

# 新潟自然科学館および福島医大における空气中ラドンの測定

小林恒夫、和田真一<sup>1)</sup>、岩見敏明<sup>2)</sup>、中川雅史<sup>3)</sup>

福島医大・物理、新潟大・医・保健学科<sup>1)</sup>、新潟江南高校<sup>2)</sup>、新潟県立自然科学館<sup>3)</sup>

## Measurement of Atmospheric Radon in Niigata Science Museum and Fukushima Medical University

Tsuneo Kobayashi, Shinichi Wada<sup>1)</sup>, Toshiaki Iwami<sup>2)</sup>, Nakagawa Masashi<sup>3)</sup>

Fukushima Medical University, Niigata University<sup>1)</sup>, Niigata Kounan High School<sup>2)</sup>, Niigata Science Museum<sup>3)</sup>

### はじめに

新潟自然科学館 (NSM) における2階展示室および福島医大 (FMU) の4階の研究室において、空气中ラドン濃度の測定を約1年間行った。測定を行った動機は、ラドンの季節変動が太平洋側と日本海側において異なるかどうか<sup>1)</sup>、また、NSMにある大型霧箱中で頻繁に観測される $\alpha$ 線様の飛跡<sup>2), 3)</sup>の起源の一つとして空气中ラドンが考えられないか、ということであった。

### 方法

NSMにおいては、カナダ Pylon 社製ラドンモニタ CPRD (受動ルーカセル法、272 mL) を展示裏の床の上に置き、1時間毎の濃度積算値を記録した。この部屋はコンクリート3階建ての2階にあり、開館日においては9:00から17:00まで空調が稼働していた。FMUにおいてはPylon社製TEL (通気式静電捕集法、18.5 L、0.5 L/min) を使用した。筆者の一人の研究室に設置し、やはり1時間毎の濃度積算値を記録した。この部屋は年間を通して7:30から24:0まで空調が稼働していた。

以下の統計解析にはS-Plus 6.0 日本語版<sup>4)</sup> Release 4を使用した。

### 結果

Fig. 1 に1時間毎の積算値をそのままプロットして得られる典型的な濃度日変動を示す。前述のようにNSMにおいては通常の開館日には空調が稼働しており毎朝9時頃より急激な濃度の低下が見られる。一方、休館日 (図中 Closed と表示) には空調が稼働しておらず、明らかに開館日とは異なる日変動を示している。そこで以下の統計解析に当たって

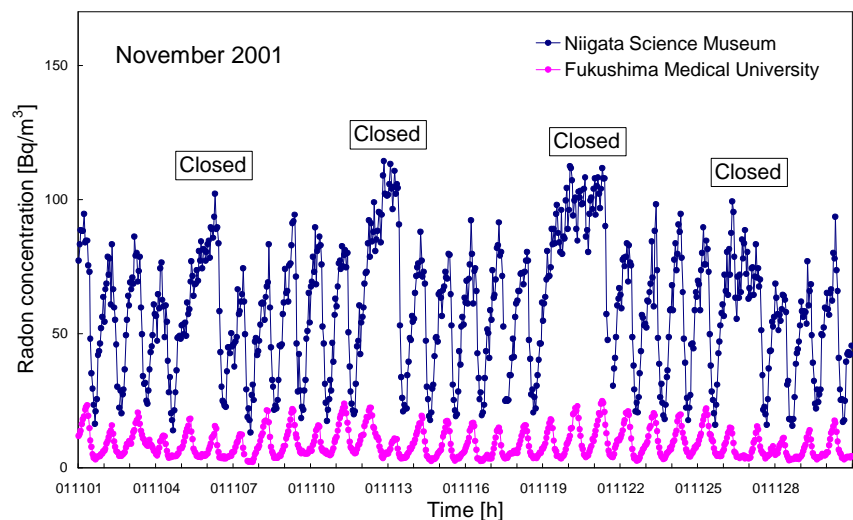


Fig. 1: Typical temporal variation of radon concentration for NSM and FMU.

は、NSM のデータのうち休館日の朝 9:00 から翌日の 14:00 までの 30 時間ぶんを抜き取ることとした。Fig. 2 に休館日を抜いたデータの日平均値の時間変動を示す。

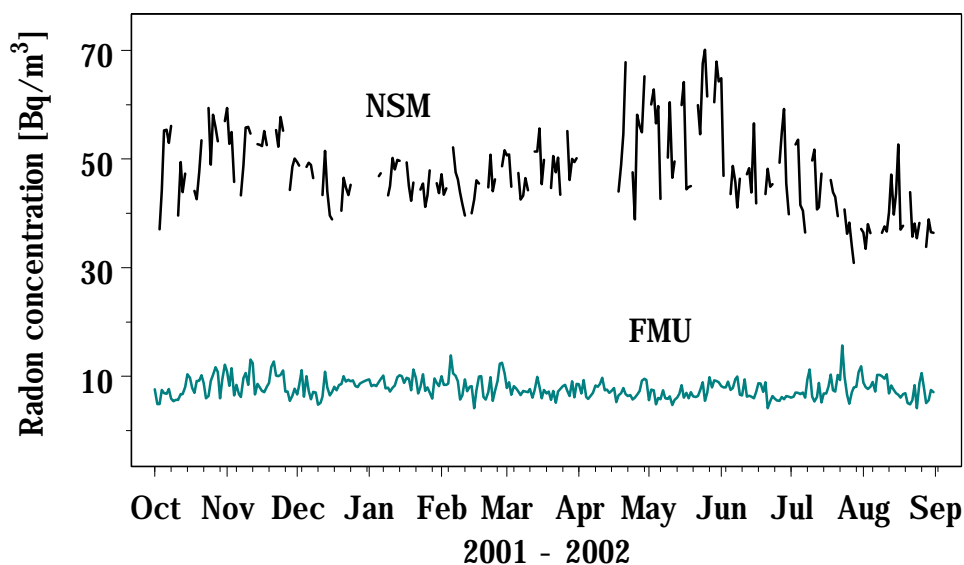


Fig. 2: Time series of NSM and FMU.

基本統計および被曝線量評価

Table.1 に基本的な記述統計の結果を示す。CPRD および TEL の 1 時間カウント時の検出下限は Pylon のカタログによればそれぞれ 5.1 Bq/m<sup>3</sup> および 0.3 Bq/m<sup>3</sup> である。Table 1 の Hourly の Min. をみると、NSM および FMU のいずれにおいても検出下限を上回る値となっており、意味のある測定であったことがわかる。NSM では FMU に比して平均値にして約 6 倍の高濃度であった。

Table 1. Basic statistics of radon concentration at the Niigata Science Museum (NSM) and the Fukushima Medical University (FMU). “Daily Averaged” means the 24 hour data were averaged into one day. “Hourly” means the raw 1-hour data. NA (not available) means the missing value.

Daily Averaged							
	#	Arithmetic Mean	Geometric Mean	Median	Min.	Max.	NA's
NSM	215	47.7	47.1	46.9	30.8	70.1	120
FMU	335	7.85	7.65	7.53	4.12	15.6	0
Hourly							
	#	Arithmetic Mean	Geometric Mean	Median	Min.	Max.	NA's
NSM	5948	48.0	42.9	47.7	8.2	151.0	2092
FMU	8040	7.86	6.55	5.84	1.60	27.43	0

Daily Averaged の算術平均値と ICRP65<sup>5)</sup> の換算係数により、空气中ラドンからの年間実効線量を評価すると、NSM においては 2.5 mSv/y、FMU においては 0.41 mSv/y であった。世界平均値 1.2 mSv/y と比較すると、NSM は約2倍、FMU では約 1/3 倍となった。

## 対数正規性

Fig. 3 (a)、(b) にNSMとFMUの日平均値のヒストグラムを示す。いずれもこのままでは正規分布とはいえないが、対数をとって、Shapiro-Wilksの正規性検定を行ってみると、p 値は NSM で 0.62、FMU で 0.81 であり、いずれにおいても対数正規分布をしているといえることがわかった

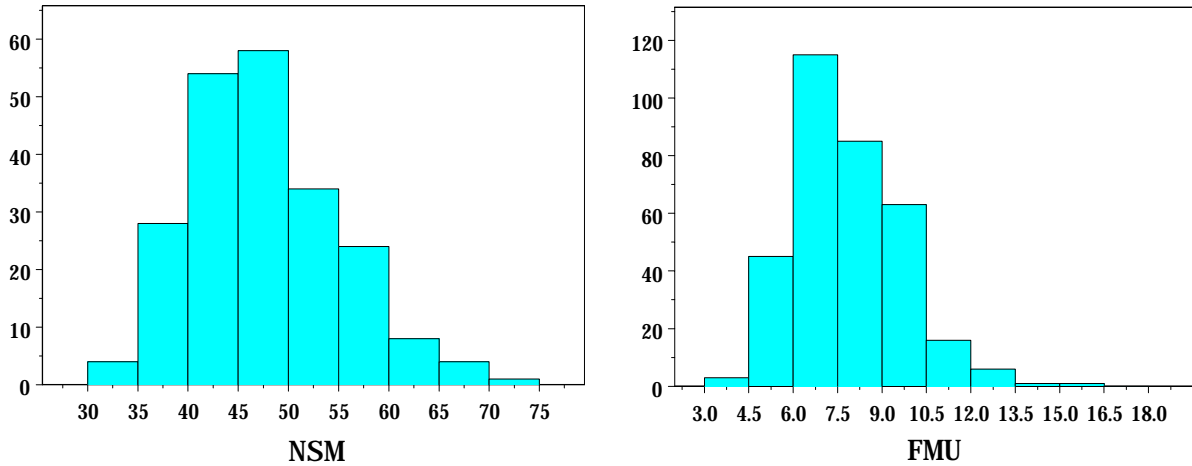


Fig. 3(a) (left) and Fig. 2(b) (right): Histogram of daily averaged radon concentration in NSM (a) and FMU (b).

## 相関

Fig. 4 (a) に NSM と FMU 日平均値の散布図を示す。両者の Pearson の積率相関係数は 0.15、p 値は 0.026 となり、わずかながら有意な正の相関があることがわかった。また、正規分布でないことから順位相関を調べてみると、Kendall の順位相関係数は 0.11、p 値は 0.015 となり、同じ結論であった。さらに、対数をとってみても同様の結論となった。NSM と FMU は直線距離にして 130 km 以上離れた2地点であるが、両者の空气中ラドン濃度に正の相関があるという興味深い結果となった。

Fig. 4 (b) は 1 時間データをそのまま使った場合を示しており、積率相関係数は 0.66、p 値は 0.001 未満となり、この場合は非常に強い正の相関を示した。これは NSM でも FMU でも空調が稼働している日を比較しており、明け方に高濃度、午後は低濃度との特徴が強く反映された結果と考えられる。

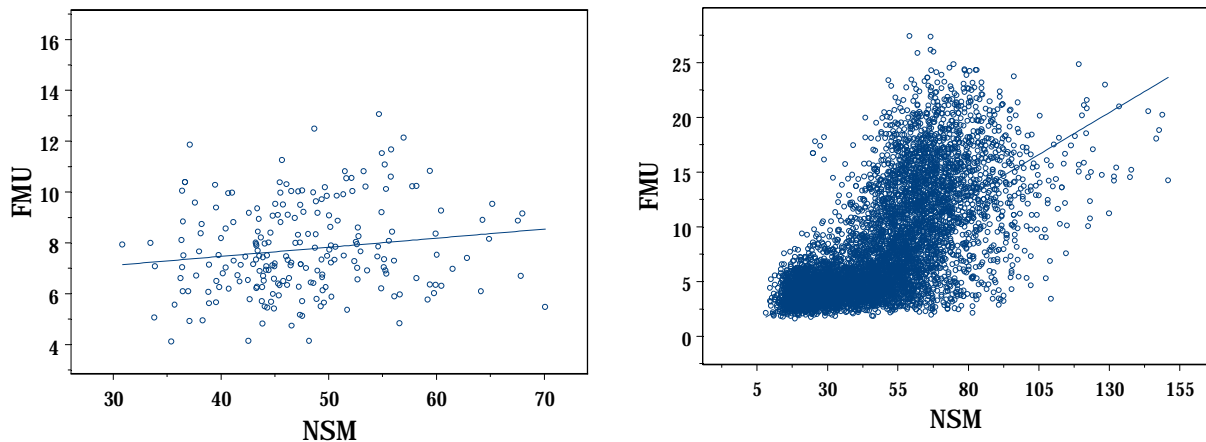


Fig. 4(a) (left) and Fig. 4(b) (right): Scatter diagram of FMU vs. NSM for daily averaged (a) and hourly (b) data.

## 季節変動

季節変動を見るためにデータを 3 箇月ごとに区切り、春(3・4・5 月)、夏(6・7・8 月)、秋(9・10・11 月)、冬(12・1・2 月)の4群に対し一元配置分散分析および多重比較を行った。Fig. 5 (a) および Fig. 5 (b) に NSM と FMU の季節変動を箱ひげ図で示す。箱の上に伸びているひげのいちばん上は最大値、箱の上は第三四分位数(75 パーセントイル)、箱の真ん中の線はメディアン(すなわち第二四分位数、50 パーセントイル)、箱の下は第一四分位数(25 パーセントイル)、箱の下に伸びているひげのいちばん下は最小値である。また NSM に1箇所、FMU に2箇所現れている横棒付きのデータは外れ値である。

一元配置分散分析では  $p < 0.001$  で有意な群間差ありとの結論が得られた。

引き続き、多重比較を行った結果、NSM においては、秋と春は差がなく、夏と冬も差がないのに対し、春は夏より高濃度、秋は夏より高濃度、春は冬より高濃度、秋は冬より高濃度、となった。一方、FMU においては秋と冬は差がなく、春と夏も差がないのに対し、冬は春より高濃度、秋は春より高濃度、冬は夏より高濃度、秋は夏より高濃度、となった。

結局、NSM は春と秋が高濃度であるのに対し、FMU は秋と冬が高濃度であるといえる。FMU は通常太平洋側で報告されている夏低冬高の季節変動と一致するが、NSM は明らかに FMU の季節変動とは異なり、なおかつこれまで日本海側<sup>1)</sup>(福井県)で報告されていた夏高冬低とも異なる季節変動であることがわかった。

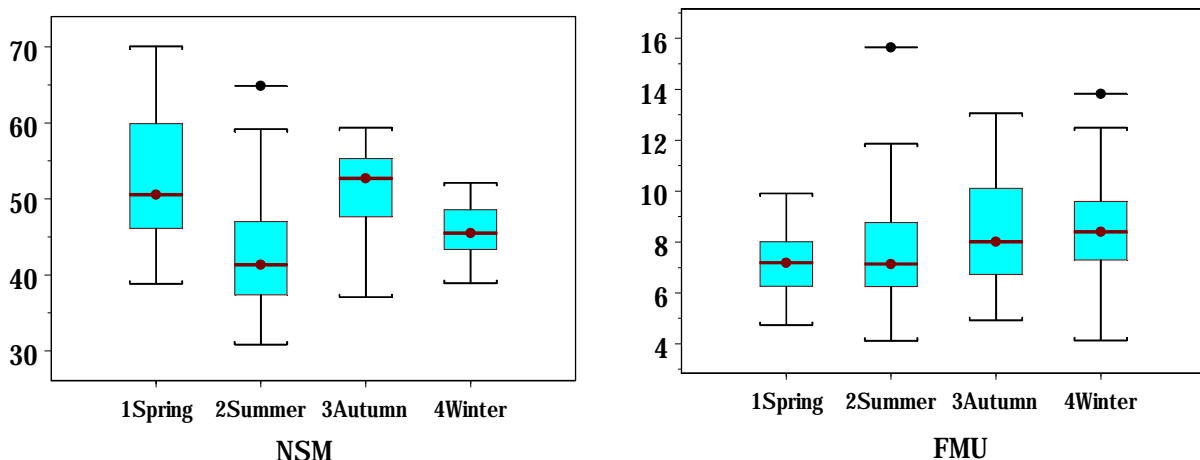


Fig. 5(a) (left) and Fig. 5(b) (right): Box plot of seasonal variation for NSM and FMU.

## 参考文献

- 1) T. Nishikawa, S. Okabe and M. Aoki: Seasonal Variation of Radon Daughters Concentrations in the Atmosphere and in Precipitation at the Japanese Coast of the Sea of Japan, *Radiation Protection Dosimetry* 24, 93-95 (1988)
- 2) 和田真一、小林恒夫、岩見敏明、中沢 陽: 大容積拡散型霧箱における  $\alpha$  粒子類似飛跡発生頻度と環境空气中ラドン濃度の比較[第1報], *医学物理* 22 [Supplement 2] 第 83 回日本医学物理学会大会報文集, 244-245, 2002.
- 3) S. Wada, T. Kobayashi, Y. Katayama, T. Iwami, T. Kato, John R. Cameron: Growth and Decay of Alpha Track in Large Scale Cloud Chamber after Injection of Radon, *Proceedings of The 3rd Korea-Japan Joint Meeting on Medical Physics*, 275-278, 2002.
- 4) (株)数理システム <http://www.msi.co.jp/splus/>
- 5) ICRP: 家庭と職場におけるラドン-222 に対する防護. ICRP publication 65, 1993.