

大気浮遊塵中の全 α 放射能濃度と土壤水分，地中温度との関係

片岡敏夫，小川 登，清水光郎，森上嘉亮，畑 陽介（放射能科）

【資 料】

大気浮遊塵中の全 α 放射能濃度と土壤水分、地中温度との関係

Relation between gross α activity concentration and soil moisture, soil temperature

片岡敏夫, 小川 登, 清水光郎, 森上嘉亮, 畑 陽介 (放射能科)

Toshio Kataoka, Noboru Ogawa, Mitsuo Shimizu, Yoshiaki Morikami, Yousuke Hata
(Department of Environmental Radiation)

要 旨

人形峠周辺の放射線監視において、大気中に放出されるウランを監視するため、大気浮遊塵中全 α 放射能濃度（主にトロンの子孫核種の寄与）を測定している。土壤水分及び地中温度が大気浮遊塵中全 α 放射能濃度へ与える影響を検討するため、2003年度から10年間3観測局において地表面近傍の土壤水分と地中温度の測定を行った。測定結果の検討から、土壤水分が多い場合に全 α 放射能濃度は低く測定される傾向があり、過去の研究報告と整合していることがわかった。一方、全 α 放射能濃度と地中温度の間には相関関係が認められなかった。

[キーワード：全 α 放射能濃度, 土壤水分, 地中温度, 降水, 大気安定度]

[Keywords : Gross α activity concentration, Soil moisture, Soil temperature, Precipitation, Atmospheric stability]

1 はじめに

人形峠周辺の放射線監視において、大気中に放出されるウランを監視するため、大気浮遊塵中全 α 放射能濃度（以下「全 α 放射能濃度」と記す）を測定している。バックグラウンドとして測定される全 α 放射能は、主に地表面から供給されるトロン（ ^{220}Rn ）の崩壊生成物（子孫核種）によるものである¹⁾。

地表面薄層の土壤状態（土壤水分及び地中温度）が地表面から大気中へのトロンの供給量を変動させるといわれており²⁾、その変動が全 α 放射能濃度に与える影響を検討するため2003年度から2012年度までの10年間、人形峠観測局、赤和瀬観測局、天王観測局の3観測局（図1）において、地下20cmの土壤水分と地下15cmの地中温度の測定を行ない、それらと全 α 放射能濃度の関係についてとりまとめたので報告する。

2 測定方法及び測定条件

全 α 放射能濃度の測定は、富士電機(株)製NAD23803型を使用して大気浮遊塵を流速約250N m^3/min で3時間濾紙HE-40T上に捕集し、捕集終了後7時間経過した後、50mm ϕ のZnS (Ag) シンチレーション検出器により α 線を測定している。測定方法の詳細については、柚木他³⁾に記述されている。

土壤水分の測定は、Macaulay土地利用研究所とDelta-T Devices社が共同開発したプロファイルプローブPR1型（電磁波の反射の測定により評価された土壤誘電率を土壤含水

量に変換）を使用した。この報告では、土壤水分は体積含水率（%）⁴⁾で表す。地中温度の測定は、(株)池田計器製作所製PT-100G型（測定された白金測温抵抗体の抵抗値を温度に変換）を使用した。それらの測定条件を以下に示す。

土壤水分 深さ：20cm（土壤水分1）及び100cm（土壤水分2）

地中温度 深さ：15cm（地中温度1）及び40cm（地中温度2）

3観測局とも、降水等による土壤の流出を防ぐため、地表面は砂利（バラス）である。人形峠観測局及び赤和瀬観測局では地表面から深さ約40cmまではバラス、天王観測局



図1 観測局の配置

では10cm厚のバラスの下に5cm厚の真砂土（花崗岩風化土壌）、その下はいずれの観測局も黒ボク様の土であるという圃場の制約がある。本来ならば周辺土壌と同一の環境で地表面薄層の測定を行うことが望ましい²⁾が、定性的傾向を知るために上記条件下で測定を行った。

このとりまとめにあたって、土壌水分2及び地中温度2は参考として測定しているのので、以下の解析は土壌水分1及び地中温度1の測定データのみを使用しそれぞれ土壌水分及び地中温度と表記する。

また、気象データについては、赤和瀬観測局に設置されている気象観測機器による観測結果を用いた。降水については、降水量が0.5mm未満の場合感雨によって降水の有無を評価した。

3 結果及び考察

2003年度から2012年度の10年間の3観測局の全 α 放射能濃度、土壌水分及び地中温度（各年平均値）の経年変化を図2に示す。全 α 放射能濃度は2006年度と2008年度に3観測局とも高い傾向が見られた。しかし、土壌水分と地中温度はこのような傾向は見られなかった。地中温度は3観測局とも年度によるレベルの変動はほとんどみられなかった。土壌水分については、人形峠観測局の測定値はやや安定している（10年間で約10%上昇）が、赤和瀬観測局（10

年間で約80%上昇）及び天王観測局（10年間で約20%変動）は測定値が不安定であった。不安定の原因は、主として土壌水分計の経年劣化が考えられる。また、3観測局で土壌水分が異なるのは、地下水面の深さや設置状況等に起因すると考えられる。

土壌水分が3観測局とも比較的安定している2005年度の前後を含めた3年間と最近の3年間の人形峠局における全 α 放射能濃度と土壌水分（各時間値）の関係を年度別に図3に示す。各年とも類似したパターンを示しているのので、単年度の解析で十分と考えられる。

以下、設置時近辺で3観測局とも土壌水分の測定値が比較的安定している2005年度について記述する。

2005年度の全 α 放射能濃度、土壌水分及び地中温度（各月平均値）の年変化を図4に示す。全 α 放射能濃度（月平均）については、人形峠観測局では6月にピークがあり8月～11月はやや高くなっており、赤和瀬観測局では5月、8月、11月にピークがあり、天王局では6月と11月にピークがある。このピークの現れる月は毎年変わっている。土壌水分（月平均）については、3局でレベルの差はあるが、各観測局ともおおむね1年を通じて同レベルで推移している。地中温度（月平均）については、いずれの観測局も夏高く冬低い傾向を示している。

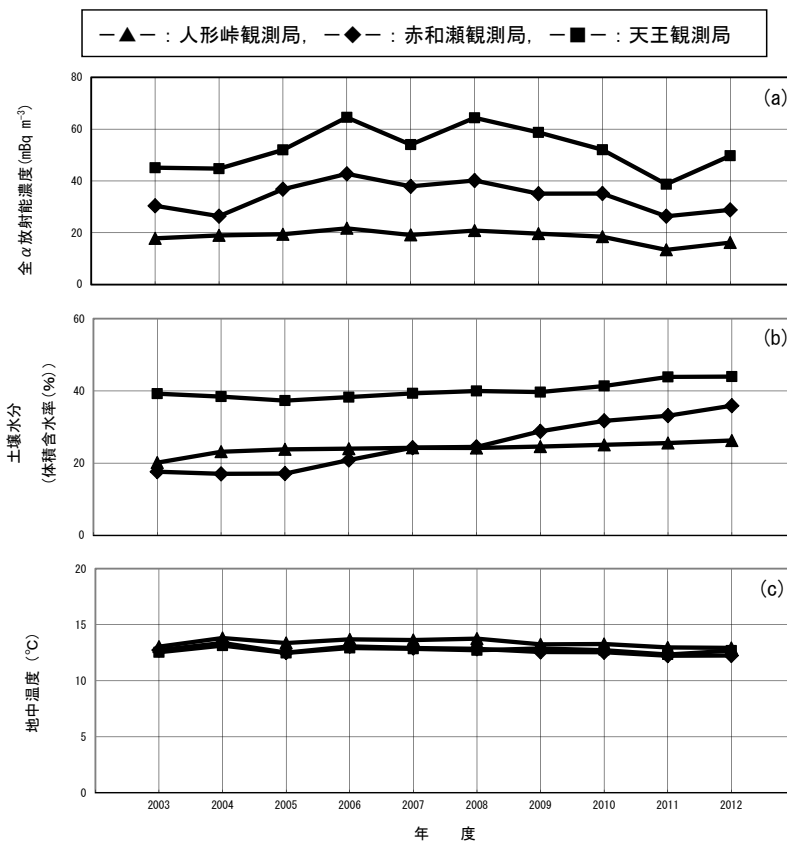


図2 全 α 放射能濃度、土壌水分及び地中温度（各年平均値）の経年変化
(a)：全 α 放射能濃度、(b)：土壌水分、(c)：地中温度

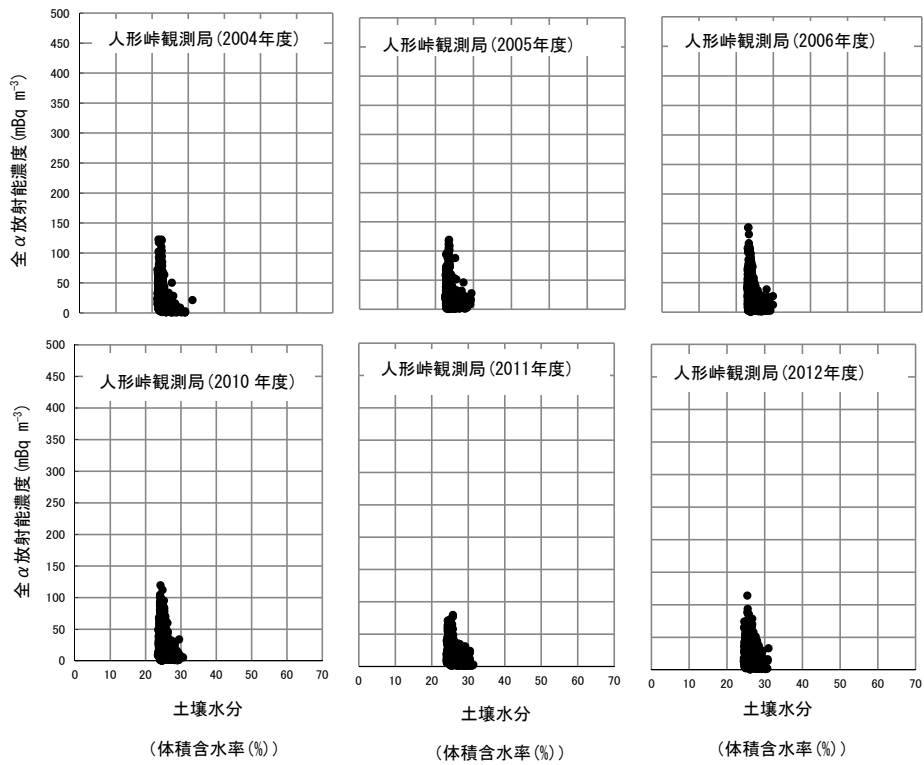


図3 人形峠観測局の全α放射能濃度と土壌水分（各時間値）の関係（年度別）

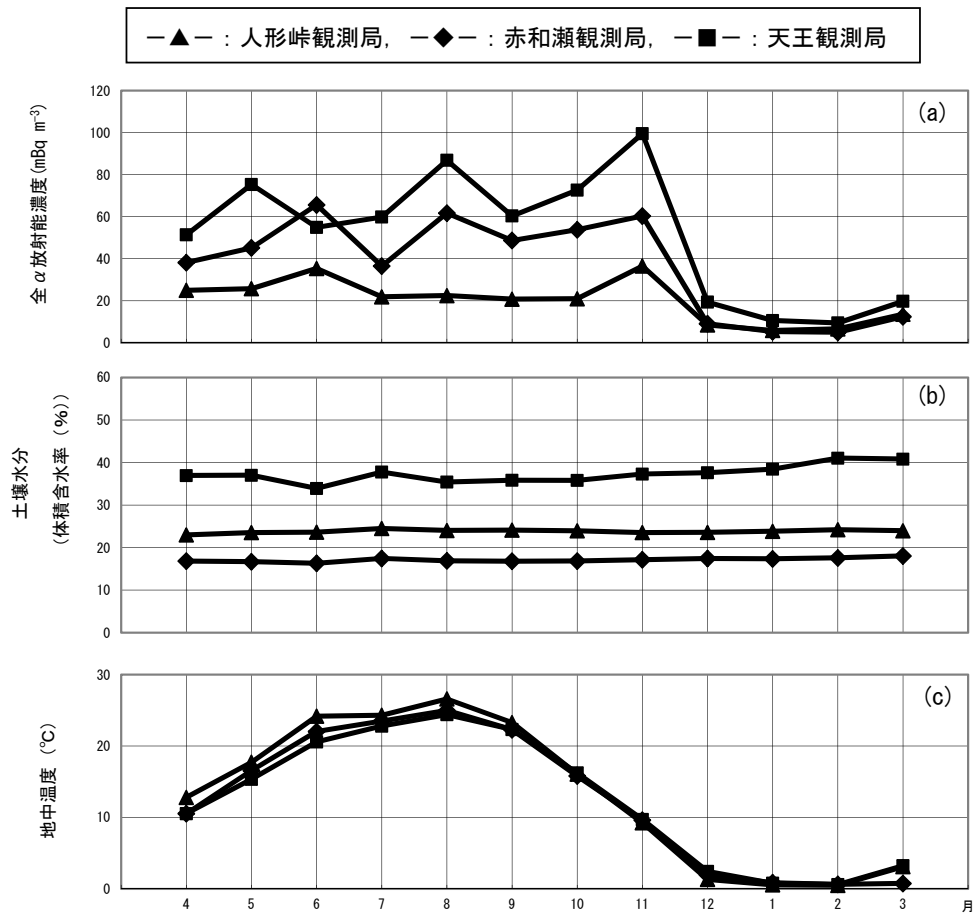


図4 全α放射能濃度，土壌水分及び地中温度(各月平均値)の年変化グラフ（2005年度）
(a)：全α放射能濃度，(b)：土壌水分，(c)：地中温度。

より短期間の変動を見ると、降水と土壌水分、全 α 放射能濃度の関係がわかりやすい。降水が無い場合に全 α 放射能濃度の変動幅が大きく、降水があり土壌水分が多くなった場合にその変動幅が小さい傾向があることが分かる具体例として、図5に2005年9月1日から9月7日までの赤和

瀬観測局の全 α 放射能濃度、大気安定度、降水量、土壌水分及び地中温度（各時間値）の経時変化を示す。全 α 放射能濃度は大気が不安定の場合低濃度となり安定の場合高濃度となる^{5, 6)}が、9月3日の降水直後の夜間は大気安定度E（安定¹⁰⁾であるが降水による減少が回復しつつある時で

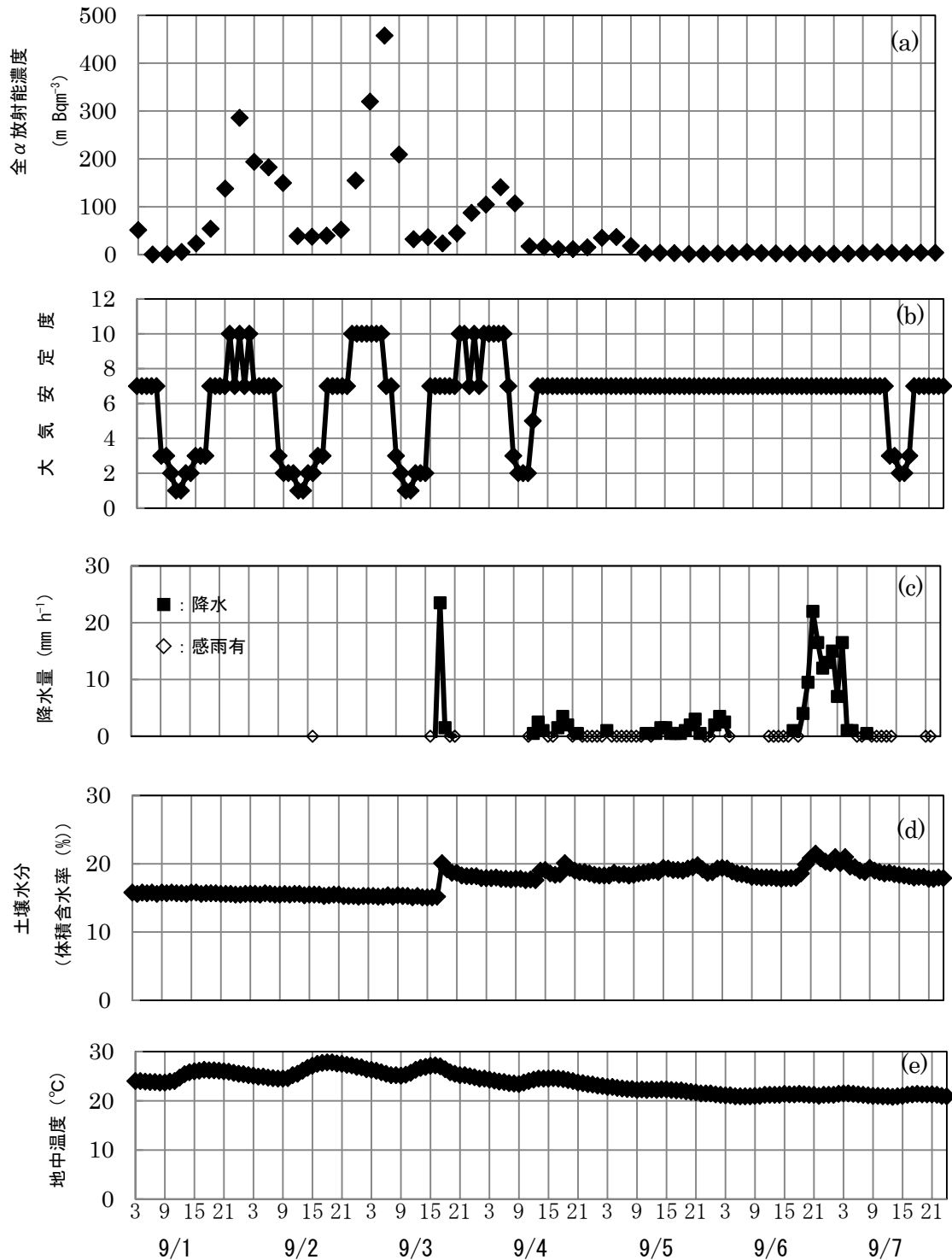


図5 赤和瀬観測局の全 α 放射能濃度、大気安定度、降水量、土壌水分及び地中温度（各時間値）の時間変動（2005年9月1日～9月7日）(a) 全 α 放射能濃度、(b) 大気安定度(1:A, 2:A-B, 3:B, 4:B-C, 5:C, 6:C-D, 7:D, 8:E, 9:F, 10:G)、(c) 降水量、(d) 土壌水分、(e) 地中温度

あり、9月4日から7日の明け方にかけての夜間は大気安定度D（中立¹⁰）でかつ降水があり（9月4日の夜間は降水後感雨があるため降水とする）、それぞれの夜間で濃度が上昇しておらず、降水の影響がある場合は夜間でも濃度が高くないという報告^{6, 7}と一致している。

全 α 放射能濃度は12月から3月にかけて低い値で推移しているが、これは地表面から出たトロンが短い半減期により積雪の中で崩壊してしまうため、その大気中への放出量が減少することによる⁷と考えられる。従って、これ以後は積雪のない5月から11月までのデータを用いて解析した。また、この期間の土壤水分の体積含水率の上昇は全て降水時に起こっているので、これ以後体積含水率が高い場合は降水時として取り扱う。

2005年度の全 α 放射能濃度、土壤水分及び地中温度（各月平均値）の季節別（夏（6月～8月）、秋（9月～11月））における日変化を図6に示す。全 α 放射能濃度は昼間に低く夜間に高い傾向を示し、3観測局とも夏及び秋ともにほぼ同レベルで推移している。土壤水分は、3観測局

でレベルの差はあるが、ほとんど変動が認められない。地中温度は、3観測局でレベルの差が若干あるが、各観測局とも昼間に上昇し夜間に低下しており、日射の影響で変動している⁸。

2005年度の全 α 放射能濃度と地中温度（各時間値）の関係を図7に示す。これらの間には相関関係が認められない。

2005年度の全 α 放射能濃度と土壤水分（各時間値）の関係を図8に示す。全 α 放射能濃度は土壤水分の少ない非降水時には全 α 放射能濃度は低濃度から高濃度まで分布するが、降水時及びその直後の土壤水分が多い場合には低い濃度に集まる傾向があり、特に天王観測局で顕著である。これは、降水時及びその直後には、土壤からの²²⁰Rnの散逸率が²²²Rn同様減少すること^{7, 9}、washoutによりトロン子孫核種が大気中から除去されること⁷及び降水中の大気安定度はDの状態即ち中立¹⁰が多くトロン子孫核種が地表面近傍に集まらないことが考えられる、というこれまでの研究と整合的である。

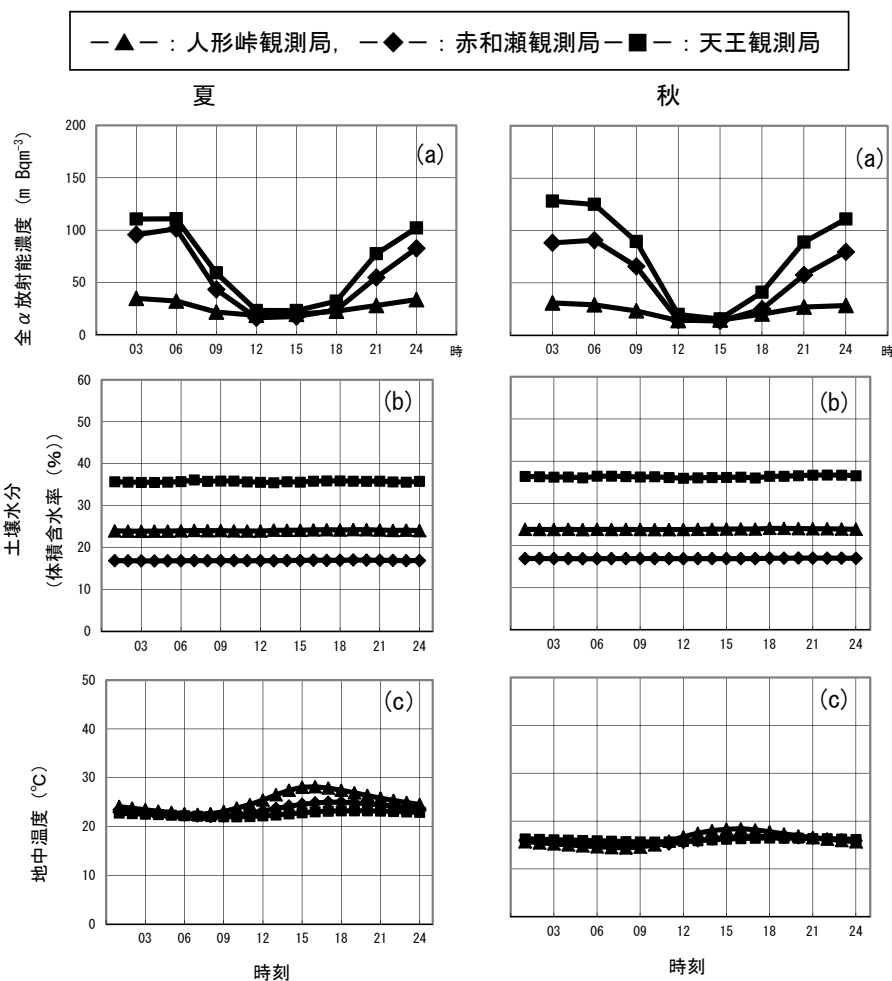


図6 全 α 放射能濃度、土壤水分及び地中温度（各月平均値）の季節別（夏、秋）日変化（2005年度）。(a)：全 α 放射能濃度、(b)：土壤水分、(c)：地中温度

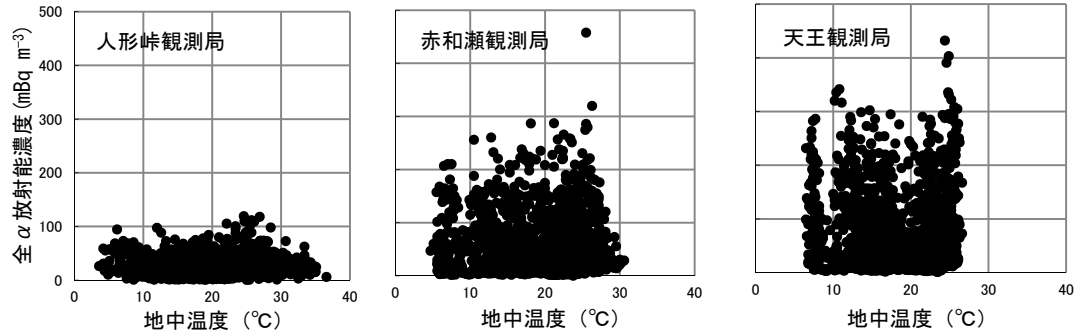


図7 全 α 放射能濃度と地中温度（各時間値）の関係（2005年度）

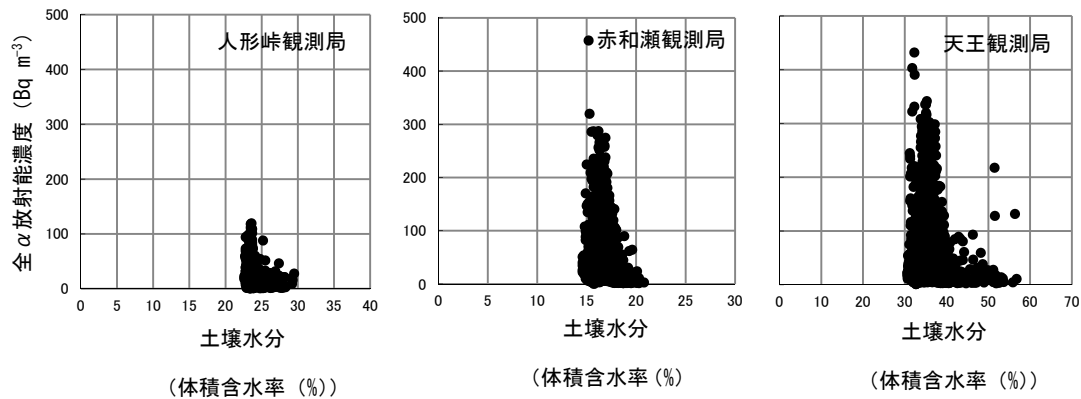


図8 全 α 放射能濃度と土壌水分（各時間値）の関係（2005年度）

4 まとめ

以上のことから次のことが明らかとなった。

- 1) 全 α 放射能濃度は、無降水などの土壌水分の少ない場合には低濃度から高濃度まで分布するが、降水時及びその直後などの土壌水分が多い場合には、土壤からの ^{220}Rn の散逸率の減少、washoutによる大気中のトロン子孫核種の除去、大気安定度が中立的な場合が多いこと等のため、低濃度に集まる傾向がある。
- 2) 全 α 放射能濃度と地中温度には相関関係が認められなかった。

文献

- 1) 柚木英二, 片岡敏夫, 道広憲秀, 杉山広和: 全アルファ放射能濃度の原因核種, 岡山県環境保健センター年報, 9, 285-286, 1985
- 2) K. Megumi and T. Mamuro: Radon and Thoron Exhalation from the Ground, J. Geophys. Res. 78, 1804-1808, 1973
- 3) 柚木英二, 片岡敏夫, 道広憲秀, 杉山広和: 人形峠周辺の全アルファ放射能濃度の変動原因について, 岡山県環境保健センター年報, 9, 189-195, 1985

- 4) 土壤物理学会編: 新編土壌物理用語事典, p.51, (株)養賢堂, 東京, 2002
- 5) 岡山県環境保健センター: 昭和54年度人形峠周辺の環境放射線等測定報告書, 1980
- 6) 山崎興樹, 笠原 貢, 昆 信芳, 藤巻広司, 坂上央存: 柏崎刈羽地域における浮遊塵の全ベータ放射能の変動状況と屋外ラドン濃度, 新潟県保健環境科学研究所年報, 3, 21-30, 2005
- 7) 山崎興樹, 霜鳥達雄, 藤巻広司, 坂上央存, 殿内重政: 浮遊塵の全ベータ放射能の季節変動に及ぼす遠方起源ラドンの影響, 新潟県保健環境科学研究所年報, 4, 21-27, 2006
- 8) 松中照夫: 土壌学の基礎-生成・機能・肥沃土・環境-, p.105, 農山漁村文化協会, 東京, 2003
- 9) 土田智宏, 大野峻史, 黒崎裕人, 霧島達雄, 山崎興樹: 柏崎刈羽地域と佐渡関岬におけるラドン濃度の季節変動要因, 新潟県保健環境科学研究所年報, 8, 38-47, 2010
- 10) F. Pasquill and F. P. Smith (横山長之 訳): 大気拡散, p.371, 近代科学社, 1995