

研究指導 石光 真 教授

望ましいバイオエタノールとは何か

鈴木 志織

1、研究動機・目的

高校の地理の時間にバイオエタノールについて学び、将来のエネルギー戦略として期待できると考えていた。しかし、バイオエタノール生産に伴ういくつかの問題点に気づき、バイオエタノール生産の方法を研究・比較し、望ましいエネルギー戦略を提案したいと思った。

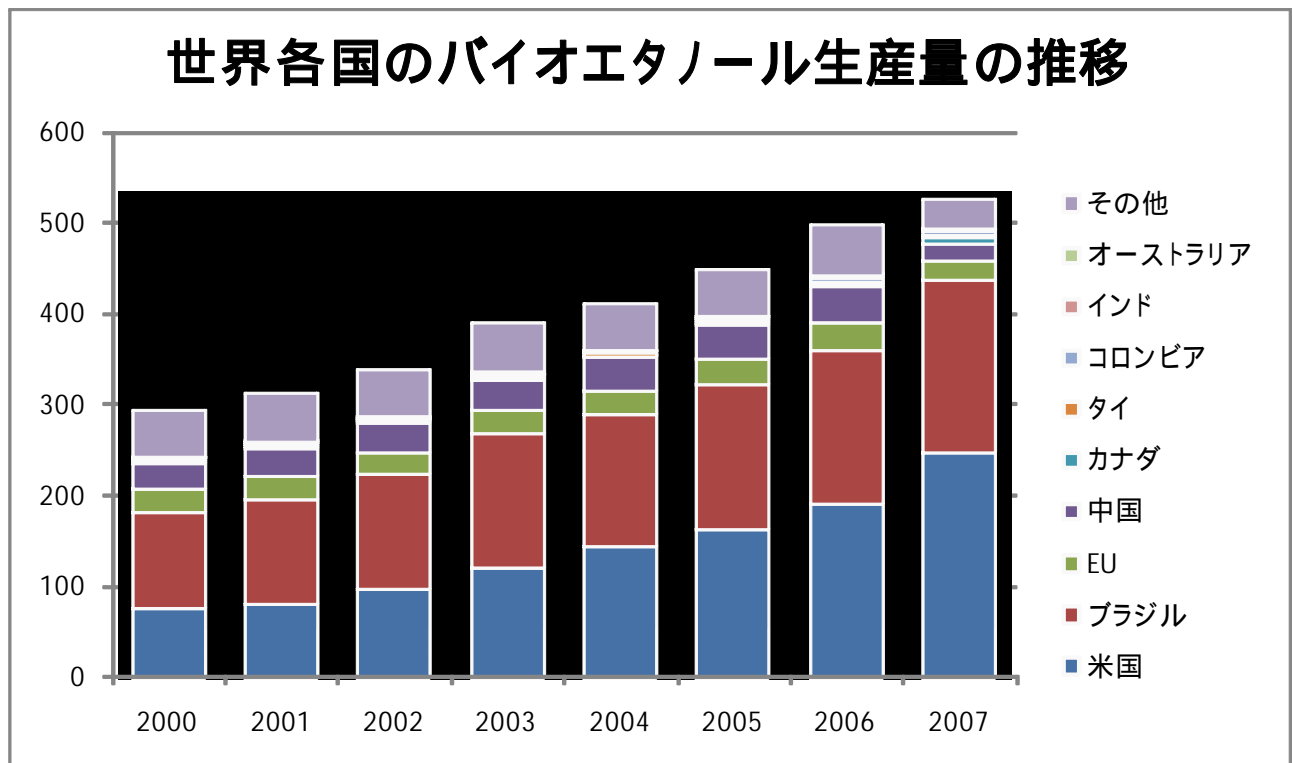
2、バイオエタノールの現状

2.1 バイオエタノールとは

バイオエタノールは、サトウキビ、とうもろこし、廃木材などのバイオマス資源を発酵させ、蒸留して作られる植物性のエチルアルコールである。太陽電池や風力発電などとともに、化石燃料を代替するエネルギーである。ガソリンに混合することができ、主に自動車の燃料として使われている¹。

バイオエタノールは 1970 年代のオイルショック後に注目されるようになり、1980 年代から生産が拡大した。図表1は世界のバイオエタノール生産量の推移を表したグラフである。

図表 1



(単位: 億リットル, 出所: 農業情報研究所 <http://www.juno.dti.ne.jp/~tkitaba/index.html>)

¹ 日本では 3%、ブラジルでは 20~25% など国ごとに混合してよいバイオエタノールの量が法律で決まっている。

図表1より、世界の生産量は、バイオエタノール原料であるサトウキビの生産大国であるブラジルと、同じくトウモロコシの生産大国であるアメリカ合衆国の占める割合が多く、2007年では、アメリカとブラジルの2国で世界の生産量のおよそ8割を占めている。

2-2 バイオエタノール生産の目的

バイオエタノール生産の目的は

- ・「地球温暖化対策」
- ・「化石燃料の代替エネルギー」

とされている。

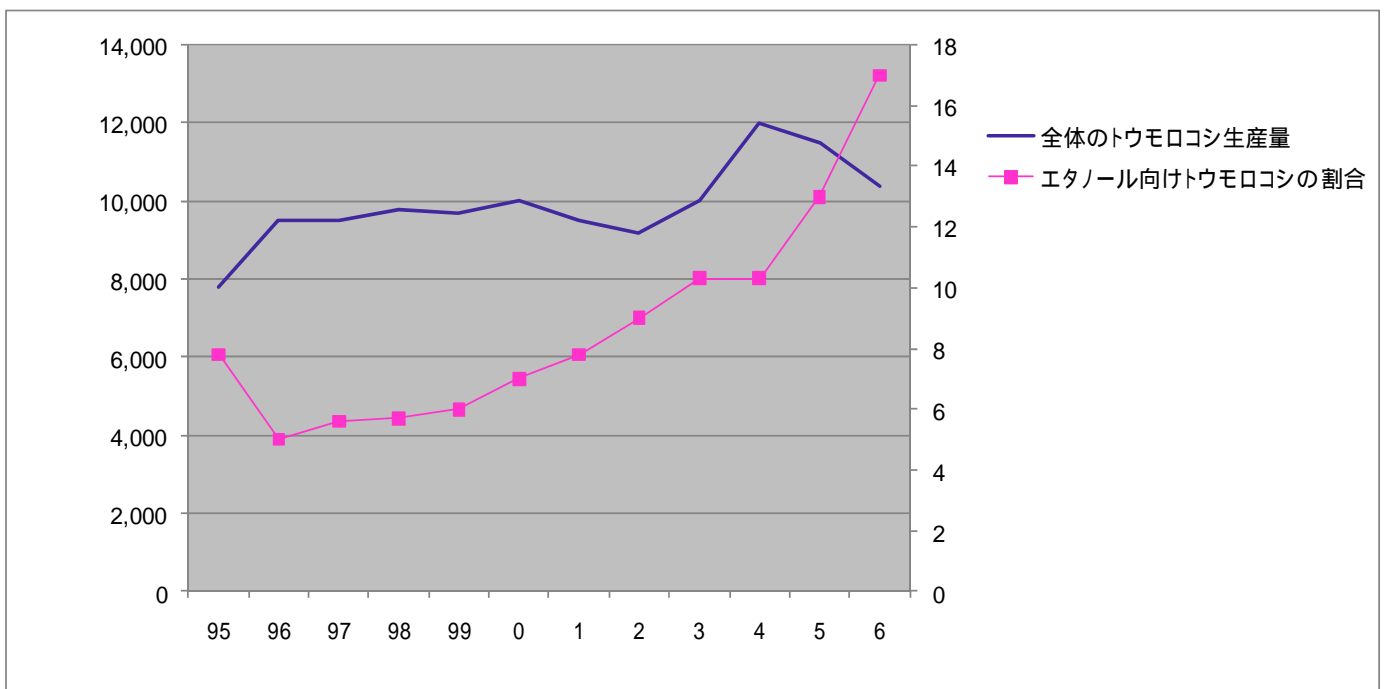
(出典:2007 State of the Union speech US President George W.Bush Jan.23,2007)

3 バイオエタノールの問題点

3 1 穀物価格の高騰への影響

穀物は人間の食料や家畜の餌として使用される。この穀物からバイオエタノールを生産することによって、穀物への需要が増え、穀物価格が高騰する。穀物価格が高騰することによる問題は、後発発展途上国での穀物入手が困難になり、貧困国が飢餓に陥る危険性があることだ。

図表2 はアメリカの通常のとウモロコシの生産量とエタノール用のとウモロコシの生産量の推移を表している。



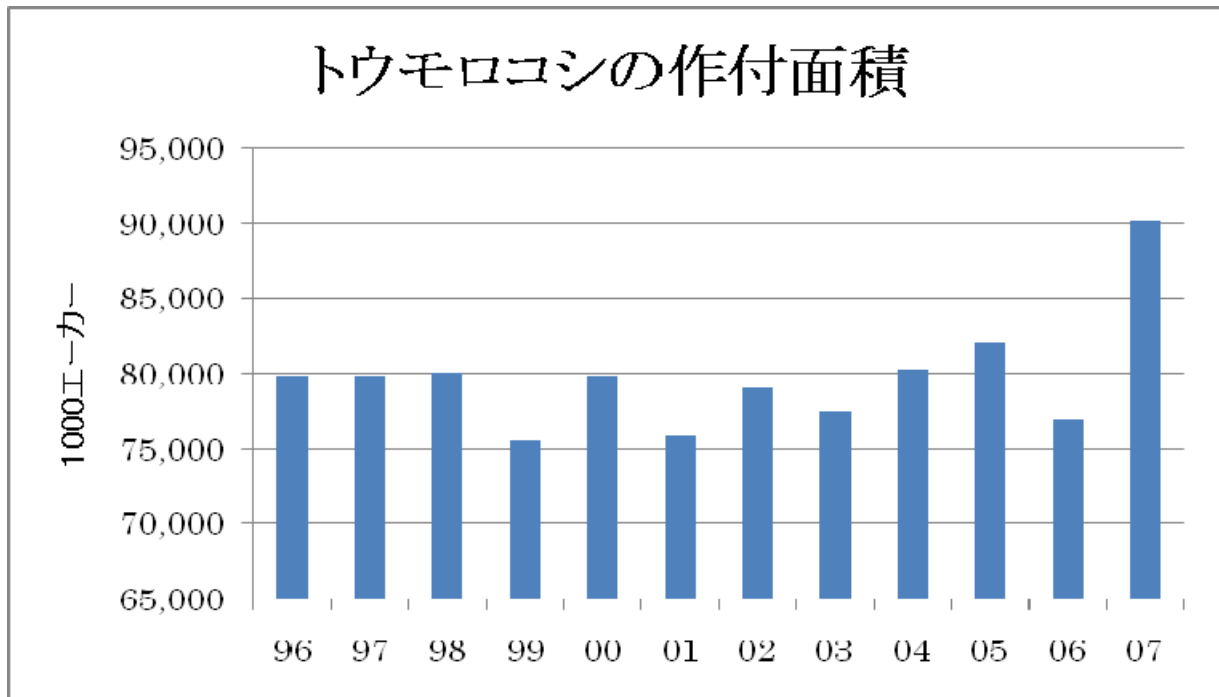
(単位：全体のトウモロコシ生産量：百万ブッシェル、エタノール向けの割合：%)

(NEDO 海外レポートのグラフをもとに鈴木作成)

エタノール用のトウモロコシは遺伝子組み換えにより開発されたものであり、1996年から生産が増加している。バイオエタノール事業が始まったばかりの1980年代のアメリカでは、トウモロコシの生産余剰が出ており、価格も下落していた。しかし、バイオエタノール生産の増加に伴い、トウモロコシの需給が逼迫してきた。

そこで、他の作物、例えば大豆からエタノール用のトウモロコシへの転作が行われるようになった。この転作は、近年の農産物価格高騰の原因の1つになっている。図表3はアメリカのトウモロコシの作付け面積の推移を表している。

図表3

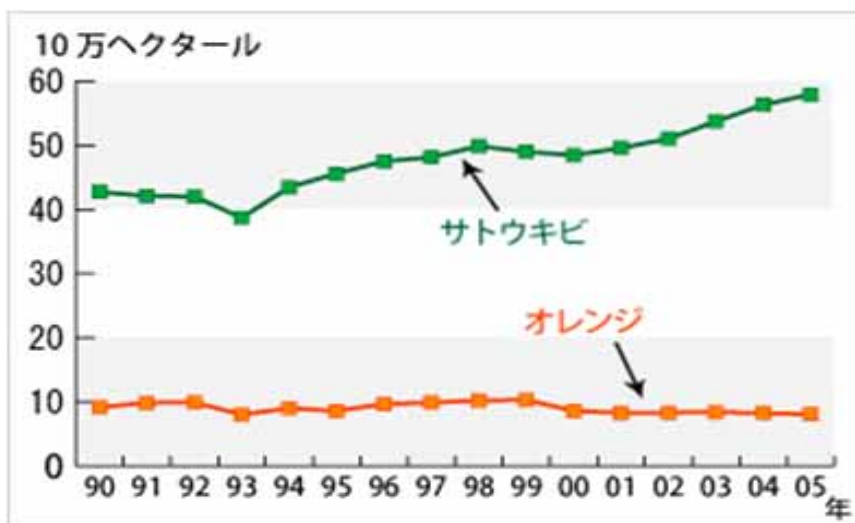


(NEDO 海外レポートのグラフをもとに鈴木作成)

2006年までは7000万~8000万エーカーだが、2007年は著増して9000万エーカーになっている。ブッシュ大統領(当時)がアメリカのエネルギー戦略として、バイオエタノールの普及を宣言したことが影響していると考えられる。

同じ問題がブラジルでも起きている。図表4はブラジルのサトウキビとオレンジの作付け面積の推移を表している。

図表4



(出展: 日系ビジネス <http://business.nikkeibp.co.jp/article/world/20070501/123998/>)

このグラフより、2000年頃からオレンジの作付面積が減少傾向にあるのに対して、サトウキビの作付面積が増加していることが分かる。ブラジルでは、バイオエタノール用のサトウキビの生産量を増やすために、オレンジ畑をつぶしてサトウキビ畑にした。その結果、オレンジ価格が上昇した。また、大豆の生産量を補うためにアマゾンの森林を開拓し大豆畑にしたことによって森林破壊問題が生じた。

以上、穀物からバイオエタノールを作ることによって、原料農産物の価格高騰、原料農産物以外の農産物の価格高騰の問題が起きた。農産物の生産を確保するために森林開拓を行うことは、バイオエタノールの生産目標である「地球温暖化対策」に反している。

3 2 バイオエタノールのエネルギー効率

バイオエタノールの原料であるトウモロコシを生産するには、施肥、農薬投下、収穫、運搬等に石油を使う。「米国の農地からは約6t/haのトウモロコシが収穫でき、これを加工処理すると1240のエタノールが得られる。だが、原料のトウモロコシを作付け、栽培、収穫するには、約1325/haの化石燃料がかかっている。トウモロコシを砕いて加工処理するにもエネルギーがかかる。」(2010 吉田)

バイオエタノールの生産量より原料のトウモロコシを生産するのに使う化石燃料のほうが多いため、エネルギー効率が悪く、排出される二酸化炭素はバイオエタノール生産量によってむしろ増加する。

これはブラジルのサトウキビについても同様であり、カーボンニュートラルであるとは言えない。

4 望ましいバイオエタノールとは

以上より、望ましいバイオエタノールの原料の条件は、

穀物価格を高騰させないもの

エネルギー効率が良いもの

である。

これを踏まえて日本国内のバイオエタノールの現状について調べる。

5 日本のバイオエタノールの現状

5-1 バイオエタノール生産量の目標

環境省が2005年に発表した京都議定書目標達成計画では、バイオエタノールの普及促進政策を行うことを目標とした。またバイオマス・ニッポン²総合戦略促進会議(農林水産省)では、2010年までにバイオエタノールの生産量を5万klにするという目標を掲げた。次の図表5は日本のバイオエタノール生産量の推移を表している。

図表5

	年間の生産量(kl)
2006	30
2007	90
2008	200

(出所: 農林水産省 <http://www.maff.go.jp/index.html>)

² バイオマス・ニッポン...地球温暖化防止、循環型社会形成、戦略的産業育成、農山漁村活性化等の観点から、農林水産省をはじめとした関係府省が協力して、バイオマスの利活用推進に関する具体的取組や行動計画を行う組織

図表 5 より、2008 年の段階で、200kl では 2010 年までに生産量を 250 倍しなければならないため、目標は達成できていない。

次の図表 6 は日本の主なバイオエタノールの実証実験の実績である。

図表 6

地域	実施主体	主な原料
北海道十勝地区	十勝圏振興機構	小麦、トウモロコシ
山形県新庄市	新庄市・玉川大学	コウリヤン
大阪府堺町	バイオエタノール・ジャパン関東(株)、大阪府	建築廃木材
岡山県真庭市	三井造船、岡山県、真庭市	製材所端材
北九州市	新日鉄エンジニアリング	食品廃棄物
沖縄県宮古島	りゅうせき	サトウキビ
沖縄県伊江島	アサヒビール、北九州沖縄研究センター	サトウキビ

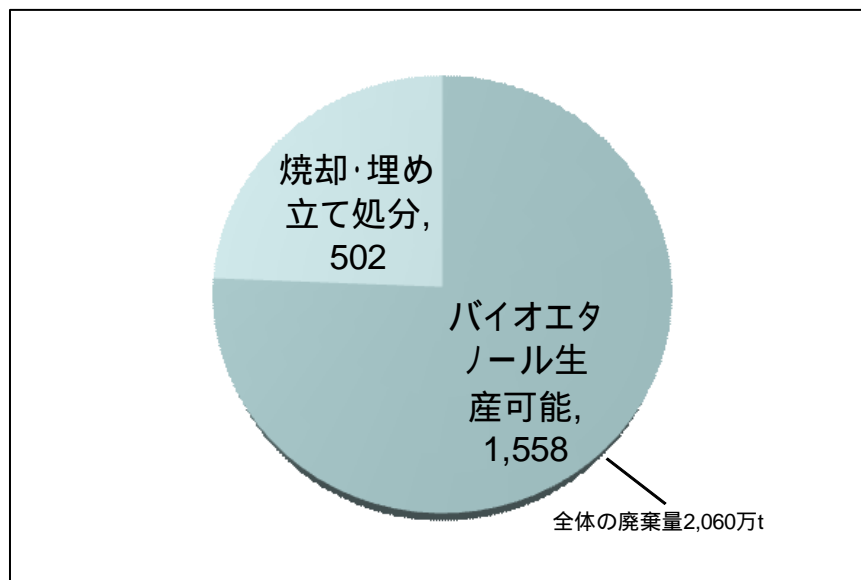
(出所：国産バイオエタノールの普及に向けて、国立国会図書館、遠藤 真弘)

図表 6 で示したもののうち新日鉄エンジニアリングとアサヒビールを取り上げる。³

5-2 食品廃棄物で作られるバイオエタノール

図 6 より、新日鉄エンジニアリング(株)では、穀物以外のバイオエタノール原料として食品廃棄物を使っている。次の図表 7 は年間に出される食品廃棄物のうちバイオエタノールにできる割合を表している。

図表 7



(新日鉄エンジニアリング株式会社 <http://www.nsc-eng.co.jp/> をもとに鈴木作成)

図表 7 より、食品廃棄物は、年間 2,060 万 t も出され、そのうち利用可能な量は 1,558 万 t である。また、食品廃棄物 10t から約 400L のバイオエタノールが生産可能であるため、計算上では 1 年間で 62 万 kl のバイオエタノールを作ることができる。埋め立て・焼却処分される食品廃棄物をエネルギーの原料とするため、5 で挙げた 条件が

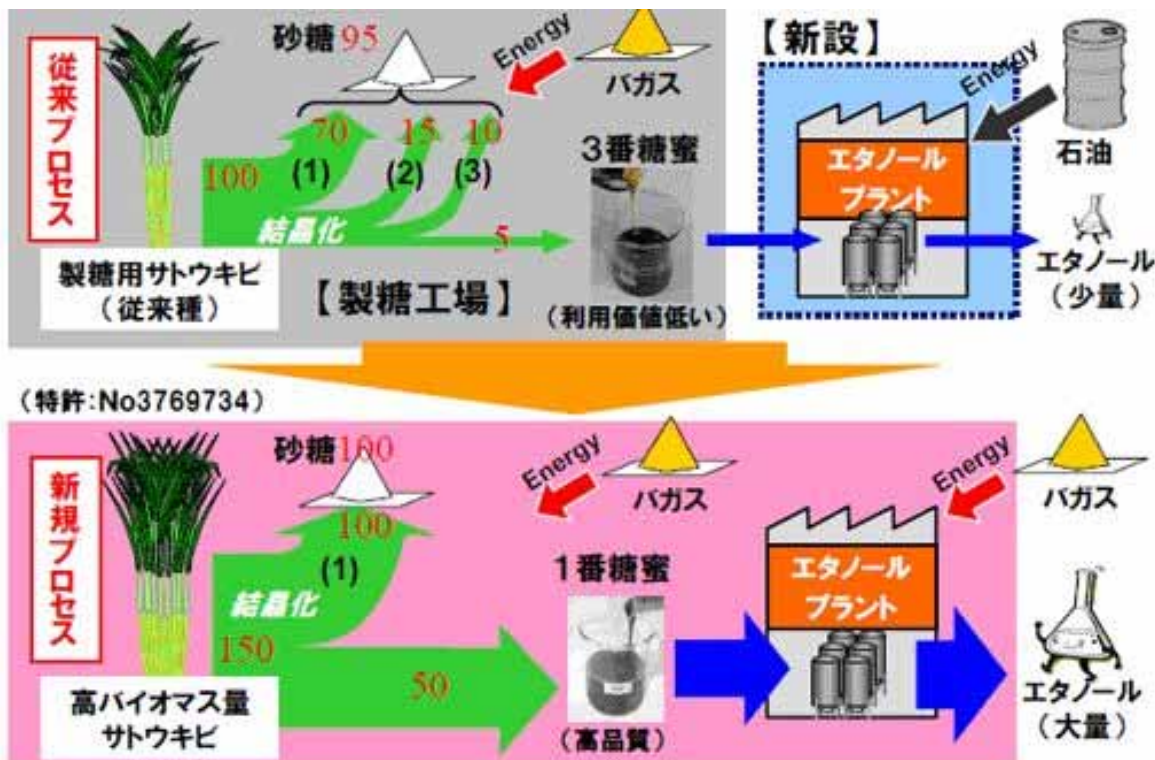
³ 他にも小規模だがバイオエタノールの生産を行っている企業がある。例：(株)会社ひまわり(県内の須賀川の企業)

ら、望ましい原料であると言える。

5 3 日本のバイオエタノールの例:アサヒビール

沖縄県の伊江島では、アサヒビール株式会社と独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構九州沖縄農業研究センター⁴が共同研究によって高バイオマスサトウキビを使ったバイオエタノール生産をしている。この高バイオマスサトウキビは、従来種より一株あたりの茎の数が極めて多く、単位面積あたりの生産量が従来のサトウキビより多いため、より多くのバイオエタノールを生産できるという利点がある。また、バガス(サトウキビの搾汁後の繊維性の残渣)を製造エネルギーに使うことができるため、化石エネルギーが不要である。下の図表 8 は従来のバイオエタノール生産方法と、高バイオマス量サトウキビを使ったバイオエタノール生産方法を比較したものである。従来プロセスはエタノール生産に石油を使うが、アサヒビールが開発した新規プロセスでは石油を使わない。

図表 8



(出展: <http://blogs.yahoo.co.jp/yada7215/60086994.html>)

6 衣服から作られる新バイオエタノール

2010年6月20日放送のTBS系番組「夢の扉」と2009年11月17日放送のテレビ東京の「ガイアの夜明け」で、衣料品からバイオエタノールをつくることに成功したという事例が紹介された。このバイオエタノールは、「FUKU-FUKU プロジェクト」で作られている。この事例について紹介する。

⁴ 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構九州沖縄農業研究センター...独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構の中の、九州地方の食料・農業・農村に関する研究開発などを総合的に行う機関。

6-1「FUKU-FUKU プロジェクト」とは

衣服からバイオエタノールを生産することに成功した日本環境設計株式会社がアパレル業界などと協力して一般消費者から衣服を集め、バイオエタノールを作ることで、繊維リサイクルのインフラを構築するプロジェクトである。(右のポスターは実際に FUKU-FUKU プロジェクトで使用されているものである。)

(出所：日本環境設計株式会社 <http://www.eecot.com/>)



6 2「FUKU-FUKU プロジェクト」の目的

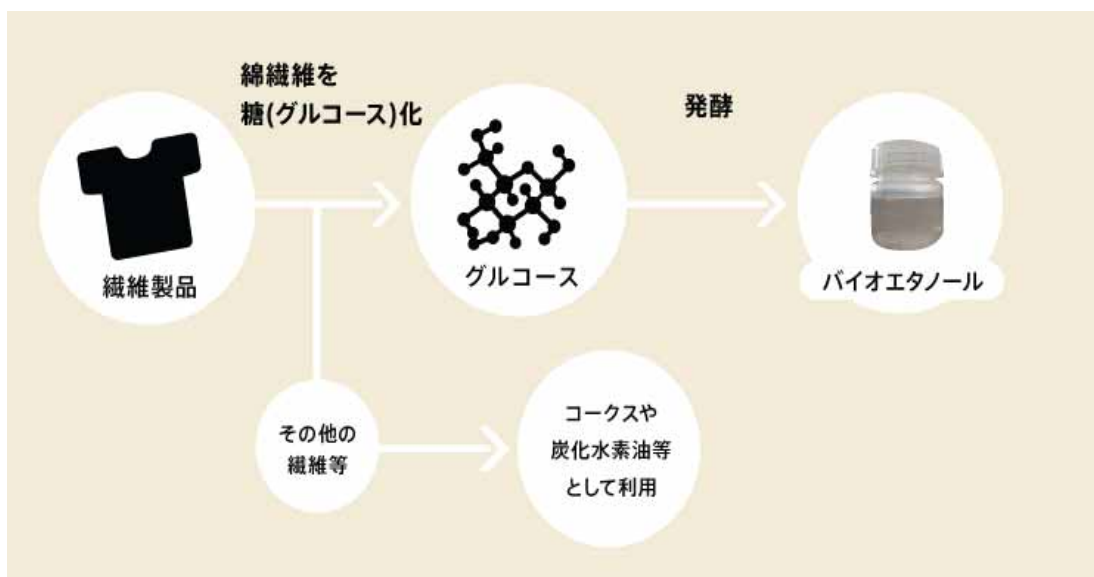
回収した衣料品を自然界に存在する

酵素と微生物で分解し、衣料品に含まれる綿をバイオマスエネルギーのひとつであるバイオエタノールとして再生する。

ナイロン・ポリエステルなど、綿以外の素材は、再びナイロン、ポリエステルなどの原料へ資源化する。

残った材料は熱分解し、燃料等で使うことで、衣類をほぼ 100%リサイクルする。

(下の図表 9 が衣服リサイクルの一連の流れを表している。)

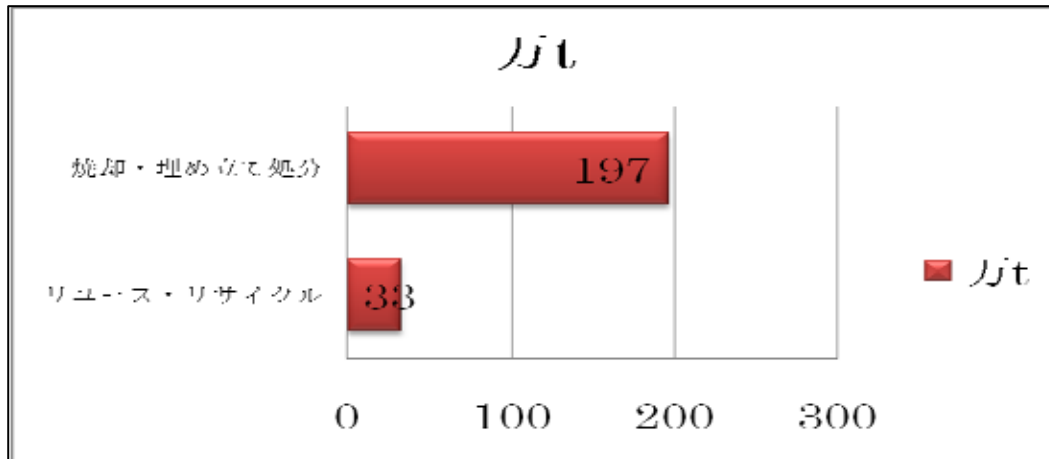


(出所：日本環境設計株式会社 <http://www.eecot.com/>)

6 3 今までの衣服リユース・リサイクルの現状

2004 年度、日本では約 230 万tの繊維廃棄物が出され、その中でリユース・リサイクルされたのはわずか 33 万tで、リサイクルされなかった残りの約 197 万tは焼却・埋め立て処分されている。(表 11 参照)

図表 10



(出展:日本環境設計株式会社 <http://www.eecot.com/> をもとに鈴木作成)

今までの衣服のリユース方法は

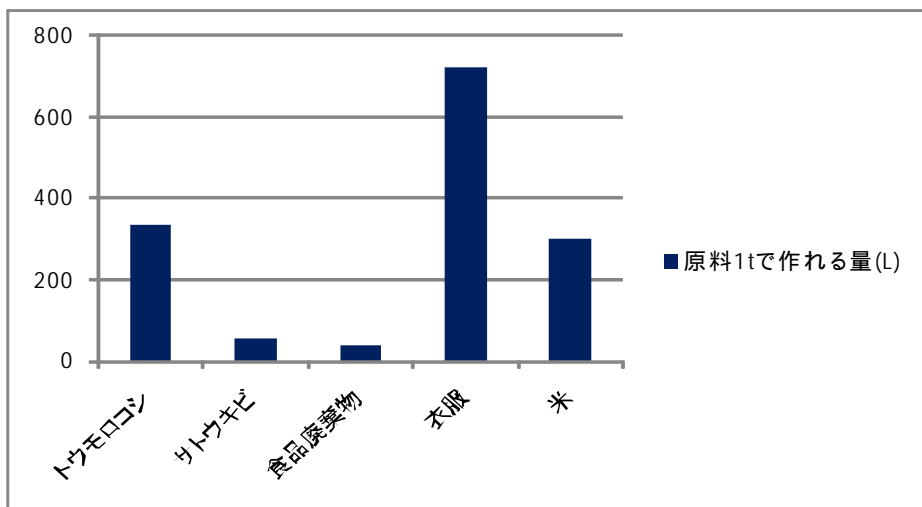
- リサイクルショップに出し、他の人に着てもらう。
- 服を海外に寄付し、救護衣料にする。

衣服については、リユースが行われているだけであり、古紙・プラスチックのようなリサイクルはほとんど行われていない。そのため、衣服をバイオエタノールにすることで、代替エネルギー戦略だけではなく、衣服のリサイクルによるゴミの減少、焼却・埋め立て処分による環境汚染の心配がなくなること期待できる。

6 4 衣服バイオエタノールの利点

国内で廃棄される綿約 120 万 t から、約 85 万 kl のバイオエタノールを作ることができる。この生産量は、日本が 2010 年までに設定した年間のバイオエタノール生産量目標である 5 万 kl を超えている。これによって削減できる CO2 排出量は年間約 130 万 t (CO2) に及ぶ。理論値では、1t の衣料品からは 722L のバイオエタノールを作ることができる。次の図11は、各原料 1t から作られるバイオエタノールの量を表している。

図表11



(日本環境設計株式会社 <http://www.eecot.com/> をもとに鈴木作成)

これによると、同じ 1t のトウモロコシから生産できるバイオエタノールは約 337L であり、衣服のほうが単位重量あ

たりより多くのバイオエタノールを生産できる。

そして、穀物から作られるバイオエタノールとの決定的な違いは、原料調達が容易にできる点である。衣服には流行があり、いらなくなって捨てられる衣服は必ず出るため、バイオエタノールの原料は確実に回収できる。穀物が原料の場合は、3 - 2 で述べたように、穀物を作る段階で、化石燃料を費やさなければならない。それに比べ、この「FUKU-FUKU プロジェクト」では、プロジェクトに参加するアパレル企業の店舗内に衣服回収 BOX を設置し、買い物で利用するお客さんに衣服の回収を協力してもらおうという方法をとっている。そのため、集めた衣服をバイオエタノール製造の工場に運ぶだけで良いという利点がある。

6 5 衣服バイオエタノールの問題

衣服からバイオエタノールを作ることに問題点はある。それは加工コストが高いことである。アメリカがトウモロコシからバイオエタノールを作る際の加工コストが 30 円/L なのに対し、衣服バイオエタノールでは 200 円/L にも及ぶ。この高コストの原因となっているのは、細かくした衣服に含まれるセルロースをブドウ糖に変える際に使う特殊な酵素が高価なことである。しかし、この酵素を、自然界に存在する微生物の活用でコスト削減できれば 40~50 円/L での生産が可能であると言われている。(出展：日本環境設計株式会社 <http://www.eecot.com/>)

7 結論

穀物から作られるバイオエタノールに関しては、バイオエタノールを作っている国が豊かになる反面で、穀物の価格高騰に苦しむ人が存在し、地球の環境を守るはずが、破壊してしまっているという事態が生じている。よって、望ましいエネルギー政策とは言えない。それに対し、衣服からバイオエタノールを作ることは、リサイクルされることなく焼却・埋め立て処分される衣服を使うことに従って、地球環境を守り、なおかつ、石油に代わる代替エネルギーの創造を実現できる。以上より、望ましいエネルギー戦略の1つとして衣服によるバイオエタノールを提案する。アメリカやブラジルなどにおいても衣服のゴミは必ず出るため、日本の衣服バイオエタノールの技術を輸出することによって、世界中で衣服バイオエタノールによる、より望ましいエネルギー代替が期待される。

8 主要参考文献・URL

浅岡美穂・新澤秀則・千葉恒久・和田重太・『世界の地球温暖化対策』学芸出版社(2009)

武田邦彦『偽善エコロジー』幻冬舎新書(2008)

武田邦彦『偽善エネルギー』幻冬舎新書(2009)

2007 State of the Union speech US President George W. Bush Jan.23,2007)

朝野賢司・美野輪智郎「日本におけるバイオエタノール生産コストと CO2 削減コスト分析」

http://unit.aist.go.jp/btrc/ci/research_result/documents/DISCUSSIONPAPER.pdf

遠藤真弘(国立国会図書館)「国産バイオエタノールの普及に向けて」

<http://www.ndl.go.jp/jp/data/publication/issue/0553.pdf>

小泉達治(農林水産政策研究所)「世界のバイオエタノール政策の発展と課題」

http://www.fae-forum.org/introduce/pdf/study/80gakusyu/80_1shiryuu.pdf

日本環境設計株式会社 <http://www.eecot.com/>

NEDO 海外レポート「米国のバイオエタノールの現状と今後の展望」

<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/1000/1000-02.pdf>

農林水産省「バイオマスのエネルギー利用」

http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_energy/index.htm

<http://www.bio-ethanol.co.jp/>