

[ノート]

兵庫県における空間放射線線量率の地域分布

磯村公郎

Regional Distribution of Space Radiation Dose Rates in Hyogo Prefecture

Kimio Isomura

Atmospheric Environment Division, Hyogo Prefectural Institute of Public Health
and Environmental Sciences, 2-1-29, Arata-cho, hyogo-ku, Kobe 652-0032, Japan

SUMMARY

In order to understand the regional distributions of natural ray radiation in Hyogo Prefecture, space radiation dose rate were measured by the spectrum stripping method using scintillation spectrometry. The results of this investigation varied with the geological features in Hyogo Prefecture and were as follows: The mean spatial dose rate was 68.7nGy/hr. The lowest level was 24.5nGy/hr at serpentinite area in Ooya and Sekinomiya town. The highest level was 177.6nGy/hr at granite area in Mt.Rokko.

はじめに

人が生活している環境には地球外部からの宇宙線, 地殻, 大気, 建築物その他の身の回りのものに含まれる放射性核種が放出する放射線が存在し, さらに人自身も体内に放射性核種を保持しており常に放射線を浴びて生活している. 環境放射線には過去の核実験などにより環境に放出された人工放射性核種から放出される人工放射線と宇宙線及び地殻中の天然放射性核種から放出される空間放射線からなる自然放射線が含まれるが, 自然放射線線量率が人工放射線線量率よりはるかに大きいことはよく知られている. 環境中にはカリウム-40 (^{40}K), ウラン系列 (^{238}U -ser) およびトリウム系列 (^{232}Th -ser) など天然放射性核種が広く分布し, 空間放射線の源となっているが, そ

の分布は一様ではなく, 空間放射線線量率が地域により大きく異なる要因となっている. このため, 空間放射線による影響を評価する際には地域による差異とその発生源を把握しておく必要がある. 日本全国の空間放射線線量率はすでに報告されており, 関西以西は関東以北より高く, その原因は関西以西では地殻を構成する岩石として花崗岩が多いことによるとされている^{1,2)}. さらに地域を限定して, 高知県³⁾, 新潟県⁴⁾, 茨城県⁵⁾, 鹿児島県⁶⁾などで県域をより詳細に調査した結果, 小さな県域でも地域により大きな差があり, これらはやはり花崗岩の分布と関連していることが報告されている. 兵庫県でも六甲山, 淡路島北部, 豊岡市東部・但東町, 千種町, 和田山町などに花崗岩が分布しており, 空間放射線線量率が地域により大きな差があることが推定される. さらに核関連事故, または放射性物質に関連した事件などの異常時の影響を把握する上で, 県内各地の平常時空間放射線線量率を把握しておくことは重要であるために県内全域について空間放射線線量率を調査した.

大気環境部

*別刷請求先: 〒652-0032 神戸市兵庫区荒田町 2-1-29

兵庫県立健康環境科学研究所センター

大気環境部 磯村公郎

測定方法及び測定地点

1. 空間放射線線量率測定法

直径76.2mm球形NaI(Tl)とマルチチャンネルアナライザー(Nomad Plus SEIKO EG&G)を用い、地上1mの高さで1000秒間線スペクトルを測定した。スペクトル解析は科学技術庁「空間線スペクトル測定法」^{7,8)}に基づく市販のソフト(SEIKO EG&G 空間線量率評価プログラム)を用いスペクトルストリッピング法(ストリッピング法)により解析した。なおエネルギー校正には⁴⁰Kの1460keV, ²⁰⁸Tlの2610keVの光電ピークを用い、それぞれのスペクトルごとに校正した。さらに同時に直径25.4mm長さ25.4mmのNaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ(ALOKA TCS166)を用いて10回空間放射線線量率を測定し平均値を算定した。

2. 調査地点

空間放射線線量率は建物などの人工物、地質、地形により影響を受けることが報告されているため^{9,10)}、調査地点は人工物が少なく、かつ地形が平坦で地表構成岩石を代表していると考えられる河川の川原をその地域を代表する地点として選定した。また、人の生活する空間の選定においては舗装面など人工物の影響は避けられないものの、平坦で比較的広い測定地点として駐車場、公園、造成地、水田の畦道などを選定した。

結果及び考察

1 地域を代表する河川川原での調査

1-1 宇宙線を除いた空間放射線線量率調査結果

河川川原での宇宙線を除いた空間放射線線量率を調査

した結果を Fig.1 に示す。最小値は大屋町大屋川で24.5nGy/hr, 続いて関宮町八木川で30.0nGy/hr と大きくなる。最大値は神戸市北区有馬川で177.6nGy/hr, 続いて宝塚市武庫川145.6nGy/hr と小さくなる。県内全域の平均値は68.7nGy/hr であった。今回の最小値, 最大値, 平均値およびこれまでの報告値を一括してTable 1 にまとめた。今回の

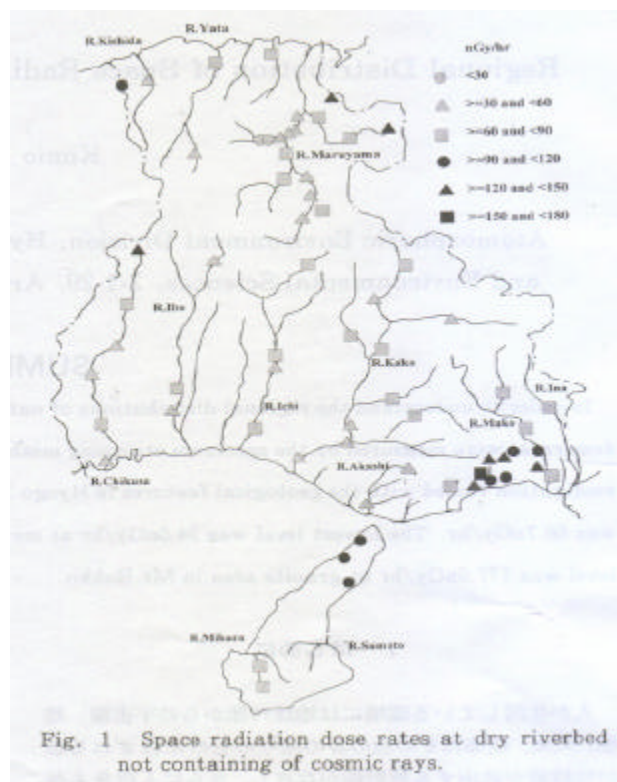


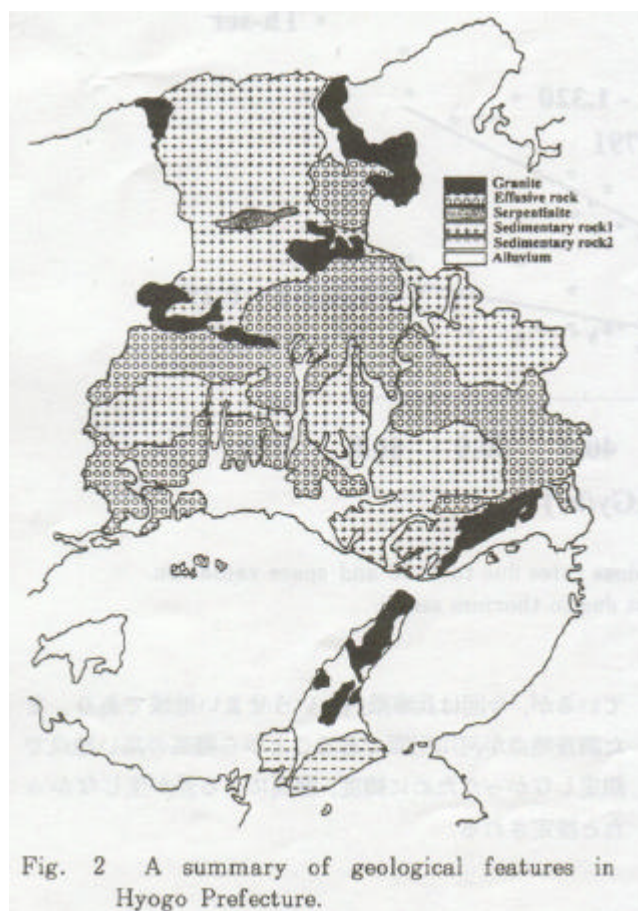
Fig. 1 Space radiation dose rates at dry riverbed not containing of cosmic rays.

Table 1 The Mean, Max., and Min. values of the space radiation dose rates in this report and previous reports in Japan.

Authors	Area	Mean(nGy/hr)	Max.(nGy/hr)	Min.(nGy/hr)
This report*	Hyogo Pref.	68.7	177.6	24.5
Furukawa et.al. ²⁾	Japan	79.7	147.0	27.0
	Southwestern Japan	86.4		
	Northeastern Japan	70.2		
Chikazawa et.al. ^{3)*}	Kouchi Pref.	60.7	187	13.8
Tonouchi et.al. ^{4)*}	Niigata pref.	59.4	137.0	23.0
Ichimura et.al. ^{5)*}	Ibaragi Pref.	36.6	70.6	15.6
Shimozono et.al. ^{6)*}	Kagoshima Pref.	43.2	77.4	16.5
Obe et.al. ¹⁰⁾	Mie Pref.	69	102	55

*not containing of cosmic rays

測定値は高知県での測定結果とほぼ一致している。新潟県での調査結果に比べると最低値はほぼ同じであるが、最大値は兵庫県での調査結果が大きく、平均値も大きい。今回の調査結果に宇宙線線量率(約 28nGy/hr 後述)を加えて、三重県での調査結果と比べると最小値は同じで、兵庫県での最大値および平均値は大きい。同様に全国調査平均値 79.7nGy/hr、西南日本の平均値 86.4nGy/hr、東北日本の平均値 70.2 nGy/hr²⁾ と比べると平均値は高い値になったが、上記西南日本の平均値は糸魚川静岡構造線以西から琉球諸島までの平均値であり、西南日本でも中央構造線以北では地殻線線量率が高いとされていることおよび兵庫県は淡路島の南部を除いて中央構造線以北に位置することを考慮すると平均値はほぼ同じ結果であると考えられる。このように兵庫県では空間放射線線量率が日本では最も高いレベルからもっとも低いレベルまで広い範囲で分布していることが判明した。このような空間放射線線量率の分布を決める要因の一つとして地質の違いが上げられている。一般に酸性岩である花崗岩類は放射性核種濃度が高く、逆に塩基性岩では低い。さらに超塩基性岩では最も低く、中性岩、変成岩および堆積岩はその間に分布することがすでに報告されている²⁾。今回の調査結果を県下の地表構成岩石と比較するために兵庫の地質¹²⁾ から作成した県



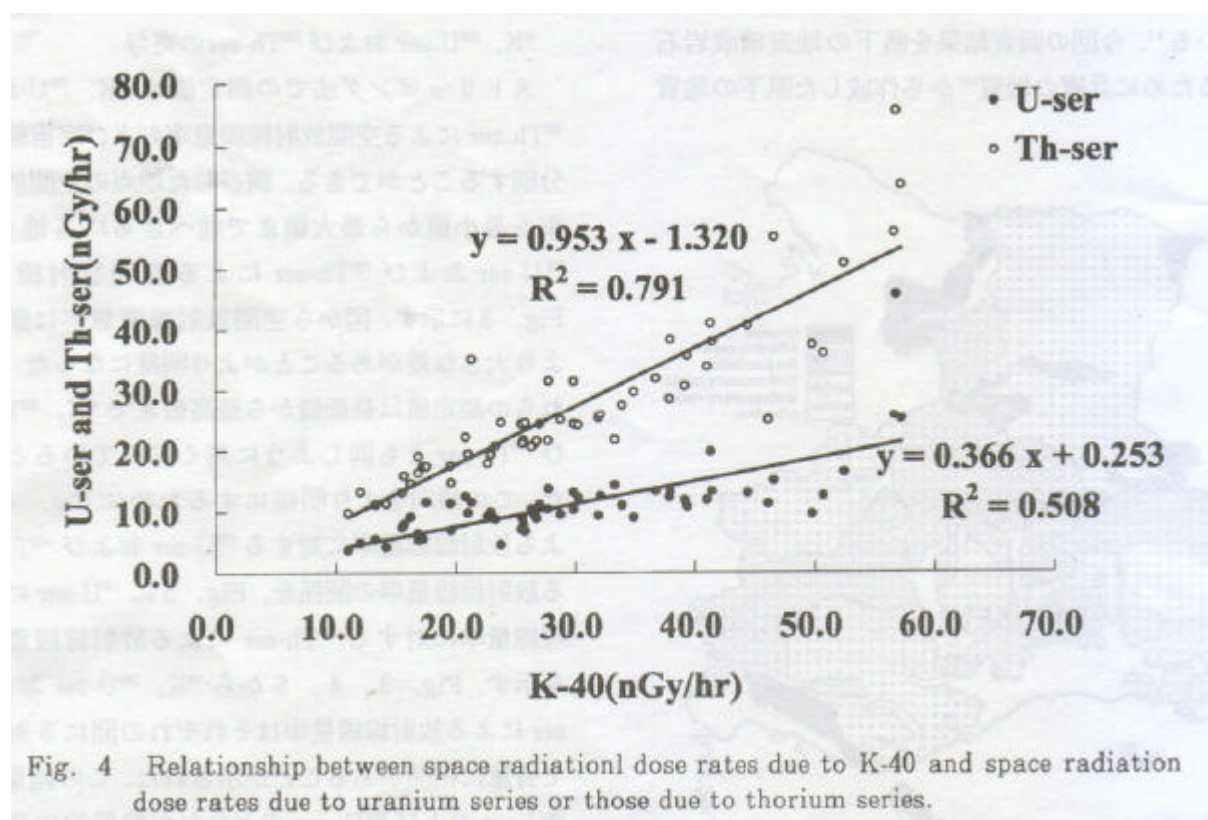
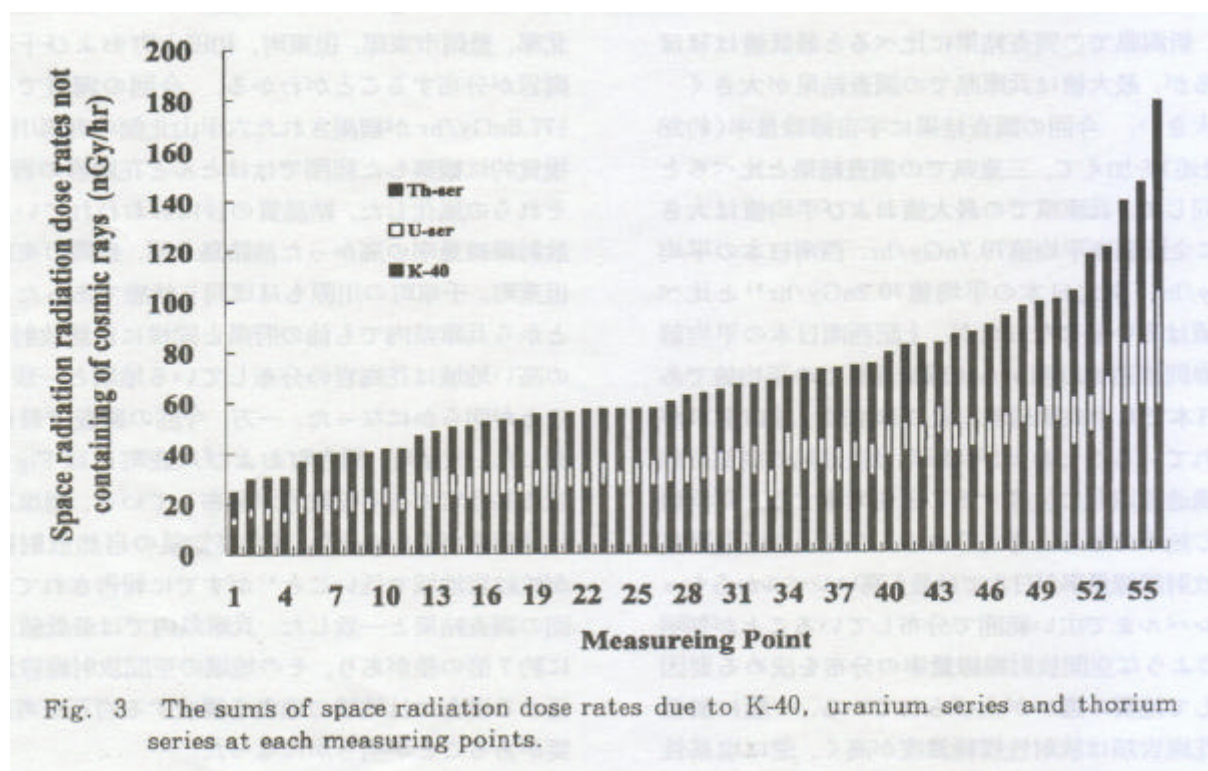
下の地質図の概略を Fig.2 に示す。図から六甲山周辺、淡路島北部、豊岡市東部、但東町、和田山町および千草町に花崗岩が分布することがわかる。今回の調査では最高の 177.6nGy/hr が観測された六甲山北側の有馬川川原は、視覚的に観察した範囲ではほとんど花崗岩の岩石およびそれらの風化した、結晶質の砂におおわれていた。自然放射線線量率の高かった淡路島北部、豊岡市東部および但東町、千草町の川原もほぼ同じ状態であった。このことから兵庫県内でも他の府県と同様に自然放射線線量率の高い地域は花崗岩の分布している地域と一致していることが明らかになった。一方、今回の調査で最低値を観測した、大屋町、関宮町、および八鹿町には Fig.2 から超塩基性岩である蛇紋岩が分布している。超塩基性岩では放射能が低いこと¹³⁾、また高知県の自然放射線レベルが蛇紋岩地域で低いこと³⁾ がすでに報告されており、今回の調査結果と一致した。兵庫県内では最低値と最高値に約 7 倍の差があり、その地域の空間放射線線量率を評価する場合には地域の地表を構成する岩石を考慮する必要があることが明らかになった。

1-2. ストリッピング法による空間放射線に対する⁴⁰K, ²³⁸U-ser および ²³²Th-ser の寄与

ストリッピング法での測定値は ⁴⁰K, ²³⁸U-ser および ²³²Th-ser による空間放射線線量率および宇宙線線量率に分別することができる。調査した地点の空間放射線線量率を最小値から最大値まで並べさらに各地点の ⁴⁰K, ²³⁸U-ser および ²³²Th-ser による空間放射線線量率を Fig.3 に示す。図から空間放射線線量率は調査地点により大きな差があることがより明確になった。さらにこれらの測定値は最低値から最高値まで ⁴⁰K, ²³⁸U-ser および ²³²Th-ser と同じように高くなっていると推定された。この傾向をより明確にするために Fig.4 に ⁴⁰K による放射線線量率に対する ²³⁸U-ser および ²³²Th-ser による放射線線量率の関係を、Fig.5 に ²³⁸U-ser による放射線線量率に対する ²³²Th-ser による放射線線量率の関係を示す。Fig.3, 4, 5 から ⁴⁰K, ²³⁸U-ser および ²³²Th-ser による放射線線量率はそれぞれの間に 95%の危険率で有意に相関があることが示された。この結果から ⁴⁰K, ²³⁸U-ser および ²³²Th-ser のどれかが特異的に高いもしくは低い地点は認めらず、3 核種ともほぼ同じ割合で地表構成岩石に含まれていると推定され、既報³⁾と一致した。

1-3. ストリッピング法による宇宙線線量率

宇宙線線量率は調査地点すべての平均 28.6nGy/hr、標準偏差 1.5nGy/hr であり、日本で報告されている標高 1000m 以下の地点の測定値¹⁴⁾ とほぼ一致した。⁴⁰K, ²³⁸U-ser および ²³²Th-ser による空間放射線線量率との宇宙線線量率の



関係を Fig.6 に示す.図から明らかなように調査地点による宇宙線線量率の差は認められなかった.宇宙線線量率は緯度,標高により大きくなるとされているが,今回は兵庫県内というせまい地域であり,また調査地点が河川川原であることから標高の高い地点で測定しなかったために緯度,標高による差が生じなかったと推定される.

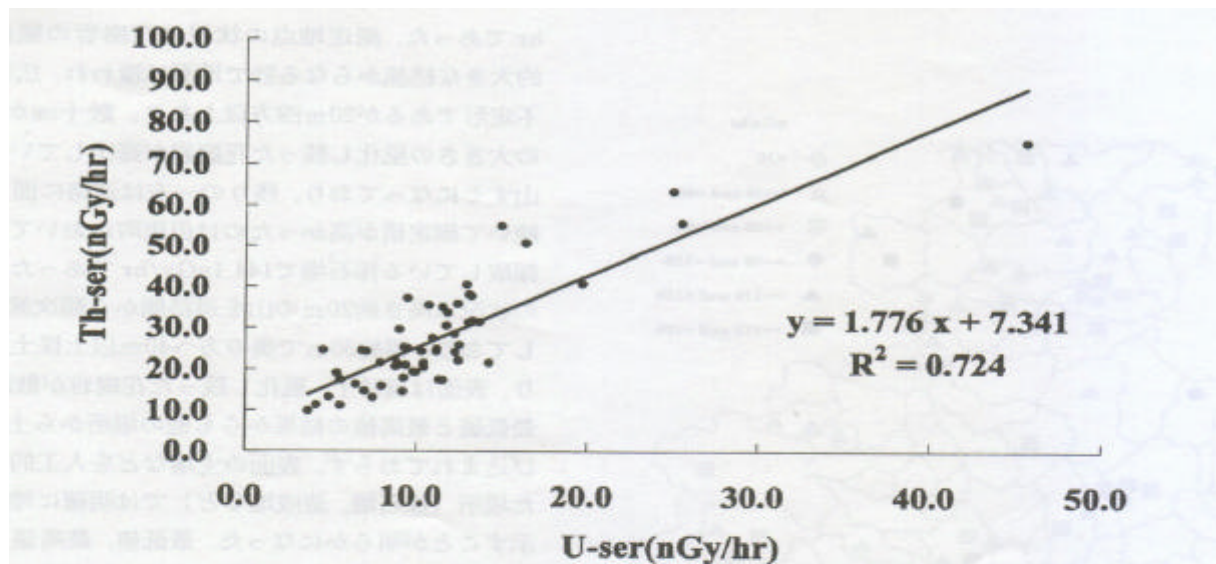


Fig. 5 Relationship between space radiation dose rates due to uranium series and space radiation dose rates due to thorium series.

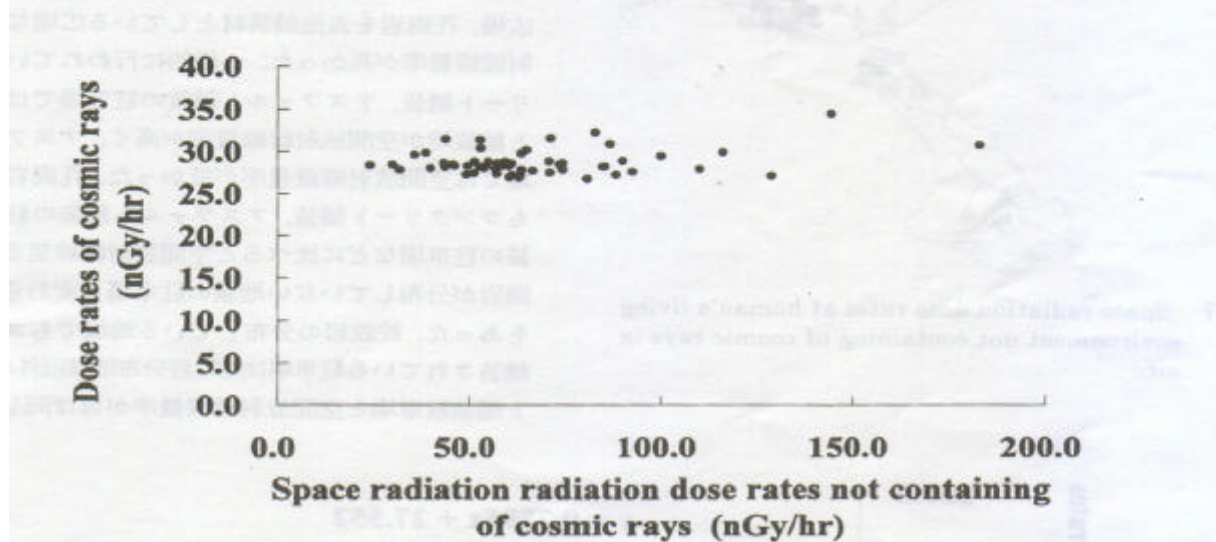
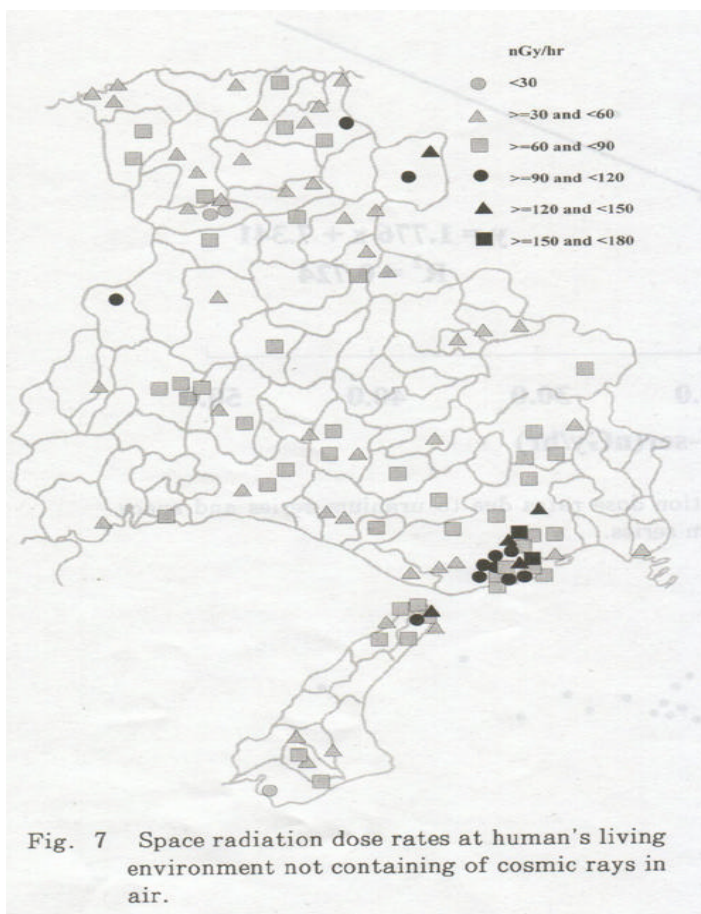


Fig. 6 Relationship between space radiation dose rates not containing of cosmic rays in air and dose rates of cosmic rays in air.

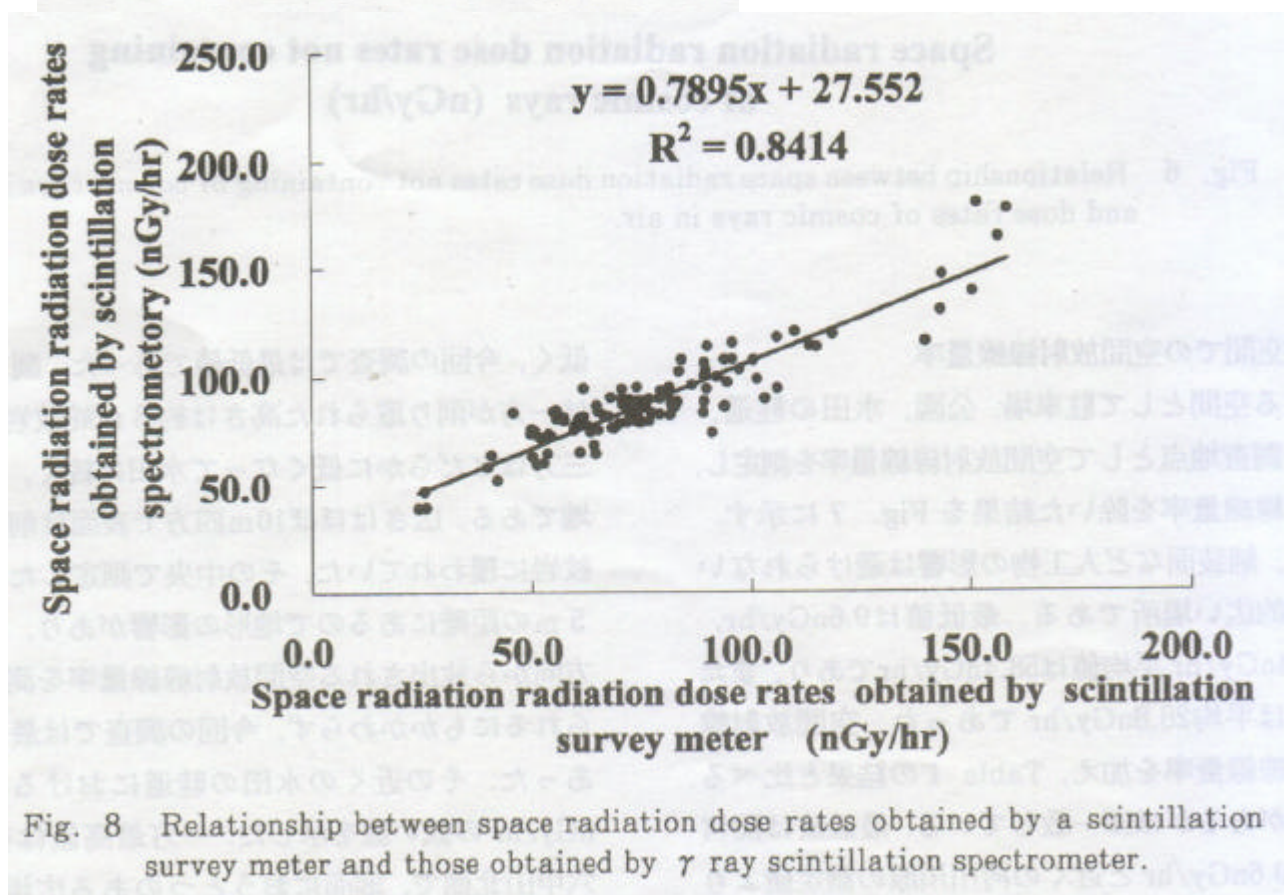
2. 人の生活空間での空間放射線線量率

人の生活する空間として駐車場、公園、水田の畦道、造成地などを調査地点として空間放射線線量率を測定し、そこから宇宙線線量率を除いた結果を Fig.7 に示す。各調査地点は、舗装面など人工物の影響は避けられないが平坦で比較的広い場所である。最低値は9.6nGy/hr、最高値は144.4 nGy/hr 平均値は58.4nGy/hr であり、また宇宙線線量率は平均28.8nGy/hr であった。空間放射線線量率に宇宙線線量率を加え、Table1 の結果と比べると測定値に幅があるがほぼ一致している。最低値は関宮町の造成地で9.6nGy/hr と近くの河川川原の測定値より低く、今回の調査では最低値であった。調査地点の状況は一方が削り取られた高さは約8m 蛇紋岩の崖で、他の三方はなだらかに低くなって水田に続く、丘の上の造成地である。広さはほぼ10m 四方で表面は

削り取られた蛇紋岩に覆われていた。その中央で測定したが、崖から約5mの距離にあるので地形の影響があり、地面と崖の2方向から放出される空間放射線線量率を測定したと考えられるにもかかわらず、今回の調査では最低の測定値であった。その近くの水田の畦道における測定値も19.8nGy/hr の低い値を示した。一方最高値は神戸市北区の六甲山北側で、地面におうとつのある広場で144.4nGy/hr であった。測定地点の状況は花崗岩の風化物の比較的大きな結晶からなる砂で地面は覆われ、広場の形状は不定形であるが20m 四方以上あり、数十cmから1m 前後の大きさの風化し残った花崗岩が露出していた。三方は山すそになっており、残りの一方は道路に面していた。続いて測定値が高かったのは但東町において、真砂土を採取している採石場で144.1nGy/hr であった。測定地点の状況は高さ約20m



の山を道路側から順次真砂土を採取しており、幅約30mで奥の方へ40m以上採土が進んでおり、表面は真砂土、風化し残った花崗岩が散乱していた。最低値と最高値の結果からも他の場所から土壌などが運び込まれておらず、表面の土壌などを人工的に剥ぎ取った場所(採石場、造成地など)では明確に地質の影響を示すことが明らかになった。最低値、最高値以外の場所では花崗岩の分布する六甲周辺、淡路島北部、豊岡市東部、但東町、千草町などの造成地、舗装されていない駐車場および花崗岩の風化した真砂土で造成された公園の広場、花崗岩を表面舗装材としている広場などが空間放射線線量率が高かった。一般的に行われている、コンクリート舗装、アスファルト舗装の駐車場ではコンクリート舗装地が空間放射線線量率が高く、アスファルト舗装地では空間放射線線量率が低かった。花崗岩分布地域でもコンクリート舗装、アスファルト舗装の駐車場は未舗装の駐車場などに比べると空間放射線線量率が低く、花崗岩が分布していない地域の駐車場と変わらないところもあった。蛇紋岩の分布している地域でもコンクリート舗装されている駐車場は蛇紋岩分布地域以外のコンクリート舗装駐車場と空間放射線線量率がほぼ同じであった。このように人の生活する空間では、



空間放射線線量率が、その地域の地表構成岩石の影響を受けない主な原因は、舗装などに使われたコンクリートおよびアスファルトの骨材がその地域の小石、砂などを利用しておらず、舗装材が他の地域から運び込まれたためと推定された。これらの結果から人の生活する空間で核関連事故、または放射性物質に関連した事件などが起きた場合、その地域の地質に加えて舗装など人の手により加えられた地面の形状変更、さらに形状変更に使われた材料などを考慮して対応する必要があることが明らかになった。

3. ストリッピング法とシンチレーションサーベイメータによる空間放射線線量率の関係

今回の調査で同一地点で同時に測定したストリッピング法と直径 25.4mm 長さ 25.4mm の NaI (TI) シンチレーションサーベイメータ (ALOKA TCS166) による結果の関係を Fig.8 に示す。測定値は NaI (TI) シンチレーションサーベイメータでの測定値がストリッピング法でのそれよりも平均で 17.8nGy/hr 大きい。それぞれの測定値間には危険率 5% で有意の相関が認められた。測定値に差があった原因はシンチレーションサーベイメータのエネルギー特性の補償方法によると考えられる。ストリッピング法と測定値に差が出ることを考慮に入れば核関連事故、または放射性物質に関連した事件などが起きた場合、簡便に使用できるシンチレーションサーベイメータで測定することが有効であることが明らかになった。

まとめ

兵庫県内において空間放射線線量率を直径 76.2mm 球形 NaI (TI) を用い、スペクトルストリッピング法により調査した。測定値は調査地点の地表構成岩石を代表していると考えられる河川川原では、花崗岩が分布している地域で高く、蛇紋岩の分布している地域で低かった。他の岩石が分布している地域は両者の中間の値であった。宇宙線を除いた空間放射線線量率は最低 24.5nGy/hr、平均 68.7nGy/hr、最高 177.6nGy/hr であり、すでに報告されている全国調査、各県の調査とほぼ一致した。宇宙線線量率は調査地点ごとに大きく変わらず、平均 28.6nGy/hr であり、これも従来との結果とほぼ一致した。人の生活する空間での調査でも同じような分布が得られたが、造成による地面の形状変更の影響が強く、地表構成岩石の分布に一致しない調査地点も認められた。今後空間放射線線量率を測定する場合には調査地点の地表構成岩石を考慮に入れて評価しなければならないことが明らかになった。またさらにサーベイメータでの測

定も有意義であることが判明した。

文 献

- 1) 阿部史郎：わが国における自然の空間放射線分布の測定，保健物理，17，169-193 (1982)
- 2) 古川雅秀：日本列島の自然放射線レベル，地学雑誌，102，868-877 (1993)
- 3) Kohshi Chikazawa, Takao Ishii, and Hideo Sugiyama : Terrestrial Gamma Radiation in Kochi Prefecture, Japan, Journal of Health Science, 47, 362-372 (2001)
- 4) Shigemasa Tonouchi, Kazuhiro Yoneda, and Tetsuo Hashimoto: Natural Radiation Levels in Niigata Area - Natural Radiation Level in Kaetsu and Sado Island - RADIOISOTOPES, 48, 567-576 (1999)
- 5) 市村雄一，三好隆，橋本和子，田辺芳次，平井保夫：茨城県における空間ガンマ線量率分布とその構成要因，茨城公技研報，5号，23-31 (1993)
- 6) 下園清香，四反田昭二，今村博香，福田大三郎：鹿児島県における自然の空間放射線分布，Ann. Rep. Kagoshima Pref. Environ. Sci. No 5, 101-110 (1989)
- 7) 科学技術庁：空間線スペクトル測定法 (平成2年)。日本分析センター，千葉，1990
- 8) 岡野真治：環境放射線測定法 (ストリッピング法による空間線スペクトル測定法)，日本分析センター広報，32，14-27，(1998)
- 9) 磯村公郎：隣接地建物の取り壊し及び建設に伴う環境ガンマ線線量率の変化，兵庫県立衛生研究所年報，36号，109-113，(2001)
- 10) 宮城県保険環境部：私たちが受ける自然放射線の量は地域によって違いがみられるか，原子力だよりみやぎ，46号，3，(1993)
- 11) 尾田俊之，富森聡子，橋爪清：三重県内の空間放射線量率について，三重衛研年報，39号，93-98，(1993)
- 12) 兵庫県土木部地質図編集委員会：兵庫の地質。P14，財団法人兵庫県建設技術センター，神戸，1996
- 13) 松田秀晴，湊進：日本の主な岩石中の放射能 (線量)，RADIOISOTOPES, 44, 789-793，(1995)
- 14) 長岡和則，本田幸一郎，宮野敬治：環境線線量測定における宇宙線の寄与，RADIOISOTOPES, 45, 3-12，(1996)

(受理 2002 年 12 月 5 日)