

朝日航洋(株) 荒木春視・○高田和典・山根 昇・嫁兼敏和

1. 緒言 昭和59年9月14日、長野県王滝村を震源地にマグニチュード6.9、震度6の地震が発生し、長野県西部地震と命名された。昭和59年9月30日から10月1日にかけて、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）の装置を搭載し、地震災害地における、環境ガンマ線、カラービデオ映像、熱赤外ビデオ映像、放射温度の観測を行なった。本観測は地震災害の要因解析のための情報収集と、防災に対する新技術の開発を目的に実施されたものである。

2. 御岳大崩壊地

2.1 数値地形モデル 伝上川源頭部に発生した御岳大崩壊は、降水による沢筋への崩壊といった経過ではなく、尾根筋が地震で崩れ落ち、沢筋の伝上川を下流へと崩壊した土石が一体化して、一気に流れ去るといったものであった。図1は地震前後の伝上川源頭部を20mメッシュで示した数値地形モデルであるが、尾根部が地震により谷状地形に変容しているのがわかる。ここでの変容量を地震前後での地形面の高低差として示したものが図2であり、変容量が-150mにも達している部分もみられる。

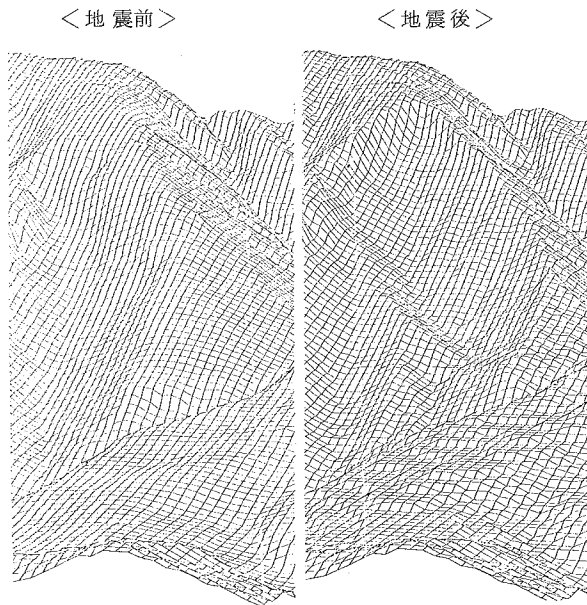


図1 伝上川大崩壊地の数値地形モデル

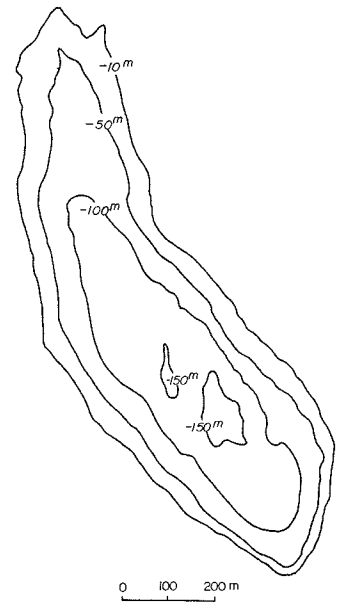


図2 地形面変動厚コンター

2.2 崩壊地の温度分布 AERMS（環境放射線マッピングシステム）を搭載したベル212型ヘリコプターの飛行コースを図3に示す。図3から分かるように地上の各種情報は伝上川沿いに崩壊斜面を北上するコースと、崩壊地の頂部を横断するコースとで収集されている。対地飛行高度は平均して測点53～54（伝上川）が124m、測点54～55（崩壊地）が136m、測点78～79（崩壊地頂部横断）

が160 mである。図4にAERMS(放射温度)観測結果を示す。図4の上図はAERMSの気圧高度計と電波高度計から得られた地表面高度であり、下図は地表面の放射温度である。図4から次の諸点が指摘できる。

- 1) 伝上川の水面温度は14°Cであるが、崩壊斜面にも14°C台の部分がある。温度の低さからみて、溜り水ではなく、地下水の水頭部と判断される。
- 2) 崩壊地の西斜面が16~18°Cであるのに対して東斜面は14~15°Cと低い。観測時の天候は晴、時刻が午後2時30分頃であり、崩壊地の地形からみて西斜面より東斜面の方が日照状況からみて地表面温度は高くてもよい。東斜面は地下水の浸潤を受けて低温になっていると推測される。
- 3) 林地の樹冠温度は11~13°Cと低く、裸地及び水部から明瞭に区別できる。
- 4) 崩壊地での最高地表面温度は19°Cで、これを火山噴気孔の徴候地とみることはできない。

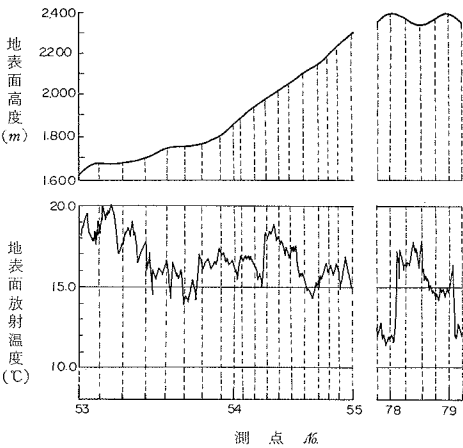


図4 AERMS(熱赤外線)観測結果

(1.30~1.60 MeV), ラドン娘元素のビスマス214(1.60~2.00 MeV), トロン娘元素のタリウム208(2.40~2.80 MeV)となっている。図5から次の諸点がわかる。

- 1) 伝上川河道(測点53~54)と崩壊地(測点54~55)とを平均値で比較するとき、各ガンマ線量とも崩壊地で増大し、環境ガンマ線総量で15,037カウントから16,313カウントと8.5%増となっている。その内分けをみると⁴⁰Kが872→913の4.7%増,²¹⁴Biが309→327の5.8%増,²⁰⁸Tlが103→132の28.2%増と

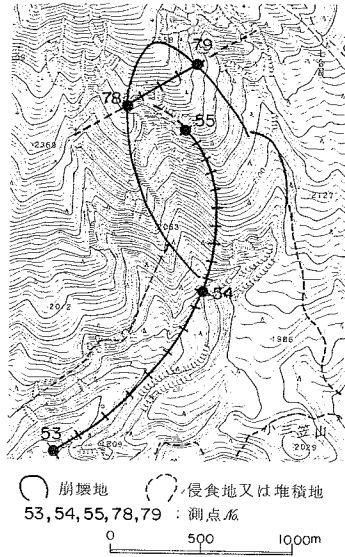


図3 AERMS観測コース(地震前地形)

の徴候地とみることはできない。

2.3 崩壊地のガンマ線分布 図3の飛行コースからAERMSにより観測された崩壊地の環境ガンマ線分布を図5に示す。ガンマ線量は5インチNaIシンチレータ8本により観測された5秒間カウント数からバックグランドを差し引いて地表面換算したものである。図5の上段から環境ガンマ線の総量 γ (0.15~3.00 MeV), カリウム40

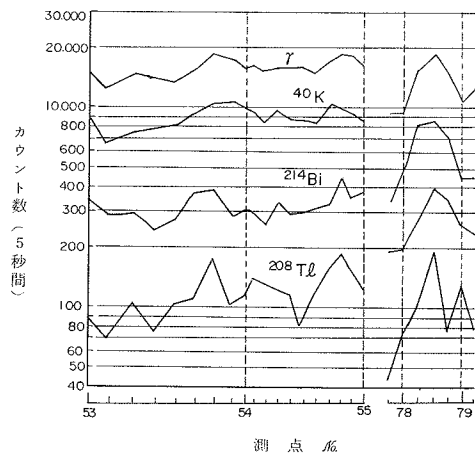


図5 AERMS(環境ガンマ線)観測結果

なっており、崩壊地ではタリウム 208 が異常に高くなっている。

2) 崩壊地の頂部において、崩壊部分と林地とを平均値で比較するとき、各ガンマ線量とも崩壊地が大きくなっており、環境ガンマ線総量 γ は 10,492 カウントの林地に対して崩壊地では 53.9% 増の 16,149 カウントとなっている。その内分けは ^{40}K が 425/795 の 87.1% 増, ^{214}Bi が 221/333 の 50.7% 増, ^{208}Tl が 120/150 の 50.0% 増で、 ^{40}K の崩壊地での増大が目立つ。次に各ガンマ線の比率を算出してみたものが表 1 であり、ここでの特徴をまとめると以下のようになる。

(1) タリウム 208 とビスマス 214 の比率をみると、河道(測点 53~54)の平均が 0.331、崩壊地(測点 54~55)が 0.406 の 23% 増となっており、崩壊地ではタリウム 208 がビスマス 214 に対して相対的に増大している。

(2) タリウム 208 の環境ガンマ線総量に対する含有率も崩壊地が河道の 22% 増となっている。

(3) 崩壊地では標高(崩壊前) 2,100 m 以上と以下とでビスマス 214 とカリウム 40 の比率を比較するとき、2,100 m 以上が平均 0.390 で、2,100 m 以下の 0.329 に対して 18.5% 大きく、崩壊地の中腹から冠頂部にかけて ^{214}Bi が ^{40}K に対して相対的に増大している。なお、その区域は崩壊地中の地表面温度の低くなる部分でもある。

3. 御岳南山麓地域

3.1 タリウム 208 の異常分布 タリウム 208 とビスマス 214 のガンマ線量比 $^{208}\text{Tl}/^{214}\text{Bi}$ が 0.50 以上で、かつ環境ガンマ線の総量に対するタリウム 208 の比率 $^{208}\text{Tl}/\gamma$ が 0.009 以上の個所を抽出すると表 2 のようになる。また図 6 はヘリコプターの機内で観測されたペンレコーダ出力を地形図上に移写したもので、地上換算及びバックグラウンドを差引く前の、 $^{208}\text{Tl}/^{214}\text{Bi}$ 比が 0.6 以上の地区を示したものである。これらの個所は表 1 に併記した阿寺断層での観測値に近似しているものであり、その点から異常個所として扱った。表 2、図 6 から大又川、鈴ヶ沢、樽ヶ沢に異常個所の多いのがわかる。

3.2 タリウム 208 の異常と災害 垂直カラービデオ映像を判読し、災害地を抽出してタリウム 208 の異常地と比較対照してみた結果、地中に軽石層の分布する地区では紛体化した軽石が地表に噴出し、陥没又は地滑り、崩壊を誘発して地形変形による災害をもたらしていることがわかった。それは沖積低地で地震時におこる噴砂現象に似ている。

表 1 伝上川上流部の環境ガンマ線量比

観測点	$^{208}\text{Tl}/^{214}\text{Bi}$	$^{208}\text{Tl}/\gamma$	$^{214}\text{Bi}/^{40}\text{K}$
53	0.251	0.006	0.386
	0.244	0.006	0.428
	0.342	0.007	0.390
53	0.306	0.005	0.316
	0.368	0.008	0.331
	0.292	0.007	0.400
	0.448	0.009	0.369
	0.360	0.006	0.266
54	0.371	0.007	0.338
	0.472	0.009	0.309
	0.503	0.009	0.306
	0.363	0.008	0.342
	0.406	0.008	0.336
	0.275	0.005	0.344
	0.380	0.008	0.374
	0.475	0.009	0.320
	0.426	0.010	0.444
	0.432	0.009	0.375
55	0.326	0.008	0.437
78	0.232	0.005	0.547
	0.376	0.008	0.415
	0.380	0.007	0.326
	0.467	0.010	0.460
79	0.220	0.005	0.478
	0.483	0.012	0.582
	0.322	0.006	0.541
	0.578	0.010	0.324
坂下付近 (阿寺断層)	0.544	0.009	0.360

表 2 ^{208}Tl の異常箇所数

No	流域名	^{208}Tl の異常箇所数
A 1	上黒沢~白川	7
	白川~王滝川(山地)	2
	臈川	3
	白川	0
B 1	樽ヶ沢	10
	大又川	13
	湧口沢	5
	鈴ヶ沢	10
	濁川	3
	御岳南山麓	1
	伝上川源頭部	0
C 1	白川(西野川)	5
	西野川	3

* $^{208}\text{Tl}/^{214}\text{Bi}$ 0.5 以上
 $^{208}\text{Tl}/\gamma$ 0.009 以上

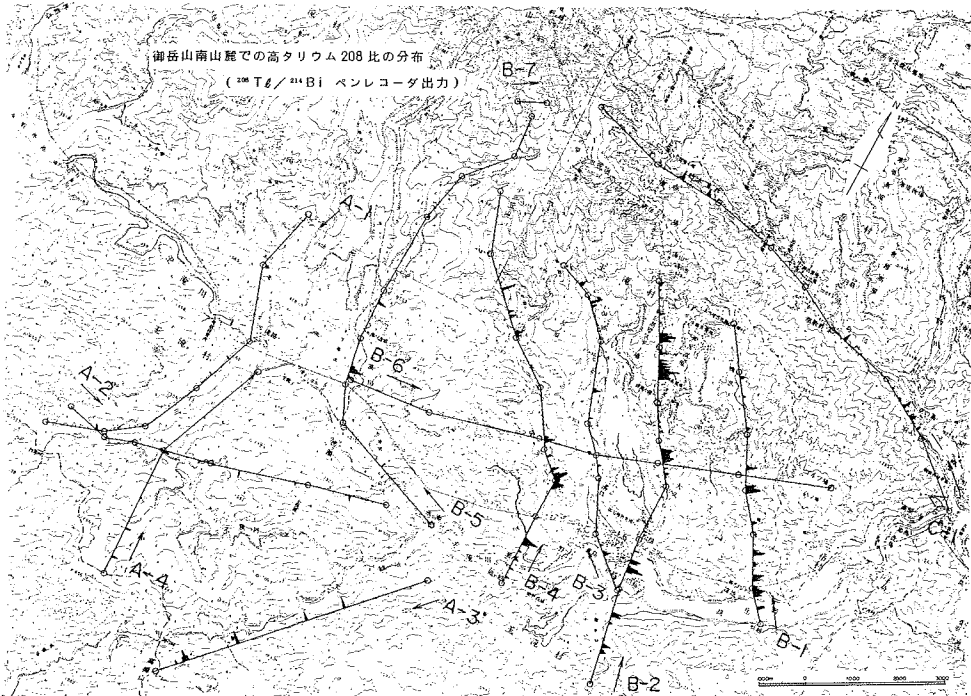


図6 御岳山南山麓での高タリウム 208 比の分布 ($^{208}\text{Tl}/^{214}\text{Bi}$ ペンレコーダ出力)

4. 亀裂系と AERMS 情報

タリウム 208 ^{208}Tl が異常に高く、 $^{208}\text{Tl}/^{214}\text{Bi}$ が 0.50 以上の地区ではマグニチュード 6.9 の長野県西部地震で、地中の軽石層が粉体化し、地下水を伴って地上に噴出してきている。タリウム 208 は地中亀裂に関する情報を提供しているものと判断される。

ビスマス 214 御岳大崩壊地の東斜面は地表面温度が低く、地下水頭の地表近くにあることがわかる。ここではラドン娘元素のビスマス 214 も多く、 $^{214}\text{Bi}/^{40}\text{K}$ が増えており、ラドンが地下水中に集積する性質のあることを考えるとき、ビスマス 214 と放射温度とから伏流している地下水に関する情報をとることができる。

御岳大崩壊地 崩壊地のタリウム 208 の存在量は $^{208}\text{Tl}/\gamma$, $^{208}\text{Tl}/^{214}\text{Bi}$ とも河道より 20% 以上も多くなっている。阿寺断層と比較するとき、崩壊地の亀裂を断層として評価することは、タリウム 208 値から疑問だが、崩壊地の下方に $^{208}\text{Tl}/^{214}\text{Bi}$ が 0.50 を越えている部分もあり、亀裂の存在が推測される。こうした軽石層が地上に噴出できるほどの亀裂の存在に加え、崩壊前の山腹には小規模の亀裂があり、地下水も東側より供給されている。そこに軽石の存在したことが、斜面の地形勾配の急なことと相伴って、大崩壊の大きな要因になったものと推測される。

災害時の情報収集と要因解析用にヘリコプター搭載型の AERMS (環境放射線マッピング・システム) を開発し、長野県西部地震で王滝村周辺の災害地での環境ガンマ線、熱赤外線、可視光線の各電磁波情報を収集したところ、多くの極めて貴重な情報のとれることが明らかになった。特にガンマ線に関しては、既存の資料がないこともあって、その成果には、はかり知れないものがある。