

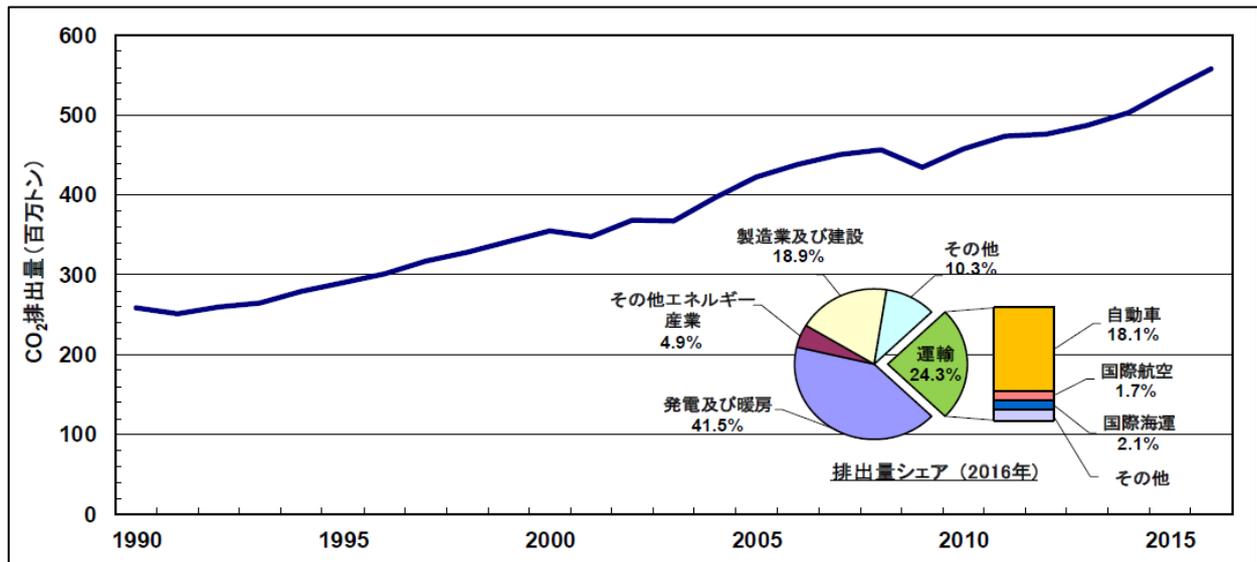
航空部門における国内外の CO2 排出削減の動向

1. はじめに

COP25 に参加するため飛行機を使用せず大西洋をヨットで渡った、スウェーデンの環境活動家グレタ・トゥーンベリ氏^{脚注1}の行動が『飛び恥』という言葉を生み、その反響が欧州各国に所謂「飛び恥」運動へと広がっている。フランスでは、2020 年から航空券に 1 人当たり最大 18 ユーロ（約 2,200 円）の環境税を課し、飛行機以外の交通インフラの整備に充てる。また、ドイツでも航空券への課税を増やし、鉄道運賃への課税額を減らすことが閣議決定された。鉄道における乗客 1 人当たりの二酸化炭素排出量は航空機の 15～20 分の 1 以下とされ、移動時間に大きな差がなければ、できる限り鉄道を使おうとする利用者層の高い環境意識が原動力となっている。

（一財）日本航空機開発協会の調査^{脚注2}によると、図表 1 の通り、全世界で排出される CO2 総排出量の約 24%を占める運輸部門の中で、国際航空輸送での CO2 排出量は 2016 年には 5.6 億トンで、世界全体の総排出量約 328 億トンの約 1.7%に相当する。昨年 12 月の COP25 では、各国の温暖化ガス削減目標を引き上げることが合意され、今後、運輸部門においては、電気自動車や燃料電池車普及の声が一層高まり、また、海運業界においても CO2 排出量を制限する船舶の導入について議論が高まることが予想される。この様に、温暖化ガスの排出が世界共通の深刻な環境問題となる中、排出量は比較的少ないが、毎年増加傾向を辿っている航空機からの CO2 排出量にも注目が集まってきている。実際、昨年 12 月の EU 首脳会議では、2050 年に EU 域内で排出される温暖化ガスを実質ゼロにすることが合意され、今後域内に乗り入れる航空会社への規制強化を検討するとの報道もある。そこで、本稿では航空部門における CO2 排出削減の動向について紹介したい。

図表 1. 国際航空輸送における CO2 排出量の推移



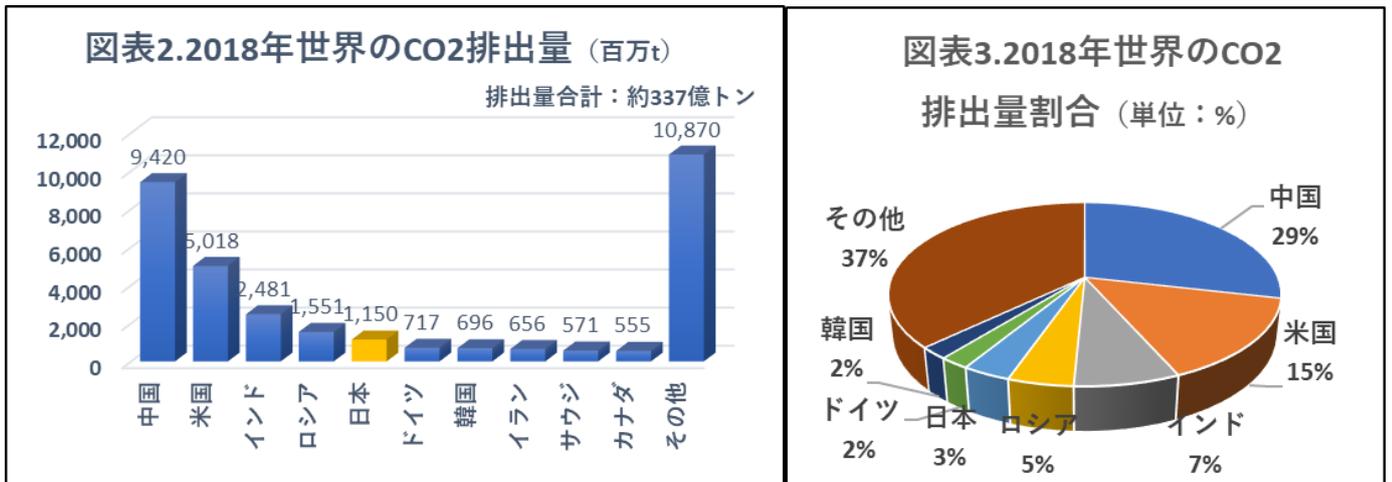
脚注¹ 温暖化対策を求める若者の運動を世界に広げた若き環境活動家（16 歳）。2019 年 9 月 23 日にニューヨークで開かれた気候変動サミットにおいて、改善が進まない環境問題に対して厳しい口調で非難し世間の注目を集めた。温室効果ガスの排出に繋がるとして飛行機に乗らない主義で COP25 への参加のためチリからスペインまでヨットで大西洋を横断。

脚注² 『民間航空機に関する市場予測 2019-2038』平成 31 年 3 月

2. 世界の CO2 排出量と日本の部門別排出量の割合

(1) 世界の CO2 排出量

そもそも世界あるいは日本のレベルで CO2 はどの位排出されているのだろうか。図表 2 の通り、世界の CO2 総排出量は 2018 年ベースで約 337 億トン、日本は約 11.5 億トンとなっており、図表 3 が示す通り、日本は、中国 (29%)、米国 (15%)、インド (7%)、ロシア (5%) に次いで、約 3% を排出し世界第 5 位である。この排出量の国別割合からは、先の COP25 において、先進国と途上国の間で、あるいは、先進国間において各国の利害が対立し、削減目標設定の具体的なルール作りが見送られたこともある意味肯けるところである。

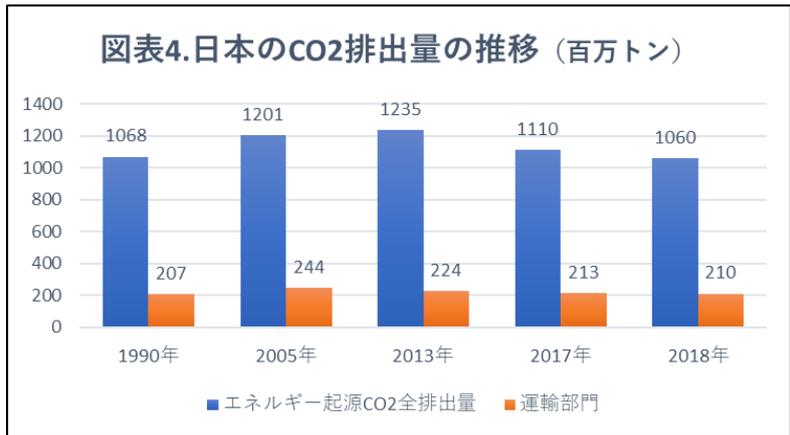


出所：図表 2.3 共に、BP 統計から筆者作成

(2) 日本の CO2 排出量の推移と部門別 CO2 排出量の割合

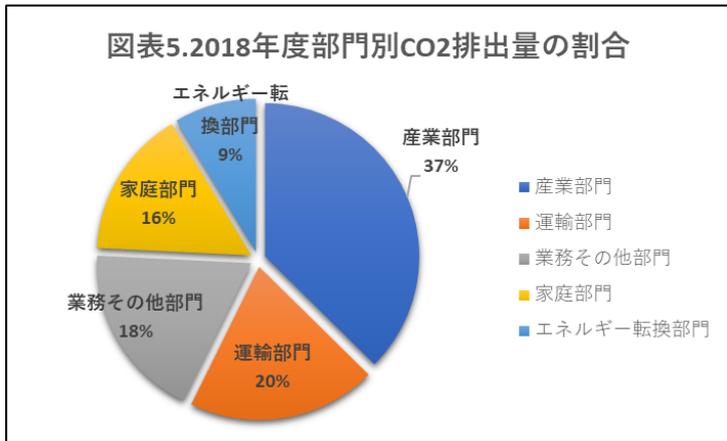
図表 4 は、環境省 HP のデータより作成した、日本全体および日本の運輸部門の CO2 排出量^{脚注3}の推移を示す。2013 年よりいずれも減少が続いており、2018 年度は、2013 年度比の日本全体で 1.75 億トン減少 (▲14%)、運輸部門で 0.14 億トン減少 (▲6%) している。

脚注³ 日本全体の排出量は、燃料の燃焼で発生するエネルギー起源 CO2 排出量で、廃棄物の焼却等で発生する非エネルギー起源 CO2 (約 0.8 億トン) を含んでいない。



出所：環境省 HP から筆者作成

因みに、部門別の CO2 排出量割合を見ると 2018 年度の場合、図表 5 の通り、自動車、海運および航空輸送分等を含む運輸部門は、産業部門（約 37%）に次いで多い約 20%を占めている。



出所：環境省 HP から筆者作成

3. 航空部門における CO2 削減の取組み

(1)削減目標設定の経緯と内容

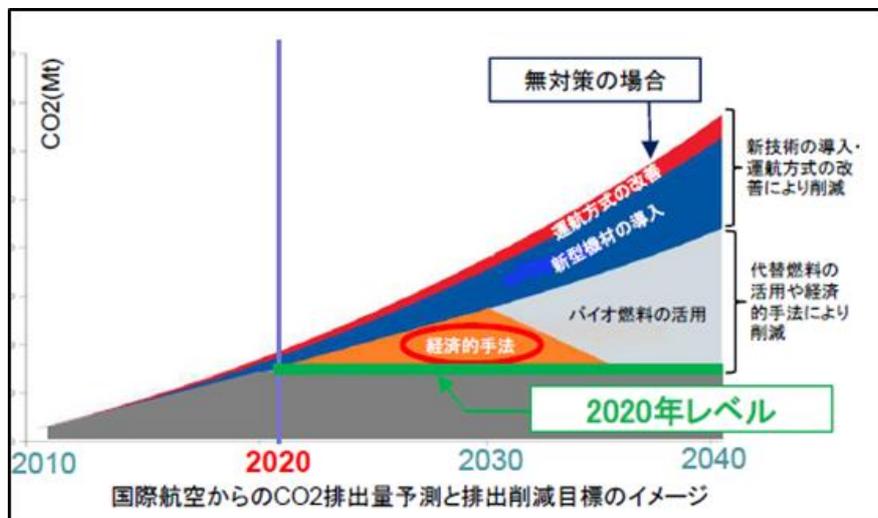
前述の通り、世界全体の CO2 排出量における航空部門のシェアは 1.7%との試算があり、数字的には大きなインパクトがない印象を受けるが、実際、国際航空分野において CO2 削減の議論は、以前から国連の航空専門機関である国際民間航空機関（以下、ICAO^{脚注4}）の場で対策の検討や国際的なルール作りが進められている。

脚注⁴ International Civil Aviation Organization の略。1944 年国際民間航空条約（シカゴ条約）に基づき、国際民間航空が安全にかつ整然と発達するように、また、国際航空運送業務が機会均等主義に基づいて確立され、健全かつ経済的に運営されるように、一定のルール等を定めることを目的に国連の専門機関として設立。本部はカナダのモントリオールで加盟国は 193 か国（2019 年 10 月現在）におよぶ。

具体的には、2010年に開催されたICAO総会において、「グローバル削減目標」として、①2050年まで、年平均2%の燃費効率改善、②2020年以降、CO₂の排出量を増加させないこと（＝カーボンニュートラルの達成）、更にこの目標達成に向けて、①燃費の良い新型機材の導入、②運行方式の改善、③バイオ燃料の活用、④経済的手法の活用、といった4つの対策が決定された。

その後、2016年10月の総会において、2020年以降のカーボンニュートラルを達成するためには、①～③の対策だけでは不十分であり、④の経済的手法を具体化するため『市場メカニズムを活用した全世界的な排出削減制度（Global Market-Based Measures：GMBM（以下、GMBM）』の導入が決定された。これにより、2020年のCO₂実績でキャップをはめ、以降の排出量増加は各航空会社に対して、排出権の購入を義務付けるため、目標達成を補完する強力な施策となる。そして、具体的には、『国際民間航空のためのカーボン・オフセットおよび削減スキーム（Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation：CORSIA（以下、CORSIA）』との名称で実施することが決まった。因みに、航空会社の国際業界団体である、国際航空運送協会（以下、IATA）も、基本的にICAOの活動方針に準拠した行動をとっており、2019年の総会でCORSIAの導入を決定し、独自の削減目標を設定し、業界の意思を明確に表明した。図表6は、国際航空からのCO₂排出削減目標のイメージ図である。今後の世界の経済成長の伸びに伴い、国際航空部門における航空需要も相応に増加^{脚注5}することが予想され、2020年以降CO₂排出量を増加させないとする目標はかなりハードルが高いと言えよう。

図表6. 国際航空からのCO₂排出削減目標のイメージ



出所：ICAO 資料から国交省作成

[CORSIA 制度の概要]

CORSIA とは、基本的に各航空会社に対し 2020 年の排出量の実績でキャップをはめ、2020 年以降増加した排出量について、すべて排出権購入を義務付けて経済的な費用を負担させる制度である。ま

脚注⁵（一財）日本航空機開発協会の調査『民間航空機に関する市場予測 2019～2038』によると、航空旅客需要は、RPK（航空距離×有償旅客数）ベースで 2018 年の 8.26×10^{12} 人 km から 2038 年には 19.4×10^{12} 人 km と 2.3 倍。ジェット旅客機の運航機数は、2018 年末の 23,904 機から 2038 年末には、40,301 機に増加すると予測している。

た、制度概要を図表 7 に示すが、2021 年から 2026 年と 2027 年から 2035 年とに期間を分け段階的に正式導入を図るスケジュールとなる。国交省の試算によると、排出権購入による我が国の航空会社の負担額の合計は、制度開始当初年間十数億円から、2035 年には年間数百億円程度にまで増加すると見込まれている。

図表 7. CORSIA 制度の概要

期間	2021年～2026年	2027年～2035年
対象	✓各航空会社は自発的な参加	✓全ICAO加盟国が参加 *小規模排出国、後発開発途上国を除く
特記	<ul style="list-style-type: none"> ・21年～23年は試験導入 ・24年以降、排出権の購入を義務化 	<ul style="list-style-type: none"> ・30年から、排出量の算出において航空会社各社の削減努力が段階的に反映される仕組みに移行

出所：国交省 HP 資料より筆者作成

(2)CO2 削減への具体的取組み

ここでは、上述した④経済的手法以外の削減方法である、①燃費の良い新型機材の導入、②運行方式の改善、③バイオ燃料の活用について、その具体的な取り組みの内容を紹介する。

① 燃費の良い新型機材の導入

航空機も自動車同様、軽量化等による燃費の向上が求められ、機体メーカーは使用材料の開発と燃費の良い新型機材の開発にしのぎを削っている。1980 年代まで機体の材料はアルミニウム合金が主体であったが、その後約 20 年で、炭素繊維や CFRP（炭素繊維強化プラスチック）と呼ばれる複合材料が主力となり、一気に機体の素材が変更され軽量化が実現された。また、タイヤの軽量化やエンジン性能の向上も重要な燃費向上の要素となる。また、機体メーカーの努力だけでなく、航空各社も、食器や荷物・貨物コンテナなどの軽量化、燃費に優しい高度設定や風向きへの掌握など最適なフライトプランの作成、定刻発着による運航率の向上などあらゆる方策を講じて CO2 削減に取り組んでいる。

参考までに、JAL と ANA の HP から CSR 活動の一環として環境面の取組みを図表 8、9 の通り抜粋するが、各社とも、CO2 削減の積極的な取り組み^{脚注6}を経営方針の柱に置いている。

図表 8. JAL の環境行動計画

気候変動への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・省燃費機材の更新 ・省燃費機材の更新エコフライト活動、搭載物の軽量化、エンジンの水洗い ・先進的な運航方式の導入 ・地上車両からの総排出量の削減
----------	--

出所：JAL の HP から抜粋

脚注⁶ ANA の HP によると、有償トンキロ当たり CO2 排出量を 2021 年 3 月までに 2006 年 3 月期比 20%減を目標。また、2013 年 3 月期～2021 年 3 月期の CO2 排出量を年平均 440 万トン以内に抑制することを目標としている。JAL の HP によると、2020 年までに航空機の有償トンキロ当たり CO2 排出量を 2005 年度対比 23%削減を目標。

図表 9. ANA グループが取り組むべき重要な課題

	ANAグループにとって	社会にとって	主要な取り組み
環境	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃油費の抑制 ・ 将来の排出クレジット購入コストの抑制 ・ 環境リスク回避による評価の維持・向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 環境負荷の低減 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 省燃費機材の購入 ・ バイオジェット燃料購入

出所：ANA の HP から抜粋

② 運行方式の改善

最適な運行方式の選択は、即燃費向上と CO2 排出量削減に繋がる重要な取り組みである。現在、航空各社が実施している飛行中の主要な取組みを航法別に図表 10 に示す。

また、この他にも、着陸時の条件により、・風の抵抗を最小限にするため、小さな角度でフラップ（主翼に装備された高揚力装置）を利用、あるいは、フラップや車輪をなるべく遅く出す、向かい風を利用する逆噴射の抑制、片側エンジン停止など、あらゆる方法を駆使して着陸時の CO2 排出削減に取り組んでいる。

図表 10. 各種運行航法

航法	内 容
広域航法	従来の地上の無線施設に頼らず航空機に装備したセンサーや衛星測位システムを利用して自動的に最適な運行ルートを設定する方式(=RNAV：area navigation)
利用者設定航法	強い向かい風を避けたり、追い風を利用するなどして、最新の気象予報などを考慮して、航空会社が作成した効率の良い経路を運行する方式(=UPR方式：User Preferred Route)
連続降下航法	段階的な階段状の降下は行わず、エンジン推力を絞って最適な降下率で連続的に降下していく方式(=CDO方式：Continuous Descent Operations)

出所：各種資料から筆者作成

③ バイオ燃料の活用

航空業界におけるジェット燃料のバイオ化は不可避であり、2030 年以降の航空分野における CO2 排出量の削減の切り札として世界的に導入の機運が高まっている。海外では、各航空会社による積極的な試験飛行を経て、バイオジェット燃料による商用フライトは既に日常的に実施されており、ICAO の HP によると、2018 年 10 月末時点で、欧米を含む 20 か国が、2011 年以降そのフライト数は約 15 万回にも及んでいる。また、2017 年 12 月時点ではあるが、海外の主なバイオジェット燃料引取契約状況を図表 11 に示す。一方、日本の航空会社においても、海外の空港での海外製のバイオジェット燃料の購入^{脚注7}既に始まっている。

脚注⁷ ANA は、World Energy 社からサンフランシスコ国際空港で供給される廃食油からのバイオジェット燃料の購入を決定(2019.1.7HP)。LanzaTech, Inc.からエタノールを原料にしたバイオジェット燃料の購入を決定(2019.6.14HP)。

図表 11. 海外の主なジェット燃料引取契約状況（2017年12月時点）

航空会社・空港	供給量(t/y)	供給事業者	供給開始	契約期間	原料	製造方法
Oslo Airport	250	Neste	2016年	1年	廃棄物	HEFA
Fedx/Southwest	10,000	Red Rock	2017年	8年	木質バイオマス	FT
Cathay	100,000	Fulcrum	2019年	10年	廃棄物	FT
United	270,000	Fulcrum	2019年	10年	廃棄物	FT
JetBlue	100,000	SG preston	2019年	10年	廃棄物	HEFA
Qantas	80,000	SG preston	2020年	10年	植物油	HEFA

[*HEFA: Hydroprocessed Esters and Fatty Acids の略、FT: Fischer-Tropsch の略]

出所：日本総合研究所作成資料（政府審議会：第6回道筋検討会）を基に筆者作成

我が国のバイオジェット燃料活用の動向は、2020年の国産バイオジェット燃料による商用フライトを実現するため官民協働で進めている取り組みから見て取ることができる。具体的には、2015年7月、経産省に政府審議会として『2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けたバイオジェット燃料の導入までの道筋検討委員会（以下、委員会）』を発足させ、2020年のバイオジェット燃料のサプライチェーンの確立と、商用フライトの実現を目指す。2018年4月の委員会では、図表12の通り、2020年時点での導入想定量（大会期間の純バイオジェット燃料使用量）は、10klから20klとの数字が示され、実現のための研究開発等の確実な実施や、供給体制の検討の必要性を共有した。

また、2020年以降については、国内バイオ政策と連携しながら、微細藻類やFT合成等を用いた燃料開発や、認証および品質確認^{脚注8}を進めていくことで将来の本格導入への道筋を確認した。

図表 12. 2020年時点での国産バイオジェット燃料の導入想定量

純バイオジェット燃料製造メーカー	原料	純バイオジェット燃料導入想定量	混合率
・(株)IHI ・神戸大学	微細藻類(ホ'リコカス)	10kl ~ 20kl 程度	10% 程度
・三菱日立パワーシステムズ(株) ・東洋エンジニアリング(株) ・中部電力(株) ・JAXA	セルロース系バイオマス		
・(株)ユーグレナ	微細藻類(ユーグレナ等) 廃食油		
・Green Earth Institute(株)	セルロース系バイオマス		

出所：バイオジェット燃料の導入までの道筋検討委員会(第6回)資料

脚注⁸ ①代替航空燃料として、*ASTM D7566の規格認証を取得すれば、ジェット燃料の規格D1655と同等だと見做され航空機への使用が許可される。現在、FT-SPK、Bio-SPK、DSHC等による合成方法が承認されている。

*ASTM：米国材料試験協会。

②ユーグレナ社が製造する藻類の一種のミドリムシから搾った油を活用した航空機向けのバイオ燃料が世界で初めて国際規格（ASTM）を取得した。2020年8月の実機への導入を目指す。（日本経済新聞 2020.1.31）

年も明け、東京オリンピック・パラリンピックも間近に迫ってきている。国産バイオジェット燃料による商用フライトの実現に期待するとともに、排出権取引制度が導入される国内外の航空部門における CO2 排出削減の今後の動向を注視していきたい。

(文責 木許正弘)