

JNC TJ1400 2000-008

花崗岩地域における自然放射性核種
の挙動と分布に関する研究（Ⅲ）

〔核燃料サイクル開発機構
委託研究成果報告書〕

2000年3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) 2000

花崗岩地域における自然放射性核種の挙動と分布に関する研究 (Ⅲ)

森嶋彌重**、古賀妙子**

要 旨

環境中にはカリウム-40をはじめウラン系列、トリウム系列などの自然放射性核種が広く分布しているが、一様な分布はしていないことから大地よりの環境 γ 線として、またラドンの発生源として種々の形態で生活環境に関与し時間的にも空間的にも大きく変動している。わが国では一般的に、花崗岩地域が多い西日本では放射線量率は高いので、自然放射線に対する理解を深め、花崗岩などの高自然放射線地域における自然放射性核種の挙動と分布を明らかにするために環境調査を行う。調査する地域としては、特に、中国地方の花崗岩地域である島根県太田市池田鉱泉地域、鳥取県東伯郡三朝温泉地域、近畿地方で奈良県奈良市鉢伏地域、奈良県宇陀郡室生地域、兵庫県神戸市有馬温泉、兵庫県川西市、関東地方で山梨県巨摩郡増富温泉及び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検討を行ったので、その結果を報告する。

(1) ラドンの測定は、長い設置期間が必要であるが取扱が容易なカップ式ラドン・トロンモニタ、活性炭捕集によるピコラド法および300 ml容のシンチセルの瞬時捕集によるパイロンラドンモニタ等の方法により検討した。積分型ラドンモニタは固体飛跡検出器として硝酸セルロース(コダック社製 LR-115 type2)を用いた。ラドンモニタのそれぞれの特性により、カップ法は3ヶ月間以上の設置捕集のため最小検出限界が高く感度が悪いが、設置期間中の平均濃度が得られ、他の方法では24時間又は瞬時の短期間の平均ラドン濃度となる。ピコラド法は検出器が小さく、捕集も容易で簡便な測定で同時に多数測定が可能なため分布図などの作成に有効である。

(2) 三朝温泉地域における1999年12月まで約5年間に実施した空气中ラドン濃度は各地域毎の平均値で、屋外ではND~150Bq/m³、屋内ラドン濃度は8~194Bq/m³と幅広く変動し、一般に屋内濃度が屋外濃度より高く、その比は1.1~2.3に変動している。測定した地域の内、三朝地区、旭地区(竹田川沿)および竹田地区天神川沿い(竹田川上流の一部)が高く、三朝温泉地区の東南部小鹿地区および三徳地区では低濃度であった。これを地質図と比較して見ると、高ラドン濃度を示した旭、竹田、三朝温泉地域は花崗岩層に位置し、低ラドン濃度を示した小鹿、三徳地域は火山岩(安山岩及び玄武岩)層に位置していることが分った。花崗岩層に位置する地域のラドン濃度は火山岩層に位置するラドン濃度の、屋内においては2~3倍、屋外においては2倍となり、地層の違いによりラドン濃度が変化することが分った。

(3) 三朝地域、川西市において空気中屋内ラドン濃度の経時変化を観察すると、夏低く冬高くなる。夏期には、気温が高く窓を開放して生活することにより屋外の低濃度の空気により希釈されラドン濃度は低くなるものと思われる。東大阪市の屋内における変動は、夏に高く、冬に低くなったが、これはエアコン稼働が昼間多く、戸や窓の開閉が少なく異なった傾向を示したと思われる。屋内の変動については、地域的な変動よりも換気、冷暖房などの生活環境が大きく影響を及ぼす要因である。屋外については、三地区いずれも夏に低く、冬に高くなる傾向で、東大阪は大平洋側で一般に文献の報告と同じであるが、川西、三朝は内陸部で大平洋側と同様の傾向になったものと思われる。

(4) 兵庫県有馬温泉の7泉源の温泉水中の内、岩酸泉源のラドン濃度が若干高く、他は比較的レベルであったが、空気中濃度については、測定数は少ないが屋外は対照地域に比べると高い。

(5) 山梨県巨摩郡増富温泉周辺の夏期の調査においては、ピコラド法で屋内濃度は $17\sim 300\text{Bq/m}^3$ 、屋外濃度は $13\sim 136\text{Bq/m}^3$ となり、東大阪の年平均値の約 10 倍高い濃度を示した。シンチセル法で源泉近くのあるいは源泉水面近くで採取した屋外の空気中濃度は、 $67\sim 13000\text{Bq/m}^3$ と大きく変動し、最高ラドン濃度は 13000Bq/m^3 を示した。源泉近くの屋外線量率は $4.0\ \mu\text{Gy/h}$ と大阪地区の線量率の約 70 倍を示した。屋外においてラドン濃度が高い場所での γ 線量率は高い傾向にあることから、 γ 線量率にラドン濃度が影響している。

* 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 : 110D0112

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 野村 保

** 近畿大学原子力研究所

Study on the environmental movements and distributions of natural radioactive nuclides on the granite area (III)

Hiroshige Morishima** and Taeko Koga**

Abstract

The natural radionuclides as K-40, uranium decay series and thorium decay series etc. are widely distributed on environment, but are not uniformly. These have influences various forms as the sources of terrestrial environmental γ radiation and of radon in to the human life environment and make wide fluctuation seasonal and spatially on the environment. The environmental radiation is higher than that of the other on the west Japan where generally consist rich of granite strata. We deeply appreciate in regard to natural radiation and would carry the studies on the movement and distribution of natural radioactive nuclides on high background radiation area consisted rich granite strata. We have selected and observed on Ikeda mineral spring district Ota-shi Shimane pref., Misasa spa district, Tohaku-gun, Tottori pref. on Chugoku area, Muro district Uda-gun, Hachibuse district, Nara-shi Nara pref., and Arima spa district, Hyogo-pref., Kawanishi-shi, Hyogo pref. on Kinki area and Masutomi spa, Koma-gun, Yamanashi pref., for HBRA, and Higashi-osaka-shi, Osaka pref., for CA. We have carried out the study on the environmental movement and distribution of natural radioactive nuclides containing radon and decay nuclides, and reported these results on following;

(1) Radon measurements have been carried using cup typed radon and thoron monitors which are easy handling in spite of need of long sampling period, pico-rad method by active charcoal sampling and Pilon scintillation-cell with 300ml volume by grab sampling. Accumulated radon monitors have been used cellulose nitrate (LR-115 type II, Kodak Co.) as solid state track detector. Among these characteristics of radon monitors, though minimum detectable limit of cup method for 3 months sampling is higher than those by the other method, it is able to measure mean Rn-222 concentration for 3 months. Rn-222 concentration by pico-rad method is able to get briefly mean concentration for 24 hours, is small detector and many sample are measured at the same time to be available on draw of the concentration distribution map.

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

** Kinki University Atomic Energy Research Institute

(2) Mean Rn-222 concentrations in air on every districts at Misasa spa environs measured for five years until December 1999 were fluctuated largely $ND \sim 150 \text{ Bq/m}^3$ outdoor and $8 \sim 194 \text{ Bq/m}^3$ indoor, the latter generally are higher than those outdoor and these ratio were fluctuated ranged 1.1~2.3. On the results measured on Misasa spa environs, Rn-222 concentrations on Misasa district, Asahi district along Takeda stream located southward from Misasa spa district, and Takeda district along Tenjin stream are high, on Osika district and Mitoku district (up the Takeda stream) located east-southward from Misasa spa district are low level. On comparison of Rn-222 concentration on geological map, it turned out that Rn-222 concentrations on Misasa district, Asahi district and Takeda district geologically formed from granite strata are high, and those on Osika district and Mitoku district formed from volcanic rocks (Andesite and Basalt) are low level. Indoor and outdoor Rn-222 concentrations in air on granite strata layers are 2-3 times higher than those of volcanic rock. Rn-222 concentration in air was influenced by the strata of the area.

(3) On the results of variations in time-course of indoor Rn-222 concentrations in air at Misasa spa district and Kawanishi district, the concentration on summer is low level and that on winter is high. As people live at open-door situation on summer and on rain season, Rn-222 concentration in air are dilute with outdoor air of low concentration. Indoor Rn-222 concentrations at Higashi-osaka district are high in summer and low level in winter. The life situation of air ventilation and conditioning are more influenced than variation on area condition. It was shown that outdoor concentrations variation in time course at three districts are low level on summer and are high on winter. Result on Higashi-osaka faced the Pacific is similar with literature. But as Kawanishi and Misasa are continental districts and have a similar tendency with the Pacific side.

(4) Rn-222 concentration in Tansan spring among spa waters at Arima spa area, Hyogo prefecture, is a little high level, those of the other spring sources are comparatively low level. Outdoor Rn-222 concentrations in air are a little higher than the control area, though samples are a few numbers.

(5) At the summer 1999 investigation on Masutomi spa area, Koma-gun, Yamanashi pref., indoor Rn-222 concentrations by pico-rad method were fluctuated $17 \sim 300 \text{ Bq/m}^3$, $13 \sim 136 \text{ Bq/m}^3$ outdoor and are about ten times higher than the mean values on Higashi-osaka as control area. By the Scinti-cell method, Rn-222 concentrations in air at the near and the surface of spring source are ranged largely $67 \sim 13000 \text{ Bq/m}^3$ outdoor. Outdoor radiation dose rate at the near spring is $4.0 \mu\text{Gy/h}$, about 70 times higher than that at Higashi-osaka. As outdoor γ radiation dose rate at places with high Rn-222 concentration are tendency to be high, γ radiation dose are under the influence of Rn-222 concentration in air.

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 増富温泉	3
2.1.3 有馬温泉およびその他	3
2.2 ラドン濃度測定法	3
2.2.1 ピコラド法	3
2.2.2 カップ法	8
2.2.3 シンチセル法	8
2.3 土壌中の γ 線核種分析	8
3. 結果と考察	12
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	12
3.1.1 空気中ラドン濃度	12
3.1.2 鳥取・三朝周辺地域における水中ラドン濃度	19
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	19
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 有馬温泉などその他温泉における空気中および水中ラドン濃度	25
3.2.1 有馬温泉におけるラドン濃度	25
3.2.2 兵庫県川西市におけるラドン濃度	25
3.3 東大阪における空気中ラドン濃度	33
3.3.1 ピコラド法による空気中ラドン濃度	33
3.3.2 シンチセル法による瞬時空気中ラドン濃度	33
3.4 増富温泉における空気中ラドン濃度	33
3.4.1 シンチセル法による瞬時空気中ラドン濃度	33
3.4.2 ピコラド法によるラドン濃度	38
3.4.2.1 空気中ラドン濃度	38
3.4.2.2 屋内・屋外のラドン濃度比較	44
3.4.2.3 津金楼周辺のラドン濃度	46
3.4.2.4 増富温泉水中のラドン濃度	46
3.4.2.5 空間線量率と空気中ラドン濃度との関係	46
3.4.3 シンチセル法による空気中ラドン濃度との比較	51
3.5 ラドン濃度の経時変動	51
3.5.1 東大阪市のラドン濃度の経時変動	51
3.5.2 三朝温泉地域のラドン濃度の経時変動	51
3.5.3 兵庫県川西市のラドン濃度の経時変動	56
3.6 土壌等の γ 線核種分析	56
3.6.1 増富温泉地域における土壌中の γ 線核種分析	56
3.6.2 地域毎による γ 線核種分析結果の比較	59
3.6.3 増富温泉水の γ 線核種分析	61
4. まとめ	61
5. 参考文献	64
別添図	65

1. はじめに

UNSCEAR 1988, 1993 年国連科学委員会報告書によると、自然に存在する放射線源の一つであるラドン (Rn-222) とその短寿命崩壊生成核種の吸入による内部被ばく線量は、世界の平均的な値として、自然放射線源から受ける年間被ばく線量当量、2.4mSv の約半分を占める。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¹⁾。また、わが国では各地の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する関心が高まり、放射線の影響を把握する上で、それらの施設周辺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、ICRP 90 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。

環境中にはカリウム-40 をはじめウラン系列、トリウム系列などの自然放射性核種が広く分布しているが、一様な分布はしていないことから大地よりの環境 γ 線として、またラドンの発生源として種々の形態で生活環境に関与し大きく変動している。地殻を構成する岩石は火成岩、堆積岩、変成岩で、堆積岩は地表に露出している火成岩などが風化作用などのために分解し堆積して出来た岩石で、変成岩は火成岩、堆積岩が変成作用により変わった岩石である。火成岩は花崗岩、玄武岩、火山岩で、花崗岩は大陸を構成する代表的な岩石で、海洋底を構成する代表的なものとしては玄武岩がある。ウラン、トリウムおよびカリウムの濃度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¹⁾。

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。これら天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、近年の住宅構造の気密化など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、益々問題となっている。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^{2~7)}。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、Packard 社製ピコラド検出器を 24 時間開放してラドンを捕

集した後、液体シンチレーションスペクトロメータ (Tri-carb 2250CA) を用いて測定する⁸⁻¹⁰⁾方法により広く測定を継続して行い、更に、一挙に多くの試料数を処理し、測定するのに乳化シンチレータと試料水を直接混合して測定する直接方法も行われている^{11,12)}。

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、カップ法による測定を行っているが、今回はシンチセル法の測定結果を増やしているが、カップ法については検出特性の検討を実施し、長期間の平均濃度の測定および Rn-220 濃度の測定に向けて進めている。

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¹³⁻¹⁵⁾している文献は多い。自然放射線に対する理解を深め、花崗岩などの高自然放射線地域における Rn-222, Rn-220 および崩壊生成核種など自然放射性核種の挙動と分布を明らかにすることを目標に調査を行う。調査する地域としては、特に中国地方の花崗岩地域である鳥取県東伯郡三朝温泉地域、近畿地方で兵庫県神戸市有馬温泉、兵庫県川西市、関東地方では山梨県巨摩郡増富温泉など、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検討を行ったので、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^{13~15)}されていることから、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 に示した鳥取県東伯郡三朝温泉地域、兵庫県神戸市有馬温泉地域、兵庫県川西市および山梨県巨摩郡増富温泉等をラドン調査地域として選んだ。

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、1999 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、倉庫等で空气中ラドン濃度の測定を行った。

2.1.2 増富温泉

増富温泉は山陰の池田鉱泉と同様、関東地方でのラジウム鉱泉として日本でも有数の放射能泉であるため、本年度は Fig.3 に示した測定場所で温泉水および空气中ラドン濃度の測定を行った。

2.1.3 有馬温泉およびその他

有馬温泉は兵庫県神戸市の北部に位置し、本年度は Fig.4 に示した2 箇所の旅館について空气中ラドン濃度および温泉水を採取し測定を行い、有馬温泉の東側数十 km の兵庫県川西市についても測定を実施した。

2.2 ラドン濃度測定法

2.2.1 ピコラド法

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

(1) 空气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 1 m 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 1 m 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

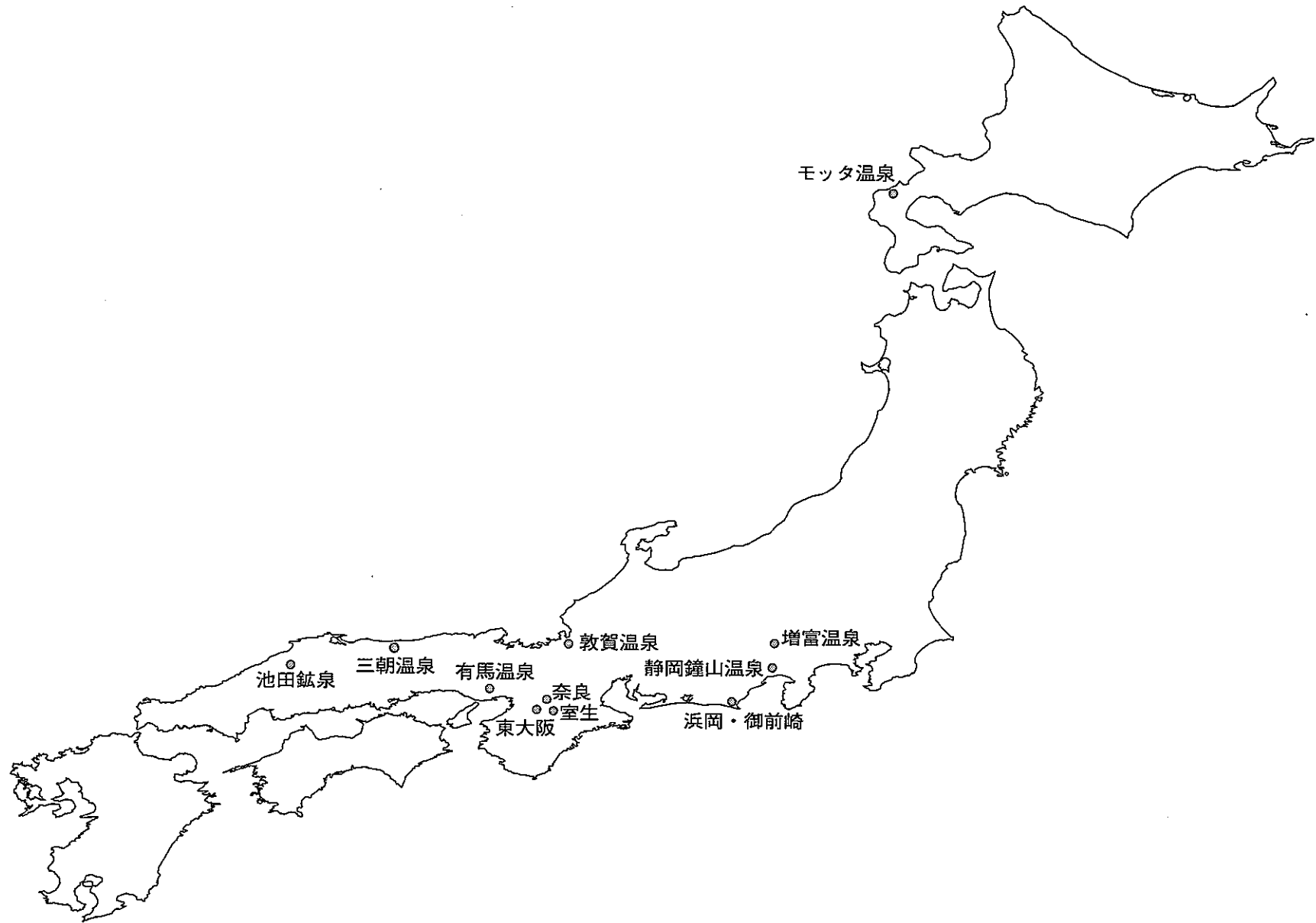


Fig. 1 高自然放射線地域など環境放射能測定地域

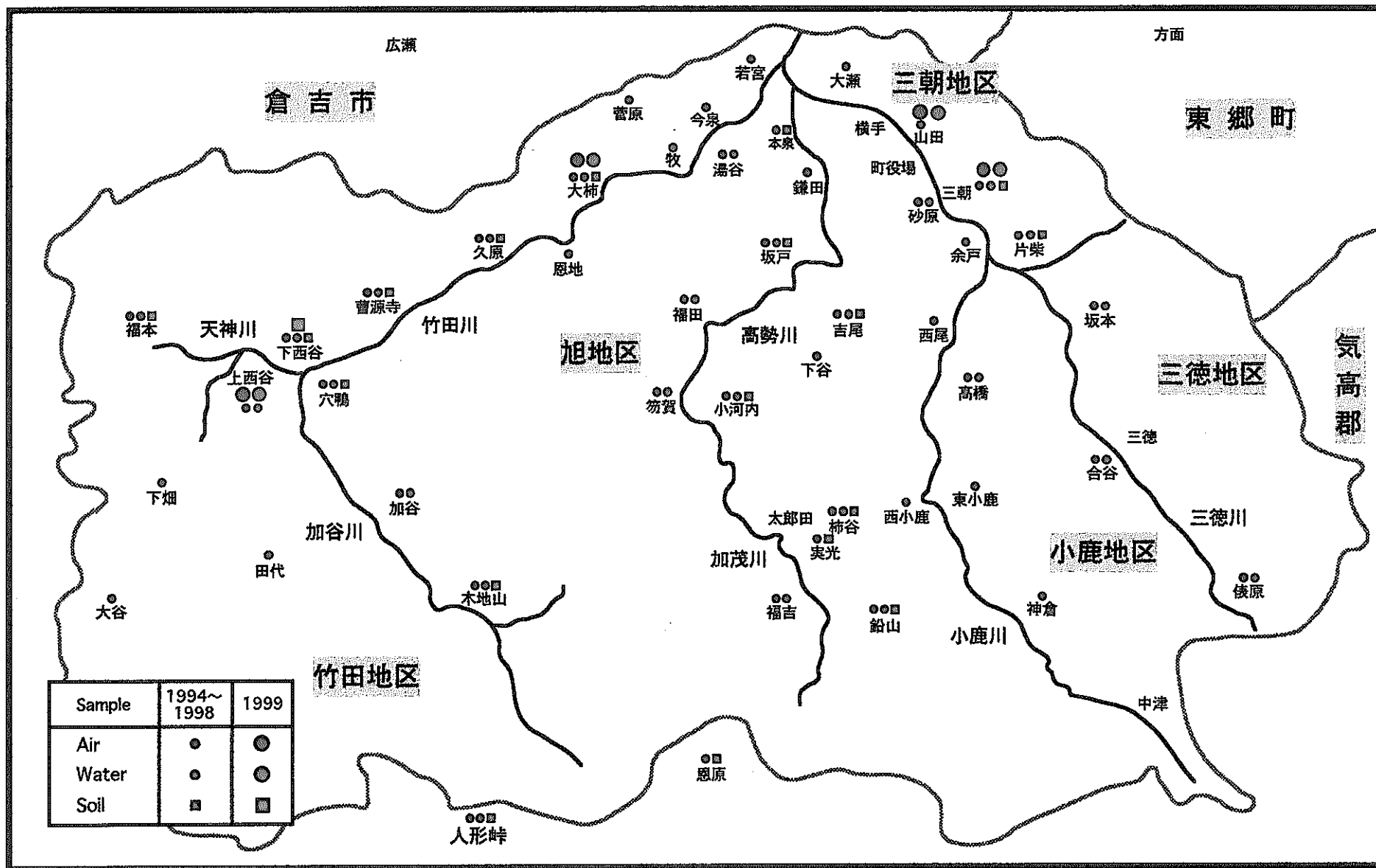


Fig. 2 鳥取県三朝周辺地域におけるサンプリング地点

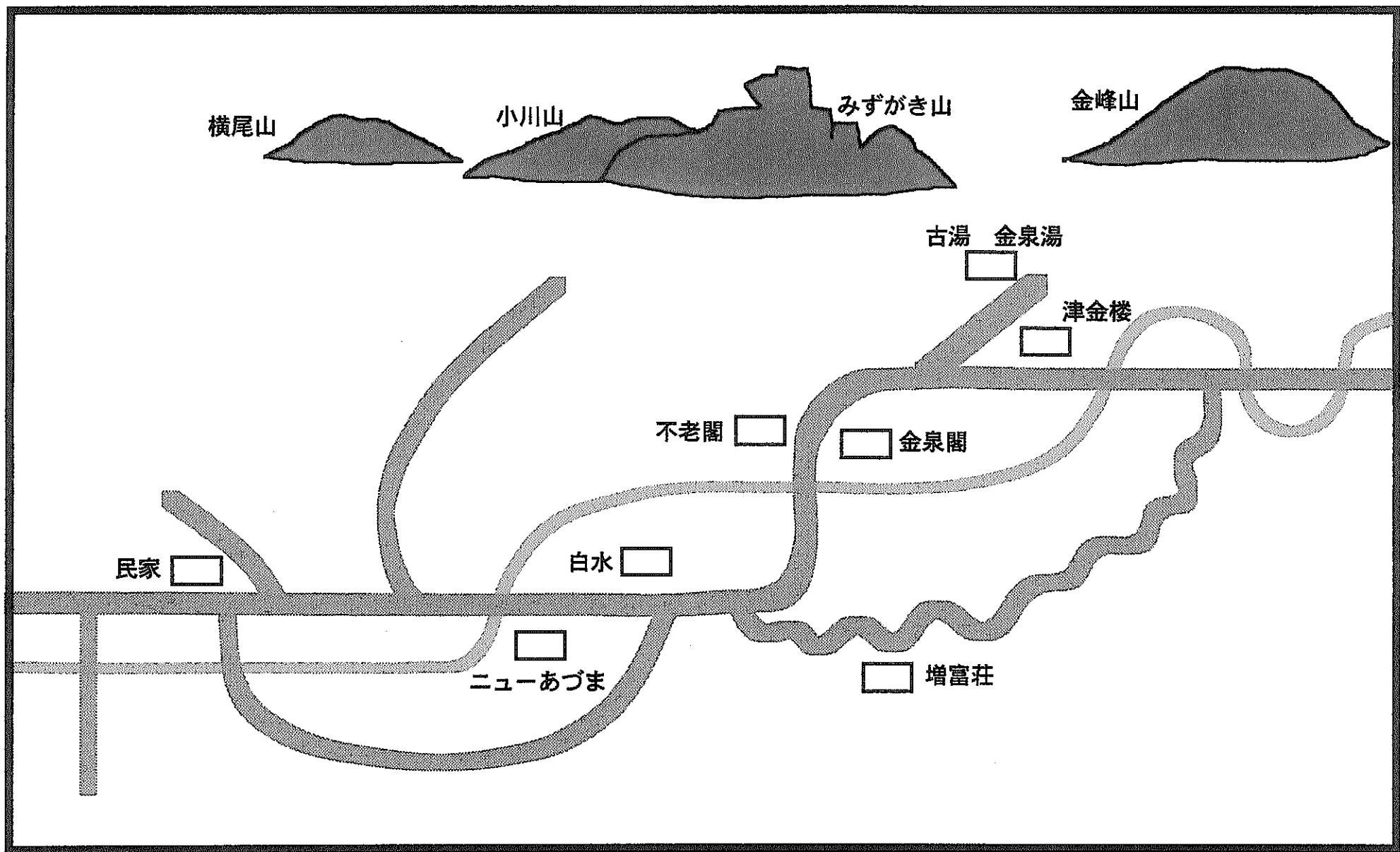


Fig. 3 山梨県増富温泉地域におけるサンプリング地点

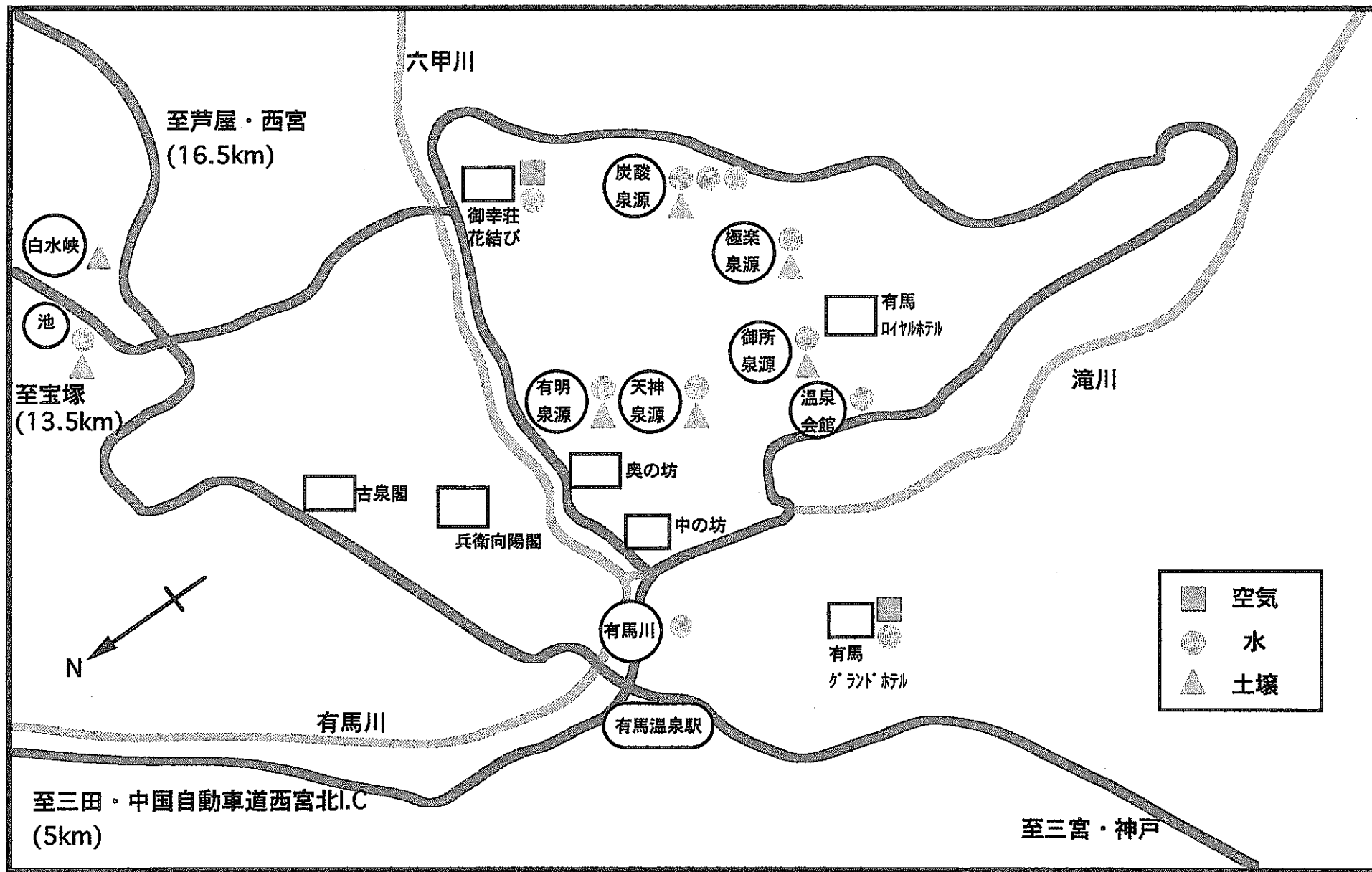


Fig. 4 有馬温泉における測定場所

間振とうあるいは2分間逆さにし、シンチレータ中に抽出した後持ちかえり、パッカー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。

2.2.2 カップ法

名古屋大学の開発したカップ式ラドンモニタ (Fig.6) としてラドン・トロン用カップおよびラドン用カップの1対を用いて実施する。固体飛跡検出用硝酸セルロースフィルム (LR-115, Type II) を装着し、3ヶ月間照射し生じた α 線飛跡を Fig.7 に示した測定法によりラドン濃度を測定する。飛跡を 2.5N カセイソーダ溶液により 60℃ 160 分間エッチング後アルコール (1 : 1) で洗浄乾燥して光学顕微鏡で検鏡し、画像処理ソフト「マックスコープ」によりフィルム1枚につき 30 視野についてエッチピットを計数し、標準濃度により求めた換算係数をもとにラドン濃度を計算し期間の補正を行い、トロン濃度はラドン・トロン用飛跡フィルム上のピット数よりラドン用飛跡フィルム上のピット数を差引き、換算係数により補正しトロン濃度とする。

2.2.3 シンチセル法

予め真空にし BG を測定したパイロン製シンチセルラドンモニタ (Fig.8) により、セルを瞬時真空を解除し、空気を吸引するグラブサンプリングを現地で行い、 α 放射能をシンチレーション計数装置により測定し、ラドン濃度を計算する。測定は空気を吸引後、採取したラドンが崩壊し崩壊生成核種が平衡に達する 3.5 時間後に実施し、採取時にまで減衰補正後濃度に換算する。

2.3 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 100 g 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 でデータ処理を行い γ 線核種分析を実施した。

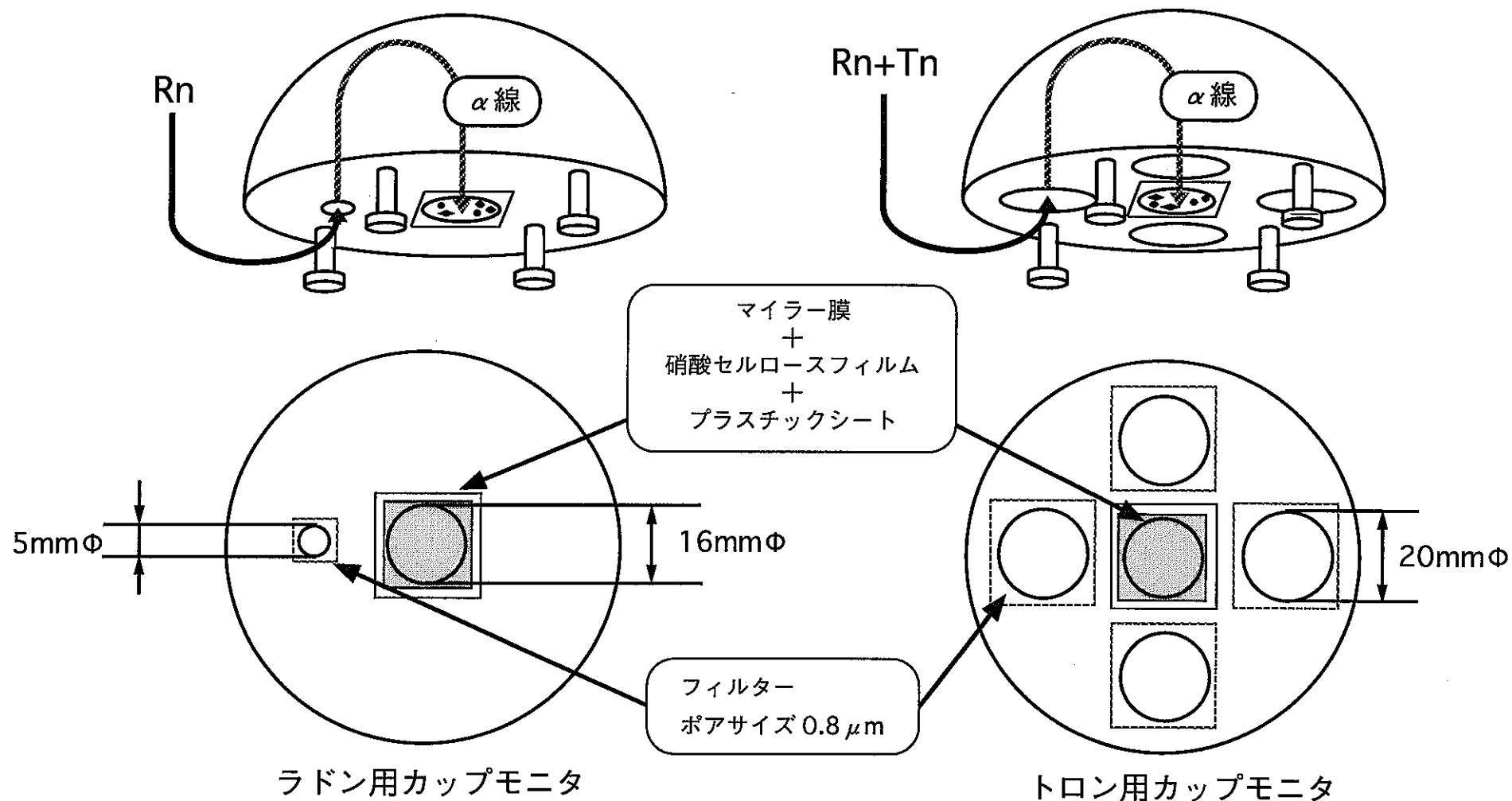


Fig. 6 カップ式ラドン・トロンモニタ詳細図

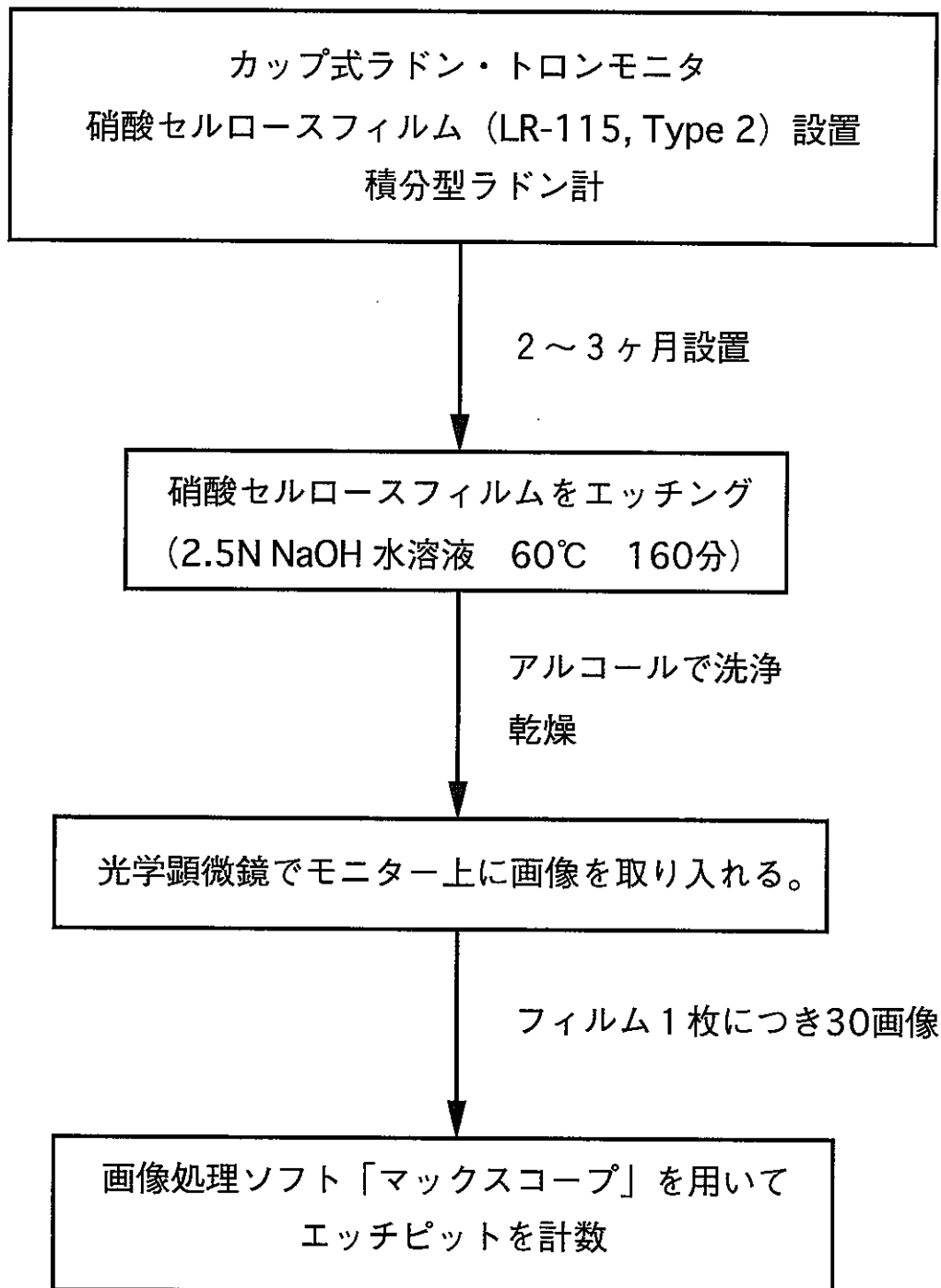


Fig. 7 カップ法によるラドン濃度測定法

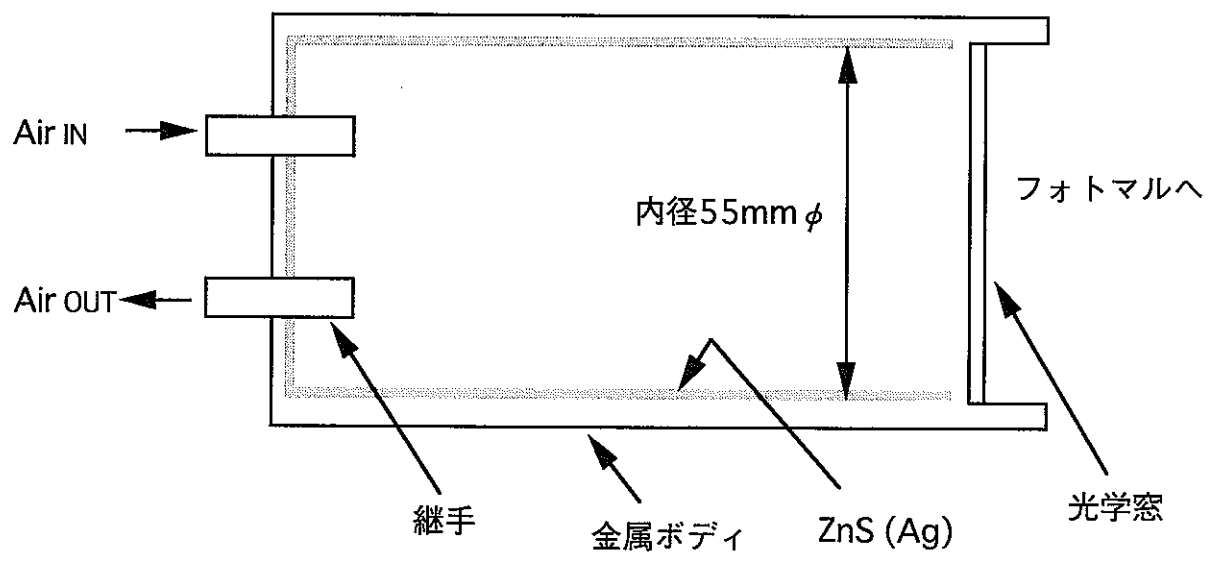


Fig. 8 シンチレーションルーカセル (Pylon製, Model 300 A)

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 空气中ラドン濃度

1999年11月に三朝周辺地域において、屋内外における空气中ラドン濃度の測定を行った。その結果をTable 1に示した。これによると、屋内ラドン濃度は28.6~49.4Bq/m³、屋外ラドン濃度は13.1~14.7Bq/m³の範囲で変動した。同じ時期の東大阪のラドン濃度を参考までに示したが、屋内ラドン濃度が12.5 Bq/m³で屋外ラドン濃度は6.7Bq/m³であった。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を地区ごとに屋内および屋外の平均濃度をTable 2, 3および棒グラフでFig. 9に、さらに地質図上に棒グラフで濃度分布を乗せ、Fig.10に示した。調査した6年間における地区の平均値を示しているが屋内濃度は8~194Bq/m³、屋外濃度はND~150Bq/m³と巾広く変動し、一般に屋内濃度が屋外濃度より高く、その比は1.1~2.3に変動している。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。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Table 4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

Table 1 三朝周辺地域における空气中ラドン濃度

(1999.11) (Bq/m³)

測定場所		ラドン濃度		屋内/屋外 比
		屋内	屋外	
三朝地区	山田	41.8 ± 0.8	13.1 ± 0.7	3.2
	〃	28.6 ± 0.8	14.7 ± 0.8	1.9
	〃	49.4 ± 1.0		
	平均	39.9 ± 10.5	13.9 ± 1.1	2.9
東大阪		12.5 ± 0.48	6.69 ± 0.4	1.9

Table 2 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	1996.11	1997.11	1998.11	1999.11	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 加谷川沿	本地山	44.4 ± 1.6	17.3	21.5	—	—	—	—	—	—	—	27.7 ± 14.6
	加 谷	33.3 ± 1.3	31.5	19.7	—	41.4 ± 2.9	—	—	—	—	—	41.6 ± 24.0
	—	—	—	—	—	82.2 ± 3.5	—	—	—	—	—	—
	穴 鶴	—	—	—	47.3 ± 1.7	—	—	—	—	—	—	69.0 ± 69.0
	—	—	—	—	90.0 ± 3.0	—	—	—	—	—	—	—
竹 田 天神川沿	田 代	37.0 ± 1.4	—	—	—	—	—	82.2 ± 3.5	—	—	—	53.5 ± 24.9
	—	—	—	—	—	—	—	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	—	74.1 ± 74.1
	—	—	—	109 ± 2.7	—	—	—	—	—	—	—	—
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
	俵 原	—	8.6	27.7	—	—	—	31.7 ± 2.3	—	—	—	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
旭 高勢川沿	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
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	福 田	—	—	—	—	—	—	—	57.7 ± 1.7	—	—	57.7
	鎌 田	14.8 ± 0.7	—	—	—	74.2 ± 3.0	—	—	—	—	—	44.5 ± 42.0
旭 竹田川沿	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
	鈴 山	—	—	—	—	—	—	—	—	20.1 ± 0.9	—	20.1
	吉 尾	—	—	—	—	—	14.1 ± 2.3	15.3 ± 2.5	—	—	—	14.7 ± 0.8
	福 吉	—	—	—	—	—	—	—	—	49.5 ± 1.1	—	49.5
	下西谷	85.1 ± 2.8	63.6	48.1	—	—	—	—	—	—	—	65.6 ± 18.6
三 朝	曹源寺	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 *	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 谷	—	—	—	43.3 ± 1.8	—	—	—	—	—	—	43.3
	湯 谷	—	—	—	38.6 ± 1.8	—	—	—	—	—	—	36.5 ± 3.0
三 朝	大 瀬	—	—	—	33.7 ± 1.4	43.3 ± 2.6	—	—	—	—	—	39.2 ± 5.0
	—	—	—	—	—	40.7 ± 2.5	—	—	—	—	—	—
	山 田	—	—	—	—	84.7 ± 3.1	—	59.2 ± 1.9	—	28.3 ± 1.0	45.6 ± 5.3 ^{*4}	52.4 ± 21.1
	—	—	—	—	—	44.2 ± 2.6	—	—	—	—	—	—
	横 手	—	—	—	—	37.8 ± 2.4	—	—	—	—	—	37.8
	三 朝	—	—	—	55.4 ± 3.5 ^{*2}	—	97.1 ± 33.0 ^{*3}	—	19.1 ± 1.5 ^{*3}	40.1 ± 0.4 ^{*3}	74.6 ± 28.0 ^{*3}	54.4 ± 25.4
岡 山 対照地区	人形峠	—	—	—	31.4 ± 2.9	—	—	11.8 ± 2.6	—	24.8 ± 0.7	—	22.7 ± 10.0
	東大阪	25.8	10.5	14.4	11.5	—	9.6 ± 2.9	—	—	—	—	14.4 ± 6.6

*1 (48~158) *2 n=11 *3 n=12 *4 n=3

Table 3 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	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 加谷川沿	木地山	33.3 ± 1.3	18.1	21.3	—	—	—	—	—	—	—	24.2 ± 8.0
	加 谷	37.0 ± 1.5	18.1	18.9	—	22.7 ± 2.5	—	—	—	—	—	32.4 ± 32.4
	—	—	—	—	—	65.1 ± 3.2	—	—	—	—	—	—
	穴 嶋	—	—	—	11.4 ± 1.5	—	—	—	—	—	—	23.4 ± 13.1
竹 田 天神川沿	—	—	—	—	21.3 ± 2.6	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	37.4 ± 3.1	—	—	—	—	—	—	—
	田 代	33.3 ± 1.4	—	—	—	—	—	65.1 ± 3.2	—	—	—	40.4 ± 22.1
	—	—	—	—	—	—	—	22.7 ± 2.5	—	—	—	—
	福 本	—	—	—	7.7 ± 2.5	—	—	—	—	—	—	12.6 ± 5.4
	—	—	—	12.6 ± 1.4	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	9.9 ± 2.7	—	—	—	—	—	—	—	—
上西谷	—	—	—	20.0 ± 3.0	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	59.4 ± 3.1	—	—	24.3 ± 1.8	25.6 ± 2.7	18.7 ± 1.4	39.5 ± 1.8	—	34.6 ± 15.0	
—	—	—	48.7 ± 3.0	—	—	—	25.9 ± 2.7	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	0.0 ± 1.7	—	—	—	—	0.0	
—	—	—	—	—	—	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	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30.7	
—	—	—	—	—	—	—	10.3 ± 2.3	14.2 ± 2.3	—	—	—	12.3 ± 2.8
旭 高勢川沿	福 田	—	—	—	—	—	—	—	28.9 ± 1.4	—	—	28.9
	鎌 賀	14.8 ± 0.6	—	—	—	57.7 ± 2.8	—	—	—	—	—	36.3 ± 30.3
	—	—	—	—	—	—	—	—	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
	鈴 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	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13.3 ± 0.9	13.3	
旭 竹田川沿	下西谷	62.9 ± 2.3	30.3	37.8	—	—	—	—	—	—	—	43.7 ± 17.1
	曹源寺	11.5	18.1	28.0	48.7 ± 3.3	—	—	—	—	—	—	26.7 ± 14.1
	—	—	—	27.0 ± 1.7	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	大 柿	17.4	149.6	49.8	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	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	29.3 ± 1.4	—	—	—	—	—	—	—	29.3
今 泉	12.2	—	—	17.6 ± 1.4	—	—	—	—	—	—	14.9 ± 3.8	
若 宮	—	—	—	29.0 ± 1.7	—	—	—	—	—	—	29.0	
恩 地	—	—	—	34.1 ± 1.8	—	—	—	—	—	—	34.1	
牧 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	—	—	—	—	—	36.4 ± 13.3
	—	—	—	—	—	43.8 ± 2.6	—	—	—	—	—	—
	山 田	—	—	—	—	53.4 ± 2.8	—	48.1 ± 1.6	—	17.5 ± 1.4	13.9 ± 1.2 ^{*4}	34.8 ± 18.0
	—	—	—	—	41.2 ± 2.5	—	—	—	—	—	—	—
	横 手	—	—	—	—	34.5 ± 2.4	—	—	—	—	—	34.5
	三 朝	—	—	—	35.6 ± 2.9 ^{*2}	—	31.5 ± 12.1	—	—	14.8 ± 1.4 ^{*3}	14.6 ± 0.5 ^{*3}	20.0 ± 9.0 ^{*3}
(役場)	—	—	—	—	—	—	—	19.2 ± 2.2 ^{*3}	18.9 ± 9.2 ^{*3}	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	16.9 ± 2.1	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	20.8 ± 9.9	—	—	—	
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	—	—	—	—	—	—	—
	霧頭発見の地	—	—	—	—	—	—	—	126 ± 4.1	224 ± 1.9	—	206 ± 72.3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	267 ± 2.1	—	—	
—	—	—	—	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	—	—	—	—	9.5 ± 5.3

*1 (30~69) *2 n=11 *3 n=12 *4 n=2

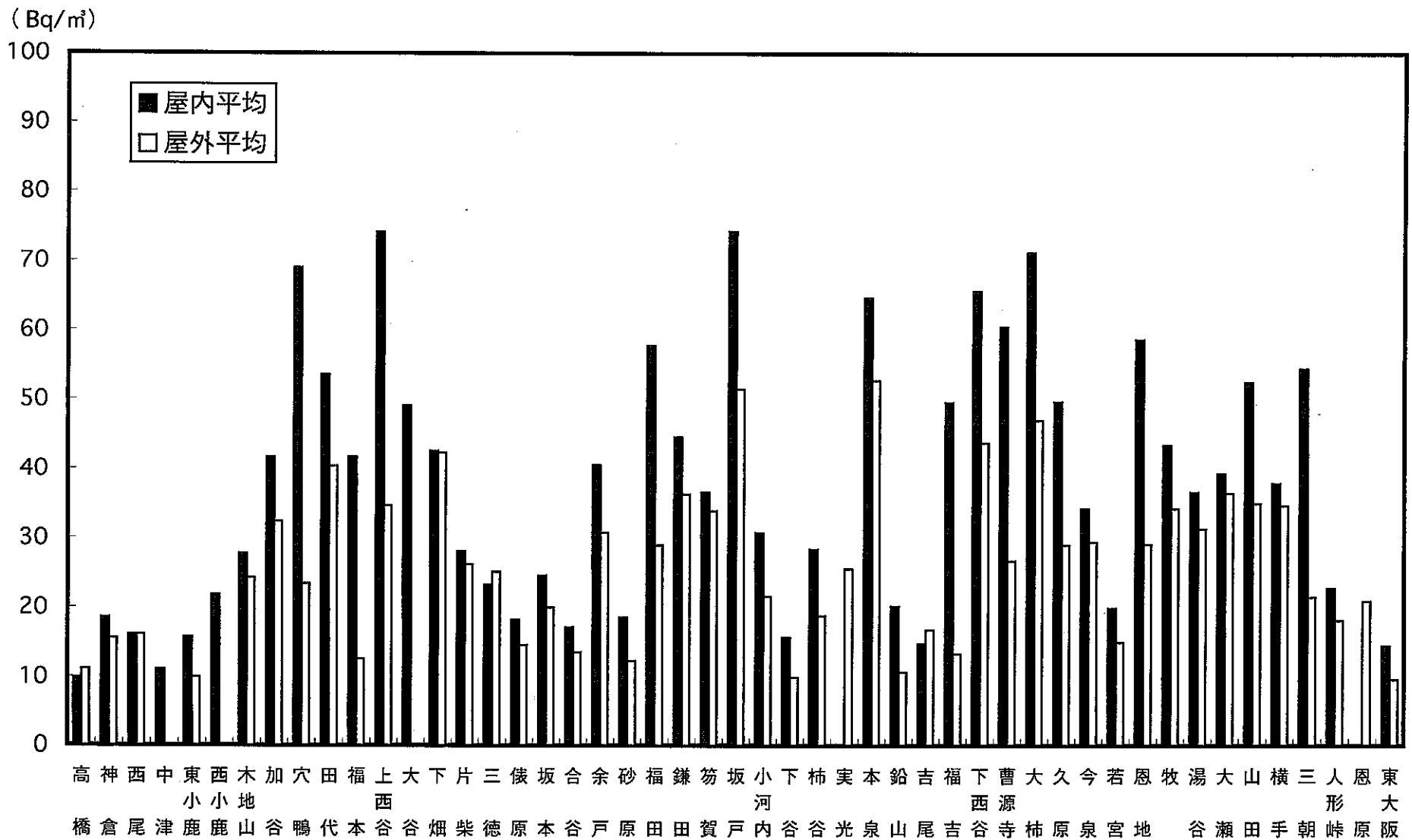


Fig. 9 三朝周辺地域における空气中ラドン濃度

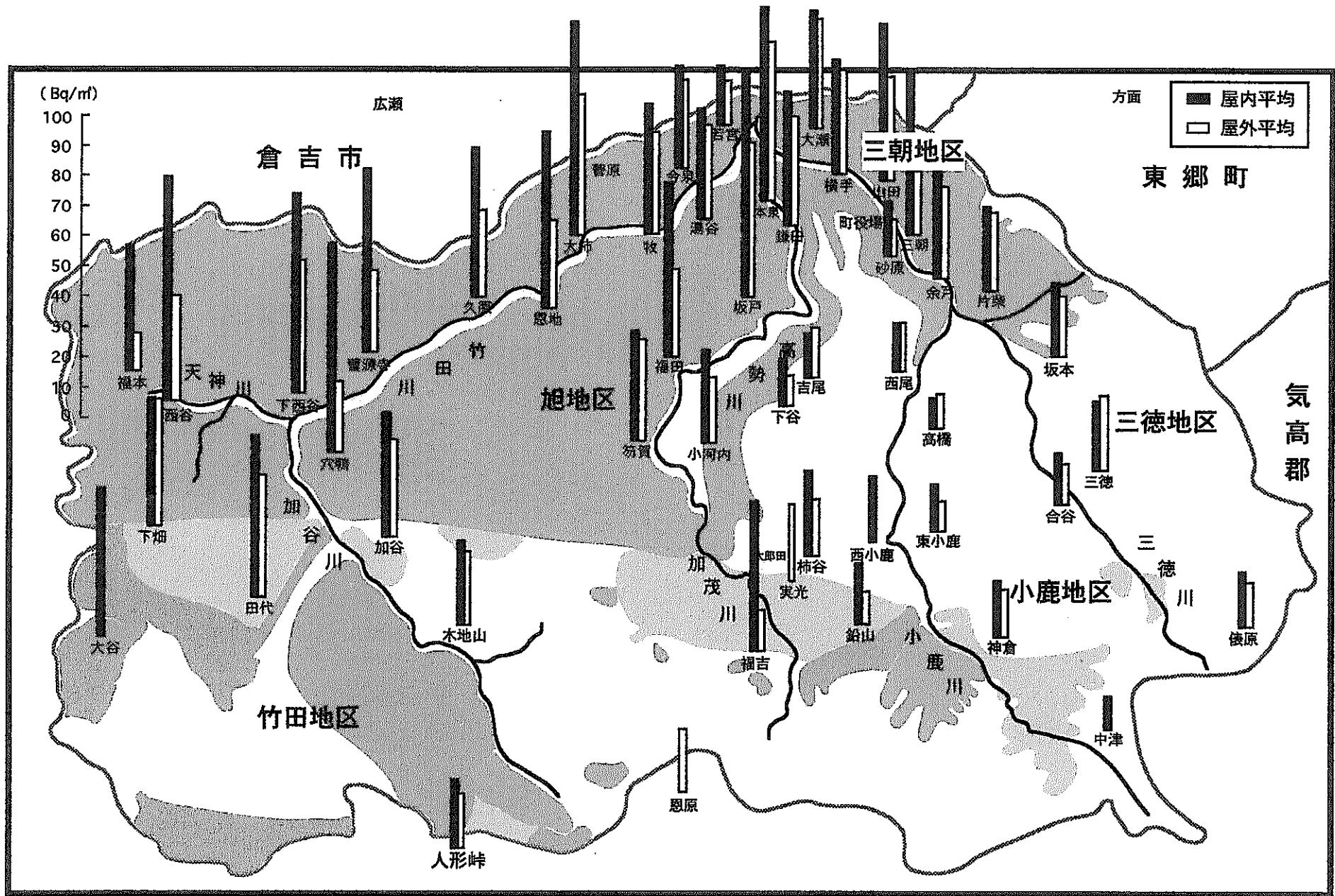


Fig. 10 三朝周辺地域における空气中ラドン濃度

- 細粒花崗岩類
- 小鴨花崗岩
- 人形仙型花崗岩
- 三軒屋 (奥津型) 花崗閃緑岩
- 第三紀及び火山岩類

Table 4 三朝地域における空气中 Rn-222 濃度の地層による影響

サンプリング地域	平均 Rn-222 濃度 (Bq/m ³)		屋内/屋外 比
	屋 内	屋 外	
小鴨花崗岩	15 ~ 194	7.7 ~ 150	1.5
(黒雲母花崗岩)	50.4 ± 17.7 *	32.8 ± 11.7 *	
人形仙型花崗岩	13 ~ 82	0 ~ 126	1.4
(角閃石黒雲母)	35.8 ± 12.5	26.1 ± 15.5	
火山岩	7.8 ~ 44	5.3 ~ 33	1.2
(流紋岩～安山岩)	20.2 ± 7.2	16.2 ± 5.6	
三朝層群	13 ~ 22	9.5 ~ 21	1.2
(玄武岩～流紋岩)	17.8 ± 1.1	15.1 ± 1.3	

* 標準偏差

高く、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1.2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

1999年11月に測定した三朝周辺地域の水中ラドン濃度は、Table 5, Fig.11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Table 6に示した。今年度に測定した結果は三朝町岡山大学医療風呂の温泉水で、最高値1002Bq/lを示した。今までの三朝地域の温泉水のラドン濃度は8～4802Bq/lに変動し、最高値はたばこや旅館で採取した温泉水であったが、源泉から直接温泉水を引いている旅館は水中ラドン濃度が高く、源泉の位置、採取時期など環境条件に依存してかなりの範囲に変動、ばらつきがあり、温泉の使用状況、温泉水の水道水などによる希釈などによっても変動するものと思われる。河川水中のラドン濃度は最高値でも11.1Bq/lで、三徳川の河川水の経時変化は1997年まで測定した結果1.7～21Bq/lと変動が少なかったが、今年度測定した値は 5.1 ± 0.4 Bq/lと変動内であった。三朝周辺地域の飲料水として使用している井戸水について、8.5～19.5Bq/lを示した。山水、湧水については湯源の湯が最高値369Bq/lを示した。

3.1.3 三朝温泉街における空气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、1999年12月までの5年間について測定した結果をTable 7, Fig.12に示した。三朝温泉街の浴室内のラドン濃度は33～274Bq/m³、平均値109Bq/m³、屋内では1階居間では31～170Bq/m³、平均値81Bq/m³、2階で19～110Bq/m³、平均値58Bq/m³、屋外では6.7～50Bq/m³、平均値23Bq/m³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涌出状況によっても非常に大きい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

Table 5 三朝周辺地域における水中ラドン濃度

(1999年11月)

試料	測定場所	水中ラドン濃度 (Bq/ℓ)
温泉水	三朝 (御船宅)	210.7 ± 1.10
	三朝 (岡山大)	1002.4 ± 5.00
	三朝 (湯株1)	210.5 ± 1.10
	三朝 (湯株2)	163.8 ± 0.90
	山田 (フアンナルみささ)	1.13 ± 0.30
	山田 (フアンナルみささ)	0.95 ± 0.30
	山田 (フアンナルみささ露天風呂)	240.7 ± 1.30
地下水 (湧水)	河原の湯 (1)	368.6 ± 1.90
	河原の湯 (2)	340.3 ± 1.80
川水	三朝 (下流)	5.14 ± 0.37
水道水 (井戸水)	三朝 (御船)	19.50 ± 0.40
	太郎田 (1)	9.65 ± 0.33
	太郎田 (2)	10.5 ± 0.34
	東小鹿	1.40 ± 0.31
	片柴	115.5 ± 0.70
	山田	8.50 ± 0.32

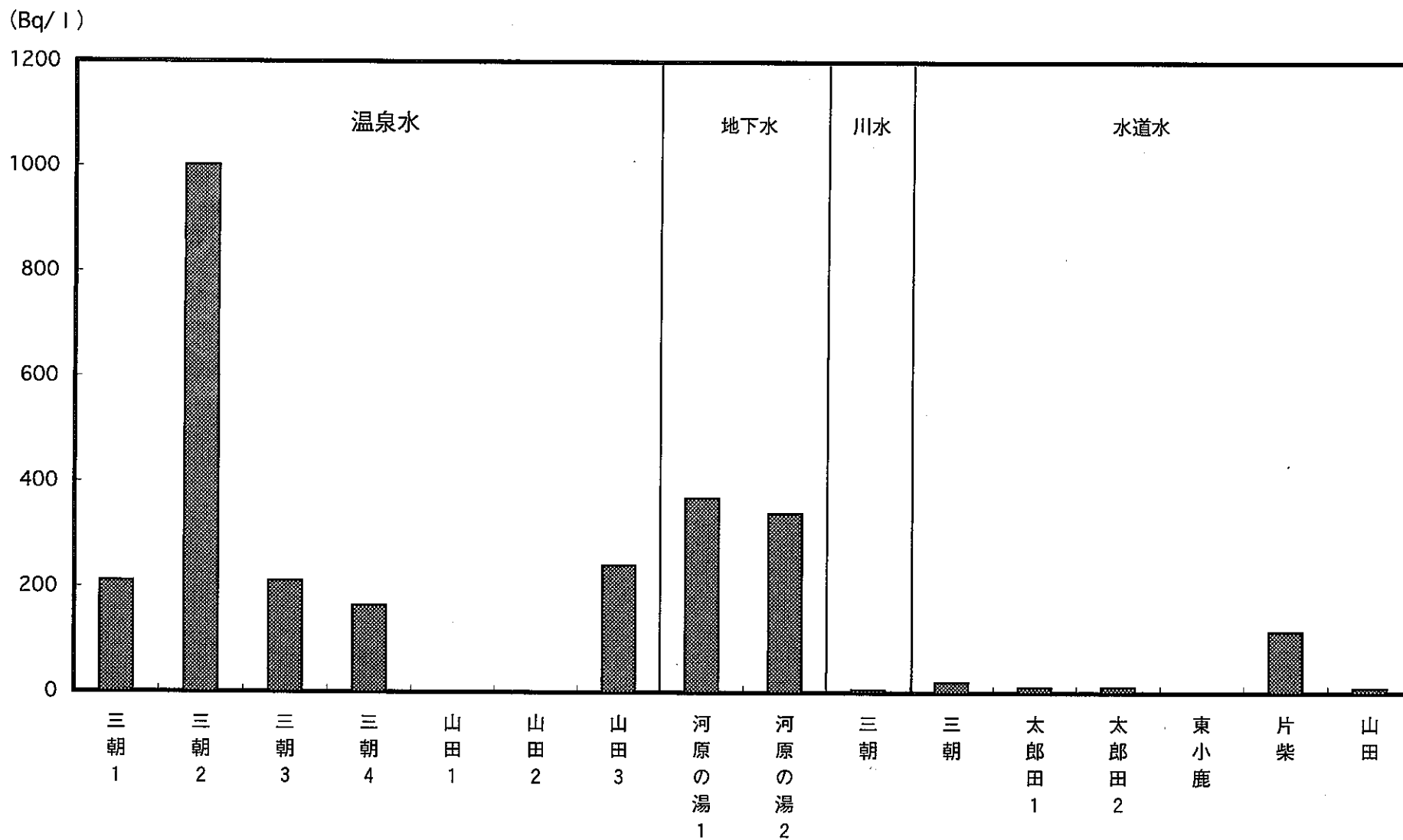


Fig. 11 三朝周辺地域における水中ラドン濃度

Table 6 水中ラドン濃度経時変化

		水中ラドン濃度(Bq/ℓ)									
		PICO-RAD 法									
測定年月		1990.11	1992.9	1993.9	1993.11	1994.10	1995.2	1996.11	1997.11	1998.11	1999.11
A	郡是寮	240.5 ± 2.9	2198.5 (泉源) 59.3 ± 0.3			63.2 ± 1.1					
B	たばこや旅館	1683.5 ± 7.6		4802.0 ± 21.6	323.5 ± 2.8	1066.0 ± 5.3					
C	岡大分室	888.0 ± 5.5	356.8 ± 2.9								1002.4 ± 5.0
D	岡大分院	444.0 ± 3.9	166.1 ± 1.8		96.9 ± 1.3	432.0 ± 2.8					
E	淀屋	209.5 ± 2.7	201.8 ± 2.0								
	中屋泉源									721.4 ± 2.7	
	中屋温泉水		49.6 ± 0.9	169.5 ± 3.2	7.8 ± 0.6	181.2 ± 1.8		265.3 ± 2.5	150.5 ± 1.9	54.5 ± 0.9	
	中屋水道水									20.8 ± 0.7	
	木屋		138.0 ± 1.7						118.3 ± 1.2		
	湯株										210.5 ± 1.1
	〃										163.8 ± 0.9
F	御船薬局	101.8 ± 2.0	49.4 ± 0.9			57.7 ± 1.1				159.9 ± 1.1	210.7 ± 1.1
	御船薬局 水道水									28.0 ± 0.7	19.5 ± 0.4
G	大橋旅館	198.0 ± 2.7	136.6 ± 1.6								
H	石湯	75.9 ± 1.7	49.6 ± 0.9	1218.0 ± 7.0	65.6 ± 1.1						
I	露天風呂	316.4 ± 3.3	379.2 ± 2.7								
	河原の湯										368.6 ± 1.9
	〃										340.3 ± 1.8
J	三徳川 (恋谷橋)	8.3 ± 0.9	5.0 ± 0.2		N D						5.14 ± 0.4
K	三徳川 (大橋旅館)	10.4 ± 0.9			3.9 ± 0.2			4.6 ± 0.7			
L	三徳川 (大瀬)	11.1 ± 0.9	6.0 ± 0.2		1.3 ± 0.2						
	賀茂川 (三朝中北)						2.3 ± 0.4				
	天神川 (下西谷)						N D			N D	
	加谷川 (穴鴉)						N D				
	天神川 (湯谷橋)						1.6 ± 0.3				

Table 7 三朝地域における空气中ラドン濃度の経時変化

測定年月	測定場所						(Bq/m)
	屋外	浴室	居間		屋内	人形峠 屋外 (動燃事業所脇)	
			1階	2階			
1992年11月	—	238.7 ± 6.1	162.8 ± 4.2	—	162.8	—	
1994年9月	41.3 ± 5.9	129.4 ± 3.3	98.5 ± 3.2	—	98.5	16.8 ± 1.7	
10月	—	192.4 ± 4.9	116.6 ± 3.0	—	116.6	16.3 ± 2.0(21,13,15)	
1995年6月	9.6 ± 1.4	60.7 ± 1.8	53.8 ± 1.7	42.6 ± 1.7	48.2 ± 8.0	5.6 ± 1.4	
7月	17.4 ± 1.2	57.0 ± 1.5	71.1 ± 1.6	—	71.1	20.2 ± 1.3	
8月	17.0 ± 0.4	57.2 ± 1.2	60.4 ± 1.2	25.6 ± 0.6	43.0 ± 24.6	18.4 ± 0.4	
9月	29.2 ± 1.7	48.3 ± 1.7	53.4 ± 1.8	43.3 ± 1.8	48.4 ± 7.2	35.6 ± 1.8	
10月	18.1 ± 3.0	51.7 ± 3.3	59.3 ± 3.3	37.8 ± 3.2	48.5 ± 15.1	18.3 ± 3.0	
11月	21.8 ± 1.0	106.7 ± 1.6	119.9 ± 1.7	105.9 ± 1.6	112.9 ± 9.9	58.9 ± 1.3	
1996年1月	49.8 ± 2.7	188.4 ± 4.3	120.7 ± 3.7	110.4 ± 3.5	115.6 ± 7.3	35.1 ± 2.5	
2月	39.2 ± 0.9	126.5 ± 1.2	76.8 ± 1.1	55.8 ± 1.0	66.3 ± 14.8	29.2 ± 0.9	
3月	14.3 ± 1.1	168.2 ± 2.0	103.7 ± 1.7	85.3 ± 1.6	94.5 ± 13.0	12.6 ± 1.2	
4月	34.4 ± 1.1	206.6 ± 1.8	170.0 ± 1.7	109.8 ± 1.5	139.9 ± 42.6	34.4 ± 1.1	
5月	21.3 ± 1.8	121.6 ± 2.8	69.2 ± 2.3	52.5 ± 2.2	60.9 ± 11.8	20.7 ± 1.8	
6月	39.6 ± 4.5	273.9 ± 4.8	99.4 ± 2.9	73.9 ± 2.4	86.7 ± 18.0	20.9 ± 1.7	
7月	12.3 ± 1.0	67.8 ± 1.3	52.8 ± 1.2	24.2 ± 1.1	38.5 ± 20.2	21.9 ± 1.1	
8月	39.6 ± 1.8	93.2 ± 2.3	87.5 ± 2.2	58.8 ± 2.0	73.2 ± 20.3	57.8 ± 2.0	
9月	31.7 ± 1.5	86.0 ± 1.9	71.7 ± 1.8	56.6 ± 1.7	64.2 ± 10.7	31.3 ± 1.6	
10月	25.5 ± 1.6	110.2 ± 2.3	80.8 ± 2.1	63.5 ± 2.0	72.2 ± 12.2	19.4 ± 1.6	
11月	24.3 ± 1.5	102.7 ± 2.2	91.9 ± 2.1	73.3 ± 2.0	82.6 ± 13.2	21.3 ± 1.5	
12月	46.1 ± 1.1	183.5 ± 1.7	140.6 ± 1.6	89.3 ± 1.4	115.0 ± 36.3	41.6 ± 1.2	
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	—	
1999年平均	20.0 ± 9.0	96.2 ± 26.8	87.5 ± 34.5	61.6 ± 25.3	74.6 ± 28.0	—	
変動	7.6 ~ 36.1	65.8 ~ 158	31.4 ~ 144	31.9 ~ 95.1	31.7 ~ 118	—	
全期間平均	22.7 ± 10.9	108.6 ± 51.1	81.9 ± 32.4	58.5 ± 23.8	72.1 ± 29.2	23.4 ± 13.2	
変動	6.7 ~ 49.8	33.2 ~ 274	30.7 ~ 170	24.2 ~ 110	29.7 ~ 163	5.6 ~ 58.9	

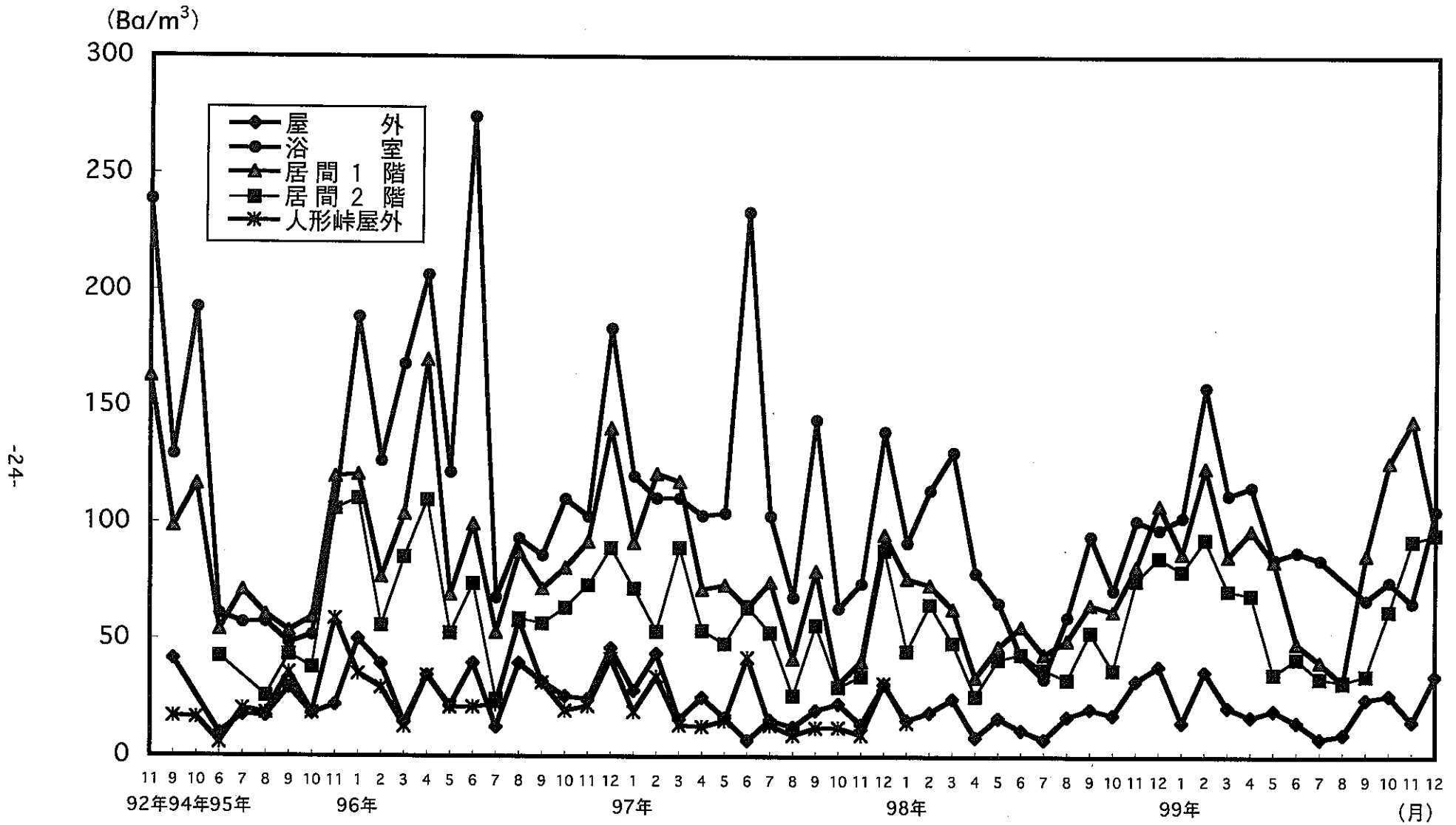


Fig. 12 三朝地域における空气中ラドン濃度の経時変化

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、暖気が上昇し、屋内ラドン濃度は高く、屋内/屋外濃度比は3.3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、2階は1階の0.8と低くなっている。1992年より1998年までに測定した結果を場所毎にFig.13, 14に、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。東大阪市における空気中濃度と比較すると屋内で約6～8倍、屋外で約5倍と高濃度であり、屋内/屋外比についても東大阪市で2.5、三朝地域では3.0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Table 8, Fig.15に示した。三朝温泉水は前述した民家に涌出している温泉水で、58～283Bq/l、平均値154 Bq/lに変動し、簡易水道水は15～43Bq/l、平均値30 Bq/lの範囲で、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井戸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。

3.2 有馬温泉などその他温泉における空気中および水中ラドン濃度

3.2.1 有馬温泉におけるラドン濃度

Table 9に有馬温泉など温泉地における温泉水中および空気中のラドン濃度を示した。空気中ラドン濃度は試料数が少ないが屋内において10～60Bq/m³で比較的低いレベルであった。屋外ラドン濃度は有馬温泉では37～38Bq/m³と比較的高く、その他は数Bq/m³と低く、水中のラドン濃度は今回の測定点においては検出限界以下であった。有馬温泉については水、空気中ラドン濃度は低レベルであるが屋外において高い所があることが分かった。

3.2.2 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Table 10 および Fig.16 に示した。ここは近くに平野鉦泉が湧水し三ツ矢サイダーの泉源の近くで同一水脈にあると思われる。経時変化では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～

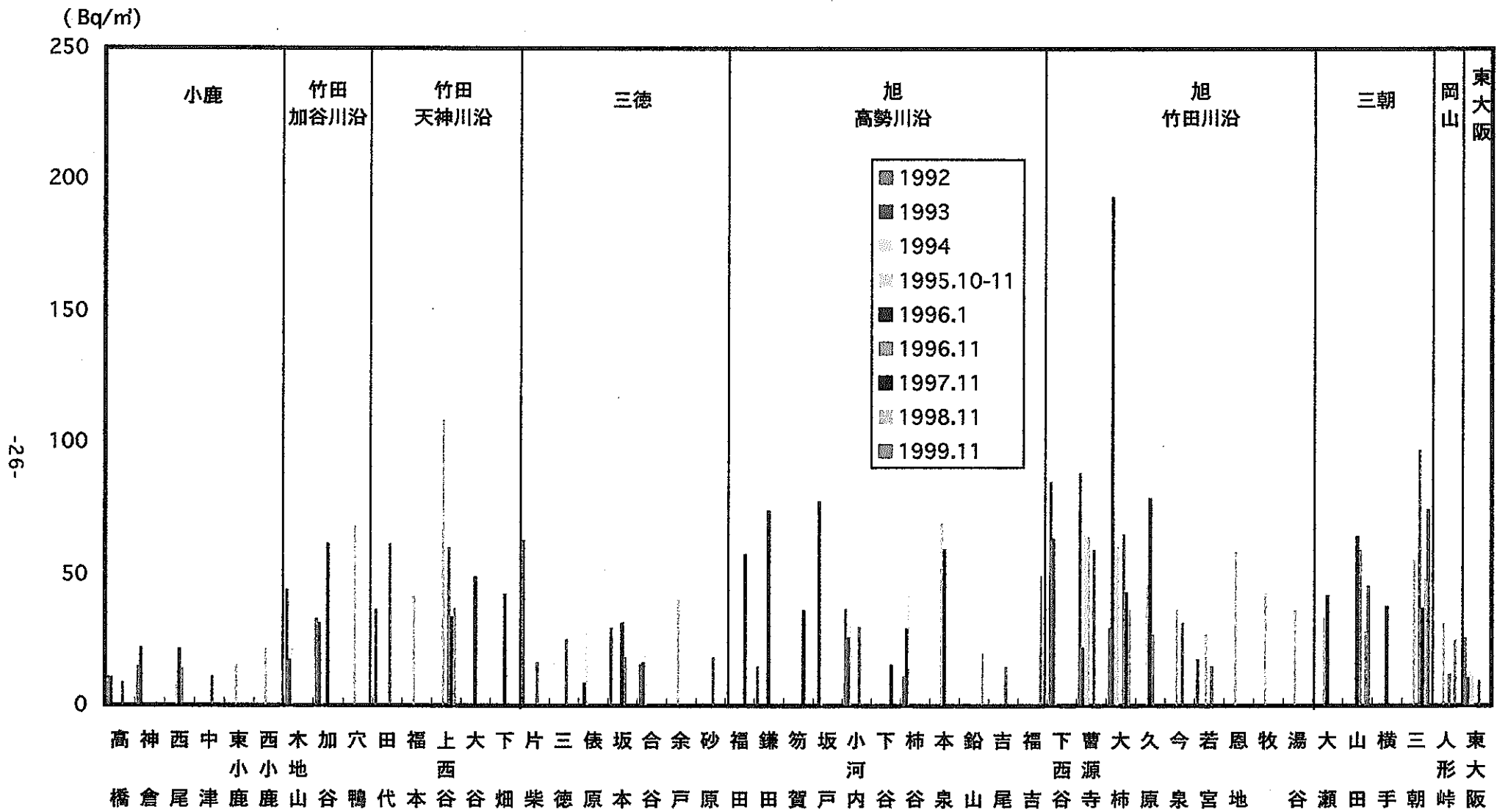


Fig. 13 三朝周辺地域屋内ラドン濃度

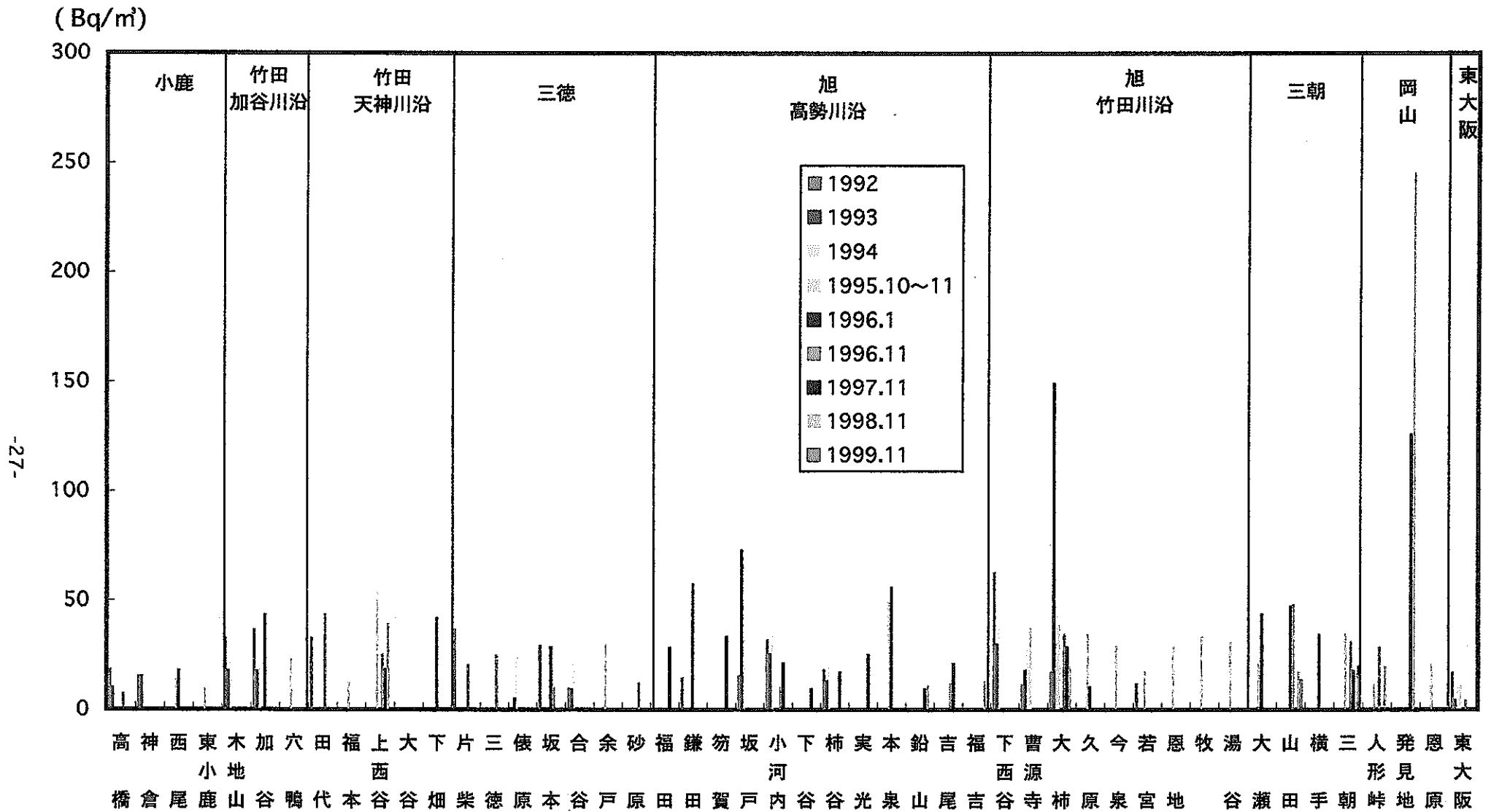


Fig. 14 三朝周辺地域屋外ラドン濃度

Table 8 三朝地域における水中ラドン濃度の経時変化

(Bq/ℓ)

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	
1989年 11月	—	—	—	—	7.6 ± 0.5	—	95.9 ± 1.0	—
1990年 1月	—	—	—	—	11.1 ± 0.5	—	101.8 ± 1.0	—
1994年 9月	—	—	—	—	7.5 ± 0.5	—	57.7 ± 1.9	—
1995年 2月	—	—	—	—	3.9 ± 0.3	—	—	—
4月	12.7 ± 0.2	—	—	—	—	—	—	—
5月	15.1 ± 0.3	—	—	—	—	—	—	—
6月	12.8 ± 0.3	—	14.8 ± 0.6	—	7.8 ± 0.5	—	100.3 ± 1.0	—
7月	13.8 ± 0.4	—	31.7 ± 0.7	—	2.3 ± 0.5	—	161.1 ± 1.0	—
8月	11.7 ± 0.2	—	29.8 ± 0.4	—	10.9 ± 0.3	—	104.9 ± 0.6	—
9月	—	—	18.8 ± 0.5	—	10.0 ± 0.5	—	91.5 ± 0.8	—
10月	12.0 ± 0.5	—	33.2 ± 1.0	—	4.0 ± 0.8	—	130.5 ± 1.2	—
11月	10.7 ± 0.6	—	33.6 ± 0.5	—	7.6 ± 0.3	—	122.7 ± 0.8	—
1996年 1月	18.1 ± 0.7	—	23.8 ± 1.0	—	4.4 ± 0.8	—	126.7 ± 1.9	—
2月	19.2 ± 0.3	—	24.2 ± 0.4	—	5.4 ± 0.3	—	150.6 ± 0.8	—
3月	—	—	24.2 ± 0.5	—	3.0 ± 0.3	—	181.4 ± 1.1	—
4月	—	—	20.9 ± 0.4	—	4.0 ± 0.3	—	148.4 ± 0.9	—
5月	11.5 ± 0.6	—	38.6 ± 1.1	—	21.2 ± 1.2	—	133.9 ± 1.5	—
6月	14.1 ± 0.6	—	21.5 ± 0.7	—	5.3 ± 0.5	—	164.0 ± 1.5	—
7月	4.1 ± 0.5	—	31.1 ± 0.5	—	7.1 ± 0.4	—	145.7 ± 1.3	—
8月	5.1 ± 0.4	—	34.2 ± 0.7	—	7.1 ± 0.5	—	162.4 ± 1.4	—
9月	—	—	22.5 ± 0.5	—	5.2 ± 0.4	—	141.4 ± 1.1	—
10月	1.6 ± 0.4	—	34.7 ± 0.8	—	1.7 ± 0.5	—	216.5 ± 1.7	—
11月	9.7 ± 0.4	—	33.4 ± 0.7	—	2.6 ± 0.2	—	132.4 ± 1.2	—
12月	6.7 ± 0.4	—	36.8 ± 0.5	—	5.0 ± 0.4	—	151.2 ± 0.9	—
1997年 1月	7.3 ± 0.3	—	32.1 ± 0.9	—	4.0 ± 0.6	—	149.2 ± 1.6	—
2月	7.6 ± 0.4	—	32.0 ± 0.4	—	5.6 ± 0.3	—	122.0 ± 0.7	—
3月	7.1 ± 0.3	—	38.0 ± 0.7	—	4.4 ± 0.2	—	159.2 ± 0.8	—
4月	8.2 ± 0.2	—	42.0 ± 0.5	—	5.1 ± 0.3	—	157.5 ± 1.0	—
5月	—	—	35.2 ± 0.4	—	5.4 ± 0.3	—	138.3 ± 0.8	—
6月	9.5 ± 0.4	—	32.7 ± 0.5	—	5.6 ± 0.3	—	198.1 ± 1.1	—
7月	8.3 ± 0.3	—	36.0 ± 0.5	—	4.6 ± 0.3	—	195.8 ± 1.1	—
8月	6.8 ± 0.3	—	33.7 ± 0.4	—	8.6 ± 0.3	—	190.0 ± 1.0	—
9月	8.3 ± 0.2	—	21.9 ± 0.5	—	5.9 ± 0.3	—	227.7 ± 1.2	—
10月	6.0 ± 0.5	—	36.5 ± 1.1	—	6.6 ± 0.8	—	60.1 ± 1.3	—
11月	6.2 ± 0.2	—	23.6 ± 1.1	—	4.6 ± 0.7	—	283.1 ± 2.9	—
12月	10.8 ± 0.6	—	43.2 ± 0.5	—	8.5 ± 0.3	—	178.8 ± 1.0	—
1998年 1月	6.4 ± 0.2	—	34.8 ± 0.6	—	6.8 ± 0.6	—	99.0 ± 0.9	—
2月	7.4 ± 0.6	—	22.4 ± 0.5	—	—	—	197.0 ± 1.1	—
3月	9.0 ± 0.4	—	35.6 ± 0.5	—	—	—	174.1 ± 1.0	—
4月	4.8 ± 0.1	—	31.4 ± 0.3	—	—	—	195.5 ± 1.0	—
5月	7.5 ± 0.4	—	36.5 ± 0.5	—	—	—	154.6 ± 0.9	—
6月	11.4 ± 0.5	—	30.7 ± 0.5	—	—	—	219.5 ± 1.2	—
7月	6.4 ± 0.4	—	23.0 ± 0.4	—	—	—	234.1 ± 1.2	—
8月	4.5 ± 0.3	—	31.9 ± 0.4	—	—	—	169.8 ± 0.9	—
9月	2.6 ± 0.2	—	24.7 ± 0.6	—	—	—	211.0 ± 1.3	—
10月	5.0 ± 0.5	—	33.5 ± 0.5	—	—	—	107.5 ± 0.7	—
11月	0.9 ± 0.2	—	28.0 ± 0.7	—	—	—	159.9 ± 1.1	—
12月	1.6 ± 0.2	—	20.0 ± 0.4	—	—	—	121.7 ± 0.7	—
1999年 1月	4.11 ± 0.20	—	32.95 ± 0.68	—	—	—	228.10 ± 1.29	—
2月	7.78 ± 0.40	—	33.29 ± 0.73	—	—	—	217.54 ± 1.42	—
3月	5.24 ± 0.23	—	29.40 ± 0.39	—	—	—	221.42 ± 1.16	—
4月	11.82 ± 0.26	—	20.19 ± 0.47	—	—	—	221.35 ± 1.20	—
5月	9.99 ± 0.34	—	16.71 ± 0.27	—	—	—	191.22 ± 0.99	—
6月	7.17 ± 0.46	—	23.30 ± 0.60	—	—	—	190.15 ± 1.36	—
7月	4.80 ± 0.20	—	32.58 ± 0.35	—	—	—	147.36 ± 0.78	—
8月	5.01 ± 0.26	—	26.82 ± 0.44	—	—	—	228.08 ± 1.21	—
9月	5.93 ± 0.24	—	31.60 ± 0.76	—	—	—	221.95 ± 1.32	—
10月	5.64 ± 0.22	—	32.49 ± 0.42	—	—	—	148.50 ± 0.82	—
11月	3.13 ± 0.23	—	29.81 ± 0.54	—	—	—	222.07 ± 1.22	—
12月	1.32 ± 0.24	—	34.44 ± 0.40	—	—	—	218.86 ± 1.15	—
1999年平均	6.0 ± 2.9	—	28.6 ± 5.7	—	—	—	204.7 ± 29.3	—
変動	1.3 ~ 11.8	—	16.7 ~ 34.4	—	—	—	147.4 ~ 228.1	—
全期間平均	7.9 ± 4.1	—	29.8 ± 6.5	—	6.3 ± 3.4	—	164.6 ± 48.0	—
変動	0.9 ~ 19.2	—	14.8 ~ 43.2	—	1.7 ~ 21.2	—	57.7 ~ 283.1	—

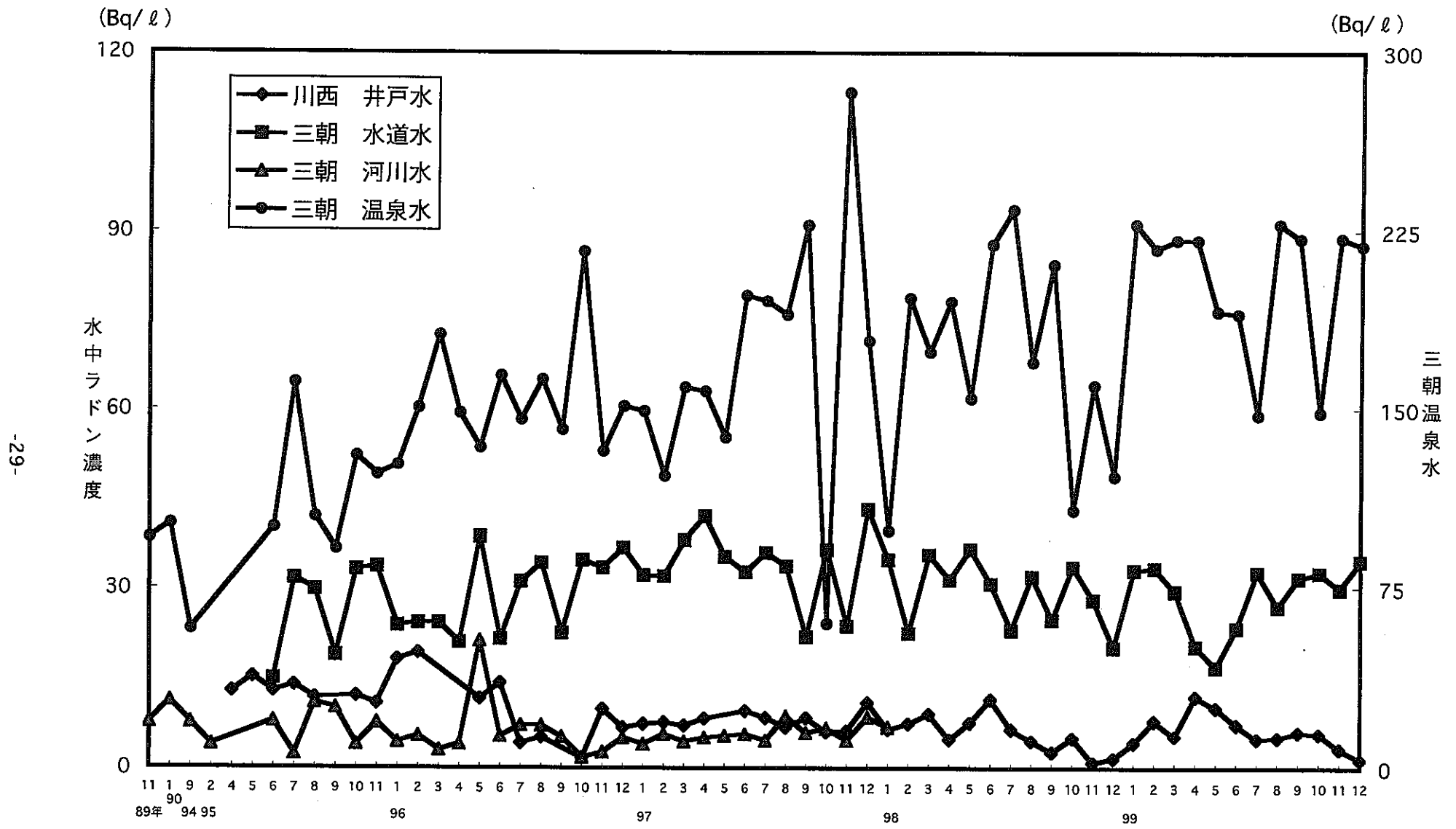


Fig. 15 鳥取・三朝地域および兵庫県・川西市における水中ラドン濃度の経時変化

Table 9 兵庫県有馬温泉など温泉地におけるラドン-222濃度

測定地			1998					1999			
			空気中 (Bq/m ³)				水中 (Bq/l)	空気中 (Bq/m ³)		水中 (Bq/l)	
			浴室	倉庫	屋内	屋外		屋内	屋外		
兵庫県	有馬温泉	花結びH	—	—	57.3 ± 0.9	36.5 ± 0.8	14.0 ± 0.4	59.5 ± 1.0	37.7 ± 1.0	—	
		グランドH	—	—	—	—	ND	19.2 ± 0.7	6.12 ± 0.62	—	
		金, 銀泉 (4)	—	—	—	—	2.73 ± 0.33	—	—	0.38~7.45(2.4)	
		天神泉源	—	—	—	—	2.02 ± 0.33	—	—	—	
		炭酸泉源	—	—	—	—	25.6 ± 0.49	—	—	—	
		炭酸泉源飲料水	—	—	—	—	24.8 ± 0.49	—	—	—	
		極楽泉源	—	—	—	—	1.06 ± 0.35	—	—	—	
		有明泉源	—	—	—	—	2.46 ± 0.37	—	—	—	
静岡県 (1999.7)	浜岡温泉	御前崎H湧水	—	—	—	—	—	—	ND(0.31)(n=2)		
山梨県 (1999.7)	富士五湖 鐘山温泉	鐘山苑	—	—	—	—	—	12.6 ± 0.9	3.5 ± 0.82	ND~2.2(0.70)	
			—	—	—	—	—	17.9 ± 1.0	—	(n=5)	
			—	—	—	—	—	10.4 ± 0.8	—	—	
			—	—	—	—	—	10~18(13.6)	—	—	

Table 10 東大阪近辺における空气中ラドン濃度の経時変化

測定年月	東 大 阪							川 西	
	地上13m	地上1m	地上0.5m	地上0.05m	屋 外	倉 庫	5F実験室	屋 内	屋 外
1995年 5月	4.3 ± 0.3	6.1 ± 0.3	—	6.3 ± 0.3	5.6 ± 1.1	250.4 ± 1.0	8.8 ± 0.3	22.4 ± 0.4	13.5 ± 0.4
6月	4.9 ± 0.3	0.3 ± 0.6	2.6 ± 0.7	2.8 ± 0.7	2.7 ± 1.9	268.5 ± 0.4	15.0 ± 0.7	15.9 ± 0.7	9.3 ± 0.6
7月	3.4 ± 0.5	10.3 ± 0.6	2.5 ± 0.6	3.2 ± 0.6	4.9 ± 3.6	223.0 ± 1.4	15.9 ± 0.7	8.8 ± 0.8	6.6 ± 0.8
8月	0.2 ± 0.6	1.6 ± 0.5	5.1 ± 0.4	3.4 ± 0.5	2.6 ± 2.1	141.0 ± 0.9	9.2 ± 0.3	16.4 ± 0.7	12.1 ± 0.6
9月	1.9 ± 0.4	3.5 ± 0.4	—	10.7 ± 0.5	5.4 ± 4.7	222.2 ± 1.2	6.0 ± 0.4	13.1 ± 0.6	12.3 ± 0.5
10月	3.9 ± 0.4	4.6 ± 0.3	5.9 ± 0.4	9.3 ± 0.5	5.9 ± 2.4	137.9 ± 0.9	7.3 ± 0.5	21.1 ± 0.9	14.5 ± 0.8
11月	5.2 ± 0.5	9.3 ± 0.6	11.3 ± 0.6	11.4 ± 0.6	9.3 ± 2.9	149.6 ± 1.1	—	—	—
1996年 1月	5.3 ± 0.7	7.7 ± 0.8	7.4 ± 0.7	10.0 ± 0.8	7.6 ± 1.9	310.0 ± 1.1	—	31.8 ± 1.3	20.5 ± 1.2
2月	1.6 ± 0.8	6.9 ± 0.6	7.7 ± 0.6	7.7 ± 0.5	6.0 ± 3.0	153.4 ± 1.2	4.9 ± 0.8	20.3 ± 0.5	13.2 ± 0.5
3月	2.0 ± 0.6	4.8 ± 0.6	4.3 ± 0.5	3.3 ± 0.6	3.6 ± 1.2	195.9 ± 1.3	6.4 ± 0.6	20.5 ± 0.7	9.5 ± 0.6
4月	3.9 ± 0.5	4.7 ± 0.5	5.8 ± 0.5	9.2 ± 0.5	5.9 ± 2.3	185.9 ± 1.2	12.8 ± 0.6	—	—
5月	2.7 ± 0.6	4.3 ± 0.6	4.2 ± 0.6	6.7 ± 0.6	4.5 ± 1.7	309.1 ± 2.1	8.0 ± 0.6	18.4 ± 0.8	9.9 ± 0.7
6月	1.3 ± 0.8	0.7 ± 0.8	0.9 ± 0.8	2.1 ± 0.8	1.3 ± 0.6	273.3 ± 2.1	10.0 ± 0.9	18.0 ± 1.4	12.4 ± 1.4
7月	7.7 ± 1.0	2.9 ± 1.0	1.1 ± 0.9	3.0 ± 0.9	3.7 ± 2.8	148.0 ± 2.0	10.9 ± 1.1	22.1 ± 1.1	16.0 ± 1.0
8月	4.8 ± 0.7	4.1 ± 0.7	4.7 ± 0.6	4.6 ± 0.6	4.6 ± 0.3	240.7 ± 1.8	12.7 ± 0.7	20.1 ± 0.8	15.9 ± 0.8
9月	7.0 ± 0.8	2.9 ± 0.7	3.0 ± 0.7	2.7 ± 0.7	3.9 ± 2.1	334.3 ± 2.3	8.8 ± 0.8	28.2 ± 0.6	8.6 ± 0.5
10月	4.8 ± 0.7	4.3 ± 0.7	5.4 ± 0.7	6.4 ± 0.7	5.2 ± 0.9	160.6 ± 1.6	13.7 ± 0.8	22.0 ± 0.9	16.5 ± 0.8
11月	7.5 ± 0.9	6.2 ± 0.8	6.7 ± 0.8	5.8 ± 0.8	6.5 ± 0.7	231.1 ± 2.1	10.4 ± 0.9	20.1 ± 0.8	14.1 ± 0.7
12月	2.4 ± 0.6	2.0 ± 0.6	1.0 ± 0.6	0.5 ± 0.5	1.5 ± 0.9	107.5 ± 1.1	6.9 ± 0.6	18.1 ± 0.6	9.7 ± 0.6
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
1999年平均	4.3 ± 2.7	3.9 ± 3.1	3.6 ± 2.5	6.0 ± 3.4	4.5 ± 2.7	181.7 ± 77.1	9.6 ± 4.6	15.7 ± 6.5	11.7 ± 6.3
変 動	1.3 ~ 9.3	0.0 ~ 10.0	0.0 ~ 9.1	1.2 ~ 10.9	1.4 ~ 8.9	83 ~ 314	0.0 ~ 17.7	4.9 ~ 30.3	1.9 ~ 26.3
全期間平均	4.5 ± 2.7	4.7 ± 2.7	4.6 ± 2.7	5.4 ± 3.1	4.8 ± 2.3	208.3 ± 68.1	10.3 ± 3.5	16.7 ± 5.8	11.6 ± 5.6
変 動	0.2 ~ 13.7	0.0 ~ 10.3	0.0 ~ 11.3	0.4 ~ 11.4	0.8 ~ 9.6	83 ~ 360	0.0 ~ 17.7	4.9 ~ 31.8	1.7 ~ 29.9

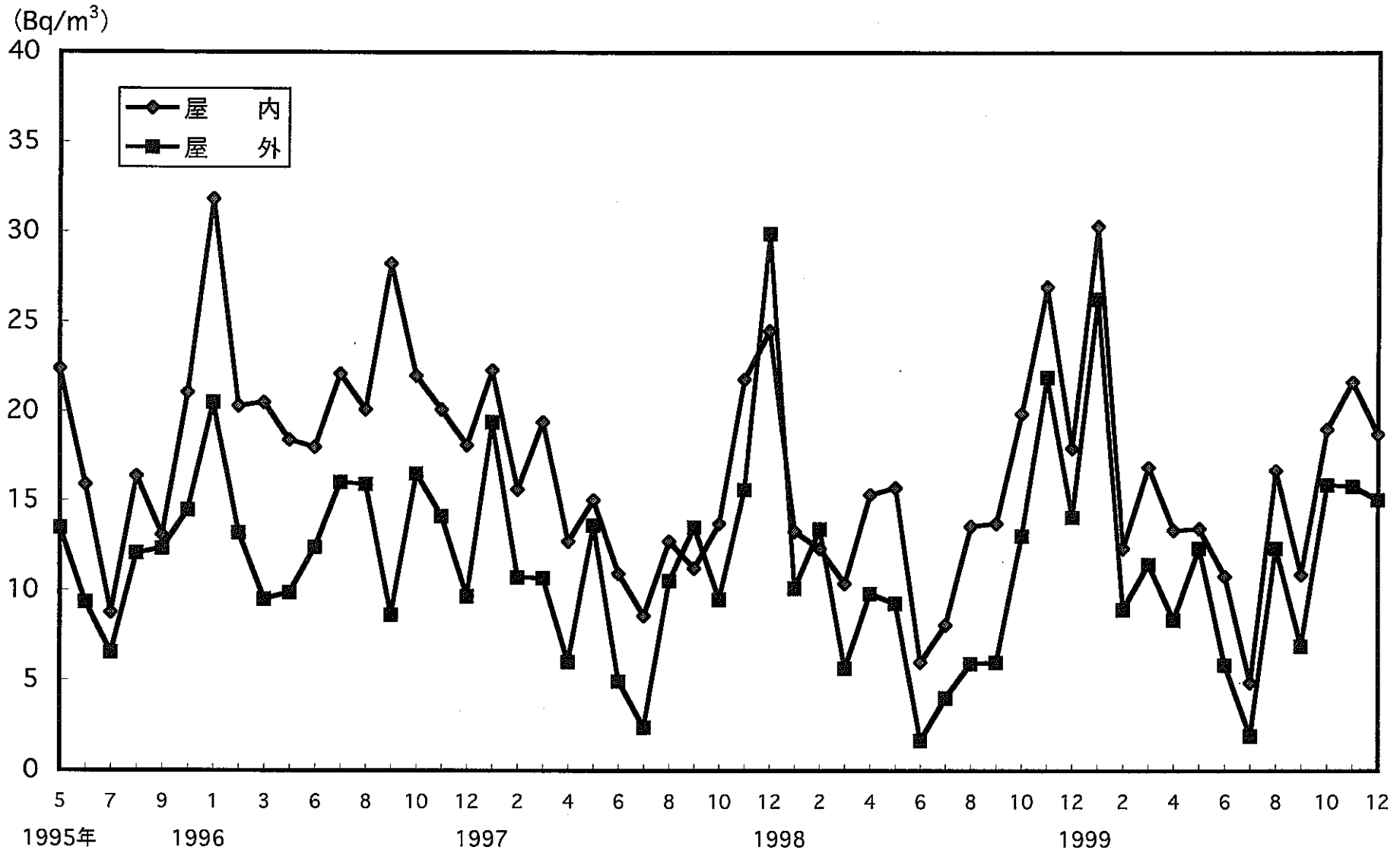


Fig. 16 川西市における空气中ラドン濃度の経時変化

1999年5年間で6～32Bq/m³（平均17Bq/m³）、屋外濃度は1.7～30Bq/m³（平均11.6Bq/m³）、平均屋内/屋外比は1.5であった。

3.3 東大阪における空气中ラドン濃度

3.3.1 ピコラド法による空气中ラドン濃度

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1999年12月における屋内外の空气中ラドン濃度測定を行った結果をTable10およびFig.17に示した。屋内については研究室（5F）と窓の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.17に屋外3点と屋内について示した。1999年1年間の屋内ラドン濃度はND～17.7Bq/m³に変動し平均値9.6Bq/m³、5年間の変動はND～17.7Bq/m³、平均値10.3Bq/m³、地表面より1mにおける屋外ラドン濃度はND～10.3Bq/m³で、平均値は4.6Bq/m³で屋内/屋外比は5年間の平均値による比は2.2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、空気の流入混合が少ないため83～360Bq/m³と高く、平均値210Bq/m³と研究室内10.3Bq/m³の20倍を示した。

3.3.2 シンチセル法による瞬時空气中ラドン濃度

比較的ラドン濃度の高いと思われる閉めきった倉庫内の空气中濃度をルーカスセル（300A）によりGrabサンプリングにより測定を行い、経時変化をFig.18に示した。これによると、サンプリング後3時間でラドン放射能濃度は飽和に達しており、以後Rn-222の半減期91.788時間で減衰しており、測定後の経過時間により減衰補正を行い濃度を計算し、倉庫内のラドン濃度は296.8Bq/m³であった。実験室および屋外において測定を行った結果、検出限界以下（7Bq/m³）であった。トレーサー棟の測定室では9.7Bq/m³、管理棟の倉庫内では83.5Bq/m³で、窓のない扉の開放の少ない部屋におけるラドン濃度は高いことがわかる。

3.4 増富温泉における空气中ラドン濃度

3.4.1 シンチセル法による瞬時空气中ラドン濃度

1999年7月中旬における増富温泉における空气中瞬時ラドン濃度をルーカスセル300A（Grabサンプリング）により測定した結果をTable11, Fig.19に示した。旅館津金楼の前の草むらで、高いラドン濃度が得られた。これは、ラジウムを

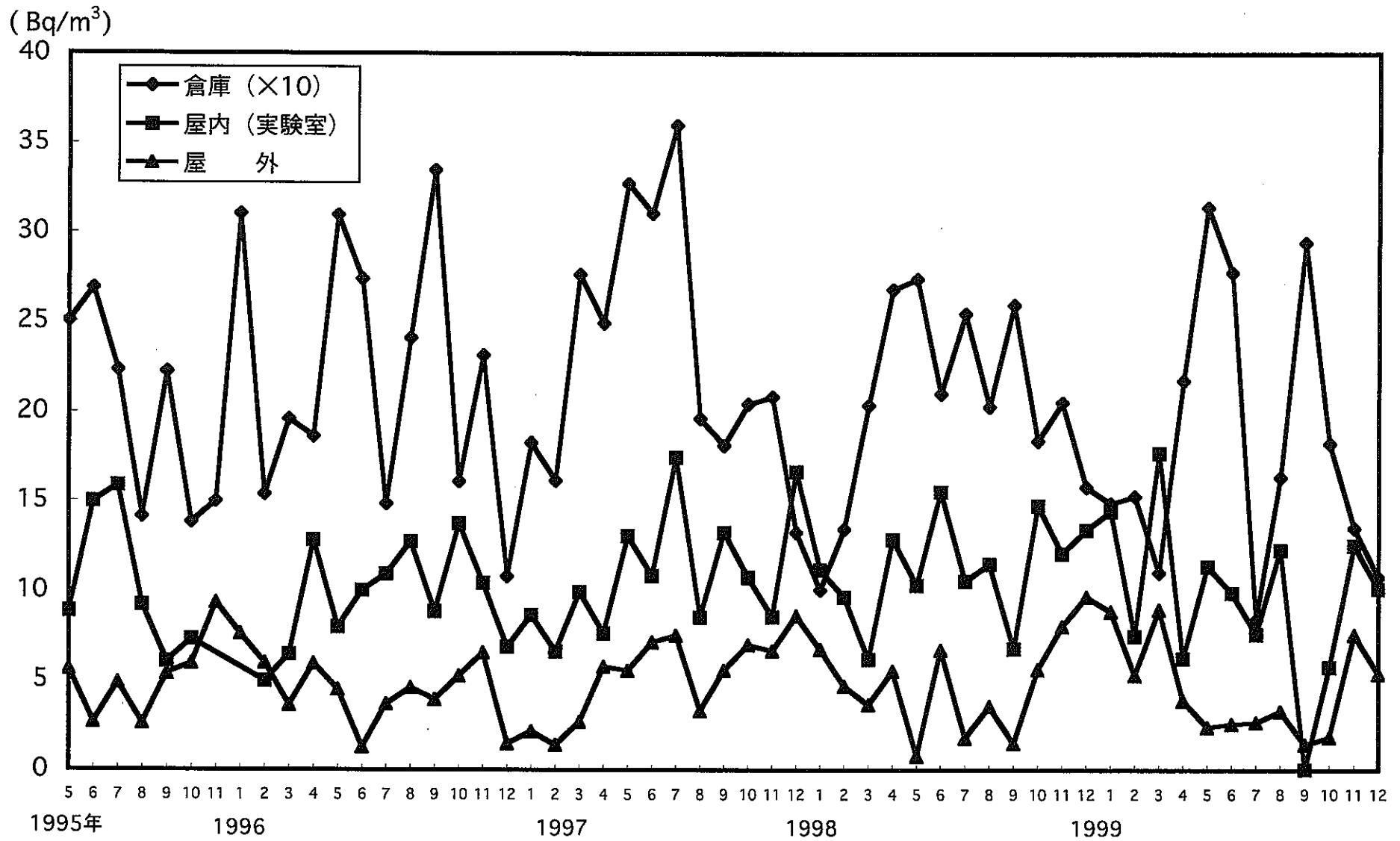


Fig. 17 東大阪における空气中ラドン濃度の変動

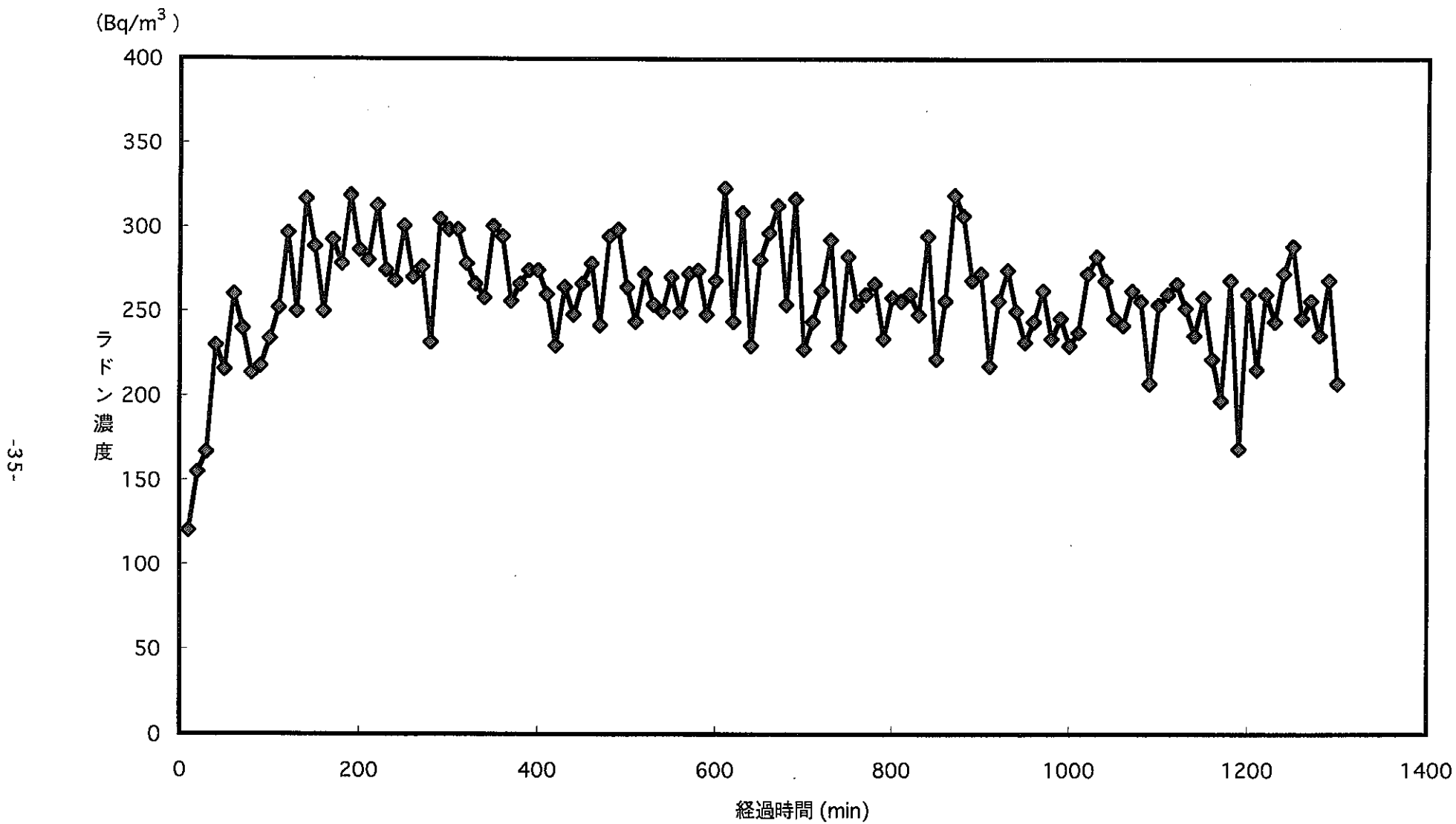


Fig. 18 5階倉庫内のラドン濃度の採取後の経時変化

Table 11 増富温泉地域のラドン濃度

採取場所			ラドン濃度 (Bq/m ³)	
			ルーカセル法	ピコラド法
津 金 楼	客 室	屋内	ND	47.9 ± 2.50
	玄関ロビー	〃	ND	52.4 ± 2.70
	浴 室	〃	426 ± 31.3	238 ± 4.50
	中 庭 (1)	屋外	ND	90.3 ± 3.30
	中 庭 (2)	屋外	ND	—
	旅館前の草むら	屋外	141 ± 19.6	97.6 ± 3.20
	旅館横の源泉	屋外	582 ± 37.4	272 ± 4.80
不 老 閣	浴 室	屋内	108 ± 15.6	108 ± 3.70
	岩風呂浴室	屋内	763 ± 40.5	786 ± 8.40
	岩風呂 (2) (あがり湯)	屋内	801 ± 41.5	746 ± 8.20
	岩風呂 (2)	屋外	215 ± 21.7	—
古湯金泉湯	布団部屋 (2)	屋内	66.8 ± 13.5	—
	浴 室 (2)	屋内	83.6 ± 14.8	—
	台 所 (2)	屋内	66.7 ± 12.2	168 ± 4.50
	台所地下収納庫 (2)	屋内	559 ± 41.1	—
	源 泉 (1)	屋外	66.5 ± 12.1	202 ± 4.80
増 富 荘	客 室	屋内	ND	12.3 ± 2.30
金 泉 閣	浴 室	屋内	742 ± 40.0	1190 ± 10.1
ニューあずま	浴 室	屋内	118 ± 16.4	1027 ± 9.20
白 水	玄 関 前	屋外	26.5 ± 8.96	12.8 ± 2.20
民 家	白 倉 家	屋内	13.9 ± 6.58	41.1 ± 2.60
	白 倉 家	屋内	ND	21.6 ± 2.30
	庭 (2)	屋外	27.1 ± 8.60	21.6 ± 2.30
坂 道	湧き水 (2) 水面	屋外	12640 ± 162	1002 ± 9.10*

(1) 1999年7月15日 (2) 1999年7月16日 その他は7月15日採取

* 水面より50cmの所

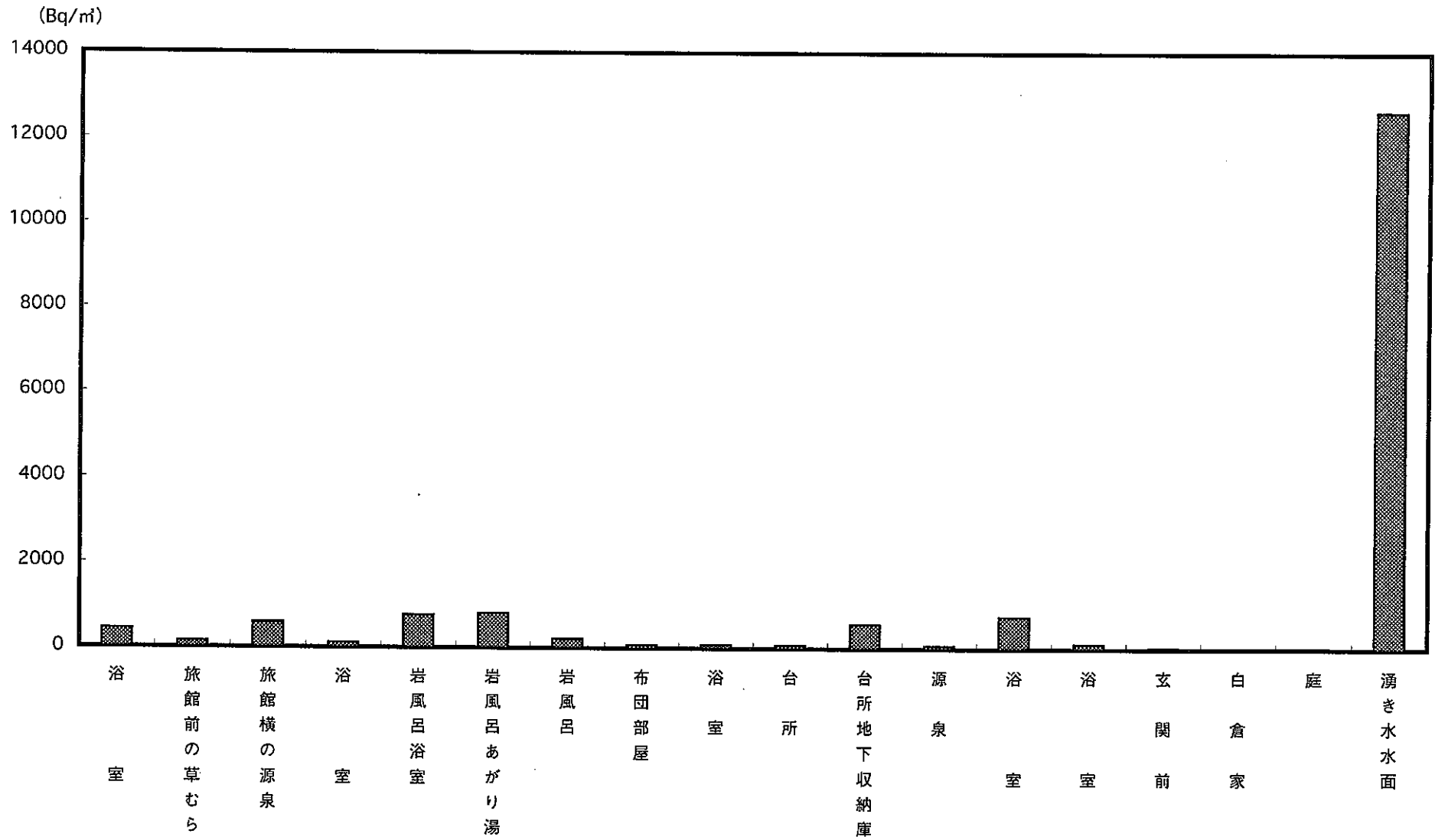


Fig.19 増富温泉の空气中ラドン濃度 (シンチセル法)

含む旅館横の源泉に溜まった土をこの場所に捨てているので、その周辺の空気中のラドン濃度が高くなっていると思われる。玄関ロビー、客室、増富荘の客室においては屋内にもかかわらずラドン濃度は低くなっているが、出入りが非常に多く、増富荘の客室は換気が良く非常に低くなっているものと思われる。民家についても同様に季節的に開放していることにより屋内濃度も低くなっている。旅館津金楼の中庭においては、最小検出限界以下 $8.41\text{Bq}/\text{m}^3$ という結果が得られた所もあったが、この周辺はピコラド法で 24 時間設置して測定した場合ラドン濃度が高く、場所、時間によって大きく変動していることが分る。ピコラド法は活性炭による吸着によるため湿気が高くラドン濃度が高い場所、浴室などではシンチレーション・ルーカスセルによる場合、ラドン濃度は比較的短時間で精度良く測定出来るが、屋外や換気が十分されている低ラドン濃度の場所では感度が悪く測定出来ず、検出限界以下となる。

3.4.2 ピコラド法によるラドン濃度

3.4.2.1 空気中ラドン濃度

増富温泉におけるピコラド法により空気中ラドン濃度を測定した結果を Table 12, Fig.20~22 に示した。各旅館で客室、浴室、屋外、温泉水についてラドン濃度を地図の上に棒グラフで示した (Fig.23)。水中ラドン濃度を同時に比較のため示した。それによると玄関前の空気中ラドン濃度は $12.8\sim 42.1\text{Bq}/\text{m}^3$ となった。ここで大きなばらつきは見られなかった。玄関ロビーの空気中ラドン濃度は $12.3\sim 304\text{Bq}/\text{m}^3$ となったが、これは旅館の玄関ロビーの位置 (測定位置) が大きく関係していると考えられる。玄関ロビーでは出入口に近いので玄関ロビーの位置、大きさに影響される。特に今回は夏であり、どこの旅館もドアが開けっ放しにされ玄関前の屋外の濃度と余り差が生じていない。逆に離れた位置にロビーがある場合には高い値を示している。

次に浴室の空気中ラドン濃度は $72.2\sim 1190\text{Bq}/\text{m}^3$ となった。また温泉水中のラドン濃度は $0.63\sim 34.5\text{Bq}/\text{l}$ となった。ここで浴室の空気中ラドン濃度は全体的に高い値を示しているが、非常に大きなばらつきが生じた。温泉水中のラドン濃度が高いところが必ずしも浴室の空気中ラドン濃度が高いとはいえず、この浴室のラドン濃度は温泉水中に含まれるラジウムから散逸したラドンが浴室内に蓄積されているものであり、ここでも浴室の空気の流れが濃度に影響していると考えられる。

Table 12 ピコラド法による増富温泉における空气中ラドン濃度

採取地	試料		空气中ラドン濃度		空气中ラドン濃度		線量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
			(Bq/m^3)	(補正)	(Bq/m^3)	(平均)	
津金楼	2F客室1	屋内	47.9	± 2.52	77.4	± 25.37	0.15
	3F客室	屋内	82.6	± 2.97			0.18
	2F客室2	屋内	49.6	± 2.58	0.12		
	4F客間1	屋内	83.3	± 3.29	0.14		
	4F客間2	屋内	82.6	± 3.31	0.16		
	4F客間3	屋内	108	± 3.61	0.14		
	1F管理室	屋内	112	± 3.36	-		
	1Fロビー	屋内	52.4	± 2.66	0.15		
	浴室 脱衣所(男)	屋内	48.1	± 2.55	50.9	± 4.09	0.10
	浴室 脱衣所(女)	屋内	53.8	± 2.61			0.12
	浴室(男)	屋内	238	± 4.45	342.0	± 147.34	0.12
	浴室(女)	屋内	446	± 5.85			0.14
	2Fベランダ	屋外	23.0	± 2.18	23.0	± 2.18	0.08
	玄関前-草むら(20cm)	屋外	383	± 5.50	204.4	± 150.00	0.27
	玄関前-草むら(1m)	屋外	97.6	± 3.18			0.20
	玄関横-源泉(地表)	屋外	272	± 4.75	0.40		
	玄関横-源泉(1m)	屋外	64.7	± 2.80	0.19		
	玄関前1	屋外	83.8	± 3.31	132.0	± 41.67	0.07
	玄関前2	屋外	110	± 3.59			0.14
	玄関前3	屋外	133	± 3.80			-
	玄関前4	屋外	110	± 3.58			-
	玄関前5	屋外	138	± 3.87			-
	玄関前6	屋外	134	± 3.93			-
	玄関前7	屋外	216	± 4.61			0.15
	ガレージ1	屋外	93.0	± 3.45	97.8	± 6.84	0.40
	ガレージ2	屋外	103	± 3.54			0.40
	中庭-源泉	屋外	69.0	± 2.86	88.7	± 27.90	0.70
	中庭-源泉上(1m)	屋外	33.8	± 2.38			0.30
	3F中庭1	屋外	90.3	± 3.33			0.15
	3F中庭2	屋外	112	± 3.59			0.70
	3F中庭3	屋外	109	± 3.60			-
	3F中庭4	屋外	84.2	± 3.29			1.00
	3F中庭5	屋外	131	± 3.87			0.80
4F庭1	屋外	85.4	± 3.32	-			
4F庭2	屋外	83.6	± 3.35	-			
白水	ロビー	屋内	39.1	± 2.60			39.1
	浴室(男)	屋内	293	± 5.12	293	± 5.12	0.13
	玄関前	屋外	12.8	± 2.16	12.8	± 2.16	0.07
ニューあづま	1Fロビー	屋内	32.5	± 2.54	32.5	± 2.54	0.08
	浴室 脱衣所(男)	屋内	28.9	± 2.47	28.9	± 2.47	0.08
	浴室(男)	屋内	1027	± 9.15	1027	± 9.15	-
	建物の前	屋外	23.7	± 2.40	23.7	± 2.40	0.09
増富荘	ロビー	屋内	12.3	± 2.29	12.3	± 2.29	-
	2F浴室(TV上)	屋内	20.9	± 2.42	20.9	± 2.42	0.11
	2F浴室(男)	屋内	72.2	± 3.18	72.2	± 3.18	0.11
	2F浴室(窓の外)	屋外	15.1	± 2.33	0.11		
	建物前階段の下(1m)	屋外	16.2	± 2.37	16.2	± 2.37	0.08
金泉閣	ロビー	屋内	304	± 5.41	304	± 5.41	0.11
	浴室 脱衣所(男)	屋内	289	± 5.30	289	± 5.30	0.11
	浴室(男)	屋内	1190	± 10.1	1190	± 10.1	0.13
	玄関前(1.2m)	屋外	42.1	± 2.80	42.1	± 2.80	-
不老閣	ロビー	屋内	48.5	± 2.90	48.5	± 2.90	0.09
	B1F浴室 脱衣所(男)	屋内	90.1	± 3.45	90.1	± 3.45	0.12
	B1F浴室(男)	屋内	108	± 3.67	108	± 3.67	0.13
	玄関前(1m)	屋外	30.6	± 2.65	30.6	± 2.65	0.10
不老閣 岩風呂	神棚(奥)	屋内	2241	± 13.8	1513	± 1029.1	0.21
	神棚	屋内	785	± 8.42	-		
	あがり湯1	屋内	5310	± 26.5	3028	± 3227.4	0.17
	あがり湯2	屋内	745	± 8.21	0.17		
	外(奥)(20cm)	屋外	279	± 5.30	279	± 5.30	1.30
	玄関外(80cm)	屋外	77.8	± 3.35	77.8	± 3.35	0.45
古湯 金泉湯	ロビー	屋内	170	± 4.51	170	± 4.51	0.11
	源泉横の台所(2m)	屋内	168	± 4.52	168	± 4.52	0.70
	玄関前	屋外	39.1	± 2.93	39.1	± 2.93	0.10
	1F源泉の近く	屋外	202	± 4.83	159	± 60.84	0.20
	1F源泉の隣の棚	屋外	116	± 3.95	-		
坂道	湧水(50cm位)	屋外	1002	± 9.09	1002	± 9.09	4.00
民家	民家1(S.T)	屋内	41.1	± 2.64	41.1	± 2.64	0.09
	民家2(S.G)	屋内	19.8	± 2.31	19.8	± 2.31	0.06
	民家1(S.T)	屋外	21.6	± 2.33	21.6	± 2.33	0.08
	民家2(S.G)	屋外	12.2	± 2.18	12.2	± 2.18	0.06

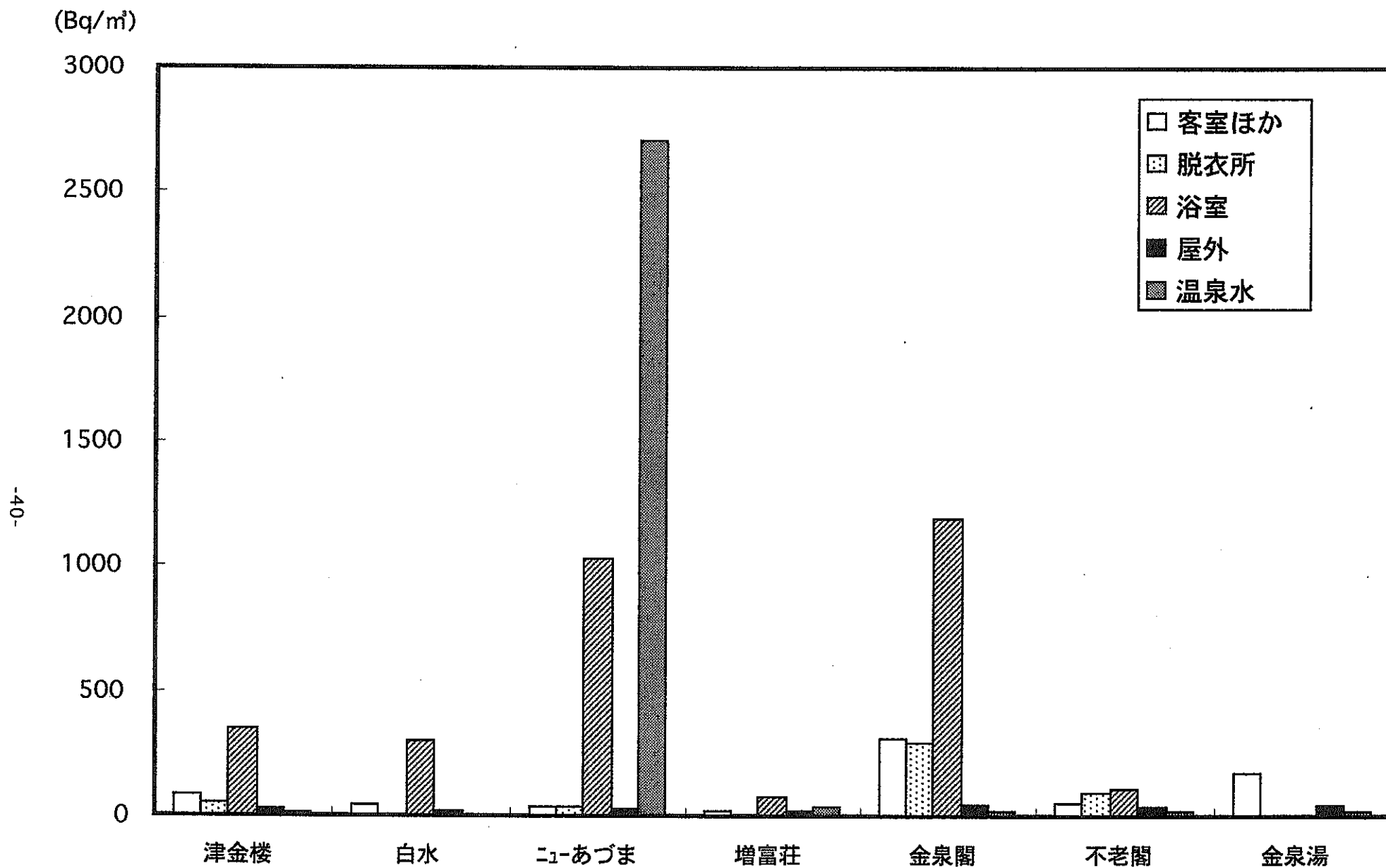


Fig. 20 増富温泉におけるラドン濃度 (ピコラド法)

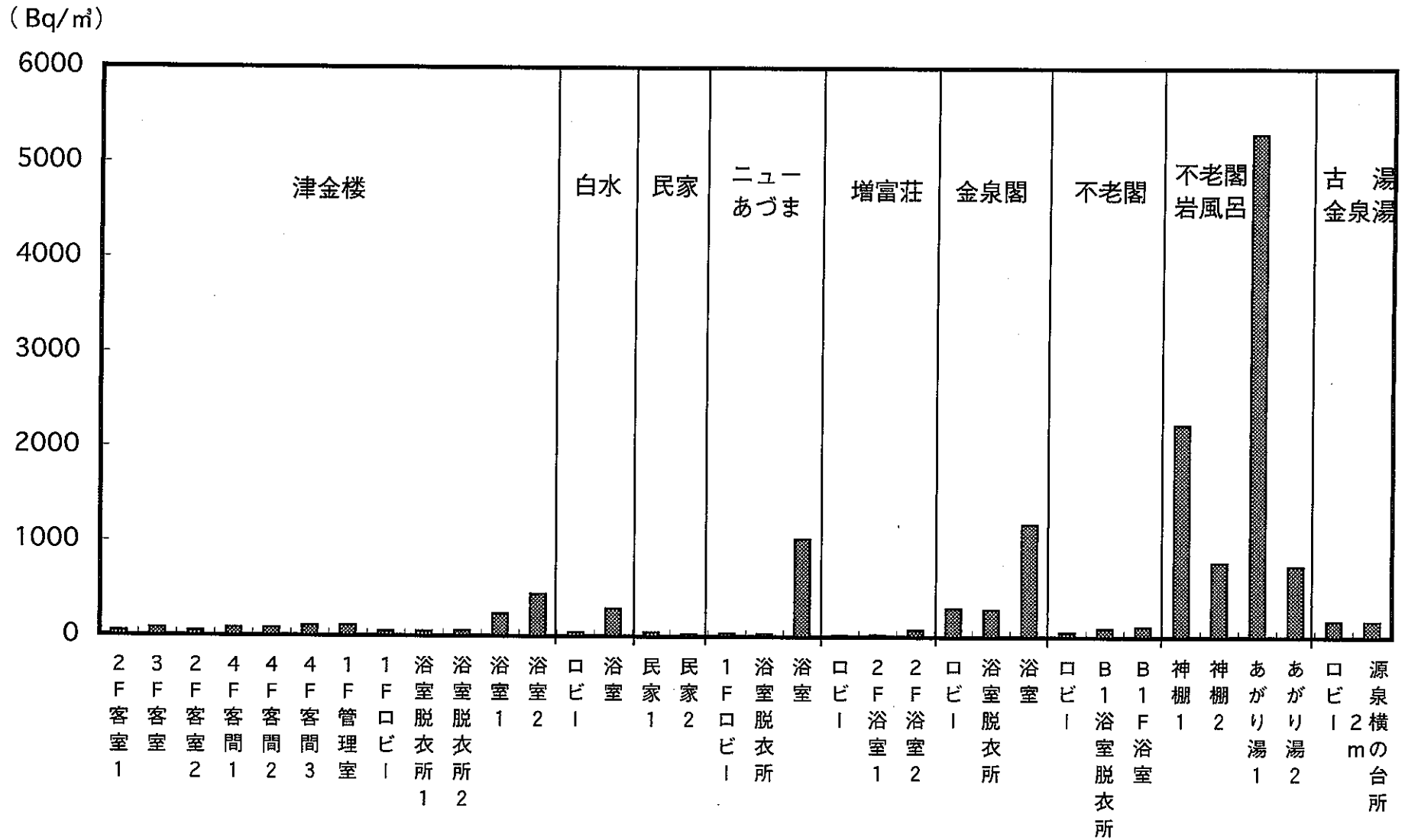


Fig. 21 ピコラド法による増富温泉の屋内におけるラドン濃度

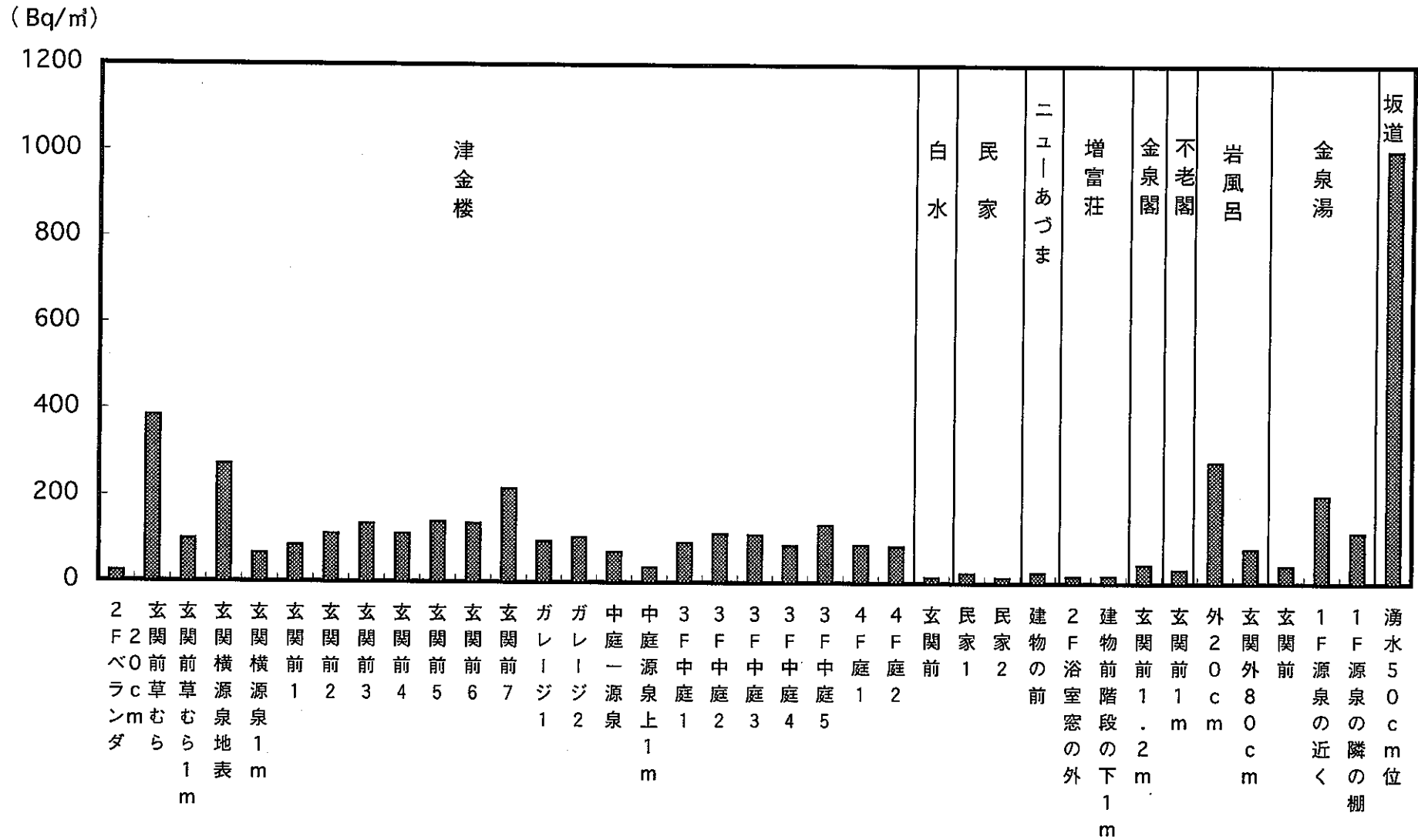


Fig. 22 ピコラド法による増富温泉の屋外におけるラドン濃度

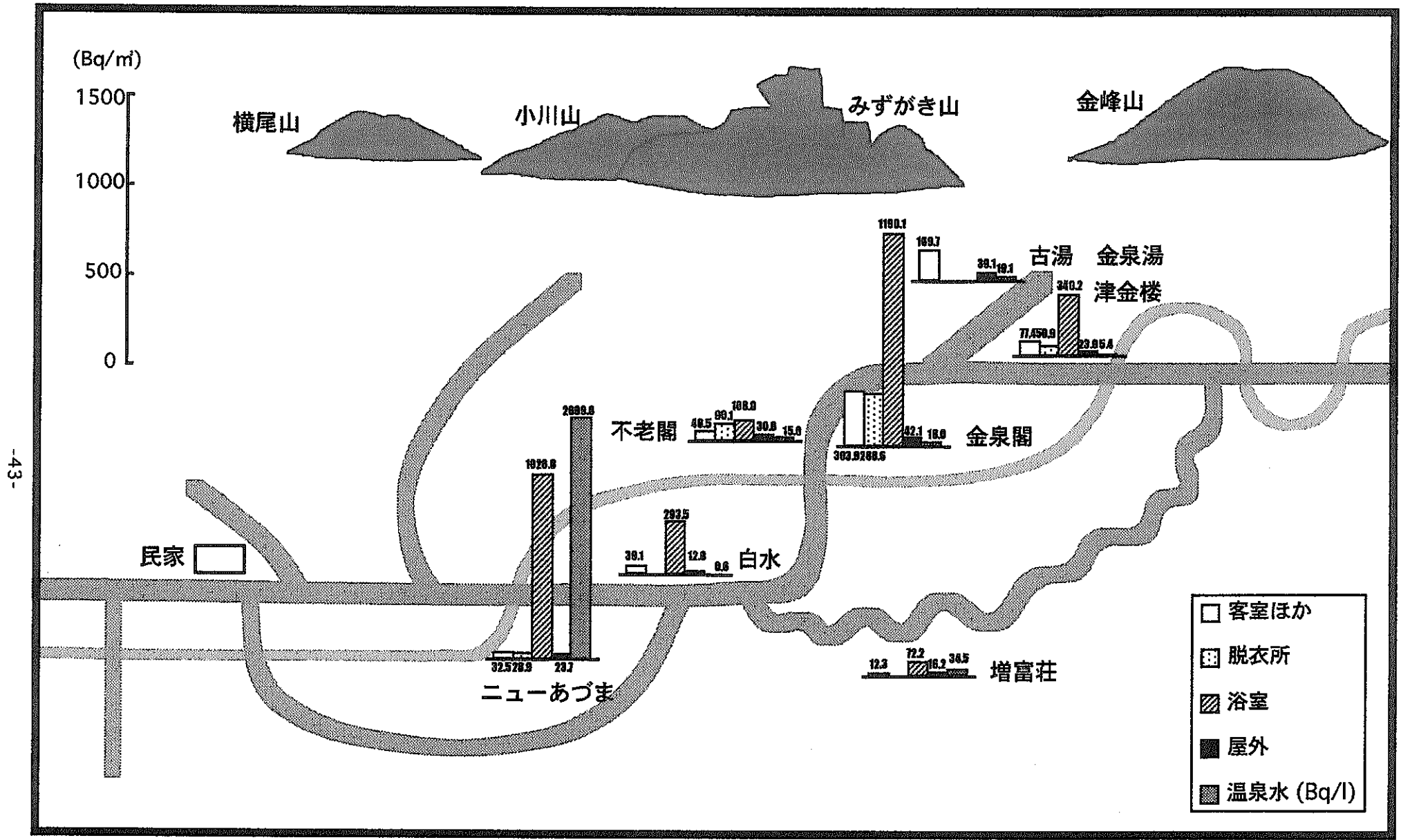


Fig. 23 増富温泉におけるラドン濃度 (ピコラド法)

朝や夕方から夜にかけて人の出入りの多い時間帯にはラドン濃度は低く、夜中など人の出入りが少ない時間にはラドン濃度が高い値を示すと思われる。天井の高さおよび換気能力により大きな差が生じるものと思われる。

古湯金泉湯の台所においては、 $66.7\text{Bq}/\text{m}^3$ と高く普段は開けることのない地下収納庫においては $559\text{Bq}/\text{m}^3$ と非常に高い値であった。古湯金泉湯の源泉近くではあまりラドン濃度が高くなく、浴室におけるラドン濃度も他の旅館の浴室と比較するとあまり高くないが、長年の歴史を持つこの旅館が木造にもかかわらずラドン濃度が高いのはラジウムを含む源泉が旅館の真下の土壤に浸透し続け、木材の隙間を流通し、旅館全体のラドン濃度を高くしている原因と考えられる。古湯金泉湯の床下の土壤は長年の源泉の浸入によりラジウムの含有量が非常に多いものと思われる。

不老閣・岩風呂においては、屋内・屋外ともに非常に高いラドン濃度が得られたが、ここは不老閣・本館から 300m 位離れた山の中腹にあり、源泉は違うものが使用されていると考えられる。またこの岩風呂は山の中にあり、土壤の上に木造の脱衣所・浴室が作られていた。屋内では源泉と岩風呂周辺の土壤から浴室内に流通したラドンによって高い値が得られたと思われる。また、多量のラジウムを含む源泉が浸透し続けた土壤からの崩壊したラドンにより、岩風呂周辺では屋外におけるラドン濃度も高かったものと考えられる。増富温泉の浴室7箇所におけるラドン濃度はルーカスセル法による測定で $84\sim 801\text{Bq}/\text{m}^3$ 、平均値 $434.4\text{Bq}/\text{m}^3$ であった。坂道のわき水のラドン濃度は $12.6\text{kBq}/\text{m}^3$ と非常に多量のラジウムを含んだ水が湧き出ていると思われ、その水が土壤に浸透しラジウムが溜まり、空気中にラドンが放出され濃度も非常に多いので、湧き水の水面での空気中のラドン濃度が桁違いに高くなったと考えられ、 γ 線線量率も $4\ \mu\text{Gy}/\text{h}$ と非常に高い値を示した。

3.4.2.2 屋内・屋外のラドン濃度比較

増富温泉において旅館7軒と民家1軒さらに対照地域である東大阪との空気中ラドン濃度の屋内と屋外の比較を Fig.21, 22, 24 に示した。増富温泉の旅館および民家での屋内では $30.9\sim 304\text{Bq}/\text{m}^3$ となり、温泉源をもたない民家が最も低かった。また、屋外では $12.8\sim 136\text{Bq}/\text{m}^3$ となった。屋内と屋外を比較するとどの場所においても屋内の濃度のほうが高くなった。増富温泉では、地域全体のラドン濃度が高いために屋内と屋外では大きな差は生じていない。

増富温泉の屋内の平均値は $89.7\text{Bq}/\text{m}^3$ 、屋外の平均値は $42.7\text{Bq}/\text{m}^3$ で、東大阪

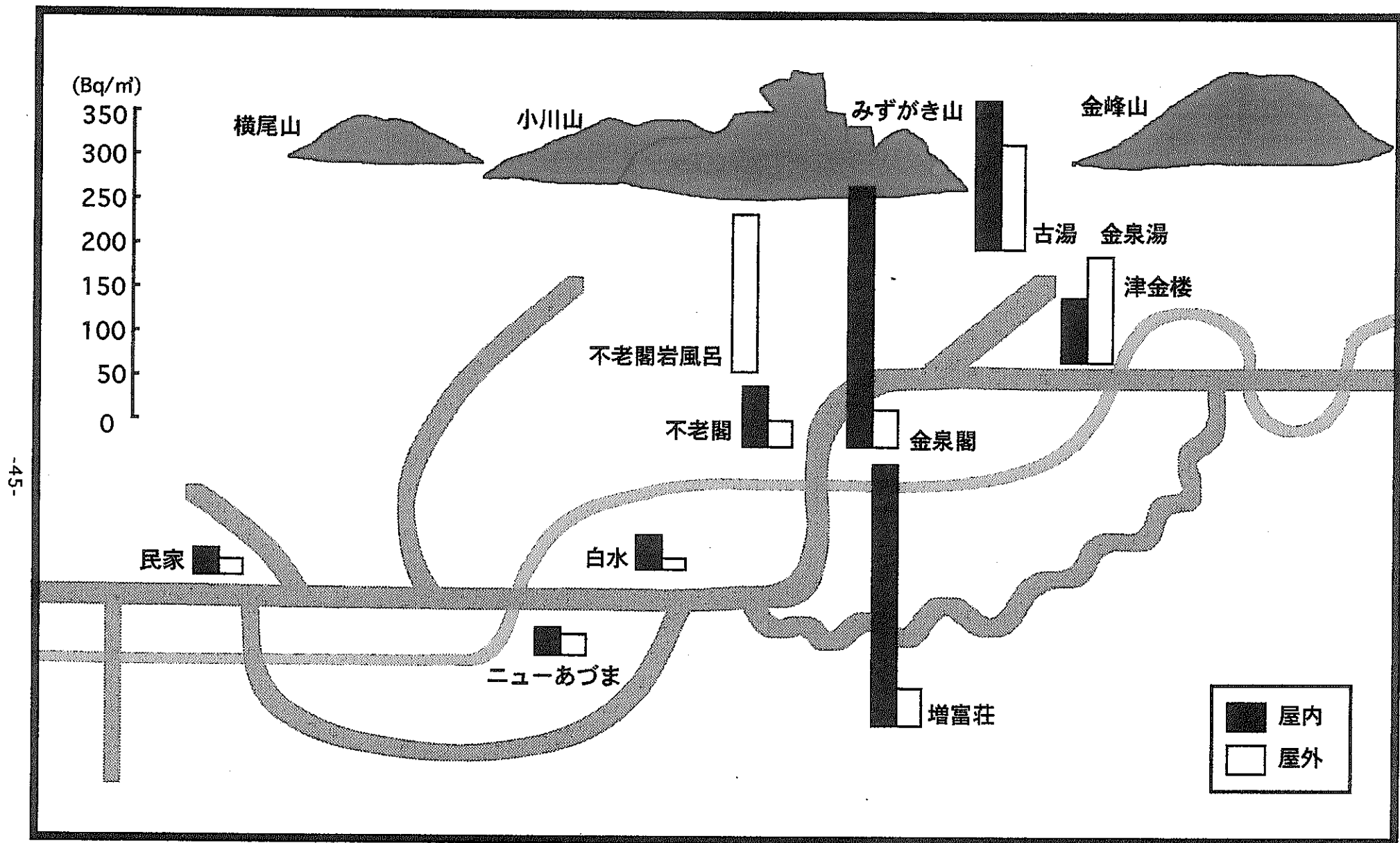


Fig. 24 増富温泉における屋内・外の空气中ラドン濃度 (ピコラド法)

の年平均は屋内で $9.6\text{Bq}/\text{m}^3$ 、屋外 $3.9\text{Bq}/\text{m}^3$ である。増富温泉は東大阪と比較しても屋内、屋外ともに約 10 倍であり非常に高いことがわかる。増富の民家と東大阪を比較しても 3～4 倍の値を示している。増富温泉におけるラドン濃度の測定を行ったが、ラドン濃度は季節変動が起こると思われ、増富温泉の夏以外の季節におけるラドン濃度を測定するのが望ましい。

3.4.2.3 津金楼周辺のラドン濃度

宿泊した旅館津金楼の玄関前周辺と中庭（3 F相当）のラドン濃度の測定を行い Fig.25, 26 に示した。津金楼の玄関の横には源泉があり、その源泉水は $98.0\text{Bq}/\text{l}$ 、その水面上で空気中ラドン濃度が $272.2\text{Bq}/\text{m}^3$ 、道路前の草むらより高さ 20cm のところでも $383.2\text{Bq}/\text{m}^3$ と 1m の高さの濃度と比べると高く、源泉あるいは土壌中の影響を受けていることがわかる。玄関前が高いのは源泉に溜まった土がその周辺に捨てられているからで、そこから離れるにつれて低くなっている。中庭については源泉が湧出している所があり、源泉水が土に沁み込んでいるためにその周辺の土壌に源泉中のラジウムが長年に渉って浸み込み沈着しているものと思われる。

3.4.2.4 増富温泉水中のラドン濃度

Table13, Fig.27 に示したように、旅館の温泉水中のラドン濃度は平均値で $0.63\sim 2700\text{Bq}/\text{l}$ と変動したが、ニューあづまホテル ($2700\text{Bq}/\text{l}$) 以外は比較的 low $0.63\sim 35\text{Bq}/\text{l}$ であった。源泉より引いてきて温めて使用していると思われる。この他に源泉として湧き出ている所 A の水中のラドン濃度は高く、金泉湯への坂道の途中で湧出している所は γ 線量率も水面近くで $4\mu\text{Gy}/\text{h}$ と屋外の線量率の 40 倍以上あり鉱泉の水中ラドン濃度は $13.5\text{kBq}/\text{l}$ と非常に高かった。道路脇の源泉 B においても $1.2\text{kBq}/\text{l}$ 、津金楼の源泉 C も浴室の温泉よりも高く $98\text{Bq}/\text{l}$ であった。ニューあづまホテルについても源泉より引いて温泉水を利用しているものと思われる。

3.4.2.5 空間線量率と空気中ラドン濃度との関係

増富温泉で空気中、水中のラドン濃度を測定した地点での空間線量率を NaI(Tl) シンチレーションサーベイメータ (Aloka TCS-166) によって測定した結果を Table 12, 13 に示した。増富温泉の空間線量率は屋外で $0.09\mu\text{Gy}/\text{h}$ であったが、対照地域である東大阪の空間線量率は $0.06\mu\text{Gy}/\text{h}$ と比較すると若干高い値を示し

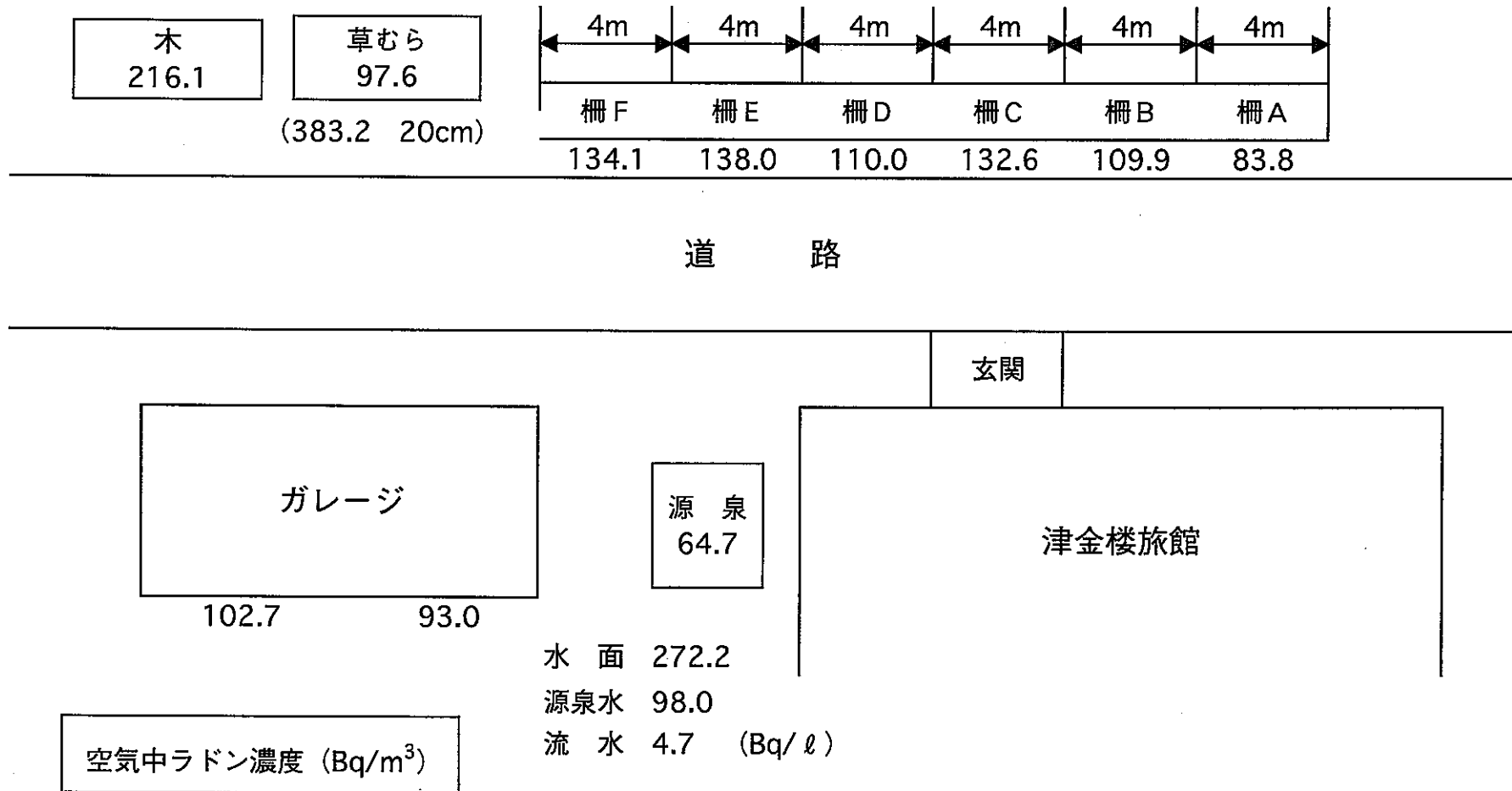


Fig. 25 津金楼周辺の空气中ラドン濃度分布

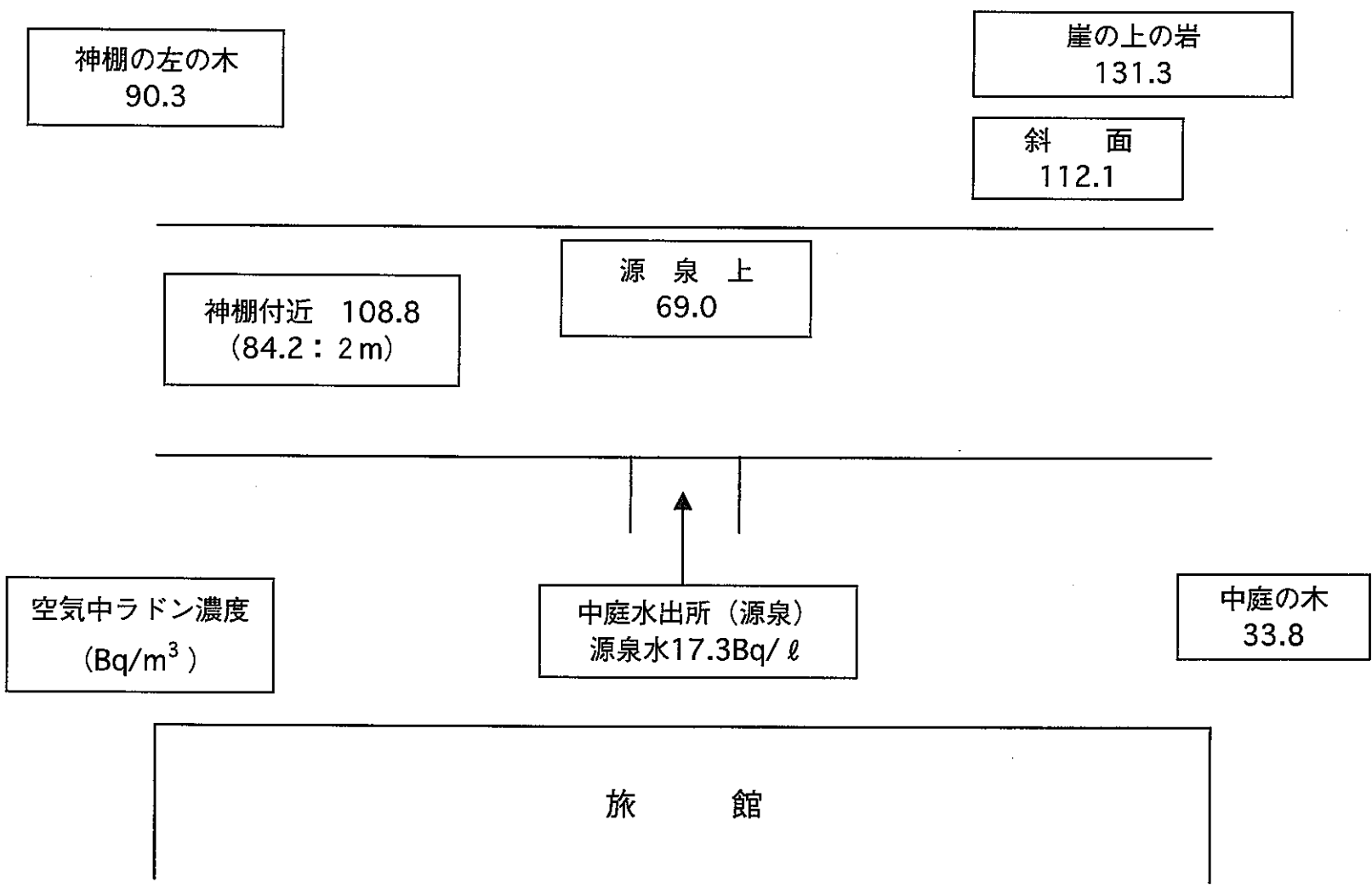


Fig. 26 津金楼中庭における空気中ラドン濃度分布

Table 13 ピコラド法による増富温泉における水中ラドン濃度

採取地	試料	水中ラドン濃度 (Bq/l)		水中ラドン濃度 (Bq/l)		線量率 (μ Gy/h)
津金楼	温泉水1	5.32	\pm 0.77	5.39	\pm 0.09	0.14
	温泉水2	5.45	\pm 0.79			0.14
	鉱泉水1	13.2	\pm 0.94	13.2	\pm 0.04	0.22
	鉱泉水2	13.2	\pm 0.93			0.22
	源泉1	98.5	\pm 1.90	98.2	\pm 0.35	0.40
	源泉2	98.0	\pm 1.89			0.18
	流水1	4.69	\pm 0.77	3.88	\pm 1.15	0.65
	流水2	3.07	\pm 0.75			0.65
	中庭の水1	17.3	\pm 0.99	17.2	\pm 0.17	0.70
	中庭の水2	17.1	\pm 1.01			0.70
白水	温泉水1	0.82	\pm 0.74	0.63	\pm 0.27	—
	温泉水2	0.44	\pm 0.74			—
民家	民家 (S.T)	-0.48	\pm 0.72	0.17	\pm 0.92	—
	民家 (S.G)	0.83	\pm 0.75			—
ニューあづま	温泉水	2700	\pm 13.4	2700	\pm 13.4	—
増富荘	温泉水	34.5	\pm 1.33	34.5	\pm 1.33	—
	水道水	0.01	\pm 0.74	0.01	\pm 0.74	—
金泉閣	温泉水	17.99	\pm 1.09	17.99	\pm 1.09	—
不老閣	温泉水	15.04	\pm 1.04	15.04	\pm 1.04	—
	水道水	-0.42	\pm 0.73	-0.42	\pm 0.73	—
不老閣 岩風呂	あがり湯	654	\pm 4.90	653.77	\pm 4.90	0.17
	源泉	91.9	\pm 1.96	91.87	\pm 1.96	—
	流水1	22.8	\pm 1.18	24.1	\pm 1.78	1.00
	流水2	25.3	\pm 1.22			1.30
古湯 金泉湯	温泉水1	16.3	\pm 1.08	19.1	\pm 5.15	0.52
	温泉水2	17.2	\pm 1.10			0.52
	温泉水3	16.2	\pm 1.08			0.52
	温泉水4	26.8	\pm 1.15			1.10
	水道水	-0.64	\pm 0.65	-0.64	\pm 0.65	—
	河川水	3.71	\pm 0.84	3.71	\pm 0.84	—
下水	上流	0.74	\pm 0.77	0.74	\pm 0.77	—
	温泉水1	1178	\pm 6.56	682.2	\pm 701.78	0.68
	温泉水2	186	\pm 2.71			0.31
坂道	湧水1	14270	\pm 70.7	13559.7	\pm 1004.59	—
	湧水2	12849	\pm 63.7			—
増富温泉 より上流	河川水1	0.05	\pm 0.67	0.0	\pm 0.09	0.14
	河川水2	-0.08	\pm 0.67			0.14

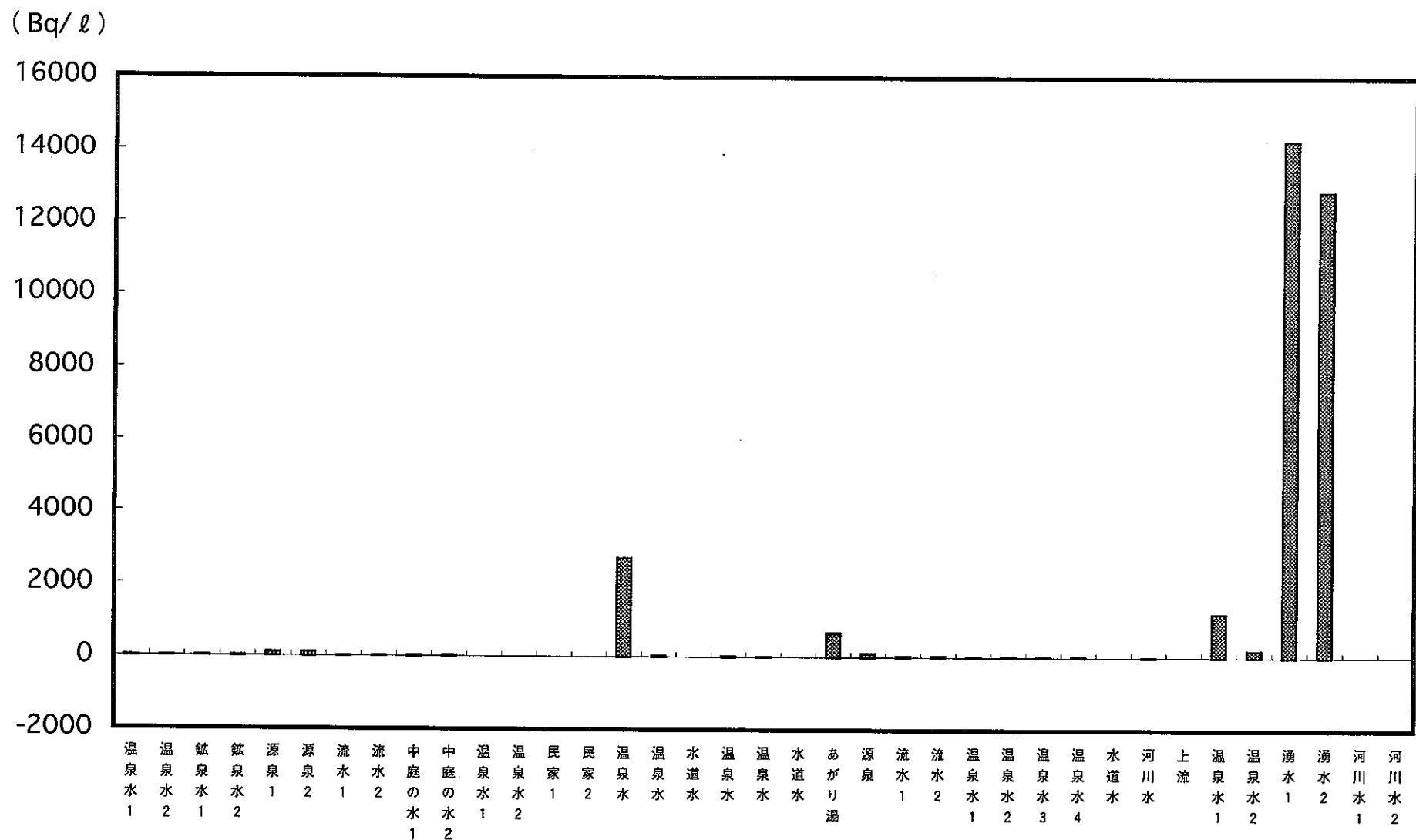


Fig. 27 ピコラド法による増富温泉の水中ラドン濃度

た。

増富温泉の中で空間線量率の高い場所は源泉を持つ旅館で、特に不老閣の岩風呂は $0.17\sim 1.3\ \mu\text{Gy/h}$ と高く、その周辺は全体的に高くなっている。そこで γ 線量率と屋外における空气中ラドン濃度との相関関係を Fig.28 に示した。屋内ラドン濃度については換気条件によって大きく変化するので省いた。これによると空間線量率と屋外ラドン濃度との間に良い相関を示し、相関係数は約 0.9 を示した。

3.4.3 シンチセル法による空气中ラドン濃度との比較

パイロンルーカスセル 300A 容量 300ml を用いて、現地で空気を瞬時にグラフサンプリングし、シンチレーション計数装置で測定した結果を Table11, Fig.19 に示した。同じ時期にサンプリング 24 時間の活性炭吸着法によるピコラド検出法による結果との比較を行った。サンプリング法に瞬時に空気を吸引する法と 24 時間設置という差があるが、ほとんどの場合同じレベルの結果が得られている。源泉の水面近くで、グラフサンプリングしたシンチセル法およびピコラドは地表 50cm の所に 1 日セットしたなどサンプリング個所が一致してないなど高濃度の場所では大きく変動するし 1 日のラドンの変動としては日の出とともに高く、午後減少する時間的な変動をするなど濃度の差の原因となる。

3.5 ラドン濃度の経時変動

3.5.1 東大阪市のラドン濃度の経時変動

東大阪市の測定地点は、屋内については近畿大学 5 階の研究室内と倉庫内および屋外については地表面から 0.05m、0.5m、1.0m、13m の高さで行った。このラドン濃度の経時変動を調査したが、比較的濃度が低いのではっきり傾向が分らない。このため年間の平均値をそれぞれの月のラドン濃度から差し引くことにより、変動部分の傾向を観察することとし、それぞれ Fig.29 および Fig.30 に示した。これによると屋外ラドン濃度は 10～1 月にやや高く、夏低い傾向を示している。大陸性の高気圧の張り出す冬に高く、大平洋高気圧の張り出す夏に低い大平洋側に見られる傾向が示されている。屋内濃度の変動では夏に高く冬に低い逆の傾向を示した。研究室は 1 年中扉の開閉のみで窓の開放は少なく、空調設備により温度も調節していることが影響していると思われる。

3.5.2 三朝温泉地域のラドン濃度の経時変動

三朝温泉地域における経時変動を Fig.31 に示した。この結果によると屋内・屋

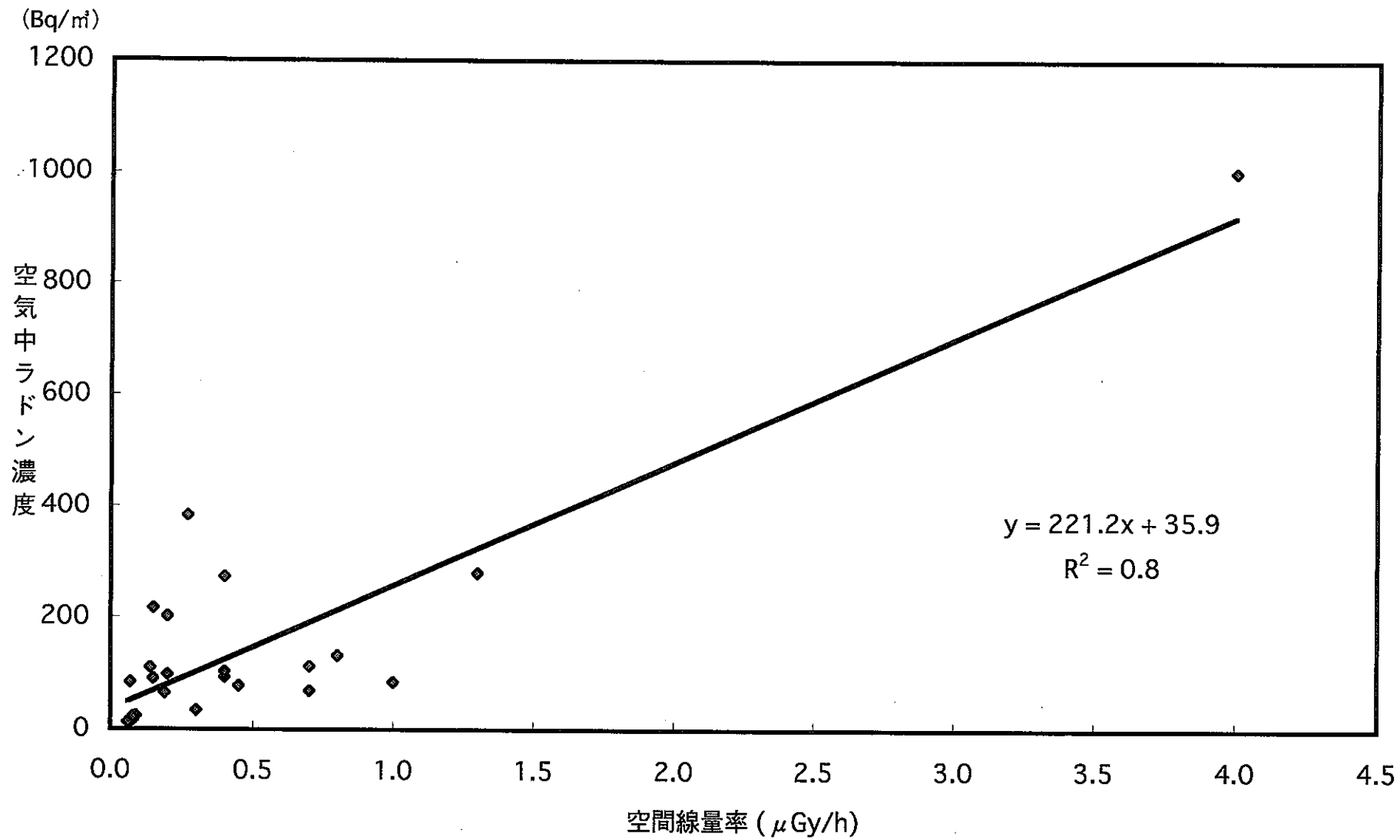


Fig. 28 屋外空气中ラドン濃度と空間線量率の関係

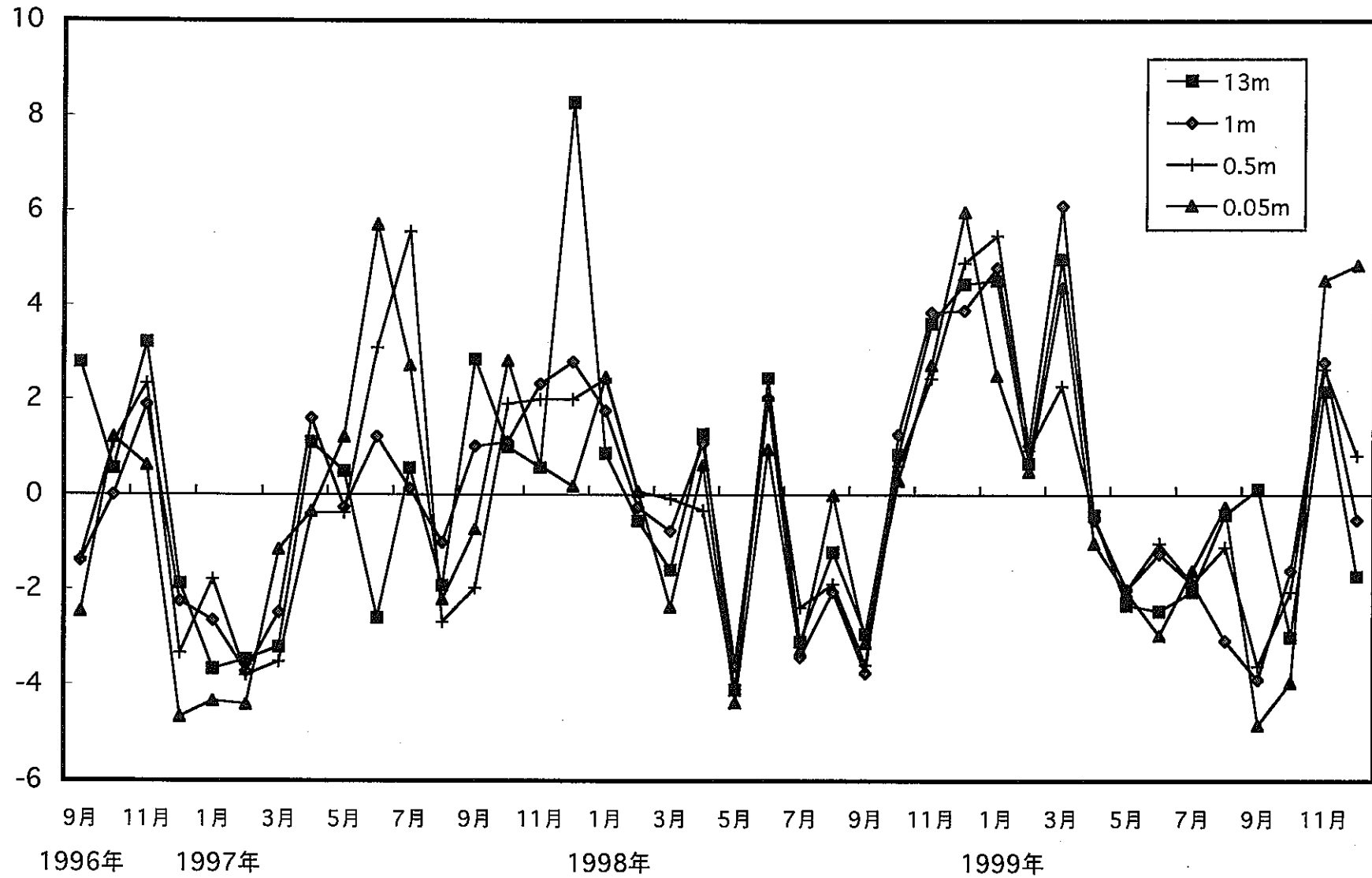


Fig. 29 東大阪市におけるラドン濃度の変動部分の経時変動 (屋外)

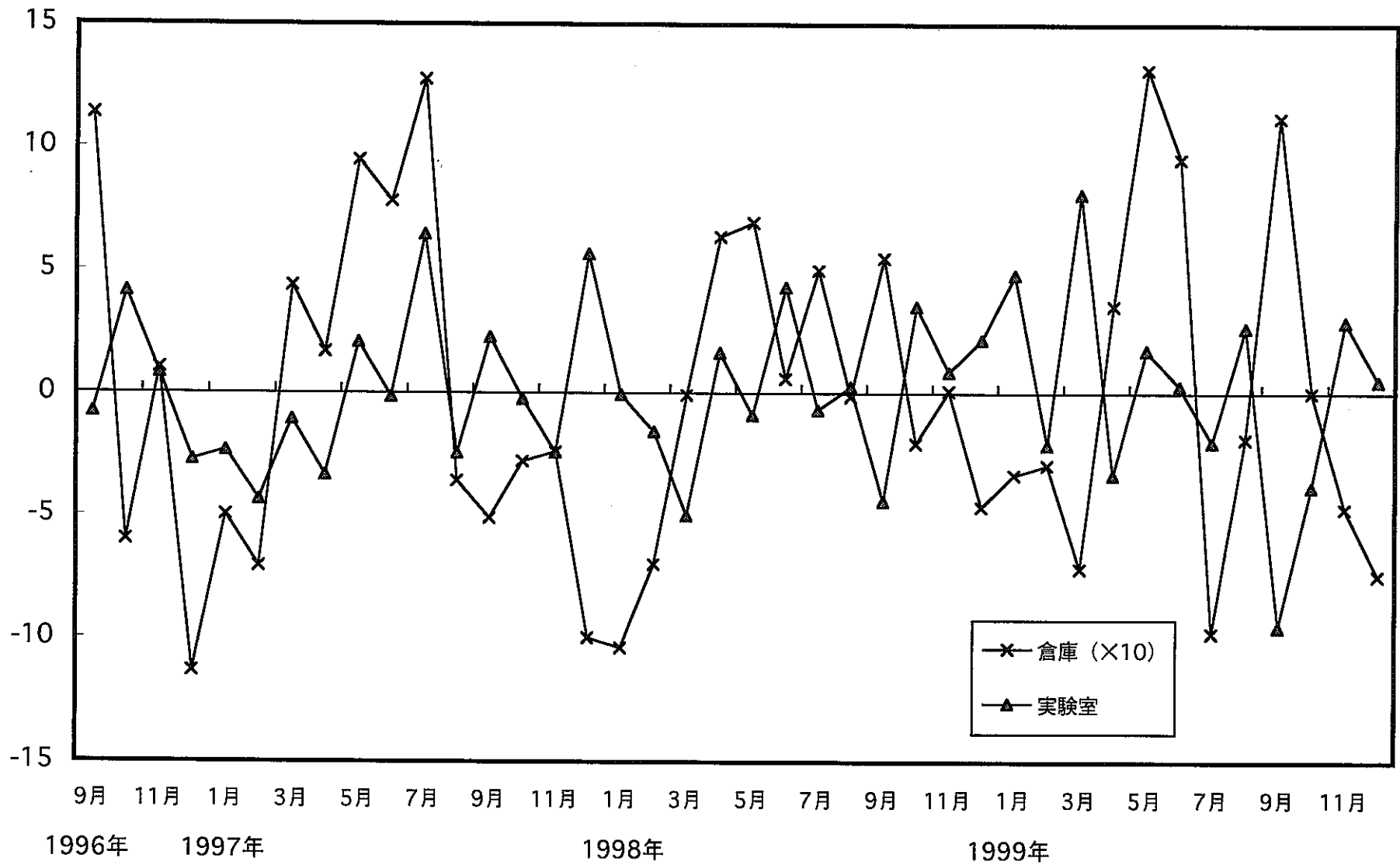


Fig. 30 東大阪市におけるラドン濃度の変動部分の経時変動 (屋内)

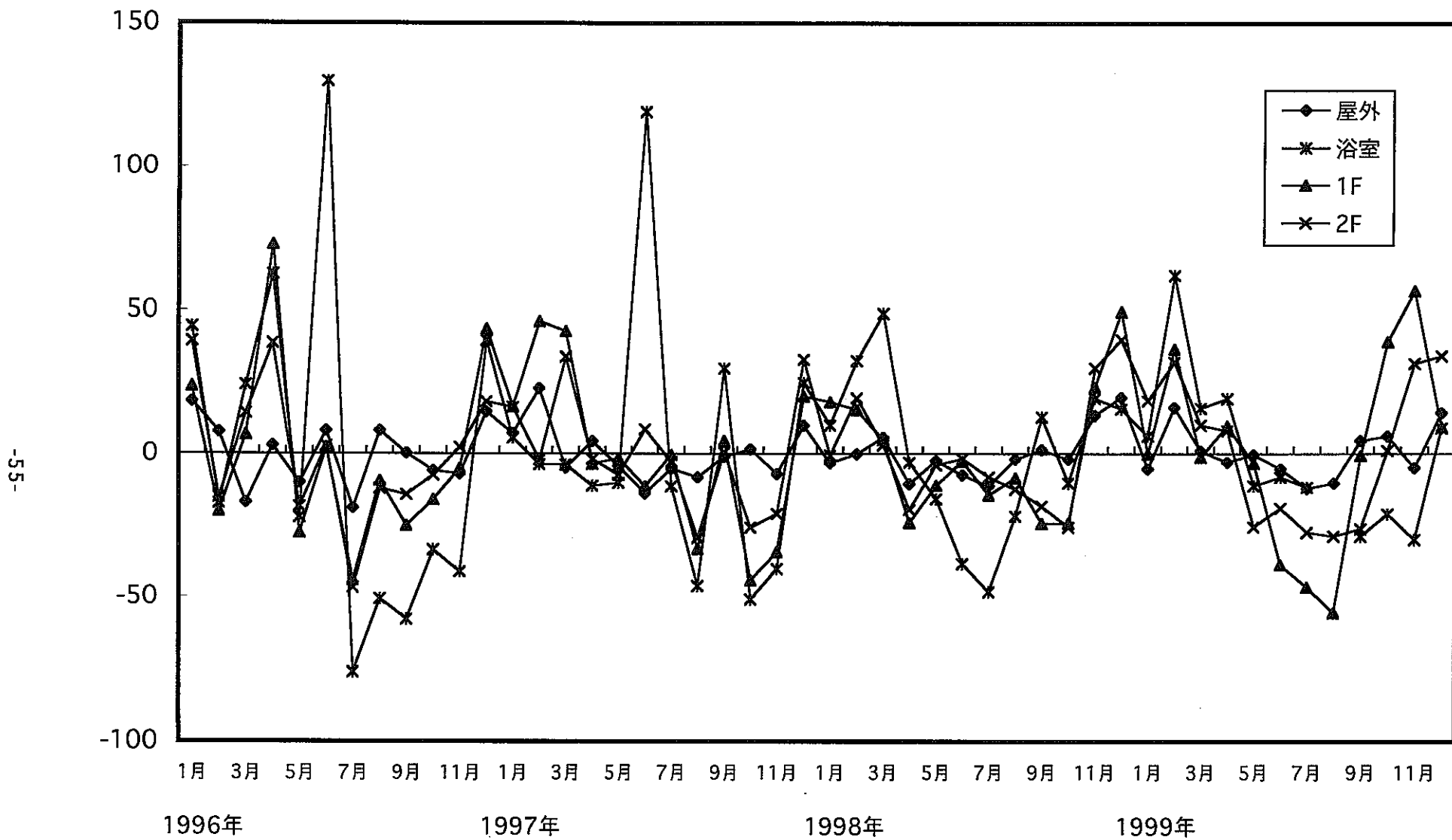


Fig. 31 三朝温泉地域におけるラドン濃度の変動部分の経時変動

外ともに 12～3月の冬期に高い値を示し、5～8月の夏期に低い値を示している。これは東大阪の屋外の濃度と同様に夏は低く冬に高い傾向を示している。この結果からは双方ともに同じ結果が得られ、三朝温泉地域が内陸部に位置しているためと思われる。

3.5.3 兵庫県川西市のラドン濃度の経時変動

兵庫県川西市におけるラドン濃度の経時変動を Fig.32 に示したが、屋内・屋外ともに冬期に高く夏期に低い傾向を示している。これらの結果を総合すると

3.6 土壌等の γ 線核種分析

3.6.1 増富温泉地域における土壌中の γ 線核種分析

増富温泉で採取した土壌中の Ge 半導体を検出器として多重波高分析装置による γ 線核種分析を行った結果を Table14 に示した。旅館津金楼の源泉が湧出している中庭から長年にわたって流出し浸み込んだと思われる場所の地表面よりの深さ 0～2cm、3～4 cm、5～6 cm と 2 cm 毎に土壌を採取した。中庭の土壌について検出された核種は K-40 およびウラン、トリウム崩壊生成核種であるそれぞれ Pb-212, Tl-208, Ac-228 および Bi-214, Pb-214, Ra-226 であった。Ra-226 濃度について比較してみると地表からの深さ 0～2 cm で 2708Bq/kg、3～4 cm で 2850Bq/kg とほぼ同じ濃度であるが 5～6 cm のところでは 1695Bq/kg と 1/4 に濃度が低くなっている。表層土は源泉水とともに流れてくる土が堆積し源泉水中の堆積が上層土に吸着して多くのラジウムを含んでいる。表層より深くなると Ra-226 などを含む源泉水の浸透が少ないためだと考えられる。このことは旅館津金楼の前の盛り土やガレージ裏の土にも同じことが言える。盛り土は旅館横の源泉に溜まった土を前庭に移動してあり、この土には源泉からのウラン崩壊生成核種を含み、高濃度を示している。旅館前の木の下の中庭の土壌については元々の土壌で低くなる。また増富温泉の上流の川の砂については 26Bq/kg と他と比較すると非常に低かった。

旅館津金楼から少し離れた場所の道路沿いに湧き水があり、湧き水のところの岩を採取しウラン崩壊生成核種濃度を測定したが、濃度は低くほとんど検出されなかった。Ra-226 を溶け込んだ鉱泉水が沈着して高くなると思われる。旅館の中庭の源泉近くの土壌および不老閣の岩風呂近くの土壌の核種濃度 (Ra-226) も高く、その他の場所の土壌については Ra-226 濃度は低く 14～36Bq/kg と源泉由来の土壌の約 1/100 であった。

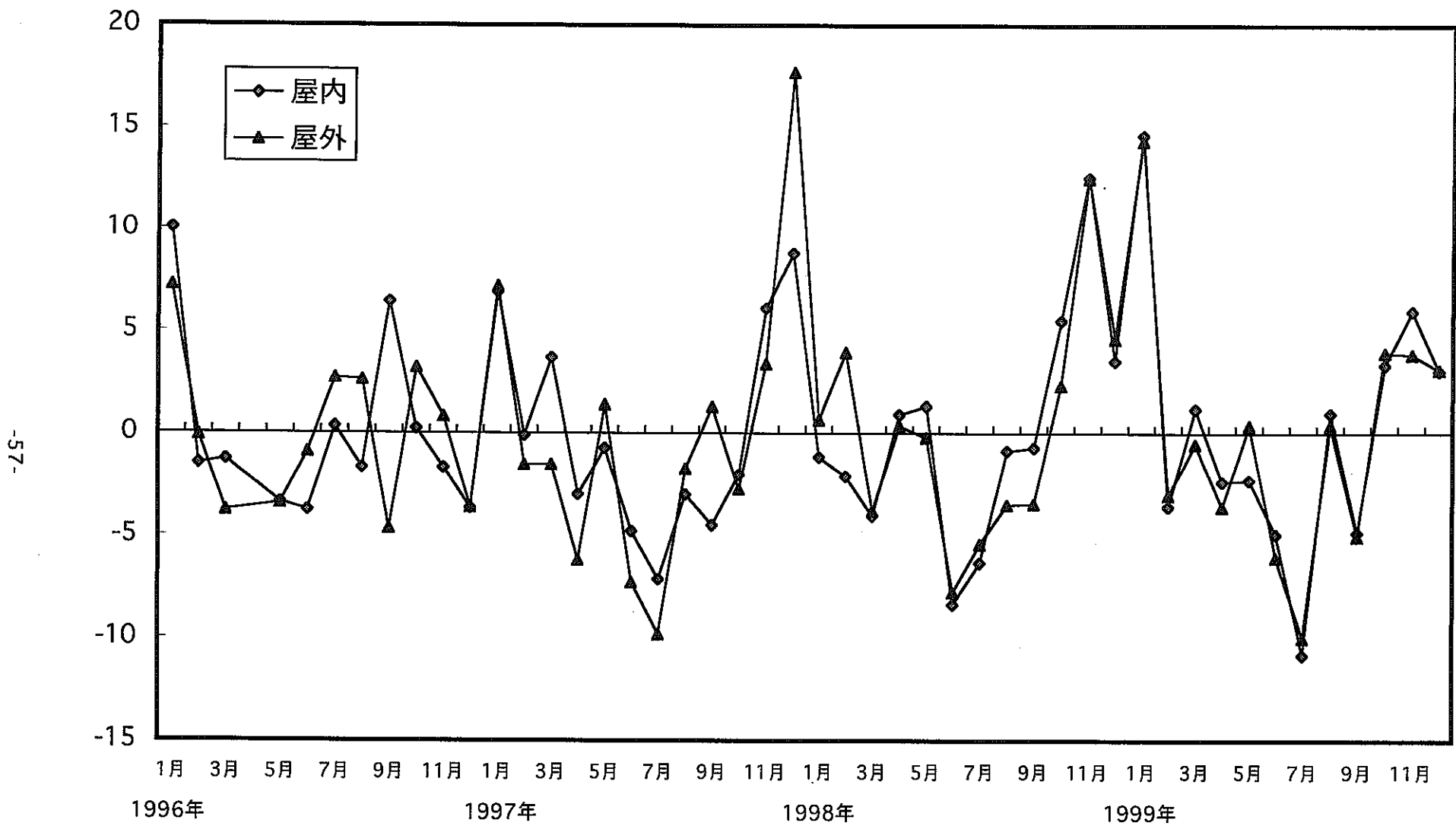


Fig. 32 川西市におけるラドン濃度の変動部分の経時変動

Table 14 増富温泉の土壌中の γ 線放射性核種濃度

No.	採取地	採取地	採取日	試料の重さ (g)	(Bq/kg)								
					K-40 1460.7keV	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) (補正) 186.0keV	Cs-137 661.6keV	AC-228 / Ra-226
1	津金楼 中庭	土壌(0-2cm)	1999.7.16	41.90	ND	4040 ± 34.2	1530 ± 29	8280 ± 1480	710 ± 30.2	899 ± 37.7	2708 ± 87.2	ND	3.06
2	津金楼 中庭	土壌(3-4cm)	1999.7.16	49.97	1070 ± 172	4690 ± 367	1730 ± 28.3	9020 ± 149	740 ± 25.1	951 ± 36.8	2850 ± 103	ND	3.16
3	津金楼 中庭	土壌(5-6cm)	1999.7.16	46.20	569 ± 81.3	672 ± 0.9	248 ± 8	1110 ± 35.4	240 ± 8.8	ND	695 ± 27.2	ND	1.60
4	津金楼 中庭湧水	土壌(0-2cm)	1999.7.16	31.82	ND	5860 ± 50.3	2050 ± 39.5	19600 ± 249	798 ± 35.6	ND	3540 ± 126	ND	5.54
5	津金楼 前庭	土壌(0-2cm)	1999.7.16	22.37	ND	2430 ± 17.4	876 ± 13.5	7480 ± 90.2	390 ± 14.4	ND	1585 ± 47.3	ND	4.72
6	津金楼 ガレージ裏	土壌(0-2cm)	1999.7.16	17.80	338 ± 110	509 ± 10.4	174 ± 8.5	2740 ± 73.5	547 ± 15.5	630 ± 21.4	1944 ± 50.0	ND	1.41
7	津金楼前 木下	土壌(0-2cm)	1999.7.16	33.6	406 ± 36.6	23 ± 1.4	8.6 ± 1	40.9 ± 5.6	20.1 ± 1.7	ND	35.9 ± 5.2	ND	1.14
8	道路途中(旅館寄り) 湧水B1	土壌(0-2cm)	1999.7.16	23.94	460 ± 18.9	33.2 ± 0.7	16 ± 0.5	46.1 ± 2.7	29.6 ± 0.9	30.5 ± 1.2	33.1 ± 2.8	ND	1.39
9	坂道途中 湧水A	土壌(0-2cm)	1999.7.16	29.13	518 ± 47.5	13.9 ± 1.5	6.4 ± 1.1	ND	12.9 ± 1.8	ND	13.4 ± 5.7	ND	-
10	道路沿い 湧水B2	岩石	1999.7.16	38.52	610 ± 36.6	26 ± 1.2	9.5 ± 1	38.3 ± 4.3	19.1 ± 1.6	ND	14.4 ± 3.8	ND	2.66
11	道路沿い 湧水B3	土壌(0-2cm)	1999.7.16	10.68	505 ± 50.9	21 ± 1.4	8.8 ± 1.3	28.6 ± 6.8	32.1 ± 2.4	35.4 ± 3.2	34.2 ± 7.1	ND	0.84
12	不老閣 岩風呂	土壌(0-2cm)	1999.7.16	29.59	291 ± 5.8	65 ± 3.1	31.5 ± 3.1	166 ± 15.8	249 ± 7.4	261 ± 9.5	570 ± 19.3	ND	0.29
13	川の上流	砂(0-2cm)	1999.7.16	46.82	619 ± 21.8	23.5 ± 0.7	8.5 ± 0.7	30.4 ± 2.9	13.6 ± 0.9	ND	14.8 ± 0.2	ND	2.06

3.6.2 地域毎による γ 線核種分析結果の比較

今年度までに調査した地域の土壌中の U, Th 系列の崩壊生成核種（特にそれぞれ Pb-212, Pb-214）についてその濃度の変動範囲と平均濃度をまとめて Table15 に示した。これによると東大阪市の土壌中の核種濃度と各採取場所の核種濃度を比較すると、Th 系列の Pb-212 についてはほぼ同じレベルであったが、川西市については若干低く、三朝温泉および池田鉱泉は若干高く、同じ東大阪でも異なることば分かった。U 系列の Pb-214 については三朝地域の土壌と東大阪の土壌との比は 1.3 と若干高い程度であった。

池田鉱泉地域の土壌については Th 系列 Pb-212 については対照地域（東大阪）と比較すると若干高いレベルであったが、U 系列 Pb-214 については鉱泉近くの旅館内の土壌については対照地域の数倍であった。民家については U 系列 Pb-214 は若干高いレベルであった。

本年度調査した増富温泉については、源泉近くの土壌については 4300Bq/kg、それ以外の土壌については 23.4Bq/kg と源泉近くでは 200 倍となった。Pb-214 についても、源泉近くの土壌については 660Bq/kg、その他の土壌は 21.3Bq/kg であった。Th 崩壊生成核種/U 崩壊生成核種比は東大阪については 2.0~2.4 であったのに比べて池田鉱泉地域の旅館では Th/U 比は 0.43 と、U 系列崩壊生成核種の方が逆に高く 2.5 倍となった。人形峠のウラン鉱床露頭発見の地の土壌については採取場所の違いによって差はあるが、対照地域の Pb-214 量との相対値では 54 となった。東大阪市の近大構内の経時変化を調べた土壌は原研構内の土壌と比較して調べた結果 Pb-212 濃度は 27~57Bq/kg の範囲に変動し、平均濃度は 44.0Bq/kg で、Pb-214 濃度は 15~28Bq/kg、平均濃度は 22.7Bq/kg であった。これより人形峠露頭発見の地はウラン鉱床で、池田鉱泉はラジウム鉱泉であるので、いずれもウラン系核種が高いことが一致している。増富温泉水についても Ra-226 を多量に含み水の入ったポリ瓶を密閉しておくと Rn-222 が発生し続け、ポリ瓶が丸くふくらんだ状態になった。しかし源泉近くの土壌中の核種は Th 崩壊生成核種が高く、Th/U 比は 6.4 となった。人形峠のウラン露頭発見の地の土壌は Th/U 比が 0.035 で U 比が高く、増富温泉源泉近くの土壌は逆に Th 比が高く、Th 量が高いことが分る。増富温泉で採取した土壌の γ 線エネルギースペクトルを別添図 Fig.A1~A13 に示した。

Table 15 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
三朝温泉		(32)	71.4 ± 28.7*	1.6	40.1 ± 19.8*	1.8	1.78		
			31 ~ 149		18 ~ 98				
ウラン露頭 発見地		(3)	43 ± 30	1.0	1229 ± 349	54.0	0.035		
			24 ~ 77		827 ~ 1450				
池田鉱泉	旅館	(18)	65.6 ± 76.8	1.5	153.8 ± 227.1	6.8	0.43		
			24 ~ 365		11 ~ 840				
	民家	(16)	44.2 ± 16.7	1.0	34.2 ± 12.9	1.5	1.29		
			31 ~ 99		20 ~ 66				
奈良県奈良市		(6)	51.0 ± 15.6	1.2	30.3 ± 13.9	1.3	1.68		
			40 ~ 81		18 ~ 57				
奈良県奈良市		(3)	44.2 ± 8.7	1.0	28.0 ± 8.0	1.2	1.58		
			35 ~ 52		20 ~ 36				
有馬温泉		(6)	44.6 ± 17.1	1.0	30.2 ± 8.7	1.3	1.48		
			23 ~ 69		19 ~ 41				
川西市		(4)	29.6 ± 2.3	0.67	20.9 ± 1.9	0.92	1.42		
			27 ~ 32		19 ~ 23				
福井県敦賀		(1)	68.5 ± 1.76	1.6	38.6 ± 1.72	1.7	1.77		
			68.5 ~ 68.5		38.6 ~ 38.6				
北海道トマ温泉 (石, 湯の花)		(2)	86.1 ~ 1650		31.7 ~ 1300		2.00		
東大阪市 (近大)		(19)	74.6 ± 15.9	1.7	30.8 ± 5.1	1.4	2.42		
			39 ~ 97		18 ~ 37				
東大阪市 (原研)		(5)	44.0 ± 12.8	1.0	22.7 ± 5.6	1.0	1.94		
			27 ~ 57		15 ~ 28				
増富温泉	源泉 近	(4)	4255.0 ± 1431		660 ± 183		6.45		
			2430 ~ 5860		390 ~ 798				
	(2)	591.0 ± 115		394 ± 217		1.50			
			509 ~ 672		240 ~ 547				
	他	(6)	23.4 ± 6.3		21.3 ± 7.9		1.10		
			14 ~ 65		13 ~ 249				

* 相対標準偏差

3.6.3 増富温泉水の γ 線核種分析

増富温泉地域で採水した温泉水の Ge 半導体を検出器とした多重波高分析装置による γ 線核種分析を行った結果を Table16 に示した。試料水は旅館津金楼中庭の湧水、 γ 線線量率 $4\mu\text{Gy/h}$ を示した道路脇の湧水、不老閣岩風呂および白水温泉水の4試料で、測定量は 80ml の少量であったため、道路脇湧水および岩風呂温泉について U および Th の崩壊生成核種の一部が検出され、道路脇湧水については U-238 崩壊生成核種の内 Pb-214、Bi-214 が検出され、30~40Bq/l となった。測定量が少なかったことと、検出ピーク (186keV) が低エネルギー側で検出限界が高く Ra-226 のピークは検出出来なかったが、Ra-226 が溶出していたものと思われる。他の温泉地域で採水した温泉水と異なり、増富温泉で採取した温泉水は、ポリ瓶を密栓して放置すると Rn-222 が発生し、ポリ瓶が丸くふくらんだ状態になったことでも推定される。Th-232 の崩壊生成核種である Ac-228、Tl-208、Pb-212 が検出されていないが、Th-232 は酸化物として土壤中に沈着し、温泉水中には溶出されないとする文献と一致している。増富温泉水の γ 線エネルギースペクトルは別添図 B1~B4 に示した。

4. まとめ

環境中にはカリウム-40をはじめウラン系列、トリウム系列などの自然放射性核種が広く分布しているが、一様な分布はしていないことから大地よりの環境 γ 線として、またラドンの発生源として種々の形態で生活環境に関与し時間的にも空間的にも大きく変動している。わが国では一般的に、花崗岩地域が多い西日本では放射線量率は高いので、自然放射線に対する理解を深め、花崗岩などの高自然放射線地域における自然放射性核種の挙動と分布を明らかにするために環境調査を行う。調査する地域としては、特に、中国地方の花崗岩地域である島根県太田市池田鉾泉地域、鳥取県東伯郡三朝温泉地域、近畿地方で奈良県奈良市鉢伏地域、奈良県宇陀郡室生地域、兵庫県神戸市有馬温泉、兵庫県川西市及び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検討を行ったので、その結果を報告する。

(1) ラドンの測定は、長い設置期間が必要だが取扱が容易なカップ式ラドン・トロンモニタ、活性炭捕集によるピコラド法および 300ml 容のシンチセルの瞬時捕

Table 16 増富温泉水中の γ 放射性核種濃度

No.	試料	測定日	測定時間 (s)	(Bq/l)							
				K-40 1460.7keV	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	Cs-137 661.6keV
1	津金楼 中庭 湧水	1999 7.21	100000	0 ± 11.1 ND	0.26 ± 0.31 ND	- ± - ND	- ± - ND	0.57 ± 0.44 ND	- ± - ND	1.19 ± 2.97 ND	- ± -
2	道路沿い 湧水	1999 7.23	60000	0 ± 14.2 ND	0.038 ± 0.36 ND	0 ± 0.37 ND	- ± - ND	30.3 ± 0.99	38.9 ± 1.36	0 ± 3.51 ND	- ± -
3	不老閣 岩風呂	1999 7.26	233000	0 ± 9.20 ND	0 ± 0.25 ND	0 ± 0.21 ND	0.34 ± 1.34 ND	0.15 ± 0.35 ND	0.93 ± 0.48	0 ± 2.30 ND	- ± -
4	白 水 風呂	1999 7.30	75000	1.75 ± 13.4 ND	0 ± 0.33 ND	- ± - ND	- ± - ND	- ± - ND	- ± - ND	0 ± 3.00 ND	- ± -

集によるパイロンラドンモニタ等の方法により検討した。積分型ラドンモニタは固体飛跡検出器として硝酸セルロース（コダック社製 LR-115 type2）を用いた。ラドンモニタのそれぞれの特性により、カップ法は3ヶ月間設置捕集のため最小検出限界が高く感度が悪いが、設置期間の平均濃度が得られ、他の方法では24時間又は瞬時の短期間の平均ラドン濃度となる。ピコラド法は検出器が小さく、捕集も容易で簡便な測定で同時に多数測定が可能のため分布図などの作成に有効である。

(2) 三朝温泉地域における1998年12月まで約4年間に実施した空气中ラドン濃度は各地域毎の平均値で、屋外では2~150Bq/m³、屋内ラドン濃度は8~194Bq/m³と幅広く変動し、一般に屋内濃度が屋外濃度より高く、その比は1.1~2.3に変動している。測定した地域の内、三朝地区、旭地区（竹田川沿）および竹田地区天神川沿い（竹田川上流の一部）が高く、三朝温泉地域の東南部小鹿地区および三徳地区では低濃度であった。これを地質図と比較して見ると、高ラドン濃度を示した旭、竹田、三朝温泉地域は花崗岩層に位置し、低ラドン濃度を示した小鹿、三徳地域は火山岩（安山岩及び玄武岩）層に位置していることが分った。花崗岩層に位置する地域のラドン濃度は火山岩層に位置するラドン濃度の、屋内においては2~3倍、屋外においては2倍となり、地層の違いによりラドン濃度が変化することが分った。

(3) 三朝地域、川西市において空气中屋内ラドン濃度の経時変化を観察すると、夏低く冬高くなる。夏期には、気温が高く窓を解放して生活することにより屋外の低濃度の空気により希釈されラドン濃度は低くなるものと思われる。

(4) 島根県池田鉱泉における空气中ラドン濃度は、鉱泉を利用している旅館等と民家8軒では大きく差があり、民家では比較的low濃度で高い鉱泉源の井戸を持つ民家の近くでの空气中濃度が高く、大きく変動している。飲料水として用いている井戸水は、2~138Bq/l（平均値31Bq/l）、湧水、地下水等はND~4620Bq/l（平均875Bq/l）と採取日又は場所によっても大きく変動していた。

(5) 兵庫県有馬温泉の7泉源の温泉水中の内、岩酸泉源のラドン濃度が26Bq/lで、他は1.1~2.7Bq/lと比較的低レベルであった。

5. 参考文献

- 1) United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation (UNSCEAR) 1988, 1993 Reports, "Sources, effect and risks of ionizing radiation", United Nations, New York (1997, 1988, 1993)
- 2) 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)
- 3) 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)
- 4) 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)
- 5) 下 道国, 飯田孝夫; ラドン・トロンとその娘核種—測定法の現状と課題—, JCAC, No.18, 12-29 (1990)
- 6) 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)
- 7) 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)
- 8) 森嶋彌重, 古賀妙子, 河合廣, 近藤宗平, 御船政明他; 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)
- 9) 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)
- 10) 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)
- 11) 仲川隆夫他; Radioisotopes, 38, 20 (1989)
- 12) 五十嵐修一他; 福井県衛生研究所報, 28, 88 (1989)
- 13) K. FUJITAKA, S. ABE and K. FUJIMONO; Analysis of counter map of natural radiation in Japan, J. Nucl. Sci. Technol., 18, 727 (1981)
- 14) 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)
- 15) K. MEGUMI, T. TSUJIMOTO, T. OKA and K. KATSURAYAMA; Background radioactivity of soil in Wakasa Area (Southern Fukui Prefecture), Hoken Butsuri., 20, 259 (1985)

添付図

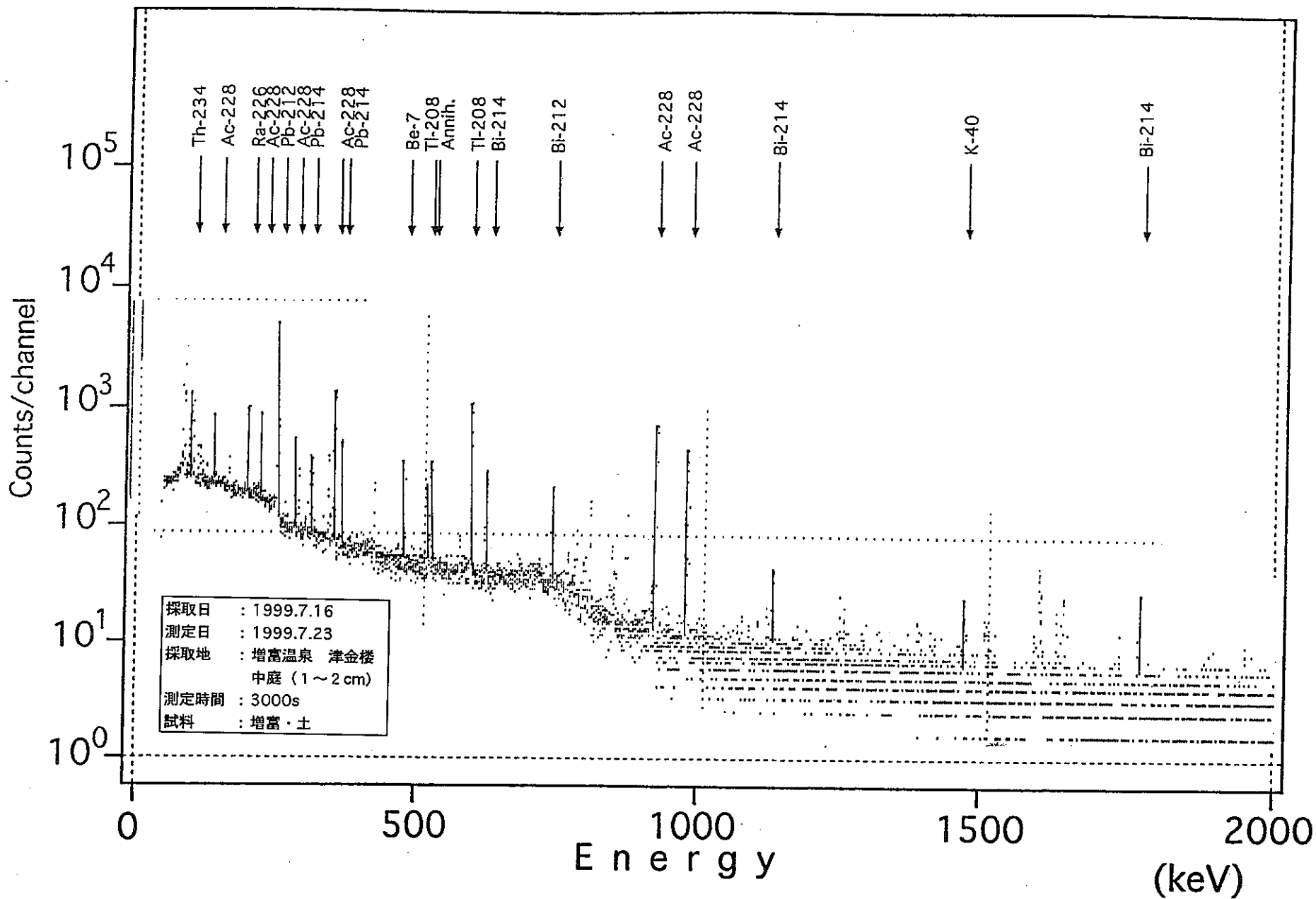


Fig. A 1 γ 線エネルギースペクトル

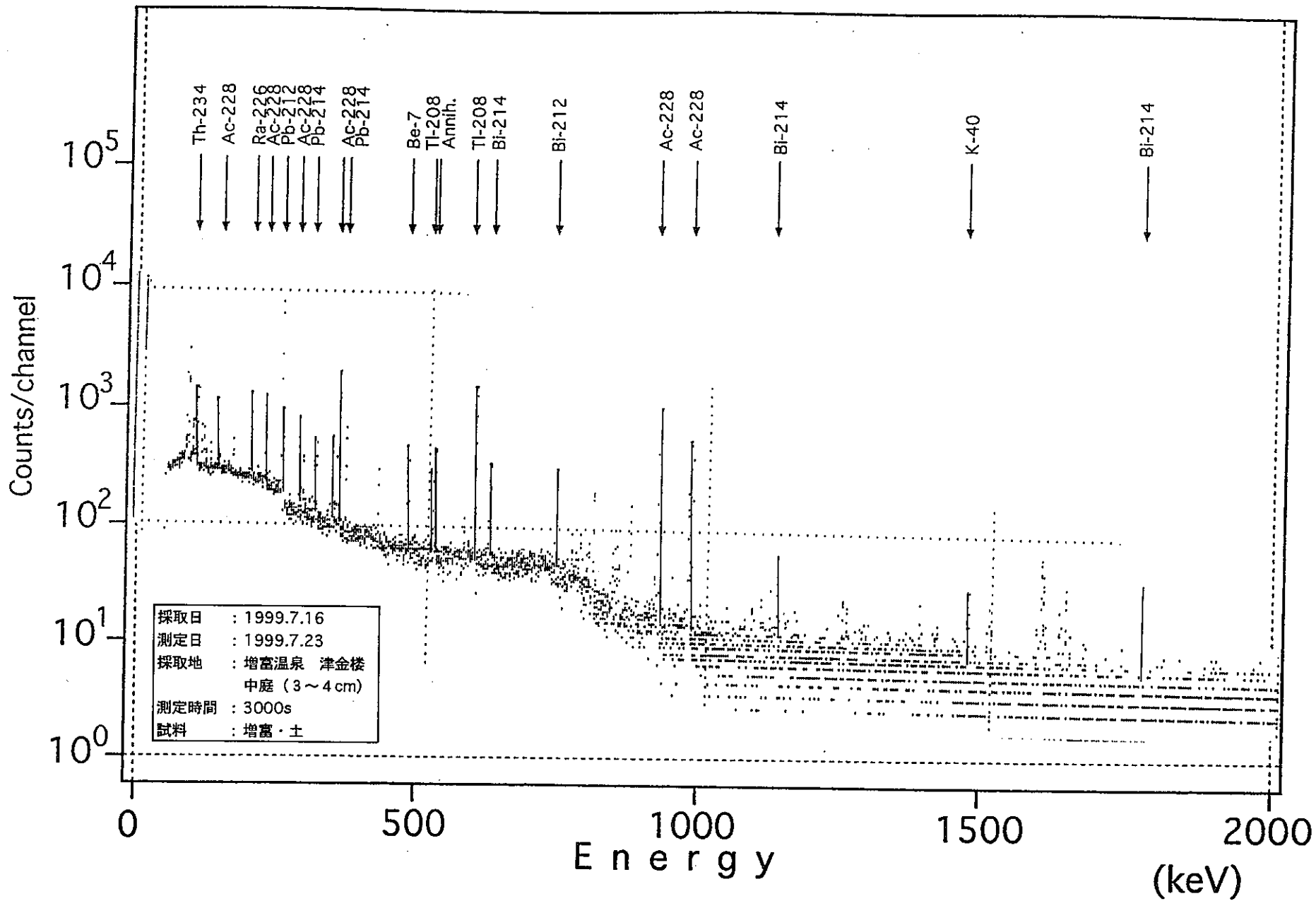


Fig. A 2 γ 線エネルギースペクトル

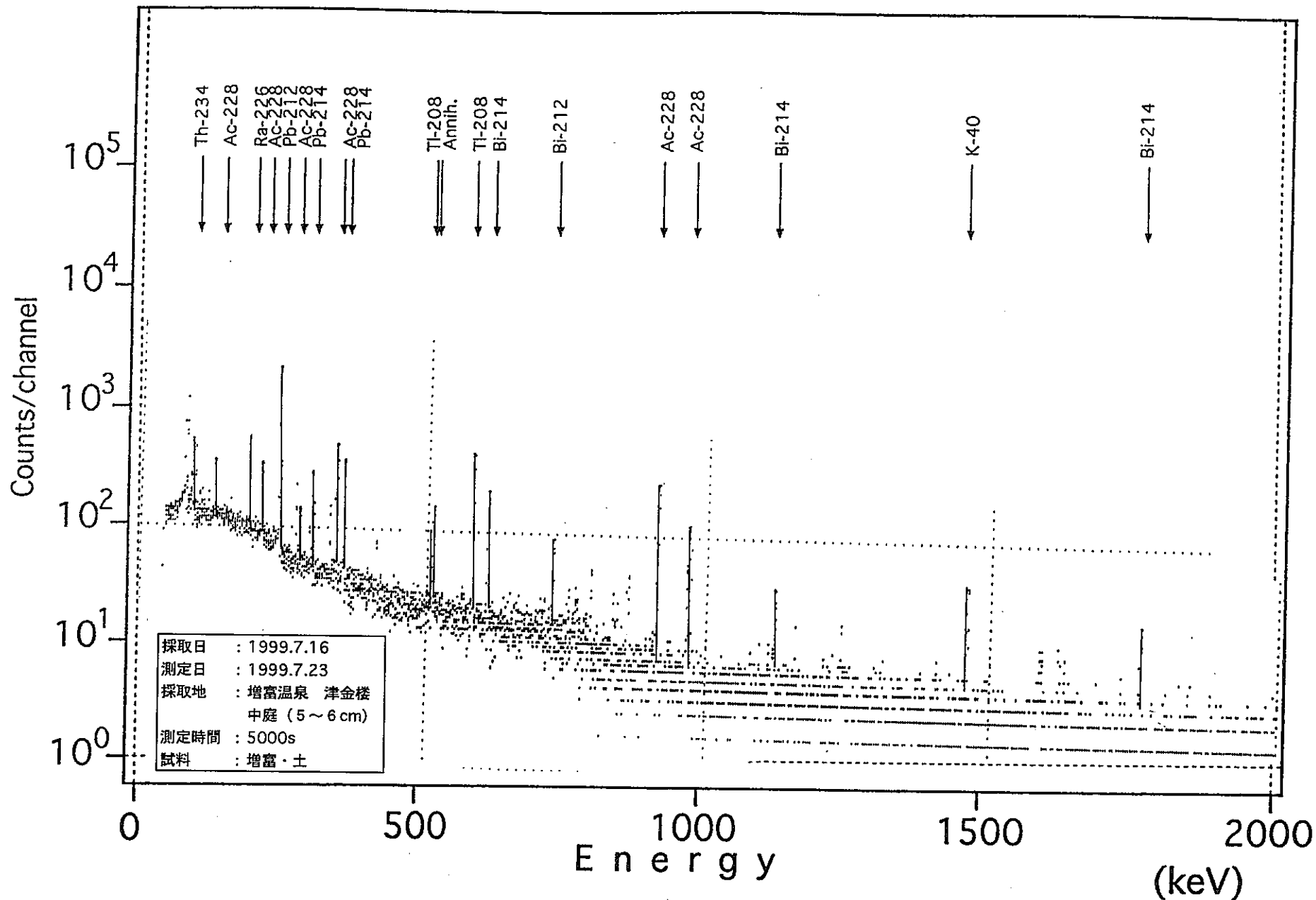


Fig. A 3 γ 線エネルギースペクトル

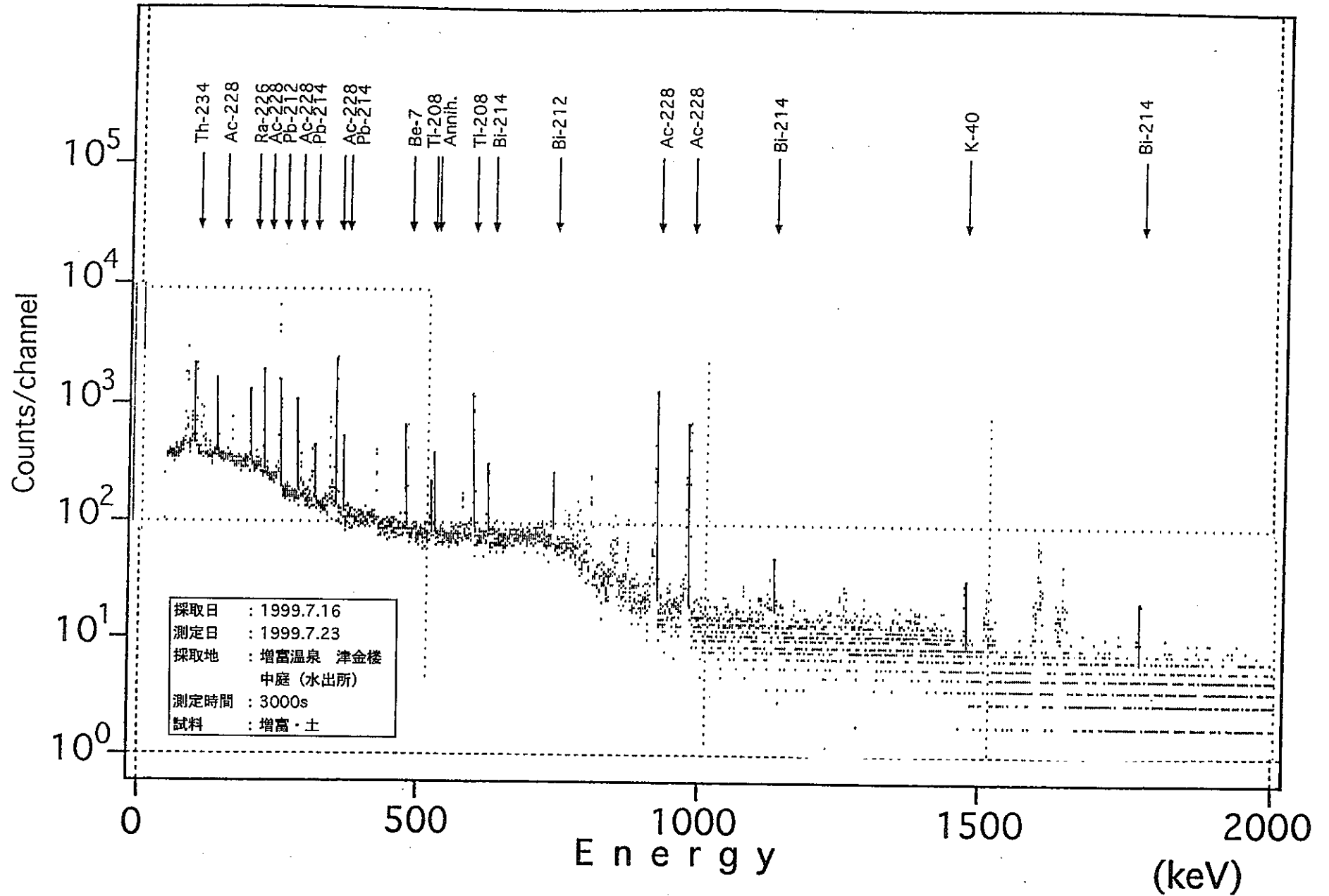


Fig. A 4 γ 線エネルギースペクトル

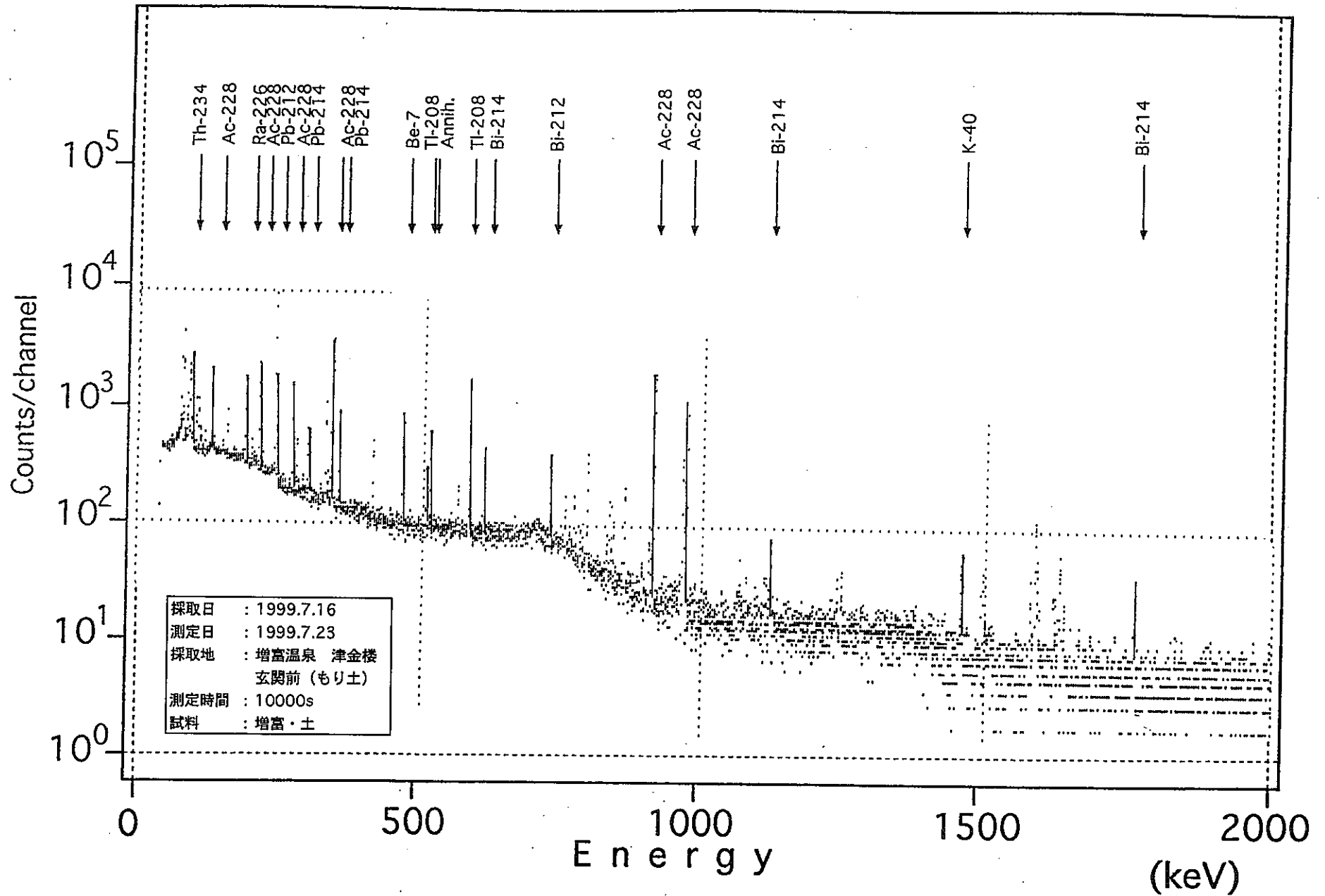


Fig. A 5 γ 線エネルギースペクトル

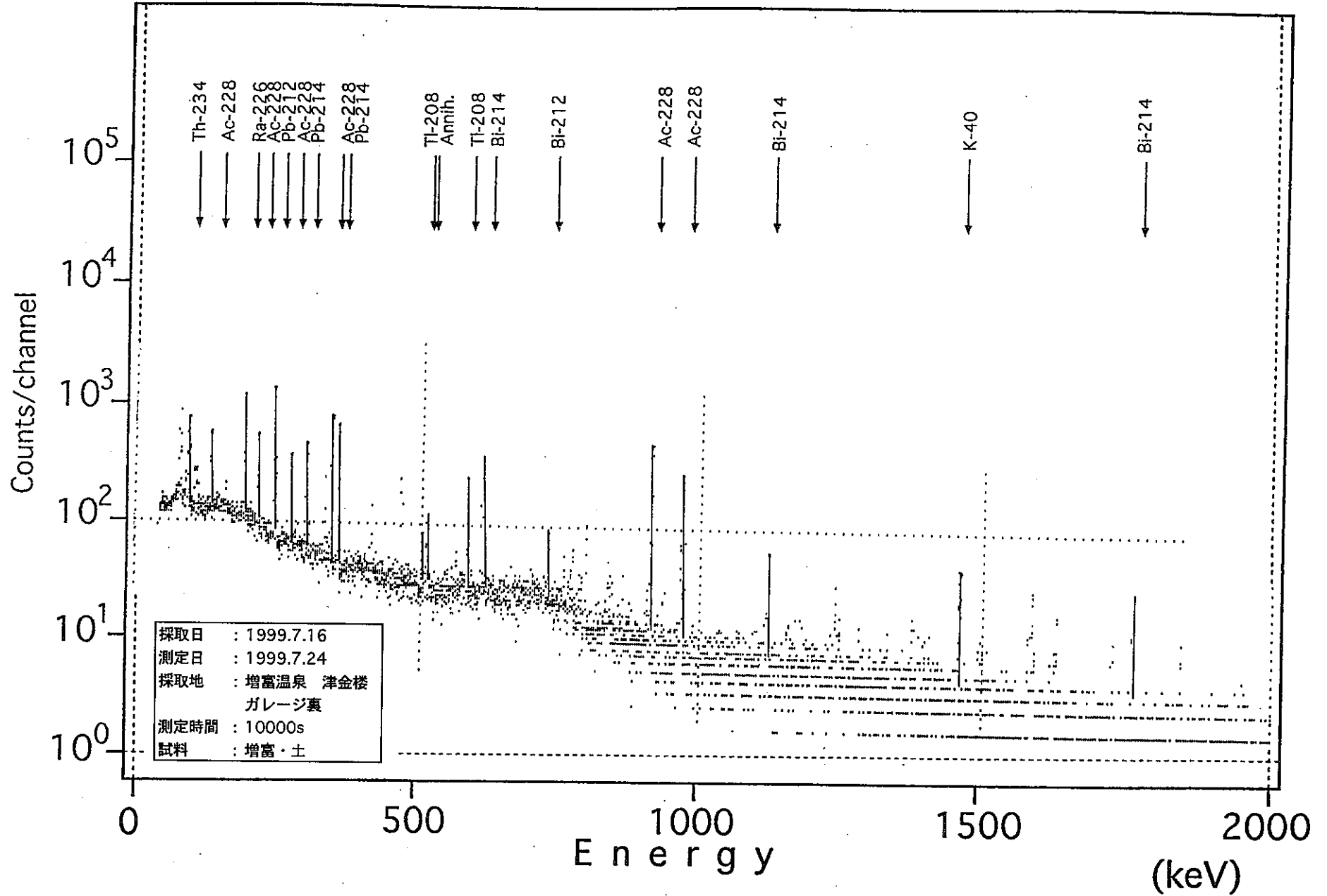


Fig. A 6 γ 線エネルギースペクトル

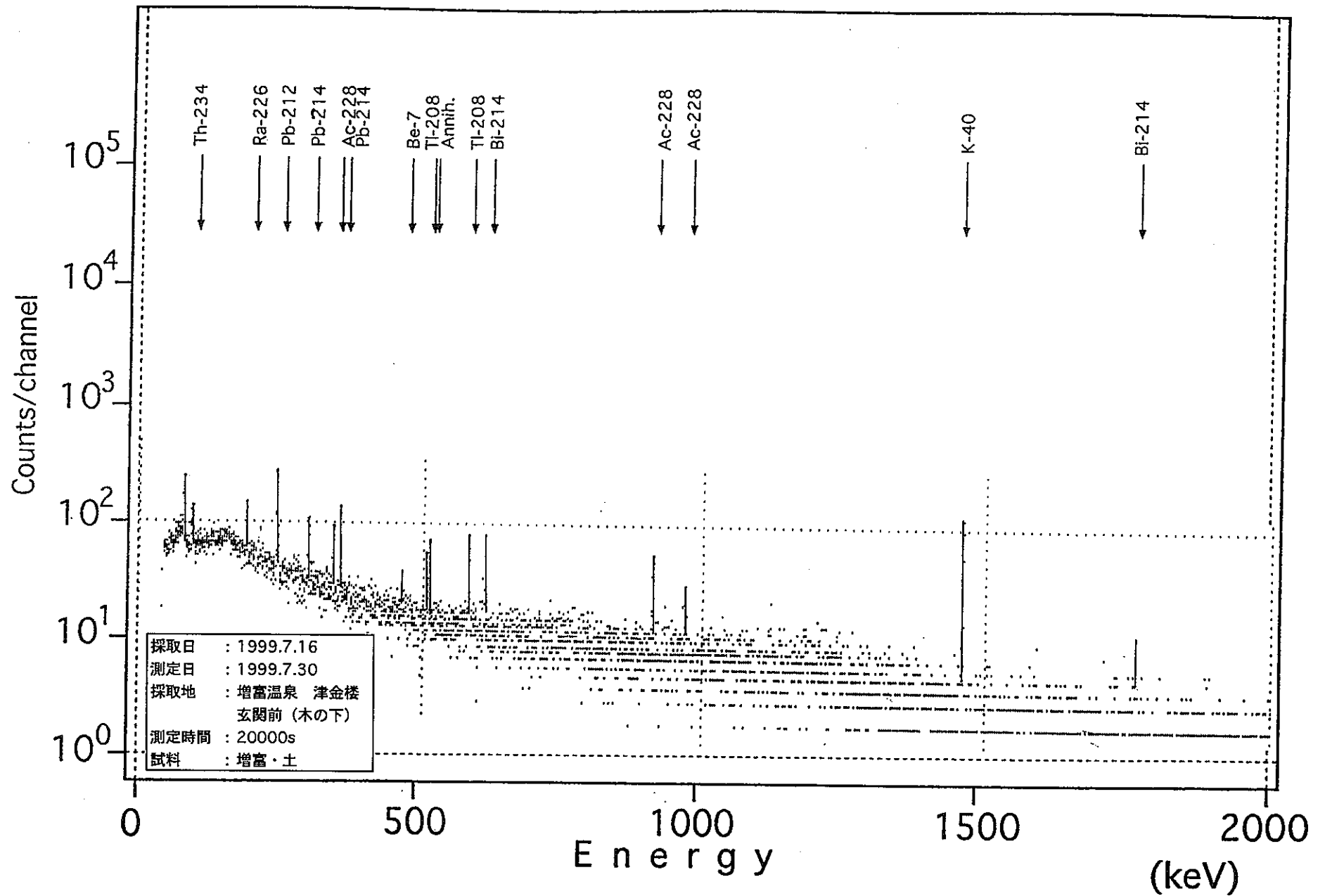


Fig. A7 γ 線エネルギースペクトル

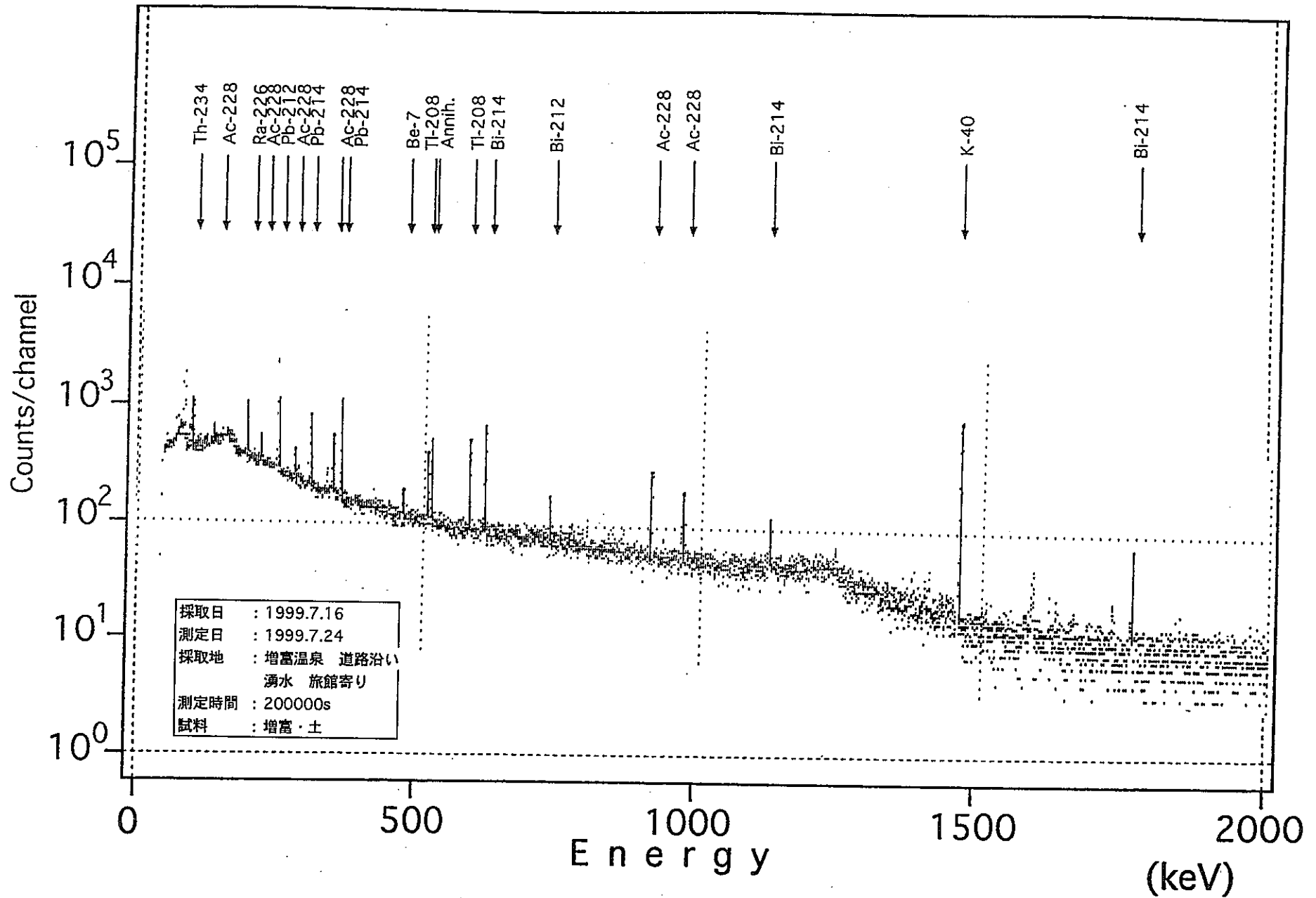


Fig. A 8 γ 線エネルギースペクトル

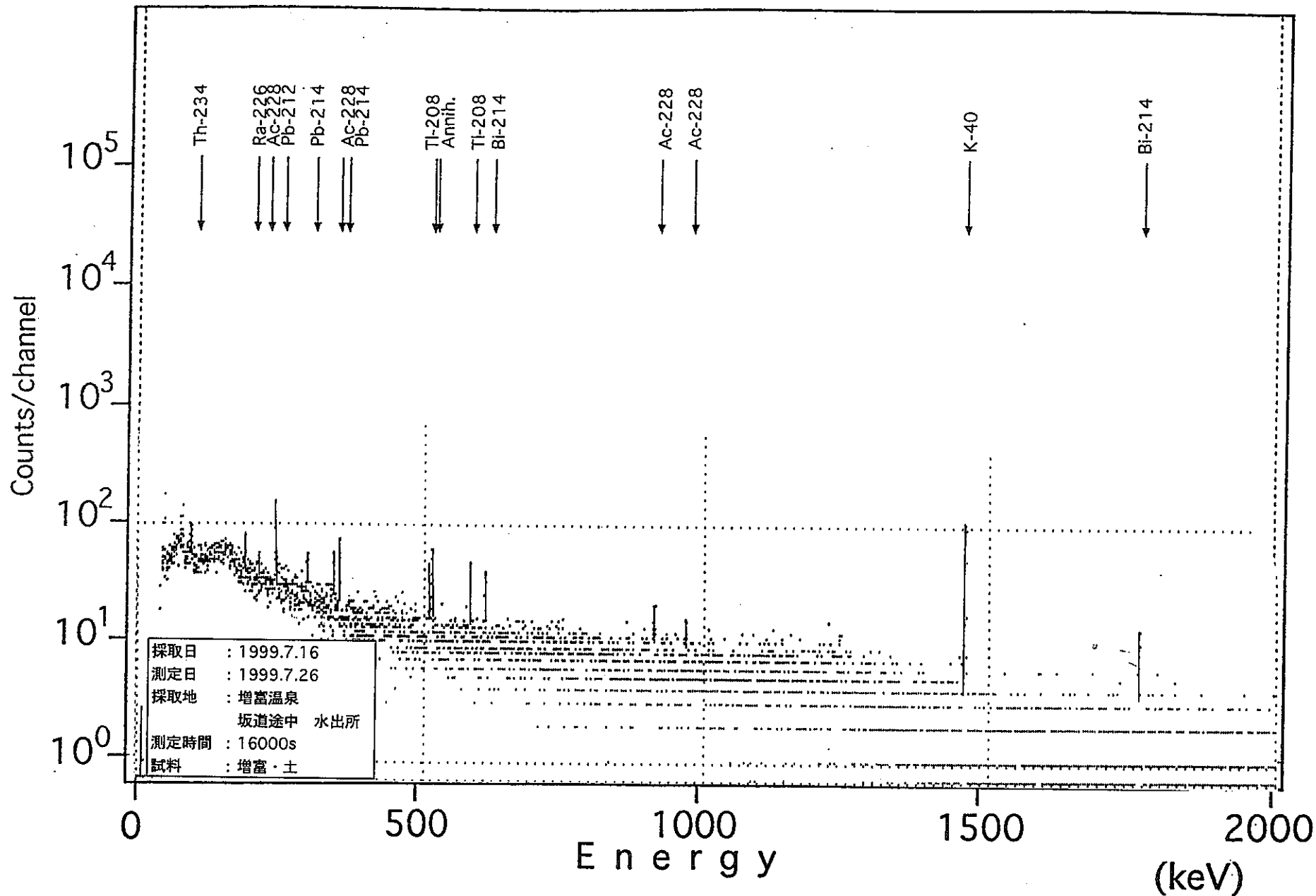


Fig. A 9 γ 線エネルギースペクトル

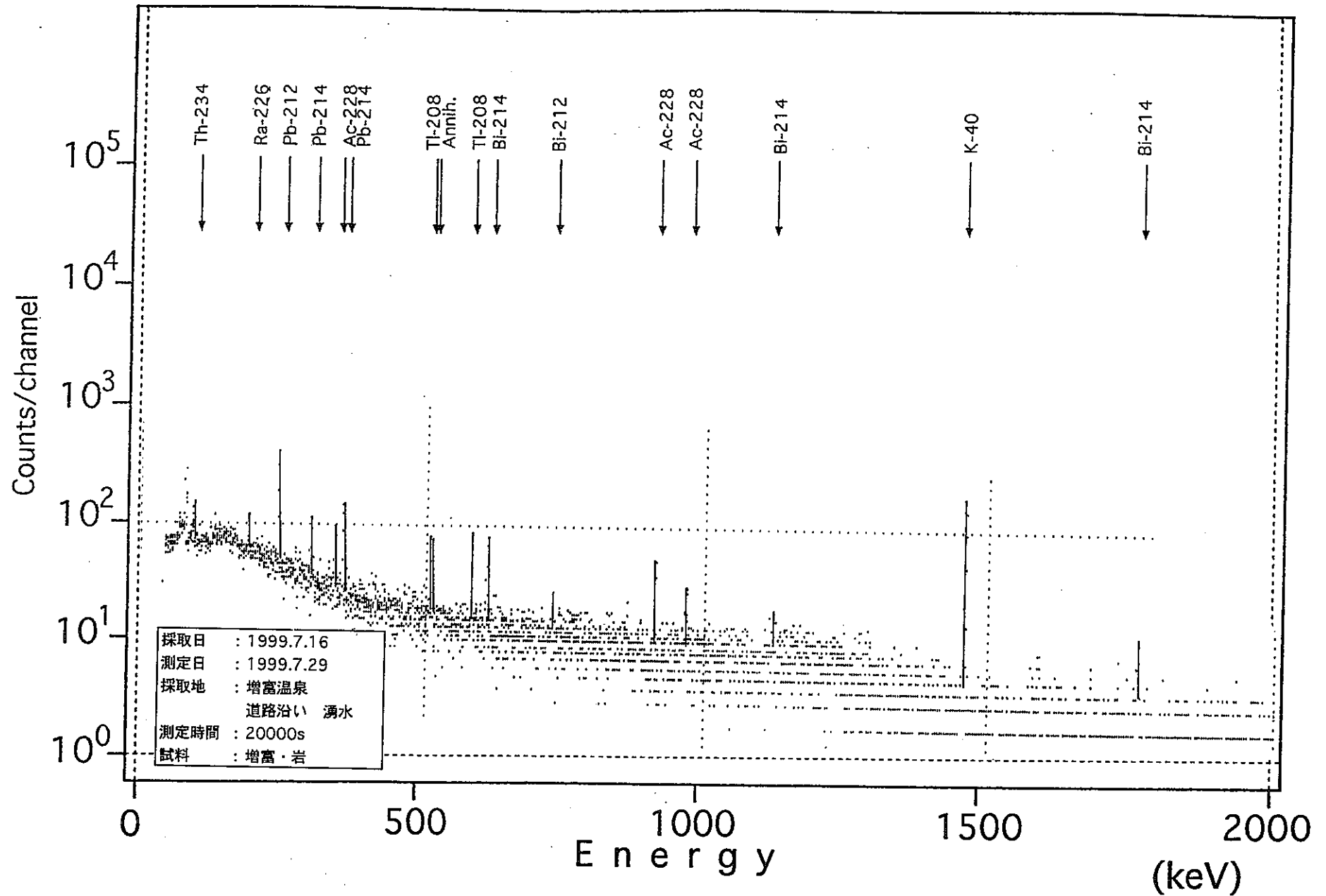


Fig. A10 γ 線エネルギースペクトル

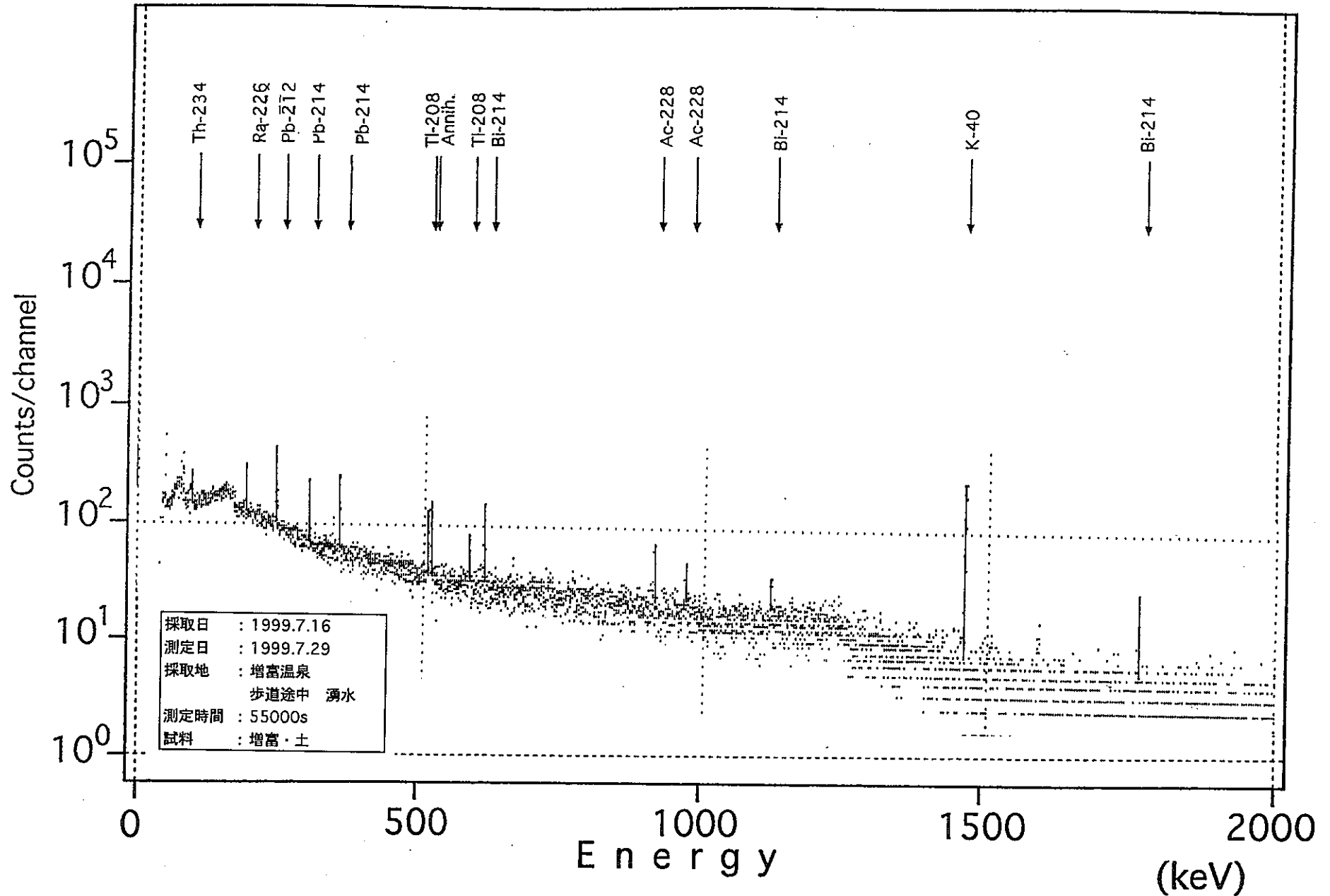


Fig. A11 γ 線エネルギースペクトル

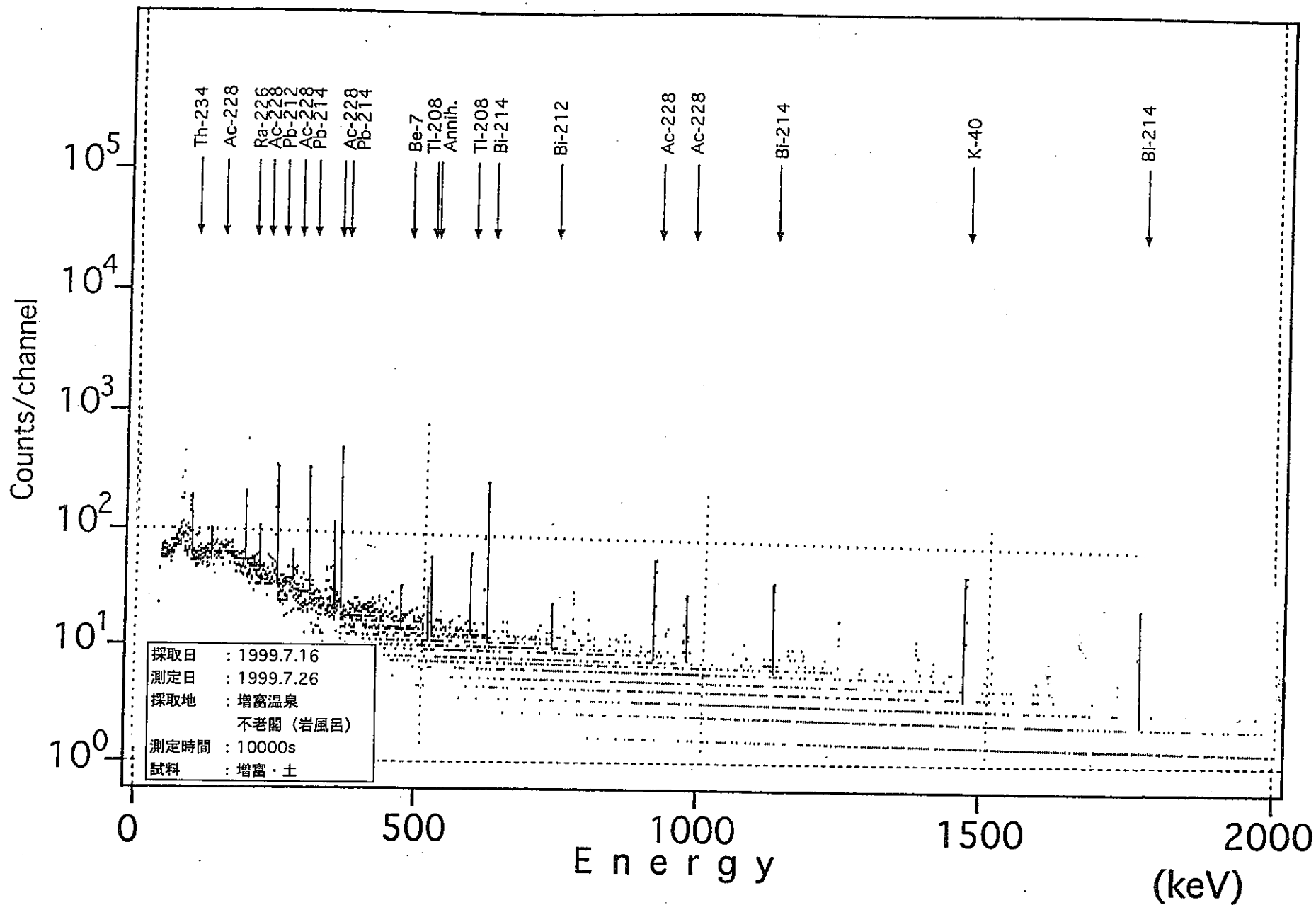


Fig. A12 γ 線エネルギースペクトル

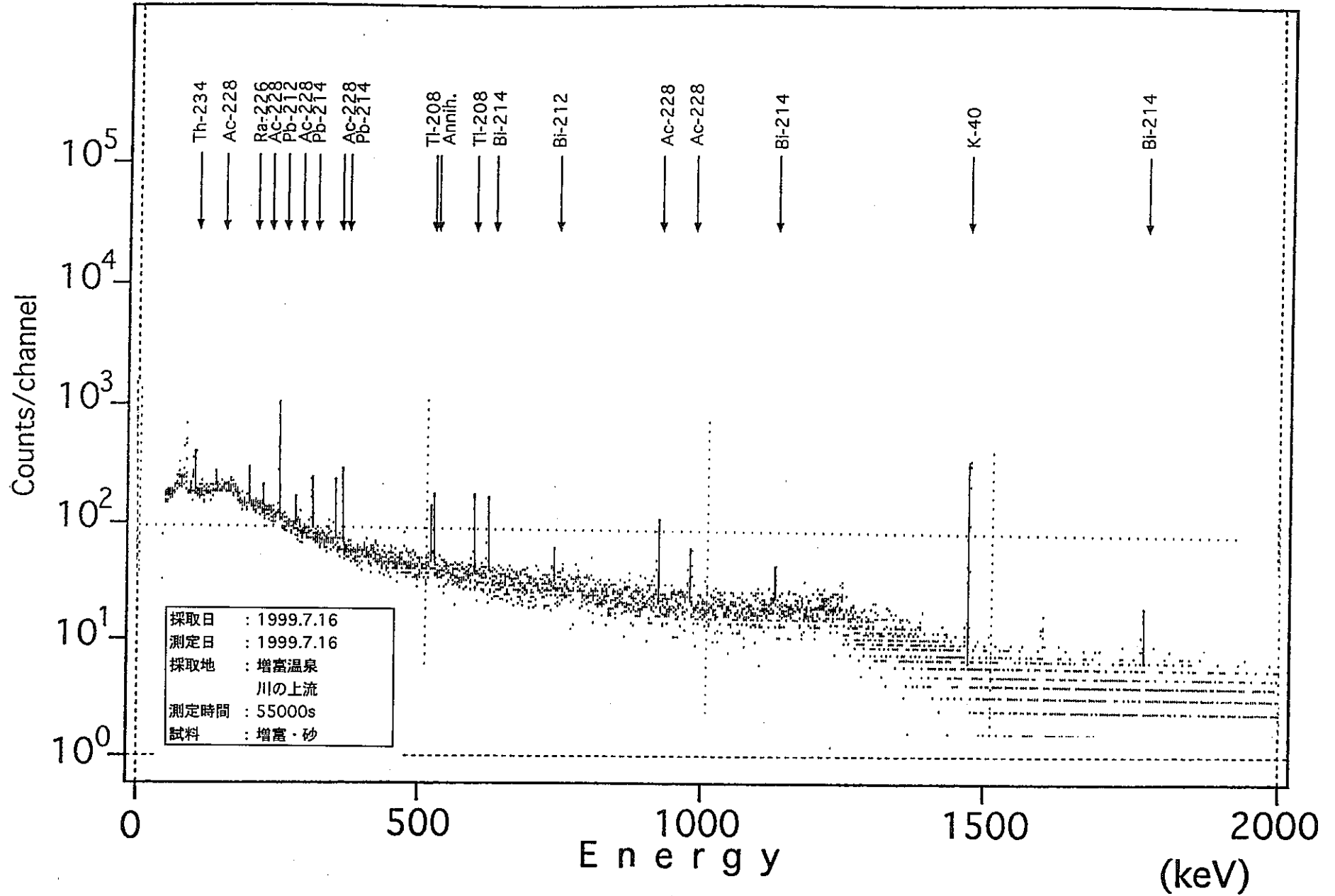


Fig. A13 γ 線エネルギースペクトル

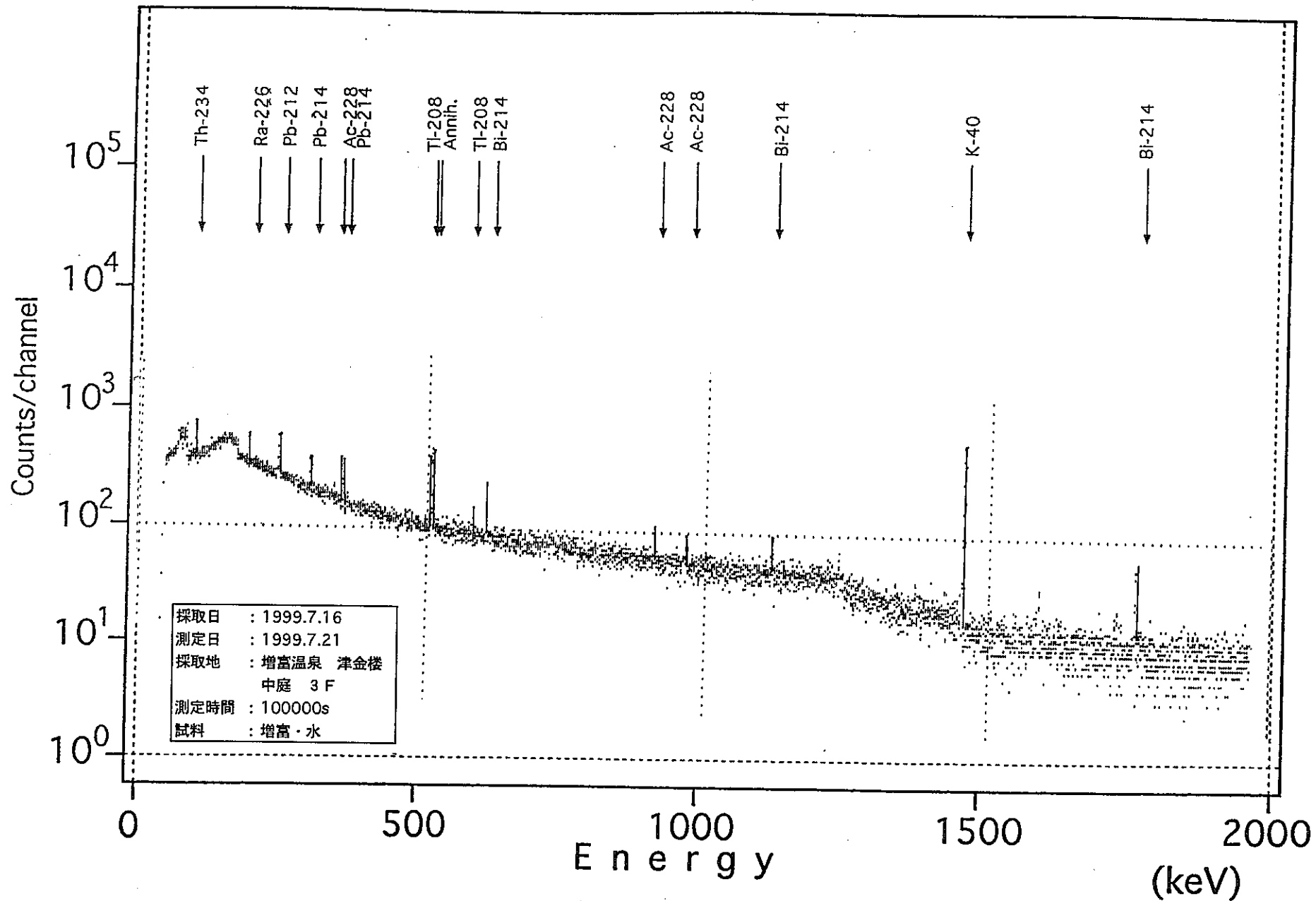


Fig. B1 γ 線エネルギースペクトル

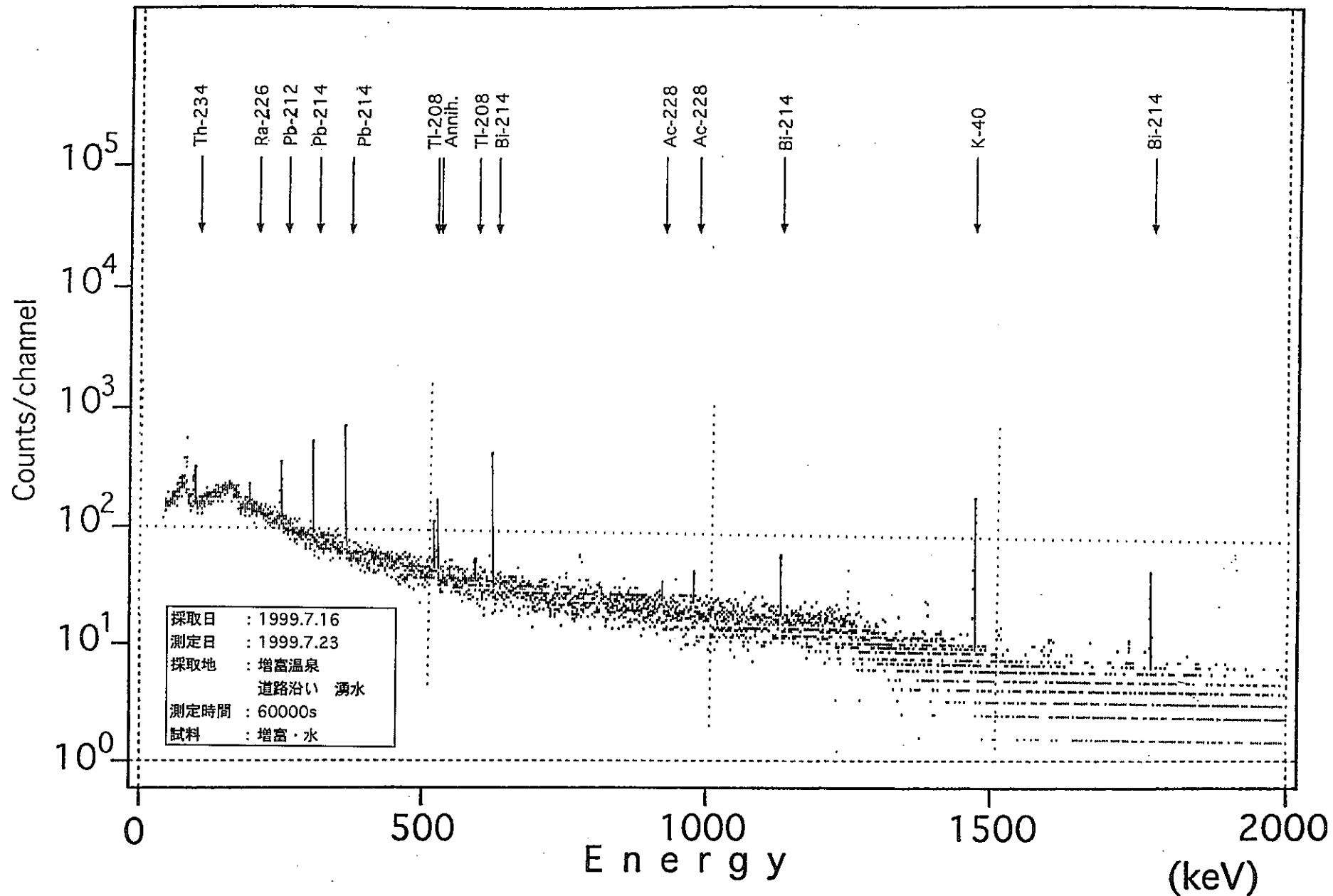


Fig. B 2 γ 線エネルギースペクトル

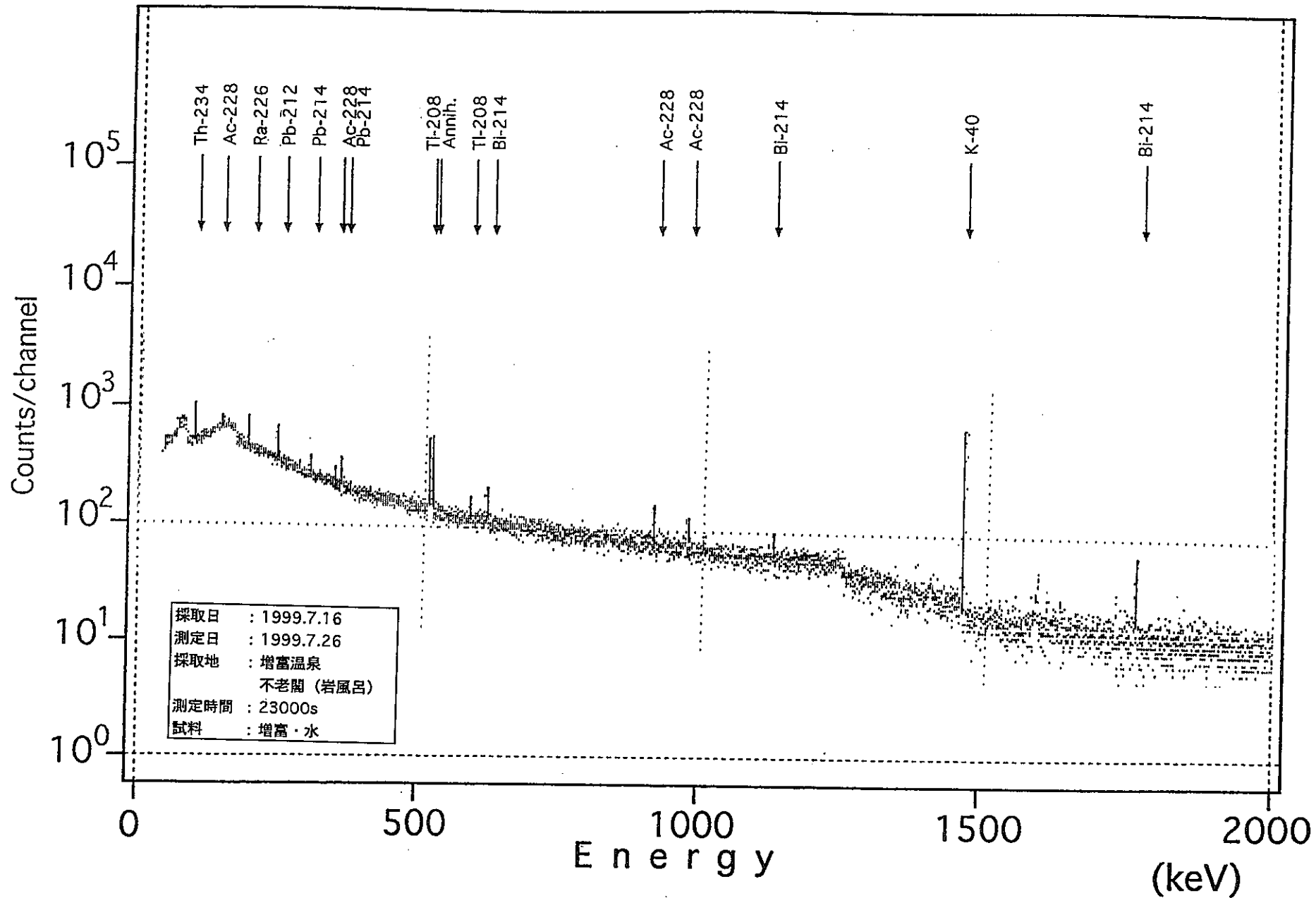


Fig. B 3 γ 線エネルギースペクトル

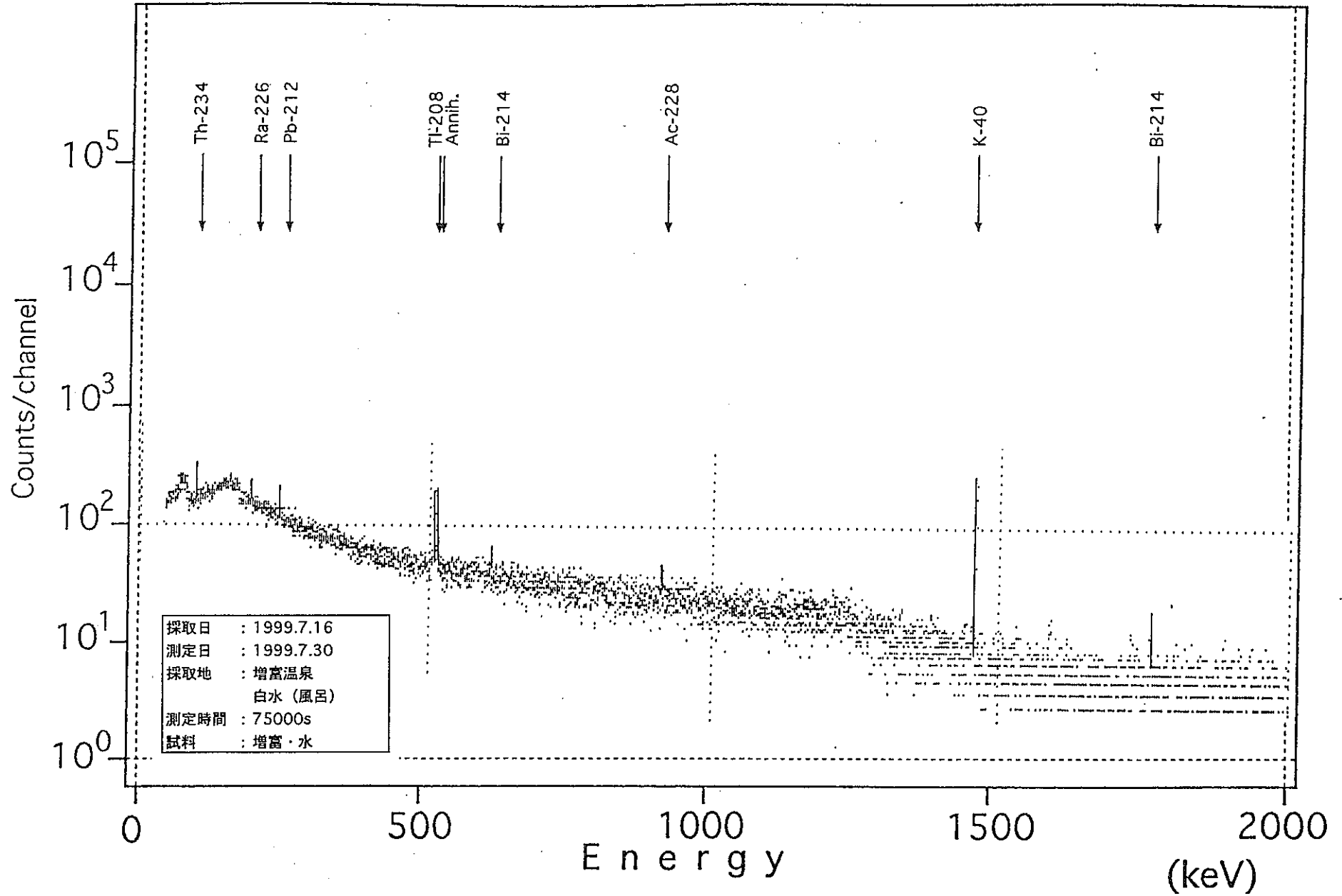


Fig. B 4 γ 線エネルギースペクトル