

事故由来による追加線量「0.23 μSv/h」

～ セシウムからの被ばく線量 ～

志田 潤治 (会員No.: 16)

未曾有の災害

もう、この街には人は戻ってこないよ。だから「除染なんか必要ない」と震える女性の声が聞こえた。横に傾いた「母屋」を見て立ちすくむ姿に掛ける言葉がなかった。3.11の津波でご主人を亡くし、そして1年後息子さんに先立たれた・・・と言う。被災者の「心の傷」は到底、癒えることはない。未曾有の災害とは言え何と悲しく辛いことだろうか。今日も何もなかったかのように春暖の陽が阿武隈山系の稜線を映していた。

2015年から約2年仮設焼却施設の減容化業務で放射線管理を行う機会を得た。2017年退職する頃、山積にされた「がれき・建物」等は徐々に解体・処分され整地化されていた。今回、セシウムの安全管理の基礎について投稿したが間違・勘違等があればご容赦願いたい。

汚染状況重点調査地域

さて、東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故により「放射性物質汚染対処特措法」¹⁾が施行された。これに基づき、事故由来放射性物質による環境の汚染・人の健康等に及ぼす影響を速やかに低減するため除染等の取組が進められた。

また、年間の事故由来に伴う追加線量が1mSv以上の地域を「汚染状況重点調査地域」と指定した。つまり1時間当たりの放射線量が「0.23 μSv/h」以上を除染すべき「基準値」とした。

しかし最近、原子力規制委員会は「基準値」について再検討を始めるとした。

(先の「放友会ニュース」のとおり)

この基準値の何が問題で何が検討課題なのかは今

↑ 放射線取扱主任者受験講習会の様



↑ 放射線取扱主任者受験講習会の様

後の「原子力規制委員会の検討・提言」を待ちたい。

ここでは0.23 μSv/hの導出基準について文献等から再確認することとどめた。

写真は「除染等業務特別教育(全員受講)」及び人材育成の一環として「放射線取扱主任者受験講習会(任意)」が行われている様子である。

0.23 μSv/h 導出基準

「Sv」とは、放射線が人体に与える影響の度合いを

表す単位で例えば「0.23 μSv/h」とは、人体が1時間に0.23 μSv被ばくする線量である。被ばく線量は、NaIシンチレーションサーベーターを用いた空間線量率で「1 cm 線量当量」として評価される。測定値の精度向上のため1年に1回は測定器の「校正」が義務づけられている。

事故由来による追加線量0.23 μSv/hは、以下の仮定から導出²⁾されている。

- ① 事故由来に伴う放射性物質からの放射線を「1年間1mSv」相当とした。
- ② 日本における大地からの自然放射線量を「0.04 μSv/h」とした。
- ③ 1日24時間の生活パターンを次のように仮定している。
*8時間を屋外で、残りの16時間を屋内で生活するとした。
*残りの16時間は屋内にいるため放射線の影響を「低減効果0.4」とした。
- ④ 以上の仮定から、事故由来による追加線量が1年間で1mSv=1000 (μSv/年) となるようなχ (μSv/h)を次式から求めた。

$$\begin{aligned} 1000 (\mu \text{ Sv/年}) &= \{ (\chi \times 8 (\text{h}) + \chi \times 16 (\text{h}) \times 0.4) \} \times 365 (\text{d/y}) \\ &= (\underset{\text{屋外}}{\chi \times 8} + \underset{\text{室内}}{\chi \times 16} \times \underset{\text{低減効果}}{0.4}) \times \text{年換算} \\ 8\chi \times 365 \times (1 + 2 \times 0.4) &= 1000 \\ 5256\chi &= 1000 \\ \chi &\doteq \underline{0.190 (\mu \text{ Sv/h})} \end{aligned}$$

- ⑤ 「除染基準値」 = ②+④

$$0.19 + 0.04 = 0.23 (\mu \text{ Sv/h})$$

注) 「低減効果=0.4」とは、例えば、屋根の外側で1.0の線量が屋根の内側(室内)で0.4にまで減少した。

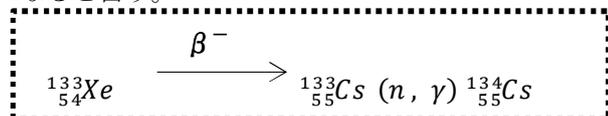
つまり、0.6は屋根材等により「減衰」したことに等しい。

¹³⁴Cs・¹³⁷Csの事故由来核種

3.11の事故発生後まもなく搾乳牛から「¹³¹I」が検出されたと報道された。¹³¹Iの環境中の放出は、原子炉の事故を意味した。原子炉からの「核分裂生成物」は、その他⁹⁰Sr、⁸⁵Kr、¹³³Xe、¹³⁷Cs等があるが、¹³⁴Csはあまり馴染みのない核種なので調べてみた。

^{134}Cs の生成

^{134}Cs がどのように生成されたかについて、田崎教授³⁾が解説されている。 ^{235}U が核分裂すると副産物として核分裂生成物 (f) の ^{133}Xe が生成される。更に ^{133}Xe は、 β^- 崩壊して安定な ^{133}Cs になる。核燃料被覆材で密封された「 ^{133}Cs 」は中性子捕獲反応 (n, γ) で ^{134}Cs になると言う。



核燃料被覆材は、耐熱・腐蝕性に優れた頑丈な金属 (例、Zr ジルコニウム合金、融点：1852 °C) に封入され損傷・溶融がなく放射性物質が環境に放出しない設計となっている。そのためには安定した冷却機能が持続する必要がある。

事故直後と現在の放射能強度

今回の事故で ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能 (Bq) の放出量は 1 : 1 であった。同位体であるから化学的性質は等しく土壌内では共に、粘土に吸着され水中では金属で重い底に沈んでいる。また体内では主に筋肉に取り込まれる。

被ばく線量の評価は、実効線量率定数⁴⁾が異なるため厄介である。それぞれの特徴を表-1、2に示した。

表-1. 実効線量率定数の単位 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

	^{134}Cs	^{137}Cs
①放出放射能	1	1
②半減期	2年	30年
③実効線量率定数	0.211	0.0779

表-2. 2核種の放射能減衰

	直後(2011) $^{134}\text{Cs} : ^{137}\text{Cs}$	7年目(2018) $^{134}\text{Cs} : ^{137}\text{Cs}$
実効線量率定数比	2.7 : 1.0	2.7 : 1.0
放射能強度	1.0 : 1.0	0.09 : 0.85
被ばく線量(比)	2.7+1.0=3.7	0.24+0.85=1.1

^{134}Cs と ^{137}Cs からの被ばく線量の評価

事故当日の雲の流れは北西方向であったことから浪江町の山側(津島方面)に強くフォールアウトしたと理解できた。当日の降雨状況から「常磐線を境」に山側に大きな線量率となった。また、ホットスポットも存在し所謂「まだら状」の汚染が存在した。

私の事業所は浪江町海岸の近くに位置し原子力規制委員会が管理するモニタリングポストがあった。事故から7年目の空間線量率を調査したところ平均値で $0.122 (\mu\text{Sv/h})$ であった。先の「基準値: $0.23 (\mu\text{Sv/h})$ 」の約半分程度の被ばく線量を示していた。

この地点での被ばく線量の算出にあたり今回計算上、放射能は風・雨水等により飛散・移動しなかったと仮定した。以下、2核種からの被ばく線量 ($\mu\text{Sv/h}$) の算出を行った。

■7年目の実測値(2018年)モニタリングポストから

$$\begin{aligned} * & ^{134}\text{Cs} = 0.122 \times (0.24 / 1.1) \doteq 0.03 \\ * & ^{137}\text{Cs} = 0.122 \times (0.85 / 1.1) \doteq 0.10 \\ \text{計} & (\mu\text{Sv/h}) \doteq 0.13 \end{aligned}$$

■事故直後の推定値(2018年からの逆算)

$$\begin{aligned} * & ^{134}\text{Cs} = 0.03 / 0.09 \doteq 0.34 \\ * & ^{137}\text{Cs} = 0.10 / 0.85 \doteq 0.12 \\ \text{計} & (\mu\text{Sv/h}) \doteq 0.46 \end{aligned}$$

参考：表2. 7年目の放射能強度

$$\begin{aligned} * & ^{134}\text{Cs} = 1 \times e^{-0.693 \times (3 + \frac{1}{2})} \doteq 0.09 \\ * & ^{137}\text{Cs} = 1 \times e^{-0.693 \times (\frac{7}{30})} \doteq 0.85 \end{aligned}$$

【まとめ】

- # 1 事故由来による追加線量は、NaI シンチレーションセンサーベーマータを用いた空間線量の「1cm線量当量」で評価している。
- # 2 事故直後：7年目の被ばく線量の合計は、 $0.46 (\mu\text{Sv/h}) : 0.13 (\mu\text{Sv/h}) \doteq 1 : 0.28$ 7年目で被ばく線量は初めの約1/3となった。
- # 3 ^{134}Cs からの被ばく線量は7年目で初めの約1/10となった。
今後は ^{137}Cs からの被ばく線量が寄与し「ゆるやかに減少」し23年後には初めの1/2になる。

最後に、福島県の復旧・復興が更に進展し皆様の早期帰還が実現しますことを切に願っております。

【参考資料・文献】

- 1) 環境省資料 2) Isotope News 自由空間 古田定昭、除染基準値 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ は本当に年間 1mSv なのか?
- 3) 学習院大学理学部 田崎晴明教授、「放射線と原子力発電所事故についてのできるだけ短くてわかりやすく正確な解説：セシウム 137 とセシウム 134」
<http://www.gakushuin.ac.jp/~881791/housha/details/Cs137vs134.html>
- 4) アイソトープ手帳、公益社団法人 日本アイソトープ協会