

東京都世田谷区における空間放射線量率について

蜂須賀暁子[#], 木村美恵, 中村亮介, 手島玲子

Study of radiation dose rate in air at Setagaya in Tokyo

Akiko Hachisuka[#], Yoshie Kimura, Ryosuke Nakamura and Reiko Teshima

The great earthquake occurred at East Japan on March 11, 2011 and the following tsunami induced the accident which environmentally leaked radioactive materials from the nuclear power plant of the Fukushima Daiichi. We measured radiation dose rate in air by the NaI (Tl) scintillation and GM survey meters from March 15 to May 30 at Setagaya in Tokyo. Three measured points were at the 1m height from the ground on asphalt surfaced road, at the 5cm height from ground with weeds, and at the room of a reinforced concrete building. As a result, a transient increase was observed on March 15, a sustained rise was observed on both days of March 21 and 22. The latter was thought to be due to the radioactive rainfall. These measured values were compared with the radiation dose rate in air of the cities in Kanto area, and it was confirmed that the measured values at Setagaya are not so different from that of those cities.

Keywords: radiation dose, survey meter, NaI (Tl) scintillation

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災と直後の津波は、福島原子力第一発電所に放射性物質を漏出する事故を誘発した。その結果、3月12日には発電所から半径20km圏内が避難指示区域に指定され、それが15日には半径30kmに拡大された。さらに4月21日は半径20km圏内が警戒区域となり、20km圏外においても「計画的避難区域」及び「緊急時避難準備区域」が設定された。計画的避難区域の基本的考え方としては、国際放射線防護委員会(ICRP)と国際原子力機関(IAEA)の緊急時被ばく状況における放射線防護の基準値(20~100mSv)を考慮して、事故発生から1年の期間内に積算線量が20mSvに達するおそれのある区域が指定された。屋外滞在時間が1日につき8時間、屋内の線量率は屋外の4割という仮定を行った場合、空間線量率 $3.8\mu\text{Sv/h}$ 以下であれば年間20mSv以下となる($3.8\mu\text{Sv/h} \times (8\text{h} + 0.4 \times 16\text{h}) \times 365\text{d} = 19973\mu\text{Sv/y}$)。

空間放射線量率は、空気吸収線量率とも言い、対象とする空間の単位時間当たりの放射線量であり、環境放射線モニタリング指針¹⁾に定められている。平常時においては γ 線を対象とすれば十分であるとし、異常事態発生の際に中性子線が放出される可能性がある施設についてはそれらの測定の準備も要求している。今回の事故においては、避難区域外で中性子線のおそれは無いため、線質係数を1として吸収線量率であるGy/hをSv/hと読み替えている。各都道府県よりNaI(Tl)シンチレーション検出器による γ 線の測定値が、文部科学省より公表されている²⁾。空間放射線量率測定には、多数のモニタリング地点を迅速に測定するために小型で可搬型のサーベイメータが多用され、NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ^{注1)}、GM計数管式サーベイメータ^{注2)}、電離箱式サーベイメータ^{注3)}などの測定器が通常用いられる。

事故現場からの放射性プルームによる汚染は、同心円状にはならず、降雨などの気象条件や地形条件により、ホットスポットと呼ばれる高汚染地域を生じさせることが知られている。そのため、事故による汚染を検証するためには、多くの測定地点が必要となる。本稿では、福島事故における1検証として、東京都世田谷区においてNaI(Tl)シンチレーションおよびGM計数管式サーベ

[#]To whom correspondence should be addressed:

Akiko Hachisuka; Division of Novel Foods and Immunochemistry, National Institute of Health Sciences, 1-18-1 Kamiyoga, Setagaya-ku, Tokyo 158-8501, Japan; Tel: +81-3-3700-1141 ext. 243; Fax: +81-3-3707-6950; E-mail: hachisuk@nihs.go.jp

イメータを用いて測定した空間線量率を示す。また、その実測値と公表されている関東地域の測定値とを比較し、考察を加える。

2. 方法

サーベイメータは下記2種類を用いた。

①TCS-161 (日立アロカメディカル株) 測定線種： γ 線，検出器： $\phi 25.4 \times 25.4$ mm NaI (TI) シンチレーション検出器，エネルギー範囲：50keV～3 MeV，測定範囲：1 cm 線量当量率バックグラウンド～ $30\mu\text{Sv/h}$

②TGS-121 (日立アロカメディカル株) 測定線種： β および γ 線，検出器：端窓形ハロゲンGM管，窓径：20mm ϕ ，窓厚：2～3 mg/cm²， β 線しゃへい：厚さ4

mm Al (1 g/cm²以上) キャップ，バックグラウンド：約 1 s^{-1} (=約 $0.3\mu\text{Sv/h}$) 以下

測定点は，研究所内4，11，28号館の間のアスファルト上の地点，約1 m高さを「屋外」とし，近傍の土の上約5 cmを「地面」とし，11号館1階を「屋内」とした。いずれの検出器も1 cm 線量当量率 (Cs-137) を読み取った。測定は，3月15日14時から随時行い，3月30日以降は原則，平日16時に測定を行った。

3. 結果および考察

(1) 東京用賀の測定値

研究所内の測定結果をFig. 1に示す。3月15日14時より測定を開始し，NaI (TI) シンチレーションサーベ

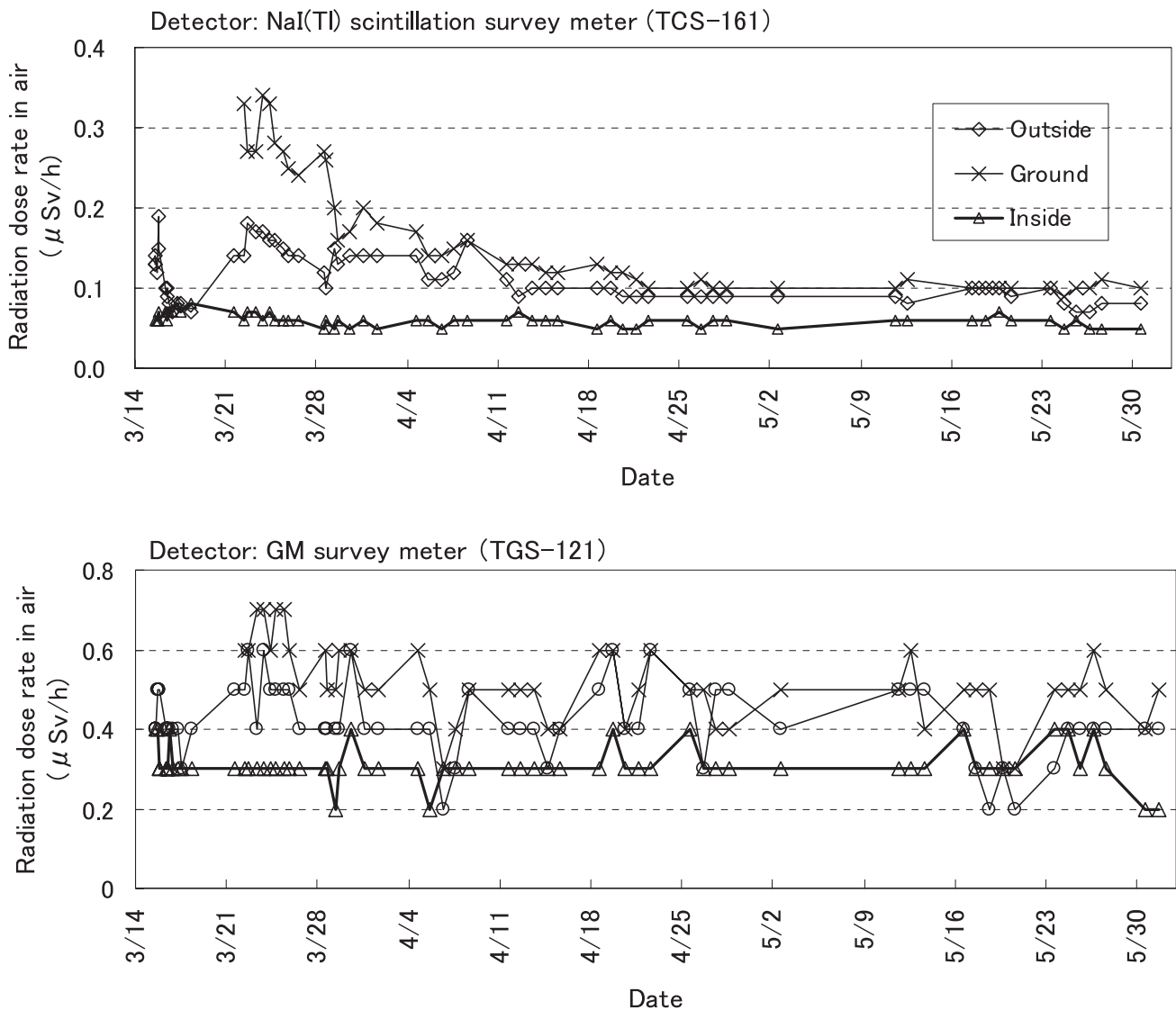


Fig. 1 Radiation dose rate in air at Setagaya-ku in Tokyo

Radiation dose rate in air measured at three observation points in the NIHS: "Outside" is located at about 1m height from the ground with asphalt surface, "Ground" at about 5cm height from the ground with weeds near Outside, and "Inside" at the room of Bld. 11. The ordinary ranges of value by NaI (TI) scintillation and GM survey meters are 0.03-0.08 and 0.2-0.5 $\mu\text{Sv/h}$, respectively.

イメータでは、同日19時に屋外で $0.19\mu\text{Sv/h}$ に上昇したが、翌16日9時には平常時 ($0.04\text{--}0.06\mu\text{Sv/h}$) より若干高い $0.10\mu\text{Sv/h}$ まで下がり、その時の屋内のレベル $0.07\mu\text{Sv/h}$ に近づいた。この上昇は放射性物質の微粒子の飛散に由来すると考えられ、それらが通過した後は比較的速やかに元に戻ったと思われる。屋内では $0.06\text{--}0.08\mu\text{Sv/h}$ を維持し、外気、人あるいは物に付着した放射性物質の混入等は顕著ではなかった。数日間そのレベルを維持した後、21日に屋外において上昇が見られたが、これは雨による影響と考えられた。気象庁のデータによれば、21日から23日にかけて関東広域に降雨があり、世田谷の雨量は21日15.5mm、22日13.5mm、23日4mmであり、雨水をウエル型 NaI (TI) シンチレーションカウンタで測定したところ、I-131とCs-134およびCs-137のエネルギー領域 ($270\text{--}770\text{keV}$) でカウントの上昇が見られた(参考データ)。雨水を含む降下物による地表面での蓄積を考慮し、22日より雑草が生えている土の上、約5cm高さの地面での測定も追加した。この時点では、アスファルト上の5cm高さは1m高さの空間線量率と大差がなかったが、雑草の多い高さ5cm地点は1m高さの空間線量率より高い値を示し、放射性物質の植物表面への付着が示唆された。同時期、屋内の線量率に大きな変化は見られなかった。

その後は、屋外での3月22日15時の $0.18\mu\text{Sv/h}$ をピークとし、多少の変動はあるものの緩やかに下降し、3週間後の4月12日には約 $0.10\mu\text{Sv/h}$ 、5月末には約 $0.08\mu\text{Sv/h}$ となった。地面5cm高さの値は、屋外1m高さの値より高めではあるが、同様に徐々に低下していく傾向を示した。

測定原理やエネルギー特性が異なるGMサーベイメータにアルミキャップを装着し β 線を遮へいして γ 線の

測定も同時に行った。その結果、3月21日に線量率の上昇が見られたこと、地面で少し高めであること、屋内では測定期間を通じて平常値の範囲内であることなど、NaIシンチレーションサーベイメータと同様の傾向が観察された。

外部被ばくに対する建物の効果は、IAEAの調査によれば、木造家屋で約10%、大きなコンクリート建物で約80%以上低減できるとされている。今回の空間線量率の上昇比率を見ると、概ね屋内は屋外の約4割となった。避難区域周辺と東京の空間線量率では10倍以上の差があるが、避難区域等の設定基準で用いられた比率とほぼ同じ数値となった。

(2) 検出核種について

測定に用いたNaI (TI) シンチレーションおよびGMサーベイメータはエネルギー分別能がないため核種についての情報は得られない。そこで核種分析を行っている高エネルギー加速器研究機構 KEK (茨城県つくば)³⁾および軍縮・不拡散促進センター CTBT (群馬県高崎)⁴⁾のHP公表データを参考にすると、両研究所において、I-131, Te-132, Cs-134, Cs-136, Cs-137, Te-129m, I-133, Tc-99mなどが、CTBTでは、Xe-133, Xe-131mが、少なくとも3月15日以降に検出されている。これらの情報を合わせると、NaI (TI) シンチレーションサーベイメータで測定されている核種は、主にI-131とCs-134およびCs-137と考えられる。

文部科学省は、都道府県別モニタリング結果として定時降下物のデータを公表している⁵⁾。関東都県における降下物のCs-137およびI-131の値を積算したグラフをFig. 2に示す。なお、群馬県と栃木県は、埼玉県と神奈川県の数値で推移し、図が煩雑となるためこれら2

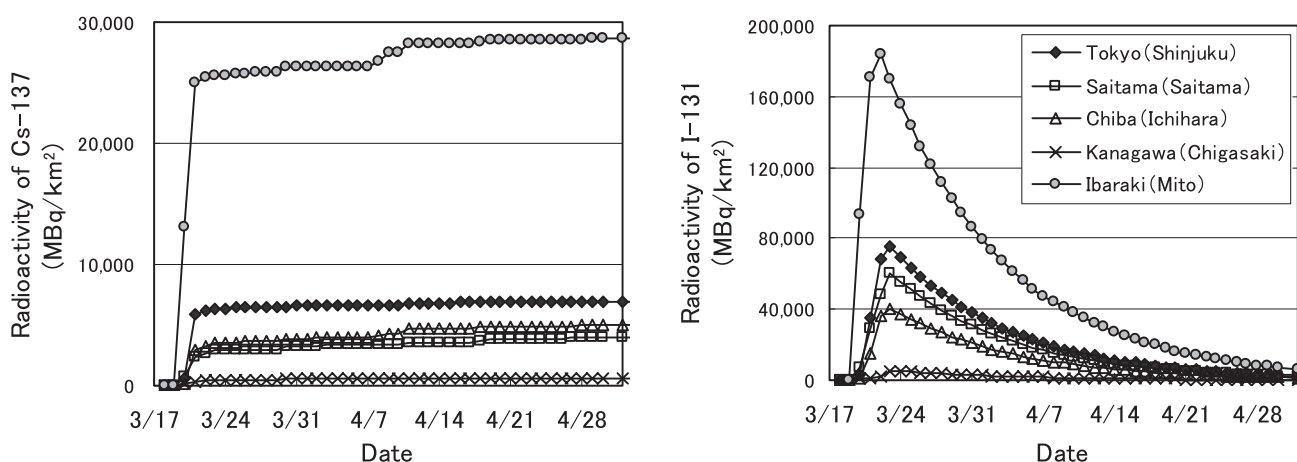


Fig. 2 Accumulation amounts of the radioactive fallout

The graphs were made by the measured value from the reference 5. It was noted that the integrated values of I-131 were performed with daily decay corrections.

県は図より省略した。

Cs-137は、積算量の多い茨城県および東京都では、5月末までの積算量の約9割が3月22日までに降下し、その地域の現在の環境汚染の大半は、3月21日、22日の降雨に由来することが示唆された。また、5月末までの積算量に対し、5月の降下量は関東各都県において5%以下であり、汚染のスピードが減少していることが読み取れる。4月24日以降は、Cs-134の数値も公開されており、Cs-137/(Cs-134+Cs-137)の値は、東京都0.79、埼玉県0.54、千葉県0.51、茨城県0.55、栃木県0.55、群馬県0.58、神奈川県は不検出のため数値なしである。チェルノブイリと異なり、福島原発では汚染源が複数存在するため、存在比率は多様であるが、半減期2年のCs-134が、半減期30年のCs-137とほぼ同程度の降下物として検出されていることから、汚染源として福島原発で最近まで使用されていた核燃料の寄与が大きいことが示唆される。

一方、半減期が8.02日のI-131は、減衰計算を行わない場合はCs-137と同様の曲線を示したが、1日ごとの減衰計算を行うと、各都市において3月末にはピーク時の約50%、4月末には約4%、5月末には約0.3%であり、環境汚染を考える上では主要な核種では無くなってきていることがわかる。

(3) 東京都新宿区ほかの測定値との比較

公表されている都道府県の値²⁾と比較するため、Fig. 3に3月14日9時以降の関東地方の測定値を示す。計測値の集計の仕方は、3月14日9時から3月15日17時のデータは昼間および夜間の最大値、最小値、平均値であるが、3月15日17時以降は1時間ごとの平均値で公表されている。なお、茨城県の測定値は3月15日17時以前は報告されておらず、17時以降の数値である。栃木県は3月21日まで茨城県の値に準じ、その後はほぼ東京都と

同じレベルであり、群馬県は3月21日まで埼玉県より少し高めで、それ以降は千葉県より低い値で推移している。図が煩雑となるためこれら2県は図より省略した。

東京都新宿区は、3月15日昼間に0.809 μ Sv/hを記録している。同日、埼玉県さいたま市は、これらの測定値の最大値1.222 μ Sv/hを記録している。茨城県以外の各都市では、14日から16日にかけて程度の差はあるが一過性の上昇が見られ、21日の雨により再び上昇し、22日の値をピークとして、その後緩やかに減少している。茨城県は他の都市に比べ、測定開始の15日17時から0.2 μ Sv/h以上であり、16日(降雨1.5mm)に大きなピークが現れ、21日および22日の上昇幅も大きく、全体に数値が2倍程度高いことなどいくつか相違はあるものの、全体の線量率の推移傾向としては他都県と類似性が見られる。持続的な空間線量率の上昇をもたらした3月21-22日における大気汚染の状況および降雨が関東平野の広域において比較的均等であったことが推定される。

これらの値と東京都世田谷におけるNaI(Tl)シンチレーションサーベイメータの実測値を比較すると、東京都新宿とよく似た値を示しているが、世田谷の方が若干高めである。測定場所が約10km離れていることのほか、測定環境、測定高さ、測定器の違いなどが考えられる。新宿においても上記モニタリングポスト19.8m高さの他に1m高さの測定値を5月30日以降、公表しており⁹⁾、その値は今回の世田谷の屋外とほぼ同じであり、世田谷の線量率は、新宿の測定値が参考となることがわかった。また、世田谷の値は、同じ東京都新宿だけでなく、近県の埼玉県、千葉県の値とも類似していた。

一方、今回の福島事故の関東地域におけるホットスポットとしては、早い時期から柏市周辺が東京大学柏キャンパスの測定値から指摘された。3月15日の0.7 μ Sv/h程度の上昇は、翌16日には0.14 μ Sv/h程度に戻ったが、21日に0.8 μ Sv/hまで再上昇した後は速やかに低下

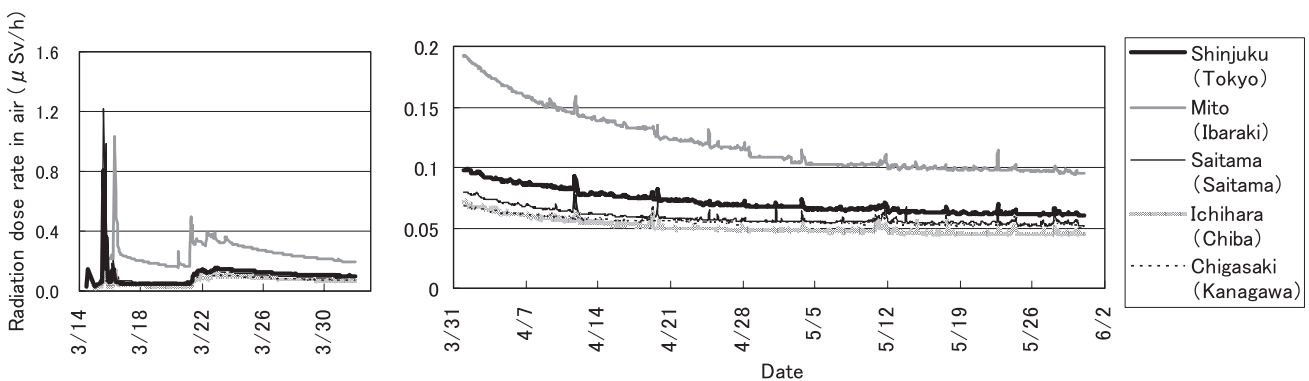


Fig. 3 Radiation dose rates in air of the cities of Kanto area

The graphs were made by the measured value from the reference 2. The ordinary ranges of radiation dose rate of Shinjuku (Tokyo), Mito (Ibaraki), Saitama (Saitama), Ichihara (Chiba) and Chigasaki (Kanagawa) are 0.028–0.079, 0.036–0.056, 0.031–0.060, 0.022–0.044 and 0.035–0.069 μ Sv/h, respectively.

せず、3月末で $0.5\mu\text{Sv/h}$ 、5月末で $0.25\mu\text{Sv/h}$ であり、関東平野の他地域より高値を示した。環境モニタリングで公開されている放射線量率測定結果は広域の数値のたまかな把握に有用であるが、測定地点を増やした詳細な汚染地図の作成も、特にホットスポットなど一定線量以上の場所においては重要と考えられる。

5月30日は、3月11日から起算してI-131の10半減期である80日が経過した日にあたる。つまり、3月11日に緊急停止した原子炉に存在していたI-131は、5月末に $1/2^{10}$ 、すなわち約1000分の1に減衰している。降下物のデータなどから、Fig. 1およびFig. 3における3月21日以降の空間線量率は、3月21日22日両日の関東広域における20～50mmの降雨により降下した放射性物質が地上に蓄積し持続的な放射線量率の上昇をもたらし、その後の減少は主にI-131の減衰に由来するものと考えられ、現在計測されている値は主にCs-137およびCs-134に由来すると推定される。今後の線量率の減少は、半減期による減衰が緩徐になり、放射性物質の雨水による浸透など放射性物質そのものの除去率に依存すると考えられ、減少速度は鈍化すると予想される。

しかし、5月末時点での関東各都県の空間線量率は、茨城県で平常値の範囲($0.017\sim 0.049\mu\text{Sv/h}$)を超えているものの、他の都県は平常値の範囲内に収まっている。仮に空間線量率が $0.10\mu\text{Sv/h}$ 、過去の平常値が $0.05\mu\text{Sv/h}$ で、屋内での減少を考慮せずに計算した場合でも、1年間の外部被ばく線量は、 $(0.10-0.05\mu\text{Sv/h}) \times 24\text{h} \times 365\text{d} = 438\mu\text{Sv/y}$ となり、平常時の一般人の被ばく限度 1mSv/y 以下になっている。

4. まとめ

福島原発事故に関連して、東京都世田谷区でサーベイメータを用いて屋外、屋内および地面における空間線量率を経時的に測定した。屋外の空間線量率は3月から4月上旬のかけ何度か上昇が見られたが、4月中旬には $0.1\mu\text{Sv/h}$ 以下となり、その後は穏やかに減少した。測定値を関東各都県の環境放射能水準調査結果と比較したところ、東京都新宿を始め南関東の測定値と大差ないことがわかった。

参考文献

- 1) 環境放射線モニタリング指針 2008年3月 原子力安全委員会
- 2) 文部科学省都道府県別環境放射能水準調査結果
http://www.mext.go.jp/a_menu/saigaijohou/syousai/1303723.htm
- 3) 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
<http://www.kek.jp/quake/radmonitor/index.html>

- 4) (財)日本国際問題研究所 軍縮・不拡散促進センター CTBT http://www.cpdnp.jp/pdf/110603Takasaki_report_May30.pdf
- 5) 文部科学省定時降下物のモニタリング http://www.mext.go.jp/a_menu/saigaijohou/syousai/1305495.htm
- 6) 東京都健康安全研究センター <http://ftp.jaist.ac.jp/pub/emergency/monitoring.tokyo-eiken.go.jp/monitoring/index.html>

注1) 放射線の蛍光作用を利用した検出器で、ガンマ線に対する感度が高く、低レベルの空間放射線量率モニタリングに常用される。

注2) 気体の電離作用を利用したパルス型の放射線検出器であり、精度はあまりよくないが、安定性がよく、高感度なので低レベルの放射線の検出に適する。

注3) 気体の電離作用を利用した検出器で、ガンマ線に対するエネルギー特性が良好で方向依存性も少ないが、衝撃などに対する安定性が劣るのが欠点である。数 mSv/h 程度までの高レベルの空間放射線量率モニタリングに有用である。