

## 主要国の輸送用バイオ燃料の政策の現状について

計量分析ユニット需給分析・予測グループ  
研究主幹 任 義淳

### 1. はじめに

現在人類が使用している輸送用燃料のほとんどは、化石燃料に依存している。石油は今後約50年程度使用出来ると予想されているが、有限な化石燃料を代替する再生可能燃料の商用化が進められている。

再生可能燃料の使用は、エネルギー源多様化による脱石油という安全保障対策の一環であり、また、気候変動に対応するための二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)削減に貢献し、かつ新しい産業の雇用を創出する事が出来る。

このような輸送用再生可能燃料の現況と普及拡大に向けた世界各国の再生可能燃料の混合義務化制度(RFS、Renewable Fuel Standard)などの政策動向をしてみる。

### 2. 自動車用再生可能燃料の特性

再生可能燃料には自動車用ガソリンへのバイオエタノール(バイオエタノールの直接混合、ETBE(Ethyl Tertiary Butyl Ether)に転換して混合)、軽油に混合するバイオディーゼル、天然ガスに混合するバイオメタン(バイオガス)がある。

これらの燃料は生物有機体から生産され、再生可能であり、持続可能な燃料として評価されている。また、これらの燃料を原料であるトウモロコシ、サトウキビ、豆、菜種、廃食用油などは、気候変動の主因である二酸化炭素を吸収して成長しながら酸素(O<sub>2</sub>)を生産している。従って、これらの再生可能燃料を使用すれば、一種の炭素中立と言える。このようなエネルギー作物の生産と燃料関連産業の活性化のため、アメリカ、ブラジル、欧州など世界各国は、石油代替燃料として再生可能燃料を積極的に奨励し、国家的な目標を立てて導入に努めている。

全世界のバイオ燃料の総生産量は約100百万kL(2013年)であり、このうちバイオエタノールが約80%を占め、残りの20%がバイオディーゼルである。

バイオエタノールは、オクタン価が約107(RON)ほどで、従来の含酸素基材MTBE(Methyl Tertiary Butyl Ether)を代替できる再生可能燃料である。米国は1970年代のオイルショック以後、エネルギー政策と農業の活性化のために、E10(ガソリンにバイオエタノール10%(体積比)混合)を普及し、使用してきている。普及初期には燃料系部品の腐食などの問題が発生したが、材質の変更を通じて問題を解決した。バイオエタノールは、自動車用ガ

ソリンに比べて約70%の発熱量しかないので燃費がやや落ちるという問題は依然として残っている。現在ではE10以外にE85専用車や可変燃料車（FFV、Flexible Fuel Vehicle）が普及拡大する傾向にある。

ブラジルは1931年、燃料用バイオエタノール使用に対する政策を樹立して、公共車両について5-10%のバイオエタノール混合ガソリンを使用してきた。バイオエタノール約20%混合使用による点火プラグの損傷、濃厚な空燃比に起因した一酸化炭素（CO）と炭化水素（HC）の過剰排出などが問題となった。しかし、すべての輸入自動車はエタノール混合ガソリンに適合するように改良され、現在、ブラジル全土のガソリン車の約90%がFFVである。

バイオディーゼルは、廃棄食用油を再使用出来る利点と大気汚染物質（CO、THC（総炭化水素）、PM（粒子状物質））などの削減、温室効果ガス排出の削減効果がある。さらに、石油系燃料に比べて生分解性や潤滑性が優れており、環境にやさしい燃料として評価されている。しかし、バイオディーゼルは多様な植物性油脂から作られるので、原材料の特性により低温特性と長期貯蔵安定性が良くないといった短所がある。バイオディーゼルの品質は欧州の菜種油から作られたバイオディーゼルが最も優れている。東南アジアのパーム油由来バイオディーゼルは冬に簡単に凍ってしまい、燃料供給問題が発生することもある。廃棄食用油由来バイオディーゼルは熱変性により容易に酸化可能な短所を持っている。これを補うため、韓国や東南アジアの主要国（タイ、マレーシア、インドネシア）ではバイオディーゼルの先進国である欧州の基準（EN 14214）を準用して品質特性の問題を減らそうと努力している。

バイオメタンは有機性廃棄物（生ゴミ、畜産糞尿、下水汚泥など）を原料にして嫌気性消化によって生産される。しかし輸送用燃料で使うには不純物である二酸化炭素、シロキサン（Siloxane）など分離して高品質化（メタン95%以上）しなければならない短所を有している。そのためバイオメタンは熱を得るための暖房、発電機を運転用燃料として使用されてきた。一部ヨーロッパ国（スウェーデン、ドイツなど）では自動車燃料で一部使っている。しかし純粋メタンによる出力および燃費の低下などは自動車技術とあわせて解決しなければならない課題である。そして専用充填施設などの拡充などインフラ構築が重要な問題と考えられる。

### 3. 主要国の再生可能燃料の供給の政策動向

世界各国の再生可能燃料の供給はその国の気候や土壌で生産されるエネルギー用農作物に基盤を置いている。北米はトウモロコシの澱粉質を利用し、南米は熱帯性気候でよく育つサトウキビを発酵させたバイオエタノールを使用している。欧州では、その土壌と環境でよく育つ菜種を原料にしてバイオディーゼを生産し、活用している。こうした再生可能燃料の生産、流通、消費を奨励する政策は、国ごとに少しずつ異なるが、化石燃料からの脱却や温室効果ガス排出削減、自国の産業振興に向けて行う点では同じである。

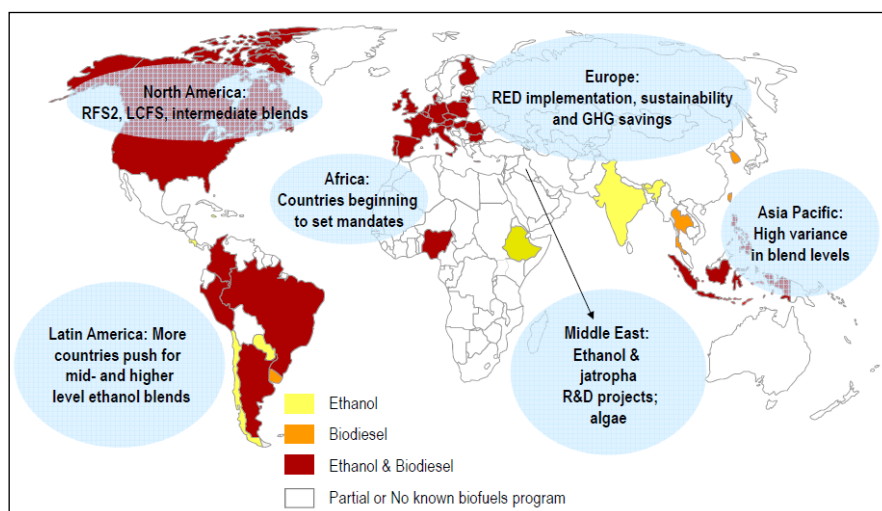


図1 バイオ燃料使用の義務化の現況

(出所 ; Hart Energy' s Global Biofuels Outlook to 2025, 2013)

### 3. 1 米国

各国別の再生可能燃料の供給の政策動向を見ると、米国は連邦政府レベルで2020年までに、バイオエタノール使用を拡大して輸送用燃料の20%をバイオ燃料にしてガソリン消費を20%減らす計画を発表している。これに向けた実践的な手段として米環境保護庁(EPA)は、再生可能燃料の混合義務化制度(RFS)を2007年から施行し、自動車用ガソリン、軽油などの輸送用の化石燃料供給業者(石油精製業者、石油輸入業者、石油燃料混合供給者など)に対してバイオエタノール、バイオディーゼルの使用義務量を賦課している。また、2010年からは持続可能性基準を導入してトウモロコシを利用したバイオエタノールより温室効果ガス排出削減効果がより優れたセルロース系バイオエタノールを奨励するRFS2が施行されている。

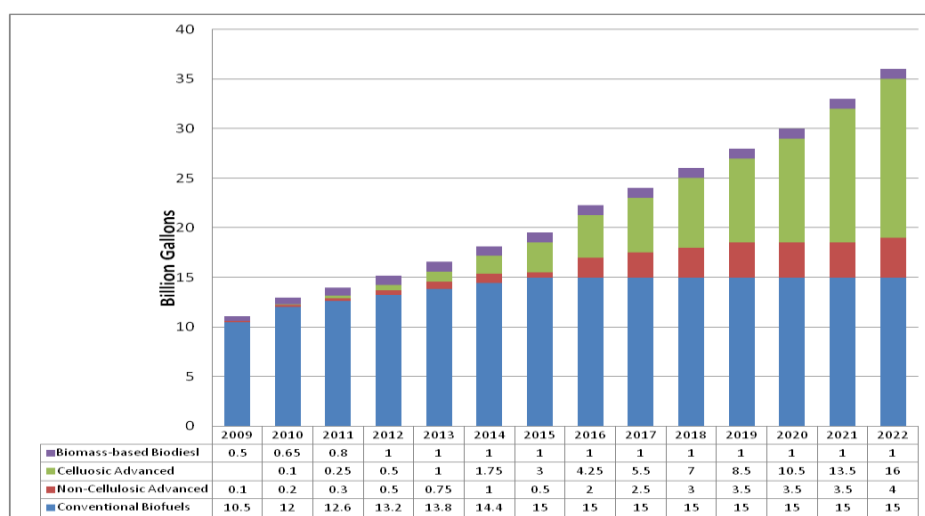


図2 RFS2再生可能燃料供給義務量(出所 ; EPA, 2012)

トウモロコシを基盤にしたバイオエタノールは食糧との競合をまぬがれない。したがって、次世代バイオ燃料としてセルロース系(木質系)バイオエタノールに対する活発な研究が進められている。しかし、商業化までいくつか越えなければならない課題がある。セルロース系バイオエタノール生産工程は糖化妨害物質(木質系のリグニンなど)を効果的に除去するための物理・化学的前処理工程(Pretreatment)が必要であり、セルロースを酵素によって糖に転換する酵素糖化工程(Enzymatic Saccharification)を経て生産された糖をさらに微生物(酵母やバクテリアなど)を利用した微生物発酵工程(Microbial Fermentation)を経てバイオエタノールを得る。したがって、トウモロコシ、サトウキビを利用した既存の工程と比較して複雑な工程を経るので生産単価が高くなるので、高い利潤を得ることは難しい。バイオマスを利用して、人体薬理活性物質を抽出して薬を利用するバイオ医学、生分解が可能なバイオプラスチックなどのバイオ化学など、関連産業と同時に活性化されて、バイオの精製産業(BioRefinery)が完成してこそ、より効率的にバイオ燃料を供給できると考えられる。

### 3. 2 ブラジル

南米でも自国原料バイオ燃料を基盤に再生可能燃料の普及が活発化している。特に、ブラジルは輸送部門で、バイオ燃料の混合を全世界的に最も先に施行した国家である。1973年のオイルショックや国際砂糖価格の暴落によってブラジル経済は深刻な影響を受けた。これらに対処するために1975年「国家アルコールプログラム」を通じてバイオエタノールの全面的な普及を推進した。「国家アルコールプログラム」は1990年に廃止されたが、現在でもブラジルで生産されるすべての自動車用ガソリンは約20%のバイオエタノールを使用することが義務化されている。

### 3. 3 欧州連合

一方、バイオエタノール中心のバイオ燃料供給の政策を展開している北米・南米とは違って欧州連合(EU)は軽油代替燃料であるバイオディーゼルを主に使用している、2009年に設定された再生可能エネルギー利用促進指令(2009/28/EC)によって2020年までに輸送部門では再生可能燃料を1990年基準で10%使用する事を目標にしている。

もともと、EU加盟国は自国のエネルギー環境に応じて目標を設定している。英国は米国のRFSと似たような輸送用再生可能燃料混合の義務化制度(RTF0, Renewable Transportation Fuel Obligation)を導入している。輸送用化石燃料の供給者に再生可能燃料(バイオディーゼル、バイオエタノール又はバイオガス)総量で義務量を課し、温室効果ガス排出の削減に向けた低炭素エネルギー政策として実施している。英国政府はRTF0に関連して2014/15年輸送燃料の4.75%(輸送エネルギーの3%)で再生可能資源を使うようにしているが、2020年に同比率を10%(同13%)とする目標に向けて、2015/16年6.5%、2016/17年8.25%、2017/18年10.0%、2018/19年11.75%、という設定を2014年6月にした。再生可能エネルギー利用促進指令のシナリオは、今後5年間で利用可能な車両やインフラでこの目標を達成できる方法は、ガソリンをE10、ディーゼルをB7とする組合せを採択することだと明らかにした。

一方、ドイツはバイオ燃料割り当て法を導入し、輸送用の化石燃料であるガソリンや軽油にそれぞれバイオ燃料の最小のクォータを付与する方式を採っていた。2015年以降は、市場に出荷される輸送部門燃料で達成すべきGHG排出量の最低削減量(2015年～2016年:3%、2017年～2019年:4.5%、2020年～:7%)によって義務を規定している。

### 3. 4 日本

日本の場合、2010年7月にエネルギー供給構造高度化法によって電気・石油・ガス事業者の非化石エネルギー源の利用と化石エネルギー源の有効利用が義務化された。非化石エネルギー源の利用促進において、石油業界は、2020年までに全国ガソリンの3%相当以上のバイオ燃料の導入を目標にした。短期導入目標としては2017年度の利用目標量を原油換算50万klに設定して2011年、2012年度はそれぞれ21万kl、2013年度までに26万kl、以降は毎年6万klずつ段階的に増加させることとなっている。導入義務のバイオ燃料には持続可能性基準としてライフサイクル(原料栽培から燃料製造、輸送まで)の温室効果ガス排出量の削減効果対ガソリン比50%以上の燃料と規定している。この条件を満たせるのは、ブラジルの既存農地を利用して生産されたサトウキビ、日本産砂糖大根、建設廃材などで生産されたバイオエタノールのみである。

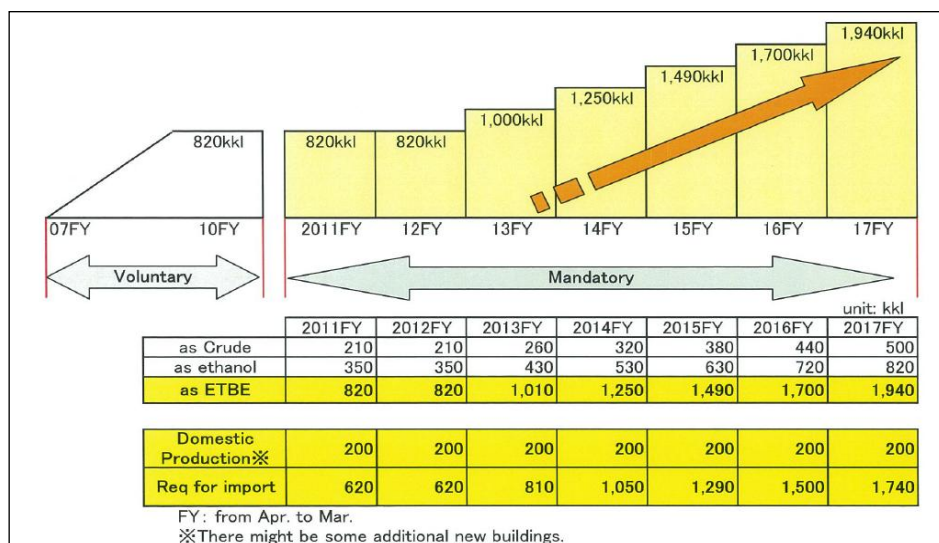


図3 日本政府のバイオ燃料の導入目標(出所; 経済産業省、2013)

2018年以降の輸送用のバイオ燃料利用計画目標は決まっていないが、2030年に2013年比26%の温室効果ガス排出削減国家目標を達成するための様々な手段の一つとして持続的に使われるものと予想される。2020年のオリンピック・パラリンピック東京大会でのバイオジェット燃料での航空機のフライト実現を目指し、経済産業省は「導入までの道筋検討委員会」を設置して、実現に向けた活動を2015年7月に開始した。バイオジェット燃料を導入するための課題としては「バイオジェット燃料の生産」、「サプライチェーンの確立」、「実際の利用時における問題解決」の3つが挙げられる。これらの3つの課題を解決することが、

2020年のオリンピック・パラリンピックでのバイオジェットフライトの実現につながる他、将来的な商用化にもつながるものとなる。

### 3. 5 韓国

韓国は、2002年から公共車両を中核にバイオディーゼルの普及に努め、約4年間のモデル普及事業計画を通して全国のすべての軽油自動車に普及拡大させた。2006年3月、政府と石油元売会社間の自主的な協定によってバイオディーゼルの生産会社は、石油元売会社との間で年間供給契約を結び、同年7月からバイオディーゼル0.5%を混合した自動車用軽油を全国的に適用普及させることになった。この混合比率は毎年0.5%ずつ増加し、2010年からバイオディーゼル2.0%が自動車用軽油に混合されており、バイオディーゼルの消費量は約40万KLに達している。

韓国では再生可能燃料の混合義務化制度(RFS)導入のための政策研究を通じて導入案と詳細な履行案などが検討された。バイオディーゼルは「石油及び石油代替燃料事業法」の品質基準関連の告示によりバイオディーゼルの2~5%混合した軽油が規定されている。政策研究結果などを基に、RFSが「新エネルギー及び再生エネルギーの開発・利用・普及促進法(新再生エネルギー法)」に法制化されて2015年7月から運営実施され、BD2.5が供給され始めたところである。

新再生エネルギー法第23条の2によって、石油精製業者や石油輸出入業者は一定量の再生可能燃料を石油製品に混合して供給することが義務化された。これを管理機関(韓国石油管理院、韓国エネルギー公団)が指導・監督し、総合運営して政府(産業通商資源部)にこれを報告するといった体制で進められる。

表1 韓国での自動車用軽油に対するバイオディーゼルの混合

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
輸送用燃料に対する 新再生エネルギー燃料 混合に占める割合(%)	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0

輸送用燃料の種類：自動車用軽油

新再生エネルギーの種類：バイオディーゼル

(出所；韓国産業通商資源部，2015.06.15 公布)

2014年のバイオディーゼルの使用量は約40万kLで、この中で廃資源の廃食用油を回収して輸送用のバイオディーゼルとして活用した量は17.2万kL(約43%)であった。エネルギー資源貧国の韓国は全体一次エネルギーの96%(2014年)を輸入に依存している。国内の廃資源をリサイクルして資源化する事業は非常に望ましい。また、輸入のみに依存せず、有機性

廃棄物から得られる資源であるバイオガスを活用して輸送用燃料として活用する案も非常に好ましい。一部の自治体を中心に、地域の生ゴミ、畜産糞尿、下水汚泥などを利用してバイオガスを生産して高品質化して地域のタクシー、バスに使用する事業が一部行われているが、さらに活性化されることを期待する。「都市ガス事業法」の改正により、都市ガスにバイオガスを混合することも可能である。したがって、バス(NGV、Natural Gas Vehicle)車両の使用も期待される。

韓国のRFS政策は輸送用燃料事業者に対して賦課した義務だが、車両の観点からすれば、全体約2,000万台の車両のうち、約38%の軽油車両にのみ適用されている。今後近い将来に車両全体の約48%を占めているガソリン車両にバイオエタノールが使用されて、また国際的な流れに合わせて、バイオジェット燃料などの使用も期待される。車両全体の約14%を占めているLPガス車両に対するバイオ燃料が今は活性化されていないが、研究開発中にあるBioPropane、BioDMEなどが商用化されて市場参入をしなければならぬと考えられる。

### 3. 6 東南アジア

東南アジアはタイ、マレーシア、インドネシアを中心に熱帯性気候と土壌環境などに適したパーム油由来バイオディーゼルの使用が義務化されている。パーム油産業を基盤に、食品、再生可能燃料関連産業が雇用創出に寄与している。バイオエタノールは一部補助金支援を通じて使用の誘導が行われている。普及の初期には、市場進入が容易ではないので、インセンティブが必要と判断されているが、産業が活性化されて定着すれば、課税に転換されなければならないだろう。

表2 東南アジアバイオ燃料使用現況

	タイ	マレーシア	インドネシア
バイオディーゼル (パーム油由来)	BD7 * 2014年義務普及	BD7(2014年 1月～) * 2011年 BD5供給開始	BD10 * 2016年以後BD 20
バイオエタノール (サトウキビ、 砂糖大根)	E10, E 20, E85 ガソリンより低価格供給(補助金支援)	バイオエタノール供給計画なし	E10 価格問題で販売不振

\* BD7 = Biodiesel 7Vol% + Diesel 93Vol%

\* E10 = Bioethanol 10Vol% + Gasoline 90Vol%

### 4. おわりに

上記で見てきたように世界各国は目先の経済性の観点からだけでなく、長期的観点からエネルギー安全保障(エネルギー源の多様化)、関連産業の活性化や温室効果ガス排出の削減を目的に再生可能燃料の利用を拡大推進している。

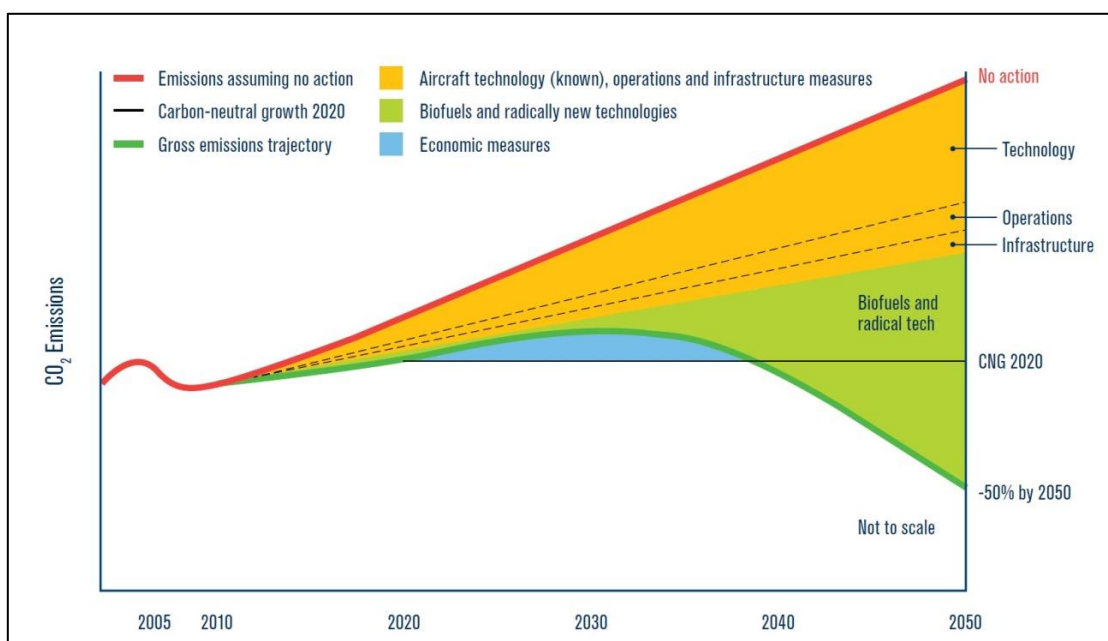


図4 国際航空業界のCO<sub>2</sub>排出削減目標(出所；IATA(国際航空運送協会、2015))

現在用いられている多くの再生可能燃料の原料(トウモロコシ、サトウキビ、パーム油など)は食糧との競合という問題を抱えている。しかし一方では非食糧原料である微細藻類を利用したバイオジェット燃料の技術開発が進行している。関連業界は2020年頃には石油由来燃料に対する競争力を持って供給が可能であると主張している。また国際空運協会(IATA)国際航空産業界のCO<sub>2</sub>削減目標に対しバイオジェット燃料が2050年頃に約半分寄与することが予測されている。

有限な化石燃料の枯渇に備えて、再生可能燃料の開発と供給に努力する事によって、次世代が使用出来るエネルギーはそれだけ多様化され、使用期間は長くなり、関連産業も活性化するものと期待される。

お問い合わせ: [report@tky.ieej.or.jp](mailto:report@tky.ieej.or.jp)