

# 新興国のオープン・イノベーション

## —ブラジルにおけるバイオ燃料開発—

### Open Innovation in Emerging Economies The Development of Biofuels in Brazil

成城大学社会イノベーション学部教授

竹之内玲子 TAKENOUCHI, Reiko

## 1. はじめに

新興国出自の多国籍企業は年々その数が増加している。新興国の定義はさまざまであるが、本稿では、具体的な国名を挙げて定義している Hockison (2000) の論文に基づいて、新興国を64カ国とする。なお、Hockison (2000) は、新興国をアジア、ラテンアメリカ、アフリカ、中東の51の高成長途上国と、旧ソビエト連邦の13の移行経済圏の2つのグループに分けている。

米国の経済誌『フォーチュン』が毎年発表している、世界の売上高上位500社をまとめた Global 500 によれば、2019年は売上上位500社に新興国企業が178社含まれていた。10年前の2009年には83社であったので2倍以上増加したことになる(表1参照)。その中でも、数を伸ばしたのは中国の企業で、2009年には37社であったが、2019年には119社に増加している。2019年は中国企業が初めて米国の企業数を上回り、世界最多となった。

新興国における国際特許出願数も増加しており、新興国企業のイノベーション力が高まっている。世界知的所有権機関(WIPO)が管轄する特許協力条約(PCT)に基づく国際特許出願(PCT出願)の2018年の出願件数は、推計253,000件<sup>1)</sup>であったが、そのうち、中国居住の出願人による

PCT出願件数は、米国について多く、53,345件

表1 世界の売上高上位500にランクインした新興国企業

国名	2019年	2009年
	企業数	企業数
中国	119	37
韓国	16	14
台湾	10	6
ブラジル	8	3
インド	7	7
メキシコ	4	2
ロシア	4	8
シンガポール	3	2
サウジアラビア	2	1
アラブ首長国連邦	1	0
タイ	1	1
トルコ	1	0
ポーランド	1	0
マレーシア	1	1
ヴェネズエラ	0	1
合計	178	83

出所：Fortune Global 500 (2009年版, 2019年版) より筆者作成

であった。出願上位 20 ヶ国には、3つの中所得国、すなわち中国、インド（2,013 件）およびトルコ（1,578 件）が含まれた。上位 20 ヶ国以外で PCT 出願件数が目立った中所得大国としては、ロシア（963 件）、ブラジル（619 件）、メキシコ（274 件）および南アフリカ（274 件）が挙げられる（経済産業省、2018）。

新興国企業の躍進は 2000 年以降顕著になり、2018 年の通商白書によれば、2000 年頃から世界の実質 GDP 成長率に占める先進国の寄与度は次第に低下してきているのに対し、中国を含めた新興・途上国による世界経済の成長への貢献度が上がってきている。また、世界知的所有権機関等が公表しているグローバル・イノベーション・インデックスによれば、中国は 2010 年から 2017 年にかけて 43 位から 22 位までランクを急速に上げてきており、主要先進国のレベルに迫りつつあり、一部分野においては、中国は既に世界のトップクラスのイノベーションを起こしていると評価されている（経済産業省、2018）。

従来から先進国企業間との戦略提携の事例は数多く見られたが、近年、新興国企業と先進国企業との戦略提携も増加している。例えば、Huawei 社が 3COM 社、シーメンス社との合併企業を通じて技術導入を図り、中国の内外に R&D センターを設置して世界中からナレッジを吸収している（高橋、2012）。

このように新興国企業発のイノベーションや、新興国企業と先進国企業の連携は今後増加する傾向にある。そこで本研究では、新興国発のイノベーションが生まれる仕組みはどのようなものか、新興国企業のオープン・イノベーションの形成プロセスについて考察することを目的とする。具体的には、ブラジル企業によるバイオジェット燃料開発のオープン・イノベーションの事例を取り上げる。

## 2. 先行研究

### 2.1 オープン・イノベーションに関する研究

まず、オープン・イノベーションに関する研究

について整理する。オープン・イノベーションを最初に提唱した Chesbrough は、2003 年の著書で以下のように定義している。

オープン・イノベーションとは、企業内部と外部のアイデアを有機的に結合させ、価値を創造し、アイデアを商品化するのに、既存の企業以外のチャネルをも通してマーケットにアクセスし、付加価値を創造するものである。また、Chesbrough は、2006 年の著書において、オープン・イノベーションを、知識の流入と流出を自社の目的にかなうように利用して社内イノベーションを加速するとともに、イノベーションの社外活動を促進する市場を拡大することであると定義し、社外への知識の流出についても言及した。

West & Gallagher (2006) は、内部および外部資源を体系的に促進し、イノベーション機会を探索する。その探索を企業の能力および資源と意識的に統合し、複数のチャネルを通してそれらの機会を広く探求することをオープン・イノベーションと定義している。武石 (2011) は、クローズド・イノベーションと比較し、オープン・イノベーションは「アイデアや技術の創造を担う主体と商品化、事業化を担う主体が異なる形でイノベーションが実現されること」と述べ、アイデアや技術の創造からイノベーションの実現までを一貫して単独の主体が担う、クローズド・イノベーションと対比されるものとしている。

真鍋・安本 (2017) は、本来のオープン・イノベーション概念の貢献が、長期継続的關係を前提とするような、特定相手との知識・技術の流出入というよりは、その時点でベストと考えられる相手とのそれにあると考え、新たな結びつきによる知識の連結にこそ、オープン・イノベーションの本質があると指摘している。

これらオープン・イノベーションの概念については、いくつかの議論が存在している。例えば、梶山 (2017) は Chesbrough の 2003 年の定義だけに従うと、内部と外部のアイデアが結合されて価値が創造されればオープン・イノベーションと呼んで良いことになり、非常に広い範囲の活動がオープン・イノベーションに含まれてしまうこ

とになると指摘している。また徳田(2012)は、オープン・イノベーションはクローズド・イノベーションと対峙する型として提示されているに過ぎず、いつ何をどの程度、いかなる条件下でオープンにすべきかについて、多くが語られないままである、と述べている。

このようにオープン・イノベーションについては多くの議論がなされているが、本稿では、オープン・イノベーションの提唱者でもあり、包括的なとらえ方をしている Chesbrough の 2006 年の定義を用いる。

また、オープン・イノベーションを分類した研究もある。Dahlander & Gann (2010) は金銭の移動の有無と知識の流れによって、オープン・イノベーションを以下の 4 つに分類している。①産学連携のような金銭を伴わないインバウンド型、②クラウドソーシングのような金銭を伴わないアウトバウンド型、③ライセンス・インのような金銭を伴うインバウンド型、④ライセンス・アウトのような金銭を伴うアウトバウンド型のオープン・イノベーションである。

Gassmann & Enkel (2004) は、イノベーションのタイプを以下の 3 つに分類している。第 1 に、アウトサイドイン型で供給者や顧客と協力し、外部の知識を通じて、自社の知識基盤を拡張していくタイプのイノベーションである。第 2 に、インサイドアウト型である。知的財産をライセンス供与し、アイデアの外部への移転を通じて技術を増強し、利益を獲得するタイプのイノベーションである。第 3 は、連結型である。アウトサイドイン型とインサイドアウト型を結合し、知識を連携させながら機能するタイプのイノベーションであり、相互補完的パートナーと共同で価値創造を行うものである。

本稿では、金銭の移動の有無の判断が困難な場合も考えられるため Dahlander & Gann (2010) の分類ではなく、Gassmann & Enkel (2004) の分類に従って、オープン・イノベーションをみていく。

## 2. 2 新興国企業によるオープン・イノベーションに関する研究

新興国企業によるオープン・イノベーションの先行研究は近年増加傾向にあるものの、先進国企業によるイノベーション研究に比べると研究の蓄積は少ない。

Liefner et al. (2006) は、中国の革新的な企業が、イノベーションプロセスにおいて海外企業の情報に依存し、共同研究開発を通じ知識や技術を内部化していると述べている。Teece(2000)は、柔軟性の高い組織により後発企業でも競争優位を生み出すことが可能であると主張している。このように両論文は、新興国企業が知識や技術を得るためにはオープン・イノベーションが必要であることを示唆している。

また、浅川 (2013) は新興国には限定していないものの、現地発イノベーションの基本概念として、既存の研究から次の 3 つを挙げている。第 1 は、メタショナル・イノベーションで、世界の至る場所で潜在的に有効な知識ノウハウを探索、獲得し、活用するものである。第 2 は、フルーガル・イノベーションで、現地特有の制約条件を克服するためのイノベーションである。第 3 は、リバース・イノベーションであり、新興国向けに開発した低機能・低価格製品を先進国で需要を発掘し、製品投入するものである。

これら新興国企業によるイノベーション研究の多くは、先進国企業から新興国企業が新しい知識を習得し、その技術力を向上させるためにオープン・イノベーションを行う重要性を述べている。また、一般的に研究開発費支出が多い先進国の企業が多くのイノベーションを生み出すとは限らず、国際共同開発などのオープン・イノベーションを多く行う企業は、数多くのイノベーションを生み出す可能性が高いことも多くの研究者が主張している。また、新興国に関する研究では、前述の Gassmann & Enkel (2004) と浅川 (2012) のイノベーションの分類である、アウトサイドイン型のフルーガル・イノベーションの事例を取り上げている場合が多い。

### 3. 研究方法

本研究では、新興国企業が主導したオープン・イノベーションの事例研究を行う。研究対象は、新興国であるブラジルで積極的にオープン・イノベーションを行っているブラジルのエンブラエル社（以下、エンブラエル）である。同社は、ボーイング社（以下、ボーイング）やエアバス社（以下、エアバス）をはじめとする米国や欧州の企業や研究機関と共に航空機のバイオジェット燃料の共同研究開発を本国であるブラジルで行っている。そのため新興国企業発のイノベーションを考察するうえで適した事例であると考えられる。また、中国企業を対象とした研究は増加しているが、中国以外の新興国の研究は多いとはいえ、事例として取り上げる意義があると考えられる。

本研究に用いたデータは、エンブラエルや関係機関へのインタビュー調査、新聞、雑誌、ニュースリリース等の資料を基にしている。インタビュー調査は、2011年3月から2019年3月にかけて行った。以下では、まず、航空機のバイオジェット燃料開発や、国際認証について整理し、その後エンブラエルのバイオジェット燃料に関するオープン・イノベーションについてみていく。

### 4. 事例研究

#### 4.1 航空機のバイオジェット燃料を取り巻く状況

本稿で取り上げるオープン・イノベーションの事例は、航空機のバイオジェット燃料開発に関するものである。まず、航空機のバイオジェット燃料を取り巻く状況や、バイオ燃料の特徴について説明する。

旅客量の増加により、航空機のジェット燃料の消費量も年々増加しているが、それに伴い二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の排出量も増加している。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<sup>2)</sup>。米宇宙航空局（NASA）などの研究によると、従来の化石燃料を使用した場合と比べ、バイオジェット燃料を利用した場合には、ジェット機から排出されるCO<sub>2</sub>の量を最大7割削減できる<sup>3)</sup>という。

国際民間航空機関（ICAO）<sup>4)</sup>は、2016年9月の総会で、国際線の航空機が飛行中に排出する温室効果ガス排出量を規制する「国際民間航空のためのカーボン・オフセット及び削減スキーム（CORSIA）」の導入を決定した。2020年のCO<sub>2</sub>排出量を基準とし、2021年以降に基準を超える場合には、排出量削減に取り組む他の部門の企業

表2 ドロップイン燃料として想定されている代替燃料の分類

分類	内容	特徴
1	食用の油脂や糖類からの合成等	食物需給を逼迫させるとの懸念があり、第1世代バイオ燃料と呼ぶことがある。
2	植物廃棄物の発酵など（BTL等）	木屑やわらなどのバイオマスを原料とする。廃棄物利用という好ましい側面を持つ一方で、収量や回収コストに難がある。
3	非食用植物の油脂からの合成	非食用燃料の導入を目指したもので、食用でない植物由来のバイオ燃料を総称して第2世代バイオ燃料と呼ぶことがある。
4	GTL	合成ガス（H <sub>2</sub> とCO）を天然ガス由来（GTL: Gas to Liquid）で製造する。CO <sub>2</sub> 排出量はジェット燃料と同程度。
5	CTL	石炭由来（CTL: Coal to Liquid）で製造する。CO <sub>2</sub> 排出量はジェット燃料の概ね2倍程度とされており、環境負荷低減には貢献しない。

出所：航空機国際共同開発促進基金（2009）

などからの CO<sub>2</sub> 排出枠の購入を義務づける<sup>5)</sup>。また、2019年6月には国際航空運送協会 (IATA)<sup>6)</sup> が CORSIA の導入を各国政府に求める決議案を採択した。これにより 2021 年以降、航空機の運航から生じた二酸化炭素排出量のオフセットが義務付けられことになった。オフセットについては、規定に沿った代替燃料を「CORSIA 適格燃料」と定め、オフセット義務分から控除することが認められており、今後、化石燃料以外の代替燃料を用いる動きが加速するとみられている<sup>7)</sup>。

#### 4. 2 バイオジェット燃料の種類

バイオジェット燃料は、一般的に食用廃油や生ごみ、たばこ、藻類、木材などの油成分を精製して作られる<sup>8)</sup>。ケロシン (灯油) よりも二酸化炭素排出量が少なく、従来のジェット燃料と混ぜて利用可能なことで、高価なエンジンを新たに導入することなく、サプライチェーンに徐々に組み込むことが可能となる<sup>9)</sup>。

航空代替燃料は非ドロップイン型とドロップイン型に分けられる。非ドロップイン型は、現在の航空機の機体やエンジンには使用できず、新たな機体・エンジンの開発や、燃料の取扱い施設も改修しなければならない。ドロップイン型は従来型の航空燃料 (Jet A, Jet A-1 など) と同様の化学組成であり、現在の機体、エンジンなどをそのまま使用可能な代替燃料である (寺崎, 2014)。ドロップイン型の燃料は、従来燃料に 50% まで混合可能で、既に実用化しており、今後もエアラインなどに導入が見込まれている。

ドロップイン燃料として想定されている代替燃料は表 2 のように 5 つに分類できる (航空機国際共同開発促進基金, 2009)。

現状では、次世代バイオ燃料とよばれる第 2 世代の燃料は、既に商用化が進む第 1 世代のバイオ燃料 (バイオエタノールやバイオディーゼル) に比べて、その製造と精製にコスト<sup>10)</sup>がかかる。そのため、その実用化に当たっては、従来のバイオ燃料とは差別化を図り、既存インフラ設備との親和性が高いという有用性を発揮しやすい市場を直近ターゲットとしていくことが重要となる (新エ

ネルギー・産業技術総合開発機構, 2017)

#### 4. 3 バイオジェット燃料の国際規格

航空機は高高度で高温の燃焼排気ガスを継続的に排出するほぼ唯一の機械であることから他の輸送機関用燃料に比べて、航空機燃料には厳しい品質規格が定められている (航空機国際共同開発促進基金, 2009)。また、耐温性、高温での熱安定性、単位あたりの熱量など、バイオジェット燃料にも同等の基準が課せられ、基準に適合することで使用が可能となる (航空機国際共同開発促進基金, 2009)。次世代バイオ燃料をジェット燃料として利用する場合、これらの国際的な規格に従って、認証を取得する必要がある。

ジェット燃料に関する国際規格には、ASTM インターナショナル (American Society for Testing and Materials International: 米国材料試験協会) が発行する ASTM 規格や英国の DEF STAN 規格等が存在する。航空機用ジェット燃料としては米国工業規格 ASTM D1655 (以下、D1655) に定められた規格に従う必要がある (軍用としては JP-8 がある)。同規格は、粘度、密度、引火点、氷点、発熱量、硫黄分、芳香族成分などで構成される (航空機国際共同開発促進基金, 2009)。

バイオジェット燃料を含む合成ジェット燃料に関する国際品質規格は、ASTM インターナショナルが発行する D7566 規格であり、これに適合しなければバイオジェット燃料は航空機に搭載できない。D7566 に準拠して製造された燃料は、D1655 の要件を満たすものと規定される (新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2009)。つまりこの D7566 は、ドロップイン<sup>11)</sup> のバイオジェット燃料として、従来のジェット燃料の規格である D1655 同等の燃料であることを保証する規格となる。D7566 にのっとって、各種の方法で製造されたバイオジェット燃料の試験・評価が行われている (新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2017)

また、既に規格認証を取得済みのバイオジェット燃料製造方法は D7566 の ANNEX に追記され、ANNEX1 Fischer Tropsch (FT), ANNEX2

Hydroprocessed ester and fatty acids (HEFA), ANNEX3 Synthetic Iso-paraffin (SIP), ANNEX4 SPK plus aromatics (SPK/A), ANNEX5 Alcohol to Jet (ATJ) の5種類のバイオジェット燃料が認可されている。そのほかの新たな製造方法についても、ANNEXへの追加に向けた調整が進められており、これらについてはASTM インターナショナルにてタスクフォースが設けられ、認可に向けた検証が行われている（新エネルギー・産業技術総合開発機構，2017）。

将来的には、エンジンや機体の再設計を前提とした非ドロップイン型の新しい性状の燃料の導入がありうるが、当面の代替燃料としては、ドロップイン燃料を前提条件としたD1655に準拠するものである。この規格は、原油由来であることを前提としており、その前提条件を外すには一定の認証手続きが必要である。このように現在のジェット燃料の規格が、燃料の精製、輸送、貯蔵などの要件に影響を及ぼしており、規格を変えることは容易なことではない（航空機国際共同開発促進基金，2009）。

#### 4.4 ブラジルにおけるバイオ燃料開発

バイオ燃料技術開発においては、ブラジルと米国は世界の中でも主要な役割を果たしている。世界のバイオエタノールの生産量は、2000年代以降急速に増加しているが、特に米国とブラジルでの生産が突出しており、世界の生産量に占める両国の割合は約7割となっている。ブラジルでは主にサトウキビを原料としてバイオエタノールが生産されているが、2014年の時点で390カ所ほどエタノール精製工場がある（三菱総合研究所，2015）。世界で唯一、バイオエタノールの輸出余力を持っている。日本では輸送燃料としてバイオETBEを導入しているが、この製造用にブラジルからバイオエタノールを輸入している<sup>12)</sup>。

以下では、ブラジルが世界有数のバイオエタノール生産国になった背景をみていく。石油資源に乏しかったブラジルは、1925年に自動車のエタノール混合ガソリン実証試験が始まり、1931年にはブラジル政府はガソリンへのバイオエタ

ノール混合（5%）の義務付けを行った。1973年のオイルショックによる原油価格高騰はブラジルの経済に打撃を与えた。そのためブラジル政府は化石燃料の依存を減らすべく、ガソリンの代替燃料としてバイオエタノールの使用を拡大することを目的として、1975年にプロアルコール政策（PROALCOOL）を開始した。その政策の下で、乗用車のバイオエタノール燃料の導入されるようになった。また、バイオエタノールの国内生産の拡大、需要促進を達成するため、生産者買入価格および消費者売渡価格を通じた政府による市場介入、新規工場への低利融資等が行われた。

1979年には100%エタノール燃料自動車販売され、1993年にはサトウキビ由来のエタノールとガソリンを混合することを義務化した。2003年はバイオエタノールとガソリンを燃料として用いるフレックス燃料自動車が販売され、普及していった。すでにエネルギー消費の3割をバイオ燃料で賄う<sup>13)</sup>までになった。自動車用のバイオ燃料としてのエタノール消費量は、すべての航空燃料消費量の1.5倍以上にあたる（日本貿易振興会，2018）。

航空機においては、エンブラエル、ブラジルの主要航空会社、Petrobras Aviation、および関連機関（アルコール委員会（CIMA）、国立石油天然ガスバイオ燃料庁（National Agency of Petroleum, natural Gas and Biofuels（ANP））が、ジェットバイオ燃料の導入に関わっている。

1980年から1984年にかけて、ブラジルのテクピオ社がバイオディゼルを使った航空機適用性試験（エンブラエルのターボプロップ機を使用）を世界で初めて実施した（新エネルギー・産業技術総合開発機構，2009）。2004年10月にはエンブラエルと航空技術研究所（ITA）が、エタノールを燃料として用いることが可能なレシプロエンジンを搭載した小型航空機EMB-202（通称Ipanemão）の共同開発を行った。2005年にはブラジル航空宇宙技術総局（CTA）の認証も得て、運航を開始している。

以下では、エンブラエルのバイオジェット燃料にかかわるオープン・イノベーションをみていく。

#### 4.5 エンブラエルのオープン・イノベーションの歴史とバイオ燃料開発

エンブラエルは1969年に国営企業として設立されたブラジルの航空機メーカーであるが、1994年には民営企業となり、現在では売上機体数では世界第3位の航空機メーカーである。本社はブラジルのサンパウロ州のサン・ジョゼ・ドス・カンポス市にあり、同社を中心に航空機産業クラスターが形成されている。2018年には、ボーイングと商用機部門の統合を発表し、ボーイングが80%、エンブラエルが20%を出資することで合意した<sup>14)</sup>。

エンブラエルのオープン・イノベーションは設立当初から行われており、ブラジルの航空省が所管する国有施設である、航空技術院 (Instituto Tecnológico de Aeronautica: ITA)、宇宙技術センター (Centro Tecnológico Aeroespacial: CTA)、研究開発機関 (Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento: IPD) と共に研究を進めてきた。IPDは第2次世界大戦後ドイツから招聘した航空技術者によって設立され、ITAは米国のマサチューセッツ工科大学 (MIT) から講師を招き研究が行われた。

エンブラエルは、イタリアのAermacchi社や米国のPiper社などとライセンス契約を締結するだけでなく、海外の企業とも共同開発を行った。1986年にはアルゼンチンの会社 Fabrica Militar de Aviones (FMA) の間で19人乗りのターボプロップ航空機 CBA123 を共同開発する契約締結した。CBA123は、最先端のアビオニクス、空力、推進技術などを導入し、当時は最も近代的な航空機の1つであると考えられていたが、生産コストが高く、資金難に陥り2機の試験機を製造しただけでプロジェクトは終了した。CBA123プロジェクト自体は途中で消滅したが、このオープン・イノベーションから得られた新しい技術は、のちのエンブラエルの成長の原動力となる50人乗りのジェット機 ERJ145 の開発に引き継がれることになった。

エンブラエルは、機体開発にあたっては、リスクシェアリング・パートナーと呼ばれる、サプライヤーと共に共同開発を行うなど、以前からオー

ブン・イノベーションを進めてきた。バイオ燃料の開発に当たっては、ボーイングやエアバスなど機体メーカー同士の連携を強めている。以下では、バイオジェット燃料の開発に焦点を当て、エンブラエルのオープン・イノベーションについて考察する。

エンブラエルはバイオ燃料を用いた製品開発では先駆者であった。2004年には、ITAと共同でエタノールの航空機を世界で初めて製造するなど、主にブラジル国内の研究機関と開発を進めていた。

2006年11月に同社は、NASAとボーイングと連携して、バイオケロシン燃料の開発を行うことになった (新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2009)。2008年にはバイオ燃料関連のコンソーシアム (Sustainable Aviation Fuel Users Group : SAFUG) に加盟した。SAFUGには、The Natural Resources Defense Council (天然資源保護協議会)、航空機メーカー、航空会社等が参画している。これらの航空会社を合わせると、商業用ジェット燃料の全利用量のうち15~20%を占めることになるという (新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2009)。同コンソーシアムでは、①植物多様性への影響が最小限である、②持続可能である、③食物と競合しない、④社会経済に積極的な影響を与える、⑤既存のエンジン、給油システムなどの改良を必要としないことを前提とするバイオジェット燃料の開発が進められた。同コンソーシアムは、世界の航空機メーカーやエアライン間でのバイオ燃料に関する情報交換や、普及促進といった意味合いが強いものであった。

2009年には、エンブラエルが米国のGEとアマリス・バイオテクノロジー社と共同でバイオ燃料の実用化にむけ開発を行った。その際、アズール社 (ブラジルの航空会社) の所有する機体で実用性を検証している。

2011年10月には、エンブラエル、ボーイング、FAPESP (サンパウロリサーチファウンデーション)、カンピーナス大学 (UNICAMP) を中心に30以上の関係機関からなるコンソーシアムが結成され、Sustainable Aviation Biofuels for Brazil

Projectが発足した。このコンソーシアムでは、①生産、輸送、利用におけるギャップと障壁を特定するロードマップの作成、②持続可能なサプライチェーンの開発のための研究と商業化のアジェンダづくり、③ブラジルにおける新規産業のプラットフォームの確立を目標に結成された。さらに同年、エンブラエル、ボーイング、IDB (Inter-American Development Bank) が航空機燃料にブラジル産サトウキビから抽出したバイオ燃料を使用するプロジェクトに共同出資し、共同研究を開始している。

2012年には、エンブラエル、ボーイングとエアバスは航空機向けバイオ燃料の実用化に向けた開発協力で合意した。同年にエンブラエルは、Initiative Towards Sustainable Kerosene for Aviation (ITAKA)にも参加している。ITAKAは、航空バイオ燃料の商業化を目的としており、スペインのSENASA社が中心となり設立された。油菜と廃食油を原料とした、バイオジェット燃料を製造し、欧州域内の既存の物流システムを検証すると共に、大規模バイオ燃料利用にかかる経済・社会影響分析等を行った(三菱総合研究所, 2015)。ITAKAに参加した企業は、スペイン、ルーマニア、イギリス、オランダ、イタリアなどの航空関連企業であり、ヨーロッパ以外の企業の参加はエンブラエルのみであった。2016年KLMロイヤルダッチエアラインは、オスプレーからアムステルダムへの約80回のバイオ燃料<sup>15)</sup>便をエンブラエル190で開始した。エンブラエルは5、6週間にわたって残りの便を運航した<sup>16)</sup>。このKLMとのフライトは、エンブラエルが定期便に関与した最初のものとなった。

2012年にはエンブラエルとボーイングとのエアバスは航空機向けバイオ燃料の実用化に向けた開発協力で合意した。これにより3社はバイオ燃料普及に向け政府機関や燃料生産会社などとの交渉を共同で行い、バイオ燃料使用に伴う新技術の開発でも協力することになった。3社はバイオ燃料普及に向けて協力することで、航空業界による反EU規制の動きを側面支援する狙いもあった<sup>17)</sup>といわれている。

2013年には、エンブラエルは、ボーイングとブラジルのDCTA (Department of Aerospace Science and Technology) とバイオ燃料エンジンに関する共同調査を開始した。ボーイングはブラジル国内に持続可能バイオ燃料共同研究センターを開設した。同センターはエンブラエルの本社のあるサン・ジョゼ・ドス・カンボス市のテクノロジーパーク内に置かれ、ブラジル国内の大学や研究機関で実施する原料生産とバイオ燃料生産プロセスの技術・採算性調査、研究のコーディネイトと資金提供を行なっている(日本貿易振興会, 2018)。

以下では、エンブラエルとボーイングのバイオ燃料開発を取り上げ、オープンイノベーションによるイノベーション創発の仕組みをみていく。

#### 4.6 エンブラエルとボーイングのバイオ燃料開発イノベーション創出の仕組み

既に述べたとおり2011年10月に、エンブラエルとボーイングとFAPESP, UNICAMPIを中心に30以上の関係機関からなるコンソーシアムが結成され、Sustainable Aviation Biofuels for Brazil Projectがスタートした。同コンソーシアムではバイオジェット燃料の原材料、精製、ロジスティクス、商業化、政策、持続可能性などが議論され、中・長期目標が作成された(表3参照)。

エンブラエルとボーイングとFAPESPは、持続可能な航空バイオ燃料を開発するため、ブラジル国内に共同研究センターを設立した。食糧生産に影響しない再生可能な航空機燃料の生産を行うため、航空バイオ燃料の研究開発で協力している。持続可能な航空バイオ燃料のブラジルにおける供給網の不備に対処するため、原料生産や加工といった技術に焦点を当て研究を開始した。研究開発プロジェクトでは、コスト効率のよい、持続可能な航空バイオ燃料の生産と流通産業の創出に関するレポートが作成・公開されている。また、FAPESPと産業界の共同出資により、航空バイオ燃料の研究センターを設立し、長期的研究を行っている。新たな航空燃料供給網の構築に必要なとされる技術、商業性、持続可能性に関する研究など



表3 エンブラエルを中心としたバイオジェット燃料コンソーシアムの目標

	短期目標	中期目標	長期目標
原材料	人材の育成を推進	バイオエネルギーに関する高度な農業研究を促進	バイオエネルギー用の革新的な原料に関する研究を促進
	バイオエネルギーの可能性がある作物の LCA 研究を促進	残留物の入手可能性と収集に関する評価の開発	
	生産調整のためのギャップとメカニズムを評価	上記のトレンドの利回り増加を促進する	
精製	人的資源の開発を促進	(金融 / 規制) 航空バイオ燃料実証プログラムと商用利用をサポート	
	パイロットおよび実証プラントのサポート (資金調達)		
ロジスティクス	バイオ燃料生産の可能性がある地域のニーズを評価	ロジスティクスの改善	
		新しい生産スキームを評価し、体積が大きいバイオマスの輸送を削減	
持続可能性	国内法および規制の制定 (自然林や自然保護区の国内法、土地利用ゾーニングや労働者保護が実施されている場合にバイオジェット燃料のインセンティブが利用できるようにするための法的メカニズムを確立)		
	持続可能性認証プロセスを統合		
	バイオ燃料と、食物・飼料・繊維の生産性を向上させる原料システムに関する研究とインセンティブの検討		
その他	戦略的行動の議論を行い、バイオジェット燃料プログラムを開始	バイオジェット燃料プログラムの指標を定期的に評価	
	バイオジェット燃料の可能性、利点、影響に関する情報キャンペーンを促進	持続可能性認証プロセスの統合	

(出所) Boeing, Embraer, FAPESP and UNICAMP (2013) をもとに筆者作成

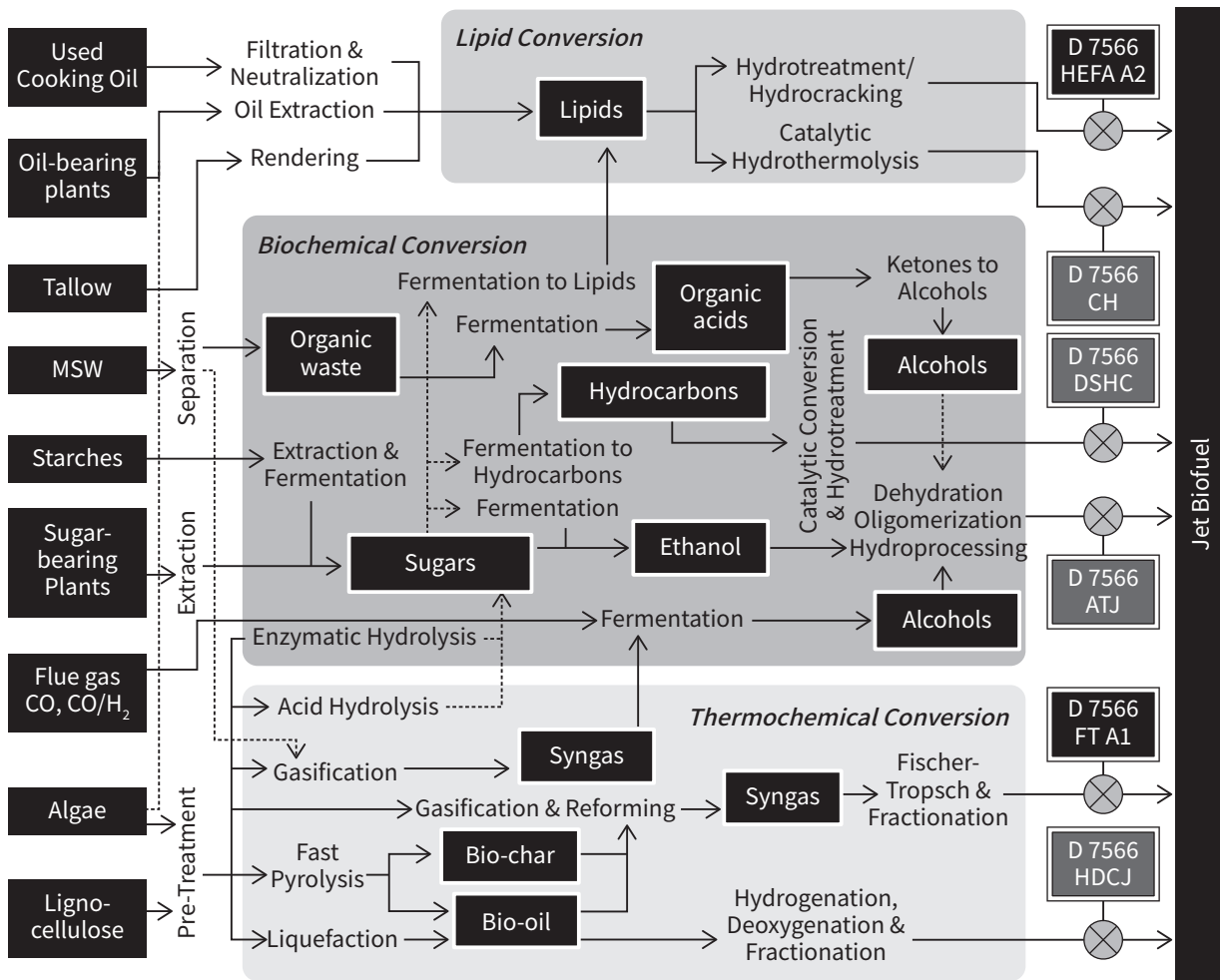
も行われた<sup>18)</sup>。

これらの研究開発活動の原資には、2014年にブラジル社会経済開発銀行 (BNDES)、研究プロジェクト融資事業体 (FINEP)、サンパウロ州投資促進局 (Desenvolve SP) が共同で設立した航空宇宙参画投資ファンド (FIP) も用いられている。このファンドの融資を受けているのは宇宙、防衛、サイバー防衛の3分野で活動する4社で、ファンド資産1億3130万レアイスのうち3700万レアイスが2015年に4社間に振り分けられている(日

本貿易振興会, 2018)。

また、バイオジェット燃料研究として、コンソーシアム内に専門家や大学院生を集め研究が行われている。Fisher-Tropsch 法による合成パラフィニック・ケロシン (FT SPK) とハイドロプロセスエステル・脂肪酸 (HEFA) は、航空燃料としての使用に関してすでに ASTM の承認を受けている(図1参照)。リグノセルロース系バイオマスからの代替燃料もパイロットフェーズにある(Boeing, Embraer, FAPESP and UNICAMP, 2013)。ア

図1 コンソーシアムで検討されたバイオジェット燃料



出所：Boeing, Embraer, FAPESP and UNICAMP (2013)

ルコールを効率的にジェット燃料に変換する触媒も開発している。

これまでみてきたようにエンブラエルはボーイングと強固な関係を構築しただけでなく、複数の海外の大学、国内外の企業とも連携し、緩やかなネットワーク構造も形成し、バイオ燃料の標準化を狙っている。政府や海外企業から資金提供もあり、アウトサイドイン型とインサイドアウト型の二つを結合した連結型イノベーションで、フルーガル・イノベーションとメタナショナル・イノベーションの中間型のイノベーションが行われている。

ブラジルでは、従来から政府機関が主導し軍用

プログラムを民間プログラムへ移転するケースが多かった。また海外企業と連携する場合にもアウトサイドイン型イノベーションが主流であった。しかし、バイオジェット燃料の開発に関しては、ボーイングや、欧州のEADS<sup>19)</sup>とコンソーシアムを結成している。ブラジル国内ではエンブラエルが窓口となり、先進国企業や、国内外の研究機関と関係を構築しながら、研究が行われている。

### 5. おわりに

本稿では、新興国企業のオープン・イノベーションについて考察したが、航空機のバイオジェット

燃料開発に関しては、技術や費用分担だけでなく、ASTM インターナショナルによる D7566 などの規格取得のためにもオープン・イノベーションが不可欠となっている。バイオジェット燃料製造技術の確立に向けては、開発した製造技術が既存の規格に適合するかどうか、また新たな製造方法に当たる場合は、同規格へ申請、認可（ANNEX への追記）が必要となる。開発した技術の商用化に向けては、これら国際標準を定める機関との調整も重要となる。また、同規格への申請手続には相当量の試験用燃料を実際に製造する必要がある。そのため、技術研究開発と並行して、認証取得に必要な数量の燃料を製造できるよう、試験的な取組段階からその生産規模にも留意するなど、当該規格への国際認証の取得を踏まえた取組を含めることが重要である（新エネルギー・産業技術総合開発機構，2017）。

ブラジルでは、これまで国や州政府が主導して、国内の企業や政府機関のイノベーションの体制を構築することが多かった。しかし、本研究で取り上げたバイオ燃料開発など自国の強みを生かせる分野は、アウトサイドイン型とインサイドアウト型の二つを結合した連結型イノベーションが行われていることが分かった。これらの連結型イノベーションにより連携を強めたエンブラエルとボーイングは、2020年に商用機部門の統合が予定されている。この統合の背景にはバイオ燃料開発での長年の協力関係が影響しているともいわれている。

本研究は事例研究を通じて、新興国企業のオープン・イノベーションについて考察した。従来のイノベーション研究では、先進国企業から生み出され途上国に波及するパターン、もしくは、新興国市場で先進国企業がイノベーションを創発したり、新興国企業が儉約的なイノベーションを生み出したりする事例が扱われることが多かった。本研究では、新興国企業が主体となり先進国企業とイノベーションを創発するといった、実際の企業活動では増えているものの、依然として研究の数が少ない事例を扱ってきた。

今回の研究は単一事例に基づく分析であるた

め、さらに企業数を増やした定性データを通じた分析と、アンケート調査などの定量分析によって検証を進める必要がある。今後も新興国企業を中心とするイノベーションの創発のメカニズムについて調査を行う予定である。

## 謝辞

本稿は2019年11月19日の日本経営システム学会全国研究発表大会の報告をもとに執筆しています。当日貴重なコメントを下さいました先生方に感謝いたします。また、インタビューにご協力いただいた方々に謝意を表します。

なお、本稿は、科研費・基盤研究Cの助成を受けた研究成果の一部です。

## 注

- 1) 2019年PCT年次報告エグゼクティブ・サマリー  
[https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/ja/wipo\\_pub\\_901\\_2019\\_exec\\_summary.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/ja/wipo_pub_901_2019_exec_summary.pdf)（アクセス日2019年10月3日）
- 2) 次世代航空燃料イニシアティブ報告書 [http://aviation.u-tokyo.ac.jp/inaf/roadmap\\_JP1.pdf](http://aviation.u-tokyo.ac.jp/inaf/roadmap_JP1.pdf)（アクセス日、2019年8月2日）
- 3) [https://www.sustainablebrands.jp/news/os/detail/1189398\\_1531.html](https://www.sustainablebrands.jp/news/os/detail/1189398_1531.html)（アクセス日、2019年10月5日）
- 4) ICAOは191か国が加盟する航空分野の政府間国際機関である。
- 5) [https://www.sustainablebrands.jp/news/os/detail/1189398\\_1531.html](https://www.sustainablebrands.jp/news/os/detail/1189398_1531.html)（アクセス日、2019年10月5日）
- 6) IATAは航空会社の国際業界団体である
- 7) <https://sustainablejapan.jp/2019/06/05/iata-corsia/40018>（アクセス日、2019年9月23日）
- 8) [https://www.sustainablebrands.jp/news/os/detail/1189398\\_1531.html](https://www.sustainablebrands.jp/news/os/detail/1189398_1531.html)（アクセス日、2019年10月5日）
- 9) <https://jp.weforum.org/agenda/2019/09/ga-meruka-bonnyu-torarunafuraito-ni-keta/>（アクセス日、2019年10月8日）
- 10) 製造コストには、原材料費だけでなく、設備運転費、設備の減価償却費なども含まれる。
- 11) 既存の機器、設備に従来の化石燃料由来の燃料と同じようにそのまま利用可能な燃料をドロップイン燃料という。
- 12) <http://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=6>（アクセス日、2019年10月8日）
- 13) 『日本経済新聞朝刊』2013年8月26日
- 14) ボーイングとエンブラエルの商用機部門の統合は、米国やブラジルの政府関係機関だけでなく欧州委員会の審査も経なければならない。しかし、2019年11月現在も欧州委員会の承認が下りていないため統合は当初の予定より1年遅れの2020年を見込んでいる。
- 15) EUのITAKAプログラムの下でAir BPとSkyNRG

から提供された E190 フライトで使用されるバイオ燃料は、100% RSB（持続可能なバイオマテリアルのラウンドテーブル）認定のカメリナ油で構成され、EU 再生可能エネルギー指令に完全に準拠している。

- 16) <https://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2016-03-31/klm-launches-new-biofuel-initiative-embraer-190>(アクセス日, 2019 年 10 月 8 日)
- 17) 『日本経済新聞』2012 年 3 月 23 日
- 18) AFP 2014 年 5 月 21 日
- 19) Airbus, Dassault, Thales, SNECMA を含む。

#### 参考文献

- ・ 浅川和宏 (2013) 「国際ビジネス研究会全国大会発表資料」国際ビジネス研究会
- ・ Boeing, Embraer, FAPESP and UNICAMP (2013) *Flightpath to aviation biofuels brazil action plan* (<http://www.fapesp.br/publicacoes/flightpath-to-aviation-biofuels-in-brazil-action-plan.pdf>) アクセス日 2019 年 6 月 3 日)
- ・ Chesbrough, H. (2003) *Open Innovation Model: How to Thrive in the New Innovation Landscape*, Cambridge, MA: Harvard Business School Publishing (大前恵一朗訳『OPEN INNOVATION』産業能率大学出版部 2004 年)
- ・ Chesbrough, H. (2006) *Open business models: How to thrive in the new innovation landscape*. Cambridge, MA: Harvard Business Press (栗原潔訳『オープンビジネスモデル—知財競争時代のイノベーション』翔泳社, 2007 年)
- ・ Dahlander, L. and Gann, D.M. (2010), “How open is innovation?” *Research Policy* 39,6,pp.699-709
- ・ Gassmann O. and Enkel, E. (2004) “Towards a Theory of Open Innovation: Three Core Process Archetypes”, R&D Management Conference (RADMA), Lisabon, Portugal
- ・ Hoskisson R., Eden L., Lau C., and Wright M. (2000) “Strategy in Emerging Economies” *Academy of Management Journal*, Vol.43, No.3, pp.249-267
- ・ 経済産業省 通商政策局 (2018) 『通商白書 2018』
- ・ 航空機国際共同開発促進基金 (2009) 「航空機燃料の将来」『解説概要 21-5』[www.iadf.or.jp/document/pdf/21-5.pdf](http://www.iadf.or.jp/document/pdf/21-5.pdf) (2019 年 9 月 10 日アクセス)
- ・ Liefner, I., Hennemann, S., & Xin, L. (2006) “Cooperation in the innovation process in developing countries: empirical evidence from Zhongguancun, Beijing”. *Environment and Planning*, 38 (1), pp.111-130
- ・ 真鍋誠司, 安本雅典 (2017) 「オープン化の背景と分類」安本・真鍋編『オープン化戦略：境界を越えるイノベーション』有斐閣
- ・ 三菱総合研究所 (2015) 『平成 26 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等に関する調査報告書』資源エネルギー庁
- ・ 日本貿易振興機構 (2018) 『ブラジルにおける主要な非日系進出企業・現地資本企業の研究開発・知的財産活動に関する調査』
- ・ 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2009) 「航空業界におけるバイオ燃料の利用状況」『NEDO 海外レポート』1040 号
- ・ 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2017) 「次世代バイオ燃料分野の技術戦略策定に向けて」『TSC Foresight』21 号, 技術戦略研究センター
- ・ 梶山泰生 (2017) 「オープン・イノベーションと内部組織・戦略策定」安本・真鍋編『オープン化戦略：境界を越えるイノベーション』有斐閣
- ・ 武石彰 (2011) 「オープン・イノベーション—成功のメカニズムと課題—」『一橋ビジネスレビュー』東洋経済新報社, 60 巻 2 号
- ・ 高橋文行, 市川照久, 峰野博史, 西垣正勝 (2012) 「新興国発のイノベーションの考察 - 中国のイノベーション・システムと競争情報の取り組み」『経営情報学会全国研究発表大会要旨集』経営情報学会
- ・ Teece, D.J. (2000) Strategies for managing knowledge assets: the role of firm structure and industrial context, *Long Range Planning*, Vol.33 No.1, pp.35-54.
- ・ 寺崎直通 (2014) 「バイオジェット燃料の動向 加速する世界の動きと日本のこれから」定期航空協会講演会資料
- ・ 徳田昭雄, 小川紘一, 立本博文 (2011) 『オープン・イノベーション・システム』晃洋書房
- ・ West, J., and Gallagher S. (2006) “Challenges of open innovation: the paradox of firm investment in open-source software”, *R&D Management*, 36, 3, pp.319-331