

シンポジウム・大会 研究発表要旨

2030 年時点の日本における SAF*市場想定と石油元売各社が取るべき戦略

*Sustainable Aviation Fuel

青山瑛里（早稲田大学経営管理研究科），
吉岡徹（一橋大学経営管理研究科 准教授）
平野正雄（早稲田大学経営管理研究科 教授）

I. はじめに

1. 世界・日本の SAF に関する取り組みの状況

International Civil Aviation Organization (ICAO) は、第 41 回総会において、国際航空部門における「2050 年までに net-zero CO₂を目指す長期志向目標（Long-Term Aspirational Goal：LTAG）」を採択するとともに、2035 年までの取り組みについてオフセット量算定の基準となるベースラインを 2019 年排出量の 85%と設定した[1]。この方針を踏まえ、経済産業省は、国内石油元売企業に対して、2030 年度から 2019 年度に日本国内で生産・供給されたジェット燃料の GHG 排出量の 5%相当（125 万 KL@GHG 排出削減量 50%ベース）以上の SAF 供給義務付ける方針を提示した[2]。

ENEOS、出光、コスモ、太陽石油はそれぞれ国内 SAF 製造計画を公表し、製造計画合計は 170 万 KL と経済産業省指針を上回っている[3]。これら計画のうち、主要計画は、2025 から 2026 年度中に Final Investment Decision (FID) を迎える予定である[4]。

2. SAF 製造コスト

SAF は、製造設備建設コストが最も技術が成熟している油脂由来の HEFA (hydrogenated esters and fatty acids) 法にて、30 万トン/年規模で 675 億円、続いて AtJ (Alcohol to Jet) 法で 900 億円程度必要とされ、製造コストも化石燃料の 2～5 倍とされている[5]。当該コスト負担を航空会社が全て吸収することは難しいため、市場経済に任せて SAF が普及することは難しいと想定される[6]。2025 年 11 月時点で SAF に日本政府が公表している補助は、石油元売の設備投資一部（HEFA1/3、AtJ1/2）と税額控除 30 円/L であり、化石燃料対比必要なコスト補填には不十分であることに加え、航空会社側には何も補助・義務付けを公表していない[7]。なお、欧州 ReFuelEU Aviation では元売への供給義務に加え、航空会社側にも欧州域内での給油義務付けと罰金を制度化している[8]。

II. 先行研究

少数企業が市場を占有する寡占市場での設備投資競争における企業の意思決定に関しては、相手の行動を合理的に予想しながら、お互いの意思決定・行動の相互依存関係メカニズムとその帰結を分析するゲーム理論を適用することができる[9]。

III. 本研究の手法

1. 前提

SAF 製造計画規模上位 2 社かつ現行化石ジェット燃料シェア上位 2 社である、ENEOS と出光を主体とし、2025～2026 年度中に FID を決定するためのゲームを検証する。ENEOS は HEFA 技術で 66 万トン/年を計画しており、出光は HEFA42 万トン、AtJ13 万トンを計画しているとする。

両社を取り巻く外部環境は、航空会社に対する政府からの義務付け有無によって 6 通り想定する〔図表①〕。仮に航空会社へ補助がある場合は、化石燃料の 2～3 倍の価格で SAF が売れると想定し、航空会社への日本国内での給油義務付け・罰金が制度化された場合は需給が均衡すると想定する。需給が過剰となる場合には石油元売各社の生産調整が必要となり、各社稼働率が下がると想定するが、価格は影響がないとする。ENEOS と出光はそれぞれ、計画規模維持か縮小の選択肢を持つと想定する。なお、物価上昇による建設コスト上昇(2025 年 2 月比 1.5 倍)と HEFA 原料入手困難性はすべてのケースに織り込む。

〔図表①〕

	航空会社へ補助あり	一部補助	補助なし
航空会社へ義務付あり	ケース① 価格：化石燃料比 3 倍 需給：均衡	ケース③ 価格：化石燃料比 2 倍 需給：均衡	ケース⑤ 価格：化石燃料比 1 倍 需給：均衡
義務付なし	ケース② 価格：化石燃料比 3 倍 需給：余剰	ケース④ 価格：化石燃料比 2 倍 需給：余剰	ケース⑥ 価格：化石燃料比 1 倍 需給：余剰

シンポジウム・大会 研究発表要旨

2. 検証方法

ENEOS・出光の2030年時点の営業利益とROEを、売上（ジェット燃料販売価格・炭素価値）、原価（原材料費、製造運転費、償却費）、その他収入（補助金）から算出する。ジェット燃料販売価格と原材料費は、2025年5月時点のマーケット価格を使用する[10]。化石ジェット燃料対比で販売価格が高くなる分は、炭素価値として収入があると設定する。建設コスト・製造運転費は2025年2月のWorld Economic Forumの数値を前提とし、減価償却費は建設コストを15年償却と考えて算出する[11]。補助金は現時点で公表されている日本国内補助金を適用する。

3. 検証の順番

ENEOSと出光のHPによると両社は建設計画を公表しており、石油連合資料によると、これら計画は2025から2026年度中にFinal Investment Decision（FID）を迎える予定である。したがって、両社の状況は同じと考え、まずは同時ゲームを想定する（次章IV.1.）。続いて、ENEOS・出光が先行する場合それぞれの逐次ゲームを検証する（次章IV.2.）。

IV. 検証

1. 同時ゲーム

同時ゲームの場合、ナッシュ均衡はENEOS・出光共にどのケースでも相手の行動に関わらず、規模縮小・維持の判断をしており、相手の行動よりも外部環境が意思決定に影響していた。特に売価（航空会社への購入補助有無）の影響が大きいことが判った〔図表②〕。

〔図表②〕

ケース	航空会社への規制・補助		ナッシュ均衡
	需給（規制影響）	価格（補助影響）	
①	均衡	化石燃料の3倍	ENEOS・出光ともに規模維持
②	余剰	3倍	ENEOS・出光ともに規模維持
③	均衡	2倍	なし
④	余剰	2倍	ENEOS・出光ともに規模縮小
⑤	均衡	1倍	ENEOS・出光ともに規模縮小
⑥	余剰	1倍	ENEOS・出光ともに規模縮小

制度とSAF生産が先行しているEUでは、フランスのTotal Energies社（以下「Total社」）が、外部環境改善のために非市場戦略を展開していた。非市場戦略分析に関するフレームワーク（4I's）にて分析すると、Issue「生産者・利用者双方への規制と補助のセットによる政策支援」をEU・フランスで獲得することを目的に、Institution「欧州連合・フランス政府」への働きかけをInterest「航空会社、航空機メーカー、NGO等」を巻き込んで積極的に行っていた。特に、Information「SAFが温暖化対策として有効だが、導入コストに対して政策支援が必要であること」、「自社が業界をけん引しており、補助金対象としてふさわしいこと」を政府だけでなく、メディアを通じて有権者へのアピールすることで自社必要な補助を獲得することに成功した[12]。

2. 逐次ゲーム

逐次ゲームの場合、ENEOSが先行した場合には出光はケース①を除いて縮小、出光が先行した場合にはENEOSはケース④～⑥では縮小を選択した。この結果から、外部環境が厳しい状況になるほど、先行して規模維持を発表した企業は相手企業を規模縮小に導くことができると判った。一方、政府の補助が判明していない中での設備投資は、企業にとってリスクである。相手企業が先行して後攻となる場合でも後攻企業は、事業環境が良ければ規模維持の判断が可能と判った〔図表③〕。

前述のTotal社は、非市場戦略を展開すると同時に、制度化を見越した設備投資計画の公表、Air France-KLMとの事業開始後の10年間供給計画を公表した[13]。これらのTotal社の行為は、投資実行前段階で計画公表によりコミットメント効果を発揮した。

シンポジウム・大会 研究発表要旨

[図表③]

ケース	航空会社への規制・補助		ENEOSが先行して維持発表	出光が先行して維持発表
	需給 (規制影響)	価格 (補助影響)		
①	均衡	化石燃料の3倍	出光は維持	ENEOSは維持
②	余剰	3倍	出光は縮小	ENEOSは維持
③	均衡	2倍	縮小	—
④	余剰	2倍	縮小	ENEOSは縮小
⑤	均衡	1倍	縮小	縮小
⑥	余剰	1倍	縮小	縮小

V. 結論

石油元売企業間の同時ゲームの結果、ENEOSと出光の行動は、外部環境の変化（規制・補助）による影響が大きいことが判った。特に、売価（航空会社への購入への補助）による影響が大きく、政府からの規制・補助を獲得する非市場戦略に取り組むことが重要である。

仮に、どちらかの企業が先に先行投資を公表し、逐次ゲームの状況になる場合、外部環境が厳しい状況（航空会社への補助がなく価格が安い状況）になるほど、先行して規模維持を発表した企業が、相手方企業を規模縮小に導くことができることが判った。一方、相手企業が先行して後攻となる場合でも後攻企業は、事業環境が良ければ規模維持の判断が可能であるため、相手の行動を待つ戦略も可能と判った。

参考文献

- [1]International Civil Aviation Organization (2022) “Resolution A41-21: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection — Climate change”, “Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)”.
- [2]資源エネルギー庁 2024 年 6 月 SAF 官民協議会資料
”第 5 回持続可能な航空燃料（SAF）の導入促進に向けた官民協議会事務局説明資料”.
- [3]2025 年 11 月時点各社 HP より確認.
- [4]石油連盟 2025 年 6 月 SAF 官民協議会資料”SAF の導入普及への取り組み”
- [5]World Economic Forum In collaboration with Kearney (2025) ”Financing Sustainable Aviation Fuels : Case Studies and Implications for Investment”を基に日本円に換算（150 円/US\$）.
- [6]全日本空輸株式会社 2025 年 3 月期決算短信より試算.
- [7]資源エネルギー庁 2024 年 1 月 SAF 官民協議会資料
”第 4 回持続可能な航空燃料（SAF）の導入促進に向けた官民協議会事務局資料”.
- [8]資源エネルギー庁 2025 年 6 月 SAF 官民協議会資料”更なる SAF の導入促進策の検討について”.
- [9]入山章栄 (2019)「世界標準の経営理論」, ダイヤモンド社.
- [10] 2025 年 5 月時点“[Jet A-1 Price on Fuel](#)”,World Economic Forum In collaboration with McKinsey & Company(2020)“Clean Skies for Tomorrow Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation”.
- [11] World Economic Forum In collaboration with Kearney (2025) ”Financing Sustainable Aviation Fuels : Case Studies and Implications for Investment”を基に日本円に換算（150 円/US\$）.
- [12]Total Energies ReFuelEU Aviation 公開コンサルへの正式回答（2020 年）
“ReFuelEU Aviation: boosting production and uptake of sustainable aviation fuels”
- [13]Total Energies (2023 年 6 月 19 日)“Paris Air Show: TotalEnergies Committed to the Production of Sustainable Aviation Fuel to Meet Its Aviation Customers' Needs”.
Total Energies (2022 年 5 月 12 日) “” TotalEnergies and Air France-KLM sign a Memorandum of Understanding to supply sustainable aviation fuel for 10 years.
*ReFuelEU Aviation(2023 年 10 月採択)の前に公表