

原子力の場から見た地球温暖化

京都大学原子炉実験所 小出 裕章

．地球温暖化と原子力

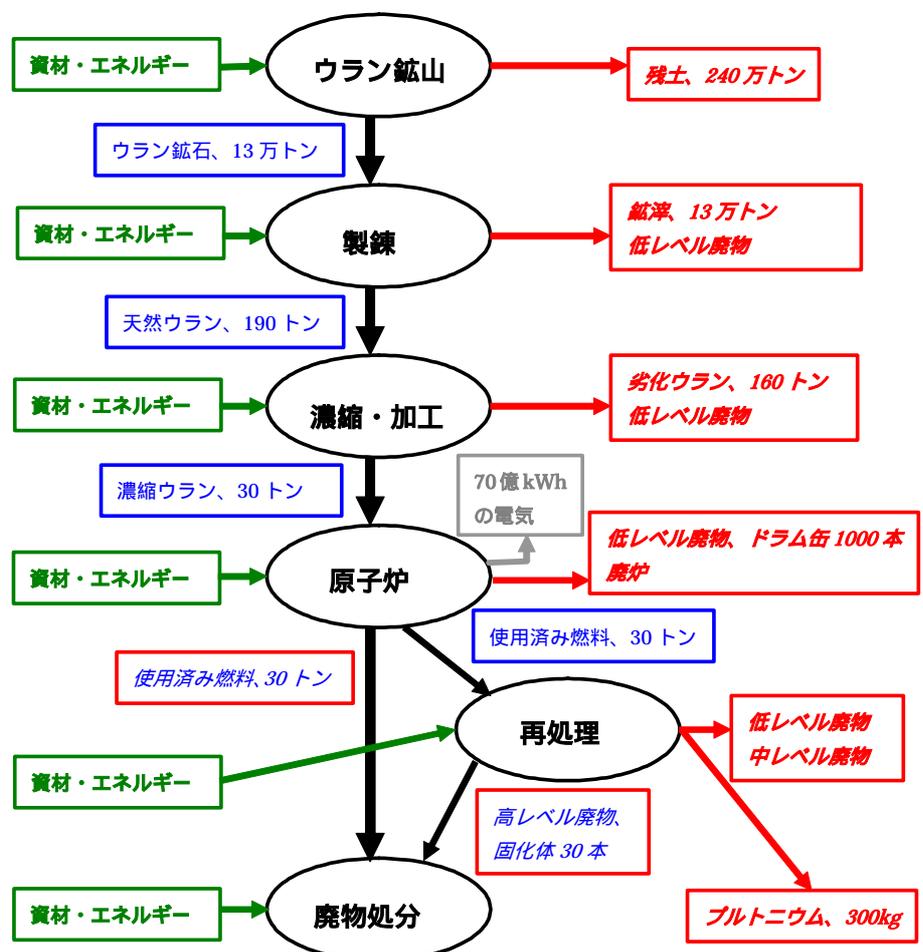
京都議定書と炭酸ガス排出権

地球が最近、温暖化しているということは観測データを見る限り本当らしいし、その原因に人間の活動があることもほぼ確実のように見えます。そして、温暖化をこのまま放置すると人類にとっての世界、そして一部の動植物にとって破滅的な現象となる可能性もあるように見えます。一方、その原因が炭酸ガスを主成分とする温室効果ガスであるとの説があり、温室効果ガスの削減が目指されてきています。その試みの一つに気候変動防止枠組み条約があり、2003年には京都議定書が結ばれました。それによれば、温室効果ガスの放出に決定的な責任があるいわゆる「先進国」はそれぞれの責任の重さに応じて、温室効果ガスを削減する義務が規定されました。ところが、最大の責任がある米国は、自らの国益に合わないとの理由で、京都議定書から離脱してしまいました。

日本は2008年から2012年の平均で、1990年に比べて6%削減するように義務付けられ、日本政府は議長国としてその規定を受け入れました。しかし、日本は実質的に何らの対策も採らず、2006年度末の時点で、1990年に比べて削減どころか逆に6.4%も増加させています。結局、日本は排出権取引を使って、カネの力で乗り切る以外にありません。

それでも、政府の無策は別にして、現在、日本中が二酸化炭素の放出を減らさなければいけないと思わされています。そのためには、化石燃料への依存をやめ、二酸化炭素を出さな

図1 100万kWの原発を巡る一連の流れ



い原子力に切り替えなければいけないなどという主張がまことしやかになされています。もちろん、原子力とはウランやプルトニウムの核分裂反応を利用し、通常の物が燃える場合に二酸化炭素が出る反応とは異なります。それを根拠に、日本の国や電力会社は「原子力は二酸化炭素を出さず、環境にやさしい」と宣伝してきました。ただし、その宣伝は、最近では「原子力は**発電時**に二酸化炭素を出さない」に変わりました。何故でしょう？

原子力発電もまた大量の二酸化炭素を放出する

原子力発電を行うにあたって必要な作業の流れを図1に示します。図1で中央やや下よりに「原子炉」と書いた部分が原子力発電所です。これを動かせば、今日標準的となった100万kWの原発の場合、1年間に約70億kWhの電気が生み出されます。しかし、この原子炉を動かそうと思えば、ウラン鉱山でウランを掘ってくる段階に始まり、それを製錬し、核分裂性ウランを「濃縮」し、原子炉の中で燃えるように加工しなければなりません。そのすべての段階で、膨大な資材やエネルギーが投入され、膨大な廃物が生み出されます。さらに原子炉を建設するためにも膨大な資材とエネルギーが要り、運転するためにもまた膨大な資材とエネルギーが要り、そして、様々な放射性核種が生み出されます。これら膨大な資材を供給し、施設を建設し、そして運転するためには、たくさんの化石燃料が使われざるを得ません。結局、原子炉を運転しようと思えば、もちろん膨大な二酸化炭素が放出されてしまいます。この事実があるため、国や電力会社も「発電時に」という言葉を追加せざるを得なかったのです。しかし、「発電時に」と言うことが原子力発電所を動かすことを示すのであれば、原子力発電所の建設にも運転にも膨大な資材や化石燃料を必要としているのですから、その宣伝もまた正しくありません。事実を正しく表現するのであれば、「核分裂反応は二酸化炭素を出さない」というべきでしょう。

ともあれ、原子力を推進する人たち自身が、原子力すら二酸化炭素を出すことまでは認めました。そこで彼らがやったことは、ライフサイクル全体を含めての評価でした。その評価を行ったのは電力中央研究所で、その結果を図2に示します¹⁾。日本政府も電力会社もすべてこの結果を金科玉条のごとく掲げています。この研究

では、100kWhの発電をするごとに、石炭火力発電所なら975gの二酸化炭素を放出するのに対して、原子力発電では22gで済んでしまうということにされています。しかし、当り前のことですが、ライフサイクル全体での二酸化

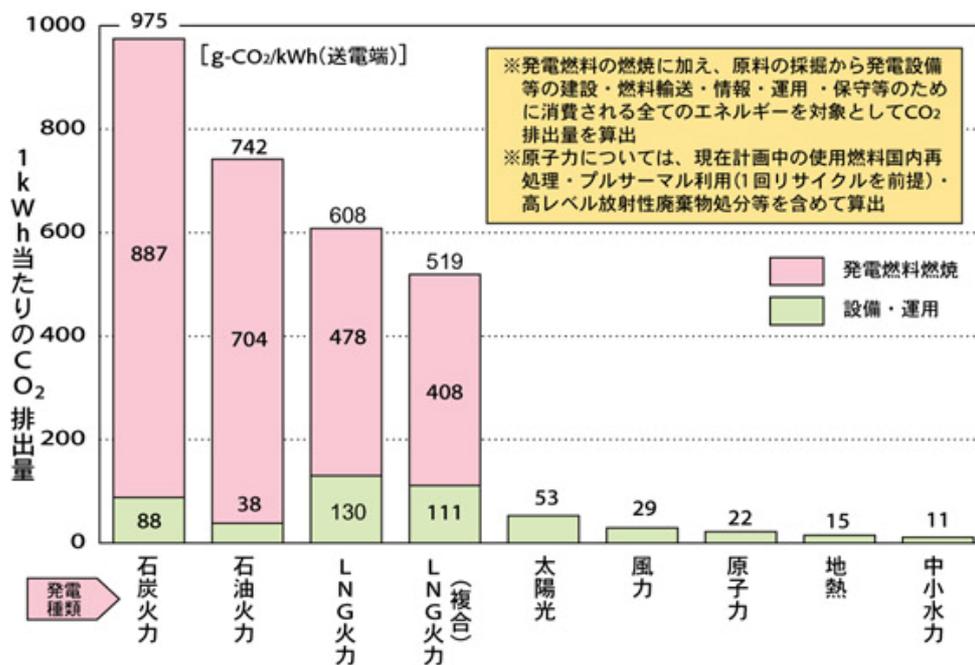


図2 原子力推進派による各種電源のライフサイクル二酸化炭素放出量の評価

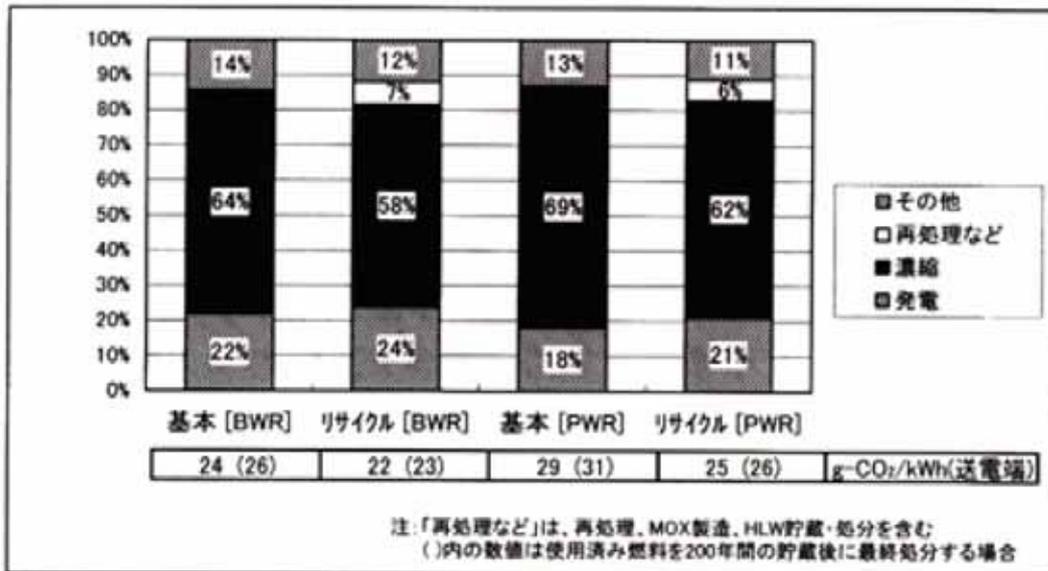


図1 原子力発電技術のライフサイクル CO₂ 排出量

Fig.1 Life Cycle CO₂ emissions for nuclear power generation technologies

図3 推進派が評価した原子力発電の工程別二酸化炭素放出割合

炭素の放出量を評価するためにはそれぞれの工程がどのような作業で構成されるかのシナリオを描かなければいけません。彼らがどんなシナリオを描いたのかは、図3を見れば分かります。図2に示したのは、左から2番目の「リサイクル(BWR)」のものですが、どのような仮定を採っても、6割前後は「濃縮作業」から放出されることになっており、廃物処分など「その他」の工程から放出される割合は1割強に過ぎないとされています。

・原子力利用が放出する二酸化炭素の本当の量

放射能のごみを生み出す全体像

核分裂現象は二酸化炭素を生みません。しかし、その代わりに生むものは核分裂生成物、つまり死の灰です。二酸化炭素を生まないとの理由だけを強調して、死の灰に目をつぶる議論は正しくありません。生み出す核分裂生成物をどのように管理あるいは始末するかは生命体の生存にとって極めて重大な問題です。

その上、問題はそれだけでは済みません。ウラン鉱山でウランを掘ってくる段階から膨大な放射性のごみを生みます。次に、掘ったウランを原子炉で燃えるように濃縮し、加工したりしなければなりません。その過程でもまた放射能のごみが出ます。さらに、原子炉を動かせば、使用済みとなった燃料は膨大な核分裂生成物を含んだ塊として人類の未来に大きな負債となります。

ウラン残土すら始末できなかった日本

たとえば、原子力利用の一番初めの段階であるウラン鉱山では240万トンもの残土(放射能を持った廃物)が鉱山周辺に捨てられることになります。

日本では、1954年に原子力予算が成立しました。そして、すぐにウラン探鉱が始まり、1955年暮には岡山・鳥取両県の県境にある人形峠周辺の地域がウラン鉱山として有望とされ、静かな山村が一気に

「宝の山」と変わりました。原子燃料公社が設立され、およそ 10 年にわたって、ウランの試験的な採掘が行われました。その挙げ句に、人形峠のウランなど全く採算がとれないことが明らかとなって、採鉱作業は放棄され、鉱山は閉山されました。そのあと原子燃料公社は動力炉核燃料開発事業団（以下、動燃）に改組されました。そして、海外からのウラン鉱石を人形峠まで運び込んで製錬・濃縮試験を始めました。当初、坑内労働にかり出された住民たちも、一部は動燃の下請企業労働者として働き、一部は静かな生活を営む山村の住民に戻りました。鉱山として住民から借り上げられていた土地もすでに住民の土地に戻っていましたが、88 年になって、その土地に鉱石混じりの土砂が 20 万 m³、ドラム缶に詰めれば 100 万本に達する量が、野ざらしのまま打ち捨てられていることが発覚しました。

残土の堆積場では、放射線作業従事者でも許されないほどの放射線が測定され（図 4）、半ば崩れた坑口からは放射線取扱施設から敷地外に放出が許される濃度の 1 万倍ものラドンという放射能が検出されました。それでも、動燃は残土堆積場を柵で囲い込むなどの手段をとっただけで残土の放置を続け、行政は安全宣言を出してそれを支えました。ただ、鳥取県側の小集落方面（「かたも」と読む）地区だけは、動燃、行政の圧力をはねのけ、残土の撤去を求め続けました。私有地の不法占拠を続けることになった動燃は、1990 年になって、やむなく残土を人形峠事業所に撤去する協定書を結びました。ところが、それまで残土の安全宣言を出していた岡山県は、事業所が岡山県に立地していることを理由に、鳥取県からの残土の搬入を拒み、動燃も岡山県の反対を口実に撤去を先延ばししました。

方面地区住民の苦闘の末、最高裁まで争われた裁判で、ついに 3000m³ の残土の撤去命令が確定しました。その間に、「もんじゅ」事故など数々の失態を繰り返していた動燃は、日本原子力研究所と統合されて、日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）になりました。そして、その原子力機構は、撤去を命じられた残土のうちウラン濃度の高い残土 290m³ を日本国内ではどこにも棄てることができず、ついにアメリカ先住民の土地に棄てに行きました。従来は単なる「捨て石」で何の危険もないと言ってきた残土を突然「準鉱石」だと言い、「商業的」な目的で「製錬」してウランを取り出すのだと言い出したのでした。ただし、この残土は重量にして 500 トン、平均ウラン含有量は 0.03%U で、含有されているウランを 100%取り出したとしても

150kg にしかありません。ウランの価格を 33\$/ポンドとしても高々 100 万円です。ところが、この「商業的」な取引とされる「製錬」のために原子力機構は 6 億 6000 万円を支出しました。原子力機構が行ったことは、自分で始末の付けられなかったごみを他者に押しつける行為で、国境を越えたことを取り上げれば「公害輸出」と呼ぶべきものです。

ちなみに、残土が搬出された土地は米国ユタ州ホワイトメサにあるインターナショナル・ウラニウム・コーポレーションで、そこは米国先住民ナバホ族、ホピ族などの土地です。

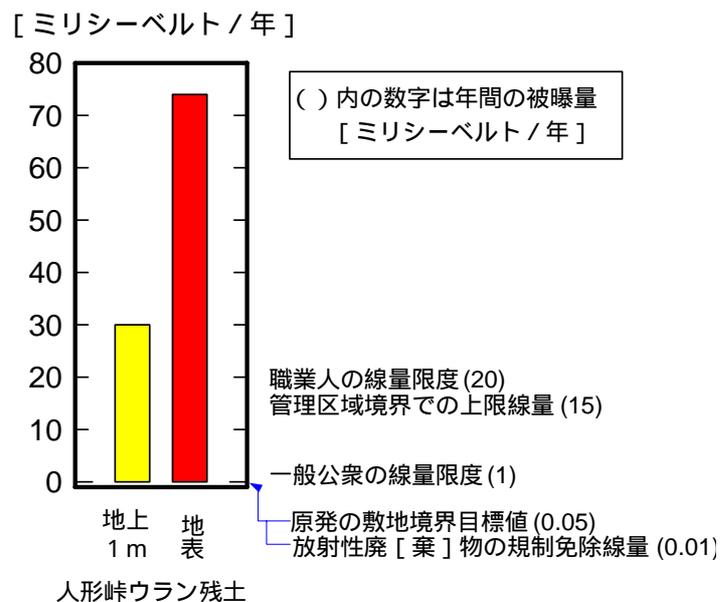


図 4 人形峠残土堆積上での放射線量率

低レベル放射性廃物

図1には原子炉の運転に伴って「低レベル放射性廃物」が生じることを記しましたが、その廃物は現在青森県六ヶ所村に次々と埋め捨てにされています。そして、日本の国は、それが安全になるまでに300年間管理するのだと言っています。日本で原子力発電を行って利益を得ているのは電力会社です。当然、生み出す放射能のごみに責任があるのは、電力会社のはずです。しかし、現在の九電力が生まれたのは戦後で、その歴史は未だに58年しかありません。その電力会社が放射能のごみを300年間管理すると保証できる道理がありません。そこで、電力会社は放射能のごみは国の責任で管理してくれるよう求め、日本の国はそれを受け入れました。しかし、300年と言う時間の長さはどの程度の長さなのでしょう？明治維新で現在の日本の国家体制ができてからわずか140年しかたっていません。米国など未だに230年の歴史しかありません。現在から300年昔にさかのぼれば元禄時代、忠臣蔵討ち入りの時代です。その時代の人々が現在の私たちの社会を想像できた道理がないように、私たちが300年後の社会を想像することなど到底できません。もちろん現在の電力会社など存在しないでしょうし、自民党という政党もないでしょう。日本の国すらないかもしれない彼方です。それにもかかわらず、生み出した放射能のごみを300年にもわたって一体どうやって誰の責任で管理するのでしょうか？

表1 気が遠くなる時間の長さ(2009年現在)

日本で原子力発電が動き始めて(1966年)から	43年
現在の9電力会社ができて(1951年)から	58年
日本初の電力会社(東京電灯)ができて(1886年)から	123年
明治維新(1868年)から	141年
アメリカ合州国建国(1776年)から	233年
忠臣蔵の討ち入り(1702年)から	307年
邪馬台国(卑弥呼)から	約1,800年
神武天皇(?)即位から	2,669年
低レベル放射性廃物のお守り	300年
高レベル放射性廃物のお守り	1,000,000年

どうにもできない使用済み燃料

現在日本には55基、4900万kW分の原子力発電所が動いていて、私たちは電気が欲しいといって原子力発電を動かしながら、毎年、広島原爆約5万発分に相当する死の灰を生み出しています。日本で原子力発電が始まって以降、原子力発電はたしかに6兆kWhを超える電力を生み出しました。しかし、その裏で不可避免的に生み出した死の灰の総量は、すでに広島原爆110万発を超えています(図5参照)。正直に言うと、私自身その恐ろしさを実感できません。日本人の一人ひとりが等しくこの放射能に責任があるとは思いませんが、もし原子力の恩恵を受けている今の世代の人間が等しく責任を負うとするならば、セシウム137の減衰を考慮してなお、わずか150人で広島原爆1発分の放射能に責任を負うこととなります。

人類初の原子炉が動き出したのは1942年のことでした。それ以降すでに60年以上の歳月が過ぎ、その間死の灰を死の灰でなくそうと研究が続けられてきましたが、困難はますます増えるばかりで一向にその方法が視えません。人類は死の灰を生み出すことはできるようになりましたが、死の灰を無毒化する力を持っていません。そうなれば、できることは死の灰を人類の生活環境から隔離することしかあり

ません。放射能にはそれぞれ寿命があり、一口に「死の灰」といっても、寿命の長いものも短いものもあります。代表的な核分裂生成物、セシウム 137 の半減期は 30 年です。それが 1000 分の 1 に減ってくれるまでには 300 年の時間がかかります。

その上、原子力発電が生み出す放射能には、もっとずっと長い寿命を持った放射能があります。たとえば、長崎原爆の材料にもなったプルトニウム 239 の半減期は 2 万 4000 年で、それが 1000 分の 1 になるまでには 24 万年かかります。原子力発電所の使用済み燃料（あるいはそれを再処理して生じる高レベル放射性廃物）は、およそ 100 万年に亘って人間の生活環境から隔離しなければならない危険物です。日本では現在、青森県六ヶ所村に建設された貯蔵施設（高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター）に、およそ 50 年間を目処に一時的に貯蔵して当座をしのいでいます。また、2000 年 5 月に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」が成立し、その廃物は、深さ 300～1000m の地下に埋め捨てにすることが唯一のものと決められました（図 6 参照）。しかし、どんなに考えたところで、100 万年後の社会など想像できる道理がありません。もちろん現存しているすべての国は消滅しているでしょうし、人類そのものが存在しているかどうかすら分かりません。その頃にもし人類がこの地球上に存在していれば、地下 300m や 1000m など、ごく普通の生活環境になってしまっているかも知れません。結局、人類は原発が生み出す廃物の処分方法を知らないまま今日まで来てしまいました。いまだにその処分法を確定できた国は世界に 1 つもありません。

もし、高レベル放射性廃物を現在の日本の国が言っているような方法でなく、きちんと管理し続けようとするならば一体どのような手段があるのか、現在の科学では、シナリオすら書けません。したがって、一体どれくらいのエネルギーが必要になるか定量的に示すこともできませんが、発電して得たエネルギーをはるかに上回ってしまうことは想像に難しくありません。もちろん、二酸化炭素の放出も膨大になってしまうでしょう。仮に、現在の地球温暖化の原因が人類による二酸化炭素の放出にあるのだとしても、原子力は最悪の選択です

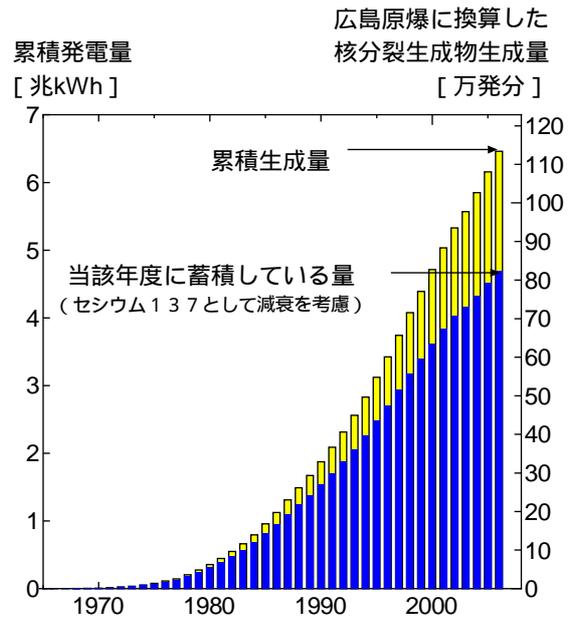


図 5 日本の原子力発電による累積発電量と核分裂生成物の累積生成量

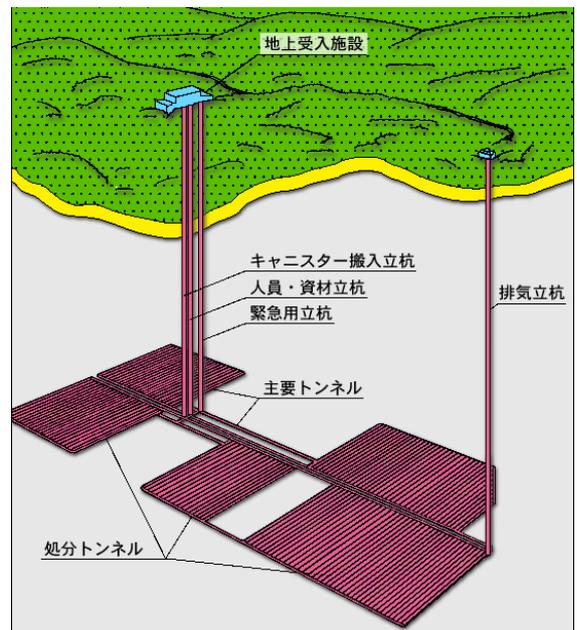


図 6 高レベル放射性廃物処分場の概念図

地球温暖化問題の本質

地球温暖化と二酸化炭素との関係

図7に IPCC 第4次報告書に示された地球の平均気温の変化を示します。これによると、20世紀後半には100年当たり1.3度、最近の四半世紀だけを考えれば100年当たり1.7度温度が上昇しているとされています。IPCC が依拠している地上の

温度観測データの信頼性に問題があることも指摘されていますが、地球が温暖化しているということ自体は、おそらく本当でしょう。

また、一方では図8に示すように大気中の二酸化炭素濃度も増加しています。そして、その原因に人間の活動があることも本当でしょう。

ただし、この2つの観測データから、二酸化炭素の増加が、温暖化の原因であると断定することはできません。

人類による化石燃料の消費が急速に進み、二酸化炭素放出が激増したのは、第二次世界戦争後、つまり、1946年以降のことです(図9参照)。では、現在観測されている地球の温暖化という現象はいつから起きているのでしょうか? 1800年です(図10参照)。つまり人類による二酸化炭素放出が始まる前から温暖化の現象は起きており、これは地球の自然の現象です。19世紀と20世紀前半の気温の上昇速度は100年に0.5度程度でした。それが20世紀後半になって先に述べた様に100年に1.3度程度に上昇率が増えているようにみえます。その原因に人類による諸活動があるでしょうし、大気中に放出された二酸化炭素の影響もあるでしょう。しかし、人類の諸活動には二酸化炭素放出だけがあるのではなく、すべてを二酸化炭素に押し付けることは誤りです。

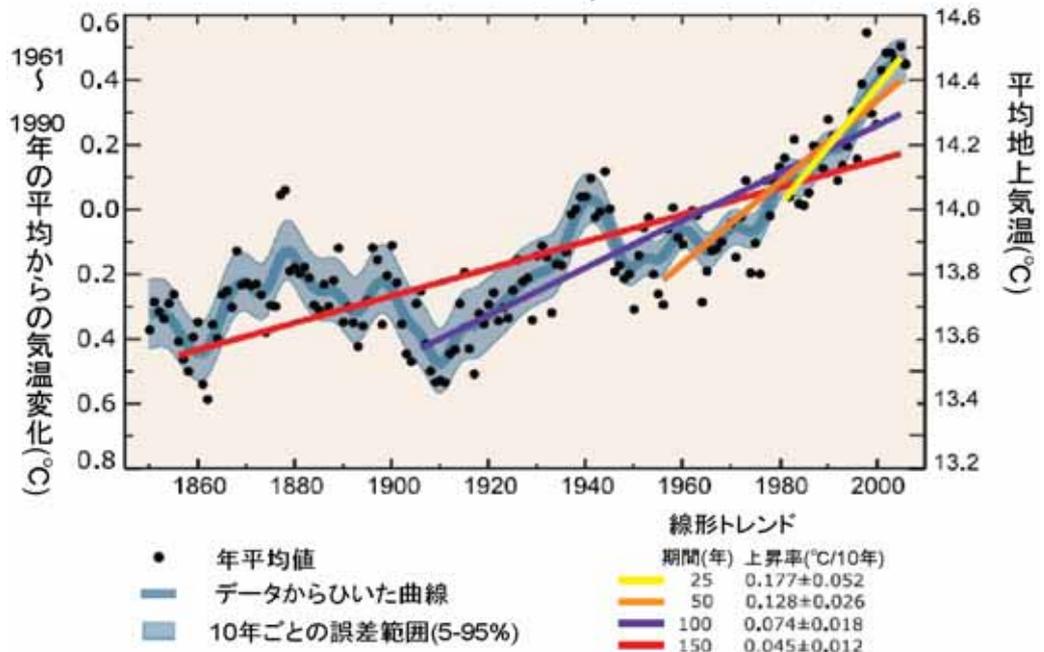


図7 IPCC が示した平均地上気温(1961～1990年の平均気温との編差)

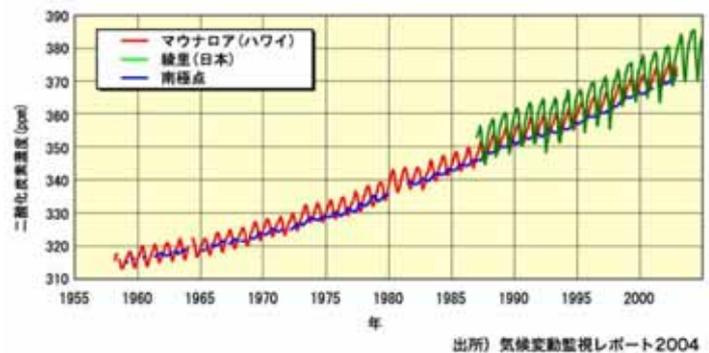


図8 大気中二酸化炭素濃度の変化

その上、二酸化炭素濃度の増加が地球温暖化の原因だとする主張とは、逆の結果を示しているデータもあります（図 11）。この図は、よく議論されているように、二酸化炭素の長期的上昇傾向を差し引いた上でのもので、二酸化炭素濃度の上昇自体は前提にされています。しかし、それでもなお気温が上がった後に二酸化炭素濃度が増え、気温が下がると二酸化炭素濃度が減る、つまり、気温が上下することで二酸化炭素が上下していることを示しています。どうしてそうなるかも説明できます。地球上の二酸化炭素はそのほとんどが海水中に溶け込んで存在しています。気温が上がることで、海水の温度が上がり、そうなれば海水に溶け込んでいた二酸化炭素が大気中に出てくることとなります。サイダーやビールを温めれば泡が出てくるのと同じです。

このように、地球の大気温度の変化、二酸化炭素濃度の変化は、お互いに影響し合う関係にあるし、その要因も複雑であることが分かります。

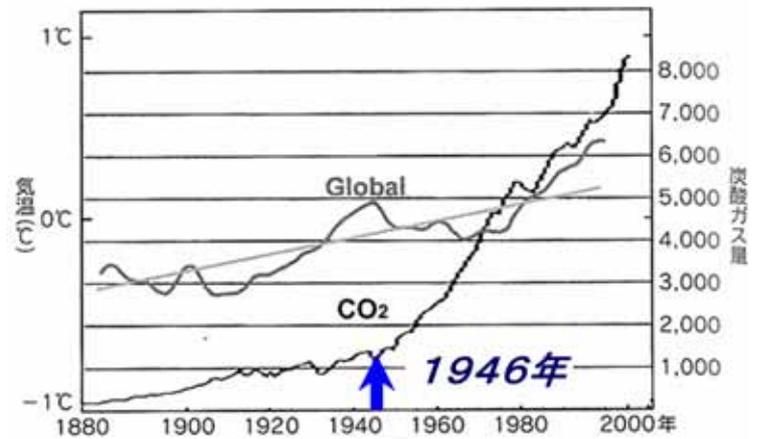
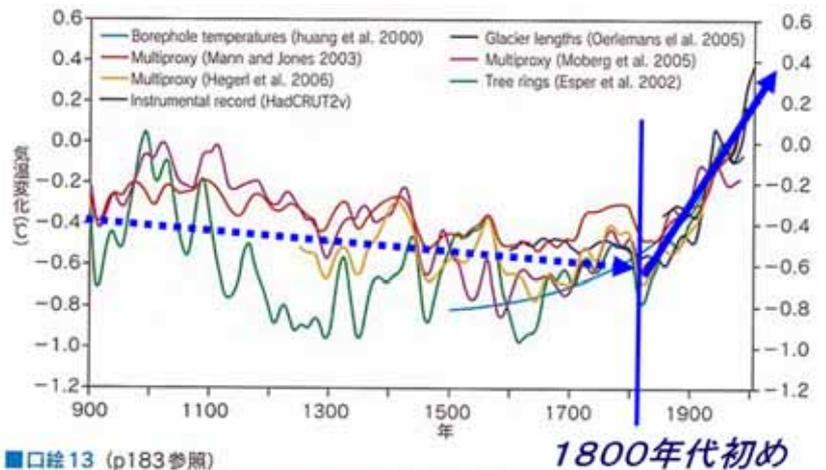


図 9 二酸化炭素の急激な放出は 20 世紀の後半



■ 図 13 (p183 参照)
 米国科学アカデミーが過去の気温変動研究で信用度の高いものを集めたもの。1800 年頃より気温上昇が始まっていることがわかる。(米国科学アカデミー、2006 年)。

図 10 大気温の上昇は 19 世紀初めから始まっている

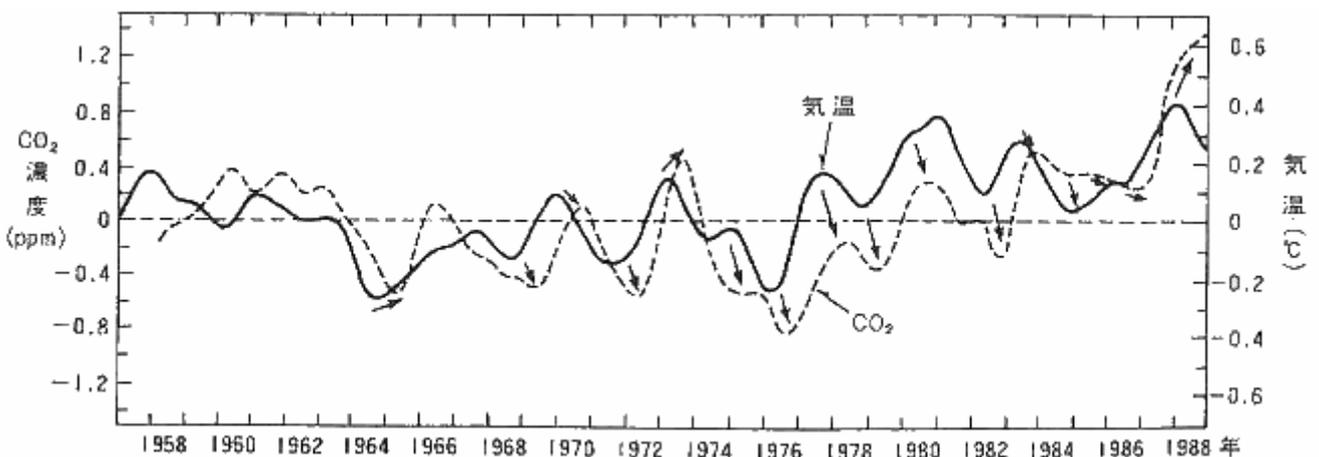


図 11 気温と二酸化炭素濃度の変化の順序

地球温暖化の要因には自然要因もあるし、人為要因もある

自然は大変複雑な系です。その地球の温度も地球誕生以降大きな変動を繰り返してきました。人類などまだ誕生する以前には現在よりさらに高温だった中生代があり、恐竜たちが生きていました。新生代に入っても、大きな氷河期を4回も経験し、それぞれの氷河期とそれが終わった温暖期の気温には約10度もの違いがありました。現在は4番目の氷河期が終わった温暖期にあります(図12参照)。それでも、北極の白熊を含め、こんなことで絶滅はしませんでした。

人為的要因でない自然の要因の変動にも地球の歳差運動が関係するミランコビッチサイクル、太陽活動による変動サイクル、エル・ニーニョや、ラ・ニーニャなど地球自体の要因、さらには火山の爆発などの要因もあり、大気中の二酸化炭素濃度も気温も長い周期、短い周期、あるいは大幅小幅にと多様な変化をしてきました。観測している地球の平均気温も大気中の二酸化炭素の濃度もそれらすべてが関係しながら変動しています。図13に示すように、ここ数年は、温暖化どころか地球は寒冷化しています。IPCCの関係者は、これは小さな変動でいずれまた温暖化に向かうと主張していますが、そうかも知れないし、そうでないかも知れません。人為的な要因が地球を温暖化させている可能性は私は高いと思いますし、「予防原則」を適用して、その温暖化を防止しようということも必要かもしれません。しかし、それは科学の議論ではなく政治的、政策的な議論の範疇に入ることです。

人類の諸活動が引き起こした災害には、大気汚染、海洋汚染、森林破壊、酸性雨、放射能汚染、さらには貧困、戦争などがあり、温暖化はそのうちの一つに過ぎません。そしてその温暖化の原因の一つの要因に二酸化炭素があるというに過ぎません。それにもかかわらず、二酸化炭素の放出を減らすことが、何よりも大切だと多くの人が思われています。地球温暖化問題は現時点では、科学的な根拠が薄弱なまま、政治的に引き回されています。

．環境破壊の本質

エネルギーと寿命

人類を他の生物と区別して人類らしくしたものは火や道具の使用でした。そして、エネルギーの消費

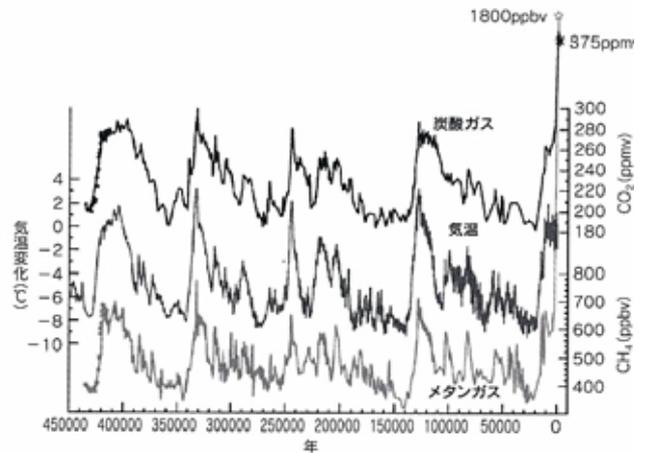


図12 氷河期と間氷期の環境

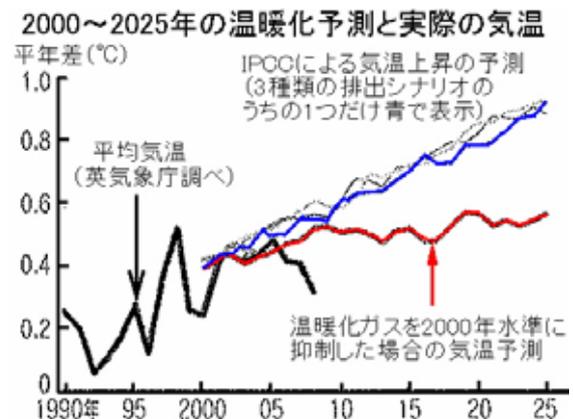


図13 最近では寒冷化すらしている

は人類の寿命にも密接に関係しています。図14に過去の日本のエネルギー消費量と寿命との関連を示します。現在、日本は世界一の長寿命国になっていますが、100年前は、日本人の平均寿命は40歳代でした。当時はまだ日本では電気すらろくに使えない時代でしたし、一人ひとりのエネルギー消費量も現在の私たちに比べれば10分の1ほどしかありませんでした。ただ、図1を細かく見れば、幾つか大切なことに気づきます。第1に、利用できるエネルギー量が絶対的に少ないと人は長生きできないということです。第2は、絶対的に不足していたエネルギー消費量をわずかに増加させることができれば、寿命が飛躍的に延びるということ、そして第3に、ある程度以上のエネルギー消費は寿命の延長に役に立たないということです。1960年代の高度成長期やバブル期を含めた1990年前後には、エネルギー消費は急激に伸びましたが、その期間における寿命の伸びはほんのわずかでしかありません。今の日本では、生きるのではなく、贅沢をするためにエネルギーが使われています。

平均寿命 [歳]

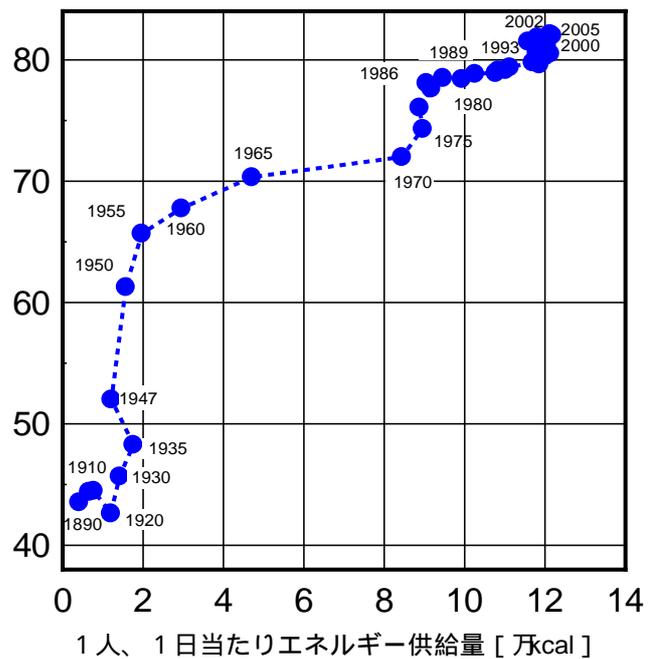


図14 日本におけるエネルギー消費量と寿命

地球の歴史と人類の歴史

地球は46億年前に誕生したといわれます。誕生当初の地球は生命が根付くには過酷過ぎ、生命が誕生するまでには数億年の時の流れが必要でした。40億年前に生まれた生命は、おそらくは今の常識から言えば、生命と呼ぶにはあまりにも原始的なものだったでしょう。その後、様々な生物種が生まれ、そして滅びました。人類と呼べるような生物種がこの地球上に誕生したのは、400万年前とも600万年前とも言われますが、地球や生命の歴史に比べれば、人類の歴史などいわずにしても1000分の1の長さでしかありません。もし、地球の歴史を1年として1月1日から時をたどれば、人類が発生したのは春も夏も秋も過ぎ、冬が来て、大晦日の午後になってからに過ぎません。

その人類は現在地球上で栄華を極めていますが、人類が今日のようにエネルギーを膨大に使い始めるよ

[万種]

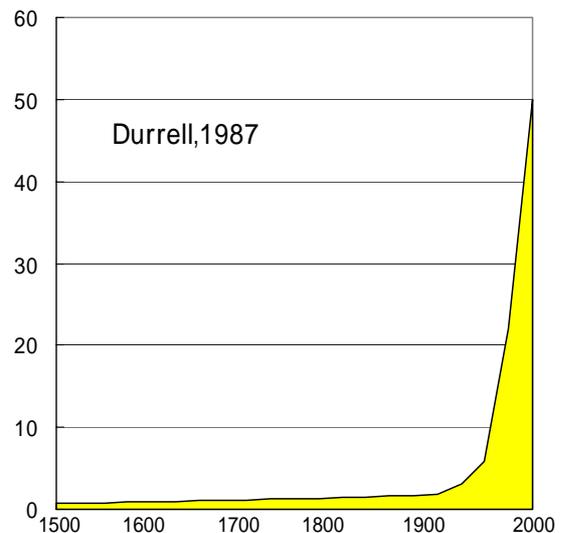


図15 人類が絶滅に追い込む生物種

うになったのは 18 世紀末の産業革命からで、それ以降わずか 200 年しか経っていません。それを地球の歴史を 1 年と考える尺度に当てはめれば、大晦日の夜 11 時 59 分 59 秒にしかならず、残り 1 秒のことです。その 200 年の歴史で人類が使ったエネルギーは人類が数百万年で使った全エネルギーの 6 割を超えます。

人類の贅沢の陰で絶滅する生物

そのため、地球の生命環境は危機に瀕しています。命あるものいずれ死ぬのは避けられません。個体にしてもそうですし、種としての生物もそうです。地球上には、これまでもたくさんの生物種が生まれては滅んできました。数千万年前までこの地球を支配していたといわれる恐竜たちも、忽然と姿を消しました。その原因は、宇宙からの巨大隕石の落下だという説もあれば、肉体が巨大化しすぎて生命を維持できなくなったとの説もあります。しかし、恐竜たちからみれば、いずれにしても万やむをえない理由で絶滅に追い込まれたのでしょ。人類も一つの生物種として、いずれは絶滅します。ところが、図 15 に示すように、人類は自らの栄華のために地球上に住む多くの生物種を絶滅に追い込んできました。結局、人類は、他の生物種を含めた地球の生命環境を破壊し、その挙句に自らも絶滅することになります。人類は自らを万物の霊長と呼んでいますが、むしろ愚かな生き物というべきでしょう。

環境破壊の責任はごく一部の「先進国」にある

世界でエネルギーがどのように分配され使用されているかを図16に示します。一人当たりの消費量で言えば、最もエネルギーを消費している国と最もエネルギーを利用できない国とでは1000倍の格差があります。また、私たち日本人一人ひとりも世界平均の約 2 倍、アジア諸国に比べれば10倍から100 倍のエネルギーを使っています。

また世界人口を四つにわけ、エネルギーをたくさん使う順番に「工業文明国(いわゆる先進国)」、「工業文明追従国(いわゆる発展途上国)」、「第三世界の半分」、「極貧の第三世界」としましょう。それぞれのグループには、いずれも約16億人の人間が含まれます。そして、それぞれのグループが世界全体で使うエネルギーのどれだけの割合を使っているかを考えてみます。まず、「工業文明国」の人間が、エネルギー使用量全体の68%を使ってしまう。次に「工業文明追従国」が17%を使い、世界人口の半数を占める第三世界の人々には、全体のわずか15%しか残されません。第三世界の中でも奪い合いがあり、強い方のグループが全体の10%を使い、最もエネルギーを使えない「極貧の第三世界」はわずか5%しか使えません。

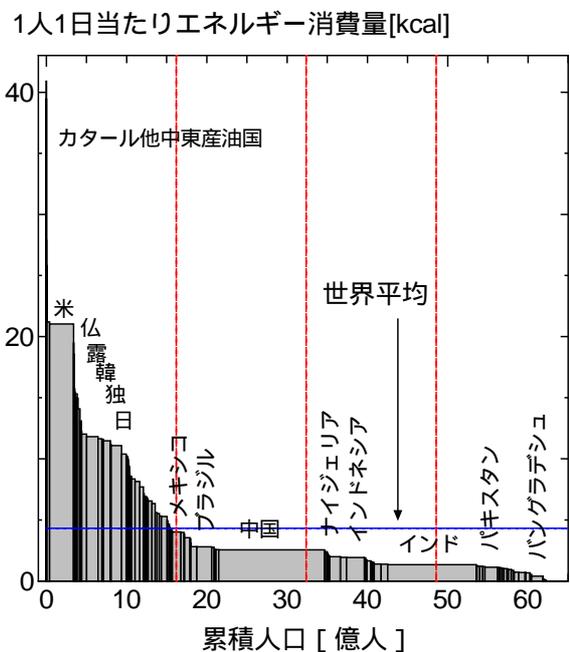


図 16 エネルギー消費の格差と不公平
人口は 2006 年、エネルギー消費は 2002 年の値

世界の国々の平均寿命

図 14 は日本という一つの地域について、時間的なエネルギー使用量の変化を尺度として寿命がいかに変わるかを示しました。同じことは、今日というある時刻の中での、世界各国のエネルギー使用量の違いを尺度にしても言えます。図 17 に世界各国のエネルギー消費量と寿命との関係を示します。上部に横に長く分布している「エネルギー浪費国家群」では、現在の日本がそうであるように、エネルギー使用量をいくら増やしても寿命を延ばすことはもはやできません。逆に、図の左の軸周辺に「エネルギー窮乏国家群」として示した国々の中では、使用できるエネルギー量が絶対的に欠乏しているため、生命自身を維持できない国があります。そうした国の中には平均寿命がいまだに 30～40 歳代の国があります。もし、そうした国で、エネルギー消費を少しでも増やすことができれば寿命は飛躍的に長くなりますが、残念ながら世界の政治の状況はそれを許しません。

種としての人類が地球環境を破壊してきて、今またそれを加速していることは確実です。しかし、人類の内部を見れば、一方には生きることに関係ないエネルギーを龐大に浪費する国がある一方、生きるために必要最低限のエネルギーすら使えない人々も存在しています。今この地球上には、11 億もの人々が「絶対的貧困（1日1ドル以下で生活し、食べるものがない、きれいな飲み水がないなど、生きていくのに最低限度必要なものさえ手に入れることのできない状態）」に喘ぎ、5 億の人々が飢餓に直面しています。「先進国」に住む私たちが贅沢な暮らしをすれば地球環境はますます悪化しますが、悪化に対処することができない貧しい国々の人々はますます苦況に追いやられます。私たち日本人が、そうした事実を目をつぶって当面過ごしていくことは多分できるでしょう。でも、それで平和な世界が築けるでしょうか？

危機的な日本の環境

日本においては 1880 年代以降、50 年で 10 倍になるような率でエネルギー消費の拡大を続けてきて、現在、日本に入射する太陽エネルギーの総量に比べて約 0.6% のエネルギーを人為的に消費しています（図 18 参照）。このままエネルギー消費の拡大を続けるならば、数年後には太陽エネルギーの 1%、2050 年には 10%、2100 年には太陽が我々に与えてくれているエネルギーと等しいだけのエネルギーを人為的に消費することになってしまいます。そうした時代がどんな時代になるか人類には経験がありません。またそれを予測できるような学問もありません。しかし、かりにその時代の日本においてまだ人が生きられたとしても、従来と同じスピードでエネルギーの浪費を続けるかぎり 2150 年には太陽エネルギーの 10 倍、2200 年には 100 倍のエネルギーを使うことになってしまいます。そのような未来に人類が生き延びられないことは当然です。

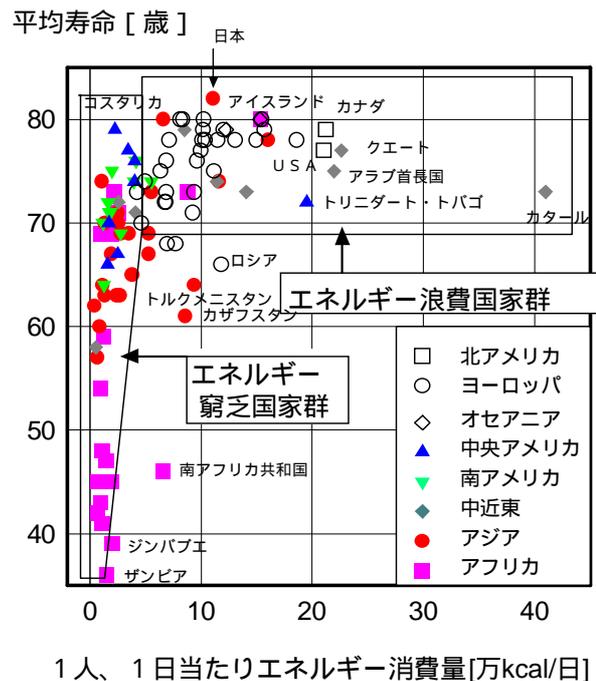


図 17 世界各国のエネルギー消費量と平均寿命の関係（2003 年）

地球温暖化の問題を含め、現在の環境の危機の本質は、エネルギーを大量に消費していること自体にあります。エネルギーの浪費に慣れてしまった日本人にとって、エネルギー消費を抑えることは容易なことではありません。そのため、多くの日本人は消費を抑えることなど出来ない、もっと便利に暮らしたいと言います。しかし、できなければ、自らの生きる環境を失うだけです。

膨大な温廃水

今日 100 万 kW と呼ばれる原子力発電所が標準的になりましたが、その原子炉の中では 300 万 kW 分の熱が出ています。その 300 万 kW 分の熱のうちの 100 万 kW を電気にしているだけであって、残りの 200 万 kW は海に捨てています（図 19 参照）。私が原子力について勉強を始めた頃、当時、東大の助教授をしていた水戸巖さんが私に「『原子力発電所』と言う呼び方は正しくない。あれは正しく言うなら『海温め装置』だ」と教えてくれました。300 万 kW のエネルギーを出して 200 万 kW は海を温めている、残りの僅か 3 分の 1 を電気にしているだけなので、メインの仕事は海温めです。そういうものを発電所と呼ぶこと自体が間違いです。

その上、海を温めるといことは海から見れば実に迷惑なことです。海には海の生態系があって、そこに適したたくさんの生物が生きています。100 万 kW の原子力発電所の場合、1 秒間に 70 トンの海水の温度を 7 度上げます。近畿位置の大河である淀川でも、その流量は 1 秒間に 150 トンしかありません。日本全体でも、1 秒間に 70 トンの流量を超える川は 30 に満ちません。原子力発電所を造るといことは、その敷地に忽然として温かい川を出現させることになります。

日本というこの国は気候に恵まれた、得がたい生命環境を持っています。たとえば、雨は地球の生態系を持続させる上

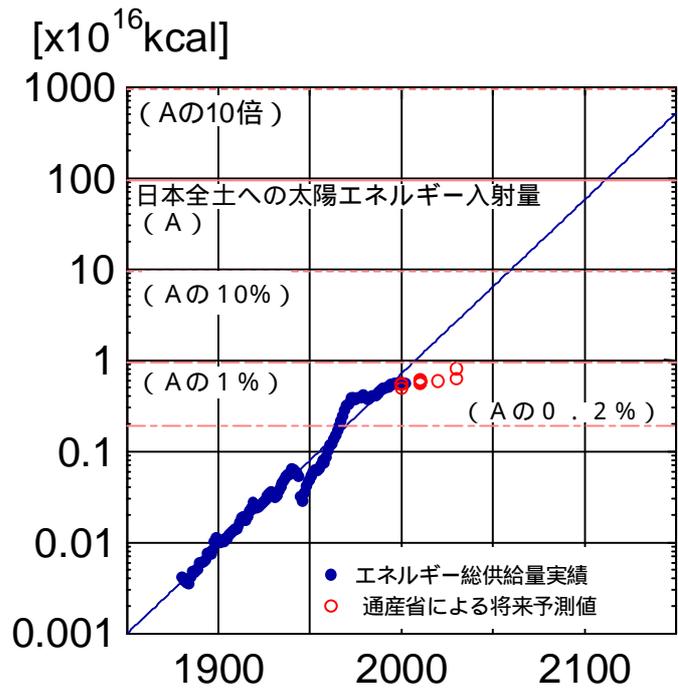


図 18 日本におけるエネルギー総供給量の変遷
 (太陽エネルギーの 0.2%の部分は、風、浪、空気の対流など、いわゆる自然現象を引き起こすために使われている。) 日射量の平均値として 256kcal/cm²/yr、日本の総面積は 37.8 万 km²とした。

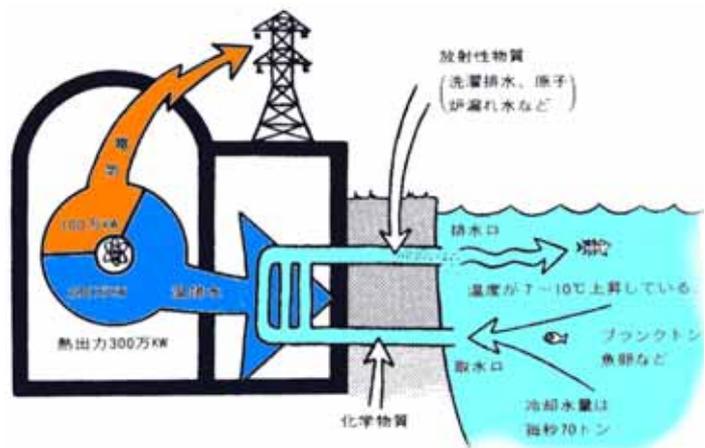


図 19 「原子力発電所」は「海温め装置」

で決定的に重要なものですが、日本の降水量は平均で 1700mm/年を越え、世界でも雨の恵みを受けている貴重な国の一つです。国土全体では毎年 6500 億トン近い雨水を受けています。それによって豊かな森林が育ち、長期にわたって稲作が持続的に可能になってきました。また、日本の河川の

総流量は約 4000 億トンです。一方、現在日本には 55 基、電気出力で約 5000 万 kW の原子力発電所があり、それが流す温廃水の総量は 1 年間に 1000 億トンに達します（表 2 参照）。日本の全河川の流量に換算すれば約 2 度も温かくしていることになり、これで温暖化しなければ、その方が不思議です。

もちろん日本には原子力発電所を上回る火力発電所が稼動していて、それらも冷却水として海水を使っています。しかし、現在の原子力発電所は、燃料の健全性の制約から 1 次冷却水の温度を高々 330 までしか上げることができず、そのため発電の熱効率は約 33% しかありません。一方、最近の火力発電所の熱効率は 50% を超えており、もし原子力から火力に転換することができれば、それだけで海に捨てる熱をはるかに少なく済ませることができます。

地球温暖化、もっと正確に言えば気候変動の原因は、日本政府や原子力推進が宣伝しているように、単に二酸化炭素の増加にあるものではありません。産業革命以降、特に第二次世界戦争以降の急速なエネルギー消費の拡大の過程で二酸化炭素が大量に放出されたことは事実ですし、それが気候変動の一部の原因になっていることも本当でしょう。しかし、本当の原因は、エネルギーの大量消費自体にあるのです。原子力を選択することは、エネルギー浪費を加速しますし、すでに指摘したように、廃物の処分も考えれば、二酸化炭素の放出も膨大になってしまうでしょう。あらゆる意味で原子力は最悪の選択です。

小欲知足

いったい、私たちはどれほどのものに囲まれて生きれば幸せといえるのでしょうか？

人工衛星から夜の地球を見ると、日本は不夜城のごとく煌々と夜の闇に浮かび上がります。建物に入ろうとすれば、自動ドアが開き、人々は階段ではなくエスカレーターやエレベータに群がります。夏だというのに冷房をきかせて、長袖のスーツで働きます。そして、電気をふんだんに投入して作られる野菜や果物は、季節感のなくなった食卓を彩ります。

残念ではありますが、人間とは愚かにも欲深い生き物のようです。種としての人類が生き延びることに価値があるかどうか、私には分かりません。しかし、もし地球の生命環境を私たちの子供や孫たちに引き渡したいのであれば、その道はただ一つ「知足」しかありません。一度手に入れてしまった贅沢な生活を棄てるには苦痛が伴う場合もあるでしょう。当然、浪費社会を変えるには長い時間がかかります。しかし、世界全体が持続的に平和に暮らす道がそれしかないとなれば、私たちが人類としての叡智を手に入れる以外にありません。私たちが日常的に使っているエネルギーが本当に必要なものなのかどうか真剣に考え、一刻でも早くエネルギー浪費型の社会を改める作業に取り掛からなければなりません。そのために残されている時間はそう長くはありません。

【文献】

1) 本藤祐樹、内山洋二、森泉由恵、ライフサイクル CO2 排出量による発電技術の評価 - 最新データによる再推計と前提条件の違いによる影響、電力中央研究所研究報告 Y99009、2000 年 3 月
本藤祐樹、ライフサイクル CO2 排出量による発電技術の評価、電力中央研究所研究報告 Y01006、2001 年 8 月

表 2 原発の温廃水の膨大さ（1 年毎）

日本の全降水量	6500 億トン
日本の全河川流量	4000 億トン
55 基の原発の温廃水 (7 度温度を上げて海に戻す)	1000 億トン