

分置

本資料は 〇/年 〇月 〇日付けで登録区分、
変更する。

[技術情報室]

捨石堆積場周辺のラドン濃度に関する研究（２）

（動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書）

1991年3月

早稲田大学理工学研究所

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)

捨石堆積場周辺のラドン濃度に関する研究(2)

(1991年 3月)

早稲田大学理工学研究所

教授 黒澤 龍平

1. 緒言

ウラン鉱山に隣接する諸施設から直接又は間接的に排出されるラドンに対する適切な対応が求められている。

1990年のICRPの新勧告にも書かれているように、ウラン鉱石からウランをとり出した残りの廃棄物にはほとんど存在したウランに見合うラジウムが含まれているため、ウラン抽出時に物理的・化学的な処理が加えら

れているため、細表面積が大きいラドンが発生し、そのため廃棄物の処理が最も問題にされている。通常

これらは地中に埋められているが、浅い位置に埋めた場合にはラドンが地表に達するまでの間に充分

減衰せず、大気に解放されることもある。土壌中のラドンの伝播は簡単な拡散モデルで表すことが

できる。それによると土壌中のラドン濃度は地表に向かって指数関数的に減少し、地表に向

ての移動距離を x とすると $\exp(-\sqrt{\lambda} \cdot x)$ の形になる。ここで λ はラドンの壊変定数、

D は見かけの拡散係数である。以前、ス形峠での実測データにもとずき、拡散係数 D は空に踏み

固めた粘質の土壌の場合、 $2.4 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、^性機械的に圧延された通常の土壌の場合

$6.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ と推定した。 λ は $2.098 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ なので、厚さ2mの場合前者では

2.70×10^{-3} 、後者では 2.38×10^{-2} 、また3mではそれぞれ 1.41×10^{-4} 、 3.66×10^{-3} までラドン

土壌物

の濃度を減少せしめることになる。通常埋める土壌の厚さを3m以上にするとされているが、土壌の質

や工事の方法によって著しい差があることがわかる。このことより地表から解放されるラドンの量は

一概ではなく局地的にかつりの差があるばかりでなく経年的にも変化することが予想される。

地表からのラドンの解放量は土壌表面のラドン濃度傾度と拡散係数の積となるので

$$D \times \frac{d}{dx} (\exp(-\sqrt{\lambda} \cdot x)) \Big|_{x=x_d} = \sqrt{\lambda} \cdot D \cdot \exp(-\sqrt{\lambda} \cdot x_d) \quad \text{に比例すること}$$

なる。ここで x_d は埋めた土壌の厚さである。従って地表からのラドン解放量

は拡散係数 D によって大きく変ると予想される。例えば前記の2mの場合には D の大小によ

72~14倍, 3mの場合は~41倍の差となる。この例はラジウムを含む飛灰を埋めた場合であるが、ラジウムを含む鉱石が堆積した場合は地表から深さ方向に下した鉛直線をやとすると、土壌中のラドン濃度 C_s は前記と同様にして

$$C_s = C_{s00} (1 - \exp(-\sqrt{\frac{\lambda}{D}} y))$$

となる。ここで C_{s00} は土壌中の飽和ラドン濃度で、飽和値の95%に達する深さは

$D = 2.4 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$ の場合 ~101cm, $6 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$ の場合 ~160cm である。

この時の地表からのラドン解放量は $C_{s00} \sqrt{\lambda \cdot D}$ となるため、 D の差によつて1.6倍異なるに過ぎない。

以上からウラン/鉱石からウランを抽出した残りの飛灰を地中に埋めその上に土壌をかぶせた場合は、その時の工法や工事終了後に起きた変化などによつて地表から解放されるラドンの量が大きく変動するため、工法に十分留意すると共に施工後も慎重に監視を続ける必要がある。これに対しウラン/鉱石物を含む岩石やラジウムが混じっている物質が堆積した場合には、工法や工事終了後の時間経過により程度影響されるラドンを解放し続けることになる。

入形峠の場合、衣次露天堀の跡地の埋め戻し地帯は前者に、その周辺に見られる坑道掘進時のずりの堆積部分は後者に属する。

大気中のラドン濃度については、水平方向の移動のみならず鉛直方向への渦流拡散があるため、地表から局地的に解放されるラドンの寄与分の予測は困難である。水平方向の移動が無視できるのなら、鉛直方向への渦流拡散を高次の関数として表した見掛けの拡散係数として求

め その積算値と供給量が平衡しているとするは求められる。しかし局地的にラドンが解放されている

場合は^(例として)地表から放出された気体が気流によって移動しながらそれと直交する水平方向と鉛直方向に拡がる_(E)

ると云うモデル(フルームモデル)を考えることになる。その他にパフモデルもあるがここではフルーム

モデルを修正しながら使用することにしたい。

入形峠夜次地区はラジウムを含む鉱さいが埋設されており従ってその鉱さいによる影響評価が必要になる。しかしながら周辺地域にもラドン源が散在しているためこの地区で見られるラドン濃度の増減の原因については長期間にわたり多くの地点で観測可能な必要がある。一方局地的に相当量のラドンが大気中へ解放されている地区がある。このような地区から解放されているラドン量とその影響^(これはラドンおよび娘核種濃度など)に関する評価については総合的検討しなければならない。

2. Passive型ラドン・モニターによるラドン解放量評価

平均的なラドン濃度を求めるため Passive型のラドンモニターが広く使われている。Passive型モニターについては校正時には問題ないものの長期間曝露させた場合に高い濃度を示すことが多い。その理由についてはラドンの影響と云われるがそれのみでは説明できるケースもあるとされている。

当研究室では従来より TLD素子を検出体としたラドンモニターを開発して使用している。このモニターは電界集束型である。α線の検出に TLD素子を使用しているが素子間の感度の差がありそれを⁶⁰Coのγ線照射によって規格化しているものの同一素子でも測定毎に多少の感度の差が見られる。しかしながら

飛跡検出器と異なり入射したα線の数量評価が極めて容易でしかも客観的評価であるため扱い易い。
測定容器の換気時間は当初20分間であったが^{その後}注釈を変更して45分間程度にした。^(ラドンの影響は非常に小さい)

入形峠夜次埋め戻し地帯を囲むように測定点を設置し約3ヶ月間の積算ラドン濃度を測定した。測定点を

Fig. 1 にまた 1990年3月末日より12月末日までの測定値を第1表に示す。また Fig. 1には その期間内の

平均ラドン濃度を示す。^{測定}No. 4 は 過去にあつた測定の名残にて 工事のため除去されたが夜次の

ラドン解放量評価上は欠くべからざる測定点なので番号のみは残してある。No. 2は その東側にある堆積場

の影響を受けるためラドン濃度は高い。堆積場がなければ No. 1 と大差ない筈である。従つて

No. 2とNo. 1 の差 ^{少くとも} 6 Bq/m^3 程度が No. 2における東側の堆積場の影響がある。No. 5は

1990年9月26日～12月25日の間に 東側に20m近く移動した。地形的に西側に登り斜面がありさら

にこの北側の影響も受けているのでたとえ20mでも異なるパターンになり、しかも濃度の上昇が予想されたが

結果も予想通りであつた。No. 7は いわゆる山の上であり夜次の影響を最も受け難い測定点である。No. 8につい

てもそれに近いが高度が低くそのためだけ^山影響を受ける。No. 10は 旧夜次坑で坑内作業が行は

れていた時の主扇風機が設置されていた主坑道の通風の入口で、多くの坑道くつ直時の岩が残っているが

しれないが^{西に下る尾根上にある}夜次地区から見れば 外周部に属する地帯である。No. 11は 夜次の西側の道路(昔は

谷)を越えた反対側の斜面の上にある この付近の平均的ラドン濃度を示す。この付近も夜次坑が^昔あつた

場所であり やや高目のラドン濃度となる。

^{よいか}
(の平均値 24.6 Bq/m^3 を夜次地区の平均濃度として、また夜次地区の周縁部に高濃度の場所があるとして)

No. 1, 3, 5, 9 それぞれの最低濃度の平均 18 Bq/m^3 が夜次地区の基礎的な平均濃度で

それに種々の原因によるラドン濃度が加はつて夜次のラドン濃度分布が形成され、埋め戻し地帯^{と比べて良い。また}の

の平均的濃度を同様に No. 1, 3, 5, 9 それぞれの最高の濃度を除いた平均 22 Bq/m^3 と

考えれば可能である。またこの地区に流入する空気に含まれているラドン濃度は No. 12, No. 10

また No. 7 などから $9 \sim 10 \text{ Bq/m}^3$ と考えられるので 夜次埋め戻し地帯に起因するラドン

濃度の増加量は その差である $8 \sim 15 \text{ Bq/m}^3$ と推定される。これを 例えは 12 Bq/m^3

とすると この地区の地表からのラドン解放量は 渦流拡散係数を $5 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$ とし $1.1 \text{ pCi/m}^2 \cdot \text{sec}$

とすると ^(平均値) ^(できる) $3.9 \times 10^{-2} \text{ Bq/m}^2 \cdot \text{sec}$ と推定することができる。(後項参照) 因にこの近辺の地山でのラドン解放量は

$0.3 \sim 0.5 \text{ pCi/m}^2 \cdot \text{sec}$ だったと記憶している。 また $1.1 \text{ pCi/m}^2 \cdot \text{sec}$ は 必ずしも低いレベル

とは言えないが ウラン鉱山廃さいの処理についての常識から見れば かなり低いレベルと見ることもできる。

通常の居住地域でも 例えは マーティで測定した値だと $0.4 \text{ pCi/m}^2 \cdot \text{sec}$ 程度は珍しいこと

はなかった。

夜間放射冷却が発生するよな気象条件の時、日の出直前のラドン濃度が 地表付近に生じた気温の逆転層のために著しく高くなること知られている。この逆転層は No. 8 の地点の濃度が それ程高くないことから この地区の西側の崖の高さより低いものと考えられる。さらに先年高さ 2.5 m で ^(まで) 夜間より朝の間の掘核種濃度を測定したことがあったが 地上付近の濃度と大きな差は見られなかった。前者は $7 \sim 8 \text{ m}$ の高さでの両者の間に境界があることになる。この影響は地形との関係し 夜次西側で顕著のように見られる。

そのため No. 9 No. 3 が高いのである。 1989年 10月31日 ~ 3月26日のデータは解析の対象としない。

これは No. 3 のラドン濃度が 390.9 Bq/m^3 となっていることからわかる通り 積雪のため No. 3 のラドン

ラドンが地表から解放され難い時期があったためである。 ^(のではないかと考えられた) そのためか否か不明であるが ラドン濃度は概して低

くなっている。変動中の大きな測点は No. 2 で 風向により堆積場の影響を受けるためと考えられる。

この時期 No. 10 も僅か高くなるが 同一原因かも知れない。 No. 5 については測点を動かしているため評価

できない。

3. 捨石堆積場からの寄与の評価

夜次露天掘北部に旧夜次坑の捨石の堆積場(東西方向約28m南北方向6~15m)がある。この部分の略図とインテリジョンサーベーターで測定した結果をFig.2に示す。サーベーターのデータによると東側が高く平均約54 μ R/h、中央部が約32 μ R/h、西側が約21 μ R/hであった。また西側サンワリ¹臭の南側の崖下に約300 μ R/hを示す部分が、また東側のサンワリ¹臭の南側の崖下は100~80 μ R/hの録量²ばかりのウラン鉱石が残っていると思われる。1%のウランを含むウラン鉱床(無限媒質)上1mにおける照射線量率は6.07 mR/hとされている。しかし地味付近ではラドンが³散逸しているためこれを補正すると5.65 mR/hとなる。一方アロカのサーベーターと電離箱をウラン系鉱石による放射線場で比較すると前者の方が1.5倍高い録量を示す。これから⁴平均的に⁵のウラン⁶300 μ R/hは0.035%⁷以上の⁸鉱石⁹と見られる。また54 μ R/h¹⁰は0.0064%のウランを含んでいることになる。しかしこの計算は無限に鉱石が均一に分布している場合¹¹でのためこの堆積場のように掘りの少ない場合はこれより高く¹²割合は¹³0.05%¹⁴0.009%¹⁵位のように見られる。この時の地表からのラドン解放量は¹⁶展圧された場合¹⁷1.9 $\times 10^1$ Bq/m².sec¹⁸3.5 $\times 10^{-1}$ Bq/m².secと推定されている。しかし地表面が不確定な場合にはこの6倍に達することもある。(後項)

動燃¹⁹で測定した照射線量は東側のラドン解放量の測定では平均54 μ R/h²⁰1.91 $\times 10^0$ Bq/m².sec²¹中央部では35 μ R/h²²8.3 $\times 10^{-1}$ Bq/m².sec²³、西側では29 μ R/h²⁴5.6 $\times 10^{-1}$ Bq/m².sec²⁵となっている。上記の推定値と比較するとFig.3のように²⁶動燃²⁷データはbackground²⁸を考慮しても²⁹高録量³⁰割合³¹ラドン解放量³²が高くなっている。また全レベルも³³高すぎる³⁴ようにこのレベルは掘進直後(約3日後)の坑道壁からのいわゆる³⁵不確定状態³⁶でのラドン解放量に相当する。ラドン湧出量の測定法に問題があるように見られる。

今この堆積場の水平部の面積を地図から約 196m^2 , 斜面の下側の面積を 40m^2 とし

それぞれの放射線量率の平均値を $35\mu\text{R/h}$, $190\mu\text{R/h}$ と考え、動燃ターンの $35\mu\text{R/h}$

における地表からのラドン解放量と総量が比例関係にあるとすると水平部が 157Bq/sec

斜面下部が 172Bq/sec となる。^① empirical data を適用すると(無限平面ではない

のでその部を考慮し) それぞれ 45Bq/sec , 50Bq/sec となる。斜面下部は単に堆積し

ているだけなので empirical data の 50Bq/sec ではなく数倍高い $200\sim 300\text{Bq/sec}$ に

なるのではないかと考えられる。何れにしても 地形的には極めて難しい斜面の下部からの

ラドンの寄与が当初考えていた水平面からのラドンの寄与より大きいのではないかと考えられる。

このような状況は測定開始時には予想されておらず全測定が終了した時見出されたため

測定法、測定員などが実験条件と対応せず

測定データの解析は極めて難しくなった。むしろこのような状況ならば 実験場として選択しな

かもしれたら。

Fig. 2 に示す測定員で娘核種濃度を1時間毎に測定した。計=3時間毎にラドン濃度を

測定した。その結果を表 2 に示す。計=同時に風向、風速等も測定し表 3 に示す。地表付

近の気温も示されている。

測定値のうち五回の No. 5, 18, 29 の3回は夜次露天堀^②の娘核種濃度を測定した

ため欠測となっている。娘核種濃度のうち ^{214}Pb (=RaB), ^{214}Bi (=RaC) 濃度は極めて低く

夜次露天堀の RaB, RaC 濃度に近く従って殆ど ^{218}Po (=RaA) によって占められている。

しかし時には RaB の相対濃度の高い例、(東側ター9: No. 6, 15, 18, 20, 21, 23,

(西側ター9: No. 19, 20, 21, 23, 30) がおり両測候で合致するケースが多い。

これは 堆積場 南斜面下部からのラジンの影響と思われる。また 測定毎に RaA 濃度の変動が大きい。

これも同様下部で発生したラジンの影響である。この影響が小さいと思われる測定例を見出すことは困難で

ある。東側測定点での平均ラジン濃度は $168 \pm 86 \text{ Bq/m}^3$ 西側では $110 \pm 109 \text{ Bq/m}^3$

で RaA/Rn は ^(の平均値) 東側で 0.344, 西側で 0.389 であった。一方 RaA 濃度はそれぞれ

$70.0 \pm 138 \text{ Bq/m}^3$, $57.5 \pm 114 \text{ Bq/m}^3$ と大中にはらった値となっている。 RaA/Rn の 0.34

0.39 はそれぞれ Age of air で 1.85 min, 2.20 min ^{相当} である。これを連続的にラジンが

放出されている地帯での年令とすると ^(移流モデルによる) ^{それぞれ} 3.95 min, 4.75 min となる。西側の方が短かくて空気が

たのに長くなる理由は 下部と水平部両ラジン源からのラジンの混合状態の差と思われるが詳しくは不明である。

る。 RaB/RaA がそれぞれは「良いか」測定は RaB の濃度中の background level に相当する RaB 濃度

の割合が大きく RaA 濃度が著しく高い場合以外は信頼し得る値は得られない。東側測定例 No. 15

18, 21, 23 などや 西側での測定値 No. 19, 20, 21, 30 が 例外的に求められる。前者

の場合の RaB/RaA は 0.186 ± 0.096 後者は 0.170 ± 0.021 で ^(Age of air は) ^{それぞれ} $11.6 \pm 5.7 \text{ min}$,

$10.8 \pm 1.2 \text{ min}$ となる。下部のラジン源から測定点までの所要時間と云うのではなく、この間が

11~12分程 かつる時は 無風状態に近くラジン濃度が著しく高くなることを意味している。しかしこの

間には RaA の free 成分による付着損失が大きいため RaA/Rn は東西側 No. 21 を除けば 0.33 程度

である。たゞ No. 21 は ^(大きい) 著しく大きくなる際に東側の場合に 1 に近い。しかしながら計算上、このように付着損失

は考えられず 今後検討すべき問題のように見られる。たゞ free 成分の割合は全 RaA の数十%以上に達して

いる筈である。1970年代に夜次坑内で冬季 free 成分を測定した時は 全 RaA の全てが free 成分

であった。 RaB/RaA と RaA/Rn の関係を Fig. 4 に示す。石炭層のよう関係は予想し

得ないでもないが、この図から両者の間に直接の関係がある。この計算では RaB の濃度から平均的に夜次
とは考えられない。

の RaB の background 的濃度 2.2 Bq/m^3 を差し引いてはいる。(但し RaA が引いていない) RaB と RaC 濃度

は相対濃度が非常に低く誤差を伴うため、両者の和と RaA の濃度の比を考える。この際、夜次露天場の娘核種

濃度の平均値を background 的値として差し引くこととして、いわば "net" の $(RaB+RaC)/(2 \times RaA)$ を求め

RaA/Rn と比較し Fig. 5 に示す。計算値と平行している部分も見られるが、全行程平行性は良くない。

破線は RaA の 53% が何等の理由で失われた場合に相当する。一方 RaA 濃度と Rn 濃度の関係を求め

ると Fig. 6 のようになる。 Rn 濃度と RaA 濃度は直線回帰による $(Rn) = 15.89 + 2.560(RaA)$

() は濃度 Bq/m^3 , べき関数では $(Rn) = 6.65 \times (RaA)^{0.840}$ と $(Rn) = 7.47 \times (RaA)^{0.533}$

で近似できる。2番目のべき関数は 東側 No. 21, 27, 西側 No. 1, 12. に対応するデータである。測定時

の諸条件は特に顕著に異なっていない。直線回帰よりべき関数に近くなる理由については不明である。

また、大倉電気が製作した [電離電流 - Rn 濃度] の関係と類似したべき関数になっているので

若しこの曲線が使用されているのだとすると、これが理由と云うことになる。また、気流の動きから推定すると

この測定時の age of air は 1 ~ 3 分程度であり RaA/Rn の値は滞留モデルで 0.2 ~ 0.5

移行モデルで 0.1 ~ 0.3 となり Fig. 6 の直線回帰から求めた 0.39 と大差なく、むしろ free

成分の付着を導入する必要はない。また、2種類の娘核種濃度比を有する空気の混合を想定し、

第2の空気中の娘核種濃度が平衡に近いと仮定し $[RaA - RaC]$ の濃度と Rn 濃度と

の関係を探ると Fig. 7 のように、相関係数が多少向上するものの大差なく予想はされるものの

決定的な因子ではない。娘核種濃度比は RaB/RaA が 0.1 と推定されることから滞留モデル

で 6.7分、移行モデルで 10.6分となるが、この場合移行モデルは考え難いので滞留モデルとし 6.7分

のを採用する。 R_{aA} と R_{aB} 濃度の関係を Fig. 8 に示す。 R_{aA} 濃度が 70 Bq/m^3 位までは R_{aB}/R_{aA} が 0.1 であるがそれより高濃度では 0.18 位まで増加する。 0.18 は ^{滞留時間} 11.5 分に相等し

滞留時間の延長によって R_{aA} 濃度が増加したものと見られる。 R_{aA} 濃度の低い部分は平衡に (0.8 Bq/m^3) 近い 娘核種濃度の空気の混合によって見かけの時間は増加する。 $R_{aA}-R_{aB}$ 曲線の分散の程度は

風下側になったことが多く、東側の方が大きく気流の乱れが推定される。 それ以外の測候による差は見られない。

東側と西側の 2 測候間の ラドンおよび娘核種濃度の差はこの間の堆積場水平部から解放されたラドンのみならず下部から解放されたラドンの移流の程度の差の両者より生ずる。 従って確かに ^{ウランを含む} 両者共堆積物が原因ではあるが、構造的には全く別の存在で前者は単に気流中に流入したラドンがその増加量に寄与するものと考えられるが、後者はもっと複雑な経過、^{ラドンが} 例えば東側に谷間に沿って移動し次第に谷間を埋めて測候の高度に達すると云った構造が推定され、そのため流入する空気量(つまり風の量)に比し谷の有効容積が大きく、10分間程度滞留した後 Over flow のよって流出し測候で検出されているものようにある。 従ってこの間での free 成分の付着も起り得ることも否定できない。

研究の課題の一つである堆積場から解放されているラドンに関する情報は R_{aA} と R_{aB} 濃度の関係から求め得ると思ふがその総量については測候の配置が地形に適合していないので ^{本研究時の測候の他に} 難しい。 例えば谷の風下側は 2 の高度で測候を設けなければならない。 ^{また風上側は 1 の高度で 合計 5 つの} 東側と西側の測候点でのラドン濃度の差と R_{aA} 濃度の差の関係を求め Fig. 9 に

示す。 両者の関係は直線的と云えぬこともないがラドン濃度で 140 Bq/m^3 、 R_{aA} 濃度で

41 Bq/m³ に集中し 従って この向の増加濃度は RaA 濃度での測定値向の差の 3.4

倍とすれば良いことになる。前述の [Rn - RaA] 濃度関係では 2.6 倍位なので ^(RaA/Rn の) それより RaA

濃度が高く 2 測候間で 相当量のラドンが解放されていることがわかる。しかし有効成分についての平均値

^(となり統計的には結論できない。たゞ) は東側で 0.325 ± 0.102, 西側で 0.341 ± 0.205, 前者の RaA/Rn が高い (測候間の

ラドン解放を意味する) 例は 8 例中の 5 例に過ぎず、^(異常とも見えず) No. 12 を除くと 東側で 0.307 ± 0.096,

西側で 0.275 ± 0.091 となる。従って 東側のみの測定値から 両測候間のラドン増加量

を求めることは現状では困難である。また 140 Bq/m³ のラドン増加量は 水平部でのラドン解放

量と動燃の測定値 (平均 1.1 Bq/m²·sec) を考慮しても説明がつかない。恐らく 50 Bq/m³ には達しない

のではないかと思われる。^(70L-4 モデルで計算すると)
$$\left(1.1 \times \frac{0.20 \times 0.923}{\pi \times 0.20 \times 0.102 \times 0.111 \times 0.911 \times 0.8} \right) dx \div 1.6 \sqrt{\frac{\text{Bq/m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{sec}}}$$
 較条件 C. 風速 0.8 m/s,

または 風速 0.5 m/s で 25 Bq/m³, 条件 D で 30 Bq/m³)

4. 結論

地表からのラドン解放量とラドン濃度もしくは増核種濃度の関係について 自然の状況下

で実験する場合にかなり予備的な測定を行ふ必要がある。本測定を開始する前日の予備測定では

^{(平均で 5.8 Bq/m³ (11時24分~15時50分の間5回測定 風速 1 ± 0.5 m/s))} 両地帯での RaA 濃度の差は最大で 9 Bq/m³ であり 大体予想に近く そのため実験を始めた。

^(これは) 実験ラドン濃度差が負になったケースが 2 例あり 恐らく 水平部のラドンのみの寄与と思はれるデータを解

析に使用できなかったため (RaA の濃度差で 9.50, 3.38 Bq/m³) 水平部の寄与分の評価

は行はなかった。(平均的に RaA の濃度差で 6.4 Bq/m³, ラドンに換算して 22 Bq/m³ と推定さ

^(上述の計算などから) れる。これは ^(長さを向に) それ程無理なく説明可能である)

このような目的の実験では 例えば 夜次露天掘跡のような 水平な場所では 高濃度のラドン

1 具 または 連続した数具 (風向の変動に対応するため) より放出し 風下側でラドンおよび

娘核種濃度を測定する以外方法はなさそうである。実験の目標は複数のラドン源の検出が可能か否か、またその解放量の推定である。また局地的なラドンの拡散についての実験データも得られたい。気体の拡散のみならず SF₆の放出実験で測定可能であるがラドンの場合の評価対象はラドン娘核種濃度で時間因子が加わるためラドンをcarrierとせざるを得ない。またラドン濃度の測定に回数や感度の制約があるので気体についてはSF₆で実験し娘核種濃度についてラドンを使うのも一つの考えである。またかなりの濃度のラドンを7~8分間放出せねばならずラドン源を得ることが難かしく思われる。(10⁵ Bq/m³程度で200ℓ位は必要)測定は少なくとも3点で娘核種濃度を全成分とfree成分に別けて測る必要がある。検材の準備が大変である。早大の全検材を投入すれば不可能ではないがかなり大変な作業となるものと思われる。

SF₆の実験は専用のガスクロマトグラフがあれば簡単である。

参考のために早大の測定器で測定したラドンとラドンの平衡等価濃度をFig.10-1~10-4に示す。
(増積場中央部での)

参考

① 総量率

NCRP Report No. 50 によると 土壤表面より高さ1mにおける総量率は ウラン含有率
 1%につき $6.074 \text{ mR} \cdot \text{h}^{-1}$ とする。しかし実際の土壤表面からラジンの解放があり約
 10% 放射能は少い。これは 約7%の減少となるので $\frac{U.10/0.1=2112}{5.65 \text{ mR} \cdot \text{h}^{-1}}$ とする。

② ラジン解放量

◦ empirical data

中津河坑

採鉱直後の坑道壁面 $1.8 \times 10^4 \text{ pCi/m}^2 \cdot \text{sec}$ $U=1\%$ につき

採鉱3日後の坑道壁面 $6.1 \times 10^3 \text{ pCi/m}^2 \cdot \text{sec}$ $U=1\%$ につき

東濃金山

bore hole 内壁 Type I $1.08 \times 10^4 \text{ pCi/m}^2 \cdot \text{sec}$ $U=1\%$ につき

Type II 1.04×10^3 " "

Type III 2.2×10^2 " "

typical data $1.04 \times 10^3 \text{ pCi/m}^2 \cdot \text{sec}$ "

◦ diffusion model

地表からのラジンの解放率 $C_{so} \sqrt{\lambda \cdot D}$

(ラジンの壊変定数)

$\lambda = 2.0982 \times 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$

$D = 6.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

(土壤中の見掛けの拡散係数)

地中飽和ラジン濃度: C_{so}

$P = 2.7 \text{ g/cm}^3$ 発せられた Rn の10%が空隙に移行すると仮定する。

1 cm^3 の土壤の中の空隙に毎秒 $1.89 \times 10^{-15} \text{ Ci} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ が移行する。

C_{so} は $9.01 \times 10^{-4} \mu\text{Ci} \cdot \text{cm}^{-3}$

これより 解放率は $1.01 \times 10^3 \text{ pCi/m}^2 \cdot \text{sec}$ とする。

以上から ウラン1%あたり $3.7 \times 10^1 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の解放率とする。

③ 地表の Rn 濃度 $C_{so} \times \sqrt{\frac{D}{\lambda}} = 3.12 \times 10^7 \mu\text{Ci/cm}^3$
 $\approx 1.15 \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$

滞り拡散係数

$d = 5 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{sec}$

$1 \mu\text{R/h}$ あたり 2.04 Bq/m^3

④ 従って ウランによる地上の総量率 $1 \mu\text{R} \cdot \text{h}^{-1}$ あたり $6.6 \times 10^{-3} \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ とする。もし
 $6.1 \times 10^3 \text{ pCi} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ を採用すると $4.0 \times 10^{-2} \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ とする。

⑨ 埋め戻しの場合

掘かいてのラドン濃度を C_{R0} とすると厚さ L の土壌の表面のラドン濃度は

$$C_{R0} \exp(-\sqrt{\lambda} L) \quad \text{従ってラドン解放量 } C_{FS} \text{ は}$$

$$C_{FS} = \sqrt{\lambda} \cdot D \cdot C_{R0} \exp(-\sqrt{\lambda} L) \quad \text{とある.}$$

$$\sqrt{\lambda} \cdot D : 1.122 \times 10^{-4} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$C_{FS} : 1 \text{ Bq/m}^2 \cdot \text{sec} \text{ の時の } C_{R0} \exp(-\sqrt{\lambda} L) \text{ は } 8.2 \times 10^5 \text{ Bq/m}^3 \text{ とある.}$$

この時の照射線量は

$$U = 1\% \rightarrow 333.38 \text{ Bq/cm}^2 (\text{但し } \rho = 2.7), \quad 3.33 \times 10^8 / \text{m}^3$$

$$\therefore 8.2 \times 10^5 \text{ Bq/m}^3 \text{ は } 2.46 \times 10^{-3} \text{ U\%} \text{ とある. これは } 14.96 \mu\text{R/h} \text{ に相当する}$$

が土壤中のラドン濃度は地表から深さ方向に増大するのでその効果を入れると約40%

$$\text{増加し } \underline{20.9 \mu\text{R/h}} \text{ とある. } (\therefore \underline{1 \mu\text{R} \cdot \text{h}^{-1} \text{ あたり } 4.78 \times 10^2 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}})$$

⑩ ラドン解放量と気中ラドン濃度

詳細な近似は別の機会に行うとして解放率 $3.7 \times 10^4 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ に対し

$$1.15 \times 10^4 \text{ Bq/m}^3 \text{ とあるのを}$$

$$1 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \text{ に対し } 3.11 \times 10^2 \text{ Bq/m}^3 \text{ とある.}$$

$$\text{従って } 1 \mu\text{R/h} \text{ に対し } \underline{1.49 \times 10^4 \text{ Bq/m}^3} \text{ とある.}$$

ウランを含む土壌を堆積した場合と 金鉱石を土壌に埋め戻した場合の差である。

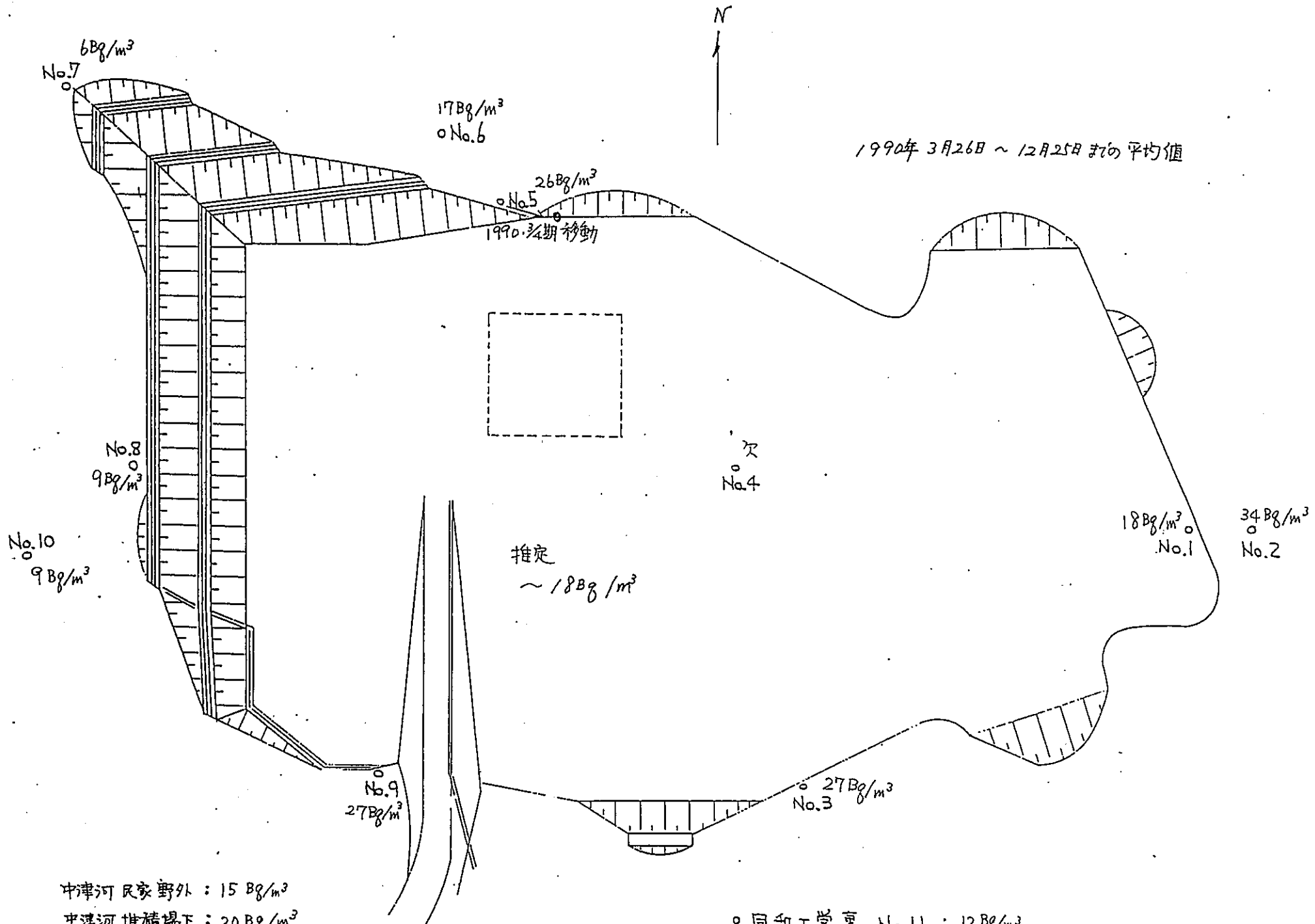


Fig. 1 ボンモーター設置位置と平均濃度

第1表 フォン・モータ-による測定値

単位 Bq/m³

測候 番号	測定員 地名	1989年	1990年	1990年			備考 3/26~12/25 平均
		10/31 ~ 3/26	3/26 ~ 7/9	7/9 ~ 9/26	9/26 ~ 12/25	10/17 ~ 12/25	
1	夜次 東側	18.4	15.6 ± 3.7	23.7 ± 1.6	15.7 ± 1.0	18.3 ± 4.6	
2	夜次 東端 尾根上	20.5	27.6 ± 2.0	47.2 ± 8.1	26.9 ± 0.5	33.9 ± 11.5	
3	夜次 南側	390.9	24.9 ± 5.3	25.5 ± 6.9	31.0 ± 0.27	27.1 ± 3.4	
4	夜次 中央(欠)	-	-	-	-	-	
5	夜次 北側	28.2	14.8 ± 1.1	29.0 ± 5.5	34.4 ± 2.9	26.1 ± 10.1	
6	夜次 北西樹林中	15.9	11.7 ± 1.3	18.4 ± 1.7	19.9 ± 2.5	16.7 ± 4.4	
7	夜次 北西端最高地臭	7.2	4.1 ± 0.4	7.1 ± 2.0	7.0 ± 2.7	6.1 ± 1.7	
8	夜次 西側 崖上	9.5	8.5 ± 1.6	9.1 ± 0.8	10.2 ± 2.4	9.3 ± 2.86	
9	夜次 南西側	18.3	35.9 ± 2.7	17.9 ± 1.3	26.5 ± 0.7	26.8 ± 9.0	
10	夜次 西側 尾根上	11.5	7.9 ± 1.1	10.8 ± 0.1	9.7 ± 2.2	9.5 ± 1.5	
11	同和工管横	10.8	11.2 ± 2.0	11.7 ± 3.4	13.3 ± 0.21	12.1 ± 1.1	
12	管理棟 野外	10.0	5.7 ± 3.5	8.1 ± 2.2	11.1 ± 3.0	8.3 ± 2.7	
13	管理棟 2階室内	10.6	10.5 ± 1.1	9.3 ± 1.1	11.1 ± 1.2	10.3 ± 0.22	
大田	参考 中津河大田民宅地内	10/17 ~ 12/25 18 ± 2.9	7/25 ~ 3/26 10.6 ± 1.2	10.4 ± 0.6	16.4 ± 0.9	17.8 ± 3.3	13.8 ± 3.9
中津河	中津河 堆積場下	17 ± 1.5	14.4 ± 2.5	15.0 ± 2.2	23.6 ± 1.5	22.4 ± 2.0	18.9 ± 4.8

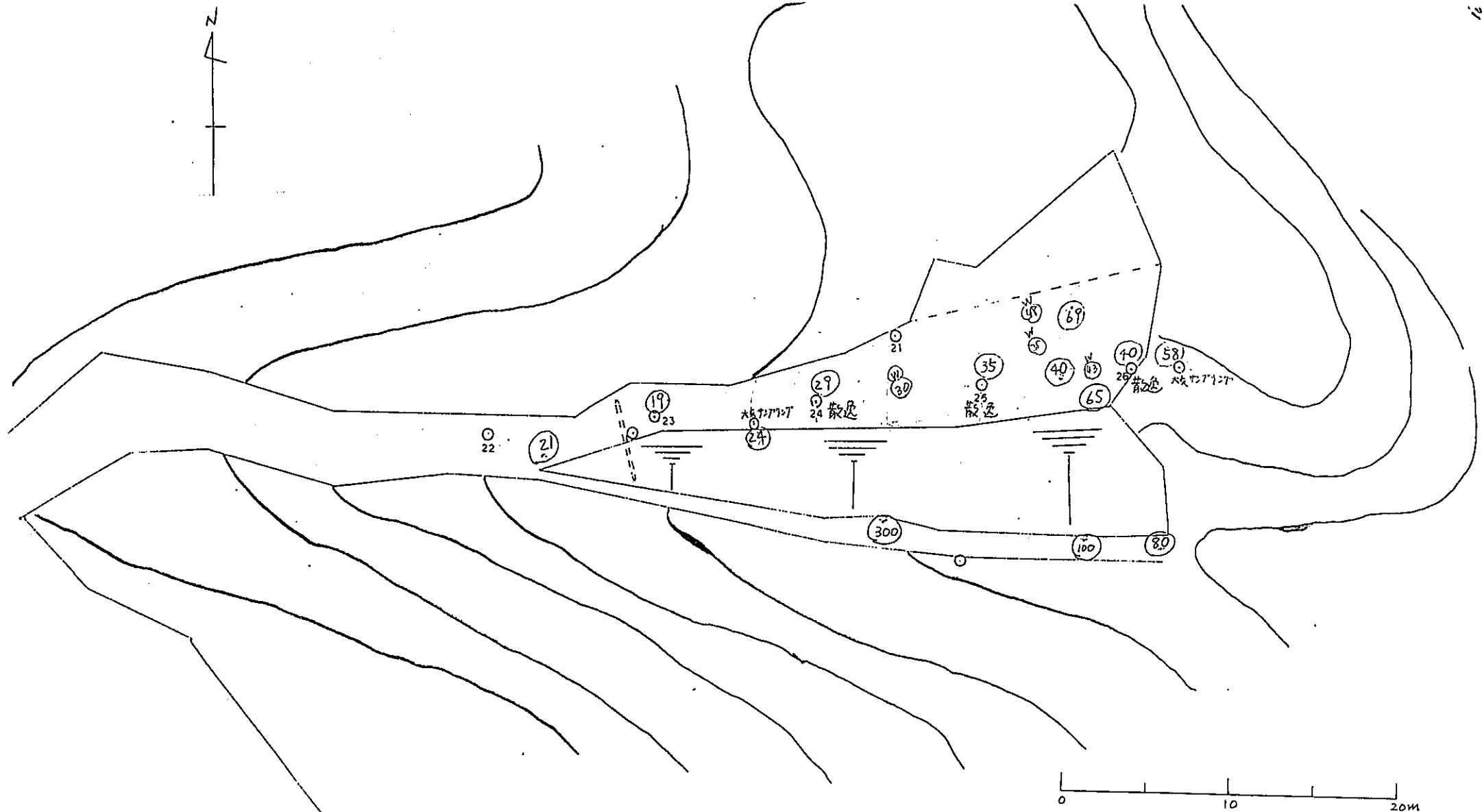


Fig. 2 夜次北堆積場線量測定図
 单位 μR

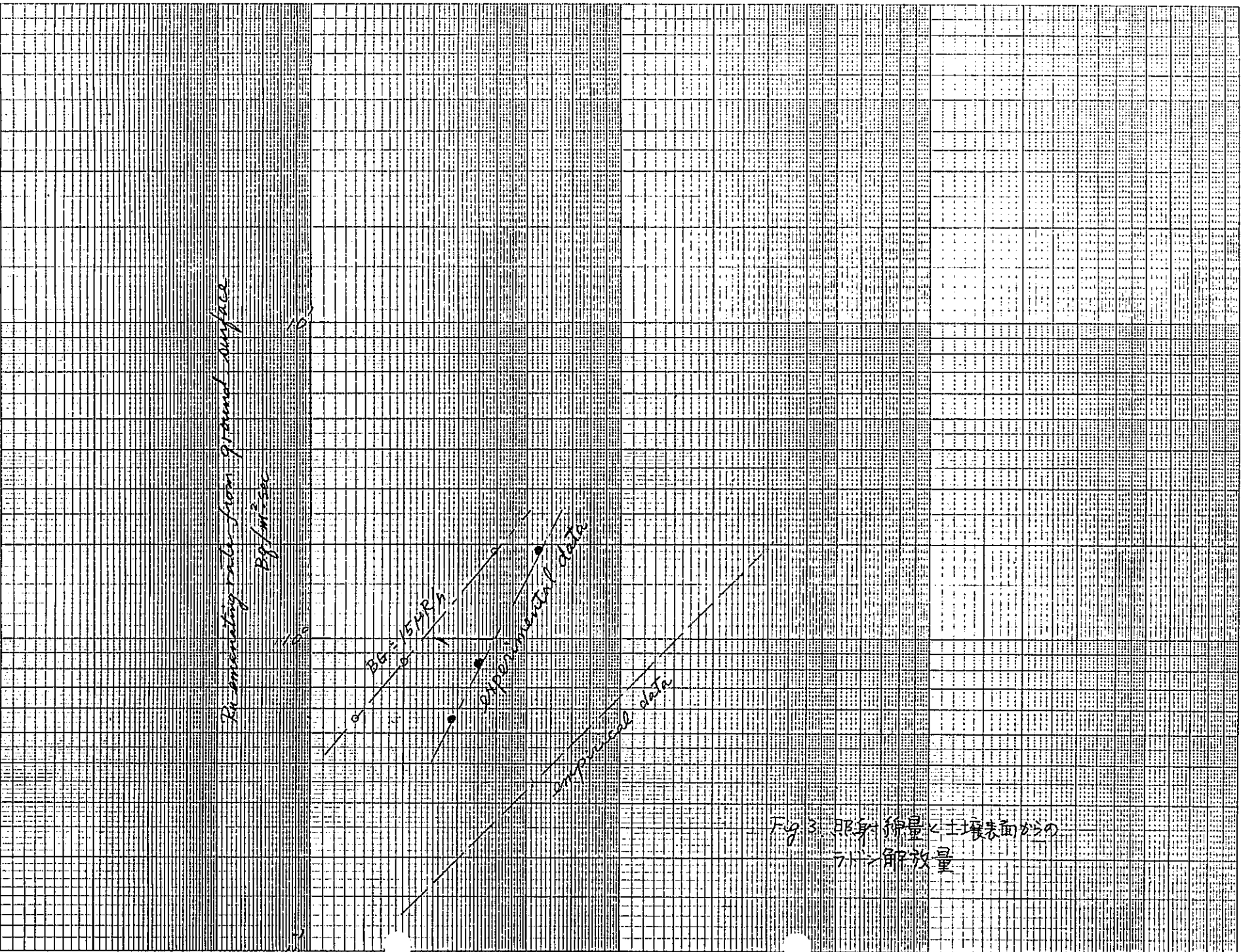


Fig. 3. 照射線量と土壌表面からの
ラドン解放量

第2表 ラドンおよびラドン娘核種濃度 測定結果 . 2-1

◎ 測定場所

DATE

'90.8.29 ~ '90.8.30

岡山県人形峠夜次東側

連続測定 4a1

No.	時間	R a A	R a B	R a C	P A E C	E E C R n	備考 Rn濃度 (Bg/m ³)
		(Bq/m ³)			(mWL)	(Bq/m ³)	
1	9:50	30.57 ± 3.04	3.81 ± 1.17	1.66 ± 0.72	1.56 ± 0.20	5.83 ± 0.73	9:00 145.0
2	10:50	32.23 ± 4.04	3.49 ± 1.05	2.17 ± 0.65	1.61 ± 0.29	6.02 ± 0.78	
3	11:50	49.95 ± 3.84	1.77 ± 1.24	2.46 ± 0.76	1.91 ± 0.22	7.14 ± 0.81	12:00 172.0
4	12:50	6.47 ± 1.43	2.82 ± 0.90	2.22 ± 0.65	0.80 ± 0.15	2.98 ± 0.54	
5	13:50	12.45 ± 1.95	2.94 ± 0.93	1.63 ± 0.62	0.92 ± 0.15	3.45 ± 0.57	
6	14:50	60.79 ± 4.26	10.09 ± 1.70	2.18 ± 1.00	3.33 ± 0.28	12.45 ± 1.65	15:00 234.0
7	15:50	18.18 ± 2.33	1.51 ± 0.90	1.89 ± 0.60	0.91 ± 0.15	3.42 ± 0.57	
8	16:50	21.54 ± 2.54	2.43 ± 0.99	1.58 ± 0.63	1.10 ± 0.17	4.13 ± 0.62	
9	17:50	64.65 ± 4.40	2.80 ± 1.36	1.28 ± 0.75	2.35 ± 0.24	8.77 ± 0.89	18:00 208.0
10	18:50	40.25 ± 3.49	4.17 ± 1.29	1.98 ± 0.78	1.91 ± 0.22	7.16 ± 0.81	
11	19:50	43.91 ± 3.62	0.96 ± 1.18	2.92 ± 0.75	1.67 ± 0.21	6.26 ± 0.77	
12	20:50	88.02 ± 5.10	7.59 ± 1.80	3.56 ± 1.07	3.90 ± 0.31	14.58 ± 1.14	21:00 196.0
13	21:50	22.31 ± 2.57	3.14 ± 0.99	0.87 ± 0.59	1.15 ± 0.7	4.31 ± 0.62	

◎ 測定場所

DATE

'90.8.29 ~ '90.8.30.

岡山県人形峠夜次東側

連続測定 4の2.

No.	時間	R a A	R a B	R a C	P A E C	E E C Rn	備考 Rn 濃度 (Bq/m ³)
		(Bq/m ³)			(mWL)	(Bq/m ³)	
14	22:50	40.69 ± 3.48	0.87 ± 1.15	2.97 ± 0.75	1.58 ± 0.20	5.89 ± 0.75	
15	23:50	95.04 ± 5.33	10.74 ± 1.95	3.43 ± 1.15	4.52 ± 0.33	16.89 ± 1.23	0:00 306.0
16	0:50	42.31 ± 3.57	5.18 ± 1.34	1.71 ± 0.80	2.08 ± 0.23	7.80 ± 0.84	
17	1:50	27.20 ± 2.88	7.02 ± 1.30	1.34 ± 0.79	1.87 ± 0.21	7.00 ± 0.79	
18	2:50	88.89 ± 5.21	15.23 ± 2.11	3.87 ± 1.27	5.00 ± 0.35	18.71 ± 1.31	3:00 268.0
19	3:50	23.95 ± 2.73	3.40 ± 1.23	3.93 ± 0.86	1.55 ± 0.20	5.78 ± 0.77	
20	4:50	162.33 ± 7.11	47.01 ± 3.38	11.59 ± 2.10	12.23 ± 0.55	45.73 ± 2.05	
21	5:50	70.06 ± 4.72	22.82 ± 2.58	15.17 ± 1.79	6.66 ± 0.42	24.91 ± 1.57	6:00 70.8
22	6:50	50.17 ± 3.89	4.91 ± 1.42	2.54 ± 0.87	2.35 ± 0.24	8.80 ± 0.90	
23	7:50	158.96 ± 6.95	21.55 ± 2.58	3.24 ± 1.47	7.79 ± 0.43	29.13 ± 1.61	
24	8:50	17.42 ± 2.32	4.35 ± 1.13	2.43 ± 0.76	1.34 ± 0.19	5.00 ± 0.69	9:00 67.6
25	9:50	31.24 ± 3.07	2.98 ± 1.11	1.43 ± 0.67	1.44 ± 0.19	5.38 ± 0.70	
26	10:50	14.80 ± 2.14	1.3 ± 0.88	2.12 ± 0.61	0.81 ± 0.15	3.04 ± 0.56	

カシオラドン娘核種濃度 測定結果 2-4

◎ 測定場所

DATE

'90. 8. 29 ~ '90. 8. 30

深小渠人形峠夜次西側

連続測定結果 No.1

No.	時間	R a A	R a B	R a C'	P A E C	E E C R n	備考 Rn濃度 (Bq/m ³)
		(Bq/m ³)			(mWL)	(Bq/m ³)	
1	9:50	13.50 ± 2.31	4.91 ± 0.73	2.01 ± 0.49	0.85 ± 0.13	3.17 ± 0.49	9:00 28.9
2	10:50	17.90 ± 2.19	2.19 ± 0.99	3.11 ± 0.70	1.13 ± 0.17	4.23 ± 0.64	
3	11:50	8.21 ± 2.01	3.16 ± 0.79	2.13 ± 0.55	0.88 ± 0.25	3.29 ± 0.93	12:00 27.6
4	12:50	3.66 ± 1.44	1.98 ± 0.69	2.35 ± 0.52	0.62 ± 0.26	2.32 ± 0.97	
5	13:50	±	±	±	±	±	
6	14:50	17.72 ± 2.63	2.97 ± 0.87	2.11 ± 0.58	1.12 ± 0.26	4.19 ± 0.97	15:00 79.8
7	15:50	28.96 ± 3.36	5.21 ± 0.94	0.97 ± 0.51	1.63 ± 0.17	6.10 ± 0.64	
8	16:50	6.98 ± 1.87	1.86 ± 0.71	2.17 ± 0.51	0.67 ± 0.25	2.51 ± 0.93	
9	17:50	24.16 ± 3.71	3.81 ± 0.92	0.68 ± 0.53	1.28 ± 0.18	4.79 ± 0.67	18:00 95.7
10	18:50	72.76 ± 6.18	6.09 ± 1.39	1.18 ± 0.76	3.02 ± 0.29	11.29 ± 1.08	
11	19:50	9.29 ± 2.02	0.35 ± 0.57	1.55 ± 0.44	0.47 ± 0.19	1.76 ± 0.71	
12	20:50	48.47 ± 5.08	5.08 ± 1.23	2.29 ± 0.73	2.30 ± 0.32	8.60 ± 1.20	21:00 60.5
13	21:50	4.73 ± 1.58	2.01 ± 0.61	0.96 ± 0.41	0.52 ± 0.14	1.94 ± 0.52	

カシオラドン核種濃度 測定結果 2-5

◎ 測定場所

DATE

'90.8.29 ~ '90.8.30

岡山県人形峠夜次西側

連続測定結果 4.2

No.	時間	R a A	R a B	R a C'	P A E C	E E C R n	備考 Rn 濃度 (Bq/m ³)
		(Bq/m ³)			(mWL)	(Bq/m ³)	
14	22:50	7.75 ± 1.85	1.19 ± 0.63	1.63 ± 0.45	0.55 ± 0.19	2.06 ± 0.71	
15	23:50	27.83 ± 3.41	3.17 ± 0.97	2.17 ± 0.62	1.45 ± 0.28	5.42 ± 1.05	0:00 110.0
16	0:50	10.62 ± 2.25	1.62 ± 0.69	1.55 ± 0.47	0.68 ± 0.19	2.54 ± 0.71	
17	1:50	17.78 ± 2.85	2.34 ± 0.83	1.78 ± 0.54	1.01 ± 0.23	3.78 ± 0.86	
18	2:50	±	±	±	±	±	3:00 120.0
19	3:50	439.59 ± 15.31	82.86 ± 4.12	15.96 ± 2.40	25.46 ± 1.78	95.21 ± 6.66	
20	4:50	415.26 ± 14.03	58.63 ± 3.79	22.69 ± 2.29	22.13 ± 2.40	82.76 ± 8.98	
21	5:50	217.78 ± 10.17	40.14 ± 3.02	19.01 ± 1.91	13.62 ± 2.00	50.93 ± 7.48	6:00 407.0
22	6:50	25.00 ± 3.70	3.15 ± 0.98	2.54 ± 0.63	1.40 ± 0.31	5.24 ± 1.16	
23	7:50	38.19 ± 4.29	4.88 ± 1.15	3.08 ± 0.73	2.07 ± 0.37	7.74 ± 1.38	
24	8:50	11.18 ± 2.41	2.49 ± 0.78	2.19 ± 0.54	0.88 ± 0.26	3.29 ± 0.97	9:00 57.7
25	9:50	10.37 ± 2.06	2.27 ± 0.78	2.64 ± 0.56	0.87 ± 0.30	3.25 ± 1.12	
26	10:50	10.42 ± 2.29	1.5, ± 0.73	2.34 ± 0.53	0.75 ± 0.17	2.80 ± 1.01	

◎ 測定場所

DATE

'90.8.29 ~ '90.8.30

岡山県人形峠夜次西側

連続測定結果 493.

No.	時間	R a A	R a B	R a C	P A E C	E E C R n	備考 Ra濃度 (Bq/m ³)
		(Bq/m ³)			(mWL)	(Bq/m ³)	
27	11:50	8.84 ± 2.24	2.82 ± 0.78	1.90 ± 0.54	0.83 ± 0.23	3.10 ± 0.86	12:00 87.1
28	12:50	8.63 ± 1.88	2.65 ± 0.75	1.86 ± 0.52	0.80 ± 0.22	2.99 ± 0.82	
29	13:50	±	±	±	±	±	
30	14:50	47.69 ± 4.95	7.99 ± 1.44	5.39 ± 0.94	3.00 ± 0.60	11.22 ± 2.24	15:00 190.0
	:	±	±	±	±	±	
夜次露天場 5	8/29 13:50	4.92 ±	2.80 ±	2.80 ±	0.81 ±	±	夜次露天場 北端
28	8/30 02:50	2.73 ±	1.37 ±	1.91 ±	0.46 ±	±	"
29	8/30 13:50	1.83 ±	2.24 ±	2.02 ±	0.56 ±	±	"
	:	±	±	±	±	±	
	:	±	±	±	±	±	
	:	±	±	±	±	±	
	:	±	±	±	±	±	
	:	±	±	±	±	±	

測定

'90.8.29 ~ '90.8.30

◎測定場所

人形峠 夜次

◎TIME TABLE

Ts-Tw1-Tm1-Tw2-Tm2-Tw3-Tm3

5-2-10-1-12-1-15

No.	時間	天候	気温 (°C)			気圧 (mmHg)	湿度 (%)	風向	風速 (m/s)
			21.5	23.5	23.0				
1	9:50	晴	21.5	23.5	23.0	705.0		WS	1.5
2	10:50	晴	27.5	26.5	26.0	704.3		WS	1.0
3	11:50	<曇り	23.0	24.0	23.5	704.3		WS	1.0
4	12:50	<曇り	25.0	25.0	24.5	704.0		WN	1.3
5	13:50	<曇り	25.5	25.5	25.0	703.7		WN	1.5
6	14:50	<曇り	22.5	24.0	23.5	703.8		WN~WS S~E	1.0
7	15:50	<曇り	23.5	24.3	24.5	702.9		WWN	1.0
8	16:50	晴	22.6	23.7	23.5	702.6		WN	1.0
9	17:50	<曇り	22.0	23.0	22.7	702.9		NW, SW	1.0
10	18:50	<曇り	21.0	22.0	22.0	703.1		W	1.0
11	19:50	<曇り	22.0	22.5	22.5	704.0		W	1.0
12	20:50	<曇り	21.0	23.0	22.0	704.5		NW, SW	0.7
13	21:50	晴	20.5	22.0	22.0	703.9		W	1.0
14	22:50	<曇り	20.5	21.7	21.5	703.6		SW	1.0
15	23:50	雨	20.0	21.0	21.0	702.9		W	0.5
16	0:50	<曇り	20.5	22.0	22.0	703.0		W, NW	1.0
17	1:50	<曇り	21.0	22.0	21.5	702.5		SW	0.5
18	2:50	<曇り	20.0	21.5	21.0	702.0		NW	0.5
19	3:50	<曇り	20.0	21.5	21.0	702.0		NW, 上昇	0.5
20	4:50	<曇り	20.5	21.0	21.0	703.0		上昇	0.3
21	5:50	<曇り	20.0	21.0	21.0	702.8		NW	0.3
22	6:50	<曇り	20.5	21.5	21.0	703.0		NW	1.0
23	7:50	<曇り	21.5	22.5	22.5	703.0		上昇	0.3
24	8:50	<曇り	24.5	25.2	25.0	703.5		NW	1.0

◎測定場所

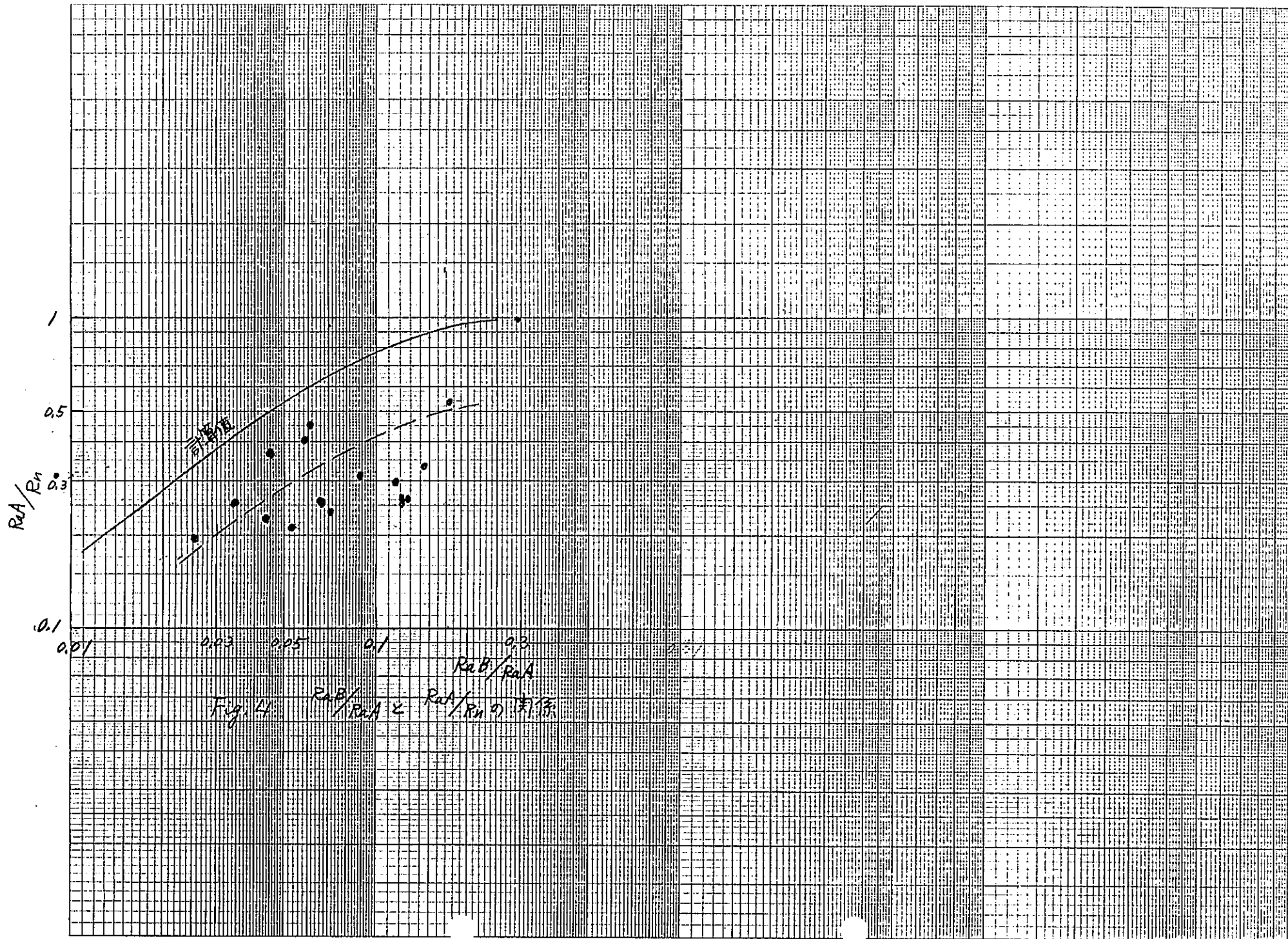
人形峠 夜次

◎TIME TABLE

Ts-Tw1-Tm1-Tw2-Tm2-Tw3-Tm3

5-2-10-1-12-1-15

No.	時間	天候	気温 (℃)			気圧 (mmHg)	湿度 (%)	風向	風速 (m/s)
25	9:50	<曇り	25.0	25.0	25.0	702.5		W WNW	1.0
26	10:50	晴	28.0	27.3	27.0	702.1		NW	1.0
27	11:50	晴	32.0	30.5	30.3	701.5		NNW	1.5
28	12:50	晴	32.0	31.5	31.0	701.0		W	1.0
29	13:50	晴	33.0	30.0	28.0	700.8		WNW	1.0
30	14:50	<曇り	26.0	26.0	26.0	700.0		NW	0.5
			8 cm	108 cm	178 cm				



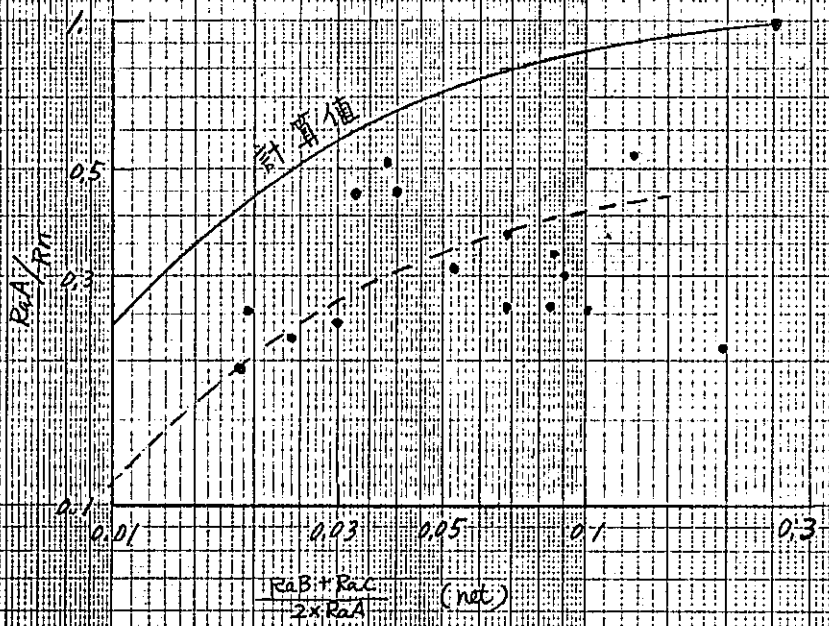


Fig. 5 $\frac{RaB+RaC}{2 \times RaA}$ (net conc.) と RaA/Rn の関係

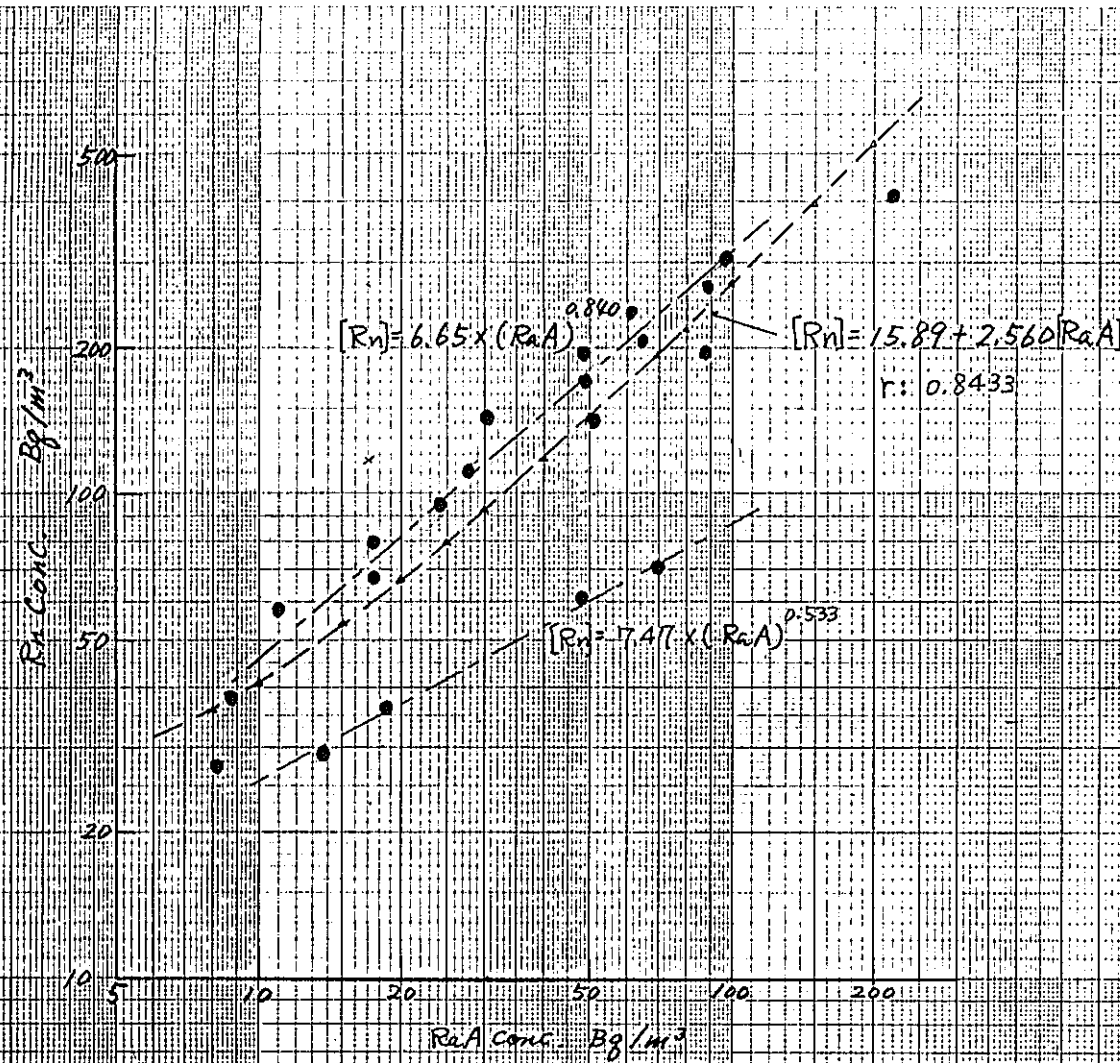


Fig. 6. RaAとRn濃度の関係

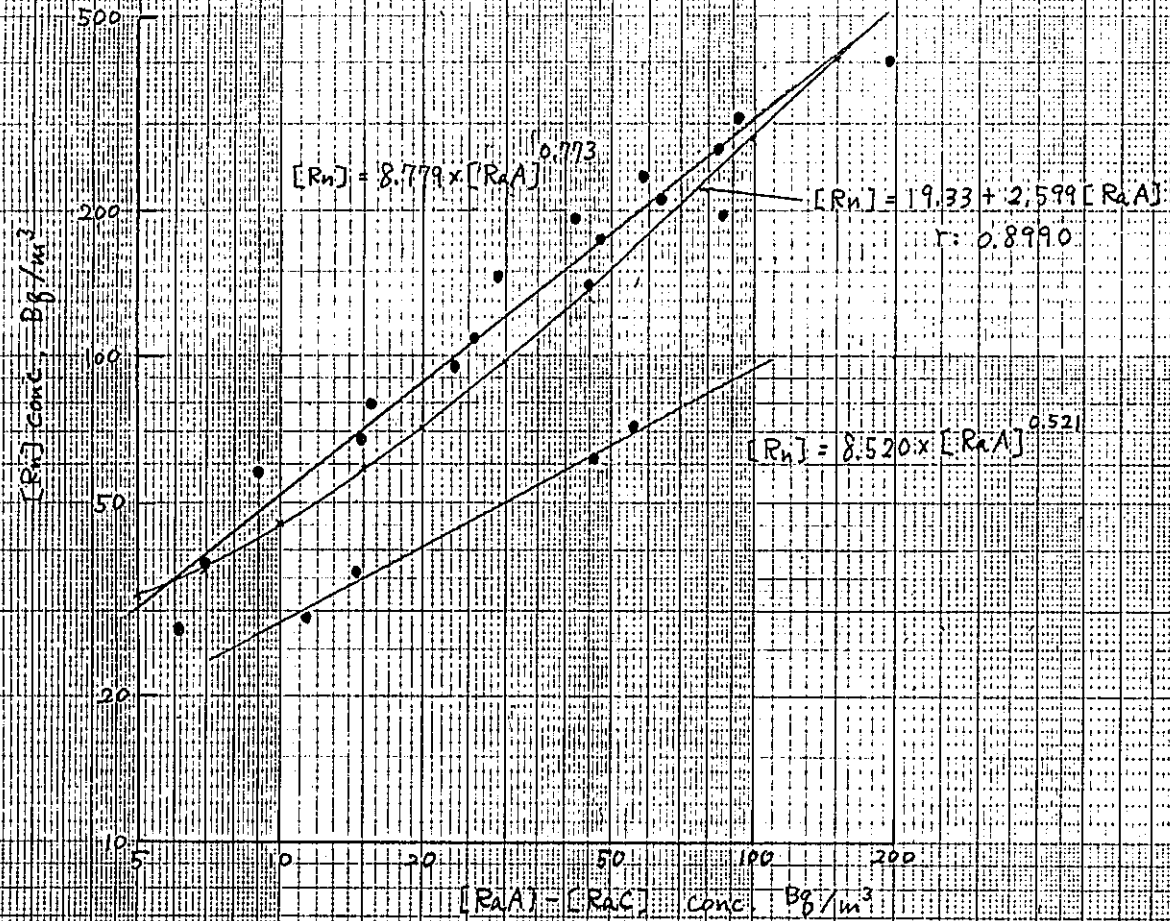


Fig. 7 [RaA]-[RaC]濃度とRn濃度の関係

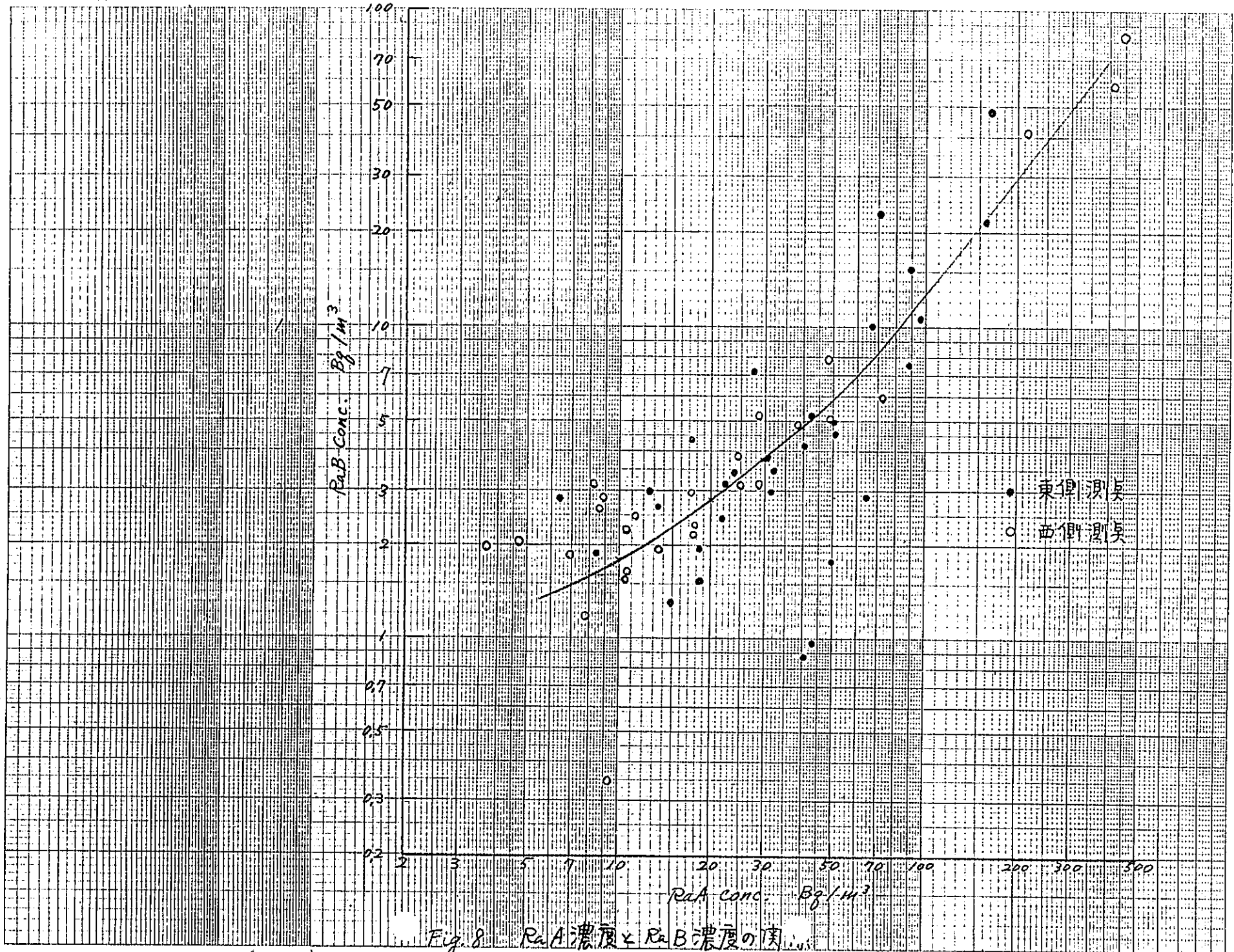


Fig. 8 RaA濃度とRaB濃度の関係

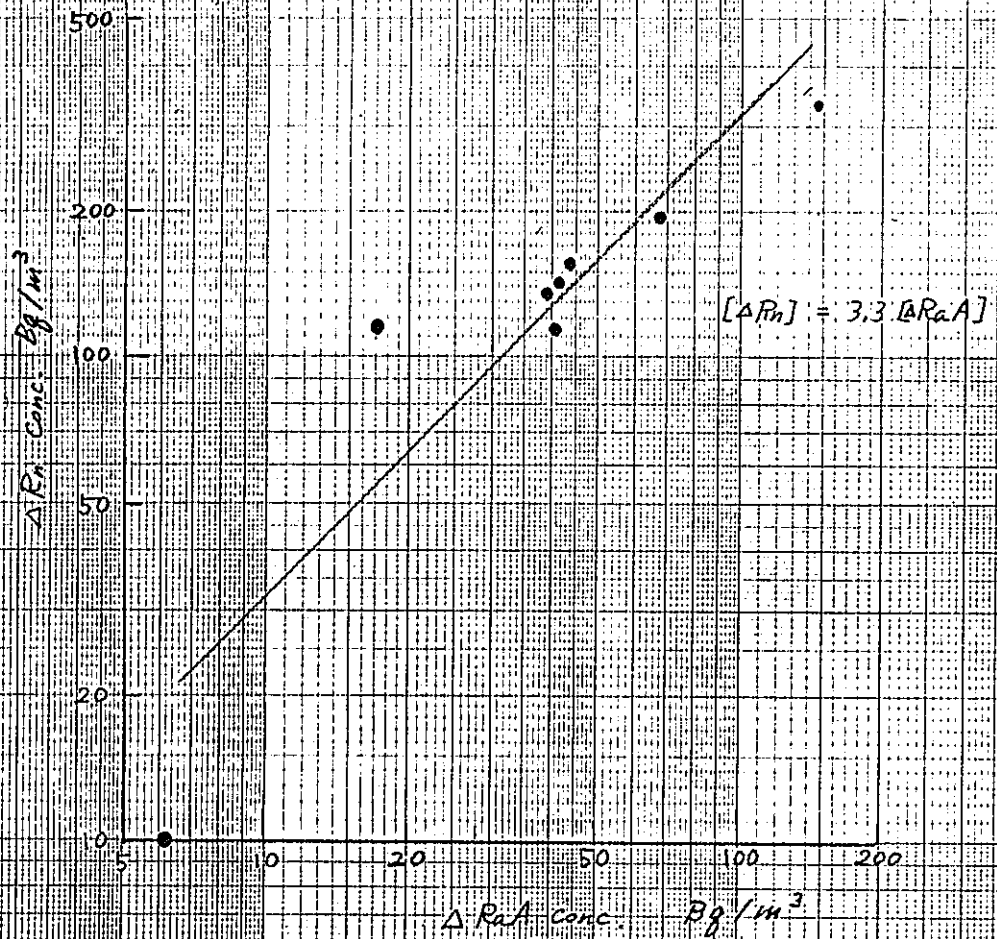
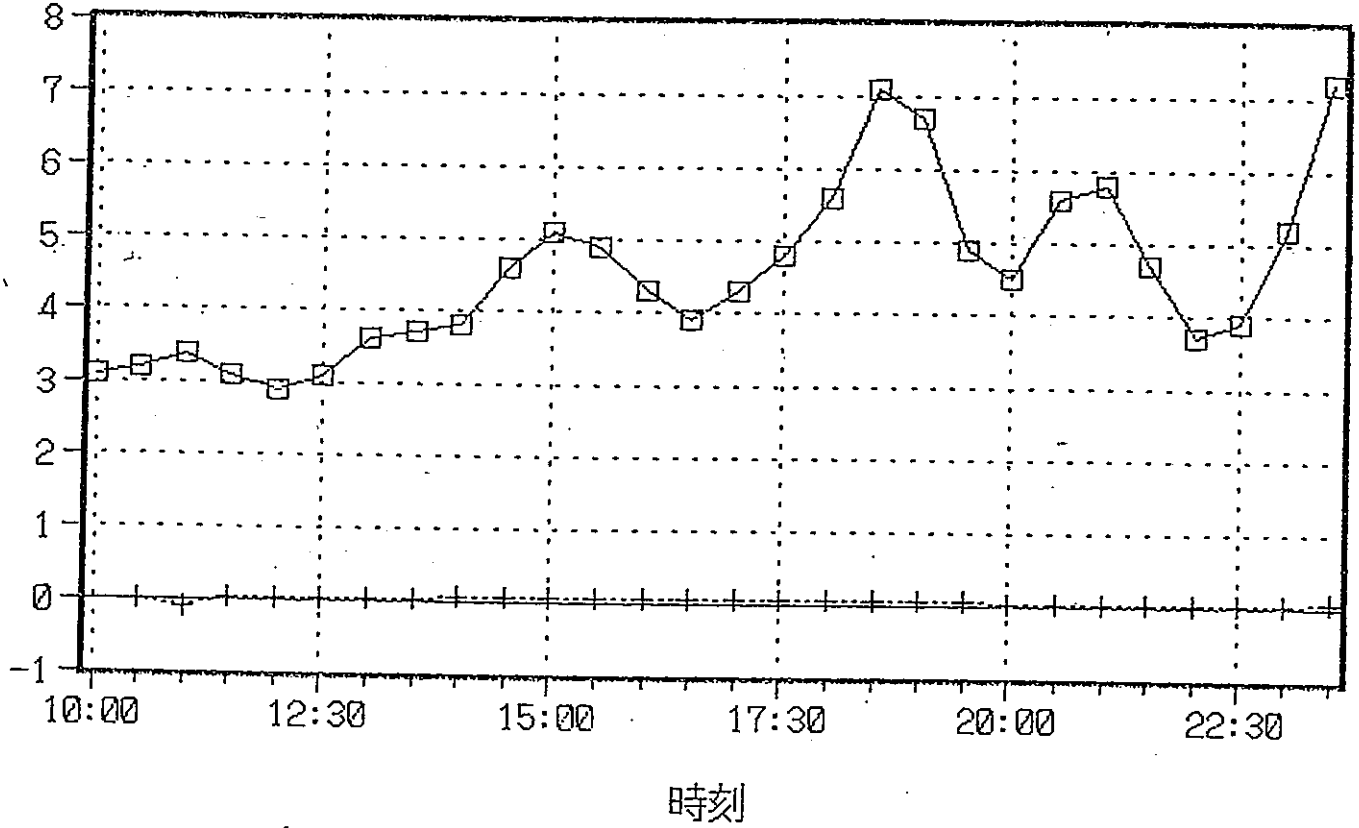


Fig. 9 2測定点間の RaA 濃度差 Rn 濃度差の関係

平衡等価濃度
90. 8/29

濃度
Bq/m³



□ 平衡等価Rn濃度 + 平衡等価Tn濃度

Fig. 10-1, 平衡等価ラドンおよびトリウム濃度

平衡等価濃度
'90. 8/30

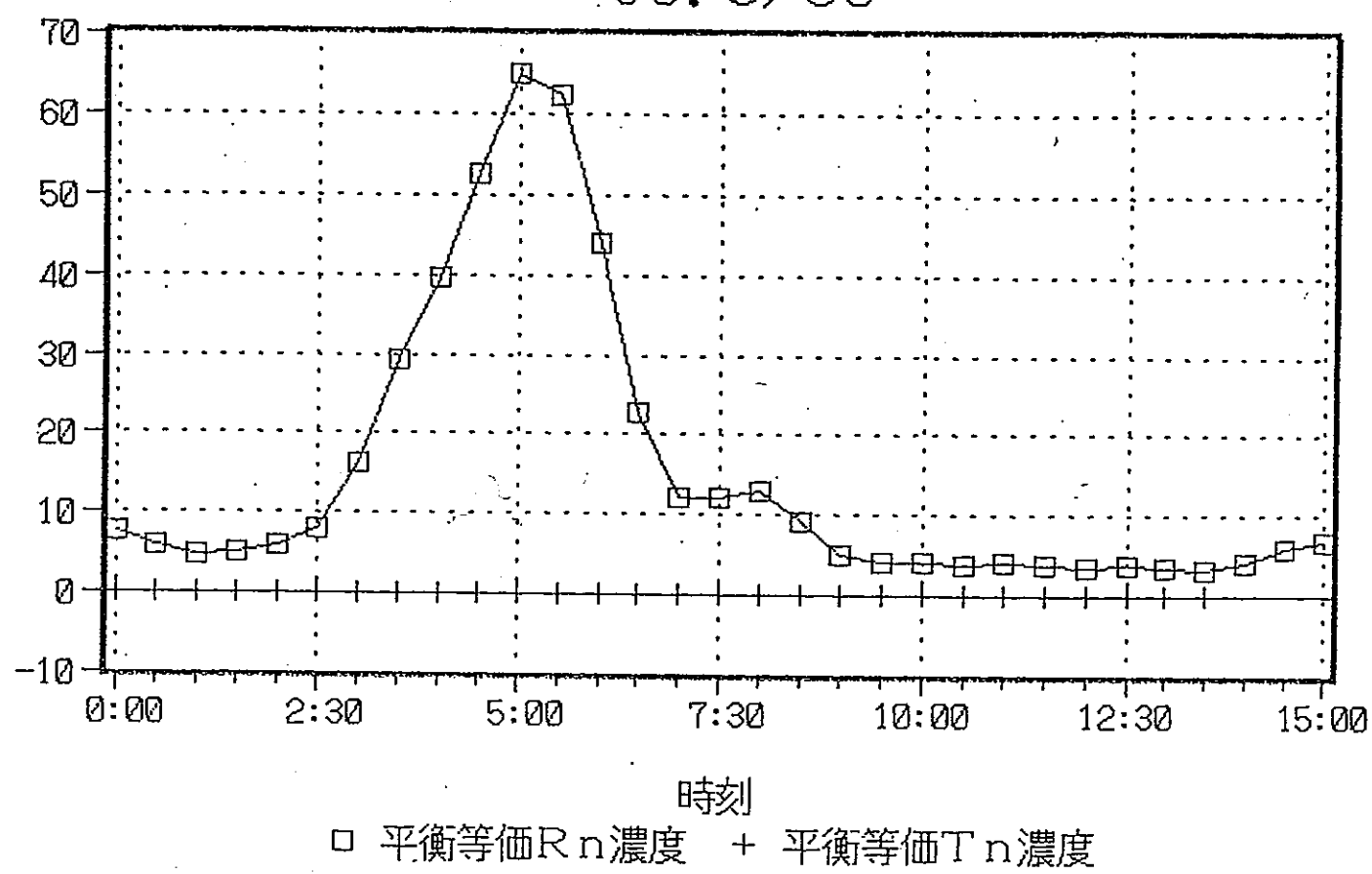
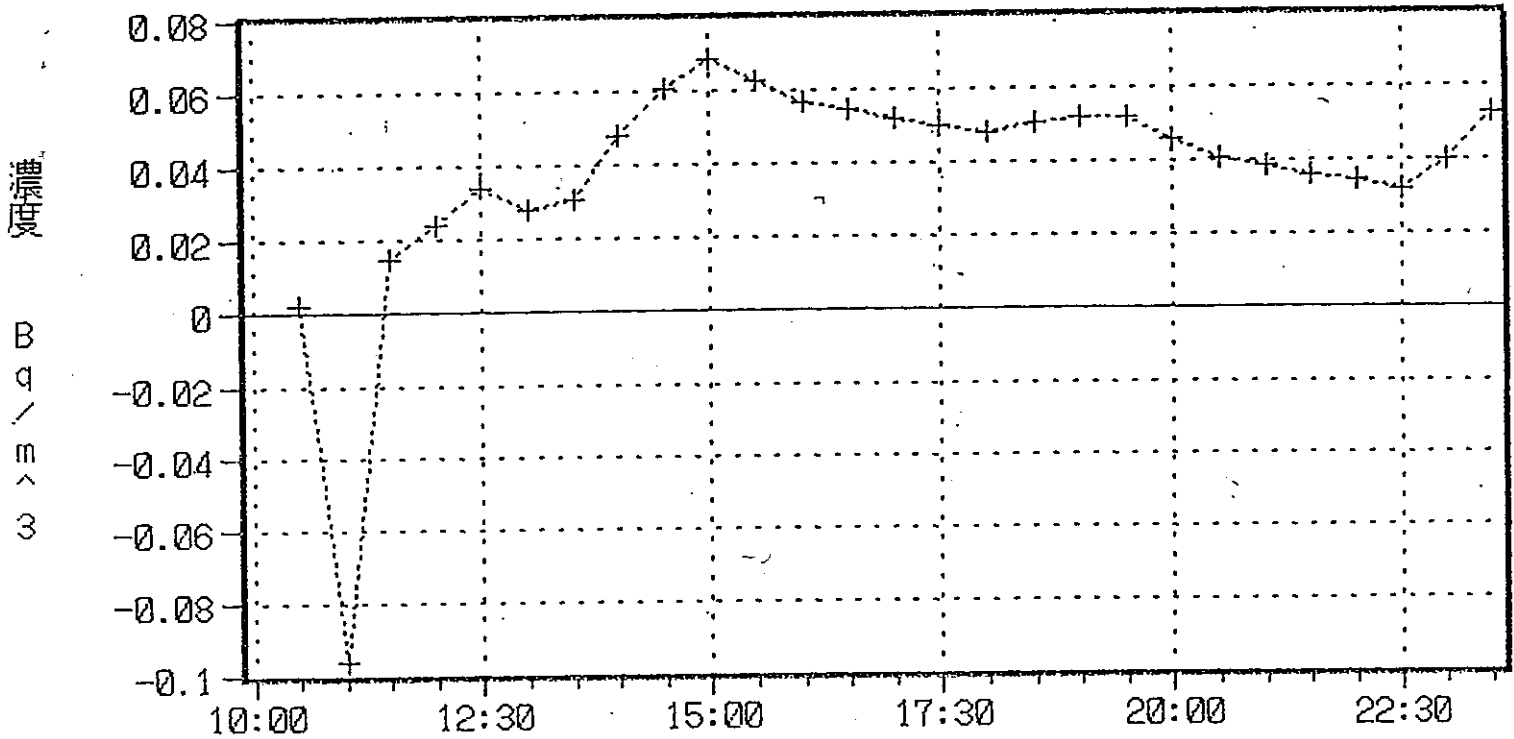


Fig. 10-2 平衡等価ラドン・トロン濃度

平衡等価Tn濃度
' 90. 8/29



時刻
+ 平衡等価Tn濃度

Fig 10-3 平衡等価Tn濃度

平衡等価Tn濃度
' 90. 8/30

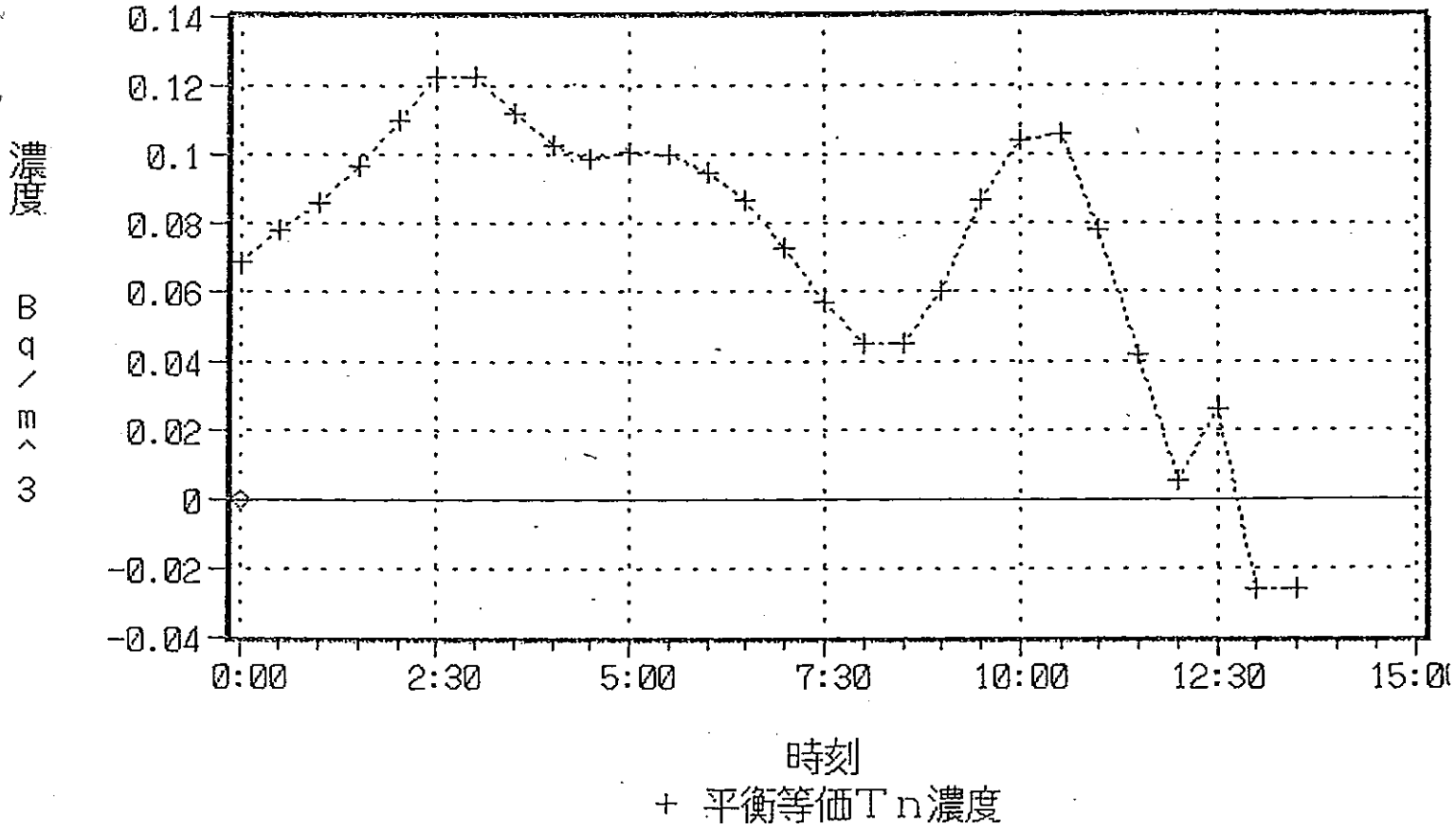


Fig.10-4 平衡等価トロン濃度