

ディーゼルエンジン用バイオ燃料の現状



高重 達郎
Tatsuro Takashige
車両技術研究部
駆動システム研究室
副主任研究員



奥野 敬太
Keita Okuno
車両技術研究部
駆動システム研究室
副主任研究員

はじめに

2020年に、日本政府は「2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すこと」を宣言しました。

このような脱炭素化を進めるために、経産省が主導してカーボンリサイクル技術のロードマップ¹⁾を作成しており、その中ではバイオ

ディーゼル燃料 (Bio Diesel Fuel, 以下「バイオ燃料」) や合成燃料 (e-fuel) などが軽油の代替燃料として取り上げられています。このうち、バイオ燃料については、原料となる植物が成長過程で二酸化炭素を吸収しますので、燃焼で二酸化炭素が発生してもトータルでは大気中の二酸化炭素は増加せず、二酸化炭素排出量はカウントしないという「カーボンニュートラル」の

図1 バイオ燃料におけるカーボンニュートラルの考え方

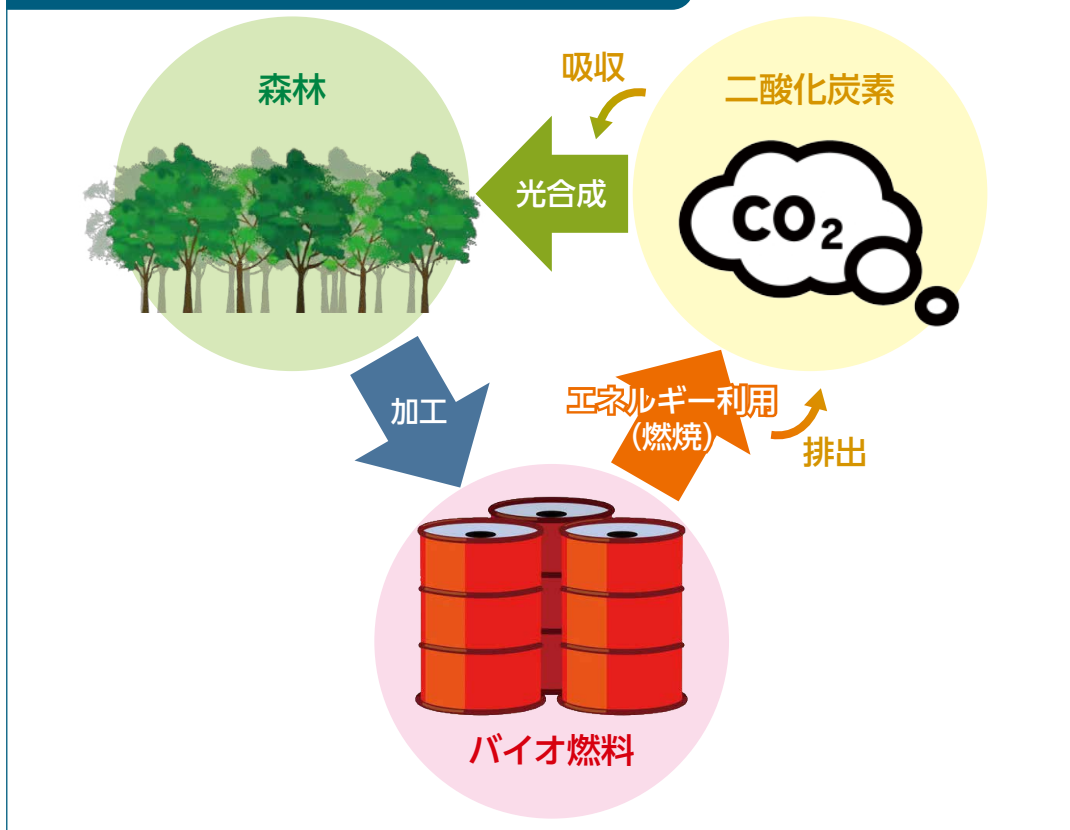


表1 バイオディーゼル燃料一覧

区分	第1世代バイオ燃料	第2世代バイオ燃料
原料	油脂作物, 廃食用油	微細藻類, 油脂など
生成物	脂肪酸メチルエステル (FAME)	炭化水素 (軽油と同じ成分)
代表メーカー	多数のメーカー	ユーグレナ (微細藻類, 日本) Lanzatech (廃ガス, アメリカ) Neste (油脂, フィンランド) Eni (油脂, イタリア)

考え方(図1)が適用されます。

鉄道の二酸化炭素排出量は自動車などに比べて非常に少ないのですが、二酸化炭素などの温室効果ガス削減に向けて、鉄道でもバイオ燃料の使用に向けた検討が行われています。ここでは、バイオ燃料の種類や国際規格などについて紹介します。

バイオ燃料

バイオマスとは、動植物などから生まれた生物資源の総称で、これらの資源から作られる燃料をバイオマス燃料とよびます。バイオマスの中でディーゼルエンジンに使用する燃料をここではバイオ燃料とよびます。

バイオ燃料の分類については諸説ありますが、ここでは第1世代、第2世代の2つのカテゴリーに分類し、それぞれの燃料の特徴を表1に示します。

第1世代バイオ燃料は植物油などを原材料として作られるため、食糧との競合問題が常に論争的となってきました。また、燃料としての品質の観点からも課題があります。そのため、日本でも導入事例はありますが、全国で本格的に普及するまでには至っていません。

第2世代バイオ燃料はセルロース系バイオマス、微細藻類、都市ごみ・廃ガス、廃食用油・油脂など食糧と競合しないさまざまな原料を用いた次世代のバイオ燃料です。第2世代は軽油と同じく酸素を含まない炭化水素燃料であり、既存のインフラ設備と高い親和性をもつなどの利点があります。

第1世代バイオ燃料

第1世代バイオ燃料は菜種油、大豆油などの植物油や廃食用油から生成されます。これらの植物油は一般に高粘度であるため、化学処理を施し脂肪酸メチルエステル (FAME: Fatty Acid Methyl Ester) という軽油に近い物性の物質に変換して使用します。原料や精製状況によってFAMEの性状に差異が発生します。そのため、FAMEによってはゴムや樹脂の劣化やフィルタの目詰まりなどのデメリットが発生します。

2009年に国土交通省は高濃度バイオディーゼル燃料などの使用に関するガイドラインを出しており²⁾、軽油に5%のFAMEを混合した燃料(図2)までなら通常の軽油と同じ使い方が可能であると明記されています。

図2 軽油に5%のFAMEを混合した燃料



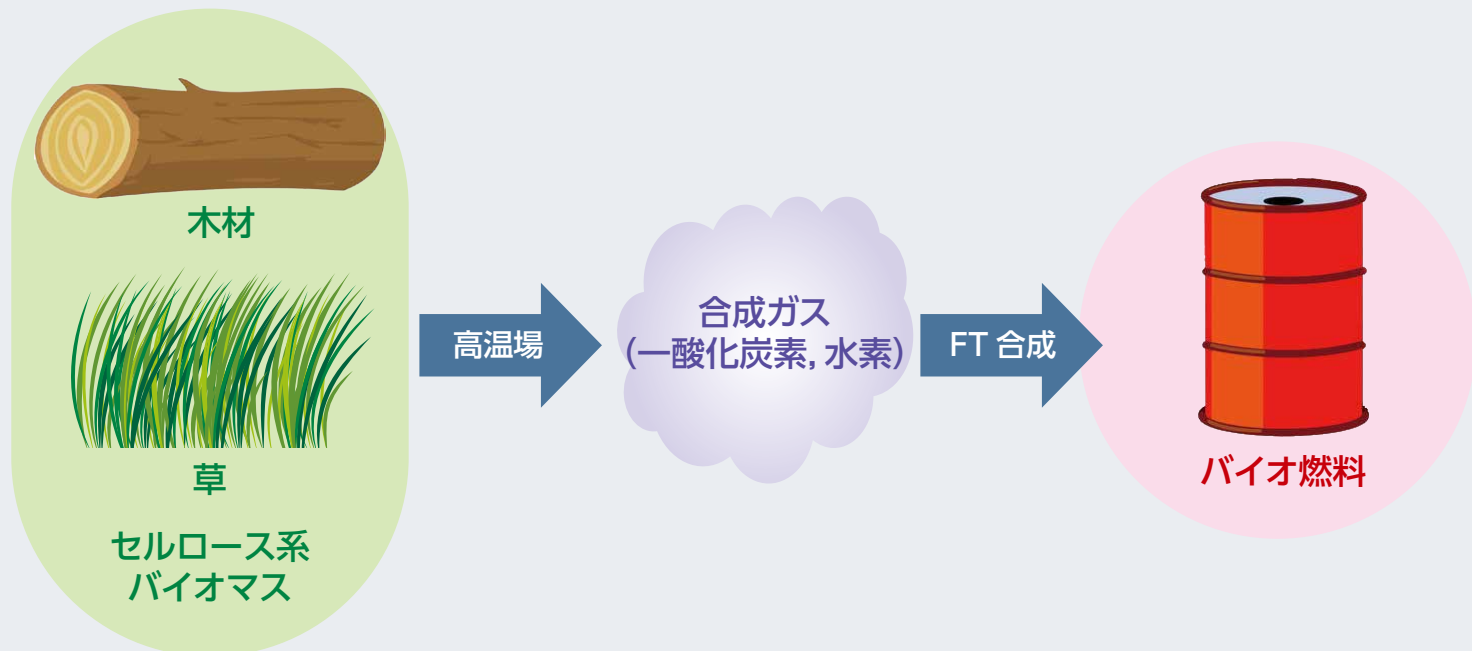


図3 セルロース系バイオマスの製造工程 (FT合成)

第2世代バイオ燃料

第2世代バイオ燃料はさまざまな原料と加工方法の組み合わせによって製造されますが、いずれの手法でも軽油と同じ炭化水素燃料が生成されます。

また、第1世代のFAMEで述べたようなデメリットは発生しにくく、軽油の置き換えとして利用されることが期待されます。以下、4つの原材料に対して、代表的な製造方法例を述べます。

セルロース系バイオマス

セルロース系バイオマスは木や草などの原料を指します。セルロース系バイオマスからは高温場における熱分解などにより一酸化炭素と水素の合成ガスを得ることができます。このガスに対しFT合成^④を行うことでバイオ燃料を得ることができます(図3)。セルロース系バイオマスは豊富に存在するため、FT合成以外にもアルコールを生成し水素化分解する方法などが研究されています。

微細藻類

藻類は植物と同様に光合成で増殖し、光合成の過程で二酸化炭素を吸収するため、温室効果ガスの削減に貢献できます。また、微細藻類を利用するメリットとしては、単位面積当たりの

油脂などの生産量が高いことや高等植物の栽培に適さない土地も利用できることなどがあげられます。日本のユーグレナ社は、図4に示すような製造工程でバイオ燃料と飛行機に使用できるバイオジェット燃料の両方を生産しています⁴⁾。

都市ごみ・廃ガス

セルロース系バイオマスを原料とした製造工程と同じですが、原料が都市ごみであることから、合成ガスの組成などが異なります。また、

④ FT合成

FT合成とは、一酸化炭素と水素の混合ガスから触媒反応を用いてバイオ燃料を生成するもので、鉄やコバルトなどの金属が触媒活性をもっています。FT合成の歴史は古く、1920年代にドイツの研究者フランツ・フィッシャー (Franz Fisher) とハンス・トロプシュ (Hans Tropsch) によって開発され、両者の名前からFT (フィッシャー・トロプシュ) 合成と名付けられました。1940年代にはFT合成の手法が確立されますが、安価な石油が大量に供給されるようになったこともあり、FT合成の需要は多くはありませんでした。そのような中でも、FT合成の効率を上げる触媒の開発や触媒機能の解明など学術的な研究が進んでいました。

ところが、1990年代以降、天然ガスから液体燃料を製造する手法としてFT合成が再注目され、近年では二酸化炭素から一酸化炭素を経由してバイオ燃料を生成する技術として利用されています。

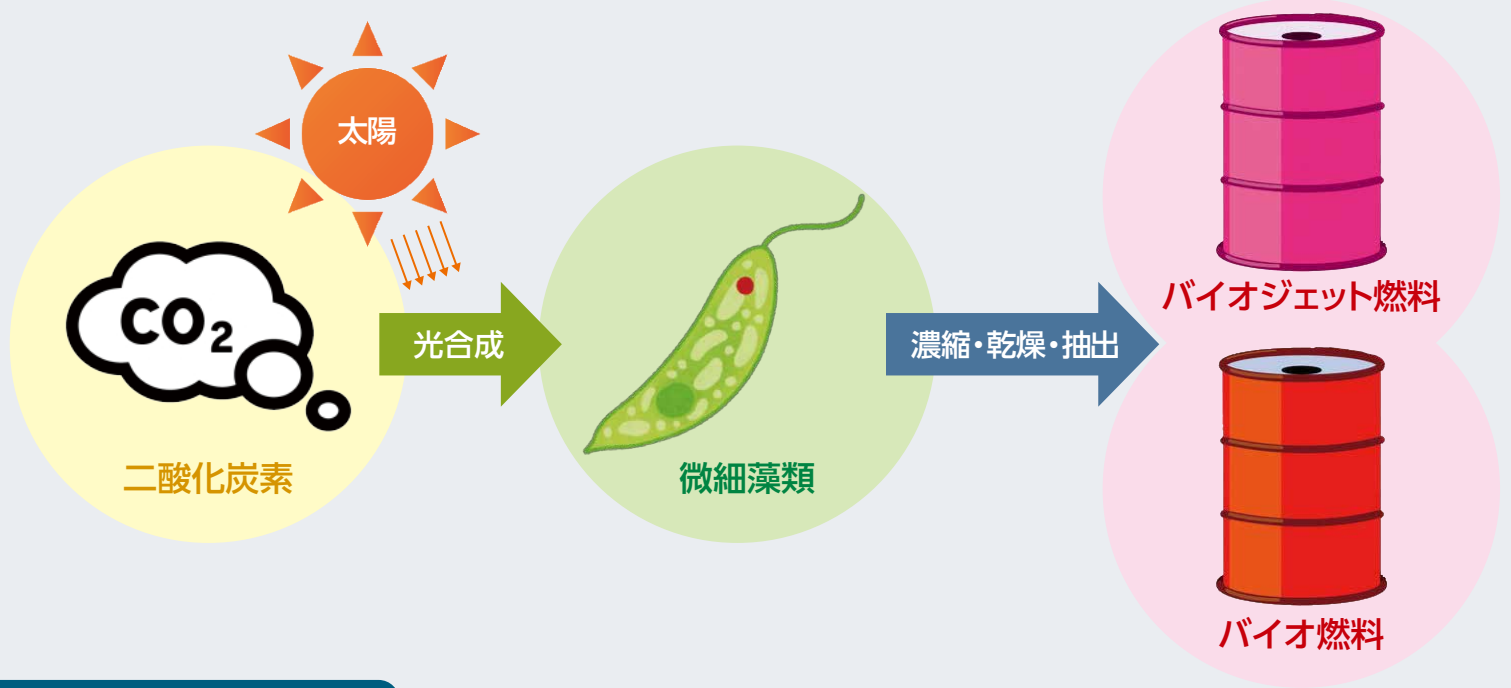


図4 微細藻類の製造工程

製油所・製鉄所からは水素や一酸化炭素の合成ガスが副生成物として発生しており、これらを基に熱化学的・生物化学的手法を用いてバイオ燃料を合成するプロセスも存在します。

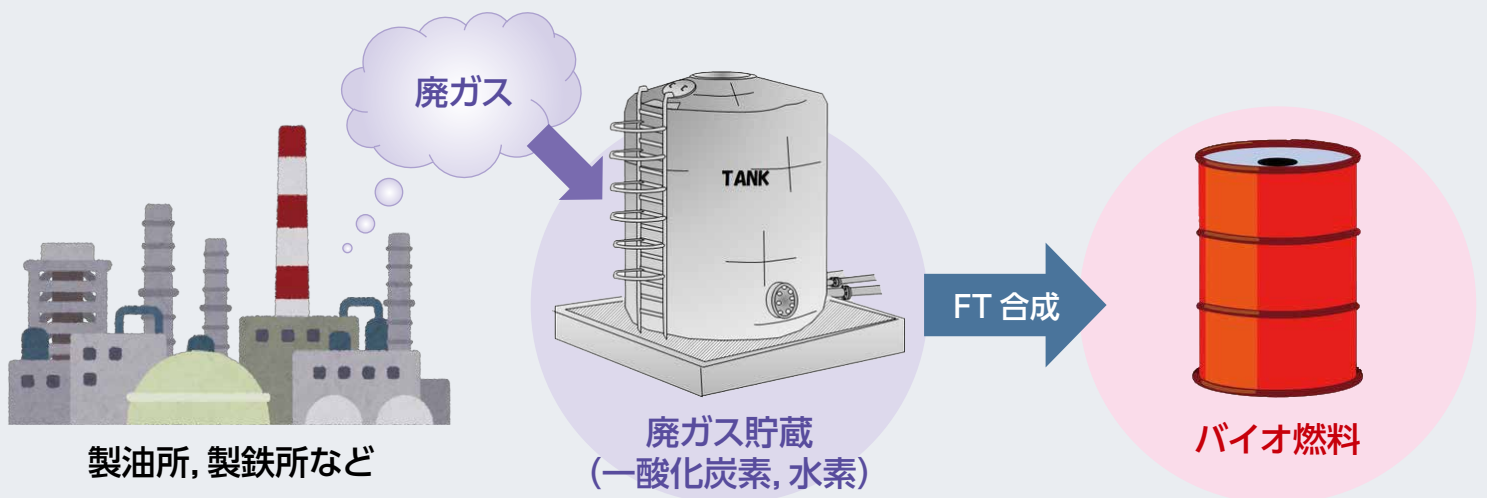
アメリカのLanzaTech社は、二酸化炭素や一酸化炭素を含む産業廃ガスに対して微生物を利用して有用な燃料などに転換するガス発酵技術を開発し、[図5](#)に示す製造工程でアルコールを生産しています⁵⁾。アルコールから炭化水素燃料への製造工程はセルロース系バイオマスでも適用されている手法を用いています。

廃食油・油脂

廃食油や非食用油脂を水素化処理して生成されるバイオ燃料をHVO (Hydrotreated Vegetable Oil) とよびます。水素化処理は石油精製に使用されている一般的な技術であり、既存のインフラ設備を利用できるため、新規参入時にコストや工事期間を抑えられるといった利点があります。

[図6](#)に示すように、FAMEと同じく廃食油を使用しますが、製造工程が異なり、エステル化ではなく水素化することによって、酸化に対し

図5 廃ガスからの製造工程



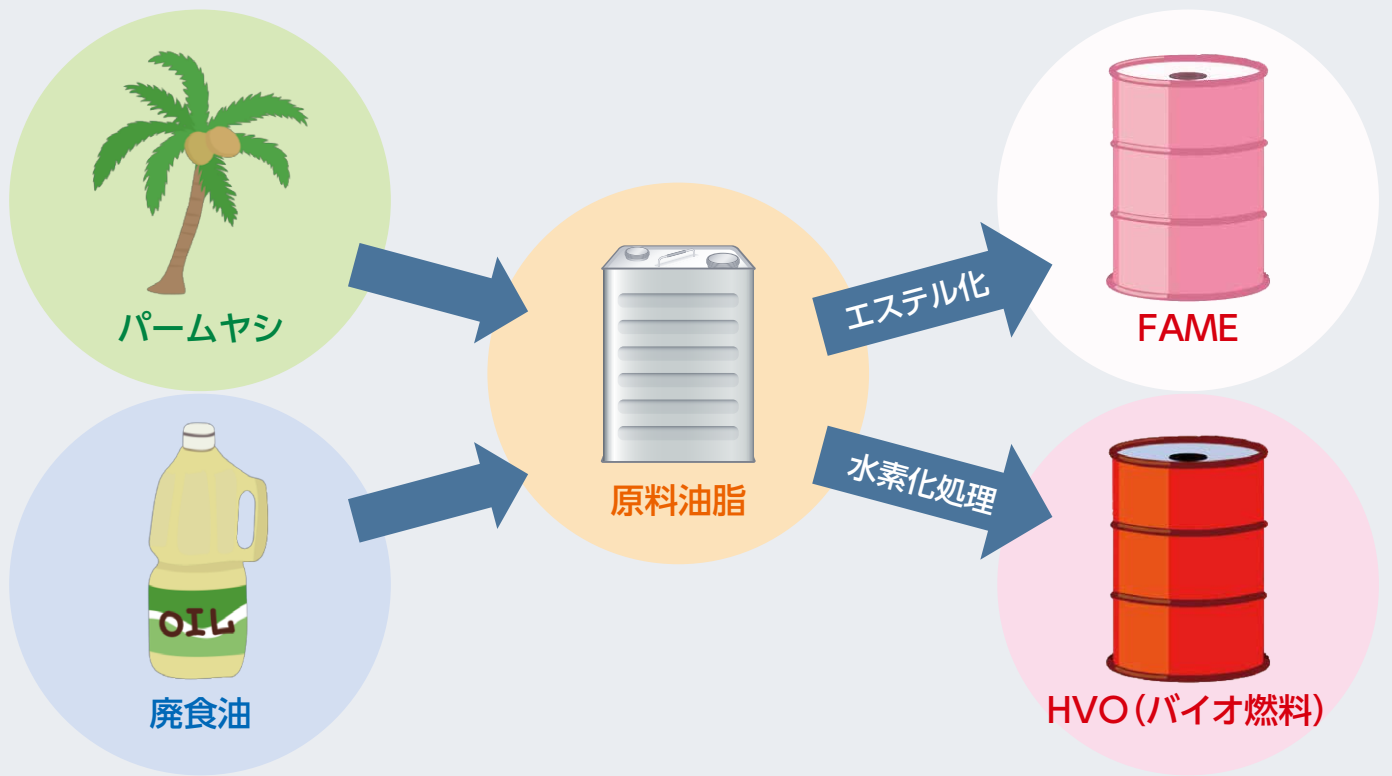


図6 廃食油・油脂からの製造工程

て安定になるなど物性が向上します。そのため、FAMEよりも低温性能が優れ、燃えやすさを示すセタン価は軽油よりも高く、硫黄分をほとんど含まないといった特徴があります。

フィンランドのNeste社やイタリアのEni社などヨーロッパでは多くの企業がHVOの製造プラントを所有しており、大量生産の体制を整えています⁶⁾。

規格

さまざまなバイオ燃料が開発され、それぞれの燃料に対して、各国で規格を制定しています。各国の規格一覧を表2に示し、各国のディーゼル燃料（軽油）とEUの炭化水素燃料の規格の一部を表3に示します。同じ軽油でも地域によって規格の項目や数値に違いがあります。また、EU規格のうち、通常の軽油を想定したEN 590とHVOなどの炭化水素系のバイオ燃料を想定したEN 15940を比較すると、セタン価や密度に違いはありますが、ほぼ同等の成分であるとの認識が伺えます。Neste社のHVOはEN 15940を満足しています。

おわりに

2050年のカーボンニュートラルに向けて、軽油に代わる燃料として期待されているバイオ燃料の開発状況について現状をまとめました。FAMEは商用化に至っていますが、部品の劣化につながるなどの課題があります。一方、軽油と同じ炭化水素燃料であり、食糧と競合しない原料を使用する第2世代のバイオ燃料が本格的な代替燃料として期待されています。

第2世代のバイオ燃料はHVOなどを中心に大量生産のためのプラント整備や実証実験を行っている段階です。船・飛行機・バスなど他交通機関もバイオ燃料に注目しており、今後もさらに発展していくものと考えられます。また、地域によっては第2世代バイオ燃料に対する規格が定められています。

海外の鉄道に関しては、フランスではバイオ燃料を適用したディーゼル車のテスト走行を実施しており、イギリスでは鉄道事業用重機などに導入するなど、バイオ燃料の実用化に向けてさまざまな動きがあります⁹⁾¹⁰⁾。

国内の鉄道に関してもバイオ燃料の導入に向

