

# 測定値から見る放射線測定器の性能

## 第 10 報 自然放射線の測定と解説

非破壊検査株式会社 藪下 延樹

### 1. はじめに

東電福島第 1 原発事故後、一般の人達に放射線測定や放射線測定器(以下、測定器)の性能が関心事となった。一般の人達は、放射能や自然放射線になじみが少なく、専門的な測定器や測定等に習熟しておられないで、本稿では、一般の人達も放射線測定を実施するために必要な、地球上何処にもある放射能や自然放射線(バックグラウンド、略して BG)を解説する。

### 2. 自然放射線(BG)の源泉

自然放射線の源泉は、銀河系内外のエネルギー源を「原子核融合」<sup><1></sup>とする恒星や太陽及び地球の自然界と言える。元々地球そのものが天然の原子炉であった痕跡も発見されている<sup><2></sup>。つまり、地球の自然界は元々、天然自然に放射能が存在し、常に僅かであるが放射能や放射線を出し続けている。

その上、人類は地球外の恒星や太陽から「原子核融合」を源泉とする宇宙線の放射線を常に受け続けている。岐阜県飛騨市神岡鉱山内の地下約 1000m に設備されたスーパーカミオカンデがこれら宇宙線の太陽ニュートリノなどの観測でノーベル賞を受賞したことも記憶に新しい<sup><3></sup>。また、最近ではこの宇宙線からの被ばくが国際線航空機乗務員や宇宙飛行士に対して話題になり、ガイドラインが作成されている<sup><4></sup>。

これら宇宙線や地球からの自然放射線の源泉及び伝播経路を図 1 に示した。

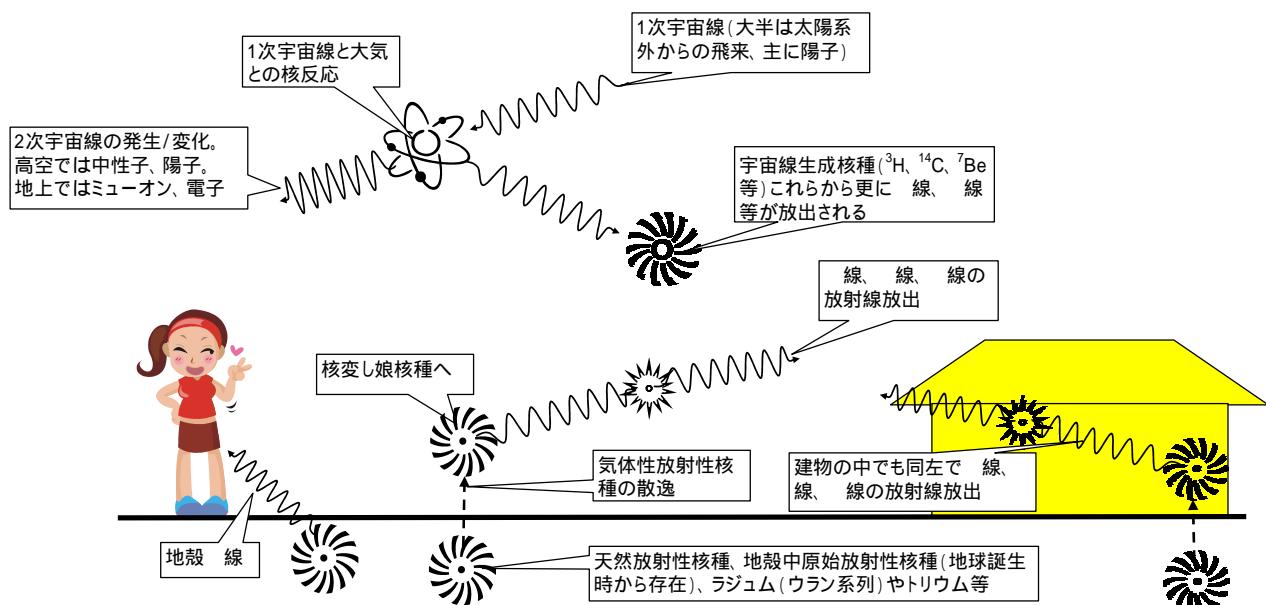


図 1 自然放射線の源泉及び伝播経路

### 3. 自然放射線の線量

#### 3.1 国連科学委員会報告

一般人が受けている自然放射線からの被ばく線量の年間平均値を国連科学委員会報告(UNSCEAR、2000)<sup><5></sup>で表1及び図2(同表を図示)に示した。表1から、世界平均・一般人の被ばく線量全体の64%は内部被ばく主に肺呼吸であった。一方、外部被ばく線量(大地放射線+宇宙線)は各々20%、16% (合計で36%)であった。このように、一般人の自然放射線被ばく線量は、外部被ばく線量よりも、内部被ばく線量が多いことが分かる。

表1 一般人が受けている自然放射線被ばく線量(UNSCEAR、2000)

線 源	年間実効線量 [mSv]	
	(カッコ内は内数)	世界平均 日本平均
<b>自然放射線</b>		
宇宙線	0.38	0.27
大地放射線	0.48	0.32
体内に取り込まれた放射性核種	1.55	0.86
ラドン(吸入)	(1.15)	(0.46)
トロン(吸入)	(0.10)	-
カリウム-40(経口)	(0.17)	(0.19)
ウラン・トリウム系列(経口)	(0.12)	(0.21)
<b>小計</b>	<b>2.4 mSv</b>	<b>1.5 mSv</b>
<b>人工放射線</b>		
医療放射線	0.4	2.3
フォールアウト	0.005	0.005
原子力施設など	0.0002	0.0002
<b>合計</b>	<b>2.8 mSv</b>	<b>3.8 mSv</b>

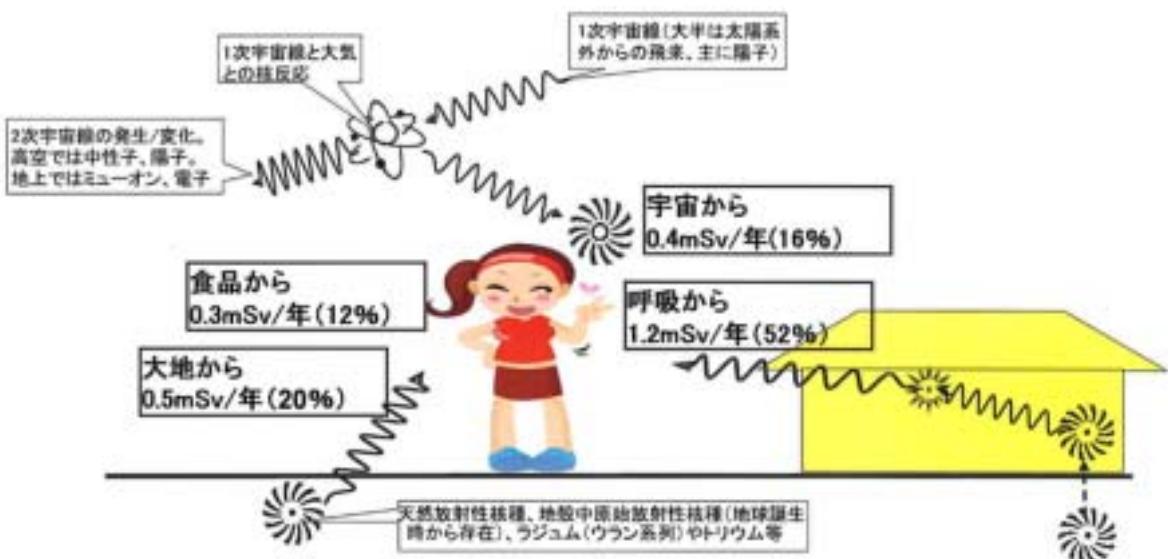


図2 一般人が受けている自然放射線被ばく線量(UNSCEAR、2000)

< 単位の解説 : mSv(ミリシーベルト) = 1,000  $\mu$ Sv(マイクロシーベルト) >

## (1) 一般人の自然放射線の線量率

表 1 の世界平均一般人自然放射線の年間被ばく線量を時間当たり ( /h ) に換算する。  
外部被ばく線量率 ( 内部被ばくを除く、宇宙線+大地放射線 ) :

$$(0.38+0.48) \times 1000 \mu \text{Sv} / \text{年} / (24 \times 365.25 \text{h} / \text{年}) = 0.0981 \mu \text{Sv/h} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

被ばく線量率 ( 外部被ばく + 内部被ばく ) :

$$2.4 \times 1000 \mu \text{Sv} / \text{年} / (24 \times 365.25 \text{h} / \text{年}) = 0.274 \mu \text{Sv/h} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

## (2) 体内に取り込まれた放射性核種の例

生物は生存する限り、呼吸や体内に取り込まれた放射性核種による内部被ばくから逃れられない。表 1 の経口で体内に取り込まれた放射性核種がどの程度存在するか放射性核種カリウム-40 を例に挙げて試算する。

図 3 中央円グラフに人体の主な構成元素とその重量比 % を示した。図 3 から主要元素の酸素 O、炭素 C、水素 H、窒素 N で 96% を占めることが分かる。主要元素以外の残りのミネラル元素 4% の内訳拡大図を図 3 右の棒グラフに示した。図 3 棒グラフの % 表示はミネラル元素 4% に対する割合 %、数値は全体 ( 体重 ) に対する割合を示した。例えば、0.0148 の数値は体重の重量比 1.48% を示した。

注目する元素「カリウム K」はミネラル元素に対して 5%、体重比 0.003(0.3%) を示した。

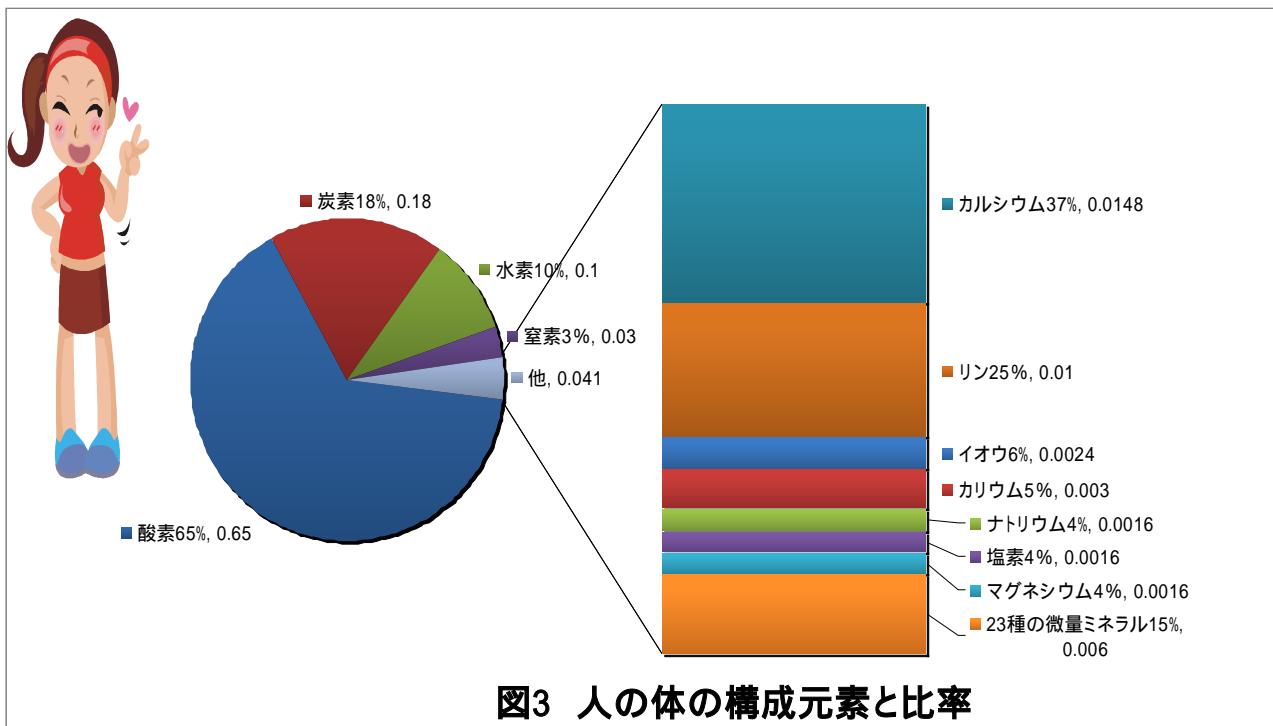


図3 人の体の構成元素と比率

次に、カリウム K は植物の 3 大栄養源「窒素 N、リン酸 P、カリウム K」の重要なミネラルである。カリウム K が供給されないと植物は生長できない。人はこのカリウム K を含んだ植物・作物を摂取するので、当然にカリウム K が体内に残存する。

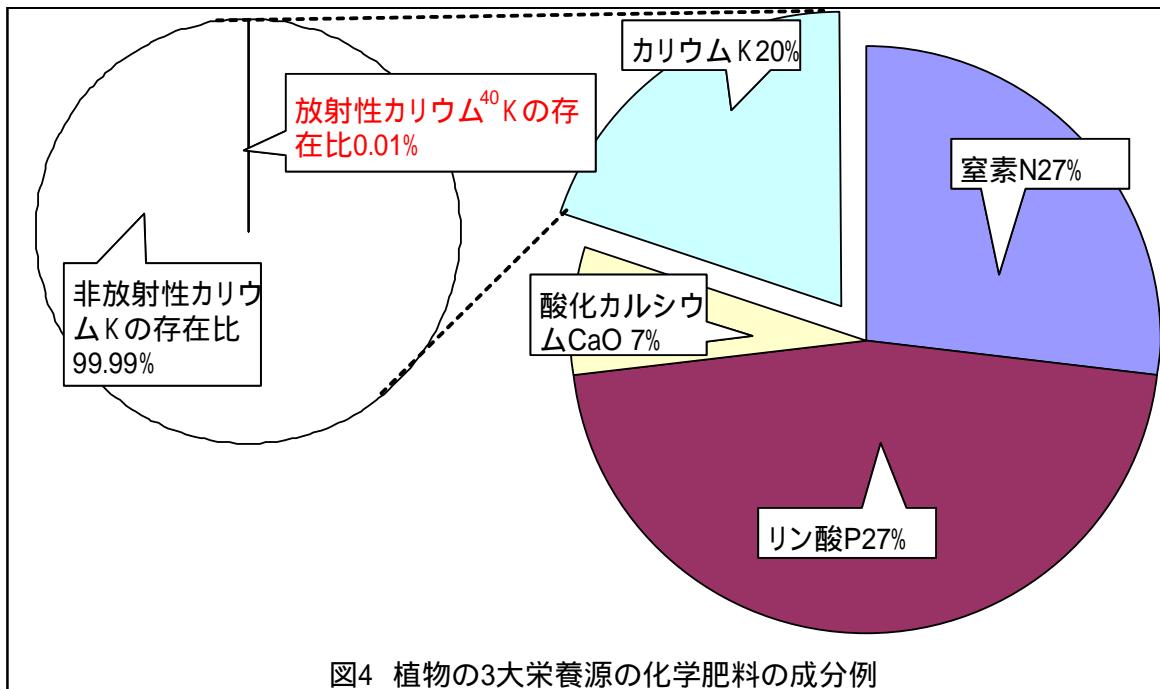
この植物の 3 大栄養源を補給する化学肥料の成分重量比の例を図 4 に示した。この化学肥料のカリウム K の割合は 20% であり、カリウム K には一定割合 ( 同位体存在比 0.01% ) で図 4 左に示した「放射性核種カリウム-40」が存在する。この放射性核種カリウム-40 の植物に対する含有量 % を試算した。

放射性核種カリウム-40 含有量 %

= 植物全体の 0.00003%

$$= 0.3 \text{PPM} = 0.3/1,000,000$$

この放射性核種カリウム-40 からの被ばく線量は表 1 から世界平均 0.17mSv /年である。



### 3.2 自然放射線の線量率測定<sup>6)</sup>

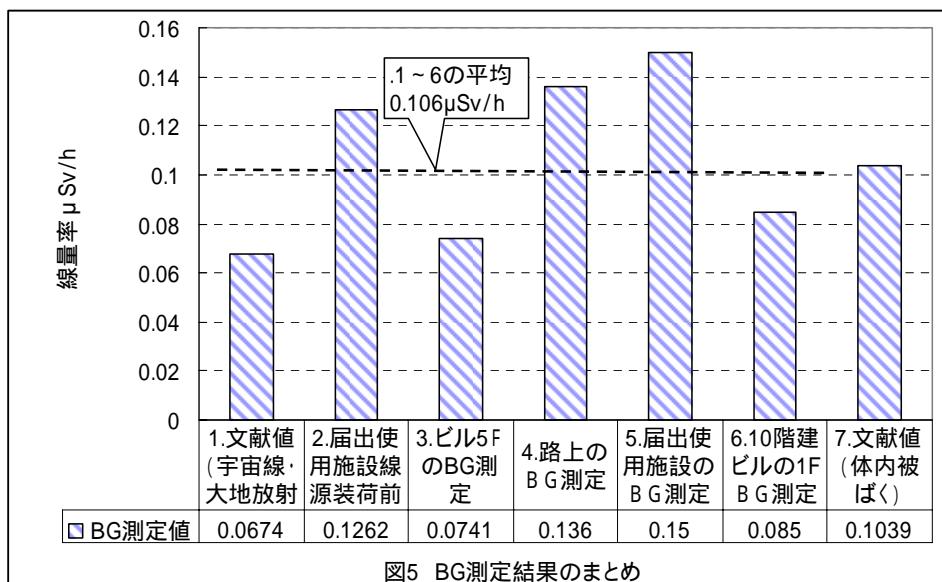
### (1) 自然放射線線量率の比較

自然放射線の線量率を表2の条件で測定し、文献データと比較して表2に示した。また、時間当たりの平均線量率を図5に示した。図5のNo.7体内被ばくを除くNo.1~6の単純平均自然放射線の線量率測定値は0.106μSv/hであった。表2のNo.4とNo.5の路上と室内の線量率を比較すると、室内の線量率の方が大きい。これは室内の方が自然放射能を含有した什器・備品が多いためと考えられる。測定方法等の詳細は次節以降に示した。

表 2 自然放射線測定条件及び測定データ

No	比較項目	線量	測定時間	平均線量率 μSv/h	使用測定器	元データ	備考
				= /			
1	文献値(宇宙線・大地放射線)	0.59mSv	1年 = 8760h	0.0674		表1	UNSCEAR、2000。 詳細は表1
2	届出使用施設 線源装荷前の 1F BG測定	0.109mSv	36日	0.1262	OSL線量計	図6	20点平均の実 測値、詳細は (2)項
3	ビル5FのBG 測定	29.13μSv	16.38日	0.0741	半導体線量計	図7	(3)項

4	路上の BG 測定		レートメータ	0.1360	シンチレーション		
5	届出使用施設の BG 測定		レートメータ	0.1500	シンチレーション		
6	10 階建ビルの 1F BG 測定	10.43 $\mu$ Sv	5.14 日	0.0850	半導体線量計	図 8	10 階建ビルの 1F 部分, 詳細は(4) 項
7	文献値 ( 体内被ばく )	0.91mSv	1 年 = 8760h	0.1039		表 1	UNSCEAR, 2000. 詳細は表 1



## (2) 届出使用施設の自然放射線線量率測定

大阪市内の密封放射性同位元素の届出使用施設の線源装荷前後の BG 測定データの例を図 6 に示した。このデータでは線源装荷前に 20 点、線源装荷後は 10 点のデータ採取を行った。線源のない ( 線源装荷前 ) BG の平均値は  $0.126 \mu\text{Sv}/\text{h}$  であった。

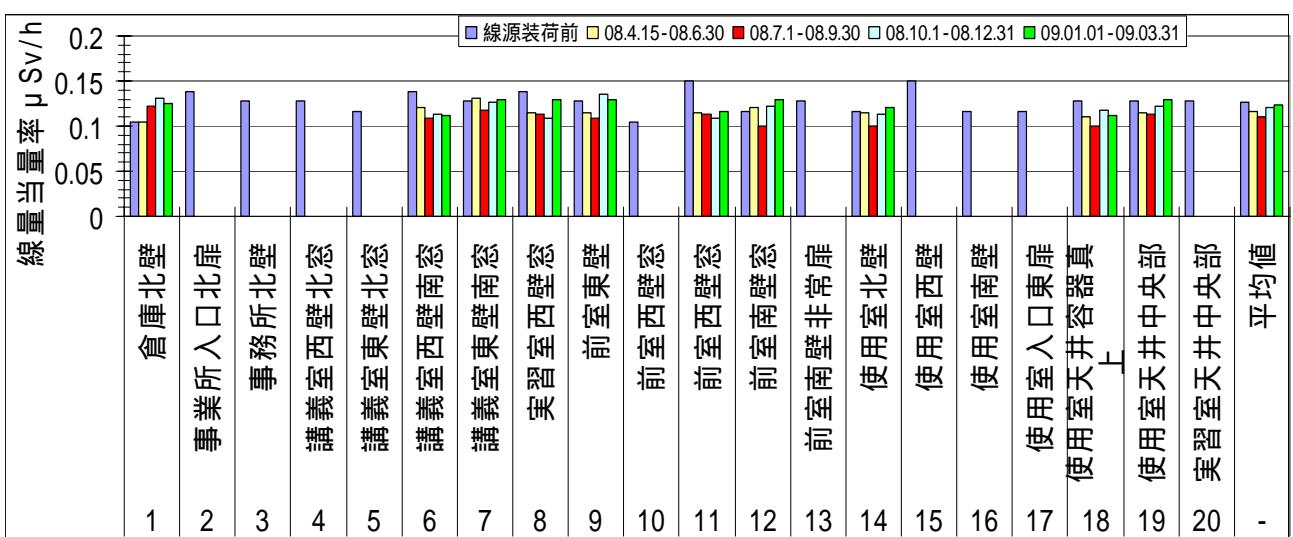


図 6 届出使用施設の線源装荷前後の BG 測定データ

### (3) ビル 5F の BG 測定

ビル 5F の BG 測定を半導体線量計を用いて、16 日間連続的に測定し、線源なしの BG だけで、読み値が経時的に比例して増加することを確認した。測定結果を図 7 に示した。

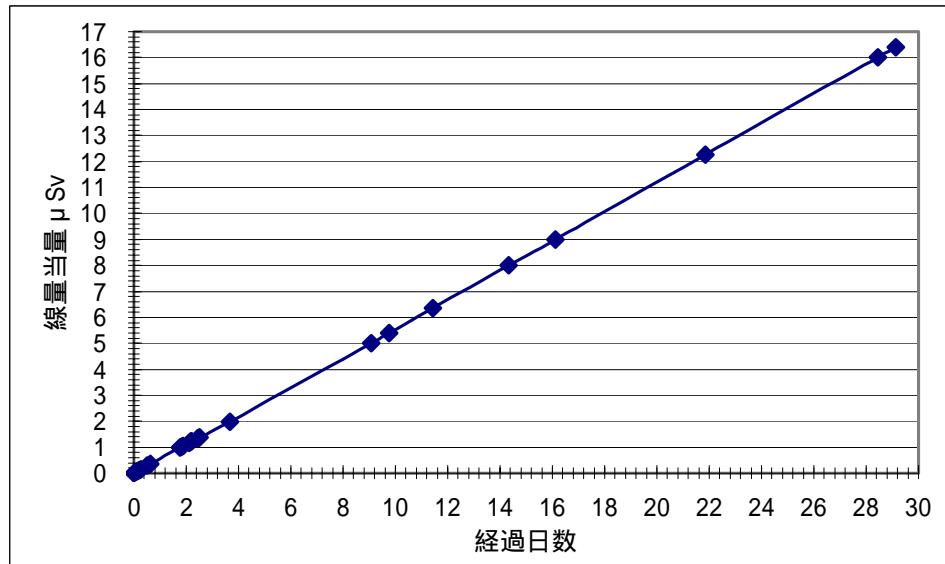


図 7 ビル 5F の BG 測定データ

### (4) 10 階建ビルの各階 BG 測定

大阪市内的一般 10 階建ビルの各階 BG を半導体線量計を使用して測定した。BG 測定データを図 8 に示した。この半導体線量計による測定では放射線のエネルギーを測定できないので、3 インチ NaI シンチレーション（光子スペクトロメータ）を使用した放射線のエネルギー測定結果を図 9、BG 測定結果を図 10 に示した。

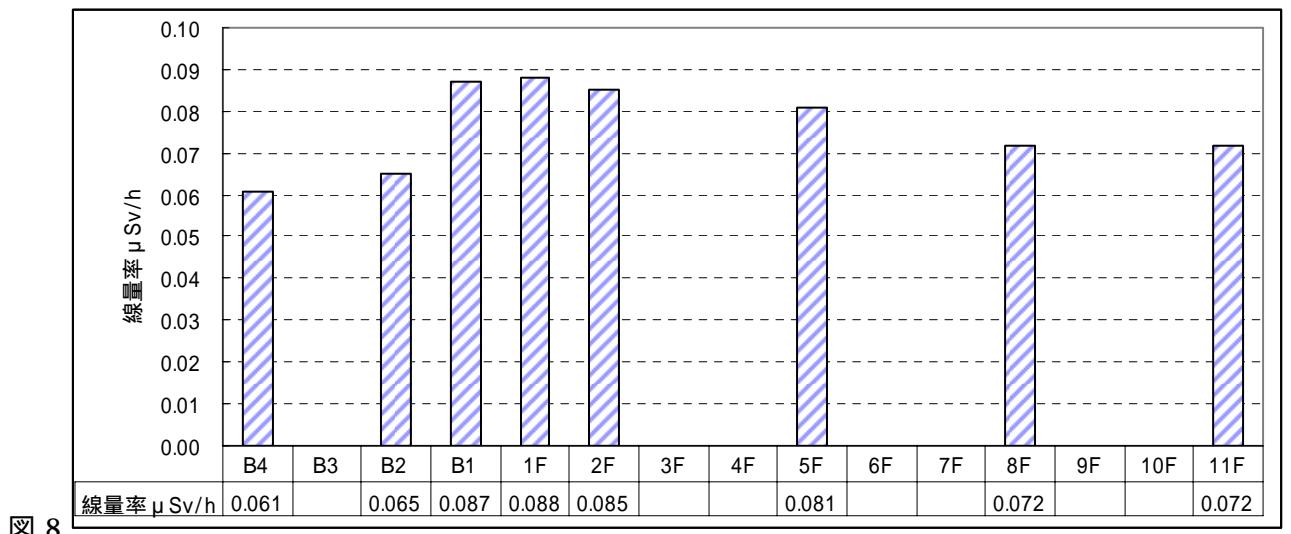


図 8

10 階建ビルの各階 BG 測定データ

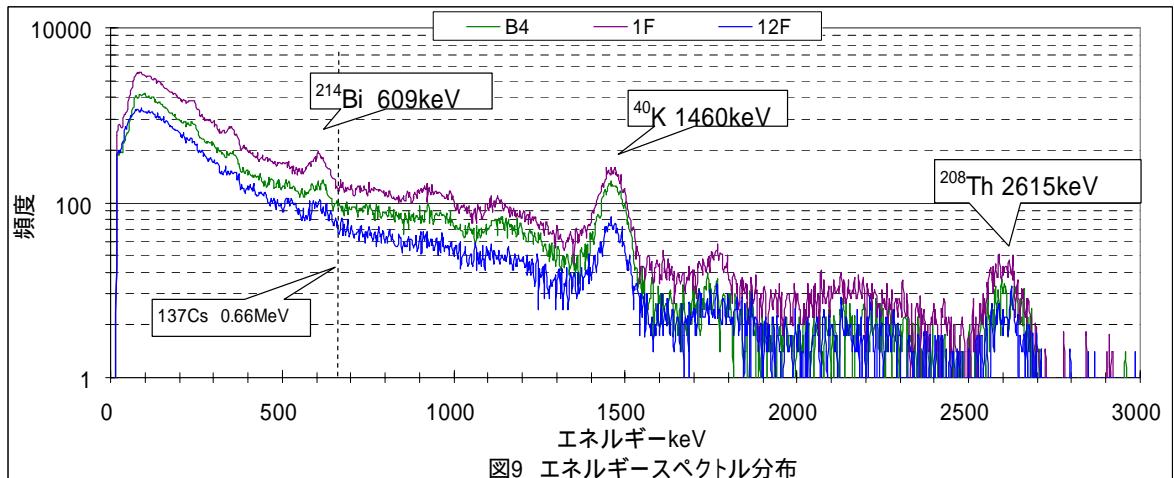


図9 エネルギースペクトル分布

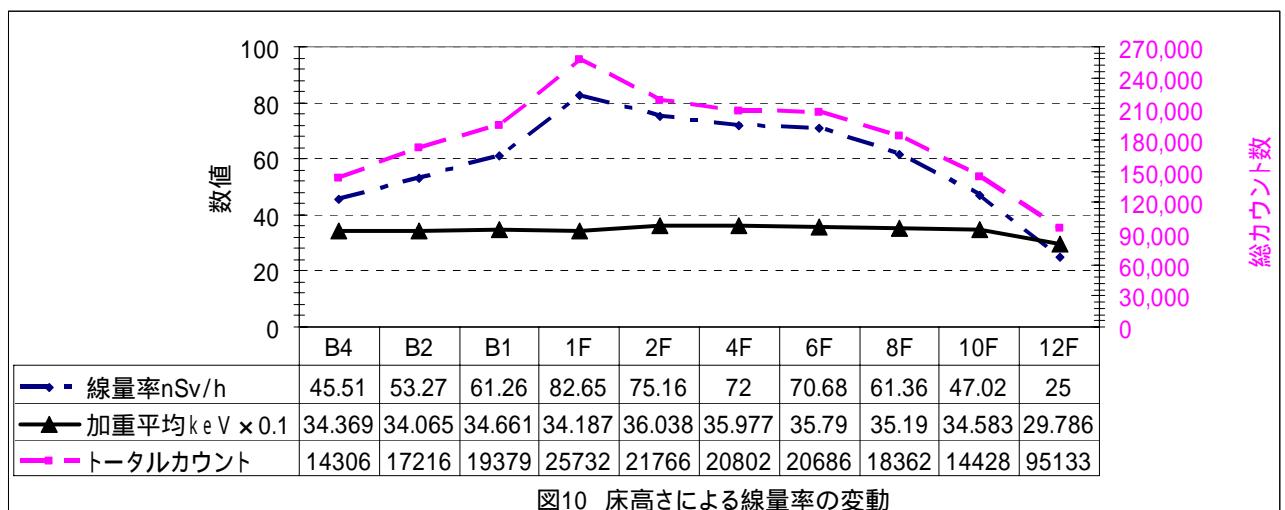


図10 床高さによる線量率の変動

### 3.3 核実験や原発事故によるフォールアウトの影響

#### (1)核実験によるフォールアウトの影響

今から約 25 ~ 67 年前の、大国の米ソ中等による原子・水素爆弾実験による核実験の名残り放射能が放射性降下物（フォールアウト）として現在も残っている。フォールアウトの経年変化を図 11<sup><7></sup>に示した。現在のフォールアウトによる線量は表 1 から 0.005mSv / 年である。図 11 から 1960 ~ 1965 年頃のフォールアウトからの線量は現在の約 10,000 倍あったと推定される。

#### (2)原発事故によるフォールアウトの影響

図 11 から 1986 年のチェルノブイリ原発事故<sup><8></sup>（事故発生：1986.4.26）によるフォールアウトの影響が認められる。ただ、この原発事故による影響期間は約 1 年以内でその後は核実験による影響に合算されて影響は見えない。

次に、1979 年のスリーマイル島原発事故<sup><9></sup>（事故発生：1979.3.28）によるフォールアウトの影響は明確には認められない。

これは前項で説明した核実験が 1945 年から約半世紀の間に 2,379 回（その内大気圏内は 502 回）各国で行われたが<sup><10></sup>、原発事故は 1 ~ 2 回程度であるために影響がその比率で小さいためと考えられる。なお、東電福島第 1 原発事故によるフォールアウトの影響は 2012 年 9 月現在未集計なので、本考察に含めていない。

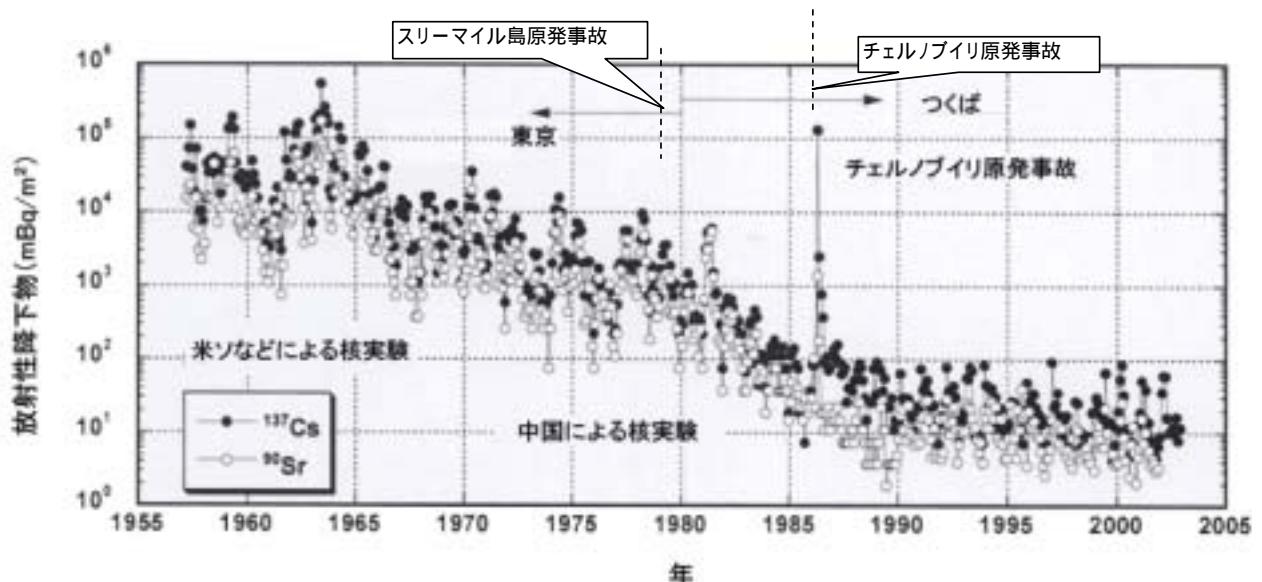


図 11 核実験フォールアウトの経年変化<sup><7></sup>

#### 4. まとめ

- (1) 人類は太古から常に自然界からの自然放射線(BG)にさらされ続けている。その被ばく線量は体内からの内部被ばく及び宇宙や大地からの外部被ばくに分けられ、内部被ばくの方が大きい。(表 1、図 2 参照)
- (2) 外部被ばく線量率は(1)式から約  $0.1 \mu \text{Sv/h}$  で、年換算で約  $1 \text{mSv}$  となる。この約  $1 \text{mSv/年}$  は原子力施設敷地境界の線量限度値及び一般人の年間線量限度値に相当する。一方、原子力施設の線量限度はこの BG を差し引いて、(正味の値として) 原子力施設からの測定値とするので、原子力施設敷地境界の線量限度値は外部 BG 線量率が 2 倍にならないように管理していることになる。
- (3) 外部被ばく線量率は周りに何もない場合に小さな値を取る。これは人体を含めて何があると、その何かに含まれる天然放射性物質・放射能からの放射線量を測定するためである。
- (4) 過去の原発事故によるフォールアウトの影響を調査したが、核実験の回数や規模に比較して原発事故による影響は非常に限定的で、長期的な影響は認識できない程度である。(図 11 参照)

#### 参考文献

- <1> ウィキペディア：原子核融合、<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%81%92%E6%98%9F>、(2012)
- <2> ウィキペディア：オクロの天然原子炉、  
<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AA%E3%82%AF%E3%83%AD%E3%81%AE%E5%A4%A9%E7%84%B6%E5%8E%9F%E5%AD%90%E7%82%89>、(2012)
- <3> スーパーカミオカンデ：スーパーカミオカンデ実験概要、  
<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/sk/about/intro.html>、(2012)

- <4>文部科学省・放射線審議会：航空機乗務員の宇宙線被ばく管理に関するガイドライン、  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/housha/sonota/06051009.htm#top](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/housha/sonota/06051009.htm#top)、( 2012 )
- <5>、<6>財団法人電子科学研所(文部科学省登録資格講習機関)：第2種放射線取扱主任者  
講習テキスト(6)、( 2011 )
- <7>気象研究所地球科学部：環境における人工放射能の研究 2003、  
<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/01/01080428/02.gif>、( 2003 )
- <8>ウィキペディア： Chernobyl nuclear power plant accident、  
[http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%81%E3%82%A7%E3%83%AB%E3%83%8E%E3%83%96%E3%82%  
%A4%E3%83%AA%E5%8E%9F%E5%AD%90%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB%E6%89%80%E4%BA%8B%E6%95%85](http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%81%E3%82%A7%E3%83%AB%E3%83%8E%E3%83%96%E3%82%<br/>%A4%E3%83%AA%E5%8E%9F%E5%AD%90%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB%E6%89%80%E4%BA%8B%E6%95%85)、( 2012 )
- <9>ウィキペディア： Sri Lanka nuclear power plant accident、  
[http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%AA%E3%83%BC%E3%83%9E%E3%82%A4%E3%83%  
%AB%E5%B3%B6%E5%8E%9F%E5%AD%90%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB%E6%89%80%E4%BA%8B%E6%95%85](http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%AA%E3%83%BC%E3%83%9E%E3%82%A4%E3%83%<br/>%AB%E5%B3%B6%E5%8E%9F%E5%AD%90%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB%E6%89%80%E4%BA%8B%E6%95%85)、( 2012 )
- <10>ウィキペディア： Nuclear test、  
<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%A0%B8%E5%AE%9F%E9%A8%93>、( 2012 )