

## 第2回「航空機の脱炭素化に向けた新技術官民協議会」

# 「航空機の脱炭素化に向けた 新技術ロードマップ(案)」の補足資料

令和5年3月15日

国土交通省航空局安全部航空機安全課

経済産業省製造産業局航空機武器宇宙産業課

## 参考資料

1. ニーズとして挙げられた開発用試験設備、実験機等
2. 国際標準化団体の概要

# (参考1) ニーズとして挙げられた開発用試験設備、実験機等

技術分類	カテゴリ	装置分類	使用用途	想定導入時期
電動化  ・新たな環境(高電圧かつ高々度)や新たな電動化領域に対応するための設備等	開発用試験設備	環境・負荷試験装置 (高電圧コンポーネントサイズ)	高電圧に対応した試験装置にて気温や気圧、各種電磁干渉、物理的負荷等を再現し、サブコンポーネントや部品レベルでの動作及び耐久性試験を実施(DO-160Gへの対応が望ましい)	~2028年頃
		振動・衝撃試験装置	バッテリーの熱暴走、雷等をはじめとした突発的な衝撃等を再現し、サブコンポーネントや部品レベルでの動作及び耐久性試験を実施	~2028年頃
	実験機を含む 実証試験設備	モックアップ(Iron Bird)	製品搭載を想定する機体と同等サイズのモックアップを使用し、地上で環境試験や耐久性試験、動作試験等を実施	2025~ 2030年頃
		環境・負荷試験装置 (実機サイズ)	実機相当サイズのモックアップまで収容可能な高電圧対応型の大型試験装置にて、気温や気圧、各種電磁干渉、物理的負荷等を再現し、大型コンポーネント及び複数コンポーネントをインテグレートした状態での耐久性試験、動作試験等を実施(DO-160Gへの対応が望ましい)	2025~ 2030年頃
水素化  ・試験需要拡大や新たな環境(極低温かつ長時間)等に対応するための設備等	開発用試験設備	水素燃料供給設備	大流量の液化水素を加圧した状態で供給し、サブコンポーネントや部品の開発補助や動作試験、耐久性試験等を実施	2024~ 2030年頃
	実験機を含む 実証試験設備	極低温試験設備	機械式冷凍庫等を活用し、液化水素を使用したコンポーネント単体及びインテグレート状態での動作試験、耐久性試験を実施	2024~ 2030年頃
		テストベッド・実証機	液化水素の使用に対応した機体へ搭載し、上空におけるコンポーネント単体及びインテグレートした状態での動作試験、耐久性試験を実施	~2030年頃
軽量化・効率化  ・大型試験等に対応するための設備等	開発用 試験設備	環境・負荷試験装置 (スケールモデル・試験片・サブコンポーネントサイズ)	試験装置にて気温や気圧、各種電磁干渉、物理的負荷等を再現し、スケールモデルや素材の試験片、サブコンポーネントレベルでの耐久性試験を実施	2025~ 2028年頃
		大型非破壊検査装置	CFRPをはじめとした、樹脂やセラミック製の大型部品およびコンポーネントの非破壊検査を実施	2025~ 2028年頃
	実験機を含む 実証試験設備	モックアップ(Iron Bird)	製品搭載を想定する機体と同等サイズのモックアップを使用し、地上で環境試験や耐久性試験等を実施	2025~ 2028年頃
		環境・負荷試験装置 (実機サイズ)	実機相当サイズのモックアップまで収容可能な大型試験装置にて、気温や気圧、各種電磁干渉、物理的負荷等を再現し、大型コンポーネント及び複数コンポーネントをインテグレートした状態での耐久性試験を実施	2025~ 2028年頃

※上記は構成員に対する装置のニーズ調査により挙げられた装置のうち、代表的なものを記載している。実際の整備にあたっては、優先度、要否に係る議論を踏まえ検討を行うため、この時点で必ずしも全てを整備するものではない

# (参考2)国際標準化団体の概要

## 代表的な国際標準化団体の概要及び各技術関連コミッティ

電動化・水素化

電動化

軽量化・効率化

	団体概要	関連コミッティ
SAE (米)	<ul style="list-style-type: none"> <li>1905年に米国自動車技術者協会として設立</li> <li>1916年より航空機や船舶を含む自動推進の乗物の標準化を推進</li> <li>基本的に技術者個人が参画</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A-5</li> <li>A-6</li> <li>AE-7</li> <li>AE-9</li> <li>AE-10</li> <li>AE-11</li> <li>E-36</li> <li>E-40</li> <li>G-32</li> <li>S-18</li> </ul>
EUROCAE (欧)	<ul style="list-style-type: none"> <li>1963年にスイスにて、航空輸送に関する標準化を目的として設立</li> <li>WGの50%はRTCAと、10%はSAEと連携して標準化を推進</li> <li>企業や国家、教育機関が参画</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>WG-63 (航空機システム・装備品)</li> <li>WG-72 (システムセキュリティ)</li> <li>WG-80 (水素燃料電池)</li> <li>WG-113 (電動ハイブリッド推進)</li> </ul>
RTCA (米)	<ul style="list-style-type: none"> <li>1935年に航空無線技術委員会として設立し、1991年に民営化</li> <li>1975年～2018年まではFAAの諮問機関として、標準化を推進</li> <li>企業や国家機関が参画</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SC-135</li> <li>SC-159</li> <li>SC-180</li> <li>SC-200</li> <li>SC-205</li> <li>SC-216</li> <li>SC-225</li> </ul>
ASTM (米)	<ul style="list-style-type: none"> <li>1898年に米国材料試験協会として設立</li> <li>世界最大の標準化機関として、幅広い分野の標準化を推進</li> <li>個人または団体として参画</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>F39.05 (電気推進システム)</li> <li>F44.40 (航空機パワープラント)</li> <li>F44.50 (航空機システム・装備品)</li> </ul>
NCAMP (米)	<ul style="list-style-type: none"> <li>FAAと産業界が共同で材料を認定し、一般公開可能な共有データベースとして整理</li> <li>FAAとEASAの双方が複合材の設計値として承認</li> <li>企業や国家機関が参画</li> </ul>	(コミッティなし)
CMH-17 (米)	<ul style="list-style-type: none"> <li>複合材料から最終製品を設計、製造するために必要な情報と手法を載せたハンドブックを提供</li> <li>元来陸軍がメインスポンサーとなって1943年からハンドブックの作成を実施</li> <li>その後2006年にメインスポンサーがFAAに移管され、2012年に初版を発行</li> </ul>	(コミッティなし)

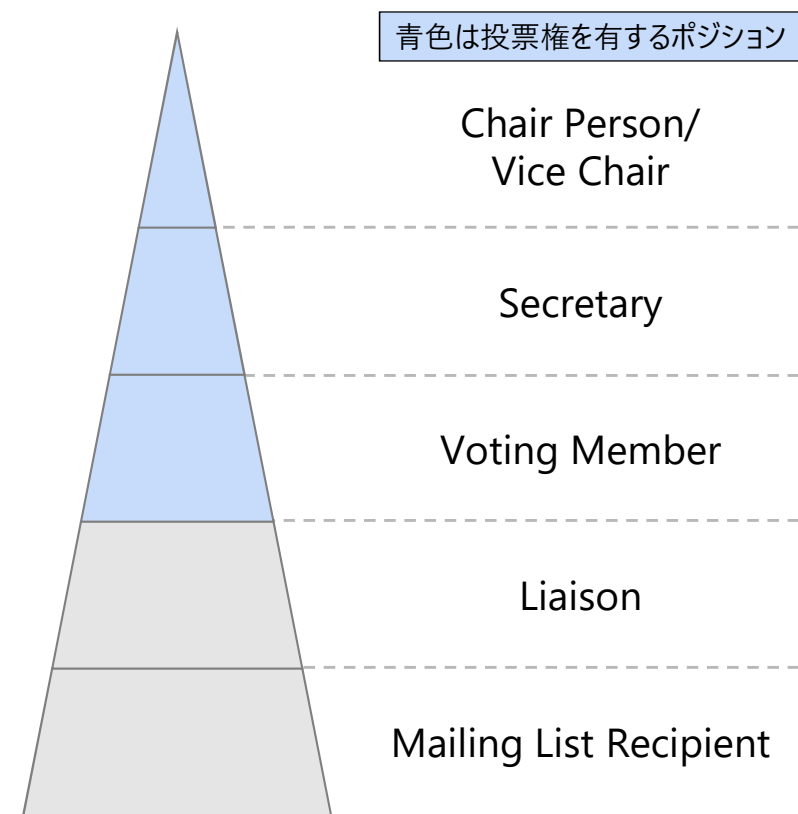
## (参考2)国際標準化団体の概要 Society of Automotive Engineers International(SAE International)

- 推進機で動作する自動車や船舶、航空機に係る国際民間標準化団体。
- Aerospace Council内の10グループに所属する各コミッティにおいて、航空機に関連する技術標準文書を議論。
- 技術者が個人資格で各コミッティへ参加し、Liaison以上で標準化発議、Voting Member以上で文書投票権が与えられる。

### 各技術WGにおいて挙げられた関連コミッティ

対象技術	コミッティ	概要
電動化	A-5	・ ランディングギア的设计やメンテナンス、運用上の知見等について議論
	A-6	・ アクチュエーター、制御及び油圧等について網羅的に議論 ・ 特にA-6B2では電動油圧式アクチュエーター、A-6B3では電動機械式アクチュエーターを担当
	AE-7	・ 発電、コントロール、蓄電、変圧、分電等、電力及び電気設備について議論
	AE-9	・ 機体及びエンジンで使用する電気機器について議論
	AE-10	・ 搭載される部品の高電圧技術標準について議論
	AE-11	・ 高エネルギーシステムにおける絶縁性の劣化について議論
	E-36	・ エンジンの電子コントロールユニットの設計、運用及びメンテナンスについて議論
	E-40	・ ペイロード150lb/70kg以上の機体における電動推進システムについて議論
	G-32	・ コンポーネントのサイバーフィジカルセキュリティについて議論
S-18	・ 機体及びシステムの安全性評価について議論	
水素	AE-7(F)	・ 水素燃料電池や水素燃料タンク（ガス及び液体）について議論

### コミッティ内階層構造



出所) SAE公式サイト情報を基にNRI作成

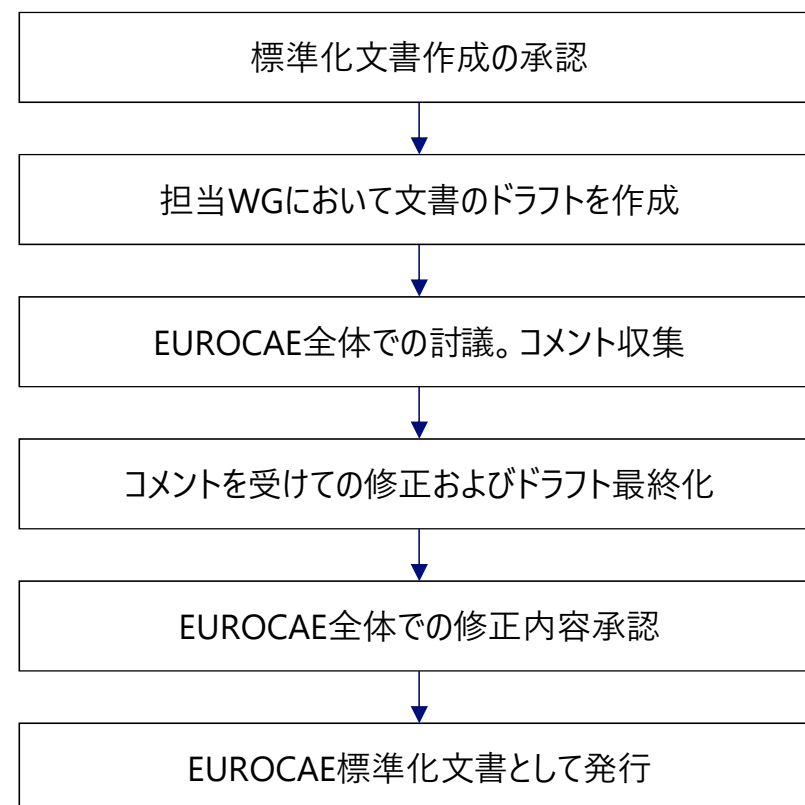
## (参考2)国際標準化団体の概要 European Organization for Civil Aviation Equipment(EUROCAE)

- 1963年にヨーロッパ民間航空会議（ECAC）で設立が決定された、OEMや航空会社、規制当局などが参加する非営利組織。
- 近年は推進機の電動化やハイブリッド化、UAM、航空機のコネクティッドなどについてもフォーカスして検討中。
- SAEやRTCAなどの国際標準化団体に加え、ICAOやIFATCA、KAIST, AIDA等ともMOUを締結し協業体制を構築。

### 各技術WGにおいて挙げられた関連コミッティ

対象技術	コミッティ	概要
電動化	WG-113	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 電動ハイブリッド推進システムの耐久性や持続性等について議論</li> <li>• SAE E-40と一部文書について共同で検討</li> </ul>
	WG-63	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 航空機やシステム、装備の耐空性や開発プロセス、及び開発における認証やガイドラインについて議論</li> <li>• SAE S-18と一部文書について共同で検討</li> </ul>
	WG-72	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 航空宇宙システムセキュリティに関して、セキュリティ目標を設定したガイドラインについて議論</li> <li>• SAE S-18と一部文書について共同で検討</li> </ul>
水素	WG-80	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 水素燃料電池システムを航空宇宙機で使用するためのガイドラインについて議論</li> <li>• SAE AE-7Fと一部文書について共同で検討</li> </ul>

### 標準化文書発行プロセス





## (参考2)国際標準化団体の概要

# Radio Technical Committee for Aeronautics(RTCA)

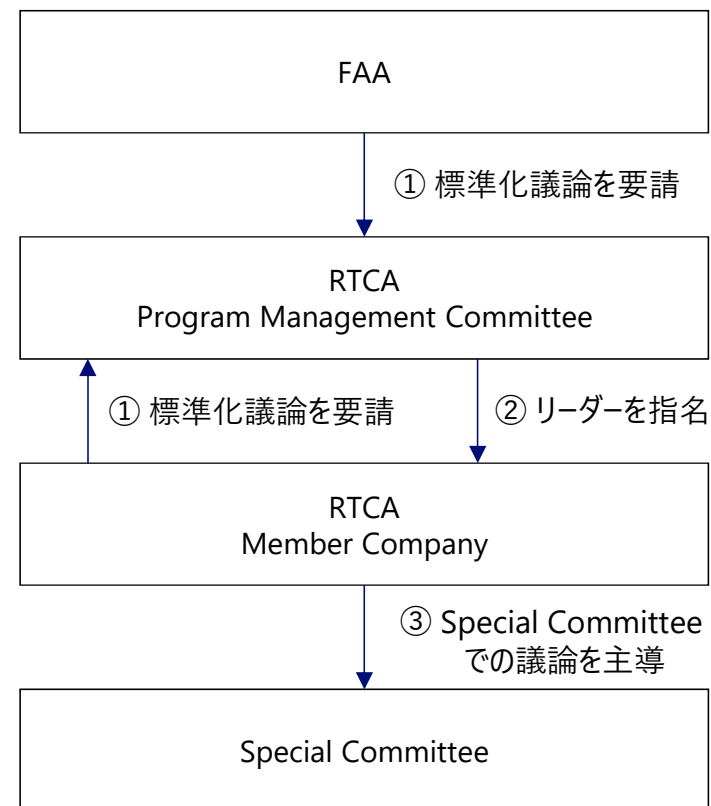
- 安全性をはじめとした航空機に関する要求事項や標準などを検討する、米国の独立した非営利組織として発足。
- FAAの要請または2社以上のRTCA会員企業からの請願によりSpecial Committeeが組織され、Special Committeeにおいて技術標準文書（DO-XXX）を発行。
- 請願企業がリーダーシップを取ることを求められ、最初のドラフト作成のために2年間の期間が与えられる。

### 各技術WGにおいて挙げられた関連コミッティ

対象技術	コミッティ	概要（主な文書）
電動化	SC-135	• 航空機の環境条件や試験手順について議論 (DO-160G)
	SC-216	• 航空機へ搭載するシステムのセキュリティについて議論 ( DO-326Aβ、 DO-355A、 DO-356A、 DO-391、 DO-392 A、 DO-XXX DO-YYY)
	SC-180	• 航空機のハードウェアに関して議論（休止） (DO-254)
	SC-205	• 航空機のソフトウェアに関して議論（休止） (DO-178C、 DO-330、 DO-331、 DO-332)
	SC-200	• 統合したアビオニクスモジュールの開発及び認証について議論（休止） (DO-297)
	SC-225	• 航空機コンポーネントとして搭載されるリチウム電池及びバッテリーシステムの認証ガイダンスについて議論（休止） (DO-311A)
軽量化	SC-159	• GNSSを活用したナビゲーション機器の最低運用性能基準及び最低航空性能基準について議論 (DO-384)

出所) RTCA公式サイト情報を基にNRI作成

### Special Committee設置プロセス



## (参考2)国際標準化団体の概要

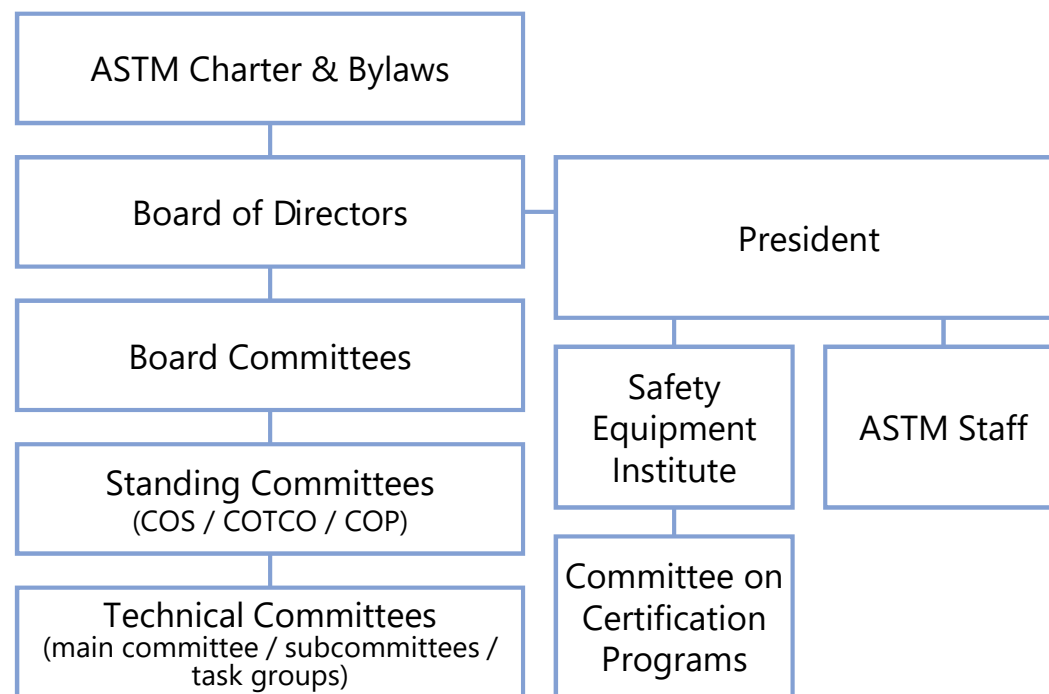
### American Society for Testing and Materials International (ASTM)

- 幅広い産業界の技術に関する規格の策定と維持管理を行う米国の国際民間標準化団体（非営利団体）。
- ASTMは140以上の技術標準作成委員会を通じて、金属、建設、石油、消費者製品など幅広い業界に対して様々な製品、材料、システム、サービスに関する技術標準を開発・発行している。
- 140カ国を代表する3万人を超える世界トップレベルの技術専門家とビジネスプロフェッショナルの会員が存在。

#### 関連コミッティ

対象技術	コミッティ	概要
電動化	F39.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気推進システムの設計、代替、および認証に関する検討を実施               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ F3338-21にて「一般航空機用電気エンジン設計」を標準化</li> </ul> </li> </ul>
	F44.40	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般的な航空機におけるパワープラントに関する検討を実施               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ F3239-22にて「航空機用電気推進システム」を標準化</li> </ul> </li> </ul>
	F44.50	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般的な航空機におけるシステム・機器に関する検討を実施               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ F3316/F3316M-19にて「電気またはハイブリッド電気推進を有する航空機の電気システム」を標準化</li> </ul> </li> </ul>

#### ASTMの組織構造



出所) ASTM公式サイト情報を基にNRI作成

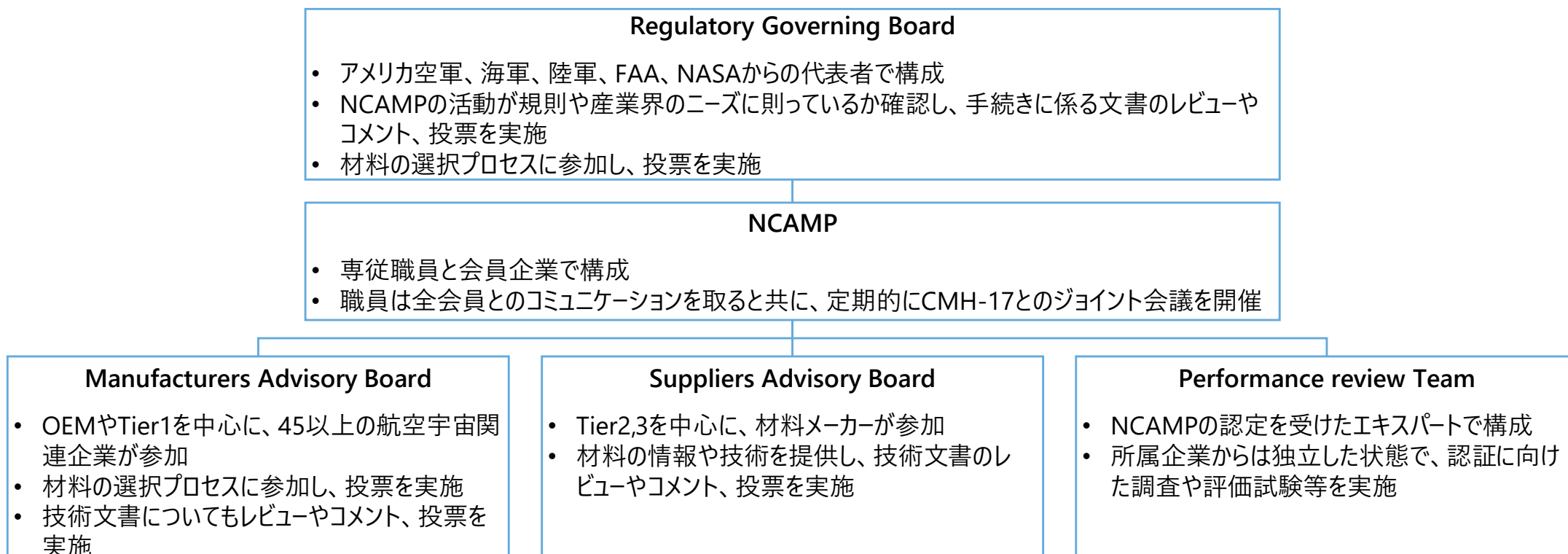


## (参考2)国際標準化団体の概要

# National Center for Advanced Materials Performance (NCAMP)

- 米国ウィチタ州立大学内に設けられた組織。
- 同大学内の国立航空研究所へFAAが出資するプロジェクトとして始まり、NASAのAdvanced General Aviation Transport Experiment (AGATE)にも端を発する。
- 航空機の開発からは独立した状態で材料の認証を行い、そのデータを蓄積したデータベースを構築。
- 当該データベースを使用することで航空機メーカーは認証プロセスを簡略化することができ、また材料メーカーは機体開発前から材料の市場投入及び認証取得が可能となる。

## NCAMP組織体制概要



出所) NCAMP公式サイト情報を基にNRI作成

# The Composite Materials Handbook-17(CMH-17)

- 産学官の参加者で構成される米国の有志団体。
- 複合材料や複合構造の開発と使用を支援するために、200人からなる組織内で徹底に技術審査した上で、信頼性のあるエンジニアリング情報と規格を作成、出版、維持している。
- 既存/新規の複合材料における、特性データの試験等に関連したエンジニアリングデータ開発手法の標準化を行うことが主目的。
- 最先端の技術進歩を反映するために、常にセクションの追加・修正が行われている。

## CMH-17の掲載内容

Volume	タイトルと内容
Vol. 1	<b>Guidelines for Characterization of Structural Materials</b> 〉 材料特性データの入手方法と、ハンドブックに掲載するための基準について解説
Vol. 2	<b>Polymer Matrix Composites: Material Properties</b> 〉 ポリマーマトリックス複合材料の実際の材料特性データを収録
Vol. 3	<b>Materials Usage, Design and Analysis</b> 〉 材料調達、品質管理、設計、構造解析、信頼性など、データの活用方法について解説
Vol. 4	<b>Metal Matrix Composites</b> 〉 金属基複合材料に特化したハンドブック (掲載構造としてはVol. 1-3を踏襲)
Vol. 5	<b>Ceramic Matrix Composites</b> 〉 セラミックマトリクスに関するハンドブック (掲載構造としてはVol. 1-3を踏襲)
Vol. 6	<b>Structural Sandwich Composites</b> 〉 MIL-HDBK-23 (サンドイッチ構造複合材料) で公開されていたデータや技術の多くを最先端技術に合わせて更新しつつ収録

## CMH-17における組織構造

※WGへは、一部を除き、WG長がSecretariatへ連絡することで、会費や条件なしで参加が可能

Handbook Chairmen	- ハンドブック活動全体のリーダー - 伝統的にスポンサーであるFAAかDoD出身者が務める
Executive Group (EG)	- ハンドブック全体の目標・方向性・運用手順を確立 - ユーザのニーズと活動の長期的な実行可能性を検討
Coordination Group (CG)	- ハンドブックにおける内容の追加及び削除を検討 - WG間のシナジーを検討し、責任の重複問題を解決
Working Groups (WG) <sup>※</sup>	- 技術的作業と執筆作業の中核を担う - 特定技術の継続的な進化を期待されている
Task Groups (TG)	- 調査すべき特定の技術が与えられ調査後WGに報告 - ハンドブックのための新たな資料作成が期待されている
Secretariat	- ハンドブックのための専門的なサポート全般を提供 - 出版、会議、データ管理のための支援を実施

出所) CMH-17公式サイト情報を基にNRI作成