

## 第 163 回エネルギー問題に発言する会 座談会議事録

座談会演題：航空機の安全と信頼性を支える仕組み —航空機エンジンの例—

講師：吉岡俊彦氏（金属技研株式会社生産本部副本部長）

日時：2016年2月18日（木）16:00～17:45

場所：日本原子力安全推進協会（JANSI）13階第2、3会議室

座長：針山日出夫氏

参加者：約30名

議事録作成：峰松昭義

講演概要：

航空業界における安全と航空機の信頼性を支える仕組みについて、業界での安全に対する考え方、機体のハードウェア・システムの概要、設計/開発段階から商用運航に至る段階においてどのような規定があり、どのような取り組みが行われているか等について、全体の流れがわかる説明がなされた。あわせて、航空会社におけるリスクマネジメントについて安全管理システムを中心に実際の事例が紹介された。

講師略歴：

1979年 東京大学工学部航空学科卒業。日本航空入社（原動機工場、技術部）

1991年 Pratt & Whitney 社出向（Customer Support Engineering）

1993年 日本航空復帰（技術部、成田整備工場、整備企画室、エンジン事業部）

2006年 ㈱JAL エンジンテクノロジー社長（出向）

2010年 JAL メンテナンスサービス㈱社長（出向）

2013年 （公社）日本航空技術協会専務理事（出向）

2015年 日本航空退職。金属技研株式会社入社生産本部副本部長、現在に至る。

講演内容：

### 1. 航空業界における安全の考え方・認識

- ・航空業界にとって安全は絶対的な課題である。空を飛ぶことには危険を伴う。航空会社の企業理念は安全最優先であり、航空機メーカーは、安全でない航空機は売れない。
- ・航空機事故は直接人命にかかわる。一旦、事故が起きると事故による死亡率が他の交通手段に比べて高い。
- ・航空機の大型化に伴い、事故発生時の被害の規模が大きい。
- ・システム（油圧系、気圧系、燃料系、電気系、通信系、制御系等）が複雑で

故障の可能性が高い。

## 2. 航空機のシステムについて

航空機のシステムについては、公的機関であるATA (Air Transport Association、現 Air for America) がATA仕様で、システム毎に共通の番号 (ATA No.) を設定している。構成は、サービス (例えば、ATA 5 TIME LIMITS/MAINTENANCE CHECKS)、機体のシステム (例えば、ATA 21 AIR CONDITIONING)、構造 (例えば、ATA 52 DOOR) 等から成っていて、それらがまた小番に分類されていて、番号によってどのシステムのどの部分かが分かるようになっている。

(原子力の場合、公的機関では設定していないが、プラントメーカーによっては、PLANT STRUCTURE というのが設定されていて、同様な機能を持っている。)

例えばエンジン関連では、ATA 72 ENGINE TURBINE/TURBO PROP DUCTED FAN/UNDUCTED FUN ( -00 General -10 Reduction Gear, Shaft Section (Turbo-Prop and/or Front Mounted Gear Driven Propulsor) -20 Air Inlet Section =30 Compressor Section -40 Combustion Section -50 Turbine Section -60 Accessory Drives -70By-pass Section -80 Propulsor Section(Rear Mounted) と設定されている。

## 3. 起こしてはならない事象 (エンジンの事例)

航空機 (特にエンジン) においては、下記のような事象は絶対に起こしてはならない。

- エンジン部品のエンジン外への飛散
  - ーディスクの破損: 確実にエンジン外に飛散し、客室や燃料タンクを破損する可能性がある
  - ーエア・シールの破損: エンジン外に飛散し、エンジンの推力を失う可能性が高い
  - ータービン動翼の破損: 高圧タービンの2段動翼は重量が大きいためエンジン外に飛散する可能性がある
- エンジン火災
  - ー外部火災: エンジンケースの外部に火災が広がり電線等を焼損する
  - ー内部火災: ベアリング室等の内部火災で、エンジン停止につながる
  - ーエンジンカバーの脱落; 外部火災時にエンジンカバーが脱落すると消火装置が機能しなくなる
- 飛行中のエンジン停止
  - ー推力の損失により飛行が継続できなくなる
  - ー発生率がETOPS (Extended-range Twin-engine Operational Performance

Standards)に影響する

#### 4. 航空機の設計/開発段階での安全性/信頼性の保証

##### (1) 安全と耐空性

- ICAO(International Civil Aviation Organization) Safety Management Manual Ch. 2. 1. 1に「安全とはハザードの特定およびリスクの管理を継続して行う事により人への危害あるいは財産へのリスクが許容レベルまで低減され、かつ許容レベル以下に維持されている状態」と規定されている
- FAR(Federal Aviation Regulation) Sec 3. 5に「耐空性がある(Airworthy)とは、航空機が安全基準に適合した設計通りに製造され、かつ安全に運航できる状態にあること」と規定されている

##### (2) 設計基準と型式証明

設計基準として FAR の Airworthiness Standards(耐空性基準)があり、また型式証明制があり、以下のように定められている

- FAR Part 25 - Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes に輸送機の設計基準が詳細に定められており、米国航空法にそれぞれに相当する耐空性審査要領が定められている
- FAR Part 33 - Airworthiness Standards: Aircraft Engine に航空機エンジンの設計基準が定められており、各システムの要件や安全性を確認するための耐久試験、鳥吸い込み試験、ファンブレード破壊試験等が詳細に定められている
- ある航空機の型式の設計が、安全性及び環境適合性の基準に適合すると認められた場合、型式証明書が交付される(型式証明申請。適用基準の設定。設計の審査、製造過程検査、飛行試験等、全ての適用基準への適合性を確認。適合していると認められた場合、型式証明書発行)

##### (3) 耐空証明

航空機が飛行する価値・資格を持つことの証明で、型式証明を得た設計に基づいて、製造証明を有する工場で製造されただけでなく、安全に運航できる状態にあることを証明する(型式証明を得た設計に基づいて、製造証明を取得した工場で製造された航空機について製造試験飛行を行って安全に運航できる状態にあることを証明。耐空証明を取得。)

##### (4) 整備と運航の基準

- MR B (Maintenance Review Board) Report  
— 新型式の航空機の整備方式の基準となるもので、F A A組織であるMR Bが策定する。MR Bのメンバーはメーカーや航空機会社等のオペレーターからなり、F A Aがオブザーバーとして参加する検討会がM S G (Maintenance Steering Group) — 3 と呼ばれるロジックに基づ

いて整備の方式や要目を検討し Report として策定する（何に対して、  
どういうインターバルで、何時、何をどうすると定めている）

－各運航会社はこれをもとに各社毎に整備プログラムを策定し当局の認可を受けて適用する

・ME L (Minimum Equipment List)

－膨大なシステムから成る航空機を完璧な状態に維持するのは極めて困難である

－冗長性のある設計がなされており、全ての運航条件下で常に必要とされない装備品もある

－安全性を損なわないことを前提として、故障があっても限定的に運航を認める仕組み作りをME Lというマニュアルに規定している（システム及び機器番号、修理期限、基本装備数、作動すれば運航できる必要装備数、備考欄に運航上必要な処置・確認事項を（O）で整備関連上必要な処置・確認事項を（M）で表示）

－全ての機種についてME Lが定められている

5. 商用運航が始まってからの安全性/信頼性の維持

(1) モニタリング

最初はモニタリングは出来なかったが、コンピューターが発達し、通信技術が発達してオンボードでモニターが出来るようになった

エンジンのオイルの量をモニターしていて異常が発生するとコックピットに警報を発するようなモニターや機器毎の長期の傾向を監視して異常を見つけるモニター等が開発され、採用されている

開発は製造会社毎になされている

・航空機（機体）のモニタリング

－Boeing: Airplane Health Management System

－Airbus: AIRBUS Real Time Health Monitoring

－Embraer: Aircraft Health, Analysis and Diagnosis System

・エンジンのモニタリング

－General Electric: Remote Diagnostics Service

－Pratt & Whitney: Advanced Diagnostics & Engine Management

System

－Rolls Royce: Engine Health Management

(2) 信頼性管理

・整備方式（エンジンの例）には以下の方式がある

－ハードタイム管理方式（オーバーホール方式）

一定時間を定めて、定期的に分解手入れをしたり、部品・装備品を交

換・廃棄する方式（日本は航空法でオーバーホール方式と定めている。これは非合理的である。これに対し米国はオンコンディション方式を採っている）

－オンコンディション方式

定期的に点検・試験を行って品質を確認し、不具合があれば部品交換あるいは修理等適切な処置を採る方式（米国はこの方式を採っている）

－オンコンディション・モニタリング方式

定期的な検査や手入れはせずに、発生する不具合状態に関する情報を解析・検討し、随時的確な処置を採ってゆく方式。そして部品や装備品の信頼度をグループ全体として監視し、一定の品質水準を割るような場合に、適切な対策・処置を行う

・オンコンディション整備方式とモニタリングの適用例

－性能モニタリング（機器毎の性能モニタリングの例）

－オイル消費量モニタリング（中長期トレンドモニタリングの例）

－オイル分光分析モニタリング（現在は、このようなモニタリングをしなければならないような機種はないので、このようなモニタリングはほとんどやられていない）

(3) 不具合/事故の分類と報告

米国では不具合/事故の分類と報告について ICAO Annex13, NTSB Regulation Part 830, FAA Order 8020.16 に規定している

・ Aircraft Accident :

乗客の搭乗から降機までに発生した死者あるいは重症者（48時間以上の入院を要する症状）が発生、または、航空機に相当な損傷（構造強度、性能、飛行特性に影響を与えるか、Major Repairを要する損傷）が発生した事例

・ Incident :

Accident 以外の事例

日本では「航空事故」を航空法第76条により以下の事例としている

－航空機の墜落、衝突又は火災

－航空機による人の死傷又は物件の損壊

－航空機内にある者の死亡（国土交通省令で定めるものを除く）又は行方不明

－他の航空機との接触

－その他国土交通省令で定める航空機に関する事故

また「重大インシデント」を第76条の2により以下の事例としている  
航空事故が発生する恐れがあると認められる事態で

- －閉鎖中または他の航空機が使用中の滑走路からの離着陸
  - －滑走路からの逸脱（航空機自らが地上走行できなくなった場合のみ）
  - －非常脱出スライドを使用して非常脱出を行った事態
  - －航空機から脱落した部品が人と衝突した事態
- など施行規則第 166 条の 4 に定める事例

更に、航空局技術部長通達により「イレギュラー運航」を以下の通り規定している

米国ではフライト・イレギュラリティ等と呼称される事象であって、運航の安全に直ちに影響を及ぼすような異常事態ではなく、例えば、多重化されたシステムの一部のみの不具合が発生した場合に乗員がマニュアルに従い措置した上で、万全を期して引き返し等を行った結果、目的地等の予定が変更されたものなど

#### (4) 不具合の原因究明と是正処置

- ・不具合の報告について航空法施行規則第 166 条に定義されている
- ・原因調査
  - －報告された内容により鉄道航空事故調査委員会が調査を行う
  - －事故に至らなかった事象でも事故に至る可能性がある場合はメーカーに報告し、原因調査を行う
- ・不具合是正のための手続き
 

不具合が発生した場合、重大さや緊急性に応じて以下の不具合是正の連絡・指示が行われる

  - －Service Letter:
 

不具合が発生した際に、メーカーが使用者（エアライン等）に対して不具合の状況や当面の対応策について連絡を行う。
  - －Service Bulletin:
 

発生した不具合に対し、メーカーが使用者に対して優先度を指定して定期検査、改修プログラム等の対策について通知するための指示書。性能や整備性の改善のための内容も優先度が低いカテゴリーとして発信されるが、緊急性の高いものについては、Alert Service Bulletin という形で発信される。
  - －Airworthiness Directive:
 

耐空性に影響を与えるような重大な不具合に対し FAA あるいは EASA から使用者に発信される改善命令で、使用者には法的な実施義務がある。我が国においては国土交通省航空局より耐空性改善通報と言う形で発信される。

(5) リスクマネジメント

- 安全管理システム (SMS : Safety Management System)
  - － ICAO が提唱する管理方法で、安全に対する方針及び目標を明確にし、目標達成のための管理計画を立案・実施してその状況を監視し、必要な措置を講じていくという系統だった包括的な管理手法がとられている
  - － 事業者 (運航会社およびメンテナンス会社) は SMS を構築する義務がある。
  - － 国は事業者の SMS を認定し、監督する。
  - － 日本国内では、2005 年 6 月事務次官、関係局長、学識経験者等からなる「公共交通に係わるヒューマンエラー事故防止対策検討委員会」が発足した。
  - － ここでの検討の結果、安全管理規程の作成/届出、安全統括管理者の選任/届出、輸送の安全に関わる情報の公表等を義務付ける輸送の安全性の向上のための鉄道事業法等の一部を改正する法 (運輸安全一括法) が制定され 2006 年 10 月施行された。
- 安全管理システムのフレームワーク (日本航空の例)
  - 以下に日本航空における安全管理システムのフレームワークを示す
  - － 安全の方針と目的
    - ① 経営の約束と義務
    - ② 安全の責任
    - ③ 安全統括管理責任者の指名
    - ④ 緊急対応計画の調整
    - ⑤ 安全管理システムの文書化
  - － 安全リスクの管理
    - ⑥ ハザードの特定
    - ⑦ リスクの評価と低減
  - － 安全保証
    - ⑧ 安全実績のモニターと測定
    - ⑨ 変更の管理
    - ⑩ 安全管理システムの継続的な改善
  - － 安全促進
    - ⑪ 訓練と教育
    - ⑫ 安全に関する意思疎通
- 安全リスクの管理
  - － ハザードの特定

発生した事象を分析し、ハザードを特定する  
ーリスクの評価と低減

リスクは下記の式で求められる

リスク＝重大度 X 発生頻度

重大度：[指標(例)] 飛行に与える影響、お客様への影響、環境  
への影響、死傷者の程度、世評・報道の度合い

発生頻度（発生の可能性）：[指標(例)] 1週間で2～3回発生、  
1年に2～3回発生、10年に2～3回発生

## 6. 安全性の推移

航空死亡事故数は1972年、1989年、2000年にピークが見られるが、全体としては継続的に非常に減少・改善されている。

商用ジェット機の事故率から見ても継続的に減少・改善されている。しかし、航空機の大型化に伴い搭乗者数が増えているので、もっともっと事故率を低減するよう努力がなされている。

飛行中エンジン停止率（I F S D：In Flight Shut Down）の推移を見てみると、1980年以前の機種、1980年代の機種、新型機種で大きな差があるが、1980代は5万時間に1回程度であったI F S Dが、今では20万時間に1回程度と非常に低減・改善されている。

質疑応答：

Q 1. 我が国の航空関連の基準はどのようにして作られているのか。基準作成の構成員は、また国の関与はどうか。

A 1. 我が国の航空関連基準の作成は米国に比べ遅れていて、米国のものをそのまま導入して、そのまま適用しているものが多い。

米国の航空関連の基準を作成しているのは、米国のF A A (Federal Aviation Administration)の審査官や検査官等が中心になって作成しているが、それらの人はMilitary（軍）や民間でメンテナンスをやっていた人等、様々なバックグラウンドを持った非常に多くの人たちが関わっている。しかし、それでも足りていない。

Q 2. 事故は技術、ノウハウの宝庫と言われている。事故が起きて基準等を改訂するのに、日本はどのような寄与をしているのか。

A 2. 事故で分かった情報には誤解を防ぐため沢山の非公開の情報が含まれているが、日本はいろいろな部品を作っており、設計自体については多くはないものの、いろいろな製造のノウハウを持っているのですが、それらを可能な限り提供している。

Q 3. モニタリングにおける航空機メーカーと航空会社の役割分担はどうか



ているのか

- A 3. モニタリングのデータは航空機メーカーと航空会社の契約に従って供給される。航空機から航空会社の地上システムへのデータの供給については航空会社自らが確立しなければならない。
- Q 4. モニタリングの地上システム、例えば Long Term Trend Monitor の EICAS でエンジンのオイル量をモニターしていてオイル量が急激に減少していることを気付いた場合、その初期の段階で地上からパイロットにそのことを忠告することはあるのか。
- A 4. 忠告することもある。
- Q 5. Service Letter および Service Bulletin を航空会社によっては採用しないこともあるのか。
- A 5. 安全に関係ない場合、航空会社によっては採用しないこともある。安全リスクの判断は、航空会社の判断による。
- Q 6. 福島第一のような事故は E-6/年と考えられていた。発生頻度が非常に低く、結果がもっと酷くなるようなものは無いのか。そのようなものは、航空機の安全においてはどのように想定しているのか。
- A 6. エンジンの事故としては、そのような発生頻度の低い事故は設計上、想定していない。実際に起こった最も厳しいものを基に設計している。
- Q 7. 自然災害は、どのようなものを想定しているのか
- A 7. 自然災害はあまり想定していない。火山の噴火による火山灰の影響は想定している。全エンジン停止。
- Q 8. 複数エンジンを採用していると思うが、オリジナルの航空機メーカーがメンテナンスに係わることはあるのか。
- A 8. メンテナンス・マニュアルが良く定められていて、その通りやればよいように成っている。航空会社が責任を持って行う事になっている。(航空機メーカーがビジネスとしてメンテナンスを行うことはある。)
- Q 9. メンテナンスを行う元請け会社の下にどのくらいの下請け会社があるのか。
- A 9. ほとんどない。メンテナンスは認定を受けたところしか出来ないことになっている。
- Q10. テロ、特に内部テロ(例えば、作業員のサボタージュ)対策のための人定確認、個人管理はどのようになされているのか。
- A10. 健康管理という範囲・過程で認定・チェックしている。

以 上