

# インド、ジャドゥゴダ・ウラン鉱山の放射能汚染と課題

京都大学 原子炉実験所 小出 裕章

## 1. はじめに

### ジャドゥゴダ・ウラン鉱山

インドは2000年5月に人口が10億人を突破した大国である。一人当たりの国民総所得は日本の80分の1程度しかないが、それでも核=原子力開発を精力的に進めてきた。1974年には、「ブッダの微笑み」と名づけた原爆実験を成功させて、核保有国に仲間入りしたし、現在14基272万kWの原子力発電所も保有している。14基のうち2基は米国から導入した沸騰水型炉(BWR)、2基はカナダから導入したCANDU炉、そして残りの10基は独自開発の沸騰重水冷却型炉(PHWR)である。さらにロシア型の加圧水型軽水炉(VVER)2基を含め建設中、計画中で9基の原子力発電所がある。

そうした核=原子力開発を支えるためには、もちろんウランが必要となる。インド東部のジャールカンド州はもともとインド先住民の土地であったが、ウラン以外の鉱石を含め、インドにおける一大鉱山地帯であった。そこに、これまで3箇所のウラン鉱山が開かれて操業されてきた。第1ウラン鉱山がNarwapahar、第2ウラン鉱山がBhatin、そして第3ウラン鉱山がジャドゥゴダである。3つのウラン鉱山は約10kmしか離れておらず、採掘された鉱石はすべてジャドゥゴダにあるインド国営ウラン会社(UCIL)の製錬工場に運ばれて製錬された。そして、その工程

で生じる鉱滓は、ジャドゥゴダの住民を追い出して作られた3つの鉱滓池に投棄されている。

インドにおける核関連施設とジャドゥゴダの位置を図1に、3つのウラン鉱山の位置が写った人工衛星写真を写真1に示す。



図1 インドの核関連施設とジャドゥゴダ



写真1 3つのウラン鉱山と鉱滓池の人工衛星写真

## 2. ウランとそれによる汚染

### A. ウランとその娘核種

ウランという元素の主成分は質量数 238 のウランであり、放射性である。その半減期は地球の年齢とほぼ同じの 45 億年で、アルファ線を放出して崩壊する。ウランが崩壊して生まれたプロトアクチニウムが放射性、その崩壊で生まれたトリウムもまた放射性というように、原子核が崩壊して生み出された新たな原子核がまた放射性である。最後に鉛となって安定な原子核になるまで、途中ラジウム、ラドンなど特異な危険性を持つ原子核を含め合計 14 種類の放射性核種に次々と姿を変える。そうしてできる一連の放射性核種を「ウラン系列」と呼ぶ。その模式図を図 2 に示す。

もともとウランは地底に眠っていた資源であるが、それを地表に引きずり出してしまえば、それら多様な放射性物質から被曝を受けることになる。

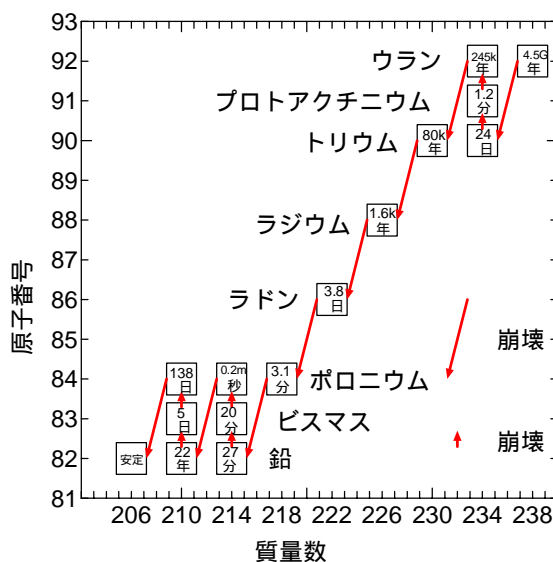


図 2 ウラン系列の崩壊様式  
四角の中は半減期を示す。

### B. 被曝の形態

インドはトリウム資源の豊富な国であるが幸か不幸かウラン資源は貧弱である。ジャドゥゴダを含めたウラン鉱山で採掘されるウラン鉱石も著しく品位が低く、0.06%程度でしかない。ジャドゥゴダの製錬工場の能力は 1 日当たり鉱石 1000 トン、得られるウランの量は 600kg、年間にしても 200 トンでしかない。一方、製品のウランを取り除いた後に生じる鉱滓は 1 年間で 40 万トンに達する。その中には分離しそこなったウランをはじめ、半減期 8 万年のトリウム 230 を筆頭とする 10 種類の放射性核種が全量残されている。さらにその上、ウランの含有量は少ないとはいえ鉱滓より 1 桁多い残土も生じる。こうして生じた鉱滓が鉱滓池に投棄され、残土はいたるところに野ざらしで山積になっている。

ウランとその娘核種は放射性で、それがあがる限り  $\alpha$  線、 $\beta$  線、 $\gamma$  線を放出する。また、娘核種のうちラドンは化学的に言うと希ガスに属し完全な気体であるため、空气中に逃げ出してくる。したがって、住民が被曝する経路は、 $\alpha$  線被曝、 $\gamma$  線被曝、汚染された水などを通してウランを体内に取り込むことによる内部被曝、 $\gamma$  線被曝、 $\alpha$  線被曝、空気中のラドンを吸入することによる内部被曝の 3 種類である。

## 3. 放射能汚染調査結果

私自身が 2 度現地に行ったことを含め、2000 年夏以降調査を行ってきた。

### A. 空間線量率

空間ガンマ線量率の測定は熱蛍光線量計 (TLD) を現地に配置し、数ヶ月間の暴露を経て評価する方法と、サーベイメータによって直接測定する方法の 2 通りで行った。その

結果の概要を表 1 に示す。

表1 空間 線線量率

	μシーベルト/時
熊取	0.046
ジャドゥゴダ	
集落 (通常)	~ 0.1
Dungridih	0.3 ~ 0.4
鉱滓池	~ 1
道路など	~ 0.7
ランチー (州都)	~ 0.2

#### B. 土地の汚染

土試料中の放射性核種の分析は、現地で採取した試料を日本に郵送し、Ge 半導体検出器を使用した線スペクトロメトリで行った。その結果の概要を表 2 に示す。

表2 土壌中のウラン濃度

	ベクレル/kg
熊取	29
ジャドゥゴダ	
集落 (通常)	20 ~ 50
Dungridih	100 ~ 600
鉱滓池	500 ~ 7000
道路など	300 ~ 1300
ラカ鉱山駅	64000
ランチー (州都)	200

#### C. 空気中ラドン濃度

空気中ラドン濃度の測定はラドン捕集用の活性炭を現地で配置し、およそ丸 1 日の暴露後速やかに日本に持ち帰り、ラドン娘核種を線スペクトロメトリで定量することで評価した。その結果の概要を表 3 に示す。

表3 空気中ラドン濃度

	ベクレル/m <sup>3</sup>
通常的环境	3 ~ 20
ジャドゥゴダ	
集落	10 ~ 50
鉱滓池	60 ~ 300
坑道排気口	2400

## 4 . 問題の所在

### A. 鉱滓池の汚染

鉱滓池には鉱滓がパイプで流し込まれ、次々といっぱいとなって、すでに現在までに 3 つ作られている。当然、鉱滓池での空間線量率、土壌中のウラン濃度は高いし、空気中のラドン濃度も高い。ただし、それらの線量率や濃度が驚くほどの高さでないのは、ジャドゥゴダ周辺のウラン鉱山のウラン品位が低いことを反映している。

### B. 集落の汚染

ジャドゥゴダ周辺の集落地図を図 3 に示す。集落のうち、Dungridih と Chatikocha の両集落は、鉱滓池を作るために集落を追われ、住民たちは鉱滓ダム直下に住みついている。そこは、洪水になれば鉱滓池からの水が流れ込み、乾季になれば鉱滓池から細かい粒子の鉱滓が風で運ばれてくる場所である。両集落での土壌中のウラン濃度は高いし、それに連れて空間ガンマ線量率も高い。しかし今のところ、その他の集落での空間ガンマ線量率や土壌中ウラン濃度は地域の特性の範囲を出ておらず、鉱滓池起源の汚染は生じていない。

### C. 鉱滓や残土の利用による汚染

しかし、表 1、表 2 に示したように集落内



図3 ジャドゥゴダ周辺の集落地図  
(アルファベットは空間線量率測定地点)

の道路などには、土壌中のウラン濃度が高く、その場での空間線量率が高い場所がある。これは、鉱滓や残土が道路などの建設資材に使われているためであり、このような汚染の拡散は鉱滓池から離れた集落でも見られる。住民の証言によれば、建設用の資材が欲しいと UCIL に伝え、ダンブカーに何杯もの残土を運んできたとのことである。

このような形での汚染の拡散は容易に防ぐことができるし、是非ともなさねばならない。

#### D. ずさんな取り扱い

表2にラカ鉱山駅で採取した試料中のウラン濃度が異常に高いことを示した。一方、この試料中のラジウムおよびそれ以降の娘核種濃度は桁違いに低く、いわゆる「放射平衡」が成り立っていない。このことは、この試料が製錬で得たウランそのもので汚染されてい

ることを示している。

ウラン鉱山および製錬所はウランを得るためにある。採掘し、製錬して得た製品ウランはイエローケーキ( $U_3O_8$ )としてラカ鉱山駅から運び出されるが、輸送用のドラム缶は腐食で穴が開いており、ラカ鉱山駅にはイエローケーキが散乱している。もったいないだけでなく、人々がそれでまた被曝する

#### E. 奪い取られた土地は生活の場

私がジャドゥゴダ・ウラン鉱山問題にかかり始めたのは、2000年の夏に、この問題をとりあげた映画「ブダの嘆き」の監督シュリプラカッシュの訪問を受けたからであった。現地での状況を聞いて、その時、私にできた唯一の助言は鉱滓池に近づいてはならないということであった。その時シュリプラカッシュは言った。「助言、ありがとう。でも、できない。鉱滓池は住民の生活の場です」と。私が試料採取のため鉱滓池に侵入した時も、住民が薪を頭に載せてそこを歩いていたり、申し訳程度に張られている鉄条網もあちこちで切断されていた。本来ならば、管理区域に指定して厳重に人の出入りを管理しなければならないその場所に、危険を知らされていない住民たちは日常的に出入りしている。何故ならそこは彼らが長い間生活の場所としてきた場所だからである。彼らは日常的にそこに入らざるを得ないし、そうすればまた被曝することも避けられないのであった。

また、私自身には調査する力がないが、鉱山労働者の被曝こそ、最大の問題かもしれない。自然に寄り添うように生きてきた人々に、原子力(=核)利用のツケを払わせているという点で、ジャドゥゴダは象徴的な場所である。