

建設省富士川砂防工事事務所 森山裕二  
朝日航洋株式会社 ○荒木春視

## 1. 緒言

移動可能な不安定土砂が厚く分布する斜面は、集中的な降雨とか、融雪で崩壊を起す危険性が高く、昭和57年の長崎災害、また昭和58年の島根災害などを想起するとき、山腹斜面での不安定土砂厚が簡便な方法で推定できれば、今後の砂防計画ばかりか、急傾斜地の防災対策上、効果的な計画をたてられることが期待される。ボーリング、貫入試験、弾性波探査、電気探査等で、不安定土砂の厚さを知ることにはできるが、それらは危険地域での防災対策施設を計画するうえで適切なものであるにしても、危険区域を抽出する方法としては、効率的なものとは言えない。

「空中ガンマ線による不安定土砂の調査法」は10ヘクタール程度の斜面を1つの単位とした不安定土砂厚の探知を目的として考えられたものであり、流域として不安定土砂量が知りたければ、個別の単位を積分すればよい。「空中ガンマ線による不安定土砂の調査法」の発想の根源は、積雪厚の調査にヘリコプターからの空中ガンマ線の測定が有効で、積雪の厚い地区では空中ガンマ線が大きく減衰する、という事実に端を発し、雪を不安定土砂に置き換えてみたものである。

地上での基礎的な実験を踏まえての空中からの実験であり、空中実験に際して作業仮説は次のようなものである。

作業仮説：不安定土砂に雨水、融雪水が滲透するとき、安定地盤から地上へ放射されるガンマ線量は安定地盤上の水頭の大きさに応じて減衰するので、豊水期と渇水期とのガンマ線量の差は不安定土砂厚と正相関を示す。空中から地上ガンマ線量の豊水期と渇水期の2時期における差を測定すれば、不安定土砂厚の分布がわかる。

結果は満足すべきもので、実験フィールドとして使用した早川水系春木川流域（有名な七面山大崩壊地がある）の昭和57年の災害に対する調査結果と照合したところ、おおむねの一致をみた。

以下に春木川流域での実験成果を紹介する。

## 2. 方法

2.1 フォッサマグナ亀裂系調査 春木川（富士川支流早川右支流）本川に沿ってフォッサマグナが走っており、左岸地域は古第三紀の砂岩・粘板岩、右岸地域は新第三紀の海底火山噴出物が分布している。この春木川本川沿いの地上9地点につき、2インチのNaIシンチレータを使い、マルチチャンネル・アナライザによる地上ガンマ線のスペクトル分析を行い、フォッサマグナ付近における亀裂系の調査を行った。また地上データとの対応をみるため、空中からも5インチのNaIシンチレータ8本を使い、空中ガンマ線の観測をベル212型ヘリコプターにAERMS（環境放射線マッピング・システム）を搭載して実施した。

2.2 不安定土砂ポテンシャル調査 春木川流域にはフォッサマグナ帯に発生した構造的な大規模崩壊地と言われている七面山大崩壊地がある。この春木川流域20.9km<sup>2</sup>についてAERMSによる不安定土砂

の調査を次のようにして実施した。地山の構成を安定地盤と不安定地盤とに分け、降雨により含水量が前者において不変、後者において変動すると考えるとき、降水の前後で、地中からの $^{214}\text{Bi}$ ガンマ線量は変化する。この変化量を空中から面的に測定して、不安定土砂厚を推定する。

〔計算式〕

$$| \Delta H | = | 94 \log \left( \frac{N_A}{N_B} \right) | \dots (1)$$

但し、 $\Delta H$ : 不安定土砂厚 (cm)

表1 地上ガンマ線スペクトルの線量比

測点 座	1	2	5	6	7	③	4	⑥	⑨
$^{40}\text{K} / \gamma$	0.0657	0.0648	0.0684	0.0652	0.0706	0.0742	0.0683	0.0751	0.0708
$^{214}\text{Bi} / ^{40}\text{K}$	0.283	0.287	0.239	0.271	0.232	0.222	0.270	0.177	0.204
$^{208}\text{Tl} / ^{214}\text{Bi}$	0.474	0.404	0.459	0.303	0.522	0.408	0.416	0.381	0.410
$^{208}\text{Tl} / \gamma$	0.0088	0.0075	0.0075	0.0053	0.0086	0.0067	0.0077	0.0051	0.0059

昭和50年12月24日測定、○春木川右岸、●測点座のみは春木川左岸

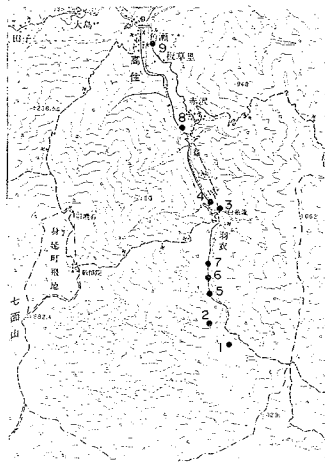


図1 地上ガンマ線測定位置図

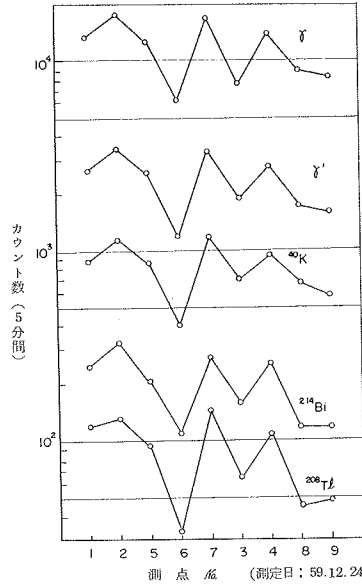


図2 フォッサマグナ付近の地上ガンマ線スペクトル分布

$N_A$ : 季節Aでの不安定土砂表面での $^{214}\text{Bi}$ ガンマ線量 (cpm/ha),  $N_B$ : 季節Bでの同値で、何れも地形補正を加える。

### 3. フォッサマグナ亀裂系調査結果

3.1 地上ガンマ線 図1に示す9地点における測定結果を図2に示す。各スペクトルの観測エネルギー域は $\gamma$  (0.23~3.2 MeV),  $\gamma'$  (0.50~0.80 MeV),  $^{40}\text{K}$  (1.30~1.60 MeV),  $^{214}\text{Bi}$  (1.60~2.00 MeV),  $^{208}\text{Tl}$  (2.40~2.80 MeV)である。測点座 3, 8, 9は春木川右岸データ、他は左岸である。座 6は異常に小さな値で、破碎帯の存在を予想させる。表1は地上ガンマ線の線量比を示したものである。 $^{40}\text{K}/\gamma$ は右岸で高く、 $^{214}\text{Bi}/^{40}\text{K}$ は右岸で小さい。 $^{208}\text{Tl}/^{214}\text{Bi}$ は測点座 6で低く、座 7では高く0.5を越えており、また $^{208}\text{Tl}/\gamma$ についても同じ傾向がみられる。測点座 6の破碎帯は風化作用で形成されたものと推測され、

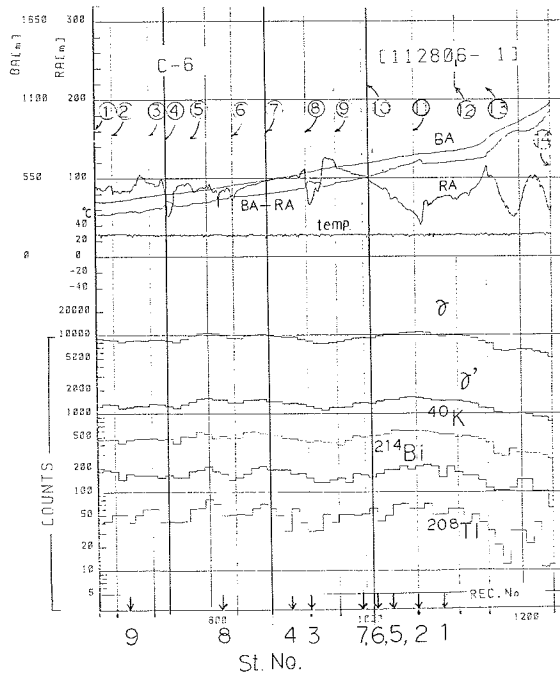


図3 フォッサマグナ上空の空中ガンマ線スペクトル分布 (位置は図6を参照)

測点7には地中深くに通じる亀裂の存在を暗示する。

### 3.2 空中ガンマ線

図3は空中でのガンマ線の分布図であり、それを地上換算したものが表2である。地上と空中とを対応させると、ガンマ線の寄与範囲が両者で異なるにしても、類似したパターンを示す。図4は空中ガンマ線の線量比であるが、地上測点6及び7の特徴を、空中でも明瞭に捉えている。空中ガンマ線のデータによると、地上測点6と7の間及び測点3のやや測点7寄りに亀裂の存在を推測させる。なお、これらの地点の周辺には表層崩れとか、連続する崖部の存在が見られる。

### 4. 不安定土砂ポテンシャル調査結果

#### 4.1 地上ガンマ線の

2時期比較 地上ガンマ線を7月と12月とで、2インチNaIシンチレータで比較測定したものが図5である。各核種のガンマ線とも、冬の渇水期の方が、梅雨明けの夏の豊水期を上回っている。特に $^{214}\text{Bi}$ で差が大きい。

4.2 不安定土砂の分布 空中ガンマ線を豊水期(7月)と渇水期(11月)とで、ペル212型ヘリコプターにAERMSを搭載し、比較観測した。図6は渇水期での観測飛行コースであるが、豊水期も、ほぼ同じコースである。空中ガンマ線の90%地上寄与範囲は600~700m幅となっている。図6に示した斜面区分毎の2時期における $^{214}\text{Bi}$ ガンマ線量の平均値並びに(1)式に従って算出した不安定土砂厚を示すと表3のようになる。なお春木川20.9km<sup>2</sup>の流域から昭和57年度の災害では $1.03 \times 10^4 \text{ m}^3$

表2 空中ガンマ線(図3)の地上換算値\*

C-6					
φ $^{40}\text{K}$ $^{214}\text{Bi}$ $^{208}\text{Tl}$					
FIX	CH5	CH2	CH3	CH4	NO
2	10815	586	186	89	01
0	11122	654	231	69	
0	11285	676	220	87	
0	11996	719	225	113	02
0	12749	756	253	119	
3	12376	697	212	74	
0	11768	713	233	76	03
4	6268	516	175	61	
0	11583	721	194	70	
0	14045	757	265	111	04
5	15136	894	279	111	
0	15242	814	310	142	
0	14986	714	263	127	05
0	12484	752	233	85	
0	12357	688	180	86	
6	11898	692	197	87	06
0	13206	845	231	87	
0	14293	891	297	110	
0	14727	857	322	129	07
0	14350	838	290	113	
7	14118	816	294	94	
0	14025	756	298	56	08
0	14124	741	298	117	
0	13631	712	245	77	
0	12422	686	227	60	09
0	9864	620	163	53	
0	9824	601	143	88	
0	12435	707	222	85	10
0	13696	688	240	114	
9	13807	757	201	106	
0	14297	874	276	101	11
0	14192	815	252	103	
0	13783	845	228	122	
0	14269	828	235	78	12
0	14667	827	278	89	
0	14282	901	270	119	
0	14042	836	285	114	13
0	12412	797	237	93	
0	12146	744	226	99	
11	11946	709	234	97	14
0	12025	742	266	76	
0	11873	723	183	91	
0	11839	748	206	101	05
0	12751	690	234	100	
12	12314	711	202	85	
0	11971	704	210	85	06
0	11045	575	193	68	
0	10986	540	148	57	
13	8785	425	133	18	07
0	7629	368	117	17	
0	6970	422	113	46	
0	6598	334	148	42	08
0	6815	354	157	38	
0	7490	425	117	73	
0	7197	401	123	16	09
0	3404	316	70	16	

\* 5秒間カウント数, 減衰係数  
( $\text{m}^{-1}$ ): CH5 0.00607, CH2  
0.00578, CH3・CH4 0.00679  
を使用(昭和59年11月28日測定)

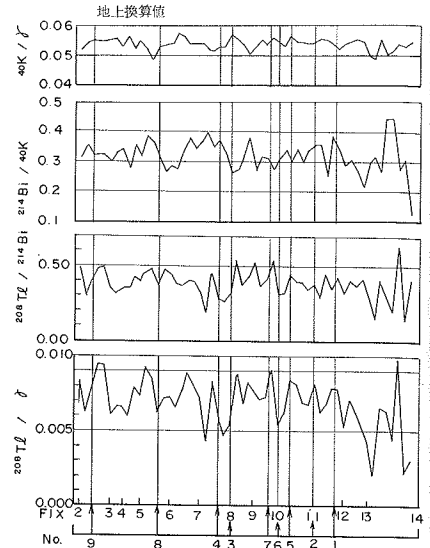


図4 フォッサマグナ付近の空中ガンマ線(地上換算値)スペクトル線量比

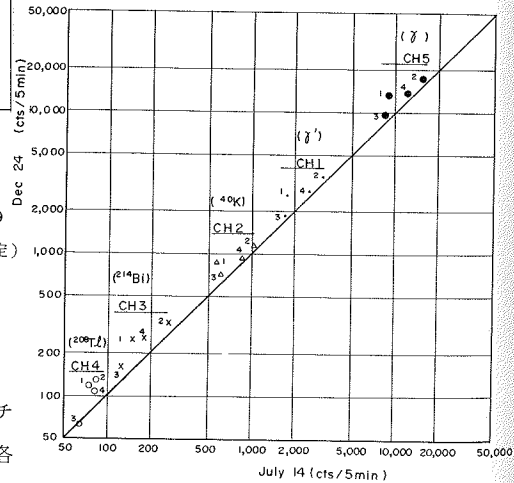


図5 地上ガンマ線量の2時期比較  
(測点位置: 図1参照)

の土砂が流出したと推定されており、これから流出平均土砂厚を逆算すると4.9cmとなっている。また図7は溪流別の不安定土砂厚を、また図8と図9は七面山流域及び白糸滝～鷹取山流域での不安定土砂分布の変化状況を示したものである。

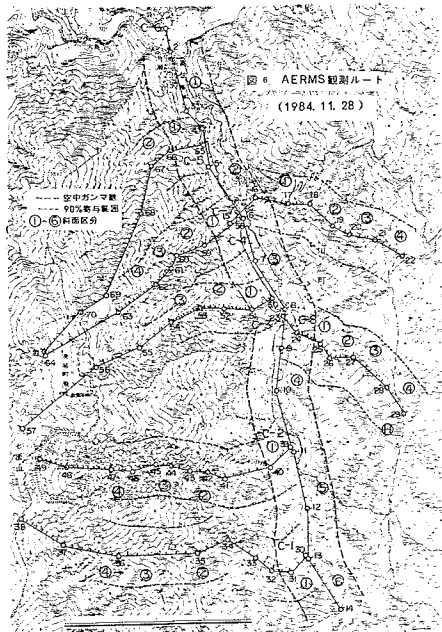
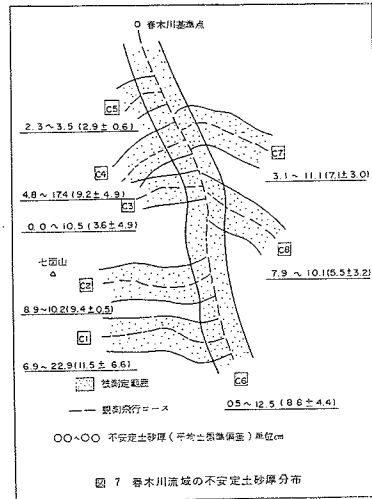


表3 空中ガンマ線量から算定された不安定土砂厚

コース別区分	114 B1 ガンマ線量 (cpm/ha)		不安定土砂厚 (cm)	コース別区分	114 B1 ガンマ線量 (cpm/ha)		不安定土砂厚 (cm)
	July 22	July 23			July 22	July 23	
C1	1	423	74.5	C5	1	67.8	73.8
	2	59.8	70.8		2	87.2	82.6
	3	85.4	104.4	C6 (本川)	1	53.8	74.9
	4	96.7	117.4		2	73.4	84.9
C2 (七面山)	1	70.9	88.1	3	71.5	96.6	
	2	83.8	104.4	4	69.4	87.8	
	3	96.8	124.3	5	56.5	76.8	
	4	106.7	134.3	6	43.5	42.8	
C3	1	76.3	75.5	C7	1	46.2	53.2
	2	91.7	91.8		2	73.0	95.8
	3	99.6	128.8	3	52.2	42.7	
	4	86.3	132.0	4	27.1	25.1	
C4	1	114.1	134.4	C8	1	40.8	44.4
	2	95.2	116.0		2	36.8	38.2
	3	97.8	109.9	3	40.8	48.1	
	4	97.8	109.9	4	36.7	47.0	



4.3 災害時の流送土砂量 春木川流域で57年度と同規模の災害が発生したとして、各溪流毎の流送土砂量を推定してみると表4のようになる。ここでは残土率を58.9%の一律で算出している。

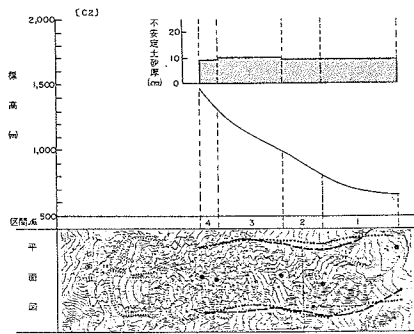


図8 七面山流域の不安定土砂分

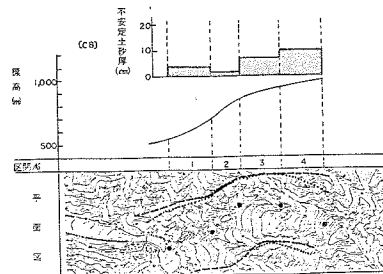


図9 白糸滝～鷹取山の不安定土砂分布

5. 結論 「空中ガンマ線による不安定土砂の調査法」は調査対象地における全ての不安

定土砂からの物理情報を直接的に収集しているという点で、既存の技術には無かったものであり、今後、調査事例を重ね、作業仮説を検証していく必要があると考える。なお、ここで不安定土砂厚としているものは厳密には2時期での水頭差である。

表4における $A_i$ を不安定度、 $A_i \cdot 4H$ は不安定ポテンシャルとして理解しておくべきものであり、その目安という意味で不安定土砂厚並びに不安定土砂量という表現を用いて、既存の表現法との整合をとった。

表4 不安定土砂量及び災害時の流送土砂量

コース別区分	流送土砂量 (t)	不安定土砂厚 (cm) $\times 4H$	不安定土砂量 ( $\times 10^4 t$ )	災害時の土砂量 ( $\times 10^4 t$ )
C1	3.77	11.5	43.36	25.52
C2	2.04	9.4	19.18	11.29
C3	1.12	3.6	4.03	2.37
C4	1.57	9.2	14.44	8.50
C5	1.68	2.9	4.87	2.87
C6	8.52	8.8	74.98	44.14
C7	1.38	7.1	9.80	5.77
C8	0.82	5.5	4.51	2.65
合計	20.9	8.4	175.17	102.11

\* 延原建設社 \*\* 昭和58年度災害調査報告書掲載数値