

航空機電動化コンソーシアム 第2回オープンフォーラム

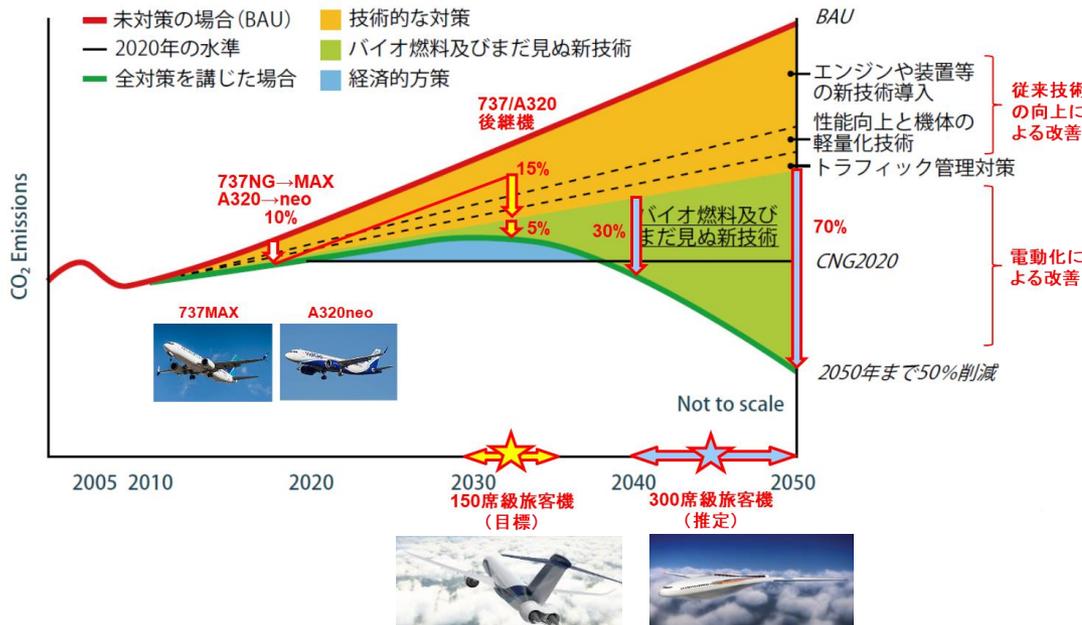
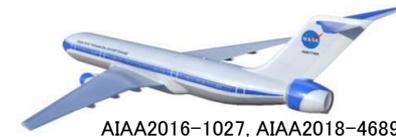
電動化による技術革新旅客機の構想検討



2019年11月28日

一般財団法人 日本航空機開発協会

- 航空機電動化コンソーシアムの技術開発グループにおける旅客機 Technical Reference Aircraft (TRA) 検討を日本航空機開発協会 (JADC) の **航空機開発Next Stage勉強会**にて実施
- ICAO/IATAが設定したCO2削減目標を達成するために、評価ツールを整備して、2030年代に有望な電動化方式の代表である **NASA STARC-ABL** を分析した上で、旅客機TRAの機体を策定



検討内容

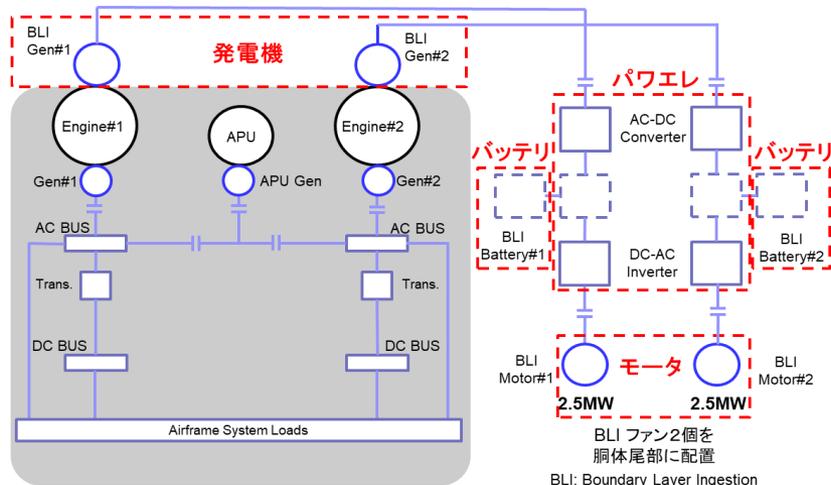
- 旅客機TRA検討一位置付け
- 旅客機TRA検討一コンセプト
- 2030年代後継機、CO2排出量の評価
- 推進電動化システム
- 主翼、エンジンのサイジング
- BLIファンのサイジング
- 評価ツールの整備、STARC-ABLの分析
- 安全性、認証への対応
- 旅客機TRAの検討結果
- 今後の課題

出典)「NEDO技術戦略研究センターレポート Vol.11, 2017年11月号」の図に追記

▶ 旅客機TRAのコンセプト

- 150席級旅客機(Boeing社737及びAirbus社A320級)のハイブリッド電動化
- 2030年代に市場投入(次々機新型開発機)
- 従来技術の向上により15%、推進電動化により5%のCO2排出量削減を目指す
- 安全性を確保

→ 推進電動化システムは機体システムと独立
 エンジン及び推進電動化システムは2系統独立



従来技術の向上

- 主翼・胴体： 抵抗低減のため主翼高アスペクト比
 主翼上面50%層流化、胴体リブレット
 軽量化のため複合材化
- エンジン： 2030年代エンジン(高バイパス、高燃焼温度)

推進電動化

- エンジン2発に発電機を搭載して発電した電力により尾部に配置した電動ファン(モーター及びファン)を駆動して、エンジン2発をアシスト
- ・電動ファンは Boundary Layer Ingestion (BLI) 効果の活用により推進効率を向上するのでBLIファンと呼ぶ
- ・本資では、バッテリーなしの形態をベースとし、バッテリーの必要性及び活用について今後検討

電動化構成要素部品に期待するパフォーマンス

適用機体と目標パワー密度/エネルギー密度の構想例

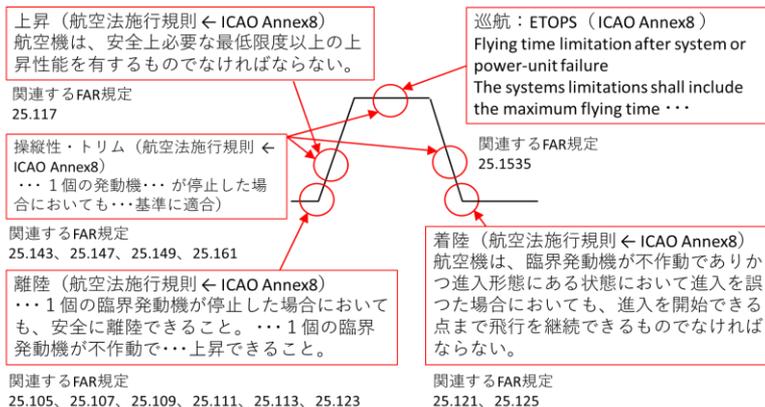
	モーター 出力 (MW)	モーター パワー密度 (kW/kg)	パワエレ パワー密度 (kW/kg)	バッテリー エネルギー密度 (Wh/kg)	就航年
300席級 中型旅客機	4 - 40	30 - 40	30 - 40	1000	2040年代 前半
100-200席 小型級旅客機	2 - 25	20 - 30	20 - 30	750	2030年代
50-100席 リージョナル機	1 - 15	15 - 20	15 - 20	350 - 500	2020年代 後半
10席級 ジェネアビ機	0.3 - 0.5	10 - 15	10 - 15	300	2020年代 前半
1-2席 全電動 空飛ぶクルマ	0.1 - 0.5	5 - 10	5 - 10	250	2020年代 前半
＜適用実績例＞					
2人乗り 実験機	0.3	5	4	200	2016年
新幹線 N700 (1320人)	0.3	0.8	—	—	2007年

↑
現状技術と
目標の開きが
大きい
→世界トップレベル
の挑戦領域

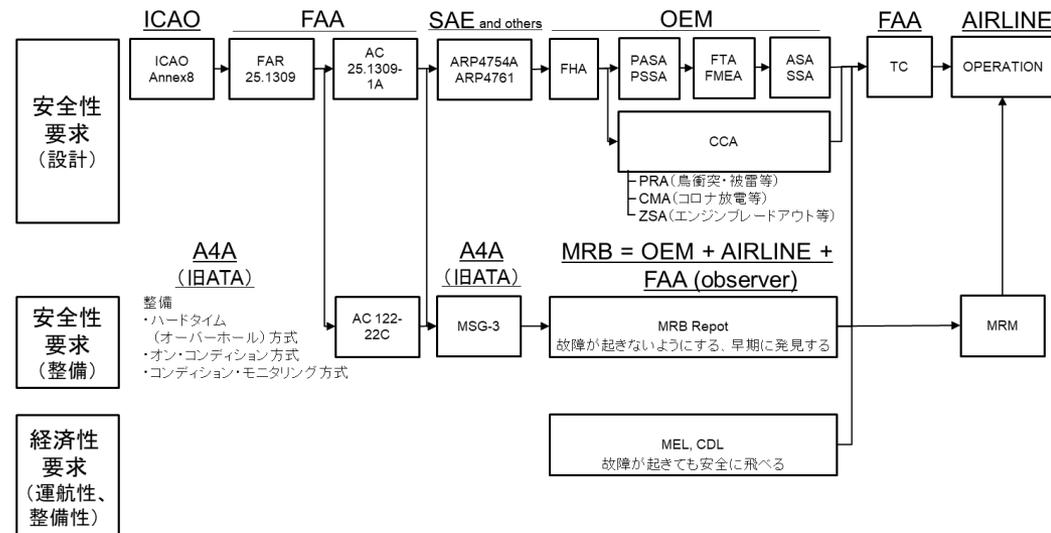
↑
既存技術レベルで
実装スピード勝負

- 推進電動化システムは、その故障が航空機の基本機能を担う機体システムに影響を及ぼさない様に機体システムと独立として、安全性を確保
- 推進電動化システムは2系統を独立として、例えば、一方の系統のモーターの故障が他方の系統のエンジンに影響を及ぼさない様にして安全性を確保
航空機はすべての飛行段階においてエンジン一発停止に関する規定あり
(エンジン一発停止を安全上許容)
- 今後、認証に向けた安全性・信頼性の検討を進める。
国際標準化団体SAE等との連携(交流、日本企業の参画拡大)を強化する。

エンジン一発停止に関する規定

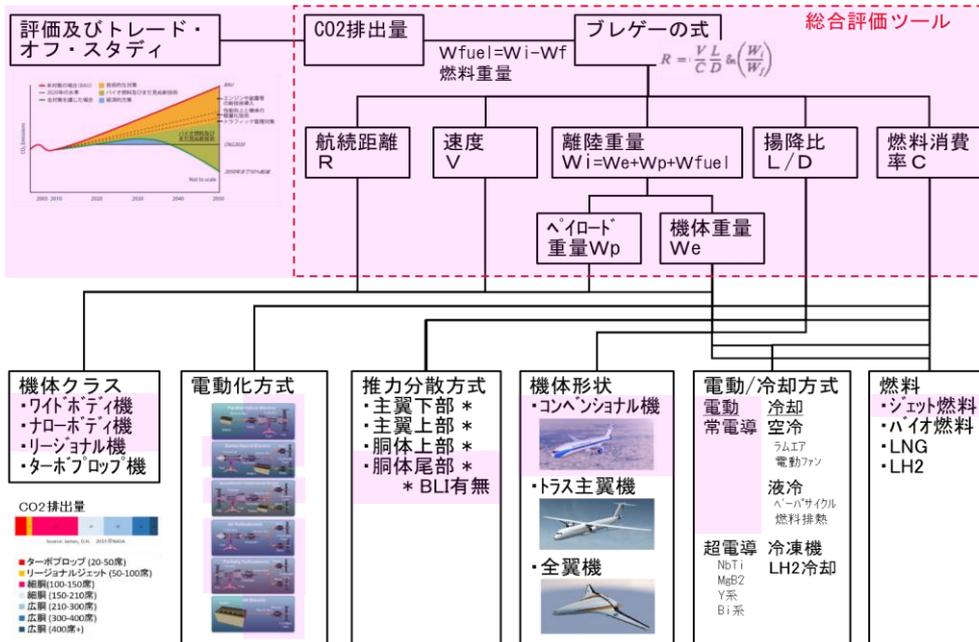


認証の流れ

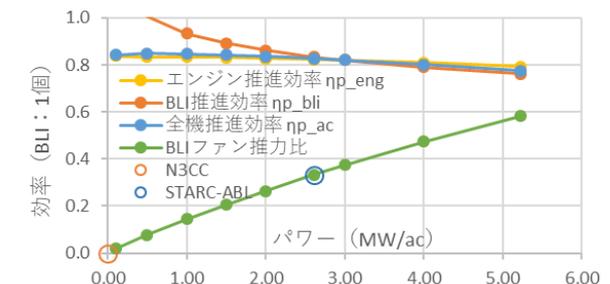
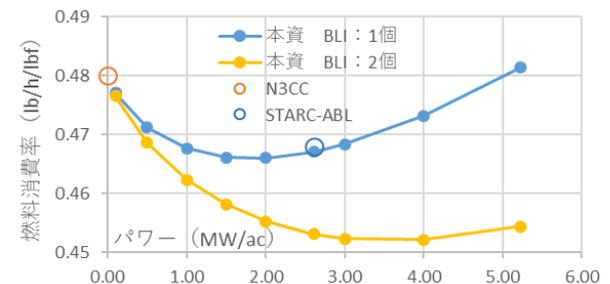
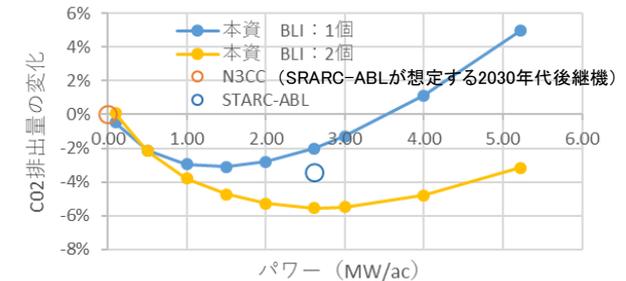


- ここまでの検討を可能とする評価EXCELを整備(下図の)
- 今後の検討を通して、継続整備
- 評価ツールにより、STARC-ABL(座席数154席、ペイロード30800lbs)を再現し、パワー(1機当たりのモーターを駆動)の変化による影響を分析

評価ツール

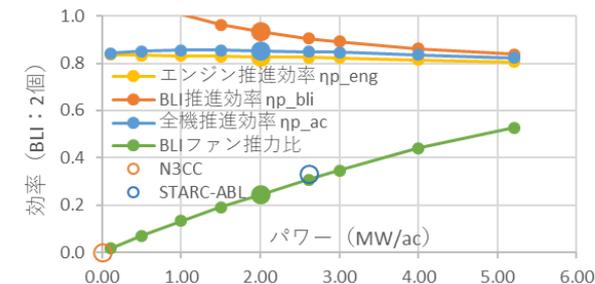
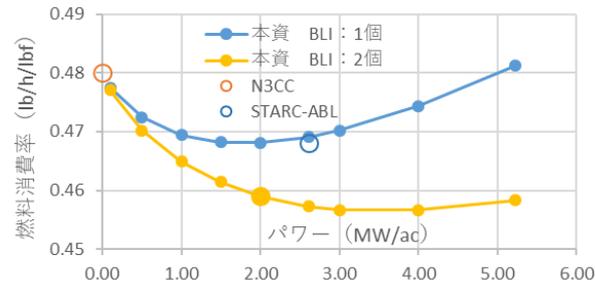


STARC-ABL パワーの変化による影響



- ▶ 旅客機TRA(座席数162-178席、ペイロード47000lbs)について、パワー(1機当たりのモーターを駆動)を変化させて、機体を策定

旅客機TRA パワーの変化による影響



旅客機TRA
(評価ツールでの推算)

	2019ベース	2030s	TRA
座席数	-	162-178	162-178
スパン	ft	117.8	118
全長	ft	129.7	138
主翼面積 S	ft ²	1370	1177
最大離陸重量	lb	181200	150817
最大着陸重量	lb	152800	126686
ペイロード	lb	47000	47000
航続距離 R	nm	3550	3500
(座席数)	-	(162)	(162)
(離陸重量 W _i)	lb	(178114)	(147731)
消費燃料重量 W _{bf}	lb	38699	26658
単位CO2排出量	lb/nm/seat	0.212	0.148
		基準	-30.1%
			基準
			-2.8%
高度	ft	35000	36400
マッハ数	-	0.78	0.785
速度 V	kt	450	450
揚抗比 L/D	-	18.1	20.2
燃料消費率 C	lb/h/lbf	0.53	0.48
最大離陸推力 T	lbf	56080	45245
翼面荷重 W/S	lb/ft ²	132	128
推力重量比 T/W	lbf/lb	0.31	0.30
離陸距離	ft	7552	7549
着陸距離	ft	5328	5201
電動化システムパワー	MW/ac	-	2.00
BLI回数	-	-	2

2019ベース

現行150席級旅客機の最新レベル。下記の公表値等を参照
<https://www.boeing.com/commercial/>、斜字は推定

2030s

2030年代後継機レベルの従来技術向上のみの場合

TRA

2030年代後継機レベルを推進電動化した場合

JADC 航空機開発Next Stage勉強会でのTRA構想図

- ・単通路、162-178座席
- ・47000 lb へパイロード
- ・ハイブリッド推進電動化
- ・CO2排出削減
30% + 2~5%

黒字：従来技術向上
赤字：推進電動化

主翼

- ・高アスペクト比
- ・上面50%層流
- ・複合材構造

BLIファン

- ・2個
- ・モーター駆動

尾翼

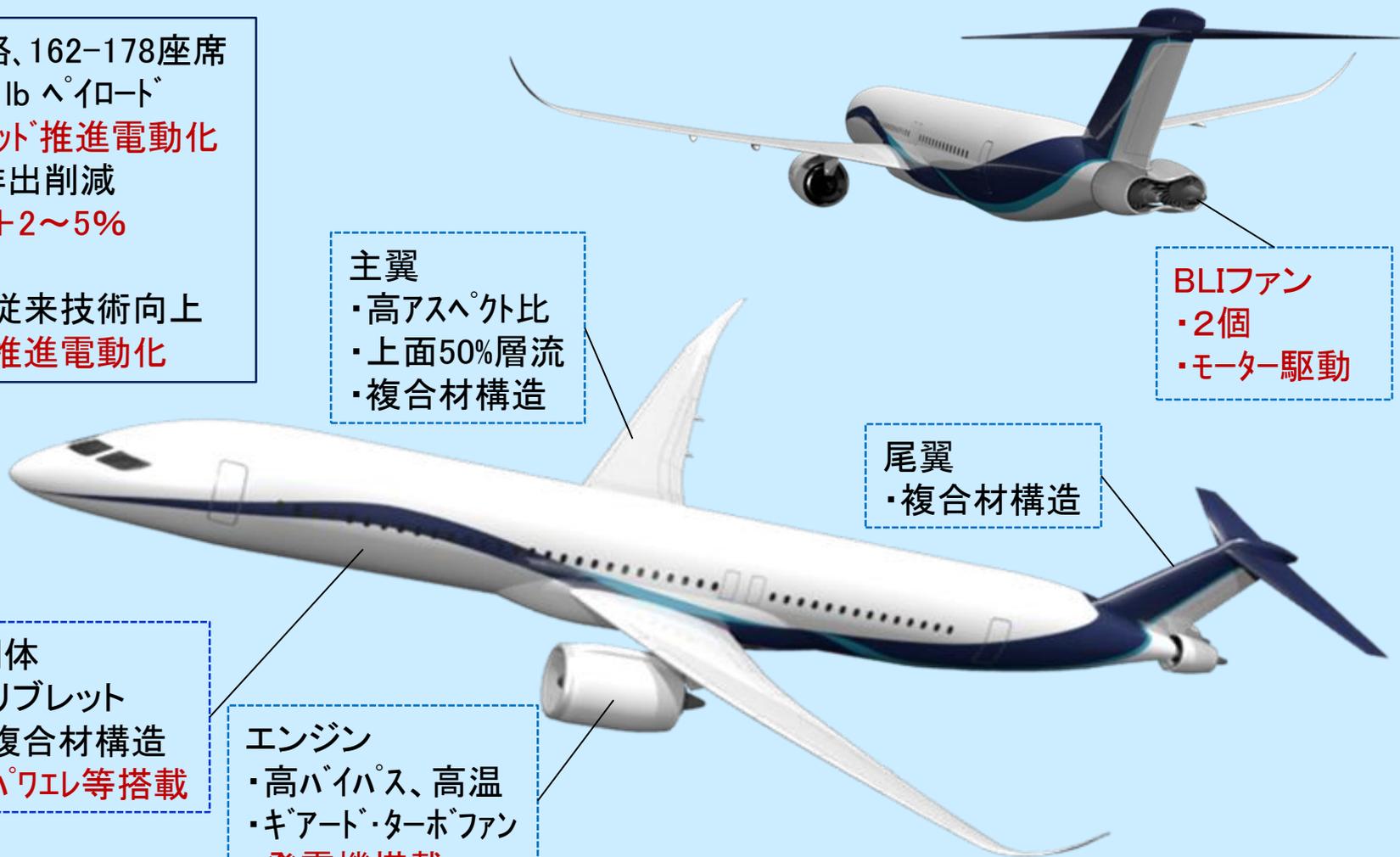
- ・複合材構造

胴体

- ・リブレット
- ・複合材構造
- ・パワーエレ等搭載

エンジン

- ・高バイパス、高温
- ・ギアード・ターボファン
- ・発電機搭載



電動化構成要素部品の重要技術開発課題

- パワー/エネルギー密度(軽量化)
- 航空機搭載環境適合性(地上から高高度まで)

+

上記のベスト・パフォーマンスを生かし、航空機システム成立へ高いレベルに調和させる
挑戦技術課題

- システム・インテグレーション 【機体メーカーがリードする役割】
 - A 複雑化する新技術の**安全設計** ←電気機器の信頼性管理と全体系保証
 - B 特に機体全体の**重量軽減**の追求 ←電動化での飛躍を引出す基本
 - C 電動ハイブリッド推進を生かす空力・推進設計 ←**BLI**、**熱管理**
- 下記 3つの**デジタル化**と関連する**魅力ある航空機改革**へ繋ぐ
(モノからコトへの鍵であるデジタル化へ“電動化”が親和性高い土台となる)



Next Stage勉強会での構想イメージ図

① 整備性改善

- 油圧/抽気等、整備高負荷系統での負荷削減
- ヘルスモニタリングでの予防整備

② 運航効率改善

- 機体異常検知からの修正力向上
- ダイレクトなデータリンクで運航管理ICT革命を生かす

③ 客室快適性向上

- センサー/AI/アクチュエーションの連携を高める
- 騒音軽減、空調等への踏込み度合いを高める

取組方針

- ✓ 国内先端技術者の糾合
- ✓ 世界への国内技術者/設計者の発信機会を増やし、人の技術交流から国際協調へ

➤ 2019年度下期以降

- さらなる高電圧化、直流/交流の検討
- 高電圧化に伴う、
 - ✓ 高高度における低圧環境下のコロナ放電及び
 - ✓ 高放射線環境下の偶発故障への対応
- 個別の電動化システムの検討
- バッテリーの必要性
 - ✓ 余剰電力の充電等
 - ✓ 活用拡大(離陸時の推力アシスト、降下時の充電等)
- 認証に向けた安全性・信頼性の検討
- BLI効果
 - ✓ CFD解析及び風洞試験により検討精度を向上



➤ 2020～2021年度

- 300席級旅客機の電動化を検討
- 全翼機形態を含めて
 - ✓ 燃料電池とガスタービンの複合サイクル
 - ✓ 液体水素燃料
 - ✓ 超電導等



出典：
NASA N3-X with Turboelectric
Distributed Propulsion

- JADCは、民間航空機の市場調査、国際共同開発及びその関連技術開発をとりまとめている。
- 航空機産業の将来に向けて、経済産業省(METI)及び産業構造審議会委員会等の方針に沿い、航空機開発Next Stage勉強会を2016年より立上げ、“強み形成”に取り組んでいる。
- デジタル化によるライフ/社会の大変革の中で、ビッグデータの利活用が問われ、さらなるオープンマインドでの“協調連携”が、強み形成の鍵と捉えている。
- JADCは“Center of Creative Collaboration”として航空産業界への貢献を続けていきたいと考えている。

