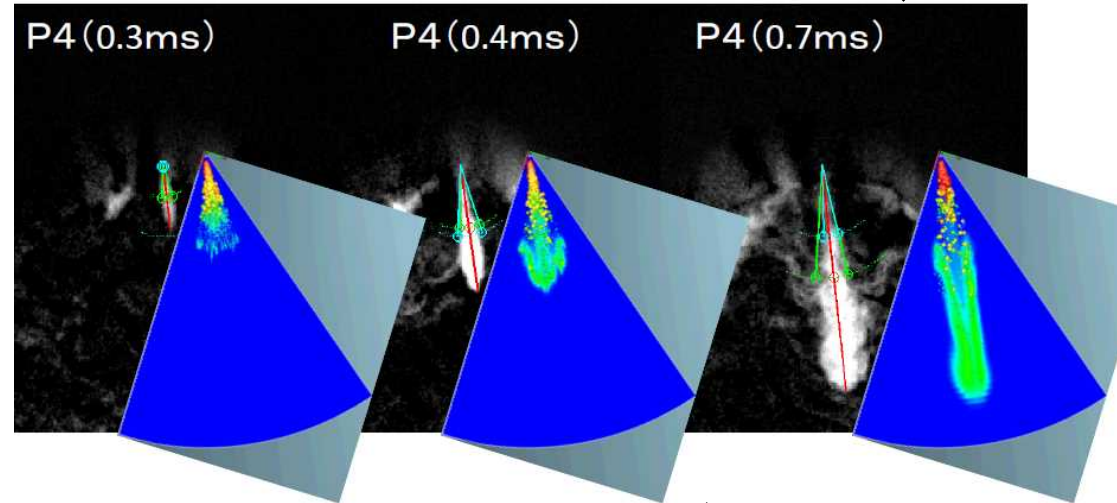
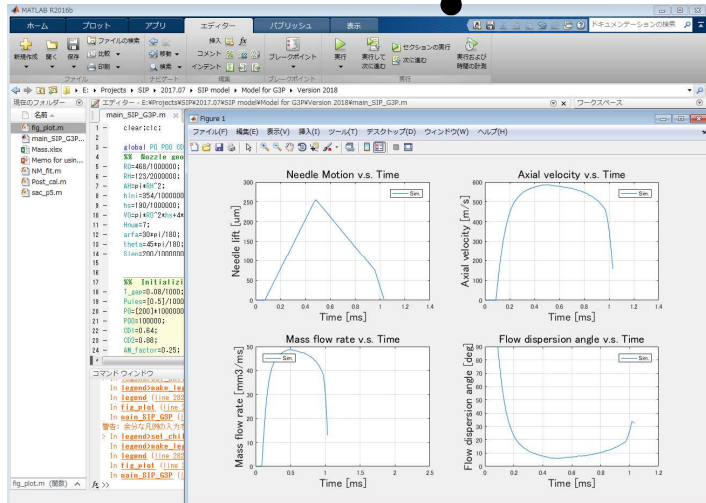
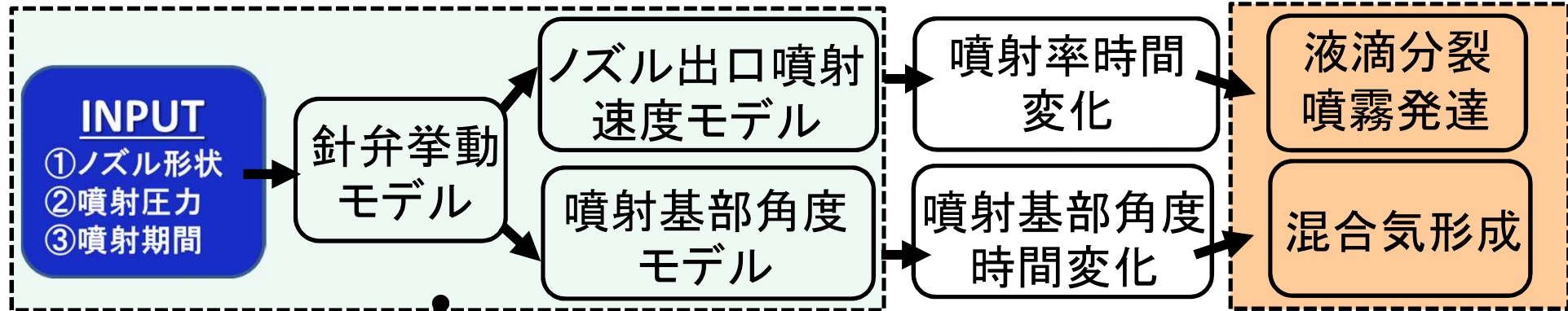
$$\theta_\omega = \text{atan} \left(\frac{U_r}{U_{out}} \right)$$

$$\theta = \max(\theta_\omega, \theta_c, \theta_t)$$

キャピテーションの影響 乱流の影響

X線計測とモデリング@産総研

CFD計算@京大



■ Matlab コード計算

■ 噴射率・基部角をモデルで計算し
実測と比較 ($\theta_{max} = 15^\circ$ に制限,
初期粒径=ノズル径と仮定)

達成内容

- 噴孔出口近傍での詳細な噴霧特性の解明・モデリングを実現した
- ✓ ノズル内部や噴孔出口近傍での詳細な噴霧計測が可能となる先進X線計測技法を開発した.
- ✓ この技法により, 燃料噴射時の針弁挙動に起因したサック内や噴孔内の燃料挙動, 噴孔出口近傍での噴霧角度や噴霧内部の詳細な速度分布などを把握することができた.
- ✓ これらの知見に基づき, 針弁挙動に起因する噴孔出口近傍の詳細な噴霧特性などを予測可能な各種モデルを作成し, さらにこれらの統合モデルの構築を進めている.

今後の課題

- 統合モデルの改良及び発展
- ✓ 得られた統合モデルは今後とも改良を続け, 燃料噴霧特性の予測精度を高めると共に, ディーゼル機関の性能向上に寄与していく.

後燃え現象の解明および その低減方法の開発

- ・光学計測による現象解明
- ・逆デルタ噴射コンセプト案出 及び TAIZAC開発
- ・TAIZAC搭載実機による効率向上実証

**グループ2（グループ長）
明治大学 相澤哲哉**

研究の目的 と 成果概要

研究目的

- 後燃えの現象解明

熱発生を時空間把握
律速メカニズム解明



- 後燃え低減法開発

現象理解から低減策へ
現実的なハードウェア



- 熱効率向上の実証

ハードウェア実機適用



成果概要

- 光学計測による現象解明

- ・UV可視化法を開発
- ・先端過濃混合気を後燃え要因と同定
- ・実機筒内でも同要因を確認
- ・後燃え成分をサンプリング分析

- 逆デルタ噴射率コンセプト案出 及び
TAIZACインジェクタ開発

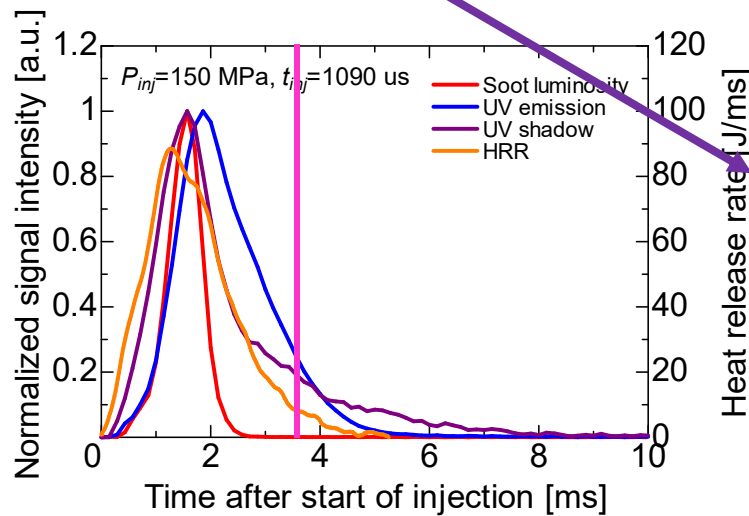
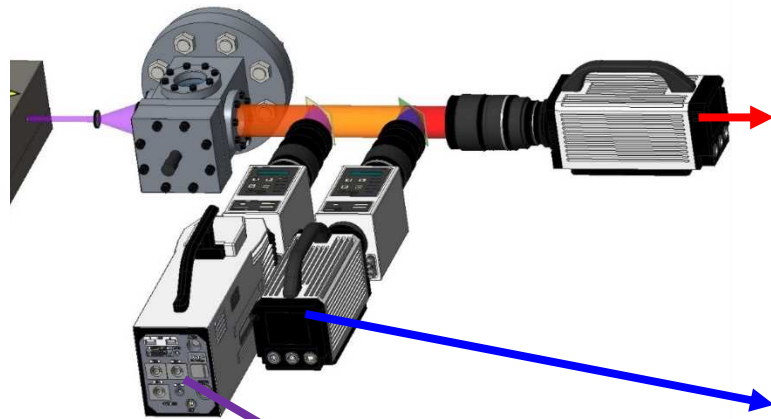
- ・逆デルタ噴射で噴霧均質化・
空気導入促進・冷損低減
- ・LES解析でポテンシャル把握
- ・TAIZACインジェクタを開発

- TAIZAC搭載実機で効率実証

- ・中圧PP+急峻立上+高圧逆デルタで
G4S比 冷損-2.6pt 図示+1.4pt
G4P比 冷損-0.7pt 図示+0.4pt

ディーゼル燃焼チーム UV可視化で噴霧先端過濃混合気を後燃えの要因と同定

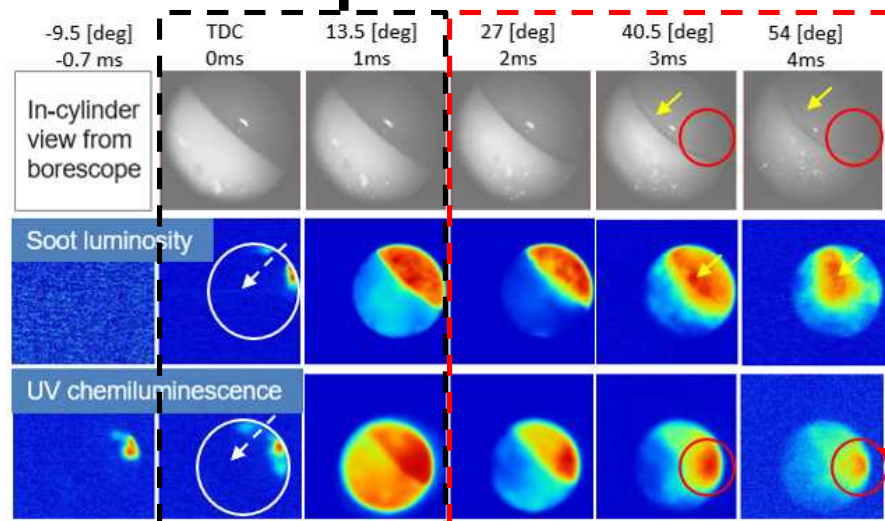
Kondo et al., IJER v.18(1-2)(2017)



20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 [mm]

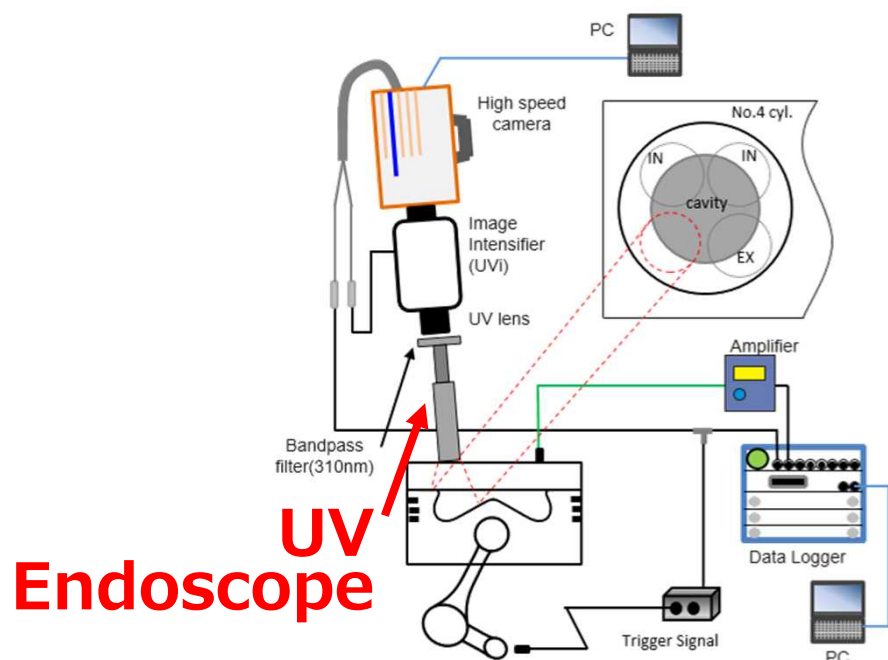
ディーゼル燃焼チーム 実機筒内でも噴霧先端過濃混合気が後燃え要因と確認

Experiment



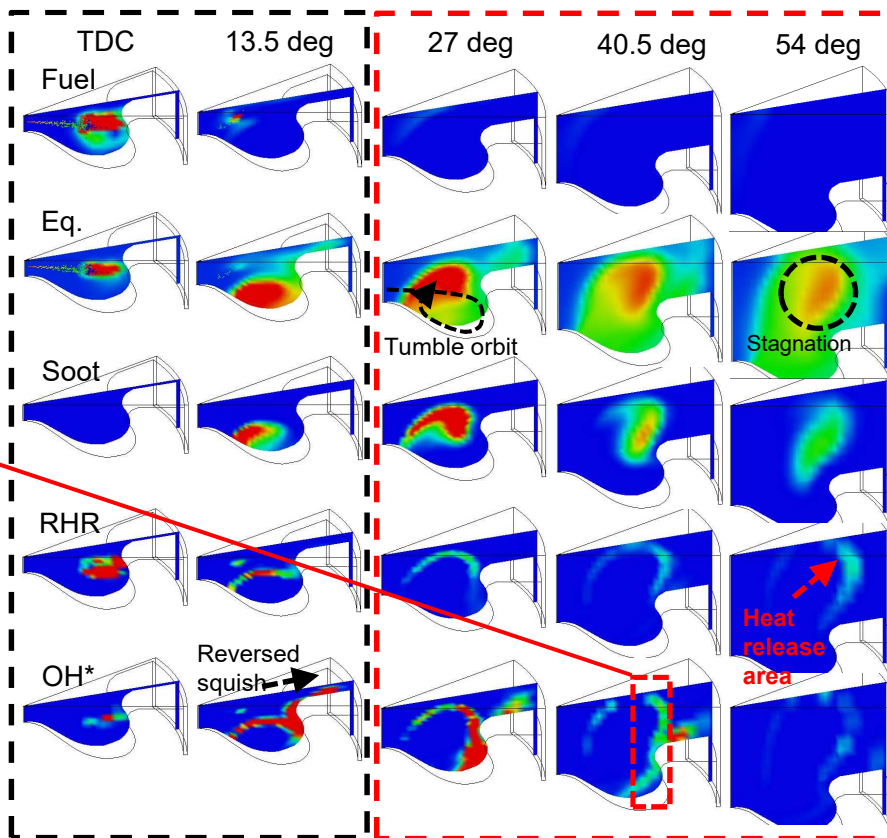
Main Combustion

Late Combustion



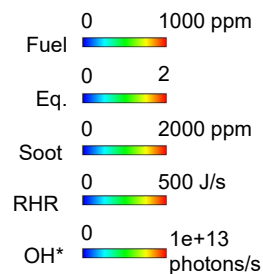
UV Endoscope

RANS Simulation



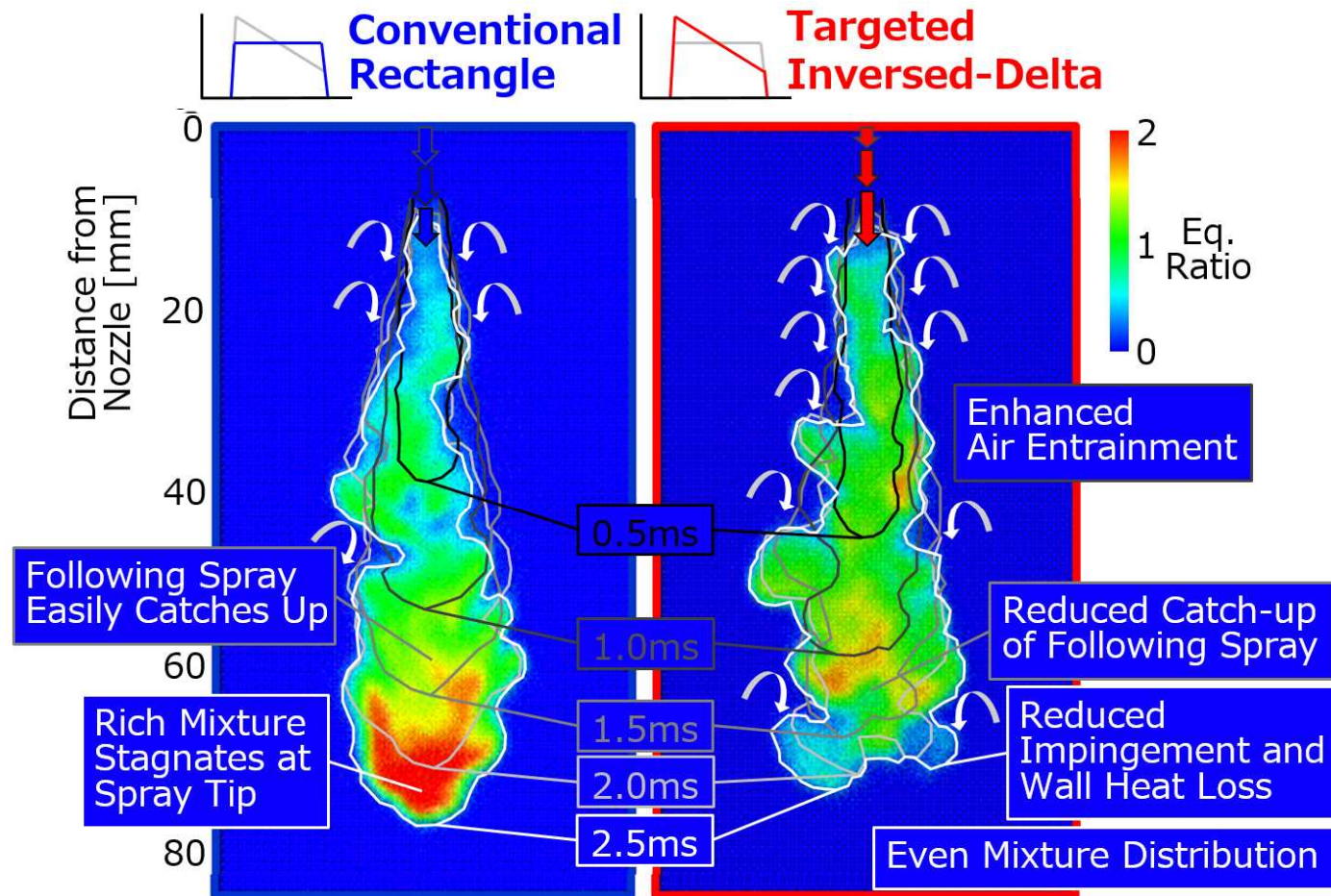
Main Combustion

Late Combustion



Hasegawa et al.,
 JSAE 20176058 (2017)
 JSAE 20162913 (2016)

逆デルタ噴射による噴霧軸方向均質化/空気導入促進/ 火炎壁面衝突抑制法を案出、LESでポテンシャル把握



LES Simulation: Adachi et al. JSAE 20165140 (2016)
Zhou et al. JSAE 20175247 (2017)

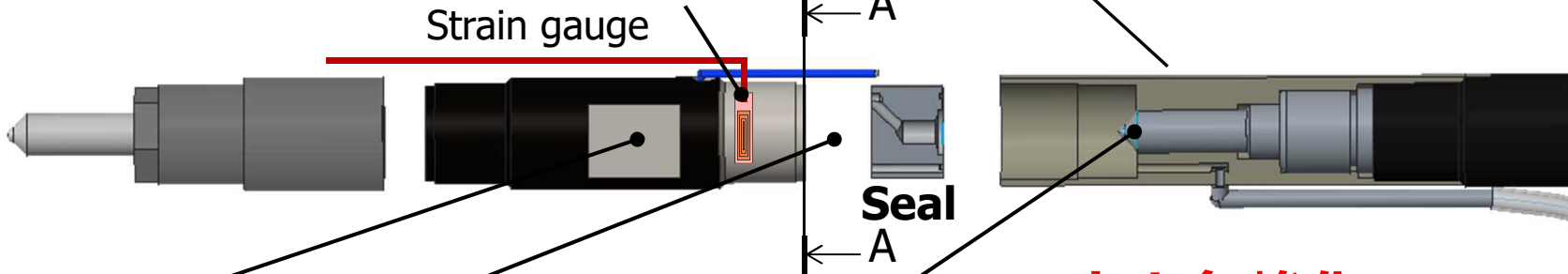
Inversed-Delta Injection Concept: Aizawa et al. JSAE 20185279 (2018)

TAIZACインジェクタ開発、中圧PP・立上急峻化・逆デルタを実現

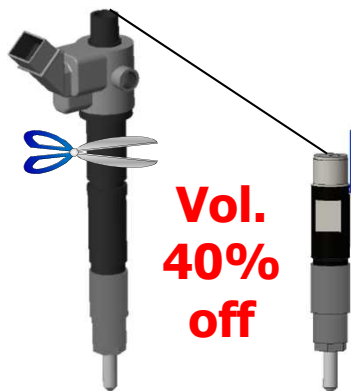
Lower injector (G4S)

Upper injector (G3P or G4P)

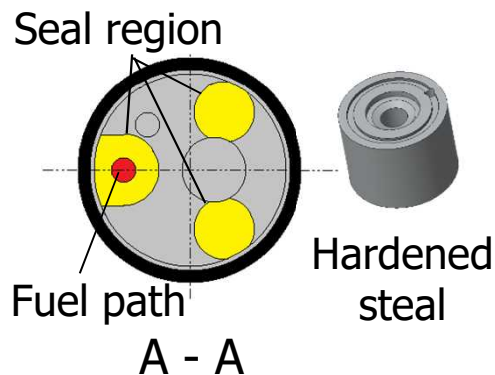
- **Injection pressure monitoring**



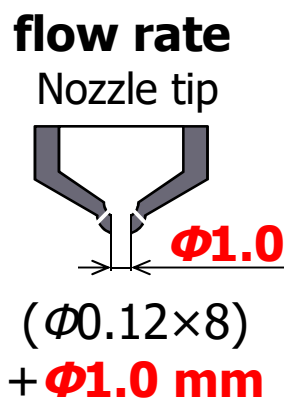
- **Body cut**



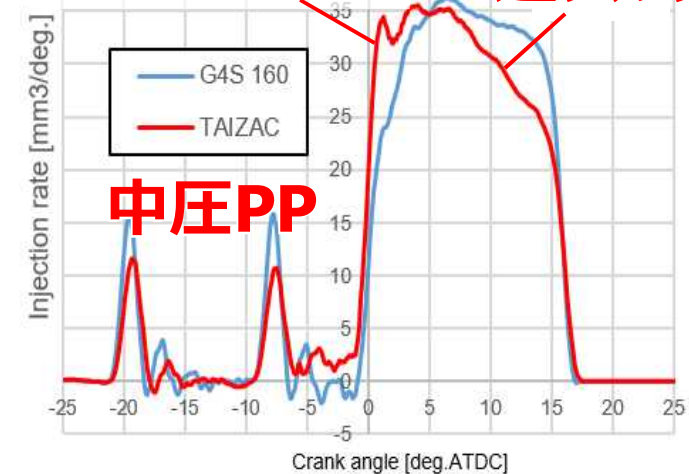
- **Sealing**



- **Increased flow rate**



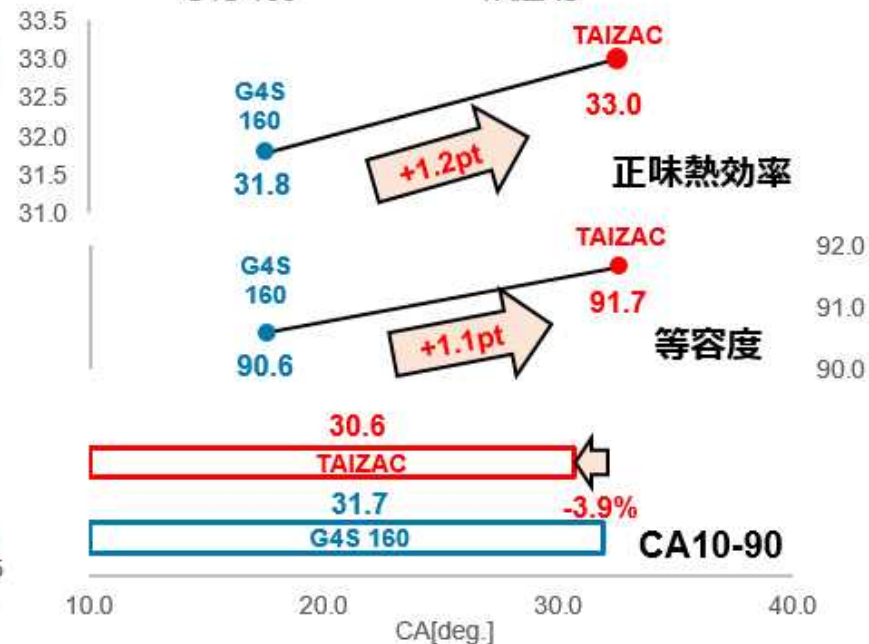
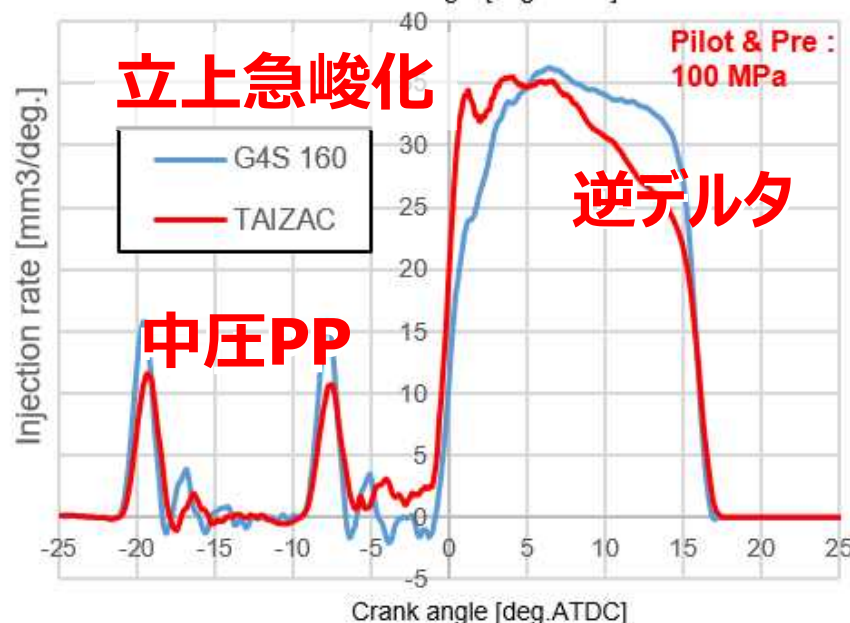
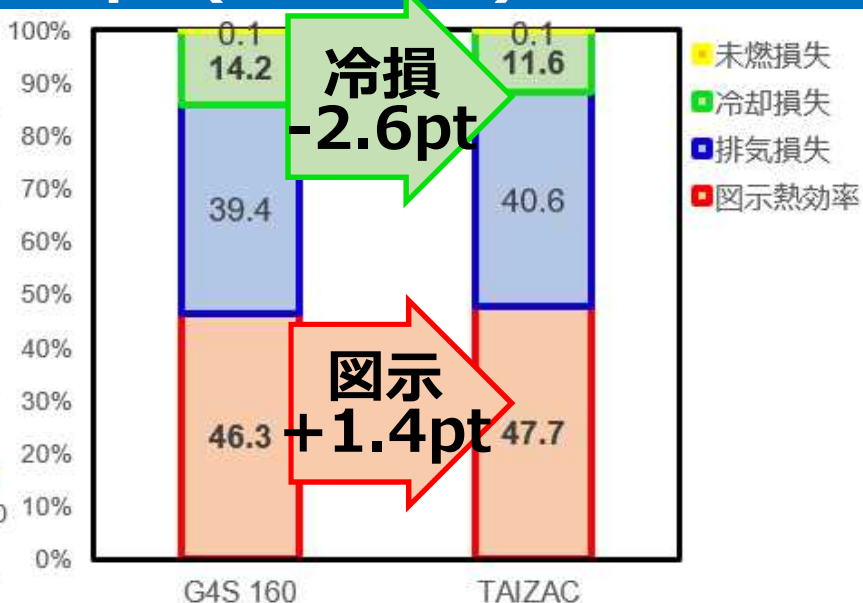
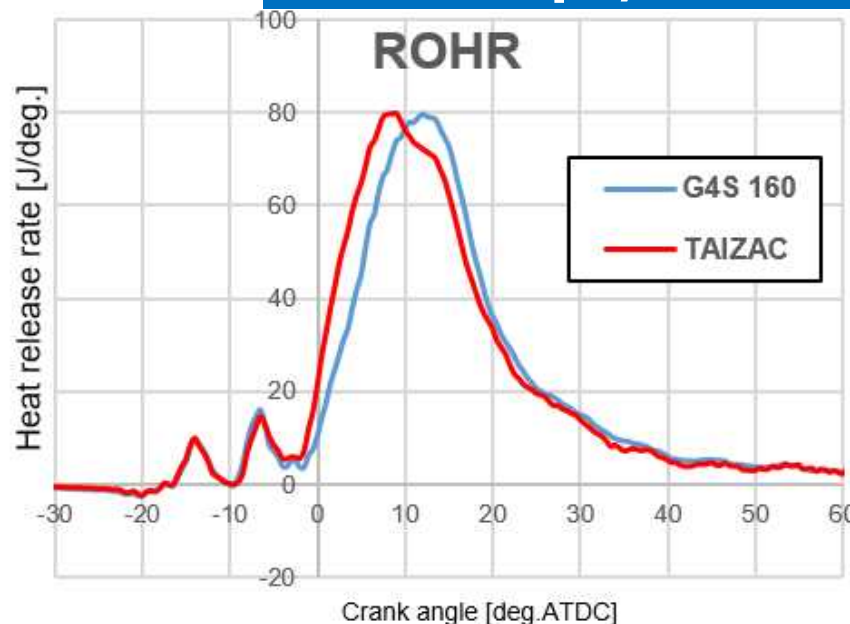
立上急峻化 **逆デルタ**



TAIZAC : TAndem Injectors Zapping ACtivation

Akiyama et al. JSAE 20185278 (2018) 特願2016-235334号 PCT/JP2017/43077

TAIZAC 中圧PP+立上急峻化+逆デルタ 単気筒試験 冷損-2.6pt, 図示+1.4pt (対G4S比) を実証



達成内容

1. 光学計測による現象解明

UV可視化で先端過濃混合気を後燃え要因と同定

2. 逆デルタ噴射率コンセプト案出 及び TAIZACインジェクタ開発

噴霧均質化・空気導入促進・冷損低減

詳細反応LESでポテンシャル把握

中圧PP・急峻立上・高圧逆デルタを実現

3. TAIZAC搭載実機で効率実証

冷損低減・図示熱効率向上を実証

今後の展開

- 初期噴射率立上げの更なる急峻化、逆デルタ＋近接アフター噴射で空気利用と後期混合を促進
- 燃焼期間短縮効果は不十分 ⇒ 後期混合促進策を検討継続

エントレイン制御噴霧による冷却損失 低減法の開発

**コンパクト噴霧による冷却損失低減燃焼コンセプトの確立
～2成分燃料による検証～**

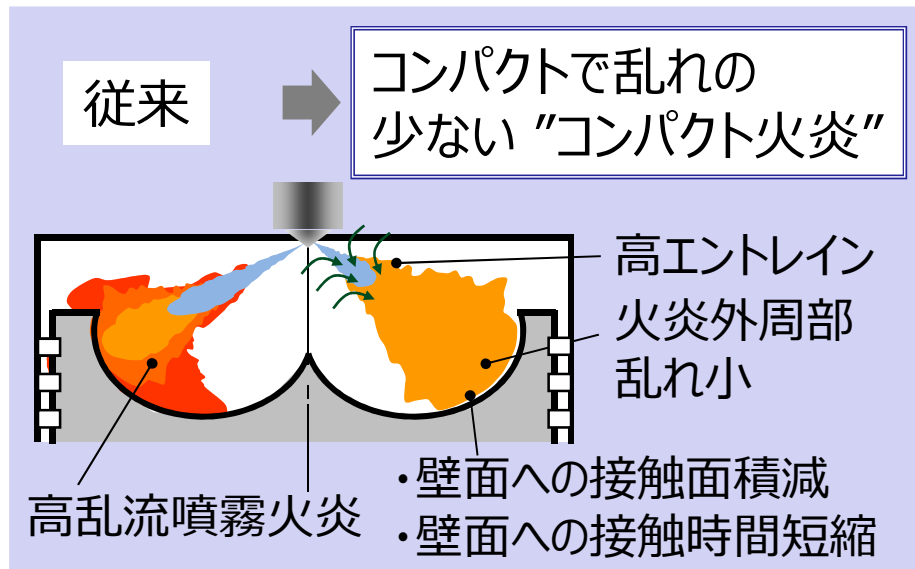
**グループ3（グループ長）
同志社大学 松村 恵理子**

研究目的

- エントレイン制御噴霧による冷却損失低減

コンセプト：

コンパクト火炎による冷却損失低減



成果概要

- コンパクト噴霧火炎による冷却損失40%低減達成

2成分燃料($n\text{-C}_5\text{H}_{12} + n\text{-C}_{10}\text{H}_{22}$)を使用し

「早期蒸発－高分散・高エントレインメント－着火遅れ長期化－急速燃焼噴霧火炎」

冷却損失低減のメカニズム解明と有用な燃焼コンセプトを確立した。

- 簡略化反応機構と冷却損失予測コードを開発

・ $n\text{C}_{13}\text{H}_{28}$ ：化学種数49（従来100程度）@精度 $\pm 10\%$

・計算高速化と壁面モデルの選定

● 壁面熱伝達機構に基づいた冷却損失低減燃焼コンセプトの提案

手法：定容容器で熱流束と噴霧火炎を同時計測

成果：

・冷却損失予測式構築

→ 蒸発促進が熱伝達率抑制

→ 噴射率増大が有効手段

・指数相関解析から、**冷却損失の低減に有効な制御因子を抽出**

$$Q = 121.32 \cdot P_{inj}^{0.155} \cdot \phi d^{-0.668} \cdot Q_{pilot_ratio}^{0.132} \cdot T_{fuel}^{-0.328} \cdot Z_w^{-0.297}$$

	P_{inj}^{α}	ϕd^{β}	$Q_{pilot_ratio}^{\gamma}$	T_{fuel}^{δ}	Z_w^{ϵ}	θ_w^{ζ}
Q	0.15	-0.65	0.08	-0.30	-0.27	-0.54
h	0.45	1.00	-0.11	-0.22	-0.05	-1.13
T_{flame}	0.027	-0.096	0.031	0.090	0.04	0.13
$Area \cdot \tau$	-0.27	-1.49	0.17	-0.30	-0.22	0.38
	10-40%	-490K	35-45mm			

● 冷却損失低減燃焼コンセプトの検証

手法：2成分燃料による

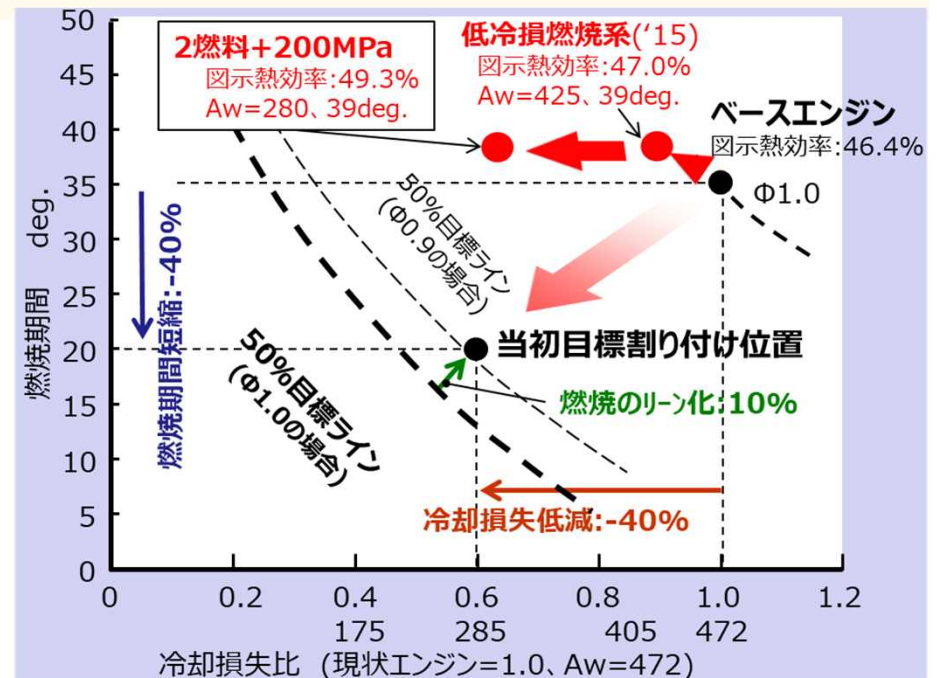
単気筒実機関での効果検証

噴霧内混合気の濃度分布把握

燃焼形態把握(RCEM・数値計算)

成果：単気筒実機関

→ **冷却損失40%低減達成**



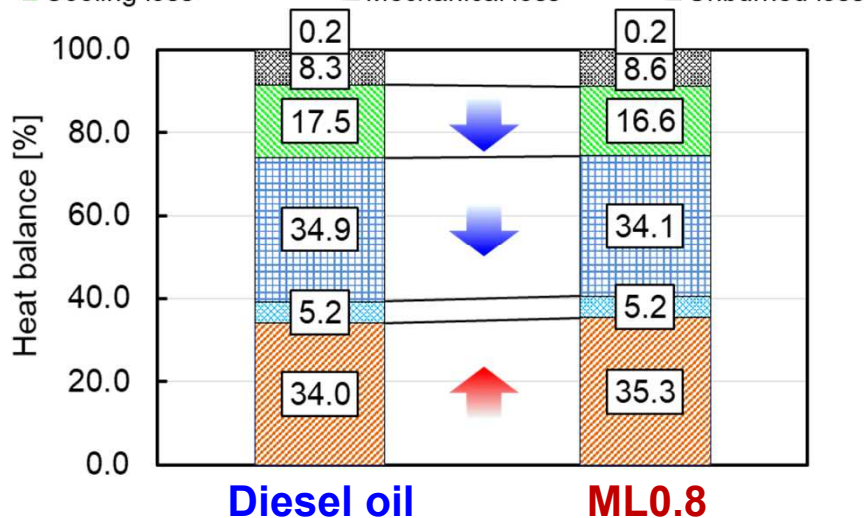
成果：単気筒実機関

- 2成分燃料を用いて、冷却損失低減に伴う熱効率向上および低エミッション化を実証

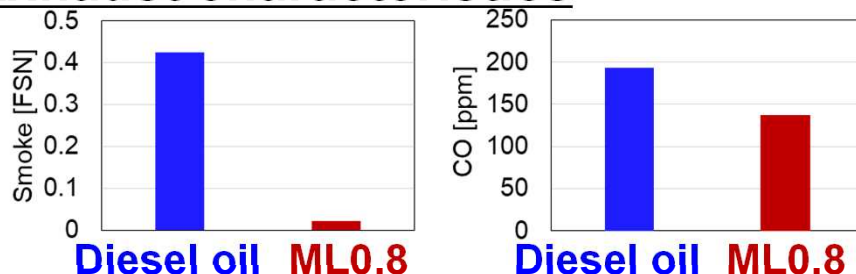
実機試験

Heat balance

Region 1 (2250rpm, IMEPg 1440kPa, NOx 800ppm)
ML0.8 (Mass fraction of Light component $nC_5H_{12}:nC_{10}H_{22}=0.8:0.2$) $P_{inj}=180MPa$



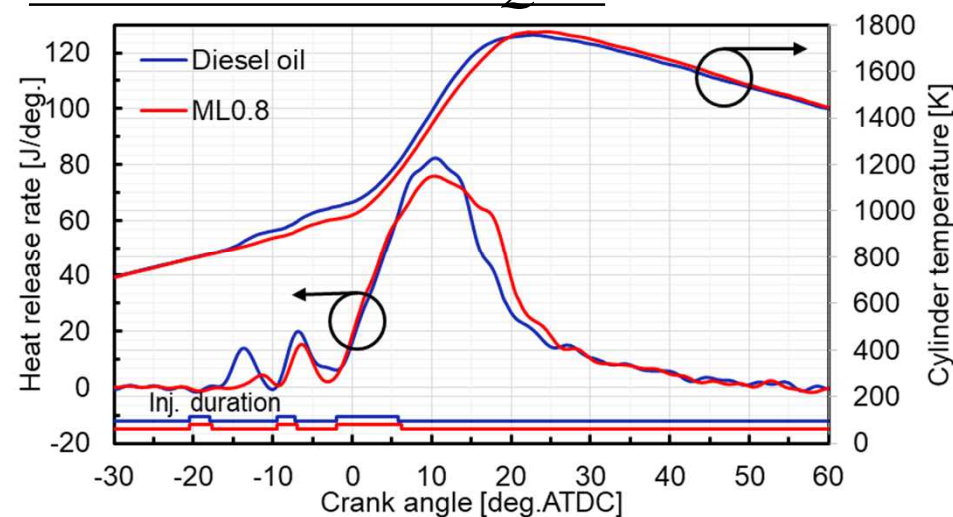
Exhaust characteristics



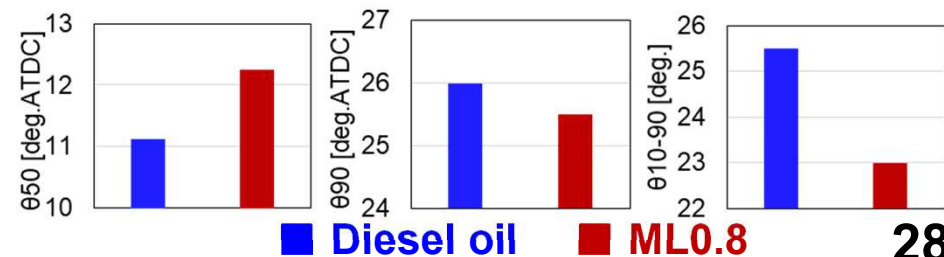
成果：単気筒実機関

- 早期蒸発コンパクト噴霧燃焼により燃焼期間を短縮
- 燃焼後期の急速燃焼を確認

Heat release rate $dQ/d\theta$



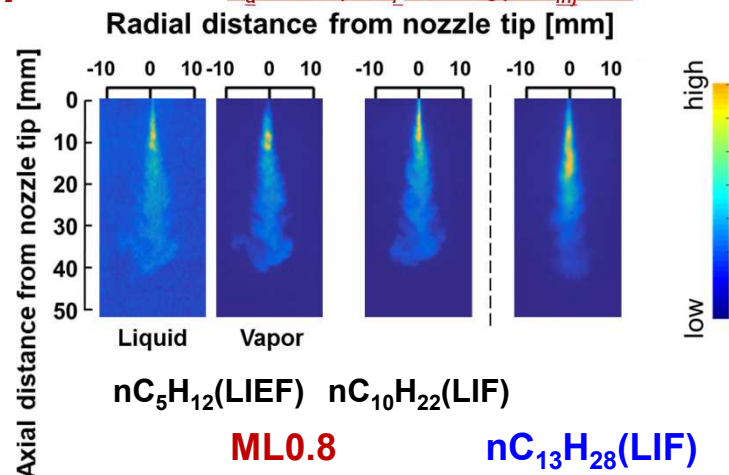
Combustion characteristics



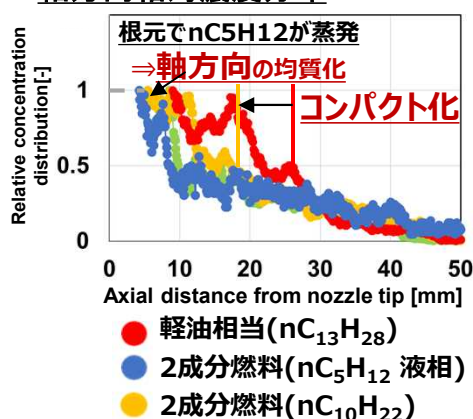
成果：噴霧特性

→ コンパクト化かつ半径方向、
軸方向への分散性向上、
噴霧内濃度均質化を確認

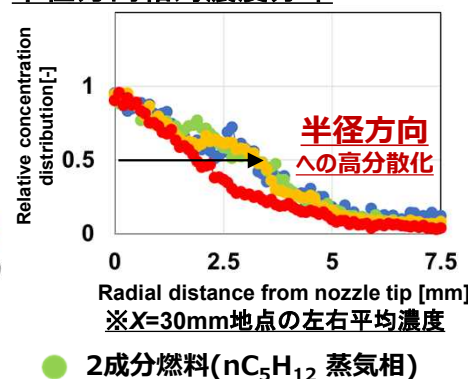
LIF/LIEF $P_{inj}=160\text{MPa}$, $\rho_a=18.75\text{kg/m}^3$ ($P_a=3.0\text{MPa}$),
 $T_a=600\text{K}$, $m_f=5.3\text{mg}$, $t/t_{inj}=0.5$



軸方向相対濃度分布



半径方向相対濃度分布



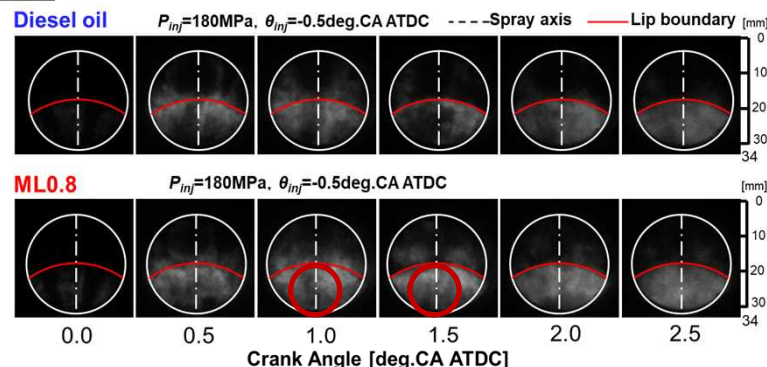
成果：燃焼可視化 (RCEM)

→ 噴霧根元近傍の燃焼反応
促進(後期燃焼の急速燃焼
に寄与)

高エントレインメント・希薄均質
噴霧のマクロな冷却損失低減メ
カニズムを解明

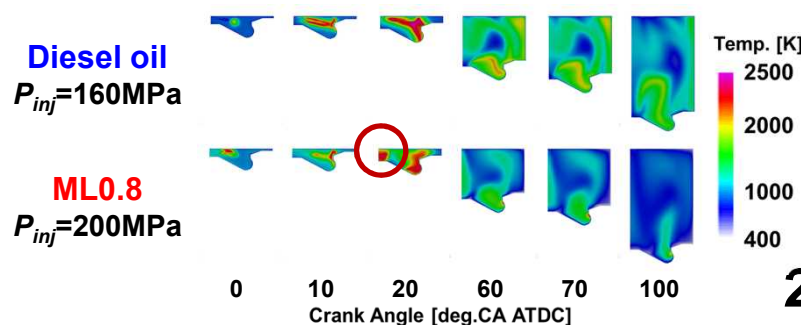
OH*

RCEM



Flame temperature

3D-CFD



達成内容

冷却損失低減燃焼コンセプトを提案・実証し下記の知見を得た。

- ✓ 容器実験より冷却損失予測式を構築し，ニュートン冷却則における指数相関から各物理因子のトレードオフを解消する制御因子（燃料の蒸発性）を特定した。
- ✓ 蒸発性に着目し，軽質な2成分燃料を用いて冷却損失40%低減，熱効率向上と低エミッション化を単気筒実機関で実証した。
- ✓ 噴霧根元部での顕著な蒸発促進と噴霧内当量比の希薄化，噴霧内混合気濃度の均質化および反応帯の拡大により，燃焼後期の急速燃焼を実現した。
- ✓ $n\text{-C}_{13}\text{H}_{28}$, 2成分燃料($n\text{-C}_5\text{H}_{12} + n\text{-C}_{10}\text{H}_{22}$)の簡略化反応機構の開発に成功し，これを用いた冷却損失予測コードを構築した

今後の展開

- ✓ 実用的手段による熱効率向上メカニズム解明と限界究明

燃焼およびエンジン構造による 放射音低減法の開発

双峰形燃焼時の燃焼・構造連成による騒音低減

**グループ5（グループ長）
山口大学 三上 真人**

研究背景

熱効率向上を狙いとするPCCI
燃焼の適用範囲が騒音増大に
より限られる(中低負荷)

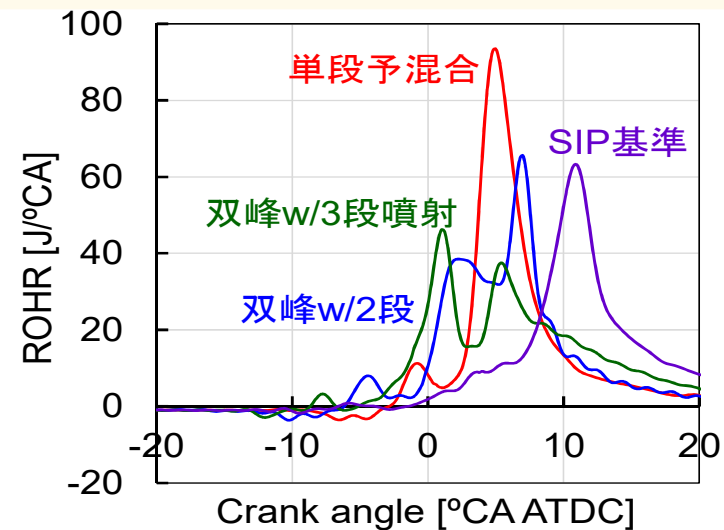
研究目的

- **燃焼面からのアプローチ**
 - ・双峰形燃焼の高熱効率・
低エミッション・低騒音化の
可能性追求
- **構造面からのアプローチ**
 - ・双峰形燃焼時の燃焼・構
造連成による騒音低減

成果概要

● 燃焼面・・・（北大）

→ 双峰形燃焼の中低負荷での
高い性能(高効率・低騒音)



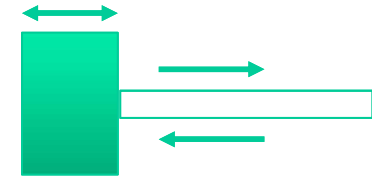
● 構造面・・・（山口大）

→ 消音スパイク燃焼時のピス
トン-コンロッド連成振動数
移動による騒音低減効果

ピストン-コンロッド系固有振動数の推算

固定端（ $x=0$ ）に接続された長さ L ，断面積 A の棒の端（ $x=L$ ）に質量 m が付加された場合の軸方向運動方程式

$$m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \bigg|_{x=L} = -A \sigma_x \bigg|_{x=L}$$

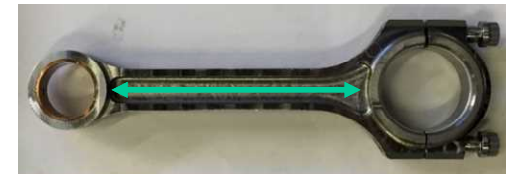


棒の縦振動時の波動方程式

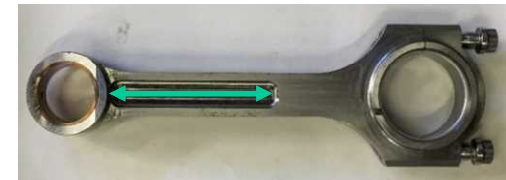
$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad \text{ただし} \quad c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$



- SIPエンジンのピストン-コンロッド $f = 2284 \text{ Hz}$



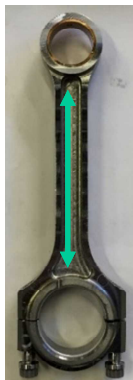
- STPコンロッド
（肉抜き部長さ L を0.65倍） $f = 2876 \text{ Hz}$



主な成果 内部伝達系振動数移動による騒音低減

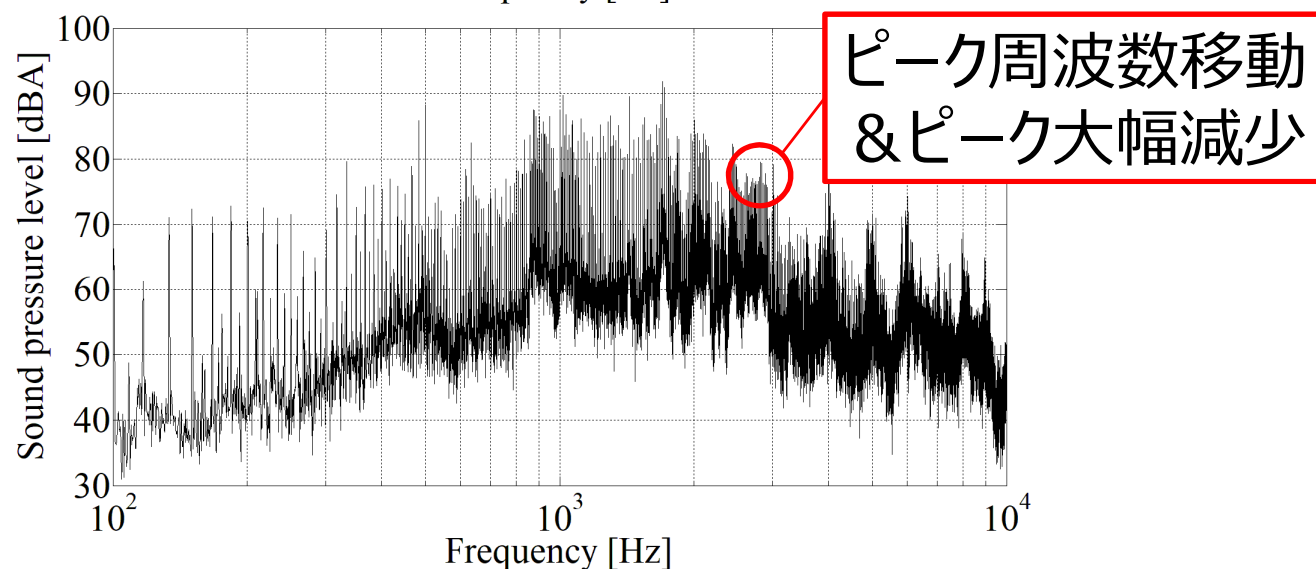
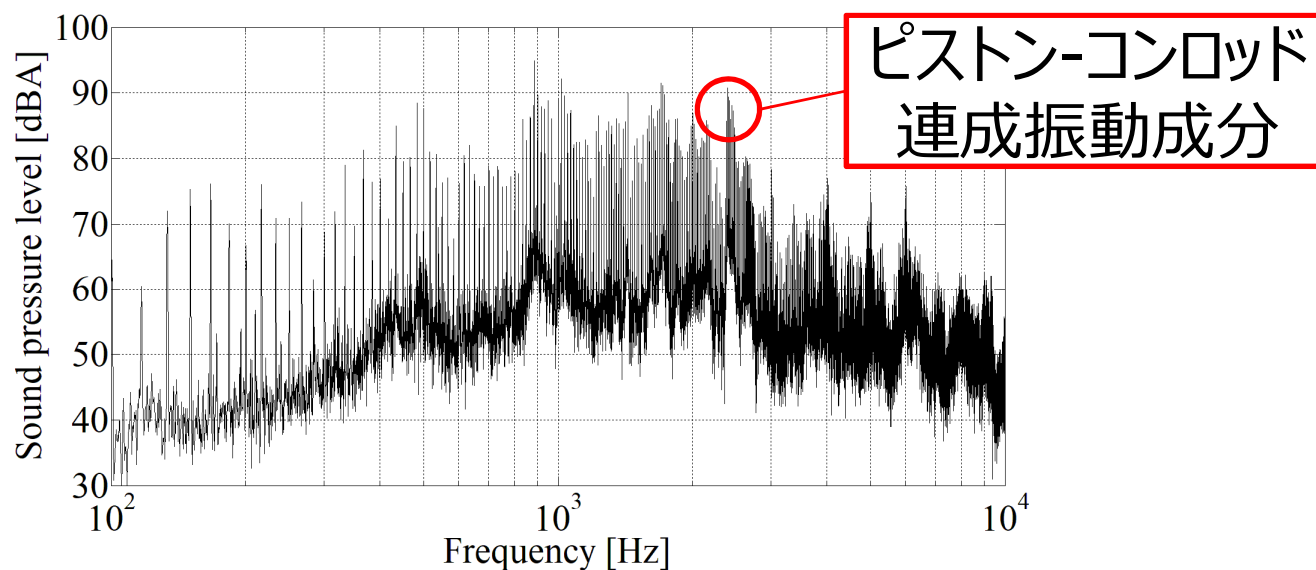
内部伝達系の変更

オリジナル
コンロッド



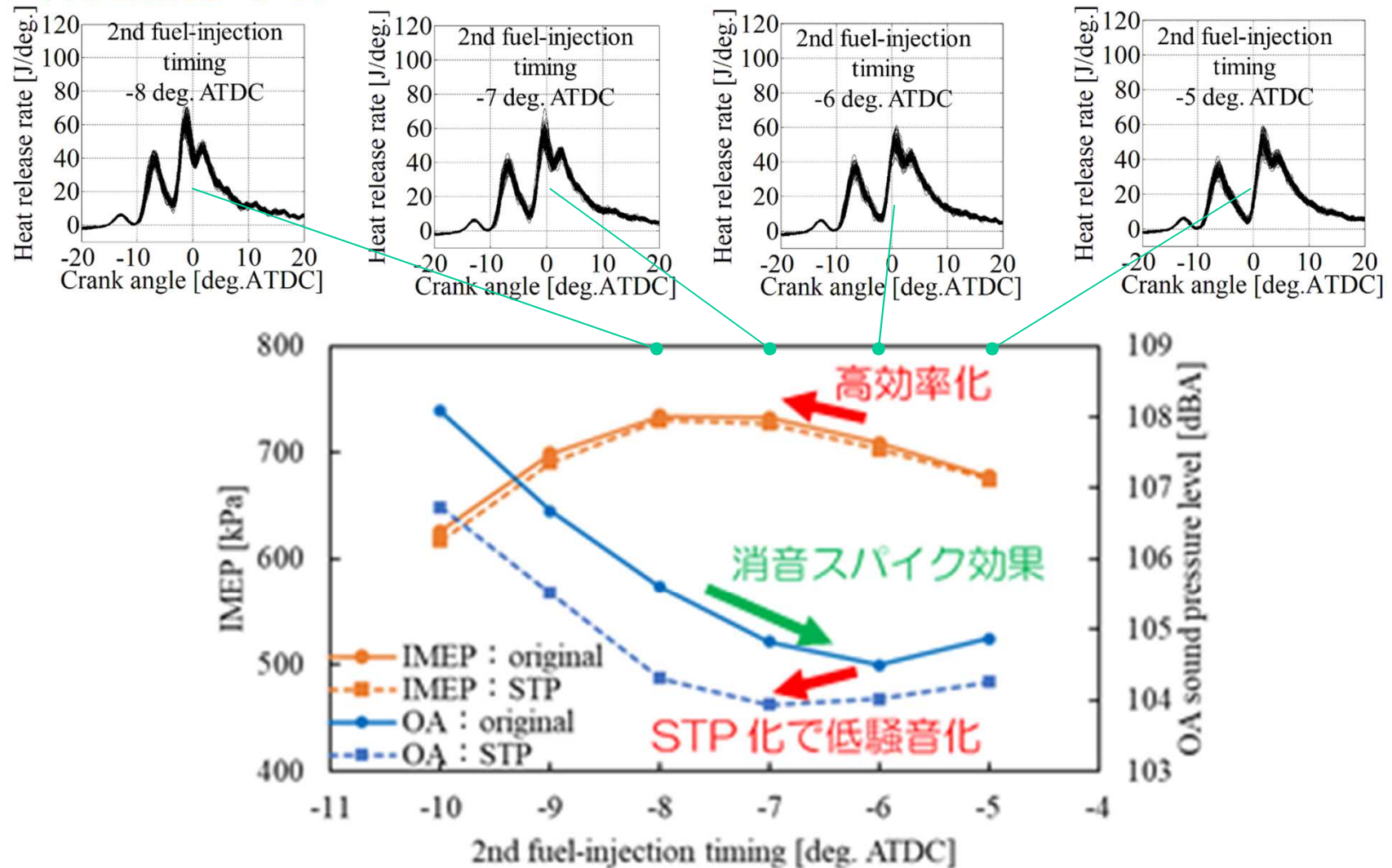
OALレベル
-1.3dBA ↓

STP
コンロッド



- ・コンロッド仕様変更によりピストン-コンロッド連成振動数を移動可能
- ・ピストン-コンロッド連成振動数を主要周波数からずらし騒音低減

双峰形燃焼時の消音スパイク効果の促進



- ・双峰形燃焼時の消音スパイク効果と内部伝達系振動数移動との相乗効果により、熱効率を低下させることなく騒音を低減

達成内容

双峰形燃焼時の燃焼・構造連成による騒音低減
(単気筒試験機関による燃焼実験)

- ✓ 双峰形燃焼時の消音スパイク効果と内部伝達系振動数移動との相乗効果により、熱効率を低下させることなく騒音低減.

今後の展開

時間・周波数依存騒音発生モデルの詳細化

- 局所音源分布と騒音パワーの関係の明確化
- 燃焼衝撃のエンジン構造内伝達経路の物理特性の把握
- 構造内時間減衰率の関係因子と物理特性の明確化

→設計用物理特性への翻訳

→多気筒機関への展開

Ⅲ 産学連携と今後の展開

・研究開発を通じた産学連携

対話による実質的な産学・学学連携の強化

SIP燃烧データベースによる成果の保存

・SIP後の産学連携 ➡ ディーゼル燃烧研究の深化・技術の高度化

持続的な共同研究体制の構築

データベースの継承と発展による成果の活用

学(SIP) ↔ 学(SIP) :

- ・研究計画立案・修正・フォロー
- ・実験・解析・数値計算法の情報交換・統一
- ・実験装置等研究資源の融通
- ・人的交流(学生, 教員)

産(AICE) → 学(SIP) :

- ・研究計画立案・修正・フォロー
- ・研究における安全確保の手法
- ・実験・解析補助的情報の提供
- ・実験に必要な物品手配の便宜
- ・研究員・技能員等人員の斡旋・派遣

学(SIP) → 産(AICE) :

研究結果の検討・議論

- ・研究成果提供(燃烧コンセプト, モデル, 計測・解析手法)
- ・人材育成(学生の教育, 研究員受け入れ)



Thanks for your kind attention.

