

2023年1月9日

福島市のモニタリングデータから推計できる  
I-131の甲状腺等価線量についての考察  
(意見書)

黒川真一 

---

## 1 この意見書の結論

小児・若年甲状腺がんを引き起こす主な放射性核種は、放射性ヨウ素 131 (I-131) が主要な核種として知られている。このほか、テルル 132 (Te-132)、ヨウ素 132 (I-132)、ヨウ素 133 (I-133) などの短寿命核種の寄与も無視することができない。

このため、東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、「福島第一原発事故」）に伴い環境中に放出された I-131 をはじめとする放射性核種の大気中濃度およびその時間変化を知ること、福島第一原発事故に由来するこれらの核種による甲状腺の内部被曝を評価する上で極めて重要である。なぜなら、福島第一原発事故に起因する甲状腺の内部被曝の重要な要因の一つが大気中に浮遊する I-131 を吸入して体内に取り込むことであるからである。

しかしながら、事故後の初期における福島県における I-131 などの放射性核種の大気中の濃度に関するデータはほとんど存在していない。こうした中、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の平山英夫氏は、福島県が 13 か所のモニタリングポストについて 2011 年 3 月の NaI(Tl)検出器の 10 分または 1 時間毎の波高分布データをホームページで公開している [1] ことに着目した。なお、波高分布とは何かについては 3 章を参照してほしい。

平山氏は、この 13 か所のモニタリングポストのいくつかにおいて残されていた I-131 をはじめとする放射性核種の波高分布データをもとに、I-131、I-132、I-133、Te-132 などの放射性核種の大気中濃度およびその時間変化を推定した 2 つの論文を 2015 年(平山論文 2015)[2]と 2017 年(平山論文 2017)[3]を日本原子力学会和文論文誌に発表した。またこの発表に先立ち、上記の 2 つの論文に用いられた、大気中に浮遊している核種からの寄与と大地に降り積もった核種からの寄与を分離する方法に関する論文を同じ論文誌に 2014 年に発表 (平山論文 2014) している [4]。

平山論文 2015 は I-131 について、平山論文 2017 は I-131 に加え、Xe-135、Te-132、I-132、I-133 の大気中濃度を評価している。この 2 つに平山論文 2014 を加えた 3 つの論文の題を以下に発表順に示す。

- ・ 2014 年「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 I-131 濃度の推定」 (平山論文 2014) [4]
- ・ 2015 年「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 I-131 放射能濃度時間変化の推定」 (平山論文 2015) [2]
- ・ 2017 年「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プルーム中 Xe-135、I-131、I-132、I-133 および Te-132 放射能濃度の推定」 (平山論文 2017) [3]

【図表 1】は平山論文 2015 の表 1 であり、上記 13 か所のモニタリングポストについての情報がまとめられている。【図表 1】においては、13 か所のモニタリングポストが設置されている市町村名とモニタリングポストの名前、福島第一原発から見たときの方向と距離、2011 年 3 月のいつまでのデータが保存されているか、その内で解析可能なのはいつまでか、

そして、1回のデータの収集時間を分で示している(10分または60分)。この表から、2011年3月15日以降のデータが解析可能なモニタリングポストは楡葉町松館、広野町二ツ沼、そして福島市紅葉山だけであることが分かる。また、福島第一原発からの距離は双葉町と大熊町のモニタリングポストは6km以内であり、楡葉町のは14km、富岡町のは12kmと9km、広野町は21kmであり、唯一中通りにある福島市紅葉山のモニタリングポストは福島第一原発から東北の方向に61km離れていることが示されている。

【図表1】福島県が公開したモニタリングポストの情報

| Name of city or town | Name of post | Distance from Fukushima Daiichi Nuclear Power Station | Data period during March, 2011 | Data period possible to analyze | Measurement time (minutes) |
|----------------------|--------------|---|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Futaba-town          | Koriyama     | NNW 2.8 km  | till 14 <sup>th</sup> 24 : 00  | till 14 <sup>th</sup> 20 : 00   | 10                         |
|                      | Yamada       | WNW 4.1 km  | till 31 <sup>th</sup> 24 : 00  | till 15 <sup>th</sup> 11 : 00   | 60                         |
|                      | Kamihatori   | NW 5.6 km   | till 12 <sup>th</sup> 24 : 00  |                                 | 60                         |
| Okuma-town           | Mukaihata    | SW 4.0 km   | till 15 <sup>th</sup> 2 : 00   | till 14 <sup>th</sup> 20 : 00   | 60                         |
|                      | Oono         | WSW 4.9 km  | till 16 <sup>th</sup> 16 : 00  | till 14 <sup>th</sup> 21 : 00   | 60                         |
|                      | Minamidai    | SW 2.4 km   | till 14 <sup>th</sup> 20 : 00  | till 14 <sup>th</sup> 20 : 00   | 60                         |
|                      | Otozawa      | SSW 1.6 km  | till 15 <sup>th</sup> 7 : 00   | till 14 <sup>th</sup> 19 : 00   | 60                         |
| Naraha-town          | Shoukan      | SSW 14.2 km   | till 31 <sup>th</sup> 24 : 00  | till 31 <sup>th</sup> 24 : 00   | 60                         |
|                      | Shigeoka     | SSW 14.2 km   | till 14 <sup>th</sup> 24 : 00  | till 14 <sup>th</sup> 22 : 20   | 10                         |
| Tomioka-town         | Simokoriyama | SSW 11.8 km   | till 15 <sup>th</sup> 8 : 00   | till 14 <sup>th</sup> 21 : 00   | 60                         |
|                      | Tomioka      | SSW 9.4 km  | till 13 <sup>th</sup> 24 : 00  | till 13 <sup>th</sup> 24 : 00   | 10                         |
| Hirono-town          | Futatunuma   | S 21.4 km   | till 31 <sup>th</sup> 24 : 00  | till 31 <sup>th</sup> 24 : 00   | 60                         |
| Fukushima-city       | Momijiyama   | NW 61.8 km  | till 28 <sup>th</sup> 18 : 00  | till 28 <sup>th</sup> 18 : 00   | 60                         |

【図表2】は、上記の13か所のモニタリングポストの位置を地図上に示すものである。

福島第一原発事故がもたらした放射性物質は、福島第一原発から放射性プルームによって福島県および周辺の県にもたらされた。放射性プルームとはガス状またはエアロゾル(微粒子)状の放射性物質を含む雲またはスモッグのようなものであり、福島第一原発から風によって運ばれたものである。(詳細は次章参照のこと)

平山論文においては、モニタリングポストに装備されたNaI(Tl)検出器により計測された2011年3月11日から3月末までの上記の核種の1時間ごとの計測値を用いることにより、放射性プルーム毎に、これらの核種の大気中の濃度の1時間ごとの値(Bq/m<sup>3</sup>)および時間積算濃度(Bqh/m<sup>3</sup>)を推計している。

こうして求められた大気中の時間積算濃度(Bqh/m<sup>3</sup>)に年齢に対応する1時間あたりの呼吸量(m<sup>3</sup>/h)を乗ずることで、呼吸により取り込んだ放射性物質の総Bq数を求めることができる。さらに甲状腺等価線量係数(注1)を掛けることで、呼吸によって体内に取り込まれ、甲状腺に集まったI-131などによる内部被曝量(甲状腺等価線量)を評価できることになる。

【図表2】福島県内のモニタリングポストの位置



本意見書では、平山論文の内容を平易に解説するとともに、平山論文で解析された中通りにある唯一のモニタリングポストである福島市紅葉山のモニタリングポストのデータをもとに平山氏たちが求めた2011年3月15日～16日に紅葉山を襲った放射性プルームがもたらすI-131の大气中の時間積算濃度を使い、福島市の1歳児の呼吸による甲状腺等価線量を評価した。その結果、呼吸によって取り込まれたI-131による1歳児の甲状腺等価線量は約60mSvとなった(注2)。

このようにして求められた甲状腺等価線量の評価値は、2011年3月当時のモニタリングポストにおいて実測されたデータに基づいて推定されており、他の方法による推定とは比較にならないほど信頼性が高い。

なお本意見書は、I-131の呼吸による取り込みに限定して考察しており、①Te-132、I-132、I-133といった短寿命核種の寄与は検討していない。また②甲状腺被曝の経路は、本意見書で推計している大気中の放射性核種の呼吸による体内への取り込みのほか、これらの放射性核種によって汚染された飲料や食品からの経口摂取もあるが、それらは推計していない。さらに、③土壌に降り積もった放射性核種や大気中の放射性核種からのγ線による外部被曝も甲状腺等価線量に寄与するが含めていない。①②③を考慮すれば甲状腺等価線量はさらに増加することになるが、これらについては、必要に応じて別の意見書で取りあげることとしたい。

注1：例えばI-131の甲状腺等価線量係数とは1BqのI-131を呼吸によって体内に取り込んだときに、甲状腺がどれだけの内部被曝をすることとなるかを示す係数であり、Sv/Bqという単位で表されるものである。第5章に詳しく記載しているので、参照してほしい。

注2：この意見書では2011年3月15日～16日の紅葉山を襲った放射性プルームによる甲状腺等価線量についてのみ言及している。しかしながら、筆者による独自の紅葉山のモニタリングポストのデータの解析により2011年3月20日～21日にも放射性プルームが紅葉山を襲っていることが明らかになっている。この放射性プルームによってもたらされた甲状腺等価線量は、3月15日～16日の放射性プルームによってもたらされた甲状腺等価線量の10%程度またはそれ以下であり、今回の意見書においてはとりあげていない。

## 2 呼吸によるI-131の吸入経路

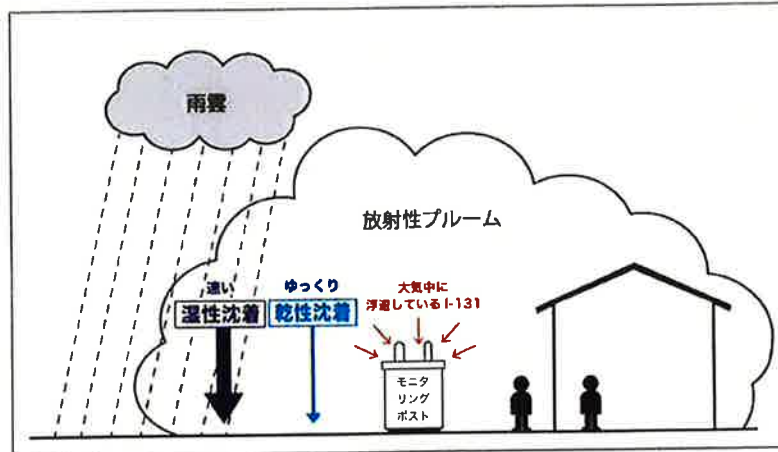
まず、福島第一原子力発電事故によって環境中に放出されたI-131が、どのような経路で、人体に取り込まれるのかを確認しておく。

福島第一原発事故に伴い環境に放出された放射性物質は、ガスやエアロゾル（微粒子）となって大気中に浮遊し、風に運ばれて広く環境を汚染した。このように放射性物質を運ぶ雲のようなものは、放射性雲とか放射性プルームと呼ばれる。放射性プルームの高さは数百m程度であり、ある地点における放射性プルームの滞在時間は数時間から数十時間である。

次ページの【図表3】【図表4】【図表5】は、放射性プルームによる被曝を概念図として示したものである。

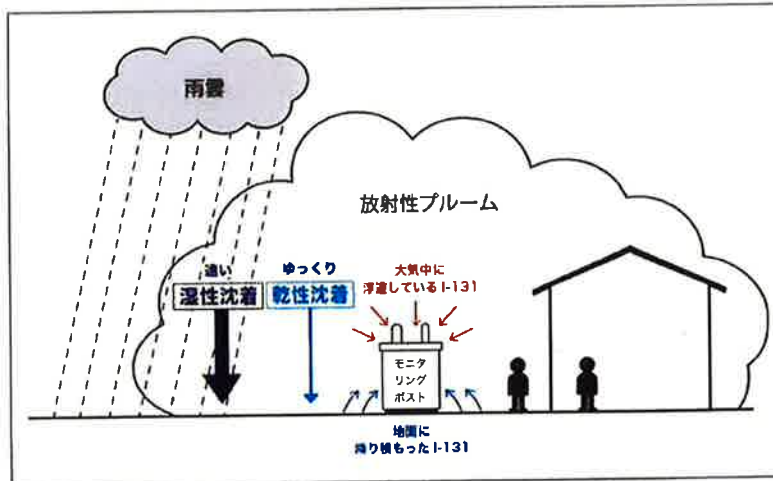
放射性プルームが到着した時点では、大気中の放射性物質のみが被曝をもたらす【図表3】、放射性プルームの通過中は、放射性プルーム中の放射性物質の一部分が、徐々に大地に降下して降り積もる。このため、放射性プルームが襲来している間は、大気中の放射性物質および大地に降り積もった放射性物質の双方が被曝をもたらす【図表4】。その後、放射性プルームが去ると、大地に降り積もった放射性物質からのみの被曝となり、特に外部被曝をもたらす【図表5】。本意見書で推計した甲状腺等価線量は、このうち、【図表3】から【図表4】の状況における吸引による内部被曝のみを扱っている。

【図表3】放射性プルームが到着した時点の被曝経路



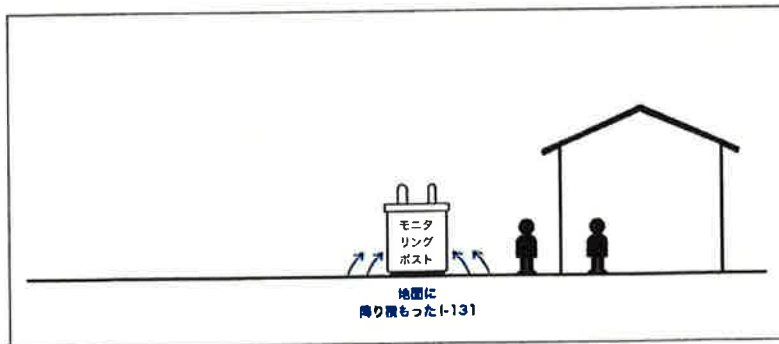
放射性プルームが到着した時点では、大気中の放射性物質のみが被曝をもたらす。

【図表4】放射性プルームが通過している時の被曝経路



放射性プルーム中の放射性物質の一部分は、放射性プルームの通過中に大地に降下して降り積もる。このため、放射性プルームが襲来している間は、大気中の放射性物質および大地に降り積もった放射性物質の双方が被曝をもたらす。

【図表5】放射性プルームが去った後の被曝経路



放射性プルームが去った後は、大地に降り積もった放射性物質による被曝のみとなり、特にγ線による外部被曝をもたらす。

人は24時間365日、絶え間なく呼吸しているため、その人が滞在している地点が放射性プルーム中にあるときは、当然、呼吸によってI-131を吸入する。人体に取り込まれたI-131は、甲状腺に集まり内部被曝をもたらすことになる。

一方、I-131が地表に降り積もり土壌に沈着してしまえば、それ以上I-131を吸入することはない（ただし、土壌からI-131が再浮遊すればそれを吸入することはあり得るが、再浮遊する量は小さいと思われる）。地表に降り積もったI-131は放射線（ $\beta$ 線と $\gamma$ 線）を放出しながら半減期8日で減衰していく。福島県においては2011年3月中に、各地点に数回にわたって放射性プルームが襲来しており、各放射性プルームがもたらした大地に降り積もった放射性物質は、核種ごとに半減期による減衰がある一方、放射性プルームの襲来のたびに累積していくことを指摘しておく。

### 3 大気中のI-131の濃度の推定方法

I-131による呼吸による内部被曝を評価する上では、I-131の大気中濃度の時間変化を知る必要がある。この章では、まずモニタリングポストとはどのようなものかを説明し、モニタリングポストのデータを用いることで大気中のI-131の濃度を求めることができることを平山論文に即して説明する。

【図表6】は、これらのモニタリングポストの外観と内部を示す写真である[5]。データを処理するための電子機器を収めた小屋の上に2本の筒状のものがある。太いほうが電離箱であり、高線量率の空間線量率を測定するために用いられる。細いほうがNaI(Tl)検出器であり、空間線量率だけでなく、波高分布を得ることで、いくつかの放射性核種の量を測定することができる。波高分布とはなにかは次章で説明する。なお、紅葉山のモニタリングポストでは、電離箱は設置されておらず、NaI(Tl)検出器のみが設置されている。なお、モニタリングポストのNaI(Tl)検出器のシンチレータ部分は地上3mの高さに設置されている（「平山論文2015」の2ページ）。

【図表6】モニタリングポストの外観と内部の写真



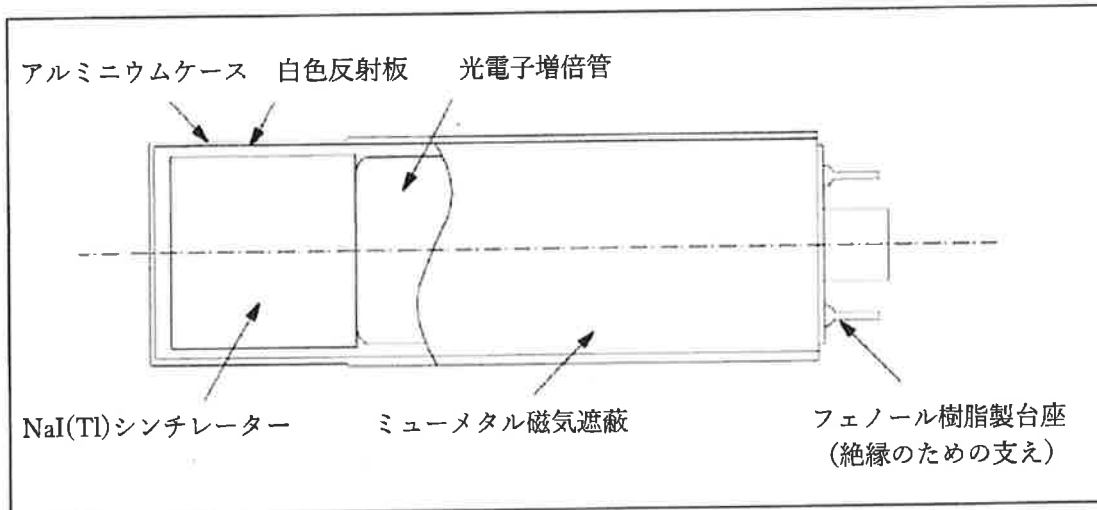
モニタリングポストの外観（双葉町郡山局）



モニタリングポスト内部（大熊町大野局）

モニタリングポストのNaI(Tl)検出器とは、2インチ(5 cm)の長さをもった直径2インチ(5 cm)の円柱体のNaI(Tl)シンチレーターに光電子増倍管 (photomultiplier) を接続したものである【図表7】。

【図表7】 NaI(Tl)検出器の断面図



NaI(Tl)シンチレーターには大気中および大地に降り積もった放射性核種からの $\gamma$ 線と $\beta$ 線、そして $\gamma$ 線が大気中の分子中の電子と衝突してエネルギーを得た電子線がやってくるが、 $\beta$ 線と電子線はシンチレーターのまわりを取り囲むアルミニウムのケースによって遮蔽され $\gamma$ 線だけがNaI(Tl)シンチレーターに入ってくる。入ってきた $\gamma$ 線のエネルギーはまず電子に与えられ、電子線のエネルギーがシンチレーターに吸収されることで、NaI(Tl)シンチレーターは可視光から紫外線領域の光を放出する。放出された光の量は $\gamma$ 線が電子に与えたエネルギーに比例するため、光量を測定することにより、 $\gamma$ 線がシンチレーターに与えたエネルギーが測定できることになる。光電子増倍管はNaI(Tl)シンチレーターが発した光を電流に変え、それをさらに増幅する機能を持つ。

NaI(Tl)シンチレーターに1個の $\gamma$ 線が入ると、1個の電流パルスが光電子増倍管から出力される。この電流パルスは、電子機器により光量に比例するパルス高を持つ電圧パルスに整形される。整形された電圧パルスはアナログ値であり、電子回路によってアナログ-デジタル変換され、デジタル値である数(チャンネル番号)として出力される。チャンネル番号は光量に比例しており、光量はNaI(Tl)シンチレーターで $\gamma$ 線が失ったエネルギーに比例するので、チャンネル番号はNaI(Tl)シンチレーター中で一本の $\gamma$ 線が失ったエネルギーに比例することになる。

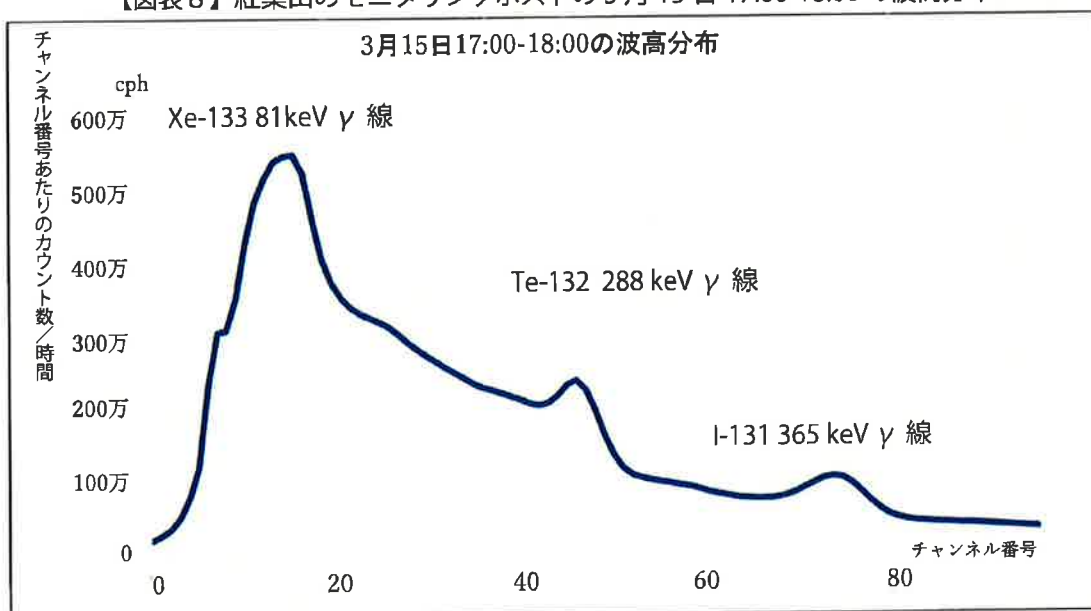
アナログ-デジタル変換され、光量に比例する数(チャンネル番号)として出力された信号は、各チャンネル番号に対応する計数器によって、一定時間の間に何回の入力があるかが数えられる。そして、一定時間(例えば1時間)の間のすべて計数器のカウント数が記憶装置に格納されることになる。



大気中または大地に降り積もった放射性元素が $\beta$ 崩壊または $\gamma$ 崩壊する場合は、1本ないし数本の、特定のエネルギーを持つ $\gamma$ 線が放出される。例えば、I-131の場合は80%の確率で365 keVの $\gamma$ 線が放出される。放出された $\gamma$ 線がNaI(Tl)シンチレーターに到着するまでに、大気中の分子の中の電子によってコンプトン散乱されることによりエネルギーを失う場合がある。このため、NaI(Tl)シンチレーターに到達したときには本来のエネルギー、すなわち放射性核種が $\gamma$ 崩壊をして放出したエネルギー、を持つ $\gamma$ 線の割合はその分だけ小さくなる。

【図表8】は紅葉山における2011年3月15日17:00-18:00における波高分布図を示したものであり、福島県が公開しているモニタリングポストのデータ[1]を使ってこの意見書の著者が作成している。縦軸はリニア・スケールで示されている。

【図表8】紅葉山のモニタリングポストの3月15日17:00-18:00の波高分布



出典：福島県が公開しているモニタリングデータ[1]をもとに著者が作成。

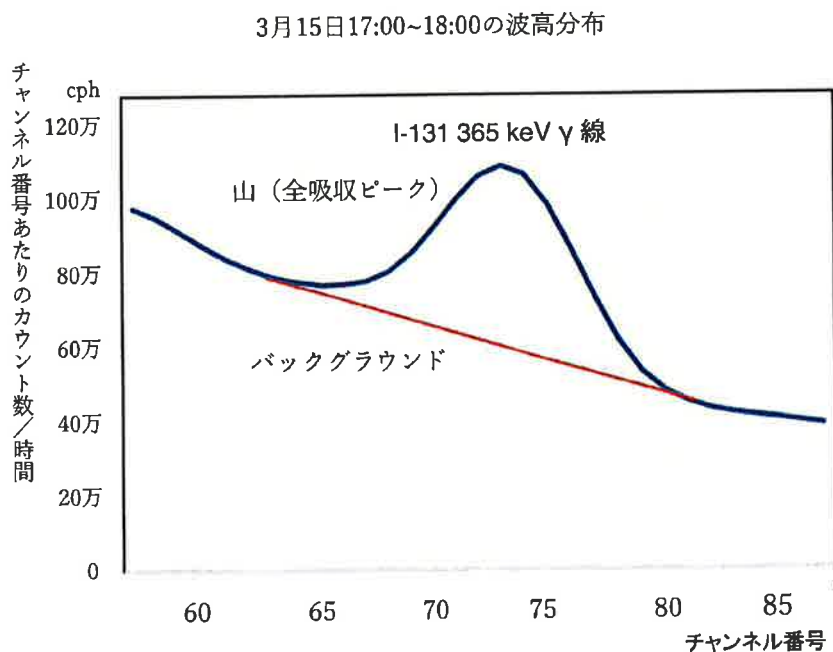
この図において、チャンネル番号16付近の山はXe-133の81 keVの $\gamma$ 線に、チャンネル番号47付近の山はTe-132の228 keVの $\gamma$ 線に、そしてチャンネル番号75付近の山はI-131の365 keVの $\gamma$ 線に対応している。

【図表8】のように、横軸をチャンネル番号、縦軸をある一定時間の間における各チャンネル番号に対応する計数器のカウント数（この場合は1時間あたりのカウント数cph, count per hour）とするグラフ（波高分布図）を描くと、チャンネル番号が小さい方から大きくなるにつれて高さが低くなるバックグラウンドの上に、いくつかの山が存在することが分かる。この山は、放射性核種から飛び出した $\gamma$ 線が大気中でエネルギーを失うことなくNaI(Tl)シンチレーターに入り、さらにNaI(Tl)シンチレーター中で全エネルギーが電子に与えられ、電子が持つ全エネルギーがNaI(Tl)シンチレーターで吸収された場合に対応している。山のピークは $\gamma$ 線の本来のエネルギーに対応するチャンネル番号のところに位置する。平山論文ではこの山の

ことを全吸収ピークとよんでいる。逆に言えば、山のピークに対応するチャンネル番号から、その山がどのような $\gamma$ 線のエネルギーに対応するかが分かり、どの放射性核種からの $\gamma$ 線であるかを特定できることになる。

【図表8】の、チャンネル番号75付近のI-131の365 keVの $\gamma$ 線に対応する部分の波高分布を【図表9】に示す。

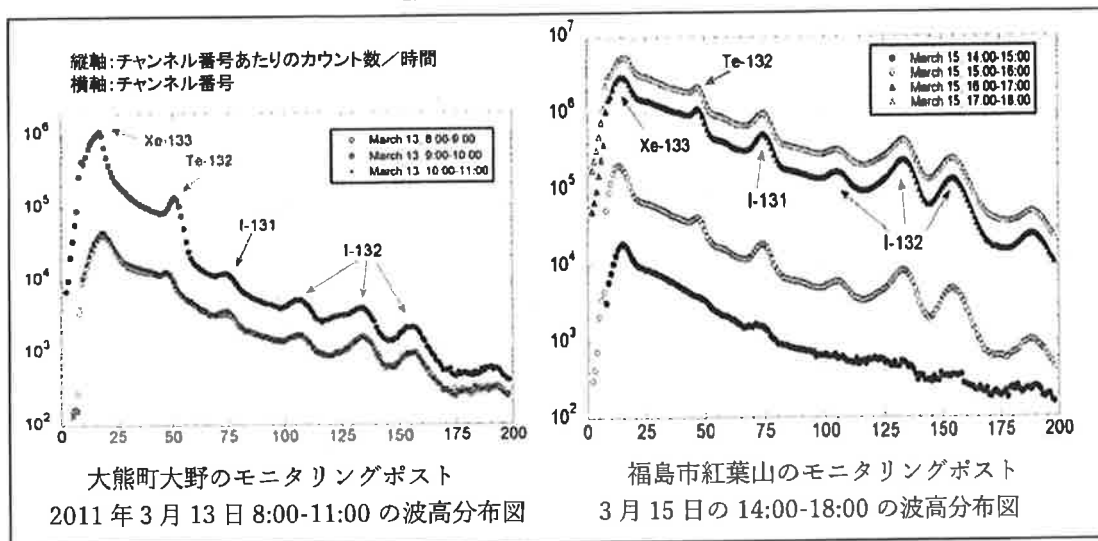
【図表9】紅葉山のモニタリングポストの3月15日17:00-18:00の波高分布のうち、チャンネル番号75付近の波高分布を拡大したもの



ここで【図表9】における山（全吸収ピーク）がなぜこのような幅をもつのか、また、バックグラウンドとは何かについて説明する。たとえ発生した光量が同じでも、光が発生する場所が、光電子増倍管のすぐ近くと遠くを比べれば、前者では多くの光が光電子増倍管に届き、後者では届く量が少なくなり、光電子増倍管に届く光量には違いがでて、幅のある山となるのである。バックグラウンドについての説明は次のようなものである。大気中または大地に降り積もった放射性核種から放出される $\gamma$ 線のエネルギーは、1 MeVを超えるものから数十 keVのものなど種々様々である。これらの $\gamma$ 線がNaI(Tl)シンチレーターに到達する前に大気中の分子の電子によってコンプトン散乱されることにより、本来のエネルギーよりも小さいエネルギーを持つ $\gamma$ 線となる。これらのエネルギーを失った $\gamma$ 線は、元の $\gamma$ 線のエネルギーに対応するチャンネル番号より小さい番号のチャンネルのところに対応するため、チャンネル番号が小さい方により集まりやすくなる。そのため、山の下には、チャンネル番号が小さくなるほどカウント数が大きいバックグラウンドが形成されるのである。

波高分布の例として平山論文 2015 の図 8 を、【図表 10】として示す。左側の図は大熊町の  
 大野にあるモニタリングポストの 2011 年 3 月 13 日の 8:00-11:00 までの波高分布図であ  
 り、右は、福島市紅葉山のモニタリングポストの 3 月 15 日の 14:00-18:00 までの波高分布図  
 である。この図において縦軸はカウント数が対数目盛で示されているので、山の高さがバック  
 グラウンドに比べて見かけ上低く見えることを指摘する。

【図表 10】平山論文の図 8



モニタリングポストにおける NaI(Tl)検出器には、上に記したようにそれぞれの山がどの放  
 射性核種の  $\gamma$  線であるかを特定できるという利点に加え、もう一つ大きな利点がある。それ  
 は、それぞれの山に対応するカウント数の時間変化を記録できることである。

波高分布図の I-131 に対応する山のカウント数は、大気中に浮遊している I-131 からの  $\gamma$  線  
 によるカウント数 (A、Air の A) と地面に降り積もった I-131 からの  $\gamma$  線によるカウント数  
 (G、Ground の G) の和であり、モニタリングポストで計測できるのは、この A と G の和  
 M (M、Measure の M) である。M のカウント数の時系列変化が記録されていれば、適切な仮  
 定をおくことで、M を A と G に分離することができる。そうすると、A、すなわち大気中の  
 I-131 からの寄与によるカウント数を求めることができることになる。なお、ここで求められ  
 るのは大気中の I-131 の濃度に比例するカウント数である。カウント数に適切な換算係数を掛  
 けることで大気中の濃度 Bq/m<sup>3</sup> に変換することができる。

以下では平山論文が用いている手法を用いて M (NaI(Tl)検出器のカウント) を A (大気中  
 の I-131 の寄与からのカウント数) と G (大地に降り積もった I-131 の寄与からのカウント  
 数) に分離する方法を説明する。なお、説明をわかりやすくするために、大地に降り積もった  
 I-131 は半減期による崩壊は起こさないとしている。実際の計算においては、この効果を取り  
 いれなければならないが、I-131 の場合は半減期が 8 日とプルームの滞在期間より 10 倍以上  
 長く、半減期による崩壊を無視しても結果はほとんど変わらない。

NaI(Tl)検出器のカウント数  $M$  は各 1 時間ごとのカウント数であり、これらの 1 時間は、例えば 13:00~14:00 というように定時から始まる 1 時間である。それゆえ、プルームが到達した時刻を正確に知ることができない。分かるのは、ある定時から始まる 1 時間のどこかでプルームが到着したことである。この時間を  $M(1)$  とし、次の 1 時間は  $M(2)$ 、さらにそのあとが  $M(3)$ 、 $\dots$  とする。同様に、大気中に浮遊している I-131 からの  $\gamma$  線によるカウント数を  $A(1)$ 、 $A(2)$ 、 $A(3)$ 、 $\dots$ 、大地に降り積もった I-131 からの  $\gamma$  線によるカウント数を  $G(1)$ 、 $G(2)$ 、 $G(3)$ 、 $\dots$  とする。そうすると、 $M(k) = A(k) + G(k)$ 、すなわち、NaI(Tl)検出器のカウント数  $M(k)$  は、大気中の I-131 からの寄与によるカウント数  $A(k)$  と大地に降り積もった I-131 の寄与からのカウント数  $G(k)$  の和となる。

平山論文においては、 $\alpha$  を比例定数としたとき、プルーム中では  $\alpha$  は時間によらず一定であり、 $G(k)$  は以下の式で表されるというモデルを採用している。

$$G(k) = \alpha\{A(1) + A(2) + \dots + A(k-1)\} \quad (1)$$

これから、 $M(k)$  は

$$M(k) = A(k) + \alpha\{A(1) + A(2) + \dots + A(k-1)\} \quad (2)$$

となる。

$k = 1$  のときには、 $A(1) = M(1)$  であり、 $M(1)$  は測定値であるから  $A(1)$  が定まる。 $k = 2$  のときは、 $M(2) = A(2) + \alpha A(1)$  となり、 $M(2)$  は測定値であり、また、 $A(1)$  はすでに求まっているので、 $A(2)$  が求まる。

このような計算を放射性プルームが去った 1 時間後の  $n+1$  まで繰り返すと、

$$M(n+1) = A(n+1) + \alpha\{A(1) + A(2) + \dots + A(n)\} \quad (3)$$

という式になる。この時点では放射性プルームが去っているため、 $A(1)$  から  $A(n)$  はすでに確定しており、 $A(n+1) = 0$  でなければならない。また  $A(n+1) = 0$  であれば、

$$\alpha = \frac{M(n+1)}{A(1) + A(2) + \dots + A(n)} \quad (4)$$

が成り立つ。

上で示した計算過程において、 $\alpha$  の値が正しく選ばれていれば  $A(n+1) = 0$  となるが、そうでないときには  $A(n+1)$  はゼロにならない。そこで  $\alpha$  を変化させ、 $A(n+1) = 0$  が成り立つような  $\alpha$  を求めれば、I-131 の大気中の濃度に対応する  $A(1)$  から  $A(n)$  が定まることになる。つま

り大気中に浮遊する I-131 が NaI(Tl)検出器においてどのようなカウント数の時系列となるかが決まることになる。放射性プルームが存在する間は $\alpha$ は一定であるという仮定は、同一の放射性プルーム中であり気象条件が大きく変わらないときはよい近似であると考えられる。プルームが異なれば当然 $\alpha$ も異なった値となる。

ここで求めた  $A(1)$  から  $A(n)$  は、あくまでも NaI(Tl)検出器の大気中の I-131 の寄与のカウント数である。カウント数、例えば cps(count per second)が 1 であるとき、大気中の I-131 の Bq/m<sup>3</sup> がいくらになるかは、EGS5 などの計算機シミュレーション・コードを用いて定めなければならない(注 3)。平山論文の筆頭著者である高エネルギー加速器研究機構名誉教授平山英夫氏は EGS5 のエキスパートであり、彼らのグループが求めた換算係数は十分信頼できるものであることを指摘しておく。この換算係数を求めるにあたっては、平山氏らは放射性プルームの高さが 100 m であり、放射性プルーム中の I-131 の濃度は高さによらず一定であると仮定している。平山論文 2015 に示されている換算係数は、放射性プルームの高さを 100 m、200 m、そして 300 m としたときに、それぞれ、0.0524 cps/Bq/m<sup>3</sup>、0.0574 cps/Bq/m<sup>3</sup>、0.0585 cps/Bq/m<sup>3</sup> であると書かれており、放射性プルームの高さが 100 m のときと 300 m のときの違いは高々 10% 程度の違いである。

注 3 : EGS5 の EGS は Electron Gamma Shower の略である。数 keV から数 100 GeV までの電子と光子についての、モンテカルロ法を用いた輸送計算のコードである。このコードを用いることで、大気中において $\gamma$ 線がどのようにふるまうかを求めることができ、さらに、I-131 が大気中に 1 Bq/m<sup>3</sup> あったとき、その中のどれだけの $\gamma$ 線が NaI(Tl)シンチレーターに全吸収ピークとして届きカウントされるかを求めることもできる。EGS5 とは EGS コードの最新版であり、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) も開発に携わっている。

#### 4 紅葉山データから求めたヨウ素の大気中の濃度の変化

福島市紅葉山のモニタリングポストは福島市杉妻町所在の紅葉山公園内にあるモニタリングポストであり、福島県庁のすぐ近くに位置する。紅葉山での測定結果は、福島市中心部の大気中濃度を示していると考えて差し支えないと考えられる。

筆者は、平山論文の筆頭著者である平山英夫氏から、福島市紅葉山のモニタリングポストによって計測された波高分布図の I-131 の山に対応するカウント数の時系列データの提供を受けた。そのデータの一部である 3 月 15 日 9 時から 16 日 3 時までを【図表 1 1】に示す。

【図表 1 1】福島市紅葉山の3月15日9時から16日3時までのカウント数の時系列データ

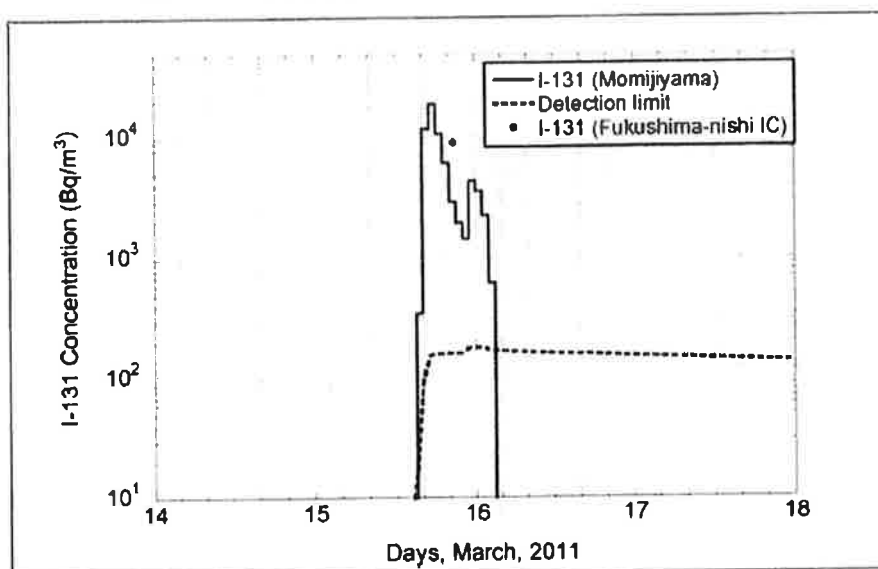
|       | Start time |          | Plume   |                   |
|-------|------------|----------|---------|-------------------|
|       | Hour       | I-131cps | cps     | Bq/m <sup>3</sup> |
| 3月15日 | 10:00      | 0.07     | 0.0     | 0                 |
|       | 11:00      | 0.09     | 0.0     | 0                 |
|       | 12:00      | 0.14     | 0.1     | 1                 |
|       | 13:00      | 0.16     | 0.1     | 1                 |
|       | 14:00      | 18.3     | 0.4     | 9                 |
|       | 15:00      | 0.57     | 18.3    | 348               |
|       | 16:00      | 625.8    | 628.8   | 12,000            |
|       | 17:00      | 1,260.9  | 1,000.0 | 19,100            |
|       | 18:00      | 1,262.6  | 565.9   | 10,800            |
|       | 19:00      | 1,264.5  | 324.9   | 6,200             |
|       | 20:00      | 1,232.6  | 154.6   | 2,950             |
|       | 21:00      | 1,244.1  | 102.7   | 1,960             |
|       | 22:00      | 1,257.6  | 76.0    | 1,450             |
|       | 23:00      | 1,436.1  | 229.0   | 4,370             |
| 3月16日 | 0:00       | 1,491.3  | 189.7   | 3,620             |
|       | 1:00       | 1,498.0  | 118.4   | 2,260             |
|       | 2:00       | 1,459.5  | 32.9    | 627               |
|       | 3:00       | 1,436.0  | 0.0     | 0                 |

上に示した平山氏から提供されたデータに基づき、3章で説明した平山論文 2014 に示された方法を用いて、筆者が計算してみたところ、 $\alpha=0.42$ としたときに、平山論文が示す 2011 年 3 月 15 日から 16 日の紅葉山の大气中濃度とその時間変化を再現することができた。なお、【図表 1 1】の 5 列目の値の和は  $65700 \text{ Bq/m}^3$  である。また 3 列目の 3 月 16 日 3 時における値 1436 を 4 列目の和 3440.5 で割ると、0.42 となり、前章の式 (4) が成り立っていることがわかる。このことは、平山論文の結論である、福島市紅葉山における大气中の I-131 の時間積算濃度である  $65700 \text{ Bq/m}^3$  がモデルを正しく適用した結果求められた値であることを示している。

以上で、平山論文 2015 が示す 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による福島市紅葉山の大气中のヨウ素の時間積算大气中濃度は  $65700 \text{ Bq/m}^3$  ①であることを示した。

平山論文 2015 の図 13 を【図表 1 2】として示す。横軸は時刻であり、3 月 14 日 0:00 から 3 月 17 日 24:00 の期間に対応する。縦軸はこの期間の紅葉山における大气中の I-131 の濃度であり、【図表 1 1】の第 4 列に示されている値をプロットしたものである。図中の黒丸は、KEK と理化学研究所のチームが福島西 IC(インターチェンジ)における  $\text{LaBr}_3$  シンチレータ一検出器を用いた計測から推定された I-131 の大气中濃度である [6]。福島西 IC は紅葉山の西約 4.4 km のところに位置している。福島西 IC のデータは紅葉山のデータよりも 2~3 倍大きい、福島西 IC における測定は大地に沈着した I-131 の寄与を含んだ値であるので、両者はおおむね整合していると考えて差し支えない。

【図表 1 2】 福島市紅葉山における時間ごとの I-131 の大気中濃度



## 5 甲状腺等価線量の推計

I-131 の時間積算大気中濃度が推定できれば、年齢ごとの 1 時間あたりの呼吸量  $\text{m}^3/\text{h}$  を時間積算大気中濃度にかけることで、呼吸により吸い込んでしまった放射性物質の総 Bq 数を求めることができる。

1 時間あたりの呼吸量として、ICRP71 の値を使うことにする[7]。1 歳児における軽作業と座位の平均として、呼吸量  $0.285\text{m}^3/\text{h}$  と仮定すると②、福島市紅葉山の場合、1 歳児が呼吸により吸い込んでしまった I-131 の総 Bq 数は、 $65700 \times 0.285 = 18700 \text{ Bq}$  となる。この値に、ICRP による I-131 の 1 歳児の等価線量換算係数  $3.2 \times 10^{-6} \text{ Sv/Bq}$ ③を乗ずることで、呼吸による甲状腺被曝量を求めることができる。等価線量係数が  $3.2 \times 10^{-6} \text{ Sv/Bq}$  であるということは 1 Bq のヨウ素 131 を呼吸によって取り込むことによって、甲状腺が  $3.2 \times 10^{-6} \text{ Sv}$  の被曝をするという意味である。なお、この等価線量係数は ICRP 71 報告書[7]におけるガス状ヨウ素  $\text{I}^2$  に対する係数である。ヨウ素が  $\text{CH}^3\text{I}$  の形状のガスであるときや微粒子のときには係数はこれより小さい。プルーム中においてガス状ヨウ素  $\text{I}^2$ 、 $\text{CH}^3\text{I}$ 、そして粒子状ヨウ素がどれだけの割合で存在するかが分かっていないので、最も大きい値を示す  $\text{I}^2$  の等価線量係数  $3.2 \times 10^{-6} \text{ Sv/Bq}$  を用いている。

実際に計算を行うと、

$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{(大気中ヨウ素 131 濃度)} & & \text{(呼吸量)} & & \text{(等価線量係数)} & & \text{(甲状腺等価線量)} \\
 \text{① } 65700 \text{ Bq/m}^3 & \times & \text{② } 0.285 \text{ m}^3/\text{h} & \times & \text{③ } 3.2 \times 10^{-6} \text{ Sv/Bq} & = & 59.92 \text{ mSv}
 \end{array}$$

となり 1 歳児の等価線量は約 60 mSv となる。

## 6 平山論文の重要性について

これまでの章において、平山論文が、福島市紅葉山公園に設置されていたモニタリングポストのデータを用いて推計した大気中の I-131 の濃度と時間積算濃度は、平山論文が用いたモデルから正しく導出されたものあることを確認し、平山論文の結果を用いて、福島市の中心部における I-131 を呼吸により取り込んだことによる 1 歳児の甲状腺等価線量は、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だけでも約 60 mSv であることを示した。平山論文が用いているモニタリングポストのデータが福島県における大気中の I-131 の濃度についての唯一の実測されたデータであり、そのデータを用いて推定された I-131 の大気中時間積算濃度から求められた 1 歳児の甲状腺等価線量 60 mSv は重大な意味を持つと考えられる。

## 7 付言：UNSCEAR2020/2021 報告書では平山論文はどのように扱われているか

平山論文は、UNSCEAR2020/2021 報告書（以下 UNSCEAR 報告書）[8]において 3 か所で見及されている。3 か所とは次に示すものである。

- ① UNSCEAR 報告書 Volume II Scientific Annex B のパラグラフ 18。
- ② 同 Annex B APPENDIX A. ASSESSMENT OF DOSES TO THE PUBLIC パラグラフ A29
- ③ パラグラフ A29 に付属した表 Table A5

①および②の平山論文に関するところを日本語版から引用する。

①“18. 特に、福島第一原発事故の初期段階における大気中の異なる放射性核種の濃度が、福島県内の数か所のモニタリングポストで、NaI(Tl)検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーの結果から推定されている[H17,M44,T29]。”

②“A29.大気中の放射性核種および地表に沈着した放射性核種のレベルについての追加情報が、いくつかの新規分析手法を事故当時に収集したモニタリングデータに適用した再分析によって得られている。特に、福島第一原発事故の初期段階における大気中の異なる放射性核種の濃度は、福島県内の数か所のモニタリングポストでの NaI(Tl)検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーから推定されている[H17, M44, T29]。”

この 2 つの引用は、福島県のモニタリングポストを用いた放射性核種の大気中の濃度を測定した論文が 3 つある、という点において一致している。なお、ガンマ線スペクトロメトリーとはこの意見書で説明した波高分布から I-131 などの放射性核種の量を推定する方法のことである。H17 (Hirayama et al., 2015) は「平山論文 2015」のことである。それでは、福島県内の数か所のモニタリングポストでの NaI(Tl)検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーについての論文であるとされる他の 2 つの論文「M44」(Moriizumi et al., 2019) と「T29」(Terasaka et al., 2016) は、どのようなデータを解析しているのだろうか。



【図表13】日本各地の大気中放射性核種濃度の測定のとまとめ

| 参考文献  | 測定タイプ                            | 場所   | 放射性核種  |
|-------|----------------------------------|--|--|
| [H16] | LaBr <sub>3</sub> シンチレーション検出器    | 福島県、6か所の測定地点(安達太良サービスエリア、本宮インターチェンジ、郡山東インターチェンジ、三春パーキングエリア、船引-三春インターチェンジ、阿武隈高原サービスエリア) | <sup>132</sup> Te、 <sup>131</sup> I、 <sup>132</sup> I、 <sup>133</sup> Xe、 <sup>136</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs   |
| [H17] | 自動監視所におけるNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ | 福島県、9か所の監視所(広野町二ツ沼、福島市紅葉山、大熊町大野、双葉町郡山、双葉町山田、大熊町向畑、大熊町南台、大熊町夫沢、楢葉町松館)                   | <sup>131</sup> I   |
| [H18] | 自動監視所におけるNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ | 福島県、8か所の監視所(双葉町山田、大熊町向畑、大熊町大野、大熊町南台、大熊町夫沢、楢葉町松館、広野町二ツ沼、福島市紅葉山)                         | <sup>132</sup> Te、 <sup>131</sup> I、 <sup>132</sup> I、 <sup>133</sup> I、 <sup>135</sup> Xe、 <sup>133</sup> Xe、 <sup>135m</sup> Xe  |
| [K12] | 自動監視所におけるNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ | 福島県、8か所の監視所(双葉町山田、大熊町向畑、大熊町大野、大熊町南台、大熊町夫沢、楢葉町松館、広野町二ツ沼、福島市紅葉山)                         | <sup>131</sup> I   |
| [T29] | 自動監視所におけるNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ | 茨城県、6か所の監視所(村松、阿字ヶ浦、荒地、大貫、石川、菅谷)   | <sup>133</sup> Xe、 <sup>132</sup> Te、 <sup>131</sup> I、 <sup>132</sup> I、 <sup>133</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs、 <sup>136</sup> Cs  |
| [M44] | 自動監視所におけるNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ | 茨城県、21か所の監視所(豊岡、馬渡、押辺、横堀、ひたちなか、堀口、広浦、門部、舟石川、海老澤、村松、大場、造谷、石神、久慈、磯部、阿字ヶ浦、荒地、大貫、石川、菅谷)    | <sup>133</sup> Xe、 <sup>132</sup> Te、 <sup>131</sup> I、 <sup>132</sup> I、 <sup>133</sup> I   |
| [F17] | ゲルマニウム検出器によるガンマ線スペクトロメトリ測定       | 福島県、14か所の監視所(各わずかな測定値のみ)   | <sup>132</sup> Te、 <sup>131</sup> I、 <sup>132</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs  |
| [T51] | フィルタ試料                           | 福島県、2か所の浮遊粒子状物質観測所(双葉町、楢葉町)  | <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs   |
| [O25] | ゲルマニウム検出器によるフィルタ試料の測定            | 複数の都道府県、99か所の浮遊粒子状物質観測所  | <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs   |
| [E1]  | 加速器質量分析スペクトロメトリによるフィルタ試料の分析      | 東京首都圏、4か所の監視所(東京都立産業技術研究センター、東京都立大学、理化学研究所、柿の木坂)                                       | <sup>129</sup> I、 <sup>131</sup> I、 <sup>137</sup> Cs  |
| [D7]  | γ線スペクトロメトリによるフィルタ試料の分析           | 4か所の監視所(三沢飛行場、仙台(仙台空港)、石巻(石巻市)、横田基地)   | <sup>140</sup> Ba、 <sup>134</sup> Cs、 <sup>136</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I、 <sup>140</sup> La、 <sup>86</sup> Rb、 <sup>99</sup> Mo、 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>129</sup> Te、 <sup>129m</sup> Te、 <sup>131m</sup> Te、 <sup>132</sup> Te |
| [A10] | γ線スペクトロメトリによるフィルタ試料の分析           | 千葉県、1か所の監視所(JCAC)  | <sup>134</sup> Cs、 <sup>136</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>131</sup> I、 <sup>132</sup> I、 <sup>133</sup> I、 <sup>132</sup> Te   |
| [D4]  | γ線スペクトロメトリによるフィルタ試料の分析           | 筑波、1か所の監視所(NIES)   | <sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I、 <sup>132</sup> Te、 <sup>134</sup> Cs、 <sup>136</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>129m</sup> Te、 <sup>99</sup> Mo   |
| [J2]  | γ線スペクトロメトリによるフィルタ試料の分析           | フィルタ試料、3か所の監視所   | <sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I、 <sup>132</sup> Te、 <sup>134</sup> Cs、 <sup>136</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>129m</sup> Te   |

上記の【図表13】は、UNSCEARが参照した大気中放射性核種の測定をまとめたパラグラフA29に付属した表A5(Table A5)に、著者が赤枠を加えたものである。枠内の論文が、「M44」と「T29」である。これらの論文が、福島県のモニタリングポストのデータを使った論文ではなく、茨城県についてのものであることがわかる。UNSCEAR報告書の記載は誤りである。

誤った記載のある「UNSCEAR報告Volume II」Annex Bのパラグラフ18は、同報告書の11ページ目に記載されている。「I. 緒言」直後の「II. 放射性核種の大気中への放出、拡散および沈着」の章の6番目のパラグラフであり、同報告書を手にした読者が必ず目にする部分である。

一方、【図表13】に示したTable A5は、103ページから始まる「付録A 公衆への線量評価」のパラグラフA29の直後の114ページに掲載されている。報告書の冒頭部分に記載されているパラグラフ18に関する表が、100ページも後に示されていることに気が付く読者は極めて少ないはずである

確かに、Annex BパラグラフA29(113ページ)の記述のすぐ後ろにはTable A5があるが(114ページ)「UNSCEAR報告書」を最初から読んだ一般的な読者は、「M44」(Moriizumi et al., 2019)と「T29」(Terasaka et al., 2016)という2つの論文は、福島県にあるモニタリングポストの測定データを使った結果を示す論文であると必ず誤解するはずである。

UNSCEARの日本語名称は国連科学委員会である。いやしくも名称中に「科学」という単語を含む委員会の報告書としては許されない恣意的な記載である。

この恣意的な記載によって隠蔽されるのは、平山論文の他には福島県内のモニタリングポストのデータを用いたI-131についてのNaI(Tl)検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーについての論文は存在しないということである(注4)。

ここに示した例は、UNSCEAR報告書が持つ問題点のほんの一例である。UNSCEAR報告書の問題点の本格的な指摘と批判は別の意見書でとりあげることとしたい。

注4:【図表13】の上から2番目の論文が平山論文2015であり、3番目は平山論文2017である。4番目は、平山論文2015の投稿に先立って作成された高エネルギー加速器研究機構のInternal Reportである。

#### 参考文献

[1] [http://www.atom-moc.pref.fukushima.jp/old/monitoring/monitoring201103/201103\\_mpdata.html](http://www.atom-moc.pref.fukushima.jp/old/monitoring/monitoring201103/201103_mpdata.html) (平山論文2015には<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-jikogo-post.html>というurlが示されているが、現在はこのurlに変更されている)

[2] 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I-131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)

- [3] 平山英夫他、福島県モニタリングポストの NaI (TI) 検出器波高分布データを用いたブルーム中 Xe-135、I-131、I-132、I-133 および Te-132 放射能濃度の推定、日本原子力学会論文誌 Vol.16, No.1, p.1-14 (2017)
- [4] 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ブルーム中放射性核種に対する検出器応答を用いた I-131 濃度の推定、日本原子力学会論文誌 Vol.13, No.3, p.119-126 (2014)
- [5] [http://www.atom-moc.pref.fukushima.jp/old/monitoring\\_post.html](http://www.atom-moc.pref.fukushima.jp/old/monitoring_post.html)
- [6] 松村宏他、高速道路上のガンマ線測定により得られた福島第一原子力発電所から飛散した放射性物質の拡散状況、日本原子力学会論文誌 Vol.10, No.3, p.152-162(2011)
- [7] ICRP Publication 71 Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4 Inhalation Dose Coefficients
- [8] 英語版 [https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR\\_2020\\_21\\_Report\\_Vol.II.pdf](https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR_2020_21_Report_Vol.II.pdf)  
日本語版 [https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR\\_2020\\_21\\_Report\\_Vol.II\\_JAPANESE.pdf](https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR_2020_21_Report_Vol.II_JAPANESE.pdf)

以上

### 筆者経歴

黒川 真一 (Shin-ichi KUROKAWA)

#### 1. 生年月日

1945年6月22日 中国黒竜江省チチハル生

#### 2. 学歴

1960年 東京学芸大学附属小金井中学卒業

1963年 東京教育大学附属高校（現筑波大学附属高校）卒業

1967年 東京大学理学部物理学科卒業

1972年 東京大学理学系研究科物理学専攻博士課程を単位取得の上退学

1973年 理学博士

#### 3. 職歴

1972年 高エネルギー物理学研究所（現在の名称は高エネルギー加速器研究機構）助手

1980年 同助教授

1988年 同教授

2009年 高エネルギー加速器研究機構を定年で退職

同名誉教授 総合研究大学院大学名誉教授

#### 4. 研究歴

1972-1980 年 素粒子物理学の実験的研究に従事  
1980-1986 年 TRISTAN 加速器計算機制御システム建設に従事  
1986-1988 年 TRISTAN 加速器コーディネーター  
1989-1994 年 TRISTAN 加速器担当研究主幹  
1994-2000 年 KEKB 加速器建設担当研究主幹兼プロジェクト・リーダー  
2000-2009 年 加速器研究施設研究総主幹

#### 5. 賞罰

ヨーロッパ物理学会ロルフ・ヴィデレー賞  
ICALEPCS(加速器制御に関する国際会議) Lifetime Achievement Prize  
中国科学院国際科技合作奨  
中華人民共和国友誼奨  
中華人民共和国国際科技合作奨  
アメリカ物理学会フェロー

#### 6. 諮問委員会等

PEP-II 加速器諮問委員会委員  
SLAC 諮問委員会委員  
FNAL 加速器諮問委員会委員  
LHC 加速器諮問委員会委員  
中国科学院高能物理研究所評価委員会委員  
中国科学院上海応用物理学研究所評価委員会委員  
ILC Steering Committee Chair (2005-2007)

#### 7. 設立に貢献した国際会議

ICALEPCS(加速器制御に関する国際会議)  
アジア加速器会議 (APAC)  
世界加速器会議 (IPAC)

#### 8. 主催した国際会議および国際スクール

多数

#### 9. 発表論文

多数

#### 10. 専門分野

加速器物理学

高エネルギー物理学（素粒子物理学の実験的研究を行う分野のこと）

#### 11. 放射線被曝問題に関する論考

- ① 住民に背を向けたガラスバッジ論文——7つの倫理違反で住民を裏切る論文は政策の根拠となり得ない、黒川眞一・島明美、岩波「科学」2019年2月号
- ② 被曝防護には空間線量そのものを使うことが妥当である——信頼性なく被曝線量を過小評価する宮崎早野第1論文、黒川眞一、岩波「科学」2019年3月号
- ③ インテグリティの失われた被曝評価論文：宮崎早野第2論文批判、黒川眞一・谷本 溶、岩波「科学」2019年4月号
- ④ 宮崎早野論文批判補遺（1）、黒川眞一、谷本 溶、岩波「科学」2019年6月号
- ⑤ 宮崎早野論文批判補遺（2）、黒川眞一、谷本 溶、岩波「科学」2019年7月号
- ⑥ 大規模被曝データ解析論文の新たな問題——宮崎早野第1論文の表1 2014 Q3と図4fは正しいガラスバッジ測定データにもとづいていない、黒川眞一、岩波「科学」2020年5月号
- ⑦ 伊達市民の被曝線量を過小評価した大規模住民データ解析論文——科学の規範を成り立たせるための宮崎・早野論文への総合的批判、黒川眞一・島明美、岩波「科学」2021年8月号
- ⑧ 科学の危機が映し出す社会の危機——マートン規範と宮崎・早野論文、黒川眞一、岩波「科学」2021年6月号 巻頭エッセー
- ⑨ 福島県における甲状腺がん多発に関するいくつかの指摘——「三県調査」は福島県の甲状腺がんについていかなる主張もできない、黒川眞一、岩波「科学」2022年4月号

以上