

飛行機の安全と効率的な運用を支える仕組み ～MRB と MEL について～

1. 概要

運航安全と定時性は航空会社の永遠の課題です。以前は定時出発率が競われていましたが、最近では定時到着率に重きが置かれているようです。どちらにしても、そのためには、航空機を安全な状態に整備しておく必要があります。

よく「整備士は航空機を完璧な状態に整備して機長に引き渡す」と言われますが、これは少し誇張された言い方になります。厳しい自然条件の中で重力に逆らって飛行する航空機にはぎりぎりの設計が求められ、また 300 万点ともいわれる部品で構成されることから、完璧に保つことは不可能に近いと言えます。従って、故障が起きないようにするあるいはそれを早期に発見する仕組みと共に、故障が起きても安全に飛べる仕組みが重要になってきます。前者は MRB (Maintenance Review Board)、また後者は MEL (Minimum Equipment List) という言葉で概念的に表されますが、これらについて説明していきたいと思います。

2. 耐空性を維持する仕組み (MRB について)

2. 1 耐空証明の取得

航空機はまず第一に安全でなければなりません。しかし安全という言葉はあいまいなものであり、A さんの考える安全と B さんの安全が一致しているとは限りません。むしろ違っていると考える方が自然ですが、航空機の安全を考えるときに基準が違っていると困ります。航空安全の世界では、「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ことにより、人への危害あるいは財産への損害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」と定義されていますが、航空機のハードウェアに対しては「耐空性がある (Airworthy)」という言葉で議論するほうがふさわしいと思います。米国連邦航空規則 (FAR : Federal Aviation Regulation) の Sec 3.5 には、Airworthy means the aircraft conforms to its type design and is in a condition for safe operation. (Airworthy とは、航空機が安全基準に適合した設計どおりに製造され、かつ安全に運航できる状態にあることをいう) と定義されています。つまり安全基準という客観的な基準に基づいて議論することができます。

航空機を開発するに当たっては、航空機製造会社は我が国では耐空性審査要領や米国では FAR Part25 といった設計基準に基づいて航空機を設計・製造し、数機の試験機で種々のテストを繰り返します。それにより安全基準を満たしていることを実証したのちに型式証明 (TC : Type Certificate) が与えられます。設計が安全基準に適合していることが証明されたわけです。

型式証明を得たら、航空機の量産になるわけですが、その工場できちんと設計どおりに製造できること、つまり実証テストの航空機と同じもの (Copy) を作れることを証明する必要があります。これが製造証明 (PC : Production Certificate) の取得であり、製造証明がなければ航空機を量産することが出来ません。たとえばボーイング社のエバレット工場とかが有名ですが、米国機であれば、連邦航空局 (FAA : Federal Aviation Administration)

の検査官が新形式機の製造過程を検査し、設計通りに製造されることを確認した上で、PCを与えます。そこで製造された航空機は、安全基準を満たしていると実証された試験機と同じものであるということになるわけです。しかしそれだけでは十分ではありません。皆さんご存知のように、航空会社が乗り物として航空機を飛ばすためには、耐空証明（C of A：Certificate of Airworthiness、または Airworthiness Certificate）というものがが必要です。型式証明はある型式の飛行機グループに与えられますが、耐空証明は一機ごとに試験飛行を行い、安全であると確認されて初めて付与されます。Certificate of Airworthiness とは、Airworthy であることつまり飛行する価値・資格があることの証明ですが、航空機が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は駄目で、安全に運航できる状態にあることが必要です。このため製造時には必ず一機ごとの試験飛行が航空機メーカーによって実施され、安全に運航できることの確認が行われています（図1参照）。

このような過程を経て、オペレーターに航空機が引き渡されます。

(注) なおわが国の仕組みでは、製造証明は法的には規定されていないが、実質的には同等の過程を経ています。

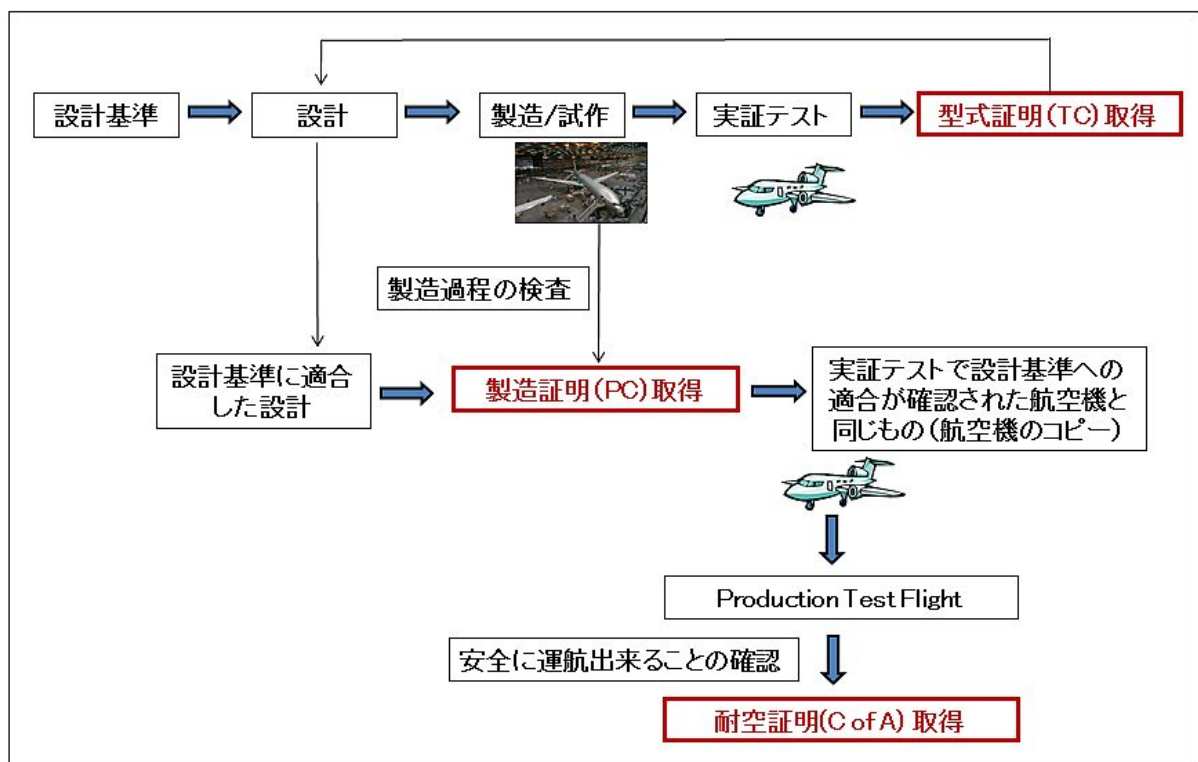


図1 耐空証明取得まで

2. 2 耐空性の継続

さて、オペレーターにとってはここからが本格的な活動となります。20年あるいは30年間お客様を安全に運ぶことで、投資と費用を取り戻し更には新たな投資に備えるわけですが、そのためには耐空性を継続していくことが必要になります。

よく、企業の生産活動に必要な要素を4M (Man、Machine、Material、Method) で表

しますが、4 M のうちの Method の主要なものが ICA (Instructions for Continued Airworthiness)、あるいは「耐空性を継続するための指示書 (耐空性審査要領第Ⅲ部附録 H)」と呼ばれる膨大な技術文書 (マニュアル類) であり、そのなかに、航空機の耐空性を確認していくための方式を取り決めたマニュアル (オペレーターにより、Maintenance Requirement Manual (MRM) あるいは整備要綱等とよばれる) があります。これは、世界共通の MRB Report という文書をもとにして設定されます。

2. 3 MRB Report

新形式の航空機が造られ運航開始される前には、耐空性があることを確認するための整備のやり方が決まっていなければなりません。その基準となるのが、MRB Report であり、

- ・ 何に対し (システム、装備品、構造部材)
- ・ 何時 (実施間隔)
- ・ 何をする (目視検査、機能検査、交換、給油等)

という Maintenance Requirement (整備要目) をとりまとめ、設計国の監督官庁の認可を得た文書です (図 2 参照)。尚、MRB (Maintenance Review Board、我が国では整備方式審査会) は、FAA 内の組織名ですが、新形式機の整備のやり方を検討する体制に対して一般的に使われる場合もあります。

MRB Report の表示例				
MRER Task Number	Type Category	Title Description Note Access Panels	Applicability	Interval (I: Interval, T: Threshold)
34-11-02-001	OPC 8	STANDBY POWER SUPPLY ENABLE RELAY <i>Operational check of Standby Power Supply Enable Relay</i>	ALL	I: 12000 FH
34-15-00-001	FNC 6	PITOT STATIC SYSTEM <i>Functional check of the Pitot Static System (altitude and airspeed) of the ADS 1, ADS 2, and ADS 3.</i>	ALL	I: 24 MO NOTE: Or in accordance with Local Regulatory Authority Requirements.

何に対し

何をする

何時

図2 MRB Report の例

MRB Report の策定方法は、米国であれば AC(Advisory Circular)121-22C¹⁾、わが国ではサーキュラーNo.1-317²⁾に示されていますが、検討組織の作り方と検討ロジックに分かれています。

検討組織とその運営方法ですが、(図 3 参照)

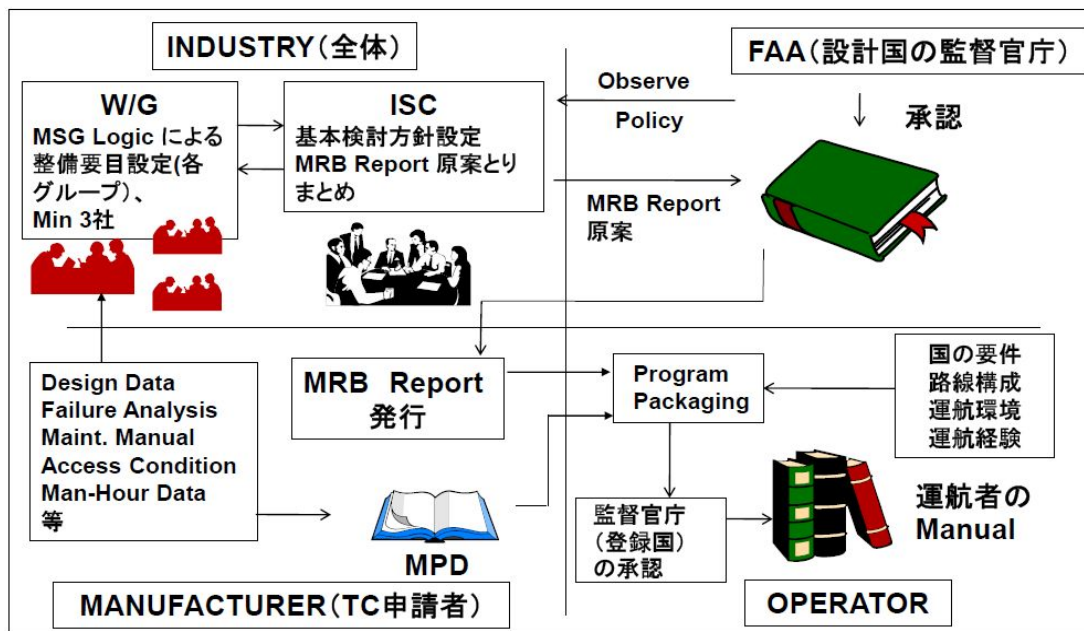


図3 MRB 検討体制

- ・ 検討組織（Steering Committee と Working Group（複数））は、製造会社（航空機、エンジン、装備品）、Launching Operator、監督官庁により構成されます。監督官庁は Observer の位置づけで参加します。
- ・ 製造会社は、後述の MSG-3³⁾（MSG：Maintenance Steering Group）という文書の検討ロジックの基本的な考え方をもとに、その型式機の検討ロジックである PPH（Policy and Procedure Handbook）を作成し、Steering Committee の承認を得ます。
- ・ 各 Working Group（Structure、Powerplant、Hydraulic System、Flight Control 等々）は PPH に従って、製造会社から提供される種々の技術データをもとに、担当システムの Maintenance Requirement を決定していきます。
- ・ Steering Committee は全体を取りまとめて MRB Report の原案として監督官庁に提出、承認後 MRB Report として発行されます。
- ・ 監督官庁は Observer との位置づけで原案検討に参加しますが、検討の方向が安全規則の考え方と大きなずれがないかモニターし、必要によりアドバイスを行います。原案提示後に見解の違いが表面化し、認可が遅れるとオペレーターの運用開始時期に影響が及びます。どのような整備が必要かというのはオペレーターの整備体制、特に施設、予備部品の準備に大きな影響を与えることになるからです。

(注) Launching Operator: 新形式機開発の段階で購入の意志表示をしたオペレーター。
開発の決定や促進の役割を果たし、自社の望む仕様を反映させたり、有利な購入条件を獲得できる一方で、開発遅れに伴うリスクを負うことになる。

(注) かつて 767 の MRB に於いて、Steering Committee はシステム関連の C 整備間隔を 3000 時間として MRB Report 原案をまとめましたが、FAA は長すぎるとして最初は 2200 時間で 2 回、次いで 2600 時間で 3 回実施し、問題なければ 3000 時間

にしてよいとのことで決着した経緯があります。

Working Group による検討では、MSG-3³⁾の検討ロジックの基本的な考え方をもとに各整備要目を決定していきませんが、MSG-3³⁾はどの型式にも使えるように包括的な書き方になっているので、実際には型式機ごとの検討ロジックである PPH が作成され、それに従って具体的検討が行われます。例えばどのような使い方（年間当たりの飛行回数、飛行時間。1飛行あたりの飛行時間）を前提条件とするか、C 整備・D 整備等の定時整備をどのような間隔（飛行時間、飛行サイクル、あるいは暦月）で実施するか、または定時整備は設定しないで各整備要目の実施間隔だけを設定していくか、等々の大きな方針も PPH に盛り込まれています。検討ロジックは、システム、構造、区画等により異なり、また過去の事故による安全規則の強化を反映して、燃料タンクの爆発防止や電気配線からの火災発生を防止する検討ロジックも追加されています。

(注) 膨大な数の整備要目を個別に実施したのでは、その管理が極めて複雑になり、また非効率のため、A 整備（1～2 か月に一回）、C 整備（1 年か 1 年半に一回）、D 整備（数年に一回）等にまとめて実施することが多い。

MSG-3³⁾の大きな特徴は、設計と整備が密接に関連していることにあります。以前のMSG-1 や-2 の時代では、整備の立場から、安全性や信頼性への疑義があつたとしても、設計に具申することは仕組みとしてありませんでしたが、MSG-3⁴⁾ではその仕組みが検討手順の中に反映されています。耐空性を維持するための整備手法がない場合には設計の変更が必要となりますし、また FAR § 25.1309 Equipment, systems, and installation. に規定された安全基準を満たすために、特定のシステムや装備品に検査方法と実施間隔が設定された場合には、CMR (Certification Maintenance Requirement) として特別な管理が必要となります。

構造の分野では、FAR § 25.571 Damage—tolerance and fatigue evaluation of structure. に Damage Tolerant Design（損傷許容設計）の考え方が示されていますが、致命的な破壊に至る前に不具合を発見することができるように設計しなければならないとされており、不具合を発見するための整備作業つまり、何に対し（どの構造部材のどの部分に）、何時（どのような間隔で）、何を（目視検査、磁粉探傷検査等々）が、要求される発見確率を満たすよう設計されることとなります。

(注) FAR § 25.1309 には、システムや装備品が故障した場合の影響度に応じて、求められる信頼性の値が規定されています。また、FAR § 25.1309 にどのようなやり方で適合させればいいのかは、AC (Advisory Circular) 25.1309-1A⁴⁾に示されています。FAR § 25.571 についても、同様に AC25.571-1C⁵⁾に示されています。

MSG-3⁴⁾に書かれている整備の考え方や整備要目の作り方は 1968 年に MSG-1 が発行されて以来、その時代の安全基準や整備の考え方を反映して改訂が繰り返されてきました。整備とはなにか、どうすれば耐空性を守りつつ効率的な整備のやり方を構築できるかを考え続

けてきた先人の知恵がぎっしりと詰まっています。またその中で使用されているロジックは、例えば、安全管理システム（SMS：Safety Management System）等、いろいろなところでも活用されており、是非一読されることをお勧めします。

MRB Report が発行されると、各オペレーターは自国の安全規則を満足するため必要な項目や、自社の経験に基づく項目を追加して自社の MRM や整備要綱等としてまとめ、自国の監督官庁に提示して承認を得ます。こうしてようやく実施すべき整備作業の項目が決定します。しかしながら、項目が決まっただけでは実際の整備をするには充分ではありません。このため、製造会社は、MRB Report の各整備要目毎に、必要な整備員のスキル・人数・時間、実施する具体的作業項目（マニュアル番号や作業シート番号）、アクセスパネル番号等の情報が網羅された MPD (Maintenance Planning Data) を発行します。各オペレーターは同時に提供される標準的な作業シートか、あるいは自社用に編集した作業シートを使って実際の整備作業を実施し、整備員がサインをし、耐空性継続の証となる整備記録として保存します。事故が発生した場合には、この整備記録をチェックして必要な整備がきちんと実施されていたかどうかの確認が行われます。

MRB Report は、以前は改訂も少なく、オペレーターの実態とかけ離れている例が多く見られました。例えばオペレーターの C 整備実施間隔は 4000 時間以上で実施されているのに、MRB Report では 3000 時間のままということも見受けられました。ただし現在では最新の情報が反映されている技術文書として管理すべきという考え方にあり、定期的に見直しをして、必要な改訂をタイムリーに行うよう規定されています。

3. 故障時でも運航できるしくみ (MEL について)

3. 1 MEL の考え方

さてこのようにして航空機の耐空性を継続していきますが、重量削減と厳しい運航環境という条件を背負っており、また膨大な部品が使用されていますから、全てを完璧な状態に維持するのは極めて困難です。

信頼性を向上させるために装備数（即ち Redundancy）を増す場合には、全体としての故障確率は増えることになり、また設計時の前提条件は、実際の運用状態では該当しない場合も生じます。型式証明取得時の完璧な状態が求められると、運航できない状態が増えることになり、本来の目的とは逆行してしまいます。また、エアラインの路線計画から見ると、お客様の利便性を考えれば出来るだけ多くの空港に飛ばせたいわけですが、あらゆる故障に対応できるよう、整備用の人員・設備・部品・工具等、多くを備える必要があり、費用対効果を考慮して路線計画をあきらめざるを得ない場合もでてきます。航空機は冗長性のための装備を有して設計・証明されており、また全ての運航条件下で常に必要とはされない装備品も搭載しています（例：晴天時、着氷が想定されない場合の防除氷システム）。機内エンターテインメントシステムも安全性とは関わりありません。このような諸条件を勘案して、故障があっても安全性を損なわないことを前提として、限定的に運航を認める仕組みが設定されています。オペレーターが運航を開始するためには、それがなければ運送事業に供する航空機としては認められず、耐空証明を得ることはできません。

この仕組みは、MEL (Minimum Equipment List) というマニュアルに規定されることに

なります。MRB Report の場合と同様に、製造会社はオペレーターと協力して原案を作成し設計国の監督官庁に提出、承認後 MMEL (Master MEL) として発行されます。

各オペレーターは MMEL をもとに、自国の安全規制や自社経験に基づく要件を追加し、監督官庁の認可を受けて MEL として設定します。MEL は我が国では運用許容基準と呼ばれています。MMEL の考え方や設定方法については、我が国ではサーキュラーNo.1-009⁶⁾に、米国では FAA Order 8900.1 Volume4 Chapter4⁷⁾にとりまとめられています (図 4 参照)。

AIRCRAFT Boeing B737-600/-700/-800/-900		REVISION NO: DATE:	REVISION 16 22 nd December 2009	PAGE S27-1
(1) System & Sequence Numbers Item	(2) Cat.	(3) Number installed	(4) Number required for dispatch	(5) Remarks or Exceptions
<u>27 FLIGHT CONTROLS</u>				
-9 Control Wheel Trim Switches	B	2	1	Copilot's may be inoperative provided pilot's control wheel trim switch operates normally.
-12 Auto Slat System	A	2	1	(O) One system may be inoperative provided: a) Remaining auto slat system is verified to operate normally, b) Auto slat fail light operates normally, and c) Not more than 2 flight days have elapsed since the Auto Slat System became unserviceable.

Operation 上の処置・確認が必要なことを示す。
整備関連の場合は (M) で表示

修理期限

基本装備数

必要装備数。1システム作動すれば運航できる

図4 MMEL の例

3. 2 安全性の担保

MEL は一部の機器やシステムに故障があっても運航を認める仕組みですが、故障がある時でも同等の安全性を保つために次のような条件が課せられています。

- ・ 運航上の制限

故障したシステムに応じて、飛行高度制限、乗客数制限等を設定。

- ・ 修理期限

以下の期限内に修理すること。

カテゴリーA：示された期限内

カテゴリーB：発見の翌日から 3 暦日以内

カテゴリーC：発見の翌日から 10 暦日以内

カテゴリーD：発見の翌日から 120 暦日以内

- ・ 同等性の確保

Back-Up システムが確保されていること。

- ・ 故障の隔離

故障が拡大しないように整備処置をおこなうこと。

なお、エンジン等の明らかに必要なものについては MEL には規定されていません。

MELを運用する上で重要なのは、適用の最終判断は機長にあるということです。これは、MMELの前文にも明記されています。MMELは考えうるできるだけ多くの要因を考慮して設定されていますが、乗員の技量、空港、気象等の全ての組み合わせを網羅できるわけではありません。MELは運航してもよいという規定であり、運航しなければならないという規定ではありません。機長は運航に対する最終責任を負っており、MELを満たしていても、機長の判断として修理を求められた場合には機長の考えを受け入れることが必要です。整備士や、運航管理者にとって疑義があるようであれば、後日社内でしっかりと議論し、必要により規定の変更を行うという手順を取るべきです。

3. 3 MMEL (or MEL) と型式証明

MMELは型式証明を満足していなくても運航してよいという規定になりますから、両者をどう整合するか考え方の整理が必要になります。

MMELの項目は、型式証明からの一時的な変更として取り扱われます。監督官庁から事前に認可された改修であるため、それを適用しても耐空性は確保されます。当然ながら修理期限も含めてですから、期限を超えれば耐空性をなくすことになります。

2. 3にて、FAR § 25.1309を紹介しましたが、MMELの項目も当然ながらこの規定を満足する必要があります。修理期限についていえば、FAR § 25.1309に規定された安全基準(信頼性)を満足させるために、不具合の状態にさらされる期間を制限しています。よく1回安全に飛行できれば何度でも出来る筈である、といった議論がなされることがありますが、発生確率を満たすための条件ですから、守らなければ耐空性を失います。

3. 4 CDLについて

MMELは機器やシステムに故障が生じた場合の運用を定めていますが、もう一つ機体構造に関するCDL(Configuration Deviation List)という規定があります。これは、一次構造部材でないたとえばアクセスパネルやアクセスドア、フェアリングシール、Static Discharger(放電装置)等が欠損した場合に、飛行を認める規定です。この場合も運航上の制限が課せられる場合がありますが、主に飛行性能に関するものです。たとえば速度制限、追加燃料搭載、重量補償等がありますが、これらは型式証明プロセスの中で実証済みの範囲にとどめる処置になります。

4. AEGについて

以上、MRBとMELの考え方について説明してきましたが、両方ともオペレーターが実運航を開始するうえで極めて重要な規定になります。

FAAには両方の規定を管理しているAEG(Aircraft Evaluation Group)という組織があります。詳細はFAA Order 8110.4C⁸⁾の中で詳しく説明されていますが、AEGはMRBとMELを管理する以外にも、運航乗務員の訓練プログラムや、乗員資格さらにはICA等技術文書全般やAD(Airworthiness Directive、耐空性改善命令)についても関与しており、オペレーターが耐空性を継続していくために必要な規定類を包括的に管理しています。

我が国でもMRJ開発に備え、サーキュラーNo.1-318「国産航空機の運航・整備要件に関する評価要領」が制定され、AEGと同じ活動が開始されています。

参考資料

- 1) AC121-22C Maintenance Review Board Report Maintenance Type Board
and OEM/TCH Inspection Program Procedures 8/27/2012
- 2) サーキュラー No.1-317 整備方式審査会の一般方針について 6/30/2011
- 3) MSG-3 Maintenance Program Development Document Jan.2005
- 4) AC25.1309-1A System Design and Analysis 6/21/1988
- 5) AC25.571-1C Damage Tolerance and Fatigue Evaluation of Structure 4/29/1998
- 6) サーキュラー No.1-009 原運用許容基準の審査及び承認手続きについて 6/30/2011
- 7) FAA Order 8900.1 Volume4 Chapter4
Minimum Equipment List (MEL) and Configuration Deviation List (CDL)
- 8) FAA Order 8110.4C 「Type Certification」 3/28/2008