

Theme Talk 持続可能な社会を実現するためのバイオマス活用の現状と課題

■地球温暖化と化石資源枯渇により、にわか脚光

「バイオマス」という言葉を最近あちこちで耳にするようになりました。生物体を原料とした、エネルギーやマテリアルとして利用できる資源の総称です。この「biomass」という言葉が初めて文献に登場したのは、1934年。ロシアの科学者が1930年代のプリマス湾におけるプランクトンの重さの季節的な変動について述べた論文に登場しました。ざっと70年ぐらいたったわけですね。このバイオマスから作られたエネルギーを、「バイオマスエネルギー」、あるいは「バイオエネルギー」と呼んでいますが、欧米では「バイオエネルギー」で統一しています。さて、このバイオマスが最近脚光を浴びてきたのは、地球温暖化と化石資源の枯渇という2つの要因が大きいためです。

地球温暖化の原因とされる温室効果ガスのひとつにCO2がありますが、IPCCなどでも、バイオマスを燃焼してエネルギーとして利用する際に放出されるCO2は、もともと植物が光合成によって大気中から固定したCO2なので、「カーボンニュートラル」、すなわち、CO2ゼロとカウントすることになっています。もっとも、CO2を排出しないわけではなく、もう一度植林などをしてCO2を固定化するという前提があればゼロと見なせるということなのですが。

右の図は世界各国の温室効果ガスの排出割合(CO2換算)を示したものです。世界全体で約225億トン出しているうち、1位がアメリカで約4分の1を、2位が中国、3位ロシア、日本は4番目に位置しています。国民一人あたりで見ると、先進国がズラッと上位に並び、日本は7番目。中国やインドはずっと少ないです。インドや途上国のCO2排出量が少ないために、先進国が文明を享受できているという側面があるわけで、アメリカや途上国が含まれていない京都議定書の効力を疑問視する向きもありますが、やはり先進国はCO2を減らしていかなければなりません。

日本のCO2排出量は約13億トンです。13億トンといってもピンとは来ませんが、一般廃棄物が年間5000万トン、産業廃棄物が4億トンで処理場に困っていることを考えれば、CO2は目に見えず臭いもないため我々はまったく意識することがないけれど、量としてはとてつもなく多いということがおわかりになるでしょう。CO2からファインケミカルをつくることはできますが、わずかな量の処理ではとうてい対処できない、膨大な量があるわけです。このCO2排出の最大の原因が、現代文明が石油などの化石燃料に依存していることです。しかし、その石油もあと40年、石炭もいろいろな説がありますが、220〜230年で枯渇するといわれています。ことに石炭鉱山などは掘れば掘るほど枯渇が進みゴーストタウン化していく。このままで行けば地球全体もゴーストタウンになりかねない。ことに資源小国の日本は、代替エネルギーを求めていかなければなりません。

日本のCO2排出量は約13億トンです。13億トンといってもピンとは来ませんが、一般廃棄物が年間5000万トン、産業廃棄物が4億トンで処理場に困っていることを考えれば、CO2は目に見えず臭いもないため我々はまったく意識することがないけれど、量としてはとてつもなく多いということがおわかりになるでしょう。CO2からファインケミカルをつくることはできますが、わずかな量の処理ではとうてい対処できない、膨大な量があるわけです。

このCO2排出の最大の原因が、現代文明が石油などの化石燃料に依存していることです。しかし、その石油もあと40年、石炭もいろいろな説がありますが、220〜230年で枯渇するといわれています。ことに石炭鉱山などは掘れば掘るほど枯渇が進みゴーストタウン化していく。このままで行けば地球全体もゴーストタウンになりかねない。ことに資源小国の日本は、代替エネルギーを求めていかなければなりません。

■バイオエネルギー導入目標

こういう状況にあって、欧米も再生可能エネルギーの割合を高めていこうと、国を挙げて政策目標を立てています。EUは1997年のアクションプランで、再生可能エネルギー率を6%から2010年に12%にしようとしており、その約3分の2をバイオエネルギーで見込んでいます。アメリカは1999年の大統領令で、バイオエネルギー率を今の3.5%から2010年に約3倍の10%にまで上げようとしています。

世界各国で、バイオエネルギーがどれくらい利用されているかを示したのが右のグラフです。北欧のスウェーデンやデンマークでは、一次エネルギーの1割〜2割を占めています。日本のバイオエネルギーの利用率は1%程度にすぎません。

日本では、2001年にエネルギー長期需給見通しの中に、初めて「バイオマス発電」と「バイオマス熱利用」という言葉が使われ、2002年1月の「新エネルギー促進法」でバイオマスが新エネルギーの一員として認知されました。そして2002年12月に、「バイオマス・ニッポン総合戦略」が策定され、バイオマス利用にはずみがつきはじめたところとされています。

■バイオエネルギーのポテンシャル

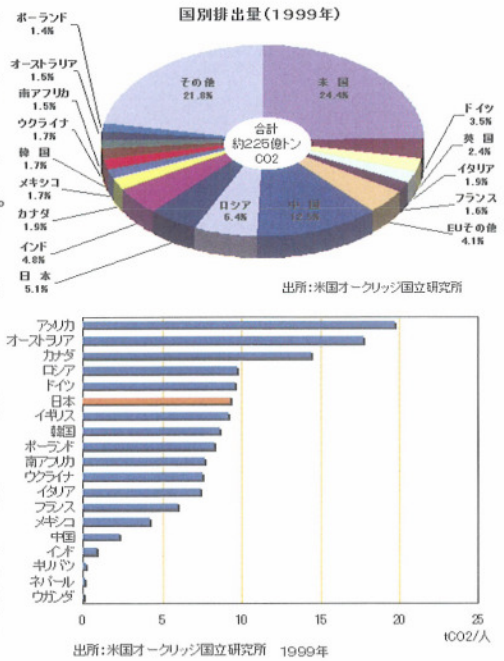
ところで日本のバイオエネルギーのポテンシャルはどれくらいでしょうか。いろいろな試算がありますが、「バイオマス・ニッポン総合戦略」の試算では石油換算で3500万キロリットル。1次エネルギー比では5.9%です。どんどん利用が進んでいくと、需要が供給を喚起することもありますから1割程度になる可能性もありますが、バイオマスだけで今の日本のエネルギー需要をまかなうことは不可能です。

世界規模で見ればどうでしょう。これまたシェルやIPCCやグリーンピースなどいろいろな試算がありますが、IPCCの試算によると、2025年で72エクサジュール、世界エネルギー協議会の試算では59エクサジュール。現在の世界の一次エネルギーは410エクサジュールぐらいですが、エネルギー植林などによって、50%程度はまかなえるという試算もあり、グローバルに見ると、相当なポテンシャルがあるといえます。

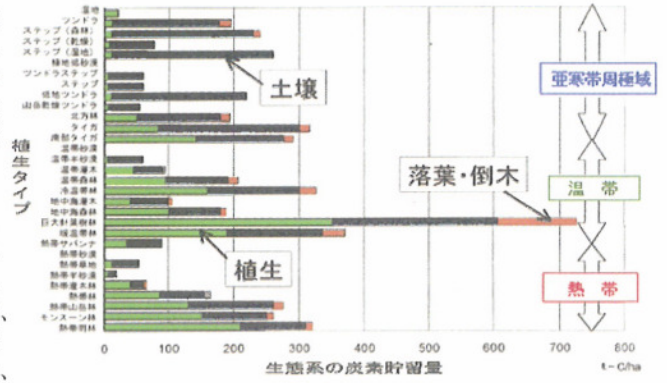
■植林すると地中のカーボンも増加

さて日本は国土の66%が森林ですから、バイオマスといえば、真っ先に木質バイオマスが思い浮かびます。木質バイオマスのメリットとしてよく挙げられるのは、CO2が増えないということです。木は伐採して燃焼してエネルギーにしても、もう一度植林することによって再生でき、大気中のCO2をリグニンやセルロースなどとして固定化するというわけですが、ここで注目したいのは、木の葉や幹だけでなく、土壌にもカーボンが蓄積されるということ。大ざっぱに言いますと、日本などでは1ヘクタールに100トンか200トンぐらい樹木の形で固定化されますが、土壌にはそれを上回る量のカーボンが蓄積されるのです。

次の図は陸域生態系の炭素貯留量を示したものです。植生タイプによって、炭素が蓄えられる量や場所が異なるのがわかりますね。熱帯雨林は植生として蓄積される量が圧倒的に多い。このため木を伐採すると熱や光で表面のカーボンがすぐに出て



しまい、土壌の劣化が早いのにに対し、温帯地域は土壌に蓄積される量もかなりのものです。植林して30年ごとに伐採を繰り返した場合の炭素固定量を100年のスパンで見ると、枝や幹に固定化されたカーボンが伐採のたびにゼロになってしまいますが、土壌中のカーボンは増えていく。したがって木を植えるのは、土壌のカーボンを増やすという意味でも非常に大切です。



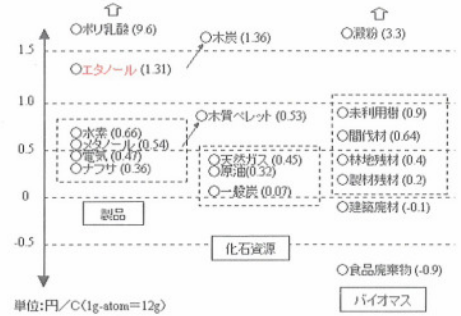
■木質バイオマスのCO2削減効果と発電コスト

木材を使って発電した場合、どれくらいCO2削減効果があるかの試算があります。15キロメートル四方の面積に植林すると、1ヘクタールあたり年間10トンの木材が取れます。発電効率22%、稼働率6割として、おおよそ5万キロワット規模の発電所が必要です。当然植林するために土地を整備したり、肥料などの作業や、発電所建設などに際してCO2が排出されますが、差し引きするとキロワットあたり0.02kg-C。石炭の微粉炭による100万キロワットの発電所の場合は、キロワットあたり0.28 kg-C。バイオマスの場合CO2が排出されないわけではないけれど、化石燃料にくらべて圧倒的に少ないということがおわかりいただけると思います。

ところが木質バイオマスの発電はなかなかうまくいかない。最大のネックはコストです。間伐材を調達して、発電所に運搬するまでのコストを林野庁のデータをもとに計算してみましょう。まず間伐材の価格がトンあたり5900円。伐採・集材コストが同じく4000円、これは間伐の補助費がなかったら1万3500円です。その運搬に8400円。間伐材の調達費だけでなんと1万8300円かかる。これを使って発電すると、1日100トン処理できる発電所で、間伐材の補助金がない場合はキロワットあたり102円。補助金がついて44円。うんと大規模にして1日500トン処理できる発電所なら12円。原料の調達費がべらぼうで、発電効率が低く、建設コストが高い。日本でやる場合は悪条件が3つ重なるわけです。

設備的に見ても、石炭なら100万キロワット規模のものがありますが、バイオマスはどうがんばっても5000キロワットか3000キロワットというところ。木材で作った電気だから質がいいというわけではありませんから、これではコスト的に化石燃料に太刀打ちできません。

各種の原料や製品のカーボンあたりの市場価格を比較したのが上の図です。建築廃材とか、食品廃棄物がゼロ以下ですが、これは逆有償で廃棄物処理にお金のかかるといこと。化石資源の価格を見ると、原油が0.32、一般炭が0.07。製品価格は、ナフサが0.36、電気が0.47。わずかな利幅しかありませんよね。一方、未利用樹の価格は0.9、間伐材0.64です。それから電気をつくるといっても、製品より原料が高くなってしまふ。商売としてははじめから成り立たないわけです。



■コジェネ中心で導入進む北欧

冒頭ご紹介したように、バイオマス活用の先進国は北欧です。北欧は冬が長く寒さが厳しいため冬場は暖房用の熱需要があり、木質系バイオマスで発電して、同時に廃熱を利用するコジェネレーションが普及しているんです。

北欧でコジェネが普及しているのは、紙パルプ産業が盛んで、出てくる有機残材や枝、葉などのバイオマスの調達が容易なこと。山もなだらかです。また、すでに30年以上も前から温水のパイプラインがあり、インフラ整備に新たなコストがかからない。それと、スウェーデンなどでは排出権取引は認めず、化石エネルギーに炭素税やイオウ税などをかけているため、木質バイオマスにも価格競争力があるんです。

ここでのポイントは、熱供給に課税していること。電気に課税すると企業の競争力が弱まるけれど、熱供給だけなら、企業への打撃はさほどない。我々の感覚ではコジェネというところ、まず発電ありきという格好ですが、北欧では熱が主体で、電気がサブ。熱が必要ないときは発電しないのです。こういった政策インセンティブを効果的に用いて普及を促進しているわけです。

■木質バイオマスのメリットとデメリット

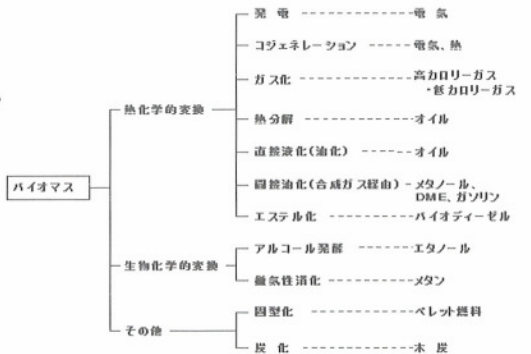
木質バイオマスのメリットとデメリットを比較したのがこの表です。メリットとしては、風力や太陽光に比べて安定していること、多様なエネルギー変換技術があって、電力や熱以外に、エタノールやメタノール、メタン、ジメチルエーテル、そしてガソリンなどが作れること。このマテリアルが作れる点が非常に重要ですね。また、山林の保護や環境保全、雇用促進などにもなる。エネルギー以外にいろいろな波及効果があります。

長所	短所
<ul style="list-style-type: none"> ・風力、太陽光に比べて安定した出力 ・エネルギー変換技術が多様 ・発電の場合、石炭火力の技術が使える ・電力、熱以外の化学原料に転換が可能 ・山林の環境保全の貢献、雇用促進 	<ul style="list-style-type: none"> ・伐採、輸送、前処理が必要 ・大量供給が困難 ・風力、太陽光に比べてメンテナンスが必要 ・マテリアルや食料としての利用と競合 ・一般に高価格

デメリットとしては、今申し上げたコストのほかに、大量供給が困難であること、メンテナンスが必要なこと、マテリアルや食料としての利用と競合するという事です。

■バイオマスの変換技術

バイオマスには、いろいろな技術があります。発電したり、コジェネ、ガス化、熱分解、直接液化したり、いったんガス化した合成ガスからメタノールやDMEをつくる技術、エステル化といってバイオディーゼルの技術もある。こういった熱化学的処理のほかに、アルコール発酵やメタン発酵させるなど、生物化学的な変換技術もある。さらにペレット燃料とか木炭などの形で利用することもできる。代表的なものを一瞥しただけでもこれくらいバリエーションが豊富で、全部オールラウンドに理解している人は非常に少ないのです。



■注目集まるE3 ガソリン

いろいろな用途があるなかで、最近注目されているのがE3、つまりエタノールを3%混合したガソリンです。高濃度エタノールの場合は燃料系統の腐食などの問題がありますが、3%であれば、エタノールを混ぜても影響がないということで2003年に解禁になりました。

ブラジルなどではすでにサトウキビからつくったアルコールを燃料にした車が走っていますが、トウモロコシやサトウキビ

などからつくる発酵エタノールは食料と競合しますので、木材やトウモロコシの茎や葉、サトウキビの絞りかすなどからアルコールをつくるのが望ましい。現在日本で使われているガソリンは約6000万キロリットルで、その3%という180万キロリットルです。一方日本で実際に扱っている工業用アルコールは35万キロリットルしかありませんから、現状ではとてもまかなえない。木材からのバイオエタノールが期待されているわけです。

糖やデンプンをエタノールにする技術は簡単ですが、ヘミセルロースをエタノールに変換するのは技術的にむずかしいですね。日揮さんが濃硫酸法を、月島機械さんが希硫酸法で研究を進めています。どちらもアメリカの技術です。また木材にはリグニンなども含まれていて、1トンの木質バイオマスから取れるエタノールは、純理論的に言っても、334.9キログラムとおよそ3分の1。エネルギー収率でみると56.8%ですが、この数字は理論的な最大値ですから、実際には40%というところでしょう。

エネルギー効率の高い、日本独自のバイオプロセスを開発・研究しているのが、地球環境産業技術研究機構(RITE)の湯川英明さんのグループです。これは、コリネ菌という細菌の一種を触媒のようにして利用する画期的な方法で、従来は微生物が増殖しながら物質を生成していたため、巨大な反応層が必要で、しかも反応速度が遅く、エネルギー効率も悪かったのに対し、あらかじめ培養しておいた菌体を反応層に高密度に充填し、そこに原料を流し込んで変換させることによって、増殖のためのエネルギーロスがなく、生産性も高いと注目を集めています。

■バイオディーゼル

各地で菜の花プロジェクトとか、廃食用油を軽油の代わりにしようというバイオディーゼルも話題を集めています。ディーゼルというのは、100年前ドイツ人のルドルフ・ディーゼルさんがピーナツ油をエンジンに使ったことからきているんだそうです。

ドイツではバイオディーゼルの車が走っていて、専用スタンドも1000箇所ぐらいあります。フランスはすでに、ディーゼルの中にバイオディーゼルが含まれています。

経済産業省でも1年をかけて、石油系のディーゼルオイルに5%のバイオディーゼルオイルをブレンドした場合の走行実験をはじめました。菜種油やパーム油、ひまわり油、大豆油など11種類をテストするというのですが、純度もさまざまなので、テスト通りに行くかどうか、なんともいえない面もありますね。

日本で使われているディーゼルオイルは現在4000万キロリットルですから、5%入れるとすると200万キロリットル。これもたいへんな数字です。

こういった植物油は、粘性が高いという問題点があります。粘度を下げるためにメタノールを使ってエステル化するんですが、そのプロセスでグリセリンが副生物として出るんです。大量に作る場合は、グリセリンの処理も含めて環境負荷の低いプロセスを開発する必要があります。

植物油の中で生産量が一番多いのはパーム油ですね。もっか私どもで提案しているのは、ヤシ殻などをガス化してできた合成ガスでメタノールをつくり、そのメタノールとパーム油からBDFをつくる。そして副生物として出てきたグリセリンから乳酸経路でグリーンポリマーをつくらうというパーム油脂のゼロエミッションの総合利用です。

■世界に目を向けてバイオマスのネットワークを構築

このように、バイオマスを原料にして、エネルギーやバイオマテリアルをつくる多様な技術があるわけですが、日本の技術力はどれくらいでしょうか。1990年から2000年までの10年間で、バイオエネルギーに関する世界の特許は約1000件出願されていますが、日本は52%、アメリカが13%、EUが30%です。数だけを見ると圧倒的に日本に優位性があります。それがどうしてバイオマスの利用が進んでいないのか。やはり政府や自治体と民間、それに大学や我々のような研究所が、うまく統合して力を発揮できるような展開が求められているといえます。

また日本だけでなく、世界に目を向けると、たとえば東南アジアには膨大なバイオマス資源があります。地球エネルギーシステム研究所の西上泰子さんなどもバイオマスからつくったバイオメタノールでグローバル展開しようという構想を提案しています。

先ほど先進例をお伝えしましたが、持続可能な社会に向けて、いかに政策誘導していくのか、いかに技術革新を図っていくのか？ ビジョンを共有しながら、産官学が協力していくことが重要です。

Session 横山伸也・中西紹一・水野一男・池上博身・青木将幸

■Session 1 経済効率と安定供給優先の議論を超えて

青木 横山先生のお話を受けて、どうしたらバイオエネルギーがうまく普及していくのか、そのためにどういう行動が必要なのかを議論していきたいと思います。本日のテーマは「技術を通じてつくる21世紀の里山」ですが、技術革新とともに重要なのが、私たちの意識をどう変え、法や制度、社会システムをどうつくっていくか。まずは中西さんから、先生のお話を聞いての感想やご意見をお願いします。

中西 非常に勉強になりました。この手の議論をするときに、いつもぼくらが陥る悪いクセは、「all or nothing」で議論してしまうということ。「いつまでに何を」という時間概念に結びつけて考えることが大切だと思います。その上でまず感じたのは、バイオエネルギーは時間がかかるということです。「バイオマス・ニッポン総合戦略」では、一次エネルギー比で5.9%というお話でしたが、約6%のポテンシャルに対して、10年待て、20年待て、というのは、生活者から見ると、地球環境が大切なのはわかるけれど、きょう、あしたのメシのタネでヒーヒー言っているのに冗談じゃないという人がほとんどではないでしょうか。

いったい何年後に期待せよということなのか？ 何年後までにどうなるのか？ 社会的な合意として「何年担保できるか」というコンセンサスを取ることが重要だと思います。ことに2007~2008年ごろには電力の自由化という問題に直面しますが、経済効率だけで市場に任せていくと、小規模の電力は、コスト競争に負けてつぶれてしまいかねない。そのなかで、バイオマスというシーズをいかに社会全体でウォッチしていくか。その意味でも、教育がキーになってくると思います。

水野 ぼくは、「エネルギーをみんながどう使うか」というところに、もう一回立ち返ることが大切だと思います。バイオマスなり自然エネルギーの特性は、小さい単位で、それぞれの場所で自立していけること。エネルギーが必要だという根本のところを考えると、莫大なことではなくて、動力にしたり、光にしたり、熱にしたり、些細なことだと思うんです。それをどうやって自分たちで確保していくのか。電力の自由化の話が出ましたが、つくったり消費したりする場面に、だれもがいろいろな切り口で参画していくことができれば、総量としてカバーできるという考え方もあるはずなんです。

たとえばマイクロ発電というのは、10キロワットぐらいのすごく小さい単位ですが、田舎の場合、人間のサイズからいって、それでいい。都市でもビル単位でやれることもありますし、ひとつのコミュニティ単位で考えることもできますので、そのための技術や特許が日本に多くあれば、可能性はすごくあると思います。こういった特許やニーズの集積の中身と国民のエネルギー事情を、もう一回分解してみる必要があるのではないのでしょうか。

青木 1箇所で大規模に発電して、ガーッと運んで、バンバン使うということではなく、ローカルで小さいラインをいっぱいつく

ていくことは大事でしょうね。

水野 インフラが大変ですけれどね。

横山 本来、日本の技術は、車にしても、家庭のオーディオにしても、何をつくらせてもコンパクトで高性能なものが得意だと思わなければならないけれど、エネルギーに関しては、そういう技術がまだ標準化されていません。だから、まだまだ開拓する余地はあって、ただ、そこに魅力がないとすれば、やはり政策を考えていかなければいけないという気がします。

おっしゃるように、効率から考えたら、分散型でたくさん発電所をつくるより、1箇所で大量につくったほうが安いという議論になってしまう。それはこれまでの大量生産・大量消費を前提とした考え方ですね。それが現在の小都市の駅前などがどこもシャッター街になって、空洞化しているという話と結びついているわけです。そうではなく、地元を活性化するにはどうしたらいいかという議論からスタートしないと、何でもかんでも効率とコストで判断するのは持続可能な社会などとうていつくれません。

バイオマスはこれを入れれば全てが解決するという救世主ではないんですね。たしかに、CO₂削減効果もあるし、環境にもいいし、あるいは、農山村の雇用も増えるし…ということでメリットもいろいろあるんですが、従来どおり石油を使うという前提で経済効率と安定供給を優先してしまうと、スケールメリットが必要だ、なんて話になっちゃう。持続性を保つためには、教育であり、われわれの意識が変わっていかなければならないと思うんですよ。

何年までどうなるかということ難しいのですが、たとえば電力会社に一定量の再生可能エネルギー導入が義務づけられて、たしかにその数値は目標としては十分ではないけれど、それによって次第に市場が動いていく。車両燃料に一定割合のバイオエネルギーを導入することが決まれば、技術が絵に描いたモチではなく現実化していくわけです。その際、我々がよしとしないといけないことがある。E3などでも、多少、消費者が高いコストを払わなければならない。それを国民が了解しなければいけないでしょう。それには教育が重要であって、10年といったスケールの時間がかかると思います。

青木 環境問題をどう捉えるか、石油一辺倒からパラダイムシフトが起きるような教育が必要だということですね。

水野 先ほど木質バイオマスの燃料コストが高いという話がありましたが、雇用対策や森林保全コストも含めて、総合的にとらえる必要があると思います。効率だけの議論ではそこでオシャカになってしまう。

横山 滋賀県の愛東町で「菜の花プロジェクト」を推進して、BDFを地域の公共輸送用に使っていますね。あれだって値段的には相当高いはずですが、コストよりも、地域おこしもあるし、環境意識を高めるとか、周辺の人を巻き込んでいくという教育活動もあるし、そういうなかでやっているわけです。

仮にBDFを5%入れるとすると、海外に頼らざるをえない。マレーシアなどは日本にパームオイルを200万キロリットルぐらい供給する能力がありますが、それでBDFをつくっても、われわれの計算では税込みの軽油のほうが安いです。タックスを7割5分ぐらいまけてもらって、だいたいイーブン。ようやくコスト的に対応できます。でもそうなると、国内の菜の花のBDFは潰れてしまう。

青木 国内のバイオマスVS海外バイオマス。価格破壊が起こってしまうわけですね。

横山 だから国としてバイオを導入するというシナリオと、地域おこしで進めているものと、うまくすみ分けをしないといけない。

もう一つ、パームオイルは農産物だから、石油と違って、相当価格変動があるんです。大豆オイルの生産と連動して乱高下する。高いときは1トンで500ドルぐらい。安いと320~330ドル。世界の穀物取引とも密接にからんでくるし、欧米が東南アジアのバイオマスにも目を向けるとどうなるか。

いずれにしても大量に輸入しない限り、CO₂の削減効果がないわけで、多次元方程式を解くようなものです。

青木 なるほど。国内の農林業振興のためのバイオマス政策であれば、地域産業、雇用につながるものの価格競争力がないし、量的にもまかなえない。スケールメリットを追求してCO₂を減らそうとするなら、海外からガバッと入れるほうがいい。でも、それでは国内バイオマスは潰れかねない。けっこう複雑ですね。

横山 クリントン政権でバイオマスを打ち出したのは、環境問題もあるけれど、最大のねらいは農業政策でした。自国の農業セクターへの補助の意味合いが大きい。

青木 お話をお伺いしていると、国の大きい意味での政策とか方向性とすごく関連のある話なのだと感じます。とはいっても、日本で「バイオマス立国」を掲げて選挙で戦えますかね。

水野 農業の振興になるという話はあるかもしれないけれど、一般の世間でいえば、菜種油から電気ができるなんて知らない。ちょっと無理でしょうね。

青木 これまた、意識改革とか教育との連動なしではありえないということですね。10年ぐらいかけてそういう教育をしていって、政策が変わる構造までたどりつかないといけない。

中西 発想の転換が必要だと思うんですよ。日本はエネルギー自給率が低いから、輸入に頼らざるをえないという発想があるときに、まったく逆の、バイオエネルギーを輸出産業にしようというぐらいの戦略があっていい。国内バイオマスVS海外バイオマスという閉じた感覚だけで議論しないほうがいいと思います。

2010年を過ぎると、中国よりインドのほうが人口が上回るといいます。日本では国土が狭くてバイオエネルギーは6%程度のポテンシャルしかなくても、中国やインドを考えたとき、もちろん人口も多いけれども、広大な国土だから、相当程度バイオエネルギーでやっていけるはずですよ。そのための新しい輸出産業を育て上げる。バイオを持続可能性のビジネスモデルとして売り込むぐらいの夢のある話にしたいし、できるのではないのでしょうか。

横山 燃料については、ガソリンエンジンにいく前、相当長い間、アルコールを液体燃料として車を走らせていた時期があったんです。だから輸送燃料としては、アルコールがいちばんいいわけですね。インフラも問題ないし、実証されていますから。たとえば、日本が5~10%入れるとしますと、600万キロリットル必要なわけです。

現在、自動車用のアルコールでは、ブラジルとアメリカがメインですが、ブラジルはサトウキビのバイオアルコールを1400万~1500万キロリットルをつくっていて、その耕地面積は0.38~0.4%ぐらいで、まだ余力があるんです。アメリカもコーンを押しつぶして、デンプンを発酵させて750万キロリットルぐらいつくっていますが、これもまた余力がある。でも、だから輸入しちゃえというのでは、日本にはおもしろみがありませんね。

やはり日本としては、競合しない木質系とかパーム油とかトウモロコシの茎などセルロース系からアルコールをつくるべきなんです。たとえばセルラーゼという酵素を使うとか、日本の特許技術を使って、セルロース系から糖をつくって、糖を分解して発酵させてアルコールにする。それで初めて、海外から石油を輸入することとは違った意味合いで、日本の国益になると思います。

■Session 2 里山の知恵を学びなおし、エネルギーリテラシーを高める

中西 日本の場合は、木質バイオマスをどう生かすかということに尽きるような気がするのですが、木質バイオマスのいちばん相性のいい使われ方は何でしょうか。日本国民がそれぞれ身の回りのものの中で、こういうものに使えるというような…。

横山 たとえば、メタノールは技術的に可能だと思うんです。木材をガス化して、合成ガス系メタノールをつくって、メタノールのカートリッジを入れた燃料電池のパソコンを使う。もっとも、メタノールそのものは安いものですからね。

青木 コスト的に合わないでしょう。相性のいい使われ方ということでは、さきほどのお話にもありましたが、北欧では暖房を

軸に使っているわけですね。日本の場合、東北以北なら暖房システムを上手に組む手はあるかもしれませんが。岩手で進めています。岩手、青森、秋田、北海道あたりで、地域暖房システムをバイオマス依存型にする。

横山 それには本来の木材産業が活性化しないといけませんね。日本の木材産業は、昭和30年代ぐらいまでは、さして経営努力をしないで儲かっていたけれど、今はすっかり疲弊している。もちろん地方によっても違いますが、流通もあまり改善されておらず、木材の規格なども外材にくらべて遅れていて、流通もたくさん買うほど高くなるとか、旧態依然とした制度が残っているのも事実でしょう。それがCO2 問題でにわかには森林が注目されて、経営の足腰が弱いのに補助金をがが投入して、はたしてそれでいいのかという議論もあるんです。林家のほうも相応の努力をしないとイケない。

水野 木材が使われる先の産業構造が変わってしまった点は、非常に打撃が大きいんですが、そこを見るのではなく、自分たちの資源を生かしてエネルギーを活用していくことで、いろいろなことが相当程度まかなえることに目を向けていく必要があります。

横山 日本は戦後拡大造林でせせと植林をしたお陰で、国土の3分の 2ぐらいは森林なのに、世界一の木材の輸入国というのは、非常に皮肉なことですね。モンスーン地帯で、木を伐ってもすぐに生える恵まれた風土にあるのに…。徳川時代は人口が3000万人ぐらいで、全部食わせていたわけでしょう。それがいま1億2000万人程度で、高度な技術と日本型の風土があって、できないわけがないんです。

水野 資源化するには、人の仕組みと技術が要るのですけれども、所有しているだけで資源化されていないことが問題なのだと思います。森林のマネジメントをして、社会の資本として活用していこうという仕組みの中で、エネルギーの問題も位置づけていけば、その地域の経済メリットは高まるはずで、必ずや自立できると思うんです。

横山 間伐されれば使えるのということではなくて、本来は、山林を保全することで環境が守られ、災害を防ぎ、豊かな森の恵みが保たれる。環境を保全することによって健全な森林経営が成り立つという上位概念があって、そこからオプションとして、出てくる間伐材をどうするかという順序にならなければならない。

水野 森林にあるさらの木のうち、住宅の資材として使われているものはわずかなんです。最終のポリウムベースでいったら、枝なり葉なり根っこなり、大げさにいえば、8割ぐらいが廃材です。

横山 全体の立木から考えると、廃材の割合がそんなになるんですか。

水野 乾燥で4~5%縮むことも入っていますが、間伐材も含めて、そういった廃材をどう使っていくかですね。

横山 森林組合の共同の作業場には、片方に焼却炉、片方に乾燥炉がありますが、法律によって、出てくる廃材を燃やしてはいけないことになっているでしょう。

水野 シイタケの乾燥にも温室にも、熱はすぐく使うんだけど、そちらには石油を使い、片方ではコストをかけて廃材を処分している。おかしな話なんです。

中西 森に対するアプローチが、いつの間にか単一志向性というのか、一対一対応になっているんですね。地域を軸に置いたときに、どういう使われ方をすると、持続可能性が実現できるのかという選択肢を、もっと掘り起こしていく必要があると思います。

水野 山の資源には、川の急流とか山の斜面もあるんですよ。もちろん風もありますが、エネルギーとしてその物理量、重力を使えないか。昔は山の製材工場は川で鋸を回していたり、風力を活用したり、木を出すときも自然のシューターで出していましたね。それも山の特性を生かしたエネルギー利用なんです。

横山 何年前かに、愛知万博の海上の森を歩いたことがあるんです。一緒に行った大学の先生が、昔の里山は経験が豊富だとおっしゃっていました。当時、栄養の三元素の知識はなかったはずですが、上流のほうに根粒バクテリアがあるような木を植えると窒素源が下に流れてくるので、どういう木を上に乗ればいいのかという経験則があった。窒素なんて言葉は知らないけれど、経験的な知恵によって里山がうまく運営されていたんですね。聞いていて、すごいなと思いました。

青木 分析しないでわかっているというのは、すごいですね。

中西 ぼくらが里山を学んで、いちばん勉強できることは、「エネルギーのリテラシーが高くなること」ではないかと思います。今の時代は電化製品のプラグをコンセントに入れば全部が済むようになっているので、確実に生活者のエネルギーのリテラシーが下がっているんですね。そこを上げていかないと、エネルギー問題は根本から解決しないだろうなというのが正直なところです。

水野 生活スタイルとか価値観とか、里山の美意識や知恵から学んでいかないと、自立していけないのではないかと思いますね。「景色」もそうですね。その土地をどう利用していったかの集積によって、遠くから見て美しいと思える風土をつくっている。たとえば、ススキを刈って茶畑に入れるとか、知らず知らずにバイオマス利用をしてきたわけですね。樋をかけて沢の水を随時使って、水道は引いているけれども、なかなか使わない。「こういう暮らしをしなきゃいかん」という暗黙の合意が、節制や節約と結びついている。風景を読み解くことで、それが見えてくるんです。

青木 不思議と風景にそういうものにさせていく力がある。教育ツールの一つかもしれませんね。

水野 美しいと感じるのは、そういう側面があるんですよ。枝葉は薪にしてきちんと積むんですけど、その積み方もすごくきれいで使いやすい。「これ、なあに?」「ご飯炊くやつよ」なんて伝えられていく。

青木 エネルギー教育が自然となされている風景ですね。

■Session3 バイオエネルギー普及のための法制度や教育とは

青木 現状と課題が共有できたところで、制度や教育について議論していきたいです。まず、バイオマスの技術をいい状況にするために必要な法や制度、ルールについて考えてみたい。当面、この 3年~5年ぐらいでやるべきことは何か? そして、私たちの意識を変革するために、どんな教育が必要か? この2点です。

水野 "バイオマス年貢"を提案します。宮崎県の椎葉村に行ったときに、こういうところは電気代もガソリン代もガス代も安くしなければ暮らせない、とつくづく感じました。エネルギー価格を安くするかわりに、木や炭を年貢として出すわけです。

青木 生活の負担を軽くする。そのかわり持続可能な森林経営をしてもらう。木が売れなくて困るというのではなしに、生活の負担を軽くするために木を出す、ということですね。

横山 これからは規制強化と規制緩和の両方が大事だと思うんです。日本における新エネルギーの導入目標はすでに掲げられています。10~15年先を見据えて、5年先ぐらいに国産エネルギーをどれぐらい入れるか、あるいは、外国ならどこから入れるかなど、もう少し具体的にしていく。輸送用燃料のガソリンにも一定量のアルコールとかバイオマス由来の燃料を入れることを、ジワジワとコンセンサスを得ながらやる。インフラのおカネがかかるので、国民の了解を得ながら、業界団体と調整しながらやっていく。

これはある種の規制強化ですが、一方ではいろいろな規制を緩める。いまバイオマスを熱供給しようとする、60もの法律があるんです。自治体や建設省や消防庁へ行ったり、そのために2年ぐらいかかって、たいへんな労力と手間とおカネがかかる。もう少しやりやすくしないとイケない。

池上 新しい話は何もないのですが、ともかく地域循環型で、地域を単位とした独立した経済圏みたいなものを、どしどしつくっていくべきだと思います。これは当然、規制緩和がないと進められませんし、教育の話とも関連するのですが、小さな単位で一

体感をつくらないと、自分の問題として受け止められないのではないかと思います。そのために、おカネを集中的・効率的に使っていくことも必要でしょう。

また、いま申し上げたこととダブるのですが、ここ3年という短いレンジで考えれば、地球環境問題に対する理解をもっと深めてもらわなければいけないし、それに対応したスローな生き方といった価値観を一人ひとりが共有できるような方向へ持っていくと、それ以上先へは進まないと思います。

中西 ぼくは、とりあえず「宝」の5%と書きました。5%でなく、京都議定書で目標とした6%でもかまいません。5%のことを意識しただけで国が変わるという感覚を、法でも教育でもいいのですが、数字を突破口にして持てるようにする。はなはだ広告屋的で申し訳ないんですが、「6%で救われる」とか「5%の変化で社会は変わる」とか。GDPの5%は20~30兆円でしょう。

なんでこんなことを考えたかという、東京海上研究所の河辺淳さんが、2001年の日経で、ポランティア経済を「4%経済」と言っていたんです。経済企画庁の試算では、98年でGDPの3.6%の18兆円だった。それが今は4~5%になっていて、ここまで力を持ってくると、国もNPOをどう生かそうかと考えはじめたように、その存在は無視できないじゃないですか。

この5%を育てることがいかに大切かということ、法もそうですけれども、意識のなかにどうやって定着させるのが、すごく重要だと感じました。上限が5%しかないのなら、市場原理では投資に値しないけれども、市場原理を超えて、人・モノ・カネ・情報を集めることは、こういうコンセンサスがあって初めて成立するのではないかと思います。この5%を夢のある数字にしたいですね。

青木 ぼくが制度的に大事だと思うのは、環境税、あるいは地下資源利用税です。コンセンサスを取るのが難しいといわれていますが、バイオマスを活用しようと思ったら、地下資源を利用するものに対して税をかけていく。それを国際協定みたいな感じでやるのが、いちばん必要だろうと思っています。

コストが合わないという話がありますが、逆に、石油が安すぎると思うんです。安すぎるものを上げてバランスを取っていくというわけです。

横山 以前、電力中央研究所の委員会で「1.5kw/h 社会」が提案されたことがあるんです。CO2もそうですが、エネルギーについても私たちは使すぎている。アメリカはその何倍も使っているけれど、途上国はゼロに近いでしょう。平準化しようと思うと、一人当たり1.5kw/hぐらいなんですね。これは、日本では昭和30年代後半ぐらいのレベルです。車は1台にするとか、省エネを徹底するとか、多少利便性は落ちるかもしれないけれども、すでに経験したことだし、技術革新と組み合わせれば、理屈としては可能なはずですよ。

青木 先進国は抑えて、途上国は上げていって1.5kw/hで平準化するためにも、教育が重要ですね。次に、バイオマスを活用した持続可能な社会をめざすために、どんな教育が必要かを考えていきましょうか。

水野 国民の意識を変えるために、「エネルギーを自分で一日一個つくれ」と呼びかけたい。ぼくの小学校時代は、学校へ行くと、寒いときはストーブを焚くんです。薪を交代で持っていくんですが、そういうときに、ストーブってありがたいな、と思うわけです。自分でエネルギーを一個つくるということ、知らず知らずに行っていたわけですが、やっぱりエネルギーはありがたいので、大事に使うようになる。非常に子どもじみていますが(笑)。おカネが電気代やガス代に変わってしまうだけではなかなか自覚できません。なんとか具体的な目に見える形にしていけば、意識ももう少し日常化できるのではないかなと思うんです。エネルギーのことをみんながもっと知ることが大事です。

森遊び倶楽部でも一回やりました。木の実が鳥にとってエネルギーだと、子どもが持つてくる。将来の技術を考えて、菜種だつてエネルギーですから、そういう子どもたちが新しいものを発見してくれるかもしれない。

中西 ぼくは「5%教育」をやってみたい。100人のうちの一人が99人を口説くのは大変だけれど、5人で95人ならけっこう口説けるんじゃないか。つまり、5%は、変化をつくりだすうえでかなり大きな数字だということ、体感できたらいいかなと思っています。

池上 品質管理も5%を目標にしますね。

中西 「5%変えたからといって世の中どう変わるの？」という冷めた目が多いと思うんです。「そうじゃない、5%変えるだけで世の中はすごく変わる」ということを知らしめるようなことを体感できるような仕組みでやってみようかな。数字の力を、ああだこうだと言いつづけるのはよくないですけどね。

水野 現在6億キロワット使っている一次エネルギーのうち、1.2%が新エネルギーで、そのうち70%がバイオエネルギーとのことですが、そこから5%をめざすとすると、すごく広がる。

中西 わずかのように見えるけれど、総量で考えるとハンパじゃない。プラス志向で数字の魔力を使えないかなと思うんです。数字に神話性を持たせることで、もっとハッピーな研究につながっていくといいんですけどね。

横山 学校で、食料とエネルギーの自給について、ちゃんと教えたほうがいいと思うんです。食料とエネルギーは生きていくうえで根幹の話なのに、あまり習っていないでしょう。

それと、都会などではあまり森に触れることがない。以前筑波にいたころ、林地で間伐をするところを見せてくれるというので、子どもを連れて見に行ったことがあるんです。立て込んでいて、ある一定方向に倒さないと、ほかの木が傷むし、パーッとねて怪我をするので、素人がちょっとやるというわけにいかないけれども、動物との触れ合いもあったり、いろんな発見がある。そういうところで親しむのは、小学校では無理だ、中・高校ぐらいからでしょうか。森林実習がカリキュラムとしてあると実感できると思います。

青木 そういう教育のチャンスがどんどん増えていくといいですね。

池上 トヨタの森では1年に100回近く学校の子どもの受け入れをしています。年間3200人ぐらいで、ほとんど1日おきぐらいに来ています。

青木 それが根底の意識変革につながってくるとすると、大きな話ですよ。

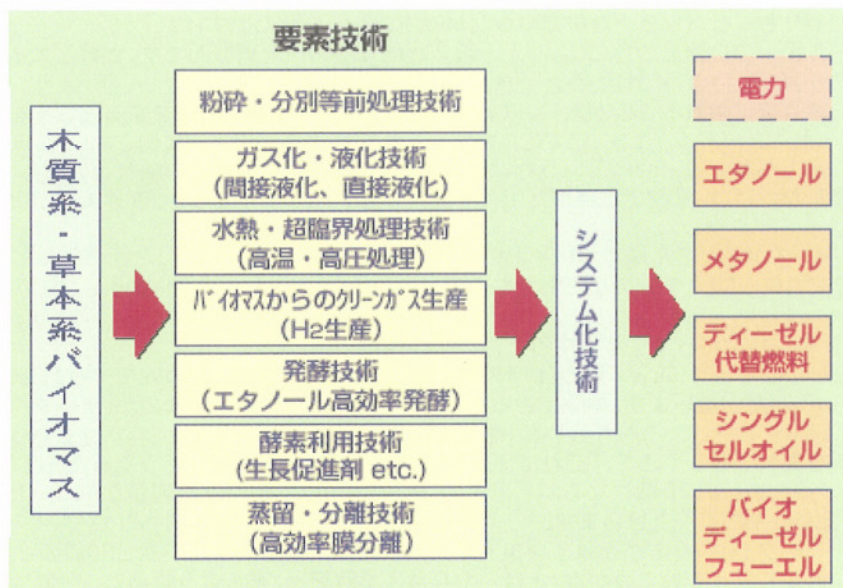
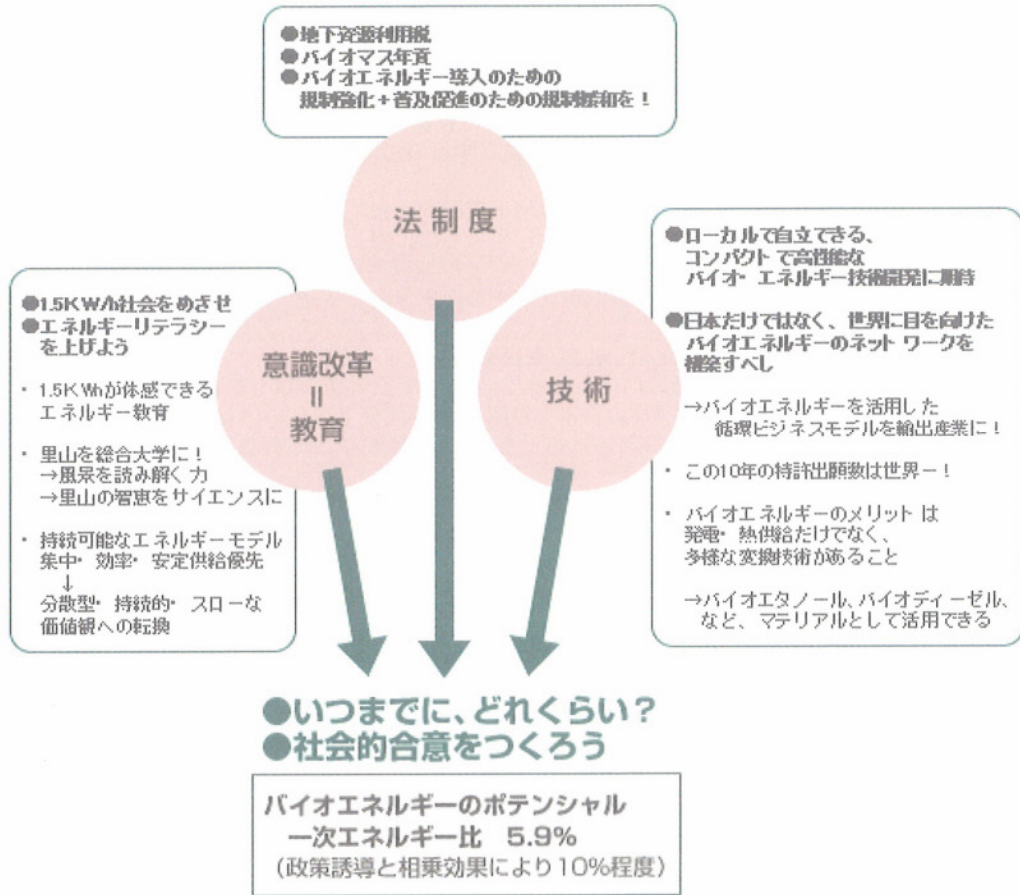
ぼくは、風景が大事だという話と、「1.5kw/h ライフスタイル」はとても大事だと思うんですけど、そのイメージがわからないことが理解を妨げているんだと思います。体験できるモデルルームなのか、遊び場なのか、テーマパークなのかかわからないんですけど、行くと、「1.5kw/h って、これぐらいね。悪くないじゃない」「ちょっときついな」といった体感できる施設をつくりたい。一泊二日でご飯を食べて帰ってきて、「それは1.5kw/hの世界なのよ」「あ、そうだったんですか」「そういう生活、イヤですか」「けっこうイヤじゃない」という話になるかどうか、実験してみたい。理論とか理屈とかパーセンテージの削減ではなくて、体感、体験できることがカギだろうと思います。

村上龍の『13歳のハローワーク』という本が売っていますが、やるべきタイミングは、15歳と30歳の2回でしょうね。中高生のころ、「将来どうしようか。何して食っていくかな」とぼんやり考える時期と、家を買う時期に、どういう場所に住むのか、どういう暮らしをするのか、という体験型環境教育をやる。日本人が家の買い方や建て方、住み場所を変えることが、とても大事だろうと感じています。

水野 家を間取りと坪単価と会社までの距離で選ぶようになってしまったけど、全体として暮らしをどう組み立てていくか、その装置として家があるというふうになると、価値観を反映したものになっていく。そこからスタートできたら、エネルギーの問題も日常化していくのかもしれない。

青木 本日はバイオエネルギーの技術の話から入って、社会システムとか教育のありかたまで議論しました。どうもありがとうございました。

Notes ディスカッションを終えて
バイオマス社会へとシフトしていくために



バイオマス社会の到来に向けて 青木将幸

人類が生きてゆくためにはエネルギーが必要だ。そのエネルギー源をどこからとってくるかというのが、エネルギー問題、環境問題の根本にあると思う。

化石燃料(石炭、石油、天然ガス)やウランなどの鉱物資源を地下から掘りだしてくる社会は、いずれ終わりを迎える。30年、50年という単位では、今のエネルギー源のまますすむだろうが、500年、1000年後には確実に、エネルギー源は「バイオマス」にシフトされているだろう。

思えば、人類はずっとバイオマス・エネルギーの恩恵を受けて育ってきた。50万年前の原人の時代から、木を活用し、火をともしてきた。バイオマス以外のエネルギー源を積極利用しはじめたのは、産業革命以降のここ200年間のことだけなのだ。

来るべきバイオマス社会においても「使いすぎ」は深刻なダメージを与える。木々や植物が成長するスピード以上に利用しすぎると、たちまち緑は失われてゆく。そういった視点でも、「持続可能な森の経営」を研究し、少しずつ実践してゆくことが、現代の人類の役割だと思う。

地下資源に支えられた、今の便利な社会から離れることは、なかなかイメージはわからないが、300年後、1000年後の社会、つまり10世代先、30世代先の子孫のことをイメージしながら、社会のあり方、エネルギー施策のあり方を判断してゆきたいものである。