

革新的燃焼技術

SIP Innovative Combustion Technology Symposium 2019

最終公開シンポジウムプログラム

ポスターセッション 9:30~10:00

講演 (午前の部) 10:00~12:00

開会挨拶	黒田 亮 内閣府 大臣官房審議官
全体説明 10:10~10:30	杉山 雅則 SIP革新的燃焼技術 プログラムディレクター (トヨタ自動車)
チーム講演 I 10:30~12:00	<p>■ ディーゼル燃焼チーム 10:30~ 乗用車用ディーゼルエンジンにおける高度燃焼制御 石山 拓二 京都大学 大学院エネルギー科学研究科 教授</p> <p>■ 制御チーム 11:20~ 革新的燃焼技術を具現化するモデリングと制御 金子 成彦 東京大学 大学院工学系研究科 教授</p>

ポスターセッション 12:00~14:30

講演 (午後の部) 14:30~18:05

企画セッション 14:30~15:20	<p>■ 産学対談 14:30~ 杉山 雅則 SIP革新的燃焼技術 プログラムディレクター 越 光男 SIP革新的燃焼技術 プログラム会議委員 東京大学 名誉教授</p> <p>■ 産産学連携で生まれた3次元燃焼解析ソフトウェア『HINOCA(火神)』 14:50~ 草鹿 仁 早稲田大学 理工学術院 教授 溝淵 泰寛 宇宙航空研究開発機構 主幹研究開発員 店橋 護 東京工業大学 工学院 教授 高林 徹 自動車用内燃機関技術研究組合/本田技術研究所</p>
チーム講演 II 15:20~17:25	<p>■ 損失低減チーム 15:20~ 排気エネルギーの有効利用と機械摩擦損失の低減に関する研究開発 大聖 泰弘 早稲田大学 研究院 次世代自動車研究機構 特任研究教授</p> <p>— 休憩 — 16:10~16:25</p> <p>■ ガソリン燃焼チーム 16:25~ 高効率ガソリンエンジンのためのスーパーリーンバーン研究開発 飯田 訓正 慶應義塾大学 大学院理工学研究科 特任教授</p>
成果総括 17:25~17:35	古野 志健男 SIP革新的燃焼技術 サブプログラムディレクター (SOKEN 専務取締役)
AICE講演 17:35~17:50	<p>■ 講演テーマ SIPは終わらない。バトンを受け継ぐ。 人見 光夫 自動車用内燃機関技術研究組合 理事 (マツダ 常務執行役員・シニア技術開発フェロー)</p>
全体総括 17:50~18:00	杉山 雅則 SIP革新的燃焼技術 プログラムディレクター
開会挨拶	白木澤 佳子 科学技術振興機構 理事

ポスターセッション 18:05~18:30

● 成果集のご案内

SIP「革新的燃焼技術」5年間の成果をまとめた1冊です。

以下のURLからダウンロードできます。

<http://www.jst.go.jp/sip/k01.html>



開会挨拶

内閣府 大臣官房審議官

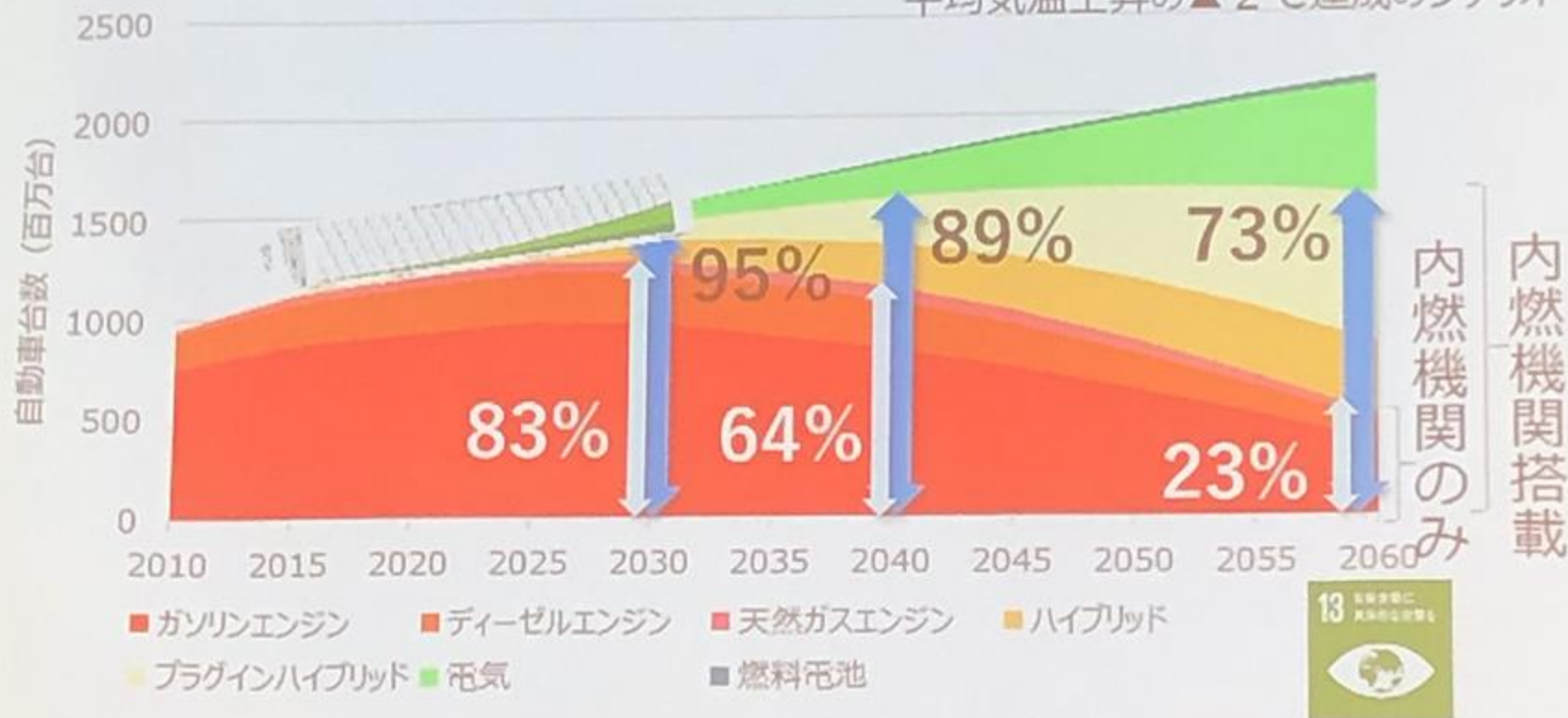
黒田 亮



世界将来予測：自動車保有台数の構成

出典：'International Energy Agency (2018), Global EV Outlook 2018、また以下データを用いてJSTで作成、'International Energy Agency (2017), Energy Technology Perspectives 2017, OECD/IEA, Paris'

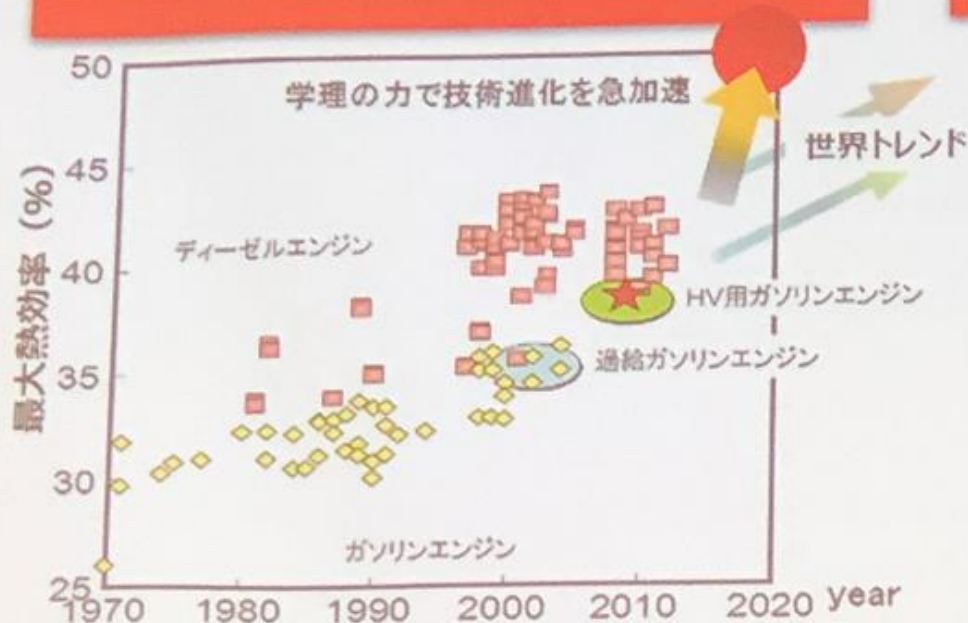
平均気温上昇の▲2℃達成のシナリオ



2040年でも内燃機関は主力。エンジン高効率化は、産業競争力強化と温暖化対策へのインパクト大。

全体目標

最大熱効率を50%



持続的な
産産学学連携の構築



- ① **ものづくりのサイエンスの衰退に対する危機感と、**
- ② **サイエンスベースのものづくりに移行する必要性と、**
- ③ **産学連携で先行する欧州への危機感が高まる中、**
SIPを開始

体制の構築

人数は延べ数のおよそ

杉山PD (内閣府)



推進委員会

JST (管理法人)



プログラム会議

ガソリン燃焼

慶應大

AICE

クラスター大



連携協定



ディーゼル燃焼

京都大

制御

東京大

損失低減

早稲田大

燃焼研究委員会

ガソリン燃焼

ディーゼル燃焼
・制御

CAE・PM

排気エネルギー
活用

摩擦損失低減

79大学
780名

学生6割

JSTとAICEが連携協定を締結、
産産学学連携体制を構築できた

自動車9社
120名

プログラム会議の編成

五十音順

産 企業：エンジン研究開発

学 学術：燃烧、化学、制御、潤滑

PD



杉山雅則
トヨタ

サブPD



古野志健男
SOKEN



工藤俊治
元トヨタ



長弘憲一
元ホンダ



村中重夫
元日産



石塚悟
元広島大 教授
(~2017.1)



越光男
東大
名誉教授



小林秀昭
東北大 教授



野波健蔵
千葉大 名誉教授



森誠之
岩手大 名誉教授

豊富なエンジン開発の経験と、深い基礎科学への見識の
両面から研究をマネジメントできる布陣を編成。

本日の内容

1. プロジェクトの概
2. 体制の構築と運
3. 得られた研究成果
4. なぜ優れた成果を生めたのか
持続のためのPF構築
5. おわりに

想定以上の成果

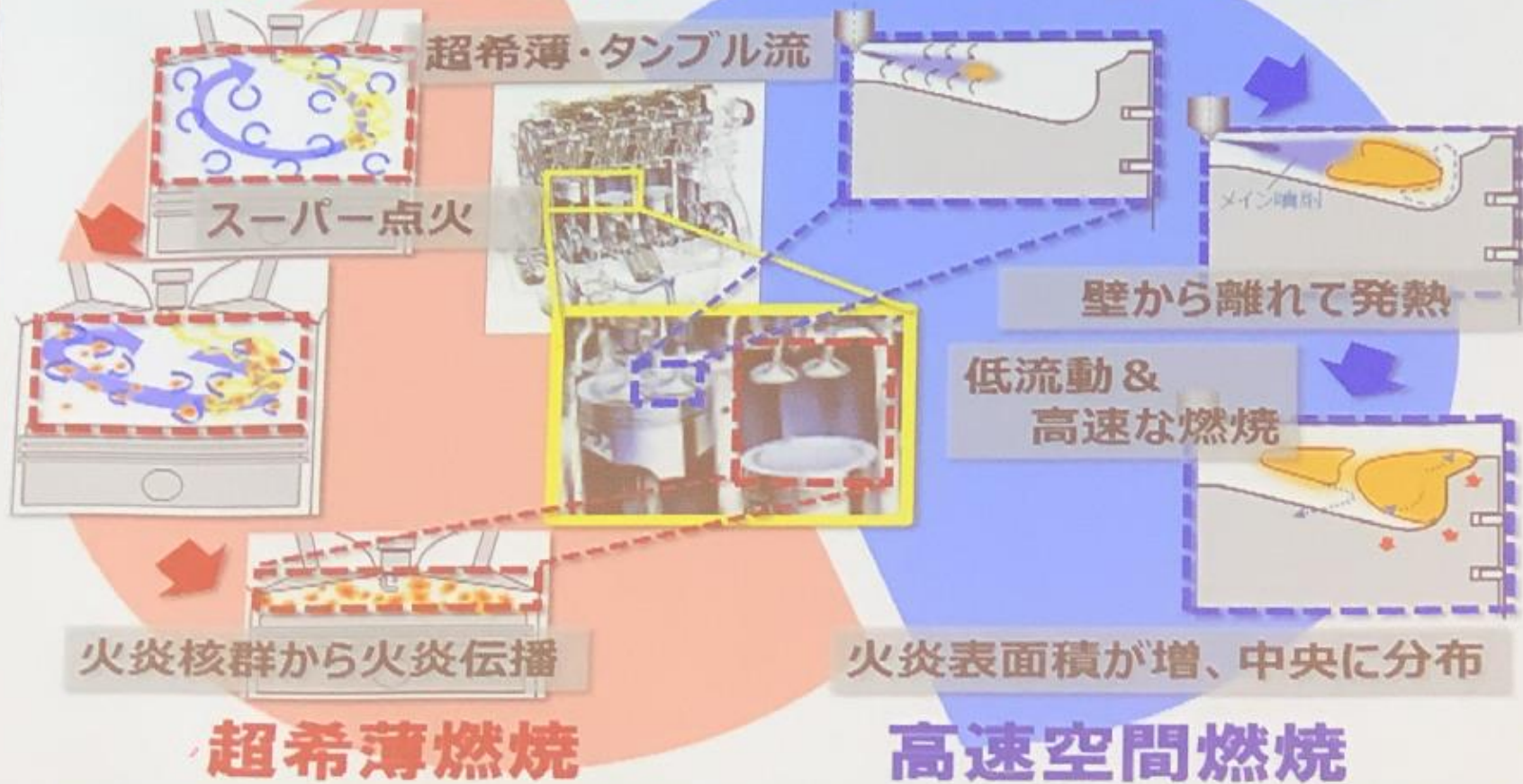
- ①熱効率50%
- ②モデル・ソフト群
基礎研究がベース



成果①の内容：熱効率50%の達成

ガソリン燃焼

ディーゼル燃焼



損失低減

摩擦の低減

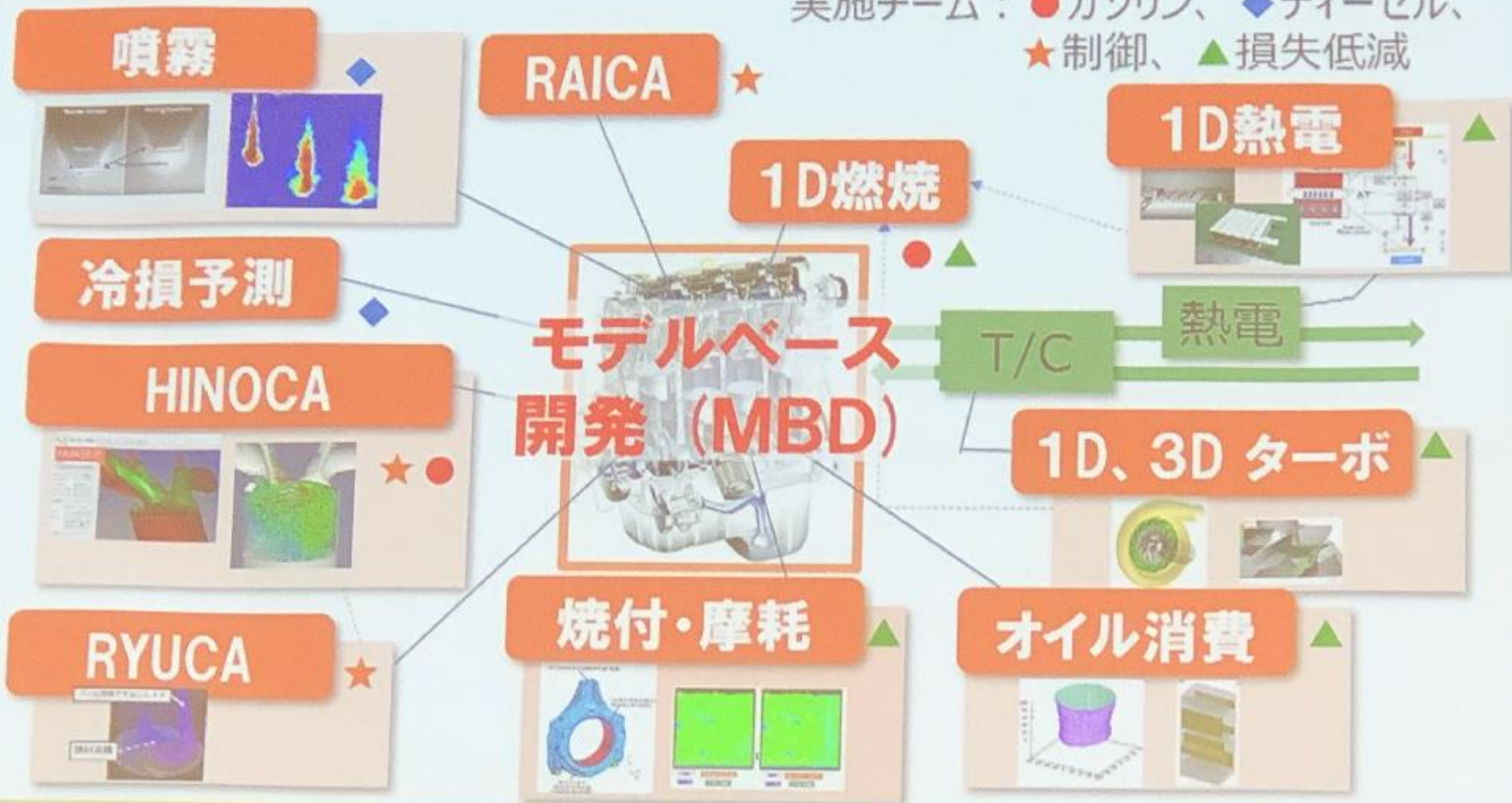
ターボ、熱電

熱効率 51.5%

熱効率 50.1%

成果②：高度なモデル/ソフトウェア群

実施チーム：●ガソリン、◆ディーゼル、
★制御、▲損失低減



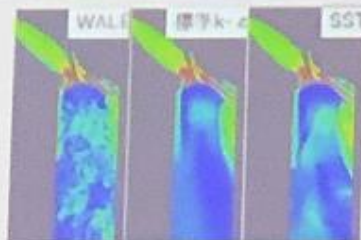
アカデミアの知見で、高度モデル・ソフトを創出。経験と勘を超えたサイエンスベースの先進ものづくり MBD に波及。

成果②の代表例：HINOCA

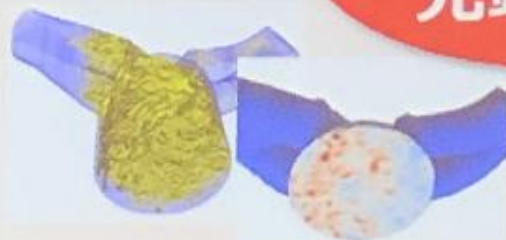
ガソリンTの
先端知見



効率化・高速化



各種乱流モデル



サイクル間変動



反応性流体計算



先端サブモデル

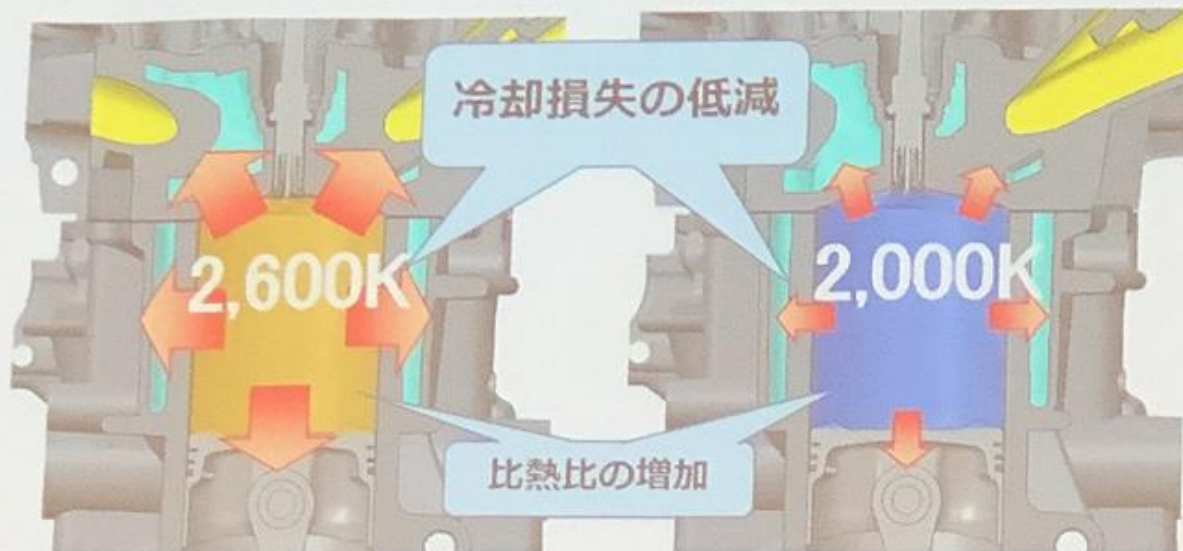


検証

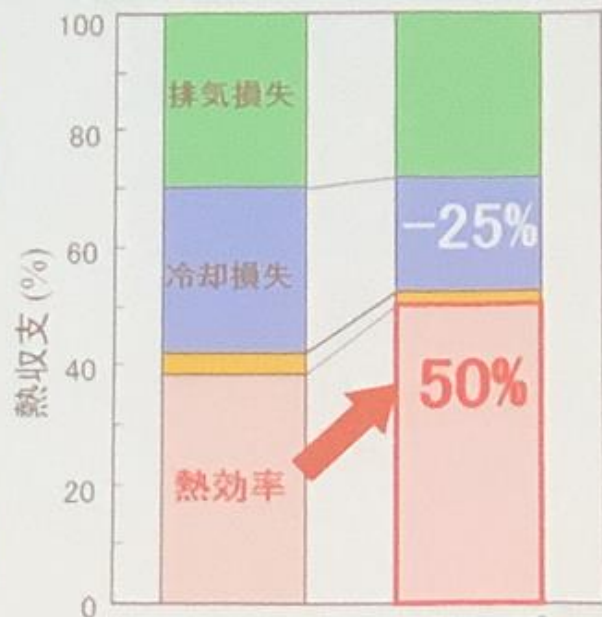
産産学学で、基礎成果とエンジン検証を組み合わせ、
科学・技術の両面で世界トップクラスの日の丸ソフトに。

ガソリン チーム

これまでにないスーパーリーンバーンによる低温燃焼の実現から、エネルギーロス（冷却損失）を低減し、熱効率を向上



従来燃焼 (ストイキ) スーパーリーンバーン



従来燃焼 スーパーリーンバーン

スーパーリーンバーンの目指す燃焼条件

- ・ 空気過剰率 $\lambda = 2.0$
- ・ タンブル流動 $\bar{u} = 20 \sim 50 \text{ m/s}, u' = 5 \text{ m/s}$



① 超希薄な混合気



② 強いタンブル流動



③ スーパー点火



④ 火炎核群を生成・蓄積



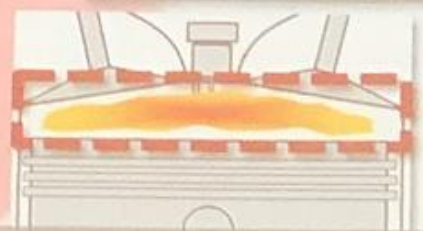
⑤ タンブル流動が崩壊



⑥ 多数の火炎核から火炎伝播



⑦ 壁面からの熱損失を低減

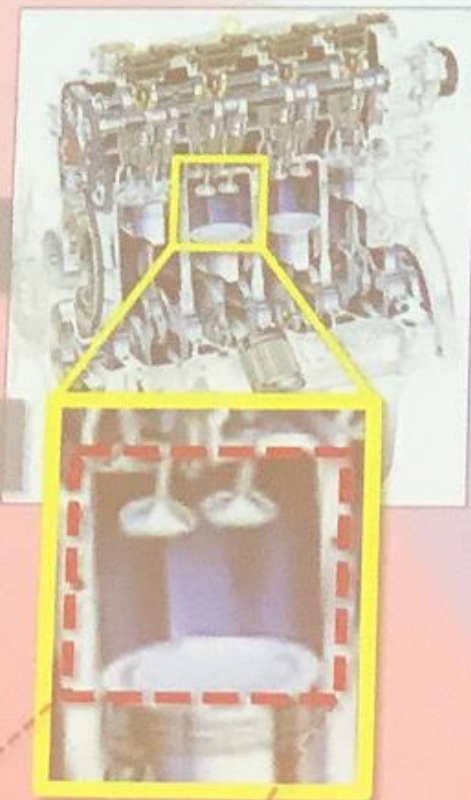


⑧ ノックの制御・抑制

熱効率50%

損失低減

機械摩擦損失の低減
排気エネルギー有効利用





強力点火とタンブル流動では超えられない $\lambda = 2.0$ の壁

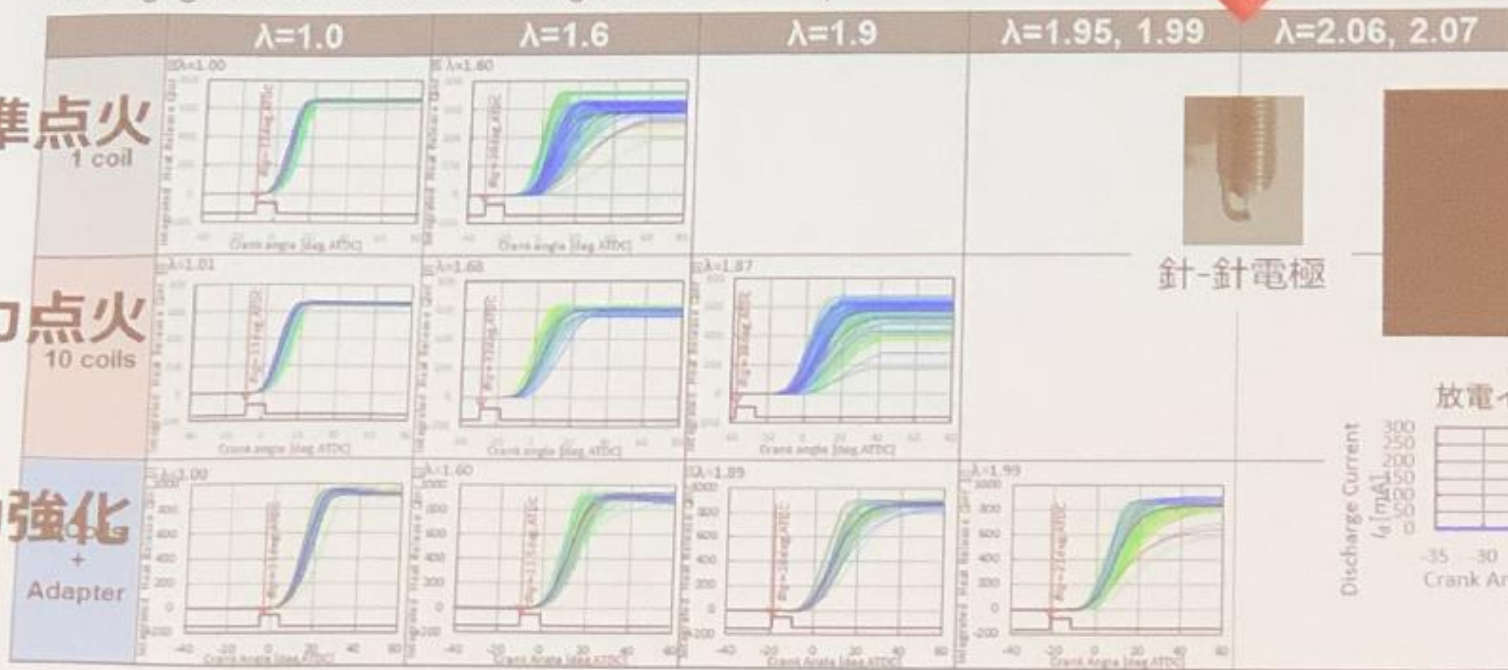
Strong ignition (10 coils) + Strong Tumble flow up to 30m/s $\lambda = 2.0$



標準点火
1 coil

強力点火
10 coils

流動強化
+
Adapter



針-針電極



放電インターバル0ms

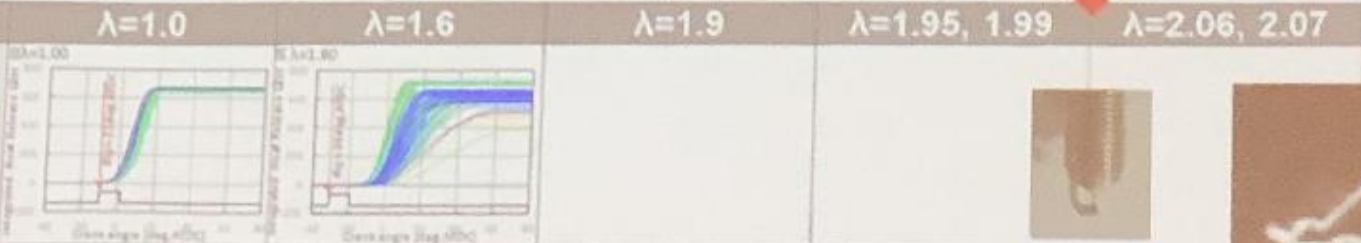


強力点火とタンブル流動では超えられない $\lambda=2.0$ の壁

Strong ignition (10 coils) + Strong Tumble flow up to 30m/s $\lambda=2.0$



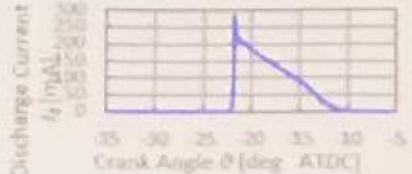
標準点火
1 coil



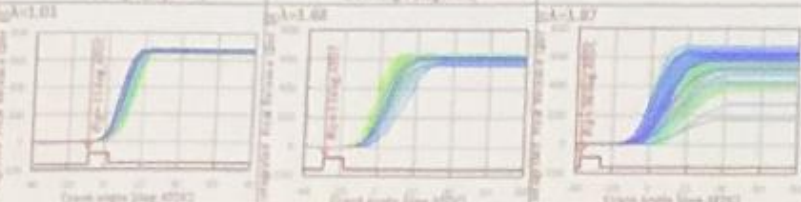
針-針電極



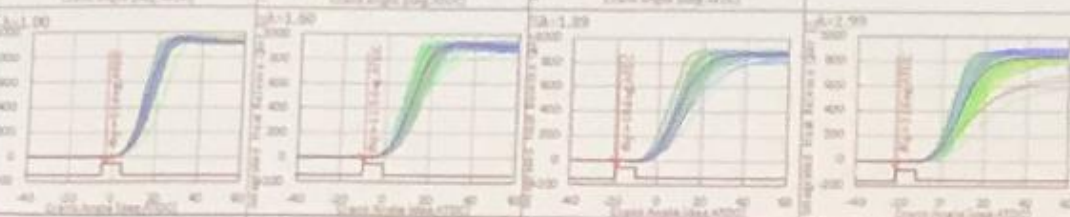
放電インターバル0ms



強力点火
10 coils



流動強化
+ Adapter



10 coils
+ Adapter
+ 傘型電極



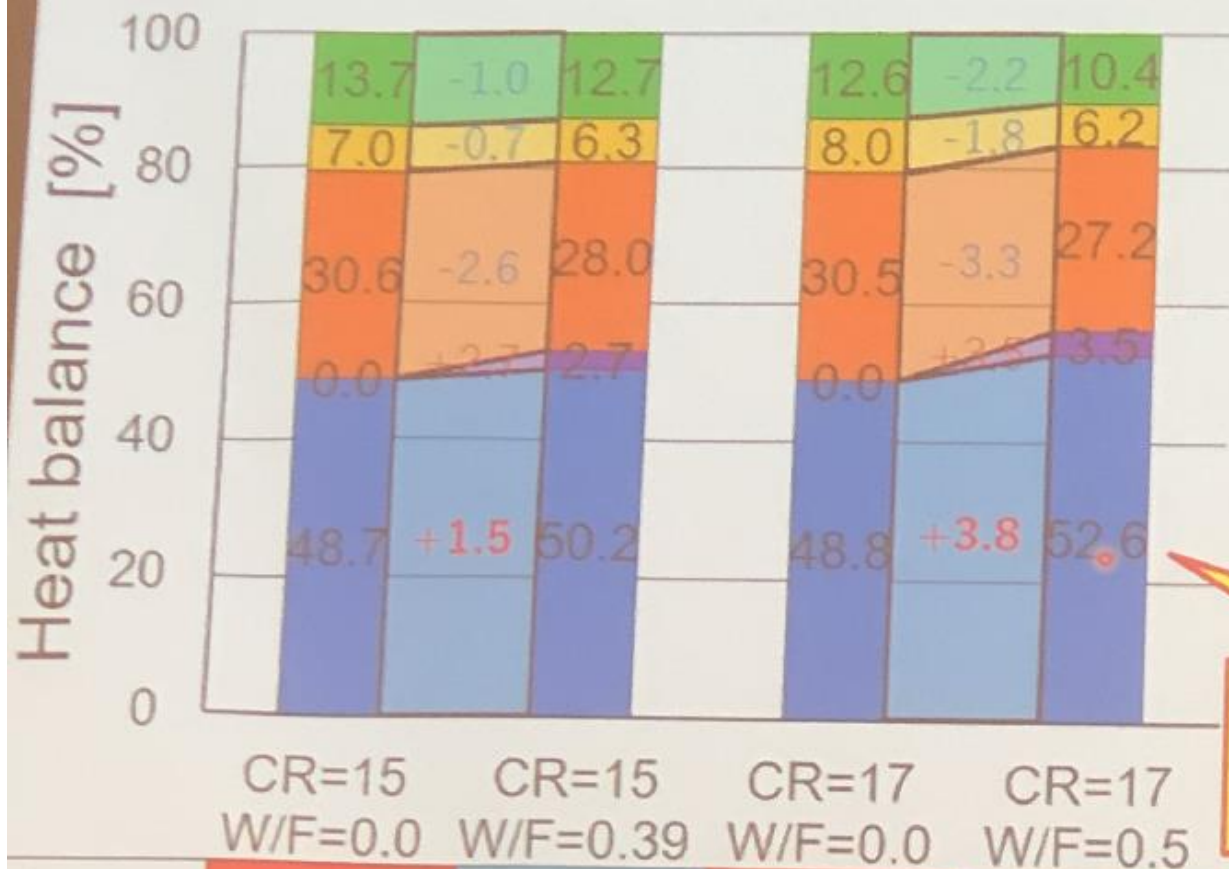
10 coils
+ Adapter
+ 傘型電極
+ interval



傘型電極 (特許出願中)
(サイクル間の流れ方向のゆらぎに対応)

放電インターバル0.2ms





最高グロス図示熱効率 **52.6%** を達成

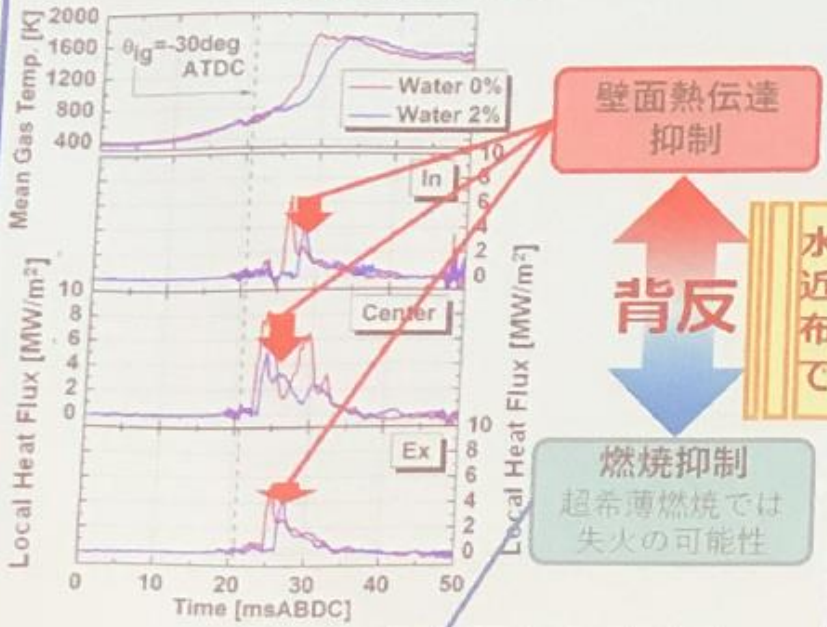
Knock rate [%]	6.5	4.5	10.0	4.0
COV [%]	4.9	2.2	8.5	3.4

Ne = 2000rpm
 $\lambda = 1.9$
 IMEP = 1.2 – 1.3 MPa

Stratified Water Insulated Combustion Architecture (SWICA 水神)

【従来の水均一添加コンセプト】

(RCEM, $\lambda = 1.0$)

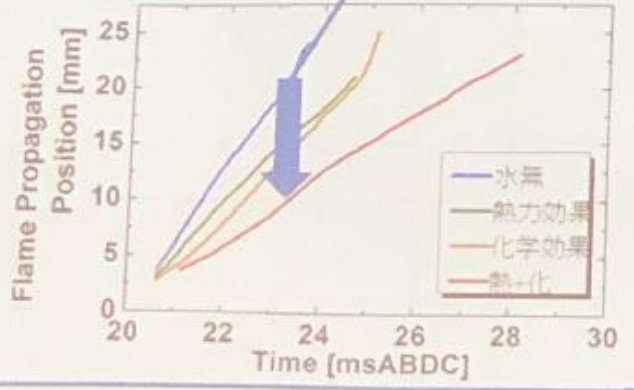


壁面熱伝達抑制

背反

燃烧抑制
超希薄燃烧では失火の可能性

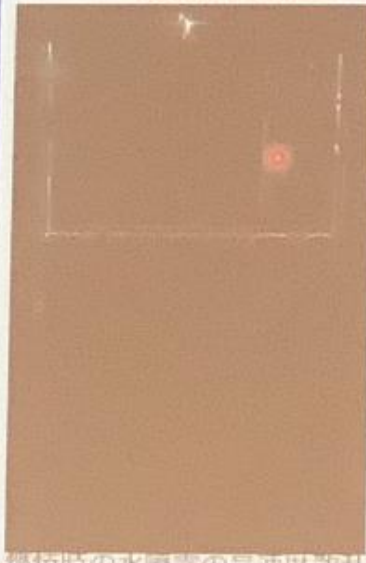
水蒸気を壁面近傍に成層分布させることで解決



【新しい水噴射コンセプト(SWICA)】



- 筒内水噴射による壁表面低温度層の形成
→ 冷却損失低減とノック抑制
- 筒内水噴射 + 超希薄燃焼 + 高過給圧
→ 局所冷却により燃焼を悪化させずに熱効率向上



- 水噴射量と噴射時期を適切に設定することでピストン頂部に水を分布させることが可能
- 燃焼を阻害せずに冷却損失とノックを抑制できる

燃焼時の水噴霧の高速度散乱光画像 (SU可視化エンジン)



可視化エンジンにおけるレーザー散乱法による水噴霧の可視化

SOLw [deg.ATDC] =

Ne=2000 rpm, IMEP = 340 kPa, $\lambda = 1.6$

-150 deg.ATDC
(熱効率向上)

-60 deg.ATDC
(燃焼変動増大)

0 deg.ATDC
(未燃損失増大)

In Ex



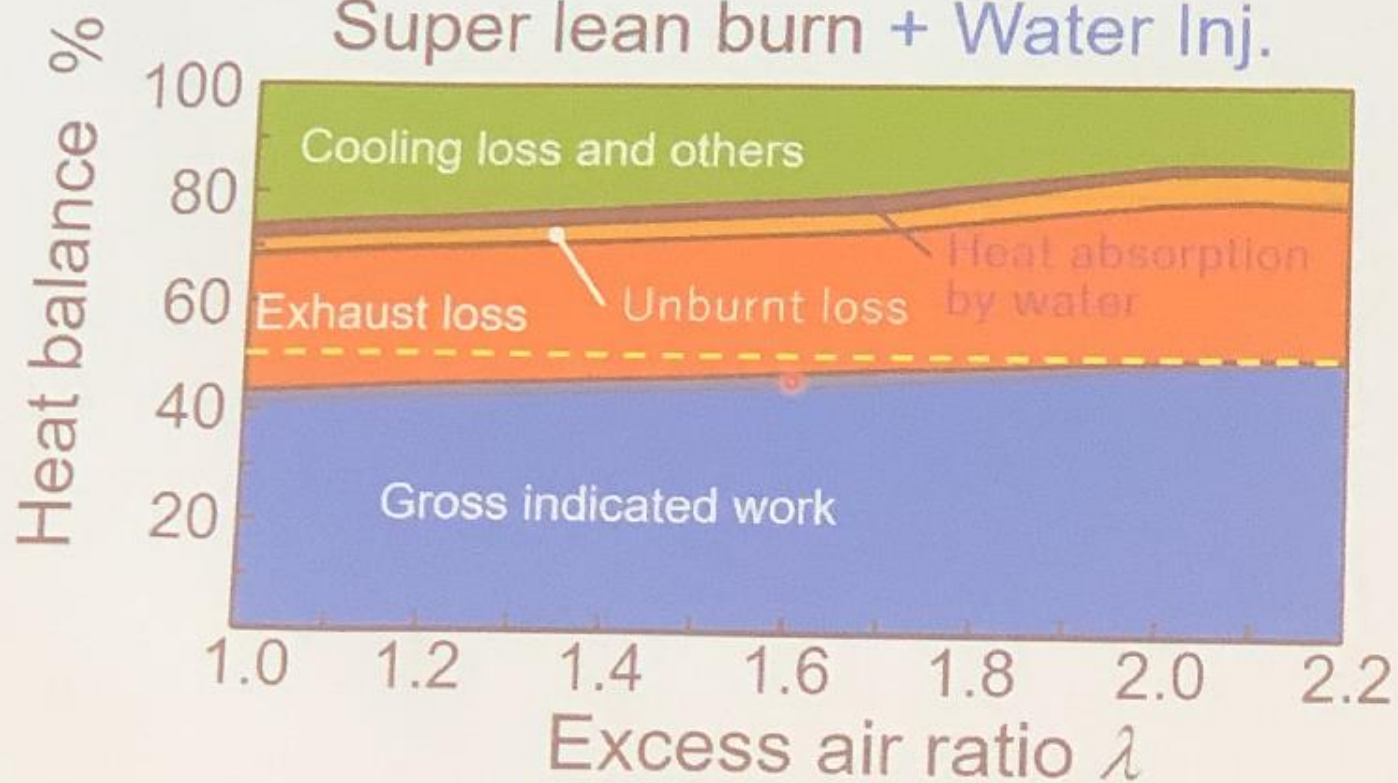
In Ex



In Ex



Super lean burn + Water Inj.



$N_e = 1800 \sim 2000$ rpm, $CR = 15.0$, $IMEP = 0.8 \sim 1.1$ MPa

排工ネ利用・摩擦損失低減

詳細成果の例(1) 排エネ利用 (ターボ、熱電)

翼列、流路の新設計で、流れ損失を低減

ターボ

設計

実証



効率69%

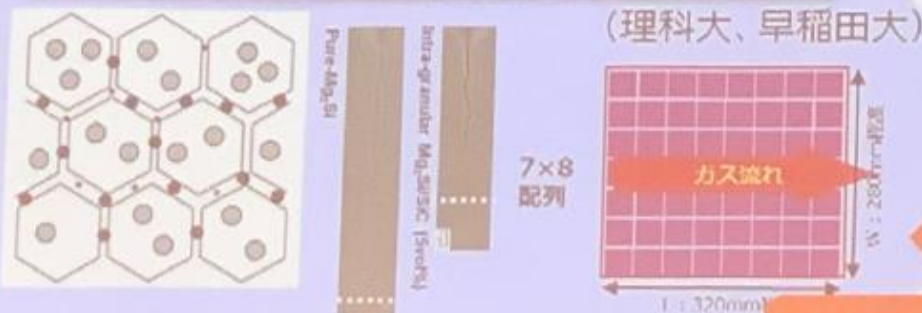
熱効率

新材料・モジュール化で、発電温度域を拡大

熱電

材料～モジュール開発

実証



最大1.3pt

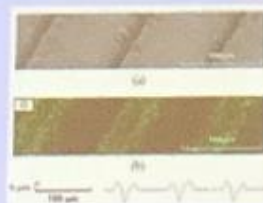
詳細成果の例(2) 摩擦損失低減

トライボ科学とエンジン工学で、摩擦を 55.5% 低減

材料創成・プロセス技術



(名城大)



(東北大)

低摩擦層や表面改質で低摩擦化

摩擦モデル

実証

(都市大)



熱効
率

数値解析

実験

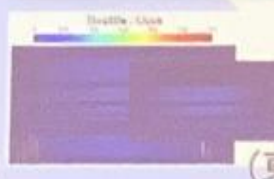
可視化



(東北大)



(九大)



(東海大)

計測～計算～実験を マルチスケールでつなぐモデル

焼付・摩耗モデル

オイル消費モデル

おまけ



腐れ縁の古野さん。ひとつ上の先輩なんです。