

## 名古屋大学BP講座

# 航空機用エンジンの設計と製造 自己紹介・会社紹介・事業紹介

2020.12.12(土)

1. 自己紹介
2. 会社紹介
3. 民間航空機事業
4. 民間航空機エンジン事業

1. 自己紹介
2. **会社紹介**
3. 民間航空機事業
4. 民間航空機エンジン事業

**MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES**

*Total Assets*  
*(as of March 2020)* **5.0兆円 (\$46.3bil.)**

*Employees*  
*(as of March 2020)* **81,631名**

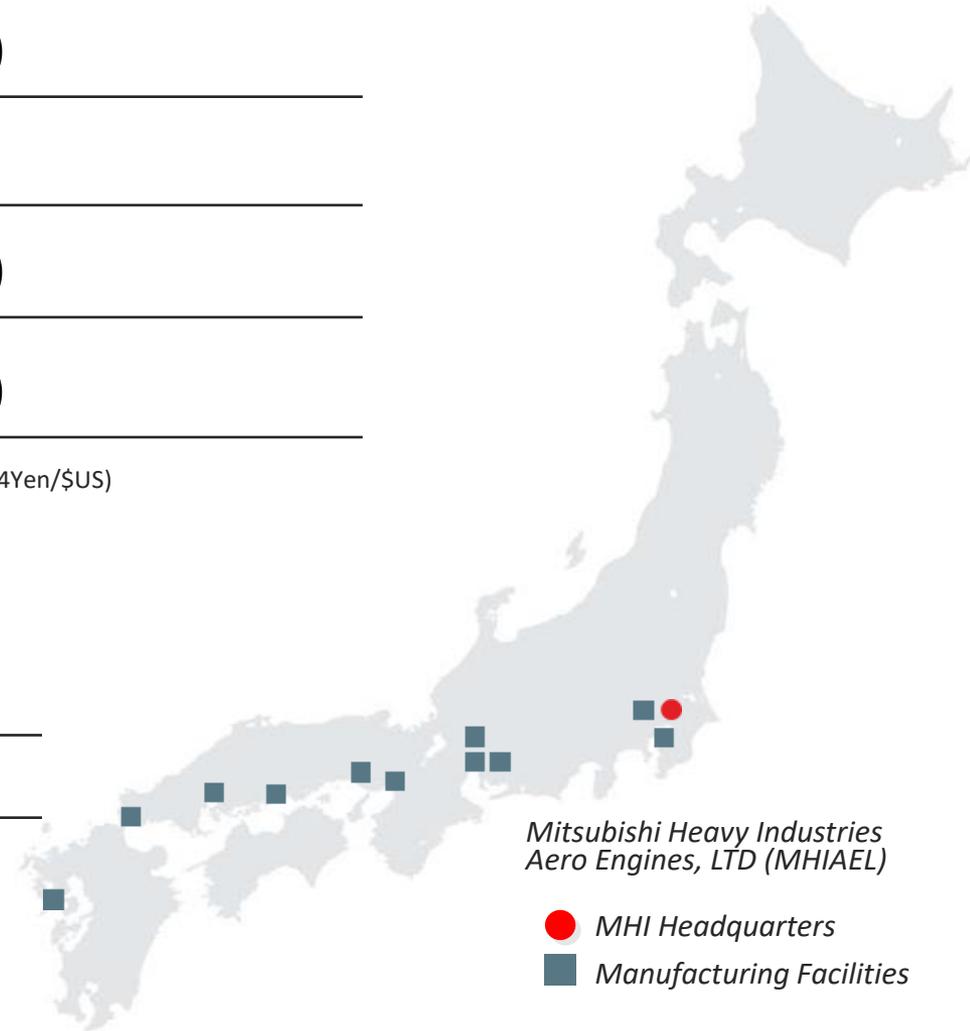
*Orders Received*  
*(April 2010 thru March 2020)* **4.2兆円 (\$38.7bil.)**

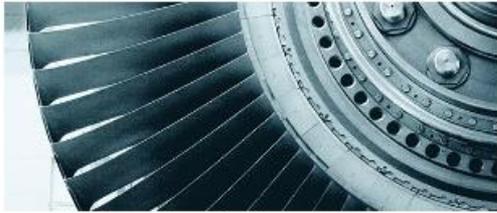
*Revenue*  
*(April 2010 thru March 2020)* **4.1兆円 (\$37.5bil.)**

(Figures given are on consolidated basis, converted into US Dollars at 107.74Yen/\$US)

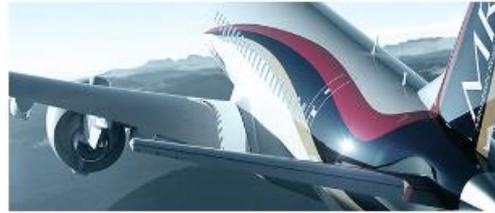
*Manufacturing Facilities* **11**

*R & I Centers* **1**





**ENERGY >**



**AIRCRAFT >**



**SPACE >**



**SHIP & OCEAN >**



**TRANSPORTATION >**



**MATERIAL HANDLING >**



**ENVIRONMENT >**



**AUTOMOTIVE >**



**INDUSTRIAL MACHINERY >**



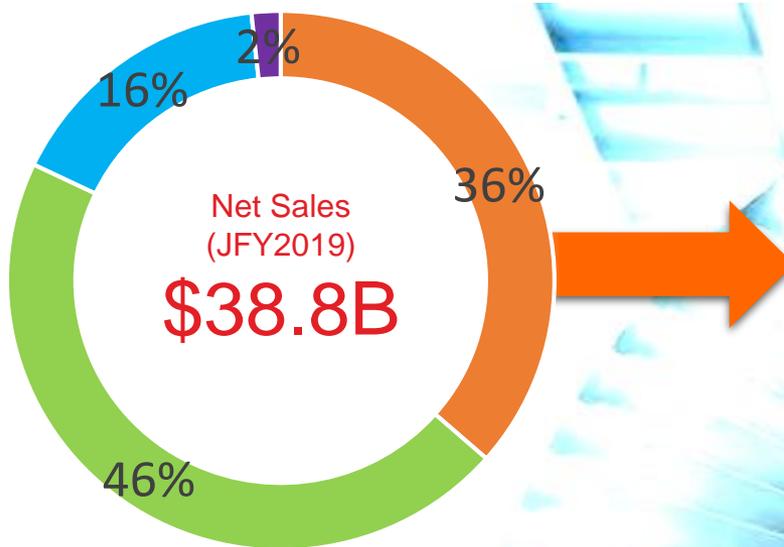
**INFRASTRUCTURE >**



**LIVING & LEISURE >**

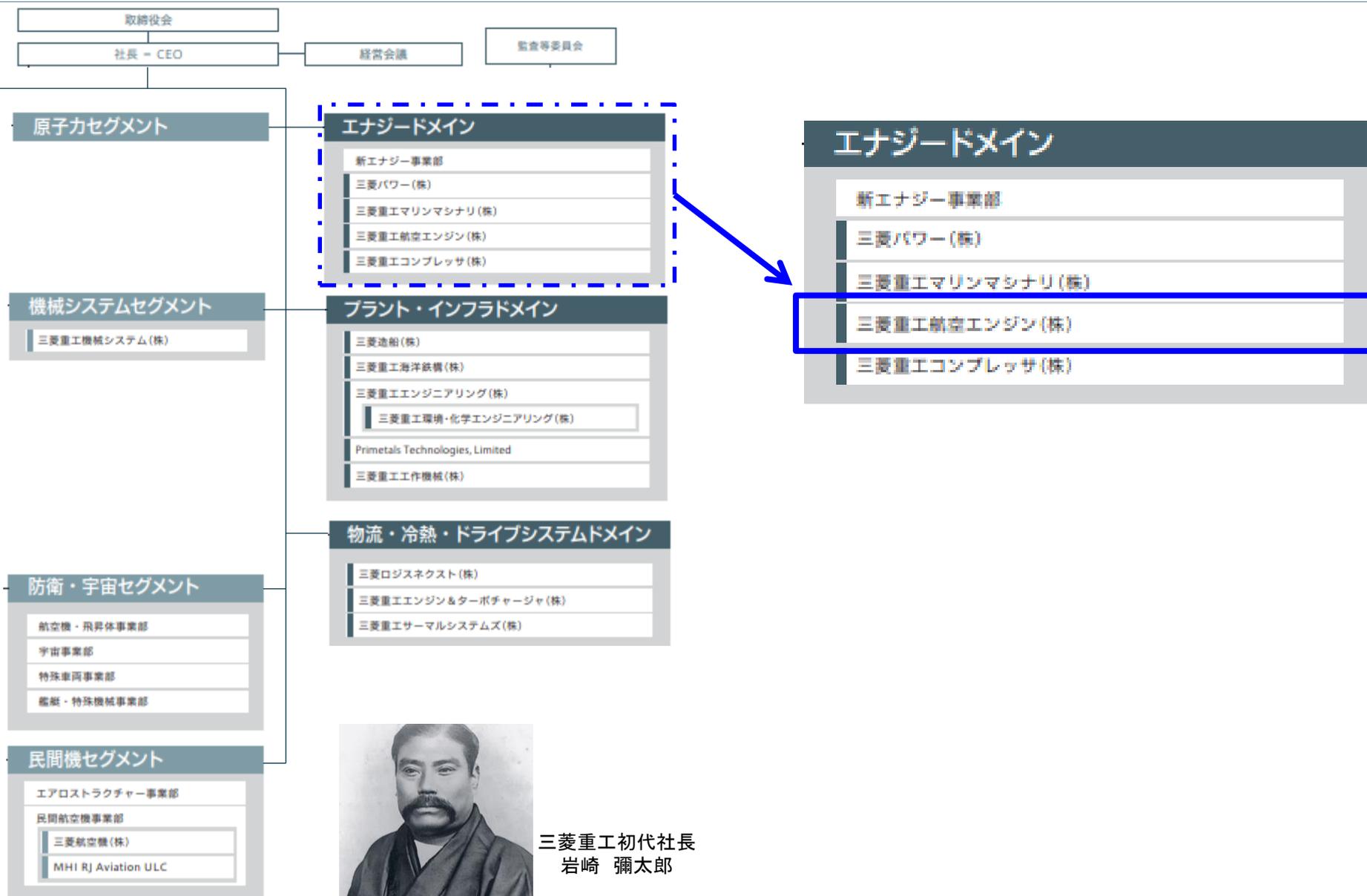


**DEFENSE >**



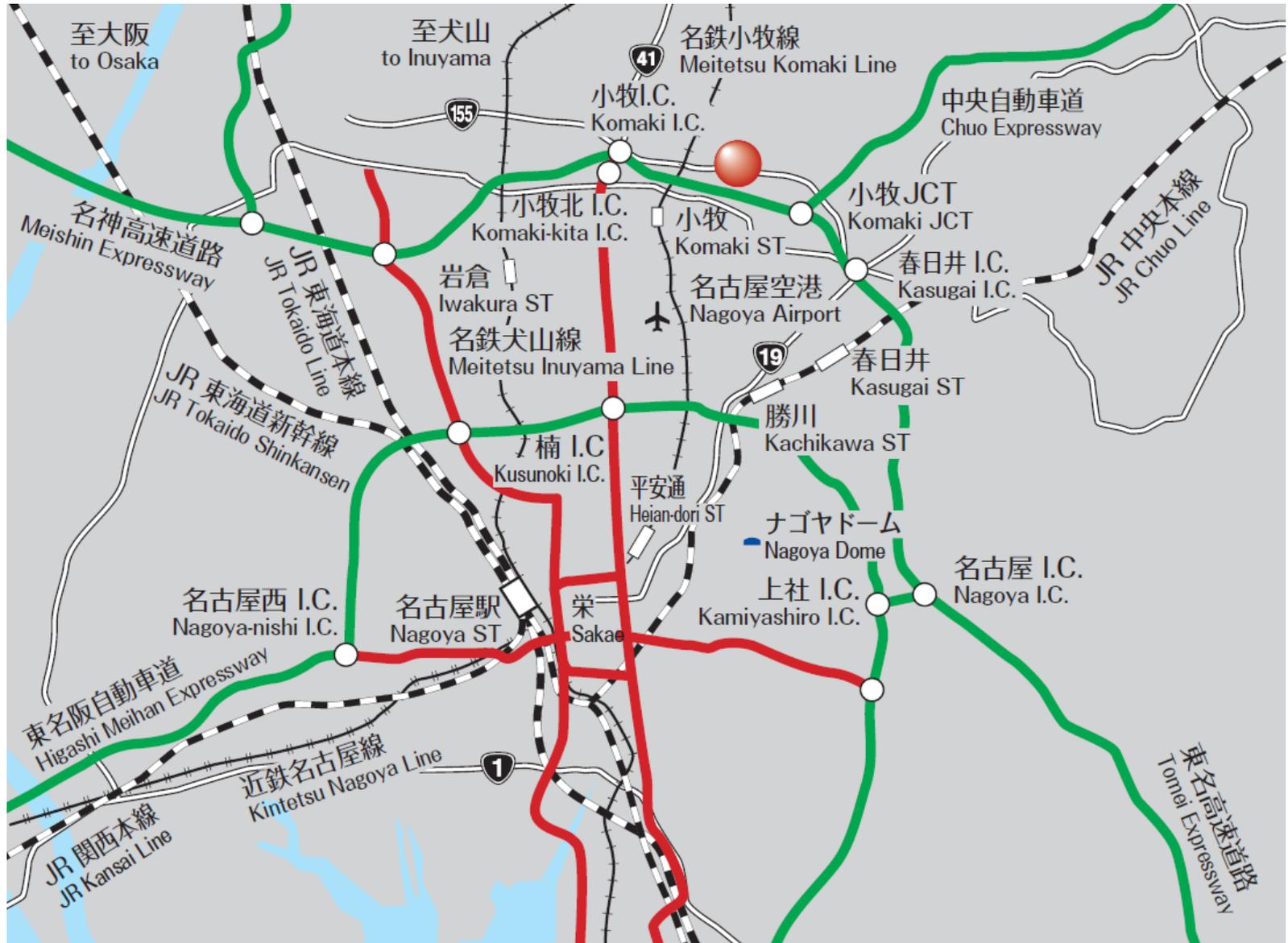
- Power Systems
- Industry & Infrastructure
- Aircraft, Defense & Space
- Others

Thermal Power Plants	
Aero Engines	
Compressors	
Aero Derivative Gas Turbines	
Renewable Energy	
Marine Machinery	



三菱重工初代社長  
岩崎 彌太郎

名 称	三菱重工航空エンジン株式会社 Mitsubishi Heavy Industries Aero Engines, Ltd. (MHIAEL)							
所 在 地	愛知県小牧市東田中1200番地 三菱重工工業(株)名古屋誘導推進システム製作所構内							
代表者の役職・氏名	取締役社長 島内克幸							
事 業 内 容	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 航空機用エンジン及び部品・部分品並びにこれに関する機器類の設計、製造、修理及び部品・部分品の販売</li> <li>2. 発電用、機械駆動用のガスタービンエンジン並びにこれに付帯する機器類の設計、製造、修理及び部品・部分品の販売</li> <li>3. 前各号に付帯する一切の業務</li> </ol>							
資 本 金	60億円							
株 主 及 び 持 株 比 率	<table border="0"> <tr> <td>三菱重工工業株式会社</td> <td>89%</td> </tr> <tr> <td>株式会社IHI</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td>株式会社日本政策投資銀行</td> <td>10%</td> </tr> </table>		三菱重工工業株式会社	89%	株式会社IHI	1%	株式会社日本政策投資銀行	10%
三菱重工工業株式会社	89%							
株式会社IHI	1%							
株式会社日本政策投資銀行	10%							
従 業 員	1000名(2020年11月1日現在)							
発 足 日	2014年10月1日							



## 事業環境

- 旺盛かつ堅調な航空機需要に支えられた成長市場。今後20年間で約83,000基（約130兆円）のエンジン需要あり。
- 低燃費・低騒音である最新型エンジン事業（PW1100GやTrent等）に幅広く参画、環境負荷低減に貢献。
- 今後MRO事業（メンテナンス・補修）がますます活性化し、市場拡大を牽引。

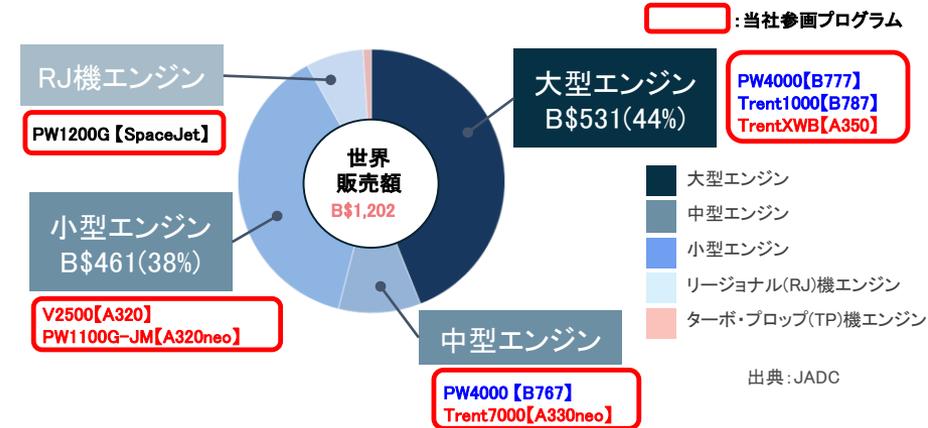
## 施策

- 事業拡大に対応した設備・人員の増強  
⇒グループ内リソースを有効活用した
  - ・ 部品製造の増産対応
  - ・ A320neo搭載用PW1100G-JMのMRO事業立上げ
- グループ内の技術シナジーを発揮し、事業領域拡大  
⇒
  - ・ OEM（P&W・RR）との協業深化による開発参画拡大
  - ・ 部品修理技術の確立・事業化による更なる事業領域拡大

MRO : Maintenance Repair & Overhaul QCD : Quality, Cost, Delivery  
OEM : Original Equipment Manufacturer P&W : Pratt & Whitney 社  
RR : Rolls-Royce 社

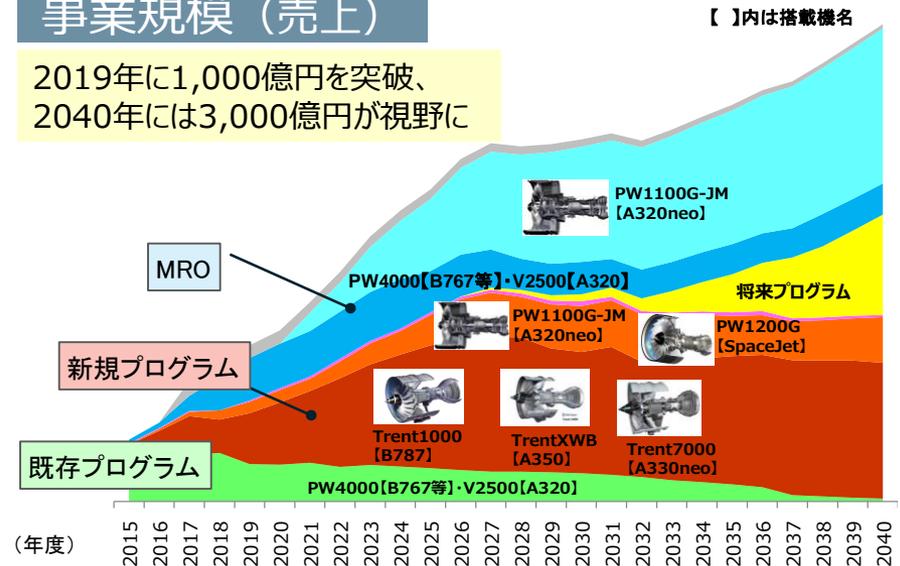
## 市場規模・成長性

今後20年間で約130兆円（約83,000基）のエンジン需要あり



## 事業規模（売上）

2019年に1,000億円を突破、  
2040年には3,000億円が視野に



## 今後の事業拡大を見据え、“将来拡張も踏まえた新たなエンジン部品製造拠点”

三菱重工航空エンジン 長崎工場 (2020年開設)



MRO : 世界各国のアラインへ



民間機エンジンの組立、MRO



Head Office



三菱重工航空エンジン 名誘工場



民間機エンジンの部品製造

部品製造 :  
欧州、北米でのエンジン組立へ

民間機エンジンの部品製造



# 参画プログラム (民間エンジン)

	過去	現在
<b>超大型機</b> (over 400 seats)	B747   <b>PW4000</b> 部品製造 MRO	A380/B747-8   <b>GE9x</b> 部品製造
<b>広胴機</b> (300-400 seats)	B777  A340   <b>PW4000</b> 部品製造 MRO	A350XWB   <b>Trent XWB</b> 部品製造 B777X   <b>GE9X</b>
<b>中型広胴機</b> (200-300 seats)	B767  A330   <b>PW4000</b> 部品製造 MRO	B787   <b>Trent 1000</b> 部品製造 A330neo   <b>GE9x</b> MRO  <b>Trent 7000</b>
<b>狭胴機</b> (100-200 seats)	B737  A320   <b>V2500</b> 部品製造 MRO	B737MAX   <b>PW1100G -JM</b> 部品製造 A320neo 
<b>リージョナル ジェット</b> (30-100 seats)	CRJ 700/900  EBR190/195  EBR170/175 	SpaceJet/C series   <b>PW1200G</b> 部品製造 組立
<b>ヘリコプタ</b>	-	S-76D   <b>PW210</b> 部品製造

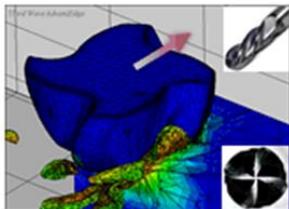
## 燃焼器モジュール



燃焼器ケース



燃焼器



切削シミュレーション



セラミックミリング



高速レーザ穴加工

先進製造技術

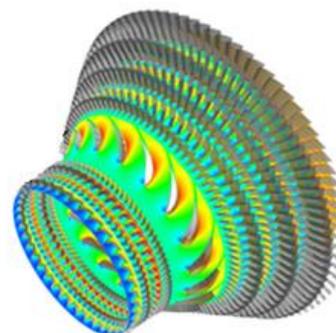
## タービンモジュール



タービンブレード



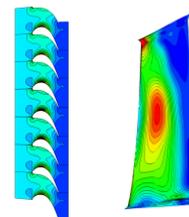
タービンディスク



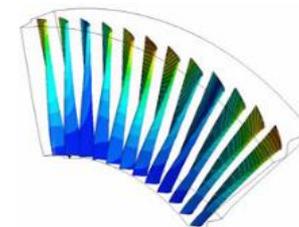
流れ解析



要素試験

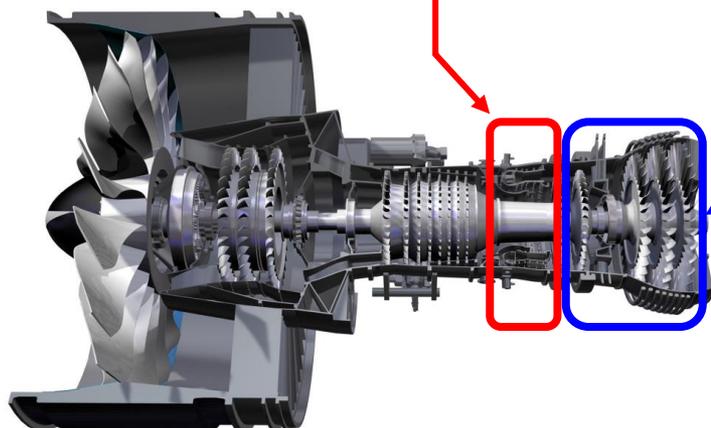


応答解析



フラッタ解析

設計技術



	自社開発	ライセンス生産	整備・修理	
回転翼機	 OH-1(陸)  部品製造 MRO	 H-60系(陸海空)  部品製造  CH-47(陸空)  部品製造	 TITAN系 新規製造 MRO  TITAN系 新規製造 MRO	 TH-480(陸) (250-C20W)  MRO
	 F-4(空)  部品製造 MRO	 F-15(空)  部品製造  F-2(空)  部品製造	 JFS190 部品製造 MRO  ESS/EPU 部品製造 MRO	 T-5(海) (250-B17D)  T-7(空) (250-B17F)  MRO  U-36A(海) (TFE731-2-2B)  U-125A(空) (TFE731-5R-1H)  MRO  T/LC-90(海) (PT6A-21)  MRO  LR-2(陸) (PT6A-60A)  MRO
無人機	 TJM3 新規製造  標的機(空)	 MG6 新規製造 部品製造 MRO  FFOS/FFRS(陸)	 JT15D-5F MRO  T-400(空)	

## <MRO エンジン修理>

取扱製品	搭載機体	作業範囲/整備台数
	B747/B767	・エンジン全体整備 (フルオーバーホール) (1994年～)
	B777	・モジュール整備 (LPC*1, LPT*2) (2004年～)
	A320	・エンジン全体整備 (フルオーバーホール) (2016年～)
	B787	・モジュール交換 (IPC*3) (2019年～)

## <新製エンジン組立>

取扱製品	搭載機体	作業範囲
	SpaceJet	・最終組立 ・エンジン試験

## <立上げ機種 MRO エンジン修理 >

取扱製品	搭載機体	作業範囲
	A320-neo	・エンジン全体整備 (2021年開始予定)

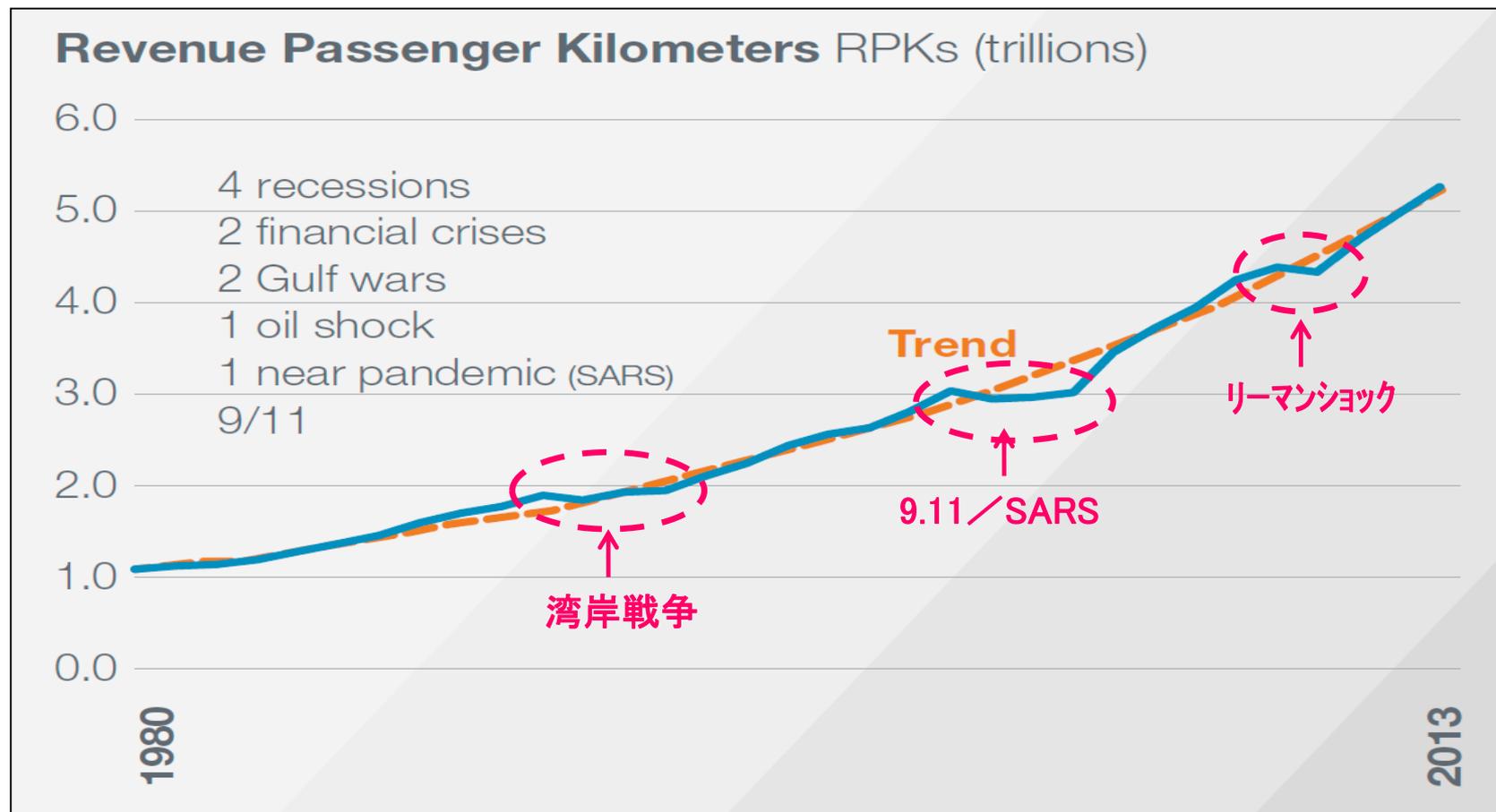
## <主要顧客>

\*1 : Low Pressure Compressor Module  
 \*2 : Low Pressure Turbine Module  
 \*3 : Intermediate Pressure Compressor Module

1. 自己紹介
2. 会社紹介
- 3. 民間航空機事業**
4. 民間航空機エンジン事業

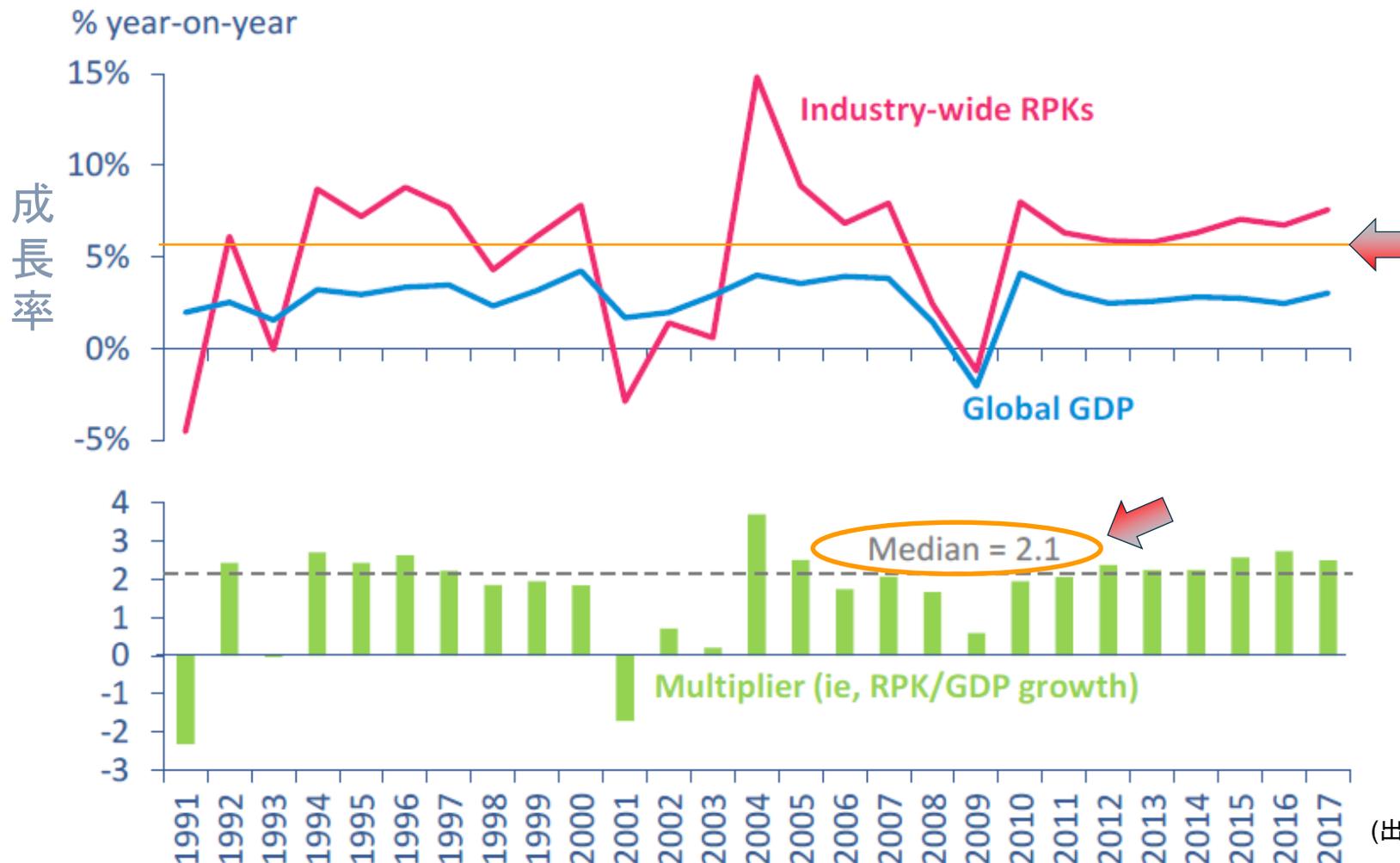
# これまでの民間航空機需要

事業の展望 **旅客距離トレンド** (有償旅客キロ数(RPK): 1年間の航空機を使った延べ移動距離)



世界の旅客需要は継続的に年平均5%増加していた

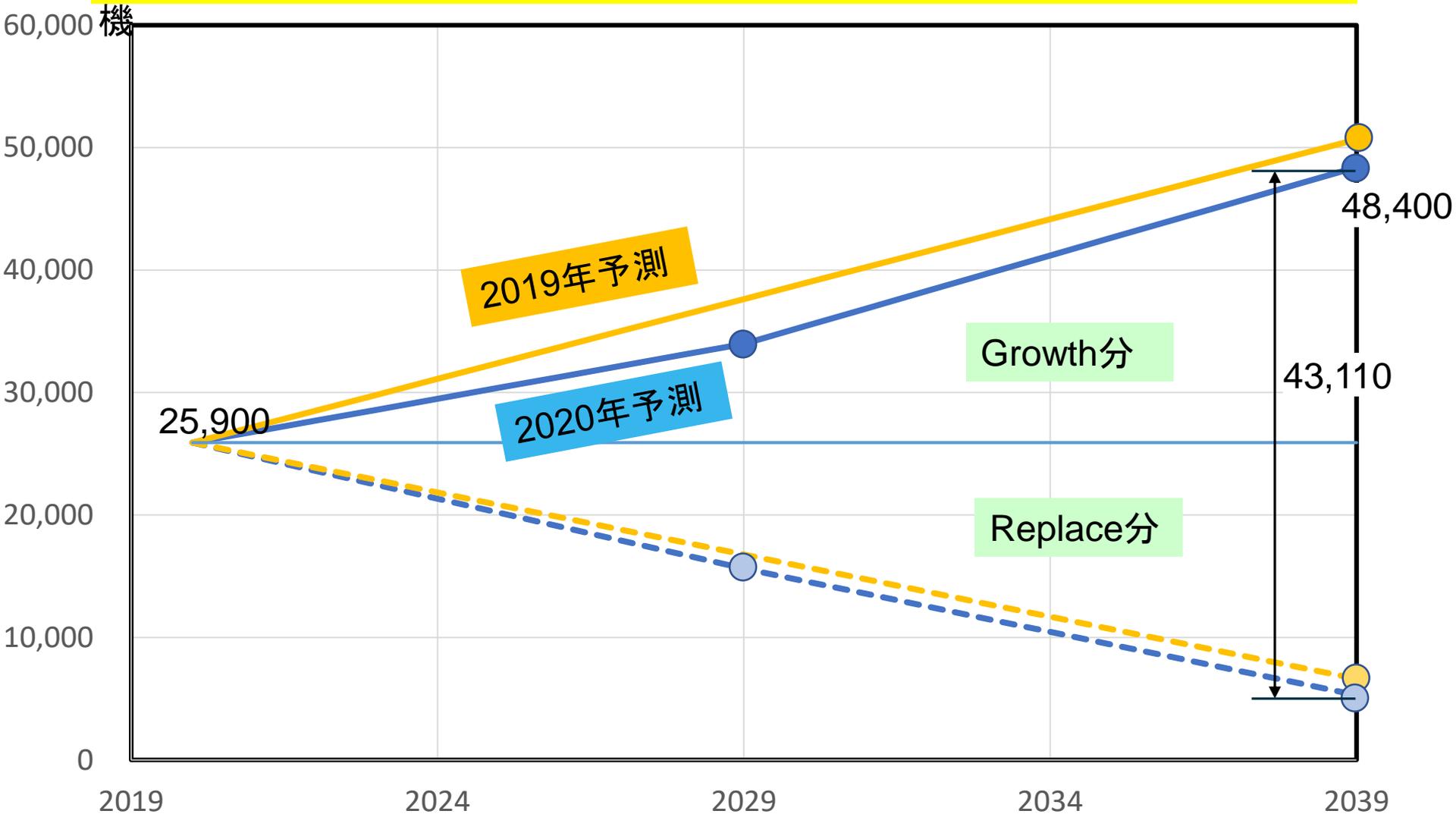
有償旅客キロ数(RPK)は年率平均5.5%で増加。GDPの成長率の約2倍



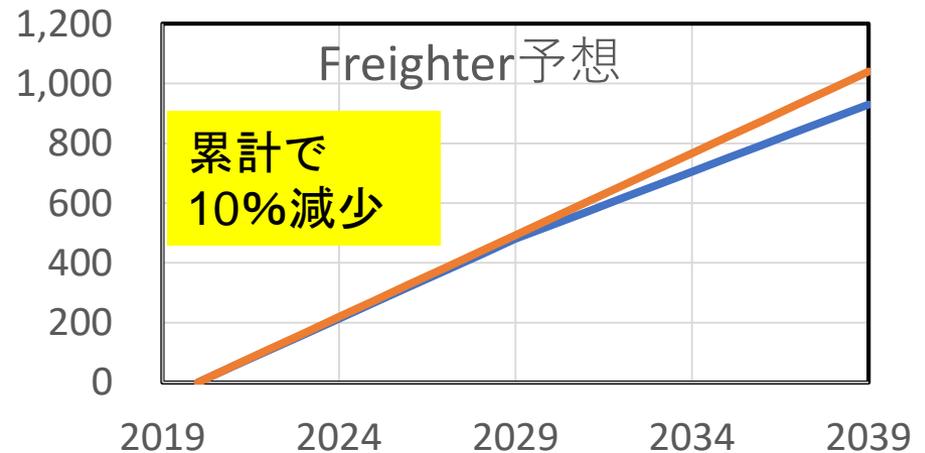
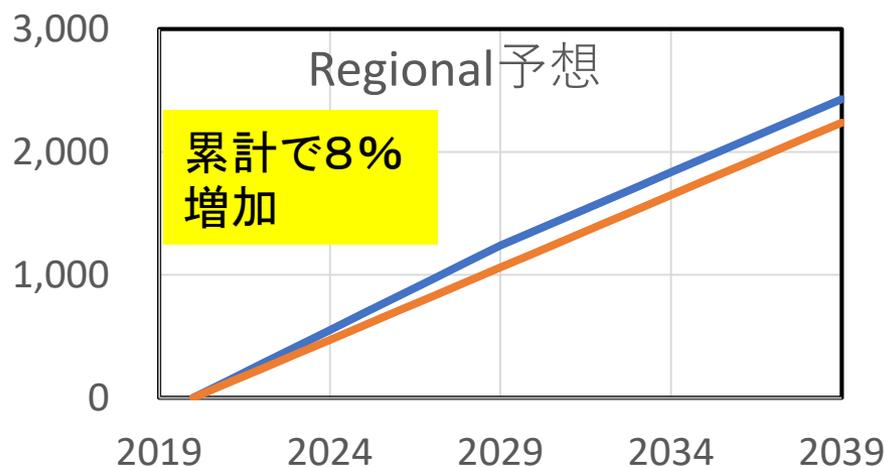
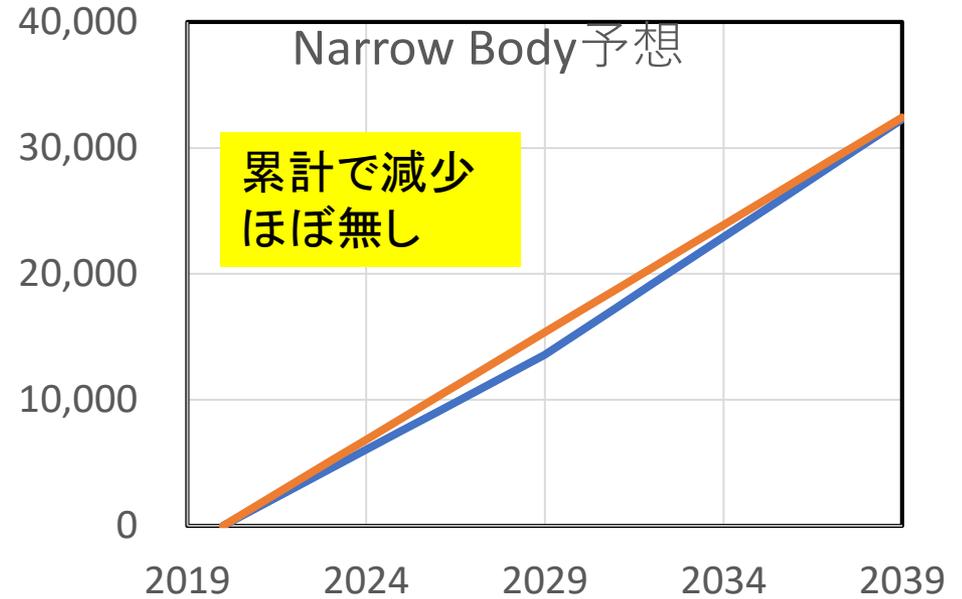
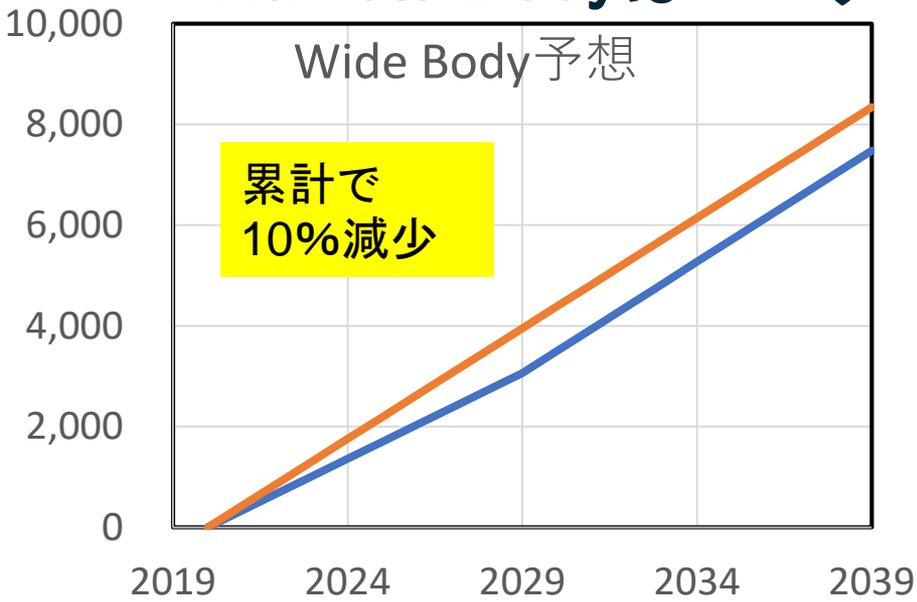
(出展: ICAO)

今後20年間、BOEINGは年率4.5%、AIRBUSは年率4.8%増加と予想

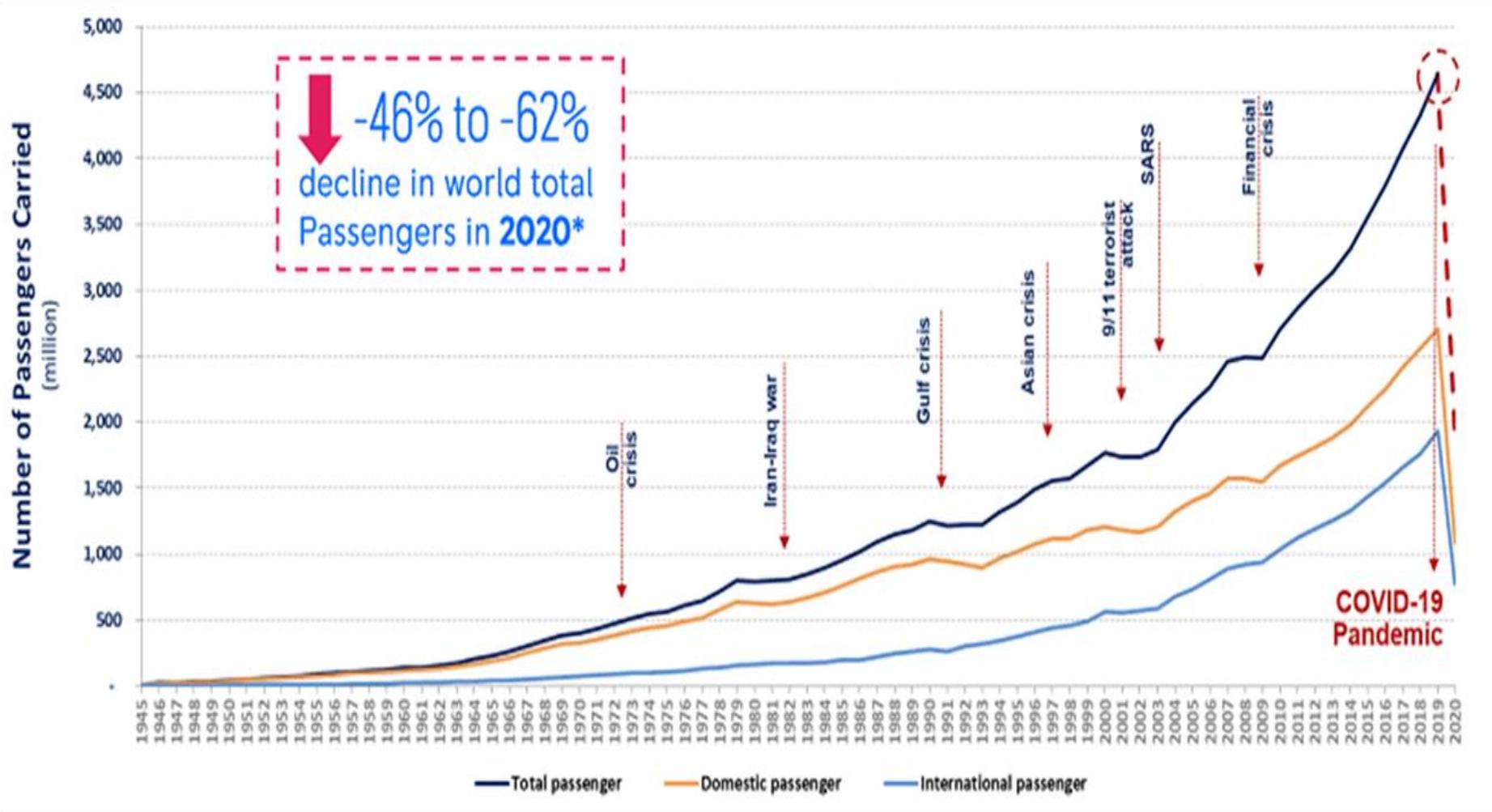
## コロナの影響を受けても20年で約2倍の需要と予測



# Narrow Bodyはコロナの影響を受けず

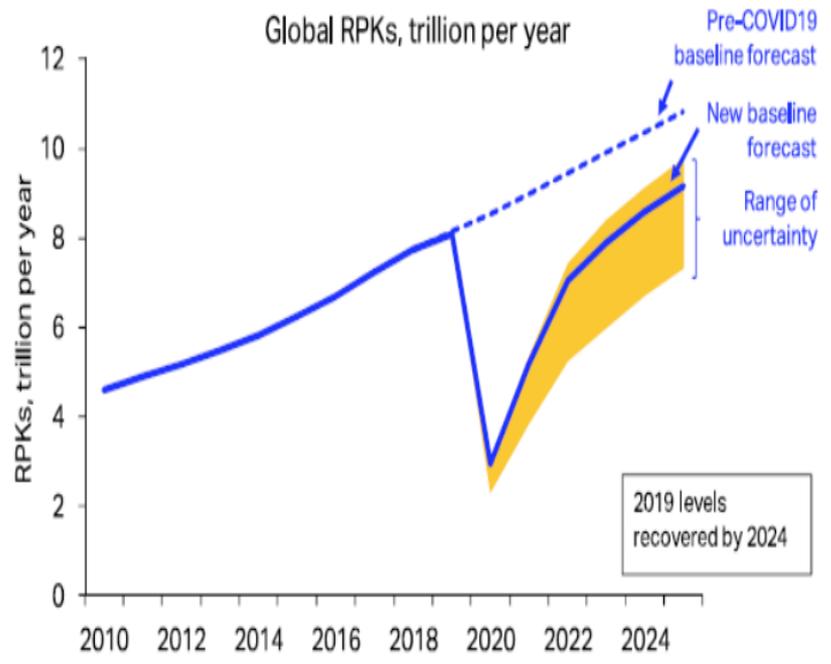


## 過去のイベントでは元の成長曲線に復帰していたが...



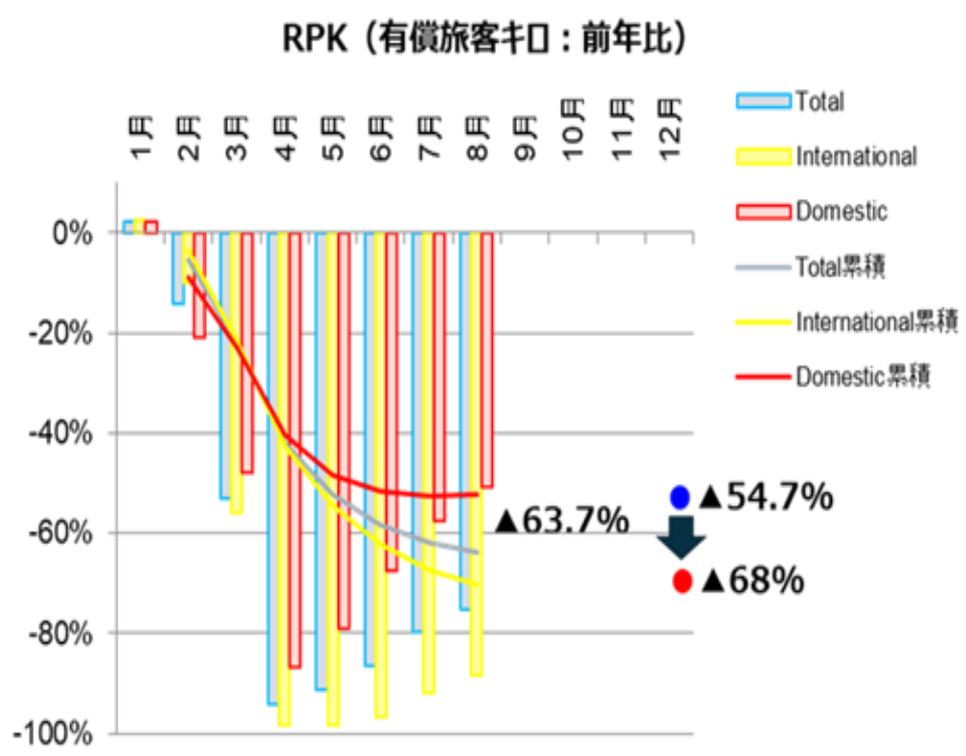
**・2019年レベルに復帰するのは2024年**  
**・国内線(Narrow Body)は国際線(Wide Body)より復調良好**

IATA Economics' Chart of the Week 30 July 2020  
 Five years to return to the pre-pandemic level of passenger demand



Source: IATA/ Tourism Economics Air Passenger Forecasts

IATA公表値 (8月実績反映) 「回復の大半は国内線市場」

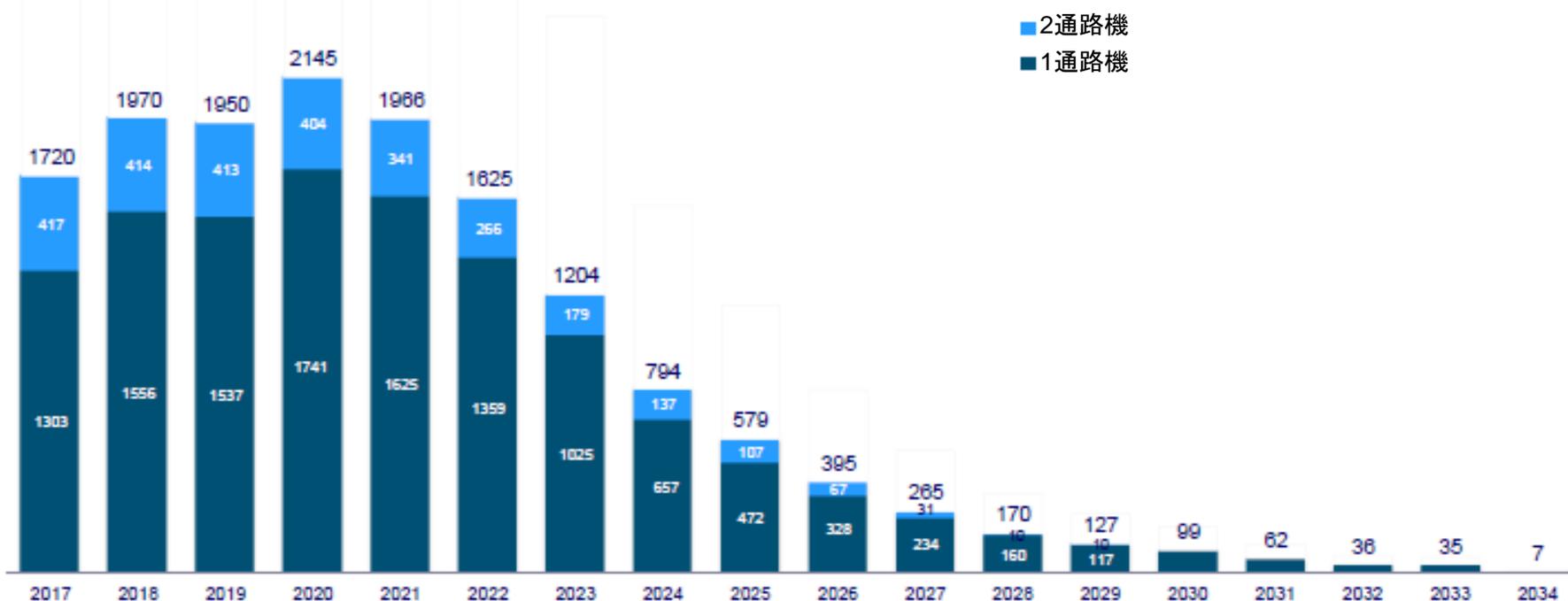


# 大量のバックログ : 安定した需要

## BACKLOG DELIVERIES BY YEAR

(# Aircraft)

既受注機体の納入予定 (@2016年時点受注実績ベース)

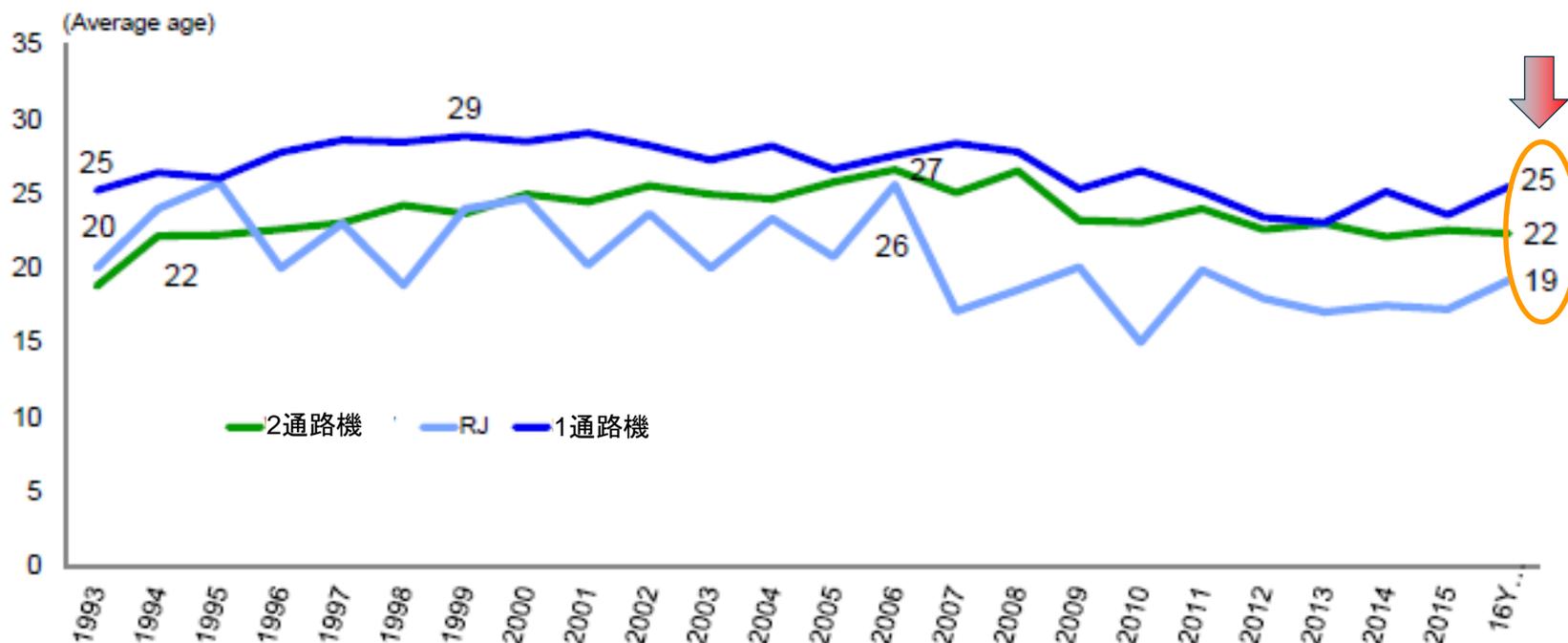


Source: Fleet Discovery 9/30/16, Net Aircraft Backlog  
Single aisle defined as jets greater than 95 seats

サプライチェーン全体で供給限界  
寡占状態の中、供給サイドで市場をコントロール

## AVERAGE PASSENGER A/C RETIREMENT AGE

RJ retirement age impacted the most due to 50 seaters; single aisle average age down to '90s levels

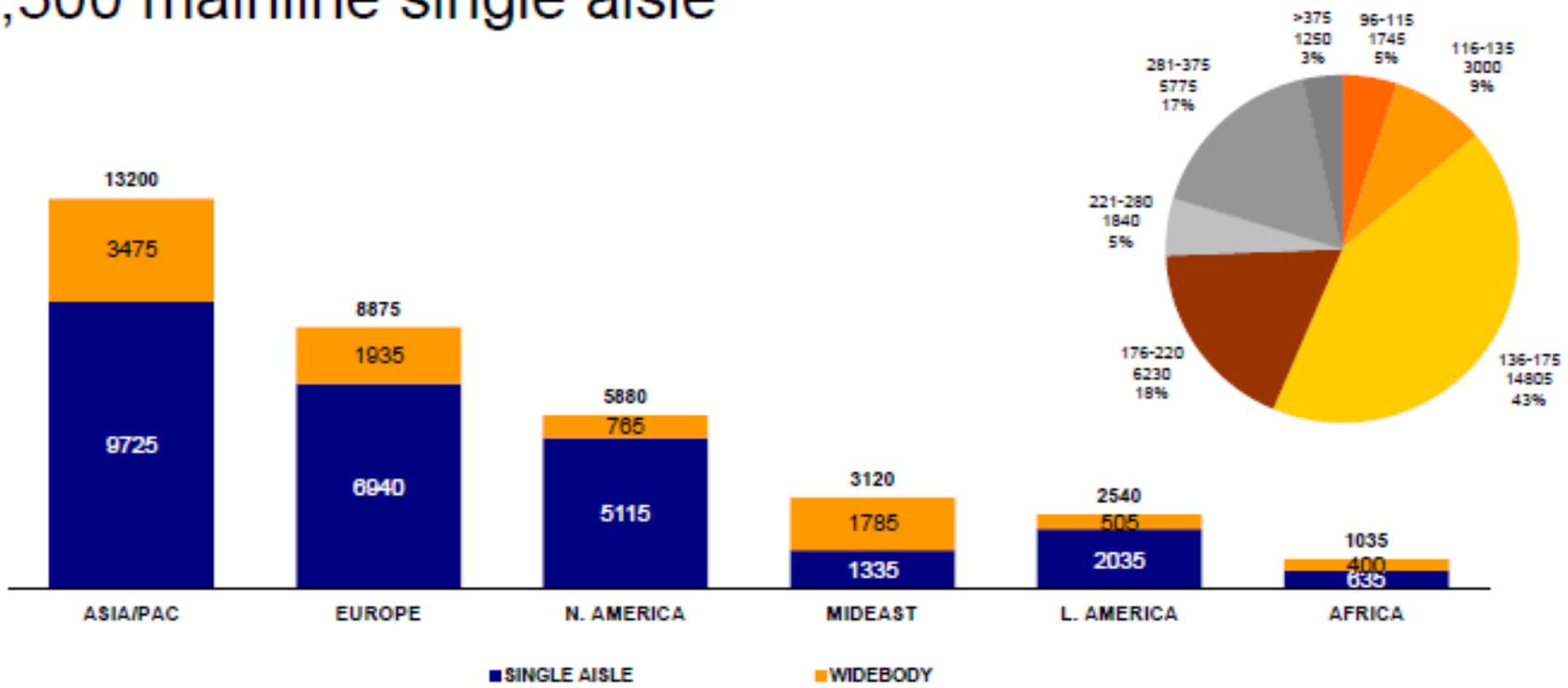


一機種の寿命=プログラムライフは40年以上  
膨大な開発費⇒ハイリスク・ハイリターンのビジネス

新興国の個人消費が2.4倍。世界的に中間層が2倍。⇒可処分所得の増加  
 特に経済成長の60%以上が新興国⇒新興国での一人当たりのその移動が2.5倍

## DELIVERY FORECAST, 2016-2035

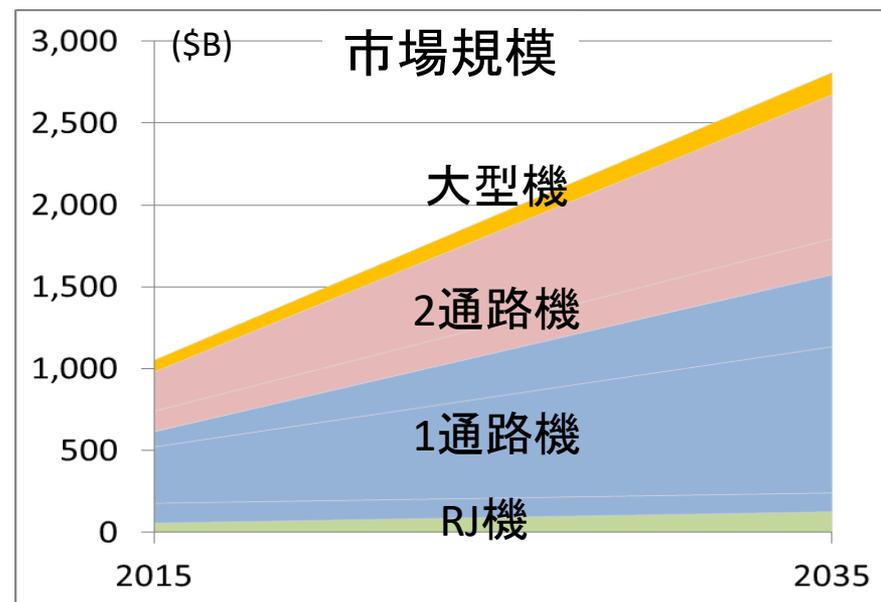
34,650 total aircraft  
 25,300 mainline single aisle



アジア・太平洋地域での需要が最大

# 民間航空機ビジネスのプレイヤー

- 機体製造メーカー(100兆円規模)
- 中・大型旅客機(国際線用の2通路機や国内線用の1通路機)
  - ボーイング(米国)
  - エアバス(欧州)
- 小型旅客機(地方路線用のプロペラ機やリージョナル機)
  - エンブレア(ブラジル)
  - ボンバルディア(カナダ)
  - 三菱航空機(日本)
  - 他(中国・ロシア等)
- エンジン製造メーカー(5兆円規模)
  - GE(米国)
  - Pratt & Whitney(米国)
  - Rolls-Royce(英国)



MRJを除き、日本メーカー(三菱重工,川崎重工,IHI,富士重工)はボーイング、エアバスやGE,P&W,RRプログラムに参画

部品点数 2通路機で600万点 自動車は2~3万点 : 200~300倍

⇒ **裾野が広く、技術の波及効果も大きい**

価格(定価) 787で約200億円 MRJが約50億円

開発費用 787で約1.2兆円 エンジン2~3千億円

新型モデルの寿命 20~30年

767は1980年代開発開始、後継の787は2004年開発開始

製品の寿命 20年以上

⇒ **開発リスク大・開発費多額のためモデルチェンジは少ない**

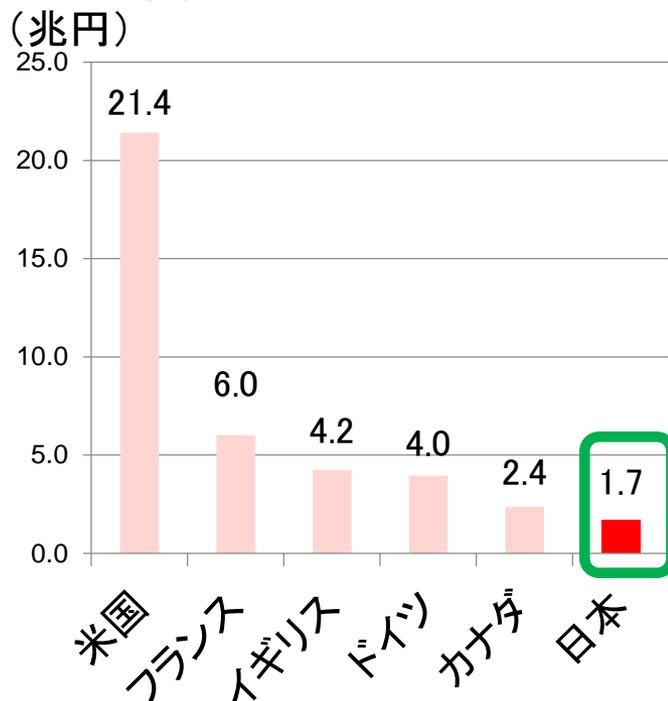
**高い技術力・資本力が必要のため参入障壁が高い**

**プログラムライフは40年⇒ ハイリスク・ハイリターン**

## 【各国航空宇宙産業規模】

(2013年)

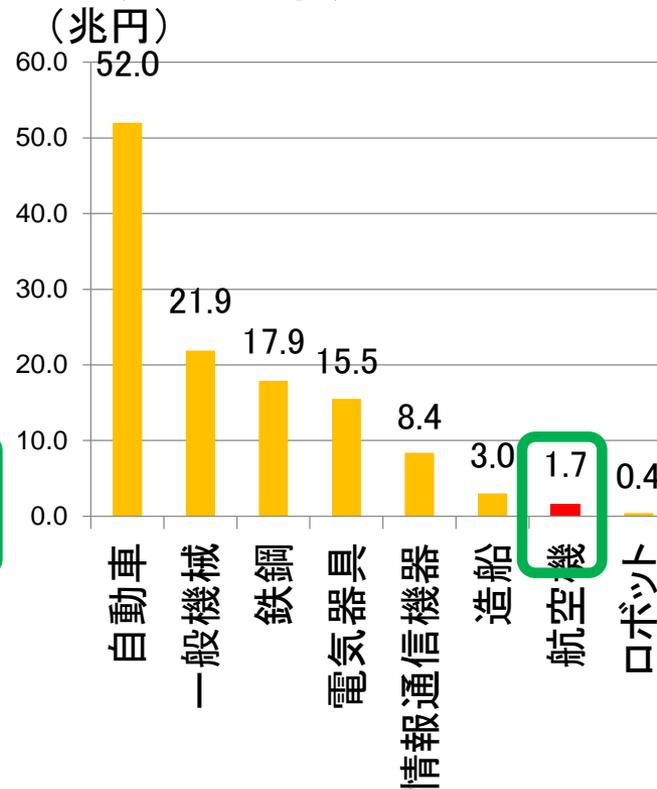
出典: SJAC



## 【産業別出荷額(日本)】

(2013年)

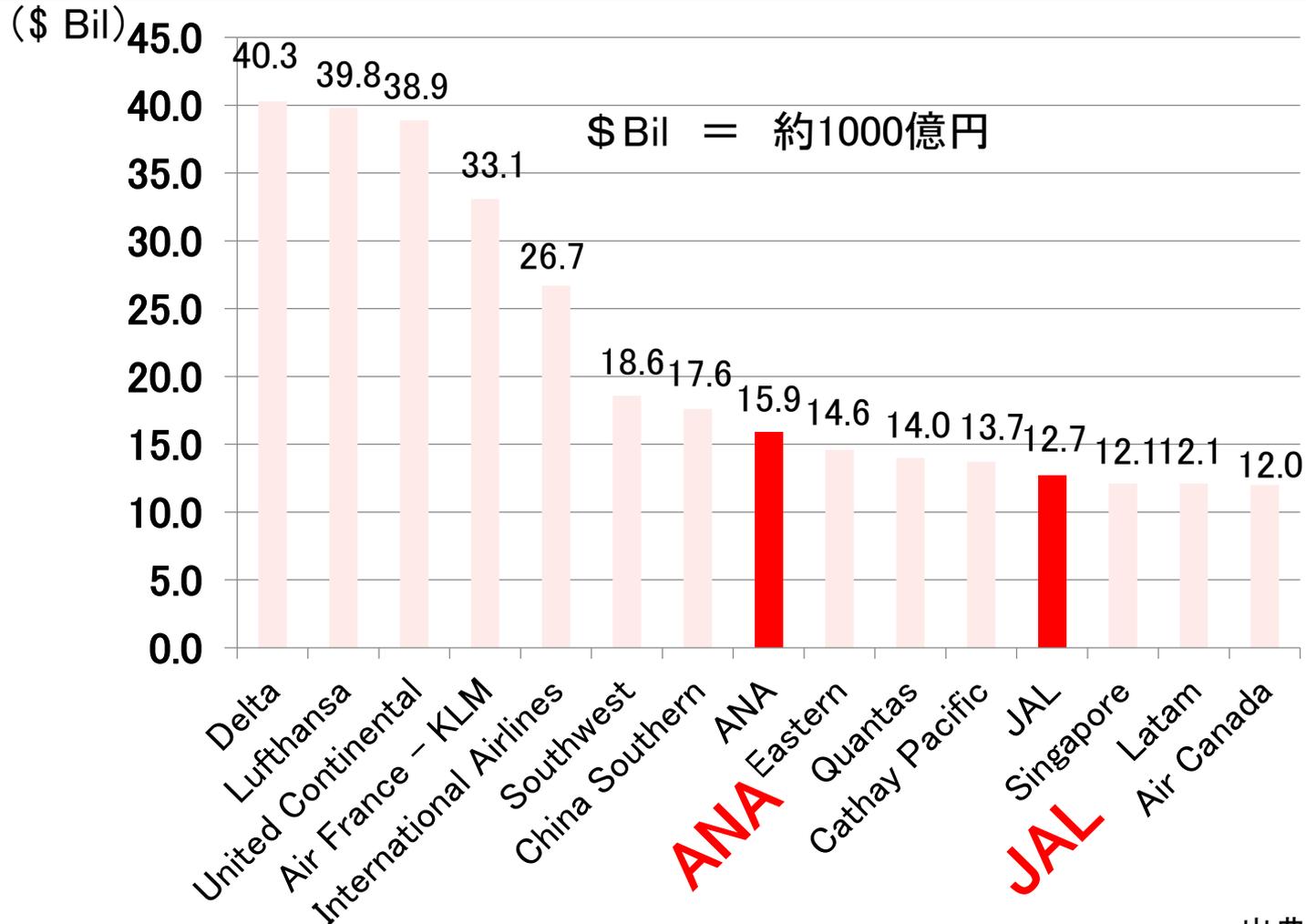
出典: 工業統計表



⇒ 米国の1/15  
英仏独の1/3

⇒ 自動車の1/30以下  
52兆円⇔1.7兆円

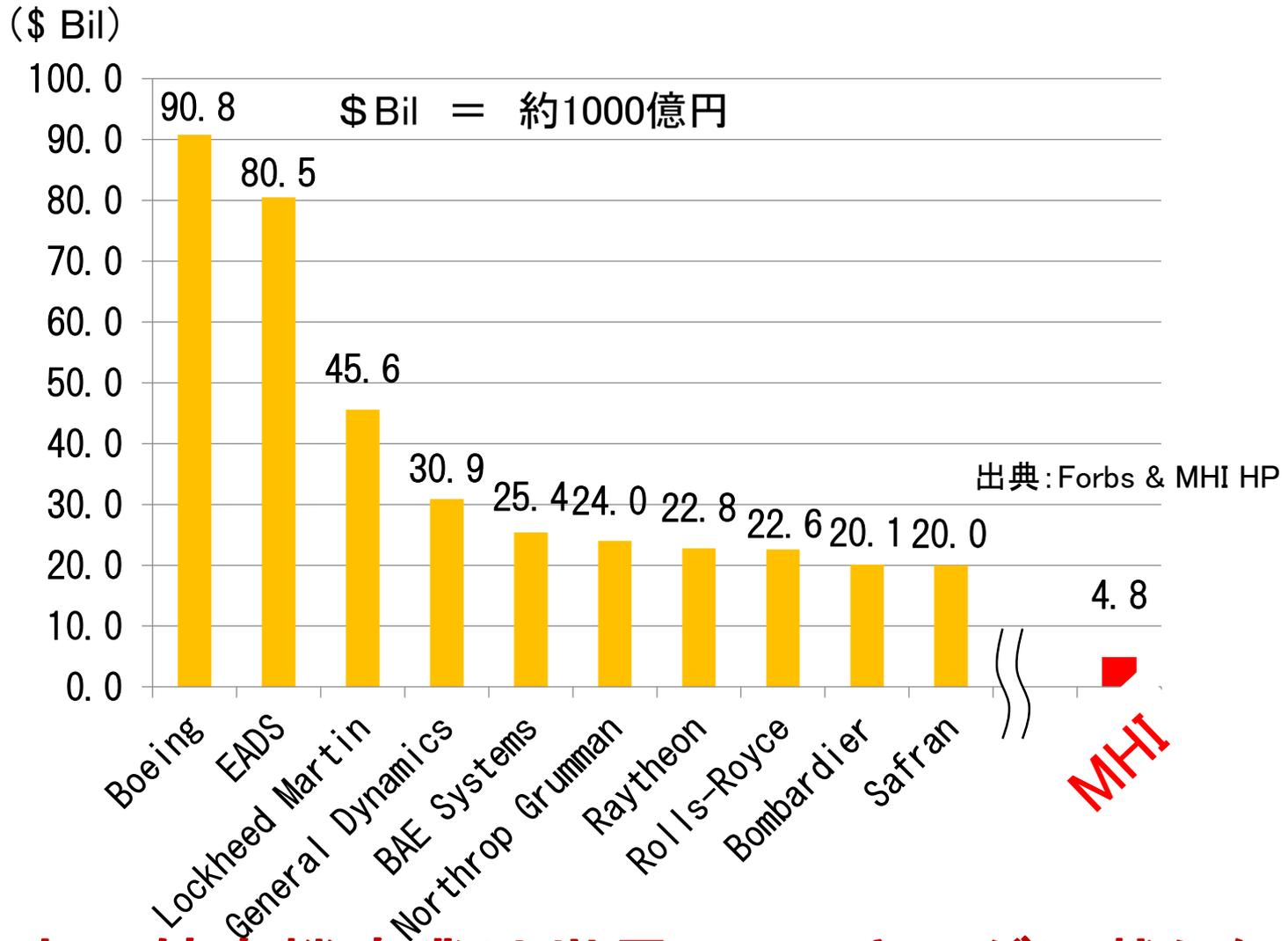
# エアラインの規模比較



日本のエアラインは世界規模で健闘  
(ANA1.6兆円 JAL1.3兆円)

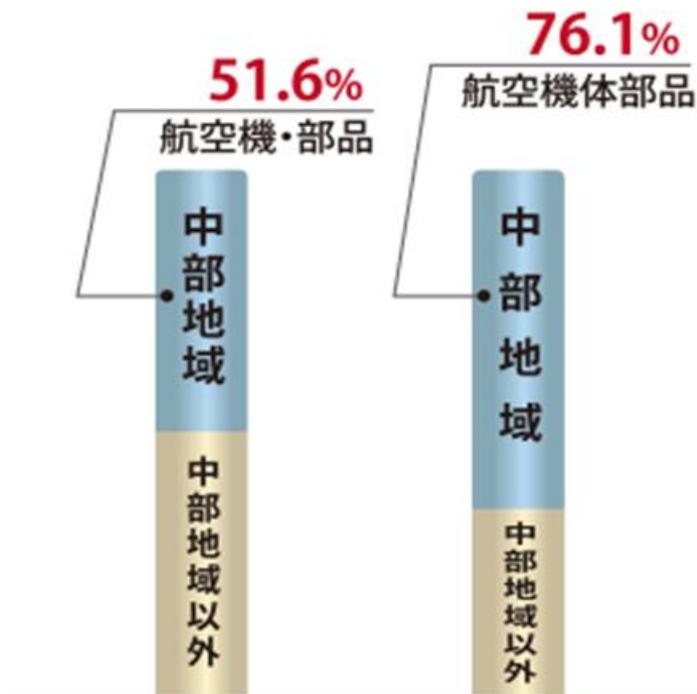
出典: Forbs

# Aerospace & Defence 企業の規模 三菱重工航空エンジン



日本の航空機産業は世界のランキングに載らない

- 中部地区は**全国の半分以上**が集積
- 三菱重工、川崎重工、富士重工が機体部品を製造
- エンジン(三菱重工航空エンジン)、素材メーカー(東レ)等

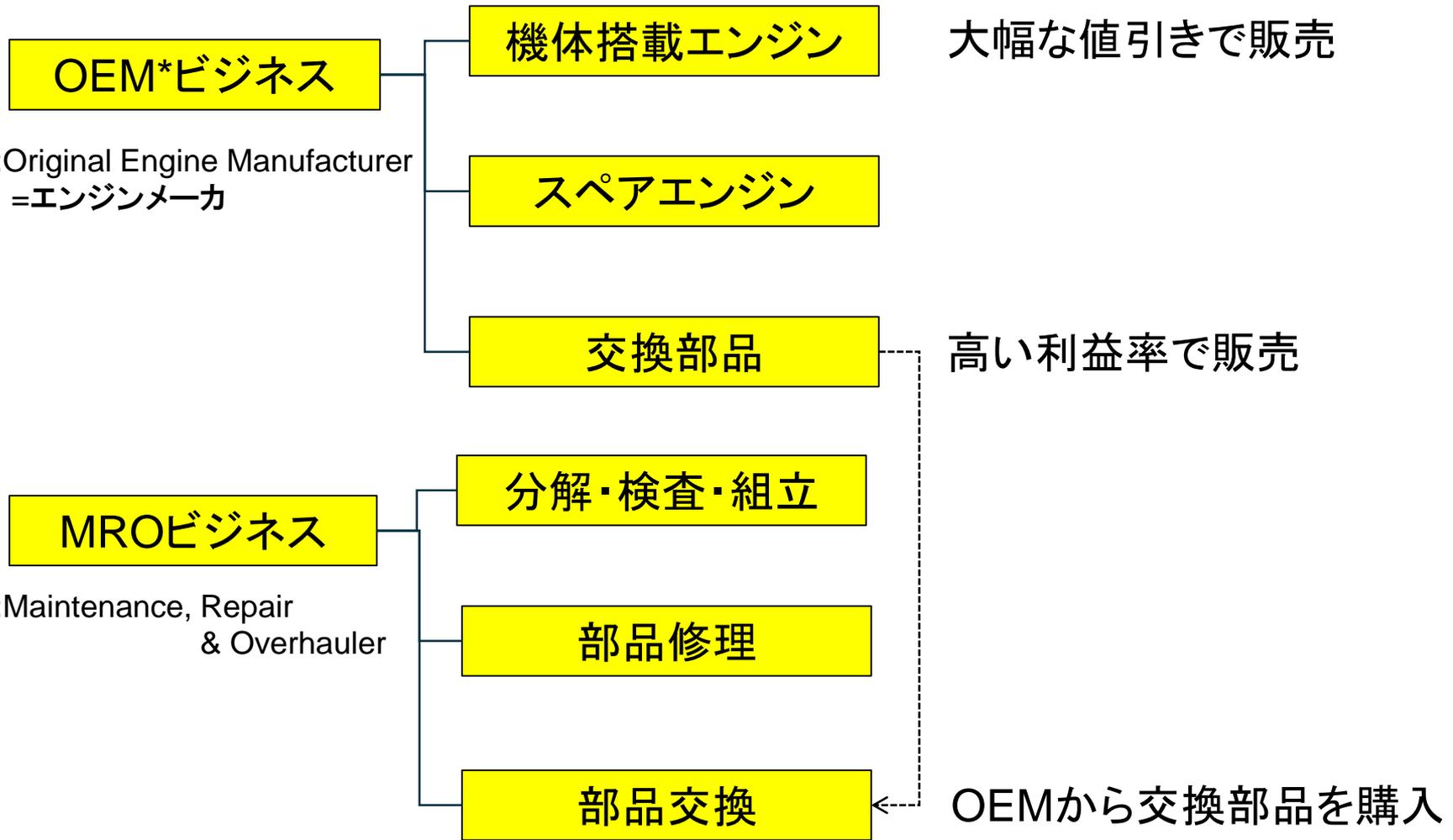


航空宇宙産業の集積状況(2013年)

航空機・部品・・・航空機、機体部品・付属装置、発動機、その他  
航空機体部品・・・航空機・部品のうち機体部品のみ

出典：中部経済産業局「管内生産動態統計集計結果」  
経済産業省「生産動態統計調査」(2014年2月)

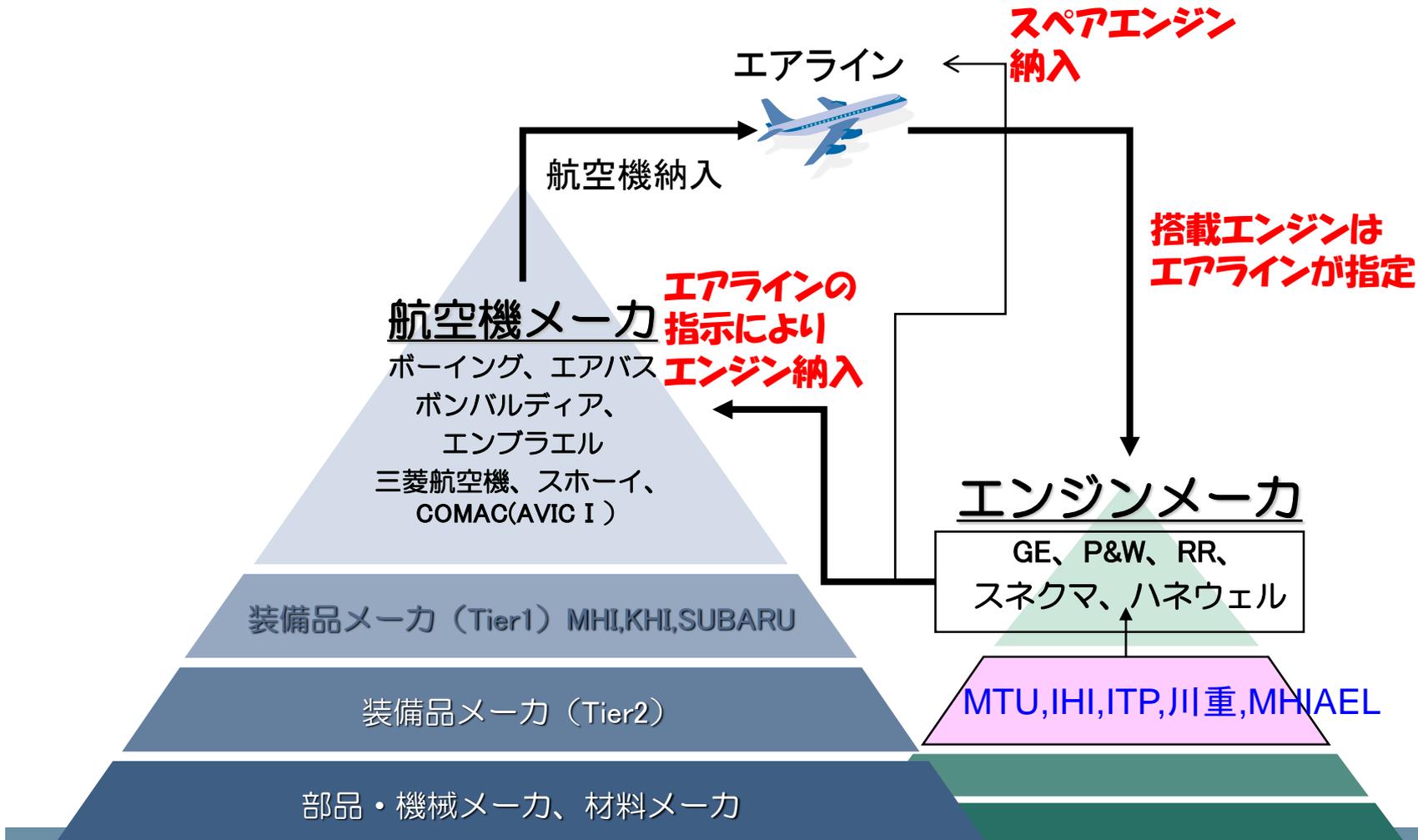
1. 自己紹介
2. 会社紹介
3. 民間航空機事業
4. **民間航空機エンジン事業**



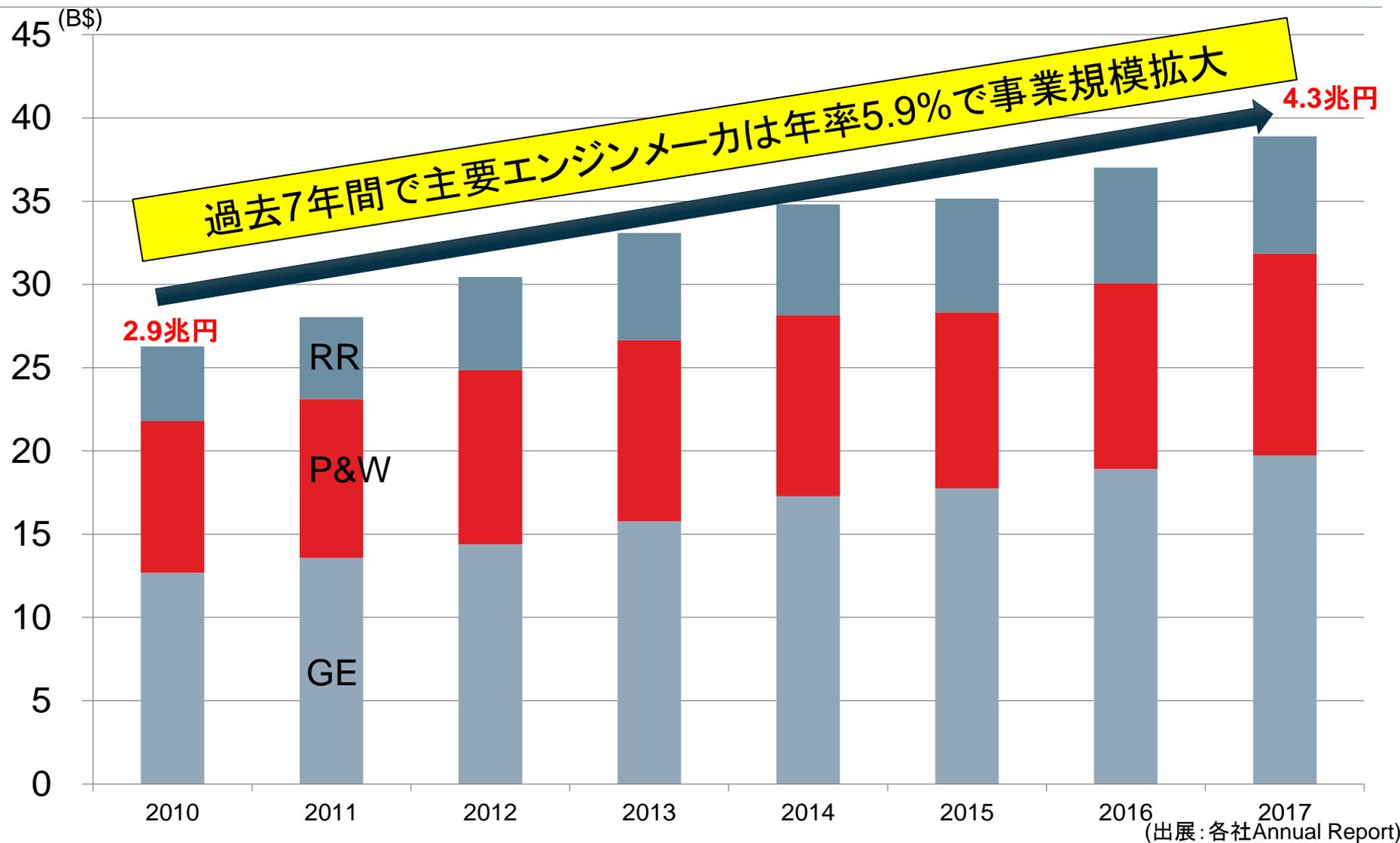
業界の構図：機体メーカー、エンジンメーカー、エアラインの関係

○航空機では航空機メーカーを頂点とする業界構造だが、これに装備する**エンジン**は、この傘下ではなく、**搭載エンジンはエアラインが指定をする商流**となっている。

○エンジンメーカーは航空機メーカーに**機体搭載エンジン**、エアラインに**スペアエンジン**販売。



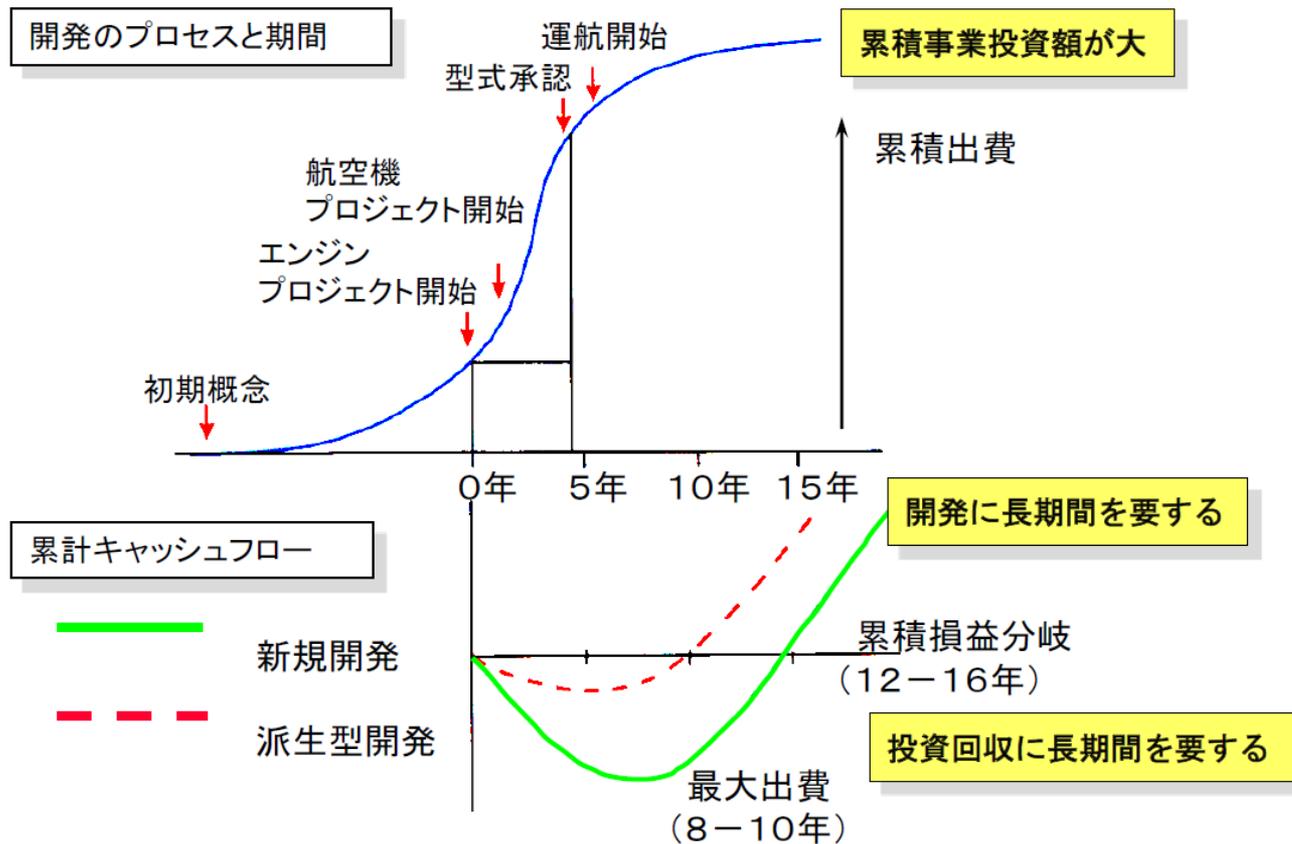
# 民間航空エンジンOEM3社の売上



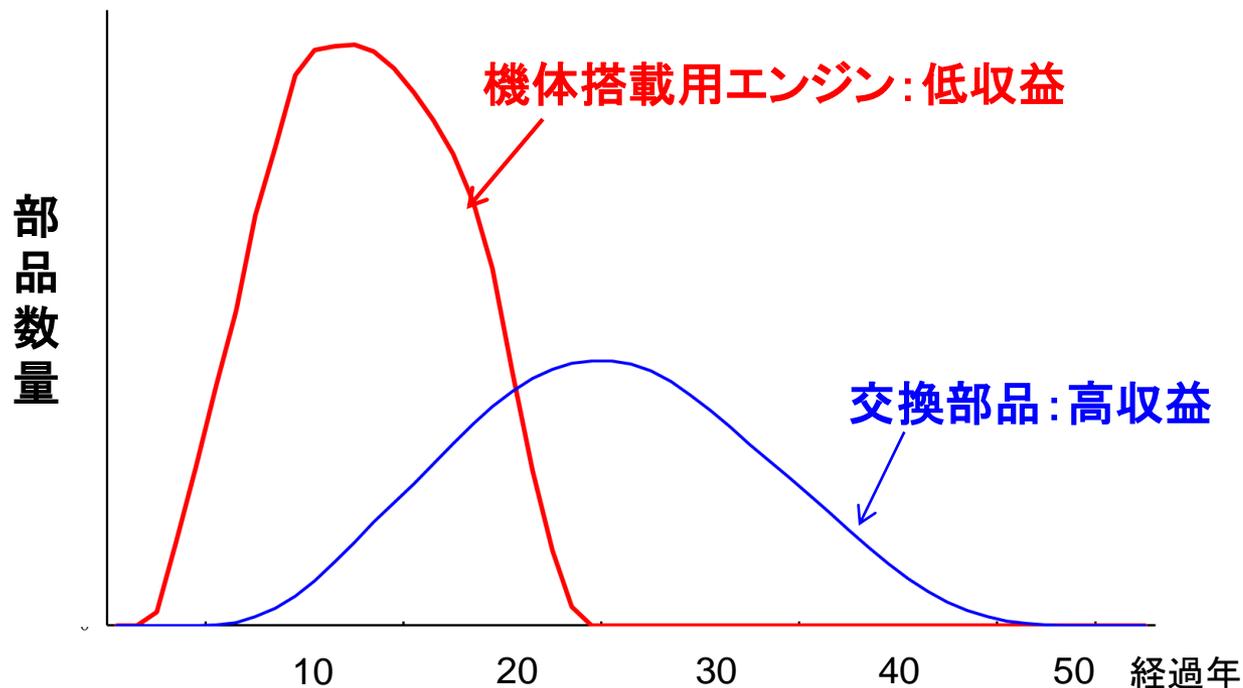
今後20年間で約3倍に事業規模拡大 : 20年後には14兆円規模へ



## 航空機用エンジン事業ー大きな開発リスク・事業リスク (例) 航空機エンジンの開発にかかる時間と資金の模式図



エンジン部品は機体搭載用エンジン以外にMRO時の交換部品に対する大量の要求あり



プロジェクト初期は損益悪く、交換部品需要が大きくなる中・後期で損益が劇的に改善する



バランスの取れた製品ポートフォリオが重要⇒機体以上に参入障壁が高い

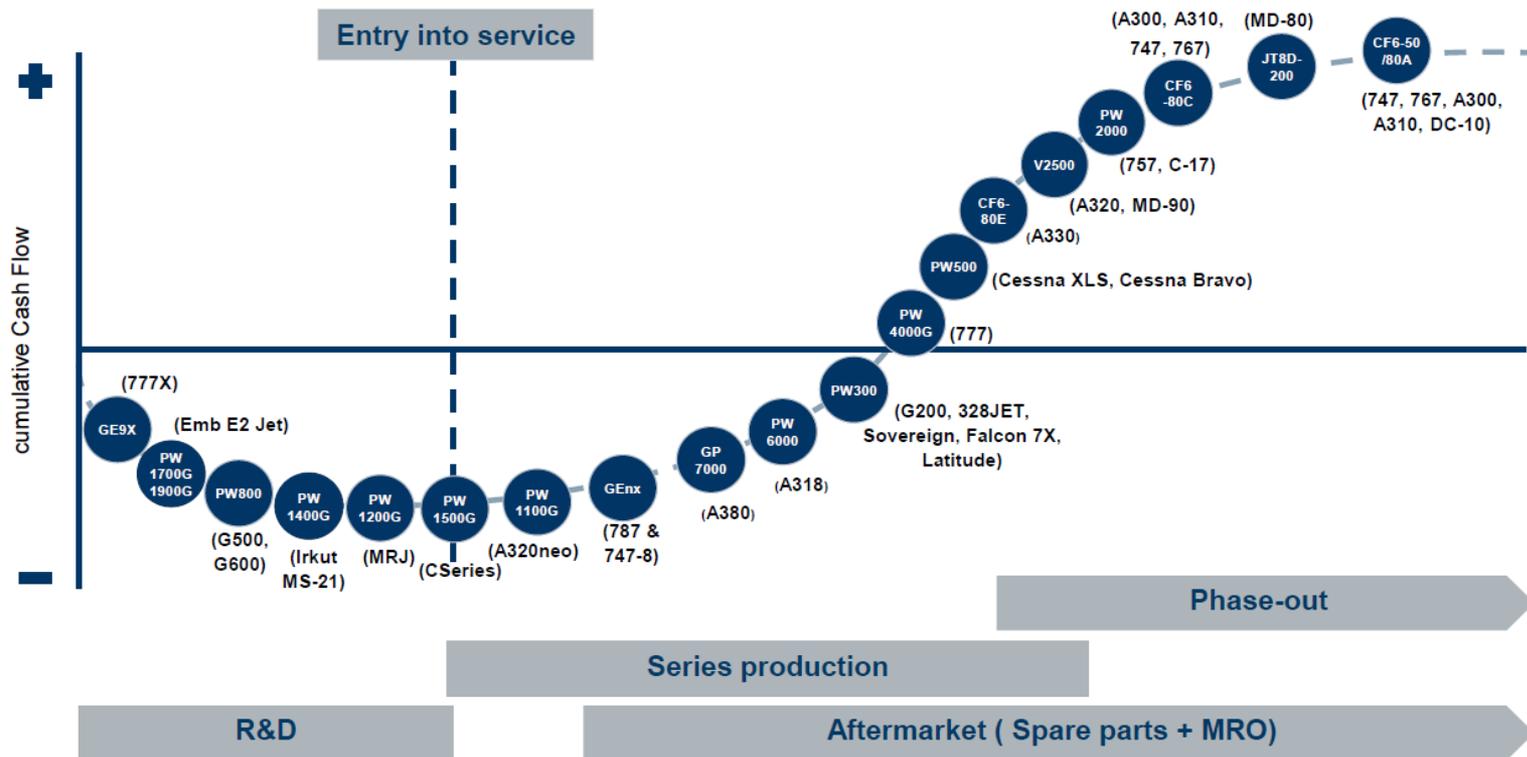


## Balanced Product Portfolio

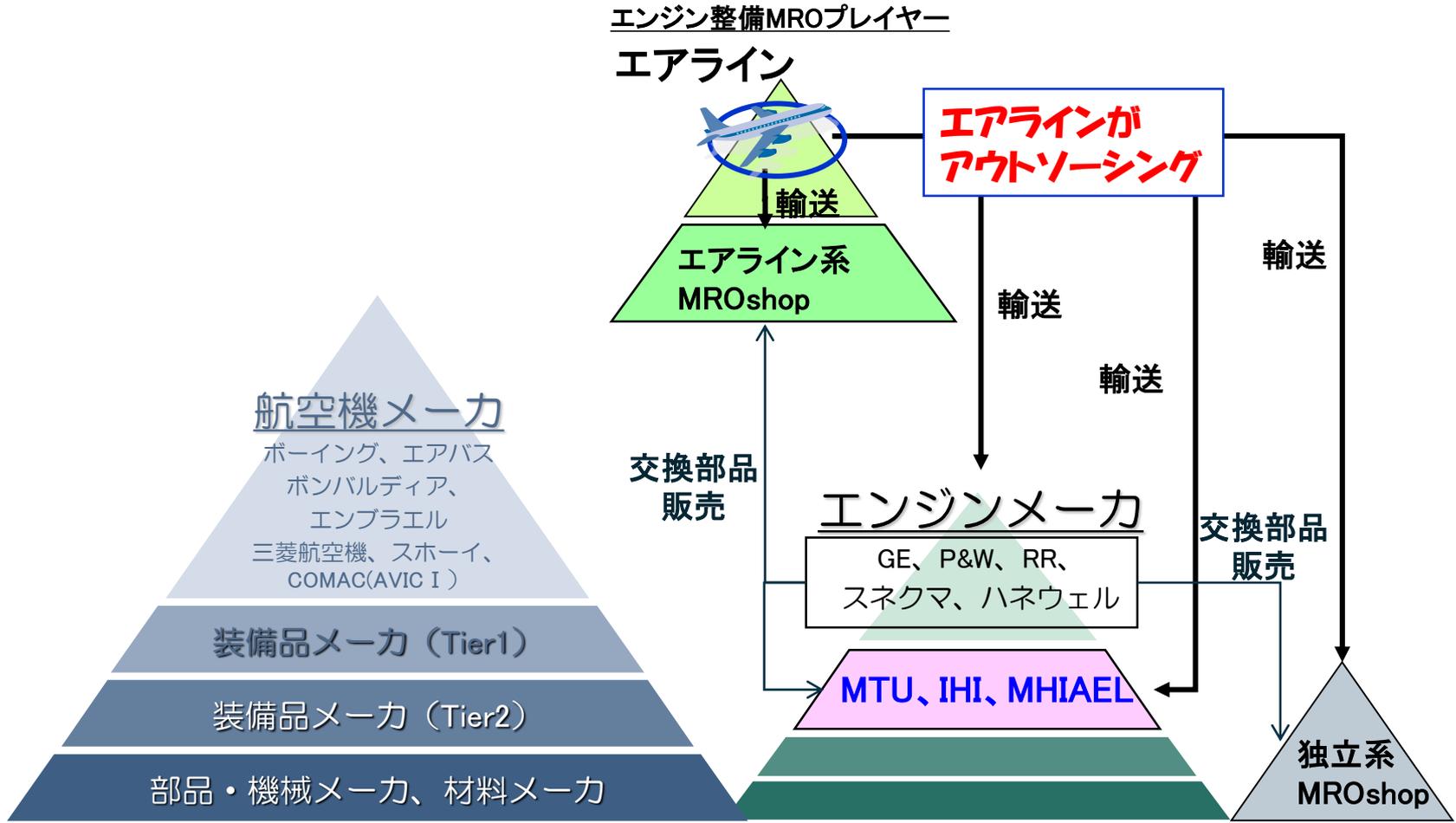
MTU's engine portfolio is well balanced between young and mature programs



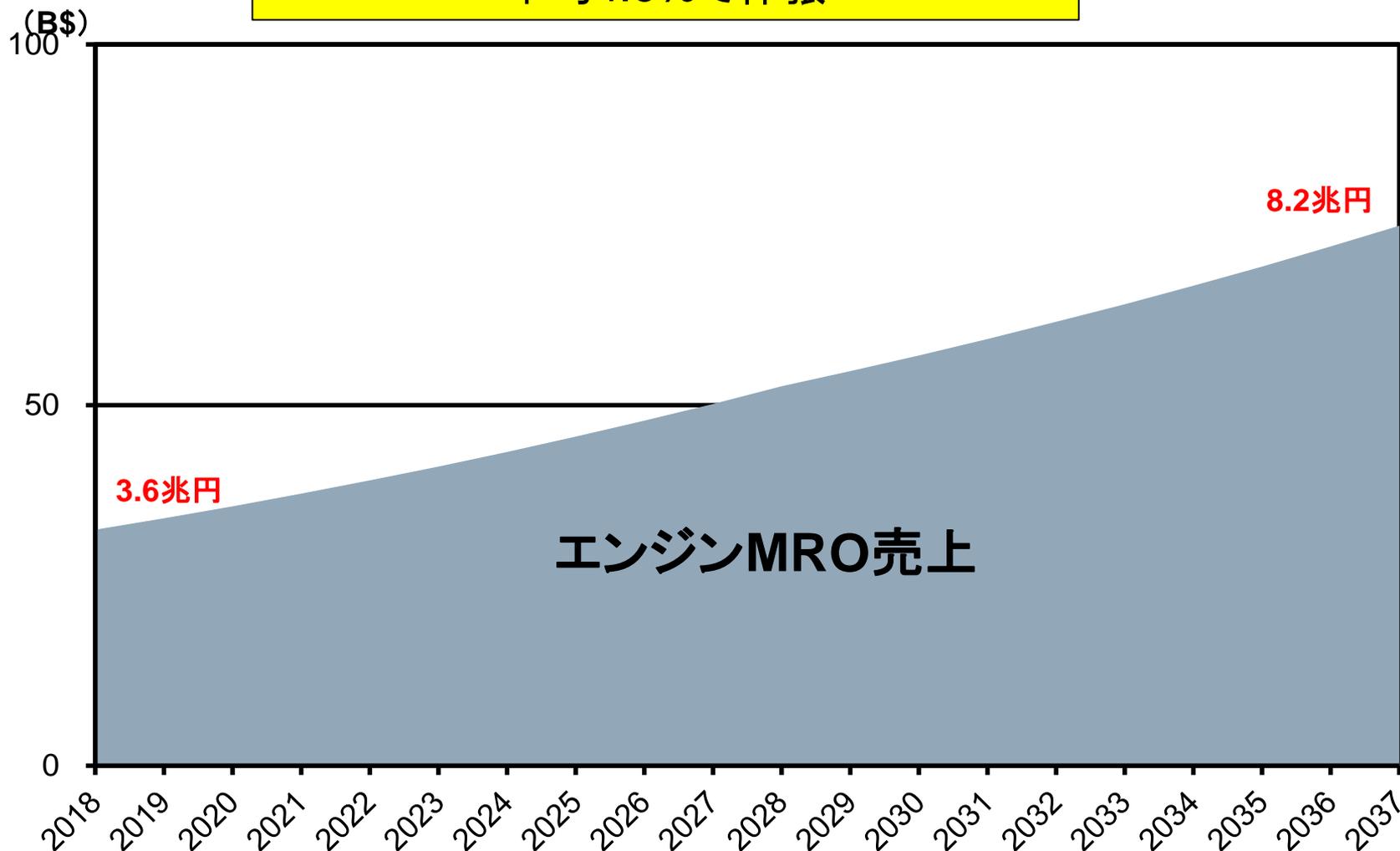
### Life cycle cash flow profile of commercial MTU engines



○ MROビジネスのプレイヤーは、エアライン系、エンジンメーカー系、独立系MRO業者が存  
 ○エンジンメーカー系はネットワークを組成し独立系MRO業者を排除の方向



エアラインのアウトソーシングが進み年率  
平均4.6%で伸張



国内エンジン事業は機体に比べ大きく伸張中

