

令和5年度エネルギー需給構造高度化基準認証推進事業費 (ルール形成戦略に係る調査研究(次世代航空機へ搭載される部素材におけるルール形成戦略に係る調査研究))報告書

JFEテクノリサーチ株式会社
ビジネスコンサルティング本部
調査研究部

2024年3月22日

1. 調査の目的
2. 調査結果の概要
3. 調査結果
 - (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析
 - ① 国内外における標準化を活用した技術導入事例の調査
 - (ア) 電動車両(電気自動車)用蓄電池
 - (イ) 水素技術
 - ② 航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査
 - (ア) 民間航空機部材への樹脂複合材料の適用－NASA-ACEEプログラム
 - (イ) Boeing 737でのCFRP製水平尾翼の実用化
 - (ウ) Boeing 777でのCFRP製部材実用化
 - (エ) Boeing 787でのCFRP製部材実用化
 - (オ) Boeing 787に搭載されるリチウムイオン電池に関する特別要件
 - (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討
 - ① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理
 - (ア) SAE International
 - (イ) ASTM International
 - (ウ) EUROCAE (European Organisation for Civil Aviation Equipment、欧州民間航空電子装置機構)
 - (エ) RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics、航空機無線技術委員会)
 - (オ) NIAR (National Institute of Aviation Research)
 - (カ) CMH-17 (The Composite Materials Handbook 17)

- (キ) NCAMP (National Center for Advanced Materials Performance)
- (ク) MMPDS (Metallic Materials Properties Development and Standardization)
- (ケ) ISO (International Organization for Standardization、国際標準化機構)
- (コ) IEC (International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議)
- (サ) ANSI (American National Standards Institute、米国規格協会)
- ② 国際標準化を目指すことが効果的である部分及びその具体例の提案
 - (ア) 国際標準化を目指すことが効果的である部分
 - (イ) 国際標準化を目指すべき具体例の提案
- (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握
 - ① 海外当局における基準の策定状況及び標準化団体の議論状況調査
 - (ア) FAA (Federal Aviation Administration、米国連邦航空局)
 - (イ) EASA (European Union Aviation Safety Agency、欧州航空安全機関)
 - ② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策
 - (ア) 国内の最新の技術動向や政府の支援策
 - (イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策
 - ③ ルール形成によって創造・拡大できる国際市場予測及びCO2削減効果
 - (ア) CO2削減効果
 - (イ) 国際市場拡大予測

1. 本調査の目的

- 2022年10月にICAO(国際民間航空機関)が「2050年までのカーボンニュートラル」を目指すことを長期目標に掲げたことを受け、次世代航空機においては革新的な脱炭素化技術の導入が求められている。この目標達成のための手段として、欧米OEMは、新たな脱炭素化技術を搭載した次期単通路機の開発、更にその先の技術として電動航空機や水素航空機の開発を挙げており、2030年代以降の実用化が見込まれている。
- こうした次世代航空機への脱炭素化技術の導入においては、新たな部素材や技術が採用されることが見込まれ、日本企業のポテンシャルを発揮することで、大きく産業構造のゲームチェンジの実現の可能性が期待できる一方で、これまでの航空機とは推進構造やシステム構造等が全く異なる方式となることに加え、新たな部素材の採用においては、その安全性を証明することが重要である。
- 技術開発に加えて、当該団体等での議論への参加等を通じて、標準化を含めたルール形成の領域での活動が重要となる。産業構造上、欧米が主導的な航空機産業において、次世代航空機というゲームチェンジのタイミングで、日本企業が持つ優れた技術が社会実装され、プレゼンス・シェアを向上させることを目標とし、これらの団体等において作成された規格が将来的に各国で準用される可能性に鑑み、その最新動向について調査を行いながら、日本企業が主導的に、又は、少なくとも不利にならない形で、当該技術に関連するルールが形成されることを目指して、調査を行う。
- 本年度は、我が国が得意とする部素材技術に関連する国際標準化の事例を対象とした調査を行うとともに、現在の標準化活動の最新状況を調査することにより、今後の標準化に必要な活動方針や活動計画の企画・立案の一助となる提案を行う。

2. 本調査の概要 (1)

(1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

① 国内外における標準化を活用した技術導入事例の調査

(ア) 電動車両(電気自動車)用蓄電池

- ISOとIECを中心に電気自動車用蓄電池の標準化状況を調査した。関連技術については、連携して標準化を進めており、また、国内審議団体は、電池工業会、自動車技術会、日本自動車研究所 (JARI) を中心に、同じ機関が務めている場合が多い。
- 新規規格制定や改訂に当たっては、その事案の議長(リーダー)が大きな役割を果たすことから、他国が納得できるようなデータを添えて提案を行った上で、議長を取りに行くことが重要である。
- 安全性の確認においては、国内審議団体でもあるJARIが設備を保有し、データ採取の場を提供している。

(イ) 水素技術

- ISOとSAEを中心に水素技術の標準化状況を調査した。ISOでは水素技術を扱っている技術委員会TC197を中心に、製造から容器、使用に至るまで、水素のバリューチェーン全般に亘って自動車用途を想定した標準化が進んでいる。
- 陸上車 (Motor Vehicle Council) と航空機 (Aerospace Council) の二つのグループに分かれて活動しているSAEでは、陸上車用途の水素技術の標準化が先行しており、航空機向けでは液体水素、気体水素とも一部のガイドラインが作成された程度で、スタートラインに立ったところである。

2. 本調査の概要 (2)

(1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

② 航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(ア) 民間航空機部材への樹脂複合材料の適用－NASA-ACEEプログラム

- 複合材料を航空機の機体に使用するという試みは、NASA-ACEEプログラムの一つとして1977年にスタートしたNASAのAdvanced Composite Structure Program (1977-1985) に端を発している。
- 同プログラムでは、より靱性の高いCFRPの必要性を認識した材料開発が行われ、材料規格 (NASA RP-1142) の 制定に繋がった。また、衝撃後残留圧縮 (CAI) 強度試験 や有孔板の強度試験など、今日でもCFRPの重要特性と認識されている試験法が確立され、ASTM規格になっている。
- 機体メーカー3社 (Douglas, Boeing, Lockheed) において、比較的荷重の低い一次構造部材 (Boeing 737の水平安定板等) に適用した実機評価試験 (詳細は次項) を行い、データの蓄積が行われたが、プログラムは1985年に中止された。

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平尾翼の実用化

- Boeing 737でのCFRP製水平尾翼の実用化プロジェクトは、その後の民間航空機へのCFRP適用上、重要なマイルストーンだったと言われる。
- CFRP製コンポーネントのFAA認証取得の基礎となった“Building Block Approach”を用いて、Boeing 737-200のCFRP製水平安定板のFAA認証を取得した。
- その過程で、型式承認の根拠となる14 CFR 25 (輸送機カテゴリ) の「材料」及び「材料の強度特性と設計値」が、従来の金属材料中心のものから、CFRPも考慮したものに改訂されていった。

2. 本調査の概要 (3)

(ウ) Boeing 777でのCFRP製部材実用化

- Boeing 727、737、757、767でのCFRP使用経験を活かし、Boeing 777の垂直安定板、水平安定板、フロアビーム等にCFRPが使用された。
- 同機では、Boeingが要求した特性を満たすCFRPの開発に成功した東レのプリプレグP2302 (T800H/3900-2) が採用された。
- Boeing 777の認証においては、FAA/JAA(現EASA) 及びDER (Designated Engineering Representative) と呼ばれるFAAが認定するBoeing社内の検査代理人が積極的に評価試験に関わるとともに、以前にテストボックスを用いて取得したデータの活用が認められたことで、認証が加速された。

(エ) Boeing 787でのCFRP製部材実用化

- 機体主要構造部へのCFRPの適用手法はBoeing 777でほぼ確立されたが、Boeing 787では初めて主翼、機体胴部にCFRPが使用されるということと、当時、発生したBoeing 747の中央翼燃料タンク内で発生した発火・爆発事故により、CFRP製主構造体の耐燃焼性、中央翼内燃料タンクの防爆性及び主翼のタイヤデブリに対する耐衝突安全性等、新たな要求事項が課せられた。
- これらの要求は、特別要件 (Special Conditions) としてFAAから要求され、後に14 CFR 25に反映された。
- Boeing 787では、Boeing 777で用いられたプリプレグP2302の基本コンセプトを継承しつつ、より強度の高い強度を有する炭素繊維T800Sを用いたプリプレグが採用されている。

2. 本調査の概要 (4)

(オ) Boeing 787に搭載されるリチウムイオン電池に関する特別要件

- Boeing 787では、非常灯用バッテリーとして従来にない大容量のリチウムイオン電池が採用されており、そのため、型式証明申請を受けて、FAAから特別要件が出された。それ同時に、標準化団体へ規格改定の要請があり、2008年3月にDO-311として発行された。
- Boeing 787に搭載されたリチウムイオン電池の2件の発火インシデント (2013年) を受けてNTSBから出された安全勧告により、DO-311は改訂され、2017年3月にDO-311Aとして発行された。
- このように、FAAの特別要件やNTSBからの安全勧告を受けて行われる規格の新規制定や改訂では、具体的なターゲットが明確であり、制定や改訂が非常に迅速に進んでいる。

(2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

- CFRPの標準化、規格化の中心的標準化団体であるCMH-17及びNCAMPを中心に、電動航空機、水素航空機及び機体の軽量化、エンジンの効率化に繋がる技術に関する標準化団体の動向を調査した。
- SAEでは、Aerospace Councilの直下に、電動化技術を対象としたステアリンググループEASGが設けられ、そこでの検討結果を受けて、電動推進関係の新しい委員会 (E-40) が立ち上がり、標準化類の作成を進めている。それに続いて、2022年秋には水素を含む代替航空燃料を対象としたステアリンググループ (SAFSG) が立ち上がり、SAE以外の標準化団体も含めたギャップ分析を行っており、その結果によっては新たな委員会が設置される可能性もある。また、2023年には、プロセス依存度が大きい材料をProcess Intensive Materialsと定義し、委員会 (G-37) を設けて標準化を進めようとしていることが特筆される。

2. 本調査の概要 (5)

- ASTMでは、無人機等の小型航空機や航空燃料が主対象で、それ以外の分野での活動は他の標準化団体に委ねている。
- RTCAでは、IECやSAEと連携して、航空機の電動化に関係が深い技術の標準化を進めている。航空機特有の環境試験規格であるDO-160を発行している。IECでは航空機用バッテリーの標準化を行っている。
- CMH-17、NCAMPは、いずれもウィチタ州立大学の一機関であるNIARにより運営され、CFRPのデータ収集・解析を行っている。特にNCAMPは、FAA及びEASAの承認を受けて、CFRP材料及びその製造プロセスの認定、設計許容値の確立を行っている。両機関とも、FAAを中心とする公的資金が投入されており、FAAのスタッフ及びそのOB/OGにより主導されている。
- MMPDSは、民間及び軍用航空機に使用される金属材料の設計許容値を提供することを目的とし、FAA、NASA、陸海空軍等の米国政府関係機関、機体・エンジンメーカ及び材料供給会社から構成される。運営費は会員機関により負担されているが、投票権に直結する全会費の60%を政府系機関が負担している。会員には日本の企業に含まれているが、MMPDSに設計許容値の登録を申請するのに会員である必要はない。
- 自主的な規格と適合性評価システムの管理・調整を行っている米国のANSIは、標準化団体を3つのカテゴリーで認証している。CMH-17では、その認証を受けるかどうかが議論されている。

② 国際標準化を目指すことが効果的である部分及びその具体例の提案

(ア) 国際標準化を目指すことが効果的である部分

- 航空機関連技術の標準化団体について調査を行い、電動航空機、水素航空機、軽量化及び効率化等に関する標準化を働きかけるべき団体を技術分野別に整理した。

2. 本調査の概要 (6)

(イ)国際標準化を目指すべき具体例の提案

- 電動航空機用発動機及びリチウムイオン電池の2例について、標準化のきっかけとなった型式証明申請、FAAの特別要件やNTSBの安全勧告を調査することで標準化プロセス過程を明らかにし、今後の標準化推進の一助となる情報を収集した。

(3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

① 海外当局における基準の策定状況及び標準化団体の議論状況調査

(ア)FAA (Federal Aviation Administration、米国連邦航空局)

(イ)EASA (European Union Aviation Safety Agency、欧州航空安全機関)

- FAA及びEASAについて、民間航空機の認証について調査を行った。FAAとEASAでは、若干の差異があるものの、両機関ともその違いについて情報共有しており、いずれもホームページ等で対比表を公開している。
- FAA/EASAとも、材料単独で承認することはないが、NCAMP、MMPDSといった仕組み内で承認される。

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(ア)国内の最新の技術動向や政府の支援策

- NEDO及びSIPを中心に、機体及びエンジン並びに材料、パーツの開発を行っているプロジェクトの進捗及び成果を取りまとめた。

(イ)欧米の最新の技術動向や政府の支援策

- 脱炭素を目的として進められている研究開発プロジェクトを中心に調査を行った。機体の大きさ・運航距離で脱炭素又は低炭素化に適した動力源が異なり、電動化、水素航空機は小型中型機を中心に、大型機はSAF

2. 本調査の概要 (7)

を対象に進められている。

③ ルール形成によって創造・拡大できる国際市場予測及びCO2削減効果

- 新しい概念の航空機の実用化においては、新たなルール(標準類や規制当局による通達等)が必要となることから、電動航空機と水素航空機を中心に市場拡大及びCO2削減効果を調査した。



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

①国内外における標準化を活用した技術導入事例の調査

本項においては、国内外における自動車・宇宙業界等の航空機分野以外の業界を含む標準化を活用した技術導入事例として電気自動車用蓄電池と液体水素を取り上げ、調査を行う。また、これらの事例において、標準化団体等へどのような提案を行ったかという観点についても調査を行い、航空分野における標準化提案を行うための手法について提案を行う。



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(ア) 電動車両(電気自動車)用蓄電池

1. 電動車両の国際標準

国際標準化機構 (ISO: International Organization for Standardization) ではTC22(自動車)の傘下にSC37を設立し、電動走行車両 (Electrically propelled vehicles) の標準化活動に取り組んでいる。また、国際電気標準会議 (IEC: International Electrotechnical Commission) では1969年にTC69 (電動車両) が設立され、現在に至っている。ISO/TC22/SC37とIEC/TC21、IEC/TC69は連携して国際標準化に取り組んでいる。なお、ISO/TC22/SC37の幹事国はドイツ、IEC/TC21の幹事国はフランス、IEC/TC69の幹事国はベルギーである。

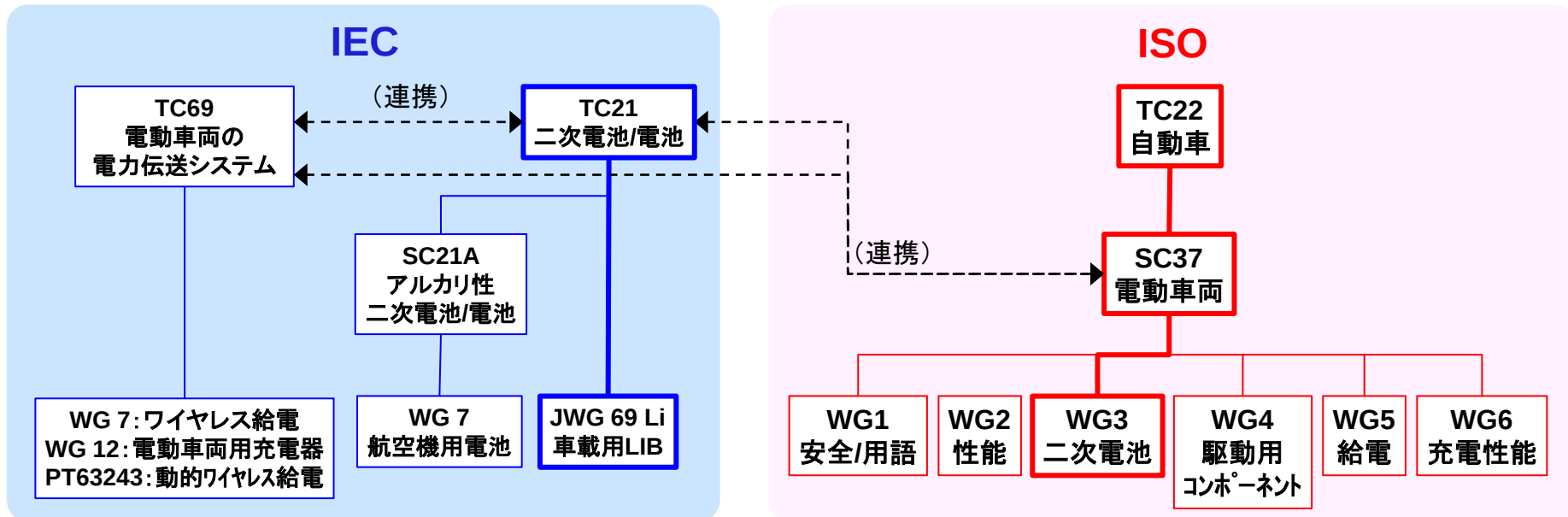


図1-1 車載蓄電池に関連する国際規格(ISO・IEC)

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(ア) 電動車両(電気自動車)用蓄電池

2. 車載用電池を取り扱うIEC/TC21の概要

表1-1 車載蓄電池に関連する国際規格 (IEC/TC21)

名称	IEC/TC21 二次電池・電池	事務局	フランス
スコープ	すべてのタイプの二次電池(充電式電池)の化学的性質、製品寸法、マーキングと性能、設計の本質的安全性、選択されたアプリケーションの認定テスト、および設置、操作、保守、廃棄に関する安全規則に関連する規格を提供すること。主な応用分野は次のとおり。 - 自動車、トラック、オートバイ、および同様の機器のSLI(始動、ライト、点火)およびスタート/ストップ - フォークリフトや同様の車両への牽引電源供給 - 電気通信およびデータネットワークへの非常用電源供給、および重要な民間、産業、軍事インフラの非常用照明および電源バックアップのための産業用電源供給 - 電気自動車(EV)、ハイブリッド車、ゴルフカート、電動自転車など、個人的な移動手段への推進電源供給 - 携帯機器やデバイスへのポータブル電源供給 - 鉄道、船舶、航空機などの推進、バックアップ電源供給、エンジン始動 - アイランド型および系統連系型の再生可能エネルギー・バッテリーエネルギー貯蔵システム 鉛蓄電池、Ni-Cd蓄電池、Ni-H蓄電池、Liイオン蓄電池、Na-S蓄電池、Na-NiCl(塩化ナトリウム-ニッケル)蓄電池、高温カップル蓄電池、フロー蓄電池などすべて、この技術委員会及び分科委員会の対象範囲に含まれる。		
小委員会	SC21A	アルカリ性又はその他の非酸性電解質を含有する二次電池及び電池	
車載用電池関連WG	JWG 69 Li	自動車/車載用リチウム電池 (SC21A、TC69と連携)	
	JWG 69 Pb-Ni	自動車/車載用Pb-Niベース電池(SC21A、TC69と連携)	
プロジェクトチーム	PT 63330	二次電池の再利用要件	
開発中の規格	IEC 60095-8 ED1	鉛蓄電池 — パート8:補助またはバックアップ目的で自動車で使用される12V電池	
	IEC 61427-2/AMD1	再生可能エネルギー貯蔵用の二次電池/電池 一般要件とテスト方法 — パート2:オングリッドアプリケーション	
	IEC 62902 ED2	二次電池および電池 それらの化学的性質を識別するためのマーキング記号	
	IEC 63118-1 ED1	自動車の始動、照明、点火(SLI) アプリケーションおよび補助目的向けの12Vリチウムイオン二次電池 — パート1:一般要件とテスト方法	
	IEC 63330 ED1	二次電池の転用 — パート1:一般要件	

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(ア) 電動車両(電気自動車)用蓄電池

2. 車載用電池を取り扱うIEC/TC21の概要(つづき)

表1-2 車載蓄電池に関連する国際規格 (IEC/TC21)

名称	IEC/TC21 二次電池・電池	事務局	フランス
主な公開規格	IEC 61982:2012	電気自動車の推進用二次電池(リチウムを除く) — 性能および耐久性試験	
	IEC 61982-4:2015	電気自動車の推進用二次電池(リチウムを除く) — パート4:ニッケル水素電池およびモジュールの安全要件	
	IEC 62660-1:2018	電気自動車の推進用二次リチウムイオン電池 — パート1:性能試験	
	IEC 62660-2:2018	電気自動車の推進用二次リチウムイオン電池 — パート2:信頼性と乱用テスト	
	IEC 62660-3:2022	電気自動車の推進のための二次リチウムイオン電池 — パート3:安全要件	

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(ア) 電動車両(電気自動車)用蓄電池

3. 車載用電池を取り扱うIEC/TC69の概要

表1-3 車載蓄電池に関連する国際規格 (IEC/TC69)

名称	IEC/TC69 電気駆動道路車両および産業用トラックの電力/エネルギー伝送システム	事務局	ベルギー
スコープ	充電式エネルギー貯蔵システム (RESS) から電流を引き出す電気駆動の道路車両および産業用トラック(以下、EV)の電力/エネルギー伝送システム。電力/エネルギーの転送には、導電性電力/エネルギー伝送、ワイヤレス電力/エネルギー伝送、およびバッテリー交換を含む。 - 一般的な要件(安全性、EMC、建設、テストなど) - 機能要件(充電モードなど) - EVとEV供給機器間の通信 - EVと供給ネットワーク(G2VおよびV2G)間の電力/エネルギー伝。 - 関連する付加価値サービスを提供する観点から、対応するインフラストラクチャの管理 EVIには、乗用車とバス、二輪車と三輪車、軽四輪車、トラックと貨物車、トレーラー、特殊トラックと産業用トラックが含まれる。電車、路面電車、トロリーバスはTC69の対象外。		
小委員会	-	-	-
車載用電池関連WG	WG 7	電気自動車用ワイヤレス給電 (WPT) システム	
	WG 12	電気自動車の導電性電力/エネルギー伝送システム(電動車両用充電器)	
プロジェクトチーム	PT63243	ダイナミック電気自動車ワイヤレス給電システム	
開発中の主な規格	PNW TS 69-921 ED1	電気自動車の導電性充電システム — パートX:電気自動車へのAC車両間アダプターとインターフェース	
	IEC 60050-YYY ED1	EV供給機器 — パートYYY:語彙	
	IEC 61851-1 ED4	電気自動車の導電性充電システム — パート1:一般要件	
	IEC 61851-21-1 ED2	電気自動車の導電性充電システム — パート21-1 AC / DC電源への導電性接続に関する電気自動車のオンボード充電器のEMC要件	
	IEC 61851-21-2 ED2	電気自動車の導電性充電システム — パート21-2:AC / DC電源への導電性接続に関する電気自動車の要件-オフボード電気自動車充電システムのEMC要件	



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(ア) 電動車両(電気自動車)用蓄電池

3. 車載用電池を取り扱うIEC/TC69の概要(つづき)

表1-4 車載蓄電池に関連する国際規格 (IEC/TC69)

名称	IEC/TC69 電気駆動道路車両および産業用トラックの電力/エネルギー伝送システム	事務局	ベルギー
開発中の主な規格	IEC 61851-23 ED2	電気自動車導電性充電システム — パート23:DC電気自動車供給装置	
	IEC 61851-23-3 ED1	電気自動車の導電性充電システム — パート23-3:メガワット充電システム用のDC電気自動車供給装置	
	IEC TS 61851-26 ED1	電気自動車の導電性充電システム — パート26:電気自動車のアンダーボディにある車両カプラーの自動接続を備えたEV供給装置	
	IEC TS 61851-27 ED1	電気自動車の導電性充電システム — パート27:IEC 62196-2またはIEC 62196-3に準拠した車両カプラーの自動接続を備えたEV供給機器	
	IEC 61980-4 ED1	電気自動車用高出力ワイヤレス給電 (H-WPT) の相互運用性と安全性	
	IEC 62840-1 ED1	電気自動車のバッテリー交換システム — パート1:一般とガイダンス	
	IEC 62840-1 ED2	電気自動車のバッテリー交換システム — パート2:安全要件	
	IEC 63381 ED1	電気自動車ワイヤレス給電 (WPT) システム — パート6:磁界動的電力伝送 (MF-D-WPT) システムの通信と活動に関する特定の要件	
	IEC 63382-1 ED1	充電式車両(ECV-DESS)に基づく分散型エネルギー貯蔵システムの管理 — パート1:定義、要件、およびユースケース	
	IEC 63382-2 ED1	充電式車両(ECV-DESS)に基づく分散型エネルギー貯蔵システムの管理 — パート2:データモデルプロトコル、メッセージ	
	IEC 63382-3 ED1	充電式車両 (ECV-DESS) に基づく分散型エネルギー貯蔵システムの管理 — パート3:コンフォーマンステスト	

出所:公開情報に基づきJFE-TEC作成

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(ア) 電動車両(電気自動車)用蓄電池

4. 車載用電池を取り扱うISO/TC22/SC37の概要

表1-5 車載蓄電池に関連する国際規格 (ISO/TC22/SC37)

名称	ISO/TC22/SC37 電気推進車両(電動車両)	事務局	ドイツ
スコープ	(TC22) 安全性、セキュリティ、持続可能性、互換性、互換性、メンテナンス、性能評価、品質に関する全ライフサイクルにおいて、公道での運用が承認されたあらゆる種類の道路運送車両とそのインターフェースのあらゆる側面の標準化。 また、次のような車両関連の項目も含む： ・ハードウェアとソフトウェア ・運転の自動化 ・通信とコネクテッド・ドライビング・試験装置とツール (SC37) 電気推進車両、電気推進システム、関連部品、車両統合の具体的な側面。		
WG	WG 1	安全面と用語	
	WG 2	性能とエネルギー消費	
	WG 3	充電式エネルギー貯蔵(二次電池)	
	WG 4	電気推進システムに接続されたシステムおよびコンポーネント	
	WG 5	エネルギー伝達の要件	
	WG 6	充電性能	
開発中の主な規格	ISO/DIS 5474-1	電気駆動式道路車両 — 電力伝送の機能要件と安全要件 — パート1: 導電性電力伝送の一般要件	
	ISO/FDIS 5474-2	電気駆動式道路車両 — 電力伝送の機能要件と安全要件 — パート2: AC電力伝送	
	ISO/FDIS 5474-3	電気駆動式道路車両 — 電力伝送の機能要件と安全要件 — パート3: DC電力伝送	
	ISO/CD 5474-4	電気駆動式道路車両 — 電力伝送の機能要件と安全要件 — パート 4: 磁界ワイヤレス電力伝送 — 安全性と相互運用性の要件	
	ISO/DTS 5474-5.2	電気駆動式道路車両 — 電力伝送の機能要件と安全要件 — パート5:自動導電性電力伝送	

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(ア) 電動車両(電気自動車)用蓄電池

4. 車載用電池を取り扱うISO/TC22/SC37の概要(つづき)

表1-6 車載蓄電池に関連する国際規格 (ISO/TC22/SC37)

名称	ISO/TC22/SC37 電気推進車両(電動車両)	事務局	ドイツ
開発中の主な規格	ISO/CD PAS 5474-6	電気駆動の道路車両 — 電気用動的ワイヤレス給電 (D-WPT) の相互運用性と安全性	
	ISO/CD TR 8713	電気駆動の道路車両 — 語彙	
	ISO/SAE DIS 12906	路上走行車 — 充電性能を判断するための電気自動車のテスト手順	
	ISO/AWI 18006-1	電気駆動道路車両 — バッテリー情報 — パート 1: 仕様、安全性、持続可能性に関するラベリングと QR/バーコード	
	ISO/AWI 18006-2	電気駆動式道路車両 — バッテリー情報 — パート 2: 寿命	
	ISO/CD 21498-2	電気駆動道路車両 — 電圧クラスBシステムおよびコンポーネントの電氣的仕様とテスト—パート2:コンポーネントの電氣的テスト	
	IEC 62752:2016/CD Amd 1	電気自動車のモード2充電用ケーブル内制御および保護装置 (IC-CPD) — 修正1	
主な公開規格	ISO 6469-1:2019	電気駆動道路車両 — 安全仕様 — パート1:充電式エネルギー貯蔵システム (RESS)	
	ISO 6469-1:2019/AMD 1:2022	電気駆動道路車両 — 安全仕様 — パート1: 充電式エネルギー貯蔵システム (RESS) — 修正 1: 熱伝搬の安全管理	
	ISO 12405-4:2018	電気駆動道路車両 — リチウムイオントラクションバッテリーパックおよびシステムのテスト仕様 — パート4: 性能テスト	

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(ア) 電動車両(電気自動車)用蓄電池

5. 電気自動車用蓄電池における標準化を活用した技術導入事例に関するヒアリング

① 日時: 2024年1月15日

② ヒアリング内容: 電気自動車用蓄電池の各種規格制定の経緯の中で、規格化に関与又は規格化を主導した事例において、自国の有利になるような活動事例について、ヒアリングを行った。

ヒアリング項目	回答・コメント
電動車両の国際標準化に係る国内審議団体	• ISO/TC22/SC37(電動車両/二次電池): 日本自動車研究所 (JARI) • IEC/TC21/JWG69Li(車載用LIB): 電池工業会 (BAJ) • IEC TC69(電動車両の電力伝送システム): 日本自動車研究所 (JARI)
電動車両の国際標準化団体における活動状況	• IEC/TC21には、2つのワーキンググループがあり、JWG69Li (LIB)とPT63330(リユース)。両WGとも日本が提案してWGを設置し、推進している。それぞれの企画立案において日本が議長(プロジェクトリーダー)を務めている。
電気自動車用蓄電池の各種規格制定において、規格化を主導し、自国の有利になるような活動のポイント	• 議長は提案国が務めるのが通例であり、作りたい規格を先に提案して、議長に手を上げるのが重要。そのうえで、提案内容に納得性のあるようなデータや、論理性を備えていることが極めて重要。



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(ア) 電動車両(電気自動車)用蓄電池

5. 電気自動車用蓄電池における標準化を活用した技術導入事例に関するヒアリング(つづき)

ヒアリング項目	回答・コメント
電動車両の標準化推進体制	- 規格文書の説明に必要な実験データは、JARIのつくば研究所や城里テストセンターで取得している。 - 城里にある電池関連のドーム型の大きな設備では、火災を伴う耐火性試験の実施が可能であり、規格文書を作成する際には、日本の意見を織り込む上では大変重要な役割を果たしている。
電気自動車用蓄電池の各種規格制定の経緯の中で、規格化を主導し、自国の有利になるような活動事例	電気自動車用蓄電池の国際規格制定の経緯の中で、日本が規格化を主導した事例において、日本の有利になるような活動事例としては、IEC 62660(電気自動車の推進用二次リチウムイオンセル:安全要求事項)や、IEC63330(二次電池のリユース要件(現在、審議中))が挙げられる。
電気自動車用蓄電池の国際規格提案における日本国内の合意形成進め方	- 最初の起案は個社の企業。自動車個社が起案する場合は、個社のみの利益につながる提案は、他社からは受け入れられない。日本の業界として必要な標準であることが重要。 - 提案会社は、そのシナリオを作成して、他社に説明する必要がある(提案会社がリーダーとなって、他社との合意形成を行う)。



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

①国内外における標準化を活用した技術導入事例の調査

(イ)水素技術

国際標準化機構 (ISO: International Organization for Standardization) の規格のうち水素に関するものを検索し、燃料としての水素に関する標準を調査した。表2-1に、燃料としての水素を扱っている委員会 (TC) と、各委員会の件数を示す。

TC197 (水素技術) が1990年に設立され、17件 (内改訂中8件) を発行、11件を策定中である。なお、TC197の議長は、2024年末までの任期で池田哲史氏が務めている。TC197のWGの一覧を表2-2に示す。19のWG (内1つは、後述のTC22/SC47と共同) で、水素燃料の製造～使用のバリューチェーン (図2-1) での標準化を進めている。日本からは、一般社団法人水素供給利用技術協会 (HySUT) 及び一般財団法人日本自動車研究所 (JARI) が対応している [1]。

TC22 (道路車両) では、傘下のSC37 (燃料電池) で4件の標準を発行であり、SC41 (気体燃料の具体的な側面) で、19件 (内改訂中1件) を発行している。他の輸送関係では、TC20 (航空機及び宇宙船) で1件が発行され、TC8 (船舶と海洋技術) で3件を策定中であるが、TC104 (貨物コンテナ)、TC110 (産業用トラック)、TC269 (鉄道用途) では、標準化の動きについての情報はない。

このほかの委員会では、TC28 (天然または合成源からの石油および関連製品、燃料および潤滑剤) で1件を発行、TC67 (低炭素エネルギーを含む石油およびガス産業) で4件、TC138 (流体輸送用のプラスチック製パイプ、継手、バルブ) で2件、TC158 (ガスの分析) で1件、TC220 (極低温容器) で2件 (何れも改訂中) が発行されている。また、TC67、TC138で各1件を策定中であり、エネルギー関連の委員会でも標準化の活動が行われている。



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

表2-1 ISOにおいて燃料としての水素を扱っている委員会と標準の件数

委員会	関連SC	発行済	改訂中*	策定中
TC197 水素技術	—	16	9	11
	SC1: 大規模な水素と水平型エネルギーシステム	1		
TC20 航空機及び宇宙船	SC14: 宇宙システム	1		
TC22 道路車両	SC37: 燃料電池	4		
	SC41: 気体燃料の具体的な側面	20	1	1
TC8 船舶と海洋技術	SC2: 海洋環境保護			1
	SC3: 配管と機械			2
TC28 天然または合成源からの石油及び関連製品、燃料及び潤滑剤	—	1		
TC58 ガスシリンダー	—	1		
TC67 低炭素エネルギーを含む石油及びガス産業	—	1		
	SC2: パイプライン輸送システム	1		
TC138 流体輸送用のパイプ、継手、バルブ	SC3: 産業用プラスチックパイプおよび継手			1
	SC4: 気体燃料供給用のプラスチック製パイプおよび継手	2		
TC158 ガスの分析	—	1		

*: 改訂中の数は、発行済みの内数

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

表2-2 ISOの水素技術委員会 (TC197) のWG(2024年2月9日)

JWG 5	天然ガスと水素の混合物によって推進される車両用の燃料システム コンポーネント 及び燃料補給コネクタ (ISO/TC22/SC41と共同)
WG 1	液体水素 - 陸上車両の燃料タンク
WG 5	気体水素陸上車両燃料供給接続装置
WG 15	定置保管用のシリンダーとチューブ
WG 18	気体水素陸上車両燃料タンクとTPRD (燃料容器の安全弁)
WG 19	気体水素燃料供給ステーションのディスペンサー
WG 21	気体水素燃料供給ステーションのコンプレッサー
WG 22	気体水素燃料供給ステーションのホース
WG 23	気体水素燃料ステーションの付属品
WG 24	気体水素 - 水素燃料自動車の燃料供給プロトコル
WG 27	水素燃料の品質
WG 28	水素の品質管理
WG 29	水素システムの安全性に関する基本的な考慮事項
WG 31	Oリング
WG 32	水の電気分解を利用した水素発生装置
WG 33	燃料品質分析のためのサンプリング
WG 34	水電気分解試験プロトコルと安全要件を使用した水素発生器
WG 35	液体水素陸上車両燃料供給プロトコル
WG 36	気体水素陸上車両燃料供給接続装置 - 低温圧縮 H ₂ ガス

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



図2-1 水素のバリューチェーン



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

水素に関する標準のうち、バリューチェーン全般に関するものを表2-3に示す。4件(内改訂中1件)が発行され、1件が策定中である。水素の品質、安全性や特性試験に関するものがある。

表2-3 水素バリューチェーン全体に関するISOの標準

分類	委員会	標準番号	標準の名称	版	発行年	改訂中	策定中	Stage	
全般	TC 197	ISO 14687	水素燃料の品質 – 製品仕様	1	2019	●		40.20	原案投票開始
全般	TC 197	ISO/TR 15916	水素システムの安全性に関する基本的な考慮事項	2	2015				
全般	TC 197	ISO/DIS 24078	エネルギーシステムにおける水素 – 用語	1			●	40.60	原案投票終了
全般	TC 20 /SC 14	ISO 15859-2	宇宙システム – 流体の特性、サンプリング及び試験方法 – パート2: 水素	1	2004				
全般	TC 22 /SC 37	ISO 23273	燃料電池道路車両 – 安全仕様 – 圧縮水素を燃料とする車両の水素危険に対する保護	1	2013				

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

水素に関する標準のうち、バリューチェーン全般で使用する材料に関するものを表2-4に示す。4件が発行され、1件が策定中である。金属材料の試験方法とプラスチック配管に関するものがある。

表2-4 水素バリューチェーン全般で使用する材料に関するISOの標準

分類	委員会	標準番号	標準の名称	版	発行年	改訂中	策定中	Stage	
材料	TC 67	ISO 17781	石油、石油化学、天然ガス産業 － フェライト/オーステナイト (二相) ステンレス鋼の 微細構造の品質管理のための試験方法	1	2017				
材料	TC 58	ISO 11114-4	可搬式ガスシリンダー － シリンダーとバルブの材質とガス内容物の適合性 ー パート 4: 耐水素脆性鋼を選択するための試験方法	2	2017				
材料	TC 138 /SC 3	ISO/DIS 21036	産業用途向けのプラスチック配管システム － 非可塑化ポリアミド (PA-U) － コンポーネント及びシステムの 仕様のためのメートル シリーズ	1			●	40.00	原案登録
材料	TC 138 /SC 4	ISO 16486-1	気体燃料供給用のプラスチック配管システム － 融着接合及び機械接合を備えた 非可塑化ポリアミド(PA-U)配管システム － パート 1: 一般	3	2023				
材料	TC 138 /SC 4	ISO 16486-6	気体燃料供給用プラスチック配管システム － 融着接合及び機械接合を備えた 非可塑化ポリアミド(PA-U)配管システム － パート 6: 設計、取り扱い、設置に関する実践規範	2	2023				

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

水素に関する標準のうち、バリューチェーンの製造に関するものを表2-5に示す。3件(内1件改訂中)が発行され、1件が策定中である。水素発生装置に関するもの他に、水素製造工程で排出される温室効果ガスに関するものがある。

また、輸送に関するものを表2-6に示す。パイプライン輸送に関するものが1件発行されている。

表2-5 水素バリューチェーンの製造段階に関するISOの標準

分類	委員会	標準番号	標準の名称	版	発行年	改訂中	策定中	Stage	
製造	TC 197	ISO 16110-1	燃料加工技術を活用した水素生成装置 第1部 安全性	1	2007				
製造	TC 197	ISO 16110-2	燃料加工技術を活用した水素生成装置 第2部 性能試験方法	1	2010				
製造	TC 197	ISO 22734	水の電気分解を利用した水素発生装置 – 産業用、 商業用、住宅用 ⇒水の電気分解を使用した水素発生装置 – パート 1: 一般要件、試験プロトコル、及び安全要件	1	2019	●		30.60	TC集約終了
製造	TC 197 /SC 1	ISO/TS 19870	水素の製造、調整、消費ゲートまでの輸送に関連する 温室効果ガス排出量を決定するための方法論	1	2023				

表2-6 水素バリューチェーンの輸送段階に関するISOの標準

分類	委員会	標準番号	標準の名称	版	発行年	改訂中	策定中	Stage	
輸送	TC 67 /SC 2	ISO 13623	石油及び天然ガス産業 – パイプライン輸送システム – 修正1: 二酸化炭素または水素を含む 流体の輸送に関する補足要件	3	2017				

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

水素に関する標準のうち、バリューチェーンの貯蔵に関するものを表2-7に示す。3件が発行され、4件が策定中である。貯蔵容器の他に、貯蔵段階を対象にした検出や分析の方法、移送に関するものがある。

表2-7 水素バリューチェーンの貯蔵段階に関するISOの標準

分類	委員会	標準番号	標準の名称	版	発行年	改訂中	策定中	Stage
貯蔵	TC 197	ISO 16111	可搬型ガス貯蔵装置 － 可逆金属水素化合物に吸収された水素	2	2018			
貯蔵	TC 197	ISO/AWI 19884-1	気体水素 - 定置貯蔵用圧力容器 － パート 1: 一般要件	1			●	20.00 WG登録
貯蔵	TC 197	ISO/AWI TR 19884-2	気体水素 - 定置式貯蔵用圧力容器 - パート 2: 水素サービスに適合するクラス A 材料 (鉄鋼及びアルミニウム合金) の材料試験データ	1			●	20.00 WG登録
貯蔵	TC 197	ISO/AWI TR 19884-3	気体水素 - 定置貯蔵用圧力容器 － パート 3: 小さい振幅の圧力サイクル推定方法を実証するための圧力サイクル試験データ	1			●	20.00 WG登録
貯蔵	TC 197	ISO 26142	水素検出装置 - 定置型用途	1	2010			
貯蔵	TC 8 /SC 2	ISO 24132	船舶と海洋技術 － 液化水素用の海洋移送アームの設計とテスト	1			●	60.00 発行準備
貯蔵	TC 158	ISO 21087	ガス分析 - 水素燃料の分析方法 - 道路車両用 陽子交換膜 (PEM) 燃料電池アプリケーション	1	2019			

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

水素に関する標準のうち、バリューチェーンの充填に関するものを表2-8に示す。7件(内4件は改訂中)が発行され、6件が策定中である。インターフェース、接続装置のほかに燃料補給の詳細 (ISO 19880,19885) に関するものがある。

表2-8 水素バリューチェーンの充填段階に関するISOの標準

分類	委員会	標準番号	標準の名称	版	発行年	改訂中	策定中	Stage	
充填	TC 197	ISO 13984	液体水素 － 陸上車両燃料供給システム インターフェイス	1	1999	●		20.60	WG集約終了
充填	TC 197	ISO 17268 ⇒ISO/DIS 17268-1	気体水素陸上車両燃料補給接続装置 ⇒気体水素陸上車両燃料補給接続装置 － パート 1: 最大 120 g/s の流量容量	3	2020	● 枝番 追加		40.00	原案登録
充填	TC 197	ISO/AWI 17268-3	－ パート 3: 極低温圧縮水素ガス	1			●	20.00	WG登録
充填	TC 197	ISO 19880-1	気体水素 － 燃料補給ステーション － パート 1: 一般要件	1	2020				
充填	TC 197	ISO/DIS 19880-2	－ パート 2: ディスペンサーと分配システム	1			●	40.60	原案投票終了
充填	TC 197	ISO 19880-3	－ パート 3: バルブ	1	2018				
充填	TC 197	ISO 19880-5	－ パート 5: ディスペンサーホース及びホースアセンブリ	1	2019	●		30.60	TC集約終了
充填	TC 197	ISO/DIS 19880-7	－ パート 7: ゴムOリング	1			●	40.20	原案投票開始
充填	TC 197	ISO 19880-8	－ パート 8: 燃料の品質管理	1	2019	●		40.20	原案投票開始
充填	TC 197	ISO/DIS 19880-9	－ パート 9: 燃料品質分析のためのサンプリング	1			●	40.60	原案投票終了
充填	TC 197	ISO/AWI TS 19880-10	－ パート 10: 移動式燃料補給ステーション	1			●	20.00	WG登録
充填	TC 197	ISO/PRF 19885-1	気体水素 － 水素燃料自動車の給油プロトコル － パート 1: 給油プロトコルの設計及び開発プロセス	1			●	50.00	最終案登録
充填	TC 22 /SC 41	ISO 16380	道路車両 － 混合燃料補給コネクタ	1	2014				

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

水素に関する標準のうち、車両や船舶に積載される容器に関するものを表2-9に示す。3件(全て改訂中)が発行され、1件が策定中である。車両及び船舶を対象としたもので、容器本体の他に安全装置(圧力リリーフ装置)に関するものがある。

表2-9 車両や船舶に積載される水素容器に関するISOの標準

分類	委員会	標準番号	標準の名称	版	発行年	改訂中	策定中	Stage	
容器	TC 197	ISO 13985	液体水素 – 陸上車両の燃料タンク	1	2006	●		20.00	WG開始
容器	TC 197	ISO 19881	気体水素 – 陸上車両燃料コンテナ	1	2018	●		40.20	原案投票開始
容器	TC 197	ISO 19882	気体水素 – 圧縮水素車両燃料コンテナ用の 熱作動圧力リリーフ装置	1	2018	●		40.20	原案投票開始
容器	TC 8 /SC 3	ISO/DIS 11326	船舶と海洋技術 – 水素船の液体水素貯蔵タンクの試験手順	1			●	40.60	原案投票終了

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

水素に関する標準のうち、バリューチェーンの使用段階に関するものを表2-10に示す。22件(内1件は改訂中)が発行され、3件が策定中である。個々の部品毎に標準化を進めているほか、燃料消費に関するものがある。

表2-10 水素バリューチェーンの使用段階に関するISOの標準

分類	委員会	標準番号	標準の名称	版	発行年	改訂中	策定中	Stage	
使用	TC 197	ISO/DIS 19887	気体水素 － 水素燃料自動車の燃料システムコンポーネント	1			●	40.60	原案投票終了
使用	TC 8 /SC 3	ISO/AWI 21341	船舶と海洋技術 － 水素船の液体水素バルブの試験手順	1			●	20.00	WG登録
使用	TC 28	ISO 15911	石油製品 － 水素含有量データを使用した 航空タービン燃料の純比エネルギーの測定	1	2000				
使用	TC 22 /SC 37	ISO 23828	燃料電池道路車両 － エネルギー消費量測定 － 圧縮水素を燃料とする車両	3	2022				
使用	TC 22 /SC 37	ISO 23274-1	ハイブリッド電気道路車両 － 排出ガスと燃料消費量の測定 － パート 1: 外部充電不可能な車両	2	2019				
使用		ISO 23274-2	－ パート 2: 外部充電可能な車両	2	2021				

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成

(続く)



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

表2-10(つづき) 水素バリューチェーンの使用段階に関するISOの標準

分類	委員会	標準番号	標準の名称	版	発行年	改訂中	策定中	Stage	
使用	TC 22 / SC 41	ISO 21266-1	道路車両 – 圧縮気体水素(CGH ₂)及び 水素/天然ガス混合燃料システム – パート 1: 安全要件	1	2018	●		10.99	提案承認
使用		ISO 21266-2	– パート 2: 試験方法	1	2018				
使用	TC 22 / SC 41	ISO 12619-1	道路車両 – 圧縮気体水素(CGH ₂)及び 水素/天然ガス混合燃料システムコンポーネント – パート 1: 一般要件と定義	1	2014				
使用		ISO 12619-2	– パート 2: 性能及び一般試験方法 – 修正 1	1	2016				
使用		ISO 12619-3	– パート 3: 圧力調整器 – 修正 1	1	2016				
使用		ISO 12619-4	– パート 4: 逆止弁	1	2016				
使用		ISO 12619-5	– パート 5: 手動シリンダー バルブ	1	2016				
使用		ISO 12619-6	– パート 6: 自動バルブ	1	2017				
使用		ISO 12619-7	– パート 7: ガスインジェクター	1	2017				
使用		ISO 12619-8	– パート 8: 圧カインジェクター	1	2017				
使用		ISO 12619-9	– パート 9: 圧カリリースバルブ (PRV)	1	2017				
使用		ISO 12619-10	– パート 10: 圧力除去装置 (PRD)	1	2017				
使用		ISO 12619-11	– パート 11: 過剰流量バルブ	1	2017				
使用		ISO 12619-12	– パート 12: 気密ハウジング及び換気ホース	1	2017				
使用		ISO 12619-13	– パート 13: ステンレス鋼の剛性燃料ライン	1	2017				
使用		ISO 12619-14	– パート 14: フレキシブル燃料ライン	1	2017				
使用		ISO 12619-15	– パート 15: フィルター	1	2017				
使用		ISO 12619-16	– パート 16: フィッティング	1	2017				
使用	TC 22 / SC 41	ISO/AWI 12619	道路車両 – 天然ガス/水素混合燃料システムコンポーネント	1			●	20.00	WG登録

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

SAEの標準のうち水素に関するものを検索し、発行中136件、策定中15件のから、燃料としての水素に関する標準を調査した。表2-11に、標準を扱っている組織とその件数を示す。燃料電池を管轄する委員会で多くの標準の策定を進めている。

表2-11 SAEにおいて燃料としての水素を扱っている組織と標準の件数

		発行済	改訂中*	策定中
Aerospace Council				
	Mechanical & Fluid System Gr.			
	AE-5: Aerospace Fuel, Inerting & Lubrication Systems Steering Group			
	AE-5C: Aviation Ground Fueling Systems Committee	0		1
	Electronics & Electrical System Gr.			
	AE-7 Aerospace Electrical Power & Equipment			
	AE-7C: Systems	1		0
	AE-7F: Hydrogen and Fuel Cells	3		3
Motor Vehicle Council				
	Vehicle Safety Systems			
	Occupant Protection and Biomechanics Steering Committee			
	Impact and Rollover Test Procedures Standards Committee	1		0
	Hybrid-EV Steering Committee			
	Hybrid-EV Committee	2		0
	Fuel Cell Standards Committee	11	4	3

*改訂中は、発行済みの内数

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

SAEのAerospace Councilが扱っている、燃料としての水素に関する標準を表2-12に示す。AE-7(電気動力及び機器)で4件(内1件は見直し凍結中)を発行し、3件を策定中である。また、AE-5C(地上燃料供給システム委員会)で1件を策定中である。なお、分類欄に“電池”と記載した3件は、主として補助電源として使用する燃料電池に関するものである。

表2-12 SAEにおいて燃料としての水素を扱っている標準 (Aerospace Council)

委員会	分類	発行年*1	標準番号	標準の名称	備考
AE-5C	充填	策定中	AIR8466	気体と液体の両方の空港用水素ステーション	
AE-7C	使用	2011年	AIR999A	極低温燃料を利用したダイナミックパワーシステム	現在は、stabilized*2
AE-7F	貯蔵	策定中	AS6679	航空用の液体水素貯蔵	
	貯蔵	策定中	AS7373	航空用の気体水素貯蔵	
	全般	2019年	AIR7765	航空機用途における水素燃料電池に関する考慮事項	
	電池	2020年	AIR6464	水素燃料電池 航空機燃料電池安全ガイドライン	
	電池	2023年	AS6858	大型民間航空機への燃料電池システムの設置	
	電池	策定中	AS7141	推進用水素燃料電池	

*1) 発行年は、現行版の発行年、*2) Stabilized: 見直しを凍結中

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成

※委員会名

Mechanical & Fluid System Gr.

- └ AE-5: Aerospace Fuel, Inerting & Lubrication Systems Committee
- └ AE-5C: Aviation Ground Fueling Systems Committee

Electronics & Electrical System Gr.

- └ AE-7 Aerospace Electrical Power & Equipment
 - └ AE-7C: Systems
 - └ AE-7F: Hydrogen and Fuel Cells



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

SAEのMotor Vehicle Councilが扱っている、燃料としての水素に関する標準を表2-13に示す。衝突試験委員会(①)で1件、ハイブリッドEV委員会(②)で1件を発行している。燃料電池委員会(③)では、11件(内4件が改訂中)を発行し、3件を策定中である。

表2-13 SAEにおいて燃料としての水素を扱っている標準 (Motor Vehicle Council)

委員会	分類	発行年*	番号	標準の名称	備考
①	全般	2022年	J3121	水素自動車衝突試験所の安全ガイドライン	
②	全般	2020年	J2990/2	ハイブリッドおよび電気自動車の安全システム情報レポート	
③	全般	2016年	J2990/1	気体水素および燃料電池自動車の事故時にファースト及びセカンドレスポンスに推奨される対処法	改訂中
	全般	2020年	J2719	燃料電池自動車用の水素燃料の品質	
	全般	2023年	J2578	一般的な燃料電池自動車の安全性に関する推奨事項	
	全般	策定中	J3294	水素貯蔵システムおよびコンポーネントで使用する材料選択に関するガイダンス	
	貯蔵	2022年	J2719/1	水素品質規格利用申請ガイドライン	
	使用	2018年	J3089	車載水素センサーの特性評価	

*発行年は、現行版の発行年

出所：公開情報に基づきJFE-TEC作成

(続く)

※委員会名

Vehicle Safety System

└ Occupant Protection and Biomechanics Steering Committee

└ ①: Impact and Rollover Test Procedures Standards Committee

Hybrid-EV Steering Committee

└ ②: Hybrid-EV Committee

└ ③: Fuel Cell Standards Committee



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

燃料電池委員会(③)で扱っている標準のうち、バリューチェーンの充填段階を対象としたものが6件(内3件改訂中)発行され、2件を策定中である。

表2-13(つづき) SAEにおいて燃料としての水素を扱っている標準 (Motor Vehicle Council)

委員会	分類	発行年*	標準番号	標準の名称	備考
③	充填	2015年	J2600	圧縮水素地上車両燃料補給接続装置	改訂中
	充填	2019年	J2799	水素地表車両からステーションへの通信ハードウェアおよびソフトウェア	改訂中
	充填	2020年	J2601	軽量気体水素水上車両の燃料補給プロトコル	改訂中
	充填	2023年	J2601/2	気体水素駆動大型車両の燃料補給プロトコル	
	充填	2022年	J2601/3	気体水素駆動産業用トラックの燃料補給プロトコル	
	充填	策定中	J2601/4	周囲温度固定オリフィス燃料補給	
	充填	策定中	J2601/5	気体水素駆動の中型および大型車両向けの大流量処方燃料補給プロトコル	
	充填	2023年	J2579	燃料電池およびその他の水素自動車の燃料システムの規格	

*発行年は、現行版の発行年

出所: 公開情報に基づきJFE-TEC作成

※委員会名

Vehicle Safety System

└ Occupant Protection and Biomechanics Steering Committee

└ ①: Impact and Rollover Test Procedures Standards Committee

Hybrid-EV Steering Committee

└ ②: Hybrid-EV Committee

└ ③: Fuel Cell Standards Committee



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

(イ) 水素技術(つづき)

表2-14にISOとSAEでの標準の内容を分類ごとに示す。バリューチェーンの充填(地上の貯蔵タンクからの供給)段階で、圧力、流量、温度などの供給条件に応じた標準の作成が進められている。なお、SAEのAerospace Councilでは、水素燃料電池の使用に関する規格(AS7141)を策定中であるが、その他は報告書やガイドラインとなっている。

表2-14 ISOとSAEでの標準化状況

分類	項目	ISO	SAE (Aerospace)	SAE (Vehicle)
全般	安全	15916. 23273	AIR7765 (2019) 水素燃料電池適用の考慮事項の報告書	J2578. J2990. J3121
	品質	14687. 15859-2		J2719-1
	その他	用語1件. 材料5件		J3294(材料)
貯蔵	容器	16111. 19884-1~3	AS6679 (WIP)	
	品質	21087	液体水素貯蔵システムのガイドライン AS7373 (WIP)	
	その他	検出1件. 移送1件	気体水素貯蔵システムのガイドライン	
充填	全般	19880-1~3,5,7~10	AIR8466 (WIP) 定置式及び移動式の気体及び液体 水素燃料の補給所及び補給のガイド ライン	J2579
	インターフェース	13984		J2799
	接続装置	17268-1,3. 16380		J2600
	方法	19885-1		J2601. J2601/2-5
容器	全般	13985. 19881		
	試験、材料	11326. 19882		
使用	全般	19887. 21266-1,2. 12619-1~16	AS7141 (WIP) 水素燃料電池を一次電力源に使用するための規格	J2578
	センサー			J3089
	その他	機器21341. 燃費13911他 計4件		

出所: 公開情報に基づき
JFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

本調査項目においては、民間旅客機の主要機体構造に樹脂複合材料製部材が採用された事例を取り上げ、当該技術が採用された経緯とそれに対応した国際標準の変更について、時間軸的な対応関係を明らかにするとともに、その際に変更された基準の内容とその決定プロセスについて調査を行う。



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(ア)民間航空機部材への樹脂複合材料の適用－NASA-ACEEプログラム

炭素繊維等により強化された樹脂複合材料(以下、CFRPという)は、高強度、高弾性率、高疲労強度、低比重等の特性を活かして、スポーツ用品への適用から始まり、近年では、圧力容器、風車などのエネルギー分野、自動車をはじめとするモビリティ分野などでも用途を広げている。民間航空機に初めて複合材料が用いられたのは、Boeing 707の前方フラップ(ボロン繊維/エポキシ樹脂、1970年飛行)であり[2]、その後、1973年にはBoeing 737のスポイラーに3種類の複合材料(T300/2544、T300/5209、AS/3501)が用いられた[3]。

CFRPが一次構造部材に用いられるようになったのは、1975年にNASAのLangley Research Centerを中心に立ち上がった航空機の燃料消費量を削減するプロジェクトNASA-ACEE (Aircraft Energy Efficiency) Programの一つであるAdvanced Composite Structure Program (1977-1985) が発端で、CFRPを用いることにより機体を25%軽量化させ、その結果10-15%の燃料消費量削減に繋げようとした[4]。

このプログラムでは、

- (i) 機体尾部、主翼及び機体胴部をCFRP製構造体にするための設計技術及び製造技術の開発
- (ii) 輸送機器産業全体に亘る技術の普及
- (iii) 実飛行における大規模な評価

により、民間航空機一次構造材へのCFRP適用を促進することを目的とし、機体メーカーへの委託研究により進められた。

ここではCFRPを低荷重の二次構造部材 (lightly loaded secondary structural component) に適用することから始め、次いで、荷重の比較的低い一次構造部材 (medium primary structural component) 、そして最終的には主翼、胴体といった一次構造へ



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(ア)民間航空機部材への樹脂複合材料の適用－NASA-ACEEプログラム(つづき)

の本格的適用を目指し、今日でも用いられている“Building Block Approach”という手法が用られた。

NASAは、Boeing Commercial Airplane Co.、Douglas Aircraft Co.及びLockheed Corp.の3社と契約し、各機体メーカーが表3-1に示すコンポーネントのCFRP化を行った。ここで用いられたCFRPは、いずれもNarmcoの炭素繊維/エポキシ樹脂複合材(T300/ 5208)で、FAAの認証を取得するのに必要な設計許容値データを取得し、地上試験だけで終了したLockheedのL-1011の垂直安定板のプロジェクトを除き、表3-1に示すよう営業運航試験を行い、データを蓄積した。

これらの二次構造材及び低荷重一次構造材に次いで、主翼及び機体胴部などの主要一次構造材へのCFRPの適用も計画さ

表3-1 NASA-ACEEで実用化試験が行われたコンポーネントの一覧表 [4]

機体メーカー	機種	コンポーネント	飛行機数	開始年
Douglas	DC-10	Upper aft rudder(尾翼上方方向舵)	(20)*	1976/6
Douglas	DC-10	Vertical stabilizer(垂直安定板)	N/A	1987/1
Boeing	B-727	Elevator(昇降舵)	5	1980/3
Boeing	B-737	Horizontal stabilizer(水平安定板)	5	1984
Lockheed	L-1011	Inboard aileron(内側補助翼)	5	1982/3
Lockheed	L-1011	Vertical fin(垂直安定板)	不実施	不実施

*: 20体の方向舵を製造したとの記録はあるが、実際に何機の機体に搭載して商用運航に供したかは不明。

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(ア)民間航空機部材への樹脂複合材料の適用－NASA-ACEEプログラム(つづき)

れ、1980年までには実物大主翼、次いで機体胴部の試作も見込まれていた。しかしながら、事故時に壊れたCFRP部材から放出される可能性がある炭素繊維が、その導電性の良さから電子機器に悪影響を与える懸念(Carbon Fiber Risk Assessmentと呼ばれた)が持ち上がり、その評価に時間と費用を要したのと、荷重の低い一次構造材で発生したトラブルの影響で主要一次構造材をCFRP化した実証飛行試験が行われることはなく、1981年に始まったプログラムでは、主翼のウィングボックスと胴部の筒状セグメントの実物大モデルを作製し、評価を行うに留まった。1985年初にはNASA-ACEEプログラムが同年で終了することが告げられ、機体胴部全体をCFRP化するというプログラムは中止され、各社は特定の設計技術に関する課題解決の研究に特化せざるを得なくなった。Boeingは損傷許容設計について、Lockheedは衝撃力学と音響伝達について、Douglasは大きなカットアウト(切り出し)部の特性についての研究開発を行った。

一方、上述の低荷重の一次構造材で発生したトラブルの一つにはCFRPの特性に関わるものもあり、より靱性の高いCFRPの必要性を認識したNASAは、そのための材料規格 (NASA RP-11142 [5]) と試験法規格 (NASA RP-1092 [6]) を制定した。

NASA-ACEEプログラムの委託先である大手機体メーカーでは、大型部材の開発を推進していたのに対し、Langley Research Centerでは、機体構造にCFRPを適用する際の基礎的技術課題の解決に力を注ぎ、前述の材料規格や試験法規格の制定もその成果の一部である。CFRP固有の技術的課題としては、以下のようなものがある [4]。

(i) 構造設計、解析及び評価

CFRPの特徴を活かした機体構造の軽量化のため、設計コードの開発が進められ、PASCOと呼ばれるコードなどが開発された。その結果、胴体のような曲率を持つ部分に十分な剛性を持たせるような設計が可能になった。



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(ア) 民間航空機部材への樹脂複合材料の適用－NASA-ACEEプログラム(つづき)

(ii) 損傷許容性

金属材料と違って局所的に降伏しないという特性を有するCFRPでは、ノッチ部やカットアウト部、衝撃を受けた箇所などの応力集中部の損傷許容性が重要になることから、その影響を抑える手法について研究開発するとともに、靱性の高い材料の開発を促し、前述の材料規格(NASA RP-11142 [5])制定に繋がった。

(iii) 疲労、破壊及び層間剥離

金属と同様の疲労や破壊特性の評価に加え、CFRP特有の問題である層間剥離に関する評価法や解析に関する研究に力が注がれた。

(iv) 耐環境性と実飛行評価

CFRPを機体構造に適用する場合の大きな課題に駐機時及び飛行中の環境、各種液体や太陽光の影響があることは、機体メーカーも十分認識しており、これがCFRPの使用に対して消極的だった理由の一つであったことから、クーポン(試験片)から実物大試作体までの暴露試験を世界規模で行い、データの蓄積と解析を行った。特に、湿度の影響については、太陽光が存在する場合としない場合の両方について特性変化予想手法を確立している。

また、合計百万時間以上の飛行試験データの蓄積を行った [7]。

(v) 材料の製造、特性及び試験法

炭素繊維及びマトリックス樹脂の両方について、製造プロセスの化学、レオロジー、硬化機構といった製造工程の基礎的な研究開発を中心に行い、ラボスケールでの新材料の開発や画期的な製造方法の開発に繋がった。

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(ア) 民間航空機部材への樹脂複合材料の適用－NASA-ACEEプログラム(つづき)

また、衝撃後残留圧縮強度 (Compression strength After Impact) 試験や有孔板の強度試験など、CFRP特有の試験法を確立し、試験規格 NASA RP-1092 [6] を発行するとともに、後のASTM試験規格等になっている。

(vi) 接合部及びカットアウト部の特性評価

ボルト接合と接着接合について、炭素繊維/エポキシ樹脂、炭素繊維/ポリイミド及びアラミド繊維/エポキシ樹脂の組み合わせにおいて、翼と外板の接合部を含む部材の長期間の耐久性評価を含む試験を行った。

(vii) 衝撃力学と音響特性

衝撃エネルギーの吸収、外板の引き裂かれ、CFRPの摩擦や摩滅、構造体の動的応答など、墜落時の各種特性評価が実験及び解析の両面から行なわれ、CFRPが金属とは異なる音響特性を有することも評価された。

(vii) エポキシ樹脂に代わるマトックス樹脂の開発

エポキシ樹脂より耐熱性に優れるマトリックス樹脂の開発も行われ、プロセス温度が350°F (177 °C) を超える材料としてポリイミド樹脂、熱可塑性樹脂やその他の先進材料が開発対象となった。

(viii) 補修

Langley Research Centerでは、CFRP部材の補修に関する研究は余り盛んではなかったが、それに関係する技術である接着剤と接着接合の研究や、補修部品に負荷を掛けながらの暴露試験などが行われていた。



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化

前項で述べたNASA-ACEEプログラムの中から、その後、Boeing 777や787構造部材のCFRP化に繋がった737の水平安定板のCFRP化プロジェクトを取り上げる [4]。“777 Empennage Certification Approach [8]”でも、「Boeing 737の水平安定板のNASA/CFRP化プロジェクトでとられたFAA認証取得アプローチは、民間航空機向けCFRP製部材の開発における重要なマイルストーンだった」と述べられている。

NASA-ACEE (Aircraft Energy Efficiency) Advanced Composite Structure Programで実施された6つのプロジェクトの一つであり、1977年7月に始められた。表3-2にプロジェクトのスケジュール(実績)を示す [9]。このプロジェクトは、

- (i) 先進複合材料を大規模かつ効率的に使用すること
- (ii) アルミニウム製水平安定板に比べ、20%以上の軽量化を達成すること
- (iii) CFRP化することのコスト的有効性を示すとともに、コストデータを収集すること

を目的として実施され、1982年8月にはFAAの認証 (Certificate) を取得した。5.5機分11枚のCFRP製水平安定板が製造され、内10枚を5機のBoeing 737-200に搭載、これらにより営業運航試験を行って評価データを収集した [10]。プログラム全体の技術的手法を図示したものを図3-1 [9]及び図3-2 [10]に示す。図3-1は、Building Block Approachの基礎となったものである。



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

表3-2 Boeing 737水平安定板のCFRP化承認プログラムのスケジュール [9]

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984		1991
プログラム承認	▼									
仮設計 図面 予備試験 サブボックス	—	—	—	—	—					
治具作製 テスト品作製 作製(5体)		—	—	—	—					
初飛行 フルスケール試験				—	—					
FAA申請書類作成 FAA認証					—	▼				
実機搭載 実飛行データ収集								—	—	—

出所: 文献 [9]を参考にJFE-TEC作成



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

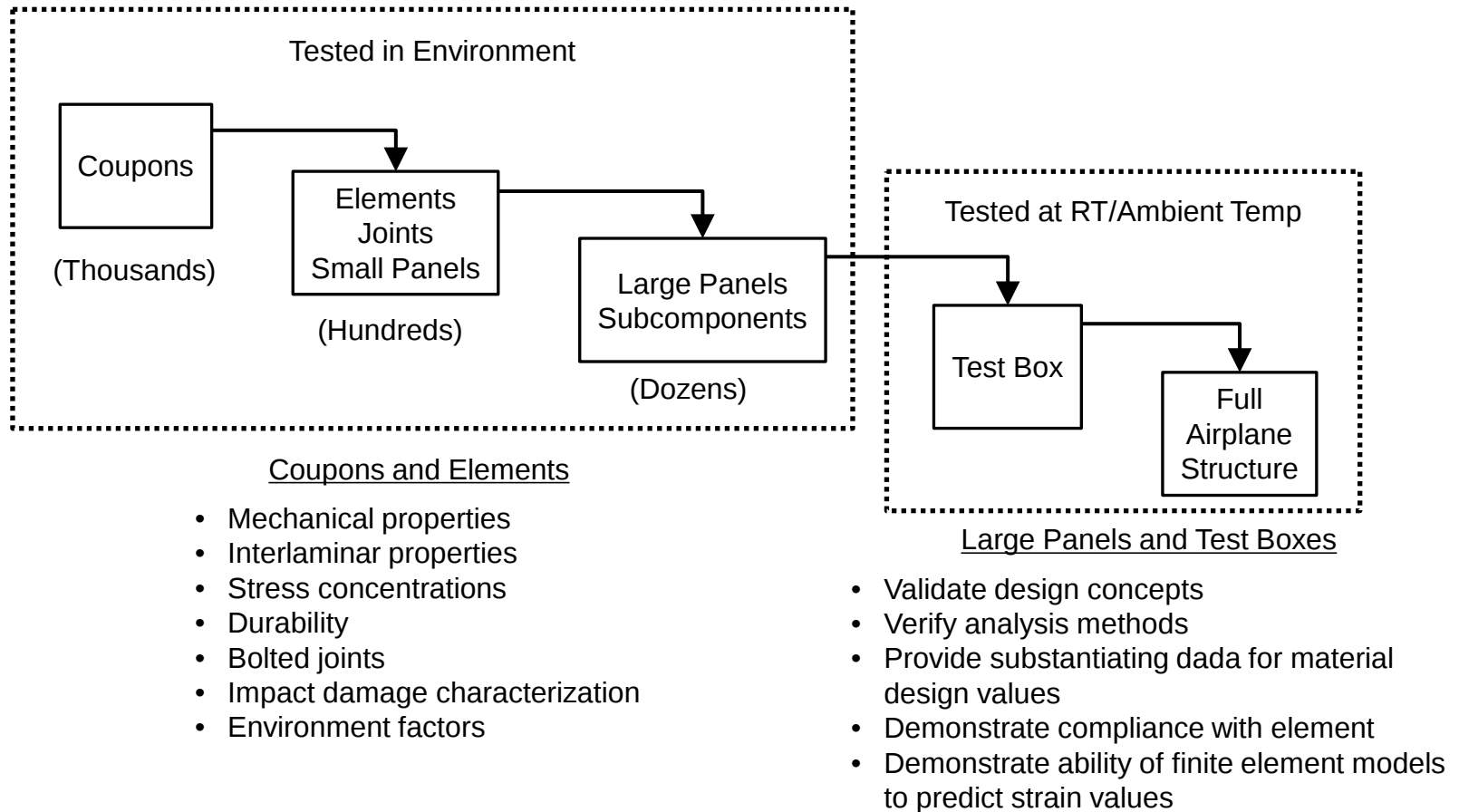


図3-1 Building Block Approach (出所: 文献 [9]を参考にJFE-TEC作成)



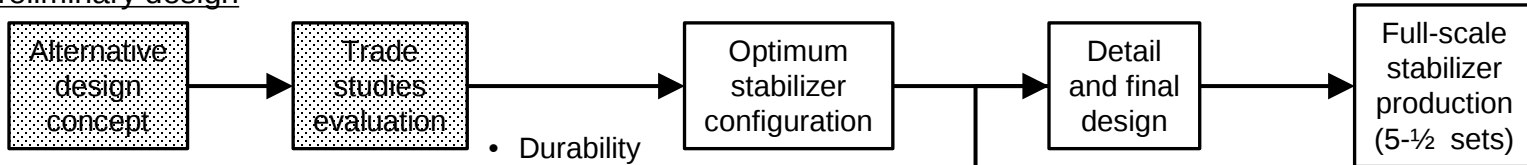
JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

Preliminary design



Preliminary development

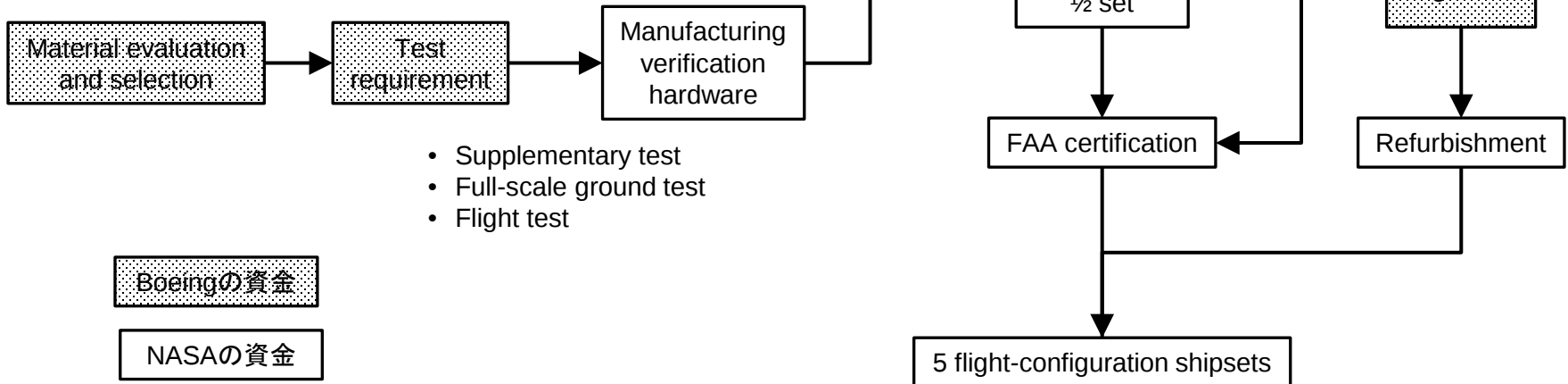


図3-2 Boeing 737の水平安定板のCFRP化プログラム手順(出所:文献 [10]を参考にJFE-TEC作成)



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

このプログラムでは、ボーイングの資金により、表3-3に示す7つの材料(炭素繊維と樹脂の組合せ)が評価された。それぞれの材料組合において、以下の3つの形態のプリプレグが評価された [10]。

- ① 2層のプリプライドテープ (2-ply pre-plyed tape)
- ② 一方向テープ (unidirectional tape)
- ③ 平織プリプレグ (plain-weave fabric)

プリプレグの状態及び硬化処理した積層材の両方で基準特性を満たすようなプリプレグの提供を受け、樹脂材料、プリプレグ、

表3-3 Boeing 737の水平安定板の候補材料の組合せ [10]

炭素繊維	エポキシ樹脂	プリプレグ供給会社
T300	5208	Narmco
T300	5235	Narmco
T300	934	Fiberite
T300	976	Fiberite
AS	3501-5A	Hercules
T300	F263	Hexcel
T300	F288	Hexcel



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

硬化処理した積層体及びハニカム構造体の特性評価を行った後、ドレープ性(形状追従性)、タック性(積層作業性の一つで、プリプレグ表面の粘着性)、作業時間及び積層作業性について量産時の生産性を評価(推定)し、NarmcoのT300/5208が選ばれた。

連邦規則集第14編(14 Code of Federal Regulations、以下14 CFRという) Part 25に定められているところの、CFRP製部材のFAA承認に必要なデータを取得するため、今日でも用いられているBuilding Block Approach(図3-3)が開発され、使用された。ここでのBuilding Block Approachでは、以下のような段階を経て評価が進められた。

- (a) 材料の特性及び設計の基礎となる特性データ取得のためのクーポン、構造要素及びパネルの試験(環境の影響評価を含む)
- (b) スタブボックスの重要構造部に3次元負荷を与えることで、設計の妥当性を確認するための初期試験
- (c) 環境負荷の影響評価を目的とした解析手法の妥当性を示すための、様々な環境下で過重な2次元負荷を付与する試験
- (d) 実物大構造体を用いた地上試験－計算により求められたひずみ分布、機能的性能、耐久性、損傷許容性及び終局荷重(ultimate load)に耐えることができることを実証するための試験
- (e) フラッタ(flutter)、安定性及び制御性の観点からアルミニウム製安定板と同等であることを示すための飛行試験



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

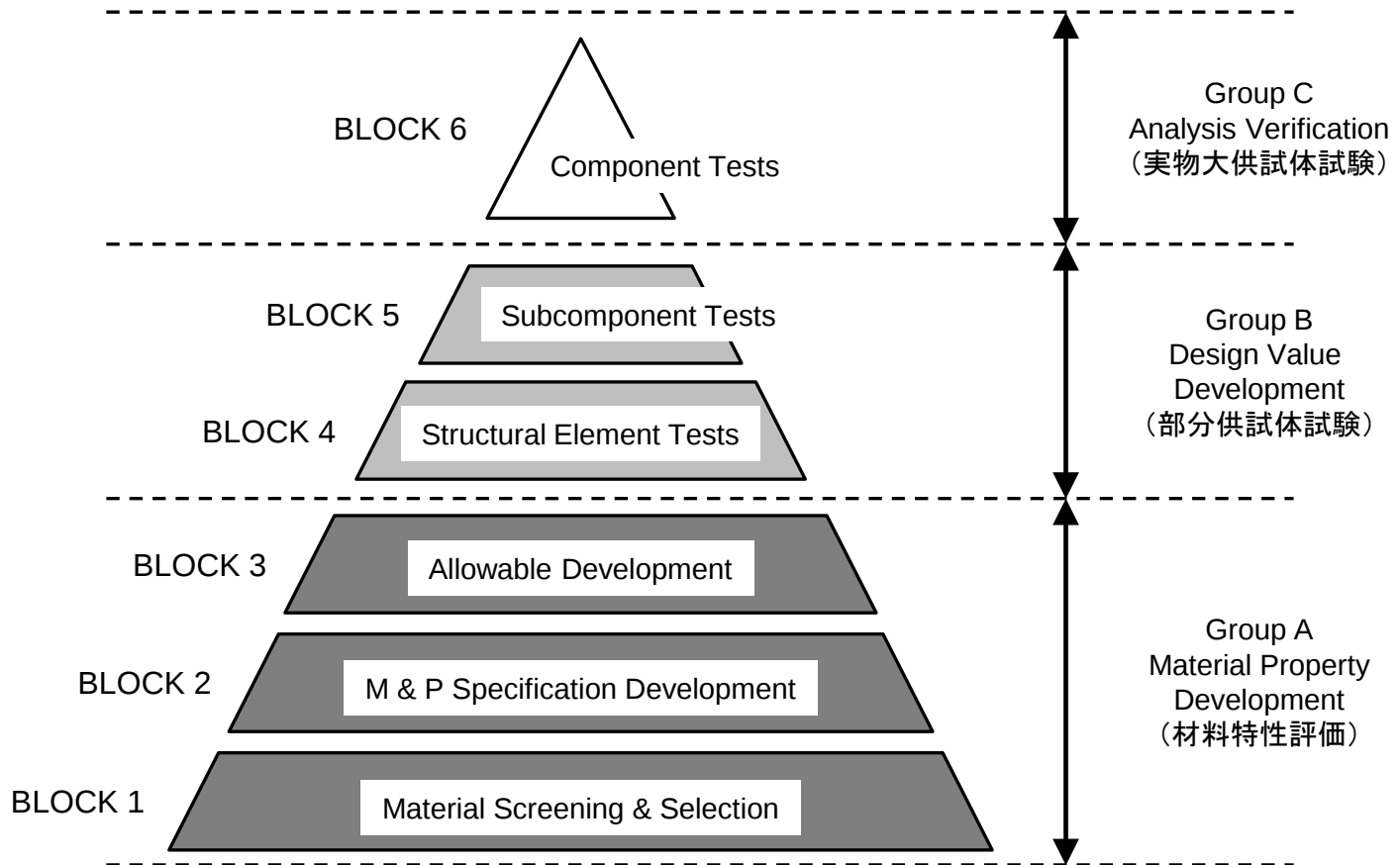


図3-3 Building Block Approachの模式図(出所:MIL-HDBK-17-3F [11], p. 4-25を参考にJFE-TEC作成)



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

民間航空機の認証取得のための要求事項は、1964年12月24日に発行された14 CFR Part 25(以下、14 CFR 25と略す)に定められている。その後、何度かの修正・追記が繰り返され、現在では、表3-4に示すように、Subpart AからSubpart Iまでの9のサブパートとAppendix AからAppendix O(ただし、Appendix Gは欠番)の14のAppendixから構成されている(発行当初は、Subpart AからSubpart Gまで)。

表3-4 14 CFR Part 25の構成(2023/11/22現在)

Subpart	Section	Title	項目名(参考訳)
Subpart A	1-5	General	一般
Subpart B	21-255	Flight	飛行
Subpart C	301-581	Structure	構造
Subpart D	601-899	Design and Construction	設計と組み上げ
Subpart E	901-1207	Powerplant	動力系
Subpart F	1301-1461	Equipment	装置
Subpart G	1501-1587	Operating Limitations and information	運航上の制限と情報
Subpart H	1701-1733	Electrical Wiring Interconnection System (EWIS)	電気配線相互接続システム
Subpart I	1801	Special Federal Aviation Regulations	特別連邦航空規則
Appendix A-O	—	(Appendix Gは欠番)	



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

Boeing 737のCFRP製水平安定板の認証取得において、構造の開発に直接的に関係している14 CFR 25のセクションを表3-5に示す。これらを中心に試験と解析・評価が行われた [12]。中でも、材料関係に深く関係しているSubpart Dの25.603 Materials (材料)と25.613 Materials strength properties and materials design values (材料の強度特性と設計値)、25.615 Design propertiesについて調査した結果を、次ページ以降に示す。

表3-5 14 CFR Part 25の構成 (Boeing 737 CFRP製水平安定板の認証取得時)

技術分野	セクション番号	内容
材料とプロセスの規格	25.603	Materials (材料)
	25.605	Fabrication methods (成形加工方法)
材料特性	25.613	Materials strength properties and design values (材料の強度特性と設計値)
	25.615	Design properties (設計のための特性)
	25.619	Special factors (特殊因子)
耐久力	25.305	Strength and deformation (強度と変形)
	25.307	Proof structure (耐力)
損傷許容性	25.571	Fatigue evaluation of flight structure (飛行構造の疲労評価)
その他	25.581	Lightning protection (被雷防止)
	25.609	Protection of structure (構造保護)



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

表3-6には25.601項の、又、表3-7から表3-12には25.613項及び25.615項の変遷を示す。表中に**赤太字**で示した箇所は、主要な修正箇所である。§ 25.613(材料の強度特性と設計値)と§ 615(設計のための特性)は、当初、別の項として規定されていたが、表に示すとおり、1990年7月の修正時に§ 25.613(材料の強度特性と設計値)に集約された。

表3-6 14 CFR Part 25.603(材料)の変遷

年月	原文	参考訳
1964/12	§ 25.603 Materials The suitability and durability of materials used in the structure must— (a) Be established on the basis of experience or tests; and (b) Conform to approved specifications (such as industry or military specifications, or Technical Standard Orders) that ensure their having the strength and other properties assumed in the design data.	§ 25.603 材料 構造に用いられる材料の適合性及び耐久性は、 (a) 経験と試験によって確立され、 (b) 設計時に前提とされている強度やその他の特性を保証する承認規格(業界規格、軍事規格又はFAAが発行するTSOなど)に適合しなければならない。
1976/12	The suitability and durability of materials used for parts, the failure of which could adversely affect safety , must— (以下、同じ)	その部品が破損すると安全が脅かされる可能性がある場合、その部品に 用いられる材料の適合性及び耐久性は、(以下、同じ)
1978/10	(次項、追加) (c) Take into account the effects of environmental conditions, such as temperature and humidity, expected in service.	(次項、追加) (c) 供用中に予想される環境条件(温度や湿度など)の影響を考慮して評価しなければならない。

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

表3-7 14 CFR Part 25.613(材料の強度特性と設計値)/615(設計のための特性)の変遷 (1/6)

年月	原文	参考訳
1964/12	§ 25.613 Materials strength properties and materials design values (a) Material strength properties must be based on enough tests of materials meeting approved specifications to establish design values on a statistical basis. (b) Design values must be chosen so that the probability of any structure being understrength because of material variations is extremely remote. (c) The effects temperature on allowable stress used for design in an essential component or structure must be considered where thermal effects are significant under normal operating conditions. (d) The strength, detail design, and fabrication of the structure must minimize the probability of disastrous fatigue failure, particularly at points of stress concentration. (e) Unless they are shown to be inapplicable in a particular case, the design values must be those contained in the following publications (obtainable from the Superintendent of Documents, Government Printing Office, Washington, D.C., 20402):	§ 25.613 材料の強度特性と設計値 (a) 統計に基づいた設計値を確立するためには、承認されている規格に適合する方法で十分な数の試験を行わなければならない。 (b) 設計値は、材料特性のバラつきにより生じる構造体の強度不足が起きる可能性が非常に小さくなるように選定されなければならない。 (c) 通常の運航条件において温度の影響が大きい場合、非常に重要な (essential) 部材や構造物の設計に用いられる許容応力は、温度の影響を十分考慮しなければならない。 (d) 構造体の強度、詳細設計、製造においては、構造体、特にその応力集中部が疲労により壊滅的に破壊する確率が最小限になるようにしなければならない。 (e) 適用対象外と示されていない限り、設計値は次の文書(米国政府出版局 (Washington D.C., 20402) の文書監督官から入手可)に掲載されているものでなければならない。

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

表3-8 14 CFR Part 25.613 (材料の強度特性と設計値)/615 (設計のための特性)の変遷 (2/6)

年月	原文	参考訳
(続き) 1964/12	MIL-HDBK-5, “Metallic Materials and Elements for Flight Vehicle Structure”; MIL-HDBL-17, “Plastics for Flight Vehicle”; ANC-18, “Design of Wood Aircraft Vehicles”; and MIL-HDBK-23, “Composite Construction for Flight Vehicles”. § 25.615 Design properties (a) Design properties outlined in MIL-HDBK-5 may be used subjected to the following conditions: (1) Where applied loads are eventually distributed through a single member within an assembly, the failure of which would result in the loss of the structural integrity of the component involved, the guaranteed minimum design mechanical properties (“A” values) listed in MIL-HDBK-5 must be met.	MIL-HDBK-5, 飛行体構造に用いられる金属材料及び金属製要素 MIL-HDBL-17, 飛行体に用いられる樹脂材料 ANC-18, 木製飛行体の設計 MIL-HDBK-23, 飛行体に用いられる複合材製部材構造 § 25.615 設計に用いる特性 (a) MIL-HDBK-5に掲載されている設計特性は以下の条件において使用してよい。 (1) 荷重が一構造要素 (member) を介して最終的には組立構造体に分散され、その部材の破損が組立構造体全体の健全性喪失に繋がる場合、MIL-HDBK-5に掲載されている設計上の最低力学特性保証値 (A-value) を満たす場合。

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

表3-9 14 CFR Part 25.613 (材料の強度特性と設計値)/615(設計のための特性)の変遷 (3/6)

年月	原文	参考訳
(続き) 1964/12	(2) Redundant structure, in which the failure of individual elements would result in applied loads being safely distributed to other load-carrying members, may be designed on the basis of the “90 percent probability (“B” values)” listed in MIL-HDBK-5. (b) Design values greater than the guaranteed minimums required by paragraph (a) of this section may be used where only guaranteed minimum values are normally allowed if a “premium selection” of the materials is made in which a specimen of each individual item is tested before use to determine that the actual strength properties of that particular item will equal or exceed those used in design.	(2) 個々の構造要素 (element) が破損しても、荷重が安全に他の構造要素 (member) によって担われるような冗長性を有する構造では、MIL-HDBK-5に掲載されている「90%の確率(母集団の90%)の値 (B-value)」に基づいて設計してよい。 (b) 保証された最小値のみを使うことが許されている場合でも、個々の製品から採取した試験片を用いて行った試験で得られた材料強度が設計で用いられる値と同等かそれ以上であれば(材料の「プレミアムセレクション」と呼ばれる)、より高い設計値を用いることができる。
1978/10	(次項、修正) § 25.613 Materials strength properties and materials design values (e) Design values must be those contained in the following publications (obtainable from the Superintendent of Documents, Government Printing Office, Washington,	(次項、修正) § 25.613 材料の強度特性と設計値 (e) 設計値は次の文書(米国政府出版局 (Washington D.C., 20402) の文書監督官から入手可)に掲載されて



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

表3-10 14 CFR Part 25.613 (材料の強度特性と設計値)/615 (設計のための特性)の変遷 (4/6)

年月	原文	参考訳
(続き) 1978/10	D.C., 20402) or other values approved by the Administrator:	いる値、又は監督官により承認された値でなければならない。
1990/7	(次項、25.615 Design propertiesから移動) § 25.613 Materials strength properties and materials design values (b) Design values must be chosen to minimize the probability of structural failures due to material variability. Except as provided in paragraph (e) of this section, compliance with this paragraph must be shown by selecting design values which assure material strength with the following probability: (1) Where applied loads are eventually distributed through a single member within an assembly, the failure of which would result in loss of structural integrity of the component, 99 percent probability within 95 percent confidence. (2) For redundant structure, in which the failure of individual elements would result in applied loads being safely distributed to other load carrying members, 90 percent probability with 95 percent confidence.	(次項、25.615 (設計のための特性) から移動) § 25.613 材料の強度特性と設計値 (b) 設計値は材料のバラつきにより構造体は破壊する確率を最小にするように選ばなければならない。本節の(e)項に定める場合を除き、材料の強度が以下の確率を有するように設定されている場合に本項に適合しているとされる。 (1) 荷重が一つの部材 (member) を介して最終的には組立構造体に分散され、その部材の破損がコンポーネントの健全性の喪失に繋がる場合、95%の信頼水準で、99%の確率(母集団の99%)。 (2) 個々の要素 (element) が破損しても、荷重が安全に他の部材 (member) によって担われるような冗長性を有する構造の場合、95%の信頼水準で、90%の確率(母集団の90%)。



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

表3-11 14 CFR Part 25.613 (材料の強度特性と設計値)/615 (設計のための特性)の変遷 (5/6)

年月	原文	参考訳
(続き) 1990/7	(e) Greater design values may be used if a “premium selection” of the material is made in which a specimen of each individual item is tested before use to determine that the actual strength properties of that particular item will equal or exceed those used in design. § 25.615 Design properties [Removed]	(e) 個々の製品から採取した試験片を用いて行った試験で得られた材料強度が、設計で用いられる値と同等かそれ以上であれば(材料の「プレミアムセレクション」と呼ばれる)、より高い設計値を用いることができる。 § 25.615 設計に用いる特性 (§ 25.613に移動)
2003/8	(次項、修正) § 25.613 Materials strength properties and materials design values (b) Material design values must be chosen to minimize the probability of structural failures due to material variability. Except as provided in paragraphs (e) and (f) of this section, compliance must be shown by selecting material design values which assure material strength	(次項、修正) § 25.613 材料の強度特性と設計値 (b) 材料設計値は材料のバラつきにより構造体は破壊する確率を最小にするように選ばなければならない。本節の(e)項及び(f)項に定める場合を除き、材料の強度が以下の確率を有するように設定されている場合に本項に適合しているとされる。



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

表3-12 14 CFR Part 25.613 (材料の強度特性と設計値)/615 (設計のための特性)の変遷 (6/6)

年月	原文	参考訳
(続き) 2003/8	with the following probability: (c) The effects of environmental conditions, such as temperature and moisture, on material design values used in an essential component or structure must be considered where these effects are significant within the airplane operating envelope. (d) [Reserved] (e) Greater material design values may be used if a “premium selection” of the material is made in which a specimen of each individual item is tested before use to determine that the actual strength properties of that particular item will equal or exceed those used in design. (f) Other material design values may be used if approved by the Administrator.	(c) 航空機の運航条件範囲において、非常に重要な (essential) コンポーネントや構造に用いられる材料設計値に及ぼ環境条件(温度や湿度など)の影響が大きい場合、それらを考慮しなければならない。 (d) (現在は、不使用) (e) 個々の製品から採取した試験片を用いて行った試験で得られた材料強度が、設計で用いられる値と同等かそれ以上の場合、より高い材料設計値を用いることができる(材料の「プレミアムセレクション」と呼ばれる)。 (f) 監督官により承認されれば、他の材料設計値を用いても良い。

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(イ) Boeing 737でのCFRP製水平安定板の実用化(つづき)

14 CFR 25.603、25.613及び25.615の関連箇所の変遷を調査すると、NASA-ACEEのAdvanced Composite Structure Program (1977-1985) の前後において、14 CFR 25に大きな修正が加えられている。

特に、材料の設計許容値は、従来、金属材料はMIL-HDBK-5に、またCFRP材料はMIL-HDBK-17に掲載されている設計許容値を用いることが原則とされていたのに対し、1978年10月30日の修正では、これらのハンドブックに掲載されている値に加え、監督者 (FAA) が承認した値も用いることができるようになった。その後、1990年7月20日の修正 (Amendment 25-72) では、MIL-HDBK-5やMIL-HDBK-17といった具体的なハンドブックが削除されるとともに、監督者 (FAA) が承認すれば、他の値を用いても良いとの項目も削除され、コンポーネントの構成要素の重要度や冗長性の有無によって、“A” value又は“B” valueを用いることという一般的な表現に修正された。その結果、承認を求める申請者と承認者両方の負荷が重くなることが分かった。そこで、FAAは、Aviation Rulemaking Advisory Committee (ARAC) を通して、欧州合同航空機関 (Joint Aviation Authorities of Europe、現EASA) 及び欧米の航空産業界と協力して、2002年1月29日、ルール改正の提案予告 (02-05) を発表した。ここでは、従来、設計値 (Design Values) と呼ばれていたものが材料設計値 (Material Design Values) であることを明確にし、MIL-HDBK-5やMIL-HDBK-17等に掲載されている値は、追加の統計解析を求められることなく承認されること、またこれらのハンドブックに掲載されている統計解析手法も公式な方法として受け入れられること、監督者 (FAA) が認めた値も承認されることが復活するなどの変更が提案され、2010年8月5日の114CFR 25の修正に反映された。



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(ウ) Boeing 777でのCFRP製部材の実用化

NASA-ACEEプログラムにおいて採用されたNarmco T300/5208は、Boeingでは727の昇降舵、737の水平安定板で実績を積み、その後、CFRPは767や757の方向舵、昇降舵、スポイラ等の二次構造材に使用された。次いでボーイングは、1982年一次構造材へのCFRP本格的適用をターゲットに、耐衝撃性を重要視した材料スペックを発表した。衝撃を受けた後の残存圧縮強度 (CAI, Compression strength After Impact) が損傷許容性の指標であり、これを従来材料の2倍に引き上げるという大胆な目標であった。これに対し世界のプリプレグメーカーが研究開発競争を繰り広げた結果、東レの開発した高強度中間弾性率炭素繊維

T800Hと高韧性樹脂3900-2で構成されるプリプレグP2302

(T800H/3900-2) が1990年4月、ボーイングの提示したスペックをクリアする世界初の材料として認定され [13]、777尾翼の垂直安定板 (1,400 kg) 及び水平安定板 (2,900 kg) 尾部並びにフロアビーム (70 本、490 kg) 等に採用された [14]。図3-4にP2302の特性とボーイングの要求ターゲットを示す。最も重要な要求性能は、吸湿した状態での高温圧縮強度と、衝撃後の残存圧縮強度 (CAI, Compression strength After Impact) の両立であった。一般に両者は背反する関係にあるが、東レは、炭素繊維については結晶性を高めて弾性率を上げ、製造工程で生ずる繊維表面および内部欠陥を減少させることにより、従来のT300よりも引張強さを50%増 (5.5 GPa)、引張弾性率を約

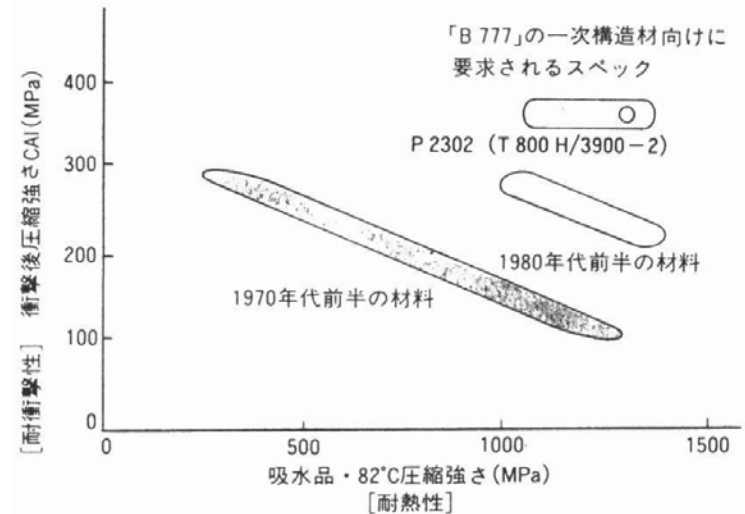


図3-4 プリプレグP2302の特性 [13]



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(ウ) Boeing 777でのCFRP製部材の実用化(つづき)

30%増 (294 GPa) させたT800Hを開発するとともに、マトリックス樹脂である熱硬化性エポキシ樹脂に耐衝撃性に優れる熱可塑性粒子を積層体の層間に優先的に配置させるというコンセプトに基づいた革新的プリプレグP2302を開発することによって、CFRPのCAIを飛躍的に向上させ、その結果、ボーイングの要求ターゲットを満足することに成功した [13]。

ボーイングは、NASA-ACEEプログラムの後、自社の開発案件として767-200をプラットフォームとして、靱性を高めたマトリックス樹脂 (3900-2) からなるCFRPを用いた2種類(ボーイングとの共同研究の下、FHIが7J7用に試作し、JADCが静的強度、疲労強度及び損傷許容性(損傷の進展と残留強度)評価を行ったものと、777の製造前 (preproduction) 評価用に試作したもの)の水平安定板の“Test Box”の評価試験を行っていた。これらの水平安定板は、これから認証を得ようとしていた777のものと構造、形状、使用材料が似ているということで、そこで確立した解析手法、設計許容値、製造及び組立方法を777尾部の認証に使用してもよいと、FAAとJAA(欧州共同航空当局、現EASA)が認めたことで、認証が加速した。

評価は、14 CFR 25の内、複合材料からなる構造の認証に関わる表3-5に示した事項について、クーポン試験片、エレメント、サブコンポーネント、そしてコンポーネントの試験を順次行う“Building Block Approach”により行われた。777の認証において、FAA/JAAが積極的に関わり、ほとんど全ての重要なサブコンポーネントや実物大のコンポーネントの試験に立ち会うとともに、直接又はBoeing社内のDER (Designated Engineering Representative) を介して間接的に、議論に参加した。DERは、14 CFR 183.11 (c)項に基づき、構造、エンジン、無線機などの技術分野ごとにFAAが認定し、FAAの委託を受けて、技術文書の審査や試験立会を行う [15]。

777の認証が迅速に取得できた理由として、次の4つが挙げられている [8]。

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(ウ) Boeing 777でのCFRP製部材の実用化(つづき)

- (i) 初期の段階から、FAA/JAAと共同で認証プログラムを構築したこと。
- (ii) 材料の評価プログラムを積極的に進めたこと。
- (iii) 解析によって、損傷や環境の影響を説明できるような静的強度評価を実施し、静的試験を補強したこと。
- (iv) 目視により認識できない損傷は進展しないという“no-growth approach”を採用し、それを試験データにより示したこと。

CMH-17 Volume 3 version G [16] の4.4.3.8 Boeing 777 aircraft composite primary structure building block approachは、4.4.3.8.9 Future programsで以下のように結ばれている。

- (i) 将来のプログラムで使われる“Building Block Approach”は、777の認証過程で学んだ教訓が生かされるであろう。
- (ii) 材料や構成が大きく変わって、Pre-production test boxが試験体として妥当でなくなれば、次のプログラムでPre-production test box試験が行われることはないと思われる。
- (iii) サブコンポーネントレベルでの試験において、“no damage growth(目視により認識できない損傷は進展しない)”という考え方は有効で、かつLEF(Load Enhancement Factor、荷重増分係数。疲労寿命試験の加速試験を正当化する係数。詳細は、CMH-17 Volume 3, 12.6.3.3を参照)も含むであろう。
- (iv) 実大モデルを用いた試験では、金属製のフィッティングやジョイントがクリティカルな部品として関与するので、LEFは適用されない。このことから、将来の機体設計は、まだ複合材料と金属材料とのハイブリッド構造であると思われる。



JFE

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(ウ) Boeing 777でのCFRP製部材の実用化(つづき)

- (v) 構造体ボックスの破壊に至るまで試験する必要があるかどうかは、過去の試験結果と比較したときの差異の大きさによる。
- (vi) 当該機種プログラムが派生型機開発を予定しているのであれば、将来の機体構造性能を把握するため、破壊まで試験した方が良いかもしれない。



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(エ) Boeing 787でのCFRP製部材の実用化

Boeing 787では、主翼、機体胴部等を含め機体構造重量の50%が複合材料で占められている。ここでも東レが開発した、従来のT800H (5.5 GPa) よりさらに高い5.85 GPaの引張強さを有する炭素繊維T800Sと、777に使用されたP2302の基本コンセプト（粒子層間強化技術）を継承したプリプレグが用いられている [17]。

787では、機体胴部にアルミニウム合金ではなくCFRPが用いられたことから、その耐空性基準が前提としている範囲を超えており、従来と同等の安全性 (Equivalent Level of Safety) を確保するためには、一時的に新たな規制（特別要件、Special Conditions）を課すことが必要であった。具体的には、アルミニウムは仮に飛行中に火炎が発生したとしても、伝播には寄与しないと考えられることから、飛行中に機体胴部の火炎伝播 (flame propagation) に関する安全基準はなかったが、機体胴部を始め、主翼、ストリンガー、スパー他がCFRPで構成されている787では、十分な火炎伝播に対する抵抗を有すること、燃焼したとしても発生するガスの毒性や煙が受容範囲内であることを示す必要があった。

FAAは、2007年4月26日に特別要件案を公開し、パブリックオピニオンを募った。その結果、1名の個人と国際航空パイロット協会 (Air Line Pilots Association, International (ALPA)) から意見が提出されたが、FAAはそれらに対しコメントを発表し、特別要件案は原案のとおり2007年8月6日（787-8の型式証明申請提出は2003年3月28日）、25-360-SC“Boeing Model 787-8 Airplane; Composite Fuselage In-Flight Fire/Flammability Resistance [18]”（787-8のCFRP製機体胴部は14 CFR 25.856 (a)で想定される火災時においても火炎伝播抵抗を有することを示す必要がある。燃焼の生成物が試験の火元を超える場合は、それらを評価し、受容範囲内であることを示さなければならない。）として設定された。

787-8については、CFRP製主翼の燃料タンクに対するタイヤデブリ衝突に対する安全性に関する要件を定めた25-363-SC



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(エ) Boeing 787でのCFRP製部材の実用化(つづき)

“Tire Debris Penetration of Fuel Tank Structure (2007年9月14日設定)”がある。

787プログラムでは、主翼及び機体胴部といった大型一次構造材にCFRPが本格的に適用されたことに加えて、もう一点、燃料タンクに対する新しい防爆要求 (14 CFR 25.981、2001/5/7付け 66 FR 23086) が初めて適用されたことである。これは、1996年7月17日、TWA800便/747-100(機齢25年)が中央翼燃料タンク内で発生した火花により爆発、墜落に至った事故の報告書 (NTSB/AAR-00/03 [19]) で提言された安全勧告への対策として規定されたものである。

燃料タンクに関する安全勧告は4つあり、それらを表3-13及び表3-14に示す。従来の14 CFR 25.981は“Fuel tank temperature (燃料タンクの温度)”と呼ばれ、燃料タンクシステム内の表面温度限界を規定しているだけで、火花やスパーク等の引火源が生じても燃料に引火しなければよかったが、2001/5/7付けの変更では、名称が“Fuel tank ignition prevention (燃料タンクの引火防止)”に変わり、引火源自体を発生させてはならないとされた [20]。その後、25.981は、2008年7月21日に名称が“Fuel tank explosion prevention (燃料タンクの爆発防止)”に変わり、更に2018年9月20日に改正され、今日に至っている。

防爆対策は主に耐雷対策と漏電対策からなり、前者はEME (Electro Magnetic Effects)、後者はB&G (Bonding and Grounding) と呼ばれる。CFRPは金属に比べて導電性に劣ることから、従来の設計手法では対応できないことがわかり、全ての結合部や部品接触面の隙間を管理するとともに、電流規模を検証した。必要な材料、ファスナー及び工法を開発し、設計変更を繰り返しながら、防爆要求を満足することができた [20]。



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(エ) Boeing 787でのCFRP製部材の実用化(つづき)

表3-13 TWA800便の爆発・墜落事故を受けてのNTSBの安全勧告 (1/2)

勧告番号	勧告(原文)	勧告(参考訳)
A-00-105	Examine manufacturers design practices with regard to bonding of components inside fuel tanks and require changes in those practices, as necessary, to eliminate potential ignition hazards.	燃料タンク内のコンポーネントの接合について設計製造者の設計を精査し、必要に応じて発火の可能性を排除するために設計変更を求めること。
A-00-106	Review the design specifications for aircraft wiring systems of all U.S.-certified aircraft and (1) identify which systems are critical to safety and (2) require revisions, as necessary, to ensure that adequate separation is provided for the wiring related to those critical systems.	米国が承認した全ての航空機の配線系統の設計仕様を再検査し、(1) 安全上、問題があるものを特定し、(2) 必要であれば、その配線システムを隔離するための変更を求めること。
A-00-107	Require the development and implementation of corrective actions to eliminate the ignition risk posed by silver-sulfide deposits on fuel quantity indication system components inside fuel tanks.	燃料タンク内の燃料計に堆積した硫化銀による発火のリスクを排除するための修正措置を開発し、その実装を求めること。



3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(エ) Boeing 787でのCFRP製部材の実用化(つづき)

表3-14 TWA800便の爆発・墜落事故を受けてのNTSBの安全勧告 (2/2)

勧告番号	勧告(原文)	勧告(参考訳)
A-00-108	Regardless of the scope of the Aging Transport Systems Rulemaking Advisory Committee eventual recommendations, address (through rulemaking or other means) all of the issues identified in the Aging Transport Non-Structural Systems Plan, including - the need for improved training of maintenance personnel to ensure adequate recognition and repair of potentially unsafe wiring conditions; - The need for improved documentation and reporting of potentially unsafe electrical wiring conditions; and - the need to incorporate the use of new technology, such as arc-fault circuit breakers and automated wire test equipment. To determine whether adequate progress is being made in these areas, the Safety Board believes that, within 90 days, the Federal Aviation Administration should brief the Safety Board on the status of its efforts to address all of the issues identified in the Aging Transport Non-Structural Systems Plan.	経年航空機立法諮問委員会の最終勧告の内容にかかわらず、法制化又は他の方法により、経年航空機の非構造システム計画において特定された以下の事項の重要性を周知すること。 - 危険が潜んでいる配線の状態を見極め、それを補修することを見落とさないようにするために、保全要員の訓練を高度化する必要性 - 危険が潜んでいる配線の状態を文書化し報告することをより一層進めることの必要性 - 故障アークを検知するブレーカーや配線自動試験装置のような新技術を採用することの必要性 これらの分野において、十分な進歩がもたらされているかを判断するために、国家運輸安全委員会 (NTSB) は、経年航空機の非構造システム計画において特定された全ての問題の解決状況について、FAAが90日以内にNTSBに説明してくれるものと信じる。

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(オ) Boeing 787に搭載されるリチウムイオン電池に関する特別要件

Boeing 787では、主翼や機体胴部へのCFRPの適用に加え、非常灯用に既存のバッテリーとは異なる特性を有する大型、大容量の充電式リチウムイオン電池が採用されることになっていた。FAAは、既存のバッテリーの基準では、このリチウムイオン電池を搭載することが787の安全性や信頼性に及ぼす影響を審査するには十分でないと判断し、特別要件 (Special Conditions) を発行することにした。その際、特に問題となったのは、(1) 過充電、(2) 過放電、及び(3) セルコンポーネントの燃焼である。

Boeingが提出した“787 electrical power system (EPS) certification plan”は、2005年12月22日に承認され、実施後、試験報告書は承認されている (JTSB AI2014-4, p. 49) 。FAAは、2007年4月30日発行の連邦官報に特別要件案 (25-07-10-SC) を掲載し、意見を募った (72 FR 21162) ところ、国際航空パイロット協会 (ALPA) から、リチウムイオン電池から放出される爆発性ガスや有毒ガスが客室に流入することを確実に防止すること、消火手段の確保、セルから漏洩した電解液が発火する可能性への懸念、リチウムイオン電池の自動遮断装置が故障したり誤動作したりしても過熱や過充電が生じないことを確実にする方法、充電レベルが基準以下に低下した場合の表示や警告システムについて意見があったものの、特別要件 (25-359-SC [21]) は、2007年10月11日、原案とおりに公布された (施行は、2007年11月13日) (72 FR 57842) 。

特別要件の制定と並行して、FAAは、継続して搭載される充電式リチウムイオン電池システムの設計、認証、製造及び仕様に関する基準を作成するよう、RTCAのSC-211 (Nickel-Cadmium, Lead Acid and Rechargeable Lithium Batteries) に指示した。SC-211には、FAA、米空軍、米海軍、米陸軍からの代表者に加え、Boeing、Thales (787に搭載される電力変換サブシステムの供給会社)、GSユアサ (同バッテリー供給会社) が出席し [22]、2008年3月にDO-311 “Minimum Operational Performance Standards for Rechargeable Lithium Batteries and Battery Systems ”として発行された。

3 (1) 国際標準化を活用した事例の調査・分析

②航空機分野において国際標準の変更を伴うような新たな技術・素材の採用事例の調査

(オ) Boeing 787に搭載されるリチウムイオン電池に関する特別要件(つづき)

しかしながら、就航の約14か月後、日本航空JAL008便(2013年1月7日)及び全日空ANA692便(2013年1月16日)の787-8に搭載されていたリチウムイオン電池が発火するというインシデントが起きたことを受けて、日本航空のインシデント報告書NTSB/AIR-14/01 PB2014-108867 [22] において、NTSBは2014年5月22日に5件の安全勧告 (Safety Recommendations) A-14-32からA-14-36 をFAAに対し発出した。規格類や標準化団体に関連が深いものとして、以下の2件がある。

- FAAは、米国の研究機関を含む政府及び標準化団体のリチウムイオン電池の専門家と協力して、セル内の電氣的短絡によりもたらされる危険(セル、電池、機体全体、それぞれのレベルで)を最も確実に模擬できるような熱暴走を誘発する方法をガイダンス文書にて発すること。(A-14-34)
- FAAは、新規及び既存の航空機に新技術を適用する場合、その安全性認証のための適合性確認方法及びその最も好ましい実施方法について勧告を行うため、独立した技術者からなる委員会を立ち上げることを表明すること。その技術に関する最新の研究成果と情報が認証プログラムに取り込まれるためにも、委員会は新技術の認証プログラム内の出来るだけ早い時期に立ち上げることが好ましい。(A-14-36)

最終報告書では、FAAに対し15件 (A-14-113～127)、Boeingに対し2件 (A-14-128, 129)、GSユアサに対し1件 (A-14-130) の安全勧告を行っている。FAAは、「RTCAのSC-211と協力し、リチウムイオン電池の一つのセル内で電氣的に短絡させ、それにより熱暴走を起こさせるような試験を行う必要があること」をDO-311に盛り込むと宣言するとともに、DO-311の改訂版が発行されるまでは、航空機に継続して搭載されるリチウムイオン電池の審査においては、「Issue Paper Process (AC等の文書の発行による方法)」を採用すると述べた。DO-311はRTCAのSC-225において改訂作業が進め、2017年12月にDO-311Aとして発行した。

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理として、航空分野における主要な標準化及び規制団体については、調査を行った。具体的には、以下の団体について調査を行った。

- (ア) SAE International
- (イ) ASTM International
- (ウ) EUROCAE (European Organisation for Civil Aviation Equipment、欧州民間航空電子装置機構)
- (エ) RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics、航空機無線技術委員会)
- (オ) NIAR (National Institute of Aviation Research)
- (カ) CMH-17 (The Composite Materials Handbook 17)
- (キ) NCAMP (National Center for Advanced Materials Performance)
- (ク) MMPDS (Metallic Materials Properties Development and Standardization)
- (ケ) ISO (International Organization for Standardization、国際標準化機構)
- (コ) IEC (International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議)
- (サ) ANSI (American National Standards Institute、米国規格協会)

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE International

SAE Internationalは、自動車及び航空宇宙に関連する標準類の策定に関わっており、以下に示すTechnical Reportと呼ばれる文書を制定し、これらは5年ごとに見直し(確認作業)することが規定されている。また、それらの文書はさらに細分化され、表4-1に示す略号と数字からなる文書番号が割り当てられる。

表4-1 SAEで作成している文書

略号	正式名称
AMS	Aerospace Materials Specification
AS	Aerospace Standard
ARP	Aerospace Recommended Practice
AIR	Aerospace Information Report
ARD	Aerospace Resource Document (Technical Data Report)
J	Surface Vehicle Document
JA	Surface Vehicle/Aerospace Document
MA	Metric Aerospace Standard
MAP	Metric Aerospace Recommended Practice
MS	Industrial Lubricants Standard
SMC	Systems Management Council Standard

(i) SAE Standards

材料、プロセス、手順、試験方法等の規格

(ii) SAE Recommended Practices

ガイドとして使用されることを意図した、実施、手順、技術に関する書類

(iii) SAE Information Reports

工学の観点から参照や教育用に有益な文書

(iv) Digital Annexes

既に発行されているTechnical Reportを補足するデジタルデータ集

(v) SAE Materials Specifications

工学全般及び材料工学の観点から材料及び加工プロセスを規定する規格



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

SAE内では、CouncilやGroupに分かれて活動しており、航空宇宙関係は主にAerospace Councilが担当しており、その組織図を図4-1には示すAerospace Councilは、技術分野ごとにCommitteeやWorking Group、Task Groupに分かれて活動しており、関連する技術分野ごとのいくつかのSystem Groupにまとめられている。System Groupとは別に、新規分野についてはAerospace Councilの直下に位置付けられるSteering Groupがある。本調査対象に関係が深いものに、

- Electrical Aircraft Steering Group (EASG, 電動航空機ステアリンググループ)
- Sustainable Alternative Fuels Steering Group (SAFSG, 持続可能な代替燃料ステアリンググループ)

があり、JAXAの岡井敬一主任研究開発員が2019年11月からEASGの副座長 (Vice Chair) を務めている。

CommitteeやSteering Groupで制定された技術文書は、SAEのホームページ、

<https://standardsworks.sae.org/standards-committees/>

で確認できる。

表4-1に示した技術文書が提案から承認、発行されるまでの手順は、他の手順等を含めて“SAE Executive Standards Committee Governance Policy”の“1.7 Technical Report Development Process”に規定されている。

それによると、技術文書は誰でも提案できるが、作成手続きに着手するためにはCommitteeの承認が必要である。承認されたら、当該CommitteeのChairがSponsor(複数人の場合あり)を指名するが、新規案件の場合は、通常、提案者または提案機関から選出される。Sponsorの責務には、表4-2に示すようなものがある。



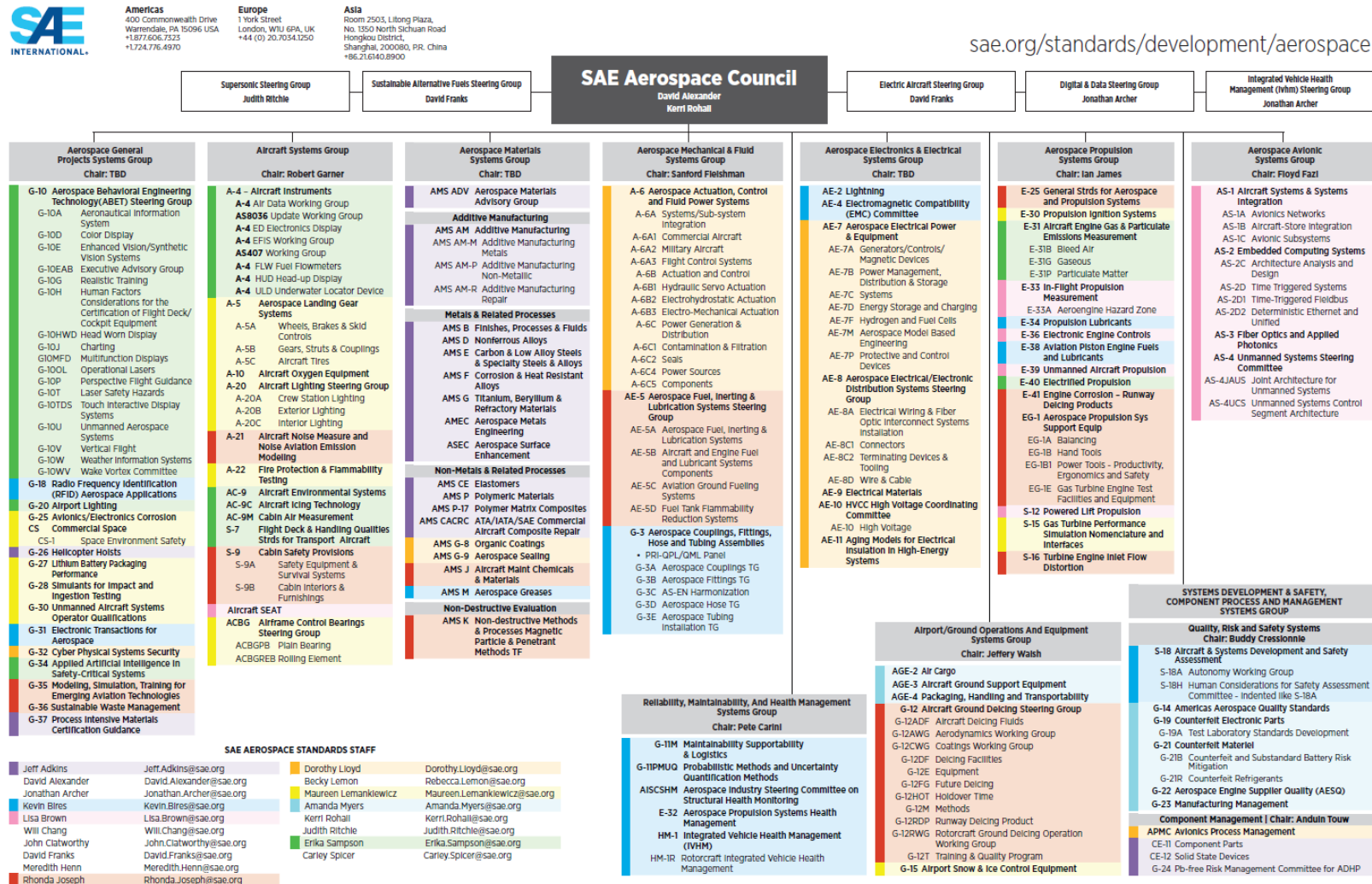
JFE

(ア) SAE(つづき)

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

図4-1 SAE Aerospace Councilの組織図 (2023年6月)

sae.org/standards/development/aerospace





JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

Committeeの委員は表4-3に示す4種類に分かれており、Ballotはその中のVoting Memberのみによって行われる。Ballotは、Committee Level(1次)とCouncil Level(2次)の2段階に分かれており(表4-4)、一次では、Voting Memberの50%が有効投票(賛成又は反対。棄権は除外)を投じた場合にBallotが成立し、その75%が賛成票を投じた時に可決される。

表4-3 SAE Committee委員の種類と役割

Voting Member
Ballotの投票権を有し、Committeeへの出席義務あり。生産者、ユーザ、その他関係者間の人数はバランスよく配置。
Liaison
政府関係者、関連標準化機関及びSAEの他のCommitteeの委員が多く、関連する活動との調整役を担い、Ballot案に対しコメントすることはできる。
Consultant
SAEとの契約の下、アドバイザーの役割を果たす。
Mailing List Recipient
Committeeの活動情報のみで、Ballotに関する情報は送られてこない。

表4-2 SAEのTechnical ReportのSponsorの役割(例)

- New Project Formを提出する。
- Technical Reportの原稿を作成する。
- 完成した原稿の電子ファイルをSAEの所定の場所にアップロードする。
- Ballotの結果を確認し、報告する。
- 反対意見に対応し、解決に努める。
- 草稿の修正を行う。

表4-4 SAE Ballotの仕組み

Committee Level (1 st level) Ballot
• 28-day Committee Ballot
• 28-day Limited Scope Ballot
• 14-day Affirmation Ballot
Council Level (2 nd level) Ballot
• 28-day Aerospace Committee Ballot



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

Sponsorは全ての反対意見を解決するよう努めることが求められているが、28-day Ballotで可決されていれば、結果的に未解決反対意見が残っても、28-day Ballot案からの修正が少ないければ(通常、5箇所未満)、14-day Affirmation Ballotに進むことができる。ここで可決されれば、Council levelの2次Ballotに進む。

Council Level Ballotでも、原則は全ての反対意見は解決されなければならないが、2回目のCouncil Ballotでは、反対者が1名までの場合は可決され、文書は発行される。

次に、個別のCommitteeの活動状況について記載する。以下に示すCommitteeについては、昨年度は調査されていなかったが、水素に関する議論や標準化が進められると考えられることから調査対象とした。また、AMS P-17は樹脂複合材料を扱っており、CMH-17やNCAMPとの関連が深い。

1. A-21 Aircraft Noise Measurement and Aircraft Noise/Aviation Emission Modeling Committee

A-21(航空機の騒音測定と航空機の騒音放射モデリング委員会)は、航空機に関する騒音の測定に関するあらゆる側面(放出プロセス、評価法、モデリング、解析等)を扱うが、環境上受容出来る騒音のレベルの設定や各種の騒音基準を満たすために騒音を抑える方策に関する議論には加わらないとしている。

現時点では、航空機の電動化や水素航空機から発せられる騒音に関して、そのモデリング等に関する議論はなされていないようである(少なくとも、WIPリスト等の形では公開はされていない)が、低騒音化は電動航空機、水素航空機に期待される長所の一つであると考えられることから、継続的にフォローするのが好ましい。



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

2. AMS P17, Polymer Matrix Composites Committee

AMS P17 Polymer Matrix Composites Committee(樹脂複合材料委員会)は、航空宇宙材料システムグループに属する技術委員会で、プリプレグ、強化繊維、織物、マトリックス樹脂、接着剤、コア材料などの複合材料に関する材料仕様書及び技術文書の作成と維持を担当。

CMH-17、ASTM D30、NCAMP、PRI (Performance Review Institute)、FAA及びEASAなどの規制当局等の関連機関と連携して活動。

3. AE-5A Aerospace Fuel, Inerting and Lubrication Systems Committee

4. AE-5CH Hydrogen Airport Task Group

AE-5 Aerospace Fuel, Inerting and Lubrication Systems Committee(航空宇宙向け燃料、不活性化及び潤滑に係るシステム委員会)には、4つの小委員会と1つのタスクグループがあり、その内の2つが特に水素技術と関連が深いと考えられる。

- AE-5A, Aerospace Fuel, Inerting and Lubrication(航空宇宙用燃料、不活性化及び潤滑に係るシステム小委員会)
- AE-5B, Aircraft and Engine Fuel and Lubricant System Components(航空機及びエンジンの燃料と潤滑に係るシステム小委員会)
- AE-5C, Aviation Ground Fueling System(航空向け地上燃料供給システム小委員会)
- AE-5CH, Hydrogen Airport Task Group(空港の水素システムタスクグループ、2023年に新設)
- AE-5D, Fuel Tank Flammability Reduction Systems(燃料タンクの可燃性低減システム小委員会)



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

5. E-31G Gaseous Subcommittee

E-31G Gaseous Subcommittee(気体小委員会)は、E-31 Aircraft Engine Gas & Particulate Emissions Measurement Committee(航空機エンジンから排出される気体及び粒子の測定に関する委員会)に設置された3つの小委員会の一つで、水素燃焼エンジンから排出される気体に関する議論が進められるものと考えられる。

また、以下の委員会は、今後、航空機の電動化や水素航空機、軽量化・効率化に向けた新材料技術に関する議論が活発に進められると考えられるので、現在の状況の特記する。

1. A-5 Aerospace Landing Gear Systems

ランディングギアに関する委員会であり、今後、タキシングモータ等の電動化関連技術の議論が予想されるが、現在、作業中の9つの技術文書には、タキシングモータに関連するものは見当たらない。引き続き、フォローすることが好ましい。

2. A-6 Aerospace Actuation, Control and Fluid Power Systems

アクチュエータ、制御、流体システムに関し、A-6A, A-6B, A-6Cの小委員会とその下に11のパネルを抱える大きな委員会である。特に、A-6B Actuation and Control Steering Groupは、A-6B2 Electrohydrostatic Actuation (EHA), A-6B3 Electro-Mechanical Actuation (EMA)でアクチュエータに関する議論が進められている。

3. G-37 Process Intensive Materials Certification Guidance

特性がプロセスに大きく左右される材料をProcess Intensive Materials (PIM) と定義し、それらで製造される部品の認証を支援する合意文書の作成を目的として、2023年に立ち上げられた委員会。PIMとしては、急成長している積層造形品に加え、CFRPやセラミックス等を想定している。



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

電動化及び水素航空機に関する委員会については、昨年度の調査において活動状況を調査済であることから、本年度は、それらの委員会を対象に昨年度末以降、新たに制定 (publish) されたり、制定・改訂作業に着手 (WIP, Work in process) された技術文書 (Technical Reports) を中心に調査を行った。その結果をSystem Group/Committee別に表4-5から表4-20に示す。

なお、注目すべき委員会及び技術文書は、以下に示すような色分けを行った。

表4-5から表4-20までの色分けの凡例

	電動化に関係が深いもの
	水素技術に関係が深いもの
	材料技術に関係が深いもの
赤字	2023年に設立された委員会、タスクグループ

次ページ以降の表中の「年月日」は、番号欄に(発行)と記載されているものは、技術文書の発行日、同じく(作業中)と記載されているものは、ドラフトの初稿発行日



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-5 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (1/16)

Aircraft Systems Group (Chair: Robert Garner (N/A))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
A-5	Aerospace Landing Gear Systems	(作業中) AIR1904C	2023/9/21	Tire Spray Suppression - Airplane Design and Consideration for	タイヤスプレーのプレを抑えるデバイスの設計と試験データ評価
		(作業中) ARP1598D	2023/6/1	Landing Gear System Development Plan	着陸装置の開発プロセス(固定翼機、回転翼機、民間機、軍用機等、全て)
		(作業中) AIR4894A	2023/4/18	Landing Gear Stability	着陸装置の安定性に関する問題点とその解決方法
A-21	Aircraft Noise Measurement Aviation Emission Modeling	(安定化) ARP1279A	2023/12/18	Standard Indoor Method of Collection and Presentation of the Bare Turboshaft Engine Noise Data for Use in Helicopter Installations	ヘリコプター用ターボシャフトエンジン単体の室内での騒音データ収集及びその表記方法
		(発行) AIR8035	2023/4/4	Fuel Flow Rates for Jet-Powered Commercial Aircraft Taxi Operations	商用ジェット機が空港で地上走行する際の標準燃料消費量を計算するモデルの補正係数を提供するために行われた予備試験データをまとめたもの
		(作業中) ARP6973A	2023/4/16	Aircraft Noise Level Reduction Measurement of Building Façades	建物正面の航空機騒音低減レベル測定する2つの方法を提供



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-6 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (2/16)

Aerospace Materials Systems Group (Chair: TBD (-))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
AMS P17	Polymer Matrix Composites	(発行) AMS6562	2023/8/1	Medium Temperature, Out-of-Autoclave, Oven-Vacuum-Bag Cure Epoxy Resin Impregnated Fiber Reinforced Composite Materials	脱オートクレーブ法である真空バッグ加圧法により中高温でキュアリングするエポキシ樹脂をマトリックスにもつ複合材料の規格
		(発行) AMS 6562/1	2023/7/24	Medium Temperature, Out-of-Autoclave, Oven-Vacuum-Bag Cure Epoxy Resin Impregnated Fiber Reinforced Composite Materials, Type 35, Class 4, Grade 293, Style 7781	AMS6562とセットで規格を構成し、Type 35, Class 4, Grade 293, Style 7781の複合材料の材料規格 プリプレグは、片側のみタック性を有し、ホットメルト方式で製造されるNCAMP登録材料
		(作業中) AMS 6562/7	2023/8/15	Carbon Fiber Tow, 620 ksi Tensile Strength, 34.4 Msi Tensile Modulus	引張強さ620 ksi、引張弾性率 34.3 Msiの炭素繊維タウ



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-7 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (3/16)

Aerospace Mechanical & Fluid Systems Group (Chair: Stanford Fleishman (-))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
A-6A1	Commercial Aircraft	(作業中) AIR6185A	2023/4/10	Aerospace - Lightning Effects on Hydraulic Transport Elements on Aircraft	被雷が油圧システムに及ぼす影響、特に複合材料製構造の場合、を最小化するための設計及び設置方法等
A-6A3	Flight Control and Vehicle Management Systems	(作業中) ARP5764A	2023/11/13	Aerospace Active Inceptor Systems for Aircraft Flight and Engine Controls	“Active Inceptor”と呼ばれる操縦のフィードバックシステムに必要な特性と設計時に考慮すべき点について
		(作業中) ARP6252A	2023/10/24	Integrated Rudder and Brake Pedal Unit, General Requirements for Fly-By Wire Transport and Business Aircraft	Passiveなフィードバックシステムと繋がっている方向舵・ブレーキペダルユニットの要求事項について
A-6B1	Hydraulic Servo Actuation	(作業中) ARP7138	2023/4/21	Guidelines for Specifying Synchro/Resolvers	シンクロ及びレゾルバ(角度検出器)の仕様をを定めるためのガイドライン
A-6B3	Electro-Mechanical Actuation	(作業中) ARP7101	2023/12/20	Tire Spray Suppression - Airplane Design and Consideration for	タイヤスプレーのプレを抑えるデバイスの設計と試験データ評価
		(作業中) AIR7100	2023/12/20	Landing Gear System Development Plan	着陸装置の開発プロセス(固定翼機、回転翼機、民間機、軍用機等、全て)



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-8 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (4/16)

Aerospace Mechanical & Fluid Systems Group (Chair: Stanford Fleishman (-))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
A-6C2	Seals	(発行) AS5782C	2023/8/1	Retainers (Backup Rings), Hydraulic and Pneumatic, Polytetrafluoroethylene Resin, Solid, Un-Cut, for Use in AS4716 Glands	AS4716のパッキン押えと組み合わせて静的及び動的環境で使用される、液圧及び空圧式機器用の切れ目のないPTFE製リテーナ(バックアップリング)に関する基準
		(発行) AS5861C	2023/7/3	Retainers, (Backup Rings), Hydraulic and Pneumatic, Polytetrafluoroethylene Resin, Solid, Un-Cut, for Use in Static Glands to AS5857	AS5857のパッキン押えと組み合わせて静的環境で使用される、液圧及び空圧式機器用の切れ目のないPTFE製リレーな(バックアップリング)もに関する基準
		(発行) ARP7204	2023/6/20	Polymeric Bearings for Linear Actuators	線形アクチュエータ用ポリマー性ベアリングの推奨使用法
		(発行) AS5729B	2023/6/6	O-ring Molded From AMS7379 Fluorocarbon (FKM) Material	AMS7379のフッ素ゴムから作られたOリングの基準(寸法、外観、ロット等)
		(発行) ARP1833C	2023/5/1	Sealing Techniques for Missile Applications	ミサイルに用いられる液圧及び空圧のシールに関する推奨技術



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-9 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (5/16)

Aerospace Mechanical & Fluid Systems Group (Chair: Stanford Fleishman (-))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
A-6C2	Seals	(作業中) AIR7142	2023/6/16	Selection of Scrapers for Fluid Power Applications	線形アクチュエータやランディングギアの衝撃吸収ストラット等の液力を利用した装置において、ロッドシールと組み合わせたスクレーパの選択に関する情報
		(作業中) ARP1234E	2023/5/16	Static Axial O-Ring Seal Applications Without Anti-Extrusion Devices for Engine and Engine Control Systems	エンジン及びその制御装置において、静的環境(最大圧力1,500 ksi)で使用されるはみ出し防止装置が付いていないOリング押さえの設計基準を提供
		(作業中) AS7256	2023/4/13	O-rings Molded From AMS7410 Fluorocarbon (FKM) Material	AMS7410のフッ素ゴムから作られたOリングの基準(寸法、外観、ロット等)
A-6C5	Components	(発行) ARP994C	2023/6/27	Design of Tubing Installations for Aerospace Hydraulic Systems	航空機の液圧装置に用いられるチューブ、ホース及び接続装置の推奨設計方法



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-10 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (6/16)

Aerospace Mechanical & Fluid Systems Group (Chair: Stanford Fleishman (-))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
AE-5A	Aerospace Fuel, Inerting and Lubrication Systems	(発行) AIR6148	2023/2/20	Synthetic Jet Fuels from Non-Petroleum Feed Stocks	石油以外の原料から製造される合成ジェット燃料(ドロップイン燃料に限定)に関する情報提供
		(作業中) AIR7975A	2023/9/28	Aircraft Fuel System Design Guidelines	大型民間航空機の燃料システムを設計する際のガイドライン 将来、軍用機、小型民間機、回転翼機に関する情報も含める予定
		(作業中) AIR4783B	2023/9/20	Glossary of Terms - Aircraft Ground Refueling and Defueling	航空機に燃料を注入したり抜いたりする作業に関連する用語集
		(作業中) ARP8615	2023/5/1	Fuel System Components: General Specification For	航空機の燃料、ベント、推進燃料システム等のコンポーネントに対する要求事項を規定
AE-5C	Aviation Ground Fueling Systems	(作業中) AIR8466	2022/12/1	Hydrogen Fueling of Aircraft, in both gaseous and liquid form	航空機燃料としての気体及び液体水素の燃料供給所の仕様等を規定
AE-5CH	Hydrogen Airport Task Group				SAEのHPではAE-5Cに割り当てられているが、AE-5CHの発足に伴い、AE-5CHで審議されている



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-11 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (7/16)

Aerospace Electronics & Electrical Systems Group (Chair: TBD (-))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
AE-7C	Systems	(発行) AS1831A	2023/4/3	Electrical Power, 270 VDC, Aircraft, Characteristics and Utilization of	地上設備及び航空機の両方について、DC270V電源の特徴と利用方法、制限を規定
		(作業中) AIR6540C	2023/10/5	Fundamentals in Wire Selection and Sizing for Aerospace Applications	AS50881に規定されたワイヤの選択の原則を理解するための情報と、範囲外でワイヤ選択する場合の計算方法の提供
		(安定化) AIR999A	2011/8/3	Cryogenically Fueled Dynamic Power Systems	極低温で保存され推進剤(液体水素)と酸化剤を用いる(燃料電池等の静的なシステムを除くという意味において)動的なパワーシステムに関する技術文書
AE-7D	Aircraft Energy Storage and Charging	(発行) ARP7131	2024/2/16	Verification Process for Thermal Runaway Mitigation in Large Electrical Energy Storage Powertrain Systems in Normal Category Aircraft and Rotorcraft	FAAとEASAの協力を得て、航空機推進用の大容量電池システムにおける最悪の熱暴走時に放出されるエネルギーと到達最高温度を3つのステージに分けて定量的に評価



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-12 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (8/16)

Aerospace Electronics & Electrical Systems Group (Chair: TBD (-))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
AE-7F	Hydrogen and Fuel Cells	(発行) AIR7765 (ER-020)	2019/11/18	Considerations for Hydrogen Fuel Cells in Airborne Applications	航空機向け水素燃料電池において考慮すべき事項を、燃焼用及び燃料電池用水素の取扱い経験を基に記載
		(再確認) AIR6464	2020/2/5 (2013/6)*	EUROCAE/SAE WG80/AE-7AFC Hydrogen Fuel Cells Aircraft Fuel Cell Safety Guidelines	固体高分子形燃料電池と水素(気液とも)、電気系統からなるシステムを航空機で利用する際の安全ガイドライン
		(再確認) AS6858 (ED-245)	2023/4/21 (2017/3)	Installation of Fuel Cell Systems in Large Civil Aircraft	気体水素を燃料とする固体高分子形燃料電池を大型航空機に安全に搭載するための技術要件を規定
		(作業中) AS6679	2019/11/20	Liquid Hydrogen Storage for Aviation	航空機への液体水素燃料の充填及び液体水素の機体内貯蔵の安全に関するガイドライン
		(作業中) AS7373	2021/7/6	Gaseous Hydrogen Storage for General Aviation (EUROCAE ED-XXX MASPS)	小型航空機への気体水素の注入及び気体水素の機体内貯蔵の安全性に関するガイドライン

注) (YYYY/MM)*は初版の発行年月で、その上の年月日は再確認日(次ページ以降も同じ)。



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-13 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (9/16)

Aerospace Electronics & Electrical Systems Group (Chair: TBD (-))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
AE-7F	Hydrogen and Fuel Cells	(作業中) AS7141	2023/5/22	Hydrogen Fuel Cells for Propulsion (EUROCAE ED-XXX MASPS)	推進系や飛行制御等の一次電源系に電力を供給するために固体高分子形燃料電池を利用する際の基準
AE-7P	Protective and Control Devices	(発行) AS58091B	2023/7/24	Circuit Breakers, Trip Free, Aircraft, General Specification for	MIL-STD-704に準拠したトリップフリーのサーキットブレーカーに求められる要件を規定
		(作業中) AS14153D	2023/7/13	Circuit Breaker - Aircraft, Trip-free, Push-pull 3 Phase, 1 Through 35 Amp, Type 1	航空機用3相、1～35A、タイプ1のトリップフリーのpush-pull型サーキットブレーカーに関する基準
AE-11	Aging Models for Electrical Insulation in High Energy Systems	(発行) AIR7374	2024/2/16	Aging Mechanisms of Electrical Insulation Materials in a High Energy System	航空機用高電圧電源システムの設計者向けに、絶縁の設計及びテストに関する重要事項並びに設計耐用年数を予測するための必要事項を提供 ガイドラインと試験方法はARP7375で、寿命モデルはARP7380で提供予定



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-14 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (10/16)

Aerospace Electronics & Electrical Systems Group (Chair: TBD (-))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
AE-10	High Voltage	(発行) AIR7058	2023/5/10	High-Voltage DC Electro-mechanical, Solid State, and Hybrid Switching Devices in Aerospace Applications	高電圧直流が適用できる範囲と用語を定義し、その使用可能な場合、用いるべきスイッチング技術を特定し、その根拠を提供
		(作業中) AIR7146	2023/7/8	Isolation failure development in high voltage battery systems	試験中及び供用中の高電圧バッテリーシステムにおける絶縁不良、その原因及び対策(緩和策)について説明
		(作業中) AIR7258	2023/5/3	Pyrotechnic actuator for fast action as electrical protection in HVDC aerospace application	高電圧直流使用環境において、電気設備を保護し、損傷を抑えるために必要な高速スイッチング装置として用いられる火工品アクチュエータの仕様に関する情報と特性を説明
		(作業中) AIR7255	2023/4/3	Safety and Reliability of High-Voltage Electrical Wiring and Interconnect Systems	SAE AIR7502で定義されたVL-3/VL-4の範囲内の電圧を使用する先進的な航空機動アプリケーションを対象に、電気配線の相互接続系統(EWIS)の設計、製造、適格性試験、ロット受入試験及び設置において考慮すべき高電圧経年劣化の主要要因について説明



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-15 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (11/16)

Aerospace Propulsion Systems Group (Chair: Ian James (Associate Fellow, retired))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
E-31G	Gaseous	(発行) ARP1256E	2023/4/12	Procedure for the Continuous Sampling and Measurement of Gaseous Emissions from Aircraft Turbine Engines	航空機のタービンエンジンから排出されるガス (CO, CO2, NO, NO2, HC, H2O) を連続的にサンプリング・分析する推奨方法。ただし、飛行中の試験を対象とするものではない。
E-36	Electronic Engine Controls	(発行) AIR5924B	2024/1/16	Guidelines for the Integration of Electronic Engine Control Systems for Transport Category (Part 25) and General Aviation (Part 23) Aircraft	全デジタル電子式エンジン制御装置 (FADEC) システムを輸送機カテゴリーの航空機に搭載し、機能させるための方法とアプローチについて説明
		(発行) AIR7368	2023/9/5	Cybersecurity for Propulsion Systems	航空機のエンジン及びプロペラのシステムのサイバーセキュリティ認証に関するガイダンスを提供



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-16 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (12/16)

Aerospace Propulsion Systems Group (Chair: Ian James (Associate Fellow, retired))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
E-40	Electrified Propulsion Committee	(発行) ARP8676	2022/8/1	Nomenclature and Definitions for Electrified Propulsion Aircraft	E-40で作成する技術文書に共通して使用すべき用語とその定義を規定
		(発行) AIR8678	2022/8/1	Architecture Examples for Electrified Propulsion Aircraft	電動推進航空機の構成例(要素例、発電、配電システム、エネルギー貯蔵、各種インターフェース等)
		(作業中) AIR7130	2023/1/13	Assessment of Electric Engine Failures Leading to LOPC	出力/推力制御の喪失に至る電気・電子的故障が起きないような電動機システムの設計を評価するためのガイダンス、各種認証取得のための要件を満たしていることを示す手段を提供MagniXのmagni350/650システムのために発せられた特別要件 (33-022-SC) を引用
		(作業中) AIR7128	2022/10/4	Integration and Certification Considerations for Electrified Propulsion Aircraft	電動推進システムの開発する際に考慮されてきた実施事項、基準、規制及びガイダンスをまとめたもので、規制当局に認証申請をする際に役立つことを目的としたもの



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-17 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (13/16)

Aerospace Propulsion Systems Group (Chair: Ian James (Associate Fellow, retired))					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
E-40	Electrified Propulsion Committee	(作業中) ARP8689	2021/3/8	Endurance tests for Aircraft Electric Engine	航空機全体の型式証明とは別に、電動エンジンの型式証明を取得するために行う耐久性・健全性試験に向けたガイダンス
		(作業中) ARP8677	2019/4/2	Safety Considerations for Electrified Propulsion Aircraft	電動航空の安全性評価を行う際に特有な考慮すべき項目について議論 電動推進コンポーネントの ・ 破損モード ・ 破損率評価手法 ・ コンポーネント例や構成例における破損の影響評価 ・ 固有のリスク、共通する原因及びゾーン制で考慮すべき事項 ・ これらの破損を防ぐ手法



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-18 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (14/16)

Systems Development, Safety, Component Process, and Management Systems Group (Chair: Buddy Cressionnie)					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
S-18	Aircraft & Systems Development and Safety Assessment	(発行) ARP4761A (ED-135)	2023/12/20	Guidelines for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Aircraft, Systems, and Equipment	民間航空機、システム、機器の安全性評価のためのガイドラインで、14 CFR 2xや14 CFR 33, 35等の認証要求事項に適合していることの確認
		(発行) ARP4754B	2023/12/20	Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems	民間航空機、システムを開発する際の推奨事項。安全性、認証、品質保証等の要求事項を満たしていることの検証や確認を含む
		(作業中) AIR9953	2024/1/10	Applying Development Assurance with Model Based Systems Engineering	MBSEにより開発保証 (Development Assurance) を行う手法と成果物を ARP4754Bの Appendix Eの例をで提示
		(作業中) AIR6110A	2024/1/5	Contiguous Aircraft/System Development Process Example	架空の航空機設計を例に、機体とシステムの開発の一連の流れを説明 ARP4761で定義された原則の適用例で、ARP4754とも関連あり
		(作業中) AIR8475	2023/4/21	System and Aircraft Stage Reviews	航空機及びシステム開発において、開発保証上のStage of Involvementに相当するものを定義



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-19 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (15/16)

Systems Development, Safety, Component Process, and Management Systems Group (Chair: Buddy Cressionnie)					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
S-18	Aircraft & Systems Development and Safety Assessment	(作業中) AIR6218A	2023/10/18	Constructing Development Assurance Plan for Integrated Systems	ARP4754Bの「第3章 開発計画」に記載されている開発保証計画を統合システム用に構築する際に考慮すべき重要な要素を、過去の教訓から特定したもの
S-18A	Autonomy WG	(作業中) AIR8622	2024/1/21	Applying SOTIF to Aviation Autonomy	ISO 21448「意図した機能の安全性」の内容を確認し、それがARP4754AおよびARP476で規定された航空におけるシステム開発および安全プロセスにおいてどのように対応しているかを示す
S-18C	ARP5150A and ARP5151A WG	(該当なし)	(参考) ARP5150A Safety Assessment of Transport Airplanes in Commercial Service ARP5151A Safety Assessment of General Aviation Airplanes and Rotorcraft in Commercial Service		
S-18D	AIR6219 SEE WG	(該当なし)	(参考) AIR6219 Development of Atmospheric Neutron Single Event Effects (SEE) Analysis for Use in Safety Assessments		
S-18H	Human Considerations for Safety Assessment	(該当なし)	(参考) Boeing 737MAXの事故(NTSBの安全勧告)を受けたFAAの要請により、SAEのシステムの安全性評価と人的要因に関する委員会(G-10, G-45, S-7, S-18等)とFAAを含む各国の規制当局と共同で安全評価手法やそのツールの改善を目指す委員会		



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ア) SAE(つづき)

表4-20 Aerospace Council内の関連技術委員会の活動状況 (16/16)

Systems Development, Safety, Component Process, and Management Systems Group (Chair: Buddy Cressionnie)					
Committee		Technical Report			
番号	名称	番号	年月日	名称	概要
G-10H	Human Factors Considerations for the Certification of Flight Deck-Cockpit Equipment	(作業中) ARP7143	2023/6/23	Human Factors Recommended Practices for Showing Compliance to Regulation 25.1302	申請者(機体メーカー、機器サプライヤ)が、14 CFR 25.1302/EASA CS 25.1302(運航乗務員が操作するシステムと機器)に準拠していることを示す上で実施すべき推奨事項を提示(S-18Hと関係が深い)
G-37	Process Intensive Materials Certification Guidance	(作業中) ARP7524	2023/12/23	Guidelines for the Development and Certification of Parts Made of Process Intensive Materials (PIM)	Process Intensive Materials (PIM)を定義し、その例である積層造形品、CFRP、セラミックス等で出来た部品の認証を支援するガイドラインを提示
		(作業中) ARP7523	2023/12/23	Guidelines for Manufacturers Regarding the Production System for Parts Made of Process Intensive Materials (PIM)	PIMの生産システムの認証を受けることを支援するガイドラインを提供 部品の重要性に比例した厳格性を定量的に提示
		(作業中) AS7041	2021/6/29	Distributor for AM build distributors Requirements	積層造形品の供給者への要求事項



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(イ) ASTM International

ASTM Internationalは、材料及びその試験法、検査法等について、149の技術委員委員会に分かれて、規格、標準類を制定している。航空機に関係が深いと思われる技術委員会及びその下に設置されている技術小委員会（以下、技術委員会等という）を表4-21及び表4-22に示す。前述のSAEとの関係で言えば、SAEが人や貨物の輸送を目的とした中大型機を対象としているのに対し、ASTMは小型機や無人機等を対象としており、棲み分けされている。

年会費（2024年1月に\$75から\$115に値上げ）を払えば誰でもASTMの会員になることができ、技術委員会等に参加を希望する場合は、自らの専門と委員会との関係を添えて申請し、認められれば委員になることができる。規格類の可否決定に投票権を有する技術委員会等の委員（投票委員; voting member）は、同一企業からは1名であるとか、生産者側委員は全体の半分未満であるとかの制限があるものの、全ての委員は規格類の審議に加わり、意見を呈することができる。投票委員でなくても、拒否又は修正を求める意見 (Negative with comments) は必ず検討され、合理的な根拠があれば規格類に反映されるが、その判断は投票委員の多数決による。

表4-21及び表4-22に示した技術委員会以外にも、航空機に関係する技術委員会等は多数、存在しており、金属材料 (B2, B07, B10等) や接着剤 (D14)、樹脂複合材料 (D30)、積層造形 (F42) などがある。航空機の種類で上述のような棲み分けがなされているのに加え、航空機材料そのものについてはSAEのAerospace Materials System Groupが主導的な立場を有し、ASTMではこれらの材料の試験法を中心に規格化がなされている。

航空燃料（燃料電池用及び燃焼用）としての水素は、D03.14（水素と燃料電池）とD02.J0（航空燃料）が共同で標準化を進めているようであるが、D03の標準化対象 (Scope) は気体燃料 (Gaseous Fuels) であり、液体燃料としての水素はD02（石油製品、



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(イ) ASTM(つづき)

液体燃料及び潤滑油)内の小委員会D02.J0(航空燃料)が中心になる可能性があることから、気体水素についてはD03を中心に、液体水素に関してはD02.J0を中心にフォローすべきだと思われる。

D03.14の標準化対象 (Scope) は陸上輸送(道路車両)に限定されているわけではないが、水素に関して制定されている9件の規格(表4-23及び表4-24)には、航空機用水素固有のものは見当たらない。

また、持続可能な代替航空燃料 (SAF) については、技術小委員会D02.J0.06(合成航空燃料)所管のASTM D7566において、8種類の混合燃料(ニートSAFと従来の化石燃料の混合燃料。ニートSAFの種類ごとにその混合比率に上限を設定)が認定されているが、合成燃料は本調査対象ではないので、これ以上の調査は行わなかった。

表4-21 航空機に関係が深いASTM技術委員会の一覧表 (1/2)

技術委員会		技術小委員会	
D02	Petroleum Products, Liquid Fuels, and Lubricants (石油製品、液体燃料及び潤滑油)	D02.J0	Aviation Fuels(航空燃料)
		D02.J0.01	Jet Fuel Specifications(ジェット燃料規格)
		D02.J0.02	Aviation piston Engine Fuels(航空機用ピストンエンジン燃料)
		D02.J0.03	Combustion and Thermal Properties(燃焼と熱的特性)
		D02.J0.04	Additives and Electrical Properties(添加物及び電気特性)
		D02.J0.05	Fuel Cleanliness(燃料の清浄度)
		D02.J0.06	Synthetic Aviation Turbine Fuels(合成航空燃料)



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(イ) ASTM(つづき)

表4-22 航空機に関係が深いASTM技術委員会の一覧表 (2/2)

技術委員会		技術小委員会	
D03	Gaseous Fuels(気体燃料)	D03.01	Collection and Measurement of Gaseous Samples(気体試料のサンプリングと測定)
		D03.12	On-Line/At-Line Analysis of Gaseous Fuels(気体燃料のオンライン/アットライン分析)
		D03.14	Hydrogen and Fuel Cells(水素と燃料電池)
F07	Aerospace and Aircraft(宇宙航空)	F07.04	Hydrogen Embrittlement(水素脆化)
		F07.07	Qualification Testing of Aircraft Cleaning Materials(航空機洗浄剤の認定試験)
		F07.08	Transparent Enclosures and Materials(透明な筐体と材料)
F44	General Aviation Aircraft (14CFR 23が対象とする小型航空機)	F44.10	General(一般)
		F44.20	Flight(飛行)
		F44.30	Structure(構造)
		F44.40	Powerplant(動力)
		F44.50	Systems and Equipment(システムと装置)
		F44.90.01	Advanced technologies(先進技術)
		F44.90.02	Operations Integration(運航の統合)



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(イ) ASTM(つづき)

表4-23 ASTM D03.14(水素及び燃料電池)技術委員会が担当している規格の一覧表 (1/2)

規格番号	名称	コメント
D7606-17	Standard Practice for Sampling of High Pressure Hydrogen and Related Fuel Cell Feed Gases	高圧水素(公称圧力 35/70 MPa)に混入している粒子のサンプリング方法 ISO 19880-9と協調して改訂作業中 (WK85676)
D7634-10	Standard Test Method for Visualizing Particulate Sizes and Morphology of Particles Contained in Hydrogen Fuel by Microscopy	固体高分子形燃料電池及び燃焼用気体水素中の微量子の差異及び形態の試験法 改訂作業中 (WK84134)
D7650-21	Standard Practice for Sampling of Particulate Matter in High Pressure Gaseous Fuels with an In-Stream Filter	インストリームフィルタを用いた粒子状物質のサンプリング方法
D7651-17	Standard Test Method for Gravimetric Measurement of Particulate Concentration of Hydrogen Fuel	燃料電池用又は燃焼用水素中の微量子の従量濃度測定法. SAE J2719で要求されている品質を確認するために必要な試験法
D7653-18	Standard Test Method for Determination of Trace Gaseous Contaminants in Hydrogen Fuel by Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy	水素燃料中のガス状微量不純物の測定 改訂作業中 (WK78815、ILS (Interlaboratory Studies) 実施中)
D7675-22	Standard Test Method for Determination of Total Hydrocarbons in Hydrogen by FID-Based Total Hydrocarbon (THC) Analyzer	燃焼用水素中の総炭化水素量の測定方法 改訂作業中 (WK70956)
D7676-23	Standard Practice for Screening Organic Halides Contained in Hydrogen or Other Gaseous Fuels	燃料電池又は燃焼用気体水素等の中の有機ハロゲン化物の測定方法 改訂作業中 (WK84434)



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(イ) ASTM(つづき)

表4-24 ASTM D03.14(水素及び燃料電池)技術委員会が担当している規格の一覧表 (2/2)

規格番号	名称	コメント
D7892-22	Standard Test Method for Determination of Total Organic Halides, Total Non-Methane Hydrocarbons, and Formaldehyde in Hydrogen Fuel by Gas Chromatography/Mass Spectrometry	水素中の全有機ハロゲン化物及び全非メタン炭化水素濃度の測定方法 改訂作業中 (WK81095、WK84441、WK84445)
D7941/D7941M-23	Standard Test Method for Hydrogen Purity Analysis Using a Continuous Wave Cavity Ring-Down Spectroscopy Analyzer	キャビティリングダウン分光法による燃料電池グレードの水素中に含まれる不純物ガスの分析方法



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ウ) EUROCAE (European Organisation for Civil Aviation Equipment、欧州民間航空電子装置機構)

EUROCAEは、非営利団体として航空機と地上の両方の機器とシステムの標準化を扱っており、EUROCAEのWorking Groupの約50%はRTCAと共同で作業を行っており、SAEと共同で作成している規格もある。航空機の電動化、水素航空機に関係の深いWorking Group (WG) を中心に、昨年度末に作業中であった標準類について現状を調査した(表4-25～表4-27)。

表4-25 EUROCAEの活動状況 (1/3)

委員会		標準類			
番号	名称	番号	目標	名称	概要
WG-14	Environment (RTCA SC-135/WG-31 と連携)	(改訂中) ED-14H	2026/9/30	Environmental conditions and test procedures for airborne equipment	航空宇宙機器に使用されるコンポーネントの環境試験手順書(ED-14Gの改訂版、RTCA DO-160と同等)
	(SAE AE-2, AE-4と連携)	(改訂中) ED-234A	2028/6/30	User Guides to ED-14H	ED-14Hの解説書(ED-14Gが改訂されることを受けて、改訂版を準備中、RTCA DO-357と同等)
WG-14 SG-1	Ground Stations Environment	ED-xxx	2024/12/31	Minimum Standard Environmental Test Conditions for Ground Based Equipment	海上を含む地上機器の標準環境試験条件及び試験手順を規定(RTCA DO-380と同等)

本項で使用する頭字語

MASPS: Minimum Aviation System performance Specification(航空システムの最低性能基準)

MoC: Means of Compliance (=what is required by FAA/EASA etc. Methods of Complianceとは異なる)

AMC: Acceptable Means of Compliance(EASAが発行、FAAのAdvisory Circularに相当する)



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ウ)EUROCAE(つづき)

表4-26 EUROCAEの活動状況 (2/3)

委員会		標準類			
番号	名称	番号	目標	名称	概要
WG-80	Hydrogen Fuel Cell Systems (SAE AE-7Fと連携)	ED-xxx	2024/6/30	MASPS for Liquid Hydrogen storage and distribution on-board aircraft	航空機への液体水素燃料の充填及び液体水素の機体内貯蔵の安全に関するMASPS (SAE AS6679)
		(新規) ED-xxx	2025/6/30	Hydrogen Fueling Stations for Airports in both gaseous and liquid form	空港の気体水素及び液体水素の供給ステーション
		ED-xxx	2024/9/30	MASPS for Gaseous Hydrogen Storage and Distribution for Small Aircraft	小型航空機への気体水素の充填及び気体水素の機体内貯蔵の安全性に関するMASPS (SAE AS 7373)
		ED-xxx	2024/12/31	MASPS for Hydrogen Fuel Cells for Propulsion	推進系や飛行制御等の一次電源系に電力を供給するために固体高分子形燃料電池を利用する際のMASPS (SAE AS7141)
WG-113	Hybrid Electric Propulsion	(新規) ED-321	(制定) 2024/1/10	Guidance material for endurance substantiation of Electric - Hybrid Propulsion Systems EHPS	SC-EHPSの発行を受けて発行航続時間に関して証明すべき事項 (MoC) を定義し、許容される適合性証明方法 (AMC) のためのガイダンス
		ED-xxx	2024/12/31	Guidance material for durability substantiation of Electric - Hybrid Propulsion Systems EHPS	耐久性に関するED-321に相当する文書



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ウ)EUROCAE(つづき)

表4-27 EUROCAEの活動状況 (3/3)

委員会		標準類			
番号	名称	番号	目標	名称	概要
WG-116	High Voltage Systems and Components in Aviation	(新規) ED-320	(制定) 2024/2/5	Aging mechanisms of electrical insulation materials in a high energy system	大電力を使用するシステムやコンポーネントの経時劣化機構について検討し、設計者にガイダンスを提供
		ED-zzz	2024/6/30	Interface Characteristics and Power Quality of Aircraft High Voltage Propulsive Electrical Systems	航空機の高電圧推進システムとのインターフェース特性と電力品質について検討
		ED-zzz	2024/9/30	Guidance for High Voltage Risk Mitigation at EWIS and Human Safety Level	電気配線の相互接続系統 (EWIS) 及び人の安全において高電圧によるリスクを低減するためのガイダンス
		ED-xxx	2024/2/5	Aging mechanisms of electrical insulation materials in a high energy system	高電力を使用するシステムにおける電気絶縁特性の経時劣化について検討し、設計者にガイダンスを提供
		ED-xxx	2023/12/31	Electrical insulation aging and life models for a high energy system	高電力を使用するシステム、特に高電圧や高地における電気絶縁材料の経時劣化試験ガイドライン、推奨事項及び参考規格を提供 (SAE ARP7380)

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(エ) RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics)

RTCAは1935年にRadio Technical Committee for Aeronautics(航空無線技術委員会)として発足し、現在では民間の標準開発団体 (Standards Developing Organization) として、米国連邦航空局 (FAA) や世界の業界専門家と密接に連携しながら、以下の文書を作成する。

- Safety Performance Requirements (SPR)
- Operational Services and Environment Definitions (OSD)
- Interoperability Requirements (INTEROP)
- Minimum Aviation Systems Performance Standards (MASPS)
- Minimum Operational Performance Standards (MOPS)
- Reports and Guidelines

これらはRTCA内に設けられた27の特別委員会 (Special Committee, SP) に分かれて作成される。

MOPS はFAAのTechnical Standard Order (TSO) 認可を受ける際に準拠元として使用され、MASPSは世界の航空規制当局が新しい技術を承認する際の基準としている。また、ICAOは、MASPSは企業が新しい技術の持つ機能を正しく理解したり、各国の民間航空当局が空の安全を確保しながら新しい技術を活用する上で参考にすべきと言ってる(RTCAのPath to Certification)。

MASPSやMOPS等の文書は、27の特別委員会 (Special Committee, SC) に分かれて作成される。



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(エ) RTCA(つづき)

RTCAのHPによると、日本からは次の6機関と7社が加入している。

- ・ 国土交通省航空局
- ・ (国研)宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
- ・ (国研)海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所
- ・ (一財)航空保安無線システム協会 (JRANSA)
- ・ (一財)光産業技術振興協会
- ・ (一社)日本航空宇宙工業会 (SJAC)
- ・ 飯田工業技術試験研究所
- ・ (株)三菱総合研究所
- ・ 有人宇宙システム株式会社 (JAMSS)
- ・ (株)SClabAir
- ・ ソフトバンク(株)
- ・ 住友精密工業(株)
- ・ (合)山川電波化学研究所

特に、SC-135は様々な環境や電磁気条件下における商用航空電子関係装置の試験のための基準作成を担っており、航空機の電動化 (Electrified Aircraft) や“より”電気化 (More Electric Aircraft) においてより重要度を増すと考えられている。SG-135は、EUROCAEのWG-14 (Environment) と協調して活動しており、中心的標準の一つであるDO-160の最新版DO-160G (Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment, 2010/12/8発行) は、振動、電力入力、無線周波感受性、雷、静電気放電に関して規定しており、EUROCAEのED-14Gと同一文書である。DO-160G はISOによって国際標準ISO 7137としても承認されている。

2023年4月1日以降に新たに制定されたり、改定された文書を表4-28及び表4-29に示す。



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(エ) RTCA(つづき)

表4-28 2023年に新たに制定されたり改訂された規格 (1/2)

コミッティ名		文書番号 発行日	文書名	概要
SC-159	Navigation Equipment Using the Global Navigation Satellite System (GNSS)	DO-401 2023/9/21	Minimum Operational Performance Standards (MOPS) for Dual-Frequency Multi-Constellation Satellite-Based Augmentation System Airborne Equipment	ICAOの標準および推奨によって定義されているデュアル周波数全地球測位システム (GPS)、ガリレオ及び衛星ベースの拡張システム (SBAS) 信号を使用する航空機要件の検証を支援するもの
SC-223	Internet Protocol Suite (IPS) and AeroMACS	DO-404 2023/9/21	Minimum Aviation System Performance Standard on ATN-IPS End-to-End Interoperability and Certification	End-to-Endのデジタル通信に移行するというFAAの計画を支援するためのもので、米国とEUが協調して策定した空/地上通信規格を通じたグローバルシステムの運用に必要な情報をまとめたもの
SC-238	Counter UAS Systems	DO-403 2023/6/22	System Performance and Interoperability Requirements for Non-Cooperative UAS Detection Systems	この文書は、Counter UASシステム全般及びその検出レベルに関する理解を深めるためのものであり、検出システムの性能要件パラメータについて規定したもの
SC-242	Spectrum Compatibility	RR-001 2023/11/28	RR-001 Survey of Radio Frequency (RF) Performance Standards for Aeronautical RF Systems	RTCA SC-242とEUROCAE WG-124が共同で作成したもので、外部システムとのスペクトラム互換性解析に使用可能な無線周波数 (RF) 性能に関する適用可能なRTCAとEUROCAEの公表規格についてまとめたもの



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(エ) RTCA(つづき)

表4-29 2023年に新たに制定されたり改訂された規格 (2/2)

コミッティ名		文書番号 発行日	文書名	概要
SC-228	Minimum Performance Standards for Uncrewed Aircraft Systems	DO-400 2023/6/22	Guidance Material: Standardized Lost C2 Link Procedures for Uncrewed Aircraft Systems	米国空域システムでの運用中に Lost C2 Link (LC2L) に遭遇し、影響を受ける可能性のあるUAS 運用関係者にガイダンスを提供するもの
		DO-377B 2023/6/22	Minimum Aviation System Performance Standards (MASPS) for C2 Link Systems Supporting Operations of Uncrewed Aircraft Systems in U.S. Airspace	このMASPSは、UASを監視・制御するために使用される、管制局 (CS) と非搭載機 (UA) 間の情報交換を行うコマンド・コントロール・リンク・システム (C2リンク・システム) を提示し、それに根拠を示すもの
		DO-381A 2023/6/22	MOPS for GBSS for Traffic Surveillance	クラスC、D、E及びG空域を通過し、拡張運用を行うUAS並びにクラスB空域を通過するUASとともに導入される交通監視システムのための地上監視システム (GBSS) の MOPSを含み、機器の設計者、製造者、設置者、利用者にとって有用な監視システムの特性を規定するもの
		DO-398A 2023/6/22	Operational Services and Environment Definition (OSED) for Uncrewed Aircraft Systems Detect and Avoid Systems (DAA)	DAAシステムの運用、安全、性能、相互運用性に関する要件を評価し、確立するための基礎を提供するもの



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(エ) RTCA(つづき)

表4-30に示す規格は充電式リチウムイオン電池に関するものである。DO-311はBoeing787-8の型式証明申請を機に制定されたが、787-8の耐久性基準では、DO-311ではなくFAA Special Conditions No. 25-359-SCが適用された [23]。DO-311は、787-8の発火インシデントを機に見直され、現在は、DO-311Aが最新版である。

表4-30 充電式リチウムイオン電池に関するRTCA DO-311規格

コミッティ名		文書番号 発行日	文書名	概要
SC-211	Nickel-Cadmium, Lead Acid and Rechargeable Lithium Batteries	DO-311 2008/3/13	Minimum Operational Performance Standards for Rechargeable Lithium Battery Systems	(旧版) 下記のDO-311Aの初版規格
SC-225	Rechargeable Lithium Batteries and Battery Systems	DO-311A 2017/12/19	Minimum Operational Performance Standards for Rechargeable Lithium Batteries and Battery Systems	充電式リチウムイオン電池及び電池システムの設計者、製造者、航空機製造者、航空機機器設置業者及び航空コミュニティ内のユーザを対象とし、スタンドアロン及び組み込みバッテリーを含む、航空機に継続して設置される充電式リチウム電池システムの設計、テスト及び設置に関するガイダンス(MOPS:最低運用性能基準) 該当する UL または IEC 規格の要件を満たしている2 Wh未満の電池は、この規格から免除される



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(エ) RTCA(つづき)

表4-31に示すRTCA DO-347は、小型及び中型の充電式リチウムイオン電池に関する規格であるが、その後、発行されたDO-311Aは、2 Wh以上の電力量を有する電池をカバーしている。表4-32に電池の容量(電力量)別の区分を示す。

表4-31 充電式リチウムイオン電池に関するRTCA DO-347規格

コミッティ名		文書番号 発行日	文書名	概要
SC-225	Rechargeable Lithium Batteries and Battery Systems	DO-347 2013/12/13	Certification Test Guidance for Small and Medium Sized Rechargeable Lithium Batteries and Battery Systems	航空機に継続して搭載される小型・中型の充電式リチウム電池および電池システムに関する試験法補及びそのガイダンス並びに搭載上の考慮事項を提供するもの。 本規格に準拠するは、航空運航で遭遇する条件下で、電池及び電池システムが目的とする機能を安全に果たすことを保証する手段として推奨される。

表4-32 充電式リチウムイオン電池の容量(電力量)による区分

サイズ呼称	単セル (Wh)	複数セル (Wh)	適合性基準
Very Small	Wh<2	Wh<2	UL 1642、UL 2054又はIEC 62133に適合していれば可
Small/Medium	$2 \leq \text{Wh} < 60$	$2 \leq \text{Wh} < 300$	14 CFR 2x.1309及び25.1709に準拠のこと (RTCA DO-311及び/又はDO-347を参照)
Large	$60 \leq \text{Wh}$	$300 \leq \text{Wh}$	



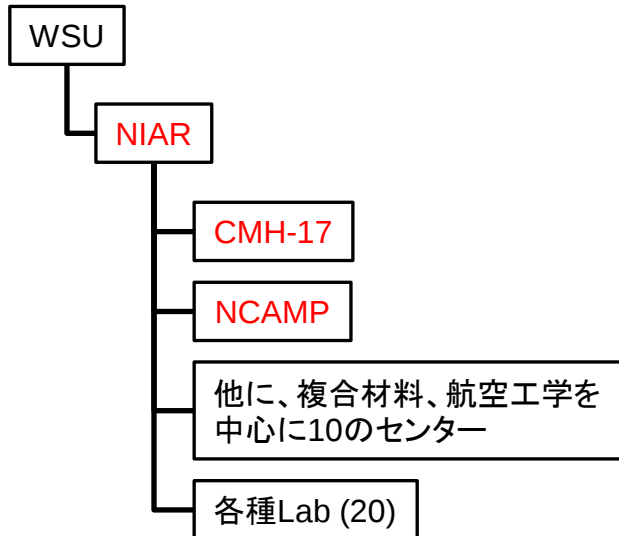
JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

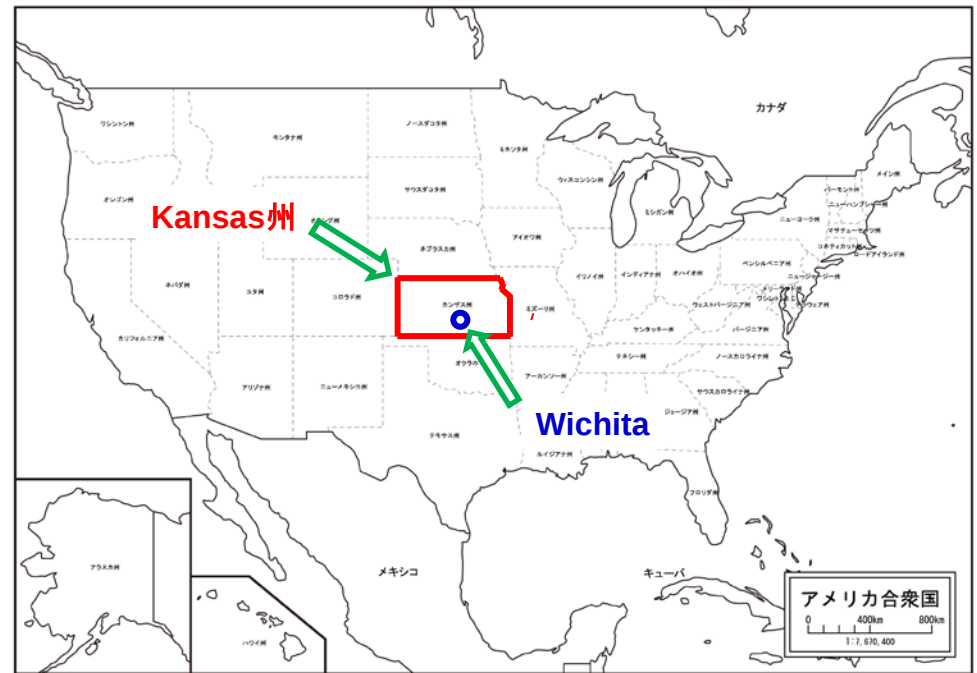
(オ) NIAR (National Center for Advanced Materials Performance)

- NIARはWichita州立大学 (WSU) 内の組織であり、12のセンター(表4-33)と22の研究施設(表-34)を有す。
- Wichita州立大学があるKansas州Wichita市の愛称は、The Air Capital of The World.
- CMH-17及びNCAMPの事務局業務を国 (FAA、NASA、DoD等) から受託。
- 約1,400人のスタッフを擁し、年間予算2億4,000万ドル(約360億円)。
- ウィチタ州立大学の航空宇宙関係の予算は全米の大学で第4位、民間からの資金獲得額ではトップ。



NIAR: National Institute of Aviation Research

NCAMP: National Center for Advanced Materials Performance





JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(オ) NIAR(つづき)

表4-33 NIARに設置されている12のセンターの一覧

1	3DExperience Center	Dassault Systemsと提携、積層造形等に活かすことができる3D技術の開発
2	FAA Assure	無人機の安全性に関して世界29の研究機関他とのアライアンス
3	Aircraft Structural Test & Evaluation Center (ASTEC)	航空機の経年変化、構造試験、弾道及び衝撃力学
4	Advanced Technologies Lab for Aerospace Systems (ATLAS)	複合材料向けを中心に各種製造技術に対応できる技術者の育成
5	Jerry Moran Center for Advanced Virtual Engineering & Testing (AVET)	仮想エンジニアリング、フライトシミュレーション、ビルディングブロック等の研究の拠点
6	FirePoint Innovations	WSUと米陸軍戦闘能力開発司令部航空ミサイルセンターが共同運営
7	Center of Excellence for Composites and Advanced Materials (FAA CECAM)	FAAのJoint Advanced Materials and Structure Center of Excellenceの一部門として、民間航空機への複合材料及び先端材料の適用化支援
8	CMH-17	複合材料のハンドブックであるCMH-17の作成
9	NCAMP	FAA及び産業界と協力して、材料データベースの構築と認定
10	National Center for Aviation Training (NCAT)	AM、CAD/CAM、複合材料等の分野での航空及び製造のための訓練施設
11	National Defense Prototype Center (NDPC)	主にセラミックスや金属製の高温を要する試作品の製造及び製造技術開発
12	FAA Center of Excellence for Technical Training & Human Performance (TTHP)	FAA主導。より安全な航空輸送を目指し、技術訓練の高度化と航空関連の人材強化を目的とする。



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(オ) NIAR(つづき)

表4-34 NIARに設置されている22の研究施設(Laboratory)の一覧

1	Additive Manufacturing(積層造形)	2	Advanced Coatings(高機能/先進コーティング)
3	Advanced Machining & Prototyping (先進機械加工と試作)	4	Advanced Technologies Lab for Aerospace Systems (ATLAS)
5	Jerry Moran Center for Advanced Virtual Engineering & Test Lab (AVET)	6	Aircraft Structural Test & Evaluation Centers (ASTEC)
7	Ballistics & Impact Dynamics	8	CAD/CAM Lab (CAS/CAM研究所)
9	Composites & Advanced Materials	10	Crash Dynamics
11	Digital Twin	12	Environmental Testing
13	Extended Reality Lab	14	Full-Scale Structural testing
15	Mechanical Test	16	National Defense Prototype Center (NDPC)
17	Reverse Engineering	18	Robotics & Automation
19	Small Unmanned Aircraft Impact Testing	20	Sustainment
21	Walter H. Beach Wind Tunnel	22	WERX



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(オ) NIAR(つづき)

キャンパス内に世界的な航空宇宙産業企業の研究開発拠点がある。



AIRBUS

TEXTRON Aviation
(Beechcraft, Cessna, Hawker)



HEXAGON

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17 (Composite Materials Handbook-17)

- ウィチタ州立大学のNIAR (National Institute for Aviation Research)に設置されたセンターの一つとして活動.
- CMH-17の前身であるANC Bulletin 17 Plastics for Aircraftの設立から2018年にAM Coordination Groupが設立されるまでの活動履歴を図4-3に示す [24].
- 組織図を図4-4に示す.
- 樹脂複合材料 (PMC)、セラミックス基複合材料 (CMC) 及び金属基複合材料 (MMC) を対象とし、それぞれに対応した Coordination Groupに分かれて活動. ホームページにある組織図には記載されていないが、2018年10月にはNon-Metallic Additive Manufacturing (非金属材料の積層造形、AM又はNMAMと略される) Coordination Groupを設置.
- FAAから資金提供を受け、FAAから委託された以下の業務を行う.
 - 1) CMH-17全体を統括するExecutive Groupを設け、材料別に委員長 (Chair)を任命する.
 - 2) 各委員長の下、Coordination Group (CG) (材料別に、PMC、CMC、MMC、NMAMの4つ)がハンドブックへの新材料の承認・追加や不要な材料の削除を行う.
 - 3) 恒久的な活動単位としてWorking Group (WG) (PMCでは、次頁に示されるように11)に分かれて、それぞれの技術分野において活動する.
 - 4) 特定の材料ごとにTask Group (TG) が設置され、定められた手順に則ってハンドブック掲載に必要な作業を行う. 成果は、WGに報告する.
 - 5) 事務局はFAAから委託され、上記のCMH-17の活動を支援する. 現在は、ウィチタ州立大学のNIARが受託している.



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

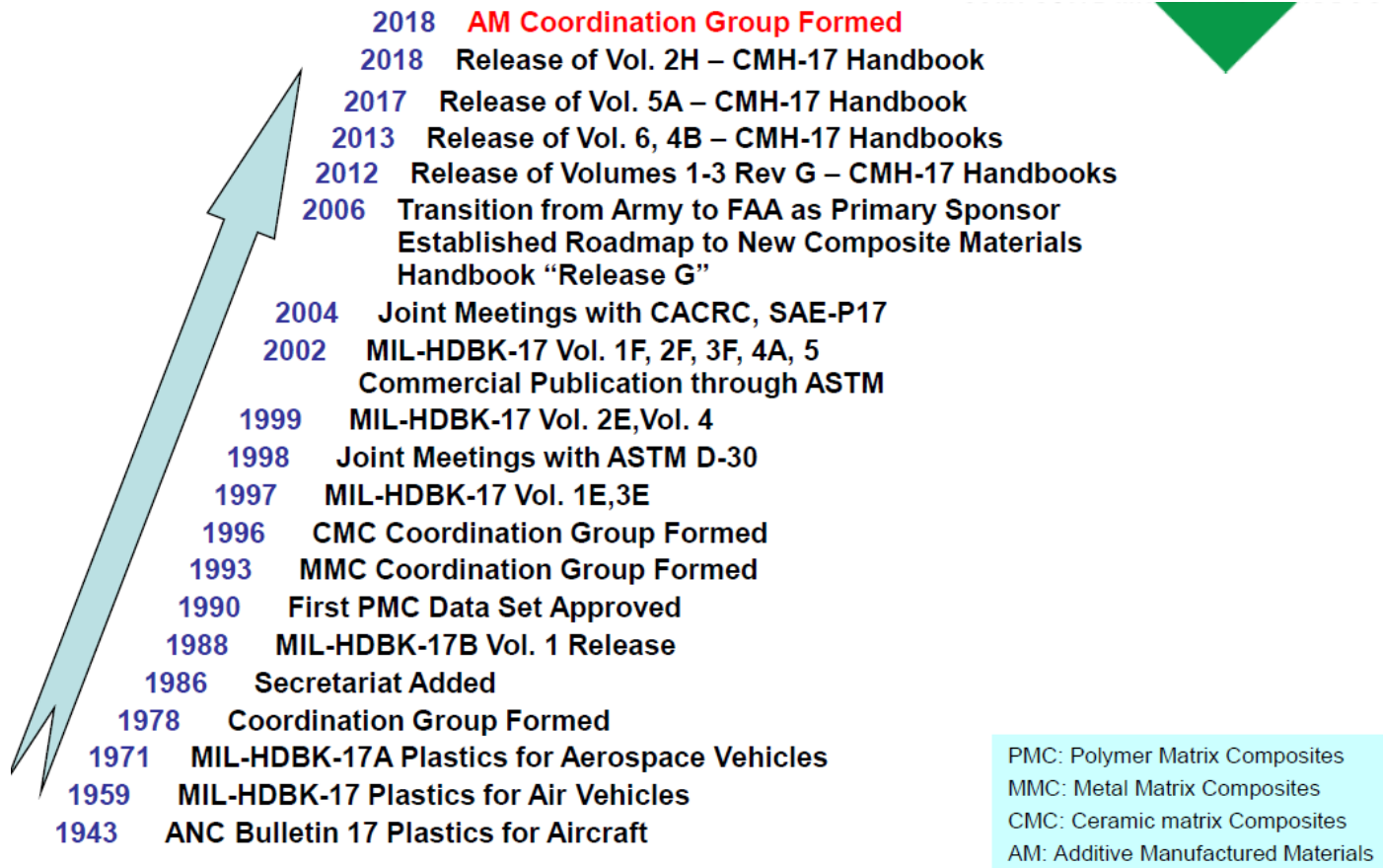


図4-3 CMH-17の設立から2018年にAM Coordination Groupが設立されるまでの活動履歴 [24]



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

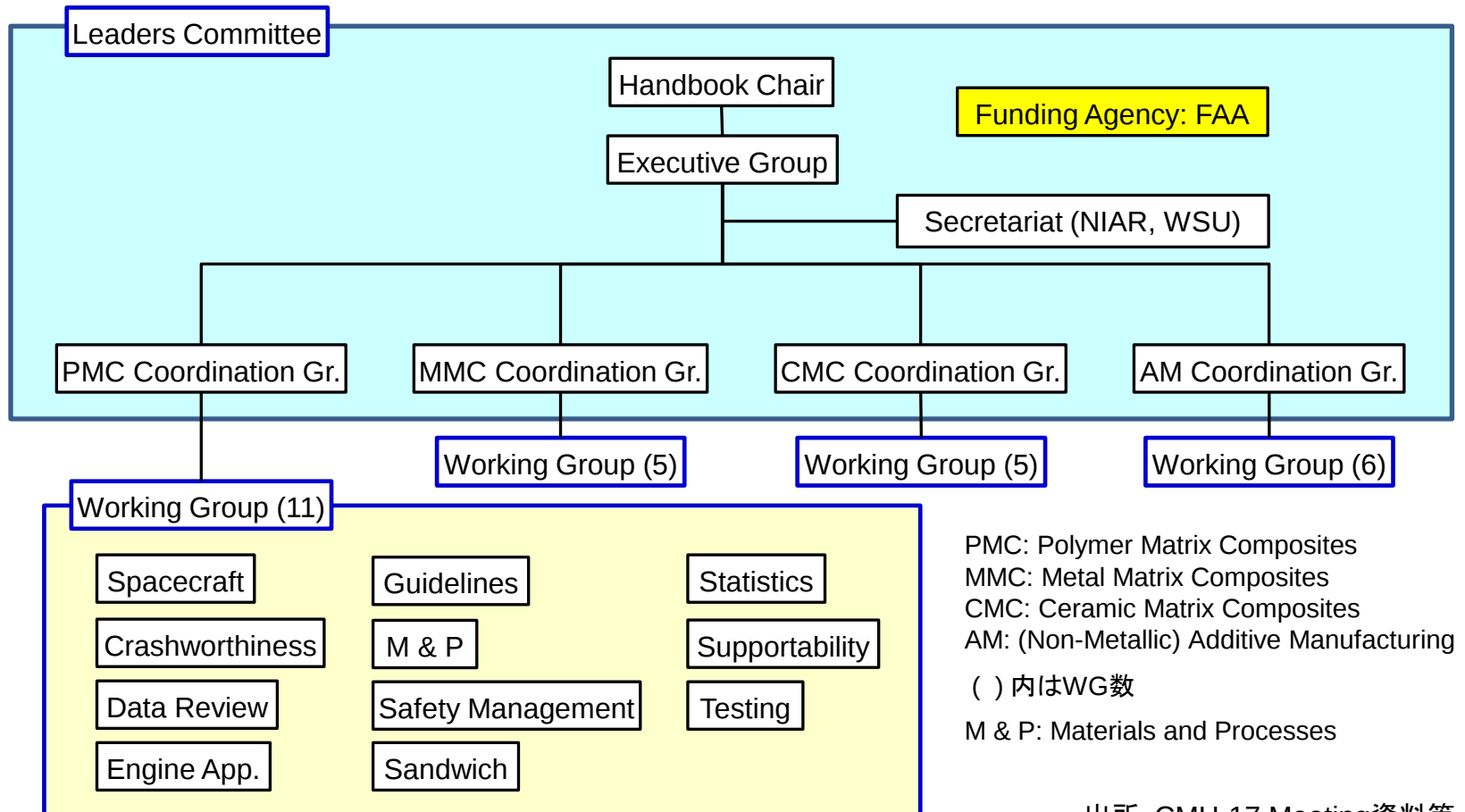


図4-4 CMH-17の組織図

出所: CMH-17 Meeting資料等を参考にJFE-TEC作成



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

- CMH-17/NMAMの組織図を図4-5に示す。現在、6つのWGに分かれて活動している。

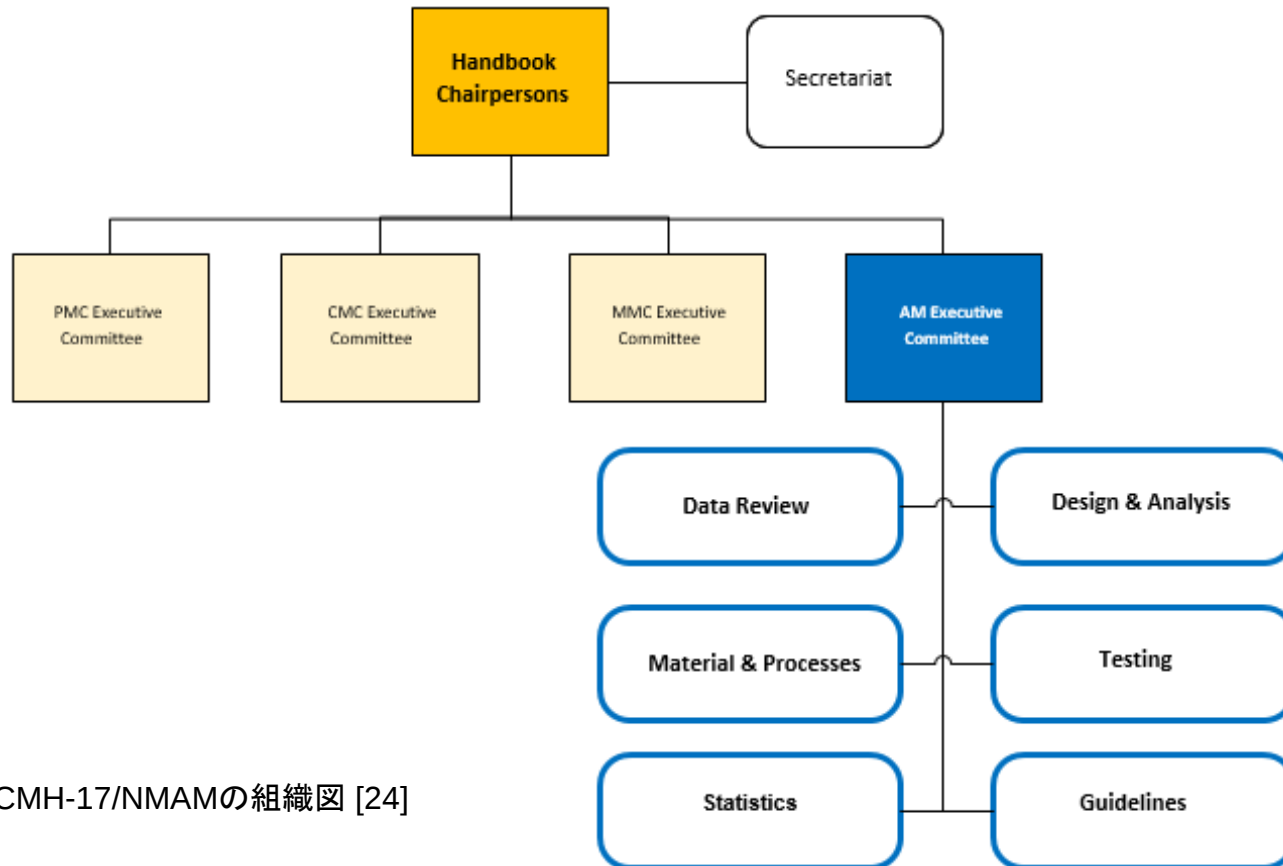


図4-5 CMH-17/NMAMの組織図 [24]

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

- FAAから資金提供を受け、FAAから委託された以下の業務を行う。
 - 1) CMH-17全体を統括するExecutive Groupを設け、材料別に委員長 (Chair) を任命する。
 - 2) 各委員長の下、Coordination Group (CG) (材料別に、PMC、CMC、MMC、NMAMの4つ) がハンドブックへの新材料の承認・追加や不要な材料の削除を行う。
 - 3) 恒久的な活動単位としてWorking Group (WG) に分かれて、それぞれの技術分野において活動する。
 - 4) 特定の材料ごとにTask Group (TG) が設置され、定められた手順に則ってハンドブック掲載に必要な作業を行う。成果は、WGに報告する。
- **(WG及びTGは、全体会議であるCoordination Meeting (2回/年)とは別に毎月on-line meetingを開催)**
 - 5) 事務局はFAAから委託され、上記のCMH-17の活動を支援する。現在は、ウィチタ州立大学のNIARが受託している。
- CMH-17にデータを新たに掲載したり、修正・廃止する場合の手続きは、CMH-17 Standard Operating Procedures (2019年11月26発行)に記載されている。
- 草稿はYellow Pageと呼ばれる書類により会員に配布され、投票に掛けられる。反対票に添えられたコメントは必ず審議され、解決されるまで次のステップには進まない(ただし、Leaders Committeeの判断で、反対票が却下される場合もある)。
- **Coordination Meetingに参加すると自動的に会員になり、会員専用HPにアクセスできるIDとパスワードを交付される。ただし、2年間、欠席を続けると会員資格を失う。**
- **WG、TGは協力者を募っており、日本人の参加への敷居は高くない(ただし、米国人しかアクセスできないデータがある)。**



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

- 各Coordination Groupには、表4-35に示すようにChairを置き、全体をCMH-17 Handbook Chairが統括する。

表4-35 CMH-17の委員 [25]

		Chair
Leaders Committee	Handbook	Larry Ilcewicz (FAA) Curtis R. Davies (FAA, retired, 2023/11/11逝去)
	Industry (optional)	
	Coordination Group	PMC Larry Ilcewicz (FAA) Curtis R. Davies (FAA, retired)
		MMC Curtis R. Davies (FAA, retired)
		CMC Curtis R. Davies (FAA, retired) Cindy Ashforth (FAA)
		AM Curtis R. Davies (FAA, retired) Cindy Ashforth (FAA)
	Secretariat	NIAR (National Institute for Aviation Research), Wichita State University
	Funding Agency	FAA



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

- ・ 現在、CMH-17ハンドブックは、表4-36に示すVol. 1～6の6巻がSAEから販売されている。
- ・ NMAM Coordination Committeeでは、2024年末を目標にVol. 7 Non-Metallic Additive Manufacturing(非金属材料の積層造形)を準備中である。
- ・ Vol. 7は樹脂材料の積層造形を主たる対象としているが、今後、樹脂以外の非金属材料(例えばセラミックス)の積層造形

表4-36 CMH-17 Handbookの各巻の最新版(■(薄黄地)は、改訂又は出版準備中)

Vol. No.	題名・内容	版*	価格 (US\$)	発行日
1	Guidelines for Characterization of Structural Materials (構造用材料のデータ取得及び解析方法に関するガイドライン)	H (F)	219.95	2022/9/6
2	Polymer Matrix Composites: Material Properties(樹脂複合材料データ集) 米国輸出規制に抵触する部分は、Volume 2 Annexとして別建てになっている。	H (F)	279.95	2018/7/9
3	Materials Usage, Design and Analysis (調達、品質管理、設計、構造解析及び信頼性のためのデータの利用方法)	G (F)	279.95	2012/7/10
4	Metal Matrix Composites(金属基複合材料)	B (A)	109.95	2013/9/18
5	Ceramic Matrix Composites(セラミックス基複合材料)	A (-)	152.95	2017/6/29
6	Structural Sandwich Composites(構造用サンドイッチ複合材料)	初版	119.95	2013/9/18
7	Non-Metallic Additive Manufacturing(非金属材料の積層造形)	準備中	—	—

注) *: 改訂に伴い、初版(アルファベットなし)→A→B→(略)→F→G→Hと変わる。() 内の符号までは、MIL-HDBK-17として発行。



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

品が民間航空機等に適用される技術レベルに達すれば、ハンドブックに加えることになる。

- CMH-17にデータを新たに掲載したり、修正・廃止する場合の手続きは、CMH-17 Standard Operating Procedures [26] に記載されている。
- 計画から掲載(出版)、維持・管理に至る手順は、**表4-37**に示す5つのフェーズからなる。
- Working Group (WG) はChair(2名)を指名し、Handbook Chairの承認を得る。適当なWGがない場合は、Handbook Chairが指名する。
- WGは、必要な作業を委嘱するためにTask Group (TG) を設ける。Task Groupは一時的な作業グループであるため、作

表4-37 CMH-17 Handbookの一連の作業の流れと分担 [26]

Phase	Phase	非公開WG	公開WG	教育・公開討論会
1	プロジェクト前作業/計画	○	○	
2	データ取得・解析/ハンドブック起案	○		
3	編集/イエローページ提案	○	○	
(発行)				
4	出版後教育・訓練		○	○
5	維持管理		○	



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

業が終わったら解散することになるが、Executive Committeeの承認を得てWGにすることもできる。

- CMH-17への掲載賛否の投票に対する手順を、以下に示す。
 - i. 軽微な編集上の問題 — タイプミス及び文法上の誤り並びに文意を明確にするための書き換えをいい、Secretariatが修正して良い
 - ii. 重大な編集上の問題又は軽微な内容に関する問題 — Secretariat、関連するWGの座長、反対投票者及びその部分の執筆者の合意の下、修正してよいもの
 - iii. 重大な内容に関する問題 — WGにおいて見直し(確認)、修正、及び/又は再承認を経て、再投票にかけるもの
- 仕分けに疑問がある場合は、反対票に付されたコメントはLeaders Committeeと責任WGの座長によって審議される。
- 反対投票が解決されるまで、次のステップに進むことは出来ない。反対投票の解決はWGの座長の責任であり、少なくとも、活動しているメンバーの同意が必要である。WGの座長と反対投票者の間で解決できない場合は、Leaders Committeeの判断を仰ぐことが出来る。
- 反対投票者には、全ての結果と結論を知らせる。反対投票への対応とYellow Page Review(投票結果のレビュー)へのコメントは次のMeetingのProceedingsに掲載し、開示される。Secretariatは全ての遣り取りを記録し、少なくともmeeting周期ごとにWGの座長に提出する。この手続きは、CGによるYellow Page Reviewや政府によるCoordination Reviewにおいて反対投票やコメントがあった場合には適用する。

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

- CMH-17 **AM**(非金属積層造形) Coordination Group Meeting (2023/9/26-28(現地時間)、オンラインのみ)
 - 9/26(火) 11:00～13:00(日本時間) 9/27(水) 0:00～2:00
 - i. CMH-17全体の状況紹介 (Curtis Davies (FAA, retired)、Michelle Man (NIAR, CMH-17 Program Manager))
 - ii. CMH-17ハンドブックVol. 7の進捗状況説明
 - 9/27(水) 11:00～13:00(日本時間) 9/28(木) 0:00～2:00
 - i. CMH-17の各Working Groupから進捗報告(各WGの座長)
Data Review, Design and Analysis, Guidelines, Materials and Processes, Statistics, Testing
 - 9/28(木) 11:00～13:00(日本時間) 9/29(金) 0:00～2:00
 - i. Discussion (Curtis Davies (FAA, retired))
 - ii. Action Items and Tracker Updates (Michelle Man (NIAR))
 - iii. CMH-17の今後
- 同じ1票でも、例えばBoeingは社内で20人くらいが合議した上で投票していることから、重みが違う点に注意すべきである。
規則上は、English単位 (inch-pound) とmetricの並記が必要だが、実際にはそうになっていない (inch-poundの多い)。

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

- CMH-17 **CMC**(セラミックス基複合材料) Coordination Group Meeting (2023/10/24-25(現地時間)、オンラインのみ)
- 10/24(火)11:00～13:00(日本時間 10/25(水)0:00～2:00)
 - i. CMH-17全体の状況紹介 (Curtis Davies (FAA, retired)、Michelle Man (NIAR, CMH-17 Program manager))
 - ii. CMH-17ハンドブックVol. 7(初版本発行準備中)の進捗状況について、各Working GroupのChairから説明
 - Data Review
 - Design and Analysis
 - Engine Application
 - Materials and Processing
 - Testing
- 10/25(水)11:00～13:00(日本時間 10/26(木)0:00～2:00)
 - i. Engine Application WGのnegative投票に対する議論
 - ii. 次回の2024年春の委員会開催場所、時期について(他の学会等に合わせて開催するとか、避けるべき日時とか)
 - iii. CMH-17の今後について (Cindy Ashforth (FAA Aircraft certification Service))
 - データ処理・解析、データ採取等、材料によらない事項については、WG/TGを統合し、CMH-17ハンドブックにおいても一つの章にまとめることで、効率的運用を図るべきとの意見あり。
 - ANSIの承認規格制定団体 (ANSI-certified Standards Developing Organizations (SDO)*)になるか、既存のSDOに加わるという案の紹介 (*: ASTM, SAEは承認団体だが、MMPDS、RTCAは未)。



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

- CMH-17 PMC Coordination Group Meeting (2023/10/16-19, Wichita, Kansas)

10/16(月) 講義(Tutorial)

Room #	219	301	313	264
8:00 - 10:00	Bonding M&P (調査中)	Certification Cindy Ashforth (FAA)	Statistics (調査中)	Damage Tolerance Yellow Page review (調査中)
10:15 - 12:15				
13:15 - 15:15				
15:30 - 17:30	-	-	-	

講師: Cindy Ashforth (FAA Aircraft Certification Service)

 は、出席したセッション(次ページ以降も同じ)

通常は、Certification WGのCochair(共同座長)を務めるDr. Simon Waite (EASA)と二人で担当するが、今回はSimon Waiteが欠席のため、Cindy Ashforthが一人で全講義を担当

CMH-17 Volume 3G(2012/7/10発行), Chapter 3 Aircraft Structure Certification and Complianceの内容を基に以下の内容について講義。米国(FAA)と欧州(EASA)間に違いがある場合は、その差異について言及。

- Structural substantiation and proof of structure of type design (構造設計の実際と型式設計における構造証明)
- Production support(製造支援)
- Manufacturing defect disposition(製造時欠陥の処置(隔離/混入防止))
- Continued operational safety(供用中の安全)



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

- CMH-17 PMC Coordination Group Meeting (2023/10/16-19, Wichita, Kansas)

10/17(火) 全体会議(場所: Beggs Ballroom)

	内容	担当者
8:00 - 8:15	開会の挨拶	Larry Ilcewicz (FAA Aircraft Certification Service)
8:15 - 8:45	CMH-17の最近の状況説明	Michelle Man (NIAR)
8:45 - 9:00	表彰式	
9:00 - 12:00	各WG/TGからの活動状況報告	各WG/TGのchair
13:15 - 15:15	今後のCMH-17について	Cindy Ashforth (FAA Aircraft Certification Service)
15:30 - 17:30	Leader Committee	
17:30 - 19:00	Social Hour	-



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

- CMH-17 PMC Coordination Group Meeting (2023/10/16-19, Wichita, Kansas)

10/18(水) 各WG/TGに分かれて、活動の詳細及び改訂中のCMH-17の執筆状況の報告等

Room #	301	261	264
8:00 - 10:00	Design	Statistics	-
10:15 - 12:15	Sandwich	Data Review	Bonding Process TG
13:15 - 15:15		Damage Tolerance	Crashworthiness
15:30 - 17:30	Safety management	Spacecraft	

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

- CMH-17 PMC Coordination Group Meeting (2023/10/16-19, Wichita, Kansas)

10/19(木) 午前中:各WG/TGに分かれて、活動の詳細及び改訂中のCMH-17の執筆状況の報告等、午後:全体のまとめ

Room #	301	261	264	Beggs Ballroom
8:00 - 10:00	Supportability	Guidelines	-	-
10:15 - 12:15		Materials & Processes	Bonding Process TG	-
13:15 - 15:15		Damage Tolerance	SAE Composite Seat Meeting	Closing Coordination
15:30 - 17:30	-	-	-	CMH-17 Executive Meeting



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

- CMH-17 PMC Coordination Group Meeting (2023/10/16-19, Wichita, Kansas)

10/20(金) NIARの研究設備見学会

FRIDAY 10/20/2023

Central Time	Friday		
Time	Group	Meeting Location	Lab Tour Schedule
8:30 – 11:30	Group 1	Jerry Moran Center for Advanced Virtual Engineering & Testing (AVET) 4720 E 18th St N, Wichita, KS 67208	AVET John Bardo Center NIAR Composites/ATLAS
	Group 2	John Bardo Center 1800 Innovation Blvd, Wichita, KS 67208	John Bardo Center NIAR Composites/ATLAS AVET
	Group 3	John Bardo Center 1800 Innovation Blvd, Wichita, KS 67208	NIAR Composites/ATLAS AVET John Bardo Center

** Meet in the lobby of each building. Parking is available on the East side of the John Bardo Center.*

複合材料製造装置、積層造形装置、Textile、衝突試験装置、3次元形状計測装置、マシニングセンター、風洞等の設備を見学



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(カ) CMH-17(つづき)

2023年秋のCoordination Meetingで予告されたように、2024年春は、PMC、CMC、AMの3つのグループのCoordination Meetingが合同で開催されることが確定し、2024年4月22-25日にScottsdale, AZにおいて開催されることが告知された(2024年1月30日)。原則、春の会議は対面、秋はオンラインで開催する予定とのことであったが、昨年秋の会議が対面であったことから、2回続けての対面会議への参加が費用的に参加が難しい人のために、2024年春は対面とオンラインのハイブリッド開催になった。

表4-38に2023年秋のCMH-17 Coordination Meeting開催状況と次回の予定を示す。

表4-38 2023年秋のCMH-17 Coordination Meeting開催状況と次回の予定

開催日		Coordination Group	方式
2023/9/26-28	第10回	Additive Manufacturing (AM)	オンライン
2023/10/16-20	第76回	Polymer Matrix Composites (PMC)	対面 (Wichita, KS)
2023/10/24-25	第34回	Ceramic Matrix Composites (CMC)	オンライン
2024/4/22-25	(初回)	3グループ共同開催	対面 (Scottsdale, AZ) + オンライン

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(キ) NCAMP (National Center for Advanced Materials Performance)

【概要】

- ウィチタ州立大学に設置されているNIAR (National Institute for Aviation Research) のセンターの一つではあるが、NIARの試験所 (Lab) や研究イニチアチブとは独立して活動している。
- FAAと産業界が共同で材料の認定を行い、その材料データベースを一般に公開。
- 機体メーカーは個別に材料認定を取得することなく、NCAMPのデータベースの材料データとの同等性 (equivalency) を示すことで、通常の認証手順に比べ、より迅速にかつ少ない費用でFAA認証を得ることが可能。
- 材料メーカーはNCAMPと協力することで、進行中の機体認証プログラムがなくても設計許容値とFAA認証を持つ材料を市場に出すことが可能になる。
- FAAだけでなく、EASA (European Aviation Safety Agency) も、NCAMPが制定した複合材料規格と設計許容値を承認することを表明 (2014/1/14付け [27])。FAAの表明は、2010/9/20付け [28]。
- NCAMPは、NSP 100 [29] に則って、材料・プロセスの承認に関連した以下の4つを行う。実際の作業は、CMH-17 (又はその旧版であるMIL-HDBK-17-1F) 及びDOD/FAA/AR-03/19 [30] に準拠する。
 - 1) 材料特性データの収集
 - 2) 材料の承認
 - 3) 材料の許容値 (規格値) の算出
 - 4) 材料の同等性の確認



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(キ) NCAMP (つづき)

【経緯】 [31]

- 金属材料の設計許容値が掲載されていたMIL-HDBK-5及びその継承であるMMPDSは、民間及び軍用の航空機に用いられる設計許容値として認められていたのに対し、MIL-HDBK-17は、MIL-HDBK-5及びMMPDS (Metallic Materials Properties Development & Standardization) の樹脂複合材料版であるとみなす向きもあったが、実際は、FAAの認証に必要な権威付けが与えられていなかった [32]。そのため、機体メーカーは使用する材料承認試験を個々に行う必要があり、またその際に得られたデータは取得した機体メーカーに帰属するために、他の機体メーカーが同じ材料を使った機体の認証を得る場合、改めてデータを採取した上で、FAAもその確認・承認作業を行う必要があり、重複する作業が繰り返されていた。
- そこで、1995年、NASAはFAA及びMIL-HDBK-17と共同でAGATE (Advanced General Aviation Transport Experiment) プログラムを興し、複合材料データベースの共通化を行うことにした。そのプログラムは、新規材料のデータ採取、承認及び同等性の確認作業を含むもので、材料承認を目指す申請者、承認を行うFAA両者にとって、その負荷を軽減するものであった。ウィチタ州立大学のAGATEに関するホームページ [33]には、このプログラムによって、複合材料の承認に要する時間が1/4に、費用が1/10になったと述べられている。
- AGATEプログラムは2001年に終了したが、その後も材料承認の共通化プログラムは継続され、当初、小型機向けのプログラムとしてスタートしたものの、対象を航空宇宙全体に広げようとの動きになり、NASAはCMH-17、FAA及びSAEと共同で、2005年にNCAMPを設立した。



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(キ) NCAMP (つづき)

【経緯】 [31]

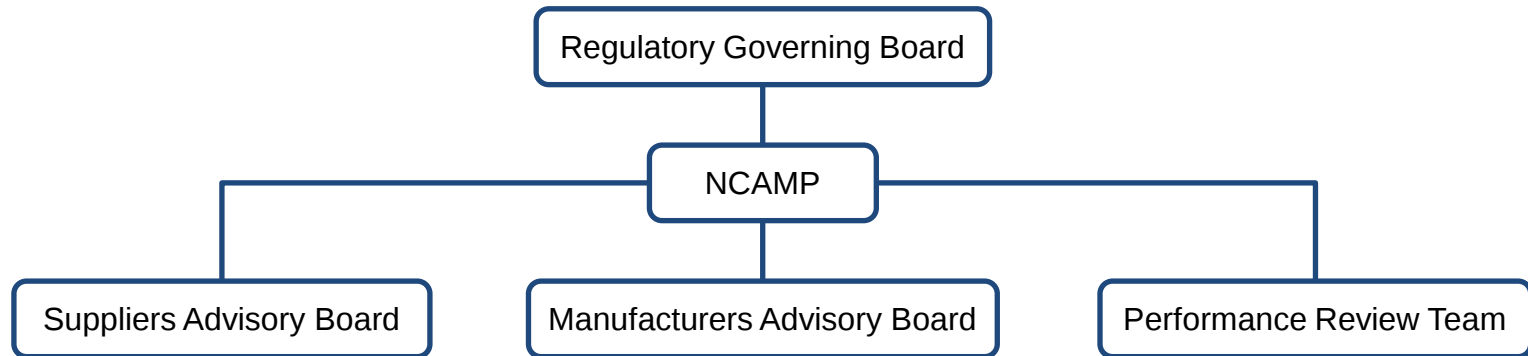
- 1995年から2008年の間に、FAAの直接の監督の下、50以上の材料が承認または同等性が認められ、2017年3月時点で22の材料の承認が進行中である。承認された樹脂複合材料のデータは、CMH-17 Volume 2に掲載されている。
- 材料の承認過程は大幅に効率化されたが、金属材料のMMPDSに比べると、まだ不十分であるとの認識の下、2008年の早い時期に、より効率的で調和のとれたプログラムにするための改革を目指した議論を始めた。
- NCAMPにより提供されるデータが法令に準拠し、FAAに受け入れられるものであり続けるために、その手順はFAAの監督を受けており、データ利用者は、CMH-17に準拠した材料を購入し、また定められたとおりに加工することが必要である。
- 金属材料では、特性に及ぼすプロセスの影響が小さく、また長い経験から熱処理等のプロセスへの理解も深く、よく管理されているのに対し、樹脂複合材料ではプロセス管理の重要性が大きく、CMH-17の利用者はこのことをよく認識すべきである。CMH-17に掲載されているデータが、自らが使用する材料とプロセスの組合せにおいても有効かどうかは、実際にいくつかの試験を行って検証する必要がある、CMH-17のデータが法令や規則に適合していると認められるためには、これらの試験を外部機関に認証してもらう必要がある。
- それらの手順を経ることで、CMH-17の活動が産業界と規制当局の両者にとって、承認手続きに要する労力と費用の削減に繋がる。

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(キ) NCAMP (つづき)

- NCAMPの組織は、下図 [34] のようになっており、それぞれの役割を示す。



- Regulatory Governing Board (RGB): 米空軍、陸軍、海軍、FAA及びNASAからの代表者によって構成。NCAMPの活動や手順が規則(NSP 100等)に則っているかを監督。詳細は、NSP 110 Operating Procedures and Bylaws for NCAMP Regulatory Governing Board (RGB) [34]に規定されている。
- Manufacturers Advisory Board (MAB): 航空宇宙産業に関わるOEM、主契約者、Tier 1までの製造者からなり、企業を代表して、NCAMPの投票や書類のレビューを行う。特に、NCAMPの手順、手続き、材料特性及び規格が実用上の要求に合致しているかを判断するという非常に重要な役割を担う。詳細は、NSP 120 Operating Procedures and Bylaws for NCAMP Manufacturing Advisory Board (MAB) [32]に規定されており、その時点で、45社以上の企業が委員を出している。

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(キ) NCAMP (つづき)

- Suppliers Advisory Board (SAB): 航空宇宙の材料サプライ及びTier 2とTier 3企業の代表者が委員となり、NCAMPの規格制定や書類のレビューを行う。特に材料サプライや委員は、自らの材料がNCAMPの規定を満足していることを確認する任を担う。詳細は、NSP 130 Operating Procedures and Bylaws for NCAMP Suppliers Advisory Board (SAB) [35]に規定されている。
- Performance Review Team (PRT): NCAMPの認定を受けたAuthorized Inspection Representative (NCAMP AIR)及びAuthorized Engineering Representative (NCAMP AER)から構成される。いずれも独立したコンサルタントが多数であり、企業に雇われていても良いが、所属機関から独立して業務を遂行することが求められる。前者の主な業務は、パネルや試験片の検査の監査であり、報酬はパネルの製造会社や試験を行う機関、又は当該認定プログラム実施者により支払われる。後者はの主な業務は、各種書類のレビューや試験の立会、試験結果の承認であり、報酬は当該認定プログラム実施者により支払われる(試験の立ち合いでは、試験機関により支払われる場合もある)。

NCAMP AIR及びNCAMP AERになるためには、それぞれNQP 100, NCAMP Authorized Inspection Representative (AIR) Qualification Plan、NQP 200, NCAMP Authorized Engineering Representative (AER) Qualification Planに規定されている要求事項を満足し、NCAMP MABに認定される必要がある。

- 上記のNCAMP書類は、いずれもNCAMPのホームページ*のNCAMP Documents & Formsからダウンロードできる。



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(キ) NCAMP (つづき)

現在、NCAMPに認定されている材料系及び認定準備中の材料の種類は、以下のとおりである。

【認定材料】

- 付加製造(積層造形)材料
- 熱硬化樹脂材料
- 補修用熱硬化樹脂材料
- VaRTAM (Vacuum assisted Resin Transfer Molding)
- 熱可塑樹脂材料
- BMI (Bismaleimide、ビスマレイミド)
- CMC (Ceramic Matrix Composite、セラミック基複合材料)

【認定作業中】

- Core (内部素材)
- Adhesive (接着剤)

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(キ) NCAMP (つづき)

現在、NCAMPにデータが掲載されている材料は、表4-39のとおりである。炭素繊維については、表4-40に示す。

表4-39 NCAMPにより許容値 (Allowables) と規格 (Specs) が認定されている材料 (炭素繊維を除く) [31]

積層造形用材料
- Stratasys Fortus 900mc, ULTEM 9085 - Markforged X7, Onyx FR-A w/ Carbon Fiber FR-A

熱可塑樹脂材料
- Teijin Tenax-E TPWF/TPCL PEEK* - Toray (旧 TenCate) TC1225 - Victrex AE™ 250 LMPAEK

熱硬化樹脂材料
- Solvay (旧 Cytec) 5215* - Solvay (旧 Cytec) 5250-5* - Solvay (旧 Cytec) 5320-1 - Solvay (旧 Cytec) EP2202* - Solvay (旧 ACG) MTM45-1 - Hexcel 8552/8552S - Newport NCT4708 - Toray (旧 TenCate) BT250E-6 - Toray (旧 TenCate) TC250 - Solvay (旧 Cytec) 5320-1 Repair (補修用材料)

*: 販売終了 (discontinued)



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(キ) NCAMP (つづき)

表4-40 NCAMPにより許容値 (Allowables) と規格 (Specs) が認定されている材料(炭素繊維)[31]

文書番号	炭素繊維タウ (carbon fiber tow) 名称	適用先プレプレグ名 (NCAMP材料規格番号)
NMS 818	炭素繊維に関する基本規格	—
NMS 818/7	Hexcel Hex-TowR™ AS4 12K	Hexcel 8552 AS4 Unitape (NMS 128/1)
NMS 818/8	Hexcel Hex-Tow™ IM7-G 12K	Hexcel 8552 IM7 Unitape (NMS 128/2)
NMS 818/9	Hexcel Hex-Tow™ AS4-GP 3K	Hexcel 8552 AS4 PW (NMS 128/3)
NMS 818/10	Teijin Tenax-E HTS40 F13 12K 800tex	Solvay MTM45-1 G30-500 3k PW (NMS 451/13) Nelcote E752 G30-500 3k PW (NMS 752/3)
NMS 818/11	Teijin Tenax-E HTS40 F13 12K 800tex	Solvay MTM45-1 12K HTS40 F13 Unitape (NMS 451/14)
NMS 818/14	Teijin Tenax-E HTS40 F13 12K 800tex	TenCate TC250 12k HTS SFP OSI PW (NMS 688/1)
NMS 818/15	Teijin Tenax-E IMS65 E23 24K	
NMS 818/16	Hexcel Hex-Tow™ AS7-GS 12K	Nelcote E752 AS7 Unitape (NMS 752/1)
NMS 818/21	Hexcel Hex-Tow™ AS4-GP 12K	Solvay MTM45-1 AS4 Unitape (NMS 451/11)
NMS 818/22	Teijin Tenax-E HTA40 E13 3K	
NMS 818/23	Teijin Tenax-E-HTS45 E23 3K Teijin Tenax-J-HTS45 E23 3K	

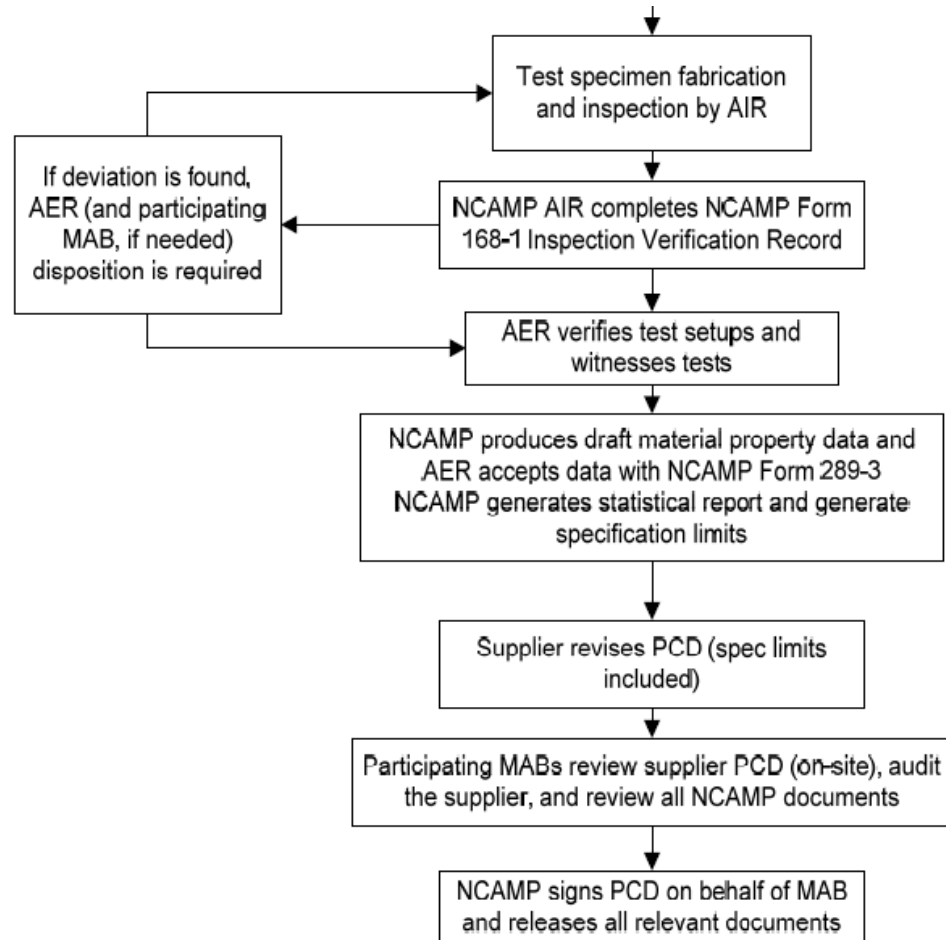


JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(キ) NCAMP (つづき)



出所: NCAMP Standard Operating Procedures (SOP), NSP 100 G, March 27, 2017 [29]



① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

- 材料/プロセスの同等性 (equivalency) 確認手順を以下に示す (次ページにつづく).



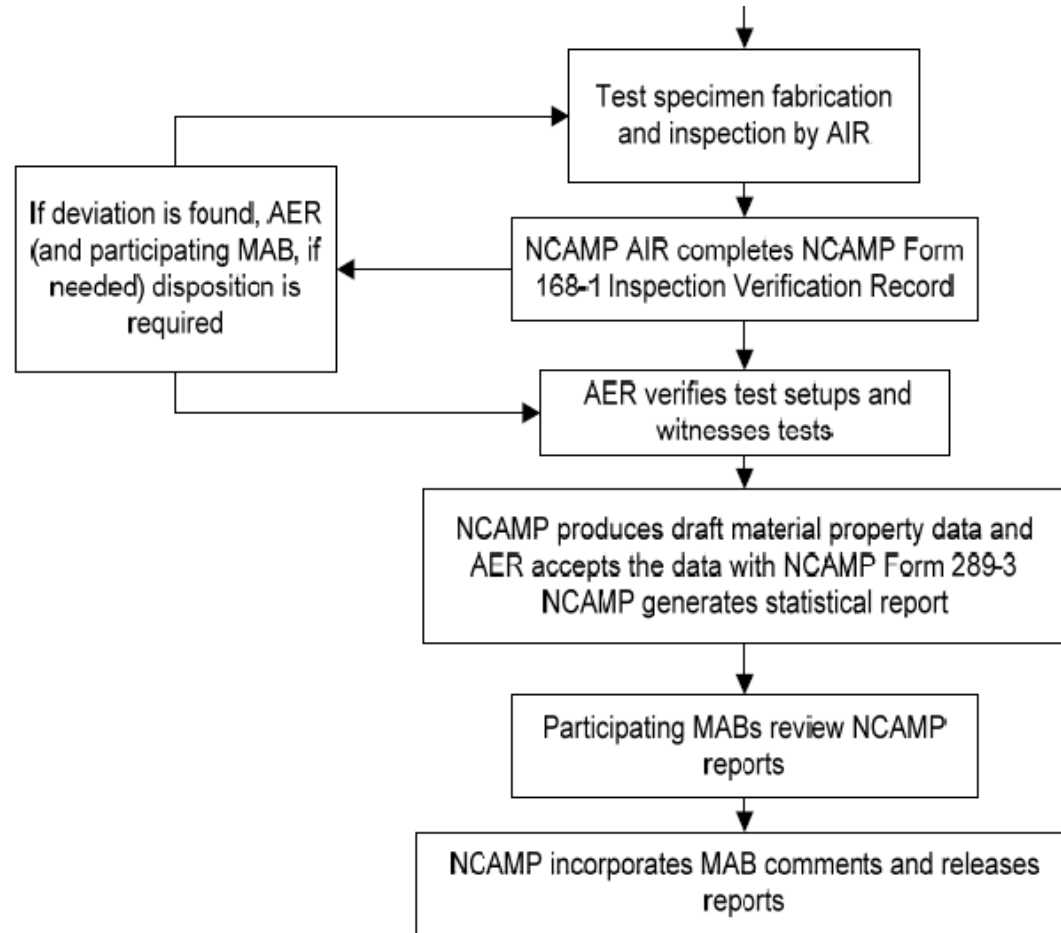


JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(キ) NCAMP (つづき)



出所: NCAMP Standard Operating Procedures (SOP), NSP 100 G, March 27, 2017 [29]



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ク) MMPDS (Metallic Materials Properties Development and Standardization) [36]

MMPDSは、民間及び軍用の航空宇宙用途の金属材料及びファスナーの特性について、統計解析を基にしてに確立された設計許容値を集積したものである。1937年に発行されたArmy-Navy-Commerce Handbook 5 (ANC-5) を起源とし、その後、米空軍が管轄したMIL-HDBK-5 “Metallic Materials and Elements for Aerospace Vehicle Structures (2003年4月発行のJ版が最

表4-41 MMPDSの構成と販売価格

Chapter	項目名	ハードコピー版	Pdf版
1	Introduction (概略)	\$239	\$209
2	Steel Alloys (鉄鋼材料)	\$399	\$349
3	Aluminum Alloys (アルミニウム合金)	\$689	\$629
4	Magnesium Alloys (マグネシウム合金)	\$239	\$209
5	Titanium Alloys (チタン合金)	\$299	\$259
6	Heat Resistant Alloys (耐熱合金)	\$299	\$259
7	Miscellaneous Alloys and Hybrid Materials (その他の合金とハイブリッド材料)	\$239	\$209
8	Structural Joints (構造用ジョイント)	\$259	\$239
9	Guidelines (ガイドライン)	\$399	\$349
1-9	全巻同時購入割引価格	\$999	\$849



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ク) MMPDS (つづき)

後)”を引き継いだものである。最新版は、2023年7月に発行されたMMPDS-2023であり、表4-41に示す9巻から構成されている。米国の政府、産業界及び教育機関の専門家のパートナーシップの下に作成されており、FAA、DoD及びNASAを含む規制当局によって認証されている。

MMPDSの組織を図4-6に示す。ISGには12か国の企業が参加しているが、会員企業でなくても、材料の登録申請は可能である。

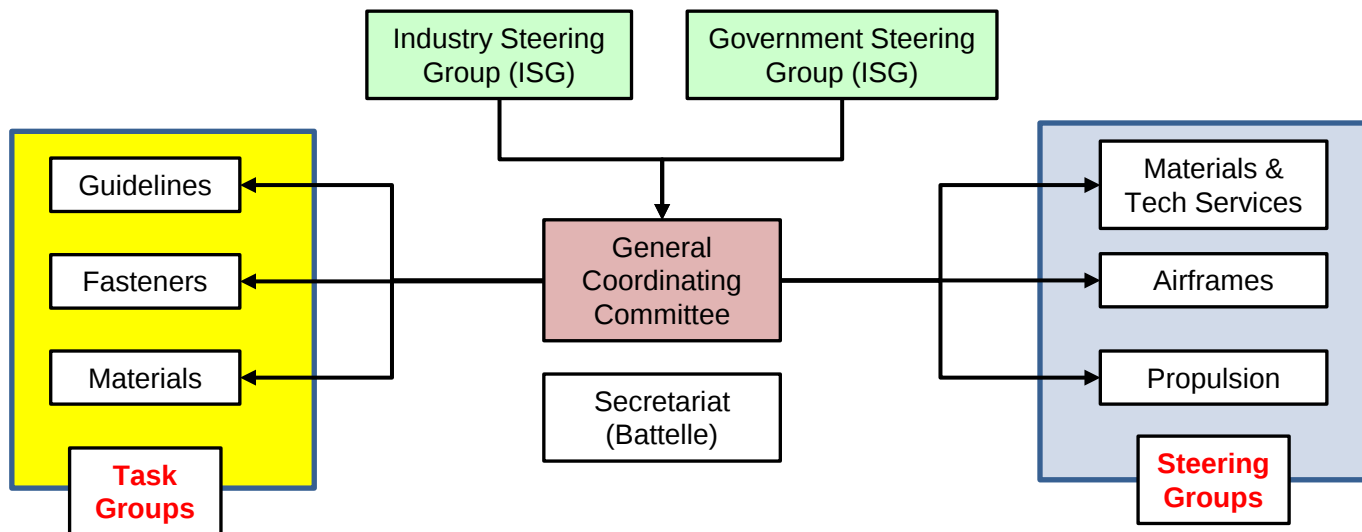


図4-6 MMPDSの組織図(出所:文献 [37]を参考にJFE-TEC作成)



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ク) MMPDS (つづき)

MMPDSの最高意思決定機関は、Coordination Meeting時に開催されるMMPDS General Coordination Committee (MMPDS GCC、委員数は約150人)であり、MMPDS GCCは、前出のGSGにより主導され、ISGと事務局 (Battelle) により運営されている。また、これらのSteering Groupに加え、3つのSteering Group、4つのTask Group、4つWorking Groupに分かれて活動を行っている。表4-42にこれらのグループを示す。

MMPDSは、14 CFR Par 2x.613 material strength properties and material design values (民間航空機向け) 及びJSSG (DoD Joint Service Specification Guide (軍用機向け) で要求されている「統計的に処理された設計許容値」を提供することを目的としており、CMH-17と同様、600以上のA/B-basisと1,000以上のS-basisの設計許容値を提供している。

表4-42 MMPDS GCCを構成するGroup

Steering Group	Government Steering Group	Task Group	Emerging Technology Task Group
	Industry Steering Group		Fastener Task Group
	Airframe Steering Group		Guideline Task Group
	Material and technical Service Steering Group		Materials Task Group
	Propulsion Steering Group	Working Group	Fatigue Working Group
			Statistics Working Group
			Volume II Working Group
			Welding Working Group



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ク) MMPDS (つづき)

MMPDSへの新たなデータの追加、既存データの修正や削除は、MMPDS GCCでの投票で決定されるが、議案の可否決は単純な多数決ではなく、各委員(政府機関等及び民間企業)がMMPDSに納入する年会費に応じて配分される投票ポイント(Numerical Vote)により行われ、欠席者を除く有効投票ポイントが2/3 (0.667) 以上の賛成を得た案件が承認される。MMPDS GCC規則 (Bylaws of the MMPDS GCC) に例が記載されているので、表4-43に示す。実際の費用負担率は、FAA (25%)、その他のGSG (20%)、ISG (29%)、MMPDS等の売上 (26%) になっており、実質、投票権の60%を政府系機関が有している [38]。

表4-43 MMPDS特有の投票システム(模擬例)

委員名	年会費	年会費負担率	投票	賛成ポイント	反対ポイント	棄権ポイント
ISG #1	25,000	0.125	賛成	0.125		
ISG #2	5,000	0.025	賛成	0.025		
ISG #3	15,000	0.075	反対		0.075	
ISG #4	10,000	MMPDS GCC欠席につき、年会費負担率、投票ポイントとも積算対象外				
GSG #1	50,000	0.25	棄権			0.25
GSG #2	100,000	0.50	賛成	0.50		
GSG #3	5,000	0.025	賛成	0.025		
合計	200,000	1.0	—	0.675	0.075	0.25



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ク) MMPDS (つづき)

表4-44にMMPDSとNCAMP(一部、CMH-17)を比較する。

表4-44 MMPDSとNCAMP/CMH-17の比較

NCAMP		MMPDS
FAA、NASA SAE、CMH-17、NIAR	関与機関	FAA、NASA、米3軍、DLA (Defense Logistics Agency) SAE, Battelle
NCAMP SOPに従って立案し、NCAMPの承認を得る 手順及びガイドラインはCMH-17 HDBK Vol. 1を参照	試験計画	MMPDS Chapter 9 Guidelinesを参照
NCAMP内施設、又は NCAMP認定施設においてNCAMP AER立会の下	試験実施	MMPDSに掲載されるためには、AMS (Aerospace materials Specification) 等のに公的材料規格に登録されていることが必要 AMSとして検討されるためには、2社以上のユーザからの支持と、Battelleにより統計解析されたデータが必要
CMH17 STATS (CMH-17認定統計解析プログラム)	データ解析	SAEからの委託を受けたBattelleで実施
Non-proprietaryデータは、NCAMPのHPで公開 Proprietaryデータは、NCAMPのHPで材料名を公開	Allowables & Specs	MMPDS (全9巻) として、SAEから販売 (有償) データは提出者のproprietary
CMH-17 HDBK - 試験手順及びガイドライン (Vol. 1) - NCAMPのnon-proprietaryデータ (Vol. 2) - NCAMP認定以外の各種データ (Vol. 2)	その他	試験手順、データ処理等は、MMPDS Chapter 9に記載されている



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ケ) ISO (International Organization for Standardization) [39]

ISOには、TC20 Aircraft and space vehicles が設置され、**表4-45**に示す Subcommittee (小委員会) で各種標準化が進められている。ただし、大型航空機 (輸送航空機カテゴリー) の電動化に関しては SAE で議論が進められており [40]、ISO における電動航空機のシステムに関する議論は限定的である。

また、自動車用電池に関しては、既述のように、TC22 Road vehicles (道路車両) / SC37 Electrically propelled vehicles (電気駆動車) / WG3 Rechargeable energy storage (充電式エネルギー貯蔵 (二次電池)) において、議論されているものの、航空機用途の電池については IEC の TC21 Secondary cells and batteries (蓄電池) / SC21A Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes (アルカリ蓄電池及び酸を含まない蓄電池) / WG7 Aircraft Batteries (航空機用電池) において標準化が進められていることから、次の IEC の項に記載する。

ISO における水素に関する標準化動向は、3 (1) ① (イ) に述べたとおりである。



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(ケ)ISO(つづき)

表4-45 ISO/TC20 (Aircraft and space vehicles) に設置されている小委員会

小委員会	名称 【 】内はJSAで採用されている名称、()内は参考	議長国	国内審議団体
SC1	Aerospace electrical requirements【航空宇宙電気系統の要求事項】	中国	(一社)日本航空宇宙工業
SC4	Aerospace fastener systems【航空宇宙ボルト、ナット】	ドイツ	日本ねじ研究協会
SC6	Standard atmosphere(標準大気)	ロシア	—
SC8	Aerospace terminology(航空宇宙用語)	ロシア	—
SC9	Air cargo and ground equipment【航空貨物及び地上機材】	フランス	(一社)日本航空宇宙工業会
SC10	Aerospace fluid systems and components【航空宇宙用流体システム及び構成部分】	ドイツ	(一社)日本航空宇宙工業会
SC13	Space data and information transfer systems【宇宙データ及び情報転送システム】	米国	(一社)日本航空宇宙工業会
SC14	Space systems and operations【宇宙システム及び運用】	米国	(一社)日本航空宇宙工業会
SC16	Unmanned aircraft systems【無人航空機システム】	米国	(一社)日本航空宇宙工業会ほか*
SC17	Airport infrastructure【空港インフラ】	米国	経産省産業技術環境局国際標準課
SC18	Materials(材料)	フランス	—

*: (一社)日本航空宇宙工業会のほか、(一社)日本産業用無人航空機工業会、(一財)日本規格協会、(一財)総合研究奨励会 日本無人機運航管理コンソーシアム、(一社)日本UAS産業振興協議会



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(コ) IEC (International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議)

航空機の電動化に関する標準化は、TC21/SC21A/WG7 Aircraft Batteriesを中心に、表4-46に示す部会が議論している。これらの委員会が制定したり作業中であつたりするリチウムイオン電池に関連する標準類を表4-47～表4-50に示す。

表4-46 IECで航空機用バッテリーに関係している委員会

部会番号		委員会名称
TC21		Secondary cells and batteries (二次電池とバッテリー)
	SC21A	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes Chair: Mrs Judith A Jeevarajan (米国)、Secretary: Mr Jean-Marie Bodet (フランス) 担当分野: アルカリ性又はその他の非酸性電解質を含むすべての二次電池及びバッテリー(密閉型及び解放型)の製品及びその試験法に関する標準の作成。
	WG3	Secondary lithium cells and batteries for portable applications Convenor: Mr Alexandre Tellier (フランス)
	WG5	Secondary lithium cells and batteries for industrial applications、Convenor: Mr Jody Leber (米国)
	WG7	Aircraft Batteries、Convenor: Mr Alexandre Tellier (フランス)
	JMT18	Safety of primary and secondary lithium batteries during transport Managed by TC 35 Convenor: Mr Thomas Dittrich (ドイツ) 担当分野: 危険物の輸送に関する国連勧告の参考として使用するのに適した、輸送中の一次及び二次リチウム電池の安全性試験と要件に関する規格
TC105		Fuel cell technologies (燃料電池技術)



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(コ) IEC(つづき)

表4-47 SC21Aで開発中の規格

作業番号	題名	作業部会	発行見込み
IEC 61960-4 ED2	アルカリ性又はその他の非酸性電解質を含む二次電池とバッテリー — ポータブル型リチウム二次電池 — 第4部: コイン型リチウム二次電池およびそれを用いた電池	WG3	2024/7
IEC 62620 ED2	アルカリ性又はその他の非酸性電解質を含む二次電池とバッテリー — 産業用リチウム二次電池及びバッテリー —	WG5	2025/7

表4-48 SC21Aで発行された規格 (1/3)

規格番号	題名	概要	発行日
IEC 60952-1:2013	航空機用バッテリー 第1部: 一般的な試験要求事項と性能レベル	バッテリーの評価、比較、認定のための試験手順を定義し、耐空性に必要な最低限の性能と環境レベルを規定	2013/7/9
IEC 60952-2:2013	航空機用バッテリー 第2部: 設計と製造の要求事項	解放型又は制御弁式、モノブロックタイプの物理的設計、構製、材料の要件を規定	2013/7/9
IEC 60952-3:2013	航空機用バッテリー 第3部: 製品仕様と設計及び性能宣言 (DDP, Declaration of Design and Performance)	航空機用のニッケルカドミウム及び酸性電解質鉛バッテリーの製品仕様と酸性製品仕様及びDDPを行うための手順を規定 第1部で定義されている耐空性認定のために必要な品質基準確立に言及.	2013/7/9



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(コ) IEC(つづき)

表4-49 SC21Aで発行された規格 (2/3)

規格番号	題名	概要	発行日
IEC 61960-3:2017	アルカリ電解質又はその他の非酸性電解質を含む二次電池及びバッテリー — ポータブル型リチウム二次電池及びバッテリー — 第3部:角型及び円筒型リチウム二次電池及びそれらからなるバッテリー	ポータブル型リチウム二次電池及びバッテリーの性能試験、表示、寸法及びその他の要求事項を規定	2017/2/7
IEC 61960-3:2017	アルカリ電解質又はその他の非酸性電解質を含む二次電池及びバッテリー — ポータブル型リチウム二次電池及びバッテリー — 第4部:コイン型リチウム二次電池及びそれらからなるバッテリー	ポータブル型及びメモリバックアップ用のバックアップ電源用のコイン型リチウム二次電池及びバッテリーの性能試験、表示、寸法及びその他の要求事項を規定	2020/4/20
IEC 62133-2:2017 +AMD1:2021 CSVデータ付き	アルカリ電解質又はその他の非酸性電解質を含む二次電池及びバッテリー — 携帯用の密閉ポータブル型二次電池とそれらからなるバッテリーの安全上の要求事項 — 第2部:リチウムシステム	非酸性電解質を含む密閉ポータブル型リチウム二次電池及びバッテリーの、意図された使用状況及び合理的に予見可能な誤使用における安全な動作を保証するための要件と試験法を規定	2021/7/15
IEC 62619:2022	アルカリ電解質又はその他の非酸性電解質を含む二次電池及びバッテリー — 産業用二次リチウム電池及びバッテリーの安全要件 —	定置用を含む産業用二次リチウム電池及びバッテリーの安全な動作に関する要件とその試験法を規定	2022/5/24



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(コ) IEC(つづき)

表4-50 SC21Aで発行された規格 (3/3)

規格番号	題名	概要	発行日
IEC 62620:2014 +AMD1:2023 CSVデータ付き	アルカリ電解質又はその他の非酸性電解質を含む二次電池及びバッテリー — 産業用二次電池及びバッテリー	定置用を含む産業用二次リチウム電池及びバッテリーの表示、試験、要件を規定	2023/5/12
IEC 63056:2020	アルカリ電解質又はその他の非酸性電解質を含む二次電池及びバッテリー — 電気エネルギー貯蔵システムで使用される二次リチウム電池及びバッテリーの安全要件	最大直流公称電圧 1,500 Vの電気エネルギー貯蔵システムで使用されるリチウム二次電池及びバッテリーの製品安全性の要件と試験法を規定	2020/3/27 (2021/6/24 付け正誤表)
IEC 63057:2020	アルカリ電解質又はその他の非酸性電解質を含む二次電池及びバッテリー — 推進用ではなく道路車両で使用される二次リチウム電池の安全要件	推進用ではなく道路車両に継続して設置される二次リチウム電池の安全性試験と要件を規定 用途例: 内燃機開始動用電源、証明用、車載補機、制動時のエネルギー貯蔵	2020/1/10
IEC 63218:2021	アルカリ電解質又はその他の非酸性電解質を含む二次電池及びバッテリー — ポータブル型二次電池(リチウム、ニッケルカドミウム、ニッケル水素) — 環境側面に関するガイダンス	ポータブル型二次電池(リチウム、ニッケルカドミウム、ニッケル水素)の環境的側面に関する要件と推奨事項を規定	2021/8/30

IECにはTC2 Rotating Machineryが設置されているが、航空宇宙用途の発動機(モータ及び発電機)は対象外と規定されており、航空機用のものはSAE E-40 Electrified Propulsion Committeeで標準化が進められている。

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(サ)ANSI (American national Standards institute、米国規格協会)

現在、CMH-17では、規格作成団体として、ANSIが認証するStandards Developing Organizations (SDO) 制度との関わり方をどうするかという議論が進められている。

ANSI (American national Standards institute) は、米国の自発的な規格と適合性評価システムの管理と調整を担うNPOであり、自らは規格を作成することではなく、規格作成団体が公正な規格を作成するための枠組みや、作成する規格の質が要求レベルを満たしているかどうかを評価するシステムを提供したりする機能を担っている。ANSIが認定した標準類の多くは、参照されること (incorporation by reference) で米国連邦法に組み込まれる。

ANSIが認証する標準化団体には以下のものがある。

・Standards Developing Organizations (SDO)

市場のニーズに応じて、独立して規格・標準類を作成する機関を指し、ANSIは、米国のSDOの内、合意されたプロセス (consensus-based process) に従っているものを認証する。自発的合意基準作成団体 (Voluntary Consensus Standards Bodies (VCSBs) と呼ばれ、ANSIのホームページに掲載されている。

https://www.standardsportal.org/usa_en/resources/sdo.aspx

・ANSI-accredited Standards Developer (ASD)

規格作成手順を提出し、それがANSIの求める要件を満たすとともに、ANSIの監督 (oversight) を受けることに合意した規格作成機関に対して認められる。ASDが作成した規格は、ANSIの審査を経て、米国国家規格 (ANSI National Standard (ANS)) として承認を受けることができる。

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(サ)ANSI(つづき)

・ANSI-audited Designator

ANSI 指名規格作成者 (ANSI-audited Designator) は、ANSI 規格審議会 (ANSI Executive Standards council (ExSC)) により認証・指名され、それらの団体が作成した規格・標準類は、ANSI 規格審査委員会 (ANSI Board of Standards review (BSR)) による審査・承認を経ずにANSとして認定される。現在、以下の6機関(IAPMOは3か所)がある。

- 1) ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)
- 2) ASTM (ASTM International)
- 3) IAPMO (International Association of Plumbing and Mechanical Officials)
- 4) NFPA (National Fire Protection Association)
- 5) NSF (NSF International)
- 6) UL (UL Standards & Engagement)



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

① 標準化団体への提案を戦略的に行うために必要となる事項の整理

(サ)ANSI(つづき)

航空機に関係が深い標準化団体のANSI認定状況を表4-51に示す。

CMH-17では、自らANSIの認証を受ける(ANSI-certified SDOになる)か、既にANSIの認証を受けているSDO(今までの協力関係を考慮するとSAE internationalの可能性が高いと考える。)に加わるかが議論されている。それらの利点及び懸念点は以下のものがある。

(利点) CMH-17が発行する文書(規格・標準類)が、FAAによって適合性確認方法として受け入れられる。

この業界での中心的役割を担う機関と認知され、より高い技術や能力を有する人材を曳き付けることができる。

(懸念) CMH-17のシステムはANSIの要件をほぼ満たしているが、既存のSDOの傘下に入ると、投票システム、文書の発行、会員(委員会委員)に関する制度等において、そのSDOに合わせる必要がある。

表4-51 航空機関係の主要SDOのANSI認証状況

	ANSI-certified SDO	ANSI-accredited SD (ASD)	ANSI-audited Designator
認定機関数	52	約270	6
ASTM	○	○	○
CMH-17	—	—	—
MMPDS	—	—	—
RTCA	—	—	—
SAE	○	○	—



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

② 国際標準化を目指すことが効果的である部分及びその具体例の提案

(ア) 国際標準化を目指すことが効果的である部分

3 (1)②及び3 (2)①で述べてきたように、水素航空機並びに航空機の電動化、軽量化及び効率化に寄与する材料や技術の実用化、実装化において、標準化の果たす役割は大きい。そこで、個々の標準化団体を調査した結果から、本調査が対象としている輸送機カテゴリーの電動航空機、水素航空機、機体の軽量化、エンジンの効率化等に関係する技術、部素材の標準化については、以下の表5-1～表5-3に示す団体への働き掛けが有効であると考えられる。

表5-1 電動化に関する技術において戦略的な標準化を進める上で対象となる団体と委員会

	SAE	ASTM	EUROCAE	RTCA	IEC
全体、発動機	E-40		WG-113		
蓄電池	AE-7D			- SC-211* - SC-225*	TC21/SC21A/ WG7
配電、ワイヤ等	- AE-7C - AE-7P - AE-10 - AE-11		WG-116		

*: 現在は活動していないため、DO-311A、DO-347等の定期見直し時には、委員会が新設されるか既存委員会に割り当てられるものと思われる。



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

② 国際標準化を目指すことが効果的である部分及びその具体例の提案

(ア) 国際標準化を目指すことが効果的である部分(つづき)

表5-2 水素航空機に関する技術において戦略的な標準化を進める上で対象となる団体と委員会

	SAE	ASTM	EUROCAE	RTCA	IEC
水素	• AE-5A • AE-5CH • AE-7F	• D02.J0 • D03.14	• WG-80		
燃料電池	• AE-7F	• D03.14	• WG-80		• TC105
燃焼等	• E-31G				

表5-3 軽量化、効率化に寄与する材料技術において戦略的な標準化を進める上で対象となる団体と委員会

	SAE	ASTM	CMH-17	NCAMP	MMPDS
樹脂複合材料	• AMS P-17 • G-37		• PMC	• 全体	
金属材料	• AMS D • AMS F • AMS G				• 全体
セラミック材料	• G-37		• CMC	• 全体	
積層造形	• AM** • G-37	• F42**	• AM	• 全体 (非金属のみ)	

**：報告書の本文では言及していないが、標準化団体(委員会)として可能性があるもの



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

② 国際標準化を目指すことが効果的である部分及びその具体例の提案

(イ) 国際標準化を目指すべき具体例の提案

次世代航空機で実用化が期待されるこれらの技術分野で国際標準化を目指すことが効果的である部分については、個別の技術では、各社の技術であり、具体的な事例の開示を得ることは出来なかったが、NEDO等の国家プロジェクトでは成果や途中結果を開示していたり、数は少ないが業界団体として協力して標準化に取り組もうとしている例もあった。

例えば、NEDOの「航空機用先進システム実用化プロジェクト」の中の⑧次世代電動推進システム研究開発では、0.5 MWからMW級の電動推進システムの試作・評価を手掛けており、このような分野は、我が国も標準化作業に積極的に参画し、我が国の技術を取り入れた標準化が望まれるところである。これらの技術分野では、3 (2)① (ア)SAEの項で述べたように、E-40委員会で標準化が進められており、我が国からも多くの委員がメンバーとなっている。

そこで、今後、新たに標準化を目指す際の一助となるように、航空機の駆動用電動機として初めて型式証明を申請したMagniX社のmagni350/650のために発行された特別要件及びそれに関連してSAEで制定作業に着手された各種標準類について経理的調査を行った。また、別な事例として、Boeing787-8に搭載されたリチウムイオン電池に関する特別要件及び関連標準並びに発火インシデントに伴う標準の見直しについても事例調査を行った。標準(技術文書)の制定経過を時系列的に辿り、どのようなプロセスが迅速かつ効果的な方法で制定に結び付くかを検討する。



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

② 国際標準化を目指すことが効果的である部分及びその具体例の提案

(イ) 国際標準化を目指すべき具体例の提案(つづき)

1. 電動航空機用駆動発動機

表5-4は、MagniX社が型式証明を申請した2019年4月前後のSAE/E-40委員会 (Electrified Propulsion Committee) での標準化活動を時系列的にまとめたものである。SAEの投票システムは、3 (2)① (ア) 項の表4-4に示したように、Committeeレベルでは28日投票と14日投票があり、投票者の75%の賛成でCouncilレベルの投票に進むことができるが、ARP8677は、ドラフト初稿が提案されてからほぼ5年経っているが、まだ、Committeeレベルで議論されているようである。この間に、電動航空機関係の技術文書で共通して使用する用語とその定義 (ARP8676)、及び電動航空機の構成例 (AIR8678) は2022年8月に発行されている。

一方、FAAがパブリックコメントを募った特別要件案 (33-19-01-SC、32件、表5-5) の内、30件に対し、表5-6に示すMagniX USA, Inc. を含む11の機関(他に2人の個人)から意見が提出された。FAAはこれらのコメントを検討し、内7件については修正を行い、約10か月後の2021年9月27日に特別要件 (33-022-SC [41]) として公布している(施行は同年10月27日)。特別要件を掲載した官報には、パブリックコメントを受けて原案から修正した理由、又は修正しなかった理由を23ページにわたって述べている。

この特別要件発布を受けて、2023年1月には、出力/推力制御の喪失に至る電氣的及び電子的故障が起きないような電動機システムの設計を評価するためのガイダンスであり、各種認証を取得するための要件を満たしていることを示す手段を提供するための技術文書であるAIR7130の初稿ドラフトが発行されている。

実際の技術文書のドラフトは、Sponsorと呼ばれるまとめ役(世話人)の下に、各委員会内でボランティアを募って集まった委員からなるサブグループ内で議論されることから、単に委員会のメンバーになるだけでなく、技術文書作成のサブグループに属することが必要である。



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

② 国際標準化を目指すことが効果的である部分及びその具体例の提案

(イ) 国際標準化を目指すべき具体例の提案

1. 電動航空機用駆動発動機(つづき)

表5-4 magni350/650の型式証明申請に前後した関連標準化の経緯

日付	FAA	SAE/E-40	その他
2019/4/2		ARP8677ドラフト起案	ARP8677 “Safety Considerations for Electrified Propulsion Aircraft ”
2019/4/18			magni350/650の型式証明申請 (MagniX)
2020/11/19	特別要件案(33-19-01-SC)公布		
2021/3/8		ARP8689ドラフト起案	ARP8689 “Endurance tests for Aircraft Electric Engine ”
2021/10/27	特別要件(33-022-SC) 施行		公布は、2021/9/27 (86 FR 53508)
2022/8/1		AIR8678発行	AIR8678 “Architecture Examples for Electrified Propulsion Aircraft ”
2022/8/1		ARP8676発行	ARP8676 “Nomenclature and Definitions for Electrified Propulsion Aircraft ”
2022/10/4		AIR7128ドラフト起案	AIR7128 “Integration and Certification Considerations for Electrified Propulsion Aircraft ”
2023/1/13		AIR7130ドラフト起案	AIR7130 “Assessment of Electric Engine Failures Leading to LOPC”
????	magni350/650の型式証明の承認		2025年中頃を目標 [42]



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

② 国際標準化を目指すことが効果的である部分及びその具体例の提案

1. 電動航空機用駆動発動機(つづき)

表5-5 magni350/650への特別要件とコメントを受けての修正の有無

(注) 表中「－」はコメントがなかったもの

No.	名称	修正
1	Applicability	無
2	Engine Ratings and Operating Limits	無
3	Materials	無
4	Fire Protection	無
5	Durability	無
6	Engine Cooling	無
7	Engine Mounting Attachments and Structure	無
8	Accessory Attachments	－
9	Overspeed	無
10	Engine Control Systems	あり
11	Instrument Connection	無
12	Stress Analysis	無
13	Critical and Life-Limited Parts	無
14	Lubrication System	無
15	Power Response	無
16	Continued Rotation	無

No.	名称	修正
17	Safety Analysis	あり
18	Ingestion	無
19	Liquid Systems	無
20	Vibration Demonstration	無
21	Overtorque	あり
22	Calibration Assurance	－
23	Endurance Demonstration	あり
24	Temperature Limit	無
25	Operation Demonstration	無
26	Durability Demonstration	無
27	System and Component Tests	無
28	Rotor Locking Demonstration	あり
29	Teardown Inspection	無
30	Containment	無
31	Operation With a Variable Pitch Propeller	あり
32	General Conduct of Tests	あり



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

② 国際標準化を目指すことが効果的である部分及びその具体例の提案

(イ) 国際標準化を目指すべき具体例の提案

1. 電動航空機用駆動発動機(つづき)

報道によると、MagniX社は2025年中頃に型式証明の取得を期待している(Aviation Week Network, “MagniX Seeks Retrofit Certification Path,” 2023/3/9 [42])。これは、特別要件公布の約4年後に当たる。

表5-6 特別要件案 (33-19-01-SC) に対しコメントを提出した11の機関名

民間企業・業界団体			規制当局
• Wisk Aero	• Rolls-Royce North America	• GE Aviation	• Transport Canada Civil Aviation (TCCA)
• Ampaire Inc.	• Textron Aviation	• Associacao Das Industrias Aeroespaciais Do Brasil	• European Union Aviation Safety Agency (EASA)
• Safran Electrical & Power	• Airbus Commercial Aircraft	• MagniX USA, Inc.	



3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

② 国際標準化を目指すことが効果的である部分及びその具体例の提案

(イ) 国際標準化を目指すべき具体例の提案

2. リチウムイオン電池

表5-7は、同様に、航空機に継続して搭載されるリチウムイオン電池に関する標準化の経緯を示すものである。これに関しては、3 (1) ②(オ)において報告しているが、ここで改めて時系列的にまとめた。

型式証明の申請内容が、既存の基準で審査するには十分でないとFAAが判断し、特別要件を発行したところと同じである。特別要件案に対し、国際航空パイロット協会 (ALPA) からコメントがあったものの、5か月余りの後に原案とおりに公布されている。特別要件と並行して、RTCAでは、充電式リチウムイオン電池のための(最低)運用性能基準DO-311を制定している。

その後、2011年8月にBoeing 787-8の型式証明を取得したものの、2013年1月に起こったリチウムイオン電池の発火インシデントの事故調査委員会報告書の中でNTSBが発した安全勧告(2014年5月)により、FAAはRTCAにDO-311の改訂を依頼し、2017年12月にDO-311Aとして発行されている。

部素材技術とは直接関係ないが、事故やインシデントを受けて新たに委員会等が設立された例として、2023年に設立されたSAEの委員会S-18H (Human Considerations for Safety Assessment) 及びG-10H (Human Factors Considerations for the Certification of Flight Deck-Cockpit Equipment) がある。これらは、いずれも、2018年から2019年にかけて発生したBoeing 737 MAX 8の事故により、NTSBの安全勧告によって設立され、勧告を具現化するための標準化が進められている。

以上のように、新規標準化においては、新たな部素材や技術を適用した新型機の型式証明の申請やそれに伴って出された特別要件、不幸な事故やインシデントによる標準類の見直しを契機とするものが少なくない。そのため、特別要件案へのパブリックコメントや新規委員会での標準類作成サブグループへの参画が重要となってくる。



JFE

3 (2) 国際標準化に向けた標準化団体への提案内容・手法の検討

② 国際標準化を目指すことが効果的である部分及びその具体例の提案

(イ) 国際標準化を目指すべき具体例の提案

2. リチウムオン電池(つづき)

表5-7 リチウムイオン電池の標準化経緯

日付	FAA	RTCA	その他
2003/3/28			787-8の型式証明申請 (Boeing)
2007/4/30	特別要件案 (25-07-10-SC) 公布		
2007/11/13	特別要件(25-359-SC) 施行		公布は、2007/10/11 (72 FR 57842)
2008/3/13		DO-311発行 (SC-211)	DO-311 “Operational Performance Standards for Rechargeable Lithium Battery Systems”
2011/8/26	787-8の型式証明		
2013/1/7			JAL008便発火インシデント
2013/1/16			ANA692便発火インシデント
2014/5/22			NTSBIによる安全勧告(その1) DO-311の改訂を勧告
2014/11/21			NTSB最終報告書(JAL008便) 安全勧告(その2)を含む
2017/12/19		DO-311A発行 (SC-225)	DO-311A “Minimum Operational Performance Standards for Rechargeable Lithium Batteries and Battery Systems”



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

① 海外当局における基準の策定状況及び標準化団体の議論状況調査

海外の当局 (Civil Aviation Authorities; CAA) には、米国のFAA、欧州のEASAが代表的なものである。FAAが標準化において果たした役割については、SAEやRTCAの活動状況において触れてきたが、ここで改めて、これら2機関について述べる。

(ア) 米連邦航空局 FAA (Federal Aviation Administration)

(イ) 欧州航空安全機関 EASA (European Union Aviation Safety Agency)

① 海外当局における基準の策定状況及び標準化団体の議論状況調査

(ア) FAA (Federal Aviation Administration)

連邦航空局 (FAA, Federal Aviation Administration) は、連邦規則集第14巻「航空と宇宙」(14 CFR Aeronautics and Space) により米国内及び周辺公開における民間航空の関する規制を担っている。

FAAは、

- Air Traffic Organization (ATO)
- Aviation Safety (AVS)
- Airports (ARP)
- Office of Commercial Space Transportation (AST)
- Security and Hazardous Materials Safety (ASH)

の5部門に分かれて運営されており、民間航空機の安全に関する業務を担当しているのはAviation Safety (AVS)である。航空機の認証(型式証明及び耐空証明書)、Advisory Circularと呼ばれる通達や航空機に関連する機器・システムに安全上の欠陥が存在し、修正する必要がある場合にAirworthiness Directiveと呼ばれる指令の発行等を行う。

航空機に関連する認証は、設計 (Design Approval) 、製造 (Production Approval) 及び耐空性証明 (Airworthiness Approval) の3つからなる。それらの要求事項は14 CFR Part 21に述べられ、具体的には、表6-1に示すように製品(機体の種類・用途やエンジン等)ごとにPart 23から35のに8つに分けて述べられている。中でも、機体関係のPart 23, 25, 27及び29では、表6-2に示すように、ほぼ同じ項番号に材料や製法、構造が規定されている。

設計認証には、Type Certificate (TC)、Supplemental Type Certificate (STC)、Technical Standard Order Approval (TSOA)



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

① 海外当局における基準の策定状況及び標準化団体の議論状況調査

(ア) FAA(つづき)

及びPart Manufacturing Approval (PMA) がある。製造認証には、Production Certificate (PC)、PMA 及びTSOAが、があり、これら2種類の認証は製造業者等の者(主体)に付与される。一方、耐空性証明 (Airworthiness) は14 CFR Part 21 subpart Hに規定されており、物(航空機)に与えられる。

また、機体の変更(改修、修理、修理及び調整など)の認証は、14 CF Part 43 Maintenance, Preventive Maintenance, Rebuilding, and Alterationに規定されており、FAAでは、設計変更、修理とも、「大きな (major)」と「軽微な (minor)」に分け、異なる扱いがなされている。

表6-1 14 CFRの航空機関連規定(一部)

Part	Title	対象
21	Certification Procedures for Products and Articles	製品及び品目の承認手順
23	Airworthiness Standards: Normal Category Airplanes	小型機(普通、実用、曲芸、移動)カテゴリーの固定翼機
25	Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes	輸送(人荷)カテゴリーの固定翼機
27	Airworthiness Standards: Normal Category Rotorcraft	小型機カテゴリーの回転翼機
29	Airworthiness Standards: Transport Category Rotorcraft	輸送(人荷)カテゴリーの回転翼機
31	Airworthiness Standards: Manned Free Balloons	有人自由気球
33	Airworthiness Standards: Aircraft Engines	航空機エンジン
35	Airworthiness Standards: Propeller	プロペラ



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

① 海外当局における基準の策定状況及び標準化団体の議論状況調査

(ア) FAA(つづき)

表6-2 14 CFRの航空機関連規定(一部)

	Part 23	Part 25	Part 27	Part 29
材料及び製造方法	603 605ほか	603 605ほか	603 605ほか	603 605ほか
構造強度(静的強度)	305 307	305 307	305 307	305 307
構造強度(疲労及び損傷許容性)	573	571	571	571
検査	575			
構造強度(フラッタ性)	629	629	629	629
耐衝突性	561ほか	561ほか	561ほか	561ほか
防火性、可燃性及び耐熱関係	609ほか	609ほか	609ほか	609ほか
耐雷性	867 954 1309	581 954 981 1316	610 954 1309	610 954 1309
耐空証明(更新)	1529	1529	1529	1529



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

① 海外当局における基準の策定状況及び標準化団体の議論状況調査

(ア) FAA(つづき)

航空機に用いられる材料及びその製造プロセスについて、金属材料ではMMPDSに掲載された設計許容値を、また複合材料（樹脂複合材料に限定されない）ではNCAMP (National Center for Advanced Materials Performance) によって確立された設計許容値を民間航空機の設計許容値として受け入れるとの通達 (Memorandum) を出している。前者は2006年7月25日付け(図6-1 [43])で、後者は2010年9月20日付け(図6-2 [28])である。詳細は、それぞれ(キ)NCAMP 及び(ク)MMPDS で述べたとおりである。FAAは、材料そのものを単独で承認することはしない [44]が、MMPDS及びNCAMP/CMH-17の活動において中心的役割を果たしている。



JFE

(ア)FAA

(つづき)

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握



Federal Aviation Administration

Memorandum

Date: JUL 25 2006

From: David W. Hempe, Manager, Aircraft Engineering Division, AIR-100 

To: All Directorate Managers
All Aircraft Certification Office Managers

Subject: **INFORMATION**: Policy Statement on use of Metallic Materials
Properties Development and Standardization (MMPDS) Handbook

Effective immediately, the Metallic Material Properties Development and Standardization (MMPDS) Handbook is accepted as the replacement for the "Department of Defense Handbook: Metallic Materials and Elements for Aerospace Vehicle Structures," designated MIL-HDBK-5, which is no longer published.

図6-1 MMPDSを金属材料の公的な設計許容値と認めるという通達 [43]



JFE

(ア)FAA

(つづき)

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握



Federal Aviation Administration

Memorandum

Date: SEP 20 2010

To: All Directorate Managers
All Aircraft Certification Office Managers

Subject: INFORMATION: Acceptance of Composite Specifications and
Design Values Developed using the NCAMP Process

Memo No.: AIR100-2010-120-003

Summary

This policy memorandum provides clarification on the acceptability of material specifications and allowables developed by the National Center for Advanced Materials Performance (NCAMP) for composite materials. NCAMP has published a standard operating procedures document detailing the organization, methods and processes they will use to work with material suppliers, manufacturers, and regulatory bodies to develop composite material specifications and limited associated material allowables. These

図6-2 NCAMPのデータを複合材料の公的な設計許容値と認めるという通達 [28]



3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

① 海外当局における基準の策定状況及び標準化団体の議論状況調査

(イ) EASA (European Union Aviation Safety Agency)

欧州航空安全機関 (EASA, European Union Aviation Safety Agency) は、欧州連合の専門機関の一つとして、欧州の民間航空分野における各種調整を行う。FAAと同様、各種承認を行っていることから、両者は協調して活動を行っており、その一例が、毎年開催されているEASA-FAA International Aviation Safety Conferenceである。

EASAにおいて、FAAの14 CFRに相当するものは、CS (Certification Standards) と呼ばれている。その対応表を表6-3に示す。両機関は、相違点を重要なもの (significant) とそうでないもの (non-significant) に分けて、FAAは“List of Significant and Non-Significant Standards Differences (SSD and non-SSD)” [45]、EASAは“EASA Significant Standards Differences (SSD) between EASA and FAA airworthiness codes”[46]として公表している。

表6-3 EASAのCSとFAAの14CFRの対応表

FAA		EASA	
14 CFR 21	Certification Procedures for Products and Parts	CS-21	Acceptable Means of Compliance and Guidance Material
14 CFR 23	Normal category Airplanes	CS-23	Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Aeroplanes
14 CFR 25	Transport Category Airplanes	CS-25	Large Aeroplanes
14 CFR 27	Normal Category Rotorcraft	CS-27	Small Rotorcraft
14 CFR 29	Transport Category Rotorcraft	CS-29	Large Rotorcraft
14 CFR 33	Aircraft Engines	CS-E	Engines
14 CFR 35	Propellers	CS-P	Propellers



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(ア) 国内の最新の技術動向や政府の支援策

国内では、(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構により、表7-1に示す研究開発が推進されている(2023年度実施中のもの)。これらについて、NEDO及び実施策へのヒアリングにより収集した情報も合わせて、報告する。

表7-1 現在実施中の航空機に関するNEDOプロジェクト

	期間(年度)	予算	推進部署
航空機用先進システム実用化プロジェクト ⑧次世代電動推進システム研究開発(テーマ①～⑦を除く)	2019-2023	94億円	ロボット・AI部
次世代航空機の開発	2021-2030	211億円	材料・ナノテクノロジー部
次世代複合材創製・成形技術開発プロジェクト	2020-2024	60億円	材料・ナノテクノロジー部
航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業	2021-2025	54億円	材料・ナノテクノロジー部



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(ア) 国内の最新の技術動向や政府の支援策

1. NEDO「航空機用先進システム実用化プロジェクト」[47]

⑧ 次世代電動推進システム研究開発

表7-2 次世代電動推進システム研究開発

No.	テーマ	概要	委託先(2023年度)
1	高効率かつ高出力電動推進システム(超電導)	液体水素を燃料とするガスタービンで発電した電力でモータを駆動 500 kW級超電導モータ及び1 MW級超電導推進システムの試作・評価	・九州大学 ・大陽日酸 ・Faraday Factory Japan ・昭和電線ケーブルシステム ・産業技術総合研究所
2	軽量蓄電池	500 Wh/kgのエネルギー密度が達成できる軽量蓄電池のに向けた硫黄を用いた正極活物資の研究開発 400 Wh/kg軽量蓄電池の試作と蓄電池システム構築、検証	・GSユアサ ・関西大学
3	電動ハイブリッドシステム(常電導)	MW級の電動推進システムの達成に向けた電動機の試作、電源システム、熱・エアマネジメントシステム(燃料廃熱熱交換器の耐久性評価等)の構築	・IHI ・東京大学 ・岡山大学 ・秋田大学 ・秋田県立大学 ・立命館大学 ・大阪産業大学
4	推進用電動機制御システム(常電導)	性能評価、環境試験、耐久試験の実施 装備品の適合性証明計画書等の文書作成	・多摩川精機



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(ア) 国内の最新の技術動向や政府の支援策

2. NEDO「次世代航空機の開発」[48]

表7-3 次世代航空機の開発のテーマ及び実施内容

テーマ	実施内容	委託先
1. 水素航空機向けコア技術の開発		
①水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発	気化器・燃料制御システム等の補機を含めた水素航空機向けエンジンシステム、及びNOx規制値にも対応可能な航空エンジン用水素燃焼器の開発	川崎重工業
②液化水素燃料貯蔵タンク開発	タンク構造軽量化に必要な薄型断熱構造、燃料供給装置構造、タンク支持構造、タンク内の温度・圧力制御システムに係る研究開発	川崎重工業
③水素航空機機体構造検討	2,000～3,000kmの航続性能を有する水素航空機のベース機体TRA (Technical Reference Aircraft) を策定	川崎重工業
2. 航空機主要構造部品の複雑形状・飛躍的軽量化の開発		
①生産高レート化、複雑形状化に係る研究開発	機体軽量化の為に一体化成形技術と設計ひずみの改善、複合材適用拡大の為に生産高レート化、将来高効率機体に必要な部品の複雑形状化に係る研究開発	三菱重工業
②熱可塑複合材製大型一体成形エルロンの研究開発	金属構造エルロンに対し30%以上の重量軽減を可能とする熱可塑複合材を適用した大型一体成形エルロンの研究開発	新明和工業



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(ア) 国内の最新の技術動向や政府の支援策

3. NEDO「次世代複合材創製・成形技術開発プロジェクト」[49]

表7-4 次世代複合材創製・成形技術開発プロジェクト

No.	テーマ	概要	委託先(2023年度)
1	複合材時代の理想機体構造を実現する機体設計技術の開発	熱可塑性CFRPを用いた機体設計シミュレータ、空力解析、バーチャルテストングの研究開発	・東北大学 ・東レ ・JAXA ・IHI ・電気通信大学 ・川崎重工業 ・上智大学 ・三菱重工業 ・SUBARU
2	熱可塑性CFRPを活用した航空機用軽量機体部材の高レート成形技術の開発	高レートフロアパネルの設計・解析、溶着接合技術を含む試作 超高速自動積層技術、一体成形技術の開発	・新明和工業 ・ジャコム ・川崎重工業 ・津田駒工業
3	航空機部品における複合部材間および他材料間の高強度高速接合組立技術の開発	熱可塑、熱硬化、アルミニウム合金から成るマルチマテリアル系構造に関する研究開発(接合技術、環境試験、損傷許容設計技術)	・東レ ・金沢工業大学 ・産業技術総合研究所 ・東北大学 ・九州大学
4	高レート・低コスト生産可能なCMC材料およびプロセス開発	1400℃級CMC部品の製造技術開発により航空機エンジンへのCMC実用化プロセスの省力化、最適化	・川崎重工業 ・豊田自動織機 ・東北大学 ・イビデン ・JAXA



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(ア) 国内の最新の技術動向や政府の支援策

4. NEDO「航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業」[50]

表7-5 航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業

No.	テーマ	概要	委託先(2023年度)
1	革新的エンジン部品製造プロセス開発	超合金性ディスク材の熱間鍛造技術(抵抗式及び誘導加熱式金型システムを含む)の開発及び試作材の評価	・プロテリアル
2	革新的合金探索手法の開発	ハイレントロピー合金を含む多元系材料のハイスループット作製(DED法)・評価システムの構築 米国の超合金(HEAを含む)の特許、文献調査	・産業技術総合研究所 ・JRCM ・JX金属
3	航空機エンジン用評価システム基盤整備	NIMS開発ニッケル基超合金(ディスク材、ブレード材)の評価、データベース構築とスペック確立 ディスク材の疲労破壊統計 鋳塊法、粉末法によるディスクの試作	・NIMS ・川崎重工業 ・三菱重工航空エンジン ・本田技術研究所 ・IHI ・三菱重工業



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(ア) 国内の最新の技術動向や政府の支援策

5. SIP「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」

表7-6 統合型材料開発システムによるマテリアル革命 [51]

テーマ	実施内容	委託先
1. 炭素繊維強化プラスチック(CFRP)		
【B1】 多機能CFRPの開発による高付加価値化	T800SC/BR100を含む難燃性CFRPの評価、データベースの構築を行うとともに、それらのデータを用いて燃焼や変形のシミュレーション解析を行った。 CFRP向けMIシステムであるCoSMICに各種ソフトウェアを実装し、整合性確認機構や可視化ソフトウェア連携方式の完成を進めている。	東レ、東北大、兵庫県立大、京都大、金沢工大、NIMS、日本電気
【B2】 AI援用積層最適化によるCFRP設計・製造自動化技術の開発	生産性向上のためロボットによるAFP積層装置の開発に取り組み、AFP装置の特長を活かした設計手法により、懸念されるGap/Lapによる強度低下を解消、20%の軽量化と5倍の生産性達成の目途をつけた。	三菱重工、JAXA、高エネ研、神戸大、名古屋大、九州大、東京大、北海道大、大阪公立大、信州大
【B3】 薄層材自動積層によるCFRPの3D高自由度設計技術の開発	離型紙に代わり離型ベルトや利計基材をコーティングした金属ベルトを用いることにより、コスト低減を達成。高自由度AFP装置により可変幅ステアリング積層を可能とした。また、高自由度設計領域に対応した許容値データベースを構築し、その活用により主翼外板の10%軽量化を達成した。	東京大、東京理科大、JAXA、東京農工大、SUBARU、福井工技セ、



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(ア) 国内の最新の技術動向や政府の支援策

5. SIP「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」(つづき)

表7-7 統合型材料開発システムによるマテリアル革命 [51]

テーマ	実施内容	委託先
2. 粉末・3D積層		
【C1】 Ni基合金の3D積層造形プロセスの開発	既存合金を改良するとともに、積層造形方法の改善により、新規ニッケル基合金製燃焼バーナを試作し、要求特性を満たす燃焼試験を達成した。また、水素環境で使用される材料データベースを蓄積した。	川崎重工、大阪大、NIMS
【C2】高性能化のためのNi粉末鍛造プロセスの開発		
【C2-1】粉末鍛造ディスク材の製造プロセス開発	サブスケールディスク試作データを活かした予測技術に基づき、実機スケールディスクを試作し、コストを欧米の2/3に低減できる見通しを得た。	三菱重工、NIMS、本田技術研、三菱重工航空エンジン、北海道大、東北大
【C2-2】粉末鍛造ディスク材の製造プロセス開発	FAA後任金属データベースに準じ、プロセス、組織、特性評価のスペック項目を確立し、データ収集に着手した。 合金組成と組織から特性を予測し、許容組成範囲、均質化条件の決定する手法を確立、その特性に基づいて、モデルエンジンによるCO2排出量削減効果を見積もった。	NIMS、三菱重工、JAXA、本田技術研、三菱重工航空エンジン、IHI、川崎重工



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(ア) 国内の最新の技術動向や政府の支援策

5. SIP「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」(つづき)

表7-8 統合型材料開発システムによるマテリアル革命 [51]

テーマ	実施内容	委託先
2. 粉末・3D積層		
【C3】 Ti合金の粉末・3D積層造形プロセスの開発	「経済型粉末製造技術」と「粉末特性を生かす造形技術」と特性の関係を体系化し、造形体特性データベース化に着手(A2プロジェクトに引継ぎ) 粉末製造や造形などの工程毎にMIシステムを作成し、サプライチェーン全体を繋ぐMIシステム構築を目指している。	IHI、東北大、大阪チナニウム、日本積層造形
【C4】 高性能TiAl基合金動翼の粉末造形プロセス基盤技術構築と開発	独自に構築したMIシステムを活用し、既存の合金を凌駕する特性を有する全長が200 mmを超える低圧タービン動翼の設計、製造、形状付与をMIMプロセスにより世界で初めて実証。AM (EBM) プロセスでも試作に成功している。	東京工大、三菱重工航空エンジン、神戸製鋼、大阪冶金興業、大阪大
【C5】 セラミックス基複合材料の航空機エンジン部材化技術の開発	CMC特有のデータ取得法、全体加熱型力学試験装置による試験法、レーザ加熱を用いた試験法、組織認識アルゴリズムを開発するとともに、X-FEM力学モデル構築を行って、各モジュールの稼働に必要なデータ取得技術を提供。	東京工科大、三菱重工航空エンジン、IHI、川崎重工、東京大、JAXA



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

1. Electrified Powertrain Flight Demonstration (EPFD) Project [52]

NASAでは、次世代の電動航空機を実用化するための航空機電動推進 (Electrified Aircraft Propulsion (EAP)) 技術の実証試験を陸上及び飛行中に行うために、EPFD(電動パワートレイン飛行デモ) Projectを実施中である。このプロジェクトは、Integrated Aviation Systems Program (IASP、航空システム統合プログラム) [53] 内の一つである。

本プロジェクトは、乗客数100人未満の小型リージョナル航空機や長距離飛行が可能な乗客数180人未満の単通路機の実用化に向けて、今後、少なくとも2回のデモ飛行を行い、2030年から2035年の間に商業実用化に繋げることを支援するものである。

研究開発成果は、表8-1及び表8-2に示す論文にまとめられ、NASAから公開されており、標準化の点から興味深いものも多い。

表8-1 NASA Electrified Powertrain Flight Demonstration Projectの研究開発成果(2023年発表分)[54]

タイトル	概要
Impedance Measurements of Motor Drives and Supplies in NASA NEAT Facility	NASA Glen研究センターにあるの電動航空機テストベッド (NEAT) 電力システム (EPS) 施設で行われた試験結果。電源と負荷(モータ等)のインピーダンス特性を測定。
Impedance Measurements of Motor Drive and Supply in SPEED Testbed	NASA Glen研究センターにある小電力テストベッド (SPEED) で行った様々な負荷条件下での直流電源とモータ等の負荷装置のインピーダンス特性を測定。上の論文と対をなすもの。
The Electric Aircraft EcoSystem: Performance Potential, Economics and Societal Impact in the Age of Sustainable Air Travel	電動航空機のエコシステム(全体の体制)について分析。電動化はSAFと水素の戦略と補完的な面があり、規制上のギャップを埋めるために規制当局、機体メーカー、新興産業の協力が必要。



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

表8-2 NASA Powertrain Flight Demonstration Projectの研究開発成果(2022年発表分)[54]

タイトル	概要
Advanced 2030 Single Aisle Aircraft Modeling for the Electrified Powertrain Flight Demonstration Program	2030年の電動化航空機実用化に向けて、2030年に達成されるであろう最先端の技術を適用した2クラス(100人及び150人乗り)の非電動化航空機モデルを設計し、共に20%強の燃費改善が達成されることを示した。
Advanced 2030 Turboprop Aircraft Modeling for the Electrified Powertrain Flight Demonstration Program	上記と同様の手法で19人乗り及び50人乗りの機体を設計し、前者で30%、後者で35%の燃費改善を確認した。
An MBSE Framework to Identify Regulatory Gaps for Electrified Transport Aircraft	Model-based Systems Engineering (MBSE) により、電動航空機の認証を取得する際に障害となりうるギャップ分析を行った。
Modeling and Simulation of a Parallel Hybrid Electric Regional Aircraft for the Electrified Powertrain Flight Demonstration (EPFD) Program	19人乗りと50人乗りの2機種について、従来型推進モデルをパラメトリックモデリングにより設計を行い、50人乗り機については、パラレルハイブリッド型電動航空機の構成での運用モード解析を行った。
Modeling and Simulation of a Parallel Hybrid-Electric Propulsion System – Electrified Powertrain Flight Demonstration (EPFD) Program	環境設計空間シミュレーションツールを用いて、パラレルハイブリッド型電動航空機の様々な運航モード(電動タキシング、上昇及び離陸ブースト等)モデリング及びシミュレーションを実施。
Projecting Power Converter Specific Power Through 2050 for Aerospace Applications	2050年までの電力コンバータの比電力 (kW/kg) 及び効率の推移を予測した結果、2050年の予想比出力は12~52.9 (kW/kg)となった。
Specific Power and Efficiency Projections of Electric Machines and Circuit Protection Exploration for Aircraft Applications	2030年から2050年までの航空機用電動機の比出力と効率の推移を、保守的、計画、挑戦的なケースについて予測。挑戦的なケースの場合2050年で効率0.989、比出力50 kW/kgであった。



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

2. CLEEN (Continuous Lower Energy, Emissions, and Noise) Program

FAAにより騒音、排出ガス、燃料消費を削減するプログラムとしてCLEEN Programが実施されている。現在、Phase 3が進行中であり、Phase 1から、Phase 4(計画中)の概要を、**表8-3**に示す。

本プログラムは補助率50%を上限とする補助事業であり、実績としては、Phase 2までの累計で、FAAの支出が225百万ドル、企業の支出が388百万ドル(補助率:37%)であった。

毎年5月と11月にコンソーシアム会議が開催され、参加企業は進捗状況を報告することになっている。このコンソーシアム会議及び各Phaseの終了報告書はFAAのCLEEN Programのホームページで公開されている [55]。



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

表8-3 CLEEN (Continuous Lower Energy, Emissions, and Noise) Programの概要 [55]

分野	Phase 1 (2010-2015)	Phase 2 (2016-2020)	Phase 3 (2021-2026)	Phase 4 (2025-2029)
参加企業	Boeing, GE Aerospace, Honeywell, P&W, Rolls-Royce	Aurora Flight Science, Collins Aerospace, America's Phenix/Delta TechOps/MDS Coating Technologies + Phase 1	Safran + Phase 2	2024年に公募予定
騒音低減	Stage 5までの累計で25 dBの累積ノイズ削減 地域住民の騒音暴露低減 (Phase 3)			
燃料消費	2000年時に供用されている同じクラスで最良の機種種の燃費に対して、33%削減	同左、40%削減	CAEP/10 (2016) 燃費基準から20%削減	CAEP/10 (2016) 燃費基準から35%削減、天候への影響を低減
NOx排出削減	CAEP/6 (2004) 排出基準に対し、離着陸時排出量60%削減	CAEP/8 (2010) 排出基準に対し、離着陸時排出量70%削減 (CAEP/6に対しては75%減)		CAEP/8 (2010) 排出基準に対し、離着陸時排出量70%削減 航空業全体量の削減
不揮発性粒子排出削減	—	—	CAEP/11 (2019) 基準に対し削減	CAEP/11 (2019) 基準に対し、量、数とも50%削減
実施目標年	2018	2026	2031	2035



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

3. ULTIMATE Program (Ultrahigh Temperature Impervious Materials Advancing Turbine Efficiency)

米国では、エネルギー省 (Department of Energy) の一部門であるAdvanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E) が主導するULTIMATE Program (Ultrahigh Temperature Impervious Materials Advancing Turbine Efficiency) において、コーティング無しで1,300℃まで使用可能な材料、コーティングして1,800℃以上で使用可能な材料の開発を目指してニオブ基超合金、ハイレントロピー合金他の合金の開発を進めており、ジェットエンジンの効率化を目指す上で、興味深いテーマも多い。当然ながら、米国の研究機関(国立研究所、大学、民間企業)が中心であるが、Rolls-Royce(英国)もボーイングと組んでタービンブレード用材料の開発を行っている。表8-4に Phase 1及びPhase 2の開発目標を示す。

これは、ニッケル基超合金を凌ぐ、所謂“Beyond Nickel-based Superalloys”を目指すもので、2021年に着手したPhase 1の成果がARPA-Eのホームページで公開されている [55]。また、Beyond Nickel-based Superalloysについては、同名の国際会議が定期的開催されており、第1回が2013年(ドイツ)、第2回が2016年(英国)、第3回が2019年(日本)、第4回が2023年(ドイツ)で開催されている。



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

表8-4 ULTIMATEの開発目標 [56]

	Phase 1	Phase 2
クリープ	< 2% at 1,300°C, 200 MPa, 100hr	—
室温伸び	> 1.5%	—
室温破壊靱性	> 10 MPaVm	—
被覆性能	大気中で1,700°Cに晒されても母材は延性を維持できること	大気中で1,700°Cに晒した後もクリープ特性維持すること
製造性	寸法精度良く、試験片加工が可能なこと	小型タービン動翼が製造可能なこと
0.2%耐力	—	≥ 400 MPa at 1,300°C
固相線温度	—	$\geq 1,500^\circ\text{C}$
密度	—	≤ 9.0 g/cc
熱膨張係数	—	$\leq 2\%$ (RT-1,300°C)
熱伝導率	—	RT: 9-12 W/mK 1,300°C: ≥ 24 W/mK
熱機械疲労特性	—	$\geq 1,000$ サイクル $\varepsilon=0.45\%$ 、 $R=-1$, 100-1,300°C



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

4. Clean Aviation Joint Undertaking

EUの新しい成長戦略である欧州グリーンディール及び2050年までの航空輸送の気候中立を達成するための航空機技術に係る新しい破壊的技術 (disruptive technologies) を開発するために、Clean Aviation Joint Undertaking (CAJU) プログラムが実施されている [57]。

欧州理事会で採択された理事会規則 2021/205には、以下に示す3つの具体的目的が掲げられている。

- (i) 2020年時点の最新技術に対して、30%以上の温室効果ガスの排出を削減できる破壊技術を2030年までに開発する。
- (ii) 2050年までに気候中立が達成できるように、2035年までにそれらの破壊的技術が実機に搭載されること。そして、2050年までに、運航されている機体の75%がそれらの新技術を搭載した機種に置き換わることを目指す。
- (iii) 気候中立化のための航空技術革新のバリューチェーンの実現の普及と支援をおこなうこと。

EU Horizon フレームワークプログラムをにおいて実施されたClean Sky (2008-2018) 及びClean Sky 2 (2014-2024) [58]の成果の基にこれらの目的を達成することが求められている。機体カテゴリー（主にサイズによる分類）別の具体的目標値を表8-5に、またそれらの先進技術を他のカテゴリーの機体へ転用した場合に期待される効果を表8-6に示す [59]。

プログラムは、推進力 (Thrust) 源 によって3つのグループに分けられ、更に主たる開発技術により数多くのプロジェクトに分けられている。それらを表8-7から表8-11に示す [59]。EU Horizon フレームワークプログラムでは、他にも、ULTIMATE（タービンエンジンの超低排出ガス技術開発、2015/9-2018/8）、IMOTHEP（電動ハイブリッド、2020/1-2024/6）、ENABLEH2（水素のマイクロミックス燃焼や燃料システムの熱管理、2018/9-2021/8）などが実施されている。



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

表8-5 機体カテゴリー別Clean Aviationの目標 [59]

機体種別	達成すべき重要技術	実機搭載	燃料消費量	ガス排出量	排出ガスに占める比率
リージョナル機	高効率機体形状と組み合わせた電動ハイブリッド分散型推進技術	2035年頃	50%削減	90%削減	5%
中短距離機	先進超高効率機体形状 超高効率ガスタービンエンジン 超高バイパス比エンジン	2035年頃	30%削減	86%削減	50%

表8-6 他の機体カテゴリーへの転用効果 (Clean Aviation) [59]

機体種別	達成すべき重要技術	実機搭載	燃料消費量	ガス排出量	排出ガスに占める機種比率
長距離機 ビジネス機	先進超高効率機体形状 Drop-in SAF用高効率エンジン ハイブリッド APU	2040年頃	30%削減	86%削減	約45%
小型機 コモュータ機 回転翼機	電動ハイブリッド及びバイオ燃料 先進蓄電技術と組み合わせた燃料 電池式完全電動駆動	2030年以降	N/A	87-100%削減	約1%



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

表8-7 Clean Aviationの個別プロジェクト (1/5) [59]

分類(航続距離等)	プロジェクト名	期間	開発技術
SMR (Ultra Efficient Short and Medium Range Aircraft)	ACAP (AirCRAFT Architecture and technology integration Project)	2023/1- 2026/6	SMR向けSAF及び液体水素技術
	OFELIA (Open Fan for Environment for Hybrid-Electric Regional Architectures)	2022/11-2025/12	SMR向けTRL5のオープンファンエンジン構成
	SWITCH (Sustainable Water Architecture and technology integration Project)	2023/1-2025/12	ハイブリッド水補強ターボファン
	HEAVEN (Hydrogen Engine Architecture Virtually Engineered Novelty)	2023/1-2026/12	SMR向けUltraFan®
	FASTER-H2 (Fuselage, Rear Fuselage and Empennage with Cabin and Cargo Architecture Solution validation and Technology for H2 integration)	2023/1-2026/3	超高効率水素対応型機体構造(胴体後部及び尾部)



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

表8-8 Clean Aviationの個別プロジェクト (2/5) [59]

分類(航続距離/推進力等)	プロジェクト名	期間	開発技術
SMR (Ultra Efficient Short and Medium Range Aircraft)	UP Wing (Ultra Performance Wing)	2023/1-2026/6	超高性能主翼(高アスペクト比 SAF翼技術)
	AWATER (Advanced Wing MATuration And integration)	2024/1-2026/12	超高性能翼技術並びに短距離及び中短距離飛行機用翼技術(ウイングレット)
	COMPANION (COMMon Platform and Advanced Instrumentation readiness for ultra efficient propulsion demonstration)	2024/1-2026/12	短距離及び中短距離飛行機向け超高効率推進システムの認証用デモ機(ケロシン及びSAF対応)
HER (Hybrid Electric Regional Aircraft)	HERA (Hybrid-Electric Regional Architecture)	2023/1-2026/12	電動ハイブリッド(リージョナル機) Class A(ツインエンジン機)、Class B(分散推進)
	AMBER (InnovActive DeMonstrator for hybrid-Electric regional Application)	2023/1-2026/3	MW級電動ハイブリッド推進 燃焼エンジン、燃料電池、電動機、ギアボックス及びプロペラ



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

表8-9 Clean Aviationの個別プロジェクト (3/5) [59]

分類(航続距離/推進力等)	プロジェクト名	期間	開発技術
HER (Hybrid Electric Regional Aircraft)	HE-ART (Multi-MW Hybrid-Electric propulsion System for regional Aircraft)	2023/1-2026/12	MW級電動ハイブリッド推進 燃焼エンジン、電動機、ギアボックス及びプロペラ、電力管理
	TheMa4HERA (Thermal Management for Hybrid Electric Regional Aircraft)	2023/1-2026/12	熱管理システム、キャビンへの空気の供給、コンデショニング、分配 電動ハイブリッドシステム冷却
	HECATE (Hybrid Electric regional Aircraft distribution Technologies)	2023/1-2025/12	高電圧電力供給統合、一次及び二次電力分配、電力変換/制御/ケーブル/コネクタ
	HERWINGT (hybrid Electric Regional Wing Integration Novel Green technologies)	2023/1-2025/12	革新的翼構成(カンチレバー、ストラットブレース、分散推進、高アスペクト比)、先進複合材料製翼、電動ハイブリッド推進システム統合、
	HERFUSE (Hybrid-Electric Regional FUSlage & Empennages)	2024/1-2026/12	革新的機体胴部及び機体尾部構造、先進複合材料構造、電動ハイブリッドエネルギー貯蔵システム統合
	ODE4HERA (Open Digital Environment for Hybrid-Electric Regional Architecture)	2024/1-2026/12	電動ハイブリッドリージョナル機向けオープンデジタルプラットフォーム (MBSE, MDO, SDM, PLM)



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

表8-10 Clean Aviationの個別プロジェクト (4/5) [59]

分類(航続距離/推進力等)	プロジェクト名	期間	開発技術
HPA (Hydrogen Powered Aircraft)	HYDEA (HYdrogen DEmonstrator for Aviation)	2023/1-2026/12	水素燃焼システム、エンジン燃料供給システム、エンジン統合及び制御、
	CAVENDISH (Consortium for the AdVent of aero-ENgine Demonstration and aircraft Integration Strategy with Hydrogen)	2023/1-2026/12	水素燃焼システム、永代水素燃料システム、エンジン統合及び制御、低温貯蔵圧縮水素タンクシステム
	NEWBORN (NExt generation high poWerfuel cells for airborne applications)	2023/1-2026/6	燃料電池、高電圧バッテリーシステム、電動推進システム、液体水素貯蔵
	H2ELIOS (HydroEn Lihtweight & Innovative tank for zero-emission aircraft)	2023/1-2025/12	複合材料断熱フォームタンク、液体水素充填システム、タンク圧力制御システム、SHM(構造ヘルスマニタリング)/水素センサー
	fLHYing Tank (flight demonstration of a Liquid HYdrogen load-bearing tank in an unmanned cargo platform)	2023/1-2025/12	複合材料断熱構造のタンク、液体水素の再充填及び供給システム、タンク圧力制御システム



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

② 国内外の最新の技術動向や政府の支援策

(イ) 欧米の最新の技術動向や政府の支援策

表8-11 Clean Aviationの個別プロジェクト (5/5) [59]

分類(航続距離/推進力等)	プロジェクト名	期間	開発技術
HPA (Hydrogen Powered Aircraft)	TROPHY (Technological Research On Propulsion by Hydrogen)	2024/1-2026/12	水素燃料システム開発、廃熱回収システム、航空機エンジン制御統合、飛行テスト準備
	FAME (Fuel cell propulsion system for Aircraft Megawatt Engines)	2024/1-2026/12	燃料電池電力システム、電動推進システム、液体水素貯蔵
	HEROPS (Hybrid Electric Zero Emission Propulsion System)	2024/1-2026/12	燃料電池電力源、電動推進システム、液体水素貯蔵

③ルール形成によって創造・拡大できる国際市場予測及びCO2削減効果

電動航空機や水素航空機、機体の軽量化やエンジンの効率化により、CO2排出量の削減が期待されるが、今回の調査から、従来とは大きく異なる新しい技術や材料の採用においては、既存のルールではその安全性が保障されない可能性があることが分かる。そこで、これらの新しい概念の航空機の実用化においては、新たなルール（標準類や規制当局による通達等）が必要となるものの、その結果、新たな市場の拡大がもたらされる。

そこで、これらの新技術によって拡大される市場やCO2削減効果は、新たなルール形成の効果にほぼ等しいと見做すことが出来ると考え、電動航空機と水素航空機を中心にその効果を調査した。

（ア）CO2削減効果

国際的な航空業界の専門家が集まって、2050年までに炭素排出を実質ゼロにする（カーボンニュートラル）という目標の達成に向けた活動を行っているNPOである Air Transport Action Group (ATAG、航空輸送行動グループ) は、報告書“WAYPOINT 2050(2021年9月発行)” [60]において、目標達成の手段を以下の4つに分けている。

- T) 航空技術開発 (Technology developments)
- O) 運航技術とインフラの改善 (Operations and infrastructure improvements)
- F) 持続可能な航空燃料 (Sustainable aviation fuel; SAF)
- M) 排出権取引等 (Offsets for other carbon mitigation options)

更に、それぞれのCO2削減手段に達成レベル (T1～T5、O1～O3、F1～F4、M0～M3) を設定しており、本調査に関係の深い「航空技術開発」については、表9-1に示す5つのレベルに分けている。これらの組み合わせの中から、ベースラインとしてSAF利



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

③ルール形成によって創造・拡大できる国際市場予測及びCO2削減効果

(ア)CO2削減効果(つづき)

用が低く留まる場合と高くなる場合の2ケースを含め、合計5つのシナリオを設定し、2050年のカーボンニュートラル達成するために各手段が担うべき低炭素化への貢献度割合を試算している(図9-1)。技術開発の貢献分のみによる寄与の推移をレベル別に示したものが、図9-2である。

図9-3には、航空機の脱炭素化に適用される機種セグメント別技術の推移予測を示す。最も技術開発の成果が反映されるレベルT5においても、2030年までには小型機の電動化や、短距離機のハイブリッド化への着手が進むものの、CO2の排出量削減効果はあまり認められず、効果が現れるのは2035年以降である。これは、CO2排出量に占めるこれらの機種セグメント(機体サイズカテゴリー)が占める割合が比較的小さいことによる。図9-4に機種セグメント及び飛行距離別のCO2排出量比率を示す。これらの図からもわかるように、2030年時点でコムータ機及びリージョナル機がCO2の総排出量に占める比率は、4%未満と僅かである。



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

③ルール形成によって創造・拡大できる国際市場予測及びCO2削減効果

(ア)CO2削減効果(つづき)

表9-1 航空技術開発のレベルと想定内容 [60]

分類	レベル	内容
T1	基準(ベースライン)	機種を更新においては、現在の最新機 (Boeing 737MAX, 777X等) で代替する。現実的な案ではないが、基準として設定。
T2	控えめな新技術	技術開発は今までと同様にペースで進むものの、機体構造は現在と同じで、燃料も化石燃料かSAF。
T3	革新的な機体構造	燃料は、現在と同じかSAF。機体構造は、ストラット&ブレース構造や胴翼一体構造等の革新的機体構造。
T4	電動化進行型	100座席未満の機種はバッテリー式、もう少し大きな機種はハイブリッド型。2035-40年頃に運航開始。
T5	理想の技術レベル	100-200座席の単通路機のカーボンゼロ排出化(おそらく水素)。小型機のバッテリーによる電動化と、より大きな機種のハイブリッド化をT4よりも前倒し(2030年頃)。



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

③ルール形成によって創造・拡大できる国際市場予測及びCO2削減効果

(ア)CO2削減効果(つづき)

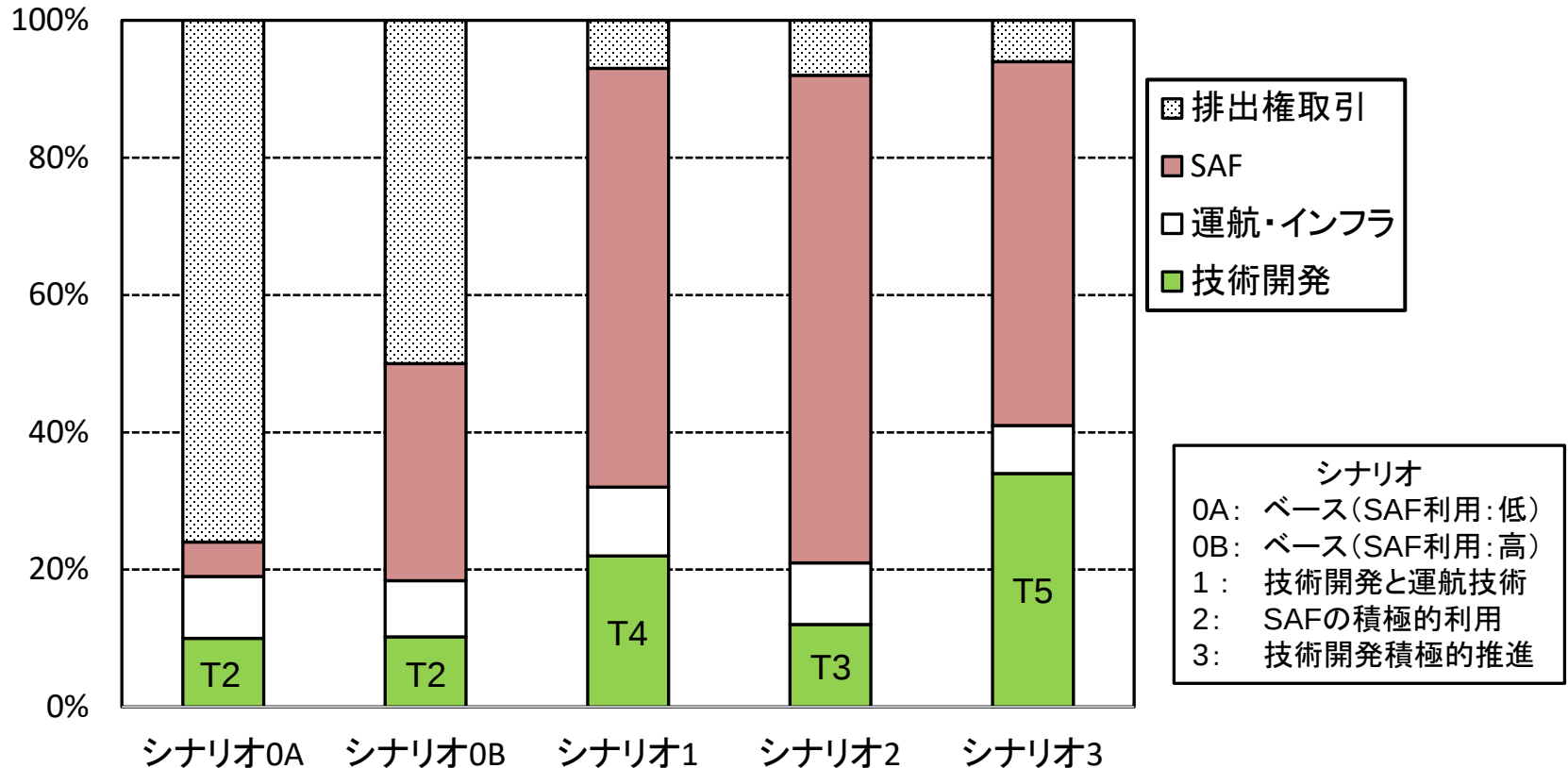


図9-1 シナリオ別各削減手段の負担割合(T2、T3、T4の種別は表9-1に示す)

出所: 文献 [60]を参考にJFE-TEC作成



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

③ルール形成によって創造・拡大できる国際市場予測及びCO2削減効果

(ア)CO2削減効果(つづき)

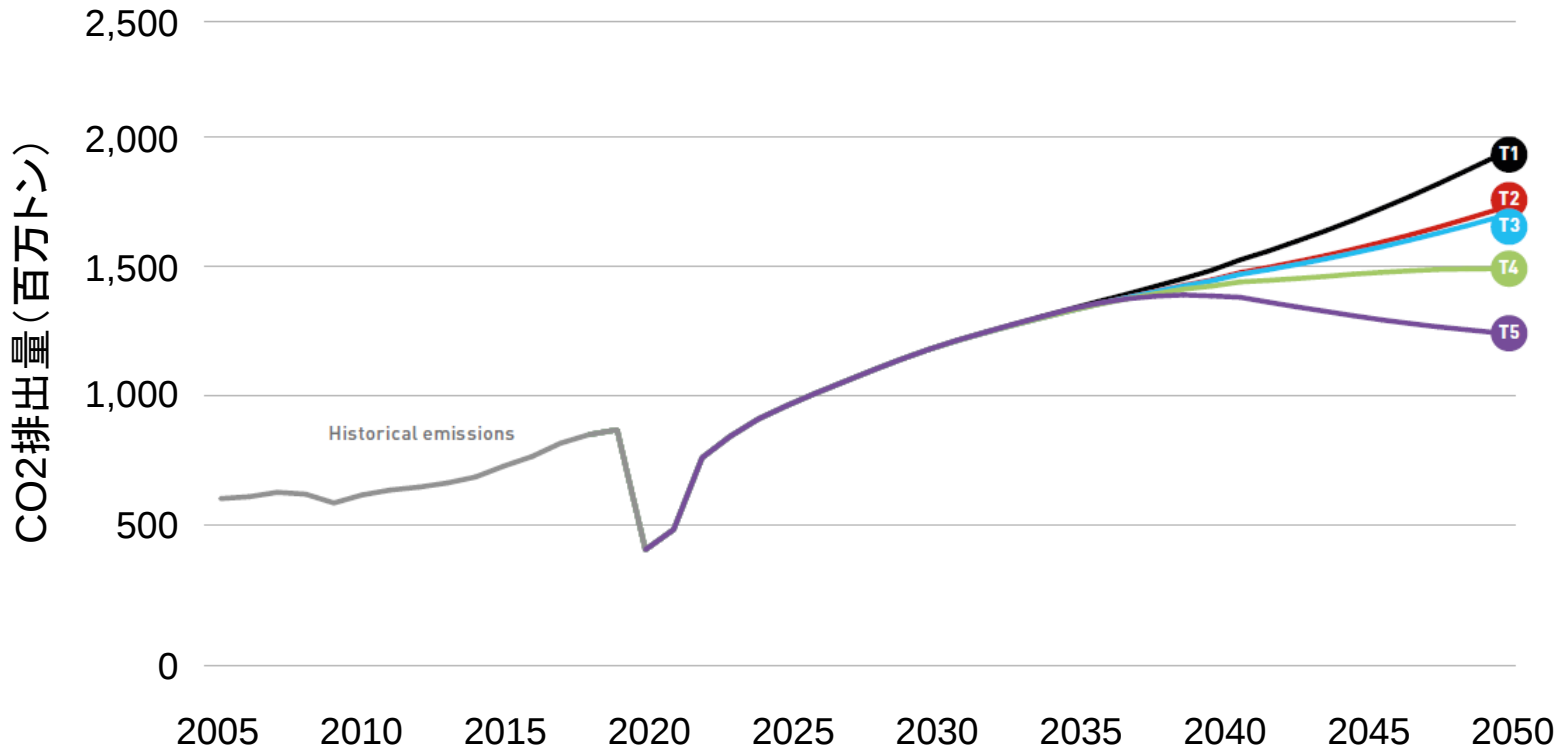


図9-2 航空技術開発のレベル別CO2排出量の推移予測 [60]



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

③ルール形成によって創造・拡大できる国際市場予測及びCO2削減効果

(ア)CO2削減効果(つづき)

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Commuter » 9-19 seats » < 60 minute flights » <1% of industry CO ₂	SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF
Regional » 50-100 seats » 30-90 minute flights » ~3% of industry CO ₂	SAF	SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF
Short haul » 100-150 seats » 45-120 minute flights » ~24% of industry CO ₂	SAF	SAF	SAF	SAF potentially some Hydrogen	Hydrogen and/or SAF	Hydrogen and/or SAF	Hydrogen and/or SAF
Medium haul » 100-250 seats » 60-150 minute flights » ~43% of industry CO ₂	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF potentially some Hydrogen	SAF potentially some Hydrogen	SAF potentially some Hydrogen
Long haul » 250+ seats » 150 minute + flights » ~30% of industry CO ₂	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF

図9-3 航空機の脱炭素化に適用される機種セグメント別技術の推移予測 [60]



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

③ルール形成によって創造・拡大できる国際市場予測及びCO₂削減効果

(ア)CO₂削減効果(つづき)

Exhibit 2

CO₂ emissions per segment and range

2018

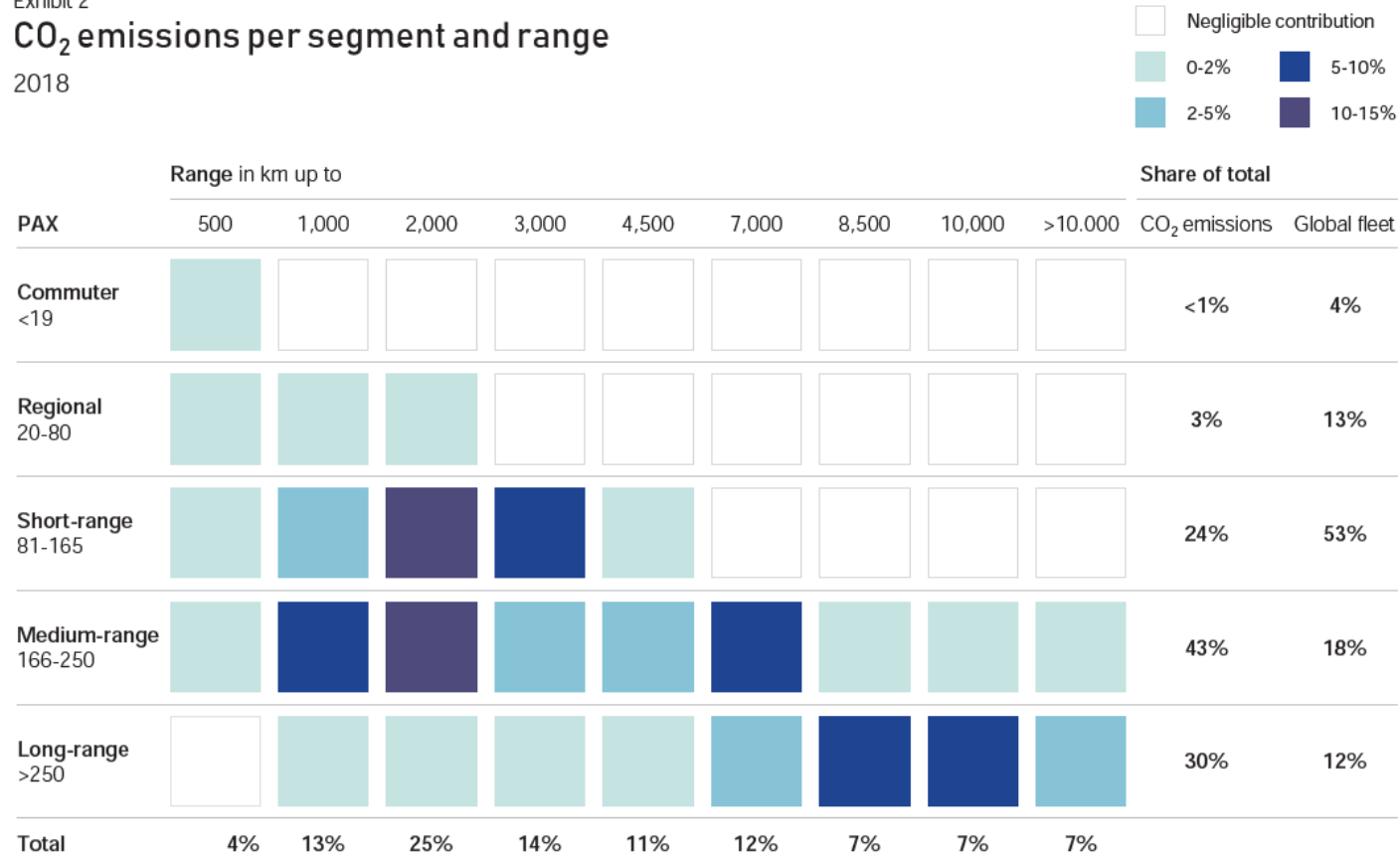


図9-4 機種セグメント及び航続距離別CO₂排出量の占める比率 [61]



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

③ルール形成によって創造・拡大できる国際市場予測及びCO2削減効果

(イ)国際市場拡大予測

各技術による市場については、市場調査会社から数多くのレポートが発行されている。電動航空機及び水素航空機の市場規模予測レポート(web上で公開されているデータ)を、それぞれ表9-2及び表9-3に示す。

表9-2 電動航空機市場予測(市場調査会社報告書) 単位:億ドル

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	調査会社
	88	101							372		MarketsandMarkets (E1)
	40	45							85		Fortune Business Insights (E2)
		95									(Research and Markets) (E3)
		39			66						(Research and Markets) (E4)
60									200		MarketsandMarkets (E5)
		55.4	64.6				109				(Research and Markets) (E6)
85										235	Allied Market research (E7)



JFE

3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

③ルール形成によって創造・拡大できる国際市場予測及びCO2削減効果

(イ)国際市場拡大予測(つづき)

表9-3 電動航空機及び水素航空機市場予測(市場調査会社報告書) 単位:億ドル

2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	調査会社
		2.4								17.4		SNS Insider (H1)
1.43					14.1					74.3		MarketsandMarkets (H2)
			14	17.6				40.9				Business Research (H3)
			2.4	3.1	3.9	5.0	6.3	8.0	10.3	13.1		Precedence Research (H4)
	1.43									17.5		Emergen Research (H5)
		55								277		Coherent Market Insights (H6)
			3								1,443	Global insight Services (H7)
										237	1,445	Allied Market research (H8)



3 (3) 国内外の標準化・技術動向、ルール形成のインパクトの把握

JFE

③ルール形成によって創造・拡大できる国際市場予測及びCO2削減効果

(イ)国際市場拡大予測(つづき)

市場予測レポートの出典(購入先)

E1) <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/electric-aircraft-market-52646445.html>

E2) <https://www.fortunebusinessinsights.com/more-electric-aircraft-market-105553>

E3) <https://www.researchandmarkets.com/reports/5847197/electric-aircraft-market-report>

E4) <https://www.researchandmarkets.com/reports/5576328/global-electric-aircraft-market-2022-2026>

E5) <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/aircraft-electrification-market-31650461.html>

E6) <https://www.researchandmarkets.com/report/aircraft-electrification>

E7) <https://www.alliedmarketresearch.com/electric-aircraft-market>

H1) <https://www.snsinsider.com/reports/hydrogen-aircraft-market-1771>

H2) <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/hydrogen-aircraft-market-143337335.html>

H3) <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/hydrogen-aircraft-global-market-report>

H4) <https://www.precedenceresearch.com/hydrogen-aircraft-market>

H5) <https://www.emergenresearch.com/industry-report/hydrogen-aircraft-market>

H6) <https://www.coherentmarketinsights.com/market-insight/hydrogen-aircraft-market-5906>

H7) <https://www.globalinsightservices.com/reports/hydrogen-aircraft-market/>

H8) <https://www.alliedmarketresearch.com/hydrogen-aircraft-market-A08743>



- [1] 富岡秀徳: NEDO水素・燃料電池成果報告会2022、発表No. C-14, <https://www.nedo.go.jp/content/100950527.pdf>
- [2] Vosteen, Louis F. and Hadcock, Richard N., NASA Contract Report 4620, "Composite Chronicle: A Study of the Lessons Learned in the Development, production, and Services of Composite Structure." November 1994.
- [3] Coggeshall, Randy L., NASA Contract Report 178322, "737 Graphite Composite Flight Spoiler Flight Service Evaluation," August 1987.
- [4] Dow, Marvin B., NASA Reference Publication 1177, "The ACEE Program and Basic Composites Research at Langley Research Center (1975 to 1986)," October 1987.
- [5] ACEE Composites Project Office, NASA Reference Publication 1142, "NASA/Aircraft Industry Standard Specification for Graphite Fiber/Toughened Thermoset Resin Composite Materials," June 1985.
- [6] ACEE Composites Project Office, NASA Reference Publication 1092, "Standard Tests for Toughened Resin Composites," Second Edition, July 1983.
- [7] Dexter, H. Benson, NASA Technical Memorandum 80231, "Composite Components on Commercial Aircraft," March 1980.
- [8] Fawcett, A., Trostle, J. and Ward, S., "777 Empennage Certification Approach", presented at the 11th International Conference for Composite Materials, Australia, 1997.
- [9] Quinlivan, J. T., Kent, J. A., and Wilson, D. R., NASA Technical Reports Server 19950022068, N95-28489, "NASA-ACEE/Boeing 737 graphite-epoxy horizontal stabilizer service," September 1992.
- [10] Aniversario, R.B., Harvey, S. T. , et al., NASA Contract Report 3648, "Design, Ancillary Testing, Analysis, and Fabrication Data for the Advanced Composite Stabilizer for Boeing 737 Aircraft, Volume I - Technical Summary," April 1983.
- [11] MIL-HDBK-17-3F, "Composite Materials Handbook," Volume 3. Polymer Matrix Composites Materials Usage, Design, and Analysis. June 2002.



- [12] McCarty, J.E., Johnson, R.W., and Wilson, D.R., “737 Graphite Epoxy Horizontal Stabilizer Certification,” AIAA Paper 82-0745, 1982.
- [13] 小田切信之、岸肇、山下将樹:「航空機用炭素繊維強化複合材料“トレカ”プリプレグP2302の開発」、日本複合材料学会誌 Vol. 21、No. 4 (1995).
- [14] 松井醇一:「炭素繊維の話 その9 炭素繊維複合材料の航空機への利用」、強化プラスチック、Vol. 44, No. 9 (1998).
- [15] 藤巻吉博:「ボーイング737MAXに対する耐空性改善命令の案の公表と運航最下位に向けた動きについて」、(一財)運輸総合研究所 ワシントン国際問題研究所レポート、2020年9月25日.
- [16] CMH-17-3G, “Composite Materials Handbook,” Volume 3. Polymer Matrix Composites Materials Usage, Design, and Analysis. March 2021.
- [17] 京野哲幸:「炭素繊維複合材料の航空機部材への展開」、日本航空宇宙学会誌、Vol. 54, No. 635 (2006), p. 356-360.
- [18] FAA 25-360-SC, Special Conditions: Boeing Model 787–8 Airplane; Composite Fuselage In-Flight Fire/Flammability Resistance, FR 45626, August 15, 2007.
- [19] NTSB, Aircraft Accident Report, NTSB/AAR-00/03, DCA96MA070, “In-flight Breakup Over the Atlantic Ocean Trans World Airlines Flight 800 Boeing 747-131, N93119, Near East Moriches, New York, July 17, 1996,” August 23, 2000.
- [20] 「787開発の歩み」編纂委員会/編集委員会編:「787開発の歩み」、2013年6月、p. 134-135.
- [21] FAA 25-359-SC, Special Conditions: Boeing Model 787–8 Airplane; Lithium Ion Battery Installation, FR 57842, October 11, 2007.
- [22] NTSB, Incident Report, NTSB/AIR-14/01, PB2014-108867, “Auxiliary Power Unit Battery Fire, JAPAN Airlines Boeing 787-8, JA829J, Boston, Massachusetts, January 7, 2013,” November 21, 2014, p. 74.
- [23] JTSB運輸安全委員会:「航空重大インシデント調査報告書 AI2014-4 Ⅲ 全日本空輸株式会社所属 ボーイング式787-8型 JA804A 非常脱出スライド使用による非常脱出」、平成26年9月25日.
- [24] CMH-17 AM Coordination Meeting (2019/3/29)資料.



- [25] CMH-17 PMC Coordination Meeting (2023/10/17)資料.
- [26] CMH-17, “Composite Materials Handbook-17 Standard Operating Procedures (SOP),” November 26, 2019.
- [27] EASA Certification Memorandum, CM-S-004, Issue 01, January 14, 2014,
https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/certification-docs-certification-memorandum-'final'-EASA-CM-S-004-Issue-01_Composite-Materials--Shared-Databases_PUBL.pdf
- [28] FAA Memorandum, AIR100-2010-120-003, September 20, 2010,
https://www.wichita.edu/industry_and_defense/NIAR/Documents/FAA-AIR-100-2010-120-003.pdf
- [29] NCAMP NSP 100 Standard Operating Procedures (SOP), revision G, March 27, 2017.
- [30] FAA Advisory Circular 23-20, “Acceptance Guidance on Material Procurement and Process Specifications for Polymer Matrix Composite Systems,” September 19, 2003.
- [31] https://www.wichita.edu/industry_and_defense/NIAR/Research/ncamp.php
- [32] NCAMP, NSP 120 Operating Procedures and Bylaws for NCAMP Manufacturers Advisory Board (MAB), December 22, 2009.
- [33] https://www.wichita.edu/industry_and_defense/NIAR/Research/agate.php/
- [34] NCAMP, NSP 110 Operating Procedures and Bylaws for NCAMP Regulatory Governing Board (RGB), December 22, 2009.
- [35] NCAMP Operating Procedures and Bylaws for NCAMP Suppliers Advisory Board (SAB), NSP 130, December 22, 2009.
- [36] <https://www.mmpds.org/>
- [37] <https://www.mmpds.org/about-us/organizational-chart/>
- [38] EASA-FAA Workshop, September 18-21, 2023.



参考文献 (4)

JFE

- [39] <https://www.iso.org/home.html>
- [40] 野村総合研究所、経済産業省 令和2年省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費：国際ルールインテリジェンスに関する調査（電動航空機のルール形成（国際標準化を含む）戦略に係る調査研究）報告書、2021年3月15日、p.9.
- [41] FAA 33-022-SC, Special Conditions: magniX USA, Inc., magni350 and magni650 Model Engines; Electric Engine Airworthiness Standards, FR 53508, September 27, 2021.
- [42] Aviation Week Network, March 9, 2023, “Magnix Seeks Retrofit Certification Path,” <https://aviationweek.com/mro/aircraft-propulsion/magnix-seeks-retrofit-certification-path>, 最終閲覧日2024年3月12日.
- [43] FAA Memorandum, July 252006, https://mmpds.org/wp-content/uploads/2015/04/mmpds_2015_ffa_policy_statement.pdf
- [44] Ashforth, Cindy and Waite, Simon, CMH-17 MPC Coordination Meeting Tutorial資料, “Composite Aircraft Certification,” October 16, 2023.
- [45] List of Significant and Non-Significant Standards Differences (SSD and non-SSD), https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/design_approvals/transport/transport_intl/sd_list/ssd_nonssd_list
- [46] EASA Significant Standards Differences (SSD) between EASA and FAA airworthiness codes, <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/bilateral-agreements/eu-usa/easa-significant-standards-differences-ssd-between-cs-codes-and-faa-14-cfr-codes>
- [47] https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100104.html
- [48] <https://green-innovation.nedo.go.jp/project/development-next-generation-aircraft/>
- [49] https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100171.html
- [50] https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100196.html
- [51] https://www.jst.go.jp/sip/dl/p05/p05_results-report2023_1.pdf



- [52] <https://www.nasa.gov/directorates/armd/iasp/epfd/>
- [53] <https://www.nasa.gov/directorates/armd/iasp/>
- [54] <https://www.nasa.gov/directorates/armd/integrated-aviation-systems-program/epfd-technical-papers/>
- [55] https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/eee/technology_saf_operations/cleen#taa
- [56] <https://arpa-e.energy.gov/technologies/programs/ultimate>
- [57] <https://www.clean-aviation.eu/>
- [58] <https://www.clean-aviation.eu/clean-sky-2>
- [59] <https://clean-aviation.eu/sites/default/files/2024-01/Work-Programme-and-Budget-2024-2025-December-2023.pdf>
- [60] ATAG 2nd ed. "WAYPOINT 2050," September 2021, <https://aviationbenefits.org/downloads/waypoint-2050/>
- [61] Hydrogen-powered aviation、A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050、May 2020, Clean Sky 2 JU and Fuel Cells and Hydrogen 2 JU, https://www.euractiv.com/wp-content/uploads/sites/2/2020/06/20200507_Hydrogen-Powered-Aviation-report_FINAL-web-ID-8706035.pdf



JFE

二次利用未承諾リスト

報告書の題名 令和５年度エネルギー需給構造高度化基準認証推進事業費（ルール形成戦略に係る調査研究（次世代航空機へ搭載される部素材におけるルール形成戦略に係る調査研究））報告書

委託事業名 令和５年度エネルギー需給構造高度化基準認証推進事業費（ルール形成戦略に係る調査研究（次世代航空機へ搭載される部素材におけるルール形成戦略に係る調査研究））

受注事業者名 JFEテクノリサーチ株式会社

[illegible]