

屋内空気中のラドンとその娘核種の連続測定

小林恒夫

福島県立医科大学医学部物理学講座

Continuous Measurement of Radon and Its Progeny in Indoor Air

Tsuneo Kobayashi

Department of Physics, School of Medicine, Fukushima Medical University

はじめに

1987 年以来、空気中ラドンの研究を行っている。これまでは手動操作によるラドン娘核種の間欠測定を主として報告を行ってきた¹⁻⁵⁾。最近、ラドンモニターと、ラドン娘核種モニターを設置することが可能となり、連続測定へと移行しつつある。ここでは屋内空気中のラドンとその娘核種の連続測定について 1998 年と 1999 年の結果を中心に報告する。

方法

ラドン濃度の測定はカナダ Pylon 社製 TEL ラドンモニタを使用した。通気式静電捕集型と呼ばれる測定法で、18.5L のルーカスセルを有する。ガラス繊維フィルターによって空気中のラドン娘核種を除去した空気を取り入れ、ルーカスセル中に導入されたラドンから生じる娘核種からの α 線を ZnS シンチレータで計数する。通気の流量は 0.5L/min である。導入空気の湿度が高いと計数値が低めに出ることが知られているため、空気導入の途中に電子式除湿器および乾燥剤コラム (CaSO₄ 使用) を設けている。この乾燥剤交換のため、1週間から2週間に1度、システムを停止させる必要がある。

ラドンの娘核種濃度の測定は同じ Pylon 社製の WLx ワーキングレベルモニタを使用した。こちらはフィルター法で、0.5L/min の流量で空気を捕集しながらメンブレンフィルター (孔径 0.8 μ m) に対向させた半導体検出器により、フィルター上の α 放射能からのスペクトルを連続的に記録する。フィルター交換とデータ貯蔵用メモリの関係で、1ヶ月に1度程度システムを停止させる必要がある。WL 単位で表示されるポテンシャル α エネルギー濃度を平衡等価ラドン濃度 (ECRn) に換算した。トロン娘核種濃度も表示されるが、1時間積算値では検出限界以下となることが多いため、今回は解析を見送った。

ラドンおよびラドン娘核種ともに 1 時間ごとの積算値を記録した。測定は、研究室で比較的人の出入りの少ない部屋に TEL と WLx を置いて行った。また、Davis Instruments 社製の Weather Monitor II を同じ部屋に設置し、気温・気圧・湿度を1時間おきに記録した。この部屋はコンクリート5階建ての4階にあり、フィルターを通した換気システムが、週末も含めて毎日 7:30 から 23:30 まで稼働している。

結果と考察

Fig.1 に典型的な日変動の様子を示す。図中 Rn、ECRn はそれぞれラドン濃度、娘核種の平衡等価ラドン濃度を表す。1時間ごとの積算データを1週間にわたってプロットした。よく知られた「明け方に高濃度」となる傾向が顕著である。Fig.2 には、1日ごとの平均値を2年間にわたりプロットした。これまで娘核種の間欠測定(特に午前中の測定)でしばしば報告して来た「秋から冬にかけて高濃度」という結果は連続測定の場合についてもあてはまってはいるが、必ずしも顕著とは言えないようである。

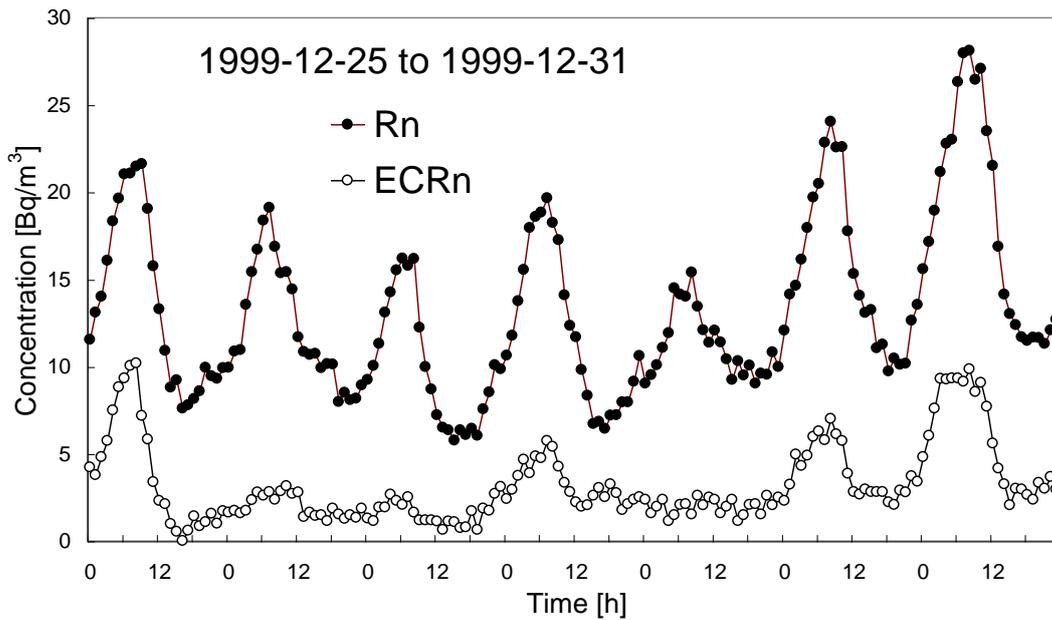


Fig. 1: Typical daily variation of radon and its progeny concentrations.

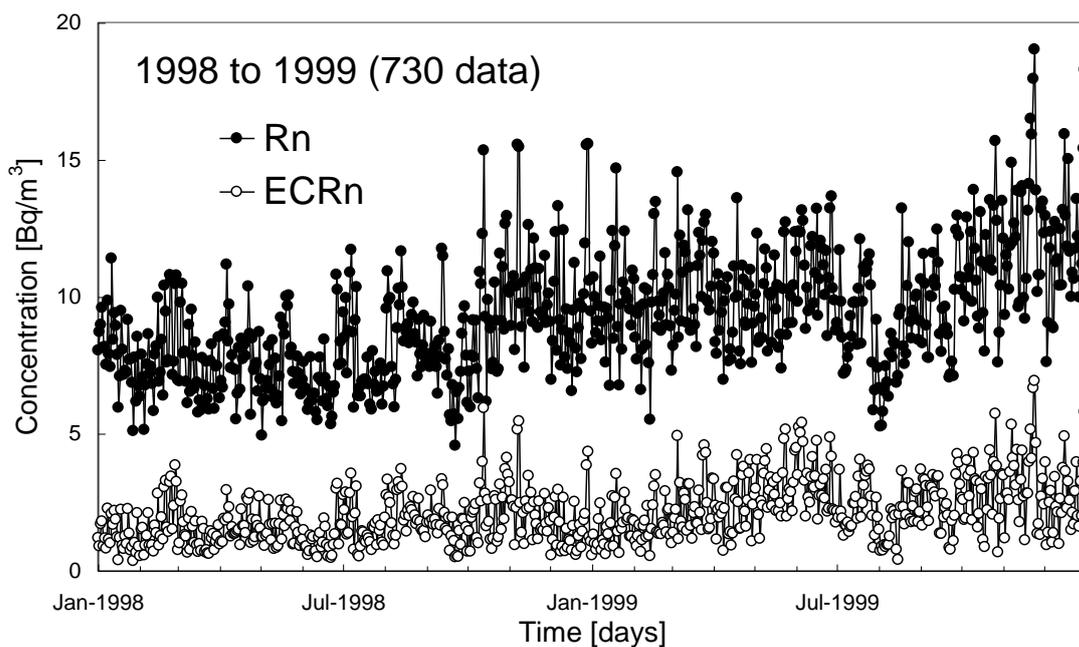


Fig. 2: Daily averaged concentrations of radon and its progeny.

2年間で得られたデータを、1年ごと、季節ごと、1ヶ月ごと、と扱うデータの範囲を変えた結果も興味深いところであるが、紙面の関係で、以下では1日ごとに積分した毎日の2年間のデータを一度に全部使った解析結果を記す。

基本統計

Table 1 に種々の量の平均値、標準偏差、最小値、最大値、有効データ数、を記す。F は平衡係数 (equilibrium factor) とよばれる物理量で、娘核種濃度のラドン濃度に対する比である。通常の家屋

Table 1: Basic statistics

Quantities	Mean	S.D.	Min.	Max.	#
Rn	9.23	2.24	4.56	19.01	730
ECRn	2.08	1.09	.35	6.91	730
F	.20	.07	.06	.85	713
Temperature	23.62	2.02	19.63	28.61	724
Atom.Press.	992.1	6.2	968.5	1009.9	724
Humidity	41.4	17.4	17.2	76.3	724

では 0.5 や 0.6 程度とされることが多いが、ここでの結果は平均値が 0.2 と極めて小さい値となっている。これは前述した換気システムの途中に設けられたフィルターで、娘核種のかなりの部分が除去されているためと考えられる。

相関解析

ラドン (Rn) とその娘核種 (ECRn) は強い相関があった。他に興味深い結果としては、Rn と ECRn は F と正の相関、小名浜沿岸水温 (福島県水産試験場調べ) と正の相関、2次宇宙線 (CR) と負の相関があった。

小名浜水温との相関については偶然であろうか。室温は Rn と負の、ECRn と正の相関を示した。2次宇宙線との相関は、Rn と ECRn が気圧と正の相関があるのに対し、CR は気圧と負の相関 (2次宇宙線の気圧効果) があるためと考えられる⁵⁾。

季節変動

Fig.2 で気になったことであるが、間欠測定の際の「秋から冬にかけて高濃度」は果たして連続測定でもいえるであろうか。これを確認するため Rn と ECRn についてデータを、春 (3、4、5 月)、夏 (6、7、8 月)、秋 (9、10、11 月)、冬 (12、1、2 月) の 4 グループに分け、一元配置分散分析を行った。その結果、ラドンは確かに秋・冬が有意に高濃度であった。一方、娘核種は秋のみが有意に高濃度で、冬はむしろ四季の中では最低濃度であった。

時系列解析

これまで、間欠測定の場合は休日が必ず欠測値となっており、時系列解析にとっては一つの困難となっていた。連続測定の場合は、1日積分値にしてしまえばほとんど欠測の無いデータとなり、時系列解析にとってははるかに扱いやすいデータを得ることができた。

Fig.3 にラドンとその娘核種濃度の時間変動のスペクトルを示す。両者はよく似たスペクトルとなっている。この図は SPSS6.0J のスペクトル解析で Tukey-Hamming ウィンドウのスパン (平滑化の範囲) を 15 に設定し、2 年間 760 データを解析して得た。このプログラムは今回初めて使用したものであるが、欠測値が一つでもあるデータは扱えないため、間欠測定の結果には使えないでいた。

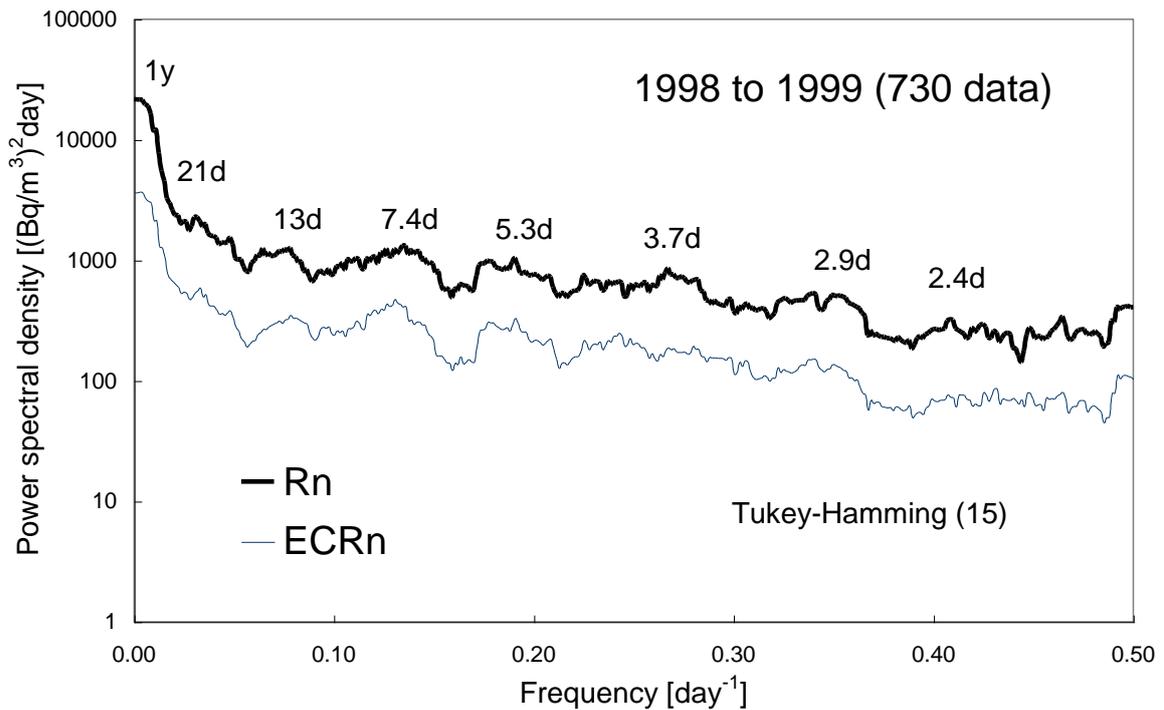


Fig. 3: Power spectra for radon and its progeny concentration.

Fig.3 から明らかなように、まず大きな1年周期が見られる。次に、3日から5日の周期にピークが多いが、これらは気団の移動に伴う気象現象の帰結と考えられる。次に、約7日のピークは、屋内の測定であることから、何らかの人的な1週間単位の活動の反映かもしれない。最近の新聞報道によれば、首都圏では金曜日に雨が多いなど、屋外の気象現象ですら人間の社会生活を反映しているとのことである⁶⁾。最後に、数十日の周期は、太陽の自転に関連した気象現象によるものと思われる。

参考文献

- 1) 小林恒夫, 高久祐治: 福島市の生活環境における大気中ラドン娘核種からの被曝線量評価. 保健物理 **24**, 129-132, 1989
- 2) T. Kobayashi and Y. Takaku: Measurement of Atmospheric Radon Daughter Concentrations at the Campus of Fukushima Medical College. Fukushima J. Med. Sci. **35**, 29-43, 1989
- 3) 小林恒夫, 高久祐治: 福島医大新旧両キャンパスにおける自然放射線の比較. 保健物理 **26**, 117-122, 1991
- 4) T. Kobayashi and Y. Takaku: Intermittent Measurements of ²²²Rn and ²²⁰Rn Progeny in Air for Four Years. RADIOISOTOPES, **46**(9), 603-614, 1997
- 5) 小林恒夫, 高久祐治: 2次宇宙線と空気中ラドンとの相関. 放射線医学物理 Supplement No. 57 (JARP-JAMP'98 報文集), 269-270, 1998
- 6) 首都圏は金曜に雨が多い…科技庁研究員分析. 5月11日付け読売新聞, 2000