



# 次世代航空機燃料イニシアティブ報告書

次世代航空機燃料のサプライチェーン確立に向けたロードマップ  
～2020年東京オリンピック・パラリンピックまでの活用開始を目指して～

2015年7月

次世代航空機燃料イニシアティブ

次世代航空機燃料のサプライチェーン確立に向けたロードマップ  
～2020年東京オリンピック・パラリンピックまでの活用開始を目指して～

2015年7月  
次世代航空機燃料イニシアティブ

目 次

凡 例	2
将来見通し等に関する注意事項	2
ロードマップの概要	3
<b>I. 次世代航空機燃料イニシアティブについて</b>	<b>5</b>
1. 設立に至る経緯	5
2. 検討体制・活動概要	6
<b>II. 検討体制ごとの活動経緯</b>	<b>7</b>
1. 全体会議	7
2. 運営委員会	10
3. 第一分科会	11
4. 第二分科会	12
5. 第三分科会	13
6. 第四分科会	15
<b>III. 検討結果</b>	<b>16</b>
1. 基本認識	
(1) 検討の意義	16
(2) 検討結果の位置づけ	17
(3) 事業主体に関する考察	18
(4) 航空機燃料の供給を取り巻く制度に関する考察	18
2. ロードマップ	
(1) 次世代航空機燃料のサプライチェーン確立に向けたロードマップ	21
(2) 原料調達、製造	
① 都市ゴミ	23
② 微細藻類	25
③ 天然油脂(廃食用油を除く)	26
④ 廃食用油	28
⑤ 非可食バイオマス(セルロース系の糖)	29
⑥ 木質草本系バイオマス	31
(3) 輸送、混合及び空港、航空機での取扱い	32
3. 今後の検討課題	
(1) 事業推進体制に関する考察	33
(2) コストに関する考察	34
(3) 事業実施に向けた考察	35
(4) 課題解決の方向性に関する考察	36
参考文献	37
主な略語	38
資 料	別添

## 凡 例

### ○ 航空機燃料

航空機に使用する燃料という意味での一般的な用語。次の「従来型航空機燃料」「次世代航空機燃料」「代替航空機燃料」の全てを含む概念として使用している。

### ○ 従来型航空機燃料

航空機の燃料として現在使用されている、原油由来のジェット燃料。ケロシン等。

### ○ 次世代航空機燃料

従来型航空機燃料と異なり、原油由来ではないバイオマス由来の燃料等。都市ゴミ、廃材、非食料植物、糖、アルコール、微細藻類が産生するもの等、原料には多様な可能性が考えられる。

### ○ 代替航空機燃料

従来型航空機燃料に代替するASTM D7566の規格認証を取得したドロップイン型の航空機燃料。現状では、ASTM D7566の規定に従って、従来型航空機燃料と次世代航空機燃料とを混合した航空機用の燃料。

## 将来見通し等に関する注意事項

この報告書の内容は、次世代航空機燃料イニシアティブにおける議論を経てとりまとめられたものであり、必ずしも個別の構成員の見解が反映されているわけではありません。また、この報告書には、将来に関する記述が含まれています。これらの記述は、現時点における諸情報に基づいて想定した見込みであり、今後、これらの記述とは異なる結果を招き得る不確実性を内包しています。

## ロードマップの概要

### 1. 日本におけるロードマップ策定の意義

- (1) 航空分野の温室効果ガス排出削減及びエネルギー安全保障の観点から、次世代航空機燃料の導入促進に産官学が連携して取り組むことが必要であり、多様な関係者が連携するためには、次世代航空機燃料に関わる全体像を俯瞰することが重要である。
- (2) 海外では、ロンドンのグリーンスカイ・ロンドン・プロジェクトの下でのブリティッシュ・エアウェイズとソレナ・フューエルズ社の代替航空機燃料売買契約、ユナイテッド航空とアルトエア・フューエルズ社の代替航空機燃料売買契約、ブラジルの2014年FIFAワールドカップ及び2016年リオデジャネイロオリンピック・パラリンピックにおける、選手団の移動や商業飛行での代替航空機燃料の使用やその準備等、次世代航空機燃料/代替航空機燃料の導入促進の動きが進展している。
- (3) このような中、2014年5月、日本における次世代航空機燃料のサプライチェーン確立に向けたロードマップを策定するために次世代航空機燃料イニシアティブを設立した。イニシアティブは産官学の46組織から構成される。
- (4) イニシアティブにおける議論を経てとりまとめられたロードマップは、原料調達から次世代航空機燃料を製造し、従来型航空機燃料と混合して代替航空機燃料を製造、空港への輸送を経て、航空機に給油するまでのサプライチェーン全体を網羅する、次世代航空機燃料の導入に向けた見取り図である。
- (5) 事業化には、この見取り図を基にした具体の議論が必要である。今後、イニシアティブ構成員に限定されない幅広い関係者の協働により、次世代航空機燃料サプライチェーンの確立を加速させ、2020年の東京オリンピック・パラリンピック開催時には、次世代航空機燃料に関する日本の先進的取組みを世界に示すことが期待される。

### 2. ロードマップの概要

- (1) 2020年度までに次世代航空機燃料のサプライチェーンを確立させるため、都市ゴミ、微細藻類、天然油脂、廃食用油、非可食バイオマス、木質草本系バイオマスという6つの原料からの燃料製造を検討し、ロードマップを策定した。
- (2) 各原料からの次世代航空機燃料のサプライチェーンを発展させることで、2020年度までの次世代航空機燃料の製造と代替航空機燃料の供給開始を達成した上で、それ以降の供給量拡大を図ることができる。
- (3) 今後の主要な道筋は、2015～2016年度に事業計画の策定、2016～2018年度にプラントの設計、建設、2019年度に試運転、2020年度からの燃料供給開始となる。また、輸送、混合及び空港、航空機での取扱いについては、従来型航空機燃料の取扱いと同様に、国際的な指針を踏まえた取扱い方法の整備が2018年度頃までに必要となる。さらに、混合方法についても、燃料の品質管理やコスト等を踏まえた検討が必要である。
- (4) このようなロードマップは、次世代航空機燃料の導入促進に向けた政策インセンティブを前提条件とする。また、ロードマップの実現には、さらなる技術開発等、副産品の販路確立、従来型航空機燃料と価格面での競争を目指したコスト削減の継続が必要であるととも、事業化に向けた具体的な検討が直ちに開始されることが望まれる。
- (5) 次世代航空機燃料の混合率、事業費、代替航空機燃料の想定価格、需要量、供給可

エネルギー等については、具体的な事業計画策定の中で、その詳細を検討することとなる。

(6) 各原料の特徴は次のとおり。

- ① 都市ゴミ:国内の大都市で行う燃料製造事業であり、都市ゴミの賦存量、収集システムの存在、ガス化、クリーンアップ、FT合成、アップグレードの各利用技術の成熟度から、早期の製造開始と将来の供給量拡大が期待できるパスである。
- ② 微細藻類:海外で行う燃料製造事業であり、単位面積当たりの油脂生産性が高く、食料との競合を緩和できることから、大量で安定的な微細藻類培養技術を確立することで、長期的な観点から供給量の拡大を期待できるパスである。
- ③ 天然油脂:国内で行う燃料製造事業であり、技術についてハネウェルUOP社の実績があり、米国で商業化が進展していることに加え、原料の天然油脂が国内の各地域に存在し、物理的な収集は可能であることから、早期の製造開始が期待できるパスである。
- ④ 廃食用油:国内で行う燃料製造事業であり、日本ではそのほとんどが既に他の用途に使用されているが、収集システムの存在や、海外での取組み進展を踏まえた成熟度の高い製造技術から、次世代航空機燃料の早期の製造開始が期待できるパスである。
- ⑤ 非可食バイオマス:海外での燃料製造も想定する事業であり、本事業の中核である増殖非依存型バイオプロセスは、原料効率の高いイソブタノール製造方法であることから、長期的な観点から供給量の拡大を期待できるパスである。
- ⑥ 木質草本系バイオマス:国内各地域で行う燃料製造事業であり、国内に大量に存在する未利用資源を原料とすることから、経済的な原料収集システムを構築することで、長期的な観点から供給量の拡大を期待できるパスである。

### 3. 今後の検討課題

- (1) 事業実施に際しては、具体のビジネスモデルに即して、各事業者の利益を確保した上で、最適なシステム体系を構築することのできる事業推進体制を、その体制が資金調達に影響を与える重要な要因となることにも留意しつつ、事業への参画事業者間で決定する。
- (2) 事業の必要コストから算出される代替航空機燃料価格は、近年の従来型航空機燃料価格を大きく上回ることは避けられず、代替航空機燃料のサプライチェーンを確立するためには、サプライチェーンを構成する燃料製造事業者や航空運送事業者等の事業者、成長・拡大する航空サービスの利用者、さらには地球温暖化対策やエネルギー安全保障確保の恩恵を受ける幅広い国民が、その受益の程度に応じてコスト負担をするという観点から検討を深めることが重要である。
- (3) 上述の価格差を埋める手段としては、サプライチェーン各段階の改善による低コスト化、システム最適化、技術革新、利用者負担、地域負担、公的支援等が考えられ、今後の議論が期待される。さらに実証事業の実施を通じた技術・開発システムの精緻化や、副産品の利活用、多様な原料に対応するアップグレーディング工程の高度化、さらには販売・購入の促進等により推進していくことが必要である。
- (4) 東京オリンピック・パラリンピックが開催予定の2020年には、我が国として50年ぶりの国産旅客機として現在開発中のMRJも、日本の空、世界の空を飛行していることが予定されていることから、日本で次世代航空機燃料の製造・代替航空機燃料の供給を開始し、促進することは、観光立国、環境立国、技術立国を標榜する我が国が新しいプレゼンスを確立する好機であり、今こそ、事業推進を加速化させることが望まれる。

## I. 次世代航空機燃料イニシアティブについて

### 1. 設立に至る経緯

世界の航空需要は今後確実に増大する見通しであり、旅客、貨物ともに年平均5%程度の増加を続け、20年後には現在の約2.6倍の需要が存在するようになる<sup>1</sup>。したがって、航空輸送の成長には、地球温暖化対策の推進による持続的発展と、エネルギー安全保障の確保による燃料の安定供給が必要不可欠である。

航空分野の地球温暖化対策は、国際航空分野からの二酸化炭素排出量<sup>2</sup>を2020年以降増加させない旨(CNG2020<sup>3</sup>)が国際民間航空機関(ICAO<sup>4</sup>)総会において決議される<sup>5</sup>等、カーボンニュートラルな成長が国際公約となっている。各国では、燃費効率の高い機材の導入、航空管制技術の高度化による効率的運航の実現と併せて、次世代航空機燃料を導入する動きが活発化している。エネルギー安全保障の観点からも、米国は石油の海外依存度低減の観点から次世代航空機燃料の開発、導入を促進し、産業の活性化を図っており、各国の取組みが進んでいる。

次世代航空機燃料の導入に係る2014年初めの海外の状況は、ロンドンでは、「グリーンスカイ・ロンドン・プロジェクト」の下、ブリティッシュ・エアウェイズとソレナ・フューエルズ社の代替航空機燃料売買契約が、2012年に合意に至り、2014年にはロンドン郊外の精製プラント建設予定地が公開された。また、ユナイテッド航空は、アルトエア・フューエルズ社と2013年に代替航空機燃料の売買契約を締結した。同プロジェクトでは、既存施設を改修したプラントにおける次世代航空機燃料製造と従来型航空機燃料との混合、ロサンゼルス空港における代替航空機燃料の供給開始が、2014年中に予定されていた<sup>6</sup>。さらに、ブラジルでは、2014年FIFAワールドカップ及び2016年リオデジャネイロオリンピック・パラリンピックにおいて、選手団の移動や商業飛行に次世代航空機燃料を利用<sup>7</sup>するための準備が進んでいた。

2020年の東京オリンピック・パラリンピックは、我が国の先進的取組みを世界に示す絶好の機会であり、航空分野においてもその対応が求められる。次世代航空機燃料に関し既に喫緊の課題となっている供給体制の確立を加速し、2020年度には、我が国の空港における代替航空機燃料供給の実現を図る必要がある。次世代航空機燃料の原料や製造方法は一つではない。原料の調達可能量、燃料の製造や供給の場所等の条件により、製造コストやライフサイクルで見た地球環境への負荷は異なるため、多角的な観点から、統合、最適化を図る必要がある。そのためには、原料調達、製造技術、流通ルート等のサプライチェーン全体及び法的枠組みの総合的視点からの検討に基づくロードマップが必要不可欠である。

供給体制確立に要する期間を踏まえると、技術や事業ノウハウをもった国内企業が連携し

<sup>1</sup> ボーイング社推計(参考文献3)による。

<sup>2</sup> 国際航空分野からの二酸化炭素排出量は、全世界の排出量の約1.5%(IEA資料:参考文献4による)。

<sup>3</sup> CNGは、Carbon Neutral Growthの略。

<sup>4</sup> ICAOは、International Civil Aviation Organizationの略。モントリオールに本部を有する、国際民間航空に関する国連の専門機関。

<sup>5</sup> 2010年ICAO総会決議(参考文献1)パラグラフ6。

<sup>6</sup> 2015年3月現在、供給開始は確認されないが、製造能力拡大のための投資に係るアルトエア・フューエルズ社の補助金申請が、2014年に認められており、プロジェクトの進展がうかがわれる。(カリフォルニア州エネルギー委員会2014年9月10日公表資料参照)。http://www.energy.ca.gov/releases/2014\_releases/2014-09-10\_naturalgas\_biofuels\_grants.html

<sup>7</sup> ブラジルのGOL航空は非可食コーン油や使用済みクッキングオイルを原料とした次世代航空機燃料を50%混合した代替航空機燃料を2014年ワールドカップ開催中に利用した(IATA資料(参考文献12)P11)。また、オリンピック・パラリンピックに向けた準備も進展している。

て、この課題に直ちにに取り組む必要があるとの問題意識から、東京大学、ボーイング社、日本航空(株)、日本貨物航空(株)、全日本空輸(株)、成田国際空港(株)及び石油資源開発(株)は、関連する組織の連携体制の立上げを企図して、図表1の設立趣旨を作成し、関係者への呼びかけを行った。

以上の経緯を経て、2014年5月、次世代航空機燃料イニシアティブが設立された。

【図表1】次世代航空機燃料イニシアティブ設立趣旨

航空においては、国際航空分野からの二酸化炭素排出量を2020年以降増加させない旨(CNG2020)が、国際民間航空機関(ICAO)総会において決議される等、カーボンニュートラルな成長が国際公約となっている。今後の世界的な成長が見込まれる航空分野においては、公約達成には二酸化炭素の排出削減が喫緊の課題である。とりわけ、次世代航空機燃料の普及は、世界的な二酸化炭素排出の削減目標を達成する重要な方策として、各国で積極的に取り組まれている。

このような中、我が国における次世代航空機燃料の供給体制の確立には、原料調達、製造技術、流通ルート等のサプライチェーン全体及び法的枠組みの総合的視点からの検討に基づく、ロードマップが必要不可欠である。

以上の問題意識から、次世代航空機燃料に関し、供給体制の確立とその普及を推進すべく、「次世代航空機燃料イニシアティブ」を設立する。

平成26年4月

東京大学 ボーイング社 日本航空株式会社 日本貨物航空株式会社 全日本空輸株式会社 成田国際空港株式会社 石油資源開発株式会社

## 2. 検討体制・活動概要

次世代航空機燃料イニシアティブ(INAF<sup>8</sup>)は、上述の設立趣旨を作成した7組織を運営委員とし、運営委員を含む航空機燃料のサプライチェーンに関係する企業等を構成員(図表2)とした。また、イニシアティブには4つの分科会が設置され、それぞれ、①都市ゴミを原料とするサプライチェーン(第一分科会)、②微細藻類が産生する油脂を原料とするサプライチェーン(第二分科会)、③それ以外を原料とするサプライチェーン(第三分科会)、④法制度(第四分科会)、に関する問題点や解決方策を整理、議論することとなった。

各論点に関しては分科会を中心に検討を深め、全体会議が情報共有、論点整理を行いつつ、概ね1年間を期間として、我が国における次世代航空機燃料のサプライチェーン確立に向けたロードマップの作成を行うこととした。

【図表2】次世代航空機燃料イニシアティブ構成員

<p>【委員】</p> <p>株式会社IH 伊藤忠エネクス株式会社 伊藤忠商事株式会社 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 オリックス資源循環株式会社 川崎重工株式会社 Green Earth Institute株式会社 有限会社ケイ・ラボラトリー 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 JFEエンジニアリング株式会社 シエルジャパン株式会社 住友商事株式会社 石油資源開発株式会社 全日本空輸株式会社 双日株式会社 株式会社ちとせ研究所 (旧株式会社ネオ・モルガン研究所) 千代田化工建設株式会社 東京大学 東洋エンジニアリング株式会社 株式会社豊田中央研究所</p>	<p>成田国際空港株式会社 日揮株式会社 日揮ユニバーサル株式会社 日本アジア投資株式会社 一般財団法人 日本エネルギー経済研究所 日本貨物航空株式会社 日本航空株式会社 野村リサーチ・アンド ・アドバイザー株式会社 日立造船株式会社 フェニックスビジネス株式会社 ボーイング社 マイクロ波化学株式会社 三井造船株式会社 株式会社三井物産戦略研究所 株式会社三菱総合研究所 三菱重工業株式会社 三菱日立パワーシステムズ株式会社 株式会社ユーグレナ 株式会社レポインターナショナル</p>	<p>【オブザーバー】</p> <p>農林水産省 経済産業省 国土交通省 環境省 防衛省 (以上建制順) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 一般社団法人 IATA JAPAN (国際航空運送協会)</p> <p>【以上46組織】</p>
(以上五十音順)		

<sup>8</sup> INAFは、次世代航空機燃料イニシアティブの英語名称Initiatives for Next-generation Aviation Fuelsの略称。

本イニシアティブでは、構成員間の問題意識や情報の共有、そして、次世代航空機燃料の導入に向けた、原料ごとのサプライチェーン確立のためのシナリオを想定しつつ、原料ごとに異なる課題と法的枠組みの整理などの共通する課題を抽出し、その解決策を整理し、具体的な事業につなげるための枠組みを、分科会及び全体会議を通して検討を進めてきた。さらに、ホームページ等を利用し対外的に情報の発信を行った<sup>9</sup>。

## II. 検討体制ごとの活動経緯

### 1. 全体会議

#### (1) 活動の全体概要

全体会議では、構成員間での次世代航空機燃料に関する問題意識の共有、海外の専門家を招いた世界動向の情報共有や分科会の進捗報告、報告書作成を行った。

(2) 構成員名簿: 図表2(P6)のとおり。

#### (3) 開催経緯と議事概要

##### ① 第1回全体会議: 2014年5月30日(金)13時30分～16時(於: 東京大学山上会館)

(議事1) 次世代航空機燃料イニシアティブの趣旨、進め方(東京大学)  
(議事2) バイオジェット燃料の動向ー加速する世界の動きと日本のこれから(日本貨物航空(株)、全日本空輸(株)、日本航空(株))  
(議事3) Sustainable Aviation Fuels - Global Challenges, Regional Opportunities(ボーイング社)

第1回全体会議はイニシアティブの最初の会議であることから、運営委員会より本イニシアティブの設立の背景や趣旨を情報提供し、今後の活動の方向性を議論した。具体的には、東京大学からの本イニシアティブの概要及び同様のイニシアティブ活動に係る世界的状況に関する情報提供の後、日本貨物航空(株)、全日本空輸(株)及び日本航空(株)から、それぞれ航空業界における環境負荷軽減の取組み、世界の次世代航空機燃料開発・利用動向、次世代航空機燃料普及への課題について、ボーイング社から次世代航空機燃料に係る同社の世界的な取組みについて情報提供が行われた。質疑応答では、原料として利用する「都市ゴミ」は、ゴミ処理場で処理されている生ゴミのようなものか、ゴミ処理場における焼却後の燃えかすのいずれであるかに関する確認がなされ、前者であり、現時点では首都圏で収集された都市ゴミ一般を考えている旨の回答がなされた。また、今後の次世代航空機燃料の需要量について、航空運送事業者としての試算が問われたところ、東京オリンピック・パラリンピックが開催される2020年までに可能な範囲で次世代航空機燃料の使用を開始したい旨の航空運送事業者の認識が示された。

##### ② 第2回全体会議: 2014年6月10日(火)10時～12時(於: ボーイング・ジャパン)

(議事) The Status of Bio-derived Fuels for Aviation (ボーイング社)

第2回全体会議では、次世代航空機燃料に関するASTM規格<sup>10</sup>技術小委員長でもあるボーイング社の技術フェローが来日して、次世代航空機燃料に関する技術的事項や国際規格の設定状況について情報提供し、イニシアティブ全体で共有した。主な内容は次のとおり。

・航空輸送は陸上輸送と異なり、今後も相当程度の長期間、高エネルギー密度の液体燃料に依存せざるを得ない。

<sup>9</sup> 2014年7月9日にイニシアティブ設立に関し対外公表を実施。ホームページのURLは<http://inaf-japan.tumblr.com/>。

<sup>10</sup> 世界最大の国際規格設定機関であるASTMインターナショナルが、航空機燃料を含む幅広い工業製品に係る材料の性能や試験法に関し設定・発行する規格。約160の技術委員会を有し、各委員会が担当する様々な材料等の規格を設定しており、12,000超の規格がある。(ASTMインターナショナルホームページより)



- そのため、燃料の多様化は航空運送事業者にとっての死活問題であり、その負担軽減の観点から、次世代航空機燃料の開発・普及にボーイング社は取り組んでいる。
- 次世代航空機燃料として提案される燃料が、化石燃料から精製された従来型航空機燃料の特性を基に設計された航空機にドロップイン型<sup>11</sup>として利用できる旨の認証を行うには、航空機システムを熟知したボーイング社のような開発メーカ(OEM)の参加が必要不可欠である。
- 航空機燃料の国際規格であるASTM規格は、次世代航空機燃料に関してD7566 Annexに、代替航空機燃料に関しては、次世代航空機燃料の混合率<sup>12</sup>も含めてD7566に規定している。
- 会議開催当時(2014年6月10日)、次世代航空機燃料の規定はFT SPK<sup>13</sup>(D7566 Annex A1)とHEFA SPK<sup>14</sup>(D7566 Annex A2)であり、SIP<sup>15</sup>も間もなく規定される予定であった(同年6月15日に、D7566 Annex A3として規定された)。
- ボーイング社は、今後の次世代航空機燃料として、バイオマス由来の油脂から製造される燃料のグリーンディーゼルに期待し、ASTM D7566 Annexに規定することに取り組んでいる。現状では、グリーンディーゼルと次世代航空機燃料(HEFA SPK)は分留されているが、両者は析出点<sup>16</sup>を除き化学的に類似しているため、グリーンディーゼルが満たすことのできる析出点をD7566の規定に盛り込むことを検討している。グリーンディーゼルと従来型航空機燃料を混合した代替航空機燃料を航空機に使用することができれば、原料から航空機燃料を製造できる割合が増えるため、次世代航空機燃料の製造量増大を期待できる。(なお、グリーンディーゼルという名称は、バイオディーゼルと同じものとの誤解を受けることが多く、2015年頃からはHigh Freeze Point HEFAと称されている。)

### ③ 第3回全体会議:2014年9月1日(月)13時30分～16時30分(於:成田国際空港)

#### (議事1)各分科会報告

- ・第一分科会(日本航空(株)、(研)産業技術総合研究所、東洋エンジニアリング(株))
- ・第二分科会((株)IHI)
- ・第三分科会(日本貨物航空(株))
- ・第四分科会(ボーイング社)

#### (議事2)成田国際空港の空港概要及び航空機給油施設(成田国際空港(株))

2回の全体会議の後、7月に入ってイニシアティブの活動が本格化した。9日にイニシアティブ設立に関し対外公表するとともに、分科会での検討を開始した。このような状況を踏まえ、9月の第3回全体会議においては、7月から2か月間の各分科会での検討状況をイニシアティブ全体で確認するとともに、成田国際空港の航空機燃料給油施設に関する情報提供及び施設見学が行われた。

<sup>11</sup> ドロップイン型燃料とは、従来型航空機燃料と同様の性質を有し、航空機での利用において、機体、空港、燃料供給設備など既存のインフラの変更を必要としないもの。

<sup>12</sup> 代替航空機燃料に占める次世代航空機燃料の割合

<sup>13</sup> FT SPK: Fischer-Tropsch Hydroprocessed Synthesized Paraffinic Kerosine。フィッシャー・トロプシュ合成油の水素化処理により製造された合成パラフィンケロシン。

なお、FT合成とは、ドイツの研究者F・フィッシャーとH・トロプシュが開発した炭化水素合成法。所定の比率の一酸化炭素と水素の混合ガスを原料として、鉄、ルテニウム、コバルト等の金属触媒を用いて主にナフサおよび灯・軽油を製造する方法。生成物はシュルツ・フローリー分布に従い、メタンからワックスに至る幅広い分布を示す(JX日鉱日石エネルギー資料(参考文献18)を参照)。

<sup>14</sup> HEFA SPK: Synthesized Paraffinic Kerosine from Hydroprocessed Esters and Fatty Acids。水素化処理エステル・脂肪酸から製造された合成パラフィンケロシン。Bio SPK (Bio Derived Synthesized Paraffinic Kerosine: バイオ合成パラフィンケロシン)と称されていたこともある。

<sup>15</sup> SIP: Synthesized Iso-Paraffines from Hydroprocessed Fermented Sugars。水素化処理発酵糖から製造された合成イソパラフィン。DSHC (Direct Sugar to Hydrocarbon: 直接還元糖炭化水素)と称されていたこともある。

<sup>16</sup> 物体が凍りはじめる温度。凝固点や氷点とも言う。

都市ゴミを原料とするサプライチェーンを検討する第一分科会については、100円/ℓの燃料価格を議論の前提として、原料すべてを次世代航空機燃料に変換するのではなく、電気その他の商品を組み合わせて製造事業の経済性を追求していく旨や、都市ゴミのガス化に係る技術オプションの概要に関し、日本航空(株)、(研)産業技術総合研究所及び東洋エンジニアリング(株)から説明があった。微細藻類が産生する油脂を原料とするサプライチェーンを検討する第二分科会については、ロードマップの取りまとめに向けて、燃料需給の量的なマッチングの課題に今後注力していく旨、(株)IHIから説明がなされた。都市ゴミや微細藻類以外を原料とするサプライチェーンを検討する第三分科会については、検討対象として絞り込んだ原料の紹介と、それらの製造、精製、供給を場所別に考察、検討を深めていく旨、日本貨物航空(株)から説明があった。法制度を検討する第四分科会については、廃棄物処理、燃料の品質検査に関する検討状況と各分科会の制度改正要望について、ボーイング社から説明があった。

議事2については、成田国際空港は内陸空港であるため、東京湾の千葉港で航空機燃料を荷揚げし空港までパイプラインを使用して輸送していること、空港ではハイドラント施設から航空機へ給油している旨の施設概要や、航空機燃料の流れと仕組みについて成田国際空港(株)から説明がなされ、次世代航空機燃料を導入する場合の課題について情報共有を図った。

#### ④ 第4回全体会議:2014年11月6日(木)10時~12時30分(於:東京大学工学部11号館)

(議事)次世代航空機燃料供給の事業化に向けた米国での取組みについて(米連邦航空局(FAA)、米エネルギー省(DOE)、ランザテック社)

11月の第4回全体会議では、東京大学とボーイング社が主催したセミナー<sup>17</sup>の講演者としてボーイング社が招聘した米国当局及び次世代航空機燃料事業者を招き、米国における次世代航空機燃料の導入取組み事例や、次世代航空機燃料の製造、供給の事業化に関する米国関係者からの情報をイニシアティブ全体で共有した。

米国連邦航空局(FAA) Hileman氏より、次世代航空機燃料の普及に向けたFAAの取組み概要のほか、環境面・経済面・社会面での課題の定量化に注目した次世代航空機燃料の導入促進方策について説明がなされた。米国エネルギー省(DOE) Holladay氏からは、次世代航空機燃料に関する米国政府全体の取組みにおけるDOEの取組み概要や、省庁間連携の重要性について説明がなされた。ランザテック社<sup>18</sup>Fleming氏からは、同社が世界各地で行う実証実験や開発プロジェクトについての概要や進捗、及び同社のプロセスの環境への配慮や利点について説明があった。

3氏発表後の意見交換では、次世代航空機燃料の利用は温室効果ガスの削減という形での環境改善メリットはあるが、現時点では従来型航空機燃料との価格競争力をもつ必要があること、原料を安価に調達できる仕組みを構築すれば、次世代航空機燃料に価格競争力をもたせることが、チャレンジングだが不可能ではないと考えていること、比較的高価なバイオケミカル商品を副産品として製造することは全体の製造コストを下げる一つの方法として挙げられるが、想定する次世代航空機燃料の製造規模に伴う副産品の製造量と需要とのマッチングが必要であることが議論された。さらに、次世代航空機燃料の背景で議論されるべき持続可能性とは、温室効果ガスだけではなく、水循環系や大気環境、さらには生物多様性をも含む広い概念である旨が確認された。

<sup>17</sup> 2014年11月5日開催の「航空と環境ワークショップ」。講演資料は次のURLから入手可能。  
<http://aviation.u-tokyo.ac.jp/event.html> (2015年5月4日閲覧)

<sup>18</sup> ランザテック社は、一酸化炭素や二酸化炭素を含むガスを微生物による発酵により、エタノールやブタジエンといった燃料・化学品に転換するユニークな処理法を開発し、当該技術のライセンス供与のビジネス化に取り組んでいる企業である(三井物産株式会社2014年3月26日ニュースリリース参照)。

## ⑤ 第5回全体会議:2015年1月28日(水)13時30分～16時30分(於:東京大学山上会館)

(議事1)とりまとめの構成(案)について(東京大学)  
(議事2)各パスのロードマップ(案)について  
・第一分科会(日本航空(株))  
・第二分科会(全日本空輸(株))  
・第三分科会(日本貨物航空(株)、日揮ユニバーサル(株)、Green Earth Institute(株)、三井造船(株))

第5回全体会議では、これまでの議論を踏まえつつ数か月後の取りまとめに向けて、イニシアティブ報告書の骨子について事務局より提案がなされ、提案内容の方向で作業を進めることがイニシアティブにおいて承認された。また、各分科会における検討の進捗状況について報告がなされ、イニシアティブ全体で共有した。

全体での議論の中では、とりまとめに向けた検討では、次世代航空機燃料の導入促進に関する我が国全体での取組みの必要性と、官民の役割分担について具体的な検討を進めるべき点や、次世代航空機燃料精製で検討されているプロセスの多くが必要としている水素に関し、自動車分野も含めた将来的な割振りを、我が国としてどうしていくかに関する議論の必要性が提起された。

## ⑥ 第6回全体会議:2015年4月3日(金)13時～15時(於:東京大学山上会館)

(議事)次世代航空機燃料イニシアティブ報告書(案)について

最後の全体会議となる4月の第6回会議では、3月中旬からイニシアティブ内で調整した報告書案を大筋で確認した。その後の意見交換では投資規模等の数値の取扱いが議論になった。これに関しては、燃料製造の事業イメージを幅広い層に説明するには必要である、数値のみの情報が独り歩きする危険性がある、数値は仮定に基づく見通しであり将来の結果は見通しと異なる可能性がある旨を記載する方法もある、という指摘がなされ、報告書の最終調整過程で整理することとなった。

また、全体会議の開催はこれを最後とし、報告書の調整はメールにて行い、英訳作業を経て7月に一般公開シンポジウムにおいて報告書を公表する旨の予定を確認した。

## 2. 運営委員会

### (1) 活動の全体概要

運営委員会では、イニシアティブ新規参加構成員の確認、全体会議の企画、とりまとめに関する検討を行った。

### (2) 構成員名簿

東京大学、ボーイング社、日本航空(株)、日本貨物航空(株)、全日本空輸(株)、成田国際空港(株)及び石油資源開発(株)の計7組織。

### (3) 開催経緯

以下のとおり計8回会議を開催するほか、メールで情報共有、議論を行った。

- 第1回 2014年5月14日(水) 15時30分～17時30分 (於:ボーイング・ジャパン)
- 第2回 2014年6月10日(火) 12時～13時 (於:ボーイング・ジャパン)
- 第3回 2014年6月30日(月) 13時～15時 (於:ボーイング・ジャパン)
- 第4回 2014年9月1日(月) 10時～11時 (於:成田国際空港)
- 第5回 2014年11月12日(水) 13時～15時 (於:ボーイング・ジャパン)
- 第6回 2014年11月18日(水) 15時～17時 (於:ボーイング・ジャパン)
- 第7回 2015年1月21日(水) 15時～17時 (於:ボーイング・ジャパン)
- 第8回 2015年3月16日(月) 10時～12時 (於:ボーイング・ジャパン)
- 第9回 2015年4月24日(金) 15時～17時 (於:ボーイング・ジャパン)

#### (4) 各回における議事概要

各回の運営委員会では、全体会議の企画及び会議資料の確認、分科会の設置及び進捗確認、プレス資料の作成、全体会議、各分科会における検討内容の調整、全体のスケジュール管理、シンポジウムの企画といったイニシアティブの運営に関し議論した。

### **3. 第一分科会**

#### (1) 活動の全体概要

都市ゴミを原料とするサプライチェーンに関し、事業の発展性を踏まえつつ、早期実現を図る観点から、ロードマップを検討した。1)都市ゴミをガス化することで製造される合成ガスを、FT合成により液体燃料に変換し、液体燃料をアップグレードする、2)都市ゴミのガス化により製造される合成ガスを、菌体を用いてエタノール発酵させ、炭素鎖数の増加により航空機燃料化(ATJ<sup>19</sup>)する、3)都市ゴミを分別、粉碎、パルピングすることで得られた脱水パルプを、酵母によりエタノール発酵させ、蒸留後にATJする、という3通りの次世代航空機燃料の製造方法について、課題を明確にするため、近年の従来型航空機燃料価格と同等の100円/ℓでの国産燃料の供給を前提とした事業化の検討を行い、純国産による小規模一貫システムの実証に関する初期検討を実施するとともにロードマップを策定した。

#### (2) 構成員名簿

伊藤忠エネクス(株)、伊藤忠商事(株)、(研)宇宙航空研究開発機構、オリックス資源循環(株)、(研)産業技術総合研究所【座長】、JFEエンジニアリング(株)、シェルジャパン(株)、石油資源開発(株)【事業化シナリオ作成】、東京大学、東洋エンジニアリング(株)【技術とりまとめ】、日本アジア投資(株)、日本航空(株)【事務局】、野村リサーチ・アンド・アドバイザーズ(株)、日立造船(株)、三井造船(株)、(株)三井物産戦略研究所、経済産業省、国土交通省、環境省、(研)新エネルギー・産業技術総合開発機構及び(一社)IATA<sup>20</sup> JAPAN(国際航空運送協会)の計21組織。

#### (3) 開催経緯と議事概要

以下のとおり計8回の会議を開催するほか、メールで情報共有、議論を行った。

##### ① 第1回第一分科会:2014年7月4日(金)14時~17時(於:ボーイング・ジャパン)

都市ゴミのガス化技術の現状に関し、(研)産業技術総合研究所(産総研)、日立造船(株)、JFEエンジニアリング(株)からの説明により情報共有し、100円/ℓの国産次世代航空機燃料を前提として、都市ゴミを原料として製造するためのサプライチェーンを検討するという分科会の目的を共有した。

##### ② 第2回第一分科会:2014年7月25日(金)14時~17時(於:ボーイング・ジャパン)

ランザテック社の菌体、FT合成、グリーンスカイ・ロンドン・プロジェクトに関し、それぞれ(株)三井物産戦略研究所、東洋エンジニアリング(株)、伊藤忠商事(株)からの説明により情報共有し、製造技術・プロセス、実証プラント及び商用プラント、経済性に係る検討項目を議論、整理した。

##### ③ 第3回第一分科会:2014年8月22日(金)11時30分~16時

(於:(研)産総研バイオリファイナリ研究センター)

産総研バイオマスリファイナリ研究センターにおいて、FT合成によるBTL(Biomass to

<sup>19</sup> Alcohol to Jetの略。アルコールを原料とする次世代航空機燃料の製造方法であり、エタノールからの製造と、イソブタノールからの製造の2通りがあり、両方ともASTM D7566 Annexへの規定化が検討されている。

<sup>20</sup> 航空運送事業者等の国際的な業界団体。本部はジュネーブとモンリオール。

Liquid)プロセスの原料から航空機燃料までを一貫製造するベンチスケールのプラント<sup>21</sup>を見学するとともに、商用化イメージ、エネルギー計算、検討項目の整理に関する議論を行った。

④ 第4回第一分科会:2014年9月5日(金)14時~17時(於:ポーイング・ジャパン)

JFEエンジニアリング(株)の100%子会社であるジャパン・リサイクル(株)のJFEガス化改質炉の活用を前提とする事業化に向けた議論、実証プラント/商用プラントに分けた検討、航空機燃料製造設備を取り巻く現状整理を行った。

⑤ 第5回第一分科会:2014年10月3日(金)14時30分~17時(於:ポーイング・ジャパン)

都市ゴミガス化・FT合成による次世代航空機燃料製造の収益性に関する試算について、議論を行った。

⑥ 第6回第一分科会:2014年10月17日(金)14時30分~17時(於:ポーイング・ジャパン)

都市ゴミを分別、粉碎、パルピングすることで得られた脱水パルプを、酵母によりエタノール発酵させ、蒸留後にATJすることで次世代航空機燃料を製造する日立造船(株)の技術及び、事業スキーム、航空機への給油までのサプライチェーンに関する議論を行った。

⑦ 第7回第一分科会:2014年11月27日(木)13時30分~17時

(於:JFEスチール東日本製鉄所(千葉地区))

投資評価プロセスの第一段階で行うフレミングという手法を参考にした、都市ゴミを原料とする次世代航空機燃料製造事業の投資評価例に関する石油資源開発(株)の説明を踏まえ、事業化のための投資評価について情報共有を図った。

⑧ 第8回第一分科会:2015年1月16日(金)15時~17時(於:ポーイング・ジャパン)

次世代航空機燃料のサプライチェーンと品質検査体制に関する世界的動向に関するIATAの説明を踏まえ、燃料の規格、品質検査に関する議論を行うとともに、とりまとめに向けた今後の予定について確認した。

## 4. 第二分科会

### (1) 活動の全体概要

微細藻類から産生される藻油と呼ばれる油脂分を原料とする次世代航空機燃料のサプライチェーンに関し、他のパスと異なり原料生産から行うこと、原料生産は育成に適する気候や必要面積を勘案すると海外が想定されること、自然界に存在する微細藻類を利用することから繰り返し生産が可能であること、利用する微細藻類の種類により油脂分に違いがあるため、生産工程や製造技術に係る開発要素が異なることを踏まえ、事業の共同・協力を模索しつつ、ロードマップを策定した。

これまでの検討が実証段階まで実現し、大型化に向けた取組みがなされている現状において、事業実施に対する支援のあり方やアップグレード以降の課題、製造事業者だけでなく、精製事業者などとの共同・協力の可能性が検討された。大規模実証、本格事業化に当たっては海外生産となるので、燃料の日本への持ち込みの状態、条件が課題になる。

### (2) 構成員名簿

(株)IHI【座長】、伊藤忠商事(株)、オリックス資源循環(株)、(有)ケイ・ラボラトリー、(研)産業技術総合研究所、住友商事(株)、石油資源開発(株)、全日本空輸(株)【事務局】、(株)ちとせ研

<sup>21</sup> ベンチスケールのプラントとは、研究室で製作するラボスケールより大規模で、実証/商用プラントより小規模なプラントである。

研究所、千代田化工建設(株)、東京大学、(株)豊田中央研究所、日揮(株)【座長代理】、日本アジア投資(株)、野村リサーチ・アンド・アドバイザー(株)、フェニックスビジネス(株)、マイクロ波化学(株)、(株)三井物産戦略研究所、(株)三菱総合研究所、(株)ユーグレナ、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省、防衛省、(研)新エネルギー・産業技術総合開発機構、(研)農業・食品産業技術総合研究機構及び(一社)IATA JAPAN(国際航空運送協会)の計28組織。

### (3)開催経緯と議事概要

以下のとおり計5回の会議を開催するほか、第4回会議以降はワーキンググループ(WG)(④第4回概要参照)での検討を重ね、分科会構成員にはメールで情報共有の上、第5回会議で、WG作成ロードマップ案を検討した。また、WGはIATA本部の代替航空機燃料の専門家との意見交換も行った。

#### ①第1回第二分科会：2014年7月9日(水)14時45分～17時（於：ボーイング・ジャパン）

第二分科会の目的を共有した上で、課題、制度改正要望及び今後のスケジュールについて議論した。同分科会では、2020年度時点で本邦航空運送事業者が消費する航空機燃料の1%を賄うことを前提として、議論を開始した。さらに、微細藻類培養には生育条件のよい広大な土地が必要であり、海外での培養が想定される、近年の従来型航空機燃料価格と同等の100円/ℓでの供給に向けた議論を前提とすると公的支援が必要である旨の指摘があった。

#### ②第2回第二分科会：2014年8月4日(月)15時30分～18時（於：ボーイング・ジャパン）

(研)新エネルギー・産業技術総合開発機構から日本国内の微細藻類由来の燃料製造技術開発の現況について、フェニックスビジネス(株)が招聘したスイスのバイオ・フューエル・システムズ社から海洋微細藻類から油を生産する取組みと技術について、発表を行い情報共有した。

#### ③第3回第二分科会：2014年8月27日(水)15時30分～17時30分（於：全日本空輸(株)）

技術開発の課題、次世代航空機燃料の需要量、公的資金の活用に関する議論を行った。

#### ④第4回第二分科会：2014年9月19日(金)9時～11時30分（於：ボーイング・ジャパン）

ユーグレナ(株)から同社の研究及び事業計画について発表し、情報を共有した。また、ロードマップ案を作成するために、(株)IHI、石油資源開発(株)、(株)ちとせ研究所、日揮(株)、ユーグレナ(株)及び事務局から構成されるWGを設置した。

#### ⑤第5回第二分科会：2015年1月19日(月)15時30分～17時30分（於：ボーイング・ジャパン）

微細藻類から産生される藻油を原料とする次世代航空機燃料の供給に向けたロードマップの策定を踏まえ、WG案を基に議論を行った。2020年度、2030年度の燃料製造量目標及びマイルストーン達成を考慮しつつ、微細藻類からのロードマップの意義、価格競争力を有する次世代航空機燃料の製造実現に向けた方策、公的支援の必要性について検討した。

## 5. 第三分科会

### (1)活動の全体概要

「都市ゴミ」及び「微細藻類が産生する藻油」以外を原料とする次世代航空機燃料の実現可能性について、大規模実証事業や、本格事業化では海外製造も視野に入れつつ、検討を行った。また、製品輸入、バイオ原油輸入や、アップグレード技術に関し、原料の多様性対応や水素源の確保、技術的な課題を検討した。分科会構成員の関心事である原料から燃料までの精製プロセス・技術に関する検討を中心に、共同・協力の可能性も含めた議論を経て、最終的には、天然油脂(廃食用油を除く)、廃食用油、非可食バイオマス(セルロース

系の糖、以下同じ。)及び木質草本系バイオマスを原料とするロードマップを策定した。

## (2) 構成員名簿

伊藤忠エネクス(株)、伊藤忠商事(株)、(研)宇宙航空研究開発機構、川崎重工業(株)、Green Earth Institute(株)、(有)ケイ・ラボラトリー、(研)産業技術総合研究所、石油資源開発(株)、千代田化工建設(株)、東京大学、(株)豊田中央研究所、日揮(株)、日揮ユニバーサル(株)、日本アジア投資(株)、日本貨物航空(株)【事務局】、野村リサーチ・アンド・アドバイザリー(株)、三井造船(株)、三菱重工業(株)/三菱日立パワーシステムズ(株)、(株)ユウグレナ、経済産業省、国土交通省、環境省、(研)新エネルギー・産業技術総合開発機構及び(研)農業・食品産業技術総合研究機構の計24組織。

## (3) 開催経緯と議事概要

以下のとおり計6回の会議を開催するほか、11月以降は、メールのほか、事務局と関係構成員との個別議論を行いつつ、分科会としての情報共有、議論を行った。

### ① 第1回第三分科会:2014年7月3日(木)14時～16時(於:ボーイング・ジャパン)

本イニシアティブ・分科会の趣旨について確認した後、三菱日立パワーシステムズ(株)の木質バイオマスガス化・FT合成技術に関する発表・質疑を行った。その後、現状の課題及び次回分科会における検討内容に関する議論を行った。

### ② 第2回第三分科会:2014年7月30日(水)14時～16時(於:ボーイング・ジャパン)

燃料に係る原料輸入と製品輸入に関する検討を行うとともに、Green Earth Institute(株)から、増殖非依存型バイオプロセス技術とその事業概要、日揮ユニバーサル(株)から、米国ハネウェルUOP社(以下「UOP社」という。)の技術概要及び実績に関する発表があり、情報を共有した。

### ③ 第3回第三分科会:2014年8月20日(水)14時～16時(於:ボーイング・ジャパン)

これまでの議論を踏まえ、都市ゴミ、微細藻類以外のサプライチェーンに関し想定し得る検討対象を、1)海外で製造された燃料を輸入、2)海外で本邦法人が燃料製造して当該燃料を輸入、3)原料を輸入して日本で燃料製造、4)日本で原料を生産して燃料製造の4つに整理し、各カテゴリーの現状を確認した。

### ④ 第4回第三分科会:2014年9月26日(金)13時30分～15時(於:ボーイング・ジャパン)

第3回の議論を踏まえ、輸入については、どのような原料を使っても想定される選択肢であるが、具体的な検討は事業化の中で行うのが効率的であることから分科会での検討は棚上げし、2020年度までに次世代航空機燃料を製造するために活用し得る原料、技術を選択し、その燃料製造について、ロードマップ策定に向け議論を深めることとした。

### ⑤ 第5回第三分科会:2014年10月10日(金)14時～16時(於:ボーイング・ジャパン)

Green Earth Institute(株)、三菱日立パワーシステムズ(株)及び伊藤忠商事(株)からの、ロードマップの検討に資するビジネス・シナリオに関する発表を受け、議論を行った。

### ⑥ 第6回第三分科会:2014年10月20日(月)14時～16時(於:ボーイング・ジャパン)

Green Earth Institute(株)、三井造船(株)から、それぞれ非可食バイオマス、廃食用油を原料とする次世代航空機燃料のロードマップに関する発表がなされた。ロードマップについては、2020年度までに次世代航空機燃料の製造を開始するため、複数の原料の可能性を追求すべく、日揮ユニバーサル(株)から発表があった天然油脂、三菱日立パワーシステムズ(株)から発表があった木質草本系バイオマスを加えた、4つの原料について、整理、策定することとなった。

## 6. 第四分科会

### (1) 活動の全体概要

各分科会からの制度、手続きに関する問合せ事項に関し現状を情報共有し、現在想定される次世代航空機燃料の製造事業については現行制度上も可能であることや、手続きの簡素化は可否も含めて具体のビジネスモデルに基づく検討が不可欠であることを構成員が共有するとともに、サプライチェーンの各段階における次世代航空機燃料に関係する制度や、燃料の品質管理、規格に関する議論を行った。

### (2) 構成員名簿

(株)IHI、(研)宇宙航空研究開発機構、Green Earth Institute (株)、(研)産業技術総合研究所、石油資源開発(株)、(株)ちとせ研究所、東京大学、成田国際空港(株)、日本アジア投資(株)、(一財)日本エネルギー経済研究所、野村リサーチ・アンド・アドバイザリー(株)、ボーイング社【事務局】、三菱重工業(株)/三菱日立パワーシステムズ(株)、(株)ユウグレナ、経済産業省、国土交通省、環境省、(研)新エネルギー・産業技術総合開発機構及び(一社)IATA JAPAN(国際航空運送協会)の計19組織

### (3) 開催経緯と議事概要

以下のとおり計5回の会議を開催し、分科会としての情報共有、議論を行った。

#### ①第1回第四分科会:2014年7月8日(火)14時～16時(於:ボーイング・ジャパン)

第四分科会の趣旨を確認した上で、今後の議論の方向性について構成員で意見交換を行い、第一、二及び三の各分科会から制度改正要望についてヒアリングを行うこととした。また、成田国際空港(株)による同空港の航空機燃料給油施設に関する発表があり、航空機燃料の規格、同空港における燃料輸送と給油の実態について情報共有を行った。

#### ②第2回第四分科会:2014年7月15日(火)14時～16時(於:ボーイング・ジャパン)

第一分科会からのヒアリングでは、行政区域をまたぐ廃棄物運搬に対する廃棄物処理法上の柔軟な取扱いを求める見解が表明されたが、当該運搬は現行制度上も可能であることから、具体的な事業計画に基づく検証が必要であることが確認された。また、遺伝子組み換え微細藻類の使用に関する制度として、いわゆるカルタヘナ法<sup>22</sup>の概要が紹介された。

#### ③第3回第四分科会:2014年7月22日(火)14時～16時(於:ボーイング・ジャパン)

第二及び第三分科会からのヒアリングでは、燃料製造施設は実証段階にあり、プラントの建設投資額が大きいことから公的支援を求める旨の指摘がなされ、他国の動向を踏まえて議論が行われた。

#### ④第4回第四分科会:2014年12月4日(木)13時30分～15時30分(於:ボーイング・ジャパン)

第一、二及び三の各分科会からの制度改正要望を整理するとともに、航空機燃料を取り巻く制度と規格に関する情報共有を行った。

#### ⑤第5回第四分科会:2015年1月15日(木)13時30分～15時30分(於:ボーイング・ジャパン)

次世代航空機燃料のサプライチェーンと品質検査体制に関する世界的動向に関しIATAからの発表と質疑を行い、航空機燃料の制度と規格に関する情報を整理した。

<sup>22</sup> 遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律(平成15年法律第97号)。カルタヘナ議定書(議定書の議論が行われた会議開催地、コロンビアのカルタヘナにちなんで名付けられた。)を批准するための国内法として制定されたことから「カルタヘナ法」と称されることがある。



### Ⅲ. 検討結果

#### 1. 基本認識

##### (1) 検討の意義

##### ① 全世界的な地球温暖化対策における、航空分野の対策の位置づけ

2014年11月に公表された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書統合報告書においては、人為起源の温室効果ガス排出が地球温暖化の支配的要因である可能性が極めて高く、温暖化をはじめとする気候変動の抑制には温室効果ガス排出の大幅で持続的な削減が必要である旨が改めて指摘されている。そして、2014年12月の国連気候変動枠組条約第20回締約国会議(COP20)等においては、地球温暖化の緩和策と適応策<sup>23</sup>に係る、2020年以降の国際枠組みに関する議論が深められている。

気候変動による海面上昇、異常気象、自然災害等のリスクについては、IPCC、COP以外の国際機関でも縷々指摘されており、国際エネルギー機関(IEA)は、地球温暖化対策強化の先送りは、2020年以前の低炭素化投資1兆5000億ドル(約180兆円<sup>24</sup>)の回避になるが、その後正しい方向に戻すための追加投資が5兆ドル(約600兆円)必要になる旨指摘している<sup>25</sup>。このような現状にかんがみ、航空分野においても、業界、各国、ICAO<sup>26</sup>が連携して地球温暖化対策を強化していく必要があることは論を待たない。

##### ② 航空分野の温室効果ガス削減及びエネルギー安全保障における次世代航空機燃料の活用

次世代航空機燃料の活用は、燃費効率の高い機材の開発・導入、運航方式の改善、経済的手法の導入とともに航空分野の主要な4つの温室効果ガス削減対策の一つである。とりわけ、電気推進航空機の実用化が想定されていない現時点では、2050年までの中長期的な将来を見通しても、現行の航空機及び関連インフラを活用できるドロップイン型燃料である、次世代航空機燃料及び代替航空機燃料は、温室効果ガスの削減を担う重要な手段とみなされている。今後、航空輸送及び航空機燃料の需要の増加が見込まれる中で、2050年の次世代航空機燃料の需要量を、混合割合を10%と想定すると、3680万トン～5750万トン程度(石油換算)とする見込みも存在する<sup>27</sup>。

このような次世代航空機燃料の重要性は、ICAO及びIATAにおいても指摘され、その導入促進が図られている。2013年のICAO総会が、ICAO及び加盟国それぞれに対して次世代航空機燃料の導入促進に向けた取組みを要請する旨の決議をしたところ、同総会決議を受けて設置されたAFTF(Alternative Fuels Task Force)においては、次世代航空機燃料のライフサイクル評価と製造量予測を行っているところであり、その成果が2016年の総会に報告されることとなっている。

また、各国ではエネルギー安全保障の観点からも、次世代航空機燃料の検討が進められている。我が国のエネルギー安全保障の環境が厳しさを増してきている旨がエネルギー基本計画<sup>28</sup>でも指摘されており、このような状況に対応するためにも、次世代航空機燃料の導

<sup>23</sup> 地球温暖化緩和策は温室効果ガスの排出抑制方策であり、地球温暖化適応策は自然や社会のあり方の調整により温暖化の悪影響を軽減させる方策である。

<sup>24</sup> 1米ドル120円で換算、以下同じ。

<sup>25</sup> IEA: World Energy Outlook Special Report “Redrawing the energy-climate map”, 10 June 2013, P11.

<sup>26</sup> 国際航空からの温室効果ガス削減については、1997年採択の京都議定書に基づき、ICAOを通じて取り組むこととなっており、国際海運と同様に国ごとの削減目標の対象外とされている。

<sup>27</sup> IEA Bioenergy: “The Potential Role of Biofuels in Commercial Air Transport - Biojetfuel”, September 2012, P8

<sup>28</sup> 2014年4月11日閣議決定(参考文献8)

入促進に、産官学が連携して取り組むことが重要である。

### ③ 次世代航空機燃料の持続可能性

次世代航空機燃料の検討においても、持続可能性の観点から、サプライチェーン全体における温室効果ガスの削減、食料競合への配慮、生物多様性への配慮に留意する必要がある。次世代航空機燃料は、燃焼時の温室効果ガス排出は従来型航空機燃料と概ね同等であるが、バイオマス由来であれば原料生育過程で炭素を吸収することから、炭素循環としては排出ゼロとみなすことができる。ただし、サプライチェーン全体を見た場合、原料栽培に伴う土地利用の変化、製造、輸送時の温室効果ガス排出を踏まえた検討が求められる。この点において、セルロース系、微細藻類は、温室効果ガスの削減、食料競合回避の持続可能性の観点から期待が高く、世界的に技術開発が進められている。

### ④ 次世代航空機燃料の事業化

事業化に当たっては、アップグレード設備に投入する燃料の量的確保、そのための複数事業の連携・共同、軽油等の副製品の供給システムの確立が必須である。また、厳しい事業条件を必要とするシステムではなく、より汎用性のある事業システムを構築することが、我が国における次世代航空機燃料の製造の事業化及びその発展には必要である。事業の発展は、知見の蓄積による技術革新や、システム最適化を通じた大幅なコストダウンにより達成されるものである。実証事業を実施して、その成果を技術革新やコストダウンにつなげて、具体的な事業化に弾みをつけることが重要である。

さらに、次世代航空機燃料のサプライチェーンの事業化に当たっては、需要量が重要な要因となる。また、一時期、燃料コストは、航空運送事業の総費用の約3分の1を占めており、燃料価格も、事業化に向けた取組みにおける重要な要因の一つである。代替航空機燃料は従来型航空機燃料と代替関係にあることから、その短中期的な需要量は従来型航空機燃料価格の変動に影響を受ける。しかし、上述の代替航空機燃料、次世代航空機燃料の重要性にかんがみ、産官学が連携して次世代航空機燃料の導入促進策を構築、実行していくことで、需要量と価格の課題を乗り越えていくことが、事業化の鍵である。

## (2) 検討結果の位置づけ

本イニシアティブは、次世代航空機燃料に関心を有する46の組織が参画し、各組織が有する知見を踏まえて議論した検討結果を、本報告書として取りまとめた。本報告書は、我が国事業者による製造可能性が高い次世代航空機燃料の製造及び代替航空機燃料の供給について、その製造過程ごとに、今後達成すべき事項と克服すべき課題を、製造開始までの期間とともに整理した「ロードマップ」として提示している。

本報告書は、原料調達から次世代航空機燃料を製造し、従来型航空機燃料と混合して代替航空機燃料を製造、輸送し、航空機に供給するまでのサプライチェーン全体を網羅的に提示するとともに、検討結果のみならず議論過程の資料も含めた、次世代航空機燃料の導入に向けた見取り図である。今後の事業化に向けては、この見取り図を基に、政策、製品、原料、技術、持続可能性、物流、コスト計算、資金調達、設備、事業運営の各分野で具体的な事業化に向けた詰め議論が必要である。

今後、イニシアティブ参画組織に限定されない幅広い関係者の協働による、事業化の進展が期待される。

### (3) 事業主体に関する考察

#### ① 事業主体になることのメリット

次世代航空機燃料サプライチェーンを支える事業主体となることにより、第一に飛躍的成長が期待される航空事業に必須な製造物に関わることで様々な利益を享受することができる。また、エネルギー動向への的確な対応も期待できる。さらに、短期的には地球温暖化対策に貢献できる優良企業イメージを形成し、クライアントに対する訴求効果を有するとともに、中長期的には、成長する次世代航空機燃料の供給分野におけるフロントランナーの地位を占めることで、派生事業も含めた様々な事業利益を得る橋頭保を構築することとなる。

#### ② ステークホルダーとの関係

例えば、ユナイテッド航空は、アルトエア・フューエルズ社と2013年に代替航空機燃料売買契約を締結して、次世代航空機燃料を混合した代替航空機燃料の導入に係る取組みを進めていることからわかるように、航空運送事業者と燃料製造事業者との関係が、次世代航空機燃料サプライチェーンの核となる。

また、KLMの例をみると、「KLM Corporate Biofuel Programme」を2012年から開始し、同プログラムの参画企業等(2012年当初8社でスタートし、2013年に6社、2014年に2社及び1省が加わり、2014年10月現在17組織が参画)とも連携しつつ、バイオマス由来の代替航空機燃料を使ったニューヨーク・アムステルダム間の週1便の商業飛行を実施している。このようなプログラムを通じて、参画企業は環境面への問題意識の高さを社会に訴求するとともに、航空運送事業者は代替航空機燃料の利用を通じて、本格的な代替航空機燃料使用の準備を積み重ねることができる。

### (4) 航空機燃料の供給を取り巻く制度に関する考察

#### ① 航空機燃料のサプライチェーンと制度

##### (a) 従来型航空機燃料

従来型航空機燃料のサプライチェーンを取り巻く主要な制度は概ね図表3のように考えられる。従来型航空機燃料は、消防法に規定される「第四類第2石油類」(1気圧における引火点が21℃以上70℃未満)の危険物に該当することから、サプライチェーンの各過程において、基本的には消防法の下で安全な取扱いが求められることとなる。

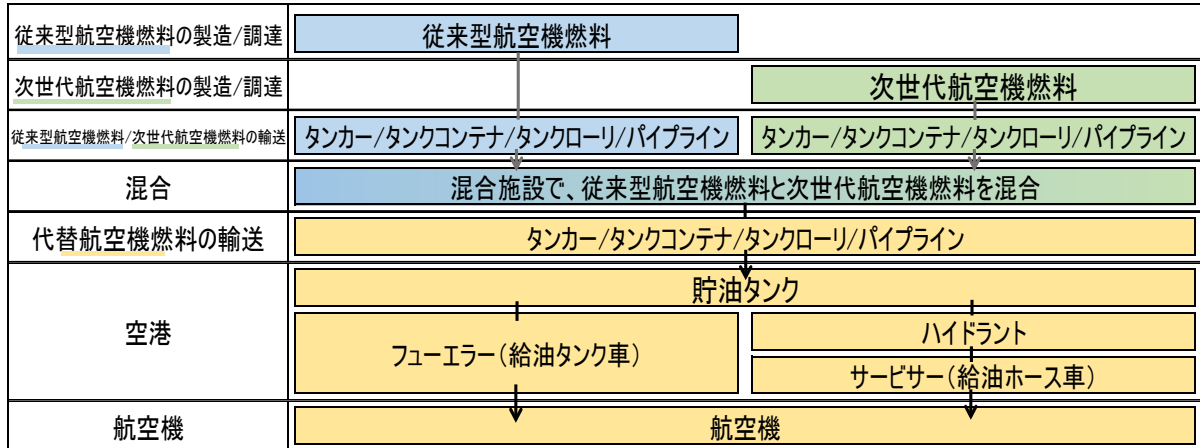
【図表3】 従来型航空機燃料のサプライチェーンを取り巻く主要な制度

1. 燃料製造施設	・消防法
	・高圧ガス保安法
	・所在地方公共団体関係条例 等
2. 輸送	・消防法(タンカー、タンクコンテナ、タンクローリ)
	・石油パイプライン事業法(パイプライン)
3. 空港	・消防法(貯油タンク、ハイドラント施設等の航空機給油施設全般)
4. 航空機	・航空法(耐空性審査、運航規程審査)

##### (b) 次世代航空機燃料

次世代航空機燃料のサプライチェーンを概観すると、概ね図表4のとおりとなる。

【図表4】次世代航空機燃料のサプライチェーン



代替航空機燃料は、規格上、従来型航空機燃料と同じ性質を有するものとしての認証を得て利用されることとなり、従来型航空機燃料と同じく、消防法等の上述の図表3の制度が適用されるものと考えられる。次世代航空機燃料や代替航空機燃料が輸送施設や空港の航空機燃料給油施設に与える影響については、代替航空機燃料が従来型航空機燃料と同じ性質を有することを踏まえつつも、安全性に配慮して着実に実例を重ねていくことが重要である。

また、国内の主要空港は、タンクやハイドラント等の給油施設を、燃料売主である多数の石油元売事業者と燃料買主である多数の航空運送事業者が共同で利用しており、ある航空運送事業者1社のみが代替航空機燃料を調達したいと考えても、共同利用給油施設の関係者全員の同意が必要であったり、新たな利用料金の設定が必要であったりするので、代替航空機燃料を空港で取扱う場合には体制整備のための準備が必要である(別添資料PP36-38参照)。このような空港側の体制整備は、フューエラー給油方式、ハイドラント給油方式及び両方式を併存する場合のいずれの空港であっても必要となる。

## ② 航空機燃料の規格

### (a) 航空機燃料の国際規格－ASTM規格

航空機燃料については、航空機の安全運航に必要な性能を規定し、その性能を確保するために規格が設定されている。航空機燃料の規格に関し、事実上の国際標準となっているのがASTM規格であり、従来型航空機燃料については、D1655という規格が設定されている<sup>29</sup>。また、従来型航空機燃料と次世代航空機燃料を混合した代替航空機燃料については、D7566という規格が設定されている。

### (b) 航空機燃料に係るASTM規格の設定手続き

航空機燃料に係るASTM規格を新たに設定したり、既存の規格の仕様を変更したりする際の手続きは、ASTM D4054<sup>30</sup>に規定されており、3段階の手続きがある。第1段階の試験プログラムは、候補となる燃料がエンジンの安全性、耐久性、性能に悪影響を与えないことを確認する手続きである。第2段階の航空機メーカー・航空機エンジンメーカーの部内試験は、これらのメーカーが、当該燃料を使用した場合に自社製品が安全に機能するか、耐空性に問題ないかについて、航空当局との調整も行いつつ社内で検証する手続きである。第3段階の規格の設定・変更は、上述の第1、第2段階における試験、検証結果を基に作成された調査報告

<sup>29</sup> 我が国で使用される航空機燃料の大宗を占めるJet A-1は、D1655に適合する燃料の一つである。

<sup>30</sup> ASTM国際的なホームページ(<http://www.astm.org/Standards/D4054.htm>)から購入(62米ドル:2015年2月26日現在)できる。また、CAAFIという米国の次世代航空機燃料に関する団体のホームページ([http://www.caafi.org/information/pdf/D4054\\_Users\\_Guide\\_V6\\_2.pdf](http://www.caafi.org/information/pdf/D4054_Users_Guide_V6_2.pdf))では、利用者手引きを無料で入手できる。

書案を、ASTMインターナショナルの航空機燃料担当の技術委員会で審査し、規格設定の可否を決定する手続きである<sup>31</sup>。

### (c) 代替航空機燃料の規格

代替航空機燃料のASTM規格はD7566である。この規格は、従来型航空機燃料と次世代航空機燃料を混合した燃料を対象とするものであり、次世代航空機燃料についてはD7566のAnnexで規定されている。現在、Annexには、FT SPK (Annex A1) (2009年に設定)、HEFA SPK (Annex A2) (2011年に設定) 及びSIP (Annex A3) (2014年に設定) という3つがあり、その混合率は、FT SPKとHEFA SPKが50%まで、SIPが10%までと規定されている。また、2015～2016年中にもHigh Freeze Point HEFA(グリーンディーゼル)等新たな3つが規定されることが見込まれている。

D7566は、代替航空機燃料の製造、出荷に際して必要とされる規格や試験方法を規定するが、出荷後の流通過程における当該規格適合性を確認する品質管理方法や手続きを規定するものではない。流通過程における品質管理は他の文書<sup>32</sup>に規定されている。この点は、上述(②(a))のD1655も同じである。

## ③ 航空機燃料の品質管理

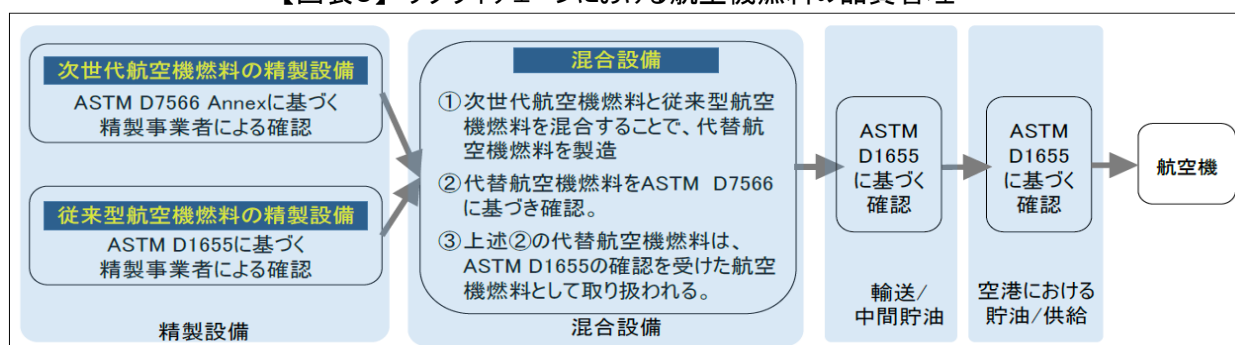
### (a) 概要

航空機燃料の売買契約では、一般的に空港で航空機に給油する時点が所有権移転の時期とされており、燃料の売主は、所有権が移転する給油時に、買主である航空運送事業者から注文を受けた燃料を、当該燃料の品質に適合したものと提供することが求められる。上述のように、航空機燃料については、従来型航空機燃料、次世代航空機燃料及び代替航空機燃料は、製造時にそれぞれD1655、D7566 Annex及びD7566の確認を受ける。また、給油される航空機燃料は、製造後に、輸送、空港での取扱いという過程を経て給油されるが、燃料の所有権を有する売主には、これらサプライチェーンの各過程において、確立した輸送・品質管理手法の下で、製造時に規格を満足させた燃料を、その品質を管理・維持して規格に適合した状態で航空運送事業者へ納入することが求められている。

### (b) サプライチェーンにおける航空機燃料の国際的な取扱い

燃料製造・出荷時のD1655又はD7566の確認以降の、サプライチェーンにおける品質管理は商慣習に基づき標準化されており、その内容はICAO資料<sup>33</sup>によれば概ね図表5のとおりである。

【図表5】 サプライチェーンにおける航空機燃料の品質管理



(備考) ICAO資料の概要を図式化したFAA資料P35、第四分科会IATA資料(別添資料P150)を基に作成

<sup>31</sup> 米国中西部における次世代航空機燃料のイニシアティブであるMASBI (Midwest Aviation Sustainable Biofuels Initiative) によれば、航空機燃料のASTM規格をゼロから始めて全く新たに設定する場合に要する時間と費用は、3年程度、3000万ドル(約36億円)以上である。参考文献14参照。

<sup>32</sup> 例えば、ICAO9977、EL/JIG Standard1530、JIG1、JIG2、API1543、API1595、ATA-103など。

<sup>33</sup> ICAO 9977, Manual on Civil Aviation Jet Fuel Supply, First Edition - 2012

燃料製造・出荷時の認証は、バッチと称されるかたまりごとにD1655やD7566に規定される品質基準の全ての適合性を試験することとなるが、サプライチェーンの各過程において、品質の規格適合性が継続している旨を確認する場合は、製造・出荷時より簡易な10項目程度の検査<sup>34</sup>をバッチごとに行うのが通例である。FAAの調査によれば、前者には1000～2000米ドルの費用が、後者は100～200米ドル程度の費用がかかる。また、D7566の試験には、D1655の試験装置の改修が必要となる部分もあるが、その改修は代替航空機燃料の導入にとってそれほど困難な障害にはならないとされている<sup>35</sup>。

## 2. ロードマップ

### (1) 次世代航空機燃料のサプライチェーン確立に向けたロードマップ(図表6参照)

我が国の企業が有する又は利用可能な技術を活用して次世代航空機燃料を製造し、製造以降のサプライチェーンを確立して代替航空機燃料の活用を開始するためのロードマップを、図表6のとおり整理した。

【図表6】次世代航空機燃料のサプライチェーン確立に向けたロードマップ

年度	次世代航空機燃料の製造							混合、輸送、空港、航空機での取扱い
	(原料→)	都市ゴミ	微細藻類	天然油脂	廃食用油	非可食バイオマス	木質草本バイオマス	
	(ASTM規格→)	FT-SPK (ATJ)*	HEFA-SPK	HEFA-SPK	HEFA-SPK	(ATJ)*	FT-SPK	
2015	事業計画の策定 (実証プロジェクト)	プラントの規模、建設地の決定 適用法規、制度の確認 活用技術の選定、決定						次世代航空機燃料、代替航空機燃料の取扱い方法の整備
2016	次世代航空機燃料製造実証プラントの設計	知的財産権の取扱いの確認 事業推進体制の組成 費用負担と成果の帰属の決定 副産品の販路計画 等						
2017	建設	基本設計、詳細設計 資材、機器等の調達						
2018	試運転 (実証プロジェクト)	プロジェクト管理 (工程、費用、品質) 等						
2019	次世代航空機燃料の製造 (実証プロジェクト)	プラントの運転、保守体制の確立 副産品の販路確立 実証プラントの結果(製造工程や燃料品質)の解析 等						
2020		実証プロジェクトにおける解析結果の商用プロジェクトへの反映 システムの最適化、量産技術の開発による製造コストの低減						
2021~	製造規模の拡大 (商用プロジェクト)	事業計画の策定、商用プラントの設計、建設、試運転、次世代航空機燃料製造 等						

注: 見学会開催等の国内外への広報、温室効果ガス排出削減効果の算出が、円滑な事業実施に有用。

注: ASTM規格に該当している旨の第三者による確認の取得

注: 政策インセンティブの存在

(備考)

- ・プラントプロジェクトの規模は、小規模からラボ、ベンチ、実証、商用の順に大規模となる。ここでは、2021年度以降の規模拡大を想定していることを踏まえ、2020年度までのプロジェクトを実証プロジェクト、2021年度以降を商用プロジェクトと整理した。
- ・原料ごとのロードマップは、各分科会の検討結果による(別添資料P76、105、135、136参照)。
- ・ASTM規格のATJについては、2015年5月現在にはD7566 Annexに規定されていないが、2015～2016年中にも規定されると見込まれている。

<sup>34</sup> 密度、蒸留性状、引火点、析出点、実在ガム、銅板腐食、マイクロセパロメータ法による水分離指数、色、熱伝導率、熱安定度

<sup>35</sup> 参考文献13、P45及びP50。

## ① 原料

原料については、次世代航空機燃料の製造技術を我が国企業が有している又は利用可能なものの中で、2020年度までに残された約5年間で、原料調達及び製造技術の観点から製造可能であることと、将来における需要拡大に対応できることを全体として勘案し、都市ゴミ、微細藻類、天然油脂(廃食用油を除く、以下同じ。)、廃食用油、非可食バイオマス(セルロース系の糖、以下同じ。)及び木質草本系バイオマスという6つの原料からの燃料製造を検討、整理した。以下に述べる特徴を有する各原料からの次世代航空機燃料の製造事業を発展させることで、2020年度までの次世代航空機燃料の製造と代替航空機燃料の供給開始を達成した上で、それ以降の供給量拡大を図ることができる。

都市ゴミについては、我が国に収集システムが存在し、製造技術は、グリーンスカイ・ロンドン・プロジェクトにおいても使用されるものであり、ASTM規格も存在する。微細藻類については、(研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の戦略的次世代バイオマスエネルギー利用開発事業において研究が進められており、製造技術にはASTM規格が存在する。天然油脂については、製造技術が米国の事業で既に使われており、ASTM規格も存在する。廃食用油については、我が国に収集システムが存在し、製造技術は海外のプロジェクトで使われており、ASTM規格も存在する。非可食バイオマスについては、製造技術のASTM規格の設定が検討されており、規格が設定された際には、高い原料収率で燃料製造ができる。木質草本系バイオマスについては、NEDO事業において研究が進められており、経済的な収集システムを構築することで、我が国の未使用原料の有効利用を可能とする。なお、将来、需要量がこれらの原料からの供給量を上回る場合には輸入という選択肢もある。

## ② サプライチェーン確立のための道筋

約5年間という限られた時間の中で、2020年度までに次世代航空機燃料のサプライチェーンを確立するには、燃料製造プロジェクトの事業体を組成し、フィージビリティスタディ等を経て事業計画を策定した上で、プラントの建設(基本設計、詳細設計、調達、建設、試運転)を2019年度までに完了させる必要がある。プラントの設計、建設及び試運転に2～3年程度の期間を要することを踏まえると、おおよそ2015～2016年度に事業計画の策定、2016～2018年度にプラントの設計、建設、2019年度に試運転、2020年度からの燃料供給開始というロードマップが必要である。原料によっては、2018～2019年度からの燃料供給開始も想定できる。

次世代航空機燃料を製造した後は、従来型航空機燃料との混合による代替航空機燃料の製造、空港への輸送、航空機への給油を経て航空機の飛行に使用されることとなる。このサプライチェーンの各過程においては、従来型航空機燃料の取扱いと同様に、国際的な指針を踏まえた取扱い方法の整備が、次世代航空機燃料の製造開始が見込まれる2018年度頃までに必要となる。

このようなロードマップは、次世代航空機燃料の導入促進に向けた政策インセンティブの存在を前提条件としている。また、ロードマップの実現には、さらなる技術の改良・開発・最適化、副製品の販路確立、従来型航空機燃料と価格面での競争を目指したコスト削減の継続が必要であるとともに、事業化に向けた具体的な検討が直ちに開始されることが望まれる。

## ③ 円滑なサプライチェーンの確立に向けて

次世代航空機燃料のサプライチェーンは、多様な事業分野の関係者の共同・連携により確立されるものであることから、燃料プロジェクトの事業体組成のためには、事業者や投資家等関係者の理解を得るための広報活動が必要である。東京オリンピック・パラリンピックで来

日する要人に対して、次世代航空機燃料の製造から代替航空機燃料の給油までの見学会や、代替航空機燃料を使った航空機の飛行体験を実施することも、海外への事業展開や海外からの投資を呼び込むために有用と考えられる。

また、航空機燃料の流通は燃料の規格適合性を前提とし、その規格適合性は、燃料製造者が、製造した次世代航空機燃料がD7566 Annexに規定される性質を満たし、従来型航空機燃料と混合した代替航空機燃料がD7566に規定される性質を満たすことを確認すればよいこととなっているが、第三者機関の確認を受けるという方法もある。今後、我が国事業者が次世代航空機燃料及び代替航空機燃料を新たに製造し、その燃料を広く流通させるには、その規格適合性を第三者機関に確認してもらうことが燃料販売の実務上有用な場合があると考えられる。同様の観点から、試運転時に製造した次世代航空機燃料サンプルを混合した代替航空機燃料を使った航空機の飛行を実施し、燃料使用の実績をあげることも有用と考えられる。さらに、サプライチェーン全体を通じた温室効果ガス排出削減効果の算出も重要である。

次世代航空機燃料の混合率、事業費、代替航空機燃料の想定価格、需要量、供給可能量等については、具体的な事業計画策定の中で、その詳細を検討することとなる。

## (2) 原料調達、製造

### ① 都市ゴミ

#### (a) 事業概要

既存の収集システムを活用して原料の都市ゴミを確保し、次世代航空機燃料を製造する。大量の都市ゴミの確保が可能な大都市を想定し、大規模焼却施設の建替え時期も踏まえつつ立地場所を検討する。燃料製造には、都市ゴミのガス化、合成ガスのクリーンアップ、FT合成、水素化分解による方法と、都市ゴミから直接又は合成ガスを経由して製造したエタノールからATJによる方法の3通りがある中で、FT合成を使う方法が、我が国企業が技術を有し、製造方法のASTM規格は既にあり(FT SPK)、技術的にも成熟していること、エタノールからのATJによる2通りの燃料製造については、ASTMの規格設定まで今後数年を要するとの見込みもあることから、まずはFT合成を使った燃料製造の事業化を進めることになる。エタノールからのATJによる燃料製造はASTM規格の設定を見越しながら、事業化検討を進める。

#### (b) 2020年度までの供給開始に至る道筋(図表7参照)

ガス化、クリーンアップ、FT合成、アップグレードの各技術は、実証プラントレベルでは技術的に成熟しており、実施事業者が決まれば、2015～2017年度に事業計画、実証プラントの設計・建設を行い、2017～2018年度の試運転の実施を経て、2018年度の次世代航空機燃料の製造開始を期待できる。実証プラントの結果を踏まえ、各要素技術の商用プラントへの適用の可否、最適条件、阻害要因を工程毎に検証した上で、さらに、それらを組み合わせたときに能力を発揮できるかを実証プラントで確認し、2019年度から商用プロジェクトに向けた取組みを開始する。ATJによる製造についても、ASTM規格が規定されれば同様の道筋となる。

#### (c) 代替航空機燃料の供給全体における本件パスの位置づけ

我が国には都市ゴミの収集システムがあり、原料調達が容易であるとともに、FT合成による燃料製造技術はグリーンスカイ・ロンドン・プロジェクトでも採用されており、現時点における技術の信頼性が高いことから、2020年度までに次世代航空機燃料のサプライチェーンを確立するための有効な燃料製造パスの一つと考えられる。エタノールからのATJによる製造についても、近い将来にASTM規格の設定が見込まれることから、同様に有効なパスと考えら



れる。また、我が国における都市ゴミの排出量は大きいことから、広域の都市ゴミ収集システムを経済的に運用することが可能となれば、将来の需要量増大に応じて燃料製造量を拡大していくことが期待できるパスである。

#### (d) 事業の特徴

既存の収集システムを活用して国内の都市ゴミを調達し、それを原料として国内で次世代航空機燃料を製造する事業である。廃棄物を資源として活用する点において、循環型社会の形成に貢献する。また、都市ゴミ量と、燃料製造必要量に比例する航空輸送量は、人口の増加とともに増大する傾向があることから、製造拡大に伴う原料調達が比較的容易と考えられる。

【図表7】都市ゴミを原料とする次世代航空機燃料の供給に向けたロードマップ

年度	達成事項	課題
2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業計画の策定</li> <li>● 実証プロジェクトの事業体の組成、プラント概念の検討、事業計画の策定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 原料とする都市ゴミ性状の詳細把握とクリーンアップ技術の選定</li> </ul>
2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>次世代航空機燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(1)</li> <li>● 実証プラントの建設費見積り、建設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 適切なプロジェクト管理</li> </ul>
2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>次世代航空機燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(2)</li> <li>● 実証プラントの建設・試運転の準備</li> <li>製造規模の拡大(1)</li> <li>● 商用プラントプロジェクトの検討組織立上げ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 適切なプロジェクト管理</li> <li>■ 試運転体制の確立</li> </ul>
2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>次世代航空機燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(3)</li> <li>● 実証プラントの試運転</li> <li>次世代航空機燃料の製造(1)</li> <li>● 実証プラントにおける次世代航空機燃料の製造</li> <li>製造規模の拡大(2)</li> <li>● 商用プロジェクトの規模、建設地決定、広域の都市ゴミ収集体制の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 適切なプロジェクト管理</li> <li>■ 実証プラントの運転結果の解析</li> </ul>
2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>次世代航空機燃料の製造(2)</li> <li>● 実証プラントでの製造燃料を混合した代替航空機燃料の供給</li> <li>製造規模の拡大(3)</li> <li>● 商用プラントの基本設計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 適切なプロジェクト管理</li> <li>■ 実証プラントの運転結果の解析</li> <li>■ 実証プラントの解析結果の商用プラント基本設計への反映</li> <li>■ 商用プロジェクトのフィージビリティ・スタディ</li> </ul>
2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>次世代航空機燃料の製造(3)</li> <li>● 実証プラントの運転・運転終了、総括</li> <li>製造規模の拡大(4)</li> <li>● 商用プロジェクトの投資判断</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 実証プラントの解析結果の商用プロジェクトへの反映</li> <li>■ 商用プロジェクトの事業者、出資者等の募集、確保</li> </ul>
2021 ～	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造規模の拡大(5)</li> <li>● 商用プラントの設計・建設・運転/保守</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 都市ゴミを原料とする次世代航空機燃料の製造事業体の設立</li> <li>■ 同事業体による商用プロジェクトの推進</li> </ul>

(備考) 第一分科会の検討結果を基に、2020年度までの次世代航空機燃料の製造・代替航空機燃料の供給開始のために想定され得る道筋と課題を整理したロードマップである。

#### (e) 評価

都市ゴミのほとんどが既に再資源化されている現状ではあるが、原料としての都市ゴミの賦存量、収集システムの存在、利用技術の成熟度を踏まえると、我が国の次世代航空機燃料製造において、早期の製造開始と将来の供給量拡大に対応できるパスとして期待できる。

事業化に向けては、大量の原料収集、都市ゴミから合成ガスを製造する際のガス化改質施設、合成ガスをFT合成する前の工程で使うクリーンアップ技術について、次世代航空機燃料事業に適した改善を行うことが重要である。

事業化の原料収集量に関する一つの目安は、1000bpsd<sup>36</sup>(石油換算で1日約159kℓ)の次世代航空機燃料製造を可能とする2000トン/日の都市ゴミの確保である。これは200万人規模の都市ゴミ排出量に匹敵し、製造プラントの立地次第では複数の自治体から都市ゴミを収集する必要がある。このような大量の都市ゴミを確保すべく区市町村、都道府県をまたぐ廃棄物運搬や、一般廃棄物と産業廃棄物の一体処理を実施しようとする場合は、廃棄物処理法の手続きが必要となる点に留意する必要がある。ガス化改質施設については、既存施設は、ダイオキシン類発生回避と埋立て処分ゼロというコンセプトから、航空機燃料製造に資する合成

<sup>36</sup> bpsdはbarrel per stream dayの略。設備の能力をフル稼働する際の一日当たり処理量を意味する。1バレルの石油は約159ℓ。

ガス製造に必ずしも適したガス化改質プロセスにはなっていない。また、クリーンアップ技術については、開発済みの既存技術を組合せることで、合成ガスに含まれる、FT合成時の触媒毒になり得る物質の除去精度を高める必要がある。

## ② 微細藻類

### (a) 事業概要

微細藻類が産生する藻油と呼ばれる油脂分を水素化精製することにより、次世代航空機燃料を製造する。微細藻類の生産から次世代航空機燃料の製造までの一貫プロセスを事業の対象とする。微細藻類は光合成で増殖することを踏まえ、その培養は温暖かつ日照が多い場所で、プールのような屋外培養施設で行うことから、海外での培養と燃料製造を視野に入れて立地場所を検討する。NEDO事業で研究を進める事業者を中心とした関係者との連携による事業運営を想定する。製造技術のASTM規格は既にある(HEFA-SPK)。

### (b) 目標達成に至る道筋 (図表8参照)

2015～2016年度に微細藻類の大量培養試験と、原料生産から燃料製造までの一貫プロセス開発を行う。2016～2017年度には、微細藻類の培養適地を実証培養設備を建設し、培養の規模拡大とコストダウンの検討とともに、微細藻類の種類により異なる藻油の性質を踏まえ、その精製プロセスの共有化に関する検討を行う。2018～2019年度に、微細藻類の安定的な大量培養実証と商用プロジェクトに向けた課題抽出及び改善点の検討を行う。2020年度に次世代航空機燃料の製造、供給を開始するが、引き続き、培養規模の拡大と生産プロセス効率化の取組みを進め、次世代航空機燃料の製造量を拡大することを想定する。

### (c) 次世代航空機燃料の供給全体における本件パスの位置づけ

大量安定培養とコスト低減の技術を確立していく必要があり、2020年度時点における次世代航空機燃料の製造可能量は限定的ではある。2020年度以降、低減されたコストによる微細藻類の大量安定培養に関する技術が確立された後には、藻油から次世代航空機燃料を製造するための水素化精製技術の信頼性は高いことから、原料の微細藻類を大量に調達することにより、将来の需要量増大に応じて燃料製造量を拡大していくことが期待できるパスである。

### (d) 事業の特徴

微細藻類の培養に適した気候を有する場所としては海外を想定するため、海外で次世代航空機燃料を製造し、日本への輸入又は現地空港で航空運送事業者に供給するサプライチェーンの両方が考えられる。微細藻類は、その生育過程で炭素を吸収することから、炭素循環としては排出ゼロとみなすことができ、その意味での持続可能性を有するとともに、循環型社会の形成にも資する。また、次世代航空機燃料の原料生産を事業に組み込むことから、製造拡大に伴う原料調達が比較的容易と考えられる。

### (e) 評価

微細藻類については、大量生産レベルに到達するには課題があるものの、単位面積当たりの油脂生産性が高く、食料との競合を緩和できることから、燃料製造の原料として大きな期待がもたれている旨の2012年当時の認識<sup>37</sup>は現時点でも当てはまり、長期的な観点から、事業性と持続可能性を両立する次世代航空機燃料製造を狙える領域であると考えられる。

事業化に向けては、微細藻類の培養に関して、大量安定培養技術の確立と生産性向上を

<sup>37</sup> 産業競争力懇談会(参考文献17)P1

図り、藻油からの燃料製造に関して、微細藻類の種類により異なる藻油の生産プロセスと藻油の性質を踏まえた、経済性のある燃料製造プロセスを確立することが必要である。微細藻類培養及び藻油生産に取り組む事業者全体で、生産目標やマイルストーンを設定し、達成していくことで、これらの課題を解決し事業化を実現することが重要である。

今後の事業推進では、制度の手続きに対する留意も必要である。本事業の商用規模への拡大に際しては、微細藻類を開放系で培養することを想定するが、培養する微細藻類に遺伝子組換えが施されている場合は、遺伝子組換え生物の使用規制を規定するいわゆるカルタヘナ法(脚注22参照)に基づく手続きが必要である。外来種の微細藻類を使う場合についても、事業の具体的内容に則して、検疫法や外来生物法等に留意する必要がある。また、微細藻類から製造する次世代航空機燃料(HEFA SPK)が飽和炭化水素から構成される場合、その製造について、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律に基づく届出が必要な化学物質<sup>38</sup>に該当する可能性があることから、手続きの確認も含めて早期の対処が必要である。

【図表8】微細藻類から産生する油脂を原料とする次世代航空機燃料の供給に向けたロードマップ

年度	達成事項	課題
2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業計画の策定(1)</li> <li>● 微細藻類の培養生産性の向上</li> <li>● 培養から藻油抽出及び藻油から次世代航空機燃料製造の一貫プロセス開発</li> <li>● 培養適地の決定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 微細藻類を大量かつ安定的に培養する技術の確立</li> <li>■ 微細藻類の種類により産生する藻油の性質が異なることを踏まえ、それぞれの藻油から燃料製造する際のプロセス共通化に関する検討</li> <li>■ 藻油の日本への輸入に伴う課題の整理</li> </ul>
2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業計画の策定(2)</li> <li>● 生産性の向上、一貫プロセスを踏まえた事業計画の策定</li> <li>● 培養適地における、実証レベルの大量培養設備の建設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 性質が異なる藻油からの燃料製造のプロセスに係る、共通化する工程と共通化しない工程の整理</li> </ul>
2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>次世代航空機燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(1)</li> <li>● 低コストで、大量かつ安定的に微細藻類を培養する技術の検討</li> <li>● 次世代航空機燃料製造の実証プラントの設計、建設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 適切なプロジェクト管理</li> </ul>
2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>次世代航空機燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(2)</li> <li>● 実証培養設備における低コスト・大量・安定培養技術の試験適用</li> <li>● 次世代航空機燃料製造の実証プラントの設計、建設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 適切なプロジェクト管理</li> </ul>
2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>次世代航空機燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(3)</li> <li>● 低コスト・大量・安定培養技術の試験結果の実証プロジェクトへの反映</li> <li>● 次世代航空機燃料製造の実証プラントの建設、試運転</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 適切なプロジェクト管理</li> <li>■ プラント試運転結果の解析</li> </ul>
2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>次世代航空機燃料の製造</li> <li>● 実証設備での微細藻類の培養、実証プラントでの次世代航空機燃料の製造</li> <li>製造規模の拡大(1)</li> <li>● 商用プロジェクトの規模を踏まえた微細藻類培養規模の拡大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 実証プラントの解析結果の商用プロジェクトへの反映</li> <li>■ 大量培養のための敷地確保</li> </ul>
2021 ~	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造規模の拡大(2)</li> <li>● 培養可能な規模を踏まえた、商用プロジェクトの推進</li> <li>● 培養規模拡大による、次世代航空機燃料製造規模の拡大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 段階的な培養コストの低減、培養規模拡大による培養生産性の向上</li> <li>■ 藻油から次世代航空機燃料を製造する際の精製効率の改善</li> </ul>

(備考) 第二分科会の検討結果を基に、2020年度までの次世代航空機燃料の製造・代替航空機燃料の供給開始のために想定され得る道筋と課題を整理したロードマップである。

### ③ 天然油脂(廃食用油を除く)

#### (a) 事業概要

UOP社の次世代航空機燃料製造技術を活用し、複数の種類の天然油脂を原料として、前処理・水素化処理・分留プロセスを経て、次世代航空機燃料であるハネウェル製グリーンジェット燃料(Honeywell Green Jet Fuel™)を製造する。事業主体が、UOP社とライセンス契約に基づき事業運営することを想定する。製造技術のASTM規格は既にある(HEFA-SPK)。

#### (b) 2020年度までの供給開始に至る道筋(図表9参照)

2015年度に、使用する複数の種類の原料を選定して次世代航空機燃料の製造シミュレー

<sup>38</sup> MITI2-10「アルカン(C=10~29)」、MITI2-9「ノナン」、MITI2-8「オクタン」等。

ションを実施するとともに、2016年度に実証プラントの基本設計、2017～2018年度にプラントの詳細設計、建設及び試運転を行い、同プラントにおいて2019年度から次世代航空機燃料の製造を開始する。2020年度以降は、実証プラントにおける次世代航空機燃料の製造プロセスや、製品の結果を踏まえ、処理量を3～5倍に拡大した商用プラントを設計、建設し、次世代航空機燃料の製造量を拡大させることを想定する。

【図表9】天然油脂を原料とする次世代航空機燃料の供給に向けたロードマップ

年度	達成事項	課題
2015	<事業計画の策定> ● 原料候補を複数選定 ● UOP社技術を活用した次世代航空機燃料製造プロセスのシミュレーション	■ 安定的な調達可能な原料の選定 ■ 事業主体の決定
2016	<燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(1)> ● 選定した原料候補からの燃料製造試験(海外での実施を想定) ● 実証プラントの基本設計	■ UOP社とのライセンス・エンジニアリング契約の締結
2017	<燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(2)> ● 実証プラントの詳細設計	■ 適切なプロジェクト管理
2018	<燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(3)> ● 実証プラントの建設、試運転	■ 適切なプロジェクト管理
2019	<次世代航空機燃料の製造(2019年度以降継続)> ● 実証プラントの運転、次世代航空機燃料の製造 <製造規模の拡大(1)> ● 商用プラントの基本設計開始	■ プラントの運転安定性を確保するための原料の絞り込み ■ プラントの運転開始、適切な運転管理・保守 ■ 実証プラントの運転結果の反映
2020 ～	<製造規模の拡大(2)> ● 商用プラントの基本設計、詳細設計、建設及び運転	■ 実証プラントの製造能力の3～5倍程度の規模拡大

(備考) 日揮ユニバーサル(株)の知見を踏まえた第三分科会の検討結果を基に、2020年度までの次世代航空機燃料の製造・代替航空機燃料の供給開始を前提として、バックキャストिंगの観点から策定されたロードマップである。

### (c) 次世代航空機燃料の供給全体における本件パスの位置づけ

本件パスが用いる燃料製造技術は、米国で商業化<sup>39</sup>が一部進展していること、原料の天然油脂は国内の各地域にあり物理的に収集することは可能であることから、2020年度までに次世代航空機燃料のサプライチェーンを確立するための有効な燃料製造パスの一つと考えられる。また、天然油脂を大量に経済的に収集することが可能となれば、将来の需要量増大に応じて燃料製造量を拡大していくことが期待できるパスである。

### (d) 事業の特徴

国内の各地域に存在する天然油脂を収集し、それを原料として国内で次世代航空機燃料を製造する事業である。獣脂や非食用油等の複数の種類の天然油脂を原料として、1つのプラントで次世代航空機燃料を製造することができる。また、製造過程では、副産品としてハネウェル製グリーンディーゼル(Honeywell Green Diesel™)も製造することから、見込みどおりHigh Freeze Point HEFA(グリーンディーゼル)が2015～2016年にASTM D7566 Annexに規定されれば(P8、P20参照)、低コストで大量の次世代航空機燃料を、2020年度までに製造できることを期待できる。

### (e) 評価

天然油脂を原料とする次世代航空機燃料の製造は、世界的に広く行われている。UOP社は、米国の実証プラントで獣脂や非食用油等の天然油脂を原料として、次世代航空機燃料

<sup>39</sup> 米国ロサンゼルス空港におけるユナイテッド航空のプロジェクトの利用予定技術が、UOP社のRenewable Jetプロセスである。(同プロジェクトについては、脚注6参照)

(Honeywell Green Jet Fuel™)を日量250バレル(約40kℓ)製造し、米軍、民間航空運送事業者に実証フライト用の代替航空機燃料を供給してきた。UOP社が他社と共同開発し、原料処理量1万bpsd以上の商業規模の事業実績もある派生技術も存在<sup>40</sup>し、技術的な信頼性は高いと評価できる。

複数の種類の天然油脂を原料として、1つのプラントで燃料製造できる点に本事業の特徴があるが、事業化に向けては、プラントの運転安定性を確保するために、原料の天然油脂を限定することが有用である。そのため、事業開始当初は、量を確保するため複数の種類の天然油脂を原料とするが、その後、事業を継続しつつ適切な原料を選定し、その調達を確保することが本事業の発展に重要である。また、自動車業界との連携を強化して副産品のHigh Freeze Point HEFA(グリーンディーゼル)の販路を拡大することが、次世代航空機燃料の製造拡大にも有用である。なお、HEFA SPKと化学物質規制との関係に、微細藻類と同様、留意する必要がある。

#### ④ 廃食用油

##### (a) 事業概要

既存の収集システムを活用して原料の廃食用油を確保し、精製・アップグレーディングにより次世代航空機燃料を製造する。製造技術のASTM規格は既にある(HEFA-SPK)。廃食用油の収集量が多い千葉、茨城南部、埼玉東部、東京東部地域を対象として、原料供給、粗燃料化、分離精製の3つの工程から構成される事業運営を想定する。廃食用油を原料として、粗燃料化、分離精製により次世代航空機燃料を製造する技術は、藻油や天然油脂からの製造と同様のものを活用する。

##### (b) 2020年度までの供給開始に至る道筋(図表10参照)

2015年度に、収集可能な廃食用油の性質を把握し、その性質に適用可能な精製技術を選定するとともに、廃食用油の収集ルートから最適な燃料製造プラントの立地を検討する。2016～2018年度に燃料製造プラントの基本設計、詳細設計、建設を行い、2018～2019年度にプラントの試運転を行い、製品サンプルの試験・分析結果を踏まえてプラントを改善する。2020年度から次世代航空機燃料の製造、代替航空機燃料の供給を開始し、2020年度以降は、廃食用油の確保可能量を踏まえつつ、第2、第3の事業地候補を選定し、フィージビリティスタディの上、事業拡大の検討を進める。

##### (c) 次世代航空機燃料の供給全体における本件パスの位置づけ

我が国には事業系の廃食用油の収集システムがあり、原料調達が容易であるとともに、燃料製造技術についても、米国のUOP社、フィンランドのネステ・オイル社等の技術の中から、収集が想定される廃食用油への適用性が高いものを採用することで、現時点における技術の信頼性が高く、2020年度までに次世代航空機燃料のサプライチェーンを確立するための有効な燃料製造パスの一つと考えられる。他方、調達可能な廃食用油から製造できる次世代航空機燃

<sup>40</sup> 派生技術とは、UOP社がイタリアENI社と共同開発したEcofining™プロセスである。同技術を使って、年1.3億ガロン(約0.2億kℓ)以上のグリーンディーゼル製造が可能なプラント(米ルイジアナ州)を、2014年から稼働させている(UOP社2014年5月15日公表資料<sup>6)</sup>より)。同プラントでは航空機燃料は製造していないが、Ecofining™プロセスは次世代航空機燃料の製造も可能な技術である。

<sup>6)</sup>[http://www.uop.com/?press\\_release=honeywell-uop-renewable-fuel-technology-powering-largest-commercial-advanced-biofuel-facility-in-u-s](http://www.uop.com/?press_release=honeywell-uop-renewable-fuel-technology-powering-largest-commercial-advanced-biofuel-facility-in-u-s)

料の理論的な供給量<sup>41</sup>は、今後見込まれる需要量<sup>42</sup>からすると十分とは言えず、製造規模拡大の可能性も小さい<sup>43</sup>ことから、燃料の大規模製造が実現するまでの補完と位置づけられる。

#### (d) 事業の特徴

既存の収集システムを活用して国内の廃食用油を調達し、それを原料として国内で次世代航空機燃料を製造する事業である。廃棄物を資源として活用する点において、循環型社会の形成に貢献するものであるが、現在、我が国のほとんどの廃食用油が配合飼料に添加されたり、せっけん等の工業用原料として利用されたりしている点に留意する必要がある。

#### (e) 評価

我が国の廃食用油のほとんどが既に他の用途に使用されている現状ではあるが、収集システムの存在や、中国でのボーイング社の取組み<sup>44</sup>も進み製造技術の成熟度が高いことから、次世代航空機燃料の早期製造を可能とする有力なパスとして期待できる。

事業化に向けては、廃食用油の収集量を最大化することが第一優先課題であり、収集量を最大化できる廃食用油の原料物性に合わせて、できるだけ大量の燃料を製造するのに最適な技術を採用することが必要である。なお、HEFA SPKと化学物質規制との関係に、微細藻類と同様、留意する必要がある。

【図表10】廃食用油を原料とする次世代航空機燃料の供給に向けたロードマップ

年度	達成事項	課題
2015	<事業計画の策定(1)> ● 事業対象地域の廃食用油賦存量、単価の調査 ● 収集可能な廃食用油の物性把握、その物性に適用可能な精製技術の選定 ● 収集ルートから最適なプラント立地候補を選定	■ 選定した精製技術のライセンス取得 ■ 製造設備立地
2016	<事業計画の設定(2)> ● 収集して利用可能な廃食用油の量に応じたプラントの燃料製造能力の決定 ● 事業主体の決定、事業採算性の検討	■ 事業採算性を踏まえたプラントの製造能力の決定 ■ 製造工程の検討、温室効果ガス排出効果の算定
2017	<燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(1)> ● プラントの基本設計、詳細設計、建設工事着工	■ 適切なプロジェクト管理
2018	<燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(2)> ● プラントの建設、完成、試運転 ● 燃料サンプルの品質に係る試験、分析	■ 適切なプロジェクト管理 ■ 第1次燃料サンプルの品質評価
2019	<燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(3)> ● 燃料サンプル試験、分析結果に基づくプラント改善工事 ● プラント改善後の試運転実施と燃料サンプルの製造及び試験、分析	■ 燃料品質向上のための装置改善 ■ 第2次燃料サンプル品質評価
2020 ～	<次世代航空機燃料の製造> ● 燃料製造プラントの運転、次世代航空機燃料の製造	■ プラントの運転開始、適切な運転管理・保守

(備考) 三井造船(株)の知見を踏まえて等第三分科会の検討結果を基に、2020年度までの次世代航空機燃料の製造・代替航空機燃料の供給開始を前提として、バックキャストの観点から策定されたロードマップである。

## ⑤ 非可食バイオマス(セルロース系の糖)

### (a) 事業概要

<sup>41</sup> 事業系廃食用油の現在の収集量は年間30万トン程度(推定)であり、これをすべて原料として活用できたと仮定しても次世代航空機燃料製造量は、概ね12万klと推計される。

<sup>42</sup> 我が国航空運送事業者の従来型航空機燃料消費量は年間約850万kl(航空輸送統計調査年報平成25年、国土交通省)であり、例えばその10%に代替航空機燃料(混合率50%)を利用する場合でも、次世代航空機燃料の需要量は約43万klとなる。

<sup>43</sup> 人口減少社会を迎えている我が国において、今後の収集量増加が見込まれないこと、ほとんど全ての事業系廃食用油は既に飼料用(配合飼料添加)、工業用(せっけん、塗料、インキなど)として利用されていることから、次世代航空機燃料の原料に利用可能な廃食用油の量には制約がある。

<sup>44</sup> 2015年3月21日、ボーイング社は、海南航空の上海→北京の商用フライト(機材B737-800)に代替航空機燃料を使用した。中国内のレストランから収集した廃食用油を原料としてシノペック(中国石油化工)が製造した次世代航空機燃料を50%混合。

非可食バイオマスから糖化により糖液を製造し、糖液をバイオ変換することでイソブタノールを製造し、ATJにより次世代航空機燃料を製造する。糖液からのイソブタノール製造をGreen Earth Institute(株)が担い、原料確保から糖液製造までの川上部分とイソブタノールから次世代航空機燃料製造の川下部分を、他事業者と連携した事業運営を想定する。将来の大量製造を視野に、原料の非可食バイオマスは米国等の国外からの調達を前提とする。糖液からのイソブタノール製造は、増殖非依存型バイオプロセスを活用する。これは、製造過程で用いる微生物が増殖しないため、増殖に伴うエネルギーロスがなく原料収率が高く、生産性の高い燃料製造を期待できる。イソブタノールからのATJの規格については、現在ASTMで検討中であり、2015～2016年にも規格が設定されるとの見込みがある。

### (b) 目標達成に至る道筋(図表11参照)

2015～2016年度に、次世代航空機燃料製造のためのイソブタノールのサンプルを製造し、2016～2017年度に燃料製造プラントの設計、建設、試運転を実施する。また、イソブタノールからのATJがASTM規格に規定された際には、燃料の販売促進の観点から、本件事業の製造方法がASTM規格に適合している旨の第三者機関の確認取得を想定する。2018年度には、当初建設したプラントにおける次世代航空機燃料の製造を開始するとともに、同プラントの結果を踏まえた、より規模の大きいプラントの設計、建設、試運転を進める。その後もプラントのさらなる大型化や、増殖非依存型バイオプロセスのライセンス化による展開を進め、製造拡大を進めることを想定する。

【図表11】非可食バイオマス(セルロース系の糖)を原料とする次世代航空機燃料の供給に向けたロードマップ

年度	達成事項	課題
2015	<事業計画の策定> ● 次世代航空機燃料向けのイソブタノール製造に係る規模拡大の検証 ● 非可食バイオマスからの糖液製造、イソブタノールからの次世代航空機燃料製造に係るパートナー企業との連携、事業計画策定	■ 増殖非依存型バイオプロセスによるイソブタノール製造規模拡大の検証 ■ パートナー事業者との連携による次世代航空機燃料製造事業体の組成
2016	<次世代航空機燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(1)> ● 委託外部事業者によるイソブタノールから次世代航空機燃料サンプルの製造 ● 燃料製造実証プラントの設計、建設	■ イソブタノールから次世代航空機燃料サンプルを製造する委託契約 ■ ATJに関するASTM規格の設定
2017	<次世代航空機燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(2)> ● 燃料製造実証プラントの建設、試運転 ● ATJのASTM規格設定後、本事業の製造燃料が同規格に該当する旨の確認 <製造規模の拡大(1)> ● 燃料製造商用プラントの建設地選定	■ 適切なプロジェクト管理 ■ 原料調達からの燃料製造プロセス全体の採算性の評価
2018	<次世代航空機燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(3)> ● 燃料製造実証プラントの試運転 <次世代航空機燃料の製造(2018年度以降継続)> ● 実証プラントにおける次世代航空機燃料製造 <製造規模の拡大(2)> ● 商用プロジェクトの事業計画策定 ● 商用プロジェクトの資金調達、商用プラントの設計、建設	■ 適切なプロジェクト管理 ■ 実証プラントの製造体制の確立 ■ 実証プラントの運転結果の解析 ■ 実証プラントの解析結果の商用プロジェクトへの反映
2019	<製造規模の拡大(3)> ● 商用プラントの建設、試運転	■ 適切なプロジェクト管理
2020	<製造規模の拡大(4)> ● 商用プラントによる次世代航空機燃料の製造	■ 適切なプロジェクト管理
2021 ～	<製造規模の拡大(5)> ● 次世代航空機燃料の製造商用プラントの大型化と展開	■ 量産化の技術革新

(備考) Green Earth Institute(株)の知見を踏まえた第三分科会の検討結果を基に、2020年度までの次世代航空機燃料の製造・代替航空機燃料の供給開始のために想定され得る道筋と課題を整理したロードマップである。

### (c) 次世代航空機燃料の供給全体における本件パスの位置づけ

従来の発酵法では不可避であった微生物の増殖に伴うエネルギーロスがなく、原料収率が高い増殖非依存型バイオプロセスを用いることにより、生産性の高い燃料製造が可能であることから、非可食バイオマスを大量に経済的に収集することが可能となれば、将来の需要量増大に応じて燃料製造量を拡大していくことが期待できるパスである。

#### (d) 事業の特徴

糖液からのイソブタノール製造以外の川上、川下部分の他事業者との連携や原料の非可食バイオマスの安定的で安価な調達を可能とすべく、海外での燃料製造も想定する。その場合、日本への輸入又は現地空港で航空運送事業者に供給するサプライチェーンの両方が考えられる。また、原料の非可食バイオマスは、その生育過程で炭素を吸収することから、炭素循環としては排出ゼロとみなすことができ、その意味での持続可能性を有する事業である。

#### (e) 評価

本事業の中核である増殖非依存型バイオプロセスは、従来の発酵法と異なる性質を有する。従来は、発酵には微生物の増殖が伴い、増殖により発酵阻害物質が出現し生産性が落ちるほか、利用可能なバイオマスの糖がC6糖のみであったところ、増殖非依存型バイオプロセスは増殖に依存しないことから、発酵阻害物質があっても生産性が落ちず、また非可食バイオマスのC5糖とC6糖を利用することができ、原料効率の高いイソブタノール製造方法として期待できる。

事業化に向けては、原料確保から糖液製造までの川上部分、増殖非依存型バイオプロセス及びイソブタノールから次世代航空機燃料製造の川下部分を一貫プロセスとして、全体の規模拡大を図ることが必要である。増殖非依存型バイオプロセスはイソブタノール以外にもアミノ酸への変換も可能であるが、そのアミノ酸への変換プロセスにおいて規模拡大の実績があり、川下部分については、米国で商用化に近い規模での実施例があることから、これらを踏まえて規模拡大を実現することが重要である。

### ⑥ 木質草本系バイオマス

#### (a) 事業概要

木質草本系バイオマスを原料として、バイオマスガス化技術により製造した原料ガスを、FT合成の後アップグレーディングすることにより、次世代航空機燃料を製造する。国内の未利用バイオマスを活用するFT合成は原料に近い各地で行い、FT合成した粗燃料からのアップグレーディングは大規模施設での集約実施を想定する。製造方法のASTM規格は存在する(FT-SPK)。バイオマスガス化技術は、酸素、水蒸気をガス化剤として、原料の一部を燃焼させて、800～1200℃の高温場を形成し、この熱によりバイオマスを、水素及び一酸化炭素を主成分とする原料ガスに転換するもの(熱分解ガス化)である。

#### (b) 目標達成に至る道筋 (図表12参照)

2015年度に、次世代航空機燃料一貫製造システムのプロセス構築を進め、2016年度に未利用の木質草本系バイオマスの収集システムや、温室効果ガス排出効果を含むプロジェクト利益のサプライチェーン構成員への還元システムを構築し、燃料製造の実証プラントプロジェクトの事業体を組成する。2017～2019年度に実証プラントの設計、建設、試運転を行い、2020年度に次世代航空機燃料の製造開始を開始する。2020年度以降は、実証プラントの結果に基づき、課題抽出、得られた知見を反映させた商用プラントの検討、商用プロジェクトの立上げを進めていくことを想定する。

#### (c) 次世代航空機燃料の供給全体における本件パスの位置づけ

政府のバイオマス活用推進基本計画<sup>45</sup>によれば、国内林地残材は、2010年頃、乾燥重量

<sup>45</sup> 2010年12月17日閣議決定(参考文献8)



で年間800万トン存在し、2010年当時そのほとんどが未利用であったとされていることから、各地域に点在し、未利用のままとなっている木質草本系バイオマスを大量に経済的に収集することが可能となれば、今後の需要量増大に応じて燃料製造量を拡大していくことが期待できるパスである。

#### (d) 事業の特徴

国内の各地域に未利用となっている木質草本系バイオマスを原料として、国内の各地域で行う事業であり、地域のバイオマス燃料事業の立上げに貢献するものである。また、原料の木質草本系バイオマスは、その生育過程で炭素を吸収することから、炭素循環としては排出ゼロとみなすことができ、その意味での持続可能性を有するとともに、循環型社会の形成に貢献する。

#### (e) 評価

国内各地に未利用となっている、林地残材、廃木材などの木質系や稲わら・麦わら・もみ殻などの農作物非食用部といった草本系のバイオマスを原料とする事業であり、原料賦存量、持続可能性や循環型社会形成、地域における燃料事業の立上げへの貢献という特徴を踏まえると、長期的な視点から、事業化の実現が期待される。

事業化に向けては、実証規模での燃料製造を通じて、経済的な原料収集システムの構築、燃料製造技術の大規模化、サプライチェーン全体の最適化を進めるとともに、CO2排出削減効果の拡大を図る必要である。

【図表12】木質草本系バイオマスを原料とする次世代航空機燃料の供給に向けたロードマップ

年度	達成事項	課題
2015	<事業計画の策定(1)> ● 原料収集から燃料製造までのビジネスモデルの設定 ● 次世代航空機燃料製造における触媒の開発、システム最適化の検討	■ 木質草本系バイオマスの経済的な収集システムの確立 ■ 原料のガス化工程におけるガス品質の高度化等の技術向上
2016	<事業計画の策定(2)> ● 実証プロジェクトの立上げ ● 実証プラントの事業計画の策定	■ 原料収集から燃料製造までのサプライチェーンを構成する事業者の組成
2017	<次世代航空機燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(1)> ● 実証プラントの設計、建設	■ 適切なプロジェクト管理
2018	<次世代航空機燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(2)> ● 実証プラントの建設	■ 適切なプロジェクト管理
2019	<次世代航空機燃料製造実証プラントの設計、建設、試運転(3)> ● 実証プラントの建設、試運転	■ 適切なプロジェクト管理 ■ 試運転結果を踏まえた実証プラントの改善
2020	<次世代航空機燃料の製造> ● 実証プラントの運転、次世代航空機燃料の製造 ● 実証プラントの運転結果の解析	■ プラントの運転・保守体制の確立
2021 ~	<製造規模の拡大> ● 商用プロジェクトの事業計画の策定 ● 商用プラントの設計、建設、試運転 ● 商用プラントの運転、次世代航空機燃料の製造	■ 実証プラントの結果に基づく商用プラントに向けた課題抽出と検証 ■ 商用プラントの規模に対応した経済的な原料収集システムの確立 ■ 商用プラントの規模に対応した燃料製造技術の確立

(備考) 三菱日立パワーシステムズ(株)の知見等第三分科会の検討結果を基に、2020年度までの次世代航空機燃料の製造・代替航空機燃料の供給開始を前提として、バックキャストの観点から策定されたロードマップである。

### (3) 輸送、混合及び空港、航空機での取扱い

我が国では、国際的な取扱いに倣って従来型航空機燃料の品質管理が行われている。具体的には、従来型航空機燃料の品質規格、取扱い指針を作成・管理している国際組織であ

るJIG<sup>46</sup>のガイドライン<sup>47</sup>を基に、我が国における業界基準が設定され<sup>48</sup>、当該基準に基づき、サプライチェーンの各過程において従来型航空機燃料が取り扱われている。また、我が国の空港では、主に国内で精製されたJIS規格の従来型航空機燃料が共同利用貯油施設で利用されているが、共同利用施設において従来型航空機燃料が保持すべき品質規格に関し、JIGはAFQRJOS<sup>49</sup>を作成している。我が国における取扱いについては、AFQRJOSに準拠して「共同利用貯油施設向け統一規格」が、石油連盟により策定されている<sup>50</sup>。多くの関係者の利用に対応するため、同規格を満たす従来型航空機燃料は、ASTM D1655のみならず、もう一つの国際規格であるDEF STAN 91-91にも適合するように規格が設定され、同規格に基づき運用がなされている。

次世代航空機燃料を製造した後の、輸送及び空港での取扱いに当たっては、現状は、上述のサプライチェーンにおける燃料取扱い基準も、共同利用貯油施設向け統一規格も従来型航空機燃料を対象として設定されていることから、今後、JIGが定める国際的な指針を踏まえ、関係者による検討を経て、我が国における指針が適切に設定されることが望まれる。

また、混合については、次世代航空機燃料と従来型航空機燃料を貯油タンクで混合するタンク内ブレンド、出荷時にパイプライン内で混合するラインブレンド、出荷時にタンクローリ内で混合するローリブレンドが考えられるが、燃料の品質管理やコスト等を踏まえた検討が必要である。

製造した次世代航空機燃料を混合した代替航空機燃料が最終的に使用される航空機での取扱いについては、ASTM D7566の確認を受けた代替航空機燃料は、D1655の確認を受けた従来型航空機燃料と同様に、航空機の安全な飛行に問題がないことを試験、データで確認された航空機燃料であることから、D7566の性質を有している限りにおいて耐空性に問題はないと考えられる

### **3. 今後の検討課題**

#### **(1) 事業推進体制に関する考察**

##### **① 問題意識**

次世代航空機燃料のサプライチェーンを確立するためには、原料生産・調達から製品供給までの一貫システムを機能させることが必要である。一貫システムの事業推進体制については、システム全体を運営する事業者が存在しない現状を踏まえ、各プロセスを担う事業者が連携してシステム全体を構築することが求められる。いかなる事業推進体制を選択するかは、システム全体の効率性の確保と、システムを担う各事業者の持続的な経営の確保とのバランスをいかに取るかという問題と密接に関連している。事業実施に際しては、具体のビジネスモデルに即して、各事業者の利益を確保した上で、最適なシステム体系を構築することのできる事業推進体制を選択することとなる。

<sup>46</sup> JIGは、Joint Inspection Groupの略。国際的な石油元売り企業等を構成員として、本部をロンドンに置く組織。

<sup>47</sup> The Joint Guidelines for Aviation Fuel Quality Control and Operating Procedures

<sup>48</sup> ジェット燃料取扱い基準に関する指針。同指針は、石油連盟が、JIGが定めるジョイントガイドラインを踏まえ作成、改定している。(石油連盟2005年9月22日プレスリリース<sup>(\*)</sup>参照)。( <sup>(\*)</sup>[http://www.paj.gr.jp/paj\\_info/press/2005/09/22-000320.html](http://www.paj.gr.jp/paj_info/press/2005/09/22-000320.html) (2015年5月9日閲覧) )

<sup>49</sup> AFQRJOSはAviation Fuel Quality Requirements for Jointly Operated Systemsの略。ASTM D1655の要求する品質規格を満たすほか、ASTM D1655規格と比較して、給油施設から航空機に搭載されるまでのトレーサビリティを要求する点で大きく異なる。

<sup>50</sup> 「製油所におけるジェット燃料の製造方法と品質規格」(日本エネルギー学会誌、2014年1月)(参考文献19)

## ② 事業推進体制と資金調達

事業化は、事業計画書等(①経緯、②主要技術の優越性、③技術以外の業界・政府等の事業関連動向や環境社会性等の背景、④将来展望・発展性、課題、⑤具体的な事業内容、⑥スケジュール、⑦収支見通しと資金計画、⑧事業推進体制(人員計画を含む))を基に、当該事業への参画を決定した事業者間で、事業推進体制を合意することとなるが、その体制は、資金調達に影響を与える重要な要因となる。

## ③ 個別の事業推進体制に関する考察

特定目的会社(SPC: specific purpose company)等の法人形態と、法人格を持たない共同事業体(JV: joint venture)とがあるが、前者は個々の参画事業者よりも事業推進主体である法人の独立性が高いのに対し、後者は、参画事業者の個別の意向がより強く、事業運営に反映されるという傾向がある。

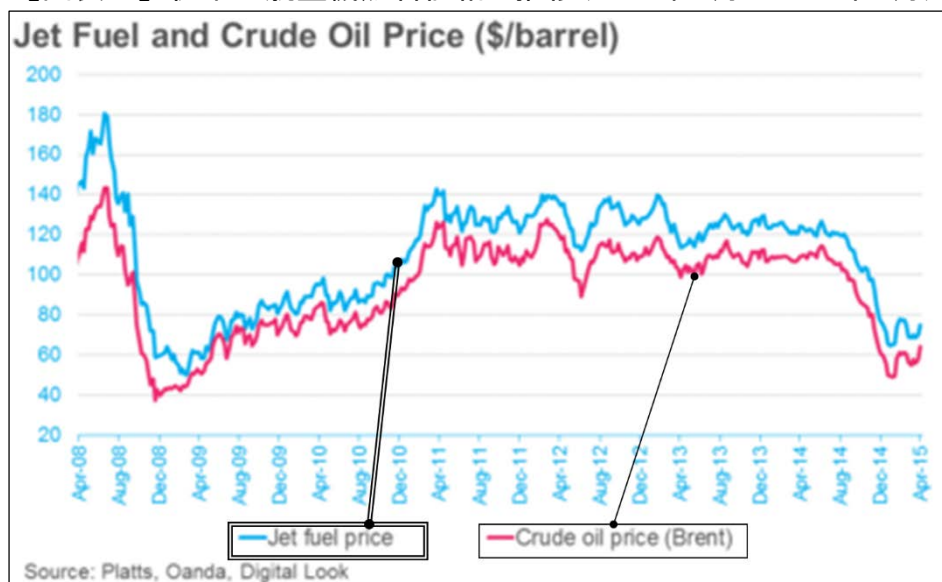
さらに、法人運営の場合は、株式会社、合同会社(LLC: limited liability company)又は有限責任事業組合(LLP: Limited Liability Partnership)、研究組合があり、出資者、資産保有や、利益配分をどうするかによって、選択すべき体制が異なることとなる。

### (2) コストに関する考察

#### ① 事業の必要コストと収入見込みの試算

事業の必要コストから算出される代替航空機燃料価格は、近年の従来型航空機燃料価格(約100円/ℓ)を大きく上回ることは不可避であり、現状のままでは、この価格差故に当面経済的に事業は成り立たないこととなる。特に2014年夏以降の急激な原油価格下落から、従来型航空機燃料価格も半額になっており(図表13)、現時点(2015年4月現在)における燃料価格を前提に、代替航空機燃料を製造することは著しく困難である。

【図表13】 従来型航空機燃料価格の推移(2008年4月～2015年4月)



(出所) IATAホームページ(2015年4月30日閲覧)

#### ② 収支差を賄う選択肢

次世代航空機燃料の導入意義は、地球温暖化対策の推進、エネルギー安全保障の確保により、航空機燃料の安定供給ひいては航空分野の持続可能な成長を可能とすることにあ

る。したがって、次世代航空機燃料のサプライチェーンを確立するためには、サプライチェーンを構成する燃料製造事業者や航空運送事業者等の事業者、成長・拡大する航空サービスの利用者、さらには地球温暖化対策やエネルギー安全保障の確保の恩恵を受ける幅広い国民が、その受益の程度に応じてコスト負担をするという観点から検討を深めることが重要と考えられる。この点から、上述の価格差を埋める手段としては、サプライチェーン各段階の改善による低コスト化、システム最適化、技術革新、利用者負担、地域負担、公的支援等が考えられ、今後の議論が期待される。

次世代航空機燃料の製造を担う事業者からは、製造設備への投資負担が大きな影響を及ぼす事業初期段階の事業負担の軽減のため、設備投資への補助金や特別償却を求める要望が、航空運送事業者からは、次世代航空機燃料を利用する際の航空機燃料税、石油石炭税の減税を求める要望が寄せられた。いずれにしても、効率的な事業システムの詳細を設計する中で、事業実施による利益、次世代航空機燃料のサプライチェーン確立の重要性、我が国が置かれている財政状況等に留意しつつ、幅広い関係者間で適切な費用負担の配分に関する議論が深まることが期待される。

### (3) 事業実施に向けた課題

#### ① 次世代航空機燃料のサプライチェーンの確立に向けて

次世代航空機燃料については、地球温暖化対策やエネルギー安全保障からの必要性及び当該必要性から想定される今後の一般的ニーズを背景として、当該サプライチェーンに関心を有する事業者が存在し、そのような事業者等から本イニシアティブも構成されている。他方、実際に事業化を実現するためには、具体的な需要量の推計が可能になって初めて、安定供給のための価格や製造規模について計画できることとなる。

すなわち、本イニシアティブにおけるサプライチェーンの俯瞰及び各技術パスのロードマップと、それを実現する事業実施との間には、ギャップが現存しており、国内の産官学関係者の協働により、上述の市場を創出するとともに、燃料を購入、利用部分も含めたサプライチェーン全体の底上げを、実証事業の実施を通じた技術・開発システムの精緻化や、副産品の利活用、多様な原料に対応するアップグレーディング工程の高度化、さらには販売・購入の促進等により推進していくことが必要である。

また、次世代航空機燃料の製造プロセスの多くは水素を使用する。将来、水素を燃料とする燃料電池自動車の普及が予測される中で、水素製造量にも限りがあることから、自動車をはじめとして他分野の動向に留意しつつ、次世代航空機燃料製造に必要な水素を確保する必要がある。

#### ② 海外連携

本イニシアティブでも、米国のFAAやDOE、ランザテック社、ボーイング社、IATA等から情報提供された米国をはじめとする世界の動向を踏まえつつ、我が国における検討を進めてきた。さらには、ICAO及び各国は次世代航空機燃料の導入促進に向けた取組みを進めており、世界の動きに遅れをとることなく我が国の次世代航空機燃料のサプライチェーンを確立するには、これらの海外の関係機関との連携が有用である。次世代航空機燃料の事実上の国際規格であるASTM規格が海外の関係者により設定・変更が行われているという現状からも、次世代航空機燃料の製造、代替航空機燃料の活用促進に、海外連携が不可欠であることは明白である。

#### (4) 課題解決の方向性

原油価格は2014年夏から2015年1月までに50%強下落し、1バレル当たり50ドル台を割り込み、従来型航空機燃料の価格も同様に下落している。しかし、現在の従来型航空機燃料価格の低落が、次世代航空機燃料の開発の必要性を減少させることはない。しかも、燃料開発事業は安定供給までのリードタイムが長く、10年以上の期間を要することも稀ではない。したがって、次世代航空機燃料の幅広い関係者は、足元の需給のみに拘泥することなく、長期見通しに基づき、事業化を喫緊の課題として認識し、早期に実証事業に取り組むことが必要とされる。

また、航空機燃料の製造・供給事業は長期的な事業であり、燃料価格の変動幅が大きいことから、当該事業を持続的に推進するには、継続的な技術開発の推進と投資余力の確保が必要である。世界的に次世代航空機燃料の開発が実証段階から商用段階に移行しつつある中で、関係者が協働して国際競争に打ち勝つ必要がある。

東京オリンピック・パラリンピックが開催予定の2020年には、我が国に今以上の世界の注目が集まるであろうことは想像に難くない。我が国として50年ぶりの国産旅客機として、現在開発中のMRJも、2020年には日本の空、世界の空を飛行していることが予定されている、日本で次世代航空機燃料の製造・代替航空機燃料の供給を開始し、促進することは、観光立国、環境立国、技術立国を標榜する我が国が新しいプレゼンスを確立する好機であり、今こそ、事業推進を加速化させることが望まれる。

## 参考文献

- (1) ICAO: Resolution A37-19: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection – Climate change, 8 October 2010.  
[http://www.icao.int/environmental-protection/37thAssembly/A37\\_Res19\\_en.pdf](http://www.icao.int/environmental-protection/37thAssembly/A37_Res19_en.pdf)
- (2) ICAO: Resolution A38-18: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection – Climate change, 4 October 2013.  
[http://www.icao.int/Meetings/a38/Documents/Resolutions/a38\\_res\\_prov\\_en.pdf](http://www.icao.int/Meetings/a38/Documents/Resolutions/a38_res_prov_en.pdf), PP90-101
- (3) Boeing: Current Market Outlook 2014-2033, July 2014.  
[http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/cmo/pdf/Boeing\\_Current\\_Market\\_Outlook\\_2014.pdf](http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/cmo/pdf/Boeing_Current_Market_Outlook_2014.pdf)
- (4) IEA: CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights 2014.  
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustionHighlights2014.pdf>
- (5) IPCC: Climate Change 2014 Synthesis Report, 18 March 2015.  
[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf)
- (6) 閣議決定：平成26年版 環境・循環型社会・生物多様性白書、2014年6月6日。  
<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h26/pdf.html>
- (7) 閣議決定：エネルギー基本計画、2014年4月11日  
<http://www.meti.go.jp/press/2014/04/20140411001/20140411001.html>
- (8) 閣議決定：バイオマス活用推進基本計画、2010年12月17日。  
<http://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/bio/101217.html>
- (9) バイオマス活用推進会議：バイオマス事業化戦略、2012年9月6日。  
<http://www.maff.go.jp/j/press/shokusan/bioi/pdf/120906-02.pdf>
- (10) Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative (CAAFI): ASTM D4054 Users' Guide, December 2013. [http://www.caafi.org/information/pdf/D4054\\_Users\\_Guide\\_V6\\_2.pdf](http://www.caafi.org/information/pdf/D4054_Users_Guide_V6_2.pdf)
- (11) ICAO: 2013 Environmental Report, October 2013. <http://cfapp.icao.int/Environmental-Report-2013/>
- (12) IATA: 2014 Report on Alternative Fuels 9th Edition, December 2014.  
<http://www.iata.org/publications/Documents/2014-report-alternative-fuels.pdf>
- (13) FAA: R&D Control Study: Plan for Future Jet Fuel Distribution Quality Control and Description of Fuel Properties Catalog, November 2014.  
[https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/apl/research/alternative\\_fuels/media/Metron\\_Fuel\\_Quality\\_Final.pdf](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/alternative_fuels/media/Metron_Fuel_Quality_Final.pdf)
- (14) Midwest Aviation Sustainable Biofuels Initiative (MASBI): Fueling a Sustainable Future for Aviation, June 2013. [http://www.masbi.org/content/assets/MASBI\\_Report.pdf](http://www.masbi.org/content/assets/MASBI_Report.pdf)
- (15) 経済産業省委託調査研究(受託者:(株)三菱総合研究所): 平成25年度石油産業体制等調査研究(バイオ燃料に関する諸外国の動向と持続可能性基準の制度運用)、2014年3月。  
[http://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/2014fy/000862.pdf](http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2014fy/000862.pdf)
- (16) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構: NEDO再生可能エネルギー技術白書(第2版)、2014年2月。[http://www.nedo.go.jp/library/ne\\_hakusyo\\_index.html](http://www.nedo.go.jp/library/ne_hakusyo_index.html)
- (17) 産業競争力懇談会(COCN): 微細藻類を利用した燃料の開発、2012年3月6日。  
<http://cocn.jp/common/pdf/thema38-L.pdf>
- (18) JX日鉱日石エネルギー: 石油便覧。<http://www.no.e.jx-group.co.jp/binran/>
- (19) 星文乃、藤原慶二、田辺正和: 製油所におけるジェット燃料の製造方法と品質規格、日本エネルギー学会誌第93巻1号(2014年1月)。

## 主な略語

AFQRJOS	Aviation Fuel Quality Requirements for Jointly Operated Systems 共同利用施設向け航空機燃料品質規格
AFTF	Alternative Fuels Task Force ICAOの代替航空機燃料タスクフォース
ATJ	Alcohol to Jet アルコールを原料とする次世代航空機燃料製造
BTL	Biomass to Liquid バイオマスから液体燃料への変換
CNG	Carbon Neutral Growth カーボンニュートラル(炭素中立)な成長
COP	Conference of the Parties 気候枠組変動条約締約国会議
DEF STAN	UK Defense Standards 英国国防省標準
DOE	Department of Energy, USA 米国エネルギー省
FAA	Federal Aviation Administration, USA 米国連邦航空局
FT SPK	Fisher-Tropsch Hydroprocessed Synthesized Paraffinic Kerosine フィッシャー・トロプシュ合成油の水素化処理により製造された合成パラフィンケロシン
HEFA SPK	Synthesized Paraffinic Kerosine from Hydroprocessed Esters and Fatty Acids 水素化処理エステル・脂肪酸から製造された合成パラフィンケロシン
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 Association 国際エネルギー機関
INAF	Initiatives for Next-generation Aviation Fuels 次世代航空機燃料イニシアティブ
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change 気候変動に関する政府間パネル
JIG	Joint Inspection Group ジョイント・インスペクション・グループ
JV	Joint Venture 共同事業体
LLC	Limited Liability Company 合同会社
LLP	Limited Liability Partnership 有限責任事業組合
MRJ	Mitsubishi Regional Jet 三菱リージョナルジェット
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
OEM	Original Equipment Manufacturer 航空機・エンジン開発メーカー
SIP	Synthesized Iso-Paraffins from Hydroprocessed Fermented Sugars 水素化処理発酵糖から製造された合成イソパラフィン
SPC	Specific Purpose Company 特別目的会社
SPK	Synthesized Paraffinic Kerosine 合成パラフィンケロシン