

人形峠ウラン鉱山などの汚染と課題

京都大学 原子炉実験所 小出 裕章

・天然に存在している放射性物質

放射線が持つ著しい危険性

昨年 9 月に茨城県東海村の燃料加工工場で行った事故は放射線の恐ろしさを改めて示した。

被曝の単位であるグレイは物体が吸収したエネルギー量で測られ、1kg 当たり 1J (0.24cal) 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であり、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 しか上昇させない。3 人の労働者の被曝量は、それぞれ 18, 12, 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線に比べて 1.7 倍として補正した被曝量) と評価されており、彼らが受けたエネルギーは、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。それでも、彼らは造血組織を破壊され、全身に火傷を負い、皮膚の再生能力も奪われた。そして、

「天文学的な」鎮痛剤と毎日 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。

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 eV 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 keV (万 eV) ~ 数 MeV (数百万 eV) 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る。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。

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おり、生命体に対して著しい危険を及ぼす。

放射線や放射性物質は天然にも存在する

ただし、もともと天然にも放射性物質は存在しているし、人類を含めた生物はその放射線に被曝しながら、今日に至っている。宇宙が生まれたのは約 150 億年前、地球の誕生は約 46 億年前といわれている。宇宙誕生の当時には、おそらく膨大な放射性核種が存在していたはずであるが、それらはそれぞれ

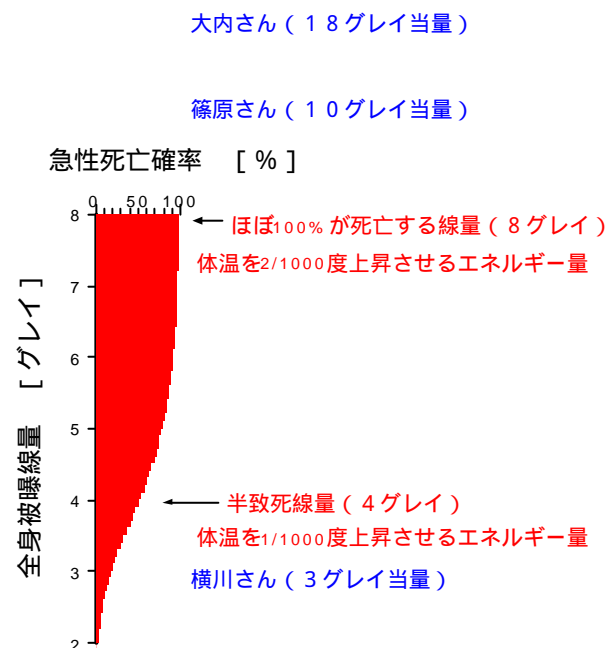


図1 被曝による急性死確率とJCO作業員の被曝量

固有の寿命を持っているため、長い年月のうちにほとんどが姿を消した。現在地球上に残っている代表的な放射性核種はきわめて長い寿命を持ったものだけである（これらの他に宇宙線によって新たに生み出されている天然の放射性核種もある）。それらを表1に示す。表で明らかなように、原始放射性核種とも呼ばれるこれらの核種は、いずれも数億年から1京年に及ぶほどの長い寿命を持ったものばかりである。

表1に示した放射性核種のうち、Th-232、U-235、U-238はそれぞれの崩壊後に生まれる核種がまた放射性であり、一連の系列を作って安定な核種に移る。特に、今回の報告に関連するU-238についての崩壊系列を図2に示す。

また、天然の放射性核種および宇宙線から人類がどの程度の被曝を受けてきたかを図3に示す。この評価は1993年に国連科学委員会²⁾が与えたもので、このデータを見るかぎり、人類は1年間に2.4mSvの被曝を受けていることになる。そして、外部被曝よりは内部被曝の寄与が多く、特にラドン-222とその娘核種による被曝が全体の半分を超えている。しかし、同じ地球上でも、地核中の放射性核種の濃度には大きな差があるし、

表1 天然放射性核種の一覧

核種	質量数	半減期[年]	壊変
K	40	13 億	- 89.33%/ EC 10.67%/ + 0.001%
Rb	87	480 億	-/ no
Cd	113	9300 兆	-
In	115	440 兆	-/ no
Te	123	13 兆	EC
La	138	1050 億	EC 66.4%/ - 33.6%
Nd	144	2300 兆	
Sm	147	1060 億	
Sm	148	7000 兆	
Gd	152	108 兆	
Lu	176	378 億	-
Hf	174	2000 兆	
Re	187	440 億	-/ no
Os	186	2000 兆	
Pt	190	6500 億	
Th	232	140 億	
U	235	7 億	
U	238	45 億	/ SF 5.4x10 ⁻⁵ %

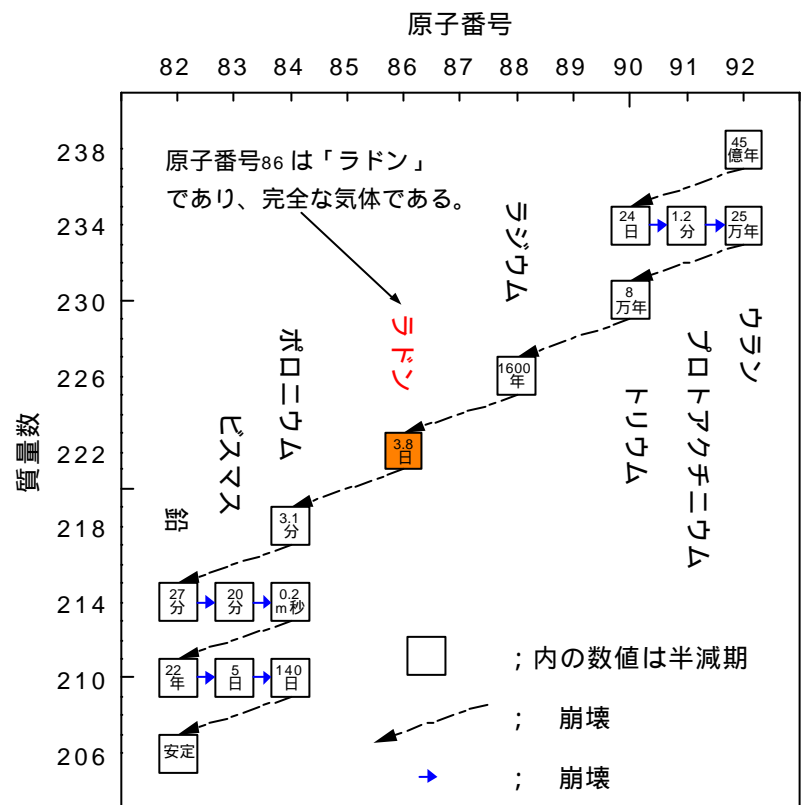


図2 ウラン系列の崩壊様式

ラドン-222 とその娘核種を吸入することによる内部被曝の量は、地核中からしみ出してくるラドンの量および住居の構造などが大きく関係しており、これはあくまでヨーロッパを中心とする平均的な被曝量推定値である。ちなみに、この国連報告が依拠した世界各国での住居内ラドン濃度の値³⁾を図4に示す。

住居中のラドン濃度は世界的に大きくばらついており、これは各地域の地核の特性にもよっている。また、図5に示すように、建屋の断熱の観点から建屋を密閉構造にしたかどうかにも関係している⁴⁾。その意味では、単に天然の被曝というよりは人為的なものであり、そのため、こうした被曝を考慮するために、

「Technologically Enhanced Natural

Radiation: TEN R」(人為的に高められた天然放射線)という範疇が作られるに至っている。

天然の放射性核種による被曝が真に天然の原因によるだけであれば、それは受け入れるしかない。しかしそうでなく、人為的な寄与が大きいが故に、取り組むべき課題がある。

図3 天然の放射線から個人が受ける年間被曝線量
(数字の単位は[ミリシーベルト/年])

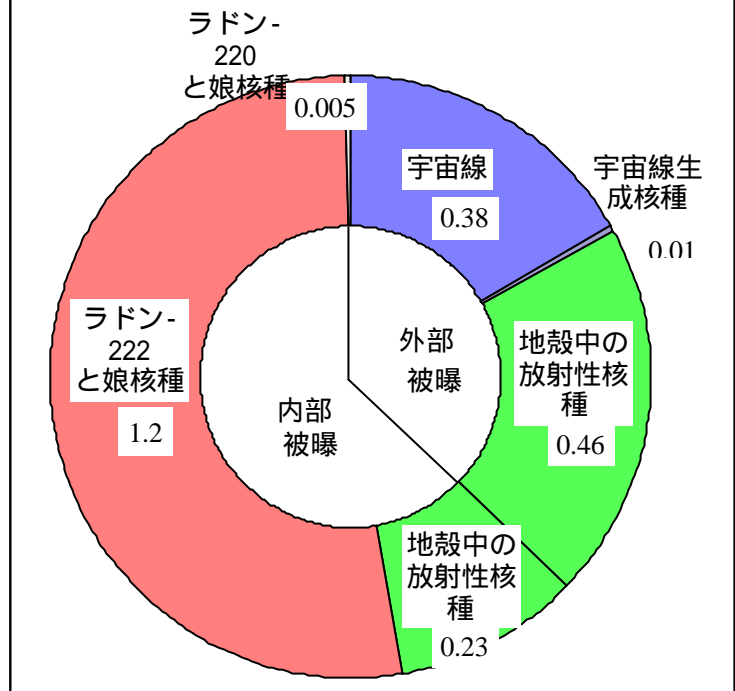
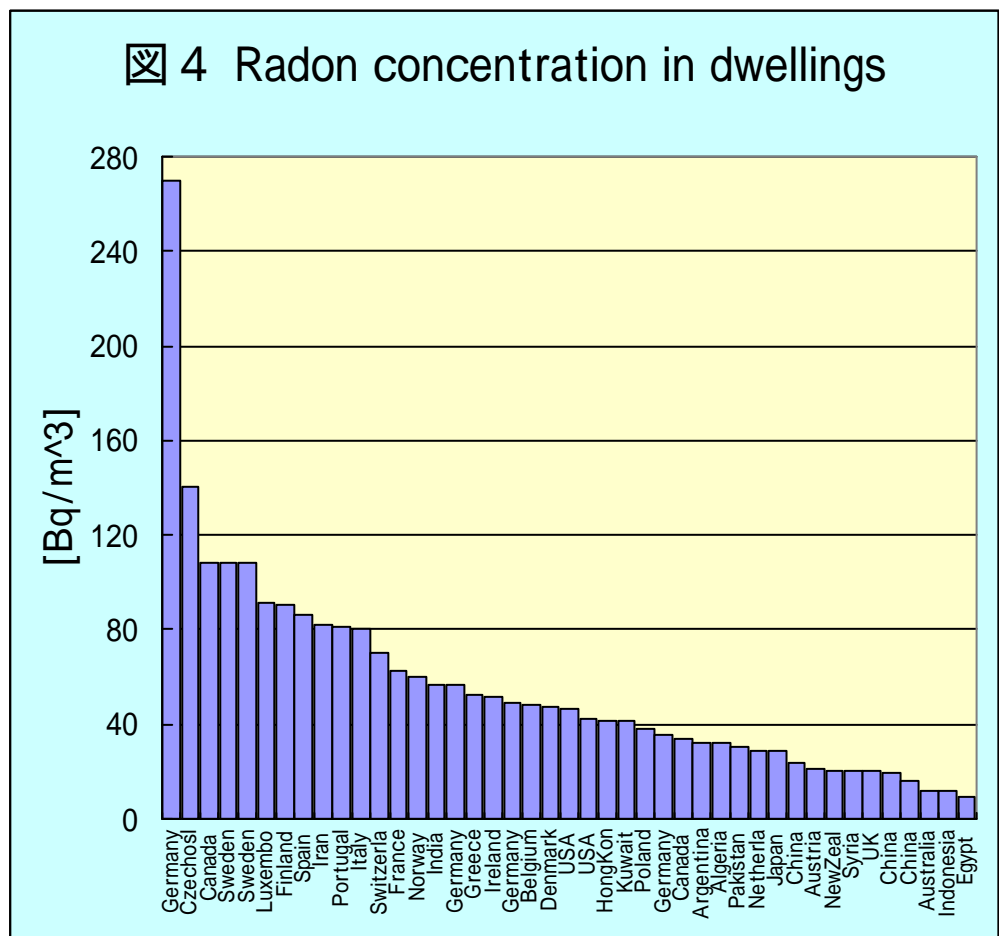


図4 Radon concentration in dwellings



・人為的に高められた天然放射線

ラドンから受けた危険

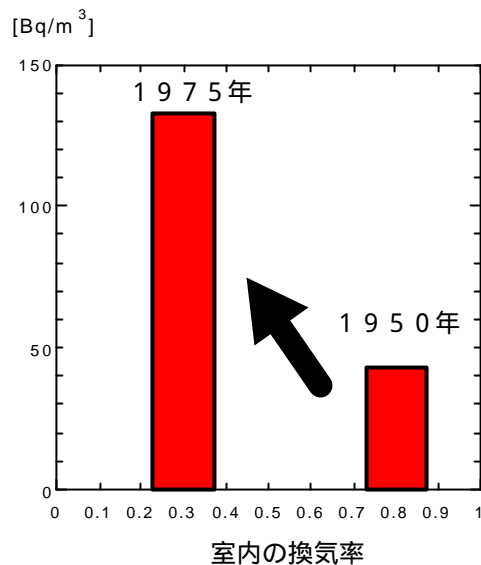
放射線が発見されたのは 1895 年、放射能が発見されたのは 1896 年、そして放射性物質が発見されたのは 1898 年のことであった。したがって、そうした時代から未だ約 100 年しかたっていない。しかし、人類がラドンによって被害を受けてきた歴史は長い。ドイツとチェコの間にはエルツ山脈があり、その周辺の鉱山労働者の間に肺の病気による死亡が多いことは 1600 年より前から知られていた。その原因が肺癌であることが分かったのは 19 世紀末になってからであったし、その肺癌の原因がラドンによる被曝かもしれないと考えられたのは、1920 年代に入ってからであった。

「戦争の世紀」とも呼ばれる 20 世紀に入って、ウラン鉱山での労働はますます過酷になり、多数の労働者が劣悪な環境の下でラドンの犠牲になった。その 1 例を図 5 に示す。ラドンの被曝の場合には、娘核種と平衡になったラドンの濃度にして 100pCi/l を 1 WL (作業レベル) と呼び、その濃度の下で 1 月間 (170 時間) 働いた場合の被曝量を 1 WLM とする慣例が続いてきた。図 5 の横軸もその WLM で記されているが、分類された最低レベルの被曝量まで肺癌の増加が確認できるし、むしろ被曝が多くなると被曝量あたりの効果が少なくなる兆候さえも見て取れる⁵⁾。

核燃料サイクル全体が被曝を生む

原子力と言えば、原子力発電所を思い浮かべる人が多いであろう。しかし、原子力発電所を動かすためには、もちろんウランを採掘しなければならない。当然、ウラン鉱山労働者の被曝は避けられないし、採掘による環境の汚染も避けられない。原子力の利点の一つとして、図 6 に示すような、発電所に運び込む燃料の量が少なくて済むとの主張がある。しかし、図 7 に示すように原子力発電所で 1 トンのウランを燃やすためには、13 万トンのウラン鉱石を採掘する必要があるし、採掘時の剥土も含めれば、250 万トンにも及ぶ採掘が必要となる。そして、鉱山近くにある製錬所でウランが取り除かれるが、図 2 に示したトリウム-230 以降のすべての娘核種たちは、鉱滓・残土となって鉱山周辺に捨てられることになる。

図 5 省エネを考慮して室内の換気率を抑えたことによる室内ラドン濃度の変化 (スウェーデンのアパートにおける例)



国連環境計画「放射線 - その線量、影響、リスク」(1985)

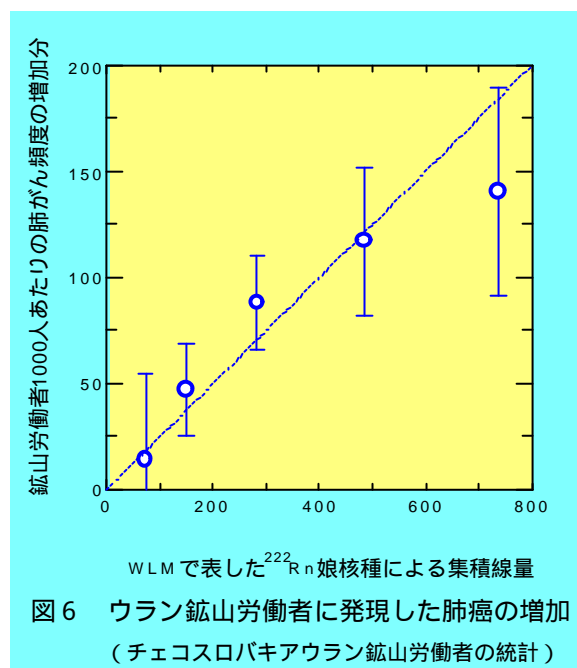


図 6 ウラン鉱山労働者に発現した肺癌の増加 (チェコスロバキアウラン鉱山労働者の統計)

日本の貧弱なウラン鉱山

第2次世界戦争の敗戦国日本は、原子力研究を禁じられ、それが解除されたのは1952年のサンフランシスコ講和条約が結ばれてからだった。その後1953年、国連におけるアイゼンハワー米国大統領の「Atoms for Peace (平和のための原子力)」演説があり、1954年に当時の改進黨中曽根康弘による突然の原子力予算の国会提出と続いた。2億3500万円の原子炉建造調査費は、原子力周辺の学者を含め日本中を原子力に巻き込むきっかけとなったし、同時に提出された1500万円のウラン調査費は日本中でのウラン探鉱に火をつけた。そして、日本ではじめて有望なウラン鉱山として「発見」されたのが人形峠であった。その後、人形峠以上に有望なウラン鉱山として岐阜県東濃地域が発見されたが、表2に示すように、採算が合わないようなウランを計上しても、日本には総量でも3000トン足らずのウランしかない⁷⁾。100万kWの原子力発電所が1年間稼働するためには、190トンのウランが必要なので、せいぜい15基が1年間運転するに足るだけである。結局、日本はウランを全量海外から購入しているが、馬鹿げたことに、政府の統計⁸⁾は原子力を国産エネルギーに含めている。

表2 1997年4月における日本のウラン埋蔵量 (平均品位: 0.111%U₃O₈)

	U ₃ O ₈ 量(トン)
人形峠	722
東濃	1,733
その他	314
合計	2,770

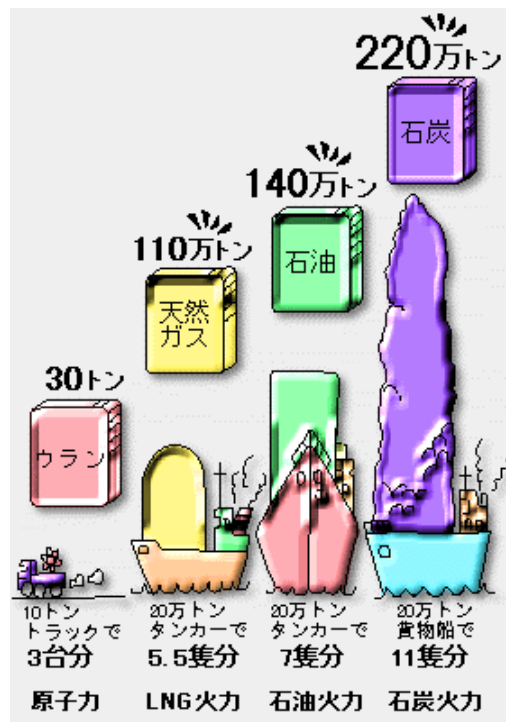
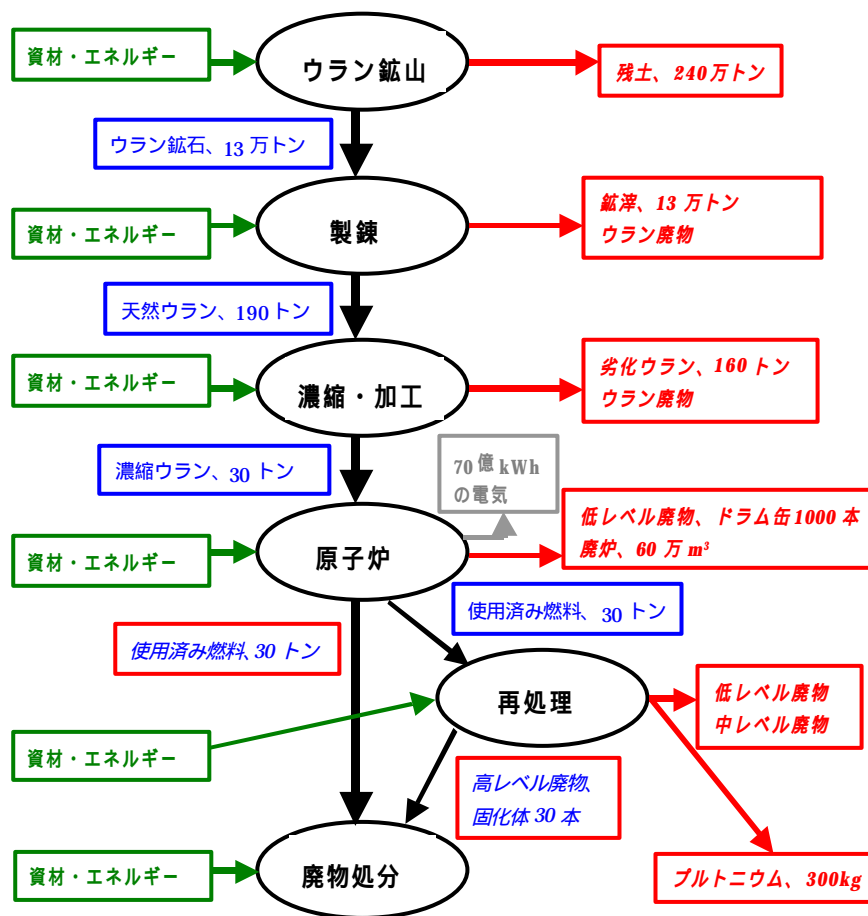


図7 原子力推進派の主張

図8 100万kWの原発を1年間運転するために必要な作業と物質の流れ



大量に出回る天然の放射性核種

ウラン鉱山以外でも、天然の放射性核種が私たちの生活に大量にふれるようになってきている。先日問題になった、モナザイトもその一つである。おそらく、ラドン・トリウム温泉なるもので金儲けをたくらんだ人たちが海外から輸入したものであろうが、モナザイト中には高濃度でトリウムが含まれている。

種々の砂に含まれるトリウムやウランの濃度の一例を表3³⁾に示す。Th-232の比放射能は 4×10^6 Bq/kg、U-238のそれは 1.2×10^7 Bq/kgであり、モナザイトは10%を超えるTh-232を含んでいることになる。また、イルメナイト、ルチルはチタン鉱石でもあり、今日のセミナーのテーマの一つであるチタン産廃には、こうしたトリウムが含まれている。

人形峠ウラン鉱山

位置と発見の歴史

人形峠は岡山県と鳥取県の県境にある。中国地方はもともと花崗岩帯であり、ウラン資源が存在している可能性も高かった。1954年から日本全国でウラン探鉱が繰り返されたが、人形峠でウランが発見されたのは1955年11月のことであった。静かな山間は一転して「宝の山」となり、周辺一帯で精力的にウラン探しが行われた。その結果、人形峠周辺・鳥取県側の東郷鉱山・倉吉鉱山などが発見され、以後10年にわたって試掘が繰り返された。

過酷な鉱山労働者の被曝

周辺の住民は、鉱山労働者として働いた。当時はまだラドン被曝を規制する国内法の定めはなかったが、1958年になって通産省鉱山保安局長通達が出された。それは1954年の国際放射線防護委員会(ICRP)勧告⁸⁾に準じたもので、1週間48時間働く労働者の場合、ラドンの空気中許容濃度は2.5WLとされた。この濃度で1年間働くと35WLMとなるし、10年働けば350WLMとなる。その値を図5と比べてみれば、1000人のうち約90人は肺癌で死ぬことになる。ICRPはすぐにこの値が高すぎることに気づき、1959年の勧告⁹⁾では、許容濃度を1/10に切り下げ年間の許容被曝量を3.5WLMとした。1960年に一斉に制定された日本の原子炉等規制法や放射線

表3 オーストラリア重鉱物砂中のTh-232とU-238濃度

鉱物	濃度[Bq/kg]	
	Th-232	U-238
鉱石	60-200	40
重コンクリート	1,000-1,300	<100
イルメナイト	600-6,000	<100-400
Leucoxene	1,000-9,000	250-600
ルチル	<600-4,000	<100-250
ジルコン	2,000-3,000	200-400
モナザイト	600,000-900,000	10,000-40,000
Xenotime	180,000	50,000
砂や岩の平均	40	40

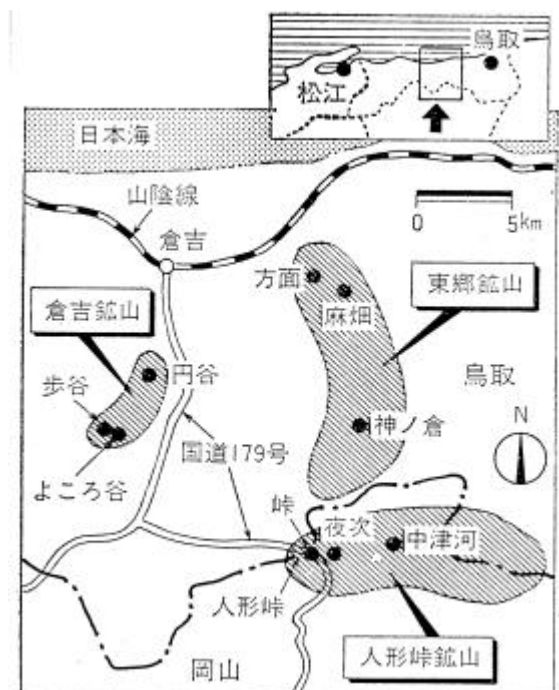


図9 人形峠ウラン鉱山の位置

障害防止法でも ICRP の新しい値が採用され、1962 年の鉱山保安法でも同じ値が採用された。ところがこの法令には坑内作業については 10 倍の被曝が許容されるという但し書がつけられていた。そして実際の人形峠ウラン鉱山での坑内ラドン濃度の記録を調べれば、記録が残っている 1958 年以降 1967 年まで、本来の規制値である 0.25WLM を満たしているデータはただの 1 つもない¹⁰⁾。当然のことながら、動燃が個人別のデータを公表した 14 人の労働者のうち本来の許容被曝量 (3.5WLM) を下回っているのは 5 人しかいない¹⁰⁾。また、初期ほど坑内排気がなされていなかったが、その時のラドン濃度測定データや労働者の被曝データが欠落している。わずかに残されている測定値を使ってそれらの値を推測しながら労働者の被曝量を評価すると、1957 年から 1966 年の 10 年間の積算被曝量は約 35,000WLM となる。ICRP が推奨している致死確率 $3 \times 10^{-4}/\text{WLM}$ ¹¹⁾ を使えば、約 11 人のガン死となる。また、J.W.Gofman のリスク係数 ($5 \times 10^{-3}/\text{WLM}$)¹²⁾ を使えば、かつての人形峠ウラン鉱山で働いた労働者の中に 70 人の肺ガン死が生まれることになる¹³⁾。

閉山後に拡大する汚染

表 4 人形峠ウラン鉱山が残した実績

鉱石 (ton)			捨石 (m ³)			ウラン抽出量 (ton)		
坑内堀	露天掘	合計	夜次露天掘採鉱場	事業所外捨石堆積場	合計	旧製錬所	ヒープリ-チング	合計
29,861 *)	55,648	85,509	235,500	214,940	450,440	54.6	39.4	84.4

*) 坑内堀鉱石ではこの集計の他に約 1,000t が旧東海精錬所に送られて、約 1t のイエローケーキが抽出された。

人形峠ウラン鉱山が残した実績を表 4 に示す¹⁴⁾。

約 8 万 5000 トンの鉱石を掘って、約 85 トンのウランが得られているから、平均の品位は 0.1% である。すでに書いたように 100 万 kW の原子力発電所 1 基を 1 年間動かすためには、天然ウランとして 190 トン必要であるから、10 年かけて人形峠で採掘されたウランは、1 基の原子力発電所の半年分にも満たない。一方、周辺に野ざらしにされた残土 (捨石) は 45 万 m³、約 100 万トンに達する。

人形峠ウラン鉱山では、U₃O₈ にして 100ppm (0.01%) 以上 (ウランに換算すれば 85ppm 以上) のウランを含有しているものを鉱石として採掘した。世界でウラン鉱石として通用するためには 0.2% 程度の含有率でなければならないので、このようなものが採算に合わないことは当然である。しかし、人形峠ウラン鉱山周辺の残土 (捨石) 堆積場に行くと、図 10 に示すように、「鉱石」として認定されるはずであったものが「捨石」として野ざらしにされている¹⁵⁾。

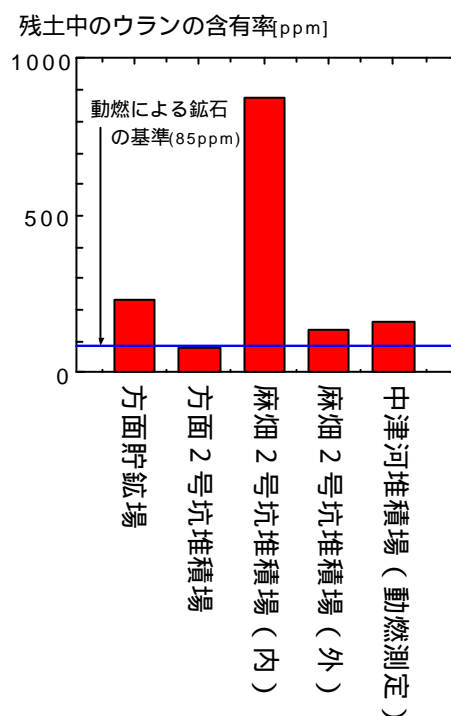


図 10 残土堆積場の残土のウラン含有量

当然、現場での空間放射線量も高い。その点を年間線量に換算した上で、図 11 に示すが、残土堆積場に入れば、放射線業務従事者ですら許されないほどの空間線量率である。

その上悪いことに、野ざらしにされているこれらの残土は風雨にさらされながら崩壊し、山から沢沿いに集落のある下流に汚染を広げていっている。沢沿いの土砂に含まれる Ra-226 を指標にして調査した結果を図 12 に示す。

ラドンによる汚染

さらに、鉱山跡ではラドンによる汚染がある。鉱山のほとんどの坑口は、閉山からすでに30年以上たっていて崩壊してしまっている。しかし方面鉱山の旧下1号坑坑口のように、つい数年前まで開口していたものもある。その坑口からは高濃度のラドンが吹き出してきたし、周辺に野ざらしにされている残土からも間断なくラドンが空気中にしみ出してきた。

下1号坑におけるラドン濃度の測定値を、動燃によるもの¹⁶⁾・私によるもの¹⁷⁾・および大阪大学の福島・三藤氏によるもの¹⁸⁾をあわせて図 13 に示す。測定値が広範にばらついていることが一目瞭然であるが、通常環境であれば空気中のラドン濃度はせいぜい 10 Bq/m³ 程度であり、下1号坑坑口でのラドン濃度は著しく高い。

私の測定値は、活性炭に吸着して測定する方法で1～2日の平均値を示している。動燃による測定は、数日から数ヶ月にわたって暴露したフィルム上の

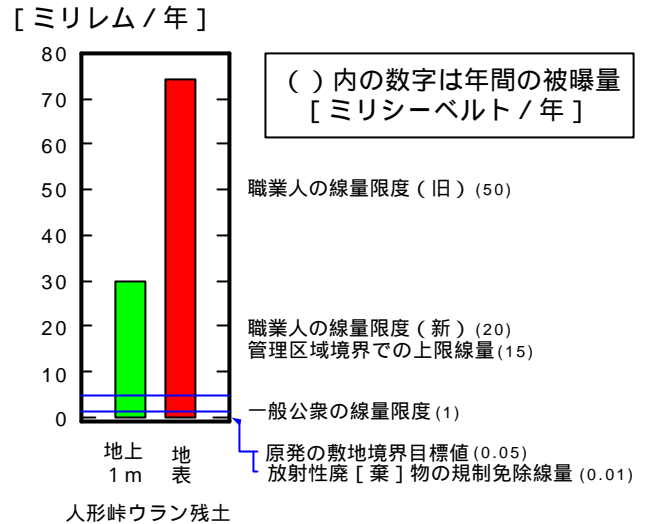


図 11 人形峠、中津河残土堆積場での空間線量

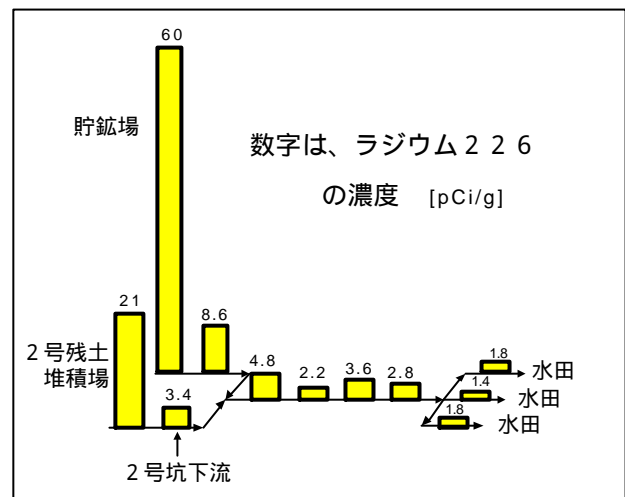


図 12 旧方面鉱山から集落、水田に拡がるラジウムの汚染

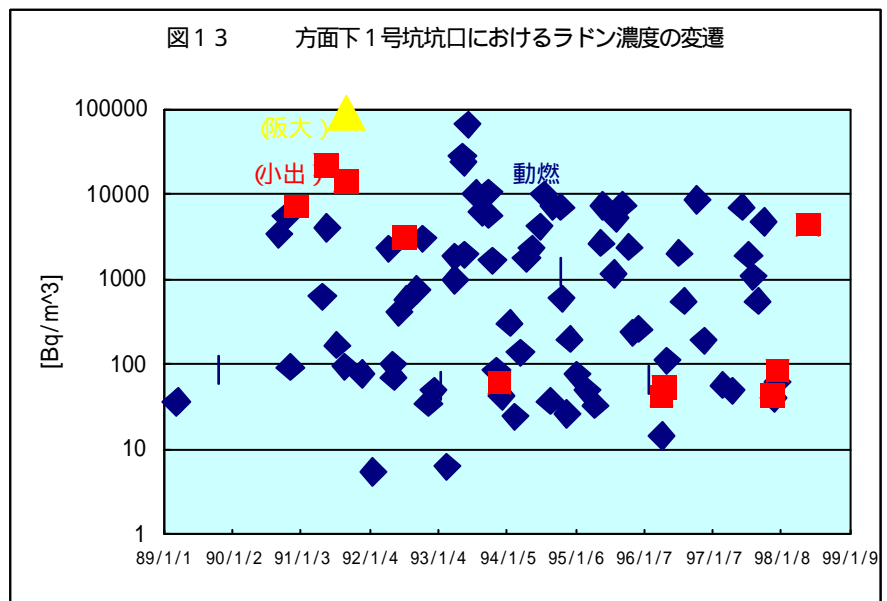


図 13 方面下1号坑坑口におけるラドン濃度の変遷

傷から求めた平均ラドン濃度である。また、阪大グループの測定は、現場で 130l のエアバックに空気を採取し、その中のラドンをドライアイス温度で捕まえた上で分析した値である。この阪大の方法は誤差が最も少ない直接的なものであるが、採取したその時点での瞬間的な値を示しており、採取が行われたのが空気の拡散の少ない早朝であったため、高めの値になっている。

ラドン娘核種が示すもの

法令によるラドンの空気中許容濃度の値（正確には濃度限度という）は、表5に示すとおりである。ただし、この値は純粋にラドンそのものについてではない。はじめに図2に示したように、ラドンは希ガスであり、空気中に容易に出てきて人々に被曝を与える。しかし、希ガスであるが故にまた、仮にそれを吸入したとしてもすぐにまた体外に排出してしまい、被曝としては大きな脅威にならない。問題はラドン娘核種の中に存在する線放出核種 Po-218, Po-214 である。人間がこれらの核種をラドンとともに吸入すると、それらの核種は肺に沈着し線による局所的な被曝を与えることになる。したがって、Rn-222 にたいして法令が定めている濃度も、正しくいうと「平衡等価ラドン放射線」に対して定められた値である。すなわち、空気中でラドンとその娘核種が放射平衡（Rn-222 とその娘核種の放射能強度が等しくなった）状態が存在している場合に対して定められている。

図14に、空気中に Rn-222 がしみ出でてきて以降、その娘核種が次々と生成してくる間の時間的な経過に関する計算結果を示した。半減期が短い Po-218 (3.1分) は比較的速やかに成長してくるが、Po-214 は、それが生成するまでに半減期 27 分の Pb-214、および 20 分の Bi-214 があるため、1時間たっても半分にもならない。

ラドンの異常な吹き出し口がなく、地面からのラドンの浸みだし率も広範囲に大きな変化がなければ、いずれは娘核種が成長して放射平衡の状態になる。ただし、その場合でも、空気中で生まれた娘核種は電荷を持っているため、空気中の塵埃に付着して、地面に落下したり物体の表面にくっついて空気中からは失われたりする。そのため、娘核種の Rn-222 に対する比は常に 1 より小さい。Rn-222 濃度から平衡等価ラドン濃度への換算に当たっては、平衡等価係数をつけることになっているが、国連科学委員会はその値として、屋外で 0.8、屋内で 0.4 なる値を採用している³⁾。

表5 Rn-222 についての法令規制値

項目	濃度[Bq/m ³]
放射線業務従事者	1000
管理区域設定の基準	300
敷地境界	9

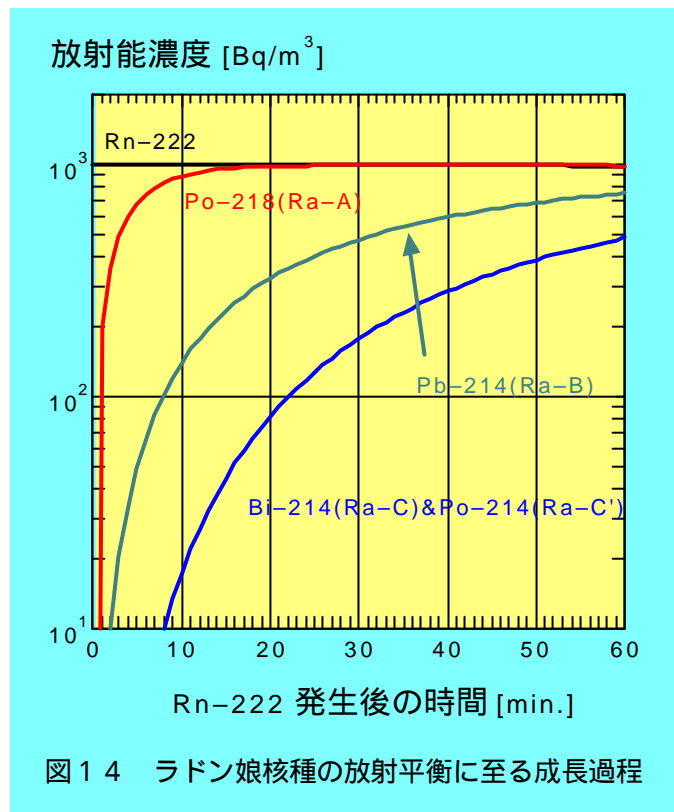


図14 ラドン娘核種の放射平衡に至る成長過程

しかし、人形峠の残土堆積場のような場所では、一方で坑口から高濃度のラドンが吹き出し、一方で堆積場内にある残土表面からラドンが浸みだしてきている。そしてそれらのラドンは、風に乗ってすみやかに堆積場外に汚染を広げる。そのため、堆積場内でラドン娘核種の濃度を測定すれば、ラドンそのものの濃度に比べて著しく小さな値となる。その点を確認するために、1998年春に行った実験の結果を図15に示す。明け方のラドン濃度が高くなる時刻に一時的な欠測期間があるが、1日の平均平衡等価ラドン濃度は約7Bq/m³である。同じ所で同じ期間に測定したRn-222の濃度は241Bq/m³であり、平衡等価係数は0.03となる。

そこで、核燃料開発サイクル機構（動燃の後身）

は、法令で定められているのは平衡等価ラドン濃度であり、残土堆積場の敷地境界ではその値が低いから問題ないと主張する¹⁹⁾。ところが、核燃による「敷地」とは、純粋な民有地であって、地権者が12年間にもわたって、残土の撤去と土地の明け渡しを求めている場所なのである。ちなみに動燃自身による下1号坑坑口で

の平衡等価ラドン濃度の測定値を図16に示す。空气中Rn-222と同様に、ばらつきは大きい、ほとんどの測定値は一般環境に放出が認められる濃度9Bq/m³を超えているし、管理区域の設定を要する濃度(300Bq/m³)を超えるような値すらある。

また、Rn-222濃度が高くても娘核種濃度は高くないという動燃の主張は、現場で娘核種が成長するのを待たずにそれを周辺に流していることをこそ示しており、残土堆積場がラドンの発生源で、周辺に汚染を広げていることの何よりの証拠となる。

平衡等価ラドン濃度[Bq/m³]

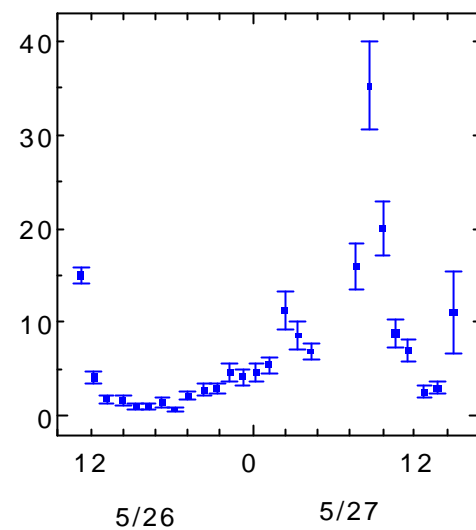
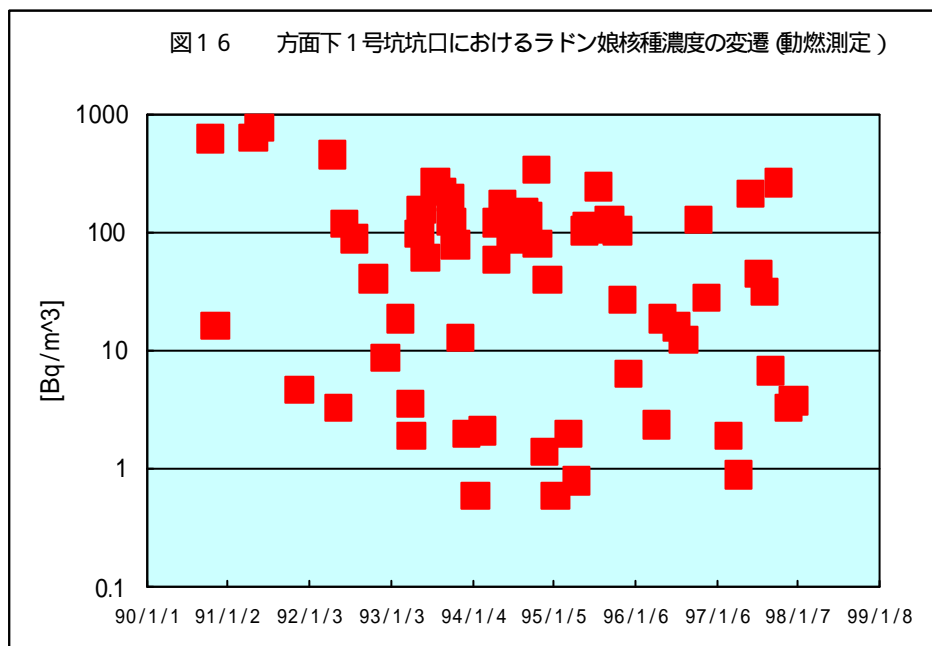


図15 方面残土堆積場堰堤付近での平衡等価ラドン濃度（小泉氏より借用したWXLモニタによる測定値）

図16 方面下1号坑坑口におけるラドン娘核種濃度の変遷（動燃測定）



．問題と課題

酸化チタン産業廃棄物

天然放射能による汚染問題は、はなはだやっかいである。私自身が人形峠の汚染問題に関わり始めて数年たった頃、人形峠から流れ下る吉井川の河口の産業廃棄物処分場で、通常の土壌では考えられない放射線レベルの汚泥が発見された。私は人形峠の残土の始末に困った動燃が密かに産業廃棄物処分場に運んだのではないかと疑ったが、その疑いはすぐに晴れた。

問題の汚泥中のウランとトリウムの濃度を分析した結果、ウランが約 200ppm 含まれていた。動燃による人形峠でのウラン鉱石認定基準はウランに換算して 85ppm であることはすでに述べた。したがって、動燃は吉井川河口の産業廃棄物処分場に来れば、露天掘りでウランを掘れることになる。しかし、さらに大きな問題は、この汚泥中にはウラン以上にトリウムが 700ppm 含まれていたことであった²⁰⁾。

動き出した行政の調査によって、この汚泥は酸化チタンを精錬するときに出たものであることが確認された。日本にはチタン鉱石はなく、ウランと同様、全量を輸入している。輸入元は、マレーシア、タイなどの東南アジアおよびオーストラリアであり、表 3 に示したイルメナイト鉱やルチル鉱を輸入して日本国内の精錬所で精錬している。そして、イルメナイトやルチルには高濃度のトリウムが含まれている。鉱石から製品となるチタンを除けば、残渣にトリウムが残ることは避けられない。

私がこの問題に突き当たった 1990 年の時点で日本国内に酸化チタンの精錬工場は 7 カ所あった。それらの工場における当時の実績を表 6 に示す。

表 6 酸化チタン精錬工場と鉱石輸入、汚泥処分実績（1989年、数字の単位は万トン）

工場名	所在地	鉱石輸入量	酸化チタン生産量	汚泥発生量	残土処分場
テイカ	岡山市	8	4	8	岡山県内 8 カ所の産業廃棄物処分場
古河機械金属	大阪市	4.8	2	3	大阪府産業廃棄物処分公社の堺埋立地
富士チタン工業	神戸市	2.5	1.1	1.65	神戸市内の自社処分地
石原産業	四日市市	25	15.48	30	三重県環境保全事業団処分場
堺化学	いわき市	10	4.08	12	いわき市内の社有地
チタン工業	宇部市	3.5	1.56	5-6	山口市内の社有地
トーケムプロダクツ	秋田市	5-6.4	3	公表せず	秋田県内の専用処分場
合計		~ 60	~ 30	~ 60	

酸化チタンは、車の塗装や冷蔵庫をはじめとする家庭電化製品の塗装に広く使われている白色顔料である。10 年前と比べても、その使用量は増えこそすれ減っていないはずである。ところが 1 トンの酸化チタンが欲しいと思えば、ほぼその 2 倍の汚泥が発生し、トリウムを含んだその汚泥は産業廃棄物処分場に捨てられているのである。

今日のセミナーのテーマではないが、原子力発電所が運転されれば、多種多様な放射性核種が生み出される。その最大の問題が使用済燃料にあることは疑いないが、日常的に生み出される低レベル放射性廃物も膨大な量がたまり続け、とうとう電力会社の手に残ったそれは、青森県六ヶ所村の低レベル放射

性廃棄物埋設センターに押しつけられることになった。日本での原子力発電が始まった 1966 年以降、今日までの 34 年間に原子力発電所が生み出し、蓄積して来た低レベル放射性廃棄物の量はドラム缶にして 60 万本を超え、2000 年 6 月末で 12 万 9595 本が六ヶ所村に運ばれている。その経過を図 17 に示す。

しかし、100 万 kW の原子力発電所を半年運転させるにも足りないウランしか生み出さなかった人形峠ウラン鉱山周辺には、ドラム缶に詰めれば、225 万本相当の残土が野ざらしにされているし、トリウムを含んだ酸化チタンの汚泥は毎年毎年、ドラム缶にして 300 万本が産業廃棄物処分場に埋め捨てられているのである。

モナザイト問題

人形峠残土堆積場も、チタン産廃処分場も、その中に入れば、空間ガンマ線量だけで、15 ミリシーベルト / 年を超える場所がある。原子炉等規制法や放射線障害防止法では、15 ミリシーベルト / 年を超える場所は管理区域に指定するよう定められているし、その定めは労働安全衛生法でも準用されている。また一般人に対する被曝の許容限度は何度も述べたように 1 ミリシーベルト / 年と定められている。当然、残土堆積場も産廃処分場も放射線についての規制を受けなければならない。また内部で働く労働者については、一般の労働者としてではなく放射線業務従事者として分類し、健康診断などの配慮がなされなければならない。

原子炉等規制法によれば、「ウラン若しくはトリウム又はその化合物を含む物質で核燃料物質以外のもの」は「核原料物質」とすると規定されており、ウラン・トリウムに関しては、どんなに濃度が低くても「核原料物質」として取り扱うことが定められている。ただ実際には、量の多少を問わなければ、天然のあらゆる物質中にはウラン・トリウムが含まれており、法の規定を厳密に適用すれば、この世に存在するすべてのものを「核原料物質」として規制しなければならなくなってしまう。そこで原子炉等規制法では、濃度が 1 g 当たり 370 ベクセル (1 万ピコキュリ -) を超えない場合は、「核原料物質」としての届出を免除するように規定している。行政側はこの規定を盾にとって、今回の場合は「核原料物質としての規制を適用しない」と規制の骨抜きを謀っているのである。しかしかりに届出が不要であったとしても、問題の土が「核原料物質」であること自体は法の規定からして明らかであり、放射線に関する規制値がオーバーしてしまうような事態にな

低レベル放射性廃物ドラム缶の累積量

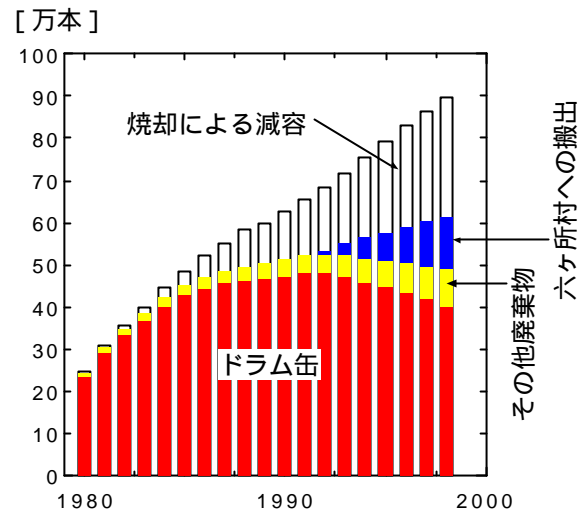


図 17 低レベル放射性廃物ドラム缶の蓄積量

200 リットルドラム缶換算の本数 [万本]

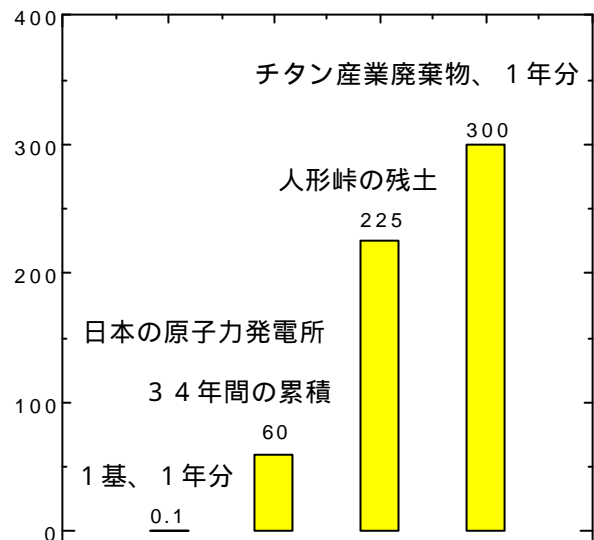


図 18 低レベル放射性廃物の発生蓄積量

ったのであれば、その時点で規制の要件が整ったと見るべきである。それが、法の精神からしても当然のことである。さもなければ、強烈な放射線を出しながらも、放射線に関する何等の規制も受けないという不合理を避けることができない。

しかし、モナザイト問題での行政の対応はもっと酷い。発見されたモナザイト中のトリウム濃度は10%を超えているものすらあり、核原料物質としての届出が必要な濃度を超えている。当然行政としては、届出を受け核原料物質として規制しているものと思っていた。ところが、行政はその手続きさえとらなかった。モナザイトが置かれていた辰野町の現場の写真を写真1²¹⁾に示す。現場には「立入禁止」の表示はあるものの、核原料物質あるいは放射性同位元素の表示などは一切ない。当初、私にはなぜ行政がきちんとした対応をとらないのか分からなかった。どうやら行政は、届出が必要なのは核原料物質（モナザイトは明確にその範疇に入る）を「使用」する場合であり、単に置いてあるだけであるなら、「使用」にあたらなから届出が必要でなく、それなら核原料物質としての規制もいらないと決めたいらしい。とことん、呆れた対応と言うべきと私は思う。



写真1 辰野町のモナザイトが置かれた民家

長期にわたる汚染影響

図19に、原子力開発によって環境中に放出された放射能が、過去どれほどの地域的な被曝を生んだかの実績を示す³⁾。この図からわかるように、ウラン鉱山はこれまでの被曝実績だけを考えても、原子力発電所の運転、再処理とほとんど同じだけの被曝を地域住民に与えてきた。その上、未来のことを考えれば、ウラン鉱山が引き起こす被曝は圧倒的に大きい。なぜならウランの寿命は45億年であり、一度掘り出してしまったウランは人類の歴史から見れば永遠に被曝を与え続けるからである。その結果、表7に示すように、今後1万年と

■採鉱・製錬 ■原子炉運転 □燃料再処理

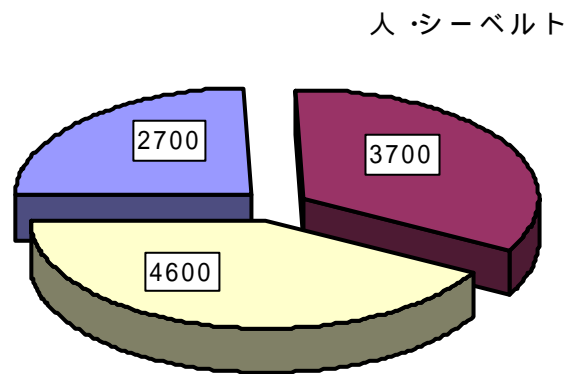


図19 過去の原子力開発が周辺住民に加えた被曝

表7 原子力開発がもたらす長期的被曝の代表

被曝源	万人・Sv
ウラン鉱山鉱滓からの Rn-222 による地域的な被曝	30
原子炉と再処理工場から放出され、地球的に拡散した C-14 による被曝	10
合計	40

いう時間の長さを考えれば、原子力開発が生む被曝の4分の3は、ウラン鉱山とその残土によって引き起こされると考えられている³⁾。

発生者責任、受益者責任

チタン産廃問題が起きたとき、通産省・厚生省・労働省・科学技術庁の四省庁は、「チタン鉱石問題に関する基本的対応方針」(1990年9月7日)なる暫定的な指針を出した。その指針は「鉱石の輸入に当たっては、事前に放射線のチェックを行うこと。極力放射線レベルの低い鉱石を輸入すること」と指示している。しかし、こうした指示ほど問題の本質を取り違えているものはない。たとえば、チタンが欲しいとして地底から原鉱石を掘り出すとすれば、いずれにしてもウランやトリウムも地表に掘り出してしまうことになる。粗精錬の段階でチタンとウラン・トリウムの分離をよくし、ウラン・トリウム濃度を低くしたチタン鉱石だけを輸入するとすれば、逆にそれだけ多くのウラン・トリウムを原産国に放置して来ることになる。

公害の歴史の中で繰り返し指摘されてきたように、公害問題のもっとも根本的な原則は、『発生者負担の原則』、『受益者負担の原則』であり、利益を受けようとする人間、あるいは国はそれに不可避的付随する危険をも受け入れる必要がある。もし日本でチタンを利用しようというのであれば、不可避的にそれに付随して出て来る汚染もまた、それがどんなに危険なものであったとしても日本に持ち込むべきだと、私は思う。

図20に日本政府による今後の原子力発電の計画目標と、それに伴うウランの累積需要量を示す。人形峠では、わずか80トン程度のウランしか、採掘できなかったにもかかわらず、歴大な汚染を残している。それに対して、日本の原子力開発が必要とするウランは2010年までに約30万トンに達する。そうしたウランは、カナダ、オーストラリア、アフリカ諸国などから輸入することになるが、人形峠とは比較にならない巨大な汚染を現地に捨てざるをえない。多くの日本人は、そのような事実を知らされてさえいないが、原子力を選択するというのであれば、是非とも、このような事実も知って欲しい。

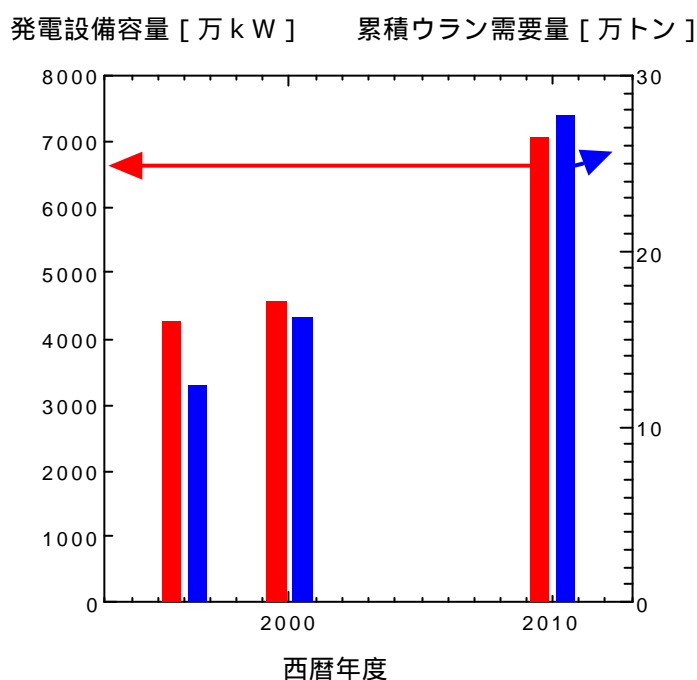


図20 政府計画による発電設備容量と累積ウラン需要量

[引用文献]

- 1) 古川路明、放射化学、朝倉書店(1994)付録、A.核種表より作成
- 2) United nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations (1988) のデータより作成
- 3) United nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and Effects of

Ionizing Radiation, United Nations (1993)のデータより作成

- 4) 国連環境計画、「放射線 その線量、影響、リスク」(1985)のデータより作成
- 5) のデータから作成
- 6) 通産省、資源エネルギー庁長官官房企画調整課編、総合エネルギー統計、通商産業研究社他、すべての政府統計、および原子力推進側の資料
- 7) 日本原子力産業会議、「原子力ポケットブック」1998/99年版、(社)日本原子力産業会議(1999)に示されたデータより、ウラン重量に換算の上作成
- 8) Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, British journal of Radiology, Supplement 6 (1955)
- 9) ICRP, Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, Report of Commission on Permissible Dose for Internal Radiation, Pergamon Press, ICRP-Publication-2(1959)(邦訳(社)日本放射性同位元素協会、「体内放射線の許容線量に関する専門委員会 の報告」(社)日本放射性同位元素協会(1960))
- 10) 動力炉核燃料事業団、「人形峠事業所周辺の捨て石堆積場について」、1988年11月22日
- 11) ICRP, Limits for Inhalation of Radon Daughters by Workers, Annals of the ICRP, 6, No.1(1981)(邦訳(社)日本アイソトープ協会、「作業員によるラドン娘核種の吸入の限度」、丸善会(1986))
- 12) John.W.Gofman, Radiation and Human Health, Sierra Club Books (1981)(邦訳小出他、「人間と放射線」社会思想社(1991))
- 13) 小出裕章、ラドンの危険性とウラン鉱山労働者、技術と人間、第18巻、第4号38-55(1989)
- 14) 動力炉核燃料開発事業団、「人形峠事業所に於ける採掘量とウラン回収量等」、質問に対する回答
- 15) 小出裕章、人形峠の汚染の実態と推進派の虚構の論理、技術と人間、第18巻、第6号56-71(1989)
- 16) 動力炉核燃料開発事業団、「大気中ラドン濃度測定記録(積分測定)」
- 17) 小出裕章、活性炭受動型ラドンモニタの特性と応用、京都大学原子炉実験所第26回学術講演会報文集,9-16(1992)
- 18) 福島昭三、三藤安佐枝、地中から湧出するRnの測定法、第35回放射化学討論会予稿集84-85(1990)
- 19) 石森有他、環境モニタリングを目的とした積分型ラドン娘核種測定器の開発、保健物理、35,2,193-201(2000)
- 20) 小出裕章、産業廃棄物処分場に姿を現した放射能、技術と人間、第19巻、第11号39-53(1990)
- 21) 菅井益郎氏撮影