

Jadugoda の放射能汚染についての予備調査報告

京都大学 原子炉実験所 小出 裕章

目的

インド、Bihar 州 Jharkhand にある Jadugoda はインド唯一のウラン鉱山で、現在 13 基動いているインドの原発に燃料を供給している。そこで深刻な放射能汚染があり、住民の健康に被害が生じているとの情報がある。そこで、汚染調査を行ってみることにしたが、直ちに私自身が現地に行って調査を行える状況になかったため、現地の人々の協力の下に予備的な調査を行うことにした。

Jadugoda の位置を示す Jharkhand の地図を Figure 1 に示す。



Figure 1 The map of Jharkhand and the location of Jadugoda

.調査の方法

予備調査の項目は以下の2つにした。

1. TLDによる空間ガンマ線量測定

日本から24個のTLDをインドに送り、現地で3カ月ほど暴露した上で回収し、蓄積したガンマ線量を測定した。

2. 土壌中の放射性物質濃度測定

TLDを配置した場所の土壌を採取し、日本に送ってもらったうえで、Ge半導体検出器によってウランなどの放射性物質の測定を行った。

TLD配置場所（同時に土壌の採取点）地図をFigure 2に示す。また、Table 1には土壌を採取した日時や採取量などを示す。

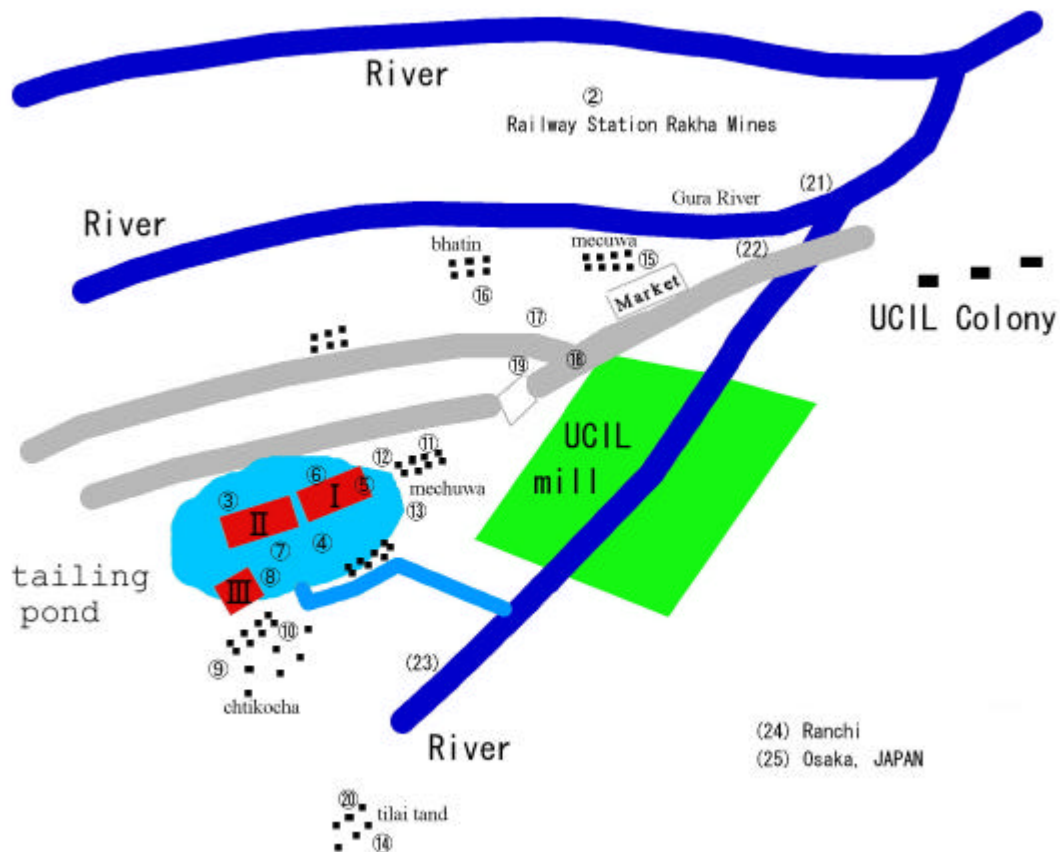


Figure 2 Location of the soil sampling and TLD arrangement

Table 1 Sampling points, date and weight of soils

	Location	sampling date	Weight
Mines			
2	from railway station rakha mines	11.10.2000 at 6.30 p.m.	100
Tailing Ponds			
3	near tailing pond	11.10.2000 at 5 p.m	136
4	near tailing pond	11.10.2000 after 5 p.m	114
5	near tailing pond	11.10.2000 after 5 p.m	125
6	tailing pond no. 1	11.10.2000 at 7 p.m.	135
7	tailing pond no. 3	11.10.2000 after 7 p.m.	154
8	tailing pond no. 2	13.10.2000 at 9 a.m.	104
Villages			
9	village chtikocha near ratan's house	12.10.2000 at 11 a.m.	127
10	village chtikocha near ishwar's house	12.10.2000 after 11 a.m.	159
11	village mechuwa(dugridh) near prabhat baske's house	12.10.2000 at 12 a.m.	122
12	village mechuwa(tuare dugridh) near futani tati's house	12.10.2000 after 12 a.m.	125
13	village mechuwa(tuare dugridh) near tati's house	12.10.2000 after 12 a.m.	168
14	village tilai tand near pulin banra's house	12.10.2000 at 3 p.m.	132
20	village tilai tand near tapash's house	12.10.2000 at 4 p.m	128
15	village mecuwa near mirja shoren's house	12.10.2000 at 2 p.m.	135
16	village bhatin near gundi hembrom's house	12.10.2000 after 3 p.m	113
Road or River			
17	near high school jadugoda	12.10.2000 at 2 p.m	121
18	the main crossing road near jagdish bastralaya	12.10.2000 at 5 p.m	216
19	the main crossing road near shidhu kanu chowk	12.10.2000 after 5 p.m	156
21	gura river near lord shiva temple	13.10.2000 at 9 a.m.	84
22	gura river near the big dam	13.10.2000 after 9 a.m	147
23	near the nala along the road side	13.10.2000 after 9 a.m.	122
Control in India and in Japan			
24	Ranchi	16.10.2000 at 10 a.m.	129
25	KURRI, JAPAN	14.11.2000 at 3 p.m	89

．測定の結果

1. T L Dによる空間ガンマ線量測定

インドにはT L Dを24個送ったが、回収できたものは9個であった。うち1個はインドにおける対照として Ranchi に置いておいたものである。さらに、日本における対照としてKURに置いておいた1個を含め10個のT L Dの測定を行った。その結果を Table 2 に示す。

Table 2 The result of TLD measurement

	Point	mSv/yr	nSv/h
tailing pond			
3	Near tailing pond	8.0	909
5	Near tailing pond	4.1	466
Village			
9	chtikocha near ratan's house	0.9	104
10	chtikocha near ishwar's house	1.2	137
11	mechuwa(dugridh) near prabhat baske's house	2.2	247
12	mechuwa(tuare dugridh) near futani tati's house	1.0	113
15	mecuwa near mirja shoren's house	1.0	110
Road			
19	Main crossing road near shidhu kanu chowk	1.3	148
Control			
24	Ranchi	2.0	227
25	KURRI, JAPAN	0.4	46

No.25 の T L D は測定全体の対照点として選んだもので、京都大学原子炉実験所に置いたおいたものである。年間に換算した空間線量の値が 0.4mSv/y となっており、合理的な値となった。No.24 の T L D はインド国内の対照として Ranchi に設置したが、後にも述べるように、Ranchi は地殻中の K-40 やウラン系やトリウム系の濃度が特異的に高く、空間線量の値も 2mSv/y で、相当に高かった。

Jadugoda も通常予測される空間線量に比べれば、いずれも高い値を示した。人為的な放射線被曝に対する一般公衆の年間の線量限度は 1mSv/y であり、この値は天然の放射性核種に対する規制値ではないが、Jadugoda ではほとんどの場所で、空間線量だけでこの値を超えている。特に鉱滓池周辺の線のレベルは高いし、後に触れるように道路で線量の

高い場所があり、鉍滓を使って整地されたためと思われる。

2 . 土壌中の放射性物質濃度測定

土壌中の放射性核種の測定は、昨年、試料がインドから届いた直後に行った。その結果はすでに報告したが、その後、測定器の空き時間を見ながら詳細な測定を行った。今回はそれらの測定データをすべて整理した上での結果を報告する。

A. ウラン鉍山とは無関係な汚染

まず、Jadugoda のウラン鉍山とは無関係な放射性核種について Table 3 と Figure 3 に示す。

すでに述べたように、Ranchi において、K-40 とトリウム濃度が高いほかは、それら地殻中の代表的な放射性物質濃度は Jadugoda でも日本の原子炉実験所でもほとんど変わらない。Ranchi の試料に K-40 とトリウムが多いのは、おそらくは地域的な地殻の性質によるものであろう。

また、米ソ両国を中心にして 1960 年代に 500 回を超える大気圏内核実験が行われ、それによって大量の核分裂生成物が全地球を汚染した。それでも、核実験場サイトと地球の大気循環の関係で、北半球温帯地域が特に高濃度の汚染を受けた。主要な核分裂生成物である Cs-137 の場合、北半球温帯に属する日本の値がインドに比べて高いことは予想された。そして、今回の測定結果もその通りの傾向を示している。すなわち、京都大学原子炉実験所における土壌中の Cs-137 濃度はジャドゥゴダ周辺で採取した試料における Cs-137 に比べて数倍高い。しかし、第一鉍滓池から採取されたという No.6 試料だけは、日本のものに比べてもなお Cs-137 濃度が数倍高いし、他のジャドゥゴダの試料に比べれば 1 桁以上高い。ジャドゥゴダの鉍滓池にはインド各地からの放射性廃物が搬入されて投棄されてきたとのことであり、No.6 における異常な Cs-137 汚染はそのことを示していると思われる。

Table 3 Concentration of radionuclides unrelated Uranium

		Th-series	K-40	Cs-137
		Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
2	from railway station rakha mines	53	560	
around tailing ponds				
3	near tailing pond	31	540	1.21
4	near tailing pond	23	510	
5	near tailing pond	25	520	
6	tailing pond no. 1	30	350	11.38
7	tailing pond no. 3	84	530	1.90
8	tailing pond no. 2	15	420	
Villages				
9	chtikocha near ratan's house	12	310	0.42
10	chtikocha near ishwar's house	14	360	0.60
11	mechuwa(dugridh) near prabhat baske's house	46	400	0.86
12	mechuwa(tuare dugridh) near futani tati's house	34	490	1.89
13	mechuwa(tuare dugridh) near tati's house	41	590	
14	tilai tand near pulin banra's house	29	360	1.20
20	tilai tand near tapash's house	60	390	
15	mecuwa near mirja shoren's house	42	380	0.87
16	bhatin near gundi hembrom's house	53	620	1.24
Road or River Side				
17	near high school jadugoda	33	680	
18	at the main crossing road near jagdish bastralaya	27	350	
19	at the main crossing road near shidhu kanu chowk	41	570	1.13
21	gura river near lord shiva temple	28	370	0.79
22	gura river near the big dam	39	420	
23	near the nala along the road side	15	480	
control				
24	soil from ranchi	208	1800	
25	KURRI JAPAN	24	430	3.5

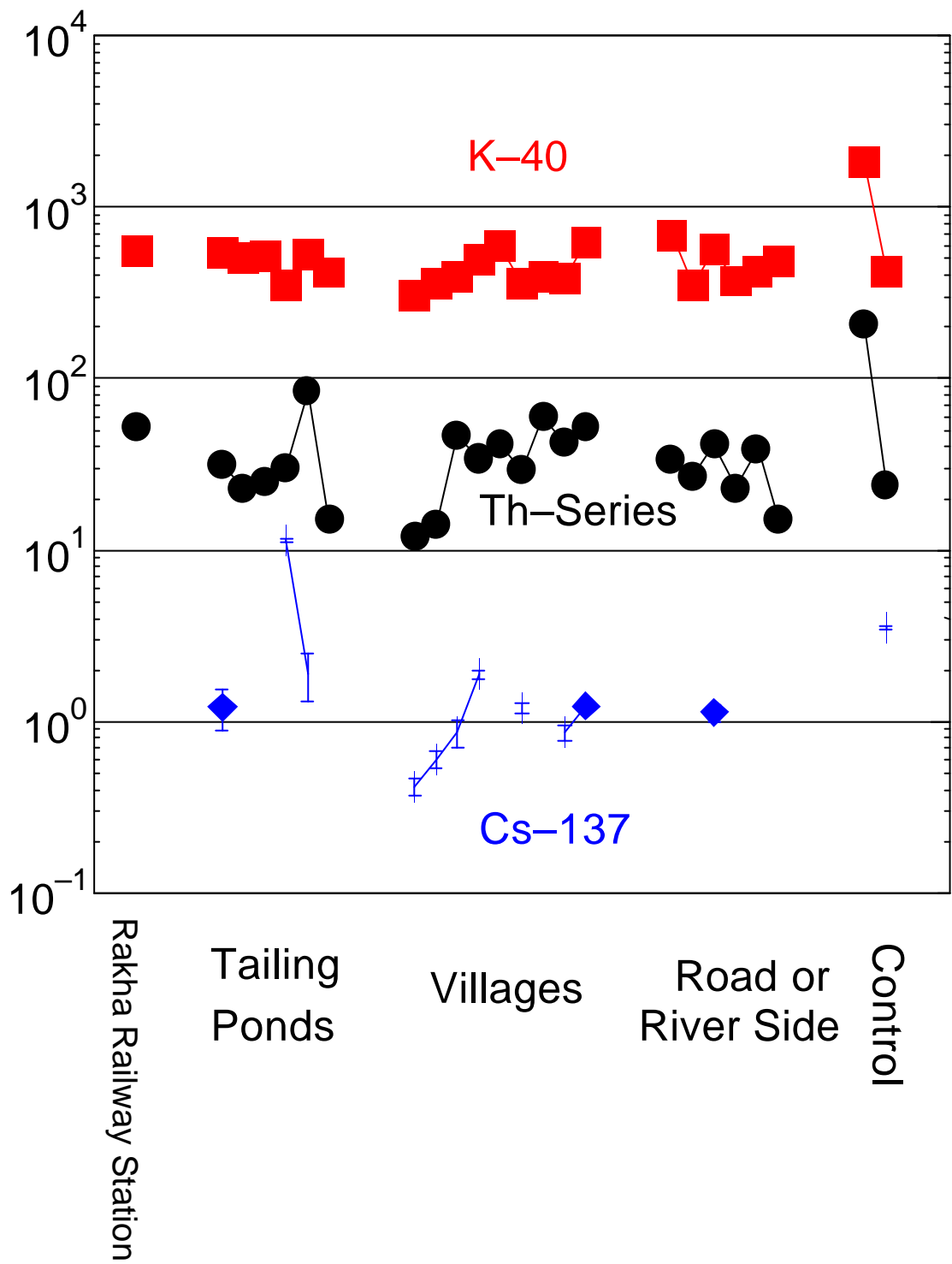


Figure 3 Concentration of radionuclides unrelated Uranium

B. ウラン鉱山に関する汚染

ウラン鉱山に関する汚染の指標はもちろんウランである。しかし、Figure 4 に示すように、ウランは自らが放射性核種であるとともに、生成した核種もまた放射性で、次々と崩壊を繰り返す。結局、鉛(Pb-206)になるまでに合計14種類の放射性核種となる。そして、次々に生まれる放射性核種がすべて同じ

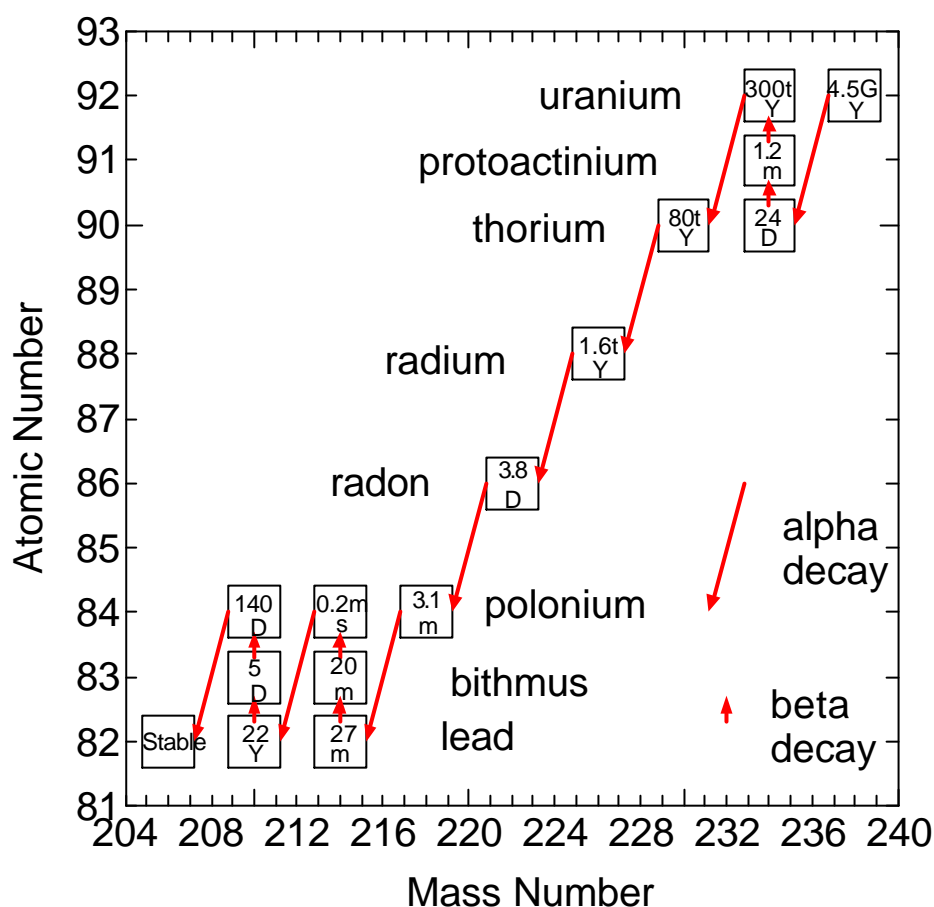


Figure 4 Decay Scheme of Uranium Series

場所にとどまるとすれば、これら14種類の放射能の強さは、すべてもとのウランの放射能の強さと同一になることが物理学的に証明できる。こうした状態にあることを「放射平衡」と呼ぶ。たとえば、ウランが地底深くに存在している場合には、そうなっていると考えられる。しかし、一度ウラン鉱石を地表に出してしまえば、ラジウムはウランに比べて水に溶けやすいし、ラドンは希ガスに属するガス体なので、容易にその場所から移動する。また、ウランを製錬すれば製品の方にウランが移動するし、廃物の方にはウランが少なくなる。そこで、土壌中のウランの分析にあたっては、ウランからトリウム 230 迄、Ra-226, およびポロニウム以下の娘核種の3種類の放射能に分けて分析した。

その結果を Table 4 と Figure 5 に示す。ほとんどの試料においてウラン、ラジウム、そして娘核種の濃度はそれぞれ関連して変動しており、基本的には「放射平衡」の状態から大きくは動いていない。唯一の例外は、Rakha 駅で採取した No.2 試料であり、この試料はウランだけが著しく高濃度で存在していた。

Table 4 Concentration of radionuclides related to Uranium

		U-series	Ra-226	Dough-ter
		Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
2	from railway station rakha mines	64000	940	30
around tailing ponds				
3	near tailing pond	1900	3400	2600
4	near tailing pond	1700	1800	1400
5	near tailing pond	1710	2700	1900
6	tailing pond no. 1	840	640	690
7	tailing pond no. 3	6500	3100	7300
8	tailing pond no. 2	540	2700	2000
Villages				
9	chtikocha near ratan's house	20	23	14
10	chtikocha near ishwar's house	34	19	23
11	mechuwa(dugridh) near prabhat baske's house	140	91	65
12	mechuwa(tuare dugridh) near futani tati's house	210	150	130
13	mechuwa(tuare dugridh) near tati's house	350	260	250
14	tilai tand near pulin banra's house	58	28	26
20	tilai tand near tapash's house	130	84	72
15	mecuwa near mirja shoren's house	90	63	52
16	bhatin near gundi hembrom's house	62	34	26
Road or River Side				
17	near high school Jadugoda	67	23	21
18	at the main crossing road near jagdish bastralaya	790	580	640
19	at the main crossing road near shidhu kanu chowk	250	160	190
21	gura river near lord shiva temple	970	2000	1100
22	gura river near the big dam	56	35	21
23	near the nala along the road side	1300	2400	2800
Control				
24	soil from ranchi	210	76	49
25	KURRI, JAPAN	29	19	12

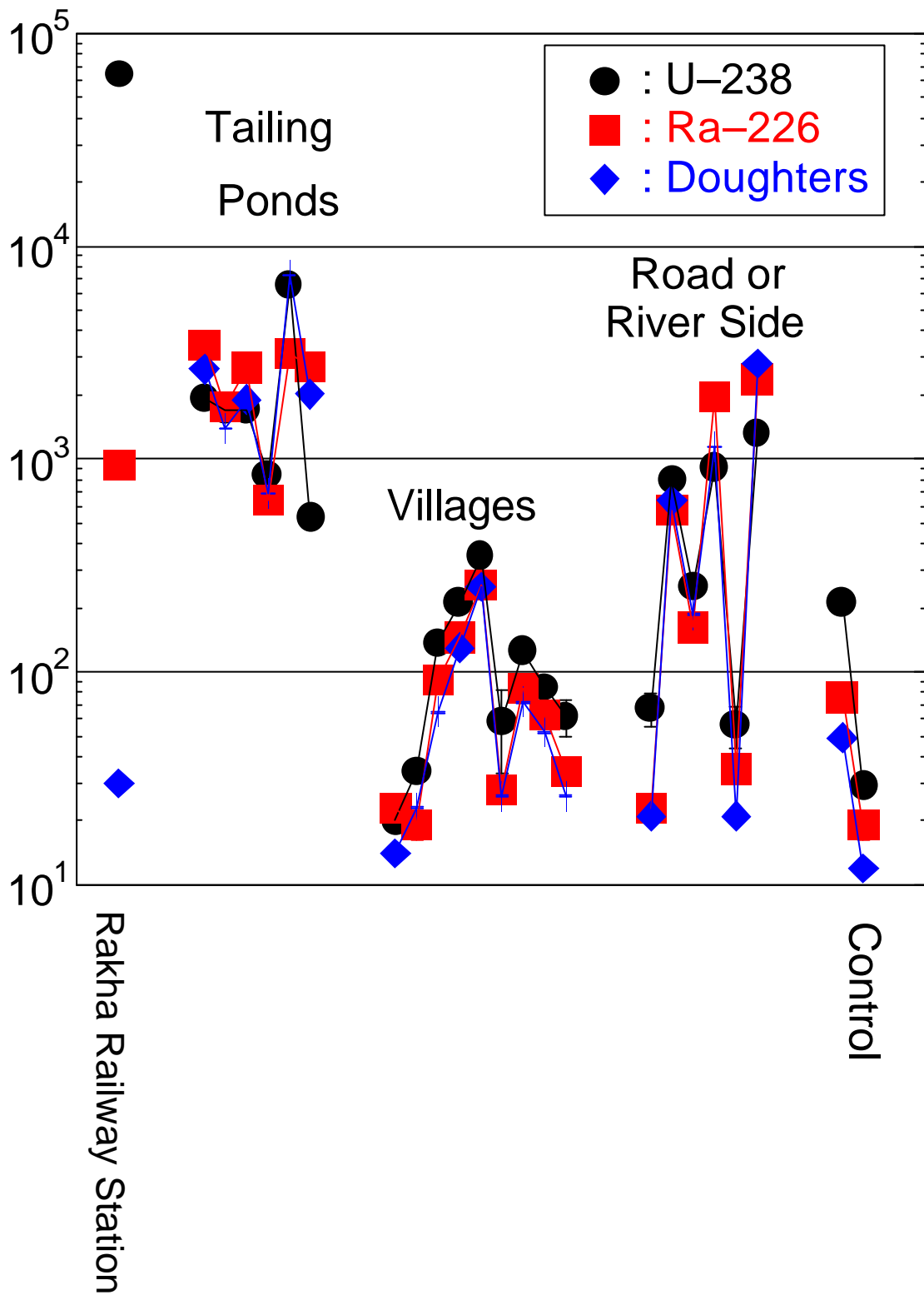


Figure 5 Concentration of radionuclides related to Uranium

以下、分析結果が示すものを列記する。

- 1 . No.2 試料を除いては、基本的に「放射平衡」から大きなずれはない。
- 2 . No.2 試料はウランだけが著しく高濃度であり、製錬で製品として得たウランそのものが汚染を広げている。
- 3 . 鉱滓池周辺の試料は、当然のことながらウランによる汚染がある。日本の原子炉実験所での濃度に比べれば、10倍から100倍以上に達する。また、ラジウムや娘核種に比べて比較的ウラン濃度が少なく、その汚染の原因がウランを製品に移した後の鉱滓にあることも示す。
- 4 . Ranchi は K-40 やトリウムだけでなく、ウラン濃度も高い。
- 5 . 集落の中の試料ではウラン濃度の高いものと低いものがある。特に、mechuwa(tuare dugridh)は高いものが多いし、tilai tand にも高いものがあり、これらの場所では汚染のない場所に比べて10倍あるいはそれ以上の汚染がある。
- 6 . 道路や川岸の土手では、ウラン濃度の高いものも低いものもある。これはウラン濃度の高い道路や堤の建造には鉱滓が使われたことを示している。

．結果のまとめ

インドの唯一のウラン鉱山であるジャドゥゴダについて、ごく基本的な調査を行った。その調査によって得られた結果をまとめると以下ようになる。

- 1 . ジャドゥゴダにはウラン鉱山からの汚染が広がっている。
- 2 . 空間線による被曝量だけでも、集落で 1mSv/y を超え、鉱滓池周辺では 10mSv/y に達する。
- 3 . 鉱滓池周辺は、当然のことながらウランの汚染があり、汚染のない場所に比べれば、10倍から100倍高い。
- 4 . 集落においてもウラン汚染の濃淡があり、汚染の少ない場所に比べて高い場所では10倍に達する。
- 5 . 道路や川の堤にもウラン濃度の高い場所があり、おそらくはその建設に鉱滓が使われているものと思われる。
- 6 . Rakha 駅では、製錬で得たせっかくのウランがこぼれて周辺に汚染を広げている。

ビデオ「ブダの嘆き」の監督シュリプラカッシュさん、JOAR 代表のビルリさん他、調査に協力してくれた皆さんに感謝する。今後、機会を見て、空气中ラドン濃度の測定、鉱滓池周辺での空間線量地図を作る作業を行いたい。