

2024年8月22日

東京電力準備書面(5)における
SPM局の濾紙を用いて測定された
セシウム137の大気中濃度に依拠する
Scaling法の正当化に対する批判
(黒川第5意見書)

高エネルギー加速器研究機構 名誉教授

黒川 眞一

印

はじめに

2024年3月6日の期日に提出した第4意見書は被告東京電力の準備書面(5)による黒川第1意見書、第2意見書、および第3意見書に対する反論への再反論であり、次の①から③をその内容としている。

- ① 平山論文 2014[1]に示されたヨウ素 131 (以下 ^{131}I) の大気中濃度の求め方が正しく精度も良いことを、被告東京電力が行っている批判を論点ごとに反論することで示す。
- ② 2011年3月15日から16日にかけて福島市を襲った放射性プルーム (第1プルーム) によってもたらされた福島市の中心部における ^{131}I の大気中濃度は UNSCEAR2020/2021 報告書[2]および同報告書の Attachment A-9[3]が依拠する Terada 論文[4]が示す値より 100 倍程度大きい。
- ③ UNSCEAR が用いる Scaling 法では、放射性核種の実測された地表沈着密度と ATDM シミュレーションが示すソースタームとの関係が循環論法になっていること。

そこで、今回の第5意見書では、東京電力の準備書面(5)の主張のうち、黒川第4意見書では反論を行っていない次の主張に対して新たに反論を行う。すなわち、東京電力が準備書面(5)において UNSCEAR2020/2021 報告書および同報告書の Attachment A-9 を引用し、大気中浮遊物質監視局 (SPM 局) の濾紙を用いたセシウム 137 (以後 ^{137}Cs) の大気中濃度測定値を根拠とすれば Scaling 法は妥当であるという主張である。第4意見書でも UNSCEAR の用いる Scaling 法について批判を行っているが、今回の第5意見書によって、Scaling 法は有効であるという UNSCEAR と東京電力の主張をさらに反論する。

この第5意見書の骨子は次のとおりである。

- ① SPM 局の濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度測定値とされるものは 2011年3月15-16日に福島市を襲った最大のプルーム (第1プルーム) を捉えそこなっており、 ^{137}Cs の大気中濃度を 100 分の 1 近くに過小評価している。
- ② このような大幅な過小評価は、 ^{137}Cs を運んでいる大気中浮遊粒子 (SPM) が濾紙に到達する以前に霧箱効果のために排除されるために起こる。
- ③ 霧箱効果の存在は種々の証拠から確実である。
- ④ それ故、濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度測定値を根拠とする Scaling 法は正しい方法ではない。
- ⑤ 福島県の人口の大多数が居住する非避難地域における ^{131}I と ^{137}Cs の大気中濃度を求めるのに、Scaling 法を用いることは ^{131}I と ^{137}Cs の大気中濃度を大幅に過小評価することになり、UNSCEAR の被曝線量評価は全く信頼できない。

この意見書の構成は次のとおりである。第1節において、東京電力による SPM 局の濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度測定による Scaling 法の正当化がどのようなものであるかを示す。第2節では SPM 局における SPM (粒径が $10\mu\text{m}$ 以下の大気中浮遊物質) の測定法と SPM 局の濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度測定について解説する。第3節では、SPM 局の濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度測定なるものは実際の大気中濃度を大幅(100分

の1近く)に過小評価していることを平山論文 2015[5]のデータを用いて論証する。続く第4節では、2011年3月17日に行われた福島県立医科大学付設のすぎのこ保育園における園児の甲状腺線量の測定結果を用いて平山論文 2015の結果が正しいことを示す。第5節ではSPM局の濾紙を用いた¹³⁷Csの大気中濃度測定が¹³⁷Csの大気中濃度を過小評価することを物理学的に説明できる仮説として、霧箱効果仮説を紹介する。続く第6節において、この霧箱効果仮説が妥当であることを証拠を示して論証する。第7節ではSPM局の濾紙を用いた¹³⁷Csの大気中濃度の測定は2011年3月15-16日に福島市を襲った第1ブルームを捉えそなっており、また、この第1ブルームが福島市における2021年3月における¹³¹Iや¹³⁷Csの時間積分大気中濃度および地表沈着密度のほとんどすべてをもたらしている以上、UNSCEARのとなえるScaling法なるものは全く成り立たないことを具体的に指摘する。最後の「まとめ」節では、改めてこの意見書のまとめを述べる。

1. 東電準備書面(5)におけるSPM局の濾紙を用いた¹³⁷Csの大気中濃度測定値に基づくScaling法の正当化

被告東京電力は準備書面(5)においてScaling法によって¹³⁷Csの大気中濃度が正しく推定できると主張している。東京電力の準備書面(5)の25ページの、エ 推定の合理性の項に以下のような記述がある。

UNSCEAR2020年/2021年福島報告書は、公衆が避難しなかった地域について、寺田論文のATDMによる大気中濃度と地表沈着密度の推定値は用いず、両者の比であるバルク沈着速度に着目し、これを沈着密度の実測値に当てはめて割り戻すことで大気中濃度を推定している。かかる手法は、避難対象地域に比して本件原発からより距離が離れている公衆が避難しなかった地域においては、ソースタームや拡散シミュレーションの不確かさが相対的に大きくなることも考慮の上で、地表沈着密度の豊富な実測データを出発点として、より不確かさの小さな手法によって大気中濃度を推定したものといえる。

そして、かかる推定値に関して、UNSCEAR2020年/2021年福島報告書は、大気中濃度の実測値との間に大きな乖離がなく(すなわち、次図において「1:1」の実線からの乖離が小さく)、推定として妥当であることを確認している(乙全4・119~120頁・A41-A42項、図A-I(下図)の丸印)。UNSCEAR2020年/2021年福島報告書の補足資料である甲全135の3・19頁・21項は、同様の図について「ATDMに直接基づいたモデリング濃度を赤い三角形で、沈着量スケールリングに基づいた濃度を青い丸で示し、比較している。この図から、沈着量スケールリングによる推定値(引用者注:青い丸)は測定値の上にも下にも分布しており、測定値との一致が概ね良好であることがわかる」と述べている。)

この引用中の「寺田論文のATDMによる大気中濃度と地表沈着密度の推定値は用いず、両者の比であるバルク沈着速度に着目し、これを沈着密度の実測値に当てはめて割り戻す

ことで大気中濃度を推定している」とされるものが、この第5意見書で私が Scaling 法とよぶ方法である。具体的には、Scaling 法とは、 ^{131}I または ^{137}Cs において、ある地点における寺田論文の ATDM が示すプルームの時間積分大気中濃度を A_T 、寺田論文が示す地表沈着密度を D_T 、文部科学省が行った地表沈着密度の測定値 D_m としたとき、時間積分大気中濃度の推定値 A_s を

$$A_s = A_T \times \frac{D_m}{D_T} \quad (\text{式1})$$

として求める方法である。なお、添字 T は寺田論文の推定値、m は測定、s は Scaling を意味する。また上記の引用中にてでくる、「沈着量スケーリング」とは2つの地表沈着密度の比、 D_m/D_T を乗ずるという意味である。なお、沈着速度とは、各プルームに対して(式1)を以下に示す(式2)のように直したときの D_T/A_T すなわち、寺田論文が示す地表沈着密度を同じ寺田論文が示す時間積分大気中濃度で割ったもののことである。

$$A_s = D_m \div \frac{D_T}{A_T} \quad (\text{式2})$$

「沈着速度」の前に「バルク」をつけた「バルク沈着速度」については、UNSCEAR 2020/2021 報告書中および Attachment A-9 には厳密な定義が明記されていない。しかし、「バルク」という以上、プルーム毎ではなく、2011年3月の複数のプルームの全てを総合した沈着速度という意味と考えられ、Attachment A-9 におけるバルク沈着速度の定義もそのようなものであることを示唆している。しかし、 ^{137}Cs のように崩壊半減期が30年というように1か月より十分に長い場合はバルク沈着速度は容易に定義できるが、 ^{131}I のように半減期が1か月に比べて短いときには、バルク沈着速度は半減期の効果を取り入れたうえで定義されなければ物理的な意味をなさないが、そのような検討は見受けられない。

UNSCEAR が採用している Scaling 法は黒川第4意見書でも指摘したように循環論法であり原理的になりたないものであるが(注：Scaling 法が原理的になりたないことの説明は、この意見書の末尾に補足1として示す)、この意見書においては、UNSCEAR のいうところの Scaling 法を用いても、数値的におかしな結果がでること、すなわち、上に示した準備書面(5)中で「推定値に関して、UNSCEAR2020年/2021年福島報告書は、大気中濃度の実測値との間に大きな乖離がなく」(下線は筆者による)とされているものが実は大きな乖離があることを示す。

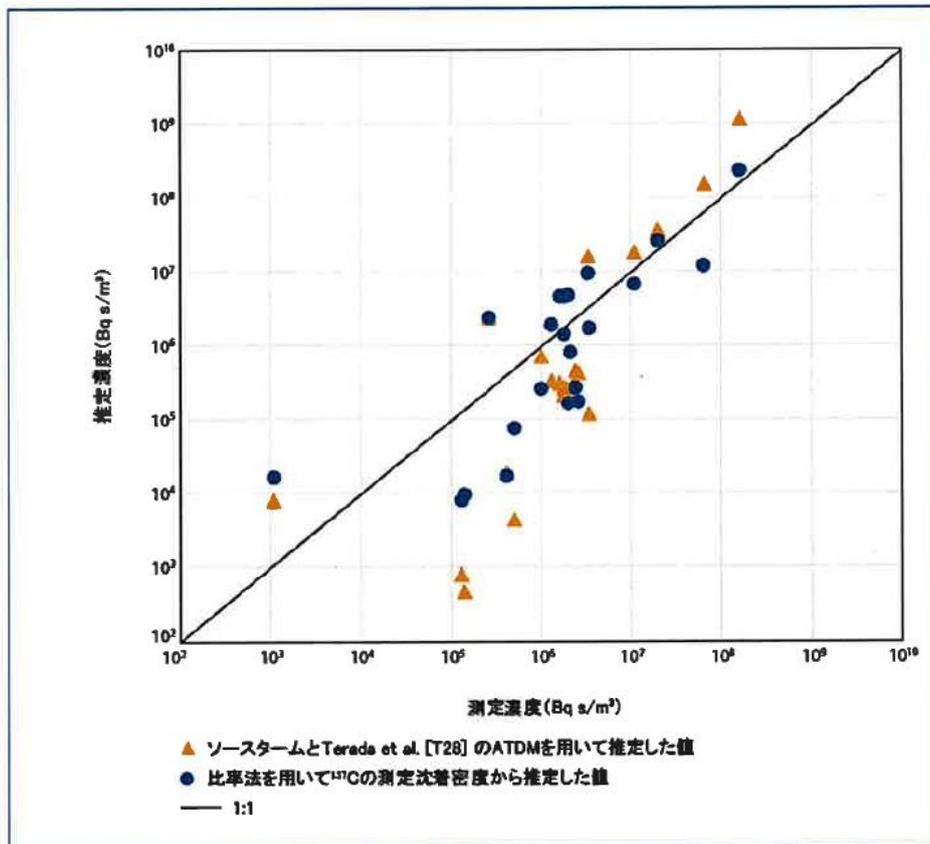
東京電力の準備書面(5)の上記の引用中には明記されていないが、大気中濃度の実測値とされているのは ^{137}Cs についてである。UNSCEAR は ^{137}Cs の大気中濃度が SPM 局の濾紙を使って測定されているので、その測定値を正しいものとして、Scaling 法が成り立つことを主張しているのである。この主張は Attachment A-9 だけでなく、UNSCEAR2020/2021 報告書において図(この意見書の図表1)を示して主張されており、UNSCEAR が重要な根拠となると判断しているものである。それゆえ、この主張が正しいかどうかを検証することは UNSCEAR 報告書が信頼できるかどうかにかかわることである。

上記の東京電力の準備書面(5)からの引用中に示された図 A-I を本意見書の図表1とし

て以下に掲載する。なお、図 A-I と同じ図が UNSCEAR2020/2021 報告書の Attachment A-9 の Figure A-9. XII として示されている。

図表 1 : UNSCEAR2020/2021 報告書の図 A-I A-9. XII

図 A-I. 大気中の¹³⁷Csの時間積分濃度の測定値と推定値の比較^a



^a 図中の直線は大気中濃度のモデル値と測定値が等しいと仮定した場合を示す。このラインの上方のデータ群は、大気中濃度のモデル値が測定値より大きく推定された場合の測定大気中濃度を示し、ライン下方のデータ群は、大気中濃度のモデル値が測定値より低く推定された場合を示す。

図表 1 の横軸の「測定濃度」とは SPM 局の濾紙によって測定された ¹³⁷Cs の大気中濃度の測定値のことであり、縦軸の「推定濃度」とは青丸で示されている Scaling 法によって求められた ¹³⁷Cs の時間積分大気中濃度のことであり、橙の三角は寺田論文の ATDM シミュレーションが示す時間積分大気中濃度であり、青丸と同じように、示す値は縦軸に対応している。もし、SPM 局によって測定された ¹³⁷Cs の時間積分大気中濃度が正しく、Scaling 法が正しいならば、Scaling 法によって推定された値（青丸）は横軸が示す値とほぼ同じ値を持つ縦軸の値を持つはずである。実際、UNSCEAR は Scaling 法によって推定された青丸で示された点が SPM 局によって測定された ¹³⁷Cs の時間積分大気中濃度の値とほぼ同じであること、すなわち青丸の位置が図の左下の角から右上の角を結ぶ直線（1 : 1 の直線）から大きく乖離しないことをもって Scaling 法が正しいと主張しているのである。しかし、Scaling 法が正しいと主張するためには、まず、SPM 局の濾紙によって測定された ¹³⁷Cs の

大気中濃度の測定値が正しくなければならぬはずである。

UNSCEAR2020/2021 報告書の Attachment A-9 には Table A-9.4 として、図表 1 のもとになった表が示されている。参考のためその表を本意見書の図表 2 として示す。

図表 2 : UNSCEAR2020/2021 報告書の Attachment A-9 の Table A-9.4

Table A-9.4. Comparison of modelled and measured concentrations of ^{137}Cs in air (time-integrated)

No.	Location	^{137}Cs measurement (Bq s/m ²)	^{137}Cs concentrations derived directly from ATDM (Bq s/m ³)	^{137}Cs concentration derived from ATDM and deposition scaling (Bq s/m ³)
1	Aizuwakamatsu	1E+05	8E+02	8E+03
2	Asahi	2E+06	2E+05	2E+05
3	Daishin	2E+06	2E+05	8E+05
4	Furukawa	2E+06	3E+05	5E+06
5	Futaba Town	2E+08	1E+09	2E+08
6	Haramachi	2E+07	4E+07	3E+07
7	Kitakata	1E+05	4E+02	9E+03
8	Minami-aizu	4E+05	2E+04	2E+04
9	Minamimachi	2E+06	2E+05	5E+06
10	Moriai	2E+06	2E+05	5E+06
11	Muikamachi	1E+03	8E+03	2E+04
12	Naraha	7E+07	2E+08	1E+07
13	Nihonmatsu	3E+06	1E+05	2E+06
14	Shibata	3E+05	2E+06	2E+06
15	Shinchi	3E+06	2E+07	1E+07
16	Shirakawa	2E+06	2E+05	1E+06
17	Shiroishi	1E+06	7E+05	3E+05
18	Soma	1E+07	2E+07	7E+06
19	Sugitsumacho	2E+06	3E+05	5E+06
20	Sukagawa	3E+06	4E+05	2E+05
21	Tanakura	1E+06	3E+05	2E+06
22	Yabuki	2E+06	4E+05	3E+05
23	Yonezawa-kanaike	5E+05	4E+03	8E+04

図表 2 には福島県だけではなく周辺の県のものを含む 23 の SPM 局についてのデータが示されている。この表の 2 列目は、SPM 局の名前であり、3 列目は SPM 局の濾紙を用いて ^{137}Cs の Bq 数を測定することによって評価された ^{137}Cs の時間積分大気中濃度（横軸の値で 1 : 1 の直線に乗ることが期待されている値）、4 列目は寺田論文の ATDM から求められた ^{137}Cs の時間積分大気中濃度（橙の三角に相当）、5 列目は寺田論文の ATDM が示す時間積分大気中濃度に、文科省が測定した ^{137}Cs の地表沈着密度[6]を寺田論文が示す地表沈着密度で割った値を乗じて求められた Scaling によって推定された ^{137}Cs の時間積分大気中濃度（青丸に相当）である。

次に、図表3として、図表2の表記を日本語に変え、数値をべき乗を使わない表記に直し、さらにBq s/m³の他にBq h/m³に換算したものを示す。

図表3：図表2のデータの表記を日本語版。数値をべき乗を使わない表記に直し、大気中濃度をBq s/m³に加えBq h/m³に換算した。地域別に並べたため、順番が変わっている。

地域 または 市	No.	SPM 局	137-Cs 測定値		ATDM から直接求められた 137-Cs 濃度		ATDM と沈着スケーリング から求められた 137-Cs 濃度	
			Bq s/m ³	Bq h/m ³	Bq s/m ³	Bq h/m ³	Bq s/m ³	Bq h/m ³
郡山	2	朝日	2,000,000	556	200,000	56	200,000	56
郡山	3	台新	2,000,000	556	200,000	56	800,000	222
福島	4	古川	2,000,000	556	300,000	83	5,000,000	1,389
福島	9	南町	2,000,000	556	200,000	56	5,000,000	1,389
福島	10	森合	2,000,000	556	200,000	56	5,000,000	1,389
中通り	13	二本松	3,000,000	833	100,000	28	2,000,000	556
中通り	16	白河	2,000,000	556	200,000	56	1,000,000	278
福島	19	杉妻町	2,000,000	556	300,000	83	5,000,000	1,389
中通り	20	須賀川	3,000,000	833	400,000	111	200,000	56
中通り	22	矢吹	2,000,000	556	400,000	111	300,000	83
浜通り	5	双葉町	200,000,000	55,556	2,000,000,000	555,556	200,000,000	55,556
	6	原町	20,000,000	5,556	40,000,000	11,111	30,000,000	8,333
	12	檜葉	70,000,000	19,444	200,000,000	55,556	10,000,000	2,778
	15	新地	3,000,000	833	200,000,000	55,556	10,000,000	2,778
	18	相馬	10,000,000	2,778	20,000,000	5,556	7,000,000	1,944
いわき地区	21	棚倉	1,000,000	278	300,000	83	2,000,000	556
会津地区	1	会津若松	100,000	28	800	0.22	8,000	2.2
	7	喜多方	100,000	28	400	0.11	9,000	2.5
	8	南会津	400,000	111	20,000	5.6	20,000	5.6
他県	11	六日町	1,000	0.28	8,000	2.2	20,000	5.6
	14	柴田	300,000	83	2,000,000	556	2,000,000	556
	17	白石	1,000,000	278	700,000	194	1,000,000	278
	23	米沢金地	500,000	139	4,000	1.1	80,000	22.2

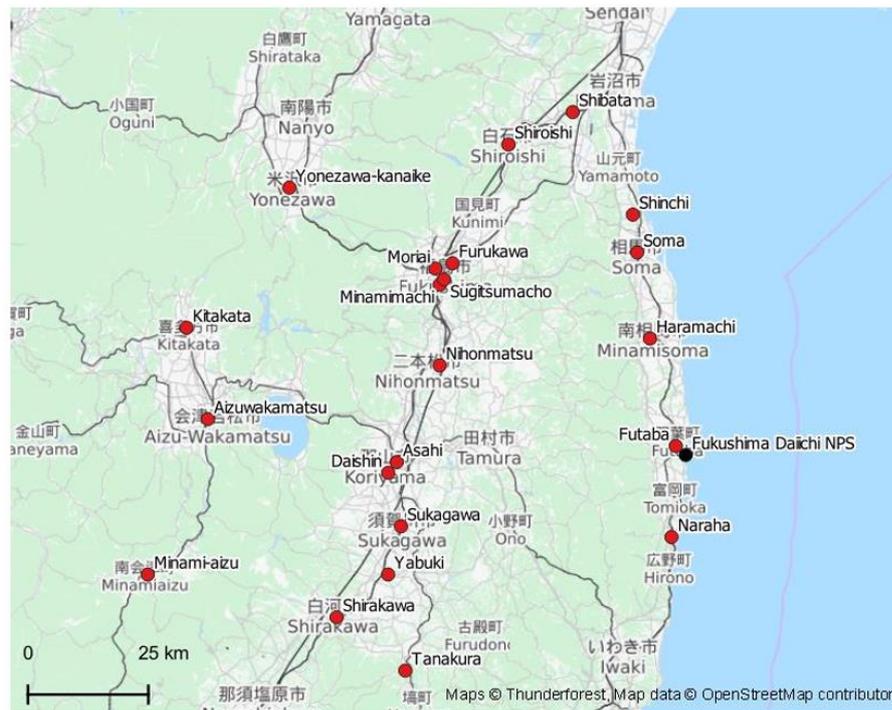
Attachment A-9 には SPM 局の所在地が Figure A-9. XI として示されている。その図を本意見書の図表4として示す。なお図表4に示されている Sugitsumacho(杉妻町局)という SPM 局は、黒川第1、第2、第3意見書で示した福島市紅葉山のモニタリング・ポストに隣接する福島県庁の4階に設置された SPM 局であり、Minamimachi(南町局)はその南西およそ1 kmに設置されている SPM 局である。

図表2、図表3、図表4には福島市に4つの SPM 局が存在するかのようには示されているが、2011年3月に正式に運転中の SPM 局は杉妻町を除く残りの3局であることが福島県がホームページ上で公開している資料から分かる[7]。2011年3月には杉妻町局は試験運転中であり正式に稼働してはいなかったと考えられる。そのため、2011年3月の杉妻町局の

SPM の測定値は公開されていないが、濾紙が残っており、濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度の測定が可能であったため、SPM 局の濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度のデータが残っていると考えられる。

図表 4 : Attachment A-9 Figure A-9. XI. SPM 局の所在地を示している

Figure A-9.XI. Locations within or close to the border of Fukushima Prefecture where ^{137}Cs air concentrations have been measured



2. SPM 局とは何か、何を測定するのか、また SPM 局の濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度測定とはどのようなものか

この節では SPM 局とは何か、また SPM 局の濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度測定とはどのようなものであるかについて説明する。

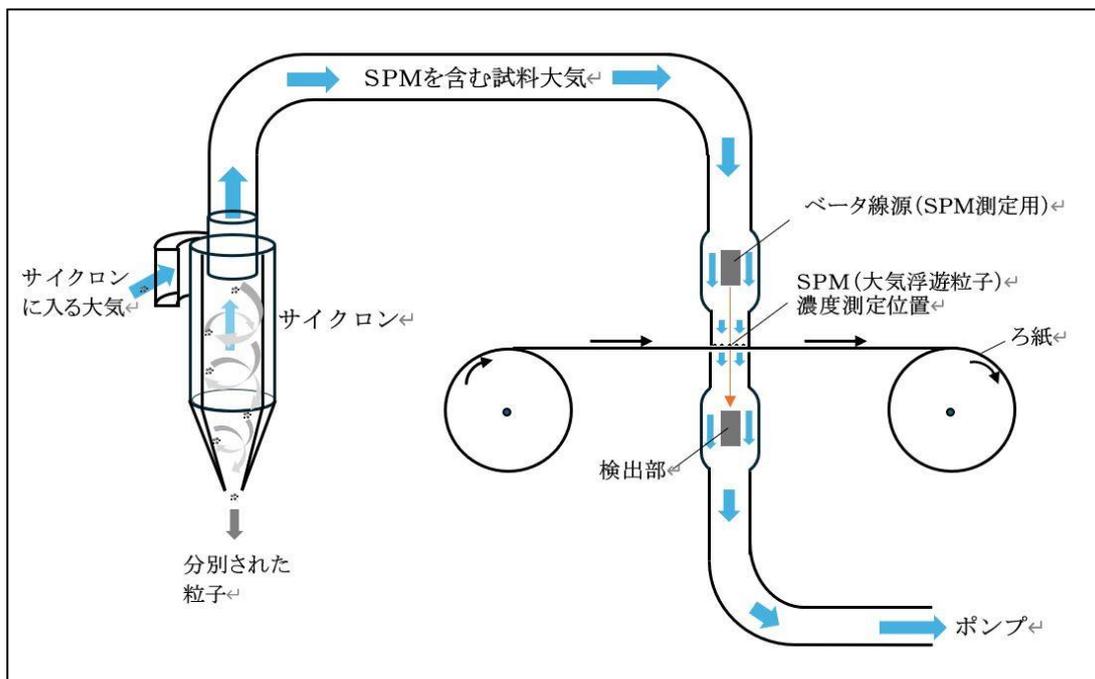
2. 1 SPM 局による SPM の測定

SPM とは大気中の浮遊粒子状物質のことで、英語の Suspended Particulate Matter の頭文字をとって SPM とよばれている。厳密には大気中に浮遊する粒子状物質のうち、粒径 $10\ \mu\text{m}$ 以下のものと定義されている。そして SPM 局とは、この SPM を観測する局のことである。図表 5 に SPM 局における SPM 測定法の概念図を示している。SPM 局を構成する主たる要素は、外気を取り入れ粒径が $10\ \mu\text{m}$ より大きい粒子を分別するサイクロン、サイクロンの下流にあるテープ状の濾紙、濾紙の移動および巻き付けを行う装置、濾紙に付着した SPM の量を測定するための測定用 β 線源と検出器、そして大気を吸入するためのポンプ

である。大気はまずサイクロンに入り、粒径が $10\mu\text{m}$ より大きい粒子は分別されサイクロン外に排出され、粒径が $10\mu\text{m}$ より小さい SPM は大気と共に下流に位置する濾紙に到達し、濾紙に付着し、面積が 1cm^2 のスポットを形成する。濾紙はテフロンまたはガラスファイバーでできたテープであり、渦巻状に巻かれている。テープは1時間に1回ずつ進み、テープ上に面積が 1cm^2 のスポットがとびとびにできることになる。濾紙に付着した SPM の量は、測定用 β 線源プロメチウム 147 (^{147}Pm) や炭素 14 (^{14}C) などから放出される β 線を濾紙に照射し、濾紙を通過する β 線が濾紙に付着した SPM が全く付着していないときよりもカウント数がどれだけ減少するかをシンチレーターや半導体検出器などで計測することにより測定される。

SPM の量は、大気 1m^3 中の SPM の重量 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で表される。また、SPM 測定器に吸い込まれる大気量は、ほぼ $1\text{m}^3/\text{h}$ である。それゆえ、1時間の間に濾紙に付着した SPM の量は、1立方 m 中に浮遊する SPM の量とほぼ等しくなる。

図表 5 : SPM 局における SPM 測定法の概念図



福島県はホームページで、SPM 局によって計測された SPM の大気中濃度を公開している [8]。その中から福島市に設置された 3 つの SPM 局 (南町、森合、古川) の 2011 年 3 月の SPM 大気中濃度の測定値を図表 6 として示す。第 1 節で示したように、杉妻町局はこの時点で正式には観測をはじめていないため、SPM データは公開されていない。

図表 6：福島市の SPM3 局（南町、森合、古川）の 2011 年 3 月 15－16 日および 3 月 20－21 日の SPM の大気中濃度の時間変化（単位は $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
南町																								
15 日	51	43	45	43	36	37	42	38	32	33	25	16	12	25	16	16	0	1	0	0	0	0	0	0
16 日	0	0	7	3	0	2	8	6	5	4	13	3	6	0	11	13	9	8	32	18	24	14	11	5
20 日	26	25	33	33	37	35	37	40	42	48	57	62	57	66	72	63	78	74	73	62	68	71	62	65
21 日	53	56	53	62	64	66	38	11	20	18	12	13	11	11	10	12	12	22	18	20	25	20	23	24
森合																								
15 日	48	47	34	34	40	42	33	43	35	37	21	12	25	25	24	20	11	6	2	7	3	2	3	15
16 日	7	2	6	10	10	12	12	4	4	11	17	12	11	5	7	14	15	20	17	14	18	14	12	11
20 日	23	31	38	38	31	37	33	59	39	51	56	61	52	61	55	57	66	72	59	70	60	61	57	56
21 日	46	53	47	53	46	50	21	25	15	20	17	9	13	13	13	10	20	23	22	29	32	20	28	22
古川																								
15 日	40	44	50	31	36	33	37	32	21	31	25	19	17	24	22	19	9	11	2	0	0	0	0	1
16 日	0	0	0	3	1	1	9	5	1	1	10	9	7	7	7	10	3	6	8	7	13	11	4	7
20 日	25	26	39	31	40	36	40	48	39	47	59	55	68	75	43	59	75	63	64	52	57	64	55	54
21 日	55	50	47	52	46	35	14	10	14	14	5	13	4	11	8	7	17	17	19	26	21	22	24	18

2. 2 SPM 局の濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度測定

次に、SPM 局の濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度測定とはどのようなものであるかについて説明する。この測定を行ってきた東京大学、首都大学東京（現・東京都立大学）、国立環境研究所の研究者からなるグループのことを SPM 局- ^{137}Cs 濃度測定グループとよぶことにする。このグループは保管されていた SPM 局の濾紙に 2011 年 3 月の時点における SPM がそのまま残されていることに着目し、福島原発事故から 1 年後の 2012 年から濾紙上に残る SPM 中の ^{137}Cs の Bq 数をゲルマニウム（Ge）測定器で測定し、1 時間に濾紙を通過した大気の体積で割ることにより、1 時間あたりの ^{137}Cs の大気中濃度を Bq/m^3 を福島第 1 原子力発電所事故から 2011 年 3 月 23 日までの期間求めている [8]。

この意見書の図表 7 として文献 [9] が示す SPM 局- ^{137}Cs 濃度測定グループが求めた福島市の杉妻町局、南町局、森合局、古川局の 2011 年 3 月 15－16 日および 3 月 20－21 日における ^{137}Cs の大気中濃度の時間変化を示す。

図表7：SPM局-¹³⁷Cs濃度測定グループが求めたSPM局の濾紙を用いた2011年3月15-16日および3月20-21日の杉妻町局、南町局、森合局、古川局の¹³⁷Csの大気中濃度の時間変化のデータ。3月15-16日および3月20-21日のプルームあたりの積算値（時間積分大気中濃度）の値も示している。

		杉妻局	南町局	森合局	古川局
日付	時刻	Bq/m ³	Bq/m ³	Bq/m ³	Bq/m ³
3月15	17	0.6	0.3	0.0	0.0
	18	3.4	4.9	7.0	1.6
	19	7.0	5.4	6.3	4.1
	20	8.8	9.3	8.8	6.4
	21	20.2	17.4	11.8	8.6
	22	23.0	32.9	27.3	13.4
	23	6.0	8.7	4.1	1.3
	24	1.1	1.8	0.3	1.4
3月16	1	1.3	9.1	10.3	12.4
	2	4.6	7.9	11.4	8.0
	3	3.1	2.7	4.3	6.7
	4		0.7	0.5	0.8
	5		0.2		0.1
プルーム積算		79.1	101.3	92.2	64.9
3月20	13		0.2	0.1	0.1
	14	2.4	1.0	1.5	9.9
	15	53.2	44.9	41.1	51.4
	16	39.5	35.0	37.2	29.8
	17	15.1	16.2	20.8	12.8
	18	11.8	12.5	19.9	12.7
	19	19.7	21.3	20.6	13.4
	20	23.2	26.5	16.3	14.0
	21	17.4	19.8	15.1	13.4
	22	10.6	9.6	15.3	8.9
	23	11.5	12.1	24.1	12.4
	24	18.7	19.1	27.8	14.2
	3月21	1	26.1	20.3	30.8
2		34.2	27.6	33.1	24.3
3		35.8	27.8	37.2	26.9
4		33.7	31.9	33.5	32.4
5		33.5	31.4	31.2	31.3
6		31.6	32.2	26.6	28.1
7		5.4	12.0	0.5	4.7
8		0.4	2.8	0.3	6.4
9		0.4	2.5	0.4	1.4
10		0.5	2.6	0.5	0.6
プルーム積算		424.7	409.3	433.9	370.9

2. 3 SPM局におけるSPM測定とSPM局の濾紙を用いた¹³⁷Csの大気中濃度測定についての注目点

SPM局におけるSPM測定とSPM局の濾紙を用いた¹³⁷Csの大気中濃度測定において、福島原発事故後のように放射性物質が大気中にたどる状況の中で、SPMの測定や¹³⁷Csの大気中濃度の測定が正しく行われるのかどうかは、現在の日本で重要なことであると考えられる。もともと大量の放射性物質が大気中にたどる状況をSPM測定では想定しておらず、

そのような状況において正しい測定が行われるかどうかの検討はこれまで行われていないと思われる。一方、SPM局の濾紙を用いた¹³⁷Csの大気中濃度の測定は、放射性物質が大気中にただよう状況のもとにおける測定を試みるものであり、この測定を行ったSPM局-¹³⁷Cs濃度測定グループは、放射性物質が大気中にただよう場合に正しい測定ができるかどうかを確認しておかなければならないはずである。しかし、このグループの論文を読む限り、そのような検討は行われていないようである。この小節の末尾に、SPM局-¹³⁷Cs濃度測定グループの論文[9]中に書かれた、文章を示しておく。

この意見書の第5節と第6節では、SPM局におけるSPM測定とSPM局の濾紙を用いた¹³⁷Csの大気中濃度測定において、放射性物質が大気中にただよう状況において測定が正しく行われるかどうかを検討する。

注：SPM局-¹³⁷Cs濃度測定グループの論文[9]に次のような記述がある。この記述から、このグループは、放射性物質が大気中に浮遊するときに、SPMの濃度が小さくなり、ゼロになることもあることを認識していたことが分かるが、それ以上の調査を行っていないようである。

Another advantage of using these documents was that, when a plume with high radioactive materials in SPM passed SPM monitoring station, irregular/sudden decrease to a very low/zero value for SPM mass concentrations was frequently observed due to strong β -ray emission.

日本語訳：これらの資料の利点は、SPM中に高濃度の放射能を持つプルームがSPM観測局を通過したとき、強い β 線放射により、SPMの物質濃度が変則的な/突然の非常に小さい値かゼロになるように減少することがしばしば観測されたことである。

3. SPM局の濾紙に残った¹³⁷Csの量を測定することで求めた¹³⁷Csの大気中濃度は大幅な過小評価であり、平山論文が示す3月15-16日に福島市紅葉山を襲った第1プルームによる¹³¹Iの時間積分大気中濃度から推定される¹³⁷Csの大気中濃度の1/60~1/75しかない

第3節および第4節では、SPM局の濾紙を用いた¹³⁷Csの大気中濃度の測定値は大幅な過小評価であることを示す。

まずこの第3節では平山論文2015[5]の結果を用いて論証する。黒川第1意見書において平山論文2015が示す福島市紅葉山に設置されたモニタリング・ポストが計測した2011年3月15日から16日にかけて福島市を襲った第1プルームの¹³¹Iの時間積分大気中濃度は6万5700 Bq h/m³であることを示している。一方、SPM-¹³⁷Cs濃度測定グループが示す同じ時期の¹³⁷Csの時間積分大気中濃度は、図表6に示したように、紅葉山に近接する杉妻町局において79 Bq h/m³、その南西1 kmに位置する南町局において101 Bq h/m³である。

紅葉山のモニタリング・ポストが計測したデータは¹³¹Iの全吸収ピークの時間変化であ

り、そこから求められたものは ^{131}I の大気中濃度である。紅葉山のモニタリング・ポストにおいては、 ^{137}Cs または ^{134}Cs の全吸収ピーク（注： ^{137}Cs と ^{134}Cs はほぼ同じ大気中濃度を持つので、どちらかの全吸収ピークが分かれば良い）は ^{131}I や ^{132}I のピークの下に隠されてしまうために ^{137}Cs の大気中濃度を直接的に求めることができない。そこで ^{137}Cs の時間積分大気中濃度は ^{131}I の時間積分大気中濃度 6 万 5700 Bq h/m³ の 1/10 程度の 6000 Bq h/m³ 程度であると仮定する。この 1/10 という値は、第 1 プルームによる ^{131}I と ^{137}Cs の文科省による地表沈着密度の測定値がそれぞれおよそ 200 万 Bq/m² およびおよそ 20 万 Bq/m² であること [6] を根拠にしている。そうであれば、杉妻町局および南町局の SPM- ^{137}Cs 濃度測定グループが示す ^{137}Cs の測定値は、それぞれ 79 Bq h/m³ と 101 Bq h/m³ であるから、6000 Bq h/m³ の 1/60～1/75 に過小評価されていることになる。

4. 福島県立医科大学に付設されているすぎのこ保育園における保育園児に対する甲状腺被曝量の測定が 46～90 mSv の甲状腺等価線量を示しており、平山論文が示す 1 歳児の甲状腺被曝量 60 mSv と整合し、さらに第 3 節の結論を補強する

この第 4 節では第 3 節に続き、 ^{137}Cs の大気中濃度の SPM 局を用いた測定値は大幅な過小評価であることを示す。おしどりまこ氏の岩波「科学」2016 年 3 月号の論考 [10] に、福島県立医科大学に付設されているすぎのこ園における保育園児に対する甲状腺被曝量の測定結果が掲載されている。岩波「科学」に掲載された測定値を図表 7 として示す。3 月 17 日の測定においては、バックグラウンドの線量率が 1.0 $\mu\text{Sv/h}$ であるところ、首に当てた線量計の読み値が 1.5 $\mu\text{Sv/h}$ である園児が 1 名存在する。少し後に示すように、このデータからこの園児の ^{131}I による甲状腺等価線量を評価すると、46～90 mSv に相当することがわかる。黒川第 1 意見書に示したように、平山論文が示す 1 歳児に対する ^{131}I の 3 月 15～16 日の時間積分大気中濃度は 60 mSv であり、すぎのこ保育園の園児に対する甲状腺被曝量の 46～90 mSv はそれと整合し、平山論文の示す値が正しいことを強く補強している。

図表 8：おしどりまこ氏の岩波「科学」論考「情報開示で出てきた、原発事故後の甲状腺被ばく量の新たな測定値」の図 2 の 3 月 17 日と 3 月 22 日分

Name	年齢	Mother	所属	内線	Count Date			
					17-Mar	22-Mar		
					BG NaI ($\mu\text{Sv/hr}$)	GM (cpm)	BG NaI (μGM)	GM (cpm)
1					0.75	1	0.37	200-250
2					1			
3					1			
4					1		0.35	200
5					0.95			
6					1.5			
7					1.15			
8					1.1			
9					1.2		0.39	200
10					1.2		0.41	220
11							0.38	200
12							0.4	200

バックグラウンド方が過ぎる 1-1.5
低い場所がない

年齢が黒塗りされている対象が園児であることは、間違いないと考えられる。

同論考を読むと、すぎのこ保育園において 2011 年 3 月に行われた甲状腺被曝線量測定は、国が実施した 1080 人のスクリーニング検査[11]とほぼ同じ方法で行われていることが分かる。使用された測定器は、1080 人の測定に用いられたのと同種のサーベイ・メータである。また「ほぼ同じ」としたのは、1080 人の測定では、バックグラウンドは検査された方の肩口にサーベイ・メータをあてて測定されたが、福島県立医科大学の測定では、検査が行われた部屋の空間線量率の値をバックグラウンドとしているからである。すぎのこ保育園の最初の測定は第 1 プルームが福島市を襲った翌日の 3 月 17 日に行われており甲状腺中の ^{131}I を減衰なく測定できるという大きな長所がある。一方、1080 人の測定は 3 月末に行われており、プルームが襲った 3 月 15 日からほぼ 2 週間後であるため、甲状腺に取り込まれた ^{131}I が大きく減衰している。

このような測定を行ったときの、 $\mu\text{Sv/h}$ で表される測定器（シンチレーター）の読み値を甲状腺中に存在する Bq 数に換算する係数として Kim et al., 2020 論文[11]の表 4 に掲載されている値を使うことにする。Kim 論文は、1080 人の測定における測定値から甲状腺中の ^{131}I の Bq 数を求めることについての論文である。この意見書の図表 9 として Kim 論文の表 4 を示す。この表においては、年齢が 3 か月、1 歳、3 歳、5 歳、10 歳、15 歳、大人に対する係数が測定器と首の表面の距離が 0 mm（接触状態）、5 mm、10 mm の場合で示されている。例えば 5 歳児で測定器と首の表面の距離が 5 mm のときの係数は 18.4 であり、測定器の読みが $1 \mu\text{Sv/h}$ のときは $18.4 \times 1000 \text{ Bq}$ の ^{131}I が甲状腺中にあることを示している。

図表 9：サーベイ・メータの読み値を Bq で示される被験者の甲状腺が持つ ^{131}I の放射エネルギーに換算する係数（Kim 2020 論文の表 4）

Table 4. Age-specific conversion factors for the measuring device (^{131}I kBq [$\mu\text{Sv h}^{-1}$] $^{-1}$).

Age group	Thyroid volume (cm ³)	Distance between the neck and the probe (mm)			Averaged ratio ^b
		0 (contact)	5	10	
3-mo-old (infant)	1.2	11.0 (0.46) ^a	15.2 (0.51) ^a	20.0 (0.56) ^a	(0.51)
1-y-old	1.7	12.4 (0.51)	16.7 (0.56)	21.7 (0.60)	(0.56)
5-y-old	3.3	13.8 (0.57)	18.4 (0.62)	23.6 (0.65)	(0.61)
10-y-old	7.6	17.9 (0.74)	22.9 (0.77)	28.7 (0.80)	(0.77)
15-y-old	11.9	21.1 (0.87)	26.6 (0.89)	32.7 (0.91)	(0.89)
Adult	19.9	24.2 (1.00)	29.8 (1.00)	36.0 (1.00)	(1.00)

^aNumbers in parentheses are the ratios of the values for each age group to that for adults.

^bNumbers in parentheses are averages of the ratios for different distances of 0, 5, and 10 mm.

被験者は保育園の園児であるから、1 歳児から 5 歳児であると考えられる。Kim 論文の表 4 (図表 9)から分かるように、このような年齢範囲ではサーベイ・メータが隙間なく喉の皮膚に押し付けられているとき（上の表の 0(contact)) から皮膚からサーベイ・メータまでの距離が 10 mm あるときの係数は 12.4~23.6 の範囲に含まれている。1 歳児の場合は、喉に密着して測定器をあてるのが難しいことを考慮して 5 mm に対応する係数を使うとす

ると係数は 16.7 になる。5 歳児は密着が可能なので 0 (contact) をとり係数は 13.8 となる。保育園児の年齢は 1 歳から 5 歳であるので、この年齢の全てに当てはまる係数として、ここではやや保守的な 15 kBq/μSv/h を使うことにする。そうすると、バックグラウンドの 1.0 μSv/h に対して、測定値が 1.5 μSv/h を示す園児の正味の値は 0.5 μSv/h であるから、甲状腺が持つ放射エネルギーは、

$$0.5 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \times 15 \frac{\text{kBq}}{\mu\text{Sv}/\text{h}} = 7.5 \text{ kBq} = 7500 \text{ Bq}$$

となる。

次に求めなければならないのは、この 7500 Bq はどれだけの甲状腺等価線量に相当するかである。これは次のようにして求めることができる。

呼吸によって取り込まれた ^{131}I はまず血液に入り、次いで甲状腺に集まり、呼吸による取り込み後ほぼ 1 日ほどで最大値になる。最大のプルームである第 1 プルームが福島市を襲ったのは 2011 年 3 月 15 日から 16 日にかけてであるから、3 月 17 日の測定は甲状腺にたまった ^{131}I の最大値を示しているとみなしてよいだろう。これから、この 7500 Bq がどれだけの甲状腺等価線量になるかを求めてみよう。この求め方は、3 月 17 日の時点で 7500 Bq という放射能の強さを示す甲状腺内の ^{131}I から放出される β 線が甲状腺内にもたらすエネルギーを求め、それを甲状腺の重量で割り、Sv で表される等価線量を計算するものである。まず注意しなければならないことは、7500 Bq は 3 月 17 日における甲状腺内の ^{131}I の放射能の強さであり、これから放射性崩壊をすることになる ^{131}I の原子核の個数ではないことである。この個数を求めるためには、 ^{131}I の物理学的半減期と生物学的半減期を考慮した実効的な半減期を知ることが必要である。 ^{131}I の物理学的半減期は 8 日であり、1～5 歳児の生物学的半減期は 32 日だと仮定すると（注：成人では 120 日である）実効半減期は、6.4 日（注：成人では 7.5 日）となる。なお、計算には以下の公式を用いている。物理的半減期を T_p とし生物学的半減期を T_b としたとき、実際の半減期 T は

$$1/T = 1/T_p + 1/T_b$$

で求められる。

生物学的半減期を 32 日と 120 日としたときの実効半減期の違いは 1 日強であり、生物学的半減期は実効半減期を大きく変化させない。これは ^{131}I の半減期が 8 日と短いからである。7500 Bq とは測定の時点の 1 秒あたりの ^{131}I の崩壊数であり、これが、上記の実効半減期の間続くとすると、総崩壊数は 6.4 日の総秒数を掛けて、

$$7500 \text{ (Bq)} \times 6.4 \text{ (day)} \times 24 \text{ (h)} \times 60 \text{ (m)} \times 60 \text{ (s)} = 4.1 \times 10^9 \text{ 個}$$

すなわち、41 億個となる。上では総崩壊数を直感的に求めたが、崩壊数を正確に求めるには、この値を 0.693(2 の自然対数)で割らなければならない。そうすると、ある時点で甲状

腺中に 7500 Bq の放射能があったときに、これから崩壊する ^{131}I の原子核の個数は、41 億 $\div 0.693 = 59$ 億個であることが分かる。

^{131}I は β 崩壊をし、90% のケースで最大エネルギーが 606 keV の β 線を放出する。 ^{131}I は γ 崩壊もするが、放出される γ 線は甲状腺中にはエネルギーを落とさないと仮定しても結果への影響は無視できる。 β 崩壊では β 線のエネルギーは一定ではなく、ゼロから 606 keV の間のどれかの値となり、平均エネルギーは最大エネルギーのほぼ 1/3 の 200 keV 程度である。 β 線のほとんどは飛程が短いため持っているエネルギーのすべてを甲状腺内で失うが、一部の β 線は、すべてのエネルギーを甲状腺内で落としきらず、甲状腺から飛び出していく。このようなことを考慮して、 β 線が甲状腺内に落とす平均エネルギーはその 9 割の 180 keV だと仮定する。そうすると、59 億個の ^{131}I の原子核が甲状腺内に落とす総エネルギーは、

$$5.9 \times 10^9 \times 0.9 \times 1.8 \times 10^5 \text{ eV} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J/eV} = 1.53 \times 10^{-4} \text{ J (ジュール)}$$

となる。上の計算中の 0.9 は ^{131}I の 90% が β 崩壊することからきており、 1.8×10^5 は 180 keV のことであり、 1.6×10^{-19} は 1 eV をジュール(J)で表したときの値である。

上に示した Kim 論文の表 4 (図表 9)には年齢ごとの甲状腺の体積が 2 列目に示されており、1 歳児と 5 歳児の甲状腺の体積は、それぞれ、 1.7 cm^3 と 3.3 cm^3 である。比重を 1 とすると、重量は 1.7 g と 3.3 g となる。Sv とは 1 kg あたりのジュールで測られたエネルギー量であるから、上記の $1.53 \times 10^{-4} \text{ J}$ を 0.0017 kg と 0.0033 kg で割って、1 歳児で 90 mSv、5 歳児で 46 mSv という等価線量を得る。黒川第 1 意見書において、平山論文が示す ^{131}I の時間積分大気中濃度は 6 万 5700 Bq h/m³ であり、それに 1 歳児の時間あたりの呼吸量として $0.285 \text{ m}^3/\text{h}$ を乗じ、さらに等価線量係数 $3.2 \times 10^{-6} \text{ Sv/Bq}$ を乗ずることで甲状腺等価線量は約 60 mSv であることを示した。すぎのこ園の園児で求められた 1 歳児で 90 mSv という等価線量は、平山論文とよく一致しており、平山論文が正しいことを強く補強している。さらにこの事実は、SPM 局の濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度の測定値は大幅な過小評価であることの証拠でもある。

甲状腺にあつまるとヨウ素は呼吸により取り込まれるものと食物や飲料水から摂食によって取り込まれるものがある。3 月 17 日の時点はプルームの襲来から 1~2 日後であるので、呼吸によって取り込まれたヨウ素の寄与が主たるものであるとして計算を行っている。

5. なぜ ^{137}Cs の大気中濃度の SPM 局の濾紙を用いた測定値は大幅な過小評価となるのか ——霧箱効果仮説について

5. 1 霧箱効果仮説とはなにか

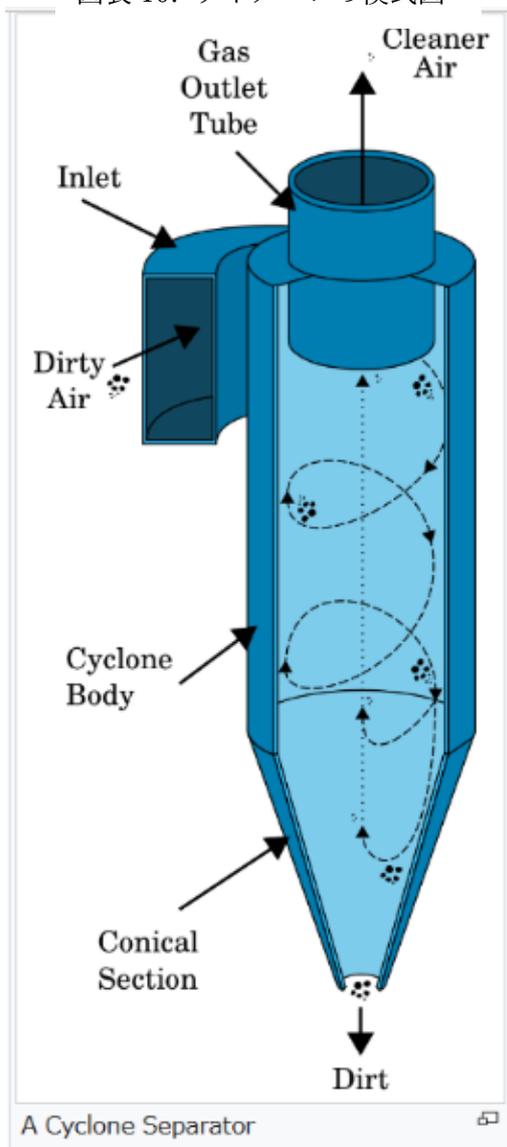
2011 年 3 月 15-16 日に福島市を襲った第 1 プルームにおいては、SPM 局の濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度の測定が大幅な過小評価となる理由は、以下に述べる霧箱効果仮説で

説明できる。

(1) 第1プルームが紅葉山に襲来しているときは、降雨および降雪があり、気温が低く湿度が高く水蒸気は飽和状態に近いと考えられる。実際、プルームが到来した3月15日の16:00以降は、湿度が90%以上であり、露点温度と気温の差は1度強しかないことが気象庁公表の「過去の気象データ検索」[12]から分かる。

(2) SPM局においては、10 μm 以上の粒径の粒子を分別するために、サイクロンを使っている。サイクロンの構造を図表10として示す。サイクロンに取り込まれた大気はサイクロン内で渦巻状に動き、そのような運動によって、重力のおよそ10倍程度の遠心力が発生する。この遠心力によって粒径が大きな粒子は、粒径が小さな粒子よりも外側に向かう大きな速度をもつことになり、サイクロンの内壁にあたり、内壁にそって下降することとなる。粒径が小さい粒子は、外側に向かう速度が小さく、ポンプによってサイクロンの上部または側部に吸われることになる。

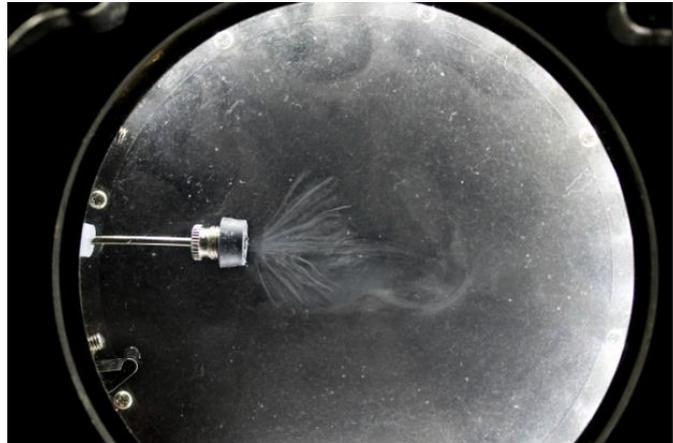
図表10: サイクロンの模式図



(3) サイクロンに大気が吸入される時、細い吸入口から入った大気は、サイクロン本体の円筒に入った際に膨張して温度が低下する。このような現象を断熱膨張といい、体積が1%大きくなるだけで温度が2~3度程度低下する。実際の膨張の度合いはこれより大きいと考えられるので、サイクロン内では、大気中の水蒸気は過飽和状態になる。このような過飽和状態の大気中に β 線のような電離作用を持つ放射線が入射されると、電離作用によってできたイオンを核として過飽和状態の水蒸気は液体の水に相転移し、 β 線の飛跡にそって細かい水滴から構成される霧となる。これがウィルソンの霧箱の原理である。

(4) ここで β 線を取り上げたのは、放射性プルーム中に浮遊する主たる放射性核種、たとえば、 ^{132}Te 、 ^{132}I 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs は β 崩壊をする核種だからである。これらの核種は γ 線も放出するが、 β 線に比べて γ 線が電離作用で大気中に落とすエネルギーは無視できる。霧箱の例として、図表11として、霧箱中にできた α 線の軌跡にそった霧の様子を示す。なお、プルーム中には α 崩壊をする放射性核種は無いとみなしてよく、 α 線による霧箱中の軌跡の図を示したのは説明の都合である。

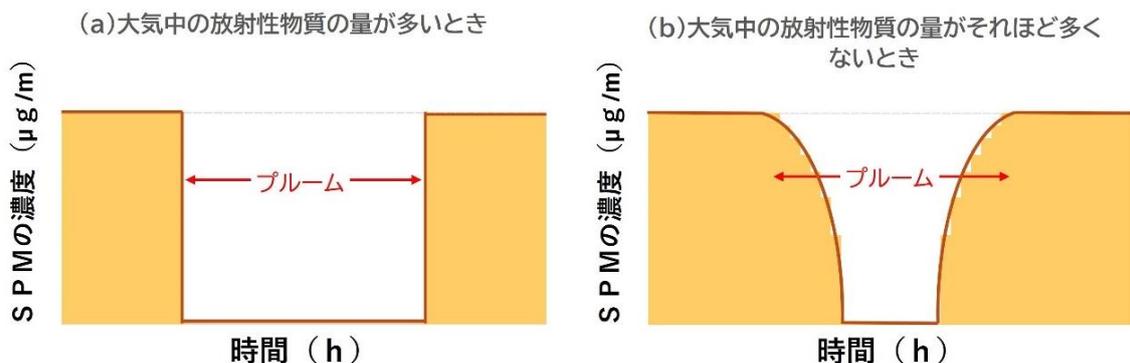
図表 11：霧箱中に発生した霧の写真



(5) さらにサイクロン内では大気は高速で動いており、放射性核種からの β 線によって作り出された霧が二次的な霧を作り出し、サイクロン中に充満する。このようにしてサイクロン内に充満した霧を構成する水滴は、微粒子を取り込み、霧を構成する水滴の径は $10 \mu\text{m}$ より大きいいため、サイクロンによって一部または全部が分別されてしまうと考えられる。

(6) サイクロン内の大気の放射性核種の β 崩壊の Bq 数が大きくなれば、サイクロン内を飛翔する β 線の本数も増加し、霧箱効果はより強くなる。これにともないサイクロン内部における分別の効率は 100% に近づく。一方、 β 崩壊の Bq 数が小さくなるにつれて、サイクロン内の β 線の本数が減少し霧箱効果はしだいに弱くなり、分別の効率はゼロに近づいていくことになるであろう。これをプルームが襲来したときにサイクロンの下流にある濾紙において測定される SPM 濃度で見るとどのように見えるかを図表 12 に模式的に示す。

図表 12：霧箱効果がサイクロン内に起こっているときの SPM 濃度の変化。(a) 大気中の放射性物質の量が多いときには、SPM 濃度はプルームの到来とともにゼロとなりプルームの退去とともに、プルーム来襲前の値に戻る。(b) 大気中の放射性物質の量がそれほど大きくないときは、SPM 濃度はプルーム襲来前の値から徐々に減少し、プルームのピークの到来前に急速に小さくなり、ある時間ゼロとなった後に、最初は急激に、その後はゆっくりとプルーム襲来前の値に戻る。



5. 2 追加β線効果について

SPMの大気中濃度を見かけ上減少するように見せる効果はもう一つあると考えられる。その効果を、「追加β線効果」とよぶことにする。

大気中にβ線を放出する放射性核種が浮遊しているときに、この放射性核種がSPM上または内部にあるとする。このようなSPMが濾紙まで到着し、濾紙に付着すると、そこからのβ線がSPM濃度測定用の検出器に到達することになる。これはSPM濃度測定用のβ線源から検出器に届くβ線に追加されるβ線であり、これを追加β線とよぼう。SPMの量は、測定用のβ線源からのβ線が濾紙に付着したSPMによって遮蔽されることによる検出器のカウント数の減少具合を測ることによって求められる。追加β線があると、検出器のカウント数は増加し、あたかもSPMの量が小さくなったように見えることになる。これが「追加β線効果」である。

濾紙上の追加β線の量を濾紙表面におけるβ線のBq数と定義する。また、2. 1に「SPM測定器に吸い込まれる大気量は、ほぼ1 m³/hである。それゆえ、1時間の間に濾紙に付着したSPMの量は、ほぼ1立方m中に浮遊するSPMの量とほぼ等しくなる。」と書いたことから分かるように、大気中に浮遊する放射性核種の量もほぼ1立方mあたり同じBq数を持つ。

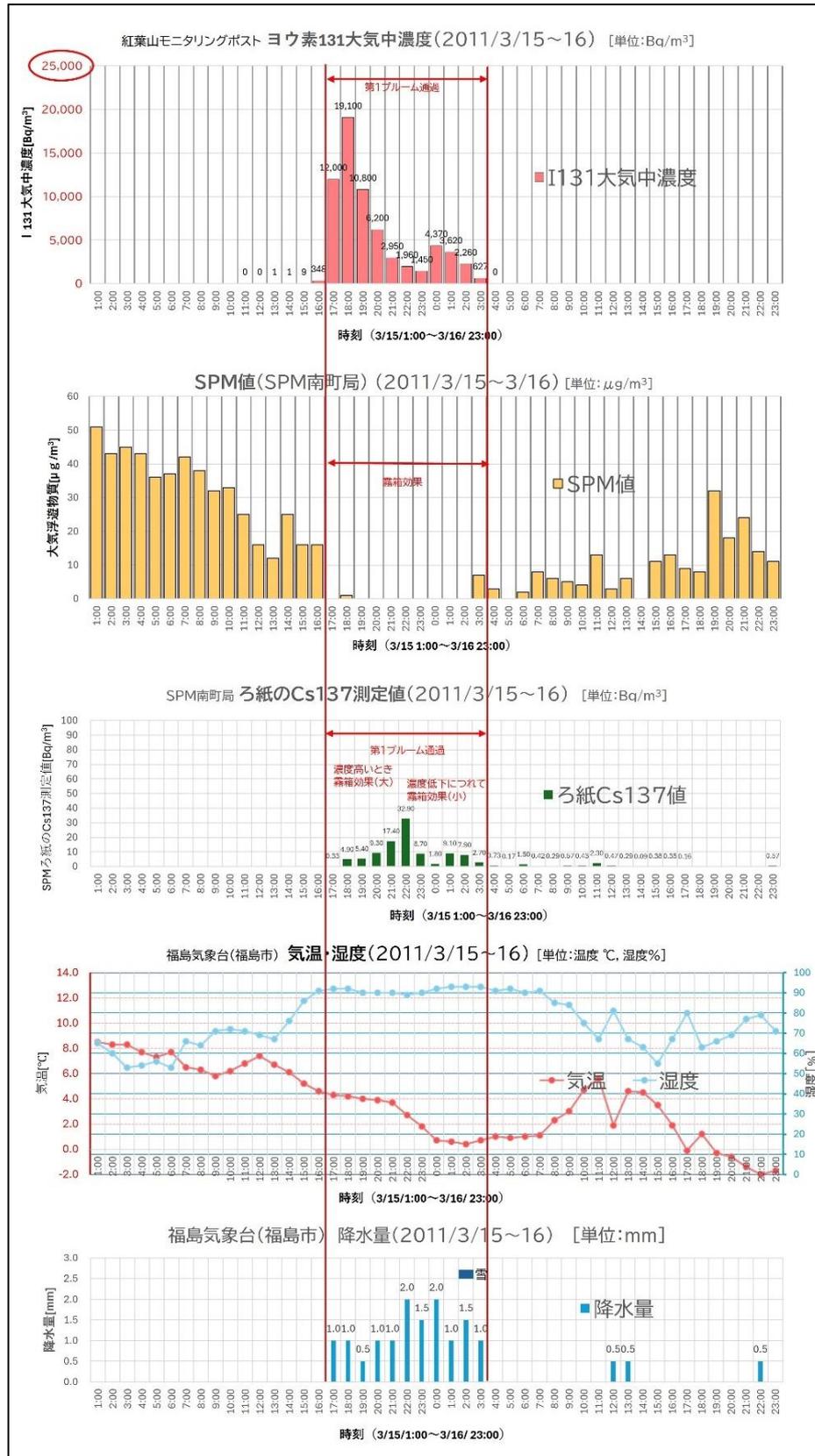
追加β線効果によるSPMの過小評価の大きさの関係は、SPM測定装置のタイプが違うことや、測定用β線源の核種の違いや強さの違いによって影響されるが、補足2に示すように、¹³⁷Csによる10 Bq/m³相当の追加β線に対して、SPMの濃度は1~3 μg/m³程度の過小評価となると考えて良いであろう（注：¹³⁷Cs 10 Bq/m³相当とは、¹³⁷Cs 10 Bq/m³に加えて、25倍程度の他の放射性核種があることを想定している）。

6. 霧箱効果仮説が正しいことの証明

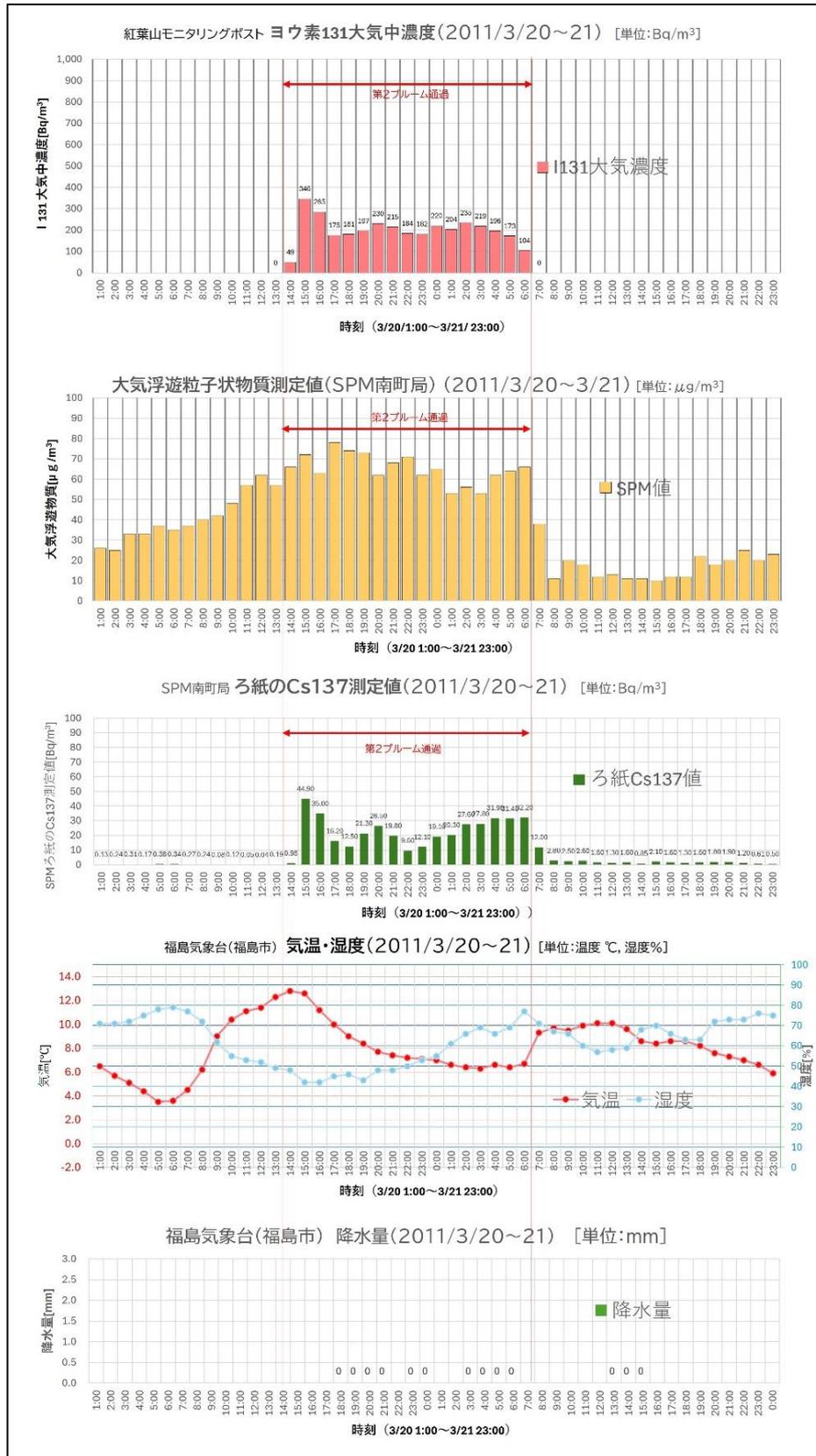
6. 1 霧箱効果仮説が正しいことを証明するのに必要な図表の揭示

霧箱効果仮説が正しいことを証明するのに必要なグラフを集めたものを図表13（3月15-16日）、図表14（3月20-21日）、図表15（3月25-26日）として示す。括弧内の日付は各図表に関連する日付である。図表13、図表14、図表15には上下5段にグラフが並んでいる。第1段のグラフは紅葉山のモニタリング・ポストの測定値に基づく¹³¹Iの大気中濃度の時間変化を示している。第2段は紅葉山のモニタリング・ポストの南西1 kmにあるSPM南町局のSPMの大気中濃度の時間変化のグラフである。第3段は、SPM南町局の濾紙を用いた¹³⁷Csの大気中濃度の時間変化のグラフである。第4段は福島市の気温と湿度の変化を示すグラフであり、第5段は福島市の降水量の変化を示すグラフである。図表15に関連する日付にはプルームが存在しないので、第1段と第3段は空白である。図表13と図表14の第2段と第3段は、本来ならば、平山論文が用いた紅葉山のモニタリング・ポストに最も近い杉妻町局のデータを用いるべきであるが、杉妻町局のこの時点のデータがないため、次に近い南町局のデータを示していることを注記する。

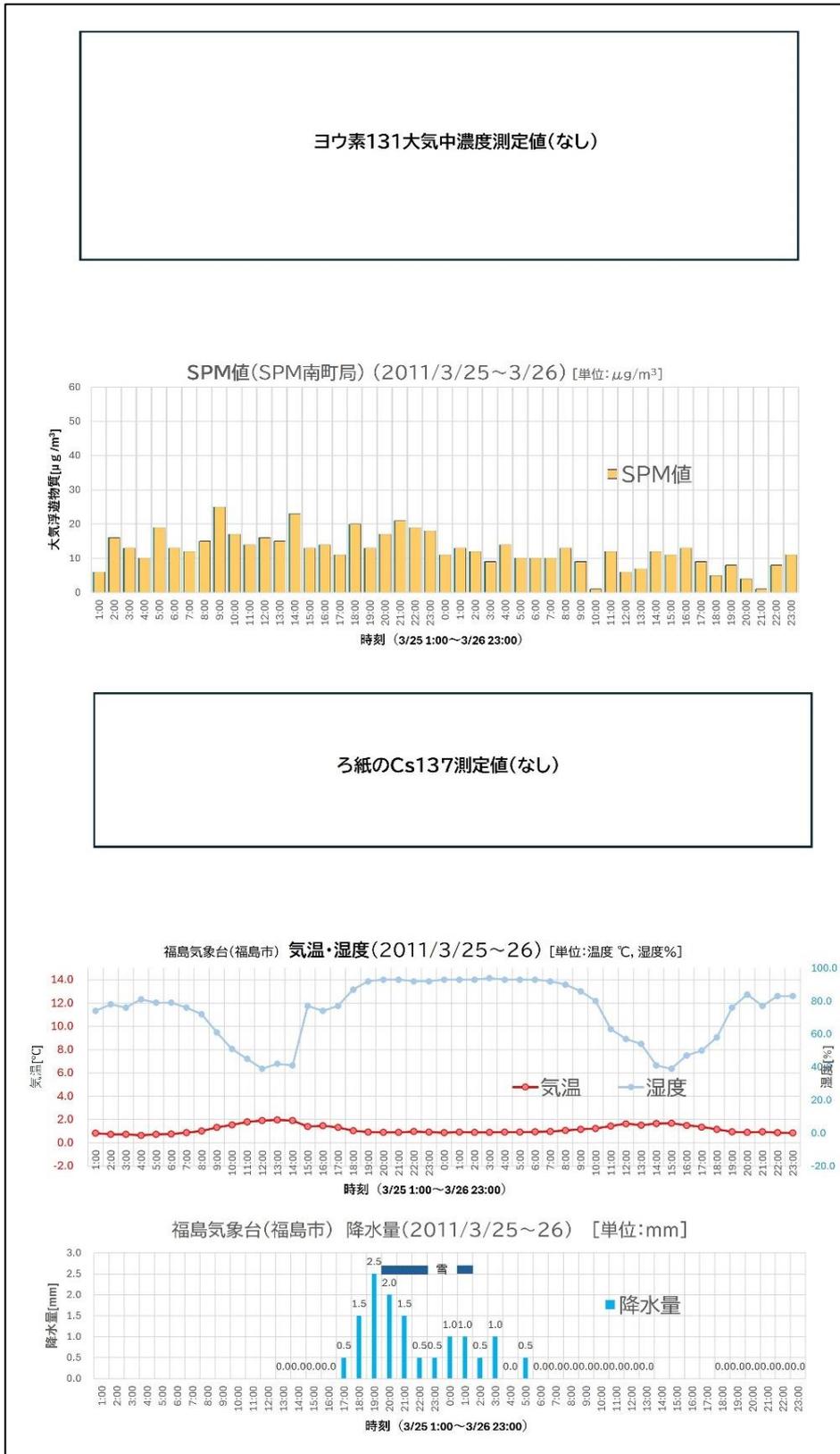
図表 13：2011年3月15-16日の5つのグラフ



図表 14：2011年3月20-21日の5つのグラフ



図表 15 : 2011 年 3 月 25-26 日の 5 つのグラフ



2 3月15-16日のプルームについて図表13が示すこと

図表13の第4段と第5段のグラフから明らかなように、プルーム襲来中の気象条件は気温が4度から0度、湿度は90%以上であり、降雨および降雪がある。第2段から3月15-16日の第1プルーム襲来にもないSPMの大気中濃度がプルーム滞在中のほとんどの時間においてゼロとなっていることが分かる。このことが5.2で示した追加β線効果でゼロになることが説明できるかどうかを調べてみよう。

SPMの濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度測定の結果は、図13の3段目から、数 Bq/m^3 から $30\text{Bq}/\text{m}^3$ である。5.2に示したように、追加β線効果によるSPMの濃度の過小評価は追加β線 $30\text{Bq}/\text{m}^3$ に対して高々 $9\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。図13の3段目が示すように、追加β線効果がないときのSPMの量は $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、追加β線効果ではゼロになることが説明できない。つまり、SPMの全部または一部が濾紙まで到着していないと解釈できる。つまり、サイクロン中における霧箱効果でSPMが排除されていたという仮説で説明できることになる。実際、図表13の第2段目のグラフのSPMの濃度は、図表12(a)、すなわち大気中に浮遊する放射性核種の量が多いときのSPM濃度の変化とよく似たパターンを示しているのである。

6. 3 3月20-21日のプルームについて図表14が示すこと

図表14の第4段のグラフと第5段のグラフから明らかなように、プルーム襲来中の気象条件は晴れ、気温が12度から6度、湿度は50%から70%であり、このような気象条件において霧箱効果はないと考えてよい。第2段のグラフから3月20-21日の第2プルーム襲来にもないSPMの大気中濃度が増大していることがわかる。プルームの襲来により、SPMの濃度が高まった可能性がある。

ここで一つ指摘しておくことがある。SPM局- ^{137}Cs 濃度測定グループが行った ^{137}Cs の測定が示す南町局の3月20-21日に襲来した第2プルームの ^{137}Cs の時間積分大気中濃度は図表7から $400\text{Bq h}/\text{m}^3$ である。紅葉山のモニタリング・ポストが示す ^{131}I の全吸収ピークのデータから求められた第2プルームの ^{131}I の時間積分大気中濃度は黒川第1意見書に示したように $3350\text{Bq h}/\text{m}^3$ であり、その1/10が ^{137}Cs の時間積分大気中濃度とすると、 $335\text{Bq h}/\text{m}^3$ となる。これは濾紙に残ったSPMの測定が示す $400\text{Bq h}/\text{m}^3$ とほぼ等しい。このことは、第2プルームのように湿度が低く霧箱効果が起きないときには、SPM局- ^{137}Cs 濃度測定グループの測定値が正しいことを示している。

さらに着目すべきことは、3月20-21日に襲来した第2プルームの ^{137}Cs の時間積分大気中濃度(第3段のグラフ)は平山論文の方法で求められた ^{131}I の時間積分大気中濃度(第1段のグラフ)を1/10にすることで得た値 $335\text{Bq h}/\text{m}^3$ とほぼ同じであるだけでなく、図表14の第1段と第3段が示すグラフの形がほぼ同じであることである。第1段のグラフが示すものは、紅葉山のモニタリング・ポストが示す ^{131}I の全吸収ピークを解析することで得られた ^{131}I の大気中濃度であり、第2段のグラフはSPM南町局の濾紙に残

された ^{137}Cs の量を Ge カウンターで測定して求められたものであり、お互いに全く独立した方法で求められている。それにもかかわらず、2つのグラフの形がほぼ同じであることは、SPM 局- ^{137}Cs 濃度測定グループの測定は霧箱効果がないときには正しい測定値を与えるだけでなく、 ^{131}I の大気中濃度を求める平山論文の方法が正しいことも強く示唆しているのである。

6. 4 3月25-26日のプルームについて図表15が示すこと

福島市の気象状況から3月25日の夕方から降雨があり、20時に雪が降り始め翌26日の朝まで降雪が続いていること、また気温は0度から2度程度であり、湿度が80%以上、ほとんどの時間で90%を超えていることが分かる。つまり、3月25-26日にかけての夜の気象状況は、3月15日の夜から翌16日の朝までと状況はほぼ同じである。しかし、第2段のグラフが示すように、3月15-16日のようにSPMの大気中濃度がゼロになるようなことはおこっていない。気象条件からサイクロン中では水蒸気は過飽和状態であったと考えられるが、大気中には放射性物質が含まれていないため、霧箱効果がみられないと考えられる。霧箱効果が起こるためには、サイクロン中で、大気中の水蒸気が過飽和となることと、大気中に放射性物質（ β 線を発するもの）が浮遊していることの2点が必要条件である。

6. 5 図表13、図表14、図表15から分かることのまとめ——3月15-16日の ^{137}Cs の大気中濃度の大幅な過小評価は霧箱効果による

6. 2、6. 3、6. 4の各小節は総合すると次のようにまとめられる。3月15-16日の ^{137}Cs の大気中濃度の大幅な過小評価は、大気中に浮遊するSPMがサイクロンの中の霧箱効果により霧中の水滴に取り込まれた結果、粒径が大きくなり、分別されてしまい濾紙まで届いていないという仮説が正しいことを強く示唆している。逆に、霧箱効果が起こらない気象条件である3月20-21日には確かに霧箱効果はみられていない。また、サイクロン内の水蒸気が過飽和ではあるが放射性物質が存在しない3月25-26日には、霧箱効果はみられていない。

濾紙に付着したSPM中に β 崩壊をする放射性物質が存在するときは、追加 β 線効果による過小評価を考慮しなければならないが、6. 2で示したように、3月15-16日には追加 β 線効果による過小評価によってSPMの濃度がゼロになることはない。このように、追加 β 線効果だけではSPMの濃度がゼロになることが霧箱効果が実際に起こっていることを強く示唆しているのである。

6. 6 霧箱効果仮説が正しくないとする、沈着速度に矛盾が発生する

「霧箱効果仮説が正しければ、3月15-16日に福島を襲ったプルームの大気中に浮遊していた放射性物質、特にセシウムはサイクロンで分別され、SPM局の濾紙に到達しない」ことを6. 2節で示した。この6. 6節では、霧箱効果仮説を否定すると、沈着速度に矛

盾が生じることを示す。

話を分かりやすくするために、南町局における ^{137}Cs のみに限ることとする。霧箱効果がないことは、サイクロン内で ^{137}Cs を載せた微粒子は分別されないことを意味する。そうすると、サイクロンに入る前の大気については、次の2つの場合が想定されることになる。① サイクロンに入る前の大気中には濾紙にとらえられた ^{137}Cs が示す大気中濃度、 100 Bq h/m^3 、を持つ ^{137}Cs を運ぶ微小粒子のみが浮遊している場合と、② 前項①で示す微小粒子に加え、数十倍程度の ^{137}Cs を運ぶ微粒子が雨滴にとらえられている場合である。ここで微小浮遊粒子と雨滴にとらえられている ^{137}Cs の合算した時間積分大気中濃度を 6000 Bq h/m^3 としよう。

まず、① の場合を検討する。このときは、大気中に浮遊していた粒子だけが地表に降下し 20 万 Bq/m^2 の ^{137}Cs の地表沈着を起こさなければならない。 ^{137}Cs の時間積分大気中濃度は SPM 局- ^{137}Cs 濃度測定グループの測定値である 100 Bq h/m^3 (南町局に対応する値) 程度であるから、 20 万 Bq/m^2 を 100 Bq h/m^3 で割ることで、 2000 m/h という沈着速度を得る。これは、 55 cm/s という沈着速度であり、直径が $1 \mu\text{m}$ かそれ以下の微粒子が雨滴に捉えられずに沈着するときの通常の沈着速度であるせいぜい 1 cm/s にくらべて異常に大きな値となる。

次に② の場合を検討する。この場合は、時間積分大気中濃度 6000 Bq h/m^3 のほとんどは雨滴にとらえられた微粒子からの Bq 数であり、地表への沈着のほとんどすべても雨滴にとらえられた微粒子によることになる。沈着密度 20 万 Bq/m^2 を時間積分大気中濃度 6000 Bq h/m^3 で割ることにより、 33 m/h すなわち 9 mm/s という沈着速度となる。この沈着速度は雨滴の典型的な落下速度である 1 m/s [13] よりはるかに小さい。なお、このときは、雨滴の径は $10 \mu\text{m}$ よりはるかに大きいので、サイクロンに入ったとしてもこの雨滴はすべて分別されることになる。

上の結果は次のように言うこともできる。①の場合において、大気中に浮遊する微粒子は雨に捉えられていないため、沈着速度は高々 1 cm/s である。このときの地表沈着密度は、 100 Bq h/m^3 に $0.01 \text{ m/s} = 36 \text{ m/h}$ を掛けて 3600 Bq/m^2 という 20 万 Bq/m^2 よりはるかに小さい値となる。②の場合は、雨滴の沈着速度 $1 \text{ m/s} = 3600 \text{ m/h}$ を 6000 Bq h/m^3 に掛けて、 2100 万 Bq/m^2 というとんでもない沈着密度になる。

まとめると、①と②のどちらの場合も沈着速度または沈着密度が異常な値となる。つまりどちらの場合も現実的にはありえず、霧箱効果仮説が正しいことを強く支持していることになる。

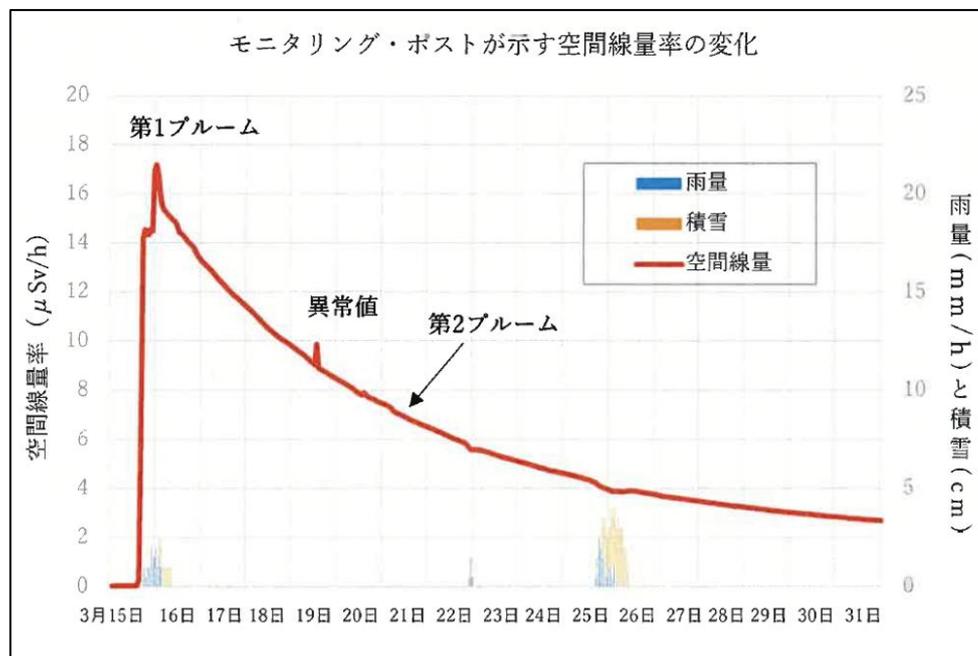
7. UNSCEAR の Scaling 法を支える根拠はくずれた

これまでの考察によって、UNSCEAR の Scaling 法を支える最も重要な根拠である、SPM 局の濾紙を使った ^{137}Cs の大気中濃度の測定は、3月15日—16日に福島市中心部を襲った第1プルームにおいて大幅な過小評価であることが分かった。そして過小評価は粒

径 10 μm 以上の粒子を分別するための装置であるサイクロン内の霧箱効果によって起こされることも明らかになった。これだけで、UNSCEAR の Scaling 法はその根拠を失うのであるが、さらに具体的例をあげて、Scaling が成り立たないことを示す。

第3節において、SPM 局を用いた ^{137}Cs の測定値は平山論文が示す 3 月 15–16 日に福島市紅葉山を襲ったプルームによる ^{131}I の時間積分大気中濃度から推定される ^{137}Cs の大気中濃度の 1/60~1/75 しかないことを示した。さらに、杉妻町局や南町局における ^{137}Cs の地表への沈着は 3 月 15–16 日に沈着したものがほぼすべて (95%以上) である。その証拠として、図表 16 に杉妻局と南町局の近傍にある紅葉山のモニタリング・ポストが示す 2011 年 3 月における空間線量率の変化を示す。

図表 16：紅葉山のモニタリング・ポストで計測された 2011 年 3 月の空間線量率のグラフ



この図表から明らかなように、紅葉山において、3 月 16 日早朝に第 1 プルームが去った後に空間線量率に増加をもたらすプルームは 3 月 20–21 日の第 2 プルームしかなく、また第 2 プルームによる放射性核種の地表への沈着による空間線量率の増加はほぼ 0.1 $\mu\text{Sv/h}$ であり 3 月 16 日の空間線量率の値であるおよそ 14 $\mu\text{Sv/h}$ の 100 分の 1 より小さい。このことは、3 月 20–21 日の第 2 プルームによる地表沈着密度の増加は 3 月 15–16 日の第 1 プルームがもたらした地表沈着密度の 1/100 程度であることを示している。Scaling 法は、「沈着量スケーリング」であり、スケーリングの程度は沈着量の測定値に比例する。第 1 プルームの沈着量の 1/100 の沈着量しかない第 2 プルームはスケーリング係数をほとんど変えることはない。福島市内の SPM 局に限らず、福島市以外に設置された SPM 局についてもほぼ同じ状況であり、2011 年 3 月 15–16 日の第 1 プルームからの寄与は、放射性核種の大気中濃度と地表沈着密度のほとんどを占めているのである。

UNSCEAR のやり方ではプルームの寄与として第1 プルームだけではなく第2 プルームからの寄与も含めている。平山論文 2015 が示す第1 プルームの ^{131}I の時間積分大気中濃度は 65700 Bq h/m^3 であり、第2 プルームの時間積分大気中濃度はその $1/20$ の 3350 Bq h/m^3 である。 ^{137}Cs の時間積分大気中濃度は ^{131}I 第1 プルームの時間積分大気中濃度の $1/10$ 程度の 6000 Bq h/m^3 と考えられる。しかし、SPM 局の濾紙を使った ^{137}Cs の時間積分大気中濃度の測定値は、杉妻局で 79 Bq h/m^3 、南町局で 100 Bq h/m^3 という極端に小さい値である。さらに、寺田論文の ATDM が示す値は、第1 プルームにおいて、本来の値と考えられる 6000 Bq h/m^3 の 800 分の 1 の 7.5 Bq h/m^3 しかない上に、第2 プルームの値の 62 Bq h/m^3 の $1/9$ しかない。Attachment A-9 の図表 1 で示す Scaling は、このような奇妙なデータの上に建てられた砂上の楼閣のようなものである。

そこで、実際に紅葉山の最も近い杉妻町局について第1 プルームのみを使って Scaling したときどうなるかを調べてみることにする。まず、文科省による ^{137}Cs の地表沈着密度を 20 万 Bq/m^2 を寺田論文が示す地表沈着密度は 9000 Bq/m^2 (注：論文が示す数値は 8956 Bq h/m^3) で割った値 22.2 が「沈着スケール」係数となる。この係数に寺田論文が示す ^{137}Cs の時間積分大気中濃度である 7.5 Bq h/m^3 を乗じて、Scaling 法で求められる ^{137}Cs の時間積分大気中濃度 166 Bq h/m^3 が得られる。この意見書では実際の ^{137}Cs の時間積分大気中濃度は、平山論文が示す ^{131}I の時間積分大気中濃度の $1/10$ 程度かそれよりやや小さいと考えられるので、 $6 \text{ 万 } 5700 \text{ Bq h/m}^3$ の 10 分の 1 弱の 6000 Bq h/m^3 程度であるとしている。Scaling 前の寺田論文が示す ^{137}Cs の時間積分大気中濃度である 7.5 Bq h/m^3 は、実際の時間積分大気中濃度のおよそ $1/1000$ ぐらいしかない。それを Scaling して得られた値も 166 Bq h/m^3 であり、実際の値 6000 Bq h/m^3 のおよそ $1/40$ しかないのである。図表 17 はこれらの事情を示す表である。

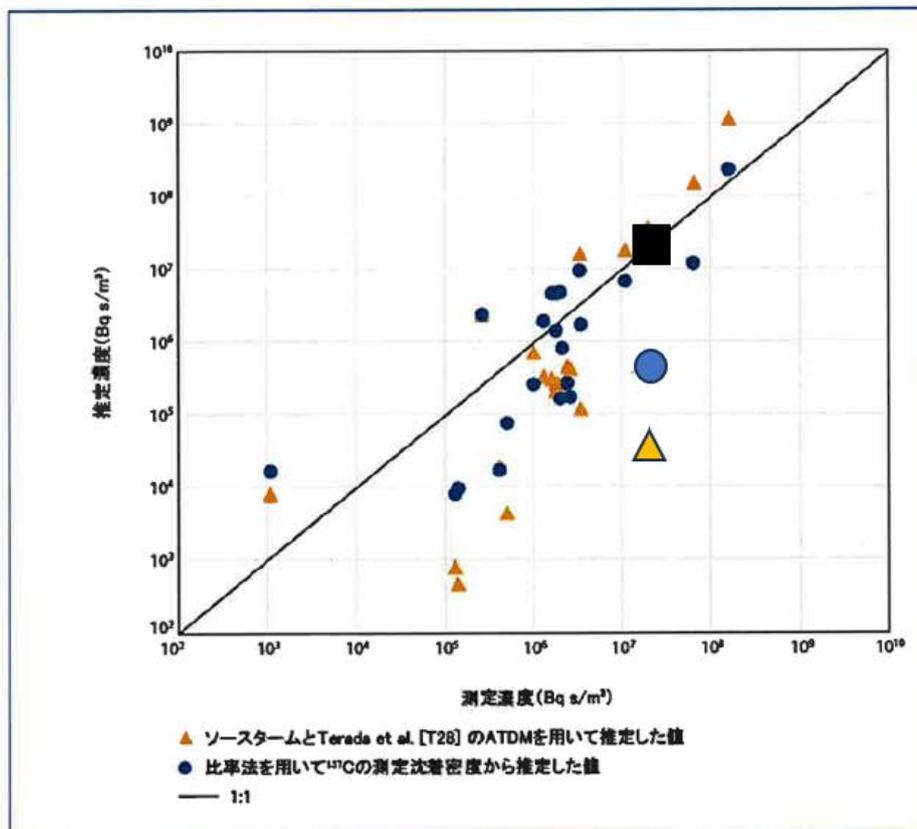
図表 17：紅葉山に隣接する SPM 杉妻町局における UNSCAER のやり方に基づく Scaling と第1 プルームのみを使い ^{137}Cs の時間積分大気中濃度として平山論文の ^{131}I の時間積分大気中濃度から Scaling したときの比較。下段の表は、上段の Bq s/m^3 を Bq h/m^3 に変換したものである。「Attachment A-9」の行は図表 2 のデータを用いたときの Scaling を示し、それを第1 プルームのみ限定したときが、「第1 プルームに限定」の行である。文科省地表密度を除く列の数値は丸めていない数値を示している

	黒四角に対応	横軸に対応	橙三角に対応	青丸に対応	寺田地表密度	文科省地表密度
	平山大気中濃度	SPM 大気中濃度	寺田大気中濃度	Scaling 大気中濃		
Bq s/m ³ で表記	Bq s/m ³	Bq s/m ³	Bq s/m ³	Bq s/m ³	Bq/m ²	Bq/m ²
Attachment A-9 第1 プルームに限定	21,600,000	2,000,000 280,000	300,000 27,000	500,000 600,000	9,600 9,000	200,000 200,000
Bq h/m ³ で表記	Bq s/m ³	Bq s/m ³	Bq s/m ³	Bq s/m ³	Bq/m ²	Bq/m ²
Attachment A-9 第1 プルームに限定	6,000	555 79	83 7.5	1380 166	9,600 9,000	200,000 200,000

「第1プルームに限定」における、7.5 Bq h/m³が図表1の橙三角に、166 Bq h/m³が図表1の青丸に対応し、平山論文から推定した¹³⁷Cs大気中濃度6000 Bq h/m³が横軸の位置で6000 Bq h/m³の真上の図表1の1:1直線上に乗ることになる。これらを図表18として、図表1上に大きな橙の三角、大きな青丸、大きな黒四角を重ねて示している。図表1ではScalingにより正しい時間積分大気中濃度が求められているように見えるが、図表17ではScalingを行っても時間積分大気中濃度(青丸)は依然として1/40程度でしかなく、寺田論文が示す¹³⁷Csの時間積分大気中濃度はさらに青丸のさらに1/20程度しかないことを示している。図表1においてScalingが成り立つように見えるのは、第1プルームと第2プルームを合わせることからくる錯覚にすぎない。この節の冒頭で書いたように、UNSCEARのScalingが正しいという根拠は崩れたのである。

図表18：第1プルームのみに限定したときのScalingの結果。大きな黒い四角は平山論文2015から推定した¹³⁷Csの時間積分大気中濃度、橙の三角は寺田論文が示す¹³⁷Csの時間積分大気中濃度、青丸はScalingによって得られる¹³⁷Csの時間積分大気中濃度である。

図 A-I. 大気中の¹³⁷Csの時間積分濃度の測定値と推定値の比較^{a)}



^{a)} 図中の直線は大気中濃度のモデル値と測定値が等しいと仮定した場合を示す。このラインの上方のデータ群は、大気中濃度のモデル値が測定値より大きく推定された場合の測定大気中濃度を示し、ライン下方のデータ群は、大気中濃度のモデル値が測定値より低く推定された場合を示す。

寺田論文が福島市において主要な被曝をもたらした第1プルームを捉えていないことは深刻な欠陥であり、福島県の中通りのSPM局の濾紙を用いた¹³⁷Csの大気中濃度の測定も全く同じ欠陥をかかえている。この論考では福島市について論じたが、このような欠陥により、福島市に限らず中通りのほとんどすべての地点において¹³¹Iと¹³⁷Csを大幅に過小評価することになるであろう。

まとめ

この意見書では、UNSCEARがUNSCEAR2020/2021報告書および同報告書のAttachment A-9で主張し、東京電力が準備書面で主張している、Scaling法が正しいという主張が間違いであることを、2011年3月15-16日に福島市を襲った最大のプルームである第1プルームについてのSPM局の濾紙を用いた¹³⁷Csの大気中濃度の測定値が実際の値を1/90~1/75に過小評価していることを論証することで示している。この意見書では、さらに、第1プルームにおけるこのような過小評価が起こる理由として、SPM局において粒径が10 μmの粒子を分別するために用いられているサイクロン内で起こる霧箱効果が原因であるという仮説を提唱し、その仮説が正しいことを論証している。UNSCEARのScaling法を支える根拠はくずれたのである。

Scaling法は福島県において人口の点でも面積の点でもほとんどを占める非避難地域に適用される方法であるが、Scaling法が正しくない以上、UNSCEARが示す¹³¹Iと¹³⁷Csの大気中濃度の値は信頼できないことは明らかであり、UNSCEARに依拠する東京電力の主張が正しくないことも明らかである。

補足1：UNSCEARが採用しているScaling法は黒川第4意見書でも指摘したように循環論法であり原理的になりたない

東京電力の準備書面5の25-26ページからの引用中に、「かかる手法は、避難対象地域に比して本件原発からより距離が離れている公衆が避難しなかった地域においては、ソースタームや拡散シミュレーションの不確かさが相対的に大きくなることも考慮の上で、地表沈着密度の豊富な実測データを出発点として、より不確かさの小さな手法によって大気中濃度を推定したものといえる。」という記述がある。ここでソースタームとされているものは、寺田論文が示すソースタームのことである。寺田論文[4]の英文の題はRefinement of source term and atmospheric dispersion simulations of radionuclides during the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accidentであり、日本語に訳すと、「福島原子力発電所事故中におけるソースターム（意見書筆者注：ソースタームとは原子力発電所から放出された放射性核種の量の時間変化のことである）と放射性核種の大気拡散シミュレーション」となる。この題から分かるように、寺田論文はソースタームおよび放射性核種の大気拡散シミュレーション（注：ATDMのこと）の改良についての論文であり、放射性核種の地表沈着密度などの測定データを用い、ソースタームを定めている。そのように

して定められたソースタームを、あらためて地表沈着密度の測定値を寺田論文が示す地表沈着濃度で除した値を使って「沈着量スケーリング」してしまうのは明らかに循環論法である（注：ソースタームを「沈着量スケーリング」すると、大気中濃度も同じように「沈着量スケーリング」される）。このように、Scaling 法は論理的に成り立たないのである。

補足 2：SPM 局による SPM の測定に放射線核種がもたらす過小評価について

SPM 局において SPM の大気中濃度の測定には β 線が用いられている。このため、大気中に浮遊している β 線核種 (^{131}I 、 ^{132}I 、 ^{132}Te 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs など) が SPM 局の濾紙にとらえられたとすると、SPM の大気中濃度を過小評価する可能性がある。濾紙にとらえられた β 線核種からの β 線の一部が下流にある検出器に到達する。そうすると、測定 β 線源から出て検出器に到達する β 線にこの β 線が加わることになる。到達 β 線の本数が増えるということは、濾紙の上にある SPM の量が小さく見えることと等価である。5. 2 ではこの効果を「追加 β 線効果」と名付けたのである。

追加 β 線効果による過小評価の度合いの見積りは次のように行うことができる。南町局を例にとる。そこで SPM の測定に用いられている β 線源は ^{147}Pm であり、10 MBq の放射線量を持つ。そしてこの線源からでた 1 秒あたり 1000 万本の β 線のうちの 100 分の 1 にあたる 10 万本が検出器に到着するとしよう。測定用 β 線源と濾紙の距離が 1.5 cm、濾紙から検出器までの距離が 1.5 cm であり、SPM は濾紙上に面積が 1cm^2 の円形をなして吸着し、検出器の有効面積は 1cm^2 である。まず β 線源からみた検出器の立体角は、全立体角の $\frac{1}{(1.5+1.5)^2} \div 4\pi = 0.009 \approx 0.01$ すなわちほぼ 1/100 である。これは 1 秒あたり 1000 万本の β 線のうちの 100 分の 1 である 10 万本が検出器に到着することになることと整合する。

SPM を $1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ の割合で含んでいる大気が 1 時間の間濾紙を通過するとき、濾紙上で 1cm^2 のスポットに $1\ \mu\text{g}$ 降り積もることになる。濾紙であるテフロン・テープの厚さは $50\ \mu\text{m}$ であり、比重は 2 である。このとき、このテープの 1cm^2 あたりの重量は $0.01\ \text{g}$ である。 $1\ \mu\text{g}$ は $0.01\ \text{g}$ の 1 万分の 1 であることから濾紙上の 1cm^2 のスポットに SPM が $1\ \mu\text{g}$ 降り積もるときには、検出器へ到達する β 線の数、濾紙上に SPM が全く存在しなときに比べて、ほぼ 1 万分の 1 だけ減少する。この減少は検出器における 10 本/秒の到達本数の減少である。

次に濾紙上に SPM 中に含まれた β 線源があるときを考える。濾紙から検出器までの距離は 1.5 cm であるから、まず β 線源からみた検出器の立体角は、測定用 β 線源から検出器をみたときの立体角の 4 倍の $1/25$ となる。濾紙上に ^{137}Cs で $10\ \text{Bq}/\text{m}^3$ に相当の β 線源があるとすると、このとき全 β 線の Bq 数はこの 25 倍ぐらいであるから、立体角の $1/25$ を乗じると、 $10 \times 25 \times 1/25 = 1$ から ^{137}Cs の Bq 数と同じ値になる。

これから、SPM の $1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ は ^{137}Cs の $10\ \text{Bq}/\text{m}^3$ 相当であることが分かる。現実的に種々の不定性をこみにして、3 倍程度の誤差を想定し、SPM の $1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ から $3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ が

^{137}Cs の 10 Bq/m^3 相当すると考えればよいであろう。

南町局に対応する濾紙を用いた ^{137}Cs の大気中濃度は図表 7 に示されている。最大 30 Bq/m^3 であるので、SPM の濃度に換算して最大で $9 \mu\text{g/m}^3$ の過小評価が追加 β 線効果によってもたらされる。しかし、これだけでは、図表 13 に示されているように、第 1 プルームに滞在中の SPM 濃度をほとんどすべての時間帯でゼロにすることはできない。

参考文献

1. 平山論文 2014
平山英夫他、モニタリングポストでの波高分布の時系列変化とプルーム中放射性核種に対する検出器応答を用いた ^{131}I 濃度の推定、日本原子力学会論文誌 Vol.13, No.3, p.119-126(2014)
2. UNSCEAR2020/2021 Report
英文：https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR_2020_21_Report_Vol.II-CORR.pdf
日本語：https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR_2020_21_Report_Vol.II_JAPANESE.pdf
3. UNSCEAR2020/2021 報告書 Attachment A-9
https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/publications/UNSCEAR_2020_21_Annex-B_Attach_A-9-CORR_.pdf
4. Terada et al., Refinement of source term and atmospheric dispersion simulation of radionuclides during the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident,
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/018/shiryu/_icsFiles/afiefieldfile/2012/02/16/1316126_4.pdf
5. 平山英夫他、福島県モニタリングポストの NaI(Tl)検出器波高分布データを用いた大気中 ^{131}I 放射能濃度時間変化の推定、日本原子力学会論文誌 Vol.14, No.1, p.1-11 (2015)
6. 文部科学省、福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布状況等調査について、平成 24 年 1 月 24 日、
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/018/shiryu/_icsFiles/afiefieldfile/2012/02/16/1316126_4.pdf
7. 福島県が示す SPM 局の設置状況は次の 2 つの資料から分かる。
https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/life/548765_1485994_misc.pdf
https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/life/548757_1485969_misc.pdf
8. 福島県 大気汚染常時監視測定結果 (1 時間値)
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/298/taiki-download.html>
9. Y. Oura et al., A Database of Hourly Atmospheric Concentration of Radio Cesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) in Suspended Particulate Matter Collected in March 2011 at 99 Air

Pollution Monitoring Stations in Eastern Japan, Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences, Vol.15, No.2, pp 1-12, 2015

10. おしどりマコ、情報開示で出てきた、原発事故後の甲状腺被ばく量の新たな測定値、岩波 科学 2016年3月号、March.2016 Vol.86 #3
11. E. Kim, et al., Reassessment of Internal Thyroid Doses to 1,080 Children Examined in a Screening Survey after the 2011 Fukushima Nuclear Disaster, Health Physics, 118(1), 36-53;2020.
12. 気象庁 過去の気象データ検索、 <https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>
13. 梶井正弘、天気 Vol.21, No.7, pp.317-332
https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/1974/1974_07_0317.pdf