



航空機電動化将来ビジョンの改訂と コンソーシアムの活動状況

電動ハイブリッド航空機チーム 西沢 啓

目次

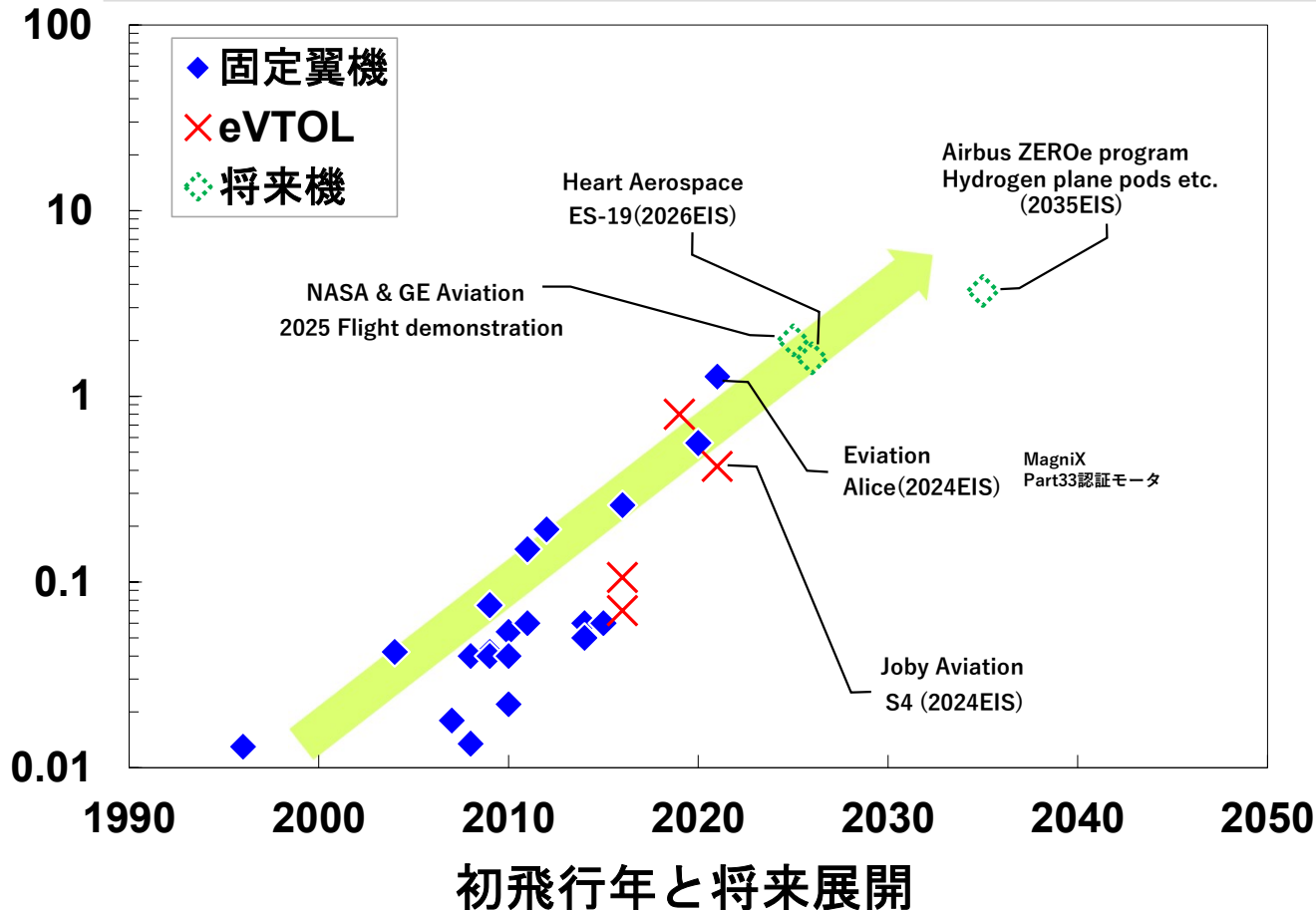
- 01 / 国内外の動向
- 02 / 航空機電動化将来ビジョンの改訂について
- 03 / 航空機電動化コンソーシアムの活動状況

01

国内外の動向

電動航空機の開発状況と計画

推進系最大出力[MW]



- 【固定翼小型機(FAR Part-23)】
- ローンチカスタマからの発注
 - 認証取得⇒20年代の運用開始へ

- 【eVTOL】
- 民間の投資拡大
 - 実機飛行デモ
 - 認証取得⇒20年代の運用開始へ

- 【旅客機(FAR Part-25)】
- MW級飛行試験へ
 - ハイブリッド、水素、燃料電池

● 電動航空機開発はMW級へ進展し、実運用開始(EIS)も現実的に

01

国内外の動向

CO₂削減目標

「我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち**2050年カーボンニュートラル**、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします」

菅内閣総理大臣 2020年10月26日 所信表明演説



航空機産業の成長戦略「工程表」

「電動化」も重要な課題の一つ

● 航空輸送に関する**CO₂排出量を2050年にネットゼロ**にする宣言を国際機関が採択

IATA(国際航空運送協会): 2050年ネットゼロ・カーボンを採択(2021年10月4日)

IATA(International Air Transport Association)

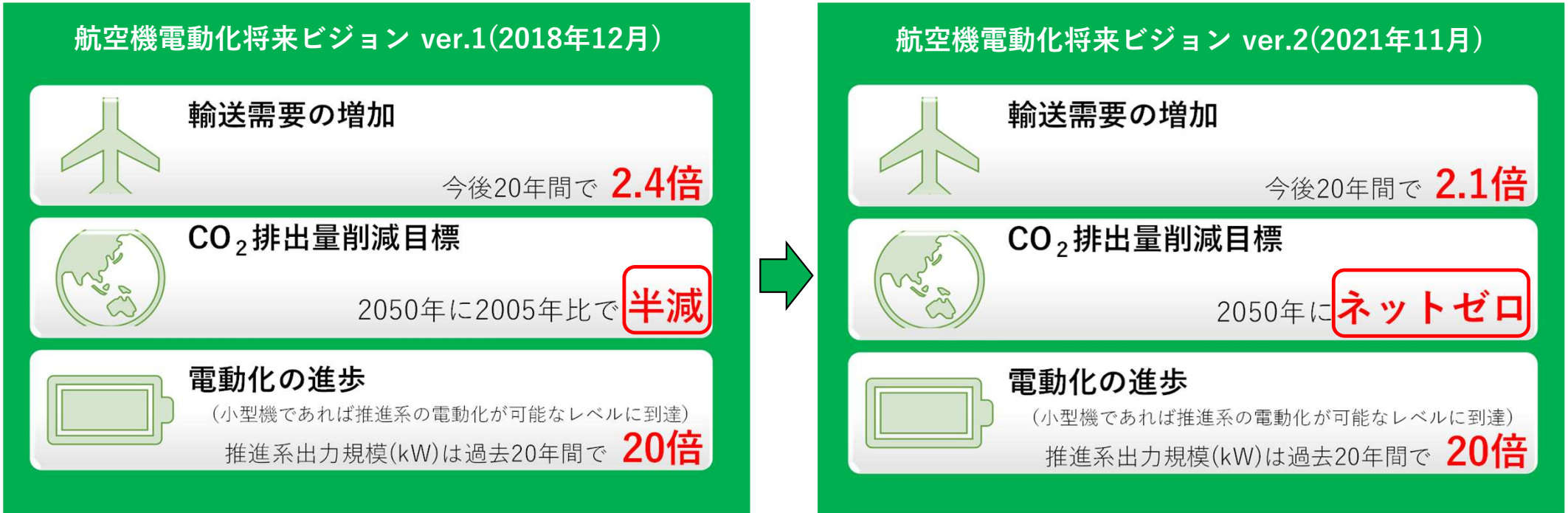
<https://www.iata.org/en/pressroom/2021-releases/2021-10-04-03/>

ATAG: 2050年ネットゼロ・カーボン
を採択(2021年10月5日)

ATAG(Air Transport Action Group)

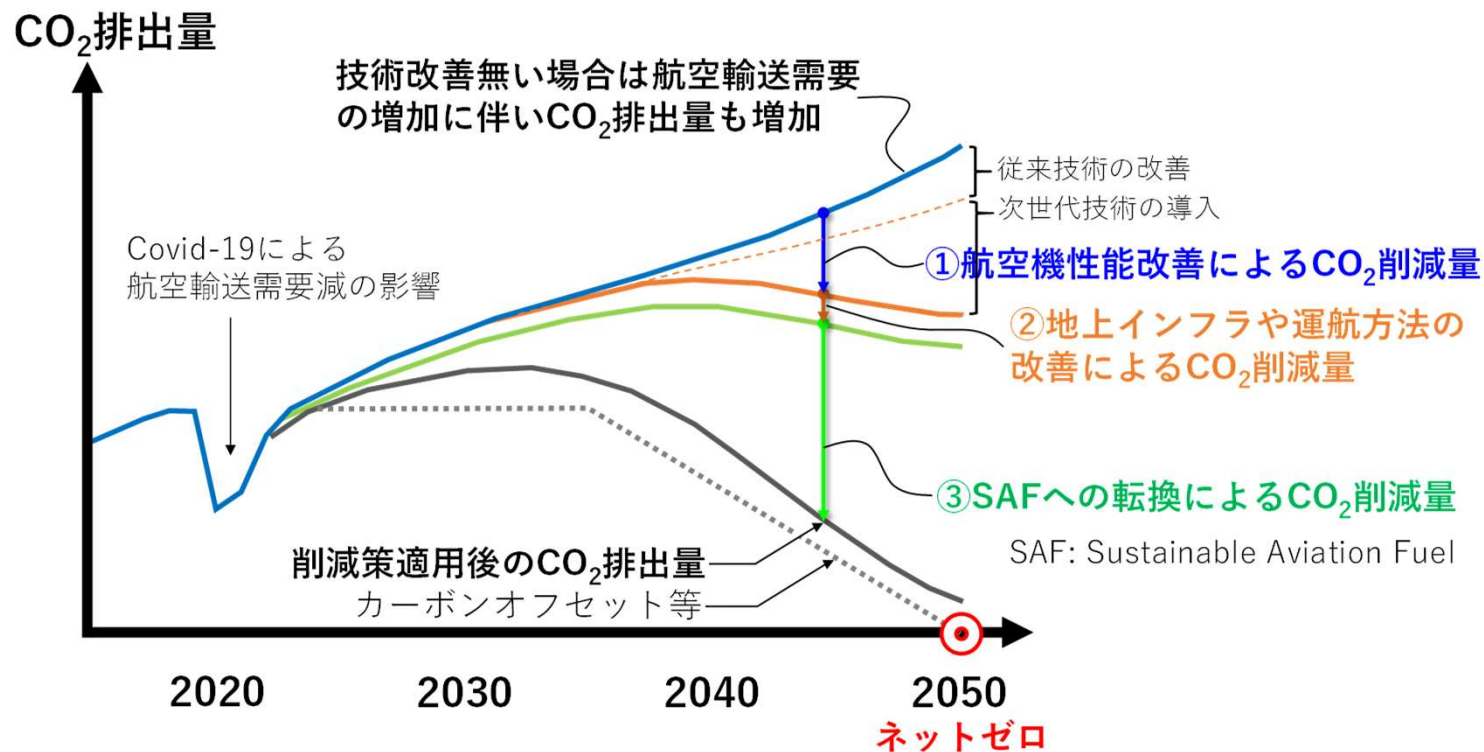
<https://aviationbenefits.org/environmental-efficiency/climate-action/waypoint-2050/>

航空機電動化将来ビジョンの改訂について CO₂削減目標の変化を反映



● 航空業界における **CO₂排出量削減目標の変化** を反映

Covid-19後のCO₂削減シナリオ



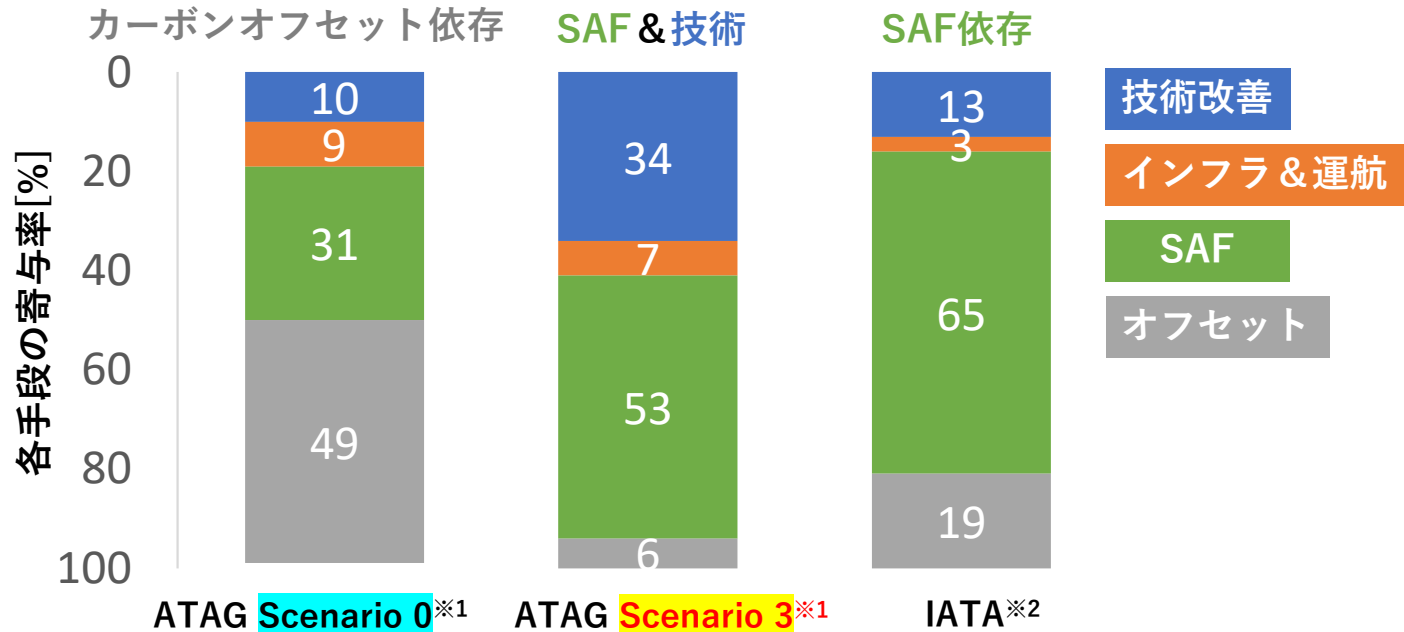
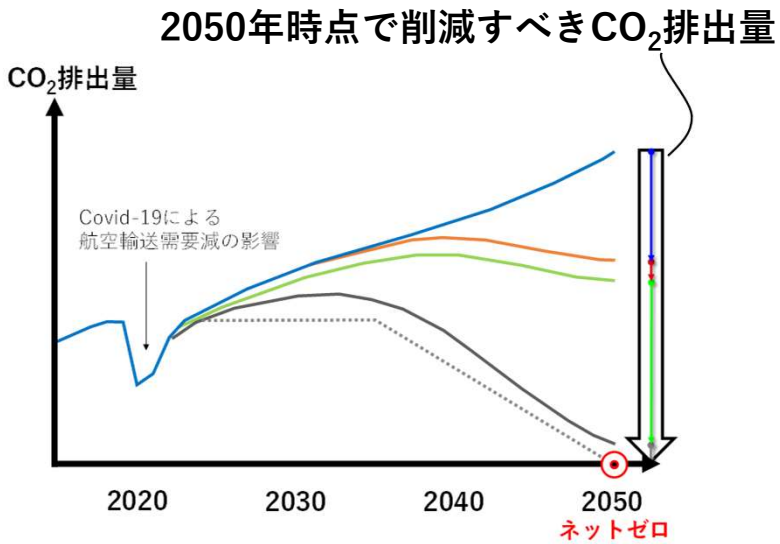
航空業界のCO₂削減目標と削減シナリオ※1

※1: ATAG (Air Transport Action Group) のレポートを参考にJAXAが再作成

出典: <https://aviationbenefits.org/environmental-efficiency/climate-action/waypoint-2050/>

- 2050年の“ネットゼロ・カーボン”達成に向けて、SAF、水素、電動化等の次世代技術への期待が高まっている。

ATAG(Waypoint2050)とIATAのCO₂削減シナリオ



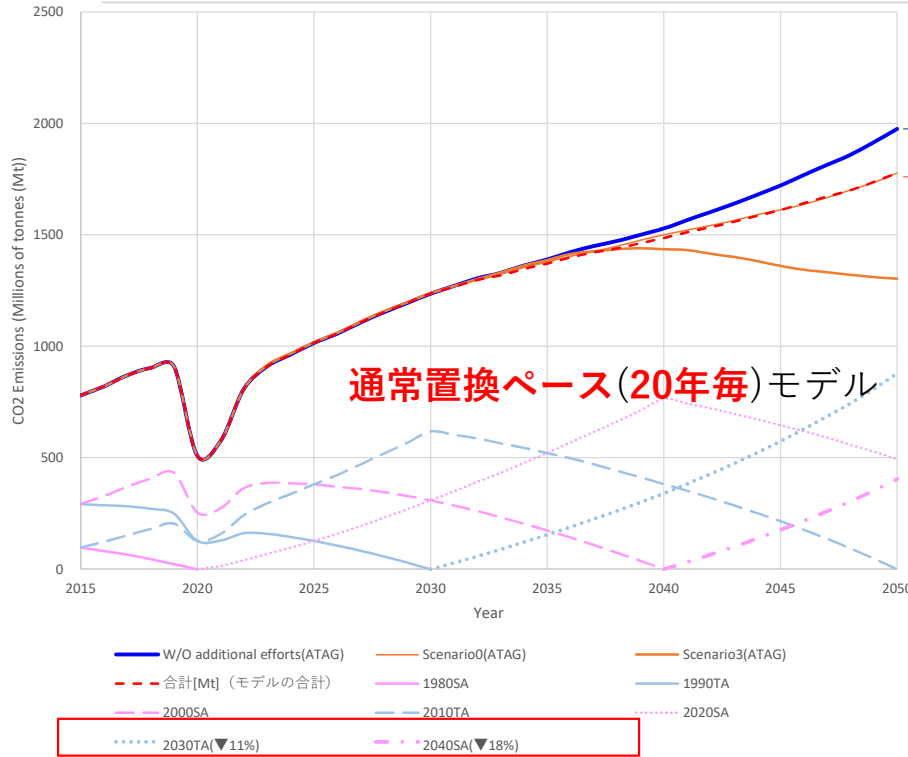
2050年時点で削減すべきCO₂排出量に対する各手段の寄与率

※1 : <https://aviationbenefits.org/environmental-efficiency/climate-action/waypoint-2050/>

※2 : <https://www.iata.org/en/pressroom/2021-releases/2021-10-04-03/>

- 2050年の“ネットゼロ・カーボン”達成を確約できる削減シナリオは未だ存在しないため、複数案が検討されている
- 本将来ビジョンでは技術改善への要求が高い**ATAG Scenario3**をベースに検討する

CO₂排出量削減要求に対する新型機材の燃費性能の推定



(現行技術の延長)

技術改善によるCO₂削減量(Scenario0)

EIS時期	機材サイズ	燃費削減率
2030年頃	広胴(複通路)	11%
2040年頃	細胴(複通路)	18%

EIS : Entry Into Service

現時点でも解の見通し有

技術改善によるCO₂削減量(Scenario3) (技術革新必須)

EIS時期	機材サイズ	燃費削減率
2030年頃	広胴(複通路)	20%
2040年頃	細胴(複通路)	95%

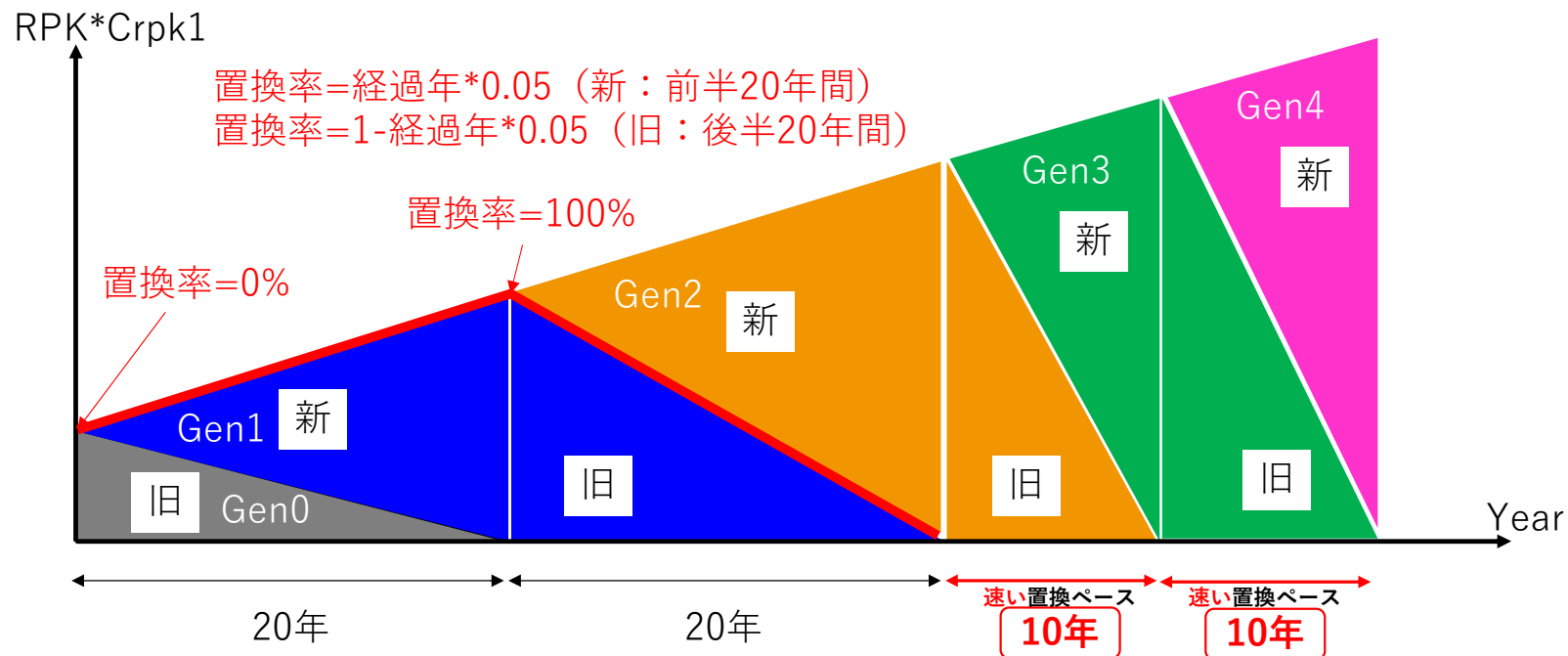
実現性乏しい

ATAGのScenario 0 及び 3 における技術改善によるCO₂削減目標と Scenario 0 に適合する新機材の燃費削減性能要求 (推定モデル)

- Scenario0はカーボンオフセット依存シナリオなので、技術革新は不要
- Scenario3の技術改善によるCO₂削減目標は、現時点では解が見通せない。

航空機電動化将来ビジョンの改訂について

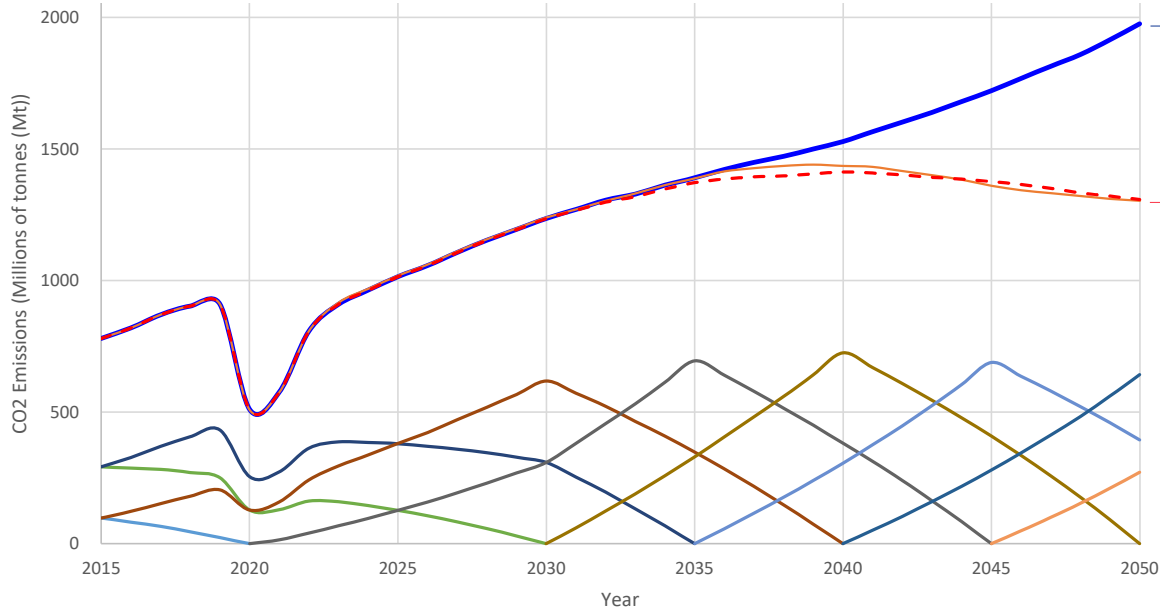
旧機材から新機材への置換ペースの影響考察



複通路機TA: Crpk1=0.5, YearEIS= 1990, 2010, **2030, 2040**
単通路機SA: Crpk2=0.5, YearEIS=1980, 2000, 2020, **2035, 2045**

常識的な置換のペース（20年毎に新規機材開発）だと、ATAGのシナリオ3を満たすのは困難なので、置換ペースを速める場合についても検討する。

新型機材への置換ペースが速い場合の燃費性能の推定



航空機性能改善によるCO₂削減量 (Scenario3)

Scenario3(技術改善重視)に適合する
開発機材毎の燃費削減目標

EIS時期	機材サイズ	燃費削減率
2035年頃	細胴(単通路)	20%
2040年頃	広胴(複通路)	35%
2045年頃	細胴(単通路)	45%

EIS : Entry Into Service

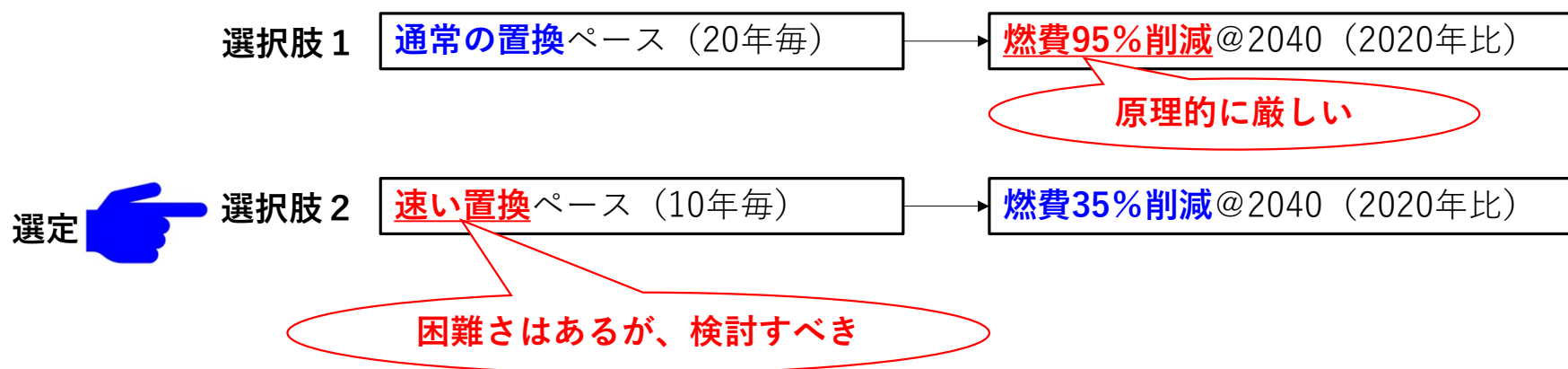
- W/O additional efforts(ATAG)
- Technology(ATAG)
- - - 合計[Mt] (モデルの合計)
- 1980SA
- 1990TA
- 2000SA
- 2010TA
- 2020SA
- 2030TA(▼5%)
- 2035SA(▼20%)
- 2040TA(▼35%)
- 2045SA(▼45%)

ATAGのScenario 3における技術改善によるCO₂削減目標と
Scenario3に適合する新機材の燃費削減性能要求(置換速いモデル)

● Scenario3の技術改善によるCO₂削減目標であっても、置換ペースが早ければ燃費削減率要求は現実的な範囲に入る

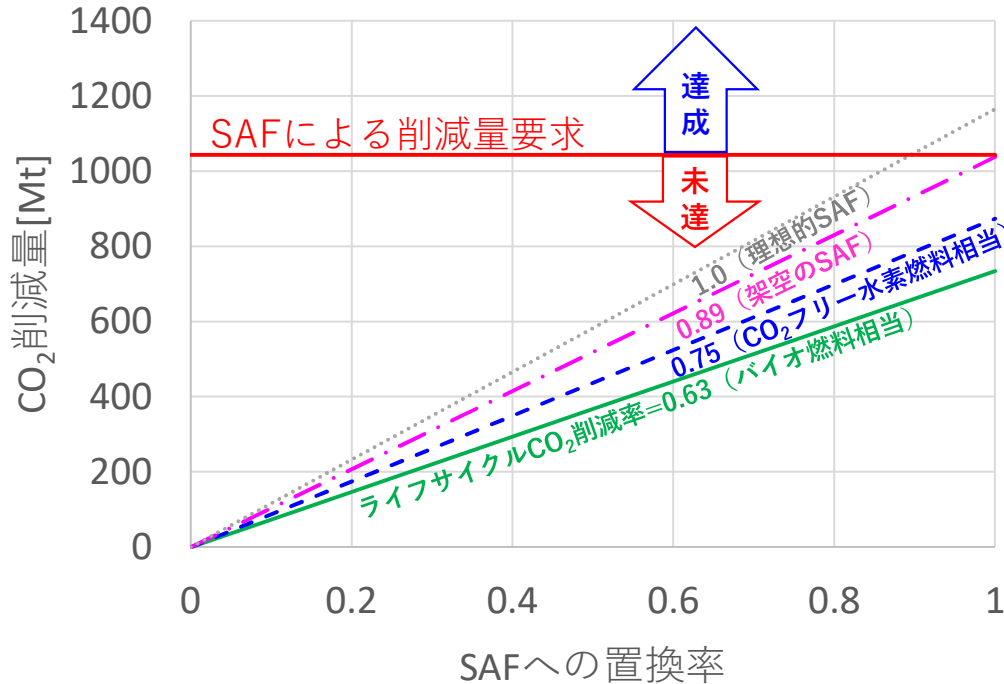
ATAGのシナリオ3に適合する技術改善策の方針

ATAG Scenario3の技術改善によるCO₂排出削減方針に関する二つの選択肢



- どちらの選択肢にも 顕著な困難さがある
- 選択肢1は従来通りのビジネスモデルだが、導入する技術の候補が見いだせない
- 選択肢2はビジネスモデルの見直しが必須だが、**電動化ならではの新しい方式を検討すべき**

ATAGのシナリオが要求するSAFの性能と生産量の推定



ATAG Scenario 3 ※1におけるSAFへの性能要求推定

※1 : <https://aviationbenefits.org/environmental-efficiency/climate-action/waypoint-2050/>

SAFの困難さ

- ✓ SAFへの要求が最も緩い **Scenario 3** においてさえ、バイオ燃料やCO₂フリー水素相当のCO₂削減率では、**全ての燃料をSAFに置換しても要求は満たせない。**
- ✓ 現時点のSAFよりもかなり**CO₂削減率が高い新しい燃料を大規模に生産する必要がある。**

100 Million Litters(today)
↓
449 Billion Litters(2050)

SAFに要求される生産量の推移予測 (IATA)

<https://www.iata.org/en/pressroom/2021-releases/2021-10-04-03/>

- **要求されるCO₂削減率性能の点でも生産量の点でも顕著な困難さあり** (IATAシナリオはさらに生産量の要求高い)
- CO₂削減率が非常に高い代替燃料においては、生産量との両立がより困難となる

ATAGシナリオ3に適合する将来開発機の燃費性能目標

想定する開発機材毎の燃費削減目標

+ : Scenario0 従来技術 (通常の置換ペース)

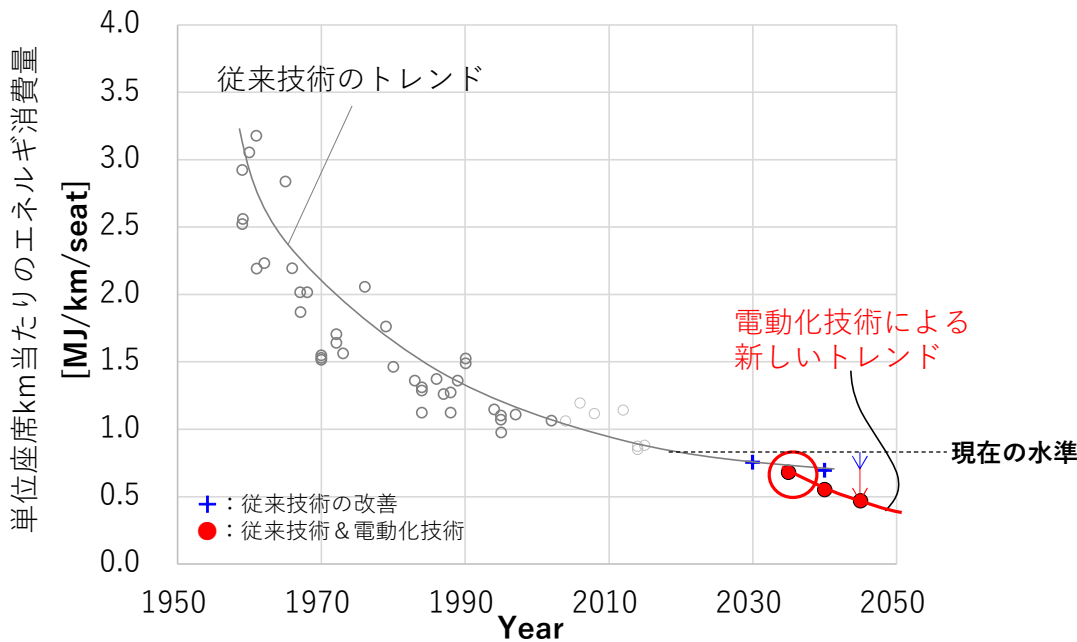
EIS時期	機材サイズ	燃費削減率目標	従来技術による寄与分	次世代技術による寄与分
2030年頃	広胴(複通路)	11%	11%	0%
2040年頃	細胴(単通路)	18%	18%	0%

VS.

● : Scenario3 従来技術&次世代技術 (速い置換ペース)

EIS時期	機材サイズ	燃費削減率目標	従来技術による寄与分	次世代技術による寄与分
2035年頃	細胴(単通路)	20%	10%	10%
2040年頃	広胴(複通路)	35%	10%	25%
2045年頃	細胴(単通路)	45%	15%	30%

EIS : Entry Into Service



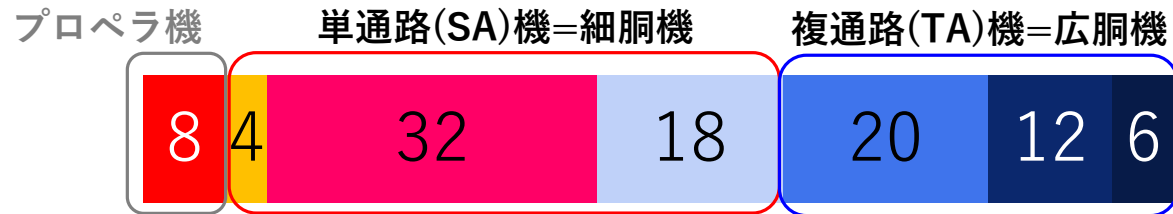
旅客機における単位エネルギー消費量の推移と将来開発機の目標

- ATAG及びIATAの削減シナリオはいずれも顕著な困難さがあり、現時点では次世代技術を絞り込めない。国際的なCO₂削減目標は極めて高く、**あらゆる次世代技術を最大限導入する検討が必要**。
- 次世代技術のうち、電動化による燃費削減寄与分の目標は、**▼10%@2035~▼30%@2045**

2030年代の社会実装の検討対象選定

適用サイズのCO₂排出量寄与率

- 適用対象のクラスが航空機全体のCO₂排出量に対してどの程度寄与するかによって、新機材導入のインパクトは異なる。



2050年における各サイズのCO₂排出量への寄与率予測
Source: James, D.H. 2015@NASA

選定

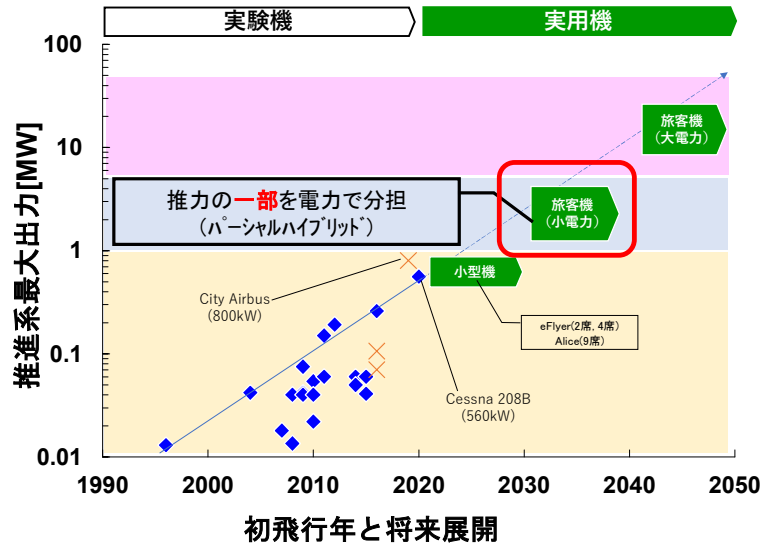


- ターボプロップ (20-50席)
- リージョナルジェット (50-100席)
- 細胴 (100-150席)
- 細胴 (150-210席)
- 広胴 (210-300席)
- 広胴 (300-400席)
- 広胴 (400席+)



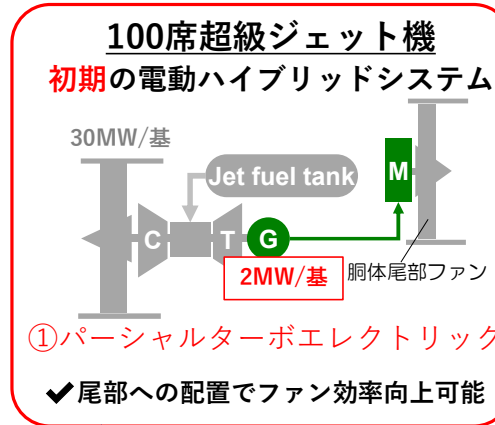
- ▲ : CO₂排出量へのインパクト **小さいが**,
- ◎ : 純電動やパラレルハイブリッドが可能なサイズ
- ◎ : CO₂排出量へのインパクト **大きく**,
- ◎ : 部分的な電動化で **技術リスクは比較的小さい**
- ◎ : CO₂排出量へのインパクト **大きい**が,
- ▲ : 出力要求が大きく **技術リスクが非常に高い**

システム方式の検討 (初期段階のハイブリッド形態)



1 MW~2 MW級の要素技術に目途が出てきた

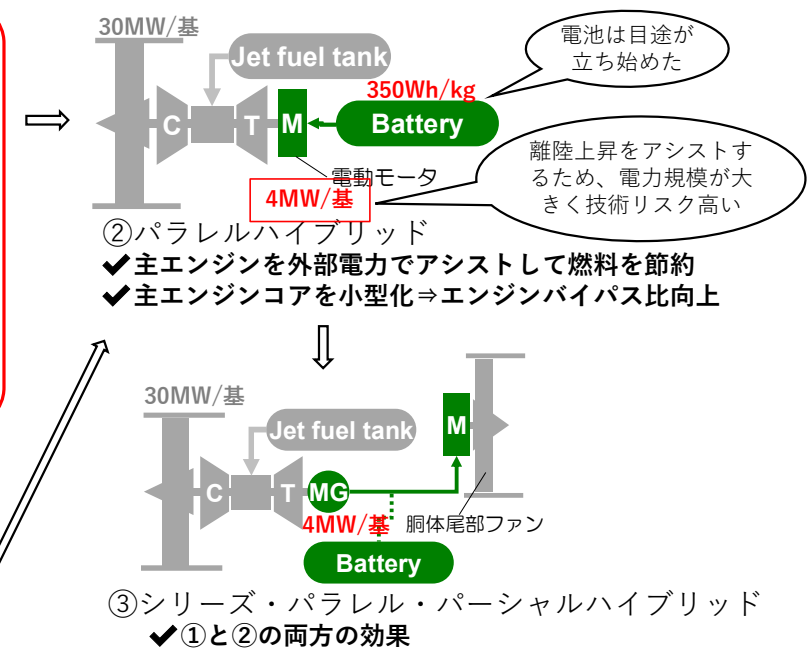
2030年代前半



30席級プロペラ機
1MW/基

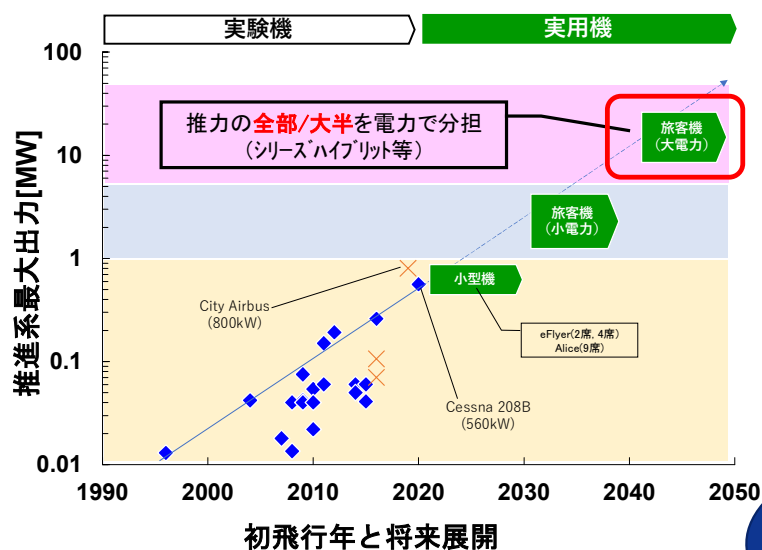
② パラレルハイブリッド

2030年代後半~2040年代前半

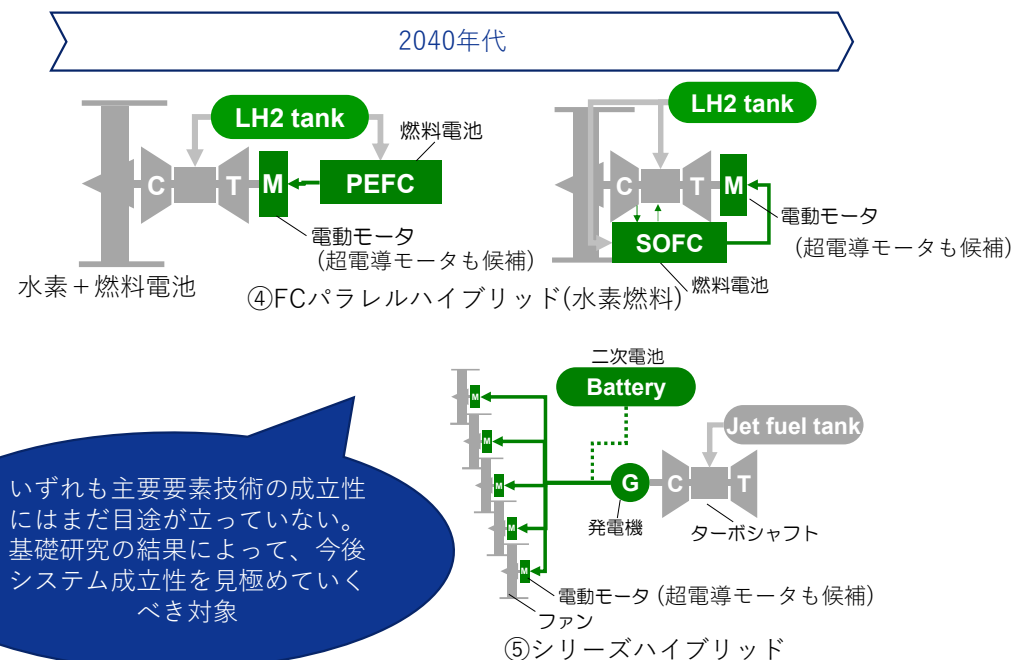


- 推力の一部を電力で分担するパーソナルハイブリッド方式のうち、100席超級ジェット機の電動化としては①ターボエレクトリック方式は技術的成立性が最も高いのでハイブリッド方式の起点となり得る有力な候補
- ②パラレルハイブリッド方式は100席超旅客機用としては技術リスクが高いため、数十席級プロペラ機が初期の対象

革新的なハイブリッド形態への展開（2040年代～）

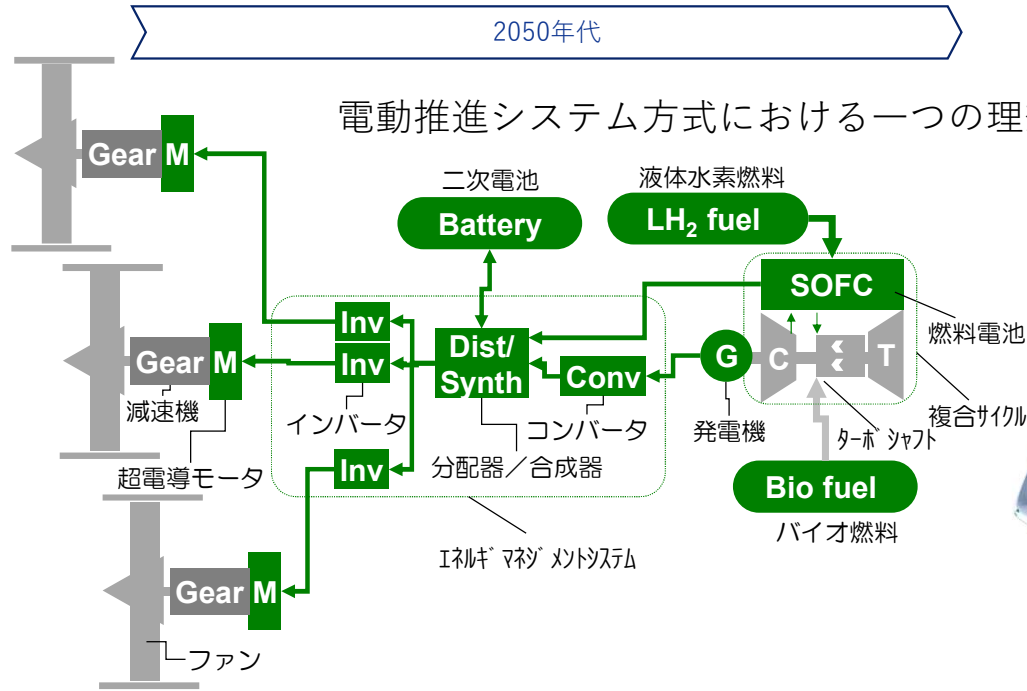


- ✓ いずれも主要要素技術の成立性にはまだ目途が立っていない。
- ✓ 基礎研究の結果によって、今後システム成立性を見極めていくべき対象



- ターゲットとなる電力規模は10MW超級であり、主要要素技術の成立性にはまだ目途が立っていない。
- 基礎研究の結果によって、今後システム成立性を見極めていくべき対象

電動航空機の理想形（2050年代～）



電動推進システム方式における一つの理想形(ネットゼロ・カーボン)

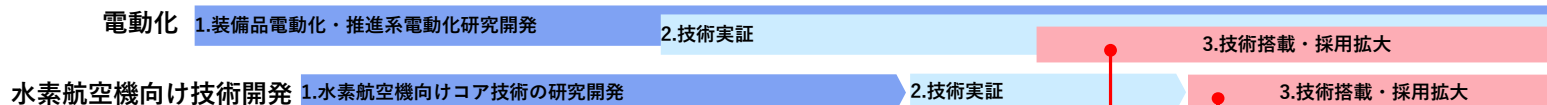
シリーズハイブリッドにより多発分散化を図り、機体の形態もBWB等の革新空力形状を目指す。また、CO₂フリー水素燃料導入も視野に。



エミッションフリー航空機の概念図

航空機電動化将来ビジョンの改訂について ロードマップ

経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」より抜粋

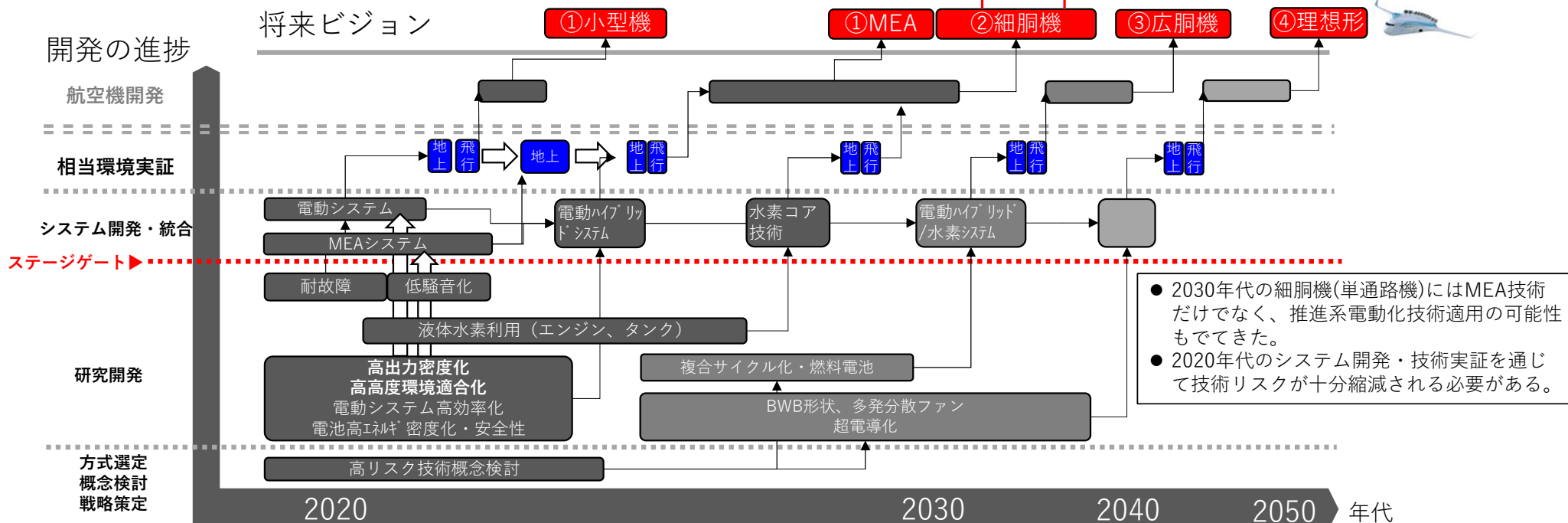


2020年代: **小出力用途**(小型電動航空機)を対象に電動化技術の社会実装を開始

2030年代: 電動化技術の適用範囲を**旅客機**(細胴機以下)まで拡大

2040年代: 電動化技術を核として**航空機の燃費を大幅に削減**

2050年代: 電動化の**理想形**に到達。CO₂削減への**明確な寄与**





- 2030年代の細胴機(単通路機)にはMEA技術だけでなく、推進系電動化技術適用の可能性もできた。
- 2020年代のシステム開発・技術実証を通じて技術リスクが十分縮減される必要がある。

● 工程表の実現に向け研究開発を推進する

1. 「航空機電動化技術標準化ワーキンググループ」
 - 令和2年度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（国際標準化含む）戦略に係る調査研究）
https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2020FY/000250.pdf
2. NEDO「航空機装備品、電動化分野における研究開発動向調査」への協力
 - https://www.nedo.go.jp/library/database_index.html
3. 「空の移動革命に向けた官民協議会」への参画
 - ユースケース検討会への提案、大阪ラウンドテーブルへの参画
4. 技術開発グループの活動状況

航空機電動化コンソーシアムの活動状況

技術開発グループの活動状況

領域	番号	サブグループ名称	活動期間	参画機関	
① 協調	①-1	航空機電動化共通基盤	2019.9-2021.3	JAXA、他15機関	終了
	①-2	小型電動航空機のビジネスモデル並びに地上インフラの検討 	2019.10-2021.3	慶應大、他13機関 http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=0756b1a5a418337a3dd05f00cd1bed96	終了
② 競争	②-1	先進磁気回路技術を適用した高出力密度モータの開発 	2019.11-2021.3	(株)デンソー、JAXA http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=97ef0a60ceeda99884de94c7a2106b77	終了
	②-2	高高度環境適応電力変換・配電システム	2020.6-2021.3	三菱電機(株)、川崎重工業(株)、JAXA	終了
	②-4	eVTOL用低騒音プロペラ 	2020.9-2022.3	JAXA、電中研、工学院大、千葉大 http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=8ff35b207fc087e3b13d36fba28edee8	
	②-5	重希土類フリー高磁力・高耐熱サマリウムコバルト磁石を用いた、電動航空機向け高出力密度モーター構成の検討	2021.10-2022.3	JAXA、(株)東芝	
	②-6	胴体BLIファン搭載航空機の空力設計	準備中	JAXA、東北大	

まとめ

- 航空業界はCovid-19により大打撃を受けたにも関わらず、長期的には需要増が予測されており、CO₂削減への要求は益々高まっている。
- 航空業界が掲げた新たな目標は2050年にネットゼロ・カーボンを達成することであり、そのためにあらゆる次世代技術を最大限導入する必要がある。
- 航空機の電動化は、従来技術を超えて燃料消費を削減するための有力な候補の一つであり、世界各国で小型機から旅客機までを対象に研究開発が進展している。
- 当コンソーシアムにおいても、航空機電動化技術によって航空機産業の持続的発展に寄与するため、会員の皆様とともに研究開発を積極的に推進していく。

本コンソーシアムの運営サイト

<http://www.aero.jaxa.jp/about/hub/eclair/index.html>

問い合わせ先

eclair_sec@chofu.jaxa.jp

注：@が画像化されているので、使用時はテキストを入力してください