

〔資 料〕

土壌中放射性核種濃度の試料採取地点による差違

石川県保健環境センター環境科学部

小 浦 利 弘・川 畑 俊 之・中 山 哲 彦
中 谷 光・吉 本 高 志・小 森 正 樹

キーワード：環境放射能，土壌，試料採取

1 は じ め に

我々はこれまで、自生キノコ中の放射性核種の分析を行ってきた。その中で、キノコは数百メートル四方の範囲に発生したものを集めて検体とするため、土壌から生体への移行を評価するには、文部科学省が定めた1メートル間隔に8カ所試料を採取し混合する方法¹⁾では不十分であると考えられる。

そこで、自生キノコ採取エリア内において、20メートル四方のエリアを16等分し各エリア毎に採取した土壌の測定結果をキノコへの移行挙動の評価に用いた。

その際、各エリア毎に採取した試料間の土壌中放射性核種濃度及び安定元素濃度にどの程度ばらつきがあるか、

また、±10%の許容誤差で精度良く評価するためには、どの程度の採取カ所数を混合する必要があるか検討を行ったので報告する。

2 調 査 方 法

2・1 土壌試料採取地点

土壌の採取は、自生キノコの調査地点である七尾市（石川県七尾市深見地内、志賀原子力発電所から東へ約12kmの地点）にて平成18年10月16日に試料採取を行った（図1参照）。

2・2 試料採取方法^{1), 2)}

採取は採土器（0～5 cm）を用いて縦横20mのエリアを格子状に16等分し（図2参照）、5 m メッシュの中

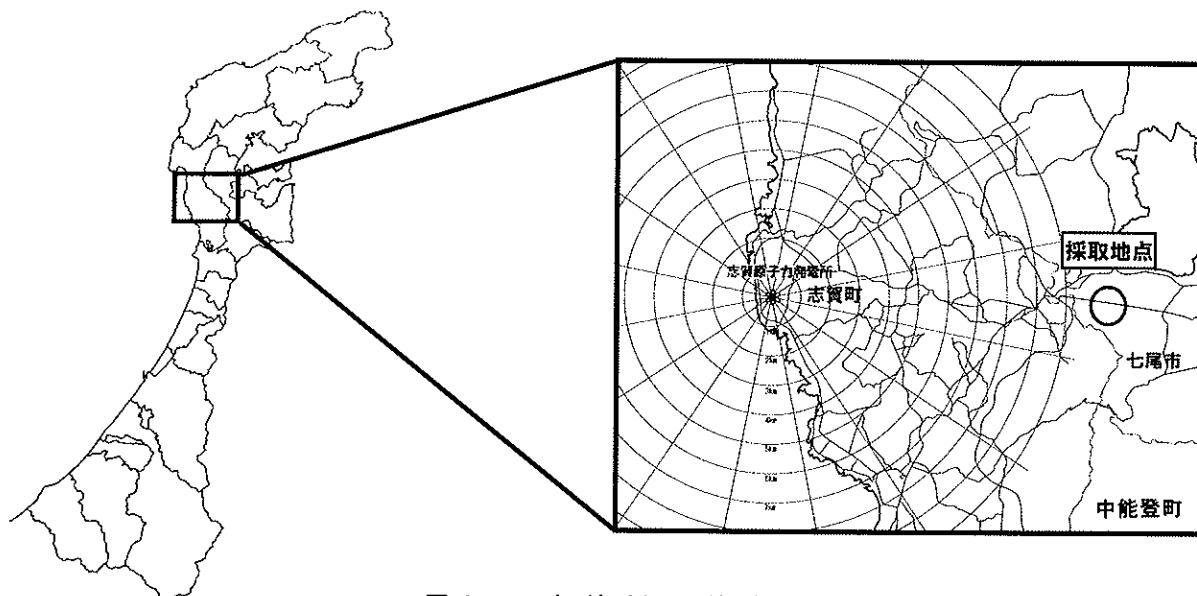


図 1 土 壌 採 取 地 点 図

Difference in Radioactivities in Soil between Sampling Points. by KOURA Toshihiro, KAWABATA Toshiyuki, NAKAYAMA Tetsuhiko, NAKATANI Mitsuru, YOSHIMOTO Takashi, and KOMIRI Masaki (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Environmental radioactivity, Soil, Sampling

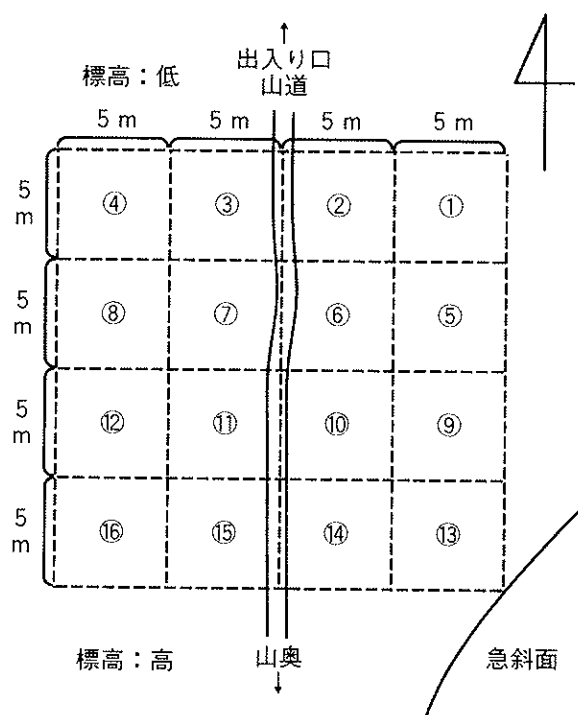


図2 土壌採取地点図(詳細)

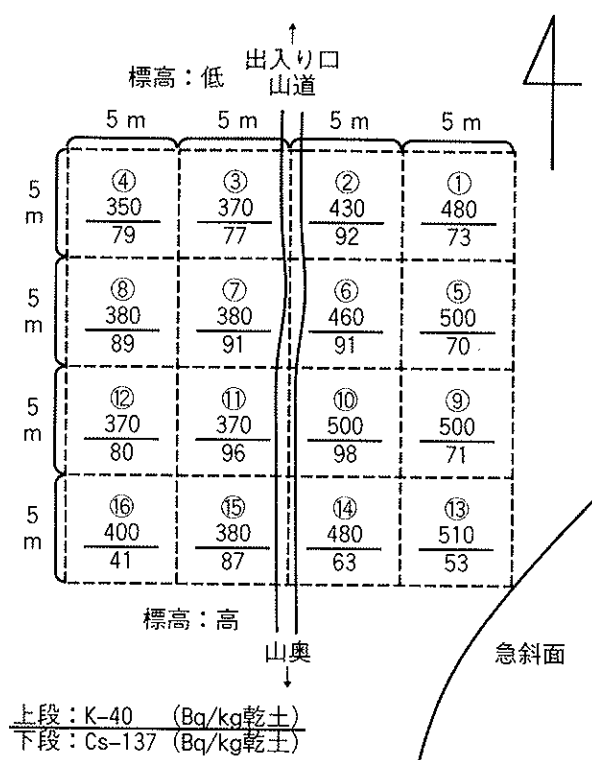


図3 放射性核種の測定結果

で1試料を採取し、それぞれの試料から、石や根を取り除き、105°Cで加熱乾燥処理後、2mmのふるいで石を取り除いたものを土壌とした。土壌試料をさらに乳鉢で粉砕し250μm以下にしたものを測定試料とした。

2・3 測定方法

放射性核種分析は、U-8容器に試料を詰め、ゲルマニウム半導体検出器(CANBERRA製)により、80,000秒測定で行った。

安定同位体元素の定量は、乾燥細土1gを硝酸及び過酸化水素水で分解乾固した後、残留固形物を硝酸+少量の過酸化水素水で加熱溶解後、ろ過を行って調製し、ICP-MS(島津ICPM8500)を用い、内標準法(内標準物質：Y, Pd, Pr等)にて測定を行った。

3 調査結果と考察

3・1 放射性核種の分析結果

土壌中の放射性核種濃度の測定結果を図3に示す。

K-40について、350~510Bq/kg 乾土(平均値430Bq/kg 乾土)であった。山道の左右でそれぞれ350~400Bq/kg 乾土(平均380Bq/kg 乾土)、430~510Bq/kg 乾土(平均480Bq/kg 乾土)と濃度に有意な差があった。Cs-137については41~98 Bq/kg 乾土(平均78Bq/kg 乾土)であった。

中心極限定理³⁾によると、母集団中の測定結果が正規

分布する場合、その中から任意に選んだ4カ所平均値の相対標準偏差は、1カ所選んだ場合の1/2になり9カ所選んだ場合は1/3、16カ所選んだ場合は1/4となる。測定結果についてもし4カ所、9カ所、16カ所の混合採取を行った場合にどのような値になるか算出し、理論値と比較評価を行った。その結果を表1及び表2に示す。

K-40の各地点のばらつきは、全体でRSD(%) (相対標準偏差) 13.9、4カ所平均で11.7(理論値：7.0)、9カ所平均で5.5(理論値：2.3)であり、理論値と比較して大きな値となっていた。

±10%の許容誤差で試料を採取するためには、9地点以上の平均を用いる必要があると考えられる。

Cs-137では、全体でRSD(%) 20.4、4カ所平均で8.2(理論値：10.2)、9カ所平均で4.2(理論値：3.4)であり、理論値と同程度であった。また、K-40と比較してばらつきが小さく、4地点の平均値を用いたとしても十分に±10%の許容誤差内におさまっていた。

3・2 安定同位体元素の分析結果

土壌の安定同位体元素濃度について、放射性核種の分析結果と同様に評価を行った。その結果を表3に示す。

乾燥細土1kgあたり、1g以上含まれていたのは、多い方から順に、鉄(Fe)、カリウム(K)、マグネシウム(Mg)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、0.1g以上含

表 1 K-40の平均値のばらつき

(単位: Bg/kg 乾土)

部位	K-40	部位 (4カ所)	K-40	部位 (9カ所)	K-40	部位 (16カ所)	K-40
①	480	①②⑤⑥	470	①②③⑤⑥⑦⑨⑩⑪	440	①～⑯	430
②	430	②③⑥⑦	410	②③④⑥⑦⑧⑩⑪⑫	400		
③	370	③④⑦⑧	370	⑤⑥⑦⑨⑩⑪⑬⑭⑮	450		
④	350	⑤⑥⑨⑩	490	⑥⑦⑧⑩⑪⑫⑭⑮⑯	410		
⑤	500	⑥⑦⑩⑪	430				
⑥	460	⑦⑧⑪⑫	370				
⑦	380	⑨⑩⑬⑭	500				
⑧	380	⑩⑪⑭⑮	430				
⑨	500	⑪⑫⑮⑯	380				
⑩	500						
⑪	370						
⑫	360						
⑬	510						
⑭	480						
⑮	380						
⑯	400						
最小値	350		370		400		430
最大値	510		500		450		
平均値	430		430		430		
RSD(%)	13.9		11.7		5.5		
RSD(%理論値)	13.9		7.0		2.3		

※ RSD(%) : 相対標準偏差

表 2 Cs-137の平均値のばらつき

(単位: Bg/kg 乾土)

部位	Cs-137	部位 (4カ所)	Cs-137	部位 (9カ所)	Cs-137	部位 (16カ所)	Cs-137
①	73	①②⑤⑥	81	①②③⑤⑥⑦⑨⑩⑪	84	①～⑯	78
②	92	②③⑥⑦	88	②③④⑥⑦⑧⑩⑪⑫	88		
③	77	③④⑦⑧	84	⑤⑥⑦⑨⑩⑪⑬⑭⑮	80		
④	79	⑤⑥⑨⑩	82	⑥⑦⑧⑩⑪⑫⑭⑮⑯	82		
⑤	70	⑥⑦⑩⑪	94				
⑥	91	⑦⑧⑪⑫	89				
⑦	91	⑨⑩⑬⑭	71				
⑧	89	⑩⑪⑭⑮	86				
⑨	71	⑪⑫⑮⑯	76				
⑩	98						
⑪	96						
⑫	80						
⑬	53						
⑭	63						
⑮	87						
⑯	41						
最小値	41		71		80		78
最大値	98		94		88		
平均値	78		83		83		
RSD(%)	20.4		8.2		4.2		
RSD(%理論値)	20.4		10.2		3.4		

※ RSD(%) : 相対標準偏差

まれているのはカルシウム (Ca), ナトリウム (Na), バナジウム (V), バリウム (Ba) であった。

各元素の RSD は, Mn を除いて理論値と同程度のも
のが多く, 9 地点の平均値を用いることにより±10%の

許容誤差内におさまることが分かった。

なお, 試料ごとのばらつきが特に小さかったのは Cs
と Mg で, ±5%の許容誤差内であった。逆に最もば
らつきが大きかったのは Mn であり, 測定結果の評価

表 3 安定同位体元素の分析結果

(mg/kg 乾燥重量)

元素	1カ所ごとの測定結果				4カ所ごとの測定結果					9カ所ごとの測定結果				
	値の範囲	平均値	RSD (%)		値の範囲	平均値	RSD (%)	理論値		値の範囲	平均値	RSD (%)	理論値	
Li	19 ~ 29	25	10.1		22 ~ 29	25	5.7	5.0		24 ~ 25	25	2.3	3.4	
Be	1.0 ~ 1.8	1.3	18.8		1.1 ~ 1.8	1.3	12.2	9.4		1.2 ~ 1.4	1.3	6.3	6.3	
Na	230 ~ 310	260	10.4		230 ~ 310	260	6.4	5.2		260 ~ 270	260	1.9	3.5	
Mg	3,800 ~ 4,700	4,300	4.9		4,100 ~ 4,700	4,200	2.9	2.4		4,200 ~ 4,300	4,200	1.4	1.6	
K	3,900 ~ 5,000	4,500	7.7		4,100 ~ 5,000	4,500	5.1	3.9		4,300 ~ 4,700	4,500	3.6	2.6	
Ca	190 ~ 410	290	23.8		260 ~ 410	290	10.2	11.9		280 ~ 320	290	6.5	7.9	
Sc	5.9 ~ 9.7	7.4	13.0		6.2 ~ 9.7	7.3	9.6	6.5		6.9 ~ 7.7	7.3	4.5	4.3	
Ti	2,100 ~ 3,800	2,900	20.1		2,300 ~ 3,800	2,900	16.2	10.1		2,700 ~ 3,100	2,900	7.1	6.7	
V	150 ~ 200	170	10.5		160 ~ 200	170	7.8	5.2		170 ~ 180	170	3.4	3.5	
Cr	32 ~ 49	37	10.6		34 ~ 49	37	6.2	5.3		37 ~ 38	37	1.4	3.5	
Mn	420 ~ 1,800	1,200	39.8		600 ~ 1,800	1,200	30.0	19.9		1,000 ~ 1,400	1,200	15.2	13.3	
Fe	29,000 ~ 43,000	36,000	11.9		31,000 ~ 43,000	36,000	9.6	6.0		34,000 ~ 38,000	36,000	5.1	4.0	
Co	14 ~ 28	20	20.2		16 ~ 28	20	15.4	10.1		19 ~ 22	20	7.5	6.7	
Ni	27 ~ 43	33	12.0		29 ~ 43	33	8.2	6.0		31 ~ 35	33	5.2	4.0	
Cu	17 ~ 30	24	16.7		20 ~ 30	24	12.1	8.3		22 ~ 26	24	7.6	5.6	
Zn	77 ~ 110	94	10.2		83 ~ 110	94	7.8	5.1		89 ~ 99	94	4.5	3.4	
Rb	54 ~ 69	61	7.6		57 ~ 69	61	5.2	3.8		59 ~ 64	61	3.4	2.5	
Sr	20 ~ 32	26	13.7		21 ~ 32	26	9.8	6.8		25 ~ 28	26	4.8	4.6	
Y	1.8 ~ 5.0	3.4	26.7		2.2 ~ 5.0	3.3	17.9	13.3		2.9 ~ 3.5	3.3	8.0	8.9	
Ag	0.12 ~ 0.25	0.19	18.4		0.16 ~ 0.25	0.19	8.7	9.2		0.17 ~ 0.20	0.19	7.4	6.1	
Cd	0.36 ~ 0.65	0.49	19.7		0.44 ~ 0.65	0.50	8.3	9.9		0.49 ~ 0.51	0.50	1.9	6.6	
Cs	7.8 ~ 9.2	8.4	4.4		8.0 ~ 9.2	8.3	2.2	2.2		8.2 ~ 8.5	8.3	1.6	1.5	
Ba	110 ~ 180	150	18.7		110 ~ 180	140	14.2	9.3		130 ~ 150	140	6.8	6.2	
La	10 ~ 21	16	19.7		12 ~ 21	15	14.6	9.9		14 ~ 16	15	6.4	6.6	
Ce	32 ~ 58	44	17.6		36 ~ 58	43	11.9	8.8		41 ~ 45	43	4.8	5.9	
Pb	31 ~ 50	41	12.1		36 ~ 50	42	6.9	6.1		40 ~ 44	42	3.9	4.0	
Bi	0.70 ~ 0.93	0.83	8.6		0.77 ~ 0.93	0.84	4.2	4.3		0.82 ~ 0.87	0.84	2.5	2.9	
U	1.3 ~ 1.8	1.6	9.3		1.4 ~ 1.8	1.6	5.8	4.7		1.6 ~ 1.6	1.6	0.0	3.1	

※ RSD(%): 相対標準偏差

RSD>10%

イタリック RSD>5%

には注意を要すると考えられる。

4 ま と め

以上の結果から土壌の採取にあたっては、1地点あたり9カ所以上で採取を行い、その混合試料でもって評価を行うのが妥当であると考えられる。

文 献

- 1) 文部科学省：放射能測定法シリーズ16「環境試料採取法」(昭和58年)
- 2) 土壌養分測定法委員会編：土壌養分分析法
- 3) 岸根卓郎：入門より応用への統計理論