

# 航空分野の長期的な排出削減対策見通し

## 概要

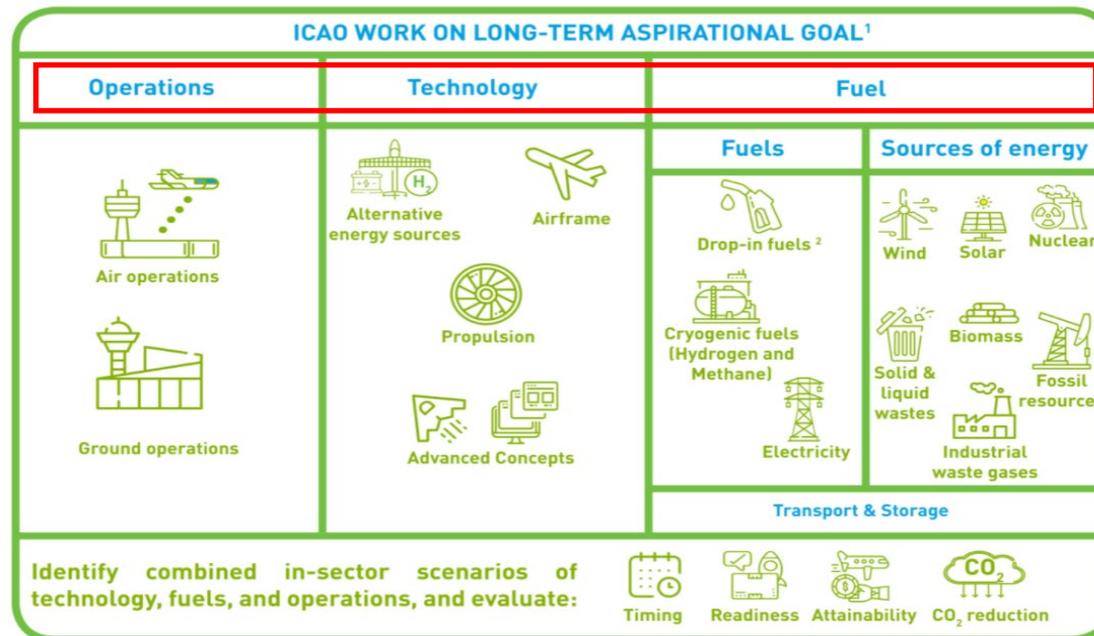
---

令和4年3月

# 検討の目的

- 国際民間航空機関（ICAO; International Civil Aviation Organization）では、2019年のICAO総会における長期目標に係る決議を受け、我が国から、あらゆる削減施策の検証によるボトムアップの目標設定及びタスクフォース設置を提案し、我が国が議長を務めるタスクグループにおいて、長期目標に関する議論が進められてきたところ。
- 本検討の目的は、**2022年秋のICAO総会における長期目標の合意を見据えて、ICAOでの議論や諸外国の動きなどを踏まえつつ、中長期的な我が国の航空分野の気候変動対策の効果を分析すること。**
- 具体的な対策としては、CAEP LTAG-TGにおいて検討の対象としている**航空技術（Technology）、運航技術（Operation）及びSAF等（Fuel）**とし、将来の我が国の航空分野の需要見通しを踏まえて**2070年に至るまでのCO2排出量の長期的な見通し**を推計するとともに、**今後の課題**として検討すべき事項を考察した。

## ICAOにおける長期目標(LTAG: Long Term Aspirational Goal)の検討範囲



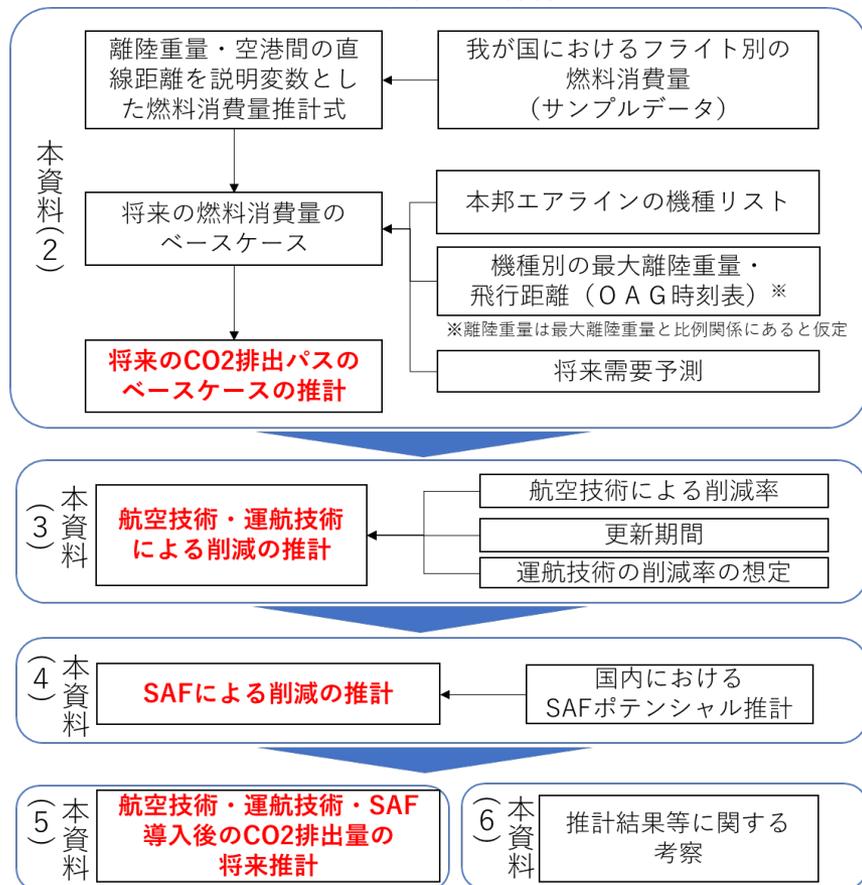
<sup>1</sup> This work should identify and evaluate existing, foreseen, and innovative in-sector measures in technology, fuels and operations, and their enablers, including information of probable costs. This will assist in identifying gaps, and information and expertise needed, in order to complete a thorough assessment of all in sector CO<sub>2</sub> reductions for international aviation. This should include timing, readiness, attainability and the quantity of CO<sub>2</sub> reduction possible, based on a feasible roll out into the aviation sector.

<sup>2</sup> Sustainable Aviation Fuels (SAF), Low Carbon Aviation Fuels (LCAF), E-Fuels. Icons made by Freepik from www.flaticon.com

# 航空分野の排出削減対策見通しの検討 全体像

- 推計手順の全体像は下図に示すとおり。
- **対象範囲**：本邦エアラインの国内線（定期便のみ）及び国際線（外国発含む。）
- **機材情報**：非公式のウェブサイト情報から得られた情報※に基づき、本邦エアラインが保有する機材及び推計に必要なデータをリストアップ
- **削減対策**：航空技術は機材タイプ別に設定した3ケース、運航技術はCARATS及び工程表の目標に基づく1ケース、SAFは「我が国におけるSAFの普及促進に向けた課題・解決策」で示した3ケース

## 検討の全体像



## (参考)本検討の対象範囲と他の検討との比較

対象範囲	
本推計	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 国内線(日本):本邦エアライン(定期便のみ)</li> <li>➢ 国際線(日本):本邦エアラインのみ(外国発含む)</li> </ul>
ICAOによる検討対象範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 世界全体の国際線</li> </ul>
ATAG Waypoint 2050 (2021)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 世界全体の国内線・国際線</li> </ul>
United States 2021 Aviation Climate Action Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 国内線(米国):米国エアライン+外国エアライン(定期便以外を含む)</li> <li>➢ 国際線(米国):米国エアライン(外国発含む) ※米国の空港からの排出も対象に含む。</li> </ul>

※<https://www.planespotters.net/> 各国の航空局やエアラインの公開情報に基づく各種情報がとりまとめられた情報サイト

## (2) 将来のCO<sub>2</sub>排出パスのベースケースの推計

---

# 推計方針

- 特に航空技術の導入による**CO2削減量を機種別に推計することを可能**とするため、機種別のCO2排出量を推計し、これを本邦エアラインが保有する機種について積み上げることにより行う。
- 具体的には、①**機種別の燃料消費原単位（2019年）を推計し**、②**これに活動量を乗じて機種別の年間燃料消費量を推計**、また、これを**積み上げることによって年間燃料消費量の総量を推計し**、③**需要の将来予測データを用いて、将来のCO2排出パスのベースケースを推計した。**

## 将来のCO2排出パスのベースケースの推計手順

2019年のサンプルデータに基づき、機種別の燃料消費原単位(Y)を被説明変数とし、離陸重量(TOW)と空港間の直線距離(DIST)を説明変数とする関係式を重回帰分析により推計する。

$$Y = TOW^{-0.112} \times DIST^{-0.28} \times e^{0.424}$$



世界全体のフライトの詳細データが含まれるデータベースである OAG 時刻表データ等を用いて、本邦エアラインの保有する機種を整理するとともに、機種aの燃料消費原単位 $Y_a$ を推計する。

推計した $Y_a$ に最大離陸重量(MTOW)と空港間の直線距離(DIST)を乗じ、全フライトについて積み上げることにより、機種aの年間燃料消費量 $FUEL_a$ を推計する。

※離陸重量(TOW)と最大離陸重量(MTOW)は、比例関係にあると仮定。

推計した年間燃料消費量 $FUEL_a$ を全ての機種について積み上げることにより、本邦エアラインの年間燃料消費量 FUEL を推計する。



上記推計式及び先行研究による需要の将来予測データにより、本邦エアラインの機種別の将来の燃料消費量及び CO2 排出量を推計する。

離陸重量・空港間の直線距離当たりの燃料消費量(燃料消費原単位)の推計式(機種によらない関係式)

$$Y = TOW^\alpha \times DIST^\beta \times \gamma$$

$Y$ [ $l/t \cdot km$ ]: 離陸重量・空港間の直線距離当たりの燃料消費量(燃料消費原単位)

$TOW$ [t]: 離陸重量

$DIST$ [km]: 空港間の直線距離

## 燃料消費原単位Yに乘じる活動量

$MTOW$ [t]: 最大離陸重量

$DIST$ [km]: 空港間の直線距離

※  $TOW = k_{tow} \times MTOW$ という比例関係にあると仮定。推計の結果、 $k_{tow}$ は国内線については0.42、国際線については0.46となった。

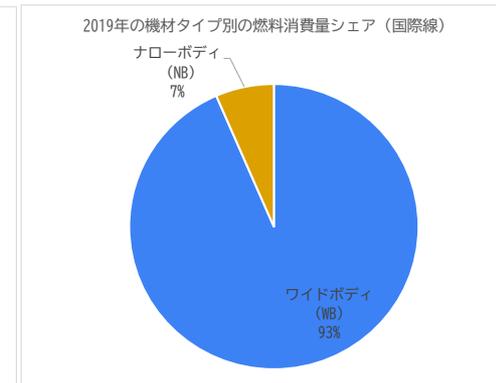
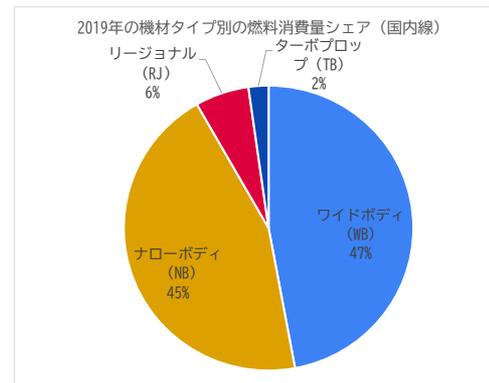
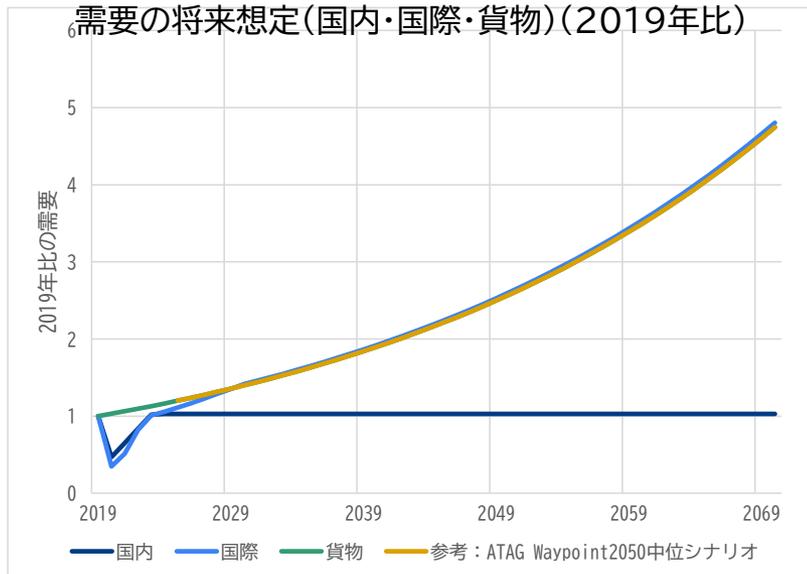
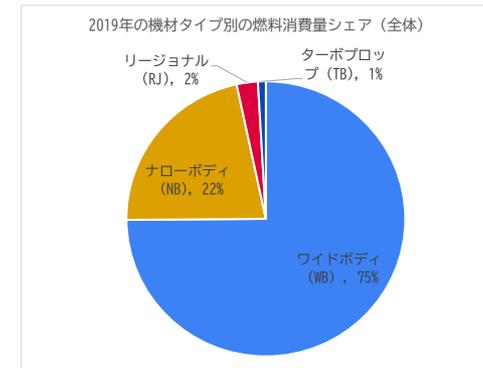
# 将来推計に用いた前提条件

- ベースケースのCO2排出量の算定に当たって、以下の条件を設定した。
  - **需要想定**：下表のとおり。
  - **機材構成**：機材タイプの構成比率は将来にわたって変化しないものと仮定。
  - **対象期間**：CAEP LTAG-TGの検討に合わせ、2070年までを対象とした※。

本推計における需要の想定成長率

	2021~2023	2024~2030	2031~2070
旅客(国内)	IATA, COVID-19 Outlook for air travel in the next 5 years	交通政策審議会航空分科会第15回基本政策部会に基づく想定	横ばい
旅客(国際)		第2回「航空機運航分野におけるCO2削減に関する検討会」に基づく想定	3.1%/年 (ATAG Waypoint2050の中位シナリオ)
貨物	3.1%/年 (ATAG Waypoint2050の中位シナリオ)		

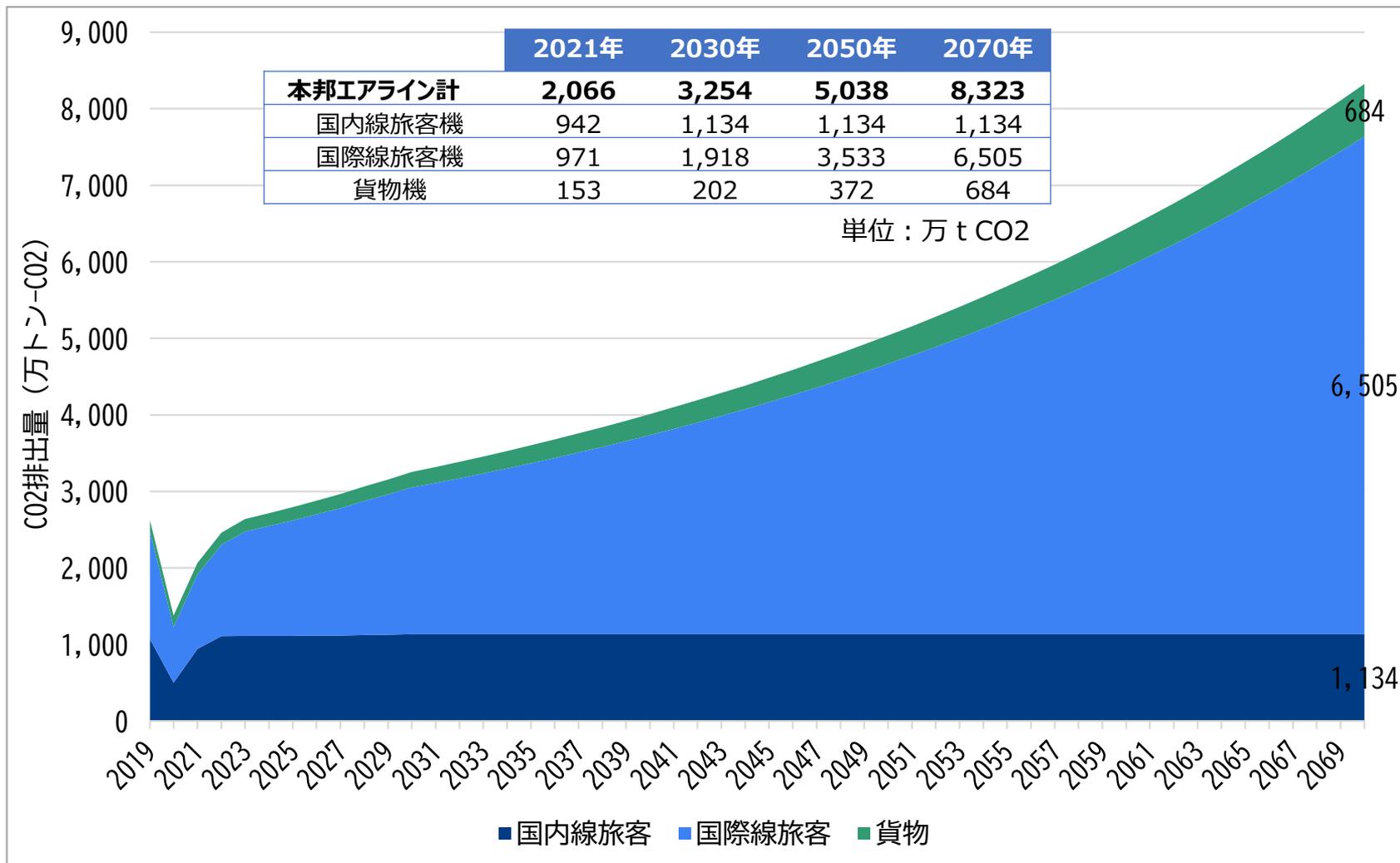
(参考)機材タイプ別の燃料消費量シェア推計結果(2019年)



# ベースケースのCO2排出パス

● ベースケースにおけるCO2排出量の将来推移は下図のとおり。

ベースケースにおけるCO2排出量の将来推移



## (3) 航空技術・運航技術による削減の推計

---

# 航空技術(機材更新)の分析の考え方

- 航空技術(機材更新)による削減効果については、ATAG Waypoint2050を参考に、下記の3つのケースを対象とし推計を行った。
  - ケースA：機材コンポーネント(エンジン、機体を構成する材料、機体システム(アビオニクス系統等)、機体(主翼等)の形状)の更新ケース
  - ケースB：新コンセプトの導入+電動化ケース
  - ケースC：ナローボディ機への水素航空機導入を追加するケース
- 各ケースにおいて想定する対策は、ワイドボディ機(WB)、ナローボディ機(NB)、リージョナル機(RJ)、ターボプロップ機(TP)の4種類毎に想定。具体的に想定した技術は下表左のとおり。

各ケースにおいて導入することを想定した技術の概要

ケース・機材タイプ	2034年以前の更新	2049年以前の更新	2050年以降の更新
A. 機材コンポーネントの更新	機材コンポーネントの更新		
B. 新コンセプトの導入+電動化	WB	機材コンポーネントの更新	マイルド・ハイブリッド化・新コンセプト機材に移行
	NB		マイルド・ハイブリッド化・新コンセプト機材に移行
	RJ		多くが電動化
	TB		全体電動化
C. ナローボディ機への水素航空機導入追加	WB	機材コンポーネントの更新	マイルド・ハイブリッド化・新コンセプト機材に移行
	NB		全体水素航空機化
	RJ		多くが電動化
	TB		全体電動化

(参考)機材タイプ

機材タイプ	説明	航続距離/座席数
ワイドボディ機 WB	客室に通路が2本ある機体	長/多
ナローボディ機 NB	客室に通路が1本ある機体	↑
リージョナル機 RJ	座席数が100席前後の小型機体	↓
ターボプロップ機 TP	推進系がジェットエンジンではなく、プロペラが回転することにより推進する小型の機体	短/少

ワイドボディ機のイメージ



ナローボディ機のイメージ



リージョナル機のイメージ



ターボプロップ機のイメージ



# 航空技術(機材更新)による削減効果の計算方法

- 以下の更新年が訪れる際に機材更新が生じ、機材別の燃料消費量の削減が生じるものと推計した。

		更新年
旅客機	WB	19年
	NB	17年
	RJ	13年
	TB	17年
貨物機 (WBのみ)		17年

- 更新による削減率は、以下のとおり対2019年比として設定。
- 下表の3つの期間に分けて設定した。(数値の設定根拠はP11を参照)

## A. 機材コンポーネントの更新によるCO2削減率(2019年比)

機体を構成する要素	2034年以前の更新	2049年以前の更新	2050年以降の更新
エンジン	▲9%	▲15%	▲20%
機体を構成する材料	▲1%	▲2%	▲4%
機体システム(アビオニクス系統等)	▲2%	▲4%	▲6%
機体(主翼)の形状	▲4%	▲5%	▲6%
計	▲15%	▲24%	▲32%

※機材タイプによらず一定とした

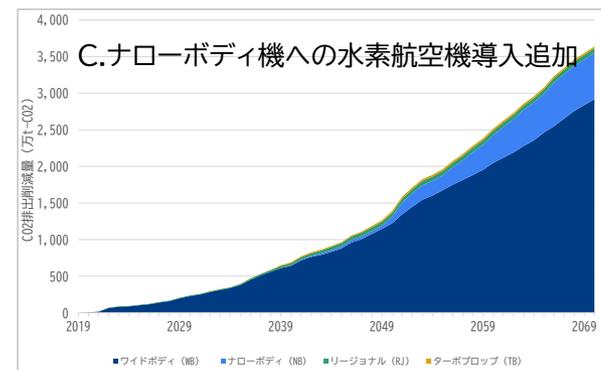
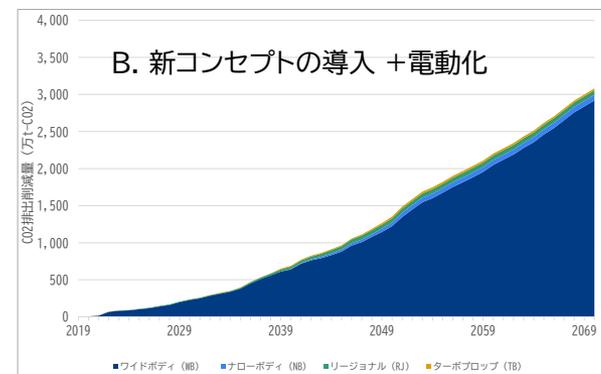
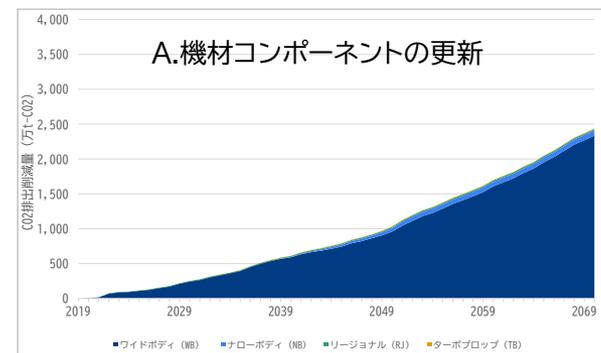
## B. 新概念の導入+電動化によるCO2削減率(2019年比)

機材タイプ	2034年以前の更新	2049年以前の更新	2050年以降の更新
WB	▲15%	▲32%	▲39%
NB	▲15%	▲32%	▲39%
RJ	▲15%	▲80%	▲100%
TP	▲15%	▲100%	▲100%

## C. ナローボディ機への水素航空機導入追加によるCO2削減率(2019年比)

機材タイプ	2034年以前の更新	2049年以前の更新	2050年以降の更新
WB	▲15%	▲32%	▲39%
NB	▲15%	▲32%	▲100%
RJ	▲15%	▲80%	▲100%
TP	▲15%	▲100%	▲100%

## 各ケースによるCO2削減量



# 航空技術による削減率の設定の考え方

- ケースA：**2019年のIATA技術ロードマップ**を参考に削減率を設定。具体的には、下表のとおり、①エンジンの改良、②機体を構成する材料の改良、③機体システム（アビオニクス系統等）の改良、④翼の形状の改良の4要素による削減率を元に、各対策の効果を導出。
- ケースB・C：**ATAG Waypoint2050**におけるシナリオを参考に次世代技術の導入による削減率を設定。
  - ケースB：Waypoint2050の「T4電動化の推進」における大型機へのハイブリッドの導入や100席未満の電動化を想定。
    - ✓ **TP**：2035年以降に**完全電動化**（削減率▲100%）
    - ✓ **RJ**：2035年以降に**ハイブリッド電動化**（削減率▲80%）、2050年以降に**完全電動化**（削減率▲100%）
    - ✓ **WB・NB**：**新コンセプト等導入**による効果は、各時点のケースA.に対して削減率▲10%と想定。
  - ケースC：Waypoint2050の「T5 野心的技術」を参考に**NBの水素化**（削減率▲100%）を想定した。

## ケースA.における削減効果(IATA技術ロードマップ)

Group	Concept	Type of Technology	Fuel Reduction Benefits
Aerodynamics	Variable Camber	Retrofit	1 to 2%
	Riblets	Retrofit	1%
	Raked Wingtip	Retrofit	3 to 6%
	Winglets	Retrofit	3 to 6%
Cabin	Lightweight Cabin Interior	Retrofit	1 to 5%
Material & Structure	Advanced Materials	Production Upgrade	1 to 3%
	Active Load Alleviation	Production Upgrade	1 to 5%
	Composite Primary Structures	Production Upgrade	1 to 3%
	Composite Secondary Structures	Production Upgrade	<1%
System	Adjustable Landing Gear	Production Upgrade	1 to 3%
	Taxi Bot	Retrofit	1 to 4%
	Advanced Fly-by-Wire	Production Upgrade	1 to 3%
	Structural Health Monitoring	Retrofit	1 to 4%
Advanced Engine Components	Fan Component Improvement	Production Upgrade	2 to 6%
	Very High BPR Fan	Production Upgrade	2 to 6%
	Advanced Combustor	Production Upgrade	5 to 10%

The numbers mentioned above are based on the IATA Technology Roadmap 2013 [22].

## ケースB.C.における削減効果

	2035～49年の更新	2050年以降の更新
WB	新コンセプトの導入等によりケースA. に対して▲10%	
NB	新コンセプトの導入等により ケースA. に対して▲10%	ケースB：新コンセプトの導入等により ケースA. に対して▲10% ケースC：水素航空機化により▲100%
RJ	ハイブリッド化により▲80%	完全電動化により▲100%
TP	完全電動化により▲100%	

## ATAG Waypoint2050における航空技術の導入想定

シナリオ	概要
T1 ベースライン	- 既存機又は市場投入されようとする航空機による更新のみ (例：旧型の737機が退役し、737MAXに置き換わる等)
T2 保守的シナリオ(進化的技術のみ)	- 更新後の航空機は現在のモデルに従うが、ターボファンエンジン推進システムを備えた標準的な「tube and wing」形態も発展形を備える。従来の液体ジェット燃料又はSAFを使用する。
T3 新コンセプトの導入	- 革新的技術(BWB機、strut-braced wing機、オープンローター等)の導入。従来の液体ジェット燃料又はSAFを使用する。
T4 電動化の推進	- 新しい構造要素(strut-braced wing、blended wing body、オープンローターエンジン等)を組み込んだ航空機の革新的な形態の航空機。 - バッテリーシステム(100席未満)及びハイブリッドシステム(より大型の航空機用)を使用した電気推進にシフト(2035-2040から市場に投入)。
T5 野心的技術	- ナローボディ機(100～200席)のゼロ・エミッション航空機(水素の可能性)への革新的なシフト。 - 小型航空機の電動化及びより大型の航空機のハイブリッド化を想定。このシフトは、2030年から発生し、より大型の航空機についてはT4シナリオよりも早く発生する。

# 運航技術による削減効果

- 国土交通省の「航空機運航分野におけるCO2削減に関する検討会」でとりまとめられた、管制の高度化による運航方式の改善に係る工程表において、我が国における今後の取組みのロードマップが示されている。
- 工程表においては、**2050年において2021年比10%程度のCO2削減を目指す**こととされている。この目標を年率に換算した**0.35%を年率の燃費改善率として想定**した。
- なお、参考にCARATSに含まれている運航技術の対策を以下に記す。

(参考)CARATSにおけるCO2削減に寄与する運航方法

管制の高度化による運航方式の改善に係る工程表(2021年12月)

## 工程表(②管制の高度化による運航方式の改善)

●凡例 1.準備・導入フェーズ 2.試行・実証フェーズ 3.運用・拡大フェーズ

### 工程表の基本的な考え方

- 航空交通量の増大に対応するとともに、運航効率の改善等によりCO2排出量の削減に取り組む必要がある。
- 将来の航空交通システムの進展や技術開発の動向を見越しつつ、航空交通全体の最適化と航空路・出発及び到着・空港面における運航フェーズごとの改善策をそれぞれについて、短期的取組を移行するとともに中長期的取組を段階的に推進していく。**今後の取組において、10%程度のCO2削減を目指す。**

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年
総合管理	今後、TCO削減協議会(仮称) 既設立し、下記のような取組を検討し、推進していく。						※ 年は暦年を表す。
航空交通全体	空域の抜本的再編	上下分層の段階的実施 → 本運用					
	空域の境界(高度)のリアルタイム変更	本運用					
運航情報の共有による飛行計画の調整	デジタル情報共有基盤(SWIM)構築 → FF-ICE(運航前軌道調整)	試行運用 → 本運用/機能拡大					
	SWIMの外国との接続 → FF-ICE(運航中軌道調整)						
時間管理の実現(交通容量管理を含む。)	メタリングの導入					本運用/機能拡大	将来の航空交通システムの進展や技術開発の動向を踏まえながら、航空交通全体の最適化等について、更なる取組を推進
航空路	高度・経路の選択自由度の向上	洋上航空路における飛行高度最適化 試行運用 → 本運用					
	迂回のない飛行ルート	高高度ルート 試行運用 → 導入空域拡大					
出発・到着	就航率の改善(高度化された航法の導入推進)	RNP-AR 運航基準見直し → 導入空域拡大					
		SBASを用いたRNP進入方式の導入 試行運用 → 高度化/導入空域拡大					
空港面	燃費の良い上昇・降下の実現	継続的な上昇・降下(CDO等)が可能となる運用 → 導入空域拡大					
	地上待機時間の短縮	ACDM統合、AMAN高度化開発 → 機能実証					導入拡大
	地上走行の最適化	自走距離の短縮 試行運用 → 本運用/導入空域拡大					

※ 表内部の記載は取組例。

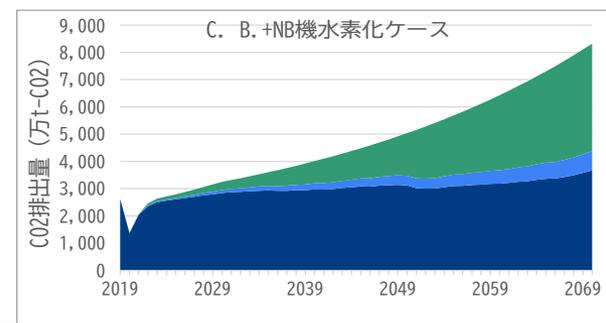
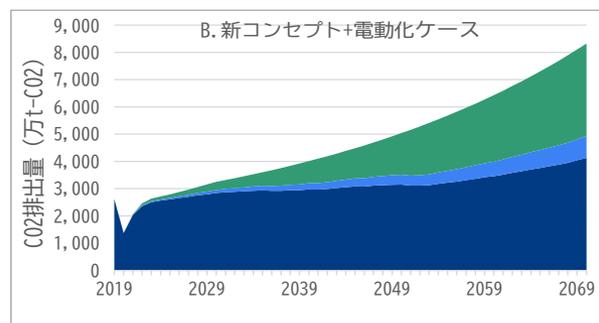
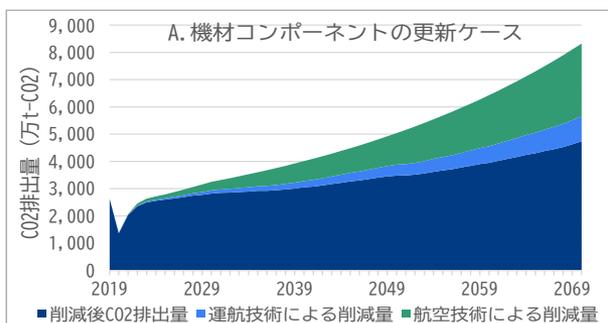
運航方法	仕組み・寄与する理由	導入時期目安
空港における運用効率化	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶地上における待機時間を短縮することでCO2排出量を削減する</li> <li>▶空港関係者間で、情報共有を強化することにより、航空機、地上作業員及び航空管制提供者間の情報交換を容易にする。これにより、航空会社にとってより正確なターンアラウンド情報が提供され、遅延や燃料消費を最小限に抑えるスロットの効果的な使用が可能になる。</li> </ul>	2030年以降
自由なルートでの飛行	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶上空の気象に応じて、運航乗務員がより効率的に飛行できるルート・高度を選択して飛行することで巡航中のCO2排出量を削減する。</li> <li>▶事前に計画された管制承認をリアルタイムに変更する調整が必要であり、地上・機上のインフラ整備が必要となる。</li> </ul>	2022年以降
時間管理運航	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶管制機関が交通流の混雑具合を把握し、上空において待機時間を発生させないよう飛行の位置・速度をリアルタイムに調整することで全体として、巡航中のCO2排出量を削減する。</li> <li>▶事前に計画された管制承認をリアルタイムに変更する調整が必要であり、地上・機上のインフラ整備が必要となる。</li> </ul>	2030年以降
継続的な上昇・降下運用	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶上昇・降下フェーズでのCO2削減に寄与する。</li> <li>▶エンジン運用の方法を変更することで実現ができる。</li> </ul>	2023年以降
進入経路短縮(RNP AR方式など)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶進入フェーズの飛行距離を短くすることでCO2排出に寄与する。</li> <li>▶飛行方式の設定および機上・地上のインフラに左右されることが多く、特定空港へ順々に導入される予定である。</li> </ul>	2021年以降

# 航空技術・運航技術導入後のCO2排出量将来推計

- 航空技術・運航技術導入後のCO2排出量将来推計は下記の表・図のとおり。主なポイントは以下である。
- ① **国際線**については、我が国ではWBからの排出が全体の多くを占めるため、**ケースA（機材コンポーネントの更新）**による削減効果が高い。
- ② **国内線**については、NBからの排出がWBからの排出と同程度であることから、**ケースC（特に2050年以降の水素航空機の導入）**による削減効果も高い。
- ③ **全体**としては、国際線からの排出が長期的には全体の多くを占めるため、**ケースA（機材コンポーネントの更新）**による削減効果が高い。

本邦エアライン全体のCO2排出量の将来推計(航空技術・運航技術導入後)【単位:万tCO2】

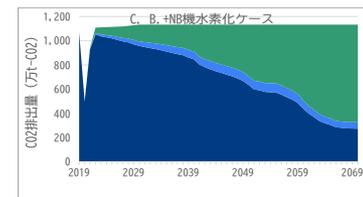
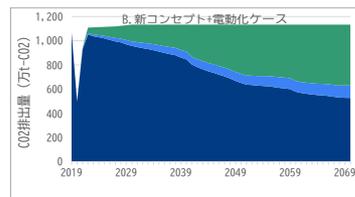
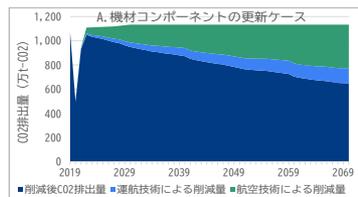
	2021年	2030年	2050年	2070年
ベースケース	2,066	3,254	5,038	8,323
航空技術A.+運航	2,035	2,843 <u>(▲12%)</u>	3,491 <u>(▲31%)</u>	4,736 <u>(▲43%)</u>
航空技術B.+運航	2,035	2,843 <u>(▲12%)</u>	3,167 <u>(▲37%)</u>	4,217 <u>(▲49%)</u>
航空技術C.+運航	2,035	2,843 <u>(▲12%)</u>	3,133 <u>(▲38%)</u>	3,742 <u>(▲55%)</u>



# 航空技術・運航技術導入後のCO2排出量将来推計

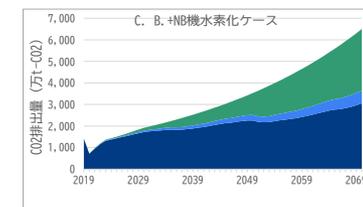
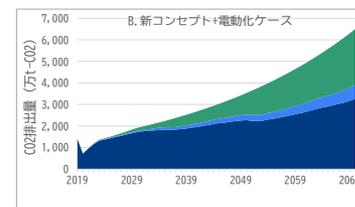
国内線旅客機のCO2排出量の将来推計(航空技術・運航技術導入後)【単位:万tCO2】

	2021年	2030年	2050年	2070年
ベースケース	942	1,134	1,134	1,134
航空技術A. +運航	930	<b>958</b>	<b>774</b>	<b>648</b>
航空技術B. +運航	930	<b>958</b>	<b>655</b>	<b>538</b>
航空技術C. +運航	930	<b>958</b>	<b>639</b>	<b>279</b>



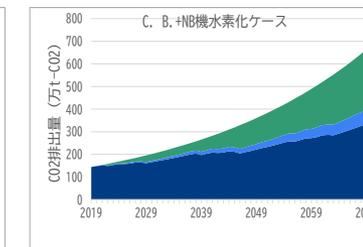
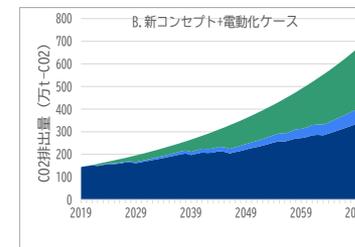
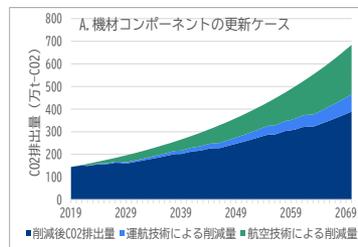
国際線旅客機のCO2排出量の将来推計(航空技術・運航技術導入後)【単位:万tCO2】

	2021年	2030年	2050年	2070年
ベースケース	971	1,918	3,533	6,505
航空技術A. +運航	953	<b>1,720</b>	<b>2,463</b>	<b>3,699</b>
航空技術B. +運航	953	<b>1,720</b>	<b>2,282</b>	<b>3,329</b>
航空技術C. +運航	953	<b>1,720</b>	<b>2,266</b>	<b>3,113</b>



貨物機のCO2排出量の将来推計(航空技術・運航技術導入後)【単位:万tCO2】

	2021年	2030年	2050年	2070年
ベースケース	153	202	372	684
航空技術A. +運航	151	<b>165</b>	<b>254</b>	<b>389</b>
航空技術B. +運航	151	<b>165</b>	<b>229</b>	<b>389</b>
航空技術C. +運航	151	<b>165</b>	<b>229</b>	<b>350</b>



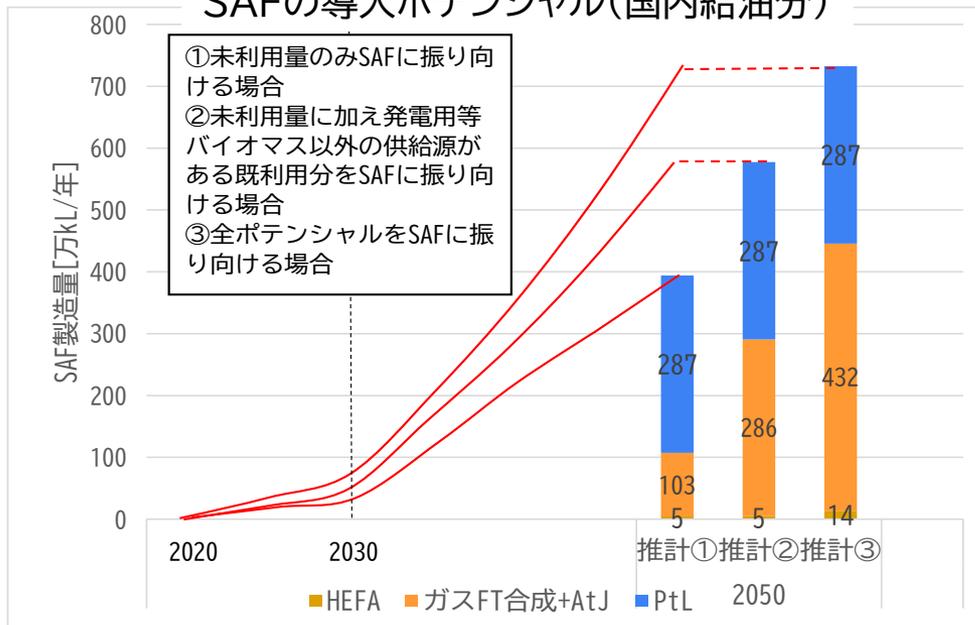
## (4) SAF(Sustainable Aviation Fuels) による削減の推計

---

# SAFに関する分析条件

- 持続可能な航空燃料（SAF：Sustainable Aviation Fuels）とは、バイオマス、廃棄物、排ガス中の炭素等を原料とする航空燃料を指す。SAFは、バイオマスの成長過程において吸収された炭素成分を含み、当該炭素成分の燃焼により、大気中のCO2の総量を増加させないことからCO2は排出されないものとみなされる。
- SAFによる削減効果の推計に当たっての前提は以下のとおり。
  - **SAFの導入ポテンシャル（国内給油分）**：「我が国におけるSAFの普及促進に向けた課題・解決策」における推計結果※を用いた。ただし、この推計結果は、本邦エアラインのみならず、外航エアラインによる国内給油も想定したものであることから、2019年における本邦エアラインと外航エアラインの国内燃料消費量の比率に基づいて、**本邦エアラインのみの導入ポテンシャルを推計した。** ※ 国産原料による国産SAFのみの推計（輸入SAF及び輸入原料による国産SAFの使用は含まない）
  - **SAFの導入ポテンシャル（外地給油分）**：ATAG Waypoint2050の**SAF中位シナリオ（F2）**（2050年4.75億kL）に本邦エアラインの外地給油量が世界全体の燃料消費量に占める割合（2019年0.77%）を乗じて推計した。

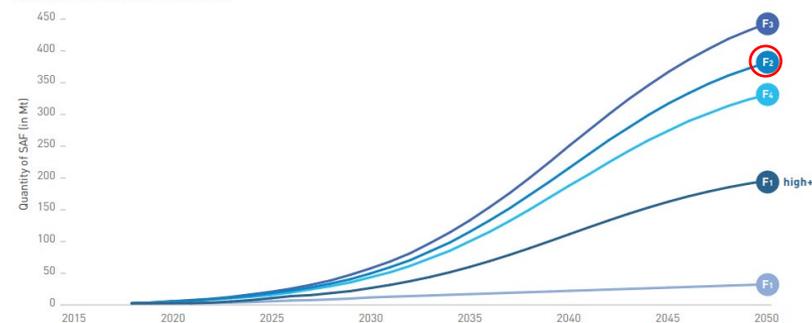
### SAFの導入ポテンシャル(国内給油分)



### ATAG Waypoint2050 SAF中位シナリオ(F2)

#### Sustainable aviation fuel ramp-up long-term

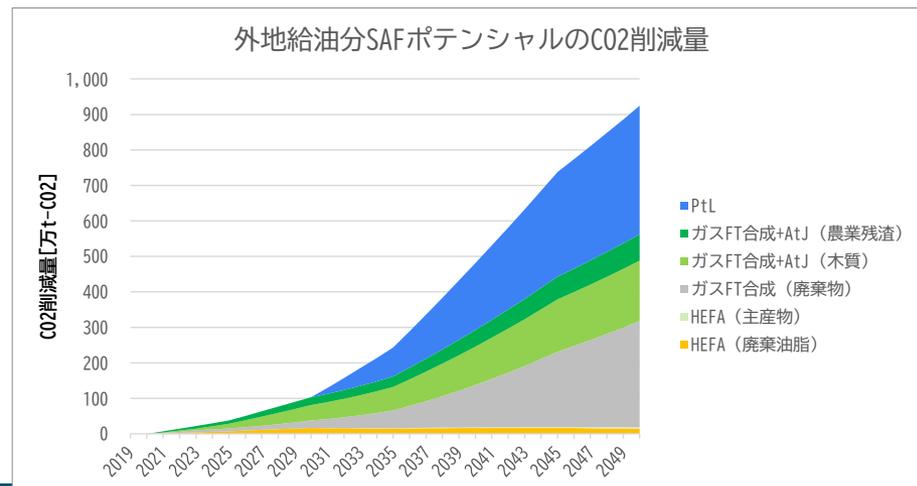
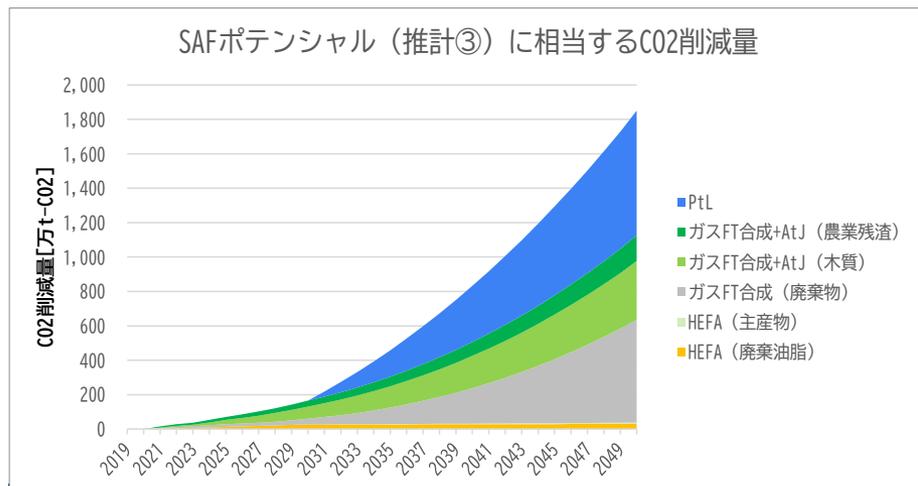
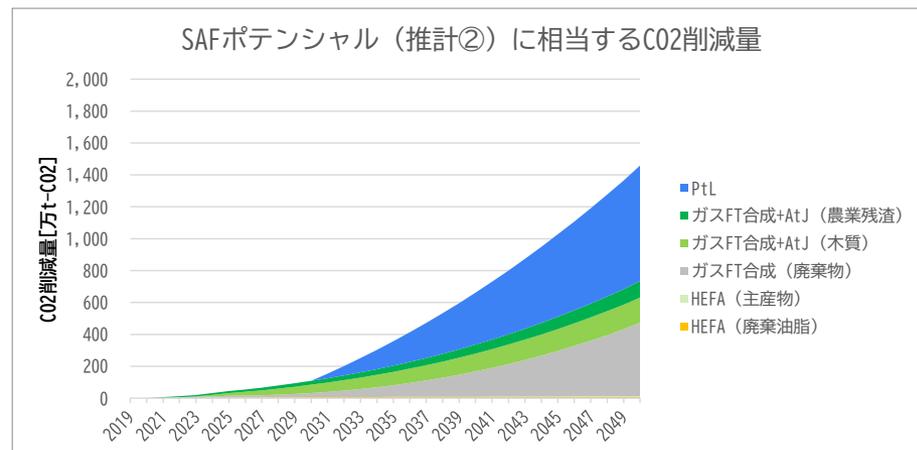
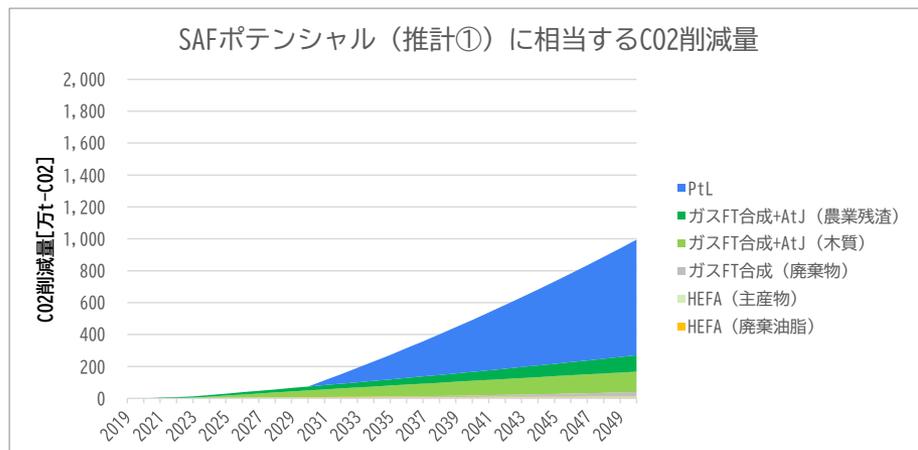
Simple analysis of ramp-up required for several scenarios and expected volumes of SAF required in 2050, assuming a 100% emissions reduction factor in 2050.



# SAFの削減効果

- 国内給油分については、「我が国におけるSAFの普及促進に向けた課題・解決策」における①未利用量のみSAFに振り向けるケース、②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分をSAFに振り向けるケース、③全ポテンシャルをSAFに振り向けるケースの3ケースについて将来のCO2排出パスを描くものとした。
- 海外給油分については、下記右下図のとおり。

## 各ケース別のSAFによるCO2削減量のポテンシャル



## **(5) 航空技術・運航技術・SAF導入後の CO2排出量の将来推計**

---

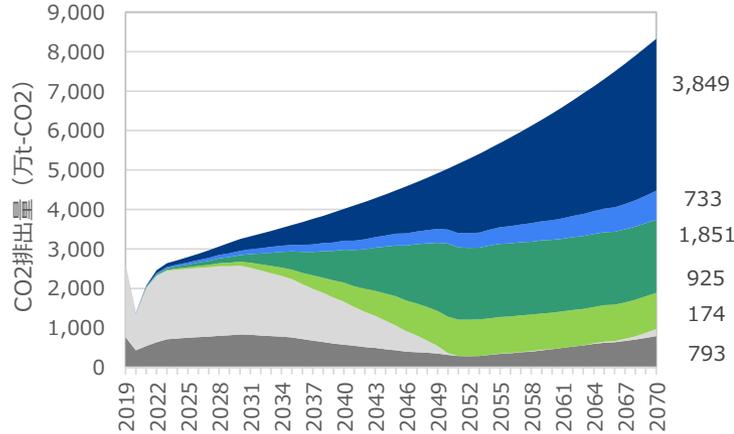
## CO2排出パス分析の各ケース

- 以上に示した航空技術、運航技術及びSAFの各対策について、下表に示した9の組み合わせを対象として、将来のCO2排出パスの作成を行った。分析結果を次項以降に示している。

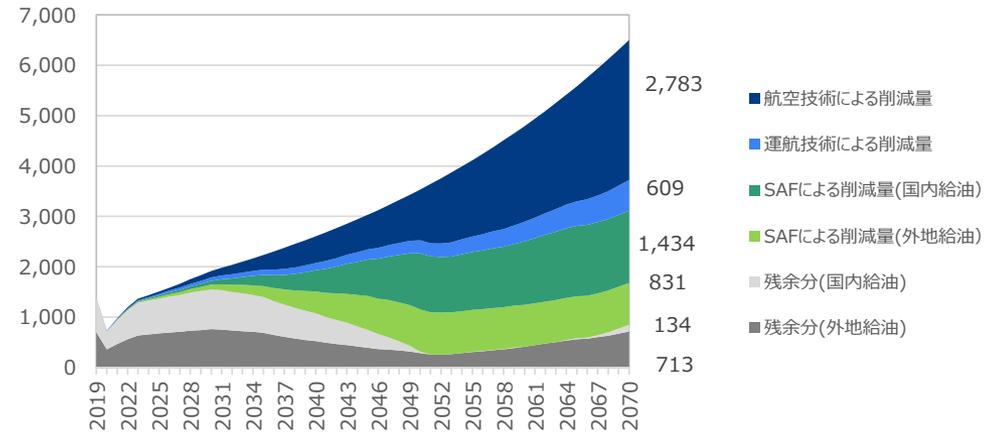
ケース組み合わせ名	航空技術・運航技術	SAF
A-1	A機材コンポーネントの更新+運航改善	推計①
A-2	A機材コンポーネントの更新+運航改善	推計②
A-3	A機材コンポーネントの更新+運航改善	推計③
B-1	B新概念+電動化+運航改善	推計①
B-2	B新概念+電動化+運航改善	推計②
B-3	B新概念+電動化+運航改善	推計③
C-1	C NB機への水素航空機導入追加+運航改善	推計①
C-2	C NB機への水素航空機導入追加+運航改善	推計②
C-3	C NB機への水素航空機導入追加+運航改善	推計③

# 例:CO2排出パス(C-3)

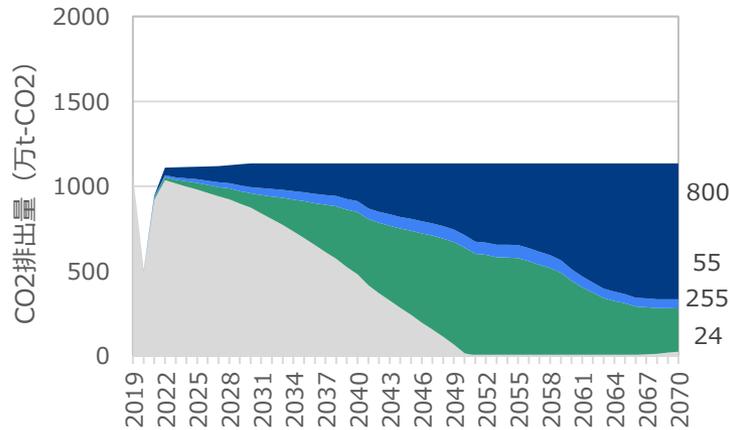
C-3 (全体)



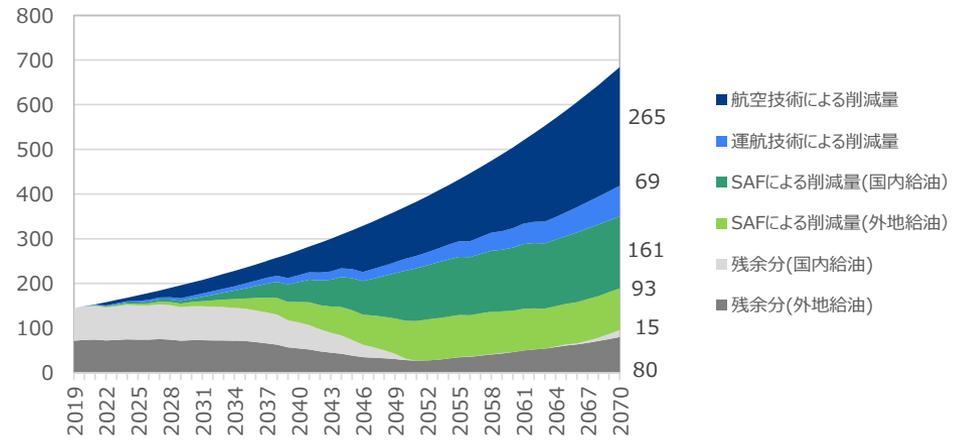
C-3 (国際線旅客)



C-3 (国内線旅客)



C-3 (貨物)



## (6) 総括

---

# 本推計に関する全体総括

- 2030年、2050年及び2070年におけるベースケースのCO2排出量、航空技術、運航技術及びSAFの導入による削減量並びに残余分をまとめると以下のとおり。
- 航空技術：
  - 2030年、2050年及び2070年のいずれにおいても、削減量の割合が大きい。国際線については特にケースA（機材コンポーネントの更新）、国内線については、加えてケースC（特に2050年以降の水素航空機の導入）による削減効果が高く、全体としては、特にケースA（機材コンポーネントの更新）による削減効果が高い。
  - 既に、これらの技術を含む国産の環境技術の実証が進められる予定であるが、**本推計結果も踏まえ、我が国航空分野からの長期的な排出削減に向けて、より注力すべき技術や機種を検討を戦略的に行うことが重要。**
- 運航技術：
  - **引き続き、工程表の目標達成に向けた取組みを進めることが重要。**
- SAF：
  - 2050年に至るまでの削減量の割合が大きい。「我が国におけるSAFの普及促進に向けた課題・解決策」も踏まえたSAFの導入に向けた取組みを促進すること等が重要

単位[万t-CO2]	2030年		2050年		2070年	
ベースケース	3,254		5,038		8,323	
航空技術	299	9%	1,146~1,545	23%~31%	2,660~3,849	32%~46%
運航技術	112	3%	360~401	7%~8%	733~927	9%~11%
SAF	177~268	5~8%	1,920~2,775	38~55%	1,920~2,775	23~33%
(国内給油)	(74~165)	(2~5%)	(995~1,851)	(20~37%)	(995~1,851)	(11~22%)
(外地給油)	(103)	(3%)	(925)	(18%)	(925)	(11%)
残余分	2,574~2,665	79~82%	358~1,571	7~31%	966~2,816	12~34%
(国内給油)	(1,742~1,833)	(54~56%)	(45~1,148)	(1~23%)	(174~1,713)	(2~21%)
(外地給油)	(832)	(26%)	(313~423)	(6~8%)	(793~1,103)	(10~13%)

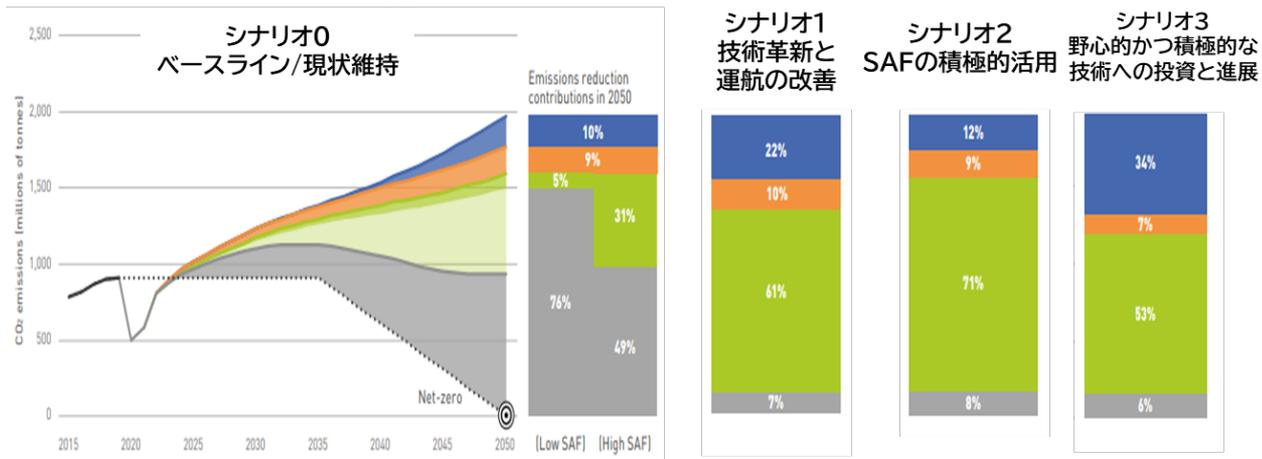
# (参考) ATAG Waypoint2050との比較

- 航空技術：
  - ATAG Waypoint2050のシナリオ（2050年時点の寄与率12～34%）と概ね同じ結果。
- 運航技術：
  - ATAG Waypoint2050のシナリオ（2050年時点の寄与率7～10%）と概ね同じ結果。
- SAF：
  - ATAG Waypoint2050のシナリオ（2050年時点の寄与率53～71%）とは差異あり。

## (差異の要因)

- 本推計は国産原料のポテンシャル等に基づく推計値である一方で、ATAG Waypoint2050のシナリオは2050年ネットゼロ目標を達成するためのバックキャストによる目標値であること
- 本推計における留意点g)参照。（未推計の国産原料、輸入原料等を用いた国産SAFの製造促進に取り組むとともに、本邦エアラインが積極的に海外でのSAFの調達（国内に輸入しての国内給油又は外地給油）を行うことにより、SAFによる削減量がより大きくなる可能性がある。）

## (参考) ATAG Waypoint2050における2050年ネットゼロに向けたシナリオ



技術

運航改善と  
インフラ整備

SAFの使用

オフセット

# 本推計における留意点

## a. 機材リストについて

- 本邦エアラインが保有している機材の一覧の作成に当たって、各国航空局やエアラインのウェブサイト情報を元にとりまとめられたデータを用いた。当該データは非公式のものであることから、各エアラインが保有する機材の実態と完全に整合していない可能性がある点に留意する必要がある。

## b. 機材別の燃料消費量の推計について

- 機材の燃料消費量原単位の推計式を導出する際には、限定的なサンプルデータを用いたこと、離陸重量と最大離陸重量が、国際線と国内線でそれぞれ設定される一定の係数による比例関係にあることを仮定した点に留意する必要がある。

## c. 機材タイプの構成比率について

- 将来の機材タイプ（ワイドボディ機、ナローボディ機、リージョナル機、ターボプロップ機）の構成比率に関しては、2070年にかけて変化がないものと仮定して分析を行っている。航空技術による削減効果は、機材タイプ別に設定しているため、これらの構成比率が変化すると、削減量の推計結果も異なるものとなる。
- 例えば、仮に機材タイプが長期的にワイドボディ機からナローボディ機に移行することが想定される場合には、ナローボディ機への水素航空機の導入による削減効果がより大きくなる。

## 本推計における留意点

### d. 航空技術の導入について

- 機材の更新時に、全ての機材が次世代の技術を導入するものと想定し、また、機材コンポーネントの更新については、機材タイプによらず一定の削減率が適用されるものと仮定した。機材の更新時に、どの機材タイプにどの程度の次世代機材が選定されるのか実態を勘案し精査した上で、導入される技術による削減量を反映する必要がある点が今後の課題として挙げられる。

### e. 完全電動化航空機・水素航空機による間接排出について

- 完全電動化航空機、水素航空機により消費される電力及び水素の製造等に由来する間接排出分を考慮せず、これらのエネルギー源からの排出をゼロとして推計した。一方、SAFに関してはライフサイクル全体での排出量を考慮して計算しており、電力及び水素についても同様の取扱いとすることが望ましいと考えられ、国際的な議論も注視しつつ、今後の課題として整理する必要があると考えられる。

### f. 運航技術による削減効果について

- 「航空機運航分野におけるCO2削減に関する検討会」でとりまとめられた管制の高度化による運航方式の改善に係る工程表等に基づく「今後の取組において10%程度のCO2削減を目指す」という目標を踏まえ、年率0.35%の削減率を設定した。
- CARATSの施策による削減率については、各施策の積み上げ（及び積み上げの際の二重計上分の排除）によって精緻化できる可能性がある。また、CARATSには、エアライン単独で実施する運用改善対策が含まれておらず、当該対策による削減率の検討が今後の課題として考えられる。

# 本推計における留意点

## g. SAFの供給ポテンシャルについて

- SAFの供給ポテンシャル（国内給油分）：「我が国におけるSAFの普及促進に向けた課題・解決策」の推計結果を用いて推計したところ、
  - 藻類バイオマス、未利用の低質廃棄油脂、海外から輸入することを念頭においた廃棄油脂、PFAD・POME等を原料とするSAFや輸入SAF（ニート又は混合後）を含まず、
  - PtLについては、2030年時点の水素の製造ポテンシャルを用いて推計しているが、2050年にかけて増加が見込まれる水素を活用した合成燃料の製造も考えられる点に留意
- SAFの供給ポテンシャル（外地給油分）：
  - ATAG Waypoint2050の中位シナリオを用いた。
  - 本邦エアラインがジェット燃料と同じ割合で海外での給油を行うと仮定した。
- 2050年以降の供給量は一定であると仮定
- ライフサイクルGHG削減率については、2050年に100%となるよう段階的に改善していくものと仮定
- 未推計の国産原料、輸入原料等を用いた国産SAFの製造促進に取り組むとともに、本邦エアラインが積極的に海外でのSAFの調達（国内に輸入しての国内給油又は外地給油）を積極的に行うことにより、SAFによる削減量がより大きくなる可能性がある。

## h. 推計で用いた方法論について

- ATAG Waypoint2050、IATA技術ロードマップ等の先行研究を参考に推計を行った。
- 一方、CAEP LTAG-TGでは、Technology（航空技術）、Operation（運航技術）及びFuel（燃料）の3分野の対策（in-sector）について分析が行われており、2022年秋のICAO総会において検討結果の公開が予定されている。当該検討結果については、今後我が国が目標や対策を検討する上での基本的な方針となると考えられることから、これを踏まえて、推計方法の改良を検討することが重要であると考えられる。

# 本推計を活かしたその他の検討可能性

## a. インフラ整備の必要性の分析

- 今回の推計の対象とした、航空技術やSAFに関する対策においては、新コンセプトや水素航空機の導入に必要な空港側のインフラ整備、SAFの導入に必要なプラントやサプライチェーンに要するインフラ等新たなインフラ整備が必要となることが想定される。長期的な排出削減を実現するために必要なインフラ整備を予め想定しておくことは、今後のCO2削減に向けた課題を特定する上で有用と考えられる。

## b. コスト・投資の分析

- CAEP LTAG-TGでは、コストや投資についても分析を行っている。具体的には、資本コスト、インフラコスト、燃料コスト（コスト削減）、資産価値の減少、R&Dコスト、メーカーによる開発費用（NRC：ノン・リカリング・コスト）等について分析が行われており、CAEP LTAG-TGの検討結果を参考に、我が国における長期的なCO2削減の実現のために想定されるコストや投資について分析することも重要であると考えられる。