

ウランを利用することで生じる被曝

インド・ジャドゥゴダウラン鉱山の汚染を中心にして

京都大学原子炉実験所 小出 裕章

.原子力開発に伴って生じるウランによる被曝

原子力(=核)で最も重要な物質はウランである。天然に存在する元素のうちで最も重い元素であり、原子番号 92、質量数では 238, 235 それに極微量の 234 があり、それらすべてが放射性である。ウラン同位体の放射性物質としての性質を表 1 に示す。

表 1 ウラン同位体の性質

質量数	天然存在比 [%]	崩壊様式	核分裂性	半減期 [年]	比放射能 Bq/g	不溶性の化合物(二酸化ウランや八酸化三ウランが該当)					
						ALI(年摂取限度、職業人)				吸入摂取した場合の実効線量係数	
						吸入	経口	吸入	経口	吸入	経口
						kBq	MBq	mg	g	μSv/Bq	nSv/Bq
238	99.275	無	無	44 億 6800 万	12400	3.51	2.63	282	212	5.70	7.60
235	0.72	有	有	7 億 380 万	80000	3.28	2.41	41	30.1	6.10	8.30
234	0.0054	無	無	24 万 5000	231000000	2.94	2.41	0.0127	0.0104	6.80	8.30

[k]は 1000、[M]は 100 万、[μ]は 100 万分の 1、[n]は 10 億分の 1 を示す。

この表から、視ておくべきことをいくつか列記する。

1. ウランの同位体はすべてアルファ線を放出する。
2. 半減期が長く人類からみれば永遠の寿命を持つ。

ウラン 238 の半減期は 45 億年、地球の誕生が 46 億年前といわれるので、地球が生まれたときに存在していたウラン 238 はようやく半分に減った。

3. 核分裂性を有するウラン 235 はウラン全体のわずか 0.72% しかない。
4. 経口摂取よりは吸入摂取の方が約 1000 倍危険が大きい。

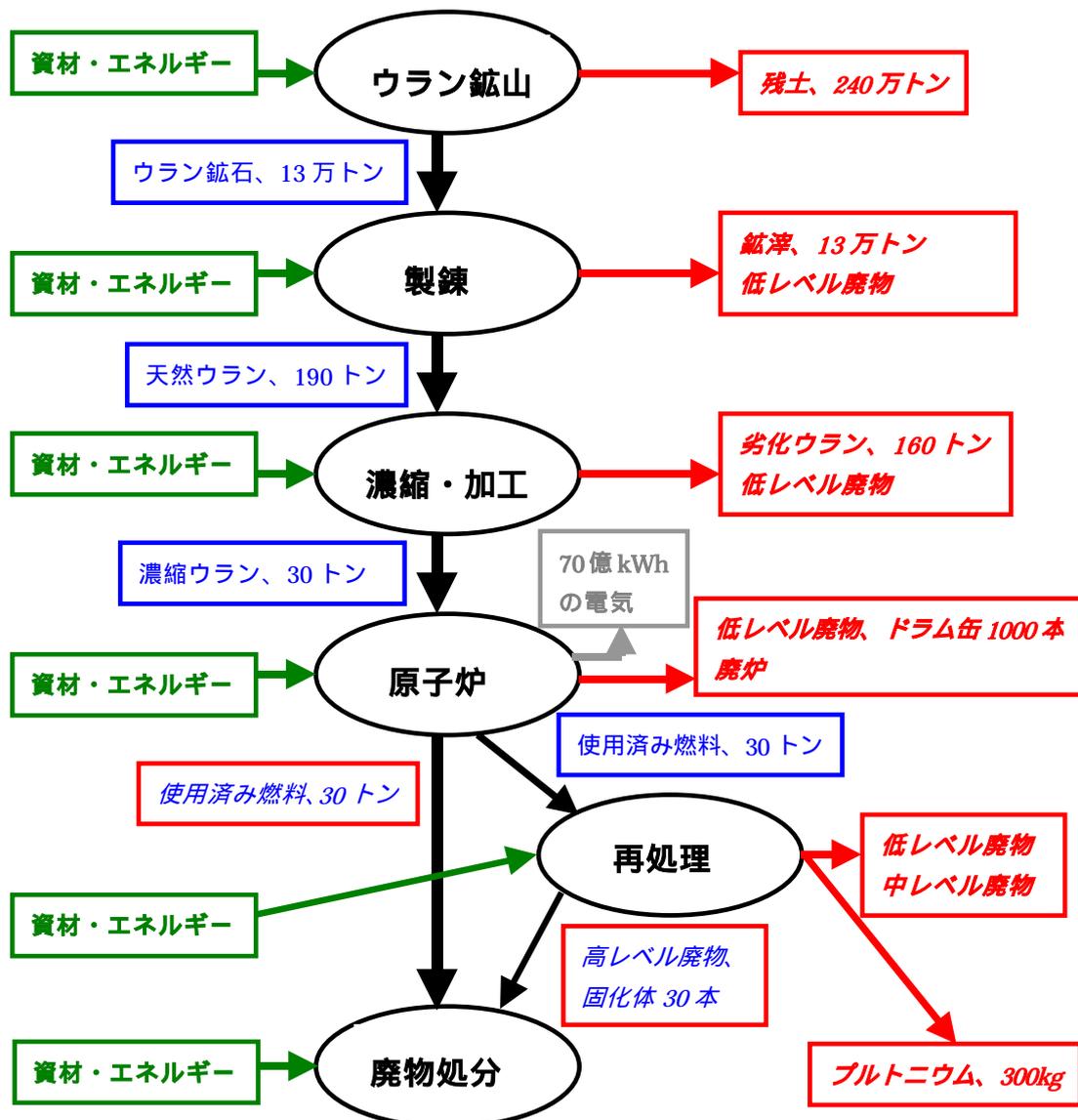
職業人に対する年摂取限度は吸入の場合で約 3000 ベクレル、経口の場合で約 300 万ベクレル。天然の組成のほとんどを占めるウラン 238 の場合、吸入の場合の摂取限度は 280 ミリグラム。一般公衆はその 20 分の 1 で 14 ミリグラム。

そのウランを原子力(=核)開発で利用する場合のうち、特に原子力発電所で使う場合の一連の流れを図 1 に示す。ただし、この原子力発電に関する工程はすべて原爆開発の工程と同一である。

この図から視ておくべきことをいくつか列記する。

1. 当然のことながら、あらゆる工程はエネルギーや資材を必要とし、そして廃物を生む。
 ウラン鉱山で「残土」、製錬所で「鉱滓」、濃縮工場からは「劣化ウラン」、その他あらゆる工程でさまざまな「放射性廃物」を生む。再処理で生み出される「プルトニウム」もいまや厄介者となり、経済性のないプルサーマル計画を使って燃やす以外なくなってきた。
2. 「濃縮」作業は広島型のウラン原爆を作るための中心技術である
3. 「再処理」は長崎型のプルトニウム原爆を作るための中心技術である。
4. 原子力発電所に搬入する濃縮ウランの量は30トンでよいが、その陰では、240万トンもの残土を鉱山周辺に野ざらしにする。
5. 生み出した「高レベル放射性廃物」は100万年の時間にわたって管理する必要がある。

図1 100万kWの原発を巡る一連の流れ



．ウラン鉱山における被曝 インド、ジャドゥゴダ・ウラン鉱山の汚染

私にインド、ジャドゥゴダ・ウラン鉱山の問題を教えてくれたのは 2000 年の地球環境映像祭で大賞を受賞した映画「仏陀の嘆き」であった。1974 年にインドが初の原爆実験に成功した時、インド政府はその実験を「仏陀の微笑」と称した。いうまでもなく映画のタイトル「仏陀の嘆き」はそれに対抗して名づけられたものであり、ウラン鉱山周辺では、多数の住民が放射線障害で苦しんでいると告発していた。その授賞式に来日したシュリプラカッシュ監督の来訪を受け、鉱山周辺の残土や鉱滓による汚染の調査を約束した。その後、現地から試料を送ってもらったり、2 度現地を訪れたりして調査を行った。

インドは核保有国であるし、現在 14 基の原子力発電所を稼働させている国でもある。そのうち 2 基は米国から導入した沸騰水型軽水炉（BWR）、2 基はカナダから導入した CANDU 炉であるが、残り 10 基は独自開発の加圧重水冷却型炉（PHWR）である。現在さらに 6 基の PHWR を建設、計画中的であるほか、2 基のロシア型加圧水型軽水炉（VVER）の導入を進めている。

とうぜんウランが必要となるが、インドはトリウム資源は豊富であるのに対して、ウランはほとんど産出しない。その点、日本と同じである。日本では、次章で述べる人形峠でウランが採れるなどと騒がれたことがあったが、人形峠のウランなど日本の原子力開発を支えるためには何の役にも立たなかった。現在、日本で使うウランは全量、輸入されているが、なんと政府のエネルギー統計では、原子力は「国

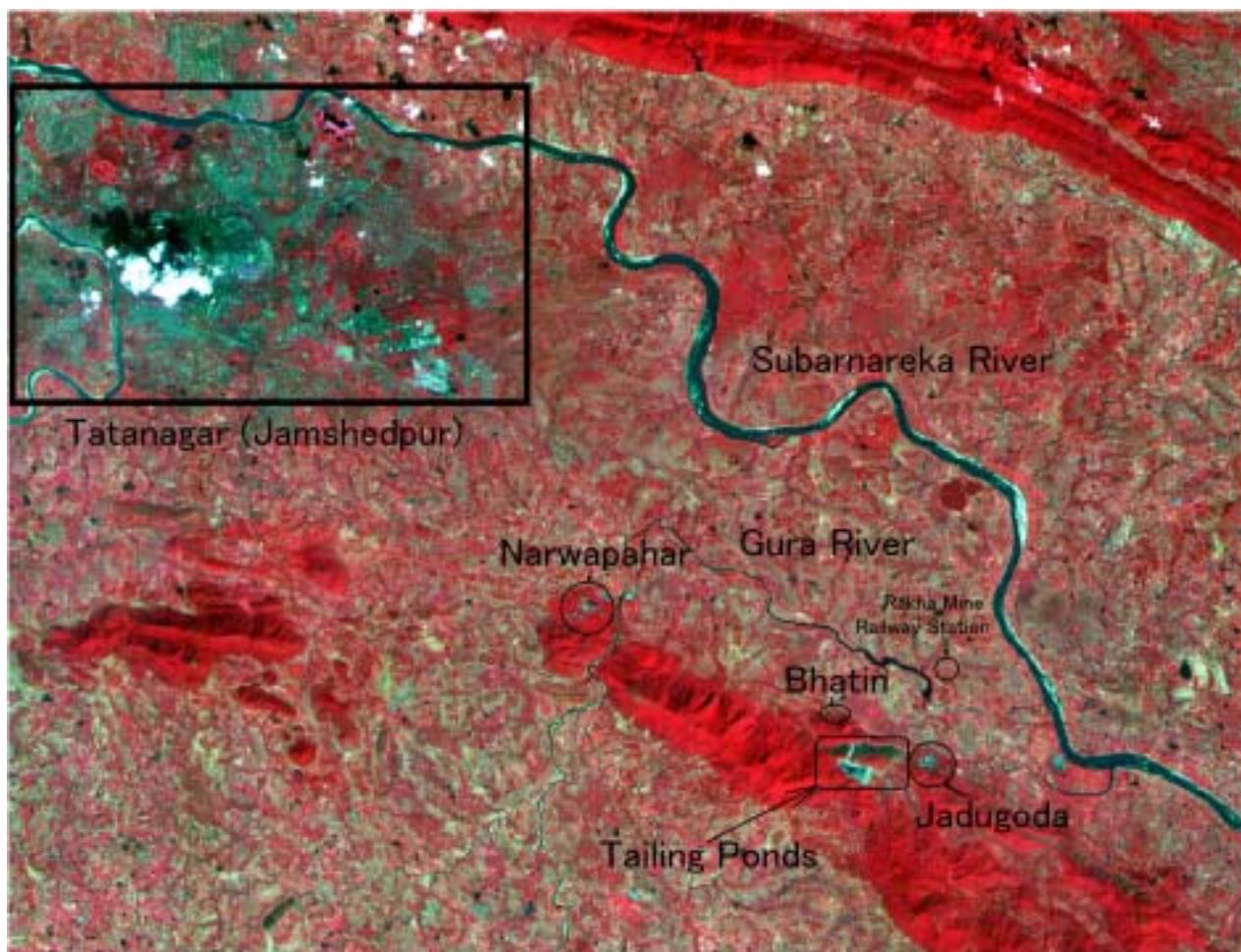


図2 ジャールカンド州ジャドゥゴダ・ウラン鉱山周辺の人工衛星写真

産エネルギー」に含まれる。インドでは核開発との関連で、ウランの輸入に制約があること、また、14基の原発の総出力でも272万kWにしかならず、52基の原発を持つ日本のそれ4500kWに比べてウランの需要量が少ないことから、これまでインド東部ジャールカンド州のウラン鉱山がその需要を支えてきた。インドの原子力(核)関連施設の地図を図2に示す。

ジャールカンド州はもともとビハール州に含まれていたが、2001年に長い独立闘争の後に独立を果たした。そこはインド先住民の土地であった。住民にとっては、そこで曲がりなりにもウランが採れるようになったことが悲劇の始まりであった。この地域はインドにおける各種鉱石の供給地であり、ジャドゥゴダ周辺は各種鉱山のベルト地帯であった。ウランに関しては3箇所の鉱山(Narwapahar, Bhatin, Jadugoda)が開かれ、すべての鉱滓はジャドゥゴダに作られた鉱滓池に投棄されてきた。ウラン鉱山の人工衛星写真を図2に示す。

私自身は医師でもなければ、疫学者でもない。私にできることは周辺環境の放射能汚染調査であった。そのため私が行った調査は以下のようなものである。

1. 土壌を採取しての放射能濃度測定
2. TLD(熱蛍光線量計) ガンマ線サーベイメータによる空間ガンマ線の測定
3. 空気中のラドン濃度測定

1, 2の調査結果については、別添の「苦難の先住民、インド・ジャドゥゴダ・ウラン鉱山」(ブツダの希望、創刊号(2002/7/22)、4-8)を参照してほしいが、要点を以下に列記する。

1. 次項以降に述べる例外を除いて現時点での汚染は鉱滓池周辺に局限されている
2. 鉱滓池は住民の生活圏であり、住民は日常的に汚染区域に入っている
3. 管理区域の管理がずさんで、柵は壊れているし坑道の排気口では住民が涼んでいた
4. 残土を家屋や道路の資材に使っており、汚染が広がっている
5. 製錬で得たウランもドラム缶からこぼれて汚染を広げている
6. ウラン鉱山に無関係な放射性廃物も鉱滓池に投棄されていた

当初ラドンについては、暫定的な調査しかできなかったが、その後2003年4月に再度現地を訪問し、空気中のラドン濃度測定を行った。それらの結果を右の表に示す。

Radon Concentration in the air[Bq/m³]

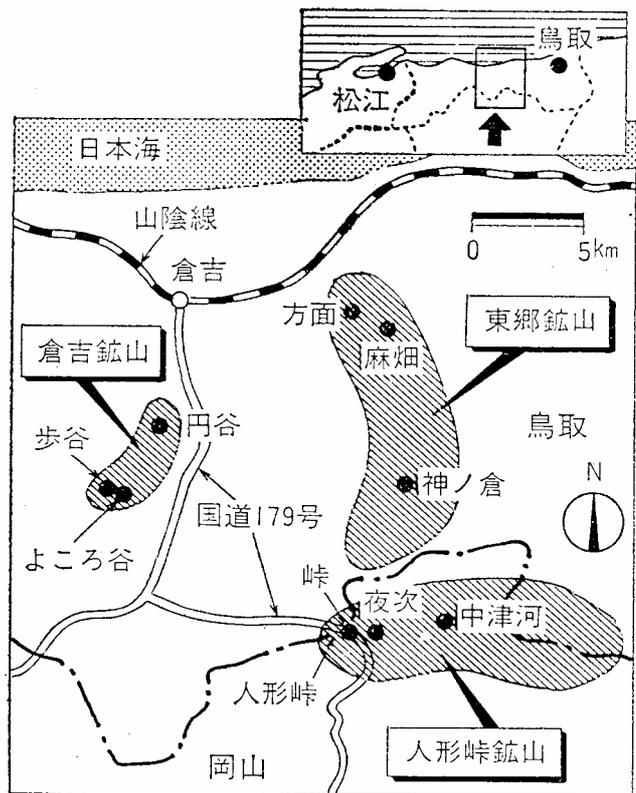
集落	
Tilaitand	45(2001年12月)
Tilaitand	23
Bahtin 入り口	23
Bahtin 内部	16
Michuwa 入り口	13
Michuwa 中央	12
Rakha Mine 駅	9
Chatikocha Dam	8
Dungridih 1	26
Dungridih 2	24
鉱滓池	
No.1 入り口	65
No.1 内部	260(2001年12月)
No.1 内部	59
No.2 入り口	20
No.2 内部	80
No.2 進入路途中	15
Bahtin 排気口	2400(2001年12月)

日付の記載のないものは2003年4月の測定

・人形峠での被曝問題

人形峠は岡山県と鳥取県の県境にあり、1955年にウランが発見されて大騒ぎとなった。一時は「宝の山」とされたそこでは、10年にわたる試掘の結果、採算の合うウランは存在しないことが明らかになって閉山。その後は膨大なウラン残土と鉱滓が残された。その問題が発覚したのは1988年で、私自身はそれ以降、調査を行ってきて、その結果はすでに様々な文献に公表した。また、一部の地域の住民も残土の撤去を求めて立ち上がり、以降15年にわたって闘ってきたが、残土は一向に撤去されないまま放置されている。

現在、裁判も起こされており、私は証人として出廷する予定で、そのための意見書をこの春に裁判所に提出した。これまでの調査結果をまとめたものなので、今日はその意見書を添付し、レジュメに換える。



・劣化ウラン

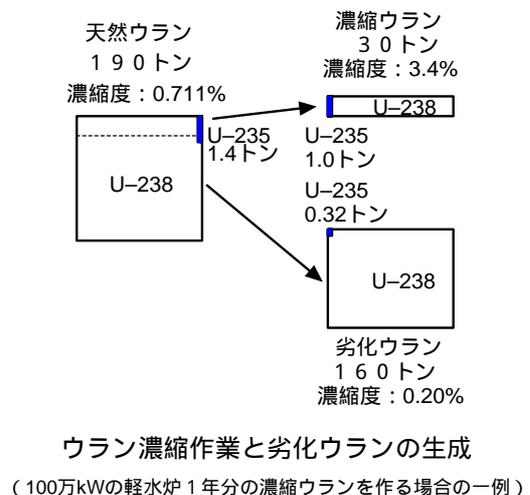
濃縮工程で発生する、ウラン 235 濃度が減った方の成分。アメリカ軍がイラクやユーゴで砲弾にして実戦使用した。戦後、現地住民をはじめ参戦した米軍の兵士にまで、がん、白血病、免疫不全、極度の慢性疲労などが多発した。それらは「湾岸戦争症候群 (Gulf War Syndrome)」、 「バルカン症候群 (Balkan Syndrome)」 とよばれ、劣化ウランとの因果関係が疑われている。劣化ウランを砲弾に利用するメリットは、何よりもそれが原子力 (核) 開発の廃物でタダである上、もしそれを始末できるのであれば、大助かりだということである。その上、劣化ウランは兵器として利用すると圧倒的な利点を3つ持っている。

ウランは比重が 18.9 と、鉄 (比重 7.9) に比べて倍以上重く、貫通力がある。

金属ウランは空気中で発火し、火災効果をもたらす。

ウランは放射能であり、敵に被害を与える。

天然ウランと劣化ウランの放射能比、および被曝特性をそれぞれ表に示す。劣化ウランは天然ウランに比べて、比放射能 (単位重量当たりの放射能量) が約 6 割であり、ウランはいずれも良く似たエネルギー



ギーのアルファ線を放出するため、生体に対する毒性も約6割相当である。

しかし、だからといって危険がないわけではなく、一般公衆に対する年摂取限度は、吸入の場合 11.4mg でしかない。

劣化ウランを使った砲弾の幾つかについて、1発に含有されている劣化ウランの重量を右の表に示すが、もっとも小さな砲弾である 25mm 砲でも、1発の砲弾に 147g の劣化ウランが含まれる。それは一般公衆の年摂取限度に比べれば、1万倍以上である。

これまでに米軍を中心に使用された劣化ウラン弾の一覧を右下の表に示す。湾岸戦争で 320 トン、ボスニア・ヘルツェゴビナで 3 トン、コソボで 10 トンというのが米軍も認めている数値である。これは約 300 億人分の年摂取限度に相当する。今現在数量は明らかにされていないが、2003 年春の米軍によるイラク侵略でも劣化ウラン弾が使用されたことが数々の証拠で立証されている。

仮にイラク侵略戦争で数百トンの劣化ウランが使用されたとしよう。そうすると、現在までに使用されたそれは総量で 1000 トンに近づき、1000 億人分の年摂取限度に相当する龐大な毒物となる。

そもそもウランは、国際社会(国際社会など何のことも、正直言えば私にはさっぱりわからない)においては、放射性物質あるいは核燃料物質・核原料物質として厳しく規制されている。その 1000 億人分にも達する量を環境にばら撒くことは、もちろん米国の国内法に則れば違法であろうし、日本の国内法

ウラン1gあたりの放射エネルギー

質量数	天然ウラン		劣化ウラン	
	存在比	放射エネルギー	存在比	放射エネルギー
	%	Bq	%	Bq
238	99.275	12300	99.8	12400
234	0.0054	12300	0.001	2310
235	0.72	576	0.2	160
合計		25400		14900

天然ウランと劣化ウランの被曝特性

	1g 摂取あたりの実効線量		年摂取限度 (ALI)			
			職業人		一般公衆	
	吸入	経口	吸入	経口	吸入	経口
	mSv	mSv	mg	g	mg	g
天然ウラン	159	0.202	126	99	6.30	4.95
劣化ウラン	87.4	0.115	229	174	11.4	8.71

砲弾の劣化ウラン含有量

	g / 発
25mm 砲	147
30mm パルカン砲	280
対戦車砲	5350
バンカーバスター	数百 kg / 発 ?

劣化ウラン弾の使用実績

	年	使用者	種類	砲弾の数	トン
湾岸戦争	1991	米空軍	30mm パルカン砲	783514	259
		米陸軍	対戦車砲	9552	50
		米海軍			11
		UK	120mm 砲	100	1
ボスニア・ヘルツェゴビナ	1994-1995	米空軍	30mm パルカン砲	10800	3
コソボ	1999	米空軍	30mm パルカン砲	30000	10

A.Bleise, P.R.Danesi, W.Burkart (IAEA)

Properties, use and health effects of depleted uranium (DU): a general overview
Journal of Environmental Radioactivity 64 (2003) 93-112

(参考)

鳥島(1995)、25mm 砲弾 1520 発、200kg

イラク(2003)、?

でも違法である。ただし、原子力（核）開発で廃物として生み出されてしまった膨大な劣化ウランに比べれば、1000トンの劣化ウランなどまことに微々たる物でしかない。現在、原子力（核）開発を進めてきた世界の各国にどれだけの劣化ウランが存在しているかを図に示す。総量では170万トンにも達する。従来使った量の1000倍以上の劣化ウランが始末に終えないごみ、そして超優秀な兵器材料として存在している。

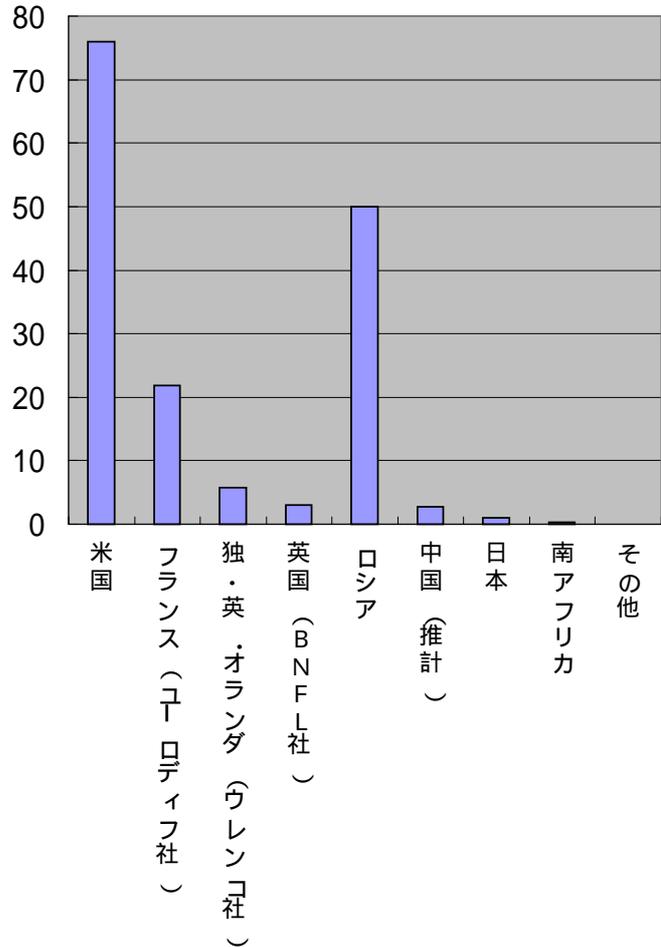
その上、米国は濃縮工程から生じる劣化ウランだけでなく、使用済み燃料再処理から生じた減損ウランも使った。

コソボで見つかった劣化ウラン弾を国連の機関が分析した結果を重量組成に換算して表に示す。U-238の組成が99.8%、U-235が0.2%であり、わずかのU-236を含むことから紛れもなく劣化ウランである。しかし、それらの同位体のほかにU-236が検出されている。U-236は天然には存在しないので、ウランを濃縮する工程で忽然と生み出されることはない。それは、原子

炉の中でU-235が中性子を捕獲することではじめて生成されるのである。したがって、U-236が検出されたことは、米軍が使った劣化ウランはウラン濃縮工程で生み出されたものではない。それは、一度原子炉の中で燃やされた使用済み核燃料のウラン、厳密に言えば減損ウランであることがわかる。さらに決定的な証拠は劣化ウラン弾の中からプルトニウムが検出されたことであった。そのアルファ線測

世界の劣化ウラン貯蔵量

万トン



Uranium Activity Concentrations (%-normalized) in DU penetrators recovered in the Balkans

Sample	Laboratory	U-234	U-235	U-236	U-238
UCD-01	UCD	6.28E-04	0.210	3.14E-03	99.8
UCD-02	UCD	6.37E-04	0.243	3.17E-03	99.8
ZA/R-00-505-01	AC Sppez	5.02E-04	0.200	2.55E-03	99.8
ZA/R-00-505-02	AC Sppez	6.02E-04	0.174	2.59E-03	99.8
ZA/R-00-505-16	AC Sppez	7.02E-04	0.203	2.55E-03	99.8
Kokouce	STUK	6.54E-04	0.189	2.33E-03	99.8
average		6.21E-04	0.203	2.72E-03	99.8

J.P.McLaughlin, L.Leon Vintro, K.J.smith, P.I.Mitchell, Z.S.Zunic
Actinide analysis of a depleted uranium penetrator from 1999 target site in souther Serbia

Journal of Environmental Radioactivity 64 (2003) 155-165

定スペクトルを図に示す。

湾岸戦争で劣化ウラン弾を大量に使用されたイラク南部の主要都市バスラにおいては、子供の悪性腫瘍が急激に増加したと報告されている。そのデータの一部を図に示す。

しかし、このような悪性腫瘍の増加が本当に劣化ウラン弾の使用と関連があるかどうかを科学的に立証することは大変難しい。何故なら、悪性腫瘍の原因は放射線だけではないからである。そのため、米国は以下のように主張する。

「劣化ウランがイラクの新生児がんの原因だという非難は、事実無根である。実際に、イラクによる、発ガン性物質を使った化学兵器の使用こそが、劣化ウランのせいだとされるがんや出生異常の原因である可能性が最も大きい。」
(劣化ウランに関する情報、国務省国際情報プログラム室、2003年4月1日)

しかし、実際の被害の発生の原因が劣化ウランであると科学的に特定することが難しいと同じように、その原因が化学兵器であると特定することもまたできない。そのような時に、毒物であることが明白にわかっている物質を自ら撒き散らしている行為が免罪されるはずもない。本来であれば、「国際社会」なるものがきちんと犯罪行為を断罪すべきところであるが、そのようなことなどはじめからできない「国際社会」であることが今日の世界の最大の問題であろう。

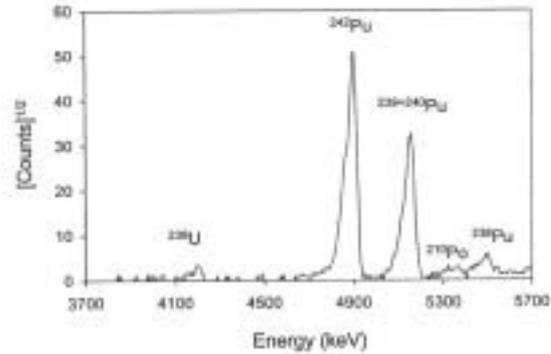
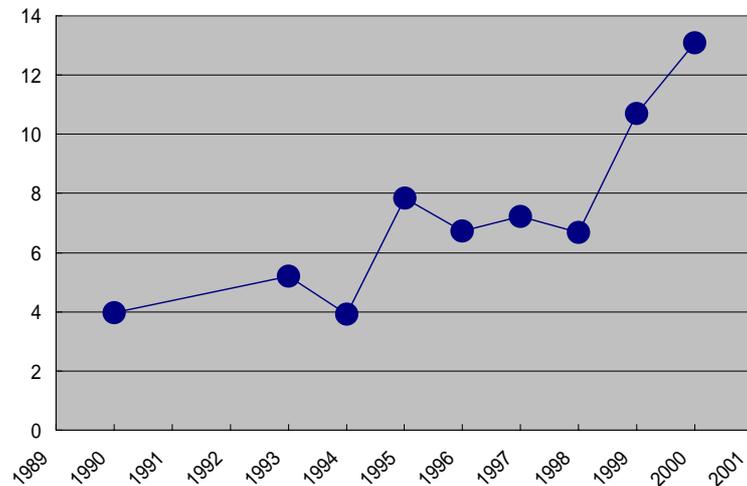


Fig.5. Alpha spectrum of plutonium from the DU penetrator following solvent extraction with TGA-xylene.

Incidence rate of malignant diseases among children in Basrah per 100,000



Alim Yacoub, Imad Al-Sadoon & Janan Hasan

The evidence for causal association between exposure to depleted uranium and malignancies among children in basrah by applying epidemiological criteria of causality

Proceedings of the Conference on the Effects of the Use of Depleted Uranium Weaponry on Human and Environment in Irq. (26-27 March 2002)