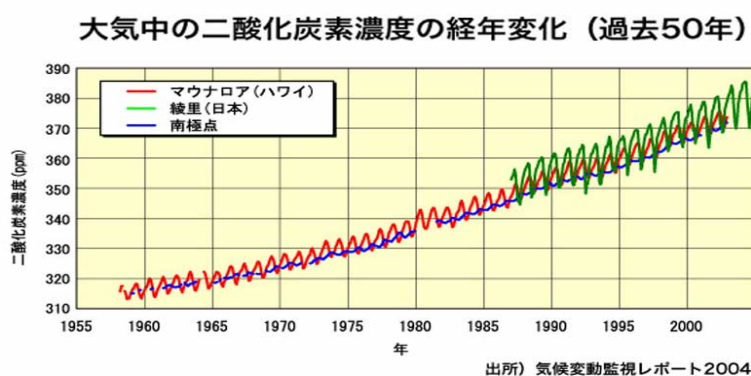


## 地球温暖化を考える

### 1：はじめに

最近よくポスト京都議定書（※1）という言葉をよく聞く。今年の9月24日に国連の潘基文事務総長が、地球温暖化の防止に関する国連首脳級会合についての議長総括を発表したことは記憶に新しいだろう。12月にはインドネシア・バリ島で開催される国連気候変動枠組み条約締結国会合で、2013年以降の枠組み合意を目指す交渉も開始する。このように政治的な取り組みが行われている地球温暖化の現状は、一般に知られているよりずっと深刻な問題である。



まず、地球温暖化とは、温暖化ガス（二酸化炭素など）が大気中に増えることによって地球の平均気温が上昇する現象である。温暖化ガスは、光は通すが熱を蓄える性質を持っているため、温暖化ガスが増えることは地球が大きな温室の中に入れられたような状態になることを意味する。温暖化ガスの大部分を占める二酸化炭素は、我々の家庭で使う電気、ガス、ガソリン、灯油などを消費することによって発生している。国連機関（IPCC）の報告では、「今後100年で、最大5.8度の気温上昇」が予測され、気温の上昇により世界中の山岳氷河が溶けつつある。

しかし、実は地球温暖化によって引き起こされる最も重大な問題は、私たちが生きていくために必要な水や食料が世界的に不足してくることなのだ。2025年には、日本を含む世界人口の大半にわたる約50億人が水不足になると予測されている。今後100年以内に、中国で米の収穫は8割減、ブラジルやインドでの小麦などの収穫が大幅に減少するなど、深刻な食糧不足が警告されている（国連IPCC報告）。そして世界ではすでに干ばつや洪水が多発しはじめており、こうした気候変動や水不足・食糧危機の兆候が現れ始めている。

京都議定書（※2）で目標に掲げた温暖化ガスの削減のため、世界各国ではさまざまな対策が講じられている。その中でも注目したいのがバイオエネルギーだ。温暖化ガス増加

の大きな一因となっているのが自動車の排気ガスであるが、このガソリンの代わりに利用することで温暖化ガスの削減につながるといわれている。このバイオエネルギーについて考える。

## 2. バイオエネルギーとは

バイオエネルギーとはバイオマスを原料として製造される熱や電気、気体・液体燃料を一般に指す。つまり、トウモロコシやサトウキビ、食用油、木材などといった有機廃棄物などを原料とし、燃料にしたものである。植物が太陽のエネルギーを受けて光合成により地上の二酸化炭素を吸収して成長し、その植物から燃料が作られるのである。この植物由来の燃料を燃焼し、発生した二酸化炭素はまた植物が光合成で吸収してしまうため、地上の二酸化炭素絶対量を増加させない。これを“カーボンニュートラル”と言う。このバイオエネルギーの原料となるバイオマスは太陽光、太陽熱、地熱、風力、水力、潮力、波力と並び、資源を枯渇させず、永続的に利用できる再生可能エネルギーといわれている。光と水により再生される唯一の有機性資源である。また、バイオマスは有機性資源であるため、原料として、または固体・液体・気体燃料として貯蔵することができ、石油や石炭などに代替することができる。また、このバイオマスは莫大な賦存量を有するといわれている。森林樹木の年間の成長量は膨大で、世界の一次エネルギーの7～8倍に相当するといわれる。実際利用できるのはこのうち10%前後だろうと推定されるが、エネルギー供給に貢献できる量である。これらの特徴から平成14年1月25日付けで改正・施行された「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法（新エネ法）」ではバイオマスが初めて新エネルギーとして認知された。

## 3：バイオマス変換技術

バイオマスとは生物体そのものであり、従来の化石燃料と比べると相対的に水分含量が高く発熱量が低いため、エネルギー資源としての質は劣るものが多い。したがって、効率よくバイオマスをエネルギーに利用するには変換技術が重要となる。ここで、バイオエタノール、バイオディーゼルの製造方法を紹介する。

微生物を利用して製造されるバイオエタノールはサトウキビやトウモロコシを主な原料としており、酒類を製造するのと同じ反応のエタノール発酵で作られる。糖質、特に、ヘキソース（炭素原子6個からなる単糖類）を分解する。バイオエタノールは単位重量あたりの発熱量は小さいもののオクタン価（※3）が極めて大きく、ガソリンと混合することで二酸化炭素排出を低減させるといわれている。自動車にバイオエタノールを使うと、排ガスに硫黄分がないために硫黄酸化物の排出がゼロ、一酸化炭素・炭化水素（すすや黒煙）が少ないなどの特徴がある。

バイオディーゼルは植物油を原料に製造されている。これは、微生物は使わず、化学的に植物油をメチルエステル化したものを燃料とする。こう聞くと難しく思うかもしれないが手軽に作ることができ、私も学生実験でこのバイオディーゼルを作ったことがある。ここでその方法を簡単に紹介しようと思う。まず、試験管に植物油をいれ、60 度に温める。メタノールを用意し、塩基触媒となる水酸化カリウムを加え、溶かし、温めた植物油に加える。攪拌させながら反応させると、植物油がグリセリンとエステル層に分離する。このエステル層を水洗、脱水・脱メタノール、不溶分除去すればバイオディーゼルとなる。この植物油は廃油でもかまわない。つまり、家庭や飲食店で使われ、廃棄されている油を効率よく集めることができればそれが燃料に生まれ変わるのだ。

#### 4：バイオエネルギー利用への取り組み

京都議定書が議決されて、世界各国でその対策を講じてきた。批准を拒否したアメリカも都市ごとに独自に批准している。そこで、バイオエネルギーの利用が進むブラジルとアメリカの例を紹介する。

##### ①ブラジル

ブラジルはオイルショック以来、エネルギー政策を転換してきた。1975 年からプロアルコール政策が策定されエタノールの国内生産、需要促進を目指し、エタノールの購入価格と消費者価格の固定、新工場建設やエタノール備蓄への低利融資などを行った。サトウキビを原料にしたバイオエタノールの生産が行われ、世界一の輸出量を誇っている。現在は規制を解除し、価格は市場によって決定され、政府は自動車燃料へのエタノールの混合義務を課しており、混合率 22%を基本としている。また、100%エタノールも自動車用燃料として利用されている。

##### ②アメリカ

アメリカもまた第一次オイルショックを契機として、中東からの石油依存度の低減を図るため、さらに環境規制が強まる中、エタノールの利用が認可されたことに伴い、エタノール生産を拡大するために各種支援策が講じられた。エタノール生産の主原料はとうもろこしであり、ローンレートや価格変動対応型支払による価格支持、政府直接支払い等の政府による財政的支援がなされている。ガソリンスタンドなどに対して連邦政府、州政府による各種支援策があり、利用者がエタノールを購入する際のエタノール相当減税などがある。

##### ③日本

一方、日本でも、政府全体が「バイオマス・ニッポン総合戦略」に取り組んでおり、輸

送燃料にバイオマス由来の燃料を用いることが推進されている。2010年度原油換算で50万kL相当のバイオエネルギーを輸送用燃料にする目標が立てられている。2007年4月から首都圏50ヶ所のガソリンスタンドでETBE（※4）混合ガソリンの供給が始まった。また、全国6ヶ所でバイオエネルギーの実証実験も行われている。しかし、日本は、原子力発電によって二酸化炭素削減を目指していたのでバイオエネルギーの導入は遅く、普及していない。

## 5：バイオエネルギーの問題点

しかしバイオエネルギーには問題点もある。植物を利用するので大量に増産するに当たり、作物が大量に必要となる。だが、使用される作物の耕作面積自体は急速に増えることはありえないので、現在の生産される穀物を取り合うことになり、結局のところ安いことで利用されていた穀物の値段が上がる、あるいは不足するのではないかという懸念がある。実際にバイオエタノールの使用を義務づけられたアメリカではトウモロコシ、ブラジルでは砂糖の価格が急騰した。さまざまなバイオマスからエネルギーを取り出す方法が研究されているがそのエネルギーを作り出すために多くの化石燃料を使うものもある。また、バイオマス資源は地域的に偏在しており、輸送コストがかかることが示唆されている。対象となるバイオマス原料の十分な調達を可能にする回収システムの構築や末端段階での分別・回収の効率化なども考えなくてはならない。プラントスケールの経済性の重要度も高いとの報告もある（国連 IPCC）。だが、プラント建設、あるいはバイオエネルギーのもととなる穀物を生産するために森林を伐採してしまっただけでは意味がない。生産プラントを建設する段階、生産の段階、輸送までを含め、二酸化炭素排出量の削減を考えなくてはならない。

このように、バイオエネルギーの普及にはまだまだ多くの問題がある。しかし、耕作面積についてはこれから科学技術が進歩すれば、荒地に作物を植えることができるようになる。現在荒地となっているところを有効に活用できれば緑が増え、二酸化炭素を吸収し、さらにバイオマスエネルギーを得ることができるだろう。さらに、石油はどんどん枯渇していると言われており、価格も高騰していることから石油の代替となるエネルギーの重要性が高まっている。化石資源に依存している今の社会から新エネルギーを利用する方向に向かうであろう。長期的な目で見てもバイオエネルギーは重要になってくるだろう。

## 6：まとめ

今、京都議定書で削減量を達成するために世界で温暖化の対策をしている。しかし、日本は遅れをとっている。二酸化炭素排出量が世界4位であり、一人当たりの排出量も多く、減らずどころか二酸化炭素排出量は8%も増えてしまっている。国は効果的な対

策がいまだにできず、このままでは京都議定書での目標の6%削減は厳しいといわれている。また、自家用車の普及が進み、その排気ガスは二酸化炭素量増加の大きな一因となっている。再生可能エネルギーの導入は影響力の強い自動車・石油産業の経済に絡んでくるため、普及が進まず、報道もあまりされないため、国民の理解も乏しい。バイオエネルギー導入に伴う食糧価格の高騰のニュースが増えてきたため、マイナスイメージが強いのも事実だ。しかし、バイオエネルギー利用に対する関心は急速に高まりつつあり、政府内でもバイオエネルギーを新エネ法に基づく導入支援措置の対象とするよう所要の規定の整備を検討している。日本もバイオエネルギー導入戦略を構築すべき時にきている。従来から、バイオエネルギーの利用に関しては、経済性、バイオマス原料の収集・輸送コストが問題とされてきた。確かに、バイオエネルギーの導入が進んでいる国は、税制面での優遇措置、環境税等の政策的な支援が基盤にある。バイオエタノールはガソリンと混合することで利用されているが、混合率が高くなるとエンジンなどを改良しなくてはならないので、自動車メーカーの協力も必要になってくる。また、わが国は森林資源に恵まれてはいるが、地形が急峻であり、資源の利用が困難であること、農業や畜産業の経営規模が小さいことなどがバイオエネルギー普及の障害と考えられていた。日本ではバイオエネルギーのコストが化石燃料のものを下回る可能性は低いかもしれない。しかし、温暖化の現状を考えたなら、バイオエネルギーの利用を推進するのが望ましい。高コストは、地域の特性を生かし、効率のよい生産方法を考えれば、克服できる可能性もある。また、荒廃化した農村の再生も可能かもしれない。日本での農家の高齢化、後継者問題もバイオエネルギー作物を自国で作るようになったら解決策の一つとなりうる。さらに、普及のためには国も税制補助などを行うべきであろう。私達の選択にかかっている。

※1 ポスト京都議定書

京都議定書で定められている第一約束期間（2008年～2012年）以降の枠組みにかかる問題をさす。第一約束期間が終了する7年前（2005年）に検討を開始することとされ、締約国会合を中心として政策立案者、研究者等の間で検討が始まっている。

※2 京都議定書

1997年12月11日に京都市で行われた地球温暖化防止京都会議で議決して議定書のこと。先進国の温室効果ガス排出量について法的拘束力のある数値目標を各国毎に設定した。日本は1990年比で二酸化炭素排出量換算6%減を目標値に設定した。

※3 オクタン価

ガソリンのエンジン内でのノッキングの起こりにくさを示す数値

※4 ETBE

バイオエタノールを利用して生産され、ガソリンに添加して利用される。オクタン価を向上させる。バイオガソリンと呼ばれることもある。バイオエタノールは水と混和しやすいが、ETBEは水と混和せず、ガソリンと分離しにくいいため、自動車部品の腐食や劣化が進行しないとされる。フランスやスペインですでに利用されている。

<参考文献>

アル・ゴア「不都合な真実」ランダムハウス講談社（2007）

小宮山宏、迫田章義、松村幸彦「バイオマス・日本」日刊工業新聞社（2003）

社団法人 日本エネルギー学会「バイオマスハンドブック」オーム社（2002）

林智、矢野直、青山政利、和田武「地球温暖化を防止するエネルギー戦略」実教出版（1997）

横山伸也「バイオマスで拓く循環型システム」工業調査会（2003）

<http://www.jccca.org/> 全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト（図表引用）