社内資料

JNC TJ1400 2004-001

生活環境中における自然放射性核種の濃度分布と線量評価に関する研究（Ⅱ）

核燃料サイクル開発機構
委託研究成果報告書

2005年2月

近畿大学原子力研究所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構 技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section, Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構(Japan Nuclear Cycle Development Institute)2004

JNC TJ1400 2004-001
２００５年２月

生活環境中における自然放射性核種の濃度分布と線量評価に関する研究（Ⅱ）

古賀妙子**　森嶋彌重**

要　旨

日常生活における種々の原因による放射線被ばくのうち、生活環境中における世界平均での自然放射線による被ばくは、大きな割合を占め、そのうち大気中のラドン、トロン崩壊生成核種の吸入による内部被ばくがラドン全体の1/2を占めている。環境中には自然放射線源として、K-40をはじめ、ウラン系列、トリウム系列などの放射性核種が広く分布しているが、その含有量の分布は地質に大きく影響され一様ではない。気体状放射性核種であるラドン、トロンは岩石や土壌等地中のウランおよびトリウムを発生源として生活環境に放出されるが、化学的に不活性で、電気的には帯電せず、空気中で崩壊して他の金属に壊変し、その崩壊生成核種のPo-214、Po-210、Tl-208が主な被ばく源となる。それらの屋内の濃度は生活環境条件に大きく影響を受け、屋外では、気象条件や地質などによって、時間的、場所、空間的にも大きく変動し、その濃度分布は一様ではない。そこで、周辺環境におけるラドン及びその崩壊生成核種の濃度分布の測定が継続的に実施するとともに、生活環境中における挙動及び分布を把握していることが重要である。さらに、その濃度レベルに応じて周辺住民の平常時における自然放射線からの被ばく線量がどの程度であるかを評価し、その状況を把握しておくことが重要である。

調査する地域としては、今年度は、三朝温泉地域など代表的な高自然放射線地域におけるラドン、トロン及び崩壊生成核種の測定を継続するとともに、日本において放射能温泉として有名な秋田県玉川温泉、新玉川温泉についても、調査区域として加え、対照地域としては東大阪市を含む大阪府周辺とし、ラドンおよびを含む自然放射性核種の環境中における挙動と分布に関する検討を行った。更に日本において環境γ線量率を今年度迄に測定した結果を以下に報告する。

(1) 三朝温泉地区および兵庫県川西市における民家および対照地域東大阪市による空気中のラドン濃度の経時変動の測定を継続し、10年間の濃度変動では、夏低く冬高い傾向を示した。

(2) 三朝周辺地域における屋内、屋外ラドン濃度の地質分布との関係の調査を続け、花崗岩層との関連が強く、火山岩層の地域でのラドン濃度は低い傾向を示しているが、γ線量率においても低レベルの線量率であった。ラドン濃度と同様の傾向を示した。

(3) 秋田県玉川温泉及び新玉川温泉については、源泉は同じであり、空気中ラドン濃度及び温泉水中のラドン濃度は低レベルであったが、温泉水の酸性度が日本一強く、温泉水温も98℃と高いため、ラドン濃度は大気中に拡散したものと思われる。

(4) 温泉水が流れ、旅館に配送する貯水池のラインと、途中の薬師神社（中流付近の平地部）で環境線量率が高く、それぞれ最高は38.4μSv/hおよび2.6μSv/hであった。

(5) 玉川温泉および増富温泉の土壌中の核種分析の結果、Th/U 崩壊生成核種濃度比は、同じ温泉地域でも大きく変動することがわかった。

＊ 本報告書は、近畿大学が核燃料サイクル開発機構の委託により実施した研究の成果である。
契約番号:1601A00391
核燃料サイクル開発機構担当部課室および担当者:安全推進本部　副本部長　鈴木治夫

** 近畿大学原子力研究所

JNC TJ1400 2004-001
February, 2005

Investigation on the concentration distributions of natural radioactive nuclides and dose assessments on the life circumstances II

Taeko Koga ** and Hiroshige Morishima **

Abstract

In the surroundings of the daily life, the effective internal doses due to the inhalation of radon, thoron and their decay nuclides account on average of the all world for about one-half of all natural sources of radiation.

^{40}K, Uranium series and Thorium series are widely distributed as the sources of terrestrial environmental natural radiation on our life circumstances, and their concentration distributions are influenced geologically and these are not uniformly.

Radon and thoron, which are natural gaseous radioactive nuclides released out of rocks and soil etc. are chemically inert and electrically uncharged, but they in the air can spontaneously decay to other metal atoms, of which ^{214}Po, ^{210}Po and ^{208}Tl are mainly the sources of exposure. Those concentrations indoor and outdoor made a wide fluctuation on the ventilated conditions and on the environment seasonally and spatially. We have carried out continuously the measurement of radon, thoron and their decay nuclides, and it's important of the study on the environmental movement and distribution of natural radioactive nuclides. The assessments of exposed dose by the natural radiation sources of the surrounding inhabitants and their outlooks should be understanded. In addition, we have carried out the measurements of the environmental dose rates on Japan for several years. We have selected and observed on Misasa spa district, Tottori pref., Kawanishi-shi, Hyogo pref., and Tamagawa spa district, Akita pref., and Higashi-osaka-shi, Osaka pref., for CA, and reported these results on following ;

(1) We continued time course variation of mean radon concentrations on same private house of Misasa spa district, Kawanishi-shi district and Higashi-osaka-shi district. It tends that mean radon concentrations in air at their districts for 10 years were fluctuated low level on summer and rain season, and high on winter.

(2) We have measured the radon concentrations in air with a set of indoor and outdoor on Misasa district. Radon concentrations in air on geologically formed granite layers were higher than those basaltic layers. It showed a similar, tendency to the radon concentrations, although there were the low environmental dose rate levels at Misasa districts.

(3) On the measurement of Rn at Tamagawa spa districts, Akita pref., the Rn concentrations in air and spa water were low level, because the temperature water and the acidity of spa water are very high and radons diffuse in the air.

(4) At the reservoir districts of the Obuki sourse spa line and the middle districts (the Yakushi shrine), on Tamagawa spa districts, the environmental radiation dose rates were high, the maximum dose rates 38.4μSv/h and 2.6μSv/h, respectively.

(5) We carried out a study of the behavior and distribution of natural radio-nuclides in the surrounding soils of spa areas by γ-ray energy spectrometry using a Ge(INT) diode detector. It was found that the ^{212}Pb (Th)/ ^{214}Pb (U) ratios distributed widely in the same areas, on which Tamagawa spa and Mastomi spa districts were typical.

---

* Work performed by Kinki University under contract with
Japan Nuclear Cycle Development Institute
JNC Liaison : Safety Propulsion Division, vice director Haruo Suzuki

** Kinki University Atomic Energy Research Institute

目　次

1. はじめに ・・・ 1

2. 材料および方法 ・・・ 3
2.1 試料採取 ・・・ 3
2.1.1 三朝温泉 ・・・ 3
2.1.2 秋田県玉川温泉、新玉川温泉 ・・・ 3
2.1.3 その他の地域 ・・・ 3
2.2 ラドン濃度測定法(ピコラド法) ・・・ 3
2.3 光刺激ルミネッセンス法による環境線量率測定 ・・・ 7
2.4 土壌中のγ線核種分析 ・・・ 7

3. 結果と考察 ・・・ 7
3.1 鳥取・三朝周辺地域におけるピコラド法によるラドン濃度 ・・・ 7
3.1.1 空気中ラドン濃度 ・・・ 7
3.1.2 鳥取・三朝周辺地域における水中ラドン濃度 ・・・ 17
3.1.3 三朝温泉街における空気中ラドン濃度の経時変化 ・・・ 17
3.1.4 三朝地域における水中ラドン濃度の経時変化 ・・・ 25
3.2 兵庫県川西市におけるラドン濃度 ・・・ 25
3.3 東大阪市における空気中ラドン濃度 ・・・ 25
3.4 秋田県玉川温泉におけるラドン濃度 ・・・ 32
3.4.1 秋田県玉川温泉における空気中ラドン濃度 ・・・ 32
3.4.2 秋田県玉川温泉における水中ラドン濃度 ・・・ 32
3.4.3 秋田県玉川温泉における土壌中のγ放射性核種分析 ・・・ 32

4. 温泉地域における環境γ線量率分布 ・・・ 43
4.1 秋田県玉川温泉 ・・・ 43
4.2 青森・鳥取・島根県の温泉地域 ・・・ 46
4.3 三朝地域における環境γ線量率 ・・・ 46
4.4 東大阪市における環境γ線量率 ・・・ 46

5. まとめ ・・・ 46

6. 参考文献 ・・・ 54

別添図 ・・・ 56

1. はじめに

我々が生活している環境中には、地球の外からの宇宙線、大地からの放射線、大気中のラドン等、食物に含まれている放射性物質からの放射線など自然放射線の中で、人類は数百年前より、暮らしながら進化してきた。地球の年齢に匹敵するか、それ以上の半減期を持つ核種 U-238(約 45 億年)、Th-232(約 141 億年)、K-40(約 13 億年)などが、今日なお自然環境に存在し、大地の放射線の発生源になっている。

U-238 および Th-232 は崩壊系列をなし、U-238 崩壊系列に属する Ra-226(半減期約 1600 年)がα線を放出して Rn-222(以下ラドンとする)となり、Th-232 崩壊系列に属する Ra-228 より生成する Rn-220(トロン)などは、地球のあらゆる所に発生し、希ガスで化学的に不活性なため、至るところに侵入し、電気的に帯電せず、大気中に拡散される。さらに、空気中で崩壊して、その生成核種の内、ウラン系列の Po-214、Po-210、トリウム系列の Tl-208 が体内に吸入摂取され、主な内部被ばく源となる。ラドンは、地質に起源を持つが、Ra-226 や Ra-228 の濃度分布だけでなく、地面からの逸散を左右する土壌空隙率や気圧分布、降水などの気象条件に大きく影響される[1)]。更に、土壌中に分布するウラン系列の Ra-226、トリウム系列の Ra-224 等が外部被ばく源となっている。それらの放射線レベルは時間的、空間的に変化し、地域的にも大きく変動し、その分布は一様ではない。大地に起因するレベルは、土壌中に含まれる U-238、Th-232 および K-40 などの自然放射性核種の濃度分布に依存し、大気中放射性物質濃度分布および変動は、それらとともに大気の流れ、屋内では換気にも大きく影響される。

2000 年国連科学委員会[2)]によると、世界平均で自然放射線は、年間 2.4mSv、その 1/2 をラドン・トロン崩壊生成核種の吸入による被ばく、それに食物摂取による内部被ばくを加えると 1.5mSv、外部被ばく(大地放射線および宇宙線)は 0.9mSv と報告している。日本における宇宙線からの線量マッピングが藤元[3)]により最近まとめられた。

空気中のラドン、トロンは、生活環境中における自然放射線による被ばく線量の最も大きな要因であると世界的に注目されている。しかし、わが国における原子力施設等の稼働に伴って環境への放射性核種の放出に関しては、一般公衆に対しても関心のある問題であるが、施設の管理目標の徹底により極低レベルであり、生活環境中の自然放射線の影響を把握する上で、それらの施設周辺の環境放射線の影響を分別して評価することが重要である。一方、ICRP90年勧告でも取り上げられているように、自然放射線についても人為的に高められた場合は、管理の対象とされるなど、環境放射能の動向に関する研究の重要性が高まってきている。

ウラン、トリウムおよびカリウムの含有量はケイ酸塩の濃度の高い酸性岩である花崗岩などにおいて最も高く、ケイ酸塩の濃度が低い超塩基性岩に最も低い。頁岩、燐灰岩中では火

成岩中より高いと報告されている[2]。わが国においても地域により、ラドン、トロン濃度の変動が大きく、高濃度の家屋が数多く存在する報告[4,5]および花崗岩が露出している地域が多い西日本で線量は高くなっており、地質依存性の報告がなされている[6~9]。

土壌中にはウランやラジウム等を含む鉱物が広く分布しており、種々の形態で人の生活環境に関与している。これら自然放射性核種濃度は一般的にあまり高くないとされているが、ウランは地殻中に広く分布するが、通常、土壌岩石中には数 ppm 含有するにすぎない。近年の省エネルギー政策も関係して住宅構造の気密化などが高まり換気率が低下し、それらの影響によって家屋内でのラドンの蓄積が見られ内部被ばくの主要な源となり、問題となっている。リン酸、石膏を壁などの建材として使用されていることにより、室内のラドン濃度が高まる例もあり[10]、ラドンは天然起源であるが、それを高める原因が人工的であることが分ってきた。北欧諸国では、レンガ造りや地下室などで屋内ラドン濃度が非常に高いことが報告され、環境中のラドンが注目されるようになって 20 年経過し、多くの研究が行われている。生活環境中のウラン・トリウムの存在により、様々な要因によってラドン濃度は時間的にも空間的にも変動し、変動巾も大きい[9~17]。そこで、環境大気中のラドン濃度の経時変動および場所による濃度レベルの分布を簡便にしかも正確に評価するために、ピコラドシステムすなわちラドンが容易に活性炭に吸着しやすいという性質を利用したパッシブ法(活性炭法)を採用し、20ml 容の Packard 社製ピコラド検出器にラドンを捕集した後、液体シンチレーションスペクトロメータ(Tri-carb2250CA)を用いて測定する[18~20]方法により広く測定を継続して行い、更に水試料においても液体シンチレータと試料水を直接混合して測定を行っている。空気中の Rn-222 濃度の測定には、この他にパイロン製シンチセル法および長期設置型積算ラドン計として、カップ法および静電捕集型ラドン計による測定についても、継続して実施している。

わが国では一般的に花崗岩地域が多い西日本で放射線量は高くなっており、日本における空間線量の地質依存性を報告している文献[6~8]は多い。わが国における全国的なラドン濃度調査は阿部ら[23]、藤元ら[17,25]、(財)日本分析センター等[25,26]および総説[27]により報告されているが、当所では、主に高自然放射線地域として、日本でも有名な放射能温泉地域について実施して、長年継続して特に、屋外および屋内ラドン濃度を合せて、更に温泉水中のラドン濃度についても実施している。これらのラドン濃度を測定した地域における環境γ線量率を測定実施してきた。

今年度は、調査する地域としては、鳥取県東伯郡三朝温泉地域および秋田県玉川、新玉川温泉、近畿地方兵庫県川西市、対照地域としては東大阪市を含む大阪府周辺とし、ラドン及び崩壊生成核種を含む自然放射性核種の環境中における挙動と分布に関する調査をするとともに、環境線量率の測定を実施したので、その結果を報告する。

2. 材料および方法

2.1 試料採取

関西地方は花崗岩地層が多く露出して環境線量が高いことが報告[6-8]されている。しかし、日本における比較的有名な温泉地を高自然放射線地域として選択し、Fig.1に示したように鳥取県東伯郡三朝温泉地域、秋田県玉川温泉および兵庫県川西市など多くのその他の温泉地域あるいは、生活環境中のラドン、トロン崩壊生成核種等の特性について調査を行った。

2.1.1 三朝温泉

三朝温泉は、鳥取市の西南西約 30km の、鳥取県東伯郡三朝町にあり、鳥取県の中央部を北流する天神川の支流の三徳川の両岸の三朝、山田地域で温泉水が湧出する。 三徳川両岸沿いの三朝温泉地区および天神川および加茂川にはさまれた旭地区、加谷川流域の竹田地区、小鹿川流域の小鹿地区および人形峠などについて、2004 年にラドン濃度測定を行った場所を Fig.2に示した。 対照地区としては、東大阪市において近畿大学原子力研究所構内、研究室、倉庫等で空気中ラドン濃度の測定を行った。

2.1.2 秋田県玉川温泉、新玉川温泉

玉川温泉、新玉川温泉は、十和田八幡平国立公園の一角にある焼山山麓に位置し(Fig. 1,3)、温泉はラジウムを含む世界でも珍しい塩酸を主成分とする泉質である。源泉は 98℃、毎分 9,000ℓ噴出している湯量日本一である。巾3mの湯の川となり、湯華樋を通して、玉川、新玉川温泉に配送している。台湾で有名になった北投石の生成が見られる。北投石は、強い放射線を放出する奇石で、ホテルでの説明では、1年間に1mm以内の成長にすぎず、比重が非常に大きく、大噴(おおぶき)よりの湯の川床で温度が下がるにつれて、重鉱物が折出し、転石表面に塙模様となって沈殿したものである。

2.1.3 その他の地域

兵庫県川西市において、定点測定として経時変動の調査等を、空気中および井戸水について行っている。2004 年に訪れた長野県など8県の温泉等において調査を行った。

2.2 ラドン濃度測定法(ピコラド法)

ラドン濃度の測定はパッカード社製の PICO-RAD システムを用いて、水中および空気中について行った。

(1)空気中ラドン濃度の測定は、現地で PICO-RAD 検出器のフタを開放、屋外では地表面から1mのところに開口部を下にして設置し、屋内については高さ1m程度の棚、タンスの上などに 24 時間設置しラドンを捕集した後、この検出器にシンチレータ溶液(INSTA-FLUOR)を 10ml 添加した後、フタを閉めて約 15 秒間振とうあるいは2分間逆さにし、シンチレータ中

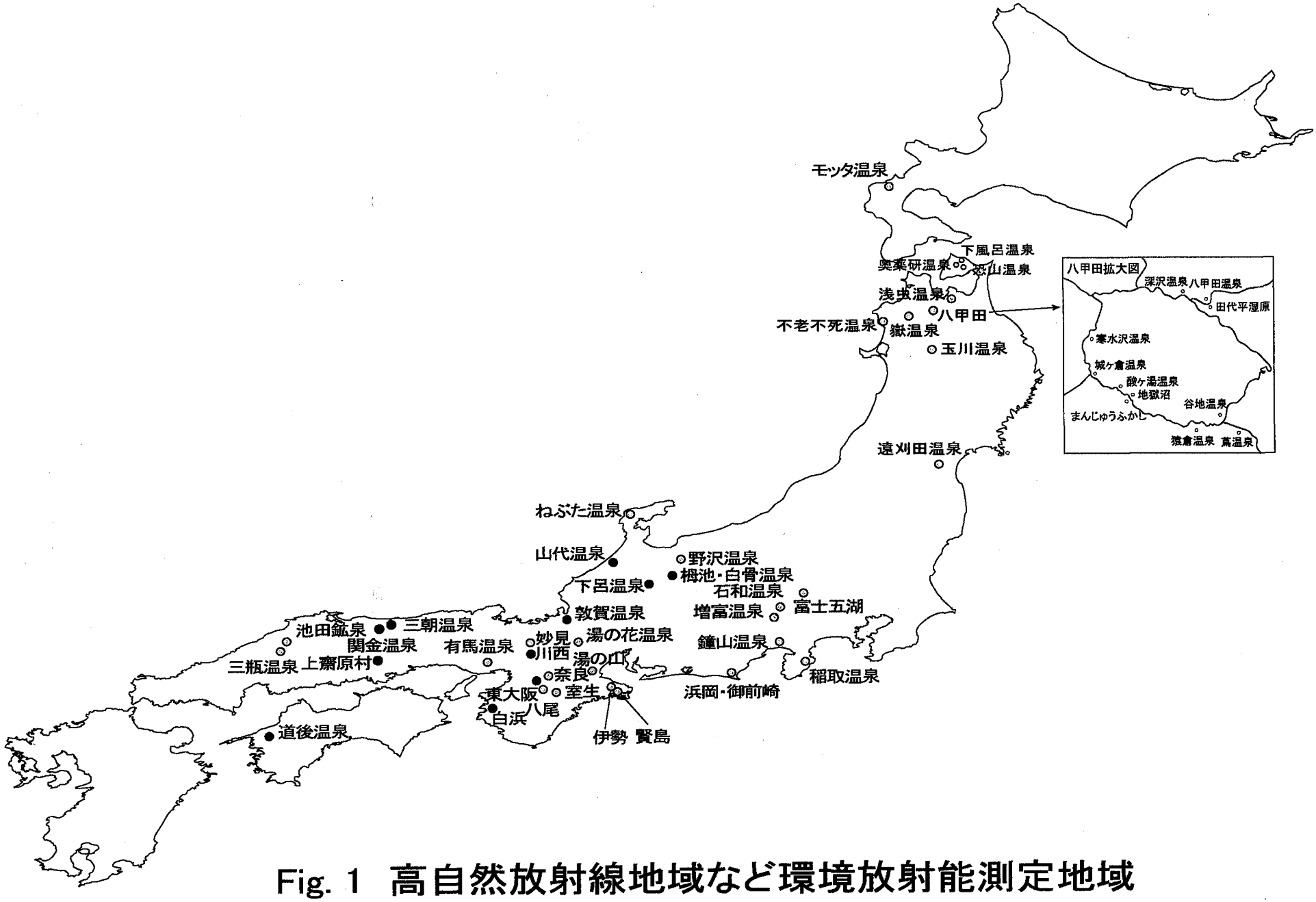

Fig. 1 高自然放射線地域など環境放射能測定地域

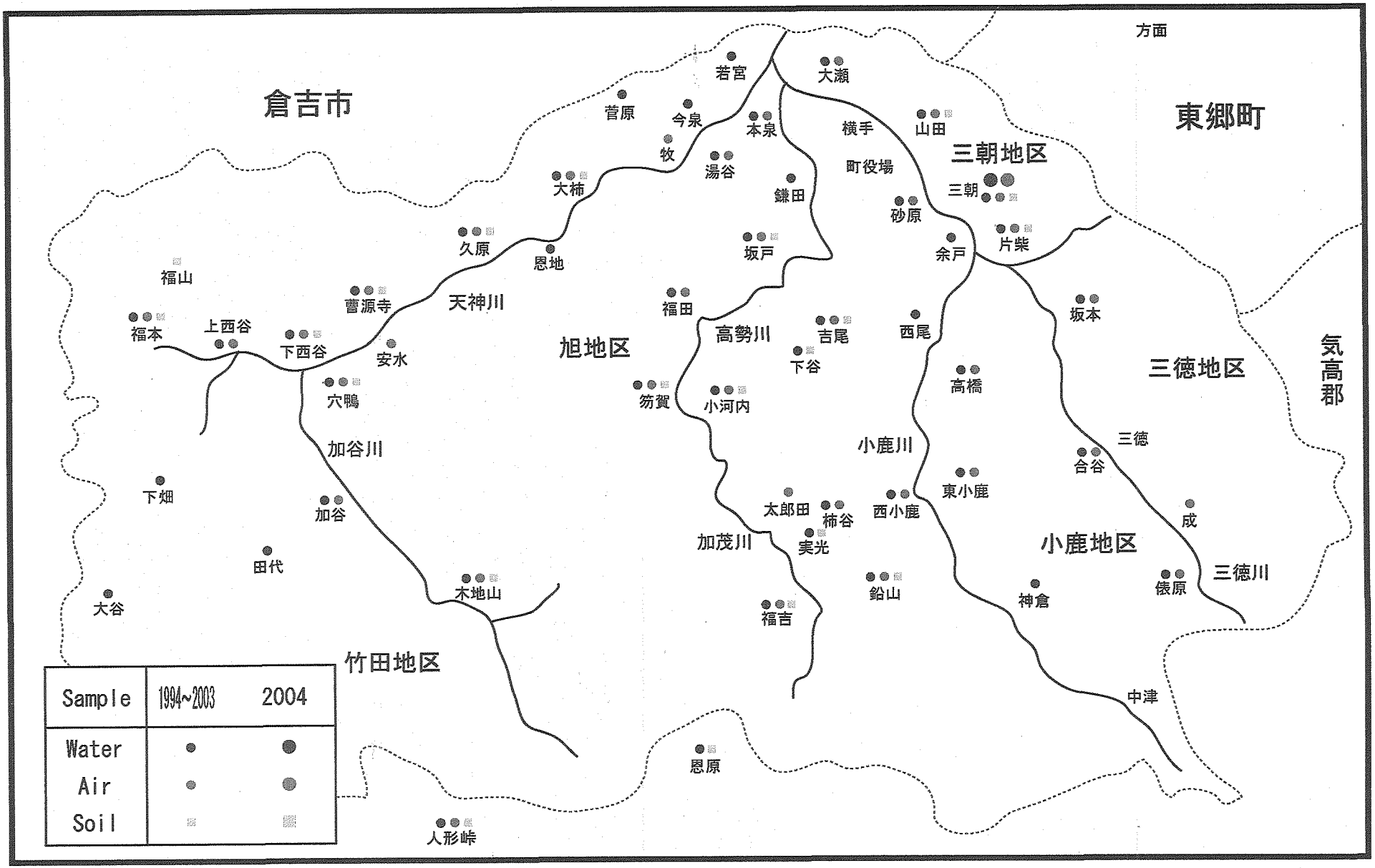

Fig. 2　鳥取県三朝周辺地域におけるサンプリング地点

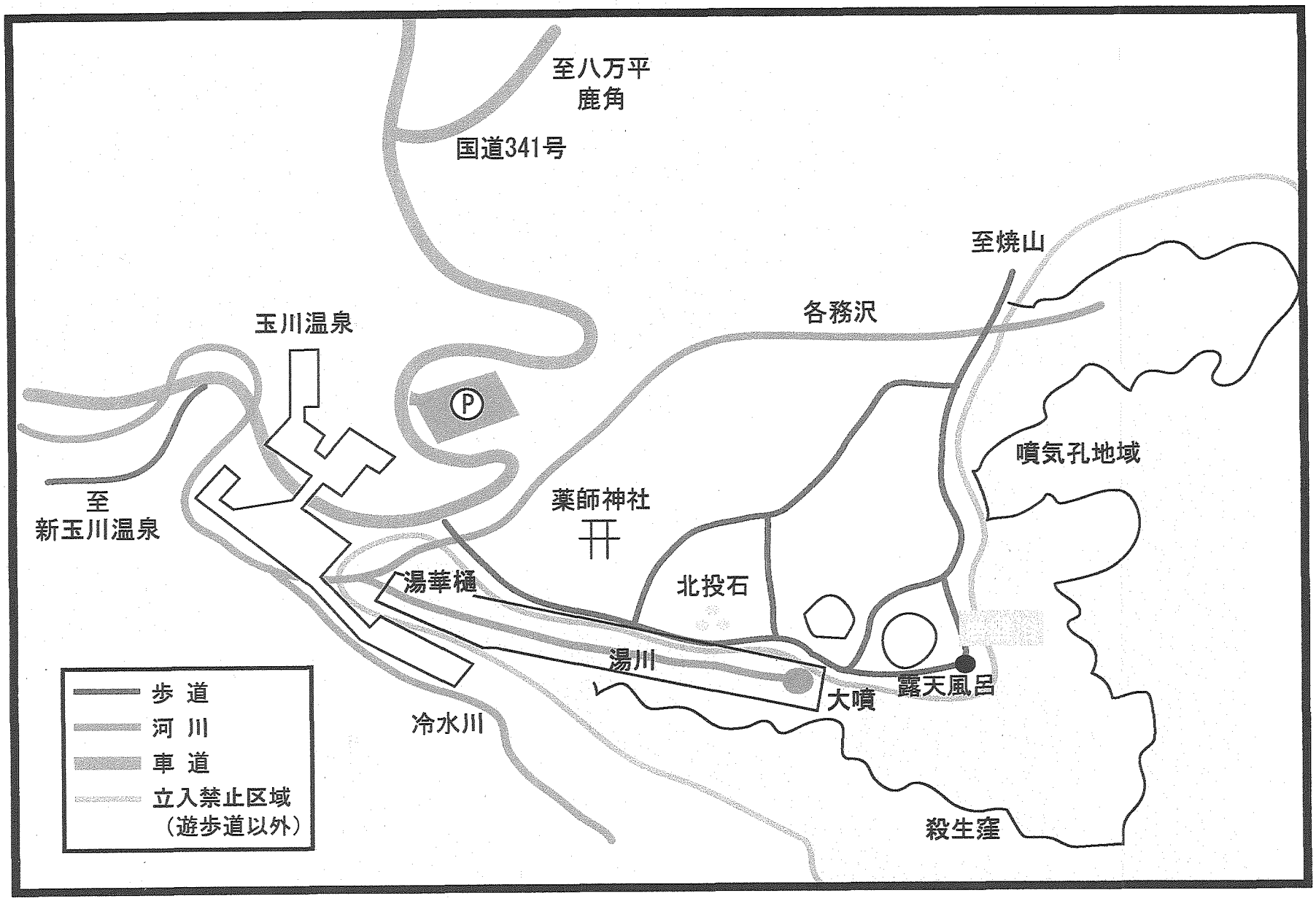

Fig. 3　秋田県玉川温泉周辺図

に抽出した後持ちかえり、パッカード社製液体シンチレーションスペクトロメータ(TRI-CARB 2250 CA/LL 型)により測定を行った。

(2)水中ラドン濃度測定は、シンチレータ溶液(OPTI-FLUOR)を 10ml 入れた 20ml ガラスバイアル瓶に現地で試料水を 10ml 採取して添加し、約 15 秒間振とうし、液体シンチレーションスペクトロメータで測定を行った。

2.3 光刺激ルミネッセンス法による環境線量率測定

ルクセルバッジ(光刺激ルミネセンス線量計)の校正は標準線源として Co-60 および Cs-137 を使って距離を調整することにより環境低線量率を測定することを目的に行った。線量率範囲は 14～420μSv について実施したが、Cs-137 により校正係数は 1.01 および Co-60 での校正係数は 0.83、環境線量のγ線エネルギー1MeV と仮定すると 0.91 となる。東大阪における測定値をバックグラウンドとして(40 素子)0.078±0.008μSv/h を得た。これにより、最小検出限界は 0.016μSv/h(3 月間集積期間で 35μSv)、精度はこの範囲では 16%であった。

ルクセルバッジ 3 個を一組として、各測定地点の地表面から 1m の高さに約 5 ヶ月間設置した。回収後、長瀬ランダウア社に測定を依頼した。環境線量率の算出方法は、製造者より東京までの輸送期間及び近畿大学 22 号館 5 階に設置していた期間を差し引いて、測定地域での設置期間で割ったものを、その地域の環境線量率とした。線量測定は、色々なモニタを使用して測定してきたが、放射線モニタの特性を **Table1** に示した。

2.4 土壌中のγ線核種分析

ラドン濃度を測定した地域の土壌中のγ線核種分析を実施するために、ラドン濃度を測定した地点の土壌を採取し、乾燥細土にする。U-8 容器に約 100gを秤量し、Ge(INT)半導体検出器を用いたγ線スペクトロメータで測定し、得られたγ線エネルギースペクトルを NAIG 社製 NLAB-MCA2/Gamma およびセイコーEG&G(株)製 7700 で測定し、Gamma Studio でデータ処理を行いγ線核種分析を実施した。

3. 結果と考察

3.1 鳥取・三朝周辺地域におけるピコラド法によるラドン濃度

3.1.1 空気中ラドン濃度

2004 年 1 年間に三朝周辺地域において、屋内外における空気中ラドン濃度の測定を行い、今迄の結果に加え、**Table2** に示した。これによると、浴室などを除いた通常の屋内ラドン濃度は 16.9～128Bq/m³、屋外ラドン濃度は 8.4～20.4Bq/m³の範囲で変動した。同じ年度

Table 1　線量測定に用いた放射線モニタの特性

放射線モニタ	屋内バック グラウンドレベル	変動係数 (%)	測定可能 エネルギー	測定可能 範囲	変換係数 (1MeV γ線)
シンチレーション サーベイメータ (Aloka TCS-166)	**0.093** ± 0.006 (μGy/h)	**5.0**	50keV～1MeV	～30μGy/h	(in air) **0.79**
電子ポケット線量計 (Aloka PDM-101)	**0.091** ± 0.005 (with phantom) **0.076** ± 0.004 (μSv/h)	**5.0**	60keV～3MeV	～99.99μSv	(in air (Gy/Sv)) **0.87** ± 0.01 (with phantom) **0.89** ± 0.01
熱蛍光線量計 (National TLD UD-200S)	**0.093** ± 0.007 (μSv/h)	**7.6**	30keV～10MeV	～200mSv	in air (Gy/Sv) **0.99** ± 0.10 (with phantom) **0.93** ± 0.1
光刺激ルミネセンス線量計 (長瀬ランダウア・ルクセルバッジ)	**0.079** ± 0.004 (μSv/h)	**16**	5keV～10MeV	～10 Sv	(in air) **0.91** ± 0.11

Table 2 三朝地域における空気中ラドン濃度の経時変化

(Bq/m³)

測定年月		測定場所					
		屋外	浴室	居間		屋内	人形峠 屋外 (動燃事業所脇)
				1階	2階		
1997年	1月	27.9 ± 2.0	120.0 ± 2.8	91.5 ± 2.6	71.8 ± 2.5	81.7 ± 13.9	18.9 ± 1.9
	2月	43.6 ± 0.9	110.5 ± 1.2	121.2 ± 1.2	53.3 ± 6.6	87.2 ± 48.0	33.9 ± 0.9
	3月	15.7 ± 0.6	110.5 ± 1.0	117.7 ± 1.1	89.4 ± 1.0	103.6 ± 20.0	13.2 ± 0.6
	4月	25.1 ± 0.9	103.0 ± 1.3	71.4 ± 1.2	53.5 ± 1.1	62.5 ± 12.6	12.6 ± 0.8
	5月	16.3 ± 0.7	104.1 ± 1.1	73.4 ± 1.0	48.0 ± 0.9	60.7 ± 17.9	15.2 ± 0.8
	6月	6.7 ± 1.1	233.5 ± 1.9	63.5 ± 1.4	64.0 ± 1.4	63.7 ± 0.4	42.1 ± 1.1
	7月	15.4 ± 0.9	102.9 ± 1.3	74.5 ± 1.2	52.6 ± 1.2	63.6 ± 15.5	13.2 ± 1.0
	8月	12.4 ± 0.7	68.0 ± 1.0	41.6 ± 0.9	25.8 ± 0.8	33.7 ± 11.1	9.1 ± 0.7
	9月	19.6 ± 0.7	144.2 ± 1.2	79.5 ± 1.3	55.9 ± 1.2	67.7 ± 16.7	12.0 ± 0.9
	10月	22.3 ± 1.5	63.3 ± 1.5	30.7 ± 1.7	29.5 ± 1.7	30.1 ± 0.9	12.2 ± 1.5
	11月	13.6 ± 2.5	73.9 ± 3.2	40.5 ± 2.9	34.2 ± 2.8	37.4 ± 4.4	9.0 ± 2.2
	12月	30.6 ± 0.9	139.2 ± 1.4	95.1 ± 1.2	88.4 ± 1.2	91.8 ± 4.7	31.0 ± 1.0
1998年	1月	15.4 ± 0.9	91.5 ± 1.5	76.2 ± 1.4	44.8 ± 1.2	60.5 ± 22.2	14.4 ± 1.0
	2月	18.7 ± 0.7	114.0 ± 1.1	73.4 ± 1.0	64.9 ± 0.9	69.2 ± 6.0	—
	3月	24.5 ± 0.7	130.4 ± 1.1	63.0 ± 0.9	48.4 ± 0.8	55.7 ± 10.3	—
	4月	8.1 ± 0.6	78.5 ± 0.9	33.7 ± 0.3	25.7 ± 0.7	29.7 ± 5.7	—
	5月	16.3 ± 0.7	65.6 ± 1.0	46.8 ± 0.9	41.4 ± 0.9	44.1 ± 3.8	—
	6月	11.2 ± 0.7	43.0 ± 0.9	55.3 ± 1.0	43.6 ± 1.0	49.5 ± 8.3	—
	7月	7.3 ± 0.8	33.2 ± 1.0	43.4 ± 1.1	37.1 ± 1.0	40.3 ± 4.5	—
	8月	16.8 ± 0.7	59.5 ± 0.9	49.5 ± 0.8	32.8 ± 0.8	41.2 ± 11.8	—
	9月	20.2 ± 1.3	94.4 ± 1.8	65.0 ± 1.7	52.8 ± 1.6	58.9 ± 8.6	—
	10月	17.7 ± 0.9	71.1 ± 1.1	62.0 ± 1.1	36.9 ± 1.0	49.4 ± 17.8	—
	11月	32.2 ± 0.9	100.9 ± 1.2	81.4 ± 1.1	75.4 ± 1.1	78.4 ± 4.2	—
	12月	38.5 ± 0.7	97.2 ± 1.0	107.6 ± 1.0	85.2 ± 1.0	96.4 ± 15.8	—
1999年	1月	14.5 ± 0.8	102.3 ± 1.2	87.1 ± 1.2	79.5 ± 1.2	83.3 ± 5.4	—
	2月	36.1 ± 1.4	158.3 ± 2.1	123.8 ± 2.0	93.0 ± 1.8	108.4 ± 21.7	—
	3月	20.9 ± 0.6	112.0 ± 1.0	85.9 ± 0.9	71.0 ± 0.9	78.5 ± 10.5	—
	4月	16.8 ± 0.9	115.5 ± 1.4	96.8 ± 1.3	69.1 ± 1.2	83.0 ± 19.6	—
	5月	19.6 ± 0.9	84.7 ± 1.2	83.8 ± 1.2	35.1 ± 1.0	59.5 ± 34.4	—
	6月	14.5 ± 1.3	87.8 ± 1.9	48.2 ± 1.7	41.7 ± 1.6	45.0 ± 4.6	—
	7月	7.6 ± 0.6	84.3 ± 1.0	40.3 ± 0.8	33.3 ± 0.8	36.8 ± 5.0	—
	8月	9.5 ± 0.6	—	31.4 ± 1.0	31.9 ± 1.0	31.7 ± 0.4	—
	9月	24.5 ± 1.5	67.1 ± 1.7	86.5 ± 1.9	34.5 ± 1.7	60.5 ± 36.8	—
	10月	26.2 ± 0.7	74.9 ± 1.0	126.2 ± 1.2	62.2 ± 1.0	94.2 ± 45.3	—
	11月	14.9 ± 1.0	65.8 ± 1.2	143.9 ± 1.6	92.5 ± 1.4	118.2 ± 36.3	—
	12月	34.3 ± 0.7	105.2 ± 1.0	96.6 ± 1.0	95.1 ± 1.0	95.9 ± 1.1	—
2000年	1月	29.9 ± 0.8	118.7 ± 1.1	102.2 ± 1.1	92.5 ± 1.1	97.3 ± 6.9	—
	2月	20.2 ± 0.6	100.7 ± 0.9	86.0 ± 0.9	67.3 ± 0.8	76.7 ± 13.3	—
	3月	15.7 ± 0.7	107.0 ± 1.1	65.5 ± 0.9	61.6 ± 0.9	63.6 ± 2.7	—
	4月	17.5 ± 0.7	82.2 ± 1.0	80.0 ± 1.0	54.1 ± 0.9	67.1 ± 18.3	—
	5月	23.1 ± 0.8	78.4 ± 1.0	56.1 ± 0.9	45.9 ± 0.9	51.0 ± 7.2	—
	6月	26.2 ± 1.1	45.9 ± 0.9	63.8 ± 1.1	26.9 ± 0.9	45.3 ± 26.1	—
	7月	7.3 ± 0.5	68.8 ± 0.8	26.1 ± 0.7	12.3 ± 0.6	19.2 ± 9.8	—
	8月	12.1 ± 1.0	56.8 ± 1.3	30.4 ± 1.2	16.4 ± 1.1	23.4 ± 9.9	—
	9月	12.1 ± 0.8	55.0 ± 1.1	23.2 ± 0.9	20.9 ± 0.9	22.0 ± 1.6	—
	10月	18.6 ± 1.0	62.7 ± 1.2	123.1 ± 1.5	92.2 ± 1.4	107.6 ± 21.8	—
	11月	10.9 ± 0.6	87.0 ± 0.9	83.9 ± 0.9	66.5 ± 0.9	75.2 ± 12.3	—
	12月	19.0 ± 0.6	82.5 ± 0.9	100.9 ± 1.0	85.1 ± 1.0	93.0 ± 11.1	—
2001年	1月	13.7 ± 0.6	110.2 ± 1.0	85.2 ± 1.0	71.2 ± 0.9	78.2 ± 9.9	—
	2月	13.6 ± 0.6	116.6 ± 1.0	84.2 ± 0.9	79.4 ± 0.9	81.8 ± 3.4	—
	3月	2.3 ± 0.7	10.3 ± 0.8	16.5 ± 0.8	8.9 ± 0.7	12.7 ± 5.3	—
	4月	15.5 ± 0.7	146.1 ± 1.2	79.2 ± 1.0	72.9 ± 1.0	76.0 ± 4.5	—
	5月	25.4 ± 0.9	57.3 ± 1.1	73.2 ± 1.2	55.6 ± 1.1	64.4 ± 12.5	—
	6月	10.8 ± 1.3	79.5 ± 1.7	49.5 ± 1.6	36.4 ± 1.5	42.9 ± 9.3	—
	7月	15.2 ± 2.3	64.7 ± 2.9	35.4 ± 2.5	22.9 ± 2.4	29.1 ± 8.8	—
	8月	14.0 ± 0.6	64.9 ± 0.9	60.8 ± 0.9	49.4 ± 0.8	55.1 ± 8.1	—
	9月	24.6 ± 0.7	79.9 ± 1.0	85.6 ± 1.0	55.2 ± 0.9	70.4 ± 21.5	—
	10月	23.5 ± 0.8	75.7 ± 1.0	89.7 ± 1.1	68.6 ± 1.0	79.1 ± 14.9	—
	11月	19.3 ± 0.7	50.4 ± 1.0	125.6 ± 1.2	73.2 ± 1.0	99.4 ± 37.1	—
	12月	12.3 ± 1.1	76.6 ± 1.5	110.2 ± 1.7	79.2 ± 1.5	94.7 ± 21.9	—
2002年	1月	23.4 ± 1.1	84.2 ± 1.4	134.0 ± 1.6	108.2 ± 1.5	121.1 ± 18.2	—
	2月	28.2 ± 0.6	115.9 ± 1.0	123.4 ± 1.0	99.3 ± 1.0	111.3 ± 17.1	—
	3月	32.4 ± 1.4	114.1 ± 1.9	121.8 ± 1.9	86.9 ± 1.8	104.3 ± 24.7	—
	4月	20.8 ± 0.7	78.8 ± 0.9	102.9 ± 1.0	70.6 ± 1.0	86.7 ± 22.8	—
	5月	21.5 ± 0.8	39.4 ± 0.9	73.8 ± 1.0	45.9 ± 0.9	59.8 ± 19.7	—
	6月	9.6 ± 0.6	68.2 ± 0.8	60.5 ± 0.8	32.6 ± 0.7	46.5 ± 19.7	—
	7月	18.1 ± 0.6	63.9 ± 0.9	—	—	—	—
	8月	8.8 ± 0.9	64.9 ± 1.1	41.4 ± 1.1	22.1 ± 1.0	31.8 ± 13.6	—
	9月	16.4 ± 0.6	69.2 ± 0.9	75.3 ± 0.9	49.1 ± 0.8	62.2 ± 18.5	—
	10月	27.5 ± 1.0	114.6 ± 1.4	164.8 ± 1.6	121.7 ± 1.5	143.2 ± 30.5	—
	11月	33.5 ± 0.8	90.8 ± 1.0	153.2 ± 1.3	104.1 ± 1.1	128.6 ± 34.7	—
	12月	15.2 ± 0.6	94.6 ± 0.9	114.7 ± 1.0	77.2 ± 0.9	95.9 ± 26.5	—
2003年	1月	18.4 ± 0.7	108.0 ± 1.1	113.4 ± 1.1	91.9 ± 1.1	102.6 ± 15.2	—
	2月	23.6 ± 0.8	144.9 ± 1.3	121.8 ± 1.2	100.2 ± 1.1	111.0 ± 15.3	—
	3月	25.2 ± 0.6	123.7 ± 1.0	89.4 ± 0.9	62.8 ± 0.9	76.1 ± 18.8	—
	4月	18.0 ± 0.8	81.3 ± 1.1	86.0 ± 1.2	63.5 ± 1.1	74.7 ± 15.9	—
	5月	9.2 ± 0.6	79.5 ± 0.9	32.4 ± 0.8	21.7 ± 0.7	27.0 ± 7.6	—
	6月	18.2 ± 0.6	70.8 ± 0.9	72.1 ± 0.9	37.7 ± 0.6	54.9 ± 24.3	—
	7月	9.0 ± 1.1	69.3 ± 1.4	72.1 ± 1.4	71.3 ± 1.4	71.7 ± 0.5	—
	8月	14.5 ± 0.7	86.2 ± 1.0	50.2 ± 0.9	38.1 ± 0.8	44.2 ± 8.5	—
	9月	17.9 ± 0.6	83.7 ± 0.9	96.1 ± 1.0	62.5 ± 0.9	79.3 ± 23.8	—
	10月	16.3 ± 1.0	116.0 ± 1.4	62.0 ± 1.2	47.8 ± 1.2	54.9 ± 10.1	—
	11月	35.4 ± 0.6	107.8 ± 1.5	100.4 ± 1.0	77.2 ± 0.8	88.8 ± 16.4	—
	12月	17.3 ± 0.7	94.8 ± 1.1	60.3 ± 1.0	66.7 ± 1.0	63.5 ± 4.5	—
2004年	1月	—	—	—	—	—	—
	2月	—	—	—	—	—	—
	3月	—	—	—	—	—	—
	4月	10.2 ± 0.5	143.6 ± 1.1	60.2 ± 0.8	37.1 ± 0.7	48.7 ± 16.4	—
	5月	14.4 ± 0.6	84.2 ± 0.9	71.0 ± 0.9	52.5 ± 0.8	61.7 ± 13.1	—
	6月	12.4 ± 0.7	41.9 ± 0.8	40.8 ± 0.9	16.9 ± 0.8	28.8 ± 16.9	—
	7月	8.36 ± 0.6	42.1 ± 0.7	53.2 ± 0.8	18.4 ± 0.5	35.8 ± 24.6	—
	8月	12.3 ± 1.0	53.2 ± 1.2	39.9 ± 1.2	29.2 ± 1.1	34.6 ± 7.6	—
	9月	19.0 ± 0.6	91.9 ± 1.0	91.3 ± 1.0	61.1 ± 0.8	76.2 ± 21.4	—
	10月	20.4 ± 1.0	136.7 ± 1.5	128.0 ± 1.5	17.2 ± 1.1	72.6 ± 78.4	—
	11月	20.1 ± 0.6	117.7 ± 1.0	85.1 ± 0.9	65.0 ± 0.9	75.0 ± 14.3	—
	12月	15.5 ± 0.6	97.1 ± 1.0	82.8 ± 0.9	49.5 ± 0.8	66.1 ± 23.5	—
2004年平均		14.7 ± 4.4	89.8 ± 38.5	72.5 ± 28.0	38.5 ± 19.2	55.5 ± 18.8	- ± -
変動		8.4 ～ 20.4	41.9 ～ 143.6	39.9 ～ 128.0	16.9 ～ 65.0	28.8 ～ 76.2	- ～ -
全期間平均		20.2 ± 9.4	96.7 ± 42.8	81.2 ± 32.6	58.0 ± 25.6	70.6 ± 29.1	23.4 ± 13.2
変動		2.3 ～ 49.8	10.3 ～ 273.9	16.5 ～ 170.0	8.9 ～ 121.7	12.7 ～ 162.8	5.6 ～ 58.9

の東大阪の平均ラドン濃度を参考までに示したが、屋内ラドン濃度(実験室5F)が 9.0Bq/m³で屋外ラドン濃度地上1mは 3.4Bq/m³であった。特に、三朝温泉・民家の浴室、1階居間が高かったが、旅館については、浴室および地下室等についての屋内ラドン濃度が比較的高濃度を示している。

1992 年に測定を開始してから現在までに測定した三朝地域のラドン濃度に、今年度の濃度を加えて地区ごとに屋内および屋外の平均濃度を **Table3, 4**および棒グラフで **Fig.4**に、さらに地質図上に棒グラフで濃度分布を乗せ、**Fig.5**に示した。調査した 13 年間における地区毎の平均値を示しているが屋内濃度は 9.9～74Bq/m³に変動し、最高は旭地区の坂戸で、全測定値についての最高値は、上西谷地区 1995 年の 141 Bq/m³であった。地区毎の平均屋外濃度は ND～85Bq/m³と変動し、最高は三朝船畑の 85Bq/m³、ここは山上でこの船畑のふもとに雪室として使われていた天井のない囲まれた跡があり、場所、測定時期により、最高1861Bq/m³、最低8Bq/m³と大きく変動しており、両所とも常時放出しているのではなく、間欠的に放出しているようであり、温泉旅館などと同様特殊な点として、一般家屋の居住地域毎の結果には入れていない。三朝周辺地域における各地区毎の空気中濃度を **Table5**に示した。屋内および屋外ラドン濃度は三朝地区、竹田地区(天神川沿い)および旭地区(高勢川北側流域)が高く、三朝、旭、竹田地区と天神川、三徳川下流流域に高いラインが観察される。旭地区の曹源寺、恩地、本泉、大柿が高く、竹田地区では上西谷、穴鴨、福本が三朝温泉街の濃度とほぼ同じレベルかそれ以上の高いラドン濃度を示した。三朝地区においては、旅館街にある民家を代表にして、病院や旅館等の特殊な所はあえて入れていない。屋外ラドン濃度は、濃度の低い小鹿地区も東大阪市とほぼ同じであったが、屋内濃度は高いところもあり、逆に濃度の高い竹田地区の福本の屋外濃度は小鹿地域とほぼ同じ低レベルを示した。三朝温泉の南に位置する竹田川および高勢川沿いの旭地域、天神川・加谷川沿いの竹田地域および三朝温泉地域は他地域より高ラドン濃度を示した。この地域は地質学的に花崗岩層にあり地図上色の濃い部分に相当する。低ラドン濃度を示す三朝温泉地域の東南に位置する小鹿地域および三徳地域は火山岩(安山岩および玄武岩)層に位置し、無色あるいは薄色に示した。三朝周辺地域で比較的ラドン高濃度地域としての三朝、旭、竹田地区および比較的ラドン低濃度(対照)地域としての三徳・小鹿地区のラドン濃度を三朝地域の地層毎に分類して、黒雲母花崗岩を多く含む小鴨花崗岩層、角内石黒雲母を含む人形仙花崗岩、流紋岩、安山岩を含む火山岩および玄武岩、流紋岩を含む三朝層群に地域を分け平均値を計算し **Table6**に示し、地質層による影響を検討した。高濃度地域の小鴨花崗岩および人形仙花崗岩における屋内および屋外ラドン濃度は火山岩層の地域の濃度より高

Table 3 三朝周辺地域屋内ラドン濃度

(Bq/m³)

測定地区	測定場所	1992	1993	1994	1995.10-11	1996.1	1996.11		1997.11	1998.11	1999.11	2000.7	2001.7.12	2002.3	2003	2004	平均
小鹿	高橋	11.1	10.6	–	–	–	7.0 ± 1.2	10.7 ± 1.9	–	–	–	–	–	–	–	–	9.9 ± 1.9
	神倉	14.8	22.2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	18.5 ± 5.2
	西尾	–	–	–	12.8 ± 1.2	21.5 ± 2.3	–	14.0 ± 1.3	–	–	–	–	–	–	–	–	16.1 ± 4.7
	中津	–	–	–	–	–	–	11.0 ± 0.5	–	–	–	–	–	–	–	–	11.0
	東小鹿	–	–	–	15.7 ± 1.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	15.7
	西小鹿	–	–	–	21.8 ± 2.0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	21.8
竹田	木地山	44.4 ± 1.6	17.3	21.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	27.7 ± 14.6
加谷川沿	加谷	33.3 ± 1.3	31.5	19.7	–	41.4 ± 2.9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	41.6 ± 24.0
		–	–	–	–	82.2 ± 3.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	穴鴨	–	–	–	47.3 ± 1.7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	69.0 ± 21.4
		–	–	–	90.0 ± 3.0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
		–	–	–	69.6 ± 4.0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
竹田	田代	37.0 ± 1.4	–	–	–	–	–	82.2 ± 3.5	–	–	–	–	–	–	–	–	53.5 ± 24.9
天神川沿		–	–	–	–	–	–	41.4 ± 2.9	–	–	–	–	–	–	–	–	
	福本	–	–	–	49.3 ± 2.7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	41.7 ± 10.8
		–	–	–	34.0 ± 3.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	上西谷	–	–	–	141 ± 4.4	–	59.9 ± 3.1	60.6 ± 3.1	34.0 ± 2.4	37.4 ± 1.0	–	46.9 ± 2.0	–	–	–	–	70.7 ± 37.2
		–	–	–	109 ± 2.7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
		–	–	–	76.5 ± 3.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	大谷	–	–	–	–	49.0 ± 2.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	49.0
	下畑	–	–	–	–	42.5 ± 2.6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	42.5
三徳	片柴	62.9 ± 2.0	–	–	–	–	–	12.7 ± 1.2	–	–	–	–	–	–	–	–	28.1 ± 23.4
		–	–	–	–	–	–	18.4 ± 2.3	–	–	–	–	–	–	–	–	
		–	–	–	–	–	–	18.2 ± 2.3	–	–	–	–	–	–	–	–	
	三徳	–	–	–	–	–	18.5 ± 0.9	19.4 ± 1.8	–	–	–	–	–	–	–	–	23.2 ± 7.4
		–	–	–	–	–	–	31.7 ± 2.3	–	–	–	–	–	–	–	–	
	俵原	–	8.6	27.7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	18.2 ± 13.5
	坂本	29.6 ± 1.4	–	–	–	31.7 ± 2.3	17.1 ± 2.2	19.7 ± 2.2	–	–	–	–	–	–	–	–	24.5 ± 7.2
	合谷	15.5	16.3	19.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	17.1 ± 2.1
	余戸	–	–	–	40.5 ± 1.6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	40.5
	砂原	–	–	–	–	–	17.2 ± 2.4	19.7 ± 2.4	–	–	–	–	–	–	–	–	18.5 ± 1.8
旭	福田	–	–	–	–	–	–	–	57.7 ± 1.7	–	–	–	–	–	–	–	57.7
高勢川沿	鎌田	14.8 ± 0.7	–	–	–	74.2 ± 3.0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	44.5 ± 42.0
	笏賀	–	–	–	–	–	–	–	36.5 ± 1.5	–	–	–	–	–	–	–	36.5
	坂戸	–	77.9	70.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	74.2 ± 5.2
	小河内	37.0	25.9	30.4	–	–	27.2 ± 2.6	32.9 ± 2.7	–	–	–	–	–	–	–	–	30.7 ± 4.5
	下谷	–	–	–	–	–	–	–	15.6 ± 1.4	–	–	–	–	–	–	–	15.6
	柿谷	11.1 ± 0.5	29.5	44.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	28.3 ± 16.6
	本泉	–	–	–	69.6 ± 4.0	59.7 ± 2.9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	64.7 ± 7.0
	鉛山	–	–	–	–	–	–	–	–	20.1 ± 0.93	–	–	–	–	–	–	20.1
	吉尾	–	–	–	–	–	14.1 ± 2.3	15.3 ± 2.5	–	–	–	–	–	–	–	–	14.7 ± 0.8
	福吉	–	–	–	–	–	–	–	–	49.5 ± 1.1	–	–	–	–	–	–	49.5
旭	下西谷	85.1 ± 2.8	63.6	48.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	65.6 ± 18.6
竹田川沿	菅源寺	88.4	22.0	64.7	69.6 ± 3.7	–	–	59.2 ± 1.4	–	–	–	–	–	–	–	–	60.4 ± 21.8
		–	–	–	58.7 ± 1.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	大柿	29.6 ± 1.1	194	75.3 *1	60.7 ± 2.5	–	68.3 ± 3.2	62.2 ± 3.2	43.2 ± 1.6	36.6 ± 1.2	–	–	–	–	–	–	71.2 ± 51.9
	久原	–	–	–	63.0 ± 3.5	79.0 ± 3.0	–	27.1 ± 1.4	–	–	–	–	–	–	–	–	49.6 ± 25.6
		–	–	–	29.1 ± 1.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	今泉	–	–	–	36.6 ± 1.4	–	–	31.6 ± 0.9	–	–	–	–	–	–	–	–	34.1 ± 3.5
	若宮	17.6 ± 1.4	–	–	27.0 ± 1.4	–	–	14.8 ± 0.7	–	–	–	–	–	–	–	–	19.8 ± 6.4
	恩地	–	–	–	58.6 ± 1.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	58.6
	牧	–	–	–	43.3 ± 1.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	43.3
	湯谷	–	–	–	38.6 ± 1.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	36.5 ± 3.0
		–	–	–	34.4 ± 1.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
三朝	大瀬	–	–	–	33.7 ± 1.4	43.3 ± 2.6	–	–	–	–	–	13.2 ± 1.5	–	–	–	–	32.7 ± 13.6
		–	–	–	–	40.7 ± 2.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	山田	–	–	–	–	84.7 ± 3.1	–	59.2 ± 1.9	–	28.3 ± 1.0	45.6 ± 5.3	15.7 ± 1.6 *4	38.2 ± 1.4	–	–	–	40.8 ± 21.4
		–	–	–	–	44.2 ± 2.6	–	–	–	–	–	32.6 ± 1.8	18.6 ± 0.6	–	–	–	
	横手	–	–	–	–	37.8 ± 2.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	37.8
	三朝	–	–	–	55.4 ± 3.5 *2	–	97.1 ± 33.0 *3	–	19.1 ± 1.5	40.1 ± 0.4	74.6 ± 28.0	61.8 ± 1.5 *3	65.3 ± 2.5 *3	90.1 ± 1.9 *	70.7 ± 1.4 *3	55.5 ± 1.2 *3	62.7 ± 28.9
		–	–	–	–	–	–	–	27.4 ± 2.4 *3	56.1 ± 18.4 *3	–	–	31.2 ± 1.3	131 ± 1.6	–	–	
		–	–	–	–	–	–	–	65.3 ± 23.3	–	–	–	–	–	–	–	
平均		35.5 ± 25	43.2 ± 52	42.2 ± 22	53.3 ± 29.0	52.3 ± 20	36.3 ± 31.1	31.5 ± 21	37.4 ± 17.5	38.3 ± 12.1	60.1 ± 20.5	34.0 ± 20.7	38.3 ± 19.7	111 ± 29.2	70.7 ± 1.4	55.5 ± 1.2	38.0 ± 18.7
変動		11 ～ 88	9 ～ 194	19 ～ 75	13 ～ 141	22 ～ 85	7 ～ 97	11 ～ 82	16 ～ 65	20 ～ 56	46 ～ 75	13 ～ 62	19 ～ 65	90 ～ 131	71 ～ 71	56 ～ 56	10 ～ 74
岡山	人形峠	–	–	–	31.4 ± 2.9	–	–	11.8 ± 2.6	–	24.8 ± 0.74	–	–	–	–	–	–	22.7 ± 10.0
対照地区	東大阪	25.8	10.5	14.4	11.5	–	9.6 ± 2.9	–	–	–	–	9.0 ± 0.9	10.0 ± 0.6	10.0 ± 0.5	9.9 ± 0.5	9.0 ± 0.8	12.0 ± 5.1

*1 (48～158) *2 n=11 *3 n=12 *4 n=3

標準偏差1

Table 4　三朝周辺地域屋外ラドン濃度

(Bq/m³)

測定地区	測定場所	1992	1993	1994	1995.10～11	1996.1	1996.11		1997.11	1998.11	1999.11	2000.7	2001.7	2002.3	2003	2004	平均
小鹿	高橋	18.5	10.4	–	–	–	6.5 ± 1.2	8.9 ± 1.8	–	–	–	–	–	–	–	–	11.1 ± 5.2
	神倉	15.5	15.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	15.5 ± 0.0
	西尾	–	–	–	14.0 ± 1.3	18.2 ± 2.2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	16.1 ± 3.0
	東小鹿	–	–	–	9.9 ± 1.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	9.9
竹田	木地山	33.3 ± 1.3	18.1	21.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	24.2 ± 8.0
加谷川沿	加谷	37.0 ± 1.5	18.1	18.9	–	22.7 ± 2.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	32.4 ± 19.8
		–	–	–	–	65.1 ± 3.2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	穴鴨	–	–	–	11.4 ± 1.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	23.4 ± 13.1
		–	–	–	21.3 ± 2.6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
		–	–	–	37.4 ± 3.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
竹田	田代	33.3 ± 1.4	–	–	–	–	–	65.1 ± 3.2	–	–	–	–	–	–	–	–	40.4 ± 22.1
天神川沿		–	–	–	–	–	–	22.7 ± 2.5	–	–	–	–	–	–	–	–	
	福本	–	–	–	7.7 ± 2.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12.6 ± 5.4
		–	–	–	12.6 ± 1.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
		–	–	–	9.9 ± 2.7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
		–	–	–	20.0 ± 3.0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	上西谷	–	–	–	59.4 ± 3.1	–	24.3 ± 1.8	25.6 ± 2.7	18.7 ± 1.4	39.5 ± 1.8	–	41.8 ± 1.9	–	–	–	–	35.5 ± 14.1
		–	–	–	48.7 ± 3.0	–	–	25.9 ± 2.7	–	–	–	–	–	–	–	–	
	大谷	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	下畑	–	–	–	–	42.3 ± 2.6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	42.3
三徳	片柴	37.0 ± 1.4	–	–	–	–	–	21.7 ± 2.5	–	–	–	–	–	–	–	–	26.1 ± 9.5
		–	–	–	–	–	–	19.6 ± 2.4	–	–	–	–	–	–	–	–	
	三徳	–	–	–	–	–	21.1 ± 1.7	29.0 ± 2.2	–	–	–	–	–	–	–	–	25.1 ± 5.6
	俵原	–	5.3	23.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	14.5 ± 13.1
	坂本	29.6 ± 1.4	–	–	–	29.0 ± 2.2	10.2 ± 2.2	10.9 ± 2.1	–	–	–	–	–	–	–	–	19.9 ± 10.8
	合谷	10.0	9.5	21.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13.5 ± 6.6
	余戸	–	–	–	30.7 ± 1.6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30.7
	砂原	–	–	–	–	–	10.3 ± 2.3	14.2 ± 2.3	–	–	–	–	–	–	–	–	12.3 ± 2.8
旭	福田	–	–	–	–	–	–	–	28.9 ± 1.4	–	–	–	–	–	–	–	28.9
高鮒川沿	鎌田	14.8 ± 0.6	–	–	–	57.7 ± 2.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	36.3 ± 30.3
	笏賀	–	–	–	–	–	–	–	33.8 ± 1.4	–	–	–	–	–	–	–	33.8
	坂戸	15.9	73.3	65.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	51.4 ± 31.0
	小河内	32.2	25.9	38.0	–	–	10.0 ± 1.5	15.5 ± 2.5	21.5 ± 2.3	–	–	–	–	–	–	–	21.5 ± 11.4
		–	–	–	–	–	–	7.4 ± 2.3	–	–	–	–	–	–	–	–	
	下谷	–	–	–	–	–	–	–	9.9 ± 1.4	–	–	–	–	–	–	–	9.9
	柿谷	18.5	13.3	25.6	–	–	–	–	17.4 ± 2.2	–	–	–	–	–	–	–	18.7 ± 5.1
	実光	–	–	–	–	–	–	–	25.5 ± 2.5	–	–	–	–	–	–	–	25.5
	本泉	–	–	–	49.1 ± 3.6	56.2 ± 2.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	52.7 ± 5.0
	鉛山	–	–	–	–	–	–	–	9.7 ± 2.0	11.5 ± 0.9	–	–	–	–	–	–	10.6 ± 1.3
	吉尾	–	–	–	–	–	11.1 ± 2.3	12.8 ± 2.4	26.6 ± 2.4	–	–	–	–	–	–	–	16.7 ± 6.9
		–	–	–	–	–	–	–	16.3 ± 2.1	–	–	–	–	–	–	–	
	福吉	–	–	–	–	–	–	–	–	13.3 ± 0.9	–	–	–	–	–	–	13.3
旭	下西谷	62.9 ± 2.3	30.3	37.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	43.7 ± 17.1
竹田川沿	菩源寺	11.5	18.1	28.0	48.7 ± 3.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	26.7 ± 14.1
		–	–	–	27.0 ± 1.7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	大柿	17.4	150	49.8 *1	39.1 ± 2.2	–	33.8 ± 2.8	36.4 ± 2.9	29.1 ± 1.5	19.9 ± 1.0	–	–	–	–	–	–	46.9 ± 42.8
	久原	–	–	–	27.1 ± 1.4	10.7 ± 1.9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	28.9 ± 15.6
		–	–	–	48.7 ± 3.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
		–	–	–	29.1 ± 2.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	今泉	–	–	–	29.3 ± 1.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	29.3
	若宮	12.2	–	–	17.6 ± 1.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	14.9 ± 3.8
	恩地	–	–	–	29.0 ± 1.7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	29.0
	牧	–	–	–	34.1 ± 1.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	34.1
	湯谷	–	–	–	33.9 ± 1.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	31.2 ± 3.8
		–	–	–	28.5 ± 1.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
三朝	大瀬	–	–	–	21.0 ± 1.3	44.3 ± 2.6	–	–	–	–	–	10.1 ± 1.5	–	–	–	–	29.8 ± 17.0
		–	–	–	–	43.8 ± 2.6	–	–	–	–	– *4	–	–	–	–	–	
	山田	–	–	–	–	53.4 ± 2.8	–	48.1 ± 1.6	–	17.5 ± 1.4	13.9 ± 1.2	9.1 ± 1.5	25.6 ± 1.3	–	–	–	26.5 ± 18.9
		–	–	–	–	41.2 ± 2.5	–	–	–	–	–	3.3 ± 1.4	–	–	–	–	
	横手	–	–	–	– *2	34.5 ± 2.4	– *3	–	–	–	– *3	– *3	– *3	– *3	– *3	– *3	34.5
	三朝	–	–	–	35.6 ± 2.9	–	31.5 ± 12.1	–	14.8 ± 1.4	14.6 ± 0.5 *3	20.0 ± 9.0 *3	17.7 ± 1.0	23.4 ± 1.3	21.3 ± 1.4	18.6 ± 1.1	14.7 ± 1.0	21.8 ± 7.5
		–	–	–	–	–	–	–	19.2 ± 2.2 *3	18.9 ± 9.2	–	–	–	38.7 ± 1.1	–	–	
	(役場)	–	–	–	–	–	–	–	16.9 ± 2.1	–	–	–	–	–	–	–	
		–	–	–	–	–	–	–	20.8 ± 9.9	–	–	–	–	–	–	–	
	船畑	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	9.6 ± 3.5	160 ± 1.6	–	–	–	84.6 ± 106
平均		25.0 ± 14	32.3 ± 41	32.9 ± 15	28.9 ± 14.0	39.9 ± 16.4	17.6 ± 10.3	24.3 ± 15.7	20.6 ± 7.0	19.3 ± 9.4	17.0 ± 4.3	15.3 ± 13.8	69.5 ± 78.0	30.0 ± 12.3	18.6 ± 1.1	14.7 ± 1.0	27.4 ± 14.3
変動		10 ～ 63	5 ～ 150	19 ～ 65	8 ～ 59	11 ～ 65	7 ～ 34	7 ～ 65	10 ～ 34	11 ～ 40	14 ～ 20	3 ～ 42	23 ～ 160	21 ～ 39	19 ～ 19	15 ～ 15	10 ～ 85
岡山	人形峠	–	–	–	11.8 ± 2.6	–	28.9 ± 12.3	–	–	19.8 ± 0.9	–	–	–	–	–	–	18.0 ± 8.2
		–	–	–	11.7 ± 2.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	露頭発見	–	–	–	–	–	–	–	126 ± 4.1	224 ± 1.9	–	123 ± 3.2	–	–	–	–	185 ± 72.1
	の地	–	–	–	–	–	–	–	–	267 ± 2.1	–	–	–	–	–	–	
	恩原	–	–	–	20.8 ± 2.7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20.8
対照地区	東大阪	17.2	4.6	10.1	11.3	–	4.3 ± 2.0	–	–	–	–	3.7 ± 0.8	4.0 ± 0.5	3.9 ± 0.5	4.0 ± 0.4	3.4 ± 0.8	6.6 ± 4.6

*1 (30～69)　*2 n=11　*3 n=12　*4 n=2

標準偏差†

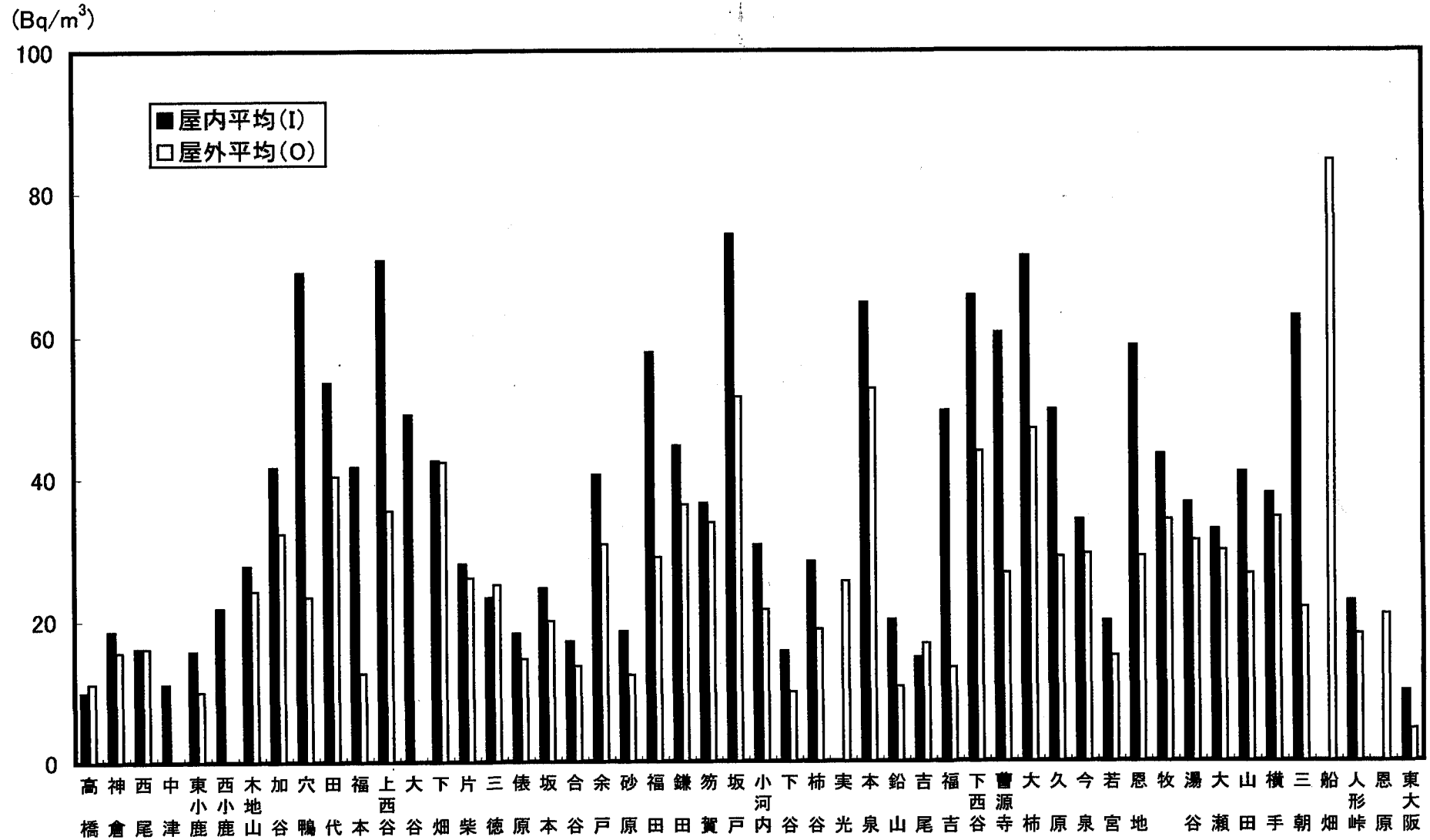

Fig. 4 三朝周辺地域における空気中ラドン濃度

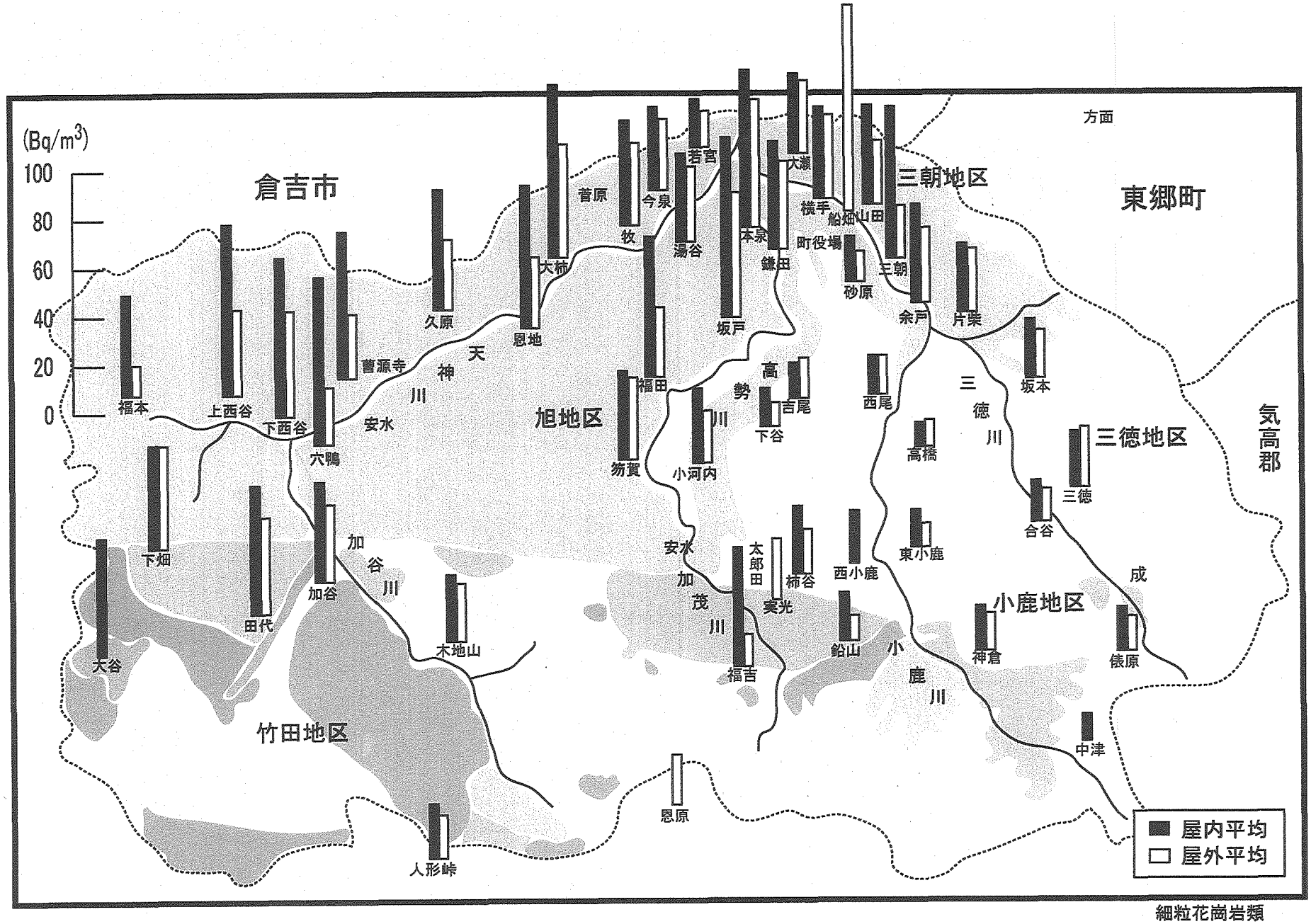

Fig. 5　三朝周辺地域における空気中ラドン濃度

Table 5 三朝周辺地域における空気中ラドン濃度

測定地区		屋内平均(I)	屋外平均(O)	地層No.※	I/O比
小鹿	高橋	9.9	11.1	C	0.89
	神倉	18.5	15.5	C	1.19
	西尾	16.1	16.1	D	1.00
	中津	11.0	—	D	–
	東小鹿	15.7	9.9	C	1.59
	西小鹿	21.8	—	C	–
竹田 加谷川沿	木地山	27.7	24.2	C	1.14
	加谷	41.6	32.4	B	1.29
	穴鴨	69.0	23.4	A	2.95
竹田 天神川沿	田代	53.5	40.4	B	1.33
	福本	41.7	12.6	A	3.32
	上西谷	70.7	35.5	A	1.99
	大谷	49.0	—	A	–
	下畑	42.5	42.3	B	1.00
三徳	片柴	28.1	26.1	A	1.07
	三徳	23.2	25.1	C	0.93
	俵原	18.2	14.5	C	1.25
	坂本	24.5	19.9	C	1.23
	合谷	17.1	13.5	C	1.26
	余戸	40.5	30.7	A	1.32
	砂原	18.5	12.3	A	1.51
旭 高勢川沿	福田	57.7	28.9	A	2.00
	鎌田	44.5	36.3	A	1.23
	笏賀	36.5	33.8	A	1.08
	坂戸	74.2	51.4	A	1.44
	小河内	30.7	21.5	A	1.43
	下谷	15.6	9.9	D	1.58
	柿谷	28.3	18.7	C	1.51
	実光	—	25.5	B	–
	本泉	64.7	52.7	A	1.23
	鉛山	20.1	10.6	B	1.89
	吉尾	14.7	16.7	D	0.88
	福吉	49.5	13.3	B	3.73
旭 竹田川沿	下西谷	65.6	43.7	A	1.50
	曹源寺	60.4	26.7	A	2.27
	大柿	71.2	46.9	A	1.52
	久原	49.6	28.9	A	1.71
	今泉	34.1	29.3	A	1.16
	若宮	19.8	14.9	A	1.33
	恩地	58.6	29.0	A	2.02
	牧	43.3	34.1	A	1.27
	湯谷	36.5	31.2	A	1.17
三朝	大瀬	32.7	29.8	A	1.10
	山田	40.8	26.5	A	1.54
	横手	37.8	34.5	A	1.10
	三朝	62.7	21.8	A	2.88
	船畑	–	84.6	A	–
岡山	人形峠	22.7	18.0	A	1.26
	恩原	—	20.8	C	–
対照地区	東大阪	9.9	4.2		2.37

※ Table 6参照　　–未測定

Table 6　三朝地域における空気中ラドン濃度の地層による影響

サンプリング地域	n	平均ラドン濃度 (Bq/m^3)		屋内/屋外比
		屋　内	屋　外	
小鴨花崗岩 (A)	28	46.7 ± 16.7*	32.0 ± 0.7*	1.5
(黒雲母花崗岩)		18.5 ～ 74.2	12.3 ～ 84.6	
人形仙型花崗岩 (B)	6	41.4 ± 12.9*	27.4 ± 1.1*	1.5
(角閃石黒雲母)		20.1 ～ 53.5	10.6 ～ 42.3	
火山岩 (C)	11	20.5 ± 5.7*	17.3 ± 0.2*	1.2
(流紋岩～安山岩)		9.9 ～ 28.3	9.9 ～ 25.1	
三朝層群 (D)	4	14.4 ± 2.3*	14.2 ± 0.4*	1.0
(玄武岩～流紋岩)		11.0 ～ 16.1	9.9 ～ 16.7	

＊　標準偏差

く、屋内においては2～3倍、屋外においても約2倍となり、地層の違いによってラドン濃度に影響することがわかった。 屋内／屋外比については平均値で高ラドン濃度を示す花崗岩地層地域は 1.5、低ラドン濃度を示す火山岩層の地域は 1.0～1.2 であった。

3.1.2 鳥取・三朝周辺地域における水中ラドン濃度

2004 年 1 年間に測定した三朝周辺地域の水中ラドン濃度を **Table7**に示し、現在までに実施した三朝周辺地域の水中ラドン濃度の経時変化を **Fig.6**に示した。今年度は1年間に渉って、三朝町の温泉水、水道水、井戸水など陸水中のラドン濃度を継続して調査した。1年間に採取した三朝周辺地域の飲料水として使用している水道水(**Table7**)について、18～35Bq/l、温泉水 185～287Bq/lを示した。今迄 10 年間での変動は、水道水 11～43 Bq/l、温泉水については、58～316 Bq/lであった。

3.1.3 三朝温泉街における空気中ラドン濃度の経時変化

三朝温泉街の一民家における屋内外及び浴室などのラドン濃度の経時変化を屋外とともに、2004 年 12 月までの 10 年間について測定した結果を **Table2, Fig.7～9**に示した。三朝温泉街の浴室内のラドン濃度は 10.3～274Bq/m^3、平均値 97Bq/m^3、屋内では1階居間では 16.5～170Bq/m^3、平均値 81Bq/m^3、2階居間で 8.9～122Bq/m^3、平均値 58Bq/m^3、屋外では 2.3～50Bq/m^3、平均値 20Bq/m^{3}の範囲に変動し、場所によっても大きく変動するが、同一場所でも換気および温泉の湧出状況によっても非常に大きな変動分布をしているものと思われる。この期間中においては屋内・居間における Rn-222 濃度は浴室の濃度と良く似た傾向を示している。屋外における濃度は全般的に低く変動がはっきりしないが、屋内については 12～2月が若干高い傾向を示し、7～10 月は比較的低くその他が高い濃度を示した。屋内濃度が夏に低いのは、気温が高く窓を開放しての生活により屋外の低濃度の空気により希釈されて低くなっていると思われる。11 月～6月と屋内が高くなっているのは、寒冷地であり戸を閉め切った状況でラドン濃度が上昇しているものと思われる。この住宅は地下に浴室、1階および2階が住居となっているので、温泉による暖気が上昇し、屋内ラドン濃度は高く、屋内／屋外濃度比は 3.5 と非常に高くなっている。また1階および2階のラドン濃度については、2004 年 12 月までの結果では、2階は1階の 0.72 と低くなっている。1992 年より 2004 年までに測定した結果を地区毎に **Fig.10,11** に、それぞれ屋内、屋外における濃度の変動を示した。これによると、同じ場所においても年によって大きく変動していることが分かり、屋内、屋外の濃度とも比較的良く似た傾向を示している。藤元ら [21]の調査においても、内陸では大平洋側と同じ傾向を示していると報告しており、本調査と一致している。東大阪市における空気中濃度と比較すると屋内で約7倍、屋外で約5倍と高濃度であり、屋内／屋外比

Table 7 三朝地域における水中ラドン濃度の経時変化

(Bq/g)

測定年月		測定場所											
		川西 井戸水			三朝 水道水			三朝 河川水			三朝 温泉水		
1997年	1月	7.32	±	0.32	32.1	±	0.90	3.96	±	0.57	149.2	±	1.60
	2月	7.57	±	0.39	32.0	±	0.37	5.64	±	0.25	122.0	±	0.66
	3月	7.06	±	0.27	38.0	±	0.70	4.40	±	0.17	159.2	±	0.80
	4月	8.21	±	0.19	42.0	±	0.53	5.07	±	0.30	157.5	±	0.97
	5月		-		35.2	±	0.40	5.35	±	0.27	138.3	±	0.75
	6月	9.49	±	0.39	32.7	±	0.48	5.62	±	0.34	198.1	±	1.07
	7月	8.32	±	0.30	36.0	±	0.47	4.57	±	0.31	195.8	±	1.05
	8月	6.77	±	0.30	33.7	±	0.42	8.60	±	0.30	190.0	±	1.01
	9月	8.29	±	0.22	21.9	±	0.47	5.86	±	0.34	227.7	±	1.24
	10月	5.99	±	0.49	36.5	±	1.11	6.60	±	0.81	60.1	±	1.30
	11月	6.18	±	0.24	23.6	±	1.14	4.57	±	0.73	283.1	±	2.89
	12月	10.84	±	0.57	43.2	±	0.47	8.45	±	0.31	178.8	±	0.96
	平均	7.82	±	1.43	33.9	±	6.33	5.72	±	1.50	171.6	±	55.7
1998年	1月	6.43	±	0.20	34.8	±	0.60	6.80	±	0.60	99.0	±	0.90
	2月	7.38	±	0.60	22.4	±	0.50		-		197.0	±	1.10
	3月	8.96	±	0.40	35.6	±	0.50		-		174.1	±	1.00
	4月	4.75	±	0.10	31.4	±	0.30		-		195.5	±	1.00
	5月	7.53	±	0.40	36.5	±	0.50		-		154.6	±	0.90
	6月	11.39	±	0.50	30.7	±	0.50		-		219.5	±	1.20
	7月	6.43	±	0.40	23.0	±	0.40		-		234.1	±	1.20
	8月	4.45	±	0.30	31.9	±	0.40		-		169.8	±	0.90
	9月	2.61	±	0.20	24.7	±	0.60		-		211.0	±	1.30
	10月	4.99	±	0.48	33.5	±	0.51		-		107.5	±	0.69
	11月	0.88	±	0.22	28.0	±	0.73		-		159.9	±	1.13
	12月	1.57	±	0.17	20.0	±	0.36		-		121.7	±	0.69
	平均	5.61	±	3.06	29.4	±	5.63	6.80	±	-	170.3	±	44.0
1999年	1月	4.11	±	0.20	33.0	±	0.68		-		228.1	±	1.29
	2月	7.78	±	0.40	33.3	±	0.73		-		217.5	±	1.42
	3月	5.24	±	0.23	29.4	±	0.39		-		221.4	±	1.16
	4月	11.82	±	0.26	20.2	±	0.47		-		221.4	±	1.20
	5月	9.99	±	0.34	16.7	±	0.27		-		191.2	±	0.99
	6月	7.17	±	0.46	23.3	±	0.60		-		190.2	±	1.36
	7月	4.80	±	0.20	32.6	±	0.35		-		147.4	±	0.78
	8月	5.01	±	0.26	26.8	±	0.44		-		228.1	±	1.21
	9月	5.93	±	0.24	31.6	±	0.76		-		222.0	±	1.32
	10月	5.64	±	0.22	32.5	±	0.42		-		148.5	±	0.82
	11月	3.13	±	0.23	29.8	±	0.54		-		222.1	±	1.22
	12月	1.32	±	0.24	34.4	±	0.40		-		218.9	±	1.15
	平均	6.00	±	2.88	28.6	±	5.72		-		204.7	±	29.3
2000年	1月	5.55	±	0.23	20.7	±	0.33		-		185.8	±	0.98
	2月	5.85	±	0.21	22.6	±	0.30		-		175.9	±	0.92
	3月	4.31	±	0.26	19.3	±	0.32		-		167.0	±	0.89
	4月	8.22	±	0.33	21.9	±	0.35		-		192.9	±	1.02
	5月	8.10	±	0.30	30.3	±	0.38		-		268.2	±	1.39
	6月	5.44	±	0.28	24.7	±	0.37		-		266.4	±	1.37
	7月	6.29	±	0.23	27.4	±	0.44		-		316.3	±	1.61
	8月	5.02	±	0.24	28.0	±	0.51		-		192.7	±	1.10
	9月		-		24.9	±	0.42		-		246.6	±	1.27
	10月	2.61	±	0.26	30.0	±	0.53		-		211.6	±	1.16
	11月	4.36	±	0.35	28.7	±	0.33		-		253.8	±	1.30
	12月	6.37	±	0.25	36.6	±	0.39		-		289.3	±	1.48
	平均	5.65	±	1.63	26.2	±	4.90		-		230.5	±	49.1
2001年	1月	4.38	±	0.21	32.6	±	0.34		-		273.4	±	1.40
	2月	3.34	±	0.17	32.5	±	0.33		-		230.7	±	1.19
	3月	5.11	±	0.23	31.0	±	0.43		-		265.6	±	1.37
	4月	8.36	±	0.27	20.4	±	0.34		-		154.4	±	0.83
	5月	7.96	±	0.23	32.4	±	0.44		-		235.4	±	1.21
	6月		-		26.6	±	0.51		-		210.9	±	1.22
	7月		-		31.1	±	0.88		-		264.1	±	2.28
	8月	9.80	±	0.31	19.3	±	0.34		-		241.0	±	1.25
	9月		-		27.8	±	0.36		-		249.7	±	1.29
	10月	7.64	±	0.37	26.9	±	0.40		-		226.9	±	1.19
	11月	8.95	±	0.33	35.2	±	0.39		-		231.0	±	1.20
	12月	10.51	±	0.42	35.7	±	0.54		-		247.1	±	1.28
	平均	7.34	±	2.50	29.3	±	5.28		-		235.8	±	31.4
2002年	1月	7.38	±	0.17	11.4	±	0.33		-		85.7	±	0.61
	2月	7.22	±	0.20	35.8	±	0.35		-		188.0	±	0.98
	3月	7.65	±	0.16	20.8	±	0.20		-		224.0	±	0.82
	4月	8.56	±	0.22	21.0	±	0.31		-		183.4	±	0.96
	5月	7.81	±	0.31	20.6	±	0.40		-		264.9	±	1.38
	6月	9.62	±	0.21	31.1	±	0.33		-		214.9	±	1.11
	7月	13.90	±	0.33	17.9	±	0.32		-		265.8	±	1.39
	8月	8.52	±	0.15	29.4	±	0.44		-		226.5	±	0.44
	9月	7.47	±	0.21	28.8	±	0.34		-		208.6	±	1.07
	10月	2.19	±	0.16	36.5	±	0.40		-		313.4	±	1.61
	11月	4.92	±	0.22	35.5	±	0.39		-		215.8	±	1.13
	12月	4.49	±	0.15	30.7	±	0.34		-		260.9	±	1.34
	平均	7.48	±	2.89	26.6	±	8.08		-		221.0	±	56.5
2003年	1月	3.44	±	0.13	32.6	±	0.38		-		145.4	±	0.78
	2月	6.74	±	0.16	35.8	±	0.41		-		275.5	±	1.42
	3月	6.39	±	0.19	35.7	±	0.35		-		236.5	±	1.22
	4月	7.46	±	0.20	20.7	±	0.39		-		219.4	±	1.16
	5月	11.11	±	0.19	25.3	±	0.33		-		187.7	±	0.98
	6月	8.50	±	0.16	30.8	±	0.34		-		205.1	±	1.07
	7月		±		30.7	±	0.49		-		235.0	±	1.25
	8月	10.05	±	0.18	19.0	±	0.32		-		239.8	±	1.24
	9月	5.63	±	0.20	20.4	±	0.29		-		234.9	±	1.21
	10月	13.00	±	0.40	31.0	±	0.45		-		273.6	±	1.43
	11月	9.16	±	0.15	37.6	±	0.37		-		267.5	±	1.37
	12月	7.50	±	0.15	32.6	±	0.35		-		194.0	±	1.01
	平均	8.09	±	2.67	29.3	±	6.44		-		226.2	±	38.6
2004年	1月	5.23	±	0.13	34.1	±	0.33		-		230.7	±	1.18
	2月	7.38	±	0.18	27.9	±	0.35		-		232.8	±	1.20
	3月	6.41	±	0.14	34.0	±	0.34		-		241.3	±	1.24
	4月	9.26	±	0.18	35.0	±	0.34		-		266.1	±	1.36
	5月	4.02	±	0.14	34.0	±	0.34		-		214.2	±	1.10
	6月	10.7	±	0.16	30.0	±	0.36		-		287.4	±	1.47
	7月	5.76	±	0.15	17.7	±	0.34		-		239.1	±	2.41
	8月	7.86	±	0.18	28.5	±	0.52		-		248.2	±	2.59
	9月	7.71	±	0.29	28.4	±	0.34		-		251.4	±	1.29
	10月	6.71	±	0.15	17.6	±	0.40		-		185.0	±	1.00
	11月	8.11	±	0.16	23.9	±	0.31		-		212.5	±	1.10
	12月	3.30	±	0.14	27.0	±	0.32		-		185.3	±	0.96
2004年平均		6.87	±	2.11	28.2	±	6.00		-		232.8	±	30.3
変動		3.30	~	10.7	17.6	~	35.0		-		185.0	~	287.4
全期間平均		7.49	±	3.36	28.8	±	6.36	6.29	±	3.44	197.8	±	55.1
変動		0.88	~	19.2	11.4	~	43.2	1.73	~	21.2	57.7	~	316.3

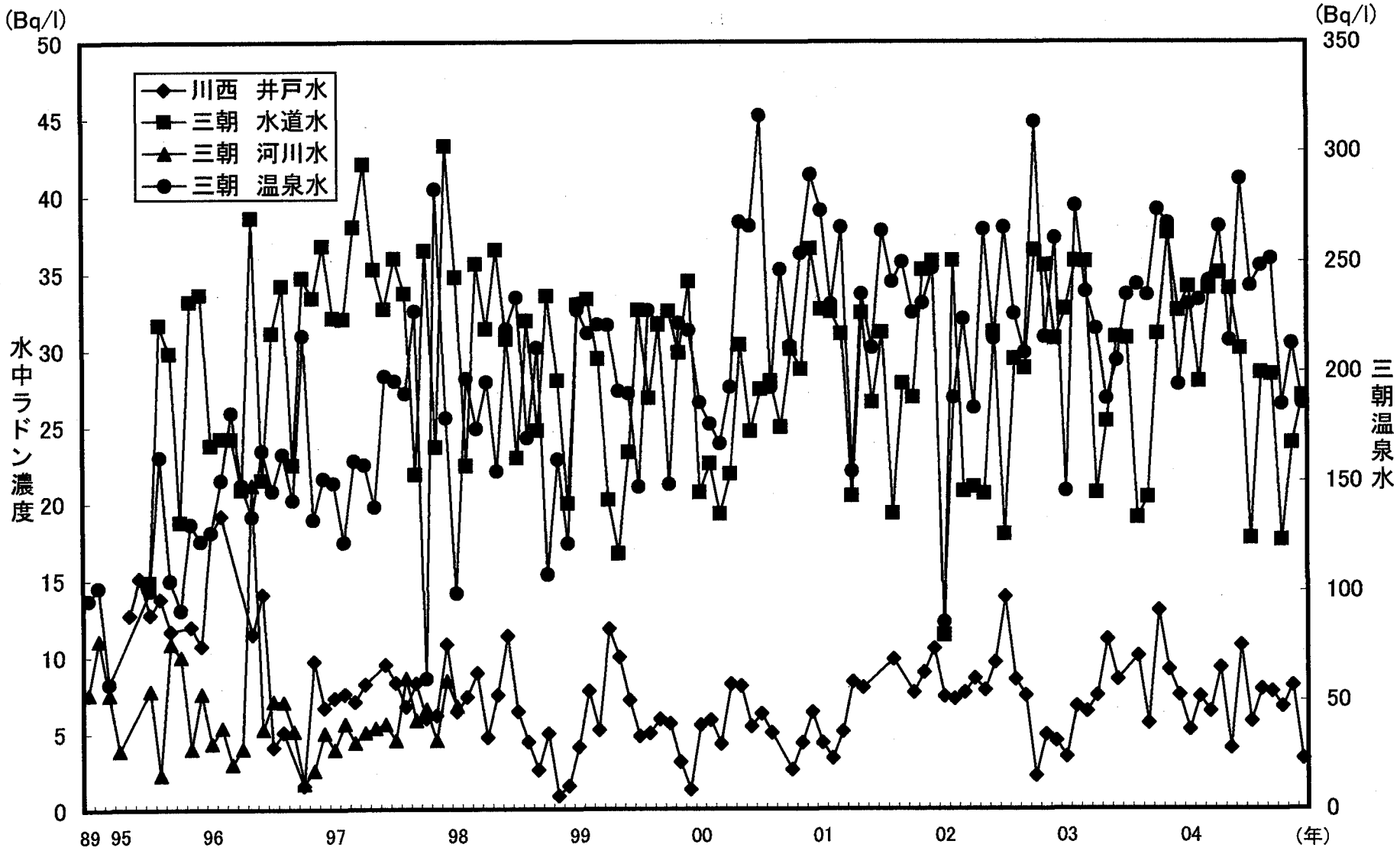

Fig. 6　鳥取・三朝地域および兵庫県・川西市における水中ラドン濃度の経時変化

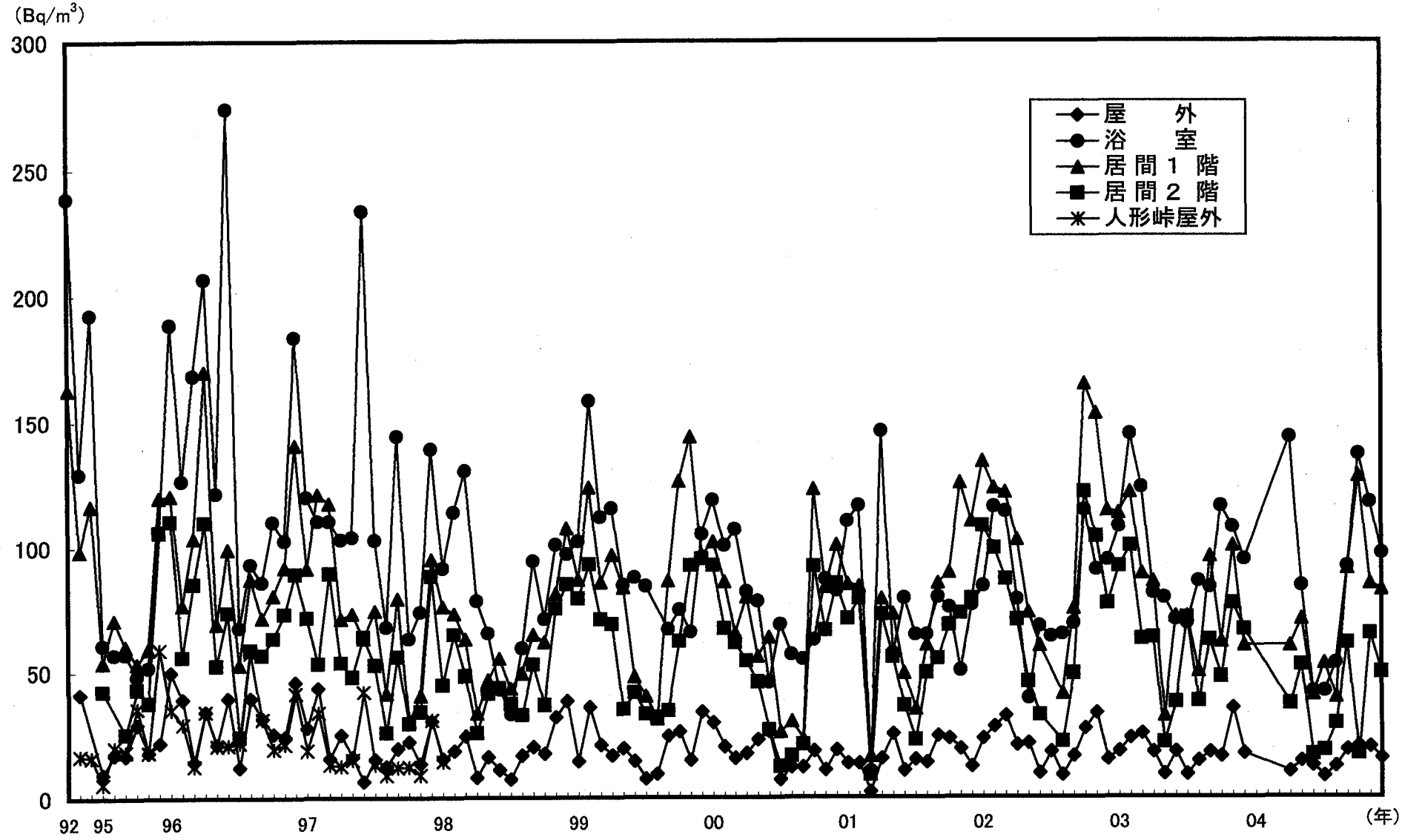

Fig. 7　三朝地域における空気中ラドン濃度の経時変化

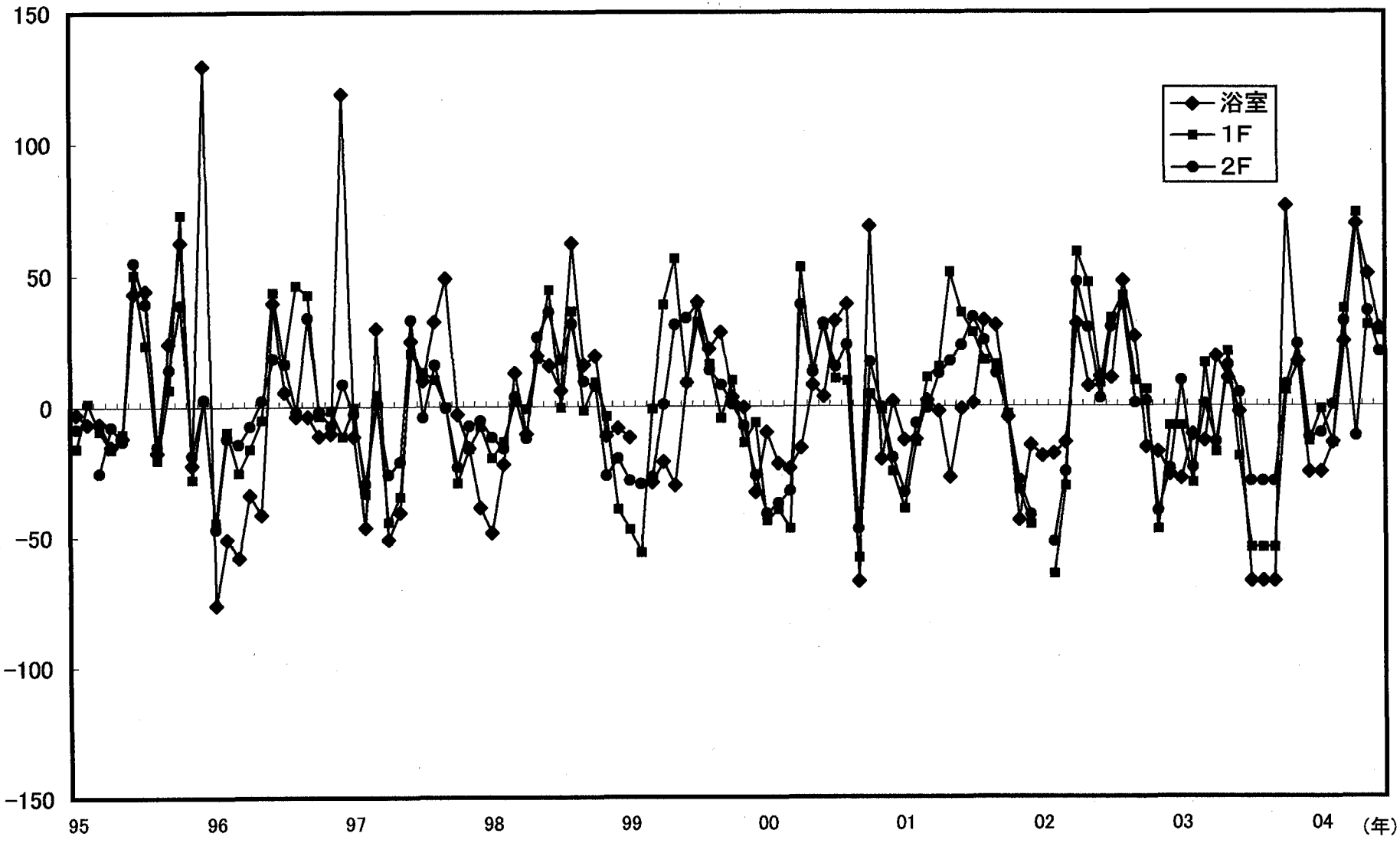

Fig. 8　三朝温泉地域におけるラドン濃度の変動部分の経時変動（屋内）

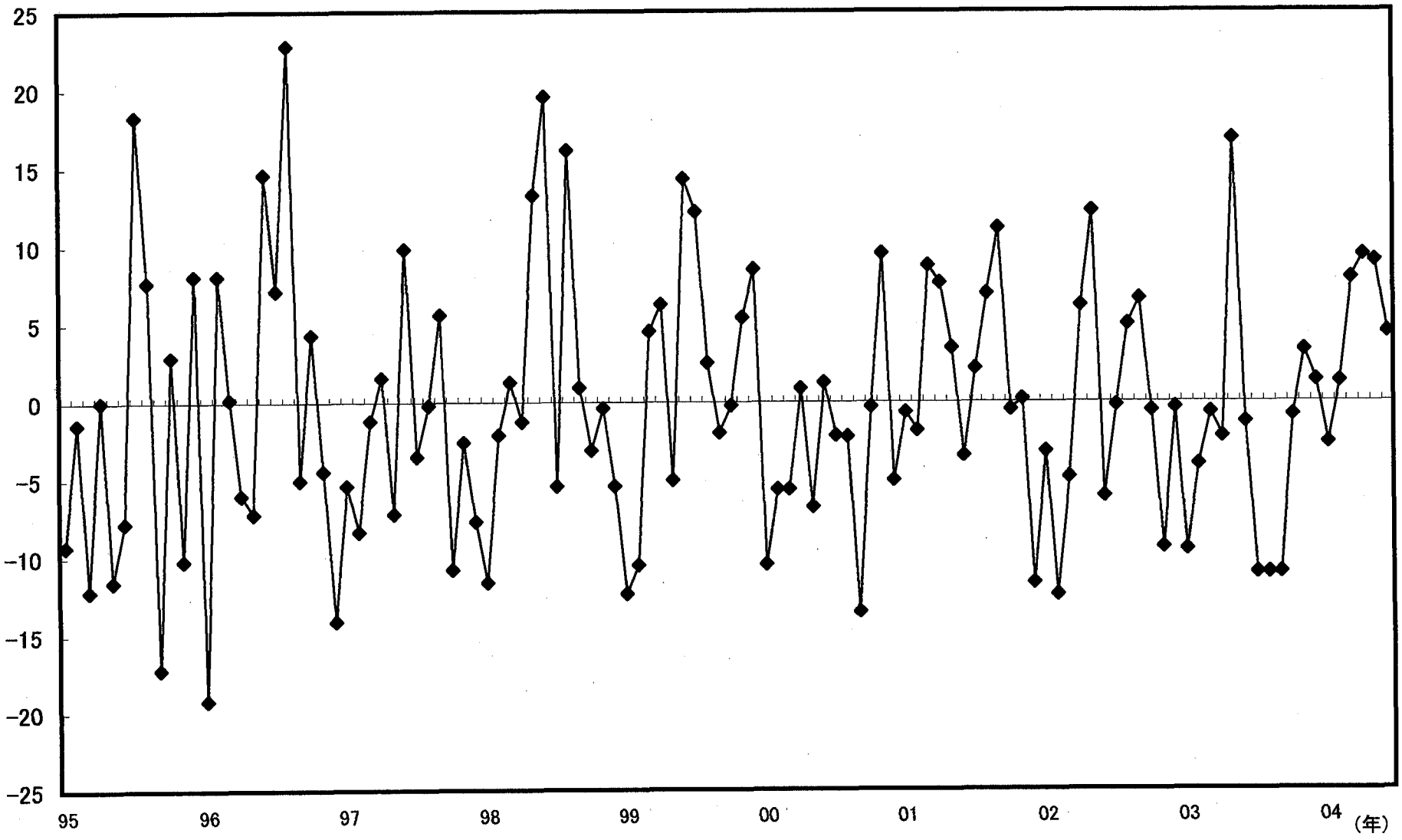

Fig. 9　三朝温泉地域におけるラドン濃度の変動部分の経時変動（屋外）

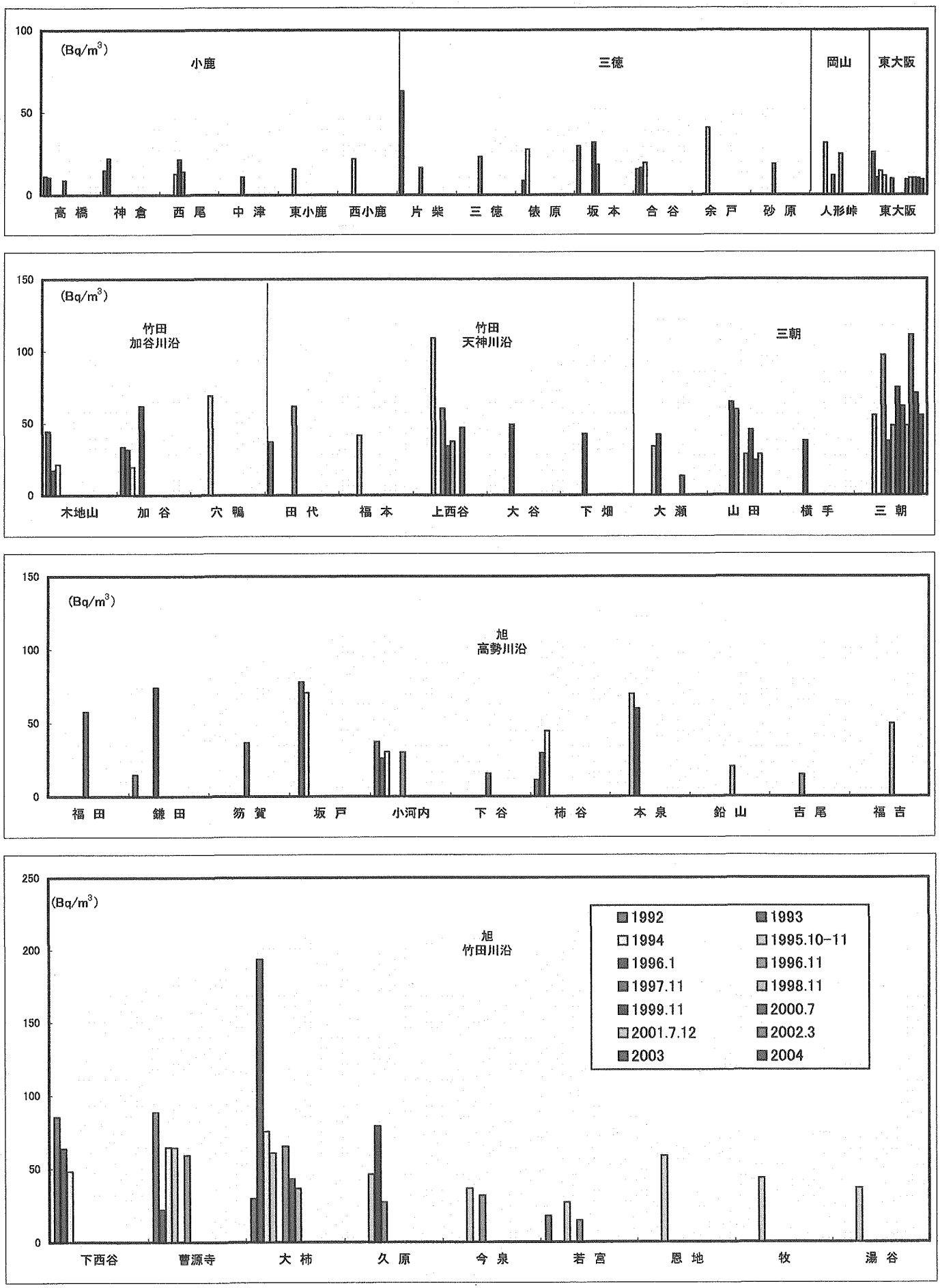

Fig. 10 三朝周辺地域屋内ラドン濃度

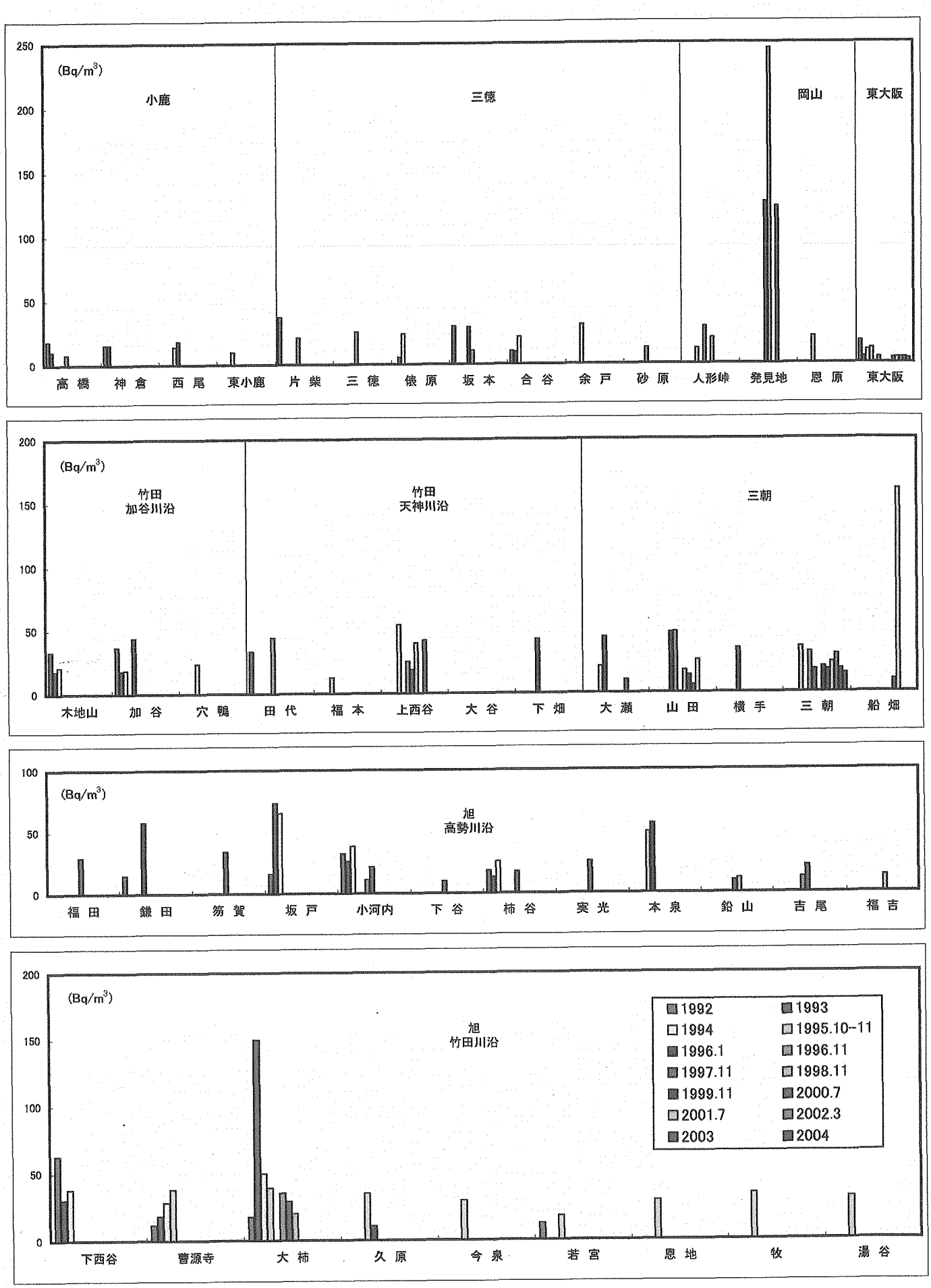

Fig. 11 三朝周辺地域屋外ラドン濃度

についても東大阪市で 2.2、三朝地域では 3.5 となった。

3.1.4 三朝地域における水中ラドン濃度の経時変化

三朝地区および兵庫県川西市における水中のラドン濃度の経時変化を **Table7**, **Fig.6**に示した。三朝温泉水は前述した民家に湧出している温泉水の 10 年間の変動は、58～316Bq/l、平均値 198Bq/lに変動し、簡易水道水は 11～43Bq/l、平均値 29Bq/lの範囲で、町営の水道水(井戸水)と温泉水の Rn-222 濃度を比較すると飲料水として使用している簡易水道水の濃度は温泉水のほぼ 1/5 であるが、経時変動はよく似たパターンの傾向を示した。田阪ら[22]は人形峠の深さ 10m の井戸の水中濃度の最高値は2月の 64Bq/l、最低値は8月の 0.82Bq/lとしており、水温それぞれ 7℃および 18℃と逆相関を示しているとしているが、温泉水ではあまりはっきりしていないようであるが、水温が高い場合は、ラドンの放出が高いと考えられ、水中のラドン濃度は過小評価をしている可能性はあるかもしれない。

3.2 兵庫県川西市におけるラドン濃度

有馬温泉の東方数十 km の川西市における比較的出入りの少ない民家の空気中ラドン濃度を **Table8**および **Fig.12,13** に示した。ここは、近くに平野鉱泉が湧水し三ツ矢サイダーの旧泉源の近くで同一水脈にあると思われる。 経時変化ではあまり顕著ではないが、7～9月の夏期において低レベルの傾向を若干示している。 屋内ラドン濃度は 1995 年～2004 年 10 年間で 3.5～32Bq/m^3(平均 16Bq/m^3)、屋外濃度は 1.7～30Bq/m^3(平均 10Bq/m^3)、平均屋内／屋外比は 1.6 であった。日本分析センター眞田ら[9]によると、屋内ラドン濃度の全国調査(900 件)は、平均値 15.5Bq/m^3、最高値 208Bq/m^{3}で、コンクリート家屋等が比較的高いとしているが、川西は日本家屋で平均に属すると思われる。

3.3 東大阪市における空気中ラドン濃度

高自然放射線地域の対照地域として東大阪市近畿大学原子力研究所構内において 1995 年5月より 2004 年 12 月における屋内外の空気中ラドン濃度測定を行った結果を **Table8**および **Fig.14～16** に示した。 屋内については研究室(5F)と窓のない出入りの少ない倉庫において測定した。 屋外については地表面より5cm、50cm、1m、13m の高さで測定を行った。**Fig.14** に屋外3点の平均値と屋内について示した。2004 年1年間の屋内ラドン濃度は 5.8～11Bq/m^{3}に変動し平均値 9.0Bq/m^3、10 年間の変動は ND～17.7Bq/m^3、平均値 9.9Bq/m^3、地表面より1m における屋外ラドン濃度は ND～10.3Bq/m^{3}で、平均値 4.2Bq/m^3、屋内／屋外比は 10 年間の平均値による比は 2.4 であった。地表面からの高さによるラドン濃度は地表面において若干高く、土壌起源による影響と思われる。 屋外濃度は1m の高さの濃度を用いた。倉庫は人の出入りおよび開放が少なく、低ラドン濃度の空気の流入混合

Table 8　東大阪近辺における空気中ラドン濃度の経時変化

(Bq/m³)

測定年月	東大阪								川西	
	地上 1.3m	地上 1m	地上 0.5m	地上 0.05m	屋外	倉庫	5F実験室	屋内	屋外
1997年 1月	1.7 ± 0.8	2.7 ± 0.9	3.6 ± 0.8	0.5 ± 0.8	2.1 ± 1.3	182.2 ± 1.9	8.6 ± 0.9	22.3 ± 0.7	19.4 ± 0.7
2月	1.9 ± 0.7	1.6 ± 0.8	1.5 ± 0.8	0.5 ± 0.7	1.4 ± 0.6	161.0 ± 1.7	6.6 ± 0.8	15.6 ± 0.9	10.7 ± 0.9
3月	2.2 ± 0.4	2.8 ± 0.4	1.8 ± 0.4	3.7 ± 0.4	2.6 ± 0.8	275.8 ± 1.1	9.9 ± 0.4	19.4 ± 0.5	10.7 ± 0.5
4月	6.5 ± 0.3	6.9 ± 0.3	5.0 ± 0.3	4.5 ± 0.3	5.7 ± 1.2	248.8 ± 1.0	7.6 ± 0.3	12.7 ± 0.5	6.0 ± 0.5
5月	5.9 ± 0.5	5.1 ± 0.5	5.0 ± 0.4	6.1 ± 0.4	5.5 ± 0.6	326.8 ± 1.3	13.0 ± 0.5	15.0 ± 0.9	13.6 ± 0.4
6月	2.8 ± 0.7	6.6 ± 0.7	8.4 ± 0.7	10.6 ± 0.7	7.1 ± 3.3	310.0 ± 1.8	10.8 ± 0.7	10.9 ± 0.8	4.9 ± 0.7
7月	6.0 ± 0.5	5.5 ± 0.4	10.9 ± 0.4	7.6 ± 0.4	7.5 ± 2.5	359.7 ± 1.4	17.4 ± 0.5	8.6 ± 0.6	2.4 ± 0.6
8月	3.5 ± 0.4	4.3 ± 0.4	2.6 ± 0.4	2.7 ± 0.4	3.3 ± 0.8	196.0 ± 1.3	8.5 ± 0.6	12.7 ± 0.6	10.5 ± 0.8
9月	8.3 ± 0.4	6.4 ± 0.4	3.4 ± 0.4	4.2 ± 0.4	5.5 ± 2.2	180.7 ± 1.0	13.2 ± 0.5	11.2 ± 0.5	13.5 ± 0.5
10月	6.4 ± 0.4	6.4 ± 0.4	7.3 ± 0.4	7.7 ± 0.4	7.0 ± 0.6	204.0 ± 1.0	10.7 ± 0.5	13.7 ± 0.9	9.5 ± 0.9
11月	6.0 ± 0.5	7.7 ± 0.5	7.3 ± 0.4	5.5 ± 0.4	6.6 ± 1.0	208.0 ± 1.4	8.5 ± 0.6	21.8 ± 0.4	15.6 ± 0.4
12月	13.7 ± 0.5	8.1 ± 0.4	7.3 ± 0.4	5.1 ± 0.4	8.6 ± 3.7	131.9 ± 0.9	16.6 ± 0.5	24.5 ± 0.6	29.9 ± 1.0
1998年 1月	5.8 ± 0.6	6.8 ± 0.6	7.0 ± 0.6	7.3 ± 0.5	6.7 ± 0.7	100.0 ± 1.1	11.1 ± 0.7	13.3 ± 0.5	10.1 ± 0.5
2月	4.3 ± 0.7	4.8 ± 0.6	4.7 ± 0.6	4.9 ± 0.5	4.6 ± 0.2	133.8 ± 1.3	9.6 ± 0.7	12.3 ± 0.8	13.4 ± 0.8
3月	3.3 ± 0.6	4.3 ± 0.6	4.5 ± 0.6	2.4 ± 0.5	3.6 ± 1.0	203.3 ± 1.5	6.2 ± 0.7	10.4 ± 0.7	5.7 ± 0.6
4月	6.2 ± 0.6	6.1 ± 0.6	4.3 ± 0.5	5.4 ± 0.5	5.5 ± 0.9	267.5 ± 1.6	12.8 ± 0.7	15.3 ± 0.8	9.8 ± 0.8
5月	0.8 ± 0.5	1.4 ± 0.5	0.5 ± 0.5	0.4 ± 0.5	0.8 ± 0.5	273.3 ± 1.5	10.3 ± 0.6	15.7 ± 0.7	9.3 ± 0.6
6月	7.3 ± 0.8	7.1 ± 0.7	6.6 ± 0.7	5.7 ± 0.7	6.7 ± 0.7	209.9 ± 1.7	15.5 ± 0.8	6.0 ± 0.6	1.7 ± 0.6
7月	1.8 ± 0.7	1.6 ± 0.6	2.2 ± 0.6	1.5 ± 0.6	1.8 ± 0.3	254.0 ± 1.6	10.5 ± 0.7	8.1 ± 0.7	4.0 ± 0.7
8月	3.7 ± 0.6	3.0 ± 0.5	2.7 ± 0.5	4.8 ± 0.5	3.5 ± 0.9	202.7 ± 1.4	11.4 ± 0.7	13.6 ± 0.7	5.9 ± 0.7
9月	1.9 ± 0.6	1.3 ± 0.6	1.0 ± 0.6	1.7 ± 0.6	1.5 ± 0.4	258.9 ± 1.6	6.7 ± 0.7	13.7 ± 0.5	6.0 ± 0.4
10月	5.7 ± 0.4	6.3 ± 0.4	5.2 ± 0.4	5.1 ± 0.4	5.6 ± 0.5	183.4 ± 1.0	14.7 ± 0.5	19.9 ± 0.6	13.0 ± 0.6
11月	8.5 ± 0.5	8.9 ± 0.4	7.0 ± 0.4	7.5 ± 0.4	8.0 ± 0.8	205.0 ± 1.0	12.0 ± 0.5	26.9 ± 0.5	21.9 ± 0.5
12月	9.3 ± 0.5	8.9 ± 0.5	9.5 ± 0.5	10.8 ± 0.5	9.6 ± 0.8	157.4 ± 1.1	13.3 ± 0.6	17.9 ± 0.4	14.1 ± 0.4
1999年 1月	8.9 ± 0.5	8.7 ± 0.4	9.1 ± 0.4	8.6 ± 0.4	8.8 ± 0.2	148.1 ± 0.9	14.4 ± 0.5	30.3 ± 0.4	26.3 ± 0.4
2月	5.0 ± 0.5	4.9 ± 0.5	4.6 ± 0.5	6.5 ± 0.5	5.3 ± 0.9	152.1 ± 1.0	7.4 ± 0.6	12.3 ± 0.3	8.9 ± 0.5
3月	9.3 ± 0.6	10.0 ± 0.6	5.9 ± 0.5	10.4 ± 0.5	8.9 ± 2.1	109.6 ± 1.0	17.7 ± 0.7	16.9 ± 0.4	11.4 ± 0.4
4月	3.9 ± 0.5	3.4 ± 0.4	3.1 ± 0.4	5.0 ± 0.4	3.9 ± 0.8	217.0 ± 1.1	6.2 ± 0.5	13.3 ± 0.4	8.3 ± 0.6
5月	2.0 ± 0.5	1.9 ± 0.4	1.6 ± 0.4	4.0 ± 0.4	2.4 ± 1.1	313.6 ± 1.3	11.3 ± 0.5	13.4 ± 0.6	12.3 ± 0.6
6月	1.9 ± 0.4	2.7 ± 0.4	2.6 ± 0.4	3.1 ± 0.4	2.5 ± 0.5	276.9 ± 1.2	9.9 ± 0.5	10.7 ± 0.7	5.9 ± 0.7
7月	2.3 ± 0.6	2.0 ± 0.6	1.8 ± 0.6	4.4 ± 0.6	2.6 ± 1.2	83.5 ± 1.1	7.6 ± 0.6	4.9 ± 0.3	1.9 ± 0.4
8月	3.9 ± 0.4	0.8 ± 0.4	2.5 ± 0.4	5.8 ± 0.4	3.3 ± 2.1	162.8 ± 0.9	12.2 ± 0.5	16.7 ± 0.4	12.3 ± 0.5
9月	4.4 ± 1.1	0.0 ± 1.0	0.0 ± 1.0	1.2 ± 0.9	1.4 ± 2.1	293.8 ± 2.1	0.0 ± 1.1	10.8 ± 0.4	6.9 ± 0.6
10月	1.3 ± 0.4	2.3 ± 0.4	1.6 ± 0.4	2.1 ± 0.4	1.8 ± 0.5	181.8 ± 1.0	5.7 ± 0.5	19.0 ± 0.5	15.9 ± 0.7
11月	6.5 ± 0.4	6.7 ± 0.4	6.3 ± 0.4	10.6 ± 0.4	7.5 ± 2.1	134.2 ± 0.9	12.5 ± 0.5	21.6 ± 0.5	15.8 ± 0.6
12月	2.6 ± 0.5	3.4 ± 0.5	4.5 ± 0.5	10.9 ± 0.5	5.3 ± 3.8	106.8 ± 0.9	10.1 ± 0.6	18.7 ± 0.5	15.0 ± 0.7
2000年 1月	5.6 ± 0.5	5.2 ± 0.5	4.8 ± 0.5	8.0 ± 0.5	5.9 ± 1.4	117.7 ± 0.9	9.2 ± 0.5	13.8 ± 0.4	12.5 ± 0.6
2月	3.9 ± 0.4	3.6 ± 0.4	4.2 ± 0.4	3.6 ± 0.4	3.8 ± 0.3	111.2 ± 0.8	7.0 ± 0.5	15.0 ± 0.4	13.7 ± 0.6
3月	1.5 ± 0.4	2.2 ± 0.4	2.6 ± 0.4	3.7 ± 0.4	2.5 ± 0.9	116.6 ± 0.8	4.7 ± 0.5	13.4 ± 0.5	5.2 ± 0.6
4月	4.8 ± 0.6	4.0 ± 0.6	4.0 ± 0.5	7.9 ± 0.5	5.2 ± 1.9	266.1 ± 1.4	9.2 ± 0.6	14.1 ± 0.7	6.7 ± 0.9
5月	2.1 ± 0.5	3.2 ± 0.5	–	–	2.6 ± 0.8	183.4 ± 1.2	8.4 ± 0.5	11.7 ± 0.6	6.1 ± 0.7
6月	0.8 ± 0.8	2.3 ± 0.8	–	–	1.6 ± 1.0	215.5 ± 1.7	11.6 ± 0.9	6.2 ± 0.5	3.4 ± 0.7
7月	2.9 ± 0.5	3.8 ± 0.5	–	–	3.4 ± 0.6	119.1 ± 1.0	8.6 ± 0.6	5.2 ± 0.5	3.7 ± 0.5
8月	1.2 ± 0.5	1.7 ± 0.5	–	–	1.4 ± 0.3	148.5 ± 1.1	6.3 ± 0.6	13.3 ± 0.6	5.4 ± 0.8
9月	5.0 ± 0.4	4.0 ± 0.4	–	–	4.5 ± 0.7	236.9 ± 1.0	9.7 ± 0.4	15.4 ± 0.6	13.7 ± 0.9
10月	4.6 ± 0.4	4.3 ± 0.4	–	–	4.4 ± 0.3	171.3 ± 0.9	11.2 ± 0.4	17.6 ± 0.7	9.5 ± 0.9
11月	5.5 ± 0.4	4.0 ± 0.4	–	–	4.8 ± 1.0	149.5 ± 0.8	9.3 ± 0.4	19.0 ± 0.7	11.6 ± 1.0
12月	7.6 ± 0.4	6.5 ± 0.4	–	–	7.1 ± 0.7	152.9 ± 0.9	13.4 ± 0.4	18.9 ± 0.5	13.4 ± 0.7
2001年 1月	2.3 ± 0.5	4.4 ± 0.5	–	–	3.4 ± 1.5	146.4 ± 1.0	6.8 ± 0.5	20.8 ± 0.6	12.0 ± 0.8
2月	8.1 ± 0.4	7.2 ± 0.4	–	–	7.6 ± 0.6	129.1 ± 0.8	14.8 ± 0.5	20.1 ± 0.4	18.7 ± 0.6
3月	5.5 ± 0.4	4.2 ± 0.4	–	–	4.8 ± 0.9	178.8 ± 0.9	12.0 ± 0.4	6.7 ± 0.5	4.2 ± 0.6
4月	3.5 ± 0.4	2.8 ± 0.4	–	–	3.1 ± 0.5	261.4 ± 1.1	9.9 ± 0.4	12.8 ± 0.5	6.7 ± 0.9
5月	3.6 ± 0.4	1.7 ± 0.4	–	–	2.6 ± 1.4	251.4 ± 1.1	8.5 ± 0.4	15.0 ± 0.5	19.5 ± 0.5
6月	1.9 ± 0.5	1.3 ± 0.5	–	–	1.6 ± 0.4	190.7 ± 1.3	10.7 ± 0.6	14.1 ± 0.5	7.6 ± 0.7
7月	5.6 ± 0.5	2.7 ± 0.4	–	–	4.2 ± 2.1	235.9 ± 1.0	14.1 ± 0.5	6.8 ± 0.4	3.6 ± 0.5
8月	2.8 ± 0.4	3.1 ± 0.4	–	–	3.0 ± 0.2	268.2 ± 1.1	8.6 ± 0.4	14.1 ± 0.5	9.3 ± 0.5
9月	5.2 ± 0.4	5.0 ± 0.4	–	–	5.1 ± 0.1	299.0 ± 1.2	8.3 ± 0.4	13.4 ± 0.4	7.9 ± 0.6
10月	4.1 ± 0.4	3.8 ± 0.4	–	–	3.9 ± 0.2	232.5 ± 1.0	8.8 ± 0.4	13.2 ± 0.9	4.9 ± 0.8
11月	6.0 ± 0.4	5.4 ± 0.4	–	–	5.7 ± 0.4	192.6 ± 0.9	9.3 ± 0.4	16.0 ± 1.6	10.1 ± 0.6
12月	3.4 ± 0.4	5.9 ± 0.4	–	–	4.6 ± 1.8	139.6 ± 1.1	8.2 ± 0.4	25.5 ± 1.0	16.5 ± 0.9
2002年 1月	5.7 ± 0.4	5.1 ± 0.4	–	–	5.4 ± 0.4	123.5 ± 0.8	9.7 ± 0.4	18.7 ± 0.5	9.1 ± 0.5
2月	7.9 ± 0.4	7.7 ± 0.4	–	–	7.8 ± 0.1	116.0 ± 0.8	12.1 ± 0.4	25.3 ± 0.5	18.5 ± 0.4
3月	7.9 ± 0.5	6.7 ± 0.5	–	–	7.3 ± 0.9	135.6 ± 0.9	10.7 ± 0.5	21.2 ± 0.5	15.5 ± 0.5
4月	3.3 ± 0.4	3.4 ± 0.4	–	–	3.3 ± 0.1	157.2 ± 0.9	9.1 ± 0.4	21.9 ± 0.6	10.2 ± 0.5
5月	3.5 ± 0.4	2.3 ± 0.4	–	–	2.9 ± 0.8	275.7 ± 1.1	6.4 ± 0.4	3.5 ± 0.6	2.8 ± 0.6
6月	6.2 ± 0.4	3.2 ± 0.4	–	–	4.7 ± 2.1	197.0 ± 0.9	12.3 ± 0.5	16.7 ± 0.4	12.7 ± 0.5
7月	0.4 ± 0.4	0.4 ± 0.4	–	–	0.4 ± 0.0	287.0 ± 1.1	10.2 ± 0.4	10.1 ± 0.4	6.0 ± 0.4
8月	2.4 ± 0.4	1.7 ± 0.4	–	–	2.1 ± 0.5	178.9 ± 0.9	11.4 ± 0.4	8.4 ± 0.4	2.3 ± 0.4
9月	2.6 ± 0.4	1.9 ± 0.4	–	–	2.2 ± 0.5	211.6 ± 1.0	9.6 ± 0.4	20.2 ± 0.6	10.6 ± 0.6
10月	5.9 ± 0.4	5.0 ± 0.4	–	–	5.5 ± 0.6	243.8 ± 1.0	10.4 ± 0.4	19.6 ± 0.5	16.8 ± 0.6
11月	9.1 ± 0.5	4.2 ± 0.5	–	–	6.6 ± 3.4	187.7 ± 1.0	5.5 ± 0.5	16.4 ± 0.4	8.8 ± 0.4
12月	6.2 ± 0.4	5.7 ± 0.4	–	–	5.9 ± 0.4	131.7 ± 0.8	12.2 ± 0.4	23.2 ± 0.5	17.5 ± 0.7
2003年 1月	9.8 ± 0.4	8.8 ± 0.4	–	–	9.3 ± 0.7	147.7 ± 0.9	16.0 ± 0.5	14.1 ± 0.5	7.1 ± 0.4
2月	5.4 ± 0.4	4.9 ± 0.4	–	–	5.1 ± 0.3	203.3 ± 1.0	10.6 ± 0.4	18.5 ± 0.5	9.5 ± 0.4
3月	4.8 ± 0.4	3.4 ± 0.4	–	–	4.1 ± 1.0	136.2 ± 0.8	9.4 ± 0.4	19.3 ± 0.5	13.1 ± 0.7
4月	3.7 ± 0.4	2.3 ± 0.4	–	–	3.0 ± 1.0	179.4 ± 0.9	6.1 ± 0.4	14.6 ± 0.6	9.2 ± 0.6
5月	2.5 ± 0.4	1.5 ± 0.4	–	–	2.0 ± 0.7	234.5 ± 1.0	6.1 ± 0.4	11.5 ± 0.5	2.7 ± 0.6
6月	3.0 ± 0.4	3.0 ± 0.4	–	–	3.0 ± 0.0	110.5 ± 0.8	11.3 ± 0.4	13.1 ± 0.4	4.8 ± 0.4
7月	4.3 ± 0.4	3.2 ± 0.4	–	–	3.8 ± 0.7	138.8 ± 0.8	9.9 ± 0.4		
8月	4.1 ± 0.4	2.6 ± 0.4	–	–	3.3 ± 1.0	254.7 ± 1.1	8.8 ± 0.4	16.7 ± 0.5	7.4 ± 0.5
9月	3.6 ± 0.4	2.3 ± 0.4	–	–	2.9 ± 0.9	232.0 ± 1.1	11.3 ± 0.5	10.6 ± 0.5	7.6 ± 0.5
10月	4.9 ± 0.4	4.1 ± 0.4	–	–	4.5 ± 0.6	218.4 ± 1.0	9.7 ± 0.4	13.0 ± 0.4	12.0 ± 0.5
11月	4.4 ± 0.4	3.6 ± 0.4	–	–	4.0 ± 0.5	184.1 ± 0.9	9.0 ± 0.4	17.0 ± 0.4	4.2 ± 0.4
12月	5.0 ± 0.4	7.7 ± 0.4	–	–	6.4 ± 1.9	145.6 ± 0.9	10.1 ± 0.5	21.8 ± 0.4	17.8 ± 0.5
2004年 1月	6.5 ± 0.8	7.4 ± 0.8	–	–	6.9 ± 0.6	138.9 ± 1.9	8.0 ± 0.8	19.9 ± 0.4	12.2 ± 0.4
2月	4.0 ± 0.4	4.1 ± 0.4	–	–	4.0 ± 0.1	143.5 ± 0.9	7.5 ± 0.4	20.2 ± 0.6	7.3 ± 0.6
3月	1.4 ± 0.4	0.7 ± 0.4	–	–	1.1 ± 0.5	81.8 ± 0.7	5.8 ± 0.4	20.6 ± 0.4	5.0 ± 0.4
4月	3.3 ± 0.4	2.0 ± 0.4	–	–	2.6 ± 0.9	106.2 ± 0.8	6.8 ± 0.4	13.4 ± 0.5	10.9 ± 0.6
5月	2.6 ± 0.4	1.8 ± 0.4	–	–	2.2 ± 0.6	241.5 ± 1.0	9.3 ± 0.4	18.3 ± 0.7	9.4 ± 0.6
6月	3.9 ± 0.4	2.8 ± 0.4	–	–	3.4 ± 0.7	270.0 ± 1.1	9.4 ± 0.4	12.8 ± 0.4	4.1 ± 0.5
7月	3.7 ± 0.4	3.0 ± 0.4	–	–	3.3 ± 0.5	232.1 ± 1.0	10.4 ± 0.4	15.8 ± 0.4	10.4 ± 0.4
8月	7.9 ± 0.4	3.8 ± 0.4	–	–	5.9 ± 2.9	305.9 ± 1.2	10.0 ± 0.5	7.09 ± 0.4	3.7 ± 0.6
9月	3.9 ± 0.4	2.3 ± 0.4	–	–	3.1 ± 1.1	331.1 ± 1.3	9.6 ± 0.4	23.8 ± 0.8	10.3 ± 0.7
10月	3.0 ± 0.4	2.5 ± 0.4	–	–	2.8 ± 0.4	299.7 ± 1.2	10.4 ± 0.4	15.2 ± 0.4	10.3 ± 0.4
11月	4.0 ± 0.4	3.2 ± 0.4	–	–	3.6 ± 0.6	101.4 ± 0.7	10.3 ± 0.4	17.9 ± 0.4	11.0 ± 0.4
12月	8.3 ± 0.4	6.9 ± 0.4	–	–	7.6 ± 1.0	137.5 ± 0.8	10.9 ± 0.4	11.7 ± 0.5	6.8 ± 0.5
2004年平均	4.4 ± 2.1	3.4 ± 2.0	– ± –	– ± –	3.9 ± 1.9	199.1 ± 90.1	9.0 ± 1.6	16.4 ± 4.6	8.4 ± 3.0
変動	1.4 ～ 8.3	0.7 ～ 7.4	– ～ –	– ～ –	1 ～ 7.6	81.8 ～ 331	5.8 ～ 10.9	7.1 ～ 23.8	3.7 ～ 12.2
全期間平均	4.5 ± 2.4	4.2 ± 2.3	4.5 ± 2.6	5.4 ± 3.1	4.5 ± 2.1	198.2 ± 65.5	9.9 ± 2.9	16.1 ± 5.4	10.4 ± 5.2
変動	0.2 ～ 13.7	0.0 ～ 10.3	0.0 ～ 11.3	0.4 ～ 11.4	0 ～ 10	81.8 ～ 360	0.0 ～ 17.7	3.5 ～ 31.8	1.7 ～ 29.9

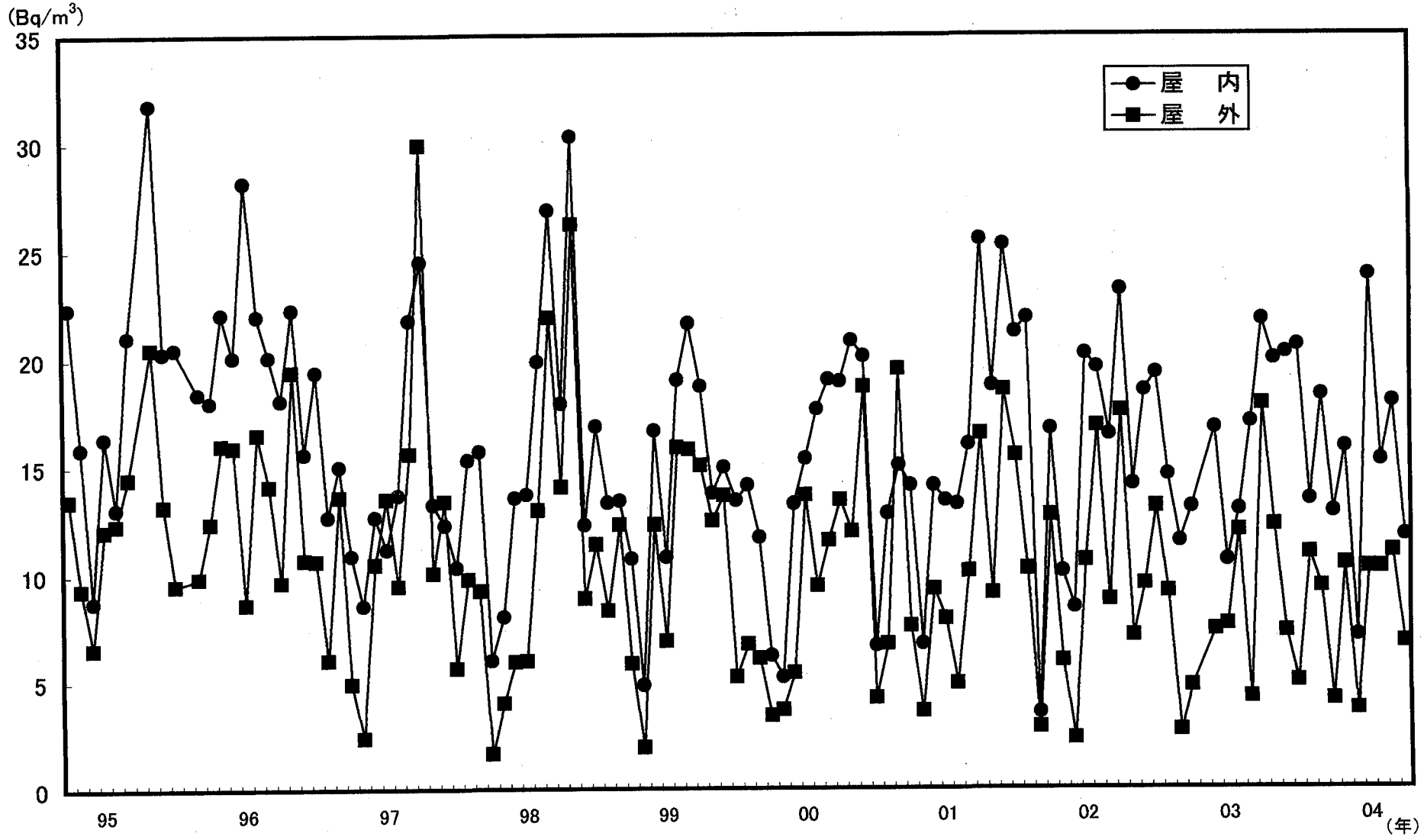

Fig. 12　川西市における空気中ラドン濃度の経時変化

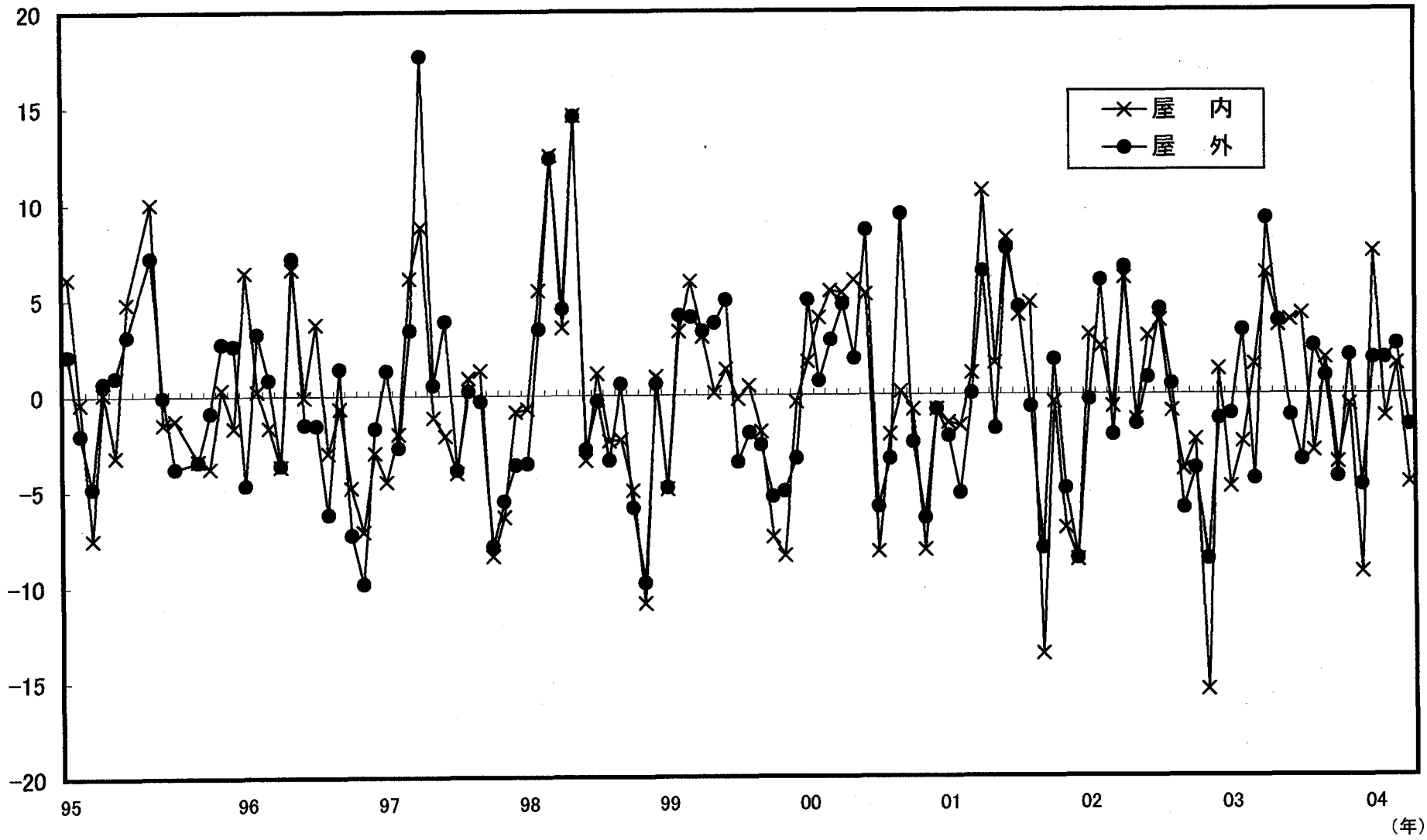

Fig. 13　川西市におけるラドン濃度の変動部分の経時変動

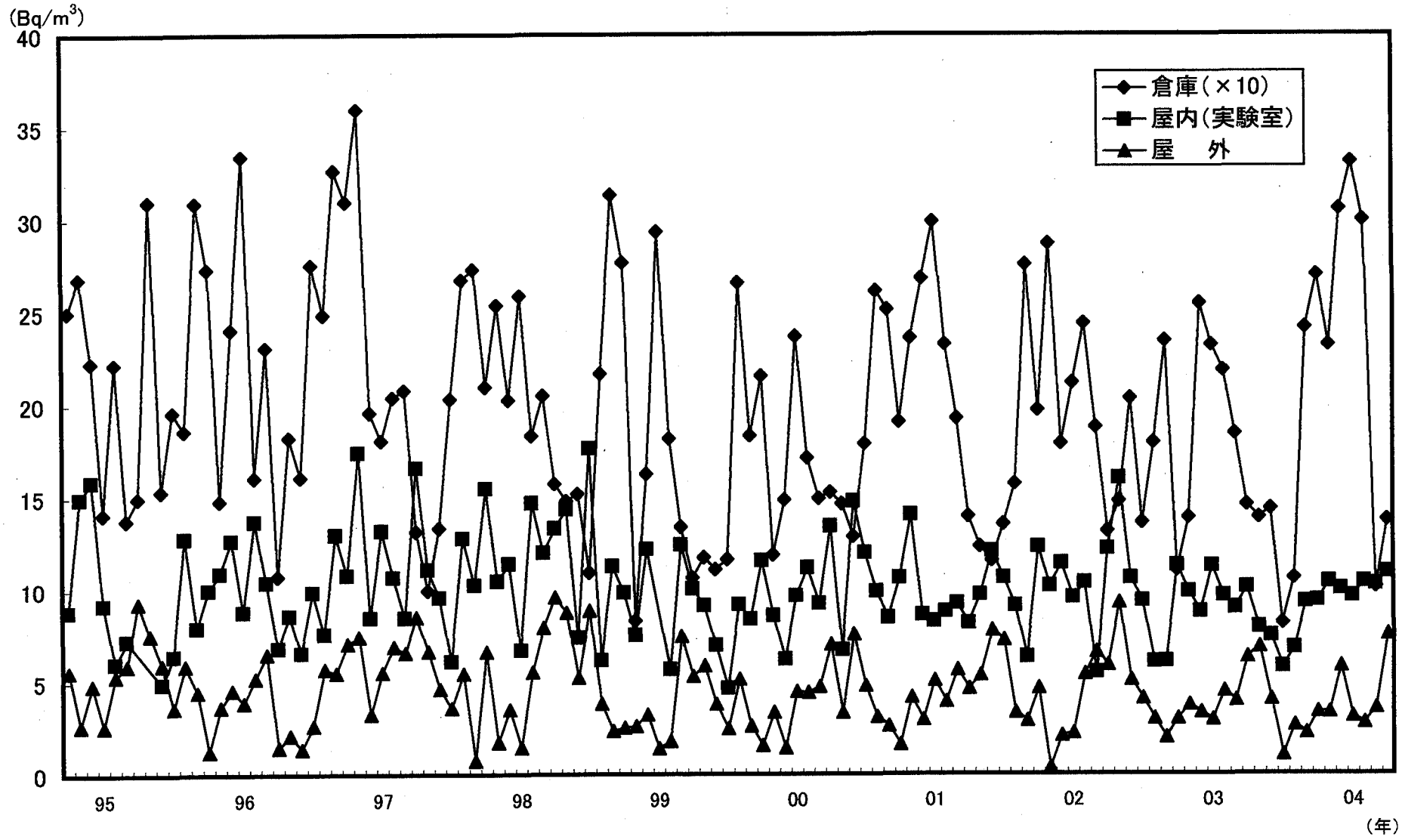

Fig. 14　東大阪市における空気中ラドン濃度の経時変化

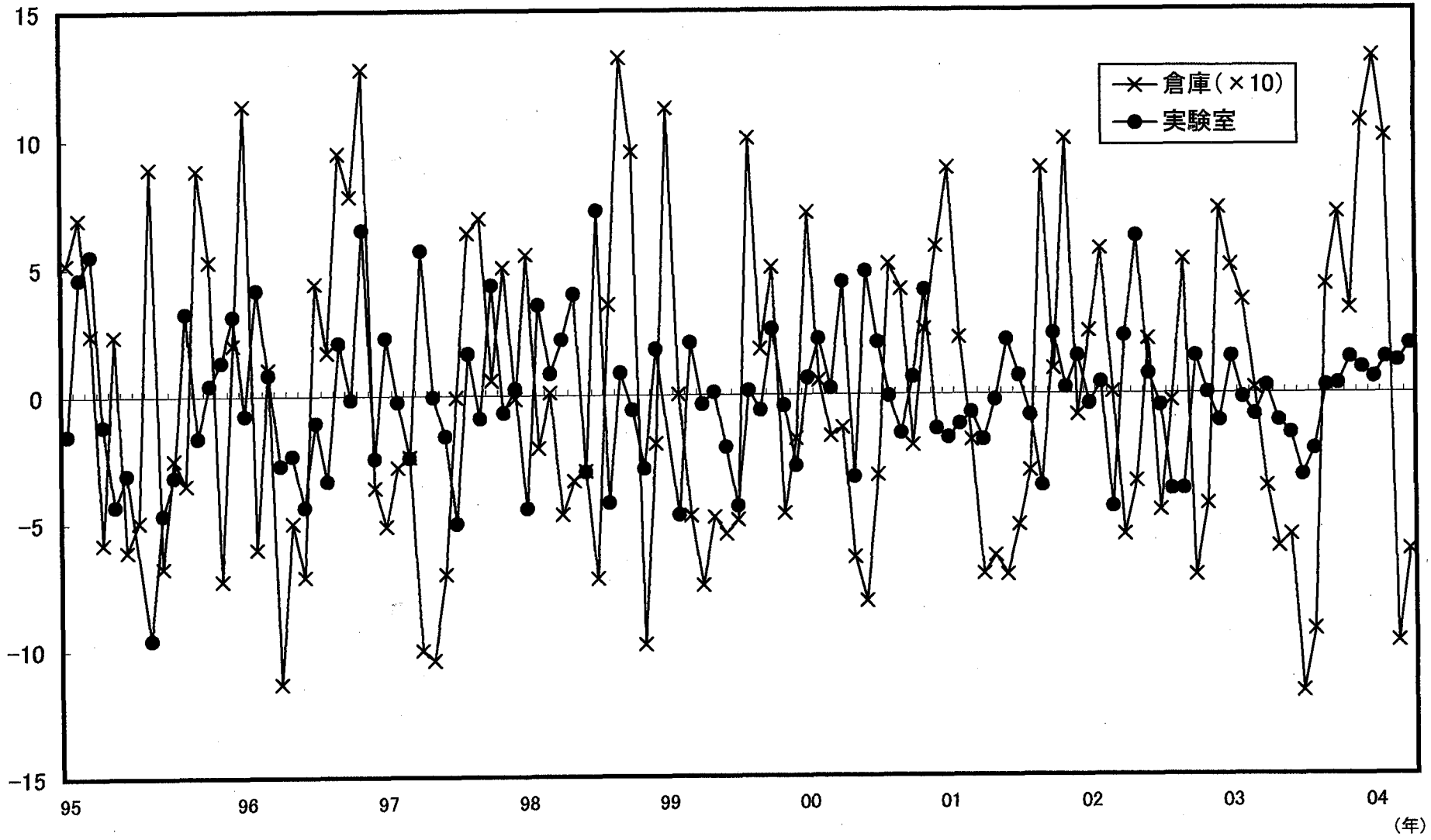

Fig. 15　東大阪市におけるラドン濃度の変動部分の経時変動(屋内)

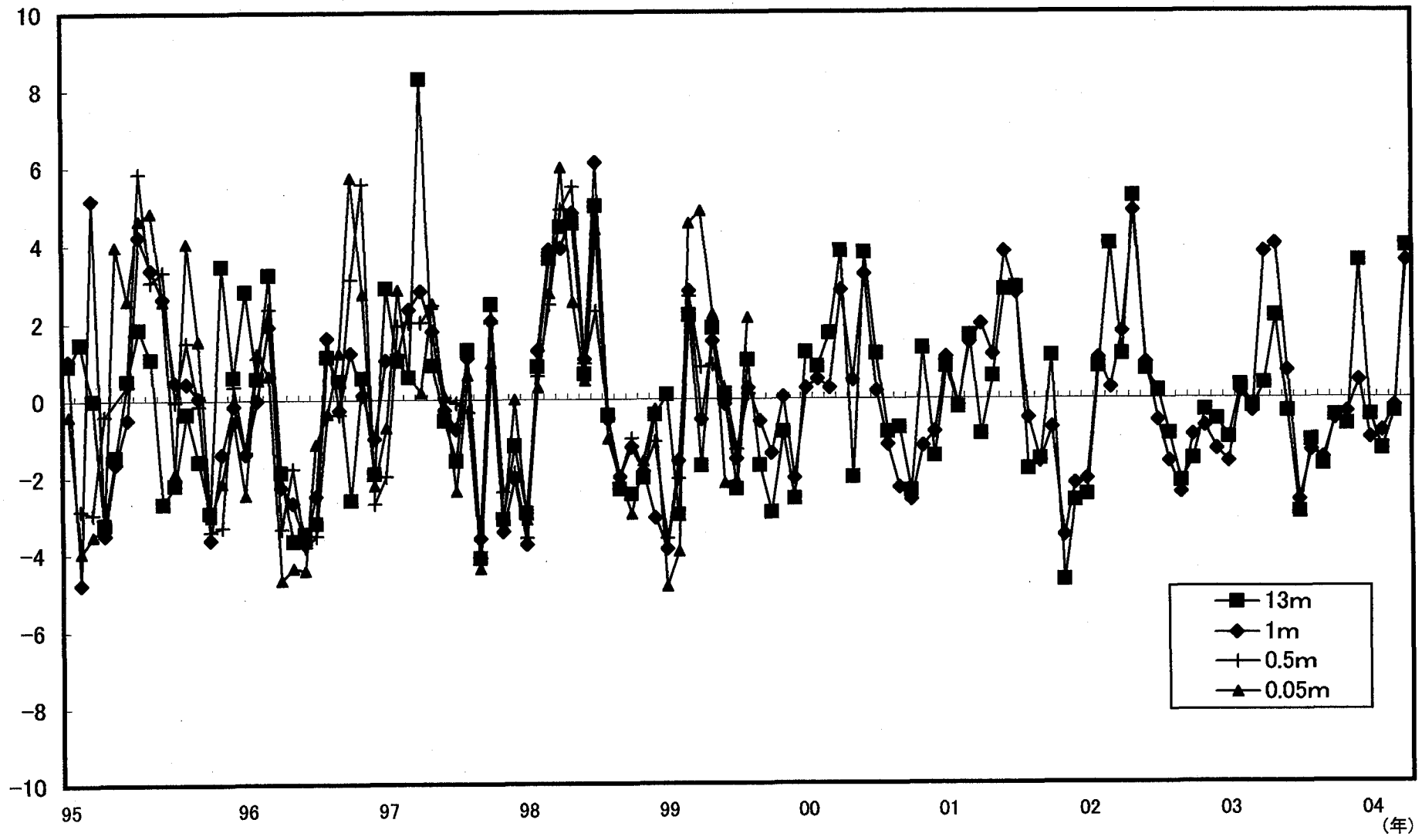

Fig. 16　東大阪市におけるラドン濃度の変動部分の経時変動（屋外）

が少ないため 82～360Bq/㎥と高く、平均値 198Bq/㎥と研究室内 9.9Bq/㎥の約 20 倍を示した。眞田ら[9]の報告の最高値の 208Bq/㎥を超えているが、コンクリートの研究所の 5Fの倉庫は、窓がなく人の出入りが少なく、保管している物質など特殊な場合によると思われる。

3.4 秋田県玉川温泉におけるラドン濃度

2004 年 12 月に、十和田八幡平国立公園の一角に位置する玉川温泉、新玉川温泉におけるラドン濃度を調査した。温泉はラジウムを含むといわれる世界でも珍しい塩酸を主成分とする泉質である。源泉は 98℃、毎分 9,000ℓ噴出している湯量日本一の大噴(おおぶき)で噴出している。巾3mの湯の川となり、湯華樋を通して、500m 離れている玉川温泉に、さらに新玉川温泉に送っている。

3.4.1 秋田県玉川温泉における空気中ラドン濃度

玉川温泉および新玉川温泉における空気中ラドン濃度を **Table9**および **Fig.17** に 示した。玉川温泉における屋内ラドン濃度の最高は岩盤浴テント内で、変動は 4.0～25.3Bq/㎥、平均 14Bq/㎥であった。屋外ラドン濃度は岩盤浴付近で、変動 5.3～18.5Bq/㎥、平均 10Bq/㎥であった。新玉川温泉における屋内ラドン濃度は変動 4.0～16.7Bq/㎥、平均 8Bq/㎥、屋外ラドン濃度は 6.1～7.0Bq/㎥、平均 6.5Bq/㎥と温泉温度が高く、ラドン濃度は低レベルであったが、岩盤浴および源泉近くの大噴近くでは若干レベルは高かった。

3.4.2 秋田県玉川温泉における水中ラドン濃度

玉川温泉において採取した水試料中のラドン濃度を **Table10** および **Fig.18** に 示した。温泉放出時の温度が 90℃以上と高いこともあって、新玉川温泉、玉川温泉いずれにおいても水中のラドン濃度は低レベルで、最高で 2.1Bq/ℓと、ほとんど最小検出限界レベルであった。

3.4.3 秋田県玉川温泉地域における土壌中のγ放射性核種分析

(1)γ放射性核種分析

秋田県玉川温泉地域で行った土壌中のγ放射性核種濃度の測定地点を **Fig.19**、測定結果を **Table11,12, Fig.20,21** に示す。

1) **Fig.19** に示した湯華樋の付近、玉川温泉地域の源泉の噴出口から流れ出た温泉水を地域内の玉川温泉、新玉川温泉各旅館に送る為の樋及び用水池の近辺で採取した土壌及び岩石の環境試料(①～③)を測定した結果、特に Th 系列核種濃度が高く検出され、Pb-212 の最高値 33,537Bq/kg、平均値 23,765Bq/kg を得た。さらにこの近辺の土壌は U 系列核種濃度も高い値を示し、Pb-214 の最高値 2706Bq/kg、平均値 1482Bq/kg を得た。Th 系列核種/U 系列核種(Pb-212/Pb/214)濃度比は 8.18～12.4 であり、この場所で放射

Table 9 秋田県玉川温泉周辺地域における空気中ラドン濃度

(2003.12) (Bq/m^3)

測定場所		ラドン濃度				屋内／屋外比
		n	屋内	n	屋外	
玉川温泉ホテル	事務室	3	12.6 ± 1.6		—	—
	脱衣室	2	14.0 ± 1.5		—	—
	浴室	7	8.66 ± 1.5		—	—
	岩盤浴テント	8	20.7 ± 1.7	4	7.57 ± 1.5	2.7
	露天風呂		—	2	6.72 ± 1.5	—
	噴気口付近		—	4	11.1 ± 1.5	—
	大噴付近(源泉)		—	4	14.7 ± 1.6	—
	平均	20	14.0 ± 5.0	14	10.0 ± 3.6	—
新玉川温泉ホテル	客室	4	11.7 ± 1.7	2	6.54 ± 1.5	1.8
	脱衣室	2	5.46 ± 1.5		—	—
	浴室	4	6.67 ± 1.5		—	—
	平均	10	7.94 ± 3.3	2	6.54 ± 1.5*	—
大阪府	東大阪(2003年)	12	9.9 ± 2.6	12	4.5 ± 2.1	2.2

* 標準偏差

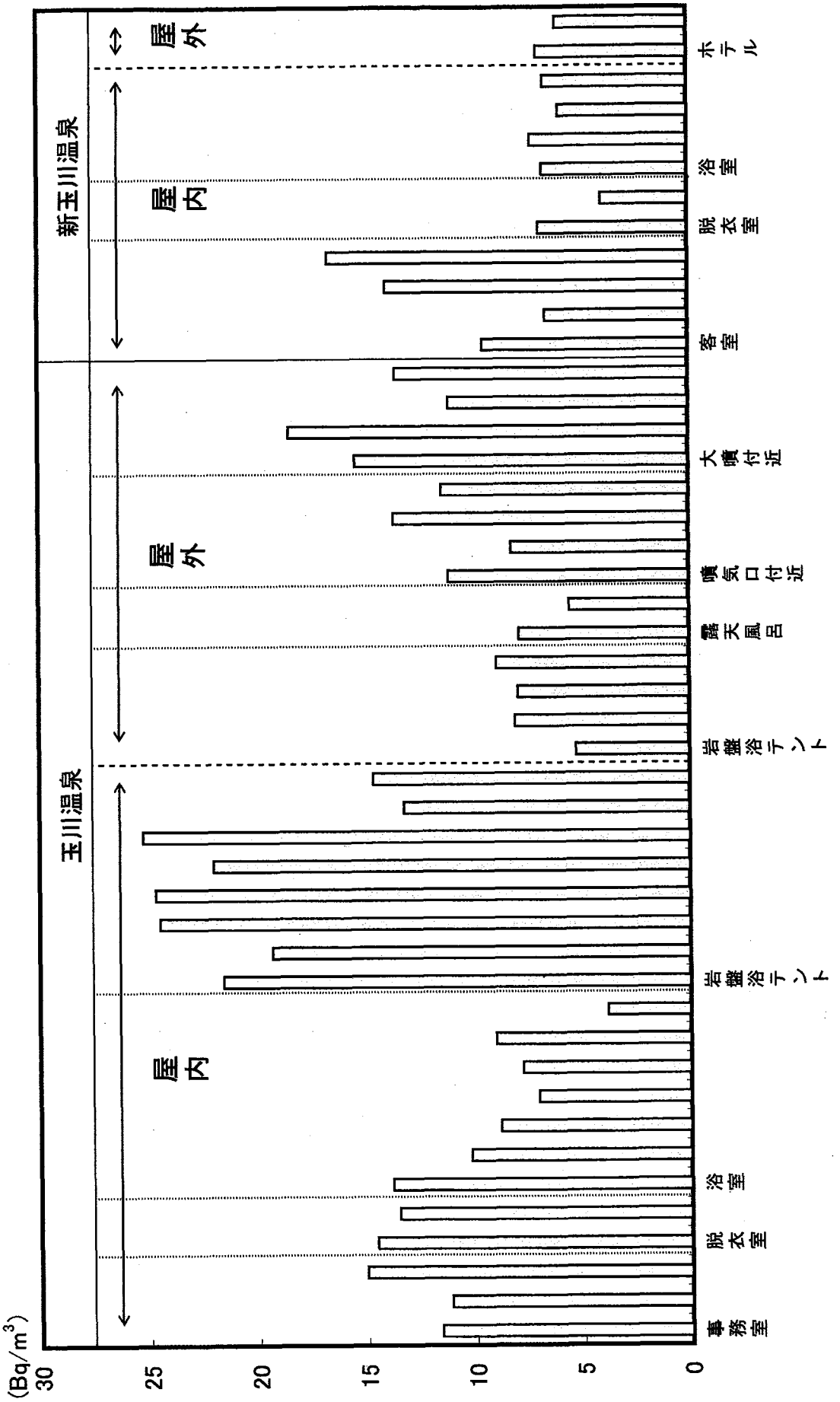

Fig. 17 秋田県玉川温泉に周辺地域における空気中ラドン濃度

Table 10 秋田県玉川温泉周辺地域における水中ラドン濃度

場所		n	水中ラドン濃度(Bq/ℓ)	
			変動	平均
玉川温泉ホテル	温泉水	18	ND ～ 1.93	1.07 ± 0.46
	湯華樋	1	—	1.49 ± 0.41
	噴気口付近	4	ND ～ 0.74	0.22 ± 0.40
	岩盤浴付近	8	ND ～ 2.06	0.69 ± 0.43
	露天風呂	2	ND ～ 0.78	0.52 ± 0.41
	平均	33	ND ～ 2.1	0.80 ± 0.49 *
新玉川温泉ホテル	温泉水	5	ND ～ 1.5	0.72 ± 0.44
	上水	1	—	0.45 ± 0.37 (ND)
	平均	6	ND ～ 1.5	0.45 ± 0.19 *
全平均		39	ND ～ 2.1	0.74 ± 0.42 *

＊ 標準偏差

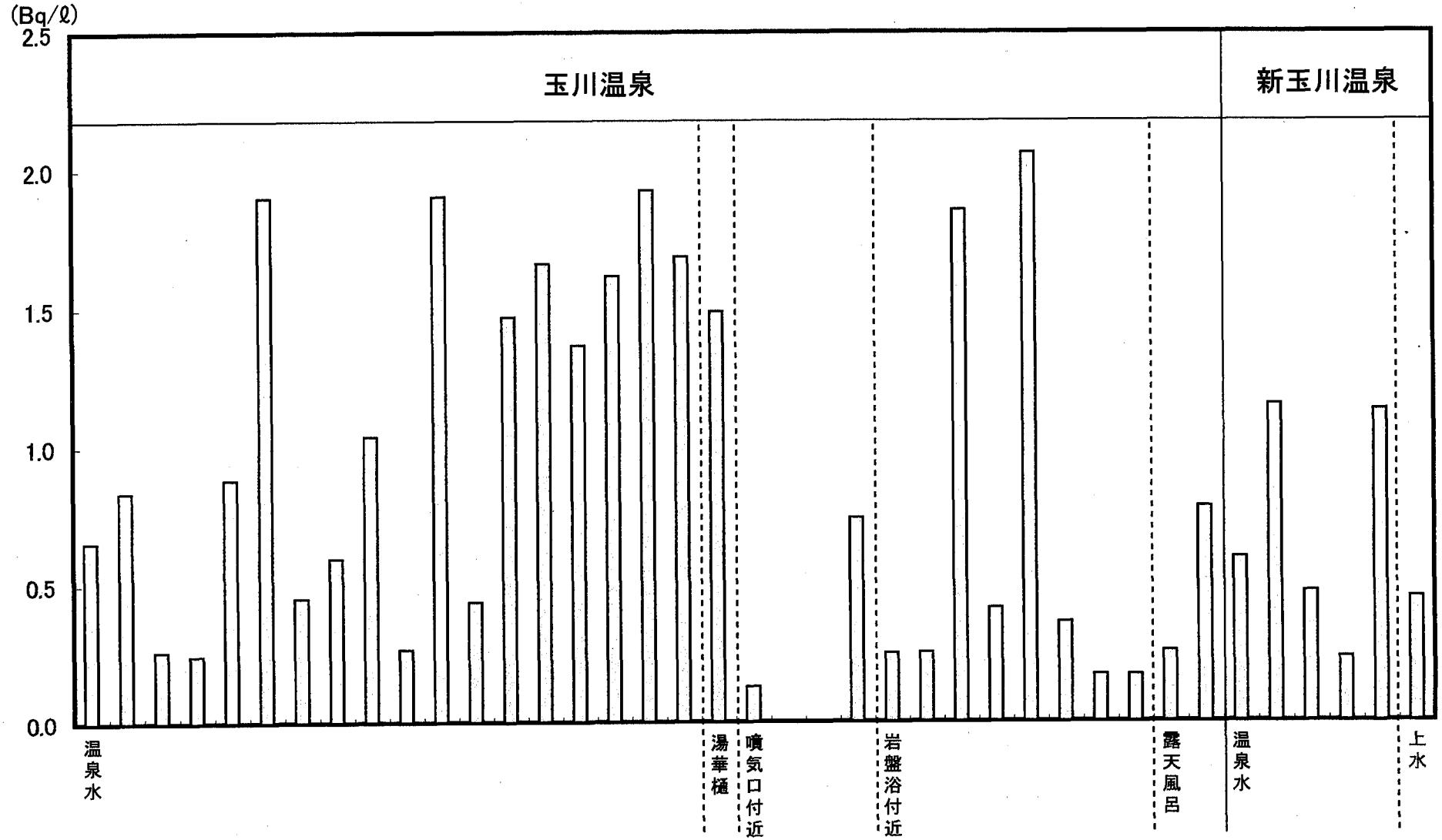

Fig. 18 秋田県玉川温泉周辺地域における水中ラドン濃度

Table 11 玉川温泉地域における土壌中のγ放射性核種濃度

(Bq／kg)

No.	試料	採取地	採取日	試料重さ (g)	測定日	測定時間 (s)	K-40 1460.7keV	Be-7 447.6keV	Pb-212 (Th) 238.6keV	Tl-208 (Th) 583.2keV	Ac-228 (Th) 911.2keV	Pb-214 (U) 351.9keV	Bi-214 (U) 609.3keV	Ra-226 (U) 186.0keV	Ac(Th)/ Bi(U)	Ac(Th)/ Pb(U)	Pb212/ Bi214	Pb212/ Pb214
1	石	湯華樋1	2003/12/25	56.739	2004/2/9	8×10^4	2624 ± 84.9	1072 ± 127	33537 ± 41.2	25030 ± 60.8	36232 ± 90.9	2706 ± 20.5	2354 ± 23.5	2888 ± 141	15.4	13.4	14.2	12.4
2	石	湯華樋2	2003/12/25	43.490	2004/2/12	8×10^4	ND	ND	26.7 ± 0.87	22.8 ± 1.98	26.1 ± 2.97	30.0 ± 1.47	22.2 ± 1.50	49.0 ± 10.3	1.18	0.87	1.20	0.89
3	湯華	湯華	2003/12/25	19.648	2004/3/3	8×10^4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-	-
4	硫黄	噴気口	2003/12/25	49.425	2004/2/18	8×10^4	52.8 ± 2.65	ND	4.88 ± 0.84	ND	10.0 ± 2.65	ND	ND	ND	-	-	-	-
5	土	神社・高	2003/12/25	47.223	2004/2/13	8×10^4	ND	ND	46.5 ± 4.45	36.3 ± 3.62	33.1 ± 6.18	2368 ± 8.42	2067 ± 8.90	2703 ± 33.9	0.0160	0.0140	0.0225	0.0196
6	土	神社・低1	2003/12/25	48.602	2004/2/16	8×10^4	113 ± 18.8	ND	33.2 ± 1.96	20.4 ± 3.18	35.4 ± 5.37	2709 ± 7.87	2335 ± 8.31	2951 ± 31.7	0.0152	0.0131	0.0142	0.0123
7	土	神社・低2	2003/12/25	59.817	2004/2/20	8×10^4	168 ± 15.5	44.2 ± 11.4	22.9 ± 1.21	15.3 ± 2.06	24.3 ± 3.3	502 ± 3.68	444 ± 3.93	547 ± 16.6	0.0547	0.0484	0.0516	0.0456
8	土	源泉下流	2003/12/25	42.487	2004/2/10	8×10^4	933 ± 34.1	318 ± 48.3	13993 ± 16.2	10069 ± 23.4	11660 ± 31.7	1710 ± 8.77	1451 ± 9.62	1952 ± 66.7	8.04	6.82	9.64	8.18
9	土	新玉川ホテル	2003/12/25	52.775	2004/2/19	8×10^4	180 ± 15.3	ND	36.8 ± 1.40	30.1 ± 2.01	37.7 ± 3.03	16.9 ± 1.31	ND	54.1 ± 9.94	-	2.23	-	2.18
10	土	岩盤浴前	2003/12/25	26.129	2004/2/27	8×10^4	78.1 ± 22.7	ND	28.1 ± 1.55	25.1 ± 2.97	38.4 ± 4.5	38.9 ± 2.20	ND	ND	-	0.987	-	0.722
11	土	露天風呂	2003/12/25	36.128	2004/2/26	8×10^4	247 ± 19.6	ND	40.9 ± 1.73	32 ± 2.49	42.2 ± 3.85	33.2 ± 1.71	30.3 ± 1.88	43.7 ± 1.25	1.39	1.27	1.35	1.23
12	土	噴気孔西	2003/12/25	56.224	2004/2/24	8×10^4	211 ± 12.0	26.4 ± 6.40	9.79 ± 0.803	6.72 ± 1.28	13.1 ± 2.01	13.0 ± 0.957	ND	ND	-	1.01	-	0.753
13	土	噴気孔2	2003/12/25	59.689	2004/2/25	8×10^4	73.5 ± 12.4	ND	25.9 ± 1.14	17.7 ± 1.68	25.0 ± 2.61	33.5 ± 1.30	ND	48.8 ± 8.87	-	0.746	-	0.773

ND:検出限界以下

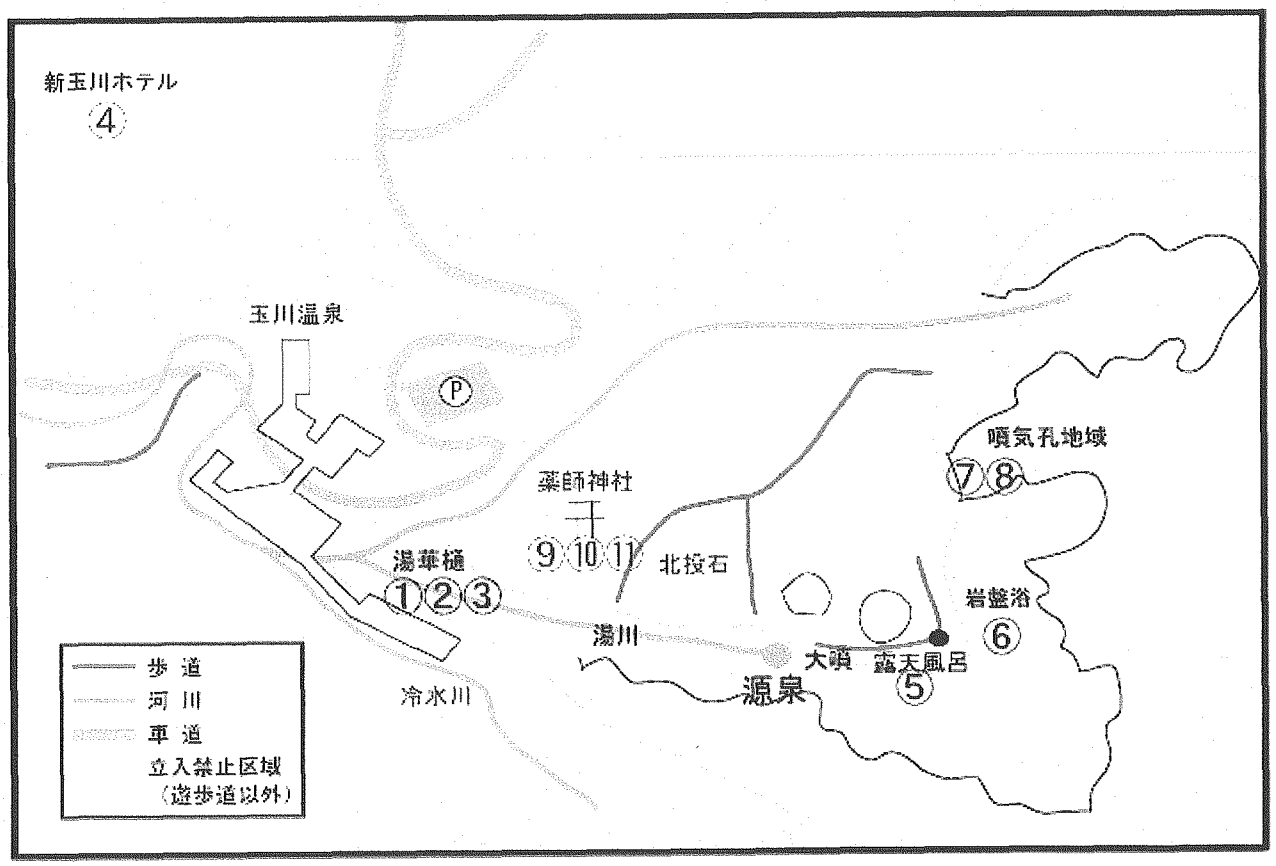

Fig. 19　秋田県玉川温泉周辺図

Table 12　玉川温泉地域における土壌中のγ放射性核種濃度

(Bq/kg)

測定地域		Pb-212(Th)	Pb-214(U)	Th／U比
玉川温泉（秋田県）	源泉下流 ①②③	26.7 ～ 33537 15852 ± 16832	30.0 ～ 2706 1482 ± 1352	10.7
	神社 ⑨⑩⑪	22.9 ～ 46.5 34.2 ± 11.8	502 ～ 2709 1860 ± 1188	0.0184
	その他	9.79 ～ 40.9 28.3 ± 12.0	13.0 ～ 38.9 27.1 ± 11.4	1.04
東大阪市（大阪府）		27.0 ～ 57.0 44.0 ± 12.8	15.0 ～ 28.0 22.7 ± 5.60	1.94

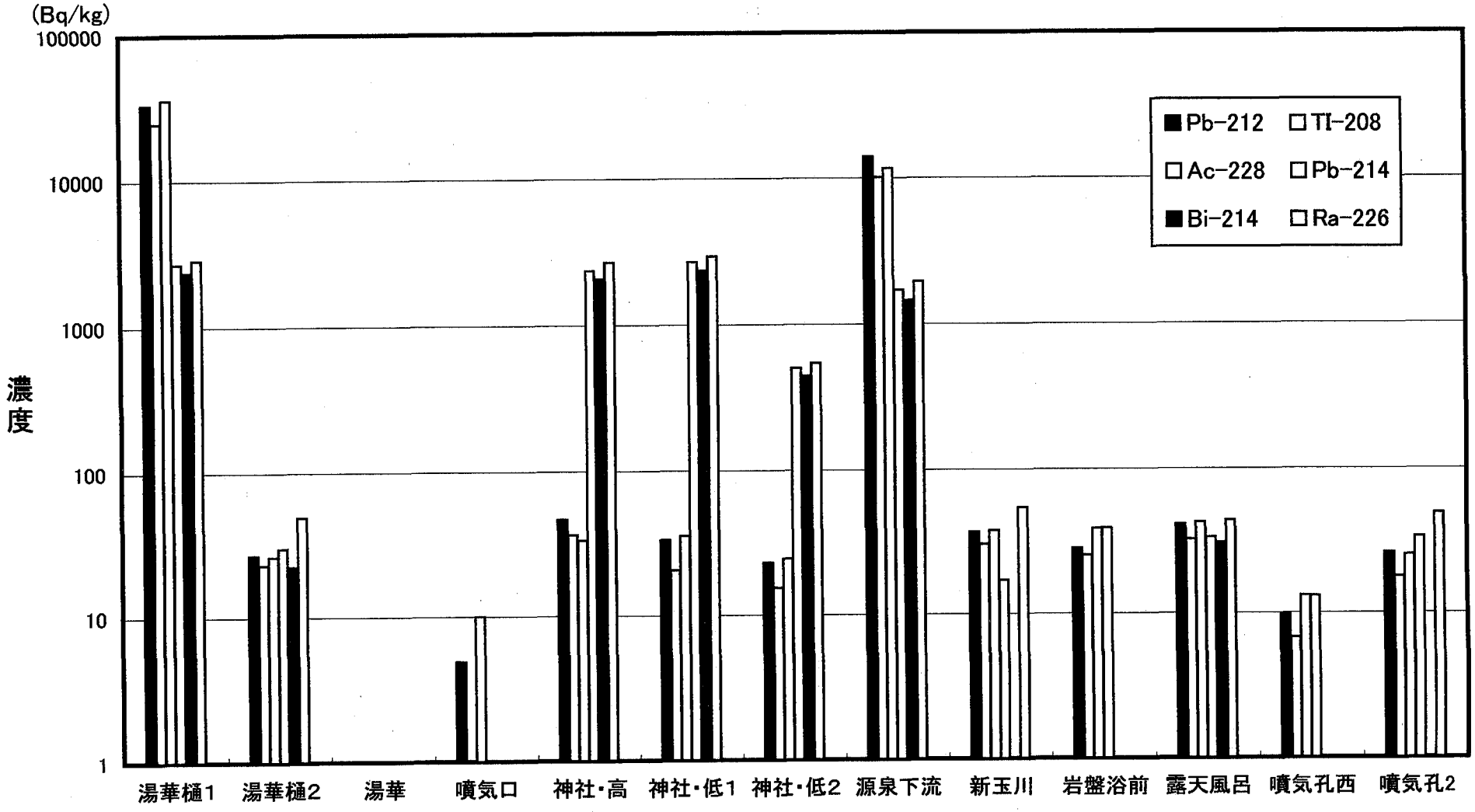

Fig. 20 玉川温泉地域におけるγ放射性核種濃度

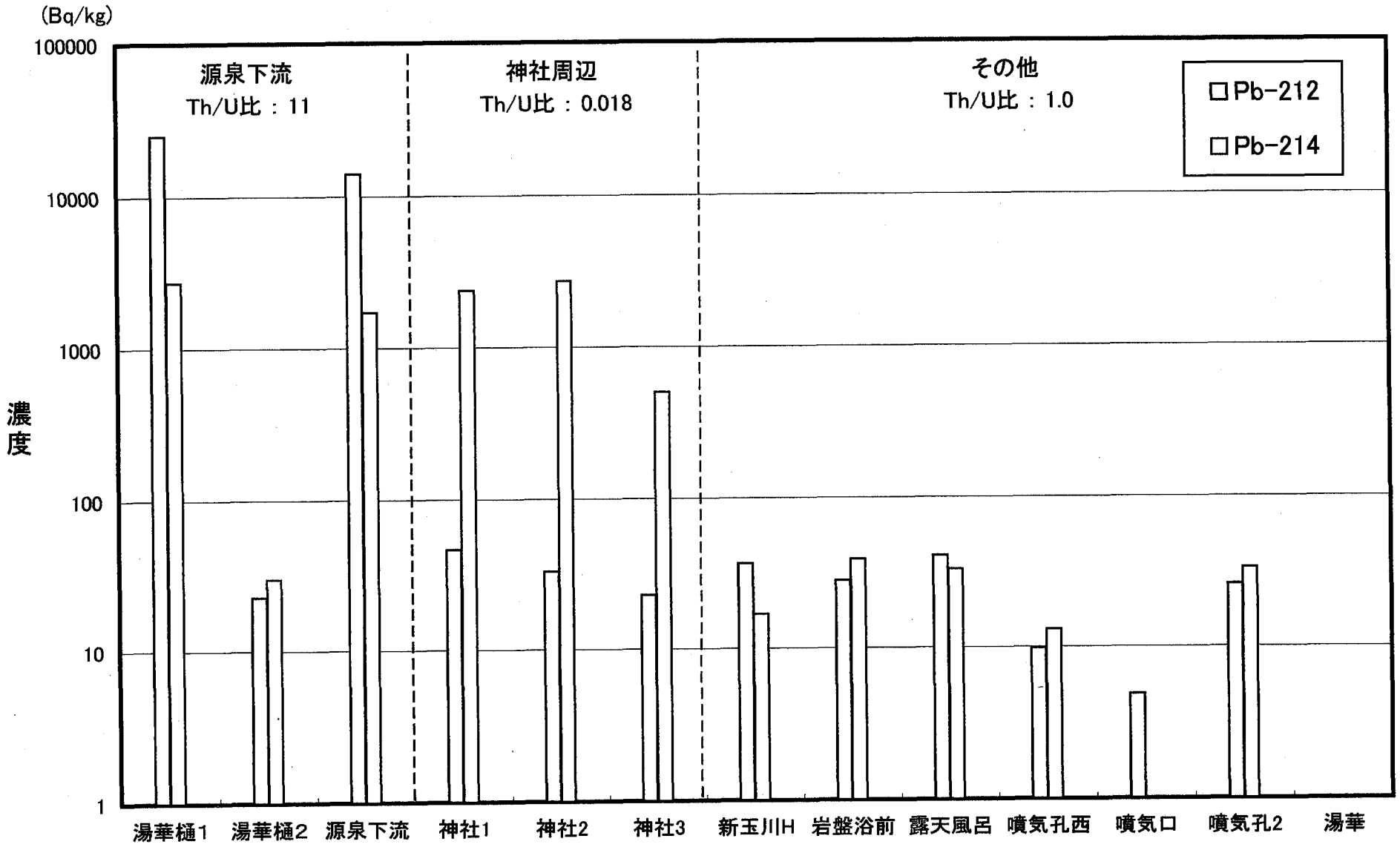

Fig. 21 玉川温泉地域におけるγ放射性核種濃度

性核種濃度が高くなった理由としては、温泉水が大噴より毎分 9000ℓ(90℃)で沸き出し、その下流にある樋から流れ落ちる温泉水をこれらの土壌及び岩石は浴び続けている為に、温泉水中に含まれる放射性核種が徐々に沈着していったと考えられる。トリウムは水に溶解しにくい酸化物(ThO_2)の形をとり、土壌等に沈殿物として残りやすい為に濃縮していったと考えられる。この場所が温泉水の影響を受けていることは、用水池より少し離れた場所で採取した岩石(②)の Pb-212 濃度が、26.7Bq/kg であったことからもわかる。

2) 玉川薬師神社付近で採取した環境試料(⑨～⑪)を測定した結果、U系列核種濃度が高く検出され、Pb-214 の最高 2.7kBq/kg、平均値 1.9kBq/kg を得た。用水池付近の土壌と異なり、高い値を示したのは U 系列核種のみであり、Th 系列核種 Pb-214 の濃度は平均値 34.2Bq/kg で、対照地域及び同地域内の放射性核種濃度が低い場所と同レベルで差はなかった。この場所で採取した環境試料の Th/U 比は 0.014～0.052 であった。この場所の土壌において放射性核種濃度が高くなった原因として、昔この場所に温泉水の流れが存在していたことが考えられる。この場所の土壌は粘土状であり粒度が細かく表面積が大きいために、温泉水に溶け出した放射性核種を多く吸着したものと考えられる。

3) 玉川温泉地域においてガンマ線核種分析を行ない、**Table12** その他に分類した源泉から離れた場所で得た土壌試料を測定した結果、それぞれの平均値 Pb-212 28.3Bq/kg、Pb-214 27.1Bq/kg と対照地域である東大阪市の値、Pb-212 44.0Bq/kg、Pb-214 22.7Bq/kg と同じレベルで大きな差は見られなかった。

今回の行った土壌測定の結果から玉川温泉地域では同地域内でありながら、Th 系列核種濃度が高く検出された場所と U 系列核種濃度が高く検出された場所場所等が見られる事がわかった。これらの場所では、環境的な要素及び放射性核種の環境中での挙動等によって放射性核種濃度や Th/U 比に差が見られることがわかった。

(2) 土壌試料スペクトルの核種分析法

それぞれの地域で採取した土壌試料について、ガンマ線核種分析を実施した。その土壌試料から得たガンマ線エネルギースペクトルから一般的に検出することができた核種は、自然放射性核種で U-238 の崩壊生成核種である Th-234、Pb-214、Bi-214、Ra-226(U 系列核種)、Th-232 の崩壊生成核種である Pb-212、Tl-208、Ac-228(Th 系列核種)および K-40 であった。また、場所により Be-7、Cs-137 等の放射性核種も検出した。土壌試料をゲルマニウム検出器で測定したガンマ線エネルギースペクトルの内の一つを **Fig. 22** に示す。

Fig. 22 は秋田県玉川温泉で採取した土壌によって得られたスペクトルである。スペクトルで得られたピークの内、下線が引いてあるエネルギーのピークで定量を実施した。定量を実

Table 13 地域別の土壌試料中のU, Th 崩壊生成核種濃度

		n	Pb-212 (Th)				(相対値)	Pb-214 (U)				(相対値)	Th/U比
北海道モッタ温泉(石, 湯の花)		(2)	868 86.1	±	1106 1650	*	19.7	666 31.7	±	897 1300	*	29.3	1.30
青森県下風呂温泉		(11)	7.8 2.5	±	6.5 20		0.18	17.8 2.7	±	20.6 54		0.78	0.44
玉川温泉	源泉下流(湯華樋)	(3)	15.9k 27	±	16.8k 33.5k		361	1.48k 30	±	1.35k 2.71k		65.2	11
	薬師神社	(3)	34.2 23	±	11.8 47		0.78	1.86k 0.50k	±	1.19k 2.71k		81.9	0.02
	他	(7)	28.3 10	±	12 41		0.64	27.1 13	±	11.4 39		1.2	1.04
増富温泉	湯華近辺	(8)	4206 1030	±	1747 5930		95.6	971 299	±	559 1680		42.8	4.33
		(7)	314 37.9	±	253 672		7.1	240 22.9	±	168 547		10.6	1.31
	他	(9)	26.8 13.9	±	7.49 37.9		0.61	23.9 12.9	±	8.2 36.4		1.1	1.12
福井県敦賀		(1)	68.5 68.5	±	1.76 68.5		1.56	38.6 38.6	±	1.72 38.6		1.7	1.77
大阪府東大阪市(近大)		(19)	74.6 39	±	15.9 97		1.7	30.8 18	±	5.1 37		1.4	2.42
大阪府東大阪市(原研)		(5)	44.0 27	±	12.8 57		1.0	22.7 15	±	5.6 28		1.0	1.94
奈良県奈良市		(6)	51.0 40	±	15.6 81		1.2	30.3 18	±	13.9 57		1.3	1.68
奈良県奈良市		(3)	44.2 35	±	8.7 52		1.0	28.0 20	±	8.0 36		1.2	1.58
兵庫県有馬温泉		(6)	44.6 23	±	17.1 69		1.0	30.2 19	±	8.7 41		1.3	1.48
兵庫県川西市		(4)	29.6 27	±	2.3 32		0.67	20.9 19	±	1.9 23		0.92	1.42
岡山県上齋原村		(13)	28.0 9.5	±	9.5 48		0.64	18.3 10	±	4.3 24		0.81	1.52
岡山県ウラン露頭発見地		(3)	43 24	±	30 77		1.0	1229 827	±	349 1450		54.1	0.035
鳥取県三朝温泉		(57)	59.8 6.6	±	37.8 252		1.4	38.5 2.9	±	37.4 220		1.7	1.55
池田鉱泉	旅館	(18)	65.6 24	±	76.8 365		1.5	153.8 11	±	227.1 840		6.8	0.43
	民家	(16)	44.2 31	±	16.7 99		1.0	34.2 20	±	12.9 66		1.5	1.29

＊ 相対標準偏差

施するピークの決定は、放射性核種が放出する複数本のエネルギーの異なるガンマ線のうち、できる限り放出率が大きく、妨害核種のエネルギーピークと重ならず、散乱の少ないエネルギーが高いピークを選択した。

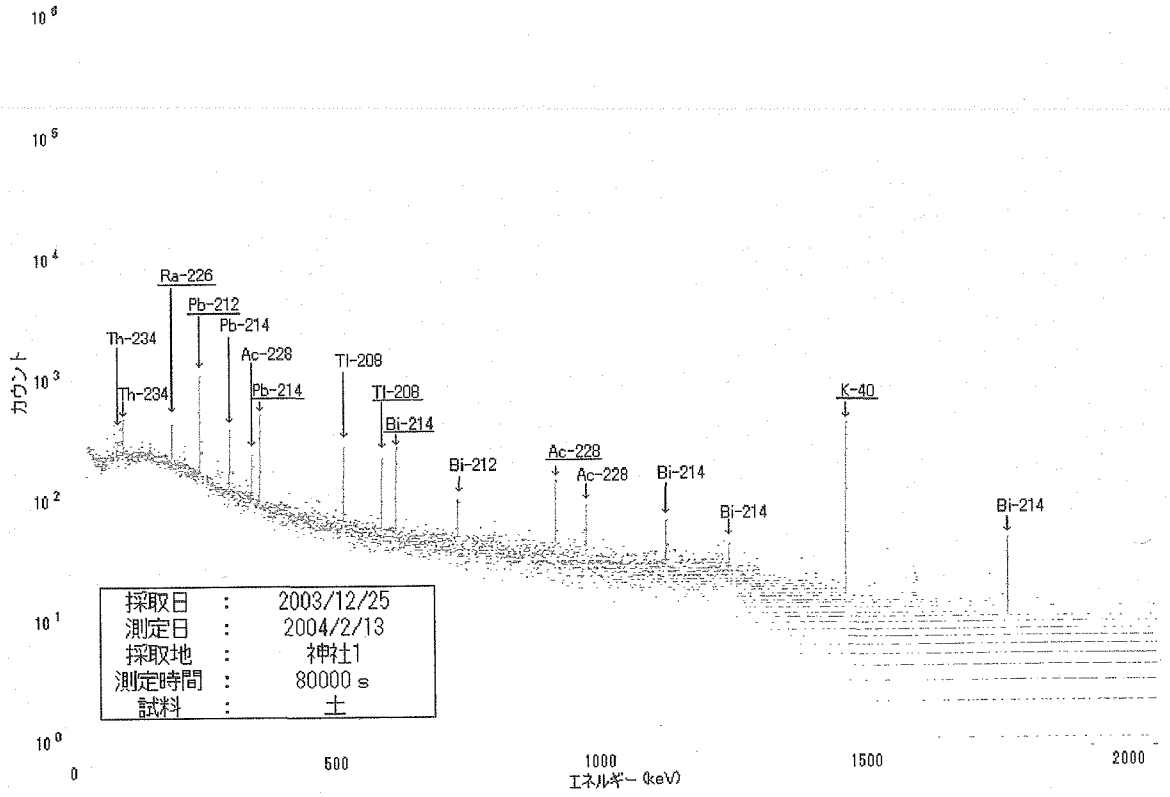

Fig. 22 土壌試料のガンマ線スペクトル

4. 温泉地域における環境γ線量率分布

4.1 秋田県玉川温泉

今回の土壌採取と同時に環境線量率分布の測定も行ない、Table 14, Fig.23 に示すように湯華樋①で 38.4μSv/h と他の場所と比較し、二桁以上高い値を示した。この場所は、立ち入り禁止区域であるが、特別に立ち入り許可を得て測定を行ったが、実際には簡易サーベイメータでは測定できず、電子ポケット線量計(PDM101)により測定を行った。神社付近(⑤～⑨)の土壌の線量率も 0.06～2.60μSv/h、と高い値を示したことから、土壌中の放射性核種濃度と環境線量率の値の関係を確認した。また、対照地域である東大阪市における環境線量率の平均値は 0.078μSv/h であり、湯華樋の岩石上では対照地域の約 50 倍、玉川薬師神社前での最高値 2.60μSv/h は同様に 30 倍のレベルである。

温泉の噴出場所である大噴前の道路脇(大噴より 10m ほど離れている)では、0.41μSv/h と対照地域と 5 倍高く、それより上流の噴気口地域では、対照地域とほぼ同レベルで

Table 14　玉川温泉におけるγ線量率

測定場所			線量率（μSv/h）
①	湯華樋（岩石上）		38.4
②	雪上		0.12
③	歩道上		0.17
④	〃		0.30
⑤	薬師神社	土表面	0.51～0.96
⑥		石表面	0.64
⑦		砂利上	0.22
⑧		鳥居1m	0.06
⑧'		鳥居地表	0.25
⑧''		鳥居雪上	0.25
⑨		粘土層	2.60
⑩	歩道上（北投石看板）		0.30～0.40
⑪	歩道上		0.27
⑫	〃		0.11
⑬	大噴前（歩道上）		0.36～0.41
⑭	〃		0.27
⑮	露天風呂		0.04
⑯	岩盤浴（1）グリーン		0.07～0.10
⑰	岩盤浴（2）		0.06
⑱	岩盤浴（3）		0.04
⑲	噴気口付近		0.05
⑳	〃		0.05

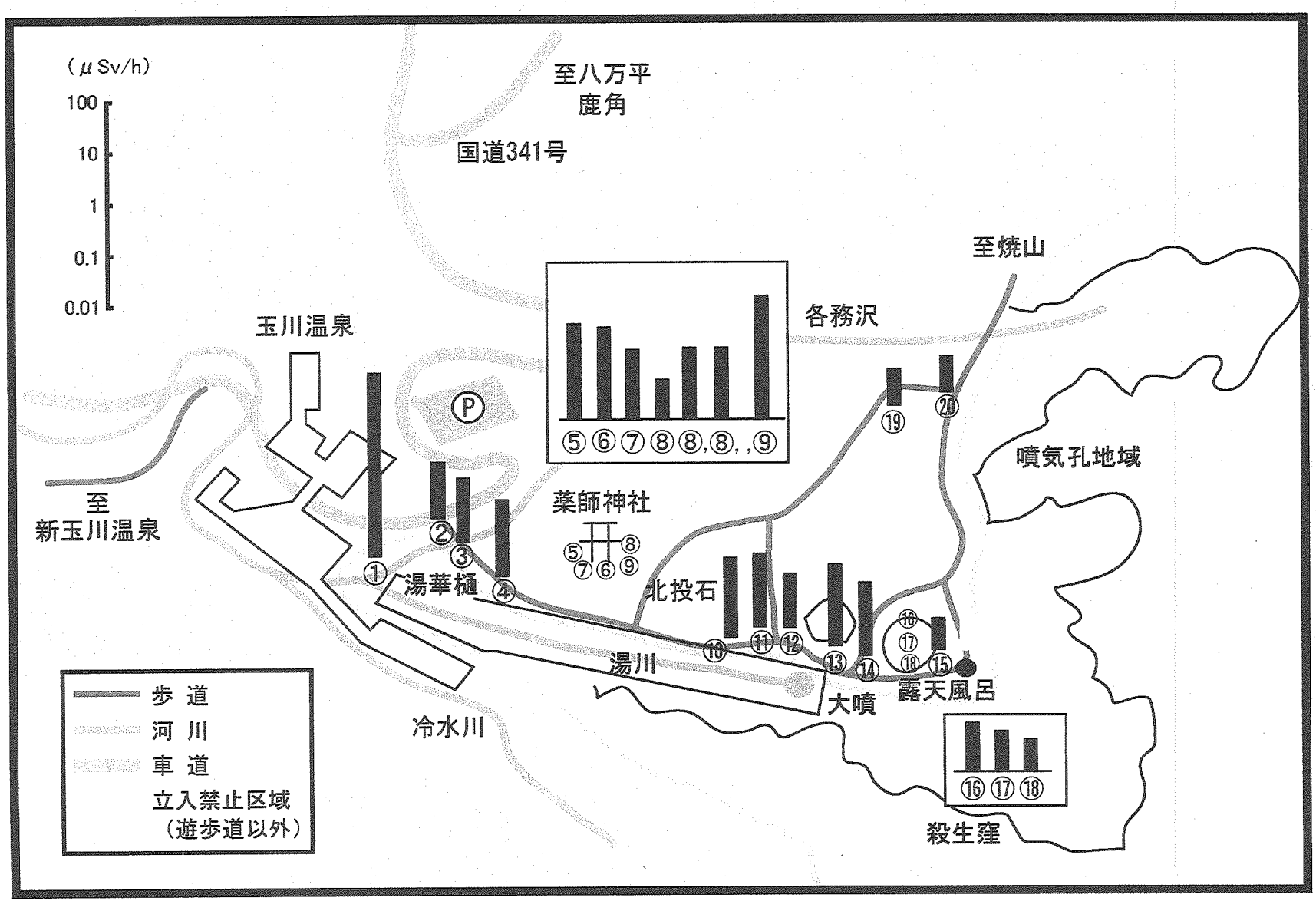

Fig. 23　秋田県玉川温泉地域の環境線量率分布

あった。

4.2 青森・鳥取・島根県の温泉地域

青森県など温泉地域のラドン濃度の測定を行った場所の環境γ線量率をγシンチレーションサーベイメータおよびルクセルバッジ(OSL 線量計)で測定し、結果を **Table 15** に示した。青森県については、温泉地域であっても非常に低レベルであり、特に奥薬研温泉、地獄沼、恐山の湖畔および十和田湖畔について測定した結果はほぼ宇宙線レベルであった。

4.3 三朝地域における環境γ線量率

ラドン濃度の測定を行った場所にルクセルバッジ(OSL 線量計)を屋内・屋外に5ヶ月間セットして測定した結果を **Table 16, Fig.24** に、シンチレーションサーベイメータで測定した結果を **Table 17** に示した。花崗岩地域と火山岩地域を比較すると、地層によってラドン濃度が前者がより高くなっているのと同様に、環境γ線量率についてもバックグラウンドレベルに近く低レベルであるが、花崗岩層地域において高くなっていることが分かる。

4.4 東大阪市における環境γ線量率

電子ポケット線量計(PDM101, 111)を用いて対照地域である東大阪市における環境γ線量率を 10 日～13 日間集積することにより測定した結果を **Table 18, Fig.25** に示した。このモニタは 0.01μSv 表示まで測定可能で、屋内線量率は 0.075±0.004μSv/h となり、相対標準偏差(精度)は5%で、最小検出感度は 0.01μSv であった。

5. まとめ

日常生活における種々の原因による放射線被ばくのうち、生活環境中における世界平均での自然放射線による被ばくは、大きな割合を占め、そのうち大気中のラドン、トロン崩壊生成核種の吸入による内部被ばくがラドン全体の 1/2 を占めている。環境中には自然放射線源として、K-40 をはじめ、ウラン系列、トリウム系列などの放射性核種が広く分布しているが、その含有量の分布は地質に大きく影響され一様ではない。気体状放射性核種であるラドン、トロンは岩石や土壌等地中のウランおよびトリウムを発生源として生活環境に放出されるが、化学的に不活性で、電気的には帯電せず、空気中で崩壊して他の金属に壊変し、その崩壊生成核種の Po-214、Po-210、Tl-208 が主な被ばく源となる。それらの屋内の濃度は生活環境条件に大きく影響を受け、屋外では、気象条件や地質などによって、時間的、場所、空間的にも大きく変動し、その濃度分布は一様ではない。そこで、周辺環境におけるラドン及びその崩壊生成核種の濃度分布の測定が継続的に実施されるとともに、生活環境中における挙動及び分布を把握していることが重要である。さらに、その濃度レベルに応じて周辺住

Table 15 温泉地域における環境線量率

（μSv/h）

試料				線量率*1	線量率(平均)*2
青森県	1	地獄沼	土	0.04	0.083 ± 0.016
	2	下風呂大湯	土	0.12	
	3	下風呂大湯	湯の花	0.12	
	4	下風呂大湯・水の湯の花	土	0.12	
	5	下風呂新湯	土	0.10	
	6	下風呂新湯	石	0.10	
	7	奥薬研	土	0.03	
	8	恐山	石	0.10	
	9	恐山前の湖	砂	0.02	
	10	十和田湖	土	0.02	
鳥取県	1	関金温泉・ゆらり	土	0.10	0.12 ± 0.02
	2	三朝・船畑 岩室	岩	0.16	
	3	三朝・船畑 岩室	土	0.16	
島根県	1	池田鉱泉・8号泉	岩	2.30	0.11 ± 0.02
	2	池田鉱泉・庭	土	0.15	

*1 サーベイメータによる測定
*2 ルクセルバッジによる測定

Table 16 三朝周辺地域における環境線量率測定結果

(μSv/h)

地層	測定地域		n	屋内平均		n	屋外平均		I/O比	
火山岩層	小鹿	高橋	6	0.093	0.084	3	0.074	0.087	1.26	0.97
		神倉	6	0.095		3	0.084		1.12	
		東小鹿	3	0.070		3	0.092		0.76	
		西小鹿	3	0.078		3	0.11		0.74	
		吉田	3	0.085		3	0.079		1.07	
	三徳	片柴	3	0.093	0.081	3	0.075	0.082	1.25	0.99
		俵原	6	0.058		3	0.054		1.08	
		坂本	6	0.078		3	0.075		1.05	
		合谷	6	0.076		3	0.072		1.06	
		余戸	6	0.11		3	0.11		1.02	
		砂原	3	0.091		3	0.11		0.79	
		波伯山	6	0.081		3	0.075		1.08	
		井土	6	0.064		3	0.065		0.99	
		吉原	3	0.073		3	0.093		0.78	
		三徳山	3	0.085		3	0.084		1.01	
花崗岩層	竹田	穴鴨	3	0.084	0.090	3	0.091	0.094	0.92	0.95
		福本	3	0.10		3	0.10		0.93	
		上西谷	3	0.10		3	0.12		0.80	
		大谷	6	0.087		3	0.076		1.15	
		下畑	6	0.086		6	0.080		1.07	
	旭(高瀬川沿)	福田	3	0.14	0.099	3	0.13	0.10	1.12	0.96
		鎌田	3	0.11		3	0.11		1.04	
		笏賀	3	0.094		3	0.11		0.81	
		坂戸	6	0.14		3	0.14		1.02	
		小河内	3	0.088		3	0.091		0.97	
		下谷	6	0.073		3	0.089		0.82	
		柿谷	6	0.081		3	0.091		0.89	
		実光	3	0.093		3	0.11		0.84	
		鉛山	6	0.086		3	0.10		0.82	
		吉尾	6	0.080		3	0.071		1.13	
		福吉	3	0.11		3	0.11		0.98	
		森	3	0.10		3	0.10		1.00	
		太郎田	3	0.084		3	0.081		1.03	
	旭(竹田川沿)	下西谷	6	0.10	0.096	3	0.10	0.10	0.99	0.95
		曹源寺	3	0.10		3	0.087		1.18	
		大柿	3	0.10		3	0.11		0.92	
		今泉	6	0.11		3	0.078		1.39	
		恩地	3	0.10		3	0.077		1.29	
		牧	3	0.10		3	0.091		1.10	
		湯谷	3	0.10		3	0.11		0.83	
		助谷	6	0.081		3	0.10		0.79	
		久原	3	0.074		3	0.12		0.63	
		福山	3			3	0.13			
	三朝	大瀬	3	0.10	0.090	3	0.10	0.10	1.04	0.87
		山田	3	0.10		3	0.10		0.98	
		横手	3	0.078		3	0.12		0.67	
		三朝	9	0.071		3	0.10		0.74	
		三朝 旅館	3	0.12		3	0.10		1.17	
		本泉	3	0.076		3	0.11		0.68	
対照地域	大阪	東大阪(1F)	6	0.059	0.080	6	0.066	0.078	0.91	1.0
		東大阪(3F)	3			6	0.074			
		東大阪(5F)	6	0.070		6	0.076		0.93	
		大阪市	6	0.075		6	0.094		0.80	
		八尾市	6	0.095		6	0.077		1.23	
		堺市	6	0.10		6	0.092		1.13	
		橋本市	6	0.086		6	0.087		0.98	
	奈良	奈良市	6	0.077		6	0.078		0.99	
		郡山市	6	0.071		6	0.066		1.07	
	兵庫	川西市	6	0.080		6	0.076		1.06	

コントロールとして製造会社より東京迄および近畿大学に設置していた値
をそれぞれ差し引いた値に校正係数0.91の補正済みである。

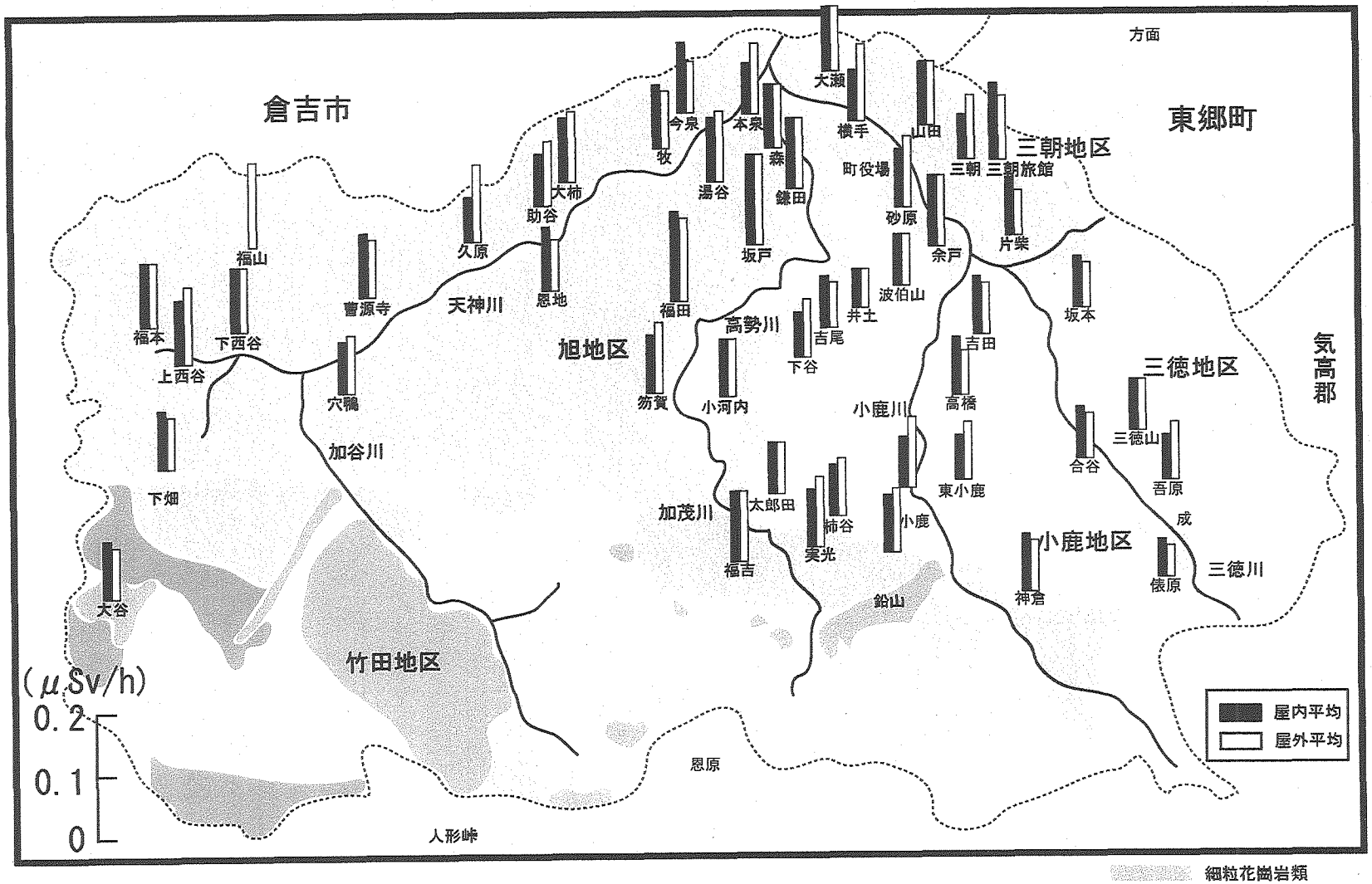

Fig. 24　三朝周辺地域における環境線量率分布

Table 17 鳥取・三朝地域における環境γ線量率
(シンチレーションサーベイメータ)

測定地区	測定場所	環境γ線量率 (μSv/h)			平均環境γ線量率 (μSv/h)		
小鹿	高橋	0.076	±	0.0070*			
	神倉	0.095	±	0.0078			
	中津	0.073	±	0.0068			
	東小鹿	0.083	±	0.0073			
	西小鹿	0.086	±	0.0074	0.080	±	0.010**
	丹戸	0.095	±	0.0078	0.064	～	0.095
	岩本	0.064	±	0.0064			
	吉田	0.072	±	0.0068			
	伯耆山	0.079	±	0.0071			
	井戸	0.076	±	0.0070			
竹田	木地山	0.14	±	0.0094			
加谷川沿	加谷	0.15	±	0.0096			
	穴鴨	0.13	±	0.0091			
竹田	田代	0.10	±	0.0079			
天神川沿	福本	0.15	±	0.0098	0.13	±	0.015
	福山	0.13	±	0.0092	0.10	～	0.16
	上西谷	0.15	±	0.0098			
	下西谷	0.13	±	0.0090			
	大谷	0.12	±	0.0087			
	下畑	0.13	±	0.0090			
	三軒屋	0.13	±	0.0090			
三徳	片柴	0.089	±	0.0075			
	三徳	0.097	±	0.0079			
	俵原	0.073	±	0.0068	0.086	±	0.015
	坂本	0.076	±	0.0070	0.064	～	0.11
	合谷	0.067	±	0.0065			
	吉原	0.11	±	0.0083			
	成	0.095	±	0.0078			
旭	福田	0.19	±	0.011			
高勢川沿	鎌田	0.17	±	0.010			
	笏賀	0.17	±	0.010			
	坂戸	0.23	±	0.012			
	小河内	0.16	±	0.010			
	下谷	0.17	±	0.010	0.17	±	0.021
	本泉	0.15	±	0.0099	0.14	～	0.25
	鉛山	0.16	±	0.010			
	吉尾	0.15	±	0.0099			
	福吉	0.17	±	0.010			
	実光	0.15	±	0.010			
	太郎田	0.17	±	0.010			
	森	0.17	±	0.010			
旭	曹源寺	0.18	±	0.011			
竹田川沿	大柿	0.20	±	0.011			
	久原	0.20	±	0.011			
	今泉	0.14	±	0.0095			
	若宮	0.17	±	0.010			
	恩地	0.16	±	0.010			
	牧	0.15	±	0.0099	0.17	±	0.021
	湯谷	0.15	±	0.0098	0.13	～	0.22
	久鳥	0.18	±	0.011			
	赤松	0.16	±	0.010			
	恩鳥	0.20	±	0.011			
	助谷	0.14	±	0.0093			
	大島	0.16	±	0.010			
	安水	0.18	±	0.011			
三朝	大瀬	0.10	±	0.0081			
	山田	0.12	±	0.0088	0.13	±	0.028
	横手	0.13	±	0.0092	0.093	～	0.30
	三朝	0.17	±	0.010			

シンチサーベイ TCS121C

* 計数誤差 ** 標準偏差

Table 18　電子ポケット線量計による東大阪市における自然放射線量

PDM101, 111

	μSv	μSv/h
P-1	25.75	0.0832
P-2	19.31	0.0820
P-3	23.51	0.0759
P-4	19.23	0.0817
P-5	19.17	0.0814
P-6	19.79	0.0840
P-7	23.07	0.0745
P-8	18.68	0.0793
P-9	18.18	0.0729
P-10	24.57	0.0794
P-11	24.94	0.0805
P-12	25.60	0.0827
P-13	24.43	0.0789
P-14	23.78	0.0768
P-15	17.19	0.0730
P-16	16.89	0.0717
P-17	18.17	0.0772
P-18	18.22	0.0774
P-19	17.41	0.0739
P-20	17.57	0.0746
P-21	22.21	0.0717
P-22	17.27	0.0733
P-23	16.96	0.0720
P-24	17.46	0.0741
P-25	17.45	0.0741
P-26	17.55	0.0745
P-27	17.31	0.0735
P-28	22.12	0.0714
P-29	16.68	0.0708
P-30	23.16	0.0748
P-31	22.89	0.0739
P-32	22.48	0.0726
P-33	23.50	0.0759
P-34	22.52	0.0727
P-35	22.33	0.0721
P-36	22.93	0.0741
P-37	21.60	0.0698
P-38	22.13	0.0715
P-39	22.89	0.0739
P-40	22.14	0.0715
P-41	23.69	0.0765
P-42	21.64	0.0699
P-43	22.23	0.0718
P-44	22.69	0.0733
P-45	22.76	0.0735
P-46	21.78	0.0703
P-47	21.98	0.0710
P-48	16.95	0.0720
P-49	16.44	0.0698
P-50	22.63	0.0731
		0.0748 ± 0.0038

① 2004.4.15 15:12～2004.4.28 12:50　309.6 h (12.9d)
② 2004.4.28 13:30～2004.5.8 9:00　235.5 h (9.8d)
③ 2004.5.8 9:30～2004.5.18 18:55　249.4 h (10.4d)

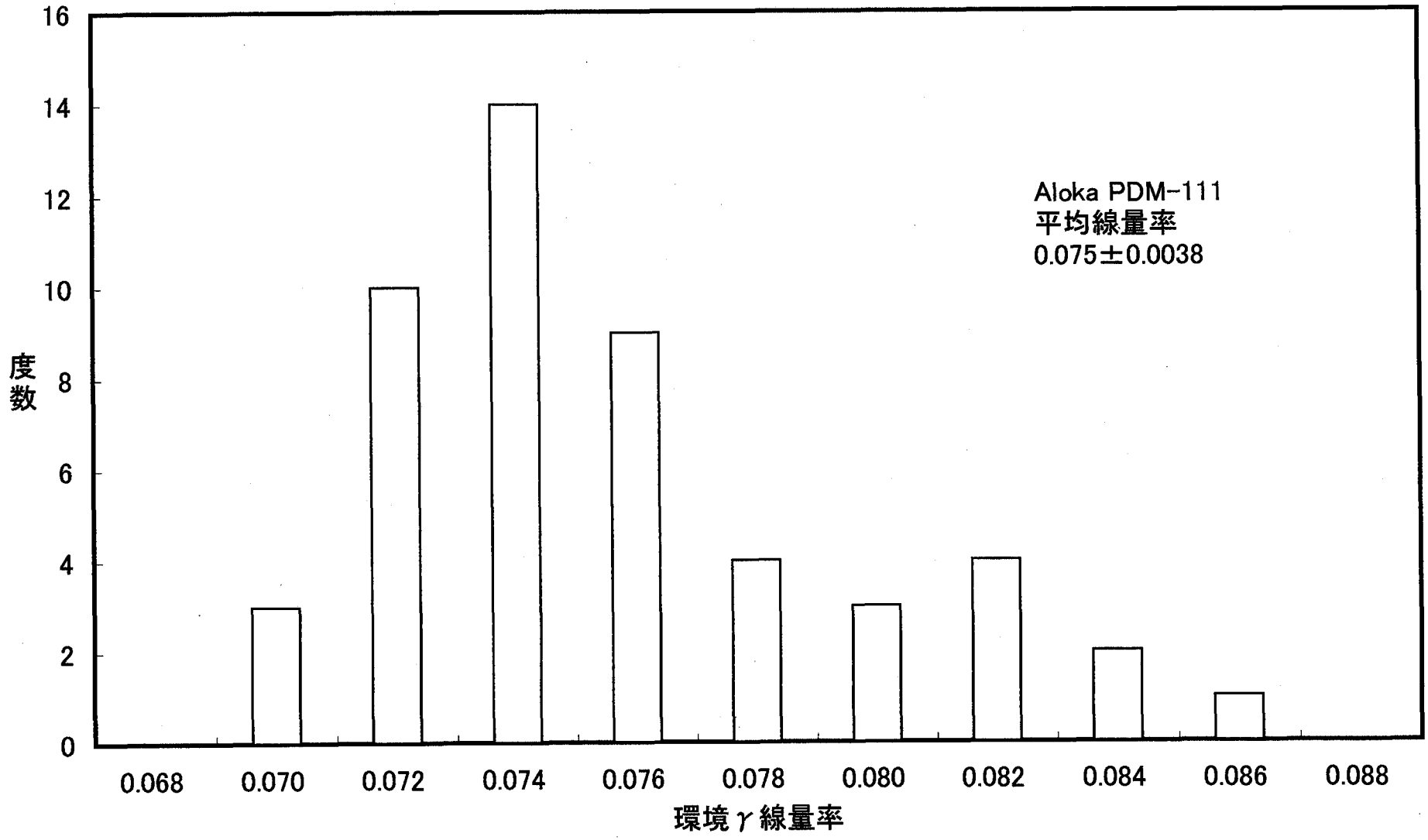

Fig. 25 電子ポケット線量計による環境γ線量率度数分布

民の平常時における自然放射線からの被ばく線量がどの程度であるかを評価し、その状況を把握しておくことが重要で、その基礎的データの継続的調査が必要である。

調査する地域としては、今年度は、三朝温泉地域など代表的な高自然放射線地域におけるラドン、トロン及び崩壊生成核種の測定を継続するとともに、日本において放射能温泉として有名な秋田県玉川温泉、新玉川温泉についても、調査区域として加え、対照地域としては東大阪市を含む大阪府周辺とし、ラドンおよびを含む自然放射性核種の環境中における挙動と分布および温泉地域における環境γ線量率に関する検討を行った。

(1) 三朝温泉地区および兵庫県川西市における民家および対照地域東大阪市による空気中のラドン濃度の経時変動の測定を継続し、10 年間の濃度変動では、夏低く冬高い傾向を示した。

(2) 三朝周辺地域における屋内、屋外ラドン濃度の地質分布との関係の調査を続け、花崗岩層との関連が強く、火山岩層の地域でのラドン濃度は低い傾向を示し、その地域の環境γ線量率についても低レベルの線量率であったが、同様の傾向を示した。

(3) 秋田県玉川温泉及び新玉川温泉については、源泉は同じであり、空気中ラドン濃度および温泉水中のラドン濃度は、温泉水の酸性が強く、温泉水温が 98℃以上と高いため、、ラドン濃度は大気中に拡散し、低レベルであると思われる。

(4) 玉川温泉地域における環境γ線量率は、温泉水が流れ、旅館に配送する貯水池のラインと、途中の薬師神社近くの中流付近の平地部での環境線量率が高く、それぞれ最高は 38.4μSv/h で、前者は岩石および後者は粘土質近辺で測定した値である。

(5) 玉川温泉および増富温泉の土壌中の核種分析の結果、Th/U 崩壊生成核種濃度比は、同じ温泉地域でも 0.018～10 と大きく変動することがわかった。

6. 参 考 文 献

1) 総説　宇宙と地球の放射線環境;藤高和信編, 月間「地球」, 海洋出版㈱(1988)

2) 国連科学委員会; II Terrestrial radiation UNSCEAR 2000 Report - Annex A; Exposures from natural sources of radiation (2000)

3) 藤元憲三;我が国における宇宙線からの線量マッピング, 放射線医学総合研究所(2004)

4) M. Dol et al.;Spational distribution of thoron and radon concentration in the ambient air of a traditional Japanese wooden house, Health Phys., 66, 43-49 (1994)

5) H. YONEHARA, et al.;Radon concentration in vecidential housing in Hiroshima and Nagasaki, Health Phys., 68, 683-688 (1995)

6) K. FUJITAKA, S. ABE and K. FUJIMONO;Analysis of counter map of natural radiation in Japan, J. Nucl. Sci. Technol., 18, 727 (1981)

7) K. FUJITAKA, S. ABE and K. FUJIMONO;Distribution of natural radiation in Japan in relation to geologic properties, J. Nucl. Sci. Technol., 18, 222 (1981)

8) K. MEGUMI, T. TSUJIMOTO, T. OKA and K. KATSURAYAMA; Background radioactivity of soil in Wakasa Area (Southern Fukui Prefecture), Hoken Butsuri., 20, 259 (1985)

9) 真田哲也;屋内ラドン濃度の全国調査, 放医研環境セミナーシリーズ(ラドンその人間の影響まで), No.27, 31-38 (2000)

10) 伊藤和男他;生活環境におけるラドン濃度とそのリスク, 放医研環境セミナーシリーズ(ラドンその人間の影響まで), No.15, 79-88 (1989)

11) 山崎　直, 飯田孝夫, 下　道国, 池辺幸正;屋外ラドンおよびラドン娘核種濃度の連続測定, 保健物理, 30, 149-154 (1995)

12) 山崎　直, 飯田孝夫, 下　道国, 池辺幸正;昼間と夜間のラドン, トロン娘核種濃度差, Radioisotopes, 44, 251-255 (1995)

13) 藤波直人, 江坂　忍;舞鶴市大気中ラドン濃度変動, 保健物理, 26, 127-128 (1991)

14) 下　道国, 飯田孝夫;ラドン・トロンとその娘核種ー測定法の現状と課題ー, JCAC, No.18, 12-29 (1990)

15) 松本　譲, 石橋健夫 他;標準γ線を用いた室内ラドン濃度測定用電離箱の較正法, 続大気中のラドン族と環境放射能, 53-63 (1990)

16) 下　道国, 飯田孝夫;ラドンとその娘核種の総合比較, 続大気中のラドン族と環境放射能, 113-118 (1990)

17)藤元憲三;全国屋内ラドン濃度マッピング, 放射線医学総合研究所(2004)

18)森嶋彌重, 古賀妙子, 河合廣, 近藤宗平, 御舩政明他;液体シンチレーションスペクトロメータによるラドンの測定, 環境ラドン, 429-437 (1991)

19)T. KOGA, H. MORISHIMA, et al.;Radon measurement Using a Liquid Scintillation Spectrometer, Annual Report of Kinki University Atomic Energy Research Institute, 29, 17-24 (1992)

20)古賀妙子, 稲垣昌代, 森嶋彌重他4名;ピコラド検出器を用いた液体シンチレーション計数法による鳥取・三朝地域におけるラドン濃度の測定(3), 近畿大学原子力研究所年報, 33, 11-23 (1996)

21)藤元憲之;屋内ラドン濃度の地域特性, 放医研環境セミナーシリーズ(ラドンその人間の影響まで), No.27, 39-45 (2000)

22)田阪茂樹他;水とラドン濃度の地域特性, 放医研環境セミナーシリーズ(ラドンその人間の影響まで), No.27, 76-93 (2000)

23)阿部道子 他;生活環境におけるラドン濃度とリスク, 放医研環境セミナーシリーズ, No.15, 134-144 (1989)

24)藤元憲之他;屋内ラドン濃度全国調査, 保健物理, 32, 41-51 (1997)

25)真田哲也;屋内ラドン濃度の全国調査, 放射線科学, 42(12), 394-399 (1999)

26)ラドン濃度水準調査総合委託成果報告書(平成4－8年度), (財)日本分析センター(1996)

27)日本保健物理学会専門研究会;水中ラドンに関する専門研究会活動報告書, 日本保健物理学会(2004)

別添図

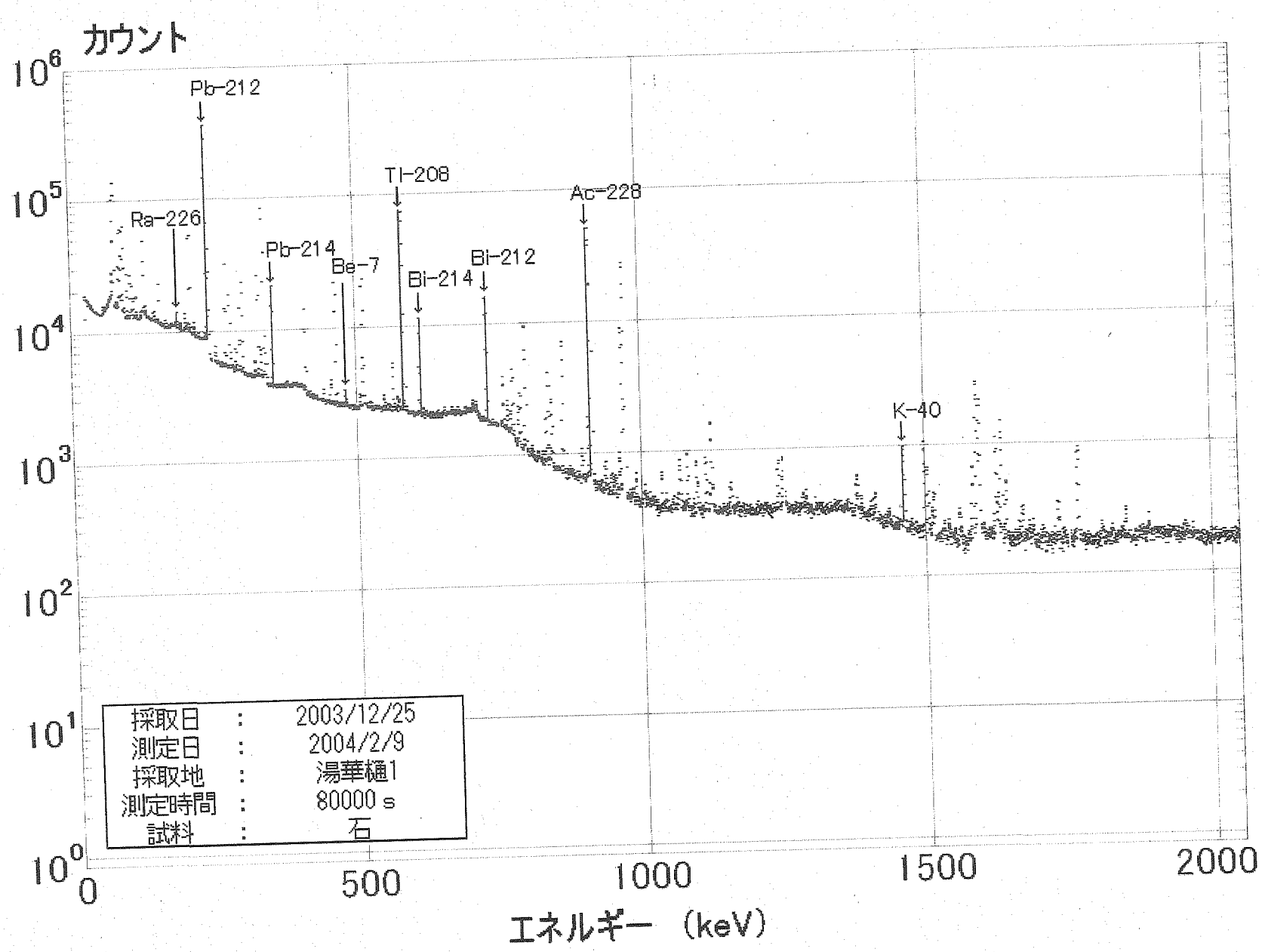

Fig. A1　γ線エネルギースペクトル

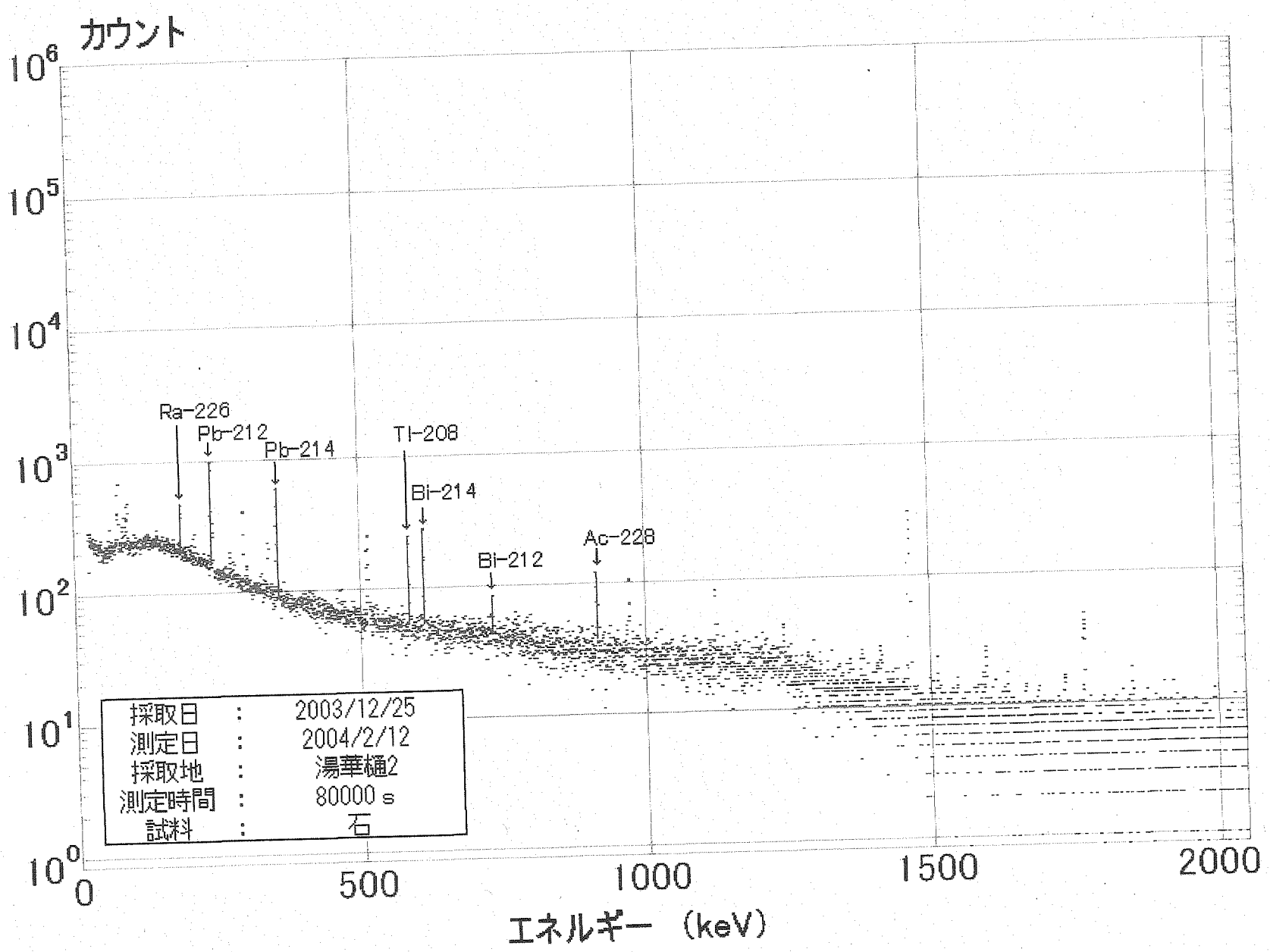

Fig. A2　γ線エネルギースペクトル

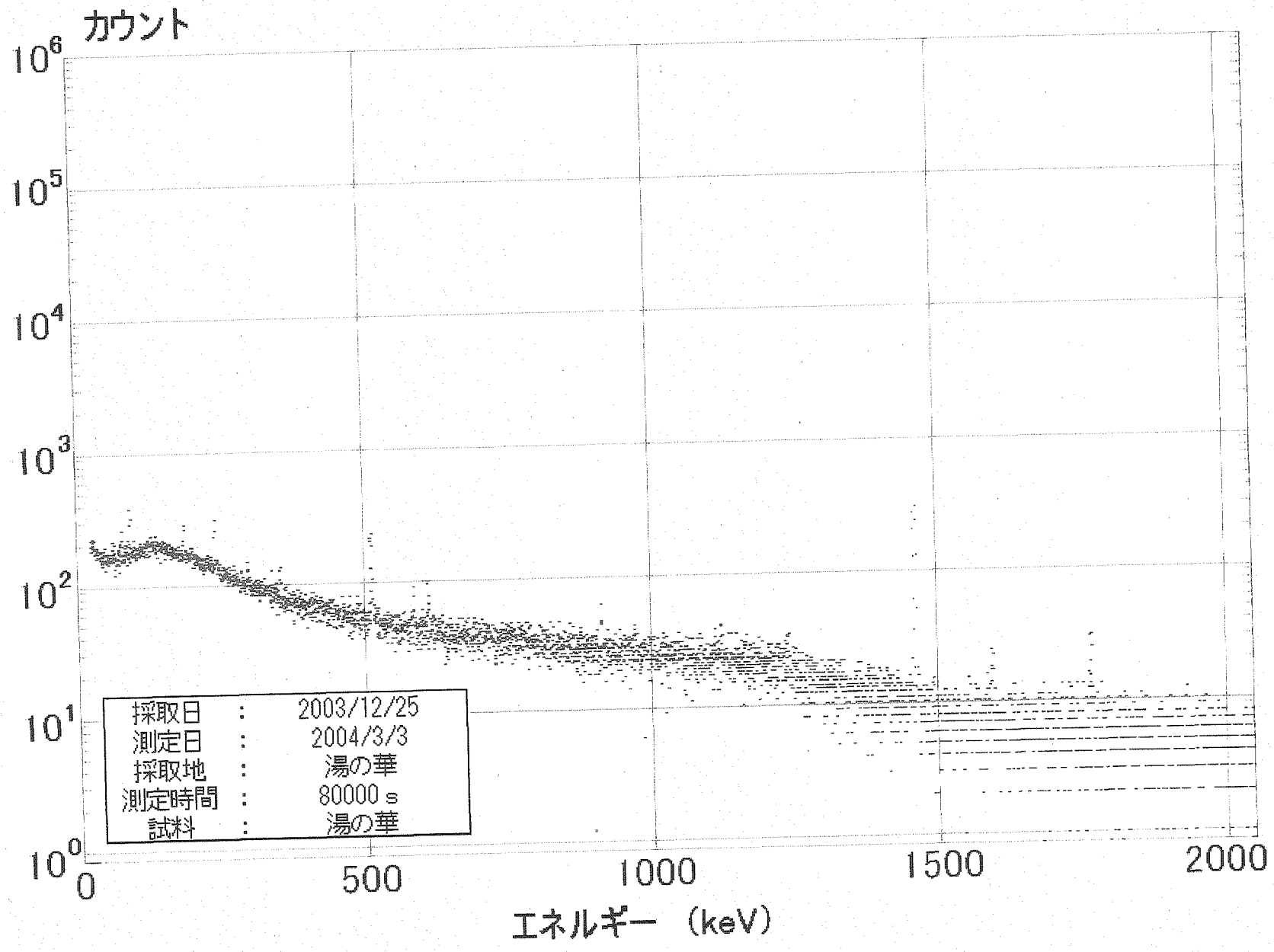

Fig. A3　γ線エネルギースペクトル

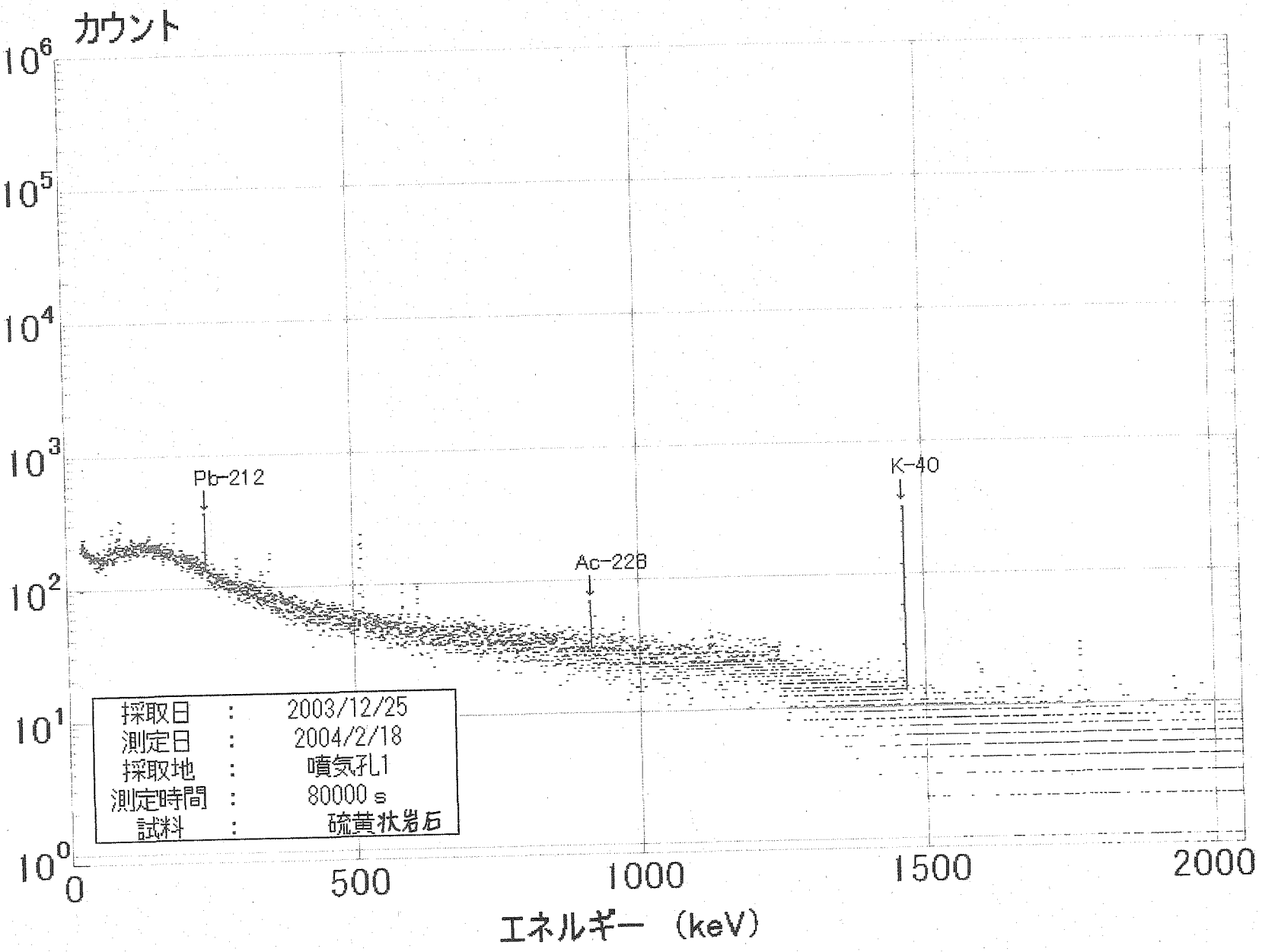

Fig. A4　γ線エネルギースペクトル

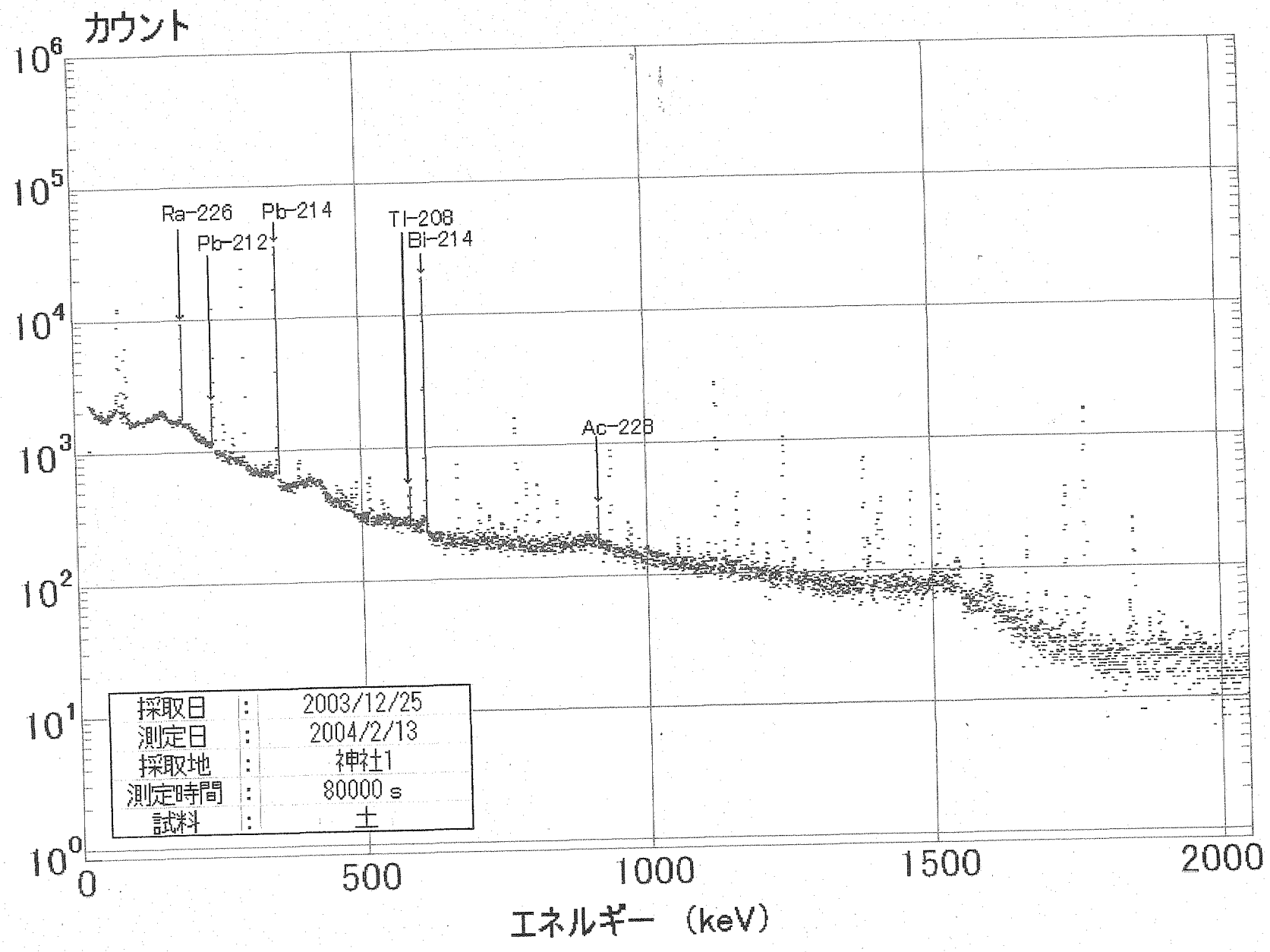

Fig. A5　γ線エネルギースペクトル

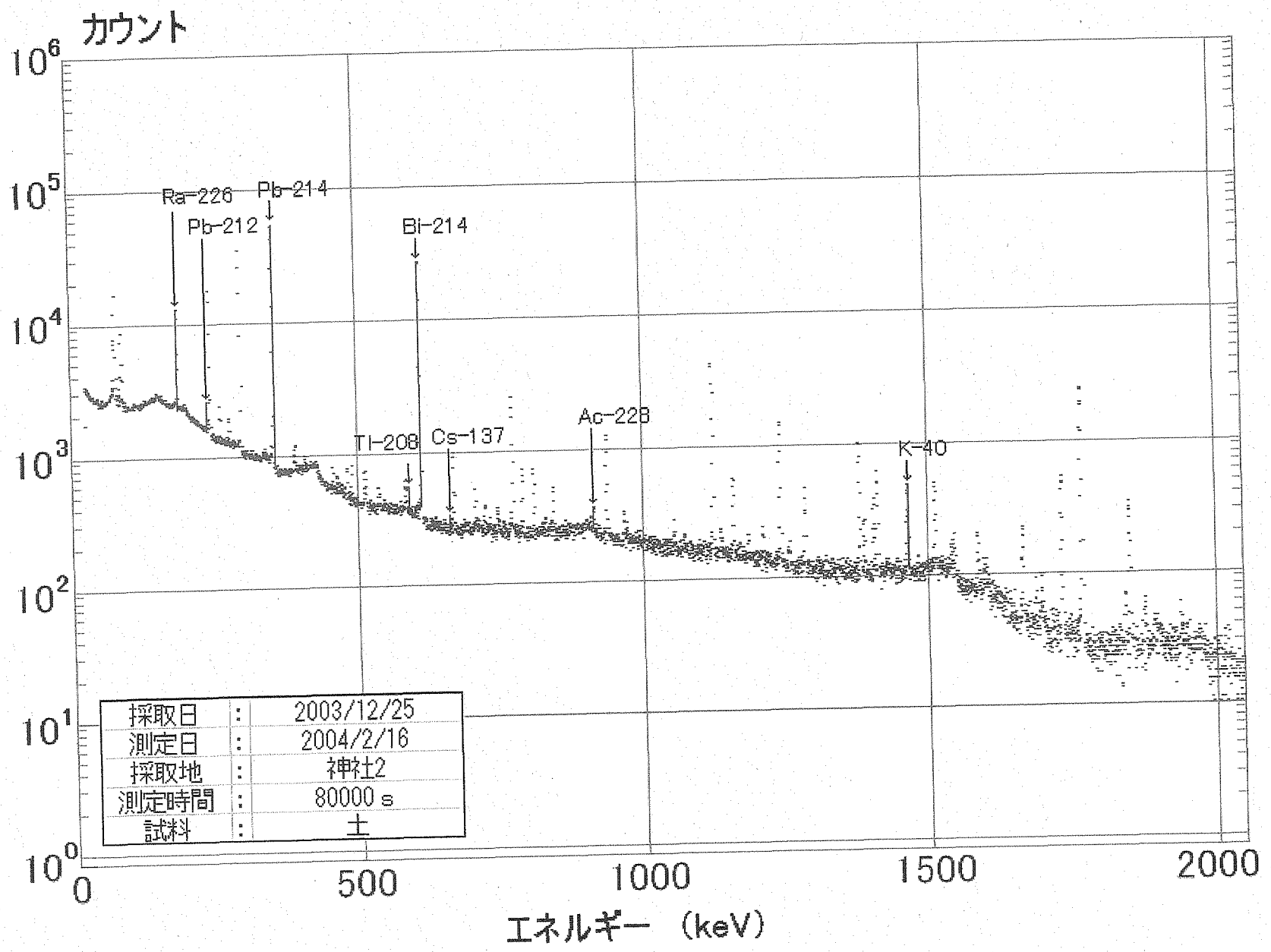

Fig. A6　γ線エネルギースペクトル

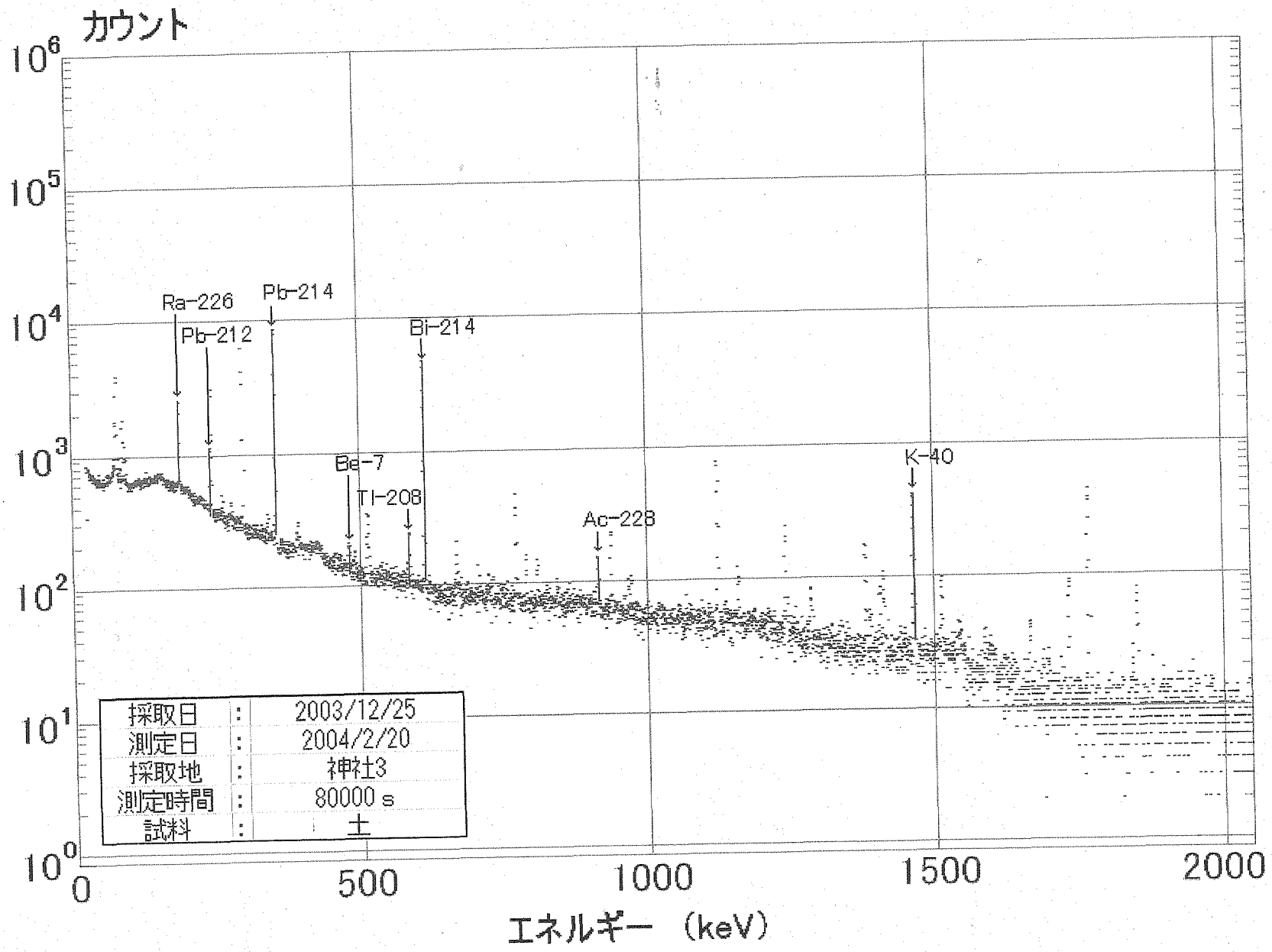

Fig. A7　γ線エネルギースペクトル

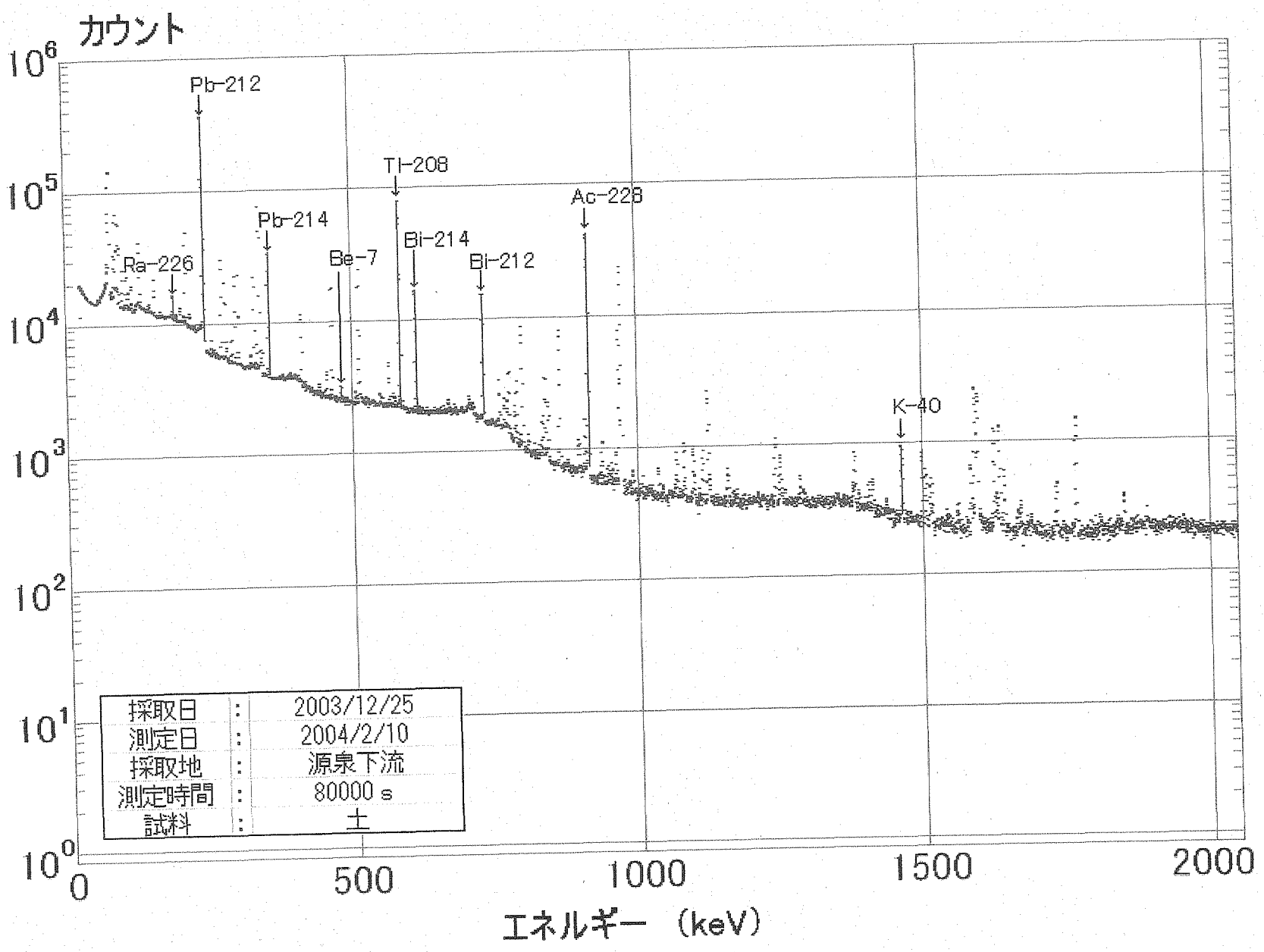

Fig. A8　γ線エネルギースペクトル

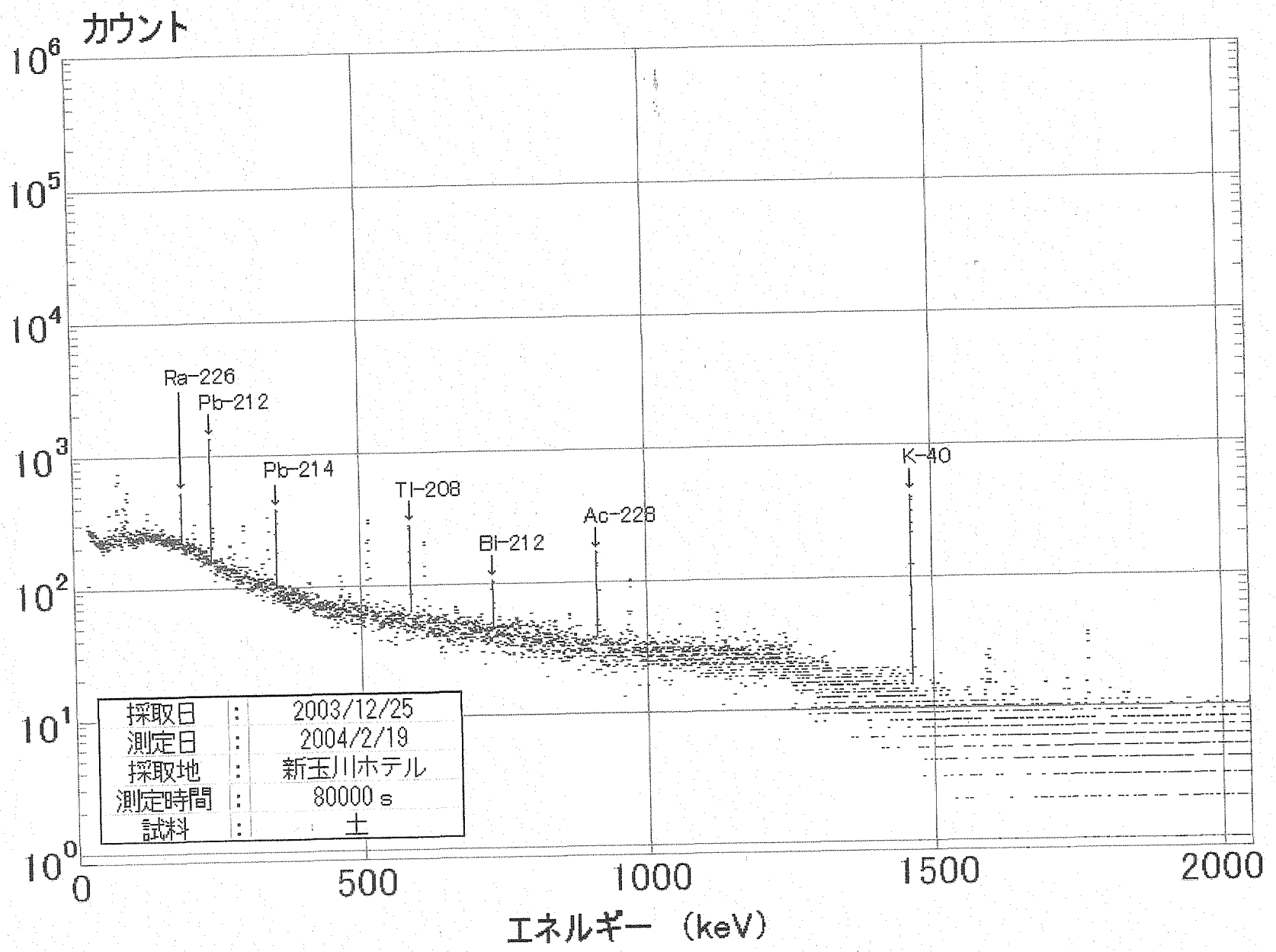

Fig. A9　γ線エネルギースペクトル

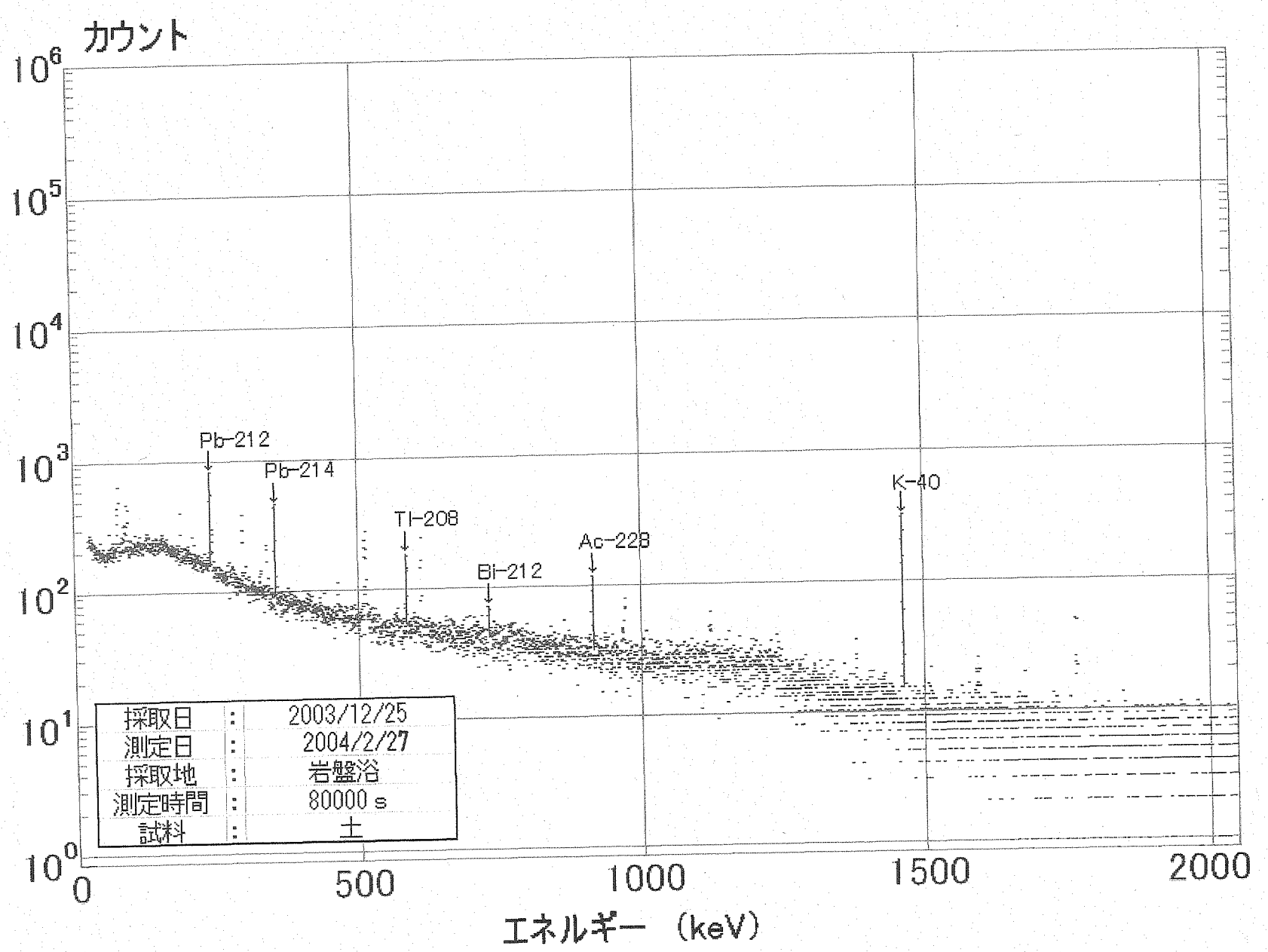

Fig. A10　γ線エネルギースペクトル

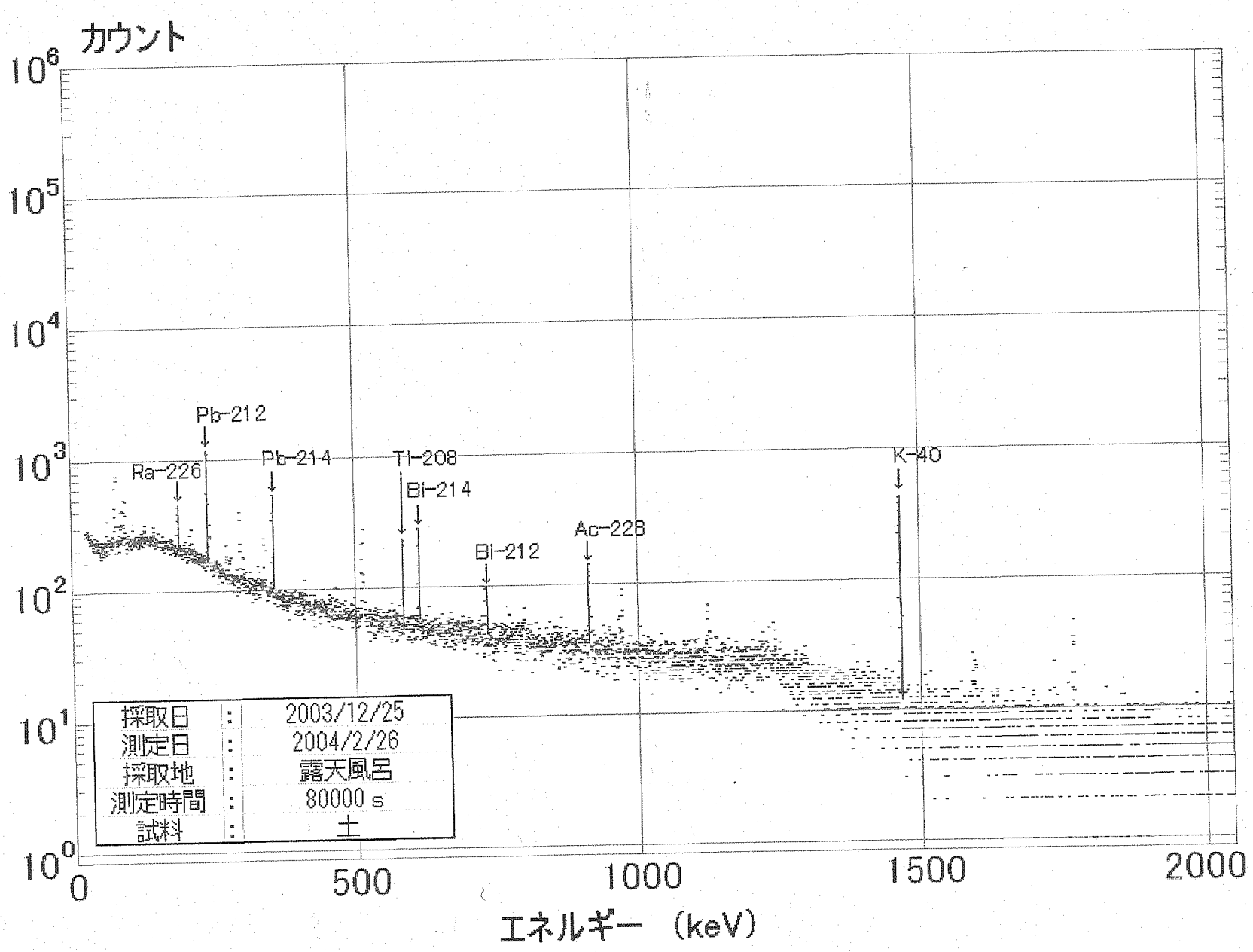

Fig. A11　γ線エネルギースペクトル

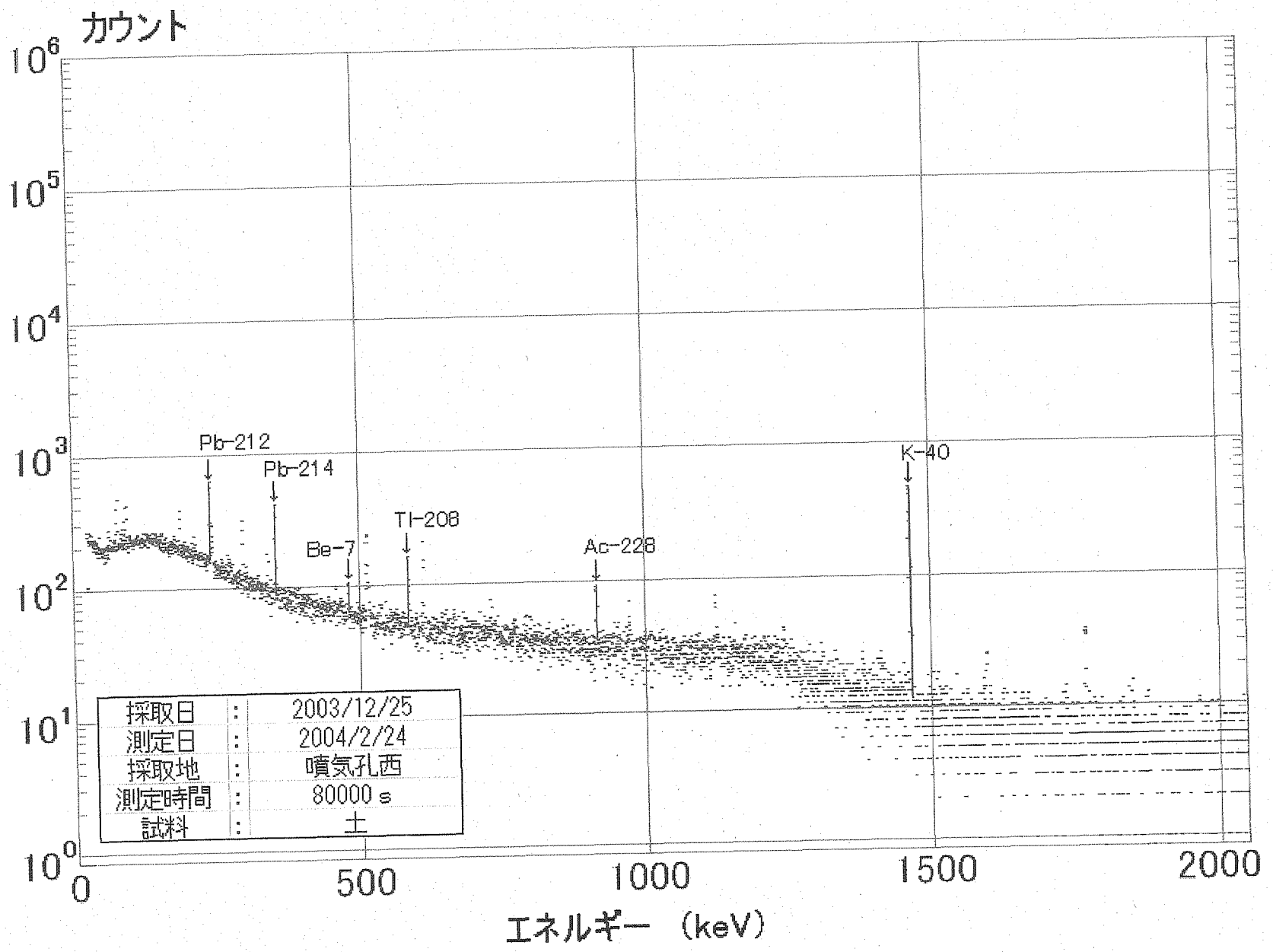

Fig. A12　γ線エネルギースペクトル

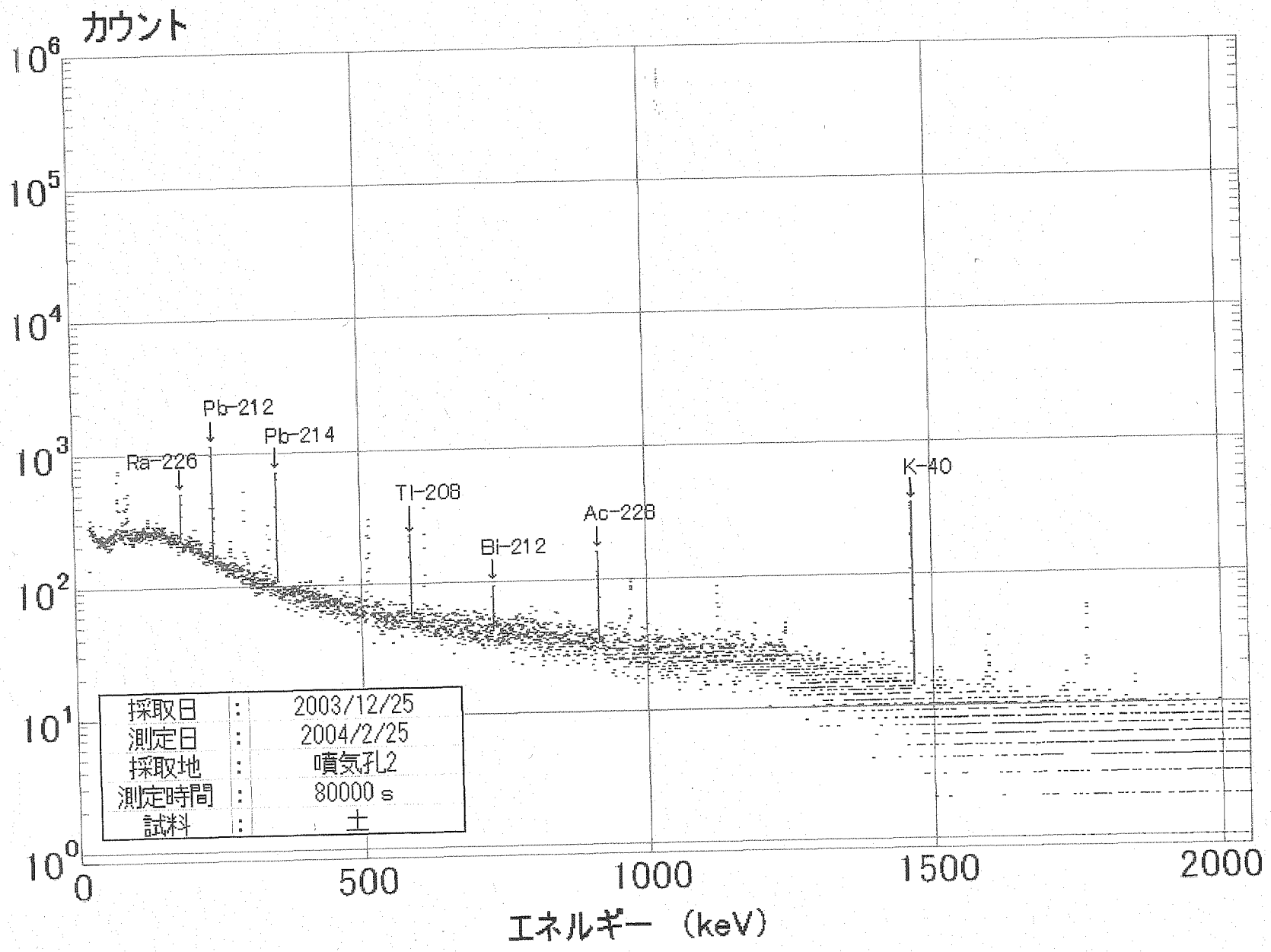

Fig. A13　γ線エネルギースペクトル