

αトラック法による長町一利府線の断層調査(予報)

石井武政*・加藤 完*・寒川 旭*

ISHII, Takemasa, KATO, Kan and SANGAWA, Akira (1985) The α -track etch method applied to the Naga-machi-Rifu Line in Miyagi Prefecture. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 36(3), p. 111-118.

Abstract: Relative radon concentration in the soil gas can be measured by counting the number of tracks (Tracks/cm²·day) on a small piece of cellulose nitrate film which is sensitive to α -ray radiation. This method is used for mapping and detection of active faults, as the radon gas emanates from bedrocks to the surface through active faults.

The method was applied to three lines crossing the Nagamachi-Rifu Line which is an active thrust fault dipping northwestward, trending in the NE-SW direction from Sendai City to Rifu Town in Miyagi Prefecture. But it has still remained unknown where the line extends under the Alluvium.

The track measurement shows a distinct peak of track density on each survey line. It is likely that the Nagamachi-Rifu Line runs under or near the points where the peak of track density appeared.

ま え が き

宮城県仙台市のほぼ中心部をNE-SW方向に走る長町一利府線について、 α トラック法による断層調査を試みた。その結果、設定した3本の測線上のいずれにもトラック密度の比較的光明なピークが認められ、ピークが観測された地点の直下もしくは近傍にラドンの供給路としての長町一利府線が存在すると推定された。

従来から長町一利府線は北西上りの衝上性の活断層であると指摘されてきた(中田ほか, 1976; 今泉, 1980; 活断層研究会, 1980)が、その主断層の位置は沖積層に覆われてやや不明確であった。今回の α トラック法による調査では、測線の数や長さ、あるいは測定誤差の吟味(後で簡単に述べる)などに問題点が残されているものの、長町一利府線のおおよその位置推定資料が得られたので概要を報告する。なお本調査は、長町一利府線の活動性の評価などを意図したものではない。このためには経時反覆調査を他の手法とともに行わなければならない。

本調査に際して用地を一時貸与された仙台市と利府町の関係各位、並びに調査の便宜を図って頂いた宮城野原公園総合運動場管理事務所・利府町建設課の皆様へ厚く御礼申し上げる。また調査に先立ち、東北大学理学部の北村信教授・中川久夫助教授・大槻憲四郎氏、当所東北

出張所の谷口政碩技官から有益な御教示を頂いた。記して深謝の意を表す。

本調査は特定地質図幅5万分の1「仙台」地域の地質研究の一環として行われたものであり、 α トラック法の野外の調査は石井が、室内分析は加藤が担当した。

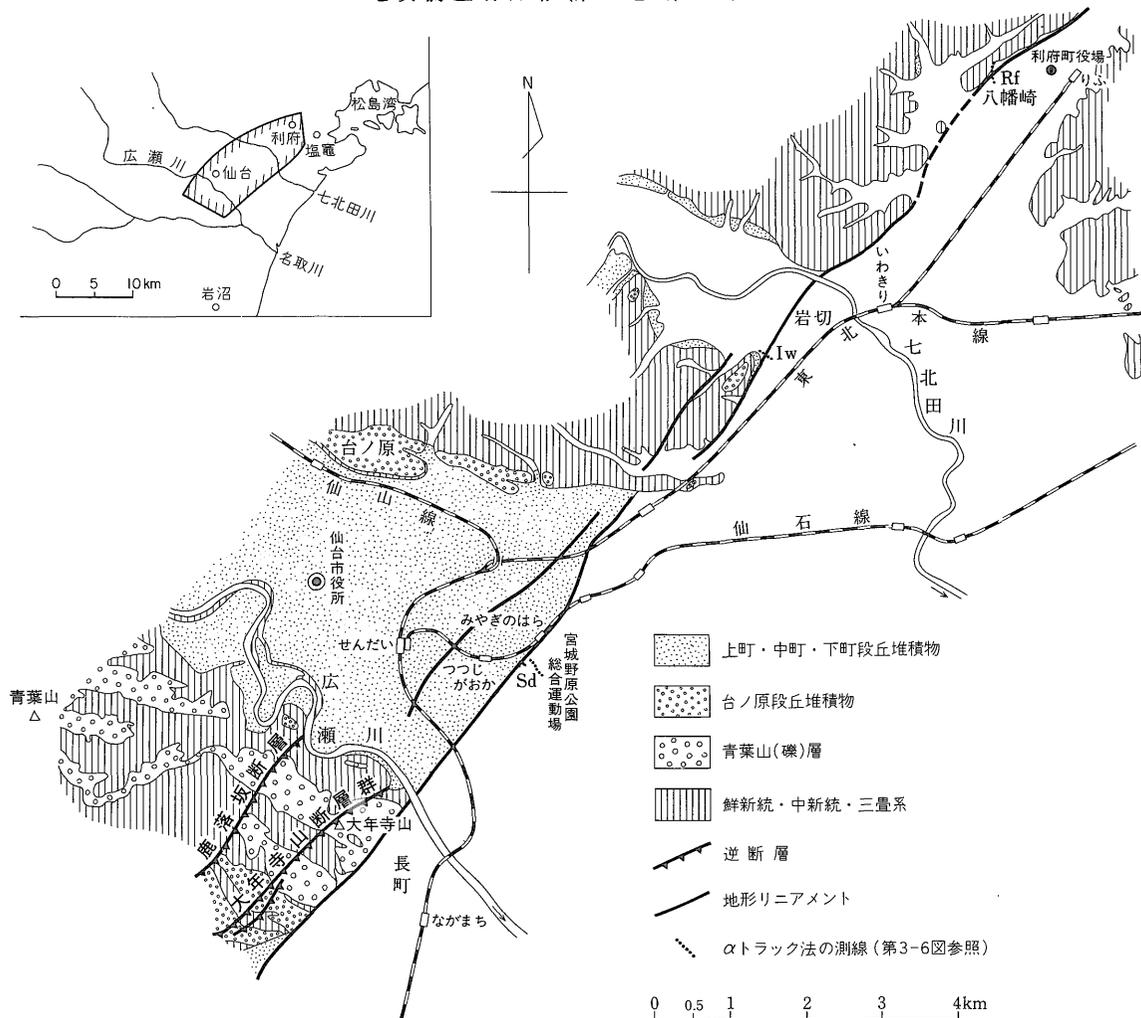
1. 長町一利府線について

長町一利府線はその名称のとおり、仙台市長町付近から宮城郡利府町にかけてNE-SW方向に延びるもので、YABE(1926)が“Nagamachi-Rifu Line”と称して初めて定義した(第1図参照)。すなわちYABEは、この方向に“dislocation line”があつて低地と丘陵地の地形境界をなしていること、同方向に更新統の青葉山礫層が撓曲していることなどを指摘した。次いで田山(1934)は上述の撓曲構造を「宮城野撓曲」と呼び、それが現在までも運動を継続している活撓曲であるとした。その後、中川ほか(1961)は長町一利府線に並走する1向斜・2背斜の褶曲構造を認め、これらによる段丘面の転位などを論じた。

一方、中田ほか(1976)は仙台市一帯の段丘群を測量し、青葉山・台ノ原・上町・中町・下町の各段丘面の累積的な変位——平均0.5 mm/年の垂直変位量——と、それをもたらした第四紀以降のNW-SE方向の圧縮応力場とを考察した。更に大槻ほか(1977)は、長町一利府

* 環境地質部

1) 下町段丘I面の形成年代が1.9万年前と推定されている(中田ほか, 1976)。



第1図 仙台市から利府町にかけての段丘区分の概略と逆断層及び地形リニアメント (地学団体研究会仙台支部, 1980 : 中田ほか, 1976 : 筆者らの資料をもとに作成)

線の活動開始時期を約45万年前と推定した。

以上のようなこれまでの研究では、長町-利府線と呼ぶ北西上がりの衝上性断層が存在し、その背後(北西側)に大年寺山断層群と鹿落坂断層という副断層を伴い、仙台活断層系(今泉, 1980)の一部を構成して、現在も活動的であることが議論されている。しかしながら長町-利府線の主断層の位置は不明確のまま残されてきた²⁾。筆者らはこれを解明する一手段としてαトラック法による調査を実施した。

2. αトラック法の原理と測定方法

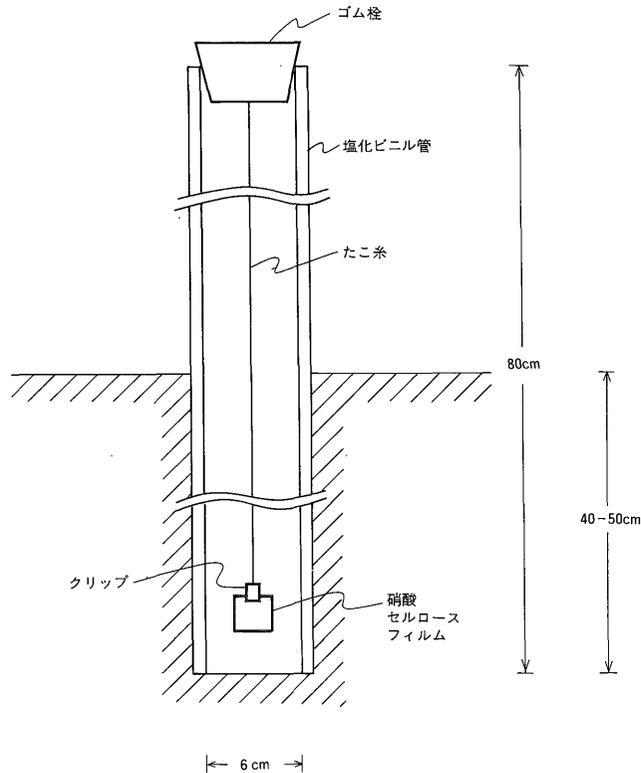
ラドン及びその娘諸核種が放射するα線は、硝酸セルロースフィルムなどの固体飛跡検出器に対して放射線損

傷を起こさせ、フィルム上にトラックを残す。したがって逆に一定期間一定面積のフィルム上に残されたトラックを数えれば、ラドン³⁾の相対濃度を知ることができる。これを地中に存在する希ガスのラドンが放射するα線に対して応用したものがαトラック法である。

ラドンは地下基盤岩中のウランの崩壊により生じ、断層などを通じて地表付近にまで拡散していると考えられ、特に活断層付近では地中のラドンガス濃度が高いこ

2) 沖積層に覆われているためである。また長町-利府線により沖積層が変位・変形を受けているかどうか不明である。

3) ラドンにはウラン系列の²²²Rn(半減期3.83日)、トリウム系列の²²⁰Rn(半減期52秒)、アクチニウム系列の²¹⁸Rn(半減期4秒)の三つの同位体があるが、半減期の長さから通常は²²²Rnのみを考慮すればよい。



第2図 観測孔模式断面図

とが報告されている(初田ほか, 1942; 加藤ほか, 1979, 1981). そこで活断層を横切る測線を設ければ, 通常, 断層の真上, もしくは断層面が傾斜している場合にはその上盤側にラドン相対濃度のピークが出現することが期待され, 被覆層のある平野の地下に伏在する活断層にもこの手法は適用し得るとみられている(加藤, 1984).

以下, 筆者らの実施した測定方法を述べる.

まず地形学的・地質学的な種々の情報に基づいて長町一利府線の位置を大まかに推定し(推定の根拠は後で述べる), これを横切る方向に測線を設定する. 測線上にできる限り等間隔(原則として20m)に観測点を定め, 電動オーガーにより深さ40-50 cmの孔を掘さくする(第2図参照). ここに口径6 cm, 長さ80 cmの水道用耐衝撃性硬質塩化ビニル管を埋め込む. 次いで固体飛跡検出器として, Kodak社製の硝酸セルロースフィルム LR 115 Type II (1.5×2 cm 平方)を, 孔底上5 cmの位置に吊るし⁴⁾, ビニル管の天端をゴム栓で蓋をする.

6-7日後にフィルムを回収し, 温度60°Cの10%水酸化ナトリウム溶液に100分間浸してエッチングする. これによりフィルム上のトラックを拡大固定する. 水洗

4) フィルムの結露を防ぐためである.

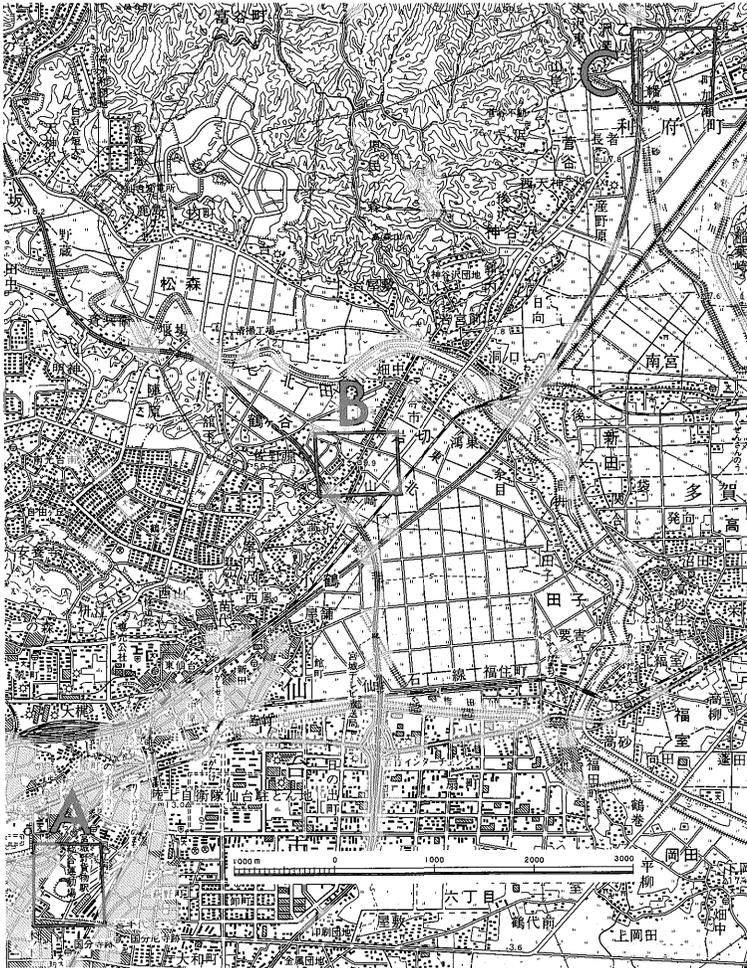
後, フィルムをスライドグラス上に置き, カバーガラスで覆う. そしてフィルム上のトラックを, 125倍の倍率の光学顕微鏡下で数え, トラック密度(Tracks/cm²·day)に換算し表示する.

3. 測線及び測定結果

今回実施した α トラック法の3本の測線と観測点位置を第3図一第6図に示す. 測線は, ①仙台市宮城野の宮城野原公園総合運動場とその北側(以下測線 Sdと略す), ②仙台市岩切(以下測線 Iwと略す), ③利府町八幡崎(以下測線 Rfと略す)の3箇所^{いんまり}に設けた. なお, 観測点はアスファルト舗装や地中埋設物を避けるため, 必ずしも20 mの等間隔とはなっていない.

測線 Sd は, 第1図に示した上町・中町・下町の段丘面の南東側崖線によって作られる地形リニアメントの南東方に設定した. この付近の地下地質について公表された詳細な資料はないが, 中田ほか(1976)は仙台市^{つつじ}榴ヶ岡から大年寺山方向に延びる地形的な高まりを認め, この高まりの南東部に地層のたわみ⁵⁾があることを報告して

5) 鮮新統の最大傾斜約45°E, 青葉山段丘III面のそれは約22°Eである(中田ほか, 1976).



第3図 測線案内図 (5万分の1地形図「仙台」を使用)
A→第4図, B→第5図, C→第6図

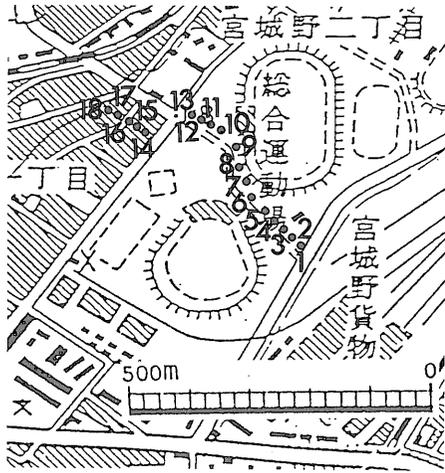
いる。また測線 Sd からはやや離れるが、長谷(1967)は広瀬川縦断方向の地質断面図において、大年寺山の南東側で沖積層の基底深度が急に深くなる(海拔 -30~ -40 m)ことを示した。このようなことから、北西上がりの衝上性活断層とされる長町-利府線は、中田ほか(1976)の地形的な高まりの前面(南東側)地下に伏在すると推定される(第1図・第3図A参照)。

測線 Iw は仙台市岩切付近の地形リニアメントを横切る方向に設定した。岩切の集落は幅 150-200 m で、NNE-SSW 方向に直線状に発達し、周囲の水田面よりわずかに高い位置にある。そして七北田川の流路方向にほぼ直交した形態をなし、利府街道の旧道が集落の中央部を走っている。集落の分布を七北田川の自然堤防に結び付けることは困難で、地形学的にはやや不自然な形態と

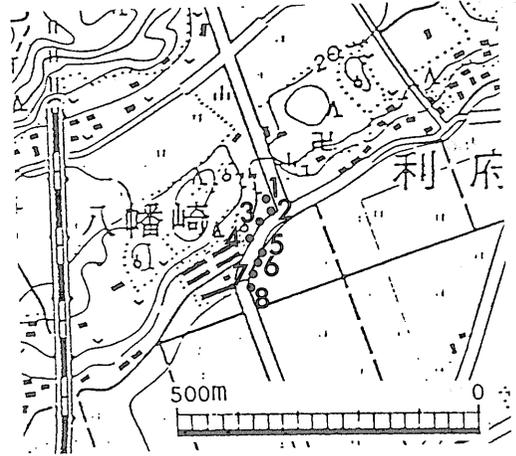
言える(第1図・第3図B参照)。

測線 Rf は利府町八幡崎の同じく地形リニアメントを横切る方向に設定した。この付近の丘陵地と低地を境するリニアメントは明瞭で、北東方へ利府町放森付近まで延長される。また丘陵地に分布する鮮新統・中新統には、リニアメントと同方向の軸を有する向斜構造・背斜構造が認められ、それぞれの南東翼の地層の最大傾斜は 70°に達する(第1図・第3図C参照)。

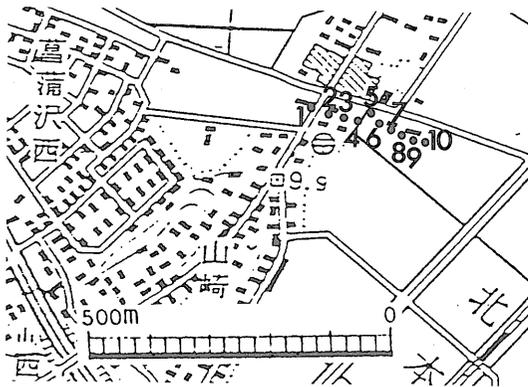
さて測線 Sd においては、観測点 1-9 番を芝生地、10-13 番を花壇の中、14-18 番を宅地に設定した。いずれの地点も人工的な土地改変が加えられているが、地下表層部付近にラドンガスの供給を遮蔽するものは存在しないという前提に立っている。この測線では観測点 7 番で 475/cm²·day のピークが出現した(第7図)。その他の観



第4図 測線 Sd の観測点分布図 (2万5千分の1地形図「仙台東北部」を拡大して使用)



第6図 測線 Rf の観測点分布図 (2万5千分の1地形図「仙台東北部」を拡大して使用)



第5図 測線 Iw の観測点分布図 (2万5千分の1地形図「仙台東北部」を拡大して使用)

測点でも $100\text{--}200/\text{cm}^2\cdot\text{day}$ を示す小ピークが認められるが、7番のトラック密度は抜きん出て多く明瞭である。しかもこのトラック密度は、静岡県伊豆半島や富士川周辺の地震断層を横切る測線上で得られた同様な手法によるトラック密度(加藤ほか, 1979)をも上回るものである。

測線 Iw では、観測点1番と3-7番を畑地、残る2番と8-10番を宅地に設定した。5-7番を除いて薄く盛土が施されているが、地盤の性質としては全体的に大きな違いはない。この測線においては、観測点3番で $63/\text{cm}^2\cdot\text{day}$ のピークが認められた(第8図)。同一測線上の他の観測点のトラック密度に比べれば、明瞭なピークと考えられる。

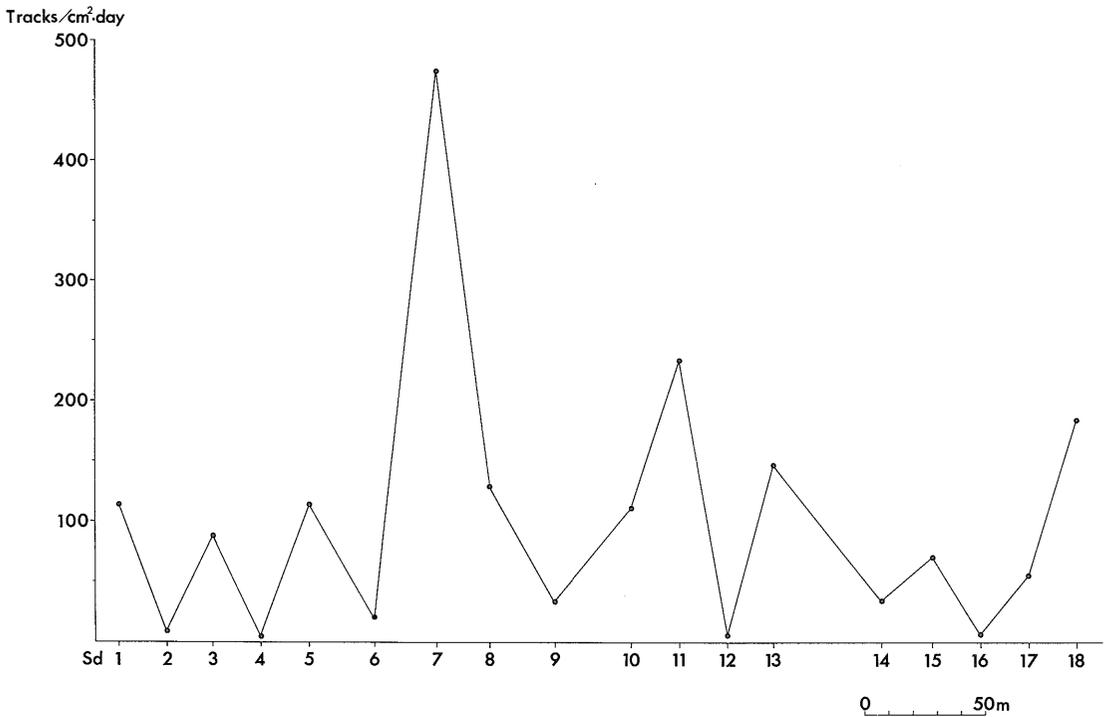
測線 Rf では、観測点1番を丘陵地の畑地に、2-8番を道路の路肩部に設定した。この測線では、観測点3

番($102/\text{cm}^2\cdot\text{day}$)と1番($101/\text{cm}^2\cdot\text{day}$)のトラック密度が高く、次いで4番、5番の順となっている(第9図)。測線 Sd や Iw に比較してピークを特定することは困難である。ただし、観測点1番は畑地(梨畑)で中新統からなる言わば地山に直接掘さくしたのに対して、2-8番は道路の路肩の盛土部に設けられた。この違いがトラック密度にも反映しているのかもしれないが、全体の傾向からみて本論では観測点3番をピーク出現位置としておく。

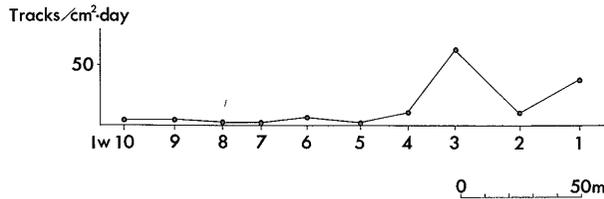
以上の測定結果をまとめると、長町一利府線の位置は測線 Sd の観測点7番、測線 Iw の観測点3番、測線 Rf では観測点3番付近それぞれの直下もしくは近傍に存在する可能性が高い。ちなみにラドンの供給路としての断層が傾斜している場合には、その上盤側にラドンガス相対濃度が高くなることが知られている(加藤ほか, 1979)。したがって、長町一利府線のように、北西上がりの衝上性活断層と推定されているものにおいては、仮に主断層の延長部が地表に達しているとした場合、Sd, Iw, Rf の3測線ともピークの出現した観測点の南東側にその延長部があると期待される(第10図)。このことは、例えば、測線 Iw ではピークの出現した観測点3番のやや南東側に地形リニアメントが認められることと調和的である。

4. 今後の問題点

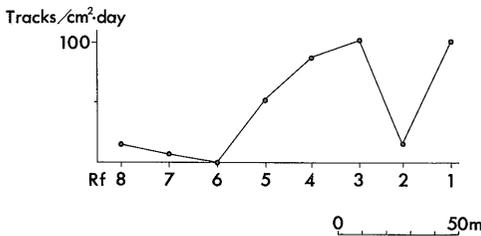
一般に地表に達する地下からのラドンの濃度分布は、被覆層の岩質や厚さ、地下水の動き、またラドンの供給量など様々な因子に支配されていると考えられる。厳密に言えば測線ごとに、あるいは観測点ごとに条件は異なっている。今回の3本の測線を比較しても、測線 Iw と



第7図 測線 Sd でのトラック密度の分布



第8図 測線 Iw でのトラック密度の分布



第9図 測線 Rf でのトラック密度の分布

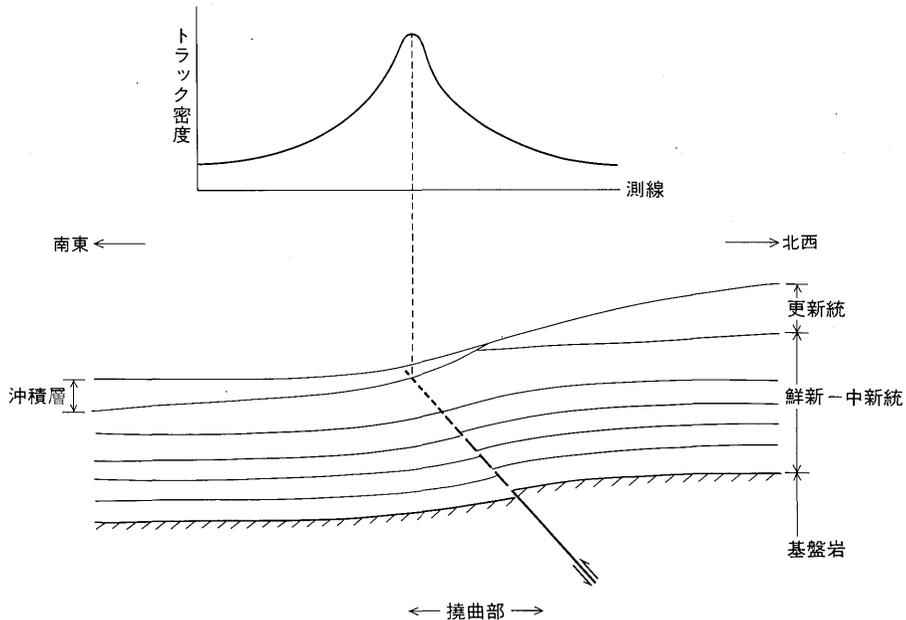
Rf は Sd よりも全般にトラック密度が低く(第1表), しかもこの原因は明らかでない。ただし, 富士川沿いの活断層を横切る測線(加藤ほか, 1979)で3回繰り返して行われた測定では, トラック密度のパターンに良い再現性が得られている。長町一利府線についても再現性が認められるかどうか, そして周囲の地層のバックグラウンド

を調べることが今後の検討課題である。

一方, 長町一利府線のように平野下に伏在すると推定される活断層については, 測線の長さも重要である。測線をもっと長くすれば別のトラック密度のピークが現われるかもしれないからである。

なおトラック密度を換算する際の計数作業に伴う誤差とトラックを作る α 線の方位性に問題がないか, 簡単に述べる。トラックの計数作業は光学顕微鏡下で行なうが, 仮にN個の計数が得られた場合, 単純には $\pm\sqrt{N}$ の誤差を含んでいる。しかし今回の測定結果ではトラック密度の最大値とその他の値とは1桁から2桁も離れていることが多く, トラック密度のピークの認定は誤差の範囲を越えて妥当だと思われる。

最後に α 線の方位性については格別問題はないと考えられる。 α 線の透過力は弱く, 本調査で使用した硬質塩



第10図 衝上性断層とトラック密度のピークの現われ方の模式図（加藤ほか，1979を参考にした）

第1表 測線ごとのトラック密度の最大値・最小値・平均値

測線名	トラック密度 (Tracks/cm ² ·day)			調査期間 (1984年)	使用 フィルム
	最大値	最小値	平均値		
Sd	475	4	102	6月16日 ～23日	LR 115 Type II
Iw	63	2	14	6月17日 ～23日	"
Rf	102	0	48	6月17日 ～23日	"

化ビニル管の外側から内部のフィルムを被曝させるα線はないと思われること，そして1週間程放置された塩化ビニル管の内部はラドンガスが平衡状態に達していると推定されることから，フィルムは任意の方向からのα線によって曝されていると見ることができる。

ま と め

北西上がりの衝上性活断層とされる長町—利府線についてαトラック法による断層調査を実施した。その結果，設定した3本の測線上のいずれにもトラック密度のピークが認められ，そのピーク出現地点の直下もしくは近傍に主断層があると推定された。

測線は沖積層の被覆があるところであるが，このような地域でも，言わば伏在する断層に対してもαトラック

法の有効性が確かめられたと思われる。筆者らの測線は長町—利府線の北東部分のわずかに3か所に設けられたに過ぎないが，今後，背後の大年寺山断層群や鹿落坂断層を含め，広域的に本手法を適用すれば，仙台市一帯の活構造の探査・把握がより簡便にかつ経済的に行えると考えられる。

文 献

- 地学団体研究会仙台支部(1980) 新編仙台の地学。きた出版，仙台，178 p.
- 長谷弘太郎(1967) 宮城県沖積平野の地質学的研究。東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告，no. 64，p. 1-45.
- 初田甚一郎・松澤 明・亀井 清(1942) 地中空気放射能に現れたる地下構造の反映。京都帝国大学理学部地質学鉱物学教室学術報告，vol. 1，p. 1-6.
- 今泉俊文(1980) 東北地方南部の活断層。西村嘉助先生退官記念地理学論文集，p. 21-26.
- 加藤 完(1984) αトラック法による丹那断層系調査。月刊地球，vol. 6，p. 194-199.
- ・池田喜代治・高橋 誠・永田松三・柳原親孝・伊藤吉助(1981) αトラック法による伊豆半島の活断層調査。地調月報，vol. 32，p. 199-212.

- ・伊藤吉助・永田松三(1979) 伊豆半島及び富士川周辺における α トラック法による活断層調査. 地震, 第2輯, vol. 32, p. 435-449.
- 活断層研究会(1980) 日本の活断層一分布図と資料. 東京大学出版会, 東京, 363 p.
- 中川久夫・相馬寛吉・石田琢二・竹内(小川)貞子(1961) 仙台付近の第四系および地形(2). 第四紀研究, vol. 2, p. 30-39.
- 中田 高・大槻憲四郎・今泉俊文(1976) 仙台平野西縁・長町一利府線に沿う新期地殻変動. 東北地理, vol. 28, p. 111-120.
- 大槻憲四郎・中田 高・今泉俊文(1977) 東北地方南東部の第四紀地殻変動とブロックモデル. 地球科学, vol. 31, p. 1-14.
- 田山利三郎(1934) 仙臺近傍最近地質時代の地盤運動に就て. 地震研究所彙報, vol. 12, p. 77-95.
- YABE, H. (1926) Excursion to Matsushima and Sendai. *Pan-Pacific Sci. Congress, Tokyo, 1926, Guide Book, C-3*, p.1-18.

(受付: 1984年8月7日; 受理: 1984年9月20日)