

バイオエタノールをめぐる情勢

川端 秀雄

新日本石油株式会社 研究開発企画部
105 港区西新橋1-3-12

The situation around bioethanol

Hideo KAWABATA

Nippon Oil Corporation

3-12, Nishi Shimbashi, 1-chome, Minato-ku, Tokyo 105-8412

As the countermeasures against global warming and energy security, numerous actions for introducing biofuels are being taken in various countries in the world. Among biofuels, bioethanol as a gasoline substitution is now attracting lots of attentions, and has been already introduced on a large scale in U.S.A. and Brazil. However, problems like a linkage of the price of farm products such as corn and sugar with oil prices have become apparent. Ethanol production technology from cellulose is drawing attentions as a method which do not compete with food, and it is expected to be the key for future resource acquisition and stable energy supply.

Key words: biofuel, bioethanol, cellulose

1. はじめに

地球温暖化対策およびエネルギーセキュリティーの観点から、バイオ燃料に対する取組が世界各国においてなされている。最近その中でも、特にガソリン代替としてのバイオエタノールが注目され、我国においてもバイオガソリンの試験販売が開始されるなど、その導入が進められようとしている。一方、農作物の価格が石油価格と連動するなどの問題点が顕在化しつつ有り、食料と競合しない資源としてセルロースからのバイオエタノール製造技術が重要視されている。本稿では、バイオ燃料の中でも特にバイオエタノールをめぐる国内、海外の情勢についてまとめた。

2. 自動車燃料におけるバイオ燃料の意義

2.1 バイオ燃料の位置付け

自動車用燃料は「供給安定性 (Energy Security)」、「環境適合性 (Environmental Protection)」、および「経

済性 (Economic Efficiency) 」のいわゆる 3E を満足することが求められる。(図1) これまで自動車用燃料は、石油資源を原料とすることで供給安定性と経済性を満足させ、自動車の排ガス洗浄システムの能力向上と燃料の低硫黄化をはじめとする品質改良をはかることにより環境適合性に対応してきた。2005年にガソリン、軽油のサルファーフリー化 (石油業界自主対応) を実施した

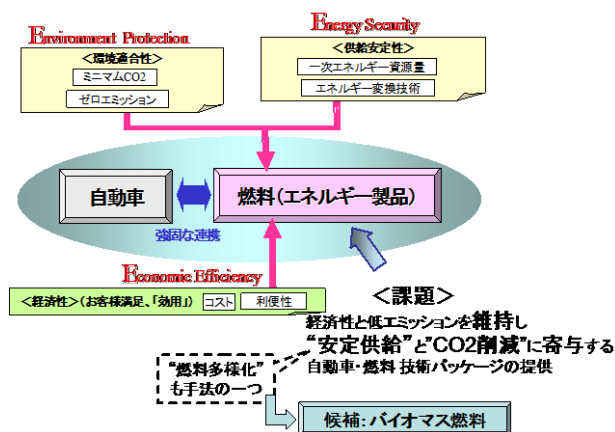


図1 自動車燃料の課題とバイオ燃料

ことで、2015年時点の自動車由来の排ガスは大幅に低減されると予想されている[1]。(図2) 原油高騰と地球温暖化問題を背景に、今後取り組むべき課題は供給安定性の確保と二酸化炭素削減への寄与にシフトしており、燃料多様化の一つの手段としてバイオ燃料が位置づけられている。

現在、バイオ燃料の定義に合致するものとしては、砂糖キビなどの植物由来の糖、トウモロコシなどから得られる澱粉などを原料に酒類と同様な発酵工程により製造されるバイオエタノールとパーム油、ナタネ油などの植物油を原料とし、水素化、エステル化などの工程を経て、軽質化・安定化したバイオディーゼルが挙げられる。最近では、とりわけガソリン代替となるバイオエタノールの製造技術開発に注目が集まっており、糖・澱粉以外に、セルロース資源からエタノールを製造する研究開発が進められ、食料と競合しない資源として期待されている。

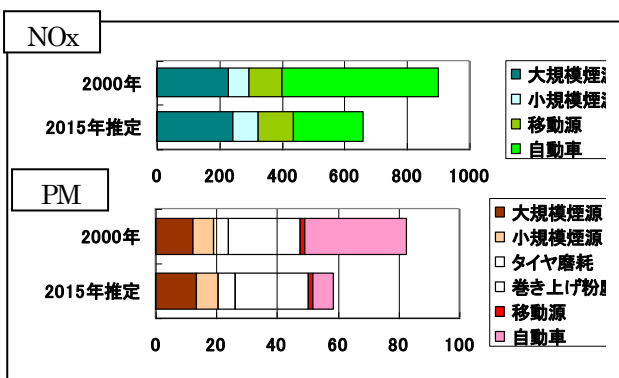


図2 関東圏のNOx・PM法地域総量予測 (単位: トン/日)

2.2 カーボンニュートラル性

人類が利用するエネルギーは、化石資源に大きく依存している。化石資源は、太古の地球において、二酸化炭素を固定化した微生物、植物などが堆積して温度、圧力、時間を掛けて作り出されたバイオ燃料と言えなくはないが、産業革命以降の短いスパンの中で見ると、二酸化炭素を排出するだけの資源と考えざるを得ない。二酸化炭素を排出しないエネルギー源としては、原子力発電、太陽光発電、風力発電などが挙げられるが、特に電気エネルギーにおける重要な位置を占める原子力発電所は、環境影響などの観点で、その立地も含め新たなエネルギー源として開発を進めることは困難な状況となっている。また、太陽光発電、風力発電についても、国内各所において実施されているが、世界第2位の経済大国であ

る日本のエネルギーを支えるためには、更なる普及の推進が必要となっている。

燃料は燃えると、二酸化炭素を発生する。このこと自体は、ガソリンのような化石資源から作られる燃料も、バイオ燃料も全く変わらない。しかし、植物から作られるバイオ燃料は、その原料となる植物が、空気中の二酸化炭素を光合成により同化したものであるため、原理的には地球温暖化に関与する排出量はゼロとカウントされる(カーボンニュートラル性)。(図3) しかしながら、厳密に考えれば、バイオ燃料を製造する際にも、化石資源由来のエネルギーを利用する必要性があり、例えば、農作物の収穫、運搬にも化石燃料から作られた燃料は必須であるため、ライフサイクル全体に亘る評価が必要であることは、言うまでもない。

バイオエタノールのWTW (Well to Wheel : 井戸元から車輪まで) の計算例をみても、原料の種類によって二

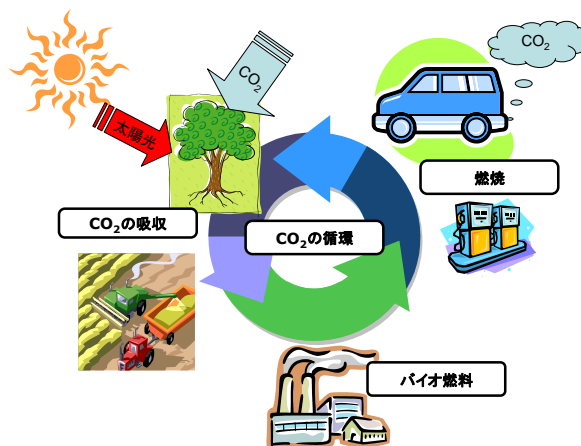


図3 二酸化炭素の循環

エタノール対ガソリン

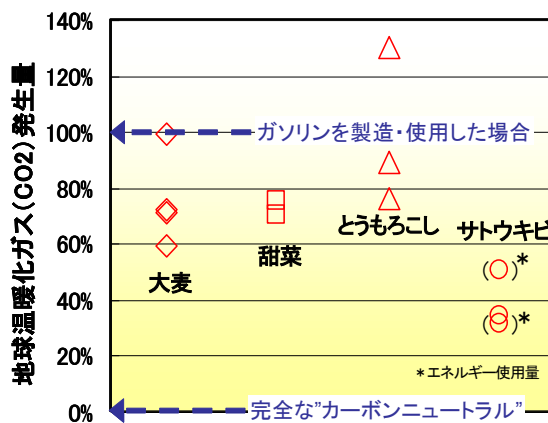


図4 原料バイオマスによる二酸化炭素発生量の例[2]

酸化炭素削減効果がかなり異なっている。(図4) トウモロコシの例では、作付け、収穫、エタノール製造までの工程で投入するエネルギーが多いと、ガソリンをそのまま利用した場合よりも、かえって二酸化炭素発生量が多くなるという計算例もあるほどである。

以降、本稿では、バイオ燃料の中でも特にバイオエタノールの情勢を主として解説する

2.3 世界のエネルギー事情

近年、エネルギー資源の大半を中東の原油に頼ることの危機感が世界レベルで高まっている。特に、中国をはじめとするアジア地域の新興国が急速な発展と共に、原油需要が極めて旺盛になったこと、OECD各国の供給力の低下、更には不安定な中東情勢を背景にした供給不安が引き金となって、原油価格は20 \$ /Bblから70 \$ /Bblへと大幅に急騰し、将来においても高止まりのまま推移するものと予想されている。

このような情勢の下、現状バイオエタノールの原料であるブラジル産砂糖キビから生産される糖蜜の価格が、2006年前半には2003年の約3倍に、アメリカにおけるエタノールの主要原料であるトウモロコシの価格がこの1年で約2倍になるなど、燃料問題から食料問題へと飛び火し、砂糖・エタノール価格がエネルギー価格と連動する様相を呈してきている。(図5)

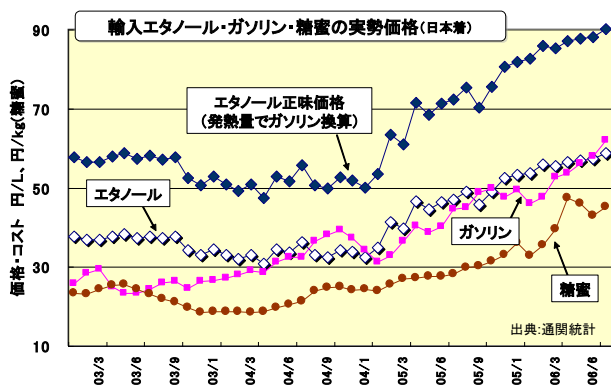


図5 輸入エタノールの価格動向

3. 海外および日本の動き

3.1 アメリカ

世界の国々の中で、バイオ燃料に対し積極的な取り組みをしているのは、アメリカである。アメリカは世界一のトウモロコシ生産量を誇り、世界の約40%を生産する農業大国である。中東依存度の低減が課題とされている

こともあり、バイオエタノールの推進は、農業振興とエネルギー安全保障の両方を実現する一石二鳥の政策といえる。アメリカのエタノール生産量は2006年には50億ガロン(1,900万kl)に達し、2005年比約28%の伸びを見せている。

アメリカにおける燃料用エタノールの歴史は、非常に古くT型フォードまで遡る。当時フォードは、1919年製T型フォードの燃料をエタノールと考えていたが、酒類に対する高い税率の問題から断念せざるを得なかった。1920年代には、スタンダード・オイルはガソリンにエタノール25%を混合して販売を始めたが、コーン価格の問題から中止となった。その後、1930年代にコーンから製造した「ガソホル」と呼ばれるエタノールを販売するスタンドが2000箇所以上できたが、1940年代になって石油価格が下落すると共に、販売から撤退していった。その後、燃料用エタノールが再び注目されるのは1973年の第4次中東戦争、1978年後半から1979年にかけてのイラン革命に端を発したいわゆる第1次、第2次オイルショックが起こったことによる。このオイルショックにより、エネルギーの安全保障の問題の観点から、代替エネルギーとしてエタノールが位置づけられるようになったといえるだろう。

さらに、2005年8月に制定されたエネルギー政策法においては、2012年までに75億ガロン(約2,900万kl)の再生可能燃料を導入することを求めており、特に廃棄物やセルロース系バイオマス由来エタノールを1ガロン生産するごとに2.5ガロンのクレジットを認め、食料と競合しない資源からのエタノール製造を奨励している。また、ブッシュ大統領が2007年1月に行った一般教書演説の中でガソリン消費を20%削減するという「Twenty in Ten」イニシアチブを新たに提案し、これを達成するための手段として、2017年までに年間350億ガロン(約1.3億kl)の再生可能燃料および代替燃料使用を義務付ける燃料基準を設定するとしている[3]。

3.2 ブラジル

アメリカに対し世界の燃料用エタノールのもう一方の雄がブラジルである。ブラジルもアメリカ同様、世界一の砂糖キビ生産量を誇る農業大国であり、今後ブラジル国内のエネルギー需要が大幅に伸びると予想されていることから、バイオエタノールの推進はエネルギー安全保障の点から重要な政策と位置づけられている。2006年の生産量は1,650万klにのぼり、アメリカに抜かれはし

たが世界第2位の生産量を有している。

ブラジルにおける燃料用エタノールの歴史も古く、1931年には早くもガソリンへの5%のエタノールの混合が義務付けられている。1973年の第一次オイルショックにおいては、ブラジルの石油輸入依存度は高く経済に与える影響が甚大であったため、1975年には早くも燃料用エタノールの普及拡大のための政策が開始されている。2003年になると、エタノールとガソリンをどのような比率で混合しても走行可能なフレックス車 (Flexible Fuel Vehicle: FFV) が登場し、消費者はガソリンとエタノールの価格の動向を見て、自由に混合比を変えることができる自由度を持ったことから、一層エタノール燃料の普及が進むきっかけになった。現状ブラジルのガソリン消費量4000万klの約30%をエタノールで充当しているが、2020年に向けて輸送用燃料需要が倍増することが予想され、更なるエタノール生産量の拡大を図っている。

3.3 欧州

欧州は、フランス、ドイツなどの多くの農業国を域内に持つことから、農業振興の点からの取り組みと言えるが、二酸化炭素削減について強い問題意識を持っていることから、地球環境への貢献という位置付けも重要視している。また、域内ではディーゼル車が主体となることから、バイオ燃料の中でもバイオディーゼルが検討の主体となっている点で、アメリカ、ブラジルとは大きく異なっている。

欧州委員会では、バイオディーゼルを含むバイオ燃料の導入目標を、2005年に2%、2010年に5.75%と設定しているが、この目標値自体が義務的なものではなかったこともあり、EU全体の平均値は1%に止まっている。このような現状を踏まえると2010年目標の達成は困難であり、義務化を含めた基準を設定するための検討を進めている[4]。

3.4 日本

我国のバイオ燃料の技術開発の歴史は、1937年の発酵法によるバイオブタノールからの航空機燃料用イソオクタン製造の研究に遡る。1944年には、東南アジアの砂糖を原料とした2万kl/年のバイオブタノールプラントの設置にまで至るが、戦禍が激しくなるにつれ砂糖の供給が絶たれたことから、その製造は中止になった。その後、1970年代の第1次、第2次オイルショックによる原油価格の高騰を受け、バイオ燃料の研究開発が数多く行われてはきたが、原油価格の沈静化と共にそのドライビングフ

ォースが失われてしまい、約10年間にわたる研究開発の断絶が生じてしまった [5]。再びバイオ燃料の研究開発に対する機運が盛り上がったのは、京都議定書の批准以降のことであり、研究開発の連続性が途切れてしまったことから、欧米に対し少なくとも5年以上の遅れをとってしまったことは否定できない。

2005年の京都議定書の発効を受けて、京都議定書目標達成計画が閣議決定され、目標達成のための対策・施策が打ち出されている。この中で、2010年には原油換算50万kLのバイオ燃料を輸送用燃料に導入することを数値目標とし、この内21万kL相当分のバイオ燃料導入を石油業界に要請している。また、バイオマスの総合的な利活用を目的として、農林水産省、経済産業省、文部科学省、国土交通省、環境省が連携して策定したバイオマス・ニッポン総合戦略が、京都議定書の発効を受け2006年に改定され、特に輸送用燃料に関する積極的な導入を誘導することが盛り込まれている[6]。

また、2006年5月に新・国家エネルギー戦略が策定され、国民に信頼されるエネルギー安全保障の確立、エネルギー問題と環境問題の一体的解決による持続可能な成長基盤の確立、アジア・世界のエネルギー問題克服への積極的貢献の3つの目標が掲げられ、2030年度に運輸部門の石油依存度80%程度とする、石油自主開発比率40%程度にするなどの具体的な数値目標が示されている。この中で石油依存度低減のための方策として、燃費改善、バイオマス由来燃料やGTL等新燃料の導入促進、電気自動車・燃料電池車等の開発・普及促進の三つの柱が挙げられ、バイオマス由来燃料がエネルギー戦略の重要な一部と位置づけられている[7]。(図6)

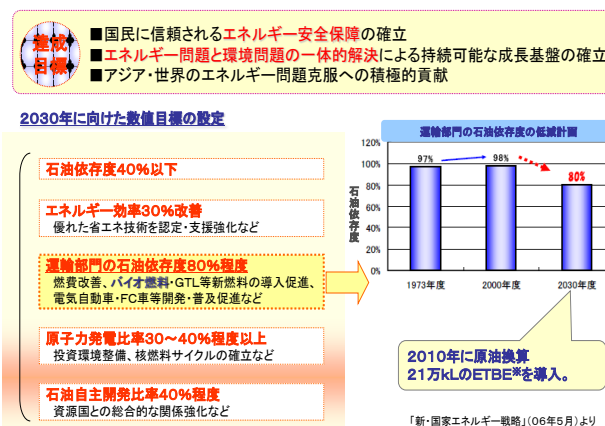


図6 新・国家エネルギー戦略

一方、石油業界としては、これらの日本政府の要請に応えるため、2007年4月にバイオガソリンの試験販売を開始した。バイオガソリンとは、バイオマス由来のバイオエタノールと石油系ガスの一種であるイソブテンを合成したバイオETBEを配合したものであり、2010年の本格導入に向けて、2007年度は首都圏50箇所での試験販売、2008年度から2009年度にかけて、100から1000箇所と順次導入を拡大してゆく計画である[8] (図7)。

バイオエタノール製造に関しては、全国で6箇所において原料作物の生産、エタノール製造、E3ガソリンの実証試験を実施しているが、その生産量は2005年末の時点で30kLと極めて少ない量に止まっている。これら現状の小規模な地産地消(地域で生産し地域で消費すること)は国産バイオマスの有効活用の観点では非常に意義のある事業であるが、その規模、供給安定性、コストなどの点において、真のエネルギーという意味で不十分と言わざるを得ない。

また、2007年2月に纏められたバイオマス・ニッポン総合戦略推進会議「国産バイオ燃料の大幅な生産拡大」によれば、国内の休耕地におけるエタノール用穀物の栽培、間伐材、稲わらなどの未利用資源の有効活用により、2030年頃には600万kLのエタノール生産が可能としている[9]。この量は、我国のガソリン消費量6000万klの10%に相当し、米の全生産量840万トンからエタノールを製造したとしても高々280万kl程度であることから、相当なインパクトのある数値である。この目標を達成するためには、薄く広く存在するバイオマス資源の収集運搬、製造コスト、製造技術の面で大きなハードルがあるもの

と考えられる。

4. バイオマス資源に対して考慮すべき問題

バイオマス資源をどこに求めるかについては、環境問題にも絡んで大きな議論となっている。最近の例では、パーム農園開発による環境破壊がクローズアップされている。パーム油の主な原産国はマレーシア、インドネシアであり、この2カ国で全世界の生産量の約85%を占め、パーム農園開発の過程で熱帯雨林を切り開いて、大規模なプランテーションを行ってきた。このことが環境NGOなどの強い批判に曝されてきたものである。これらの批判に対応するため、持続可能なパーム油開発のための基準が策定され、環境に対し透明性の高い開発を行う動きが出てきている。

現状、エタノール生産のためのバイオマス資源について環境問題は大きくクローズアップされてはいないが、食料との競合という観点では大きな問題が内在している。トウモロコシ、砂糖キビはいずれも食料であり、原油価格と連動して値段が動くことに非常に危機感を感じる声が大きくなってきている。今後、我国においてもエタノール生産のための資源を確保する必要があるが、食料との競合を避けることが大前提となる。その点から、セルロースを資源とするエタノール製造は最も好ましいものと言える。しかしながら、我国のエネルギー消費をまかなうためには、大量、安価かつ安定的に製造することが必要であり、エネルギーの安定供給という観点に立つと、セルロース系エネルギー作物の目的生産が必須と考えられる。ここでいうエネルギー作物とは、エネルギー生産を目的として栽培される草本系や木質系植物を指し、例えばバイブリッド種のススキ、ユーカリなどが挙げられる。これらのセルロース系エネルギー作物を大規模にプランテーションすることになるが、このとき重要になるのは、耕作可能な土地をエネルギー目的のプランテーションに転用すると、間接的には食料と競合してしまうということである。したがって、大規模な開発は、従来耕作が適さない土地、例えば羊などに根こそぎ食い荒らされ砂漠化してしまったような過放牧を原因とする耕作不適地が候補として挙げら

2010年度バイオガソリン本格導入に向けて2007年4月から試験販売開始。

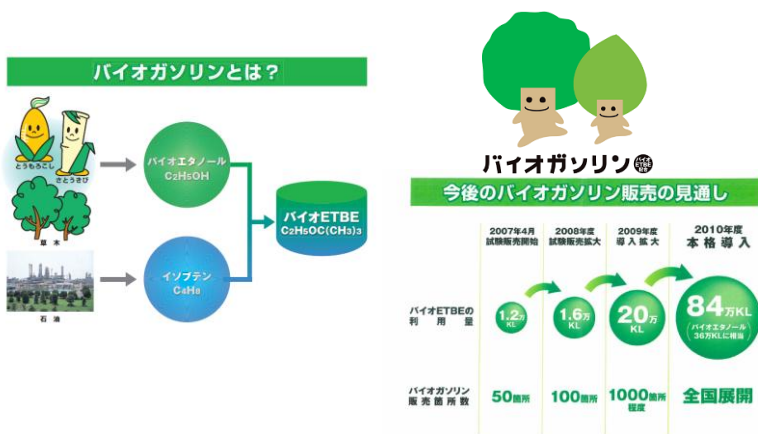


図7 石油業界のバイオ燃料導入シナリオ

れるだろう。また、このような土地に育つ収穫量の多い植物開発も重要な課題となってくる。

5. 今後の我国のバイオエタノール研究開発

前述したように、我国のバイオエタノール技術開発は欧米に対し遅れをとっている。アメリカにおいては、エネルギー省が2006年6月に *Breaking the Biological Barriers to Cellulosic Ethanol* と題した詳細な研究ロードマップを示し、セルロースからのエタノール製造の技術開発を総合的に行いつつある[10]。また、2007年1月には、450億円を投じてバイオ燃料研究のための3つの研究所を新設し、基礎研究を加速させることが発表されている。我国においても、研究者の総力を挙げて取り組むべき大きな研究開発課題であり、早急にアメリカに追いつき追いつくべく研究開発体制の整備が求められている。

セルロースからのエタノールの製造には、多くの工程を経る必要があり、それぞれにおいて困難な課題がある(図8)。これまで我が国においても、個々の要素技術開発は数多く行われてきたが、それらを束ねて総合的に推進してゆく体制が欠けていた。また、それぞれの工程を繋いで全体の最適化を図る研究もなされていなかったことから、部分最適な技術が必ずしも全体の中で最適化されていなかったことも問題であった。

エネルギーとしての観点で大量かつ安価にエタノールを生産できる技術開発が重要であるという点で、産業競争力懇談会から2007年3月に、バイオ燃料プロジェクト報告書「年産100万kL、40円/Lを目指して」が発表され、産業界からの提言としてバイオエタノールを取り上げている。2015年にエタノールを40円/L以下のコストで、年間100万kLの生産を可能とする技術を環境と地域社会に配慮して開発することを目標としており、それを達成するためにセルロース系エネルギー作物から高効率のエタノール生産までの技術開発を一貫して行う、各省庁および産学横断的な組織を構築することを提言している[11]。

さらに、新・国家エネルギー戦略の具体的な進め方について、次世代自動車・燃料イニシアチブが2007年5月

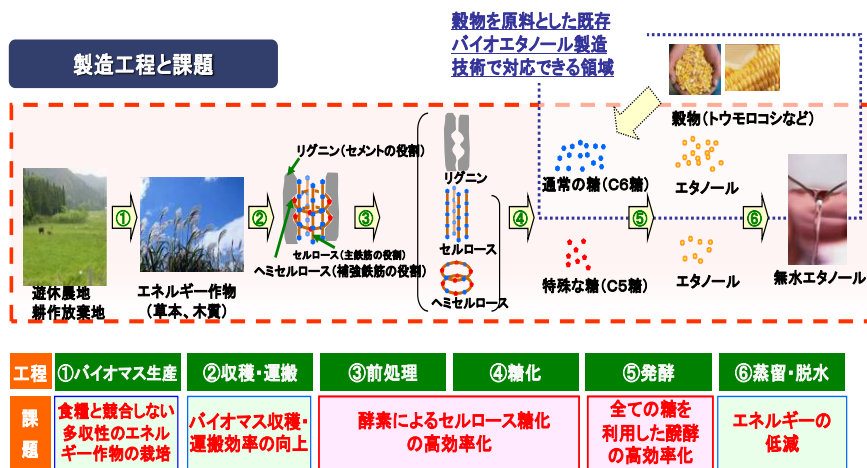


図8 セルロースからのエタノール製造工程と課題

にとりまとめられ、その中で産学官が連携してセルロースからの次世代エタノール製造技術開発を加速させるため、バイオ燃料技術革新計画を策定、実行する協議会設置の計画が打ち出されている[12]。(図9)このような研究開発体制の構築により、これまでの研究開発の問題点が解消され、オールジャパン体制での一貫した研究開発が進展してゆくものと期待される。

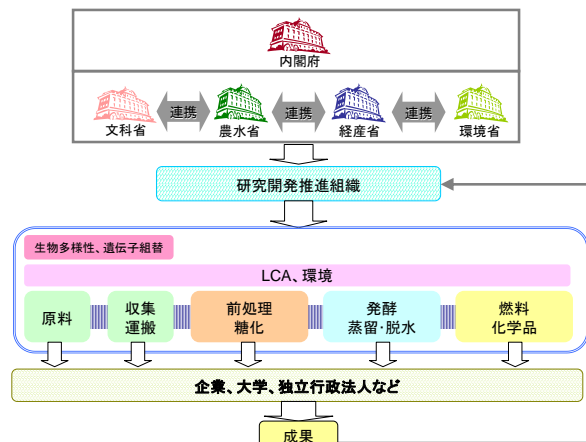


図9 産業競争力懇談会バイオ燃料プロジェクトの提言

6. おわりに

地球温暖化対策とエネルギーセキュリティーに資するため、バイオ燃料に対する取り組みは、今後ますます重要となってくる。我国においては、これまで個々に進められてきた研究開発を総括し、食料と競合しないバイオマス生産からバイオエタノール製造までの一貫した開発をオールジャパン体制で進めてゆくことが、欧米に負けない国産技術開発のために必要不可欠であると考えられる。

参考文献

1. 第四回JCAP成果報告会 (2006年6月)
http://pec.or.jp/japanese/jcap/jcap2/index_jcap2.html
2. CONCAWE, April 2002, “energy and greenhouse gas balance of bio fuels for Europe - an update” . Gover(1996), Levy(1993), Marland(1991), Richards(2000), EU(1994), Pimentel(1996), Macedo(2004), Yokoyama(1998).
3. 一般教書演説 (2007年1月)
<http://www.whitehouse.gov/news/releases/2007/01/20070123-2.html>
4. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT—Biofuels Progress Report
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2006/com2006_0845en01.pdf
5. エヌ・ティー・エス刊「バイオ液体燃料」
6. バイオマス・ニッポン総合戦略
http://www.maff.go.jp/biomass/pdf/h18_senryaku.pdf
7. 新・国家エネルギー戦略
<http://www.meti.go.jp/press/20060531004/senryaku-houkokusho-set.pdf>
8. 石油連盟：バイオガソリンについて
<http://www.paj.gr.jp/eco/biogasoline/index.html>
9. バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議「国産バイオ燃料の大幅な生産拡大」
http://www.maff.go.jp/www/press/2007/20070227press_1b.pdf
10. 米国エネルギー省「Breaking the Biological Barriers to Cellulosic Ethanol」
<http://genomicsgtl.energy.gov/biofuels/b2bworkshop.shtml>
11. 産業競争力懇談会「バイオ燃料プロジェクト」
<http://cocon.jp/common/pdf/6baionenryo.pdf>
12. 「次世代自動車・燃料イニシアチブ」とりまとめ
<http://www.meti.go.jp/press/20070528001/20070528001.html>