

民間航空機に関する市場予測

2023－2042

令和5年3月

一般財団法人 日本航空機開発協会

まえがき

航空機産業は知識集約的で産業への波及効果が大きく産業構造の高度化に資することから、科学立国を目指す我が国にとって不可欠な産業としてその発展と高度化には大きな努力が払われています。

今後、我が国の航空機産業をさらに発展させてゆくためには、世界の民間航空機市場に関する情報の収集や市場分析を継続的に行うことが不可欠であると考えられることから、日本航空機開発協会（以下 JADC* という）では航空輸送、航空機材、エアライン、航空機メーカー等の世界の民間航空機市場に関する情報を収集・調査し、その分析結果に基づいて航空旅客、航空貨物および航空機材についての需要予測を実施しています。本書はその予測結果をまとめたもので、関係方面に提供すると共にウェブサイト（<http://www.jadc.jp>）を通じて広く一般にも供するものです。

（*： JADC ： Japan Aircraft Development Corporation）

2020 年以来、世界は COVID-19 による混乱を経験し、人の移動も強く制限された結果、航空旅客輸送需要も機材需要も大幅に減少しました。しかし、2021 年に待望のワクチンが実用化されて広く接種が進められると、同年後半からは国内線を中心に輸送実績の回復が始まるとともに機材の発注納入の回復も始まりました。さらに 2022 年は初期回復の年となり世界の RPK は 2019 年の 70% まで回復しました。2023 年は 90～95% まで回復する見通しであり、エアラインの利益の回復も機材需要も回復に向かい COVID-19 からの脱出は確実なものとなりました。

しかし 2022 年 2 月、ロシアによるウクライナ侵攻が発生すると、エネルギー価格の高騰、食糧価格の上昇、さらには半導体不足と生産活動への影響など世界経済の安定や成長を阻害する要因が次々と出来し、2023 年以降の経済動向の見通しは下方修正されました。さらに 2022 年の ICAO 総会において、世界のエアラインに対して、2024 年以降の CO₂ 排出量を 2019 年の 85% に抑えるように求める決議がなされました。機材更新による燃費改善のほか中長期的には代替燃料の実用化、短期的には排出権の利用が対策になると見られますが、それらの供給可能性次第では直接 ASK が制限される事態も考えられます。COVID-19 は終わるものの、航空産業にとっては、安全保障やサプライチェーンそして CO₂ 排出抑制への対応など、次なる課題に直面しています。

本書では過去 20 年間の実績データの分析を基礎として、新たな状況を反映した GDP 予測等のデータを得て需要の予測を行っています。

令和 5 年 3 月

一般財団法人 日本航空機開発協会

目 次

1.	概要	1
2.	はじめに	5
3.	航空業界の概況	7
3.3	COVID-19 の沈静化まで	17
3.4	COVID-19 の沈静化以降	22
4.	旅客機の需要予測	25
5.	航空旅客需要の予測	51
6.	航空輸送に関わる要素	79
7.	貨物機の需要予測	97
8.	航空貨物需要の予測	107
9.	地域別概要	111
10.	航空機材の販売予測	149
11.	航空用エンジンの販売予測	155
12.	予測手法	157
Appendix A	機体分類の定義	159
Appendix B	エンジン分類の定義	160
Appendix C	航空旅客需要	161
Appendix D	航空貨物需要	162
Appendix E	機材需要予測結果	163
Appendix F	第 2 次需要の評価	165
Appendix G	主要エアラインの貨物輸送実績の推移	166
Appendix H	日本のエアラインの状況	168
略語		170
用語		172
参考資料		173

COVID-19 の影響に関連する内容は、主に 3.3 項と 3.4 項で説明している。

1. 概要

- 民間航空機市場の長期需要予測は、民間航空機ビジネスを行っていく上での市場リスクの評価・検討および中長期事業計画や製品戦略立案に有用な情報を提供するものである。JADC では過去 20 年間のデータの分析に基づき、2023 年から 2042 年までについて航空旅客、航空貨物、機材（ジェット旅客機、ターボプロップ旅客機およびジェット貨物機）、および航空用エンジンについての需要予測を行った。
- 航空輸送を始めとして、世界経済は COVID-19 の疫禍のために甚大な損害を被った。これまでも世界のエアラインはテロや疾病等による混乱を経験したが、直接の原因の除去の後、輸送需要は数年の内に混乱前の長期的な成長予測の曲線に漸近し収束するように回復してきた。本予測では with / post COVID-19 期における輸送需要、機材需要への影響も推定した。（関連：3.3～3.4 項）
- COVID-19 に対して 2020 年には予防薬も治療薬もなかったが、2021 年にはワクチンが実用化されて広く接種され、早い地域では国内線を中心に RPK の回復が始まった。2022 年には全体に RPK の初期回復が進行し、北米地域では黒字を回復したと見られる。（関連：3 章）
- RPK の短期見通し： 2022 年は COVID-19 からの初期回復の 1 年目にあたり、世界の RPK は 2019 年水準に対して 70.6%(IATA)まで回復した。2023 年は 90~95%(JADC)まで回復すると見込む。COVID-19 への対応に限れば 95%強まで回復することも期待できるが、2023 年の GDP 成長が特に低く見込まれていることや、CO₂ 排出抑制に向けた CORSIA の 2024 年以降のオフセット量の算定基準が変更された（2019 年比 100%→85%）ことから、RPK の回復がやや低めになる可能性がある。しかし、エアラインの多くは 2023 年までに営業黒字を回復し、累積の負債は残るものの、発注済み機材の受領や新機材の発注が活発化すると見込まれる。（関連：3 章）
- GDP&RPK の中長期見通し： 主要な機関が公開している GDP 予測は、2021 年末時点ではワクチン接種の進捗などを受けて COVID-19 前の予測に近づく様に回復すると見込まれていたが、2022 年にはエネルギーや食糧の価格高騰、半導体の供給不足などによる経済的な混乱の影響を受けて下方修正され COVID-19 初年の 2020 年末頃の予測に近い水準まで再度低下したものとなった。これは COVID-19 前の予測に対して 1.5~1.8 年遅れと見ることもできる。RPK の予測水準も GDP の影響を受ける形で低下し、COVID-19 前の予測（標準モデル）に対して 3~3.5 年遅れに相当する。（関連：5 章）
- これにより今後 20 年間（2023~2042 年）に納入される機材数の予測も低下している。（関連：4 章）

- 本資料で 2042 年にかけての RPK を予測するにあたっては、CO₂ 排出量削減活動の影響は織り込んでいない。この影響は現時点では不明確であり、RPK は CO₂ 関係の影響を含まない従来通りの計算方法で算出している。CO₂ 排出量削減活動の影響については 5.3.1 項で別途検討している。
- CO₂： 世界の RPK は COVID-19 による減少から回復し 2024 年には 2019 年水準を超えると考えられる。航空輸送に伴う CO₂ 排出量も 2019 年水準を超えると見られるが、2022 年 10 月の ICAO 総会の決議によって 2024 年以降のエアラインに求められる CO₂ のオフセット量の算定基準*が変更されたこともあり、CO₂ 排出削減のための取り組みとその影響がより厳しいものになると考えられる。(関連：5 章)
(*：直接には国際線について。CORSIA におけるオフセット基準値の変更。)

	2019 実績	2022 実績	2042 予測	成長率	販売額(2019米億ドル)
世界の経済成長率 (GDP)				2.47%p.a. *2042	
				2.58%p.a. *2342	
旅客需要 (RPK: × 10 ⁹ 人km)	8,486	5,991 * I	18,361	3.4%p.a. *2042	
ジェット旅客機運航機数	24,015 *	25,075 * +	40,527	2.4%p.a. *2342	
ジェット旅客機新製機納入機数および販売額			33,355		52,290 *2342
貨物需要 (RTK: × 10 ⁹ トンkm)	253	249 * I	547	3.4%p.a. *2042	
ジェット貨物機運航機数	2,023 *	2,414 *	3,520	1.9%p.a. *2342	
ジェット貨物機新製機納入機数および販売額			679		2,293 *2342
ジェット新製機納入機数および販売額(合計)			34,034		54,583 *2342
ターボプロップ旅客機運航機数	3,583 *	2,900 * +	3,527	1.0%p.a. *2342	
ターボプロップ旅客機新製機納入機数および販売額			2,758		591 *2342
エンジン納入基数および販売額			81,659		12,010 *2342

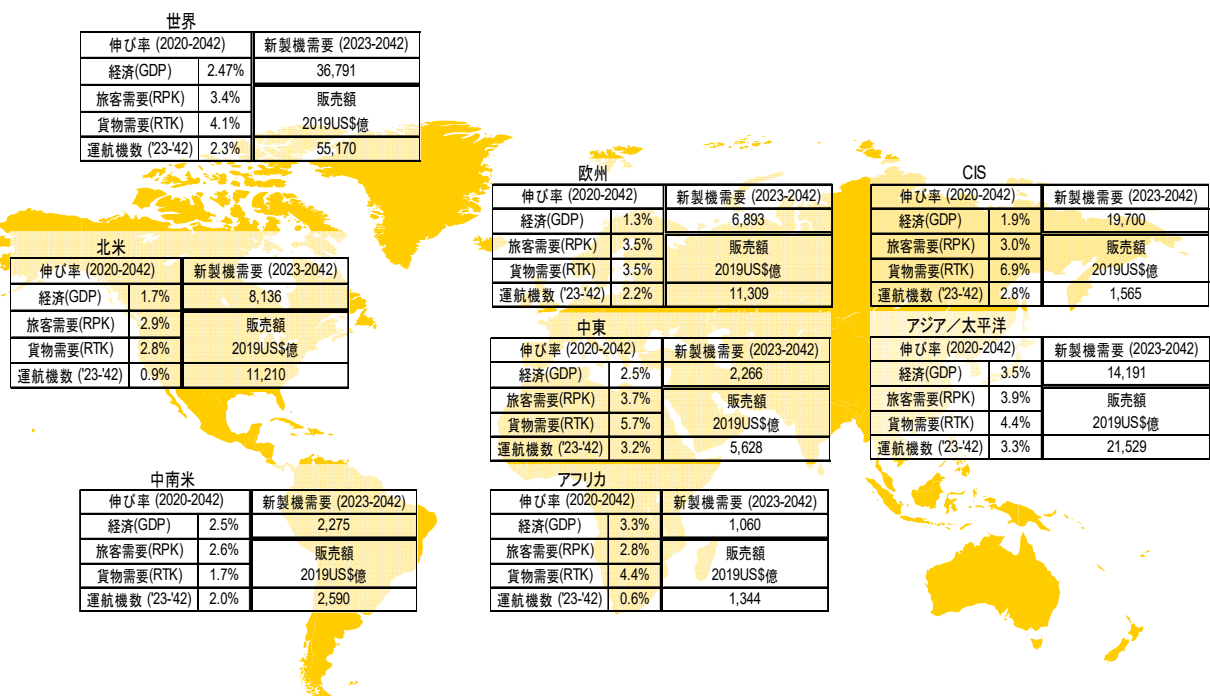
(* の数値はCiriumのデータベースに拠った) (+ の数値はIn Serviceの他にStorageの一部を含む)

(*2042 の数値は2020-2042の値を示す) (*2342 の数値は2023-2042の値を示す) (*I はIATA速報値による)

- 予測期間における世界経済 (GDP) の成長率は年平均 2.47% (2020～2042 年) と見込まれる。
- 航空旅客需要 (RPK) は、2019 年の 8.49×10¹² 人 km から 2042 年には 18.4×10¹² 人 km と 2.16 倍になり、その間の年平均成長率は 3.4%と見込まれる。
- ジェット旅客機の運航機数は、2022 年末の 25,075 機*から 2042 年末には 40,527 機に増加する。今後 20 年間の新規納入機数は 33,355 機で、販売額は 5.23 兆ドル (2019 年カタログ価格) となる。新規納入機数が最も多いのは、171-230 席クラスの 12,209 機である。地域的には、北米 (全体の 23%)、欧州 (20%)、中国 (18%)、が多く、この三者で世界の納入機数の 61%を占める。 (*：関連：4.2.2 項)
- ターボプロップ旅客機の運航機数は、2022 年末の 2,900 機から 2042 年には 3,527 機に増加する。新規納入機数は 2,758 機で、販売額は 591 億ドル (2019 年カタログ価格) となる。61-80 席クラスの新規納入機数が最も多く 893 機である。地域的に

は突出して多い地域はなく各地域であまねく求められる傾向であるが、東南アジア（387 機）や南アジア（525 機）で新製機需要が多い。

- 航空貨物需要（RTK）は、2019 年の 253×10^9 トン km から 2042 年には 547×10^9 トン km と 2.2 倍になり、その間の年平均伸び率は 3.4%である。
- ジェット貨物機の運航機数は、2022 年末の 2,414 機から 2042 年には 3,520 機に増加する。新製機需要は 679 機（この他、旅客機からの改造機は 2,294 機）で、販売額は 2,293 億ドル（2019 年カタログ価格）である。新製機需要の内、大型機が 298 機、中型広胴機が 381 機である。
- 世界のエンジン需要（スペア用を含む）は、81,659 基、1.20 兆ドル（2019 年カタログ価格）である。その内、ジェットエンジンが 75,211 基、販売額 1.19 兆ドル、ターボプロップエンジンが 6,448 基、販売額 118 億ドルである。



* 運航機数伸び率、新製機需要および販売額は、ターボプロップ旅客機、ジェット旅客機およびジェット貨物機の合計である。

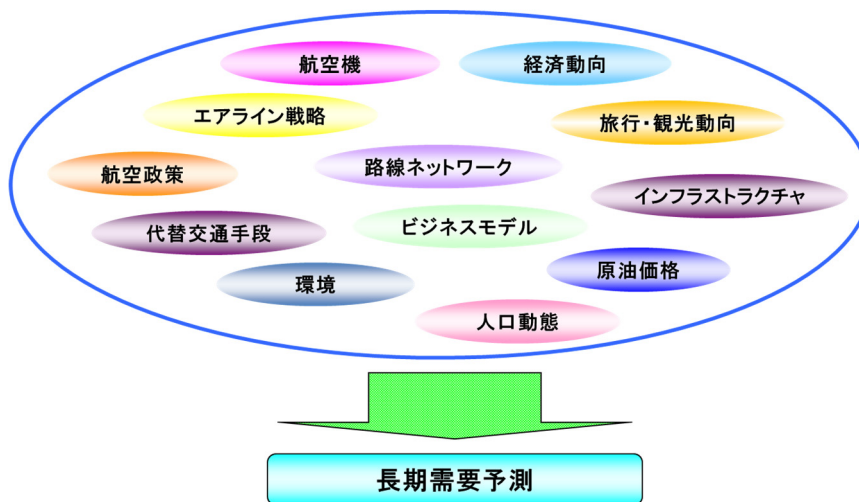
（文中の用語や略語については巻末にも示した）

Intentionally Left Blank

2. はじめに

航空機の開発は、計画段階から初号機の納入まで 10 年近い期間と数千億円を超える開発費を要するとともに、投資の回収にも長期間を必要とする。開発された航空機は、その後、いくつかの派生型の開発を経て、数十年間にわたり生産が続けられる。また、納入された機体は、短いものでも 10 数年、長いものでは 40 年以上の長きにわたり運航に供される息の長い製品である。このため、航空機産業は事業リスクの高い産業とされている。

需要予測で考慮される内容



航空機を購入し運航するエアラインは、規制緩和や民営化、LCC などの新規参入エアラインとの競争、燃油費の高騰といった、その時々々の経済状況や社会状況の影響を受ける。このような事業環境にあって事業リスクや市場リスクを最小化するためには、航空機産業やエアラインを取り巻く経済環境、社会環境等の動向を継続的に観察し分析することが重要である。

JADC では、航空機材、航空輸送、エアライン等の世界の民間航空機市場に関する情報の収集、調査及び分析を継続的に行い、我が国の航空機産業や関係方面が長期にわたる製品戦略の立案や事業計画を作成する際の資とするために、1970 年代後半から航空輸送需要および機材需要についての長期需要予測を行っている。

この長期需要予測の報告書である「民間航空機に関する市場予測」は、今版では 2022 年末を基準点として 2023 年から 2042 年までを予測期間とし、航空旅客輸送および航空貨物輸送で使用される機材として 15 席以上のターボプロップ旅客機、20 席以上のジェット旅客機、ジェット貨物機および航空用エンジンの需要予測を行った。そしてその結果を広く一般に公開するものである。

Intentionally Left Blank

3. 航空業界の概況

3.1 エアラインビジネスの概況

世界の状況

2020 年の世界は COVID-19 のパンデミック化に直面した。防疫措置が執られ、特に国際線では入国の制限あるいは到着後の自己検疫など旅行者に通常にはない負担が課せられ、これらが旅客輸送を強く抑制する決定的な要素となってエアライン業界は経済全般よりもはるかに激しい縮減を経験した。RPK の減少は 2019 年比 -66%にもおよび、エアラインは赤字と現金の流出に直面し、運ぶ旅客のない機材は地上に留め置かれ、大幅な機材余剰と財務状態の悪化から発注済み機材の納入は多くが後送りされ、新規発注も大幅に減少した。

こうした中、COVID-19 の顕在化から約 1 年を経た 2020 年 12 月、待望のワクチンの緊急使用が開始された。2021 年には先進国を中心にワクチンの接種が広く進められた結果、秋頃には早い地域では短中距離の国内域内線から RPK の回復が顕かになった。RPK の回復を見越して細胴機を中心に発注が大きく回復したほか、2020 年の混乱時に大幅に後送りされた納入予定の呼び戻しも行われ、落ち着きが見え始めた。

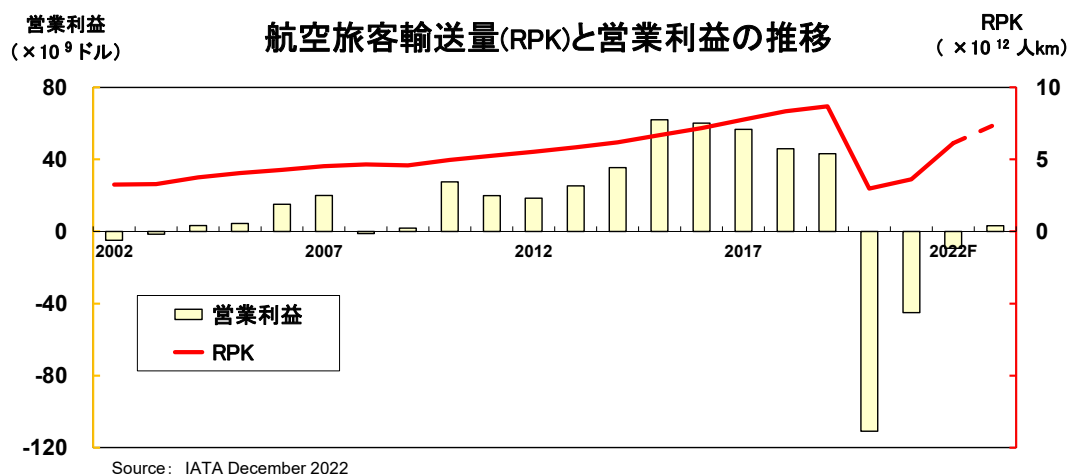
2021 年下期には GDP などの見通しも上方修正され、旅客輸送需要の予測も COVID-19 前の水準に近づいた。2022 年は前年下期の回復実績を引き継いで進行した結果、旅客輸送需要も回復を開始し、通年の RPK は期待通り 2019 年比 70.6%(IATA)まで回復した。エアラインの赤字も大幅に縮小し北米では黒字に転じた。機材の新規受注も 2011~2018 年頃の平均的水準に回復し、生産・納入も COVID-19 による減産あるいは納入停止から着実な回復過程にある。2022 年の実績もふまえて、2023 年の RPK は 2019 年比 95%強(JADC)まで回復し得ると予測され、2024 年には確実に 2019 年水準を超えると期待される。

しかし、2022 年春以降はエネルギーや食糧の価格高騰や半導体の供給不足などによって各国の経済や産業分野で混乱が生じ、2023 年以降の経済動向の見通しは下方修正された。COVID-19 前の 2019 年の予測と比較すると、中長期的には GDP は 1.5~1.8 年の遅れ、RPK は 3~3.5 年の遅れに相当すると見込まれ、今後 20 年間の納入機数の予測も減少した。

さらに 2022 年の ICAO 総会において、世界のエアラインに対して、2024 年以降の CO₂ オフセットのベースラインを 2019 年の 85%にする決議がなされた。機材の更新によって燃費改善を続けながら中長期的には代替燃料の実用化、短期的には排出権の利用が対策になると見られるが、それらの供給可能性次第では直接 ASK を制限する事態も考えられる。

COVID-19 は終わるが、航空産業にとっては、安全保障やサプライチェーンそして CO₂ 排出抑制への対応が次なる課題として現れている。

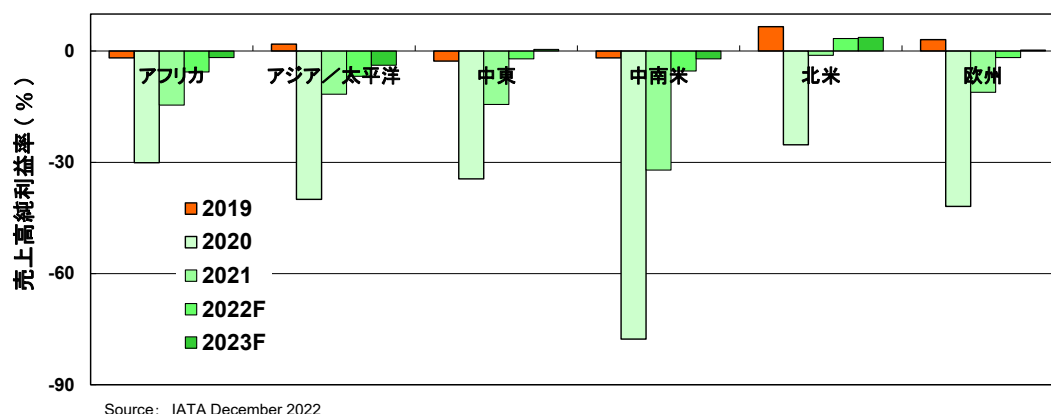
エアラインビジネスの状況



IATA (Dec. 2022) によれば、2022 年の世界の航空輸送は旅客輸送量 (RPK) が 2019 年比で 70.6%まで回復し、営業利益も依然赤字ながら大幅に回復したと見積もられている。同じく 2022 年の決算状況をみると、世界のエアラインの総売上高*は 7,270 億ドルで 2019 年比 86.8%となり、純利益は 69 億ドルの赤字に収まったと見られる。このうち旅客売上は 2019 年比で 72.2%に回復し、好調な貨物売上は 199.8%であり、旅客と貨物の合計では 90.3%となった。(※：旅客や貨物の輸送以外に地上で行う事業の収益も含む。)

旅客便の大幅な減便によって貨物輸送力 (床下貨物室) が低下した状態に対して海上コンテナの不足等から航空貨物に輸送需要が流入したため、2022 年の貨物イールドは 2019 年比 103%増加 ($1.53 \times 1.24 \times 1.07 = 2.03$) の大幅な上昇を記録した。2022 年の売上高に対する純利益率は、北米を除いては各地域ともマイナスであるが、世界全体では 2021 年は-8.3%であったものが 2022 年は-0.95%まで改善すると見込まれている。

エアラインの売上高純利益率



国土交通省資料 (2022 年 12 月) によれば、2022 年の日本のエアラインの RPK は、2019 年比で国内線が 76.3%、国際線が 40.6%まで回復している。(関連：Appendix H)

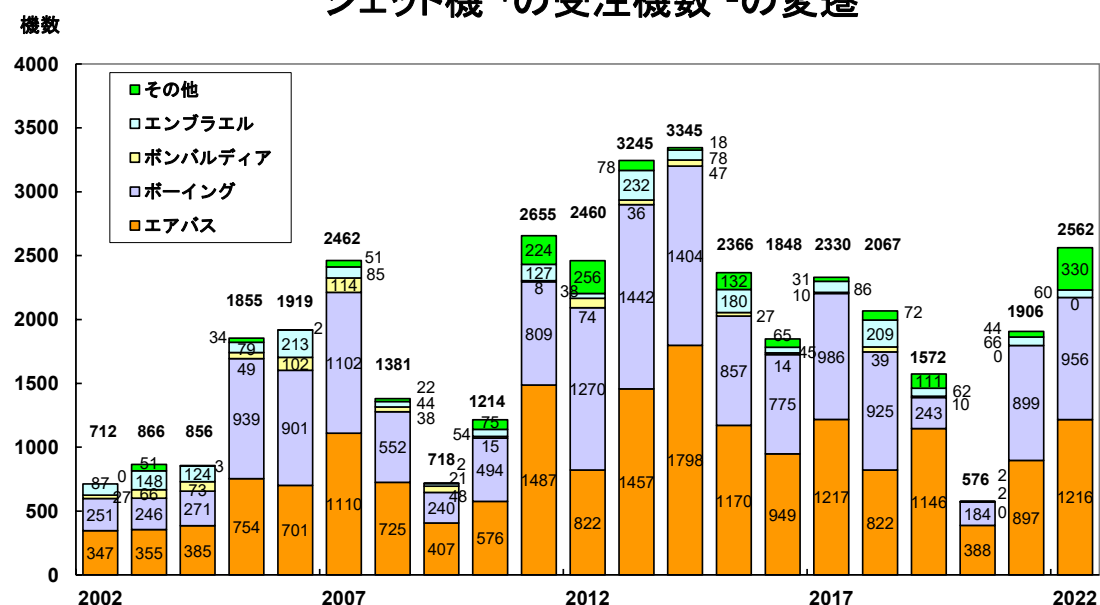
3.2 機材の受注・納入状況

2019 年末時点で、世界のエアライン全体では 24,015 機のジェット旅客機、3,129 機のターボプロップ旅客機及び 2,023 機のジェット貨物機が運航されていた。

2022 年末時点では、データベース上では 21,171 機のジェット旅客機、2,501 機のターボプロップ旅客機及び 2,416 機のジェット貨物機が運航状態にあった。これらに早期に運航への復帰が可能とみられる*保管機を加えると、ジェット旅客機は 25,075 機、ターボプロップ旅客機は 2,900 機となり、エアラインは 2019 年水準の機材を維持していると見られる。（*：2020～2022 年に保管機化されたものが中心。古い機体は含まない。）

受注状況

ジェット機*1の受注機数*2の変遷



Source: Airbus, Boeing, Bombardier, Embraer, Cirium, JADC(一部推定を含む)

*1) 旅客機(コンビとQCを含む)および貨物機等派生型
*2) ネットオーダーでありキャンセル分は発注年から減じた

ジェット旅客機*3及びジェット貨物機等派生型の年間受注機数*4については、2019 年以降の 737MAX の納入停止に伴う受注減に加えて 2020 年には COVID-19 によって減少したが、COVID-19 の 3 年目となった 2022 年には受注機数は回復して 2019 年実績を超え、2015 年から 2019 年までの平均的な水準に戻っている。

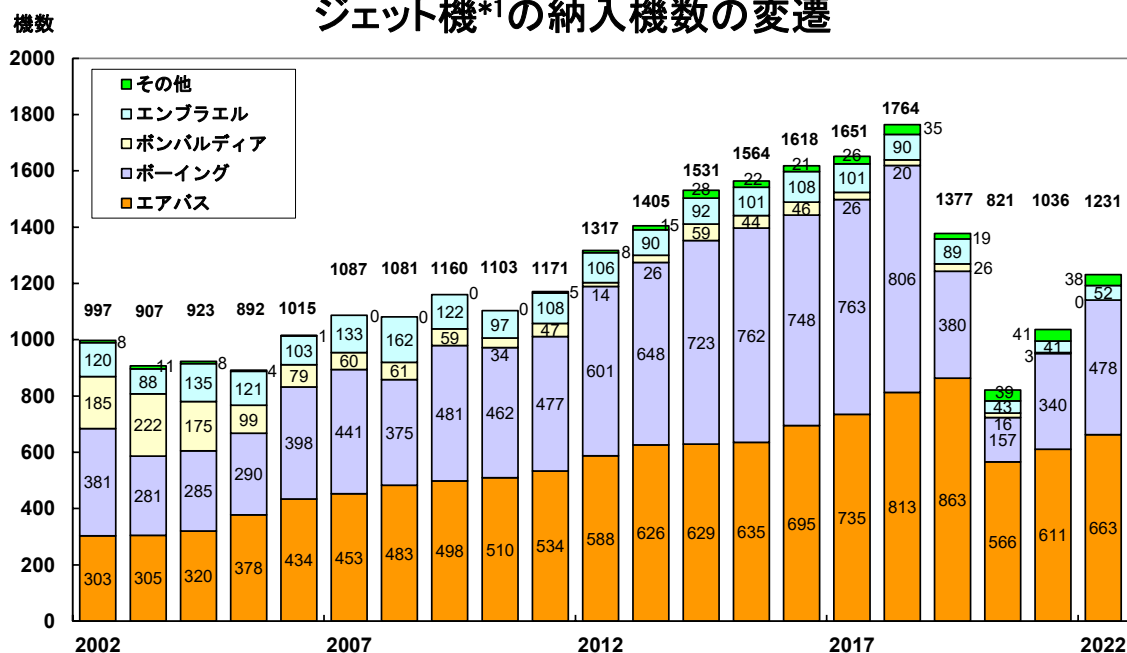
このほか、広胴機の内、ジェット貨物機等派生型*5の受注数は、航空貨物輸送の活況に伴う貨物機 110 機を含む 131 機（2019 年は 28 機、2020 年は 24 機、2021 年は 118 機）に増加した。

(*3：コンビ機及びクイックチェンジ機を含む) (*4：名目受注機数からキャンセル分を除いた実質受注機数)

(*5：ジェット貨物機、VIP 機、空中給油機などを含む)

納入状況

ジェット機*1の納入機数の変遷



Source : Airbus, Boeing, Bombardier, Embraer, Cirium

*1: 旅客機(コンビとQCを含む) および貨物機等派生型

2022 年のジェット機の年間納入機数は 1,231 機となり、2021 年に比較して増加した。この内、エアバス機は 52 機増加、ボーイング機は 138 機増加した。2021 年に対して細胴機の納入は 158 機増加し、広胴機は 32 機増加した。

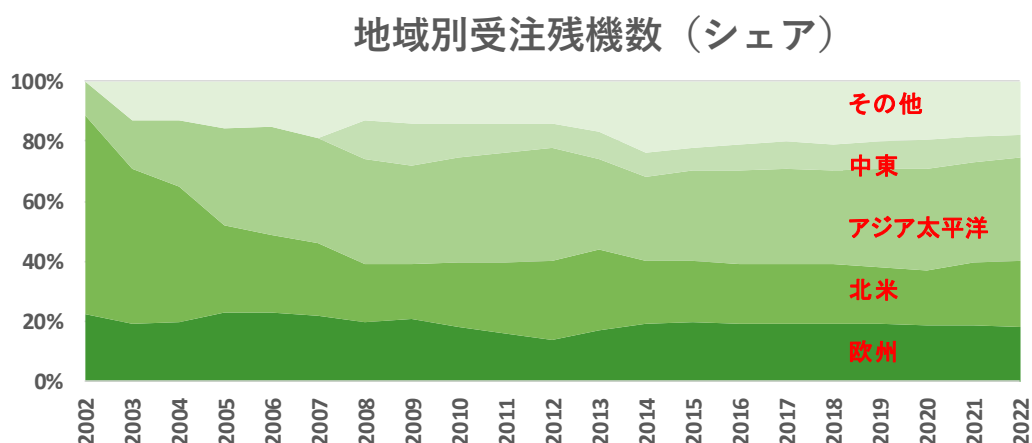
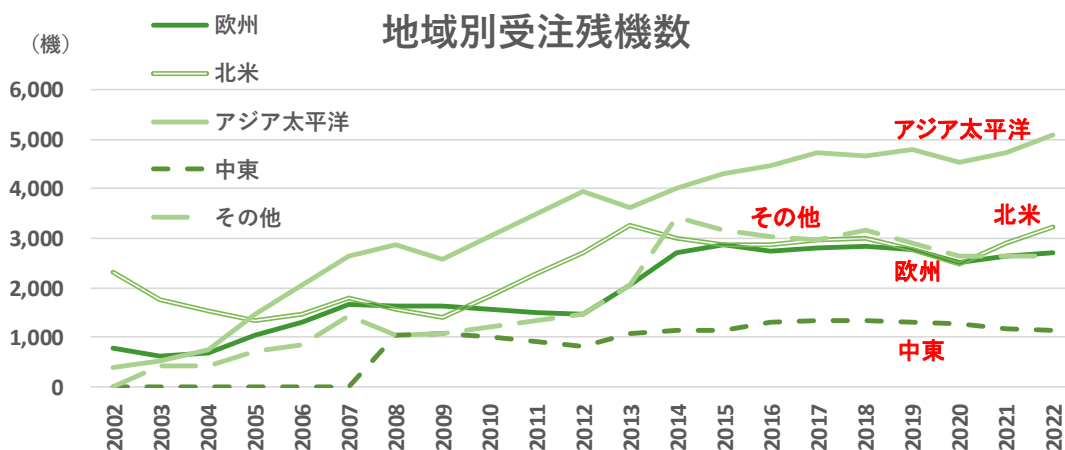
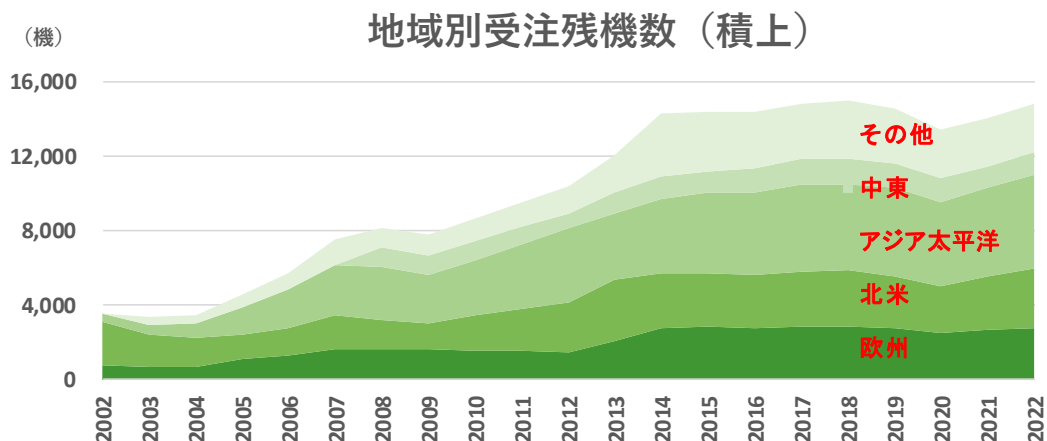
ジェット貨物機*2は、2022 年に 43 機が納入された（2019 年は 52 機）。また、2022 年の主要なターボプロップ旅客機の納入機数は 36 機であった（2019 年は 89 機）。

（*2：新造されたワイドボディ貨物機。機数はジェット機の内数）

受注残の状況

旅客機および貨物機の受注残は、原油（燃料）価格の高騰が始まった 2005 年から燃費に優れた新製機への発注が増加した結果積み上がり始め、受注バブルとも言われた 2013～2014 年まで年を追って積み上がった。原油価格が急落した 2015 年以降は受注機数も減少し、納入機数とほぼ拮抗して受注残機数は安定化した状態になり、2019 年末の旅客機と貨物機等派生型を合わせたジェット機の受注残は 14,525 機であった。

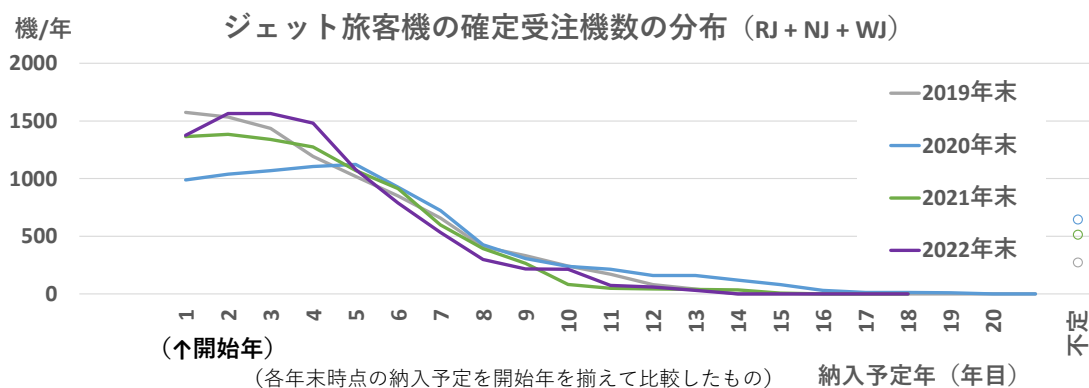
その後、2020 年に COVID-19 がパンデミック化すると輸送需要の急減とともにエアラインの経営状態は急速に悪化し、受注残も減少した。しかし、2021 年以降は新規受注が増加したことから 2022 年末の旅客機と貨物機等派生型を合わせたジェット機の受注残は 14,802 機となり、2021 年末に対して 742 機の増加となっており、2019 年の 14,525 機を上回る水準に達した。この増加については特に北米が牽引力を発揮しており、地域別に見た受注残のシェアでも北米のシェアが増加している。



（上図で2007年以前の中東の数値は「その他」に含まれている）

ジェット旅客機の確定受注分（Backlog）の納入予定年の分布からも、航空業界で、2020年の混乱の後、2021年以降は平衡から回復へ向けて進行している様子が伺える。

ジェット旅客機（RJ+NJ+WJ）の確定受注機数の分布：2019年末までは翌年の納入予定分として、1,500機以上の機数が確保され、次年以降分は受注活動の余地を残しながら緩やかに待機機数が減少する分布を示していたが、2020年にはCOVID-19によるエアラインの経済的苦境によって2023年にかけての納入予定は年1,100機弱の水準に低下した。これらの減少分は主に後年への納入後送りの形で表れており、安易にキャンセルはしない傾向も示していた。その後2021年には前年に後送りされた納入予定について呼び戻しが多く生じたほか、新規受注も回復して、その分布形状もCOVID以前のものに近づいた。

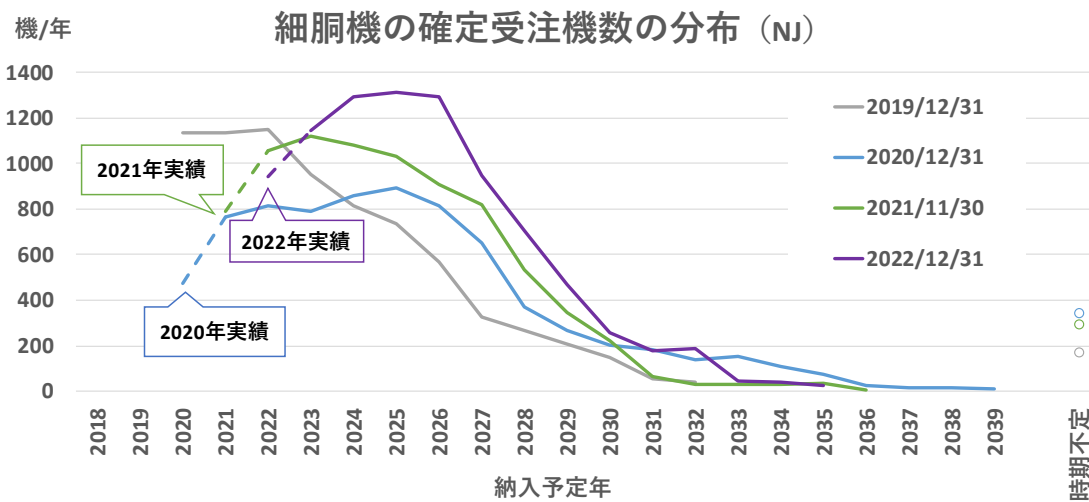
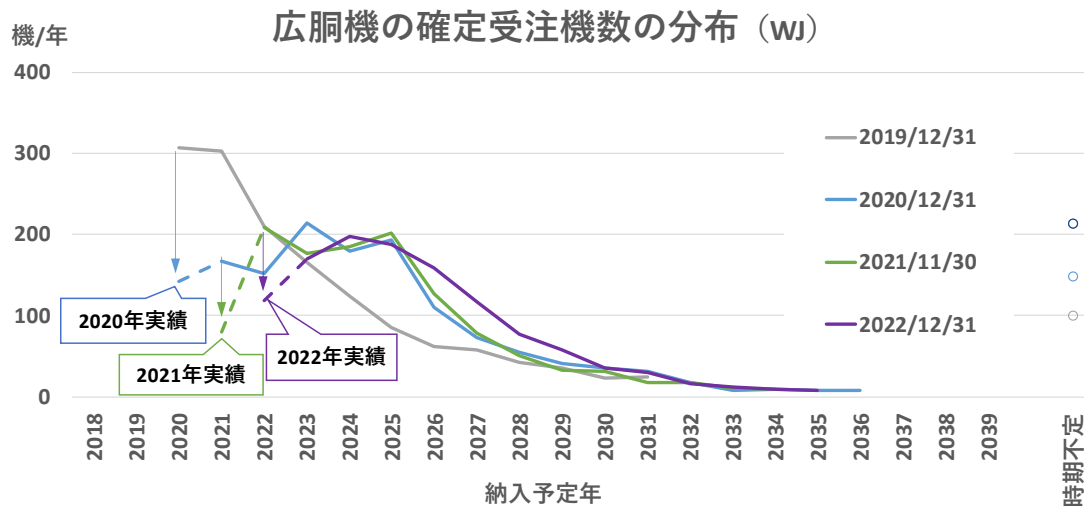
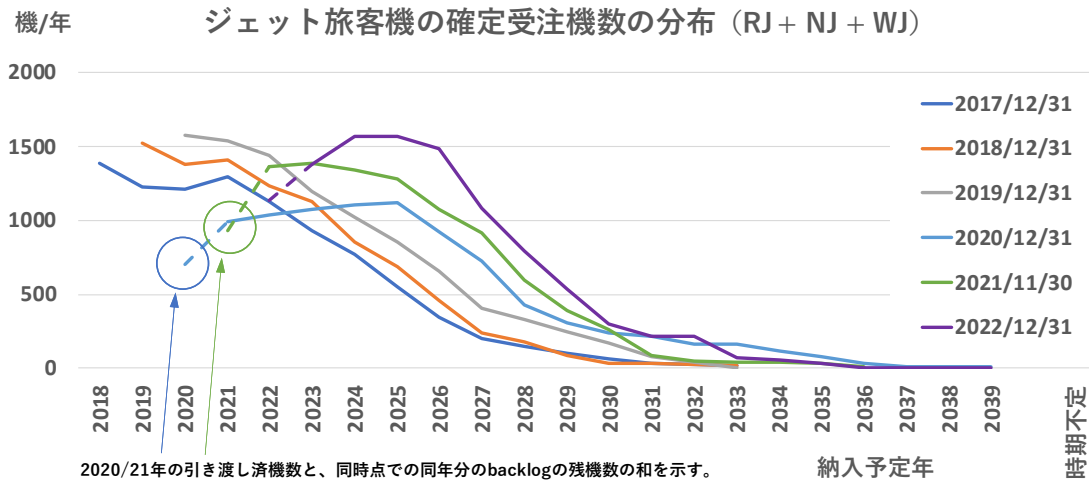


20年間の確定受注機数の合計は2019年末時点で9,813機（2020-2039年：納入時期不定の273機を含む）であったが、2022年末時点では9,679機（2023-2042年：納入時期不定の398機を含む）である。

広胴機（WJ）の確定受注機数の分布：2020年には、納入機数の減少（予定307→実績142機：予定の46%）の他に納入時期の後送りが発生した。特に2021～2022年の納入予定機数が大きく減少し、その多くが後送りされて2023～2027年頃の納入予定が膨らんだ形になった。その後2022～2025年の納入予定機数は各年200機弱で比較的安定した状態にある。（2021年と2022年は予定よりも納入実績が少なかったが、これは主に787の納入停止の影響（'20/11-’21/3, ’21/5-’22/8）を受けたことによる。）

20年間の確定受注機数の合計は2019年末時点で1,538機（2020-2039年：納入時期不定の99機を含む）であったが、2022年末時点では1,290機（2023-2042年：納入時期不定の213機を含む）である。

細胴機（NJ）の確定受注機数の分布：2020年には、納入機数の減少の他に納入時期の後送りが大量に発生した。2021～2023年の納入予定機数が大きく減少し、その多くが2024年以降の納入予定に後送りされ、その一部は2035年頃にまで及んだ。これに対して2021年には、一旦後送りした納入予定の呼び戻しが多く生じており、例えば2031～2035年にあった後送り分の殆どが2028年前後に呼び戻されている。さらに2021年には新規受注が



回復し（1,427機）、その多くが2022年から2028年頃の納入予定となった。

20年間の確定受注機数の合計は2019年末時点で7,703機（2020-2039年：納入時期不定の166機を含む）であったが、2022年末時点では8,078機（2023-2042年：納入時期不定の185機を含む）である。

生産状況

近年の旅客機メーカーは2005年頃以降年毎に生産能力を拡大し、例えば細胴機のA320系機種や737系機種の受注分に応えるためにエアバス社もボーイング社も2019年には月産50～60機の生産計画を立てていた。しかし、2019年の737MAXの納入停止によって生産／納入機数は目立って減少した。さらに2020年に入るとCOVID-19のパンデミック化によって航空輸送需要が急減し、エアラインが資金難に陥った結果、受領予定であった機材の納入延期が多数発生したほか、メーカーでも機材の生産計画の見直しを余儀なくされた。その一方で、メーカーはサプライチェーンの維持のために、当面の納入の可能性とは別に、ある程度の生産レートを維持する場合もあった。

2021年後半には早い地域や路線ではRPKの回復が明瞭になり、新規発注も細胴機を中心に増加して通年でも2019年実績を超える機数になっている。続いて2022年から2023年にかけて世界のRPKは本格的に回復し、エアラインも営業黒字を回復して広胴機も含めて機材の生産や納入の回復が本格化すると期待される。

一方、後述するように主要な機種のいくつかに技術的な問題が存在している。今後生産や納入が本格化するまでに解決することが期待される。

納入実績による平均月産機数 *3																	生産計画（月産）*4									
2018		2019				2020				2021				2022				2023								
	納入実績	Q1	Q2	Q3	Q4	納入実績	Q1	Q2	Q3	Q4	納入実績	Q1	Q2	Q3	Q4	納入実績	Q1	Q2	Q3	Q4	納入実績	Q1	Q2	Q3	Q4	納入計画
737	580	52	40	(*73a,b)		127	5月末生産再開		12月納入再開		43	18.8	25.0		263	31.5 (*73c)	32.0		385	39.8	40.9		484	*73d		
767	27	実績 3.6				43	2.3	2.7		30	2.2	3.2		32	2.0	3.5		36	2.7	2.3		30				
777	48	計画 4.5		実績 3.8		45	1.7	2.7		26	2.3	1.7		24	2.0	2.0		21	1.7	2.2		23	*77F			
787	145	計画 14		実績 13.2		157	6.0	2.8		53	2.3	納入停止		14	納入停止		7.8	31	4.7	10.0		88				
A220	33	3.5	4.5		48	1.8	4.5		38	3.5	4.8		50	4.2	4.7		53	3.5	7.9		68	*22				
A320 *1	417	33.3	39.3		436	16.5	26.7		259	21.2	22.5		262	15.0	25.7		252	45 (2023Q1) ~ 64 (2024Q4)				244	*32			
A321	201	15.7	18.7		206	9.7	21.5		187	18.3	18.5		221	22.3	28.2		264					303				
A330	49	2.8	6.0		53	0.8	2.3		19	1.2	1.8		18	2.2	3.2		32	3 (‘22Q4) ~ 4 (‘24Q4)				34				
A350	93	8.8	9.8		112	3.8	6.0		59	5.0	4.2		55	4.8	5.5		62	5 (‘22Q4) ~ 9 (‘24Q4)				64				
A320系 *2		49.0		58.0		642	26.2	48.2		446	39.5	41.0		483	37.3	53.8		516								
		53.5					37.2					40.3					43.0									

*1: A320/319の合算 *2: A319/320/321の合算 *3: 期間内の納入実績を生産機数と見做して月平均化したもの *4: メーカーの納入計画による
 *73a: 3月末納入停止 *73c: 2022年1月時点で27機/月 *22: 2025年頃までに月産14機に増やす目標
 *73b: 12月末生産停止 *73d: 2023年は月産40～50機程度で推移するとの観測が多い *32: ツールズの新A320系ライン(旧A380用)からは2023年末にロールアウト予定
 *77F: 2021年新規受注の777-200LR(42機)の納入予定は、2022年6機、2023年11機、2024年11機、2025年11機、その他3機、最終2027年納入となっている。

737MAX : 2019年初は月産52機。運航と納入の停止は2019年3月。4月以降出荷できない状態でサプライチェーンの維持のために月産40機に低減して生産を続行。2020年1月に生産停止、5月に再開、12月に納入を再開した。今後は新造と並行して2019年来滞貨している約400機の改修と納入を急ぐが2年程度かかるとみられている。現在は生産のペースを徐々に上げ2023Q1には約34機/月の納入になるとみられる。

737MAX10は、MCAS改善のためのEASA要求による第三のAOA検出機能の追加も含めて型式認証は2023年以降に持ち越された。今後操縦室の大規模な設計変更も求められEISがさらに遅れる可能性も指摘されている。中国での737MAXの運航再開は2023年1月に承認されたとされている。

787 : COVID-19以前から米中貿易摩擦を理由として減産が予定されていたが、その後減産幅が拡大された。さらに2020年に明らかになった水平尾翼と胴体の製造不具合への対処のために2020年11月に一旦納入が停止され、2021年3月に再開された。

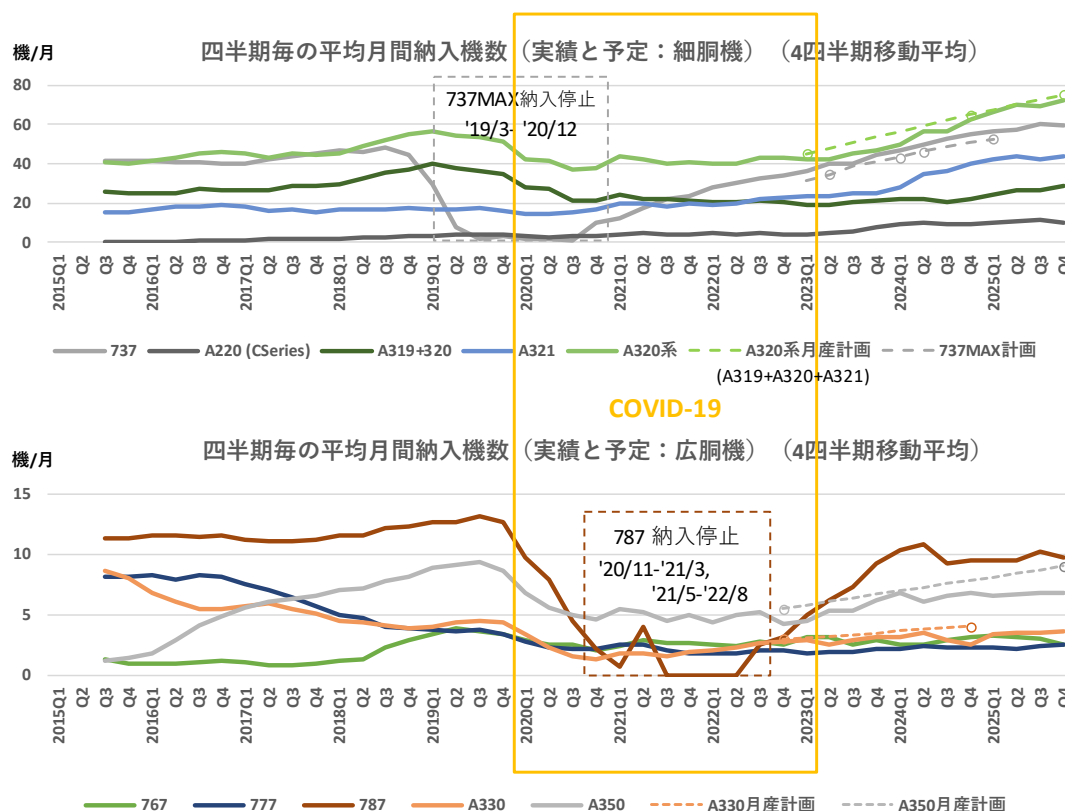
その後、再度胴体の製造不具合が問題化して2021年5月から2022年8月まで納入停止となった。2022年2月には、787に関するボーイング社のODA（安全認証業務のメーカー委託：完成機の出荷前検査、耐空証明の発行など）資格がFAAによって停止され、以後当分の間FAA自身がそれらを行うとされている。

777/777X : エンジン開発の遅れ、COVID-19による機材需要の急減、737MAX事故に伴う認証要件の厳格化、設計変更の実施などの影響によりEIS予定は当初の2020年から2023年後半へ変更され、さらに2025年に変更された。777貨物型の生産と合わせて777&777Xの生産は2021年中に月産2機にまで減速し、2022年も月産2機で推移した。2021年には航空貨物輸送の活況の中で777-200LRFは42機の新規受注を得た（42機中40機迄が2025年迄に納入予定）。また2022年1月には777-8Fの開発が確定発注を得て開始された。EISは2027年予定。

A320系 : A320系（A319/A320/A321）は月産60機を目指していたが2020年には37機程度に減速。2023Q1には月産45機、2024Q4には月産64機を計画している。

A330 : A330neoは2020年には40機の生産を予定したが19機を納入したのみ。2021年は18機2022年は32機を納入。2022Q4は月産3機2024Q4には月産4機を予定。

A350 : A350XWBは当初月産9～10機の生産を予定していた。2020年以降は月産5機前後で推移しているが、2024Q4には月産9機を予定している。



上の図には、主要な細胴機および広胴機について、メーカーの公開している納入実績および納入予定を四半期単位で整理し 4 四半期移動平均の形で示す。納入予定を介して生産規模を推測する。メーカーが公表している月産機数（計画）を図中に○印で示す。

COVID-19 期には細胴機の生産も減速したが、広胴機に比べれば減速の程度は軽かった。A320 系は 2023 年以降に納入機数が増加する予定であり、その増加は主に A321 の増加によって牽引される。生産計画と納入予定の規模はよく合っている。

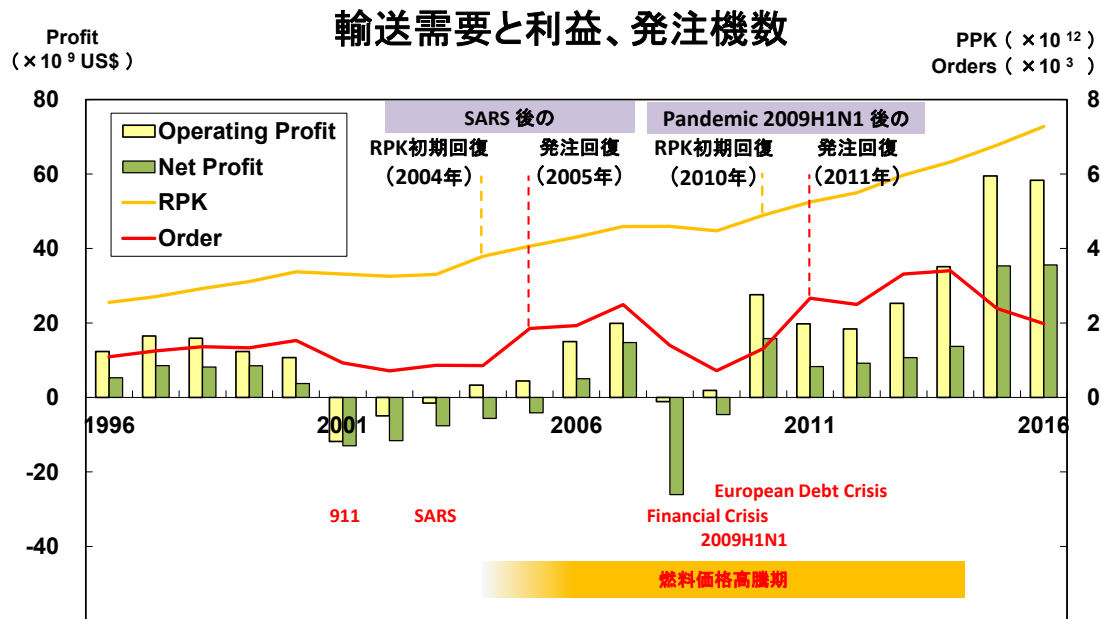
737 は納入再開後、納入機数を増やしている。新規生産分と在庫分の混成であると見られる。787 も納入再開後に納入機数を増やしており、2024Q1 頃には在庫機と合わせて月産約 10 機相当を目指している。

A330 は月産 3 機から同 4 機へ加速する計画。A350 は現在の月産 5 機前後から 2024Q4 頃には 9 機へ加速する計画。納入予定機数とはやや開きがあるが納入時期未定の確定受注が 100 機以上ありこれらの実行に備えた準備とも考えられる。

3.3 COVID-19 の沈静化まで

過去の疫禍の例から

過去 20 年間ほどの間に我々は SARS(2003 年)と新型インフルエンザ(Pandemic(H1N1) 2009 : 2009 年) という世界規模の感染症禍を 2 度にわたって経験した。その際の記録をグラフに示し振り返ると以下の様である。



SARS (2003 年) :

名称 : 重症急性呼吸器症候群 (SARS: severe acute respiratory syndrome)

症状 : 重症な非定型性肺炎

ヒト-ヒトの接触が密な場合に、集団発生の可能性が高い

原因 : 新型コロナウイルス (SARS-CoV)

発生 : 2002 年 11 月 16 日 (中国広東省)

終息 : 2003 年 7 月 5 日に WHO が終息を宣言

範囲 : 32 の地域と国にわたる 8,096 の症例 (死者 774 人)

(NIID 国立感染症研究所の記事から抜粋)

<https://www.niid.go.jp/niid/ja/kansennohanashi/414-sars-intro.html>

SARS 禍は米国での同時多発テロ事件の傷が癒えぬうちに発生し、同事件からの RPK の回復過程の最終部分を長引かせる形になった。

SARS 禍自体は 2003 年夏に終息が宣言された。その後の RPK の回復過程を各年の RPK 期待値^{*1}と比較すると、2003 年は 87%まで落ち込んでいたが 2004 年に急速に回復して期待値の 95%となり、さらに（燃料価格の高騰期に入っていたが）2007 年まで漸近的に回復が続き 98.7%まで回復した^{*2}。

この回復過程でのエアライン業界の（少ないながら）営業黒字化は 2004 年であり、2006 年には純利益も黒字化した。この間に発注は 2005 年に^{*3}一挙に回復し同時多発テロ事件前の水準に復帰した。

（*1：1999 年までの RPK の成長曲線を 1999 年から 2019 年までの平均成長率で外挿したもの。）

（*2：2008 年以降は世界金融危機による混乱の影響を受けて再度損なわれた。）

（*3：発注の回復は黒字化の後になるのが自然と考えるが、2005 年には原油価格の高騰開始が顕かになっており、営業力や資金力に余裕のあったエアラインから燃費に優れる新型機の購入必要性に早めに背中を押された可能性はある。）

H1N1（2009 年）：

名称：Pandemic (H1N1) 2009

症状：咽頭痛、急激な高熱、咳、鼻水、倦怠感などで、季節性インフルエンザと区別できない。メキシコの報告での致死率は 0.4～0.5%ほどで、季節性インフルエンザの 0.05%より高く、アジア型インフルエンザと同程度。死亡例の半数以上は、喘息、糖尿病、心臓病、免疫機能低下状態などの基礎疾患がある。

原因：新型インフルエンザウィルス（influenza A (H1N1)pdm : AH1pdm）

発生：2009 年 4 月 12 日（メキシコから報告）

終息：日本では 2010 年 3 月に一旦終息した。

（NIID 国立感染症研究所の記事から抜粋）

<https://idsc.niid.go.jp/iasr/30/356/tpc356-j.html> ほか

H1N1 インフルエンザ禍は 2008 年の世界金融危機による混乱からの回復過程で発生し、その影響は金融危機によるものと、燃料価格の高騰によるものと重畳している。

H1N1 禍自体は 2010 年春に終息したが、その後の RPK の回復過程を各年の RPK 期待値と比較すると、2009 年が底となって 87%まで落ち込んでいたが 2010 年から 2011 年にかけて急速に回復し、期待値に対してそれぞれ 90.6%、92.4%まで回復した。この時期は燃料価格の高騰が常態化しており RPK の回復もその負担を負いながらのものであったが、2014 年まで漸近的に回復が続き 95.7%まで回復した。

この回復過程でのエアライン業界の営業黒字回復は 2010 年であり、発注は 2010 年から回復を開始し 2011 年に H1N1 および金融危機前の水準に復帰した。

COVID-19 からの回復

これら 2 件の例から回復過程のパターンを読み取れば、以下の様に考えられる。

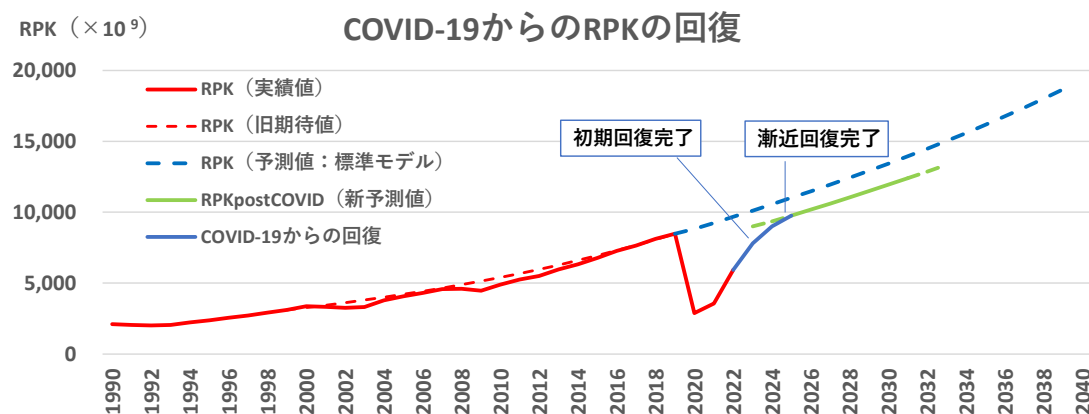
- ・疫禍の沈静化後、速やかに RPK の回復が始まり翌年の末までには急速に回復する*。
SARS の際は期待値の 95%まで回復した。 (*：以下ではこの段階を初期回復と呼ぶ)
- ・その後さらに 3 年程度漸近的な回復が続く**。SARS の際は期待値の 99%まで回復した。
- ・エアライン業界の営業利益は RPK の初期回復によって黒字化し、1 年遅れ程度で純利益の黒字化と新機材発注の回復に進む。 (**：以下ではこの段階を漸近回復と呼ぶ)

また、2023 年初時点での状況は次の様である。

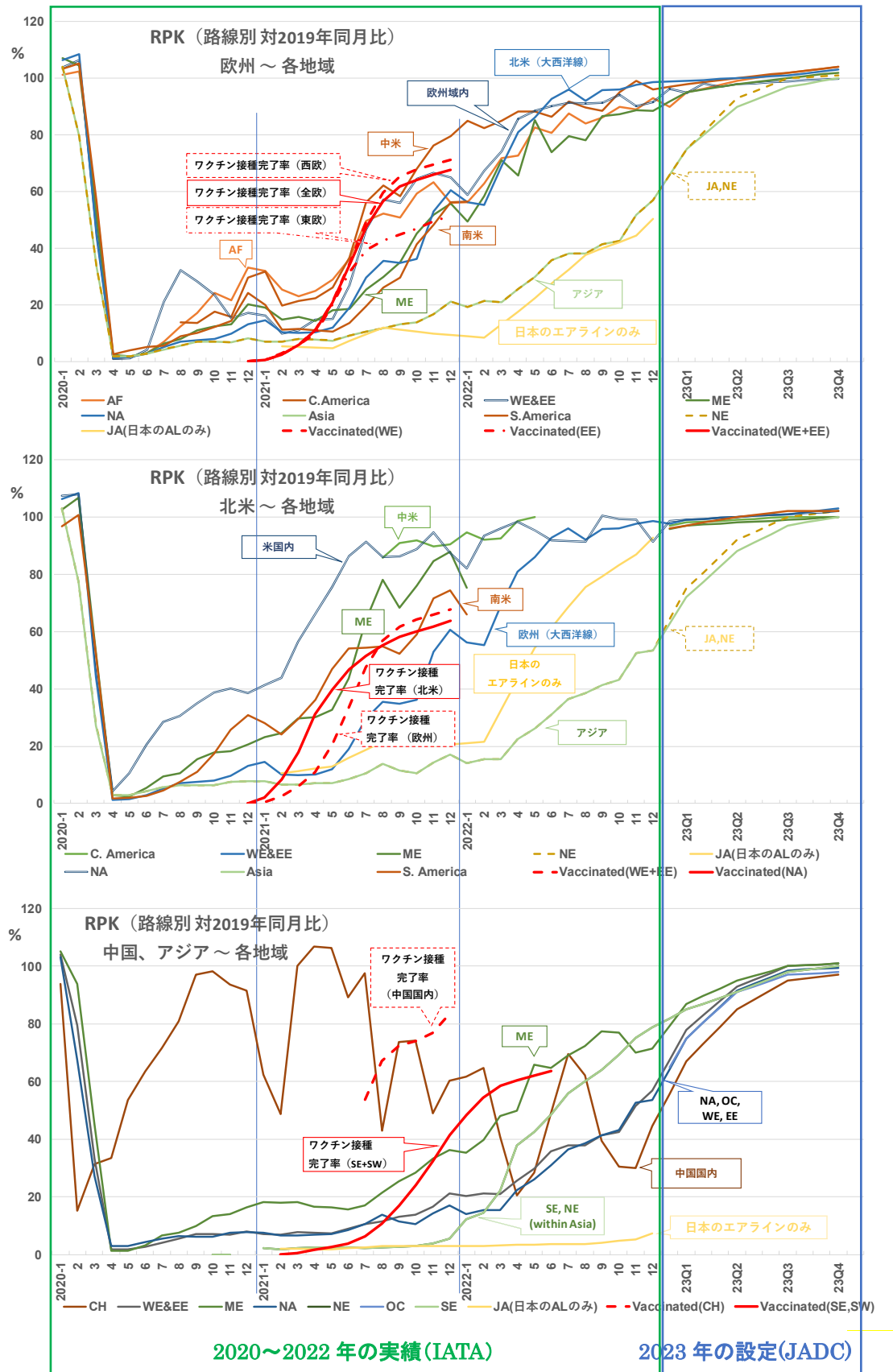
- ・対 COVID-19 ワクチンは 2021 年に接種が始まり、2021 年後半以降旅客輸送の回復傾向が明らかになった。接種完了率が頭打ちになる傾向も見られたが、主要な地域で年内には接種完了率が 60~80%に達しており、旅客輸送需要の回復のためのワクチン接種の効果は十分に取込まれたと考えられる。2022 年も引き続き RPK の回復が続いた。
- ・アジア地域では他地域よりも RPK の回復に遅れがみられた。東南アジアや南アジアではワクチン接種の開始も進捗も欧米等に比較して半年程度遅かったが、2022 年春には接種完了率は 60~70%に達し安定化した。2022 年に入るとアジア地域内の RPK も回復を示し 2022 年を通じて回復を続けている。2022 年秋には北東アジアも含めて域内の各国で相次いで出入国時の防疫措置が緩和されており、旅客移動は容易になると考えられる。
- ・2022 年 12 月には、中国国内でも長く続いた封じ込め型の防疫政策が終了した。

これらにより、今後の COVID-19 からの回復は次の様に推測される。

- ・RPK は 2022 年から本格的な回復を開始しており、引き続き 2023 年にかけて初期回復が進む。2023 年の RPK は 2019 年比 95%前後になるものと見込む (次項参照)。
- ・初期回復が進行する中で 2022 年にはエアラインの営業収支の改善も明らかとなっている。2023 年にはさらに黒字化が広がって資金力も回復し、2024 年には広胴機を含めて新機材の発注もさらに増加すると期待される。



RPK の回復モデル



前項の検討作業で使用した RPK の回復モデルの一部を示す。

2020 年の RPK はいずれの地域でも大幅に減少し、2021 年の春頃まではその状態にあった。2021 年に入るとワクチンが実用化され、早い地域では春から秋にかけて接種が進んだ。ワクチンの接種が進んだ地域では接種済率の上昇と同期するように RPK の回復が始まり、2021 年秋には主要な地域での RPK の回復が顕かとなった。

欧州関係では、RPK が 2021 年末時点で 2019 年の 60%前後まで回復した路線が多く、それらは 2022 年も引き続き上昇し年末には 90~100%まで回復している。

北米関係の路線では接種の進捗とともに RPK が急速に回復した。米国内線や北米~中米路線が 2021 年末時点で 2019 年の 90%を越える回復を示したほか、南米や中東への路線も回復した。2022 年には遅れ気味であった欧州線も回復した。

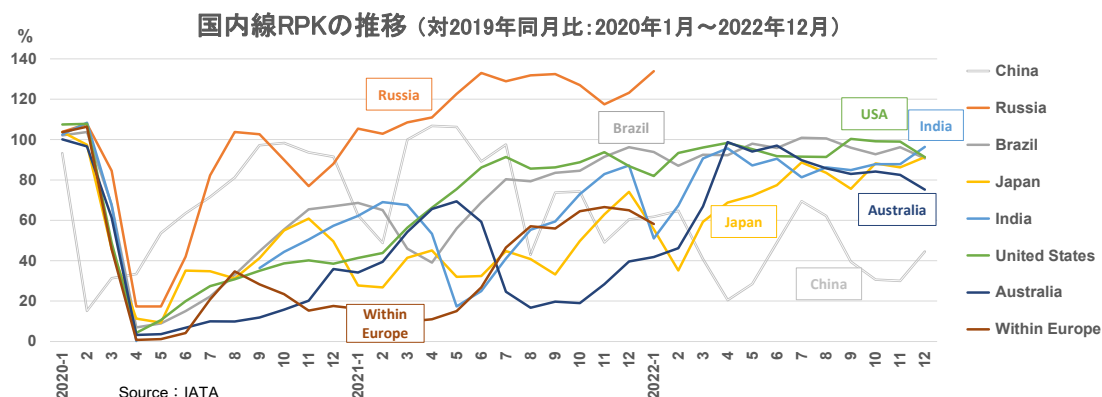
2023 年の RPK の回復については 2022 年の実績を引き継ぐ形で設定している。

なお、これら欧米関係の路線でも、アジア地域に関連する路線の RPK の回復は遅く、2022 年末時点でも 2019 年の 60%程度であったと見られる。

北米や欧州と並んで世界の RPK の 3 本柱となる中国では、2021 年秋頃から単位人口当たりの感染者数が上昇を示し始め、これに対する封じ込め型の防疫策が強化された結果、ワクチン接種済み率は高いにもかかわらず却って RPK が低下し、2022 年は 2019 年の 60~20%程度の間で推移した。しかし 2022 年 12 月には封じ込め策の終了を宣言したことから、2023 年には RPK の回復が進むものとして設定している。そのほかのアジア関係の路線についても回復は遅いものが多かったが 2022 年の実績を踏まえて 2023 年の設定を行った。

設定した回復モデルと、各路線が COVID-19 以前の平常時に世界の RPK に占めた組成比から、本書では、COVID-19 に対しては、2023 年の世界の RPK は 2019 年比で 90~95%程度*まで回復して初期回復を完成すると見込んでいる。

下図には国内線 RPK の実績を示す。各国とも感染初期には 20%以下まで低下したが、国土の広大な国では特に、生活の足としての国内線については 2021 年には 60~90%の水準まで回復した例が多く、2022 年には 80%を超えた国が多かった。



(*: COVID-19 に対しては 95%強の回復を見込むが、2023 年の GDP 成長率や 2024 年以降の CORSIA の制限によって 2023 年の RPK の回復はやや低めになる可能性がある。)

3.4 COVID-19 の沈静化以降

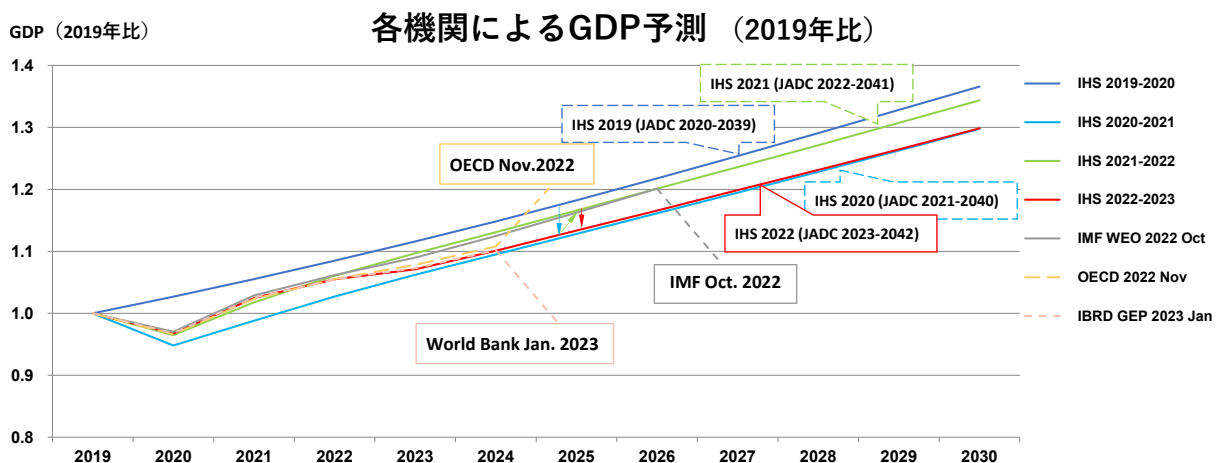
COVID-19 のパンデミック化により、2020 年の世界は人や貨物の往来が妨げられ、将来に向けた各種の見通しも悲観的なものとなっていたが、2021 年になるとワクチンの実用化と普及に加え、情報・通信技術の活用等による新しい行動様式も取り入れて世界は活力を取り戻し始めた。これらを受けて GDP の見通しも上方修正され COVID-19 以前の水準へ近づき、さらにそれらを背景として航空輸送需要や機材需要の見通しも回復を見込んでいた。

しかし、2022 年春以降はエネルギーや食糧の価格高騰や半導体の供給不足などによって各国の経済や産業分野で混乱が生じた。

これら経済や産業への影響を織り込んで 2022 年末頃に公開された GDP の予測は、再び 2020 年末頃に似て、打撃を受けた後に成長を再開する形を示している。

GDP～RPK への影響

幾つかの機関から発行された報告書^{*1}から GDP の成長予想を抽出したものを下に示す。



GDP 予測は、2019 年時点のものに対して 2020 年版は COVID-19 によって低下し、2021 年版はワクチンによって回復を示した。しかし今回の 2022 年版では物価や生産の混乱によって経済の成長が抑制されることで、2023 年の GDP は 2021 年版の予測値に対して低落して 2020 年版に近い水準となると見込まれている。2024～2030 年頃については 2019 年の予測値に対して 1.5 年から 1.8 年程度の遅れとみることができる。

(^{*1} : 出典 OECD : OECD Economy Outlook, Nov. 2022

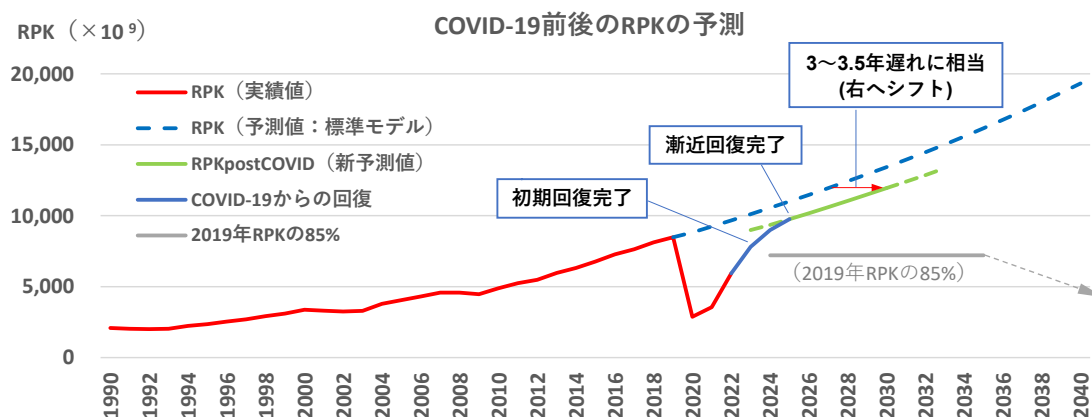
IMF : World Economic Outlook, Oct. 2022

World Bank : Global Economic Prospects, Jan. 2023

IHS Markit : Dec. 2019, Dec. 2020, Dec. 2021, Dec. 2022)

(^{*2} : IHS に拠る)

この新しい GDP 等に基づいて算出した RPK の予測を下図に示す。(図中の緑の実線)
新 RPK を COVID-19 前の RPK 予測 (図中の青の点線) と比較すると、中長期 (2025
～) では 12% 前後の低下であり、あるいは 3～3.5 年の遅れに相当する。



3.3 項で示した様に、2024 年には世界の RPK は COVID-19 による混乱を脱して 2019 年水準を超えるまでに回復すると見込まれる。

しかしそれに続く時期には、経済活動の混乱によって RPK の成長が抑制されると予測されている。そのため、漸近回復終了時点およびそれ以降の RPK の予測値は COVID-19 前の予測 (標準モデル) に比較して再び低下しており (図中緑色の線)、これをもとに算出した機材需要も COVID-19 前の予測規模に対して減少している。その内容は第 4 章に示す。

さらに 2024 年以降については、世界のエアラインの CO₂ 排出量についてのオフセット基準値を 2019 年水準の 100% から 85% に変更することが 2022 年の ICAO 総会で決定された*。エアラインは運航する機材の更新による燃費改善などを進めながら、将来的には代替燃料 (SAF、e-Fuel) によって、当面は CO₂ 排出権の利用によって対応することになると見られるが、それらの供給量や価格の動向によっては ASK の供給を直接制限する事態も考えられる。この時期の ASK や RPK について定量的に予測することは困難であるが、検討した内容を第 5 章に示す。

(*: 図中灰色の線を参照。ここでは RPK の生成と燃料の消費 (CO₂ の排出) がほぼ比例するとみなして 2019 年の RPK の 85% の水準を表している。)

Intentionally Left Blank

4. 旅客機の需要予測

第4章では標準モデルによる旅客機の機数予測の結果について示す。

機数予測の基盤となる輸送需要（RPK）の予測は第5章で示す。

4.1 機材運用の状況

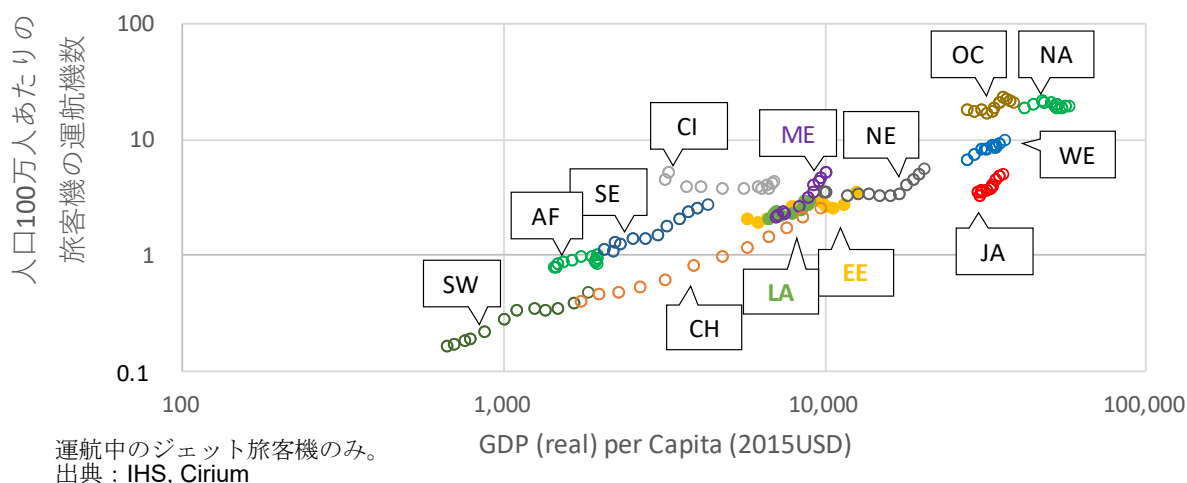
4.1.1 所得水準と運航機数

1998年には世界全体で15,820機の旅客機*が運航されていたが、2018年には26,365機となり、20年間で10,545機増加し、1.67倍になった。

（*：ジェット旅客機とターボプロップ旅客機の合計。旅客用途のみ。）

旅客機の運航機数は、経済規模の拡大と所得の増加による移動や旅行の需要の増加に対応して、その数を増やしている。人口百万人あたりの運航機数と一人あたりGDPの間には、国土面積や地上交通網の整備の度合等によって差はあるものの、正の相関がある。

人口100万人あたりの旅客機(Jet+TP)の機数の推移
(1996-2018)



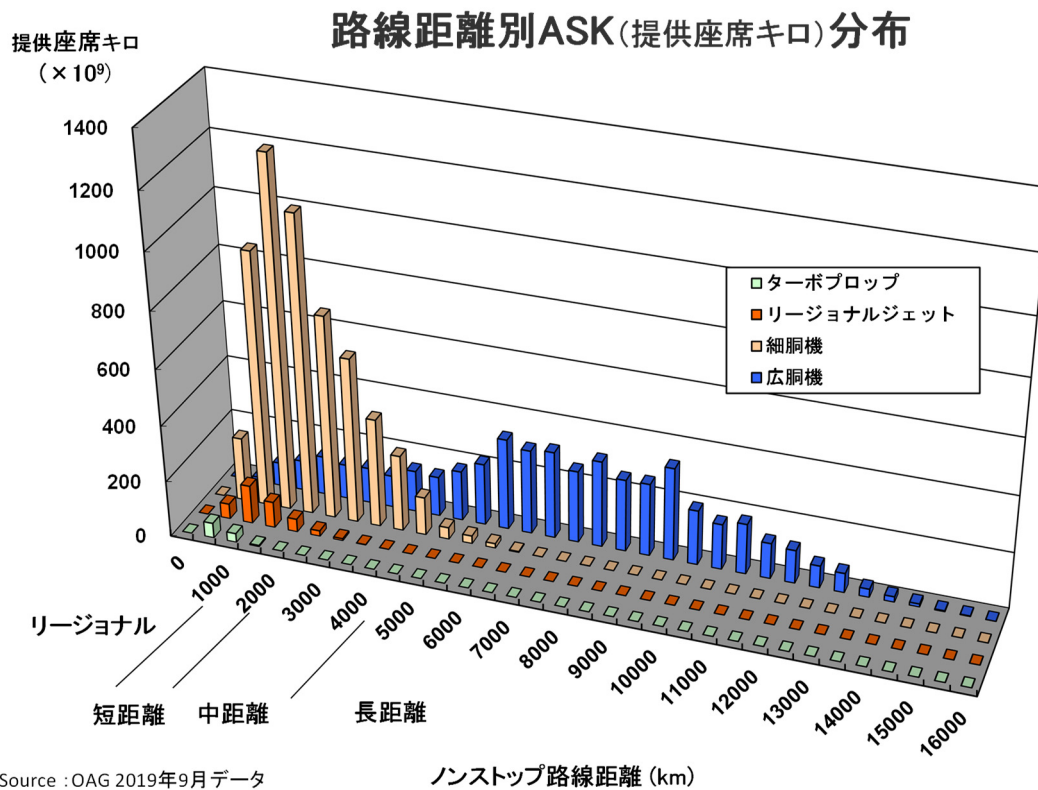
また、一人あたりGDPが10,000ドル未満の国や地域では所得の増加に伴って旅行需要が急速に増加することが知られていることから、これまで成長顕著であった中国のほかにも、今後は東南アジアや南アジアなどで今後航空輸送需要が高い成長率で増加し、さらにそれら地域の人口の多さと合わせて旅客機需要の増加につながると期待される。

(AF：アフリカ、CH：中国、CI：CIS、EE：東欧、JA：日本、LA：中南米、
ME：中東、NA：北米、NE：北東アジア、OC：オセアニア、SE：東南アジア、
SW：南アジア、WE：西欧)

4.1.2 路線距離区分別 ASK 分布 (2019 年)

エアラインが運航する旅客機は、その路線距離に適した機材が選択される。COVID-19 の影響を受ける前の 2019 年の定期運航ノンストップ路線の路線距離別 ASK 分布によれば、以下の様に運用されている。

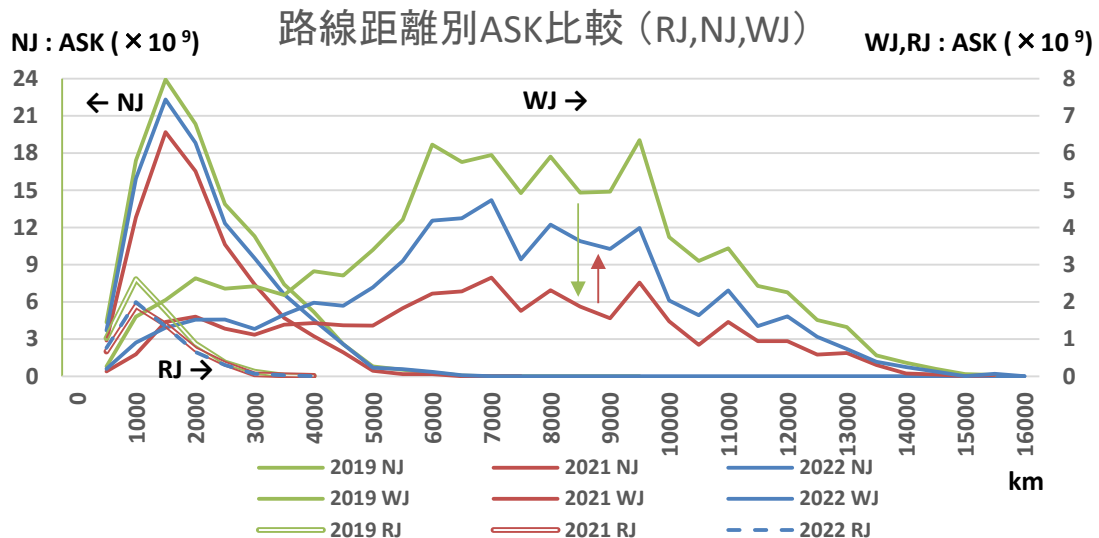
- ・ターボプロップ機は殆ど 1,000km 以下の路線で運航されピークは 400–600km である。
- ・リージョナルジェット機は北米以外では主に 400–1,500km の路線で運航されるが、主な市場である北米では 2,000km 程度にまで伸びる。
- ・細胴機は 400–4,000km の路線で運航されている。中でも 900–2,000km の路線が中心となり、3,500km までの路線で細胴機の ASK 全体の 90%、4,500km までの路線帯では同 98%を供給し、すべての距離帯で見れば世界の ASK 全体の 52%を供給している。
- ・広胴機は長距離から短距離の路線まで幅広く運航されているが、中でも 5,500–10,000km 帯が中心で、4,500–13,000km の路線で広胴機の ASK 全体の 78%を供給している。



4.1.2a 路線距離区分別 ASK 分布の変化 (2019~2022 年)

路線距離別 ASK 分布の 3 年間の変化をみると、以下の様である。

(各年の 9 月時点のスケジュールデータによって比較している。)

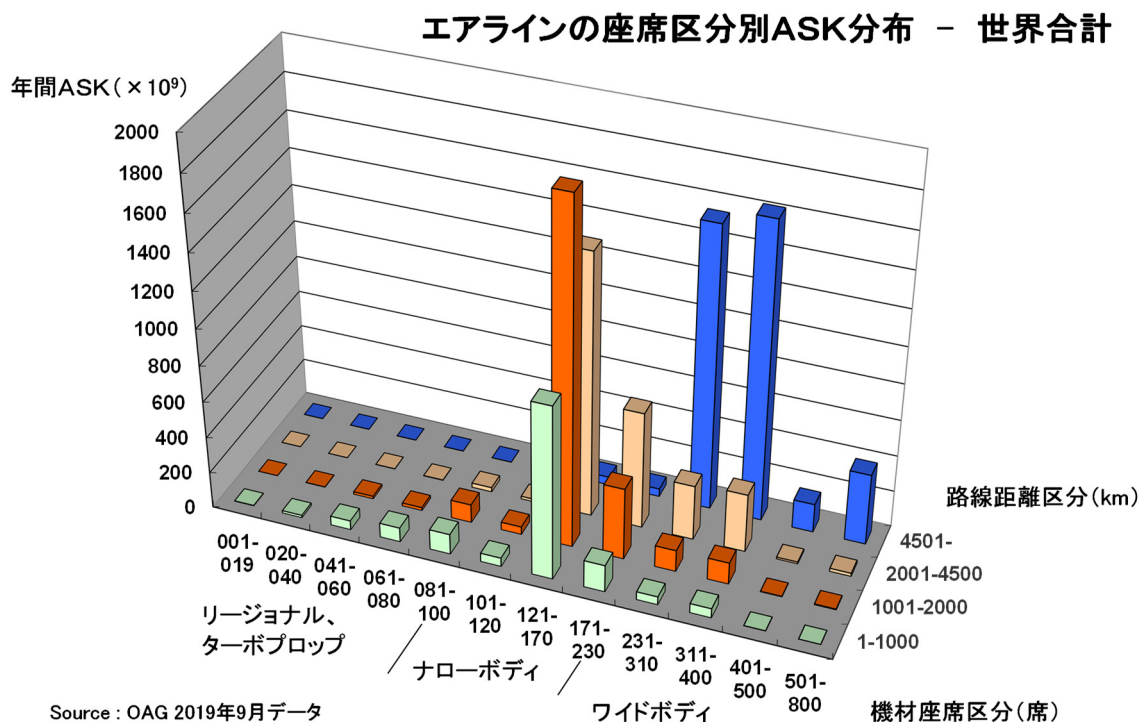


- ・広胴機 (WJ) については、ASK は 2019 年に対して 2021 年にはどの距離帯でもほぼ 40% (-60%) 程度の水準にまで低下していた。その後 2021 年にはワクチン接種の普及を得て輸送需要も回復し始め ASK も回復を開始したが、国際線など長距離路線を主に担当する広胴機の ASK は 2022 年時点でも 2019 年比で約 70% の水準であり、国内線などの近中距離を担当する細胴機 (NJ) の回復と比較すると遅い。ASK 供給の大幅な抑制 (減便) によって輸送需要の減少に対応したが、加えて、国際線の平均ロードファクター (LF) は、2020 年 9 月は 43.5%、2021 年 9 月は 61.6%、2022 年 9 月は 82.2% であった。2022 年の平均 LF が既に 82% まで回復していることから、今後は輸送需要の回復は増便および ASK の増加となって直接現れると考えられる。
- ・細胴機 (NJ) については、2021 年には 2019 年に比較して距離帯によって 20~40% の減少を示したが、広胴機に比較すれば ASK の減少幅は小さかった。COVID-19 の影響を受けたとはいえ世界の国内線の平均ロードファクターは 2020 年 9 月でも 69.9% (米国内は 57.0%)、2021 年 9 月では 73.0% (米国内は 76.1%) であり、比較的高く、そのため ASK の削減 (減便) を少なくできたものとみられる。2022 年には需要の回復を承けて ASK も 10% 程度の減少にまで回復した。9 月のロードファクターは世界では 80.6% (米国内は 85.4%) だった。
- ・リージョナルジェット機 (RJ) については、ASK の分布パターンは NJ と相似的な形状を持っている。COVID-19 の影響をうけて 2021 年時点では約 20%^{*} の ASK 減少が生じたが、その後 2022 年になっても殆ど回復が見られていない。

4.1.3 座席区分別 ASK 分布 (2019 年)

機材座席数別 ASK 分布をみると、以下の様である。

- ・路線距離区分 1-1,000km では、ターボプロップ機およびリージョナルジェット機による 41-100 席の小さな山と細胴機の 121-170 席 (A320、737-700/-800 等) の大きな山があり、主力は 121-170 席である。
- ・1,000-2,000km でも 121-170 席が最も多いが、他に 171-230 席の細胴機 (A321、737-900ER、757 等) や 231-400 席の広胴機も運航されている。
- ・2,000-4,500km でも主力は 121-170 席で、171-230 席の細胴機と 231-400 席 (A330、767/787 等) の広胴機が運航されている。この距離帯では、路線長が長くなることもあり、1,000-2,000km に比べて 171-230 席の細胴機と 231-400 席の広胴機といった比較的大型の機材が増えている。
- ・4,500km 以上では、311-400 席 (A340、777 等) が最多で、以下、231-310 席 (A330、787 等)、501-800 席 (A380)、401-500 席 (747) と続く。近年の 747 の減少によって 401-500 席帯が縮小している。

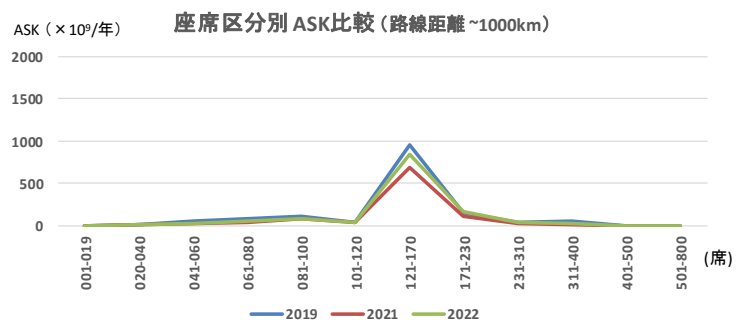
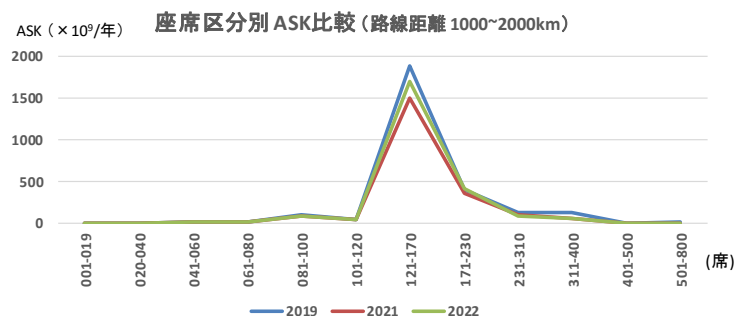
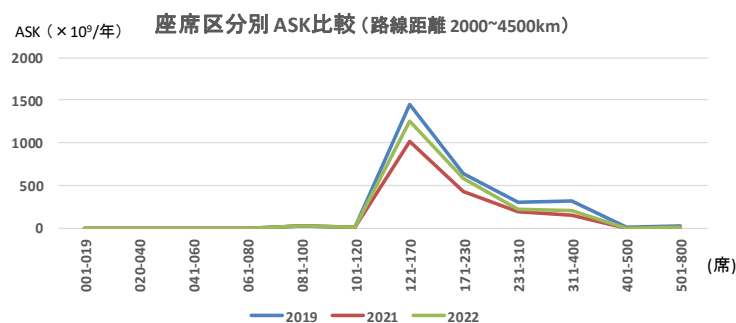
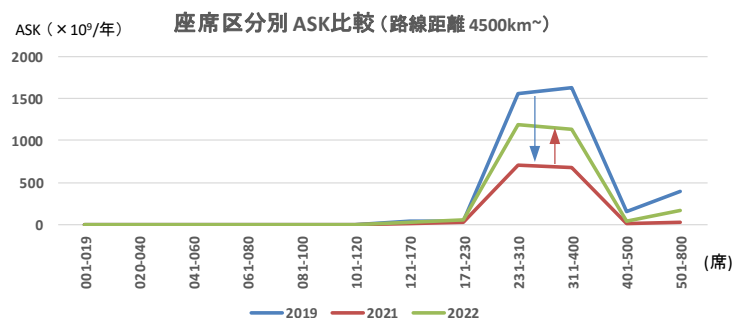


4.1.3a 座席区分別 ASK 分布の変化 (2019~2022 年)

距離帯別に座席区分ごとの ASK 分布の変化を見ると図の様である。

4500km 以下の距離帯では 120-170 席の機材が最も多く使用されており、170-230 席がこれに続いている。この形状は COVID-19 の前後で特に変化はなく、機材の大型化・小型化に特に変化はなかったと考えられる。

4500km 以上の路線では 230 席以上の機材（主に WJ）が使用されている。310 席以上の区分には ASK の減少がやや大きいまたは回復が遅い部分が見られるが、航空不況への対応として 747 や 777 の古い機体に廃棄されたものがあつたこと、A380 がほぼすべてグランドされたこと（その後復帰）、などの影響と見られる。

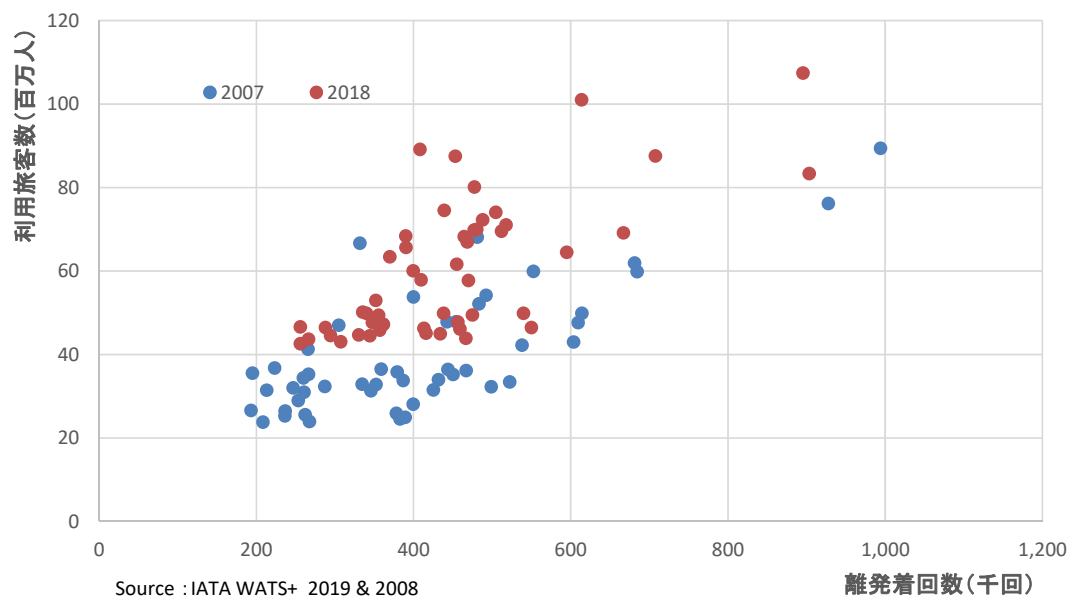


4.1.4 平均座席数の増加（機材の多席化、大型化）

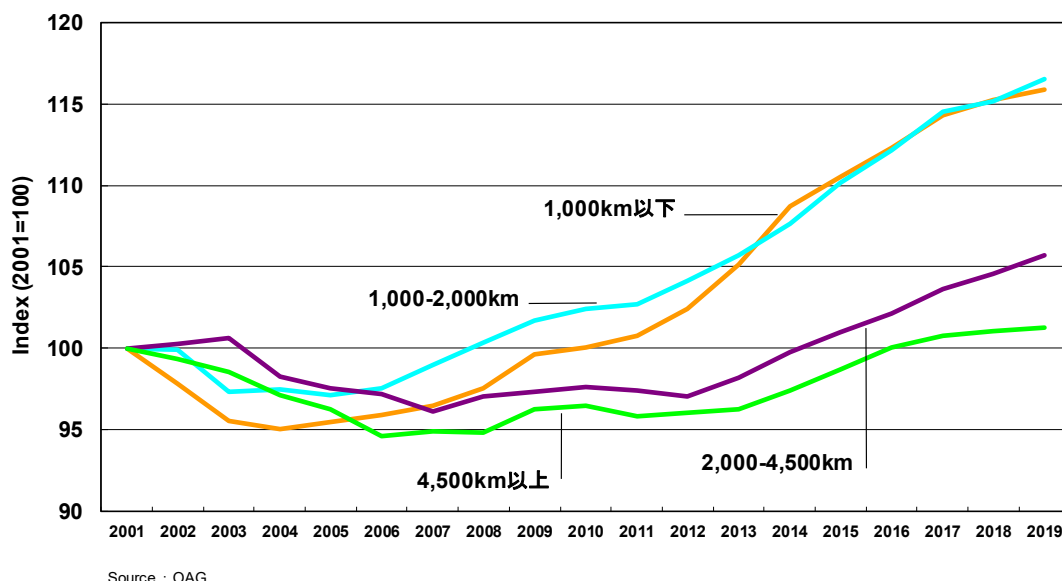
世界の上位 50 空港の離発着回数と利用旅客の関係を 2007 年と 2019 年と比較してみると、離発着回数に大きな増減は見られないが、利用旅客数は増加している。2007 年の平均は 1 離発着あたりの乗客数は 98 人であったが、2019 年には 37% 増の 134 人に増加している。この間、世界の年間ロードファクターは 76.1% から 81.9% と 5.8% 増加しているが、これを考慮しても 1 機あたりの平均座席数は増加していることがわかり、エアラインが旅客数の増加に座席数の増加（高密度化）または機材の大型化で対応していることが窺える。

旅客機 1 機あたりの平均座席数は、リージョナルジェット機の出現や長距離運航が可能な双発機の導入や小型機による多頻度運航が広く行き渡ったこともあり、2000 年代半ばまでは減少した。しかしそれ以降は、LCC の台頭（高密度充填）、空港混雑による発着枠制限（増便の困難）、エアライン合併（効率化）による重複路線の整理や便数の削減に対応して、まず 2004 年頃から 2,000km 以下の路線での 1 機あたり平均座席数が増加に転じた。次いで、2005 年以降の燃油費の高騰（座席当たりコストの増大）に対処する中でロードファクターも年間平均値で 80% を超え、4 発大型機の退役も相当進行した 2012 年頃以降は 2,000km を超える中距離乃至長距離路線でも一便あたりの平均座席数が増加に転じた。総じて現在は機材の多席化（高密度充填化や同一ファミリー内での大型モデルへの移行）が進行している状況にある。

世界の上位50空港の利用状況



1機あたりの平均座席数の推移



4.1.5 退役（2019 年迄に見る基調）

旅客機の退役と更新は、景気（輸送需要）の変動、燃油価格の動向、騒音規制等の適用、新技術を採用した新型機の出現や需要等の影響を受ける。これまでも大規模な騒音規制の実施や燃料価格の急騰・長期化は多数の退役機を発生させ、更新のために多数の新機需要を生み出し、機材の新陳代謝を通して技術の進歩と経済性の向上を航空業界に普及させるための駆動力になってきた。

近年では、2002 年までに ICAO 騒音規制 Chapter2 に該当する高齢機（機齢 30 年前後）が集中的に退役したが、高齢機の退役を終えた翌年以降の数年間は機齢 25 年前後の機材が毎年の退役機を中心になった比較的平穏な時期であった（平均退役機齢は 27 年前後）。

しかし 2005 年以降燃油価格の高騰が明らかになると、エアラインは整備費用もかさむ高齢機はもとより、比較的若い機材であってもさらに燃費に優れる機材への更新を余儀なくされた。その結果、特に 2009 年以降は退役機齢の若年化が急速に進行して機齢 22～25 年前後の機材が退役機を中心となり、機齢 18 年程度の機材までが少なからず退役する状況となった。その後 2015 年以降の燃油価格の沈静化をうけて一時期の退役/機材更新ラッシュも落ち着いた観があるが、平均退役機齢は 23 年程度にまで下がったままになっている。燃油価格の沈静化による退役圧力の緩和はあるものの、大量の発注残の存在もあって、当面は現在程度の水準が維持されるものと考えられる。

また、近年は LCC の隆盛で高頻度運航される機材が増えており、それらの機材は酷使された結果従来の平均機齢よりも早期に退役すると考えられる。LCC は業態としてまだ新しいため、LCC 運航の中で実際に寿命に達した機材はまだ少ないと見られるが、今後はこの種の早期退役が顕在化して細胴機を中心に平均退役機齢を引き下げること考えられる。

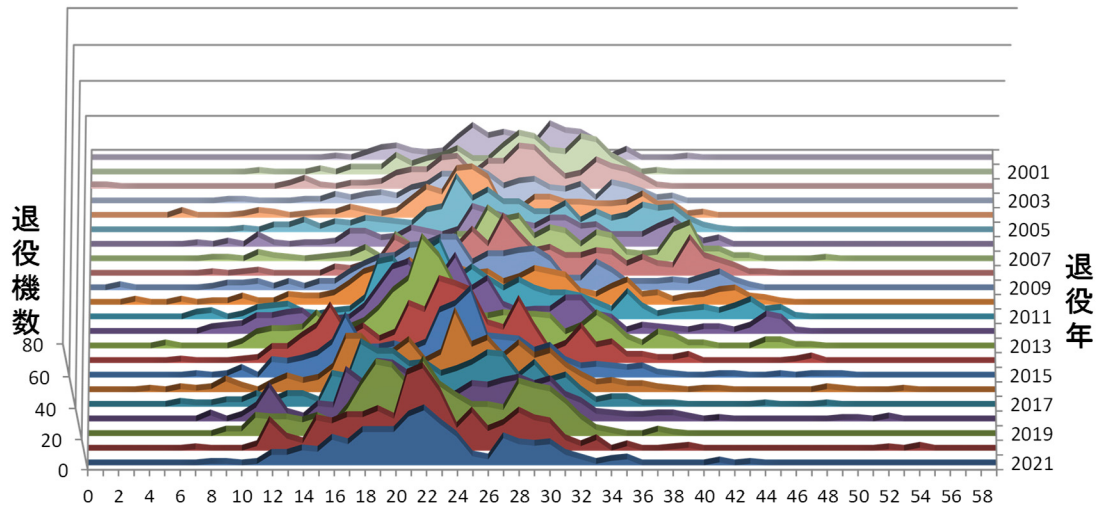
西側製造のジェット旅客機について見ると、2003 年は 227 機が退役し、平均退役機齢は 26.6 年であったが、2008 年以降は毎年の退役機数が 400 機前後となり、2012 年から 2015 年にかけては毎年 500 機を超える退役機を出した。燃油価格が低落した 2015 年以降はやや減ったが 2019 年は 538 機であった。また、この間に平均退役機齢は 27~28 年から 23 年程度に低下し、2019 年には 22.8 年であった。現在は 1990 年頃から 2002 年頃にかけて納入された機材が退役機を中心となっている。

西側製造のターボプロップ旅客機は、1980 年頃は年間 20 機程度の退役機数で平均退役機齢は約 21 歳であったが、その後の退役機数はほぼ直線的に増加して 2003 年に 80 機台に到達し、その後は現在まで平均して 88 機／年程度の退役機数を維持している。平均退役機齢は 1960 年代から 1985 年まで上昇基調にあった。その後は 23 歳前後で安定的に推移したものの、2005 年以降は再度漸増しており 2019 年は 26.8 歳であった。

ターボプロップ旅客機の退役機数がピーク時よりも減少したのはジェット旅客機と同様であるが、退役機の平均機齢は過去 50 年間以上にわたって漸増しており、近年も 26~28 年の水準にあって下がる傾向を見せていない点がジェット旅客機とは異なる。

ターボプロップ旅客機は、燃油費の高騰に臨んでその燃費の良さが見直されたことや、座席数規模によっては適当な代替機が生産されていないこともあって、ジェット旅客機より長く使用され続ける傾向にある。

ジェット旅客機の退役機齢の分布

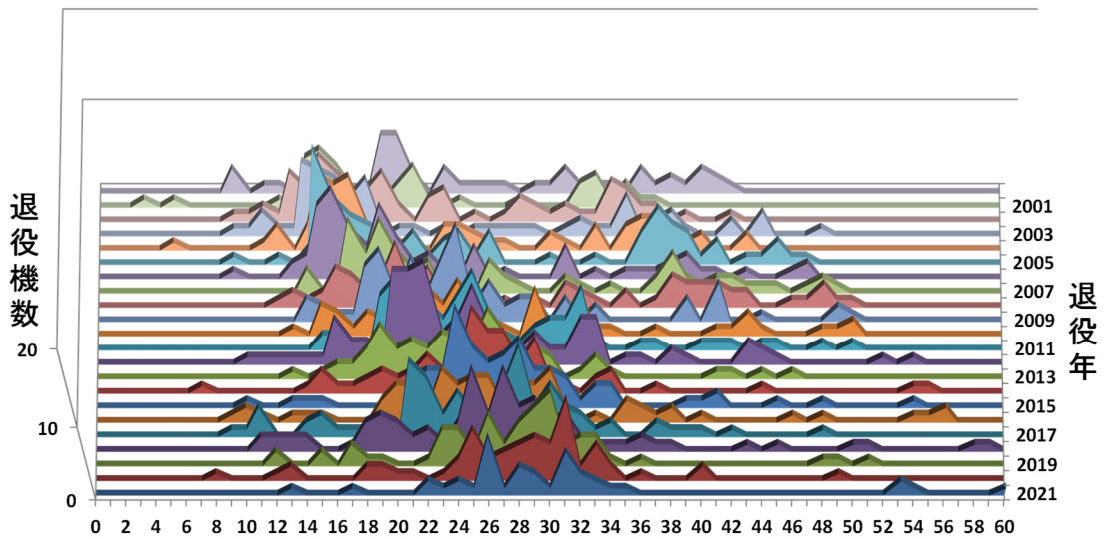


西側製造の機体のみ

退役機齢(年)

Source : CIRIUM

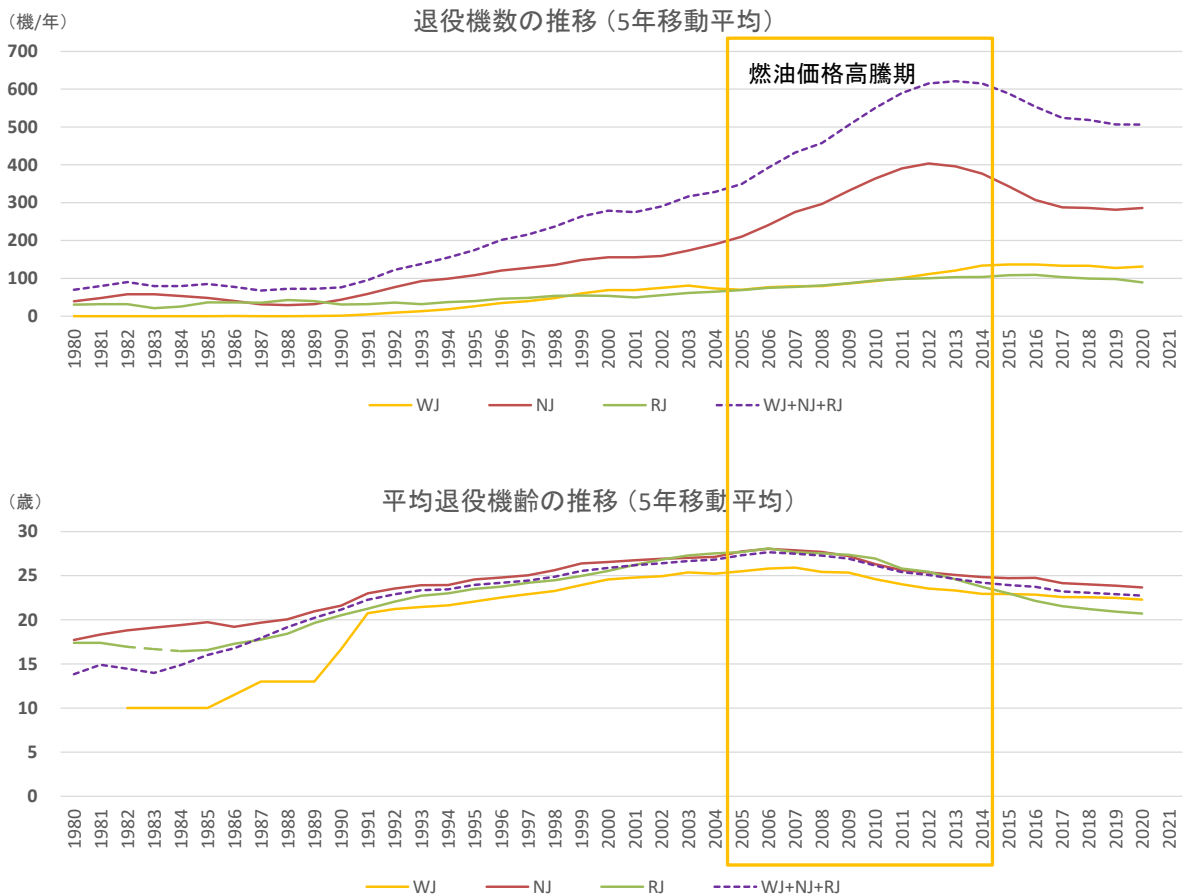
ターボプロップ旅客機の退役機齢の分布



西側製造の機体のみ

退役機齢(年)

Source : CIRIUM



4.1.6 第2次需要の発生

エアラインが輸送事業を続けるには常に必要な輸送力すなわち機材数を確保している必要があり、そのため、保有する旅客機の退役は代替機材の調達と連動する。

従来、旅客機の平均退役機齢は 25 年程度あり、その前後に 4～5 年程度の分散を見せていたが、近年は 20 年に満たずに退役する機材も少なからず見受けられる。これらの多くは LCC あるいは FSC の短距離国内線で高頻度運航された機材と推定され、近年の LCC の隆盛に鑑みれば今後この種の若年退役機が増加することが考えられる。

こうした例では、本資料が対象とする予測期間の初期に納入された機材の一部が期間末を待たずに退役して次代の機材の納入が行われ、期間内の納入機数の増加につながるようになる。第2次需要の機数評価については Appendix F に示す。

4.2 機材需要予測

4.2.1 航空旅客需要予測 (RPK)

2021 年はワクチン接種が進捗し、早い地域では輸送需要の回復も始まった。GDP の見通しも明るくなり RPK の中長期的な予測も COVID-19 前の予測に近づく回復を示していた。しかし 2022 年以降はエネルギー価格の上昇、食糧価格の上昇、半導体不足などが次々に出て来し、経済活動の混乱から GDP ひいては RPK の予測水準も低下することになった。

中長期的な RPK 予測は COVID-19 以前に行った予測* (標準モデル) に対して概ね 11% 程度低下した水準にあると見込まれ、これは 3~3.5 年遅れと見ることもできる。標準モデルでは、2020 年から 2040 年までの間に世界の RPK は年平均 4.0% の伸びを示し、2019 年の 8.49×10^{12} 人 km から 2040 年には 2.3 倍の 19.3×10^{12} 人 km になると見込まれていたが、今回の予測では、期間中の成長率は年平均 3.4% (2020~2042 年)、2042 年の RPK は 18.4×10^{12} 人 km になると見込まれる。

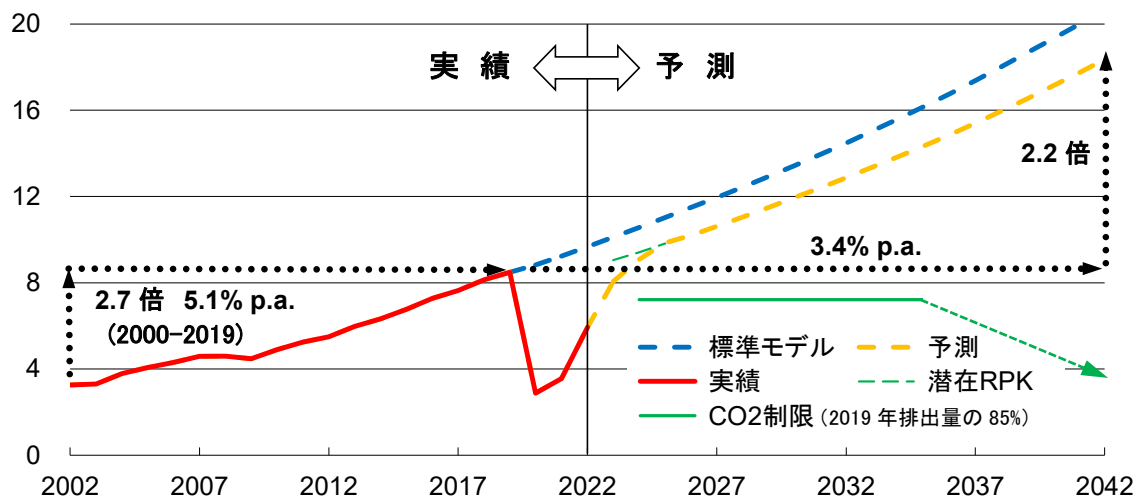
また COVID-19 からの RPK の回復は、2019 年実績値に対して 2022 年は 70% (実績)、2023 年は約 95% (予測) となり 2024 年には 2019 年水準を超えるが、中長期予測値が低下しているため 2025 年頃には漸近回復も終了して中長期予測線に合流すると見られる。

(RPK は第 5 章で説明する。)

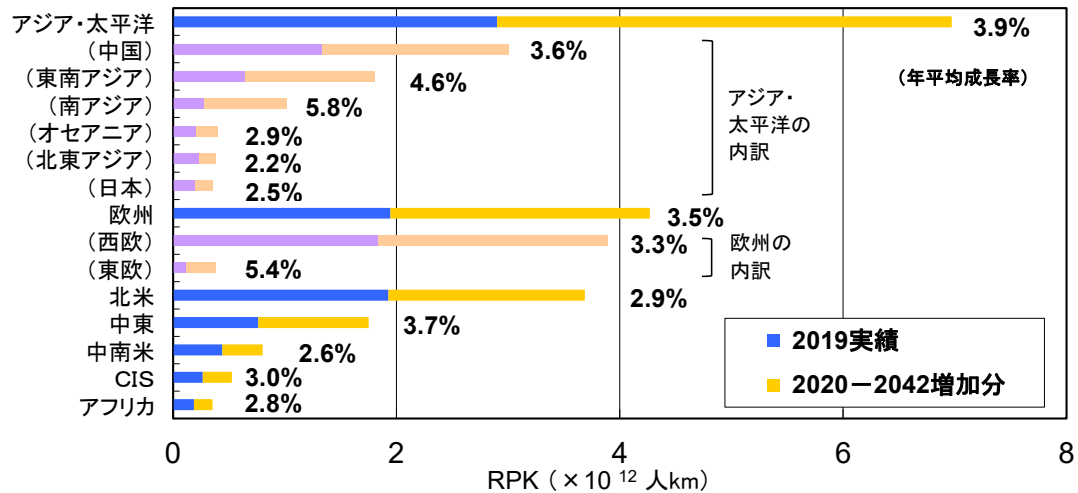
(* : 民間航空機に関する市場予測 2020-2039 (JADC、YGR-5102))

航空旅客輸送量
($\times 10^{12}$ 人 km)

世界の航空旅客需要 (RPK) の予測



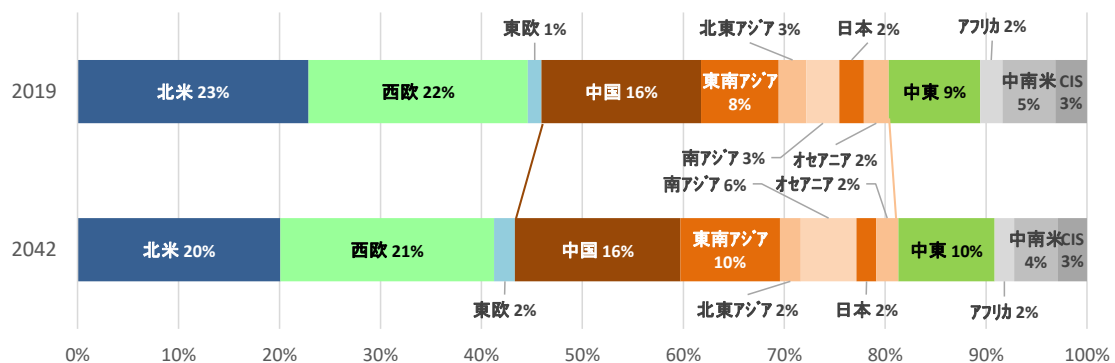
地域別 航空旅客需要(RPK)の予測



地域別に見るエアラインの航空旅客需要 RPK は、北米と欧州（西欧と東欧）では 23 年間（2020-2042）の平均成長率は 2.9%および 3.5%であり、世界全体では 3.4%になると見込まれる。これにより、北米エアラインの RPK は 2019 年の 1.92×10^{12} 人 km から 2042 年には 3.69×10^{12} 人 km に、欧州エアラインは 1.97×10^{12} 人 km から 4.27×10^{12} 人 km に増える。市場シェアはそれぞれ 2019 年の 23%および 23%から 2042 年には 20%および 23%になり、欧米全体としての市場シェアはやや低下する。その一方でアジア・太平洋地域のエアライン*がシェアを伸ばす。（*：下図中で茶系の色の部分）

アジア・太平洋のエアラインは過去 20 年間（2000～2019 年）に RPK ベースで年率 7.3%の旅客の伸びを経験した。今後も中国、ASEAN 諸国およびインドが中心となって年平均 3.9%の成長を続け、2019 年の 2.90×10^{12} 人 km から 2042 年には 2.4 倍の 6.97×10^{12} 人 km となり、そのシェアは 34%から 38%に拡大すると見込まれる。

地域別航空旅客輸送量(RPK)のシェア



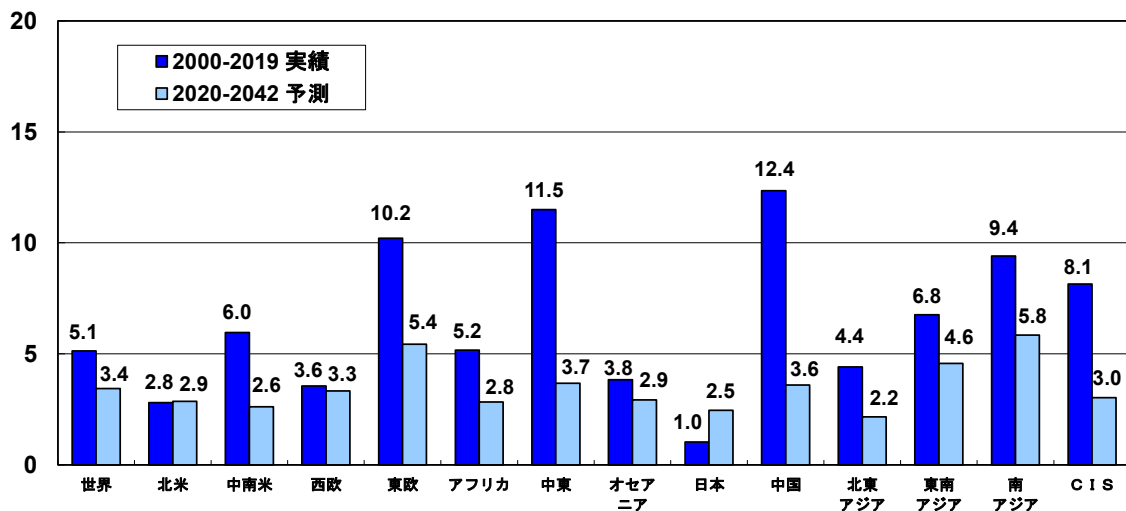
航空旅客需要の年平均伸び率を地域別に見ると、中国エアラインは 2019 年までの 20 年間の平均伸び率が 12.4%であったが、最近の経済成長の減速や市場の成熟化によって今後（2020-2042）は 3.6%に減速する。しかし依然として世界平均を超える成長率を持ち 2042 年の RPK は 3.00×10^{12} 人 km と見込まれ、2019 年の 1.33×10^{12} 人 km の 2.3 倍になる。

インドを中心とする南アジアのエアラインは年平均 5.8%、東南アジアのエアラインも年平均 4.6%の成長率が期待される。両地域の RPK を合わせれば 2019 年には 0.92×10^{12} で中国の 69%であったが、成長率の高さから 2042 年には 2.82×10^{12} となり、中国の 94%に相当する規模になると見込まれる。

中東のエアラインは多くの乗継客需要を取り込んで 2019 年までの 20 年間は平均でも年 11.6%の成長率で成長してきたが、2016 年を境にして明瞭に減速している。今回の予測では年平均 3.7%の成長率を見込み、2019 年の 0.77×10^{12} 人 km から 2042 年には 1.75×10^{12} 人 km に増加し、シェアは 10%になると見込まれる。

RPK年平均伸び率 (%)

地域別RPK成長率



この RPK とロードファクターの予測から、今後（2020-2042）の世界の ASK は年平均 3.4%で成長し、2042 年には 2019 年の 2.2 倍にあたる 22.1×10^{12} 席 km になると見込まれる。

4.2.2 ジェット旅客機の需要予測

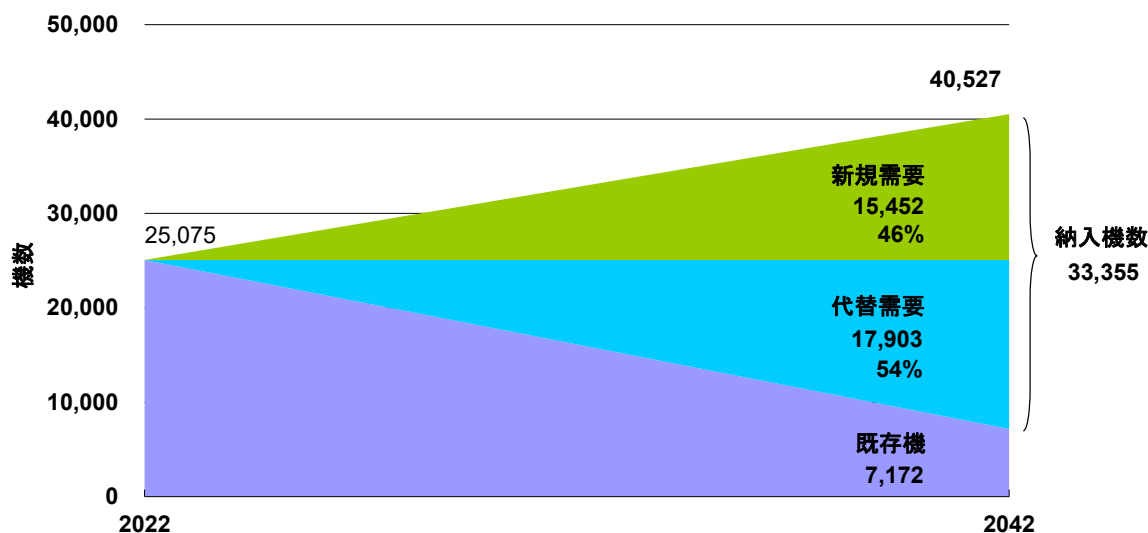
COVID-19 によって 2020 年はエアラインもメーカーも甚大な打撃を受け、機材の納入実績は 2019 年末時点で予定されていた機数の 45%に留まった。2021 年も影響は続いたが、早い地域では夏頃から RPK の回復が始まり、同じく 2021 年には細胴機を中心として新規発注が回復して 2019 年実績を超えたほか、やはり細胴機を中心として納入機数も増加した。2022 年も引き続き受注機数、納入機数共に増加して市場の回復を示しており、受注残も 2019 年の水準を回復している。2022 年には RPK の初期回復開始に伴ってエアラインの利益率も回復を示しており 2023 年には広く黒字化して資金力も回復し、2024 年頃には広胴機の発注も増加するものと期待される。

しかし、中長期的には、2022 年以来の経済の混乱の影響を織り込んだ GDP ひいては RPK の予測水準の低下から、前回の予測に比較して機材需要も減少する見通しとなっている。

(関連：第 5 章)

世界のエアラインによるジェット旅客機の運航機数は 2022 年の 25,075 機*から 2042 年には 40,527 機になり 1.6 倍に増加する。2023-2042 年の間のジェット旅客機の納入機数は 33,355 機であり、その内、17,903 機は現有機の代替需要で納入機数の 54%を占め、15,452 機は今後の航空旅客需要の増加に対応するための新規需要である。

ジェット旅客機の需要予測結果



(*：2022 年もエアラインの保有する機材には、運航状態にあるものと、運航に供されず地上で保管状態にあるものがある。保管状態にある機材には速やかに運航状態に復帰可能な機材も多く含まれ、エアラインが維持している潜在的な輸送力を把握するためにはこれらの機材も算入する必要がある。本書では、2022 年末時点で実際に運航状態にある機材と保管状態であるが速やかに運航状態に復帰できると考えられる機材（2020 年以降に新たに保管状態になったもの等）を合わせて、これを予測計算の初期条件としている。)

RJ：リージョナルジェット機

座席数が 100 席以下のリージョナルジェット機は、2019 年末に 3,404 機（2022 年末には潜在的に 3,515 機）が運航されていたものが 2042 年には 2,827 機となり、運航機数シェアは 14%から 7.0%に減少する。2023-2042 年の間に 3,158 機が退役し 2,470 機が納入され、納入機数では 7.4%を占める。

現在みられるリージョナルジェット機は、80 年代前半に軍用の TF34 エンジンからの民需転換によって CF34 という優れたエンジンが入手可能になったことと、それによるビジネスジェット機の開発成功を経て実現した。当初は 90 年代前半に 50 席機として市場に投入され、ターボプロップ機からの代替需要、メインラインからの低需要路線の移転、さらに新規路線の開拓もあって受注を集め、一世を風靡するとともに 2000 年前後には 70 席級機の市場投入へと進んだ。

その後は 2001 年の米国同時多発テロ以後の航空不況や 2005 年以降の燃油費の高騰などの環境の中で、小型故に座席あたりコスト（CASK）の高いこのクラスの機体はより経済性に優れる 70 席級機材への移行が急がれ、さらに原型となったビジネスジェット機譲りの機体構造に因る寿命の短さなどからその数を減らした。第一世代というべき CRJ100/200 や ERJ 135/145 等の 50 席以下の機体の製造は燃油費高騰が進行する中で 2007 年には終了し、その後は第二世代にあたる CRJ700/900 や EMB170/190 などの 70～100 席級機材が市場に供給されていた。

これらの機種はメインラインに対するフィーダーラインで多く使用されているが、その多くはスコープクローズの対象となってエアラインでの運航に制限が課されており、最大市場である北米市場では座席数は 76 席以下、最大離陸重量は 86,000lb.以下とするのが代表的な条件となっている。また、この条件があるためフィーダーラインを担当するエアラインでは十分な集客が見込めてもより経済性に優れる大型の機材への移行ができないことから、多席化・大型化の流れが堰き止められる形で 70 席級機材によるリージョナルジェット機の市場が形成される一因となっている。

燃油費が高騰して運航経済性の改善が重要な課題であった時期には多席化にむけてスコープクローズの緩和が取りざたされたこともあったが、燃油費の高騰が終息した後は、労使紛争の種となるスコープクローズの緩和に向けた動きは聞かれなくなっている。

現在は第二世代の 70 席級機材が生産されるとともに、これまでの第一、第二世代機を支えた CF34 エンジンに替えて、より経済性に優れた新世代のギアードターボファンエンジンを搭載する第三世代機の開発が進められており、エンブラエル の E2 シリーズがこれにあたる。

なお、現在のリージョナルジェット機の供給は 70 席級以上の機材に限られている。運航経済性を追求して 70 席級に移行したことにも見るように、今後 50 席（以下）級の新機材が供給されるためには、50 席級ならではの事情を活かした経済性の改善策が実現されて 70 席級に比肩する経済性を獲得する必要があると考えられる。しかし 50 席級の機体規模だけ

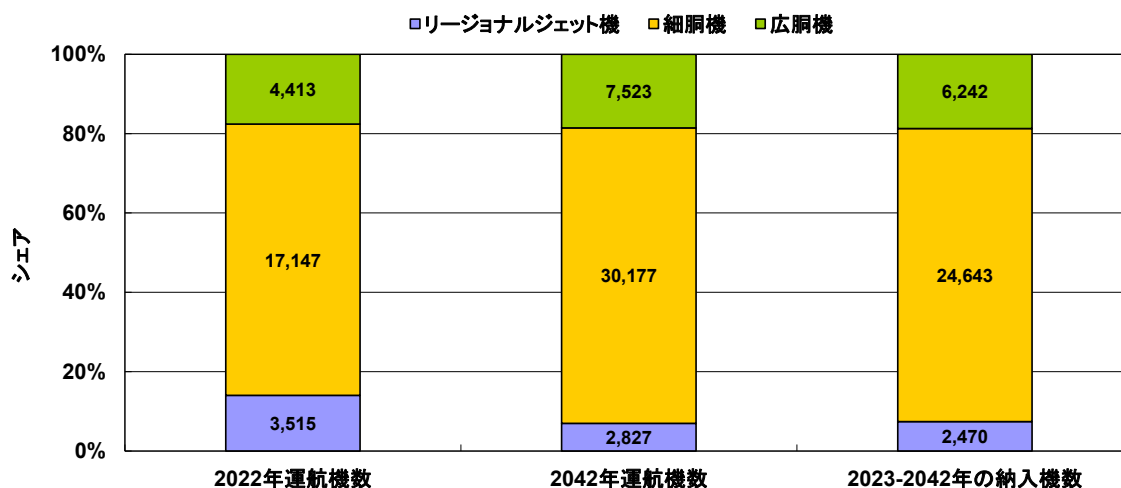
に当てはまる形での改善策*は当面実現の可能性は低いとみられる。

(*：燃費性能に優れた新エンジンや無人機技術を応用したワンマンオペレートなど)

今回の予測では 50 席以下のリージョナルジェット機については今後 20 年間のうちに新造機の供給は行われない設定を使用した。従来の予測では 50 席以下のクラスにも仮想的なリージョナルジェット機を設定して一定の需要を取らせていたが、今回はそれを行わなかったため、例年の予測に比べてリージョナルジェット機の納入機数は少なくなっている。

ところで、一般にパイロットの給与は操縦する機材の客席数に比例する傾向があり、リージョナルジェット機も該当する。さらに副操縦士の給与は機長の半額程度と云われ、かつ機長昇格迄 10 年程度の時間を要するとされる。このため魅力が薄く志望者が不足し、かつ一時はメインラインのパイロット不足を補うために勧誘の対象ともなった。リージョナルジェット機というカテゴリーが今後も活用され機材需要も続くためにはこうした条件も整う必要があるとみられる。

クラス別運航機数および納入機数

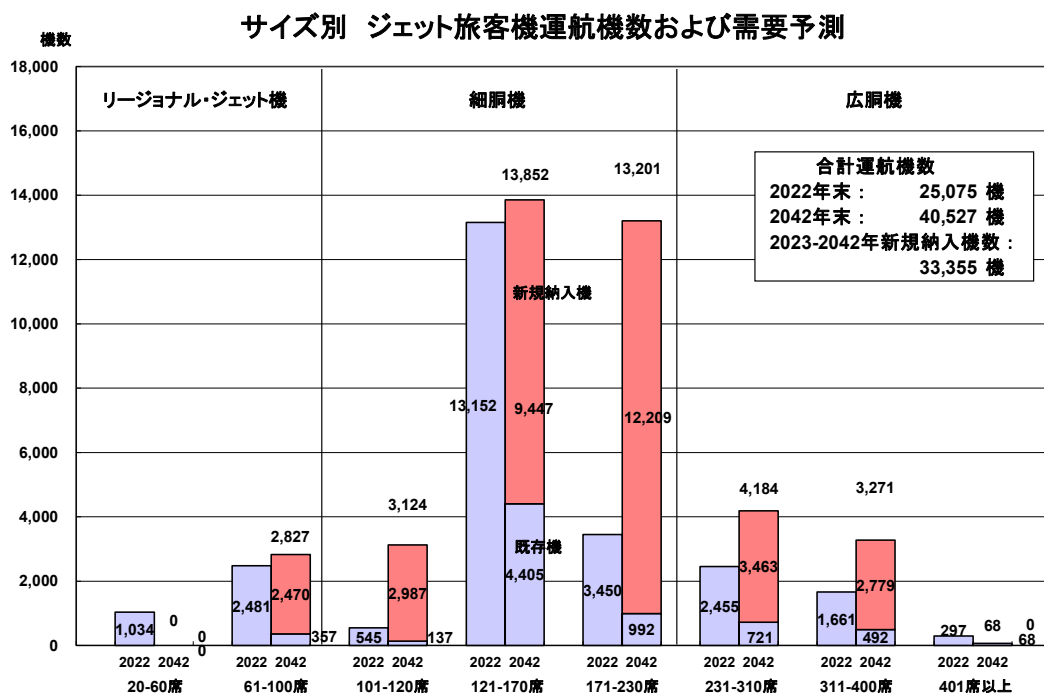


NJ：Narrow body Jet、細胴機

100 席を超える細胴機は、2019 年末には 15,937 機（2022 年末には潜在的に 17,147 機）が運航されていたが、2042 年には 30,177 機となりジェット旅客機全体の中で 74%を占める。2023-2042 年の間に 11,613 機が退役し、新たに 24,643 機が納入される。納入機数の中では 74%を占める。

細胴機の最も小型のグループである 101-120 席級では、A220-100（CS100）の市場投入が最近の大きな話題となった。この領域にはかつては DC-9 や 737 が存在したが、両機種とも世代を重ねモデルチェンジを繰り返すうちに大型化してこの領域からはずれ、737-700 などの、より大型なファミリー機からの縮小短胴型はあっても運航の経済性などの観点から人気機種にはならなかった。A220 は、事実上の空白域になっていたこの領域における全面新設計の久々の新型機であり、横 5 席の座席配置も、かつて横 6 席の機種が「太く短

い」と言われたこのクラスの特徴に対応した選択といえ、競合機が横 6 席の胴体断面でこれに対抗することは難しいと考える。A220 がこの空白域に最初に進入した際に米国商務省を巻き込んだ「関税 300%」騒動が惹起されたことはまだ記憶に新しいが、米国政府国際貿易委員会の裁定で関税は否定され、エアバスの傘下に入ったことや米国内で最終組み立てされることになったことなどから、一クラス上の A220-300 とともに安定した事業になると期待される。101-120 席のクラスには、A220-100 とリージョナル機の拡大型である E195E2 があり、今後はこれまで 121-170 席級の機材で運航されていた旅客需要の一部を取り込むことで機数を増やすと考えられ、今後 20 年間の納入機数は 2,987 機と見込んでいる。



120 席以上のクラスについては、経済性の追求や空港混雑といった問題から A318/319 や 737-700 よりも A320/A321 や 737-800/MAX-8 の様なより大型の機材に人気があり長らく 121-170 席級が最も機数が多かったが、近年は 171-230 席級の発注が増加している。

予測では 171-230 席機の納入機数が 12,209 機と最も多く、2042 年には運航機数が 13,201 機となる。従来このクラスには 121-170 席クラスから徐々に需要が移行してくると見られていたが、A321LR/XLR などの具体的な機材が名乗りを上げ発注動向にも変動が現れたことから、最大の納入機数を見込むに至っている。一方、従来の予測で最も多かった 121-170 席機の納入機数も 9,447 機と依然多く、2042 年における運航機数では 13,852 機を見込み、引き続き大きなグループを成している。

また、細胴機の座席区分を 50 席刻みで区分して納入機数をみると、101-150 席機が 9,455 機、151-200 席機が 14,137 機、201-250 席級が 2,170 機となる。

本予測では原則として席数 101 以上 230 までの機種を細胴機としている。現在供給されている機材についてこの範囲のものはいずれも単通路機であるが、かつて 767-200 は双通路で 220 席（2 クラス）、757-300 は単通路で 240 席（2 クラス）などの例もあり、230 席前後は境界領域となる性質がある。767 旅客機型の生産終了後はこの領域は空白域となり区分は明確であったが、近年は 757 後継機への注目から始まって NMA の名が取り沙汰され、あるいは A321LR が投入され A321XLR が計画されるなど再度動きが出ており、エアバスは既存の A320 系の中で長距離多席型を用意して速やかに市場に投入して取れる範囲の市場を獲得する方法を選び、ボーイングは NMA では新しい胴体断面形で双通路機の客室（居住性）と単通路機の貨物室（低抵抗による経済性）を目指すとしていた。

先述の通り細胴機の下限域（101 席～）には横 5 席配置が適し、細胴機の標準である横 6 席配置の胴体とは共用できず別機種になるものと考えられる。横 5 席配置の機材の例には DC-9 系が該当し MD80/90 では 2 クラス制で 150 席まで拡張されて長く使用された。今後メーカーが提供するラインナップの中で横 6 席配置との境界となる席数をどこに設定するかによって、100 席から NMA 領域までの範囲を 2 機種でカバーすることも 3 機種に分けることも考えられる。

WJ : Wide body Jet、広胴機

広胴機は、2019 年末には 4,674 機（2022 年末には潜在的に 4,413 機）が運航されていたが 2042 年には 7,523 機となり、ジェット旅客機全体の中での機数シェアは 19.5%から 18.6%に微減する。2023-2042 年の間に 3,132 機が退役し、新たに 6,242 機が納入され、納入機数では 18.7%を占める。

広胴機の主要な市場は中・長距離国際線および高需要の国内幹線であるが、ETOPS の施行によって洋上を含めて双発機の運航可能範囲が大きく広がり、さらに 787 のような燃費と航続性能に優れる中型機の導入によって、747 や 777 といった大型の機材では採算がとり難かった中程度の需要の長距離路線への進出も可能となった。現在の広胴機市場は 787～777/A330～A350 の中～大型双発機によって形成されており、230 席～400 席までのクラスに分布している。

400 席超の大型機は、空港混雑による便数の制限や燃料関係費用の長期的な上昇への対応などから、高需要の主要都市間を結ぶ路線を中心に需要は存在するとの考え方もあったが、現実の受注状況に鑑みればその種の需要も 400 席までのクラスで賄われている。400 席超の（4 発）大型機は A380 の生産終了（2021 年）と 747 の最終的な生産終了（2022 年）によって今後の供給の予定はなく*、運航機数は両機種の退役の進行により 2042 年には 68 機に減少すると見込まれる。加えて、予想外の COVID-19 による 747 の急激な退役の進行は、あらためて一時代の終わりを印象付けるものとなった。（*：本資料では 777-9 は 310-400 席級に分類している。）

さらに、COVID-19 によって旅客輸送需要が「蒸発」した 2020 年には、大型機の退潮は

4 発機にとどまらず双発機にも及ぶかに見えた。機体規模の過大を指摘されていた 777X は技術的な問題とも併せて EIS が 2025 年へと後送りされ、787 をはじめとする他の双発広胴機も輸送需要減少による納入の先送りなどによって軒並み減産を余儀なくされてきた。

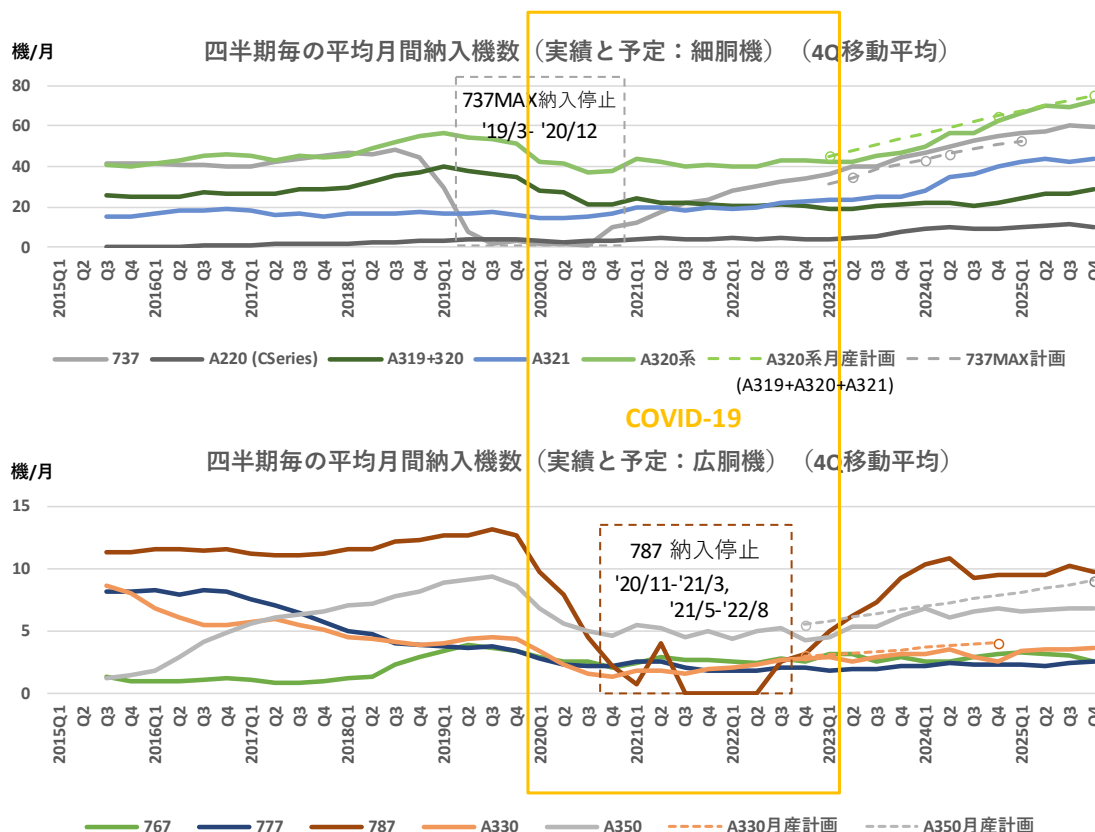
納入の回復

2022 年には航空旅客輸送（RPK）も COVID-19 からの回復が明らかになっており、エアラインの営業収益の改善が始まり、資金力も回復すると見られる。メーカーの示す確定受注契約分の納入予定も、2023 年以降増加に転じることを示している。

細胴機では A320 系が特に A321 に牽引される形で増加する。737 も納入再開後は着実に納入ペースを上げており、どちらも 2024 年には COVID-19 以前の水準を超えるとされる。

広胴機では 787 が納入を再開してペースを上げるほか、A350 も増産を計画しており 2024 年から 2025 年にかけて COVID-19 前の水準を回復する予定になっている。

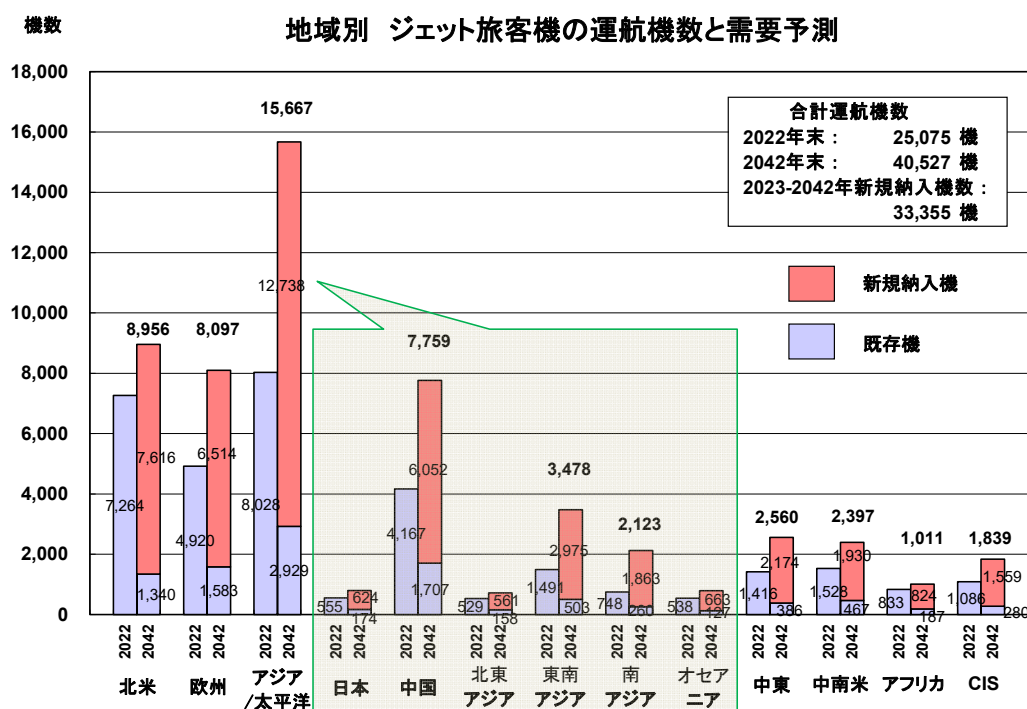
機材の納入実績、生産計画、確定発注（Backlog）を図に示す。



地域別

地域別でみると、ジェット旅客機の 2019 年末の運航機数が最も多いのは北米で、6,697 機が運航されていた。2022 年には潜在的に 7,264 機であったと見られ、2042 年には 8,956 機に増加する。地域別運航機シェアは 28%から 22%に減少するが、この間に 7,616 機が納入され、世界の納入機数の内の 23%を占める第一位の市場である。

欧州の運航機数は 2019 年末の 4,931 機（2022 年は潜在的に 4,920 機）から 2042 年には 8,097 機に増加し、そのシェアは 21%から 20%になる。この間の納入機数は 6,514 機で、納入機数シェアは 20%となり、第二位の市場になる。



中国の運航機数は 2019 年末には 3,719 機（2022 年は潜在的に 4,167 機）で世界第三位の規模である。2042 年には 7,759 機となって引き続き北米と欧州に続く第三位であるが欧米の 9 割近い機数を擁するまでに成長する。この間の納入機数は 6,052 機で納入機シェアは 18%である。また、この内 1,089 機が広胴機（世界の広胴機の納入機数の内の 17%）であり、中東（1,060 機、17%）を上回り、北米（1,113 機、18%）と並んで、欧州（1,359 機、22%）に続く広胴機の市場になる。

中国のエアラインは中距離（～4,500km）までの距離帯を中心に急速な成長を遂げてきた。RPK の過去 20 年間（2000～2019 年）の平均成長率は 12.4%に達し、世界の機材需要を支える柱の一つとなっているが、2019 年の成長率は 8.1%に低下している。加えて、中国は一人あたり GDP が 10,000 ドルに到達した状態にあり、今後の RPK の成長は発展途上国型の急成長型から先進国型の緩成長型へ変化するものと考えられる。今回の予測では他の地

域で既に起きた変化の実績を参考に 2024 年を変曲点として設定し、その後の成長率は世界平均に近い値とした。その結果、COVID-19 による GDP 予測の下方修正の影響も含めて、旧予測（2019-2038）に比較すると納入機数は約 990 機の減少となった。

（関連：5.3.3 項）

東南アジア（主に ASEAN）、中東、および南アジア（インドほか）は、世界平均を上回る高い旅客需要の伸びが期待され、運航機数も増加する。2042 年にはこれら 3 地域の運航機数はそれぞれ 3,478 機、2,560 機および 2,123 機となる。納入機数はそれぞれ 2,975 機、2,174 機および 1,863 機になる。

中東は広胴機の納入機数が 1,060 機で、これは同地域での納入機数の 49%を占める。中東のエアラインは特に 2003 年頃より積極的な拡大策を採り、「第 6 の自由」の形による乗り継ぎ型の長距離旅客需要を取り込んで、長距離帯（4,500km〜）を中心に RPK で年間成長率 10%を優に超え一時は 20%すら超える急速な規模拡大を実現するとともに多数の広胴機を調達して市場を牽引してきた。しかし 2014 年秋以降原油価格の下落した状況の中で急速に成長率を落とし 2019 年の RPK の成長率は 2.3%（IATA）にまで低下している。今回の JADC の予測では、2015 年以降の中東の RPK の成長の実績も踏まえて、市場再分割型の急成長が終わって世界市場全体並みの平均成長率になるものとして計算を行った。今後の納入機数は JADC の以前の予測に対して減少している。（関連：5.3.2 項）

CIS の航空機材はその大部分をロシア機が占める。ロシアのウクライナ侵攻に対する西側諸国からの対露経済制裁は長期化する可能性があり、その間は欧米の航空機メーカーからロシアへの機材納入も実行不可能となると考えられる。今後 20 年間に CIS 圏に納入されると見込まれるジェット旅客機 1,559 機を、1. 西側製完成機、2. 西側製エンジンを使用した露/中製機、3. 西側製エンジンに拠らない露/中製機 に区分し、その中で制裁期間中は納入不可になると見られる

制裁最終年	制裁なし	2027	2032	2037	2042	
RJ	0	-30	-80	-130	-180	1.群と 2.群について制裁
NJ	0	-110	-420	-690	-960	解除の時期を変えながら
WJ	0	-40	-90	-140	-190	納入機数の変化を試算し
減少分(機)	0	-180	-590	-960	-1330	たものを表に示す。

既存の確定発注分も含め各年に納入が見込まれる機材について、その年が制裁期間中であればその納入は行われず、次年以降への繰り越しも行わずに消滅させるとして計算した。この機数が CIS あるいは世界の納入機数予測値から減算される。

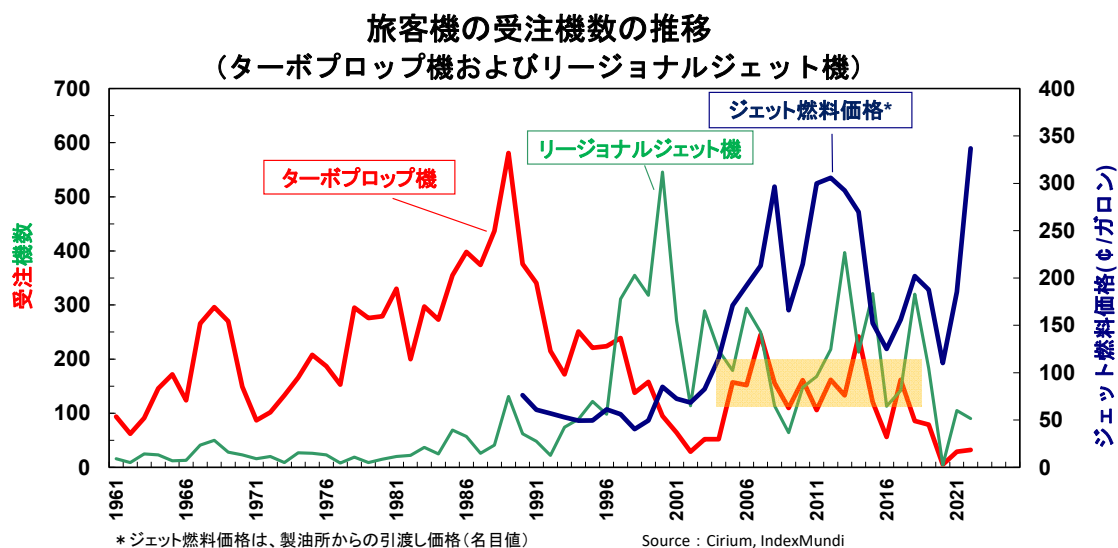
（例：20 年間の世界のジェット旅客機納入機数 $33,355 - 1330 = 32,025$ ）

（制裁期間中に上記の 1.群と 2.群に属する機材需要を 3.群の増産等で置き換えて賄うことは考えられるが、西側メーカーの仕事量にはならない。）

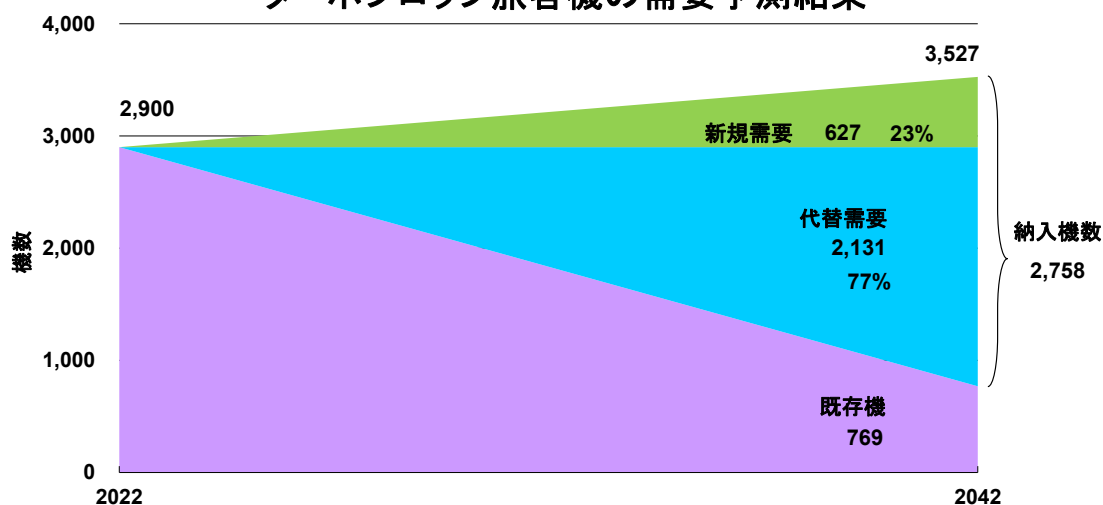
4.2.3 ターボプロップ旅客機の需要予測

世界のエアラインで運航されている 15 席以上のターボプロップ旅客機は、1994 年の 5,908 機をピークに、リージョナルジェット機の普及に押されるなどして減少し、2019 年末の運航機数は 2,633 機であった。

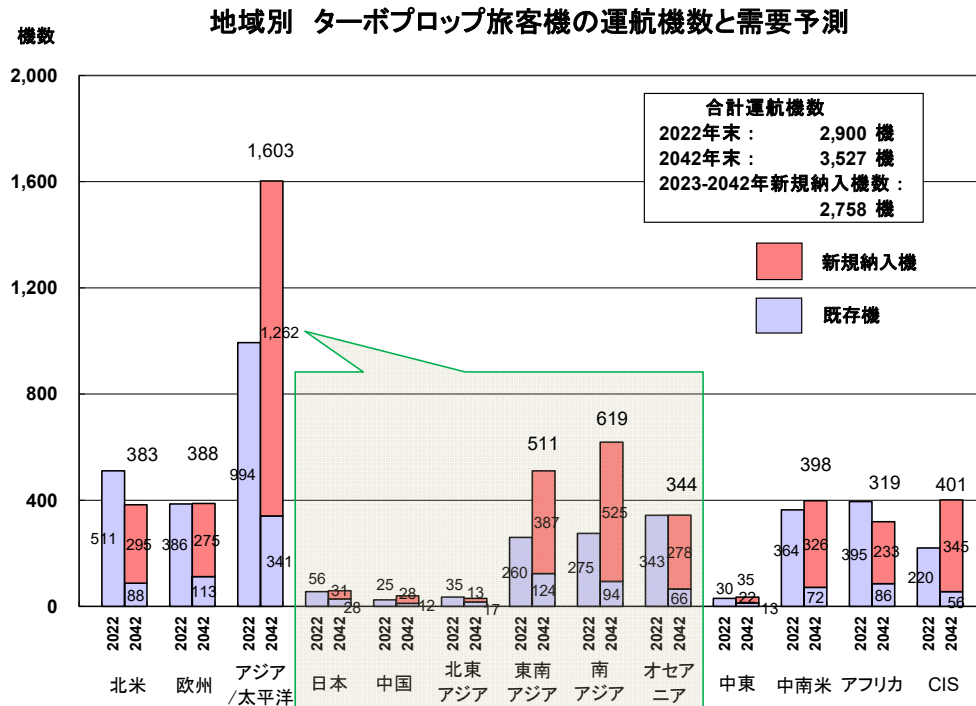
現在のターボプロップ機が運航されている路線の殆どは 1,000km 以下であるが、この距離帯には社会的に最低限必要とされる交通サービスとしての路線や、技術的にジェット化が困難な路線もあり、不採算路線からの撤退や減便が進んでも一定量の輸送力は必要とされ維持されると考えられる。加えて、長く続いた燃油費の高騰を背景に燃費の良いターボプロップ機が見直され、2005 年以降は受注状況も持ち直していた。しかし、COVID-19 の影響で 2020 年以降の受注は急減した状況にある。



ターボプロップ旅客機の需要予測結果



予測では、ターボプロップ機の運航機数は 2019 年末の 2,633 機（2022 年末には潜在的に 2,900 機）から 2042 年末には 3,527 機になる。この間（2023-2042）、2,131 機が退役し、2,758 機が新たに納入される。



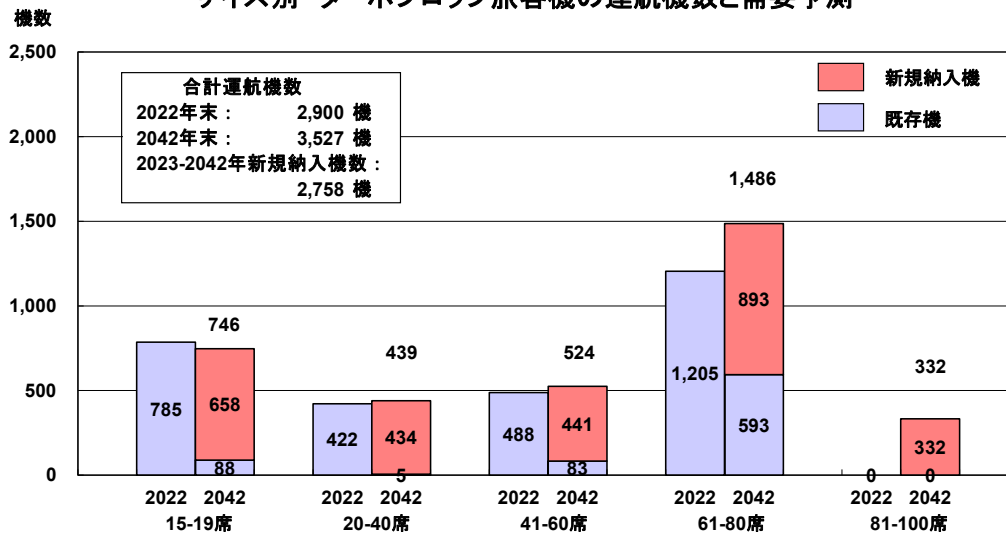
地域別に見れば、現在は北米、欧州で運航される機数はやはり多いものの、それだけではなく、中南米、アフリカ、オセアニア、東南アジアなどで各々300機から500機前後が使用されており、あまり偏在せず幅広い地域で運航されているのが特徴と言える。

ターボプロップ機は、低需要路線であっても最低限の航空サービスを必要とする路線や離島路線等地理的に事情のある路線では必要とされ続ける。そうした路線では15-19席機が今後とも運航され、今後20年間に658機が納入されると見込まれる。

近年のこのクラスでは新機材の生産供給は細々で行われるのみで、エアラインは手持ちの機材の延命を図りながら運用することを余儀なくされていた。2021年時点で運用されている機材の平均機齢は30.5歳であるが、機材の53%が機齢30歳を超え、26%は40歳を超える状態にある。40歳以上の機材の84%はDHC-6（205機）であり、30歳まで広げるとDHC-6に加えてL-410、Jetstream31、Merlin IV、Do228も多い。また30歳から20歳までの範囲にはBeech1900（171機）が存在し、今後徐々に30歳を超える。

これに対して、久々の新機種としてセスナ社の408 SkyCourier（19席）の納入開始が2023年に予定されている。今後エアラインの機材調達の実選択肢が増えることで機材の更新が進むことが期待される。

サイズ別 ターボプロップ旅客機の運航機数と需要予測



20－40 席機は、2022 年には 422 機が運航されている。このクラスでは DHC8-100/-200 や SAAB340 が多く使用されており両機種でこのクラスの運航機数の 73%を占める。クラス全体の 59%が機齢 20 歳以上 30 歳未満の範囲に属しており、高齢ではないが、これらの機体も 2020 年代前半には経済的な寿命に達すると考えられる。そのため、特に北米エアラインで代替機を求める声があるが、これまでこのクラスには適当な代替機材が生産されていなかった。老朽化した DHC8-100 や-200 を DHC8-400 で代替し、ロードファクターの低下に対してやむなく減便で対応する例もあった。

これに対して、スウェーデンのハート・エアロスペース社が開発中の電動航空機である ES-30（30 席）が 2028 年にエア・カナダで EIS する計画が公表された。CO₂ 排出量を削減する活動の中から生まれた電池式の機材であり、その種の機材は大型機には向かず小型機のカテゴリーで可能性があるのみとされていたが、結果としてこのクラスに長らく待たれていた新製機材の供給をもたらすことになった。新しい構成の機材であるが市場に定着すること、また同様の機種が他にも開発され供給されることが期待される。

41－60 席級で運航されている機材の内、機齢 40 歳を超えるものは約 21%で An24/26 が殆どを占める。機材の内 66%は機齢 30 歳以下の層に属し、機種はほぼ ATR42 と DHC-8-300 である。このうち ATR42 は生産中であるが、年間の納入機数は平均して 5 機前後である。また、DHC-8-300 は生産終了のため更新できず、エアラインによっては寿命延長改修を施すなどの対応を取る例もある。このクラスで 2021 年に運航されている機材の平均機齢は 26.0 歳である。

61－80 席級で運航されている機材はほぼすべて ATR72 と DHC-8-400 で占められている。いずれも新製機の供給が行われており、2005 年以降のターボプロップ旅客機の受注機数のほとんどがこの 2 機種である。2021 年末時点での平均機齢は 8.8 歳と若い。

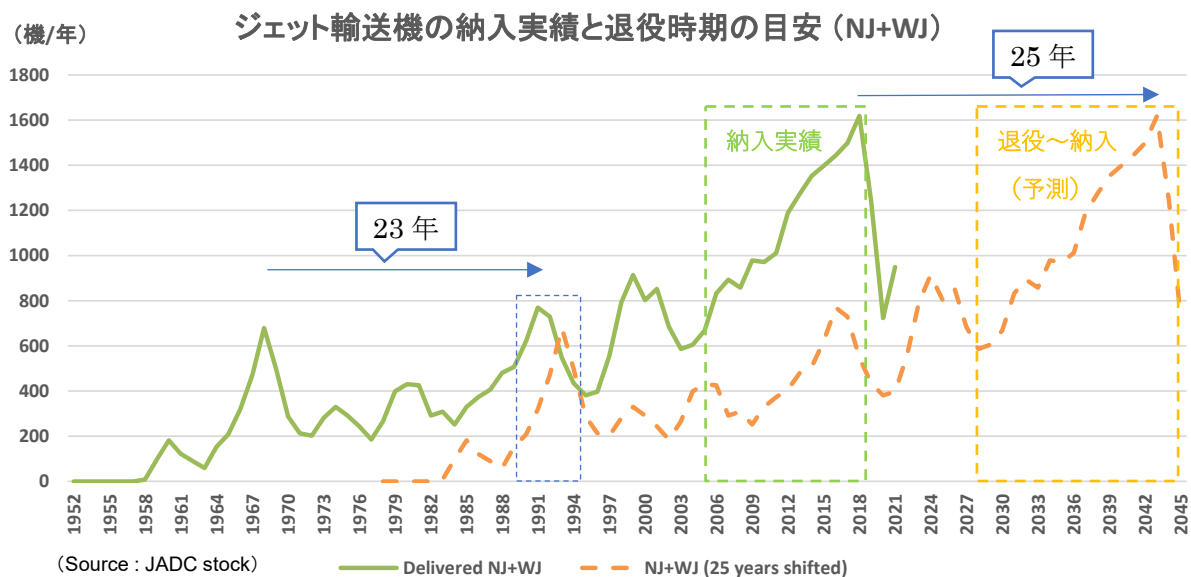
81－100 席のターボプロップ機については、現在新製機の供給が行われていないため、JADC では 90 席の高速巡航型のターボプロップ機を想定して計算を行い、今後 20 年間で 332 機の需要があると予測している。このクラスはリージョナルジェット機との競合が考えられるが、短距離の路線であれば飛行時間の差は小さく、飛行場での地上時間も加算されて飛行時間差の影響は小さくなる。

4.2.4 機材の更新：退役と納入

エアラインが輸送事業を続けるためには、旧機材を 1 機退役させるごとに同級の新機材を 1 機調達する必要があるといえる。そのため、退役は表裏一体に納入を誘導するものであり、退役予測は納入予測の一部でもある。

過去の納入履歴と退役履歴とを照合すると、納入のピークから一定の期間（ほぼ、当時の平均的な退役機齢）を経て瓜二つの納入のピーク（同時に退役のピーク）を示した例もある。近年の納入実績から今後の退役／納入の概略の時期を推定すると、図のようになる。

（図中、輸送機とは旅客機および貨物機等の派生型を指す。）



現在の機材の平均退役機齢が広胴機細胴機ともにほぼ 25 歳であることを考慮すると、特に 2005 年から 2018 年にかけて大量に納入された機材群が 2030 年から 2045 年頃に集中的に退役時期を迎えることが予見される。それと同時に大量の更新用機材の納入が行われる必要があり、機材メーカーではこの時期に合わせて燃費（CO₂）性能に優れた新機材等を用意することになると見込まれる。

Intentionally Left Blank

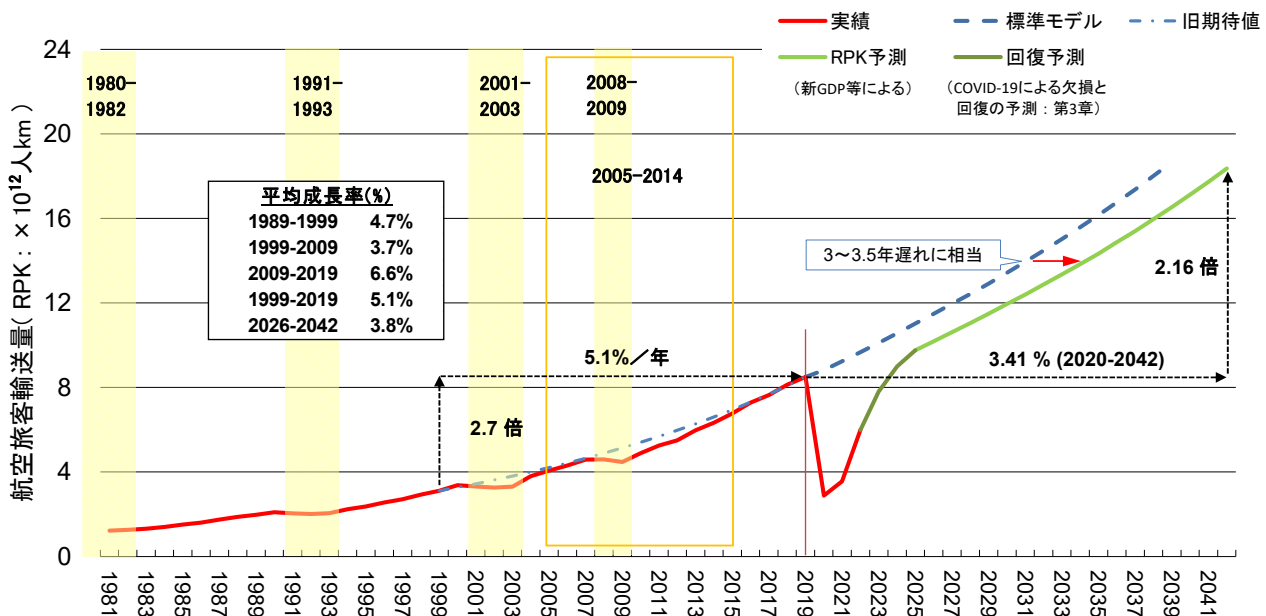
5. 航空旅客需要の予測

5.1 航空旅客需要(RPK)

世界は2001年の同時多発テロ、2003年のSARSやイラク戦争、2008年の米国の金融危機やそれに続く欧州の債務危機などを経験し、そのたびに世界の航空輸送量(RPK)は減少を記録した。更に2005年に始まった燃料価格の高騰は2014年まで続き、エアラインの経営を圧迫するとともに旅客需要も押し下げた。しかし、2014年秋以降の価格下落を受けてRPKは回復し始め、その後は年6.5%前後の速いペースで成長して2019年までに2001年以前の成長線上にほぼ復帰したと見られる。

このように、航空旅客需要は外部環境からの衝撃や負荷によって影響を受けるが、そのたびに成長を再開して当初の成長曲線に向けて復帰してゆく傾向を示す。

世界の航空旅客輸送量(RPK)の推移



Source : IATA, ICAO, JADC

* 網掛け部分は、航空不況等を示す。橙色の枠は原油価格の高騰期を示す。

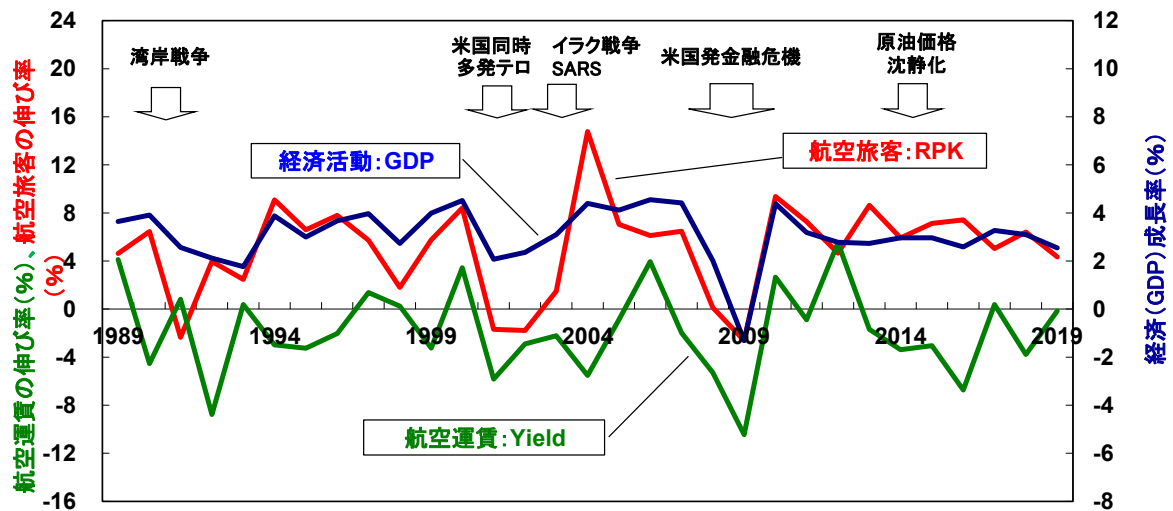
図中に赤線で示す様に、過去20年間(2000-2019:1999年末-2019年末)の評価期間中に世界のRPKは浮沈を経ながらも年平均5.1%のペースで成長し、期末には期初の2.7倍にまで拡大した。この間のRPKやGDP等の相関分析結果を用いて予測を行い、COVID-19以前に予測されたGDP等によるRPK予測を図中に「標準モデル」として示し、同様に2022年末時点でCOVID-19の影響も含めて予測されたGDP*1等によるものを「RPK予測」として示す。世界のRPKは標準モデルでは2039年には2019年の2.2倍、その間の平均成長率は4.0%になると見込まれたが、今回のRPK予測*2では2042年には2.16倍、平均成長率は年3.41%となり、2025~2035年頃のRPKは標準モデルに対して約11%減じた水準になった。または約3~3.5年遅れと見ることもできる。(*1:IHSに拠った。)

5.2 RPK の予測

5.2.1 RPK の構成

航空旅客需要（RPK）は、所得、運賃、人口、距離、便数、季節、代替交通手段の有無等の影響を受けて変化することが知られており、特に所得（GDP）と航空運賃（イールド）との関連が強いことが分かっている。

航空旅客と実質経済成長および実質航空運賃の関係



図に見る様に、基本的に RPK が増加する場面では GDP も増加している。両者は振る舞いもよく似ており明瞭に正の相関を示す。逆に RPK が増加する場面では運賃は概ね減少し負の相関を示す。この関係に GDP とイールドについて長期的な予測値、設定値を使用することで、RPK の将来の動向の主要部を構成することができる。

図中にはイールドと RPK が同方向に動いた局面もある。例えば 2001 年（米国同時多発テロ事件）や 2008 年（世界金融危機）は、引き起こされた経済的（GDP）な混乱が輸送需要（RPK）を押し流し、エアラインはチケット価格（イールド）を下げて懸命に集客に努めたが圧倒された状況を示している。RPK は、紛争やテロ、疾病、金融危機といった原因によっても影響される。それらは原因が除去されれば短期間で回復するものも多いが、一時的には深い谷を刻む場合もあり、エアラインの経営においては、このような外的要因による航空輸送需要の変動（あるいはイベントリスク）への対応が重要な課題となっている。

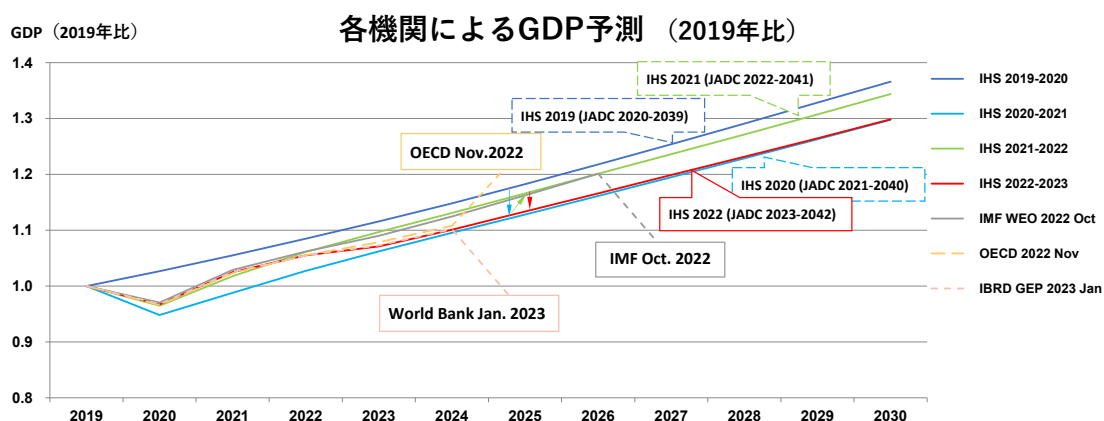
なお、かつては石油ショック等によって RPK の成長が影響を受けても、ゼロ成長になる程度で減少は示さなかったが、近年では事件が生じれば RPK は明瞭に減少を示すようになっているのも特徴的である。

第 5 章では機材需要予測の根拠となる RPK に関連して説明する。今回は 2022 年を予測の基準年とするべき時期であるが、2022 年の RPK も一過性の特異なデータであって長期予測の基準には適さない。そのため本予測では GDP や RPK については引き続き 2019 年を基準年としており、本章でも 2019 年までの落ち着いた状態でのデータを予測の環境データとして示している部分がある。

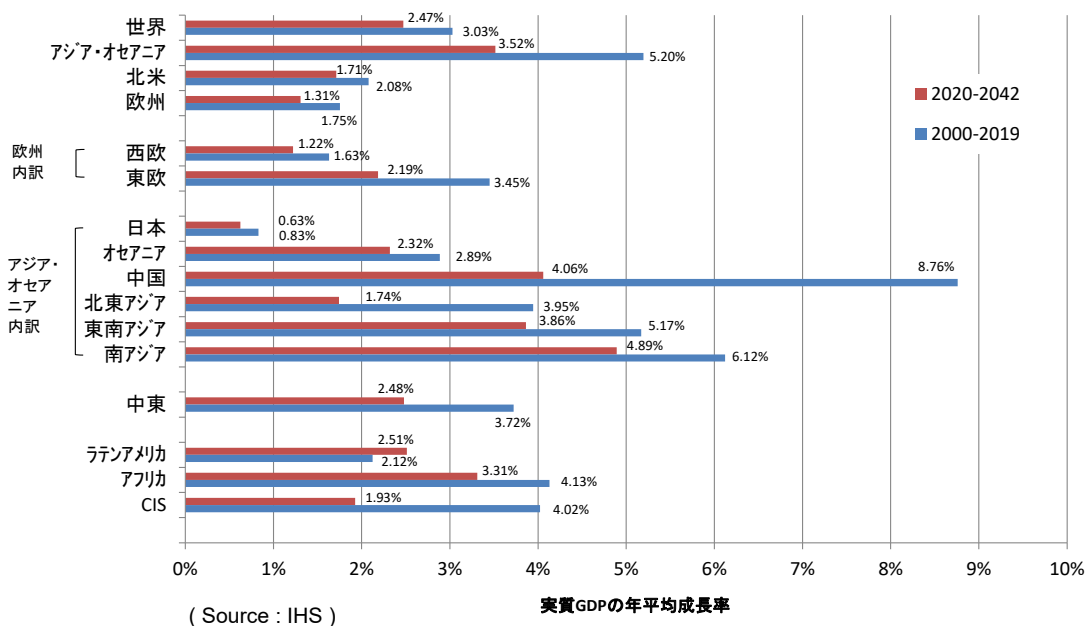
5.2.2 経済動向(GDP)

2020 年の世界は COVID-19 に席卷され世界の経済も市民の生活も大きな影響を受けた。しかし 2020 年 12 月には最初のワクチンの緊急使用が始まり、早い国では 2021 年夏から秋にかけてワクチンの接種完了率が上昇して COVID-19 克服への環境整備が本格化し、2021 年末頃には GDP の中長期予測も回復し COVID-19 前の予測水準に近づいていた。

しかし 2021 年秋以降はロシア産天然ガスの欧州向け供給不足の懸念が表面化して価格上昇が始まり、翌 2022 年 2 月のウクライナ侵攻以降は、制裁としての禁輸、戦術としての供給制限や供給停止、便乗減産など、エネルギー資源の供給と価格をめぐって世界経済は攪乱された。さらに食料の輸送困難や半導体の調達不足と生産への影響なども重なって、2022 年末頃には GDP 予測は下方修正され、最初に COVID-19 の打撃を受けた 2020 年末頃の GDP 予測に近い水準にまで低下した状態になった。



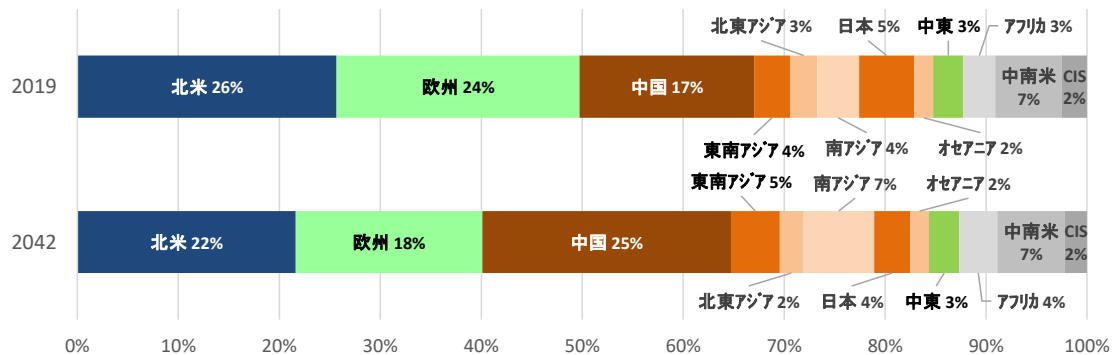
地域別 経済予測(実質GDP成長率)



長期的には、2020 年から 2042 年の間、世界の実質 GDP（2015 年米ドル換算）の年平均成長率は 2.47%と予測され、この間に相対的に高い GDP 成長率が見込まれるのは、引き続き中国、東南アジア（ASEAN 等）、南アジア（インド等）である。

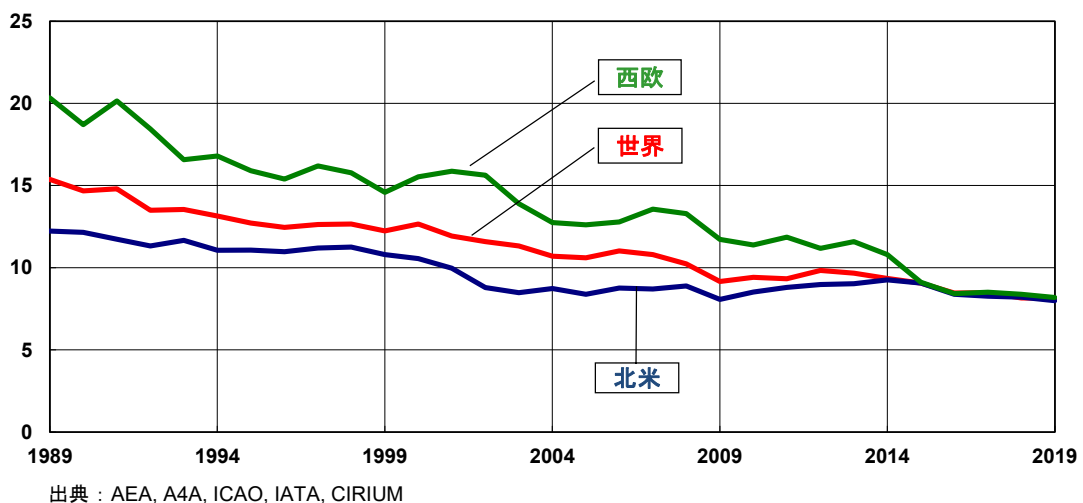
その中で中国の成長率は、過去 20 年間の年平均成長率 8.8%に対して今後 2042 年まで間は 4.2%と低くなるものの、引き続きその規模と合わせて大きな GDP 成長分を作り出す。さらに東南アジアや南アジアも 3.9 乃至 4.9%の成長率が予想される。先進地域の経済成長率は、北米が 1.71%、欧州が 1.31%、日本が 0.63%となっている。中東は 2.5%と見込まれる。世界全体の実質 GDP は、2019 年の 84 兆ドルから 2042 年には 148 兆ドルとなり、1.75 倍になる見込みである。

地域別 GDP のシェア



5.2.3 旅客イールド

2015 US cent/RPK 地域別 実質航空運賃(yield)の推移



1999－2019 年の 20 年間で、世界の実質旅客イールドは年平均 2.0%で減少した。この間に実質イールドを低減させてきた大きな要因は、運航経済性の良い新型機への更新による

運航コストの低減と、ロードファクターなどエアラインの効率改善の努力であった。

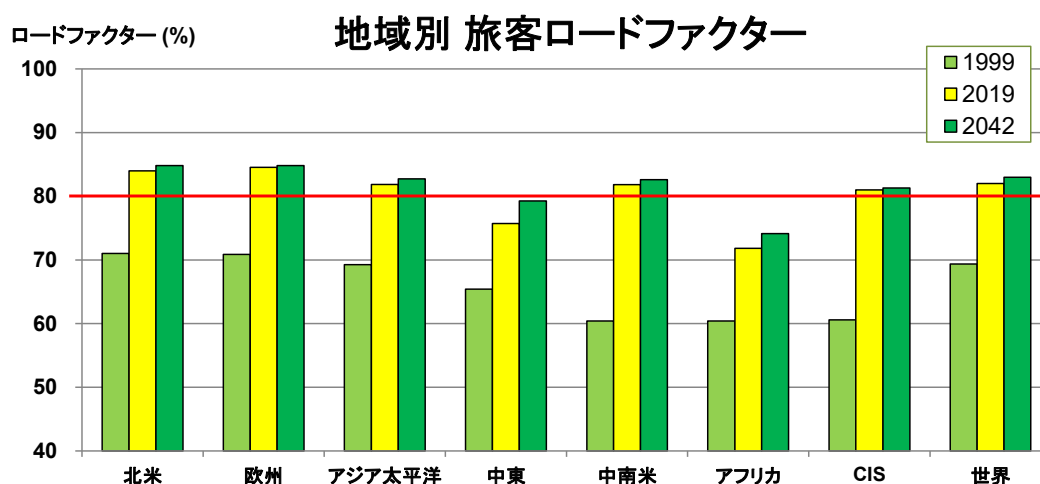
2014 年まで約 10 年間続いた燃油価格の高騰は、新機種への更新などを通じて運航経済性の改善ひいては燃料消費の低減に向けた強いドライバーとなった。その後燃油価格の高騰は終息したが、今後も航空機の更新やエアライン内の企業努力あるいはエアライン相互の競争などは続き、航空運賃を低減させる方向の努力が続くと考えられる。これらより、本報告書では予測期間内の実質旅客イールドは、年平均約 0.8%で低下してゆくものとしている。

なお、今後のイールドあるいは航空運賃の動向には、CO₂の排出量削減に向けた代替燃料や CO₂ 排出権の調達に伴うコスト増が影響するものと考えられるが、現段階で定量的な設定は困難であり本報告書の旅客イールドの設定にはこれらの影響は含めていない。これらについては 5.3.1 項の中でパラメトリックスタディとして検討している。

5.2.4 旅客ロードファクター

旅客ロードファクター (LF) は、2019 年には世界の年間平均で 82.0%になった。1999 年は 68.6%であり、20 年間で約 13%増加している。北米や欧州では 2019 年の年平均が 84.0%と 84.6%に達し、繁忙期の米国では 88%に達した。他の地域の LF も年々上昇し、その多くが年平均で 80%を超える状況にある。

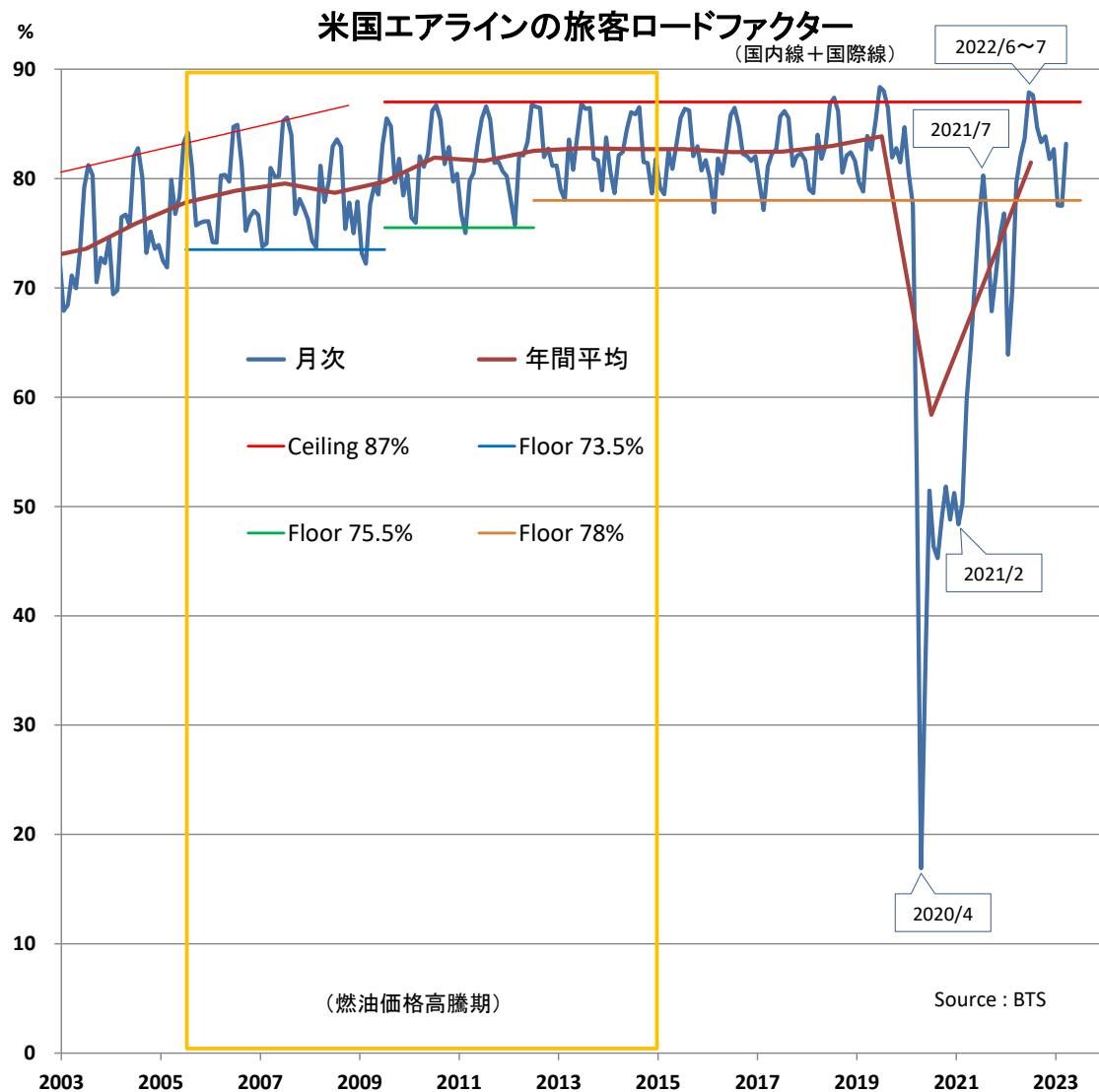
この高い LF は、LCC を含むエアライン間の競争による運賃低下からくる収入の減少と、燃油費の高騰等による運航コストの増加による LF の損益分岐点の大幅な上昇に対応するため、ASK の増加を RPK の増加に比べて低く抑えて RASK (Revenue per ASK)の改善に努めた結果であった。



約 10 年間にわたって高騰が続いた原油価格は 2014 年秋以降に大幅に下落し、エアラインの被る経済的圧迫は大幅に軽減された。その安堵感はその後の低燃費の新機材の発注が急減したことにも現れたが、しかし今後は CO₂ 排出量の大幅な削減を求められる環境となり、新たに CO₂ 排出権や高価な代替燃料の購入に係る負担の発生が予見され、燃料の消費

を安易に増やすことは引き続き難しい。

加えて旅客運賃はエアライン間の競争もあって今後とも大きな上昇は見込めないことから、エアラインが精密に需給調整を行っていくことで LF は今後とも高い水準を維持するものと考えられ、今回の予測では、世界全体では 2019 年の 82.0% から 2042 年には 83.0% になると設定している。



米国を例にとれば、ロードファクター（LF）は明瞭な季節性を示し、夏季は繁忙期であり例年 7 月前後でピークとなる。図に見る様に 2000 年代に入って着実に LF が上昇し、最近 10 年間ほどの繁忙期には 87% 付近で膠着している様子がうかがわれる。特定のエアラインに限れば繁忙期に 90% を超える例もあり、従業員やその家族の割引特典の使用を控えさせて座席を利用客用に捻出するなどの苦心も伝えられていた。冬季は閑散期であり LF も繁忙期よりは大幅に低い、その下限値は図に見る様に着々とステップアップしており、座席販売ロジックの Ver. Up の効果が推測された。その結果、近年の下限値は 2000 年頃の上限

値に近い水準にあり、上限側が膠着し下限側が迫上がった結果、一年を通して常に混雑している形になっていた。2019 年には上限値下限値ともにさらに一段迫上がるかに見えた。2020 年には COVID-19 によって旅客需要は激減し LF も激しく落ち込んだ。その後 2020 年末には約 50%まで戻し、ワクチンの接種も進んだ 2021 年末には 75%程度まで戻した。続く 2022 年には、6 月から 7 月にかけて LF は 88%に達して COVID-19 前の水準を回復するとともに、夏の繁忙期の季節性の形状も回復している。

5.2.5 原油価格

原油価格、ひいては燃油価格は、航空輸送の経済に大きく影響する。原油価格の高騰は世界経済（GDP）を萎縮させ、燃油価格の高騰は航空運賃（イールド）の上昇を通じて、共に航空輸送需要（RPK）の成長を妨げる。

実績値（実質価格）と IHS による今後の予測値^{*1}をグラフ中に示す。

長期的には CO₂ の排出削減に向けて代替エネルギー源の開発が進み、原油需要が減少することから原油価格は徐々に低下するものと見られる。しかし、突発的な事象による価格の変動はしばしば生じている。



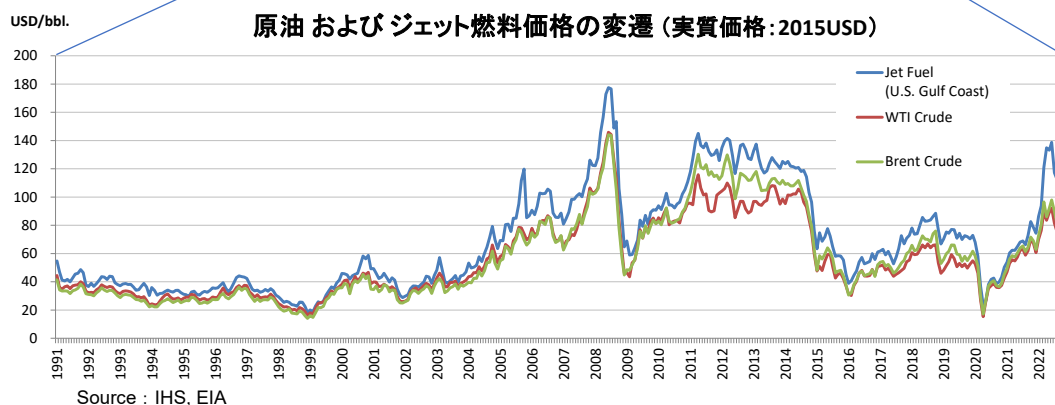
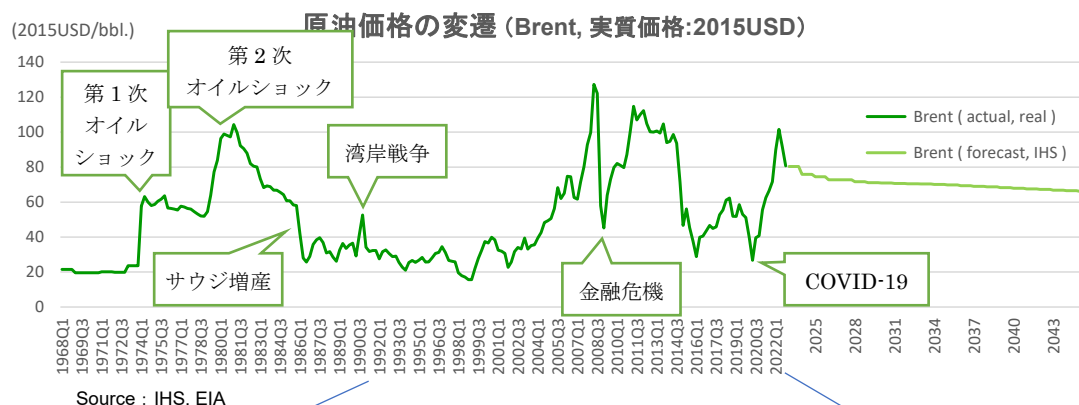
原油価格は 2021 年 10 月頃^{*2}から上昇傾向が明らかとなり、2022 年 2 月時点で既に 90USD/bbl.(WTI)付近に達していたが、ウクライナ侵攻の発生を受けて 3 月には 124USD/bbl.にまで達した。その後 4 月にはバイデン大統領が日量 100 万 bbl.且つ 180 日間にわたる備蓄原油の放出を発表し、WTI は 1 日で 107 ドルから 100 ドルへ低下した。

(^{*1} : JADC が使用した価格設定であり、イールドを通して RPK の予測に織り込まれる。)

(^{*2} : 2021 年 9 月頃は 70USD/bbl.前後)

2023 年に入ってから原油価格（Brent）は 80USD/bbl.付近にあるが、これらを実質価格で見ると 2011～2014 年頃の高騰期の価格水準に近い。その当時は燃料価格の高騰に対抗してより省燃費の機体に更新するべく発注が集中し「受注バブル」を形成した。現在の機材は当時よりも燃費性能に優れた物に交替済であるが、原油（燃料）高への対処に加えて CO₂ 排出量削減のための負担増も予定されており、仮にこの価格水準が続く、且つエアラインの

資金力が伴えば、再度機材更新の波が生じることも考えられる。



5.2.6 環境問題

航空産業にかかる環境問題は、従来、空港周辺の騒音問題と大気汚染問題に焦点が当てられてきたが、最近では地球温暖化に対する関心が高まり、航空機からの CO₂ 排出量*にも注目が集まる状況となっている。 (*：世界の年間の CO₂ 排出量の 1.8%を占める)

環境問題への対応は今後も強く要請される方向にあると考えられ、エアラインは、燃費効率に優れた機材への更新、燃料の節約につながる効率的な運航方法の採用、代替燃料の使用などを、今後さらに進めてゆくことになる。

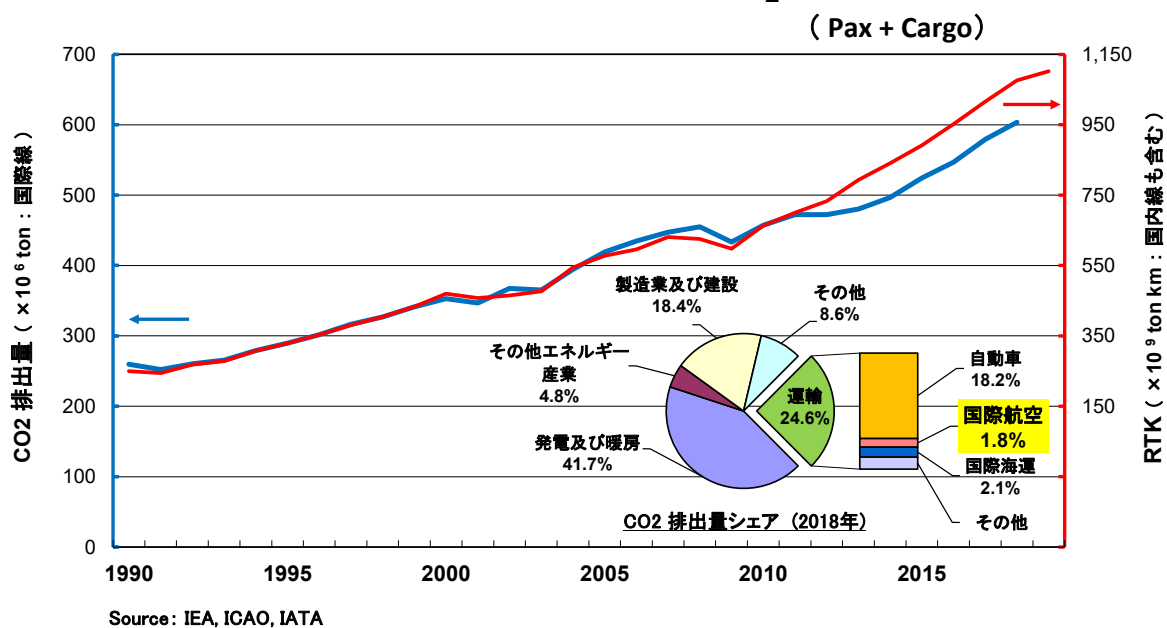
かつては騒音や排気ガスなどは旅客機の経済性にとって外部的であったが、近年の CO₂ 排出抑制に関しては排出権取引と関連付けられてエアラインの経済に直接組み込まれる形になってきたのが特徴的といえる。そして、これに伴って環境対応の新技术を適用した新世代の旅客機への需要が高まることで、従来からの燃料経済性に加えて、環境への対応が機材更新を進めるうえでのドライバーになると考えられる。

CO₂

国際航空輸送でのCO₂排出量は、2018年には 604×10^6 トンで、2017年から4.2%増加した。このCO₂排出量は、全世界で排出されるCO₂総排出量の約1.8%であるが、今後も航空輸送量の伸びに伴って増加すると予測されている。

ICAO は、2010 年の第 37 回総会で、先進国も途上国も含めた目標として、2050 年まで燃料効率を年率 2%改善し、2020 年以降 CO₂ 排出量を増加させないという削減目標を決定した。さらに ICAO は、2013 年の第 38 回総会で市場メカニズム（排出権取引）を利用した排出量削減制度を 2016 年中に構築し 2020 年から適用することを定めた。2016 年の第 39 回 ICAO 総会では、191 カ国が国際線の温室効果ガス排出規制の枠組みに合意した。この合意は、航空機から排出される CO₂ を 2020 年以降増加させないとするもので、超過分については各エアラインに排出権の購入を義務づける。

国際航空輸送における輸送量とCO₂排出量の推移



2017 年、ICAO は 2016 年の総会での合意を推進する制度 CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)を設置した*¹。2020 年時点での CO₂ 排出量の基準値を定め*²、2021 年以降は各エアラインの CO₂ 排出量の内のこの基準値を超過した部分が排出権購入義務の対象となる。

(*¹ : 参加国相互を結ぶ国際線が対象となり、発着地いずれかが参加国でない場合や国際線の CO₂ 排出量が年間 10,000 トン以下のエアライン、最大離陸重量 5.7 トン以下の航空機からの排出は除外される。)

(*² : 2021 年以降の CO₂ 排出権購入量を決める基準となる排出量基準値には 2019 年の排出量の 85%を用いる。)

なお、上述は国際航空に関する規制であり、各国の国内路線の CO₂ 排出量は、その国の国内他産業と合わせた国ごとの総排出量に計上され、京都議定書及びその後のパリ協定に従った削減目標により、各国政府の責任において CO₂ 削減を追求することになっている。

機体規模ごとに設けられる排出ガス規制については、国際民間航空条約(シカゴ条約) 附属書 16 の第 3 巻「航空機の CO₂ 排出基準」を新設した。これによって航空機の燃料消費率に基づく指標が一定値以下になるように義務づける。対象は、最大離陸重量 5.7 トンを超えるジェット機及び同 8.6 トンを超えるプロペラ機である。基準適用日は以下の通りであり、対象となる航空機は基準を満たさなければ基準適用日以降に新規製造することができなくなる。

- ① 型式証明を新規に申請する新規開発機種については 2020 年 1 月 1 日
(最大離陸重量 60 トン以下かつ最大座席数 19 席未満のジェット機は 2023 年 1 月 1 日)
- ② 現在量産中で、今後型式変更を申請する機種については 2023 年 1 月 1 日
- ③ 上記以外の継続製造を行う航空機については 2028 年 1 月 1 日

CO₂ の発生は燃料の燃焼と直接対応するものであるため、従来から絶え間なく行われてきた航空機の燃費改善の努力は燃料消費の低減を通じて CO₂ 排出量の削減に直接貢献する。しかし、CO₂ 排出量削減の検討が進むにつれて、機体やエンジンの技術革新だけでは目標達成が難しいことが明らかになっている。そのためカーボンニュートラルの考え方にそって化石燃料にかわる代替航空燃料として SAF の実用化も進められているが、これも供給力の小ささや価格の高さが当初から指摘されている。

CO₂ 排出量削減の目標を満たすには様々な対策を併用すべき状況にあり、燃費の改善や代替燃料化の他にも、地上走行時間の短縮、GBAS を利用して空港での離陸上昇や降下進入のパターンを変更して燃料消費を削減する方法や、SBAS を利用して島嶼ベースの航法支援施設による束縛を解いて洋上飛行経路をより大圏的な経路として飛行距離自体を短縮することで燃料消費をより直接的に削減する方法も期待されている。

騒音

空港周辺の騒音問題については、1980 年代中葉から 2000 年代初頭まで数次にわたる大規模な騒音規制が実施され、旅客機、貨物機ともに多数の退役機を出して機材の世代交代と技術的な革新が行われた。往時に比べればはるかに低騒音な機体が普及している現在でも騒音問題は残っており、主要空港の多くで騒音対策のため離発着制限や夜間運航制限等が課せられている。航空輸送量の伸びに対応して便数の増加や大型機材の運航が必要とされているが、空港周辺の環境悪化の懸念もあって、既存空港の離発着制限の緩和や空港の拡張あるいは新空港の建設などは容易ではない。こうした中で、ICAO は、2013 年 8 月の第 38 回 ICAO 総会において現行基準より厳しい騒音基準 Chapter 14 を採択した。新基準の適用時期と対象は、2019 年 1 月 1 日*以降に型式証明を申請する機体となっている。

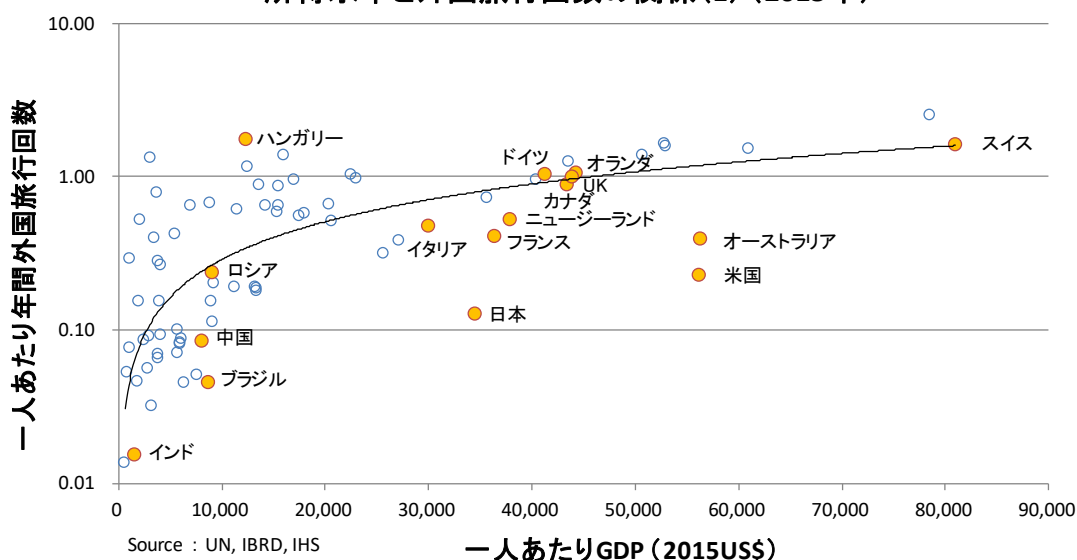
(*：最大離陸重量が 55 トン未満の航空機は 2020 年末)

5.2.7 旅行需要

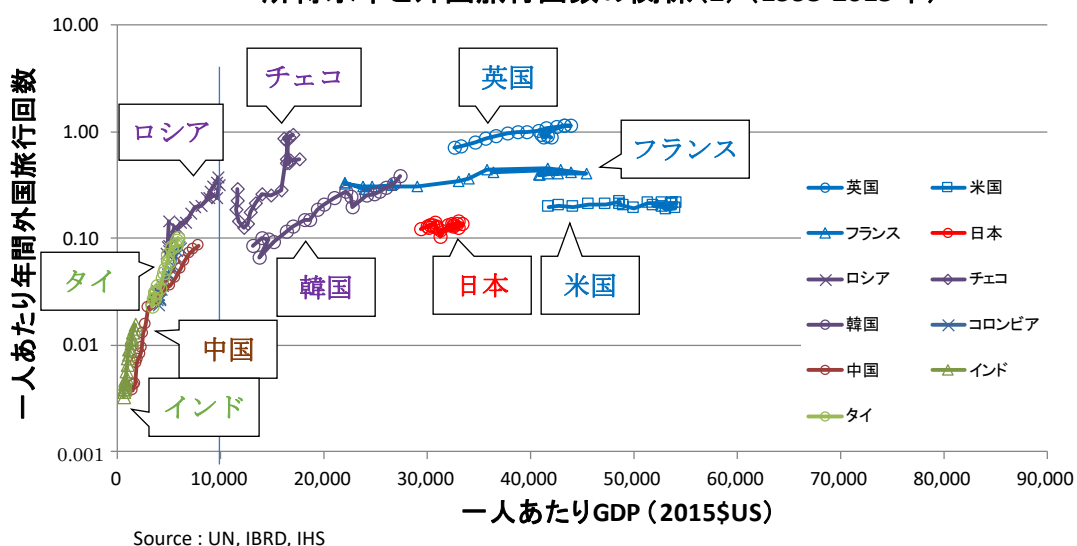
国連世界観光機関（UNWTO）の資料にも見られる様に、所得水準と旅行回数との間には相関があり、一人あたり実質 GDP の増加に伴って外国旅行需要*も増加する。

（*：UNWTO 資料では外国旅行は陸路海路も含む）

所得水準と外国旅行回数の関係(1) (2015年)



所得水準と外国旅行回数の関係(2) (1995-2015年)



図に見る様に、一人あたりの実質 GDP が 20,000 ドルを超える先進国では所得水準の変化に対する旅行需要の変化は緩やかであるが、10,000 ドル前後までの新興国や発展途上国では、一人あたり実質 GDP の増加に伴って外国旅行需要が急増する傾向が明瞭である。

これより特に、現在はまだ所得水準が低い人口の多い新興国や地域で、今後経済成長に

よる所得水準の上昇が伴えば、大量の中間所得層を生み出して航空輸送需要の増加にも大きく寄与することが予想される。現在は東南アジア諸国やインドをはじめとする南西アジア諸国、さらにアフリカの多くの国々がここに該当し、中国も長くこのグループにあって大きく成長してきた。

このような発展途上国型の急成長モデルから先進国型の緩成長モデルへの質的な遷移が、一人あたり実質 GDP の 10,000 ドル付近を遷移域として生じることも指摘されている。先進諸国は既にこの領域を離れているが、90 年代後半には北東アジア諸国がこの領域で遷移を経験した。現在（2019 年）は中国がちょうど 10,000 ドルに到達したところであり、これまで高い成長率で市場の成長に寄与してきた中国の RPK も今後間もなく遷移を経て成長率が低減するものと考えられる。同様に中東がちょうど 10,000 ドルに達したほか、LCC の活躍で RPK の高い成長率を実現している東欧も 13,000 ドル付近にあって、今後の動向が注目される。

遷移は、平穏な時期であれば緩やかに連続的に進行することも考えられるが、政治的・経済的な事件による衝撃で瞬時的に遷移する場合もある。北東アジアにおける遷移の例はアジア通貨危機（1997 年）の衝撃によるものであった。現在の世界では米中経済摩擦や COVID-19 など、原因になりうるものが次々に発生する。

5.2.8 侵攻と制裁の影響

2022 年 2 月ロシアはウクライナへ侵攻、これに対して西側諸国は対露制裁を開始した。

初期の例としては、西側のリース業者は政府当局の指示により、ロシアのエアラインとの間にあった旅客機等のリース契約を解除するとともにリース機材の回収を行おうとした。しかし、ロシア政府は急遽立法し機材を接収した。リース機材（金融資産）の接収が行われたことで、西側諸国のリース会社あるいは金融機関にとって今後のロシア向けのリースあるいは金融サービスは極めてリスクの高い案件になったとみられる。そのため西側メーカー製の航空機の対露販売は当分の間実行不能になると考えられる。

また、主に EU・NATO 圏の国々が、ロシアのエアラインによる自国の領空の飛行や空港などの施設の利用を禁止した。これへの応答としてロシアもそれらの国々に対して領空を閉鎖したためシベリア上空の飛行も不可能となった。このため、例えば日本のエアラインでは冷戦期に使用された北回り／南回り欧州航路が再度利用されるなどの影響もでている。現在、エアラインがロシア領空を通過して／回避して飛行するためには以下の様な事柄を考慮する必要があるとされている。

- リース機材 ： 航空機リース会社からエアラインに対して、リース機材でロシア上空を飛行しないように求められていること。
- 保険 ： ロシア領空を飛行するフライトに対しては保険の引き受け会社がなく、無保険での飛行になること。

送金 : ロシアの金融機関は銀行間の国際送金業務に必要な SWIFT から除外されており、エアラインはロシア国内にある自社の事業所との送金も事実上できないこと。

アライアンス(1) : エアラインが航路を設定するにあたっては、不時着時などに、提携するアライアンス加盟エアラインからの支援が期待できること。

そのほかにロシアのエアラインやロシア人旅行客については以下の様な事情が生じている。

アライアンス(2) : ロシアのエアライン*はアライアンスの加盟資格を停止されている。

(* : この場合はアエロフロート、S7 (旧称シベリア航空))

座席予約 : ロシアのエアラインは座席予約システムの利用を停止されている。

クレジットカード : ロシア人旅行客の持つ西側ブランドのクレジットカードは、カード会社がサービスを停止したことで利用不能となった。

エアラインは金融やネットワークなどのサービスを利用する必要がある。今回の様な状況では、サービスを提供する機関自体が加盟者に対する制裁などを意図していなくても、機関が所在する国の法律に従う義務があることによって制裁などが実行されることになり、エアラインもその影響を受けることになる。

5.3 RPK の検討

5.3.1 CO₂ 排出削減の影響

地球温暖化の影響とみられる現象は、酷暑、集中豪雨、洪水、地域に適した農産物の変化など形で我々の周囲でも体感される様になっている。人々の生活への破壊的な影響の発生を防ぐために、航空輸送分野でも CO₂ の排出抑制が重要な課題と認識され、ICAO/CORSIA の取り決めによって CO₂ 排出権の購入がエアラインに義務付けられた。さらに中長期的には CO₂ の実質的な排出量を抑えた代替燃料の開発と導入が待たれている。

これらが本格化すれば、エアラインはこれまでなかった負担を求められることになるが、最終的にはそのコストの大部分は旅客等利用者が負担することになり、航空運賃の上昇を介して輸送需要の成長や機材需要に影響を及ぼすものと考えられる。(関連：5.2.6 項)

米国では 2021 年に政府が 2050 年までにすべての航空燃料を持続可能なものにする目標を示すとともに、2022 年には代替燃料の大量かつ安定した供給を目指して SAF グランドチャレンジ (SAFGC) が開始されたが、図にも見る通り、CO₂ 排出量の削減は代替燃料に拠るところが大きく、生産技術の確立と大量供給の実現および価格低減が期待される。

(SAF : Sustainable Aviation Fuel)

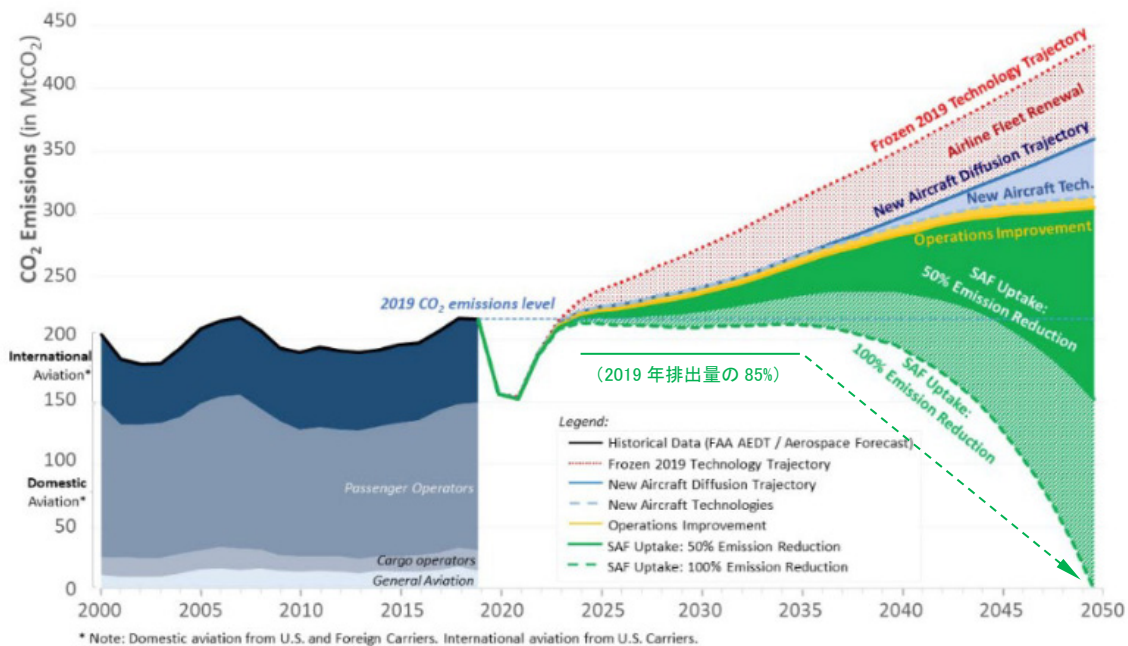


Figure 1. Analysis of future U.S. domestic and international aviation CO₂ emissions¹⁴

(SAF Grand Challenge Roadmap/Flight Plan for Sustainable Aviation Fuel より)

現在は、ICAO 総会決議 (2022 年 10 月) によって CORSIA 経由で*、エアラインは 2024 年以降の実質的な CO₂ 排出量を 2019 年実績の 85%までに抑える*ことが求められている。

5.3.1.1 項以降では、各種機関が公開している実績値の資料と JADC で行った今後 20 年間の輸送需要および機材需要の予測結果とを組み合わせる試算した結果を示す。

(*: 国際線による排出量について 85%がオフセット量算定の基準値になる。国内線については各国政府の定めるところによる。)

代替燃料の不可欠性について United States 2021 Aviation Climate Action Plan (FAA、2021 年) は以下のように指摘している。

- ・現在のバッテリー技術は、そのエネルギー密度に限界があり、少数の乗客を数百マイル運ぶ様な比較的低速の航空機にしか電力を供給できない。
- ・2037 年の時点では、ビジネスジェット機でも全電気推進システムの可能性はない。
- ・2050 年までに水素エンジン搭載機が多数運用されることはない。
- ・今後数十年の間に民間航空機の液体燃料を代替できる現実的な選択肢はない。

さらに、今後 2030 年まで、または 2050 年までの代替燃料の供給目標、および各種の代替燃料の見通しについて SAF Grand Challenge Roadmap (米国エネルギー省、2022 年) は以下のように示している。

SAF グランドチャレンジの目標： 2030 年までに年間 30 億ガロンの SAF、2050 年までに年間 350 億ガロンの SAF の供給体制を整える。これによって米国エアラインの国内線と国際線の運航、および外国エアラインの米国発便に必要な燃料を供給する。また、ここで SAF は従来型の燃料に対して 50%以上の CO₂排出量の削減効果を持つ物を指す。

2030 年の SAF 生産を実現するために： 2030 年の目標達成までの残り時間は限られ、SAF の生産インフラを構築するのに必要な時間を考慮すると、2030 年の目標達成のためには既に準備が整った変換技術と原料に直ちに焦点を当てる必要がある。2030 年までの代替燃料は脂質系(油脂、グリース)のものが中心となり、2030 年時点では、廃棄物、森林・農業残渣、アルコール系の代替燃料の寄与はまだ小さいと予想される。

2030-2050 年の SAF 生産を実現するために： 2030 年から 2050 年までの目標を達成するために、2030 年以降に生産能力の飛躍的な拡大や生産コストの削減が期待できる新しい原料や変換技術の研究、開発、実証(RD&D)を含むイノベーションの継続が必要となる。この取り組みは 2030 年に焦点をあてた活動(上記)と並行して行う。このポートフォリオに含まれる技術が、アルコール系、廃棄物系、リグノセルロース系、廃棄物・炭素ガス回収系の代替燃料の生産を飛躍的に構築・拡大させることが期待される。

これにより、当面 2030 年に向けては HEFA 系の代替燃料の供給確保に注力し、さらに 2050 年に向けては生産能力の飛躍的な拡大や生産コストの削減が期待できる製造方法をさらに広く追及し実用化してゆくことになる。

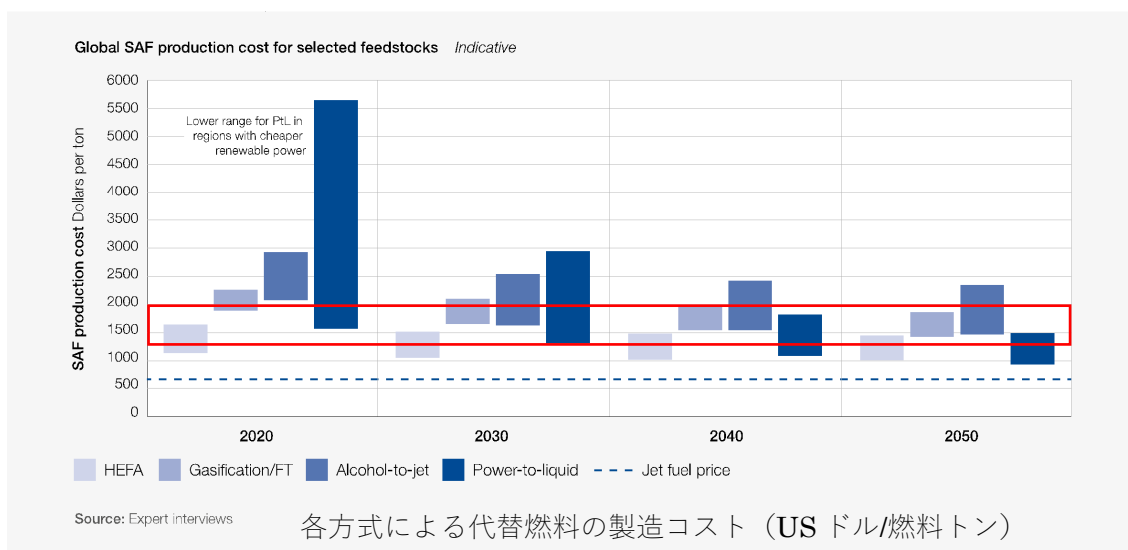
また、各種の代替燃料の製造コストの推移について Clean Skies for Tomorrow (World Economic Forum、2020 年) は以下のように示している。

- ・HEFA*で製造された SAF は、他の方法が技術的商業的に成熟し大幅にスケールアップするまでは、最もコスト競争力のある選択肢であり続ける。HEFA の製造コストは主に使用済み油の調達コストに支配されるが、このコストが大幅に安くなることはないとみら

れる。HEFA 燃料の製造コストは 2020 年の水準に対して 2050 年には 22%低減*するとみられる。
(* : 30 年間の平均で年 0.8%の低減に相当する)

- Power to Liquid 燃料は、現在の製造コストの大部分を水素関係の費用（設備投資や研究開発費を含む事業運営費）が占めているが、今後 2050 年に向けて太陽光発電のコスト低減や低コストの電解槽とスケール効果などによって大幅なコスト削減が可能になる。その結果、PtL 燃料の製造コストは 2020 年の水準に対して 2050 年には 67%低減される*。

(* : この結果、PtL/Power to Liquid 燃料の製造コストは、2020 年時点では HEFA 燃料の約 3 倍の水準にあるが 2050 年には 1.2 倍程度に接近するとみられる。)

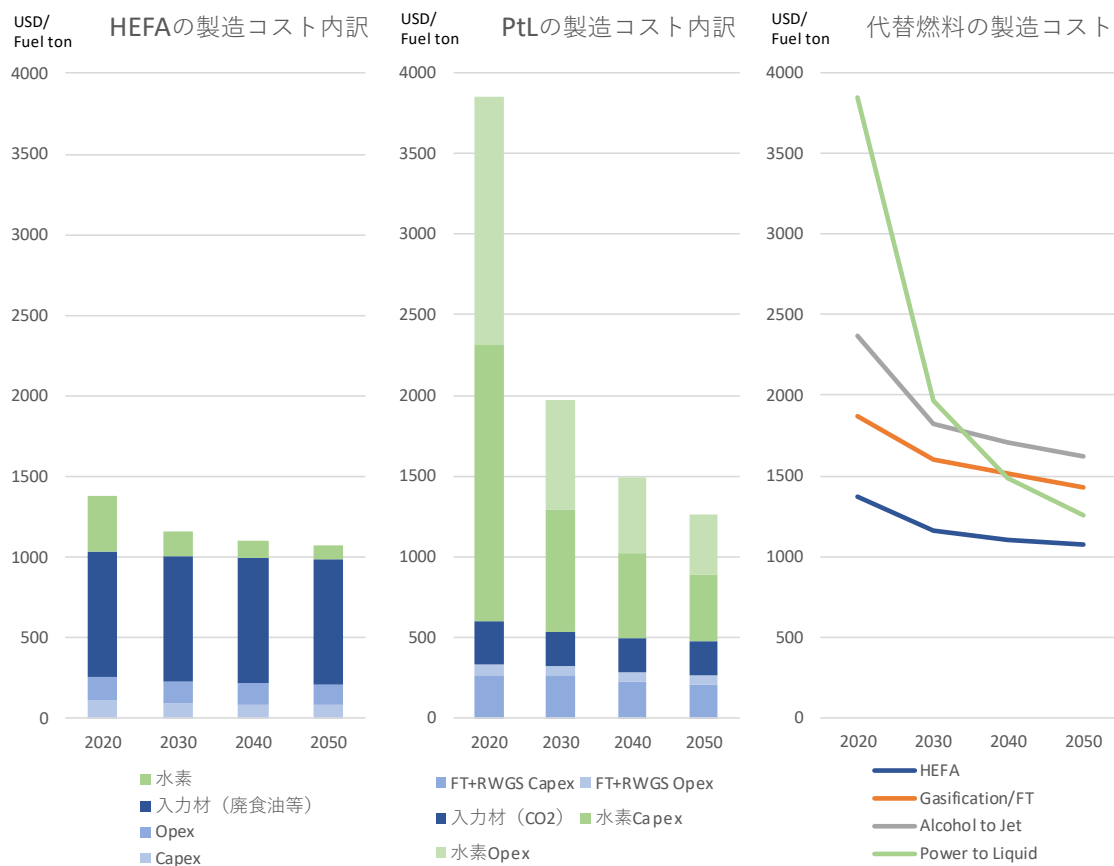


(Clean Skies for Tomorrow (World Economic Forum、2020 年) より)

図は各種の代替燃料の製造コストの予測を表す。図中には既存のジェット燃料の価格 (620USD/ton) が破線で示されており、その 2~3 倍にあたる部分を赤枠で囲んで示した。

HEFA 燃料は全期間にわたってジェット燃料の約 2 倍の価格水準にあるとみられる。PtL 燃料は 2020 年頃は非常に高価であるが 2030 年頃にはコスト低減が進み、2040 年頃には他の種類の代替燃料よりも低コストになり、HEFA 燃料に近い水準になるとみられる。この間の代替燃料の製造コスト (～単価) の水準は HEFA 燃料によってほぼ特徴づけられ期間内の平均通減率は年 0.8%程度になるとみられる。続いて期間後半の PtL 燃料の低コスト化～低価格化で代替燃料の供給量が大幅に増加するものと期待される。

わが国でも主要エアライングループが 2030 年時点で年間の所要燃料の 10%を代替燃料化することを表明しており、そのために 2030 年には合計で 90~110 万キロリットルの代替燃料が必要になるとされた*1。さらに 2050 年には国内エアラインの航空便に加えて、わが国の空港を利用する海外エアラインの出発便への給油用も合わせて、最大で年間 2300 万キロリットルの代替燃料を確保する必要があるとされている*2。



(Clean Skies for Tomorrow (World Economic Forum、2020 年) より)

Capex (Capital Expenditure) は設備投資

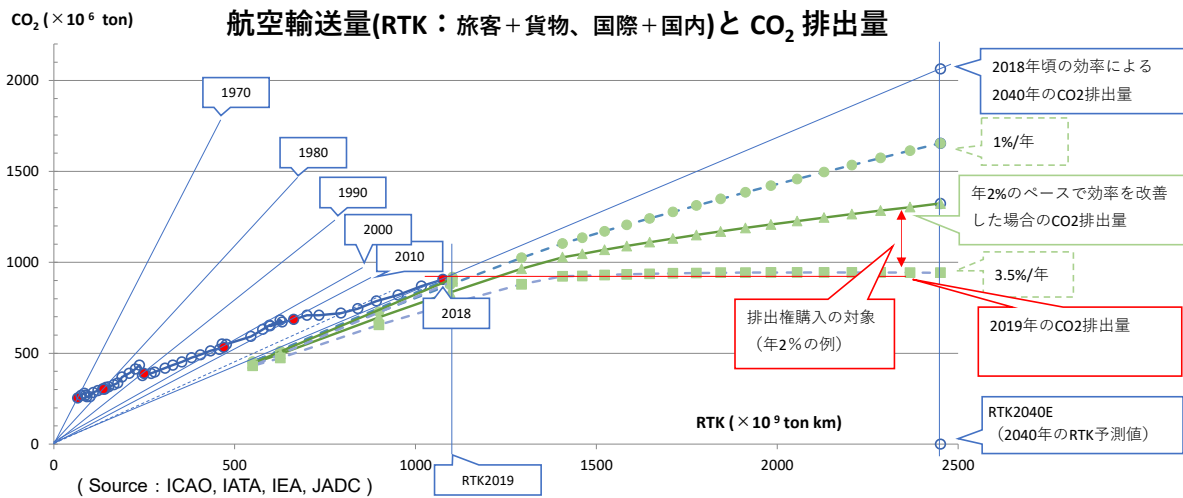
Opex (Operating Expenditure) は事業運営費

しかし、日本については HEFA や AtJ (Alcohol to Jet) について、廃食油などの入力材が既に他の用途や輸出に振り向けられていて国内での供給余力が少ない、あるいは多くを輸入せざるを得ない、などの見通しが示されている。そのため、これらの方法では 2030 年以降の需要増に対応することは難しいものと見られ、その場合は米国での見通しよりもさらに早く、PtL の様な入力材の量的制限などを受けにくい方法の実用化を急ぐなどの対応が必要になると考えられる。

(*1 : その後 CORSIA の要求変更(85%) を受け 2030 年の国内所要量は 309 万 kl とされた。https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/saf/seizo_wg/002.html)

(*2 : https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/saf/001.html)

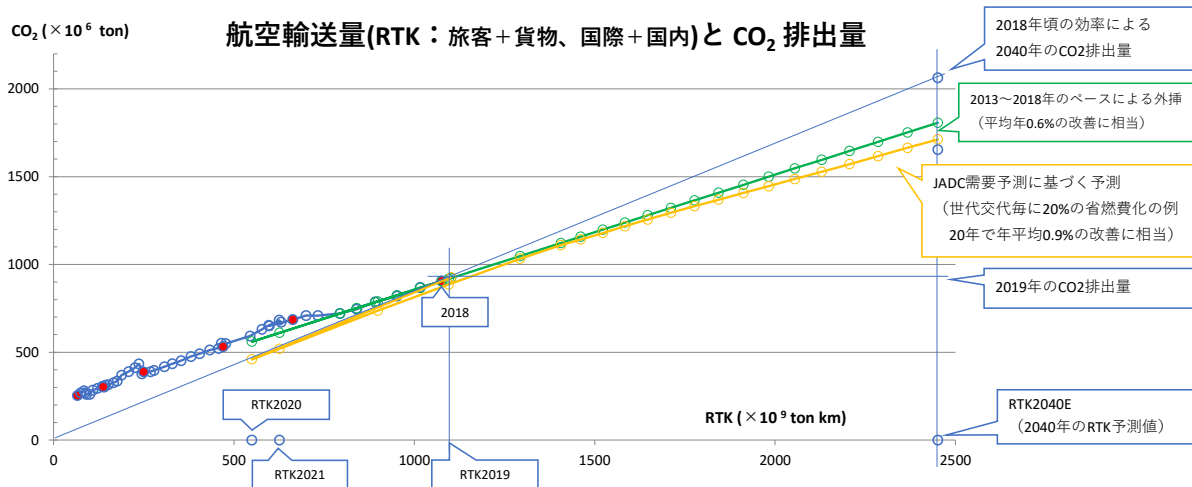
5.3.1.1 CO₂排出量の予測



実績値について 世界の航空輸送量（RTK：旅客+貨物）とCO₂の排出量の対応を調べると、1970年代以降常に燃料効率の改善が続き、各年のCO₂排出量÷RTKによる傾きが順次浅くなる様子が読み取れる。この間、1970年代、1990年代、2013～2018年の区間ではよく似た傾きを示しているのに対して、2010～2013年の間はRTKが増えながらCO₂排出量は殆ど増えなかったことを示している。この時期は折からの燃料高騰を承けて古い世代の機材が大量に廃棄されて新機材への交替が急速に進められた時期であった。逆に2000年から2010年までの10年間は傾きが浅くならない期間であったこともわかる。

排出量の予測 1 最新の実績値である2018年の点と原点を結ぶ線を外挿したもの（線の傾き[CO₂排出量÷RTK]は省燃料の技術的水準に対応する）と、2018年以降2039年までの世界の輸送需要（RTK）の予測値（横軸）を組み合わせることで、今後、技術水準が現状のまま据え置かれた場合の各年のCO₂排出量を外挿線上で予測することができ、図の様に2040年には1年間で2.06×10⁹ tonのCO₂が排出されると推算される（図中、紺色の線）。加えて、図中には2018年以降に年平均1.0%、2.0%、3.5%の割合で燃料効率の改善を進めた場合のCO₂排出量の推移も示す。ICAOによるCO₂排出量削減の計画ではエアラインは年2.0%のペースでCO₂を削減することが期待されている。また、仮に年3.5%のペースで改善できれば今後の航空輸送量の増大を見込んでもCO₂排出量の増加をほぼ抑えることができることになる。

排出量の予測 2 2013年から2018年までの最近6年間に見るCO₂排出量の変化は、機材更新の効果を含むエアラインの努力によって前年比-1.2%～-1.6%程度の水準で毎年減少を続けてきた。今後この傾きが維持されると仮定して直線外挿すると2040年のCO₂排出量は1.81×10⁹ tonになる。これは今後20年間の平均として0.63%/年のペースで燃料効率が改善されることに相当する。（次ページ図中、緑色の線）



排出量の予測 3 本資料の第4章に示した旅客機の需要予測を作成した際に得られた今後20年間の世界のエアラインで使用される旅客機の機材構成(各年、機種毎の運航機数)と、機種毎の燃料経済性の指数とを組み合わせ^{*}、この間の既存機材の新型機への更新(例：737NG→737MAX→後継機)による燃料効率の改善の効果を含むCO₂排出量の推移を試算した。

(^{*}：各機種のEISの時期、経済性、納入機数などの設定を含む)

図には機体とエンジンの技術的進歩によって、機材の世代交代のたびに20%ずつ燃料経済性が改善されると仮定した結果を示しており(図中、山吹色の線)、長期間平均としては今後20年間で0.90%/年のペースで燃料効率が改善されることに相当する。同様に15%ずつでは平均0.77%/年、25%では平均1.03%/年となる。

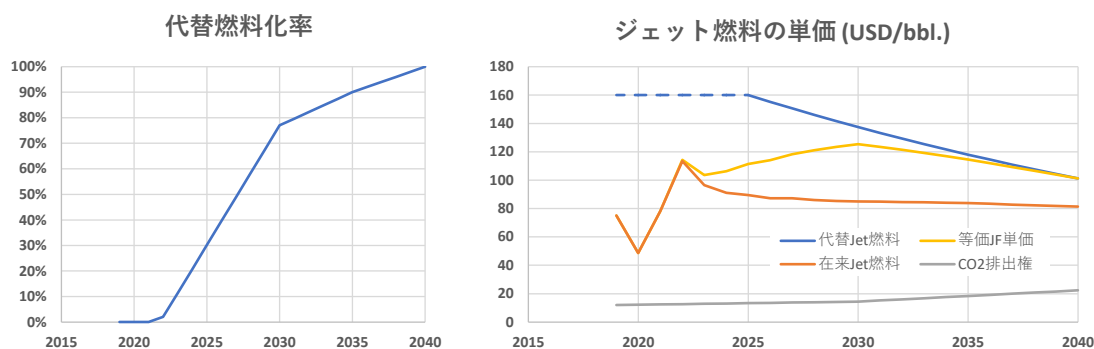
エアラインは年2%のペースでCO₂排出量を削減することが期待されており、そのうちの1%前後が上記の機材更新の効果によって賄われると見込まれるが、不足分に対処するためにはさらに別な手段が必要になる。CO₂排出権の購入や代替燃料の使用などが考えられる。

(5.3.1.1項から5.3.1.3項にかけての計算では、RPKの見通しは2021年末時点での、平均成長率3.98%のものを使用している。CO₂の削減所要量に関してやや厳しい設定となっている。)

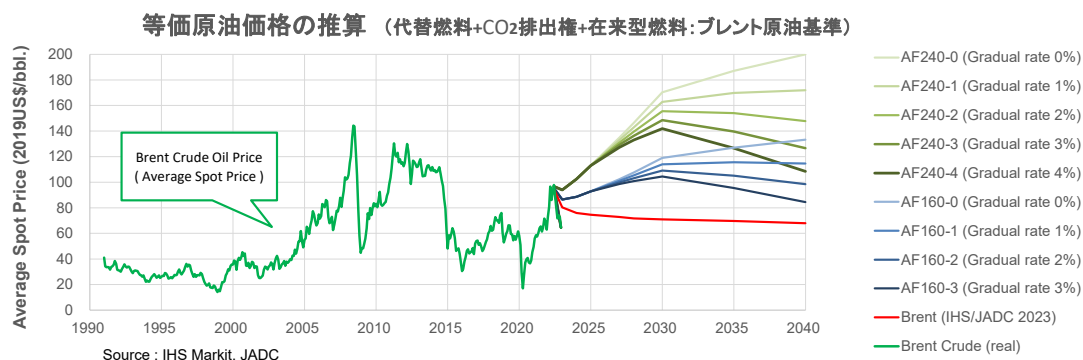
5.3.1.2 代替燃料導入負担の試算

主要な国々が CO₂ 排出量削減の歩みを速め、社会全般については 2030 年頃には現在に対してほぼ半減を目指すとする中で、航空輸送業界についてもほぼ同様のペースでの削減を求められると仮定すれば代替燃料の使用が中心になるものと考えられる。この項では代替燃料の価格と通減動向を仮定して、各ケースについて世界の RPK の成長に与える影響を以下のような設定の下で試算した。

- ・世界のエアラインによる今後の各年の CO₂ 排出量は、本書で予測した RTK(旅客+貨物) に 2018 年水準の燃料消費効率を乗じて求める。
- ・代替燃料の使用によって生じる実質的な CO₂ は、同量の在来型燃料の 20%に相当する。
- ・代替燃料の導入は、CO₂ 排出量が 2030 年に 2019 年比半減となるように進める。
- ・代替燃料単価は 2025 年時点で 160 または 240USD/bbl. (2019 年のジェット燃料価格の略 2 倍と同 3 倍) となる。以後は毎年 0~4%の通減率で価格が通減する。
- ・2025 年までは在来型燃料を中心にしながら代替燃料の使用も順次増加させる。代替燃料は依然高価であるが、CO₂ 排出権も併用して全体としての等価燃料価格の高騰は防ぐ。

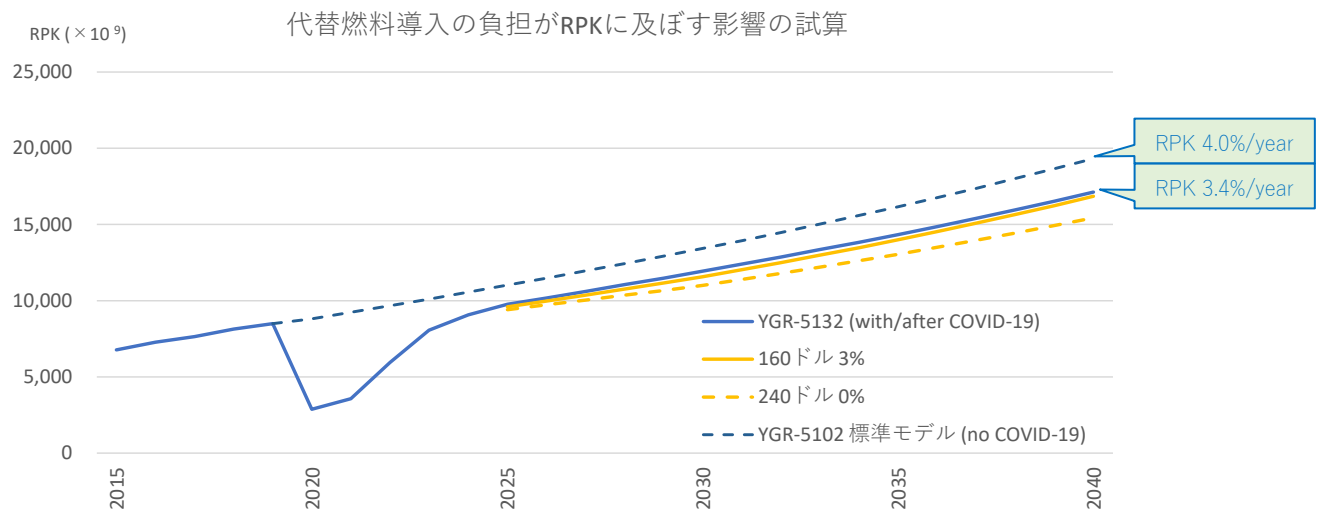


上記の設定の下では 2030 年には燃料消費量の 80%^{*1} を代替燃料化する必要がある。右上の図には、代替燃料単価が 2025 年に 160USD/bbl.となり、その後は年 3%で通減する例を示す。2030 年までは代替燃料の使用量が急速に増加することで在来型燃料も含めた全体平均としての等価燃料価格も上昇する。2030 年以降は増加率の減少と単価の通減(年 3%)によって等価燃料価格も低下傾向に転じる。 (*1: 2019 年の燃料消費量の 113%に相当する。)



同様に 2025 年の代替燃料単価（160 または 240USD/bbl.）と通減率（0～4%）の組み合わせについて等価原油価格（Brent 相当）の形で図に示す。

160 ドルの群では 2030 年の等価原油価格（実質価格）は 2011 年から 2014 年にかけての価格帯にほぼ一致する。240 ドルの群は過去に例のない水準の価格帯に相当する。また、いずれの群でも通減率が年 1%程度では等価価格が低下せず高止まりしたまま膠着した状態になる。これに対して 2030 年以降の価格が低下するためには、少なくとも年 3%以上の通減率が必要になる。



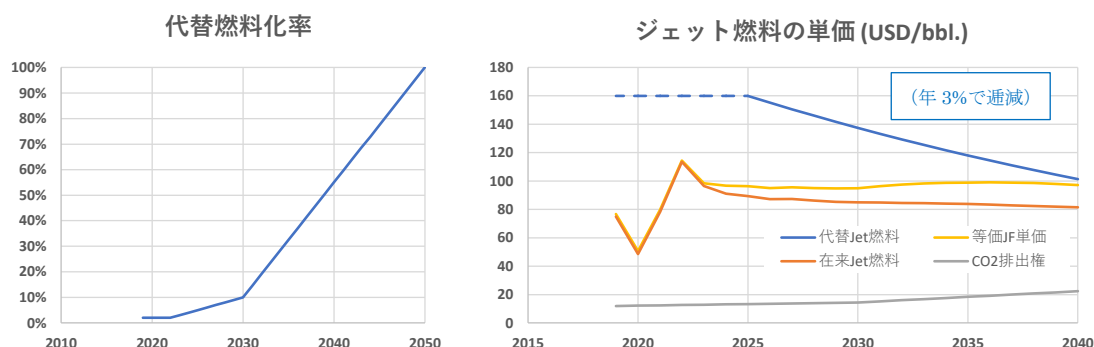
現在のイールドの構造から代替燃料化によるイールドの上昇（運賃の上昇）を推算し、それが輸送需要の成長に及ぼす影響を試算した^{*2}。代替燃料導入なしの場合（本資料の主値）に対して、2025 年時点の初期単価が 160 ドルで通減率が 1%の場合は 2025 年から 2040 年までの RPK の積分値は 3.7%の減少、平均成長率は 3.40%から 3.12%へ低下する。通減率が 3%であれば 2.3%減と 3.32%になる。初期単価が 240 ドルの場合には影響はさらに大きく、必要な通減率もさらに大きくなる。（*2：運賃経由の影響分のみ。GDP 等経済全般を経由する影響は含まない。）

初期単価		/bbl.	160ドル	160ドル	160ドル	160ドル	240ドル	240ドル	240ドル	240ドル	240ドル	YGR-5132	YGR-5102	
通減率		/年	0%	1%	2%	3%	0%	1%	2%	3%	4%	本予測の主値	標準モデル	
RPK総和	2025-2040	× 10^9	202,335	203,899	205,387	206,798	194,614	196,470	198,265	199,991	201,643	211,710	238,558	
比較			95.6%	96.3%	97.0%	97.7%	91.9%	92.8%	93.6%	94.5%	95.2%	100.0%	112.7%	
平均成長率		2020-2040	/年	3.12%	3.19%	3.26%	3.32%	2.89%	2.98%	3.06%	3.14%	3.21%	3.40%	4.00%
平均成長率		2025-2040	/年	3.67%	3.77%	3.86%	3.94%	3.37%	3.49%	3.60%	3.70%	3.80%	4.04%	4.83%
期間														

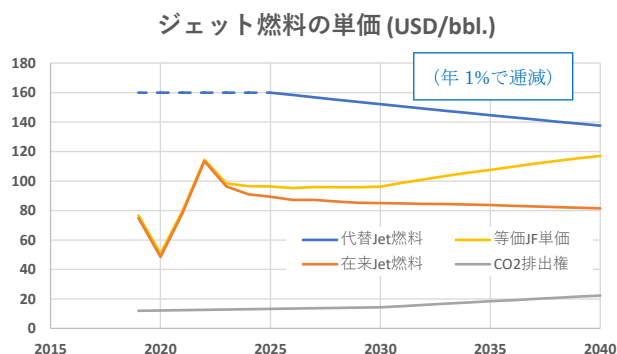
代替燃料の導入を進めながら航空輸送需要や輸送業界への影響を抑えるためには、代替燃料使用が本格化する時点での初期単価の抑制と、その後の毎年の単価の通減がそれぞれ重要であり、そのいずれについても代替燃料の需要に対して常に十分な供給が確保されることが前提になると考えられる。

同様の試算として 2030 年時点で燃料の内 10%が代替燃料化されたケースを考える。

下図には代替燃料単価が 2025 年に 160USD/bbl.となり、その後は年 3%で通減する例を示す。2030 年までは代替燃料の使用量が緩やかに増加することで在来型燃料も含めた全体平均としての等価燃料価格の上昇は目立たない。2030 年以降は代替燃料化率の増加が本格化するが、代替燃料単価の通減（ここでは年 3%）と並走することによって等価燃料価格は約 100 ドルで上限となる。これは等価原油価格としては 83 ドル前後に相当する。



通減率が 1%の場合の図も示す。
通減率が小さいため 2030 年以降代替燃料の使用量が増えるに伴って等価燃料価格も上昇し 2040 年には約 120 ドルとなる。これは等価原油価格としては約 98 ドルに相当する。



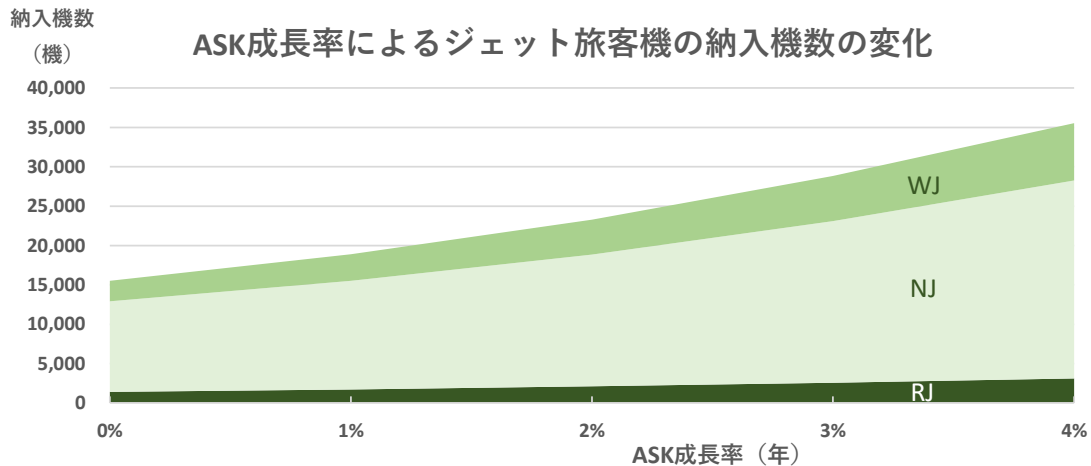
代替燃料価格の通減が順調に進めば等価燃料価格の上昇も許容可能な範囲に収まると考えられる。しかし代替燃料化率が低い場合には CO₂ 排出抑制の進行も緩やかなものに留まるため、他の手段も併用して所要の CO₂ 排出量（許容枠）を確保することが求められる。そして、その実現の程度によってはエアラインの活動（ASK 等）が制約され、輸送需要の実現にも、機材需要の発生にも影響が及ぶことが考えられる。

5.3.1.3 旅客機の納入機数の試算

ここでは航空旅客輸送による CO₂ 排出量と ASK が互いに比例すると仮定して CO₂ 排出量の年平均増加率^{*1}を ASK の年平均成長率に読み替え、ASK の成長率^{*2}に対応する機材需要を推算した結果から予測期間内に納入される機数を図に示す。

(*1：2019 年の CO₂ 排出量を基準とする)

(*2：全地域全距離帯に共通の値を適用して計算した)



- ・ ASK 成長率 0%のケースは、CO₂ 排出量を固定するために、今後のエアラインの活動が 2019 年の ASK 水準に固定されたまま成長できない場合に相当する。
- ・ 1%のケースは、今後のエアラインの機材更新による燃費改善が順調に進んだ場合に実現される CO₂ 排出量の削減（年率約 0.9%：5.3.1.1 項参照）によって相殺される範囲で ASK の成長が可能である場合、に近い。
- ・ 2%のケースは、順調な機材更新と代替燃料化の進行（年約 1%、2030 年頃に累計 10% 前後）によって CO₂ 排出量の増加が相殺される範囲で ASK の成長が可能な場合に近い。
- ・ 4%のケースは、CO₂ 排出量の増加がほぼ全て各種の手段によって相殺され、GDP などから期待される輸送需要の成長（4%/年）がそのまま実現可能となる場合、に近い。

ASK 成長率 4%のケースでは今後 20 年間の納入機数が約 3.5 万機となる。これに対して 2%のケースでは約 2.3 万機、3%では約 2.9 万機と見込まれ、4%のケースに対して納入機数は 1.2～0.6 万機少なく（34～19%減）産業規模の縮小が懸念される。実際には 2%を下限として、利用可能な手段を糾合して一層の CO₂ 排出量の削減を進めることで極力 4%に近づけるべきものと考えられる。

旅客・貨物の輸送や機材の製造など、航空産業が社会の中で果たしてきた役割を今後も果たすべく活動領域を確保してゆくためには、一層の代替燃料化の推進や水素燃料型旅客機の実用化などをはじめとする方策が実現されることが必要であり、また、そのためには所要の投資が十分かつ速やかに行われることも求められる。

5.3.2 中東地域の RPK（長距離帯の減速）

中東のエアラインは特に 2003 年頃より積極的な拡大策を採り、「第 6 の自由」の形による乗り継ぎ型の長距離旅客需要を取り込んで、長距離帯（4,500km〜）を中心に RPK で年間成長率 10%を優に超え一時は 20%すら超える急速な規模拡大を実現するとともに多数の広胴機を調達して市場を牽引してきた。しかし 2014 年秋以降、原油価格の下落した状況の中で急速に成長率を落とし 2019 年の RPK の成長率は 2.3%（IATA：全距離帯の合計）にまで低下している。

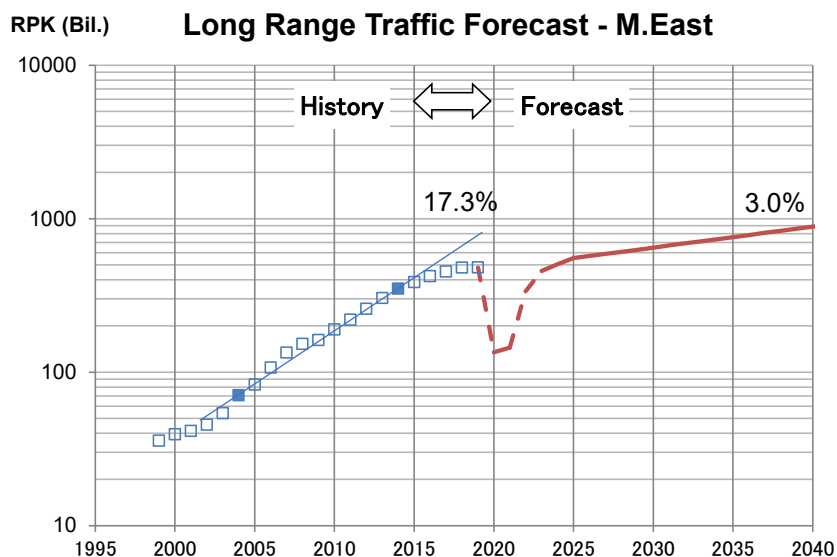
今回の JADC の予測では、2015 年以降の中東の RPK の成長の実績も踏まえて、市場再分割型の急成長が終わって後、中東市場でも世界市場全体に近い成長率になるものとして計算を行った。その結果、今後 20 年間の納入機数予測は以前の JADC の納入機数予測に対して減少している。

中東のエアラインによる RPK は、短距離帯（〜1,000km）から中距離帯（〜4,500km）と、長距離帯（4,500km〜）では性格が異なり、これまでの急拡大と急減速はいずれも長距離帯で生じた。

長距離帯の RPK の JADC による推算値を図に示す。例えば 2004 年から 2014 年までの平均成長率は 17.3%であり、この間の世界の RPK の平均成長率 5.2%を遥かに上回った。それ故、その多くは市場の成長によるものではなく、既存の航空輸送需要のエアライン間での再分割によって獲得されたものであると考えられ、「理想的に」行われてもいずれ市場の 100%を獲得すれば飽和して市場の成長率によって律速される性格のものであった。

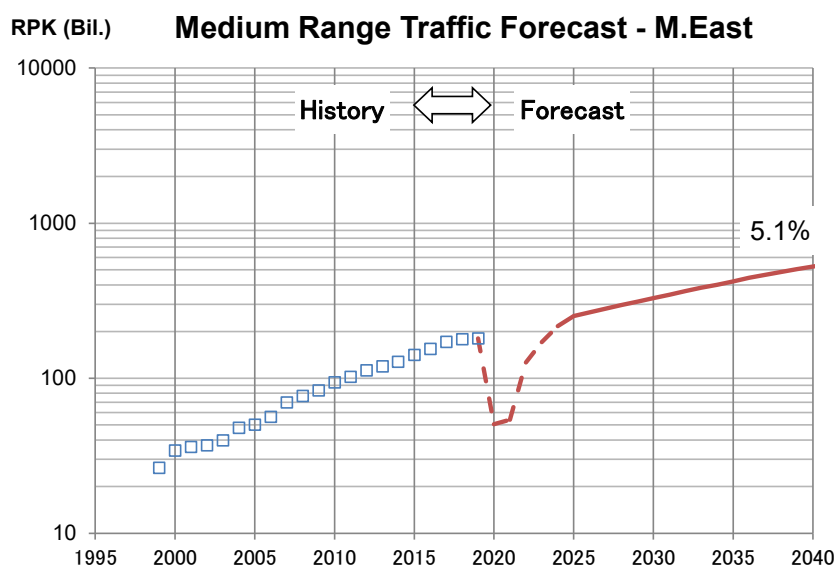
そして 2014 年秋以降は原油価格の下落と時期を合わせる様にこの距離帯の RPK の成長率は低下しており、2016 年から 2019 年までの平均成長率は 4.1%、2019 年は 2.0%であったとみられる。予測では COVID-19 沈静化後の長距離帯の平均成長率を 3.0%に設定した。

中距離帯（2,000〜4,500km）以短の距離帯については、RPK と GDP や Yield との相関分析の結果から、これらの距離帯は主として中東地域に住む人々によって利用されているものと考えられる。また、RPK の屈曲は今のところ観測されていない。これらより、過去約 20 年間の RPK、GDP、Yield の実績値の解析結果と将来の GDP、Yield の予測値から今後の RPK を予測した結果、例えば COVID-19 沈静化後の中距離帯では年平均成長率 5.1%を見込んでいる。これらに長距離帯も合わせて、中東エアラインの全距離帯の今後（2020-2042）の RPK の平均成長率は 3.7%を見込んでいる。



(長距離帯 RPK の実績と予測：

今後の成長率は 2019 年実績値よりは高い値を設定している。)



(中距離帯 RPK の実績と予測：長距離帯とは市場の性格が異なる)

	RPKの平均成長率		納入機数 (機)				予測期間末 運航機数
	全距離帯	長距離帯	RJ	NJ	WJ	計	
旧予測 2018-2037	6.02 %	6.46 %	60	880	1,410	2,350	2,654
今回予測 2023-2042	3.68 %	2.98 %	48	1,066	1,060	2,174	2,560

5.3.3 中国地域の RPK（緩成長モデルへの遷移）

中国（CH）のエアラインは中距離（～4,500km）までの距離帯を中心に急速な成長を遂げてきた。RPK の過去 20 年間の平均成長率は 12.4%に達し、世界の機材需要を支える柱の一つでもあるが、2019 年の成長率は 8.1%に低下している。加えて、中国はちょうど一人あたり GDP が 10,000 ドルに到達した状態にあり、今後の RPK は今回の予測期間の内に発展途上国型の急成長型から先進国型の緩成長型へ質的に遷移する*ものと考えられる。

（*：関連：5.2.7 項）

予測では他の地域で既に起きた変化の実績を参考に 13,000 ドル/2024 年を変曲点として設定し、その後の成長率は世界平均に近い値とした。その結果、以前の予測に比較して 20 年間の納入機数は約 700 機の減少となった。この質的变化は政治的経済的な何らかの外的衝撃によって急激に進行することもある。中国の場合に何が引き金になるかは未詳であるが予測期間（2023～2042 年）内の早い時期に遷移するものと考えられる。

遷移は地域の一人あたり GDP が 10,000 ドルを超えてから生じるとみられているが、CH の一人あたり GDP は 2019 年時点でちょうど 10,000 ドルに達した状態であり、まだ遷移を示すには至っていない。遷移時期の推定にあたっては、実績データが利用可能で経済的にも比較的似ていると考えられる北東アジア地域（NE）*をモデルにした。

（*：ここでは台湾と韓国が対象）

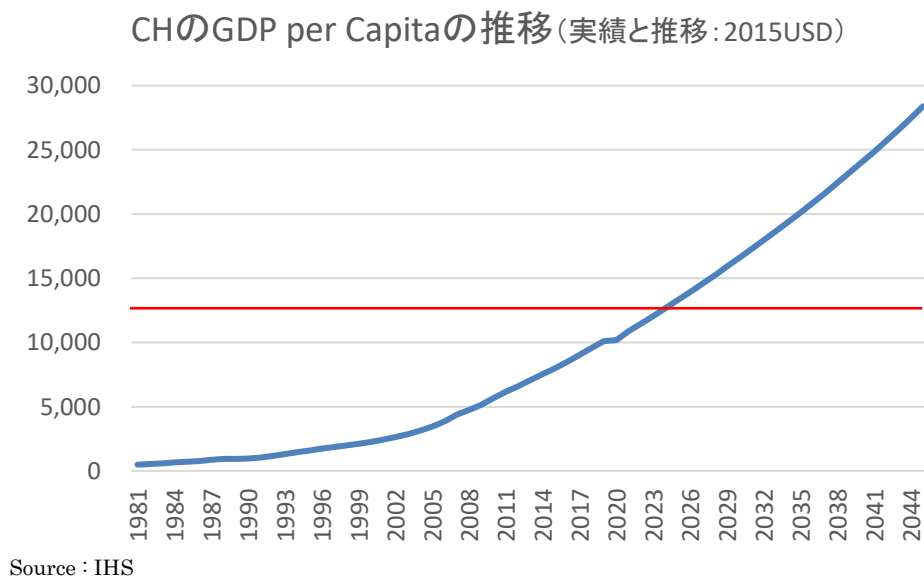
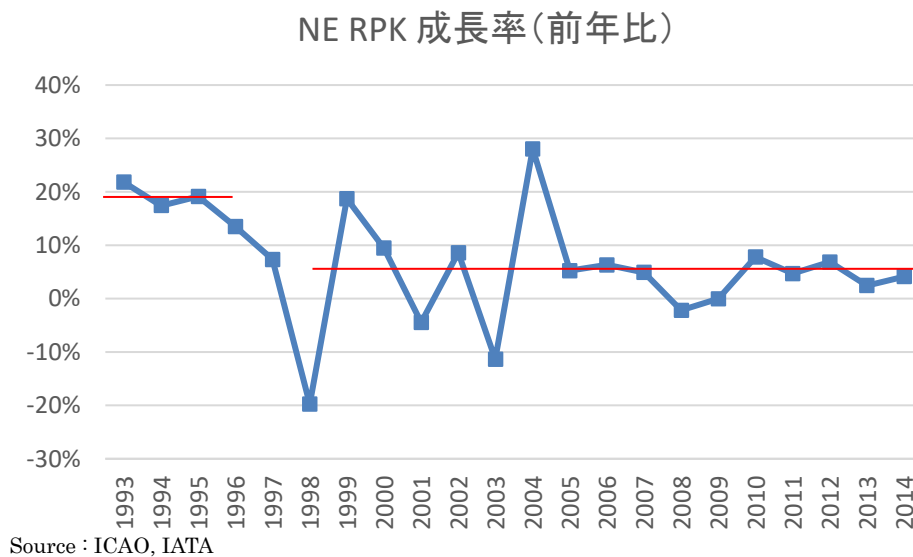
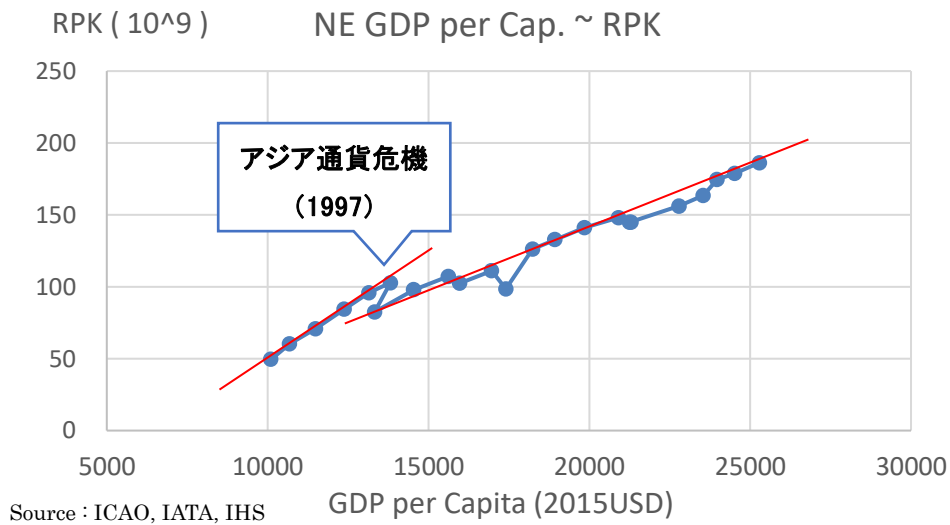
NE の RPK（全距離帯を含む）と一人あたり GDP の実績値を図に示す。図に見る様に、一人あたり GDP が 13,000 ドル付近にあった時期に遷移を経験しており、遷移期を境にして、地域の RPK の成長率はそれまでの高い値から年 4%程度に低下して安定した。この遷移は 1997 年のアジア通貨危機の影響を受けて発生したもので、RPK だけでなく GDP までも減少する強い衝撃による短期間の遷移であったことがわかる。

これらより、本予測では遷移時期の推定を一人あたり GDP 13,000 ドルを目安値として、これを COVID-19 前の CH の予測値にあてはめることで遷移時期を 2024 年としている。

この遷移が急激なものとなるか、緩やかなものとなるかは未詳であるが、予測期間（2023-2042）の早い時期に進行する可能性が高いと考えられる。

本予測では遷移は短期間に進行するものと仮定し、遷移後の RPK の平均成長率は世界平均並みとした。また遷移の影響はすべての距離帯に同様に作用するものとしている。

	RPKの平均成長率		納入機数（機）				予測期間末 運航機数
	全期間	遷移後	RJ	NJ	WJ	計	
旧予測 2019-2038	5.66 %	—	187	4,568	2,286	7,041	8,433
今回予測 2023-2042	3.60 %	3.72 %	257	4,706	1,089	6,052	7,759



Intentionally Left Blank

6 航空輸送に関わる要素

6.1 エアライン業界の変容

6.1.1 合併

ディレギュレーションを経て 80 年代以降のエアライン業界は大幅に自由競争色を強め、数多の新興エアラインが参入したが過当競争となった。淘汰と合併による整理を経て一旦平衡化した時点で米国のエアライン数はディレギュレーション前よりもむしろ減っていた。

エアラインにとって合併はしばしば有効な手段であり、過当競争への対策や、燃油費の高騰などの外部的負荷の激変への対応策になるだけでなく、相手エアラインの持つ路線の運航認可や空港での発着枠、空港施設の利用権などを吸収することは自社のネットワークや市場シェアを拡大する上で大きな効果と高い即効性を持つ。かつてパンアメリカン航空が 80 年代中期以降 1991 年の最終的な破産に至るまでの間に、太平洋路線と中南米路線をユナイテッド航空に売却し、欧州路線をルフトハンザに売却したのもこうした例といえる。

さらに近年の米国では 2008 年にデルタ航空とノースウエスト航空、2010 年にユナイテッド航空とコンチネンタル航空、2013 年にはアメリカン航空と US エアウェイズがそれぞれ合併した。こうした合併統合の結果、現在の米国エアライン業界は寡占化が進み、これら Big3 と LCC 最大手のサウスウエスト航空（2000 年代には ATA 航空とエアトラン航空を吸収）を合わせると、米国内市場の ASK の 78%（2018 年）を占めるに至っている。その陰では戦前に起源をもつ名門エアラインの名跡も多くが消滅している。

同様に、欧州や中南米でもエアラインの再編が進んでいる。

このように合併は有効な手段として進行してきたが、集約が進むとともに合併には独占禁止法上のリスクが生じるようになった。さらに、外国エアラインへの出資・合併には外資の出資規制があり、一部の例外を除けば 50%を超える額を出資することは通常できないため、国を跨ぐ合併は稀である。

こうした中で、エアラインは 90 年代末以降、世界的なアライアンスの編成に進むことになる。

6.1.2 アライアンス(航空連合)

現在世界では、スターアライアンス（1997年編成、26社*1）、ワンワールド（1998年編成、13社*1）およびスカイチーム（2000年編成、19社*1）の3大アライアンスがよく知られている。（*1：2023年3月時点。ロシアのエアライン2社は資格停止中。）

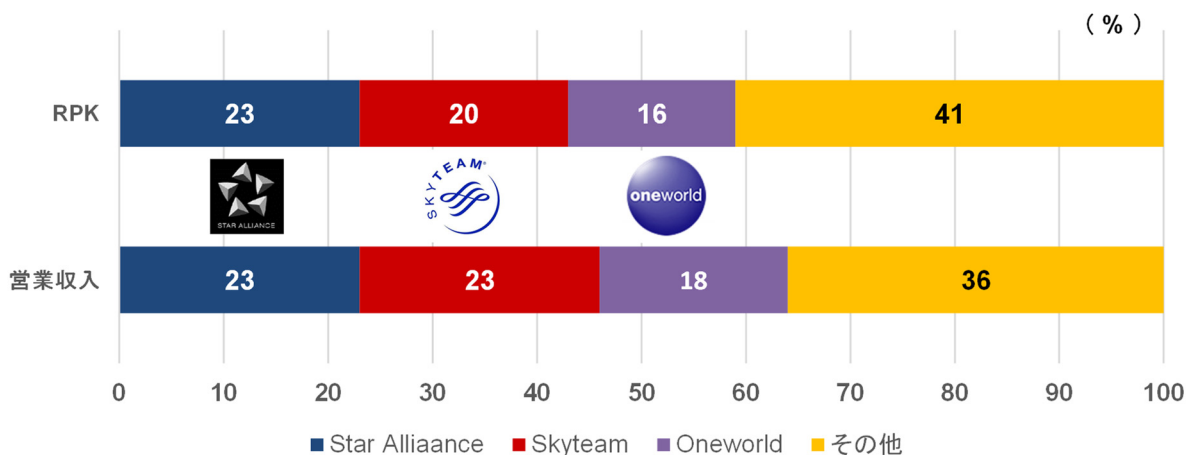
アライアンスでは、加盟各社の路線ネットワークを相互に接続する形で自陣営のネットワークを切れ目なく世界に張りめぐらすとともに、さらにメンバーの拡大を図っている。このネットワークの中では、加盟エアライン間でのコードシェアやラウンジの相互利用、乗り継ぎ時のスルーバゲージ、マイレージプログラムの統合、さらに空港によっては同一のアライアンスに加盟するエアラインを同一のターミナルに集めて乗り継ぎの便を図るなど、利用客の利便性を高めて集客力の向上につなげている。さらに、各エアラインはサービスレベルをアライアンスの基準に合わせ利用客に均一なサービスを提供するように努めている。また、備品類等の共同購入などが行われ、航空機の共同購入も一部で検討されている。

アライアンスは大型の路線ネットワークを構築する意味では合併と類似の面を持つが、経営の統合や支配を伴わないことから外資規制や独占禁止法の適用除外措置を受け易くネットワークを広げ易い*2。

（*2：コードシェアよりも踏み込んで Joint Venture（JV）を組む例もあるが、JV の場合は経営の統合の度合いが深くなるため、しばしば独禁法規制当局の認可が出ない。）

2016年時点で、3大アライアンスに加盟するエアラインは、IATA加盟エアラインの内、RPKで59%、営業収入では64%を占めている。

3大アライアンスのシェア（2016年）

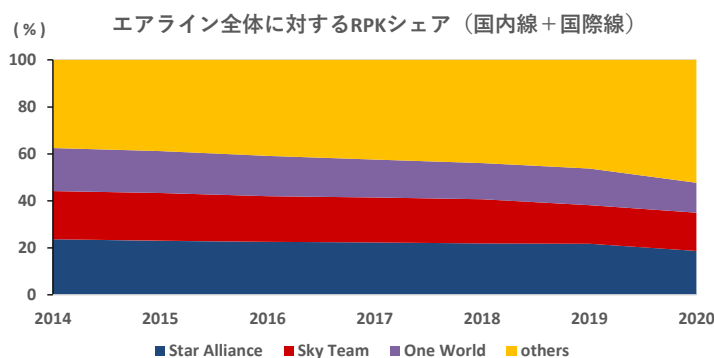
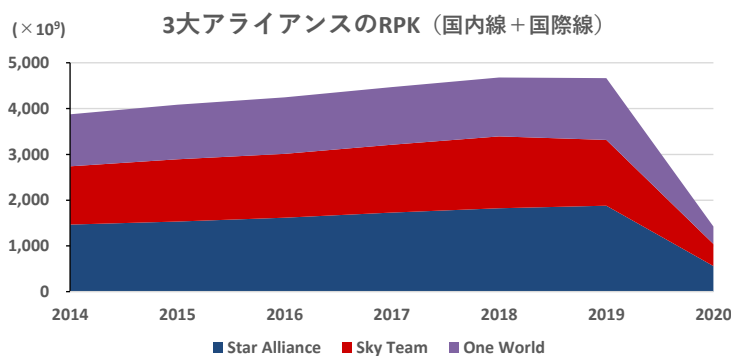


この様に営業規模では過半のエアラインがアライアンスに加盟しているが、エミレーツ航空やハワイアン航空のようにアライアンス加盟のデメリットを注視して単独で自身のネットワークの拡大及び利便性の向上を図る例や、エティハド航空のように他社に出資しエクイティ・パートナーとして取り込む例もある。また、当初はアライアンスに加盟するエア

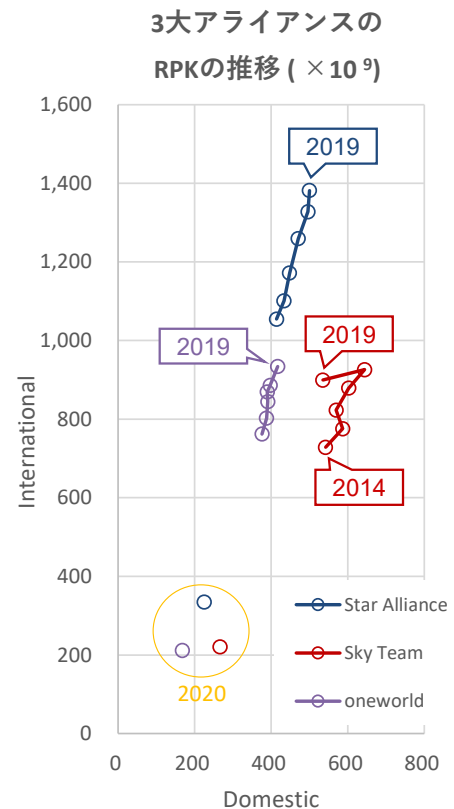
ラインはコードシェア等の協力関係をアライアンス内で完結するものとみられていたが、最近ではアライアンスに加盟しながら他のアライアンスに属するエアラインとコードシェアを行うなどの例も現れている。

3 大アライアンス全体の RPK は概ね 2/3 が国際線、1/3 が国内線に拠っており、主に国際線で RPK を伸ばしているが、近年は 3 大アライアンスの RPK がエアライン全体の中で占めるシェアは国際線でも国内線でも漸減傾向にある。

(中東地域の手エアラインや LCC はこれら 3 大アライアンスには加盟していない。)



(数値出典：IATA WATS)



2016 年には初の LCC によるアライアンスとしてバリューアライアンス (Value Alliance: 現在 5 社) が東南アジア地域を中心に編成された。3 大アライアンスなどと比較すれば機能は限られているが、加盟エアライン間の乗り継ぎ予約や通し発券、付帯サービスの予約も可能になると伝えられており、順調に実現すれば 2,000km 程度までの短距離路線に特化した LCC 同士が、ビジネスモデルを大きく変えずに広域ネットワークを編成する可能性にもつながると考えられ注目される。

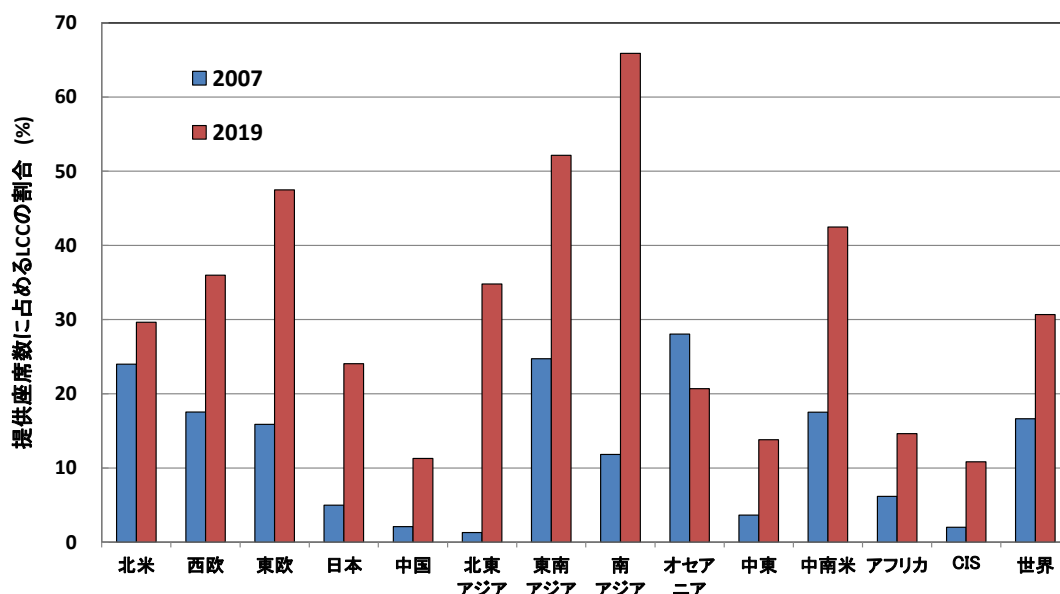
6.1.3 LCC

近年の航空業界は LCC の隆盛が一つの特徴となっている。LCC の中には独立系もあればフルサービスエアラインの子会社もあるが、経営の確立と継続に成功している LCC の多くはサウスウェスト・クローンと呼ばれるタイプである。

LCC のビジネスモデルはディレギュレーション後のサウスウェスト航空の取り組みによって原型が作られたとみられているが、さらに今日のような形で LCC が興隆する上では 2001 年のテロ事件後のセキュリティ強化による大空港の一層の混雑化も一役買ったと見られている。当時 LCC の存在感はまだ小さかったが、混雑する大空港での、事件後に厳格化されたセキュリティチェックをはじめとする搭乗前手続きの時間的体力的負担に辟易した利用者が、比較的すいている 2 次空港で運航している LCC に注目した。その結果、素っ気ないサービスであっても簡素にまとめられた運航スタイルと相まって使い易さで好評を博し、LCC に対する米国社会での認知度が急速に高まったと考えられている。LCC もまた、経済的社会的衝撃によって押し出された新モードとしての一面を持っていたとみられる。

北米とは別に 1993 年以降は欧州でも自由化の枠組みが整ったほか、2000 年代に入っからは各地で LCC の普及興隆が伝えられている。2012 年には、LCC の空白地帯と言われていた日本や台湾にも LCC が設立されたほか、新興国でも航空自由化の進行に伴って多くの LCC が設立されている。図に見る様に、2019 年には LCC は所得水準の高い欧米でも 30%を超える座席供給力を示しているほか、南アジア（主にインド）など所得水準が比較的低い地域で特に高い座席供給率を示しており、そうした地域での航空輸送需要の発掘に LCC の低廉な運賃が適している様子も窺われる。

提供座席数に占めるLCCの割合の推移



Source: Cirium, OAG, JADC

LCC の運航上の特徴として、単一機種（またはファミリー）、細胴機（低燃費）、多席化（高密度充填）、高頻度運航、no-frills などが挙げられるが、こうした特徴の多くが短距離（短時間）路線での運航に特化していることを拠り所にして実現されていると考えられる。

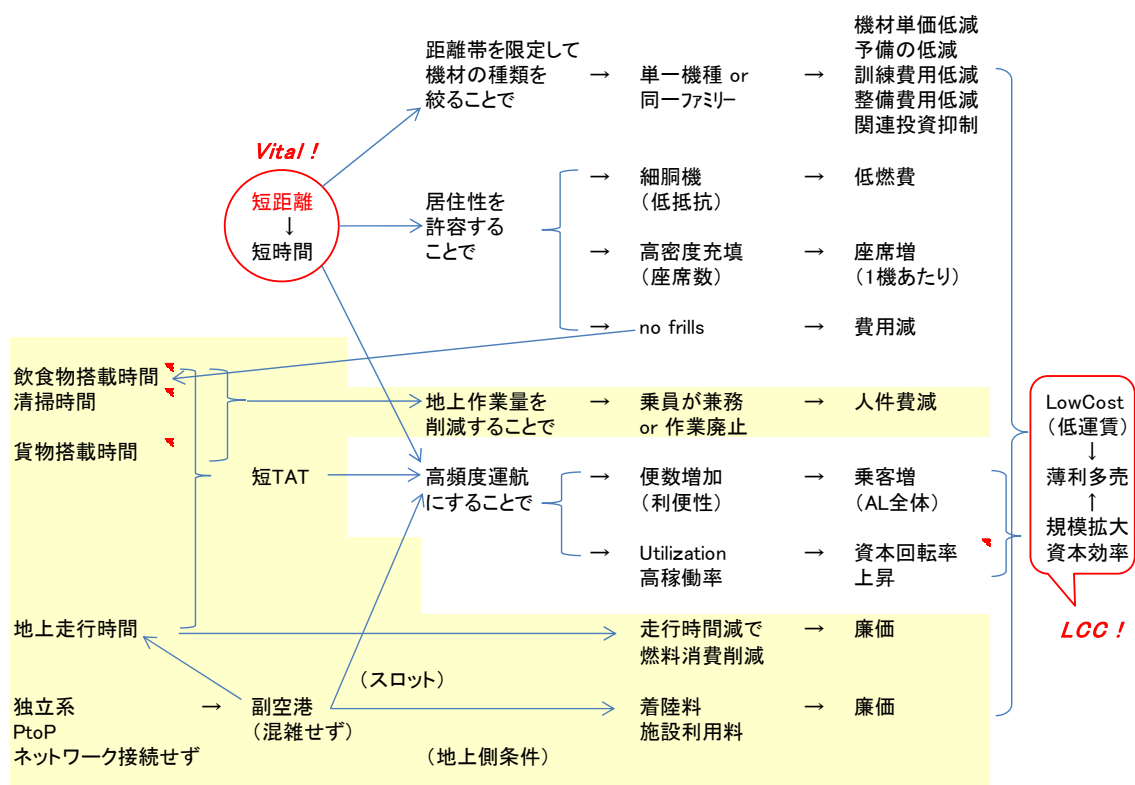
LCC の中には、短距離路線でのシェア獲得に成功した後で長距離 LCC としての展開を図る例がみられるが、明瞭に成功した例は少なく、路線を開設しても間もなく休止する例や、経営状態が暗転する例が続いている。

原因は長距離用機材の調達負担だけではなく、中～長距離路線を飛ぶことで、これまで短距離・短時間路線であることを前提に練り上げられた LCC のビジネスモデルの根本部分が崩れることにあるものと考えられる。

ユティライゼーション*の低下もその一例であり、中長距離 LCC の成功のためには、機材を遊ばせないことでユティライゼーションの改善を図ることが必要条件の一つになると考えられる。2020 年に中長距離 LCC として開業した ZIPAIR は成田－バンコクの長距離線に成田－仁川の短距離線を組み合わせる形を採用しており、対策の一つとして注目される。

（*：この場合は、旅客機 1 機が 1 日の間に飛行する時間）

また、2016 年に LCC による初のアライアンスとして「バリューアライアンス」が設立されたことも注目される。東南アジア地域で営業する LCC 同士が提携して乗り継ぎ予約や通し発券などのサービスを行うもので、軌道に乗れば、各 LCC は短距離路線に特化したビジネスモデルを維持したままで、円滑な乗り継ぎによって利用客に実質的な中～長距離の移動サービスを提供することも可能になると考えられる。



6.2 ETOPS（双発機による長距離進出運航）

6.2.1 ETOPS の発生

旧来双発機は、最寄りの不時着可能な飛行場から片発停止状態の速度で 60 分以上離れる空域での運航が認められなかったが、エンジンの信頼性向上などを背景に、1985 年以降、機材およびエアライン自身が一定の条件を満たすことを条件に 60 分を超える空域での運航が可能とされた。この規定を ETOPS と呼ぶ。

1977 年に A300 に対して 75 分間の特例が発行されたのが嚆矢であるが、その後 1985 年に FAR 121.161 からの例外特認として AC120-42 が発効したことで ETOPS 制度が始まった。最初の ETOPS (ETOPS-120) は翌 1986 年に 767 に対して与えられた。引き続き AC120-42A (1988 年) で ETOPS-180 が準備されて 757/767 などが順次この認証を受け、さらに 1995 年には就航前 ETOPS の考え方による認証も始まった。

これにより、1985 年以降の約 20 年間で ETOPS-180 が一般的になるまでになった。また、180 分まで認められていれば、洋上を含めて世界のほとんどの空域を双発機で運航可能であり、現在では多発機に頼る必要性はごく小さくなっている。

ETOPS は双発機や 3/4 発機の消長、エアラインの機材の購買動向に大きな影響を与えた。

なお、ETOPS 関係にはいくつかの名称があるが、ETOPS が最も一般的である。EDTO も ETOPS の名称を代替することを意図していない。

6.2.2 多発機から双発機へ

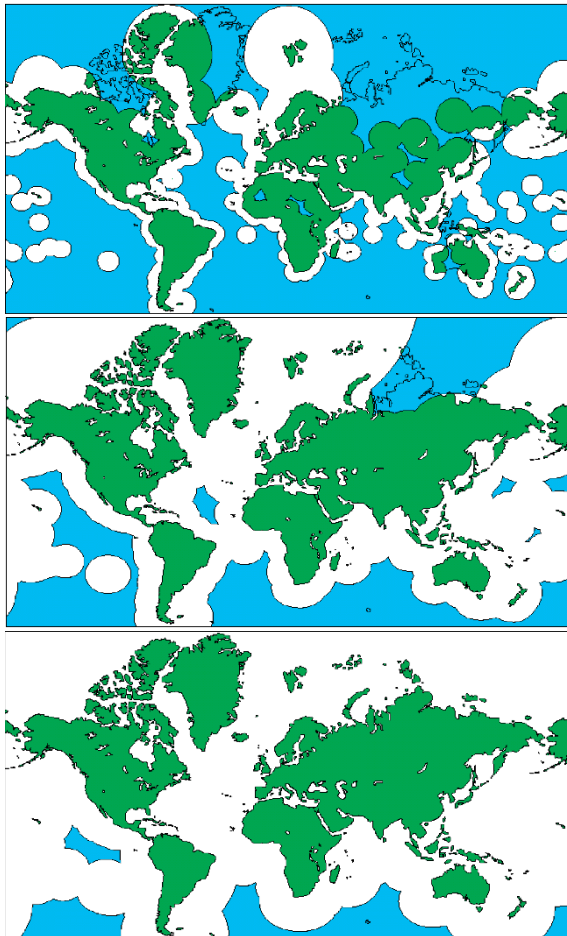
1964 年*に 3 発機はそれまでの 60 分ルール (FAR 121.161) から除外され、機体規模に関わらず飛行場から 60 分以上離れた空域を飛行できることになった。その結果、3 発機は 4 発機と同様に洋上を含む長距離路線でも運用可能となって運用の自由度が大きく広がり、かつ双発機を寄せ付けない Blue Ocean を得て、727 はベストセラーとなり、L-1011 や DC-10 は北米大陸横断～長距離洋上路線機として 747 とともにワイドボディ時代を拓いた。この時代を 3 発機の時代と呼ぶ声もある。

(* : 727 は 1964 年に EIS した。)

しかし 1985 年に ETOPS が開始されると、折しも登場し始めていた新型双発機群が双発、新エンジン、2 人乗務などによる経済性の高さによって既存の 3 発機の世界を急速に侵食した。初期に ETOPS の揺りかごとなった大西洋路線では 1985 年以降 ETOPS 運航が急速に増加し、1991 年には双発機の運航便数が 3/4 発機の便数の合計を超過し、1997 年には 2 倍に到達している。丁度良い規模の 3 発新造機が無かったこともあり、わずか 5 年程度でこの流れは決定的なものとなり、2000 年に MD-11 が生産を終了したことで 3 発新造機の供給は終わった。さらに、3 発機の重要性が低下する中で 2007 年には 3/4 発機も ETOPS 制度の対象となって多発機の双発機に対する制度上の優位も失われた。

双発機の ETOPS 適合は 2000 年頃までには小型機 (737/A320) から大型機 (777) まで展開が進み、777 を得て 747 の受注は絶え (2002 年迄、旅客型)、退役も本格化した。

747 に続く 4 発機事業は期待通りに進まず、A340 が既に生産を終え (2012 年)、A380 も 747 も 2022 年迄には生産を終了することが決まって 4 発機の時代も終わるかに見える。



ETOPS-60 相当 (60 分、400nm)

洋上のみならず陸上にも運航不可能な領域が残る。ETOPS 以前の双発機はこの 60 分ルールによる制約を受けていたが、3/4 発機は自由であった。

ETOPS-120 (120 分、800nm)

双発機で運航可能な領域が大きく広がり、米欧間大西洋路線、日米間太平洋路線、カンガルルートなどの路線も運航可能となる。しかし北極圏航路は依然不可。ハワイ～米国本土、豪～米国本土も不可。

ETOPS-180 (180 分、1200nm)

陸上、洋上ともに、殆どの領域、路線が双発機で運航可能となる。

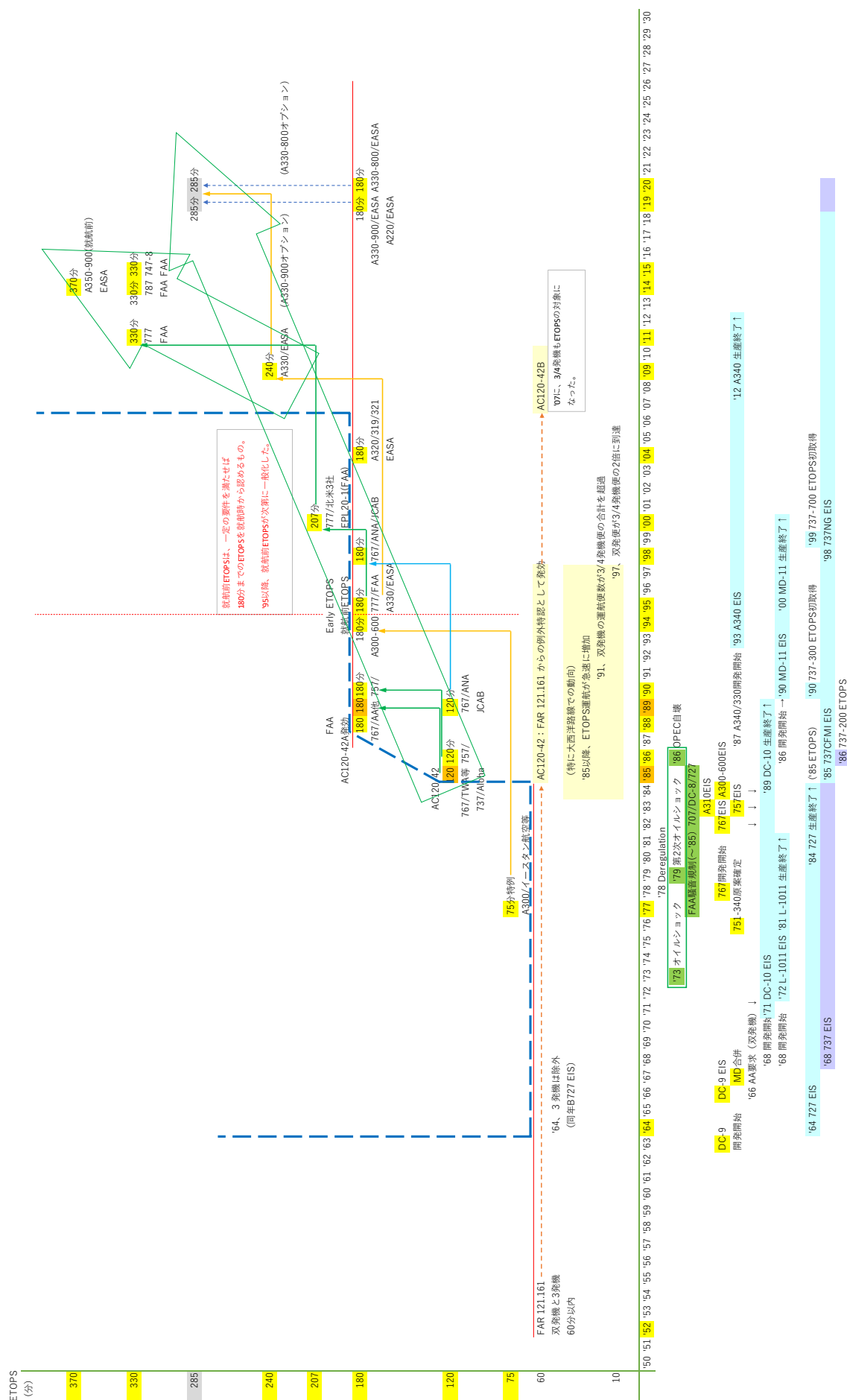
(図は ICAO 資料より引用。
青色部分が運航不可能域を示す。)

ETOPS による運航可能範囲の比較

'85 . . . '06 '07 '08 '09 '10 '11 '12 '13 '14																		
FAA	ETOPS (Extebbed Twin OPERATION) DT : 180分まで 対象 : 双発機のみ						ETOPS (ExTended OperationS) DT : 180分以上も可、対象 : 2/3/4発機					FAA						
EASA							ETOPS (Extebbed Twin OperationS) DT : 180分以上も可 対象 : 双発機のみ					EASA						
ICAO							LROPS (Long Range OperationS) DT : 180分以上も可 対象 : 3/4発機のみ					ICAO						
							EDTO (Extended Diversion Time Operations) DT : 180分以上も可 対象 : 2/3/4発機											

(DT : Diversion Time)

ETOPS の名称の変遷



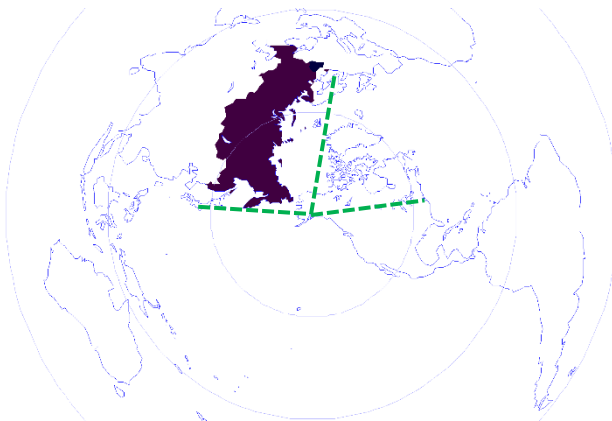
6.3 インフラストラクチャー

航空輸送の発展には、航空路や空域管制、空港といったインフラの整備が重要である。

6.3.1 航空路の開拓 ～ 北極航路／北回り欧州線

アジアと欧州を結ぶルートは古くは中東やインドを巡る南回り欧州線として運航されていた。共産圏上空を飛行できないための迂回路でもあったが、遠く、時間も費用もかかった。

1957 年にスカンジナビア航空（SAS）が「グリッド航法」の開発と北極航路の開設に成功すると、それ以降は 1990 年代初頭までこのルートが多く使用されることになった。日本航空も 1961 年に DC-8-33 とグリッド航法によって北回り欧州線を開設しており、これによって所要時間は南回りよりも約 11 時間短縮された（日英間：約 30 時間→約 19 時間）。



航路

この航路では特にソ連上空の飛行を避けて迂回するため、冷戦期を通じてアンカレッジが中継点として活用されることになった。旅客機、貨物機ともここで給油を行ったが、日本発の航路では米国に向かう太平洋線もここで給油し、欧州線と分岐する形になった。

グリッド航法

北極航路の開設はグリッド航法の実用化によって実現した。専用の機材や技法の研究開発が必要であったが^{*1}、SAS の先駆的な努力によって実用化され、1957 年に開設された。極圏では通常の磁気コンパスが使用できないため、グリッド航法ではこれに代わる手段としてジャイロとポーラー・グリッド地図を使用した。高回転数のジャイロを使用したが高工作やベアリングの精度などからドリフトが発生し、徐々に誤差が蓄積されるため、これを天測によって補正しながら飛行した。

（*1：航法機器の他、不時着時の救命用装備等もあった。）

SAS が北極航路を開設した翌年の 1958 年には、史上初の原潜 SSN-571 Nautilus がベーリング海峡から北極海に進入し、潜航状態のまま北極点に到達し、さらに欧州側へ退出する航海に成功している。潜航中の航法は電波も天測も使用せず INS を使用して行われた。グリッド航法には、天測が必要、計算が煩雑などの短所もあり、やがて INS による航法が普及すると^{*2}使われなくなったが、開拓者として新しい航路を拓き人荷の流れを変えたエアラインの努力は印象深い。

（*2：日本航空では 1970 年に 747 と共に導入されたものが初。）

SAS とグリッド航法によって開拓された北極航路は、航法装置を替えながら 30 年以上にわたって使われ続けた。1990 年代に入りロシアが領空通過を有料で認めたことでアンカレッジ経由の航路は次第に使われなくなったが、今後の国際情勢の変化によってはこうした航路が再度使用され、それに適した機材が求められることも考えられる。

6.3.2 空港

現在、空域の効率利用、混雑改善や経済性の向上のため、欧米や日本において次世代航空管制システムの整備が行われている。

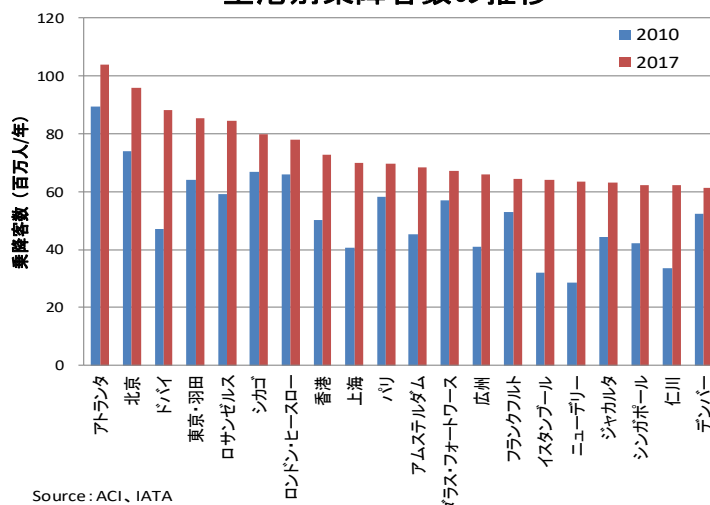
各国の主要空港では、既に空港混雑による遅延の発生や、発着枠不足による増便や新規路線の開設に対する支障が生じている。世界の主要空港の多くは、ピーク時間帯では 30 分から 1 時間の遅延は既に日常的になっている。

ユーロコントロールによれば、EU28 ヶ国において 1 フライトあたりの遅延時間は 2012 年の 8.8 分から 2035 年には 14.2 分に増加し、これによる旅客の時間価値の総損失額は、2012 年の 40 億ユーロから 2035 年には 134 億ユーロに拡大すると予測されている。

これに対して新空港の建設、既存空港の滑走路や駐機場の増設、空港ターミナル施設の増改築といった整備は、多額の費用と長い期間を必要とする上に、近年では環境意識の高まりから、空港周辺騒音や大気汚染に対する周辺住民の理解も得なければならなくなっている。

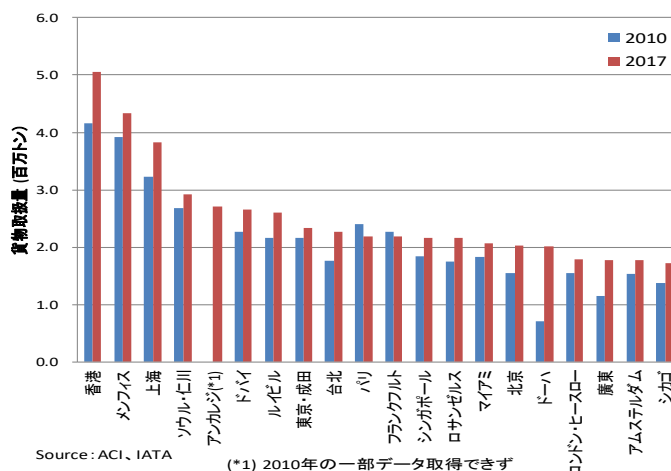
この様に、将来の航空輸送需要の伸びに対応するためインフラ整備への長期的取り組みが強く望まれながらも、インフラ整備は後手に回る傾向がある。

空港別乗降客数の推移



Source: ACI, IATA

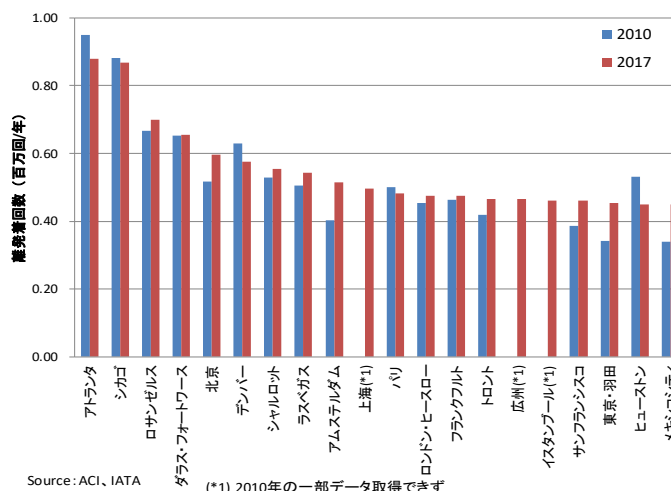
空港別貨物取扱量の推移



Source: ACI, IATA

(*1) 2010年の一部データ取得できず

空港別離発着回数の推移



Source: ACI, IATA

(*1) 2010年の一部データ取得できず

こうした状況で限られた発着枠の中で輸送需要に応えるため、エアラインでは 1 フライト（1 機）あたりの乗客数を増やすために旅客機のファミリー内での長胴化（多席化）も行われてきた。さらに、輸送需要の特に多い幹線ではしばしば、短距離路線であっても長距離国際線に投入する様なワイドボディ機が運航されている。これとは別に、混雑する大空港に替えてその周辺の 2 次空港を積極的に利用して発着負荷を分散させる動きも定着してきた。LCC はその例でもある。

6.3.3 航法、航路

現行の航空交通システムには処理容量を超過した交通量による遅延、空域や経路の固定的な運用による運航への制約、管制官・パイロットの業務負担増大等の課題があり、これに対して 2003 年には国際民間航空機関（ICAO）が ATM（航空交通管理：Air Traffic Management）運用概念をまとめ、2025 年に向けた将来ビジョンを提示、その後 2007 年の ICAO 総会においても、ATM 運用概念を指針として、地域や国、産業界において実施計画の策定及び必要な研究開発等を促進することを継続して要請した。これをきっかけに 2008 年には欧州の SESAR が将来像（ATM マスタープラン）を作成、同年米国でも NextGen が将来像を策定した。また日本では 2011 年に CARATS が CARATS 実現に向けたロードマップを取り纏めた。本項では航法／運航方式と航路／飛行経路についてふれる。

SESAR（Single European Sky Atm Research :
単一欧州航空交通管理プログラム）

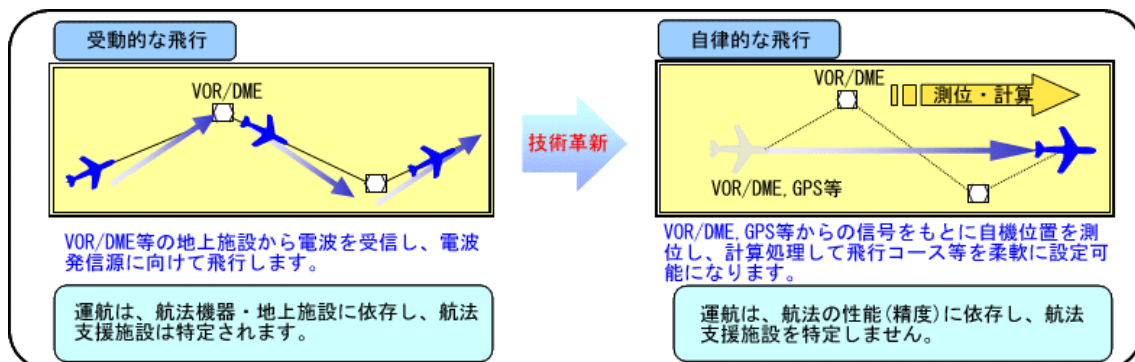
NextGen（Next Gen: Next Generation Air Transportation System :
次世代航空輸送システム）

CARATS（Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems :
将来の航空交通システムに関する長期ビジョン）

[運航方式]

既に運用されている運航方式の例としては RNAV が挙げられる。

RNAV の航法原理（ https://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000379.html より）



RNAV 以前の既存の航法は VOR からのラジアルにより設定される経路や ILS による最終進入経路を飛行するなど航行援助施設の精度に大きく依存しており、航空機は各航法援助施設に応じた受信機を装備し、また、必要に応じて ILS の高カテゴリー運航などの求められる要件を満たすことで行われていた。

これに対して RNAV では、航空機は自機の位置を GNSS や VOR/DME、INS または IRS 等のセンサーによって緯度・経度で把握しながら、ウェイポイントなどにより構成される任意の経路を航行する。これによって柔軟な経路設定により空域の効率的な利用が可能になり、安全性向上に加え、増加する航空輸送需要への対応、運航効率・就航率の向上、環境負荷軽減が可能になる。

RNAV (Area Navigation : 広域航法)

VOR (VHF Omnidirectional Radio Range : 超短波全方向式無線標識施設)

ILS (Instrument Landing System : 計器着陸装置)

GNSS (Global Navigation Satellite System : GPS 等の衛星及び補強システム)

VOR/DME (Distance Measuring Equipment : 距離情報提供装置)

INS (Inertial Navigation System : 慣性航法装置)

IRS (Inertial Reference System : 慣性基準装置)

日本では、1992 年にエンルートでの RNAV 評価運用、1997 年には函館空港・熊本空港で FMS を利用した出発・到着方式（経路）の評価運用が行われ、2005 年には 4 空港（新千歳、函館、広島、那覇）において RNAV 進入方式の運用が開始されている。

なお、一般の RNAV 運航は、機上システムが航法性能を監視するが求められる航法性能を満足していることが事実ではなくなった際にパイロットに警報を発出する機能を有さないのに対して、RNP (Required Navigation Performance : 航法性能要件) は、RNAV 運航の一種であるが、機上システムが航法性能を監視し求められる航法性能を満足していることが事実ではなくなったときにパイロットに警報を発出する機能を有するものを指し、RNP10 や RNP4 などがある。

「RNAV ロードマップ (2007 年第 2 版)」の改訂版としての「新ロードマップ版 RBM 導入展開計画 (案)」においては、短期（～2024 年度）では RNAV・RNP 経路の全国展開、中期（～2030 年度）では全飛行フェーズにおける衛星航法（RNP 化）の推進、長期（2031 年度～）では TBO の実現（時間軸を含む全飛行フェーズでの衛星航法の実現）が各時期の目標として掲げられており、その中で高精度かつ時間軸を含む RNP として、空港周辺エリアにおける Advanced RNP が 2024 年より検討される予定である。

また海外の RNAV 導入事例としては、アメリカのロサンゼルス空港の RNP-AR 進入方式、フランスのシャルル・ド・ゴール空港やドイツブレーメン空港の RNP to ILS 進入方式が挙げられる。

RNP-AR (Required Navigation Performance Authorization Required)

RNP to ILS (Required Navigation Performance to Instrument Landing System)

〔 飛行経路 〕

洋上の飛行経路には、①固定経路、②可変経路、③UPR、④DARP、の 4 種類があり、RNP 航法を活用することで効率的な飛行経路を設定している。

① 固定経路：

古くから航空路として使用されているもので、例としては日本の管理空域である福岡 FIR (Flight Information Region：飛行情報区) 及び米国の管理空域であるアンカレッジ FIR 内の北限域に位置する NOPAC (NOrth PACific：北太平洋) 経路があり、各経路間には管制横間隔が確保されている。これらの経路はアジアー北米間を結ぶ重要な航空路である。

② 可変経路：

日々の気象予報に基づいて設定されるもので、太平洋の例では PACOTS (Pacific Organized Track System：太平洋編成経路システム) 経路があり、飛行の約 24 時間前の気象予測に基づいて管制機関が設定する経路である。

③ UPR (User Preferred Route：利用者設定経路)：

航空機個々に設定されるもので、運航者が個々の飛行について航空機型式や離陸重量、飛行時間、消費燃料・気象予報を検討して、最適と判断して設定する経路である。同じ時刻に出発して同じ都市間を結ぶ飛行であっても、機種や航空会社の運航方針の違いによって、UPR は異なることがある。

④ DARP (Dynamic Airborne Reroute Procedure：動的飛行経路変更方式)：

飛行中に、より効率の良い経路への変更を管制機関に要求するものである。

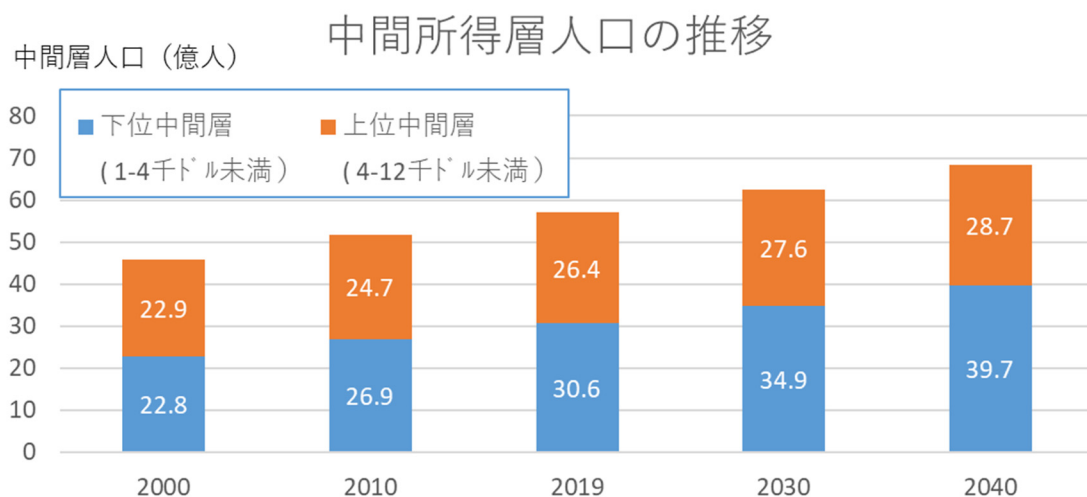
ICAO の ATM 運用概念の提案をきっかけに、日 (CARATS)、米 (NextGen)、欧 (SESAR) のそれぞれで次世代航空管制システムの開発が進められている。日本でも RNAV 運航方式は既に運用が開始され、安全性向上に加えて、増加する航空輸送需要への対応、運航効率や就航率の向上、環境負荷の軽減が可能になっている。さらに洋上の飛行においては、以前は固定された航空路であったが、RNP 航法を活用することで効率的な飛行経路を設定している。

6.4 人口動向

中間所得層(潜在／新規客)の増加

アジアをはじめとする新興国は、高い経済成長率を背景に中間所得層（世帯年間可処分所得 5,000－35,000 ドル）に属する人口が増加している。2000 年から 2010 年の 10 年間で中間所得層人口は、年平均 13.3%の伸びを示し 21 億人に達した。そして、2020 年には 31 億人に増加したものと推定されている。

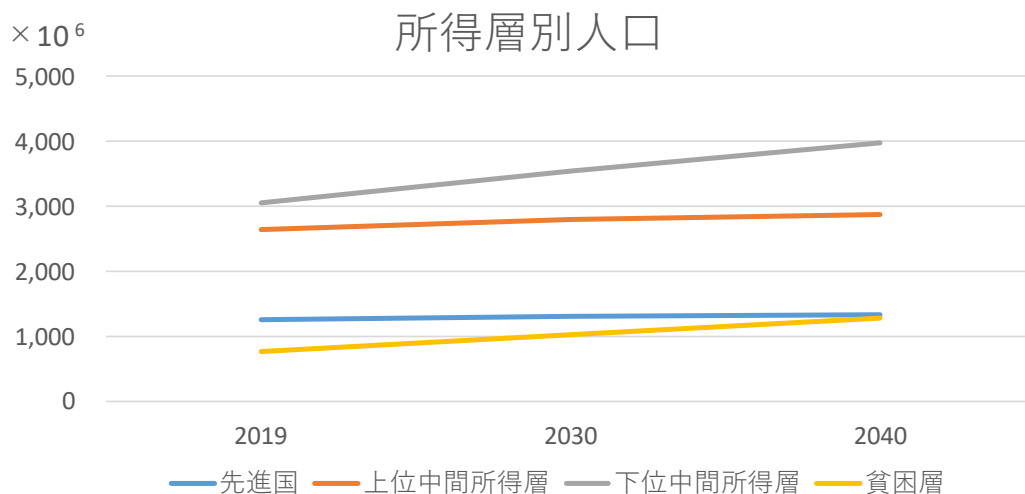
国連の 2019 年の人口推計によれば、世界人口は、2019 年の 77.1 億人から 2030 年には 86.4 億人、2040 年には 94.0 億人に増加する。発展途上国（新興国を含み、中国も含む）の人口は、2019 年の 64.4 億人が 2040 年には 81.0 億人になると推計されている。（中国を除けば各々 49.8 億人と 66.0 億人）



Source : 国連 World Population Prospects 2019

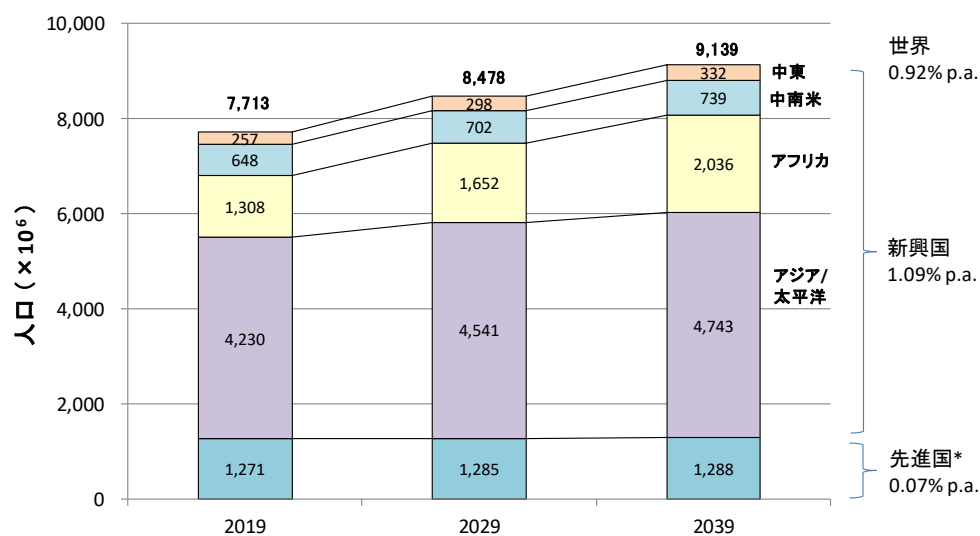
この中で上位中間所得層（一人あたり GNI が 4,000 ドル以上 12,000 ドル未満）に注目すると、世界銀行資料では、人口は 2019 年には 26.4 億人であるが 2040 年には 28.7 億人となり、この間の平均増加率は 0.41%となる。同様に高所得国（先進国）人口については順に 12.6 億人、13.4 億人と見込まれ、平均増加率は 0.30%となる。これに対して下位中間所得層（1,000 ドル以上 4,000 ドル未満）では順に 30.6 億人、39.7 億人であり、平均増加率は 1.26%と高く、2040 年の人口は高所得国と上位中間所得国の合計に迫るまでになる。

航空旅客輸送に関して安定した運賃負担力を持つ層は高所得国（先進国）と上位中間所得層国であるが、これらは現在世界の人口の半分を占めるものの人口の増加率は既に先進国型かそれに近く 0.3～0.4%/年程度と低いため、今後の航空輸送需要の成長理由の中の人口増加に求められる部分はその程度までとなる。これに対して下位中間層は増加率も高く、人数の増分も多い。この中の比較的所得の高いグループはその人口と増加率によって航空旅客輸送の新たな顧客層となることも考えられる。



現在はインドがこの状態にあり、一人あたり GDP は約 1,900 ドル（2019 年）とまだ低い。人口の多さ（約 14 億人、2023 年）から短距離路線を中心に需要を伸ばし機材需要も多い。運賃負担力と見合った形で需給のバランスが取ればエアラインや機材の市場として伸びるものと期待されるが、現状では運賃負担力が不十分なままエアライン同士が市場シェアを追及して競争した結果、業界を挙げて利益なき繁忙となり、2019 年には国内 2 位の Jet Airways が会社清算に追い込まれた。同社の運航停止によって残存の他社はシェアを増やし運賃の値下げ競争も一旦休止したとされるが、再開は不可避とも伝えられ、インドのエアライン業界が安定した成長軌道に入ることができるか注目される。

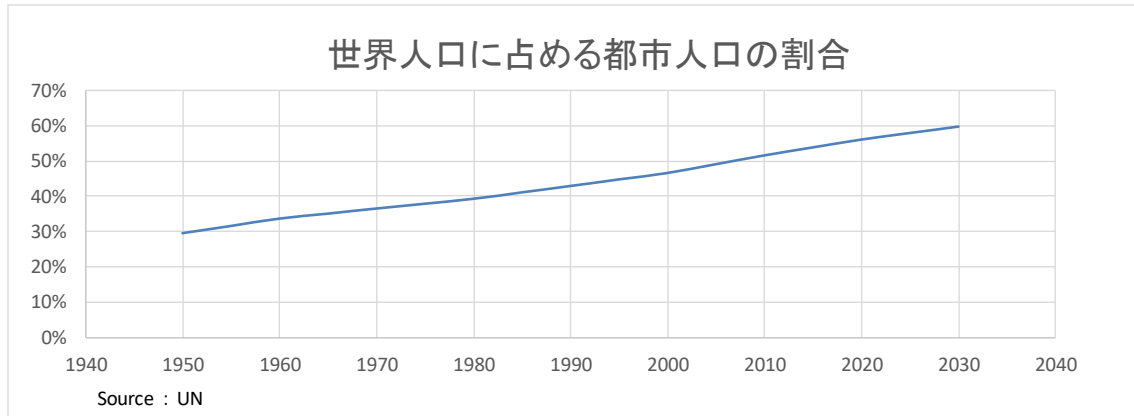
世界の将来人口推計(中位推計)



* 先進国は、北米、欧州、日本、オーストラリアおよびニュージーランド
Source : UN World Population Prospects: The 2019 Revision

都市化の進行と人口(利用客)の集中

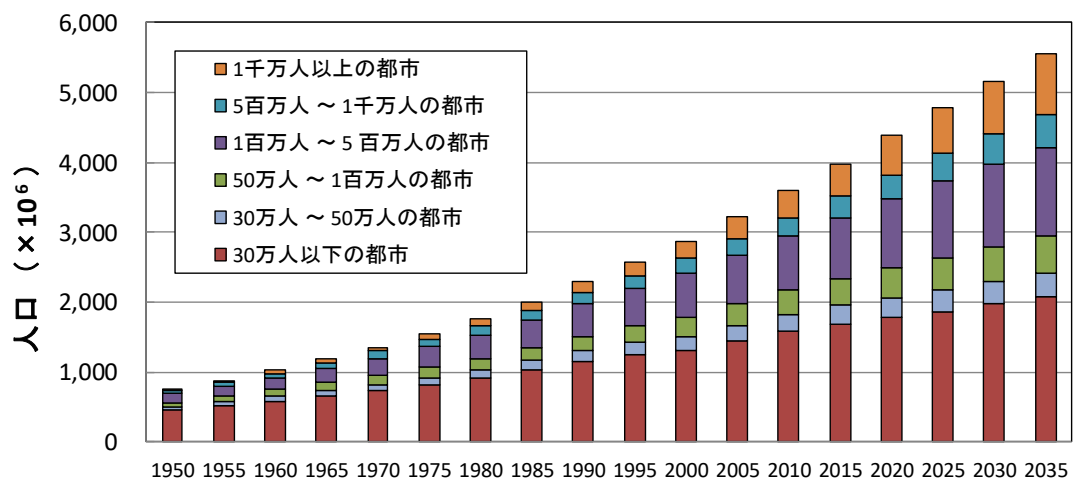
世界では、経済成長と人口の増加とともに都市化も進行している。世界の人口に対する都市人口の割合は1950年には29.6%だったが、その後増加を続け、2020年には56.2%、2030年には59.8%になると見込まれている。



従来の航空輸送ではハブ&スポーク型のビジネスモデルが優れて長く使用されてきた。小規模な都市に設置された小空港と最寄りの大空港の間で小型旅客機を使用して利用客の集散を行いながら、大空港間で大型旅客機による大量輸送を行うモデルであり、スポークの末端の小空港では大きな客数にならないことが前提にあった。

これに対して世界的に都市化が進行し大都市が増えれば、その都市圏だけで、行き先別に、十分な客数を確保できるようになると期待される。その場合は利用客の集散や乗せ替えを行うことなく大都市間の直航便を飛ばせばよい。国際線用に適した長距離機であって、都市間の利用客の規模に合わせてロードファクターを高く保てるように席数規模を策定して中型機とすることが考えられた。

世界の都市人口の推移



Source: UN World Urbanization Prospects: The 2018 Revision

6.5 競合

高速鉄道

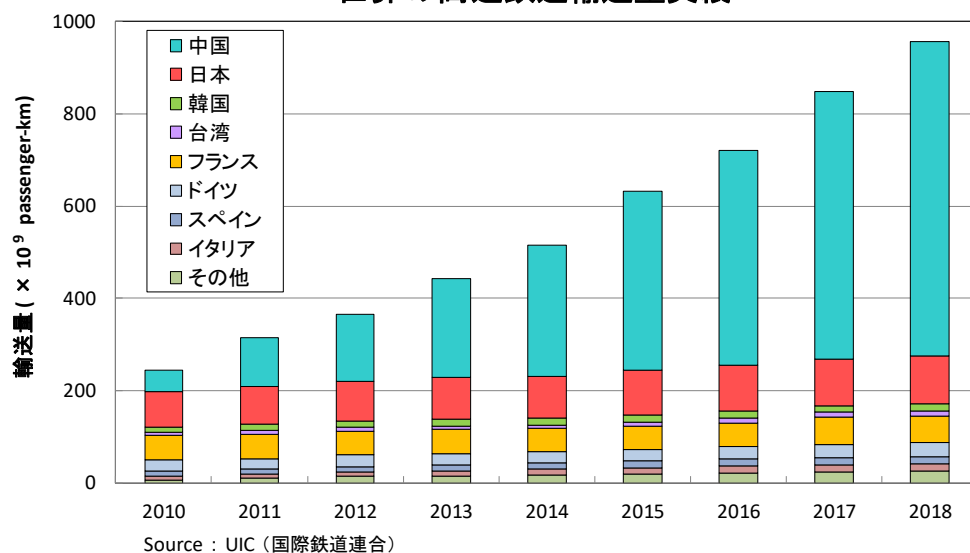
航空輸送にとって、鉄道は空港周辺域での利用客の集散を担う重要なパートナーであるが、同時に、高速鉄道は近距離路線における競合輸送手段でもある。航空機の運航速度は高速鉄道の3倍に近く、長距離路線になるほどその優位が明らかになるため、両者の競争は主として短距離路線で発生する。

高速鉄道は人口の多い大都市間を結ぶが、こうした大都市間の路線は旅客数も多く、ビジネス路線でもあることからエアラインにとっても重要な路線である。

鉄道は都心から都心へ直接アクセスでき、運行時刻が正確で天候に左右されることも少なく、空港のようにセキュリティチェックに時間をとられる事もなく、座席も広く、等級の高いクラスでなくても食事もでき、車内でも携帯電話やインターネットが使えるなど、安全確実、便利で快適という理由で高速鉄道を利用する人も多い。

特に航空機で飛行時間が1~2時間の路線での競争が厳しく、高速鉄道の乗車時間が4時間以内に収まるならば高速鉄道に分があるとも言われている。近年ではブラジル、インド、米国、インドネシア等で新たな高速鉄道の建設計画が進行しているほか、CO₂排出抑制の観点から、旅客用の高速鉄道だけでなく貨物輸送においても航空機による輸送から鉄道による輸送に切り替える動きがモダルシフトとして現れている。

世界の高速鉄道輸送量実績



一方、鉄道路線の敷設とその維持には多額の費用と時間を要し回収も長期に渡るため、計画を実行するには長期にわたる需要予測と経営判断が必要となる。これに対して、航空路線は飛行場を整備すれば路線を開設できるため開業までに係る費用も時間も比較的少なく、参入は容易であることから、鉄道などのインフラが未整備な国々では航空輸送が先行する場合もある。

船舶貨物輸送

航空機による貨物輸送は、特有の高速性を活用して貨物を短時間で遠距離にまで輸送するところに利点があるが、大型あるいは重量物の積載には向かず、運賃も他の輸送モードに比較してやや高価につくことから、電子部品、生鮮品や話題性の商品など、運賃の負担余力のある軽量で高価な品物に限られる面がある。

これに対して、社会や人々の生活を支える様々な物資は、その大部分が鉄道と船舶で輸送される。両者は重々量、大容積であっても厭わず、大量の物資を廉価に輸送する能力に優れている。

このため通常の長距離貨物は運賃の廉価な船舶輸送を頼るが、何らかの事情で船舶輸送から溢れ出た需要がある場合、航空貨物輸送はその流入先としての性格を持つことになる。好景気、緊急事態、景気回復期の在庫準備などの事情があるが、船舶輸送は航空貨物輸送よりもはるかに取扱高が大きいだけに、その一部が流入しただけでも航空貨物の取扱高は大きく変動し繁閑の変動を生じることになる。

さらに、CO₂排出削減のための H₂、NH₃ などの代替燃料に対応した新動力や関連装置を搭載する場合、船舶はそれらの重量、寸法、形状等について航空機よりも対応し易いため、今後航空機よりも有利に長距離貨物輸送需要を獲得することが考えられる。

TV 会議システム・仮想現実

遠隔地の親戚友人と会うために旅行し、意思疎通を図るために出張する。航空機は高速輸送手段としてこうした需要に応じており、一部には SST でさらなる高速・短時間化を追求する意見もある。

他方、インターネット時代を迎えた近年は大容量で高速な電子的通信手段が発達して、かつては未来予想図の定番であった TV 電話が家庭の PC でも実行可能となり、法人用途の TV 会議システムも高い表現力をもって実用されている。TV 会議システムであれば遠隔地であっても移動の時間もコストもかからず、急を要するものほど瞬時に接続される効果は大きい。さらに、近年の地球温暖化への対策として CO₂ の排出抑制を追求する中では、実体の移動を伴わない TV 会議システムは CO₂ の排出量も少なく、理にかなっている。

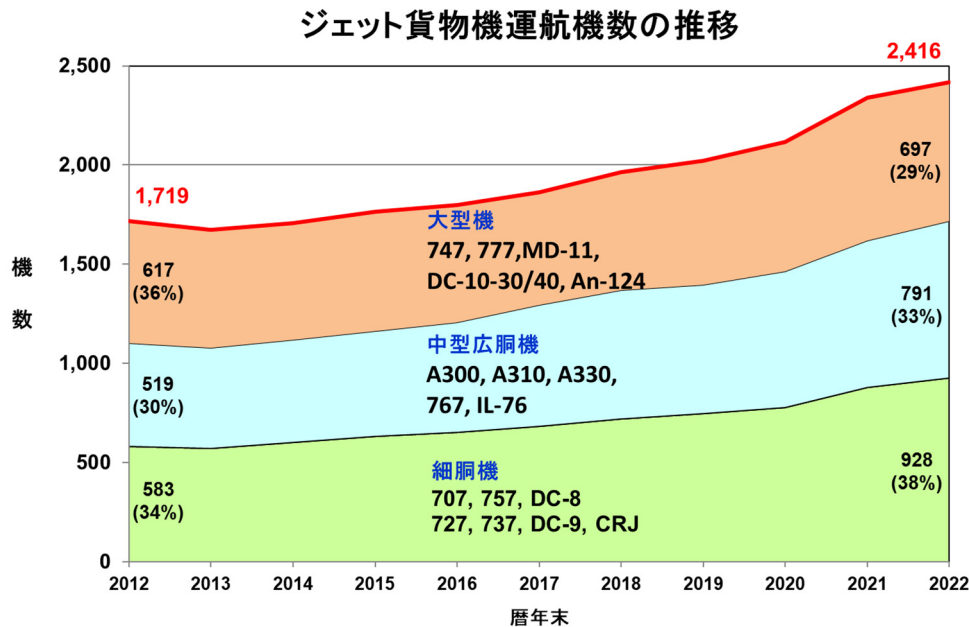
人的なコミュニケーションを考えるうえで実際に面会し握手することの効用を説く意見は根強くあるが、現在の COVID-19 への対策として「テレワーク」が推進普及されれば画面越しのコミュニケーションへの認知度も高まり、こうしたことが契機となって将来は航空輸送の目的の一部を代替する手段となることも考えられる。同様に、航空会社や旅行会社の一部でもアバターなどの名で、移動先の「現地での体験」を、本人の移動を伴わずに仮想的に実現する手段を研究している例も伝えられている。

7. 貨物機の需要予測

7.1 機材分析

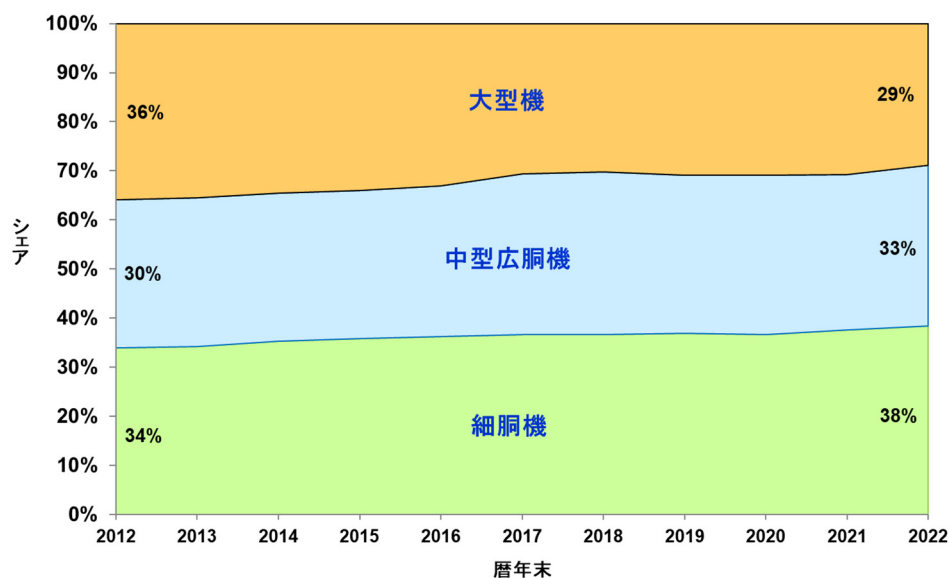
運航機数

世界のエアラインのジェット貨物機運航機数は、2013 年以降一貫して増加している。2020 年以降 COVID-19 の世界的な広がりにより旅客便が大幅に減便されたが、この影響で旅客便床下貨物スペースを利用した貨物輸送が減少した。一方後述する e-コマースの増加、医療物資運搬の増加等を原因とする貨物輸送特需によって、2021 年には貨物機の運航機数が大幅に増加した。2022 年は COVID-19 が次第に落ち着いて旅客便の運航数が回復し、これに伴い床下貨物室による貨物輸送も回復し始めて、貨物機の運航機数は緩やかな増加傾向に戻り 2022 年末の運航機数は 2,416 機となった。



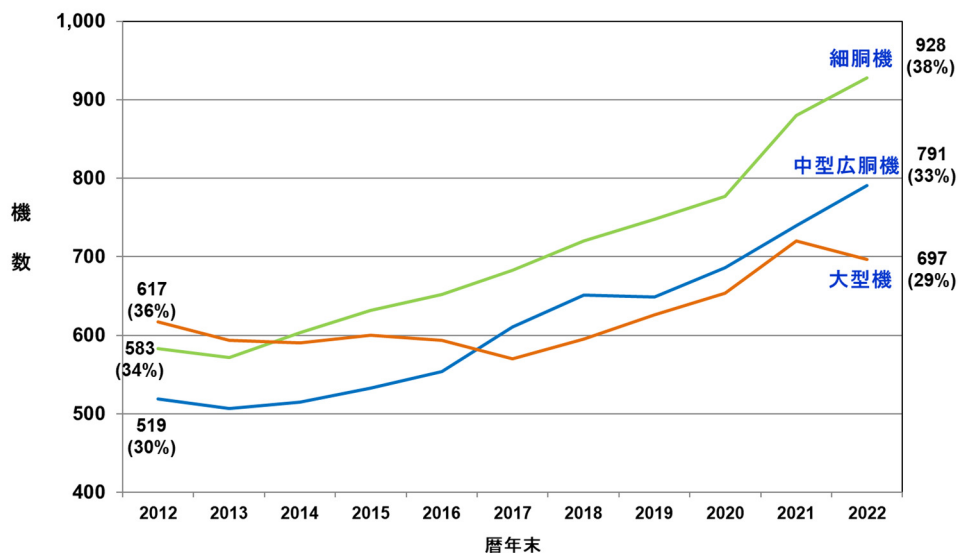
貨物機のサイズ別シェアについては、2012 年から 2022 年の間に、細胴機の割合が 34% から 38% に増加、中型広胴機の割合が、30% から 33% に増加する一方、大型機は 36% から 29% に減少した。e コマースによる小口貨物の増加が小回りの利く細胴機の需要増加の一因であると考えられる。

ジェット貨物機運航機数サイズ別シェアの推移



貨物機の総機数は、2021年に大きく増加した後2022年には緩やかな増加に転じた。内訳をみると、2021年は、細胴機、中型広胴機、大型機ともに増加しているが、2022年は大型機が減少し、細胴機と中型広胴機が共に増加している。

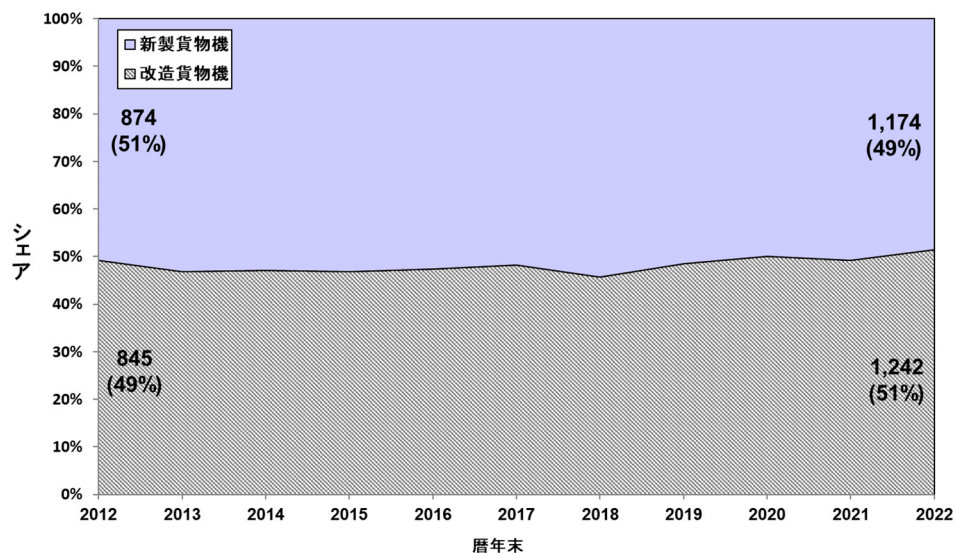
ジェット貨物機運航機数の推移



改造貨物機

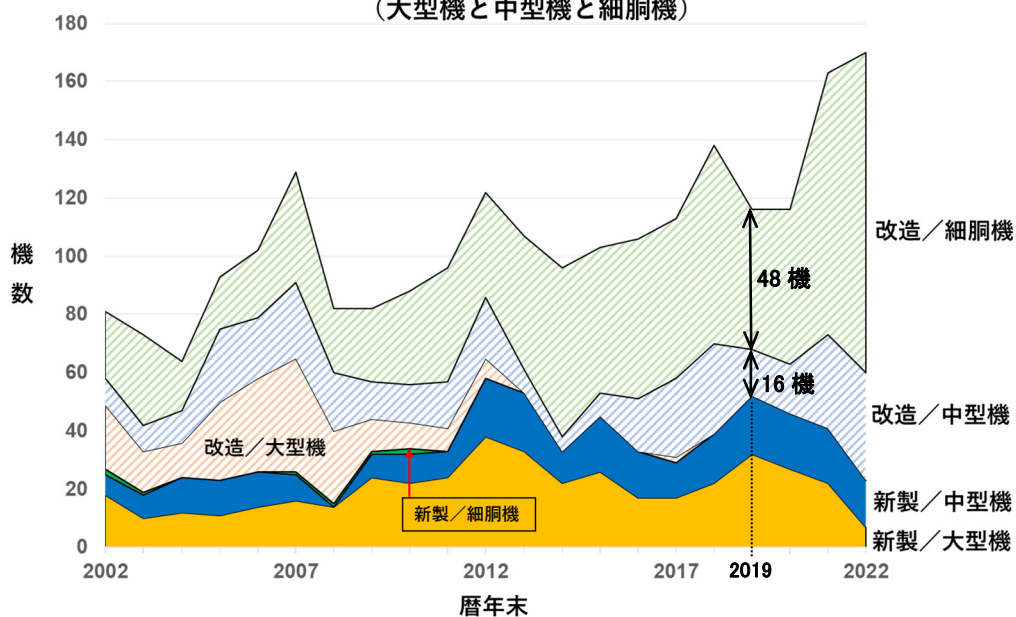
貨物機市場では、歴史的に旅客機からの改造機が多く使用されており、全貨物機の約半数が改造機である。一般に旅客機の機齢が10歳を過ぎる頃に貨物機へ改造が始まり、機齢15歳前後が改造のピークとなる。

ジェット貨物機の運航機数の推移
(新製機と改造機)



2017～2019年の3年間の旅客機の平均退役数は、広胴機（大型機+中型機）が123機/年、細胴機が271機/年であった。これに対して2019年の貨物機への改造機数は、広胴機（大型機+中型機）が16機、細胴機が48機であり、これを比較するとそれぞれ退役機数の13%（16/123）、18%（48/271）程度が貨物機に改造されていることになる。

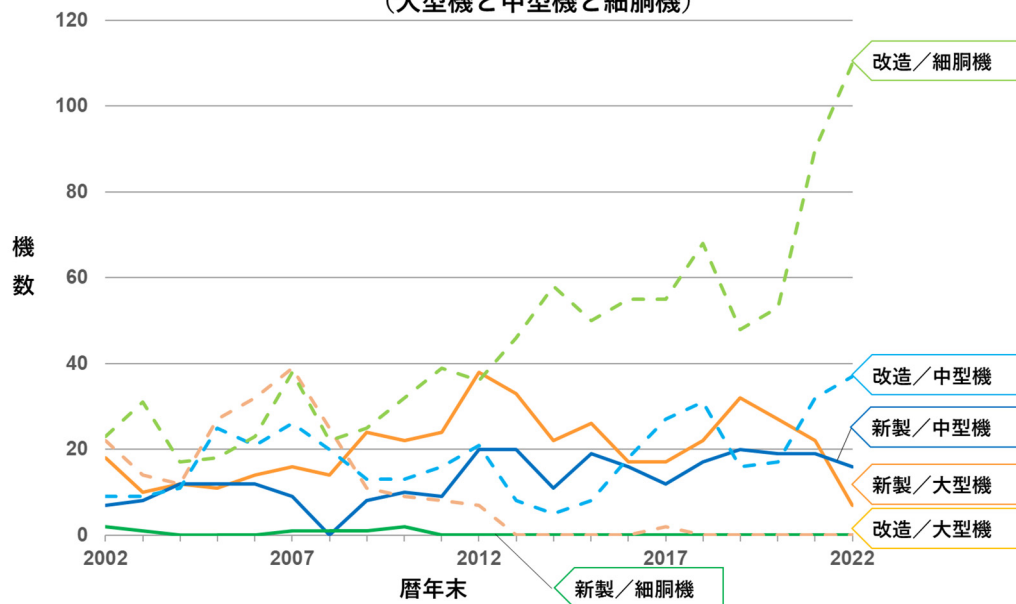
ジェット貨物機のサイズ別改造／新製機納入機数の推移
(大型機と中型機と細胴機)



2000 年以降の新製機と改造機の納入履歴を見ると、細胴機は、2004 年に 757 貨物機の生産が終了した後は西側には新製機種はない。このため現在は、細胴貨物機のほとんどが改造貨物機になっている。

細胴機において、今までは 737-300/400 および 757 旅客機が多数改造されてきたが、2021 年には 737 MAX 8 の運航再開に伴って余剰となった 737-800 が多数改造されている。また Airbus 機も同様に A320neo 系の運航機数増大に伴い余剰となった A320ceo 系が改造されている。A320 系の貨物機改造機は 2021 年より就航を開始している。

ジェット貨物機のサイズ別改造／新製機納入機数の推移
(大型機と中型機と細胴機)



広胴機は、1990 年代には中型機では A300/A310 や大型機では DC-10 が、2000 年代にはいると、大型機では 747、MD-11、中型機では 767 といった機体が多数貨物機に改造された。近年は、改造に適した 767 や A300 の中古旅客機の退役機材が不足しており、更に A330 改造貨物機は 2017 年より就航して日が浅く、777 改造貨物機は 2019 年 10 月にプログラムがローンチされたばかりでどちらも機数が不足していた。そこで新製機であれば退役までの運航期間は長く、整備費用も少なく済むことなどから、2019 年までは 767F、777F や 747-8F の新製機の納入が増えていた。

2020 年からは、COVID-19 の影響による貨物機需要増のため、旅客機をベースにした改造貨物機の納入が増えた。その需要増から、2021 年から貨物機への改修を行う工場が各地に建設され始めた。中国やイタリアにも貨物機改造工場が建設され、ボーイングは、インド、イギリス、カナダにも相次いで新たな改造拠点を開設することを発表した。更に 2023 年以降は、貨物機改造に人気のある A330-300、777-300ER 等の改造貨物機の納入が多数計画されている。大型機の改造貨物機は、A350F や 777-8F の受領が始まる 2026 年頃までの不足を補うものと考えられる。

Preighter

2020 年には COVID-19 が世界的に蔓延した。これに伴って緊急用をはじめとする各種物資の輸送が増加したが、本来貨物輸送の中心となる海運に需要が集中し混乱が生じた。そのため、緊急を要する物資などが航空輸送にも流入することになったが、COVID-19 に対する防疫措置のため旅客の移動が制限されて旅客便が減便され、旅客機の床下貨物室による貨物輸送力も大幅に減少していた。貨物機による輸送も増強されたが需要に対応しきれず貨物イールドが大幅に上昇する状況で、エアラインは旅客機を、旅客を乗せない状態で事実上の貨物機として運用した。この実質的な貨物機が Preighter と呼ばれた。

(Preighter : Passanger と freighter の混成語)

Preighter は、床下貨物室のみ、または客室も併用して、COVID-19 関連の医療品、需要が急増した電子部品、衣服・繊維製品など軽貨物の輸送に利用された。

2020 年以降、旅客エアラインは Preighter による貨物輸送から収益を得ることができ、この時期の貨物イールドの高さと燃料コストの低さ（特に 2020 年）もあって、COVID-19 による旅客収入の減少を補う効果があった。2022 年に入ると旅客輸送が回復し始め、旅客機材も旅客を乗せて旅客機としての運用が中心となったことから Preighter としての運用は減少した。



旅客機の座席を取り外して貨物機として使用する例



旅客機の状態でも貨物機として使用する例

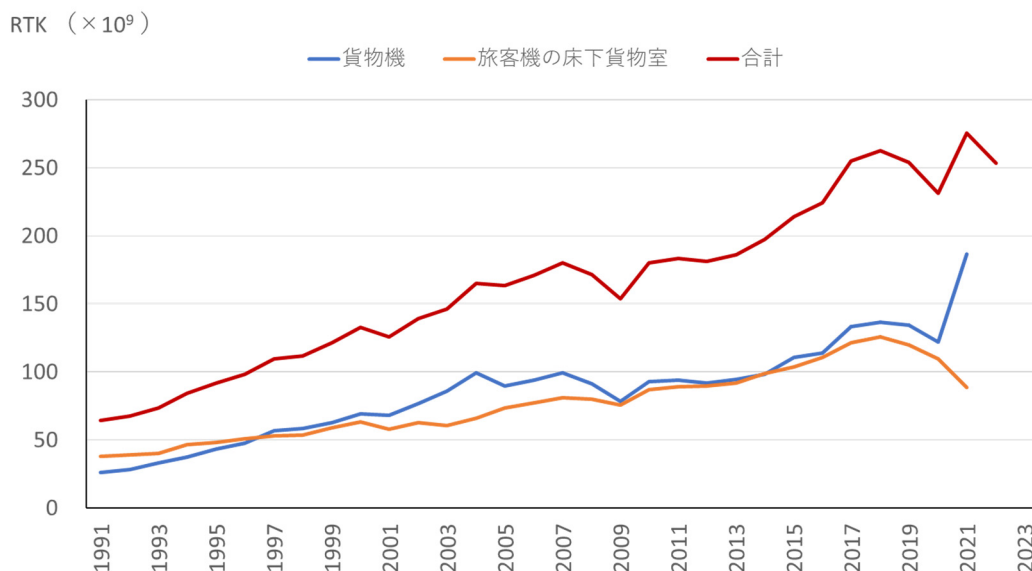
7.2 ジェット貨物機の需要予測

貨物輸送量の推移

貨物機による貨物輸送量は、国際的な政治経済等の状況に影響を受けるが、全貨物輸送量(RTK)ベースでは、1991年以降多少の落ち込みはあるものの、ほぼ一貫して増加してきた。

2020年はCOVID-19によるロックダウン等の影響により、RTKは大幅に減少し対2019年比-8.9%となった。2021年は、eコマースの増加、医療物資など緊急輸送の需要が高まり貨物輸送量が増加、IATAによればRTKが対2019年比8.4%増となった。2022年は対2021年比で-8.0%となり、対2019年比では-1.6%となった。

世界のエアラインの貨物輸送量

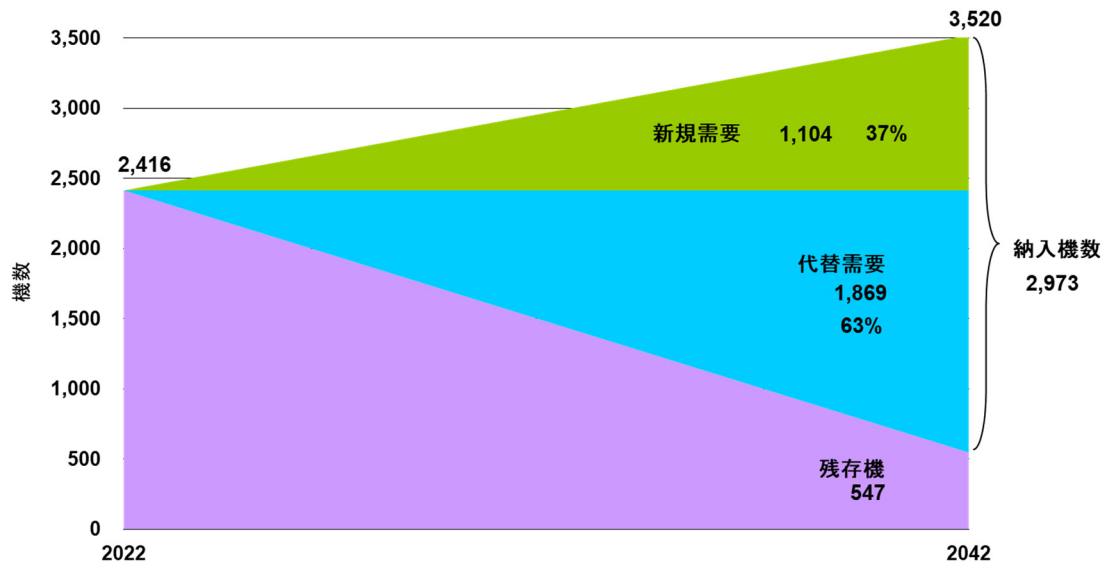


ジェット貨物機の需要予測結果

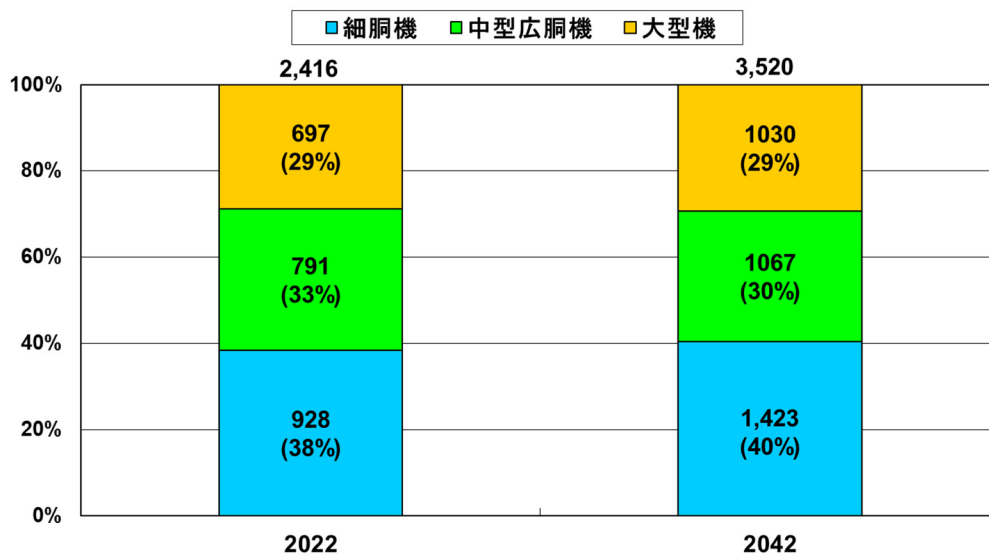
エアラインでのジェット貨物機の運航機数は、外部要因による変動が大きいですが、長期的に見ると需要は増加し2022年の2,416機から2042年には3,520機に増加すると予測する。その内訳は、既存機が547機、代替需要が1,869機、新規需要が1,104機である。今後20年間に代替需要に新規需要を加えた2,973機が納入されると予測する。増加要因のひとつとして、近年の伸び率が10%を超えるeコマースの拡大によって、2035年に向けて宅配便が倍増するという予測がある。一方で世界的動向であるカーボンニュートラル対策のモータールシフトの影響などが、需要増加のブレーキとなり得るとも考えられる。

サイズ別ジェット貨物機の運航機数のシェアについては、2022年は細胴機が38%、中型広胴機が33%、大型機が29%であったが、2042年にはサイズ別シェアは細胴機が40%、中型広胴機が30%、大型機が29%と細胴機の微増になると予測する。

ジェット貨物機の需要予測結果



サイズ別ジェット貨物機の運航機数およびシェア



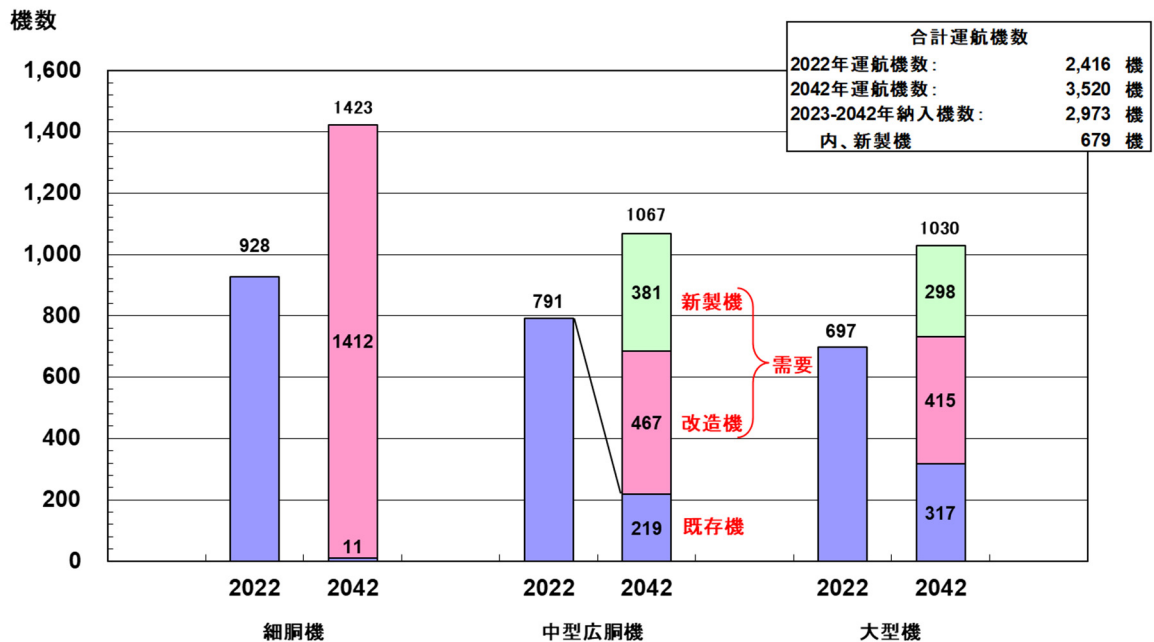
2042 年のサイズ別の運航機数は、細胴機 1,423 機、中型広胴機 1,067 機、大型 1,030 機の合計 3,520 機である。

細胴機は、当面は新製貨物機のプログラムはないものと見られ、A320/321、MD80/90 系、737 旅客機からの改造貨物機が主となる。CRJ100/200 や BAe146 といったリージョナルジェット機の改造貨物機も少数ながら存在している。将来は CRJ700/900 や E-Jet の改造貨物機の出現が予測されていた折、E190 や E195 の小型ジェットを改造するプログラムが開始され 2024 年就航予定である。

広胴機の新製機は、現在は、767-300F、777-200LRF が存在するが、これらの機種は二酸化炭素排出規制により 2028 年以降は新規に納入できない。そのため、今後の新造機は A330neo 系や A350F、777-8F などに移行すると考えられる。改造貨物機としては、A330 や 777、747-8I 旅客機の退役機が期待できる。*

(*：2028 年以前に完成機として納入され運用されている機体は、改造する場合も含め、2028 年以降も運用可能。)

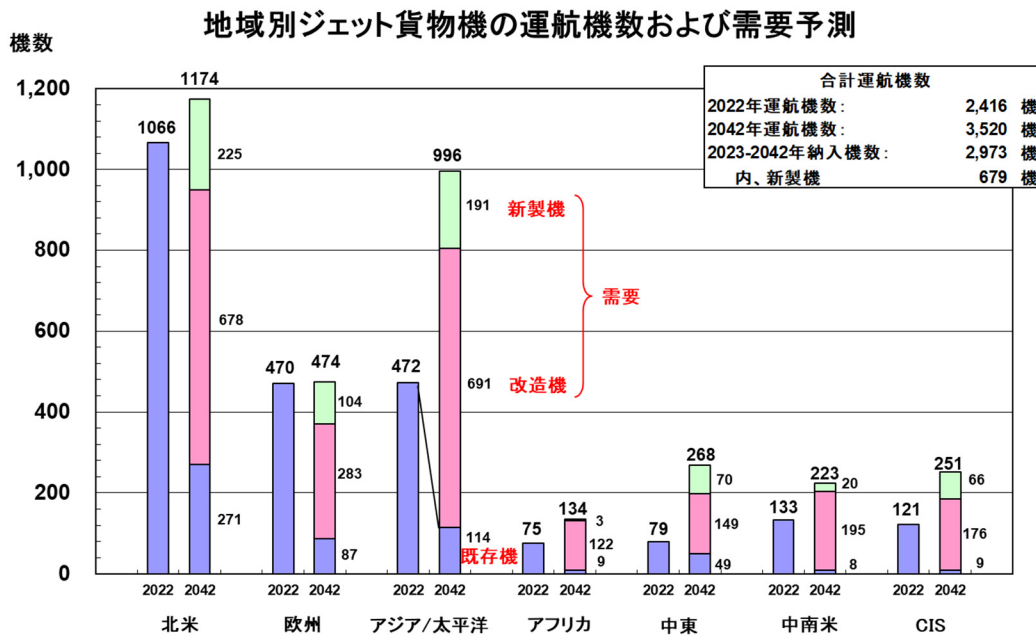
サイズ別ジェット貨物機の運航機数および需要予測



地域別では、北米・欧州は、10～15%の運航機数増加が予想される。一方、アジア／太平洋、中東などの他の地域では、最大3倍以上への増加が見込まれる。特にアジア／太平洋の成長が著しい。

納入機数（新製機＋改造機）が最も大きいのは北米で903機、次いでアジア・太平洋が882機、以下は欧州387機、中東219機などが続く。

新製機は、北米が225機、アジア／太平洋が191機であり、北米とアジア／太平洋が大きな市場である。



ランプ式貨物扉を有する貨物機によって重量物や規格外品をチャーター輸送するHOM(Heavy and Oversize air cargo Market)では、旧ソ連系の軍用機の民間転用型であるAn-124やIl-76が主に用いられている。HOMの輸送量のシェアは、RTKベースでは航空貨物輸送量全体の0.5%程度と非常に小さいが、航空宇宙機器、精密機械、油田や鉱山開発用資機材、災害支援、人道支援等の輸送需要の高まりから、需要の伸びが期待されている。

An-124、An-225*やIl-76に替わる機体がないこと、運用頻度が少ないことから、当面は現有機材の運用が期待されていた。しかし、2022年3月からのウクライナ事変の影響で、ロシアの国内線は運航されているものの、ロシアと他国間の運航を制限もしくは禁止する国が増加し、HOM機材の活躍の場も狭まっているものと考えられる。

(* : An-124はウクライナで5機（全機Antonov航空）、ロシアで15機（うち民間4機）がIn-Serviceの状態にある。An-225は1機のみ製造され、ウクライナのAntonov航空で運航されていたが、2022年にロシア軍の攻撃で破壊された。ウクライナ政府は未完成状態で保管されている2号機の製造再開を意図している。)

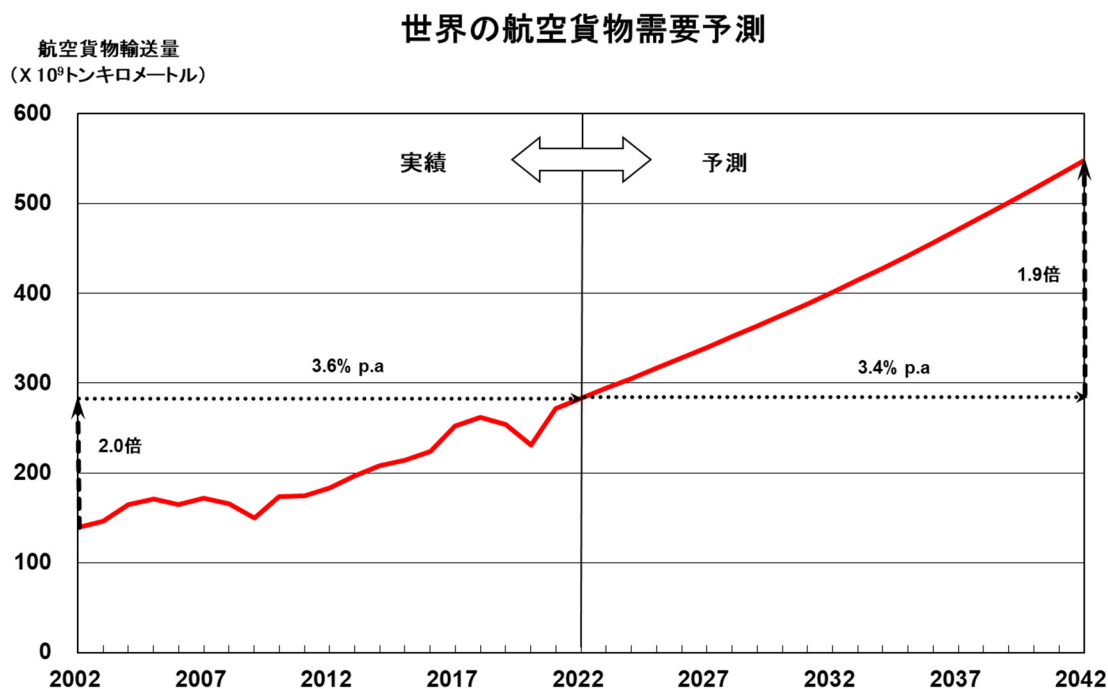
特殊な HOM 機材としては、A300-600ST「ベルーガ ST」の後継機として A330-200F をベースに開発された「ベルーガ XL」が 2020 年より就航し、A350 の主翼などの運搬に利用されている。ボーイングでは、古くは 1970 年代から 377-SG/SGT「スーパードグッピー」が 4 機製造されロケット部品等の運搬に利用された他、747-400 を改造した大型特殊貨物機 747-400LCF「ドリームリフター」が 2006 年から就航し 787 の主翼などの輸送に利用されている。

8. 航空貨物需要の予測

航空貨物輸送量の実績と予測

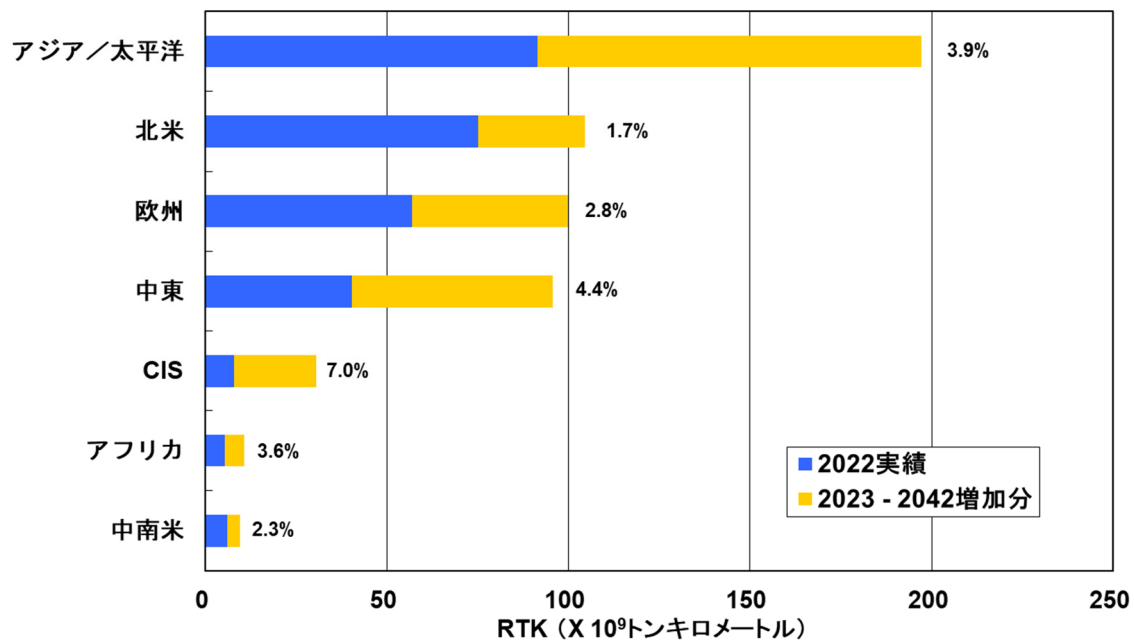
世界の航空貨物輸送量は、RTK ベースで 2002－2022 年の 20 年間に年平均 3.6%で伸びてきた。貨物ビジネスは、旅客輸送よりも景気の変動を大きく受ける傾向がある。2002－2012 年の 10 年間は、2008－2009 年の米国の金融危機や欧州の信用不安の落込みの影響により年平均伸び率は 2.1%であったが、落込みから回復した 2010－2019 年までに年平均 4.3%の堅調な伸びを続けてきた。

2020 年は COVID-19 による下振れが発生したが 2020 年 12 月時点で RTK は 2019 年末の水準に回復しており、2021 年には増加傾向となり今後世界の航空貨物需要は、RTK ベースで 2022－2042 年の間に年平均 3.4%で成長し、2042 年には 2022 年の 1.9 倍に増加すると見込んでいる。



地域別では、アジア／太平洋地域のエアラインの輸送量が最も大きく、地理的な広がりや高い経済成長を反映し、2022 年の 91.4×10^9 トンキロメートルが 2042 年には 2.1 倍の 197.2×10^9 トンキロメートルに増加する。北米のエアラインは、 75.1×10^9 トンキロメートルから 104.6×10^9 トンキロメートルに、欧州エアラインは、 56.9×10^9 トンキロメートルから 99.8×10^9 トンキロメートルに、中東エアラインは、その地理的な優位性を生かし 40.3×10^9 トンキロメートルから 2.4 倍の 95.6×10^9 トンキロメートルとなる。

地域別航空貨物需要予測結果



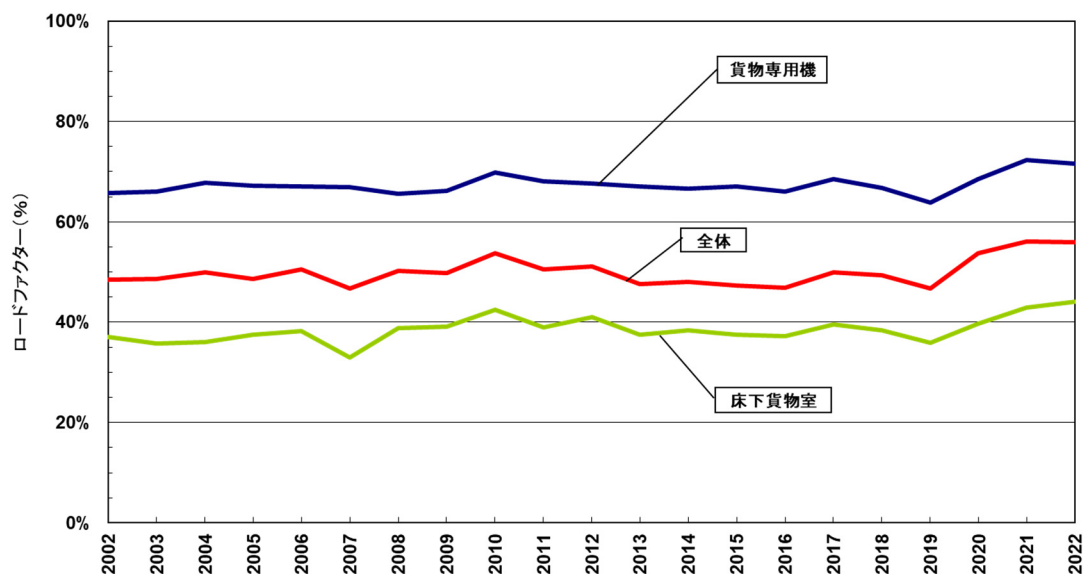
貨物ロードファクター

貨物ロードファクターは、貨物機(貨物専用機)による輸送と旅客機の床下貨物室による輸送を合わせた全体でみると、2002年の48.4%から2022年の55.9%と、需要の変動の影響を受けながら、50%を挟んで約±5%の範囲で推移してきた。

貨物専用機と床下貨物室の各ロードファクターも、ほぼ同様の傾向で推移している。

2020年はCOVID-19の影響で貨物輸送実績(RTK)は2019年比で8.9%減少したが、旅客機の運休が拡大し、旅客機の床下貨物室の輸送量が減少した結果、貨物機による輸送量が増加しロードファクターも72.3%まで増加した。2021年は、2020年に引き続いてCOVID-19の影響を受け増加し、2022年はその状況を維持している。

貨物ロードファクターの推移

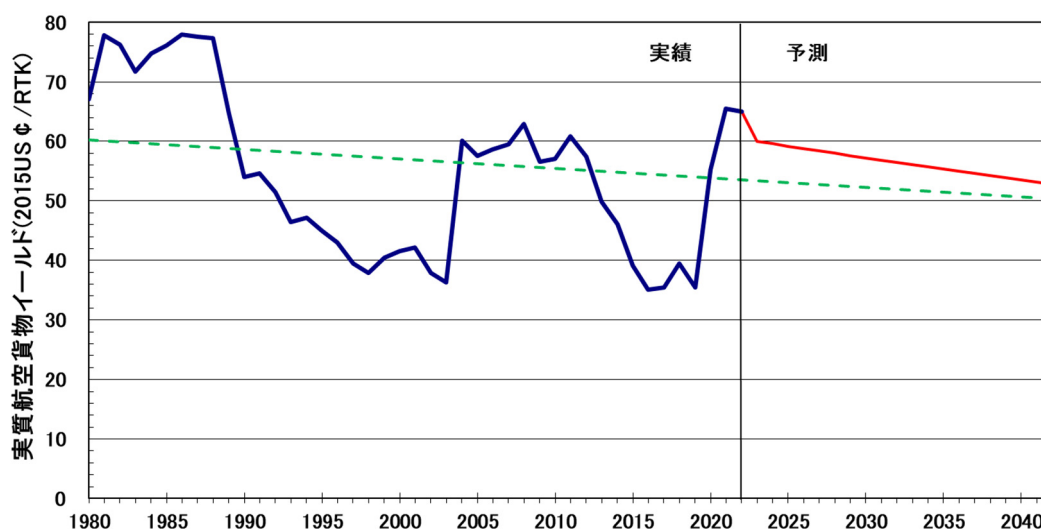


貨物イールド

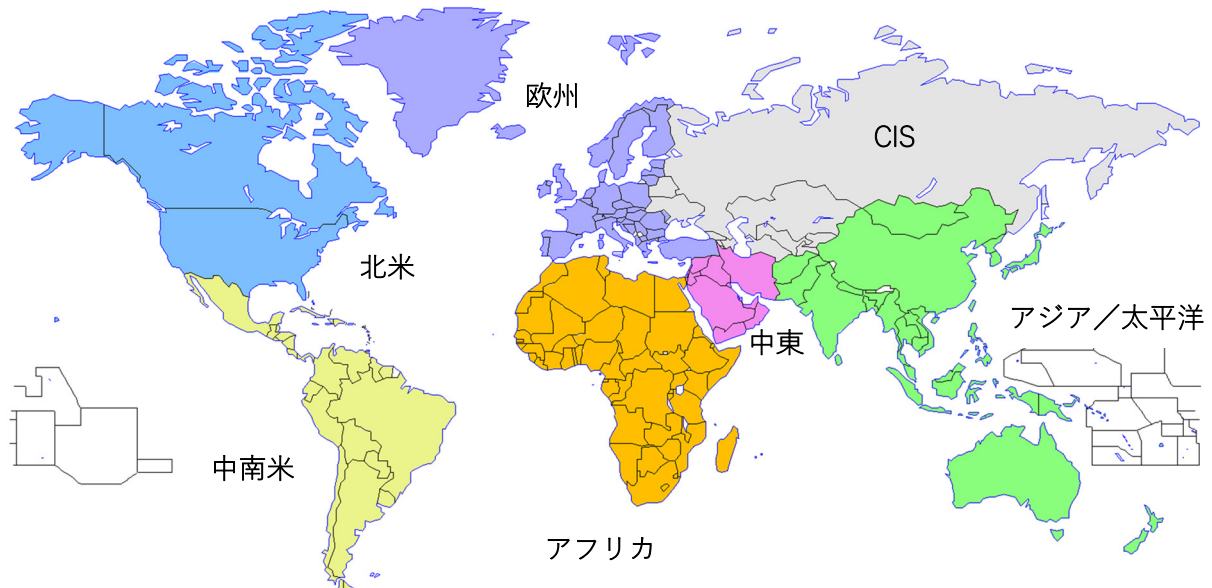
運賃を示す指標である実質貨物イールドは、1980－2020 年の 40 年間では世界で年平均 1.0%の低下であった。1985－1998 年は、規制緩和や国際宅配便業者が一般航空貨物へ参入したことなどにより実質貨物イールドは大きく低下したが、2004－2008 年にかけて原油価格高騰により、実質貨物イールドは大きく上昇した。しかし、2008 年のリーマンショック以降 2016 年にかけて再び低下していった。

2020 年から COVID-19 の影響で旅客機の運休が拡大した結果、旅客機の床下貨物室での輸送能力が減少し結果的に貨物機による輸送需要が増加した。同時にコンテナ不足で供給が低下した海運の需要が航空貨物に流れ、機材のキャパシティに限界がある中で取引数量が増えイールドが急上昇した。2022 年から旅客機の運航が再開されてきており、それと共に貨物輸送能力が拡大する為、イールドは次第に低下していくものと予測している。

実質航空貨物イールドの予測



9. 地域別概要



過去 20 年間（2000-2019）、世界の GDP は年平均 3.0%、旅客輸送は 5.1%、航空貨物は 3.7%で成長してきた。この間、世界各地で航空の自由化が進み、エアラインの新規参入や合併、淘汰、国営エアラインの民営化などの再編が進行し、さらには多くの LCC が市場に参入してきた。エアラインは、単独でのネットワーク形成からアライアンスと呼ばれるグループによるネットワーク形成へと戦略が変化した。また、以前は、航空輸送の成長を牽引していたのは欧米のエアラインであったが、近年は中東やアジア／太平洋のエアラインの成長も顕著である。このように、時代とともにエアラインのビジネスモデルやネットワーク戦略は変化し、成長するエアラインやその地域も変化する。

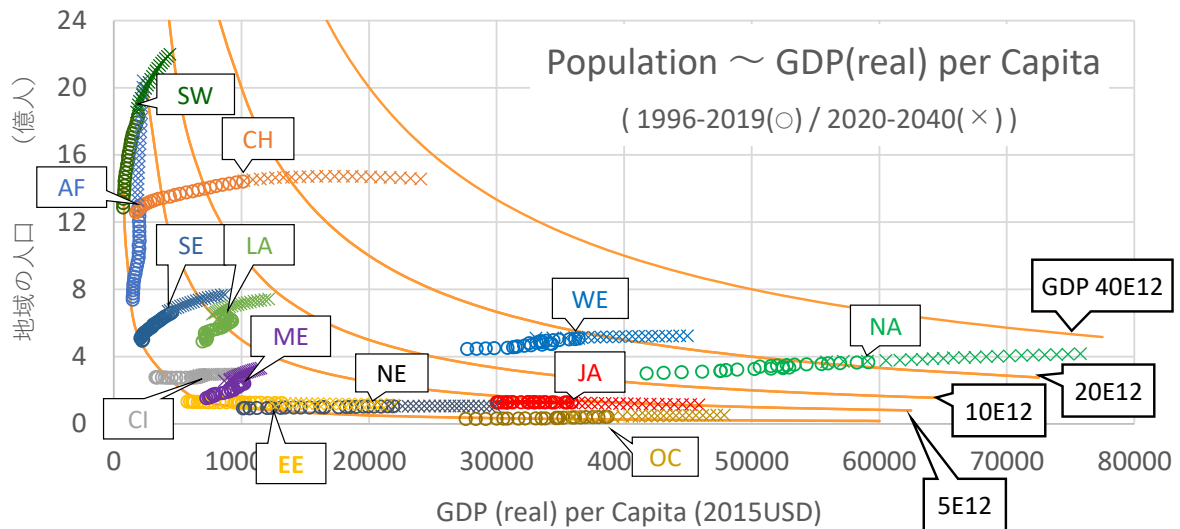
また、地域によって航空機に対する要求も変化する。その地理的要求から中東のエアラインは長距離長時間の飛行が可能な広胴機をもとめ、欧州は同じ広胴機でも 12,000km 以下の航続距離の機体を使用している。北米では短距離から大陸横断距離まで細胴機で押し通している。また、拡大著しい LCC の多くは細胴機を使用している。エアラインを特徴づける事情はビジネスモデルによっても、所属している地域によっても異なり、それぞれ機材への要求も異なってくる。

なお、以下に示す地域別の旅客需要、貨物需要や機体需要は、各エアラインによって輸送される旅客需要や貨物需要、運航されている機体数や納入機数を、各エアラインが法人登録されている（本社を置いている）国の属する地域ごとに積算したものである。

（以下の文中で、「短距離」は 1,000km まで、「近距離」は 1,000～2,000km、「中距離」は 2,000～4,500km、「長距離」は 4,500km 以上の距離帯を示す。）

地域別経済の性格

本書で取り上げる各地域について、その経済的な性格を、人口と一人あたり実質 GDP の過去から将来への動き（1996-2018/2018-2040）によって示す。横軸は、地域の一人あたり実質 GDP、縦軸は人口を示す。また、双曲線（5, 10, 20, 40×10¹² USD）は両者の積（一人あたり GDP×人口=GDP）を示す。



- ・北米（NA）は、人口は僅かな増加傾向を示しながら、一人あたり GDP は過去も今後も足早に成長してゆく。航空輸送需要の観点からは、人口増ではなくさらなる経済力の増加で輸送需要が増加するタイプであるが、既に先進国型の緩成長モデルになっている。
- ・西欧（WE）や日本（JA）、オセアニア（OC）も NA に似て人口の増加は少ない（あるいは減少基調）が、一人あたり GDP は増加を続ける。
- ・中国（CH）は、これまで急激な人口増加を印象付けてきたが、2030 年頃までにはピークを過ぎ、その後は緩やかな減少過程に入るとともに急激な高齢化の進行に直面し、扶養負担の増加によって経済成長も減速する。この間、人口の大きさにも支えられて GDP は 2040 年頃には NA に比肩するところまで成長する。一人あたり GDP でみれば依然欧米に及ばないが、予測期間中（2023-2042）に 20,000 ドルを超える。その結果、予測期間の早期に RPK は途上国型の急成長モデルから緩成長モデルに遷移すると見込まれる。
- ・南アジア（SW、インド他）は一人あたり経済力の増加は遅く、依然として人口増加の速さで特徴付けられる。アフリカ（AF）は SW 以上にこの性格が強い。
- ・このほか、中東（ME）と中南米（LA）でも間もなく一人あたり GDP が 10,000 ドルに到達する。東欧（EE）は現在 13,000 ドル付近にある。

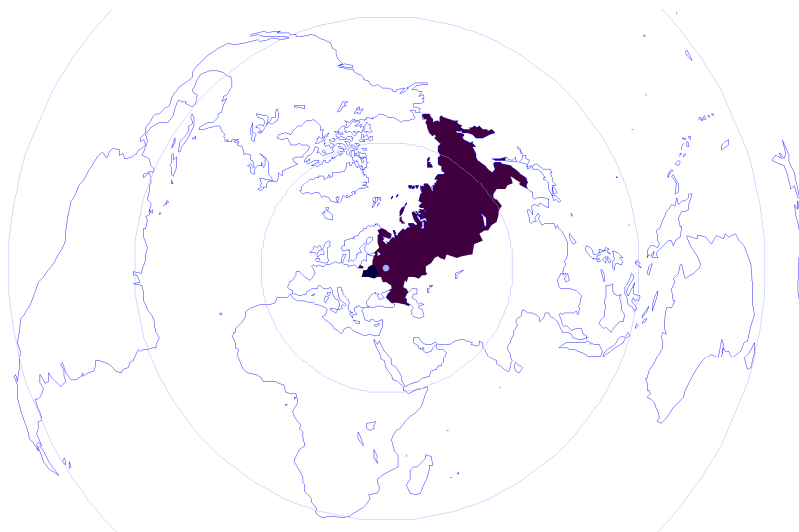
領空閉鎖

2021 年 5 月、ベラルーシは自国領空を通過中であった外国エアラインの旅客機を戦闘機によって強制着陸させ、同機に搭乗していた反政府運動家の身柄を拘束した。これに対して EU は EU エアラインがベラルーシ領空を飛行しないように指示し、またベラルーシのエアラインが EU 領空を飛行しあるいは空港へアクセスすることを禁じた。

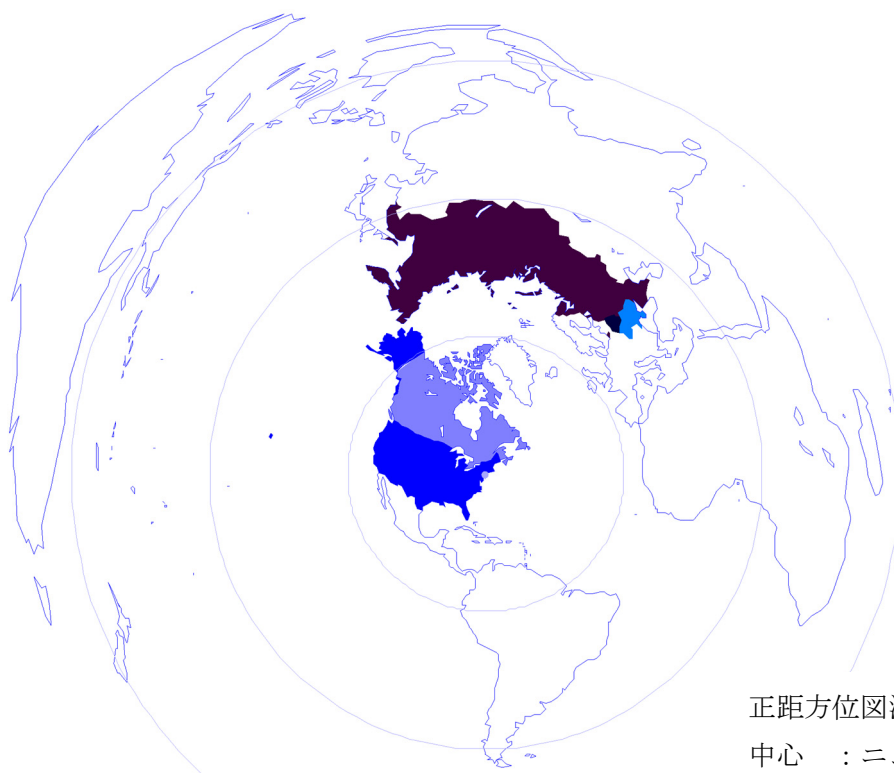
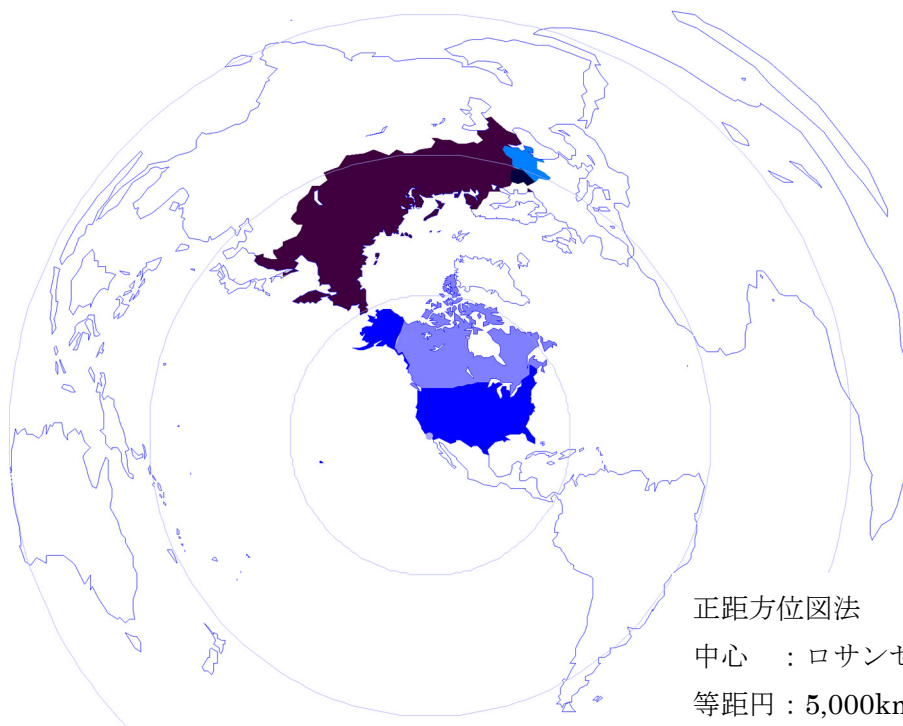
2022 年 2 月、ロシアはウクライナへの侵攻を開始した。これを受け北米や欧州の各国は、対露経済制裁の一環として自国領空でのロシア関係機の飛行を禁止した。また、これへの応答としてロシアはそれら各国の航空機がロシア領空を飛行することを禁止した。

これによって 1990 年代から利用されていたロシア領空を通る航空路を利用できなくなった国も多い。日本のエアラインでもこれら航路に替えて北回り欧州線（北極圏）や南回り欧州線の利用を再開しているが、ロシア上空を通過する場合に対して飛行時間は 20%以上長くなっていると見られる。同様に各国のエアラインも各々の事情に合わせて代替航路を使用することになるとみられるが、大きく迂回する場合には飛行時間、燃料消費量ひいては CO₂ 排出量が増えることにもなる。

また、制裁と領空の閉鎖が長く続く場合、航路の変更によって旅客や貨物の集散に適した地点が変わり、エアラインの戦略に影響することもある。



9.1 北米



2020 年の米国は COVID-19 に対する比較的緩やかな防疫措置と初動の遅れから世界屈指の感染者数を計上する事態となったが、同時に新技術によるワクチンの開発や調達、緊急承認への準備も進められていた。2021 年 1 月の新大統領の就任以降は、ワクチンの接種が本格化し、接種完了率は 6 月頃にかけて急速に上昇した。その上昇と同期して国内線 RPK の回復が始まり、2019 年比約 40%（1 月）から 90%強（7 月）にまで上昇した。その後、接種完了率は頭打ち傾向を示し 12 月末時点でも約 60%に留まったが、RPK は 90%前後を保っており、エアラインの四半期決算の黒字化も伝えられるようになった。2022 年後半にはやや回復の遅かった大西洋線も 90~100%の水準に回復し、売上高純利益率（2022 年は 3.4% 見込み）で見れば COVID-19 前の水準（2019 年は 6.6%）にはまだ及ばないものの、2022 年の北米エアラインの純利益は黒字を確保した。また 2022 年 12 月にはユナイテッド航空による大規模な新規発注も行われるなど、黒字化にともなう資金力の回復によって今後は新機材の発注も増加するものと期待される。

しかし 2022 年 2 月にはロシアがウクライナに侵攻し、米国をはじめとする国々が対露経済制裁を開始した。航空輸送に関しても、互いに領空を閉鎖して航空機の往来を止め、路線を変更し、補用品やサービスあるいは原材料の供給を断つ等の分離措置が執られている。現在のロシアの状況に照らしてこの制裁は当分続く可能性が高く、機材の生産や路線距離（CO₂ 排出量）、市場の再編、などの影響が生じると考えられる。

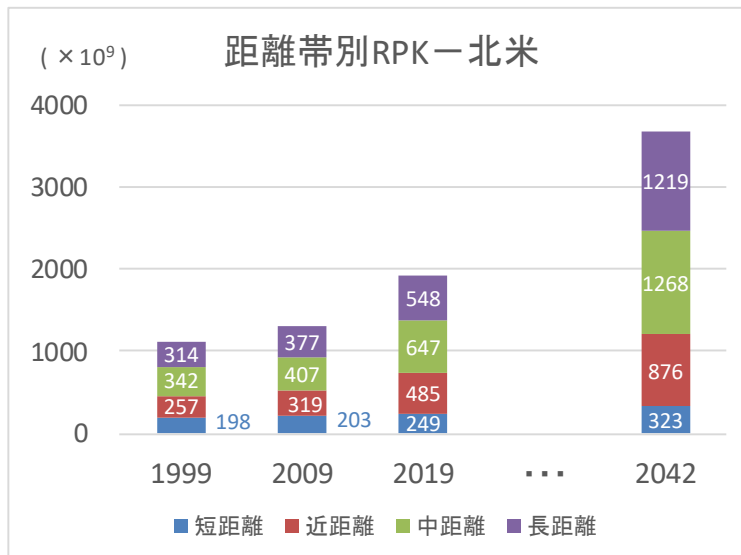
また、当初は貿易摩擦の形で表面化した米中の確執は、ファーウェイへの懸念、香港や台湾への対応、米国の知的財産のネット経由での窃取への疑念などを経て悪化している。今後 COVID-19 後の世界が再構成される中で、サプライチェーンの組み換えなども生じ、旅客や貨物の往来の形に影響を与える可能性も考えられる。

2001 年の同時多発テロによって大きな打撃を受けた北米のエアラインは、その後の回復の過程で組織の合理化や他社との合併等を進め、米国では、大手エアラインはアメリカン航空、デルタ航空およびユナイテッド航空の 3 社に、リージョナルエアラインもスカイウエスト航空、リパブリック航空およびトランススレート航空の 3 社にほぼ集約された。2019 年時点でアメリカン航空、デルタ航空、ユナイテッド航空およびサウスウエスト航空の 4 社が、RPK ベースで北米エアラインの 7 割を占めており、寡占化が進んでいる。

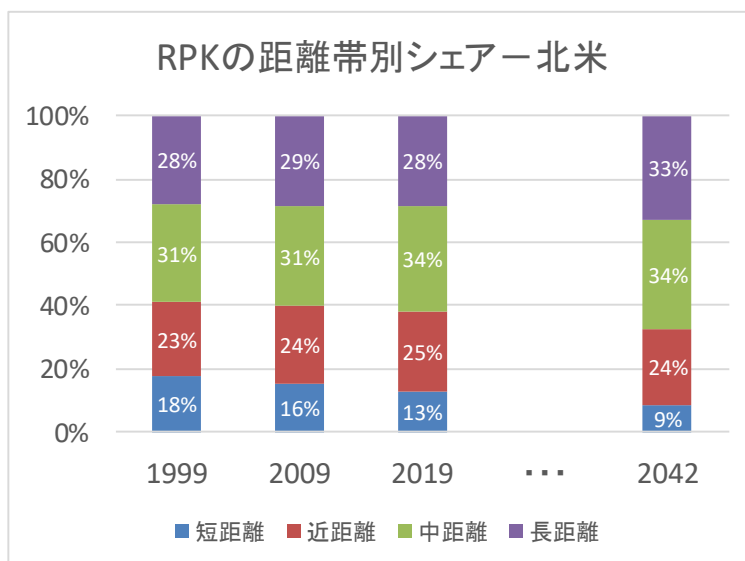
そして、北米エアラインはリストラクチャリングによる財務状況の改善や精密な需給調整によって、今や世界で最も採算性の良いエアラインになった。北米エアラインでは、燃油価格の高騰に対応して 2004 年頃から 2006 年頃にかけて緊急避難的に人件費を圧縮し、そのまま 10 年近くを過ごした後、2015 年以降は燃料価格の低下を承けて人件費への分配を回復させているが、それでも 2018 年には全世界のエアラインの純利益の約 45%を占めたと見られる（RPK では約 22%を占めた）。

COVID-19 以前の平時における米国エアラインの年間営業収益の中で国内線は 72%を占め、さらに大西洋線と合わせれば 84%を占めている。（BTS、2019 年）（関連：3.3 項）

CO₂ 北米市場の 2019 年の RPK は 1.923×10^{12} 人 km で、その内訳は長距離（4,500km ~）が 28%、中距離（2,000~4,500km）が 34%、近距離（1,000~2,000km）が 25%であった。また今後 2042 年までの上記の距離帯の RPK の平均成長率は、各々 3.6%、3.0%、2.6%と見込んでおり、2042 年時点では中距離帯と長距離帯が北米地域の輸送需要の最大項になると見られる。



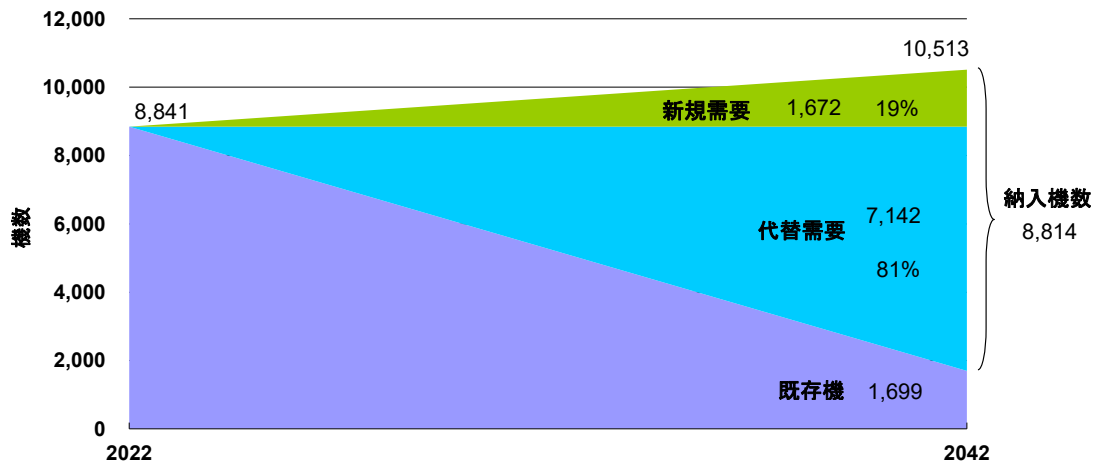
	RPK平均成長率	
	2000-2019	2020-2042
長距離	3.2%	3.6%
中距離	2.7%	3.0%
近距離	2.7%	2.6%
短距離	0.6%	1.1%
全	2.5%	2.9%



なお、4,500km はほぼ北米大陸横断距離であるが、北米市場ではこの距離帯までほとんどの路線がリージョナル機や細胴機で運航され、広胴機の使用はごく少ない。大西洋路線（NY-ロンドンの大圏距離は約 5,600km）でも大型細胴機である 757 が長く使用されている。広胴機は 5,000km 以上で機数が増え主に 9,000km 程度まで使用される。それ以上の距離帯では機数密度は少ないが 14,000km 程度まで使用されている。

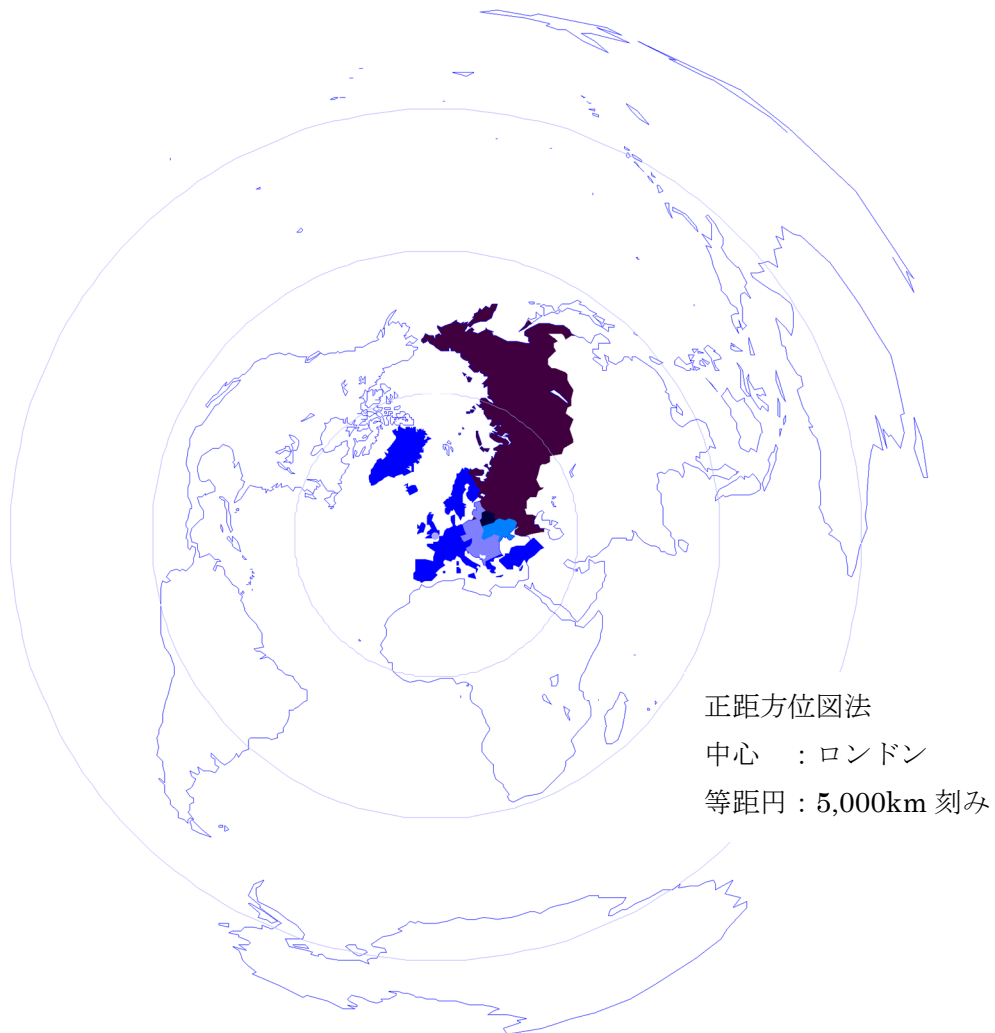
リージョナル機は路線距離 600km 付近を頂点として短距離帯で多数使われ、距離の伸びに応じて漸減しながら近距離帯（～2,000km）まで使用されている。ターボプロップ機は短距離帯で使用され、40 席未満の小型機は路線距離 200～300km 付近を頂点として 600km 以下の短距離に集中して使用されている。40 席以上の中大型機は 1,000km までの短距離帯に広がって使用されておりピークは 600km 付近にある。

北米エアラインの機材需要予測



北米	運航機数		納入機数	運航機数		納入機数
	2022	2042	2023-2042	2022	2042	2023-2042
ターボプロップ旅客機 (TP)						
15-39 席	260	164	162			
40-59 席	79	51	41			
60 席以上	172	168	92			
(合計) TP	511	383	295			
ジェット旅客機 (JP)						
20-59 席	751	0	0			
60-99 席	1,358	1,317	1,113			
(小計) リージョナルジェット機 (RJ)	2,109	1,317	1,113			
100-119 席	193	1,000	957			
120-169 席	2,969	2,620	1,907			
170-229 席	1,339	2,759	2,526			
(小計) 細胴機 (NJ)	4,501	6,379	5,390			
230-309 席	436	984	874			
310-399 席	218	276	239			
400 席以上	0	0	0			
(小計) 広胴機 (WJ)	654	1,260	1,113			
(合計) JP = RJ + NJ + WJ	7,264	8,956	7,616			
ジェット貨物機 (JF: 新造機+改造機)						
細胴機	297	300	300			
中型広胴機	464	586	418			
大型機	305	288	185			
(合計) JF	1,066	1,174	903			
(総計) TP + JP + JF	8,841	10,513	8,814			
主要指標の成長率 (2000-2019) (2020-2042)						
経済規模 (GDP) (%)				2.1	1.7	
旅客需要 (RPK) (%)				2.8	2.9	
貨物需要 (RTK) (%)				2.5	2.8	
運航機数 (%)					0.9	
販売額 (2019年カタログ価格: 億ドル)						
						11,210 (2023-2042)

9.2 欧州



JADC の定義する欧州は西欧東欧北欧トルコを含み、その多くが EU 加盟国である。

欧州各国は一辺 4,500km の正三角形の中に主要部がほぼ収まり、ロンドンを中心に半径 10,000km の円を描けば世界の主要部分はその中に納まる。12,000km まで拡張すればシンガポールまで納められる。

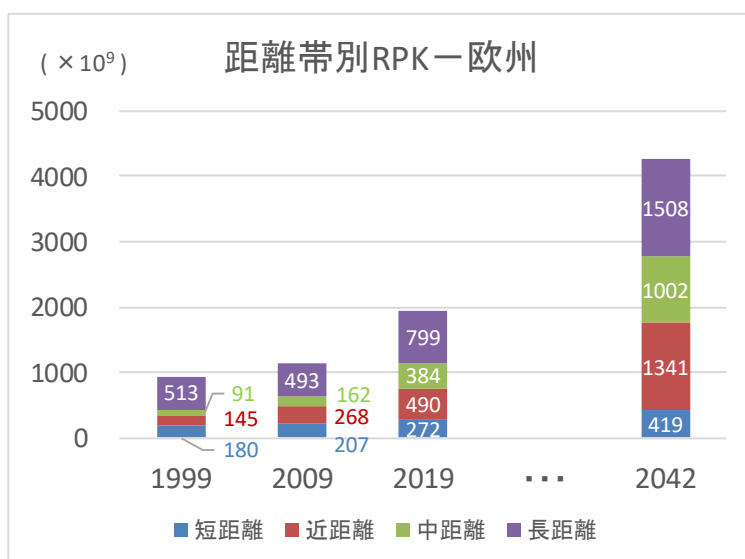
EU 内は航空協定によって互いの国内運航まで相互に開放した大陸的な規模を持つ単一の航空市場となっており、それを含む欧州の旅客需要は過去 20 年間を通じて堅実な成長を示し、北米や中国とともに世界の航空輸送需要を支える 3 本の柱の一つである。

西欧の大手エアラインは、既にエールフランスーKLM、IAG (BA ほか)、ルフトハンザの 3 集団にほぼ集約されている。LCC も 1993/1997 年の自由化後に急速に発展し、2019 年時点で欧州エアラインの座席供給量の約 37%を占めている。

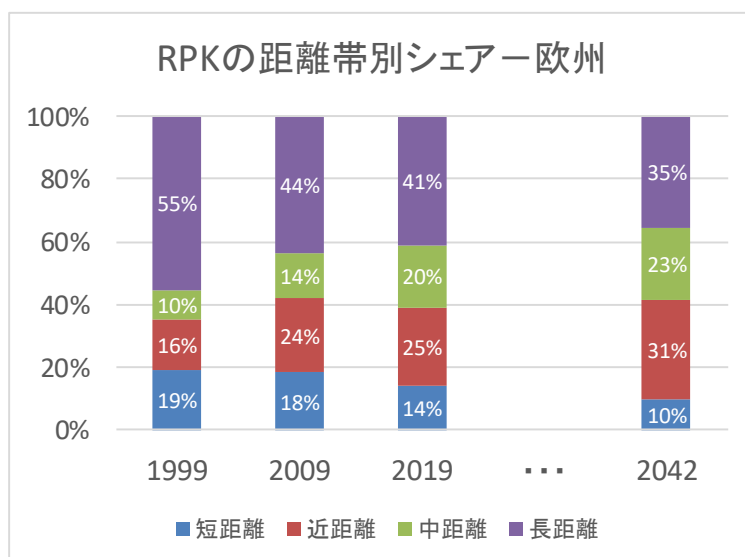
欧州では EU 加盟国が多く単一市場や航空自由化が進められていたものの、COVID-19 への対応では域内であっても国ごとの防疫措置や入国の謝絶などの措置が執られ、単一国である米国の国内線に比較して EU 域内航空の落ち込みは大きかった。

2021 年に入ると欧州でもワクチンの接種が始まり、夏にかけて接種完了率も上昇した。接種完了率の上昇ときれいに同期して域内線 RPK の回復が観測されており、COVID-19 の克服と社会活動の回復にワクチンの果たす効果が示されたともいえる。ただし、欧州の接種完了率は北米よりもやや高いにもかかわらず、欧州域内線の RPK の回復率（2019 年比）は米国内線の約 90%に対して 70%弱と低く、域内に国境があり国ごとの防疫措置の影響があることを示したものとみられる。

欧州関連の各路線の RPK は、2022 年の年初頃は 2019 年比で 60%程度の水準にあり、その後年末に向けて 90~100%まで回復した。2022 年は回復過程にあったため通年の利益は赤字（売上高純利益率 -1.7%）であったが 2023 年には黒字化が見込まれている。



	RPK平均成長率	
	2000-2019	2020-2042
長距離	2.2%	2.8%
中距離	7.5%	4.3%
近距離	6.3%	4.5%
短距離	2.1%	1.9%
全	3.8%	3.5%



欧州（西欧＋東欧）の 2019 年の RPK は 1.974 × 10¹² 人 km で、その内訳は長距離（4,500km～）が 41%で最大であるが、今後 2042 年までの平均成長率は長距離の 2.8%

に対して中距離が 4.3%、近距離は 4.5%と見込まれ、2042 年の RPK の内訳は長距離の 35%に対して、中距離が 23%、近距離も 31%に増加して域内線の存在感が増すと見込まれる。

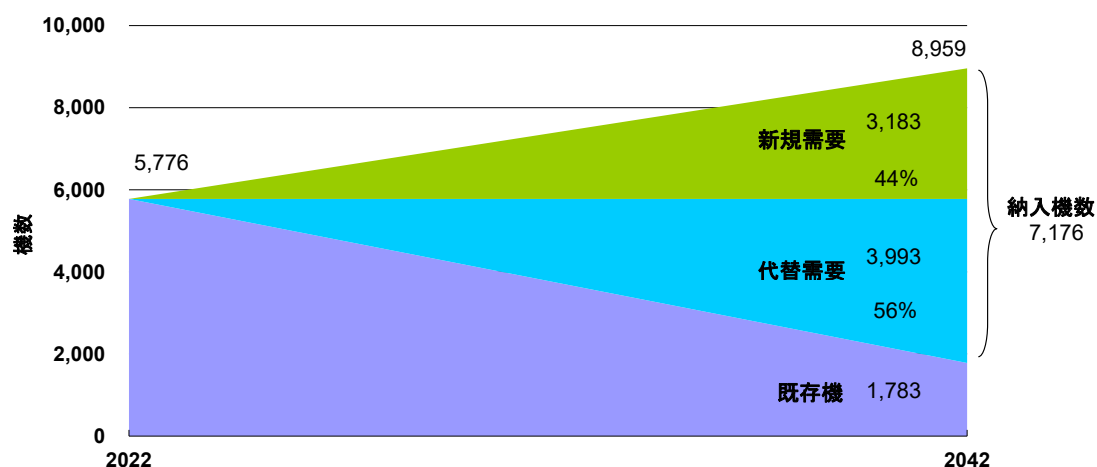
西欧地域の使用機材は、広胴機は長距離帯で使用され、中距離帯までは細胴機が主に使用される。細胴機の機数密度は路線距離 500km 付近にピークがあり 3,500km 付近に向けて路線距離が伸びるとともに単調に減少してゆく。短距離では路線距離 600km 付近をピークとしてリージョナル機も使用されるが北米地域に比べて機数は大幅に少なく近距離帯での使用は更に少ない。短距離帯ではリージョナル機と並んでターボプロップ機も使用されており、路線距離 300km 付近がピークでリージョナル機よりもさらに短距離側を担当している。40 席以上の中大型ターボプロップ機が多い。40 席未満の小型ターボプロップは 600km 以下の距離帯で使用されピークは 200km 付近にある。

東欧地域の使用機材は細胴機が大多数を占めている。特に 900～1,900km の近距離帯が中心で*、それ以上の距離では機数は漸減しながら 4,000km 付近まで使用されている。広胴機は機数が少なく、5,000～10,000km で使用され、5,500～7,000km 付近にやや機数が集まる。

短距離帯では 40 席以上のターボプロップ機が 400km 付近を頂点として 300～700km で使用され、それ以上の距離では機数が減るが長いものは 1,000km まで使用されている。700km 付近を境として中大型ターボプロップと細胴機がすみ分けた形になっている。リージョナルジェット機は 300～1,500km の距離帯で使用されているが数は多くない。

(*：東欧では LCC の Wizz Air が活躍している。)

欧州エアラインの機材需要予測

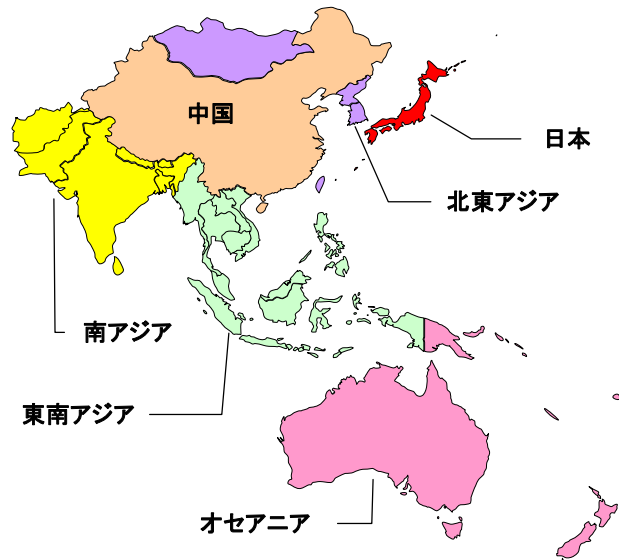


欧州	運航機数		納入機数	運航機数		納入機数	
	2022	2042	2023-2042	2022	2042	2023-2042	
ターボプロップ旅客機 (TP)							
15-39 席	132	75	70	ジェット貨物機 (JF:新造機+改造機)			
40-59 席	34	50	46	細胴機	201	226	222
60 席以上	220	263	159	中型広胴機	135	138	113
(合計) TP	386	388	275	大型機	134	110	52
				(合計) JF	470	474	387
ジェット旅客機 (JP)							
20-59 席	33	0	0	(総計) TP + JP + JF			
60-99 席	292	263	229	5,776	8,959	7,176	
(小計) リージョナルジェット機 (RJ)	325	263	229				
100-119席	124	731	686	主要指標の成長率 (2000-2019) (2020-2042)			
120-169席	2,849	2,442	1,460	経済規模 (GDP) (%)	1.8	1.3	
170-229 席	712	3,029	2,780	旅客需要 (RPK) (%)	3.8	3.5	
(小計) 細胴機 (NJ)	3,685	6,202	4,926	貨物需要 (RTK) (%)	2.6	3.5	
230-309 席	490	852	703	運航機数 (%)		2.2	
310-399 席	361	772	656	販売額 (2019年カタログ価格: 億ドル)			
400 席以上	59	8	0	11,309			
(小計) 広胴機 (WJ)	910	1,632	1,359	(2023-2042)			
(合計) JP = RJ + NJ + WJ	4,920	8,097	6,514				

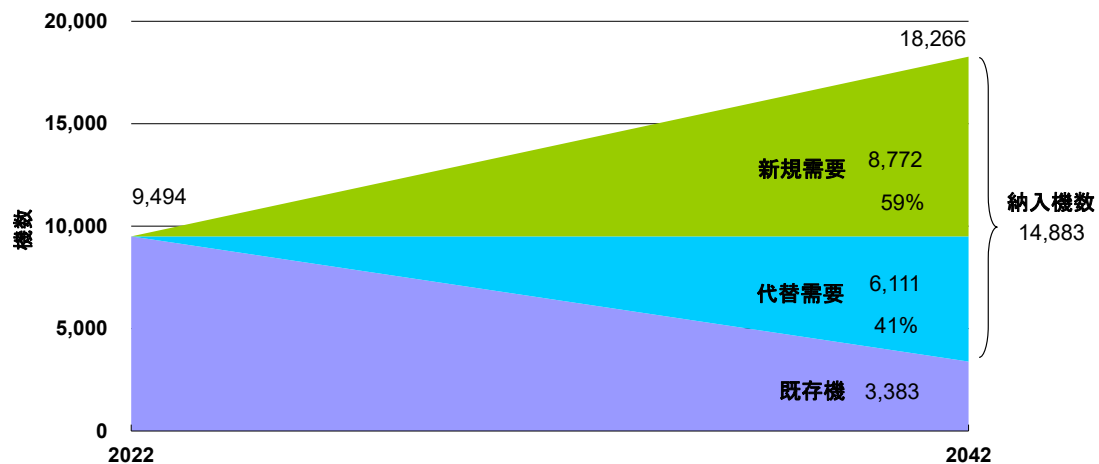
9.3 アジア／太平洋

アジア／太平洋地域は、大きな人口と高い経済成長率による中間所得層の増大により、今後も経済の成長が見込まれる地域である。現在は中国が人口規模と経済成長率の両面から強力な牽引力を発揮しており、航空においても大きな需要を創出している。

しかし中国は 2015 年頃には人口ボーナスの状態が終わり、2030 年頃には総人口もピークを過ぎて減少過程に入り、社会の老齢化も急速に進むことになる。経済の成長は今回の予測期間（2023-2042）を通じて続くとみられるが、この予測期間内にはタイ、ベトナムやインドネシアなどを含む東南アジア諸国（ASEAN）における経済成長と航空需要 RPK の拡大も予想されている。



アジア／太平洋エアラインの機材需要予測



アジア／太平洋地域でも航空の規制緩和が進んでおり、LCC の空白地帯と言われた日本や台湾にも LCC が設立されているほか、2016 年からは、AEC（ASEAN 経済共同体）の発足にともなって ASEAN のオープンスカイ（域内完全自由化）が始まった。

アジア／太平洋地域は、地理的な広がりが多い一方で海洋や山岳で隔てられて地上交通網が十分に整備されない部分もあり、航空輸送に可能性がある。

アジア／太平洋地域は、2000-2019 年の過去 20 年間で、GDP は年平均 5.2%、旅客需要は 7.3%、貨物需要は 3.6%で伸びており、この間の世界の航空輸送の成長を支えてきた。2020-2042 年では、GDP が年平均 3.5%、旅客需要が 3.9%、貨物需要が 4.4%と、引き続き高い成長が見込まれる。予測期間中の納入機数のうち、59%が新規需要となる成長市場である。

インドや中国という大規模な国内（短～近距離）市場が存在することや、LCC の機体需要が多いこともあり、細胴機が今後の旅客機納入機数（12,738 機）の 77%を占める。

アジア／太平洋	運航機数		納入機数	運航機数		納入機数	
	2022	2042	2023-2042	2022	2042	2023-2042	
ターボプロップ旅客機 (TP)							
15-39 席	348	425	397	ジェット貨物機 (JF: 新造機+改造機)			
40-59 席	140	197	153	細胴機	240	525	520
60 席以上	506	981	712	中型広胴機	77	133	118
(合計) TP	994	1,603	1,262	大型機	155	338	245
				(合計) JF	472	996	883
ジェット旅客機 (JP)							
20-59 席	12	0	0	(総計) TP + JP + JF			
60-99 席	395	538	486	9,494	18,266	14,883	
(小計) リージョナルジェット機 (RJ)	407	538	486				
100-119席	54	811	798	主要指標の成長率			
120-169席	4,788	5,956	4,043	(2000-2019)		(2020-2042)	
170-229 席	1,067	5,413	5,019	経済規模 (GDP) (%)	5.2	3.5	
(小計) 細胴機 (NJ)	5,909	12,180	9,860	旅客需要 (RPK) (%)	7.3	3.9	
230-309 席	992	1,574	1,258	貨物需要 (RTK) (%)	3.6	4.4	
310-399 席	634	1,361	1,134	運航機数 (%)		3.3	
400 席以上	86	14	0	販売額 (2019年カタログ価格：億ドル)			
(小計) 広胴機 (WJ)	1,712	2,949	2,392	21,529			
(合計) JP = RJ + NJ + WJ	8,028	15,667	12,738	(2023-2042)			

[中国]



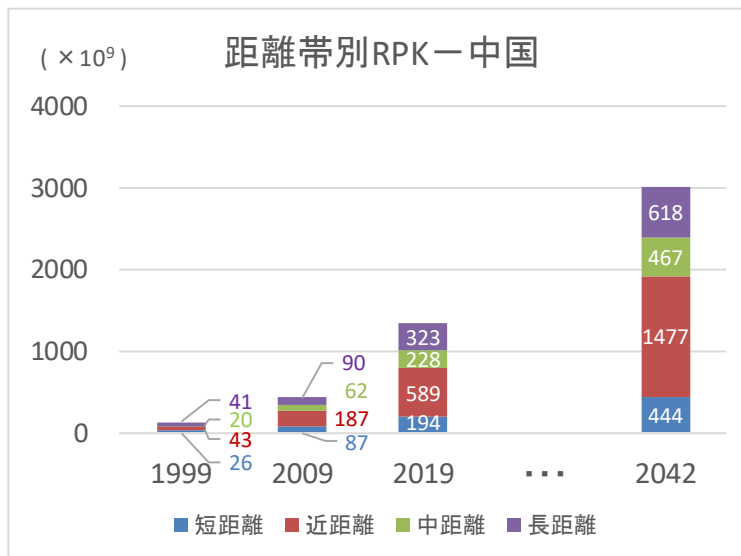
中国は広い国土を持つ大陸性の市場であり、RPK に見る輸送需要は短～近距離の国内線が中心である。予測期間末の 2042 年には欧州、北米と並んで世界の航空旅客需要 RPK を構成する 3 本の柱の一つとなる。

中国はこれまで経済成長とともに航空旅客需要も急速に増加した。その間永らく一人あたり GDP が 10,000 ドル未満で旅行需要が急増する帯域にあり、過去 20 年間の RPK の平均成長率は年 12.4%であった。しかし経済成長の結果、一人あたり GDP は 10,000 ドルに達しており、今後も増加すると見込まれる中で予測期間内の早い時期に途上国型の急成長モデルから先進国型の緩成長モデルへの遷移が生じ、今後の RPK の成長率も低下すると見込まれる。（関連 5.2.7 項、5.3.3 項）

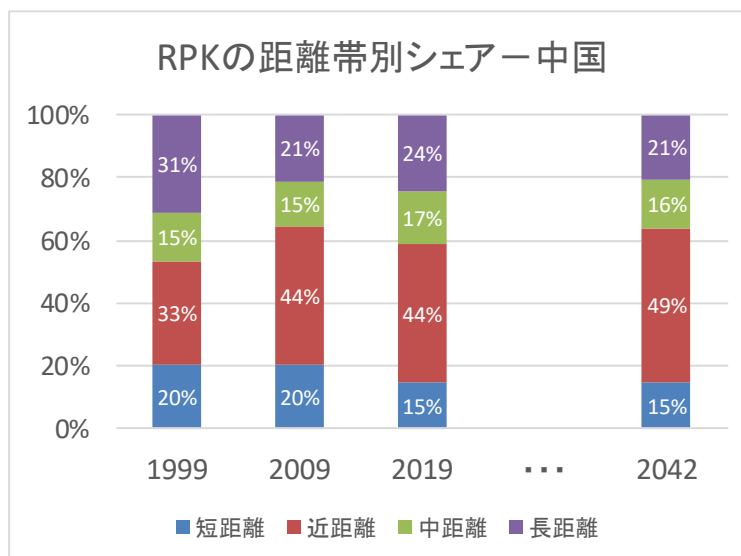
この地域の 2019 年の RPK は $1,333 \times 10^9$ 人 km で、内訳は近距離帯 (1,000～2,000km) が 44%で最大項であり、短距離帯と合わせて 59%を占めた。RPK の今後 2042 年までの平均成長率は近距離帯が 4.1%、短距離帯は 3.7%と見込まれ、2042 年時点での内訳は近距離帯が 49%、短距離帯と合わせると 64%を占めると見込まれる。

現在の機材は、細胴機は中距離帯以下 (4,500km 以下)、特に 400～2,200km の範囲で集中的に使用され、この地域の使用機材の殆どを占めている。1,300km 付近がピークであるがなだらかな分布を示しており卓越した距離帯はない。

広胴機は細胴機よりは機数は少ないが長距離帯から短距離帯 (800km 付近) まで広い範囲で使用されている。5,000km を超える長距離帯では 13,000km までの範囲で使用され、



	RPK平均成長率	
	2000-2019	2020-2042
長距離	10.9%	2.9%
中距離	13.0%	3.2%
近距離	13.9%	4.1%
短距離	10.6%	3.7%
全	12.4%	3.6%



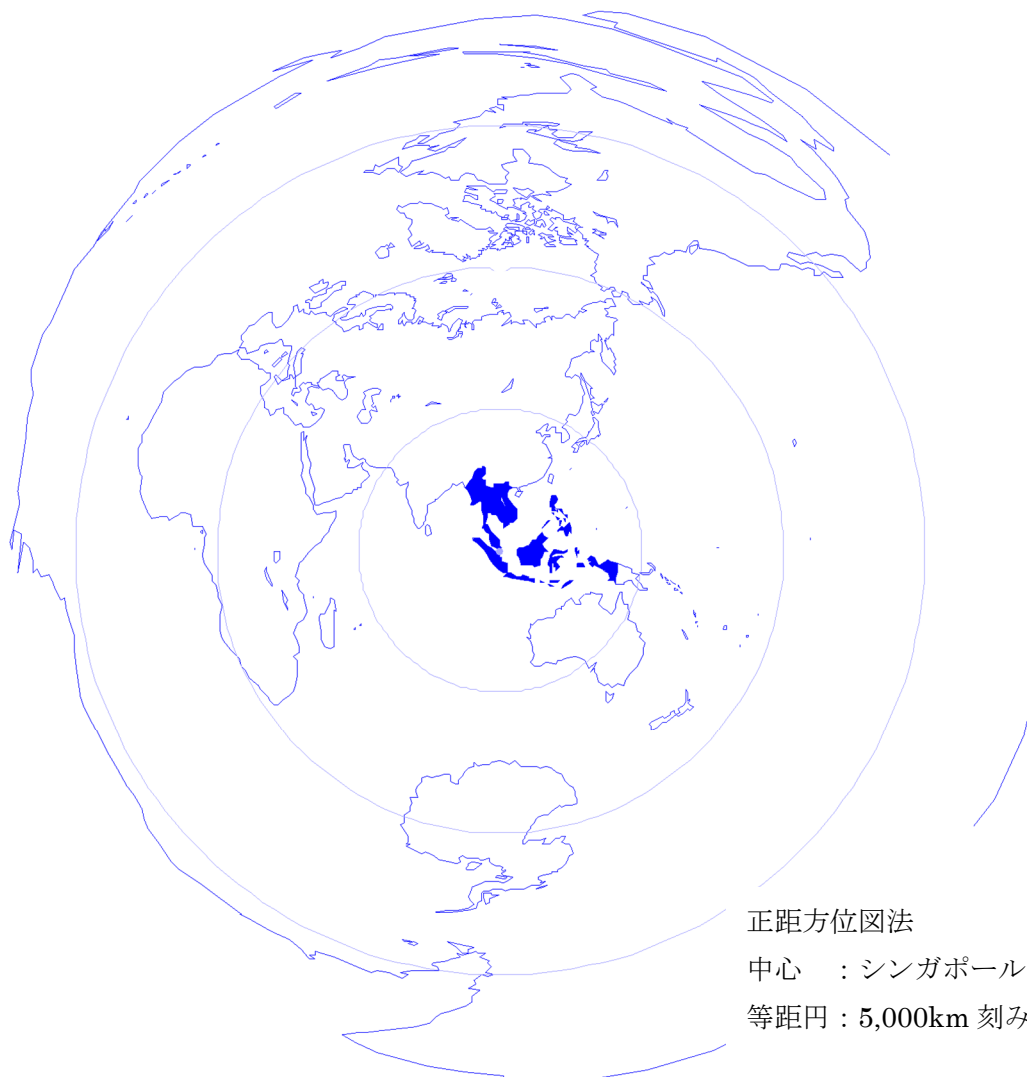
途中幾つかの距離帯で機数密度が特徴的なピークを示すが、ほぼ距離帯によらず満遍なく使用されている。

5,000km 以下の距離帯では 1,000～2,000km の範囲で特に機数密度が高い。ターボプロップ機は少ない。

中国の航空輸送需要は 2,000km までの短距離～近距離路線がその中心であり、かつその内の 9 割が国内線であると見られる（中距離帯まで含むと 8 割が国内線）。そこでの使用機材は細胴機であり、737 や A320 系に加えて国産の C919 などがここにあてはまる。

このように細胴機は国内線だけでも十分な機材需要を持つので、型式認証の問題などで C919 の輸出が叶わなくとも自国による認証と国内市場の需要に拠って国産機と航空産業を育成することが可能で、航空強国に向けて輸入代替政策を採り国産機中心の調達に移行することが考えられる。その場合、輸送需要としては大きくても西側メーカーにとっての機材市場規模は大幅に縮小する可能性がある。また、近年は米中関係の先行きが楽観できない状況にあり、今後環境が変化することも考えられる。

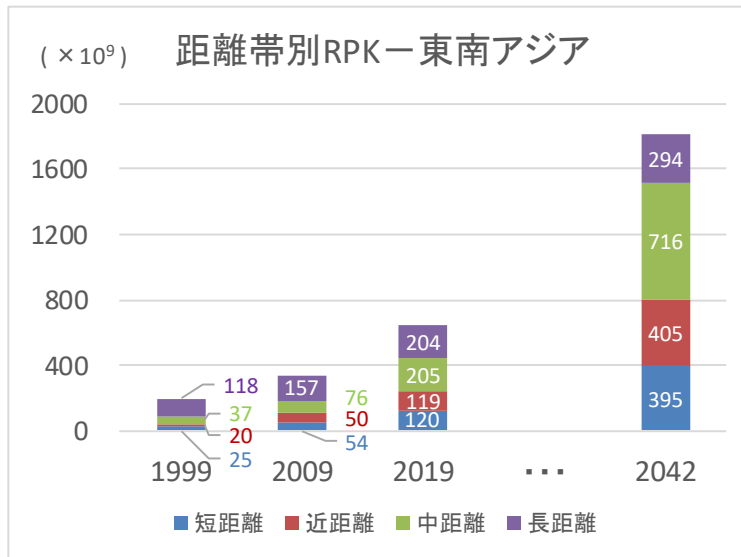
〔 東南アジア 〕



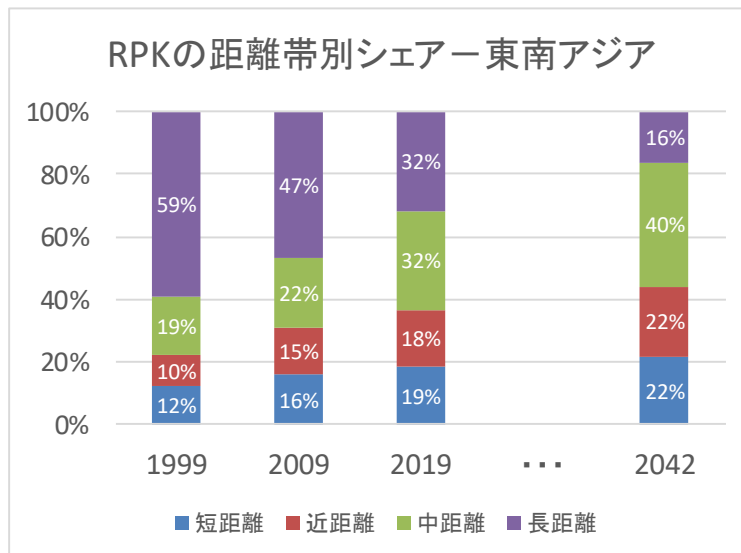
JADC の定義する東南アジア地域は ASEAN 加盟 10 ヶ国と東チモールからなる。

東南アジア地域の 2019 年の RPK は 648×10^9 人 km で、内訳は長距離帯（4,500km～）と中距離（2,000～4,500km）が各々 32% などと見られる。今後 2042 年までの各距離帯の平均成長率は中距離が 5.6%、近距離が 5.5%、短距離が 5.3% であり、中距離以下の距離帯が伸びる結果 2042 年時点では 2,000km 以下の距離帯が合計 44%、4,500km 以下の距離帯ならば合計 84% を占めるまでになる。

現在の機材は細胴機が主力機材であり、500～700km をピークとしながら 300～3,500km の距離帯で使用されている。2,000km までの範囲で特に多い。40 席以上の中大型ターボプロップ機は 700km 以下の短距離帯で 300km 付近をピークとして多用されている。広胴機は長距離帯（～約 14,000km）から近距離帯まで使用されているが機数は少ない。



	RPK平均成長率	
	2000-2019	2020-2042
長距離	2.9%	1.6%
中距離	9.4%	5.6%
近距離	9.9%	5.5%
短距離	8.7%	5.3%
全	6.4%	4.6%

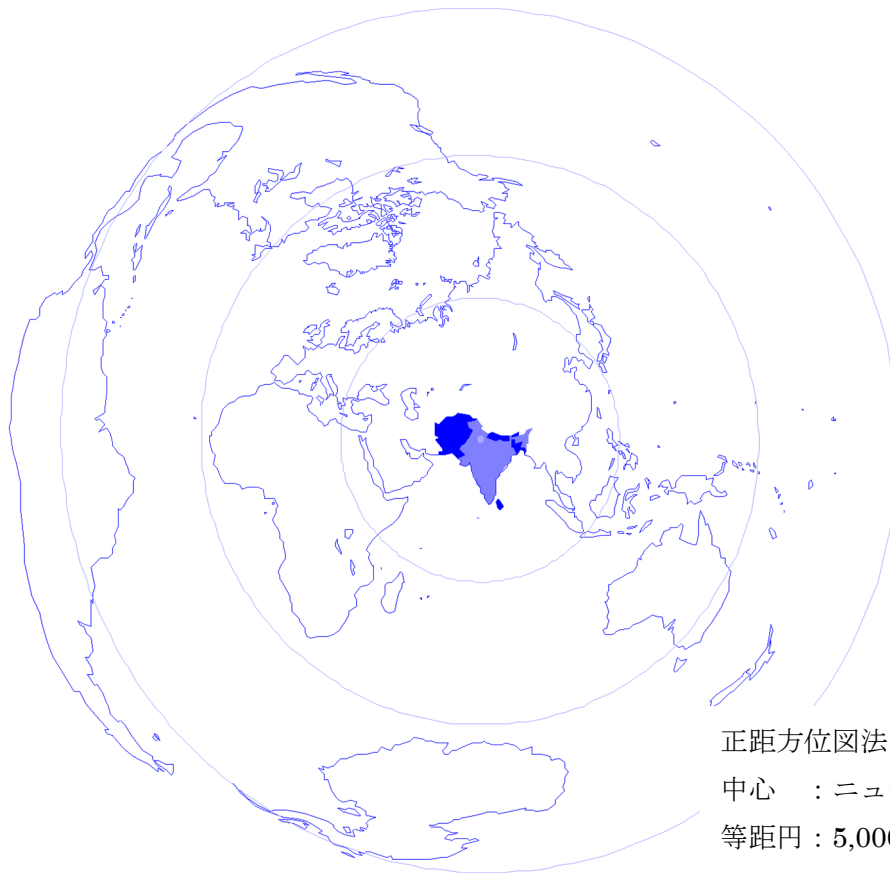


東南アジアでも LCC が盛んであり、域内のエアラインの提供する座席数のうち LCC の提供分が 50%を超えており、南アジア地域（インド他）に次いで高い。所得水準がまだそれほど高くない（一人あたり GDP は域内の全平均で 3,000 ドル弱）ため、LCC の廉

価な運賃が航空輸送需要の顕在化に適しているとみられる。2016 年には LCC による初のアライアンスとして「バリューアライアンス」が設立されている。東南アジア地域で営業する LCC 同士が提携して乗り継ぎ予約や通し発券などのサービスを行うもので、軌道に乗れば、LCC 間での円滑な乗り継ぎによって利用客に実質的な中～長距離の移動サービスを提供することも可能になると考えられる。

さらに、この地域でも航空自由化が進行している。1995 年の ASEAN 首脳会議の中でオープンスカイ政策への言及がなされたことを皮切りに準備が始まり、航空輸送部門統合に向けたロードマップ RIATS のもとで航空貨物輸送の完全自由化に関する多国間協定 MAFLAFS、航空サービスに関する多国間協定 MAAS、航空旅客輸送の完全自由化に関する多国間協定 MAFLPAS が形成され、これまでにすべての ASEAN 加盟国が批准を終えた。これらによって、指定航空会社は ASEAN 域内の準地域や国際空港の所在都市、首都の間などで第 3、第 4 及び第 5 の自由が認められる。

〔 南アジア 〕

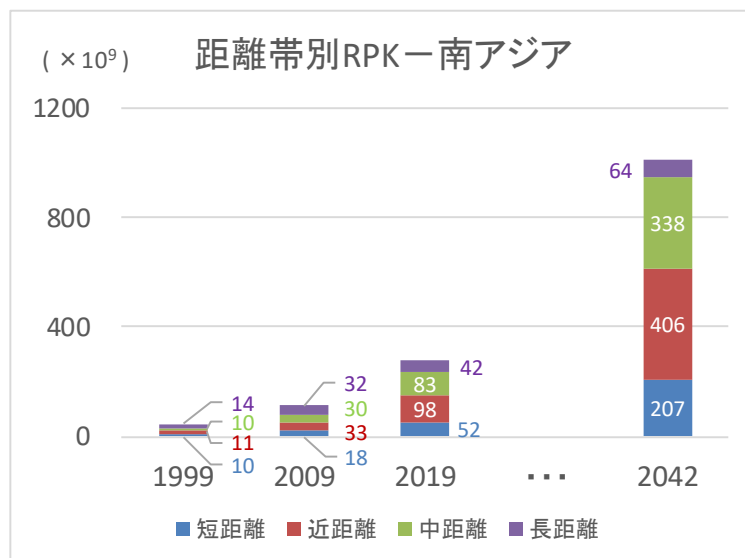


インド亜大陸を含むこの地域は広い域内空間を持つ。また、域内各国から中東に多数の出稼ぎ労働者を送り出しており、中東（ドバイ）は域内全域から中距離（2,000～4,500km）で到達可能な位置にある。

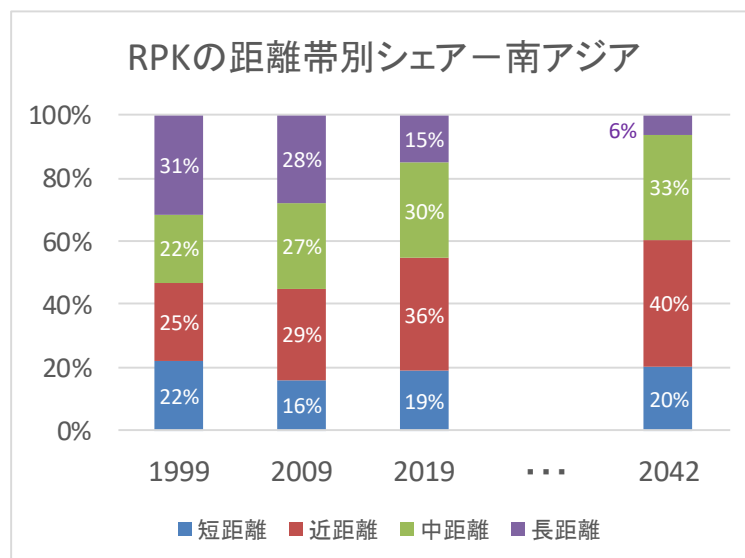
南アジア地域の 2019 年の RPK は 275×10^9 人 km で、内訳は近距離帯（1,000～2,000km）が 36% で最多、ついで中距離（2,000～4,500km）が 30% と見られる。今後 2042 年までの各距離帯の平均成長率は、中距離と近距離が 6.3～6.4%、短距離が 6.2% と見込まれ、2042 年時点での内訳は中距離帯が 33%、近距離帯が 40% と見込まれる。短距離帯と合わせてインド亜大陸内での輸送需要が中心になると見込まれる。

現在の機材は細胴機が主力であり、500～4,000km の範囲で使用され、500～2,000km には特に多く使用される。2,000～4,000km では距離に応じて機数を減らしながら使用されている。広胴機は 2,000km を超えると使われるようになり、4,000km 前後までは細胴機と併用され、それ以上では広胴機のみになる。数は少ない。短距離帯ではターボプロップが多く使用されている。100～800km の範囲で多く使用され 300km にピークがある。

この地域ではインドが人口、経済規模ともに代表的な存在であり、近年のインドは BRICs の一角を占めて経済成長も著しく、RPK も増大し新機材の調達でも意欲的である。一人あたり GDP は約 2,000 ドルの水準にあり、所得水準の上昇に伴って旅行需要が急増する急成



	RPK平均成長率	
	2000-2019	2020-2042
長距離	5.5%	1.9%
中距離	11.3%	6.3%
近距離	11.3%	6.4%
短距離	8.6%	6.2%
全	9.4%	5.8%



長段階にある。しかし、人口の増加によって GDP が拡大している性格が強く、一人あたり GDP の増加は緩やかであり、所得水準ひいては運賃負担力はまだ低い。この環境でインド国内ではエアラインがシェアの獲得を狙って鎬を削り、満足な利益が出ない状態が

続いており、2019 年には国内第 2 位であった Jet Airways が経営破綻に追い込まれた。Jet Airways の破綻直後は過剰な ASK が削減されて残存エアラインのイールドが上昇したものの、2022 年には危機的な経営状態にあった Air India が破産を免れてタタ・グループ傘下で再建へ向かうことになり、さらに Jet Airways も再開に向けて準備を進めていることが伝えられており、今後もエアライン間の競争が続くものとみられる。

過去 20 年間の実績データと今後の経済見通しから、本予測ではこの地域の RPK は長距離帯を除いて 6% 台の成長率を見込んでいるが、これが実現されるためには地域の所得水準とエアラインのイールドの間に長期的に持続可能なバランスが構築されることが必要であると考えられる。

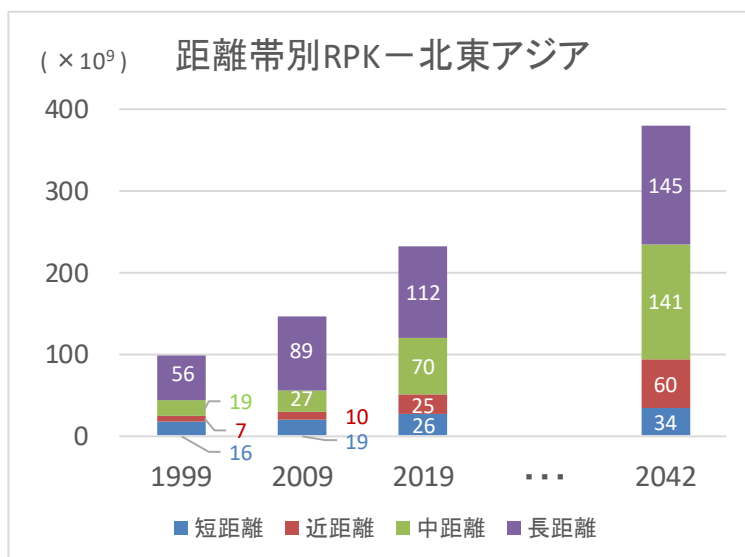
〔 北東アジア 〕



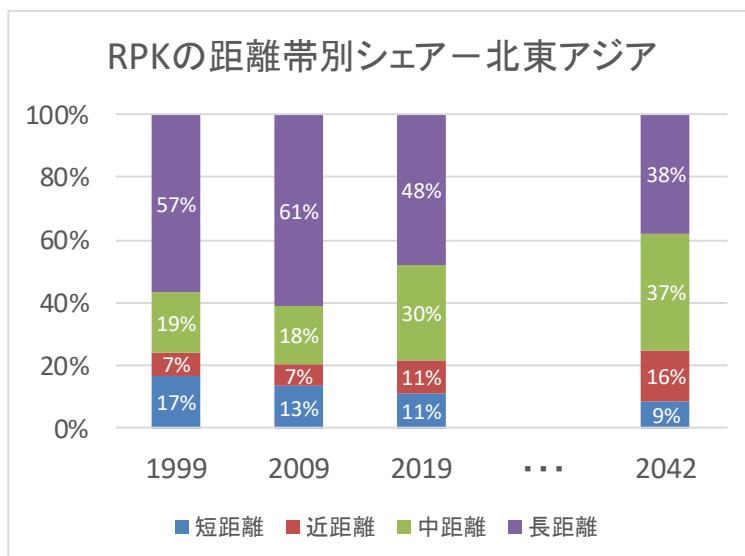
JADC の定義するこの地域は台湾、南北朝鮮、モンゴルから成るが、経済力でも RPK でも台湾と韓国がその中心を成す。いずれも国土は狭く、航空輸送は外部地域との連絡が中心となり 2019 年は長距離帯が RPK の 48%を占めている。一方、東南アジア全域が中距離帯（～4,500km）に収まるほか、台韓間であれば 2,000km、台湾～日本関西方面も 2,000km、台湾～北海道でも 3,000km に収まる。近年はこの地域でも LCC の活動が活発化している。

北東アジア地域の 2019 年の RPK は 232×10^9 人 km で、内訳は長距離帯（4,500km～）が 48%で最多、ついで中距離（2,000～4,500km）が 30%、近距離（1,000～2,000km）と短距離（～1,000km）が 11%であった。これに対して、今後 2042 年までの各距離帯の平均成長率は、近距離が 3.9%、中距離が 3.1%と見込まれ、近～中距離帯が増加して 2042 年時点では中距離が 37%、長距離も 38%になると見込まれる。

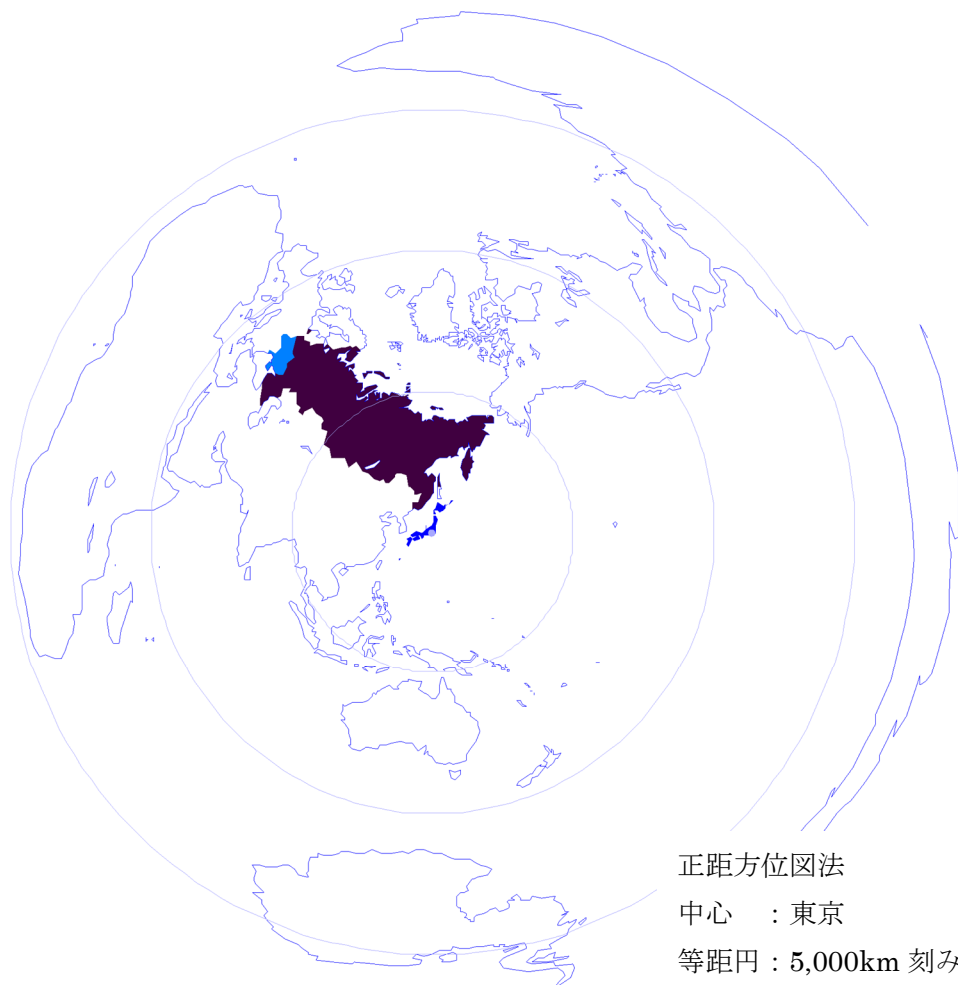
現在の機材は、短距離帯ではターボプロップも使用されるが 300km までで、細胴機は 300km から 3,700km にかけて使用されている。400～500km に太いピークがある。広胴機は 500km から使用が始まり 13,000km まで使用される。近距離帯までは細胴機と併用されており、距離帯ごとの機数密度も細胴機と大差ない。4,000km 以上の距離では広胴機のみが使用され、特に 9,000km 以上の距離帯で距離帯ごとの機数密度も高くなる。



	RPK平均成長率	
	2000-2019	2020-2042
長距離	3.6%	1.1%
中距離	6.8%	3.1%
近距離	6.4%	3.9%
短距離	2.3%	1.2%
全	4.4%	2.2%

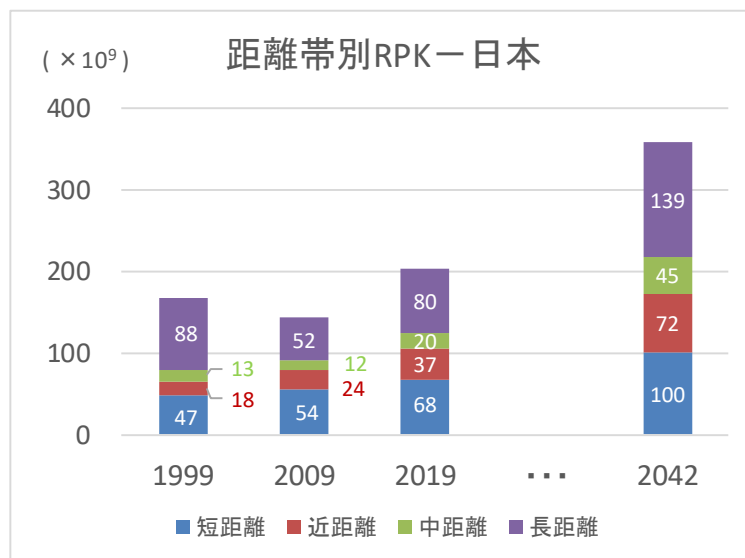


[日本]

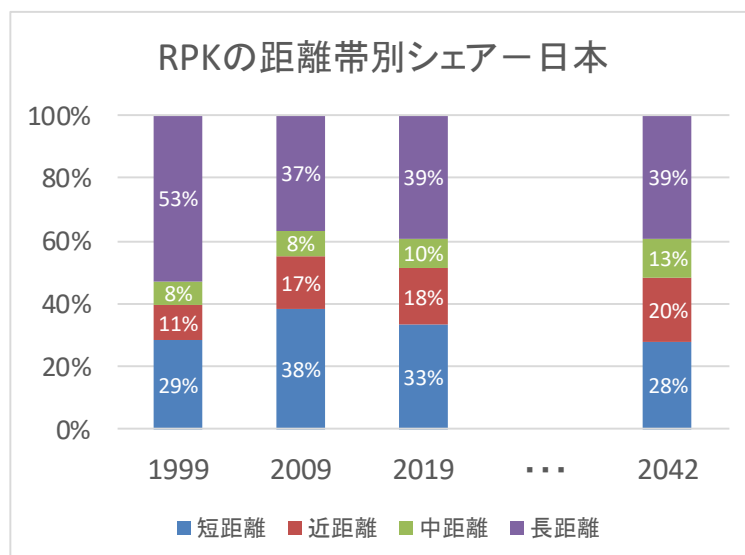


日本(東京)から米国西海岸迄は大圏距離でも約 9,000km、東海岸迄は同 11,000km、欧州主要部迄も同 10,000km を見込む位置にある。日本から「近い」と思われる東南アジア諸国でも東京から中距離(～4,500km)で到達できるのはタイ(バンコク)、フィリピン、ベトナム、ミャンマー(ネピドー)など迄で、マレーシア、シンガポール、インドネシアは 4,500km を超えて長距離帯に入る。日本から 2,000km までの近距離で到達できるのは北京、上海、台湾北部などにとどまる。1,000km 以下の短距離帯には国内線全般のほか東京～札幌、東京～福岡の幹線も含まれる。

日本の 2019 年の RPK は 204×10^9 人 km で、内訳は長距離帯(4,500km～)が 39%で最多、ついで短距離(～1,000km)が 33%、近距離(1,000～2,000km)が 18%、中距離(2,000～4,500km)が 10%であったと見られる。今後 2042 年までの各距離帯の平均成長率は、長距離が 2.5%、中距離が 3.7%と見込まれ、過去 20 年間(2000-2019)に比較して中～長距離の成長率が回復するため 2042 年時点での内訳は長距離から順に 39%、13%、20%、28%と見込まれる。



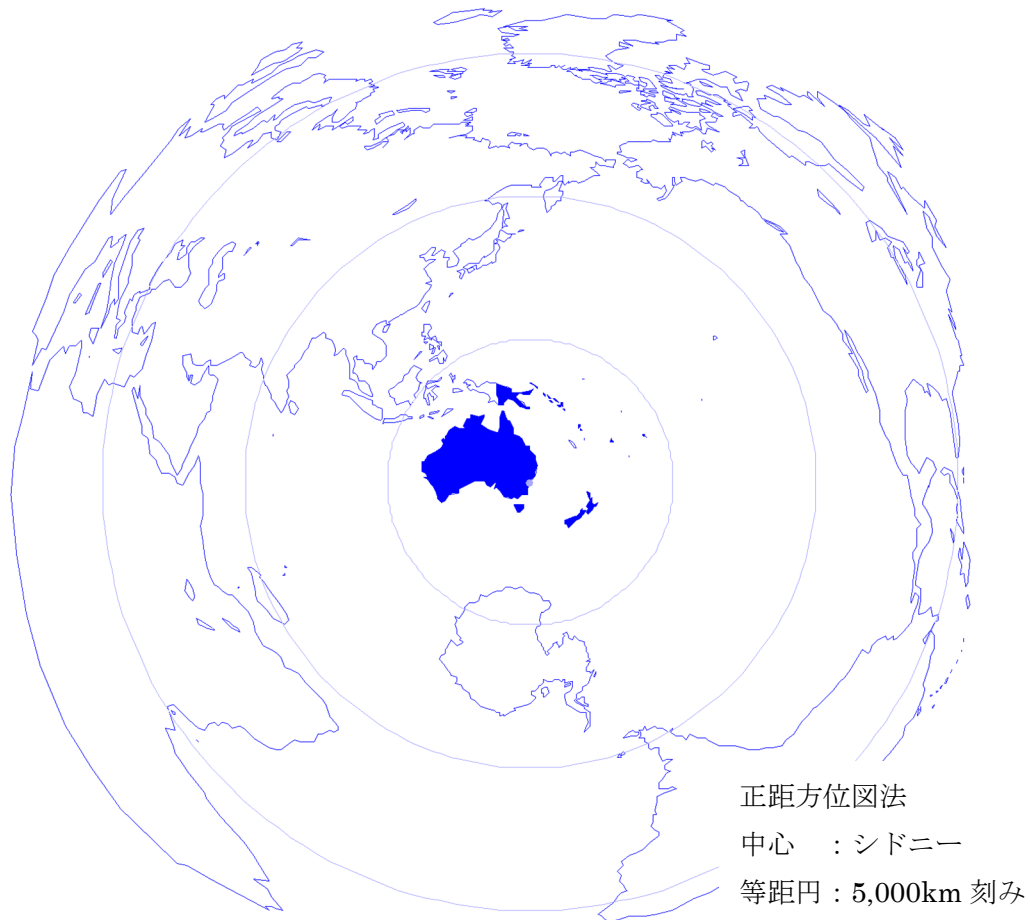
	RPK平均成長率	
	2000-2019	2020-2042
長距離	-0.5%	2.5%
中距離	1.9%	3.7%
近距離	3.6%	3.0%
短距離	1.8%	1.7%
全	1.0%	2.5%



現在の機材は、細胴機は 500km から 2,000km までの距離帯の主力で、1,300km 程度までの範囲で多く使用されている。広胴機は長距離帯（～11,000km）から短距離帯まで使用されている。特に 900km の距離帯で細胴機も広胴機も卓越したピークを示す。

リージョナルジェットとターボプロップは短距離帯で使用され、500～700km では両者と広胴機が同程度使用されている。500km 未満では小型ターボプロップが多く使用され 300km にピークがある。

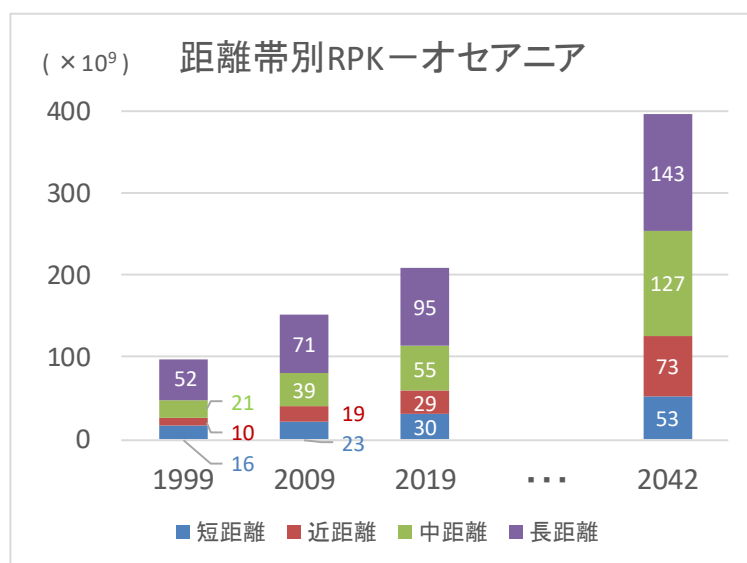
〔 オセアニア 〕



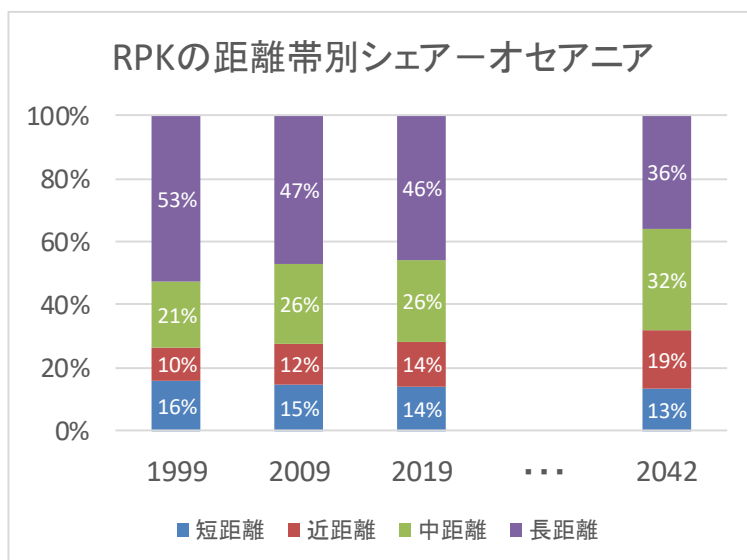
JADC が定義するこの地域は、オーストラリア、ニュージーランド、パプアニューギニアおよびそれ以東の島嶼国から成る。これらは大洋上に孤立した位置にあり、例えばシドニーを中心に半径 10,000km の円を描いても主要な陸地には到達せず、唯一東南アジア方面への連絡が可能である。シドニー周辺から日本やシンガポールに到達するには大圏距離でも 7,000~8,000km の飛行を要する。また、地域内であってもシドニー~ウェリントン間は約 2,500km である。

オセアニア地域の 2019 年の RPK は 211×10^9 人 km で、内訳は地理的特徴を反映して長距離帯 (4,500km~) が 46% で最も多い。今後 2042 年までの各距離帯の平均成長率は、中距離が 3.7%、近距離が 4.1% であり、2042 年時点では長距離帯 (36%) と中距離帯 (32%) が多くを占めるものと見込まれる。

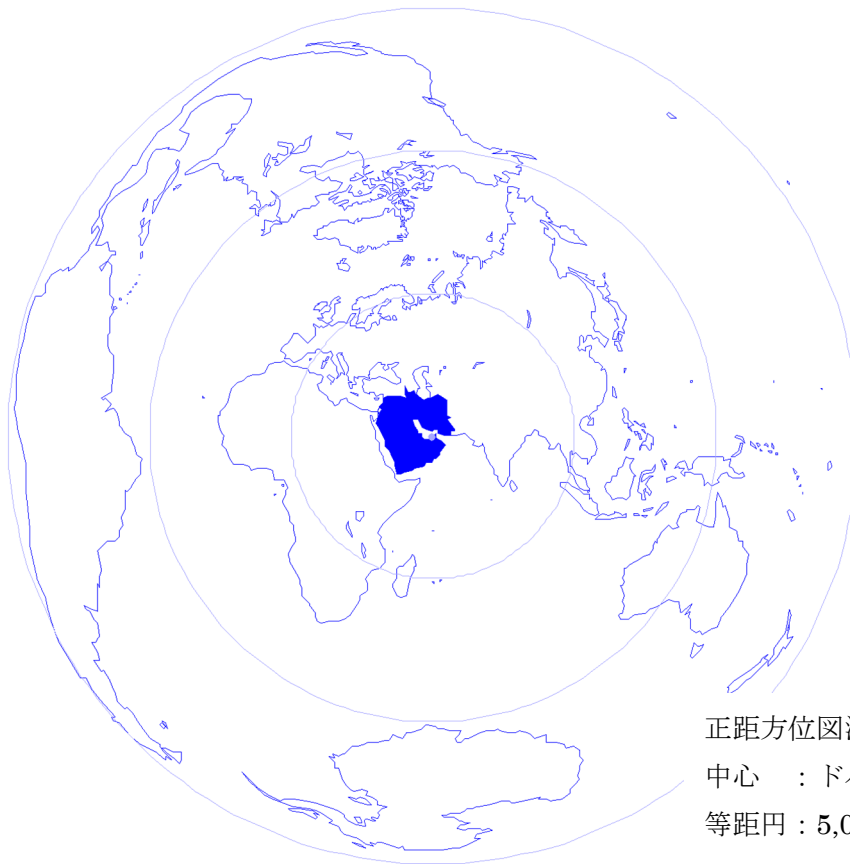
現在の機材は、700km 以下の短距離帯では 400km 付近をピークとして小型および中大型のターボプロップ機が多く使用されている。細胴機は 700km から 4,500km の距離帯での主力で、500km から 2,700km までの範囲で特に多い。広胴機は機数こそ多くはないが長距離帯 (~13,400km) から中距離帯 (2,200km~) まで使用されている。



	RPK平均成長率	
	2000-2019	2020-2042
長距離	3.1%	1.8%
中距離	5.0%	3.7%
近距離	5.4%	4.1%
短距離	3.2%	2.6%
全	3.8%	2.8%



9.4 中東



中東地域はユーラシア大陸とアフリカ大陸の接合部にあり、大圏距離で見ると例えばドバイ～ロンドンが 5,500km、ドバイ～ケープタウンは 7,700km、ドバイ～シンガポールは 5,900km、ドバイ～東京は 8,000km であり、10,000km 程度の航続距離をもつ機材があればドバイで乗り継ぐことで欧州、アフリカ、アジア方面を結ぶことができる。

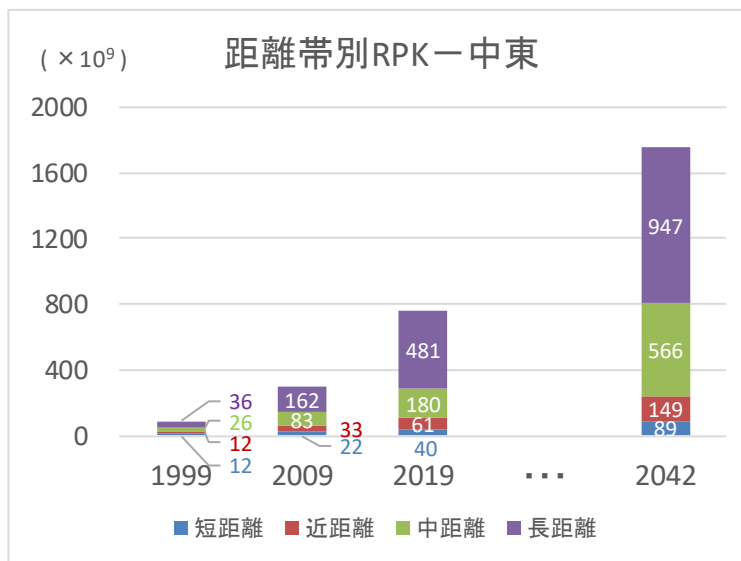
(ドバイ～ワシントンは 11,500km、ドバイ～ロサンゼルスは 14,000km)

中東のエアラインは、その地理的な特長を活用して第 6 の自由の形で世界の長距離輸送需要を取り込み、過去 20 年間では旅客も貨物も 2 ケタ成長を遂げた。特にエミレーツ航空、エティハド航空およびカタール航空は、ドバイ、アブダビ、ドーハを中心に世界各地に路線を展開し、多数の乗継需要を獲得してきた。

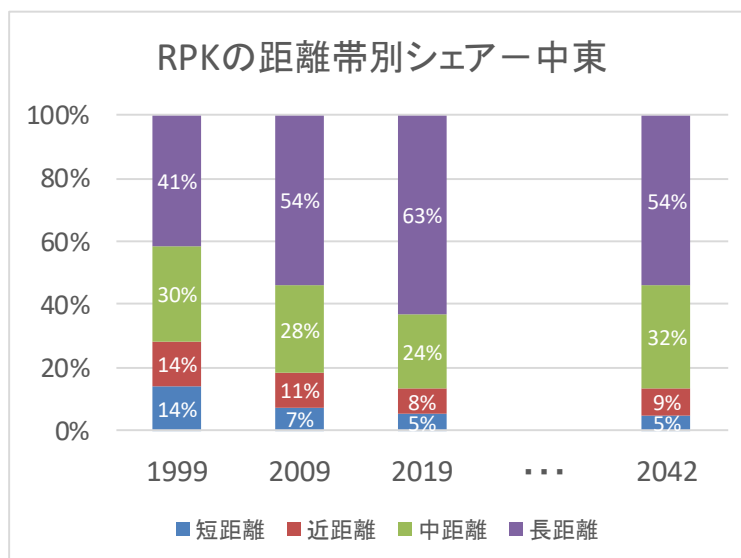
この地域の主要なエアラインは大型広胴旅客機の床下貨物室の余積を利用した貨物輸送(「ベリーカーゴ」)事業を積極的に実施し、世界の主要なエアラインが貨物輸送事業の成長あるいは維持に苦心する中で際立った成長を実現してきた。エミレーツ航空はベリーカーゴを中心に RTK を伸ばしてきたほか、2013～2015 年には貨物機による輸送も増強した。カタール航空は従来からベリーカーゴと貨物機による RTK をほぼ 1 : 1 で伸ばしており、2020 年には COVID-19 の影響を受けても総 RTK を増加させている。(関連: Appendix G)

2019 年のこの地域の RPK は 774×10^9 人 km であり、内訳は長距離帯（4,500km〜）が 63%で突出しており、かつ、これまで 20 年間はこれが毎年のように 15%を超えるほどの成長率を示してこの地域の航空輸送の成長を牽引してきた。しかし 2015 年以降はペースが落ちており、新路線の開設による輸送需要の開拓や他のエアラインが持っていた輸送需要の再分割が一巡し飽和したものと見られる。

今回の予測では長距離帯の今後 2042 年までの RPK の平均成長率として 3.0%を見込んでいる。中距離帯は 5.1%、近距離帯は 4.0%の成長率を見込んでおり、長距離帯の成長が落ち着いてもこの地域の輸送需要は引き続き成長するが、長距離帯に比べれば規模が小さく（2019 年の RPK シェア 37%）、全距離帯の平均成長率は 3.7%になると見込んでいる。



	RPK平均成長率	
	2000-2019	2020-2042
長距離	13.9%	3.0%
中距離	10.1%	5.1%
近距離	8.4%	4.0%
短距離	6.2%	3.5%
全	11.5%	3.7%



乗継需要を取り込んで成長した長距離帯は中東域外に住む利用客を多く運んでいるものとみられるが、中距離帯以短の距離帯では RPK の分析から中東域内に住む人々が主に利用していると見られる。

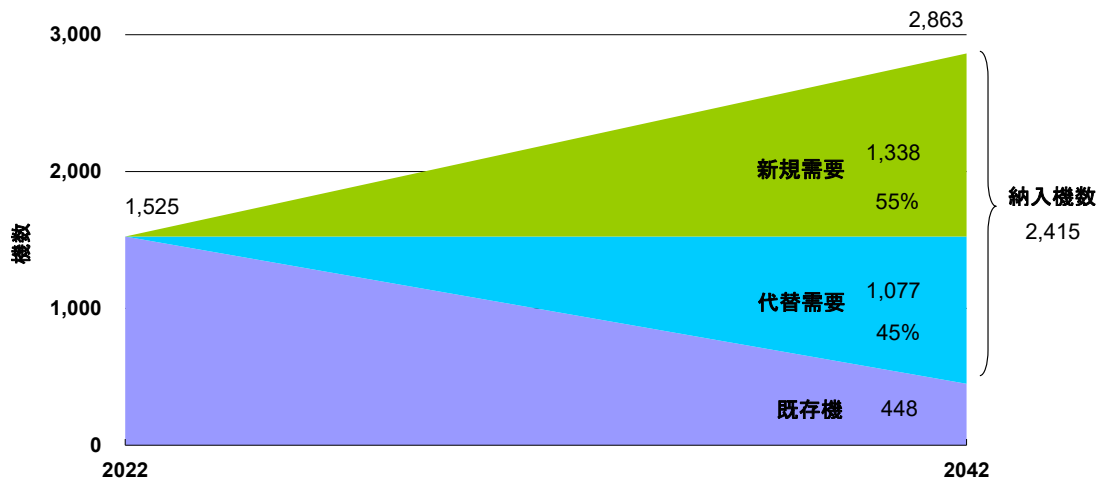
中東のエアラインは長距離路線主導で発展してきたが、中東でも航空

空の自由化が始まって中距離帯以下に波及し、サウジアラビアでは現在唯一の民間エアラインで LCC でもある Flynas が設立され（2007 年。当初の名称は Nas air）、国内線と近距離国際線を運航している。UAE でも 2008 年に LCC として flydubai が設立された。

この地域の機材は、4,000km 以下の距離帯では細胴機の機数密度が最も高く主力機であるが、2,000～4,000km の距離帯では広胴機もよく使われている。4,000km 以遠では広胴機のみが使用されるが、4,500～6,500km で特に多く使われている。11,000～12,000km にも厚みがある。

2017 年 6 月にはサウジアラビアなど 4 カ国がカタールとの外交関係を断絶し、国境を封鎖するとともに領空の通過も拒否する決定を行った。これによってカタールは陸上輸送が途絶し、生活物資も含めて船舶と航空機による輸送に頼る形になっていたが、2021 年 1 月に国交回復の合意がなされ、航空路も再開された。

中東エアラインの機材需要予測



中東	運航機数		納入機数	運航機数		納入機数
	2022	2042	2023-2042	2022	2042	2023-2042
ターボプロップ旅客機 (TP)						
15-39 席	3	3	3			
40-59 席	6	4	4			
60 席以上	21	28	15			
(合計) TP	30	35	22			
ジェット旅客機 (JP)						
20-59 席	12	0	0			
60-99 席	45	48	48			
(小計) リージョナルジェット機 (RJ)	57	48	48			
100-119 席	15	102	101			
120-169 席	543	650	484			
170-229 席	88	512	481			
(小計) 細胴機 (NJ)	646	1,264	1,066			
230-309 席	254	505	439			
310-399 席	316	697	621			
400 席以上	143	46	0			
(小計) 広胴機 (WJ)	713	1,248	1,060			
(合計) JP = RJ + NJ + WJ	1,416	2,560	2,174			
ジェット貨物機 (JF: 新造機+改造機)						
細胴機	5	31	31			
中型広胴機	16	42	42			
大型機	58	195	146			
(合計) JF	79	268	219			
(総計) TP + JP + JF	1,525	2,863	2,415			
主要指標の成長率 (2000-2019) (2020-2042)						
経済規模 (GDP) (%)				3.7	2.5	
旅客需要 (RPK) (%)				11.5	3.7	
貨物需要 (RTK) (%)				12.9	5.7	
運航機数 (%)					3.2	
販売額 (2019年カタログ価格: 億ドル)						5,628
						(2023-2042)

9.5 中南米

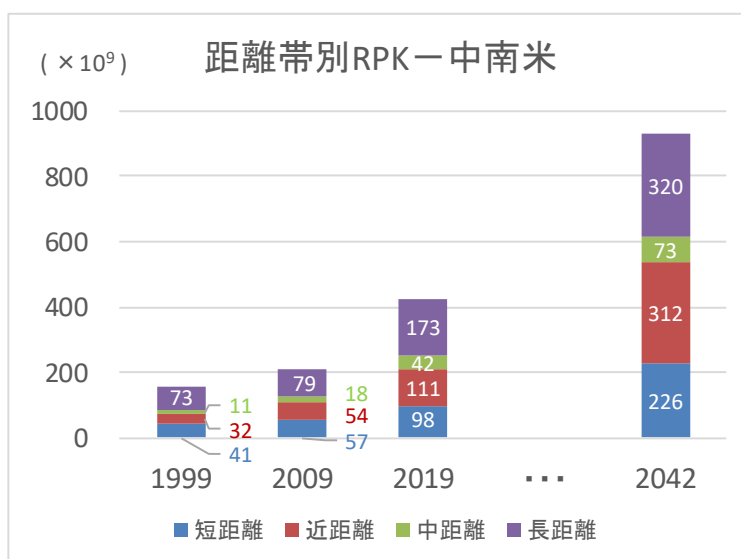


JADC が定義するこの地域は、メキシコ以南の中米地域と南米大陸およびカリブ海地域からなる。資源景気と呼ばれた時期に、中南米はアジアとともに大きな成長を見せてきた。資源開発や自由貿易協定によって中南米への直接投資が急増し、名目 GDP は 2000 年以降の 10 年余の間に 2 倍以上に伸び、2003 年から 2008 年にかけての実質 GDP の成長率は 5.1%を示した。しかし、新興国景気の終わりとともにその後の中南米諸国の経済状況は後退している。域内合計の実質 GDP について分析機関は今後 2042 年までに平均 2.5%の成長率を示しており、JADC もそれに基づいて予測計算を行っているが、2015～2019 年の平均成長率は 0.9%程度であり、中期的な経済成長のテンポは低い可能性もある。

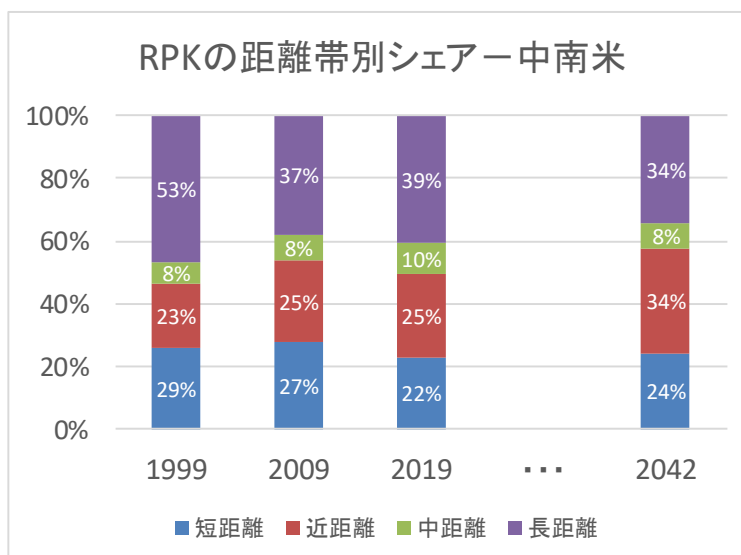
中南米でも欧米と同様に、大手ではコロンビアのアビアンカ航空とエルサルバドルのタカ航空 (TACA)、チリのラン航空 (LAN) とブラジルのタム航空 (TAM) がそれぞれ国境を跨いで合併したことにより、この地域は大手 2 社に集約された。ブラジルでは、国内エアライン同士の合併も起こり、エアラインの再編が進んだ。また、この地域でも航空の自由化

が進んだ結果、ブラジルでは GOL、メキシコではインタージェット航空、ボラリス航空、コロンビアではビバコロンビアといった LCC が設立された。域内路線における LCC の座席供給量のシェアは、2001 年では 3%程度であったが 2017 年には 35%と約 12 倍になった。また、各国の国内需要を取り込むために、それぞれの国に子会社を設立して対応している。

この地域の 2019 年の RPK は 424×10^9 人 km で、内訳は長距離が 39%で最大、近距離が 25%で続く。今後 2042 年までの平均成長率は近距離帯の 4.6%が比較的高いが、他の距離帯は 2.4~3.7%の範囲にあり、2042 年の内訳は近距離帯が増えて長距離帯が減った形になると見られる。

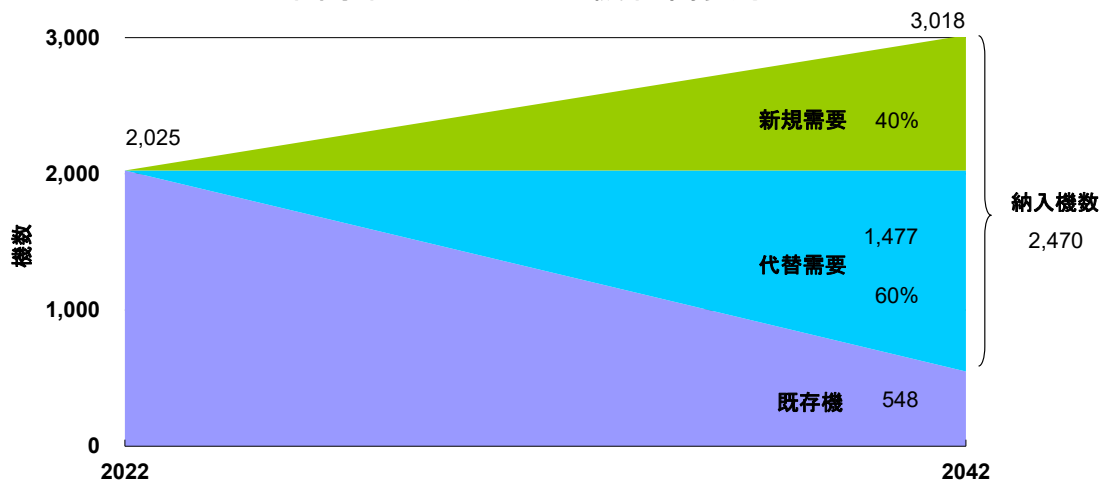


	RPK平均成長率	
	2000-2019	2020-2042
長距離	4.4%	2.7%
中距離	6.9%	2.4%
近距離	6.4%	4.6%
短距離	4.5%	3.7%
全	6.0%	3.3%



現在の機材は細胴機が主力で 300～5,000km までの距離帯で使用される。300～1,300km は特に機数が多く、2,500km までがそれに次ぐ。広胴機は 6,500～13,000km までの距離帯で使用されるが機数密度は低い。700km 未満の短距離帯ではターボプロップもよく使用されピークは 300km 付近にある。リージョナルジェット機も 400～1,000km の距離帯で使用されている。短距離帯（～1,000km）では広胴機以外の 3 カテゴリーが併用されている。

中南米エアラインの機材需要予測



中南米	運航機数		納入機数	運航機数		納入機数
	2022	2042	2023-2042	2022	2042	2023-2042
ターボプロップ旅客機 (TP)						
15-39 席	211	183	177			
40-59 席	64	80	61			
60 席以上	89	135	88			
(合計) TP	364	398	326			
ジェット旅客機 (JP)						
20-59 席	44	0	0			
60-99 席	109	177	171			
(小計) リージョナルジェット機 (RJ)	153	177	171			
100-119 席	73	302	276			
120-169 席	1,011	991	645			
170-229 席	153	735	686			
(小計) 細胴機 (NJ)	1,237	2,028	1,607			
230-309 席	119	130	96			
310-399 席	19	62	56			
400 席以上	0	0	0			
(小計) 広胴機 (WJ)	138	192	152			
(合計) JP = RJ + NJ + WJ	1,528	2,397	1,930			
ジェット貨物機 (JF: 新造機+改造機)						
細胴機	99	174	174			
中型広胴機	33	47	39			
大型機	1	2	1			
(合計) JF	133	223	214			
(総計) TP + JP + JF	2,025	3,018	2,470			
主要指標の成長率 (2000-2019) (2020-2042)						
経済規模 (GDP) (%)				2.1	2.5	
旅客需要 (RPK) (%)				6.0	2.6	
貨物需要 (RTK) (%)				1.5	1.7	
運航機数 (%)					2.0	
販売額 (2019年カタログ価格: 億ドル)						2,590
						(2023-2042)

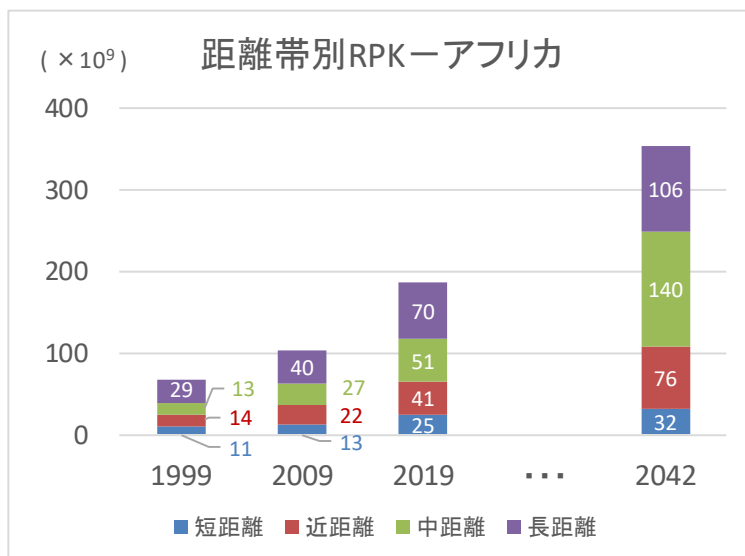
9.6 アフリカ



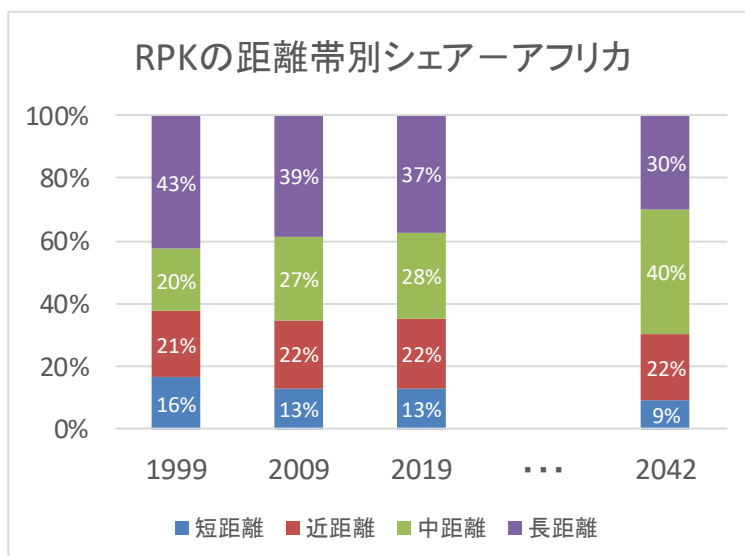
アフリカは、石油や鉱物といった地下資源が豊富なこともあり、近年はこれらの資源開発を中心に成長している。中国資本の進出もよく伝えられている。経済成長によって消費の担い手である中間層が増えることで航空需要も伸びると期待する見方もあるが、貧困問題や地域紛争、感染症などの問題も多い。アフリカ全体でみれば一人あたり GDP は今後 20 年間で殆ど増加を示さず、GDP の増加は人口の増加によるものになるとみられている。

2019 年のアフリカ籍のエアラインによる RPK は 180×10^9 人 km で、その内訳は長距離帯（4,500km～）が 37%で最大である。今回の予測では、今後 2042 年までに中距離帯は平均 4.5%の成長が見込まれ、近距離の 2.8%が続く。2042 年の RPK は 354×10^9 人 km を見込み、内訳は中距離が 40%で最大となる見込みである。

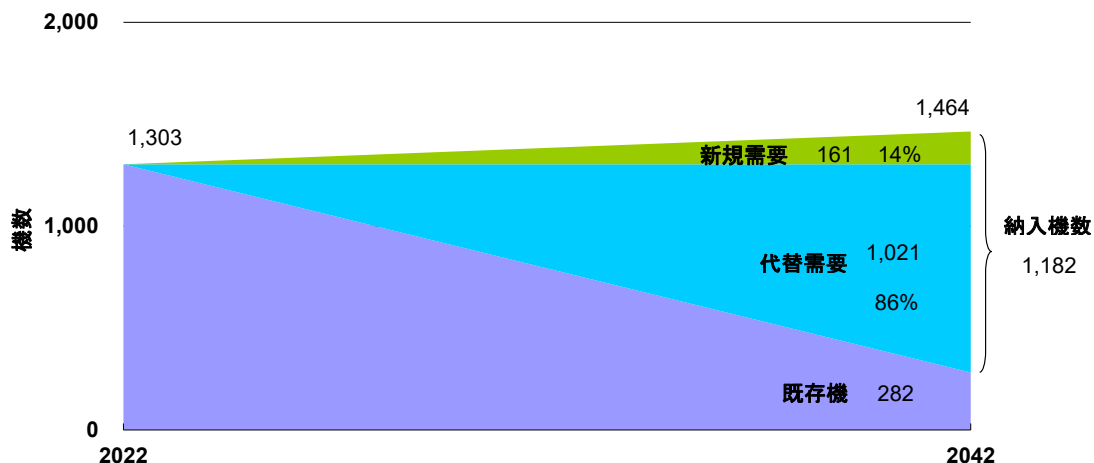
現在の機材は細胴機が中心で 400～2,000km の距離帯で主に使用され、4,500km まで距離とともに漸減しながら使用されている。700km 以短の短距離帯ではターボプロップ機が主力となり、小型機は 200km、中大型は 300～500km をそれぞれピークとして多く使用されている。リージョナルジェット機は 500km 帯を中心に使用されている。



	RPK平均成長率	
	2000-2019	2020-2042
長距離	4.5%	1.8%
中距離	6.9%	4.5%
近距離	5.4%	2.8%
短距離	4.0%	1.1%
全	5.2%	2.8%

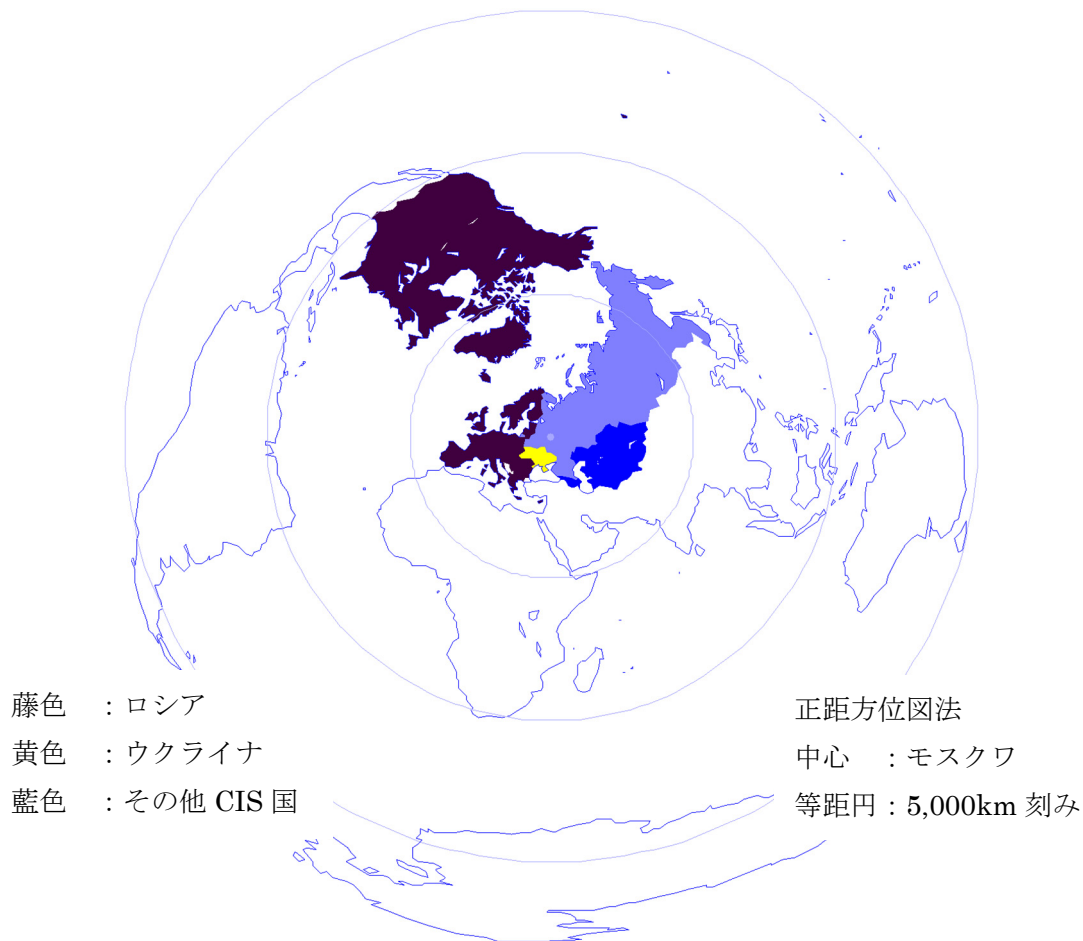


アフリカエアラインの機材需要予測

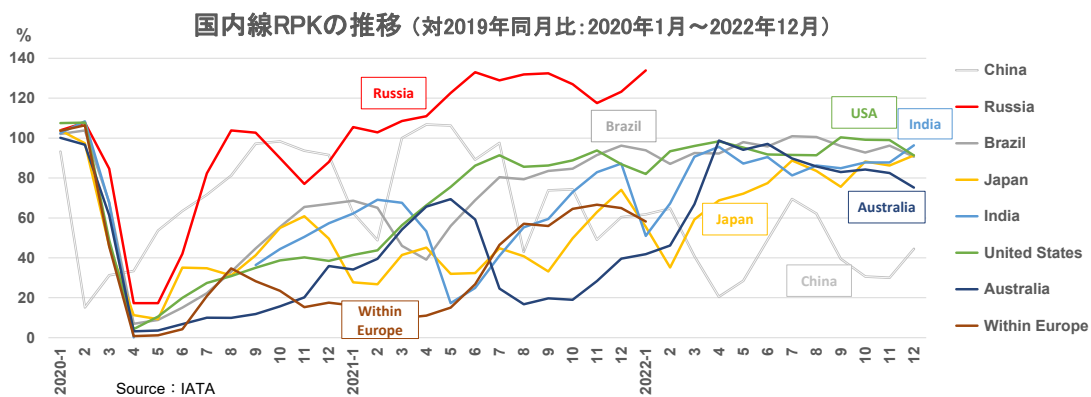


アフリカ	運航機数		納入機数 2023-2042	運航機数		納入機数 2023-2042
	2022	2042		2022	2042	
ターボプロップ旅客機 (TP)				ジェット貨物機 (JF:新造機+改造機)		
15-39 席	186	90	77	細胴機	52	85
40-59 席	64	59	55	中型広胴機	12	23
60 席以上	145	170	101	大型機	11	26
(合計) TP	395	319	233	(合計) JF	75	134
ジェット旅客機 (JP)				(総計) TP + JP + JF	1,303	1,464
20-59 席	127	0	0			1,182
60-99 席	83	67	58	主要指標の成長率 (2000-2019) (2020-2042)		
(小計) リージョナルジェット機 (RJ)	210	67	58	経済規模 (GDP) (%)	4.1	3.3
100-119席	41	104	97	旅客需要 (RPK) (%)	5.2	2.8
120-169席	420	379	260	貨物需要 (RTK) (%)	9.0	4.4
170-229 席	6	249	248	運航機数 (%)		0.6
(小計) 細胴機 (NJ)	467	732	605	販売額 (2019年カタログ価格 : 億ドル)		
230-309 席	99	120	88			1,344
310-399 席	57	92	73			(2023-2042)
400 席以上	0	0	0			
(小計) 広胴機 (WJ)	156	212	161			
(合計) JP = RJ + NJ + WJ	833	1,011	824			

9.7 CIS

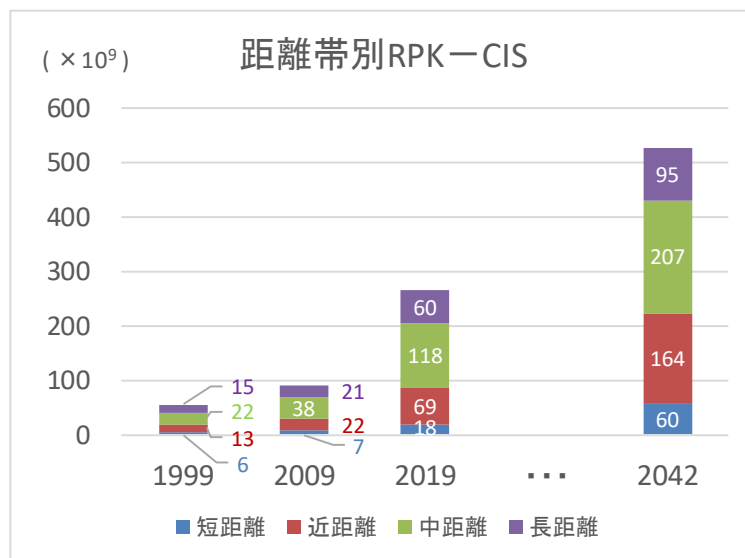


CIS はロシアをはじめとして広大な国土とそれに伴う長大な都市間距離を持ち、域内の移動にとって航空輸送は重要である。そのため CIS の航空需要は旺盛で、特に経済成長が順調であった 2004 年から 2014 年までの 10 年間は RPK の年平均成長率が 8.9%に達していた。その後は新興国経済の停滞の中で伸びが止まっていたが、2017 年以降は成長を再開し 2019 年の RPK は 265×10^9 人 km であったとみられる。

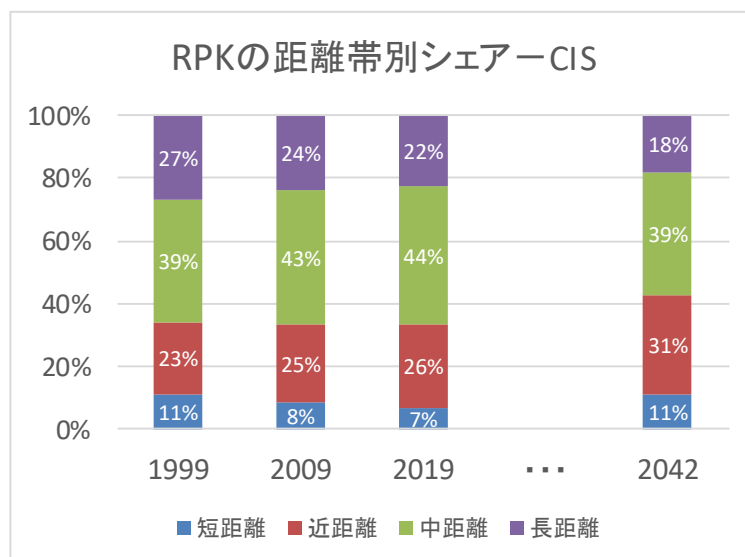


なお、ロシア国内線の RPK は、2021 年 6 月以降には 2019 年水準の 130%前後に達した

とされており、他の国々の状況と比較して特異な挙動を示している。



	RPK平均成長率	
	2000-2019	2020-2042
長距離	7.2%	2.1%
中距離	8.9%	2.5%
近距離	8.9%	3.8%
短距離	5.6%	5.2%
全	8.1%	3.0%

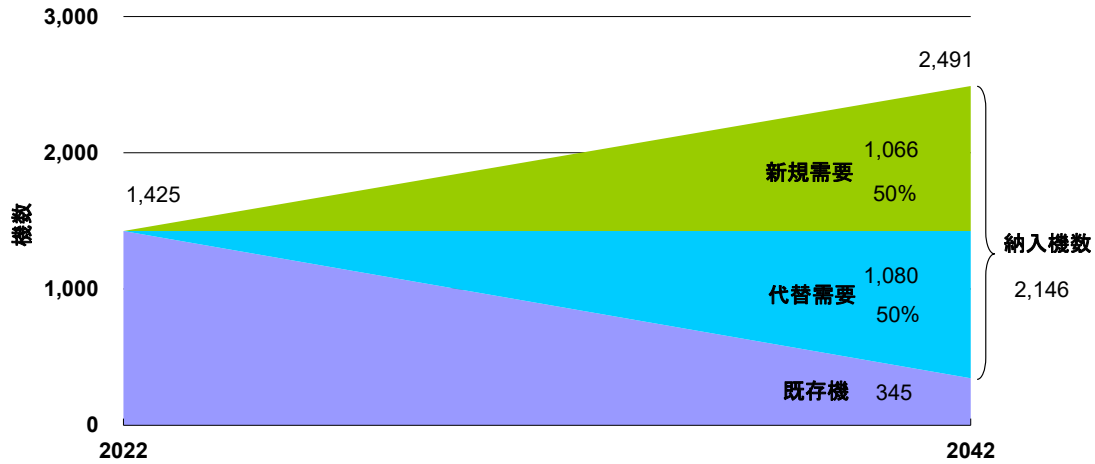


2019 年の RPK の内訳は、中距離（2,000～4,500km）が 44%を占め、近距離（1,000～2,000km）の 26%が続いている。2042 年に向けては、短～近距離の成長率が 5.2～3.8%、中～長距離は 2.5～2.1%と見込まれ、2042 年の RPK の域内シェア構成は短～近距離側が増加するものと見込まれる。

CIS は、2000-2019 年の過去 20 年間で、GDP は年平均 4.0%、旅客需要は 8.1%、貨物需要は 11.7%で伸びてきた。それらに基づけば 2020-2042 年の成長率は、GDP が年平均 1.9%、旅客需要が 3.0%、貨物需要が 6.9%と見込まれる。

しかし、今般のウクライナ侵攻とそれに対する各国からの経済制裁などによって、上記の見通しも大きな影響を受けると見られる。

CISエアラインの機材需要予測



CIS	運航機数 2022	2042	納入機数 2023-2042	運航機数 2022	2042	納入機数 2023-2042
ターボプロップ旅客機 (TP)						
15-39 席	97	245	206			
40-59 席	91	83	81			
60 席以上	32	73	58			
(合計) TP	220	401	345			
ジェット旅客機 (JP)						
20-59 席	55	0	0			
60-99 席	199	417	365			
(小計) リージョナルジェット機 (RJ)	254	417	365			
100-119 席	45	74	72			
120-169 席	572	814	648			
170-229 席	85	504	469			
(小計) 細胴機 (NJ)	702	1,392	1,189			
230-309 席	65	19	5			
310-399 席	56	11	0			
400 席以上	9	0	0			
(小計) 広胴機 (WJ)	130	30	5			
(合計) JP = RJ + NJ + WJ	1,086	1,839	1,559			
ジェット貨物機 (JF: 新造機+改造機)						
細胴機	34	82	80			
中型広胴機	52	98	95			
大型機	33	71	67			
(合計) JF	119	251	242			
(総計) TP + JP + JF	1,425	2,491	2,146			
主要指標の成長率 (2000-2019) (2020-2042)						
経済規模 (GDP) (%)			4.0			1.9
旅客需要 (RPK) (%)			8.1			3.0
貨物需要 (RTK) (%)			11.7			6.9
運航機数 (%)						2.8
販売額 (2019年カタログ価格: 億ドル)						1,565
						(2023-2042)

CIS のエアラインで運航されている機体は、旧ソ連製の航空機が数を減らし、西側諸国製の航空機が中心となっている。2021 年末時点で CIS のエアラインで運航されている機材の実質機数*は 1,359 機であり、そのうち広胴機 (149 機) は全機 CIS 域外製 (ボーイング社またはエアバス社製)、細胴機 (746 機) は 98% が CIS 域外製である。また、このように大多数を占める西側製旅客機の多くがリース契約によって入手された機体であった。

(* : In-Service と早期に復帰可能と考えられる Storage 機の和)

このような状況で今回のウクライナ侵攻が発生し、各国は対露経済制裁を開始した。

西側のリース業者は、政府当局の指示によりロシアのエアラインとの間にあった航空機のリース契約を解除するとともにリース機材の回収を行おうとしたが、ロシア政府は急遽立法し機材を“接收”した。

今回この様にリース機材（金融資産）の接収が行われたことで、西側諸国のリース会社あるいは金融機関にとって今後のロシア向けのリースあるいは金融サービスは極めてリスクの高い案件になったとみられる。それ故、今後西側金融機関によるロシアエアライン向けの金融サービスの実施は困難となり、ロシアのエアラインはドルやユーロ建てで機材を調達することは望めず、ルーブルか友好国の通貨で入手可能なものだけで機材需要を賄うことになる可能性が高い。ロシア製旅客機（Tupolev や Ilyushin など）の復権、あるいは中国との共同開発（技術移転）の推進などが考えられる。

ウクライナに与えた人的物的損害への賠償、国土の回復、あるいは明らかになりつつある戦争犯罪などに鑑みれば制裁は長く続く可能性がある。その場合は、今後ロシア市場で生じると見込まれる航空機材の潜在的需要の多くは、少なくとも西側メーカーの仕事量としては実現されない可能性が高い。

CIS 2021年末運航機数*

		機材		旧東側製機材		CIS製機材															
	席数	総数	機数	シェア	機数	シェア	Tu204	Yak42	SSJ100	An148	Yak40	An24	An26	An74	An140	Il18	L410	An28	An38	An3	
TP small	15-40	94	77	82%	14	15%											63	6	2	6	
TP large	41-100	128	83	65%	79	62%						61	18	2	1	1					
RJ small	20-60	51	10	20%	10	20%					10										
RJ large	61-100	191	142	74%	139	73%			139	3											
NJ	101-230	746	14	2%	14	2%	2	12													
WJ	231-	149	0	0%	0	0%															
		1359	326	24%	256	19%															

(*: In-Serviceと、早期に復帰可能なStorageの和)

このほか、CIS エアラインの保有する機材の内、広胴機や細胴機以外のカテゴリーでは、小型ターボプロップ旅客機（15-40 席）では L410 が多く使われるなどで 82%が旧東側製の機材であるが、既にチェコ（L410）は EU 加盟国（2004 年）であり、これを除くと CIS 域内で補用品等の調達の可能性がある機数は僅かなものになる。

大型ターボプロップ旅客機（41-100 席）は An-24/-26 が多数あるため 65%が旧東側製となっている。アントノフ設計局はウクライナのメーカーであるが、An-24/-26 はソ連時代から長く生産された機種であるためロシア域内での補用品等の転換生産が行われていれば、運用継続の可能性はありと考える。

大型リージョナルジェット機（61-100 席）は SSJ100 があるため 74%が域内製である。

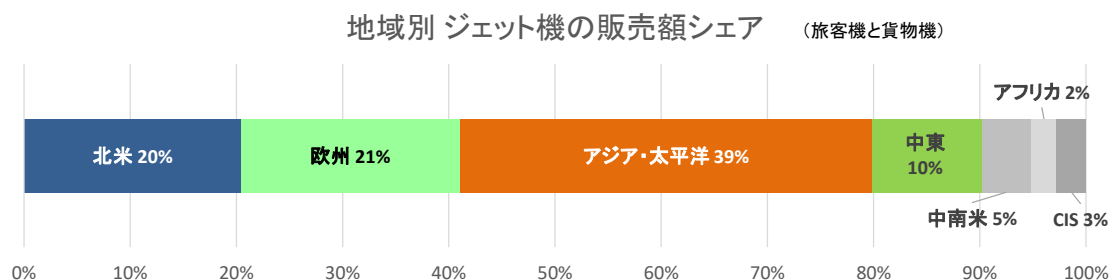
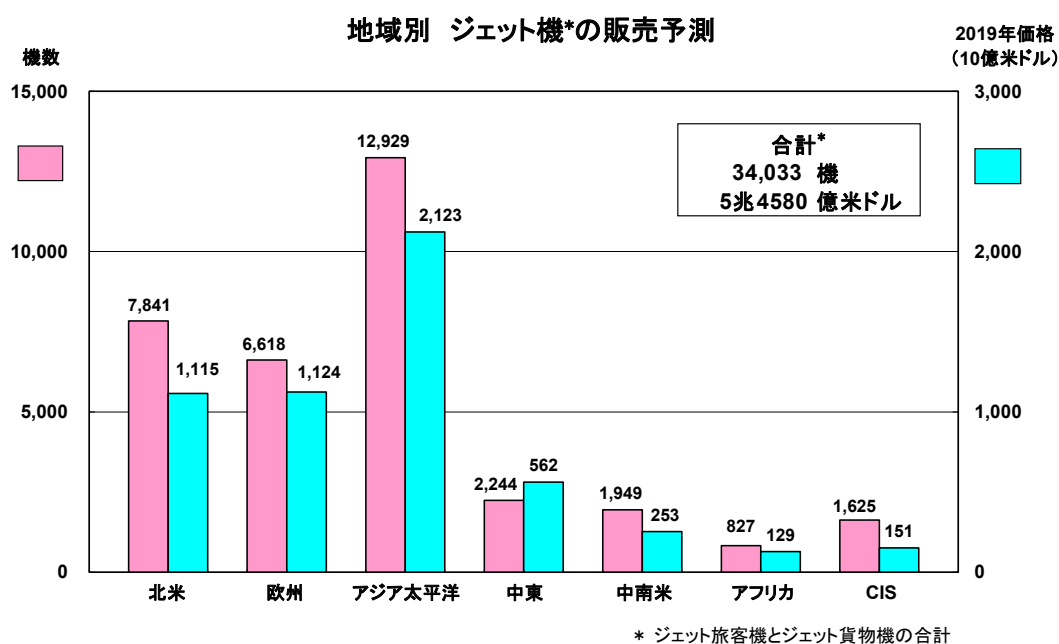
このほか、西側製機材に対する補用品の提供も既に絶たれており、これらを合わせれば CIS 域内製等の事情で今後も補用品を入手するなどして中長期的に維持可能な機数は、多めに見積もって全体の 2 割程度で、カテゴリーは大型ターボプロップ機と大型リージョナルジェット機と考えられる。

10. 航空機材の販売予測

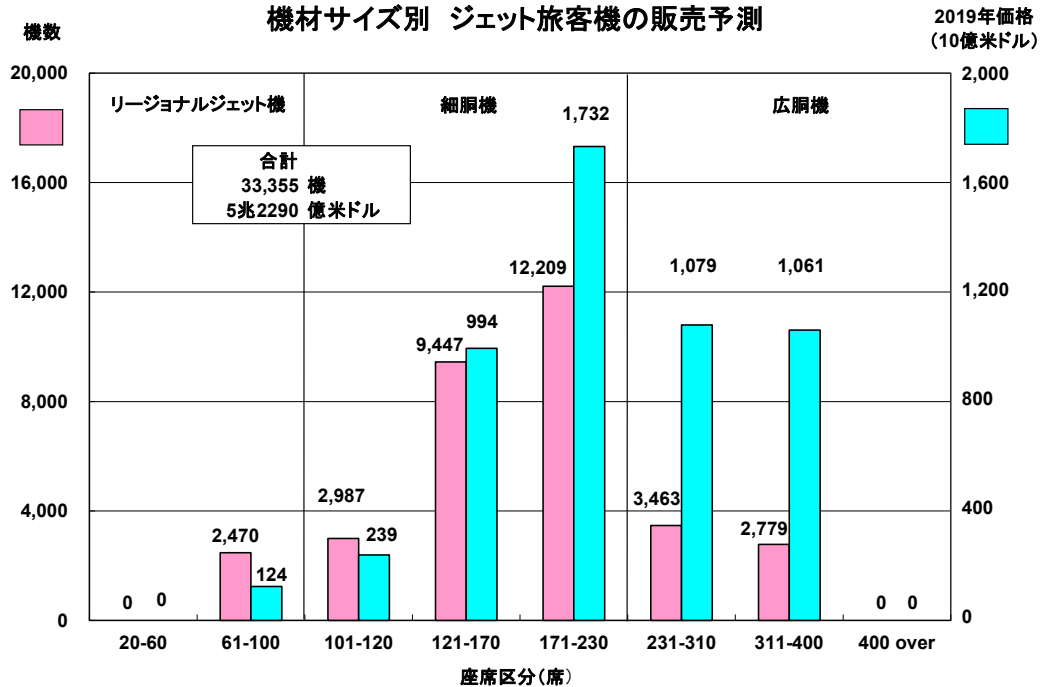
今回の予測期間中（2023-2042）に新造され納入される機材（旅客機と貨物機）の販売機数と、販売額およびシェアを示す。

販売額は需要予測の計算の中で求めた機種別の納入機数に各々の価格を乗じて算出しており、機種毎の価格は各メーカーの公開値を中心に使用している。これらの価格は所謂「カタログ価格」であり、実際の契約における価格はその 7 割とも 6 割とも言われるが、個別の契約内容は非開示であるため、ここではカタログ価格によって計算している。

10.1 ジェット機（旅客機と貨物機）の販売予測

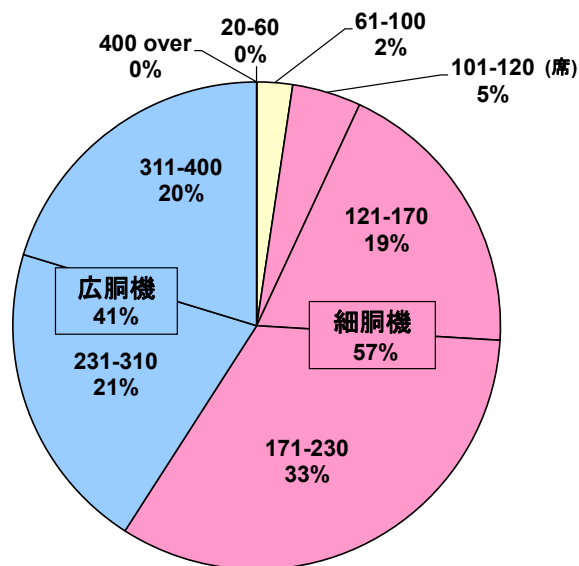


10.2 ジェット機(旅客機)の販売予測



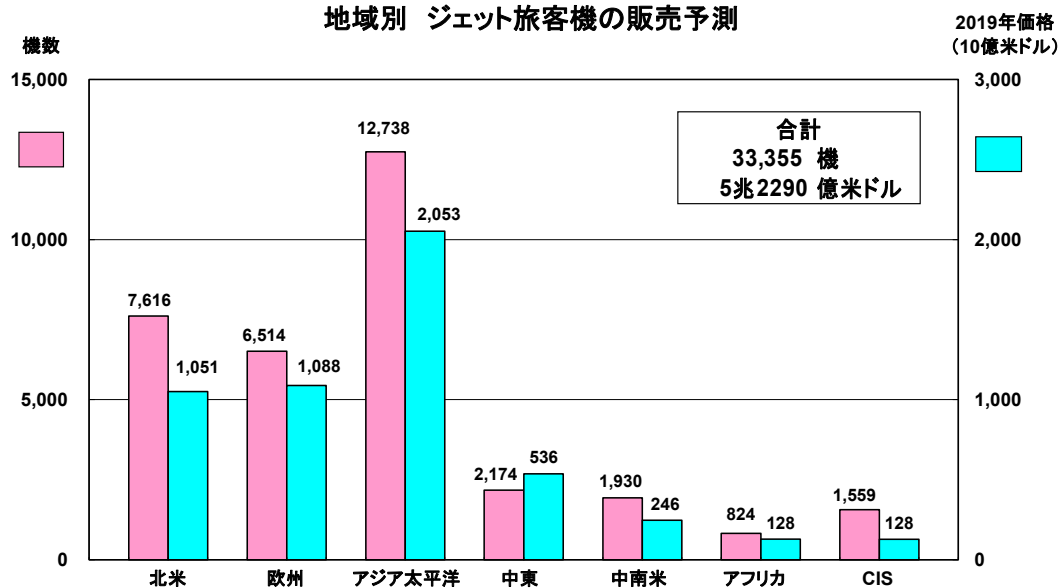
販売額は 171-230 席のクラスが最も多い。納入機数でも 121-170 席を上回って最大となり、機体がやや大型で単価が高いため、販売額でも最大となっている。

ジェット旅客機の販売額シェア

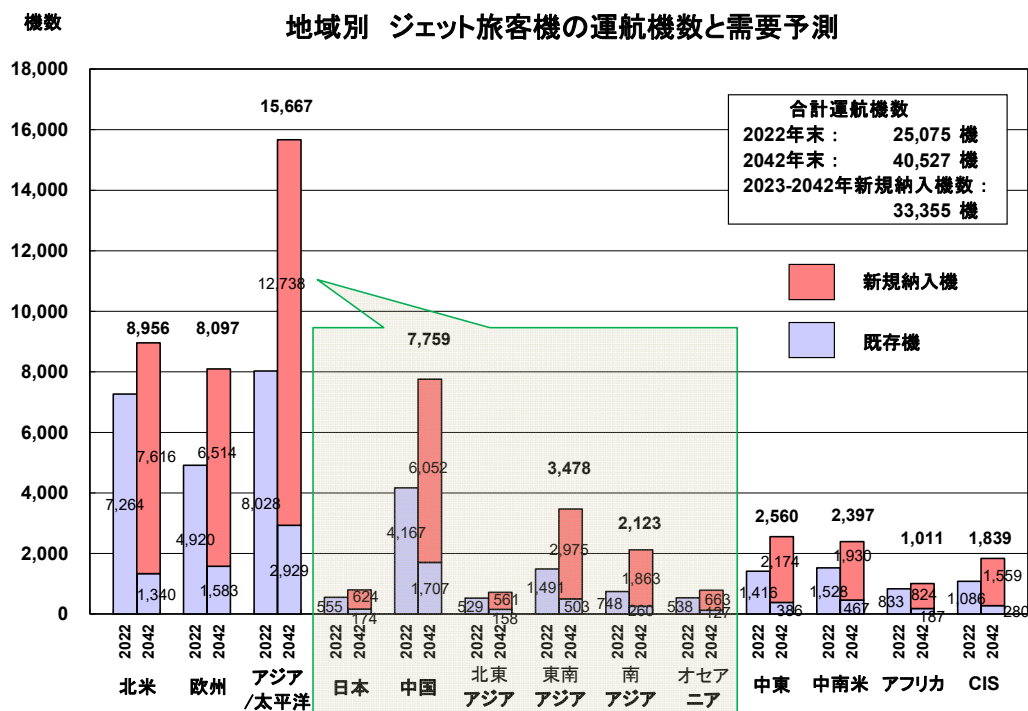


細胴機は単価は安い機数が多い。そのため総額では広胴機を上回っている。

地域別 ジェット旅客機の販売予測



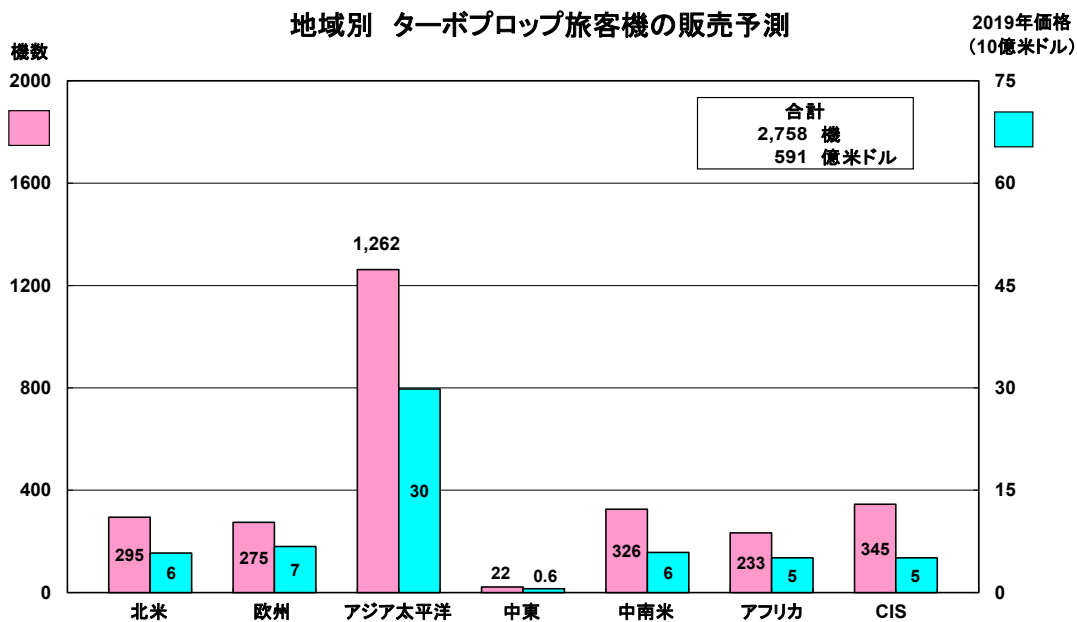
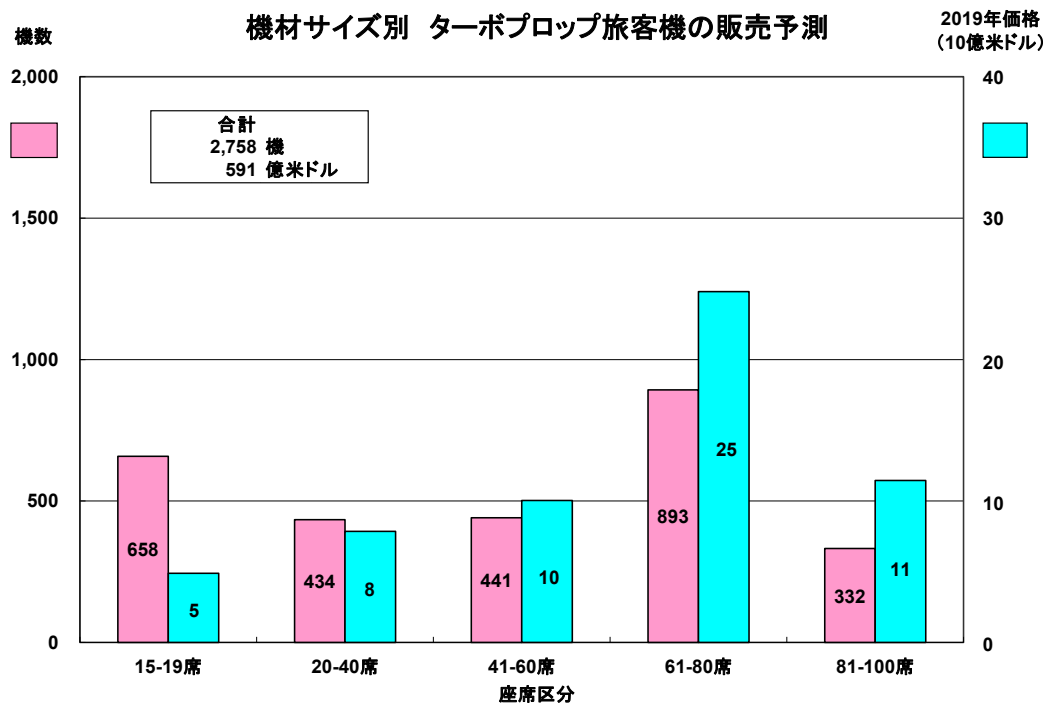
地域別 ジェット旅客機の運航機数と需要予測



旅客機の地域別販売機数では北米、欧州、中国の順で、販売額では欧州（1.09 兆ドル）、北米（1.05 兆ドル）、中国（0.95 兆ドル）の順になる。

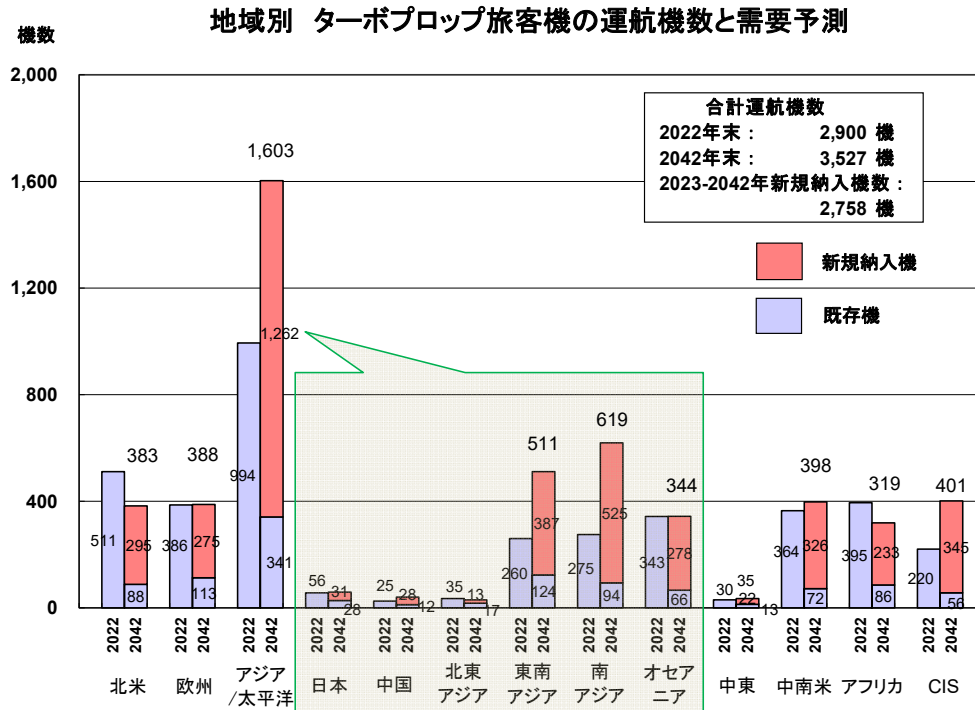
10.3 ターボプロップ旅客機の販売予測

ジェット旅客機市場と比較すると、今後 20 年間のターボプロップ旅客機の新規納入数は 8.3%、売上高は 1.1%と小さい。

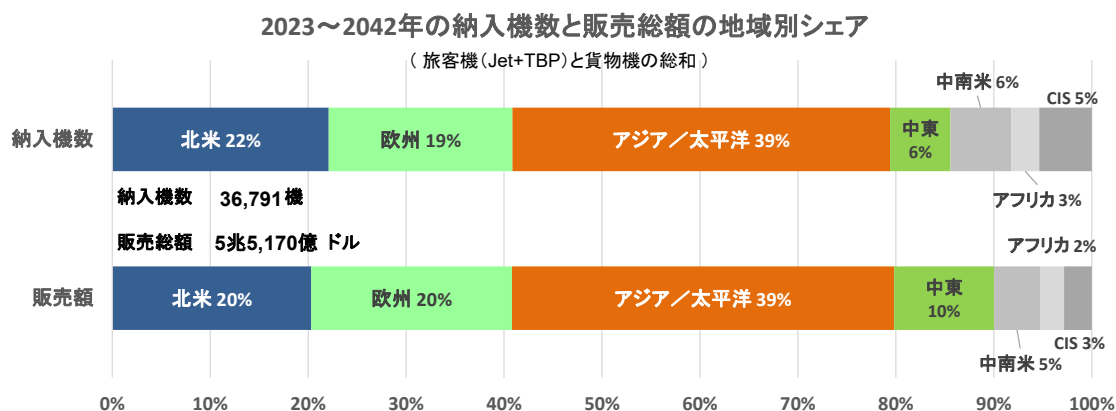
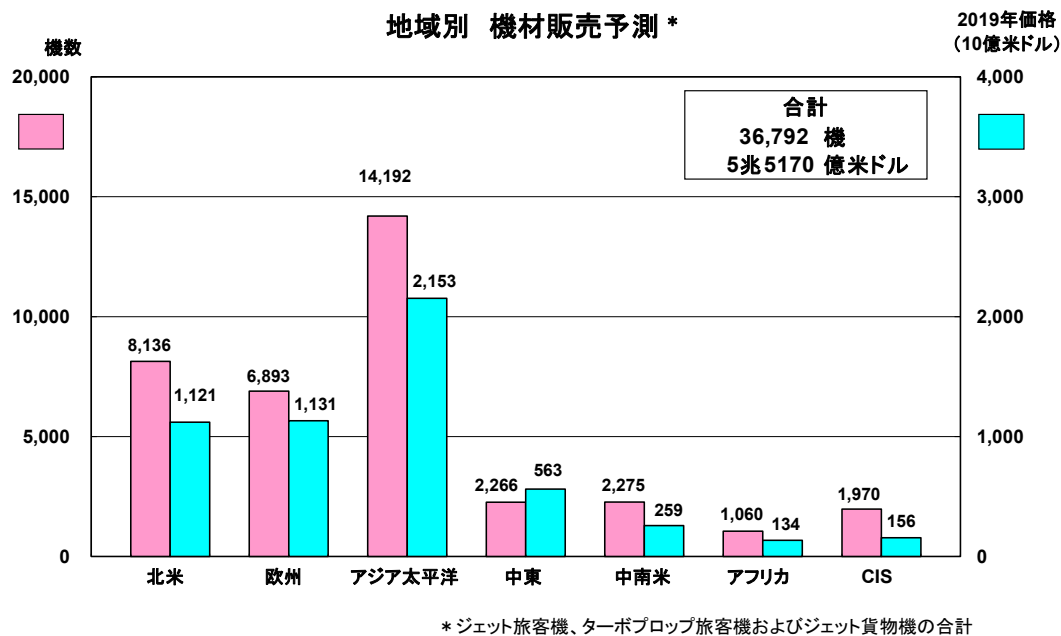


地域別では、ターボプロップ旅客機の需要はアジア太平洋地域で最も高い。その内訳（機数）を見ると、東南アジアと南アジア（主にインド）が双璧で、オセアニアがそれに続く。

中国はごく少ない。しかし、一部の地域を除いて、ターボプロップ航空機は各地域で安定した需要があり、各地域の住民にとって不可欠な交通手段である様子がうかがえる。



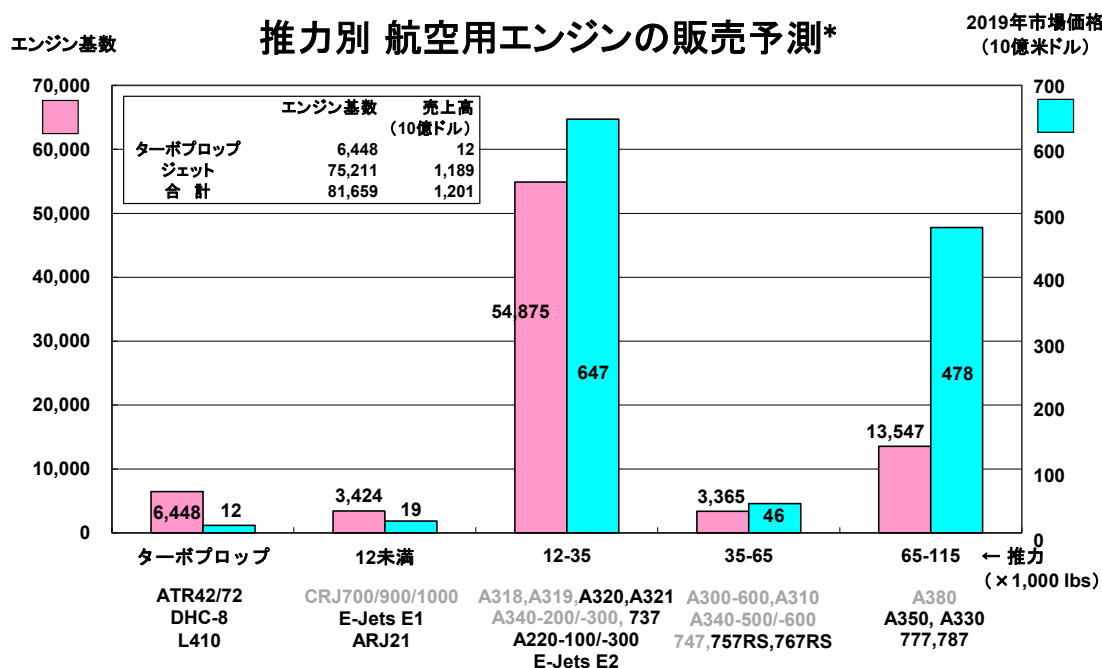
10.4 全体の販売予測（ジェット&ターボプロップ旅客機と新造貨物機）



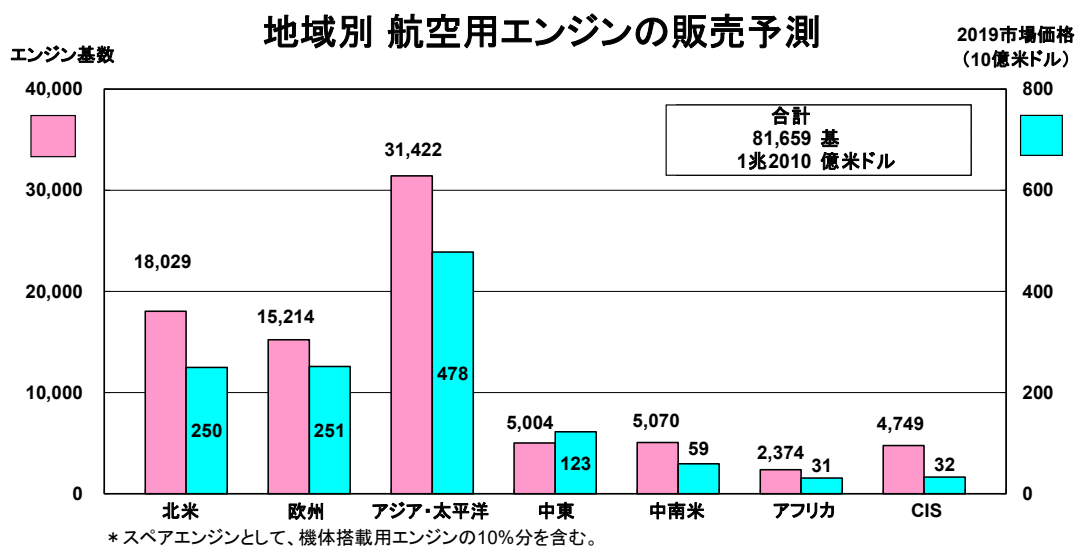
このうち新造貨物機については、納入機数は 679 機、販売額は 2,293 億ドルであり、その中では、需要が最も多い大型機の販売額が 1,320 億ドル、中型広胴機が 973 億ドルである。

11. 航空用エンジンの販売予測

今回の予測期間中（2023-2042）に納入されるエンジンの基数と、販売額の予測を示す。航空用エンジンの需要は、機体納入時に搭載されるものとスペア用（完成品）があり、前者は機体の納入機数にエンジン基数を乗じたもので、後者は前者の 10%（スペア率）相当として把握される。エンジンは機体装備品の中では最も高額な購入品であり、その価格は機体販売価格の内数で約 20%を占めると見られる。



* スペアエンジンとして、機体搭載用エンジンの10%分を含む。



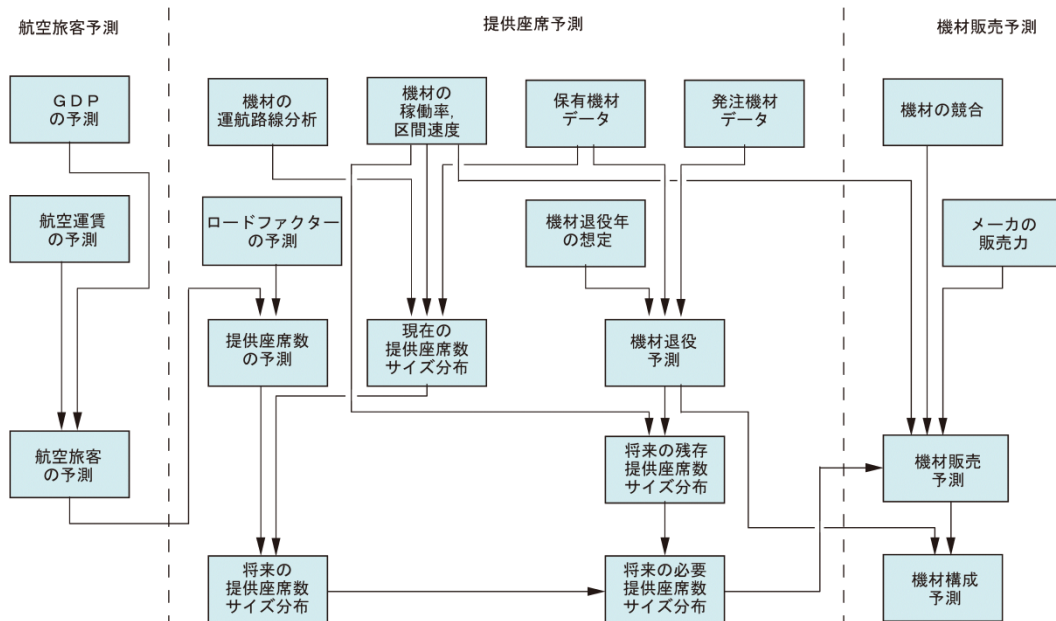
Intentionally Left Blank

12. 予測手法

旅客機需要予測

予測の流れは、下記に示すように航空旅客予測、提供座席予測及び機材販売予測の3つの部分に分かれている。

世界マクロ需要予測フローチャート



航空旅客予測では、航空旅客需要（RPK）は、所得や運賃との相関が明瞭であることからGDPおよび旅客イールドの関数として計量経済学的手法によって求められる。しかし、RPKは、例えば規制緩和やCO₂削減策の推進の様な政策の大きな変化、LCC等の新業態の参入、高速鉄道等の他の輸送モードとの競合といった事象によっても影響を受ける。そのため、JADCではGDPと旅客イールドを用いた因果モデルによって実績データに基づいた分析を行うだけでなく、今後起こり得る事象による影響も考慮してRPKを予測している。予測は、RPKを地域区分（13区分）および距離区分（4区分）によって分類して行う。

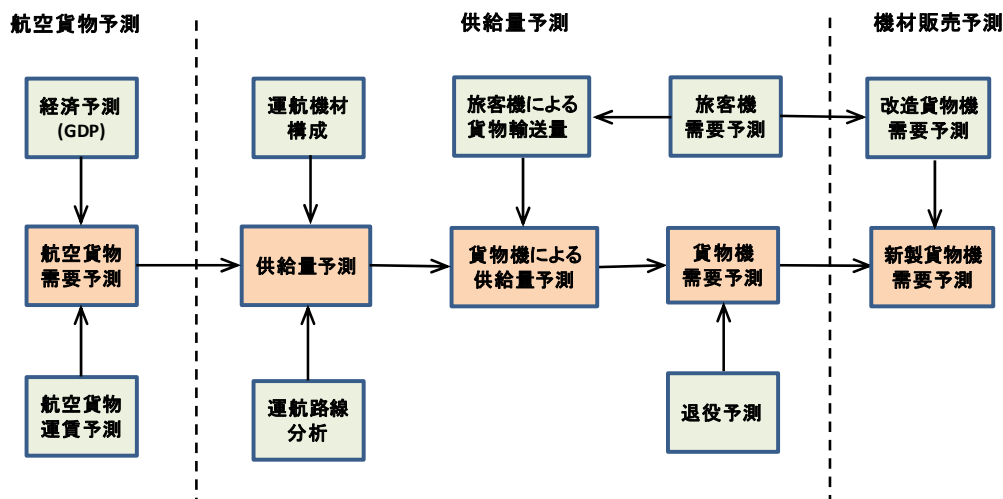
提供座席予測では、予測された航空旅客需要を実際に輸送するために必要な輸送力（ASK）とその分布（座席規模、輸送距離）を求める。加えて、機材の退役機齢の実績値に基づいて既存機材による輸送力の減勢を予測し、今後追加が必要となる（納入される）輸送力を求める。予測は、ASKを地域区分（13区分）、距離区分（4区分）に加えて座席サイズ区分（のべ15区分）によって分類して行う。

機材販売予測では、提供座席予測の結果を、座席数、航続距離等の機体性能とメーカーの販売力から具体的機材に割り当てて各機数を求め、集計している。

貨物機需要予測

予測の流れは、下記に示すように航空貨物予測、貨物機による輸送力の供給量予測及び機材販売予測の3つのパートに分かれている。

貨物機需要予測フローチャート



航空貨物予測において、航空貨物需要は航空旅客需要と同様に GDP と貨物イールドとに相関があることが知られている。JADC では、GDP と実質貨物イールドを用いた因果モデルにより過去のデータを分析すると共に、航空貨物需要に影響を与える各種要素について、現状や今後の動向を加味して航空貨物需要を予測している。なお、予測にあたっては、世界の路線を 33 のマーケットに集約し、マーケット毎に航空貨物需要を求めている。

貨物機による輸送力の供給量予測は、地域区分（7 地域）、ペイロード区分（3 区分）に分類して行うマクロ予測（Top Down Analysis）である。航空貨物は、貨物機と旅客機の床下貨物室によって輸送される。貨物機による貨物輸送量および供給量の予測は、航空貨物需要予測の結果から旅客機の床下貨物室で輸送可能な貨物の輸送量および供給量を差し引くことによって求めることができる。旅客機の床下貨物室で輸送可能な貨物の輸送量と供給量は、旅客機の機材需要予測結果を基に推算する。

$$\text{航空貨物輸送量} = \text{旅客機の床下貨物室の貨物輸送量} + \text{貨物機の貨物輸送量}$$

予測では、運航機材構成と運航路線分析を行うと共に機材の退役機齢を想定して、将来必要とされる供給量を区分毎に求める。

機材販売予測は、パイロード、航続距離等の機体性能、新製機と改造貨物機の比率を考慮し、将来必要とされる供給量を具体的な機材に割り当てて、その機数を求めている。

Appendix A：機材分類の定義

ターボプロップ旅客機

15－19 席	DHC6-400, Do228, BE1900, L410
20－39 席	DHC8-200, Saab 340, Do328, Su-80
40－59 席	ATR42, DHC8-300, An-140, MA60/600
60－79 席	ATR72, DHC8-400, Il-114
80－99 席	(ATR92)

ジェット旅客機

リージョナルジェット機

20－39 席	ERJ135, Do328JET
40－59 席	CRJ100/200, ERJ140/145
60－79 席	CRJ700, E170, E175, An-148
80－99 席	CRJ900/1000, E175E2, E190/E2, ARJ21, SSJ100

細胴機

100－119 席	A220-100, E195/E2, A318, 737-600
120－169 席	A319ceo/neo, A320ceo/neo, 737-700/-800, 737MAX-7/-8, A220-300, C919-200, MS21-200/-300, Tu234
170－229 席	A321ceo/neo～XLR, 737-900ER, 737MAX-9/-10, 757, C919-300, MS21-400, Tu-204

広胴機

230－309 席	787-8/-9, A330ceo/neo, 767, A300, A310, Il-96
310－399 席	A350-900/-1000, 787-10, 777-8/9, 777, A340
400－499 席	747
>500 席	A380

* 原則として、99席以下は1クラス、100-229席は2クラス、230席以上は3クラスでの標準的な座席数を基に分類している。

ジェット貨物機

細胴機(< 50t)	A320, A321, BAe146, CRJ100/200, DC-8, DC-9, MD-80, 707, 727, 737, 757, Tu-204
中型広胴機(40-70t)	A300, A310, A330, DC-10-10, 767, Il-76
大型機(> 70t)	DC-10-30/-40, MD-11, 747, 777, 777-8, A350, An-124, An-225

Appendix B：エンジン分類の定義

推力区分 (×1000 lb)	エンジン名	メーカー	推力(×1000 lb)	適用機種(エンジン基数)
65～115	CF6-80E1	GE	67～72	A330(2)
	GE9x	GE	67～73	B787(2), B747-8(4)
	GE90	GE	75～115	B777(2)
	GP7000	GE/PW	76～82	A380(4)
	PW4000-100	PW	64～70	A330(2)
	PW4000-112	PW	74～98	B777(2)
	TRENT 700	RR	67～71	A330(2)
	TRENT 800	RR	75～95	B777(2)
	TRENT 900	RR	68～84	A380(4)
	TRENT 1000	RR	64～74	B787(2)
	TRENT 7000	RR	68～72	A330neo(2)
	TRENT XWB	RR	83～92	A350XWB(2)
35～65	CF6-50	GE	46～54	B747(4), A300(2)
	CF6-80A	GE	48～50	B767(2), A310(2)
	CF6-80C2	GE	52～62	B747(4), B767(2), A300-600(2), A310(2) MD-11(3)
	JT9D	PW	43～56	B747(4), B767(2), A300(2), A310(2)
	PW4000-94	PW	52～68	B747(4), B767(2), A300-600(2), A310(2) MD-11(3)
	RB211-524G/H	RR	58～61	B747-400(4), B767-300(2)
	TRENT 500	RR	56	A340-500/600(4)
	PW2000	PW	38～42	B757(2)
	RB211-535C/E4	RR	37～43	B757(2)
12～35	V2500	IAE	22～30	A319(2), A320(2), A321(2), MD-90(2)
	CFM56	CFM INT'L	18～34	B737-300/400/500(2), B737-600/700/800/900(2) A318(2), A319(2), A320(2), A321(2), A340-200/300(4)
	LEAP-1	CFM INT'L	18～33	A319neo(2), A320neo(2), A321neo(2), 737MAX(2), C919(2)
	PW1000G	PW	15～35	A220-100/300(2), MS-21(2) A319neo(2), A320neo(2), A321neo(2) E175E2(2), E190E2(2), E195E2(2)
	JT8D-200	PW	18～21	MD-80(2)
	PW6000	PW	20～23	A318(2)
	BR700	BMW/RR	18～22	717(2)
	SMI46	SNECMA/NPO	17.4	SSJ100(2)
～12	CF34	GE	8.6～20	CRJ100/200(2), CRJ700(2), CRJ900(2), CRJ1000(2) E170(2), E175(2), E190(2), E195(2), ARJ21(2)
	AE3007	ALLISON	7.2～12	ERJ135(2), ERJ140(2), ERJ145(2)
	PW300	PWC	4.2～5.7	328JET(2)
Turboprop	CT7	GE	1700～1940 SHP	CN235(2), SAAB340(2), L610(2)
	PW100	PWC	2000～5000 SHP	ATR42(2), ATR72(2), DHC8-100(2)/300(2)/400(2), Do328(2) EMB120(2)
	PT6A	PWC	700～1300 SHP	DHC-6-400(2), BEECH1900
	TPE 331	GARRETT	700～1100 SHP	CASA212(2), Metro(2), Do228(2)

Appendix C：航空旅客需要

地域	RPK (× 10 ⁹ 人km)			年平均成長率
	1999	2019	2042	2020-2042
北米	1,121	1,923	3,687	2.9%
欧州	928	1,975	4,270	3.4%
西欧	912	1,877	3,890	3.2%
東欧	16	98	379	6.1%
アジア/太平洋	714	2,903	6,973	3.9%
日本	166	204	357	2.5%
中国	130	1,333	3,007	3.6%
北東アジア	98	232	379	2.2%
東南アジア	175	648	1,810	4.6%
南アジア	46	275	1,014	5.8%
オセアニア	99	211	406	2.9%
中東	86	774	1,751	3.6%
中南米	139	442	801	2.6%
アフリカ	68	180	354	3.0%
CIS	55	290	527	2.6%
世界	3,111	8,486	18,361	3.4%

(注：2042 年の RPK を予測するにあたっては、CO₂ 排出量削減活動の影響は織り込んでいない。この影響は現時点では不明確であり、2042 年の RPK は CO₂ 関係の影響を含まない従来通りの計算方法で算出している。CO₂ 排出量削減活動の影響については本文 5.3.1 項で別途検討している。)

Appendix D：航空貨物需要

地域	RTK (× 10 ⁹ トンkm)				年平均成長率 2020-2042※
	1999	2019	2022	2042	
北米	38	62	75	105	2.3%
欧州	31	52	57	100	2.9%
アジア/太平洋	43	88	91	197	3.6%
中東	3	33	40	96	4.7%
中南米	5	7	6	10	1.4%
アフリカ	1	5	5	11	3.6%
CIS	1	8	9	29	5.7%
世界	122	254	283	546	3.4%

※Appendix D では、COVID-19の影響を避けるため2019年末を基準とし、2020年から2042年までの平均成長率を示している。

(注：2042 年の RTK を予測するにあたっては、CO₂ 排出量削減活動の影響は織り込んでいない。この影響は現時点では不明確であり、2042 年の RTK は CO₂ 関係の影響を含まない従来通りの計算方法で算出している。CO₂ 排出量削減活動の影響については本文 5.3.1 項で別途検討している。)

Appendix E：機材需要予測結果

➤（地域別）機材推移および販売額

地域別		2022 運航機数	退役	改造機需要	新製機需要	2042 運航機数	販売額 (\$10億)
北米	計	8,841	7,142	678	8,136	10,513	1,121
	ターボプロップ旅客機	511	423	—	295	383	6
	ジェット旅客機	7,264	5,924	—	7,616	8,956	1,051
	ジェット貨物機	1,066	795	678	225	1,174	64
欧州	計	5,776	3,993	283	6,893	8,959	1,131
	ターボプロップ旅客機	386	273	—	275	388	7
	ジェット旅客機	4,920	3,337	—	6,514	8,097	1,088
	ジェット貨物機	470	383	283	104	474	37
アジア／太平洋	計	9,494	6,111	691	14,192	18,266	2,153
	ターボプロップ旅客機	994	653	—	1,262	1,603	30
	ジェット旅客機	8,028	5,099	—	12,738	15,667	2,053
	ジェット貨物機	472	359	691	192	996	71
中東	計	1,525	1,077	149	2,266	2,863	563
	ターボプロップ旅客機	30	17	—	22	35	1
	ジェット旅客機	1,416	1,030	—	2,174	2,560	536
	ジェット貨物機	79	30	149	70	268	26
中南米	計	2,025	1,477	195	2,275	3,018	259
	ターボプロップ旅客機	364	292	—	326	398	6
	ジェット旅客機	1,528	1,061	—	1,930	2,397	246
	ジェット貨物機	133	124	195	19	223	7
アフリカ	計	1,303	1,021	122	1,060	1,464	134
	ターボプロップ旅客機	395	309	—	233	319	5
	ジェット旅客機	833	646	—	824	1,011	128
	ジェット貨物機	75	66	122	3	134	1
CIS	計	1,425	1,080	176	1,970	2,491	156
	ターボプロップ旅客機	220	164	—	345	401	5
	ジェット旅客機	1,086	806	—	1,559	1,839	128
	ジェット貨物機	119	110	176	66	251	24
世界	計	30,389	21,901	2,294	36,792	47,574	5,517
	ターボプロップ旅客機	2,900	2,131	—	2,758	3,527	59
	ジェット旅客機	25,075	17,903	—	33,355	40,527	5,229
	ジェット貨物機	2,414	1,867	2,294	679	3,520	229

(貨物機は新製機分のみ↑)

➤（機体規模別）機材推移および販売額

機体(座席)規模別	2022 運航機数	退役	改造機需要	新製機需要	2042 運航機数	販売額 (\$10億)
ターボプロップ旅客機						
15-40 席	1,237	1,144	—	1,092	1,185	13
41-60 席	478	395	—	441	524	10
60 席以上	1,185	592	—	1,225	1,818	36
計	2,900	2,131	—	2,758	3,527	59
ジェット旅客機						
20-60 席	1,034	1,034	—	0	0	0
61-100 席	2,481	2,124	—	2,470	2,827	124
リージョナルジェット機 計	3,515	3,158	—	2,470	2,827	124
101-120 席	545	408	—	2,987	3,124	239
121-170 席	13,152	8,747	—	9,447	13,852	994
171-230 席	3,450	2,458	—	12,209	13,201	1732
細胴機 計	17,147	11,613	—	24,643	30,177	2965
231-310 席	2,455	1,734	—	3,463	4,184	1079
311-400 席	1,661	1,169	—	2,779	3,271	1061
400 席以上	297	229	—	0	68	0
広胴機 計	4,413	3,132	—	6,242	7,523	2140
計	25,075	17,903	—	33,355	40,527	5229
ジェット貨物機						
細胴機	928	917	1,412	0	1,423	0
中型広胴機	789	570	467	381	1,067	97
大型機	697	380	415	298	1,030	132
計	2,414	1,867	2,294	679	3,520	229

(新製機分のみ↑)

➤ 地域別機材および新製機需要

2022 運航機数

	北米	欧州	アジア/太平洋	中東	中南米	アフリカ	CIS	世界
ターボプロップ旅客機								
15-40 席	260	132	348	3	211	186	97	1,237
41-60 席	79	34	140	6	64	64	91	478
60 席以上	172	220	506	21	89	145	32	1,185
計	511	386	994	30	364	395	220	2,900
ジェット旅客機								
20-60 席	751	33	12	12	44	127	55	1,034
61-100 席	1,358	292	395	45	109	83	199	2,481
リージョナルジェット機 計	2,109	325	407	57	153	210	254	3,515
101-120 席	193	124	54	15	73	41	45	545
121-170 席	2,969	2,849	4,788	543	1,011	420	572	13,152
171-230 席	1,339	712	1,067	88	153	6	85	3,450
細網機 計	4,501	3,685	5,909	646	1,237	467	702	17,147
231-310 席	436	490	992	254	119	99	65	2,455
311-400 席	218	361	634	316	19	57	56	1,661
400 席以上	0	59	86	143	0	0	9	297
広網機 計	654	910	1,712	713	138	156	130	4,413
計	7,264	4,920	8,028	1,416	1,528	833	1,086	25,075
ジェット貨物機								
細網機	297	201	240	5	99	52	34	928
中型広網機	464	135	77	16	33	12	52	789
大型機	305	134	155	58	1	11	33	697
計	1,066	470	472	79	133	75	119	2,414

2042 運航機数

	北米	欧州	アジア/太平洋	中東	中南米	アフリカ	CIS	世界
ターボプロップ旅客機								
15-40 席	164	75	425	3	183	90	245	1,185
41-60 席	51	50	197	4	80	59	83	524
60 席以上	168	263	981	28	135	170	73	1,818
計	383	388	1,603	35	398	319	401	3,527
ジェット旅客機								
20-60 席	0	0	0	0	0	0	0	0
61-100 席	1,317	263	538	48	177	67	417	2,827
リージョナルジェット機 計	1,317	263	538	48	177	67	417	2,827
101-120 席	1,000	731	811	102	302	104	74	3,124
121-170 席	2,620	2,442	5,956	650	991	379	814	13,852
171-230 席	2,759	3,029	5,413	512	735	249	504	13,201
細網機 計	6,379	6,202	12,180	1,264	2,028	732	1,392	30,177
231-310 席	984	852	1,574	505	130	120	19	4,184
311-400 席	276	772	1,361	697	62	92	11	3,271
400 席以上	0	8	14	46	0	0	0	68
広網機 計	1,260	1,632	2,949	1,248	192	212	30	7,523
計	8,956	8,097	15,667	2,560	2,397	1,011	1,839	40,527
ジェット貨物機								
細網機	300	226	525	31	174	85	82	1,423
中型広網機	586	138	133	42	47	23	98	1,067
大型機	288	110	338	195	2	26	71	1,030
計	1,174	474	996	268	223	134	251	3,520

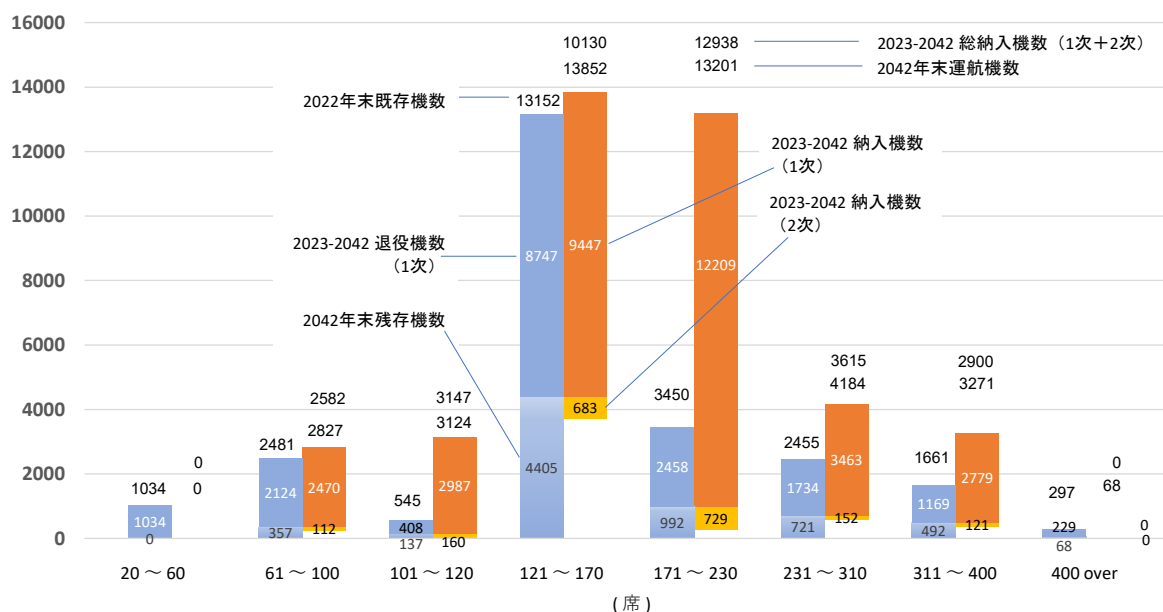
2023-2042 新製機需要

	北米	欧州	アジア/太平洋	中東	中南米	アフリカ	CIS	世界
ターボプロップ旅客機								
15-40 席	162	70	397	3	177	77	206	1,092
41-60 席	41	46	153	4	61	55	81	441
60 席以上	92	159	712	15	88	101	58	1,225
計	295	275	1,262	22	326	233	345	2,758
ジェット旅客機								
20-60 席	0	0	0	0	0	0	0	0
61-100 席	1,113	229	486	48	171	58	365	2,470
リージョナルジェット機 計	1,113	229	486	48	171	58	365	2,470
101-120 席	957	686	798	101	276	97	72	2,987
121-170 席	1,907	1,460	4,043	484	645	260	648	9,447
171-230 席	2,526	2,780	5,019	481	686	248	469	12,209
細網機 計	5,390	4,926	9,860	1,066	1,607	605	1,189	24,643
231-310 席	874	703	1,258	439	96	88	5	3,463
311-400 席	239	656	1,134	621	56	73	0	2,779
400 席以上	0	0	0	0	0	0	0	0
広網機 計	1,113	1,359	2,392	1,060	152	161	5	6,242
計	7,616	6,514	12,738	2,174	1,930	824	1,559	33,355
ジェット貨物機(新製機の需要)								
細網機	0	0	0	0	0	0	0	0
中型広網機	171	79	53	4	19	1	54	381
大型機	54	25	139	66	0	2	12	298
計	225	104	192	70	19	3	66	679
ジェット貨物機(改造機の需要)								
細網機	300	222	520	31	174	85	80	1,412
中型広網機	247	34	65	38	20	22	41	467
大型機	131	27	106	80	1	15	55	415
計	678	283	691	149	195	122	176	2,294

Appendix F 第2次需要の評価

本需要予測では将来の20年間を対象に予測を行っているが、これまでは新製機材の平均退役機齢が25年前後であることから、予測期間内に納入された機材が予測期間内に早くも退役する数は計数していなかった。しかし近年は20年に満たない機齢で退役する例も小さいながら群として現れ始めている。これらはLCCあるいはFSCの短距離国内線で高頻度運航された機材と推定され、近年のLCCの隆盛に鑑みれば今後この種の若年退役機が増加することが考えられる。ここでは予測期間内に納入された新製機（第1次納入機）が予測期間内に退役する際に交替に納入される機数（第2次納入機）を予測し、これを図中に橙黄色で示す。（なお、本文中の機数には第2次納入機数は含まない。）

サイズ別 ジェット旅客機の運航機数および納入機数



第2次納入機数は、細胴機（101-230席）で1,572機、広胴機（231席以上）で273機と見積もられ、第1次納入機数の6.4%と4.4%に相当する。

（既存機：予測期間の期初に運航している機材）

（残存機：予測期間の期末に運航している既存機）

（第1次退役機：既存機が予測期間内*に退役するもの）

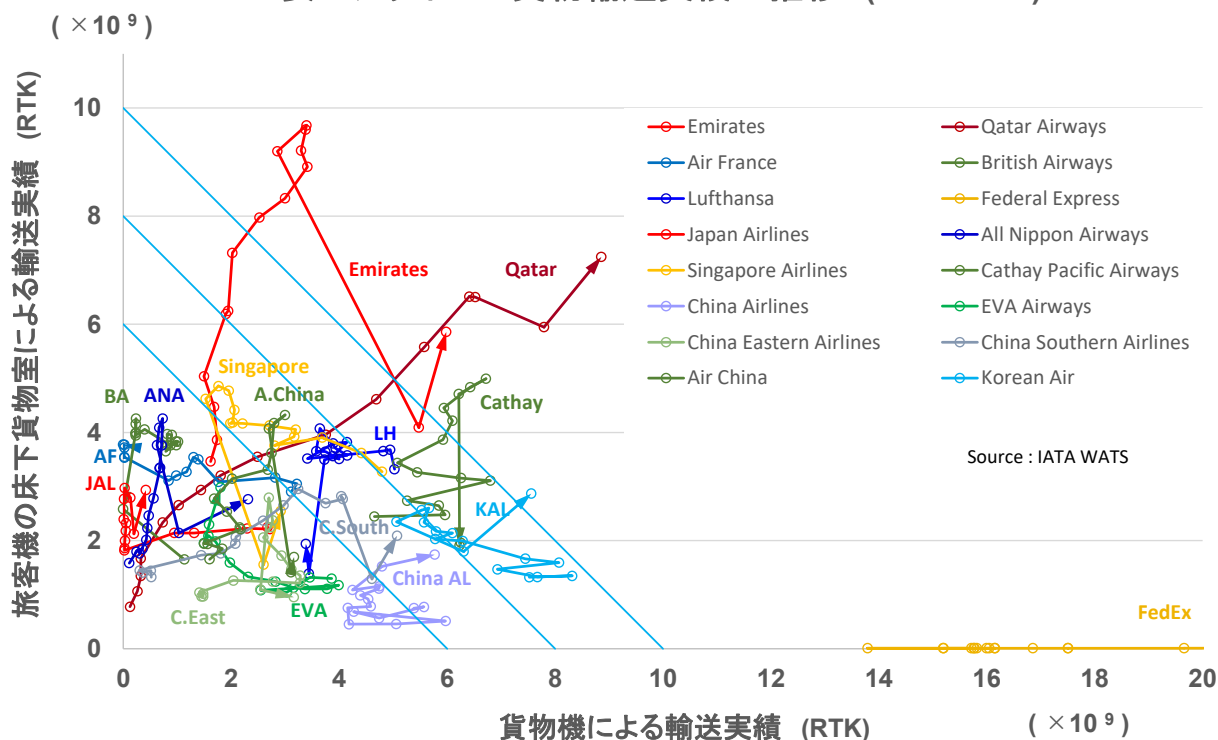
（第1次納入機：第1次退役機の代替需要分）

（第2次退役機：第1次納入機が予測期間内*に退役するもの）

（第2次納入機：第2次退役機の代替需要分）（*：2023～2042）

Appendix G 主要エアラインの貨物輸送実績の推移

主要エアラインの貨物輸送実績の推移 (2006-2021)



エアラインの貨物輸送には、貨物専用機（Freighter）によるものと、旅客便の床下貨物室（Lower Hold）を利用して一般貨物を輸送するものがある。

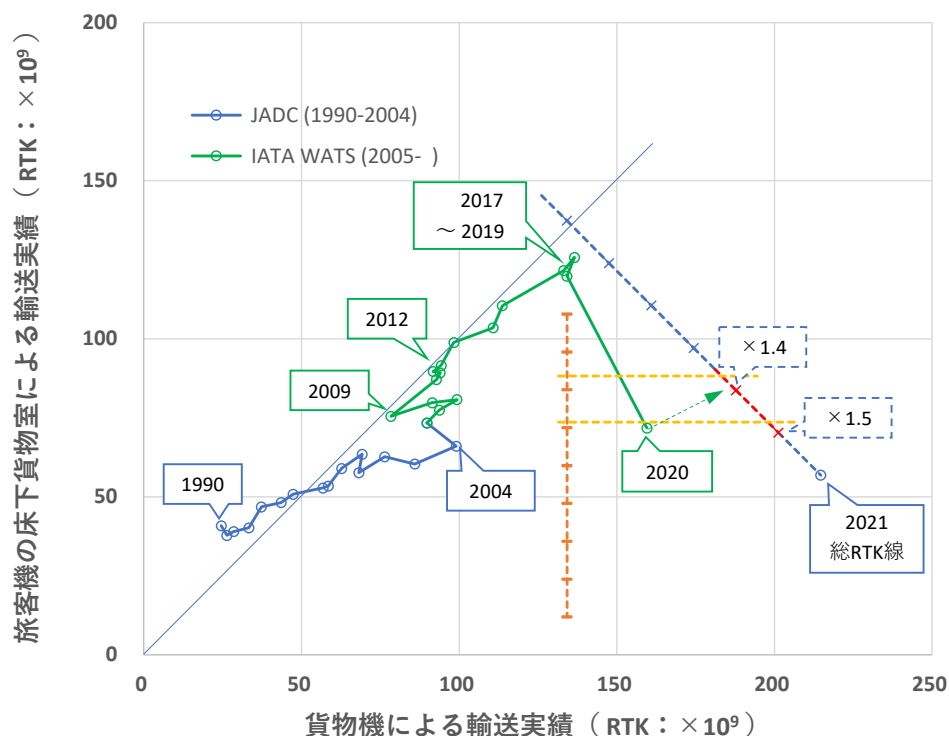
エアラインでは広胴機による機材の大型化が進み、旅客便の床下貨物室でも容積や搭載量の余裕がある。その余積を利用して乗客の荷物以外の一般の貨物も輸送すれば、わずかな追加コストで貨物輸送による収益を上げることができる。また、航空貨物輸送に見られる輸送需要の繁閑の変動にも対処しやすい。

近年は中東の“スーパーコネクター”等が貨物輸送でも積極策を採って RTK を大きく伸ばす一方で、主要なエアラインであっても総 RTK（貨物機＋床下貨物室）の維持に苦心しながら貨物機分を縮小して床下貨物室分へと移行させる例が多くみられた。貨物機を全廃して床下貨物室のみにした例もある。

世界のエアライン全体で見ると、1990 年代は貨物機主導で RTK の増加が続いたが、2004 年を境として床下貨物室の活用による輸送力の増強へと傾向が変わり、貨物機による RTK はほぼ頭打ちとなった。しかし 2013 年頃から貨物機による輸送量も増加を再開して床下貨物室分とほぼ 1 : 1 で成長を続け、2019 年には貨物 RTK の総計の中で貨物機が 53%、床下貨物室が 47%を占めていた。

世界のエアラインの貨物輸送量

(1990-2020：定期便のみ)



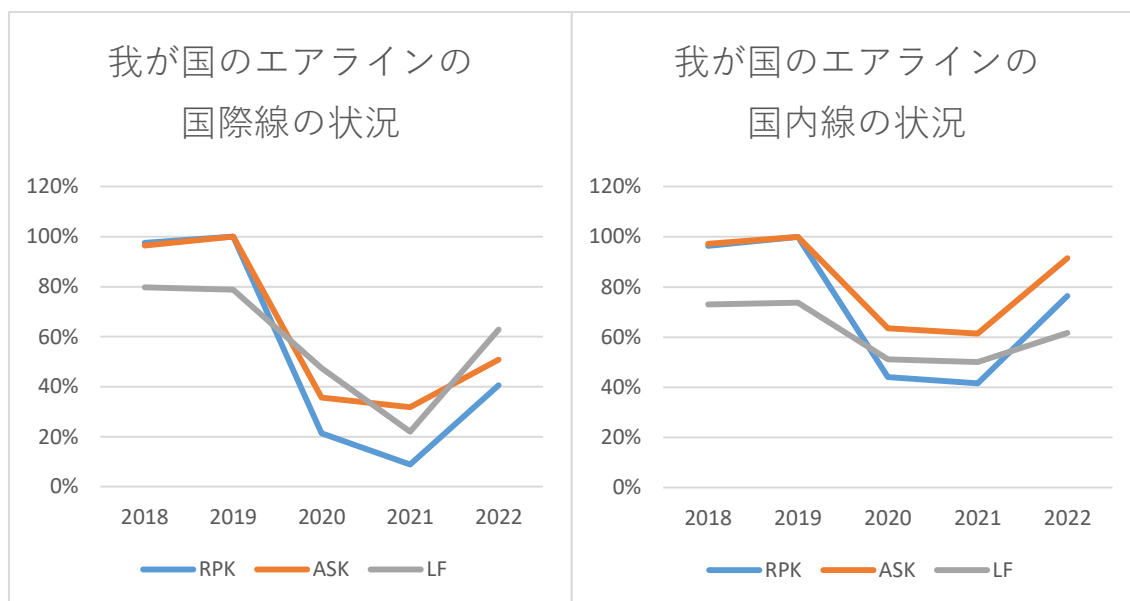
2020年の航空貨物輸送は、旅客便の大幅な減便によって床下貨物室による輸送も減少したエアラインが多く、提供された輸送力（ACTK）は2019年比で23.3%の減少*、輸送実績も10.6%の減少*となった。（*：IATA）

続く2021年の航空貨物輸送は、引き続き床下貨物室による輸送力が減少していた一方で、海上輸送力の逼迫によって輸送需要が流入して活況を呈し、RTK（CTK）全体では2019年実績に対して6.9%増*となった。これに対して供給された輸送力（ACTK）は2019年比で10.9%減少*したままであり、貨物イールドは2019年比61%の上昇を記録した。

この間、エアラインは貨物機による輸送を強化したほか、旅客機の一部を“Freighter”として旅客を乗せずに実質的に貨物便として運用することで輸送力の提供に努めた。これらの内訳は未詳であるが、2019年に対するASKの減少との対応などから推定すると、2021年の貨物機（Freighter分を含む）によるRTKは2019年実績の1.4倍程度まで増加していたものとみられる（図中赤線部付近）。

Appendix H 日本のエアラインの状況

国土交通省資料（2022 年 12 月）によれば、2022 年の日本のエアラインの RPK は、2019 年比で国内線が 76.3%、国際線が 40.6%まで回復している。さらに最近 5 年間の推移は下図のようになる。



(出典：国土交通省 航空輸送統計速報)

(ASK と RPK は 2019 年に対する比。ロードファクター(LF)はそのまま表示している。)

国内線国際線ともに 2021 年が輸送実績の最も縮小した年になり、特に国際線では防疫措置による移動制限が厳しく、輸送需要の減少は国内線より厳しいものとなった。これに対して国内線では 2021 年でも RPK は 40%を維持しており利用者の日常活動に近く必要性が高かったことの現れと見られる。日本以外の国々でも同様の傾向が見られた。(関連 P.21)

2021 年には対コロナワクチンの接種が始まり、同年末までに 2 回接種完了率は 80%に達した。2022 年は年初から国内線の RPK は 2019 年比 70~80%を中心に推移して回復を示した。また 2022 年秋にはわが国でも近隣の国々でも防疫上の出入国管理の緩和が始まり、人の移動も容易になり始めた。

Intentionally Left Blank

略 語	(団体名など)	
A4A	Airlines for America	米国エアライン協会
AAPA	Association of Asia Pacific Airlines	アジア・太平洋エアライン協会
ACI	Airports Council International	国際空港評議会
AEA	Association of European Airlines	欧州エアライン協会
ASEAN	Association of South-East Asian Nations	東南アジア諸国連合
BRICs	Brazil, Russia, India, China	ブラジル、ロシア、インド、中国
BTS	Bureau of Transport Statistics, U.S. Department of Transportation	(米国)運輸省運輸統計局
CAPA	Centre for Asia Pacific Aviation	アジア・太平洋航空センター
CIS	Commonwealth of Independent States	独立国家共同体
DOE	U.S. Department of Energy	(米国)エネルギー省
DOT	U.S. Department of Transportation	(米国)運輸省
EIA	Energy Information Administration	(米国)エネルギー情報局
EU	European Union	欧州連合
FAA	Federal Aviation Administration	(米国)連邦航空局
FTA	Free Trade Agreement	自由貿易協定
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
IATA	International Air Transport Association	国際航空運送協会
ICAO	International Civil Aviation Organization	国際民間航空機関
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
JADC	Japan Aircraft Development Corporation	日本航空機開発協会
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
MLIT	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism	(日本)国土交通省
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries	石油輸出国機構
UIC	Union Internationale des Chemins de fer (International Union of Railways)	国際鉄道連合
UN	United Nations	国際連合
UNWTO	UN World Tourism Organization	国連世界観光機関
WEF	World Economic Forum	世界経済フォーラム

略 語 (続)

ASK	Available Seat Kilometers	提供座席キロメートル
ATK	Available Ton Kilometers	提供トンキロメートル
CASK	Cost per ASK	単位コスト
FFP	Frequent Flyer Program	常顧客優待制度、マイルサービス
FSC	Full Service Carrier	フルサービス航空会社
LCC	Low Cost Carrier	格安航空会社
RASK	Revenue per ASK	単位収入
RPK	Revenue Passenger Kilometers	有償旅客キロメートル
RTK	Revenue Ton Kilometers	有償貨物トンキロメートル
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit	20 フィートコンテナ換算
HOM	Heavy and Oversize air cargo Market	重量物及び規格外品輸送市場
COVID-19	Coronavirus disease 19 (2019)	新型コロナウイルス感染症
NIID	National Institute of Infectious Diseases	(日本)国立感染症研究所
SARS	Severe Acute Respiratory Syndrome	重症急性呼吸器症候群
ETS	Emission Trading Scheme	排出量取引制度
SAF	Sustainable Aviation Fuel	持続可能な航空燃料
HEFA	Hydro processed Esters and Fatty Acids	水素化処理後のエステル・脂肪酸
AtJ	Alcohol to Jet	糖化発酵アルコール經由次世代バイオ燃料製造プロセス
PtL	Power to Liquid	
GBAS	Ground-Based Augmentation System	地上型衛星航法補強システム
SBAS	Satellite-Based Augmentation System	静止衛星型補強システム

用語

提供座席キロメートル (ASK : Available Seat Kilometers)

旅客輸送力供給量

座席数 (席) × 輸送距離 (キロメートル)

有償旅客キロメートル (RPK : Revenue Passenger Kilometers)

有償旅客が搭乗して飛行した輸送実績

有償旅客数 (人) × 輸送距離 (キロメートル)

旅客ロードファクター、座席利用率 (Passenger Load Factor)

総座席数に対して有償旅客が搭乗した割合を示す数値で、座席の販売状況を計る指標

有償旅客キロメートル (RPK) ÷ 提供座席キロメートル (ASK)

無償旅客分を含めない点で搭乗率とは異なる

イールド (Yield)

旅客1人を1キロメートル (または1マイル) 輸送したことによる収入単価

旅客収入 ÷ 有償旅客キロメートル によって算出される

貨物の場合は、貨物1トン进行1キロメートル (または1マイル) 輸送した収入単価

貨物収入 ÷ 有償貨物トンキロメートル によって算出される

ユニットコスト、単位コスト (CASK : Cost per ASK)

単位輸送量あたりコストの指標

1座席キロメートル (ASK) あたりのコストとして算出される

提供貨物トンキロメートル (ATK : Available Ton Kilometers)

貨物輸送力供給量

搭載量 (トン) × 輸送距離 (キロメートル)

有償貨物トンキロメートル (RTK : Revenue Ton Kilometers)

有償貨物を搭載し、飛行した輸送実績

有償貨物輸送量 (トン) × 輸送距離 (キロメートル)

貨物ロードファクター (Cargo Load Factor)

有償貨物トンキロメートル (RTK) ÷ 提供貨物トンキロメートル (ATK)

参考資料

「民間航空機に関する市場予測 2023－2042」の作製にあたっては、下記の機関、団体等から出版されているデータおよび資料を利用している。

AACO	Arab Air Carriers Organization
AAPA	Association of Asia Pacific Airlines
ACI	Airports Council International
AEA	Association of European Airlines
AFRAA	African Airlines Association
ALTA	Latin America & Caribbean Air Transport Association
A4A	Airlines for America
BTS	Bureau of Transport Statistics, U.S. Department of Transportation
CAAC	Civil Aviation Administration of China
DOT	U.S. Department of Transportation
EIA	U.S. Energy Information Administration
ERAA	European Regional Airline Association
EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
IEA	International Energy Agency
JETRO	Japan External Trade Organization
MLIT	Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Japan
RAA	Regional Airline Association
UN	United Nations
Air Transport World	Aviation Week
Aviation Daily	Aviation Week
Cirium	Cirium
IHS Connect	IHS Markit
OAG	OAG Aviation Worldwide Limited

本書は当協会のウェブサイト（ <http://www.jadc.jp> ）にも掲載されています。

本書は、現状で信頼できると考えられる各種データに基づいて作成されていますが、過去の実績データについてもリスクや不確定要因が含まれており、当協会はその正確性、完全性を保証するものではありません。

本書に基づく利用者の決定、行為、及びその結果について、当協会は一切の責任を負いません。ご利用にあたっては、利用者自身の責任で判断されますようお願いいたします。

なお、本書の全文または一部を転載・複製する際は、著作権者の許諾が必要です。当協会までご連絡下さい。引用する際には必ず「出典：（一財）日本航空機開発協会」と明記してください。

問合せ先：

一般財団法人 日本航空機開発協会 企画調査部
加藤 修 (okato@jadc.or.jp)

〒100-0011 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号（日比谷国際ビル 7 F）

TEL: 03-3503-3212 FAX: 03-3504-0368

URL: <http://www.jadc.jp>