

東日本大震災で発生した災害廃棄物等の処理について（Ⅸ） ～各地の空間放射線を測定してみました！（Ⅰ）～

技術士（衛生工学・建設・環境）・環境カウンセラー

第一種放射線取扱主任者、甲種危険物取扱者など

環境計画センター 専任理事 ^{かぎや}鍵谷 ^{つかさ}司

平成24年3月に日本技術士会近畿本部環境研究会主催「東日本大震災1年後の東北視察研修」に参加した。NaIシンチレーションサーベイメータを携行し、先々の視察地において空間放射線を測定した。測定方法が確立されていないこと、固定地点及びバスや車での移動中における測定を考慮し、20～30秒間に表示された最小値と最大値を読み取った。

3月20日に京都から大阪空港に向かう途中で、京都市地下鉄烏丸線、京都駅やシャトルバス内、大阪空港で測定した。仙台空港に降り立って測定した結果、京都や大阪での測定値の半分程度であった。さらに、仙台市内、石巻市、松島町、多賀城市や角田市で測定したが、いずれも関西よりも低いあるいは同等程度であった。（次回、紹介します）。

ところで、平成23年11月に福島第一原発事故で汚染された地域のうち、国が除染支援する地域の指定基準は、放射線量が毎時 $0.23\mu\text{Sv}$ （年間 1mSv ）以上とされた。放射性物質汚染対処特措法に基づく省令に基づいて、被ばく線量が年間 $1\sim 5\text{mSv}$ の地域は市町村が除染するとされた。除染基準の $0.23\mu\text{Sv/h}$ とは、大地からの線量 $0.04\mu\text{Sv/h}$ と原発事故による放射性セシウムによる追加被ばく線量 $0.19\mu\text{Sv/h}$ を合わせた強さである。これは、屋外で8時間、木造家屋で16時間過ごすとして仮定し、木造家屋の遮へい係数を0.4と想定している。なお、除染基準は、福島原発事故に伴う放射性セシウムによる追加被ばく線量であり、自然放射線がこの基準値を超える地域があっ

ても除染対象外であることは言うまでもない。

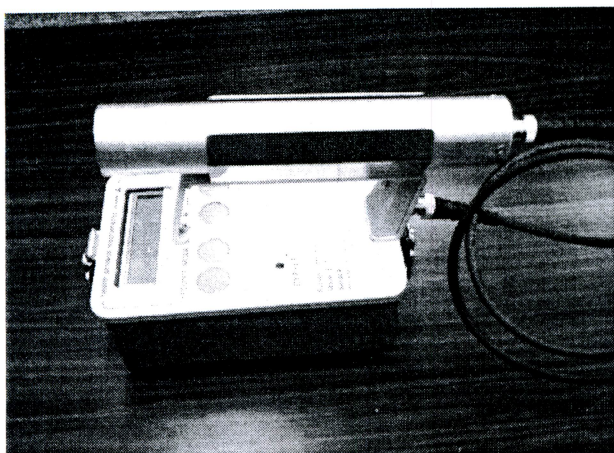
放射線の安全性あるいは危険性を判断する基準は、まず身の回りの空間放射線量との比較である。それを把握するために、同じ機器を用いて各地で空間放射線を測定した。今回は誌面の都合により次の内容であるが、その後、北海道、広島において測定したので、次回に紹介したい。

- (1) 空間放射線の測定方法について；
- (2) 一般環境の空間放射線量の測定方法について
- (3) 空間放射線の測定事例-1～京都市内における測定結果～
- (4) 空間放射線の測定事例-2～住居内（京都市岩倉地区）における測定結果～

（Ⅰ）空間放射線の測定方法について；

①用いた測定器（NaIシンチレーションサーベイメータ）

空間放射線は、NaIシンチレーションサーベイメータ（写真；HPI-5000型、精度 $1/1000\mu\text{Sv/h}$ ）を用いて測定した。サーベイメータには、測定対象とする放射線の種類（X線、 γ 線、 β 線、 α 線など）や使用目的（X線や γ 線の検出、放射能表面汚染測定、周辺監視区域の異常チェックなど）により適切な機器が用いられる。このサーベイメータの測定方式は、各地の公的機関における空間放射線モニタリングをはじめ、今回の福島原発事故に伴う汚染地帯の空間放射線の測定に広く用いられている方式と同じであるが、エネルギー



NaI シンチレーション サーベイメータ 5000 型

補償型ではない。

なお、サーベイメータとは、小型で持ち運べる簡易な放射線測定器のことであり、これには電離箱式、GM管式、シンチレーション式、半導体式の各検出器がある。また、シンチレータとは、放射線が照射すると蛍光を発する物質のことであり、タリウムを含むヨウ化ナトリウム (NaI) やアントラセン・ポリスチレンなどの有機シンチレータもある。これらに放射線が当たると励起や電離が起こり、元に戻る過程 (基底状態) で微弱な光を発する現象を利用して光電子増倍管で電子に変換し、放射線量を計測する方式である。なお、この方式は γ 線が対象であり、 α 線や β 線、宇宙線は測定されない。また、測定用筒 (プローブ) の前方向のみならず全ての方向から入射した γ 線が検知される。つまり、プローブを向けた方向以外から入射する γ 線も計測される。

②現場測定で採用した方法

当初、放射線の測定方法についての的確な知見がなかったので、測定時間、測定回数、方向や地表面からの高さなど不確定であった。空間放射線の強さの範囲を把握することが目的であり、歩行中、乗り物での移動中や停止時に測定するので、測定高さを約 1 m 程度とし、20～30 秒間に表示される数値を読み取ることにした。以下、範囲表示法と記す。

γ 線は、原子核の壊変に伴う余剰エネルギー

の放出に伴うものであり、核壊変は連続的ではなく、不連続で確率的に起こることが知られている。このため、瞬間値を計測しても意味がないとの指摘がある。いわば、流れ星を数えた場合、短時間に多数の流れ星が見えたとしても、全く観察できない時間帯もある。1 時間に平均で何個の流れ星が見えるといっても必ずしも見えるとは限らない。放射線も不連続で放出されるので、瞬間値ではなく、平均値で示すことが妥当であろう。

しかしながら、放射線を放出する原子核は桁違いに多数存在するのであり、これらがランダムに壊変するので、瞬間値であってもゼロになることはなく、一定の範囲内で測定される。放射線を放出する原子核が多いほど、放射線は高くなり、少なければ低く測定される。原理的にはゼロから極めて高い放射線が検出されることもありうるが (ポアソン分布)、現場で計測した事例では、測定値は 1～2 割程度の変動内にあり、30 秒間に測定された範囲で示すことは必ずしも不適とはいえない。測定回数が多いほど精度は高くなるが、時間がかかりすぎることで、移動中には測定できないなどの欠点がある。今回の測定の目的は「どの程度の空間放射線が検知されるか」である。測定器の誤差、測定方法あるいは測定時間帯や気象により測定値は変動するであろうが、簡易測定器による空間放射線の目安を把握することにあるので、精度が低いことに留意して参考にしていただきたい。

(2) 一般環境の空間線量の測定法について 【測定方法について】

平成 23 年 11 月 11 日「廃棄物等の放射能調査・測定法暫定マニュアル」が国立環境研究所より公表されているので、その内容のうち、空間放射線の測定方法について以下に抜粋した。

放射能に汚染された廃棄物等を今後長期的に適切に管理、適正に処理するためには、放射能の調査・測定法の標準化が必須であることから「廃棄物等の放射能調査・測定法暫定

マニュアル」が作成されている。この分野における放射能の調査・測定は、十分な知見が存在しない状況であることから、今回は「暫定マニュアル」として位置づけ、取り纏めたであった。このうち、11. 一般環境の空間線量に基づいて測定した結果と今回、現場測定で用いた方法（範囲表示法）を比較した。

「11. 一般環境の空間線量」の測定方法については次のように記載されている。

11-1 引用規格

- 空間 γ 線スペクトル測定法（平成2年 文部科学省）
- 緊急時環境放射線モニタリング指針 昭和59年6月、平成13年3月改訂、原子力安全委員会

11-2 使用機器

- NaIシンチレーション サーベイメータ（エネルギー補償型）

11-3 事前準備

- 検出器及び表示部をそれぞれビニール等で覆い、測定器に土壌や水滴が付着するのを防ぐ。
- 検出器を固定するスタンドの高さを1m、0.5m、その他必要な高さに調整する。

11-4 測定位置の選定

- 周囲1m以内に木、建築物がない場所とする。なお、測定対象物が存在する場合は、測定対象物から1m離れた位置とする。

11-5 測定

- 検出器は地面と水平にする。装置の電源を入れ、装置が安定するまで待つ。
- 安定後、30秒ごとに5回測定値を読み取り、5回の平均値を測定結果とする。

測定は1mと0.5mで実施する。なお、測定対象物が存在する場合は、測定高さは1mとする。

11-6 測定結果の記録

測定結果には以下の記録を行う。

- 5回の測定値
- 測定日時
- 天候

- 測定位置の概要（図で示しても良い、必要に応じて緯度経度を記録）
- 検出器の向き
- 地面の状態

1.2 現場での日常監視のために簡易な線量の測定；今後の版で追加

【測定事例】

今回採用した20～30秒間に表示した空間放射線の範囲と上記の暫定マニュアルに準拠して測定したデータにどの程度の差異が生じるかについて検討した。3回測定した結果を表-1に示した。

なお、各測定事例の地点、周辺状況、日時、気象条件は次の通りである。また、用いたNaIシンチレーション サーベイメータは（11-2 使用機器）で示されたエネルギー補償型ではないので精度は低い。

①測定事例-1；地下1階事務所（近畿地方 発明センタービル7F建て）

○測定場所；7F建て鉄筋コンクリートビルの地下1Fである。ドライエリアと窓がある。

○地下室中央部の底面から高さ1m、コンクリートの壁から3m程度離れた机上に測定器を設置。

○測定日；24.6.11日16時0分、曇り、室温24.1℃、湿度60%

②測定事例-2；地下1階事務所（近畿地方 発明センタービル7F建て）

○事例-1と同じ場所で測定器を窓際において測定した結果。

○測定日；24.6.12日17時0分、雨、室温23.2℃、湿度59%

③測定事例-3；屋外の石垣前

○京都市岩倉地区に位置する自宅と隣の境界にある高さ約2.5mの花崗岩の石垣前。

○石垣の前50cm付近、高さは地面上、測定器を石垣に水平に向けて測定。

○測定日；24.6.13日18時45分、曇り、気温20℃位

その結果は、今回採用した範囲表示法と暫

表－１ 今回測定方法（範囲表示法）と暫定マニュアル（５回測定平均）

測定方法及び測定データ	測定事例－１	測定事例－２	測定事例－３
今回測定方法 （範囲表示法）	0.102～0.112 （中間値：0.107）	0.088～0.104 （中間値：0.0960）	0.160～0.179 （中間値：0.1695）
暫定マニュアルに基づく			
① 30秒後の読み	0.102	0.087	0.171
② 60秒後の読み	0.106	0.092	0.171
③ 90秒後の読み	0.104	0.107	0.171
④ 120秒後の読み	0.109	0.099	0.169
⑤ 150秒後の読み	0.107	0.092	0.165
５回平均値	0.1056	0.0954	0.1694
誤差（暫定マニュアル基準）	－ 1.3%	－ 0.6%	ほぼ一致

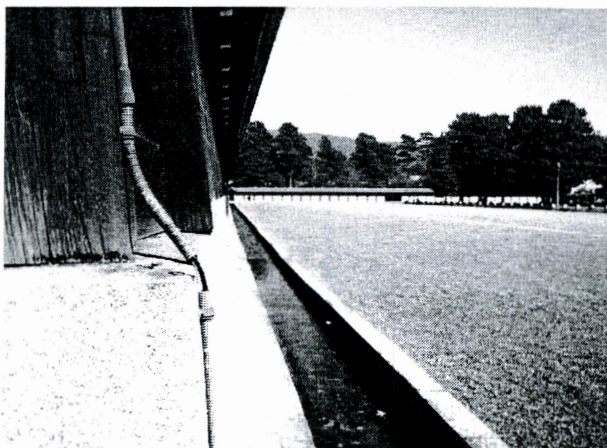
定マニュアルの５回測定平均法の平均値の差は最大でわずか1.3%であり、30秒間で測定しただけで空間放射線量の目安としては十分に有効であることを示唆する。

（３）空間放射線の測定事例－１～京都市内における空間放射線の測定結果～

福島原発事故による影響はないと想定される関西地区の自然放射線量は視察で訪れた仙台市や石巻市の二倍以上の強さであった。この原因を究明するに当たり、まず京都市内の空間放射線を測定し、その原因について検討・解析を試みた。

快晴の平成24年４月18日午後に京都市内の

主要な場所（京都御所、京都地裁、京都府庁、京都市役所など）を目指して自転車にサーベイメータを積載し、時々、停止して30秒間の測定値を記録した。京都は、古くて立派な石造り建造物が多い。多分、放射性物質が多く含まれる六甲山や比叡山から運ばれた花崗岩ではないかと想定し、京都御苑の東門である石薬師御門から西に向かい、京都御所東側の猿が辻から南側正面の建礼門を通り、あの禁門の変で有名な蛤御門へと走行した。ときどき、森の中や砂利道、建物前で測定した。さらに、そのまま西に横断して京都府庁、帰りは丸太町通りを東に走行し、京都地裁や京都市役所などで測定した。



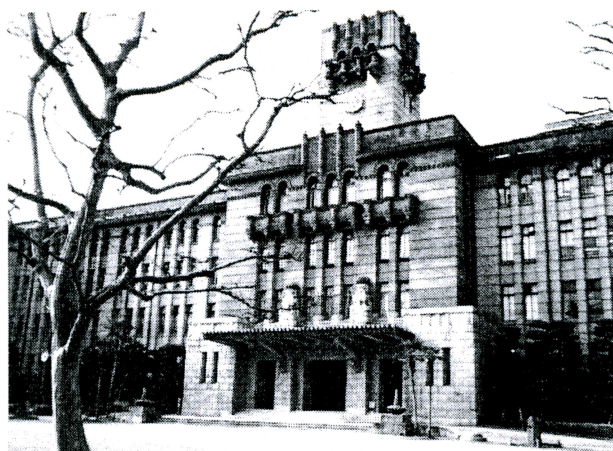
京都御所前の猿が辻（砂利道）



東門の石薬師御門の石垣



京都府庁旧館（1904年；明治37年）



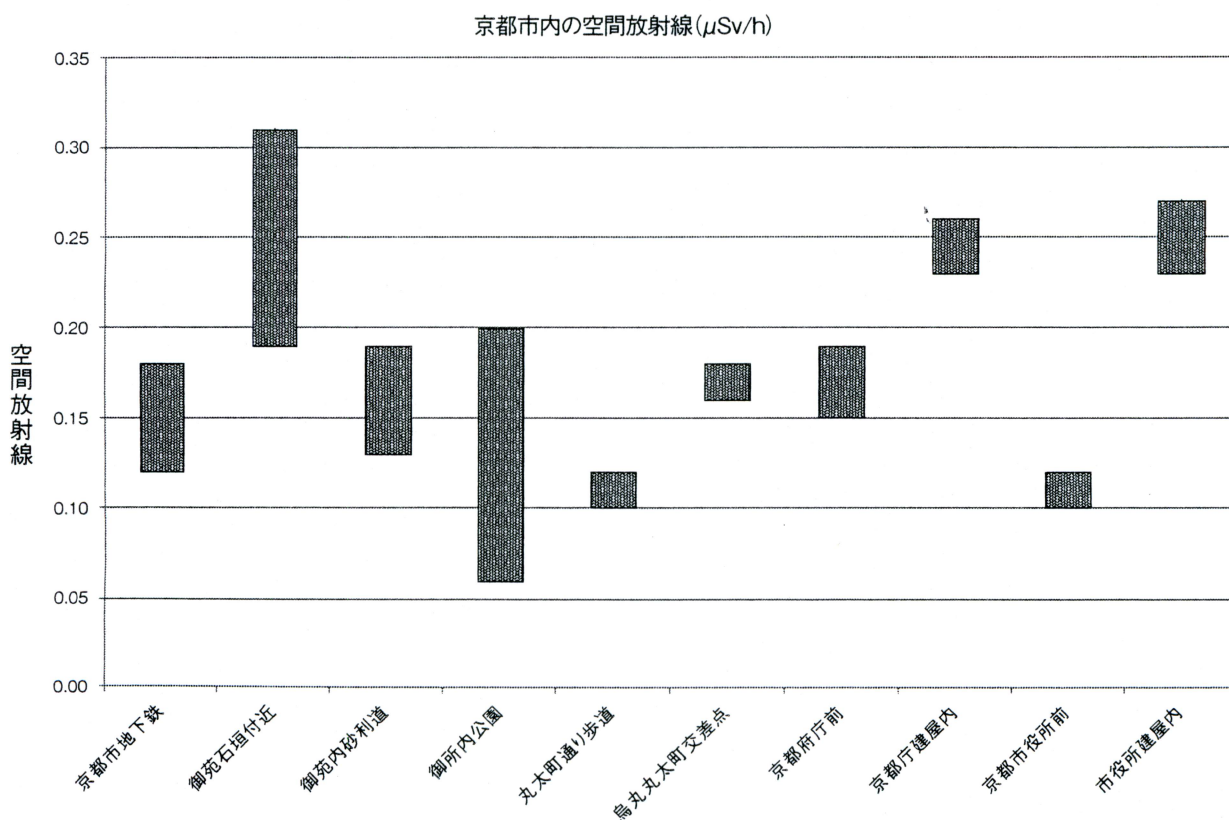
京都市役所本館（1927年；昭和2年）

京都御苑内には、京都御所、仙洞御所、京都迎賓館等があり、公園、野球場、テニスコートなどが整備されている。うっそうとした森に囲まれた静かなところである。御苑内に車は入れないし、皇宮警察が巡回しているので、安全で静かなので市民の憩いの場である。御苑周辺にはかつての公家町と町中の境界であった九つの御門がある。御門は、堅くて大きな石垣で防護されている構造である。また、京

都府庁旧館や京都市役所は明治から昭和初期に建造された石造り建造物であり、大量の石材が使用されている。

【測定結果；京都御苑・京都府庁・京都地裁・京都市役所＆丸太町通り歩道】

多くの測定データをまとめて下記に示し、最小値と最大値の範囲を図－1のグラフに示した。なお、下記以外にも京都市市営地下鉄



図－1 京都市内における空間放射線量の測定結果 (μSv/h)

などでも測定したので、グラフに併記した。

- ①京都御苑内石垣付近； $0.15 \sim 0.31 \mu\text{Sv/h}$
(石薬師御門、建礼門、蛤御門、出水口)
- ②京都御苑内の周囲； $0.05 \sim 0.19 \mu\text{Sv/h}$ (猿が辻外壁、砂利道、公園内の木の根近傍)
- ③石作り建造物内； $0.23 \sim 0.27 \mu\text{Sv/h}$ (京都府庁旧館内、市役所)
- ④京都市内地表面； $0.09 \sim 0.23 \mu\text{Sv/h}$ (丸太町通り歩道、交差点。京都地裁前、市役所前広場)

京都御苑内の石垣は大きな花崗岩が使われており、その周辺の空間放射線は高い傾向にあった。また、京都府庁や市役所本庁は大量の花崗岩で建造されており、屋内での測定値は高い傾向にあった。なお、建屋内であっても近年、建造された京都市営地下鉄や京都地裁内の測定値はやや低い傾向にあった。

一方、屋外の市役所前広場、歩道や交差点及び京都御苑内の公園や砂利道はやや低い。花崗岩が砕けてできた砂や砂利が混じっている砂利道、歩道や車道も同じく高い傾向にあるが、建物や砂利道から離れた森の中は低い傾向にあった。

【空間放射線の強さとその原因について】

御苑内の砂利や石垣の石材あるいは京都府庁などの大きな石造り構造物付近の空間放射線が高いことが大きな特徴である。これらの材料がどこで産出したものかはわからないが、比叡山のふもとと北白川の瓜生山や修学院離宮の付近の音羽川上流に花崗岩の石切り場が確認されている。また、京都市北白川から比叡山を越えて大津に至る滋賀街道沿いの河川では花崗岩が風化して生成した白川砂が産出し、近くにラジウム温泉がある。市内から数kmより離れていないことから京都御苑をはじめ京都府庁や京都市役所の石造建造物もこれらの花崗岩や砂が利用されたと推測される。

花崗岩はマグマがゆっくり冷えて固まり、造山活動で地表面の山々を創造したことが知られている。花崗岩には、ウラン等の放射性

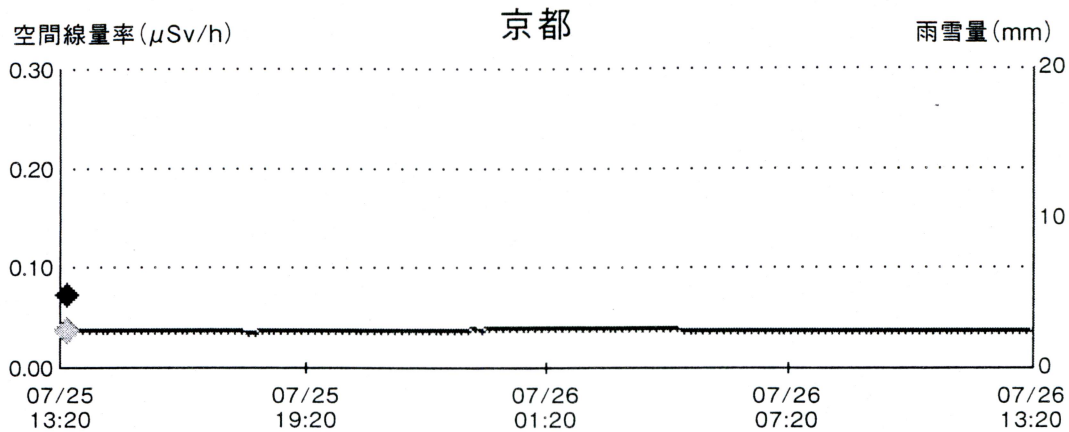
物質 (Bi、K、Tl) を多く含むので、放射線が強いこと、あるいはウランの壊変過程で放射性のラジウム (固体) やラドン (気体) が生成するので、ラジウム温泉やラドン温泉など放射能泉が存在する。なお、花崗岩にも多くの種類があり、必ずしも放射性物質が多いとは限らないし、花崗岩が風化して生成した礫、砂や土壌にも放射性物質が含まれていることに留意する必要がある。

このように測定した放射線 (γ 線) の発生源が、地下に分布する基盤岩 (花崗岩) から放出されたものか、あるいは用いられた建材に使われる花崗岩などに含まれる放射性物質から放出されたものと推測される。しかしながら、この程度の実測結果から主たる発生源が基盤岩あるいは建材に依るものかを判断することは難しい。

【公的機関による京都市内の空間放射線量の測定】

京都市内では、京都府保健環境研究所 (京都市伏見区) において空間放射線のモニタリングが行われ、測定結果がリアルタイムで公表されている。平成24年4月20日の測定値はほぼ $0.04 \mu\text{Sv/h}$ 程度であった (図-2)。問い合わせをしたところ、測定機種は日立アロカメデイカル (株) 製エネルギー補償型 NaI (Tl) シンチレーション方式、測定誤差は $\pm 10\%$ 以内、測定場所は駐車場端 (砂利) で地上高1mであり、公表されている測定値は、2分間測定値の5個の平均、すなわち10分間の平均値とのものであった。なお、今回、現場測定に用いたサーベイメータ (HPI-5000 シンチ) にはエネルギー補償機能がないので低エネルギーの散乱線も計測するので、放射線量は高く表示される可能性があるとの指摘があった。

このように測定機器の精度は違うとしても京都市内においてサーベイメータによる測定値と大きな差があった。測定結果の違いを測定器の精度に由来することも主たる要因の一つであろうが、ここでは、京都市内と伏見区



図－2 京都府放射線モニタリング結果（京都府保健環境研究所内；伏見区村上町）
平成 24 年 4 月 20 日（金） 03：00 0.0391 $\mu\text{Sv/h}$
（通常は 0.01 ～ 0.2 $\mu\text{Sv/h}$ ですので、只今の測定値に異常はありません。）

のモニタリング地点では、大地を構成する地盤・地質の分布に大きな差異があることに注目して検討した。なお、この測定器を用いて同じモニタリング場所で測定することが疑問を解決する最も有効な方法なので、機会を見て実施したい。

【空間放射線量は地盤、堆積状況や地下水に影響されるのではないか！】

このような測定データの違いは、測定機器の精度、測定方法に由来するとしてもあまりにも差が大きい。自然放射線の強さは、主に大地からの放射線に依存する可能性が大きいことから、京都市の基礎地盤に注目した。

京都市内から宇治方面の地質構成を図－3に示した（京都の地震 南北断面 堀川～巨椋池側線 京都市消防局防災課）。京都の地盤構成は、京都市の南北方向（北山～伏見～宇治）の地質断面に示したように、北に行くほど基盤岩が浅くなり、堆積層も浅くなる。一方、モニタリング地点の伏見地区は、下流である南側であり、基盤岩が深く、その結果、堆積層も深くなり、地下水も豊富であることが知られている。伏見区付近は京都駅と久世橋通りの中間付近に位置するので、基盤岩はおおよそ 200m 程度、つまり、堆積層が 200m 程度の厚さであることが伺える。

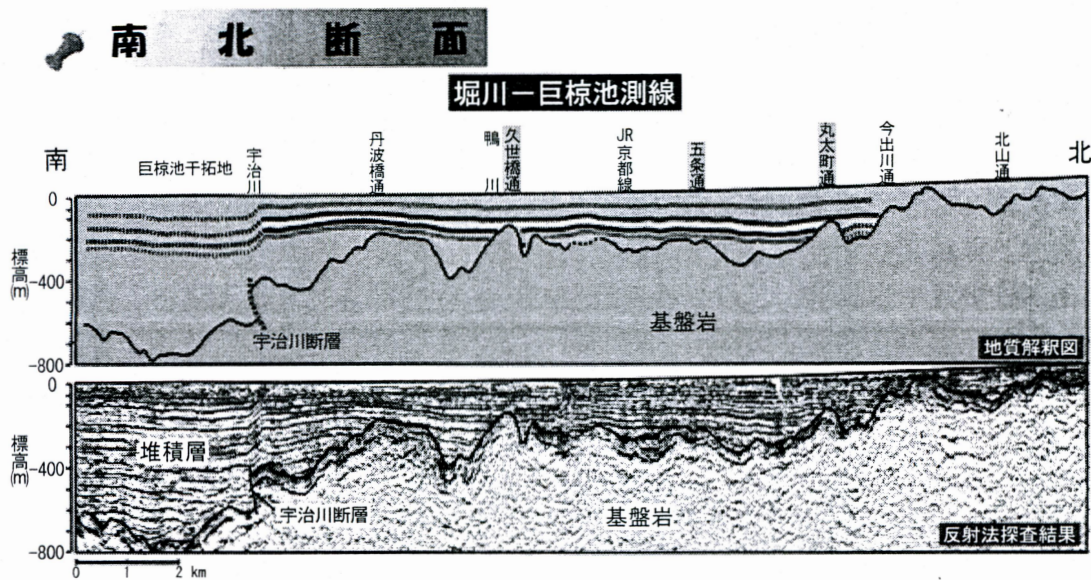
仮に、基盤を構成する岩盤から放射線ある

いは放射性核種（放射性ラドン）が放出されているならば、堆積層が厚く、放射線を遮蔽する地下水が豊富なほど地表の空間放射線量は低くなる。基盤岩は今出川通りから南側に傾斜しており、丹波街道（伏見区）当たりから宇治川に向けて急激に深くなる。このことは、自然由来の空間放射線が低くなる可能性があることを示唆する。さらに、沖積平野の宇治や大阪地域も同様にさらに低くなることが予想される。一方、京都市内今出川通りから北方向では基盤岩がしだいに浅くなり、比叡山の麓に位置する北白川や岩倉方面では露出するので、空間放射線は高くなりそうである。

ここで、平成 24 年 8 月 2 日～3 日の京都府下の他地点におけるモニタリングポストによる測定値は次の通りであった。地質構造から南部は低く、北部は高くなると予想されるが、測定値はその傾向を示している。

- 京都府保健環境研究所内；伏見区村上町（京都盆地の南側）；0.037～0.038 ($\mu\text{Sv/h}$)
- 京都府庁内；上京区（京都盆地の北側）；0.053～0.058 ($\mu\text{Sv/h}$)
- 京都府総合庁舎（南丹保健所；南丹市園部町；山間部）；0.053～0.062 ($\mu\text{Sv/h}$)

なお、京都市内は、原発事故で飛散した放射性セシウムが到達していないので、自然界の花崗岩に多く含まれる放射性カリウム（K40）、ウランやトリウムの壊変過程で放出される γ



宇治川断層は、平成10年度に行われた地下構造調査により、新たに発見された断層です。このように地下構造調査により、これまで見つかっていない活断層を発見することもあります。

大阪層群の海成粘土層
 — Ma9: 約40万年前
 — Ma6: 約60万年前
 — Ma5: 約70万年前
 — Ma4: 約80万年前
 — Ma3: 約85万年前
 活断層・伏在断層

「京都の地震」京都市消防局防災対策室

図-3 京都の地質（南北断面；堀川～巨椋池側線）

線であると推測される。自然放射線の起源を解明するためには、基盤岩や堆積物中のウラン分布や検知した γ 線のエネルギー解析などを行えば、より明確に起源を明らかにすることができる。が、ここは、研究論文を目的としたものではないので、測定した結果から原因を推定し、同じような地盤構造あるいは堆積構造において空間放射線の強さが推測できれば、解析の目的を満たすと考えている。

（4）空間放射線の測定事例-2～住居内（比叡山麓岩倉地区）における放射線測定～

放射線の関心は、食料品のほかに居住する環境あるいは住居内の空間放射線が最も高いと思われるので、自宅及びその周辺における空間放射線を取り上げた。

上記で記載したように京都市内の空間放射線は、主に自然界からの放射線であり、基盤岩を構成する花崗岩から放出されていると予想される。花崗岩には比較的高い濃度で放射性物質が含まれているので、基盤岩が浅くな

るほど放射線は高くなる。京都盆地では、北にいくほど比叡山麓に近づき、放射線は高くなると想定される。自宅は、比叡山の麓の岩倉地区に位置しているが、岩倉盆地として有名で地下水位が高いことが知られている。このような地盤条件における空間放射線は高い、あるいは低いのであろうか？また、空間放射線は、地下室で高く、上層階では低いといわれている。上層階ほど放射性物質が含まれた基盤岩から離れるため距離減衰によるとの説明もあるが、本当なのであろうか！！

〈測定結果〉

自宅周辺の水田地帯、岩倉東公園、自宅前の舗装道路などバックグラウンドを測定した上で、自宅の地下駐車場、一階和室、二階和室並びに二階ベランダ（屋外）で空間放射線を測定した。なお、自宅は、木造家屋であるが、地下部はコンクリート、上階の壁は天然粘土である珪藻土を使っている。地下室は道路面と同じ高さであり、道路からカルバートボックス型の駐車場と直結している。地下室及び

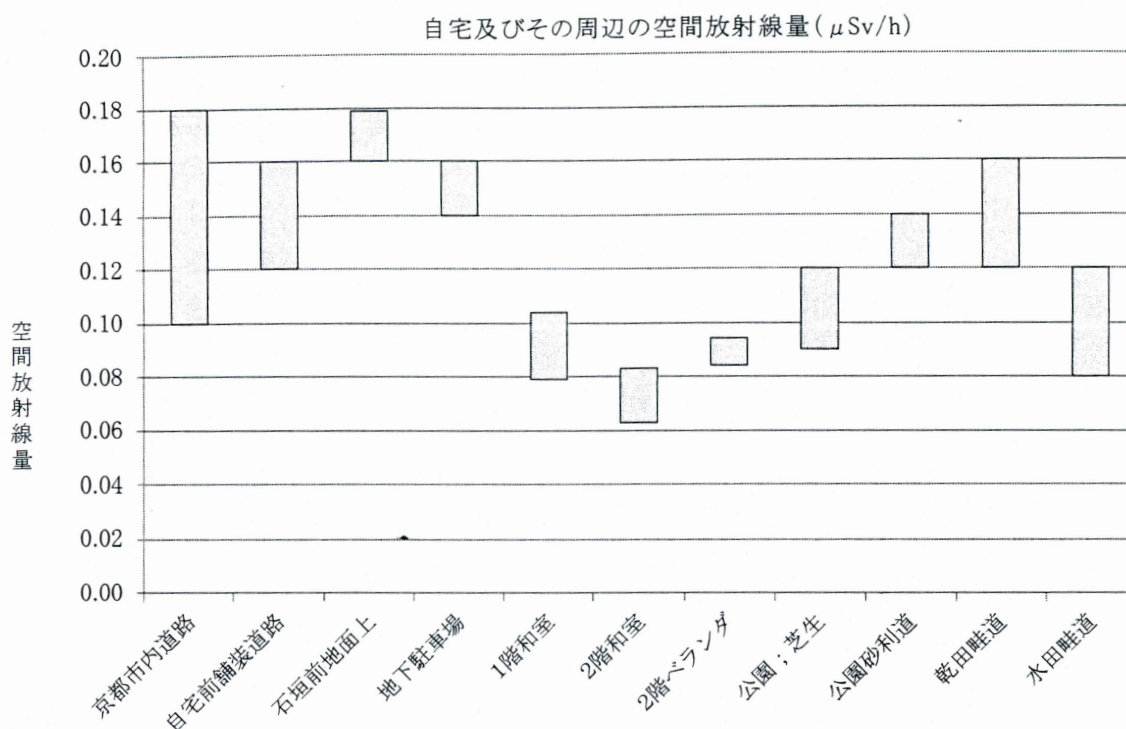


図-4 自宅（岩倉地区）及び周辺における空間放射線量 ($\mu\text{Sv/h}$)

駐車場はコンクリート造りである。測定方法は、部屋のほぼ中央部で高さ1m地点である。測定値を自宅周辺や京都市内と自宅に区分してまとめた。なお、測定日は違うこともあるが、いずれも曇りであった。なお、最大値と最小値の平均を中間値とした。

〈バックグラウンド〉

- ① 自宅周辺道路；0.12～0.16（中間値；0.14）($\mu\text{Sv/h}$)
- ② 近隣公園（砂利道；自宅から100m）；0.12～0.14（中間値；0.13）($\mu\text{Sv/h}$)
- ③ 近隣公園（芝生；自宅から100m）；0.09～0.12（中間値；0.10）($\mu\text{Sv/h}$)
- ④ 近隣水田地帯の畦道（乾田；自宅から300m）；0.12～0.16（中間値；0.14）($\mu\text{Sv/h}$)
- ⑤ 近隣水田地帯の畦道（水田；自宅から300m）；0.08～0.12（中間値；0.10）($\mu\text{Sv/h}$)
- ⑥ 京都市内丸太町通り；0.10～0.18（中間値；0.14）($\mu\text{Sv/h}$)

〈自 宅〉

- ① 地下室、地下駐車場 3回測定の範囲；0.138～0.161（中間値；0.150）($\mu\text{Sv/h}$)
- ② 1階；和室、応接室、居間の3地点；0.079

～0.104（中間値；0.092）($\mu\text{Sv/h}$)

- ③ 2階；和室、個室、廊下（吹き抜け）の3か所；0.063～0.083（中間値；0.073）($\mu\text{Sv/h}$)
- ④ 2階ベランダ（屋外）；0.084～0.094（中間値；0.089）($\mu\text{Sv/h}$)

- ⑤ 自宅と隣との境界に高さ約2.5mの石垣前；0.160～0.179（中間値；0.170）($\mu\text{Sv/h}$)

バックグラウンドに相当する自宅前の舗装道路や公園、水田地帯の空間放射線量は、京都市内丸太町通りで測定したデータと類似していた。なお、水田畦道で4月測定（乾田）と6月測定（水田）では、同じ場所で測定した結果では、水田に水が入ると地表面における放射線量は3～4割程度低くなる。基盤岩からの放射線が水で遮へいされることを示唆する。

一方、自宅の空間放射線量は、地下室が最も高く、一階で4割減、二階で5割減と急激に低くなった。

〈放射線の発生源について〉

測定した空間放射線の発生源はなんだろうか？現在の私の現在の知見では、①基盤岩等を構成する花崗岩及び②建材に使用された

花崗岩等の石材や砂・砂利に含まれる放射性物質から放出される γ 線であると考えている。その他に宇宙線により生成した大気中の放射性炭素等あるいは空気と衝突して散乱した放射線などが考えられる。測定された放射線は γ 線であり、①と②が主たる発生源と考えられるが、それぞれを発生源とした場合の特徴をまとめると次のことがいえよう。なお、原発事故で飛散した放射性セシウムによる空間放射線については上記の他に別途に検討が必要である。

①基盤岩等を構成する花崗岩に由来するとした場合；

- 基盤岩が深くなるに従って地表面の放射線量は低くなる。(距離減衰が大)
- 地表面と基盤岩の間に堆積した層が厚いほど地表面の放射線量は低くなる。(距離減衰、遮へい効果が大)
- 堆積層の地下水層が厚いほど地表面の放射線量は低くなる。(遮へい効果が大)
- 花崗岩質の岩盤で構成される山麓や岩盤が露出する地区の放射線量は高い(距離減衰が小)

②建材に使用された花崗岩等の石材や砂・砂利に由来するとした場合

- 建材に花崗岩の石材や砂・砂利が大量に使用された周辺の放射線量は高い(線源が多い)
- このような建材が立体的に使用された地下室などの放射線量は高い(線源が多い)
- 木造や鉄骨等を主体とした建造物内は、石材を多く用いた建造物内よりも放射線量は低い(線源が少ない)

【基盤岩から放出される放射線について】

伏見区のような深さ200m以上に分布する基盤岩から放出された γ 線が地表面に到達したとしてもかなり距離減衰するはずであり、かつ地下水に満たされた堆積層により遮へいされるので、地表に到達するとは考えにくい。地表面と基盤岩の間にはシルト・粘土・砂、

礫等が堆積しており、これらにも少なからず放射性物質が含まれているので、地表部でも検出されうるが、低いであろう。一方、基盤岩が浅いあるいは露出している山麓や山体付近において高いことは理解できるが、基盤岩から放出される放射線が地下のコンクリート底盤を透過して上階に到達し、しかもわずか数m離れた1階や2階のそれが4～5割も低下することは理解しがたい。放射線源が気体であり、地下から上昇すると想定すると合理的な説明が可能であり、このためには、放射性ウランの壊変で生成する気体の放射性ラドンが原因の一つに浮かび上がる。

【放射性ラドンによる放射線について】

大地からの γ 線の源は放射性ウラン、放射性カリウムや放射性トリウムである。花崗岩にはこれらの放射性物質が比較的多く含有されており、基盤岩を構成することからのその深さや分布が地表の γ 線と大きな関係があるとされている。これらはいずれも固体であり、堆積層が厚くなると地表に到達し難い。しかしながら、放射性ウランの壊変過程で生成するラドンは不活性な気体であり、岩盤の亀裂あるいは地下水に溶出して地表へ漏出する。ラドンの半減期は3.8日であり、室内に侵入すると室内濃度が高くなる。日本の家屋は木造で隙間が多いので室内濃度は低いとされてきたが、最近のコンクリート構造やアルミサッシ等により密閉性が高くなっているため、室内濃度が上昇し、被ばくによる健康障害を指摘する報告もある。

文献によれば、日本国民の環境放射線被ばく線量は年間1.48mSvであり、このうち、自然 γ 線被ばくが0.38 mSv、ラドン及び娘核種によるそれが0.4 mSvと報告されている。※1) なお、ラドンからの放射線の種類は α 線であり、用いたサーベイメータでは検出されないが、壊変過程で発生する γ 線が測定されるものと考えられる。

放射性ラドンの主たる発生源は基盤岩であっ

でも地表付近に上昇するので、地表までの距離減衰や堆積層や地下水による遮蔽があるにも関わらず放射線が検出され、基盤岩が浅いとラドンガスの拡散が小さくなるので地表の放射線は強くなりうる。なお、基盤岩が露出している場合などは直接 γ 線が到達するであろうし、生成したラドンは大気中へ拡散すると推測される。密閉構造の地下室ではラドン濃度は高くなり（換気しない場合）、上層階ほど到達するラドン濃度は低くなるので、放射線量は低下することになる。これまでに測定した空間放射線の特徴を合理的に説明することができる。

【建材から放出される放射線について】

一般的に、住宅内での空間放射線量は、木造よりもコンクリート構造物が高いこと、低層よりも高層になるほど低くなると言われている。なお、通常の高さでは宇宙線を起源とする γ 線は無視してよさそうである。コンクリート構造物は、原料に砂や砂利が使われており、その原料が花崗岩であれば当然、 γ 線の発生源となる。また、地下は通常、周りがコンクリートに囲まれており、周りから放射線が放出されるので高いが、主たる原因は、気密性が高いので侵入した放射性ラドンガスが蓄積するためであると考えられる。機会があれば、地下室を密閉した状態と開放した状態で同じ場所で空間放射線を測定してみたい。

【おわりに】

空間放射線の測定結果のみを報告する予定であったが、全国各地で測定するとその違いが大きいことや大地からの放射線は基盤岩、堆積層や地下水など地盤と大いに関係がありそうなデータが集積された。つまり、空間放射線量を測定することによりその地域の大まかな地質構成が予想できるのであり、新しい発見であった。また、室内においては、用いた建材からの放射線もあるが、大地から湧出する放射性ラドンガスが大きく寄与している可能性が大きい。

今回は、宮城県下（仙台、石巻）における空間放射線の測定結果を報告するとともに、北海道千歳、札幌市や小樽市、飛行機内、広島原爆ドーム付近等の測定結果をまとめて紹介したい。

【追記】

これまで寄稿した「Q & A」の寄稿内容については、長い間放射線分野の業務から離れていたため、関係資料が不足していたり、部分的に知識が少なかったりしながらまとめたものであった。このため、若干不適切な表現や十分に精査されていない箇所もあったことをお詫び致します。

なお、投稿された内容及び解説は、ホームページ「環境計画センター」の関連項目で紹介します。

〈参考文献〉

※ 1) 原子力安全研究協会編；生活環境放射線、原子力安全研究協会 p.143 (1992)

放射線・災害廃棄物に関する寄稿・講演等

平成 24 年 9 月 21 日

環境計画センター

技術士(衛生工学・環境・建設)

専任理事 鍵谷 司

私は、かつて原子力研究所で放射線化学に係る研究・業務に従事し、国家資格を有しているので、放射性物質が付着した災害廃棄物等の処理に大きな関心をもっています。原子力専門分野とはやや縁遠い技術者ではありますが、正確性に欠けるところも多々あると思いますが、これまでの寄稿や講演・スピーチ活動を積極的に行ってきましたので、参考に内容を一覽に供します。なお、講演・講義(10回)とラジオ(京都FM放送で12回)での解説については省略します。

11. 「環境施設」、No.129、pp.73-83 (2012.9)
シリーズ⑨「東日本大震災で発生した災害廃棄物の処理について
～各地の空間放射線を測定してみました！(I)～」
10. 「環境施設」、No.128、pp.77-83 (2012.6)
シリーズ⑧「東日本大震災で発生した災害廃棄物の処理について
～震災1年後の宮城県(仙台、石巻、松島、多賀城市)を訪ねて～」
9. 「環境施設」、No.128、pp.70-76 (2012.6)
シリーズ⑦「東日本大震災で発生した災害廃棄物の処理について
～100Bq/Kg ほどの程度危険か？～」
8. 「環境施設」、No.128、pp.61-69 (2012.6)
シリーズ⑥「東日本大震災で発生した災害廃棄物の処理について
～放射性物質の濃度と被ばく線量について～」
7. 「環境施設」、No.127、pp.70-81 (2012.3)
シリーズ⑤「東日本大震災で発生した災害廃棄物の処理について
～災害廃棄物の埋立時における被ばく計算について～」
6. 「中小商工業研究」、No.110 pp.141-147 (2012.1)
「放射性物質が付着した災害廃棄物の処理について」
5. 「環境施設」、No.126、pp.64-74 (2011.12)
シリーズ④「東日本大震災で発生した災害廃棄物の処理について
～災害廃棄物の保管時における自然発火の原因と対策について～」
4. 「環境施設」、No.126、pp.56-63 (2011.12)
シリーズ③「東日本大震災で発生した災害廃棄物の処理について
～放射性物質が含まれた焼却灰等の埋立処分について～」
3. 「環境施設」、No.125、p.82-91 (2011.9)
シリーズ②「東日本大震災で発生した災害廃棄物の処理について
～放射性物質が付着した都市ごみ焼却灰について？～」
2. 環境計画センター基調講演資料 (2011.6.24)
原子力安全委員長「可能性はゼロではない」意味するもの。
1. 「環境施設」、No.124、p.87-91 (2011.6)
シリーズ①「東日本大震災で発生した災害廃棄物の処理について
～放射性物質が付着した廃棄物は放射性廃棄物か？～」