

福島第1原子力発電所事故により放出された 放射性ヨウ素の大気中濃度に関する考察

過小評価が起こる機序について

黒川 眞一 高エネルギー加速器研究機構

注記：このslidesは2025年11月29日に甲状腺学会におけるポスター発表に用いたものに、発表時に手書きで追加された部分を活字に変えて示している。発表時には使わなかった2枚のslidesが、読者の理解を容易にするために追加されている。なお、追加されたslidesには「追加スライド」と明示されている。

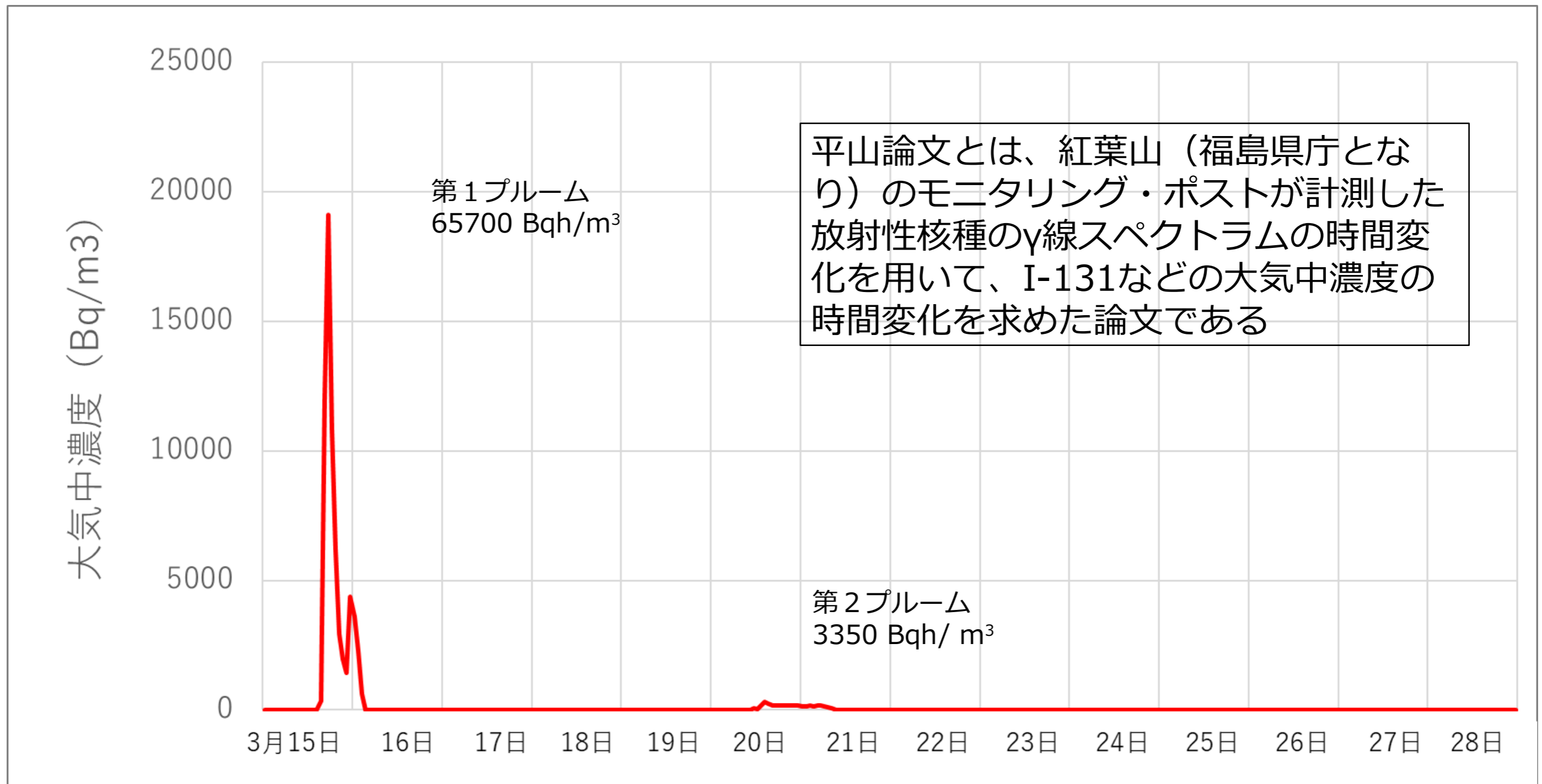
P18-5 福島第1原子力発電所事故により放出された放射性ヨウ素131の大気中濃度に関する考察 ― 過小評価が起こる機序について

黒川 眞一

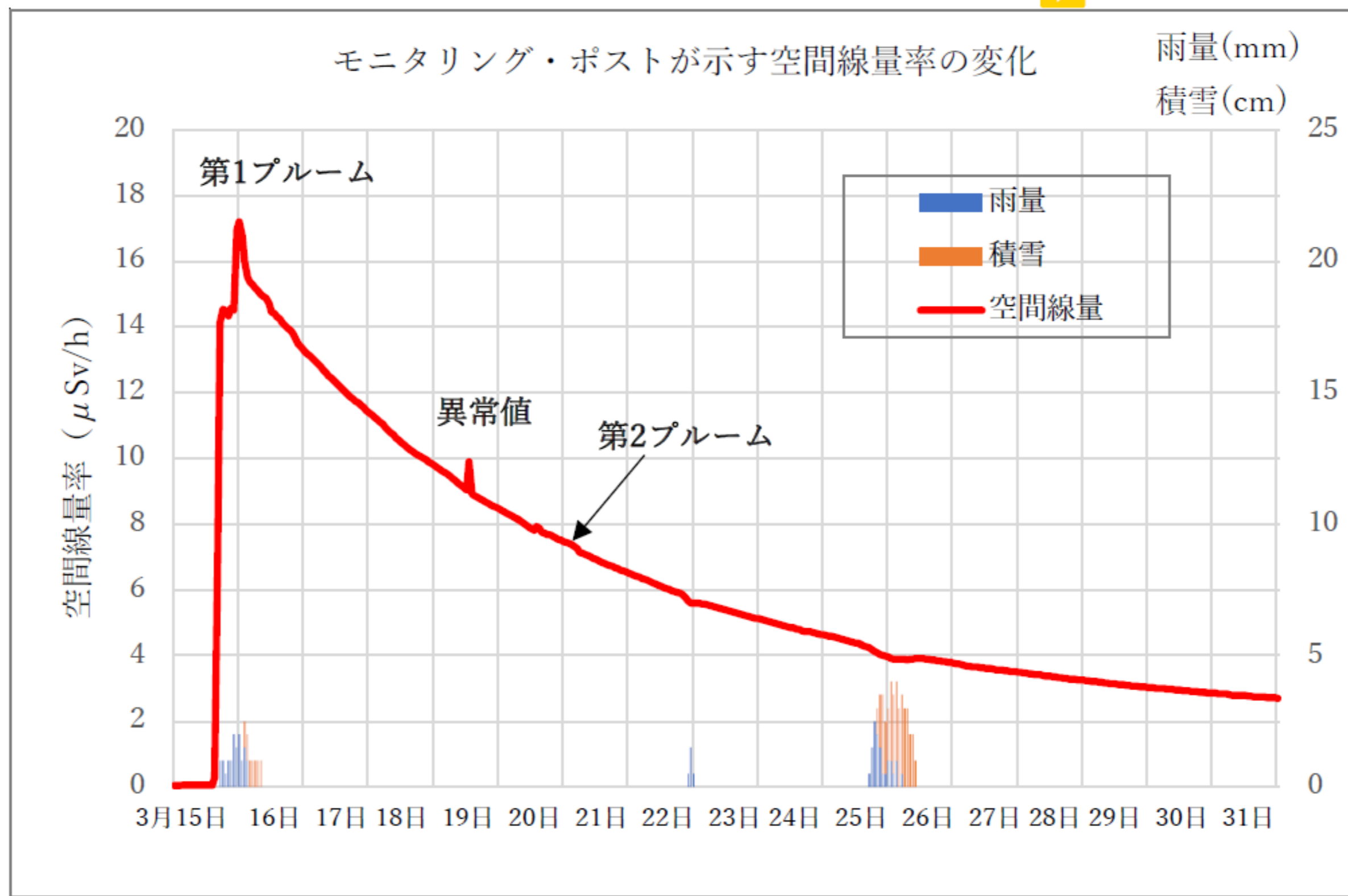
高エネルギー加速器研究機構

UNSCEAR2020/2021 報告書が示す福島第1原子力発電所事故により放出された福島県および周辺県における Cs-137 および I-131 の大気中の濃度と地表への沈着量は寺田 2020 年論文の ATDM シミュレーションに依拠している。寺田 2020 論文は、それまで寺田が所属するグループが用いていた空間線量率のデータを用いず、その代わりに、福島県および周辺県に設置されていた大気中浮遊粒子状物質 (SPM) 監視局 (SPM 局) の濾紙に残った SPM 中の Cs-137 の放射能を Ge 検出器で測定して算出した大気中濃度をシミュレーションに用いている。その結果、寺田 2020 論文が示す Cs-137 の大気中濃度は、2011 年 3 月 15-16 日に福島県の中通りを襲ったプルームを全く捉えていない。福島市の中心部において Cs-137 の時間積分大気中濃度は、妥当な値であると考えられる $\sim 6000 \text{ Bq h/m}^3$ のほぼ 1000 分の 1 の 7.5 Bq h/m^3 しかないのである。この発表では、何故このようなことが起こってしまうのかを、霧箱効果によって説明する。霧箱効果とは、気温が摂氏数度、湿度が 90% 以上のような気象条件において大気中に放射性物質が浮遊しているときに、SPM 局の入り口にあるサイクロンが霧箱となり、SPM が排除され濾紙まで到達しなくなる効果のことである。Cs-137 の大気中濃度が過小評価されることは、I-131 の大気中濃度も過小評価されることであり、UNSCEAR 報告書が示す I-131 の大気中濃度も大幅に過小評価されている。

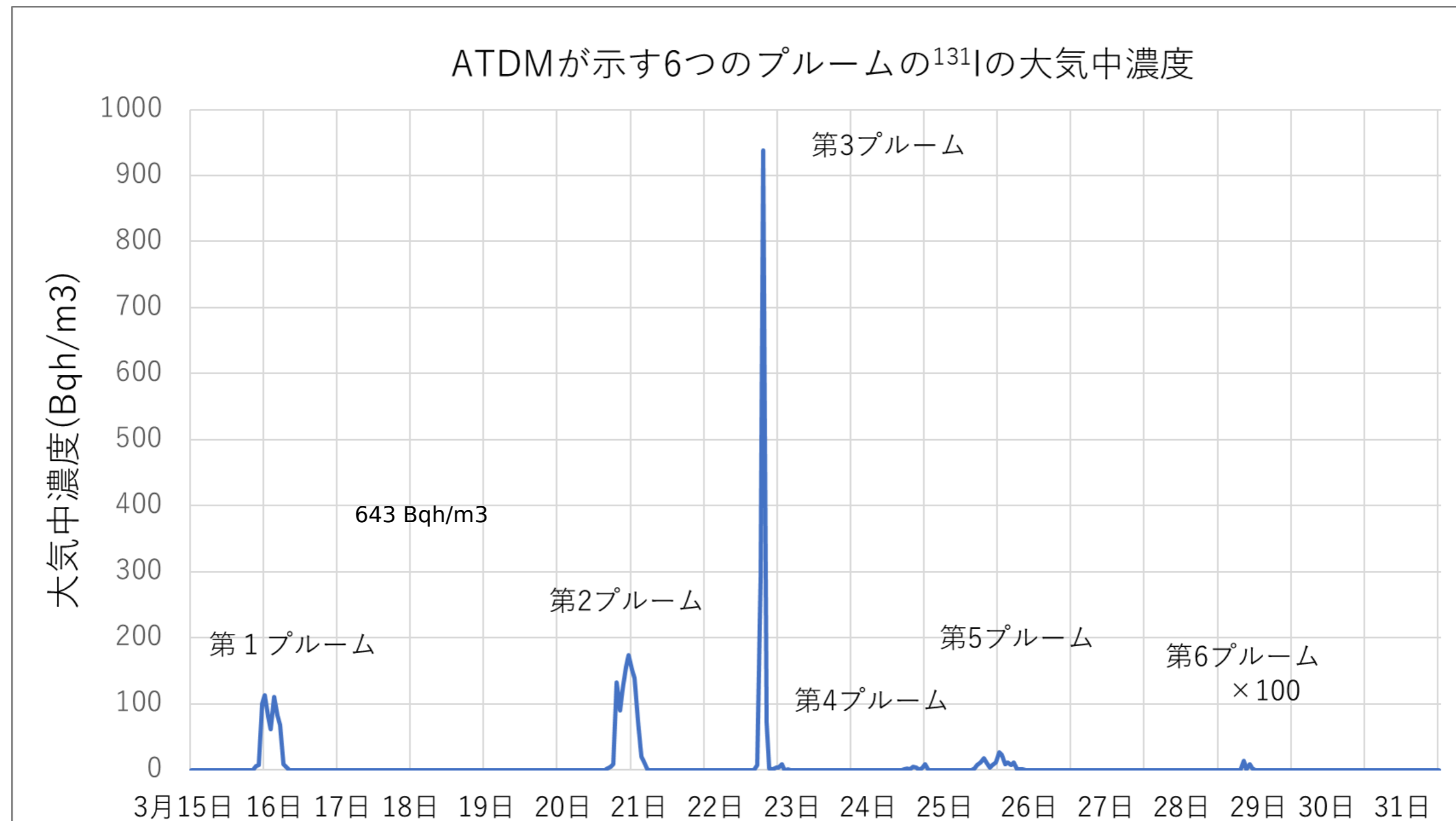
平山論文の手法を用いて求めた紅葉山における 第1プルームと第2プルームの大気中濃度の変化



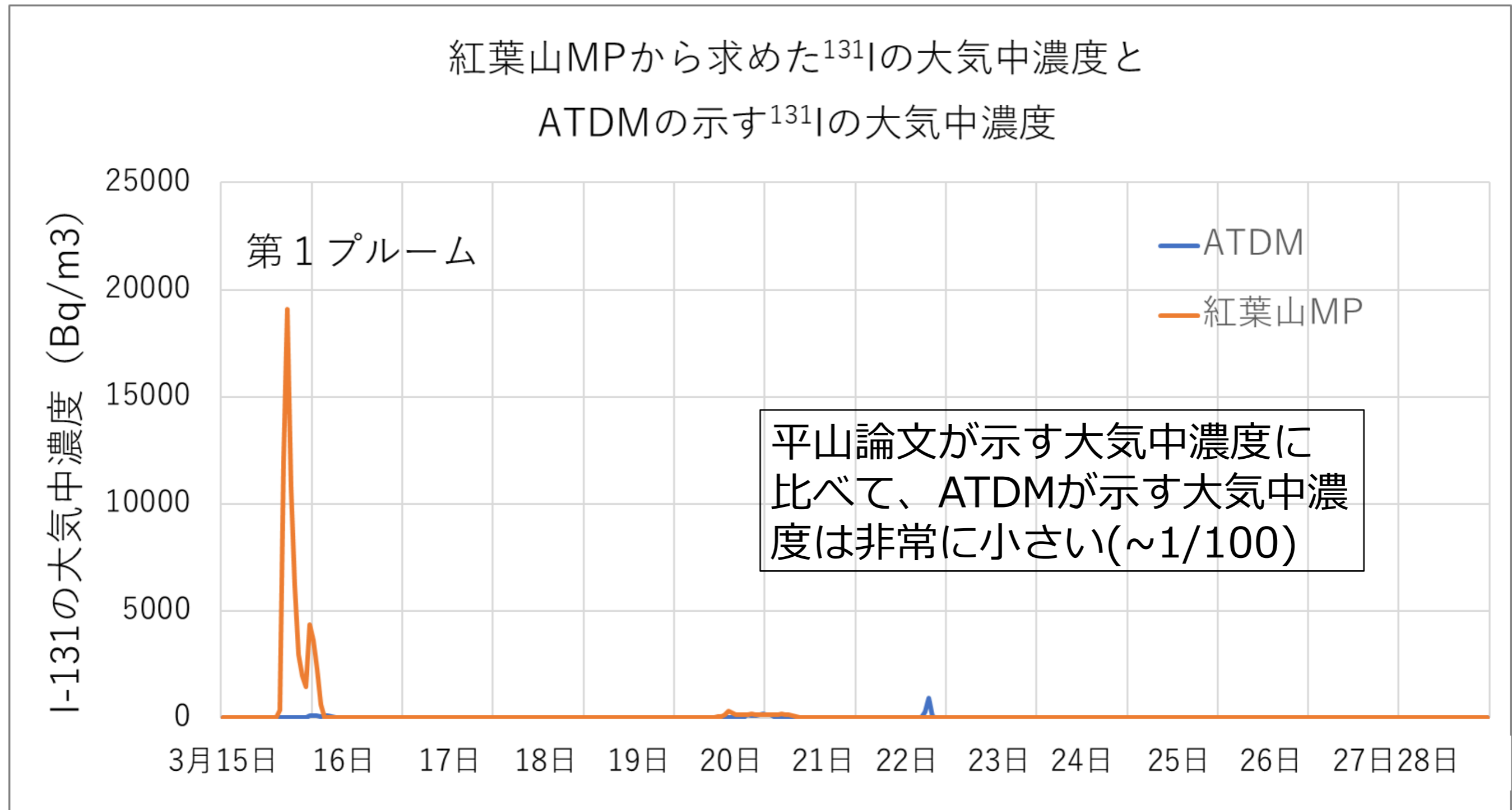
紅葉山モニタリング・ポストが示す空間線量率



Terada論文（UNSCEAR2020/2021報告書がもっぱら依拠する論文）のATDMが示す福島市杉妻町を襲ったプルームが示すI-131の大気中濃度の変化



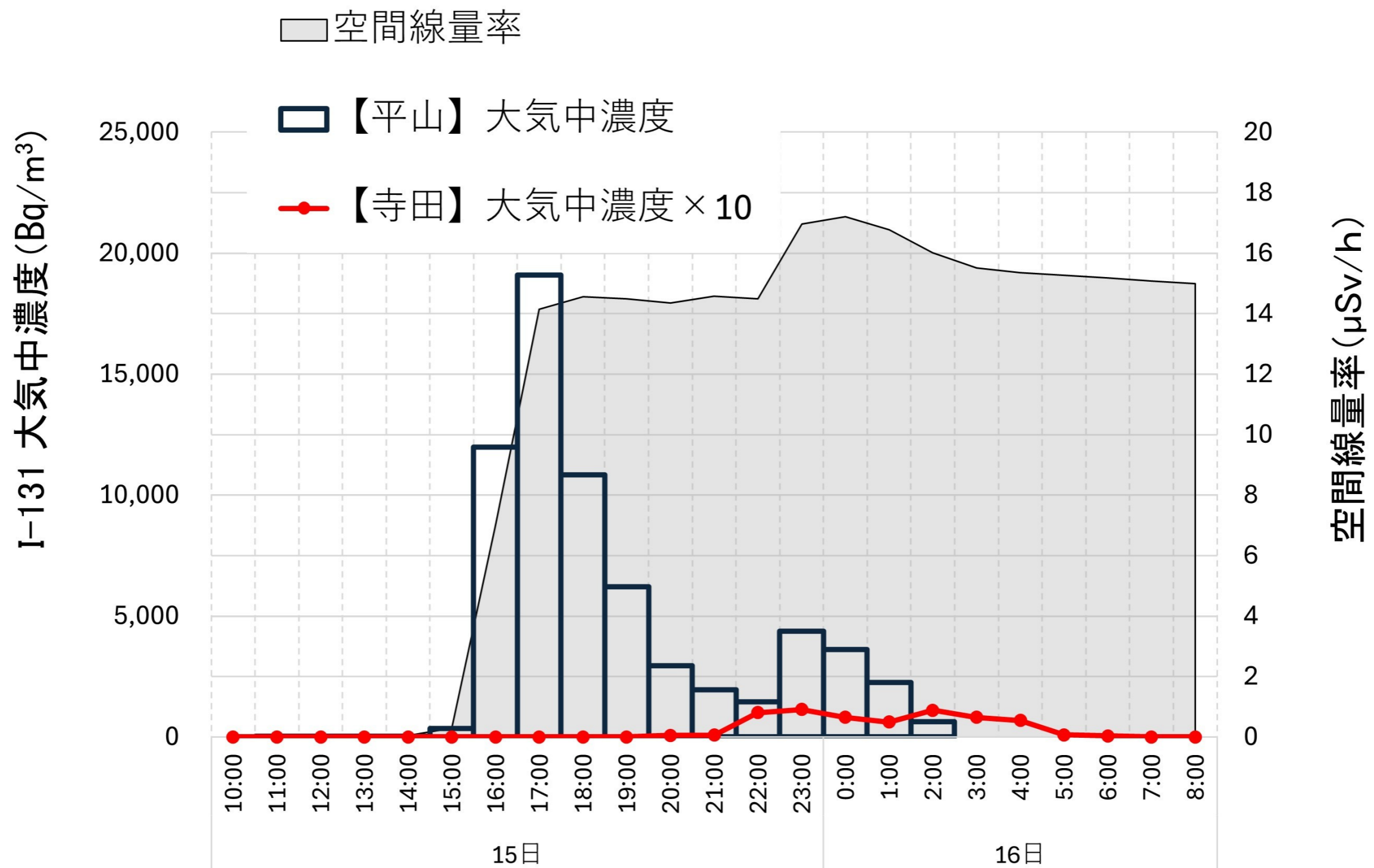
平山論文の結果(赤)と寺田論文ATDMの結果(青)を 同じ縦軸のスケールで示してみると



追加スライド

一つ前のスライドの第1プルームの部分の拡大し、空間線量率を付加したもの

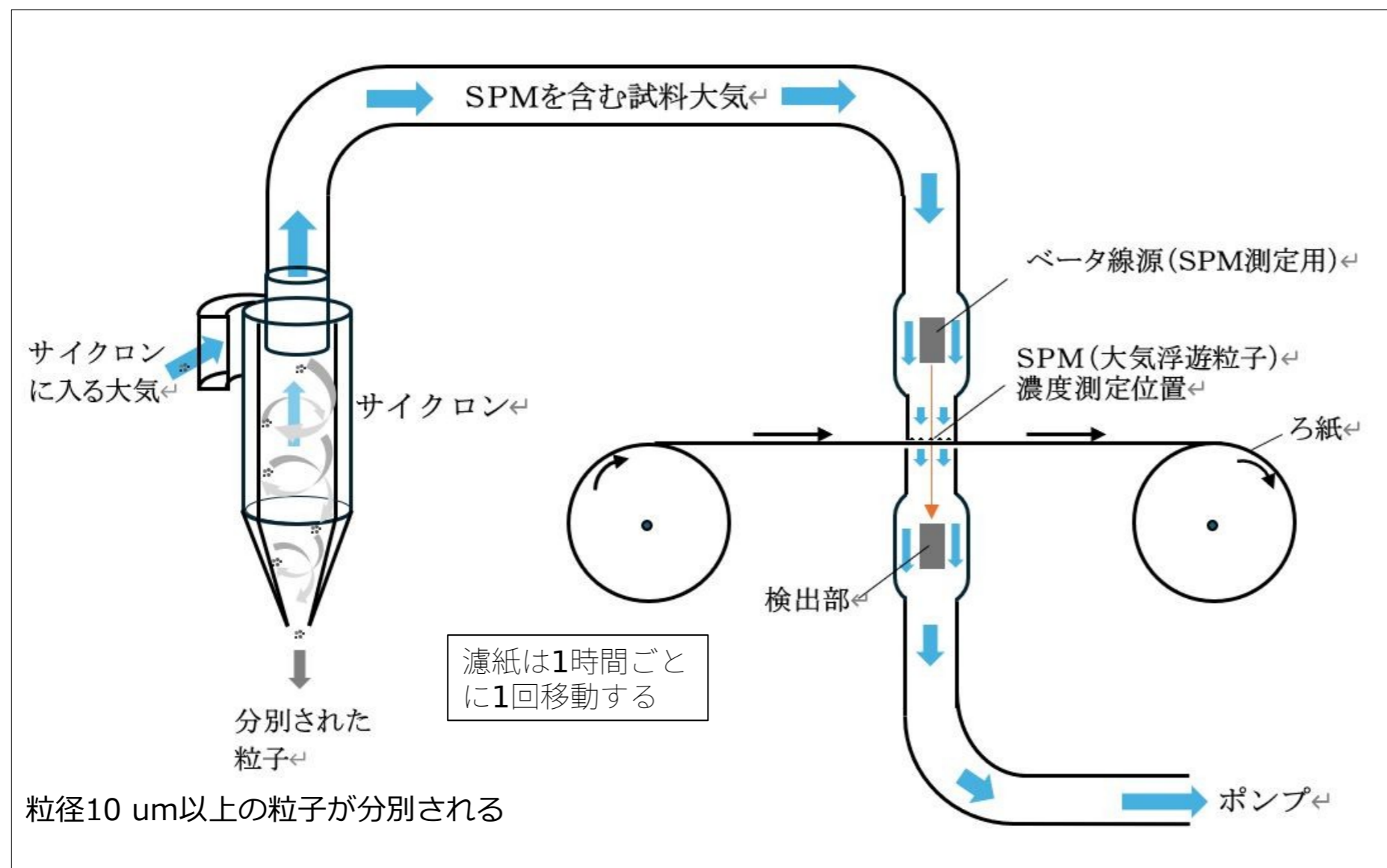
第1プルームにおける寺田論文と平山論文の大気中濃度の比較



追加スライド

SPMとはなにか、SPMの測定はどのように行われるかの説明

SPM（大気中浮遊粒子状物質）とは大気中に浮遊する
粒径10 μm 以下の粒子のことである。

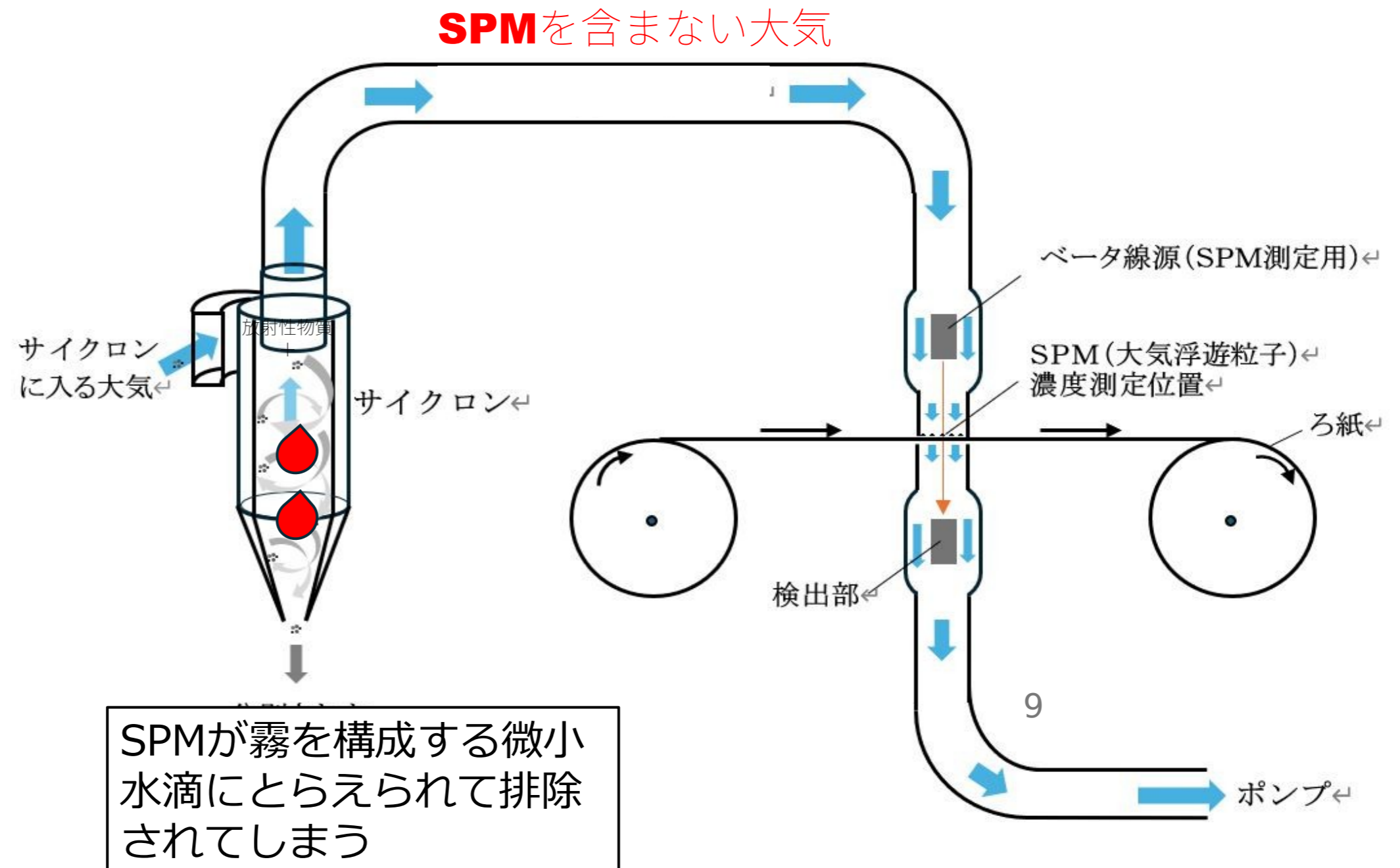


SPMは
濾紙に付着する

ポンプによって1時間
当たりほぼ1 m^3 の大
気が吸入される -> 濾
紙の1スポットには1
 m^3 に含まれるSPMが
付着する -> スポット
中のCs-137のBq数を
測定することで、大気
1 m^3 中のCs-137のBq
数を測定できる

寺田論文は、大気中浮遊物質（SPM）観測局の濾紙を用いたCs-137の大気中濃度を参照しているが、霧箱効果のため、SPMがサイクロンで分別され落下してしまい濾紙まで届かない。このためCs-137やI-131の大気中濃度は大幅に過小評価となる

霧箱効果とは、大気の湿度が90%近くまたは以上、気温数度という気象条件において、SPM局のサイクロンに大気が入るときに断熱膨張をし、サイクロンが霧箱となり、発生した霧を構成する微小水滴にSPMが捉われ、サイクロンから排除される効果のことである。

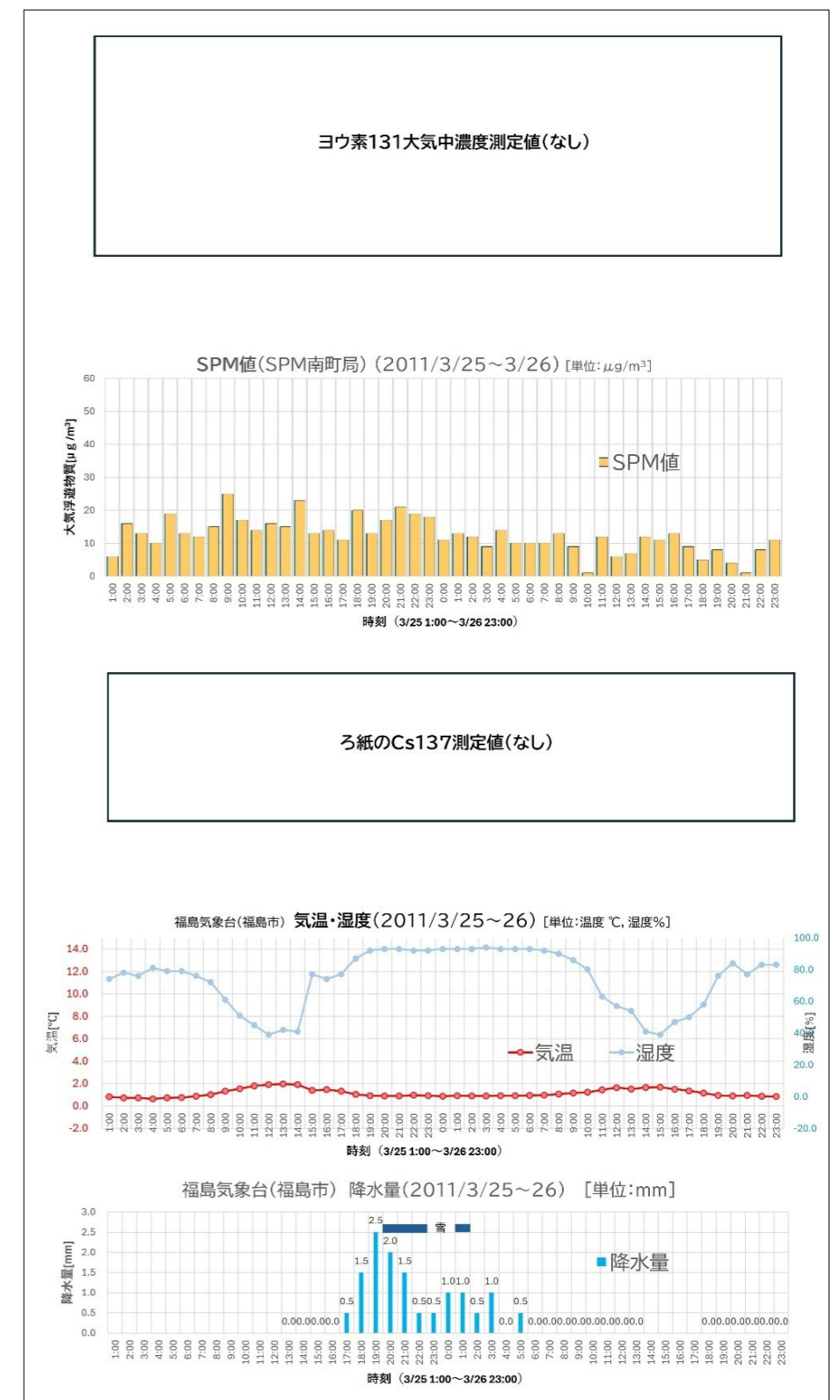
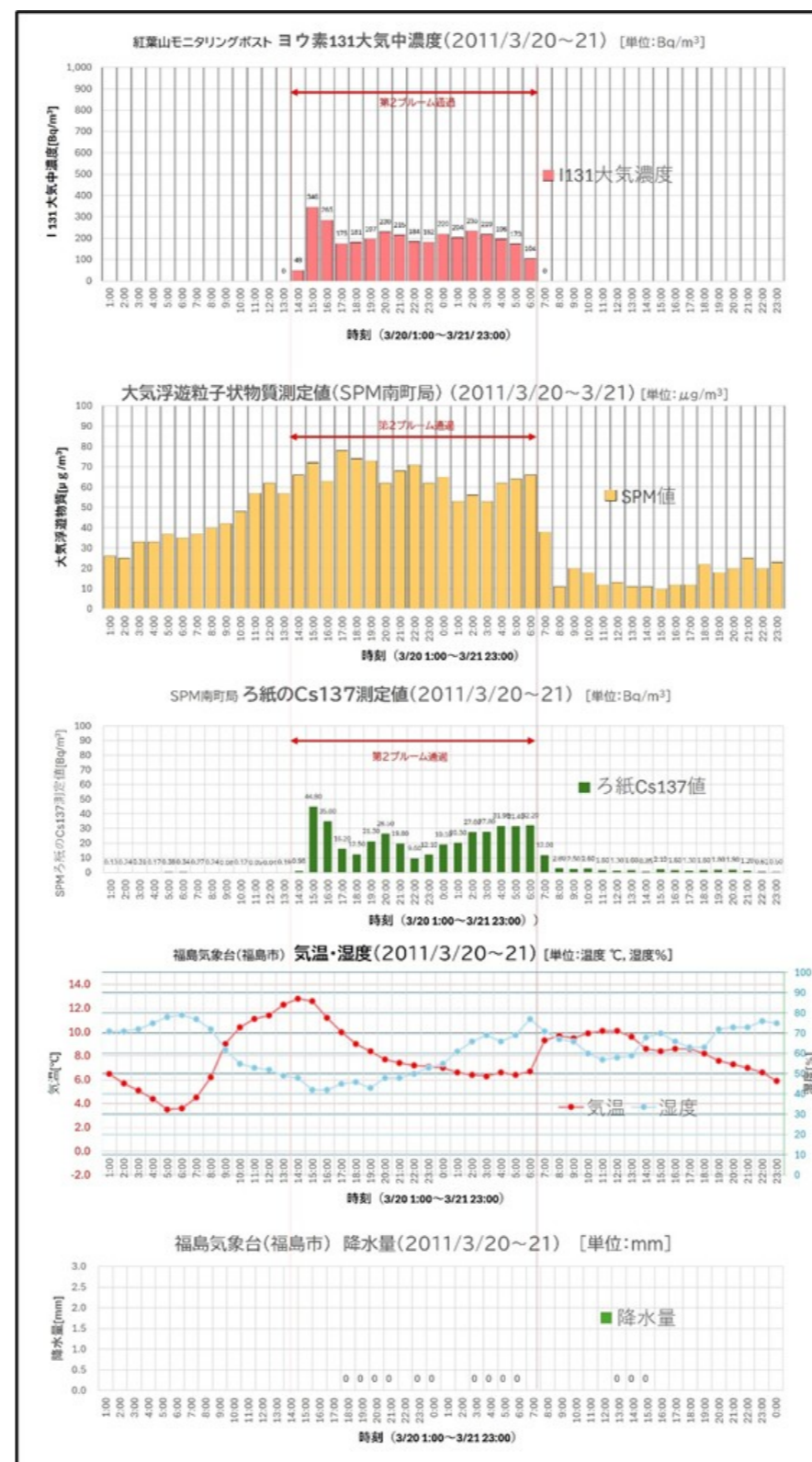
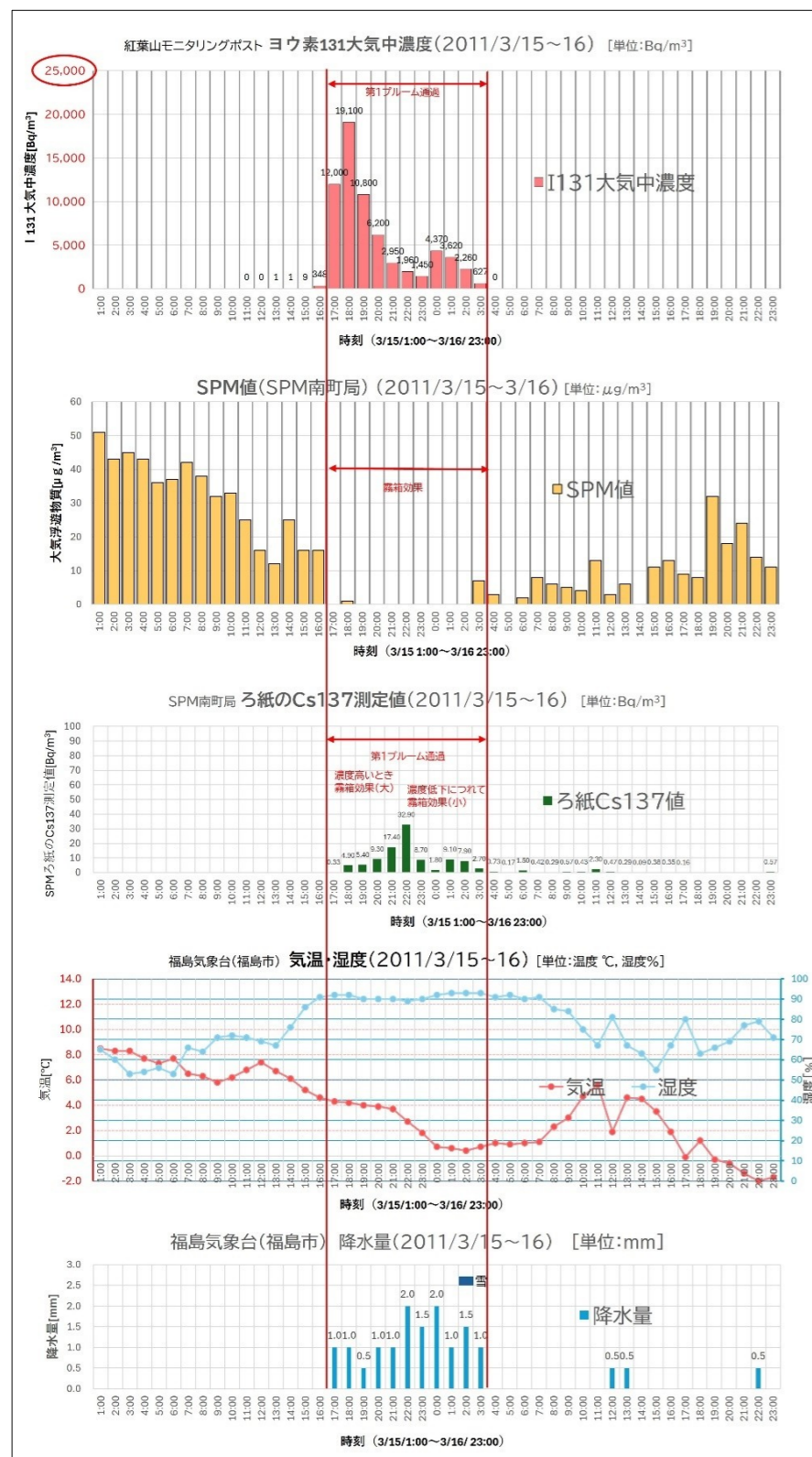


霧箱効果が起きていることを以下の3つの図がしめしている。プルームが存在し、湿度が90%以上、気温数度のときだけ、SPMの大気中濃度がゼロになる。

3月15－16日 湿度高気温低
プルーム有

3月20－21日 湿度低気温高
プルーム有

3月25－26日 湿度高気温低
プルーム無



霧箱効果仮説が正しいことの証明 SPM濃度がゼロになる

霧箱効果がサイクロン内で起これば、SPMは濾紙まで到達できない。
ゆえに、SPMが濾紙まで到達できないかどうかを、福島市中心部近くにある南町局について調べると、

- (1)霧箱効果が起こりえる気象条件であり、大気中に放射性物質がある 3月15日から16日にかけては、プルーム中のSPM濃度はほぼゼロである。
- (2)霧箱効果が起こらない気象条件であるが、大気中に放射性物質がある3月20日から21日はSPM濃度は普通である。
- (3)霧箱効果が起こりえる気象条件であるが、大気中に放射性物質がない3月25から26日はSPM濃度は普通である。

すなわち、霧箱効果がおこるべき条件のときのみ、SPM濃度がゼロであることがわかる。つまり、観測した結果は、霧箱効果仮説が預言したとおりである。なお、このように仮説の予言が正しいかどうかを調べる方法を**仮説演繹法**という。

平山論文と寺田論文のどちらが正しいであろうか

その判断には平山論文と寺田論文の双方から独立した測定値または推定値を用いて判断する必要がある。

1. 福島県立医科大学すぎのこ保育園において行われた2011年3月17日の甲状腺被曝量の測定から、一歳児換算で甲状腺等価線量 ~ 90 mSvの園児が存在することが分かる。（平山論文の大気中濃度をつかうと ~ 60 mSv）。寺田論文のI-131の大気中濃度は平山論文の $\sim 1/100$ であるから、甲状腺等価線量は1 mSv以下になる。

2. 平山論文が示す3月15-16日のプルームにおけるI-131の地表沈着濃度は、 ~ 130 万Bq/m²であり、寺田論文が示す沈着濃度は47000 Bq /m²である。文科省の実測値は ~ 200 万Bq/m² であり、平山論文と整合するが、寺田論文とは大きく異なる。

まとめ

- SPM局の濾紙を用いたCs-137の大気中濃度の測定は、
3月15日から16日の第1プルームの際に濃度を大幅に過小評価している。
- このような過小評価が起こる理由は、霧箱効果仮説によって説明できる。
- 霧箱効果仮説が正しいことはいくつかの根拠により証明できる。
- UNSCEAR2020/2021報告書は、SPM局の濾紙を用いたCs-137の大気中濃度の測定値をその主要な根拠としている。そうであれば、霧箱効果がおこる2011年3月15-16日にプルームが襲った中通りにおいては、UNSCEARの線量評価は信頼できず、甲状腺等価線量が小さいという主張が正しくないことになる。
- すぎのこ保育園における園児の甲状腺等価線量の測定と、文科省が行ったI-131の地表沈着密度の測定値は、平山論文には整合するが、寺田論文とは全く整合しない。このことは、平山論文の正しさを強く示唆している。