

第7回 CMIシンポジウム

川崎重工業の 将来航空機製造への取り組み

2019年10月11日

川崎重工業株式会社
航空宇宙システムカンパニー
生産本部 理事 副本部長

酒井 昭仁

Today's Agenda

- Section 1 はじめに
 川崎重工業と航空宇宙システムカンパニーの紹介
- Section 2 最近の開発機における航空機づくり
 ボーイング787 ～ 複合材胴体の技術確立 ～
 ボーイング777X ～ 製造自動化への挑戦～
- Section 3 将来の航空宇宙システムにむけて
 航空機分野の環境に向けた取組み
 宇宙利用における課題への取組み
 将来工場にむけた取組み

Section 1

川崎重工業と航空宇宙システムカンパニーの紹介



世界の人々の豊かな生活と

地球環境の未来に貢献する “Global Kawasaki”

カワサキ グループミッション



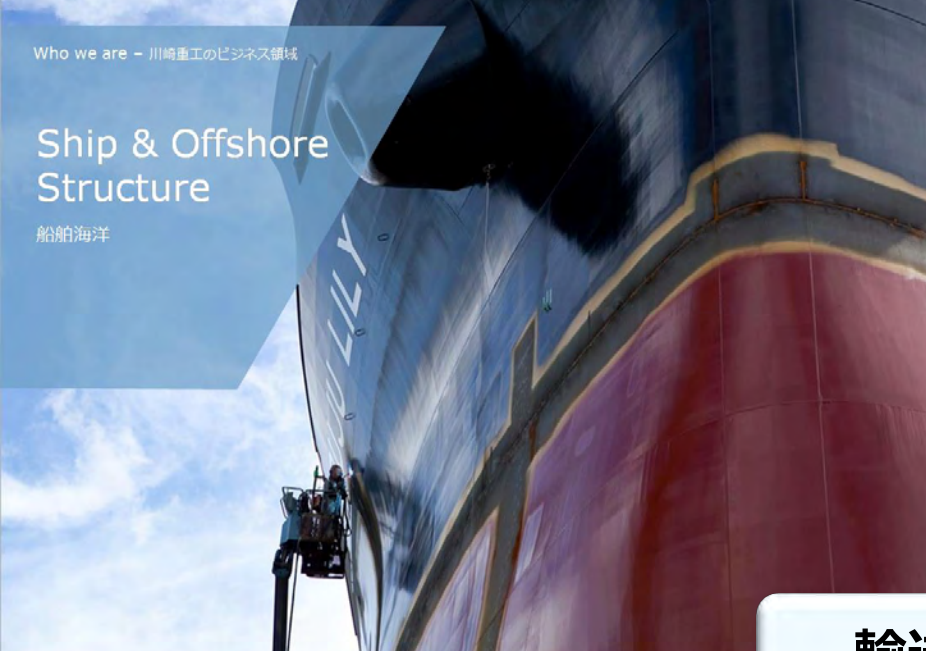
 **Kawasaki**
Powering your potential



Who we are - 川崎重工のビジネス領域

Ship & Offshore Structure

船舶海洋



Who we are - 川崎重工のビジネス領域

Rolling Stock

鉄道車両



輸送機械

Who we are - 川崎重工のビジネス領域

Aerospace Systems

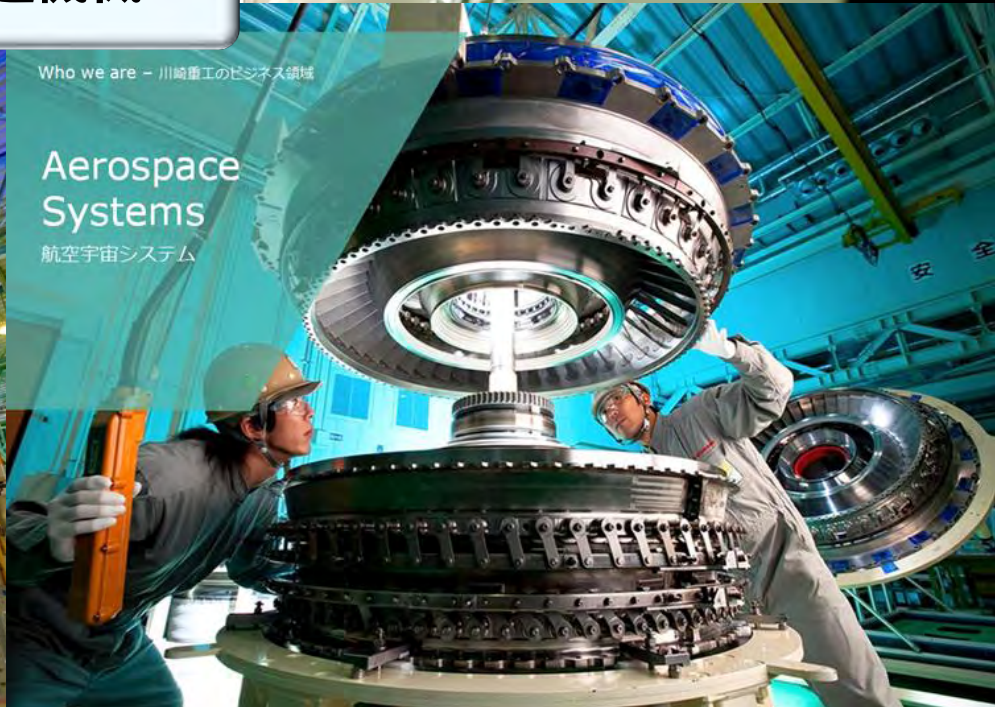
航空宇宙システム



Who we are - 川崎重工のビジネス領域

Aerospace Systems

航空宇宙システム



Who we are - 川崎重工のビジネス領域

Precision Machinery

精密機械



Who we are - 川崎重工のビジネス領域

Robot
ロボット

産業用設備

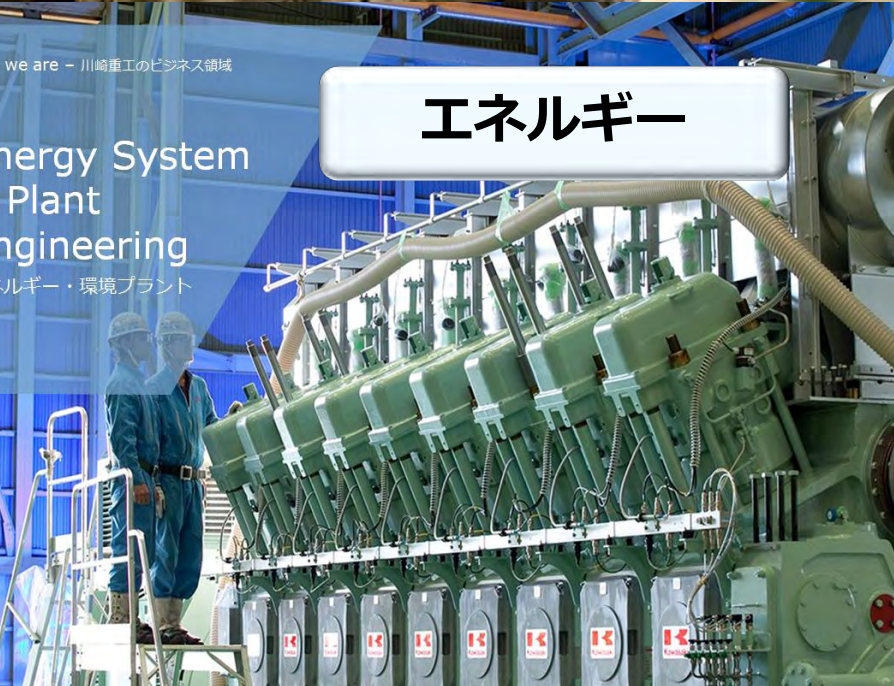


Who we are - 川崎重工のビジネス領域

Energy System & Plant Engineering

エネルギー・環境プラント

エネルギー



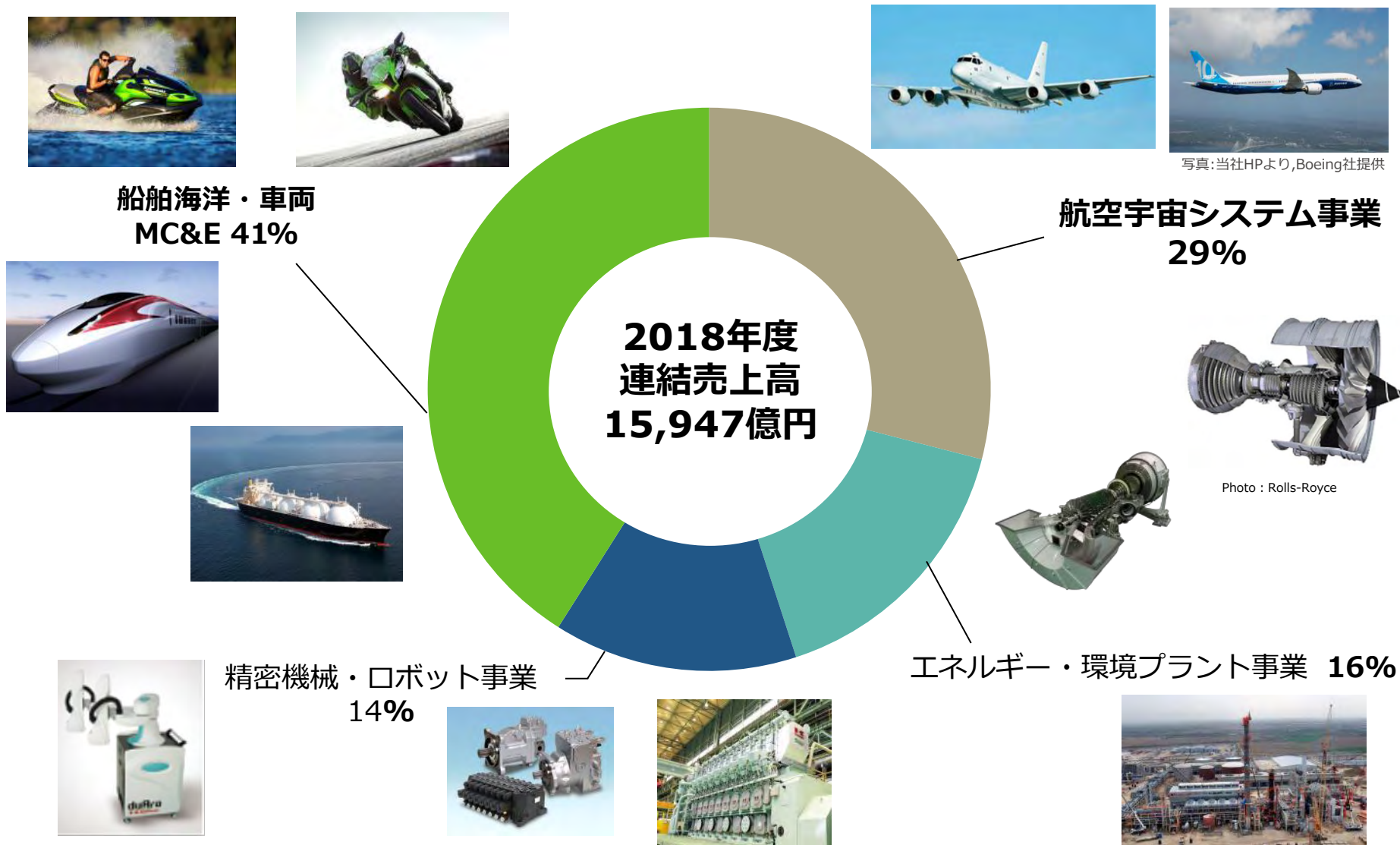
Who we are - 川崎重工のビジネス領域

Motorcycle & Engine
モーターサイクル&エンジン

レジャー



1 (1) 事業セグメント別売上高比率 (連結)



Who we are - 川崎重工のビジネス領域

Aerospace Systems

航空宇宙システム



1 (2) 航空機製品 ～防衛省殿向け航空機～

C-2 輸送機



P-1 固定翼哨戒機



T-4 中等練習機



OH-1 観測ヘリコプタ



1 (3) 航空機製品 ～民間航空機～

ボーイング 787 (前胴等 分担生産)



ボーイング 777 (前中胴等 分担生産)



ボーイング 767
(前中胴等 分担生産)



エンブラエル 170 / 190
(主翼コンポーネント 分担生産) (完成機 および 胴体の分担生産)

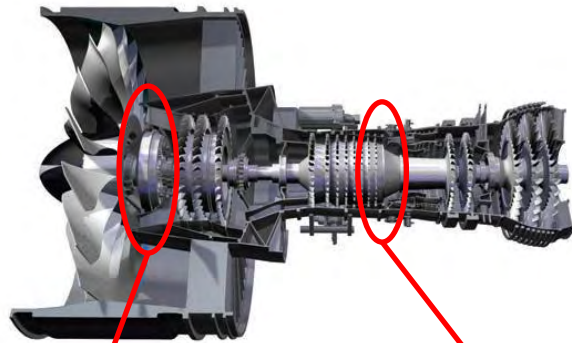


写真は全て当社HPより、Boeing社、エンブラエル社提供

1 (4) 航空エンジン製品

PW1500/1900G (A220, E190-E2)

Photos : Pratt & Whitney



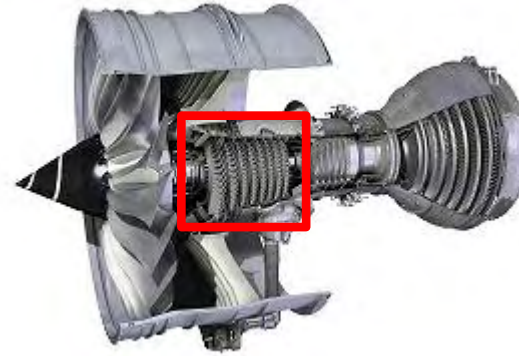
Fan Drive Gear System



Combustor

Trent 1000(Boeing 787)

Photos : Rolls-Royce



IPC※ Module



※ IPC : Intermediate-Pressure Compressor

アリコプタ用トランスミッション (BK117)



1 (5) 航空宇宙システム生産拠点



岐阜工場:

航空機・宇宙機器の主力工場

1923年開設
敷地面積: 726,000m²
従業員数: 約4,400名



名古屋第二工場:

ボーイング767 組立

1979年開設 敷地面積: 18,000m²
従業員数: 約40名



名古屋第一工場:

ボーイング777 組立 ボーイング787部品製造/組立

1992年777北工場開設
2006年787部品・組立 北工場増設
2010年 南工場の開設
2015年 東工場の開設
敷地面積: 221,000m²
従業員数: 約550名



明石工場:

航空エンジン モーターサイクル ロボット 他 本社研究部門

西神工場:

航空エンジン



1 (6) 航空機生産の歴史

戦前

- 1922 川崎造船所飛行機部及び各務原分工場設置
サルムソン2A-2型飛行機 (乙式1型偵察機)
- 1926 **ドルニエ式全金属製重爆撃機**完成
- 1934 **95式戦闘機**(キ-10) 制式採用
- 1941 **二式双発複座戦闘機 (キ-45改 : 屠竜)** 制式採用
- 1942 **三式戦闘機 (キ-61 : 飛燕)** 量産初号機完成
計 **9000機**以上を製造



三式戦闘機 飛燕

戦後

- 1953 **KAL-1**連絡機初飛行
- 1956 **T-33**ジェット練習機初飛行
- 1962 **KV-107II**型大型ヘリコプタ完成
- 1966 **P2V-改** (P-2J) 初飛行
- 1970 国産初のジェット輸送機**C-1**初飛行
- 1979 **BK117**ヘリコプタ初飛行、**B767**分担部位製造開始
- 1982 **P-3C**対潜哨戒機初飛行
- 1985 **T-4**中等練習機初飛行、**STOL実験機 (飛鳥)** 初飛行
- 1986 **CH-47**ヘリコプタ初飛行、測地実験衛星「**あじさい**」打ち上げ
- 1992 **B777**分担部位製造開始
- 1997 **XOH-1**観測ヘリコプタ試作機初飛行(2000年量産初号機納入)
- 2000 **エンブラエル170**分担部位製造開始
- 2001 **H-IIA**ロケット1号機打上げ成功
- 2006 **B787**分担製造開始、**MCH-101**掃海・輸送ヘリコプター初号機納入
- 2013 **P-1**対潜哨戒機量産初号機納入
- 2016 **C-2**輸送機量産初号機納入



T-33



C-2

計 **2000機**以上を製造 (固定翼機700機 回転翼機1300機)

1 (7) 最近のトピックス

- ①機体部門とエンジン部門を統合し航空宇宙システムカンパニーに改称
・両部門の技術結集によるシナジー効果を追求 (2018年4月)

- ②ボーイング777X
・初号機用胴体パネルを出荷 (2018年2月)

- ③ボーイング787
・胴体延長派生型機は開発から量産へ
・787号機胴体を出荷 (2018年8月)
約11.5年で到達
・月10機以上の量産体制の維持

- ④H145/BK117 D-3型の販売開始 (2019年3月)
・民間ヘリコプタの完成機製造に長い実績
シリーズで178機の販売実績



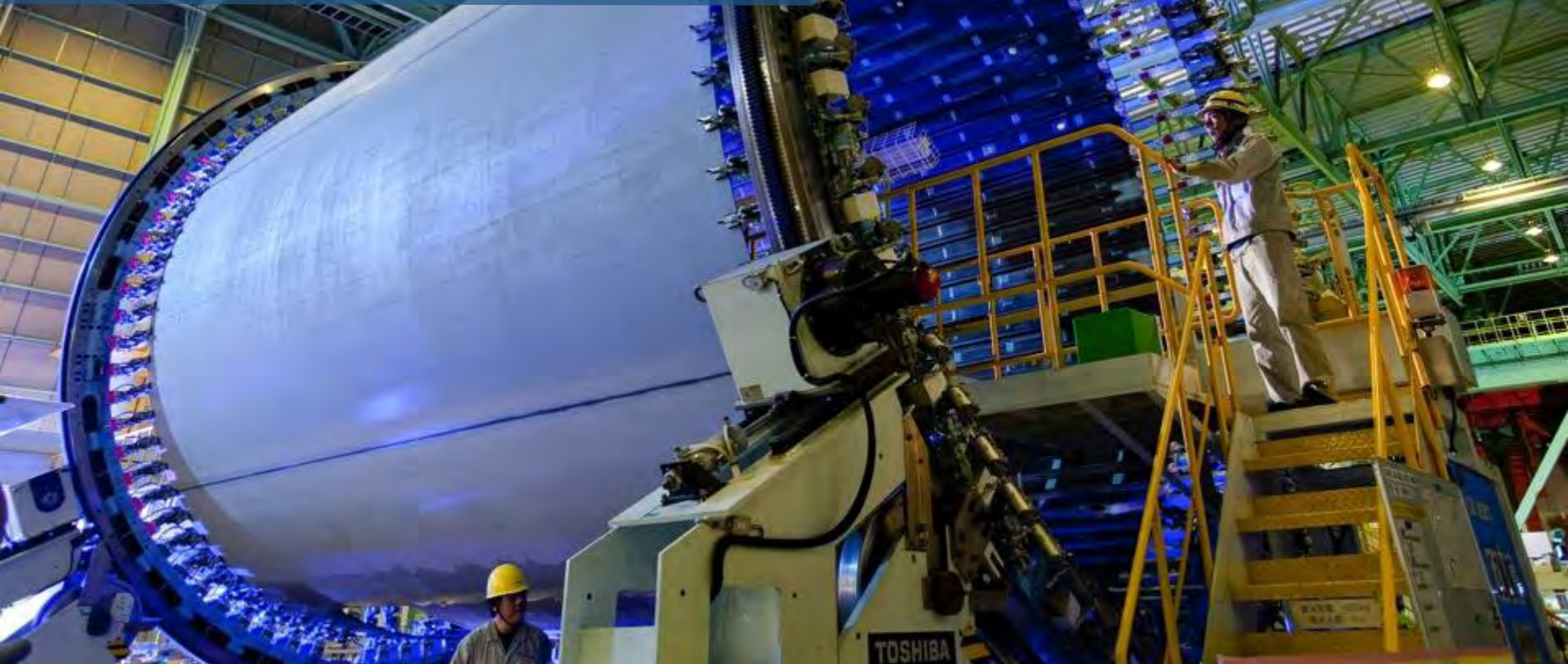
写真: <http://www.khi.co.jp>



写真: <http://www.khi.co.jp>

2. 最近の開発機における航空機づくり

- ・ ボーイング787 ～ 複合材胴体の技術確立 ～
- ・ ボーイング777X ～ 製造自動化への挑戦～



2 (1) ボーイング787 ～複合材胴体の技術確立～

① ボーイング787の特長

- 機体構造の50%に炭素繊維複合材を使用
- 主要構造部位約35%を日本企業が担当

② 川崎重工分担部位

前胴(SEC43)

径 約6.0m

長さ 約7～13m

複合材構造(一体成型胴体を採用)

主翼固定後縁

(FTE : Fixed Trailing Edge)

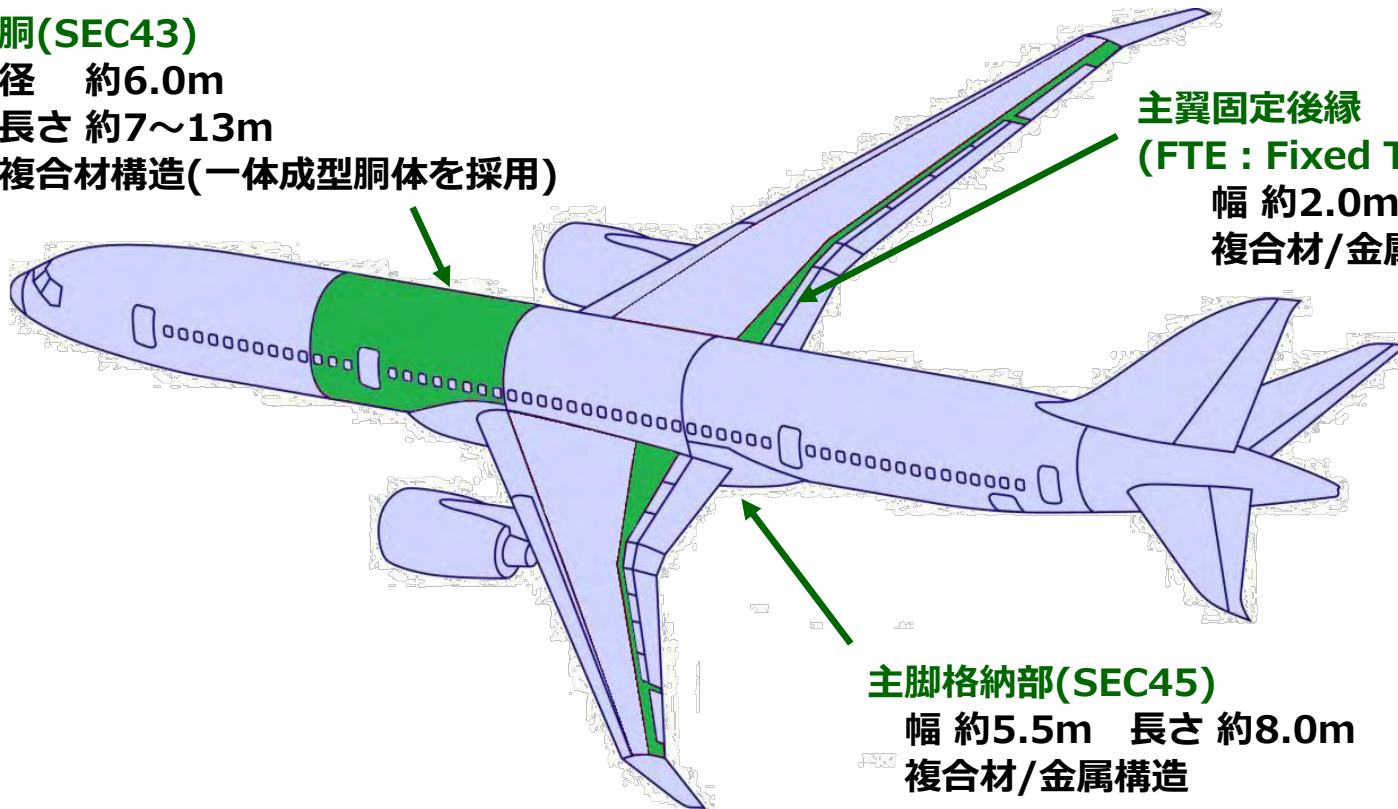
幅 約2.0m 長さ 約20.0m

複合材/金属構造

主脚格納部(SEC45)

幅 約5.5m 長さ 約8.0m

複合材/金属構造



2 (1) ボーイング787 ～ 複合材胴体の技術確立 ～

③ 胴体延長派生型機の開発

➤ 担当する一体成型胴体の長さが約2倍に

787-8(基本型)

242席(2クラス)

川崎重工担当部位



初飛行
2009年



787-9

290席(2クラス)



初飛行
2013年



787-10

330席(2クラス)



初飛行
2017年

機体図:ボーイング社HPより

2 (1) ボーイング787 ～ 複合材胴体の技術確立 ～

④ 複合材一体胴体の製造工程と主要設備

a. 成形型の組立

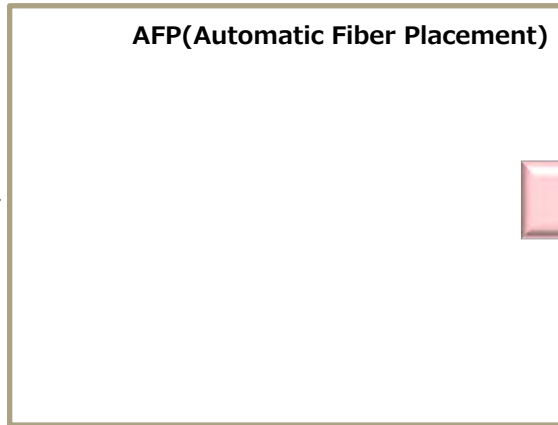
高精度・低熱膨張の超大型成形型



b. 積層

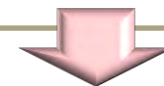
AFPによる自動積層

AFP(Automatic Fiber Placement)



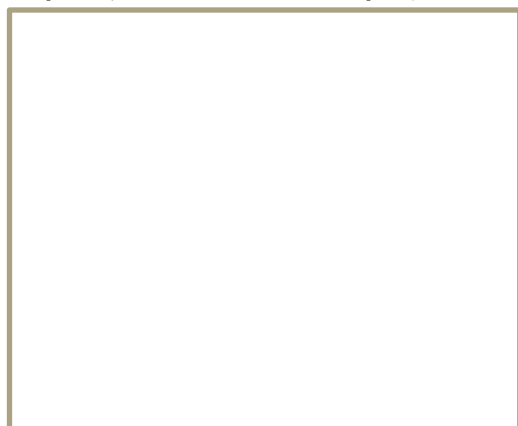
c. オートクレーブ硬化

熱流動解析による最適硬化技術

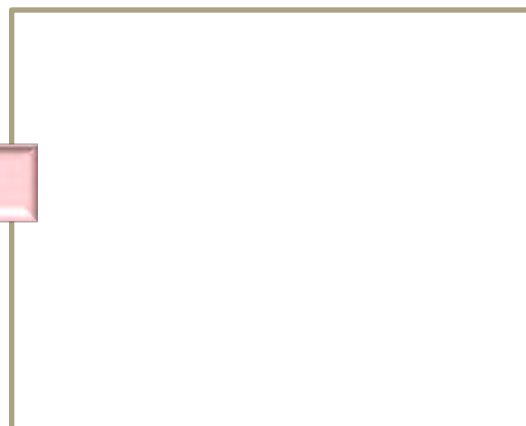


f. 組立

オートリハットの適用と複合材ドリル技術

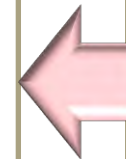
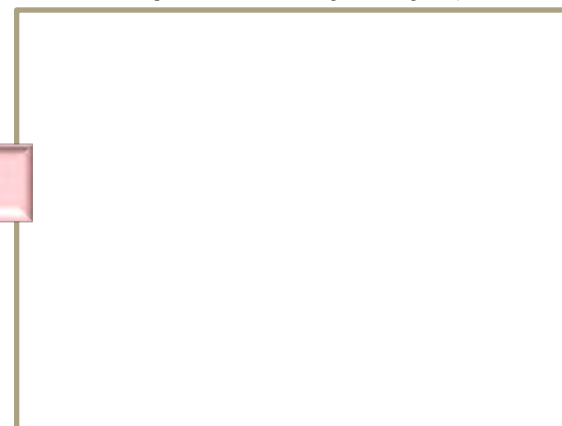


e. 超音波検査



d. 穴あけ/トリム

超大型部品の高精度トリム・ドリル加工

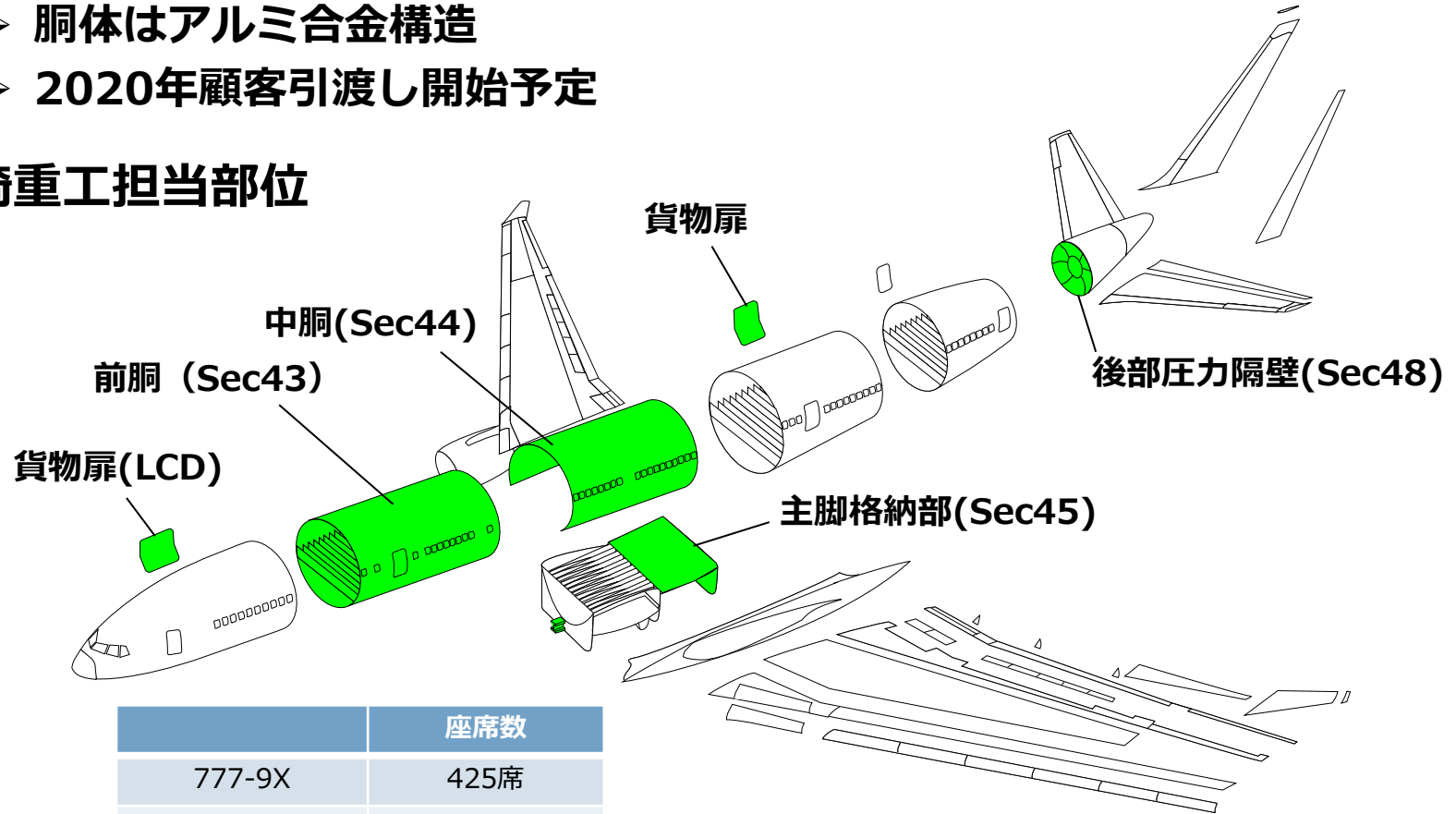


2 (2) ボーイング777X ~ 製造自動化への挑戦~

① ボーイング787の特長

- 日本企業が主要構造部位の約21%を担当（担当部位は777と同じ）
- 胴体はアルミ合金構造
- 2020年顧客引渡し開始予定

② 川崎重工担当部位



	座席数
777-9X	425席
777-8X	375席
777-300ER	365席

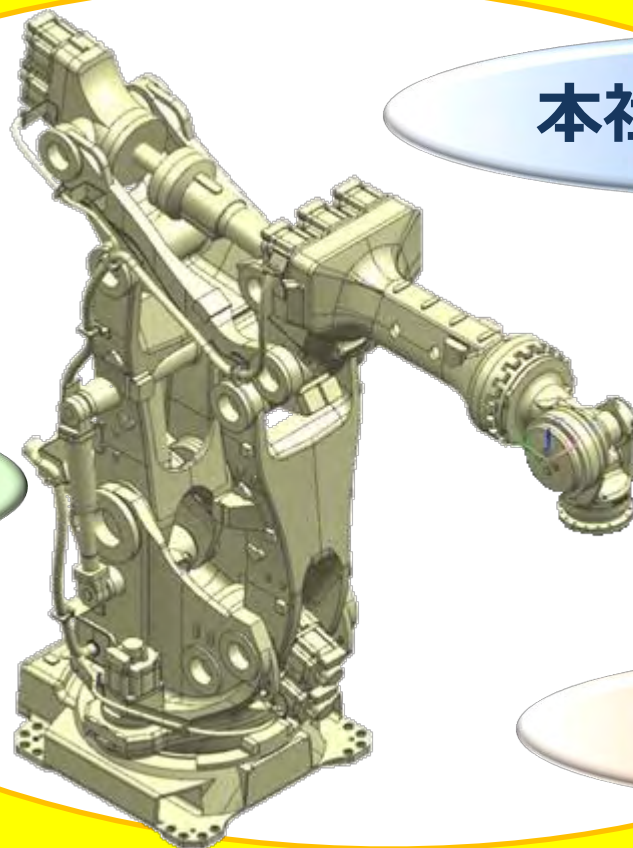
2 (2) ボーイング777X ~ 製造自動化への挑戦~

④ ロボットを用いた自動化設備の開発体制

これまでのロボットは精度や剛性の面で航空機製造への適用が困難であったが、川崎重工グループの技術を結集して課題を克服した。

Team
 **Kawasaki**

ロボット部門



本社研究開発部門

航空宇宙部門

3. 将来の航空宇宙システムに向けて

- ・ 航空機分野における環境対応の取組み
- ・ 宇宙利用における課題への取組み
- ・ 将来工場に向けた取組み



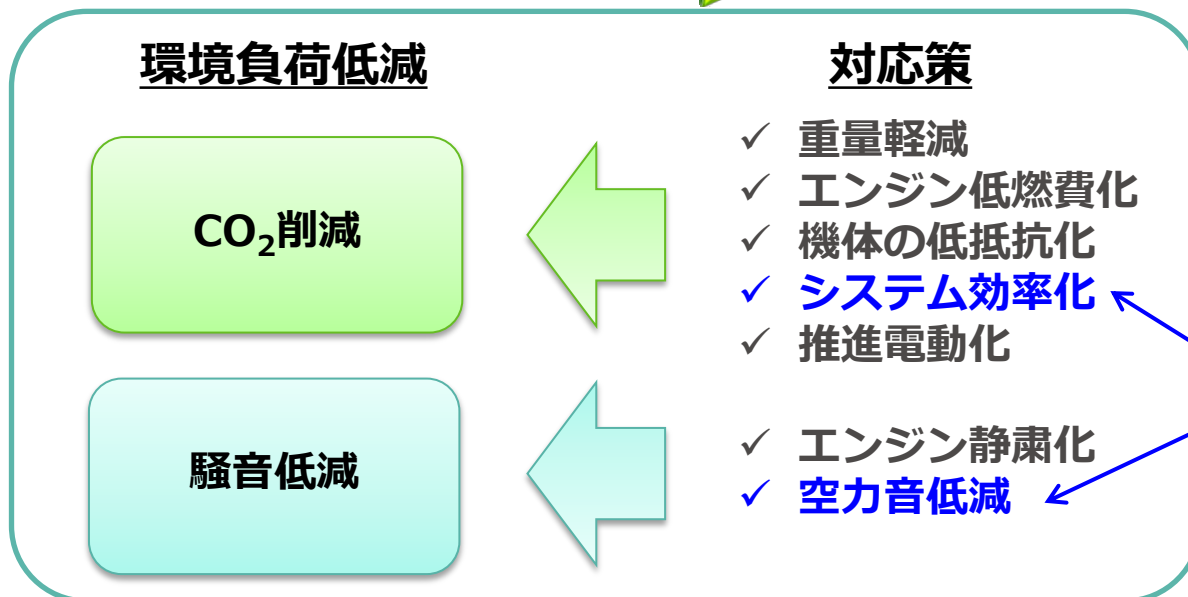
3 (1) 航空機分野における環境対応の取組み



2050
Kawasaki
Challenge!

① 航空機分野での環境対応

航空機にも環境保全への要求が高まっており、当社も積極的に取り組んでいる。



技術的取り組みの例を紹介

3 (1) 航空機分野における環境対応の取組み

③川崎重工の取組み例 ～高度な空力技術を駆使した低騒音化～

大型低騒音風洞を竣工 (2019年3月末) ⇒ 機体空力騒音の低減に活用する



写真 : <http://www.khi.co.jp>

3 (2) 宇宙利用における課題への取組み

① 宇宙利用における課題

宇宙空間においても最近では、環境問題が取り沙汰されている。

地球周辺の宇宙空間では、運用を停止した人工衛星やロケットの上段部分など、軌道上に放置されたスペースデブリと呼ばれる大小の宇宙ゴミが年々増加している。

3 (3) 将来工場に向けた取組み

①ものづくり企業としての課題と変革

現状の課題

コスト削減

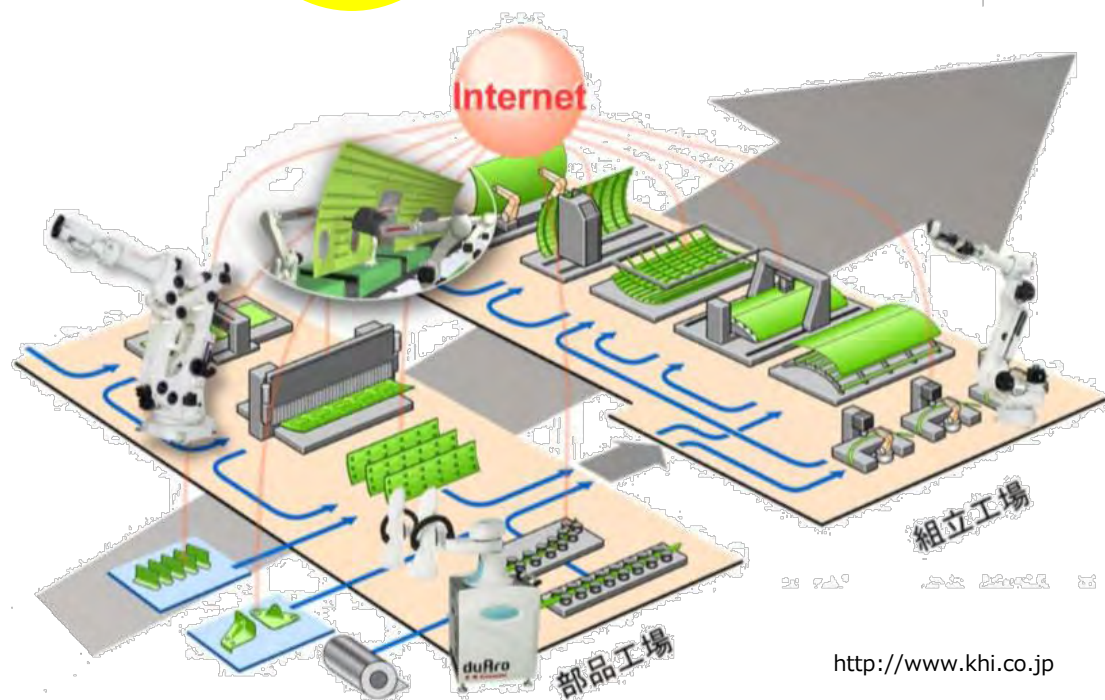
他国のレベルアップ→競争の増加
高度な設備が誰でも買えるようになった

労働力不足

差別化

変革された工場の姿：スマートファクトリー

高度な生産システムにより統制された自動化工場

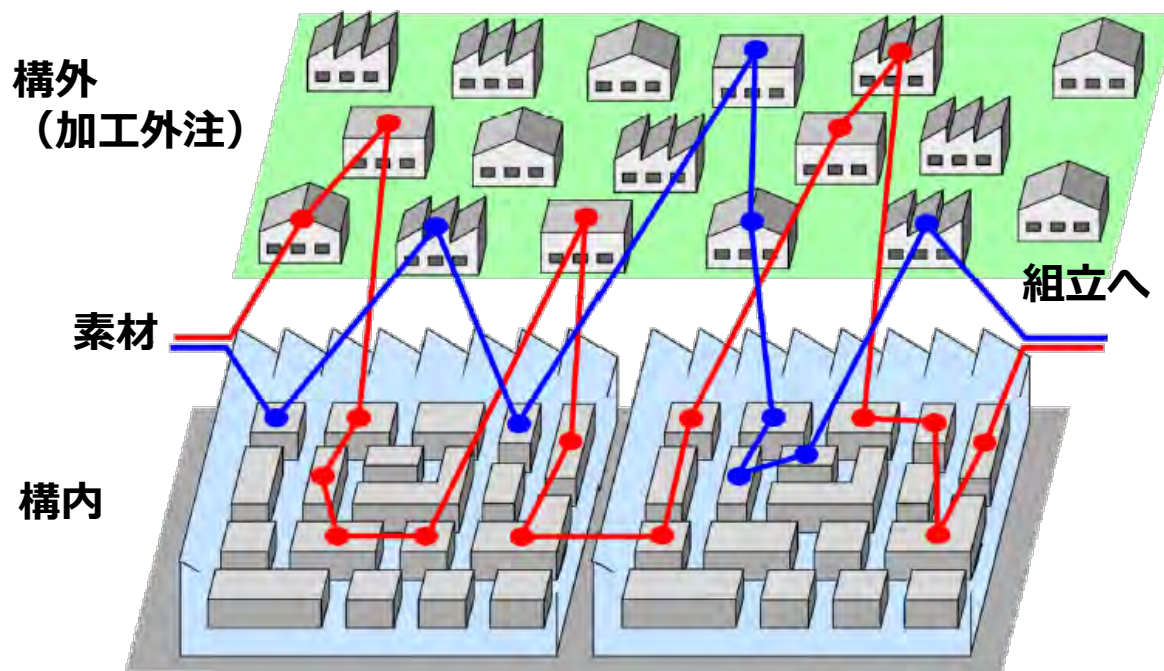


<http://www.khi.co.jp>

3 (3) 将来工場に向けた取組み

②航空機工場の特徴 ～スマートファクトリーへの道は容易ではない～

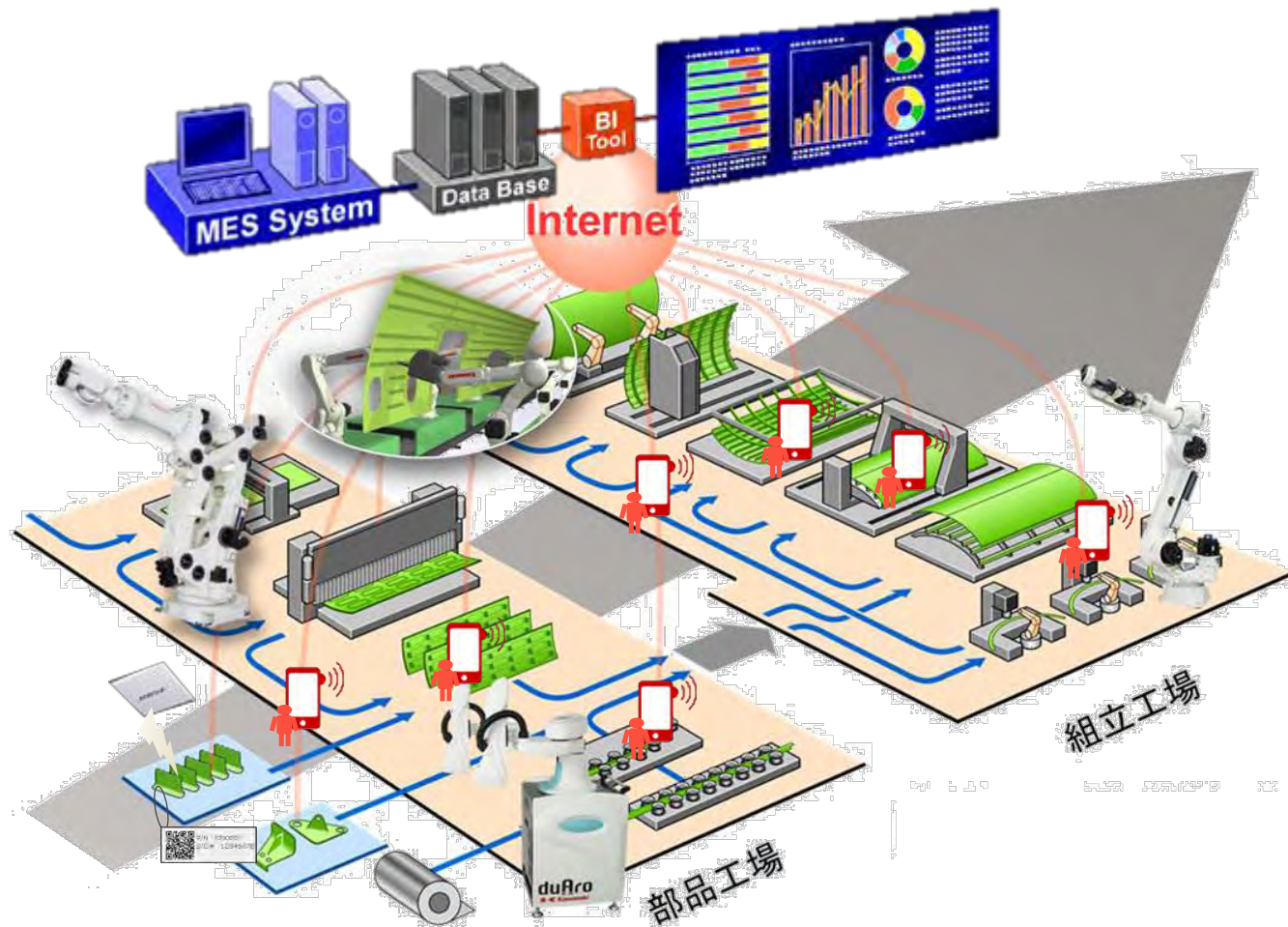
- 部品製作は極めて小ロットの生産
 - 様々な加工法/特殊な設備を経て完成させる
- ⇒ ライン生産ではなく Job Shop生産



それぞれの現場ごとに「紙による人系管理」により生産性向上へ努力しているが、全体最適化には「複雑系をどの様に測定し評価するか」が大きな壁になっている。

3 (3) 将来工場に向けた取組み

③ スマートファクトリーに向けた現在の取組み



3 (3) 将来工場に向けた取組み

⑤ 将来生産技術構築の課題 ～CMIへ期待すること～

加工技術・自動化技術などの生産技術を生産科学まで高め、飛躍的な進展を目指す
超多品種少量生産である航空機製造では、直面する**人材不足や技能継承等の課題**を克服しつつ、次世代機の受注活動にも寄与する**革新的生産技術**が求められている。

産業二一ズを東京大学 生産技術研究所に集約、高度な生産技術開発を産学官で推進



東京大学 生産技術研究所を中心とした技術開発組織

- ・アカデミックの立場から世界をリードする基盤技術の開発
- ・全産業分野を俯瞰しつつ、航空産業界への技術応用・技術指導

4. おわりに



<http://www.khi.co.jp>

＜川崎重工 航空宇宙システムカンパニー 2040年ビジョン＞

航空宇宙分野の優れた技術とモノづくりにより、
世界に貢献する新たな価値を創出し続ける
リーディングカンパニー



世界の人々の豊かな生活と地球環境の未来に貢献する
“Global Kawasaki”