

福島市中心部におけるI-131濃度 に関するモニタリング・ポスト とATDMの比較から何が言えるか

高エネルギー加速器研究機構

黒川 眞一

2023年3月3日
福島大学シンポジウム

呼吸による甲状腺等価線量を どのように評価するのか (1)

- 甲状腺に集まった放射性ヨウ素による被曝量、すなわち甲状腺等価線量は、①大気中に浮遊する放射性ヨウ素を呼吸によって取り込む、あるいは、②食物中または水に含まれる放射性ヨウ素を摂食で取り込む2つの経路がある。
- 呼吸によって取り込む放射性ヨウ素の量を求めるには、大気中に浮遊する放射性ヨウ素の濃度 (Bq/m^3) の時間変化を知る必要がある。

呼吸による甲状腺等価線量を どのように評価するのか (2)

大気中に浮遊する放射性ヨウ素を測定する方法は次の2つがある。

①ダスト・サンプリング法

②モニタリング・ポストのNaI(Tl)シンチレータの γ 線波高分布のスペクトル分析

ダスト・サンプリング法は、大気を吸引し、粒子状物質を濾紙でとらえ、ガス状物質は活性炭素に吸着させ、それらが出す放射能を測定することで、大気中の濃度を求める方法である。しかし福島県にはダスト・サンプリング法による放射性ヨウ素の連続的測定データが存在しない。それゆえ、②のモニタリング・ポストを用いた方法を使わざるをえない。

モニタリング・ポスト



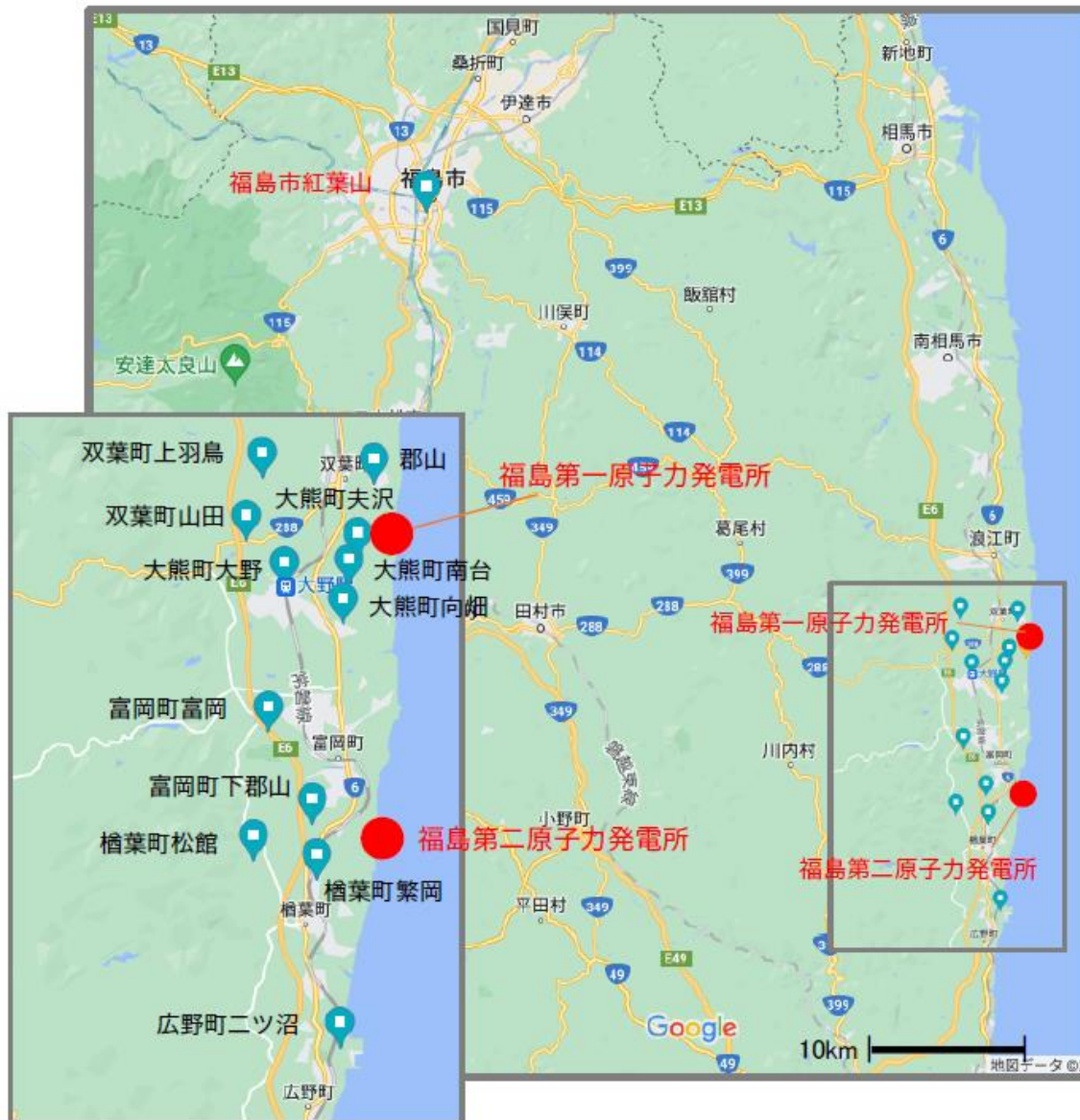
モニタリングポスト外観(双葉町
郡山局)



モニタリングポスト内部(大熊町
大野局)

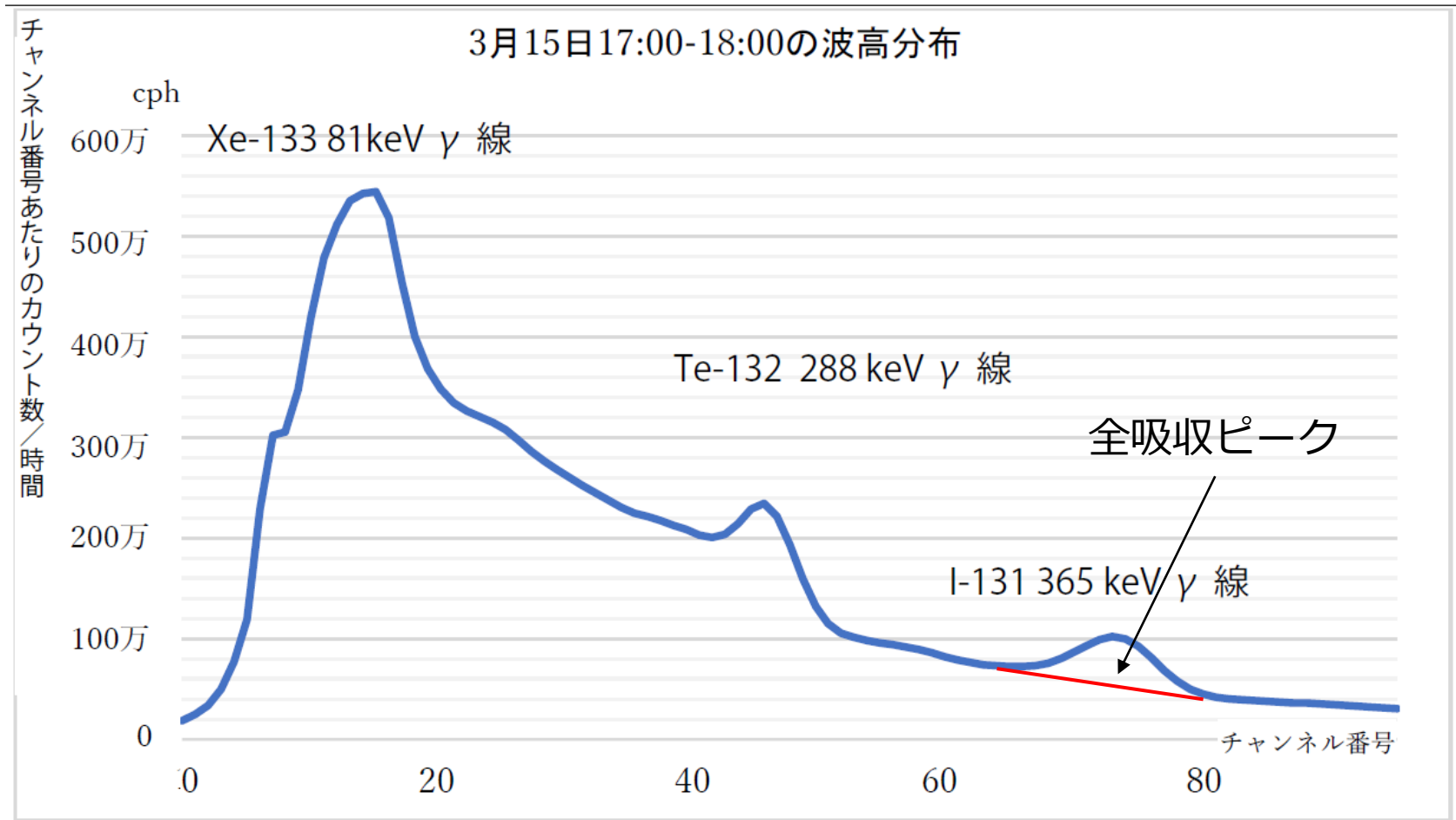
小屋の上に突き出しているものは、太い方が空間線量率を測定する電離箱であり、細い方がNaI(Tl)シンチレータである。高さは3 mである。小屋の中には計測用の回路などが格納されている。

モニタリング・ポストの設置場所



13のモニタリング・ポストが第1原発と第2原発からの放射能を監視するために設置されていた。12は原発の近くであり、福島市紅葉山のモニタリング・ポストは唯一の遠くにある（62 km）ものである。3月15日以降のデータが残っているのは、松館、二ツ沼、紅葉山の3つのみである

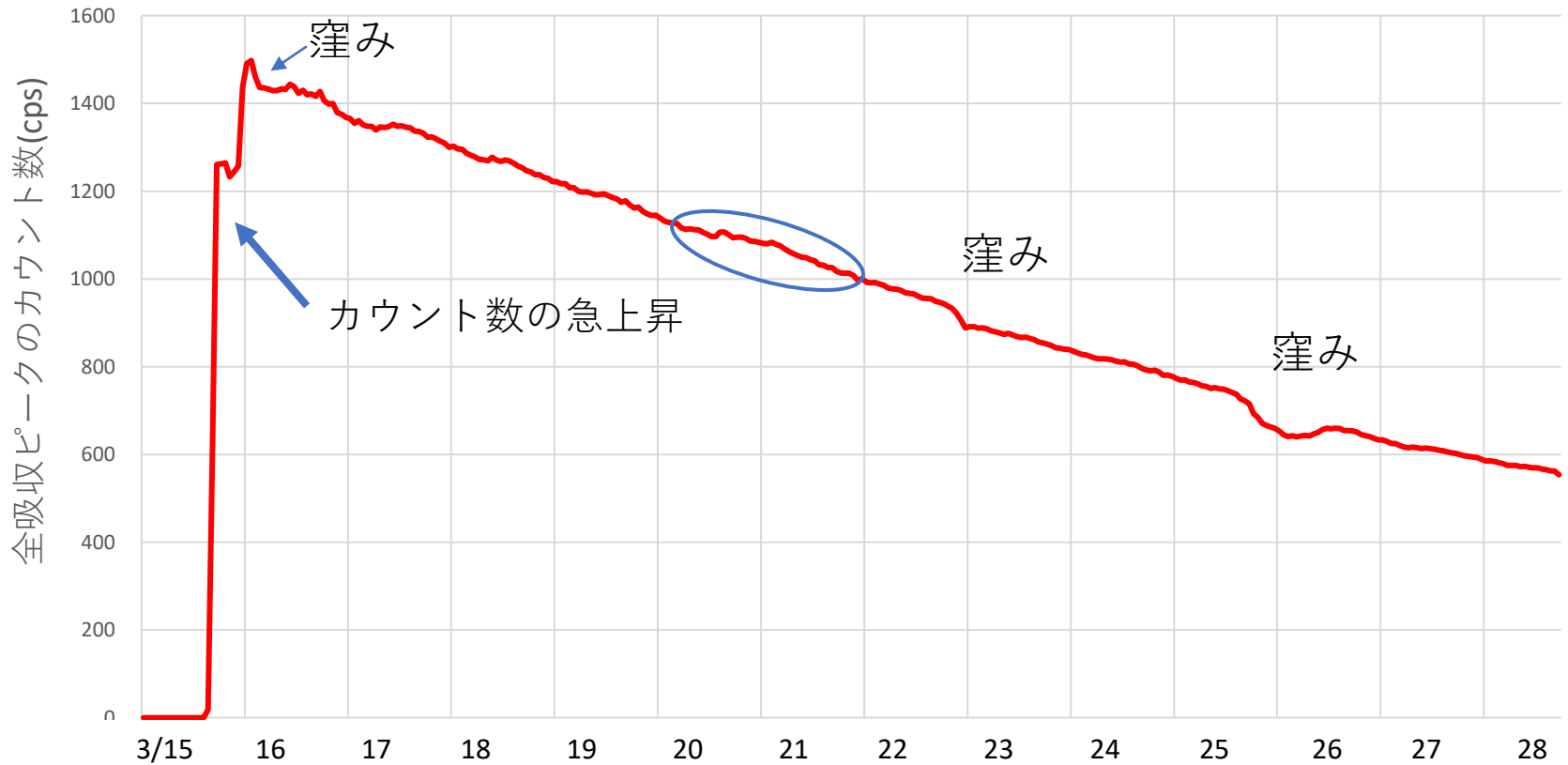
NaI(Tl)シンチレータの波高分布



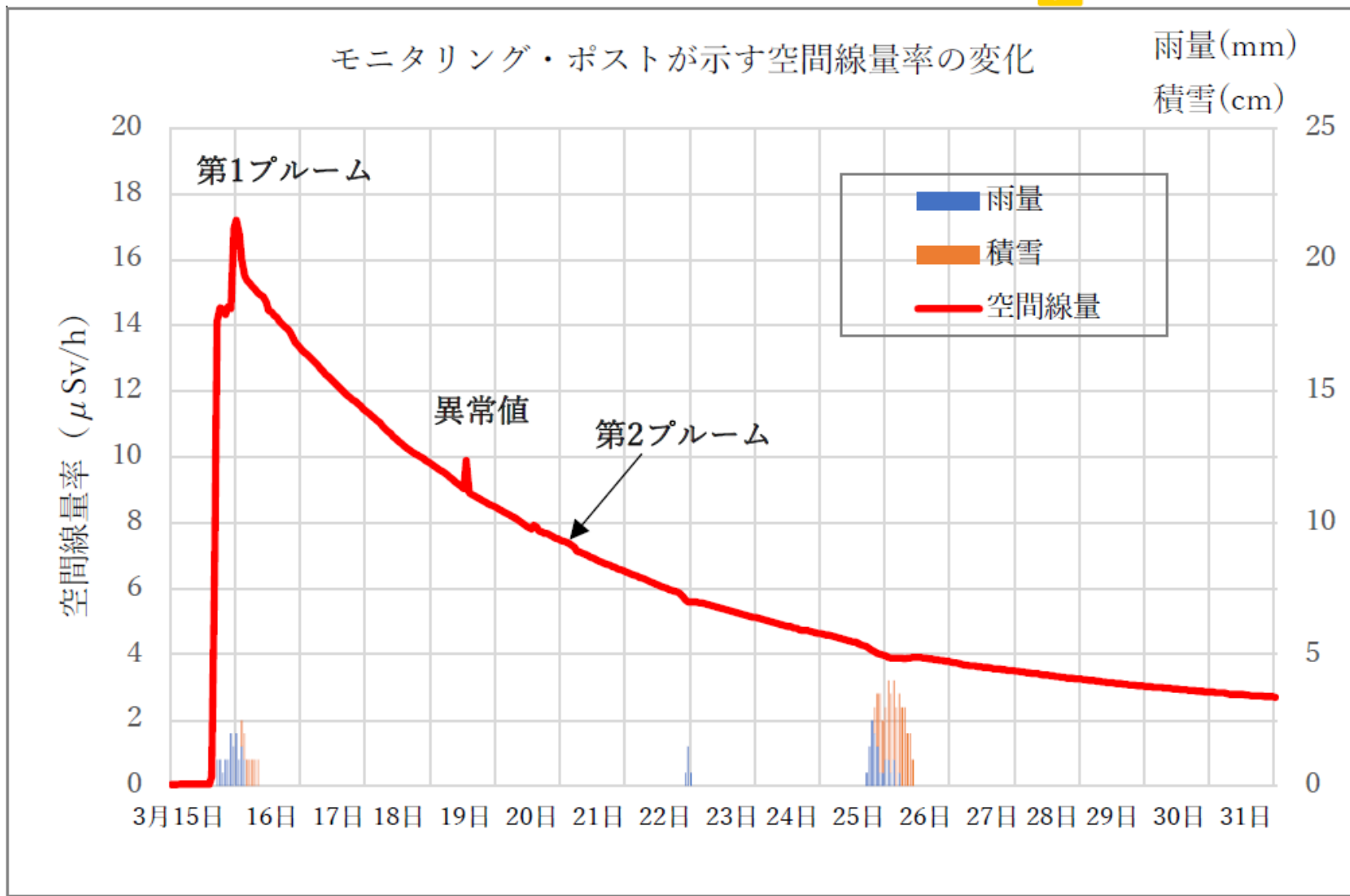
チャンネル番号とはシンチレータの出カパルスの波高に比例する数であり、シンチレータに入射した γ 線のエネルギーに比例する。

紅葉山のモニタリング・ポストとの I-131 全吸収ピークの時間変化

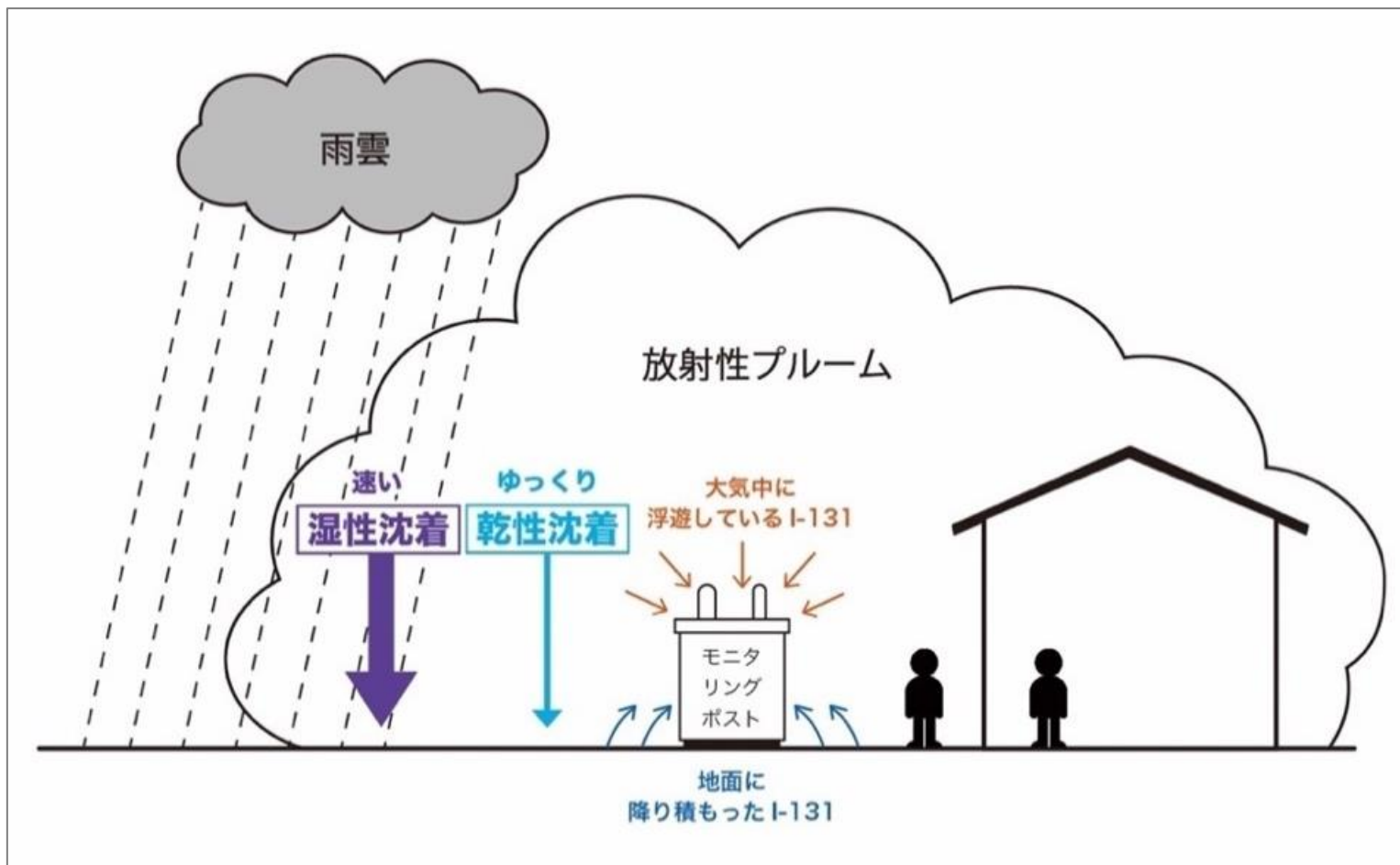
I-131全吸収ピークのカウント数(cps)



モニタリング・ポストが示す空間線量率



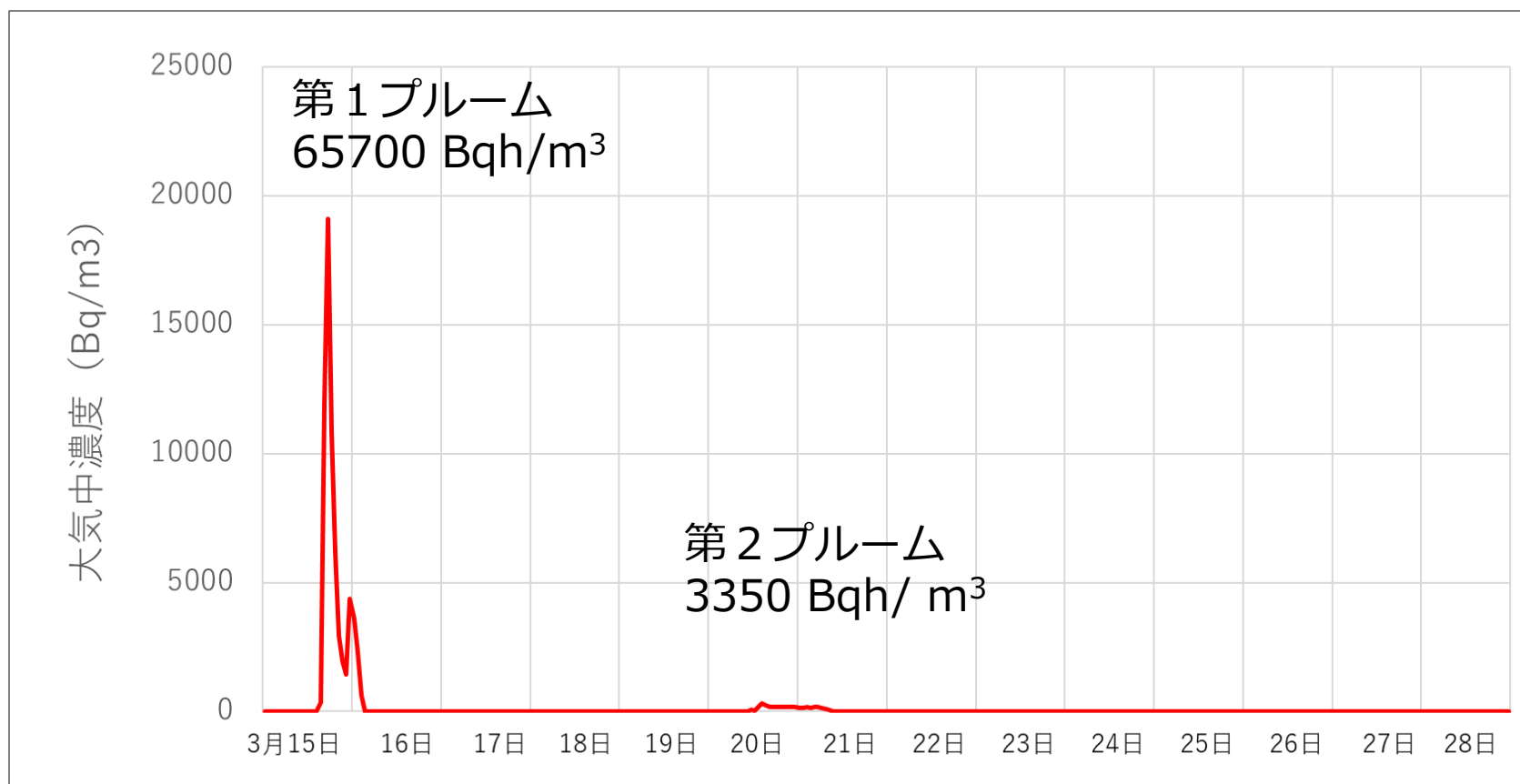
I-131の全吸収ピークは、プルームの通過中においては、大気中に浮遊しているI-131からの寄与と地表に沈着したI-131の寄与の和を示すことになる



全吸収ピークの時間変化からプルームの大気中の濃度を求める

- プルーム中における沈着速度は一定であるという仮定をすることで、全吸収ピークを大気中に浮遊するI-131からの寄与と地表に積もったI-131の寄与に分離することができる（平山論文の方法を用いて）
- この結果紅葉山を襲ったプルームは 2 つのみであることが分かった。
 - 第 1 プルーム(3/15~3/16) 65700 Bqh/m³
 - 第 2 プルーム(3/20~3/21) 3350 Bqh/m³

紅葉山を襲った 第1プルームと第2プルーム



第1プルーム中の¹³¹Iの大気中の濃度の変化と吸入による1歳児の甲状腺等価線量

大気中時間積分濃度

65700 Bqh/m³

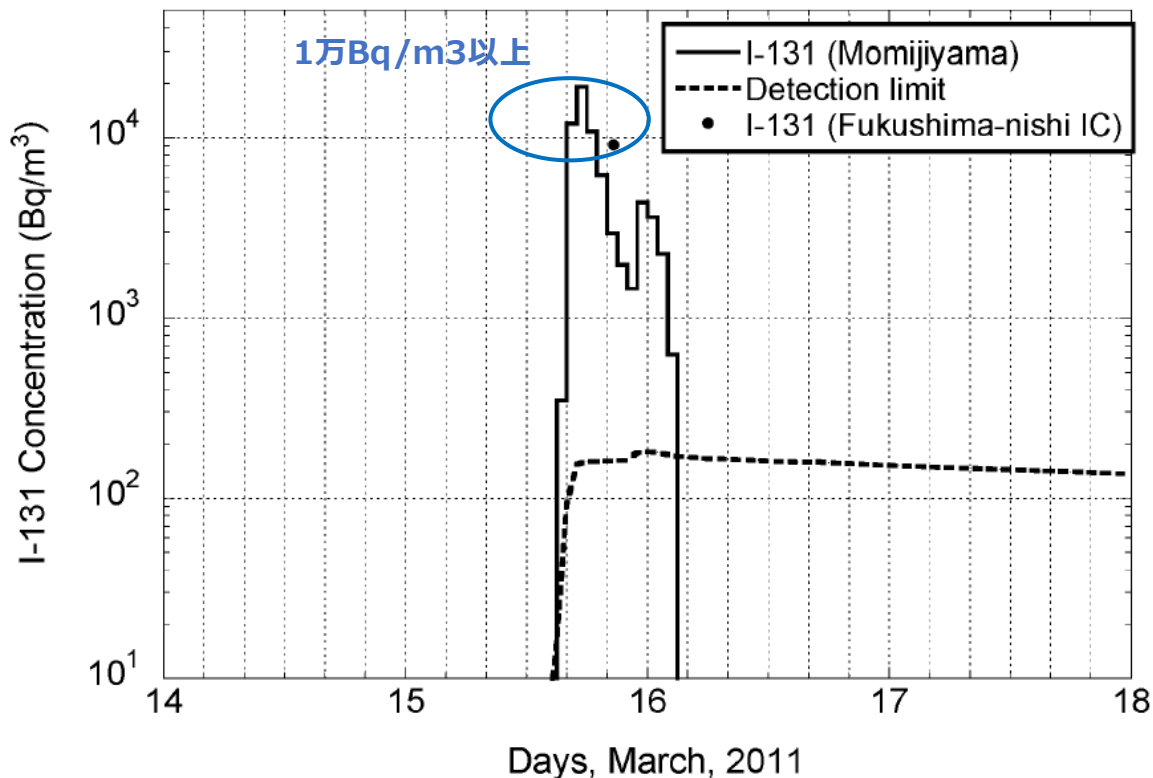
1歳児呼吸量(軽作業と座位の平均)

0.285 m³/h

甲状腺等価線量係数

3.2×10^{-6} Sv/Bq

これを掛け合わせて、1歳児の甲状腺等価線量 **60 mSv** を得る



平山他、日本原子力学会論文誌Vol.14, No.1, p.1-11 (2015)の図13

UNSCEAR報告書のATDMについての記述

- UNSCEAR2020/2021報告書は、福島県および周辺県における ^{131}I と ^{137}Cs の大気中の濃度と地表への沈着量をTerada et al.の論文(以下Terada論文)[1]が示すATDMを用いて推計している。
- 特にI-131についてはUNSCEAR報告書 第II巻 科学的附属書Bの第IX章 結論 のパラグラフ268中の (f)に次の記述がある。

(前略) 例外は、比較的測定値が少ない大気中放射性核種
(注：代表は ^{131}I) の吸入による被ばくである。本委員会は、
それゆえ、日本の陸域の大気中放射性核種濃度を推定するために
モデルに頼らなければならず、この目的のために、Terada
et al. [T28]によるソースタームと関連 ATDM を用いた。

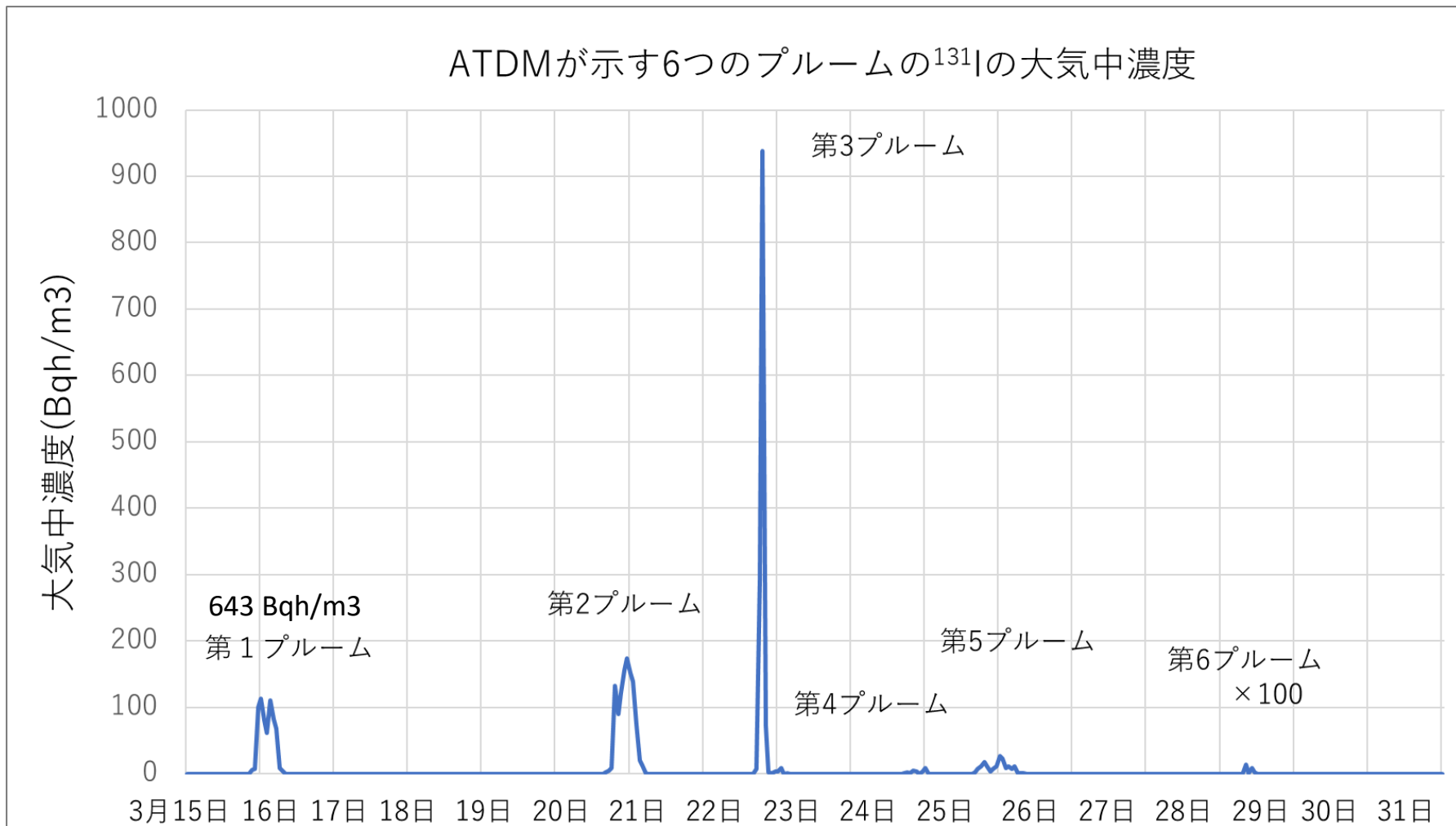
- ATDMとは、atmospheric transport, dispersion and deposition modelling のことで、日本語では大気輸送・拡散・沈着モデリングとなる。TeradaのATDMの結果はweb上に公開されている。

紅葉山モニタリング・ポストとそれに最も近い ATDMのグリッド (ATDM杉妻町)

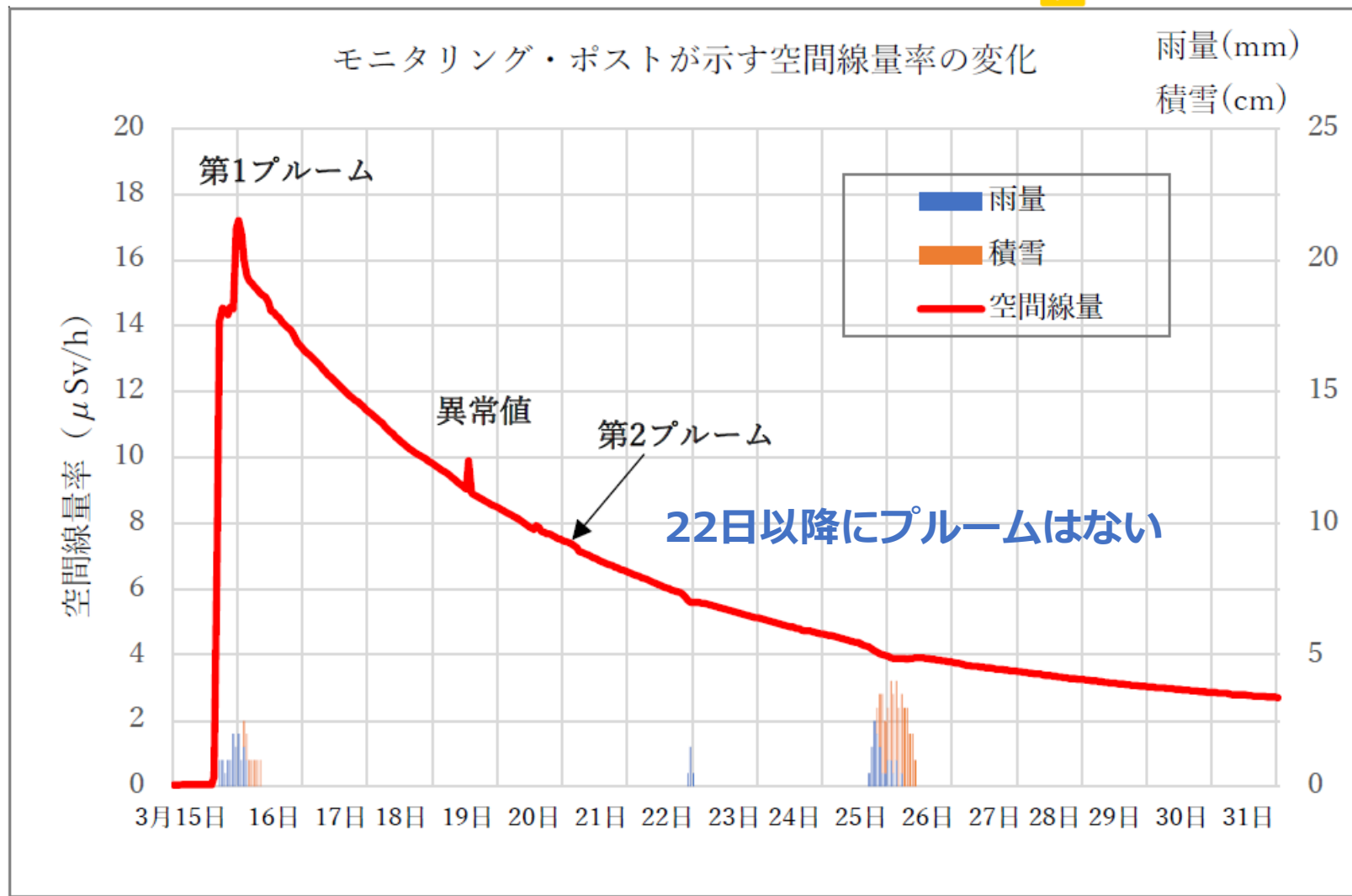


TeradaのATDMが示すATDM杉妻町を襲ったプルーム 6個ある

ATDMが示す6つのプルームの¹³¹Iの大气中濃度

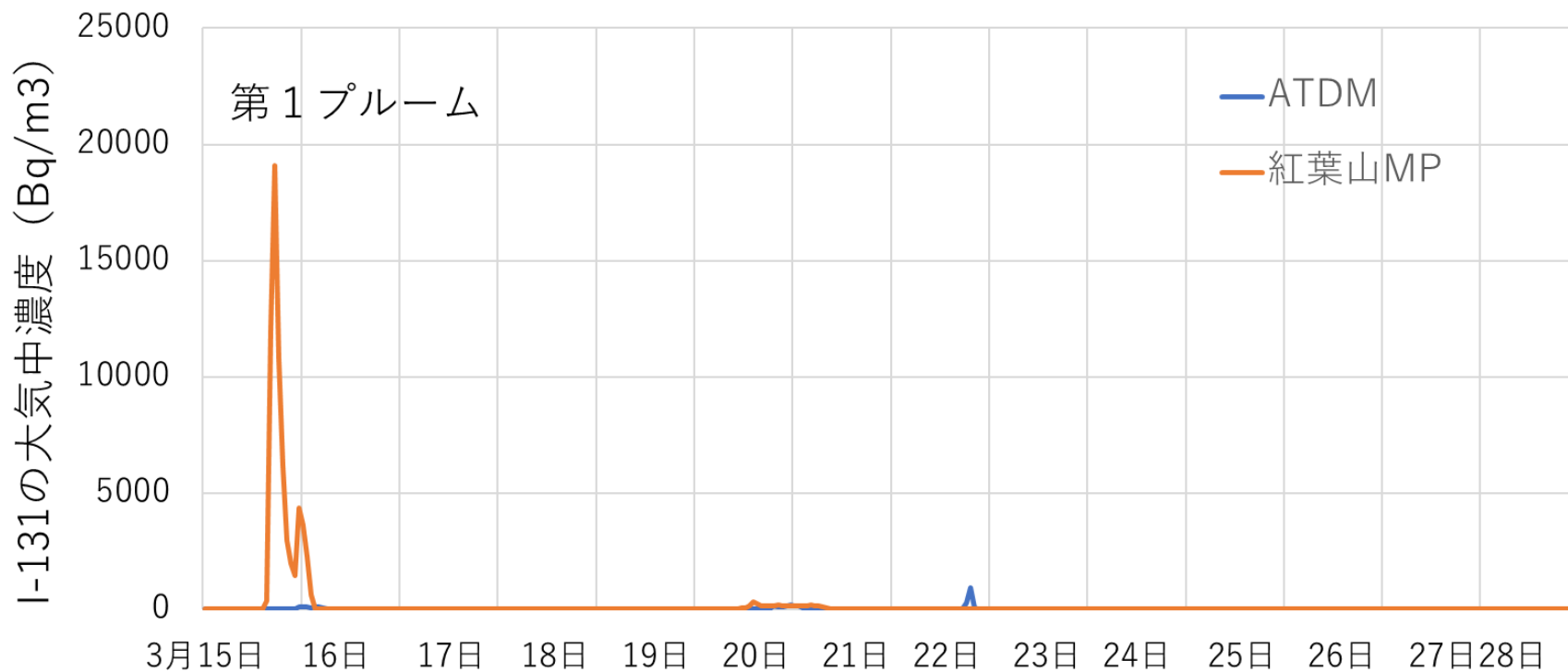


モニタリング・ポストが示す空間線量率



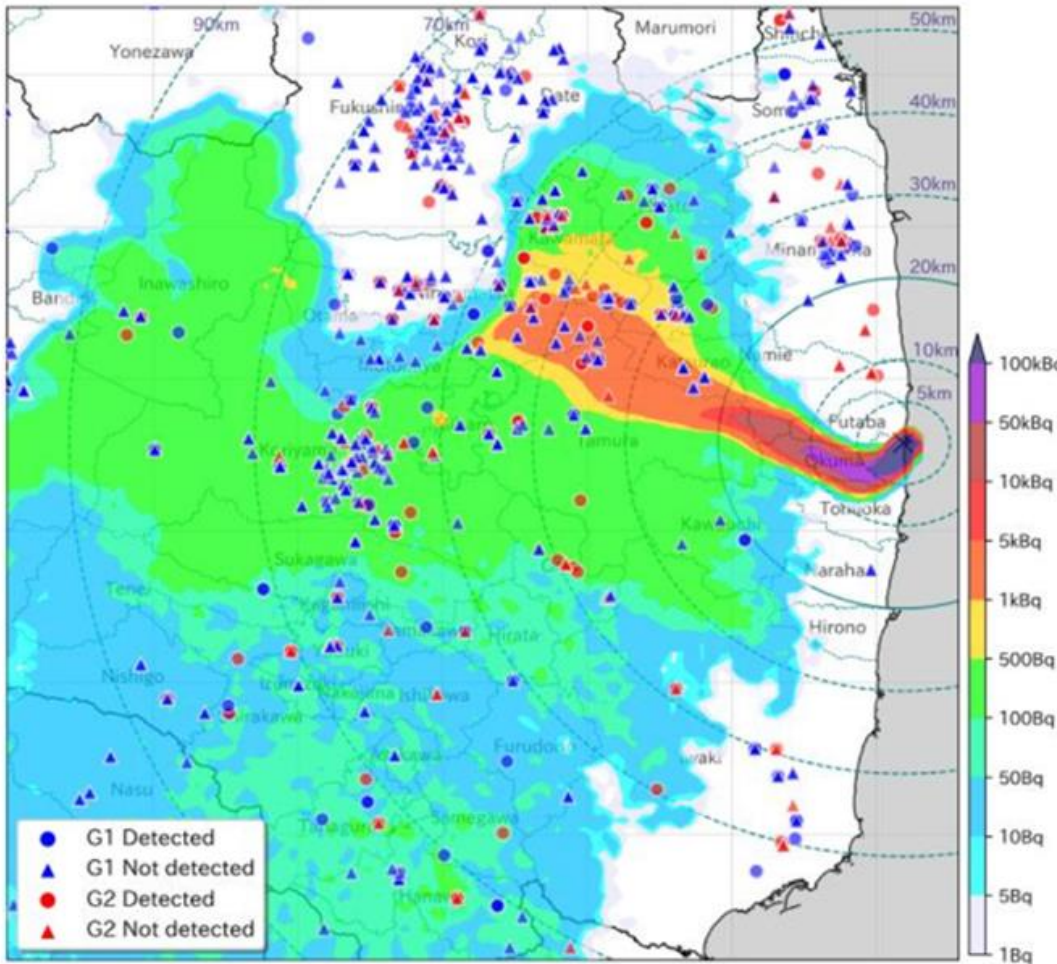
モニタリング・ポストの結果とATDMの結果を同じ縦軸のスケールで示してみると

紅葉山MPから求めた¹³¹Iの大気中濃度と
ATDMの示す¹³¹Iの大気中濃度



(1/6)

6:00 p.m. on 15 March 2011



Terada 2020 の
ATDMの2011年3月
15日18:00 の結果

この時点では福島
市中心部のI-131の
濃度が10000
Bq/m³ を超えてお
り、赤紫色でなけ
ればならない

Kim et al., 2022, Supplemental Digital Content 1,
<http://links.lww.com/HP/A211>

モニタリング・ポスト（MP）の結果と ATDMの結果の比較

- TeradaのATDMは3月15日から16日に福島市の中心部を襲った第1プルームをとらえていない。
- MPによる第1プルームの ^{131}I の時間積分濃度は65700 Bqh/m³であるが、ATDMの結果はその**1/100**の648 Bqh/m³にしかすぎない。
- ATDMでは6つのプルームが襲来したことになるが、MPでは第1と第2プルームの2つしかない。6つのプルームのうちの4つは3月22日以降のものであるが、MPはそのようなプルームは存在できないことを明確に示している。

ATDMではなぜこのようなことが起こるのか

- TeradaのATDMは空間線量率の結果とモニタリング・ポストの結果を使っていない。
- 福島県においては ^{131}I の大気中濃度を継続的に測定したデータが存在しない。
- それゆえ ^{131}I の大気中濃度の時間変化を知る唯一の方法はモニタリング・ポストの全吸収ピークのデータを用いた γ 線スペクトルスコピーを使うことである。
- しかし、TeradaのATDMは空間線量率とモニタリング・ポストのデータは使っていないのである。

UNSCEAR報告書のATDMについての記述 (Attachment A-9)

- パラグラフ 1：利用できる大気中の放射性核種濃度の測定値がほとんど存在しないために、プルームによる外部被ばくとプルーム中の放射性核種の吸入による内部被ばくの線量評価を行うことができなかった。そのため、放出された放射性物質が大気中へ拡散することで生じる大気中の放射性核種濃度の評価と、放射性核種の地表への沈着量の評価は、ソースターム（放出率）を仮定したATDMに基づいて行われた。
- パラグラフ 4：放射性核種が放出されているときの日本における大気中濃度の測定は限られている。（中略）福島原発事故初期に福島県のいくつかのモニタリング・ポストにおいて複数の放射性核種の大気中の濃度がNaIシンチレーターを用いた波高分布から評価された。
[Hirayama他、2015; Moriizumi他、2019；Terasaka他、2016]。
- パラグラフ 5：この（パラグラフの冒頭で述べた）測定情報は、大気中の放射性核種の濃度を推定するために使用された手法の検証に用いられている。」（なお、ここで、「このパラグラフの冒頭で述べた測定情報」とは平山論文を含む測定情報である。）

UNSCEAR報告書の ^{131}I に関する被曝量の評価は、三重に信頼ができないものである。

①補足資料A-9におけるもっとも重要なデータであるTerada論文のATDMがモニタリング・ポストのデータを使っていないことを読者から隠している。

②次に、あたかもモニタリング・ポストのデータを使ったかのように装い、Terada論文のATDMの結果が信頼できるものであると読者が思うように誘導している。

③そして、福島県のモニタリング・ポストに関する論文であるとされた3つの論文のうちの2つは茨城県についての論文であるにもかかわらず、3つの論文すべてが福島県についてであると読者が誤解するように誘導している。

補足

- Attachment A-9 を読むことで、UNSCEARはATDMの結果を用いた大気中の ^{131}I の濃度の推定を2つの方法で行っていることが分かる。最初の方法はこの発表で示したATDMの結果をそのまま使う方法であり、避難地域に対して適用される。
- 次の方法はScaling法とよばれる方法であり、ATDMが推定した地表への沈着密度で文科省による ^{131}I の沈着密度の測定値を割った値を、ATDMの結果に乗じるものである。これは避難地域以外に適用されている。
- Scaling法のおかしさについては、この発表で示したATDMの結果が、4つのプルームがプルームが存在できない期間にあることから明らかである。今後、機会をとらえて詳しい説明と批判を行いたい。

ご清聴ありがとうございます。

この論考を書くにあたって、多くの方々の支援をえました。お名前は記しませんが、ここに感謝の意を表します。

主な参考文献

- 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).
- Terada論文の結果は以下のurl に格納されている。[Data for: Refinement of Source Term and Atmospheric Dispersion Simulations of Radionuclides during the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident - Mendeley Data](#)
- 平山論文
 - ①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);
 - ②平山論文平山英夫他、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 (Tl) 検出器波高分布データを用いたプルーム中の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)