

地球温暖化とエネルギー問題

矢尾 由佳

はじめに

現在、人類が直面している大きな問題のひとつに地球温暖化がある。これは、自然災害などのさまざまな気候の変化をもたらしたり、生態系の基盤をおびやかしたりするといった危険があるものである。そのなかでも海面上昇は最も深刻な問題として取り上げられる。温暖化の問題の解決が難しいのは、原因が人間活動の基盤となっている、石油や石炭のエネルギー利用にあるところである。また、地球温暖化は主に先進国が温室効果ガスを大量に排出したことが原因である。

温室効果とは、地球が放射する熱を温室効果ガスが吸収し、再び地表に戻すことをいう。これにより、地球の平均気温は 15℃前後と、生物が生きるのに適した環境に保たれてきた。しかし、産業革命以降、化石燃料を大量に燃焼させるなど、人の活動に伴って排出される量が急速に増えたため、近年は大気中の二酸化炭素濃度が上昇し続けている。

このように温室効果ガスが増加している今、地球温暖化の現状と対策について検討する。

1 地球温暖化の影響

1. 1 世界で起きている温暖化の影響

まずは、現在すでに確認されている温暖化の影響をみていきたい。

2001 年に公表された、気候変動に関する政府パネル (IPCC) 第三次評価報告によれば、20 世紀の 100 年間に、世界の平均気温は約 0.6℃、平均海面が 10~20cm それぞれ上昇し、北半球の中高緯度では大雨の頻度が増加した可能性が高いことなど、さまざまな気候の変化が観測されている。同報告書によれば、過去 50 年間に観測された温暖化の大部分は人の活動に伴う温室効果ガス濃度の増加が原因となっている可能性が高いと結論づけている。

2004 年に北極協議会が取りまとめた報告書によれば、アラスカ及び西カナダの冬季の気温が 3~4℃上昇したこと、過去 30 年間で北極圏の積雪面積が約 10%、夏季の海水面積が約 15~20% 減少したことが示された。(『環境白書』, p.5)

このようなさまざまな影響が出てくる中でも、人間社会にとって水の問題は特に深刻だろう。

多くの研究から、平均降水量と降水の経年変化との間に強い正の相関があるため、温暖化による平均降水量の増加は、降水の変動度を増加させる可能性が高いといわれている。地域的に見ると、高緯度域では夏・冬とも降水の増加の可能性が高く、北半球の中緯度と熱帯アフリカでは冬季に降水増が、そして南アジアと東アジアでは夏季に降水増がみられるようだ。

降水量が増えると予想される地域がある一方で、内陸域の広い範囲にわたって干ばつが発生し、自然植生や農業などに被害を与えると心配されている。それは、温暖化に伴う内陸域での気温上昇と蒸発水損失の増加、そして降水の有効度の低下を考えると、温候期に土壤の乾燥が進むと予想されているためである。(『(新) 地球温暖化とその影響』, pp.82, 86)

このように地域間の降水量が大きく違ってくると洪水や干ばつの影響が出てくる。この影響

によって、これまで生活していた地域に住めなくなり新しい土地への移住を強いられる人が増大すると予想されている。その数は2050年ごろにはバングラデシュで約2500万人、エジプトのデルタ地帯で約1000万人、中国では7000万~1億人に上り、世界全体では約2億人が環境難民になるという推定もある。すでに海面上昇などの深刻な被害を受けている太平洋の島国ツバルは、ニュージーランドなどへ環境難民としての受け入れを要請している。難民受け入れのための体制整備などの問題は、今後さらに大きな政治問題になっていくだろう。

また温暖化が進行し、気温が高くなると健康への被害も出てくる。

夏季の気温が高くなる頻度と期間が増加すると、熱中症の発生率や死亡率が高くなる。高齢者と都会に住む人は熱中症の危険がより高いという。洪水の増加で、溺死や下痢などのリスクも高まると予測される。また、気候変化で食糧生産が減れば、食料が保証されていない人々の栄養失調も増えるだろう。

さらに温暖化に伴って、マラリアやデング熱などの伝染病が流行する地域が拡大すると予測されている。冬季の気温が3~5℃上昇すると、日本の一部でもマラリアを媒介するハマダラ蚊の生息域となるおそれがあるだろう。

経済的に見ても温暖化によって受ける損害は大きい。損害には直接受ける損害(海面上昇による土地の喪失、観光業への影響など)と、適応策のための負担(堤防を作る費用、住環境の悪化による移住など)とがある。いずれの負担も、今後大きく膨らむ可能性がある。ここ数十年の異常気象によって、1990年代の世界全体の経済損失は年間約400億ドル(約5兆円)にのぼり、1950年代に比べると10倍以上になっている。このうち4分の1は途上国のものである。こうした自然災害による損害保険業への負担は増加しており、1985~99年の間に保険料は3倍になっている。(『よく分かる地球温暖化問題』, pp.23, 24)

1. 2 日本にあたえる影響

つぎに日本で確認されている影響と、今後予想される影響についてみてみたい。

日本では20世紀中に平均気温は約1℃上昇した。また、近年、一部の高山植物の生息域の減少、昆虫や動物の生息域の変化、桜の開花日やカエデの紅葉日の変化など、生態系の分布に変化が現れている。ソメイヨシノの1989~2000年の平均開花日が平年より3.2日早まり、イロハカエデの紅葉日が過去50年間で約2週間遅くなるなど、身近なところでも変化を感じられる。気象の面では豪雨の発生頻度の増加なども観測されている。このような気象や生態系の変化の原因の一つとして地球温暖化が指摘されている。しかし、今のところ、これまで起きている具体的な事象と、人の活動が原因で起こる気象変動との因果関係についての科学的根拠は十分に確立されておらず、今後のさらなる研究の進展が期待される。

今後地球温暖化が日本に与える影響について、気象庁気象研究所などは、二酸化炭素の大気中濃度が、毎年、前年比1%ずつ増加する(70年後に現在の濃度の約2倍になる)などと仮定した温暖化効果ガス排出シナリオを用いて予測をした。¹その結果、日本付近での100年間の年平均地上気温の上昇や、海面水位の上昇は、世界の平均よりもやや大きくなると予想されている。そして、こうした気候の変動は、生態系、農業、社会基盤、人の健康などに多大な影響を与えることが予想され私たちの生活形態が一変する可能性が指摘されている。(『環境白書』, p.7)

そのなかでも海水位上昇は日本に大きな影響を与えることになるかもしれない。50cmの海水

位上昇が起こった場合、日本では 14 万 ha の土地が水没すると予想されている。そのため日本の人口の 2.3%にあたる 290 万人が危険にさらされる可能性がある。そのうえ日本の海岸低地は人口と富の集積の高い場所であるので、水没による経済的損失は相当に大きくなると考えられる。

また、風波を伴った高潮が生ずると海岸住宅地や工業地帯だけでなく、日本を飾る景観の一つである白砂松林の海岸にも容赦なく被害を与えるだろう。河川上流でのダム建設により砂の供給を絶たれ、日本の砂浜は相当にやせ細っているが、まだ 2 万 ha ほど残っている。そして、大きな海亀類や小鳥たちの産卵地・営巣地として重要な役割も果たしている。

三村・川口 (1996) は日本の砂浜への海水上昇の影響を評価した。それによると、30cm、65cm、100cm の海水位上昇で、全面積の 60%、80%、90%に近い砂浜が消失するようである。このように砂浜が侵食されると、白砂青松の多くが視界から消え去り、海亀類や渡り鳥たちは産卵・営巣の場所を探して右往左往するだろう。

そのほか、内湾や内海の高い生産力を支え、またその水質浄化に大きな役割を發揮している広大な干潟も、海水位の上昇につれて消滅する危険がある。現在、日本には約 5 万 ha の干潟があり、貴重な生物種がすみ、また北と南からの渡り鳥たちの重要な餌場になっている。それゆえ、干潟面積の減少は、生物多様性を含めて、沿岸生態系の豊かさと、生産力に相当な被害を与えるだろう。干潟から始まる沿岸域の生態系の乱れは、沿岸漁民の生活にも当然はね返ってくると思われる。

海水位上昇と関係しているもう一つの重要な生態的な問題は、海水温の上昇による海洋生態系の崩壊である。熱帯・亜熱帯の沿岸を特徴づけているのは、リーフに発達するさんご礁である。この造礁サンゴはサンゴ虫と褐虫藻との共生体で、生育に好適な水温は 25~29℃である。1997~1998 年に強いエルニーニョ現象が発生したとき、海の表層水温が上昇し、南西諸島域では、サンゴ礁の白化が広く発生した。これは、高水温によりサンゴ虫へ栄養を補給している褐虫藻抜け出したために、サンゴ虫が死滅する現象である。(『〈新〉地球温暖化とその影響』, pp.164, 165, 167, 168)

地球温暖化が日本の気候に与える影響について、東京大学、国立環境研究所、海洋研究開発機構の研究グループが、地球シミュレータ²による予測計算を行っている。それによると、今後、日本の猛暑、豪雨の頻度が一層増加することが予想され、100 年後には 6~8 月の日平均気温が環境重視で国際化が進むシナリオ (2100 年の二酸化炭素濃度が 550ppm) でも 3.0℃、経済重視で国際化が進むシナリオ (2100 年の二酸化炭素濃度が 720ppm) では 4.2℃上昇し、これに伴い、真夏日は 50~70 日増加し、降水量も 17~19%増加すると予想されている。

現在の段階では、科学的な不確実性は残っている。しかし、将来、日本においても、こうした気象の変化やその影響がより深刻になるという研究も発表されている。そこで私たちは予防原則に基づき、気候変動問題への対策を世界規模で推し進めなければならないだろう。(『環境白書』, p.7)

1. 3 今後考えられる影響

今後、世界にはどのような影響が出てくるのだろうか。IPCC では将来起こり得る地球温暖化の可能性を示すために、温室効果ガス排出シナリオを作成し、将来の温室効果ガス排出量の変化と、それに伴う気温上昇など一連の予測を行っている。さらに、そのシナリオに応じて、ど

の程度気温が上昇し、どの程度リスクが増加するかを5つの指標を用いて示している。

IPCC 第3次評価報告書では、地球温暖化の影響による気温の上昇が少ない段階では、一部の地域や分野に好影響をもたらす可能性があるものの、気温の上昇とともにリスクが増加することが示された。また、影響が現れる程度は世界で一様ではなく、国や地域によって異なること、影響に対する備えの程度によって、人や生態系への被害の程度が異なることなども示された。

さらに、2005年2月に英国で開催された「温室効果ガス安定化に関する国際会議」では、IPCC 第3次評価報告書以降の新しい知見が発表され、多くの場合、地球温暖化の影響は以前考えられていたよりも深刻であることが示唆された。（『環境白書』, p.6）

2 温室効果ガス排出の実態

2.1 二酸化炭素の増加

このようなことを引き起こす温室効果ガスのうち約6割が二酸化炭素（CO₂）である。そのCO₂は今までのどのように増えてきて、今後どのような影響をもたらすと考えられているのだろうか。1988年に世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）によってIPCCが設立された。IPCCによると、大気中に含まれるCO₂の濃度は、産業革命以前は280ppmだったのに対して、2000年には368ppmと3割以上も上昇している。この原因は人間の経済活動である。

石炭や石油は、膨大な時間をかけて、炭素を固定化して作り上げられたものである。これらの化石燃料を、人間はわずかな時間で大量に消費し、固定化されていた炭素が二酸化炭素となって、一気に大気に放出されたのである。IPCCの報告書によれば、地表の平均気温は20世紀中に約0.6℃上昇し、とくに北半球では、過去1000年の間のいかなる世紀と比べても高い気温の上昇率となった。また、1990年代はもっとも温暖な10年であったと、している。

問題なのは、このまま温室効果ガスが増え続けば、地球環境が危機的な状況に陥るということである。IPCCは2100年までに大気中の二酸化炭素濃度は540～970ppmとなり、地上の平均気温は1.4～5.8℃上昇すると予測している。（『環境リサイクル技術のしくみ』, p.22）

日本の二酸化炭素排出量の変化と原因についても見ていきたいと思う。

日本の二酸化炭素排出量の長期的な推移は、石油価格の変化と密接な関係が見られ、大きく3つの時期に分けられる。①高度経済成長期（石油価格は安値で安定）には、製造業を中心とする経済規模が急激に拡大したため、二酸化炭素も年々右肩上がり急増した。②1973年の石油ショック以降の石油価格が高かった時期には、石油価格を節約する強いインセンティブが働き省エネが急速に進んだため、二酸化炭素排出量はほぼ横ばいで推移した。③1986年の逆石油ショックで石油価格が急激に下がって以後安価が続くと、石油を節約するインセンティブが働かなくなったため省エネが停滞し、バブル経済崩壊後の経済不況期に入ってから、二酸化炭素は右肩上がりが増えてきた。

2000年度の二酸化炭素の総排出量は12億3710万トン（炭素換算では3億3740万トン）、一人あたりの排出量は9.75トン（炭素換算では2.66トン）であった。京都議定書の基準年である90年と比べると総排出量で10.5%増となっている。極端な夏の冷夏であった93年を除いて一貫して増えてきたが、98年度は前年よりわずかであるが減った。その主な原因は、経済不況と天候、それに原子力発電の供給量の増加と考えられている。特にGDP成長率が-1.9%であったことから経済不況の影響が大きかったといえる。

99・2000年度は、景気の部分的回復に加え、石炭火力発電の増設、産業部門の効率の低下、冷暖房需要の増加などで再び排出量増加傾向となった。政府は90年に、「2000年度の一人当たりの二酸化炭素排出量を90年レベルで安定化させる」という計画を立てていたが、7.6%増という結果で失敗に終わっている。（『よく分かる地球温暖化問題』, pp.31, 32）

2. 2 二酸化炭素の国別排出量

そもそも、温室効果ガスの大半をしめているCO₂は、どのような地域で排出されているのだろうか。世界のCO₂排出量は約240億トンである。しかし、この半分近くを世界の人口の14%しかいない西側先進国で排出している。また日本の排出量はアメリカ、中国、ロシアに次いで4番目に多く、世界の排出量の約5%を占めている。これは南中米全体とほぼ同じで、アフリカ全体、ASEAN全体の1.4~1.5倍にあたる。このようなことを考慮すると、日本は地球温暖化を防止していく大きな責任があるといえるだろう。

図表1 国別二酸化炭素排出量（2000年）
（単位：％）

アメリカ	24
中国	13
ロシア	6
日本	5
インド	4
ドイツ	3
イギリス	2
カナダ	2
韓国	2
イタリア	2
フランス	2
メキシコ	2
その他の国	33

（資料）OECD/IEA -CO₂ Emissions from Fuel Combustion

（出所）資源エネルギー庁「エネルギーを巡る課題と対応」

<http://www.enecho.meti.go.jp/hokoku/html/16011215.html>

一人当たりの排出量を比較することで南北格差もみえてくる。1998年の一人当たりのCO₂排出量の世界平均は3.6トンである。しかし西側先進国の一人あたりの二酸化炭素排出量は12.6トンで世界平均の3.5倍である。他にオーストラリアの17.9トン、カナダの15.3トンなどが一人あたりの排出量の大きい国である。その中でもアメリカの一人当たりの排出量は、世界平均の約5.5倍の19.9トンである。また、日本も9.0トンと世界平均の約2.5倍である。

このような国がある一方で途上国は、産油国や中国など一部工業国を除くと、一人当たりの排出量は極端に少ない。タンザニアは世界平均の50分の1の0.07トンである。このような一

人当たりの排出量が、日本の100分の1以下の国は世界に約20カ国あり、インドなどの工業化された国を含む約70カ国が日本の10分の1程度かそれ以下である。

現在、途上国の増加率は大きい。しかし温室効果ガスの排出量は南北格差が大きく、先進国の責任の大きさが分かる。気候変動枠組条約では「共通だが差異ある責任」という言葉を使っている。途上国も含めて人類全体に地球温暖化の責任があるとしても、それには差があることから、先進国に先に対策を取るよう求めているのである。（『よく分かる地球温暖化問題』, pp.27, 28, 29）

図表2 上位10カ国の一人あたりの二酸化炭素排出量（1998年）

順位	国名	排出量
1	アメリカ	19.9 t
2	オーストラリア	17.9 t
3	カナダ	15.3 t
4	ドイツ	10.1 t
5	ロシア	9.8 t
6	イギリス	9.2 t
7	日本	9.0 t
8	南アフリカ	8.8 t
9	韓国	7.9 t
10	イタリア	7.2 t

（出所）『よく分かる地球温暖化問題』, p.29

2. 3 開発途上国への対応

これまでの世界の温室効果ガス排出量は、先進国からの排出が多くを占めていたが、今後、2010年にも開発途上国の排出量が先進国を上回る見込みだ。

開発途上国における1人当たりの排出量は先進国と比較して依然として少ないこと、過去及び現在における世界全体の温室効果ガス排出量の最大の部分を占めるのは先進国から排出されたものであること、各国における地球温暖化対策をめぐる状況や対応能力には差異があることなどから、先進国が開発途上国の対応を協力・支援することが必要だ。そこで、開発途上国では、クリーン開発メカニズムにより先進国の支援を受け、相互の信頼関係を築きながら、温暖化効果ガス排出量を削減する動きがある。また、国全体の排出量はすでに相当程度大きく、今後もさらに排出量の増加が見込まれる開発途上国については、排出量削減に向けた一層の努力が必要になるとの認識が広がりつつある。実効性のある温暖化対策を進めるためには、次の枠組みにおいて開発途上国における実質的な排出抑制が行われるような仕組みが必要だ。（『環境白書』, p.11）

3 地球温暖化防止の国際的枠組

3. 1 地球温暖化防止京都会議と京都議定書

1997年12月に京都で地球温暖化防止京都会議が開催された。これは、グローバルな環境問題に国際社会がどう対応するか、世界中の注目が集まったものである。この会議により、先進国に対して法的拘束力のある数値目標を定めた京都議定書が採択された。京都議定書は大きく4つの特徴を挙げることができる。「先進国全体で90年の数値から2008～2012年までに5%の温室効果ガスの削減を義務づけていて、数値目標は国ごとに異なる」、「CO₂の数値目標を達成するために国外で対策をとったり、削減分を買ってきたりする仕組み（京都メカニズム）が盛り込まれている」、「森林などの吸収の一部も数値目標の達成に利用できる」、「大枠のルールを決めたものであり、運用ルールの詳細は後の交渉に委ねた」といったところである。（『よく分かる地球温暖化問題』, pp.41, 42）

図表3 遵守制度の仕組みの分類

	予防措置	不遵守への対応
支援を行う仕組み	<ul style="list-style-type: none"> ・ 不遵守になりそうな国に対する支援など ・ 対応能力が不十分な国への支援など ・ 情報公開や警告など 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 義務を守らせるためにアドバイス ・ 事後支援
義務が守られなかった際の強制的な仕組み		<ul style="list-style-type: none"> ・ 罰則を課したり、何らかの対応を求める。

（出所）『よく分かる地球温暖化問題』, (p.72)

この京都議定書は、運用ルールを最終合意（マラケシュ合意）したり、京都議定書を守らせるための仕組み（遵守制度）を作るなどしたりして、世界が一丸となり、各国が環境に対して真剣に取り組むきっかけになるものだっただろう。

3. 2 京都議定書発効の意味

京都議定書が発効したことにより、附属書I国には数値約束を守る義務が生じた。また、クリーン開発メカニズム³や共同実施⁴といった京都メカニズムが本格的に動き出す。このことにより、国際社会は重要な一步を踏み出したことになるだろう。

京都議定書の約束には、国際社会との約束、地球との約束、未来との約束の三つの側面がある。これらの側面は、議定書の発効により「コンセプト」から「現実」となった。

先進国の温室効果ガスの現状は、1990年と直近の先進国の温室効果ガス排出を比較すると、アメリカ、オーストラリア、日本、カナダなどで排出量が増加している。EU全体ではやや減少しており、ロシアなどの市場経済移行国では大幅に減少している。日本では、2003年度の温

室効果ガスの総排出量が13億3900万トンになっており、京都議定書の基準年数の12億3700万トンに比べると8.3%上回っている。日本の第1約束期間の数値約束は6%削減であり、その差は14.3%と広がっている。(『環境白書』, pp.3, 4)

3. 3 アメリカの離脱

これから各国が温室効果ガスの排出を減らしていこうとしている中、2001年3月、世界最大の排出国であるアメリカが、京都議定書から離脱してしまった。離脱の理由として、ブッシュ米政権は「途上国が削減義務に参加していない」、「アメリカの経済に悪影響を及ぼす」などを挙げている。

京都議定書は、気候変動枠組条約の共通だが差異ある責任という原則を踏まえて合意されたベルリン・マンデートに基づき、開発途上国が新たな義務を負わないことを前提として合意されたものである。また、多くの専門家たちは、温暖化対策を積極的に進めれば経済が活性化し、逆に対策を後回しにするほど被害は拡大し経済への悪影響が考えられることを指摘している。米国の主張は、これまで世界の国々が10年におよび進めてきた交渉の経緯を無にするものでありと各国から批判の声明が出された。

世界最大の温室効果ガス排出国であるアメリカが京都議定書の交渉から離脱する中で、2001年7月16日から27日までドイツ、ボンでCOP6再開会合が開催された。再度合意に失敗すれば2002年の京都議定書発効が困難になるだけでなく、一気に温暖化対策に関する世界の関心が下がり、下手をすれば京都議定書は発効できず死文化する恐れがあった。7月19日の午後開催された閣僚級会合では、各国の大臣たちが徹夜で交渉を行い、当初予定していた日程を延長し、途上国問題、京都メカニズム、吸収源、遵守制度の運用ルールなどもっとも合意が難しかった論点について合意をした。これがボン合意とよばれるものである。アメリカの離脱宣言を乗り越え、世界各国の大臣たちは協力して、京都議定書とともに、温暖化対策を進める意志を示したのであった。(全国地球温暖化防止活動推進センター「気候変動枠組条約交渉の歴史」)

国際的な地球温暖化対策を実行性のあるものにするためには、次の枠組みへのアメリカの参加が不可欠だろう。しかし、アメリカでは州レベルで温室効果ガス削減目標の設定や排出権取引を行い、企業レベルでも自主的に排出量の削減や排出権取引の実施に取り組む動きなどもある。連邦政府の政策を含め、アメリカの動きに今後も注目していく必要があるだろう。

3. 4 気候変動枠組条約の目的

気候変動枠組条約は、「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させること」を究極の目的としている。そして、安定化の水準は、「生態系が気候変動に自然に適応し、食料の生産が脅かされず、かつ、経済開発が持続可能な態様で進行することができるような期間内で達成されるべき」としている。

大気中に排出される温室効果ガスの量と、海洋や陸上生態系によって吸収される量とが平衡することを大気中の温室効果ガス濃度の安定化という。現在、化石燃料の燃焼などの人の活動に伴って、年間約63億トンの二酸化炭素が排出されているが、地球の純吸収量は約31億トンと推測されており、年間約32億トンが大気中に蓄積されて、濃度が上昇し続けている。大気中の温室効果ガス濃度がどの程度の水準で安定化するかは、安定化するまでの温室効果ガスの累

積の排出量によって決まる。今後、温室効果ガスの増加が続いた場合、どの程度の温暖化がどの程度の確率で生じ、それによりどのような影響が生じるのかを科学的に評価し、いつまでにどれだけ削減するのかを政策的に決定しなければならない。

温室効果ガス濃度の安定化水準に関しては、いまだ国際的な合意が形成されていないが、IPCC 第3次評価報告書では二酸化炭素の450、550、650、750、1000ppmの5つの濃度を例として安定化に至る排出パスを推計するとともに、二酸化炭素排出量や濃度、気温上昇の関係などを予想している。これらの推計によると、いずれの濃度で安定化を図るにしても、今後、二酸化炭素排出量の大幅な削減が必要となる。しかし、二酸化炭素を大幅に削減したとしても、直ちに二酸化炭素濃度や気温、海面上昇が安定するわけではなく、百年から数千年もの時間的なずれが生じることになる。そのため、京都議定書の第1約束期間は2012年までだが、温室効果ガスの排出量と、地球温暖化の影響との間の時間的なずれを考慮すると、第1約束期間以降の国際的な枠組みについて、直ちに検討していく必要があるといえる。削減対策が遅れた場合、同じ温度目標を達成するためには、後からより大きな対策をとる必要があり、5年の遅れでさえ大きな違いをもたらすことが複数のモデルにより示され、また、排出量削減対策が20年遅れた場合、その後、必要となる削減速度が3～7倍になる可能性も指摘された。このことからできるだけ早く温室効果ガスを減少させる対策が必要なことが分かる。(『環境白書』, p.8)

3. 5 京都メカニズムの活用の取り組み

京都メカニズムとは、市場メカニズムを活用して京都議定書に基づく国としての削減約束を達成する仕組みであり、共同実施(JI)、クリーン開発メカニズム(CDM)、国際排出量取引⁵の3つの手法がある。国だけではなく、民間事業者の参加を促すことで、市場を活性化させ、経済効率性の高い対策が実施されることが期待されている。地球温暖化対策推進大綱⁶においても、京都メカニズムの利用が国内対策に対して補足的であるとの原則を踏まえつつ、これを適切に活用していくことが重要であるとしている。

大綱において当面必要な措置とされた施策のうち、CDM/JI事業に対する国の承認・支援体制の設備については、地球温暖化対策推進本部における決定を受けて設置された京都メカニズム活用連絡会において2004年度に新たに10件の事業を承認し、これまでの承認済み事業が16件になった。また、京都議定書上のクレジットの保有、移転等を管理する国別登録簿については、2005年2月に経済産業省と環境省が国別登録簿利用規程を共同で定めるとともに、登録簿の運用を開始した。登録簿の運用開始により、京都議定書上のクレジットの取得が可能になる。

また、大綱の方針を受けて、政府では環境省や経済産業省を中心として、民間事業者等に対するCDM/JI実施のための支援を行っている。具体的には、CDM/JI事業の現実可能性調査によるCDM/JI案件の発掘や、CDM/JI事業実施に必要な費用の一部補助を実施しているほか、民間事業者がCDM/JI事業を検討する際に用いる実施マニュアルの改訂を行い、CDM/JI事業化促進を図っている。また、CDM/JI事業の主要受入国におけるCDM/JI受入に係る制度構築及び実施計画の策定を支援しているほか、受入国側の情報を日本の事業者向けに広く提供している。さらに日本の認証機関等がCDMの指定運営組織に指名されるよう支援する観点から、運営組織のための認証モデル事業や人材育成事業も行っている。(『環境白書』, p.54)

4 再生可能エネルギーによる代替

4.1 再生可能エネルギーの利用

温暖化の主な原因である二酸化炭素の排出量を将来にわたり削減していくためには、「エネルギー消費効率」「エネルギー消費量あたりのCO₂排出原単価」「活動量」の3つの観点から、これらを効率的・効果的に組み合わせて対策を進めることが必要だ。エネルギー消費効率を向上させたり、炭素集約度を低減していくためには、技術開発が必要だ。また、活動量の観点からは、大量生産・大量消費・大量廃棄型の社会経済活動やライフサイクルを見直し、一人ひとりが無駄を削減していくとともに、環境保全の意識を持つことによって、より環境に配慮した日常生活や事業活動を実践していくことも必要である。すなわち、「技術革新の促進」と「ライフスタイルや社会のシステムの見直し」が、省CO₂対策の鍵となる。

温暖化社会を構築するための戦略を立てるに当たっては、技術の開発とその普及の可能性が重要な要素となる。IPCC第3次評価報告書によれば、特に炭素集約度の低減技術は、これまでの実績以上のスピードでその開発と普及が必要になるとしている。炭素集約度の低減には、化石燃料に依存しないエネルギーの確保とそれらの社会での普及が必要であり、安全性の確保を大前提に原子力発電を着実に推進すること、太陽や風力、バイオマスなどの新エネルギー導入を促進すること、天然ガスへのシフトを推進することなどが求められている。(『環境白書』, p.13)

もっとも取り上げられる対策として、再生可能エネルギーの利用が挙げられるだろう。現在は主に化石燃料が使われている。これは資源が減るという面でもデメリットがある。それを、繰り返し使え、化石燃料よりCO₂排出量の少ない再生可能エネルギーに変えるというのだ。再生可能エネルギーといっても、太陽光発電、風力発電、バイオマス⁷エネルギー、地熱エネルギーなどさまざまなものがある。そのなかでも太陽からのエネルギーを起源とする再生可能エネルギーの資源量は膨大だ。日本でみても日本全土に降り注ぐ太陽エネルギーは、日本の一次エネルギー⁸総供給量の100倍といわれている。このように多くのエネルギーの供給があるのにも関わらず、現実には、まだそれほど使用されていない。それは太陽光パネルの設置には、さまざまな土地利用の現状や自然環境の保護などに制約を受けるからである。これと同様の理由により風力もさほど利用されていない。しかし制約を考慮して導入可能量を考えたとしても太陽光は3700億kWh、風力は3400億kWhになると予想されている。日本の発電量が9312億kWhであることから、太陽光と風力だけをみても、かなりの割合を再生可能エネルギーでまかなえるといえるだろう。そのことから考えても今後の普及が期待される。(『よく分かる地球温暖化問題』, pp.92, 94)

このような今後の期待が大きい再生可能エネルギー、特に太陽光発電と風力発電は今、どのような問題をかかえていて、今後どのようにすればよくなると予想されているのだろうか。

4.2 太陽光発電という選択肢

まず太陽光発電についてだ。これは太陽光発電だけでなく、自然エネルギー全体での問題点であるが、自然エネルギーはエネルギー密度が薄いことが一番の問題である。太陽は、膨大な

図表4 新エネルギー導入実績と長期エネルギー需給見通し(1998年6月改訂)における新エネルギー供給目標

(1) 新エネルギー						
	1996年度		2010年度目標		2010/1996 (注3)	導入目標の達成に向けた考え方
		(注1)		(注2)		
太陽光発電	1.4万kl (5.5万kl)	0.2%	122万kl (500万kl)	6.4%	約900倍	当面導入コストが最大の課題であるが、量産効果を通じた市場自立化や技術開発によるコスト低減をはかることにより需要を拡大。
風力発電	0.6万kl (1.4万kl)	0.1%	12万kl (30万kl)	0.6%	約20倍	導入コストが低減しているため、地方自治体や民間事業者による積極的な取り組みが進展。
太陽熱利用	104万kl	15.2%	450万kl	23.6%	約4倍	近年、灯油等競合化石燃料価格の低位安定を背景に導入とスクラップとが拮抗している状況であり、今後新規市場開拓が必要。
温度差エネルギー等	3.3万kl	0.5%	58万kl	3.0%	約20倍	海水、河川水等熱源に近接した都市再開発等を中心に、熱需要を開拓。
廃棄物発電	82万kl (89万kl)	12.0%	662万kl (500万kl)	34.7%	約5.5倍	燃焼効率向上の技術開発、廃棄物の固形燃料化(RDF化)、更に周辺住民の理解の増進等を通じて、買電に加え清掃工場や事業所内の自家発電への活用等を加速化。
廃棄物熱利用	4.4万kl	0.6%	14万kl	0.7%	約3倍	廃棄物処理上に近接した都市再開発等を中心に熱需要を開拓。
その他 (黒液・廃材等)	490万kl	71.5%	592万kl	31.0%	約1.1倍	製紙業においてパルプ生産量に応じた黒液(パルプ化工工程における副産物)・廃材の有効利用を促進。
合計	685万kl (1.1%)		1,910万kl (3.1%)		約3倍	(左欄カッコ内は1次エネルギー総供給に占める割合)

(注1) 1996年度の新エネルギー導入量(685万kl)に占める割合

(注2) 2010年度の新エネルギー導入目標(1,910万kl)に占める割合

(注3) 2010年の目標値が、1996年度末実績値の何倍に相当するかを表したもの

(出所) 井上貴志「再生可能エネルギー技術の現状と将来展望」

<http://www.gpc.pref.gifu.jp/infocen/yakudatu/enetoku/1/saisei.htm>

図表5 太陽電池の種類

シリコン系	結晶系	単結晶シリコン太陽電池 多結晶シリコン太陽電池	単結晶または多結晶のシリコン基板を使用したタイプで、発電効率が優れています。 現在最もたくさん生産されているタイプの太陽電池です。
	非結晶系	アモルファスシリコン太陽電池	ガラス、または金属等の基板の上に、薄膜状のアモルファスシリコンを成長させて作ります。将来の低価格化が期待されている太陽電池です。
化合物半導体系	結晶系	単結晶化合物半導体太陽電池 多結晶化合物半導体太陽電池	化合物半導体太陽電池とは複数の元素を主原料としたもので、単結晶と多結晶のものがあります。単結晶の太陽電池には、人工衛星などの特殊用途に使われているものなどがあります。多結晶のものには、用途や使用方法に合わせて多様な材料や構造のものがあります。

太陽電池の応用分野と適用例

応用分野	製品・利用機器群
1.住宅機器	庭園灯、車庫灯、門灯、換気ファン、温水器、住宅用太陽光発電システム
2.道路管理施設	各種道路標識、案内板、街路灯、警報装置、トンネル照明
3.海上標識施設	灯台、各種浮標、投餌器、海洋牧場、ソーラーヨット、洋上発電
4.通信施設	無線中継局、衛星地上局、各種テレメーター電源
5.農業施設	ポンプシステム、スプリンクラー、誘殺灯、換気装置
6.民生機器	電卓、バッテリーチャージャー、時計、ランタン
7.輸送用機器	空気清浄器、換気装置、ソーラーカー
8.防災保安機器	雨量・水位・風向計のテレメーター、地震計、アラームシステム、各種検知機
9.公共産業用施設	移動式照明電源、コンテナ換気、産業等用太陽光発電システム、各種モニメント電源、公園トイレ換気・照明装置
10.エネルギー供給施設	ソーラービレッジ電源、ハイブリット発電システム、太陽光発電所
11.宇宙発電	各種衛星発電装置、気象観測装置電源

(出所) JPEA 太陽光発電協会「太陽電池の種類」<http://www.jpea.gr.jp/3/3-1-2-2.htm>

光を供給してくれる再生可能エネルギーである。しかし、地球の表面に降り注ぐエネルギーは 1 m² 当たり 1kW しかない。そのため、いかに効率よく太陽の光を集めるかに、多くの工夫が必要となる。太陽光発電は簡単に言うと、太陽電池によって光のエネルギーを電気エネルギーに変えるシステムである。そして太陽光発電を利用している家の多くは、電力会社の電線と結ばれていて、発電して余った電力は、電力会社が買い取ることになる。このようなメリットはあるものの、まだまだ家庭向けの太陽光発電システムは高価なものだ。出力 1kW 当たり 70 万円から 80 万円であり、一般の家庭で十分な出力を得ようとする、3kW が必要だ。すると二百数十万円の費用になる。国の補助制度によって、家庭での導入が進み、量産効果で 10 年前の 3 分の 1 の価格にはなったが、今後いっそう低コスト化を図ることが期待されている。(『環境リサイクル技術のしくみ』, pp.36, 37)

太陽から降り注ぐエネルギーは膨大で、2000 年における世界のエネルギー消費量は石油換算にして約 100 億トンだが、地球に入射する太陽エネルギーに換算するとたった一時間分でしかない。この膨大な太陽エネルギーから電気エネルギーをつくり出すことを可能にするのが太陽電池である。

太陽電池の構造と種類にはさまざまなものがあるが、現在市販されている太陽電池のほとんどは、P 型半導体と N 型半導体を組み合わせた PN 接合型太陽電池である。この PN 接合は、光が照射されると起電力が発生するという大きな特徴がある。具体的には、太陽電池は P 型と N 型の半導体が二枚重なった構造をしており、これに太陽が当たるとマイナスの電気を持つ電子とプラスの電気を持つ正孔が発生する。電子は N 型半導体に引き寄せられ、正孔は P 型半導体に引き寄せられるので、太陽電池の両面間に電圧が生じ、電線をつなぐと電流が流れるのである。つまり、二枚の異なる種類の半導体を重ねることによって、光で発生した電気のプラスとマイナスを上手く分離する工夫をしている。

最初の太陽電池は、1954 年にアメリカのピアソンらによって発明された。太陽電池の代表的なタイプとして、シリコン結晶から切り出したシリコン基盤を用いた結晶シリコン太陽電池や、ガラスなどの基板上に蒸着などで形成されたアモルファスシリコン太陽電池などがある。もっともよく使用されている半導体はシリコンだが、硫化カドミウムやヒ化ガリウムなどの化合物を利用することもある。それぞれの材料の太陽電池は色や厚さなどの形状の他、価格、変換効率などにちがいがああり、それぞれの特徴を生かした場所において利用されている。

変換効率は、太陽電池が太陽光のエネルギーをどの程度で電気エネルギーにしたかを示す目安で、変換効率が 10% といえば太陽光の 1 割が電気に変えられたことを表している。(『よくわかる自然エネルギー』, pp.72, 73)

また、人工的に作られた無重力状態のなかで球形のシリコンを作り、それを太陽電池として使う技術も開発された。これは球状であるためどの方向から光を受けても、発電できるというメリットがある。価格の面から見ても、従来の太陽電池に比べ、半分以下の価格で販売できるとされていて、とても魅力的なものである。

4. 3 日本における太陽光発電の普及理由

日本の太陽光発電の普及率は世界一である。日本の普及率が世界一である理由には、研究開発の早い段階から、一般住宅への展開と系統連系技術の確立を基本方針としていたことが挙げられる。国土面積が狭い日本で、面積型のエネルギー源である太陽光発電を普及させるために

は、これが不可欠だった。20数年前に日本だけがこのようなシステム概念を設定し、今日まで国際的にも独自の成果をあげている。そして、余剰電力の買取り制度などの太陽光発電を取りまく環境の整備と政府による普及策の導入が、この基本方針を後押しし、太陽光発電の普及を現実のものとしたものだ。

1990年の「電気事業法令」改正により、太陽光発電がはじめて法律で定義され、92年には電力会社が余剰電力を電力料金と同程度の価格で買い上げる制度が導入された。翌93年の「系統連携ガイドライン」では、低圧配電線での「逆潮流有り系統連系」が認められ、電力会社による余剰電力の買取り制度とあわせて、太陽光発電に経済的なメリットが与えられた。これらの技術的規制の緩和によって、インバータの品質の向上と価格の低下も実現した。

1994年度からは、新エネルギー財団が個人住宅への設置で初期需要を創出し、コストを引き下げることを目的として住宅用システムへの補助事業をはじめた。これにより、住宅への導入が本格的に開始されシェア獲得のためのメーカー間の技術競争もはげしくなり、コストダウンや品質向上をもたらした。さらに、NGOなどの民間団体でも補助事業を開始するところが現れ、自然エネルギーの普及を望む市民も増えてきたのである。世界的に地球環境問題への取り組みが活発化し、クリーンなエネルギーである太陽光発電への期待が高まったからであるといえるだろう。

このような導入・普及策の背景には、長年の技術開発の積み重ねがあったことはいまでもない。日本の太陽光発電の技術開発は、1974年より通商産業省（現、経済産業省）による「サンシャイン計画」としてスタートし、太陽電池の変換効率の向上、システムのコストダウン、系統連系技術の開発など大きな成果をあげてきた。独自の方針と導入・普及策、そして長年の技術革新により、現在日本は太陽光発電世界一の普及を誇っている。

今後21世紀に向けた環境問題、とりわけエネルギー問題のために、再生可能エネルギーの旗手として、太陽光発電は、大きな期待を担っている。（『よくわかる自然エネルギー』, pp.82, 83）

4. 4 風力発電の現状

つぎに風力発電についてだ。風力発電の仕組みだが、風力発電はタワーの先端に取り付けた風車で風を受け、その回転力を使って発電機を動かし、電気エネルギーに変換する。エネルギーが風なので、太陽光発電と同様にCO₂が排出されないクリーンなエネルギーだ。

しかし、どこにでも風車を設置すればいいというものではない。風力発電は、どこに設置するかで得られるエネルギー量が大きく変わってくる。日本では風力発電の適地は山など地理的に制約のある場所が多く、このような場所では設置費用が上がってしまうという問題点がある。このため海岸線がクローズアップされている。海岸は風の方向などが比較的安定しており、風車に与えるダメージも少ないからだ。

また、コストダウンするには風車の大型化もひとつの方法である。現在では、1基で1000kWを越す風力発電も当たり前になってきた。多くの風力発電を1か所に建設する風力発電基地も、2万～3万kWと大規模化している。NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の調べでは、総出力が3000kW以上の風力発電基地の場合、設置コストは1kW当たり20万～23万円（1999年度）となっている。（『環境リサイクル技術のしくみ』, pp.34, 35）

今のところ日本で風力発電を設置しているのは、企業や自治体などがほとんどである。しか

し、NPO（非営利組織）が独自に費用を集めて設置するケースもあり、少しでもCO₂の排出を抑えようと、具体的な行動に出ている。このような行動がこれからますます増えていくことを期待したい。

4. 5 再生可能エネルギーの経済性と見通し

具体的な新エネルギー技術の経済性について取りまとめたものが図表6である。例えば太陽光発電においては系統電力料金と比較し2.5倍～6倍のレベルにあり、自立的導入にはほど遠い段階にある。他の新エネルギー技術についても概ね既存エネルギー（系統電力、ボイラー熱利用）に比し割高であり、風力発電のみが風況に優れる地点にてのみ系統電力と競合性を有するにとどまる。（井上貴志「再生可能エネルギー技術の現状と将来展望」）

図表6 新エネルギーの経済性の現状

	発電／熱利用コスト	既存エネルギーとのコスト比較 (比較するエネルギー)
太陽光発電	70～100 円／kWh	2.5～6 倍（電力料金）
太陽熱利用	約 23 円／Mcal	約 2 倍（都市ガス料金）
風力発電	16～25 円／kWh	1～1.5 倍（火力発電単価）
廃棄物発電	9～15 円／kWh	1.5～3 倍（都市ガス料金）
廃棄物熱利用	20～40 円／Mcal	2.5～4 倍（都市ガス料金）

（出所）井上貴志「再生可能エネルギー技術の現状と将来展望」

<http://www.gpc.pref.gifu.jp/infocen/yakudatu/enetoku/1/saisei.htm>

このため、資源エネルギー庁では、例えば家庭用太陽光発電の導入に際しては(財)新エネルギー財団を通じた制度により、事業者用の導入に際しては新エネルギー産業技術総合開発機構を通じた制度により、設備導入の際の一部に対し補助金を拠出する等の導入支援を実施しているところである。こうした導入補助金の最大のねらいは、一定量の初期需要を喚起しメーカーの量産体制を整備することにより、製造プロセスでのコスト低減を図ろうとするものである。特に、太陽光発電のような半導体製造をベースとする技術では導入初期における量産（習熟）効果が高いと言われ、2005年には家庭用にて自立的普及が達成できるという見通しもある。発電コストは依然高いものの、1993年度から2003年度末までの間に、導入量は約36倍に拡大し、システム価格は約1/5まで低減した。（井上貴志「再生可能エネルギー技術の現状と将来展望」）

このように新エネルギーは現段階ではまだ発電コストが高いとされている。しかし、その一方でこの発電コストの計算の仕方に問題があり、新エネルギーは割高ではないという意見もある。それは計算方法によっては風力発電が3.7円/kWhと最も安い発電方法になるからだ。発電単価はランニングコストや設備コストだけで単純に計算できるものではなく、需要と供給のバランスなども考慮する必要がある。そのため現在、資源エネルギー庁が公表している発電単価は空虚なものと言えるかもしれない。発電コストの計算方法を見直すと自然エネルギーは十分、競争可能なレベルに近づいているといえるだろう。（『よくわかる自然エネルギー』, p.61）

新エネルギーは、二酸化炭素の排出が少ないこと等、環境へ与える負荷が小さく、資源制限が少ない国産エネルギー、または石油依存度低下に資する石油代替エネルギーとして、エネルギーの安定供給の確保、地球環境問題への対応に資することから、持続可能な経済社会の構築に寄与するとともに、さらに新エネルギーの導入は新規産業・雇用の創出等にも貢献するなど様々な意義を有している。特に日本のようなエネルギーの大部分を海外に依存している国にとっては、国産エネルギーとしてエネルギーの供給構造の多様化に貢献するだろう。（資源エネルギー庁「新エネルギー導入の意義」）

図表7 各新エネルギーの導入状況

新エネの種類	導入状況
太陽光発電	平成5年度から15年度末までの間に、導入量は約36倍に拡大し、システム価格は約1/5まで低減したものの、発電コストは依然高い。
風力発電	立地条件によっては一定の事業採算性も認められ、導入量は過去3年間で約5倍。経済性、安定性が課題。
廃棄物発電	地方自治体を中心に導入が進展。施設の立地に係る問題等が課題。
バイオマス発電	木屑、バガス(さとうきびの絞りかす)、汚泥が中心。近年、食品廃棄物から得られるメタンの利用も見られるが、依然、経済性が課題。
太陽熱利用	近年導入量が減少。経済性が課題。
廃棄物熱利用	熱供給事業による導入事例はあるものの、導入量は低い水準。
温度差エネルギー	
バイオマス熱利用等	黒液廃材は新エネルギーの相当程度の割合を占める。
クリーンエネルギー自動車	ハイブリッド自動車、天然ガス自動車については、比較的順調に導入量が増加してきているものの、経済性、性能インフラ整備の面が課題。
天然ガスコージェネレーション	導入量は近年比較的順調に進展してきているが、高効率機器設備は、依然、経済性の面が課題。
燃料電池	りん酸形は減少。固体高分子形は実用化普及に向けて内外企業の開発競争が本格化。今後大規模な導入を期待。

(注) 導入量は「4.新たな新エネルギー導入目標」参照

(出所) 資源エネルギー庁「新エネルギーを巡る動向」

<http://www.enecho.meti.go.jp/energy/newenergy/newene01.htm>

当然、他の新エネルギー技術についても様々な導入促進策が講じられつつあり、「新エネルギー導入促進特別措置法・同施行令」にて定められたものを中心とした新エネルギー技術全般に関し、普及促進策（導入補助金、税制優遇等）、技術開発支援策、普及啓発等が実施されているところである。これらの結果、2010年頃までには太陽光発電に加え、太陽熱利用、風力発電、コージェネレーション、燃料電池のうちりん酸型（PAFC）等が自立的普及可能なレベルまで経済性が向上する見通しとなっている。（井上貴志「再生可能エネルギー技術の現状と将来展望」）

5 将来に向けたエネルギーの有効利用

5.1 省エネルギーの進展

温室効果ガスを減らし、地球温暖化を進めないようにするためにはクリーンなエネルギーを利用していくのと同時に、使うエネルギー自体を減らすことが大切だ。つまり、温室効果ガスの最大の排出源である石油や石炭といった化石燃料の使用量を減らすことが大前提となる。そのためには省エネルギーを進める必要がある。

総合資源エネルギー調査会は2001年に「今後の省エネルギーの対策のあり方について」を発表した。それによれば2010年までに産業、民生、運輸の各部門における最終エネルギー消費を、石油換算で5700万kl削減するという目標を立てた。エネルギーには、採掘したままの状態の1次エネルギー、これらを電気などに転換した2次エネルギー、電気などを企業や家庭がどれだけ使ったかを示す最終エネルギー消費がある。省エネルギー対策は最終エネルギー消費をどのように減らしていくのが、柱になっている。（『環境リサイクル技術のしくみ』, p.60）

5.2 日本の温室効果ガス排出と省エネ

日本の2003年度の温室効果ガス総排出量は、13億3900万トンだった。これは京都議定書の規定による基準年の総排出量と比べ、8.3%上回っている。また、前年比と比べると0.7%の増加となっている。温室効果ガスごとにみると、2003年度の二酸化炭素排出量は12億5900万トン、一人あたりでは9.87トン/人だった。部門別にみると、産業部門からの排出量は4億7800万トン、運輸部門からの排出量は2億6000万トンだった。乗用車の台数が1990年から2003年の間に31.4%増加しており、これに伴い、走行距離が増加していること、及び個々の自動車の燃費は改善している一方で、消費者の嗜好の変化や安全対策の実施により乗用車が大型化していることが主な要因となっている。業務その他部門からの排出量は1億9600万トンだった。延床面積の増加が排出量の増加に大きく寄与しているが、床面積あたりのエネルギー消費量はそれほど増加していない。家庭部門からの排出量は1億7000万トンだった。世帯数の増加とともに一世帯あたりのエネルギー消費量が増加している。（『環境白書』, p.51）

これまで省エネといえば、企業が行うものという認識があった。しかし、産業部門でのエネルギーの伸び率は鈍化し、逆に家庭など民生部門と運輸部門は少しずつ増加している。そのため、省エネ対策として、民生部門では、省エネ効果の高い機器を増やす、住宅の省エネ化と待機時消費電力の減少、家庭やビルのエネルギーを管理するシステムを普及させることなどに、重点を置いている。また、運輸部門では、車の燃費をよくするためトップランナー⁹方式をさらに進める、クリーンカー¹⁰を増やす、交通渋滞を減らし交通の最適化を目指すことなどが盛り込まれている。（『環境リサイクル技術のしくみ』, pp.60, 61）

図表8 日本の部門別二酸化炭素排出量の推移 —各部門の間接排出量—

(単位：百万トン)

	エネルギー変換部門	産業部門	運輸部門	業務その他部門	家庭部門	工業プロセス	廃棄物	その他部門
1990	82.2	476.1	217.2	143.9	129.1	57.0	16.9	-0.2
1991	82.7	464.5	228.9	148.8	130.7	58.6	17.4	-0.2
1992	82.6	461.7	236.8	152.7	137.7	59.1	18.4	-0.1
1993	82.1	451.5	238.8	150.8	139.2	58.2	18.3	-0.1
1994	84.8	476.0	248.1	163.3	146.1	59.2	20.9	-0.2
1995	84.3	478.5	257.4	162.9	149.1	59.2	21.6	0.1
1996	84.2	490.2	265.2	164.8	148.8	59.0	22.4	0.2
1997	84.9	499.0	268.4	163.7	145.2	57.6	23.4	-0.2
1998	81.8	454.9	264.5	173.1	144.6	52.3	24.0	0.0
1999	82.6	466.5	268.4	182.4	152.7	51.9	23.9	0.0
2000	82.7	470.2	264.5	185.9	158.1	52.8	24.8	0.0
2001	77.9	451.9	266.7	188.3	154.2	50.5	24.1	0.0
2002	82.5	467.4	262.1	197.2	166.3	48.7	23.5	0.0
2003	85.8	477.6	260.2	195.9	169.7	48.0	23.3	-1.0

(出所) 全国地球温暖化防止活動推進センター

http://www.jccca.org/education/datasheet/03/data0305_2003.html

5. 3 燃料電池の将来性

さまざまな省エネ技術が開発されてきているが、そのなかで最も大きな影響力を持っているのは燃料電池だといえるだろう。これはエネルギー効率が非常に高く、大幅な省エネルギーを実現できるという利点がある。クリーンで省エネルギーの効果が格段に高く、しかも用途が幅広いという特性は、これまでのエネルギー機器には見られないものだった。

従来の多くのエネルギーは燃料を燃やし、その熱を動力源にして電気を作っている。その間にさまざまな形でエネルギーは失われ、一般的に熱エネルギーを電気に変える効率は、良くても50%程度しかない。それに対して、燃料電池のエネルギー効率は70%~80%にもなる。これが、燃料電池が省エネルギー技術として期待されている最も大きな理由だ。(『環境リサイクル技術のしくみ』, p.63)

運輸部門の二酸化炭素が増加している現在、自動車の燃料電池の活用が特に期待されている。燃料電池自動車は、燃料電池によって得られた電気を動力に走行する自動車である。従来の内燃機関(ガソリン/ディーゼルエンジン)型のものとは比べ、動力を得る際に生成されるのは水のみであるため、二酸化炭素の排出を抑え、窒素酸化物(NOx)・硫黄酸化物(SOx)の排出はほ

ぼゼロになる。環境及び資源保護の観点、及びエネルギーの安定確保の観点から、「脱石油エネルギー」が叫ばれているが、石油に頼ることなく走行できることから、世界的に注目を集めている。しかし課題もある。燃料となる水素をいかに安定して調達できるか（酸素は空気中から調達可能）という問題である。

燃料電池車の商品化が成功し、普及が進めば、深刻な社会問題のひとつである自動車排ガスによる窒素酸化物、硫黄酸化物などの大気汚染は大幅に改善されている。軽量化されエンジン音もないことから騒音も大幅に減少し、その上廃棄物を出さず、ゼロエミッションの運搬手段を人類が手に入れたことになる。

しかし、まだ開発や普及には課題が山積みだ。ガソリン車がガソリンスタンドの整備とともに拡充されたように、燃料電池車にもそのためのインフラ整備が必要である。現在の日本では燃料として天然ガスなど、どの燃料を使うのか、また改質器（燃料を純水素にする装置）を搭載するか、水素ボンベにするのかさえ決まっていない。普及の手段としては、特定の都市や地域でモデル的に整備されそれが可能になるか、新たなインフラを建設することが必要な場合は、逆に現在インフラのない開発途上国での適応がスムーズに行くことが考えられる。（『よくわかる自然エネルギー』, p.131）

5. 4 原子力発電とその問題点

原子力発電は一般的にはクリーンなエネルギーというイメージがある。しかし、この論拠には問題はないのだろうか。

原子力発電は燃料による発電ではなく、核分裂による発熱を利用したものだ。そのため燃料にとまなう二酸化炭素の排出や、汚染物質である窒素酸化物や硫黄酸化物などを排出しない。そのために「クリーンエネルギー」といわれる。さらに原発が導入された頃には、「メーターが要らないほど安い」ともいわれていた。しかし実際の原発の発電価格は非常に高いものであったために、アメリカではスリーマイル原発事故の前から、新規の原発導入計画はなくなった。

クリーンなはずの原発はその後、放射性廃棄物処理の困難性から「トイレなきマンション」と呼ばれるようになり、次第にダークなものと認識されるようになった。人体に対する放射能の危険性についても、戦後から現在までに、約一万倍も基準が強化されてきた。楽観的で非現実的な宣伝が、原発導入の大きな特徴だったといえるだろう。

利用された核燃料は放射性廃棄物となり、原発自体も30～50年ほどの利用の後には廃炉になり、巨大な放射性廃棄物の固まりになる。日本では放射性廃棄物を再処理しようとしているが、再処理すればするほど放射性廃棄物の量は増加する。また、普通のリサイクル資源の中に放射性物質を混入させる危険性を高くしてしまう。

また、発電コストの計算方法についても問題があるとされている。

資源エネルギー庁が1999年末に発表した発電単価、キロワット時あたり原子力5.9円という数字は電力会社からも異論が出されている。電力会社が「これ以上電力自由化がすすむと、原発は維持できなくなる」といっているように、原発の建設費は膨大で、この発電単価は実態を反映したものではないからである。作為的な計算方法で、原発の発電単価を他の発電方法よりも安く算出しているのだ。

実際、世界各国で原発が経済的理由から撤去を余儀なくされた。電力会社は、原子力発電所設置の際に提出している「設置許可申請書」のなかで、自らの発電単価を記しているが、それ

を平均するとキロワット時あたり 14.2 円になる。しかも原発は、政府の補助金が年間約 4000 億円も出されて維持している。実際の原発の発電コストは、非常に高いものであるといえるだろう。

しかしなぜ処理やコストに問題のある原発を政府のみならず電力会社までが推進するのだろうか。

これには電力会社の利益率を決めるしくみである「総括原価方式」が関係している。電力会社は地域独占であるために、かぎりなく販売価格を高くして利益を得る心配がある。それを防ぐために導入されたのが、この方式で、電力会社が得る利益を「毎年の合理的な原価額に 4.4% かけた額」の範囲と定めているのだ。このしくみを逆さにすると、原価額を大きくすればするほど、利益が膨らむしくみなのである。

原子力発電の現実は、まるで「パンドラの箱」を開けてしまったような話だ。しかもそれは「クリーン」と「メーターの要らない安さ」という神話にはじまっていたのだ。(『よくわかる自然エネルギー』, pp.58, 59, 63, 65)

5. 5 日本の進むべき道

地球温暖化は、人類が今後 100 年以上の間、否応なしに取り組まなければならない問題だ。今後、日本においても、長期的に温室効果ガスの排出量を、誰がどのようにしてどのくらい削減していくべきか検討していかなければならない。これらの検討に当たっては、日本の対応が地球温暖化防止の世界的枠組みにどのような影響を与えるかといった点も分析、検討したうえで、国際社会で果たすべき責任や役割、技術国としての国際競争力なども勘案しなければならないだろう。環境対策を実施することは、エネルギーの安全保障、新しい産業の興隆、技術力の向上といったプラスの効果がある。21 世紀が「環境世紀」とされ、地球温暖化問題への対処が人類共通の重要課題となる中、日本は対策をいち早く実施し、このようなプラスの効果を最大限生かすことによって、他国のモデルとなる世界に冠たる環境先進国家として、地球温暖化問題において世界をリードする役割を果たしていくことが必要だ。

私たちが選択する脱温暖化社会への道は、環境負荷の少ない健全な経済の発展や質の高い国際生活の実現を図りながら温室効果ガスの排出を削減すべく、省エネ機器の開発・普及、エネルギー利用効率の改善、技術開発の一層の加速化、環境意識の向上により一人ひとりの自主的な環境保全行動に結びつけることにより、環境と経済を両立する社会を選択していくことといえるだろう。(『環境白書』, p.14, 15)

5. 6 家庭でできる温暖化対策

このような技術以外でも、私たちの日常生活において省エネ対策をし、温暖化を防止する方法はたくさんある。買い物やごみに関しては、「マイバッグを持っていく」、「エコ商品を選ぶ」、「リースやレンタルを活用する」「リサイクルショップを活用する」、「無駄な包装紙を断る」、「ごみは分別する」といったことが出来る。温暖化問題を扱う際によく取り上げられる輸送については「近所の移動は徒歩や自転車で行く」、「旅行は電車を活用する」、「車の急発進、急加速はしない」、「車によけいなものは積まない」、「アイドリングをやめる」、「空ぶかしをしない」、「カーシェアリングを利用する」などが挙げられる。他にも「衣服で

温度調節をする」、「主電源をこまめに切る」、「庭に木を植える」などといったことでも温暖化対策ができるだろう。（蒲郡市産業環境部環境課「私たちができること」）

また、家電製品の買い換えのときにも、消費電力を少し注意して見てみるといいだろう。特に冷蔵庫やエアコンなどの買い換えのときに、効率のよいものを選ぶかそうでないかで CO₂ 排出量は大きく（例えば2倍以上）差が出る。そのため、購入時の値段は多少高くても、将来の光熱費を考えると得になることが多い。（『よく分かる地球温暖化問題』, p.123）

まとめ

地球温暖化は今対策をとらなければ、ますます深刻になるだろう。世界全体で取り組むことが必要となってくるが、まずは個人レベルで出来ることから始めなければならない。もちろん難しい問題なので解決することは大変だ。しかしせめて、現状維持をしていかなければ、今後多くの人々の生活に支障が出てくる。これから人類が生活していくうえで避けては通れない大きな問題となるに違いない。

また、京都会議で決められたことを各国がどこまで実現できるかが注目される。いくらルールがあったとしても守られなければ意味がないものになる。京都メカニズムが国際経済にあたえる影響も気になるところである。

注

¹ 「地球温暖化予報情報」第4巻,2001年

² 独立行政法人海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター（FRCGC）が保有する世界最大規模のスーパーコンピュータ。地球規模の気候や地殻の変動メカニズムをシミュレーションすることができる。

³ 京都議定書の柔軟措置の一つ。議定書の削減約束を達成するに当たって、先進国が、途上国において排出削減・植林事業を行い、その結果生じた削減量・吸収量を「認証された排出削減量」として事業に貢献した先進国等が獲得できる制度。途上国にとっては投資と技術移転がなされるメリットがある。

⁴ 京都議定書の柔軟措置の一つ。議定書の削減約束を達成するに当たって、先進国同士が温室効果ガスの排出削減・吸収増進事業を共同で行い、その結果生じた削減量・吸収量を当事国の間で分配することができる制度。

⁵ 京都議定書の柔軟措置の一つ。議定書の削減約束を達成するに当たって、先進国同士が温室効果ガスの排出枠の一部を取引することが出来る制度。

⁶ 1997年12月の京都議定書の採択を受けて、1998年6月に地球温暖化対策推進本部が決定。2002年3月に改訂され、京都議定書の6%削減約束を達成するための具体的裏付けのある対策の全体像を明らかにし、100種類を超える個々の対策・施策のパッケージを取りまとめた。

⁷ 間伐材や製材の木屑、剪定された枝葉や建築廃材、畜産で生ずる糞尿、下水道の汚水処理場で集められた有機物など、生物起源のエネルギー源。再生可能エネルギーのひとつ。コジェネレーションにも適する。

⁸ 石炭・石油・天然ガス・原子力・水力・再生可能エネルギーなどの未加工の最初のエネルギー源のこと。電力など二次的に発生するエネルギーと区別する。

⁹ 家電機器等において、商品化されている製品のうち最もエネルギー消費効率が優れている機器。「エネルギーの使用の合理化に関する法律」においては、省エネルギー基準をトップランナー機器の性能以上に設定し、目標年度において、製造時業者等にその目標を達成することを求めている。

¹⁰ 天然ガス車や電気自動車、ハイブリッド車などの環境に配慮した車。

文献リスト

- ・ 環境省『環境白書』ぎょうせい、2005年.
- ・ 自然エネルギー推進市民フォーラム編『よくわかる自然エネルギー』合同出版、2002年.
- ・ 気候ネットワーク編『よくわかる地球温暖化問題』中央法規、2002年.
- ・ 武末高裕『環境リサイクル技術の仕組み』日本実業出版社、2002年.
- ・ 内島善兵衛『〈新〉地球温暖化とその影響』裳華房、2005年
- ・ 国立環境研究所地球温暖化プロジェクト影響・適応研究チーム
「地球温暖化の影響」<http://www-iam.nies.go.jp/impact/2/index.html>
- ・ 資源エネルギー庁「エネルギーを巡る課題と対応」
<http://www.enecho.meti.go.jp/hokoku/html/16011215.html>
- ・ 蒲郡市産業環境部環境課「地球温暖化って何？」
<http://www.city.gamagori.aichi.jp/sangyou/kankyoku/ecoakusyon/chikyuuondanka/ondanka/co2haisyuturyou.htm>
- ・ 井上貴志「再生可能エネルギー技術の現状と将来展望」『エネルギーと環境特集①』,
(財)岐阜県産業経済振興センター、2000年
<http://www.gpc.pref.gifu.jp/infocen/yakudatu/enetoku/1/saisei.htm>
- ・ JPEA 太陽光発電協会「太陽電池の種類」
<http://www.jpea.gr.jp/3/3-1-2-2.htm>
- ・ 全国地球温暖化防止活動推進センター「日本の部門別二酸化炭素排出量の推移」
http://www.jccca.org/education/datasheet/03/data0305_2003.html
- ・ 全国地球温暖化防止活動推進センター「気候変動枠組条約交渉の歴史」
<http://www.jccca.org/cop/0/4-02.html>