

JNC TJ1420 2003-002

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（I）

〔核燃料サイクル開発機構
委託研究成果報告書〕

2004年1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

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（I）

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、トロンは岩石や土壤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、電気的には帶電せず、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。

- (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、9 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。
- (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、温泉水の酸性が強く、温泉水温が高く、いずれも低レベルであった。

* 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：1501A00391

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

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

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 understood furthermore. 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 9 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.
- (3) On the measurement of Rn on Tamagawa and Shin-Tamagawa spa districts, Akita pref., where their source are same, Rn concentrations in air and well water were low level, because the temperature water and the acidity of spa water are very high.

* 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 カップ法および静電捕集法による空気中ラドン濃度測定	… 11
2.4 土壤中のγ線核種分析	… 11
3. 結果と考察	… 11
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	… 11
3.1.1 空気中ラドン濃度	… 11
3.1.2 鳥取・三朝周辺地域における水中ラドン濃度	… 23
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	… 23
3.1.4 三朝地域における水中ラドン濃度の経時変化	… 31
3.2 兵庫県川西市におけるラドン濃度	… 31
3.3 東大阪市における空気中ラドン濃度	… 31
3.4 秋田県玉川温泉におけるラドン濃度	… 38
3.4.1 秋田県玉川温泉における空気中ラドン濃度	… 38
3.4.2 秋田県玉川温泉における水中ラドン濃度	… 38
3.4.3 秋田県玉川温泉周辺におけるγ線量率	… 38
3.5 その他の地域における水中ラドン濃度	… 45
4. まとめ	… 45
5. 参考文献	… 49

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壤空隙率や気圧分布、降水などの気象条件に大きく影響される¹⁾。更に、土壤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、土壤中に含まれる 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。

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。また、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、一般公衆にとっても関心のある問題である。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いる。

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³⁾。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^{3, 4)}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つており、地質依存性の報告がなされている^{5~8)}。

土壤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、土壤岩石中には数 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、問題となつている。リン酸、石膏を壁などの建材として使用されることにより、室内のラドン濃度が高まる例もあり⁹⁾、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、変動幅も大きい^{8~15)}。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^{16~18)}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つており、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^{5~7)}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²¹⁾、藤元ら²²⁾、(財)日本分析センター等^{23, 24)}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。

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各種の環境中における挙動と分布に関する調査を実施したので、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^{5~7)}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、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、2002 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 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°C、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、湯華桶を通して、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、比重が非常に大きい様に思われた。大噴(おおぶき)よりの湯の川の川床で川の温度が下がるにつれて、重鉱物が折出し、転石表面に壇模様となって沈殿したものである。玉川温泉周辺の様子を Photo.1 に示した。

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、空气中および井戸水について行っている。2003 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。

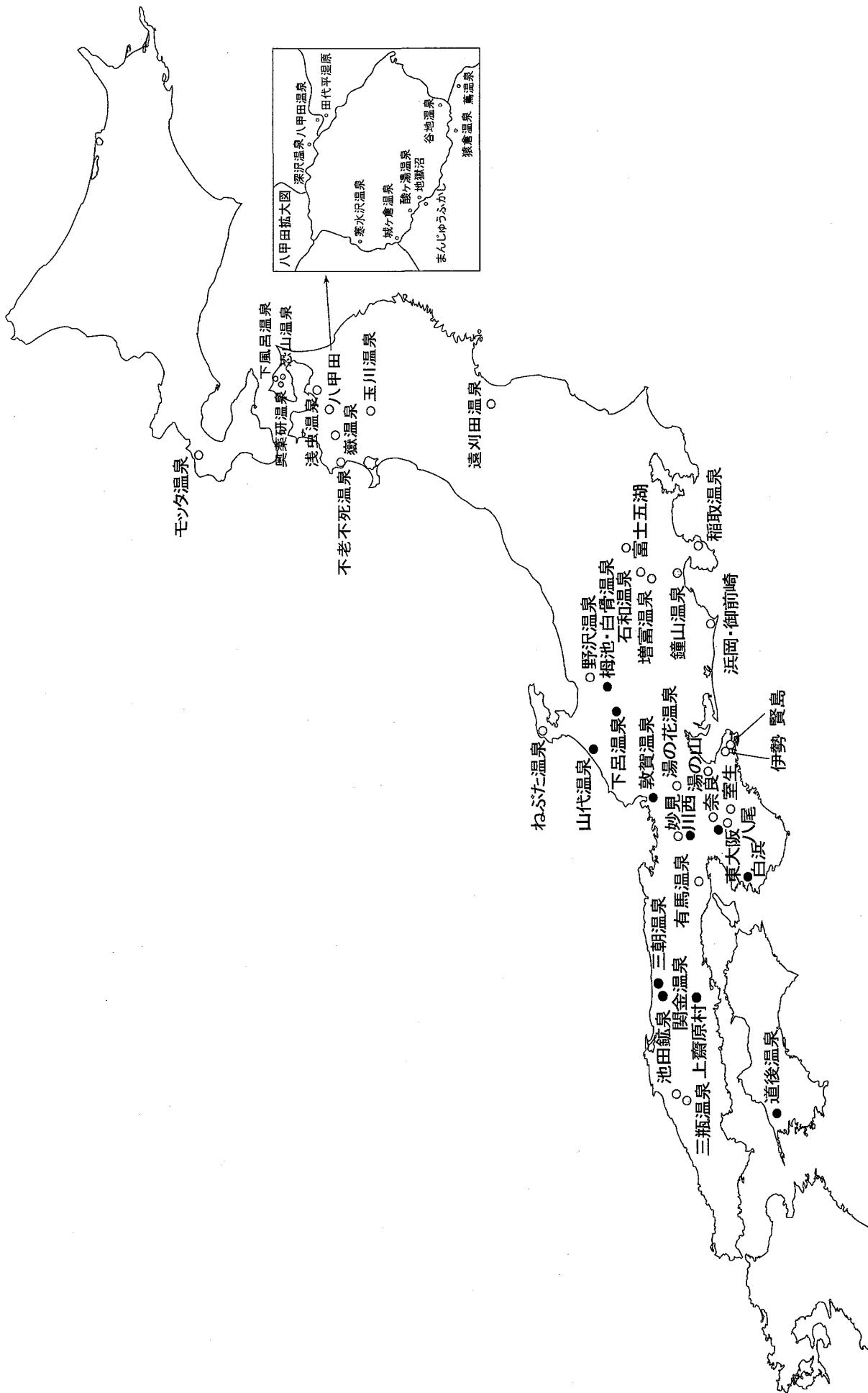
2.2 ラドン濃度測定法(ピコラド法)

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、水中および空气中について行った。

(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、室内については高さ 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-

○奄美

Fig. 1 高自然放射線地域など環境放射能測定地域



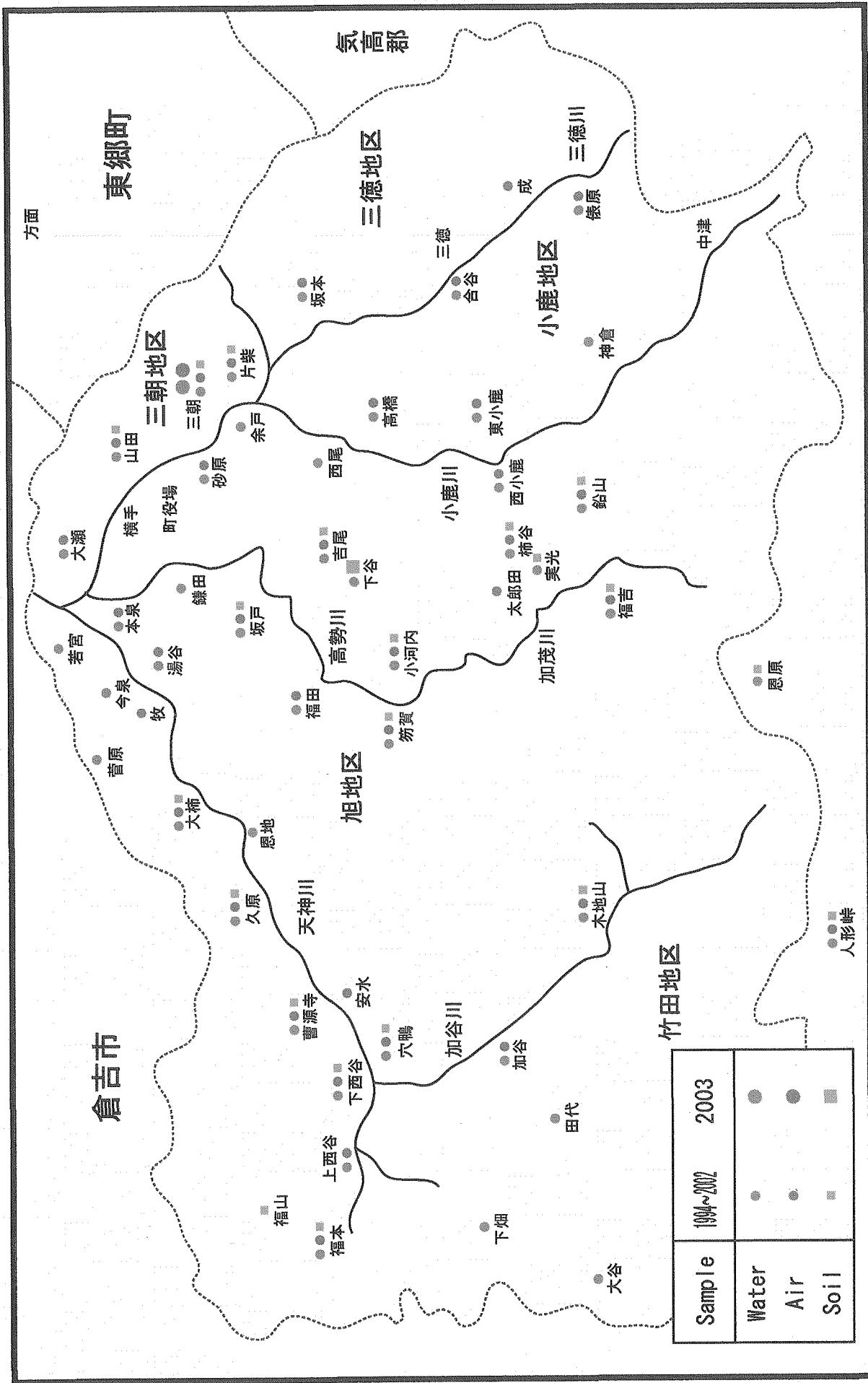
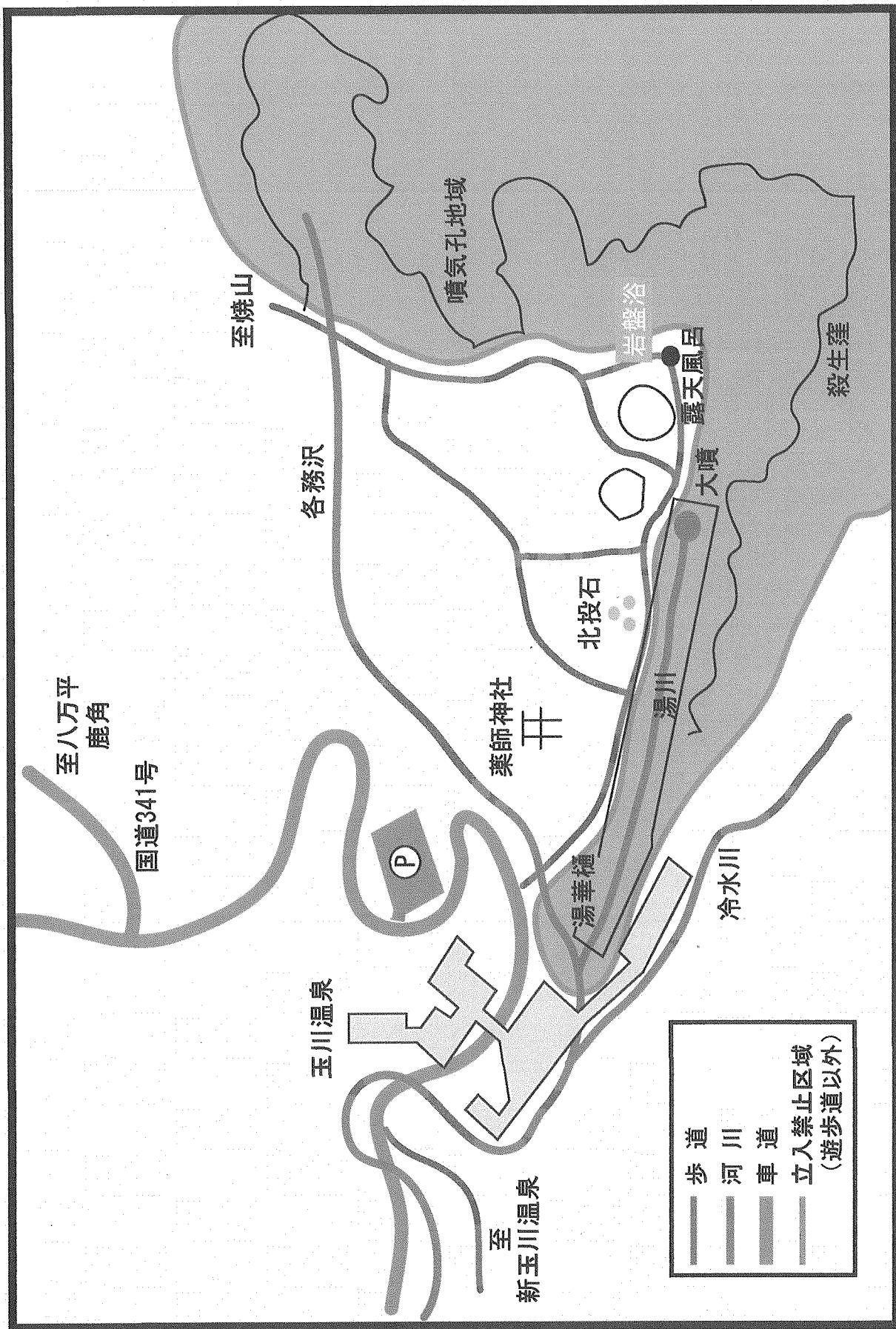


Fig. 2 烏取県三朝周辺地域におけるサンプリング地点

Fig. 3 秋田県玉川温泉周辺図





盛岡一田沢湖



玉川ダム付近・宝仙湖



盛岡一田沢湖



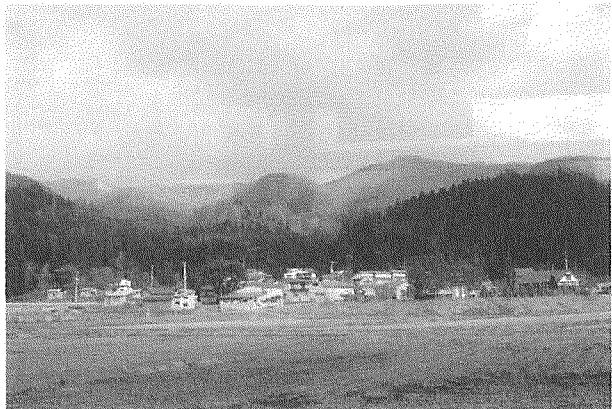
宝仙湖



JR田沢湖駅



新玉川大橋



田沢湖付近

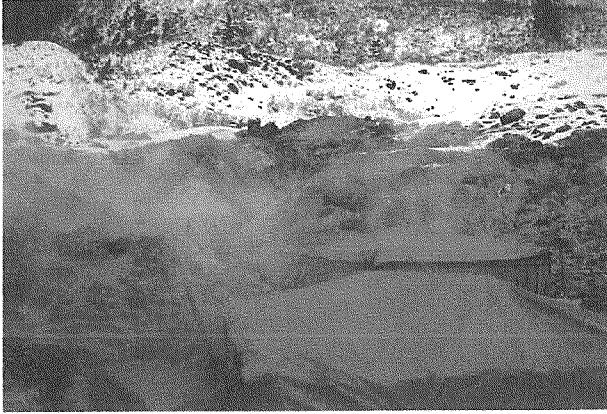


玉川大橋付近

Photo. 1-1 秋田県玉川温泉周辺



焼山付近をのぞむ



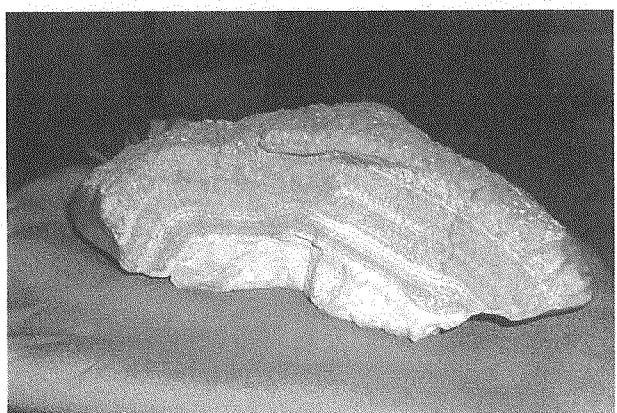
岩盤浴テント



玉川溪流



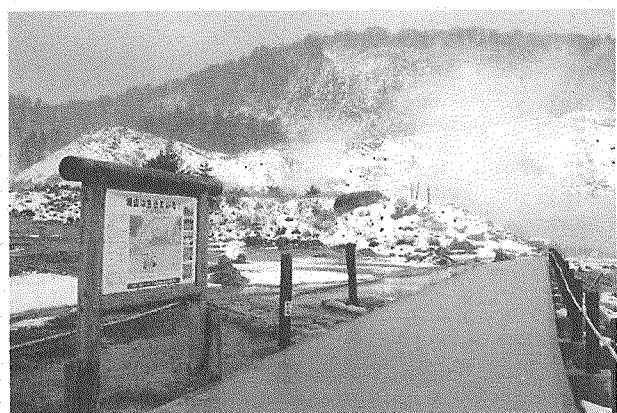
玉川岩盤浴付近



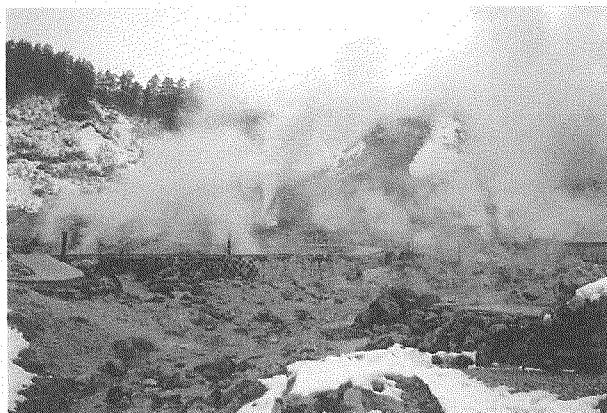
北投石・玉川温泉 (1mm/10年)



噴気孔付近

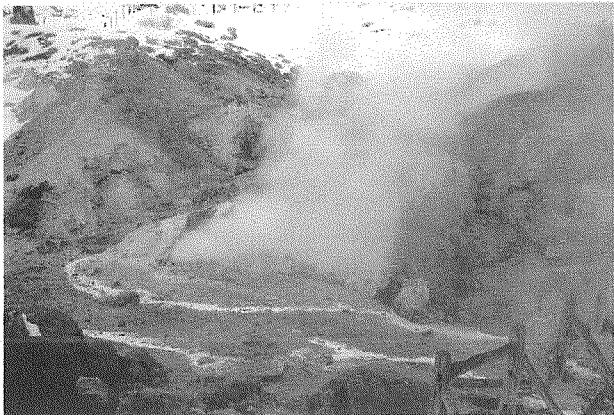


薬師神社付近



噴気孔地域

Photo. 1-2 秋田県玉川温泉周辺



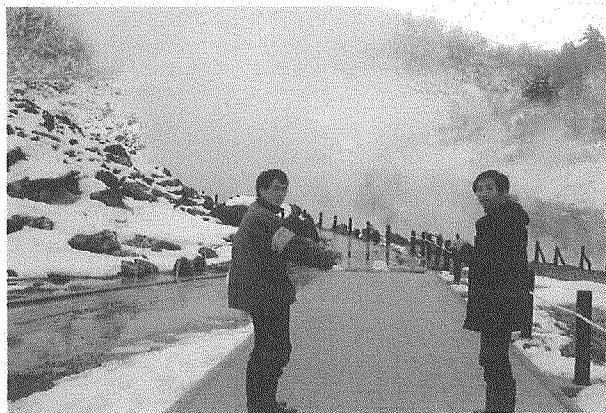
噴気孔地域



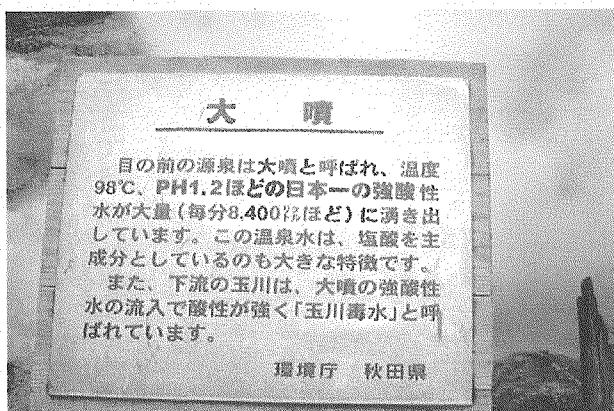
大噴地域



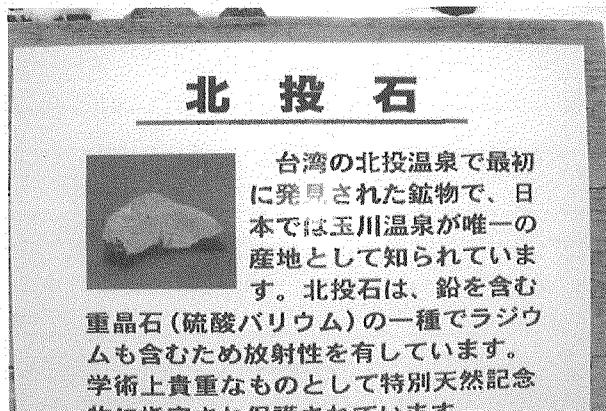
噴気孔地域



大噴地域



環境庁 秋田県

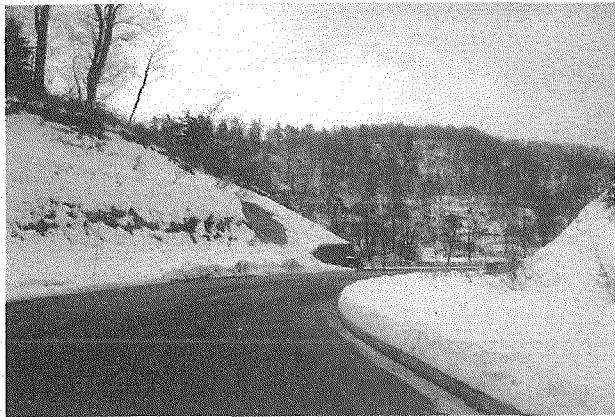


大噴付近地域



湯華樋（玉川温泉H）

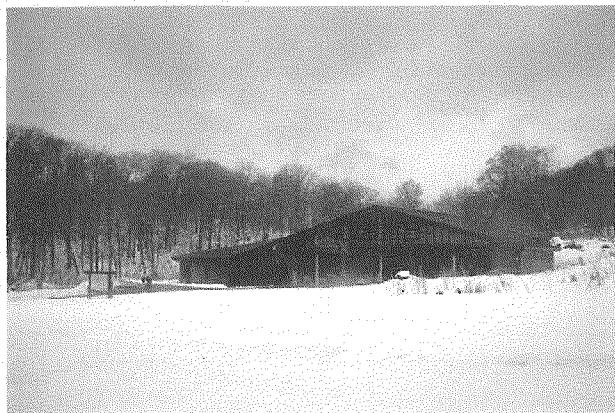
Photo. 1-3 秋田県玉川温泉周辺



新玉川—玉川



新玉川温泉ホテル



新玉川—玉川



雪上車



新玉川温泉ホテル



新玉川温泉ホテル

Photo. 1-4 秋田県玉川温泉周辺

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 カップ法および静電捕集法による空気中ラドン濃度測定

名古屋大学の開発したカップ式ラドンモニタ(Fig.4)としてラドン・トロン用カップおよびラドン用カップを1対として用いて実施する。固体飛跡検出器として今まで硝酸セルロースフィルム(LR-115, Type II)を使用した。Fig.5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°C 160 分間エッチング後アルコール(1:1)で2分間、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枚につき倍率 40 倍、30 視野についてエッチャピットを計数し、標準濃度により求めた換算係数とともにラドン濃度を計算し期間の補正を行い、カップ法によるトロン濃度についてはラドン・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。静電捕集法は Fig.6に示したラドン計を用い、硝酸セルロースフィルムを用い、エッチング、計数法についてもカップ法と同様に検出用フィルムとして行った。

2.4 土壤中の γ 線核種分析

ラドン濃度を測定した地域の土壤中の 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壤を採取し、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

2003 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、Table 1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 21.7~122Bq/m³、屋外ラドン濃度は 9.0~35.4Bq/m³の範囲で変動した。同じ

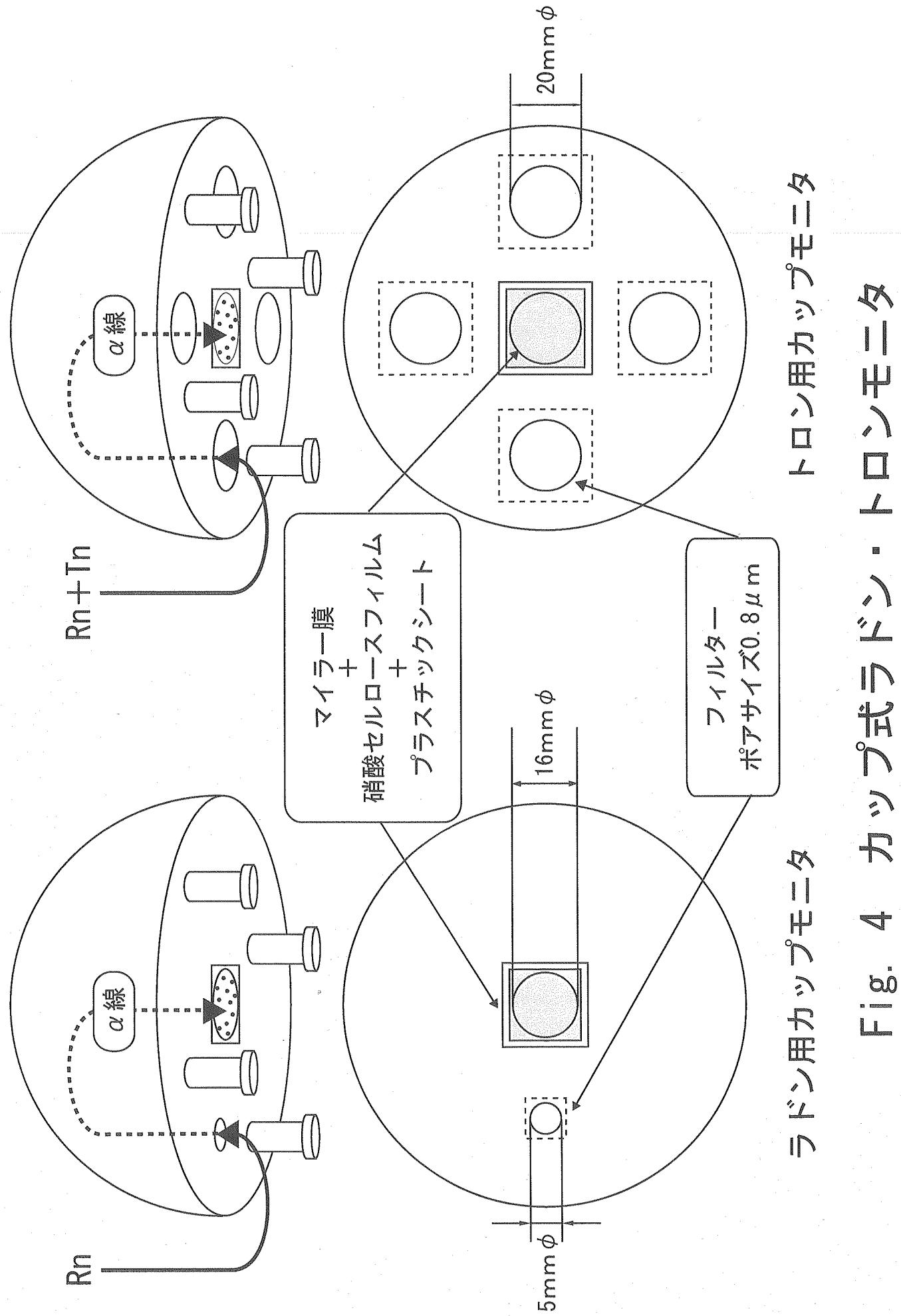


Fig. 4 カッブ式ラドン・トロントロンモニタ

静電法およびカップ式ラドン・トロンモニタ
硝酸セルロースフィルム(LR-115 Type 2)設置
積分型ラドン計

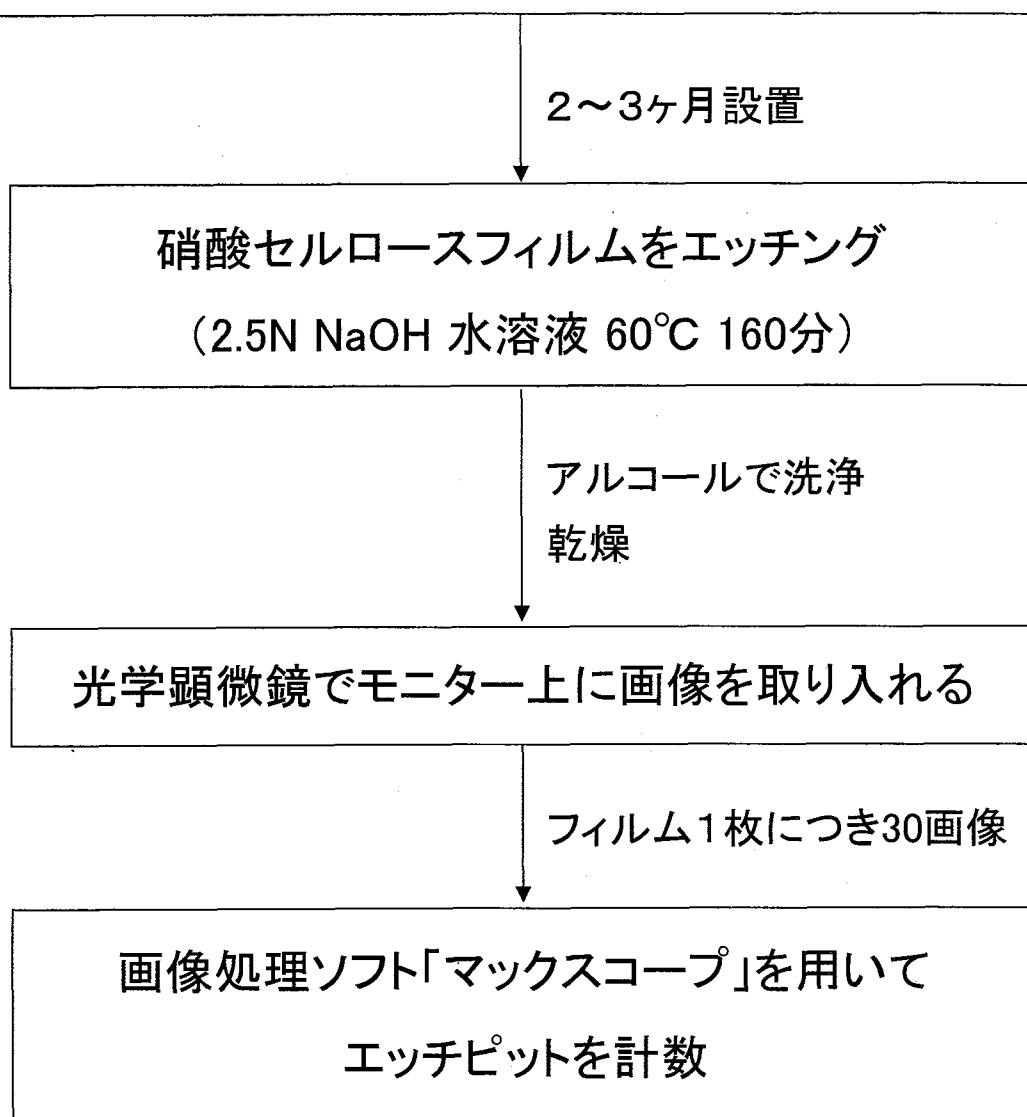


Fig. 5 静電法およびカップ法によるラドン濃度測定法
(LR-115 Type 2)

Fig. 6 静電捕集式ラドンモニタ

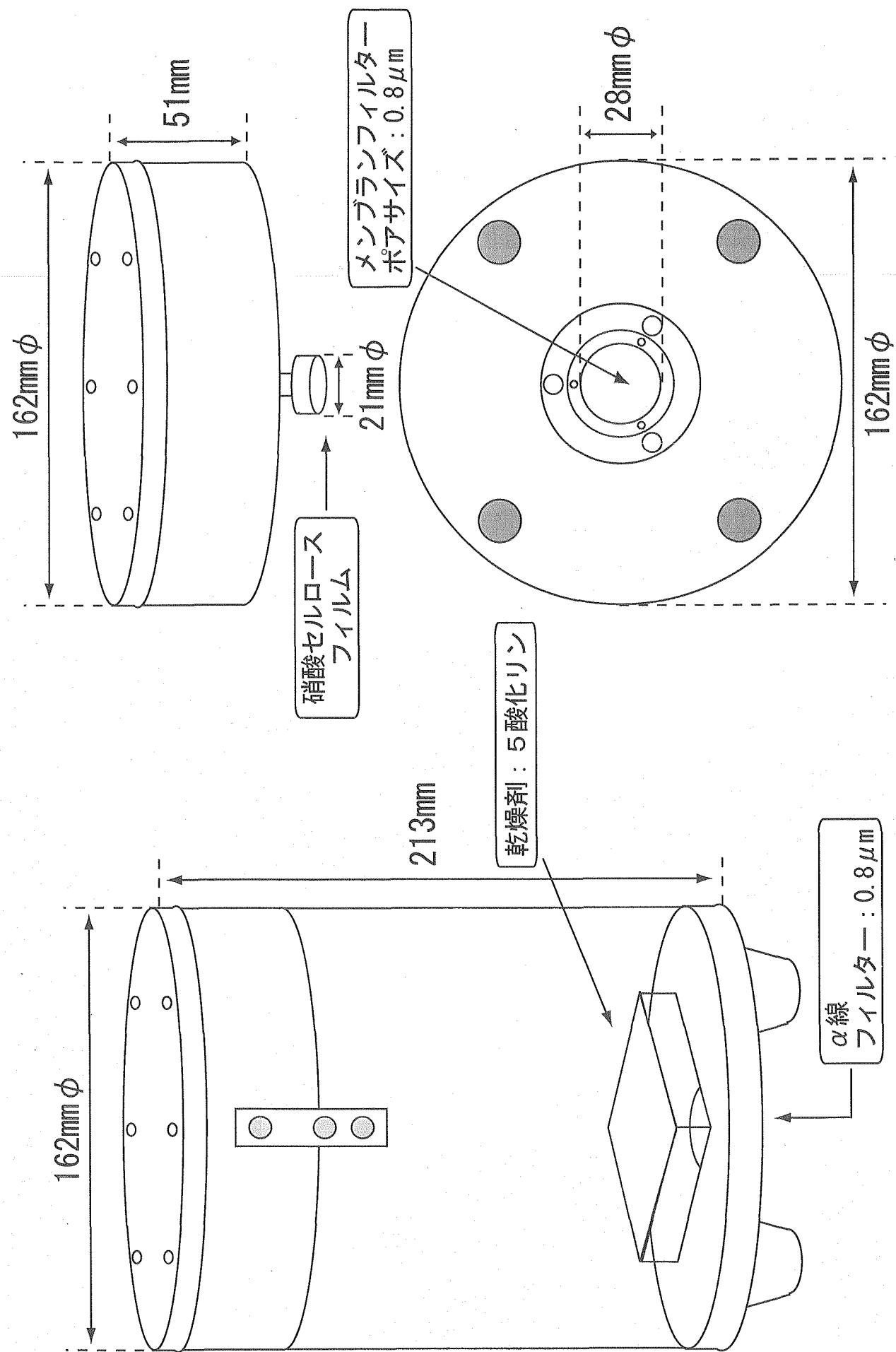


Table 1 三朝地域における空気中ラドン濃度の経時変化

測定年月	測定場所											(Bq/m ³)	
	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	± 1.6	
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	115.5	± 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	63.9	± 0.9	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	98.3	± 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.						

年度の東大阪の平均ラドン濃度を参考までに示したが、屋内ラドン濃度が $9.9\text{Bq}/\text{m}^3$ で屋外ラドン濃度は $4.0\text{Bq}/\text{m}^3$ であった。特に、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. 7 に、さらに地質図上に棒グラフで濃度分布を乗せ、Fig. 8 に示した。調査した 12 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 $9.9\sim74\text{Bq}/\text{m}^3$ 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 $141\text{ Bq}/\text{m}^3$ であった。地区毎の平均屋外濃度は ND～ $85\text{Bq}/\text{m}^3$ と変動し、最高は三朝船畠の $85\text{Bq}/\text{m}^3$ 、ここは山上でこの船畠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 $1861\text{Bq}/\text{m}^3$ 、最低 $8\text{Bq}/\text{m}^3$ 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气中濃度を Table 4 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。旭地区的曹源寺、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的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区、天神川・加谷川沿いの竹田地区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・小鹿地区的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 5 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く、屋内においては 2～3 倍、屋外においても約 2

Table 2 三朝周辺地域屋内ラドン濃度

測定地区	測定場所	(Bq/m³)														
		1992	1993	1994	1995.10~11	1996.1	1996.11		1997.11	1998.11	1999.11	2000.7	2001.7.12	2002.3	2003	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	33.3 ± 1.3	31.5	19.7	—	41.4 ± 2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	41.6 ± 24.0	
	穴鶴	—	—	—	47.3 ± 1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	69.0 ± 21.4	
	—	—	—	90.0 ± 3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	69.6 ± 4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	大谷	—	—	—	76.5 ± 3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49.0	
下畑	—	—	—	—	—	49.0 ± 2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	42.5	
	—	—	—	—	—	42.5 ± 2.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	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	
三徳	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	14.8 ± 0.7	—	—	—	74.2 ± 3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	44.5 ± 42.0	
	鎌田	—	—	—	—	—	—	36.5 ± 1.5	—	—	—	—	—	—	36.5	
	笏賀	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	74.2 ± 5.2	
	坂戸	—	77.9	70.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30.7 ± 4.5	
	小河内	37.0	25.9	30.4	—	—	27.2 ± 2.6	32.9 ± 2.7	—	—	—	—	—	—	15.6	
	下谷	—	—	—	—	—	—	—	15.6 ± 1.4	—	—	—	—	—	28.3 ± 16.6	
	柿谷	11.1 ± 0.5	29.5	44.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64.7 ± 7.0	
	本泉	—	—	—	69.6 ± 4.0	59.7 ± 2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	20.1	
	鉛山	—	—	—	—	—	—	—	—	20.1 ± 0.93	—	—	—	—	14.7 ± 0.8	
旭	吉尾	—	—	—	—	—	14.1 ± 2.3	15.3 ± 2.5	—	—	—	—	—	—	49.5	
	福吉	—	—	—	—	—	—	—	—	49.5 ± 1.1	—	—	—	—	—	
	下西谷	85.1 ± 2.8	63.6	48.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	65.6 ± 18.6	
	竹田川沿	曹源寺	88.4	22.0	64.7	69.6 ± 3.7	—	—	59.2 ± 1.4	—	—	—	—	—	60.4 ± 21.8	
	大柿	—	—	—	—	58.7 ± 1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	71.2 ± 51.9	
	久原	—	—	—	75.3 *1	60.7 ± 2.5	—	68.3 ± 3.2	62.2 ± 3.2	43.2 ± 1.6	36.6 ± 1.2	—	—	—	49.6 ± 25.6	
	今泉	—	—	—	—	63.0 ± 3.5	79.0 ± 3.0	—	27.1 ± 1.4	—	—	—	—	—	34.1 ± 3.5	
	若宮	17.6 ± 1.4	—	—	—	36.6 ± 1.4	—	—	31.6 ± 0.9	—	—	—	—	—	19.8 ± 6.4	
	恩地	—	—	—	—	58.6 ± 1.8	—	—	14.8 ± 0.7	—	—	—	—	—	58.6	
	牧	—	—	—	—	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	—	—	—	—	—	13.2 ± 1.5	—	—	32.7 ± 13.6	
	山田	—	—	—	—	40.7 ± 2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	横手	—	—	—	—	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	
	三朝	—	—	—	—	44.2 ± 2.6	—	—	—	—	—	32.6 ± 1.8	18.6 ± 0.6	—	37.8	
	—	—	—	—	37.8 ± 2.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	—	—	—	—	55.4 ± 3.5 *2	—	97.1 ± 33.0	—	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 *3	70.7 ± 1.4 *3	63.3 ± 29.9
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	38.0 ± 18.8
変動		11 ~ 88	9 ~ 194	19 ~ 75	13 ~ 141	22 ~ 85	7 ~ 97	11 ~ 82	16 ~ 85	20 ~ 56	46 ~ 75	13 ~ 62	19 ~ 65	90 ~ 131	71 ~ 71	10 ~ 74
岡山	人形岬	—	—	—	—	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	12.3 ± 5.3

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

標準偏差

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	1995.10~1	1996.1	1996.11	1997.11	1998.11	1999.11	2000.7	2001.7	2002.3	2003	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	37.0 ± 1.5	18.1	18.9	—	22.7 ± 2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	32.4 ± 19.8	
	穴鶴	—	—	—	—	65.1 ± 3.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—	11.4 ± 1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23.4 ± 13.1	
天神川沿	田代	33.3 ± 1.4	—	—	—	—	65.1 ± 3.2	—	—	—	—	—	—	—	40.4 ± 22.1	
	福本	—	—	—	—	—	22.7 ± 2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—	7.7 ± 2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12.6 ± 5.4	
	—	—	—	—	12.6 ± 1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
上西谷	—	—	—	—	9.9 ± 2.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—	20.0 ± 3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—	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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	下畠	—	—	—	—	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	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	
	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	—	—	—	9.7 ± 2.0	11.5 ± 0.9	—	—	—	52.7 ± 5.0	
鉛山	鉛山	—	—	—	—	—	11.1 ± 2.3	12.8 ± 2.4	26.6 ± 2.4	—	—	—	—	—	10.6 ± 1.3	
	吉尾	—	—	—	—	—	—	16.3 ± 2.1	—	—	—	—	—	—	16.7 ± 6.9	
	福吉	—	—	—	—	—	—	—	13.3 ± 0.9	—	—	—	—	—	13.3	
	下西谷	62.9 ± 2.3	30.3	37.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43.7 ± 17.1	
竹田川沿	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	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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	今泉	—	—	—	29.1 ± 2.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	若宮	—	—	—	29.3 ± 1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29.3	
	恩地	12.2	—	—	17.6 ± 1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14.9 ± 3.8	
牧湯谷	—	—	—	29.0 ± 1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29.0	
	—	—	—	34.1 ± 1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34.1	
	—	—	—	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	
	山田	—	—	—	—	43.8 ± 2.6	—	—	—	—	—	*4	—	—	—	
	横手	—	—	—	—	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	
	三朝	—	—	—	—	41.2 ± 2.5	—	—	—	—	—	3.3 ± 1.4	—	—	34.5	
	(後場)	—	—	—	35.6 ± 2.9	—	31.5 ± 12.1	—	14.8 ± 1.4	14.6 ± 0.5	20.0 ± 9.0	17.7 ± 1.0	23.4 ± 1.3	21.3 ± 1.4	18.6 ± 1.1	22.3 ± 7.5
	船畠	—	—	—	—	—	—	19.2 ± 2.2	18.9 ± 9.2	—	—	—	38.7 ± 1.1	—	—	
	—	—	—	—	—	—	—	16.9 ± 2.1	—	—	—	—	—	—	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	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	10 ~ 85
岡山	人形岬	—	—	—	11.8 ± 2.6	—	28.9 ± 12.3	—	—	19.8 ± 0.9	—	—	—	—	—	18.0 ± 8.2
	露頭発見	—	—	—	11.7 ± 2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	185 ± 72.1
	その他	—	—	—	—	—	—	—	126 ± 4.1	224 ± 1.9	—	123 ± 3.2	—	—	—	—
	恩原	—	—	—	20.8 ± 2.7	—	—	—	—	267 ± 2.1	—	—	—	—	—	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	7.0 ± 4.8

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

標準偏差

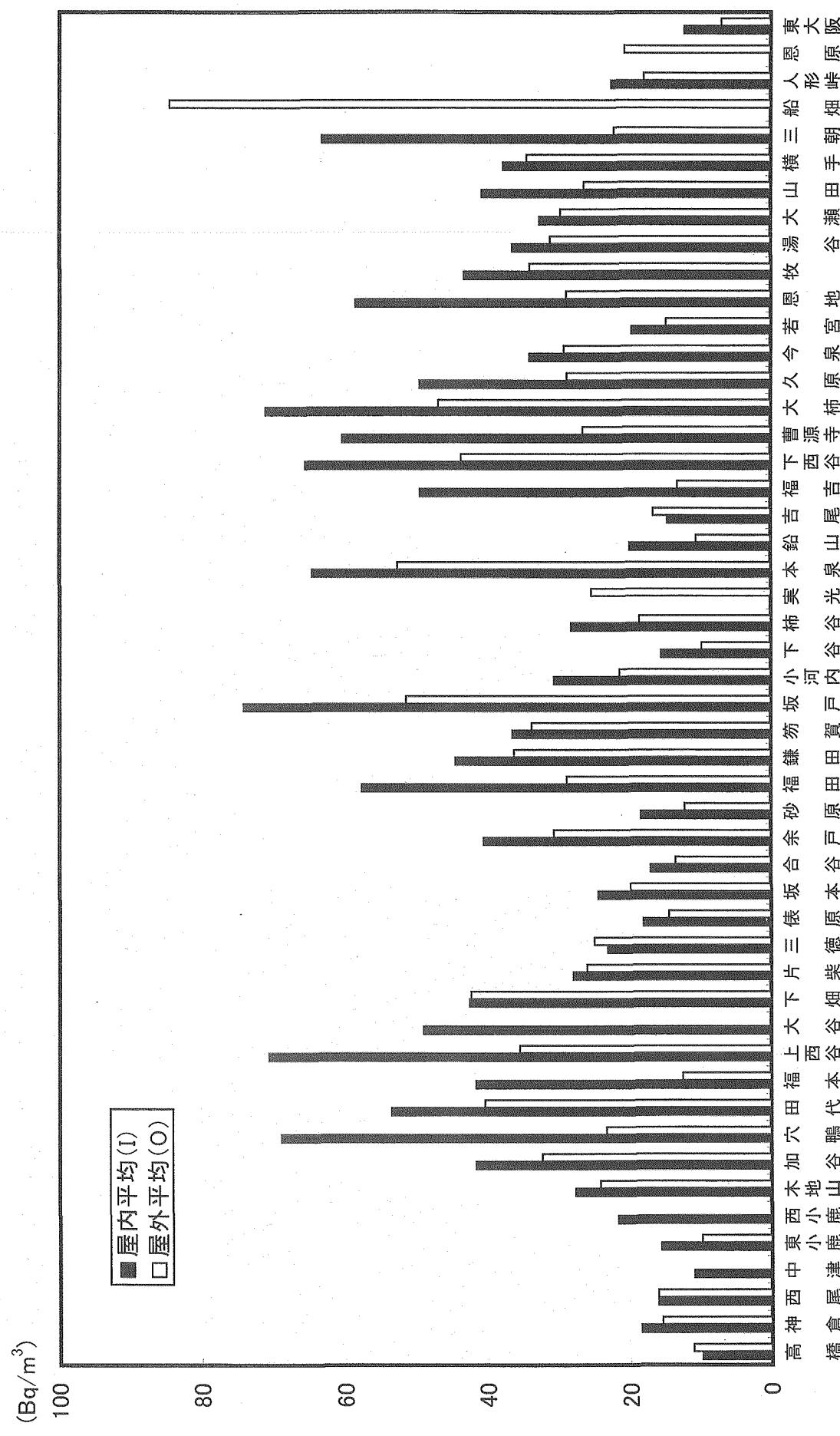


Fig. 7 三朝周辺地域における空気中ラドン濃度

細粒花崗岩類
小鶴花崗岩
人形仙型花崗岩
三軒屋(奥津型)
花崗閃綠岩
第三紀及び火山岩類

Fig. 8 三朝周辺地域における空気中ラドン濃度

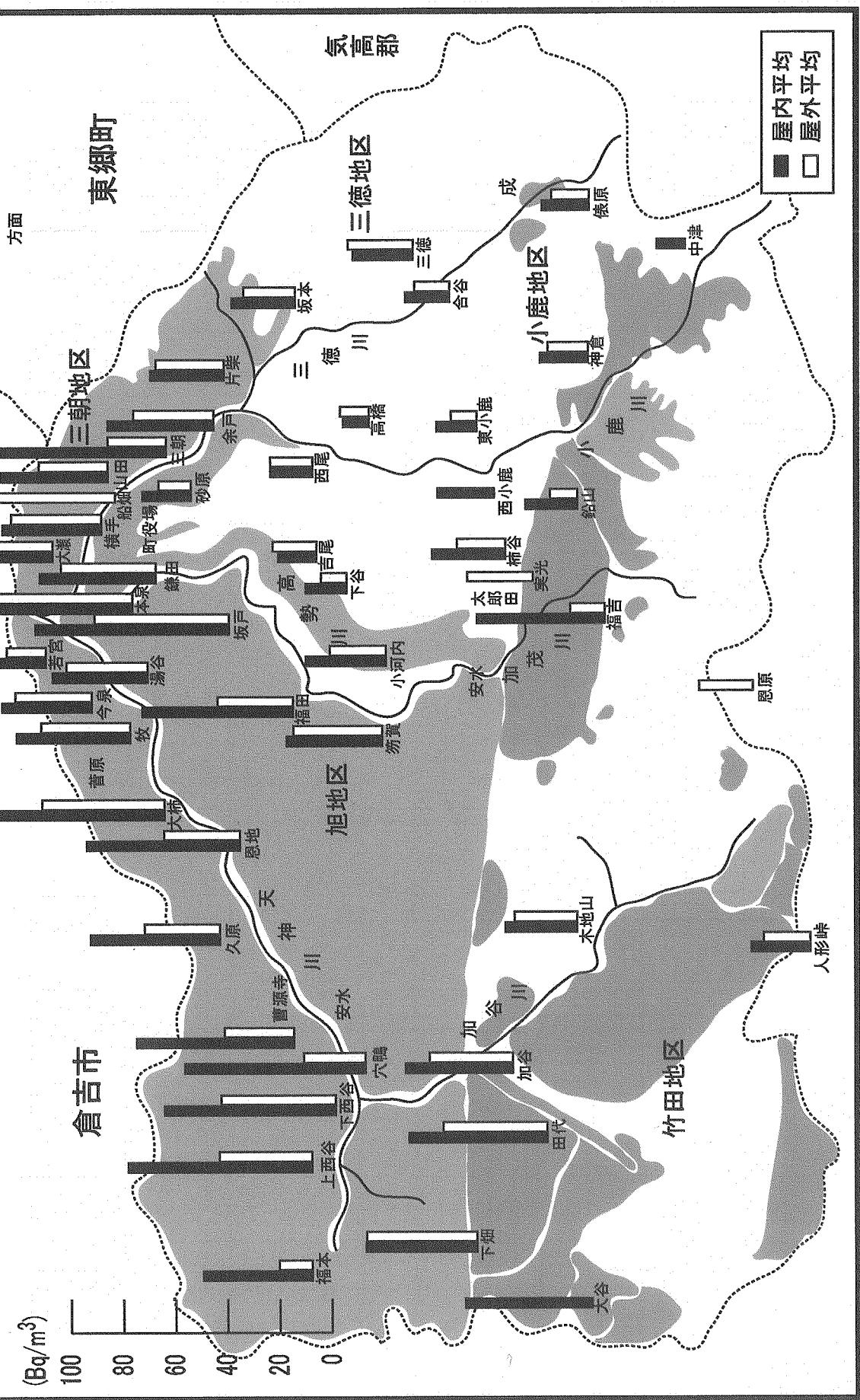


Table 4 三朝周辺地域における空気中ラドン濃度

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	27.7	24.2	C	1.14
加谷川沿	木地山	41.6	32.4	B	1.29
	加谷	69.0	23.4	A	2.95
	穴鴨				
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	—
	下畠	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
	俵坂	18.2	14.5	C	1.25
	原本	24.5	19.9	C	1.23
	谷合	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
	山鉛	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
	下西谷	65.6	43.7	A	1.50
旭 竹田川沿	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
	今宮	34.1	29.3	A	1.16
	若恩	19.8	14.9	A	1.33
	地牧	58.6	29.0	A	2.02
	湯谷	43.3	34.1	A	1.27
	瀬	36.5	31.2	A	1.17
	瀬田				
三朝	大瀬	32.7	29.8	A	1.10
	山手	40.8	26.5	A	1.54
	横朝	37.8	34.5	A	1.10
	三船	63.3	22.3	A	2.84
	畠	—	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	12.3	7.0		1.76

-未測定

Table 5 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) (黒雲母花崗岩)	28	46.7 ± 16.8*	32.0 ± 0.7	*	1.5
人形仙型花崗岩 (B) (角閃石黒雲母)	6	41.4 ± 12.9*	27.4 ± 1.1	*	1.5
火山岩 (C) (流紋岩～安山岩)	11	20.5 ± 5.7*	17.3 ± 0.2	*	1.2
三朝層群 (D) (玄武岩～流紋岩)	4	14.4 ± 2.3*	14.2 ± 0.4	*	1.0

* 標準偏差

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

2003 年 1 年間に測定した三朝周辺地域の水中ラドン濃度を Table6 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.9 に示した。今年度は 1 年間に涉って、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 (Table6) について、19～38Bq/l、温泉水 145～276Bq/l を示した。今迄 9 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、2003 年 12 月までの 9 年間にについて測定した結果を Table1, Fig.10～12 に示した。三朝温泉街の浴室内のラドン濃度は 10.3～274Bq/m³、平均値 97Bq/m³、屋内では 1 階居間では 16.5～170Bq/m³、平均値 82Bq/m³、2 階居間で 8.9～122Bq/m³、平均値 60Bq/m³、屋外では 2.3～50Bq/m³、平均値 21Bq/m³ の範囲に変動し、場所によつ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つ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つきりしないが、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、2003 年 12 月までの結果では、2 階は 1 階の 0.73 と低くなっている。1992 年より 2003 年までに測定した結果を地区毎に Fig.13,14 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¹⁹⁾の調査においても、内陸では太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

Table 6 三朝地域における水中ラドン濃度の経時変化

測定年月	測定場所										(Bq/L)
	川西共戸水		三朝水道水		三朝河口水		三朝温泉水				
1989年 11月	—	—	—	—	7.60	± 0.50	95.9	± 0.95	—	—	
1990年 1月	—	—	—	—	11.1	± 0.45	101.8	± 0.99	—	—	
1994年 9月	—	—	—	—	7.54	± 0.48	57.7	± 1.90	—	—	
1995年 2月	—	—	—	—	3.90	± 0.25	—	—	—	—	
4月	12.7	± 0.16	—	—	—	—	—	—	—	—	
5月	15.1	± 0.26	—	—	—	—	—	—	—	—	
6月	12.8	± 0.31	14.8	± 0.57	7.81	± 0.51	100.3	± 0.99	—	—	
7月	13.8	± 0.39	31.7	± 0.67	2.31	± 0.46	161.1	± 1.00	—	—	
8月	11.7	± 0.20	29.8	± 0.37	10.9	± 0.31	104.9	± 0.60	—	—	
9月	—	—	18.8	± 0.50	10.0	± 0.47	91.5	± 0.77	—	—	
10月	12.0	± 0.47	33.2	± 0.97	4.01	± 0.82	130.5	± 1.21	—	—	
11月	10.7	± 0.56	33.6	± 0.47	7.60	± 0.30	122.7	± 0.82	—	—	
平均	12.7	± 1.46	27.0	± 8.09	6.65	± 3.28	118.5	± 25.4	—	—	
1996年 1月	18.1	± 0.70	23.8	± 1.01	4.35	± 0.75	126.7	± 1.90	—	—	
2月	19.2	± 0.34	24.2	± 0.43	5.39	± 0.33	150.6	± 0.84	—	—	
3月	—	—	24.2	± 0.50	2.99	± 0.34	181.4	± 1.11	—	—	
4月	—	—	20.9	± 0.40	4.00	± 0.31	148.4	± 0.90	—	—	
5月	11.5	± 0.60	38.6	± 1.10	21.2	± 1.20	133.9	± 1.50	—	—	
6月	14.1	± 0.60	21.5	± 0.70	5.30	± 0.49	164.0	± 1.50	—	—	
7月	4.12	± 0.46	31.1	± 0.50	7.12	± 0.41	145.7	± 1.30	—	—	
8月	5.10	± 0.41	34.2	± 0.71	7.09	± 0.48	162.4	± 1.35	—	—	
9月	—	—	22.5	± 0.54	5.17	± 0.41	141.4	± 1.05	—	—	
10月	1.59	± 0.39	34.7	± 0.79	1.73	± 0.45	216.5	± 1.70	—	—	
11月	9.73	± 0.42	33.4	± 0.70	2.59	± 0.20	132.4	± 1.20	—	—	
12月	6.69	± 0.35	36.8	± 0.52	5.04	± 0.38	151.2	± 0.90	—	—	
平均	10.0	± 6.22	28.8	± 6.56	6.00	± 5.06	154.6	± 24.7	—	—	
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	10.8	± 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	—	—	164.6	± 0.90	—	—	
6月	11.4	± 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	± 1.28	—	—	
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	11.8	± 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	± 0.28	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	± 4.80	—	—	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	10.5	± 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	13.9	± 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	± 2.8									

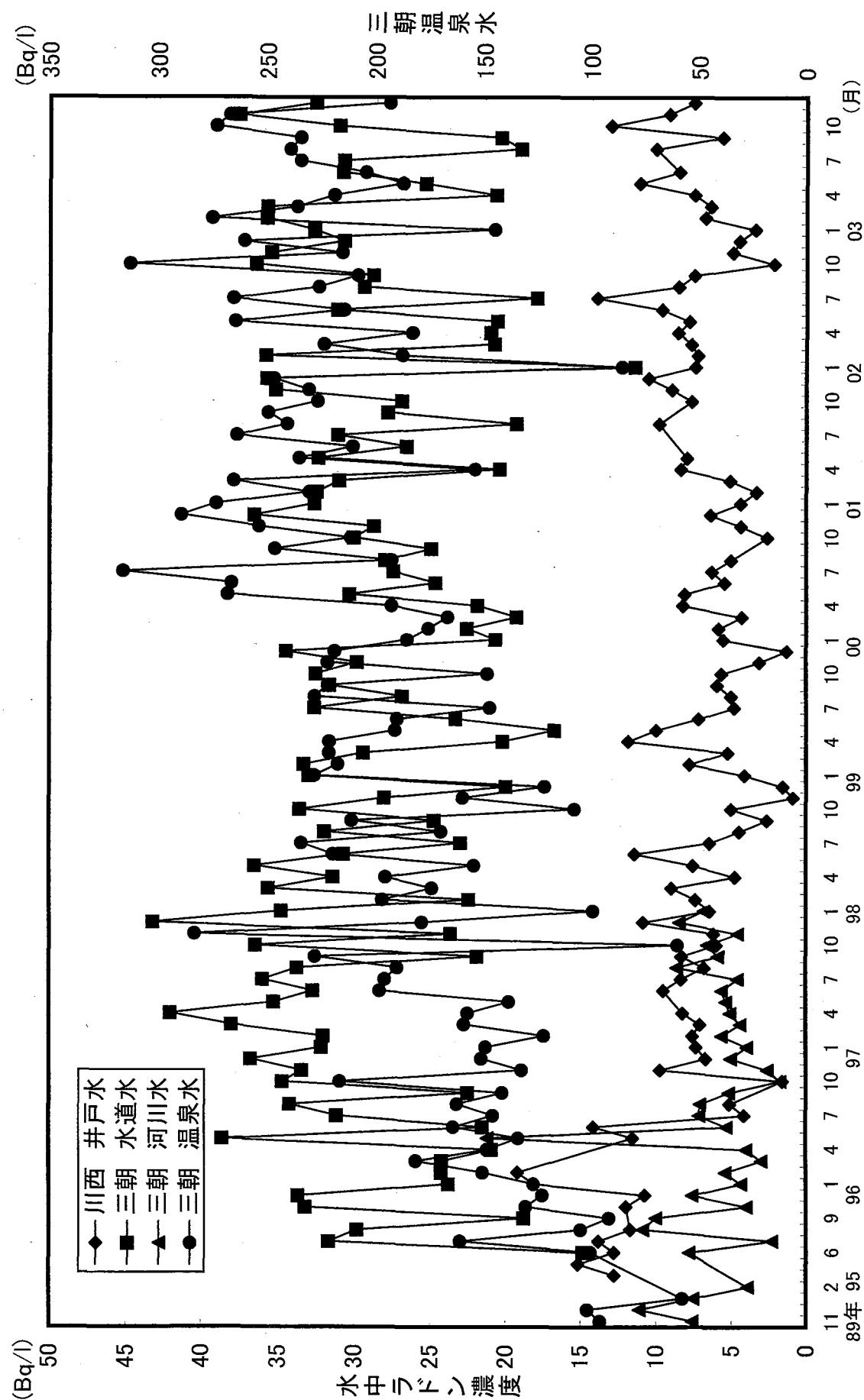


Fig. 9 鳥取・三朝地域および兵庫県・川西市における水中ラドン濃度の経時変化

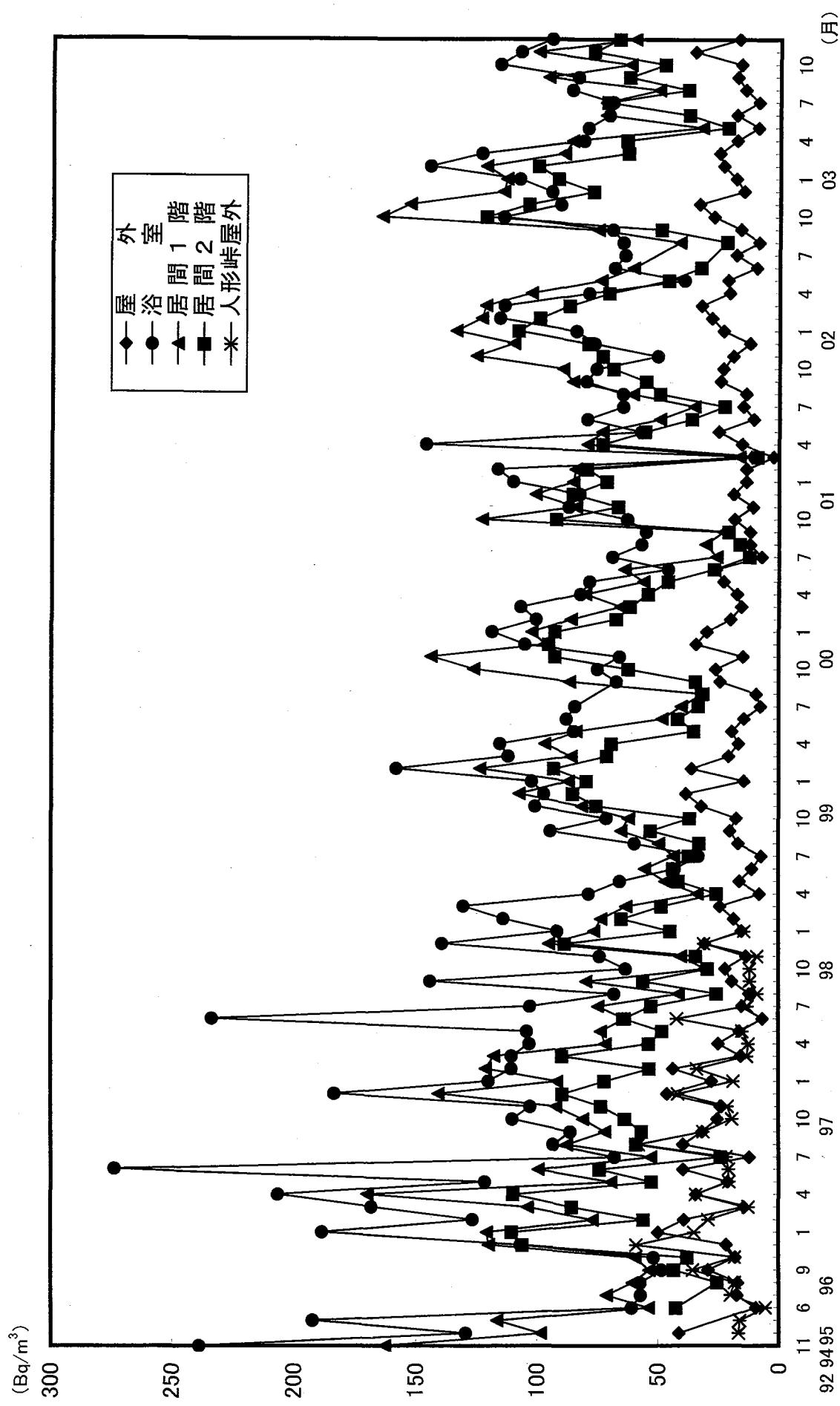


Fig. 10 三朝地域における空気中ラドン濃度の経時変化

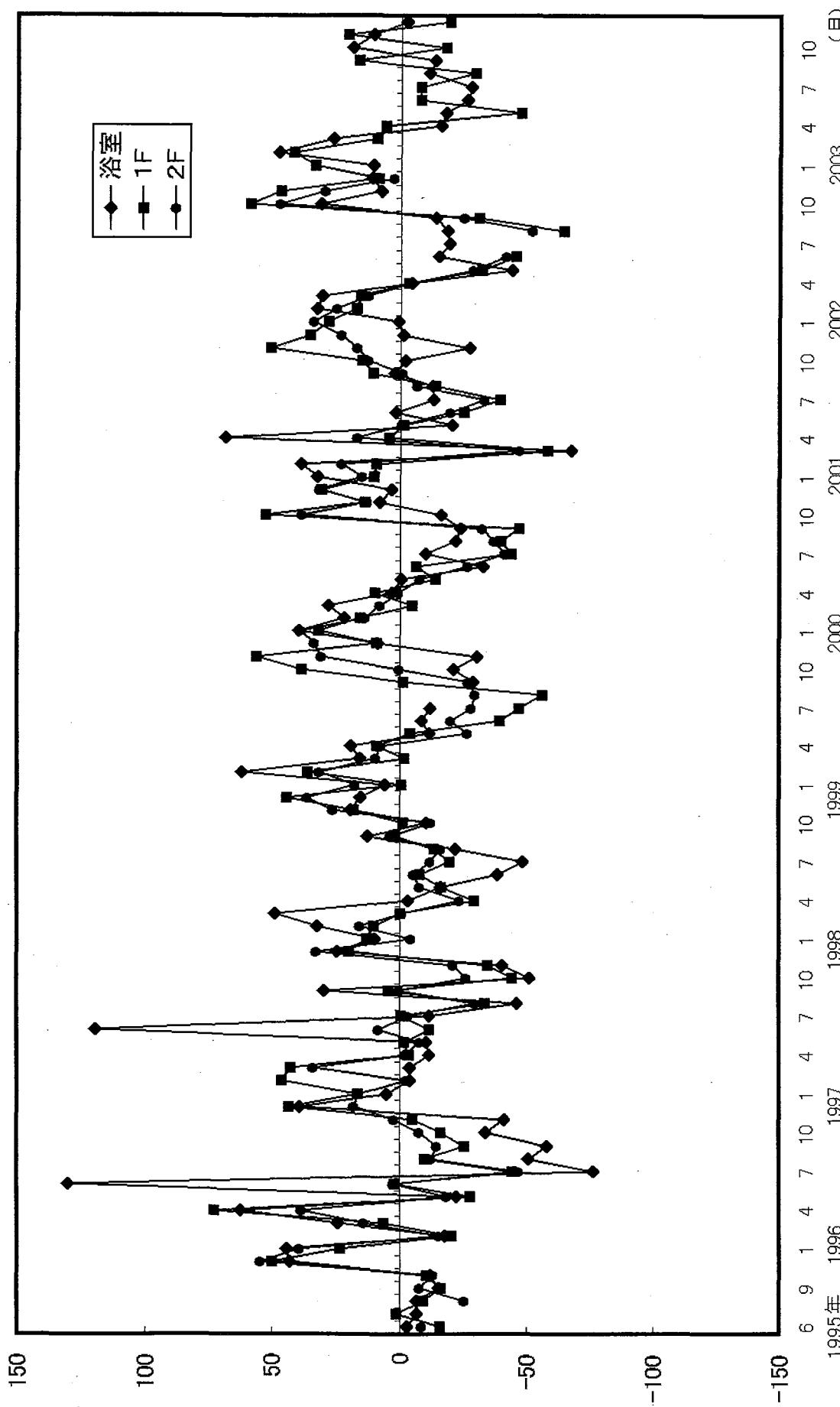


Fig. 11 三朝温泉地域におけるラドン濃度の変動部分の経時変動(屋内)

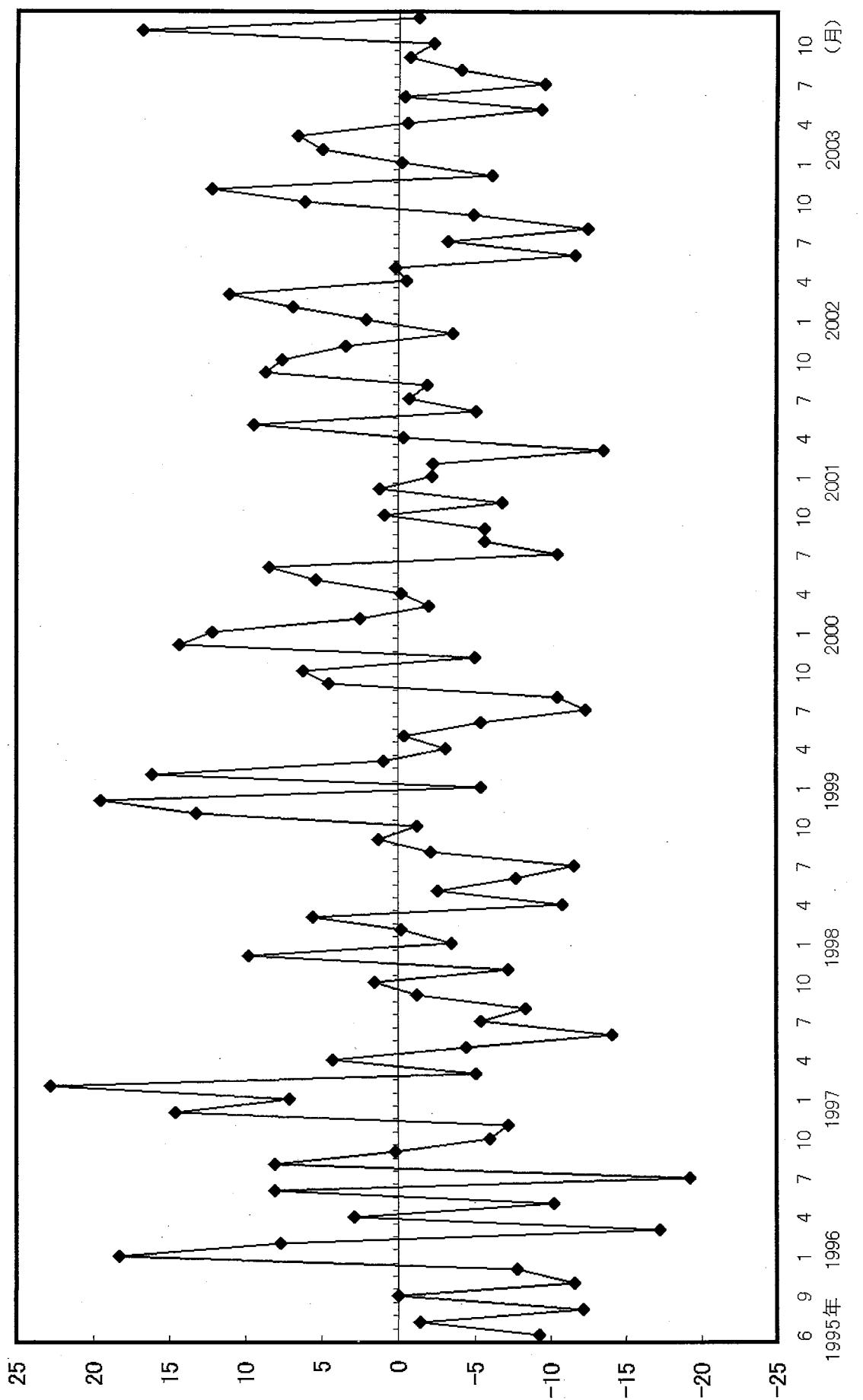


Fig. 12 三朝温泉地域におけるラドン濃度の変動部分の経時変動(屋外)

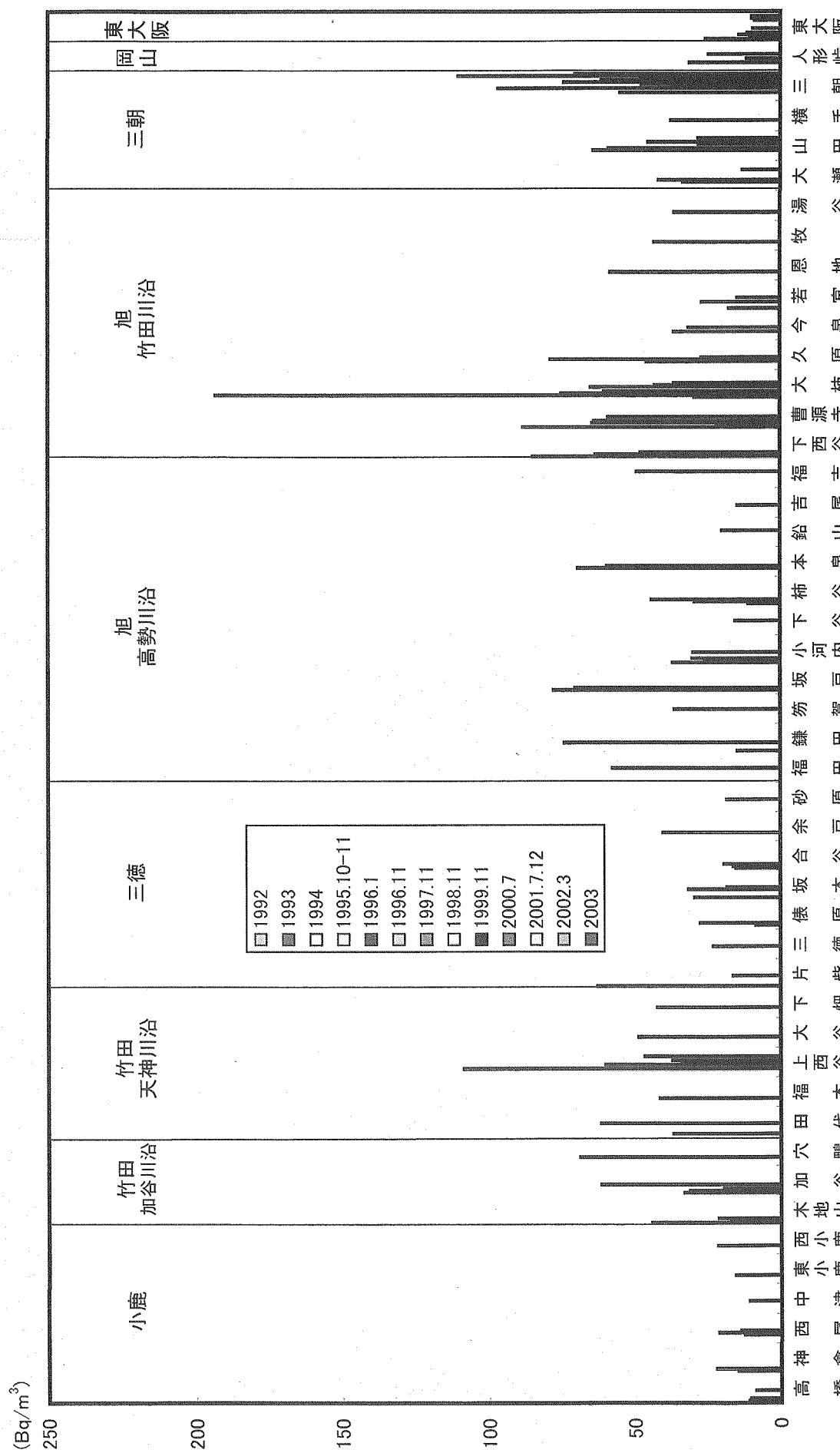


Fig. 13 三朝周辺地域屋内ラドン濃度

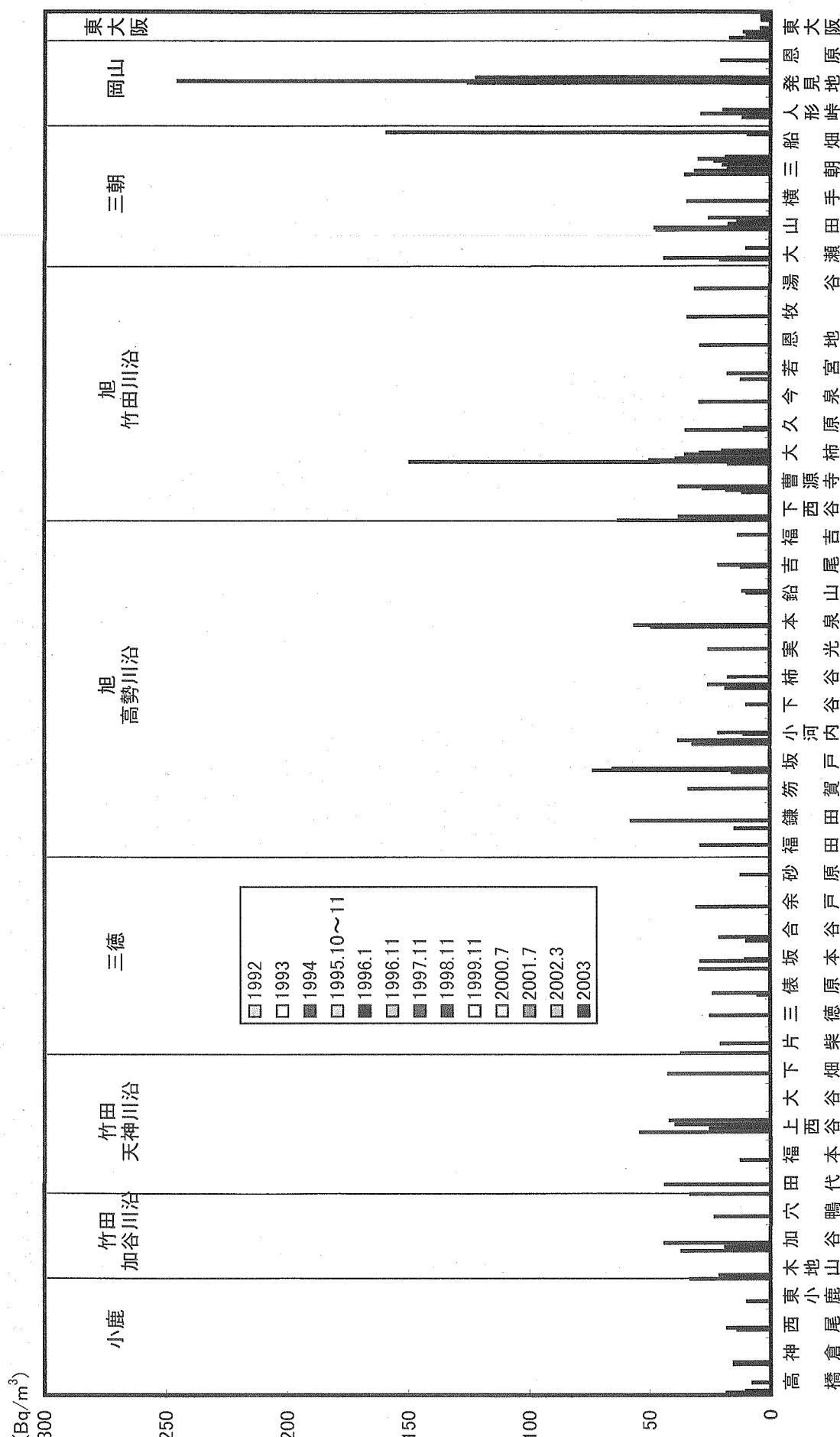


Fig. 14 三朝周辺地域屋外ラドン濃度

高濃度であり、屋内／屋外比についても東大阪市で 2.2、三朝地域では 3.4 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 Table6, Fig.9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9年間の変動は、58～316Bq/l、平均値 194Bq/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。田坂ら²⁰⁾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°C および 18°C 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つ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气中ラドン濃度を Table7 および Fig.15,16 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～2003 年9年間で 3.5～32Bq/m³(平均 16Bq/m³)、屋外濃度は 1.7～30Bq/m³(平均 11Bq/m³)、平均屋内／屋外比は 1.5 であった。日本分析センター眞田ら⁸⁾によると、屋内ラドン濃度の全国調査(900 件)は、平均値 15.5Bq/m³、最高値 208Bq/m³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 2003 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 Table7 および Fig.17～19 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.17 に屋外3点の平均値と屋内について示した。2003 年1年間の屋内ラドン濃度は 6.1～16Bq/m³に変動し平均値 10.0Bq/m³、9年間の変動は ND～17.7Bq/m³、平均値 10.0Bq/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 4.3Bq/m³、屋内／屋外比は9年間の平均値による比は 2.3 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、土壤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

Table 7 東大阪近辺における空気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	(Bq/m³)	屋内	屋外	
1995年	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	—	—	—	—
	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	—	—	—	—
	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	—	—	—	—
	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	—	—	—	—
	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	—	—	—	—
	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	—	—	—	—	—	—
	12月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	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	—	—	—
1996年	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	—	—	—
	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	19.8 ± 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	—	—	—
1997年	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	—	—	—
	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	—	—	—
1998年	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	9.3 ± 0.6	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	9.9 ± 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 ± 1.0	9.1 ± 0.2	17.6 ± 0.7	9.5 ± 0.9	—	—	—
	11月	5.5 ± 0.4	4.0 ± 0.4	—	—	5.7 ± 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	—									

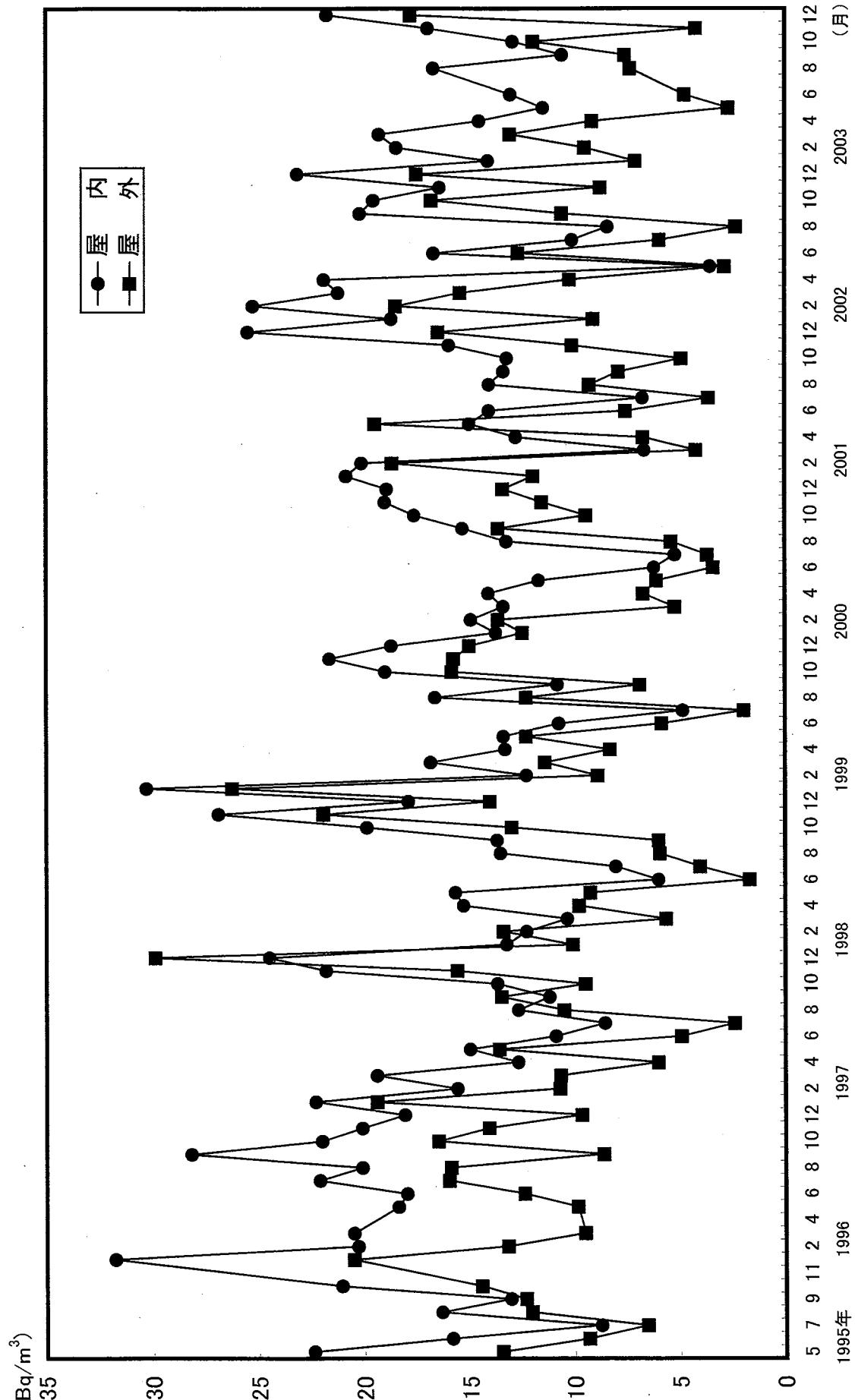


Fig. 15 川西市における空気中ラドン濃度の経時変化

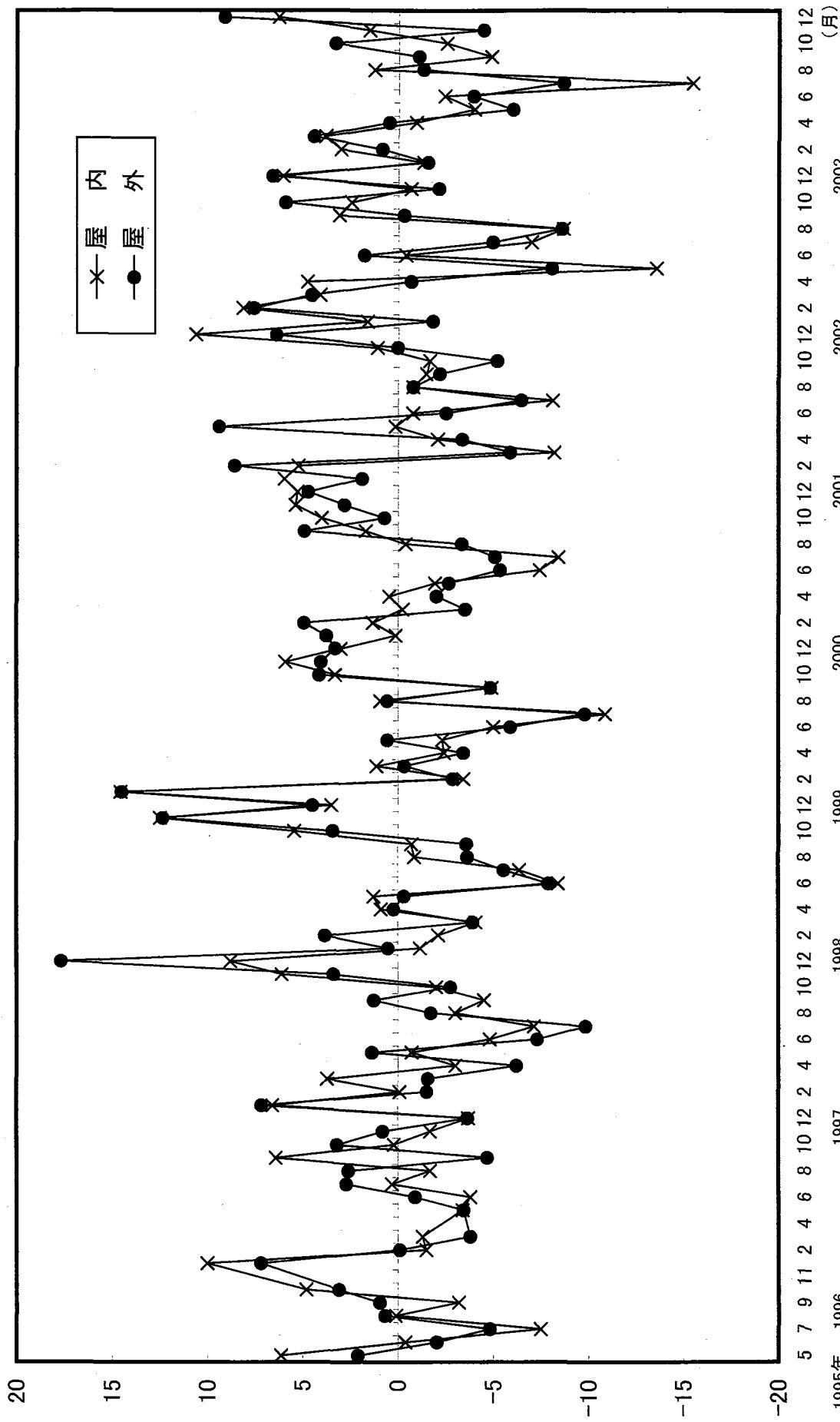


Fig. 16 川西市におけるラドン濃度の変動部分の経時変動

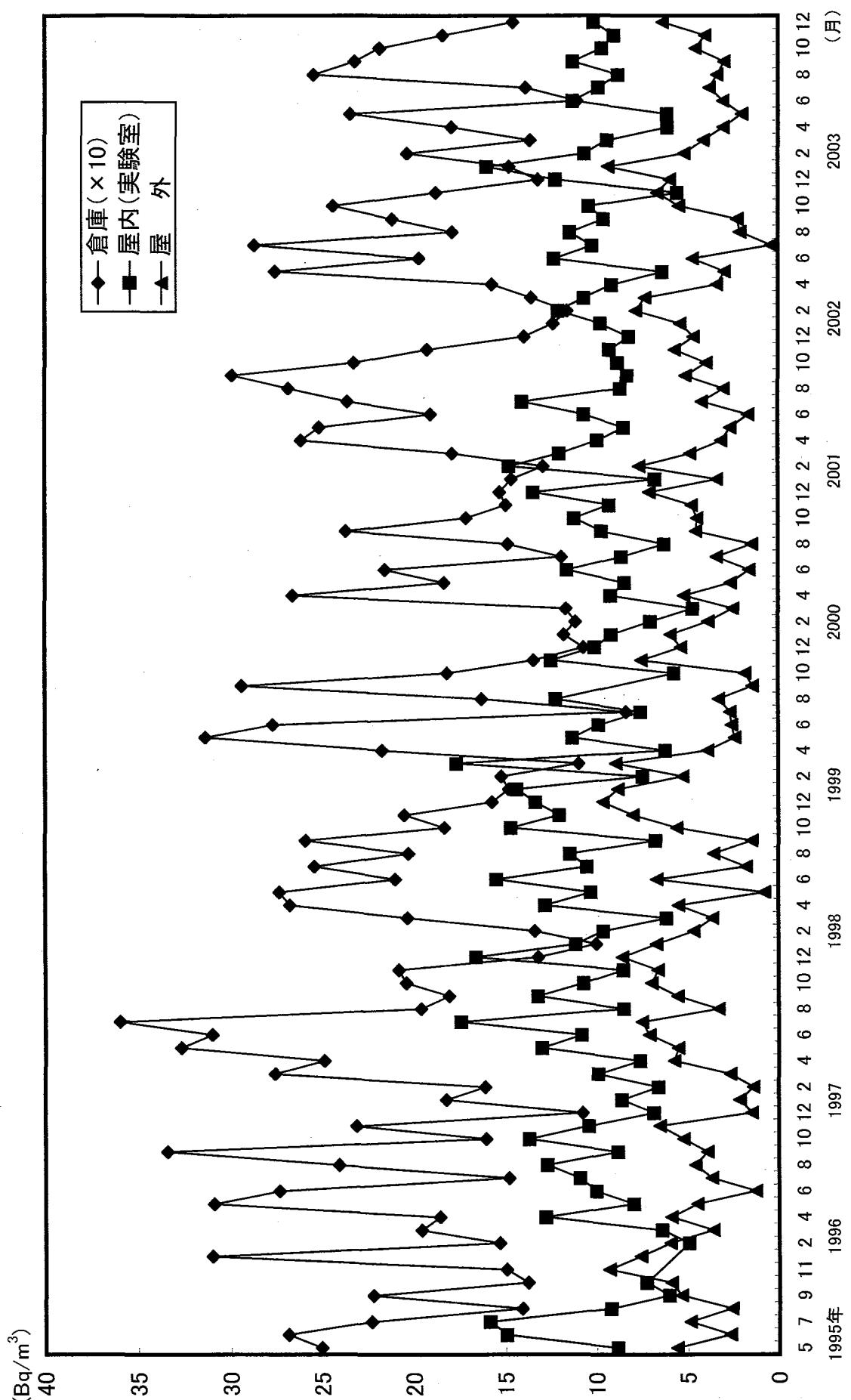


Fig. 17 東大阪市における空気中ラドン濃度の経時変化

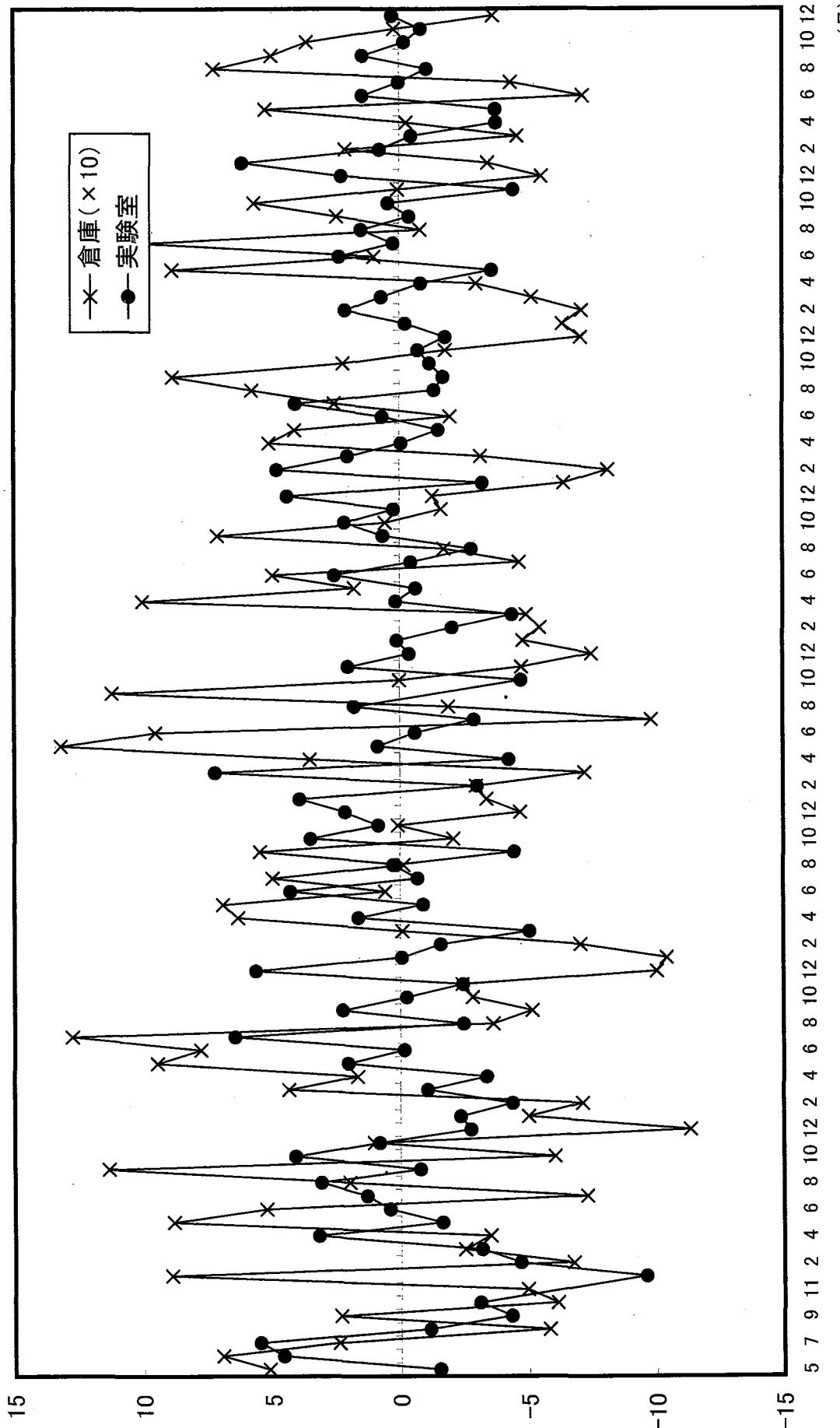


Fig. 18 東大阪市におけるラドン濃度の変動部分の経時変動(屋内)

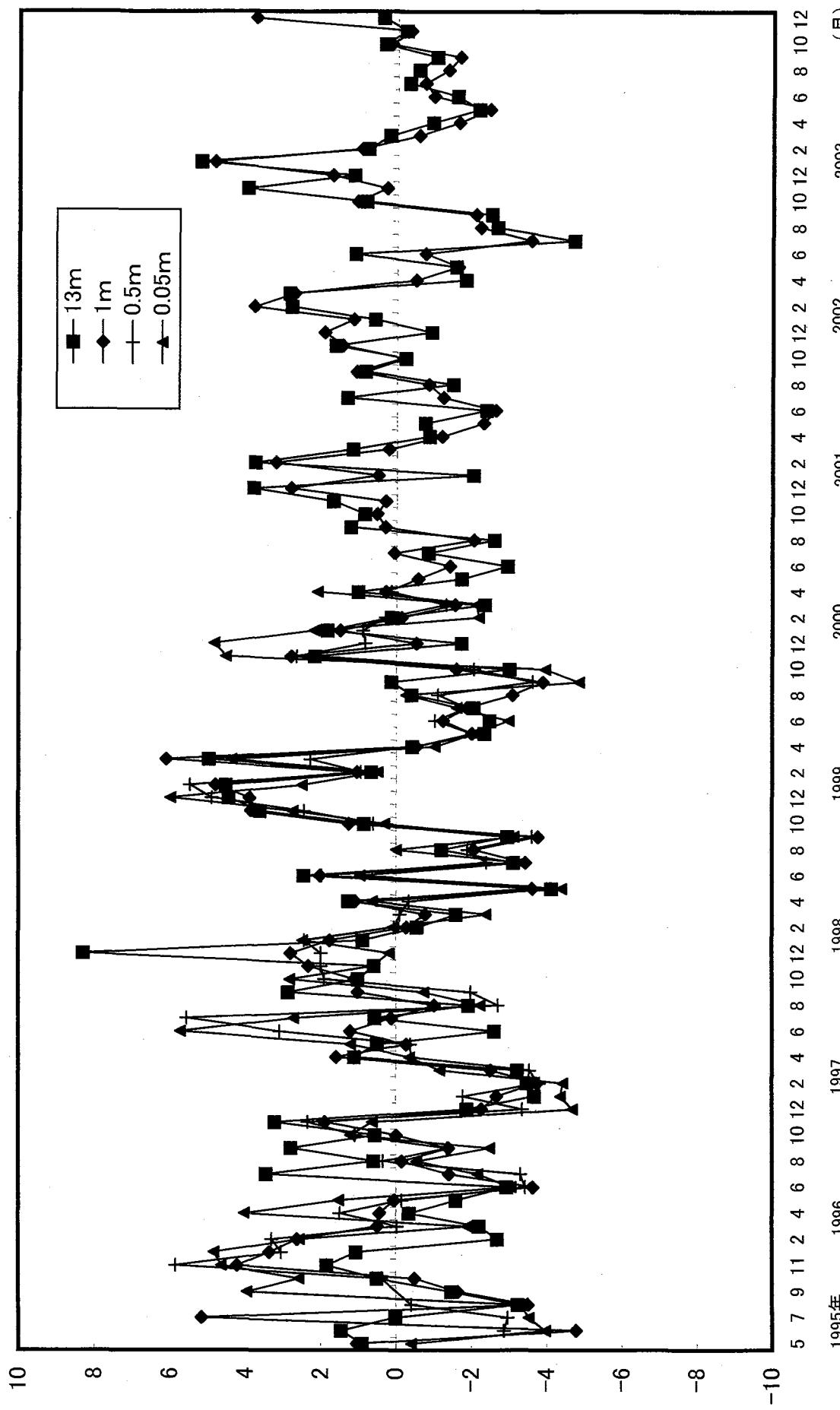


Fig. 19 東大阪市におけるラドン濃度の変動部分の経時変動(屋外)

の流入混合が少ないため $84\sim360\text{Bq}/\text{m}^3$ と高く、平均値 $198\text{Bq}/\text{m}^3$ と研究室内 $10.0\text{Bq}/\text{m}^3$ の約 20 倍を示した。眞田ら⁸⁾の報告の最高値の $208\text{Bq}/\text{m}^3$ を超えており、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

2003 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°C 、毎分 $9,000\ell$ 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、湯華桶を通して、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 Table8 および Fig.20 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 $4.0\sim25.3\text{Bq}/\text{m}^3$ 、平均 $14\text{Bq}/\text{m}^3$ であった。屋外ラドン濃度は岩盤浴付近で、変動 $5.3\sim18.5\text{Bq}/\text{m}^3$ 、平均 $10\text{Bq}/\text{m}^3$ であった。新玉川温泉における屋内ラドン濃度は変動 $4.0\sim16.7\text{Bq}/\text{m}^3$ 、平均 $8\text{Bq}/\text{m}^3$ 、屋外ラドン濃度は $6.1\sim7.0\text{Bq}/\text{m}^3$ 、平均 $6.5\text{Bq}/\text{m}^3$ 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 Table9 および Fig.21 に示した。温泉放出時の温度が 90°C 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 $2.1\text{Bq}/\ell$ と、ほとんど最小検出限界レベルであった。

3.4.3 秋田県玉川温泉周辺における γ 線量率

秋田県玉川温泉周辺における Fig.22 の地点において、 γ 線量率をポケットサーベイメータ(Aloka PDR101)により測定し、Table10 に示した。これによると、湯華桶近くの岩石付近が高かったので、サーベイメータで測定したが、スケールオーバー ($20 \mu \text{Sv}/\text{h}$) したので、ポケット線量計(PDM102)で短時間測定して推定したが、 $38.4 \mu \text{Sv}/\text{h}$ を示した。大噴より温泉水の流れの中間位の薬師神社付近の平地で、 $0.22\sim0.96 \mu \text{Sv}/\text{h}$ と比較的高いレベルであったので、高レベルの地点の粘土層を少し掘り測定した所、 $2.6 \mu \text{Sv}/\text{h}$ と東大阪などバックグラウンドレベルの数十倍を示した。付近で採取した石、土壤などを採取してきたので、 γ 線核種分析の試料としたい。

Table 8 秋田県玉川温泉周辺地域における空気中ラドン濃度

		ラドン濃度				屋内／屋外比	
測定場所		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

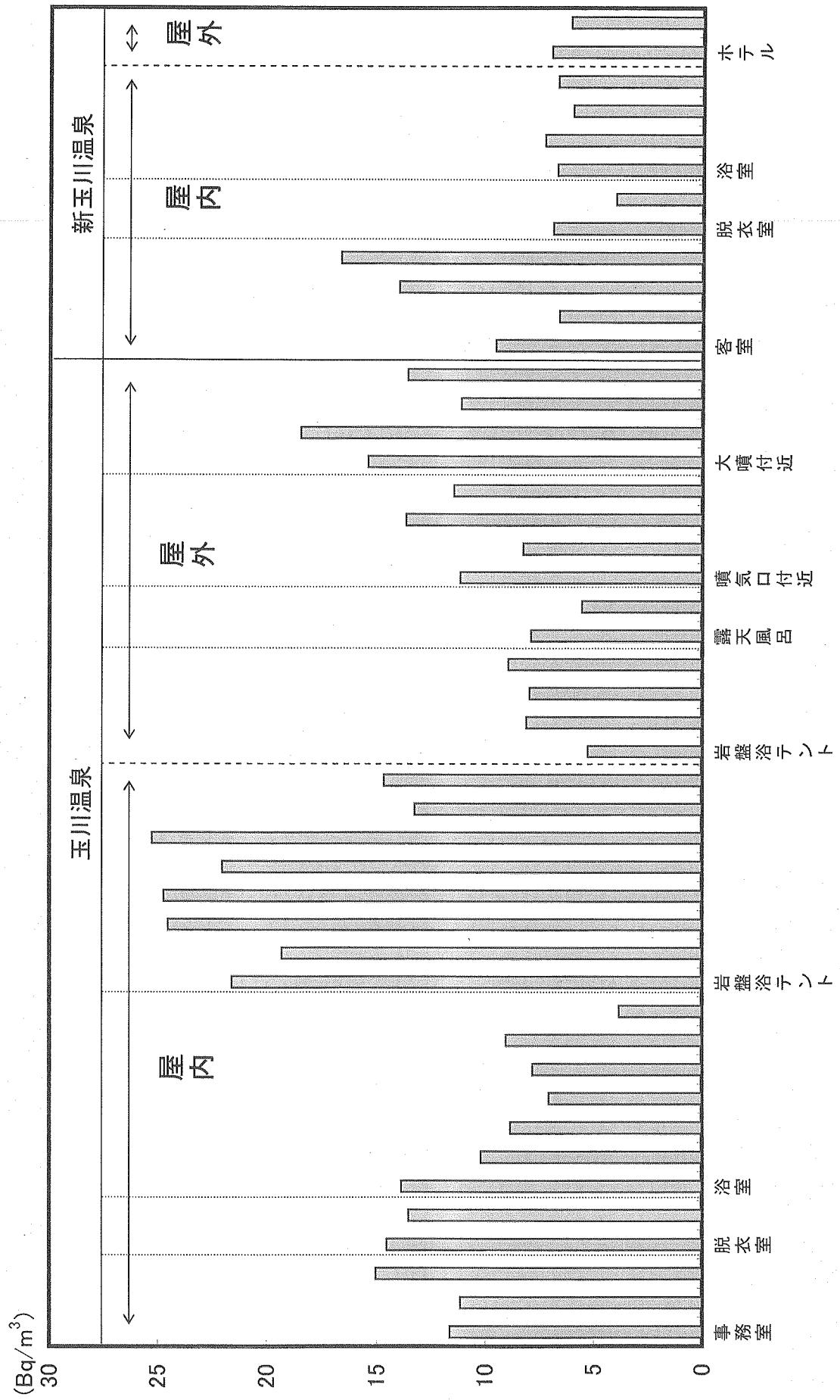


Fig. 20 秋田県玉川温泉に周辺地域における空気中ラドン濃度

Table 9 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	
新玉川温泉 ホテル	露天風呂	2	ND ~ 0.78	0.52	±	0.41	
	平均	33	ND ~ 2.1	0.80	±	0.49*	
	温泉水 上水	5 1	ND ~ 1.5 —	0.72	±	0.44	
全 平 均		6 39	ND ~ 1.5 ND ~ 2.1	0.45	±	0.42*	
* 標準偏差							

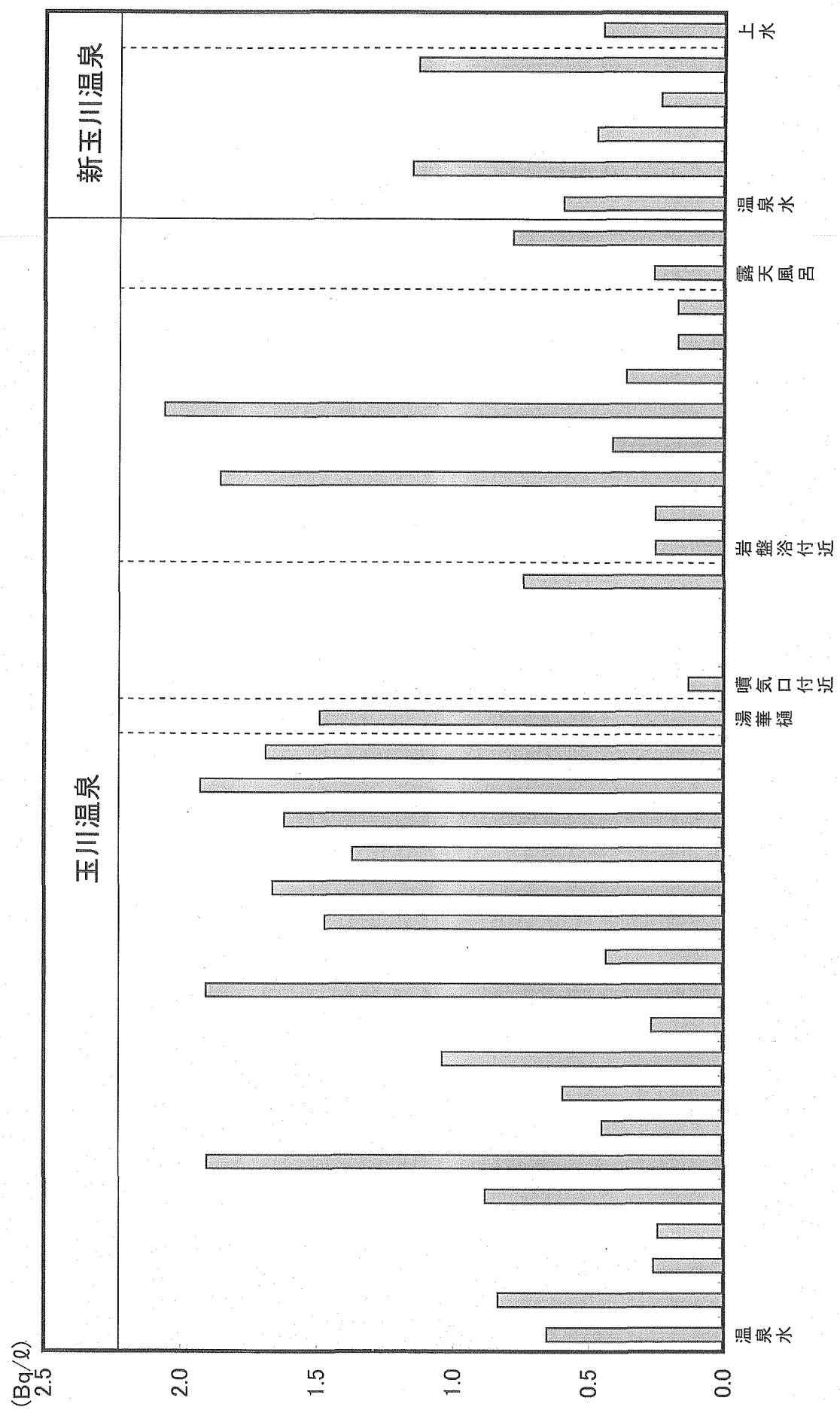


Fig. 21 秋田県玉川温泉周辺地域における水中ラドン濃度

Fig. 22 秋田県玉川温泉 γ線量率測定地点

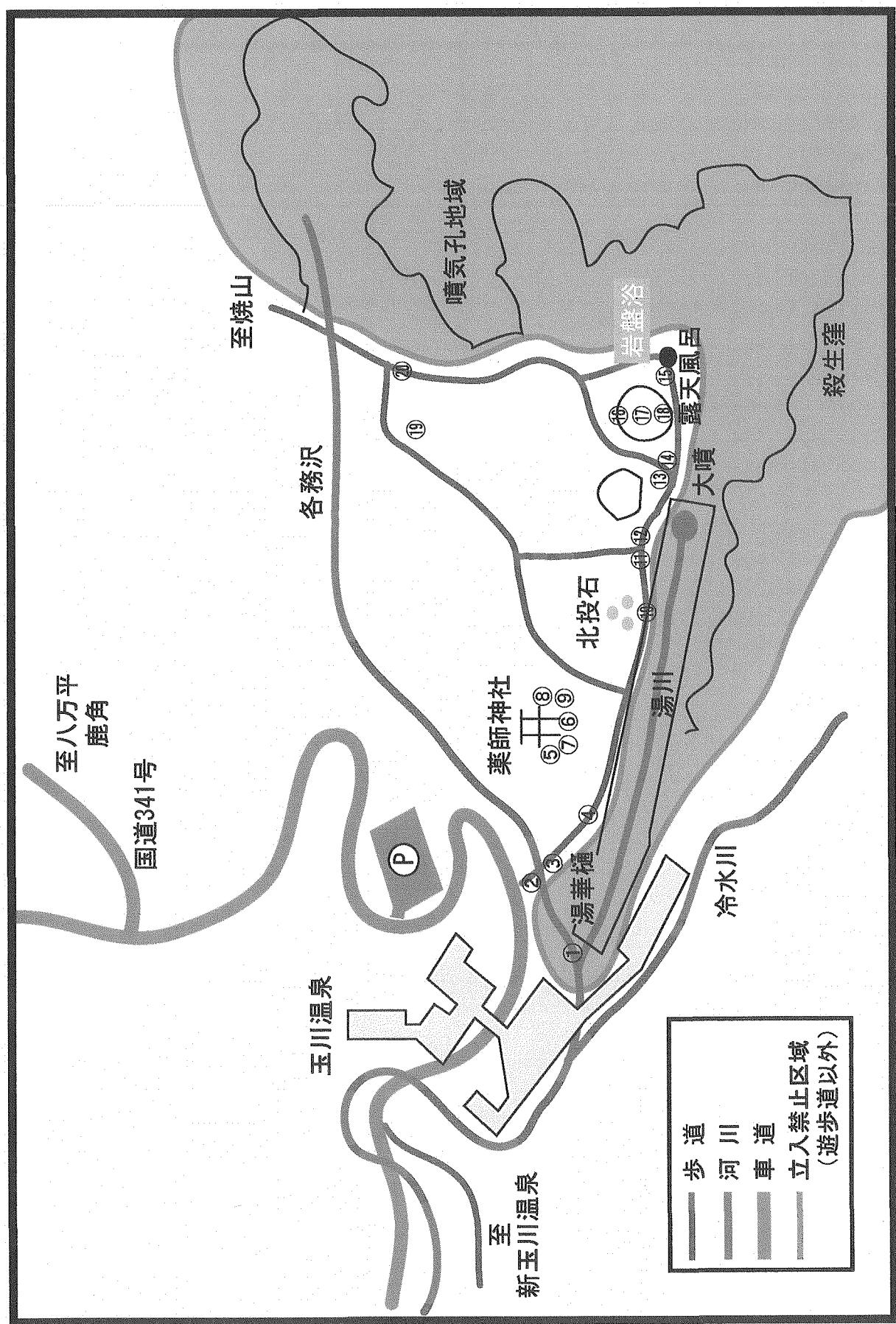


Table 10 玉川温泉周辺における γ 線量率

2003.12.26

測定場所		線量率 (μ Sv/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	玉川薬師神社	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

3.5 その他の地域における水中ラドン濃度

2003 年に調査した水中ラドン濃度を Table11 に示した。研究室員が旅行に出掛けた先の井戸水、温泉水などの測定を行ったものである。これによると、今年度は、鳥取県三朝・三朝トンネル湧水が 642Bq/l および薬師堂足湯温泉が 350Bq/l を示し、最高であった。この他は、一般的に低レベルであったが、赤穂温泉水 33 Bq/l、岐阜水道水 20 Bq/l であった。他の6府県6温泉地はそれ以下の低濃度あるいは検出限界以下であった。今まで測定してきた温泉水中などの水中ラドン濃度をまとめて Table12 に示した。我々の調査した結果のみでは、温泉法による放射能泉は増富温泉、池田鉱泉、三朝温泉などで、その他はそれ以下であった。

4. 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、トロンは岩石や土壤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、空气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

Table 11 その他の各地の水中ラドン濃度(2003年)

採取地		試料	n	水中ラドン濃度 (Bq/l)		
北海道	北湯沢	温泉水	1	0.51	±	0.35
	定山渓	温泉水	1	0.62	±	0.28
岐阜県	長良川温泉	温泉水	1	9.90	±	0.38
		水道水	1	19.6	±	0.39
鳥取県	三朝薬師堂足湯	温泉水	1	350	±	1.80
	三朝トンネル	湧水	2	642	±	2.30
				625	~	658
		湧水 (下流)	2	84	±	0.29
	能見	地下水	1	82	~	86
兵庫県	赤穂温泉	源泉	4	107	±	0.70
				33	±	0.35
東京都	足立区	井戸水	3	32	~	36
				6.6	±	0.29
長野県	美ヶ原	温泉水	1	(ND)		
		水道水	1	6.2	~	7.4
愛知県	南知多温泉	温泉水	3	(ND)		
福井県	勝山市	水道水	6	(ND)		
	永平寺	温泉水	2	(ND)		

Table 12 水中ラドン濃度調査結果

測定地域		水中ラドン濃度(Bq/l)	
		平均値	最高値
山梨県	増富温泉	470	5123
	石和温泉	6.7	6.7
島根県	池田鉱泉	1349	9696
鳥取県	三朝温泉	旅館	434
		民家	176
兵庫県	川西市	民家	7.5
	有馬温泉		8.1
石川県	山代温泉、能登半島	2.4	3.9
鹿児島県	奄美大島	7	22.3
三重県	伊勢	1.07	1.4
宮城県	遠刈田温泉	0.6	1.1
青森県	浅虫温泉	12.7	13.9
	猿倉温泉	9.3	10.6
	谷地温泉	28.6	29.2
岐阜県	下呂温泉	5.7	10.9
長野県	白骨温泉 他	2.6	3.5
和歌山県	白浜温泉	ND	2.5
愛媛県	道後温泉	9.8	10
福井県	敦賀トンネル温泉 他	8.7	24.8
秋田県	玉川温泉	0.8	2.1
放射能泉(日本温泉法)		ラドン-222 74Bq/l 以上	

中のラドン濃度の経時変動の測定を継続し、9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。

(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 90°C以上と高く、ラドン濃度は低レベルであることが分った。しかし、 γ 線量率の高い地点が土壤試料を採取しているので、今後 γ 線核種分析し、自然放射性核種の挙動と分布について追究したい。

5. 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」, 海洋出版株(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) 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)
- 4) H. YONEHARA, et al.; Radon concentration in residential housing in Hiroshima and Nagasaki, *Health Phys.*, 68, 683-688 (1995)
- 5) K. FUJITAKA, S. ABE and K. FUJIMONO; Analysis of counter map of natural radiation in Japan, *J. Nucl. Sci. Technol.*, 18, 727 (1981)
- 6) 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)
- 7) K. MEGUMI, T. TSUJIMOTO, T. OKA and K. KATSURAYAMA; Background radioactivity of soil in Wakasa Area (Southern Fukui Prefecture), *Hoken Butsuri.*, 20, 259 (1985)
- 8) 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)
- 9) 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)
- 10) 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)
- 11) 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)
- 12) 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)
- 13) 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)
- 14) 松本 讓, 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)
- 15) 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)

- 16) 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)
- 17) 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)
- 18) 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)
- 19) 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)
- 20) 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)
- 21) 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)
- 22) 藤元憲之他; 屋内ラドン濃度全国調査, 保健物理, 32, 41-51 (1997)
- 23) 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)
- 24) 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)