

# SIPで私たちはどう変わったか？ ～ラボの変化から産学の変化を見透す～



東京都市大学 工学部機械工学科/総合研究所HEET  
三原 雄司(損失低減T 機械摩擦損失低減Grリーダー)

# 内容

## SIPで私たちはどう変わったか？

～ラボの変化から産学の変化を見透す～

- (1)安全な研究環境への取組みは変わったか？
- (2)研究施設は変わったか？
- (3)組織は変わったか？
- (4)研究は変わったか？
- (5)学生は変わったか？
- (6)“産学”連携と“学学”連携は変わったか？

# SIPで私たちはどう変わったか？

## (1)安全な研究環境への取組みは変わったか？

～特にエンジン実験を行うクラスター大学～



油放置



# <東京都市大の例> 2015年3月のエンジン実験室

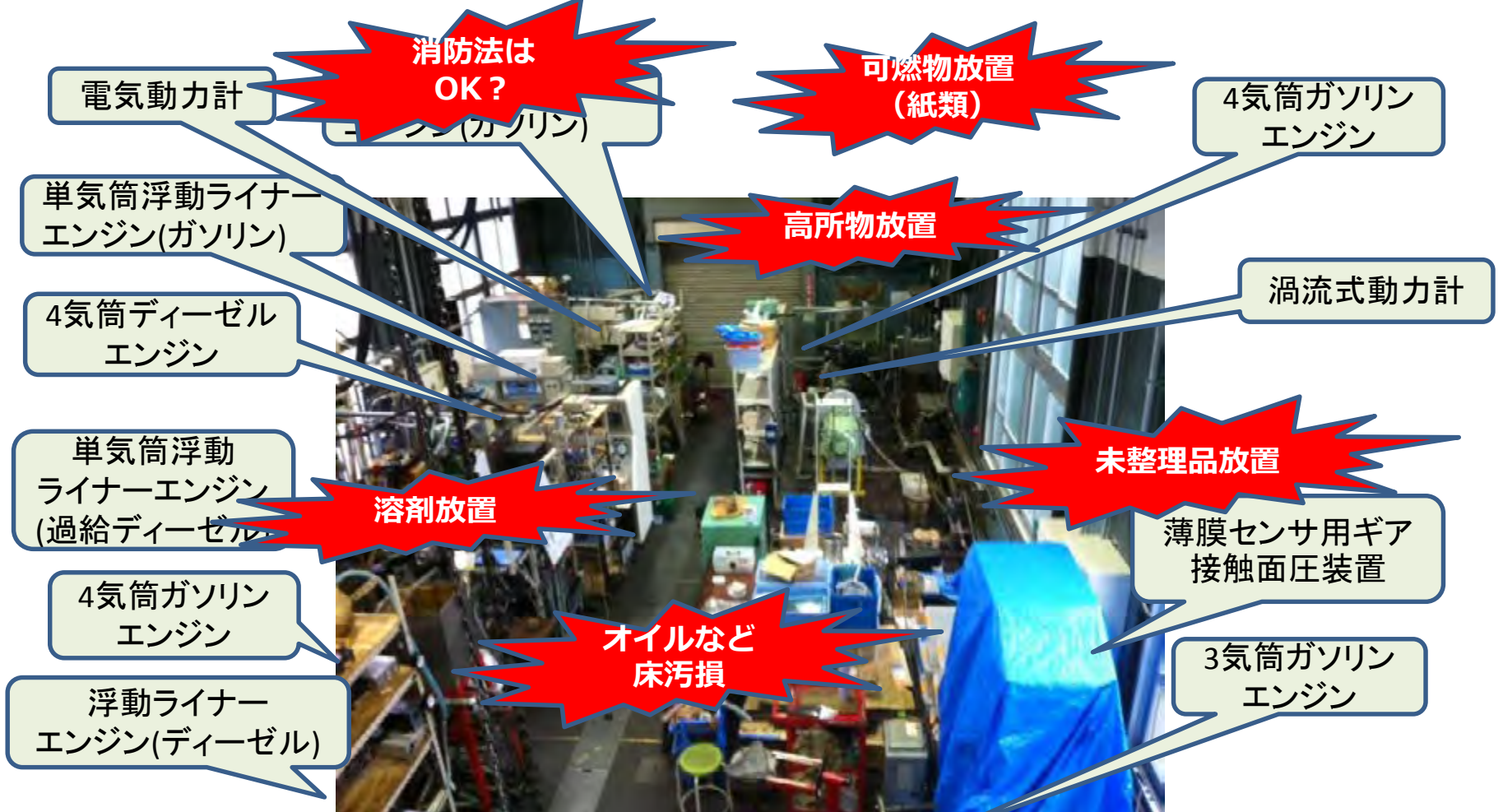
AICEによる各大学の実験環境のチェック 2014年12月～ 都市大は2015年3月



これまでも安全で大きな問題も無し。SIP研究開始とともに念のため学生達と片付けたはずが・・・

# <東京都市大の例> 2015年3月のエンジン実験室

AICEによる各大学の実験環境のチェック 2014年12月～ 都市大は2015年3月



これまでも安全で大きな片付けたはずが・・・ **通路が物置!** 開始とともに念のため学生達と

# <東京都市大の例> 2015年3月のエンジン実験室

AICEによる各大学の実験環境のチェック 2014年12月～ 都市大は2015年3月



これまでも安全で大きな片付けたはずが・・・

通路が物置!

開始とともに念のため学生達と

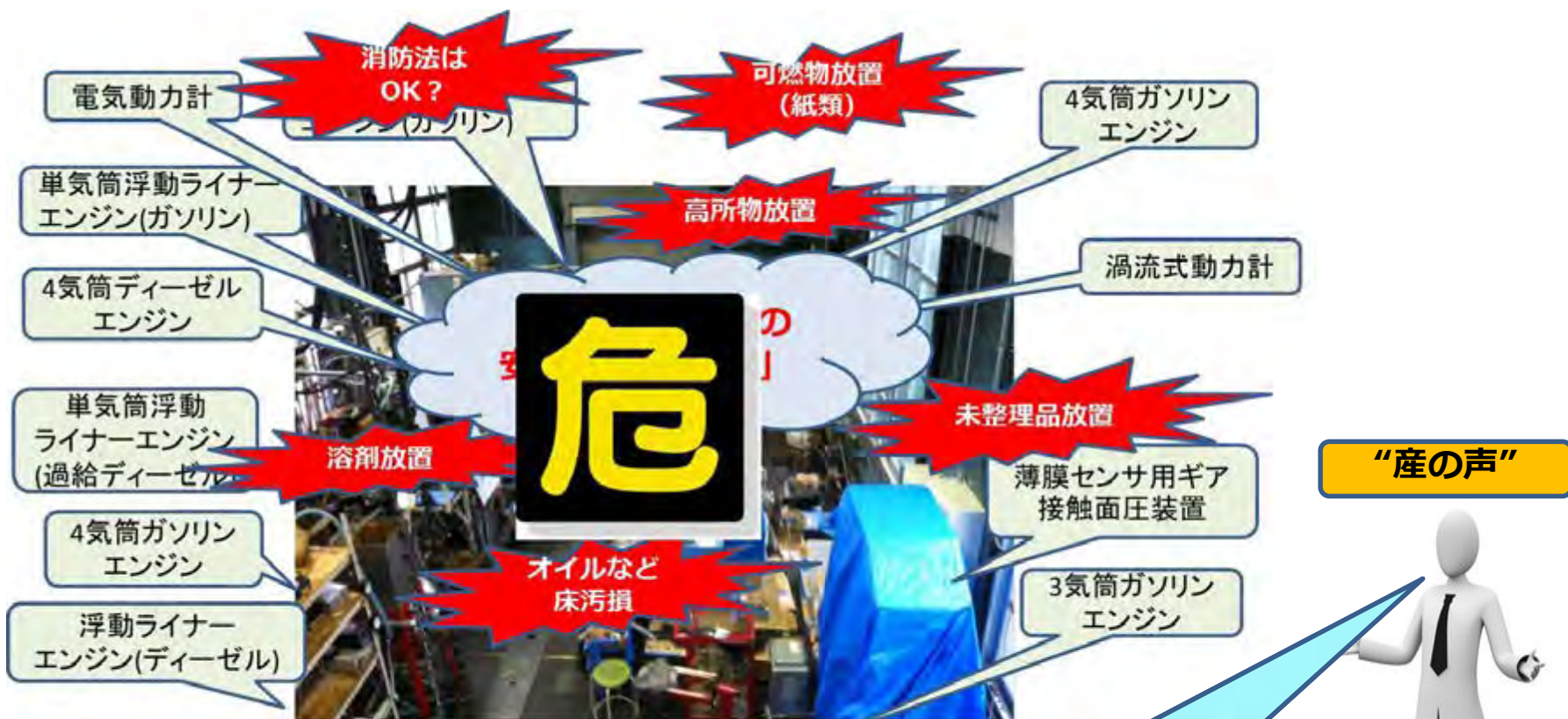
# <東京都市大の例> 2015年3月のエンジン実験室

AICEによる各大学の実験環境のチェック 2014年12月～ 都市大は2015年3月



これまでも安全で大きな片付けたはずが・・・ **通路が物置!** 開始とともに念のため学生達と

# 実験設備の大幅な改善/安全管理の徹底を求められる



これまでも安全で大きな門  
片付けたはずが・・・

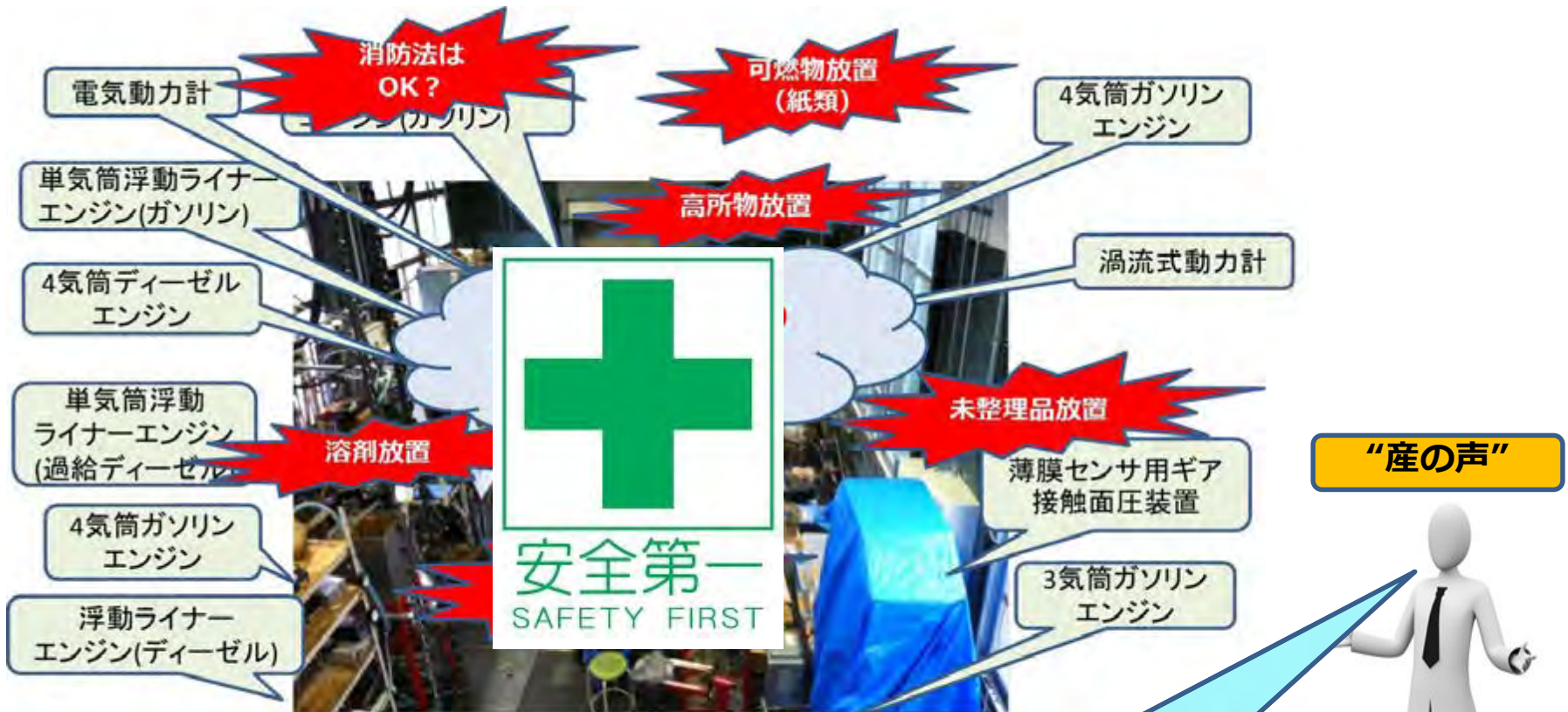
開始とともに念のため学生達と

SIP研究で企業  
技術者を大学研究員として派遣することはできない。



# 実験環境・設備の改善/安全管理の徹底を求められる

SIP 革新的燃焼技術の “産学連携” はここから始まった



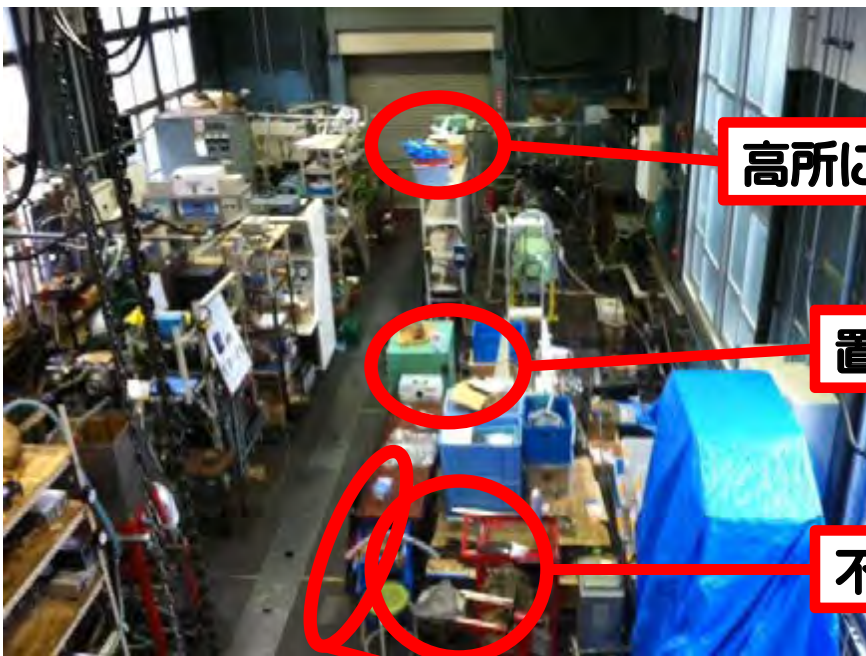
これまでも安全で大きな門  
片付けたはずが・・・

開始とともに念のため学生達と

SIP研究で企業  
技術者を大学研究員として派遣すること  
はできない。

# 現場での安全確認を通して

2015年度の公開シンポジウムで安全指摘の効果の前後例として採用される。



高所にある物品を移動

置いたままにせず整理

不要物品の撤去

安全通路の明示

H27.3.1 安全確認時



H27.6.25 サイトビジット訪問時

- ・現場で確認することによる「再認識」と「気づき」
- ・学生の安全意識の醸成にも寄与！

SIPで再認識。安全第一と先端研究へアクション！&チェック！

# 大学も安全リスクマネジメントの施策を (AICE 摩擦損失低減分科会と相談)2015/3月)

AICE OEMのリスクマネジメントの考え方をSIPに積極的に導入し、  
継続的な安全意識の風土改革を行いましょ。う。  
(大学の理解。建築費拠出協力とともに推進。)

## 【リスクマネジメント定着のために取り組むこと】

### 技術的改善

仕様検討時、納入運転時、改造時、移設時  
設備のライフサイクルの中でアセスを実施する。

### ルールの構築

安全基準、指標作りによるルール作りを行う。

### 教育

管理監督者、現場作業者への安全教育を図る。

### 風土づくり

風通しの良い環境づくりを行う。  
リスクマネジメントを第一優先とした風土の定着。



“産の声”

大学の全面協力の確約をベースに具体案を策定開始 (2015年3月20日)

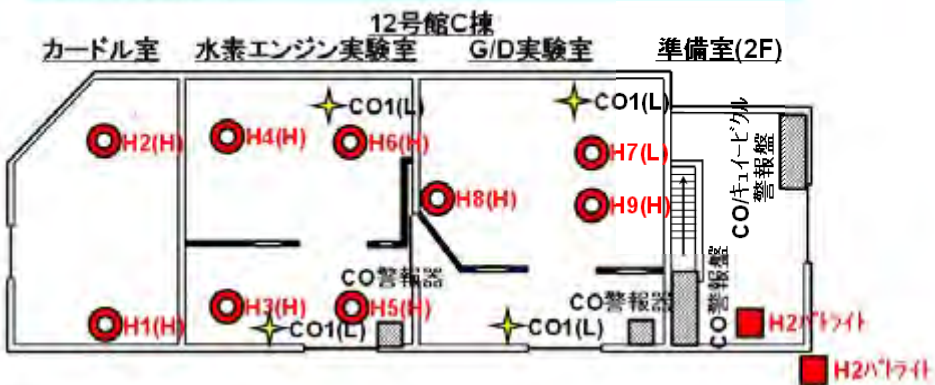
# 活動の具体化。学生・院生・研究員総出で課題だし

## 【緊急時・災害発生時の行動】

### □ H2/CO検知器・警報器、火災警報器 対応のマニュアル化

付図1 12号館A棟&C棟  
水素/CO検知器・警報器配置図

- H5(H): 水素検知器位置 (数値:検知器番号, H:屋根, M:天井, L:頭位置)
  - : H2警報盤(w/ 警報音)
  - : H2バトライト
  - ★ CO1(L): CO検知器位置 (数値:検知器番号, L等:頭位置)
  - : CO警報盤(w/ 警報音) & COキュービクル警報盤(w/ 警報音)
  - : CO警報器(アザー)
  - △ : 一般火災通報ボタン&報知器
- 消火器設置場所: 別紙



12号館C棟での火災を想定  
(検知器場所を参照)



12号館A棟1F実験室  
12号館B棟での火災を想定



以降詳細, 警報器作動対応安全基準書参照

# 学生は毎年入れ替わる。 安全管理は毎年基礎からスタート

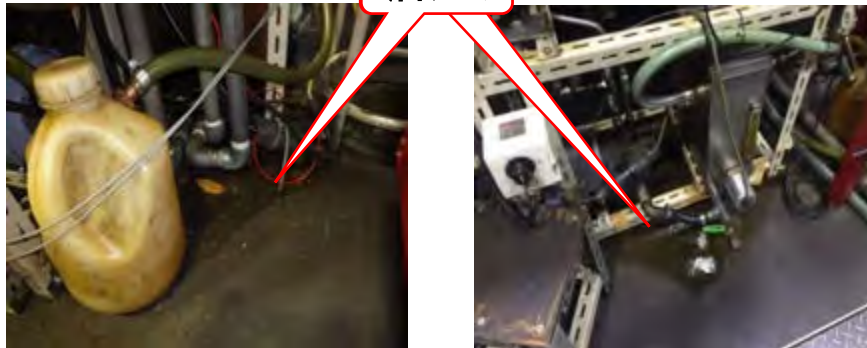
【安全パトロールの実施】 ※定期(30d/m+必要に応じて助手&研究員が実施)

【確認項目】	状態
防火扉の開閉状況	常時閉
一般事項	通路, 作業場の動線確保
電気配線, 機器	200V変電配線経路確認
	コンセントタップの適正使用
	配線経路が適正であるか ホコリ, 金属との接触はないか
薬品, 可燃物	薬品棚に復帰しているか
	可燃物(ダンボール等)を置きっぱなしにしていないか
	可燃物, 薬品は規定量であるか
清掃, 整理整頓	工具類は元の位置に戻っているか
	油ジミはないか
	避難経路の確保
	可燃物, スプレー等の放置はないか
消火器	所定の位置に消火器があるか



改善を徹底  
⇒1週間後にチェック  
⇒改善なければ実験中止

油ジミ



油放置



液体窒素タンク放置



# 研究・安全推進の取組み(東京都市大の例)

施設は新しく、安全になっても、運用するのは施設利用者  
これまでの安全管理を見直し、施設利用者の意識改革および利用指針が必要。

2015年3月10日 『研究・安全推進会議』 準備開始。

2016年1月18日 『研究・安全推進会議』 開始。

SIP施設利用者同士の円滑な意思疎通を図る目的で毎週月曜日に開催

2016年5月 SIP施設利用者向けに安全指針(マニュアル) の策定

これまでも施設としては消防法の準じた構造となっているが、施設利用の長い者しかわからない事もあった。

また、大学は人の入れ替わりが多い場所であるため、安全に対する明確な指針が必要となった。

- ・ エンジンに対しての消火基準は明確化
- ・ 緊急時・災害発生時の行動指針の明確化
- ・ エンジン実験時の取り決め
- ・ 上記の事が守られているかチェックするための安全パトロールの実施

# SIPで私たちはどう変わったか？

## (2) 研究施設は変わったか？



# 【SIP前】実験棟 エンジン実験風景(東京都市大の例)



ガソリンディーゼル実験室

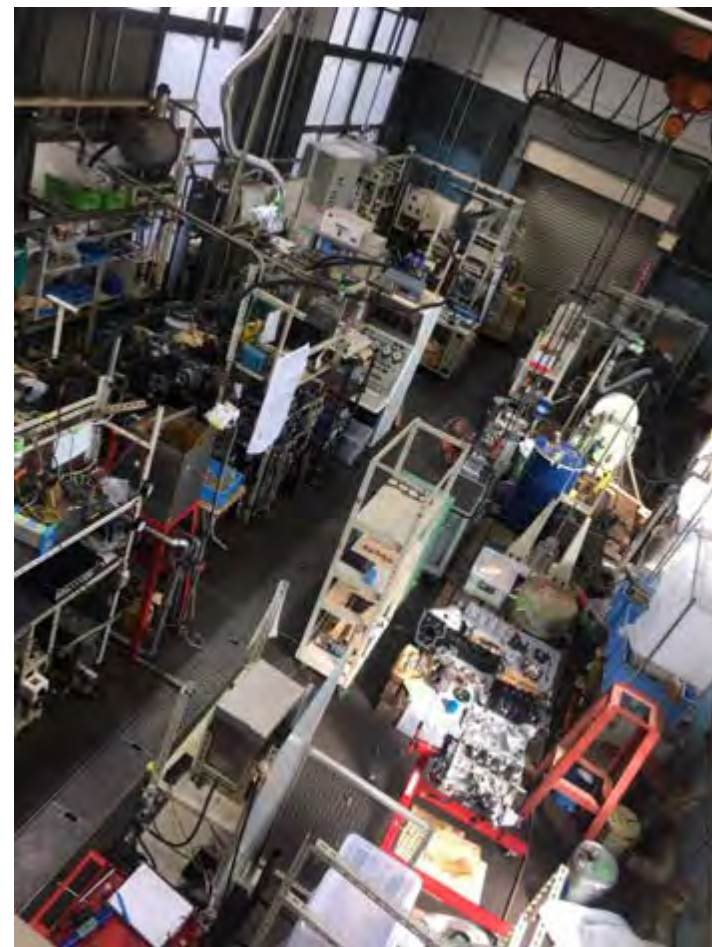


エンジンの前で実験

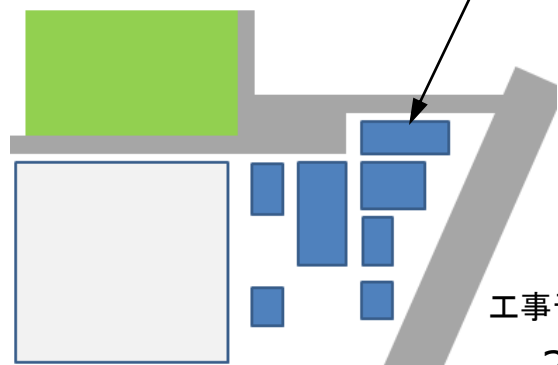
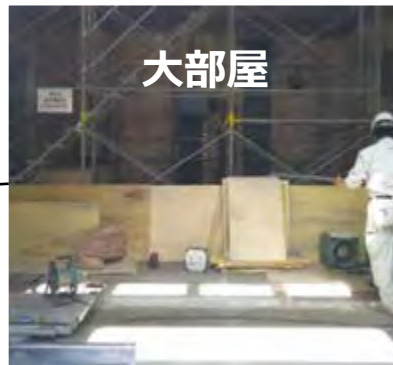
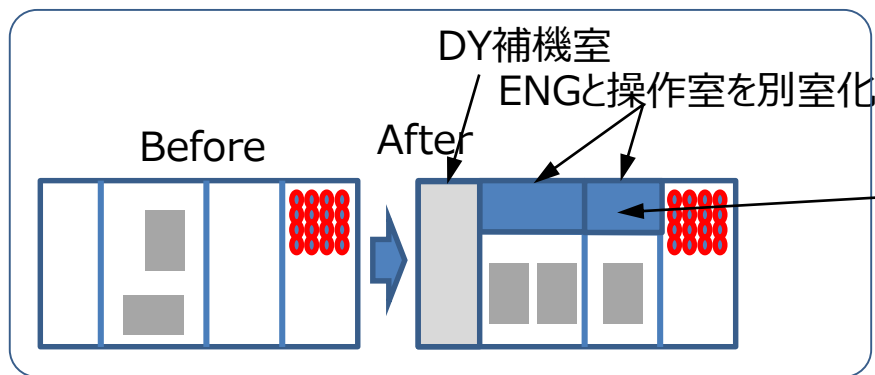
回転軸の前に立たない。エンジンとデータ収集間には鉄板などで簡易隔壁



# A棟 内燃機関工学研究室 実験室



# エンジンベンチの個室化(安全隔壁)対応 (例)



# エンジン軸受試験室

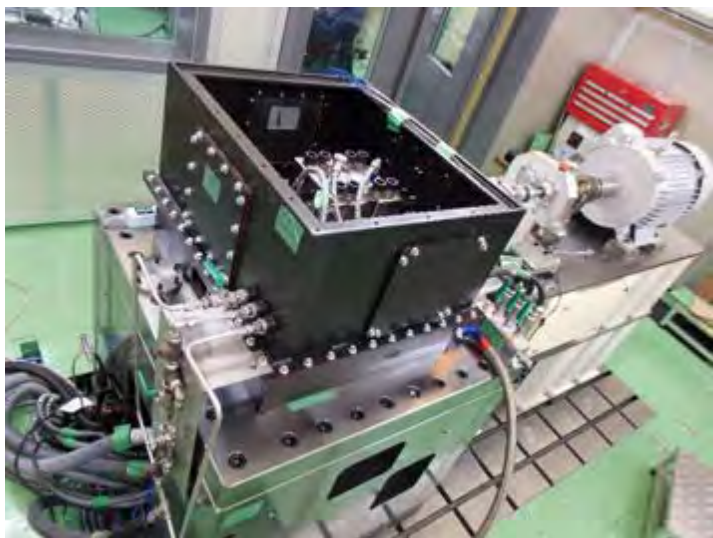
# (旧 オイル貯蔵倉庫)



完成後



完成後



# SIPで私たちはどうか変わったか

## (3)組織は変わったか？



# SIP革新的燃焼技術での各チームの構成

## 2. 研究の内容

目標達成のため、新発想に基づく提案や周辺分野の要素技術も含め、基礎基盤研究から実用化まで一貫した出口を見据えた研究テーマを選定し、P Dの指示のもと研究チームを組んで研究を推進する。

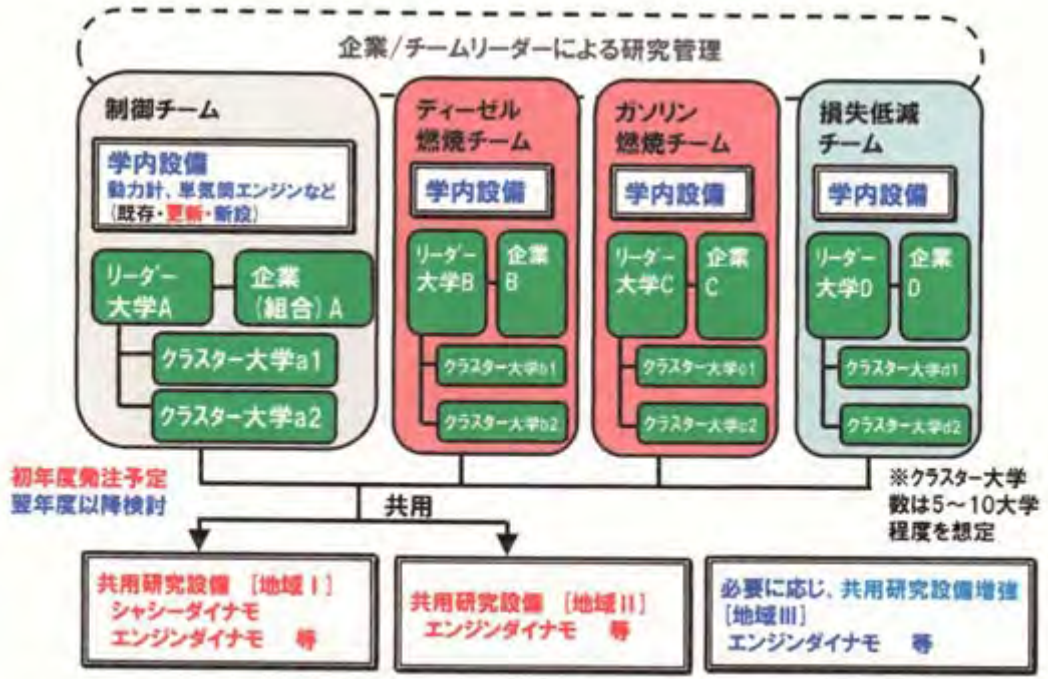


図 8. 研究主体による研究チーム構成イメージ

SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)革新的燃焼技術  
(日の丸内燃機関が地球を救う計画)  
研究開発計画 内閣府資料 2014年6月

この公募からスタート

- (1) ガソリンエンジンの超希薄燃焼などによる熱効率向上に関する研究
- (2) ディーゼルエンジンの急速静音燃焼およびクリーン低温燃焼などによる熱効率向上に関する研究
- (3) ガソリンエンジンおよびディーゼルエンジンに共通する研究

- (あ)燃焼制御モデル、解析ツールに関する研究
- (い)損失低減に関する研究
  - ①摩擦損失の低減の研究
  - ②排熱回収・新燃焼法の研究
  - ③冷却損失低減の研究

# TCU(東京都市大学) アクションプラン2030



**学長(2014年6月)に相談。エンジン研究を加速し、  
拠点化の計画案に賛同。承認。  
(エンジ実験棟の改修が大学主導で開始)**

# 東京都市大学の組織とエンジン研究体制の変化

五島育英会 — 東京都市大学



1950年開設  
内燃機関工学研究室



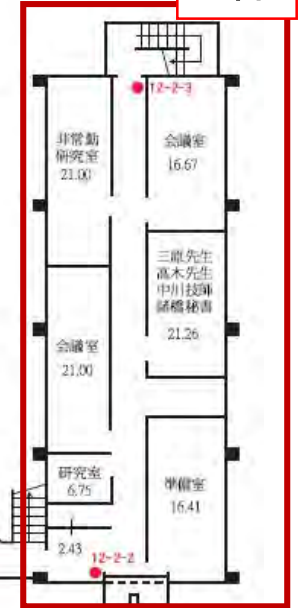
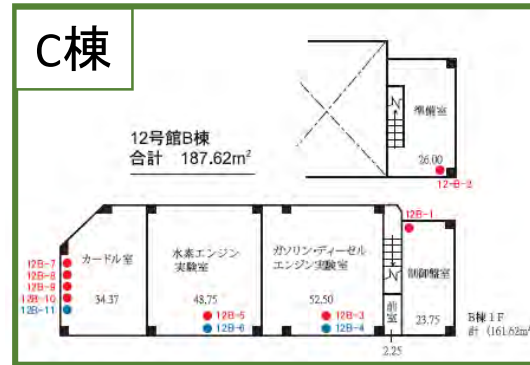
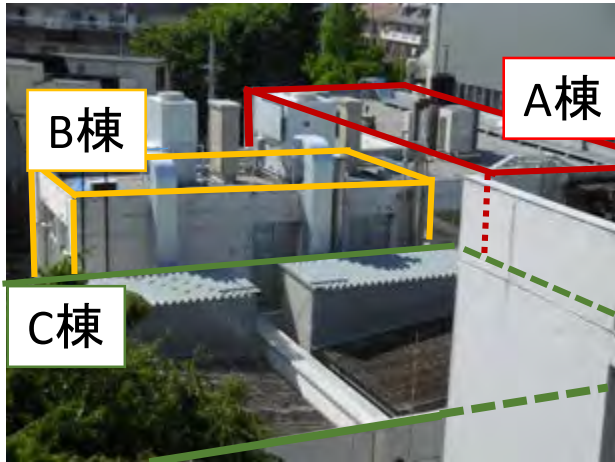
2015年3月開設  
高効率水素エンジン・エンジン  
トライボロジー研究センター







# 総合研究所 HEET(エンジン研究) 実験棟の拡充



# HEET 実験領域 新旧

## SIP開始前の写真と完成後

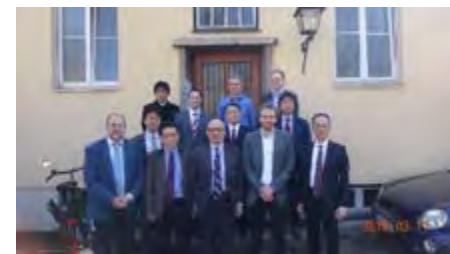


# SIPで私たちはどうか変わったか

## (4)研究は変わったか？



ドイツ ミュンヘン工大



ドイツ ハンブルグ工大

# 東京都市大学(旧武蔵工大)の研究実績(1950~)

## ・ピストン温度

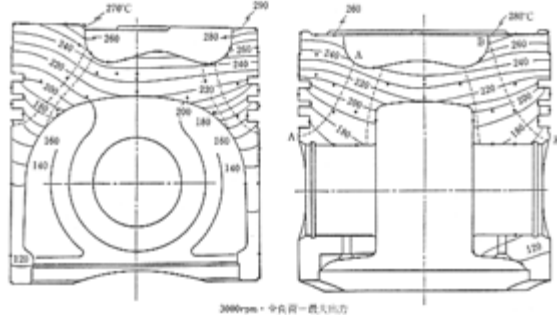
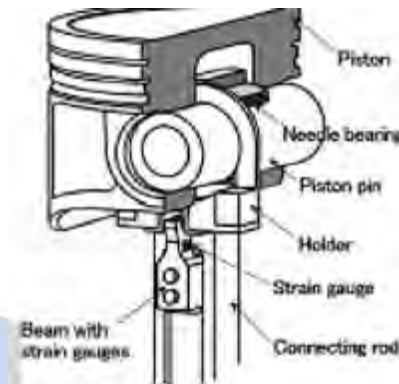
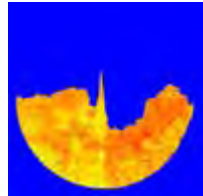
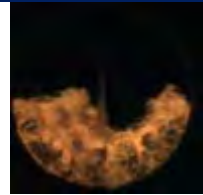
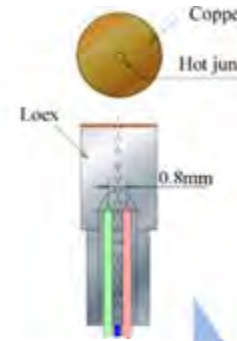


図 6-25 φ125×110mm 直噴・無油動ディーゼルのピストン温度

## ・軸受フリクション



## ・壁面瞬間温度計測 (薄膜型熱流束センサ)

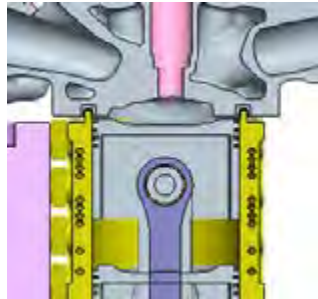


## ・薄膜圧力、ひずみ、距離センサ

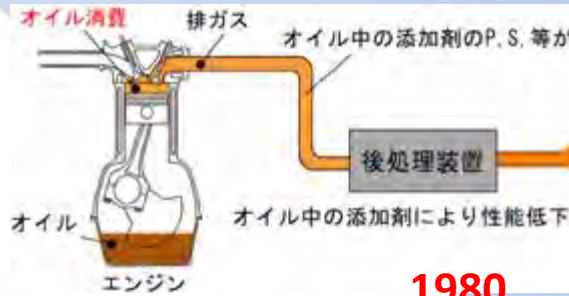


1970

## ・ピストンフリクション

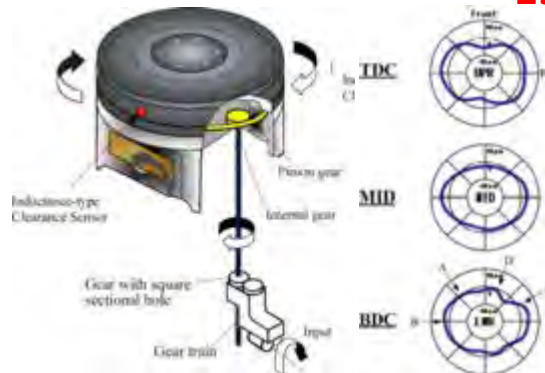


## ・オイル消費(ストレス法、水素法)



1980

## ・ポア変形(回転ピストン)

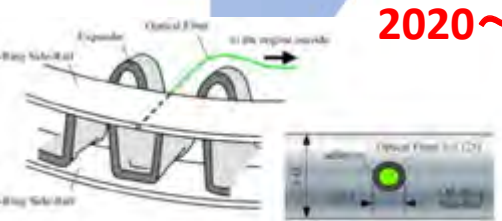


1990



2000

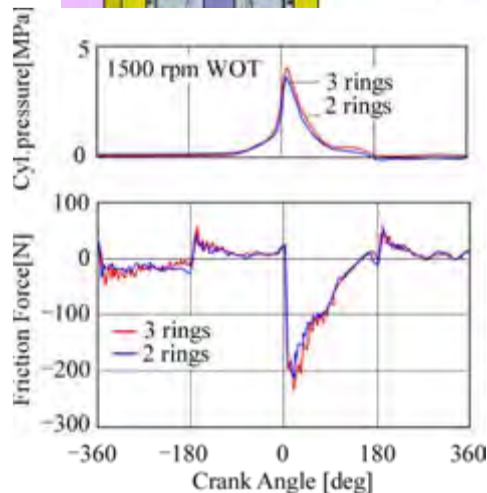
## 2010 ・LIF法(油膜厚さ計測)



2020~

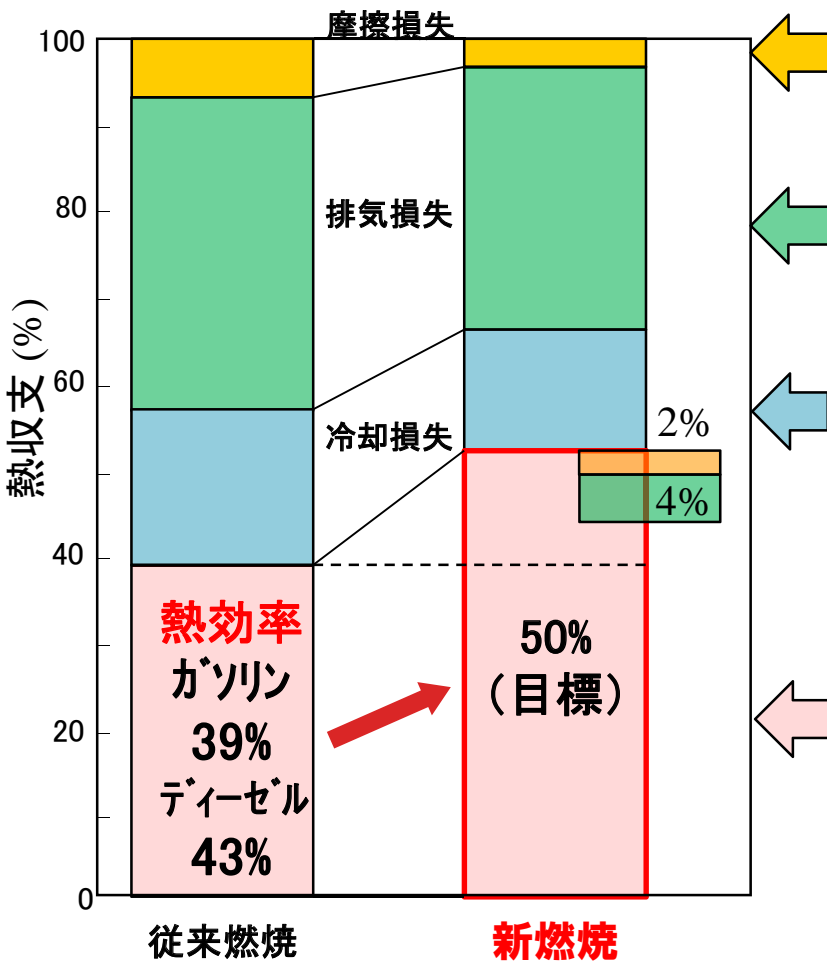
**SIP連携大学と共にサイエンスを次世代エンジン設計に繋げたい**

オイルリングサイドレールへの光ファイバー固定図



# SIPで始まった学学連携 (目標の高さゆえ)

## 【研究目標】



### 《本チームの技術課題》

機械摩擦損失の半減 (高面圧・低粘性化)

排気エネルギー有効利用

・ターボ過給の高効率化 (60数%達成)

・排熱回収 (燃料改質・熱電素子の利用)

冷却損失の低減

・エンジン壁面の熱損失を下げる

(噴霧、火炎、流動、燃焼室壁面形状・・・)

図示熱効率の向上

・新しい燃焼の実現

ガソリン燃焼

ディーゼル燃焼

ガソリン燃焼、  
ディーゼル燃焼チーム  
で実施

# SIPで始まった学学連携 (達成目標の高さゆえ)



## 損失低減チーム機械摩擦損失低減Grの例

先端計測/先端材料・表面

現象の解明モデル化

実現すること

チーム目標

全体目標

低フリクション  
要素開発Gr

研究進捗:25%

実機油膜特性測定

都市大

オイル特性モデル

東工大  
東北大  
香川大

共振ずり測定  
(ナノオイル特性)

東北大

エンジン摩擦モデル

都市大  
九州大  
東北大

表面エネルギー測定

東北大

摩擦損失  
50%低減

企業のサポート  
AICE+部品メーカー

焼付/なじみ  
解析Gr

研究進捗:25%

焼付挙動その場観察

九州大

焼付・なじみモデル

都市大  
九州大  
東北大

摩耗粉挙動測定

福井大

表面エネルギー測定

東北大

耐焼付性  
同等以上

オイル消費低減  
/解析モデルGr

研究進捗:25%

油膜流れ観察

東海大

リング挙動モデル

実機油膜厚さ/  
圧力測定

都市大

リングランドオイル  
挙動モデル

リングランドオイル  
挙動モデル

オイル消費  
同等以上

損失低減(排熱回避)

ガソリン燃焼チーム

ディーゼル燃焼チーム

制御・CAEチーム

最大熱効  
率  
50%

機械摩擦損失50%低減

# SIPで私たちはどう変わったか？

## (5) 学生は変わったか？



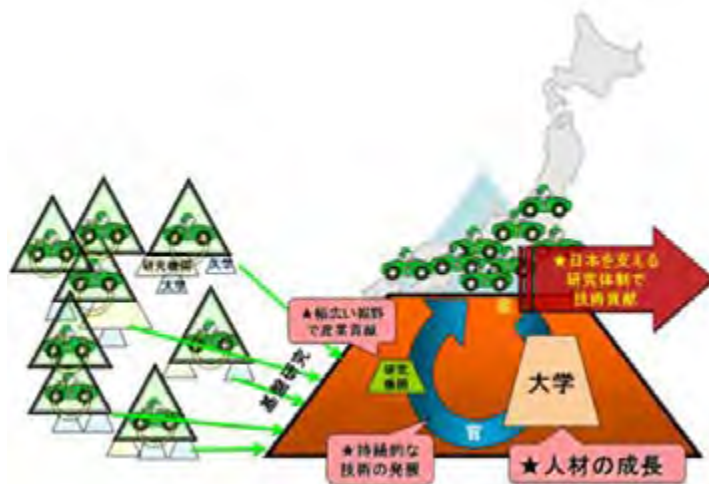
# SIPでわたしたちはどう変わったか？

## 研究体制と人材育成を同時に実現する枠組みの構築(公募資料より)

本プログラムは、内閣府主導のもと府省の強力な連携を得つつ、産のニーズに基づき基礎研究レベルから出口の製品化・社会実装まで見据え、日本には無かったアカデミアから企業、各種研究機関を含めた**強靱かつ持続的な研究体制の構築と人材育成等を同時に実現する新たな枠組み**の確立を加速・推進する重要な役割を担うものである。(図表1-4)

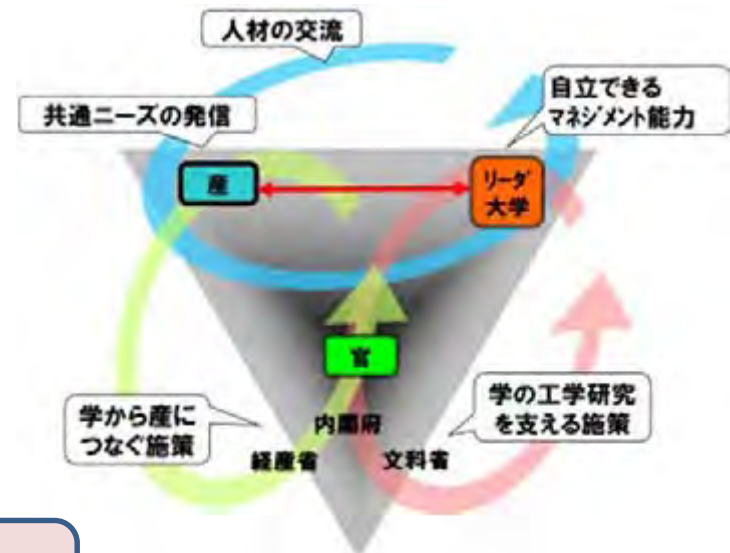
これらによって、日本は引き続き世界の内燃機関研究をリードし、エネルギーセキュリティおよび健康維持のための地球規模での大気環境保全に寄与する。

図表1-4 日本の産学官研究体制



大学・企業・研究機関による新しい研究体制  
新しい人材育成（成長）の形とは・・・

図表6-1 産学官共同研究体制の将来像



SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)  
革新的燃焼技術(日の丸内燃機関が地球を救う計画)研究開発計画(2014.6)



# SIPでわたしたちはどう変わったか？

## 企業サポート（達成目標を共有） 学生と多くの議論



### 実験データチェック

AICE 企業派遣研究員  
(都市大 客員研究員)  
SUBARU 岩澤さん  
いすゞ中研 石川さん  
M2 田畑君  
M1 金子さん

### 企業技術者と 研究ミーティング

SUBARU 岩澤さん  
いすゞ中研 石川さん  
トヨタ 村上さん  
特別研究員 松江さん  
M2 田畑君  
M1 金子さん



エンジン技術者・研究者/部品製造企業技術者と定期的にディスカッション(1~2週に1回)

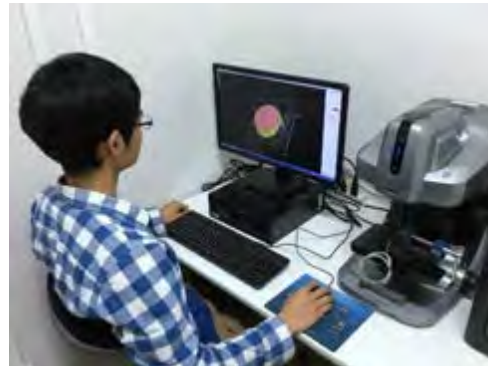
# SIPでわたしたちはどう変わったか？

SIP前とSIP開始での違いをまとめると・・・

項目	SIP前	SIP開始後
研究目的と課題の現状の把握	<ul style="list-style-type: none"><li>○研究室教員からの指示・提案及び参考文献の調査(卒・修・博論含む)で入手</li><li>○受託企業の説明やディスカッションから入手</li></ul>	左記に加えて： <ul style="list-style-type: none"><li>○複数企業研究者からの情報、エンジンの現状、熱効率数値意識（冷却損失、摩擦損失低減による）</li><li>○他大学の先生からの指導や情報による把握</li></ul>
スケジュール管理 (研究進捗に対する感度)	<ul style="list-style-type: none"><li>○受託研究・共同研究などでは企業研究担当者と定期的に進捗状況の報告実施(1研究1管理。)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○各大学の研究アイテム把握、エンジン全体の摩擦損失低減がミッションのため、ピストン、軸受他の摩擦低減アイテムの進捗も管理。(複数管理)</li></ul>
研究量/情報量/ミーティング回数など	比較的多かったが、教員と学生、教員+単独企業などで比較的コンパクト。情報もローカルな情報が主。個人でも対応可能	<ul style="list-style-type: none"><li>○AICE分科会企業研究・技術者、部品製作企業技術者など、各クラスター教員、院生・学生とのディスカッション。熱効率向上、解析モデルのための実験などマルチな内容を要求される。グループ対応が不可欠</li></ul>

# SIP研究を推進する学生・院生・研究員・技能員

## SIP 施設を利用している様子



多くのディスカッション(OEM & 部品企業技術者・他大学教員や学生)・論文・発表により、基礎研究と重要性と具体的な成果の重要性を認識

# SIPで私たちはどう変わったか？

## (6) “産学”連携と“学学”連携は変わったか？



# 損失低減・低摩擦エンジン研究の要求(2014年10月)

## ①熱効率50%実証に機械損失半減技術を織り込む

機械損失            20 kPa    のガソリンエンジン  
                         30 kPa    のディーゼルエンジン

## ②企業が競争開始する一歩手前完成度を持つ技術の創出

→エンジン商品性にとって致命的なレベルの問題が無い  
(一つ一つ、OEM側で決める)

- ・耐焼付き、摩耗問題の解決
- ・ガス、オイルシール性能の解決

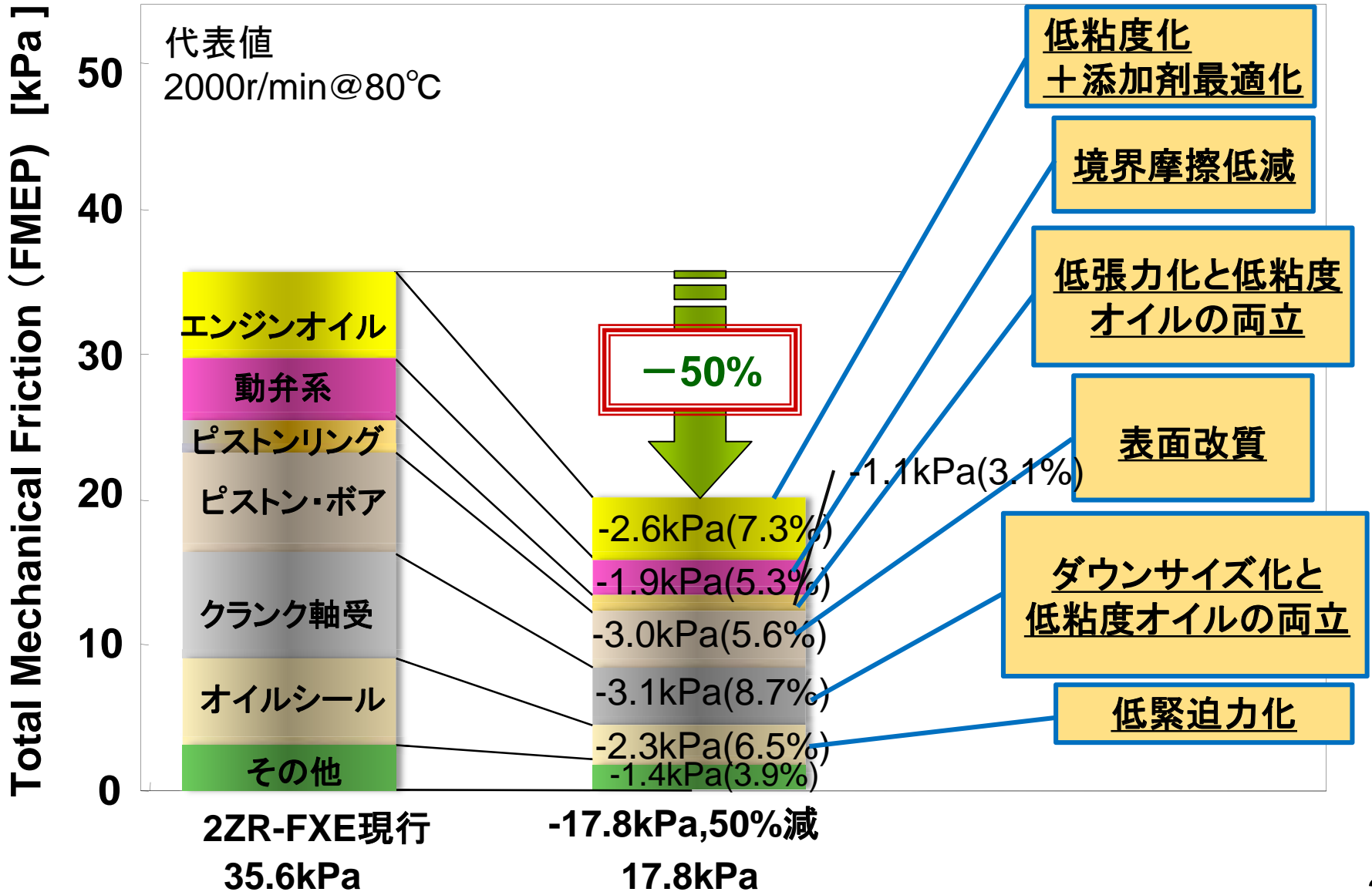
## ③開発プロセス革新（評価レス、自働燃焼技術）につながる 数値モデルの創出

オフボード    評価レスまたは一回評価のみ

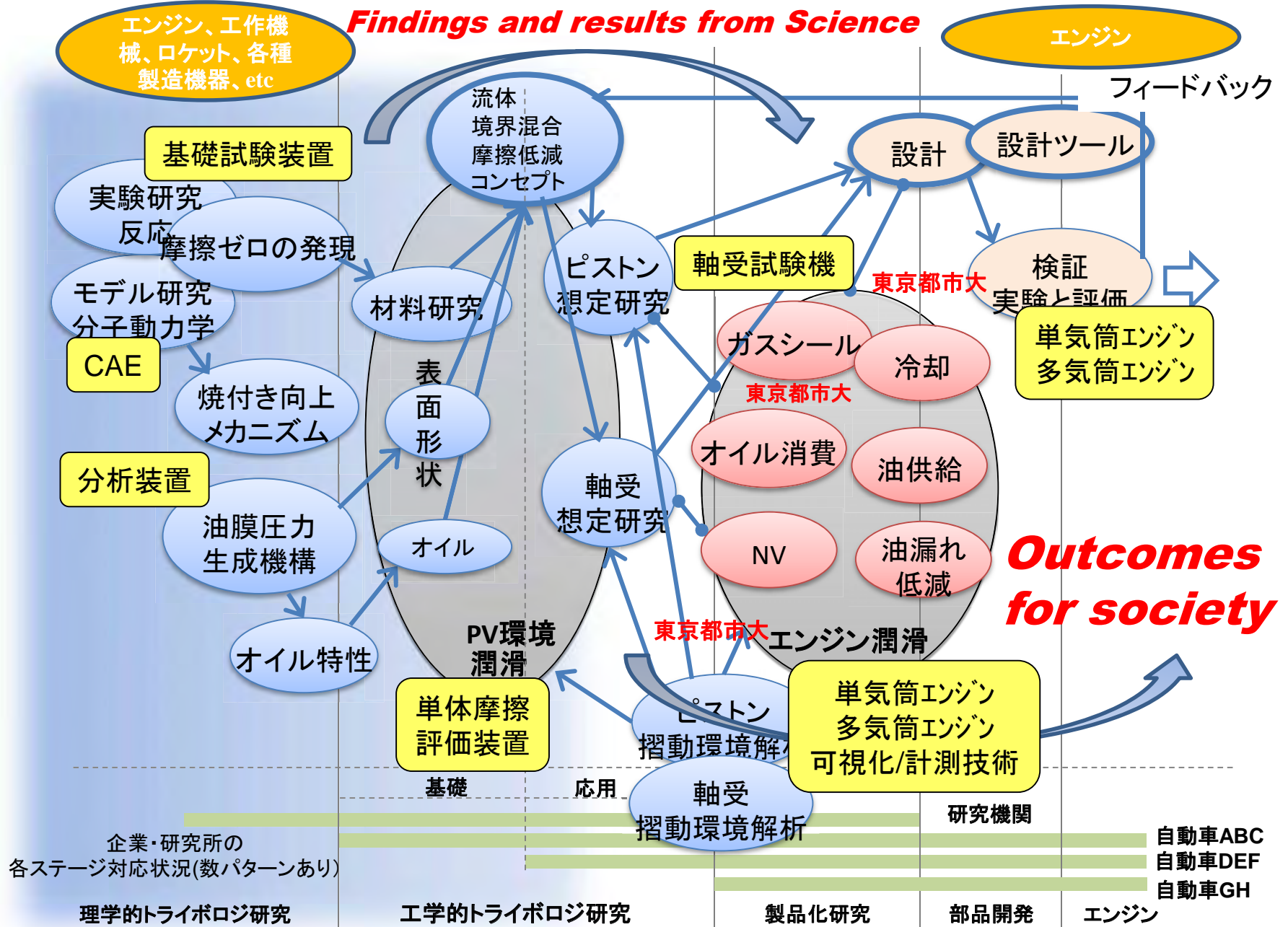
                 摩擦予測モデル、摩耗焼付きモデル、ガスオイルシールモデル

オンボード    自働燃焼技術に必要な摩擦モデル

# 損失低減T 機械摩擦損失低減Gが目指す数値目標



# 基礎研究とエンジントライボロジーの連携が重要



# “学”と“産”の協力的な連携（産学官連携へ）

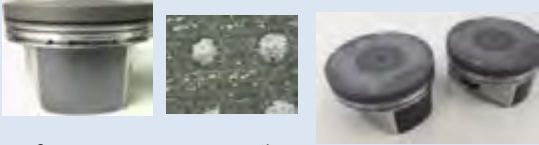




# 損失低減Tの例 研究/開発した摩擦損失低減要素

2016~2017年度 4気筒エンジン/軸受試験機への低摩擦要素アイテムの投入

## ピストン (低摩擦化,耐焼付き性)

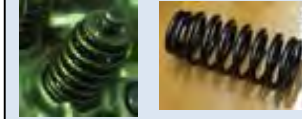


- ・ MoS<sub>2</sub>バニシング  
タイリング(名城大)
- ・ テクスチャー  
(東北大(3))

## カムシャフト

- ・ 粗さ下限(低摩擦)  
都市大/AICE

## バルブスプリング



- ・ 低荷重 (低摩擦)  
<都市大/AICE>

## ピストンリング



- ・ リング形状最適化(積極なじみ(都市大、部品M))
- ・ テクスチャ・ディンプル (都市大、部品M)
- ・ 固体潤滑剤埋め込み (名城大、加工M)
- ・ 薄幅低張力・低張力(都市大/AICE、部品M)

## ピストンピン (低摩擦化)



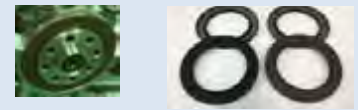
- ・ DLCコーティング (都市大/AICE)

## シリンダ内面加工(低摩擦)



- ・ 耐焼付き  
<都市大/AICE  
部品M>
- ・ ハッチ角変更 30°⇒140°
- ・ 構造変更 STD⇒プラトー⇒  
ナーゲル140°

## オイルシール(低摩擦)



- ・ 低緊迫力化(低摩擦化)
- ・ シールメカニズム  
<九大、部品M>

## チェーン(低摩擦)



- ・ 低フリ  
(AICE)

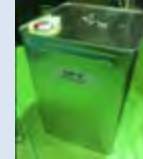
## チェーンガイド(低摩擦)

- ・ ポリマーモノリス  
(貧潤滑下での低摩擦  
実現材料<京大、  
部品M>



クラスター大学の  
研究成果 + AICE +  
多くの部品メーカーの  
協力で実現

## SIP専用低摩擦オイル(低摩擦/耐焼付き)



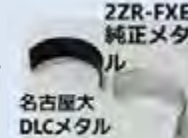
- ・ 低粘度 + 添加剤  
0W-20⇒0W-8  
<東工大/香川大  
/オイルM>

## クランクシャフト(低摩擦、耐焼付き)



- ・ 面積縮小  
小径/小幅  
<都市大/  
AICE>

## 軸受(低摩擦/耐焼付き)



- ・ 小径&小幅  
で小面積化<都市大>
- ・ 低μDLC<名古屋>
- ・ テクスチャ<都市大/名城/  
東北大(3)>、部品M

## コンロッド(低摩擦/耐焼付き)



### テクスチャ



### ノーマル

- ・ 小径&  
小幅  
(都市大  
/AICE)

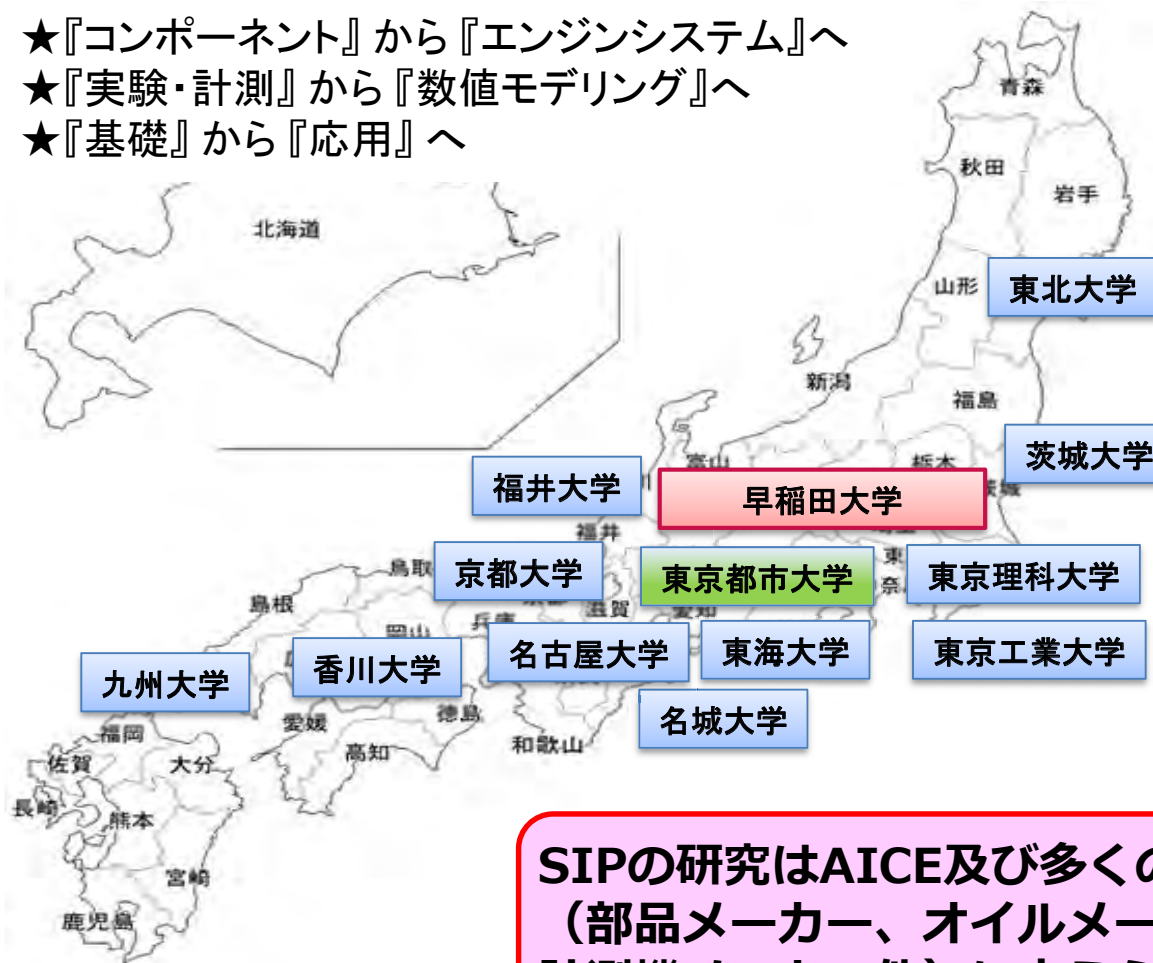
# SIP研究で繋がった産学連携



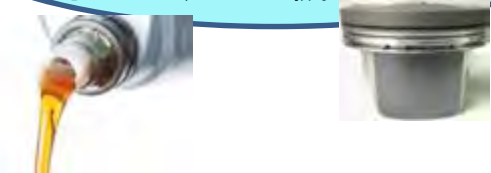
SIP 革新的燃焼技術  
Innovative Combustion Technology  
bridging to....

## 【今後の展開】

- ★『コンポーネント』から『エンジンシステム』へ
- ★『実験・計測』から『数値モデリング』へ
- ★『基礎』から『応用』へ



ピストンリング、ピストン、軸受、シール、チェーン、オイル、加工機、計測器



SIPの研究はAICE及び多くのプロジェクト協力企業（部品メーカー、オイルメーカー加工機メーカー、計測機メーカー他）に支えられている

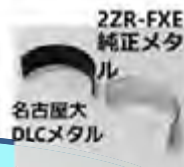
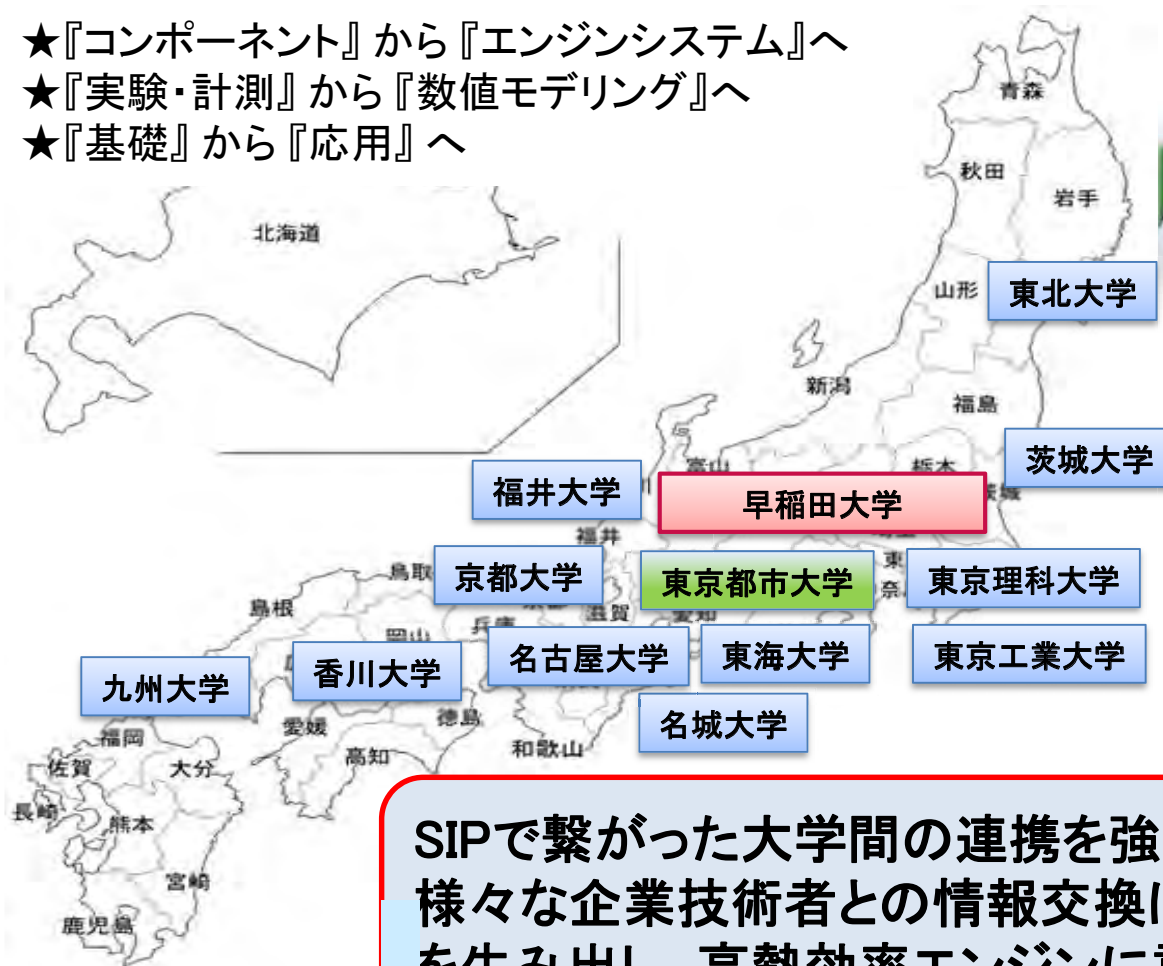
# SIP研究で繋がった産学連携



SIP 革新的燃焼技術  
Innovative Combustion Technology  
bridging to....

## 【今後の展開】

- ★『コンポーネント』から『エンジンシステム』へ
- ★『実験・計測』から『数値モデリング』へ
- ★『基礎』から『応用』へ



ピストンリング、ピストン、  
軸受、シール、チェーン、  
オイル、加工機、計測器



SIPで繋がった大学間の連携を強化し、OEMに加えて  
様々な企業技術者との情報交換により、新しい産学連携  
を生み出し、高熱効率エンジンに貢献したい。

有難うございました。

三原雄司

東京都市大学

工学部機械工学科内燃機関工学研究室/

総合研究所HEET

(高効率水素エンジン・エンジントライボロジー研究センター)

ymihara@tcu.ac.jp