

# 被曝、原子力、核のごみ

京都大学・原子炉実験所 小出 裕章

## ・被曝するということ

放射線は目に見えないし、五感に感じない

人類が放射線を発見したのは1895年、ドイツのレントゲンが最初でした。レントゲンはその見えない不思議な光を「X線」と名づけました。それ以降、たくさんの人たちがX線の正体を探るための研究し、1898年にはキュリー夫妻が放射性物質を発見しました。そうした中で、五感に感じない放射線に被曝して、キュリー夫妻を含めたくさんの人たちが命を落としました。

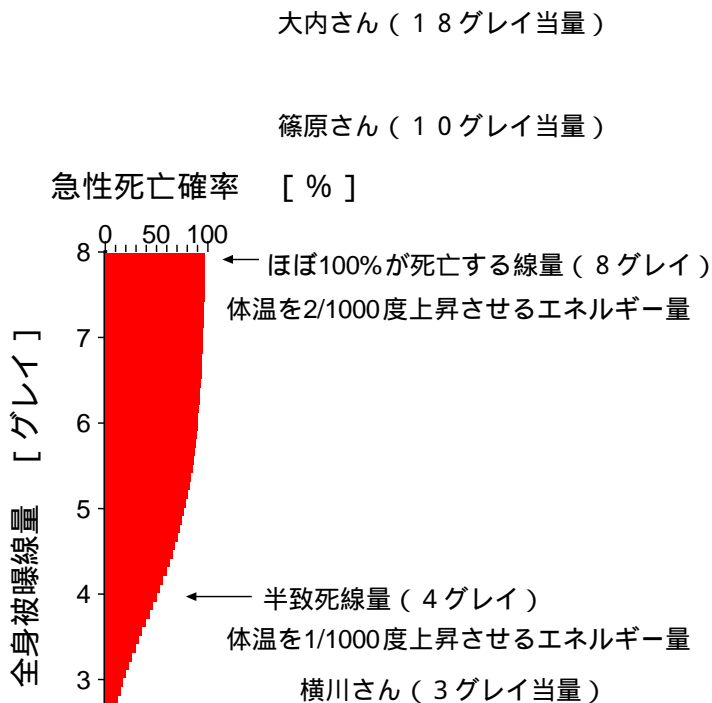
放射線はエネルギーの塊で、被曝とは放射線からエネルギーを受け取ること

一口に「放射線」と言っても、たくさんの種類の放射線があります。レントゲンが発見したX線は光の一種ですし、ガンマ線と呼ばれる放射線も同じです。ベータ線の正体は電子の流れですし、アルファ線と呼ばれる放射線は陽子2個、中性子2個からなる粒子の流れです。それぞれに性質が違い、人間が被曝する時の仕方も多様です。しかし、いずれにしても被曝とは、放射線を受けた物体が放射線からエネルギーを受け取ることです。

被曝の単位は「グレイ」で、物体1kgが1Jのエネルギーを放射線から受けた時に1グレイと定義されています。物体が人体の場合には、受ける放射線の種類によって影響の出方に違いがあるため、障害の重さに関する係数を掛けて、「シーベルト」と言う単位に変換します。たとえば、アルファ線はガンマ線やベータ線に比べて発ガン毒性が20倍高いと考えられており、1グレイの被曝を20シーベルトとします。

たくさん被曝すると死んだり、急性の障害が現れる

たくさん被曝をすると人は死んでしまいます。原爆被曝者には髪の毛が抜けてしまったり、吐き気や下痢をしたり、火傷をしたり、出血を起こした



大内さん (18グレイ当量)

篠原さん (10グレイ当量)

図1 被曝による急性死確率とJCO作業員の被曝量

り、たくさんの被害が出ました。中には死んでしまう人もいました。その後も、核=原子力開発や医療上の事故でたくさんの被曝者が出、人間はどのくらい被曝すると死ぬかが次第に分かってきました。その結果、およそ2グレイ被曝すると死ぬ人が出るようになり、8グレイも被曝すればほとんどすべての人は生き延びられないことが分かってきました。そして、4グレイの被曝をする人が2人いれば、どちらか一人は死ぬと考えられ、それを「半致死線量」と呼びます。私たち人という生き物は時に風邪を引いたり、病気になったりして体温が1度も2度も上がることがあります。暖かい風呂に長時間入っていれば、それだけで体温も上がるでしょう。それでも人間は死んだりしません。しかし、4グレイの被曝は人間の体温を1000分の1度しか上昇させないほどのわずかなエネルギーです。それでも、人は放射線からそれだけのエネルギーを受ければ2人に1人が死んでしまいます(図1参照)。

### 放射線が持つエネルギーは生命体が持つエネルギーに比べ桁違いに大きい

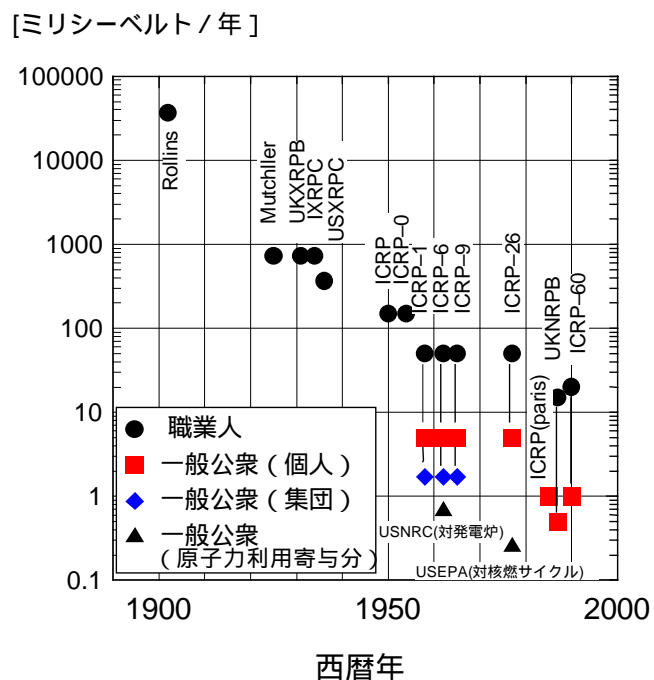
どうしてそんなことになるのでしょうか？ それは一つひとつの放射線の持つエネルギーが生命体を構成している物質が持っているエネルギーに比べて桁違いに大きいからです。私たち人間の体を含め、この世の物質はすべて原子が結合した分子でできていますが、原子がお互いに手を取り合って分子を形作る時のエネルギーは数電子ボルトであるのに対して、一つひとつの放射線のエネルギーは数万～数百万電子ボルトに達します。私たちが被曝すれば、DNAを含め細胞を構成している分子がずたずたに引き裂かれてしまいます。1999年、東海村で起きた臨界事故では、10グレイ、18グレイの被曝をした2人の労働者が筆舌に尽くせない苦悶の末、死んでしまいました(図1参照)。

### どんなに少しの被曝でも

#### ガンなどの危険が増える

ただ、人が死んだり、急性の障害が出るのは、ある量以上の被曝をした時だけです。被曝の量が少なければ、その種の被害は現れません。しかし、長い被曝の歴史、特に原爆被曝者の健康追跡調査のデータが蓄積してくるにつれて、急性の障害が出なくても長い年月の後にガンなどが発生することが分かってきて、そうした被害の場合は、どんなに被曝量が少なくても被害が発生することが分かってきました。そのため、被曝に対する許容量は時が経つとともに劇的に小さくされてきました(図2参照)。

図2 いわゆる放射線「許容量」の変遷



放射線や放射能が発見された直後においては、被曝についての知識がなく、被曝の制限値は著しく高かった。その後、放射線の危険度についての科学的な知識が蓄積するにつれて、被曝の制限値は、一方的に低下してきた。一般公衆に集団についての規定があるのは、集団全体の遺伝子プールを考慮したためである。  
 Rollins, Mutchlerは研究者の個人名。  
 UKXRPB: 英国X線ラジウム防護庁、IXRPC: 国際X線ラジウム防護委員会  
 UKNRPB: 英国放射線防護庁、USXRPC: 米国X線ラジウム防護委員会  
 ICRP: 国際放射線防護委員会、続く数字は勧告の番号  
 USNRC: 米国原子力規制委員会、USEPA: 米国環境保護庁

## ・原子力発電とは何をしているのか？

原子力発電がしていることはお湯を沸かすこと

多くの方は、原子力というと科学の最先端で、とても難しいことをしていると思うでしょう。しかし、図3に示すように、原子力発電でやっていることは単にお湯を沸かすことだけです。その点を取れば火力発電とまったく同じで、沸かした湯気でタービンという羽根車を回し、それにつながった発電機で電気を起こしているにすぎません。

それなのになぜ原子力が特別な危険を抱えているかといえば、原子力の燃料であるウランを燃やせば(核分裂させれば)核分裂生成物という死の灰が否応なくできてしまうからです。二酸化炭素も灰も生まずに物を燃やせないように、死の灰を生まずにウランを燃やす(核分裂させる)ことはできません。このことが、原子力が抱える危険の一切の根源です。

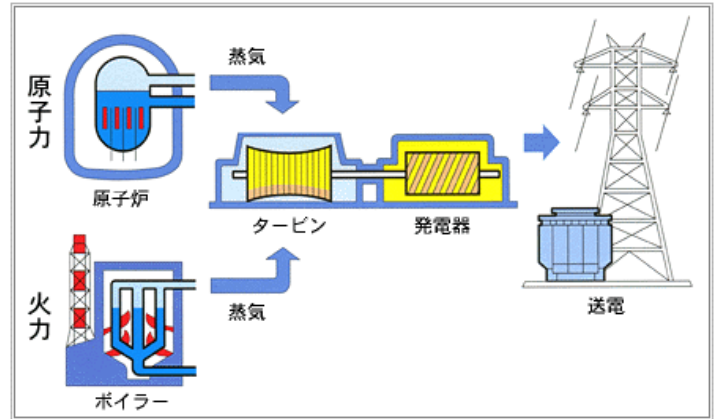


図3 原子力発電と火力発電は湯沸し装置

原子力発電所が生み出す死の灰の量は膨大

今から 61 年前の夏、米国は女性や子供を含めたたくさんの非戦闘員が生活していた街に原爆を落としました。広島は街は一瞬に壊滅し、短期間に 10 万人の人々が筆舌に尽くしがたい苦痛のうちに命を奪われました。かろうじて生き延びた人々も「ヒバクシャ」というレッテルを貼られて、苦痛に満ちた人生を歩まざるを得ませんでした。その広島原爆で燃えたウランは 800g でした。一方、今日では標準となった 100 万 kW の原子力発電所の場合、1 年間の運転で約 1000kg、広島原爆に比べて約 1000 倍のウランを燃やします。当然、燃えた分だけの死の灰ができます。

今年チェルノブイリ事故 20 周年

それほど危険物を内包した原子力発電所が重大事故を起こした場合どのような被害が起きるかは、事実が教えてくれました。旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所で 1986 年 4 月 26 日、事故が起きからです。事故が起きて今年で 20 年になります。

ソ連きっての最新鋭の原子力発電所だったチェルノブイリ 4 号炉は、出力 100 万 kW で 1984 年 3 月から運転されていました。ほぼ丸 2 年間運転し、炉心に広島原爆 2600 発分の死の灰を抱えた状態で事故が発生しました。主要な放射性核種であるセシウム 137 を尺度にして測ると、その事故では炉心に蓄積していた 3~4 割、広島原爆 800 発分が放出さ

100万キロワットの原発が1年間に生み出すセシウム137の量(約300万キュリー)

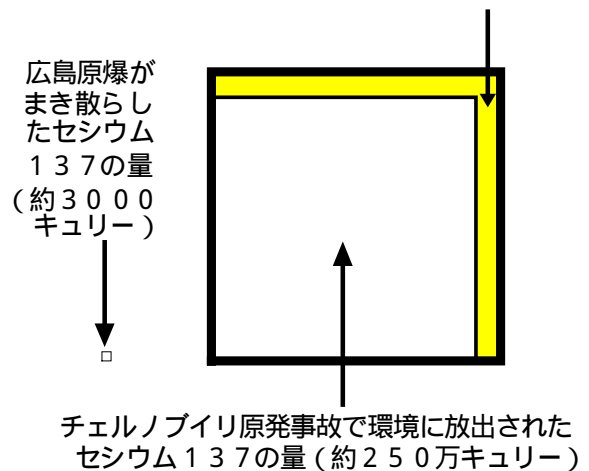


図4 原子力発電所が生成する放射能の目安(セシウム137による比較)

れました(図4参照)。その結果、「放射線管理区域」に指定しなければならない程の汚染を受けた土地の面積は、日本の本州の6割に相当する14万5000km<sup>2</sup>になりました(図5参照)。「放射線管理区域」とは「放射線業務従事者」が工作上、どうしても入らなければならない時だけに限って入る場所です。普通の人々がそれに接する可能性があるのは、病院のX線撮影室くらいしかなく、立ち入りを厳しく制限される場所です。しかし事故の影響もあり、ソ連は1991年に崩壊してしまい、特に汚染の激しい地域(15キュリー/km<sup>2</sup>)から約40万の人が避難させられただけで、残りの500万を超える人々は子供たちも含めていまだに汚染地域で生活しています。しかし、生まれ育った土地を捨てて避難しなければならないこともまた大変な苦痛でしょう。

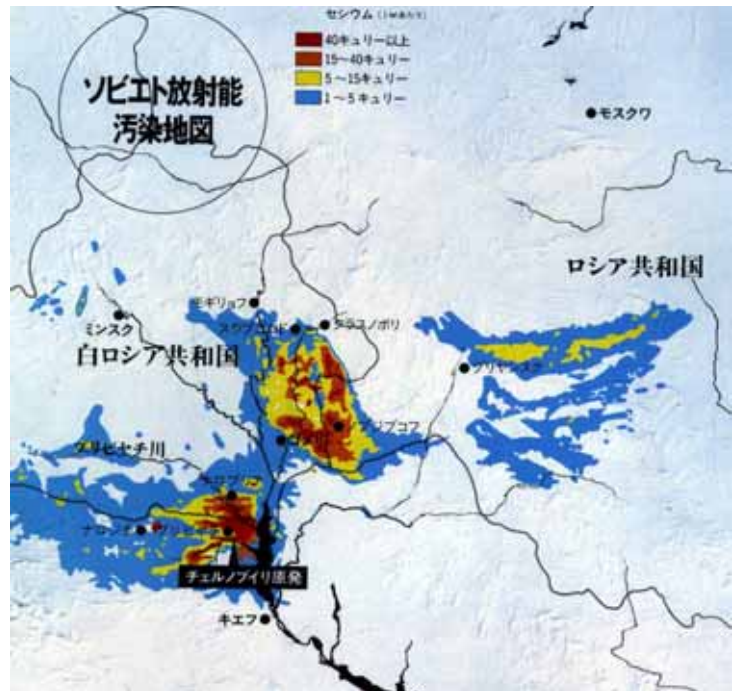


図5 チェルノブイリ原発事故による汚染の広がり

## ・生み出した放射能はいずれごみになる

### 放射能のごみを生み出す全体像

その上、問題はそれだけでは済みません。原子力発電所を動かすためには、原子力発電所だけがあればいい訳ではないからです。そのために必要な一連の工程を図6に示します。電気が欲しくて原子炉を動かそうとすれば、まずウラン鉱山でウランを掘ってこなければなりません。その段階からすでに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。その過程でもまたごみが出ます。さらに、原子炉を動かせば、その段階でもたくさんのごみが出ると同時に、使用済みとなった燃料は膨大な死の灰の塊として人類の未来に大きな負債となるのです。

### ウラン残土すら始末できなかった日本

原子力の推進派は、原子力の場合、発電所に搬入しなければならない燃料の量が他の発電方式に比べて圧倒的に少ないと主張します。しかし、元をたどってウラン鉱山まで行けば、図6に示すように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となります。

日本では1955年末、岡山県と鳥取県の県境にある人形峠でウランが発見され、その後約10年にわたって試掘が行われました。その間、取り出されたウランはわずか85トン、100万kWの原子力発電所1基の半年分の運転を支えるにも足りないほどのわずかな量でした。結局、人形峠周辺には採算がとれるようなウランは存在していないことが分かり、鉱山は閉山しました。一方、試掘によって掘り出されたウラン鉱石混じりの残土は、人形峠周辺の民有地を中心に合計で約45万m<sup>3</sup>、ドラム缶に詰めれば225

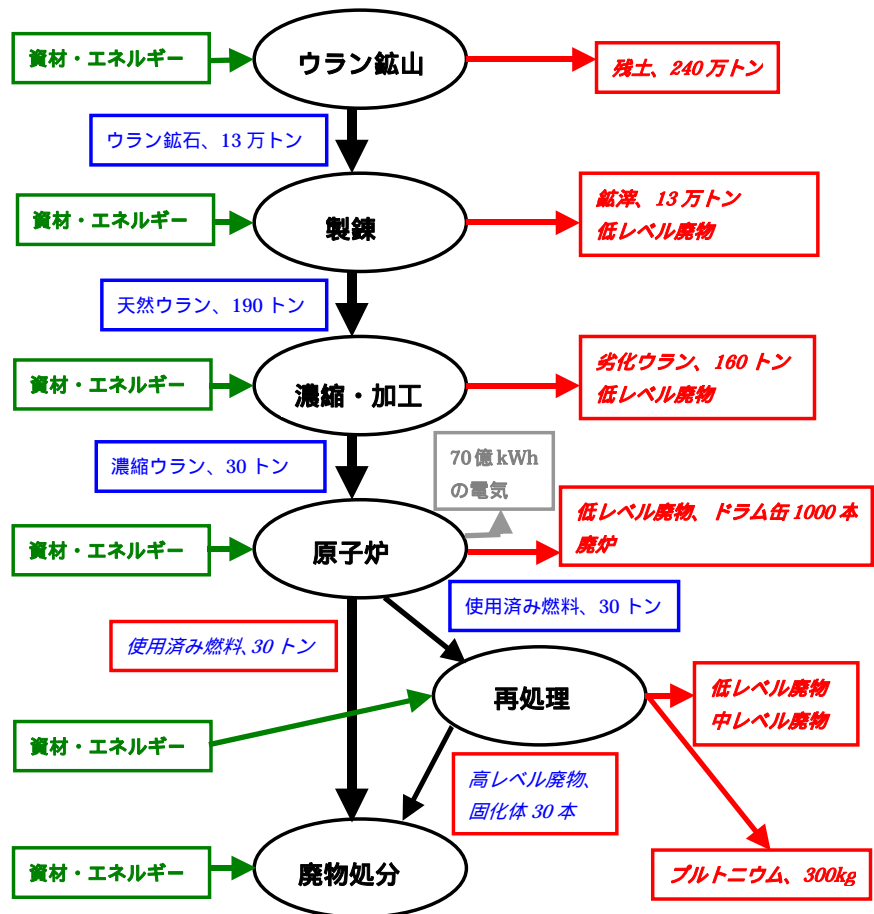
万本分が野ざらしにされました。そのことに気づいたのは 1988 年になってのことでした。ほとんどの土地は再度国と貸借契約を結ぶことで、残土の放置を容認しましたが、鳥取県湯梨浜町の方面（「かたも」と読みます）という集落だけは、自分たちの村を昔の静かな村にして返して欲しいと要求しました。1990 年に一度は住民と協定書を結んで残土の撤去を約束した動燃（動力炉核燃料開発事業団、現、原子力研究開発機構）は、撤去先がないことを理由に放置を続けてきました。住民は苦悩の果てに、残土の撤去を求めて裁判を起こしました。2002 年 5 月になって地裁が動燃に 3000m<sup>3</sup> 分の残土を撤去する

よう命ずる判決を出し、動燃は控訴しましたが、高裁も最高裁も原判決を支持して 2004 年 10 月に動燃の敗訴が確定。動燃は残土を撤去せざるをえなくなりました。動燃は撤去を先延ばししながら住民の懐柔を図りましたが、住民の意志は崩れませんでした。結局、動燃は残土を日本国内では始末をつけることが出来ず、残土のうちウラン濃度の高い一部、290m<sup>3</sup> の残土を「鉱石」としてアメリカ先住民の土地に捨てに行きました。今は、裁判で撤去を命ぜられた残りの 2710m<sup>3</sup> の残土をレンガに加工して県外に搬出する計画が浮上しています。しかし、放射能はレンガにしたところで無くなるわけではありません。いずれまた力の弱い地域に押しつけられる以外にありません。こうして、原子力開発の最初に生じる残土すら始末できないままです。

### 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 に近い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 100 万発分に達しています（図 7 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すが、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

図 6 100 万 kW の原発を巡る一連の流れ



になります。

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が、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 万年に渡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方法が唯一のものと決められました（図 8 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 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。

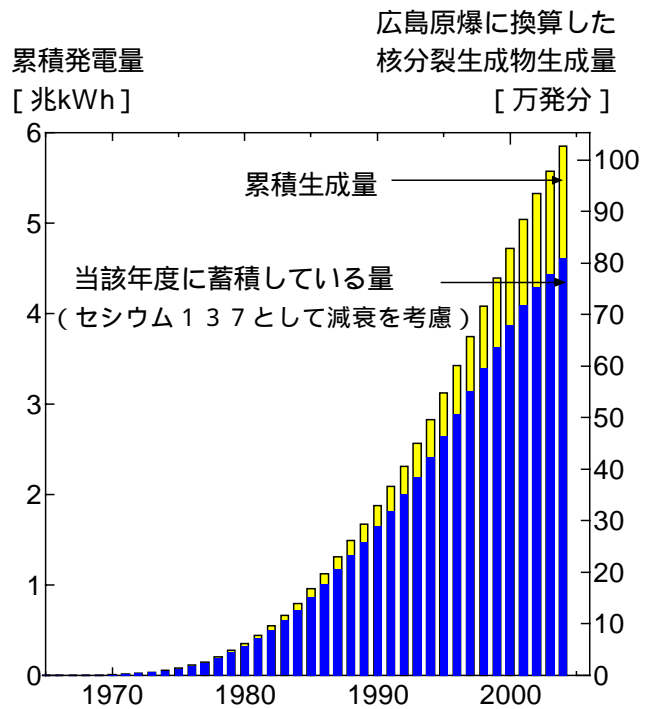


図 7 日本の原子力発電による累積発電量と核分裂生成物の累積生成量

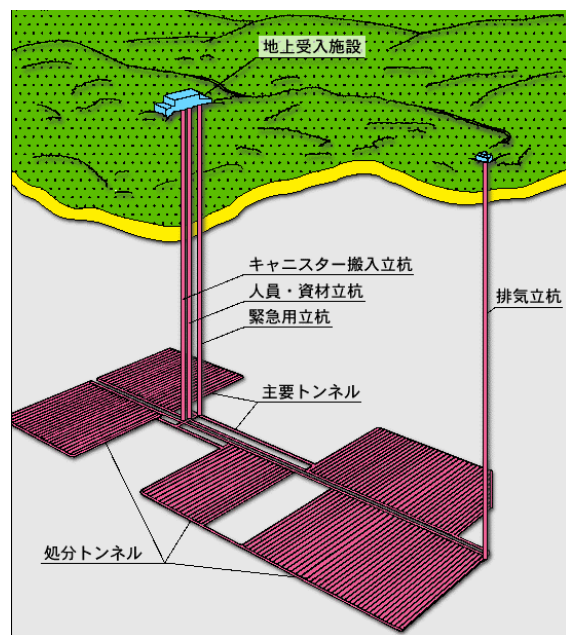


図 8 高レベル放射性廃物処分場の概念図

## 後は候補地を探すだけ

埋め捨てを決めてしまえば、後はどこに埋めるのかを決める作業が残るだけです。その作業をする組織は原子力環境整備機構です。この組織は自分を「NUMO」と呼んで下さいと言っていますが、その英語名は「Nuclear Waste Management Organization」で、きちんと翻訳すれば核廃物管理機構です。「Nuclear」を「核」と訳さずに「原子力」と訳すところは日本の原子力推進派の常套手段ですが、英語の略称にする時にわざわざ「Waste（廃物）」を無視してしまい、日本語にする時には「環境」という言葉を滑り込ませるなど、詐欺とでも言うべきと思います。その組織は埋め捨てを決めるに当って、立候補制をとりました。つまり核のごみを自分が引き受けると立候補した所に捨てると言うのです。ただし、誰でも嫌がる核のごみを簡単に受け入れる自治体があるはずもありません。そこで NUMO は立候補すれば、それだけで金を払うと約束しました。そのカネを求める自治体が1つまた1つと現れては消えてきましたが、今、有力と見られているのがこの津野町です。



図9 津野町で旧動燃が調査した高レベル処分場候補地（適正地区）

狙われている処分場の地図を図9に示します。

## 狙われる小さな自治体

私は今、京都大学の原子炉実験所で原子力を巡る研究をしています。人類が原子力に手を染めた当初、原子力は無尽蔵のエネルギーで、値段もつけられないほど安価なエネルギーだと言われました。私自身もそうした宣伝に夢を抱いて原子力の世界に足を踏み込みました。しかし、それらはみな嘘でした。原子力の資源であるウランは大変貧弱な資源でしかありませんでしたし、安価でもありませんでした。また、原子力発電所はそれが抱える危険性のために、決して都会には建設できませんでした。

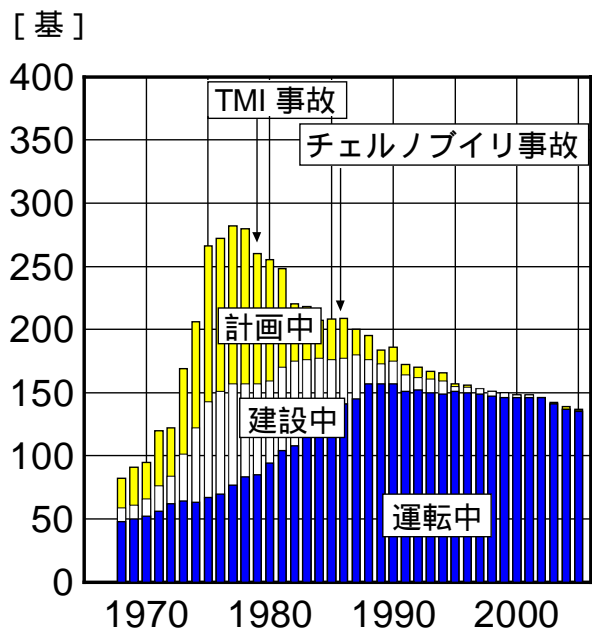


図10 西欧の原発の開発状況

## 原子力から撤退する核先進国

貧弱な資源、成り立たない経済性、破局的事故の恐れ、見通しのない廃物処分の重荷のために、一時は原子力に夢を抱いた世界の国はすでに原子力から撤退を始めています。今では、ヨーロッパの原子力を牽引してきたフランスでさえも新たな原発建設計画はなく、ヨーロッパ全体で計画中の原発はフィンランドに1基あるだけです（図10参照）。もっとも、ヨーロッパのことをいうのであれば、それよりずっと早くからすでに米国は原子力から撤退を始めていました（図11参照）。

## 原子力のつけは誰が負うべきなのか

では、いったい原子力など何のために進めてきたのでしょうか？ 私自身がそうであったように、夢のエネルギーとして目が眩んだままここまで来てしまったのでしょうか？ それなら気づいた時点で足を洗えばいいだけです。たしかに、原子力を進めてきた人々の中にも、原爆の威力に目がくらんで原子力にあらぬ期待をかけた時期はありました。その期待は、愚かなものでしたし、そのことに多くの人々が気づくようになってきました。しかし、社会や国には個人の論理とは別の論理があります。連綿と原子力を続けてきて、未だに足を洗えない理由もまた存在しています。私が気づいた点は3つでした。

### 個別企業、電力会社の利益

電気事業法で巨大発電所を持つと、それに比例した利潤が認められた

### 三菱・日立・東芝など巨大原子力産業の利益

### 核開発の技術的な力と原爆材料（プルトニウム）を蓄えたい国の意図

しかし、電力自由化の時代になり、電力会社の放漫経営は許されなくなりましたし、世界一高い電気代となって国際競争に勝ち残れなくなった産業を考えれば、一部の原子力産業の利益だけを守ることでもできなくなりました。したがって、と の要求はすでに破綻しています。いまだに、 の要求は残っていますが、日本という国は、これまでの原子力開発ですでに長崎原爆 2000 発を超える原爆を作れるだけの材料（プルトニウム）を懐に入れてあります。原子力をこれ以上拡大する意味もありません。それでもいまだに日本では原子力が推進されようとしています。何故そうなのかと考えて、私は一つの原因に行き着きました。それは貧困な政治によって疲弊された小さな自治体がカネにすがって生き延びようとする事です。原子力発電を誘致する、再処理工場を誘致する、そして今この津野町で持ち上がってきたように、放射能のごみ処分場を誘致することで、カネを得ようと言うのです。しかし、昔から「悪銭身につかず」と言います。自分で働いたのではなく、人から受け取るだけのカネは結局は胡散霧消するだけです。その上、長い目で見れば地域はいつそう疲弊します。津野町の皆さんにとって大切なことは人を当てにするのではなく、苦しくても自分の力で自分の地域を支えて行くことです。また、原子力利用そして高レベル廃物に対する最も重い責任は都会にあります。彼らに原子力利用の持つ重荷に目を向けさせるためにも、津野町の皆さんがカネと引き換えに核のごみを引き受けたくないよう、お願いします。

[基]

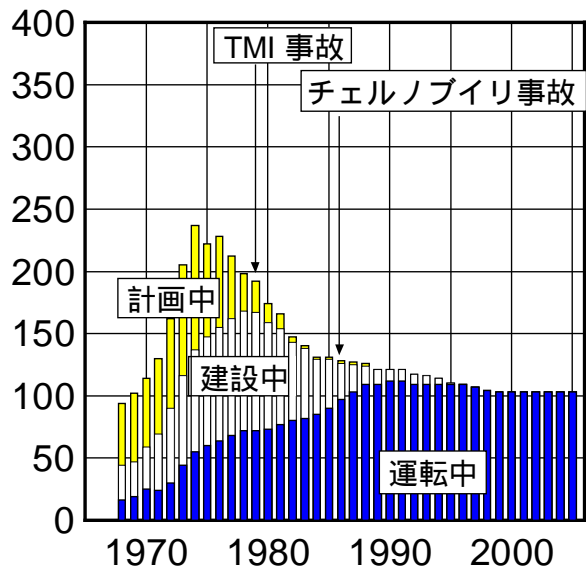


図11 米国の原発の開発状況