

# 航空機の安全確保と取り巻く環境の変化

---

平成30年3月13日  
航空局安全部

# 1. 航空機の検査制度

## 2. 環境の変化

(1) 航空機産業の変化

(2) 航空機の信頼性の向上

(3) 民間能力の向上

(4) 国際的な相互承認の進展

(5) 航空機CO2排出量基準の新設

# 1. 航空機の検査制度について

# 航空機の検査制度の成り立ち

- ◆ 航空機の検査制度の基本的な枠組みは、昭和27年の航空法制定時に形成され、**国が個々の航空機を直接検査することを基本**としている。
- ◆ その後、我が国の登録航空機数や航空輸送量の増大等に応じて、順次見直し。
- ◆ 直近では、**平成8年の航空法改正**により、**民間能力・外国の証明の活用、国際標準との整合、規制の簡素化・合理化等の観点**から、航空運送事業者の使用する輸入航空機に係る制度を中心に、**制度の抜本的な見直し**を実施。



1951.10.25、戦後の民間航空再開の第一便  
マーチン202「もく星」号（羽田→伊丹）

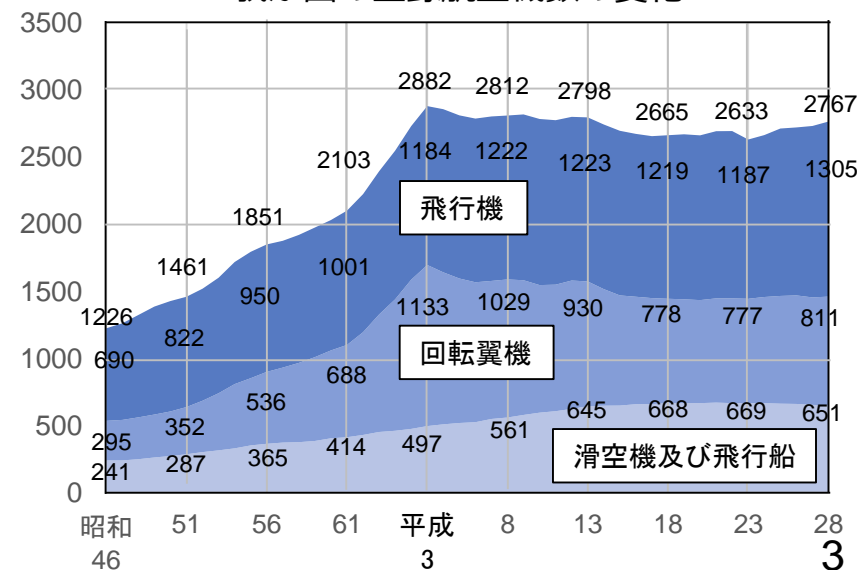


ボーイング747型機による  
航空大量輸送時代

## <平成8年の航空法改正の背景、基本的な考え方>

- ・ **個々の航空機等の検査については、民間の能力や輸出国の証明の活用を進め**、国は、設計の検査、安全確保等に必要な情報の収集、提供等の業務に重点を移し、更なる航空機の安全性の向上を図ること
- ・ 航空機の環境規制については、**国際民間航空条約に基づき定められた国際標準との整合を図ること**
- ・ **国民負担の軽減に資するための規制の簡素化、合理化を図ること**

## 我が国の登録航空機数の変化



更新耐空証明検査（書類検査、実機検査）

2008.11.05

# 我が国の航空機の検査制度の概要

- ◆ 航空機を運航するためには、国（航空局）が行う航空機の安全性・環境適合性についての証明（以下、耐空証明）が必要。
- ◆ 整備・改造を行う場合においても、安全性基準への適合性についての確認が必要。
- ◆ 型式証明及び認定事業場制度により、耐空証明や整備・改造について国の行う検査が省略可能。



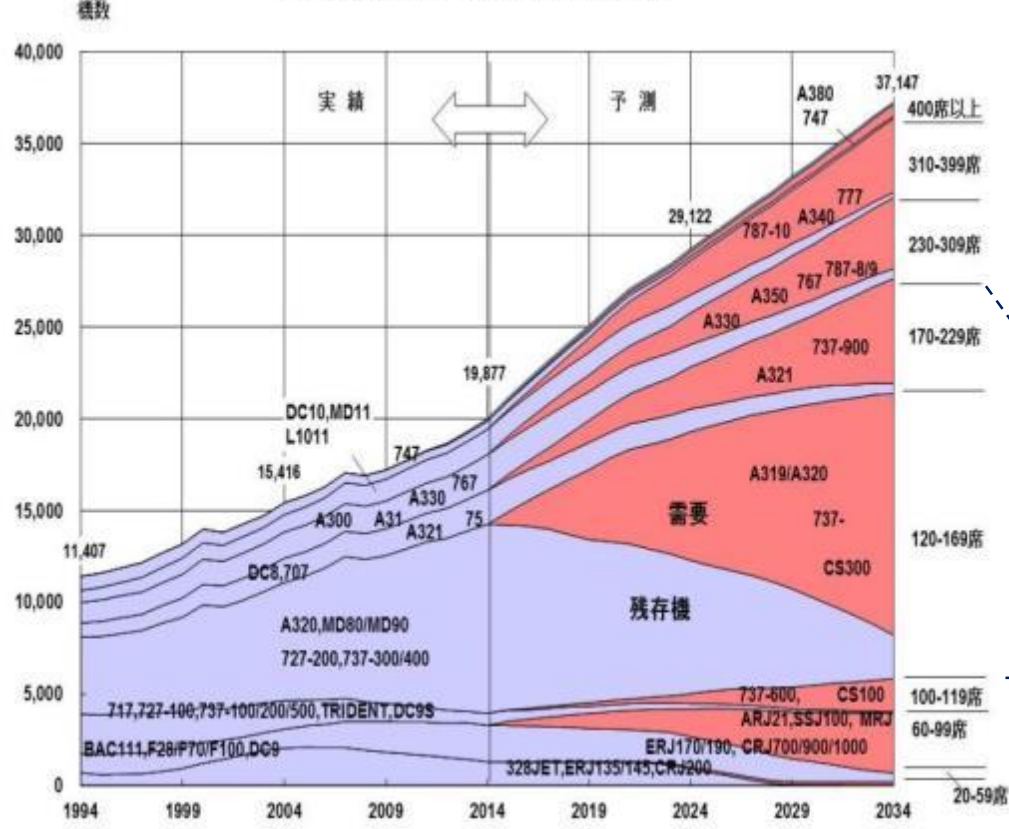
※1 JAL,ANAなどの航空会社に対して、航空機の整備等の能力が認められる場合は、1年に1回の耐空証明の更新が不要となる“連続式耐空証明”を発行

※2 客席数が30席又は最大離陸重量15トンを超える航空運送事業機

## 2. 環境の変化について

◆ 世界の民間航空機市場は、年率約5%で増加する旅客需要を背景に、今後20年間の市場規模は、約3万機・4~5兆ドル程度となる見通し。最も旅客需要が伸びるのはアジア太平洋地域。最も機体需要が多いのは150席級 (B737、A320)

ジェット旅客機の運航機材構成予測



## 主要な民間航空機と市場区分



➡ BoeingとAirbusが2強



MRJ



E-Jet



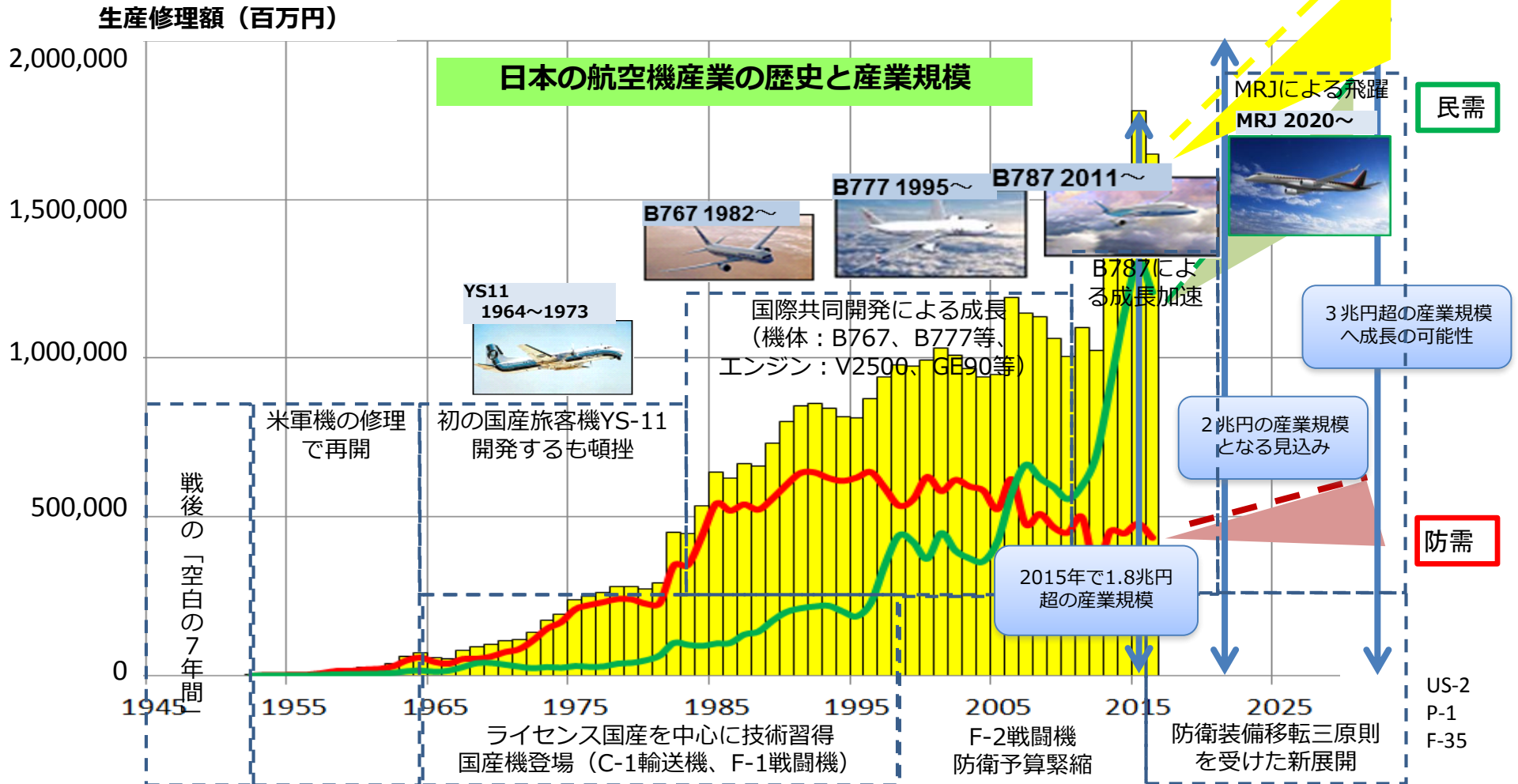
CRJ

➡ ブラジルとカナダの2強から、日本とブラジルの2強へと転換。

(出典 経済産業省より)

# (1) 航空機産業の変化 ~我が国航空機産業の歴史と展望~ 国土交通省

- ◆ 民間航空機市場は、年率約5%で成長すると見込まれる成長市場。
- ◆ 航空機産業全体では、国内生産額は、過去5年間で1.1兆円から1.8兆円に増加。2030年には3兆円を超えると期待。





# (1) 航空機産業の変化 ~MRJの開発~

◆ Y S - 1 1 以来約半世紀ぶりの国産旅客機であるMRJの開発が国家プロジェクトとして進められている。

(平成27年11月11日初飛行離陸直後の様子)  
提供：三菱航空機株

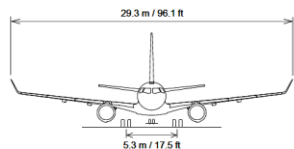


- 我が国で初めての国産ジェット旅客機(70~90席クラス)
- 今後20年、世界で5,000機以上の需要が見込まれる70~90席クラス(リージョナルジェット機)の市場に投入

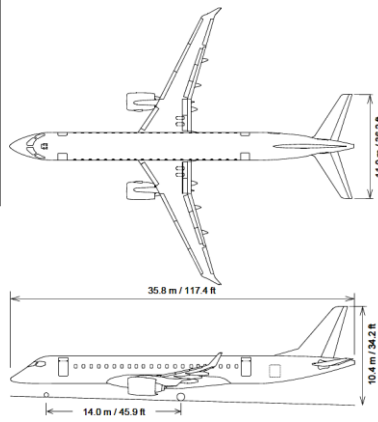
## 主要諸元\*

- 最大離陸重量 : 42,800 kg
- 最大巡航速度 : マッハ0.78 (約830km/h)
- 離陸滑走路長 : 1,740 m
- 着陸滑走路長 : 1,480 m
- 航続距離 : 3,770 km
- 標準座席数 : 88 席

※ 開発中のため変更の可能性がある



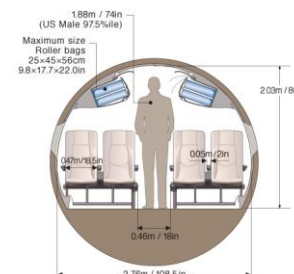
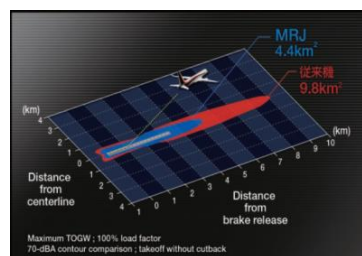
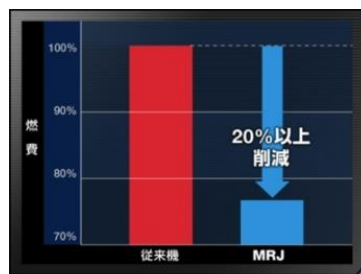
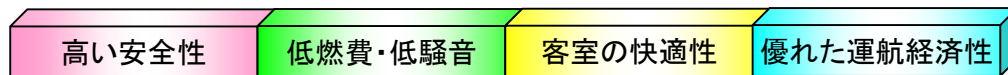
## MRJの仕様



## 受注状況 (正式契約) 計387機

全日本空輸(初号機納入先)	25機
トランス・ステーツ・ホールディングス(米国)	100機
スカイウェスト(米国)	200機
エア・マンダレイ(ミャンマー)	10機
日本航空	32機
エアロリース(米国)	20機

## セールスポイント



燃費の優位性

低騒音

客室の快適性

## 申請から型式証明・就航までの想定スケジュール

※平成29年1月見直し

H19年度 (2007)	H20~H22年度 (2008~2010)	H23年度 (2011)	H24年度 (2012)	H25年度 (2013)	H26年度 (2014)	H27年度 (2015)	H28年度 (2016)	H29年度 (2017)	H30年度 (2018)	H31年度 (2019)	H32年度 (2020)	
▼型式証明を国土交通省に申請						初飛行		初号機納入				
設計・製造							飛行試験等					就航
設計図面の審査・各種解析書の審査												
装備品試験・地上試験												
								飛行試験				
											派生型機 設計変更 不具合対策	

## 国土交通省の取り組み

- MRJを開発する三菱航空機(株)が所在する名古屋地区に「航空機技術審査センター」を設置し、設計の安全性審査体制を構築・拡充(現行73名体制)
- 安全審査担当の能力向上を図るべく、米国の航空当局とも連携して、専門研修を拡充
- 安全性審査にあたっては、米国・欧州の航空当局の安全性審査担当者と密接な連携を実施

※飛行試験を国内及び米国で実施。

- 初飛行:  
平成27年11月11日
- 初号機納入:  
平成32年半ば

- ◆ 近年、複合材の使用割合の増加や、いわゆる「3Dプリンター」を用いた航空機部品の製造、電動航空機や大型無人航空機の開発等、新技術の導入が加速化。
- ◆ 新たな技術開発・導入を阻害しないよう、速やかなルールメイキングが必要となっている。



### 電動航空機

2017年11月、エアバスはRRとシーメンスの3社で2MW出力のハイブリッド電気航空機を開発すると発表。



### 大型無人航空機

2017年10月、ボーイングは米無人機大手Aurora社を買収し、無人貨物機等の無人機事業の拡大を目指すと発表。



### 極超音速機

JAXAを始め各国機関は太平洋間を2時間で横断可能なマッハ5クラスの極超音速機の実現を目指し要素技術の開発中

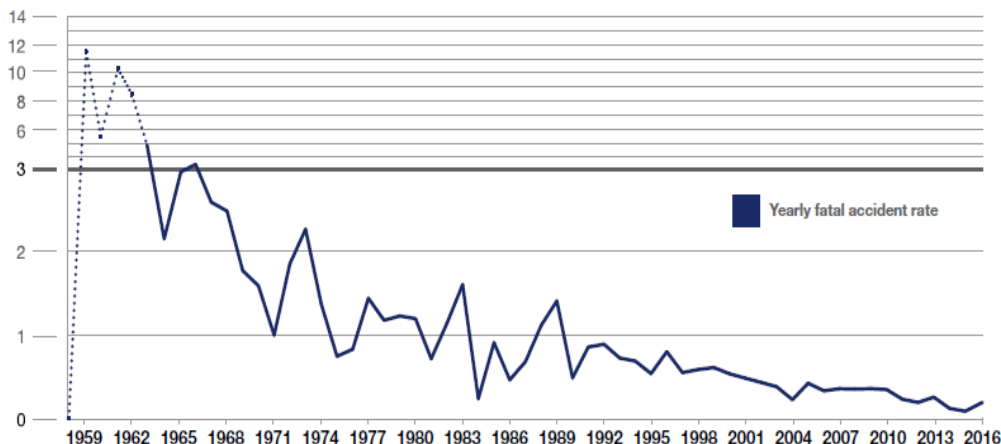
# (2) 航空機の信頼性の向上

- ◆ 航空機のシステムは、従来に比べて複雑・高度化。
- ◆ 過去の航空機事故の教訓を踏まえ、航空機の耐空性基準は順次強化されてきた。

## 複雑・高度化する航空機システム

	1950~60年代	1970~80年代	1990年代~
コックピット計器	アナログ計器	アナログ計器 デジタル計器	デジタル計器
操縦システム	手動操縦装置 リンクを介した直接的な機械制御	動力操縦装置 油圧作動機構を介した制御	フライ・バイ・ワイア操縦装置 電気信号により舵面を制御
アビオニクスシステム	アナログセンサー 独立型	デジタルセンサー (一部統合化)	デジタルセンサー (高度に統合化)

## 世界の100万出発回当たりの死亡事故件数



Commercial Aviation Accidents 1958-2016 (Airbus)より

## 近年の耐空性基準の強化例

### ① 電気配線に関する基準



トランスワールド航空800 便墜落事故  
1996年7月17日、TWAのB747が、  
ニューヨークJFK空港を離陸して12分後に  
空中爆発し海中に墜落。搭乗者230人全  
員死亡。

#### (原因)

経年化により電気配線の腐食  
が進展し、燃料タンク付近の電  
気配線がショートし、燃料タンク  
内の気化燃料に引火し爆発

#### 基準強化の概要

電気配線に故障が生じた場合でも危  
険な状態にならないように、電気配  
線等の分離、電気配線の安全性解  
析、耐火性等を要求 (2008年)

### ② 疲労損傷に関する基準



#### アロハ航空243 便事故

1988年4月28日、アロハ航空のB737がヒロ空  
港離陸して23分後、胴体前方の左側天井部外  
壁がはがれ、急減圧発生により緊急着陸。吸  
い出された客室乗務員1人が死亡、8人が重傷。

#### (原因)

接着剥がれにより、与圧荷重  
がリベットにかかり、リベット列  
に沿って多数の亀裂が発生、  
進展、一気に繋がって破断(広域  
疲労損傷)

#### 基準強化の概要

広域疲労損傷を防止するため、構造  
寿命を設定し、寿命までの間は広域  
疲労損傷が発生しないことを実証す  
るよう要求 (2011年)

# (2) 航空機の信頼性の向上 ～整備方式の変化～

◆ 航空機やエンジン、装備品等の整備方式も大きく変化し、総じて航空機の信頼性は向上している。

## エンジン及び装備品類の整備方式

### ハード・タイム (HT)

限界時間を設定して、その限界内にオーバーホール又は交換を行う方式。  
 使用するにつれて故障が増加する傾向にあり、かつ状況のモニターができない部品に適用。  
 かつては、機体やエンジン本体に対し本方式が適用されていたが、現在は部品の約5%に適用。



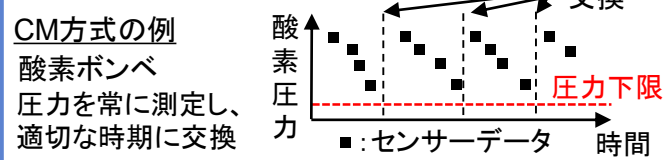
### オン・コンディション (OC)

限界時間を設定せず、定期的に検査を実施し、不具合が認められた場合に整備を行う方式。  
 使用するにつれて故障が増加する傾向にあり、かつ状況のモニターができる部品に適用。  
 ボアスコープ検査等のモニタリング手法の発展に伴い本方式が一般的になり、現在は部品の約5%に適用。



### コンディション・モニタリング (CM)

定期的に検査することに代えて、センサー等で常時発生する不具合状況に関するデータを収集し、これを分析・検討して、適切な処置を決定していく方式。  
 故障しても直ちに耐空性に影響を与えない部品や使用時間に関わらず故障率が一定の部品に適用。  
 現在は部品の約90%に適用。



## 整備方式の変遷

※機体整備はこれらの方式を組み合わせる実施

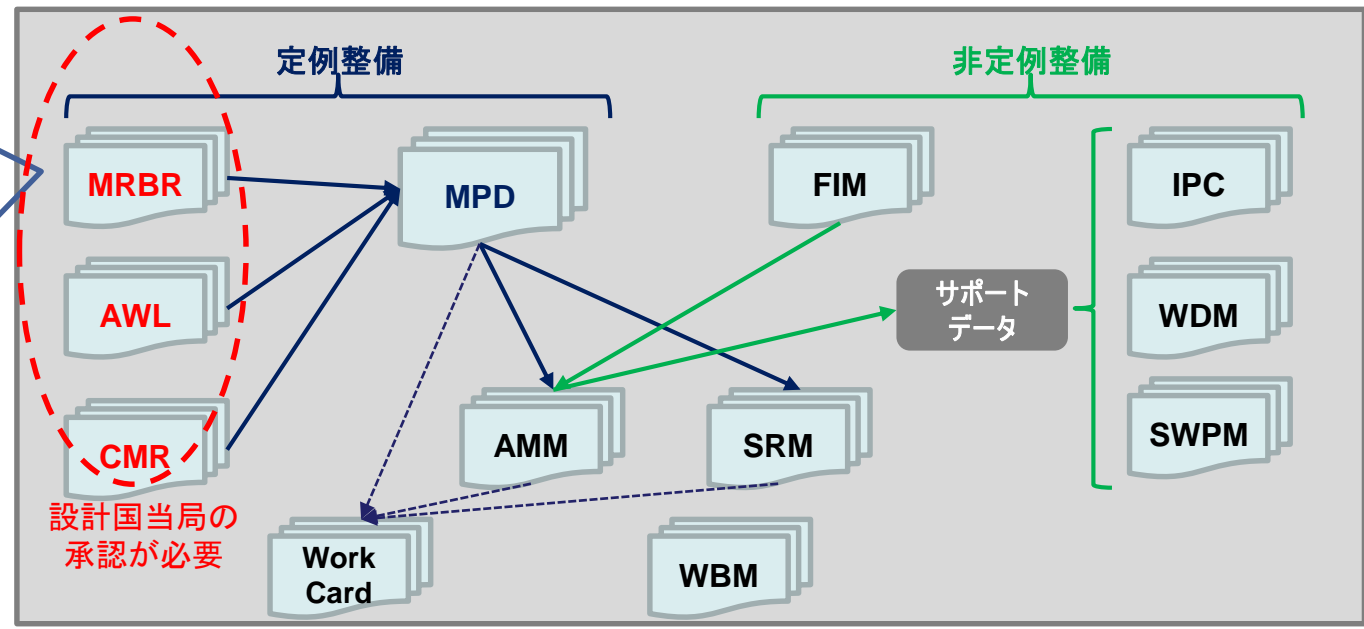
暦年	1950 (昭和25)	1960 (昭和35)	1970 (昭和45)	1980 (昭和55)	1990 (平成2)	2000 (平成12)	2010 (平成22)	2020 (平成32)	
国内機材	・DC-4 ・DC-6	・DC-8 ・DC-7 ・CV880 ・B727	・DC-9 ・B737 ・B747	・L-1011 ・DC-10	・B767	・A320 ・MD-11 ・B777	・MD-90	・B787	・A380 ・A350 ・MRJ
整備方式	Sampling Overhaul 定期検査あるいはサンプリングオーバーホールを実施しその結果如何で限界時間を延長する。		Phased Zonal Maintenance 特定の限界時間に拘束されず、その必要度と運航計画に応じて最も適当な時期に特定のAreaまたはWork Zoneの必要な作業を実施する。						現代 機上システムが自らの状態を監視し、品質低下を把握。地上システムと連携し、必要な整備作業を機体到着前に準備検討が可能。
	機体	HT		OC				CM	
エンジン	HT		OC				CM		

- ◆ 米国FAAは、1980年に米国連邦航空規則FARを改正。型式証明の申請者（製造者）は、初号機の納入又は耐空証明書の発行までに、「耐空性を継続するための指示書」を作成しなければならない。
- ◆ 航空運送事業機に限らず、全ての航空機やその装備品について、航空機の所有者は「耐空性を継続するための指示書」等にしたがって適切に整備を実施しなければならない。

## 耐空性を継続するための指示書(例)

＜MRBLレポート＞

- ・ 航空機の耐空性を維持するための整備プログラムを編纂した報告書
- ・ 製造者、製造国当局、主要エアライン等により構成される、航空業界運営委員会が機種ごとに検討・作成し、設計国当局の承認を経てMRBLレポートを発行

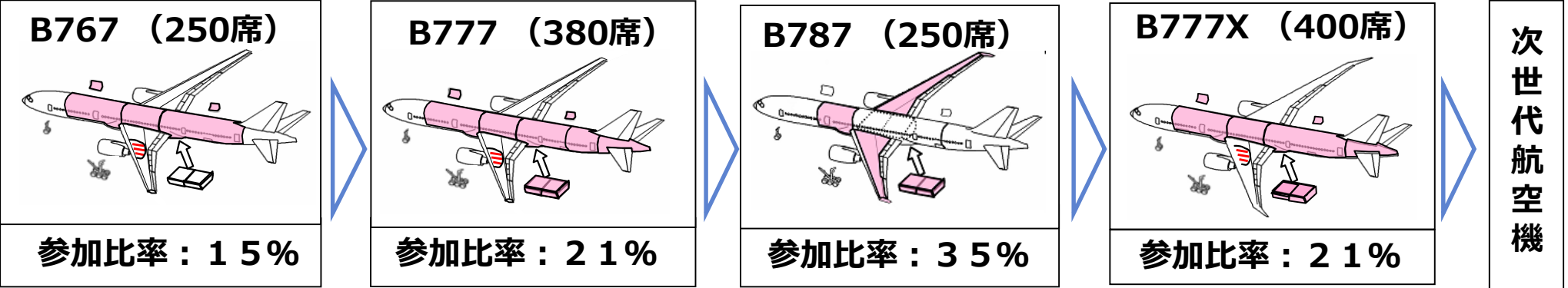


- MRBR: MRBLレポート
- AWL: 耐空性限界, Airworthiness Limitation
- CMR: 型式証明整備要件, Certification Maintenance Requirements
- MPD: 整備計画データ, Maintenance Planning Data
- AMM: 航空機整備マニュアル, Aircraft Maintenance Manual
- SRM: 構造修理マニュアル, Structural Repair Manual
- FIM: 不具合特定マニュアル, Fault Isolation Manual
- IPC: 部品表, Illustrated Parts Catalogue
- WDM: 電気配線マニュアル, Wiring Diagram Manual
- SWPM: 標準配線実施マニュアル, Standard Wiring Practices Manual
- WBM: 重量重心マニュアル, Weight & Balance Manual

**航空運送事業者の整備規程**  
航空運送事業者は、「耐空性を継続するための指示書」を基に、「整備方式」「整備の実施方法」を整備規程に設定し、認可を受ける。

- ◆ 我が国の航空機／エンジン・メーカーは、欧米の国際共同開発へ参画することにより技術力を向上。
- ◆ 機体構造については、ボーイング社のプロジェクトへの参加が主体。
- ◆ エンジンでは、小型機向けでは日本企業が米プラット&ホイットニー社や独MTU社とともにIAE社を設立。中大型機向けでは英ロールスロイス社や米GE社との重工各社によるパートナーシップを実施。

## 機体



## エンジン

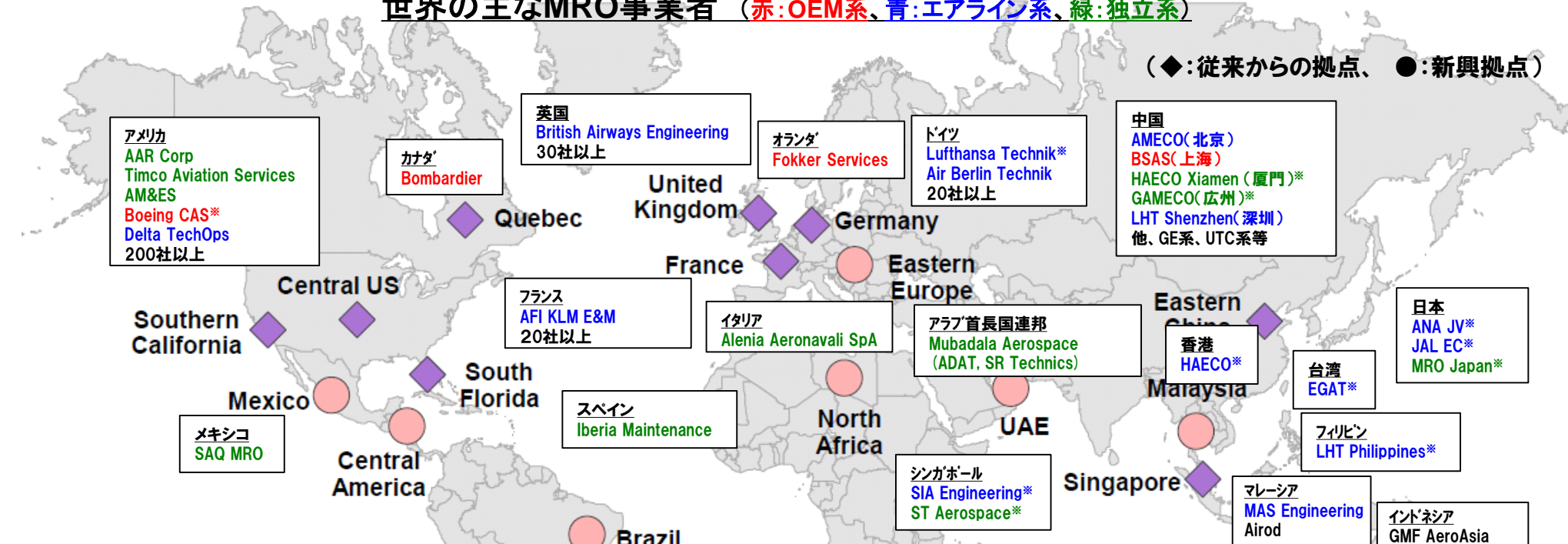


# (3) 民間能力の向上 ~MROの台頭~

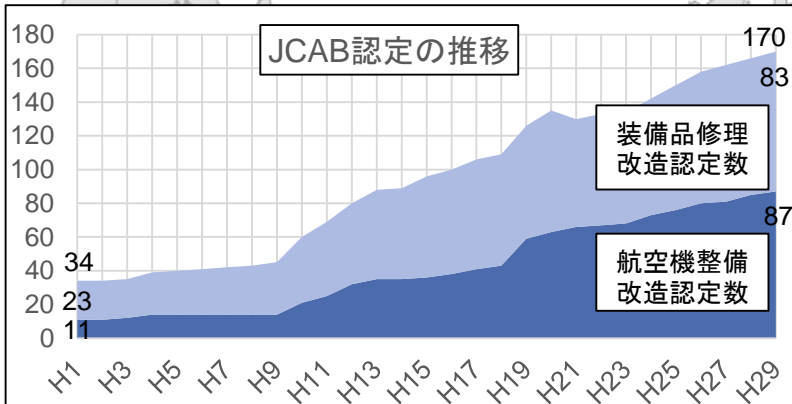
- ◆ エアラインから独立して、主要な整備、修理、オーバーホールを担当するMROビジネスが世界的に定着・拡大
- ◆ 我が国の「航空機整備改造」又は「装備品修理改造」認定を取得する事業場も着実に増加

世界の主なMRO事業者 (赤:OEM系、青:エアライン系、緑:独立系)

(◆:従来からの拠点、●:新興拠点)



AMECO: Aircraft Maintenance and Engineering Corporation  
 BSAS: Boeing Shanghai Aviation Services  
 TAECO: Taikoo (Xiamen) Aircraft Engineering Co  
 GAMECO: Guangzhou Aircraft Maintenance Engineering Company  
 HAECO: Hong Kong Aircraft Engineering Company  
 LHTS: Lufthansa Technik Shenzhen  
 LHTP: Lufthansa Technik Philippines  
 EGAT: Evergreen Aviation Technologies Corporation  
 ADAT: Abu Dhabi Aircraft Technologies  
 AM&ES: Airborne Maintenance And Engineering Services,  
 BCAS: Boeing Commercial Aircraft Service



注: 両方の認定を受けている者が23社あるため、認定事業場数としては、合計147社

出所) 各社資料、ARSA:The Aeronautical Repair Station Association等から作成

\* 我が国の認定を取得している事業場

# (4) 国際的な相互承認の進展

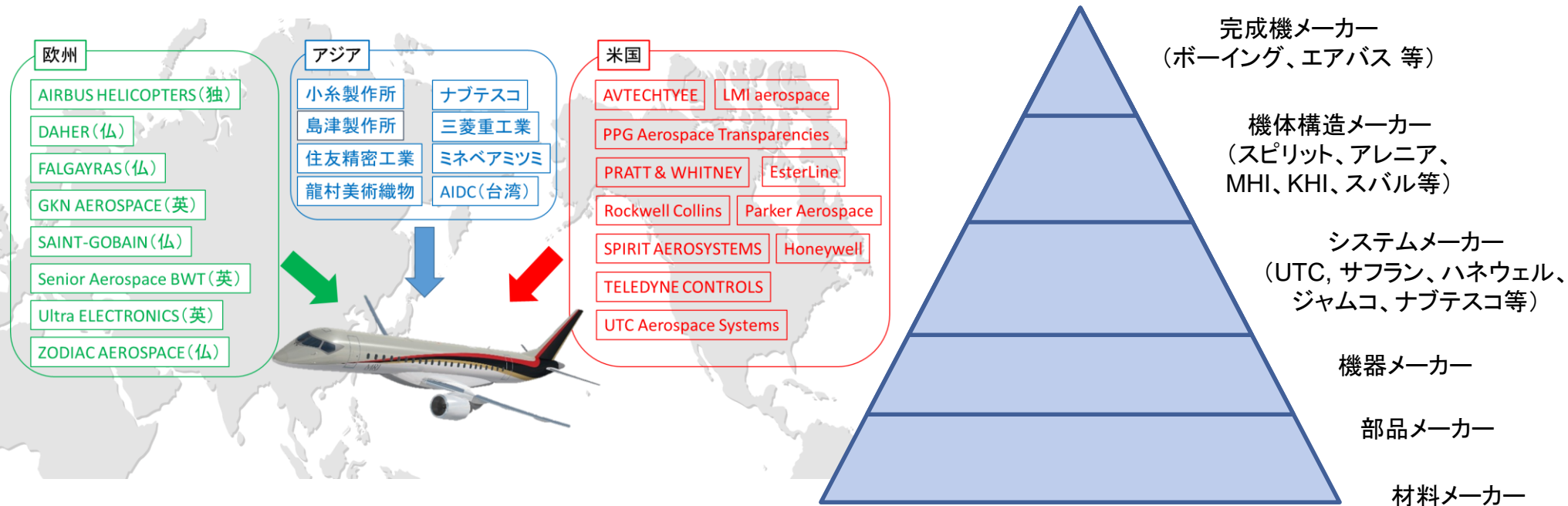
- ◆ 国際民間航空条約上、航空機の製造国がサプライヤーも含めた製造者の監督責任を負う。

ICAO条約第8附属書 第2章 製造

第2.2項 航空機、エンジン及びプロペラの製造

製造国は、下請業者やサプライヤーが製造した部品を含めて、それぞれの航空機、エンジン及びプロペラの耐空性を保証しなければならない。

- ◆ 近年、航空機サプライチェーンの細分化・グローバル化が進展し、航空機製造国は、世界中に点在する無数のサプライヤーの監視・監督が必要となり、航空当局のリソースが逼迫。





# (4) 国際的な相互承認の進展 ~ 諸外国のBASA締結状況 ~ 国土交通省

- ◆ 米国を始めとする航空機製造国を中心に、相互承認協定の締結が進展。
- ◆ 特に、中国が米国及び欧州と航空製品に係るBASA締結の動きを見せる等、存在感を増している。

		米	欧	加	伯	日	中	その他
米国	航空製品		○	○	○	○	○	豪、印、イスラエル、韓、マレーシア、メキシコ、ニュージーランド、露、シンガポール、スイス
	整備施設		○	○		協議中		シンガポール、スイス
欧州	航空製品	○		○	○	△	協議中	
	整備施設	○		○	○	協議中		
カナダ	航空製品	○	○			○	○	
	整備施設	○	○		○	○		
ブラジル	航空製品	○	○			○	○	アルゼンチン、豪、印、イスラエル、ヨルダン、露、台湾
	整備施設		○	○				
日本	航空製品	○	△	○	○			※欧州とは、Working Arrangementを締結済
	整備施設	協議中	協議中	○				
中国	航空製品	○	協議中	○	○			※欧州とは、2018年内にBASA IPAを締結見込み
	整備施設							

◆ 気候変動に関する国際連合枠組み条約及びその京都議定書における規定

- 国内航空のCO2は各国の排出量に計上 ⇒ 各国の責任において削減を追求
- **国際航空のCO2**はセクターの特殊性\*から排出の国別割当が困難 ⇒ **ICAOを通じて削減を追求**

\* 国際航空セクターの特殊性：

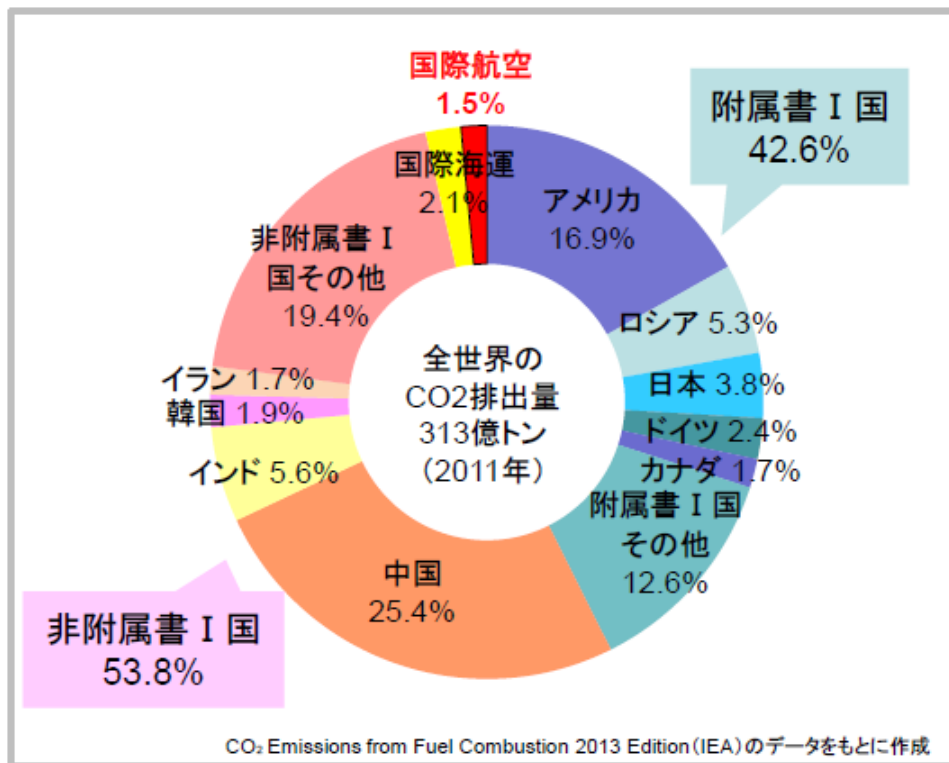
- ・ 航空機は国境を越え、又は公海上で排出行為を実施
- ・ 国を跨いだコードシェアの実施

京都議定書 第2条

2. 附属書IIに掲げる締約国は、国際民間航空機関...を通じて活動することにより、航空機用...の燃料からの温室効果ガス...の排出の抑制又は削減を追求する。

◆ 航空分野のCO2排出対策は、

- ①**新技術の導入**、②**運航方式の改善**、③**代替燃料**、④**経済的手法**、の組み合わせにより実施。



(参考)

● 気候変動に関する国際連合枠組条約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)

(1992年リオ・デ・ジャネイロで開かれた環境と開発に関する国際連合会議 (UNCED、地球サミット)で採択)

気候システムに対して危険な人為的干渉を及ぼさない水準で温室効果ガス濃度を安定化させるため、附属書I国(先進国)が率先して対策を講じること等を規定

● 気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書 (Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, KP)

(1997年京都で開かれた第3回締約国会議 (COP3)で採択)

→ UNFCCC附属書I国に対し、2008年～2012年の温室効果ガス排出量を1990年比少なくとも-5%となるよう、各国の削減義務を数値化

→ 日:-6%、米:-7%、EU:-8%、加:-6%、豪:+8% 等

# (5) 航空機CO2排出量基準の新設

## 経緯

- 「新技術の導入」により、国際航空分野のCO2排出削減を促すため、2010年10月に開催された第37回 ICAO総会において、航空機CO2排出基準を策定することが決定。
- 国際民間航空機関(ICA O)の航空環境保全委員会(CAEP)において、航空機CO2排出基準の段階的な検討が進められてきた。
- 2017年3月に開催されたICA O理事会において採択され、**2017年7月**に国際民間航空条約(シカゴ条約)の**附属書16の第3巻「航空機のCO2排出基準」**が**新設**された。

## CO2基準

- 航空機の燃料消費率(単位燃料当たりの飛行距離)に基づく指標が一定値以下になるように義務付ける基準を新設
- 対象となる航空機：最大離陸重量5,700kg以上のジェット機及び8,618kg以上のプロペラ機

対象となる航空機の分類	基準適用日
新規設計の航空機(*)	2020年1月1日～
一定の設計変更を行う航空機	2023年1月1日～
上記以外の継続製造を行う航空機	2028年1月1日～

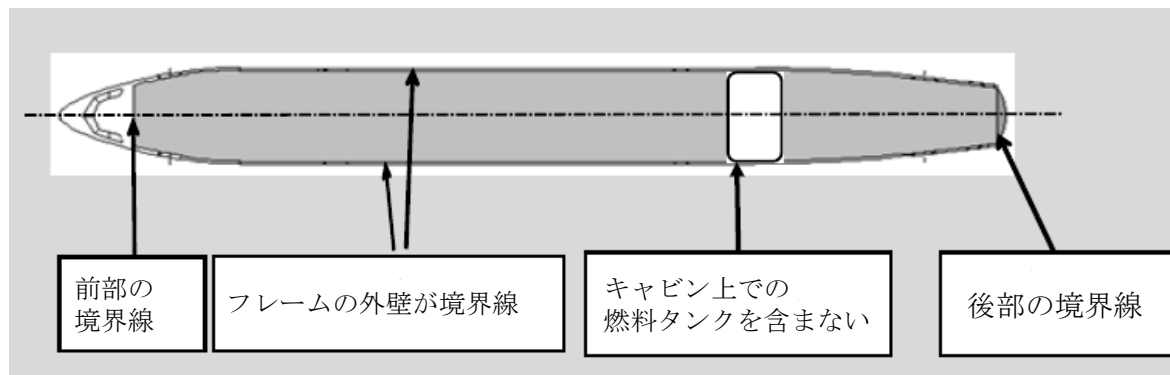
\* 60,000kg以下で座席数が19席以下のジェット機は2023年1月1日～

- 上記の対象航空機については、**基準適用日以降に新規製造することができなくなる**。

**CO2評価式**

$$\text{CO2評価式 [単位:kg/km]}: \frac{(1/\text{SAR})}{(\text{RGF})^{0.24}}$$

- ・Specific Air Range(SAR) : 単位燃料 (kg) 当たりの飛行距離(km)
- ・Reference Geometric Factor(RGF) : 飛行機の床面積を元にした調整係数  
RGFの対象範囲は、下図のとおり



**CO2基準値(評価式の上限值)**

➤ 新規設計の航空機

最大離陸重量 (MTOM)	CO2基準値
MTOM ≤ 60,000kg	$10^{-2.73780 + (0.681310 * \log_{10}(\text{MTOM})) + (-0.0277861 * (\log_{10}(\text{MTOM}))^2)}$
60,000kg < MTOM ≤ 70,395kg	0.764
70,395kg < MTOM	$10^{-1.412742 + (-0.020517 * \log_{10}(\text{MTOM})) + (0.0593831 * (\log_{10}(\text{MTOM}))^2)}$

➤ 一定の設計変更及び継続製造を行う航空機

最大離陸重量 (MTOM)	CO2基準値
MTOM ≤ 60,000kg	$10^{-2.57535 + (0.609766 * \log_{10}(\text{MTOM})) + (-0.0191302 * (\log_{10}(\text{MTOM}))^2)}$
60,000kg < MTOM ≤ 70,107kg	0.797
70,107kg < MTOM	$10^{-1.39353 + (-0.020517 * \log_{10}(\text{MTOM})) + (0.0593831 * (\log_{10}(\text{MTOM}))^2)}$