

# 居住環境（屋内及び屋外周辺）における放射線測定

松田 規宏、斎藤 公明（原子力機構）

## 1. 調査目的

家屋内での空間線量率の特徴を把握するため、家屋内外での空間線量率測定を実施した。家屋は、現代人が一日のうちで最も多くの時間を過ごす空間であるが、人の利便性を考えて手が加えられたものであるため、自然環境とは放射性物質の分布及び移行の様相が異なる。

平成 23 年 12 月から平成 25 年 3 月までの調査においては、家屋内外における空間線量率分布の特徴として、家屋より離れた場所から家屋に近付き、さらに家屋の中央に向かうにつれて空間線量率は減少すること（屋外 > 家屋近傍 > 窓際 > 屋内）、家屋内の同一箇所では、床からの高さによって空間線量率は増加すること（1 m > 50 cm > 10 cm）、1 階に比べて 2 階の方が空間線量率は高くなることが実測によって得られた。

さらに、家屋による空間線量率の低減係数は、家屋周辺の放射性物質の分布及び家屋の大きさ、構造、構造材、立地等、それぞれの家屋が有する多種多様な条件によって、元来、大きな幅を持った値である。Zolin らの論文<sup>1</sup>では、家屋の遮へい厚に係る構造多様性を考慮して、家屋による空間線量率の低減係数の分布範囲を示しており、これを引用した IAEA-TECDOC-225<sup>2</sup>及び IAEA-TECDOC-1162<sup>3</sup>においても、家屋構造の多様性により家屋による空間線量率の低減係数は概略値であることが記されている。

以上を考慮して、本調査では多くの家屋を対象に家屋内外の空間線量率測定を実施して、変動範囲を含めた特徴を統計的に明らかにすることを目的とした。

本調査の家屋内の空間線量率測定は、居住者のご厚意により居住中の家屋で実施したものであるため、居住者の生活の妨げにならないことを最優先とし、積算線量計を使用することとした。また、本調査の別の空間線量率分布の調査との関連を明らかにするため、家屋の周辺（半径 100 m 以内）で歩行サーベイを実施した。

## 2. 調査内容

### (1) 調査実施期間

家屋内への積算線量計の設置期間は、平成 25 年 11 月 22 日～平成 26 年 2 月 25 日のうち約 1 月間である。また、家屋周辺の空間線量率の測定期間は、平成 25 年 12 月 24 日～平成 26 年 1 月 9 日であった。

なお、田村郡、田村市、東白川郡、西白河郡及び双葉郡川内村などの山間地域では、調査実施期間の一部で積雪があった。

### (2) 調査対象家屋

<sup>1</sup> Zolin G. Burson and A. Edward Profio, "Structure Shielding in Reactor Accidents," Health Physics Pergamon Press 1977. Vol. 33, 287-299, (1977).

<sup>2</sup> IAEA, "Planning for Off-site Response to Radiation Accidents in Nuclear Facilities," IAEA-TECDOC-255 (1979).

<sup>3</sup> IAEA, "Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency," IAEA-TECDOC-1162 (2000).

福島第一原発から 80 km 圏内、かつ、これより南部に位置する福島県のいわき市(64 軒)、郡山市(19 軒)、白河市(18 軒)、田村郡(5 軒)、田村市(19 軒)、二本松市(1 軒)、東白川郡(10 軒)、西白河郡(3 軒)、双葉郡川内村(27 軒)、双葉郡広野町(32 軒)の計 198 軒が対象であり、図-1 にその分布を示す。

家屋構造による分類は、木造家屋 163 軒、プレハブ造 3 軒、軽量鉄骨造 2 軒、コンクリート造 30 軒であった。

### (3) 家屋内の空間線量率の測定方法

積算線量計による家屋内の空間線量率測定は、長瀬ランダウア株式会社の環境用クイクセルバジ<sup>4</sup>を使用した。積算線量計は居間及び寝室に設置した。積算線量計の設置例を図-2 に示す。積算線量計の設置高さは、各部屋の床面から 50 cm とした。積算線量計は、積算線量計の個体差による指示値のばらつきを考慮して 4 本を 1 組とした。

家屋内の空間線量率の測定に用いる積算線量計の他に、事前準備や郵送等、測定対象となる家屋以外で積算線量計が受ける放射線量並びに宇宙線の寄与を評価して差し引くためのバックグラウンド測定用(以下「BG 用」という。)の積算線量計を各家屋に対して用意し、平行して測定を実施した。この BG 用積算線量計は、積算線量計の照射履歴の初期化から家屋内に設置するまで同一経路をとり、その後、事故に由来する空間線量率の上昇がほとんど見られない場所に郵送して保管し、家屋内の空間線量率を測定した積算線量計が測定を終えたのと同じタイミングで回収し、測定値を読み取った。この移動経路を図-3 に示す。

これらの積算線量計の指示値により、家屋内における空間線量率は、

$$\text{家屋の各部屋での空間線量率} = (\text{家屋設置用の指示値} - \text{BG 用の指示値}) / \text{設置期間} + \text{BG 用保管場所の空間線量率}$$

により算出できる。家屋設置用の積算線量計の指示値は、自然放射線の寄与も含めて測定している。

ここで、家屋設置用の指示値及び BG 用の測定に当たっては、4 本の積算線量計の平均値を使用し、その標準偏差を誤差とした。設置期間は 1 日単位とし、積算線量計の設置または回収にかかる時間を 1 日と仮定して誤差とした。

BG 用積算線量計保管場所の空間線量率は、NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ(日立アロカメディカル株式会社製 TCS-171B) で測定し、0.04  $\mu\text{Sv/h}$  であった。ここでは、NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータと積算線量計の測定結果は等しいものとする。

### (4) 家屋周辺の空間線量率測定

家屋中心から 100 m 内において KURAMA-II システムを携行して測定した歩行サーベイによる空間線量率の平均値をもって、屋外の空間線量率のデータとした。この際、私有地となる家屋近傍では測定を実施していない。

なお、100 m は、セシウム 137 の  $\beta$  壊変に伴って放出される 662 keV ガンマ線の空気中での平均自由行程 107 m<sup>5</sup> を基に設定した。

<sup>4</sup> 製品紹介ページ ([http://www.nagase-landauer.co.jp/product/radiation\\_pers/index.html](http://www.nagase-landauer.co.jp/product/radiation_pers/index.html))

<sup>5</sup> アイソトープ手帳 11 版, 社団法人日本アイソトープ協会 p.153 (2011).

### 3. 結果及び考察

家屋内の空間線量率と家屋周辺の空間線量率の関係を図-4に示す。積算線量計を木造+プレハブ造家屋の1階(データ数 n= 146、うち木造家屋は 143 軒、プレハブ造は 3 軒)に設置した時の分布を左に、2階以上(データ数 n= 75、うち木造家屋は 74 軒、プレハブ造は 1 軒)に設置したときの分布を右に示した。

本調査で得られた家屋内外の空間線量率は自然放射線の寄与を含んでいる。家屋周辺の空間線量率が低い値である測定結果の分布は、自然放射線による空間線量率が家屋内外であまり変わらないとする黒い実線に近付くことがわかった。

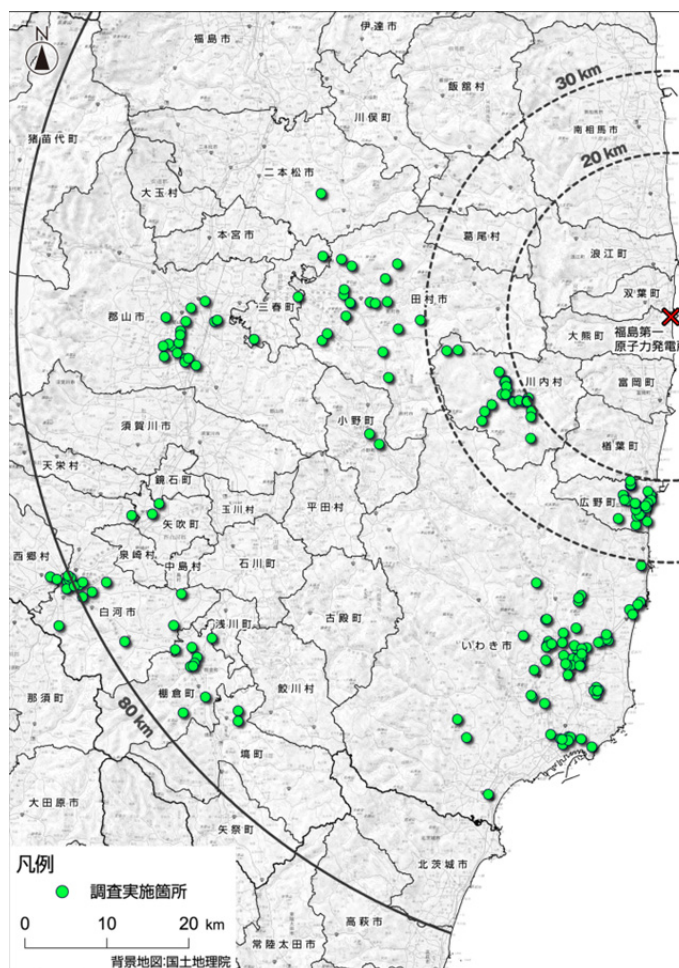


図-1 居住環境における放射線測定を実施した家屋の地域分布（計 198 軒）

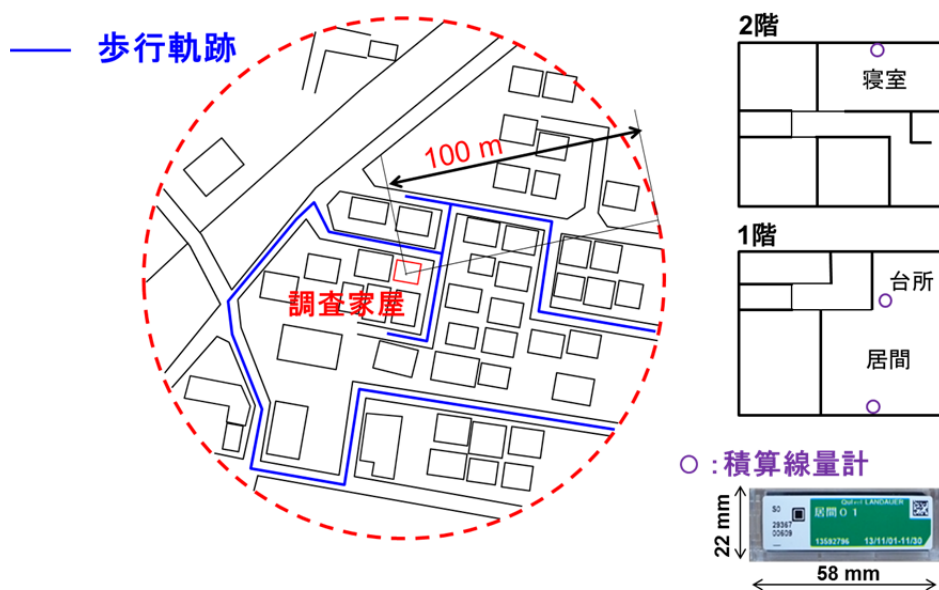


図-2 積算線量計の設置場所と歩行サーベイの軌跡例

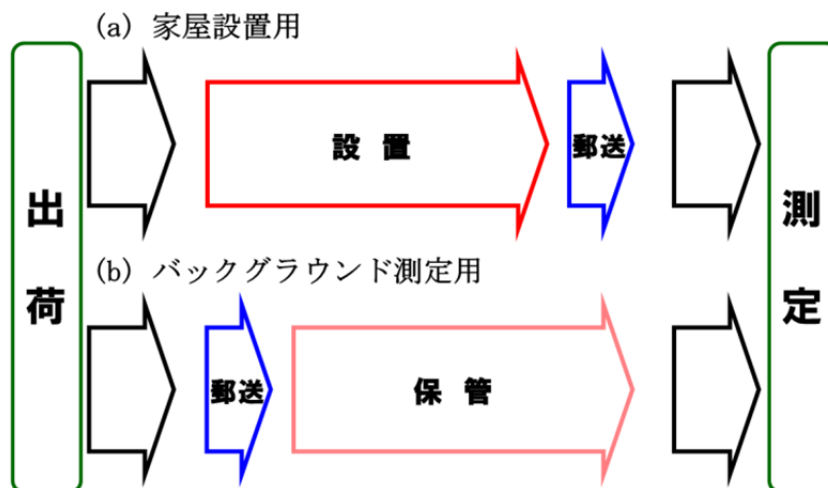


図-3 家屋設置用及びバックグラウンド測定用の積算線量計の移動経路

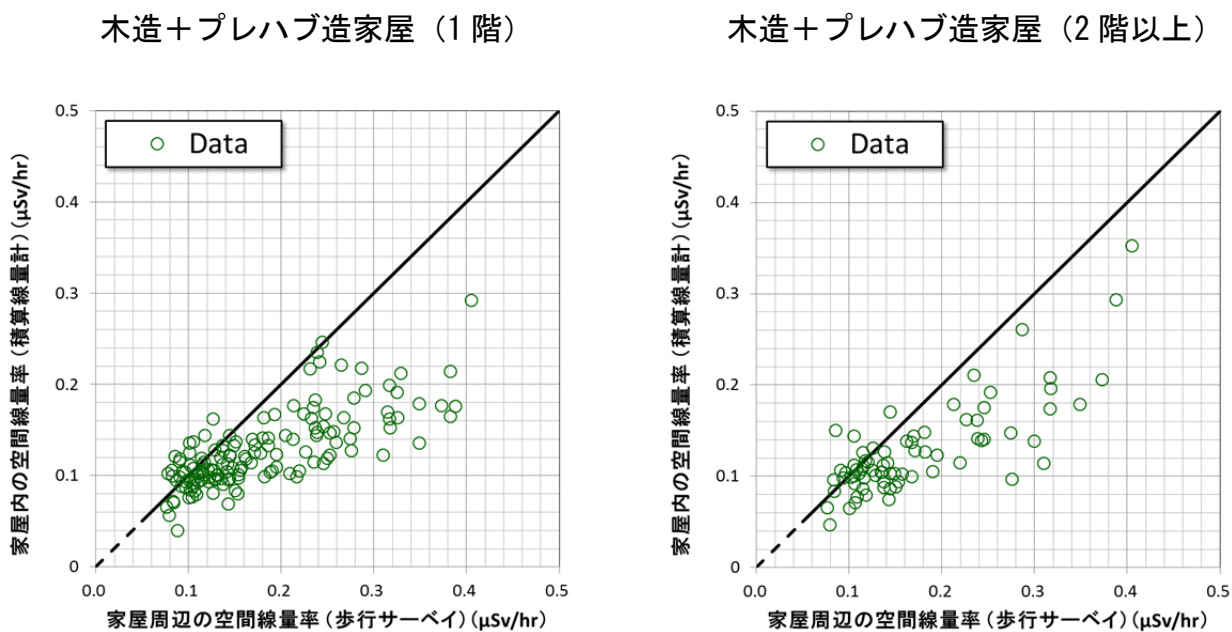


図-4 家屋内の空間線量率（積算線量計を用いた測定結果）と家屋周辺の空間線量率（歩行サーベイを用いた測定結果）の関係