

## (4) 佐賀県内の空間放射線量率分布調査 — 土壌中の放射性核種との関連 —

石橋 博 吉田 政敏 岩崎ゆかり\*

### Research of dose rate distribution of Saga Prefecture -The relation between radionuclide in soil and dose rate-

Hiroshi Ishibashi Masatoshi Yoshida Yukari Iwasaki

#### 要旨

県内の空間放射線量率分布調査は、昭和53年度から54年度にかけて実施している。

今回、あらためて県内の空間放射線量率の測定を実施し、あわせて全市町村で土壌を採取し、土壌採取場所での空間放射線量率の測定結果と、土壌の核種分析結果との関連性について検討したので報告する。

キーワード：自然放射線、フォールアウト、天然放射性核種

#### はじめに

県では、昭和47年度から九州電力(株)玄海原子力発電所周辺の空間放射線と、環境試料中の放射線の測定を実施している。

これまでの調査結果では、空間線量や環境試料中の放射線濃度の変動のほとんどは、大気・土壌由来の自然放射線や、1970年代までにおこなわれた核実験のフォールアウトによるものである。

このことは、モニタリングにより得られた環境放射線の測定結果を評価する上で、バックグラウンド調査に関する様々な情報が重要であることを意味する。

本報告では、前回おこなった県内の空間放射線量率分布調査から約20年が経過しており、測定地点の周辺環境が大幅に変化していることが当然予想されるため、あらためて県内の各地域で空間放射線量率の測定をおこなうとともに、当時の調査の際に課題として残されていた、土壌中の放射性核種との関連性についても検討を

\*佐賀県衛生研究所

おこなったので、その結果を報告する。

#### 調査方法

##### 1) 測定期間

平成6年度から8年度まで。

##### 2) 測定区画の選定

前回実施された同調査の際に選定された測定区画を用いた。

区画割りについては、佐賀県管内を東経129°45′、北緯32°57′を基点として、東に1′30″、北に1′00″ごとに区切り、このように区切った緯経・経度で囲まれる地域を「区画」とし、これらの区画が国道沿いにかかるものを「測定区画」としている。

これらの測定区画総数は224区画となり、1区画の面積は約4.3km<sup>2</sup>、測定区画総面積は、県総面積の約40%に相当する。

なお、今回の測定では、224区画中72区画で測定をおこなった。

## 3) 空間放射線量率測定地点の選定

1 測定区画あたりの測定地点数は2～3地点を目安とした。

測定地点の選定に関しては、前回の調査の測定記録を参考にし、できるだけ同じ測定地点を選定するようにしたが、周辺環境の変化などにより、測定やサンプリングに支障を来すと思われる地点に関しては測定地点を変更した。

変更にあたっては、将来的にも同一地点で測定ができるように、平坦地で未舗装、未盛土の場所で、周辺の環境に変化が生じにくく、土壌の変化（舗装や盛土）が少ない地点を選定するようにしたため、変更後の測定地点の多くが神社の境内となった。

また、前回の調査の際に測定区画外であったために測定をおこなわなかった3町については、今回は測定区画にとらわれず測定を実施した。

なお、今回の測定では、165地点で測定をおこなった。

## 4) 土壌採取地点の選定

土壌の採取についても、できる限り県内の広範囲にわたり実施したいと考えたため、県内全市町村を対象とし、県内全市ならびに玄海原子力発電所周辺4町で2地点、その他の町村では各1地点の計60地点を選定し、土壌採取ならびに土壌の核種分析を実施した。

土壌採取地点の選定にあたっては、2)で述べた測定区画をできるだけ考慮したが、周辺環境の将来的な変化の可能性等を考慮し、12地点については区画外となっている。

## 5) 測定器および測定法

## ①空間放射線量率の測定

測定器：A l o k a T C S - 1 6 6

(エネルギー補償型サーベイメータ)

測定方法：測定地点につき3方向についてそれぞれ30秒間隔で5回測定し、すべての測定結果の平均値を測定地点の空間放射線量率とした。

なお、宇宙線の寄与は考慮していない。

## ②土壌の核種分析

測定器：Ge半導体検出器：P G T

I G C - 2 5 1 9 - 2 5 8 4

M C A : N A I G - 5 1 1 A

採取方法：直径7.6cm、深さ5cmの採泥器を用い、1土壌採取地点で8ポイントから表層土(0～5cm)を採取した。

前処理法：科学技術庁「放射能測定法シリーズ13」ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法による。

測定方法：前処理後の試料をV-2容器に詰め、80,000秒測定した。

## 調査結果

## 1) 県内の空間放射線量率分布

調査結果を表1に示す。

空間放射線量率の最高値、最低値、平均値ならびに標準偏差は次のとおりである。

\*測定地点数：165

\*最高値：112 (nGy/h)

\*最低値：28.0 (nGy/h)

\*平均値：47.4 (nGy/h)

\*標準偏差：9.65

今回の調査で最高値を記録した測定地点は、有田町の泉山陶土採石場跡地で、最低値は鎮西町の名護屋城跡であった。

なお、有田町の泉山陶土採石場跡地については、土壌分析も併せて実施したので、その結果については後ほど述べる。

## 2) 空間放射線量率の度数分布

測定値の分布状況を把握するために、0～120nGy/hの間を5nGy/h間隔に区分して、それぞれの階級に入る測定値の度数を求めたヒストグラムを図1に示す。

## 3) 市町村ごとの空間放射線量率

測定地点が属する県内の全市町村ごとに、測定値の平均値、最高値および最低値を図2に示した。

## 4) 土壌の核種分析結果

測定結果を表2に示す。核種別の放射能濃度の最高値、最低値、平均放射能濃度ならびに標準偏差は次のとおりである。

## 【カリウム】

- \*測定地点数：60
- \*最高値：963 (Bq/Kg)
- \*最低値：48.8 (Bq/Kg)
- \*平均値：498 (Bq/Kg)
- \*標準偏差：191

## 【セシウム】

- \*測定地点数：60
- \*最高値：117 (Bq/Kg)
- \*最低値：ND
- \*平均値：11.1 (Bq/Kg)
- \*標準偏差：17.3

## 【ウラン系列】

- \*測定地点数：60
- \*最高値：46.7 (Bq/Kg)
- \*最低値：9.09 (Bq/Kg)
- \*平均値：18.5 (Bq/Kg)
- \*標準偏差：7.37

## 【トリウム系列】

- \*測定地点数：60
- \*最高値：70.7 (Bq/Kg)
- \*最低値：13.7 (Bq/Kg)
- \*平均値：31.5 (Bq/Kg)
- \*標準偏差：10.6

## 5) 土壌中放射性核種の放射能濃度の度数分布

放射性核種別放射能濃度の分布状況を把握するため、核種別のヒストグラムを図3～図6に示す。

## 6) 土壌中放射能濃度と空間放射線量率の関連

今回の調査の主な目的でもある両者の関連性をみるために、すべての土壌採取地点における核種別の放射能濃度と、同地点の空間放射線量率の測定結果を、図7～図10に示す。

## まとめ

今回の調査の目的は大きく二つに分けられる。

ひとつは、現在の空間放射線量率を測定し、前回の調査時の分布状況との変化等を把握すること。

ふたつめは、前回の調査の際に課題として残されていた、土壌中の放射能濃度と空間放射線量率との関連性の検討である。

前者の測定値のバラツキを把握するため、すべての測定地点での空間放射線量率のヒストグラムを図1に示したが、この中で、90～95 nGy/h、110～115 nGy/hの階級に属する測定地点が各1ヶ所ずつある。この2測定地点はいずれも有田町内である。

調査結果の1)に記載している平均値及び標準偏差値を用い、正規分布のグラフを作成したものが図11である。この図11のグラフと比較すれば、空間線量率30～80 nGy/hの範囲では正規分布によく一致している。

このときの「尖度」と「歪度」を求めると、尖度は14.7、歪度は2.73であった。

一般に正規分布の尖度は3と計算され、尖度が3より大きい場合は、分布の中心のとがり具合が正規分布よりとがっていることを、3より小さい場合は、正規分布より丸く平らであることを示す。

また、左右対称をなす分布の歪度は0と計算され、歪度が正の値の場合は右側に、負の場合は左側に裾が長い分布であることを示す。

今回の調査結果により得られた尖度と歪度をみる限り、ここで得られたヒストグラムは、分布の中心が非常にとがった、かつ右側に裾を引く分布であるといえる。

しかしながら、今回の調査においても、前回と同様、県内各地の空間線量率はほぼ正規分布を示すということが確認できたため、今後の線

量率の推定・評価の面でも、統計処理によるデータの取り扱いが有効な手段であることがいえるものと思う。

その他空間線量率に関して前回の調査と比較すれば、最高値を記録した測定地点は前回同様有田町の泉山陶土採石場跡地であった。

また、最低値を記録した地点は前回と異なり、鎮西町の名護屋城跡であるが、前回最低値を記録した肥前町と同じ東松浦郡内の地点であった。

また、玄海原子力発電所周辺の肥前町、玄海町、鎮西町、呼子町に関する空間放射線量率は、今回得られた平均値を下回っており、このことも前回の調査結果と一致している。この要因としては、東松浦郡一帯の地質が玄武岩類であるためのものと思われる。

次に土壌中の放射性核種と空間放射線量率の関連について述べる。

今回の調査では、佐賀県内の全市町村から土壌を採取し、あわせて同採取地点の空間放射線量率も測定した。それぞれの地点における測定結果は表2に示しているが、今回の調査の重要な目的である、土壌中の放射性核種と空間放射線量率の関連性について検討した。

各測定地点の空間放射線量率と放射性核種別の放射能濃度の関係を、図7～10に示しているが、これらの図からははっきりとした関連性は見いだせない。そこで回帰分析をおこない、解析を試みた。

解析の結果、重相関係数はカリウムで0.40、セシウムで0.013、ウラン系列で0.57、トリウム系列で0.47であった。

また、核種別に空間放射線量率の予測値を計算した。その結果を図12～図15に示す。

これらの結果から、セシウムを除く天然放射性核種の場合は、放射能濃度の増加に従い、空間放射線量率も上昇していく傾向がつかめた。

これだけの結果からは、単純にカリウム、ウラン系列、トリウム系列のいずれが空間放射線量率に最も影響を与えているかは断言できないものの、少なくとも空間放射線量率に対する寄

与を考えると、天然の放射性核種による影響が認められ、これらの核種が地中・表層土に含まれる割合が線量率のレベルに影響を与えているものと考えられる。

最後に、今回の調査で空間放射線量率の最大値を記録した、有田町の泉山陶土採石場跡地の土壌分析結果について述べる。

前回の調査でも最大値を記録したこの地点は、現在は採石がおこなわれておらず、すり鉢状の形態をなし、周辺を陶石が覆っている状況にある。今回その陶石を採取し、粉碎後他の土壌採取地点での核種分析と同様に、V-2容器に入れ、Ge半導体検出器による分析をおこなった。

この結果から、他の土壌採取地点と大きく異なっていた点はカリウムの放射能濃度であった。

調査結果の4)に示したように、カリウムの放射能濃度の平均値は498 Bq/Kgであるが、ここでは1140 Bq/Kgであり、今回測定した土壌の中では最高値を示した。

その他の核種については、セシウムがND、ウラン系列が40.3 Bq/Kg、トリウム系列が54.9 Bq/Kgと、セシウムを除き、両者とも最高値は記録していないものの、平均値を大きく上回っている。

このことから、本地点の空間放射線量率が高い値を示した要因として、これら天然放射性核種の含量が大きく影響しているものと思われる。

最後に、土壌採取地点での空間放射線量率のヒストグラムを図16に示す。

空間線量率の40 nGy/h～65 nGy/hの階級では、概ね正規分布に従っているが、70 nGy/h～75 nGy/hの階級と、95 nGy/h～100 nGy/hの階級にある2地点が、正規分布からやや外れているようにみえる。

この地点は、先ほど述べた有田町泉山陶土採石場跡での分析結果と同様、天然放射性核種の放射能濃度がいずれも平均値を大きく上回っている地点であった。

今回の調査を終えて、空間放射線量率の変動

要因として、土壌中の天然放射性核種の含有量が何らかの影響をもたらしていることが推測できたものと思う。

また、空間放射線量率がほぼ正規分布に従う傾向がつかめたことから、データ処理に関しても、統計的手法を用いた異常値の取り扱いが有効であると思われる。これからは、通常業務で得られるバックグラウンドに関しても、積極的に統計的手法を用いた処理をおこなう一方で、より正確な、さらに信頼性のあるデータを得られるように努力したい。

今後このような調査の機会が得られれば、まずデータ数を増やすことで統計処理の精度を上げ、平成7年度に整備された可搬型のGe半導体検出器、NaI(Tl)シンチレーション検出器等を用いて、さらに踏み込んだ調査を実施してみたいと考えている。

なお、本調査は放射線監視等交付金により実施したものである。

#### 参考文献

- 1) 国土庁土地局：土地保全図（自然環境条件図）佐賀県，昭和60年
- 2) 佐賀県公害センター（現：佐賀県環境センター）：佐賀県公害センター所報第3号，昭和55年
- 3) 日本化学会：季刊化学総説「土の化学」，No. 4，1989
- 4) (財)原子力安全研究協会：生活環境放射線データに関する研究，昭和58年

表1 空間放射線量率測定結果

市町村名	測定地点名	測定区 画番号	空間放射 線量率(nGy/h)
佐賀市	池辺田公民館	191	42
	妙常寺	198	47.3
	西中野天満宮	205	42
	巨勢神社	205	48.7
	四面神社	208	47.3
	嘉瀬津神社	208	45.3
	天満宮	208	45.3
	佐賀城跡	210	48
	県立博物館	210	43.3
	旧城南中学校前歩道	210	50
	粟島社	211	50
	県立農業大学校	211	48
	光法団地前バス停	212	50
	淀姫神社	212	42.7
	八幡宮	212	45.3
	唐津市	水産振興センター	17
旧市公害センター		20	40.3
唐津神社		23	38
唐津市役所		23	40.3
八幡神社		24	60.7
竹木場公民館		28	44
天神宮		35	50
天満宮		区画外	50
鳥栖市	八幡宮	176	45.3
	八坂神社	220	56
	老松宮	220	56.7
	水屋町公民館	224	45.3
多久市	高野神社	117	53.3
	七面神社	区画外	46
伊万里市	飯盛神社	52	60.7
	富田神社	60	60
武雄市	永野天満宮	78	54.7
	磐井八幡神社	129	46.7
鹿島市	旭が丘公園	147	44
	天子神社	151	39.3
諸富町	大堂神社	213	40.7
	若宮神社	213	43.3
	太田神社	213	40.7
	ゲートボール場(大川橋)	214	45.3
	駅公園	214	44
川副町	海童神社	区画外	42
東与賀町	天満宮	211	46
	住吉神社	区画外	46.7
久保田町	王子森神社	124	41.3
	太郎次郎神社	124	42
	農業倉庫前	124	39.3
大和町	熊野宮	177	50.7
富士町	天満宮	103	45.3

神埼町	八幡宮	187	44.7
	櫛田宮	187	49.3
	天満宮	187	50
	若宮神社	192	44
	横武公民館	192	47.3
	八天神社	区画外	50.7
	千代田町	熊野神社	200
下黒井公民館		200	45.3
英彦山大権現		201	46
渡瀬公民館		201	47.3
託田公民館		201	43.3
責別堂神社		206	40
熊野神社		206	46.7
武内神社		207	45.3
香椎神社		207	40
王子社		207	42
三田川町		東妙寺	184
	鰐神社	184	52
	福善寺	184	51.3
	天満宮	185	50
	天満宮	185	57.3
	祇園社	185	51.3
東脊振町	熊野神社	172	51.3
	正一位真名子稻荷大明神	172	49
	熊野神社	172	50
	天満宮	174	54.7
	感神院	174	58
	丸山球場	174	48
	熊野宮	178	46
	天満宮	178	50.7
	粉神社	178	50.7
	乙護添宮	179	45.3
	天満宮	179	43.3
在川集落改善センター	179	47.3	
脊振村	松林寺	区画外	47.3
三瀬村	広瀬大明神	166	50.7
基山町	向平原公民館	215	68.7
	正八幡宮	216	68.7
	八幡宮	216	64
	高木神社	217	53.3
	宮浦八幡神社	区画外	64
中原町	天満宮	180	57.3
	厳島神社	180	44.7
	東寒水公民館	180	55.3
	姫方公民館	181	42
	祇園宮	181	54.7
	天満宮	181	54.7
北茂安町	天満宮	189	51.3
	千栗神社	190	52

三根町	市武天満宮	193	48
	八幡宮	193	48
	ゲートボール場(市武)	193	46.7
	若宮神社	194	45.3
	西乃宮八幡宮	194	46.7
	天満宮	194	42
	八俣八幡宮	195	44.7
	天建寺	195	44.7
	葛城神社	195	42.7
	八幡宮	202	44.7
	宇佐八幡宮	202	43.3
	八幡宮	202	43.3
上峰町	佐渡宮	区画外	51.3
小城町	烏森神社	116	38
	小城公園	116	41.3
	須賀神社	116	56.7
三日月町	甘木公民館天満宮	119	50
	七星宮	119	42
	天満神社	120	46.7
	八幡神社	121	40.7
牛津町	下宮八幡宮	122	40.7
芦刈町	白子神社	区画外	42
浜玉町	諏訪神社	88	62.7
七山村	白山神社	91	52
巖木町	若宮神社	110	39.3
相知町	彦山神社	101	56
北波多村	田島山神社	40	44
肥前町	鎮守大明神	22	40.7
	寺浦温泉	22	40
	住吉神社	25	46
	切木小学校	26	32
玄海町	九電展示館	8	41.3
	値賀神社	8	40
	値賀川内浄水場	9	44.3
	浜野浦公民館	11	33.3
	小賀神社	12	40
	大蘭公民館	15	32
	仮屋漁港	15	48.7
	有浦神社	16	42.7
	牟形小学校	22	40
鎮西町	天神社	3	42
	名護屋城跡	3	28
	名護屋中学校	3	30.7
	串局	9	30.7
	外津橋	9	43.3
	野元神社	区画外	44



呼子町	田島神社	1	50
	呼子小学校	1	46.3
	天満宮	1	40
	愛宕神社	4	44.7
	八坂神社	4	30
	山王神社	5	36
	洞濟寺	5	49.3
	日枝神社	5	40.7
有田町	泉山採石場跡	71	112
	天満宮	76	94.7
	大野神社	76	66.7
西有田町	大樹神社	区画外	50
山内町	鎮守神社	73	70.7
北方町	八幡神社	125	48
大町町	大町八幡神社	132	44
江北町	天子社	126	58.7
白石町	英彦山神社	141	47.3
福富町	福富神社	区画外	42.7
有明町	海童神社	142	38.7
太良町	八幡宮	154	43.3
塩田町	丹生神社	区画外	40.7
嬉野町	熊野神社	84	49.3

表2 土壌の核種分析結果

市町村名	採土地点番	採土地点名	核種別放射能濃度(Bq/kg)				空間放射線量率(nGy/h)
			カリウム	セシウム	ウラン系列	トリウム系列	
佐賀市	1	妙常寺	712	1.33	13	21.1	47.3
	2	四面神社	721	2.95	12.2	25.9	47.3
唐津市	3	八幡神社	601	6.48	23.6	51.1	60.7
	4	天満宮	651	8.33	21.9	41.9	50
鳥栖市	5	八坂神社	552	19.8	24.2	37.8	56
	6	八幡宮	498	3.22	23.9	34.7	45.3
多久市	7	七面神社	124	8.95	13.1	28.3	46
	8	高野神社	605	5.83	13.8	19.4	53.3
伊万里市	9	飯盛神社	579	4.86	21.5	36.6	60.7
	10	富田神社	431	3.91	25.3	45.1	60
武雄市	11	磐井八幡神社	445	117	23.7	35	46.7
	12	永野天満宮	584	2.17	21.5	31.7	54.7
鹿島市	13	旭が丘公園	274	0.887	25.3	45.2	44
	14	天子神社	151	3.52	17.2	35	39.3
諸富町	15	大堂神社	512	22.6	11.2	21.1	40.7
川副町	16	海童神社	608	3.43	10.2	17.2	42
東与賀町	17	住吉神社	479	10.6	14.7	27.9	46.7
久保田町	18	王子森神社	486	1.35	12.7	24.3	41.3
大和町	19	熊野宮	873	7.13	17.1	31.3	50.7
富士町	20	天満宮	621	41.8	17	23.2	45.3
神埼町	21	八天神社	745	ND	14.8	22.4	50.7
千代田町	22	英彦山大権現	634	ND	11.5	27.7	46
三田川町	23	東妙寺	253	22	46.7	70.7	57.3
東脊振町	24	熊野神社	431	2.09	16.2	24.9	51.3
脊振村	25	松林寺	669	0.648	9.09	13.7	47.3
三瀬村	26	広瀬大明神	439	2.07	15.8	31.2	50.7
基山町	27	高木神社	675	1.22	18.5	37.1	53.3
中原町	28	天満宮	776	5.3	17.8	30.1	57.3
北茂安町	29	天満宮	579	4.03	13.4	24.4	51.3
三根町	30	若宮神社	612	6.66	13.8	23.8	45.3
上峰町	31	佐渡宮	650	4.4	14.6	29.6	51.3
小城町	32	烏森神社	178	52.5	15.1	29.6	38
三日月町	33	天満神社	402	14.4	11	20.5	46.7
牛津町	34	下宮八幡宮	485	2.53	13.8	20.1	40.7
芦刈町	35	白子神社	426	4.29	14.4	26	42
浜玉町	36	諏訪神社	507	21.1	22.4	41.5	62.7
七山村	37	白山神社	694	12.9	16.1	22.9	52
巖木町	38	若宮神社	428	10.2	11.9	17	39.3
相知町	39	彦山神社	718	3	17.5	29.6	56
北波多村	40	田島山神社	455	7.43	19.3	27	44
肥前町	41	住吉神社	238	4.8	20.5	31	46
	42	鎮守大明神	772	3.01	9.68	19.8	40.7
玄海町	43	小賀神社	180	19	23.6	45.9	40
	44	有浦神社	490	2.79	21.8	34.5	42.7
鎮西町	45	天神社	242	17.8	21.2	37.7	42
	46	野元神社	363	5.46	23.6	37.9	44
呼子町	47	田島神社	387	3.14	18.4	29.3	50
	48	愛宕神社	543	14.4	15.2	37.3	44.7
有田町	49	天満宮	614	27.3	33.6	44.4	94.7

西有田町	50	大樹神社	317	34.8	18.2	34	50
山内町	51	鎮守神社	963	7.48	42	50	70.7
北方町	52	八幡神社	529	10.4	16.1	26.8	48
大町町	53	大町八幡神社	349	17.5	27.9	42.8	44
江北町	54	天子社	323	5.48	34.6	54.4	58.7
白石町	55	英彦山神社	663	2.17	12.5	20.3	47.3
福富町	56	福富神社	389	8.69	12.1	20.6	42.7
有明町	57	海童神社	48.8	1.34	12.3	32.6	38.7
太良町	58	八幡宮	265	4.62	20.9	38	43.3
塩田町	59	丹生神社	373	18.6	14.5	24.6	40.7
嬉野町	60	熊野神社	562	3.88	12.4	22.4	49.3

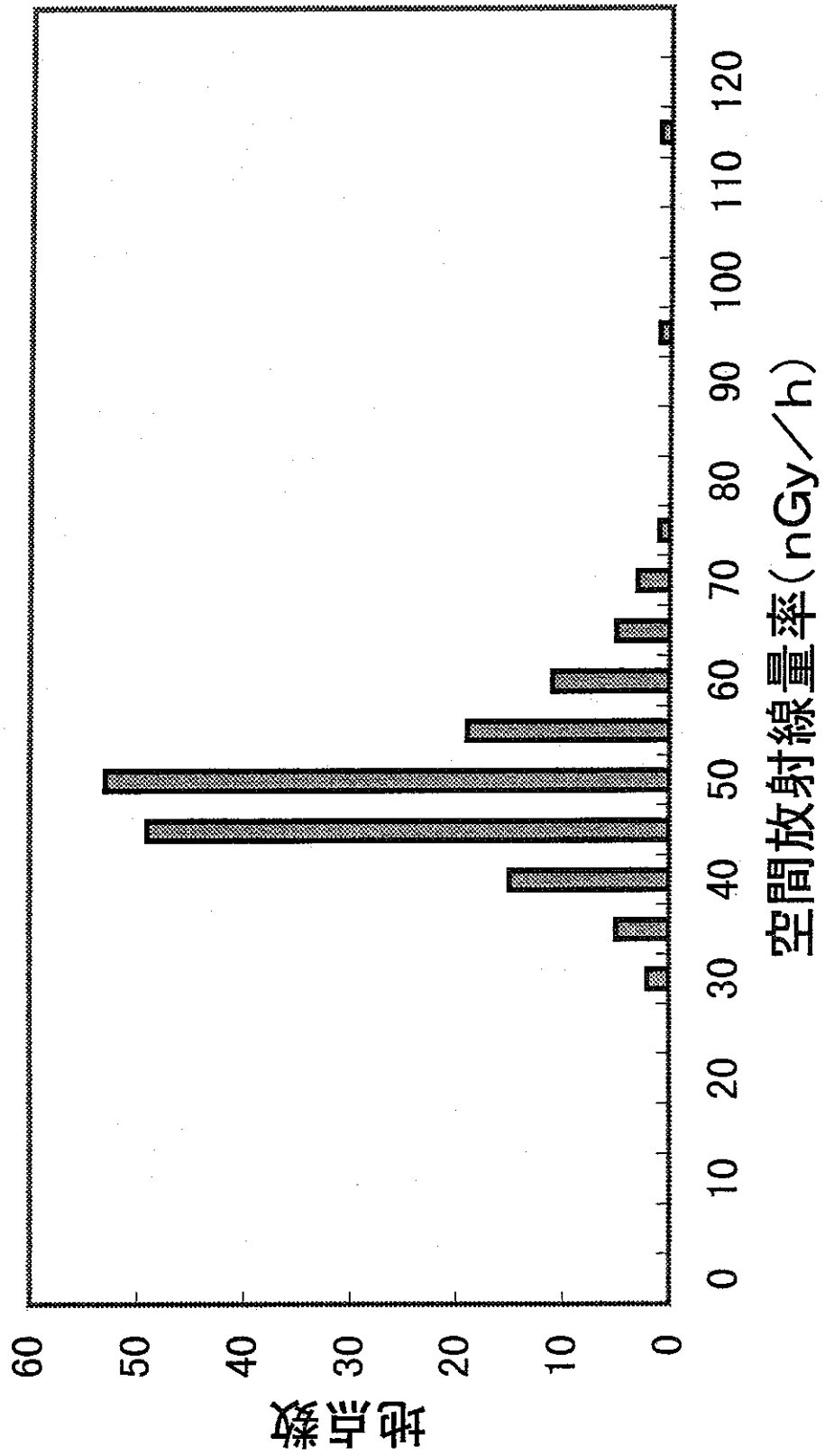


図1 空間放射線量率度数分布



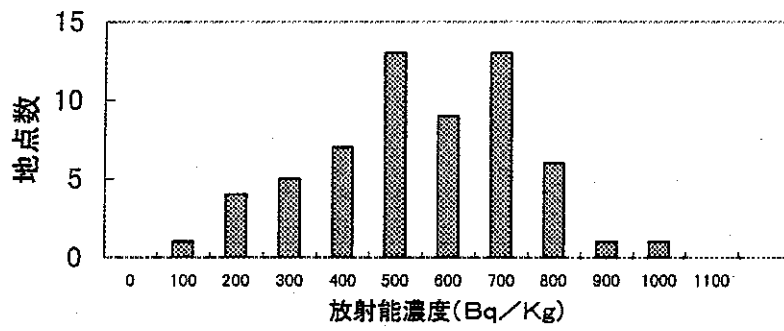


図3 カリウムの放射能濃度度数分布

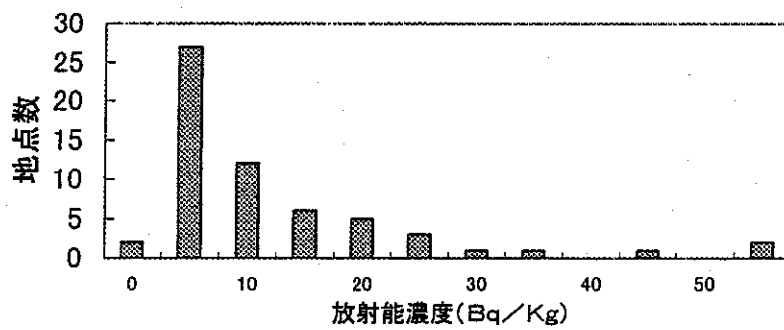


図4 セシウムの放射能濃度度数分布

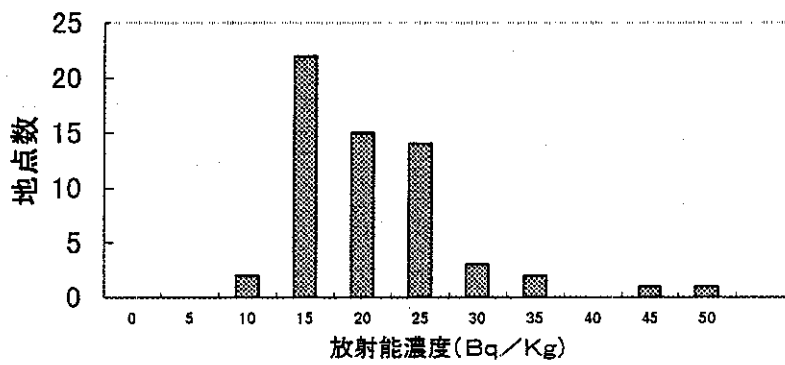


図5 ウラン系列の放射能濃度度数分布

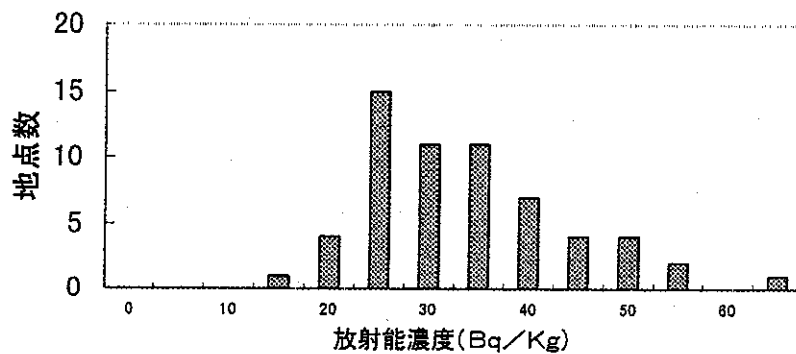


図6 トリウム系列の放射能濃度度数分布

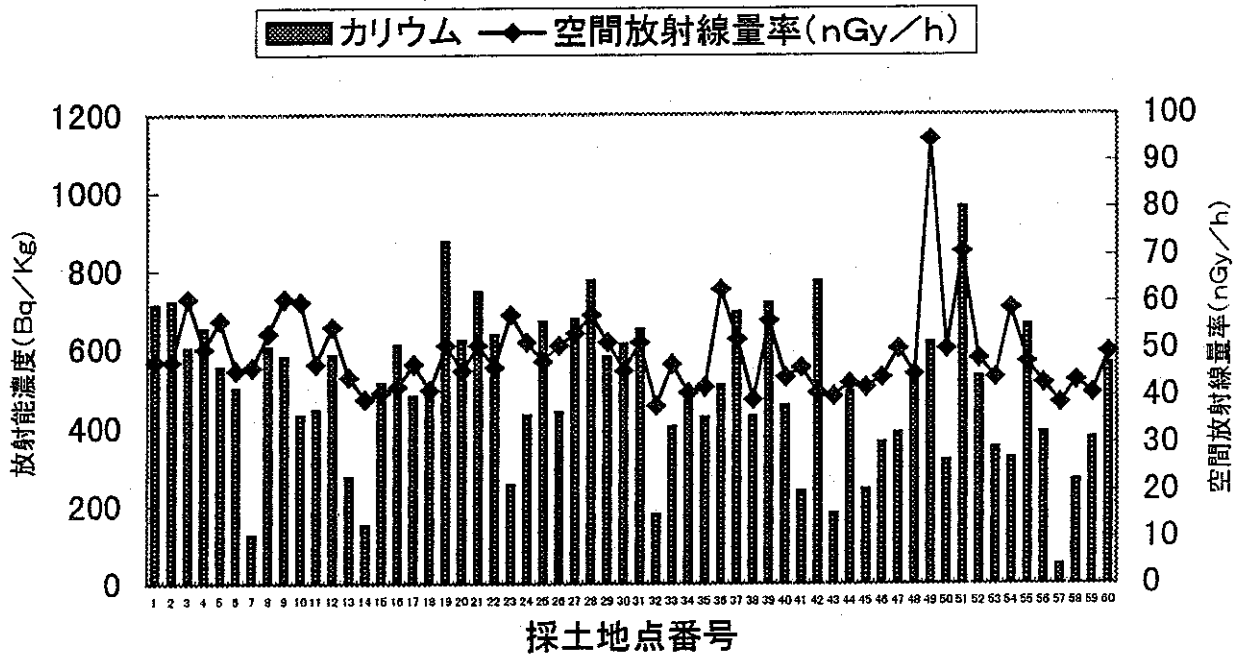


図7 土壤中のカリウムの放射能濃度と空間放射線量率

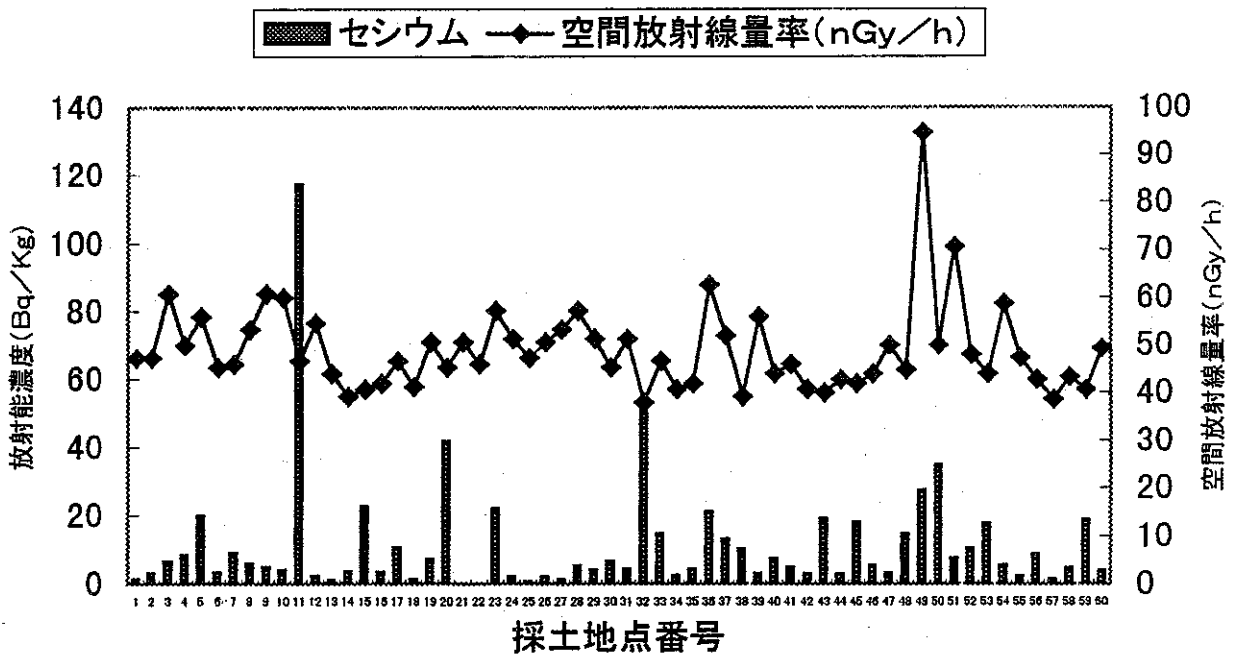


図8 土壤中のセシウムの放射能濃度と空間放射線量率

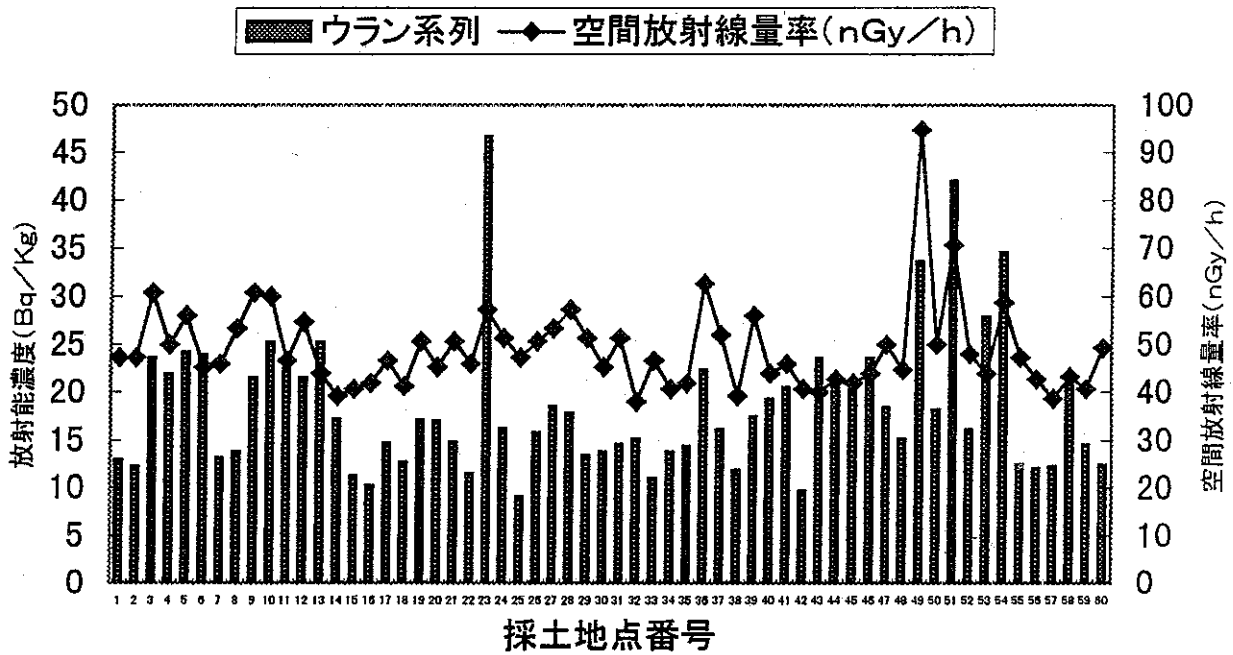


図9 土壤中のウラン系列の放射能濃度と空間放射線量率

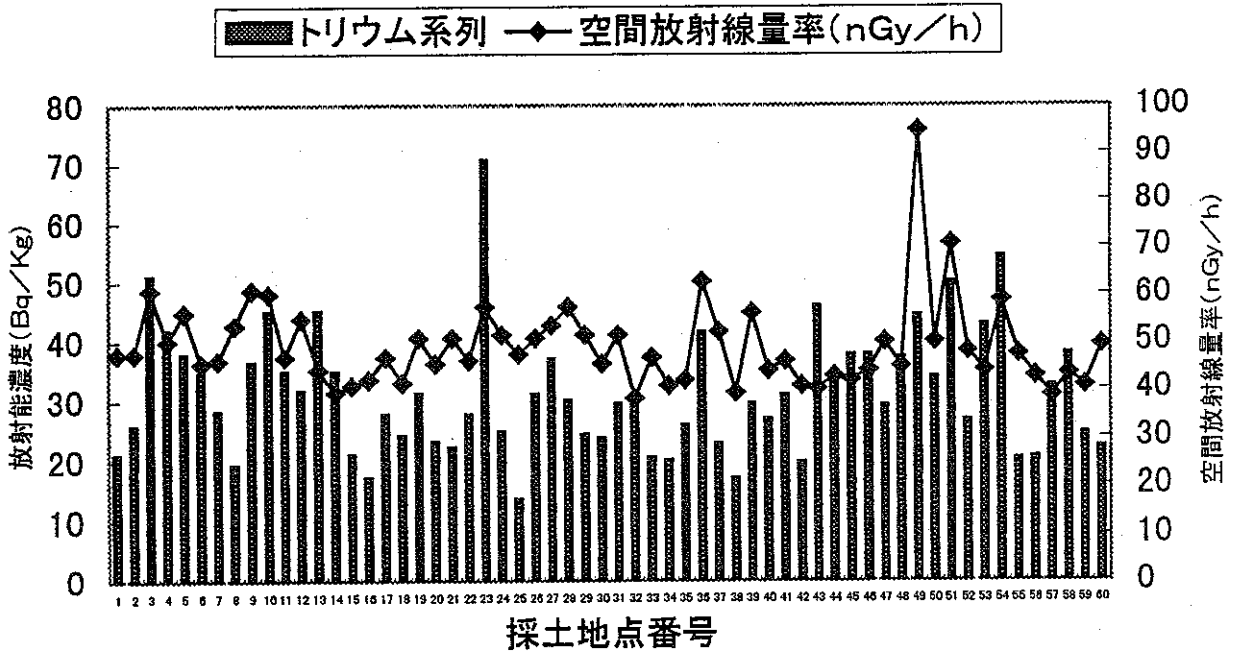


図10 土壤中のトリウム系列の放射能濃度と空間放射線量率



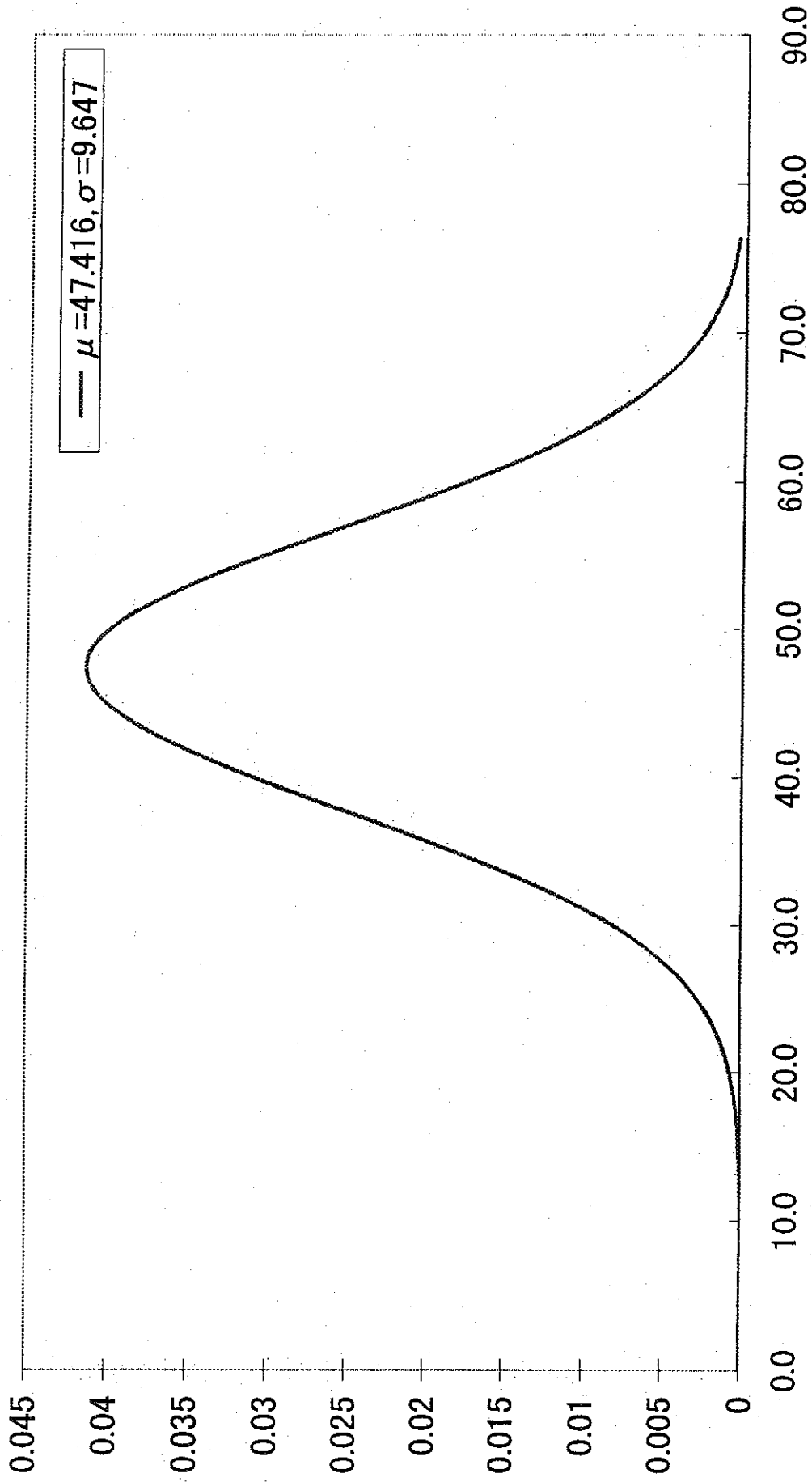


図11 空間放射線量測定結果に基づく正規分布グラフ

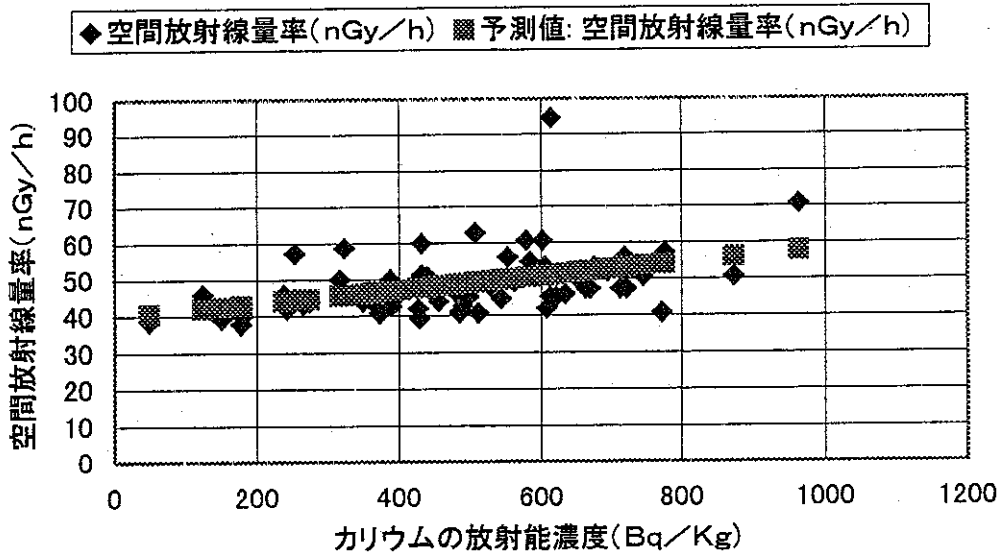


図12 カリウムの放射能濃度に対する空間放射線量率の予測値

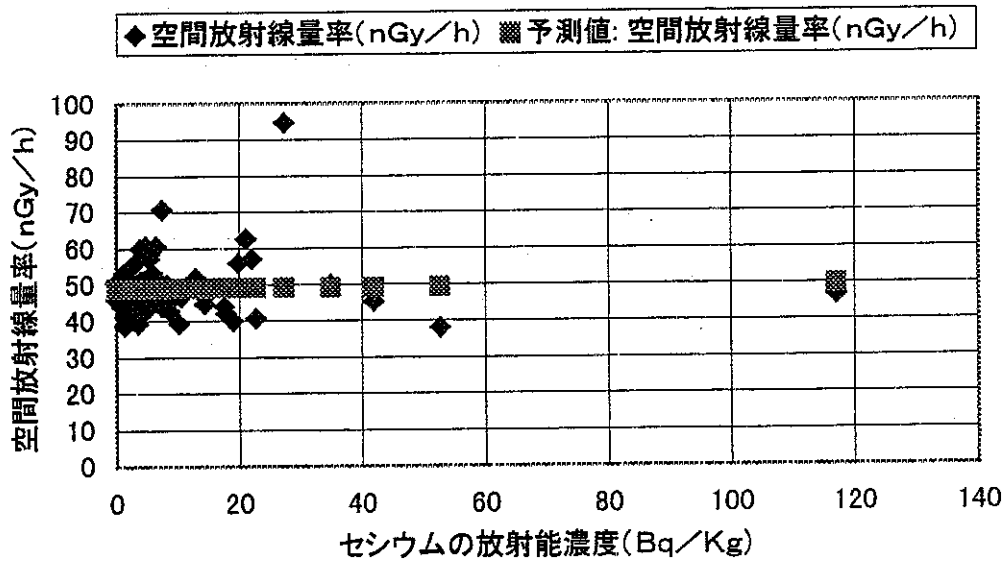


図13 セシウムの放射能濃度に対する空間放射線量率の予測値

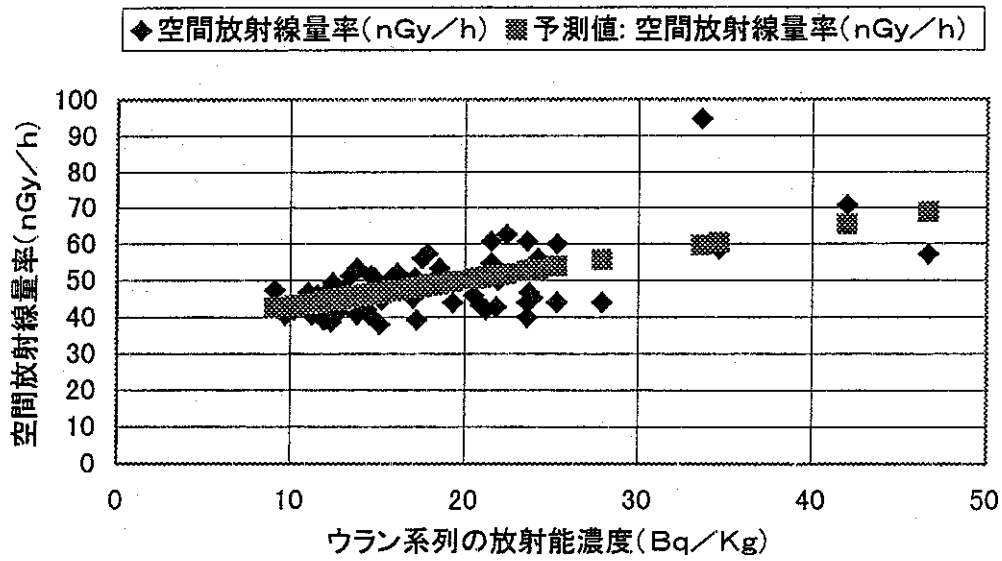


図14 ウラン系列の放射能濃度に対する空間放射線量率の予測値

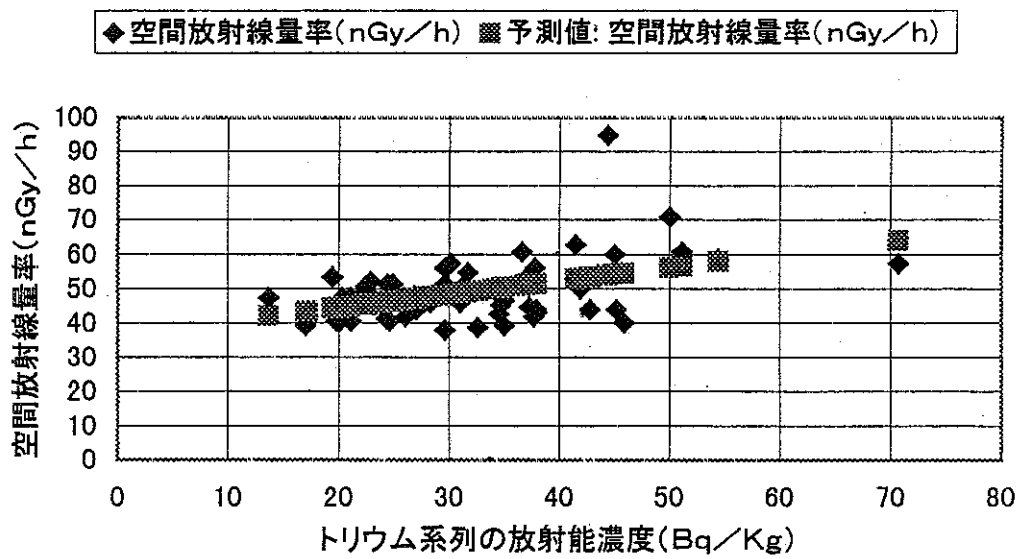


図15 トリウム系列の放射能濃度に対する空間放射線量率の予測値

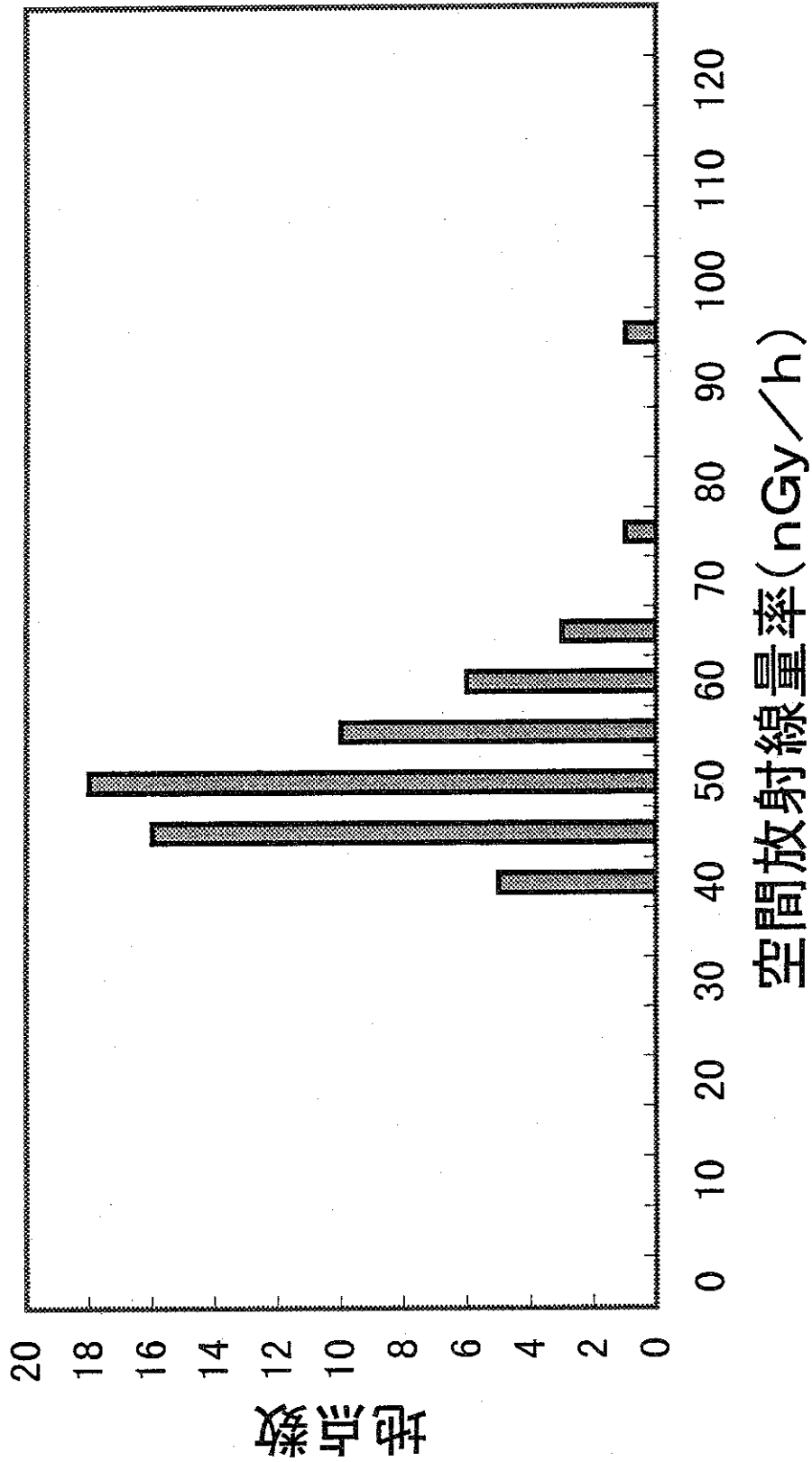


図16 採土地点における空間放射線量率度数分布