

**航空機部品に多用される難削材の  
加工と加工機について**

**(Topics of Machine tools and Its Milling Technologies  
Applied To Aircraft Alloy)**

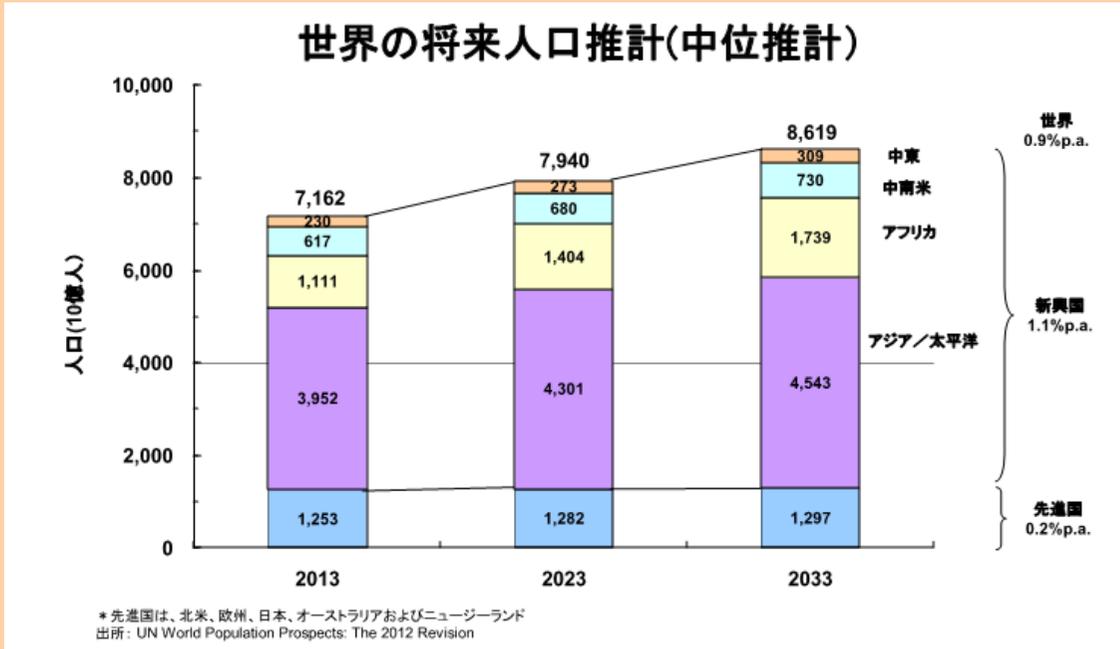
**第2回CMIシンポジウム 2014/10/17  
渋川哲郎  
(三井精機工業(株) 顧問)**

# ● 目次

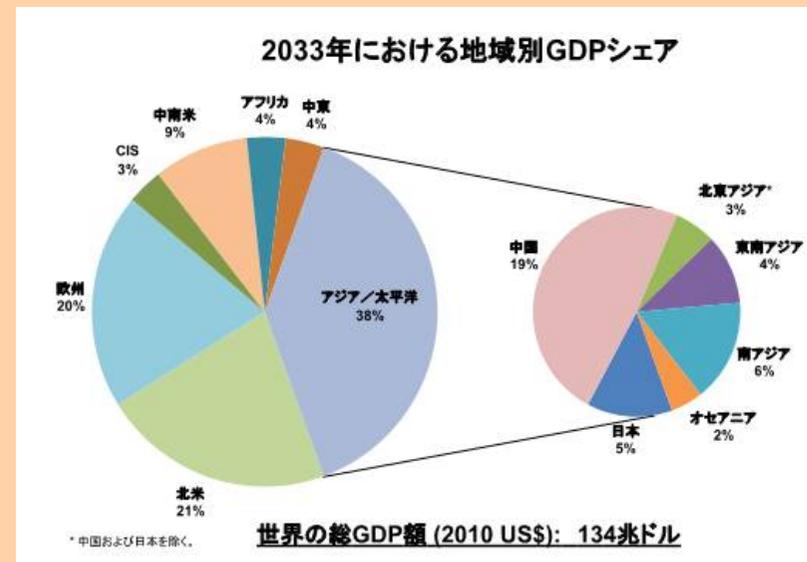
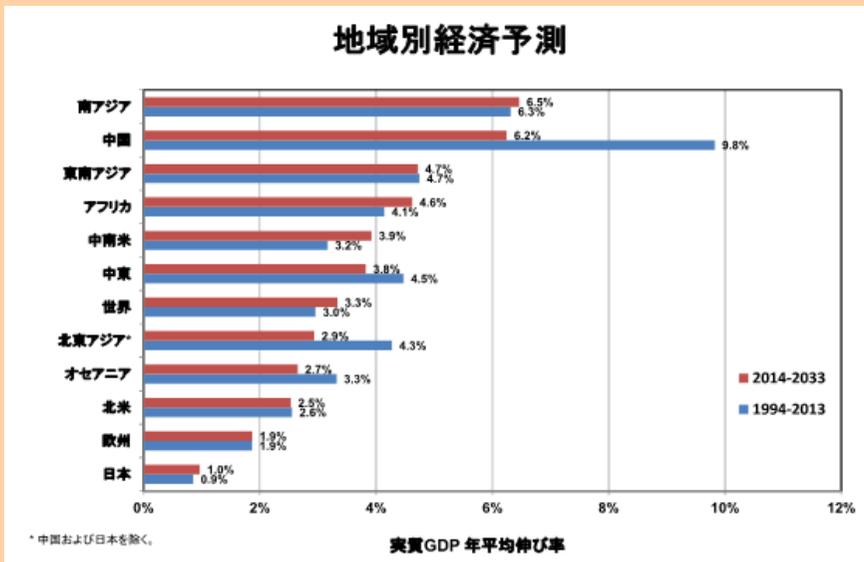
- **航空機業界を取り巻く環境**
  - 人口の増加と経済規模の拡大
  - 航空旅客需要の増大とエアラインの収益
  - ジェット燃料価格の上昇、CO2規制
  - ジェット旅客機需要の増大
- **省エネエンジンと軽量化機体**
  - ジェットエンジンと構成材料
  - 航空機機体材料の変遷
- **加工技術の紹介**
  - 難加工材の穴あけ技術
  - 難削材の切削加工事例
  - 新しい加工技術



# 人口の増加と経済規模の拡大

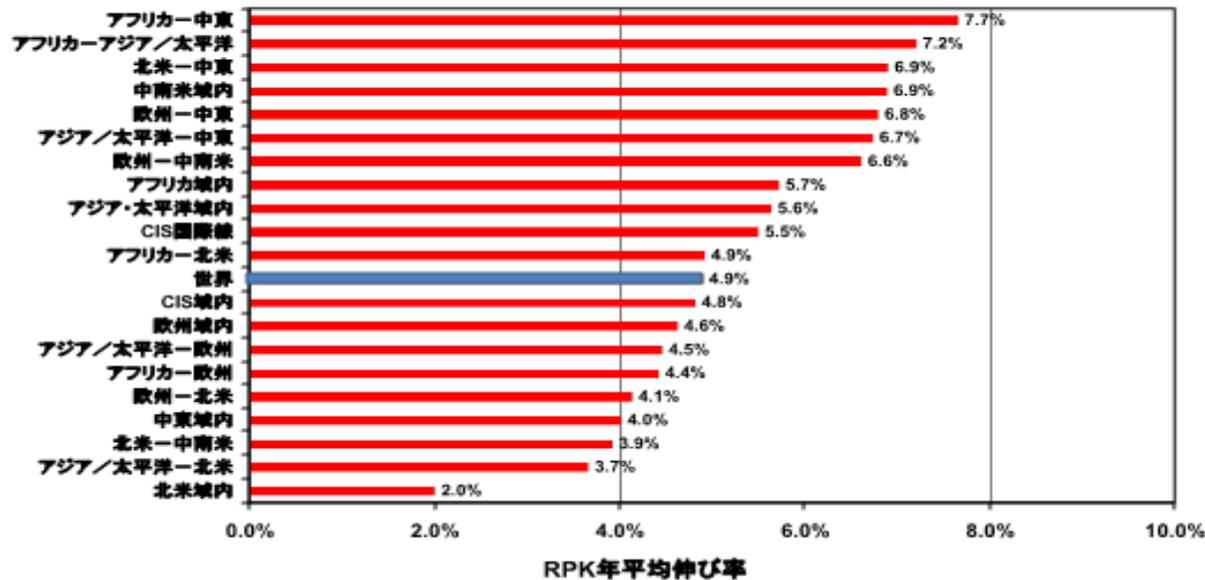


出典:「民間航空機に関する市場予測2014-2033」日本航空機開発協会

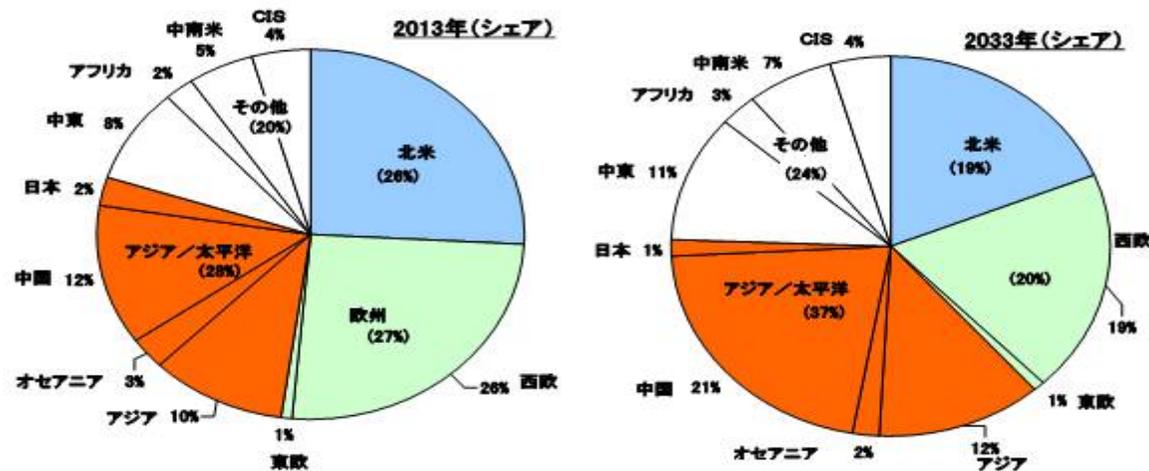


# ・航空旅客重要の増大とエアラインの収益

2014-2033年の航空旅客の伸び率



地域別航空旅客輸送量シェア(RPK ベース)



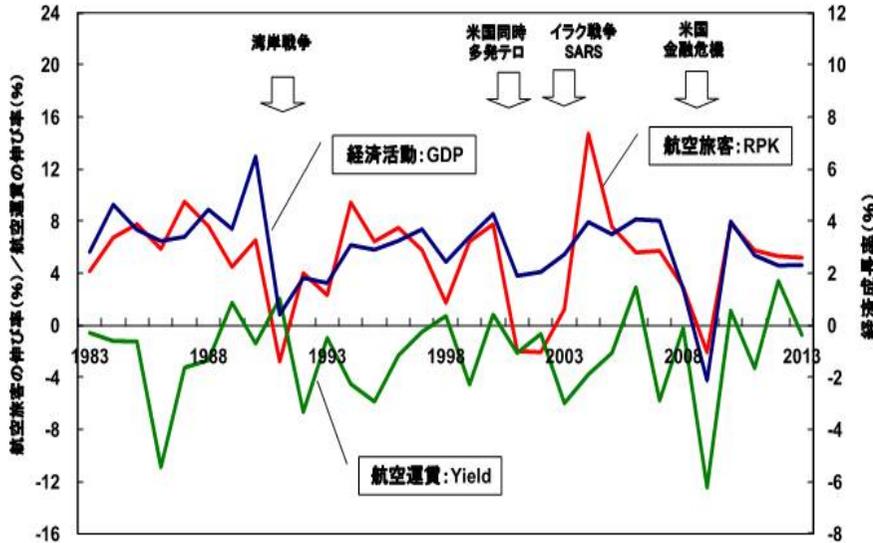
出典:「民間航空機に関する市場予測 2014-2033」日本航空機開発協会

# ・航空旅客需要の増大とエアラインの収益

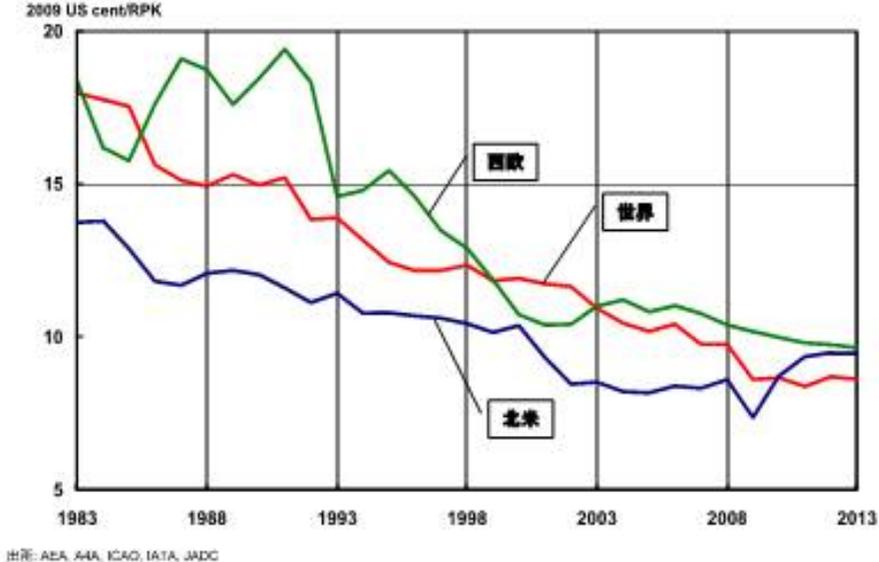


出典:「平成23年度民間輸送機に関する調査研究」日本航空機開発協会

## 航空旅客と実質経済成長および実質航空運賃の関係



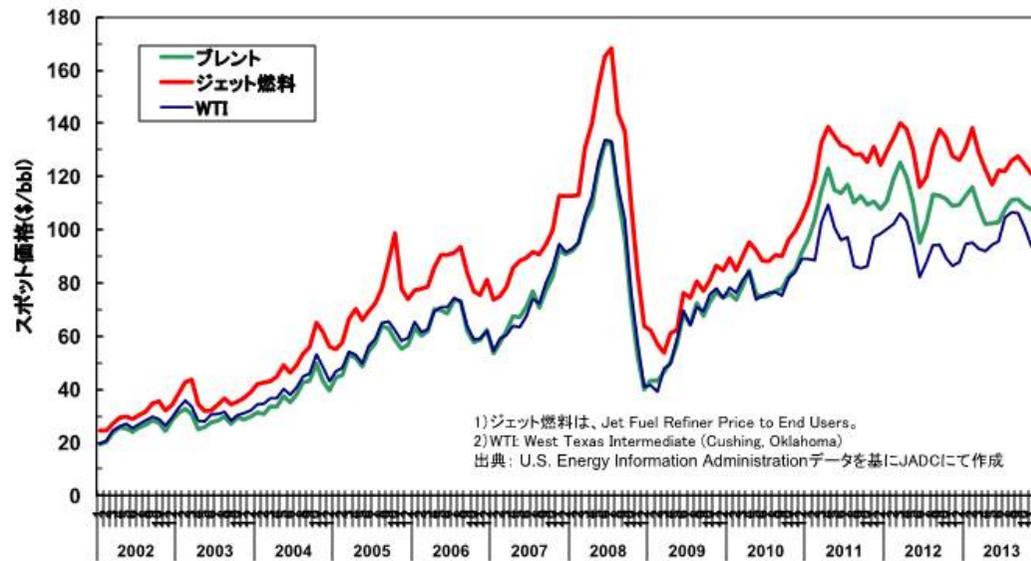
## 地域別実質航空運賃の推移



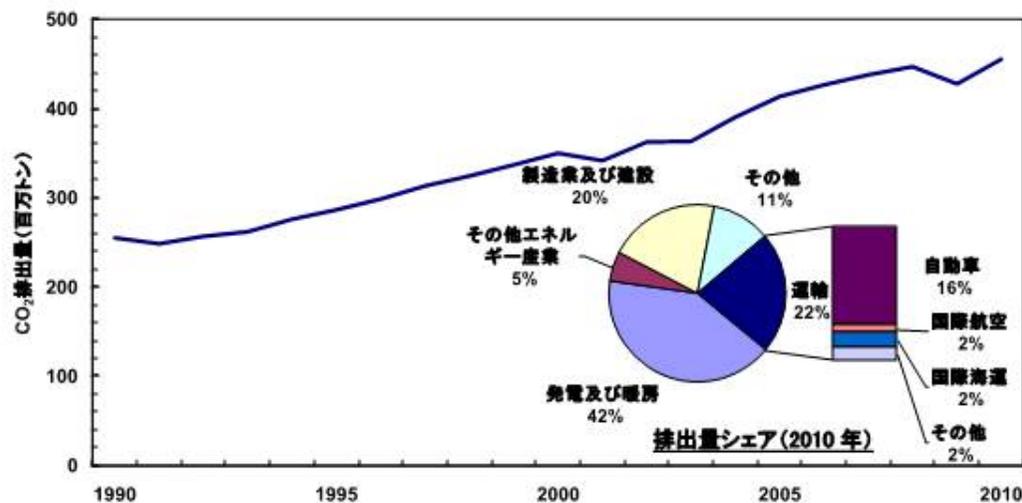
# ・ジェット燃料価格の上昇、CO2規制



原油価格とジェット燃料価格の推移



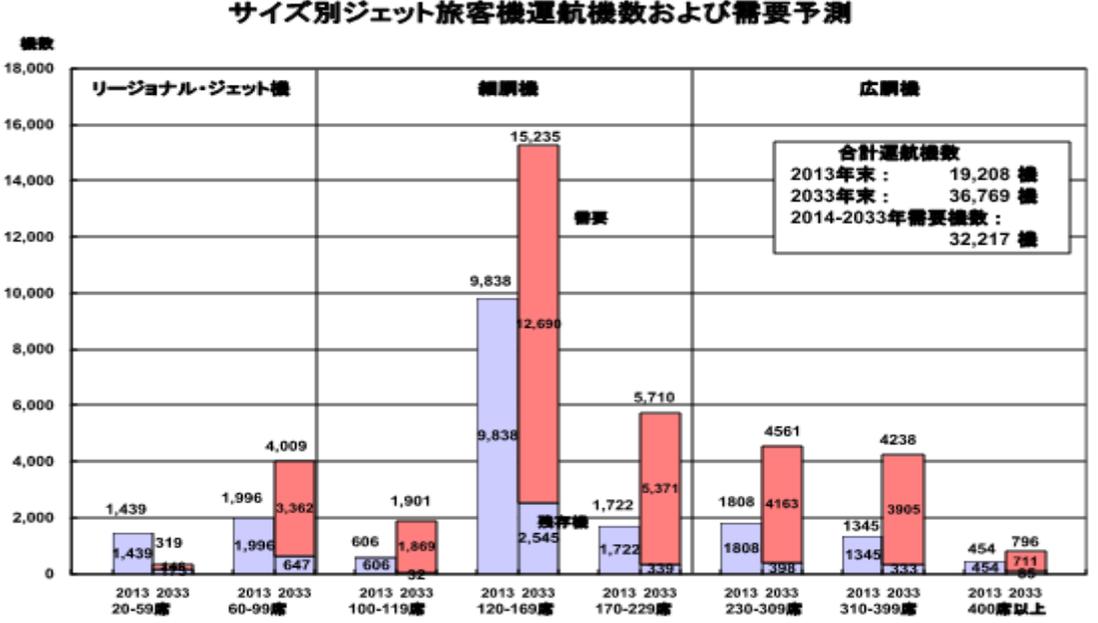
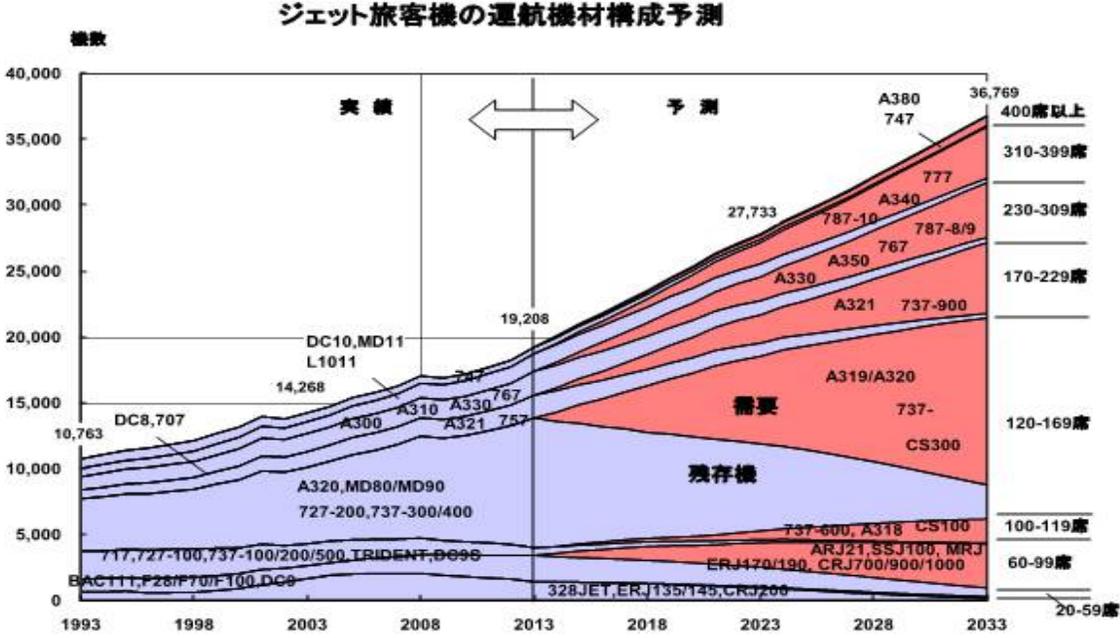
国際航空輸送におけるCO<sub>2</sub>排出量の推移



出所: 国際エネルギー機関

出典:「民間航空機に関する市場予測2014-2033」日本航空機開発協会

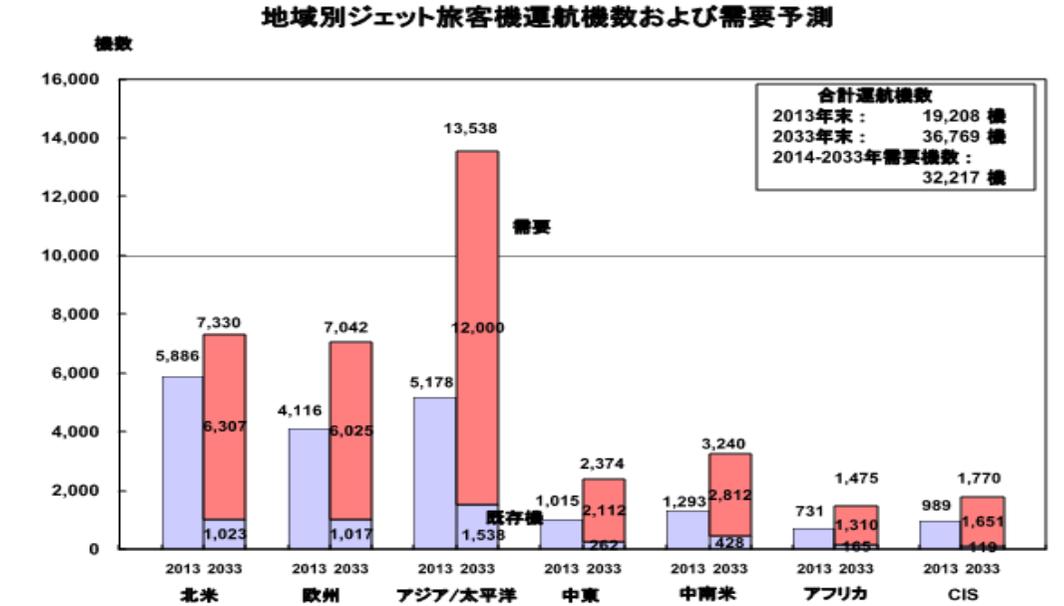
# ・ジェット旅客機需要の増大



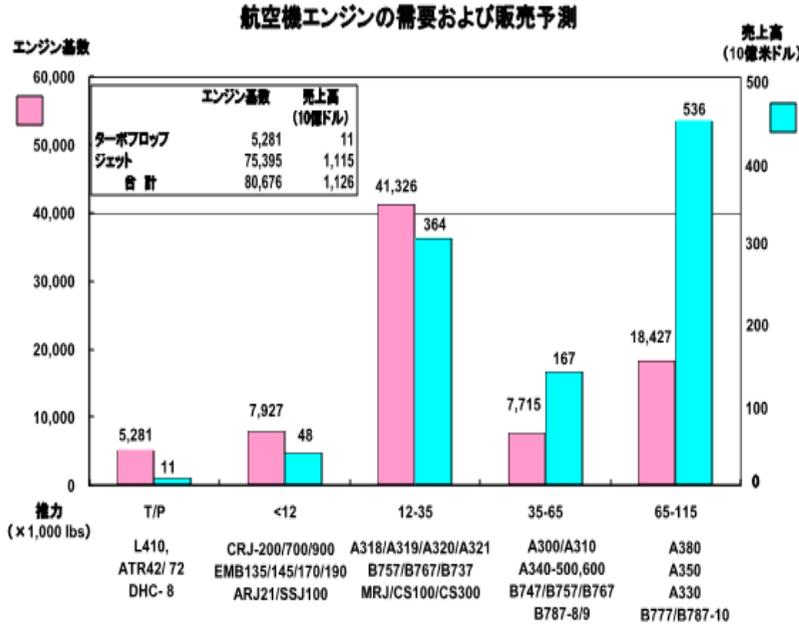
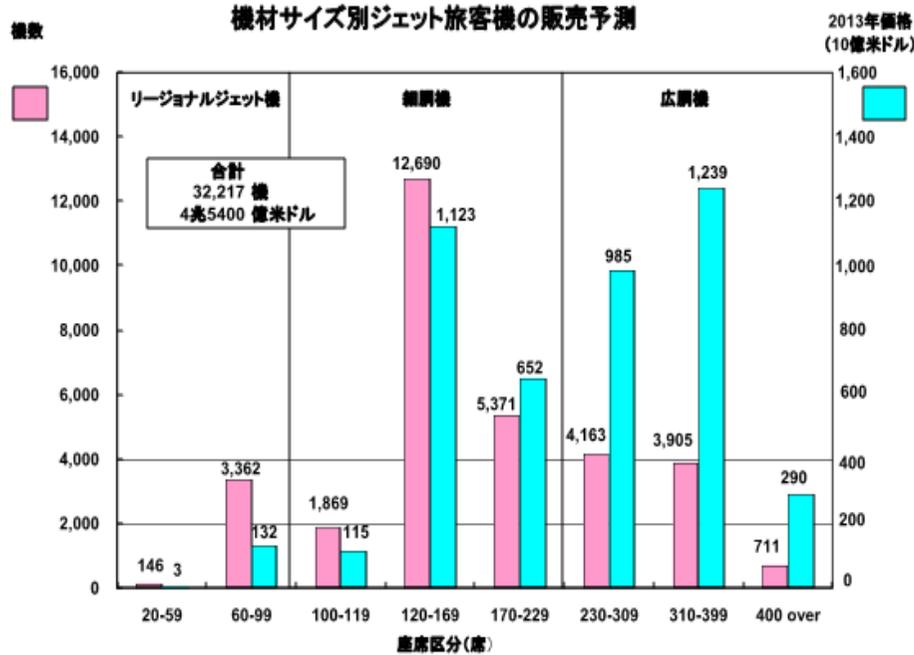
出典:「民間航空機に関する市場予測2014-2033」日本航空機開発協会



# ・ジェット旅客機需要の増大



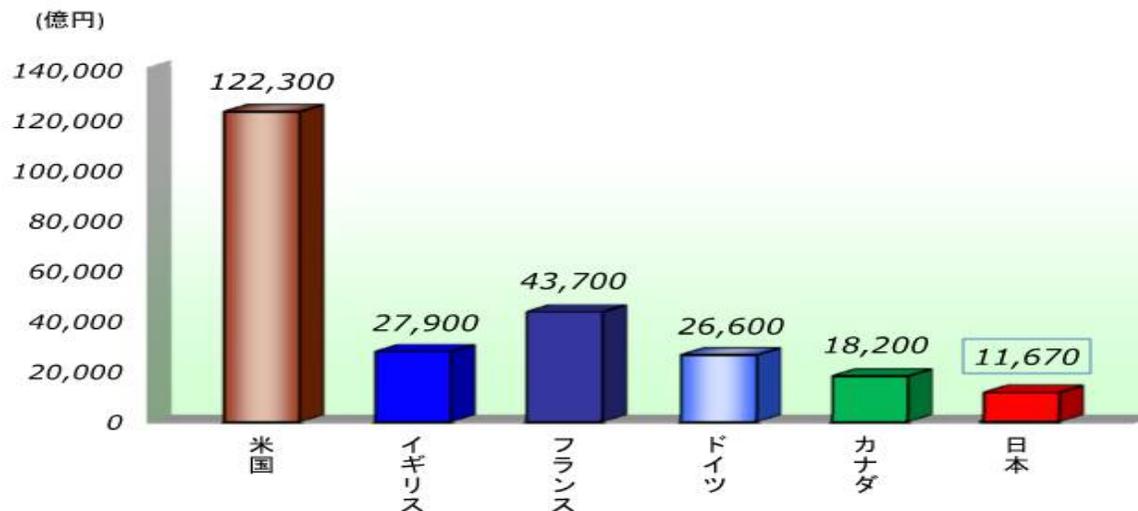
出典:「民間航空機に関する市場予測 2014-2033」日本航空機開発協会



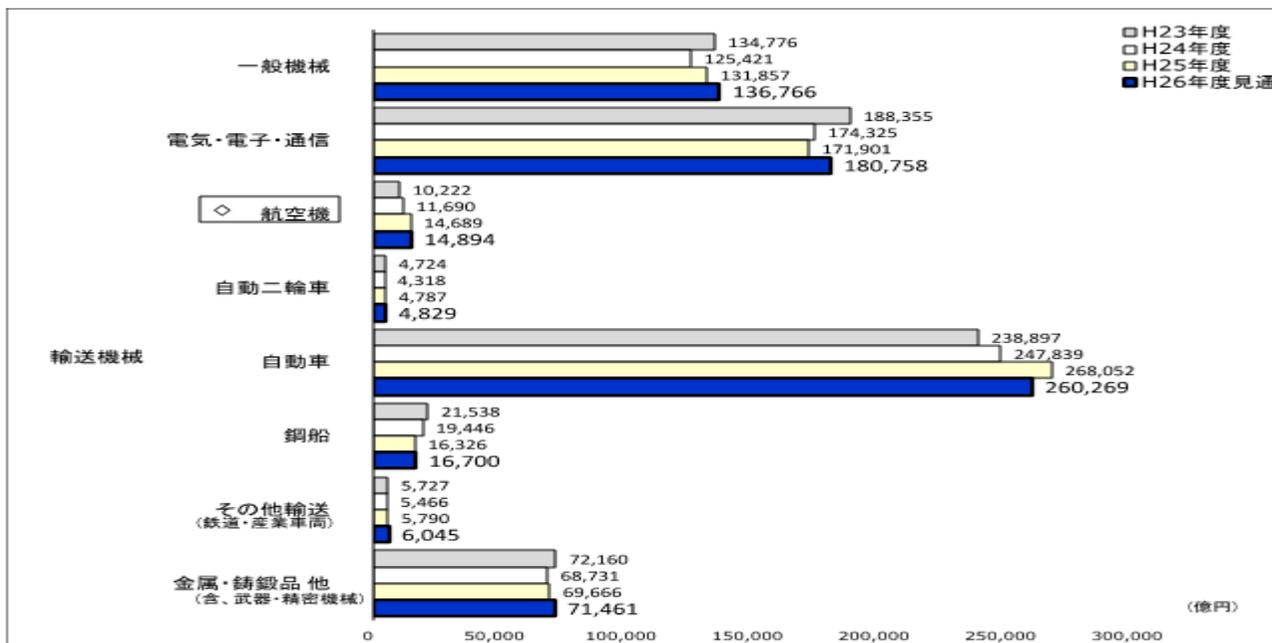
\*スベアエンジンとして、機体装備用エンジンの10%分を含む。

# 日本の航空機産業の位置づけ

H24年 主要国の航空機生産額



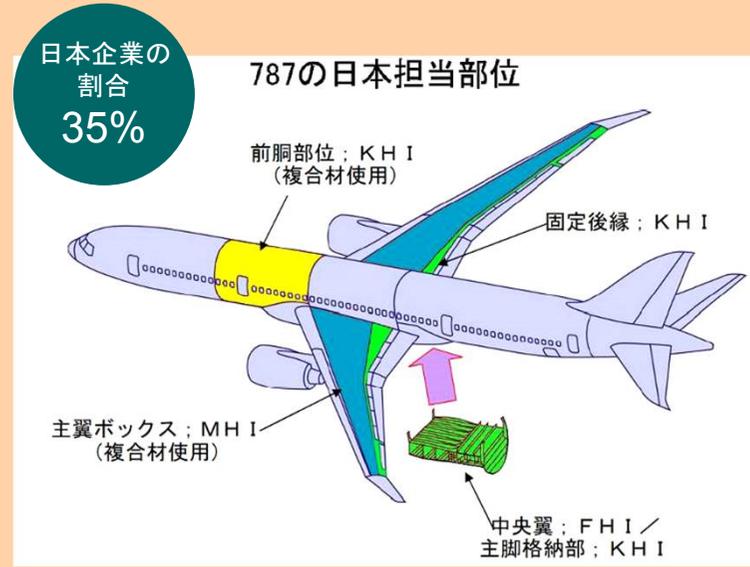
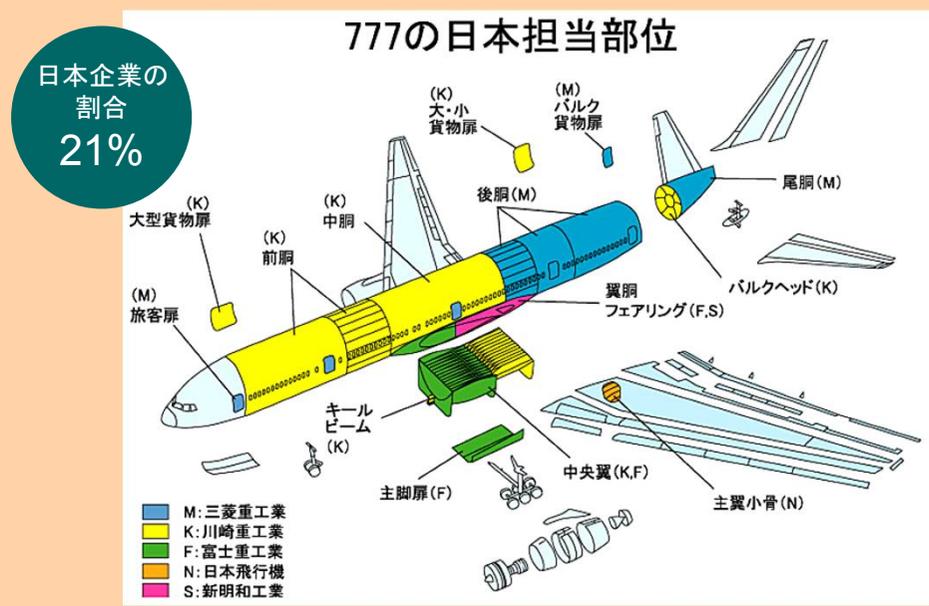
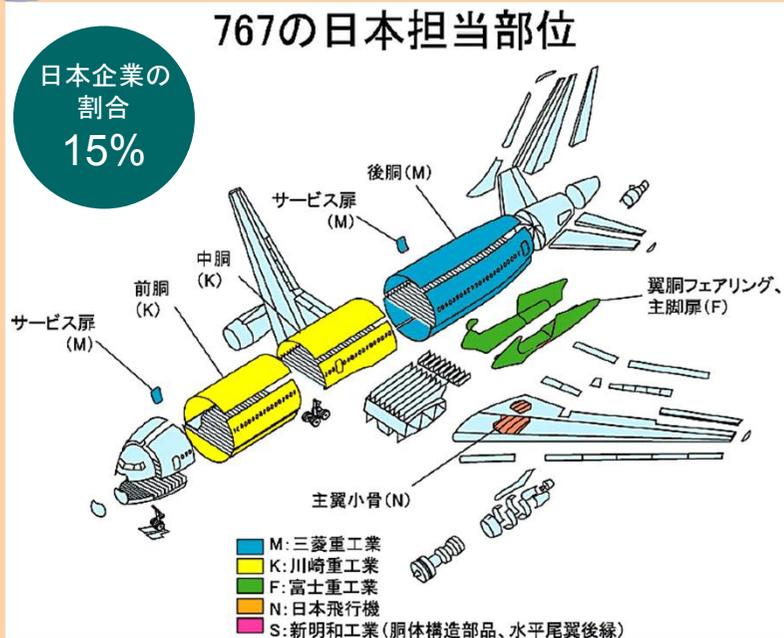
◇ 機械工業／業種別生産額の推移 (平成23~26年度)



出典:「航空宇宙産業データベース・平成26年7月」日本航空宇宙工業会

# 日本の航空機メーカーの取組み

出典:「航空宇宙産業データベース・平成26年7月」日本航空宇宙工業会



## エンジン



**Trent1000(Rolls-Royce)**

- ・中圧圧縮機モジュール: 川崎重工
- ・燃焼器モジュール、低圧タービンブレード: 三菱重工



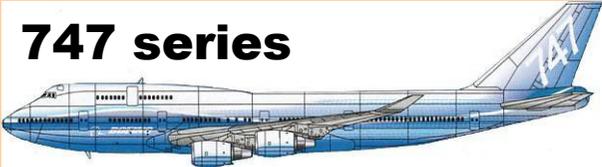
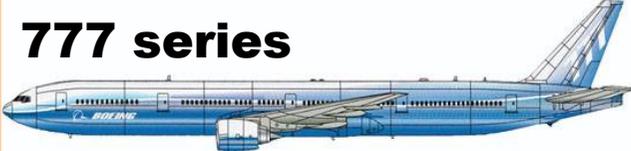
**GENx(General Electric)**

- ・低圧タービン、高圧圧縮機、シャフト: IHI
- ・燃焼器ケース: 三菱重工



# ボーイングの民間航空機

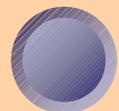
\*1)2014年8月末現在 \*2)1\$=¥100換算

	全長(m)	座席数	航続距離 (km)	受注機数*1	価格*2 (億円)	
<b>737 series</b> 	737-600	31.2	108	5917	69	55
	737-700	33.6	128	5926	1369	64
	737-800	39.5	160	5370	4825	77
	737-900ER	42.1	189	5926	574	82
	737-MAX				2219	
<b>747 series</b> 	747-400/400ER	70.7	416	14353		250
	747-8	76.4	467	14816	69	301
	747-8F				51	
<b>767 series</b> 	767-200ER	48.5	181	12316	125	133
	767-300ER	54.9	218	11380	583	153
	767-400ER	61.4	245	10473	38	165
<b>777 series</b> 	777-200ER	63.7	305	9723	422	218
	777-200LR	63.7	305	17446	59	250
	777-300ER	73.8	368	13520	754	272
<b>787 series</b> 	787-3	56.7	296	6500	0	153
	787-8	56.7	223	15700	474	166
	787-9	62.8	259	13600	435	200
	787-10				139	

# エアバスの民間航空機

\*1)2014年8月末現在 \*2)1\$=¥100換算

		全長(m)	座席数	航続距離 (km)	受注機数*1	価格*2 (億円)
 <b>A320 series</b>	A318	31.7	107	2778	79	59
	A319	33.8	124	3741	1510	70
	A320	37.6	150	3148	7079	77
	A321	44.5	186	5000	2266	90
 <b>A330 series</b>	A330-200	58.3	256	11853	602	181
	A330-300	63.7	295	10279	702	200
 <b>A340 series</b>	A340-300	63.7	295	13242	0	215
	A340-500	66.8	313	15742	0	237
	A340-600	74.3	380	13890	0	249
 <b>A350 series</b>	A350-800	60.6	270	15372	34	208
	A350-900	66.9	314	15000	547	240
	A350-1000	73.9	350	14186	169	269
 <b>A380</b>	A380-800	70.8	555	14168	318	327



# 省エネエンジン

# ジェットエンジンのしくみ (ターボファン・エンジン)



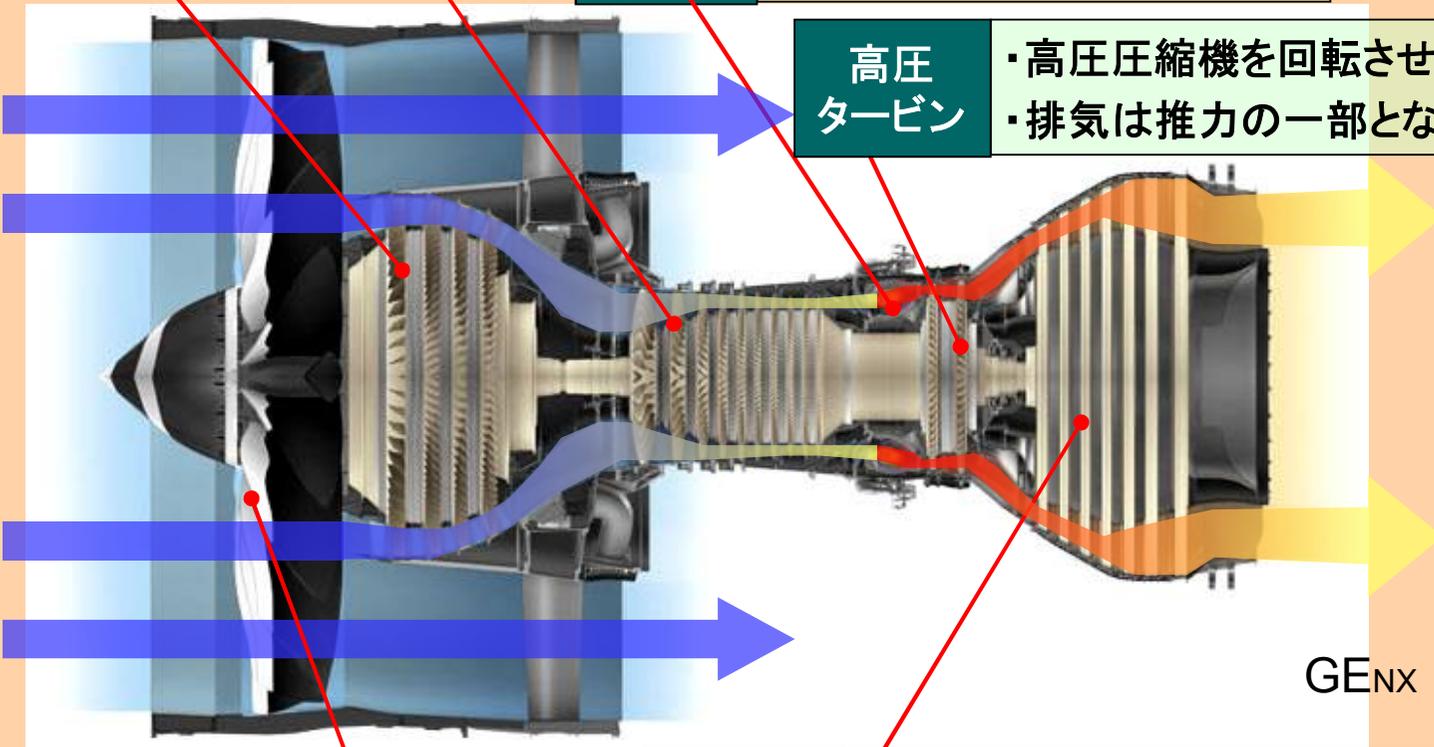
ジェットエンジンのしくみ (CFM International)

**低圧圧縮機** ・空気を圧縮する

**高圧圧縮機** ・空気をさらに圧縮する

**燃焼室** 燃料を空気と混合・燃焼する

**高圧タービン** ・高圧圧縮機を回転させる  
・排気は推力の一部となる



GENX

・推進力を得る  
・一部空気を圧縮して圧縮機へ

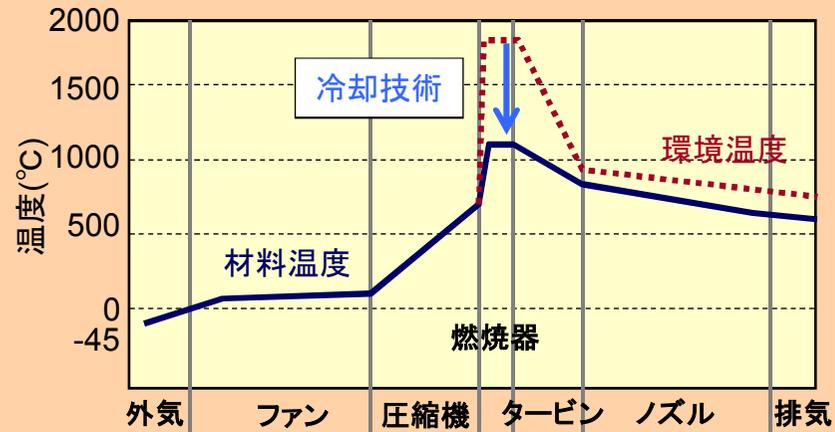
**ファン**

・ファン、低圧圧縮機を回転させる  
・排気は推力の一部となる

**低圧タービン**

# ジェットエンジン内は高温・高圧の世界

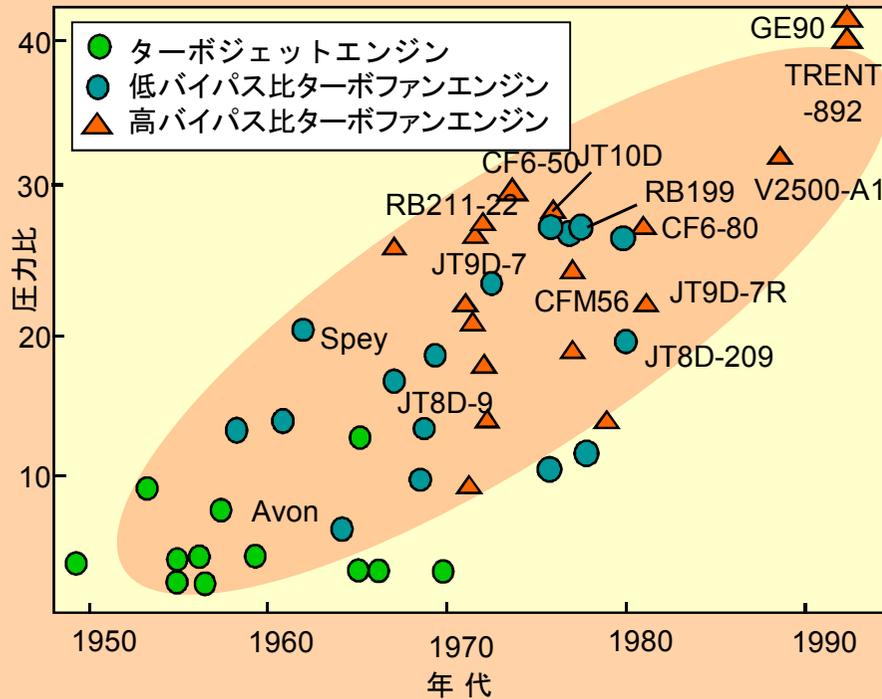
エンジン内の温度の変化



# ジェットエンジンの高性能化と新たな課題

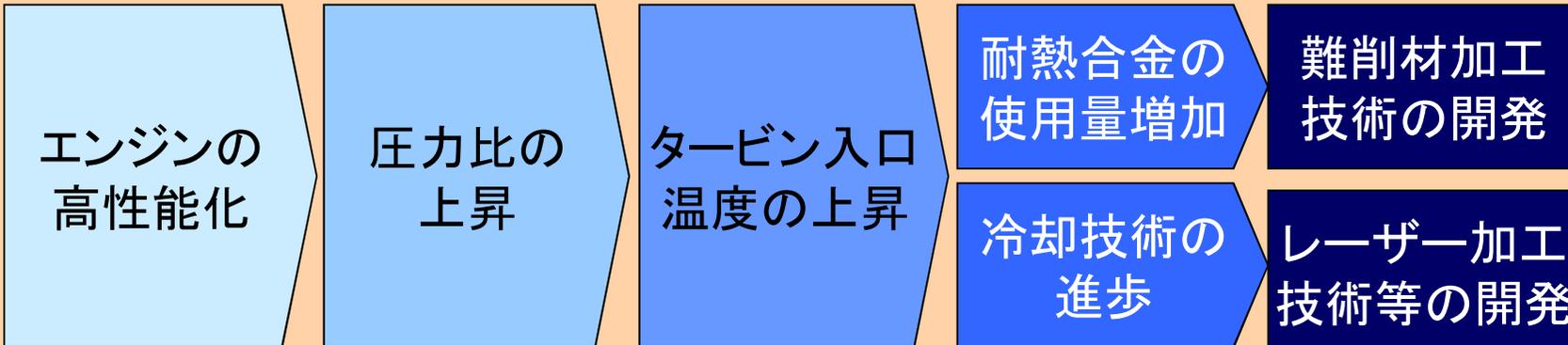
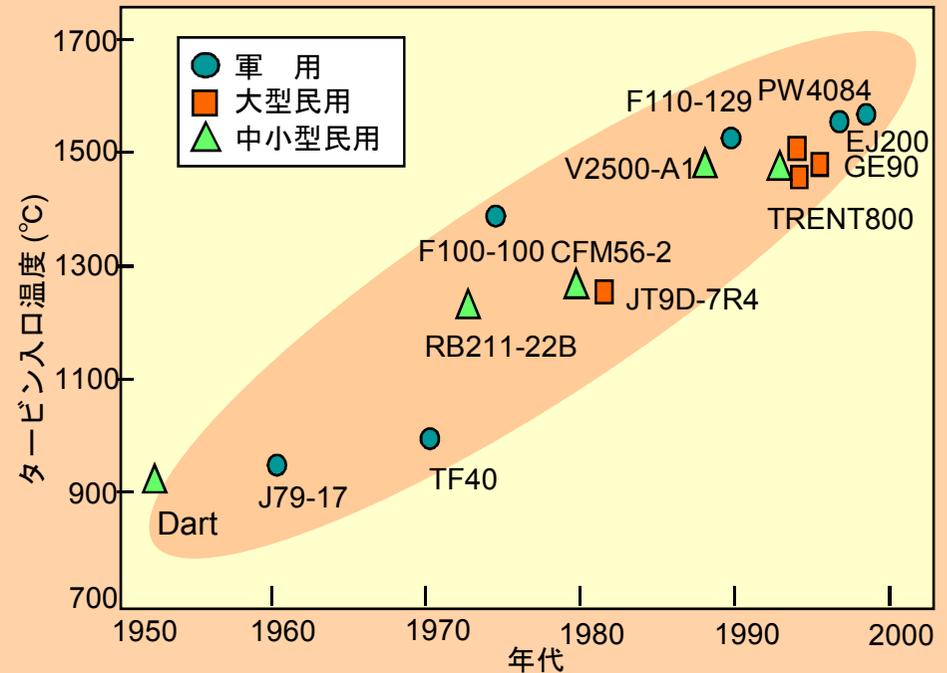
■エンジン 圧力比の変遷

\* IHI殿資料より

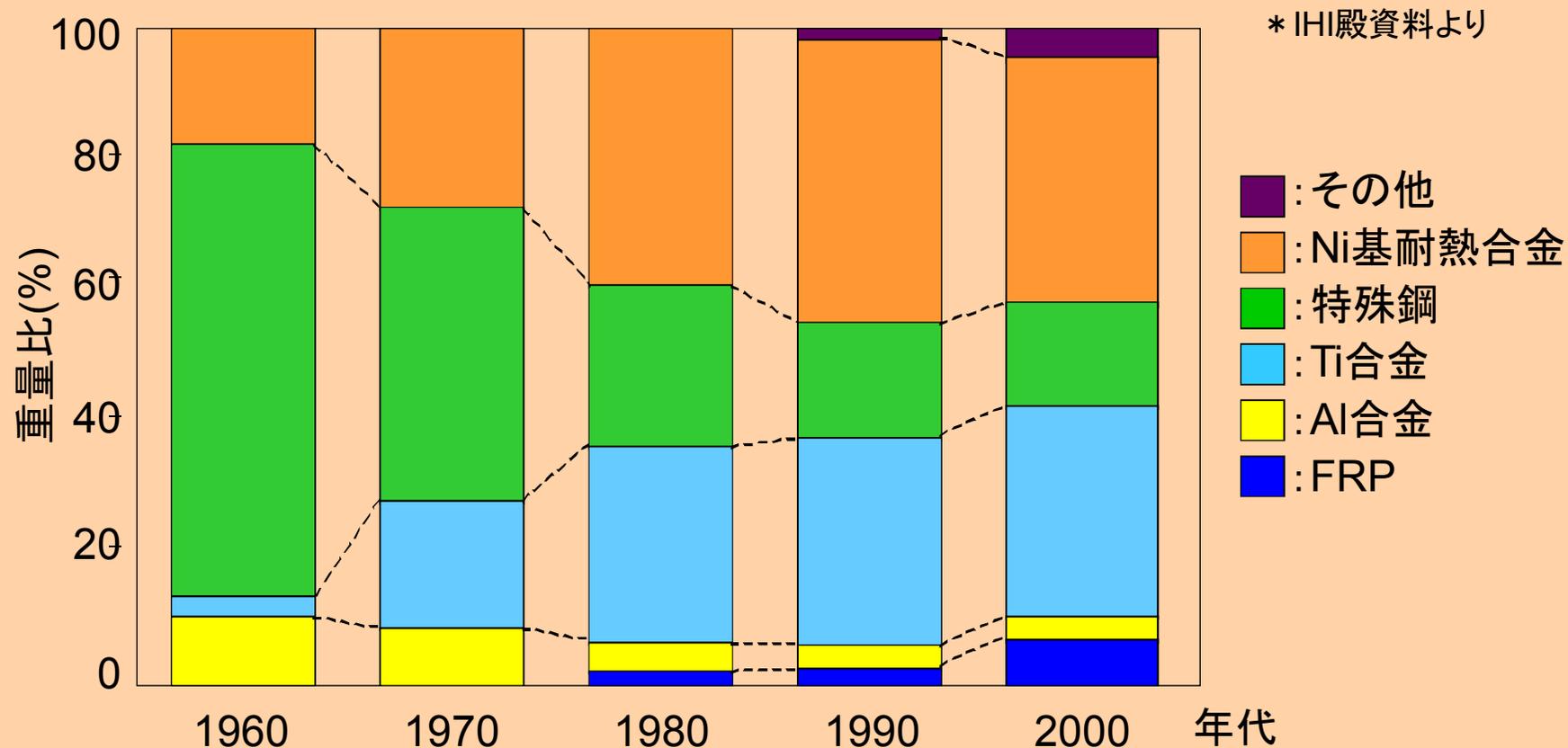


■タービン入口温度の変遷

\* IHI殿資料より



# ジェットエンジンに使用される材料の変遷



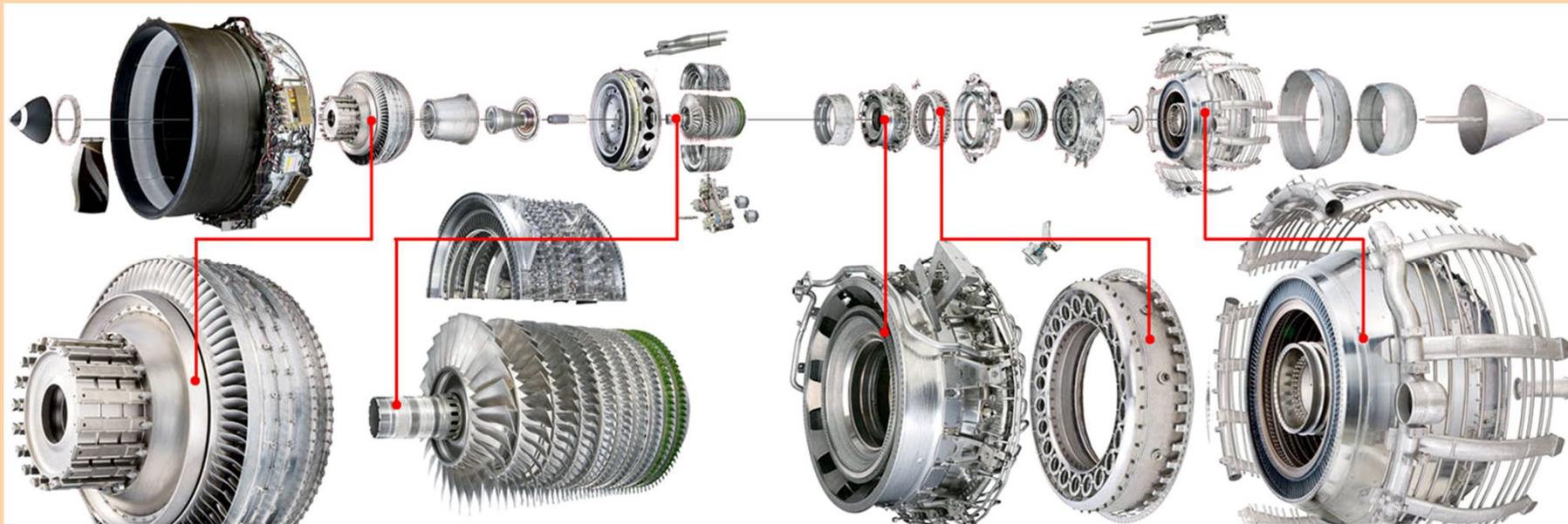
- 高温化に伴うニッケル基耐熱合金の増加
- 軽量化のためのFRP部品の増加

# New Jet Engine Programs

Pratt & Whitney- GEAR FAN ENGINE

GE Aircraft Engines – LEAP and PASSPORT ENGINES

Rolls Royce – TRENT SERIES ENGINES

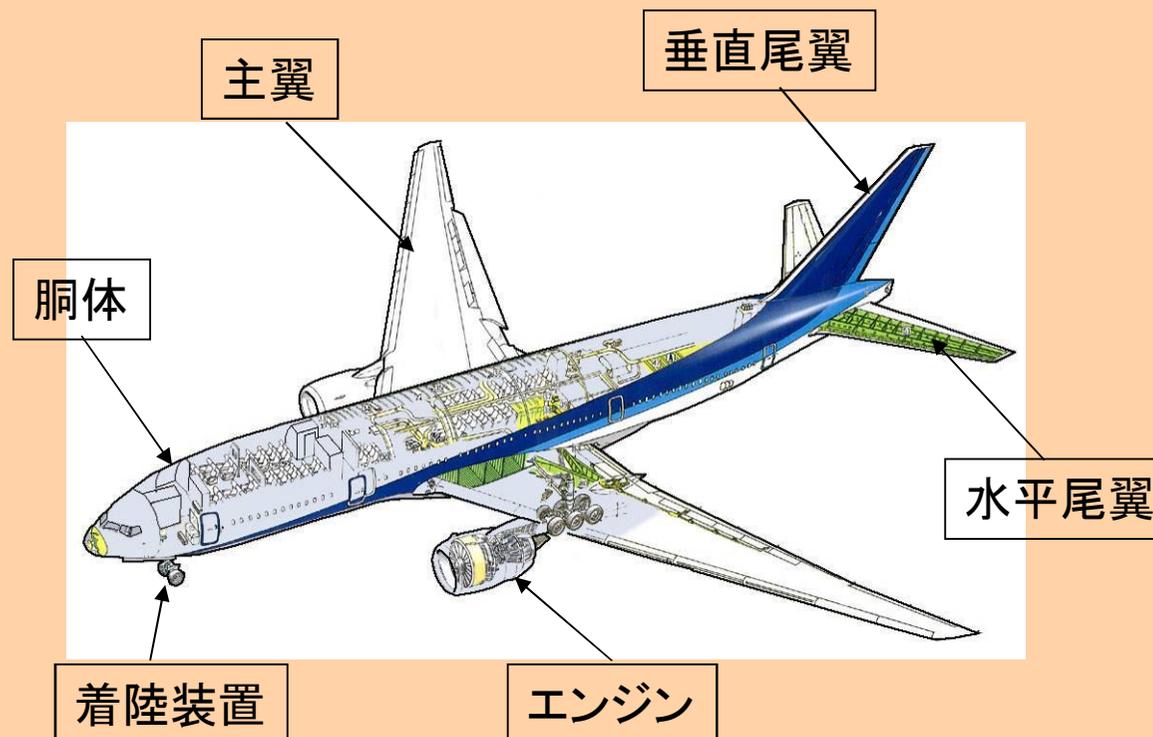




# レーザー加工機の開発

## 機体の軽量化

### 旅客機の構造(全体)

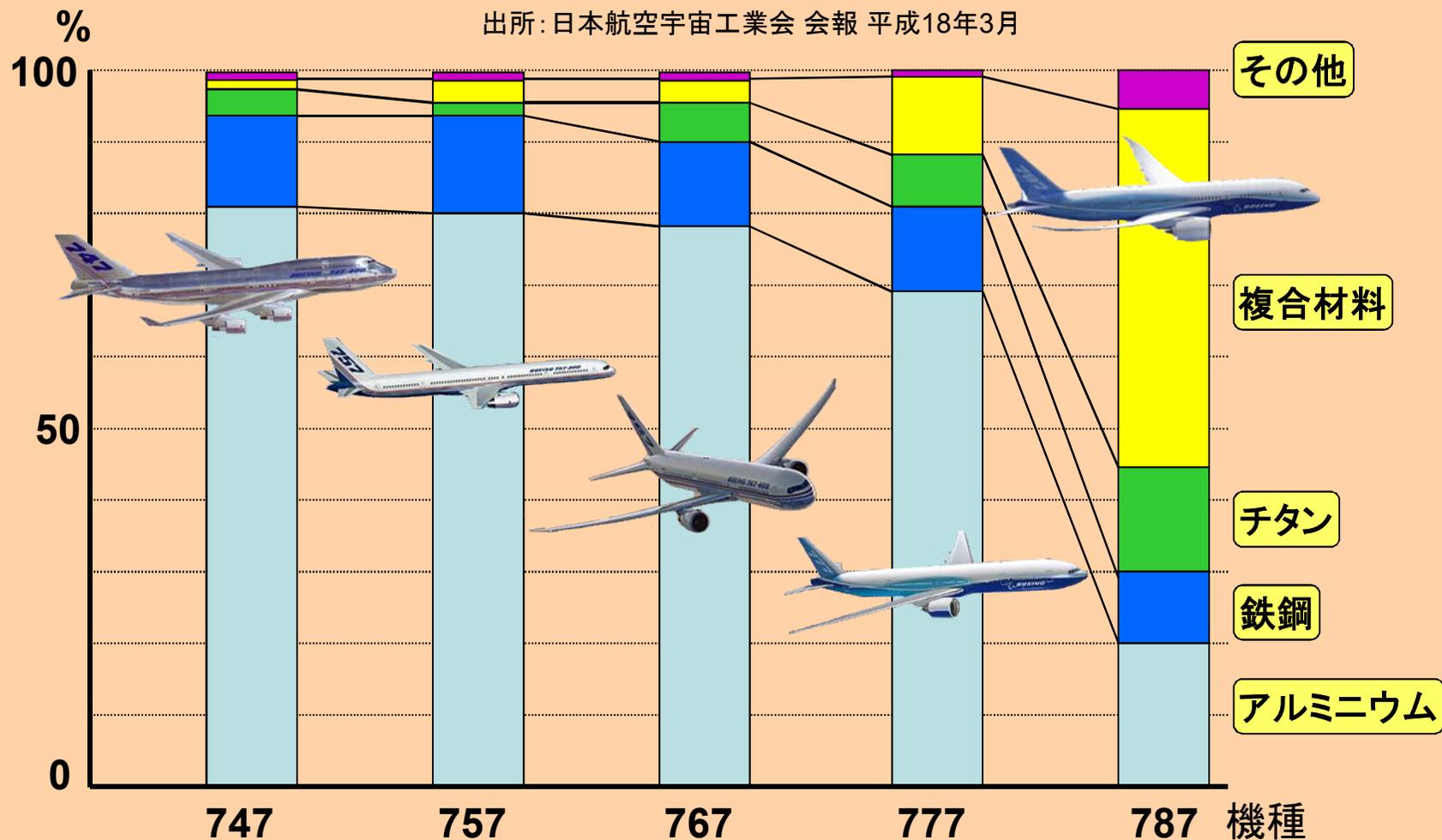


- 航空機を構成する部品点数は自動車(3万点)の100倍の300万点といわれている
- 性能・快適性・安全性はもちろん、コスト・燃費・騒音・整備性なども要求される

# ● 機体の軽量化を目指した材料革新

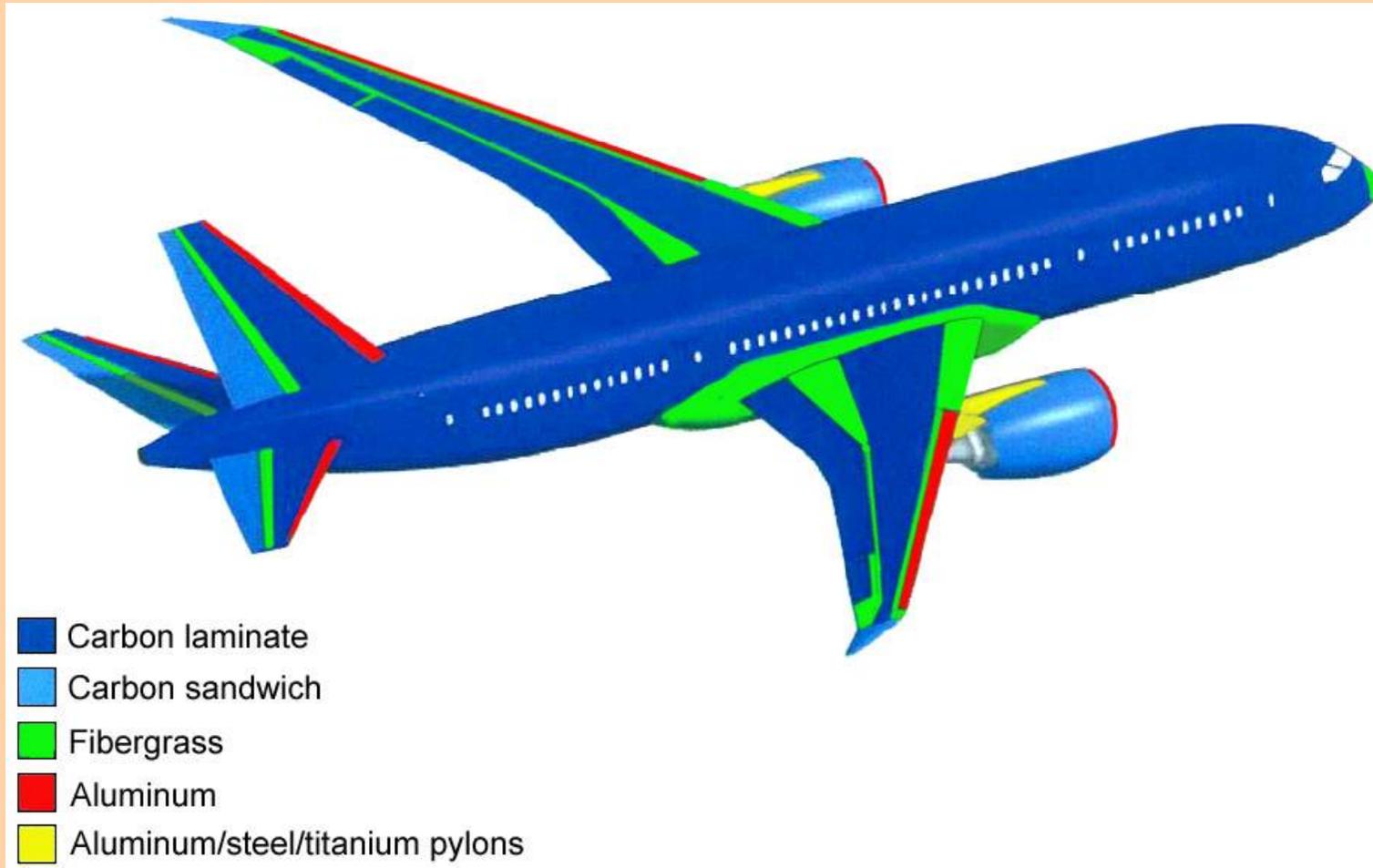
## ボーイングの航空機における構造材の変遷

出所：日本航空宇宙工業会 会報 平成18年3月



# ボーイング787の部位別構造材

資料:ボーイング



# ボーイングとエアバスの機種別CFRP使用箇所

資料: 東レ

**B777**



**B787**



**A340-500/600**



**A380**



# ● 航空機材料の革新と部品加工

《構造材の変化》  
アルミ主体→複合材料 (CFRP) へ

従来の切削加工では  
加工が困難

結合材の  
問題

- ・アルミとCFRPが接触すると電池作用による腐食が発生
- ・熱膨張係数の差が大きく、ひずみ、ずれ、ゆるみの恐れ

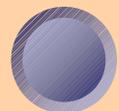
アルミからチタンへ

研削加工等の  
新加工法の開発

難削材加工に対する  
需要の増加



# 難削材の切削加工事例



# 新しい加工技術

# BlueArc™ Machining



終り

ご清聴ありがとうございました。