地中ガスの挙動から見た日本の地体構造 —— γ 線リモートセンシング——

Bed Gases Behaviors of Geotectonic Lines in Japan —— γ Ray Remote Sensing——

荒木 春視*
Harumi ARAKI

Abstract: Bed gases (radon and thoron) behaviors of the following geotectonic lines were clarified by the airborne gamma ray remote sensing with a helicopter; Tanakura line dividing the Japanese Islands into southwest and northeast, Itoigawa-Shizuoka line traversing the Islands from north to south, and Median Tectonic line dividing Southwest Japan into inner zone and outer zone. As the results of closer investigations, some excellent relations were recognized, as followings;

- (1) For non seismic zone: Thoron, thoron/potassium and thoron/radon in Abukuma mountainland (mainly andesite and metamorphic rock) are rare.
- (2) For collapsed zone: Radon and thoron in great land failure zone (Shimanto group) on Mt. Shichimenzan are plenty.
- (3) For bed water (in Shimanto group): In case of lower pressure of pore water in the bed, radon increases but thoron/radon decreases.
- (4) For geotectonic lines and diastrophism: Thoron, thoron/potassium, and thoron/radon increase in order of Tanakura line, Itoigawa-Shizuoka line, and Median Tectonic line in proportion to the scales of tectonic movement.

In conclusion, in Abukuma mountainland where bed gases are unactive, no evidence of the active faults and the distructive earthquakes shows. However, on Median Tectonic line where bed gases are active, some large scale earthquakes had occurred in the geological age.

1. 緒 言

東北地方で地震が多く発生しているのは、日本海溝までの東方海域で、沖合地震にはマグニチュードM8級の大規模なものも少なくない。しかし東北地方の太平洋側に伸びる阿武隈山地には活断層も、被害地震も殆ど無い。この山地の西側には地質構造の大きな境目となっている低地帯があり、火山、地震、活断層も、この低地帯の西方で多くなる¹⁾。この低地帯を棚倉構造線が走り、日本列島を西南日本と東北日本に分けて

いる。また日本列島中央部にはフォッサマグナ帯が広がり、その西縁を糸魚川—静岡構造線が走っている。この構造線はマグニチュードM7～8級の大地震を発生させる能力を持つ大断層帯で、松本以南の、この構造線の中部には顕著な地震を歴史時代に記録していない¹⁾。更に、四国の山地とその北側の瀬戸内の低地との間には、日本列島最大の断層、中央構造線がある。この大断層は最近の地質時代に極めて活発であったが、歴史時代には他の多くの活断層と同様に大地震を起こしていない¹⁾。本研究は、これら日本列島の関節部となっている大断層について、地中ガス（ラドン・トリオン）の挙動を調査し、地体構造を動的に探る手がかりを得る事を目的に実施したものである。

*朝日航洋株式会社（豊島区東池袋3-1-1サンシャイン60）
「写真測量とリモートセンシング」Vol. 30, No. 3, 1991

2. 観測方法²⁻⁵⁾

岩石や鉱物には放射性元素（ウラン，トリウム）が僅かに含まれ，放射性壊変で地中ガス（ラドン，トリウム）に変わり，更に壊変はビスマス214，タリウム208へと進む。これらビスマス214及びタリウム208から放出される γ 線を空中から観測し，地中ガスの挙動を探る。観測には5インチ沃土化ナトリウム・シンチレータ8本を使用し，約100mの高度で γ 線を測定する。散乱 γ 線(0.5~0.8MeV)，カリウム(1.3~1.6MeV)，ラドン(1.6~2.0MeV)，トリウム(2.4~2.8MeV)，環境 γ 線(0.15~3.0MeV)の5成分を波高分析器で分別し，デジタル記録する。

3. 観測地区

3.1 棚倉構造線

茨城県北部を北流する久慈川支流の山田川及び里川の流域について空中 γ 線を観測した。調査地は常陸太田市，日立市，里美村，水府村，金砂郷村の地内にある。観測コースは東西又は西東の方向にとり，1)金砂郷村～久米～西宮町～柳沢，2)常陸太田市向山～春友町～前沢～国安～水府村棚谷～勝地，3)田代～大野～町田～常陸太田市西河内中町～滝沢，4)里美村折橋～横川～水府村坂下～中武生～大円，について空中 γ 線スペクトルを測定した。調査地東縁の阿武隈山地は主に阿武隈変成岩，阿武隈花崗岩からなり，西端が断層で切られている。断層以西域は新第三紀に火山活動や堆積作用が盛んであった地域で，グリーンタフ地域と呼ばれている。棚倉構造線は阿武隈山地の西縁の断層で，棚倉破碎帯と呼ばれ，中生代白亜紀から新第三紀にかけて活動している⁶⁾。

3.2 糸魚川―静岡構造線

山梨県早川町地内の春木川(富士川支流の早川水系)流域において，谷地形に沿って空中 γ 線を観測した。コースは1)春木川本川，2)春木川(赤沢)～感井坊南，3)春木川(白糸滝)～鷹取山，4)春木川～七面山南，5)春木川(崩壊地口)～七面山，6)春木川(白糸滝)～身延山飛地，7)春木川(赤沢)～身延山飛地，8)春木川(板草里)～身延山飛地，の8コースである。本州中央部を縦断する延長が約250km

余の大断層，糸魚川―静岡構造線は春木川沿いに通っている。この構造線は西から東へ衝上する逆断層で，破碎帯の幅は約10m以下である。この構造線は中新世の赤石山脈の上昇に伴って活動をはじめたが，現在は活動的でない⁹⁾。なお糸魚川―静岡構造線は岡谷市～塩尻峠付近で中央構造線と重複している。

3.3 中央構造線

徳島県池田町と穴吹町の吉野川流域について空中 γ 線を観測した。観測コースは1)中央構造線外帯(船戸～JR穴吹駅～神田～太田)，2)中央構造線(末～蓮華寺～吉野川～白地峰東～西山浜～西州津)，の2コースである。日本最大の断層，中央構造線が調査地ないしは，その近くを通っている。中央構造線以北の西南日本内帯(棚倉構造線以北が東北日本)は花崗岩類からなる領家帯，中央構造線以南の西南日本外帯には三波川帯，秩父帯，四万十帯が続く。三波川帯は中・古生層を源岩とする低温高压型の三波川変成岩から，また秩父帯は古生代後期～中生代の地層群からなる⁹⁾。

4. 観測結果

4.1 棚倉構造線

空中 γ 線スペクトル組成の観測結果を図1～図4，及び表1に示す。

(1) 金砂郷村～柳沢間

第三紀層の丘陵地から山田川を境に棚倉破碎帯(第三紀層)に変わる。更に里川を境に古期岩石へと変わり，丘陵地では変成岩，阿武隈山地で花崗岩となる。

ラドンは破碎帯(里川流域)で最大の196，阿武隈山地で最小の90となる。トリウムも破碎帯(山田川流域)で最大の69，阿武隈山地で最小の18となる。カリウム/散乱 γ 線は破碎帯(丘陵地)で最大の0.367，阿武隈山地で最小の0.276を示す。トリウム/カリウムは破碎帯(山田川流域)で最大の0.139，阿武隈山地で最小の0.072，またトリウム/ラドンも破碎帯(山田川流域)で最大の0.417，阿武隈山地で最小の0.200となっている。

(2) 向山～勝地間

里川まで阿武隈山地(花崗岩)，里川から山田川までが棚倉破碎帯(第三紀層)，山田川から勝地にかけて第三紀層の山地となっている。

ラドン・トリウムとも破碎帯(山田川流域)で最大の171と56，阿武隈山地で最小の64と8となる。カリウム/

表1 棚倉構造線（棚倉破碎帯）の空中 γ 線スペクトル組成*

観測コース	γ 線成分 **	第三紀層	破 碎 帯				古 期 岩 石	
		山 地	丘 陵 地	山 田 川	山 地	里 川	丘 陵 地	山 地
金砂郷村	γ'		1347	1425	1448	1559	1294	926
	K		495	497	493	565	418	256
	Rn		151	165	170	196	152	90
	Tn		43	69	57	67	52	18
	γ		9478	9980	9733	10649	8695	6162
	K/ γ'		0.367	0.349	0.340	0.362	0.323	0.276
	Rn/K		0.306	0.332	0.347	0.349	0.361	0.359
	Tn/K		0.090	0.139	0.117	0.119	0.123	0.072
柳 沢	Tn/Rn		0.296	0.417	0.342	0.341	0.344	0.200
向 山	γ'	1501		1711	1238	1428		757
	K	512		607	436	502		189
	Rn	162		171	120	153		64
	Tn	52		56	30	45		8
	γ	10140		11346	8234	9563		4868
	K/ γ'	0.341		0.355	0.352	0.352		0.250
	Rn/K	0.322		0.281	0.279	0.305		0.340
	Tn/K	0.104		0.091	0.061	0.085		0.040
勝 地	Tn/Rn	0.330		0.328	0.224	0.282		0.119
田 代	γ'	1494		1877	1363	1470		1076
	K	508		637	445	494		322
	Rn	157		194	136	151		104
	Tn	60		58	42	29		23
	γ	9991		12481	9046	10077		7052
	K/ γ'	0.340		0.339	0.326	0.336		0.299
	Rn/K	0.310		0.305	0.311	0.303		0.322
	Tn/K	0.119		0.089	0.094	0.057		0.071
滝 沢	Tn/Rn	0.385		0.303	0.308	0.175		0.217
折 橋	γ'	1488		1964	1725	1881		1649
	K	449		649	609	714		612
	Rn	162		208	183	197		145
	Tn	60		69	68	68		44
	γ	10037		13095	11638	12478		10828
	K/ γ'	0.302		0.330	0.353	0.380		0.371
	Rn/K	0.362		0.320	0.304	0.278		0.238
	Tn/K	0.134		0.107	0.110	0.096		0.071
大 円	Tn/Rn	0.372		0.336	0.371	0.356		0.304

* 5 ㍑ NaI シンチレーター 8 本による観測（5 秒間値）

図 1 ～ 4 の地質区分に対応させた地区平均値

** γ' ：散乱 γ 線，K：カリウム，Rn：ラドン，Tn：トロン， γ ：環境 γ 線

図1 棚倉構造線 (茨城県久慈郡その1) 環境 γ 線分布 (1984年10月14日観測)

図2 棚倉構造線（茨城県久慈郡その2）環境 γ 線分布（1984年10月14日観測）

図3 棚倉構造線（茨城県久慈郡その3）環境 γ 線分布（1984年10月14日観測）

図4 棚倉構造線（茨城県久慈郡その4）環境γ線分布（1984年10月14日観測）

散乱 γ 線は破碎帯（山田川流域）で最大の0.355, 阿武隈山地で最小の0.250, またトロン/カリウム, 及びトロン/ラドンは第三紀層の山地で最大の0.104, 0.330, 阿武隈山地で最小の0.040, 0.119となる。

(3) 田代～滝沢間

山田川までが第三紀層の山地, 山田川から里川にかけてが棚倉破碎帯(第三紀層), 里川以東が阿武隈山地(花崗岩)となっている。

ラドンは破碎帯(山田川流域)で最大の194, 阿武隈山地で最小の104, トロンは第三紀層の山地で最大の60, 阿武隈山地で最小の23となる。カリウム/散乱 γ 線は第三紀層の山地で最大の0.340, 阿武隈山地で最小の0.299を示す。またトロン/カリウム, 及びトロン/ラドンは第三紀層の山地で最大の0.119と0.385, 破碎帯(里川流域)で最小の0.057と0.175となる(阿武隈山地では各々が0.071と0.217)。

(4) 折橋～大円間

里川までが阿武隈山地(花崗岩), 里川から山田川まで破碎帯(第三紀層), 山田川以西が第三紀層の山地と

なる。

ラドン・トロンとも破碎帯(山田川流域)で最大の208と69, 阿武隈山地で最小の145と44となっている。カリウム/散乱 γ 線は破碎帯(里川流域)で最大の0.380, 第三紀層の山地で最小の0.302, なお阿武隈山地では0.371となっている。またトロン/カリウム, 及びトロン/ラドンは第三紀層の山地で最大の0.134と0.372, 阿武隈山地で最小の0.071と0.304を示す。

4.2 糸魚川～静岡構造線

空中 γ 線スペクトル組成の観測結果を図5～図8, 及び表2に示す。春木川本川に沿って糸魚川～静岡構造線が通り, 右岸域に第三紀層, 左岸域に古期岩石(四万十層)が分布する。

(1) 11月28日観測(低地下水位)

ラドン・トロンとも, 七面山谷(四万十層)で最大の312と107, 白糸滝谷(第三紀層)で最小の172と45, ただしトロンは板草対谷(四万十層)が43で更に小さい。カリウム/散乱 γ 線は七面山谷で最大の0.380, 白

表2 糸魚川～静岡構造線(山梨県春木川流域)の空中 γ 線スペクトル組成*

観測時期	γ 線成分 **	第 三 紀 層 ²⁾		断 層 ¹⁾	古 期 岩 石 ³⁾				
		白糸滝谷	赤 沢 谷	春 木 川	水源頭谷	七面山谷	白糸対谷	赤沢対谷	板草対谷
11月28日 低地下水面	γ'	1494	1729	2098	2272	2564	2296	2396	1779
	K	560	620	783	801	975	732	841	578
	Rn	172	209	261	275	312	276	287	206
	Tn	45	54	78	89	107	59	87	43
	γ	10106	11820	14293	15478	17651	15815	16368	12179
	K/ γ'	0.375	0.359	0.373	0.353	0.380	0.319	0.351	0.325
	Rn/K	0.310	0.337	0.334	0.346	0.321	0.380	0.348	0.360
	Tn/K	0.079	0.080	0.098	0.110	0.109	0.084	0.100	0.072
	Tn/Rn	0.260	0.241	0.296	0.320	0.342	0.226	0.291	0.203
7月22日 高地下水面	γ'	1594	1359	2027	2161	2542	2582	2623	2350
	K	602	515	796	803	1011	949	985	880
	Rn	145	115	192	209	252	249	262	218
	Tn	52	33	74	87	112	108	109	76
	γ	10842	9086	13780	14650	17630	17486	18025	16714
	K/ γ'	0.378	0.379	0.393	0.372	0.398	0.368	0.376	0.374
	Rn/K	0.237	0.224	0.241	0.259	0.250	0.262	0.268	0.249
	Tn/K	0.078	0.062	0.093	0.108	0.110	0.112	0.108	0.083
	Tn/Rn	0.327	0.277	0.388	0.425	0.444	0.433	0.406	0.348

* 5 号 NaI シンチレーター 8 本による観測 (5 秒間値)

1) は図 5 の区間平均, 2) は図 6 の区間平均, 3) は図 7, 図 8 の区間平均

** γ' : 散乱 γ 線, K: カリウム, Rn: ラドン, Tn: トロン, γ : 環境 γ 線

図5 糸魚川―静岡構造線（山梨県春木川その1）環境 γ 線分布（1984年11月28日観測）

糸対谷（四万十層）で最小の0.319，トロン/カリウムは水源頭谷（四万十層）で最大の0.110（七面山谷で0.109），板草対谷（四万十層）で最小の0.072，またトロン/ラドンは七面山谷で最大の0.342，板草対谷で最小の0.203となっている。

(2) 7月22日観測（高地下水位）

ラドンは赤沢対谷（四万十層）で最大の262（七面山谷で252），赤沢谷（第三紀層）で最小の115，トロンは七面山谷で最大の112，赤沢谷で最小の33を示す。カリウム/散乱 γ 線は七面山谷で最大の0.398，白糸対谷で最小の0.368，トロン/カリウムは白糸対谷で最大の0.112（七面山谷で0.110），赤沢谷で最小の0.062，またトロン/ラドンは七面山谷で最大の0.444，赤沢谷で最小の0.277となっている。

七面山では年間を通じてトロンは多く，トロン/ラド

ンが高い。また春木川（断層）は四万十層と第三紀層の中間値を示す。

4.3 中央構造線

空中 γ 線スペクトル組成の観測結果を図9～図10，及び表3に示す。ラドン・トロンとも中央構造線（吉野川左岸）で最大の255と152，三波川変成岩（吉野川右岸）で最小の163と75を示す。カリウム/散乱 γ 線は中央構造線（吉野川右岸）で最大の0.377，三波川変成岩（漆川谷川）で最小の0.358，またトロン/カリウム，及びトロン/ラドンは中央構造線（吉野川左岸）で最大の0.179と0.607，三波川変成岩（吉野川右岸）で最小の0.157と0.459となっている。

図6 糸魚川-静岡構造線（山梨県春木川その2）環境 γ 線分布（1984年11月28日観測）

表3 中央構造線（徳島県吉野川流域）の空中 γ 線スペクトル組成*

γ 線成分 * *	中央構造線（断層） ²⁾		三波川変成帯（古期岩石；中央構造線外帯） ¹⁾		
	左岸（池田町）	右岸（池田町）	右岸（穴吹町）	漆川谷川	穴吹川
γ'	2295	1444	1313	1835	1713
K	856	545	474	657	623
Rn	255	182	163	208	205
Tn	152	90	75	117	100
γ	14816	9125	8267	11729	10872
K/ γ'	0.373	0.377	0.361	0.358	0.364
Rn/K	0.299	0.334	0.347	0.320	0.336
Tn/K	0.179	0.163	0.157	0.178	0.160
Tn/Rn	0.607	0.496	0.459	0.563	0.485

* 5 ϕ NaIシンチレーター8本による観測（5秒間値）

1) は図9の区間平均, 2) は図10の区間平均

* * γ' ：散乱 γ 線, K：カリウム, Rn：ラドン, Tn：トロン, γ ：環境 γ 線

図7 糸魚川―静岡構造線（山梨県春木川その3）環境γ線分布（1984年11月28日観測）

図8 糸魚川—静岡構造線（山梨県春木川その4）環境 γ 線分布（1984年11月28日観測）

図9 中央構造線（徳島県吉野川その1）環境 γ 線分布（1987年8月27日観測）

図10 中央構造線（徳島県吉野川その2）環境 γ 線分布（1987年8月29日観測）

5. 考 察

5.1 無地震帯の阿武隈山地

常陸太田市の向山以東の阿武隈山地では、トロンが8、トロン/カリウムが0.040と極めて小さい（表1）。阿武隈山地は全般的に似たような性質を持ち、トロン=29、トロン/カリウム=0.081が平均値（表4）である。これらの値は春木川流域（四万十層）のトロン=88、トロン/カリウム=0.103、吉野川流域（三波川変成岩）のトロン=97、トロン/カリウム=0.165と比べて、極めて低い事が分かる。また、同じ傾向はラドンについても見られ、阿武隈山地の111に対して、春木川流域では255、吉野川流域で192となっている。トロン/ラドンについても、阿武隈山地の0.261に対し、春木川

流域では0.345、吉野川流域で0.502、となっており、阿武隈山地が特に小さな値を示す。

従って阿武隈山地における地中ガスの移動は極めて小さく、地中ガスが通るような亀裂の発達も極めて悪いものと推測される。恐らく地質時代を通じて阿武隈山地の地下において、地中歪みの蓄積する事は殆ど無かったのかも知れない。

5.2 七面山の大規模崩壊

東西600m、南北800mの崩壊地が春木川右支沢に形成されている。これは七面山大崩れと呼ばれている。春木川流域には七面山大崩れ、と同等規模のものは、他に見当たらない。表2に見るように、低地下水位時の観測によると七面山大崩れの谷筋で、地中ガスの放出が最も多い。ラドンが312、トロンが107、トロン/ラド

ンが0.342となっている。七面山谷は他の谷と比べ、亀裂が地中深くまで発達している事を示している。同じような傾向は高地下水位時においても見られる。1984年長野県西部地震において、御岳山南斜面で崩壊を起しているのはトロン/ラドンが0.50以上の箇所であった⁵⁾。七面山谷について地中ガスの分布を詳細に観察すると、低地下水位時において、中腹部にトロン/ラドン=0.507の箇所が存在する(図7、観測地点3270)。これが高地下水位時にはトロン/ラドン=0.603まで上昇する。七面山谷の平均値でも、トロン/ラドンは低地下水位時の0.342が高地下水位時には0.444まで上昇している(表2)。

地中ガスの挙動から見ると、地中歪みの解放が大規模崩壊と表裏の関係にあるとも言えそうである。

5.3 地層間隙水圧の変動

春木川流域(糸魚川―静岡構造線)では梅雨明け(7月22日)と乾燥期(11月28日)の2回、空中γ線を観測し、観測結果は表2に示されている。表2のデータから高地下水位時と低地下水位時の空中γ線スペクトル変化を比較したものが図11である。図11から間隙水圧が低下すると、ラドンは増大し、トロンの減少する事が分る。その結果、トロン/ラドンは大きく減少している。特に七面山付近では間隙水圧の変動はラドン

に最大の変化を与えながら、トロン/ラドンの変化は、他の地域に比べ最も小さなものとなっている(表2の古期岩石)。

これらの事実を一般化すると、間隙水圧の下降を招く現象が発生した時、地中亀裂の発達する箇所ではラドンの顕著な湧出が起るものの、トロン/ラドンの減少は小さい、と言える。間隙水圧の変動と地中歪みの解放との関係は深く、地震予知との関連で強い関心が持たれる。

5.4 地殻変動とラドン及びトロン

棚倉構造線、糸魚川―静岡構造線、中央構造線の空中γ線スペクトル組成を比較したものが表4である。トロン、トロン/カリウム、及びトロン/ラドンを見ると、棚倉構造線、糸魚川―静岡構造線、中央構造線と順次、増大しており、それは地殻変動の大小に対応している。図12は被害地震分布図に構造線と空中γ線の観測地区を被せたものである。棚倉構造線の周辺には被害地震が発生していないが、糸魚川―静岡構造線では小規模地震が多発しており、中央構造線には大規模地震の発生が見られるようになる。図13は糸魚川―静岡構造線と中央構造線とが重なる岡谷市～塩尻峠付近の空中γ線分布を示したものである。吉野川流域の中央構造線には及ばないものの、トロン/ラドンが0.6以

表4 地質構造線と古期岩石の空中γ線スペクトル組成比較*

γ線成分 **	地質構造線(断層)				古期岩石		
	棚倉構造線	糸魚川―静岡構造線		中央構造線	阿武隈山地	四万十層 ²⁾	三波川変成岩
γ'	1572	2063	1514 ¹⁾	1870	1140	2357	1620
K	549	790	477	701	359	856	585
Rn	169	227	184	219	111	255	192
Tn	54	76	77	121	29	88	97
γ	10600	14037	10264	11971	7521	16200	10289
K/γ'	0.349	0.382	0.315	0.375	0.315	0.363	0.361
Rn/K	0.308	0.287	0.385	0.317	0.309	0.298	0.334
Tn/K	0.098	0.096	0.161	0.171	0.081	0.103	0.165
Tn/Rn	0.320	0.335	0.417	0.552	0.261	0.345	0.502
備考	中生代白亜紀から新第三紀にかけて活動	中新世から活動を開始。現在、活動的でない	中新世から活動を開始。高活動度の活断層群	地質時代には活動的。歴史時代は無事平穏	活断層・被害地震の殆どない地区	七面山の大崩壊地がある	プレート沈み込みで歪み発生。構造線で集中的解放

* 5インチNaIシンチレーター8本による観測(5秒間値)

** γ': 散乱γ線, K: カリウム, Rn: ラドン, Tn: トロン, γ: 環境γ線

1) 長野県岡谷市～塩尻市間で糸魚川―静岡構造線と中央構造線の重複地域、図13の区間平均

2) 山梨県春木川の左岸域

図11 高地下水位時と低地下水位時の空中 γ 線スペクトル変化
* 5 台 NaI シンチレータ 8 本による 5 秒間観測値

図12 被害地震と地質構造線¹⁾

上の箇所は随所に出現し、地中亀裂の発達ぶりを覗かせている。吉野川流域の中央構造線にはトロン/ラドンが0.6以上の箇所が多く見られ、地殻の歪みエネルギーを集中的に放散している。構造線上のγ線スペクトル組成は地殻変動（地震活動）と深い関わり合いを持っているものと推測される。

6. ま と め

(1) 無地震帯の阿武隈山地

阿武隈山地には活断層も、被害地震も殆どない。それは地中ガス（トロン）の移動量が極めて少ない事と対応している。阿武隈山地では地中歪みの蓄積する事が殆ど無かったと推察される。

地中ガス成分	阿武隈花崗岩 阿武隈変成岩	四万十層	三波川層
トロン（5秒間値）	29	88	97
トロン／カリウム	0.081	0.103	0.165
トロン／ラドン	0.261	0.345	0.502

(2) 七面山の大規模崩壊地

50万 m²の崩壊を発生させた七面山谷筋では地中ガス（ラドン・トロン）の放出が、春木川流域にあって特に多い。11月28日の観測値は、

観 測 区 域	七面山谷	左 岸 域	右 岸 域
地 層 区 分	四万十層	四万十層	第三紀層
ラドン（5秒間値）	312	271	191
トロン（5秒間値）	107	77	50
トロン／ラドン	0.342	0.276	0.251

となっている。地中歪みの解放と大規模崩壊とは表裏の因果関係にあるものと推察される。

(3) 地層間隙水圧の変動

地層の間隙水圧が低下するとラドンが増えて、トロン/ラドンの低下する傾向が認められる。春木川流域の四万十層では次の通りである。

地 下 水 位	低地下水位	高地下水位
間 隙 水 圧	小 さ い	大 き い
ラドン（5秒間値）	271	238
トロン（5秒間値）	77	98
トロン／ラドン	0.276	0.411

図13 糸魚川—静岡構造線（長野県塩尻峠）環境 γ 線分布（1984年5月23日観測）

(4) 地殻変動

棚倉構造線，糸魚川—静岡構造線，中央構造線の順に，トロン，トロン/カリウム，及びトロン/ラドンの各成分とも増大している。この順序で，大規模地震の発生が見られ，被害地震の分布とも符合する。地殻の歪みエネルギーを集中的に放散している中央構造線では，トロン/ラドンの0.6以上の箇所が特に多くなっている。

構造線	棚倉構造線	糸魚川—静岡構造線	中央構造線
トロン(5秒間値)	54	76 77	121
トロン/カリウム	0.098	0.096 0.161	0.171
トロン/ラドン	0.320	0.335 0.417	0.552

参考文献

- 1) 中村一明・松田時彦・守屋以智雄 (1987) 火山と地震の国，岩波書店発行
- 2) 荒木春視 (1989) 伊豆大島三原山の噴火と陥没—空中ガンマ線及び熱赤外線データの解析—，写真測量とリモートセンシング，Vol. 28, No. 2, 25-34
- 3) 荒木春視 (1990) 地中ガスの挙動から見た伊豆大島の噴火—ヘリコプターからのリモートセンシング—，写真測量とリモートセンシング，Vol. 29, No. 1, 13-26
- 4) 荒木春視 (1990) 火山性の温泉地における地中ガスの挙動—ヘリコプターからのリモートセンシング—，写真測量とリモートセンシング，Vol. 29, No. 3, 4-14
- 5) 荒木春視・島貴美樹 (1991) 1984年長野県西部地震における御岳山南斜面の地中ガス及び地層水の挙動，写真測量とリモートセンシング，Vol. 30, No. 2, 4-16
- 6) ジオグラフィックス・ジャパン編集委員会 (1986) ジオグラフィックス・ジャパン（理科年表読本），丸善発行