

福島第一原子力発電所事故後の線量率モニタリング
(第2報)

Dose rate monitoring after the accident of
Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant – Part 2

鈴木 敬一

川崎地質株式会社

Keiichi SUZUKI, Kawasaki Geological Engineering, Co., LTD.



福島第一原子力発電所事故後の線量率モニタリング（第2報）

Dose rate monitoring after the accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant - Part2

川崎地質株式会社 鈴木敬一

Keiichi SUZUKI, Kawasaki Geological Engineering, Co., LTD.

要旨

福島第一原子力発電所の事故後の環境放射線の線量率をモニタリングした。3月15日から3月29日までのデータについては既にSCS-0072に報告したとおりである。本報告はその後の線量率モニタリング結果、光子スペクトロメータによるエネルギースペクトルの追加データ及び放射能評価の結果を示すものである。

線量率のモニタリング結果は、3月29日以降徐々に減っているが、通常値には戻っていない。エネルギースペクトルの解析結果からは、人工核種による放射線量率は減っていることがわかった。エネルギースペクトルから放射能を分析すると、3月23日には放射性ヨウ素131が12kBq/m²という大きな値を示した。この値は放射線管理区域の基準値40kBq/m²以下であり、1週間後には値が低下している。健康に影響を与えるような値ではない。しかし、通常とは異なる状態が続いているため、今後も監視を続ける必要がある。

Abstract

Environmental radiation dose rate was monitored after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. Between about March 29 from March 15 are as already reported to the SCS-0072. This report is the result of a subsequent dose rate monitoring, which shows the results of additional data and evaluation of the energy spectrum of radiation photon spectrometer.

Monitoring results of dose rate, but has fallen gradually since March 29, has not returned to normal. Energy spectrum analysis results, the radiation dose rate of artificial radionuclides were found to be decreasing. The greater values of 12 kBq/m² of radioactive iodine 131 are significantly shown by analyzing the radiation energy spectrum in March 23. The value of the reference value is less radiation controlled area 40kBq/m², and one week after the value has decreased. The radioactivity values do not affect our health immediately. However, we need to continue monitoring in the future because the anomaly continues.

1. はじめに

筆者は、福島第一原子力発電所の事故後、線量率のモニタリングを始めた。その結果については、既に SCS-0072 としてまとめた。以降これを前報と表記する。

前報では、3月28日までのデータを示したが、その後の約2週間の線量率データが蓄積されたので、それについて報告する。

最近の報道では、新たにベクレル(Bq)という放射能を表す単位が出てきた。シーベルト(Sv)だけでも耳慣れないところへ、さらに新しい単位が出てくると混乱をきたすことは必至である。

事故後の漏洩放射能は、63万テラベクレル(TBq)ともいわれ、国際評価尺度で「レベル7」の最悪の状態であると報道されている。漏洩放射能のうちどれくらいの放射能が東京に降下したのか、光子スペクトロメータのデータに基づき評価を行ってみた。

測定の方法については前報に示したとおりである。

2. 線量率モニタリング結果

図1に屋外と室内のモニタリング結果を示す。3月28日以降のイベントを以下に示す(①～③のイベントについては前報参照)。

- ④4月7日、水素爆発を予防するために2号機格納容器に窒素ガスを圧入する。
- ⑤4月8日から9日にかけて強風が吹く。
- ⑥4月11日の夕刻に雨が降る。
- ⑦4月13日午前中に強風が吹く。

イベント④では、窒素ガスを圧入した分、放射性の水素ガスまたは酸素ガスが漏れ出ると予測したが、特に線量率に大きな変化は認められない。イベント⑤では強風時に一時的に線量率は低下するものの、風が止むと直ぐに回復する。イベント⑥では若干の増加が認められるが、降雨の影響によるものかはわからない。イベント⑦では、ほとんど変化が認められない。しかし、全体的に見るとほんのわずかであるが、減少傾向が認められる。室内の値は3月21日と比べると、線量率の若干の低下が認められるが、4月に入ってからは、ほぼ横ばいである。

図2に群馬県と東京都のモニタリングデータを示す。いずれも3月23日頃をピークに減少傾向にある。群馬県と東京都のモニタリングデータは1時間あたりの平均値である。一方、マイレートの測定値は5～10分程度の4回の平均値である。そのため、群馬県と東京都のデータは滑らかに見える。しかし、大局的な傾向は変わらない。

東京都墨田区 Sumida-ku, Tokyo

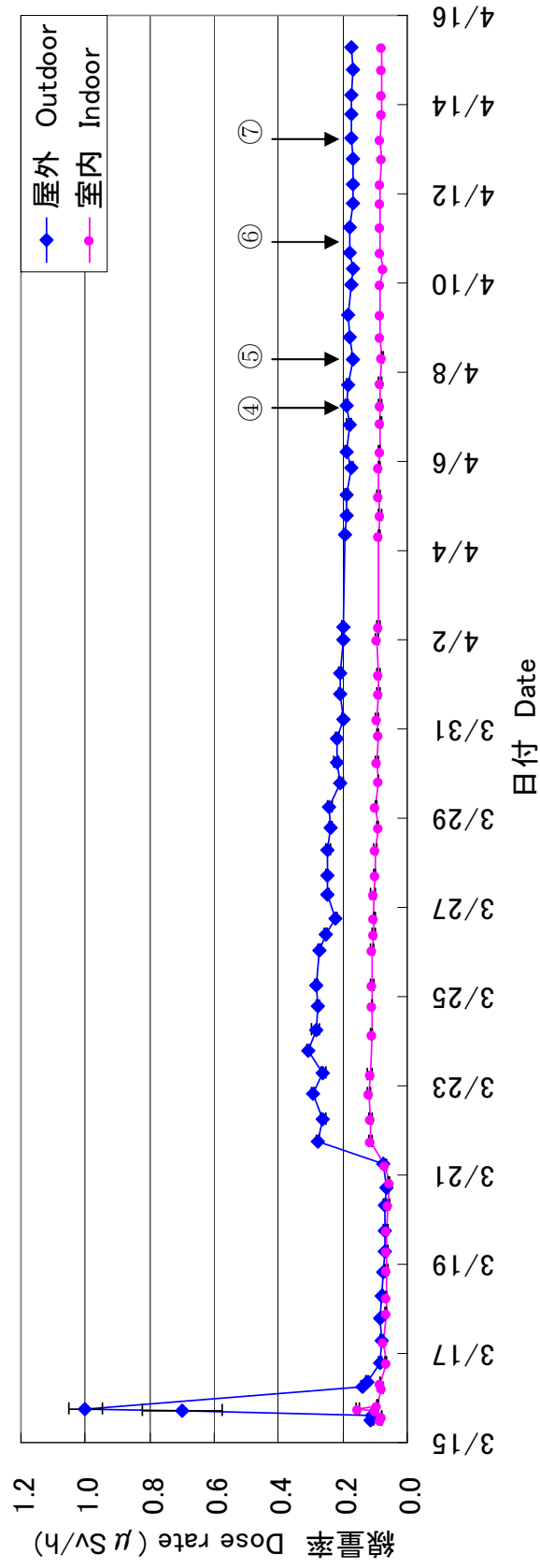


図1 東京都墨田区における屋外と室内のモニタリング結果 (2011年3月15日～4月14日)

Fig.1 Monitoring result of outdoor and indoor from 15 Mar. to 14 Apr. at Sumida-ku, Tokyo.

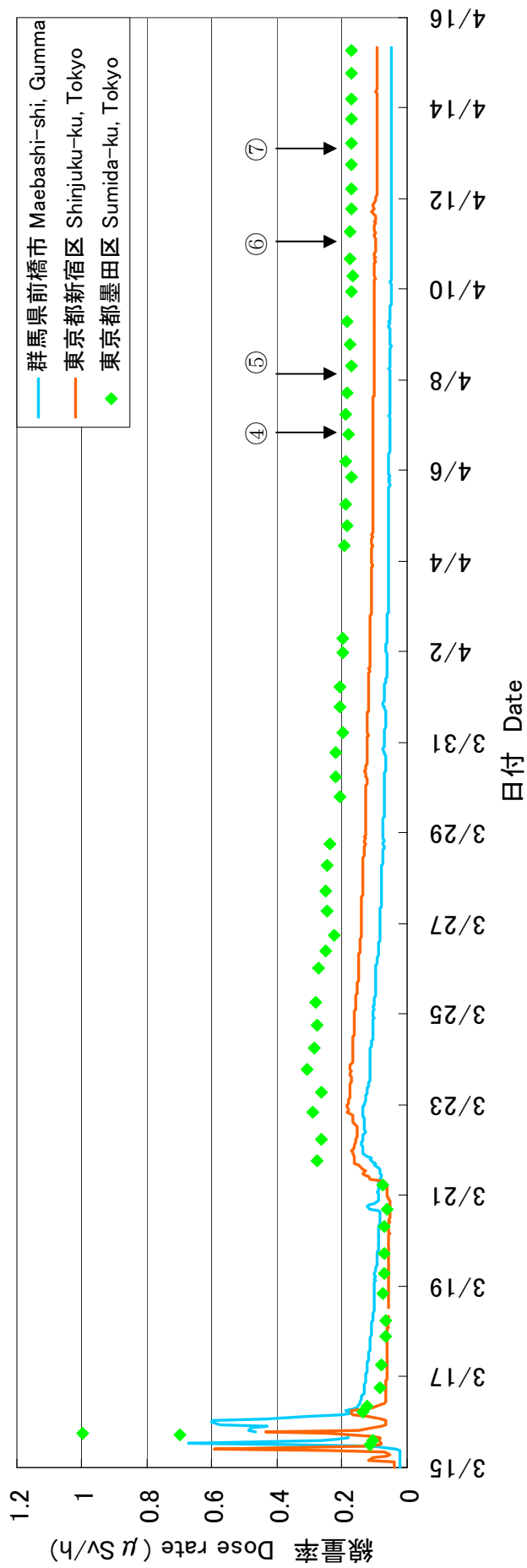


図2 東京と群馬のモニタリングと墨田区の屋外データの比較

Fig.2 Comparison with dose rate of Sumida-ku, Shinjuku-ku (Tokyo Metropolitan) and Maebashi-shi (Gumma prefecture).

3. 距離減衰効果

前報では、3月25日の東京都墨田区・港区，横浜市鶴見区，横須賀市での線量率を示した。これらは1日で測定したものである。そのデータに加えて東京都大田区，千葉県袖ヶ浦市，JR 拝島駅でのデータを加えたものを図3に示す。福島原発から離れるにしたがって，線量率の低下が認められる。ただし，距離に関して線形関係ではない。福島原発から見れば，いずれの測定点も南から南南西の範囲にある。線形関係になっていないのは，局所的な風の流れや地形などの影響も大きい可能性がある。袖ヶ浦市の値を比較すると，距離はほとんど同じであるが，高い値のほうは谷地形，低い値のほうは大地上である。今後は様々な場所で測定を行い，地形との関係についても考察する必要がある。

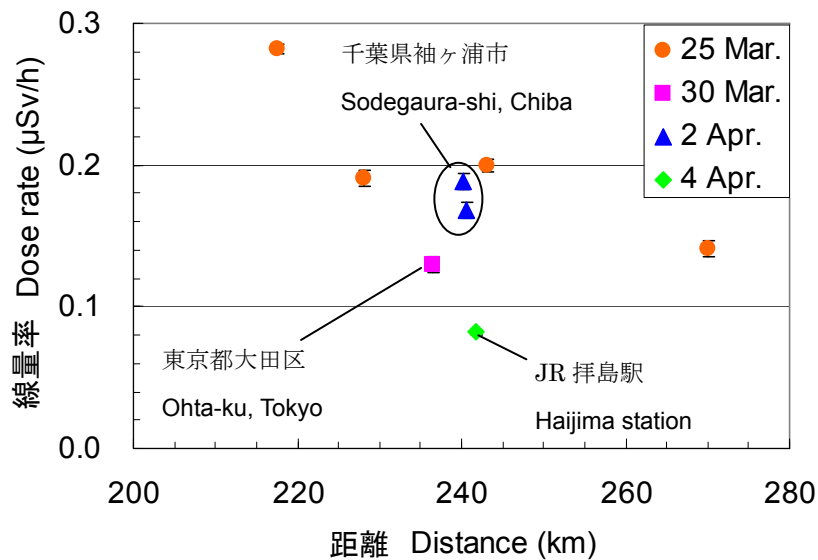


図3 福島原発からの距離と線量率の関係

Fig.3 Dose rate versus distance from FDNPP.

4. エネルギースペクトル解析結果

光子スペクトロメータによるエネルギースペクトルの解析結果を図4及び図5に示す。図4は前報に示したのと同じ，3月23日のものである。1 MeVより低いエネルギーのところでは人工核種による寄与が認められる。図5は前報から追加した分である4月4日のスペクトルである。人工核種による寄与分は減少している。

Matrix -- 3in dia x 3in long NaI(Tl) : R=7.0 : q=0 : Isotropic : 1000000 hist
 P.H.D. -- KGER3.CSV
 KGER20110323

Resolution for K (1<R<15 %)=? 7
 Slope q = .34
 Iteration = 20

Dose Rate
 Dsi=153E+00(nGy/h)

Dsi/Dcf =914E-02
 Dsi-Dcf =136E+00(nGy/h)

Flux/Dsi=125E-03
 (γ/cm².s per nGy/h)

K ** 455E-03(%)
 140E+00(Bq/kg)
 U ** 107E-02(ppm)
 131E-01(Bq/kg)
 Th ** 185E-02(ppm)
 759E-02(Bq/kg)

Live Time= 3600 (sec)

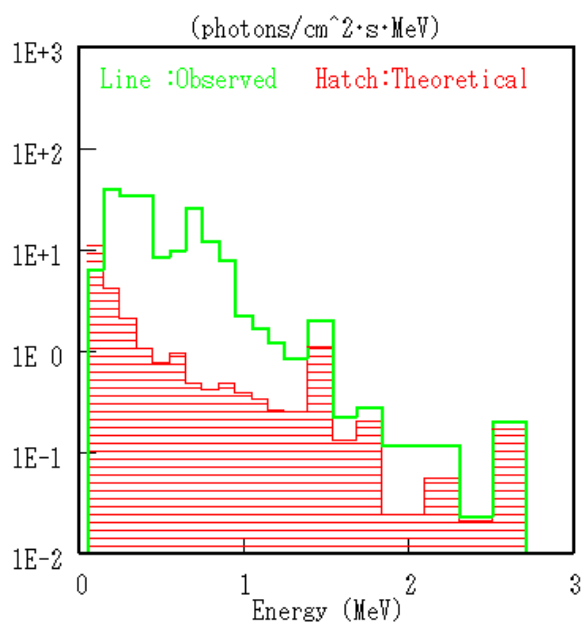


図4 東京都港区ビル屋上のエネルギースペクトル (3月23日)

Fig.4 Energy spectrum at the building roof of Minato-ku (23, Mar. 2011).

Matrix -- 3in dia x 3in long NaI(Tl) : R=7.0 : q=0 : Isotropic : 1000000 hist
 P.H.D. -- KGER4.CSV
 川崎地質本社屋上 (20110404)

Resolution for K (1<R<15 %)=? 7
 Slope q = .34
 Iteration = 20

Dose Rate
 Dsi=793E-01(nGy/h)

Dsi/Dcf =474E-02
 Dsi-Dcf =626E-01(nGy/h)

Flux/Dsi=127E-03
 (γ/cm².s per nGy/h)

K ** 455E-03(%)
 140E+00(Bq/kg)
 U ** 107E-02(ppm)
 131E-01(Bq/kg)
 Th ** 185E-02(ppm)
 759E-02(Bq/kg)

Live Time= 3600 (sec)

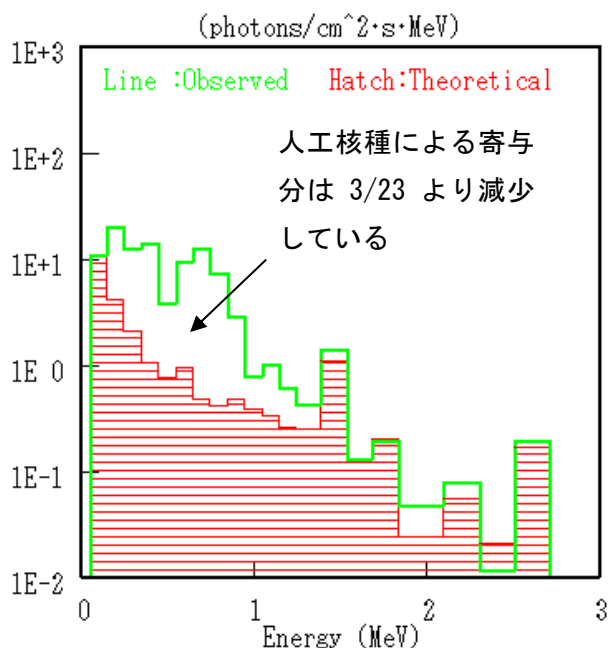


図5 東京都港区ビル屋上のエネルギースペクトル (4月4日)

Fig.5 Energy spectrum at the building roof of Minato-ku (4, Apr. 2011).

5. エネルギースペクトルの経時変化

東京都港区の 9 回建て鉄筋コンクリートビルの屋上において、光子スペクトロメータにより測定された 4 回分のエネルギースペクトルを図 6 に示す。比較のため室内（同じビルの 6 階）における測定データも併記した。主な放射性核種のピークについても示したが、ヨウ素 132 の親核種であるテルル 132 の表示は省略した。これらのうち(N)は自然由来のものである。自然由来の K-40, Bi-214, Tl-208 は屋上においても、室内においてもほとんど同じ値である。これはコンクリートの骨材などに含まれる骨材（砂利や砂）から放射されているものである。エネルギーの低い方に人工核種によるピークが認められる。何れの核種によるピークも 3 月 23 日に最も高い値を示している。注目すべきは、ヨウ素(I)-131 及び I-132 のピークは、セシウム(Cs)-134 または Cs-137 に比べて減少が速いことがわかる。これはヨウ素の半減期が 8 日であるのに対し、セシウムは 30 年と長いためこのような核種による減少速度の違いが現れたものと考えられる。

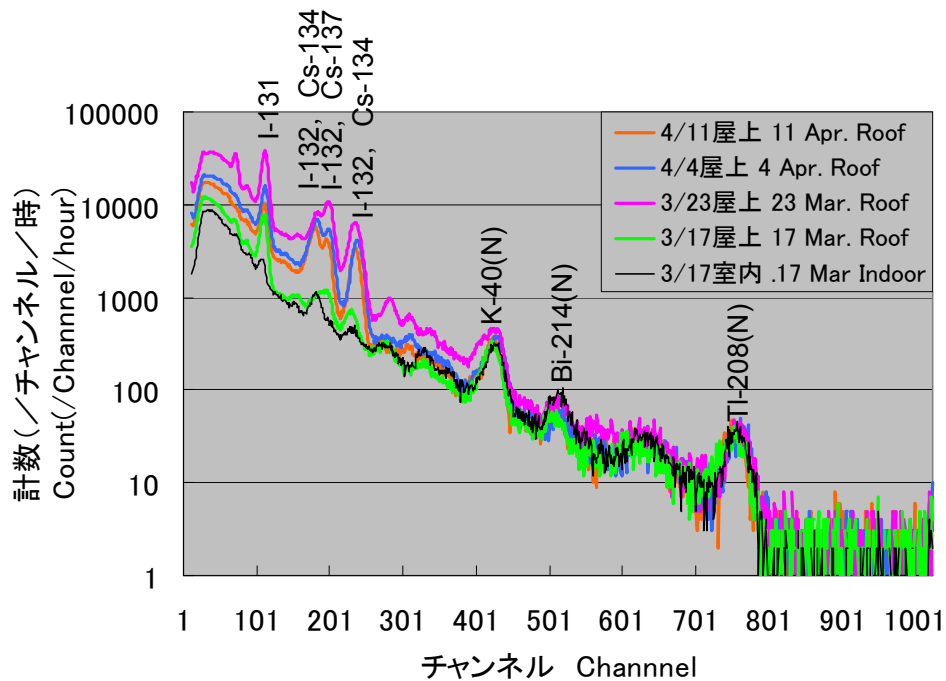


図 6 エネルギースペクトルの経時変化

Fig.6 Secular change of the energy spectrum.

6. 放射能の評価

光子スペクトロメータによる測定データから、核種ごとの放射能を計算した結果を図7の右側に、核種ごとの線量率と全線量率の結果を同図左側に示す。線量率は、ポケット線量率計の値と比較するため、Gy/hの値に1.2を掛けて1cm線量率として表示してある。計算した核種はテルル(Te)132、ヨウ素(I)131、セシウム(Cs)137、セシウム134、ヨウ素132である。他にセシウム136も検出されたが極微量であるため、ここでは割愛する。

放射性ヨウ素は、3月23日に約12 kBq/m²という高い値を示しているが、1週間後には4 kBq/m²まで下がり、2週間後には2 kBq/m²まで低下している。一方、セシウム134とセシウム137は3月23日にそれぞれ2kBq/m²、4kBq/m²を示した後、ほとんど減少していない。これは、放射性ヨウ素131の半減期が8日、セシウム137の半減期が30年ということに関係しているのかもしれない。

線量率については東京都新宿区のモニタリングデータに近い値を示している。

3月22日の新聞報道によれば「東京都新宿区で1平方メートルあたり5300Bqのセシウム137、32000Bqのヨウ素131を検出、前日に比べ、いずれも約10倍の濃度上がった」とされている。kBq/m²に直せば、それぞれ5.3 kBq/m²、32 kBq/m²である。

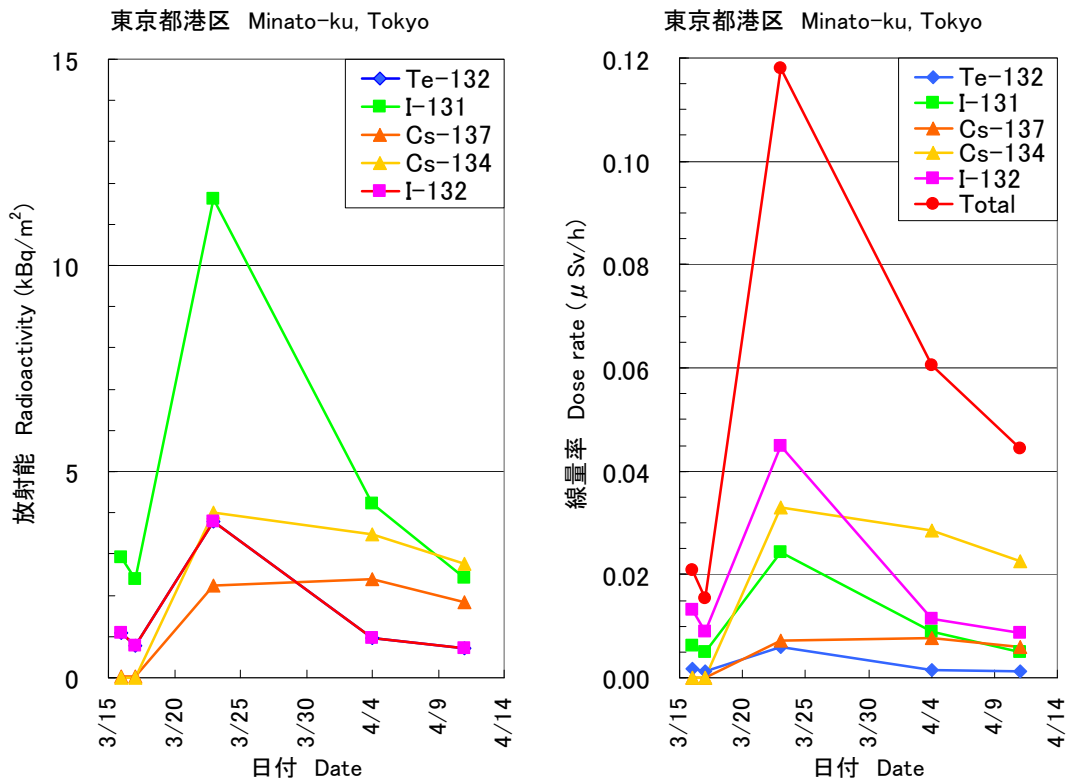


図7 光子スペクトロメータによる放射能(左)と線量率(右)

Fig.7 Result of the radioactivity and dose rate by the photon spectrometer.

図7の放射能の計算は、半無限の平坦面で、地上から1mを仮定している。しかし、実際の測定場所であるビルの屋上は、有限の面積である上、周囲にはエレベータの機械室や携帯電話のアンテナなどもある。そのため、計算した放射能の値には無視できない誤差が含まれている可能性があるが、報道された値とは桁が一致している。

放射能あるいは放射線量率の値は、場所によるばらつきが大きいだけでなく、様々な環境（地形や風向きなど）に大きく左右されるといわれている。今回の放射能の値には無視できない誤差が含まれているかもしれないが、大きく外れてはいないものと考えられる。

図7（左）のグラフを参照すると、ヨウ素131は12kBq/m²のピークが1週間、4kBq/m²が1週間、その後2kBq/m²になっている。その後、2kBq/m²のまま、残りの1年間が経過すると考える。1年は52週であるから、ヨウ素131の1年間の放射能平均値は、

$$12 \times 1/52 + 4 \times 1/52 + 2 \times 50/52 = 0.23 + 0.076 + 1.92 = 2.23 \text{ kBq/m}^2$$

となる。実際には少しずつ減るから、これより少ない値になると考えられる。セシウム137については2kBq/m²程度であり変化がない。すなわちヨウ素131、セシウム137はいずれも1年の平均値は2kBq/m²程度であることがわかる。

図8は、1950年代後半からの放射性降下物のモニタリング結果である。1960年代前半には旧ソ連や米国の核実験により放射性降下物がピークを示している。その後、放射性降下物は減少するが1970年代後半には中国による核実験により、小さなピークを示している。その後、核実験は少なくなり、放射性降下物も減少傾向となるが、1986年のチェルノブイリの事故直後に、スパイク状のピークを呈している。

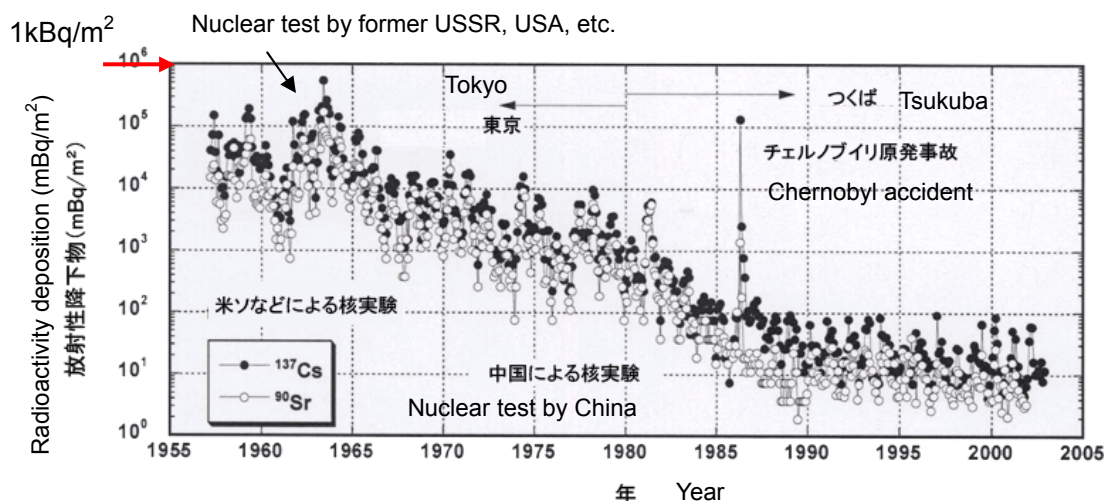


図1 人口放射性降下物の経年変化

[出所]気象研究所地球化学研究部:環境における人口放射能の研究2003、
http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ge/2003Artifi_Radio_report/coverJP.htm

図8 人工放射性降下物の経年変化⁴⁾

Fig.8 Secular change of the radioactivity deposition.

図8の縦軸は、対数スケールであり、単位は mBq/m^2 である。縦軸の一番上が 1kBq/m^2 であり（赤矢印で示した）、今回測定された値から大きめに推定した 2kBq/m^2 という値は、過去の核実験で飛散した放射能よりも少し高い値である。もちろん過去の核実験は、離れた場所で行われたため、放射性降下物が少ないのであるが、今回の測定値はそれより大きいことは間違いない。それだけを考えると健康に対する不安が生じることになる。

一方、原発敷地内などの放射線管理区域の放射能の基準値は、 4Bq/cm^2 である。 α 線を出さない場合には、 40Bq/cm^2 という基準もあるが、ここではより厳しい前者の値を使うことにする。 4Bq/cm^2 を1平方メートル当たり換算すると、 $40,000\text{Bq/m}^2$ 、すなわち 40kBq/m^2 である。 2kBq/m^2 という今回の計算値は、この基準の $1/20$ であり、放射線管理区域の基準は満たしている。

放射線管理区域の基準は、より安全側に考えて設定されていると考えられるので、 40kBq/m^2 を越えなければ、健康に影響を与えるものではないと解釈することもできる。このように考えると、過去の放射性降下物より多い放射能であることは、あまり不安材料にはならないと考えられる。

7. まとめ

線量率のモニタリングデータから、屋外においてはわずかながら減少傾向が認められた。スペクトロメータによる放射能の分析結果からは、過去の観測データと比較すると、少し高い値になると推定される。しかし、この値は、放射線管理区域の $1/20$ 程度と考えられるため、健康に影響を与えるものではないと考えられる。しかし、平常時とは異なることは事実であり、今後も監視を続けてゆく必要がある。

謝辞

放射線地学研究所の湊代表に光子スペクトロメータで得られたデータの解析をしていただいた（図4・図5・図7）。ここに記して謝意を表す。

引用資料

- 1) <http://ftp.jaist.ac.jp/pub/emergency/monitoring.tokyo-eiken.go.jp/monitoring/>
- 2) <http://www.pref.gunma.jp/05/e0900020.html>
- 3) <http://www.asahi.com/national/update/0322/TKY201103022o536.html>
- 4) http://www.rist.or.jp/atomica/data/fig_pict.php?Pict_No=01-08-04-28-02