

第1編 エコ燃料の動向について

1. 我が国におけるバイオエタノールへの取組状況

バイオマスを原料とするバイオエタノール等の燃料は、バイオ燃料あるいは再生可能燃料とも呼ばれるが、本書では、前回の本会議の報告書と同様に「エコ燃料」という用語を採用し、“生物資源であるバイオマスを加工処理して得られる再生可能燃料”を指すものとして用いることとする。

本編では、前回の報告書とりまとめ以降に実施された主なバイオエタノールへの取組状況について概要を整理した。

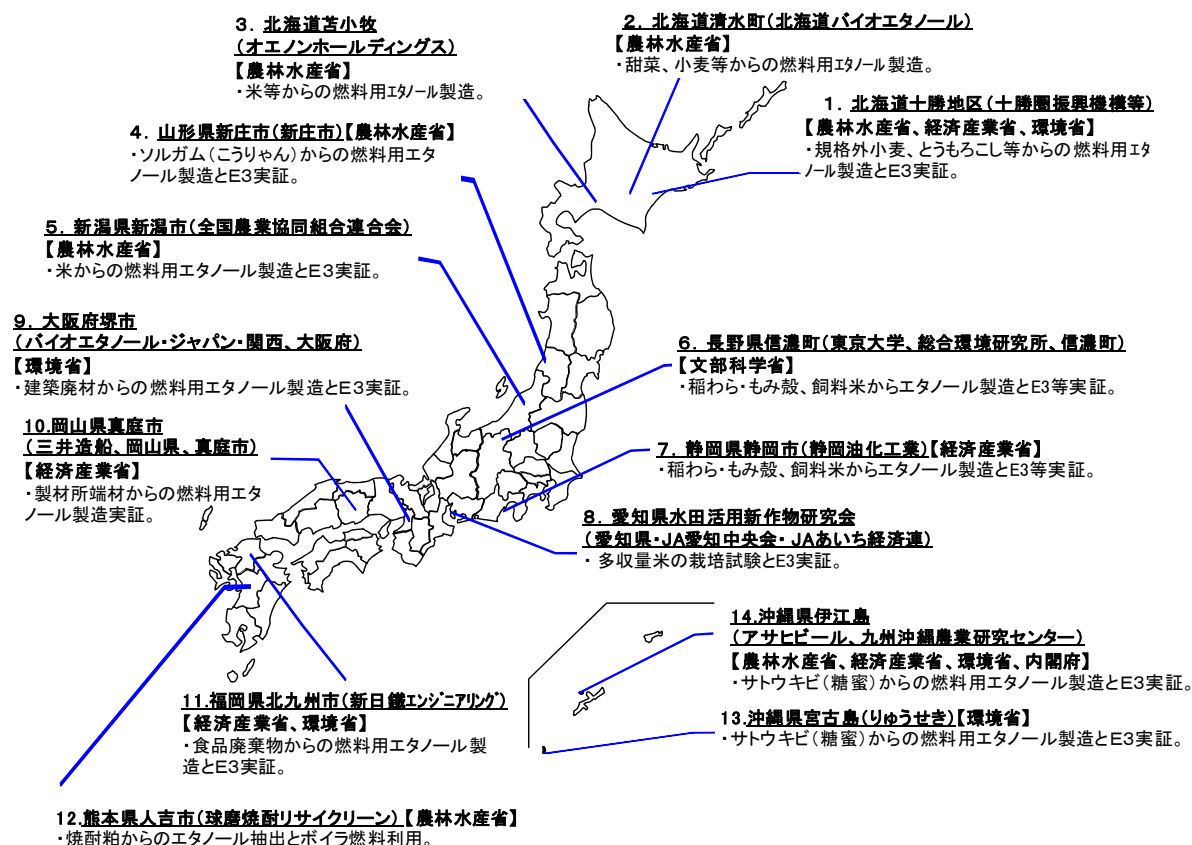
我が国では、エコ燃料としてバイオエタノール、ETBE、バイオディーゼル燃料（BDF）が既に輸送用燃料として利用されている。

表 1 我が国におけるエコ燃料の導入状況

エコ燃料種類	取組概要
バイオエタノール	<ul style="list-style-type: none"> ・「揮発油等の品質確保等に関する法律」(以下、「揮発油品確法」という)に基づき、ガソリンに3%までの混合(エタノール3%混合ガソリン(以下、「E3」という)としての利用)が可能。
ETBE	<ul style="list-style-type: none"> ・我が国では、品確法上は8%程度までの混合が可能(8%程度のETBE混合ガソリンのCO₂削減効果はE3とほぼ同等)。 ・石油業界が2010年度に原油換算21万kL(エタノール換算36万kL)の導入を目指している。 ・「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」(化審法)に基づく審査の結果、第2種監視化学物質(蓄積性はないが人への長期毒性を有するおそれがあるもの)と判定。 ・これを受けて石油業界・経済産業省は、2006年度よりETBEの健康・環境リスク評価を2年間実施したところ。
バイオディーゼル燃料(BDF)	<ul style="list-style-type: none"> ・主として家庭等からの廃食用油を原料とする地域での取組により、原油換算で数千kL導入されている。

1-1 我が国におけるバイオエタノールに関する主な事業

バイオエタノール導入を推進するため、各地域においてバイオエタノール製造やバイオエタノール混合ガソリン等の製造・流通・利用に係る事業が展開されている。国や地方自治体が関与するバイオエタノールの地域における生産・利用に係る主な事業を図1及び表2に示す。



※ 2008年11月末現在

図1 地域におけるバイオエタノール生産・利用の主な取組状況の一覧

表 2 地域におけるバイオエタノール生産・利用の主な取組状況の事業概要

地域	実施主体	関連府省	事業内容
北海道 十勝地区	(財)十勝圏振興機構	環境省、農林水産省、 経済産業省	規格外小麦、トウモロコシ等からのエタノール製造とE3実証
北海道 清水町	北海道バイオエタノール(株)	農林水産省	甜菜、小麦等からの燃料用エタノール製造。
北海道 苫小牧	オエノンホールディングス(株)	農林水産省	米等からの燃料用エタノール製造。
山形県 新庄市	新庄市	農林水産省	エネルギー資源作物(ソルガム)からのエタノール製造とE3実証
新潟県 新潟市	全国農業協同組合連合会	農林水産省	多収量米からのエタノール製造とE3実証
長野県 信濃町	東京大学、総合環境研究所、 信濃町	文部科学省	稲わらやもみ殻、飼料米等からのエタノール製造とE3等実証
静岡県 静岡市	静岡油化工業(株)	経済産業省	おから及び廃棄パレイショからのエタノール製造とE3実証
愛知県	愛知県水田活用新作物研究会(愛知県・JA愛知中央会・ JAあいち経済連)	—	多収量米の栽培試験とE3実証
大阪府 堺市	バイオエタノール・ジャパン・関 西(株)、大阪府	環境省	建築廃木材からのエタノール製造とE3実証
岡山県 真庭市	三井造船(株)、岡山県、 真庭市	経済産業省	製材廃材等からのエタノール製造とE3実証
福岡県 北九州市	新日鉄エンジニアリング(株)	環境省、経済産業省	食品廃棄物からのエタノール製造とE3実証
熊本県 人吉市	球磨焼酎リサイクルン(株)	農林水産省	焼酎粕からのエタノール抽出とボイラ燃料利用
沖縄県 宮古島	(株)りゅうせき	環境省	サトウキビ糖蜜からのエタノール製造とE3実証
沖縄県 伊江島	アサヒビール(株) 九州沖縄農業研究センター	環境省、農林水産省、 経済産業省、内閣府	高バイオマス量サトウキビ糖蜜からのエタノール製造とE3実証

※ 2008年11月末現在

1-2 バイオ燃料普及に向けた法規制等に係る取組の概要

バイオ燃料に係る法規制等の取組についての概要を以下に整理する。

○ 揮発油等の品質の確保等に関する法律（揮発油等品確法）の一部改正

バイオエタノール混合ガソリンや BDF 混合軽油等、油槽所等の燃料流通過程におけるバイオ燃料混合において混合された燃料の品質確保を目的として、「揮発油等の品質の確保等に関する法律の一部を改正する法律（改正揮発油等品確法）」が、2008年3月4日に通常国会へ提出され、5月23日に成立、5月30日に公布された。

同法は、新たに燃料流通過程でバイオ燃料の混合を行う事業者に対して、1)事前登録を義務づけ、2)バイオエタノール混合ガソリンや BDF 混合軽油の品質確認義務を課すこととされている。

2008年11月25日から登録申請の受付を開始し、翌2009年2月25日から本格施行されることとなっている。

○ E3 を取り扱う給油取扱所に関する運用について

給油所で E3 を取り扱う場合に係るガイドラインである「エタノール 3%含有ガソリン（E3）を取り扱う給油取扱所に関する運用上の指針（平成 16 年 3 月 3 日消防危第 26 号、以下「26 号通知」）」の有効性について、2007 年度に宮古島の E3 実証事業において、給油所に対する腐食性や水溶性等の影響に関する検証が行なわれた。

その結果を踏まえて 2008 年 3 月 24 日に 26 号通知を廃止して新たに「エタノール 3%含有ガソリン（E3）を取り扱う給油取扱所に関する運用について（平成 20 年 3 月 24 日消防危第 44 号、以下「44 号通知」）」を通知したところである。

44 号通知では、「26 号通知で示した事項のうち、1)水溶性と関連した漏洩対策（油水分離装置の排水から発生する可燃性ガスの爆発火災危険性等）、2)泡消火設備及び泡を放射する消化器の消火適用性（非耐アルコール型消火薬剤を放出する消化器を除く）については、いずれも火災予防上問題のないことが判明した」として緩和されている。

○ バイオ燃料関連税制の創設

「平成 20 年度税制改正大綱」において、バイオエタノール混合ガソリン（E3 及び ETBE 混合ガソリン）に係る揮発油税・地方道路税のうち、バイオエタノール分について非課税とすることについて、「京都議定書の第一約束期間におけるバ

イオマス由来輸送用燃料の導入を促進する観点から、ガソリンの品質確保等に係る所要の制度整備を踏まえ、バイオマス由来燃料を混和して製造されたガソリンについて、バイオマス由来燃料に含まれるエタノールに相当する揮発油税及び地方道路税を軽減する措置を平成25年3月31日までに限り講ずる。(注)上記の改正は、揮発油等の品質の確保等に関する法律の改正による揮発油特定加工業者(仮称)の登録制度及び品質確認義務の導入時期に合わせて実施する。」ことが盛り込まれた。

これにより、E3に含まれるバイオエタノールについては、ガソリン等揮発油に課せられている揮発油税・地方道路税1kL当たり53,800円(1L当たり53.8円)が2012年度末まで軽減され、1LのE3についてバイオエタノール0.03L分の約1.6円が免税されることとなる。

○ E10 対応車の技術指針

国土交通省は、エタノール10%混合ガソリン(以下、「E10」という)対応車が公道走行試験を実施するために必要な技術的要件を取りまとめた「道路運送車両の保安基準第56条第4項の規定に基づき認定を行うE10対応車の安全の確保及び環境の保全に関する技術指針(E10対応車の技術指針)」を2007年10月12日に策定した。

同指針に適合する車両については、試験自動車として国土交通大臣認定を受けた上で公道走行試験を行うことを可能とするものであり、公道走行試験により得られた部品の劣化状況の有無、排出ガス試験データなどを道路運送車両の保安基準(省令)の検討に活用するものとされている。

2. バイオエタノールに係る技術開発について

バイオエタノール生産・利用に係る技術開発要素を整理するとともに、国外での取組や環境省事業として実施されている技術開発等の取組状況について整理し、今後の国内生産の拡大を図る上での課題と取り組み方策を抽出した。

2-1 バイオエタノールに関する技術開発要素の整理

(1) バイオエタノールに関する技術分野の整理

バイオエタノールのエネルギー利用に係る技術分野の区分を図2に示す。技術分野としては、バイオエタノールの原料となるバイオマスの生産・採取や輸送を含む原料調達、原料バイオマスからバイオエタノールへの燃料転換、製造されたバイオエタノールの流通及び燃料としての消費を含む燃料利用の分野に大別される。

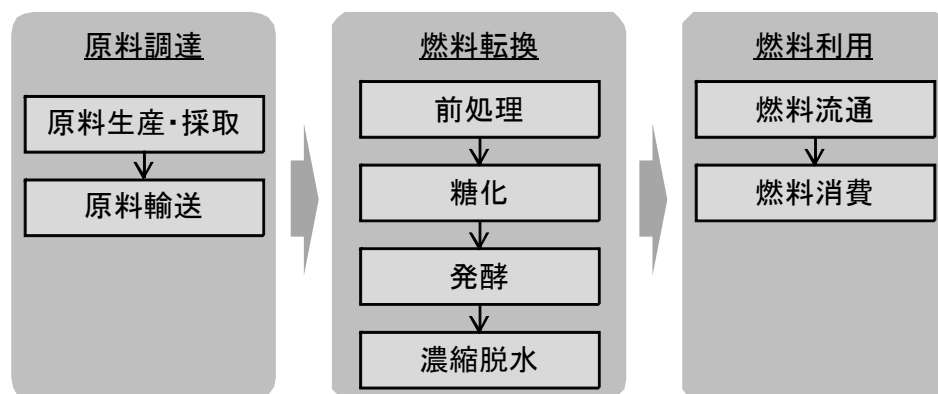


図2 バイオエタノールの燃料利用に係る技術分野の一覧

原料調達については、海外ではサトウキビやテンサイなどの糖質系バイオマスやトウモロコシや麦等のデンプン系バイオマス等、エネルギー作物として商業生産体制が確立されている。我が国では、サトウキビ由来の廃糖蜜や規格外小麦等、ミニマムアクセス米等、食用利用が困難な農作物由来のバイオマスを原料とするエタノール生産が展開されているところである。

燃料転換については、糖質系バイオマスやデンプン系バイオマスからのエタノール生産システムが技術的に確立されており、セルロース系バイオマスからのエタノール生産システムについては、我が国や米国、欧州で実証段階から商業生産段階への移行が進められているところである。

燃料利用については、既に海外ではE5やE10が通常の燃料として利用されて

おり、ブラジル以外の国でも E85 等の高濃度混合燃料についても FFV の普及とあわせた燃料流通体制の整備が進められている。我が国では E3 の技術的検証を経て大規模実証への移行が進められているところであり、併行して E10 導入に向けた技術的検証が進められているところである。

(2) バイオエタノール生産に係る技術開発要素の整理

バイオマスからバイオエタノールへの燃料転換（バイオエタノール生産）については、各種バイオマスからエタノール発酵原料となる単糖類を回収し、単糖類を発酵して得られたエタノール水溶液を濃縮脱水して燃料利用が可能な無水エタノールを回収するプロセスによって構成される。原料となるバイオマスの種類によるバイオエタノール生産プロセスの違いを図 3 に示す。

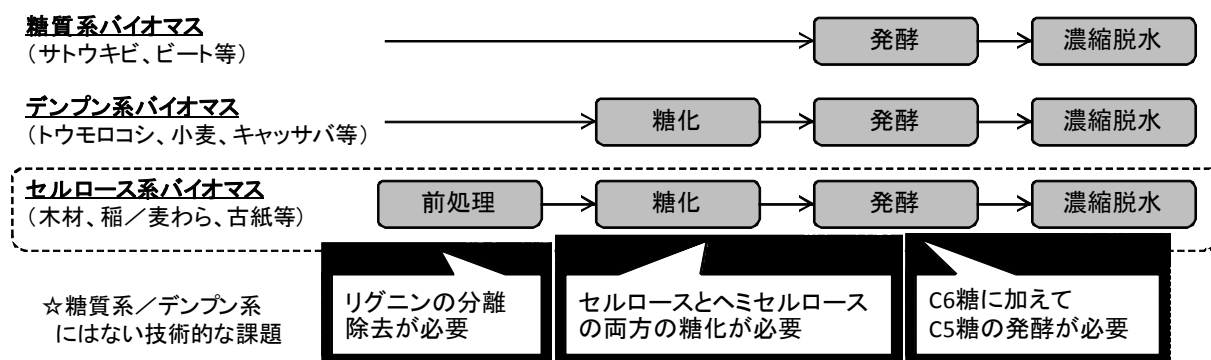


図 3 原料バイオマス種別のエタノール製造プロセスの比較

農作物の非食部分や廃棄物系バイオマス等のセルロース系バイオマスからのエタノール生産に関しては、既に普及している糖質系バイオマスやデンプン系バイオマスのプロセスと比較すると、以下の技術的対応が必要となる。

- ・ 前処理：セルロース系バイオマスでは、植物の細胞壁内でセルロースとヘミセルロースにリグニンが結合しており、セルロース及びヘミセルロースを糖化するためにはリグニンの分離除去が必要。
- ・ 糖化：デンプンは酵母（アミラーゼ）による分解が容易だが、セルロースやヘミセルロースの結合は強固で、発酵菌が作用できるようにするためには加水分解や酵素分解による単糖類への分解が必要。
- ・ 発酵：グルコース等の C6 糖は従来の発酵菌でエタノールに転換できるが、ヘミセルロース中に多く含まれるキシロース等の C5 糖は従来の菌では発酵できないため、発酵菌の育種や改良が必要。

セルロース系バイオエタノール生産システムにおける技術開発要素の例を図4に示す。

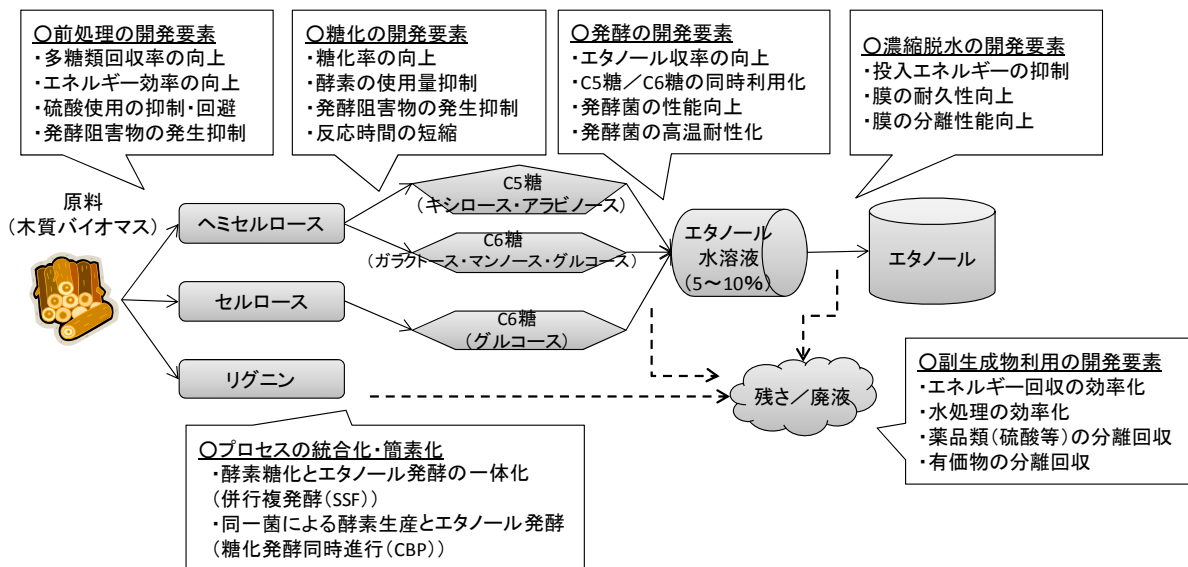


図 4 セルロース系バイオエタノール生産に係る技術開発要素

1-1 バイオエタノールの技術開発状況

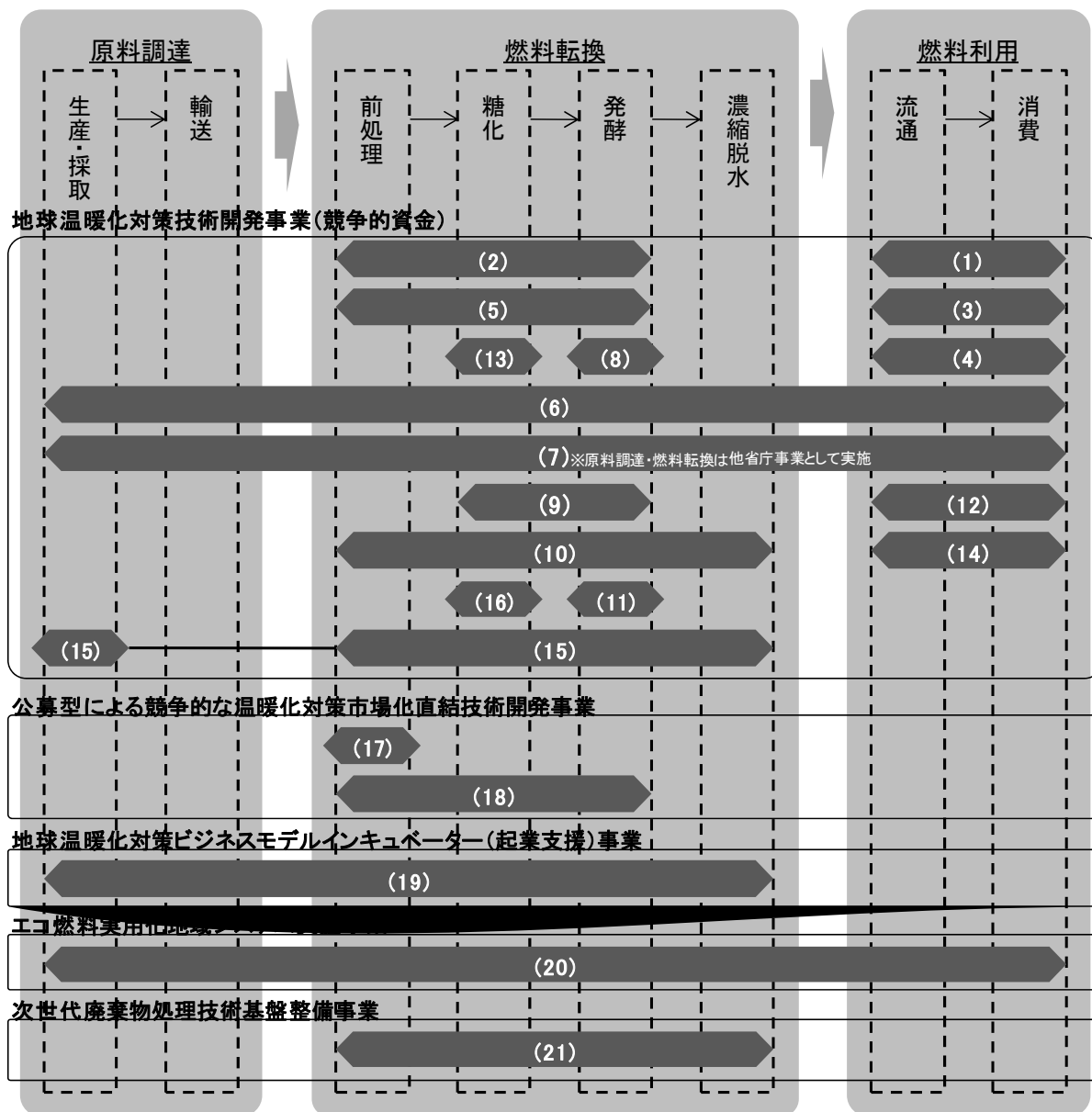
(1) 環境省事業における取組状況の整理

環境省では、エコ燃料利用推進会議等において示されたバイオエタノール導入のロードマップに基づき、温暖化対策技術の第一約束期間における普及を目的とする技術開発・導入事業の一環として、2004年度よりバイオエタノールの製造及び利用に関する技術開発事業やビジネスモデル開発事業、実証事業を実施しているところである。関連する事業の概要を表3に示す。

表 3 環境省におけるバイオエタノールに係る技術開発・実証事業の概要

地球温暖化対策技術開発事業(競争的資金)
<p>事業期間:2004 年度～</p> <p>事業概要:京都議定書の第一約束期間まで、又はこの期間の早い段階で商品化・事業化でき、かつ、その後も継続的に対策効果をあげうるエネルギー起源二酸化炭素の排出を抑制する技術の開発であって、幅広い対象に普及することが見込まれる基盤的な技術開発を、民間企業等に委託して実施。バイオエタノール等バイオ燃料については、2005 年度より重点テーマとして公募を実施(2008 年度予算額:37 億円の内数)。</p> <p>バイオエタノール関連採択案件数:</p> <p>2004 年度:5 件</p> <p>2005 年度:3 件(重点テーマ:バイオマス燃料の製造・利用システムの開発)</p> <p>2006 年度:1 件(重点テーマ:小規模かつ高効率なバイオエネルギー転換システムの開発)</p> <p>2007 年度:6 件(重点テーマ:草木質系バイオマスエネルギー利用技術、及び持続可能型地域バイオマス利用システム技術の開発)</p> <p>2008 年度:1 件(重点テーマ:バイオマス資源総合利活用システム技術の開発)</p>
公募型による競争的な温暖化対策市場化直結技術開発事業
<p>事業期間:2004～2005 年度</p> <p>事業概要:エネルギー起源二酸化炭素の排出を抑制する技術の開発であって、民間企業等が行う商品化に係る技術の開発のうち、国が事業費の一部を支援することで早期に商品化が進み、第一約束期間まで、又はこの期間の早い段階で商品化できるもので、CO₂ 削減効果への寄与が大きいものに対しその事業費の一部を補助。</p> <p>バイオエタノールについては、有機性廃棄物等のバイオマスからの効率的なバイオエタノール等の燃料製造に関する技術開発を公募課題の一つとして設定。</p> <p>バイオエタノール関連採択案件数:</p> <p>2004 年度:2 件</p>
地球温暖化対策ビジネスモデルインキュベーター(起業支援)事業
<p>事業期間:2004 年度～</p> <p>事業概要:エネルギー起源 CO₂ の排出を抑制する新たな製品や技術の普及を行う、これまでにない新しいビジネスの立ち上げを支援し、市場の上流段階、供給サイドからの地球温暖化対策技術の普及を促進することを目的とし、地球温暖化対策ビジネスモデルとして、事業化成立の可能性が高く、先見性・先進性の高い事業について補助事業を行い、地球温暖化対策ビジネスモデルの起業を支援(2008 年度予算額:5 億円の内数)。</p> <p>バイオエタノール関連採択案件数:</p> <p>2004 年度:1 件</p>
エコ燃料実用化地域システム実証事業
<p>事業期間:2007 年度～</p> <p>事業概要:エコ燃料の普及を加速化させるため、地域のバイオマス資源を活用したエコ燃料の生産・利用の拠点づくりを支援するとともに、大都市圏や沖縄等での大規模導入を実現するため、実用化段階に近い規模で、自立的なエコ燃料生産・利用システムの成立を実証(2007 年度予算額:23億円)。</p> <p>バイオエタノール関連採択案件数:1 件</p>
次世代廃棄物処理技術基盤整備事業
<p>事業期間:2007 年度～</p> <p>事業概要:循環型社会形成の推進及び廃棄物に係る諸問題の解決に資する次世代の廃棄物処理技術に関する基盤を整備することにより、当該技術の導入を促進し、廃棄物の適正な処理の推進を図るため、当該技術分野に関する技術開発を公募し、外部評価に基づいて選定された事業を支援(2008 年度交付額:約 2 億円の内数)。</p> <p>バイオエタノール関連採択案件数:</p> <p>2007 年度:1 件</p>

上記の事業では、バイオエタノール生産システムを構成する各プロセス技術の実用化・商業化開発を支援するとともに、地域特性に応じたオンサイト型の地産地消システムの実現に向けて、原料確保から燃料利用まで一貫した地域モデル事業を実施してきたところである。各事業において実施されている事業案件を図 5 に示す。これらの案件のうち、エタノール製造技術に関する案件について、原料種類と主要なプロセスでの技術開発要素の一覧を表 4 に示す。



- (1) 業務用ボイラー燃料へのバイオエタノール添加事業
- (2) 酵素法によるバイオマスエタノール製造プロセスの実用化開発
- (3) 寒冷地におけるバイオエタノール混合自動車燃料の導入に関する技術開発
- (4) バイオエタノール混合ガソリン導入技術開発及び実証事業
- (5) 細胞表層工学的な酵素糖化法に基づく分散型バイオエタノール生産システムの開発
- (6) 沖縄産糖蜜からの燃料用エタノール生産プロセス開発及びE3等実証試験
- (7) 沖縄地区における燃料製造のためのサトウキビからのバイオマスエタノール製造技術に関する技術開発
- (8) 草本・木質系バイオマスからのエタノール、水素及びメタン生産におけるエネルギー取得率向上のための実用的バイオプロセスの開発
- (9) 酵素法によるバイオマスエタノール製造プロセス実用化のための技術開発
- (10) 草本系セルロースからのバイオエタノール高取率化と低コスト製造システムの開発
- (11) 兵庫県南部における統合型・省エネ型酵素法によるバイオ燃料製造に関する技術開発
- (12) 輸送用バイオマス由来燃料導入技術開発及び実証事業
- (13) バイオエタノール製造におけるエネルギーコスト削減のための超音波濃縮に関する技術開発
- (14) 寒冷地におけるバイオエタノール混合自動車燃料需要拡大のための自動車対応と流通に関する技術開発
- (15) 資源用トウモロコシを利用した大規模バイオエタノール製造拠点形成推進事業
- (16) バイオエタノール製造用のセルラーゼ生産の製品化開発
- (17) 可燃ごみから生ごみを効率的に選別する技術の開発
- (18) 有機廃棄物のエタノール化技術と有効利用研究に関する技術開発
- (19) 建設廃木材を原料とする燃料用エタノール製造事業
- (20) エコ燃料実用化地域システム実証事業
- (21) 生ごみ等廃棄物系バイオマスからの高品質エネルギーのカスケード利用技術開発

図 5 環境省事業におけるバイオエタノール関連事業案件の取組分野の一覧

表 4 環境省事業におけるバイオエタノール製造技術に関する技術開発・実証事業案件の技術開発要素の一覧

事業案件名称※	原料種類	プロセス				
		前処理	糖化	発酵	濃縮脱水	残さ処理
(2) 酵素法によるバイオマスエタノール製造プロセスの実用化開発	木質系	—	・酵素糖化 ・同時糖化発酵(C6糖)		—	—
(5) 細胞表層工学的な酵素糖化法に基づく分散型バイオエタノール生産システムの開発	古紙 シュレッダーくず等	・高速高圧ミキシングシステム	・加圧水熱可溶化システム	・細胞表層提示法システム	—	—
(6) 沖縄産糖蜜からの燃料用エタノール生産プロセス開発及びE3等実証試験	サトウキビ	—	—	・耐塩性・凝集性酵母セミ連続発酵技術	・蒸留+膜脱水	・蒸留残さの肥料化 ・酵母の飼料化
(8) 草本・木質系バイオマスからのエタノール、水素及びメタン生産におけるエネルギー収得率向上のための実用的バイオプロセスの開発	農業残さ 食品製造廃棄物	—	—	—	—	・残さの水素発酵 ・残さのメタン発酵
(9) 酵素法によるバイオマスエタノール製造プロセス実用化のための技術開発	木質系	—	・オンサイト酵素生産 ・同時糖化発酵(C6糖)		—	—
(10) 草木質系セルロースからのバイオエタノール高収率化と低コスト製造システムの開発	木質系	・A/O(アルカリ及び酸化)法	・酵素糖化	・C6糖発酵	・蒸留塔へのポリイミド膜導入	—
(11) 兵庫県南部における統合型・省エネ型酵素法によるバイオ燃料製造に関する技術開発	超多収量米	—	—	・アーミング酵母	—	—
(13) バイオエタノール製造におけるエネルギーコスト削減のための超音波濃縮に関する技術開発	—	—	・糖液超音波濃縮		—	—
(15) 資源用トウモロコシを利用した大規模バイオエタノール製造拠点形成推進事業	資源用トウモロコシ(茎葉)	・破砕 ・アルカリ処理	・同時酵素生産・糖化発酵		—	・発酵残さの飼料化
(16) バイオエタノール製造用のセルラーゼ生産の製品化開発	木質系	—	・糸状菌からのオンサイト酵素生産 ・同時糖化発酵(C6糖)		—	—
(17) 可燃ごみから生ごみを効率的に選別する技術の開発	生ごみ	・選別システム	—	—	—	—
(18) 有機廃棄物のエタノール化技術と有効利用研究に関する技術開発	生ごみ	・破砕	・酵素糖化	・酵母連続発酵技術	—	—
(19) 建設廃木材を原料とする燃料用エタノール製造事業	建設廃木材	・希硫酸加水分解処理	・ヘミセルロース由来糖類の遺伝子組み換え菌による発酵		・蒸留+モレキュラシーブ	・リグニンペレット燃料
(21) 生ごみ等廃棄物系バイオマスからの高品質エネルギーのカスケード利用技術開発	給食残さ	—	・酵素糖化	・C6糖発酵	—	・発酵残さのメタン発酵

※ 事業案件に付された番号は図 5 に対応

(2) 海外における技術開発動向の概要

① 米国の動向

○ セルロース系バイオエタノールの商業化への取組状況

米国では、セルロース系バイオエタノールの商業生産化の取り組みの一環として、2007年よりエネルギー省（DOE）がセルロース系バイオエタノール生産拠点プロジェクト（6カ所）に対して4年間で3億8,500万USドル（約365億7,500万円）の支援を行っている（表5）。

表5 米国におけるセルロース系バイオエタノール商業プラントの整備状況

企業名	場所	概要
Abengoa Bioenergy	カンザス州	設備能力:43千kL/年 原料:トウモロコシの茎・葉等の農業副産物 特徴:熱化学処理及び生化学処理 時期:2007年11月より小規模プラントが稼働、2011年末に商業プラントが竣工予定 支援額:7,600万USドル(約72億2,000万円)
Alico, Inc.	フロリダ州	設備能力:53千kL/年 原料:剪定枝、野菜残さ 特徴:熱分解ガス化及び合成ガスからのエタノール発酵 時期:2010年末竣工予定 支援額:3,300万USドル(約31億3,500万円)
Bluefire Ethanol, Inc.	カリフォルニア州	設備能力:72千kL/年 原料:都市ごみ 特徴:酸処理法によって得られる糖類からのエタノール発酵 時期:2009年末に竣工予定 支援額:4,000万USドル(約38億円)
Broin Companies	サウスダコタ州	設備能力:473千kL/年 原料:トウモロコシの繊維や茎、葉、もみがら 特徴:原料としてトウモロコシとセルロース分を併用 時期:2011年中に竣工予定 支援額:8,000万USドル(約76億円)
Iogen	アイダホ州	設備能力:68千kL/年 原料:大麦わら、麦わら等の農業副産物 特徴:各種ソフトセルロースの原料利用 時期:2009年竣工予定 支援額:8,000万USドル(約76億円)
Range Fuels	ジョージア州	設備能力:151千kL/年 原料:木質系廃棄物 特徴:熱分解ガス化及び合成ガスからの触媒によるエタノール・メタノール合成 時期:2011年竣工予定 支援額:7,600万USドル(約72億2,000万円)

※ 投資額については1USドル=約95円として換算

○ セルロース系バイオエタノール製造技術開発事業の概要

DOE と米国農務省 (USDA) のバイオマス研究開発支援プログラムである「バイオマス研究開発イニシアティブ (BRDI ; **B**iomass **R**esearch and **D**evelopment **I**nitiative)」の一環として、バイオ燃料生産用の作物の品種改良や、バイオ燃料・バイオ製品の経済的な生産技術の研究プロジェクト 21 件に対して、最大で約 1,845 万ドル (約 19 億 3,700 万円) の資金提供の実施が 2008 年 3 月に発表された。採択プロジェクトのうち、バイオエタノール生産に関連する案件の概要を表 6 に示す。

表 6 米国のバイオマス研究開発イニシアティブに採択されたバイオエタノール関連プロジェクトの一覧

事業者名	支援額(最大)	概要
Agrivida 社	\$982,589 (約9,335万円)	バイオ燃料生産を改善するための植物の改良に関する研究を行う。
フロリダ大学	\$866,576 (約8,232万円)	発酵性糖の生産増加のためサトウキビの遺伝子組み換えに取り組む
セレス社	\$839,909 (約7,979万円)	植物の細胞壁におけるセルロース及びヘミセルロースの合成や沈着に関する遺伝子
ノースカロライナ州立大学	\$999,889 (約9,499万円)	セルロース系バイオマスからの低コストのエタノールに関する先進技術を開発する。
ミネソタ大学	\$576,368 (約5,475万円)	褐色腐朽菌による糖化における促進剤としてのリグニンを研究・分析する。
ケンタッキー・リサーチ・ファンデーション大学	\$999,964 (約9,500万円)	セルロース系エタノールからペントース誘導体を分離・回収させるための先進的セラミック材料を開発する。
カンザス州立大学	\$690,000 (約6,555万円)	セルロース系エタノールの生産を増やすためのペレット飼料作物や多年生牧草を実証する。
アイオワ州立大学	\$944,899 (約8,977万円)	バイオマスによる合成ガスからエタノールを触媒生産する手法を開発する。

※ 投資額については 1US ドル=約 95 円として換算

同じく DOE と USDA の共同研究助成プログラムとして、セルロース系バイオエタノール等バイオ燃料の基礎研究案件 10 件に対して、約 1,080 万ドル (10 億 2,600 万円) の支援を行うことが 2008 年 7 月に発表された。このプログラムは、バイオマスゲノミックスの基礎研究によるセルロース系植物材料からのバイオエネルギー・バイオ燃料生産の促進を目的としている。

○ バイオマス複数年プログラム計画の概要¹

DOE エネルギー効率・再生可能エネルギー局（EERE ; **E**nergy **E**fficiency and **R**enewable **E**nergy）は、2007年のブッシュ大統領の一般教書演説で示された、今後10年間でガソリン消費量を20%削減する目標（Twenty in Ten）の達成に向けた「バイオマス複数年プログラム計画（MYPP ; **M**ulti-**Y**ear **P**rogram **P**lan）」を2008年3月に公表した。

MYPPでは、セルロース系バイオエタノールをTwenty in Tenを達成する上で最も即効性のある対策と位置づけており、価格競争力に優れるセルロース系バイオエタノールの生産のための技術的な進歩と、石油代替に必要なバイオ燃料の増産に取り組むこととされている。

MYPPにおけるプログラム複数年計画目標を表7に示す。

¹ NEDO 海外レポート No.1026 (2008年7月)

表 7 バイオマス複数年プログラム計画における計画目標(2007~2022年)

プログラム複数年目標	2007	08	09	10	11	12
コアの研究開発						
原料						
農業残渣の加工経路						
2009年：試作装置で乾燥トウモロコシ茎葉と乾燥麦わらの原料の統合ロジスティクス(収穫、貯蔵、前処理、輸送など)を評価。			○			
2012年：試作機で湿潤トウモロコシ茎葉の原料の統合ロジスティクスを評価。						○
エネルギー作物の加工経路						
2009年：試作装置で乾燥スイッチグラスの原料の統合ロジスティクスを評価。			○			
2011年：試作装置で木質系エネルギー作物の原料の統合ロジスティクスを評価。					○	
2012年：試作装置で湿潤スイッチグラスの原料の統合ロジスティクスを評価。						○
変換						
農業残渣の加工経路						
2012年：パイロット規模でトウモロコシ茎葉(乾燥/湿潤)の統合的な前処理、酵素加水分解、エタノール生成を評価。						○
2009年：パイロット規模でトウモロコシ茎葉由来と麦わら由来のリグニンからクリーンな合成ガスを生成する統合ガス化を評価。			○			
2010年：パイロット規模でトウモロコシ茎葉と麦わらからクリーンな合成ガスを生成する統合ガス化を評価。				○		
2012年：パイロット規模でトウモロコシ茎葉と麦わらベース(リグニン/バイオマス)の合成ガスから生成した、混合アルコールによるエタノールの統合生産を評価。						○
エネルギー作物の加工経路						
2017年：パイロット規模でスイッチグラス(乾燥/湿潤)の統合的な前処理、酵素加水分解、エタノール生成を評価。						2017
2009年：パイロット規模で雑種ポプラ由来とスイッチグラス由来のリグニンからクリーンな合成ガスを生成する統合ガス化を評価。			○			
2010年：パイロット規模で雑種ポプラとスイッチグラスからクリーンな合成ガスを生成する統合ガス化の評価。				○		
2012年：パイロット規模で雑種ポプラとスイッチグラスベースの(リグニン/バイオマス)の合成ガスから生成した、混合アルコールによるエタノールの統合生産を評価。						○
実証開発						
統合バイオリファイナリー						
トウモロコシ乾式粉碎機の経路改善						
2012年：トウモロコシ乾式粉碎機で、トウモロコシ繊維—エタノールの経済的な変換プロセスを実証・評価。						○
農業残渣の加工経路						
2012年：実証/商業規模で農業残渣—エタノール統合プロセスを実証・評価。						○
2012年：実証/商業規模で農業残渣(リグニン由来/バイオマス由来)の合成ガスからエタノールを生成するプロセスの実証・評価。						○
エネルギー作物の加工経路						
2017年：実証/商業規模でエネルギー作物—エタノール統合プロセスを実証・評価。						2017
2017年：実証/商業規模でエネルギー作物(リグニン/バイオマス由来)の合成ガスから製造した混合アルコールによる、エタノールの生成プロセスを実証・評価。						2017
バイオ燃料のインフラ						
全バイオリファイナリーのエタノールへの変換経路						
2012年：EPA及びDOT(運輸省)と連携し、基準の策定と、E15/E20の販売システム及び車両のテストを完了。						○
バイオ燃料360億ガロンの輸送・販売キャパシティの開発。						2022
<p>実証：パイロット規模以上で、総合運転が設計通りに稼働しているか、および性能指標(個別/統合システム)を全て達成しているかについて評価。</p> <p>評価：パイロット規模以上で、プロセスとシステムにおいて望み通りの結果と当初の意図を確実に達成させる。評価は全ての性能目標をただ達成するに留まらない。同プログラムが次の優先項目に移行できるように、プログラムの取組みを、実際にシステムが充足・達成しているかどうかを評価する。</p>						

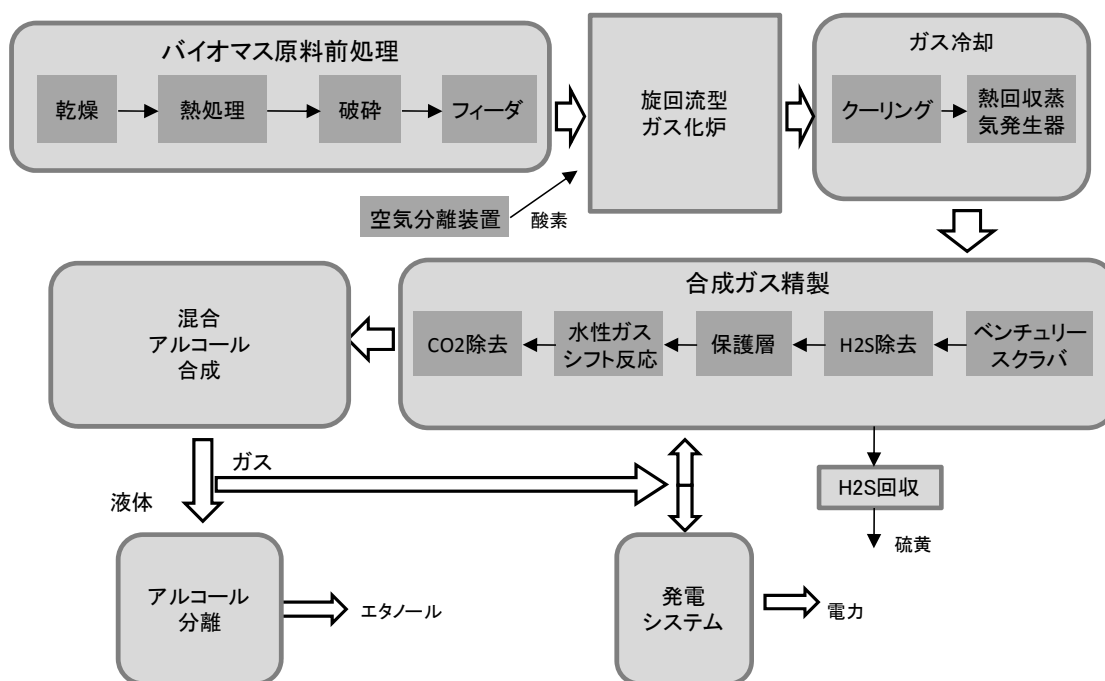
出所：NEDO 海外レポート No.1026 (2008年7月)

② 欧州の動向

○ セルロース系バイオエタノール技術開発事業への取組状況

EU では、共同研究開発プログラムである第6次フレームワーク・プログラムとして、RENEW (Renewable Biofuels for Advanced Powertrains) 及び NILE (New Improvements for Lignocellulosic Ethanol) を実施している。

RENEW プロジェクトでは、6つのサブプロジェクトの一つとして、セルロース系バイオエタノール製造の最適化をテーマとしており、酵素加水分解によるエタノール発酵プロセスと、触媒を用いた熱分解ガスからのエタノール合成プロセスの2つのプロセスの最適化の検討を行っている。



出所：RENEW-SP4- Optimization of second generation bioethanol production Final Scientific Report (2008年5月)

図6 RENEWプロジェクトにおけるエタノール生産プロセス検討例

NILE プロジェクトは、セルロース系バイオエタノールの低コスト化、エタノール収率の向上、全プロセスを含むパイロットプラントの建設を目標としている。同プロジェクトの一環として、スウェーデン SEKAB 社が 2004 年より同国内で松材チップを酵素加水分解して利用する 300~400L/日の実証プラントの運転を実施している。

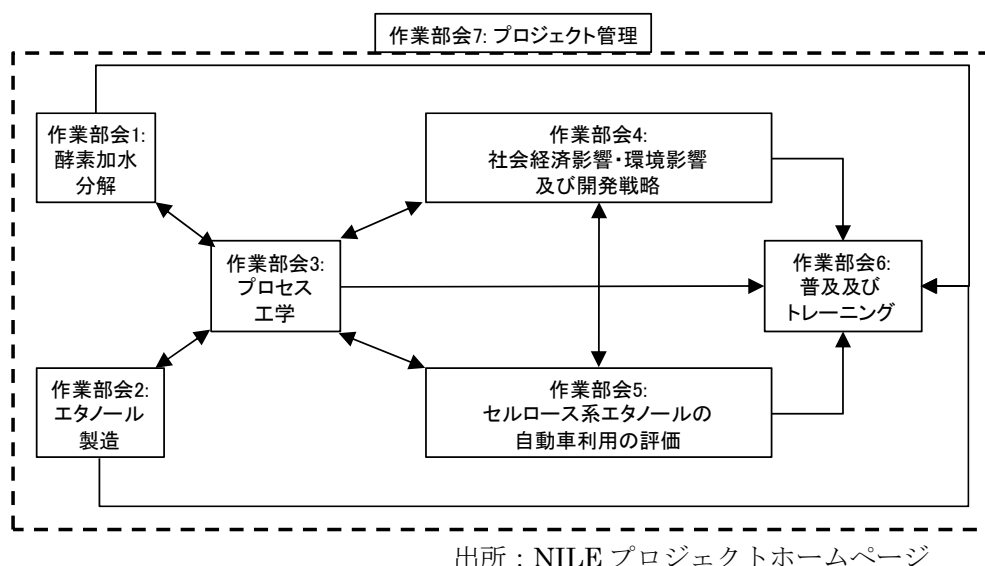


図 7 NILE プロジェクトの実施体制

○ 技術開発戦略への取組状況

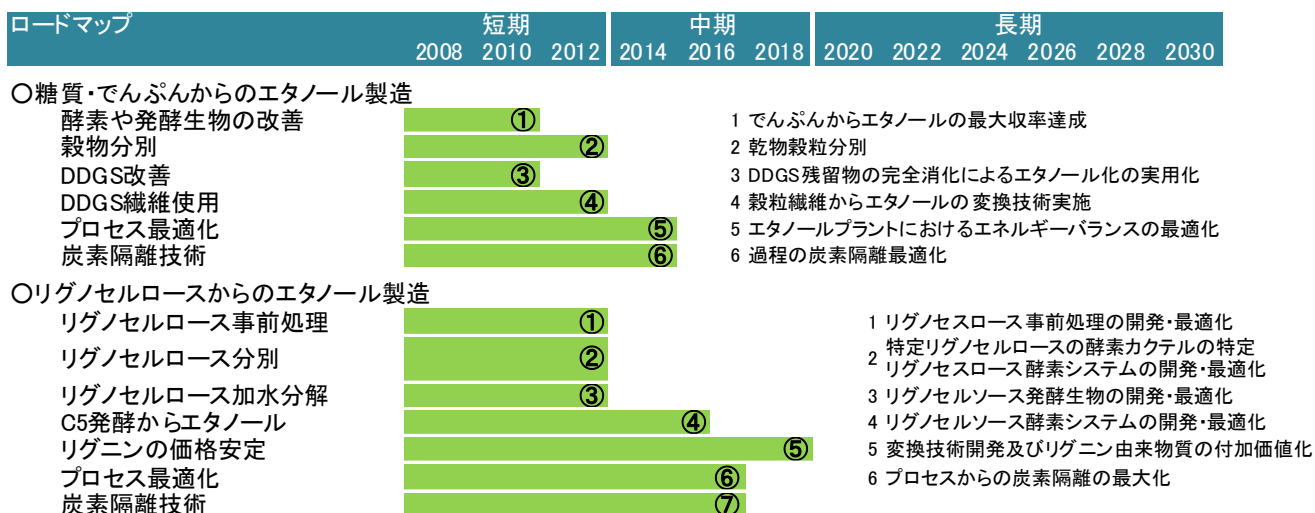
EU では、EU の研究開発支援制度である第 7 次フレームワーク計画（FP7：2007～2017 年）における技術開発に係る行動計画として、バイオ燃料技術プラットフォーム（European Biofuels Technology Platform、以下、「バイオ燃料 TP」と略す）が戦略的研究行動計画（SRA；**S**trategy **R**esearch **A**genda）を 2008 年 1 月に公表した。

バイオ燃料 TP は 2006 年 8 月に発足した、EU レベルでの自主的な研究開発推進組織である欧州テクノロジー・プラットフォーム²の一つであり、国際的な価格競争力を有するバイオ燃料の開発への貢献、健全なバイオ燃料産業の創設、研究開発実証（R&D&D；**R**esearch **&** **D**evelopment **&** **D**emonstration）の効率的な推進によるバイオ燃料の導入展開の加速を主な目的として、150 名以上の関係者が参画している。

SRA は、FP7 において当該分野における中長期的な研究開発の優先テーマと技術目標、スケジュールを示すものとして、テクノロジープラットフォームによって作成される行動計画である。SRA のバイオエタノール生産プロセスに関する R&D&D のロードマップでは、短期（2008～2012 年）にセルロース系バイオマスの前処理・糖化に取り組み、中期（2014～2018 年）において、C5 糖からのエタノール生産技術の実用化やプロセス最適化に取り組むこととされている。

² 欧州テクノロジープラットフォーム（ETP；**E**uropean **T**echnology **P**latform）は特定の技術分野を対象として、EU レベルで企業や行政機関（国および地方）、研究団体、大学、NPO、金融機関が参画する自主的な組織であり、技術開発から市場普及までの戦略（SRA）を策定して FP7 への検討材料を提供するとともに、人的および財政的な資源を結集して SRA の実施に取り組んでいる。

表 8 EU バイオ燃料技術プラットフォームの戦略的研究行動計画における
バイオエタノール転換プロセスに係るロードマップ



- 1 でんぷんからエタノールの最大収率達成
 - 2 乾物穀粒分別
 - 3 DDGS残留物の完全消化によるエタノール化の実用化
 - 4 穀粒繊維からエタノールの変換技術実施
 - 5 エタノールプラントにおけるエネルギーバランスの最適化
 - 6 過程の炭素隔離最適化
-
- 1 リグノセルロース事前処理の開発・最適化
 - 2 特定リグノセルロースの酵素カクテルの特定
 - 3 リグノセルロース酵素システムの開発・最適化
 - 4 リグノセルロース発酵生物の開発・最適化
 - 5 変換技術開発及びリグニン由来物質の付加価値化
 - 6 プロセスからの炭素隔離の最大化

○ 事業者による商業化への取組状況

スペインでは、RENEW プロジェクトにも参加した Abengoa 社が、麦わら等を原料とする 5,000kL/年の実証プラントを建設しており、2008 年中に稼働を予定している。

英国では、2008 年 6 月に INEOS 社が埋立地ごみを合成ガス化しバクテリアにより発酵させてバイオエタノールを製造する技術を 2 年以内に商業化すると発表した。同社によると、埋立地ごみ 1t からエタノール 400L が生産可能とされている。

③ その他の国・地域の動向

○ ブラジル

ブラジルでは、サトウキビの搾汁によって発生するバガス为原料とするセルロース系エタノール生産技術の商業化に向けて、エタノール生産事業者等が自主的に技術開発を行っている^{3,4}。

国営石油会社である Petrobras は、2004 年から同社の研究機関の Cenpes でセルロース系エタノールの研究を実施しており、2007 年 10 月にはパイロットプラントが完成している。

2008 年に紙パルプ・セメント生産企業によって設立された Biocell 社では、約 2011 年までにパイロットプラントを稼働させる予定である。

大手エタノール製造事業者の Dedini 社は、2002 年よりバガス为原料とするパイロットプラントを稼働させており、2011 年までに商業生産プラントの稼働を計画している。

³ NEDO 海外レポート No.1007 (2007 年 9 月)

⁴ NEDO 海外レポート No.1023 (2008 年 6 月)

○ カナダ

カナダ Iogen 社では、麦わらを原料とするセルロース系バイオエタノール生産技術の商業化を進めている。同社のプロセスでは前処理された原料をセルラーゼによって酵素加水分解しており、従来の 1/100 程度のセルラーゼで処理を行っている⁵。

2008 年 3 月には、カナダ連邦政府の次世代バイオ燃料ファンドを獲得して年内にフルスケールの商業規模プラントの建設に着手すると発表している。

○ 中国

中国では、2008 年 3 月に国家発展改革委員会が公布した「再生可能エネルギー発展第 11 次五カ年計画」において、甘高粱（コウリヤンの一種）わら等の農業副産物を原料とするセルロース系バイオエタノールの試験生産を行い、これらを含めて 2010 年までに非穀物由来バイオエタノールの生産能力を年産 200 万 t（約 253 万 kL）とする目標を掲げている。

セルロース系バイオエタノールの商業生産に向けた取組としては、2006 年 7 月に、エタノール製造事業者の華潤酒精有限公司がカナダ Sunopta 社及びデンマーク Novozymes 社と提携してパイロット設備による実証を行うと発表しており、同年 10 月よりコーンストーバーや麦わらを原料として生産を行っている。2008 年 10 月には、米国ゼネラルモーターズが中国でセルロース系エタノールの開発と商用化に取り組む方針を表明している。

○ インド

インドでは、2008 年 7 月に国立化学研究所（NCL；**N**ational **C**hemical **L**aboratory）と科学産業研究会議（CSIR；**C**ouncil **S**cientific & **I**ndustrial **R**esearch）が、製糖企業の Codavai Sugar Mill Ltd.（GSML）へセルロース系バイオエタノールに係る技術移転を行うと発表した⁶。

GSML はサトウキビから砂糖及びエタノールを生産しており、既にカルナータカ州にある GSML の工場内に、バガスを原料とする 100 kg/バッチの実証プラントが導入されている。

⁵ バイオエタノール製造技術（2007 年 12 月、(社)アルコール協会 編）

⁶ インド国立化学研究所プレスリリース（2008 年 7 月 29 日）

(3) セルロース系バイオエタノール生産技術開発における我が国の位置づけ

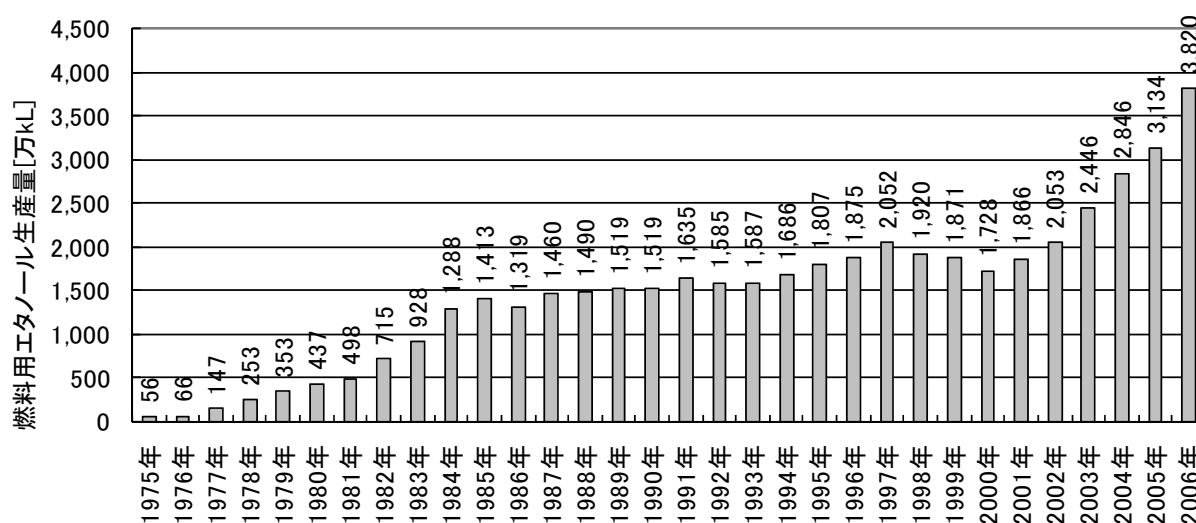
上記のように、セルロース系バイオエタノール生産技術については、2010年前後の実用化に向けて各国で積極的な技術開発や実証が進められているところであり、特に米国やEUでは、早期実用化と併行して、生産拡大に向けて中長期的な技術開発戦略に基づく要素技術やシステム統合化に係る技術開発への取組も行われている。

セルロース系バイオエタノールの商業化については、我が国では2007年1月から建設発生木材を原料とする商業プラントが稼働しており、国際的にみても早期実用化への取組が進められているものと考えられる。

3. 世界の普及状況について

地球温暖化対策等を目的として、諸外国においてもエコ燃料に関する取り組みが進められ、大きく情勢が変化していることから、世界のエタノール普及に関する取組状況について整理した。

世界全体の燃料用エタノール生産量は、2005年時点で年間約3,134万kLとなっており、2006年には約3,800万kLに達するものとみられている(図8)。生産量の推移を見ると2000年以降年々増加しており、過去5年間で約2倍以上の伸びを示している。

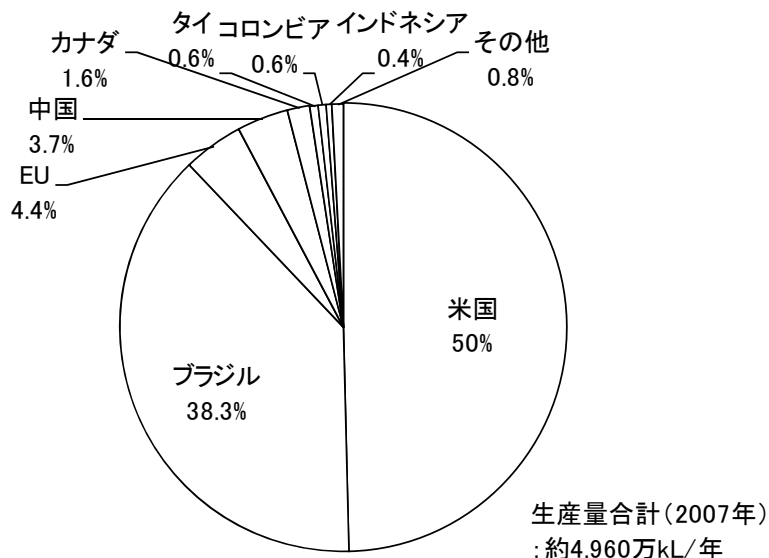


※ F.O.LICHT 社データに基づく、2006年生産量は暫定値

出所: VITAL SIGNS 2007-2008(ワールドウォッチ研究所)

図8 世界全体の燃料エタノール生産量の推移(1975~2006年)

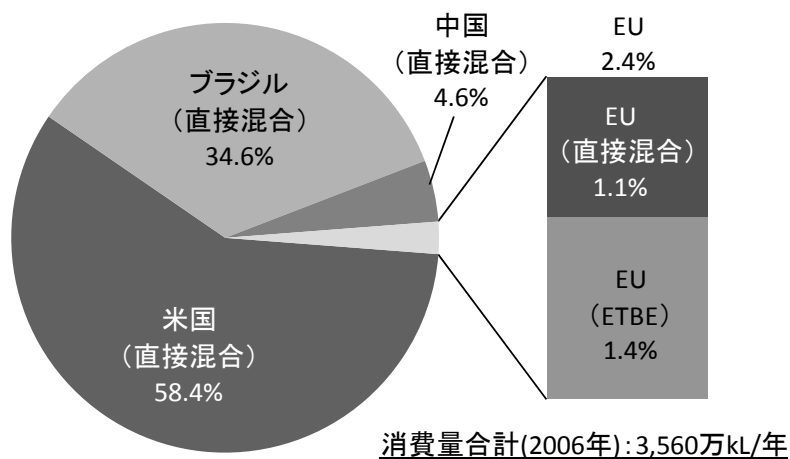
2007年の国別生産割合をみると、米国が全体の半分、次いでブラジルが4割弱を占めており、この2カ国で全体の約9割を占めている(図9)。EU圏全体で約4%、以下、中国、カナダ、タイの順となっている。



出所: ETHANOL INDUSTRY OUTLOOK 2008(米国再生可能燃料協会(RFA))

図9 燃料用エタノール生産量の国別比率(2007年)

主な燃料用エタノール消費国・地域におけるバイオエタノール消費量の割合を試算した結果を図10に示す。生産量と同様に、米国が最も多く全体の半分を占めており、次いでブラジルが約35%を占めており、この2カ国で全体の約9割を占めている。カナダ、タイは直接混合方式を採用しており、EUの一部の加盟国において実施されているETBE方式は全体の1%程度となっている。



※ 各国消費量の把握方法については、第7回エコ燃料利用推進会議配布資料を参照

図10 主な燃料用エタノール消費国・地域のバイオエタノール消費割合(2006年)

各国における自動車用燃料導入への主な取組状況を図11に、バイオエタノールへの取組状況を表9に示す。

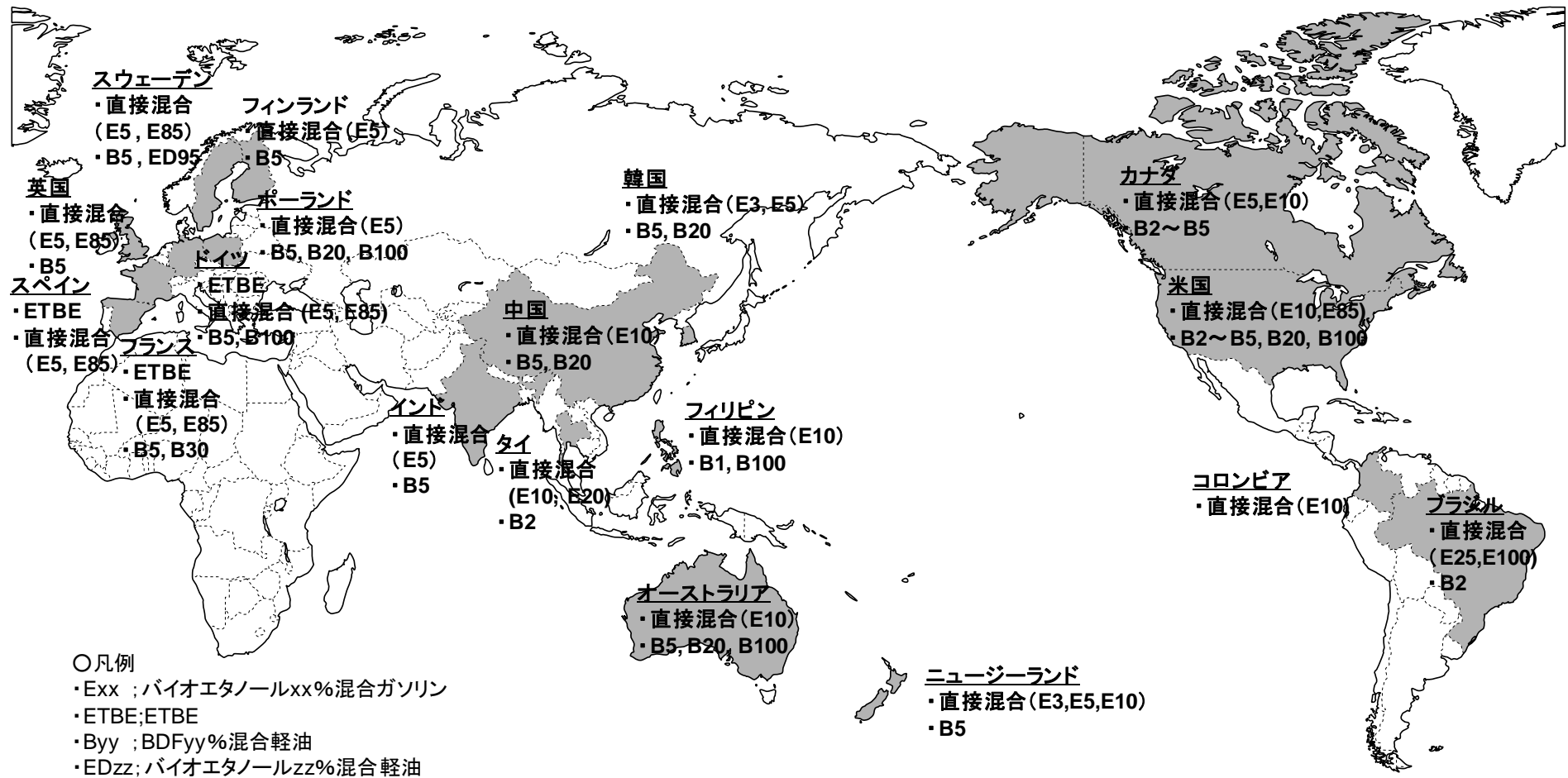


図 11 海外における主なバイオ燃料導入状況

表 9 各国におけるバイオエタノール導入への取組の一覧（1 / 3）

（2008年12月末時点）

地域	国	混合率	原料	導入目標／義務	車両対応	普及支援措置
北米	米国	・10% ・85%	トウモロコシ サトウキビ (輸入)	ガソリンに含まれるバイオ燃料を2006年に40億ガロン(約1,500万kL、ガソリン流通量の2.78%に相当)、2012年に70億ガロン(約2,800万kL)とする再生可能燃料基準(RFS)を義務化(2005年エネルギー政策法) RFSを2022年に360億ガロン(約1億3,600万kL)まで拡大し、うち210億ガロン(7,900万kL)をトウモロコシ以外の原料由来のバイオ燃料とする2007年エネルギー独立・安全保障法が2007年12月に成立 ・E15・E20の導入の検討を開始	・ガソリン車は全てE10対応車 ・0～85%までの任意の濃度で利用できるフレキシブル燃料自動車(FFV)も普及しつつある	・混合ガソリンに対する課税軽減措置 ・小規模エタノール製造事業に対する補助及び融資事業 ・E10の蒸気圧規格上限値を緩和
	カナダ	・5～10% ・85%	トウモロコシ 小麦	2010年までにガソリンへのエタノール5%混合義務化を検討中	・ガソリン車は全てE10対応車 ・フレキシブル燃料自動車(FFV)が普及	・混合ガソリンに対する課税軽減措置 ・エタノール製造施設への投資プログラム ・次世代バイオ燃料生産事業への出資
中南米	ブラジル	・20～25% ・100%	サトウキビ	ガソリンへのエタノール20～25%混合を義務づけ	・ガソリン車は全てE25対応車 ・エタノール専用車とフレキシブル燃料自動車(FFV)が普及	・専用車・フレキシブル車に対する連邦工業税・地方税の軽減措置
	コロンビア	・10%	サトウキビ	燃料エタノール法(2001年成立)に基づき、2005年から人口50万人以上の都市でエタノール10%混合を義務化	—	・エタノールについては燃料税を免除
欧州	EU	—	—	輸送用燃料におけるバイオ燃料の比率の目標を2005年末時点で2%、2010年末時点で5.75%(EUバイオ燃料指令(2003年発令)) 2008年12月に再生可能資源由来エネルギーの利用促進に関する欧州議会及び欧州理事会指令が成立、輸送用燃料の2020年の義務的目標として最低10%のバイオ燃料等再生可能資源由来燃料の導入とバイオ燃料の持続性基準を導入	—	・エネルギー作物(エタノール原料作物)栽培に対する補助

表 9 各国におけるバイオエタノール導入への取組の一覧 (2 / 3)

(2008年12月末時点)

地域	国	混合率	原料	導入目標／義務	車両対応	普及支援措置
欧州 (続き)	ドイツ	・5% (エタノール 又は ETBE) ・85%	ライ麦 小麦	2006 年に 6.3%バイオ燃料導入(EU 指令に基づく 国の目標、2010 年 5.75%) バイオ燃料割当法に基づき 2007 年からバイオ燃料 供給義務を実施(最低混合率;2010 年 6.25%、 2015 年 8%)	・フレキシブル燃料自動車 (FFV)の導入を開始	・混合ガソリンに対する課税軽減措置 ・原料作物栽培に対する補助
	スウェーデン	・5% ・10% ・85% ・95% (軽油代替)	小麦 余剰ワイン サトウキビ (輸入)	2006 年に 3.1%バイオ燃料導入(EU 指令に基づく 国の目標:2005 年 3%、2010 年 5.75%)	・フレキシブル燃料自動車 (FFV)が普及 ・ディーゼル混合燃料(ED95) 対応車を一部で導入(バス等)	・混合ガソリンに対する課税軽減措置 ・原料作物栽培に対する補助
	スペイン	・3~7% (ETBE) ・5% ・85%	小麦 大麦	2006 年に 0.53%バイオ燃料導入(EU 指令に基づく 国の目標:2010 年 5.75%) 2009 年よりバイオ燃料供給義務を導入、2009 年 3.4%、2010 年 5.8%の最低利用率を設定	・フレキシブル燃料自動車 (FFV)の導入を開始	・混合ガソリンに対する課税軽減措置 ・ETBE 製造事業者に対する免税措置 ・原料作物栽培に対する補助
	フランス	・6~7% (ETBE) ・5% ・85%	テンサイ 小麦	2005 年に 1.8%バイオ燃料導入(EU 指令に基づく 国の目標:2010 年 7%) 2005 年 1 月より燃料供給者にバイオ燃料供給を義 務付け(2%達成に代えて税の上乗せ納付も可)	・フレキシブル燃料自動車 (FFV)の導入を開始	・混合ガソリンに対する課税軽減措置 ・原料作物栽培に対する補助
	英国	・5%	トウモロコシ 小麦 サトウキビ (輸入)	2006 年に 0.45%バイオ燃料導入(EU 指令に基づく 国の目標:2005 年 0.19%) 2008 年 4 月に段階的に混合率を高めて(2010 年に 5%)導入を義務化する制度(RTFO)を開始	—	・混合ガソリンに対する課税軽減措置 ・原料作物栽培に対する補助
	フィンランド	・5%	サトウキビ (輸入) 食品廃棄物	2006 年末時点で 0.02%バイオ燃料導入(EU 指令 に基づく国の目標:2010 年 5.75%) 2008 年 1 月よりバイオ燃料供給を義務化(2008 年 に 2%)	—	・混合ガソリンに対する課税軽減措置 ・原料作物栽培に対する補助

表 9 各国におけるバイオエタノール導入への取組の一覧（3 / 3）

（2008年12月末時点）

地域	国	混合率	原料	導入目標／義務	車両対応	普及支援措置
アジア	インド	・5%	サトウキビ	2012年までに全面5%混合、2017年までに全面10%混合を目標とする国家バイオ燃料政策を検討中	—	・混合ガソリンに対する課税軽減措置
	中国	・10%	トウモロコシ 小麦 ソルガム キャッサバ	車両用エタノールガソリン拡大試験計画(2004年)に基づき、E10導入を9省まで拡大(2006年末)	—	・エタノール生産事業者に対する消費税免除措置 ・原料作物に対する補助 ・エタノールに対する間接税の還付措置
	韓国	・3% ・5%	米 キャッサバ	2007年11月よりE3(南部地方)及びE5(北部地方)の試験販売を開始	—	—
	タイ	・10% ・20% ・85%	キャッサバ サトウキビ	2008年1月よりE20の供給開始 2008年中にE85の導入を予定	・E20対応車両の導入を開始 ・FFVの導入を開始	・エタノールに対する物品税免除 ・新規参入者への法人税免除 ・E20・E85車両に対する物品税軽減
	フィリピン	・10%	サトウキビ	2006年バイオ燃料法が成立、2年以内のガソリンへのエタノール混合5%を義務化、4年以内に10%以上へ引き上げの予定	・1995年以降の市販車はE10対応車	・エタノールに対する燃料税の免除 ・原料作物に対する間接税の免除
	インドネシア	・10%	サトウキビ	2025年の一次エネルギー消費量の5%以上のバイオ燃料導入(国家エネルギー計画における目標)	—	
オセアニア	オーストラリア	・10%	サトウキビ	2010年までに35万kLのバイオ燃料導入(連邦政府の目標)	・ガソリン車は全てE10対応車	・エタノール生産に対する補助
	ニュージーランド	・3% ・5% ・10%	乳製品 (副生成物の乳糖)	2012年までに2PJ(原油換算約5万kL)のバイオ燃料導入(政府目標) 2008年7月から段階的に販売量の一定割合の導入を義務化(2012年には2.25%)するバイオ燃料販売義務を実施	—	・2008年からのエタノールに対する燃料税免除 ・エタノール混合ガソリンの蒸気圧規格上限値を緩和