

再生可能(循環)型バイオ系燃料の最近製造技術等に関する調査研究

NPO 安心技術振興機構 中山 満茂

この調査研究では2010年度に導入を決定し、緊急の課題となっている自動車バイオ燃料に調査対象を絞って作業を進め、バイオ燃料導入の背景と、そのポテンシャル、内外におけるバイオ燃料の利用状況及び国内の動向、ライフサイクルアセスメント評価方法、ガソリンエンジン自動車用バイオ燃料、ディーゼルエンジン自動車用バイオ燃料、期待される高性能バイオエタノール変換技術、高濃度燃料の課題、バイオマス燃料実用化とその安心・安全の8部門に分けまとめた。

1. バイオ燃料導入の背景とそのポテンシャル

わが国森林の林木蓄積量は40億 m^3 を越えているが、伐採量はわずか2,000万 m^3 程度で、毎年5,000万トン以上のバイオマスが森林に貯め込まれている。熱量に換算すると 10^{18} ジュール(360 $\times 10^{12}$ ワット時)という厩大な量になる。このほか畜糞、食品廃棄物資源賦存量も1.1~1.4兆トンと試算されている。

2. 内外におけるバイオ燃料の動向

地球温暖化対策、化石燃料消費量削減の観点から世界各国においてバイオ燃料の導入が進められている。ガソリン自動車においては、バイオエタノールが米国、ブラジルをはじめ世界各国で利用されており、アジア各国においても利用が拡大している。また、欧州においては、バイオエタノールの他、ETBEとして利用も見られる。

3. ライフサイクルアセスメントによるバイオ燃料の評価

ライフサイクルアセスメント(LCA : Life Cycle Assessment)は、製品やサービスのライフサイクルを通じた環境への影響を評価する方法である。

バイオ燃料のLCA評価では、 CO_2 に着目される場合が多いが、地球温暖化の評価の観点では、原料生産時の N_2O 、 CH_4 の排出も考慮することが必要である。またバイオ燃料は、生産規模、生産地域などの前提条件の設定によってLCA評価結果に違いが生じる可能性があり、評価結果の扱いに関しては、適用範囲などを適宜勘案して需要者(消費者)にわかりやすい方法を開発するなど検討することが必要である。

4. ガソリンエンジン自動車用バイオ燃料

バイオマス起源エタノールは再生可能なエネルギーであり、自動車用燃料として使用したバイオエタノールから発生する二酸化炭素はカーボンニュートラルの考え方によりゼロカウントとなることから CO_2 削減可能燃料として注目されている。また、バイオエタノールをガソリンの代替燃料として使用することにより、ガソリンの消費量を低減することが可能となる。

バイオエタノール3%混合ガソリンは既販車で利用が可能であり、車両の改良や新車代替を必要とせず一定の二酸化炭素削減効果が得られる利点がある。また、エタノールはガソリン基材として高いオクタン価を持つため、オクタン価を向上させる有力な手段の1つとなりうる。しかしその一方で、エタノールのガソリンへの混合利用は水混入時の相分離、自動車部材への適合性、

蒸気圧の上昇など、実用面から多くの問題点が指摘されている。そのため、混合割合が10%を超えると電子制御システム、燃料系、排出ガス浄化装置などの材質変更が必要になる。さらに濃度が高くなった際には、金属部材への腐食性等安全面に関する問題が発生する。

また、バイオエタノールにおいては、メタノール、有機酸などの不純物による影響なども懸念される。これまでの工業用や飲料用といった用途ではなく、燃料用途としてのエタノールを新しく見出しその普及に向けての取り組みが早急に求められる。

5. ディーゼルエンジン自動車用バイオ燃料

植物油や動物脂をそのままディーゼルエンジンに利用したのでは、燃料の粘度が高く、エンジン内で空気と燃料噴霧との混合が不十分となって、生の燃料が蒸し焼きになり、燃焼室内にカーボンデポジットが多く生成され堆積するなどのエンジントラブルを引き起こす。そこで、粘度を軽油程度に低下させる方法として、アルコール(メチルアルコールなど)とのエステル交換が行われている。この脂肪酸メチルエステル(FAME : Fatty Acid Methyl Esters)を通称「バイオディーゼル」と呼んでいる。現在、欧州や米国を中心に自動車燃料としての使用量が急増している。また、わが国においても、2007年1月15日に軽油に関する「揮発油等の品質の確保等に関する法律施行規則」が改正公布され、軽油への5質量%混合まで軽油と見なして使用可能となっている。ここでは、触媒方式、無触媒方式などのバイオディーゼル燃料の製造方法、菜種油や廃食油などの原料油脂に関する特性や賦存量、自動車燃料として規格や課題、ディーゼル機関に低濃度あるいは高濃度で使用した際の機関性能や排気特性などについてとりまとめた。

6. 期待される高性能バイオエタノール変換技術

燃料用エタノールはバイオマスを原料として発酵法によって製造される。現状では本来食用のために栽培されているサトウキビ、トウモロコシ等の可食部を原料バイオマスとして使用しているが、将来的には世界人口の増加と肉類消費増による飼料需要増加等で資源量確保が難しくなる。そこで、食料と競合せず、資源量が豊富で、基本的に低コストである木質、農産廃棄物等のリグノセルロース系バイオマスを原料としたエタノール生産技術の確立が期待されている。

しかし、リグノセルロース系バイオマスの利用には、2つの大きな課題が存在する。1つは主要成分のセルロースが結晶質で、デンプンと比べてはるかに単糖への分解が難しいことである。もう1つは、ヘミセルロースに含まれるキシロース、アラビノース等の炭素5個から成る糖(五炭糖)は、単糖にしても通常のエタノール発酵酵母では発酵できないことであり、五炭糖も発酵してエタノール収率を上げるためには、その発酵能を持つ新規微生物を開発する必要がある。これらの課題を解決して、高収率かつ低コストでエタノールを生産できる技術の確立を目指して、さまざまなアプローチで研究開発が行われている。

一方、ディーゼルエンジン用バイオ燃料としてはBDFが既に実用段階にあるが、まだいくつかの課題が存在する。そこで、より高機能なディーゼル燃料としてBTL (Biomass to Liquids) と呼ばれるバイオ燃料生産の研究開発が行われているが、これには水素化脱酸素反応BTLと間接液化BTLの2種類が存在する。

7. 高濃度燃料の課題

高濃度のエタノールは空気と接すると、空気中の水分を吸収して、その濃度を低下させる。これを防ぐためETBEを利用して、高濃度燃料を確保する。

ETBEはエタノールとイソブテンの反応により製造される化学物質で、エタノールと同様にガソリン混合による自動車燃料への利用が可能である。

ETBEはエタノール同様オクタン価向上効果が見られるほか、ガソリン混合後に共沸現象による蒸気圧の上昇が無いこと、水に溶解しにくいいため相分離が起こらないことなど、エタノールより利用しやすい性状を有している。また、他の自動車燃料としての適合性についても問題となる点はほとんど見られず、十分な適合性を有していることが確認されている。

ただし、ETBEは新規化学物質であることから、化審法において安全性に関する評価が必要とされていたが、その結果、難分解性でかつ人への長期毒性の可能性があることから、第二種監視化学物質に判定され導入にあたってはリスク評価を行い、ETBEが環境中に暴露しないための対策が必要となっている。

8. バイオマス燃料実用化とその安心・安全

バイオ燃料はCO₂対策として世界的規模での導入が始まったが、実用化の上で、安心・安全を議論するには未知の部分が多い。2006年に見られた原油価格の高騰から第3次オイルショックを想定してのエネルギーセキュリティー問題が高まっていることから、唯一の国産エネルギーとしても注目されるようになったがその安心・安全についての議論は皆無といってよい。

政策的に導入が決定された新燃料であるため、関連する業界間のコンセンサスが必ずしも統一されていないことから種々の難題があることも理解しておく必要があり、バイオマス燃料の実用化を目前にしての安心・安全についての課題を整理した。