

2021-6 航空宇宙 APQP(先行製品品質計画) 及び PPAP(生産部品承認プロセス)について

1. はじめに

製造業をはじめとする、様々な分野でグローバル化が続いている。航空宇宙産業では、国を跨いだ共同プロジェクトが多く、一つの製品を作り上げるためにグローバルなサプライチェーンを持つことが当たり前となっている。グローバルなサプライチェーンにおいて、製品安全（航空機では“飛行安全”、“航空機の安全性”と言われる）の確保は、業界全体で達成すべき課題となっている。航空宇宙産業では、グローバルなサプライチェーンの品質を確保するため、世界の主要メーカーが集まり、1998年にIAQGという組織を設立した¹⁾²⁾。航空宇宙産業に携わる会社であれば必須ともいわれるJIS Q/AS/EN 9100「品質マネジメントシステム-航空、宇宙及び防衛分野の組織に対する要求事項」規格の開発及び第三者認証制度は、IAQGにより管理されている(9100の第三者認証取得は航空宇宙産業へのパスポートとも呼ばれる)。

そうしたIAQGが新たに注目し、サプライチェーンへ要求展開するように推進し始めているのがAPQP-PPAPである。APQP-PPAPは、もともと自動車業界で用いられている品質管理手法であるが、航空宇宙業界でもその手法に着目し、航空宇宙業界特有の「少量多品種生産」、「長いライフサイクル」、「厳しい規制当局要求」等を考慮³⁾し、航空宇宙産業向けのAPQP-PPAP規格を開発、発行した。この規格がSJAC9145規格(航空宇宙 先行製品品質計画及び生産部品承認プロセスに関する要求事項)⁴⁾である。自動車業界ではAPQP-PPAP各種活動が詳細まで要求されているが、航空宇宙業界では生産レートの違い(量産開始まで長期間を要する)や製品特性に合わせ、自由度を持って対応出来る規格要求となっている。

SJAC9145規格は日本国内規格だが、アメリカ地区ではAS9145、ヨーロッパ地区ではEN9145として発行され、これら3つの規格はIAQGにより技術的に同等の規格として認知されている⁴⁾。

本稿では、SJAC9145規格、並びにIAQG及びJAQGが作成したガイダンス文書SCMHの内容に基づき、APQP-PPAPの概要について述べる。

2. 先行製品品質計画 (APQP) の概要

APQPは英語名称 Advanced Product Quality Planning の頭文字を取っている。日本語では「先行製品品質計画」と訳す。最初の“A (Advanced)”を“先行”と訳しているが、「先進的な」「技術革新的な」という意味ではない。「前もって」、「事前に」の意味を持ち、プロジェクト開始後の早い段階で製品品質を作りこむことを体系的に実施することが、APQPの狙いである。またAPQPは、新製品開発において顧客ニーズや要求事項を確実に満たし、保証することを狙う。図1にAPQPの概念図を示す。APQPは、製品実現のサイクルを以下の5つのフェーズに分けている。

フェーズ 1 - 計画：顧客ニーズの把握、自社ノウハウ、過去の教訓等、プロジェクトへのインプットをまとめ、プロジェクトの枠組みを設定する(製品及び工程の要求事項、主な関係者、主な作業、時期等の計画)。

【主要成果物：プロジェクト計画書、大まかな製品構成】

フェーズ 2 - 製品設計及び開発：技術、品質、コスト要求等を考慮し、全ての要求事項及びリスクを考慮に入れて、製品を設計する。

【主要成果物：詳細設計図面、設計リスク分析結果、実現可能性評価】

フェーズ 3 - 工程設計及び開発：技術、品質、コスト要求等を考慮し、全ての要求事項及びリスクを考慮に入れて、製造工程を設計する。

【主要成果物：製造工程で用いる各種文書、工程リスク分析結果】

フェーズ 4 - 製品及び工程の妥当性確認：顧客要求通りの生産レートにおいて、要求通りの製品を一貫して生産する能力があることを、実際の生産工程を用いて検証し、工程の妥当性を確認する。

【主要成果物：初度生産品、工程能力（品質）/生産能力（量）調査結果】

フェーズ 5 - 継続生産、使用及び引渡し後のサービス：量産工程を管理し、ばらつき削減、不適合管理、継続的改善を行う。また、プロジェクトの教訓を次のプロジェクトに反映させる(次のフェーズ1のインプットとなる)。

【主要成果物：プロジェクト評価結果、次プロジェクトへの教訓】

SJAC9145 規格では、上記 5 つのフェーズに対し、各フェーズで求められる活動内容、及び各活動で作成する成果物（文書／記録等）を附属書 B にまとめている。

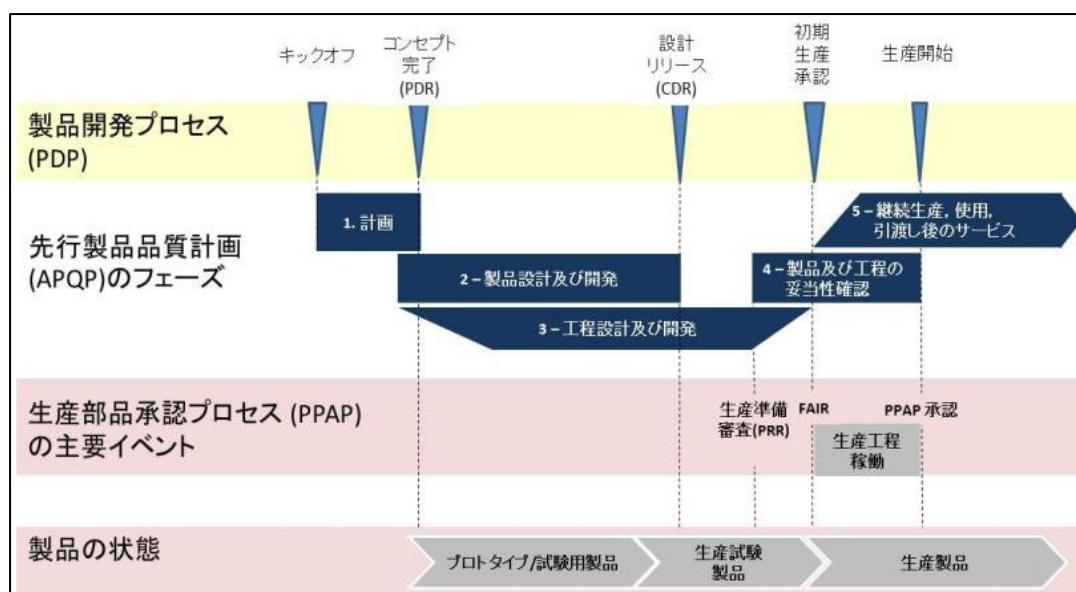


図 1 製品開発プロセス及び APQP の概念図(SJAC9145 図 1)⁴⁾

3. 生産部品承認プロセス（PPAP）の概要

APQP とセットで用いられる言葉に PPAP(Production Part Approval Process)がある。PPAP は APQP フェーズ 4 完了（即ち、量産の開始）時点で、フェーズ 1～4 で実施した活動及び成果物（文書／記録等）をパッケージとして集約し、「顧客要求通りの生産レートで、適合した製品を継続して生産し続けることが出来る」ことを客観的に証明し、顧客から承認を得るための手続きである。

PPAP は以下の 11 要素で構成される(SJAC9145 規格 表 2 より抜粋⁴⁾)。各要素は、APQP のフェーズ 1~4 で要求される成果物である。各成果物の詳細については、SJAC9145 規格及び SCM7.2 章(本稿 6.項参照)を参照願う。

1. 設計記録 (図面、スペック等)
2. 設計リスク分析 (例えば、DFMEA)
3. 工程フロー図
4. PFMEA
5. 管理計画 (コントロールプラン)
6. MSA
7. 初期工程能力調査結果
8. 梱包、保管、及び表示の承認
9. FAIR
10. 顧客固有の PPAP 要求事項
11. PPAP 承認様式 (SJAC9145 附属書 D で規定)



図 2 PPAP のイメージ⁵⁾

APQP を先行適用している自動車業界では、顧客からの PPAP 承認取得は量産初品納入時の必須項目となっている。PPAP 対象品は実際の量産と同じ生産レートで製造することが要求されている (一般的に自動車業界では、組立は 1 シフト 8 時間で 300 台、部品は 1 時間 300 個が目安と言われている)。一方、航空宇宙業界では、量産開始から 2~3 年かけて目標生産レートに達することも珍しくない (例えば量産初期は 1 機/月から開始し、3 年後にようやく 10 機/月になる等)。従って、顧客要求の生産レートに合致した製造を量産開始時に実施することが困難となる場合がある。この場合は、PPAP 承認取得時に顧客要求の生産レートを模擬することが必要である (例えば、一時的に速いスピードで生産ラインを回すことにより、目標とする生産能力 (量)、及び工程能力 (品質) を達成出来るかを検証する)。または、顧客と調整の上、初度の PPAP 承認を「条件付き承認」(仮承認) とし、生産レートが上がった段階 (例えば 30 機目の製造時) に正式な PPAP 承認取得するということも出来る。なお、部品レベルでは、1 機あたりで同じ部品が多数製造される場合もあり、このようなステップを踏むことは不要となる場合がある。航空宇宙業界における PPAP 承認の流れは、海外の大手メーカーも含めて試行段階であり、各社が顧客と調整を行いつつ進める事が重要である。

4. APQP 実施のメリット

2.項で述べた通り、APQP はプロジェクト開始後の早い段階で品質を作りこむことを体系的に実施することを狙っている。早い段階で顧客ニーズを把握し、製品設計及び工程設計に確実に落とし込むことにより、製品製造を早い段階で成熟させ、各種要求に適合した製品を確実に製造し、製品安全を確保するとともに、製品ライフサイクル全体のコスト削減を実現することができる。具体的には、APQP では各種品質管理ツール (例えば FMEA) を使用し、不適合を予防(未然防止)する。不適合リスクを事前に特定し、排除することにより、強固(ロバスト)な製品設計、工程設計が可能となり、プロジェクト全体のコスト削減に繋がる。

APQP 適用時におけるコストメリットの概念図を図 3 及び図 4 に示す。図 3 は横軸にプ

プロジェクトの経過時間、縦軸に累計品質コストをとり、赤線が APQP-PPAP 適用前、緑線が APQP-PPAP 適用後の時間及び累計品質コストの関係を示している。赤線に比べ、緑線は、量産開始前の開発段階(図中点線左側)において品質確保に一定のコストを集中させ、量産開始後においてはコスト上昇を抑制している。これは、量産開始後に発生する、不適合の対応コスト並びに不適合対応に伴う設計変更、工程変更及び追加検査等の各種コストを抑えることが出来ることを示している。即ち、APQP 適用により不適合発生後に対策を取る「受け身型」から、発生前にリスクを抑え込む「先行型」のアプローチへ移行する。図 4 は、APQP-PPAP 適用前後の品質関連コスト積上げを示している。適用前(左)に比べ適用後(右)は、予防コスト(緑)が若干増加するが、内部及び外部（顧客流出やサプライヤ）における失敗コスト(即ち、不適合対応コスト等)や、検査コスト削減が実現できる。なお、検査コスト削減は、体系的な品質保証により、重複検査の排除や安定工程に対するサンプリング検査が出来ることにより実現可能と考えられている。

以上より、APQP-PPAP を適用することで、製品開発段階での品質確保に注力し、量産開始後の品質コストを削減させ、結果としてプロジェクト全体、製品ライフサイクル全体で品質コストの削減を実現し、最終的には顧客満足向上に繋げることが出来る。

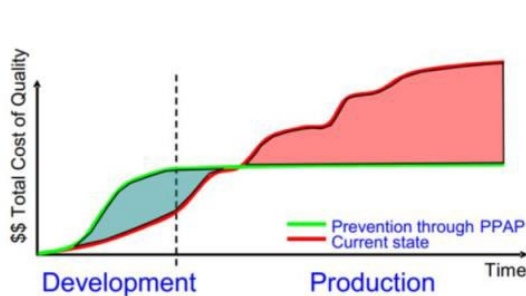


図 3 プロジェクト累計品質コスト比較⁵⁾

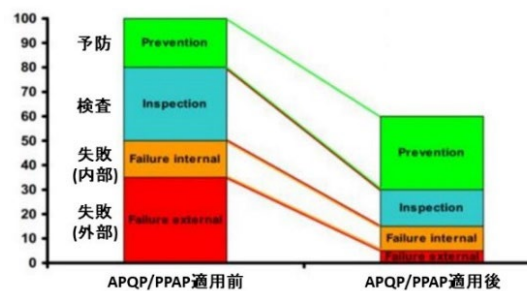


図 4 APQP/PPAP 適用前後比較⁵⁾

5. APQP 成功のための 3 本柱

APQP を成功させる、即ち顧客満足を向上させるためには、図 5 に示す 3 本の柱が重要とされている³⁾。

1 本目の柱は「経営者のコミットメントと組織的な支援」である。経営者が APQP を実行することを宣言し、組織全体で推進することが重要である。これには組織として各種教育訓練の提供、適切なリソース配分、定期的なマネジメントによるレビュー実施等が含まれる。

2 本目の柱は「部門横断的チーム」による活動である。組織全体で共通の目標を構築し、部門間で効果的なコミュニケーションを取ることで、迅速な製品開発が可能となる。部門横断的チームは、営業／設計／調達／製造／品証等（これらに限らない）の各部門で構成され、必要に応じてステークホルダ(顧客、サプライヤ)も含めることが望ましい。

3 本目の柱は「有効なプロジェクト計画及び管理」である。プロジェクト取り纏め部門は、顧客ニーズに基づいてプロジェクト計画を策定し、重要な日程を関係者全体へ共有する。プ

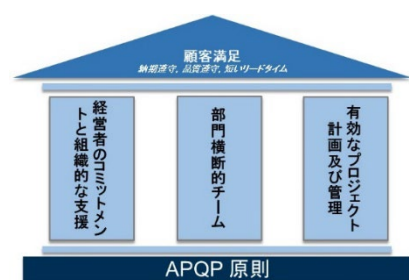


図 5 APQP 成功のための三本柱⁵⁾

プロジェクト計画は継続的に進捗管理され、部門横断的チームに各種リスクを共有し、必要に応じて障害を取り除く。

これら3本の柱の確実な実行が、APQP 実行及びプロジェクト成功へと繋がる。

6. APQP 適用における SCM H の活用

IAQG 及び JAQG は、発行した業界規格（即ち JIS Q 9100 や SJAC 9145 等）に対し、サプライチェーン全体で活用することが出来るガイダンス文書を発行している。このガイダンス文書を SCM H と呼び、英語版は IAQG ウェブサイトで入手（無料、ユーザー登録要）出来る⁶⁾。JAQG では IAQG が作成した資料を国内で広く活用してもらうため、SCM H の和訳版を作成し、JAQG メンバー向けに提供している⁷⁾。

航空宇宙版 APQP 適用に際し、SCM H の活用が欠かせない。APQP に関連する SCM H は、IAQG の 9145 規格開発を担当したチームメンバーが作成し、表 1 に示す通り SCM H 7.2 章として提供されている。SCM H 7.2 章には、20 件⁶⁾の項目がある（本稿作成時点）。APQP-PPAP を新たに適用する組織は、まず 7.2.1 章及び 7.2.2 章の概要を一読し、7.2.3 章の詳細マニュアルを精読しながら、7.2.14 章の成熟度評価マトリクスを利用することを推奨する。成熟度評価マトリクスにより、APQP の各種要求事項に対する自社の現状を把握し、目指す姿を明確にすることが出来る。その後、他の項目を順次活用すると良い。

また、IAQG では業界全体への APQP 適用を推進するため、表 2 に示す 7 件のウェブセミナーを開催した。これらのセミナーは、英語のみであるが、IAQG ウェブサイトから無料で聴講することが出来る⁶⁾。JAQG では本セミナーに用いられた資料の和訳版を提供している。

これらの SCM H 及びウェブセミナー資料は、APQP-PPAP 適用をはじめ、QMS 運用に役立つ各種ガイダンス資料を多数提供しているので、各組織においては是非活用頂きたい。詳細は、「参考文献、参考ウェブサイト」に記載の IAQG 及び JAQG のウェブサイトを参照されたい。

表 1 SCM H 7.2 章で提供されるコンテンツ一覧⁶⁾

7.2.1	APQP SCM H 序文	7.2.11	工程 FMEA テンプレート
7.2.2	APQP 全体概要	7.2.12	APQP 適用評価テンプレート
7.2.3.	航空宇宙 APQP マニュアル	7.2.13	コントロールプランテンプレート
7.2.4	フェーズ 1 チェックリスト	7.2.14	APQP 成熟度評価マトリクス
7.2.5	フェーズ 2 チェックリスト	7.2.15	APQP 適用検討マトリクス
7.2.6	フェーズ 3 チェックリスト	7.2.16	キー特性トレーサビリティ様式
7.2.7	フェーズ 4 チェックリスト	7.2.17	キー特性トレーサビリティ様式のガイダンス
7.2.8	フェーズ 5 チェックリスト	7.2.18	DFMEA-PFMEA-FMECA 比較ガイダンス
7.2.9	工程フロー図テンプレート	7.2.19	設計 FMEA サンプル
7.2.10	設計 FMEA テンプレート	7.2.20	梱包/保管/表示承認様式テンプレート

表 2 IAQG 主催 APQP ウェブセミナー項目一覧⁶⁾

①	APQP 及び PPAP 概要	⑤	測定システム解析(MSA)
②	設計リスク分析	⑥	工程能力と工程管理(ばらつき管理)
③	工程フロー図及び PFMEA	⑦	生産部品承認プロセス(PPAP)
④	コントロールプラン(管理計画)		

7. おわりに

APQP-PPAP 適用は、4.項で述べたコストメリットだけではなく、PPAP の様に製品品質について客観的証拠を用いて示すことが可能となる。これは中小企業から大手メーカーへ、Tier1 サプライヤーから機体メーカーへ、型式証明取得企業から航空当局へ、等を問わず、どの段階でも実施可能である。また、早期に製品品質を成熟させることが出来ることから、APQP-PPAP が業界全体で適用されると、プロジェクト構想～製品の市場投入までの期間を短縮することも期待出来る。これは航空当局からの認証取得期間短縮も同様である。

航空宇宙業界における APQP-PPAP 適用は、まだ航空当局に認知された手法にはなっておらず、型式証明取得や、各レベルのメーカー審査への活用等、航空当局にも APQP-PPAP で作成される客観的証拠の有用性を御理解頂き、各種審査における活用推進を検討頂く必要がある。また、APQP-PPAP 適用は海外の主要航空宇宙メーカーを中心に始められているが、各社ともまだ手探り状態である。一方で「将来プロジェクトでは APQP-PPAP に基づく品質管理を基本とし、適用していない場合には発注対象から外される可能性がある」とまで言及している海外大手メーカーもあり、今後の航空宇宙業界では避けて通れない要求になると考えられる。幸いにも、日本は APQP-PPAP を先行適用している自動車産業が盛んな国であり、APQP に関する各種講座を開催する研修機関が多数存在する。本稿を御覧頂いている各社においても、本稿で紹介した IAQG/JAQQ が作成した各種資料を活用するとともに、自動車業界をベースとした研修機関等も活用し APQP-PPAP 適用を進めて頂きたい。また、航空エンジンの業界では、本稿で紹介した IAQG/JAQQ とは別で AESQ を結成し、追加の資料提供を行っている⁸⁾のでこちらも参照頂きたい。

略語

APQP (Advanced Product Quality Planning : 先行製品品質計画)

PPAP (Production Part Approval Process : 生産部品承認プロセス)

IAQG(International Aerospace Quality Group : 国際航空宇宙品質グループ)

JAQG(Japanese Aerospace Quality Group : 日本航空宇宙品質センター)

SCMH(Supply Chain Management Handbook : サプライチェーンマネジメントハンドブック)

DFMEA(Design Failure Mode and Effects Analysis : 設計故障モード影響解析)

PFMEA(Process Failure Mode and Effects Analysis : 工程故障モード影響解析)

MSA(Measurement Systems Analysis : 測定システム解析)

FAIR(First Article Inspection Report : 初回製品検査報告書)

FMEA(Failure Mode and Effects Analysis : 故障モード影響解析)

AESQ (Aerospace Engine Supplier Quality)

参考文献等

- 1) JAQG HP(JAQG について) <https://jaqg.sjac.or.jp/about/index.html>
- 2) IAQG HP <https://iaqg.org/>
- 3) IAQG/JAQG 発行 SCM7.2.2 章 (2017 年 5 月 10 日)⁶⁾⁷⁾
- 4) 航空宇宙工業規格 SJAC9145 航空宇宙 先行製品品質計画及び生産部品承認プロセスに関する要求事項 (2017 年 6 月 21 日) 一般社団法人 日本航空宇宙工業会 発行
- 5) JAQG 2021 年度 SCM7 説明会(7.2 章先行製品品質計画)資料
- 6) IAQG SCM7 <https://scm7.iaqg.org/>
- 7) JAQG HP <https://jaqg.sjac.or.jp/index.html>
- 8) AESQ(Aerospace Engine Supplier Quality) <https://aesq.sae-itc.com/>
- 9) Planning for Quality、 52-56P Quality Progress、 August 2019
<https://asq.org/quality-progress>