

49 地すべり地の空中ガンマ線異常について

— AERMSによる長野市地附山及び岡谷市大久保付近の調査 —

朝日航洋(株) 荒木春視 ○ 嫁兼敏和

1. 岩盤亀裂と地すべり

地殻応力は地層に引っ張り応力または圧縮応力として働き、断層破砕帯や、背斜・向斜軸での亀裂を形成する。地表でも、斜面の頂部付近には常時、引っ張り応力が作用し、視認出来る程に、割れ目が開がなくても、空気のような気体ならば通れる、微細な隙間のできる事がある。この事は、土壌・崩積土では改めて取り上げるまでもないが、岩盤の場合、岩盤地すべりにおける素因となるので、地すべり危険地を推測するうえで、貴重な情報となる。この微細な亀裂の分布が、地中からの放射性気体、ラドン・トロン動態により探る事ができれば、岩盤地すべり地での危険度評価に有益な手段となる。

本研究は地すべり危険地の、ラドン・トロン動態から予測する技術の開発を目的に実施されたものである。実験フィールドには長野市地附山と岡谷市大久保付近を選んだ。前者は地附山地すべり、後者は遺跡の発掘のさいに発見された地すべりブロック断層として知られているものである。

2. ラドン・トロン動態調査

放射性元素であるラドン・トロンはウラン・トリウムの放射性壊変により生成された気体で、半減期はラドンが3.82日、トロンが55.6秒、と気体として自由に動き回れるのは僅かの時間であって、その後は固体として粒子に付着したり、地下水中を浮遊したりすることになる。このようなラドン・トロン動態を調査する目的で、AERMSを使用し、対象地の空中ガンマ線をヘリコプターから観測した。AERMSはラドン・トロンを直接に測定するのではなく、娘元素であるビスマス214・タリウム208を観測するもので、間接的にラドン・トロン動態を知ることが可能となる。AERMSでは5インチ・シンチレータ8本により自然ガンマ線を捕捉しており、214Bi、208Tlのほか、40K及び環境ガンマ線 γ をスペクトル毎に分離して測定できる機能を持っている。また、地表温度センサ・高度センサも組み込まれており、更にカラービデオカメラとも同期の取られたシステム構成となっている。その際、観測結果は0.5秒毎に記録され、観測飛行コース別に、地形断面図に対応させて地表温度、 γ 、40K、214Bi、208Tlがコンピューターにより自動的に出力される。

3. 長野市地附山地すべり地の空中ガンマ線調査

3.1 地すべり地の旧地形 地形図と航空写真を映像デジタル処理し、2次元の正射変換式により座標転換して、両者を重ねてみたものを、写真1～3に示す。写真1は地すべり斜面に、道路が建設される前のもの、写真2が道路が建設され、地すべりをおこす前のもの、写真3は地すべり後のもの、である。

これらの地すべり発生前後の航空写真から、1) 旧地形は地すべり地形としてのパターンである、舌部の緩斜面と末端の急斜面、滑落崖を想像させる急斜面、示す、2) 今回の地すべりでは滑落崖が、急傾斜面を山頂へとのび、新たな地すべり地形を作っ

ている、3) 特に、集水地形になっていたわけではない、と言った事が分かる。従って、反復して地すべりを起こし易い地盤である、その要因が地質にある可能性が指摘できる。当地の基盤岩である凝灰岩に、滑落崖付近で微細な亀裂が入っており、そこが素因となって、地すべりが発生したのかもしれない。

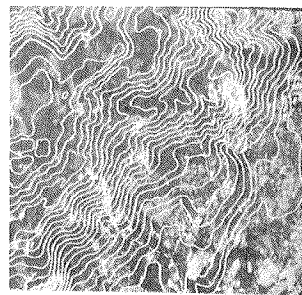


写真1. 地附山付近の旧写真地図



写真2. 地附山付近の地すべり前の写真地図

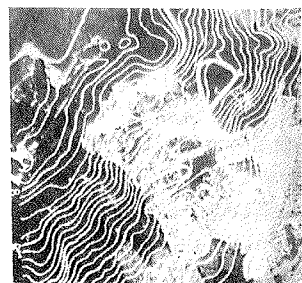


写真3. 地附山付近の地すべり後の写真地図

3. 2地すべり地の空中ガンマ線分布

3. 2. 1 環境ガンマ線 γ 地附山地すべり地を図1の方向に飛行し、空中ガンマ線の観測をおこなった。観測結果は図2及び表1に示す通りである。これから環境ガンマ線 γ については次のような事が分かる、1) 図2をみても、異常な変化は見当たらない、しかし、2) 表1によると、地盤高GHが479mから629mにかけて環境ガンマ線 γ が高く、なかでも565mから629mで多くなっている。なお、この付近には地すべり前に道路が建設されていた。

3. 2. 2 滑落崖付近でのトロン分布 図2によると、地すべり地の付根付近でタリウム208が異常にふえており、それは他のガンマ線では見られない。写真4は、この変化の状況を、時系列的に、ビデオ映像上で示したものであるが、写真の上段の4列目のタリウム208に注目すると、滑落崖付近で異常に増大しているのが分かる。

3. 2. 3 地すべり地の亀裂分布 タリウム208とビスマス214の比率を表1からみると、地すべり地では0.5を越えるものは無く、また、タリウム208の含有率である $208Tl/\gamma$ も0.009以下と少ない。しかし、地すべり地を詳細に観察するとき、図2から明らかのように、滑落崖付近で $214Bi$ と $208Tl$ が接近し、 $208Tl/214Bi$ は異常に増大している。局所的にみると、地すべり地の滑落崖付近で亀裂が発達している、と判断される。

3. 2. 4 地すべり地のラドン分布 ラドンの地すべり地での変動に特徴的な事項を見出すことは難しいが、滑落崖を越えるとトロン ($208Tl$) は減少するのに、ラドン ($214Bi$) は目立った変化がない、のが特徴と言えるかもしれない。

3. 2. 5 カリウム40 自然界のガンマ線にはラドン・トロンのほかにカリウムの同位元素の、40Kがある。この元素は固体であるので、水に溶けることはあっても、気体のように自由に移動することはできない。

カリウム40は地すべり崩壊地で高くなっており、表層付近の土層では土塊が攪乱をうけて密度の高いものが地表に現れている、ことによるのであろう。

3. 2. 6 地すべり地の地表面温度 倒壊した樹木の部分、裸地、住宅の順に温度が高く、土壌水分の特に高い部分を見いだすことは出来なかった。

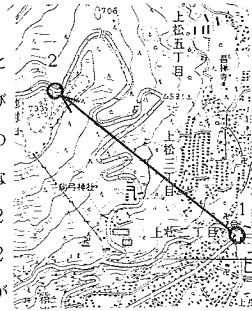


図1. 地附山地滑り地の空中ガンマ線観測コース

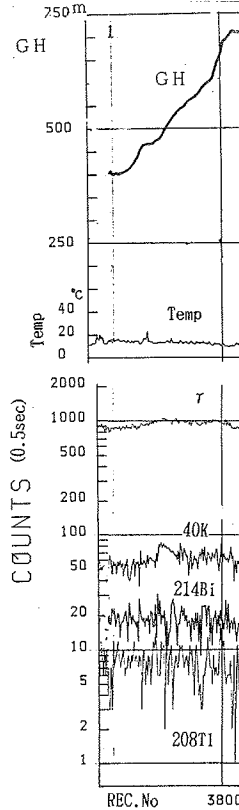


図2. 地附山地滑り地の空中ガンマ線観測出力図 (空中観測値)

写真4. AERMSによる地附山付近の空中ガンマ線観測結果 (2:40K, 3:214Bi, 4: 208Tl, 5: γ , 単位:0.5秒間カウント数)

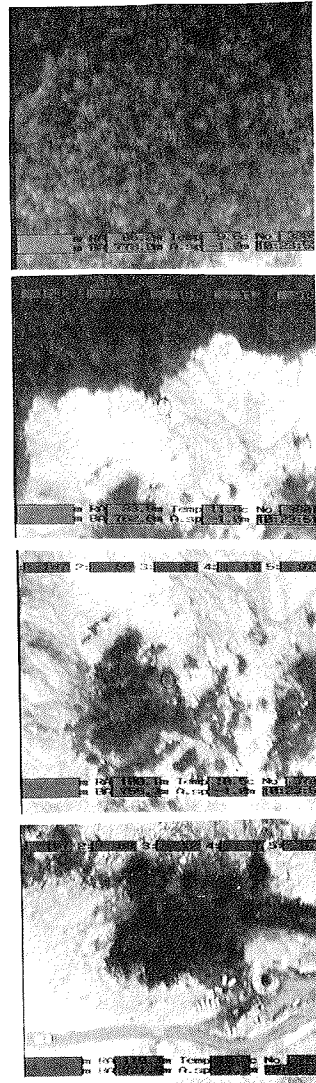


表1. 地附山付近のAERMSによる空中ガンマ線測定結果 (地上換算5秒間値)

REC.No	No	GH (m)	Temp (°C)	γ	40K	214Bi	208Tl	$208Tl/214Bi$	$208Tl/\gamma$
3701	1	403.7	15.0	13435	861	319	115	0.361	0.009
3711	0	407.8	14.1	14283	817	298	126	0.423	0.009
3721	0	435.1	13.5	14024	855	290	126	0.434	0.009
3731	0	466.1	15.4	14019	878	270	118	0.437	0.008
3741	0	479.0	12.8	16526	1182	340	141	0.415	0.009
3751	0	515.8	13.6	16179	1164	298	129	0.433	0.008
3761	0	544.5	13.0	16455	1127	306	143	0.467	0.009
3771	0	565.5	12.7	17209	1025	299	137	0.458	0.008
3781	0	590.6	12.6	17927	1239	375	126	0.336	0.007
3791	0	628.7	11.2	18539	1214	331	149	0.450	0.008
3801	0	694.3	10.1	14772	1009	284	102	0.359	0.007
3811	0	708.2	11.8	14259	929	256	89	0.348	0.006
3821	0	692.3	10.5	13564	790	336	87	0.259	0.006

4. 岡谷市大久保遺跡付近の空中ガンマ線調査

4. 1 大久保遺跡付近の断層 長野県埋蔵文化財センターが遺跡の発掘調査の際に発見された断層で、表層部を構成する腐植土層の一部まで変位させている。この大久保遺跡は図3に示す位置にあって、糸静線活断層系から600~700m離れている。この断層は過去に繰り返して活動しており、1万年の間に3回のイベントがあったといわれている。しかし、糸静線活断層系とは変位の向きが異なっていることから、広域的な応力場に支配されて活動しているものではなく、大規模な地すべりにより形成された断層であると考えられている。

4. 2 断層付近の空中ガンマ線分布

4. 2. 1 環境ガンマ線 γ 大久保遺跡付近を図4の方向に飛行し、空中ガンマ線の観測をおこなった。観測結果は図5及び表2に示す通りである。ここでバス・ポイントNo. 12が大久保遺跡の上空に対応し、大久保遺跡付近では幾分、環境ガンマ線 γ の小さくなる傾向が見られる。コース全般についても変化が滑らかで、取り立てて言えるような特徴はみあたらない。

4. 2. 2 遺跡付近でのトロン分布 図表によると、前後と比べて、やや大きいが絶対値は小さい(208T1)。コース全般を見た場合に、バス・ポイントNo. 13~14でトロンが傾向的に高くなっている。

4. 2. 3 遺跡付近の亀裂分布 トリウム208と、ビスマス



図4. 岡谷市付近の空中ガンマ線観測コース

214の比率を表2からみると、大久保遺跡では0.636と高い。しかし、トリウム208の含有率である208T1/ γ は0.008で、必ずしも高くない。コースの全般については、208T1/214Biが0.5以上、208T1/ γ が0.010以上の個所が6地区もあり、その内の5地区はバス・ポイントNo. 13~15に分布する。

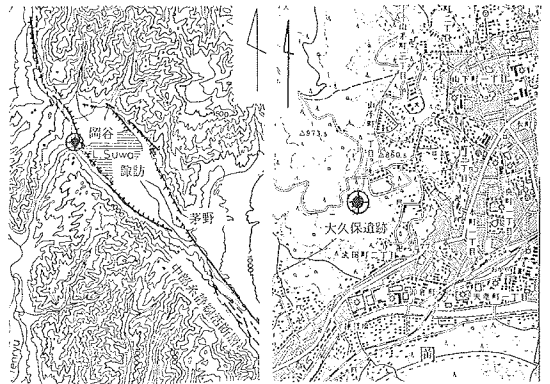


図3. 岡谷市大久保遺跡と中部糸静線活断層

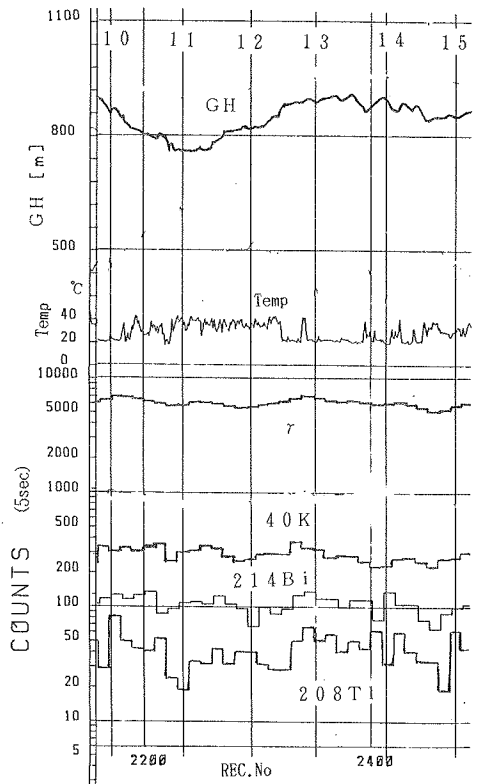


図5. 岡谷市付近の空中ガンマ線観測出力図(地上換算値)

4. 2. 4 遺跡付近のラドン分

表 2. 岡谷市付近の AERMS による空中ガンマ線測定結果 (地上換算 5 秒間値)

布 大久保遺跡付近でのラドン分

布をみると、図 5 のバスポイント

N o. 1 2 が遺跡付近であるが、

ここではラドン (214Bi) の

低下がみられる。

4. 2. 5 カリウム 40

遺跡付近でのカリウム 40 の変動

に特徴的な事項は見い出せない。

コース全般ではバスポイント

N o. 1 3 ~ 1 4 で小さく、特に

N o. 1 4 で低下している。

4. 2. 6 糸静線活断層との

比較 バスポイント N o. 1 3 ~

1 4 付近を糸静線活断層が通り、

その影響をうけていると考えたと

、大久保遺跡付近の断層との同異

は次のようになる。

1) 208T1 / 214Bi は

両者とも、0. 5 を越える

2) 208T1 が遺跡断層では

小さく、また 208T1 / r も 0. 008 と低い。

5. 空中ガンマ線の再現性

5. 1 方法 データの再現性は評価・解析に際して、精度水準を明確にする上で、必要条件である。ここに報告するのは大久保遺跡断層の調査の際に、往路と復路で比較したものである。図 4 点線が往路コース、実線が復路コースで、復路での観測結果を図 5、往路を図 6 に示してある。

5. 2 往路と復路での比較 バスポイントの N o. 8 / 11、N o. 7 / 11 は、ほぼ近い位置にある。これらを軸にして左右が対称になっていれば、再現性もとれている事になる。図 5 / 6 を比較してわかるように、空中での観測である事を考える時、この程度の再現性がえられるものならば、当面の対象には充分に対応できる、と判断している。

6. 結論

- (1) 長野県地附山の地すべり地において、滑落崖付近の空中ガンマ線の、カリウム 208 が異常に多かった
- (2) 岡谷市大久保の、地すべりブロック断層において、208T1 / 214Bi が 0. 50 以上となっていたが、208T1 / r が 0. 08 以下であった
- (3) 空中ガンマ線の再現性は良好で調査の目的に対応できる。

REC.No	NO	GH(m)	Temp(°C)	r	40K	214Bi	208T1	208T1/214Bi	208T1/r
2160	0	887.7	21.3	9140	488	172	44	0.256	0.005
2170	10	864.5	22.1	10528	463	197	126	0.640	0.012
2180	0	836.3	27.3	11432	559	202	86	0.426	0.008
2190	0	813.7	34.1	11944	549	237	79	0.333	0.007
2200	0	801.6	30.3	11573	611	256	78	0.305	0.007
2210	0	797.7	27.9	10992	644	158	90	0.570	0.008
2220	0	775.6	32.5	11145	484	191	42	0.220	0.004
2230	11	762.1	36.3	12039	623	225	46	0.204	0.004
2240	0	761.1	38.2	12493	633	221	67	0.303	0.005
2250	0	764.0	36.0	12243	698	220	64	0.291	0.005
2260	0	786.4	35.0	11043	614	240	78	0.325	0.007
2270	0	811.0	35.2	9953	480	188	58	0.309	0.006
2280	0	817.7	36.4	9452	430	172	72	0.419	0.008
2290	12	820.5	35.9	9845	458	121	77	0.636	0.008
2300	0	825.6	35.6	10646	522	178	58	0.326	0.005
2310	0	846.4	38.7	10147	503	149	54	0.362	0.005
2320	0	875.5	22.3	9257	429	145	47	0.324	0.005
2330	0	886.7	26.3	9374	536	182	73	0.401	0.008
2340	13	893.1	24.9	9628	450	189	96	0.508	0.010
2350	0	893.2	22.4	9222	441	163	71	0.436	0.008
2360	0	903.0	22.0	8466	358	157	83	0.529	0.010
2370	0	896.9	22.6	8650	391	138	58	0.420	0.007
2380	0	902.2	20.7	8359	371	158	69	0.437	0.008
2390	0	873.7	27.0	9616	389	186	64	0.344	0.007
2400	0	890.0	23.4	8612	330	112	89	0.795	0.010
2410	14	890.1	23.6	8624	330	197	46	0.234	0.005
2420	0	875.9	25.7	9347	409	165	95	0.576	0.010
2430	0	877.4	23.2	8948	400	163	63	0.387	0.007
2440	0	862.7	29.1	9183	408	129	51	0.395	0.006
2450	0	846.5	35.2	9213	411	122	57	0.467	0.006
2460	0	852.5	28.5	8958	438	149	37	0.248	0.004
2470	15	855.5	30.9	9148	431	159	99	0.623	0.011
2480	0	864.7	32.3	9431	460	164	65	0.396	0.007

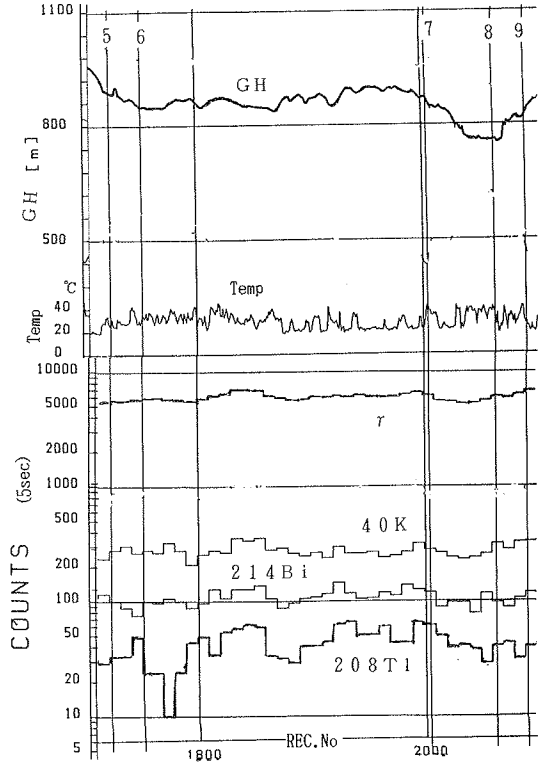


図 6. 岡谷市付近の空中ガンマ線観測出力図 (往路、地上換算値)