

総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

フィールドは無限、可能性はここにある。

来たれ、未来の創造者。



CONTENTS

03 概 要

05 サービス技術部

09 製造研究部

13 化学研究部

17 強度・構造研究部

21 振動研究部

25 機械研究部

29 流体研究部

33 ターボ機械研究部

37 燃焼研究部

41 伝熱研究部

45 パワーエレクトロニクス研究部

49 電子・物理研究部

その他の情報は
こちらから



グローバル競争に勝ち残れる製品、 ものづくり力を支えます

概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

パワーエレクトロニクス研究部

電子・物理研究部

1. 総合研究所の活動方針

『総合研究所』は、製品開発部門との緊密な連携のもと、研究開発を推進しています。急速に変化する社会のニーズをいち早くとらえ、これまで培った豊富な技術力をもとに、現製品の競争力を高める技術支援や次期製品の開発支援、さらには次世代を担う新技術、新製品の開発に取り組んでいます。また、研究開発だけでなく、独自の技術や科学的アプローチを活用し、三菱重工グループのバリューチェーン全体を支援しています。

2. 総合研究所の組織および研究開発体制

『総合研究所』は、技術分野毎に組織された12の研究部、及び、グローバルリサーチ&イノベーションセンター、QMSグループから構成されています。

研究開発では、技術リサーチによる先進技術の探索と獲得、社外技術の積極的な利活用によるイノベーション創出、多様な製品事業を支える基盤技術の開発と横通しに取り組んでいます。

イノベーションの創出では、主要製品毎に「製品センター」と称するプロジェクトチームを設置し、現製品の競争力を高める技術支援や、次期製品の開発支援を行っており、さらに、将来製品のためのキー技術開発を行っています。

基盤技術の開発と横通しでは、「テクノロジーユニット」と称するプロジェクトチームを設置し、技術開発計画の策定推進、基盤技術の横通しを図るなど、三菱重工グループの総合力を発揮できるように効率的な運営を行っています。



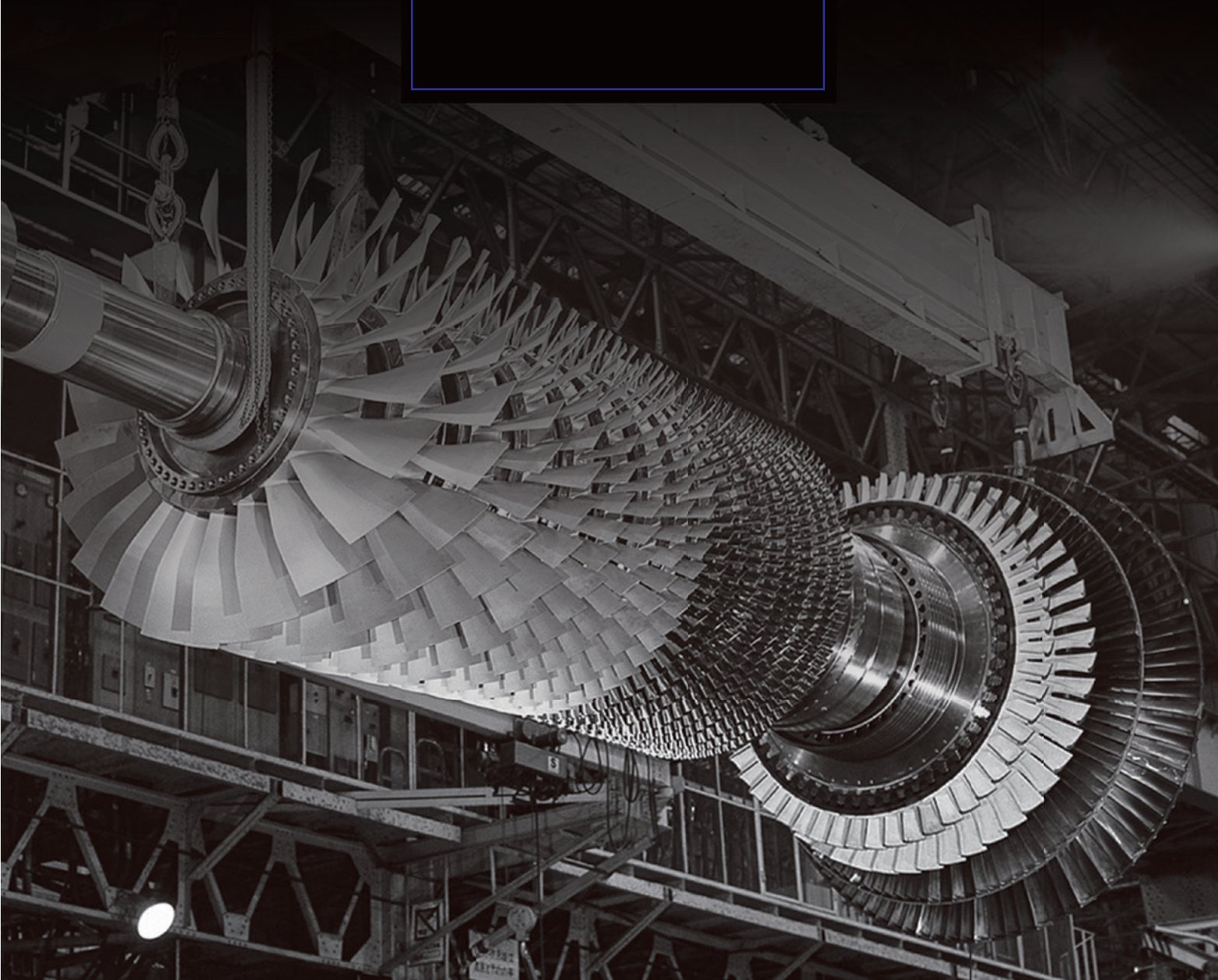
●：駐在(研究室) ○：地区分駐 2023年12月現在

総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

サービス技術部

Service Engineering Department



研究部概要

サービス技術部は、お客様へ納めた三菱重工グループ製品の安全・安心な運用を支える技術開発とサービスソリューションの企画・提案に取り組んでいます。エネルギー分野・航空宇宙機器製品をはじめとした多数の製品の構造や性能に関する深い知識と多くの運用ノウハウ、またシェアードテクノロジー部門が有する最先端の要素技術を活用し、お客様にとって最適なサービスソリューションを企画・開発・提案する唯一の研究部です。

お客様やグループ各社へのダイレクトタッチからニーズを掴み、要素技術にブレークして各研究部や社外研究機関との研究にフィードバック、成果を統合して新しいサービスソリューションや価値を創造します。サービス技術部は、エンジニアでありつつ様々な分野の技術や情報から新たな価値を創造するコーディネータ集団です。

主要技術

(1) ICTを活用した生産性・製品信頼性の向上技術

ICT (AI、ビックデータ、VR/AR や 3D 技術など) を活用した異常予兆検知、性能モニタリング技術、運転状態を遠隔で監視し、製品の運用性改善やユーザーの運転を支援する技術

(2) 高効率・高精度な非破壊検査・損傷評価技術

超音波、渦電流、X線、光などを駆使して、材料欠陥を非破壊で検出する技術

高い精度を維持して効率を最大限高めた自動検査技術、信号処理技術やロボット技術

クリープ環境下で使用された材料の組織や物性値の変化から、残された使用可能時間を推定・評価する技術

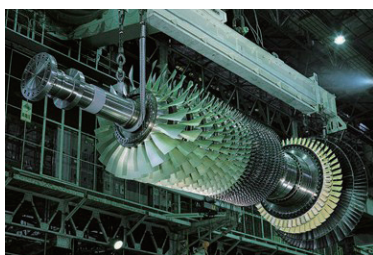
最適なメンテナンス計画を立案する技術

(3) 市場・顧客分析技術

PEST (政治、経済、社会、技術)、3C (市場、顧客、競合) などの各種フレームワークを用いた市場分析や新フレームの構築、VOC (Voice of Customer: 顧客の声) から真の顧客ニーズを抽出する技術

研究開発対象製品

発電プラント (GTCC、原子力)、CO₂回収装置、環境設備、交通システム、物流機器ほか



大型火力発電設備
(ガスタービン)



原子力発電プラント



CO₂ 回収装置



環境設備
(ごみ焼却発電施設)



交通システム



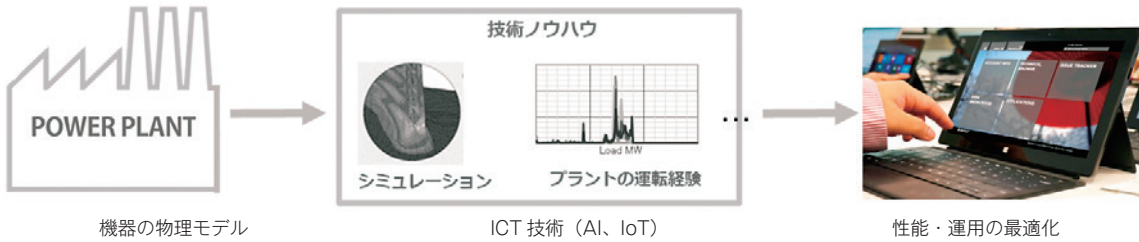
物流機器
(無人フォークリフト)

開発事例

(1) ICT を活用した製品性能や運用の最適化技術

機器の物理モデルに、AIやIoT等のICT技術を組合せ、製品の性能・運用の最適化を提案しています。

たとえば、プラントの運転情報を遠隔監視し、データ分析により重大トラブル発生の予兆を早期に発見するシステムの開発に取り組んでいます。水質情報から異常（予兆）を診断し、人間ドックに類似した診断書を作成して、必要な追加検査の推奨を行うシステムを構築し、機器腐食等の水質に関連するトラブルの未然防止に寄与しています。



A	懸念なし、現在の状況を維持する事。
B	軽微な問題が認められる。
C	いくつかの大きな懸念が認められる。定期的な検査を推奨。
D	深刻な問題が認められる。
E	多くの深刻な問題が認められる。緊急の対策を要する。

プラントの水質情報の遠隔監視データを用いた水質診断結果の例

遠隔監視センター（フィリピン）

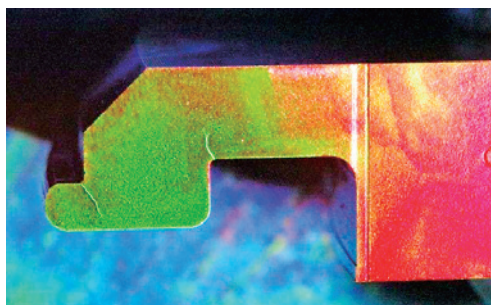
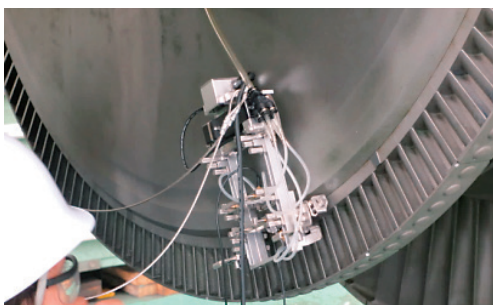
(2) 自走ロボット・無線通信センサなどを活用したメンテナンスDX技術開発

広範囲のプラント設備点検作業における管理コスト低減や人手不足対策として、自立移動型のロボット技術や、無線通信機能を有するセンサとタブレットとを組み合わせたスマート巡回点検システムなど、メンテナンス業務のDX化に貢献する様々なソリューションを開発しています。



(3) 蒸気タービンの翼溝検査技術

蒸気タービンの翼は、ロータの溝にはめ込む構造です。これまでは、全ての翼を取り外したのちに、磁粉探傷で翼溝部に発生する亀裂の有無を確認していましたが、翼の取り外し作業に長時間を要していました。そこで、翼を装着した状態のまま、翼溝部の損傷を評価可能な自動スキャンUT装置を開発し、タービンの安定操業に貢献しています。



A grayscale photograph of industrial machinery, likely a large-scale manufacturing process involving rollers and gears, serving as the background for the text overlay.

総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

製造研究部

Manufacturing Technology
Research Department

概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

高分子工学研究部

電子物理研究部

研究部概要

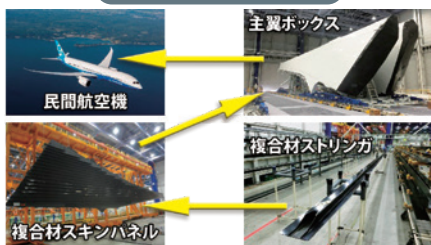
製造研究部は、三菱重工グループ製品のものづくりを支える基盤技術（AM造形（金属、セラミックス、樹脂）、機械加工、塑性加工、複合材成形、溶接、レーザ加工、接合、表面処理、コーティングなど）の研究・開発に取り組んでいます。

身近なエアコンから産業機械、ガスタービン、原子力プラント、航空機、ロケットなどを対象に、その活動範囲は要素技術開発から製造現場への実用化まで幅広い分野に及びます。

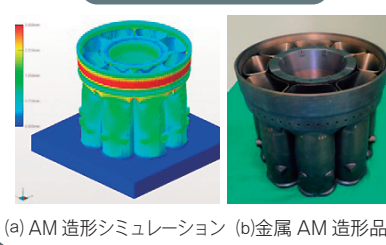
私たちは、常に最先端の技術を追求し技術力を高めるとともに、新製品開発・信頼性向上・生産性向上を通じた社会への貢献を目指しています。

主要技術

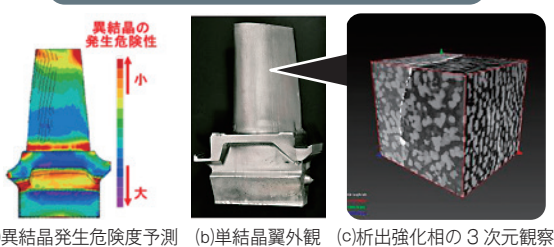
複合材成形技術



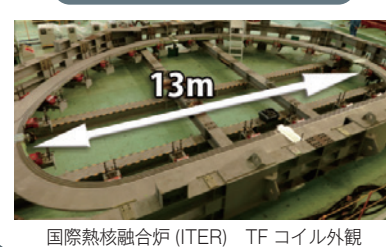
AM 造形技術



鋳造シミュレーション・材料評価技術



レーザー加工（溶接・切断）技術



研究開発対象製品

- ・ 発電用ガスタービン、蒸気タービン、原子力発電プラント
- ・ 民間航空機、防衛航空機、ロケット、航空機用エンジン、ロケットエンジン、特殊車両、飛昇体、艦艇
- ・ 冷熱製品、ターボチャージャ、交通システム

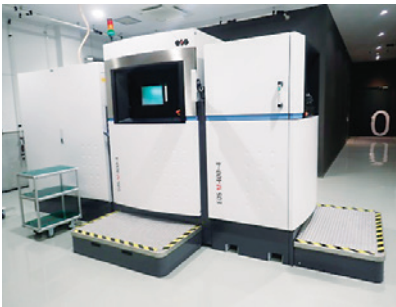


ガスタービン・蒸気タービン



H-II ロケット

主要実験設備



金属AM造形装置
(EOS社製、造型サイズ400mm角)



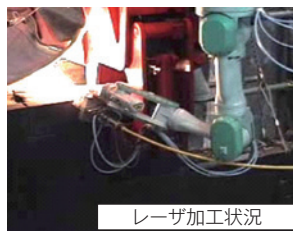
金属AM造形装置
(SLM社製、造型サイズ280mm角)



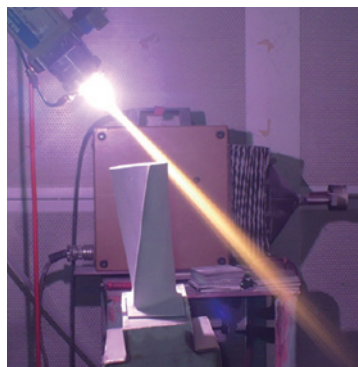
セラミックスAM造形装置



複合材AM造形装置



レーザー加工装置



プラズマ溶射装置

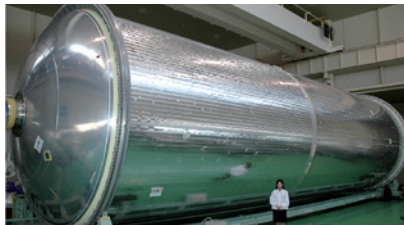


マイクロフォーカスX線CT

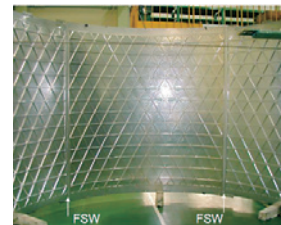
開発事例

(1) 摩擦攪拌接合 (FSW) を用いた高信頼性ロケット推進薬タンクの開発

H-IIBロケット推進薬タンクの開発では、新方式の摩擦攪拌接合 (FSW : Friction Stir Welding) の装置、接合プロセスの開発を製造研究部がリードし、世界に先駆けてロケット推進薬タンクにFSWを全面適用しました。また海外から輸入していた大型のタンクドーム部品 (直径 5m) についても、スピニング加工を用いた製造プロセスを開発し、製品事業部と協力して自社で製造できるよう技術確立しました。



H-IIBロケット推進薬タンク



タンク内面から見たFSW接合部



接合状況

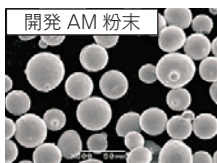


接合部断面

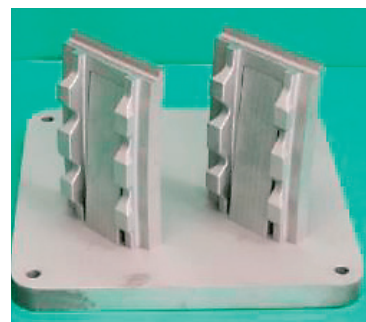
(2) AM金属造形技術を用いた複雑形状部品の開発

ガスタービンの高性能化のために内部複雑冷却構造を有するガスタービン高温部品 (分割環) を、AM造形装置を用いて製作しました。この技術開発は製造研究部がリードし、金属AM造形用の粉末開発や、造形条件・熱処理条件を最適化して高品質の部材を開発しました。

開発技術は、その他にも当社グループ製品の性能向上やコストダウンにも貢献しています。



造形状況



造形品外観



総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

化学研究部

Chemical Research Department

概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

空圧・圧縮機研究部

電子物理研究部

研究部概要

化学研究部は、化工・反応、触媒・機能材、化学分析、腐食防食などの要素技術を基盤として、最新の火力・原子力発電プラントや、電池・電解装置などの新エネルギー関連製品、脱炭素・エネルギートランジションに対応した水素・アンモニア等の利活用技術、CO₂回収装置等の環境関連製品や化成品製造プラント、更には航空機・エンジンなどの物流輸送機器といった広範に渡る三菱重工グループ製品の性能・品質向上、次世代製品の研究・開発に取り組んでいます。その際、化学反応と伝熱・流動を連成させたシミュレーション技術や分子シミュレーション技術、分析技術等の実験技術を融合・駆使し、また、大型の国家プロジェクトや国内外の大学・研究機関等との最先端技術の共同開発にも活発に取り組むことで、目まぐるしく変化する事業環境に対応した製品技術をタイムリーに提供しています。

主要技術

(1) 化工・反応

物性推算技術、各種単位操作（反応操作・分離技術等）
プロセス強化、プロセス設計・制御技術、
反応速度解析・連成解析を用いた装置設計技術

(2) 触媒・機能材

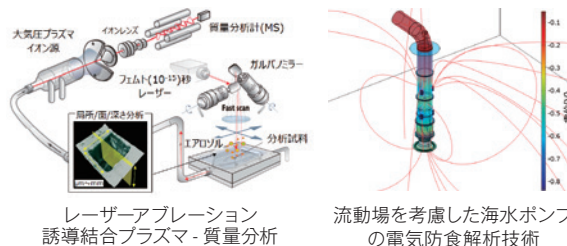
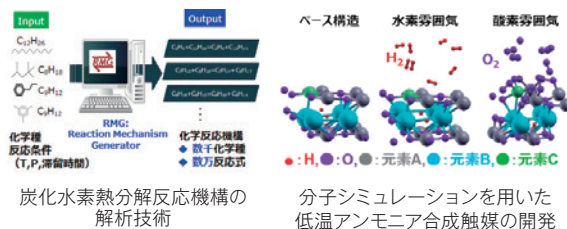
触媒・機能材の設計・調整・評価技術、反応機構推定技術
高分子物性推算・評価技術、分子シミュレーション技術

(3) 化学分析

ガス・液体・固体（表面・界面・状態）の試料取扱・分析技術
オンサイト分析・モニタリング、オペランド分析

(4) 腐食防食

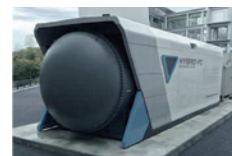
腐食・SCC挙動評価技術、防食設計技術



研究開発対象製品

(1) エネルギー関連製品

発電プラント、燃料電池、二次電池
水電解装置、バイオマス利用技術



(2) 環境関連製品

排煙脱硝・脱硫
CO₂ 回収、廃棄物処理



(3) 化成品製造プラント

肥料・アンモニア、メタノール
石油化学、海水淡水化



(4) 物流輸送機器

航空機、船舶・海洋製品
エンジン、宇宙関連製品

主要実験設備



触媒活性・性能評価試験装置



昇温脱離 / 加熱発生ガス分析



状態・物性測定装置



CO₂回収パイロット装置



高温高圧ループ腐食試験装置



逆浸透膜モジュール試験装置



電解加工要素試験装置



流動床反応試験装置

開発事例

(1) 高性能吸収液を用いた CO₂ 回収装置

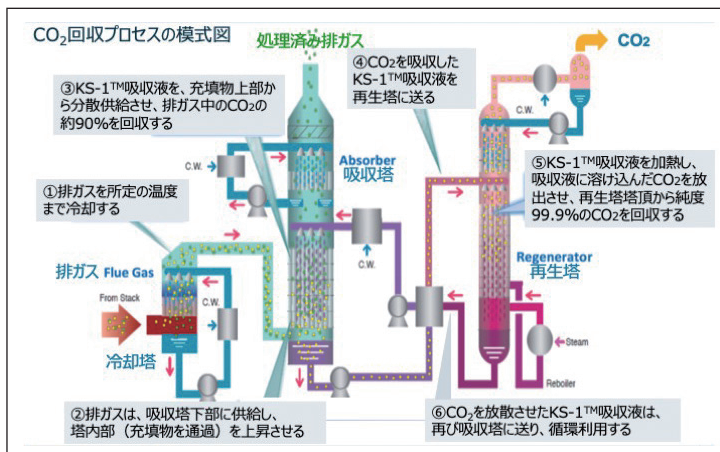
火力発電所や化学プラントの燃焼排ガスから CO₂ を選択的かつ効率的に分離回収する CO₂ 回収装置は、1999年の初号機以降、国内外で多数実績があり、世界最大級 (CO₂ 回収量 4,776 トン/日) の装置も稼働しています。現在、CO₂ 回収装置の適用先拡大に向け、小型モバイル装置を用いてごみ焼却設備等の排ガスから回収した CO₂ をメタネーションの原料として有効活用する CCU 実証にも取り組んでいます。



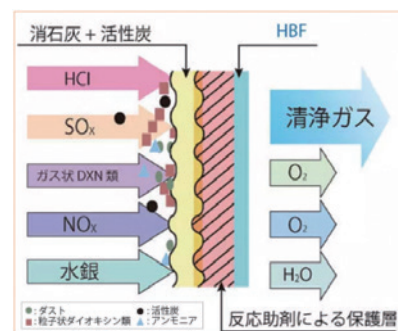
世界最大の CO₂ 回収装置 (CO₂ 回収量 4,776 トン/日)

(2) ハイブリッドバグフィルタ(HBF)による高機能排ガス処理

排ガス中の塩酸、SO_x、ダスト及び水銀等の有害物質の除去が可能であった従来式バグフィルタ繊維に、当社独自技術により脱硝触媒をコーティングした HBF は、ガス状ダイオキシン類(DXNs)や VOC(DXNs 前駆体物質)、NO_x を同時に分解除去することが可能なオールインワン型の高機能排ガス処理装置です。



CO₂ 回収装置 (KM CDR Process®、関西電力(株)と共同開発)



HBFによる排ガス除去機構

総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

強度・構造研究部

Strength Research Department



概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

高分子工学研究部

電子物理研究部

研究部概要

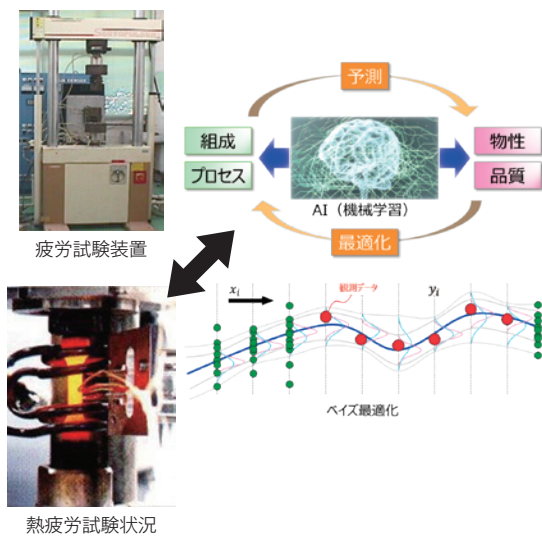
強度・構造研究部は、エネルギー・環境（ガスタービン、蒸気タービン、風車等）、交通・輸送（船舶等）、防衛・宇宙（航空機、ロケット等）、機械設備など三菱重工グループ全製品の材料強度・構造強度技術を支援しています。

高度な数値シミュレーションや実験技術をベースに、疲労強度・高温強度・衝撃強度・破壊力学などの評価技術を駆使し、製品に共通な基盤技術と固有な技術を融合させ魅力ある“ものづくり”に貢献しています。

主要技術

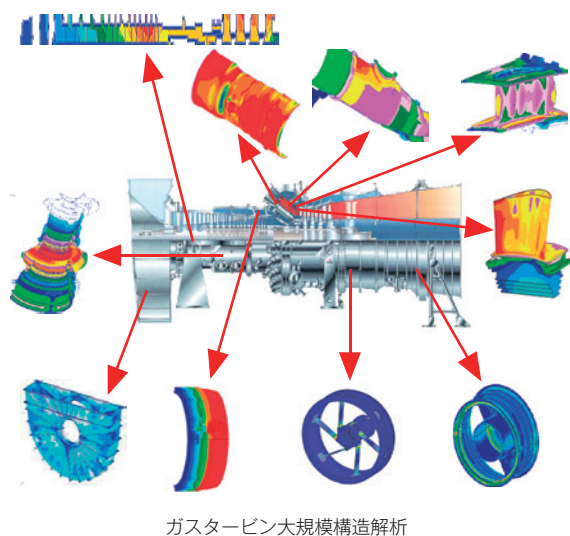
高度な実験・評価技術

疲労試験（高温、水中）、精密材料試験、大型機械試験、衝撃試験など多種多様な試験技術、MI（マテリアルズ・インフォマティクス）技術を有しています。

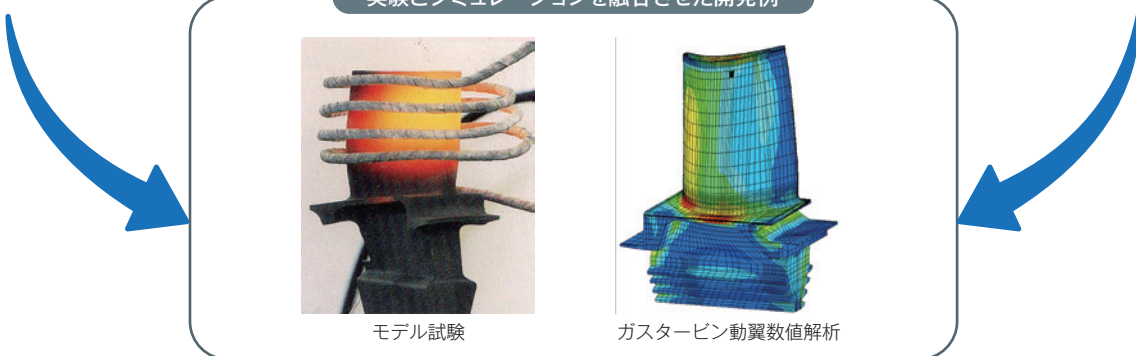


世界最先端の数値シミュレーション技術

24TFlopsの構造解析設備、Abaqus、LS-DYNA等の解析コードを用いたシミュレーション技術を有しています。



実験とシミュレーションを融合させた開発例



研究開発対象製品

- ・船舶、航空機、風車
- ・発電プラント（火力、原子力）
- ・宇宙機器（ロケットエンジン等）、防衛関連機器
- ・回転機器（車両用・船用ターボチャージャ、蒸気タービン）
- ・発電用ガスタービン、蒸気タービン及び周辺設備
- ・ジェットエンジン
- ・ディーゼルエンジン
- ・大型鉄鋼構造物（遊戯施設、交通設備・機器）
- ・風力機械（産業用コンプレッサ、駆動用蒸気タービン）
- ・橋梁・煙突・免震・制振装置
- ・大型工作機械
- ・製鉄機械

概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

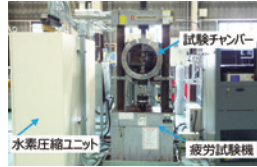
バイロロジクス部

電子物理研究部

主要実験設備

(1)強度試験設備

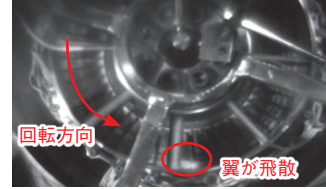
- ・引張試験
- ・疲労試験
- ・高速引張試験
- ・大型疲労試験
- ・超高速疲労試験
- ・水素環境中試験



水素関連製品の信頼性を検証するための水素環境中試験装置

(2)高温強度試験設備

- ・クリープ試験
- ・高温内圧バースト試験
- ・高温疲労試験
- ・高温水中疲労試験
- ・高温高速回転試験

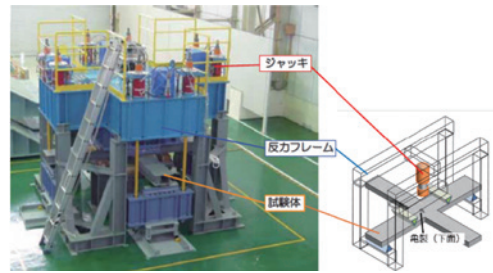


高速回転試験 破壊の瞬間の状況

(3)大型製品の構造物実験設備



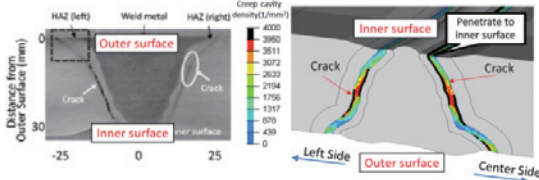
ロケットの座屈試験



原子炉における加圧熱衝撃模擬試験装置

開発事例

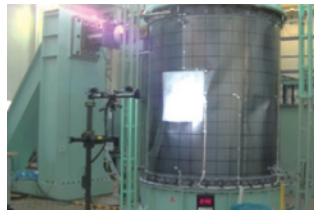
(1)高温損傷評価



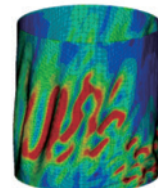
配管クリープ試験

クリープ損傷シミュレーション

(2)構造物破壊評価



原子力格納容器モデル座屈試験

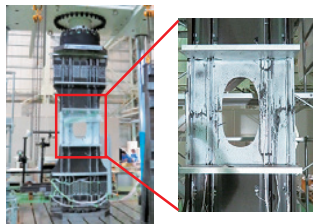


座屈シミュレーション

(3)複合材破壊評価

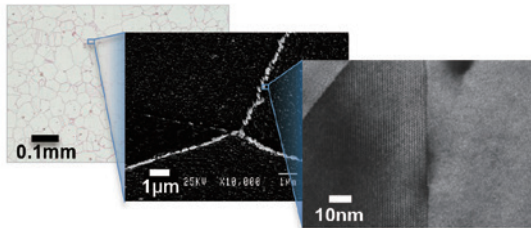


CFRP損傷シミュレーション



CFRP損傷シミュレーション

(4)材料評価 / 余寿命評価



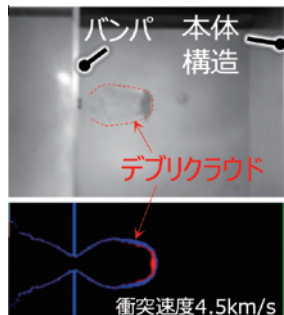
応力腐食割れ寿命改善のための材料ナノ組織制御

(5)超高速衝突現象評価

デブリ

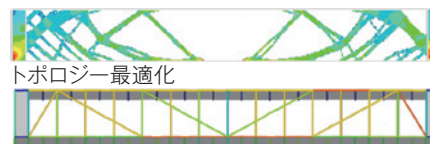


宇宙機へのデブリ衝突



防衛構造物の超高速衝突試験・シミュレーション

(6)構造最適化技術



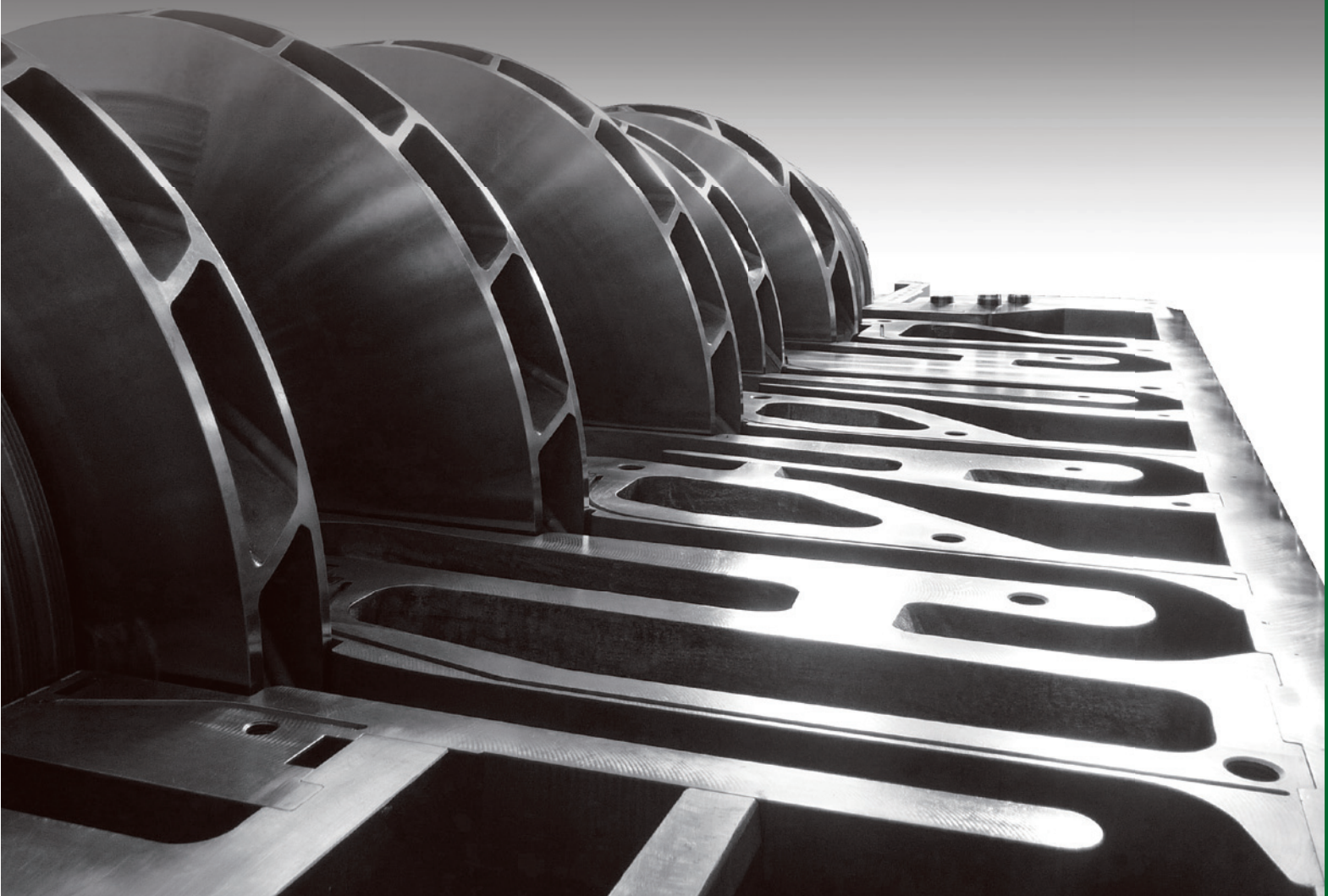
航空機搭乗橋 トポロジー最適化による鋼材配置最適化

総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

振動研究部

Vibration Research Department



概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

高分子工学研究部

電子物理研究部

研究部概要

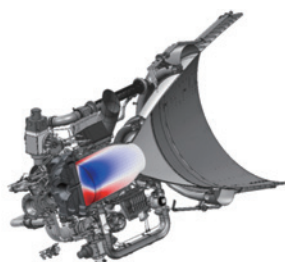
振動研究部は、最先端のシミュレーション技術、高度な実験計測・評価技術を基盤とし、ロケット、航空機、ガスタービンや航空エンジン等の回転機械、原子力発電機器など、幅広い当社製品の信頼性向上と低振動・低騒音化により、環境にやさしい製品の開発に貢献しています。

安全・安心・快適で持続可能な社会の実現のために、音響メタマテリアル等の新構造を用いた静粛化技術、センシングや機械学習を利用した機械のデジタルツイン状態監視技術など、次期製品の付加価値向上に繋がる新技術の調査・開発・獲得にも積極的に取り組んでいます。

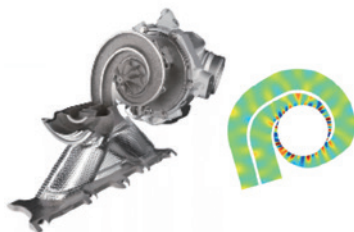
主要技術

(1) 最先端のシミュレーション技術

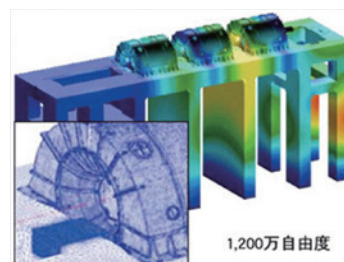
- ・ロケットエンジンやガスタービン燃焼振動抑制のための音響FEMを利用した車室と燃焼器の連成解析技術
- ・回転翼等の空力発生音低減のための音響CFD開発
- ・ロケットの様々な打上フェーズにおける機体耐性評価のための連成解析技術
- ・走行体の乗り心地と軌道トレース精度を両立させるためのマルチボディダイナミクスと制御との連成解析技術
- ・大規模モデルを使用した大型回転機械の架台・車室・軸の連成振動解析技術
- ・FEMとCFDを利用した流れにさらされる機器の流体構造連成解析技術



燃焼振動解析



空力騒音低減のための音響CFD



架台・車室・軸の連成振動解析

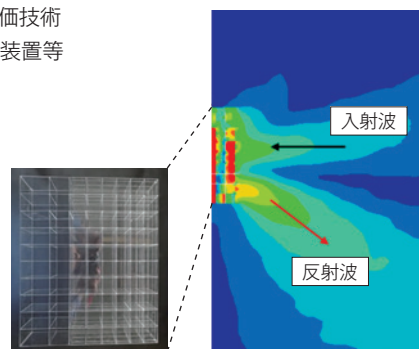
1,200万自由度

(2) 高度な実験計測・評価技術

- ・大型三次元振動台を利用した耐震試験による機器の耐震安全性と信頼性評価技術
- ・地震・風等に起因する構造物振動抑制のための制震装置やアクティブ制振装置等の開発
- ・画像計測技術を用いた構造物の振動評価システム
- ・回転機械翼の非接触振動計測技術
- ・大型無響水槽や大型無響室を利用した音源可視化計測技術

(3) 次期製品の付加価値向上に繋がる新技術

- ・軽量化と振動強度を両立させる構造最適化技術
- ・メタマテリアル等の新材料、新構造を適用した騒音低減技術
- ・センシングや機械学習を利用した機械のデジタルツイン状態監視技術



メタマテリアルによる音波反射制御

研究開発対象製品

- ・発電用ガスタービン、航空エンジン、蒸気タービン、ボイラ、産業用コンプレッサ、原子力機器
- ・航空機（民間、防衛）、ロケット、宇宙機器、新交通車両、船舶、艦艇、特車、フォークリフト
- ・製鉄機械、運搬機械（クレーン）、空調機器、煙突、免震・制振装置、橋梁
- ・大型ディーゼルエンジン、小型エンジン、ターボチャージャ

主要実験設備

(1) 大型三次元振動台

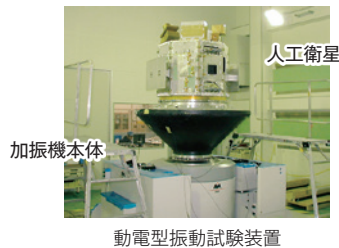
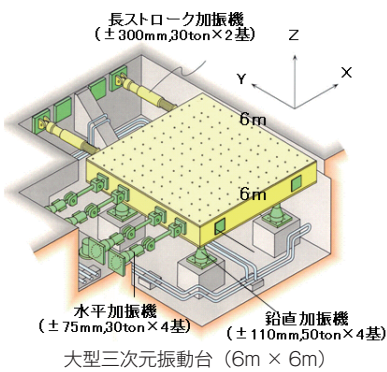
本装置は、6m四方のテーブルを油圧加振機により3方向から支持したものであり、阪神大震災を上回る規模の地震動が再現可能な仕様です。この振動台を用いて原子炉容器や蒸気発生器等の原子力プラント主要機器や、橋梁、タービン架台等の製品の耐震安全性や信頼性を検証しています。

(2) 動電型振動試験装置

本装置は、広周波数帯域（～2000Hz）、大ストローク（100mm^{pp}）の動電型加振機であり、主に各種衛星等の宇宙機器の開発において、加振試験により振動強度を評価しています。

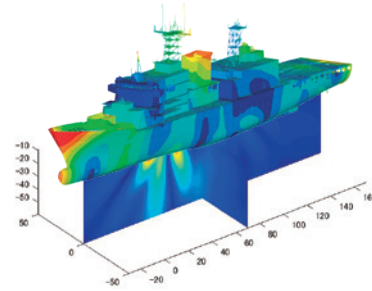
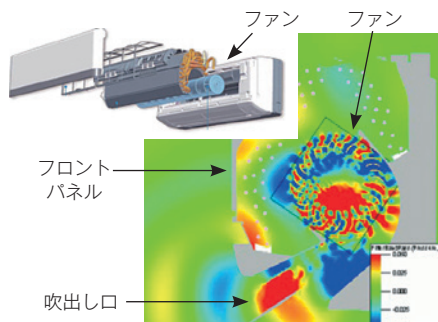
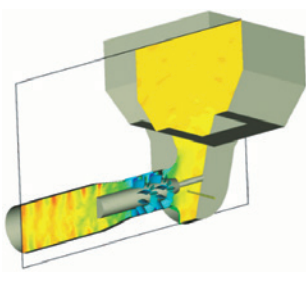
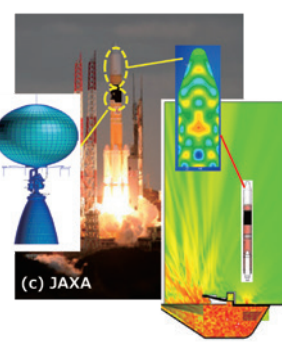
(3) 大型無響水槽

本装置は、世界最大級の無響水槽（12m × 12m × 8m（深さ）、試験周波数：1kHz以上）であり、水中送受波器の音響特性、船舶等からの放射雑音特性、水中の物体の吸音特性、反射特性等を精度よく計測できます。これにより、船舶や水中機器の低騒音化へ貢献しています。



開発事例

各種製品の低振動化、静粛化に向けた取組みを推進しています。また、製品使用環境の拡大ニーズに応えるため、実験技術と融合させたハイブリッド技術や流体、機構、熱などの幅広い分野との連携しながら製品の開発支援を行っています。



総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

機械研究部

Machinery Research Department



概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

宇宙ロボット研究部

電子物理研究部

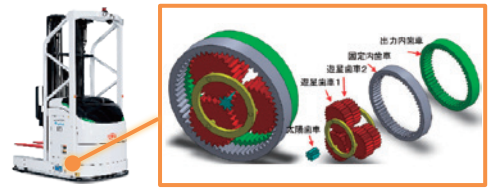
研究部概要

機械研究部は、様々な要素技術を総合して、健全かつ効率的な機械装置を提供すること目的としています。研究員は、機械力学分野を中心に、材料、化学、流体、制御、計算力学など、各々の得意分野に軸足を置きながら、この目的を達成するために、事業部門と連携して研究活動を行っています。

主要技術

(1) 機械要素技術、摩擦・摩耗低減技術

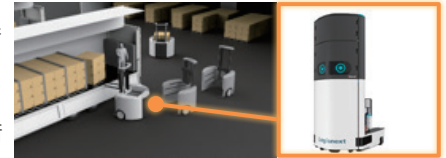
- ・構造、熱、機構、油膜の非定常連成解析によるエンジン軸受評価技術
- ・液体と気体の二相流を考慮したタービン軸受性能評価技術
- ・三次元歯当り解析による歯車動的起振力評価技術
- ・駆動装置の小型軽量化と大減速比を実現する歯車装置設計技術
- ・摩擦損失低減を実現する潤滑しゅう動面改良技術



フォークリフト駆動装置の小型軽量化

(2) メカトロ自動化技術

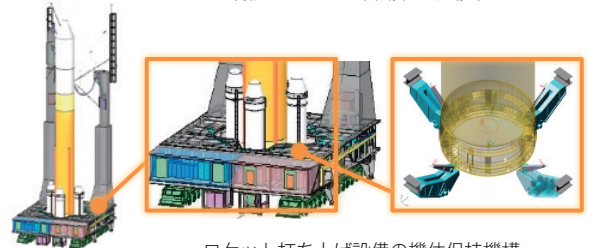
- ・先進の機構、計測、制御を組み合わせたシステムインテグレーション技術
- ・人との協働や分業を可能する自律移動ロボットシステム技術
- ・特殊環境に対応した小型アクチュエーション・機構技術
- ・機構解析技術をベースにしたロボット統合シミュレーション環境構築技術



物流システムの自動化・知能化

(3) 機構解析技術

- ・製品レベルの大規模機構解析モデルによる挙動評価技術
- ・機構解析による車体構造の振動応力評価技術
- ・流体力を考慮した挙動及び応力評価技術
- ・熱変形を考慮した製品性能及び損傷リスク評価技術



ロケット打ち上げ設備の機体保持機構

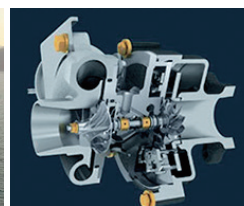
研究開発対象製品



ガスタービン / 蒸気タービン



水上艦艇



ターボチャージャー



新交通システム



宇宙ステーション補給機 (HTV)



無人フォークリフト



カーエアコン用
電動式スクロール圧縮機

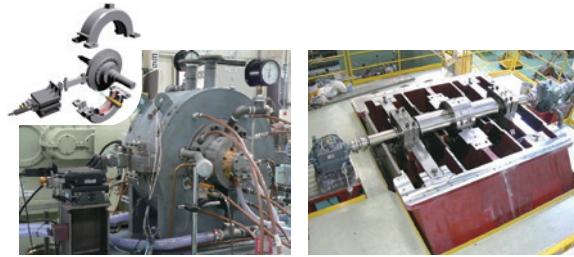


食品機械 (ペットボトル用充填機)

主要実験設備

(1) 軸シール・軸受性能評価試験機

持続可能社会の実現に向け、基幹インフラの発電時CO₂排出を低減すべく、心臓部であるタービンの性能向上を推進しています。当社開発のタービン内部の漏れ低減高性能シールや回転動力の損失低減、耐高面圧すべり軸受等による性能向上で、省エネ・資源エネルギー庁長官賞を受賞(2008年度)。更なる改良に向け、本設備による検証で、損失低減、摩耗、焼付きを防止する独自の機械要素の開発に取り組んでいます。



高速回転シール試験機
(max15,000rpm)

超大型軸受試験機
(max φ 1,000mm)

タービン、ポンプ等の回転機械に適用されるシール、軸受の特性を評価する当社独自の試験装置

(2) 高真空摩擦摩耗試験装置

宇宙空間で使用される各種装置やCVD装置などの真空機器のしゅう動部の健全性を維持するため、最適な材料の選定を行うことが重要です。この装置は300℃までの温度範囲で10⁻⁷Torrの高真空での摩擦試験が可能です。



開発事例

トライボロジー技術、機構解析技術、メカトロ技術をメインに各種製品の開発支援を行っています。製品の高度化、苛酷化に伴いミクロンオーダーでの挙動把握が要求されており、構造、振動、流体、熱などの他の幅広い技術との連携を考慮した設計が必要とされています。

空気フォイル軸受構造

回転軸
トップフォイル
バックフォイル

断面構造

圧力分布

物流知能化ソリューションシステムの開発

燃料電池車用電動コンプレッサ向け 空気フォイル軸受の特性解析

VGターボボウル

MBDモデル

温度分布解析

熱変形

ロボットシミュレーション

流体解析

機構解析

ターボチャージャの熱変形を考慮した機構解析

段ボール製函機の機構・流体連成解析

総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

流体研究部

Fluid Dynamics
Research Department



エアタクシー(イメージ図)

研究部の紹介

概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

ポリプロピレン研究部

電子物理研究部

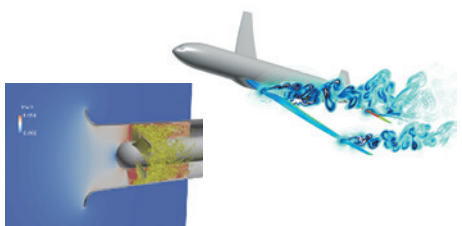
研究部概要

流体研究部は、航空機・ロケット・船舶等の交通輸送製品、原子力プラント等のエネルギー製品、環境装置等、当社の様々な製品開発に取り組んでいます。

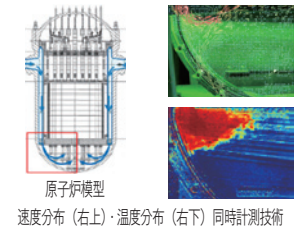
最先端の流動シミュレーション技術や計測技術を駆使した現象メカニズム解明、メカニズムに基づいた最適形状の追及、ラボ試験から大規模な実証試験による性能検証を強力に推進しており、当社グループ製品を通じて我々の暮らしを安全に快適にそして豊かにすることに貢献しています。

主要技術

大規模 CFD 解析技術

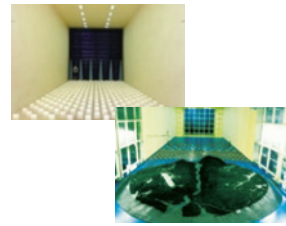


可視化・計測技術



原子炉模型
速度分布 (右上)・温度分布 (右下) 同時計測技術

風洞試験技術



研究開発対象製品



ロケット



飛昇体



実車空力低騒音風洞



原子力発電プラント



防衛航空機



オフィス用エアコン



CO₂回収プラント



護衛艦



ガスタービン



潜水艦



フェリー



環境装置
(ごみ焼却発電施設)

主要実験設備

風洞試験設備(低速～超音速)、大型水槽、各種検定試験設備など



低速風洞試験設備
(計測部: 2m×2m)



高速風洞試験設備
(計測部: 0.6m×0.6m)



大型汎用風洞設備
(計測部: 10m×3m, 6m×5m)

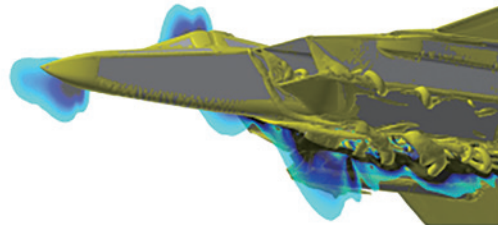


大型水槽試験設備
(全長×幅: 285m×12.5m, 160m×30m)

開発事例

(1) 大規模非定常CFD解析技術を用いた航空機空力形状設計

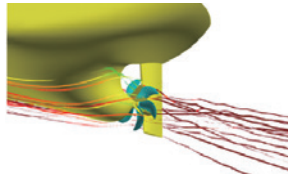
従来の航空機の空力形状設計では、時間平均の流れ場を解く定常CFD解析を多用してきました。近年、性能向上著しい大型計算機とその能力を引き出すCFD解析技術の発展により、流れ場の時間発展を解く非定常CFD解析の設計適用拡大が進展しています。例えば、当社では、高並列計算機に対応した大規模非定常CFD解析技術を適用することにより、流体・音響変動を抑制し、航空機の操縦性、運動性能、耐久性等を改善する、機体形状、エンジンダクト形状、空力デバイス等の設計が可能となっています。本設計技術は将来の戦闘機等の実機開発に適用し、航空機の安全性を高め、設計のコスト低減や期間短縮に貢献していきます。



航空機設計開発における非定常CFD解析

(2) 省エネ性能/安全性能に優れた船舶・海洋製品の開発

当社では、船体周りの造波計算や、プロペラを考慮した流場計算等で最新のCFD技術の開発・活用を進めています。この技術によって船型や省エネデバイス形状の絞り込みを行い、省エネ性能に優れた船の開発を行っています。また、波浪中の安全性を評価する水槽試験技術や連成シミュレーション技術の開発も進めています。



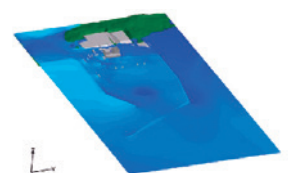
プロペラを考慮した流場計算



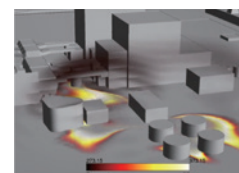
水槽試験による波浪中の安全性評価

(3) リスクや対策効果を評価する災害シミュレーション技術の開発

気候変動に起因する気象災害が国内外で激化する中、災害時に働く人々や設備の安全を確保するとともに被害を最小限に抑え、いち早く復旧してお客様の事業継続に貢献することは当社にとって重要な使命です。当社は、津波、洪水、台風、火災、漏洩、爆発等の各種災害による被害を予測し、対策効果を評価可能な数値シミュレーション技術の開発・活用を進めています。



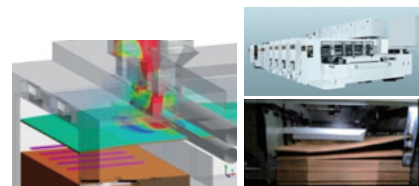
プラント内の津波シミュレーション



プラント内の爆発シミュレーション

(4) 製品開発を下支えする数値シミュレーション技術の開発

数値シミュレーションは製品の信頼性・性能向上に不可欠な技術であり、開発段階で多用されています。そこで、シミュレーションツールの開発や、流体、振動、構造、機構等との連成解析技術の実用化にも取り組んでいます。これにより、製品が実際に使用される環境に近い条件での設計最適化が可能となっています。右図は連続して飛翔する段ボールシートの紙詰まりリスクを低減する為の解析例です。



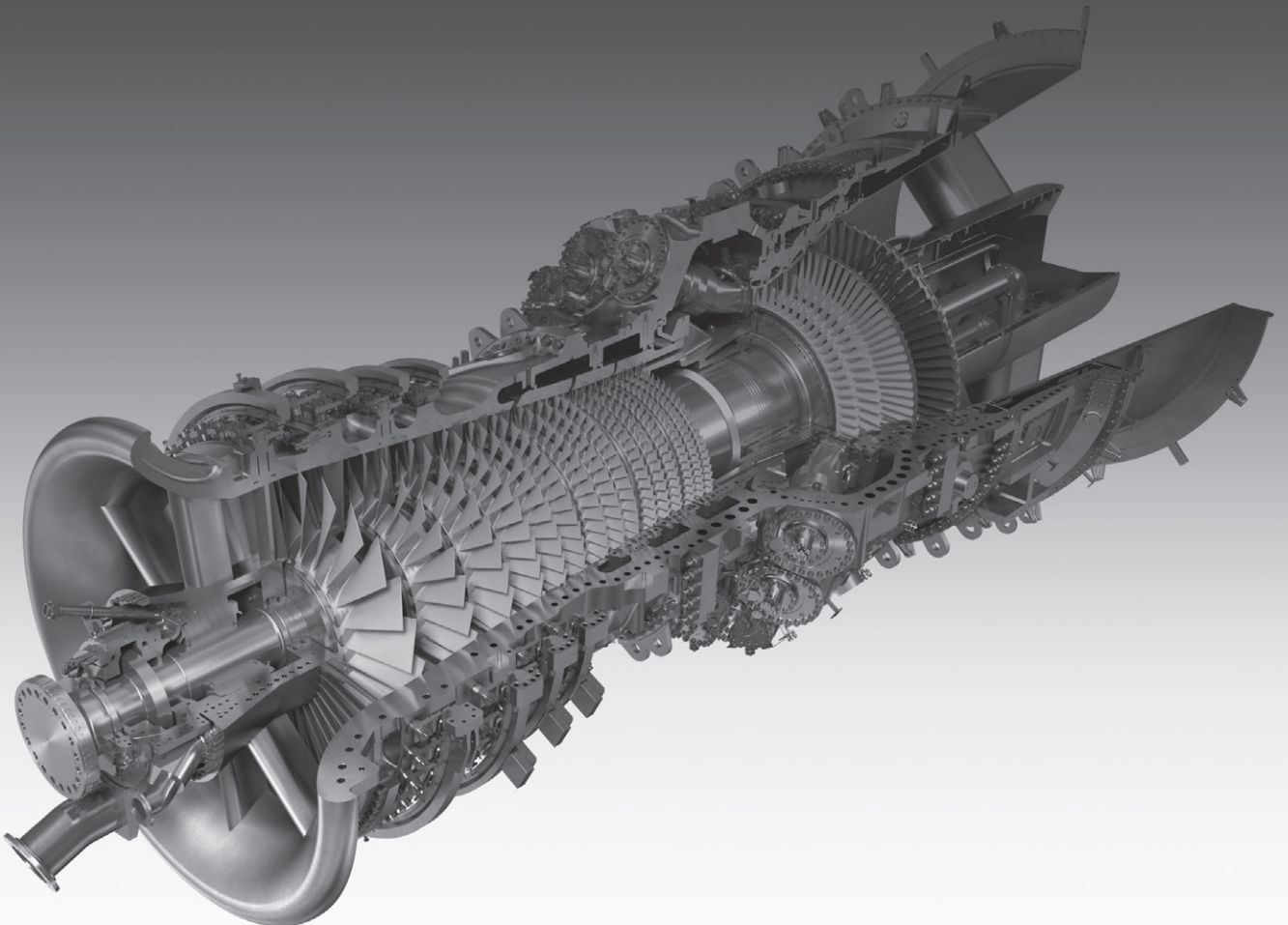
段ボール製函機の流体・機構連成解析

総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

ターボ機械研究部

Turbomachinery
Research Department



概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

ボルト・ナット研究部

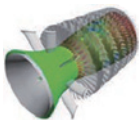
電子物理研究部

研究部概要

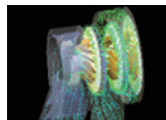
ターボ機械研究部は発電用・航空用ガスタービン、産業用コンプレッサ、ターボチャージャ、ターボ冷凍機、空調機器などの各種ターボ機械、ロケットや人工衛星等の宇宙機器、液体水素やLNGなどの極低温流体機器の研究開発に取り組んでいます。最先端の流動解析技術とレーザや高応答センサを用いた内部流動計測技術を駆使して複雑な流れのメカニズムを解明するとともに、進化型アルゴリズムや機械学習などのAI技術を応用した最適化設計システムを開発し、当社グループのターボ機械、宇宙・極低温機器の高性能化、新製品開発を推進しています。当社グループ製品の開発を通じて、地球環境の保全と安全で豊かな社会の実現に貢献しています。

主要技術

大規模高速流動解析技術



発電用ガスタービン
コンプレッサ
全段非定常解析



産業用コンプレッサ
全段解析

最適化設計技術



従来翼



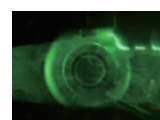
最適化翼

遺伝的アルゴリズムによる
遠心コンプレッサ最適化設計

レーザ可視化技術



タービン翼後縁
からの漏放出



コンプレッサのPIV計測

極低温技術



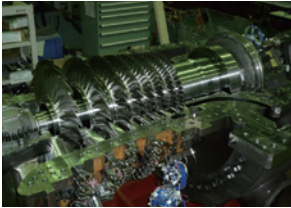
液体水素温度 (-253℃)
でのロケット材料強度試験

研究開発対象製品

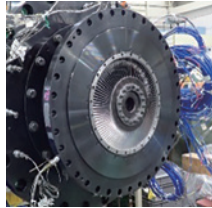


主要実験設備

タービン・コンプレッサ試験設備、ターボチャージャ試験設備などのターボ機械の性能・信頼性評価設備、液体水素などの極低温流体試験設備、宇宙環境を模擬する真空環境試験設備などを保有し、製品開発に活用しています



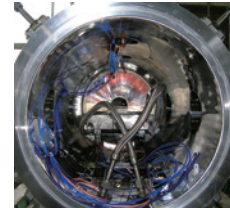
軸流コンプレッサ試験設備



タービン回転試験設備



ターボチャージャ試験設備

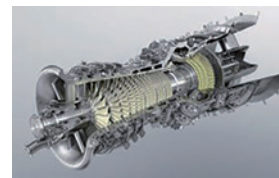


極低温真空環境試験設備

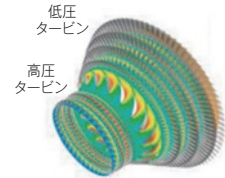
開発事例

(1) 地球環境・エネルギー問題に貢献する高性能ガスタービンの開発

燃焼温度1700℃級の発電用ガスタービンの開発研究を推進し、その成果を最新鋭の1600℃級（J形）ガスタービンに適用しました。今後、CO₂排出量の抑制を狙った水素燃料への対応や自然エネルギー比率の増加に備えた急速負荷変動に対応した高性能な次世代機の開発に参画していきます。また、次世代の航空エンジン用ガスタービンの開発にも研究・設計の両面で取り組み、脱炭素社会の実現に向け貢献していきます。



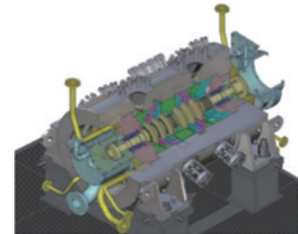
発電用ガスタービン M501J 形



航空エンジンタービンの流動解析例

(2) エネルギー回収効率向上に貢献する 700bar 超高压コンプレッサの開発

EOR (Enhanced Oil Recovery) や CCS (Carbon Capture and Storage) を目的としたプラント向けに超高压一軸多段遠心コンプレッサ（吐出圧力700bar）を開発しました。コンプレッサはプラントの心臓ともいえる機器で、数年間連続運転されるため、内部流動を詳細に評価する大規模CFD技術を駆使し、高い流体性能と励振力抑制性能を実現しました。コンプレッサはオイル&ガスの井戸元から石油化学分野まで、社会基盤を支える様々なプラントで活躍しています。



700bar 超高压コンプレッサ

(3) 自動車の燃費低減を実現するターボチャージャの開発

1000℃に達する高温の排気エネルギーを利用して圧縮空気をエンジンに送り込むターボチャージャは、激しい加減速・長時間運用といった厳しい環境で高性能を要求されます。また近年は車両の電化が進み、ターボの一部を電動モータで駆動するシステムも開発中です。内部流動を詳細に評価する大規模流動解析技術と流体性能・振動・強度など広範な分野を網羅する実験技術により、実環境での高性能・高信頼性を実現し、自動車の燃費低減に貢献しています。

e-SC (電動スーパーチャージャ)



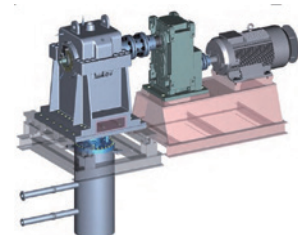
電動 2 ステージターボチャージャの内部流動解析



電動スーパーチャージャ

(4) 脱炭素化社会に貢献する液体水素昇圧ポンプの開発

トラックや鉄道等の長距離輸送分野における化石燃料の代替として再エネ水素利用の拡大が見込まれており、水素ステーション向けとして、ガス圧縮に比べ昇圧動力を大幅に低減できる液体水素昇圧ポンプの開発を進めています。液体水素は大気圧下で-253℃の極低温流体であり、これまでにロケット開発等で培った極低温環境での流動・伝熱・材料特性に関する知見を活用、設計技術・実験評価技術を駆使して開発に貢献しています。



液体水素昇圧ポンプ

総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

燃焼研究部

Combustion Research Department



概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

高分子工学研究部

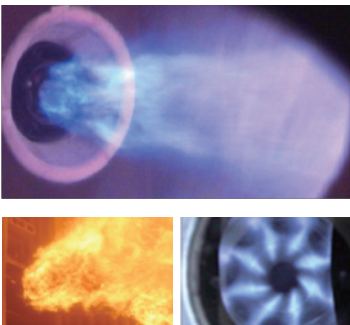
電子物理研究部

研究部概要

燃焼研究部は、燃焼、ガス化、粉体ハンドリング、各種エネルギー変換技術を活用し、ガスタービン燃焼器、ボイラ・石炭ガス化複合発電（IGCC）、往復動エンジンなどの最新鋭の火力発電設備やごみ焼却炉など幅広い燃焼関連の製品開発を推進しています。製品開発に必要な燃焼基礎技術はもとより、最先端の解析・計測技術やAI/IoT技術を活用し、研究所内実験設備での開発から製品初号機の試運転まで一貫して携わり、高効率で地球環境に優しいクリーンな燃焼機器を世界に提供しています。

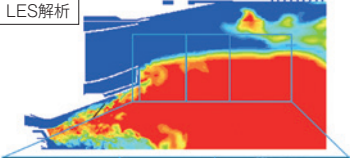
主要技術

世界最高効率の火力発電を支える炭素フリー・低NOx 燃焼技術

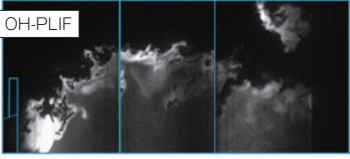


解析技術と実験のハイブリッド技術

LES解析

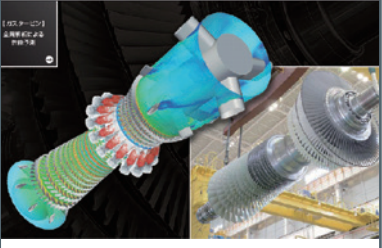


OH-PLIF



LES 解析と OH-PLIF の比較

大規模数値解析技術




製品全体の流体・燃焼の連成解析

研究開発対象製品



ガスタービン複合発電



超々臨界圧火力発電



石炭ガス化複合発電



(船用エンジン)




エンジン発電機



ごみ処理プラント



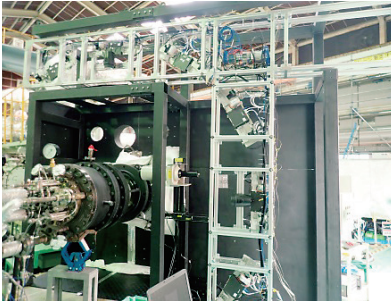
ロケット



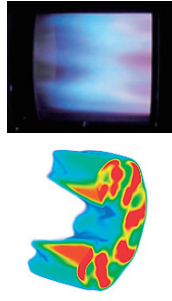
船舶

主要実験設備

燃焼量が数十CCから数トン/h規模の要素から実機規模までの各種燃焼試験設備を有しています。



ガスタービン 大気圧燃焼試験 火炎3次元CT装置



フルスケール 高圧燃焼可視化試験装置



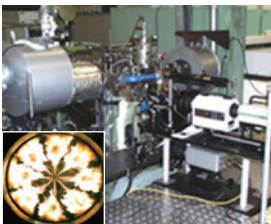
バイオジェット燃料製造設備



ガス化一貫試験設備



ボイラ燃焼試験設備



燃焼可視化エンジン



小型エンジン試験設備



大型単気筒試験設備

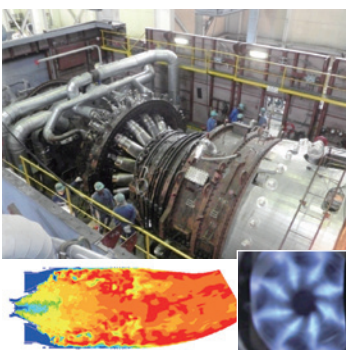


船用エンジン実証機

開発事例

三菱重工・グループ事業会社各社の燃焼機器の効率、環境性能改善の他、カーボンニュートラル社会実現に向けて革新的なエコシステムを構築する水素やアンモニアなどCO₂フリーなエネルギーの有効活用を積極的に取り組んでいます。

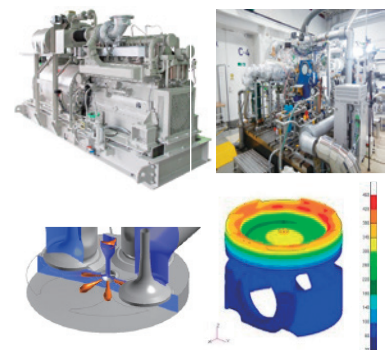
- ・世界最高効率J形ガスタービンコンバインド向け超低NO_x燃焼器開発 (三菱重工)
- ・低炭素エネルギーとしてのアンモニア、バイオマス燃焼技術開発、再生エネルギー導入に向けた低負荷燃焼技術 (三菱重工)
- ・CO₂を排出しない水素を100%としたエンジンの安定燃焼を実現、実用化を加速 (三菱重工エンジン&ターボチャージャ)
- ・ガスエンジン商用機にて水素混焼率35%での定格運転を国内で初成功 (三菱重工エンジン&ターボチャージャ)
- ・世界トップレベルの低NO_x、高効率ごみ焼却炉開発 (三菱重工環境・化学エンジニアリング)
- ・水素焚きガスタービンの低NO_x燃焼器開発 (三菱重工)



GT 燃焼器と燃焼解析・燃焼可視化状況



ボイラ燃焼解析とアンモニア/バイオマス専焼状況



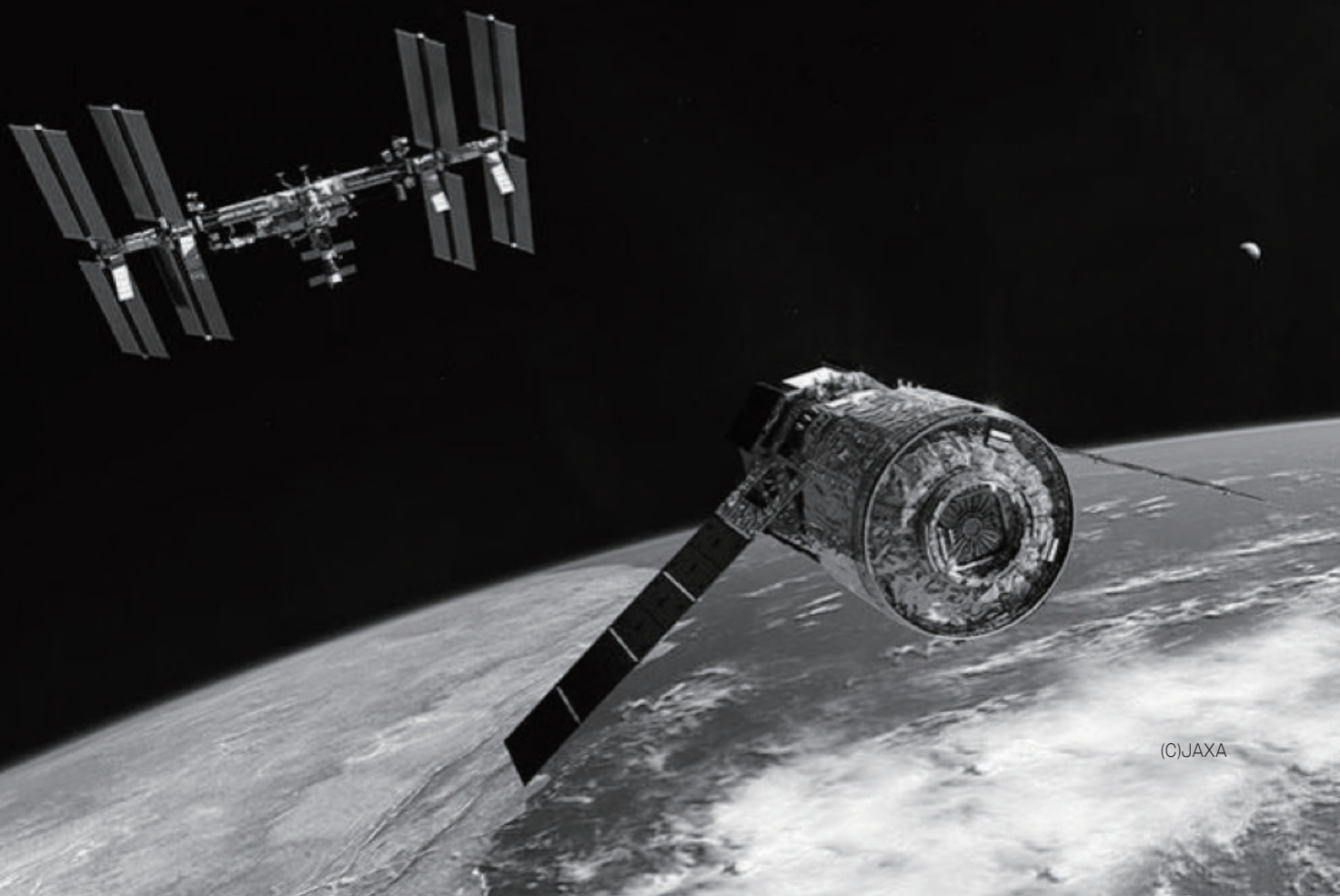
水素エンジンと燃焼解析による筒内評価事例

総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

伝熱研究部

Heat Transfer
Research Department



(C)JAXA

概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

粉末冶金研究部

電子物理研究部

研究部概要

伝熱研究部は、日々の暮らしに欠かせないエネルギー・環境製品、交通・輸送製品、機械・設備製品など、三菱重工グループのほとんどの製品に関連します。伝熱解析技術や実験技術、エネルギー変換技術などにより、省エネ性と快適性向上を追求し、私たちの暮らしを快適にしながら地球環境保全に貢献しています。

最先端のシミュレーション技術や高度な計測技術を駆使し伝熱現象を解明した上で、その知見を伝熱機器やシステムの設計に展開、大規模試験で検証を行うことで製品開発支援を推進しています。

主要技術

(1) 気液二相流解析・計測技術

二流体モデル適用により、熱交換器やプラント配管内部の二相流挙動の解析精度向上を図り、各種機器の性能・信頼性向上に取り組んでいます。また、管群内二相流の詳細計測にも取り組んでおり、流動状態を明らかにすることで、数値解析モデルの改良、精度向上に繋げています。

(2) 熱サイクル解析技術

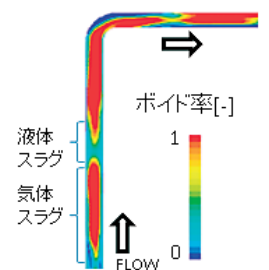
熱を動力・電力に変換する熱サイクルは様々な当社製品に利用されています。熱サイクル解析技術では構成機器や運転状態を最適化し、様々なプラントの高効率化・低コスト化を実現します。また、カーボンニュートラルに対応したシステム提案を行い、発電プラントや工場などの脱炭素化に貢献しています。

(3) 金属3Dプリンタ技術を活用した熱交換器の開発

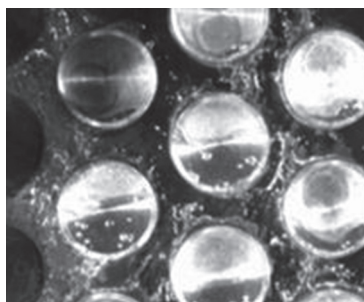
近年、急速に発達している金属3Dプリンタを用いて、従来製造方法では実現が困難であった微細で複雑な形状の伝熱促進構造を有する小型・軽量な高性能熱交換器の開発を推進しています。

(4) 伝熱計測技術

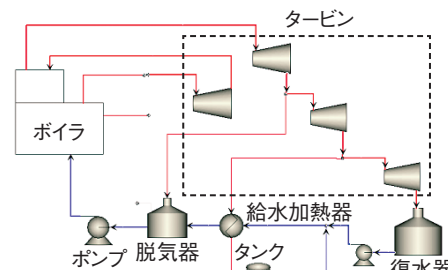
1000℃レベルの過酷環境に適用可能な高温無冷却熱流束計や多点計測が特徴である高温光ファイバ温度計など高度な計測技術を開発し、予測の難しい高温・高圧環境でのシミュレーションの高度化や当社製品開発の実証・性能改善に貢献しています。



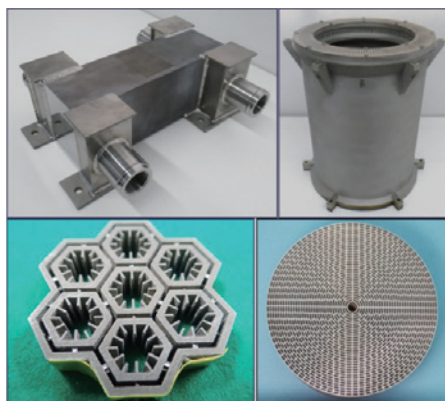
二流体モデルによる二相流解析
(垂直上昇流ボイド率分無)



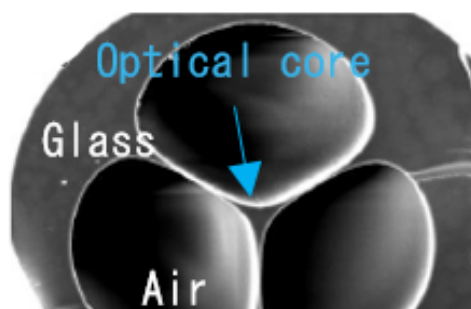
二相流計測技術



熱サイクル解析技術



金属 3D プリンタで造形した熱交換器



高温FBG光ファイバ温度計

伝熱計測技術

概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

バイオテクノロジー部

電子物理研究部

研究開発対象製品



ガスタービン / 蒸気タービン複合発電



原子カプラント



地熱発電プラント



宇宙ステーション



戦闘機 (防衛機器)



コンテナ型データセンタ



空調機・熱源機



製鉄機械



化学プラント

主要実験設備



超臨界圧伝熱テストループ



大容量液体金属 (ナトリウム) ループ



φ 3.5m 真空チャンバ

開発事例

(1) 水素製造技術

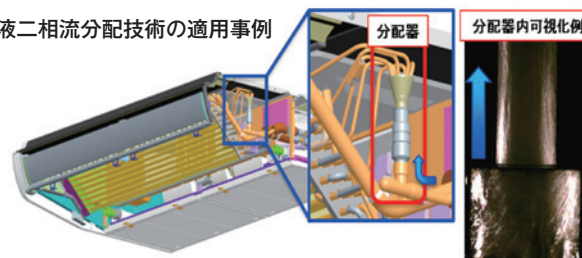
カーボンニュートラル実現に向けて、水素は重要な燃料といえます。そこで当社は、固体酸化物形電解セル(SOEC: Solid Oxide Electrolysis Cell)による高温水蒸気電解水素製造技術や、メタンを熱分解して水素と固体炭素を得るターコイズ水素製造技術、アニオン交換膜(AEM: Anion Exchange Membrane)水電解水素製造技術など、様々な水素製造技術の開発を行っています。特に伝熱研究部では、それら技術を商用化すべく、効率向上、大規模化を目指した研究開発を推進しています。



高砂水素パーク

HYDROGEN PARK
TAKASAGO

気液二相流分配技術の適用事例



(2) 気液二相流分配技術

空調機の熱交換器性能を左右する分配器の内部流動可視化・品質工学を利用したパラメータ試験から、エネルギー消費効率を向上させる新型分配器を開発しています。

総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

パワーエレクトロニクス研究部

Power Electronics Research
Department



研究部の紹介

概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

ボルトロロジー

電子物理研究部

研究部概要

パワーエレクトロニクス研究部は、再生可能エネルギー利用を中心とした未来の脱炭素社会実現に向け、船舶や航空機など様々なモビリティの電化・知能化をはじめ、街を丸ごと省エネ化する発電システムや交通システムの開発に取り組んでいます。これらの実現には省エネと高性能を両立する最先端のパワーエレクトロニクス技術が必要であり、これまで三菱重工が積み上げてきた知見と組み合わせることで、よりよい社会の実現に取り組んでいます。

主要技術

(1) 当社製品（航空機、船舶、車両）の電化および新製品開発を支えるパワーエレクトロニクス技術

- ・モータ/インバータ設計技術（電磁界解析、回路シミュレーション、制御シミュレーション、試作・検証）
- ・電子回路設計技術（基板、パワーモジュール、センサ 他）

(2) 電力(電源) 系統の高効率化・高品質化技術

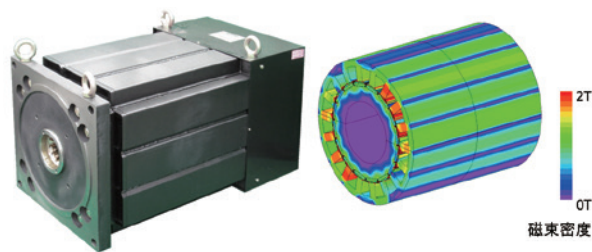
- ・電力系統解析技術
- ・電力制御/エネルギーマネジメント技術

(3) パワエレシステムのインテグレーション技術

- ・複数のパワエレ機器をかしこくつなぐシステム開発技術
- ・HILSを活用した大規模実証技術

(4) パワーエレクトロニクス機器の信頼性評価技術

- ・EMC解析および評価技術
- ・絶縁設計、評価技術



モータ実機 三次元解析モデル
電磁界解析によるモータ設計（特性評価）

研究開発対象製品



発電プラント



空調機（エアコン）、EV用カーエアコン



艦艇



ロケット



フォークリフト



交通システム



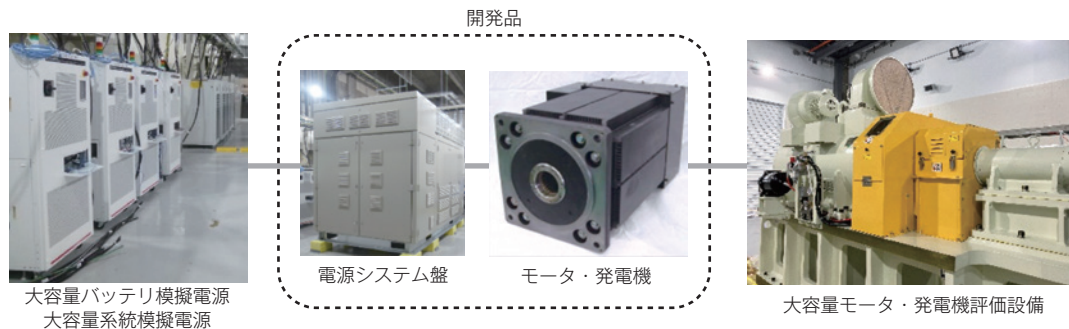
エンジン発電機



特殊車両

主要実験設備

様々な製品の設計検証・信頼性評価を行っています。例えば、下図の大容量バッテリー模擬電源・系統模擬電源や大容量モータ・発電機評価設備ですが、これらを用いて、社内製品の電動化を推進しています。



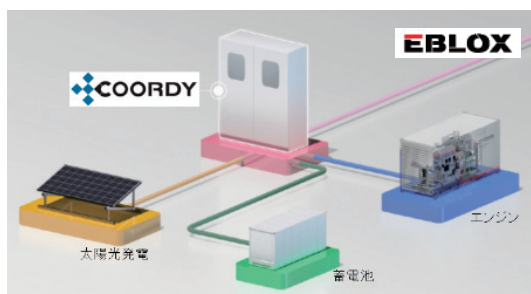
また以下の解析ツールを保有しており、シミュレーションによる製品設計・検証にも積極的に取り組んでいます。

- ・ JMAG (電磁界解析)
- ・ ANSYS (電磁ノイズ解析、回路解析)
- ・ PSpice (電子回路解析)
- ・ MATLAB/Simulink (制御シミュレーション)
- ・ PSCAD、PowerFactory (電力系統解析)

開発事例

(1) トリプルハイブリッド発電システム

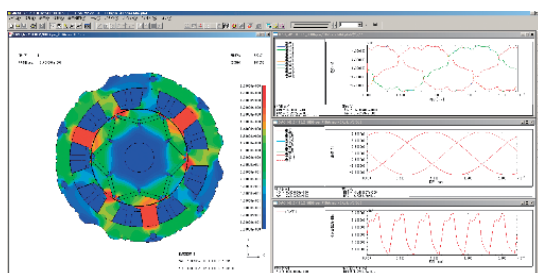
エンジン発電設備に太陽光発電などの再生可能エネルギーと蓄電池を組合せた発電システム“EBLOX”およびその制御装置“COORDY”を開発しました。最適電力配分、周波数変動抑制などを司る制御システムの設計・検証を支援しています。



EBLOX システム構成図

(3) モータ磁界解析技術

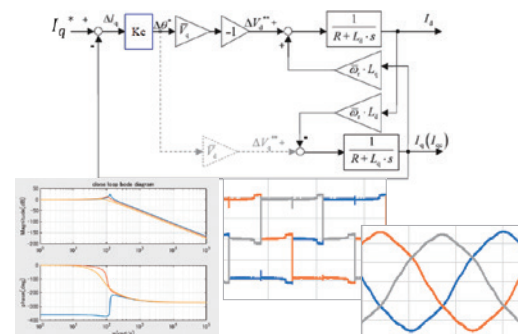
家庭用エアコン用モータなど、小型化・高効率化に貢献する磁界特性を高精度に解析する技術です。この技術を使って様々なモータ開発を支援しています。



モータ開発事例

(2) 高性能モータ制御技術

車両、航空機などの各種機械システムの電動化に貢献する高性能モータ制御技術を開発しました。高回転化や位置センサレス化を実現するモータ制御開発を支援しています。



モータ制御開発事例

(4) 車載用電動コンプレッサ

EV、PHEV等に搭載される車載空調用電動コンプレッサを開発しています。回路解析・電磁気解析技術等を用いて、インバータ・モータの小型・高信頼・高耐久化に貢献しています。



電動式スクロール圧縮機

クーラント PTC ヒータ

総合研究所

RESEARCH & INNOVATION CENTER

電子・物理研究部

Electron & Physics
Research Department



研究部の紹介

概要

サービス技術部

製造研究部

化学研究部

強度・構造研究部

振動研究部

機械研究部

流体研究部

ターボ機械研究部

燃焼研究部

伝熱研究部

ボルトロゴメータ

電子物理研究部

研究部概要

電子・物理研究部は、脱炭素化と機械の知能化による機械システムの進化に必要な次世代製品のセンシング・エレクトロニクス分野でのコンセプト設計や課題に対する技術開発、実機検証までの幅広い分野を担当しています。また、レーザ、電磁波、超音波などを利用した検査・計測技術、航空機・宇宙機器等の開発・検証を推進しています。

主要技術

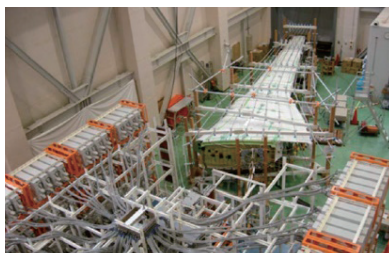
当社製品（プラント、モビリティ等）における機械の知能化と安全・安心な社会の構築

(1) 新機能を創出するセンシング技術

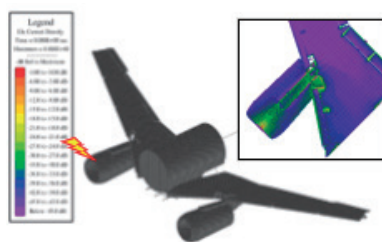
- ・レーザ、赤外線、電磁波、超音波等を利用した検査・計測技術（非破壊検査技術、特殊環境下の計測技術、3D計測技術等）
- ・AI、画像処理による製品の知能化・高機能化技術

(2) 大規模インテグレート製品の開発・信頼性評価技術

- ・雷／電磁影響対策設計開発、解析・評価技術
- ・航空機電子機器評価技術



主翼実大試験



電磁界解析による雷電流分布評価解析

研究開発対象製品



発電プラント



ITS（高度道路交通システム）



交通システム



艦艇



宇宙機器



特殊車両



防衛航空機（固定翼）



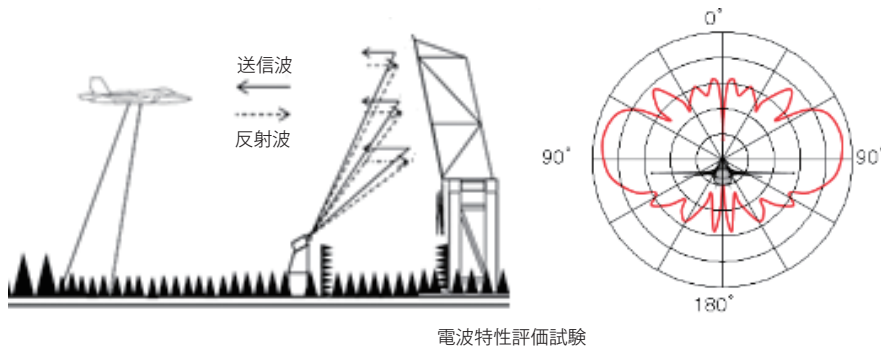
防衛航空機（回転翼）



航空機向けシミュレータ

主要実験設備

様々な製品の設計検証・信頼性評価を行っています。例えば、電波特性評価試験は、航空機の縮小模型の電波反射特性を評価し、機体形状の最適化や設計検証に取り組んでいます。



電波特性評価試験

また以下の解析ツールを保有しており、シミュレーションによる製品設計・検証にも積極的に取り組んでいます。

- ・ FEKO、EMA3D (電磁界解析)
- ・ ANSYS (電磁ノイズ解析、回路解析)
- ・ COMSOL (物理現象の連成解析)
- ・ MATLAB/Simulink (制御シミュレーション)
- ・ ZEMAX (光学設計解析)
- ・ CIVA (超音波探傷解析)

開発事例

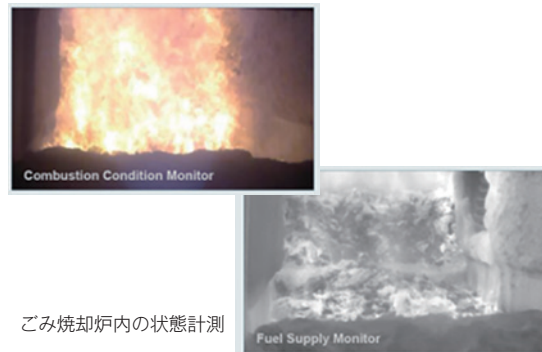
(1) 航空機電子機器評価技術

航空機電子機器をシステムインテグレートすることで完成機体と同等の環境を構築し、電子機器の機能・性能を評価することで、開発期間短縮・信頼性の向上に貢献しています。



(2) 燃焼場計測技術

レーザー・赤外線・光ファイバ・分光等用いた特殊計測技術を活用し、高温環境下の燃焼場計測技術を開発して、現象解明による高効率ボイラ環境設備（ゴミ焼却炉）の開発を支援しています。



ゴミ焼却炉内の状態計測

(3) 航空機の耐雷設計評価技術

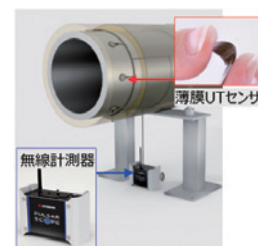
高電圧・大電流環境での電磁界を正確に計測評価する技術です。この技術を使って航空機の耐雷設計の開発支援をしています。



耐雷設計評価試験

(4) 耐熱薄膜超音波センサ

薄くて柔軟性があり高温で連続使用が可能な薄膜超音波（UT）センサと、計測データを無線で送信可能な小型計測機を組み合わせた薄膜UTモニタリングシステムを開発しました。運転中プラントの遠隔監視で安定運転に貢献しています。



薄膜 UT
モニタリングシステム

 **三菱重工業株式会社**

総合研究所