

福島第一原子力発電所事故後の線量率モニタリング

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

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

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

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に、環境放射線の線量率をモニタリングした。測定器はポケット線量率計マイレートを用いた。3月15日の爆発事故後から1日に2回の測定を実施した。線量率の変化は事故のイベントと対応していることが認められた。文部科学省や自治体のホームページ等でもモニタリングデータが公開されている。それらのデータと比較したところ、線量率の変化は自治体のデータと整合している。3月15日から28日までの間の線量率の最大値は $1\mu\text{Sv/h}$ である。屋外と室内の値を比較すると室内の値は小さい。屋内に退避することで、被曝量が低減することが理解できる。放射線源からの距離に応じた放射線量の拡散により線量率が低下することも確認した。さらに光子スペクトロメータを用いて、エネルギースペクトルを測定し、放射線源である核種を推定した。その結果、放射性のテルル、ヨウ素及びセシウムなどが検出された。測定された値は、直ちに健康に影響を与えるものではないことがわかった。

Abstract

Environmental radiation dose rate monitoring was conducted after Fukushima Daiichi nuclear power plant (FDNPP) accident used the Myrate pocket survey meter. Dose rates were measured twice a day after the explosion accident on March 15. There was a change in dose rate that corresponds to the events of the accident. Monitoring data have been published in the homepage of the municipality. These data were compared with changes in dose rate, which are consistent with the municipality data. The values of the indoor are smaller than those of the outdoor. It is understood that the amount of exposure can be reduced. The dose rates are reduced by diffusion according to the distance from the radiation source. The energy spectrum was measured using the photon spectrometer to estimate a source of radiation nuclides. The result has been detected and radioactive tellurium, iodine and radioactive cesium. The maximum dose rate was $1\mu\text{Sv/h}$ during from March 15 to March 28, 2011. The monitored dose rates do not affect our health immediately.

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋地震の津波の影響により、福島第一原子力発電所（以下、福島原発と表記する）において事故が発生した。本稿執筆中の3月27日現在においても、事態の沈静化の目途は立っていない。報道によれば、福一原発の半径20km以内が避難指示、30km以内が屋内退避の指示が出ている。その後も、農作物の出荷停止や飲料水などからも放射能が検出されるなど、この事故の影響は大きい。

報道によれば、3月27日現在、直ちに健康に影響は出ないとのことである。文部科学省や自治体でも環境放射線の線量率モニタリングを行い、ホームページ（以下、HP）等で公開している。しかし、これらの発表が正しいのかどうか、全面的に信頼できない。その理由は、「基準値の何倍」とか「通常の何倍」という報道のされ方をしていて、あたかも重大な異常が生じているかのような気にさせられる。一方で、「基準値の何倍」といっておきながら「直ちに健康に影響することはない」という報道のされ方をする。そのため素人にはわかりにくく、それが混乱の元となっているように思われる。

本報告は、そのような報道のされ方についての疑問を解消するため、測定データに基づいて考察を加えるものである。

2. 測定方法

3月15日の福島原発における爆発事故が報道されたとき、放射能が漏れるのではないかと直感した。そこでポケット線量率計マイレート(PDR-101)を用いて、東京都墨田区の自宅屋内と玄関前の屋外で測定を行うこととした。ポケット線量率計マイレートはその名の通り、ポケットにはいる大きさで、線量率を $\mu\text{Sv/h}$ で直読するようになっている(写真1)。



写真1 ポケット線量率計マイレート PDR-101

Photo.1 Myrate pocket survey meter PDR-101.

測定場所は東京都墨田区の自宅（木造モルタル2階建て）の1室内と玄関前の屋外で1日2回、朝と晩を基本として、1回の測定で4度の測定を行い、平均値と標準偏差を求めた。後述するグラフには平均値をプロットし、標準偏差をエラーバーとして示した。

放射線量は線源から遠ざかるとその値は低下するといわれている（距離減衰効果）。それを確認するため、東京都内で2箇所、神奈川県内で2箇所、合計4箇所で測定を実施した。福島原発からの直線距離は、「キョリ測」というHPから求めた。

後述するように爆発事故後に放射線量率の変化が見られた。その変化が人工的な原因によるものかどうか調べるためには放射線のエネルギースペクトルから放射性核種を同定する必要がある。川崎地質株式会社で所有する光子スペクトロメータ EMF211 を用いてエネルギースペクトルを測定した。EMF211 を写真2に示す。測定日は3月16日と17日・23日である。測定場所は東京都港区の9階建てビルの屋上である。測定時間はいずれも1時間である。



写真2 光子スペクトロメータ EMF211

Photo.2 Photon spectrometer EMF211.

3. モニタリング測定結果

3月15日から28日までのモニタリング結果を図1に示す。同図中には①から③のイベントを示した。各イベントは以下のとおりである。

イベント①：3月15日午前6時14分2号機爆発，8217 μ Sv/hを観測。その約3時間後，4号機で火災発生。10時22分3号機前で400mSv/h (=400,000 μ Sv/h)を観測。

イベント②：3月21日未明より原子炉建屋への海水の放水開始。2日間雨が降り続く。

イベント③：3月26日北西の強風が終日続く。その直前からトラブルがあり放水作業は中止されている。

3月15日の夕刻より急激に線量率が増加している。測定地点と福島原発との距離は217.6kmであり，最初の爆発から約12時間後にピークを示している。従って，217.6km/12h=18km/h=5m/sとなり，放射線核種が風で運ばれたと考ええると，風速は平均で5m/sであると推定される。屋外と室内の値を比較すると，屋外では1 μ Sv/hを示し，直前の値の約10倍になっている。それに比べて室内では1.7倍程度にしか増えていない。このことは，屋内退避の有効性を示すものである。線量率は，次の日の朝には低下している。

3月21日の早朝から原子炉建屋に海水の放水作業が始まった。同時に関東地方では降雨があり，断続的に2日間の降雨があった。このときも線量率の増加が認められ，0.3 μ Sv/h程度で3月25日まで推移している。時間がたっても線量率の低下が見られないことから，放水によって生じた水蒸気に含まれる放射線が，常に供給されている可能性がある。

3月26日は典型的な冬型の気圧配置となり強風が終日吹き荒れた。また，3月25日くらいから放水作業も中止されている。両方の効果で線量率が低下している可能性がある。室内においては，屋外の変化に比べて安定した値である。

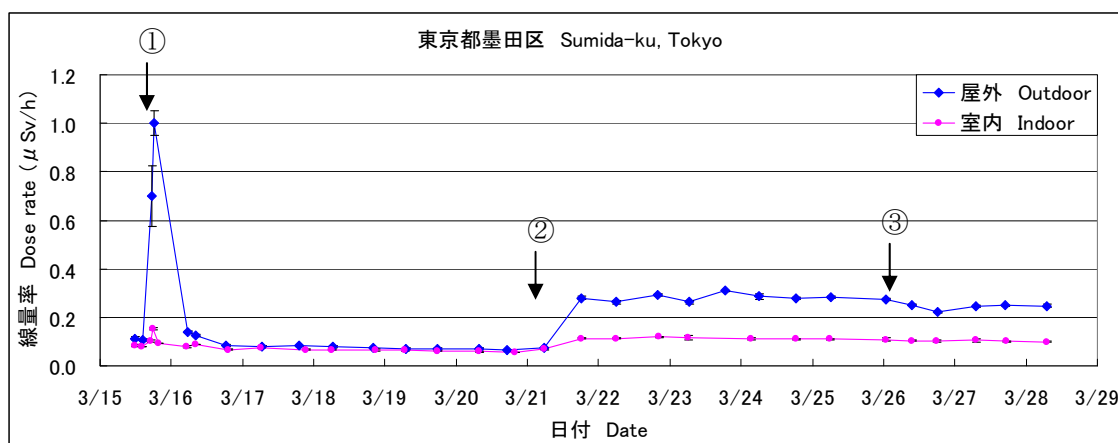


図1 東京都墨田区における屋外と室内のモニタリング結果（2011年3月15日～28日）

Fig.1 Monitoring result of outdoor and indoor from 15 Mar. to 28 Mar at Sumida-ku, Tokyo.

東京¹⁾と群馬²⁾の線量率モニタリングデータと図1の屋外データとをプロットした結果を図2に示す。東京と群馬のデータは $\mu\text{Gy/h}$ 単位で示されている。両方のサイトとも $1\mu\text{Gy/h}=1\mu\text{Sv/h}$ と書かれているが、マイレートの $\mu\text{Sv/h}$ と比較するには1cm線量率に統一する必要がある。そのため東京と群馬の値に1.2を掛けてグラフ化した。東京都のデータを参照するとイベント①が3回の事象からなっていることがわかる。群馬のデータでは欠測があるため、はっきりしたことはわからないが、3回のピークがあるように見える。

墨田区のデータでは測定回数が少ないため、3回のピークは検出されていない。3月21日以降は、墨田区の値が最も高い。

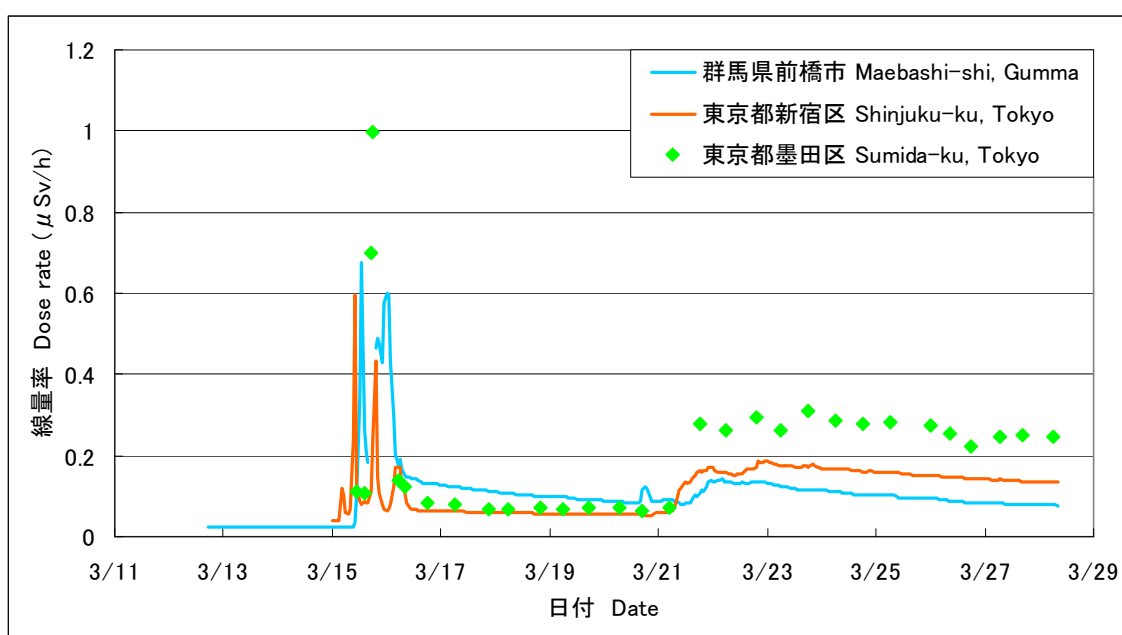


図2 東京と群馬のモニタリングと墨田区の屋外データの比較

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

4. 距離減衰測定結果

福島原発からの距離に対する線量率を図3に示す。測定は3月25日に行った。港区の値が低い、距離に応じた線量率の低下が確認できる。

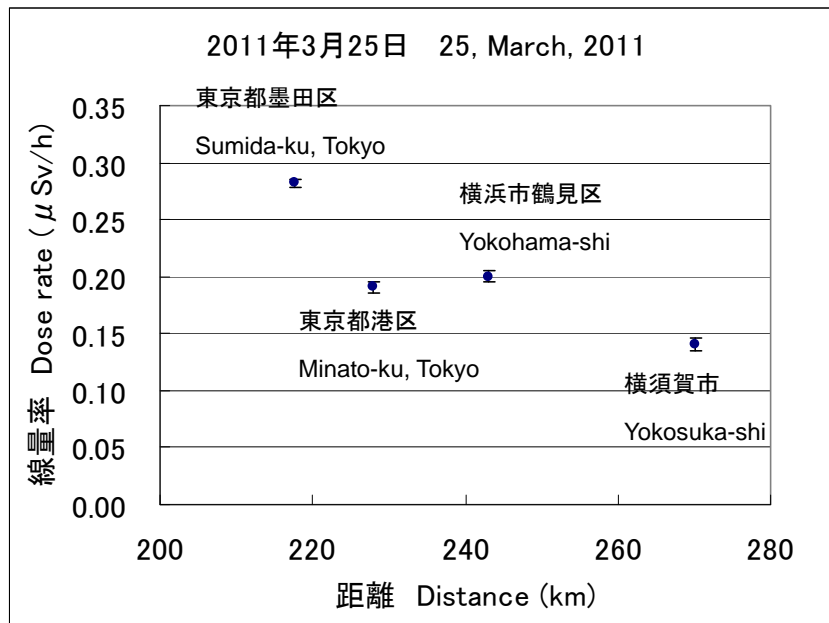


図3 福島原発からの距離と線量率の関係
Fig.3 Dose rate versus distance from FDNPP.

5. 光子スペクトロメータによる測定結果

3月16日に東京都港区の9階建てビルの屋上で測定した結果を図4に示す。横軸はエネルギーであり0MeVから3MeVである。縦軸は、単位面積・単位時間・単位エネルギーあたりの計数率である。緑色の線が測定値であり、赤色は自然放射線の寄与分である。この差が人工放射線核種の寄与分である。1MeV以下のエネルギーのところで測定値のほうが大きい値を示している、人工放射線核種が検出されていることがわかる。線量率の計算値は、 $0.0427 \mu\text{Sv/h}$ (= 42.7nSv/h = 35.6nGy/h)である。人工核種の寄与分は、 $0.0170 \mu\text{Sv/h}$ (= 17.0nSv/h = 14.2nGy/h)である。

比較のため同じビルの6階の室内で測定した結果を図5に示す。線量率は $0.0307 \mu\text{Sv/h}$ (= 30.7nSv/h = 35.6nGy/h)である。このうち人工核種の寄与分は $0.00294 \mu\text{Sv/h}$ (= 2.94nSv/h = 2.45nGy/h)であり、人工核種の寄与はほとんどない。この結果からも、放射能に対する屋内退避の有効性が実証された。

さらに、大阪府の一般家屋内で測定された結果を図6に示す。線量率は $0.0784 \mu\text{Sv/h}$ (= 78.4nSv/h = 65.7nGy/h)と高い値を示すが、人工核種の寄与は $0.00126 \mu\text{Sv/h}$ (= 1.26nSv/h = 1.05nGy/h)でありほとんどないといってよい。むしろ港区のビルの室内より低い値である。このことから線量率が高くても一概に原発から漏れて拡散した放射能であるとは断定できないことがわかる。

図7には図5と同じ場所で時間を変えて測定した結果である。1週間後の3月23日である。線量率は $0.184 \mu\text{Sv/h}$ (= 184nSv/h = 153nGy/h)であり、線量率の値は増加している。

Matrix -- 3in dia x 3in long NaI(Tl) : R=7.0 : q=0 : Isotropic : 1000000 hists
P.H.D. -- KGE3.CSV
KGE20110316-14:03

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

Dose Rate
Dsi=356E-01(nGy/h)

Dsi/Dcf =167E-02
Dsi-Dcf =142E-01(nGy/h)

Flux/Dsi=144E-03
($\gamma/cm^2.s$ per nGy/h)

K ** 541E-03(%)
167E+00(Bq/kg)

U ** 139E-02(ppm)
170E-01(Bq/kg)

Th ** 250E-02(ppm)
103E-01(Bq/kg)

Live Time= 3600 (sec)

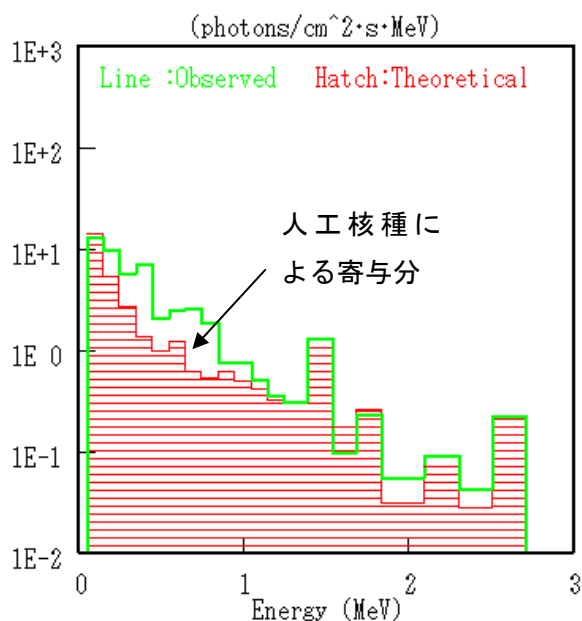


図4 東京都港区ビル屋上のエネルギースペクトル (3月16日)

Fig.4 Energy spectrum at the building roof of Minato-ku(16, March, 2011)

Matrix -- 3in dia x 3in long NaI(Tl) : R=7.0 : q=0 : Isotropic : 1000000 hists
P.H.D. -- KGE6F.CSV
川崎地質ビル6F (20110317)

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

Dose Rate
Dsi=256E-01(nGy/h)

Dsi/Dcf =111E-02
Dsi-Dcf =245E-02(nGy/h)

Flux/Dsi=126E-03
($\gamma/cm^2.s$ per nGy/h)

K ** 409E-03(%)
126E+00(Bq/kg)

U ** 224E-02(ppm)
273E-01(Bq/kg)

Th ** 212E-02(ppm)
869E-02(Bq/kg)

Live Time= 3600 (sec)

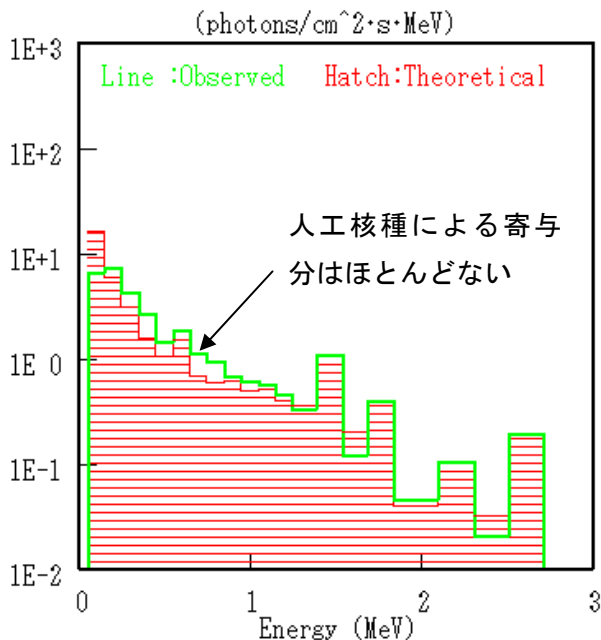


図5 東京都港区ビル室内のエネルギースペクトル (3月16日)

Fig.5 Energy spectrum at the indoor of the building of Minato-ku (16, March, 2011).

Matrix -- 3in dia x 3in long NaI(Tl) : R=7.0 : q=0 : Isotropic : 1000000 hist
 P.H.D. -- OSAKA.CSV
 大阪 (一般家屋内)

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

Dose Rate
 Dsi=659E-01(nGy/h)

Dsi/Dcf =102E-02
 Dsi-Dcf =105E-02(nGy/h)

Flux/Dsi=118E-03
 ($\gamma/cm^2.s$ per nGy/h)

K ** 226E-02(%)
 896E+00(Bq/kg)

U ** 274E-02(ppm)
 334E-01(Bq/kg)

Th ** 761E-02(ppm)
 312E-01(Bq/kg)

Live Time= 3600 (sec)

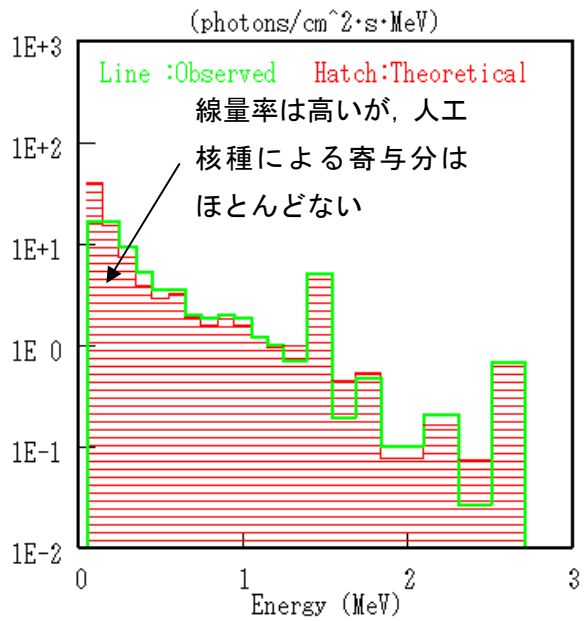


図6 大阪府内の一般家屋内のエネルギースペクトル

Fig.6 Energy spectrum at the indoor of a general house of Osaka.

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
 ($\gamma/cm^2.s$ 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)

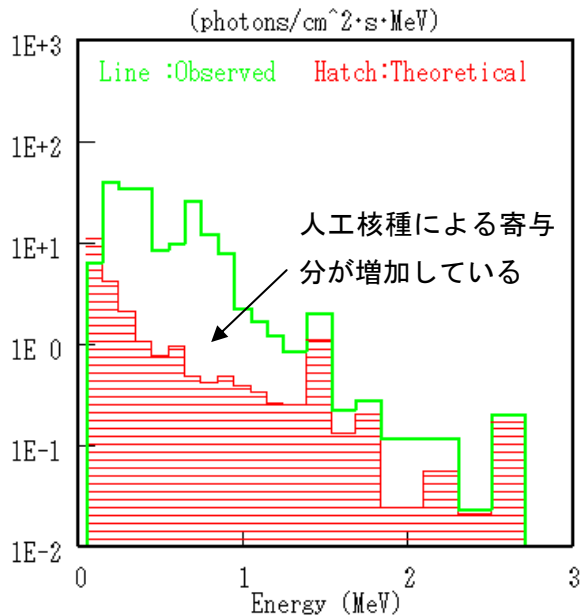


図7 東京都港区ビル屋上のエネルギースペクトル (3月23日)

Fig.7 Energy spectrum at the building roof of Minato-ku (23, March, 2011).

人工核種の寄与分は $0.163 \mu\text{Sv/h}$ ($=163\text{nSv/h}=136\text{nGy/h}$) であり、1週間前より明らかに増加している。

図8に放射線核種の同定結果を示す。上段は3月17日に港区の9階建てビルの屋上、下段は大阪の一般家屋のデータである。一般家屋のデータと比較すると、港区のデータではテルル132とその娘核種、ヨウ素131、セシウム137が検出されているのがはっきりと確認できる。一般家屋では、中央と中央やや右寄りにピークが認められる。これらは、それぞれカリウム40とタリウム208によるものであり、コンクリートの骨材などに一般的に含まれるものである。これらの自然放射線について、図9では(N)で示した。

図9は同じ場所で3月23日に測定したものである。同様にテルル132とその娘核種であるヨウ素132、ヨウ素131、セシウム137が検出されている。図8と図9を比べると図9では、テルル132の娘核種であるヨウ素132のピークがより明瞭に認められる。

これは図4と図7を見てもわかるように、人工放射性核種による放射線が1週間で変わったことを示している。

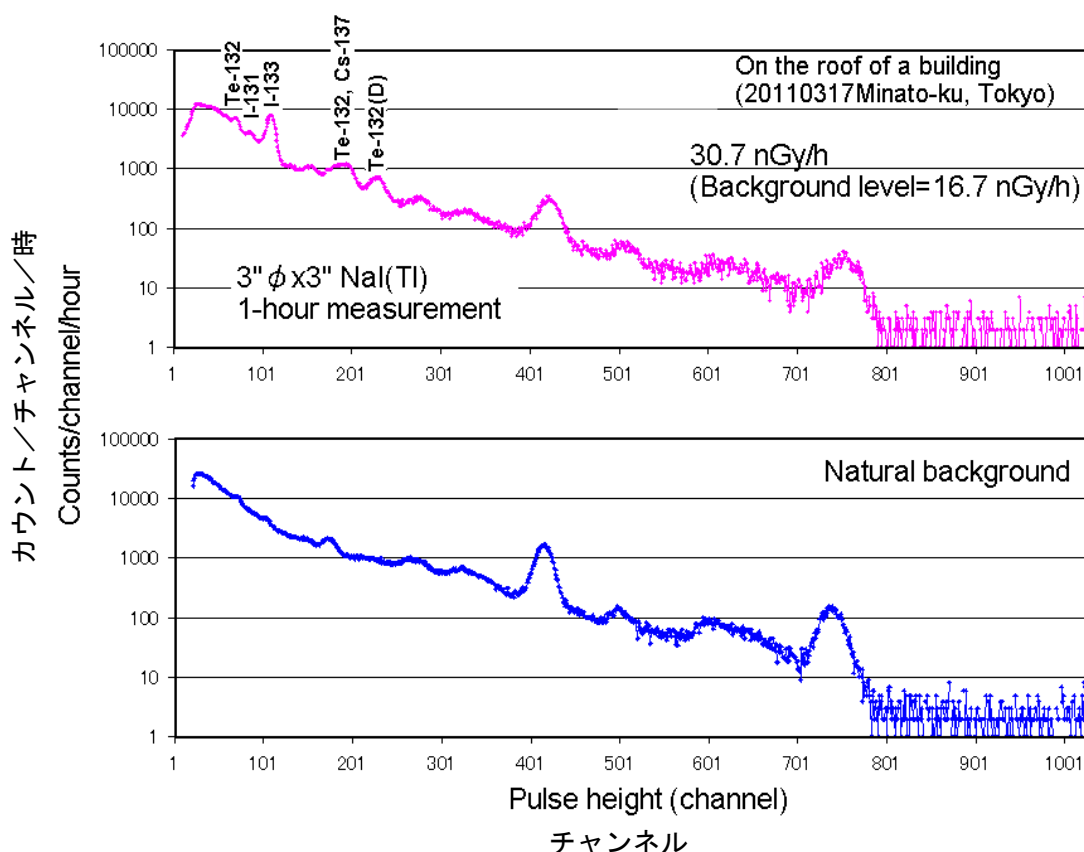


図8 ビル屋上（3月17日）と大阪府の一般家屋内の放射線核種の同定結果

Fig.8 Estimation of a source of radiation nuclides at the building roof (17, March, 2011) and the indoor of a general house of Osaka

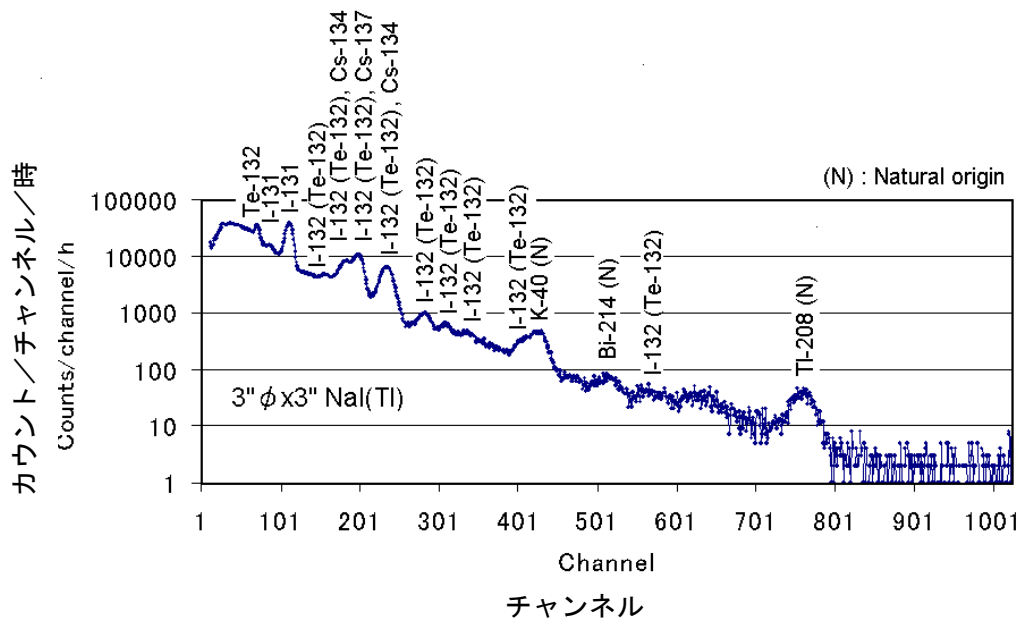


図9 ビル屋上における放射線核種の同定結果 (3月23日)

Fig.9 Estimation of a source of the radiation nuclides at the building roof (23, March, 2011).

6. 健康に対する影響

アイソトープ手帳³⁾によれば、自然放射線源による年間の被曝線量の全世界平均は2.4mSv(=2400 μ Sv)である。このうち外部被曝が0.87mSv(=870 μ Sv)である。外部被曝は主に、宇宙からの放射線(宇宙線)によるものと岩石や土壌あるいはコンクリートの骨材やその他の石材に含まれる放射性核種によるものである。内部被曝は主に大気中のラドンガスと食物に含まれる放射性核種によるものである。

0.87mSv(=870 μ Sv)を1時間あたりに直すと0.0993 μ Sv/h(=2400/365/24)である。図1を参照すると、海水を原発建屋に放水した3月21日以降の屋外の値は0.0993 μ Sv/hと比べると約3倍になっている。屋外の値を0.3 μ Sv/hとして、1日8時間を屋外で過ごすとは仮定する。室内の値を0.1 μ Sv/hとして、一日あたりの外部被曝量を計算すると、 $0.3 \times 8/24 + 0.1 \times 16/24 = 0.1 + 0.067 = 0.167 \mu\text{Sv/h}$ となる。この値は、全世界の平均値の約1.7倍である。1.7倍という非常に大きな値であると感じる。しかし、世界中には線量率が0.167 μ Sv/hより大きい場所も多くある。もし、この値が健康を害することになるとすれば、そのように線量率の高いところには人は住めない。また、海外旅行に行くには事前にその場所の環境放射線量を知っておかないと健康を害することになる。

航空機に搭乗して上空 10km の高度まで行くと、 $0.167 \mu\text{Sv/h}$ と同程度あるいはその数倍の宇宙線を被曝する。大気が薄く、宇宙線の減衰が少ないためである。 $0.167 \mu\text{Sv/h}$ という値が健康を害するとすれば、飛行機に乗れないことになる。通常は何倍という言い方は、大変な異常事態のように思われる。しかし、冷静に考えてみると、異常といっても健康を害するような値ではないことが理解できる。ただ、通常とは違うことは認識すべきであり、今後もできる限り測定を続け、放射線量率の変化を注視して行きたい。

7. まとめ

福島原発の事故以来、ポケット線量率計を用いて線量率のモニタリングを行った。線量率の変化と福島原発におけるイベントとが整合していることが認められた。屋内では屋外に比べて線量率の変化が小さく、屋内退避の効果が確認できた。線源から遠ざかれば線量率が低下する距離減衰についても確認できた。光子スペクトロメータによる測定では、テルル 132、ヨウ素及びセシウムなどが確認された。これらの放射性物質は自然には存在しないため、福島原発の事故によって放射された放射線であると推定される。

健康に影響を与える数値ではないことがわかったが、今後も可能な限り測定を続け、データを蓄積し、監視したいと考えている。

謝辞

放射線地学研究所の湊代表に大阪府内の家屋データの提供及び図 4～9 の解析・放射性核種の同定をしていただいた。ここに記して謝意を表する。

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) 社団法人日本アイソトープ協会(2011)：アイソトープ手帳 11 版，丸善，pp.196