

大正13年、岡山に生まれる。京都大学理学部物理学科卒業。昭和31年、日本原子力研究所入所。動力試験部長、原子炉安全工学部長、安全性試験研究センター長、東海研究所副所長および、原子力発電技術機構理事、原子力安全研究所所長を経て、現在、放射線計測協会の技術相談役および原子力システム研究会副会長。また原子力安全委員会・原子炉安全基準専門部会部長、原子炉施設等安全研究専門部会委員でもある。理学博士。著書、「原子炉安全工学」など。



# エネルギー消費による 人と地球環境への影響

先頃日本人の平均寿命がさらに伸びたという発表がなされましたが、私たちの寿命とエネルギー消費はどんな関係があるのでしょうか。そして、豊かな長寿国であり続けるためには、エネルギーとどう付き合っていっていいのでしょうか。理学博士、村主進氏にうかがってみました。

## エネルギーのおかげで、 平均寿命が伸びた

——エネルギー使用量と平均寿命の伸びには、どんな関係があるのでしょうか。

村主 平均寿命というのは、0才児が何歳まで生きられるかという平均余命のことですが、その平均寿命が伸びた原因というのは、まず乳幼児の死亡率が非常に低くなった。それに加えて成人後も死亡率が低くなったという事です。たとえば明治24年、31年の男性の平均寿命が42・8歳。現在と比べて1・3歳児の死亡率がたいへん高く、さらに、20・60歳くらいの死亡率も多いのです。

なぜ死亡率が低くなったかと言うと、大量のエネルギーを使うようになったからです。エネルギーを使うとモノづくりが容易になる。つまり工業生産が豊かになってGDP（国民総

生産）が高くなるわけです。そして、その国が豊かになるのです。

すると一つは食料が豊かになる。米が不作となっても外国から買えます。食料不足のため、子供や老人が飢餓のため死亡してしまうなどの事態にならない。

二つめは衛生状態の改善。そのおかげで、今では疫病で死亡することもなし、コレラやチフスという伝染病もなくなりました。

三つめは医療の発達。医療は裕福な環境でないと発達しません。というのは、高度の医療器具購入や研究費も結局は患者の治療費で賄われるわけですから、患者に経済的ゆとりがなければ医療の発達は望めないのです。

四つめ、外界の厳しい気象条件を緩和できる。夏は冷房、冬は暖房で快適な温度が保たれるわけです。

——それで、エネルギーを使えると、寿命が伸びるのですか。

村主 グラフ（図1）を見るとよく解りますが、エネルギー消費量が高いと平均寿命も高くなっています。ある程度幅があるのは、政治・経済体制、風土、食習慣、医療制度、省エネルギーの程度の違いが影響しているからだと思われま

私たちが先進国はこれだけ平均寿命が伸びたのですから、全世界にあるエネルギー源を大切に長く使うためには、GDPもこの程度でとどめたいという事は、エネルギー消費をさらに増大させるということですから、**化石燃料の消費は、地球環境を悪化させる**。これからは、開発途上国も経済成長をするため、エネルギーをいまだ以上に使う必要性がでてきますね。

村主 各国とも経済を豊かにし、国民の福祉を増進しようとしていますから、当然地球全体のエネルギー使用量は増えていきます。

現在、エネルギーを作り出すのは主に石油や

石炭といった化石燃料ですから、使用量が増えると酸性雨や地球温暖化という問題がさらに深刻になってきます。

酸性雨の影響で旧西ドイツでは1988年で52%の森林が被害を受け、北欧、中欧、北米、中国も森林被害が広がっています。スウェーデンでは20%の湖が酸性になっており、カナダ、アメリカの東部の国境近辺の湖も魚が死に絶えるなどの影響を受けています。

日本は酸性雨の原因となる硫黄酸化物や窒素酸化物の除去装置が非常に普及しています。排煙脱硫装置（排気ガスから硫黄酸化物を除去する装置）、脱硝装置（排気ガスから窒素酸化物を除去する装置）はアメリカの5倍くらい設置されています。世界にある排煙脱硫装置の80%は日本が持っています。

硫黄酸化物の年間排出量は、日本70万トン、ヨーロッパ1500万トン、中国1500万トン、アメリカ1800万トンとなっていて、先進国でさえ、脱硝装置をつけるエネルギーコスト（施設の建設費など）一定のエネルギー生産のために要する費用）が高くなるので、まだまだ普及していません。ですから開発途上国では経済を豊かさせるため、エネルギーコストを押さえたいわけで、当然さういった装置をつけることは難しいでしょう。現在、酸性雨は主に先進国の問題ですが、必ず開発途上国でも起る問題です。

硫黄酸化物や窒素酸化物は空気中を100km12000kmくらい飛びます。地球規模からいえば、かなり地域的ですが、数多くある開発途上国のそれぞれが硫黄酸化物や窒素酸化物を出せば、必ず隣国に影響が出て世界中の問題となるでしょう。

地球の温暖化、化石燃料の枯渇と問題は山積み

——地球温暖化の問題もありますね。

村主 化石燃料を燃やすと、当然温室効果ガスの炭酸ガスが発生します。

開発途上国では、またそれほど化石燃料は使

っていませんが、そのかわり木を切り倒して燃料にし、また焼き畑も行っているので、炭酸ガスを炭水化物の形で固定している熱帯林がどんどん減少しています。

さらに、先進国では化石燃料を大量に使用して炭酸ガスをドンドン出しています。空気中の炭酸ガス濃度は1900年には295ppmでしたが、現在は350ppmくらいになっています。このまま化石燃料を使っていくと、炭酸ガス濃度はどうなるか。国連環境計画、世界気象機構、国際学術総合会議の計算によると、600ppmになるのは2100年ころではないか、また、最も早い場合は2050年とも予測されています。そこで600ppmになるとどういふことが起きるかという、地球の平均気温が上がります。

いろいろな試算がありますが、だいたい3℃プラスマイナスイ・5℃上がると予想されています。そうすると南極の水が溶けて海水が増え、さらに海の水が膨張して容積が増え、海水の水位が30cmから1m上昇します。1mも上昇すると、海抜の低いパングラデシユなどは半分が海面下となり、太平洋の諸島も同じように被害がでるでしょう。日本でも、現在の港湾施設は使えなくなってしまう。

それから地球が温暖化すると世界中の降雨分布が変わり、いままですら砂漠地帯であったところに雨が降ったり、雨が降っていた地帯に降雨が全く砂漠化する所もでてきます。

今まで農産物が採れていた国が砂漠化したとしても、その国の大量の人間が他国へ移動するわけにはいきません。そんなことが起きたら国際紛争となってしまう。

——ずいぶん悲観的な要素ばかりに思えますが、村主 それはかりではありません。いまエネルギーを作りだしている化石燃料が有限だということもあります。

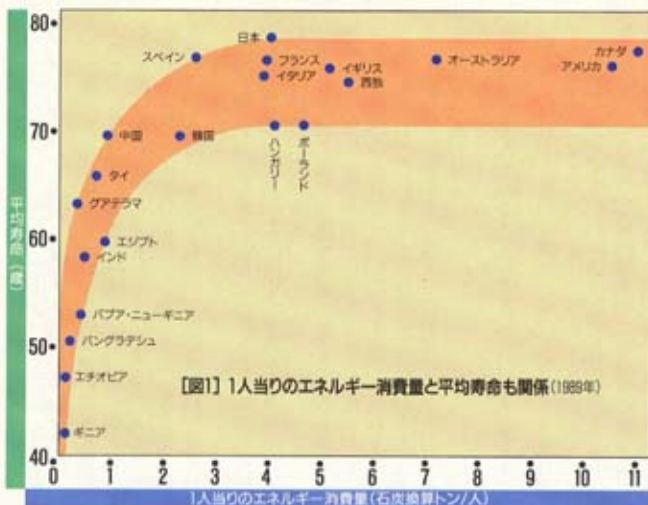
エネルギー資源はあと何年使えるかという、現在の使用量での試算では、おおよそ石油45年、天然ガス60年、石炭が220年、今後使用量が増えていけば、それだけ年数も減っていきます。



【図2】世界のエネルギー資源



注-1) 年数は可採年数(可採年数=確認可採埋蔵量/年生産量)  
注-2) プルトニウム利用によりウランは数倍から数十倍利用年数が伸びる  
出所: 『総合エネルギー統計』ほか



【図1】1人当りのエネルギー消費量と平均寿命も関係(1995年)

【図2】ただし、未発見の化石資源があると思われますので、これを加えた場合は石油は90年、天然ガス120~180年、高品質の石炭は330年くらいもつかもしれません。私たちが子孫のためにも、エネルギー問題の対策を早急に行うべきではないでしょうか。

村主 新エネルギーの開発です。太陽光発電は、太陽熱による温水供給設備がかなり普及しています。太陽光発電はまだコストが高いですが、ソーラーパネルや付随する装置が大量生産されれば、発電コスト(建設費など)一定の発電のために要する費用が下がりますから、普及を促進するため、今年7月から、通産省が一般住宅に太陽電池をつける際に、設備費の約半額を補助することになりました。また、この装置を電力系統とつなげ、付余った電気は電力会社に売られ、足りないときは買うというシステムもできています。そのほか、風力エネルギー、地熱エネルギー、波力エネルギーなど、さまざまあり、エネルギーコストを下げる努力がなされています。いず

次に使った側で、エネルギーの利用効率を上げる。たとえば冷蔵庫や冷房装置なら、単体電力当りの冷却能力を高くするなど、これは各企業が努力をしています。それから未利用エネルギーの有効利用もあります。たとえば都市の排熱利用など下水の熱を利用して発電するといった研究開発がなされています。太陽光発電など、非化石エネルギーの導入という話も聞きますが、

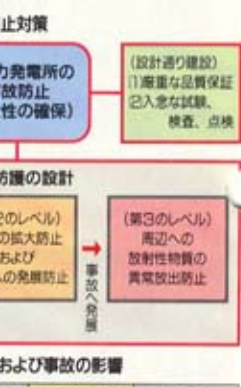
村主 エネルギーを有効に利用することで、それは省エネルギーを進展させなければなりません。使わない電気はマメに消費など、個人の省エネルギーも大切ですが、それだけでは充分ではありません。そこで、ひとつは電気を作る側で、エネルギーの転換効率を上げることが考えられます。今のタービン発電では、燃料の出すエネルギーのおよそ40%前後しか電気エネルギーになっていません。残りは熱として逃げてしまいがちになっています。残りは熱として逃げてしまいがちになっています。現在研究されているのが燃料電池です。これですと燃料のエネルギーの70%~80%を電気に換えることができます。

村主 エネルギーを有効に利用することで、それは省エネルギーを進展させなければなりません。使わない電気はマメに消費など、個人の省エネルギーも大切ですが、それだけでは充分ではありません。そこで、ひとつは電気を作る側で、エネルギーの転換効率を上げることが考えられます。今のタービン発電では、燃料の出すエネルギーのおよそ40%前後しか電気エネルギーになっていません。残りは熱として逃げてしまいがちになっています。残りは熱として逃げてしまいがちになっています。現在研究されているのが燃料電池です。これですと燃料のエネルギーの70%~80%を電気に換えることができます。

村主 現在、安全性を確保するための十分な対策を講じています。簡単に説明しましょう。原子力発電というのは「深層防護」という考え方で設計されています。これはもともと軍隊用語なのですが、敵が攻めてきたら第一の陣地で守る。そこを突破されても第二の陣地で守る。さらに、それが突破されても第三の陣地で守るという考えです。(図3)

村主 現在、安全性を確保するための十分な対策を講じています。簡単に説明しましょう。原子力発電というのは「深層防護」という考え方で設計されています。これはもともと軍隊用語なのですが、敵が攻めてきたら第一の陣地で守る。そこを突破されても第二の陣地で守る。さらに、それが突破されても第三の陣地で守るという考えです。(図3)

村主 エネルギー密度(単位面積あたりに得られるエネルギー量)が低く、また自然条件に左右されるなどの点から、今の使用量を大きく超えるだけのエネルギー供給はできません。これに対し、原子力発電というのは、非常に大量のエネルギーを供給できるというメリットがあります。でも、安全性ということが心配されています。



村主 エネルギー密度(単位面積あたりに得られるエネルギー量)が低く、また自然条件に左右されるなどの点から、今の使用量を大きく超えるだけのエネルギー供給はできません。これに対し、原子力発電というのは、非常に大量のエネルギーを供給できるというメリットがあります。でも、安全性ということが心配されています。チェルノブイリは、設計上の安全性の程度が低く、さらに多くの運転の決定的ミスが重なり、その結果、3つのレベル(陣地)のすべてが破られ大きな事故となりました。深層防護の3つのレベルのうち、どれか1つのレベルさえ守られていたら大きな事故にならなかつたことは、アメリカ・スリーマイルアイランド発電所2号炉および日本の美浜2号炉と比較してみるとよくお分かりでしょう。(図4)

村主 エネルギー密度(単位面積あたりに得られるエネルギー量)が低く、また自然条件に左右されるなどの点から、今の使用量を大きく超えるだけのエネルギー供給はできません。これに対し、原子力発電というのは、非常に大量のエネルギーを供給できるというメリットがあります。でも、安全性ということが心配されています。チェルノブイリは、設計上の安全性の程度が低く、さらに多くの運転の決定的ミスが重なり、その結果、3つのレベル(陣地)のすべてが破られ大きな事故となりました。深層防護の3つのレベルのうち、どれか1つのレベルさえ守られていたら大きな事故にならなかつたことは、アメリカ・スリーマイルアイランド発電所2号炉および日本の美浜2号炉と比較してみるとよくお分かりでしょう。(図4)

村主 エネルギー密度(単位面積あたりに得られるエネルギー量)が低く、また自然条件に左右されるなどの点から、今の使用量を大きく超えるだけのエネルギー供給はできません。これに対し、原子力発電というのは、非常に大量のエネルギーを供給できるというメリットがあります。でも、安全性ということが心配されています。チェルノブイリは、設計上の安全性の程度が低く、さらに多くの運転の決定的ミスが重なり、その結果、3つのレベル(陣地)のすべてが破られ大きな事故となりました。深層防護の3つのレベルのうち、どれか1つのレベルさえ守られていたら大きな事故にならなかつたことは、アメリカ・スリーマイルアイランド発電所2号炉および日本の美浜2号炉と比較してみるとよくお分かりでしょう。(図4)

【図4】深層防護と事故の関係および事故の影響

深層防護	安全機能	チェルノブイリ(旧ソ連, 1986年)	スリーマイルアイランド(米国, 1979年)	美浜2号炉(日本, 1991年)
第1のレベル	異常の発生防止	×	×	×
第2のレベル	停止及び冷却	×	×	○
第3のレベル	F/Pの閉じ込め	×	△	○
放射線発生量	放射性核種ガス	炉心蓄積量の約100%	炉心蓄積量の約5%	—
	ヨウ素131	炉心蓄積量の約20%	炉心蓄積量の約100万分の3	—
	セシウム137	炉心蓄積量の約13%	—	—
	ストロンチウム90	炉心蓄積量の約4%	—	—
環境への影響		多量の放射性物質を放出し、世界的に影響を与えた	自然放射線による1年間の実効線量当量とほぼ等しい被ばくを受けた。	自然放射線による1年間の実効線量当量の約10万分の1の被ばくを受けた。

F/P: 核分裂生成物 ×: 守られなかった ○: 守られた △: 部分守られた