

南相馬市と近郊の保存土壌放射性物質の2019年変化についての考察

一般社団法人 南相馬市除染研究所
Chief Coordinator 田中節夫

背景

2011年3月11日東日本大震災に端を発した福島第一原発事故から8年を経過しました。

国内で唯一、放射性物質の放出と拡散により汚染被害を受けた南相馬市とその周辺地区の放射能汚染土壌を、2012年9月に採取、これまで自然界から隔離し、周囲の環境変化による放射能減衰変動を受けない条件を確保、放射能濃度や強度という視点からどのような変化をするのか、毎年観察を継続してきました。

この間、市街地や農耕地などを中心に除染作業が実施されたことにより、多くの地点で帰還が実現し、また、健康被害の議論はあるものの、特に特定されるような事象もなく、安心安全が維持され平常な社会活動を営むことが実現していると評価されます。

他方、山間地では除染が困難なことから、自然な放射能減衰を待たざるを得ない状況にあり、いまだ原状復帰が実現していないことも長期間となっている事実もあります。

従って、人為的な放射能減衰、他方では自然界環境による影響を受けた放射性物質の流出や蓄積などによる自然な放射能減衰と、理論的な放射能減衰とは違う減衰変化を示すことから、これらとの比較により放射性物質の放射能減衰がどのように経年比較でき、どのような特徴を持つのか、これまで観測してきた放射性物質の挙動について経過をまとめました。

目的

天候など環境変化を受けない様に、ポリケースに保管した採取土壌の測定結果から、放射能濃度(Bq/Kg)及び人体に影響を与える放射能強度(μ Sv/H)など、土壌から環境の影響を除いた時の経年変化(減衰変化)や物理的減衰率との違いの評価、更にはいくつかの地点では現地自然界との比較によって、放射性物質で汚染された土壌の減衰変化の実態を知り、安心安全の評価を試みました。

調査方法

1. 2012年9月採取の保管土壌サンプルの原発事故後8年を経過した2019年3月における放射線濃度(Bq)および強度(Sv)などの測定。
2. 土壌採取地点の地理的位置関係の概要(Fig-1/P2)
点線より左側が原発より北西に位置する高線量地域、相対的に低い地域が右側となりますが、山沿いの鹿島町榑原からの採取土壌は、当然現在でも高線量を記録しています。
3. 測定機器および測定方法は次の通り。
 - 1)放射能濃度(評価単位 Bq/Kg) NaI(TI)シンチレーション AKP 社製 SEG001AK-PS63(Fig-2)
 - 2)放射能強度(評価単位 μ Sv/H) CsI(TI)シンチレーション ポリマスター社製 PM1703M(Fig-3)

3)放射能表面汚染密度(評価単位 CPM)GM 式 日立アロカ社製 TGS146B

4)放射能強度、表面汚染密度測定時、バックグラウンド遮蔽機器として 200×200×100 t=10mm 鉛ケースを使用。(Fig-3)

遮蔽仕様:解放空間 0.18 μ Sv/H

鉛ケース内 0.04 μ Sv/H 遮蔽効果 78%

鉛 10 mm の理論遮蔽率は 60~70%とされますが、原発事故前の放射線量は 0.05 μ Sv/H(平均)と公表されているので、同等と考えて測定誤差を無視できる範囲とみます。

Fig-1 土壌採取地点(図中 No は Table-1/P4 表中の地点 No とリンク)

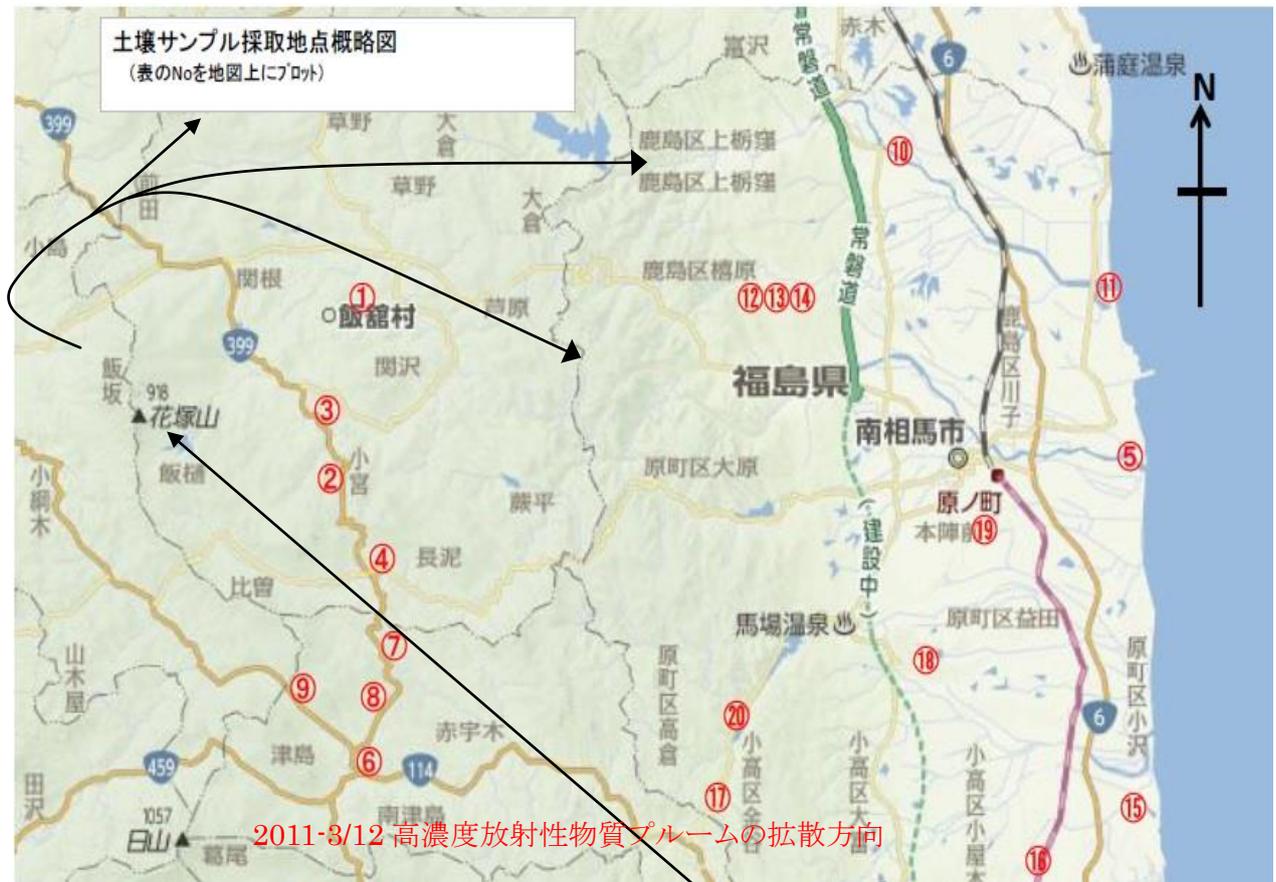


Fig-2 SEG001AK-PS63 食品放射能測定器システム全景



試料土壌の測定パッケージ



Fig-3 バックグラウンド遮蔽機器による測定システム全景



まとめ

1. 2012年9月に採取保管されていた土壌の放射能濃度(Bq/Kg)は、採取より6年6か月後の2019年3月には全地点試料平均で49.9%減衰していました。(Table-1/P4 参照)

2012年9月の測定値を基準に、2011年3月原発事故直後の放射性物質の拡散降下の程度を計算値から算出し、減衰率を推定すると約60%減衰していることとなります。

理論減衰率ではおよそ70%で、誤差を考慮すると試料はほぼ理論値通りの減衰カーブに近い推移を示しているといえます。

2. 2012年から現在に至るまでの減衰の推移をみると、Cs137に比べ、半減期が短くエネルギーが高いCs134のほうが年度ごとの比較ではばらつきが小さく、Cs137は2016年までの測定値ではそのばらつきが特に大きいことが分かります。(Fig-4/P5)

この傾向は全ての試料に共通の挙動であることから、Cs134とCs137の放射性物質の減衰特性だと思われ、一般的に放射能障害が形になって確認され始める放射性物質の拡散後5年目との関連があるか、Csの放射線放出の特性に関心を持ちます。(Fig-5/P6)

3. 放射線強度(μ Sv/H)の年度ごとの推移においても、放射能濃度(Bq/Kg)より変化は小さいものの、2016年度を前後境に推移変化に同様の変化が認められ、相関分析でも双方の関係が確認できます。(Fig-6/P5)

このことから、放射性物質の拡散があった場合、特にCs137は数年間崩壊や放出濃度や強度が安定しないことが推定できます。

(放射性物質の活性な期間か?)不安定である分、予測不能な挙動や影響を周辺環境に与えやすい可能性がこの期間、特にあるのではと推測されます。

4. 常磐自動車を境に海沿い側(市街地)10~20Kmと山沿い側(阿武隈山系)の土壌試料では、土壌採取当時から放射能濃度(Bq/Kg)は最近では明確に海沿い<山沿いとなっています。

この分布の要因は高濃度降下地区の浪江町と接する南相馬市小高区(20Km圏内)を除き、地形や当時の天候の影響から高濃度放射性物質の直撃を避けられたことによるものです。

(Fig-7/P6)

これはグラフ (Fig7) と土壌採取地点の Map (Fig-1) と照らし合わせることで理解できます。

5. 原発事故以降 8 年を経過した自然界に存在する放射性物質は、地形や天候などの影響を受けて流出し、低減しているか? どのような変化を示しているかですが。

浪江町の象徴的な高濃度汚染山林地区 (津島地区赤宇木) の土壌で調査した結果、固定化していることが立証されました。(Fig-8/P5)

6. 降下した放射性物質の土壌種類における定着(結合)に差異などの傾向はあるか?

蛍光 X 線による元素分析と採取地点ごとの比較を行いました。今回は特徴的な傾向は認められず、今後の研究継続課題としました。(Table-2/P7)

調査結果(まとめの背景データ)

Table-1

地点 No	採取地点名	採取環境	2012 年比減衰率 (%)
1	飯館 1	田	50.0
2	飯館 2	道路法面腐葉土	50.5
3	飯館 3	山砂	49.1
4	飯館長泥	畑	51.2
5	鹿島区新田川河口	河口脇砂	49.3
6	浪江町津島 2	田	47.9
7	浪江町津島 3	沢赤土	50.4
8	浪江町津島 4	山間腐葉土	46.4
9	川俣町山木屋	山土	48.9
10	鹿島区角川原	砂利	49.9
11	鹿島区真野川河口	河口脇砂	51.1
12	鹿島区檜原 1	田	51.1
13	鹿島区檜原 2	交差点黒土	49.2
14	鹿島区檜原 3	歩道上流出藻様草	52.4
15	小高区村上	海岸沼地	49.3
16	小高駅前	花壇	51.7
17	浪江町原浪トンネル付近	山土	48.9
18	原町区馬場	畑	49.6
19	原町区博物館裏山林	山土	49.2
20	横川ダム鉄山溜池	流出藻様草	52.1
全地点平均(2012 年 9 月比)			49.9
理論減衰率(2012 年 9 月比)			43.2
全地点推定減衰率(2011 年 3 月比)			60.0%
理論減衰率(2011 年 3 月比)			70.0%

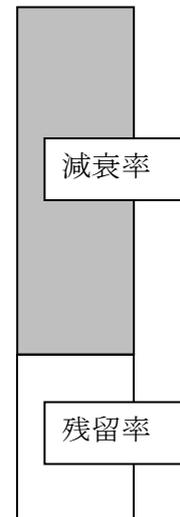


Fig-4

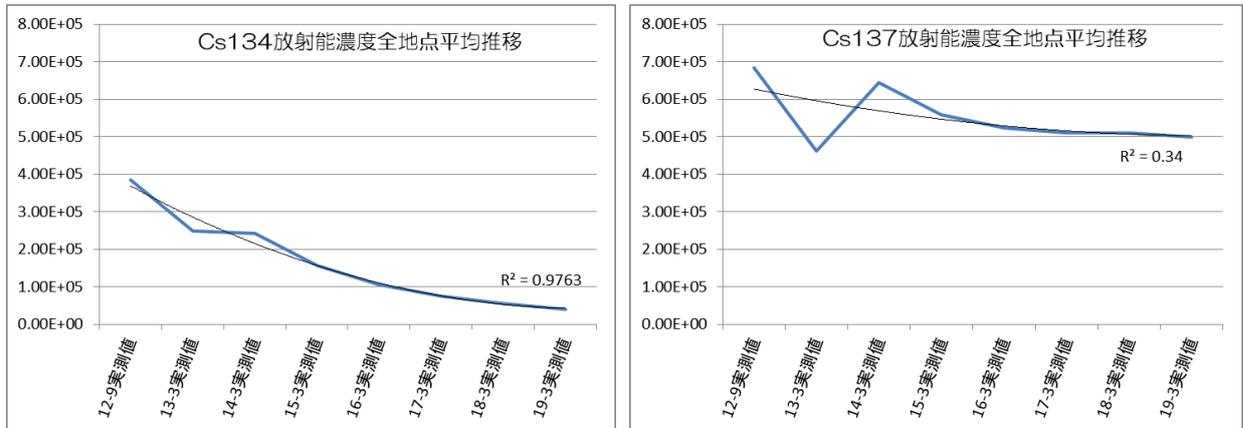


Fig-6

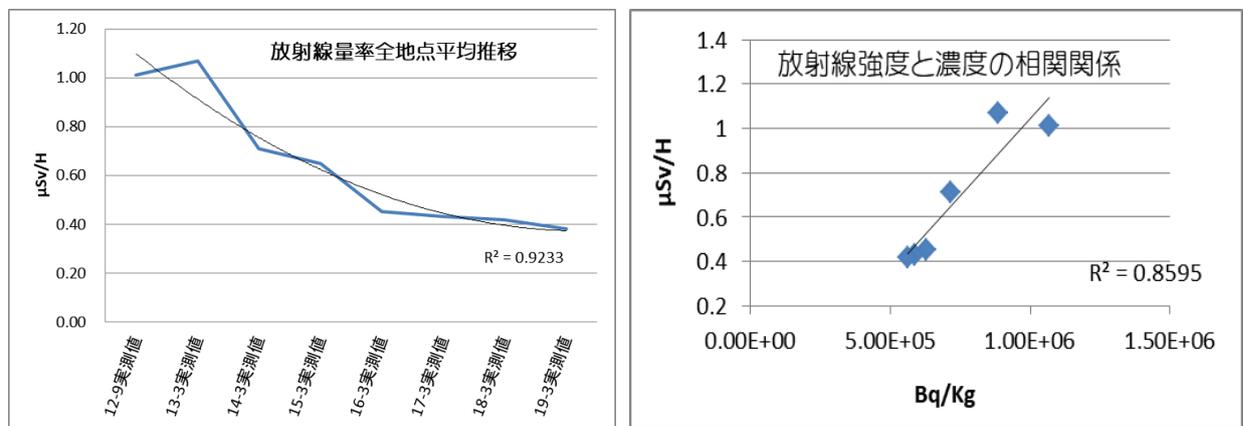


Fig-8

‘13-3の放射能濃度を1とした時の’18および‘19年度放射能濃度の減衰比率
単位:%

区分	’18-3	’19-3
現地	49.4	60.4
試料	53.7	55.9
理論	52.8	56.7

それぞれの減衰比率に大きな差異がなく、現地に降下した放射性物質は、大きく移動することなく8年後も現地に固定化されていることが分かります。

(注記)

現地:それぞれ採取直後に測定された土壌の‘13-3採取土壌との放射能濃度減衰比率

試料:‘12-9に採取し、その後自然環境から隔離され保管されている土壌の放射能濃度と、ばらつきを平準化した’12~’14近似放射能濃度との減衰比率

理論:‘13-3の放射能減衰率を1とした比較年度との減衰比率

Fig-5 土壤採取地点ごとの Cs134 と Cs137 各年放射能濃度 (Bq/Kg) 減衰推移 (2012-9~2019-3)

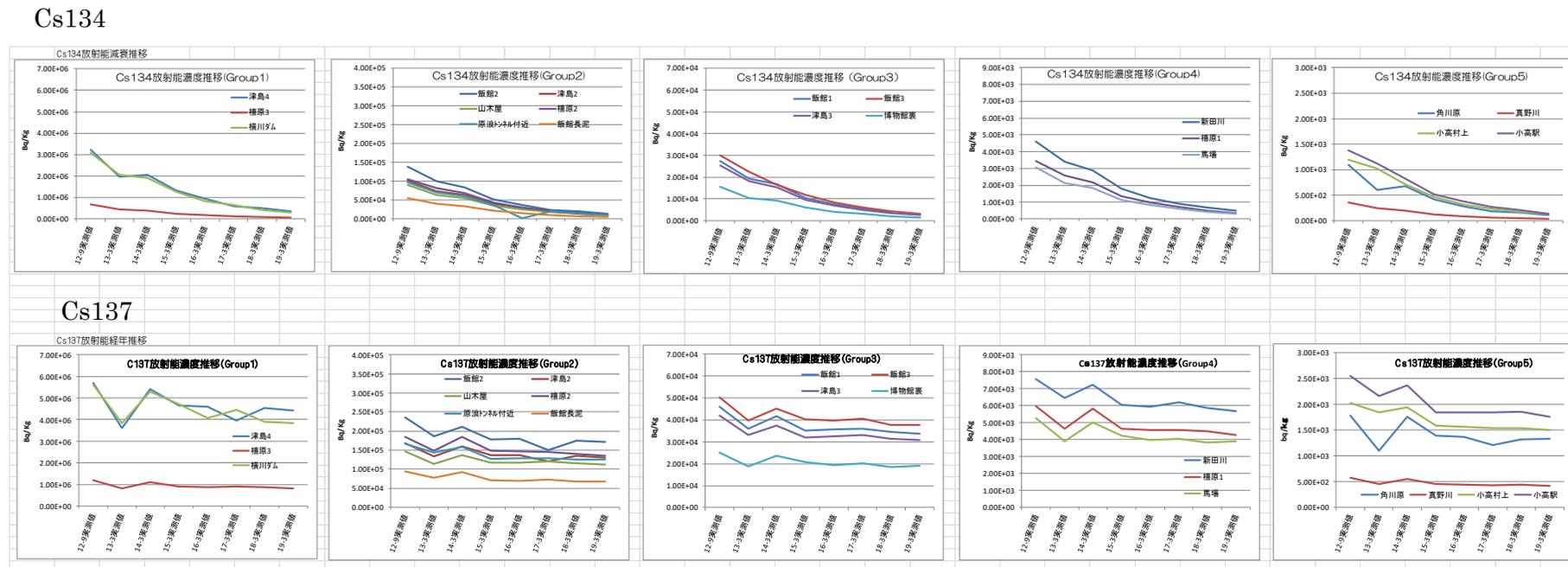
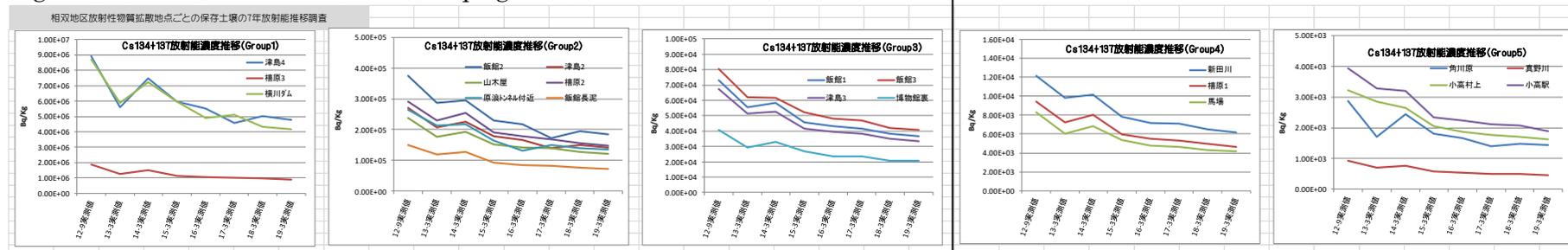


Fig-7 土壤採取地点ごとの放射能濃度 (Bq/Kg) 減衰推移 (2012-9~2019-3)



(全地点福島第一原発付近又は北西山沿い) 中・高線量地点 \longleftrightarrow 低線量地点(全地点常磐道より東側 海沿い)

Table-2 (Reference-1)

採取土壌の蛍光X線分析結果(中性子工学(株)奥村様提供)																				2018/6/23				
検出元素記号周期表				試料No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
原子No	元素記号	元素名(和名)	元素名(英語名)	飯館1	飯館2	飯館3	飯館長泥	新田川河口	津島2	津島3	津島4	山木屋	角川原	真野川河口	檜原1	檜原2	檜原3	小高村上	小高駅	原浪トンネル	馬場	博物館裏	横川ダム	
13	Al	アルミニウム	Aluminum	35.91	0	23.08	19.70	19.47	27.27	0	5.18	35.75	27.79	7.36	38.57	20.08	0	11.95	30.80	2.15	29.19	25.29	20.52	
14	Si	シリコン	Silicon	34.08	12.93	31.42	27.39	44.27	36.45	40.41	26.28	39.04	43.72	46.79	37.97	32.15	25.24	46.05	37.82	32.64	36.60	17.11	41.95	
15	P	燐	Phosphorus	0.06	0	0.67	0.24	0	0	0.17	0	0.09	0.17	0.33	0.19	0.27	0	0.38	1.48	0	0.57	0.05	0.18	
16	S	硫黄	Silicon	0.56	2.41	0.53	0	0.11	0.72	0.12	2.23	0.78	0	0.14	0.10	0.17	2.29	0.21	0.85	1.35	0.24	0.82	0.09	
17	Cl	塩素	Chlorine	0.02	0	0.06	0	0.07	0	0.01	0.01	0.01	0.03	1.01	0.02	0.05	0.01	0.29	0.23	0.28	0.04	0.02	0	
19	K	カリウム	Potassium	3.95	4.56	6.04	6.04	4.83	4.97	5.56	5.29	6.70	6.09	3.43	3.26	3.71	5.14	3.19	4.41	7.01	5.18	1.19	5.84	
20	Ca	カルシウム	Calcium	3.67	33.77	1.57	7.28	7.58	3.42	5.58	25.79	4.83	5.49	9.44	4.62	13.77	21.73	5.52	5.33	25.17	4.60	14.81	10.56	
22	Ti	チタン	Titanium	1.76	2.98	2.25	2.24	1.80	2.56	2.22	3.54	1.02	0.94	1.74	1.36	2.42	3.63	5.42	1.63	2.62	2.01	0.57	1.88	
25	Mn	マグネシウム	Manganese	0.39	1.9	0.56	0.67	0.53	0.49	0.86	2.20	0.23	0.36	0.94	0.22	0.69	0.99	0.64	0.45	0.93	0.37	2.15	0.48	
26	Fe	鉄	Iron	19.44	40.18	33.45	35.57	21.00	23.49	44.44	28.73	11.34	15.02	26.48	13.45	25.41	38.8	26.05	16.64	27.51	20.92	37.16	17.94	
29	Cu	銅	Copper	0.01	0.07	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	0.18	0.01	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	
30	Zn	亜鉛	Zinc	0.05	0.53	0.10	0.20	0.07	0.06	0.15	0.45	0.04	0.03	0.06	0.03	0.82	1.26	0.05	0.05	0.11	0.09	0.68	0.25	
33	As	ヒ素	Arsenic	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
35	Br	臭素	Bromine	0	0.04	0	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0	0	0.01	0	0.03	0.05	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	
38	Sr	ストロンチウム	Strontium	0.04	0.52	0.07	0.25	0.14	0	0.17	0.10	0.06	0.11	0.16	0.11	0.19	0.48	0.14	0.17	0.09	0.08	0.06	0.14	
48	Cd	カドミウム	Cadmium	0	0.01	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
55	Cs	セシウム	Cesium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	
56	Ba	バリウム	Barium	0.04	0.13	0.14	0.27	0.06	0.04	0.14	0.06	0.09	0.23	0.06	0.07	0.07	0.08	0.06	0.09	0.04	0.05	0.02	0.07	
82	Pb	鉛	Lead	0.02	0.06	0.03	0.07	0.02	0.03	0.05	0.05	0.01	0.01	0.03	0.01	0.08	0.11	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	

(Reference-2) 採取保管土壌の経年放射能濃度推移

No	サンプル重量/g	採取地	形態	サンプル重量/g	土壌試料Cs134+Cs137合計(Bq/Kg)								
					11-3/推定値	12-9実測値	13-3実測値	14-3実測値	15-3実測値	16-3実測値	17-3実測値	18-3実測値	19-3実測値
1	100	飯館1	田	100	9.31E+04	7.32E+04	5.53E+04	5.83E+04	4.55E+04	4.30E+04	4.14E+04	3.83E+04	3.66E+04
2	60	飯館2	法面腐葉土	60	4.75E+05	3.74E+05	2.87E+05	2.96E+05	2.30E+05	2.17E+05	1.73E+05	1.95E+05	1.85E+05
3	200	飯館3	山砂	200	1.02E+05	8.03E+04	6.21E+04	6.15E+04	5.21E+04	4.80E+04	4.67E+04	4.21E+04	4.09E+04
4	200	飯館長泥	畑	200	1.90E+05	1.50E+05	1.19E+05	1.27E+05	9.32E+04	8.44E+04	8.34E+04	7.60E+04	7.31E+04
5	200	新田川	河口脇	200	1.55E+04	1.22E+04	9.84E+03	1.01E+04	7.86E+03	7.19E+03	7.09E+03	6.51E+03	6.17E+03
6	100	津島2	田	100	3.44E+05	2.70E+05	2.06E+05	2.25E+05	1.78E+05	1.66E+05	1.40E+05	1.50E+05	1.41E+05
7	200	津島3	沢赤土	200	8.56E+04	6.72E+04	5.14E+04	5.27E+04	4.15E+04	3.95E+04	3.81E+04	3.50E+04	3.33E+04
8	70/15	津島4	山間腐葉土	15	1.13E+07	8.92E+06	5.58E+06	7.47E+06	5.98E+06	5.53E+06	4.55E+06	5.02E+06	4.79E+06
9	200	山木屋	山土	200	3.03E+05	2.37E+05	1.77E+05	1.93E+05	1.52E+05	1.42E+05	1.40E+05	1.28E+05	1.21E+05
10	200	角川原	砂利	200	3.68E+03	2.88E+03	1.70E+03	2.44E+03	1.81E+03	1.66E+03	1.39E+03	1.48E+03	1.44E+03
11	200	真野川	河口脇	200	1.19E+03	9.31E+02	7.02E+02	7.58E+02	5.74E+02	5.32E+02	4.98E+02	5.00E+02	4.55E+02
12	200	檜原1	田	200	1.19E+04	9.41E+03	7.21E+03	8.02E+03	5.98E+03	5.52E+03	5.28E+03	4.98E+03	4.60E+03
13	100	檜原2	交差点(刈)	100	3.67E+05	2.90E+05	2.31E+05	2.54E+05	1.91E+05	1.78E+05	1.68E+05	1.57E+05	1.47E+05
14	30	檜原3	歩道上	30	2.36E+06	1.87E+06	1.26E+06	1.49E+06	1.15E+06	1.06E+06	1.03E+06	9.57E+05	8.91E+05
15	200	小高村上	海岸沼地	200	4.09E+03	3.22E+03	2.86E+03	2.65E+03	2.06E+03	1.88E+03	1.78E+03	1.71E+03	1.63E+03
16	200	小高駅	駅前花壇	200	4.94E+03	3.93E+03	3.28E+03	3.20E+03	2.35E+03	2.23E+03	2.11E+03	2.07E+03	1.90E+03
17	200	原浪ノ礼付近		200	3.36E+05	2.65E+05	2.14E+05	2.18E+05	1.65E+05	1.31E+05	1.49E+05	1.40E+05	1.35E+05
18	200	馬場	畑	200	1.06E+04	8.32E+03	6.02E+03	6.83E+03	5.38E+03	4.79E+03	4.63E+03	4.27E+03	4.20E+03
19	100	博物館裏	山土	100	5.19E+04	4.07E+04	2.92E+04	3.30E+04	2.68E+04	2.36E+04	2.33E+04	2.07E+04	2.07E+04
20	100/20	横川ダム	鉄山溜池	20	1.09E+07	8.69E+06	5.89E+06	7.22E+06	5.98E+06	4.89E+06	5.11E+06	4.33E+06	4.16E+06