

T
PNC PJ1630 96-001

社内資料

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。

01.10.-4

[技術情報室]

ラドン及び崩壊生成核種の環境中 挙動に関する研究（Ⅱ）

（ 動力炉・核燃料開発事業団 ）
（ 委託研究成果報告書 ）

1996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大字村松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, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

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

この資料は、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。ついては、複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

本資料についての問い合わせは下記に願います。

〒107 東京都港区赤坂1-9-13

動力炉・核燃料開発事業団

安全部



ラドン及び崩壊生成核種の環境中挙動に関する研究 (II)

森嶋彌重**、古賀妙子**

要 旨

活性炭によるラドン吸着を利用したピコラド検出器および液体シンチレーションスペクトロメータを使用して、鳥取県三朝地域における環境中ラドン濃度の測定を行い、ラドンおよび崩壊生成核種の環境中挙動に関する研究を昨年度に引続き行った。

ピコラドシステムによる簡便迅速なラドン濃度測定は、測定可能で、採取期間 24 時間、計測時間 200 分で、空气中ラドン濃度の最小検出限界は 1.7 Bq/m^3 、水中 0.43 Bq/l である。

- (1) 三朝周辺地域における1995年10月～11月に実施した空气中ラドン濃度は、屋外ラドン濃度は $7.7 \sim 59 \text{ Bq/m}^3$ 、屋内ラドン濃度は $13 \sim 141 \text{ Bq/m}^3$ の範囲で変動した。測定した地域の内、旭地区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は低く、人形峠付近についての屋外濃度は、 $12 \sim 31 \text{ Bq/m}^3$ と低い濃度レベルであった。屋内ラドン濃度について、もっとも低い小鹿地区と比較すると今回高かった竹田地区は約 4 倍であった。東大阪市の濃度は小鹿地区と同レベルであった。屋内ラドン濃度は屋外ラドン濃度と比べると高く、その比は試料数は少ないが竹田地区、旭（竹田川沿い）地区の上流は平均で約 2 近く、他は $1 \sim 1.3$ と低い傾向を示し、地区により差が見られた。
- (2) 三朝温泉地区個人住宅のラドン濃度については、1955年5月より12月迄の経時変動を見ると、屋内濃度は $53 \sim 121 \text{ Bq/m}^3$ 、屋外濃度は $9 \sim 50 \text{ Bq/m}^3$ の範囲に変動し、浴室内ラドン濃度は $48 \sim 188 \text{ Bq/m}^3$ であった。
- (3) 1995年4月～1995年12月における三朝周辺地域の一般家庭の温泉水、河川水、井戸水などの水中濃度はそれぞれ $91 \sim 161 \text{ Bq/l}$ 、 $2.3 \sim 10 \text{ Bq/l}$ 、 $14 \sim 34 \text{ Bq/l}$ の範囲で変動した。

* 本報告書は、近畿大学が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：070D197

事業団担当部課室および担当者：安全部長 谷山 洋

** 近畿大学原子力研究所

Study on the environmental movements of Radon and its decay nuclides (II)

Hiroshige Morishima** and Taeko Koga**

Abstract

By means of a radon detecting device (Packard Pico-Rad System) using absorbed active charcoal and a liquid scintillation spectrometer, studies on environmental movements of radon and its decay nuclides on Misasa district in Tottori pref. were done continuously on last year. Its minimum detection limits of radon in the air are 1.7 Bq/m³ and 0.43 Bq/ℓ in the water on counting time of 200 minutes. This method is able to measure conveniently and rapidly on sampling period for 24 hours.

(1) Radon concentrations in the air at Misasa environs area on October and November, 1995 were ranged 7.7~59 Bq/m³ in outdoor and 13~141 Bq/m³ in indoor. On the results measured on Misasa area, ²²²Rn concentrations on Asahi district located southward from Misasa spa district and Takeda district along Tenjin stream are high, on Kojika district located east-southward from Misasa spa district and Mitoku district are low and outdoor ²²²Rn concentrations on Ningyo toge neighboring are low level with ranged 12~31 Bq/m³.

Indoor ²²²Rn concentrations at Takeda district are about 4 times higher than Kojika district showed the lowest concentration and those of Kojika district are almost similar to those of Higashi Osaka.

Indoor ²²²Rn concentration are higher than outdoor, the mean ratio of indoor to outdoor ²²²Rn concentration on a few sample of Takeda and Asahi districts (upper stream) are about 2 and those on the other district are shown in low tendency ranged 1~1.3. There are a few difference among some districts.

(2) ²²²Rn concentration variations in a dwelling at Misasa spa district were observed from May to December 1995 in the time course. They are varied in range of 53~121 Bq/m³ indoor, 9~50 Bq/m³ outdoor and 48~188 Bq/m³ in bathroom.

(3) ²²²Rn concentration variations in water samples at Misasa spa district are 91~161 Bq/ℓ in hot spring, 2.3~10 Bq/ℓ in river water and 14~34 Bq/ℓ in well water from May to December 1995.

* Work performed by Kinki University under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation
PNC Liaison : Safety Division Hiroshi Taniyama
** Kinki University Atomic Energy Research Institute

目 次

1. はじめに	・・・ 1
2. 材料および方法	・・・ 2
2.1 ピコラド検出器	・・・ 2
2.2 試料採取	・・・ 2
2.3 ラドン濃度測定法	・・・ 2
2.4 土壌中の γ 線核種分析	・・・ 2
3. 結果と考察	・・・ 5
3.1 ピコラド検出器のラドン基準校正など特性	・・・ 5
3.1.1 校正特性	・・・ 5
3.1.2 液体シンチレータによる溶出状況（倒置浸透法）	・・・ 5
3.1.3 シンチレータ添加後迄の時間	・・・ 10
3.2 鳥取・三朝周辺地域における空気中ラドン濃度	・・・ 12
3.3 鳥取・三朝周辺地域における水中ラドン濃度	・・・ 12
3.4 三朝温泉街における空気中ラドン濃度の経時変化	・・・ 19
3.5 三朝地区における水中ラドン濃度の経時変化	・・・ 19
3.6 東大阪における空気中ラドン濃度	・・・ 19
4. まとめ	・・・ 26
5. 参考文献	・・・ 27

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、2.4 mSv 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⁾。

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、これらがラドンの発生源として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、近年の住宅構造の機密化などによって家屋内でのラドンの蓄積が見られ、高ラドン濃度がスウェーデンに始まり、アメリカ、イギリスなど世界中で報告され問題となっている。このため、わが国でも全国的に生活環境におけるラドン濃度の実態を把握し、それによる線量の評価が急がれるとともに、屋内のラドンとその崩壊生成核種の吸収によって引き起こされる恐れのある人体への影響に関する研究へと発展している。そこでラドン、トロンなど気体状の放射性核種による被ばく評価を目的に、生活環境中、特に高自然放射線地域における²²²Rnの濃度レベルの分布の研究を行う。

生活環境中では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を採用し、基礎的な特性を検討する。水中のラドン濃度については、ラドンがトルエンによく溶出されることを利用して大量の水試料よりラドンを分離し (抽出法)、液体シンチレーションスペクトルメータで測定する方法が古くから実施されている⁸⁻¹⁰⁾。ラドン濃度レベルの分布などを調べるため、一挙に多くの試料数を処理、測定するには、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)}。そこで、ラドン濃度の測定は、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) を採用した。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) を用いて測定した。日本でも有数のラドン温泉である鳥取県三朝温泉と、その周辺地域の空気中および水中ラドン濃度の測定を行い、環境中挙動に関する研究を行い検討したので報告する。

2. 材料および方法

2.1 ピコラド検出器

ピコラド検出器はラドンが活性炭によく吸着し、有機溶媒に抽出されやすい、等の性質を利用し、実用化したもので、小型、軽量等の利点を持つ空気中ラドン濃度測定器である。

2.2 試料採取

三朝温泉は、鳥取市の西南西約 30 km 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の、ラドン濃度測定を行った場所を Fig. 1 に示した。対照地区としては、東大阪市において近畿大学原子力研究所構内、研究室、倉庫等で空気中ラドン濃度の測定を行った。

2.3 ラドン濃度測定法

ラドン濃度の測定法は Fig. 2 に示したように、パッカード社製の PICO-RAD システムを用いて、水中および空気中について、ラドン濃度の測定を行った。

(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、地表面から 1 m のところに、開口部を下にして設置し、24 時間ラドンを捕集し、その後、この検出器にシンチレータ溶液 (INSTA-FLUOR) を 10ml 添加した後、フタを閉めて約 15 秒間振とうあるいは 2 分間逆さにし、シンチレータ中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、現地にて 20ml ガラスバイアル瓶にシンチレータ溶液 (OPTI-FLUOR) を 10ml 入れ、次に試料水を 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。

2.4 土壌中の γ 線核種分析

ラドン濃度を測定した地域の土壌中の γ 線核種分析を実施した。ラドン濃度を測定した地点の土壌を採取し、乾燥細土にした後、U-8 容器に秤量し、 γ 線核種分析は、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、NAIG 社製 NLAB-MCA2/Gamma で、データ処理を行った。

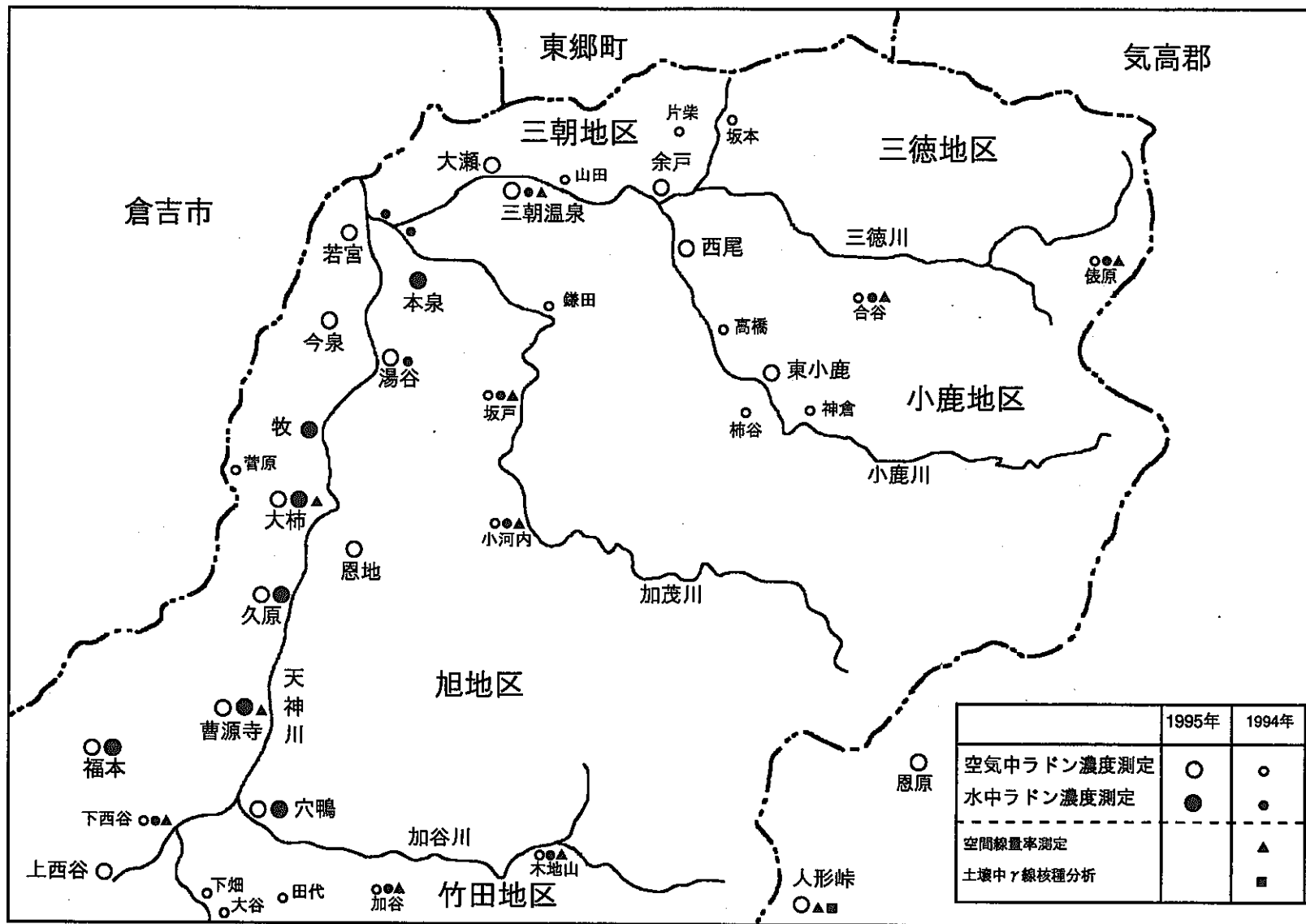


Fig. 1 三朝周辺地域における測定場所

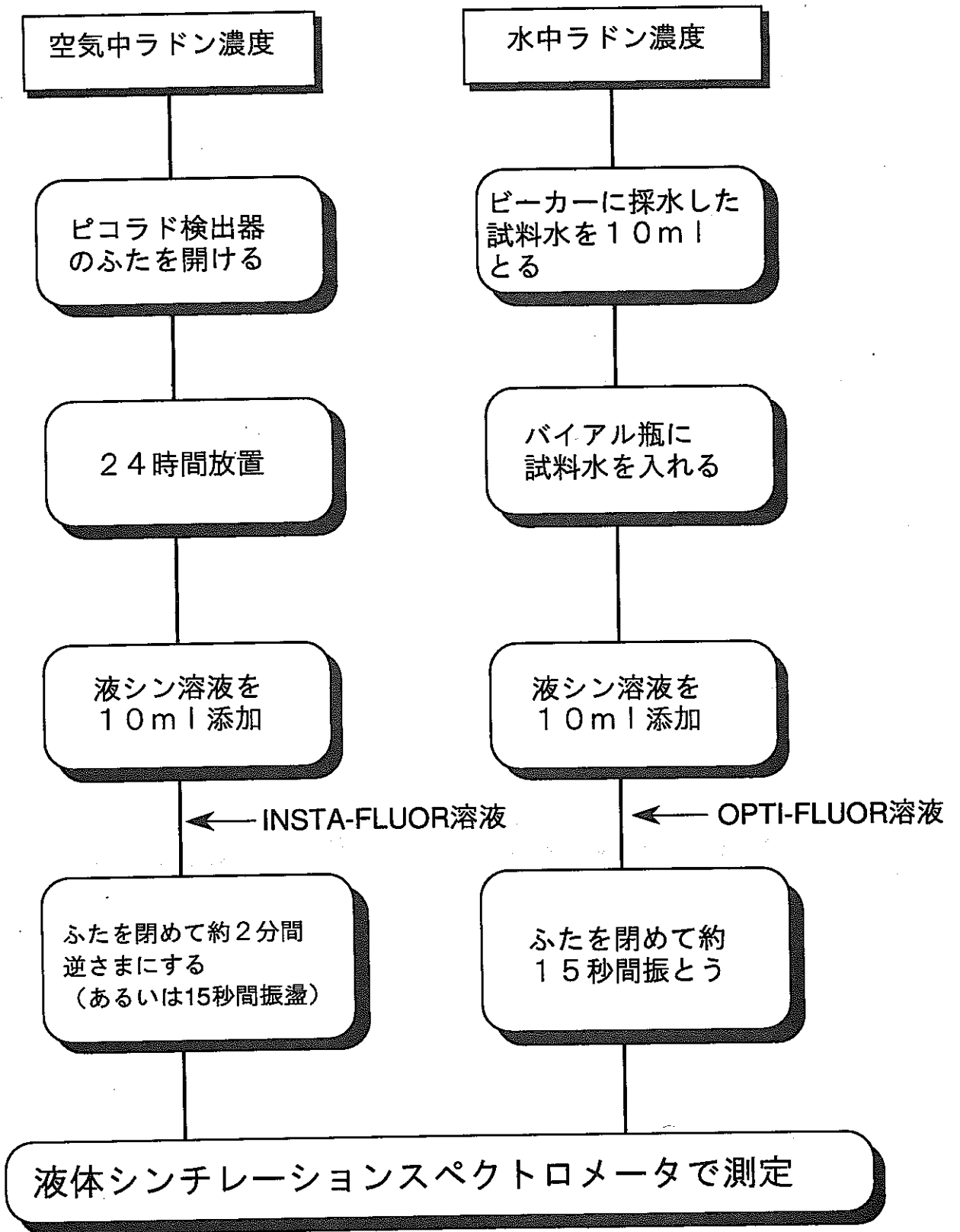


Fig. 2 ラドン濃度測定法

3. 結果と考察

3.1 ピコラド検出器のラドン基準校正など特性

3.1.1 校正特性

動力炉・核燃料開発事業団人形峠事業所内の、ラドン標準校正チェンバーを用い、ピコラド検出器の基準校正を行った。

校正係数は、ラドン標準校正チェンバー内のラドン濃度を測定値で割ることで求める。チェンバー内にピコラド検出器10本を設置し、標準ラドンガスを封入し、24時間放置した。ピコラド検出器10本については回収後、直ちに液体シンチレータを添加し、測定は液体シンチレーションスペクトロメータで行い、その結果をTable 1に示した。

これによると、チェンバー内に封入された標準ラドン濃度値 $33, 104, 300 \text{ Bq/m}^3$ より校正係数を標準ラドン濃度/計測値で求め、示した。10本の測定したラドン濃度の相対標準偏差を精度あるいは変動係数とした。最小検出限界をバックグラウンド計数の標準偏差の3倍とし、感度として示した。空気中のラドン濃度の最小検出限界は200分測定で 1.7 Bq/m^3 、水中のラドン濃度は 0.43 Bq/l であった。

検出器中に捕集吸着した ^{222}Rn をシンチレータにより溶出および ^{222}Rn 崩壊生成核種の生成・崩壊の時間経過状況については既報¹⁹⁾で示しているように、シンチレータ添加より20時間後に計数率が最高値に達し、以後 ^{222}Rn の半減期(3.824日)で徐々に減少する。これを液体シンチレーションスペクトロメータにおいてエネルギー設定範囲を3段階にした場合の計数率の経時変化をFig. 3に示したが、同様の結果を示した。放射能濃度(Bq/m^3)に換算すると20時間後より約8日までは平衡を保ち、計数誤差などの点より、測定時間を増加させるなど考慮すれば測定可能である。

3.1.2 液体シンチレータによる溶出状況(倒置浸透法)

これまでの測定では活性炭は検出器の上部に付いているので、液体シンチレータを添加した後浸透時間と溶出状況はFig. 4に示した。これによると、振盪時間10秒~30秒において飽和に達しており、それぞれの変動係数は3.9%で15秒振盪時間で行ってきた。更に一方、シンチレータを添加後、蓋をしっかりと閉めてから、倒置、浸透後測定を行った。浸透時間を300秒迄変化させて溶出状況をFig. 5に示した。

Table 1 ピコラド検出器の特性

標準ラドン濃度 (Bq/m ³)	校正係数	精 度 (%)	感 度	
			測定時間	Bq/m ³
33	0.76	7.8	30分	5 Bq
			50分	3.3Bq
104	0.78	7.4	100分	2.4Bq
			200分	1.7Bq
300	0.75	10.2		

校正係数 : 標準ラドン濃度 / 測定値

感 度 : B.G. の 3 σ

精 度 : 相対標準偏差

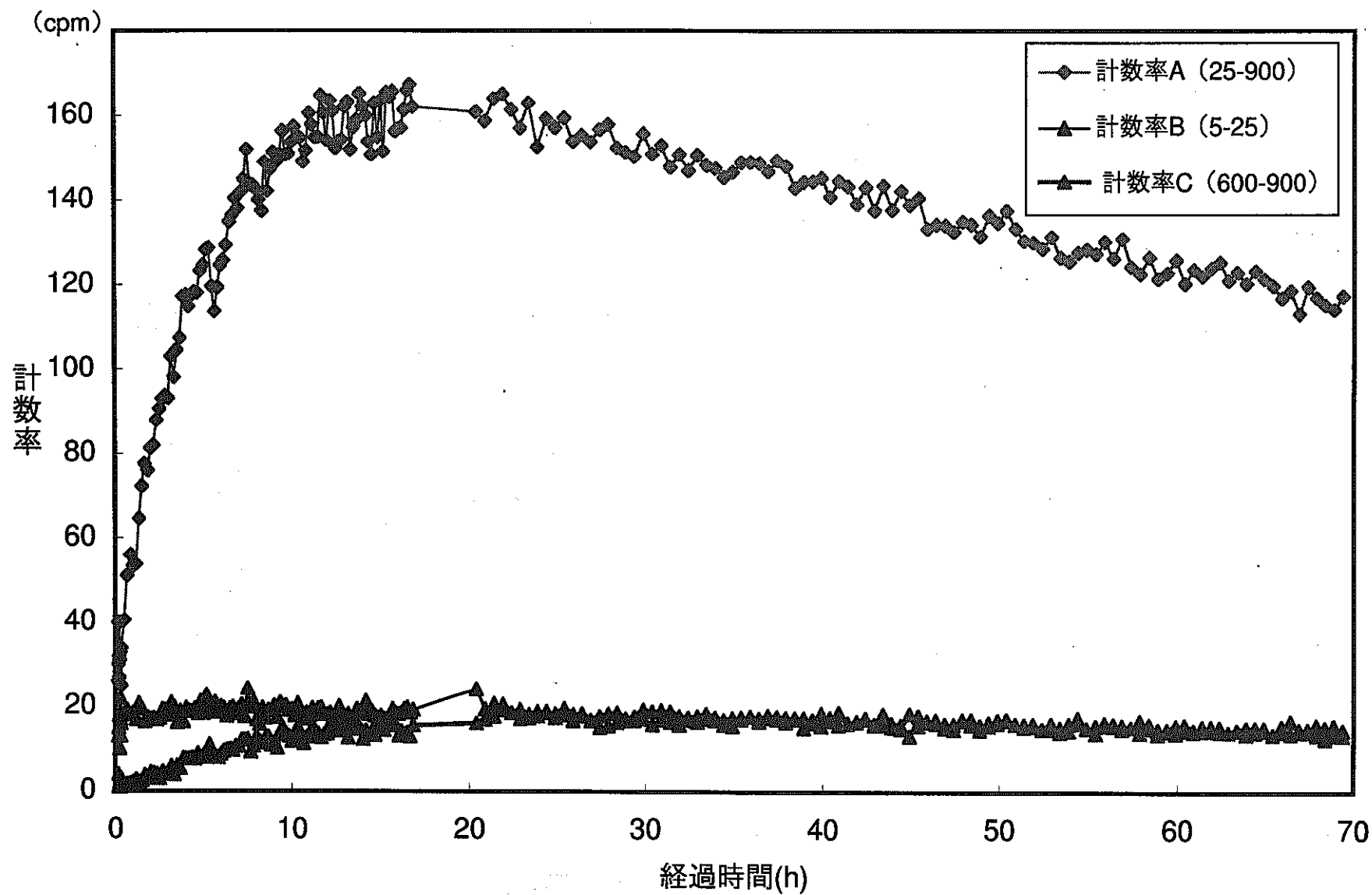


Fig. 3 空气中ラドン計数率の経時変化 (シンチレータ注入後)

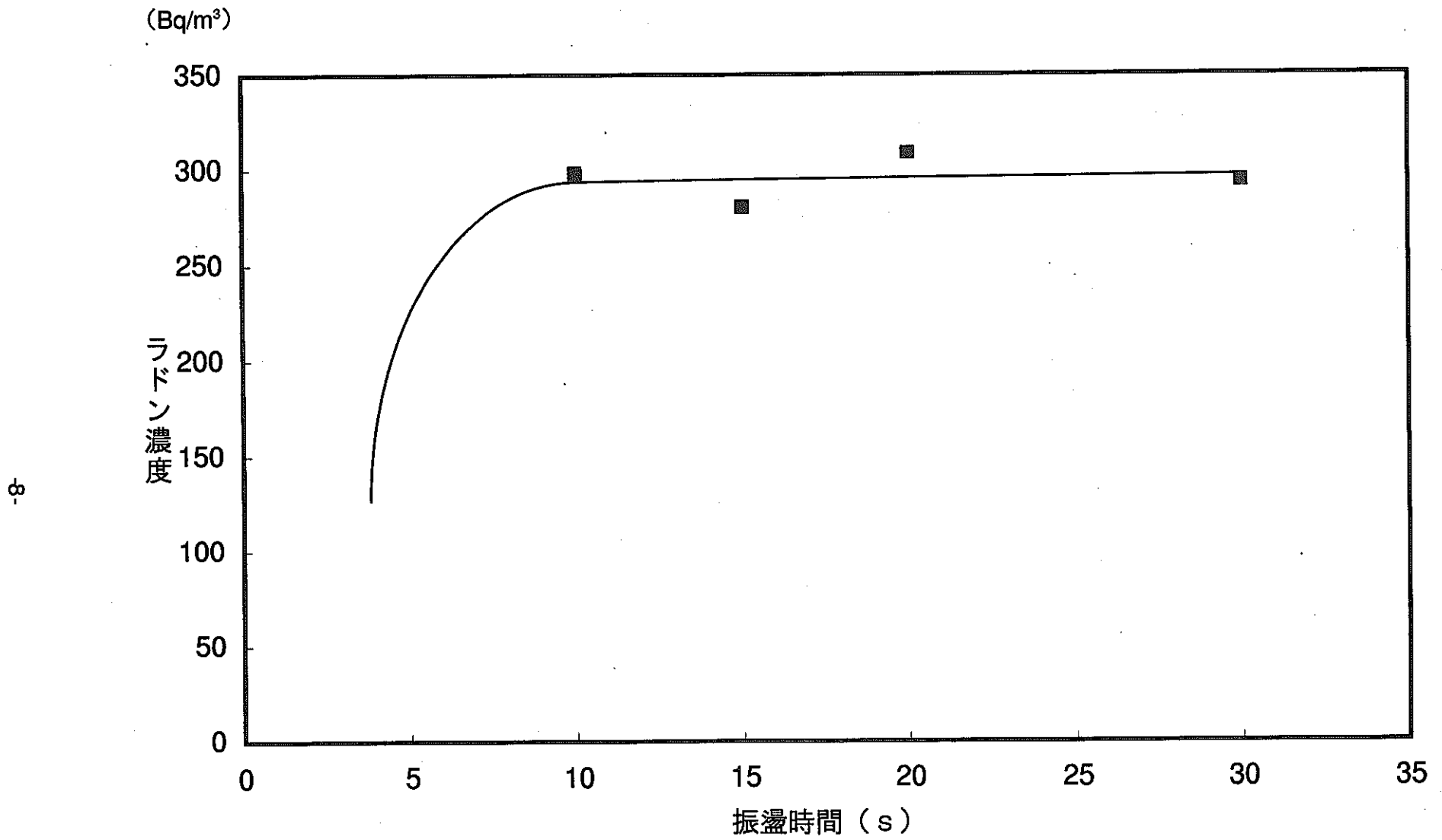


Fig. 4 振盪時間による溶出状況の変動

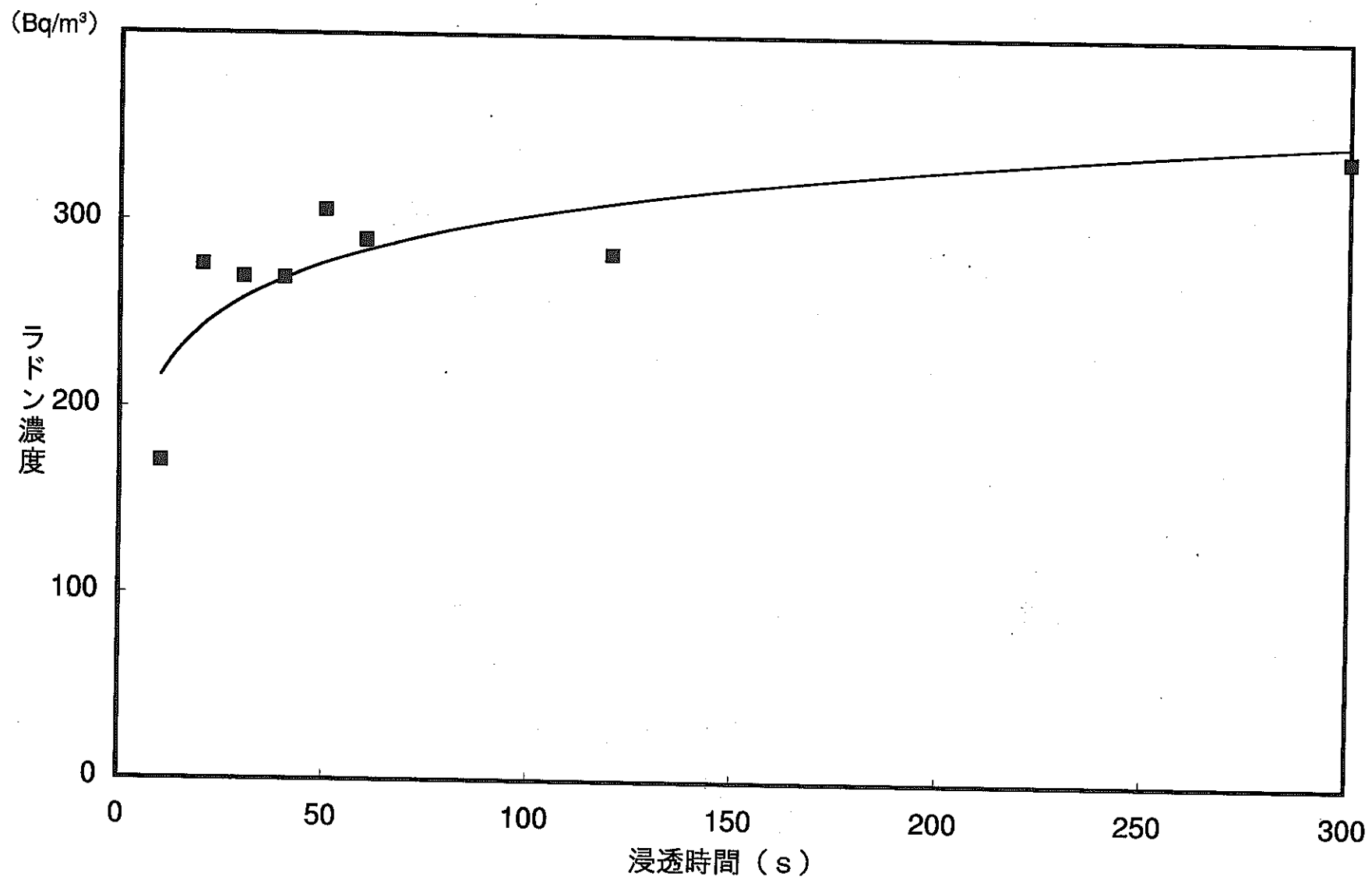


Fig. 5 浸透時間による溶出状況の変動

浸透時間 20秒～110 秒変化しても若干変動があるので、2 分間浸透で測定したが、この場合の変動係数は 8 %となるので、現在までの15秒振盪の方が変動係数が小さく、他の影響を受けず安定していると思われ、溶出条件として適していると思われる。

3.1.3 シンチレータ添加迄の時間

標準ラドン濃度中のチェンバー内で、照射した検出器にシンチレータを経時的にずらして添加した後測定した濃度の後の状況を Fig. 6 に示した。これによると 120 Bq/m³、²²²Rn 濃度については 3 日後までは濃度は一定であったが、5 日では約 15% 低下し、変動係数も直後にシンチレータを添加したものは 3 %であるのに対して 6～8 %となっている。3 日迄は変動係数が数%とばらつきが大きくなるがほぼ良い結果となる。一方、40 Bq/m³の場合 1 日後迄は変動係数も 1 %とよく一致するが、2 日後にシンチレータを添加した場合放射能も 50% 減となり変動係数は 16% となる。ラドン濃度が 40 Bq/m³より小さくなると、計数率も低くなり変動係数もより大きくなると予想されるのでなるべく採取した後は早くシンチレータを入れることが必要である。

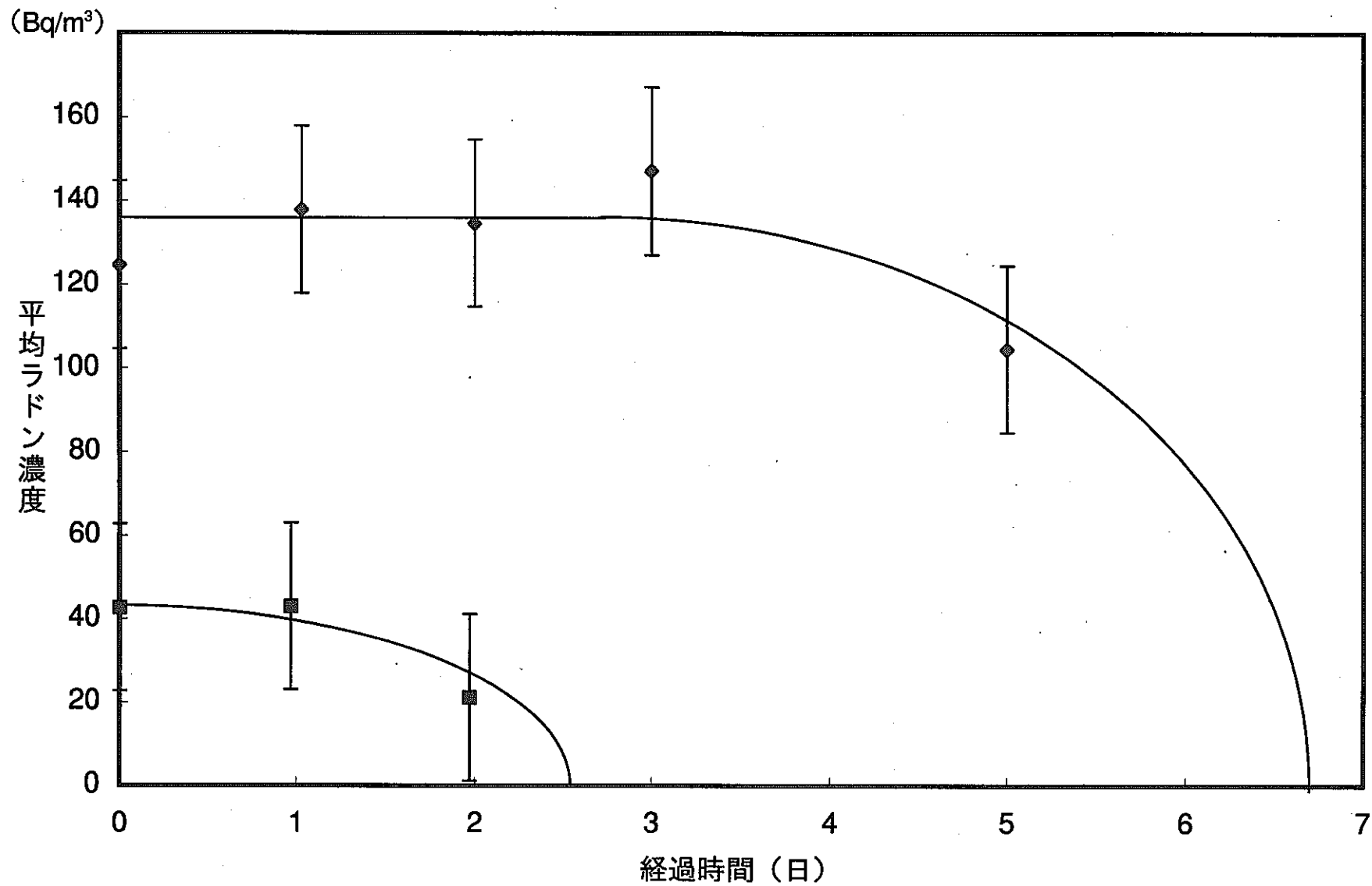


Fig. 6 液体シンチレータと溶出迄の時間とラドン濃度の関係

3.2 鳥取・三朝周辺地域における空气中ラドン濃度

1995年11月、三朝周辺地域において、測定場所18カ所の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 2, Fig. 7 に示した。これによると、屋内ラドン濃度は $13\sim 141\text{ Bq/m}^3$ 、屋外ラドン濃度は $7.7\sim 59\text{ Bq/m}^3$ の範囲で変動した。地区ごとにみると、旭地区、竹田地区（加谷川、天神川沿い）において、ラドン濃度が高く三朝温泉地区の東南部小鹿地区は低く、屋内ラドン濃度を比較すると、竹田地区の濃度はもっとも低い小鹿地区の約4倍であった。東大阪のラドン濃度は小鹿地区とほぼ同レベルであった。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、福本が高く、三朝温泉街の濃度とほぼ同じレベルかそれ以上のラドン濃度を示した。三徳地区の余戸は三朝地区との境界付近であり、この地区としてはもっとも高い方であった。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、屋内濃度は高く、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。次に、人形峠付近の道路際の屋外ラドン濃度はほぼ 12 Bq/m^3 で、東大阪とあまり変わらなかった。

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の地区ごとの屋内および屋外の平均濃度を地図上に棒グラフで分布を示し、それぞれ Table 3 および Fig. 8 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）および旭地区が高く、三朝、旭、竹田地区と天神川、三徳川下流に高いラインが観察される。平均屋内ラドン濃度の屋外ラドン濃度に対する比は三朝、竹田地区がほぼ2と他地区に比べると若干高いように思われるが、まだ試料数が少ないので、今後試料数を増やして検討を要する。

3.3 鳥取・三朝周辺地域における水中ラドン濃度

一方、三朝周辺地域の水中ラドン濃度は、Table 4, Fig. 9 に示した。これによると、三朝温泉水は $23\sim 513\text{ Bq/l}$ に変動し、最高値は露天風呂で採取したものであった。三朝周辺地域の飲料水として使用している井戸水は $1.6\sim 400\text{ Bq/l}$ と温泉水と同レベルの濃度を示すところもあったが、同じ大柿町内でも大幅に変動していることが分る。山水、涌水は $1\sim 41\text{ Bq/l}$ 、三徳川上流および中流での河川水は $5.3\sim 14.6\text{ Bq/l}$ であった。1994年度に測定した河川水は最高 14 Bq/l であったので、河川水についてはほぼ同レベルで変動が少なかった。本年度は飲料水となる井戸水および温泉水について特に、前回屋内ラドン濃度が高かった大柿、福本などについて調査したが、井戸水については福本、三朝では $30\sim 61\text{ Bq/l}$ で、大柿では $2\sim 400\text{ Bq/l}$ と場所によって大きく変動していることが分った。

Table 2 三朝周辺地域における空气中ラドン濃度

1995.10~11

測定場所		ラドン濃度 (Bq/m ³)								
		屋 内			屋 外			内/外比		
旭地区 (8) (竹田川沿い)	大 柿 (1)	60.7	±	2.5	39.1	±	2.2	1.55		
	久 原 (3)	29.1	±	1.4	27.1	±	1.4	1.07		
		—			48.7	±	3.3	—		
	曹源寺 (2)	63.0	±	3.5	29.1	±	2.8	2.16		
		58.7	±	1.8	27.0	±	1.7	2.17		
	今 泉 (2)	69.6	±	3.7	48.7	±	3.3	1.43		
		36.5	±	1.4	29.3	±	1.4	1.25		
	若 宮 (1)	31.6	±	0.9	—			—		
		27.0	±	1.4	17.6	±	1.4	1.53		
	恩 地 (1)	58.6	±	1.8	29.0	±	1.7	2.02		
	牧 (1)	43.3	±	1.8	34.1	±	1.8	1.27		
	湯 谷 (2)	38.6	±	1.8	33.9	±	1.8	1.14		
		34.4	±	1.8	28.5	±	1.8	1.21		
旭地区 (1) (高勢川沿い)	本 泉 (1)	69.6	±	4.0	49.1	±	3.6	1.42		
竹田地区 (3) (天神川沿い)	上西谷 (2)	141.2	±	4.4	59.4	±	3.1	2.38		
		76.5	±	3.4	48.7	±	3.0	1.57		
	穴 鴨 (3)	47.3	±	1.7	11.4	±	1.5	4.15		
		90.0	±	3.0	21.3	±	2.6	4.23		
	福 本 (2)	69.6	±	4.0	37.4	±	3.1	1.86		
		34.0	±	3.4	7.7	±	2.5	4.42		
		49.3	±	2.7	12.7	±	2.8	3.88		
		—			9.9	±	2.7	—		
		—					20.0	±	3.0	—
小鹿地区 (2)	西 尾 (1)	12.8	±	1.2	14.0	±	1.3	0.91		
	東小鹿 (1)	15.7	±	1.4	9.9	±	1.4	1.59		
三徳地区 (1)	余 戸 (1)	40.5	±	1.6	30.7	±	1.6	1.32		
三朝地区 (2)	大 瀬 (1)	33.7	±	1.4	21.0	±	1.3	1.60		
	三 朝 (11)	55.4	±	3.5	35.6	±	2.9	1.56		
岡山苫田郡 (3)	人形峠 (2)	31.4	±	2.9	11.8	±	2.6	2.66		
		—			11.7	±	2.3	—		
	恩 原 (1)	—			20.8	±	2.7	—		

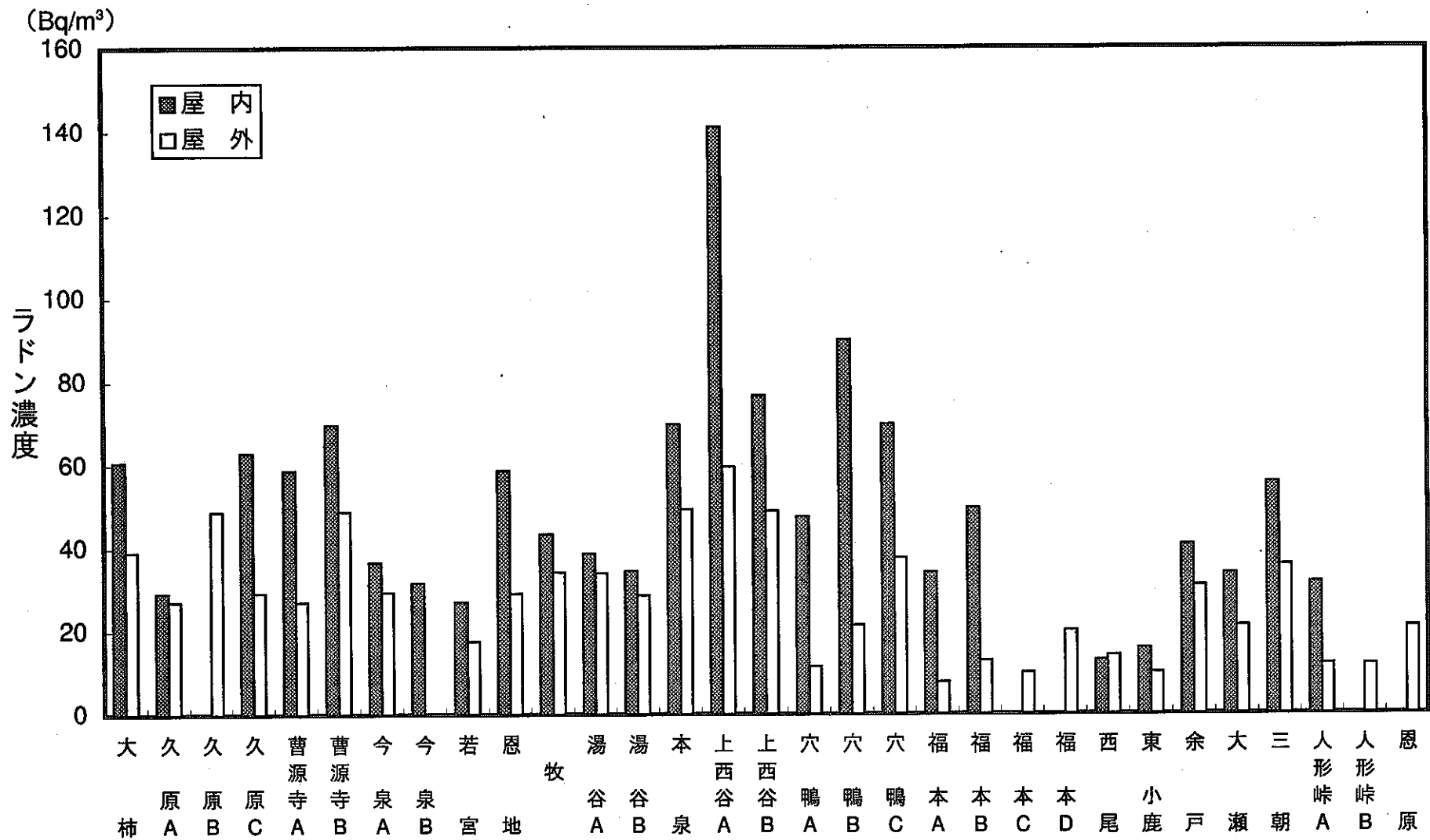


Fig. 7 三朝周辺地域における空气中ラドン濃度

Table 3 三朝地域における空气中ラドン濃度

(Bq/m³)

地 区	屋 内			屋 外			屋 内 / 屋 外
	変 動	n	平 均	変 動	n	平 均	
三徳地区	9~63	12	25.2 ± 14.9	5~29	7	17.1 ± 8.8	1.5
小鹿地区	11~22	9	15.9 ± 4.8	10~19	5	15.6 ± 3.2	1.0
三朝地区	25~121	29	66.2 ± 19.6	9~72	22	39.8 ± 14.6	1.7
旭地区 (高瀬川沿)	11~78	12	45.4 ± 24.0	13~73	11	41.4 ± 20.1	1.1
旭地区 (竹田川沿)	15~194	22	54.1 ± 37.7	11~150	10	41.2 ± 40.8	1.3
竹田地区 (加谷川沿)	17~90	7	39.1 ± 25.4	18~29	5	21.2 ± 4.8	1.8
竹田地区 (天神川沿)	37~109	10	60.7 ± 23.8	13~65	7	37.8 ± 18.0	1.6
岡山県人形峠	11.8	1	11.8 ± 2.6	6~59	20	23.0 ± 13.8	—
東 大 阪	7~33	28	15.6 ± 7.6	3~25	24	9.2 ± 5.5	1.7

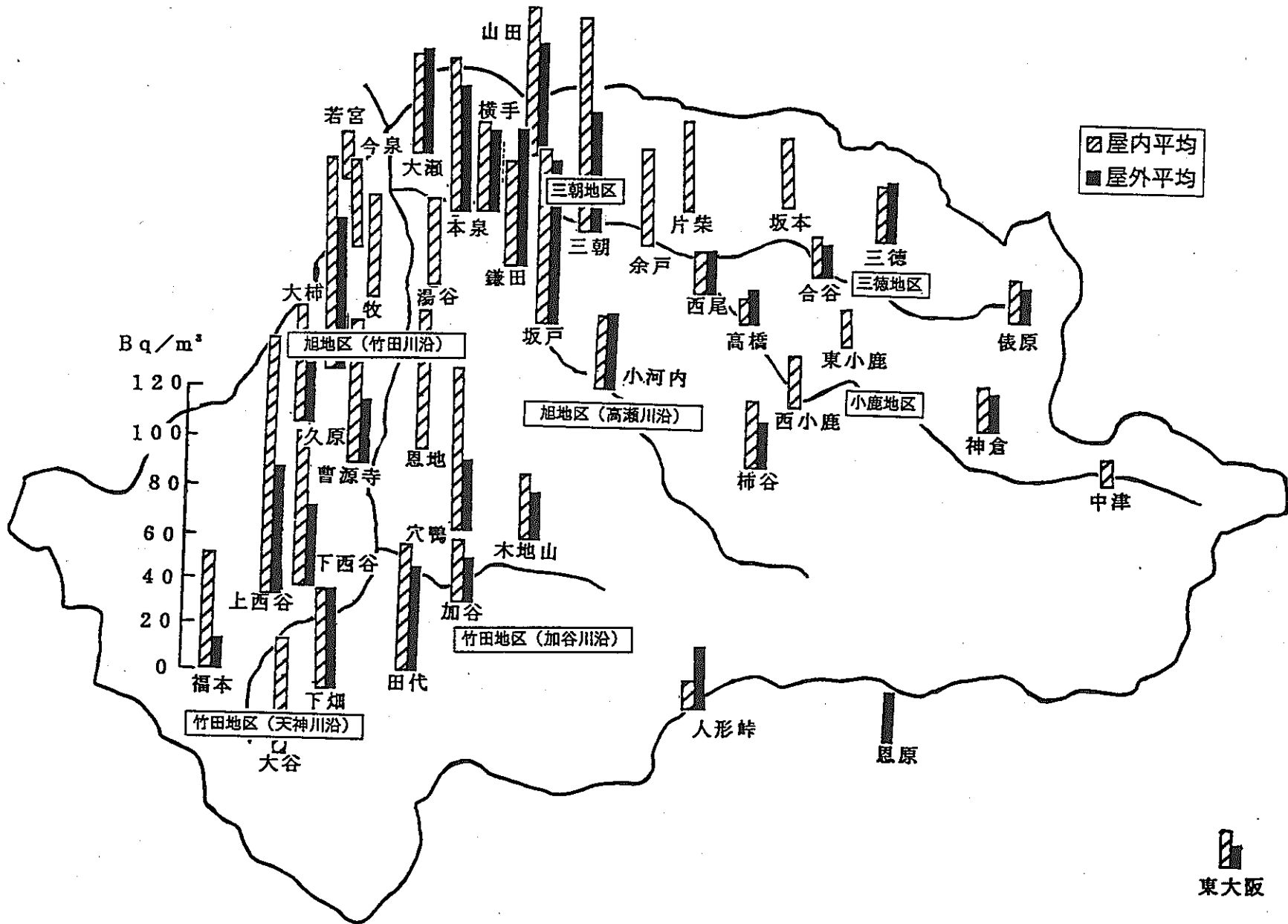


Fig. 8 三朝地域における空气中ラドン濃度

Table 4 三朝周辺地域における水中ラドン濃度

(1995年11月)

試料	測定場所		水中ラドン濃度 (Bq/l)
温泉水	三朝町	御船 (A)	284.7 ± 3.6
		露天風呂 (B)	512.9 ± 4.8
		泉源 (C)	371.0 ± 4.0
		公衆温泉前 (D)	23.3 ± 1.2
		中屋旅館 (E)	47.1 ± 1.4
山水	曹源寺		0.81 ± 0.63
	〃 (湧水)		40.8 ± 1.5
井戸水	福本		60.9 ± 1.9
	大柿 (1)	(屋外)	82.1 ± 2.1
	大柿 (2)	(屋内)	400.2 ± 4.5
	大柿 (3)	(GS)	1.6 ± 0.65
	J A 三朝		29.5 ± 1.3
河川水	三徳川	上流	5.3 ± 0.76
	〃	中流	14.6 ± 0.99
井戸水	兵庫・川西		10.7 ± 0.56

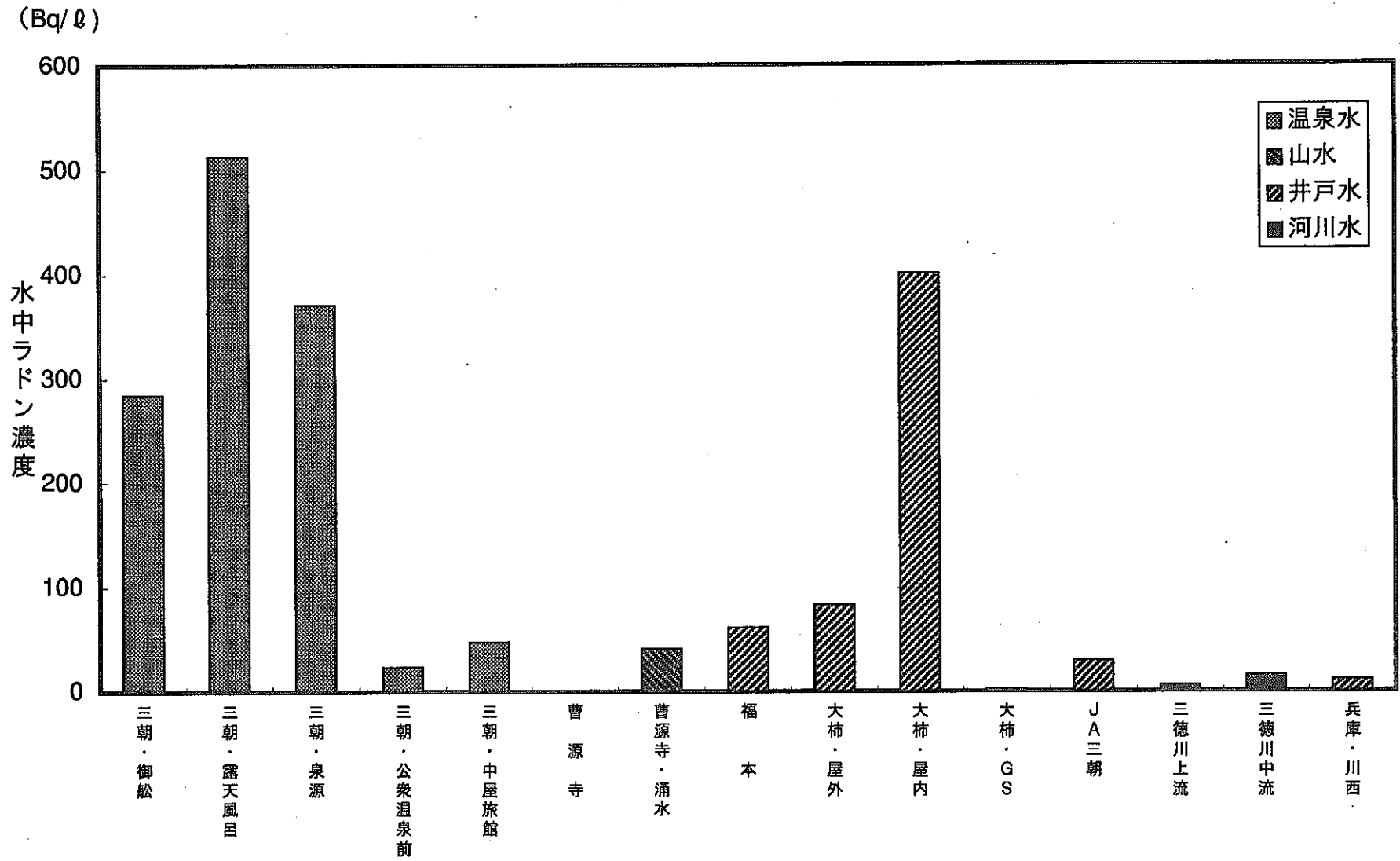


Fig. 9 三朝周辺地域における水中ラドン濃度

3.4 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人形峠、屋外とともに、1995年5月より1996年1月について測定した結果をTable 5, Fig. 10に示した。三朝温泉街の浴室内のラドン濃度は48~188 Bq/m³、屋内では1階居間では53~121 Bq/m³、2階で25~110 Bq/m³、屋外では10~50 Bq/m³の範囲に変動し、今回の測定では浴室内の最高値188 Bq/m³は、前年度の2233 Bq/m³と比べると1/10以下で、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6~10月は比較的安くほぼ一定の濃度を示しているが、11月、1月と屋内は高くなっているのは、寒くなり戸を閉め切った状況で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、熱気が上昇し、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。

3.5 三朝地区における水中ラドン濃度の経時変化

三朝地区における水中のラドン濃度の経時変化をTable 6, Fig. 11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、もっとも高く92~161 Bq/lに変動し、井戸水は15~34 Bq/lで、三徳川の河川水は2.3~11 Bq/lで、井戸水と温泉水の濃度は、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1/4であるが、変動はよく似た傾向を示した。兵庫県川西市は、六甲山系の平野鉱泉の近くで影響を受けてラドン濃度は高いかもしれない。川西市の井戸水は11~19 Bq/lと変動し、三朝地区の井戸水の平均値のほぼ1/2であった。

3.6 東大阪における空气中ラドン濃度

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1996年1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Table 7, Fig. 12に示した。5階の研究室および閉めきった倉庫などの屋内ラドン濃度、および地表面より0.05, 0.5, 1および13mの屋外ラドン濃度などについて測定した。倉庫内では167~325 Bq/m³の範囲で大きく変動している。これは倉庫内への人の出入りによる扉の開放のため空气中ラドン濃度は大きく変動していると思われる。屋外ラドン濃度の最高値と比較すると、地上13mでは約6 Bq/m³、1mで12 Bq/m³、0.5mで14 Bq/m³および0.05mで14 Bq/m³と測定点が地表面より高くなるにつれて、変動巾は大きいラドン濃度は低くなる傾向を示している。なお、 γ 線核種分析は次年度に併せて報告する。

Table 5 三朝地域における空气中ラドン濃度の経時変化

(三朝町)

(Bq/m³)

測定年月	測定場所				
	屋外	浴室	居間		人形峠 屋外 (動燃事業所脇)
			1階	2階	
1995年6月	9.58 ± 1.37	60.74 ± 1.75	53.84 ± 1.71	42.56 ± 1.67	5.64 ± 1.37
7月	17.43 ± 1.21	57.02 ± 1.52	71.08 ± 1.58	—	20.16 ± 1.25
8月	17.04 ± 0.38	57.20 ± 1.16	60.42 ± 1.22	25.58 ± 0.56	18.41 ± 0.41
9月	29.22 ± 1.65	48.29 ± 1.70	53.44 ± 1.78	43.29 ± 1.77	35.62 ± 1.81
10月	18.05 ± 3.02	51.65 ± 3.28	59.25 ± 3.26	37.83 ± 3.21	18.33 ± 3.00
11月	21.82 ± 1.04	106.73 ± 1.61	119.93 ± 1.70	105.91 ± 1.64	58.86 ± 1.33
1996年1月	49.80 ± 2.70	188.40 ± 4.30	120.70 ± 3.70	110.40 ± 3.50	35.10 ± 2.50
平均	23.3 ± 13.1	81.4 ± 51.1	77.0 ± 30.2	60.9 ± 37.2	27.4 ± 17.3
変動	10 ~ 50	48 ~ 188	53 ~ 121	26 ~ 110	6 ~ 59

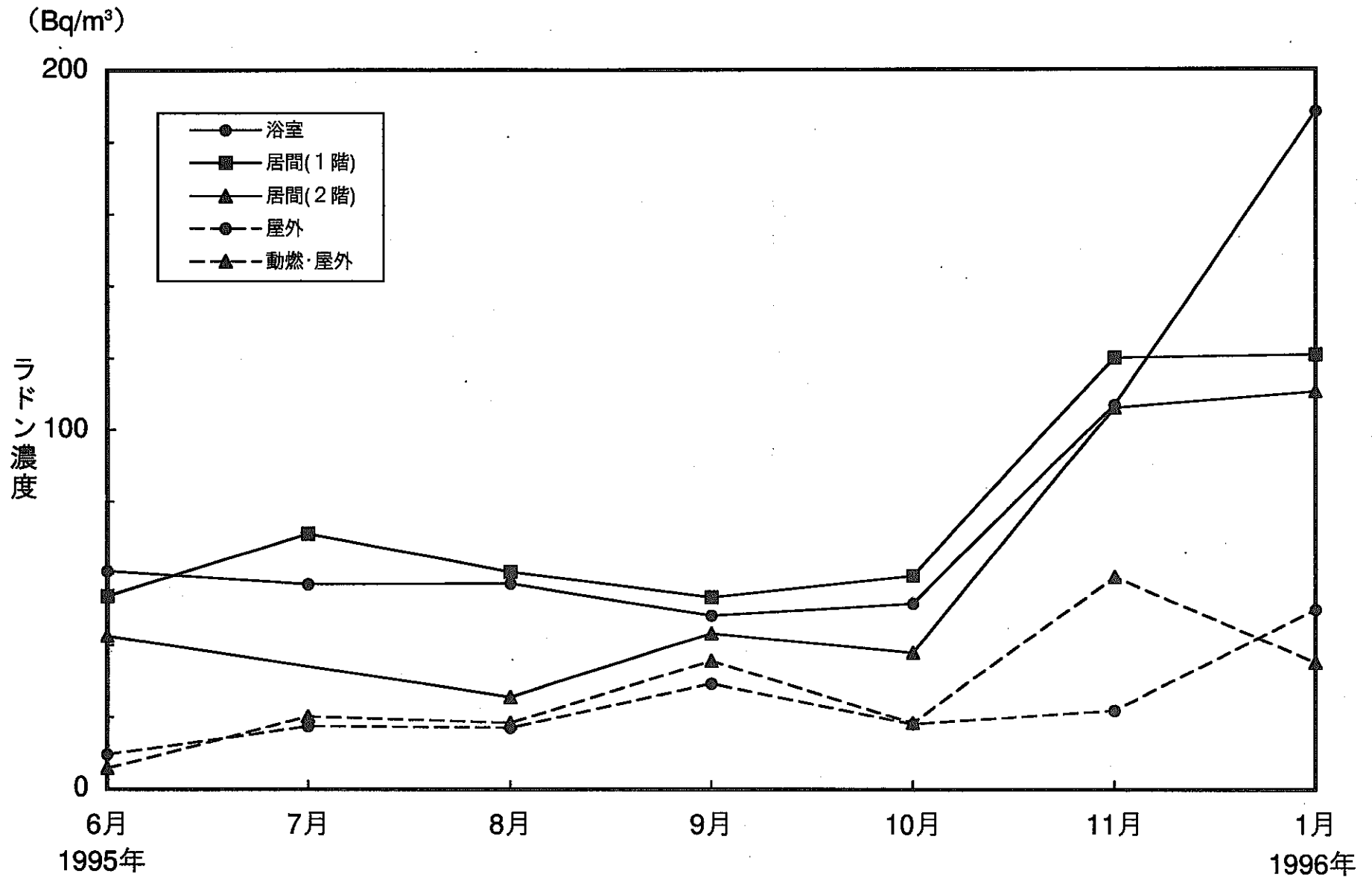


Fig. 10 三朝地域における空气中ラドン濃度の経時変化

Table 6 三朝地区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 井戸水		三朝 河川水		三朝 温泉水	
1995年4月	12.73	± 0.16	—	—	—	—	—	—
5月	15.14	± 0.26	—	—	—	—	—	—
6月	12.77	± 0.31	14.84	± 0.57	7.81	± 0.51	100.34	± 0.99
7月	13.79	± 0.39	31.66	± 0.67	2.31	± 0.46	161.11	± 1.00
8月	11.68	± 0.20	29.81	± 0.37	10.87	± 0.31	104.86	± 0.60
9月	—	—	18.77	± 0.50	10.01	± 0.47	91.53	± 0.77
10月	11.97	± 0.47	33.16	± 0.97	4.01	± 0.82	130.52	± 1.21
11月	10.73	± 0.56	33.63	± 0.47	7.60	± 0.30	122.66	± 0.82
1996年1月	18.72	± 0.67	23.76	± 1.01	4.37	± 0.75	131.68	± 2.00
平均	13.44	± 2.87	26.52	± 7.48	6.71	± 3.22	120.39	± 23.70

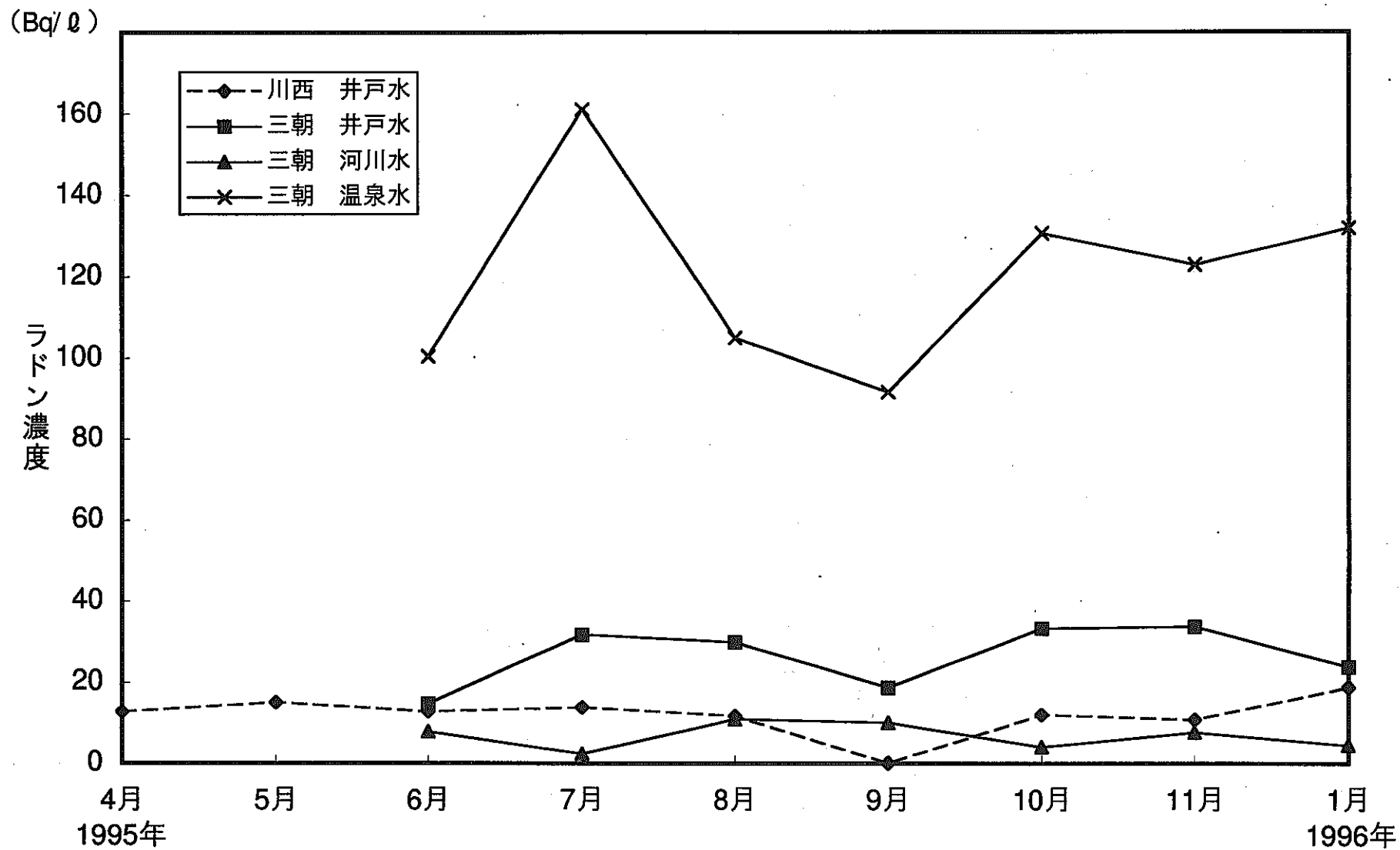


Fig. 11 三朝地区における水中ラドン濃度の経時変化

Table 7 東大阪における空气中ラドン濃度の経時変化

(Bq/m³)

測定年月	東 大 阪					
	地上 13m	地上 1m	地上 0.5m	地上 0.05m	倉 庫	5 F 実験室
1995年5月	5.22 ± 0.36	7.44 ± 0.36	—	7.68 ± 0.36	303.10 ± 1.22	10.70 ± 0.37
6月	5.89 ± 0.37	0.40 ± 0.77	3.19 ± 0.81	3.37 ± 0.82	325.00 ± 0.54	18.10 ± 0.81
7月	4.13 ± 0.66	12.43 ± 0.75	3.07 ± 0.72	3.91 ± 0.74	269.93 ± 1.65	19.20 ± 0.89
8月	0.22 ± 0.73	1.95 ± 0.57	6.15 ± 0.46	4.18 ± 0.62	170.68 ± 1.07	11.15 ± 0.40
9月	2.35 ± 0.50	4.20 ± 0.43	—	12.96 ± 0.62	269.05 ± 1.42	7.32 ± 0.53
10月	4.73 ± 0.46	5.58 ± 0.42	7.11 ± 0.43	11.29 ± 0.65	166.91 ± 1.14	8.82 ± 0.65
11月	6.34 ± 0.59	11.29 ± 0.71	13.72 ± 0.71	13.78 ± 0.75	181.10 ± 1.35	—
1996年1月	5.32 ± 0.67	7.65 ± 0.81	7.39 ± 0.71	9.99 ± 0.76	310.01 ± 1.122	—
平 均	4.27 ± 2.05	6.37 ± 4.21	6.77 ± 3.89	8.40 ± 4.22	249.47 ± 66.27	12.55 ± 4.93

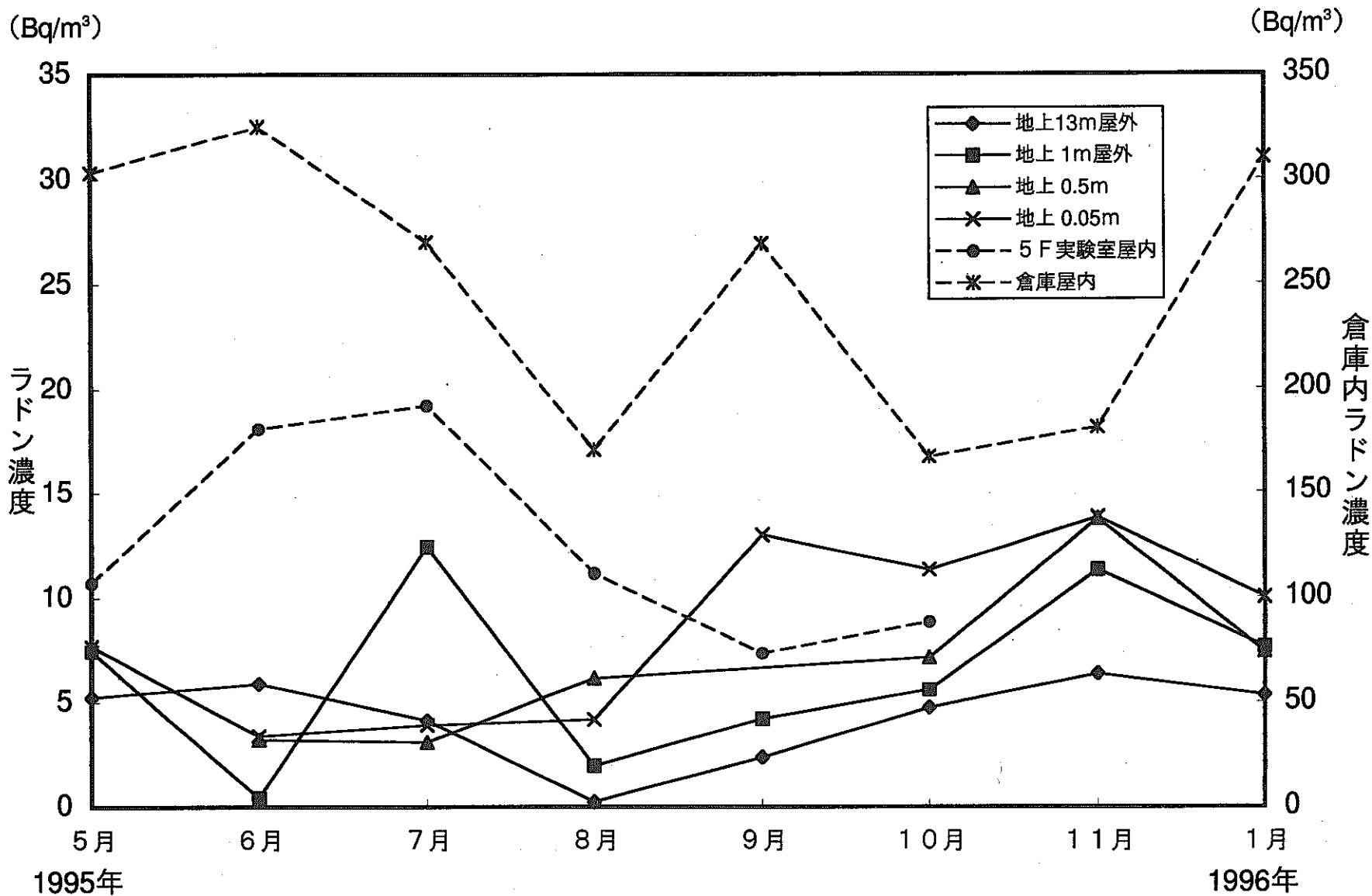


Fig. 12 東大阪における空气中ラドン濃度の経時変化

4. まとめ

活性炭によるラドン吸着を利用したピコラド検出器および液体シンチレーションスペクトロメータを使用して、鳥取県三朝地域における環境中ラドン濃度の測定を行い、ラドンおよび崩壊生成核種の環境中挙動に関する研究を昨年度に引き続き行った。

ピコラドシステムによるラドン濃度の測定は、簡便迅速に多数の試料の測定が可能で、採取期間24時間、計測時間200分で、空气中ラドン濃度の最小検出限界は 1.7 Bq/m^3 、水中ラドン濃度は 0.43 Bq/l である。

- (1) 三朝周辺地域における1995年10月～11月に実施した空气中ラドン濃度は、屋外ラドン濃度は $7.7 \sim 59 \text{ Bq/m}^3$ 、屋内ラドン濃度は $13 \sim 141 \text{ Bq/m}^3$ の範囲で変動した。測定した地域の内、旭地区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は低く、人形峠付近についての屋外濃度は、 $12 \sim 31 \text{ Bq/m}^3$ と低い濃度レベルであった。屋内ラドン濃度について、もっとも低い小鹿地区と比較すると今回高かった竹田地区は約4倍であった。東大阪市の濃度は小鹿地区と同レベルであった。屋内ラドン濃度は屋外ラドン濃度と比べると高く、その比は試料数は少ないが竹田地区、旭（竹田川沿い）地区の上流は平均で約2近く、他は1～1.3と低い傾向を示し、地区により差が見られた。
- (2) 三朝温泉地区個人住宅のラドン濃度については、1995年5月より1996年1月迄の経時変動を見ると、屋内濃度は $53 \sim 121 \text{ Bq/m}^3$ 、屋外濃度は $10 \sim 50 \text{ Bq/m}^3$ の範囲に変動し、浴室内ラドン濃度は $48 \sim 188 \text{ Bq/m}^3$ であった。
- (3) 1995年4月～1996年1月における三朝温泉地区の一般家庭の温泉水、河川水、井戸水などの水中ラドン濃度はそれぞれ $92 \sim 161 \text{ Bq/l}$ 、 $2.3 \sim 11 \text{ Bq/l}$ 、 $15 \sim 34 \text{ Bq/l}$ の範囲で変動した。

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 (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、続大気中のラドン続と環境放射能、113 - 118 (1990)
- 8) 堀内公子；鉱泉中ラドンの抽出—液体シンチレーションカウンターによる新定量法について、温泉工学会誌、13 (2)、95 - 103 (1978)
- 9) 堀内公子；温泉科学、28 (2)、39 (1977)
- 10) 堀内公子、石井 忠、村上悠紀雄；日本化学会誌、(1)、116 (1981)
- 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) 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)