

放棄すべき六ヶ所再処理工場

京都大学原子炉実験所 小出 裕章

．生命体と放射線

放射線は五感に感じないが、著しく危険

1999 年 9 月 30 日、茨城県東海村の核燃料加工工場（JCO）で誰も予想しなかった事故が起こった。工場にあった 1 つの容器の中で核分裂の連鎖反応が突然始まったのであった。

放射線の被曝量は物体が吸収したエネルギー量で測り、単位には「グレイ」を使う。物体 1 kg 当たり 1 ジュール（0.24 カロリー）のエネルギーを吸収した時の被曝量が 1 グレイである。人体の組成はほぼ水なので、1 グレイの被曝を受けた時に人体が吸収するエネルギーは人間の体温を約 1 万分の 2 度しか上昇させない。従来の医学的な知見によると、およそ 4 グレイの被曝を受けると半数の人が死に、8 グレイの被曝をすれば絶望と考えられてきた。JCO 事故で大量の被曝をした 3 人の労働者の被曝量は、それぞれ 18、10、3 グレイ当量（グレイ当量は、急性障害に関する中性子の危険度をガンマ線に比べて 1.7 倍として補正した被曝量）と評価された（図 1 参照）。高い被曝を受けた 2 人の労働者については単なる被曝治療（被曝の治療は実質的には感染予防と水分、栄養補給くらいしかない・・・）だけではとうてい助けられないため、東大病院に送られた。その後、感染防止や水分・栄養補給はもちろん、骨髄移植、皮膚移植、輸液、輸血などありとあらゆる手段が施され、患者は私の予想を遙かに超えて延命した。しかし、最大の被曝を受けた大内さんは 12 月に、2 番目の被曝を受けた篠原さんは翌年 4 月に帰らぬ人となった。彼らは造血組織を破壊され、全身に火傷を負い、皮膚の再生能力を奪われた。そして、「天文学的な」鎮痛剤（麻薬）と毎日 10 リッターを超える輸血や輸液を受けながら苦しい闘病生活を送った末に死に至ったのであった。

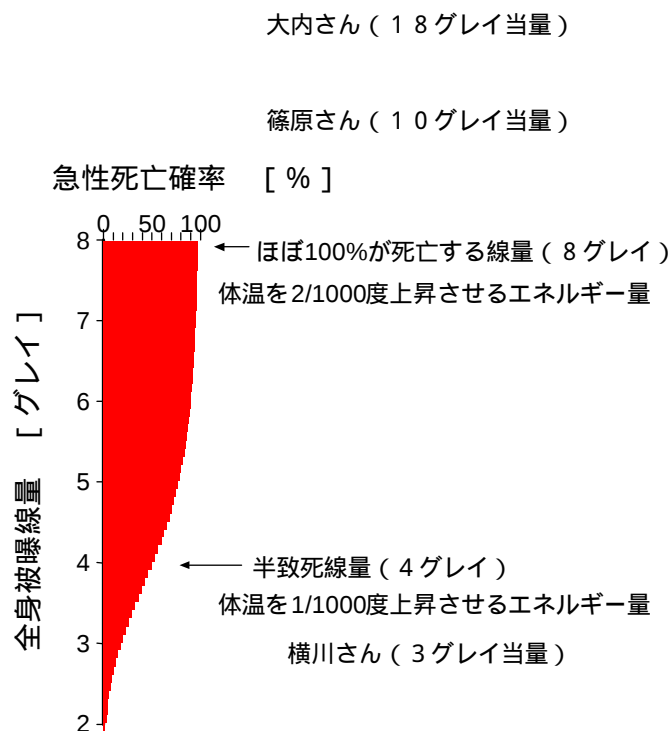


図 1 被曝による急性死確率と JCO 作業員の被曝量

放射線が危険な根本的な理由

普通、人間は体温が 1 度や 2 度上がっても死なない。しかし、JCO 事故での悲惨な死をもたらしたエネルギーは彼らの体温を 1000 分の 2 ～ 4 上昇させただけのものでしかなかった。

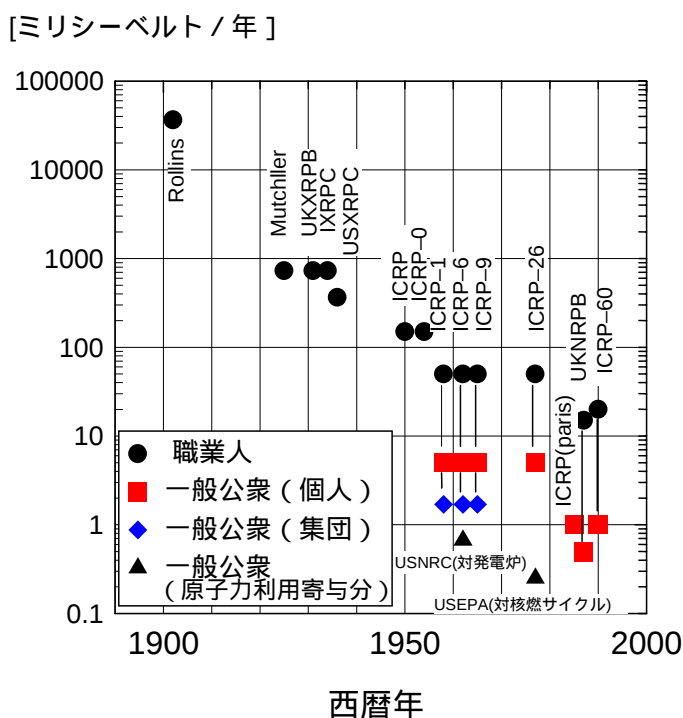
生命体のDNAを含め、すべての物質は原子によって構成されているが、原子が集まって分子となる場合の結合エネルギーは電子ボルト（1個の電子を1ボルトの電位差に逆らって移動させるのに必要なエネルギー）のオーダーでしかない。ところが、放射線のエネルギーは数十万～数百万電子ボルトに達する。生命体が放射線に被曝した場合にはDNAを含め多数の分子の結合が破壊され、破壊の程度が激しければ、その細胞や組織は生き延びることができないし、破壊の程度が低ければDNAに傷を負ったままの細胞が生き延び、やがて癌などを引き起こすことになる。こうして、放射線は生命体が依拠している物質とはかけ離れたエネルギーを持っているために、生命体に対して著しい危険を及ぼす。

JCO 事故では、およそ 20 時間にわたって核分裂の連鎖反応が続いたが、核分裂したウランの量は総量で約 1mg、発生した全エネルギーは灯油 2 リッター分に過ぎない。各家庭の石油ストーブで 2 リッターの灯油を丸 1 日かけて燃やす状態を想像してみれば、それがいかにささやかなエネルギー発生量であるか理解できよう。ストーブの近くにいたとしても、暖をとるにも充分でないほどのエネルギーであるにもかかわらず、2 人の作業員が被曝死し、500m も離れたところの人々までが法定の許容限度を超えて被曝した。

放射線の危険性についての認識の進化

放射線が発見されたのは 20 世紀を前にした 1895 年のことであった。当初は「急性障害」の存在すら知らないまま、多数の研究者が犠牲になった。その後、広島・長崎原爆被爆者、ウラン鉱山労働者、被放射線治療者などによる悲惨で貴重な知見が蓄積してくるにしたがって、次第に「晩発的障害」もあることが分かってきた。いつの時代も、放射線の危険度には十分に安全側の仮定が用いられていると説明されてきたが、科学的な知識が深まれば深まるほど放射線の危険性が高いことが明らかになってきたのが、これまでの歴史であった。そのため、いわゆる「許容量」も図 2 に示すように大幅に厳しくされてきた。日本を含め今日、世界各国は国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告に従って国内法で放射線被曝に対する「許容量」（正確には「線量限度」と呼ぶ）を定めている。その ICRP による「許容量」も日本の原子力開発が始まった 1950 年後半の時点から見れば、職業人で 2.5 倍、一般人では 5 倍厳しいものに改訂されている。

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

．原子力を利用すると生み出されるのは放射能（死の灰）

原子力(=核)の歴史は原爆で始まった

原子力が人類の前にその威力を見せたのは、1945 年 7 月 16 日のことである。その日、第 2 次世界戦争の終焉を前に、ドイツ・ベルリン郊外のポツダムにおいて米英ソ 3 国が日本への降伏勧告を協議する会議、いわゆる「ポツダム会談」を開こうとしていた。その朝、米国は自国アリゾナ州の砂漠アラモゴルドにおいて人類初の原爆を炸裂させた。半信半疑で見守る科学者・軍人の眼前で、その爆弾は千の太陽よりも明るい輝きを放ち爆発した。ただちに原爆成功の報を受けたトルーマン米国大統領は、同席しているスターリンソ連首相には内緒のまま英国首相チャーチルにそれを耳打ちした。その後、8 月 6 日に広島、8 月 9 日には長崎に原爆が投下され、この世のものとは思えない地獄を現出させた。

原子力発電が生み出す放射能の歴大さ

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かのように思う人が多い。しかし、原子力発電でやっていることは単にお湯を沸かしているだけである。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だけである。

それなら、なぜ原子力が途方もない危険を抱えているのであろうか？ ものが燃えればエネルギーが出、そして二酸化炭素や灰ができる。原子力ではウランやプルトニウムが燃える（核分裂する）時に放出されるエネルギーを利用する。その時エネルギーが出ると同時に、核分裂生成物（いわゆる死の灰）ができる。二酸化炭素も灰も残さずには物を燃やせないように、死の灰を生み出さずに核分裂を起こすことはできない。この物理的な事実が、原子力が抱える危険の一切の根源となる。

今日利用されている標準的な原子力発電所は出力が 100 万キロワット。その発電所では 1 年間に 1 トン、1000kg のウランを燃やす。広島原爆に比べれば 1000 発分以上、1999 年の東海村で燃えたウランの量に比べれば 10 億倍である（表 1 参照）。

表 1 燃えたウランの量[g]

東海村での事故(1999 年 9 月 30 日)	0.001
広島原子爆弾(1945 年 8 月 6 日)	800
100 万 kW の原子力発電所 1 基、1 年間の運転	1,000,000

．再処理工場が抱える歴大な放射能

取り扱う放射能の歴大さ

原子炉を動かすと、その使用済み燃料中には 燃え残りのウラン、核分裂生成物、新たに生まれたプルトニウムが混然一体となって含まれるようになる。再処理とは使用済み燃料中に存在するそれら 3 者を化学的に分離する作業である。これら 3 者は原子炉の段

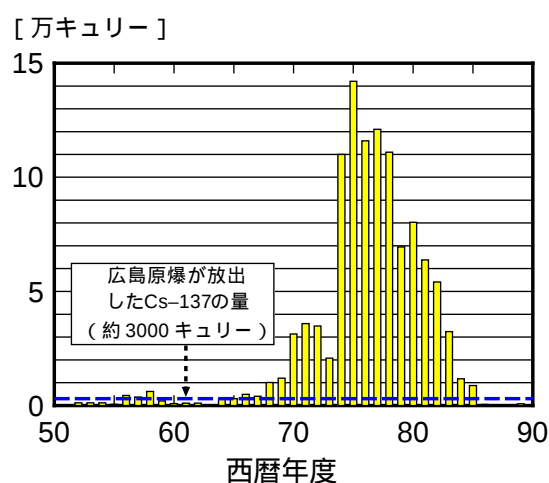


図 3 ウィンズケール再処理工場からのセシウム 137 放出実績

階では曲がりなりにも燃料棒の中に閉じこめられているが、再処理では、それらを分離するためにどうしても燃料棒を切断してその閉じこめを破らなければならない。当然、再処理工場から放出される放射能の量は圧倒的に多い。

もともと再処理の目的は原爆材料であるプルトニウムを取り出すことであり、高度な軍事技術であった。先の第2次世界戦争で負けた日本は原子力に関連する一切の研究を禁じられ、ごく基礎的な研究装置すら米軍に破壊された。そのため、日本の原子力技術は欧米に比べて何十年も遅れており、日本は再処理技術も持っていなかった。そのため、これまで日本の原子力発電所の使用済燃料は、英国・フランスに委託して再処理を行ってきた。その英国ではウィンズケール（最近では、セラフィールドと呼ばれる）に再処理工場があるが、これまでに120万キュリー（広島原爆の400倍）を超えるセシウム137が内海であるアイリッシュ海に流された（図3）。すでにアイリッシュ海は世界一放射能で汚れた海になってしまっており、対岸のアイルランド国会、政府は度々再処理工場の停止を求めてきた（図4）。

アイリッシュ海で取れる海産生物は極度に汚染されているし、その汚染は言うまでもなく再処理工場に原因がある（図5、図6）。

平常運転時の汚染

六ヶ所村に計画されている再処理工場では1年間に800トン分の使用済み燃料の再処理をする計画だが、それは約30基の原子力発電所が1年間に生み出す量に相当する（図7）。当然、環境に放出する放射エネルギーも原子力発電所に比べて桁違いに多くならざるを得ない（表2、表3）。六ヶ所再処理工場から放出が予定され、そして実際にもそうなると考えられるもっとも量が多い放射能はトリチウム（三重水素）であろう。海に放出が計画されているその量は年間18000テラBqであり、1日あたりにすれば、約60テラBqとなる。それを施設から放出することが許容される濃度（ $60\text{Bq}/\text{cm}^3$ ）まで薄めようとすれば、1日あたり100

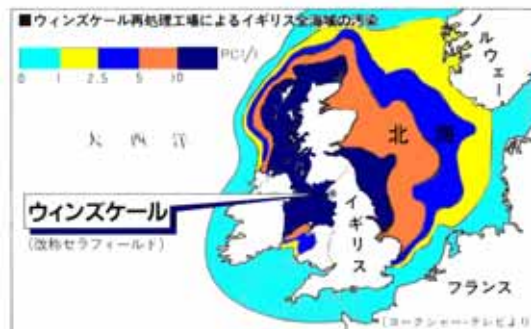


図4 ウィンズケール再処理工場
が放出した放射能による海の汚染

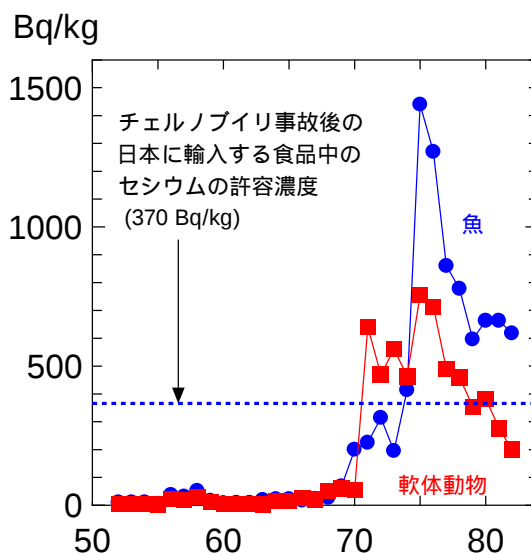


図5 アイリッシュ海における
海産生物中のセシウム137濃度

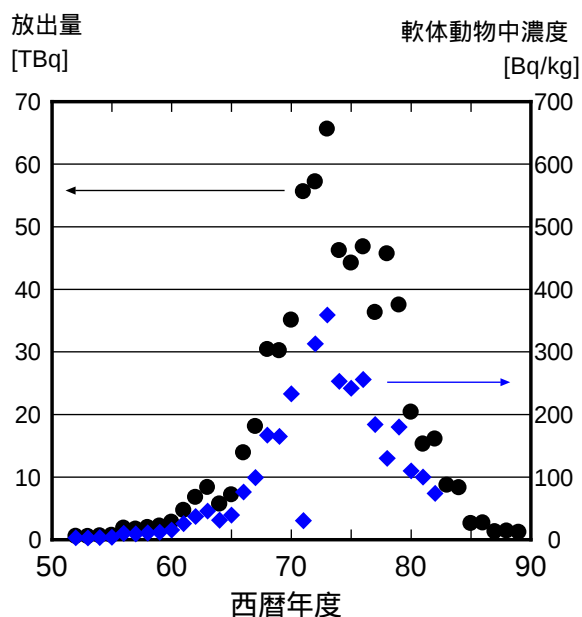


図6 ウィンズケール再処理工場からの
プルトニウム239放出実績と軟体動物中濃度

表2 再処理工場と原発の管理目標値比較(TBq / 年)

放射能の種類		大飯原発	六ヶ所再処理工場	ラ・アーグ再処理工場(仏)	
		目標値	目標値	規制値	実績値(2004年)
気体	希ガス・クリプトン 85	925	330000	470000	263
	ヨウ素 129	-	0.011	0.02	0.0 521
	ヨウ素 131	0.025	0.017		
	炭素 14	-	52	28	17.3
	トリチウム	-	1900	150	71.3
	その他	α線を放出する核種	0.00033	0.00001	0.00000185
		α線を放出しない核種	0.094	0.074	0.000143
液体	トリチウム以外	0.035	0.4		
	トリチウム	-	18000	18500	13900
	ヨウ素 129	-	0.043	2.6	1.4
	ヨウ素 131	-	0.17		
	その他	α線を放出する核種	0.0038	0.1	0.0174
		α線を放出しない核種	0.21	94	23.4

GreenPeace、http://www.greenpeace.or.jp/campaign/nuclear/plutonium/rokkasho/2_0021122_shiryo.html

原子力安全・保安院核燃料サイクル規制課、http://www.atomnavi.jp/uketsuke/ga10_41_030245.html

反原発新聞第 332 号(2005 年 11 月 20 日)などの資料から作成

万トンの水で希釈しなければならなくなる。六ヶ所再処理工場の排水口は沖合 3km、深さ 44m の海底に設置されるが、それは、そうでもしなければこの膨大な毒物を排出できないからである。毎日 100 万トンもの水で薄めなければ流すこともできないほどの毒物を排出する工場、それが再処理工場である。こんな工場の運転を 40 年間も続けてよいという許可を与える権限が一体誰にあるのであろうか？

ただし、トリチウムは水素の同位体で、環境に放出されれば水として挙動するため、液体として放出され海の水で希釈されてしまった後は、その汚染を検出することはなかなか難しい。むしろ、トリチウムは気体としても 1900 テラ Bq の放出が

表3 海へ放出される放射能による実効線量

放射核種	放出量	実効線量係数 (経口)	年摂取限度 (一般人)	年摂取限度への 割合(一般人)
	Bq/年	mSv/Bq	Bq	人/年 分相当
H-3	1.80E+16	1.80E-08	5.56E+07	324,000,000
Co-60	4.10E+09	2.50E-06	4.00E+05	10,250
Sr-90	1.20E+10	2.80E-05	3.57E+04	336,000
Y-90	1.20E+10	2.70E-06	3.70E+05	32,400
Ru-106	2.40E+10	7.00E-06	1.43E+05	168,000
Rh-106	2.40E+10	2.40E-09	4.17E+08	58
I-129	4.30E+10	1.10E-04	9.09E+03	4730,000
I-131	1.70E+11	2.20E-05	4.55E+04	3740,000
Cs-134	8.20E+09	1.90E-05	5.26E+04	155,800
Cs-137	1.60E+10	1.30E-05	7.69E+04	208,000
Ba-137m	1.60E+10	1.00E-09	1.00E+09	16
Ce-144	4.90E+09	5.20E-06	1.92E+05	25,480
Pr-144m	5.90E+07	2.00E-08	5.00E+07	1
Pr-144	4.90E+09	5.00E-08	2.00E+07	245
Eu-154	1.40E+09	2.00E-06	5.00E+05	2,800
Pu-240	3.00E+09	5.30E-05	1.89E+04	159,000
Pu-241	8.00E+10	9.60E-07	1.04E+06	76,800
Am-241	1.40E+08	2.00E-04	5.00E+03	28,000
Cm-244	3.90E+08	1.20E-04	8.33E+03	46,800
合計				333,719,650

日本原燃(株)事業申請書

この他、C-14, Pu-239, U-238 など多種類の放射性核種が放出される。

計画されており、周辺で空気中の水分を捕集して測定すれば、風下地域にトリチウムのマップが描ける可能性がある。青森県や事業者はその測定をさせるべきだろう。

次に問題となる放射能はヨウ素であり、その同位体には I-131 と I-129 があって、環境への放出目標値を見る限りは、ほぼ同等の被曝を与える。しかし、I-129 の半減期が 1600 万年であるのに対して、I-131 の半減期は 8 日であり、現状のように原子炉から取り出してから再処理までの期間が長いのであれば、I-131 は実質的には減衰してなくなってしまう。結局、ヨウ素で問題となるのは I-129 である。ただし、I-129 は大変微弱な放射線しか出さないため、検出するためには極めて特殊な装置と技術が必要となる。

幸い、むつ市には日本原子力研究機構のむつ事業所があり、そこにはタンデム加速器質量分析装置 (JAEA-AMS) が設置されている。この装置は I-129 を測定することが可能な特殊な装置で、むつ事業所は「青森沿岸海域を研究対象海域とした海洋における放射性物質等の移行挙動」を調べてきたとのことである。今後も充分の仕事をし、データを公開してもらいたい。

住民の被曝にとって次に重要な放射能は、セシウム (Cs-137, Cs-134)、ルテニウム (Ru-106)、ストロンチウム (Sr-90)、プルトニウム (Pu-240) である (図 8)。

ストロンチウムやプルトニウムの測定にはそれぞれの難しさがあり、充分な装置を取り揃え、充分な資金と人材を貼り付けて、測定を行う必要がある。セシウムやルテニウムの測定は今や γ 線スペクトロメトリで容易に行えるので、多数の試料の分析を日常的に行い、汚染を詳細に調べるために利用すればよい。六ヶ所村には文部省関連の環境科学技術研究所があり、その設立目的は「青森県内の空間放射線 (能) の分布を明らかにするとともに、核燃料再処理工場の立地安全審査に採用されたパラメータの妥当性を実証する」とされている。放射能汚染の実態を解明することは彼らの責務でもある。

事故時の危険

平常時の被曝とともに、事故時の影響もまた深刻である。六ヶ所再処理工場には使用済み燃料 3000 トン分の貯蔵能力をもつプールがある。今後、各地の原発から次々と使用済み燃料が搬入されるであろうが、仮にそのごく一部であっても環境に漏れるようなことになれば、被害が破局的になることは容易に

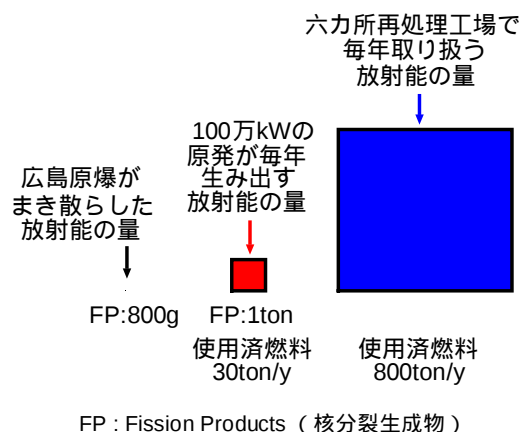


図7 再処理工場が取り扱う膨大な放射能

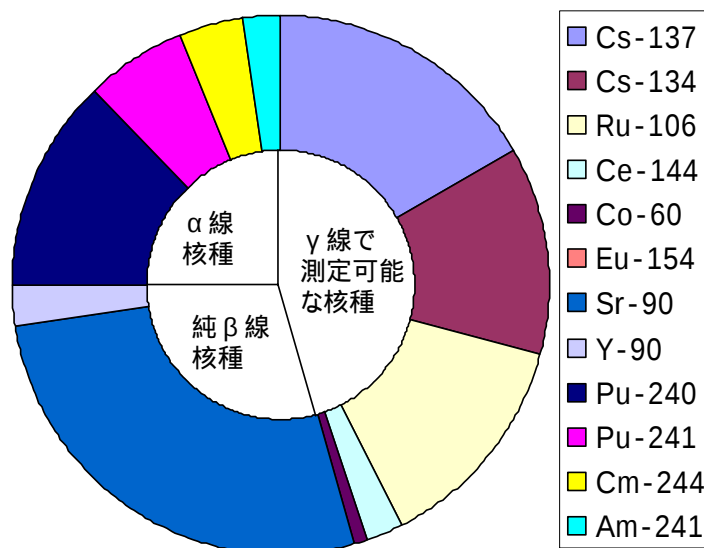


図8 トリチウムとヨウ素を除く核種の被曝への寄与割合

想像できる。

仮に貯蔵量の 1 %、30 トン分の使用済み燃料中に含まれる放射性物質が放出されるような事故を考えるとすれば、それは原子力発電所の原子炉に存在する放射性物質の数％に相当する。セシウム 137 を尺度にするなら、チェルノブイリ事故での放出量より 1 桁近く多い量となる。そうした事故の場合の災害評価計算は原子力資料情報室によってなされており、その結果を図 9 に示す。青森県全域と岩手、秋田、北海道の一部の地域は半致死線量の範囲に入るし、遠く東京でも急性症状が発生することになる。

図 2. 被害の広がり（1%放出）

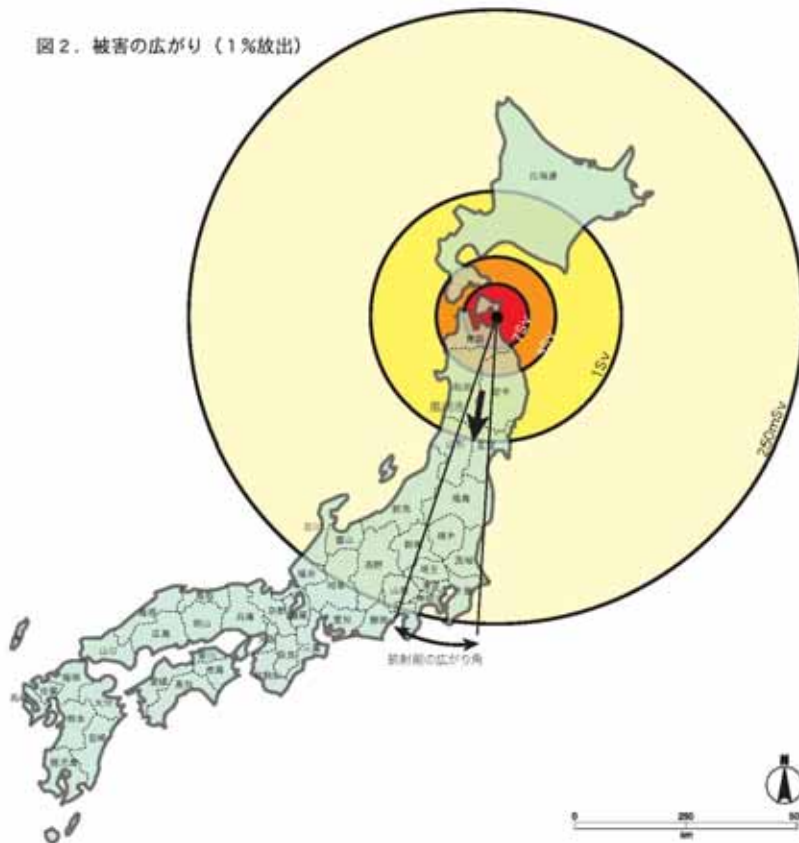


図 9 再処理工場が破局的な事故を起こした場合の被害想定

無意味な原子力のエ

ネルギー利用

歴大な化石燃料、貧弱なウラン資源

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いわれた。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んだ。しかし、すぐにでも枯渇するといわれた石油の可採年数推定値は増加の一途をたどり、おそらく今後 100 年はもつ。最近になって急速に利用されてきた天然ガスも、次々と有望な資源が発見されて、天然ガスだけでおそらく 1000 年の需要を満たすともいわれる。石炭もまた究極埋蔵量で言えば、現時点での世界の総消費量の 1000 年分の資源がある。ところが原子力の資源であるウランは、利用できるエネルギー量に換算した上でも石油に比べて数分の 1、石炭に比べれば 50 分の 1 しかない貧弱な資源である（図 10）。

図の外枠として使っている四角は、1 年毎に地球に到達する太陽エネルギー（5400）

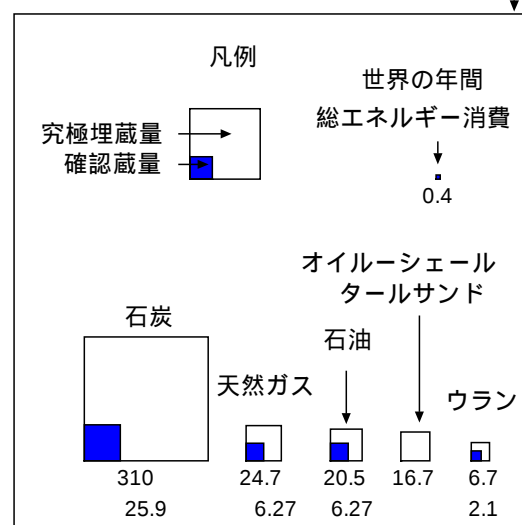


図10 再生不能エネルギー資源の埋蔵量

数字の単位は $10 \times 10^{21} \text{ J}$
上段が「究極埋蔵量」、下段が「確認埋蔵量」

破綻した核燃料サイクル

ところが原子力を推進している人たちは、U-238 を効率よく Pu-239 に変えることができれば、ウラン資源は 60 倍に増えると主張し、核燃料サイクルと呼ばれる工程を実現しようとした。しかし、その中核である高速増殖炉は世界中で破綻してしまったし、日本のもんじゅも試運転の段階で事故を起こしてすでに 10 年以上にわたって停止したままになっている。

再処理は犯罪行為

もともと軽水炉燃料の再処理は高速増殖炉を立ち上げるためのプルトニウムを得ることを目的として始められた。しかし、高速炉は一向に実現できないし、日本はすでに 43 トン、長崎原爆を作れば 2000 発以上のプルトニウムを溜め込んでしまった。そのプルトニウムを普通の原子力発電所で燃やしてしまうしかなくなったのがプル・サーマル計画である。六ヶ所再処理工場の処理能力は年間 800 トンで、2007 年の運転開始以降は、毎年 4.5 トンの核分裂性プルトニウムを取り出す。これは、毎年長崎原爆を 250 発も作れるほどの量である。こうなれば、六ヶ所再処理工場を運転してプルトニウムを使用済み燃料から取り出すことは犯罪行為とも言うべきものである。

核時代の死の黄金

1985 年にノーベル平和賞を受けた核戦争防止国際医師会議はプルトニウムを「核時代の死の黄金 (Deadly Gold of the Nuclear Age)」と名づけた。しかし、そのプルトニウムは期待通りのエネルギー資源にならないし、それを再処理によって分離して取り出そうとすれば、深刻な放射能汚染を生じる。その上、プルトニウムは世界の平和を破壊する。再処理工場などは決して動かしてはならない。

今ならば、原子力から足を洗える

日本では現在、電力の 30%を超える部分が原子力で供給されている。そのため、原子力を廃止すれば電力不足になると思っている日本人は多い。また、今後とも必要悪として受け入れざるを得ないと思っている人も沢山いる。そして、原子力利用に反対すると「それなら電気を使うな」といわれる。

しかし、発電所の設備量で見ると、原子力は全体の 18%しかない。その原子力が発電量では 30%を超えているのは、原子力発電所の稼働率だけを上げ、火力発電所のほとんどを停止させているためである。原子力発電が生み出したという電力をすべて火力発電でまかなったとしてもなお火力発電所の設備利用率は 7 割にも達しない。それほど日本では発電所は余ってしまっていて、年間の平均設備利用率は 5 割にもならない。つまり、発電所の半分以上を停止させねばならないほど余っている (図 11)。

今なら私達は何の不都合もなく原子力から足を洗える。六ヶ所再処理工場は運転をしないまま放棄するべきものである。

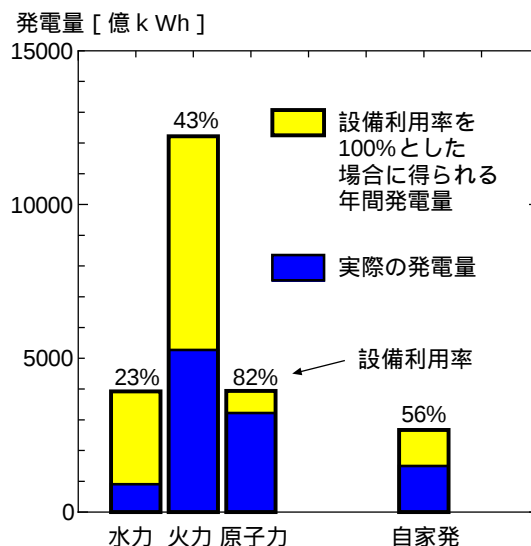


図 11 日本の発電設備の量と実績 (2000 年度)
全発電設備の年間設備利用率: 4.8 %