

正 本

副 本 直 送



甲 全 第 178 号 証  
参 考 資 料

2023 年 5 月 30 日

UNSCEAR 報告書の Scaling 法に対する批判的考察  
～非現実的なシミュレーション結果に基づく  
同報告書の被曝線量は誤りである～  
(黒川第 3 意見書)

## はじめに

私は第1意見書において、福島市紅葉山のモニタリング・ポストのデータを用い、平山論文の手法を用いることで、紅葉山を3月15日から16日にかけて襲ったプルーム（第1プルーム）によるヨウ素131の大気中時間積分濃度は、65700 Bqh/m<sup>3</sup>という大きな値であり、1歳児における甲状腺等価線量は60 mSv程度となることを示した。

第2意見書では、UNSCEAR2020/2021報告書が採用しているTerada 2020論文[1]が示すATDMシミュレーションの結果である紅葉山における大気中時間積分濃度は、第1意見書で示した値の1/100以下の640 Bqh/m<sup>3</sup>でしかないことを示した。

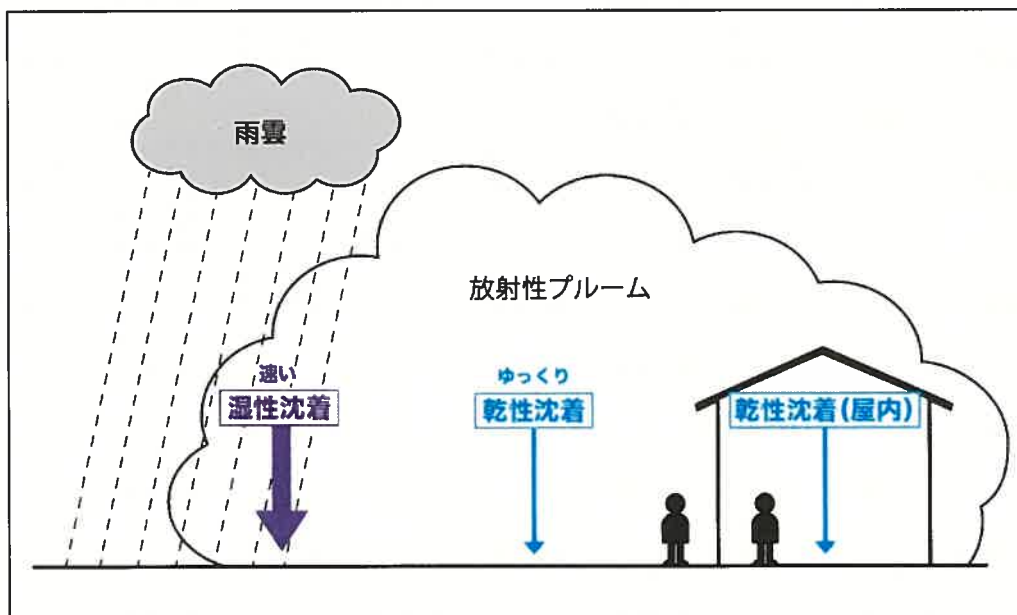
この第3意見書では、UNSCEARが採用しているScaling法による大気中時間積分濃度の評価は、根本的な欠陥があり、福島県におけるヨウ素131(以下本文中ではI-131)の大気中時間積分濃度を正しく評価できないことを示す。

### 1. 沈着速度について

Scaling法を考えるにあたっては、沈着速度という概念を理解する必要がある。まず沈着速度はなにかについて説明する。

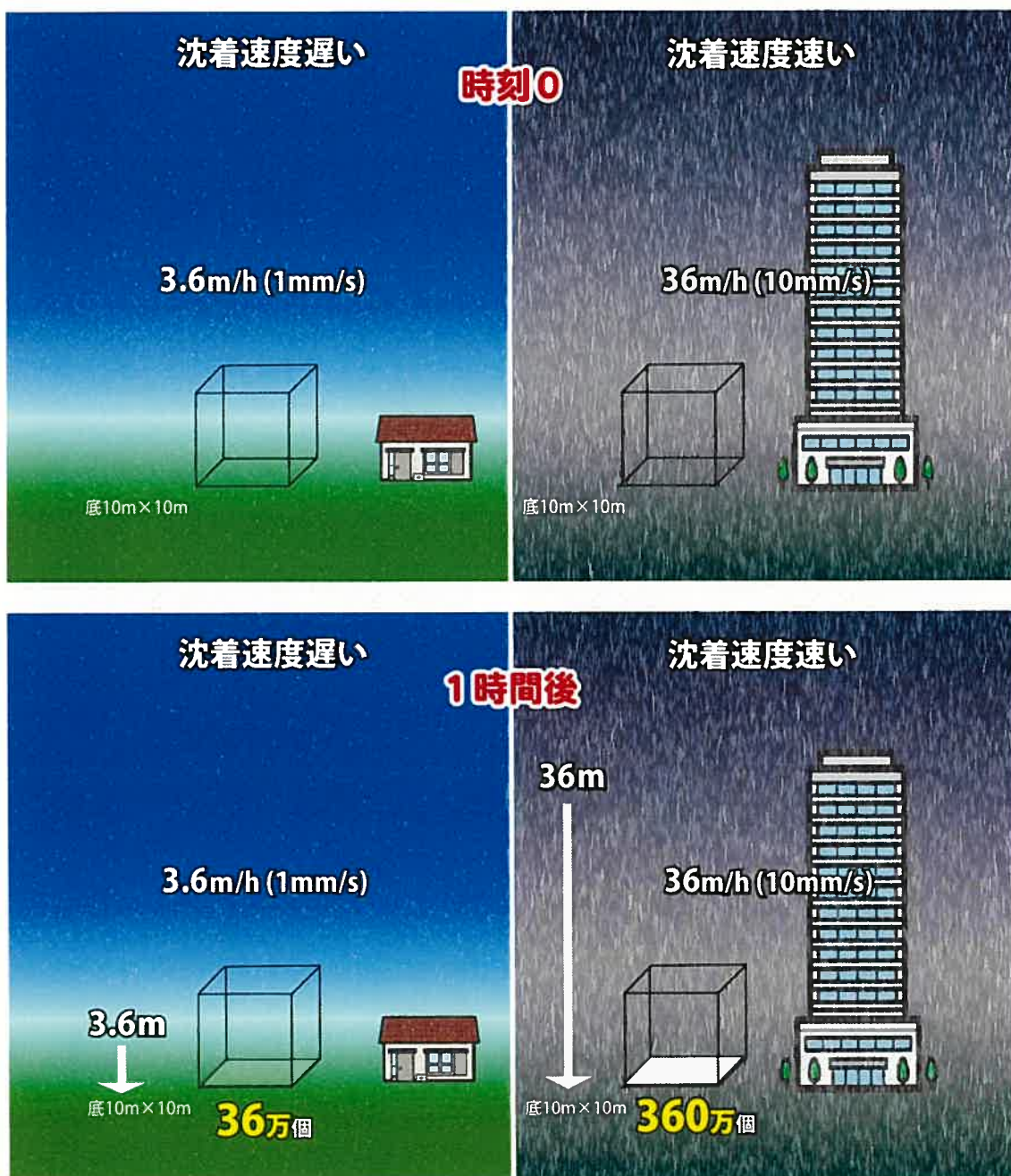
沈着速度とは大気中に浮遊しているガスや微粒子が降下・沈着する速度のことである。この意見書の図表1として、沈着とはどのような現象であるかを第1意見書の図表3を少し改変したものを示す。

【図表1】プルームが通過中の放射性物質の沈着についての概念図



大気中の時間積分濃度 (C) は地表沈着密度 (D) を沈着速度 (V) で割ることで求めることができる。すなわち、 $D \div V = C$  である。この式は、 $C \times V = D$ 、すなわち大気中時間積分濃度に沈着速度を掛けたものが地表沈着密度となることを意味し、さらに  $V = D \div C$ 、すなわち地表沈着密度を大気中時間積分濃度で割ったものが沈着速度であることを意味している。

【図表 2】 地表沈着密度は沈着速度に比例して大きくなることの説明



右側の図も左側の図も、大気中濃度はともに 1000 個/m<sup>3</sup> と仮定している。

図表2はなぜ上に示した式が成り立つかを示すものである。図表2の2本の角柱は、地表を底面とする底面積が  $10\text{ m} \times 10\text{ m} = 100\text{ m}^2$  の中空な角柱であるとする。この2つの中空な角柱の中に、 $1\text{ m}^3$ あたり1000個の微粒子が含まれているとしよう。左側の角柱では、これらの微粒子は1時間あたり3.6 m（これは1 mm/sにあたる）の速度で沈降していき、右側の角柱ではその10倍の1時間あたり36 m（これは10 mm/sにあたる）の速度で沈降していきとする。

時刻0において地表沈着密度が0であるとする、1時間後は、左の角柱の底面には $1000\text{ 個}/\text{m}^3 \times 3.6\text{ m} \times 100\text{ m}^2 = 36\text{ 万個}$ の微粒子が沈着していることになり、右側の角柱の底面には $1000\text{ 個}/\text{m}^3 \times 36\text{ m} \times 100\text{ m}^2 = 360\text{ 万個}$ の微粒子が沈着していることになり。底面の  $1\text{ m}^2$ あたりの微粒子の個数は、前者では3600個、後者では36000個であり、大気中の濃度が等しいときには、地表沈着密度は沈着速度に比例することが分かる。実際、左側の角柱における地表沈着密度は  $3600\text{ 個}/\text{m}^2$  であり、それを大気中濃度である  $1000\text{ 個}/\text{m}^3$  で割ると、 $3.6\text{ m}/\text{h}$  という沈着速度が得られる。右側の角柱における地表沈着密度は  $36000\text{ 個}/\text{m}^2$  であり、それを大気中濃度である  $1000\text{ 個}/\text{m}^3$  で割ると、 $36\text{ m}/\text{h}$  という沈着速度が得られる。

次に、上の例と同様に、左側の角柱における沈着速度は1時間あたり3.6 mであり、右側の角柱における沈着速度は10倍の1時間あたり36 mであるとする。さらに、時刻0における地表沈着密度は0であり、1時間後には、どちらの角柱においても底面の  $100\text{ m}^2$  に微粒子が36万個沈着したとしよう。このときのこれらの角柱の中の微粒子の濃度はどうだったのだろうか。

左側の角柱においては高さ3.6 mまでの粒子が沈着したのであり、この高さまでの体積は  $3.6\text{ m} \times 100\text{ m}^2 = 360\text{ m}^3$  であるから、微粒子の  $1\text{ m}^3$ あたりの濃度は  $36\text{ 万個} \div 360\text{ m}^3 = 1000\text{ 個}/\text{m}^3$  となる。一方、右側の角柱においては、高さ36 mまでの粒子が沈着したのであり、この高さまでの体積は  $36\text{ m} \times 100\text{ m}^2 = 3600\text{ m}^3$  であるから、微粒子の  $1\text{ m}^3$ あたりの濃度は  $36\text{ 万個} \div 3600 = 100\text{ 個}/\text{m}^3$  となることが分かる。地表沈着密度が等しいときには、大気中の濃度は、沈着速度に反比例することが直ちに分かるであろう。

## 2. ヨウ素 131 とセシウム 137 の沈着速度

では、ヨウ素 131 とセシウム 137 の実際の沈着速度はどれくらいの大きさであろうか。福島第一原発事故後に、福島県においては大気中の I-131 濃度の時系列的な測定は行われていないこと、また、そのような測定が行われたのは、茨城県、群馬県、千葉県と東京都であることは第2意見書で示している。沈着速度を測定するためには、このような I-131 の時系列的な測定に加え、同じ地点において地表に沈着した I-131 の沈着量の時系列的な測定が行われていなければならない。このような測定がされているのは、study2007 氏の著書である「見捨てられた初期被曝」によれば、「千葉市稲毛区で行われた日本分析センターのデータだけではないか」とされている[2]。

図表3は千葉県千葉市稲毛にある日本分析センターが測定した大気中浮遊塵と地表への降下物の2011年3月14日から4月7日までのデータを示す表である[3]。測定された放射性核種はI-131、セシウム137(以下Cs-137)およびセシウム134(以下Cs-134)である。

【図表3】日本分析センターが測定した大気中浮遊塵と地表への降下物データ  
(2011年3月14日から4月7日)

採取期間	大気浮遊じん			降下物			水道水		
	主な検出核種 (Bq/m <sup>3</sup> )			主な検出核種 (MBq/km <sup>2</sup> )			主な検出核種 (Bq/L)		
	Cs-134	Cs-137	I-131	Cs-134	Cs-137	I-131	Cs-134	Cs-137	I-131
2011/3/14 ~ 2011/3/15	0.46	0.53	6.8	69	76	1100			
2011/3/15 ~ 2011/3/16	1.1	1.4	33	150	160	2400			
2011/3/16 ~ 2011/3/17	0.16	0.20	7.4	16	18	460			
2011/3/17 ~ 2011/3/18	0.0085	0.0084	0.61	不検出	2.7	94			
2011/3/18 ~ 2011/3/19	0.0029	0.0042	0.61	不検出	不検出	60	0.24	0.15	0.88
2011/3/19 ~ 2011/3/20	0.013	0.014	1.8	不検出	不検出	75	不検出	不検出	1.2
2011/3/20 ~ 2011/3/21	9.6	12	33	2900	2900	7000			
2011/3/21 ~ 2011/3/22	0.60	0.73	3.5	490	500	1700	0.22	0.24	3.1
2011/3/22 ~ 2011/3/23	0.45	0.53	47	490	530	17000	不検出	0.21	3.4
2011/3/23 ~ 2011/3/24	0.027	0.037	5.1	210	220	14000	0.29	0.21	4.7
2011/3/24 ~ 2011/3/25	0.0081	0.011	2.4	23	25	240	1.4	1.3	27
2011/3/25 ~ 2011/3/26	0.022	0.027	1.7	44	43	240	2.1	1.9	43
2011/3/26 ~ 2011/3/27	0.0092	0.014	0.31	24	19	83	1.5	2.0	35
2011/3/27 ~ 2011/3/28	不検出	0.0036	0.29	20	32	39	2.0	2.0	34
2011/3/28 ~ 2011/3/29	0.13	0.16	1.5	22	27	36	1.5	2.2	29
2011/3/29 ~ 2011/3/30	0.80	0.95	1.9	28	32	92	1.7	1.7	26
2011/3/30 ~ 2011/3/31	0.93	1.1	2.0	130	120	64	0.53	1.1	18
2011/3/31 ~ 2011/4/1	0.055	0.063	0.37	不検出	16	20	0.77	0.91	17
2011/4/1 ~ 2011/4/2	0.018	0.022	0.28	35	21	15	不検出	不検出	13
2011/4/2 ~ 2011/4/3	0.040	0.046	0.39	不検出	不検出	19	0.58	不検出	13
2011/4/3 ~ 2011/4/4	0.064	0.073	0.44	不検出	21	不検出	0.75	0.53	13
2011/4/4 ~ 2011/4/5	0.040	0.044	0.31	不検出	不検出	22	0.55	不検出	19
2011/4/5 ~ 2011/4/6	0.019	0.024	0.17	不検出	不検出	14	0.86	不検出	22
2011/4/6 ~ 2011/4/7	0.0070	0.0039	0.057	17	不検出	20	不検出	不検出	17

「大気中浮遊じん」の列は放射性核種の大気中時間積分濃度を示し、Bq/m<sup>3</sup>はBq/m<sup>3</sup>×dayのことであり、この値に24を掛けたものがBqh/m<sup>3</sup>である。降下物の列は放射性核種の地表沈着密度を示し、MBq/km<sup>2</sup>はBq/m<sup>2</sup>に等しい。

このデータを使って計算された、2011年3月14日から3月23日までのI-131とCs-137の沈着速度を図表4として示す。

【図表4】 図表3のデータから計算されるヨウ素131とセシウム137の沈着速度  
(2011年3月14日から23日)

3月の 日付	Cs-137				I-131		
	降水量	大気中時間	地表	沈着速度	大気中時間	地表	沈着速度
	mm	Bq/m <sup>3</sup> x day	Bq/m <sup>2</sup>	mm/s	Bq/m <sup>3</sup> x day	Bq/m <sup>2</sup>	mm/s
14日		0.53	76.0	1.7	6.80	1100	1.9
15日		1.40	160.0	1.3	33.00	2400	0.8
16日		0.20	18.0	1.0	7.40	460	0.7
17日		0.01	2.7	3.7	0.61	94	1.8
18日					0.61	60	1.1
19日					1.80	75	0.5
20日	3	12.00	2900.0	2.8	33.00	7000	2.5
21日	30	0.73	500.0	7.9	3.50	1700	5.6
22日	5	0.53	530.0	11.6	47.00	17000	4.2
23日	1	0.04	220.0	68.8	5.10	14000	31.8

Cs-137 に関して3月18日と19日に空欄があるのは、Cs-137の大気中時間積分濃度が検出限界以下であったためである。

図表4に示されている沈着速度は、I-131については、降雨があるときは、2.5 mm/s から5.6 mm/s程度であり、3月23日のみ31.8 mm/sという大きな値である。降雨がないときの沈着速度は、0.5 mm/s から1.9 mm/s程度である。

Cs-137については、降雨があるときには、2.8 mm/s から11.6 mm/sであり、3月23日のみ68.8 mm/sという大きな値である。降雨がないときの沈着速度は、1.0 mm/s から3.7 mm/s程度である。

I-131とCs-137の沈着速度は、降水量が1日あたり30 mmもある3月21日においても、それぞれ、5.6 mm/sと7.9 mm/sであり、10 mm/s、すなわち1 cm/sを超えていないことを指摘する。

### 3. Terada2020 論文の I-131 と Cs-137 の沈着速度

#### 一福島市と白河市を例として

それでは、Terada 2020 論文[1]のATDMシミュレーションの結果はI-131とCs-137に対してどのような沈着速度を示しているだろうか。図表5として、福島市紅葉山のモニタリング・ポストに最も近いATDMのグリッド点(紅葉山から300 mほどの距離にある杉妻町にある)と白河市にあるSPM局(注1)の地点における3月15-16日の第1プルームおよび

3月20-21日の第2プルームにおけるI-131とCs-137のTerada 2020論文[1]のATDMシミュレーションが示す大気中時間積分濃度と地表沈着密度を示す。なお、Terada 2020論文[1]のシミュレーションの結果には沈着速度は含まれていない。図表5の沈着速度はATDMが示す各プルームの大気中時間積分濃度と地表沈着密度から1章に示した式、 $V=D \div C$ 、を用いて計算した結果である。

【図表5】福島市紅葉山と白河市におけるTerada 2020論文のI-131とCs-137のATDMシミュレーションの結果

I-131

3/15-16	Total.C	Total.D	Total.DV	Part.C	Part.D	Part.DV	I2.C	I2.D	I2.DV	CH3I.C	CH3I.D	CH3I.DV
紅葉山	643	46999	20.31	53.59	45437	235.52	194.64	1534.76	2.19	394.55	27.31	0.02
白河	1,064	169899	44.35	425.27	166524	108.77	210.41	3337.41	4.41	428.38	37.86	0.02

3/20-21	Total.C	Total.D	Total.DV	Part.C	Part.D	Part.DV	I2.C	I2.D	I2.DV	CH3I.C	CH3I.D	CH3I.DV
紅葉山	1086	2910	0.74	391.67	1957.56	1.39	195.47	876.60	1.25	499.00	19.30	0.01
白河	54	65	0.33	28.87	29.94	0.29	4.49	77.86	4.81	20.79	0.24	0.00

Cs-137

3/15-16	Part.C	Part.D	Part.DV
紅葉山	7.52	8956	330.78
白河	56.00	34798	172.61

3/20-21	Part.C	Part.D	Part.DV
紅葉山	62.04	647	2.89
白河	5.83	11	0.50

各列の題の意味は次の通りである。  
 I-131は粒子状、I<sup>2</sup>、CH<sup>3</sup>Iという3つの形態を持つ。  
 Totalはこの3つの形態の和、  
 Part.は粒子状、I<sup>2</sup>.はI<sup>2</sup>、CH<sup>3</sup>IはCH<sup>3</sup>Iを示す。  
 C.は大気中時間積分濃度(Bqh/m<sup>3</sup>)、  
 D.は地表沈着密度(Bq/m<sup>2</sup>)、  
 DV.は沈着速度(mm/s)を意味する。

図表5において特に注目すべきは、降雨があった3月15-16日のプルームにおけるI-131の粒子状のときとCs-137の粒子の沈着速度である。福島市紅葉山において、粒子状I-131において236 mm/s、Cs-137において330 mm/sであり、白河市は、それぞれ109 mm/sと173 mm/sである。これらは2章において示した日本分析センターの測定結果と比べて異常に大きな値である。このような異常な値は次章以降で展開するUNSCEARが使用しているScaling法に対する批判において重要な役割を果たすことをあらかじめことわっておく。

注1：SPM局とは大気汚染観測所のことであり、粒子状の大気汚染物質の濃度を濾紙を用いて測定している。濾紙に付着したCs-137とCs-134のBq数を測定することで、大気中のCs-137とCs-134の濃度を測定することができる。PM局の測定は、プルームの到着時刻とプルーム

が去った時刻を1時間以内の精度で示すことができる。

#### 4. UNSCEARが採用しているScaling法とはどのような方法であるのか

UNSCEAR2020/2021報告書では、福島県における人々の甲状腺被曝線量の評価にあたって2つの方法を用いている。第1の方法はTerada 2020論文[1]のATDMシミュレーションの結果を用いる方法であり、避難区域における被曝量の推定に用いられている。第2の方法はScaling法とよばれる方法であり(注2)、避難区域以外の日本全域に対して被曝線量の推定に用いられている方法である。Scaling法がどのようなものであるかを示すために、UNSCEAR2020/2021報告書のAttachment A-9のパラグラフ13と14の日本語訳を以下に引用する。なお、日本語訳は黒川によるものである。

パラグラフ13. 本委員会は、公衆の被ばく線量を評価するために、大気中の放射性核種の濃度を2つの方法で求めている。最初の方法は、TeradaたちのATDMの結果[Terada et al., 2020]だけによるものであり、福島の避難区域の大気中濃度を評価するのに用いられている。なぜならば、避難した人々の被ばく線量を評価するためには、大気中の放射性核種の濃度を時間の関数として知らなければならないからである。

パラグラフ14. 2番目の方法は、各地点の大気中の放射性核種の時間積分濃度を、その地点の放射性核種の大地における沈着密度の測定値をATDMで求めた沈着密度と(ATDMで求めた)大気中の時間積分濃度の比(これをバルク沈着速度とよぶ)で割ることで評価する方法である。ある特定の地点における、仮定されたソースタームとATDMによるシミュレーションによって求められた大気中濃度と沈着密度は大きな不確定性を持つが、これらの推定値の比の不確定性はそれほど大きくない。特に、この比は、大きな不確定性を持つソースタームの絶対的な量と時間変化にはあまりセンシティブではない。この比の主たる不確定性は、乾性および湿性沈着についてのパラメータからくる。本委員会は、ATDMによって求められた場所に依存するこの比を用い、避難地域を除く日本のすべての場所で、放射性核種の大気中の時間積分濃度を沈着密度の測定値から推定している。

パラグラフ14には「2番目の方法は、各地点の大気中の放射性核種の時間積分濃度を、その地点の放射性核種の大地における沈着密度の測定値をATDMで求めた沈着密度と(ATDMで求めた)大気中の時間積分濃度の比(これをバルク沈着速度とよぶ)で割ることで評価する方法である。」と書かれている。これがScaling法のことである。



Scaling法とは、実は、文科省の測定によって求められた地表沈着密度をATDMで求めた地表沈着密度で割った値を補正係数とみなし、ATDMで求めた大気中時間積分濃度に掛けることで大気中時間積分濃度を求めるという方法である。

Attachment A-9の Paragraph 14の説明は非常に分かりにくいので、本意見書の1章に示した、「地表沈着濃度 (D) を沈着速度 (V) で割ることで大気中の時間積分濃度 (C) を求めることができることを意味する。すなわち、 $D \div V = C$ である。この式は、 $C \times V = D$ 、すなわち大気中時間積分濃度に沈着速度を掛けたものが地表沈着密度となることを意味し、さらに $V = D \div C$ 、すなわち地表沈着密度を大気中時間積分濃度で割ったものが沈着速度であることを意味している」を用いて解説する。

まず、バルク沈着速度を $V^{BULK}$ としよう。バルク沈着速度 $V^{BULK}$ はAttachment A-9の Paragraph 14に書かれているようにATDMで求めた地表沈着密度を (ATDMで求めた) 大気中時間積分濃度で割ったものであるから、ATDMで求めた大気中時間積分濃度を $C^{ATDM}$ 、ATDMで求めた地表沈着密度を $D^{ATDM}$ と書くと、

$$V^{BULK} = D^{ATDM} / C^{ATDM}$$

となる。なお、 $D^{ATDM} / C^{ATDM}$ 中の「/」は $D^{ATDM}$  を $C^{ATDM}$ で割ることを意味する。Paragraph 14に書かれているように、各地点の大気中の放射性核種の時間積分濃度を、その地点の放射性核種の大地における地表沈着密度の測定値をバルク沈着速度で割ることによって求めるのがScaling法であるから、求めようとしている時間積分大気中濃度を $C^{SCALE}$ 、(文科省による) 地表沈着密度の測定値を $D^{MSR}$  とし、 $V^{BULK} = D^{ATDM} / C^{ATDM}$ を用いて式を変形すると、

$$\begin{aligned} C^{SCALE} &= D^{MSR} / V^{BULK} \\ &= D^{MSR} \times C^{ATDM} / D^{ATDM} \\ &= D^{MSR} / D^{ATDM} \times C^{ATDM} \end{aligned}$$

となる。これは、この段落のはじめに示した、文科省の測定によって求められた地表沈着密度をATDMで求めた地表沈着密度で割った値、すなわち $D^{MSR} / D^{ATDM}$ を補正係数とみなし、ATDMで求めた大気中時間積分濃度 $C^{ATDM}$ に掛けることで大気中時間積分濃度 $C^{SCALE}$ を求めるという方法に他ならない。

この章を終わる前に、一つ指摘しておきたいことがある。一般に福島県のある地点を襲ったプルームの個数は1個とはかぎらず、複数個あると考えられる。そうであれば、個々のプルームの沈着速度から複数のプルームの平均的な沈着速度であるバルク沈着速度をどのように計算するかが明確に定義されていなければならないはずである。しかしながら、

そのような記述はAttachment A-9中にはない。

注2：Scaling法についてはUNSCEAR2020/2021報告書の本文中ではなく、Attachment A-9にのみ出てくる用語である。

## 5. Scaling 法の問題点の指摘

この章では Scaling 法の問題点を指摘し、Scaling 法では I-131 の正しい大気中濃度を求めることができないことを示す。

パラグラフ 14 には、4 章で示した文章の後に、「ある特定の地点における、仮定されたソースタームと ATDM によるシミュレーションによって求められた大気中濃度と沈着密度は大きな不確定性を持つが、これらの推定値の比の不確定性はそれほど大きくない。特に、この比は、大きな不確定性を持つソースタームの絶対的な量と時間変化にはあまりセンシティブではない。この比の主たる不確定性は、乾性および湿性沈着についてのパラメータからくる。」という文章が続く。この比とは、バルク沈着速度のことであり、沈着速度の前に「バルク」という総体を意味する語が付加されているのは、バルク沈着速度は個々のプルーム毎に定義されている沈着速度から複数のプルームの何らかの平均であるからである。Terada 2020 論文[1]が示す ATDM が示す個々のプルームの沈着速度には大きな不確定性があることを次節で示す。個々のプルームの沈着速度に大きな不確定性があれば、バルク沈着速度の沈着速度に大きな不確定性があることは当然である。

### 5. 1 条件 1：各プルームの沈着速度

Scaling 法を用いるためには、各プルームの沈着速度が正しくシミュレーションされなければならないが、ATDM の結果はそうになっていない。

Scaling 法では、ATDM シミュレーションで求められた沈着速度は実際の沈着速度とほぼ同じであるということが仮定されている。このことは、Scaling 法で求める大気中濃度 ( $C^{SCALE}$ ) は、実測された地表沈着密度 ( $D^{MSR}$ ) をバルク沈着速度 ( $V^{BULK}$ ) で割ることによって求められる、すなわち  $C^{SCALE} = D^{MSR} / V^{BULK}$  であることから明らかである。これら 3 つの量に間に、 $C^{SCALE} = D^{MSR} / V^{BULK}$  という関係があり、 $D^{MSR}$  は測定値であるので、 $C^{SCALE}$  を正しく求めるには  $V^{BULK}$  が正しい沈着速度でなければならないのである。しかし、UNSCEAR による、この仮定が成立しないことを以下に 2 つの根拠をあげて証明する。

## 5. 1. 1 バルク沈着速度が正しくない

2章の図表4に、千葉市にある日本分析センターが測定した3月14日から3月23日までのI-131とCs-137の沈着速度を示してある。また3章の図表5には、福島市紅葉山および白河市におけるTerada 2020論文の結果であるI-131およびCs-137の3月15-16日の第1プルームと3月20-21日に第2プルームにおける沈着速度を示している。I-131は粒子状と2つのガス状の形態を持ち、形態が違くと沈着速度も異なるので、ここでは粒子状の形態しかとらないCs-137について日本分析センターの測定値とATDMシミュレーションの結果を比較してみる。

図表4から、千葉市では降雨があった3月20、21、22日におけるCs-137の沈着速度は、2.8 mm/s、7.9 mm/s、11.6 mm/sである。他方、福島市紅葉山と白河市においては3月15-16日のプルームの襲来時に降雨があり、そのときのCs-137の沈着速度は、ATDMシミュレーションの結果を示す図表5から331 mm/sと173 mm/sであることが分かる。千葉市、福島市、白河市を襲ったプルーム中のCs-137の粒子径は桁違いには変わることは考えられないので、沈着速度も同程度でなければならないはずである。

しかし、千葉市に比べて福島市と白河市の沈着速度は数十倍の大きさである。このことは、ATDMシミュレーションで求められた沈着速度は実際の沈着速度とほぼ同じであるという仮定が成り立っていないことを明白に示している。

ATDMシミュレーションが実際の沈着速度を過大評価すると、それに反比例して大気中濃度は必然的に過小評価されることになる。この過小評価はScalingによっては補正できないのである。

## 5. 1. 2 雨が降っていないのに「湿性沈着」レベルの速度

次に、3月15-16日に襲来した第1プルームが滞在中の福島市と白河市の降雨状況はどのようなものであるかを確認してみよう。

図表6は3月15日1時から3月16日12時までの紅葉山に最も近い杉妻町のSPM局および白河市のSPM局が示すCs-137の大気中濃度(Bq/m<sup>3</sup>)[4]および気象庁の過去の気象データ[5]にもとづいて「福島市と白河市の降雨の状況(mm/h)を示す表である。Cs-137の濃度にSPM局の測定値を用いたのは、3章の注1に示したように、プルームの到着時刻とプルームが去った時刻を1時間以内の精度で示すことができるからである。実際、紅葉山のごく近くにある杉妻町のSPM局が示す、プルームの到着時間とプルームが去った時刻は紅葉山のモニタリング・ポストが示すこれらの時刻と良くあっているのである。

図表6が示していることは、福島市においては、プルームの主要部分が存在している最初から最後まで0.5 mm/h以上の雨が降っていることであり、また、白河市では、プルームの主要部分が通過したときには雨が全く降っておらず、プルームの後半になって雨が

降り出したが、ほとんどの時間の雨量が 0.5 mm/h より小さかったことである。降雨の状況がこのようであるから、白河市の沈着はほとんど乾性沈着でなければならない。

つまり、白河市の全ヨウ素 131 の沈着速度は 44 mm/s ではなく、乾性沈着である 3 月 20-21 日の沈着速度である 0.3 mm/s に近い値であり、大きくても数 mm/s でなければならないのである。このことは、ATDM シミュレーションの結果は白河市の沈着速度を少なくとも 10 倍程度に過大評価しており、ATDM シミュレーションで求められた沈着速度は実際の沈着速度とほぼ同じであるという仮定が成り立っていないことは明らかである。

【図表 6】 3 月 15-16 日における福島市と白河市の SPM 局が示す Cs-137 の大気中濃度と気象庁の気象データに示されている降雨量

		SPM による Cs137 の濃		降雨量(mm/h)	
		紅葉山	白河	紅葉山	白河
3 月 15 日	1 時				
	2 時				
	3 時				
	4 時				
	5 時				
	6 時			0	
	7 時			0	
	8 時		0.53		
	9 時		0.4		
	10 時		0.4		
	11 時		0.4		
	12 時		0.5		
	13 時		31.2	0	
	14 時		107	0	
	15 時		59	0	
	16 時		13.4	0	0
	17 時	0.58	6.8	1	0
	18 時	3.4	8	1	1
	19 時	7	8.4	0.5	0
	20 時	8.8	11.4	1	0
	21 時	20.2	9	1	0
	22 時	23	12.3	2	0
	23 時	6	4.4	1.5	0
	24 時	1.1	2.2	2	1
3 月 16 日	1 時	1.3	2.3	1	2.5
	2 時	4.6	0.56	1.5	0
	3 時	3.1		1	0.5
	4 時			0	0
	5 時			0	0
	6 時			0	
	7 時			0	
	8 時				
	9 時			0	
	10 時			0	
	11 時			0	
	12 時			0.5	0

降雨量が空白のところは全く雨が降っていないことを示し、0 は 1 時間あたりの降雨量が 0.5 mm 未満であることを意味する。赤字はブルームの主要部分が存在する時刻を示す。

## 5. 2 条件2：ATDMシミュレーションと現実の大気中濃度と沈着量

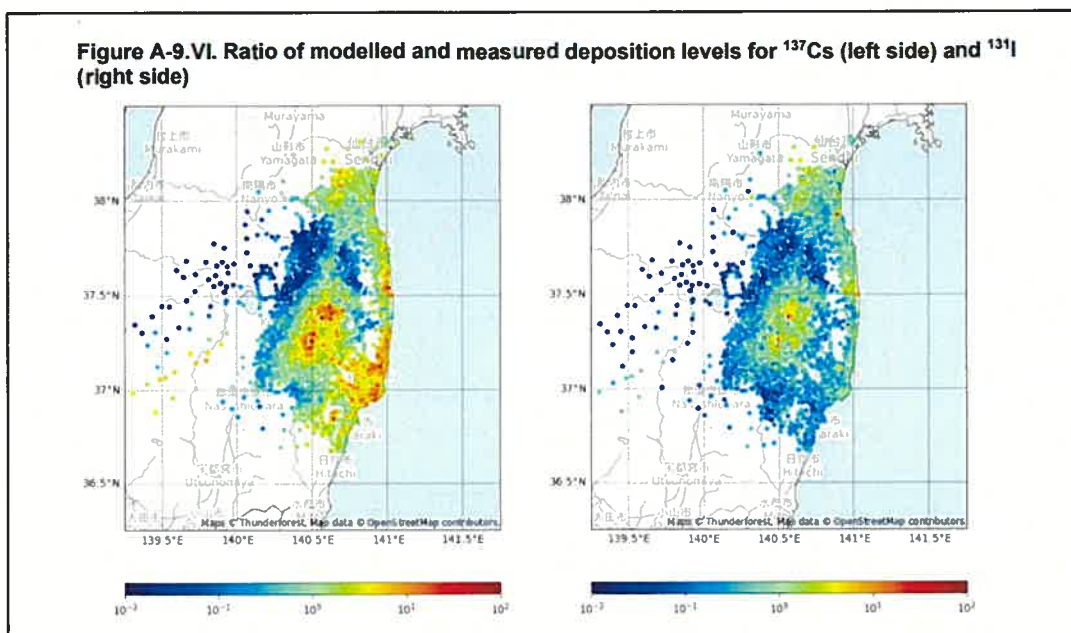
Scaling法を用いるためには、ATDMシミュレーションがプルームの運んだ放射性物質の相対的大きさを正しく示していなければならないが、そのようになっていない。このことは第2意見書において示した、福島市紅葉山のATDMシミュレーションの結果を見れば明らかである

紅葉山を襲ったプルームは3月15-16日にかけての第1プルームと3月20-21日の第2プルームのみであり、そのほかのプルームは実質的に存在できない（つまり、それらのプルームの時間積分大気中濃度と沈着量は無視できる大きさでなければならない）ことが紅葉山のモニタリング・ポストが示す空間線量率から分かることは第2意見書で示している。しかしATDMのシミュレーションでは、紅葉山を6個のプルームが襲ったことになっており、第1プルームと第2プルームの他の4つのプルームのうちの3つは、無視できない大気中時間積分濃度または地表沈着量を示している。ATDMシミュレーションがプルームの相対的大きさを正しく示していなければならないが、そのようになっていないことが、この例から明らかである。このように現実と大きく乖離するATDMの結果に対してScaling法を用いることはできない。

## 5. 3 条件3：Scalingの補正係数

Scalingで用いる補正係数が数十倍や100倍などということがあってはいけない。しかし数十倍から100倍以上の補正を行われなければならないケースが存在することはAttachment A-9の図6から明らかである。図表7として、Attachment A-9の図6を示す。図表7の左側の図は、Cs-137について、右の図は、I-131について、Terada 2020論文[1]のATDMシミュレーションが示す地表沈着密度を文科省が測定した地表沈着密度で割った値を地図上で示している。4章で用いた記号では、これらの図は、 $D^{ATDM}/D^{MSR}$ を示していることになる。例えばI-131に関しては福島第1原子力発電所から西北方向、中通りの北半分、会津地域のほとんどに濃い青の地点が蝟集している。濃い青1/10~1/100の過小評価を意味しており、これをScaling法で補正すると、10倍から100倍の補正を行うことになる。

【図表 7】 Attachment A-9 図 6



CS-137 のモデルと測定された沈着密度の比 (左) と I-131 のモデルと測定された沈着密度の比 (右)

## 6. まとめ

第 1 意見書では福島市紅葉山の I-131 の大気中時間積分濃度は  $65700 \text{ Bqh/m}^3$  であること、第 2 意見書では、Terada 2020 論文の ATDM のシミュレーションが福島市紅葉山の I-131 の大気中時間積分濃度が紅葉山のモニタリング・ポストのデータを用いた解析の結果の  $1/100$  程度であることを示した。

この第 3 意見書では、UNSCEAR2020/2021 報告書が非避難地域の甲状腺被曝線量の評価に用いている Scaling 法は、3つの条件、すなわち、① 各ブルームの沈着速度が正しくシミュレーションされなければならない、② Scaling 法を用いるためには、Terada 2020 論文[1]の ATDM シミュレーションがブルームの相対的大きさを正しく示していなければならない、③ Scaling で用いる補正係数が数十倍や 100 倍などということがあってはいけない、のすべてを ATDM によるシミュレーションの結果は満たしておらず、Scaling 法を甲状腺被曝線量の評価に用いることができないことを明らかにした。UNSCEAR が用いる方法は ATDM の結果をそのまま使うか、Scaling 法を用いて補正したものを使うかのどちらかであり、どちらの方法も被曝線量を正しく評価することができないことを明らかにしたことになる。

以上

## 参考文献

- [1] Terada, H., H. Nagai, K. Tsuduki et al. Refinement of source term and atmospheric dispersion simulations of radionuclides during the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. J Environ Radioact 213: 106104 (2020).
- [2] study2007, 見捨てられた初期被曝、岩波書店, pp104-105.
- [3] 公益財団法人日本分析センター「日本分析センターにおける空間放射線量率について：過去の調査結果」, <http://www.jcac.or.jp/site/senryo/kako.html>
- [4] Oura, Y., M. Ebihara, H. Tsuruta et al. A database of hourly atmospheric concentrations of radiocesium ( $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ ) in suspended particulate matter collected in March 2011 at 99 air pollution monitoring stations in eastern Japan. J Nucl Radiochem Sci 15(2): 1-12 (2015).
- [5] <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>