

UNSCEAR2020/2021報告書の 甲状腺被曝線量評価の問題点

高エネルギー加速器研究機構

黒川 眞一

2023年11月3日
放射線防護の民主化フォーラム

1

はじめに

私はこれまでに子供甲状腺がん裁判に関して3つの意見書を提出している。

- 第1意見書は「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」
- 第2意見書は「UNSCEARが依拠した寺田論文に対する批判的考察～3月15日の福島市のI-131濃度は100分の1に過小評価されていた～」
- 第3意見書は「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～」

という表題を持つ。この講演では、第1および第2意見書についてのみ解説する。

2

2

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プルームが通過中の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か、あるいは、②食物中または飲料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。

3

3

用語の説明

- 臓器吸収線量とはある特定の臓器に吸収された放射線のエネルギーをその臓器の質量で割った値のことである。通常、吸収線量は J/kg (=Gy) で表される物理量である。
- 等価線量は上記の吸収線量に放射線の種類による係数 Q を乗じたものである。放射線が γ 線または電子線の場合は $Q=1$ であり、等価線量は吸収線量と大きさが等しくなるが、Svという単位で表される。わざわざSvとするのは、健康影響を表す単位であるためとされている。(ICRP)

4

4

用語の説明

- 大気中に浮遊する放射性ヨウ素の濃度を表す Bq/m³ について少し解説する。1 Bq/m³ とは、1 立方mの大気中で1秒間に1回ヨウ素131が崩壊する量のヨウ素があるということである。実はここに、測定地点付近のヨウ素濃度はほぼ等しいという暗黙の仮定がある。このときには、この1立方mの大気中にこれから崩壊する100万個のヨウ素131の原子核が存在することになる。ヨウ素131では100万個であるが、例えば1 Bq/m³ のセシウム137ではこの個数は、13.6 億個となる。個数は半減期に比例する。

5

5

大気中に浮遊する放射性ヨウ素の濃度を測定する方法

大気中に浮遊する放射性ヨウ素の濃度を測定する方法には次の2つが用いられた。

- 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を用いる方法

6

6

ダスト・サンプリング法

- ダスト・サンプリング法とは、大気を吸引し、粒子状物質をろ紙でとらえ、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。
- しかし原発事故直後において、**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継続的測定データが存在しない。**
- 福島県外には、ダスト・サンプリング法による継続的データが存在する（茨城県、千葉県、東京都、群馬県など）

7

7

Study2007著「見捨てられた初期被曝」から福島県におけるダスト・サンプリングの結果

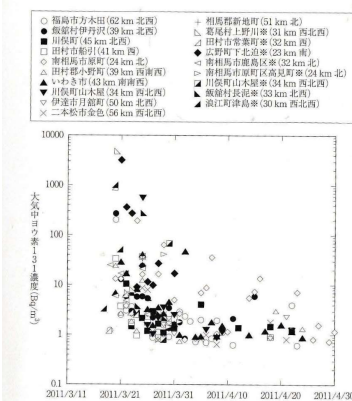


図 1.1—福島県内(60 km 圏内)で実測された大気中ヨウ素 131 濃度。主として日本原子力研究開発機構による測定。その他(密)は日本分析センター、福島県原子力センターによる測定。Bq(ベクレル)は1秒間に崩壊する原子の個数。

1つの前のslide
に示した測定
データをまとめ
たグラフ。これ
から分かるよう
に**福島県には継続
的なダスト・
サンプリング・
データはない**

8

8

モニタリング・ポスト (MP)



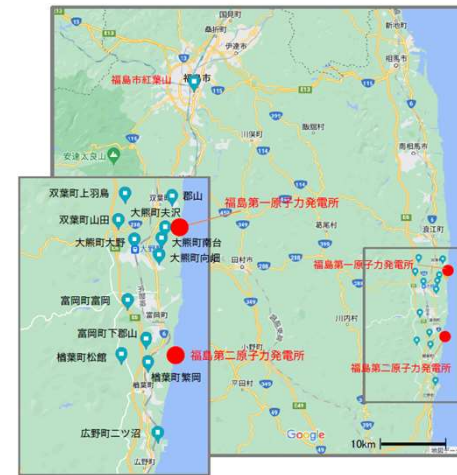
モニタリングポスト外観(双葉町 郡山局) モニタリングポスト内部(大熊町 大野局)

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。高さは地上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。なお、紅葉山のMPには電離箱が設置されていない。

9

9

モニタリング・ポストの設置場所

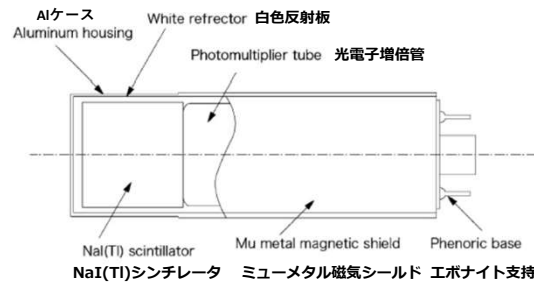


13のモニタリング・ポストが第1原発と第2原発からの放射能を監視するために設置されていた。12は原発の近くにあり、福島市紅葉山のモニタリング・ポストは唯一の遠方にある(62 km)ものである。3月15日以降のデータが残っているのは、松館、二ツ沼、紅葉山の3つのみである

10

10

NaI(Tl)シンチレータと光電子増倍管

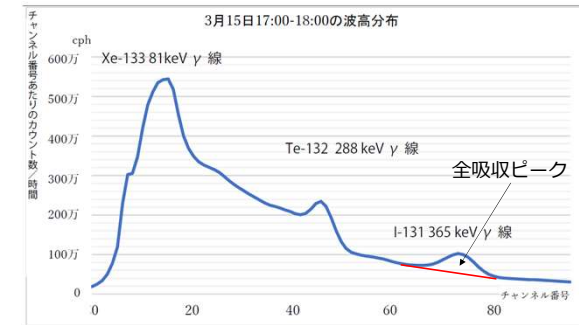


微量のタリウム (Tl) を含むヨウ化ナトリウム (NaI) の結晶からなるシンチレーション検出器。結晶に γ 線が入射すると光電効果、コンプトン散乱などによって生成される2次電子が結晶物質を励起し、励起状態が定常状態に戻る時に発生するシンチレーションと呼ばれる閃光をだす。この光を光電子増倍管によって増幅し電流パルスにおきかえる。光の強さは、結晶内で2次電子が失ったエネルギーに比例する。モニタリング・ポストのNaI(Tl)シンチレータの大きさは直径が5 cm、高さが5 cmの円筒形である。

11

11

NaI(Tl)シンチレータの波高分布



光電子増倍管によって光量に比例する電流パルスが作り出され、電流パルスは電気回路により波高が光量に比例する電圧パルスに整形され、その後アナログ・デジタル変換 (ADC) され、チャンネル番号となる。一定時間内の各チャンネル番号ごとのカウント数が記憶される。チャンネル番号はシンチレータに吸収された γ 線のエネルギーに比例する。

12

12

全吸収ピークとはなにか

- γ 線がモニタリング・ポストにたどり着くまでに、ある割合は大気中の分子の電子に衝突することで電子にエネルギーを与え、その分だけエネルギーが小さくなる（コンプトン散乱）
- 放射性核種が放出した γ 線の中で、NaI(Tl)シンチレータに入射するまでコンプトン散乱を起こさず、シンチレータ中でのコンプトン散乱と光電効果(注1)で全エネルギーを二次電子に与える γ 線が作る波高分布におけるピークを全吸収ピークという(注2)。

注1：光電効果においては γ 線はそのすべてのエネルギーを原子に与えて消滅する。原子は γ 線からもらった全エネルギーを原子中の電子に与え、 γ 線と同じエネルギーの電子が放出される。

注2： γ 線からエネルギーを与えられた二次電子の飛行は非常に短く、二次電子は自分が持つ全エネルギーをNaIシンチレータ中で失うと考えてよい。

13

13

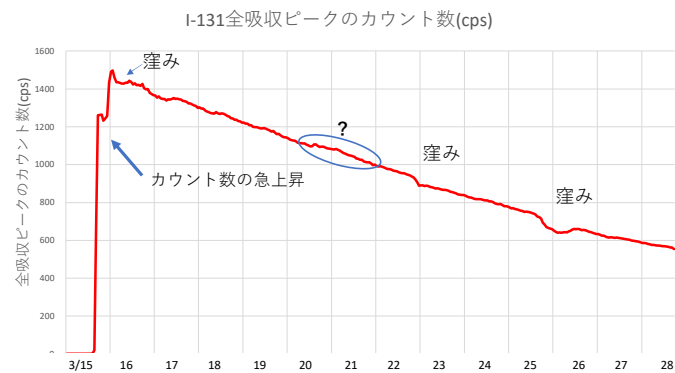
平山論文: Hirayama et al., 2014,2015, and 2017

- 高エネルギー加速器研究機構の平山英夫グループは、福島県のモニタリング・ポストの全吸収ピークのデータを使い、I-131、Te-132、I-132、I-133, Xe-133の大気中濃度を求める手法と結果に関する3つの論文を発表している。
- Hirayama 2014: 手法についての論文
- Hirayama 2015: I-131の大気中濃度の推定の論文
- Hirayama 2017: I-131に加えて、Te-132, I-132, I-133, Xe-133の大気中濃度の推定の論文

14

14

紅葉山（福島市の中心部）のモニタリング・ポストのI-131 全吸収ピークの時間変化

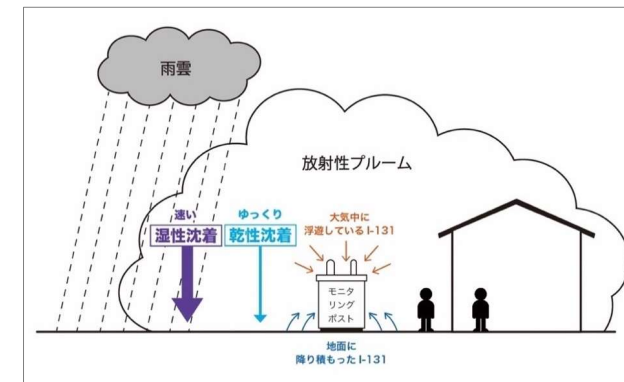


平山論文の著者である平山英夫氏から黒川に提供されたデータを基に作成

15

15

I-131の全吸収ピークは、ブ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



16

16

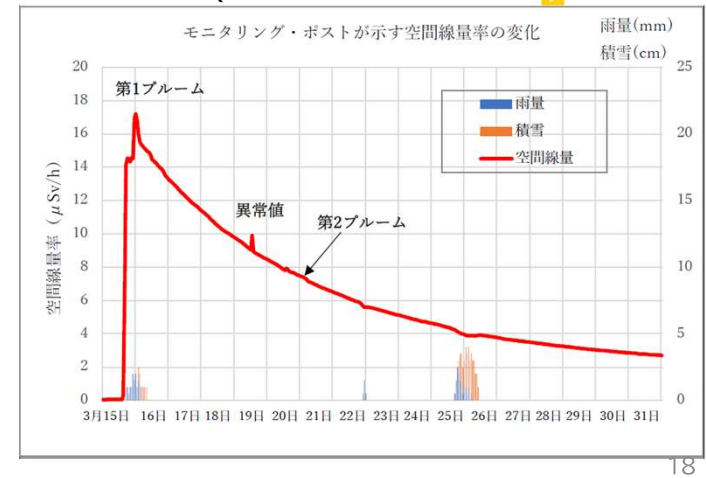
全吸収ピークの時間変化からプルームの 大気中の濃度を求める

- 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
- 平山グループは第2プルームの存在に気が付いていない。このプルームは黒川がモニタリング・ポストのデータを解析することで存在を確認したものである。

17

17

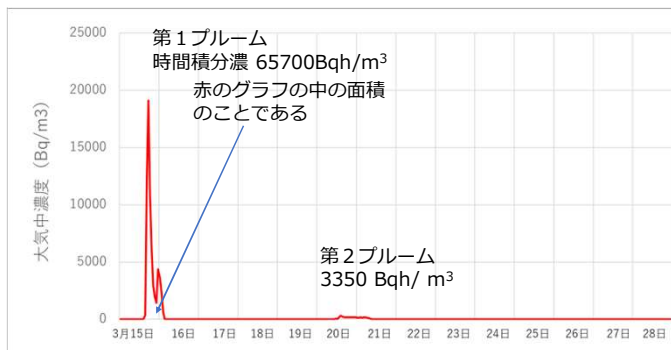
紅葉山モニタリング・ポストが示す 空間線量率(NaIシンチレータを用いたもの)



18

18

平山論文の手法を用いて求めた 紅葉山を襲った第1プルームと第2プルーム



19

19

甲状腺等価線量の計算

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/m ³
1歳児呼吸量(軽作業と座位の平均)	0.285 m ³ /h
甲状腺等価線量係数(I ² のとき)	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。なお、甲状腺等価線量係数はヨウ素131の形状(粒子状、I²ガス状、CH³Iガス状)によって異なる

UNSCEAR2020/2021報告書では、福島市の10歳児の吸入による平均甲状腺等価線量は **5.1 mSv** である。

20

20

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 et al.,2020 または Terada 2020)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(注1)、比較的測定値が少ない大気中放射性核種 (注2) 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 2020 によるソースタームと関連 ATDM を用いた。**

注1:この「例外は」の前の文章は、「福島第一原発事後の環境中の放射線被ばくレベルと放射性核種濃度は、測定およびモニタリングキャンペーンを通じて広く特徴が明らかになっている。それにより、ほとんどの被ばく経路における、日本人に対する現実的な線量評価をするための広く十分な基礎が与えられている。」である。

注2: 代表的な例は、ヨウ素131

21

21

UNSCEAR報告書のATDMとは

- 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。つまりシミュレーションである。Terada 2020 のATDMの結果はweb上に公開されている。
- ATDMのgrid点は福島県およびその近傍では $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ のメッシュを形成している。

22

22

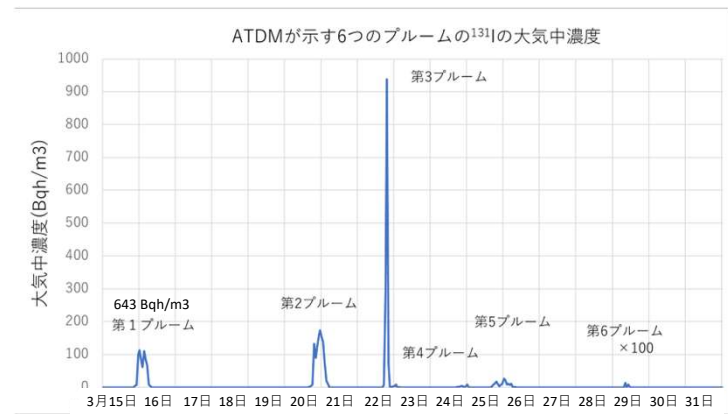
紅葉山モニタリング・ポストとそれに最も近いATDMのグリッド (ATDM杉妻町) 2点間の距離~300 m



23

23

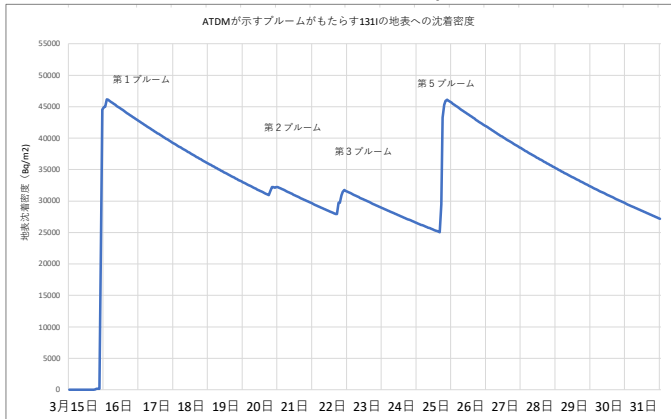
Terada 2020のATDMが示す杉妻町を襲ったプルーム (6個ある)が示すI-131の大気中濃度の変化



24

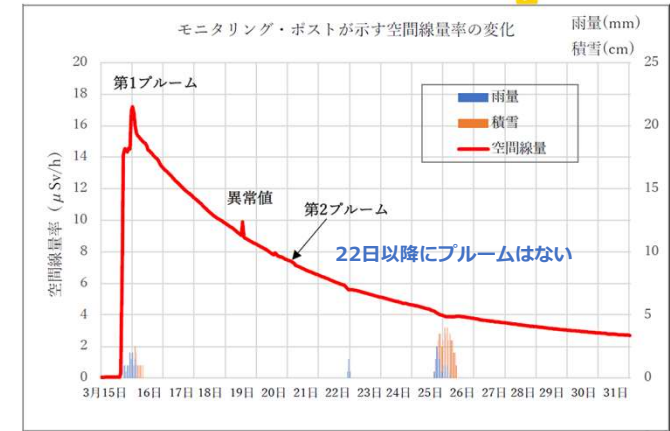
24

Terada 2020 のATDMが示す杉妻町を襲ったプルームによるI-131の地表沈着密度の変化。(このグラフの傾向は、slide15と同じでなければならないはずである、しかしそうになっていない。特に第5プルームについて。)



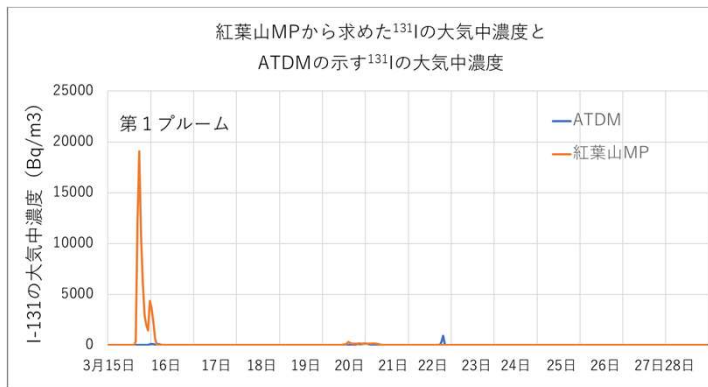
25

モニタリング・ポストが示す空間線量率

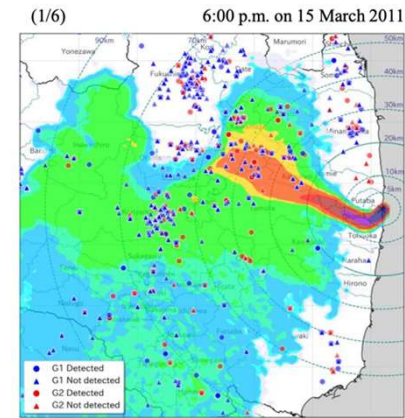


26

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



27



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はずであるが、Terada 2020 ではプルームが福島市に到着していない。

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

28

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 の時間積分濃度は平山論文では 65700 Bqh/m^3 であるが、ATDMの結果はその1/100の 648 Bqh/m^3 にすぎない。
- ATDMでは6つのプルームが襲来したことになっているが、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の空間線量率のデータ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。

29

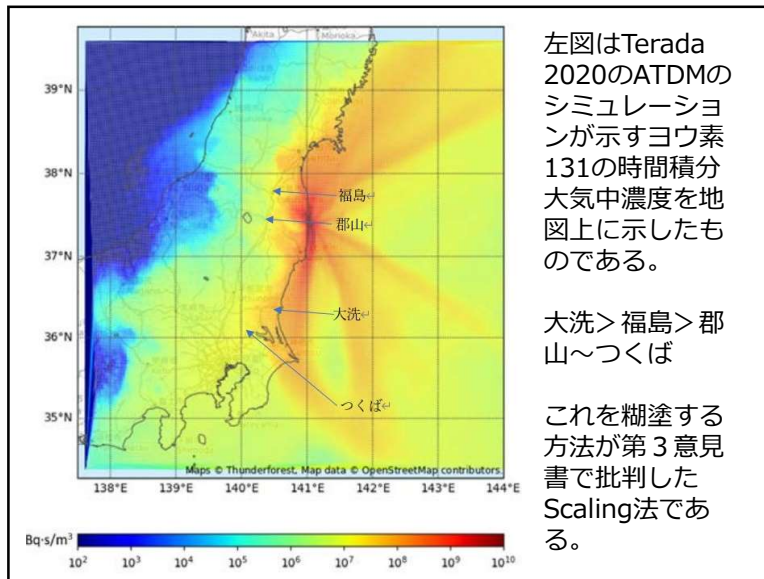
29

Terada 2020 の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 線の波高分布を使うことである。
- しかし、Terada 2020 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。

30

30



左図はTerada 2020のATDMのシミュレーションが示すヨウ素131の時間積分大気中濃度を地図上に示したものである。

大洗> 福島> 郡山~つくば

これを糊塗する方法が第3意見書で批判したScaling法である。

31

結論

UNSCEAR2020/2021報告書は、福島県における事故当時18歳以下の子どもと青年における甲状腺がんの多発は、被ばく線量が小さいことをもって、被ばく起因ではないとしている。しかし、これまで述べた通り、被ばく線量は決して小さくはない。つまり、UNSCEARの主張はあやまりである。

ご清聴ありがとうございます。

32

32