

UNSCEAR2020/2021 のヨウ素 131 過小評価の原因

矢ヶ崎克馬

(物理現象としての解説)

- (1) SPM 測定装置は $10 \mu\text{m}$ 以上の粒径を持つ浮遊物を排除するために大気導入口にサイクロンを設置するものです。サイクロンへの空気導入にはポンピングが用いられる。
- (2) 霧箱効果は、断熱膨張により空気温度を下げるにより（ポンピングにより）、あるいは過飽和状態で、放射線飛跡を可視化するものです。
その原理は、
 - ①放射線には電離効果があります。電離により窒素、酸素あるいは水の分子が切斷され、プラスマイナスの電荷が生じます。静電気力により、電荷の周囲に水分子が凝集します。
 - ②目に見えないサイズの水滴が浮遊している状態で放射線を飛ばすことにより、生じた電荷に静電気力により水分子が凝集するものですから、水滴のサイズが大きくなります。電荷の周りに目に見えるサイズの水滴が生じることで、飛跡が可視化されます。
- (3) 放射性プルームは放射性微粒子の集合気団です。放射性微粒子が存在すると 2 種類の電荷が存在します。電荷には水分子が凝集します。
 - ①放射性微粒子。原子炉から放出される放射能は圧倒的にベータ崩壊です。 β 線は電子ですから、電子を放出するとその原子は価数の一つ多い原子に変わりますので、微粒子は電子不足になり、プラスに帯電します。プラスに帯電した放射性微粒子の周囲に水分子が凝集します。放射性微粒子を中心核とする水滴が生じます。放射性微粒子の電荷数は大きいので静電気力による凝集力は大きいものです。即ちサイズの大きい水滴が生じます。
 - ②放射線。 β 線は電離効果を持つので、霧箱効果の原理である電離により生じたプラスマイナスの電荷に水分子が凝集します。放射性微粒子を含まない水滴ができます。
 - ③水滴のサイズは湿度に依存します。湿度が高いことは、単位体積中の水分子の数が多いこと、即ち水の密度が高いことです。密度が高いと分子間の距離が短い。従って湿度が高いほど静電気力の効果範囲にたくさんの水分子が有り、水滴のサイズが大きくなります。十分湿度が高く、かつ放射性微粒子の空間密度が高いときは水滴のサイズは雨滴（1mm 程度）まで成長し、放射性降雨となります。湿度が低いと水滴サイズはより小さいものです。霧として目に見えるサイズの水滴か、あるいは目に見ないサイズの水滴となります。
- (4) 問題の核心は、SPM 装置に寄り、放射性微粒子が濾紙に届かなくなることです。
 - ①通常の霧箱効果で示される放射線の電離効果による水分子凝集には放射性微粒子は含まれません。「SPM 装置のポンピング効果で放射性微粒子が濾紙まで届かなくなる」現象にはこの霧箱効果は初めから関係ありません。
 - ②放射性微粒子を中心核にする水滴がサイクロンの吸入により、いわゆる「霧箱効果」で、濾紙まで届くべきものが届かなくなる事がありうるか？
あります。

そもそもサイクロンは $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上の粒径を持つ粒子は排除するものですから、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上の粒径の「放射性微粒子を中心核に持つ水滴」は排除されます。通常状態ではこれが圧倒的だと思います。

$10\text{ }\mu\text{m}$ 以下のサイズであった放射性微粒子を含む水滴が、SPM 装置のポンピングにより $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上のサイズに成長するとき、ポンピングが無ければ通過したものがポンピングにより排除される現象が生じます。いわゆる「霧箱効果」が発揮されます。

この効果が生じる「放射性微粒子を中心を持つ $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の水滴」は、むしろ湿度が低い場合に生じるものです。

- (5) 放射性降雨の場合、ほぼ 100% 放射性微粒子は雨滴に含まれます。放射性降雨の最高高度は、原子炉の爆発規模で制限されるために数十メートルに留まるものです。従って、放射能を含む雨の落下時間は高々数十秒です。降雨による放射能の地上蓄積は数十秒で集結します（地上蓄積積分時間は高々数十秒です）。これを「放射能の蓄積時間は何時までも続く」とする事は誤りです。

(概要)

湿った空気中での放射性微粒子は、放射性微粒子単独で存在せず、ベータ線放出により荷電するために、静電気力により周囲に水分子を凝縮させる。放射性微粒子を核とした水滴（放射性水滴）の粒径は湿度に依存し湿度が高いほど大きくなる。湿度に応じ粒径 $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度の霧滴から粒径 1 mm 程度の雨滴まで生成する。放射性降雨中では放射性微粒子は雨滴中に存在する。この場合はサイクロンに補足される前に「雨滴であることにより」排除される（（降雨モデルの適用について (13) p.12 参照。黒川氏のシミュレーションが実際を反映したモデルとなっていない不適切モデルなので、真の結論は黒川氏の結論である「雨に含まれていない。従って霧箱効果である」の全く逆であることを説明している）。

SPM 測定装置は $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上の粒径を持つ浮遊物を排除するために大気導入口にサイクロンを設置するので、放射性水滴（霧）の大部分はこれにより排除される。

微粒子より放出された放射線の電離作用により、発生した電荷に引かれて水分子が凝集し目に見える迄大きくなった霧には放射性微粒子は含まれず、放射性ヨウ素の過小評価とは関係ない現象である（放射性物質が含まれないから）。

サイクロンに入域する放射性水滴（放射性微粒子を中心核に持つ水滴）による「霧箱効果」はあり得るが主たる効果をもたらすほどの量は無く、この状態に置かれる放射性微粒子水滴はむしろ低湿度中であると判断する。吸引（空気の断熱膨張）により飽和水蒸気圧が低下し、放射性微粒子を含む水滴粒径が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下（目に見える霧ではない）の状態から粒径が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上に成長しサイクロンで排除される（これが真の「黒川氏のいう霧箱効果」）現象はあり得る現象ではあるが少ないと判断する（放射能の過小評価に關係するのは放射性微粒子が核となった水滴（霧としても目に見えない）に限定される）。

濾紙に蓄積した SPM を検出するメカニズムとしてベータ線を照射して背後の検出器に到達するベータ線の減衰により蓄積量を評価しているが、 β 崩壊の放射性 SPM が濾紙に到達するとちょうど減衰分に相当する厚さに応じたベータ線が発射されるために到達した放射性 SPM が「ゼロ」を記録すると推察される。

さらに非放射性 SPM は一般的に負電荷を帯びているとされるが、 β 崩壊の放射性微粒子は正に帶電し、水分子を凝集しているので、濃い放射性プルームが放出された場合には、非放射性の SPM をも静電気力で放射性微粒子水滴に取り込んでしまい、それが故に SPM 全体が「ゼロ」を記録するようになると推察される。降雨の有無に関わりなく高濃度放射性プルームの場合に発生しうる。

(経緯)

被曝・診療月報 66 号^{*}に黒川眞一氏の論考が掲載されていました (*ネット公開ではありません)。

『(特集)なぜ UNSCEAR2020/2021 報告におけるヨウ素 131 の線量は大幅に過小評価されるのか：「霧箱効果」仮説について V3plus』です。

子ども甲状腺がん裁判における「黒川第 5 意見書」 (<https://www.311support.net/trial/>) も参考にしました。

この考察のきっかけを提供して下さった黒川氏に篤く御礼申し上げます。この論文は重要な視点を提供して下さった黒川論を補強する視点で書かれました。

SPM 局の資料収集システムには、サイクロンが使用されていますので、サイクロンを含めた試料収集システムの全容を理解する必要があります。黒川氏が提供してくださった放射性プルーム到着前後の諸測定記録の物理的解明を行い、放射性降雨、濾紙に付着する物質量測定のためのベータ線遮蔽効果を利用した計測システムによるベータ線放出体 (Cs137) の計測の問題点、自然降雨の SPM 除去があるかないか、猛烈に強い放射能プルームが、非放射性 SPM をも放射性水滴に取り込む可能性などを考察しました。

今回は、原初的現象の説明から記述することを念頭に置きました。具体的には、水分子が放射性微粒子の周囲に凝集するメカニズムを可視化して説明致しました。そして黒川氏が整理して下さった関連した諸測定結果をつぶさに測定論的に解析しました。

本論は、あくまで科学的な最大可能性の追求であり、仮説の域を出ないものであります。

(一般論)

放出された放射性物質の物理的形態は直径 数 μm 程度 (1 μm 程度と表記する) の放射性微粒子が圧倒的です。この大きさの微粒子は静止空間では毎秒 0.1mm 程度の等速落下をします。この運動は空気分子を突き飛ばさず、そっと押して位置を交換していく運動で「粘性抵抗」による運動と言われます。この運動はストークスの法則として理解されています。

実はベータ崩壊が主である微粒子は正に帶電し、その周囲には静電気力により、必ず水分子が凝集され水滴ができます。

水滴の直径が $100 \mu m$ 程度以下の時にはその水滴に関する力学は、主として粘性抵抗を受け、ストークスの法則に従い、毎秒 $1mm$ 程度の落下速度（等速）となります。落下速度は水滴の大きさ（質量）に依存します。粘性抵抗は速度に比例します。これは目に見えても見えなくとも「霧」の状態です。

しかし、直径が $1mm$ 程度の水滴（雨滴）は落下速度が大きくなり落下速度は $1m/\text{秒}$ 程度となります。空気分子等との弹性衝突（空気分子を突き飛ばす）をする力学領域となり、弹性抵抗は速度の二乗に比例します（雨滴がマクロな物体と衝突する場合はここでは言及していません）。この状態は弹性抵抗が重力と釣り合い、雨滴が等速で落下し、降雨と呼ばれます。

図 A に、この放射性微粒子の周りに水が凝集する姿を描きます。

(1) 水分子は非対称するために正電荷と負電荷の中心が一致せず、静電気力で凝集します。

図 A の一番右側に水分子の構造を書いていますが、水分子は他からの作用がなくても静電気力が働き、自分自身で凝集できます。

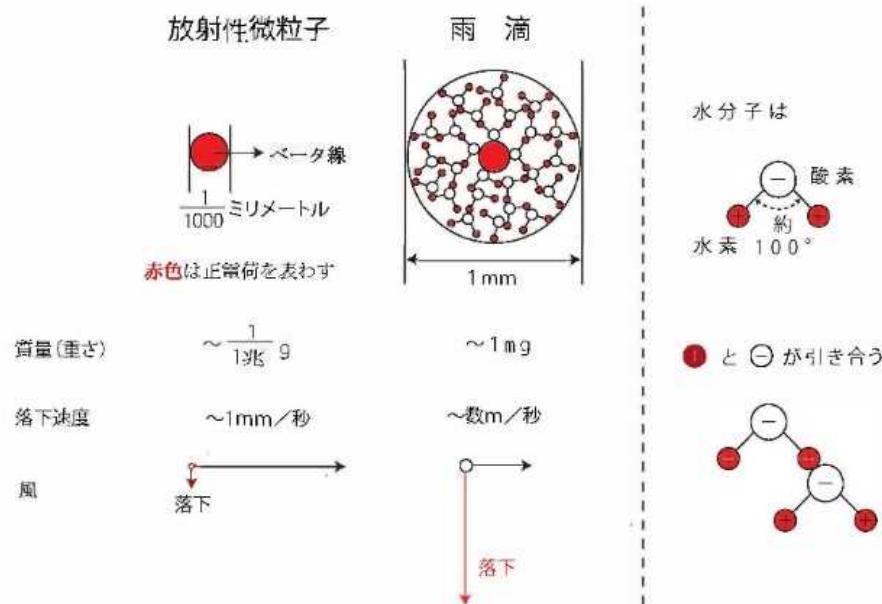
飽和水蒸気圧

空気がどれだけ水分子を含むことができるかという「飽和水蒸気圧」（飽和水蒸気圧とは、ある温度で空気が水蒸気を最も多く含むことができる状態における、水蒸気の圧力です）は温度が高いほど大きくなります。温度が低いほど空気に含みうる水の量が減ります。飽和状態とは「湿度 100%」という言葉で日常的に使われています。

飽和に達しない空気中の水分は気体状態（気相）ですが、其の空気が冷えて飽和状態に達すると気体状態に存在できない水の部分が出てきてその分が液体状態（水滴：液相）になります。気象学的には「積乱雲」等でこの現象が観測されます。一つの気団が高度を増すと気温が下がり、飽和状態に達した温度で雲（液相）が生じます。

図 A の右に示されるように液相では水分子がお互いに静電気力で引き合って結合（水素結合）しているのです。

(図 A)



(2) 霧箱

(2) の関係を利用した「放射線の飛跡（通った道跡）」を目で見えるようにした装置が霧箱です。そのやり方には二とおり有ります。

①装置の温度を低くして過飽和状態を保った（湿度 100%以上の）空気を作り、そこに放射線を飛ばします。放射線は、放射線が通過する道々、空気分子（窒素、酸素、水分子等）の電離を行いますので、空気分子等が切断され、プラスマイナスの電荷（イオン）を作ります。静電気力で引かれた水分子がイオンに集まり、それが霧粒（液相）になります。この様にして瞬間的に、霧粒が飛程（飛跡の長さ）に沿ってできますので、「飛跡」が可視化されるのです。

②飽和に近い空気を作つておいて、放射線を飛ばします。其の空気をポンプで減圧します。すると空気は断熱膨張（断熱膨張とは、気体が熱の出入りなし（断熱状態）に膨張し、その結果温度が下がる現象です）をしますので、空気の温度が下がって、水蒸気圧が飽和水蒸気圧以上になり、超過した分だけ水が気相から液相に変化し、電離された場所に霧（水滴）ができます。

これが霧箱ですが、放射線の飛跡が可視化される事と、今回の放射性微粒子の濃度が低下あるいはゼロにされる現象とは関係ありません。それは、ここでできる霧には放射性微粒子は全く含まれないからです。

(3) β 線放出が主である放射性微粒子は正に帯電される

原爆あるいは原発事故直後で放出される放射性微粒子は、物理的半減期が短いベータ崩壊（ β 線放出）が主です。

β 崩壊は電子を放出するので、放出元の放射性微粒子は正に帯電します。この様子を図 A の左上部に書きました。放射性微粒子の大きさはせいぜい直径 $1 \mu\text{m}$ 程度です。

- (4) **微粒子周囲に凝集する水は非常に短期間に雨滴（直径 1mm 程度）に成長する**
- 放射性微粒子からは継続して β 線が放出されるだけ、帯電する電荷数はたいへん多くなります（1 発放出する毎にプラス 1 倍）。放射線による電離の（霧箱で放射線の飛跡を見る）場合生じる電荷は 1 倍であるのに対し、放射性微粒子の帯電はたいへん大きな電荷数になります。それだけ静電気力が強くなります。
- 放射性微粒子の電荷数が多いものですから周囲に及ぼす静電気力が大きくなり、たくさんの水分子が瞬間的に凝集します。凝集力（静電気力）は放射線による電離の場合よりたいへん大きいものです。
- その様子を図 A の真ん中に示しました。水分子は外向きにプラスの電荷（水素）が揃うように凝集されますので、サイズが大きくなっても電荷数が中和されず凝集力（静電気力）は衰えません。
- 1 倍の場合でも凝集速度は速いものですから、霧箱では瞬間的に霧が見えるようになります。放射性微粒子の静電気力は非常に大きいので、1 倍の場合より早くたくさん周囲に水分子を凝集します。
- (5) **放射性微粒子を中心核とする水滴は雨滴に成長し、放射性降雨中では放射性微粒子は雨滴に存在します。雨滴はサイクロン装置の中に入らないようにされていますので、サイクロン補足以前に排除されます。**
- 放射性微粒子を中心を持つ水滴の大きさは湿度によります。湿度が高いと水分子の空間分布が密となり、静電気力で引かれる分子の数が多くなるのです。
- 高湿度だと短時間で雨滴迄成長し、降雨となります。
- 一般的に放射能を含まない高湿度の気団が放射性プルームに合うとこの効果により、放射性微粒子中心の雨滴が形成され、放射性降雨となります。この場合の水分子凝縮には放出された放射線による電離の効果も雨粒形成に加わります。
- 世間で言われる「放射能環境では降雨に気を付けろ」はこの効果を言います。もちろん、雨で放射性微粒子がたたき落とされる効果はありますが、主ではありません。
- 黒川氏提供の（図 3-1）は、放射性プルーム到来と降雨が全く同期しており、「放射能が降雨をもたらす」現象を示しています。図 3-1 の場合は、放射性微粒子のほぼ 100% が雨に含まれるために SPM システムに吸引されず、初めから除去されているのです。
- 高湿度中では凝集する水分子が多いために水滴直径は大きく、 $100 \mu\text{m}$ 程度の水滴が多くなります。SPM 濾紙に到達する $10 \mu\text{m}$ 以下の粒子は極端に少なくなるのです。 $10 \mu\text{m}$ 以下の水滴が多いのは、むしろ低湿度中での状態です。
- 確認しますが、放射性降雨では、「サイクロン効果」や「霧箱効果」ではなく、放射性降雨の雨滴に含まれてしまうのが排除原因です。
- (6) **降雨以外の大気中に存在する場合は「サイクロン効果」で排除される**
- 湿度が低いと雨粒までに至らず数 $100 \mu\text{m}$ 程度までの水滴になり霧状となります。
- $100 \mu\text{m}$ 以下の水滴はストークスの法則に従います。

10～100 μm 程度までの大きさの水滴はサイクロンで排除されます。

(7) いわゆる「霧箱効果」

サイクロンに入る放射性水滴は、サイクロンには吸引装置で導入されますが、その際減圧され、断熱膨張し気温が下がることによって、飽和水蒸気圧以上の蒸気圧になり、液相の水分子（水滴）が出現し、より大きな水滴に成長します。

10 μm 以下の放射性水滴が上述の効果により 10 μm 以上の水滴に成長しサイクロンで除去される場合が、放射性ヨウ素を含んだ微粒子が濾紙まで届かないという現象になります。これがこの場合の「霧箱効果」なのです。

しかし湿度 90%以上では雨滴（粒径 1mm 程度）にまで成長し放射性降雨を生じさせる事が現象的に確認されており（図 3-1）。湿度の比較的高い状態では雨滴にまでは至らない 100 μm サイズが主として生じ（「サイクロン効果」で排除されます）、10 μm 以下の水滴は、湿度が少ない状態で生じると判断できます。

10 μm 以下は高湿度中では相対的には少なく、低湿度中では比較的多いと推定されます。

「霧箱効果」はあり得ても主たる現象ではないと判断します。

UNSCEAR2020/2021 の甲状腺被曝線量評価に直結する SPM 局の試料収集システムの問題点は明快に解明すべきです。

放射性微粒子は空中に放出された瞬間から、水分子の凝集が始るので、放射性微粒子の単独存在（水分子を凝集しない状態）を前提にしての考察は誤認識を導出します。

放射性降雨無しの一般的な状態では、「サイクロン効果」が主であり、それに加えて、「霧箱効果」は実際生じていたが希少な現象と判断いたしました。

（諸条件での SPM 局の記録の読み解き）

(1) 図 3-1

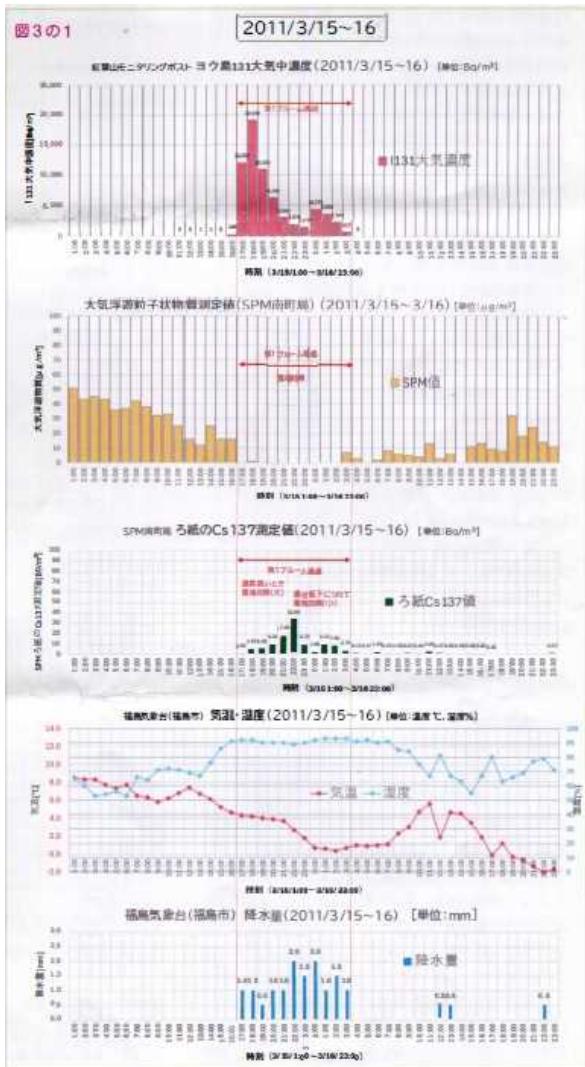
紅葉山モニタリングポストで、ヨウ素 131 の大気中濃度が 20000 (Bq/m³) 程度と大量です。ここでのモニタリングポストは原発からの「放射能監視測定装置」で空間線量率とシンチレーションスペクトルを測定します。吸引などとは関係ありません。

降雨があり、降雨の開始および終了が放射性プルームの到来ときちんと同期していることから、降雨は「放射性降雨」と判断いたしました。この場合、放射性微粒子はほぼ全て雨に含まれます。

SPM 南町局の SPM 測定値は放射性プルーム到達以前の非放射性 SPM も含めて「ゼロ」を記録しています。

SPM 南町局の濾紙にはセシウム 137 が最高値 30 (Bq/m³)。紅葉山モニタリングポストのヨウ素 131 の量に比して非常に少ないものです。

（図 3-1）



(2) 図 3-2

①紅葉山モニタリングポストで、ヨウ素 131 の大気中濃度が 400 (Bq/m³) 程度です。このプルームが到着した直前の値を SPM 南町局記録はプルーム到来期間中維持しています。即ちプルームに関わりなく直前の値が維持されているのです。

②SPM 南町局記録で、新たにプルームとして到着した放射性水滴は、大部分は濾紙には届かなかった、紅葉山モニタリングポストで記録された I131 のほぼ 10 分の 1 の放射能の Cs137 として記録されています。記録期間は I131 と同期しています。

「サイクロン効果」で、粒径の大きな放射性水滴は除外され、SPM として通過し濾紙に記録される放射性水滴はごく少量であると解釈できる記録が残されています。

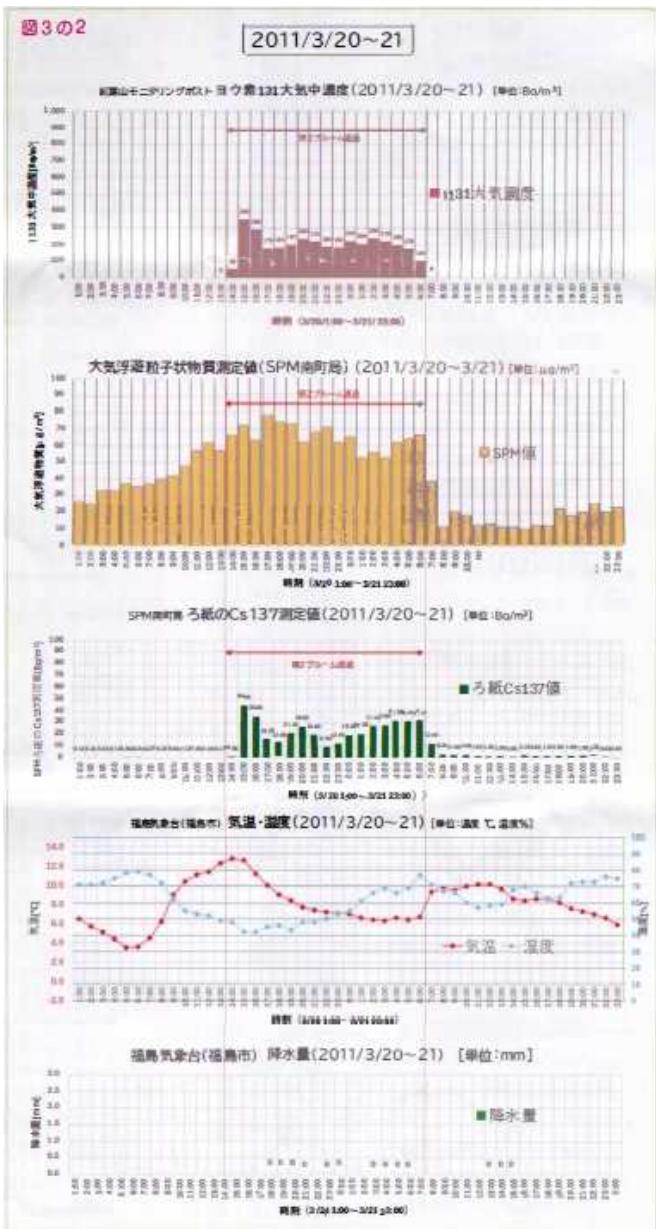
③放射性プルーム到達直前の南町局 SPM 値は、記録された空中浮遊物に放射性微粒子が含まれていないことが濾紙の記録により確認出来ます。この SPM は湿度に関わりなくいつでも微粒子のままです。ですからそのまま SPM 記録に残されたのです。

④濾紙に付着した放射性水滴がもし、SPM 記録に記録されると仮定した場合、放射性でない SPM に加えて放射性水滴の分だけ増加するはずですが、図 3-2 はその様な増加を示し

ていません。ほぼ「変化無し」です。

⑤降雨はありません

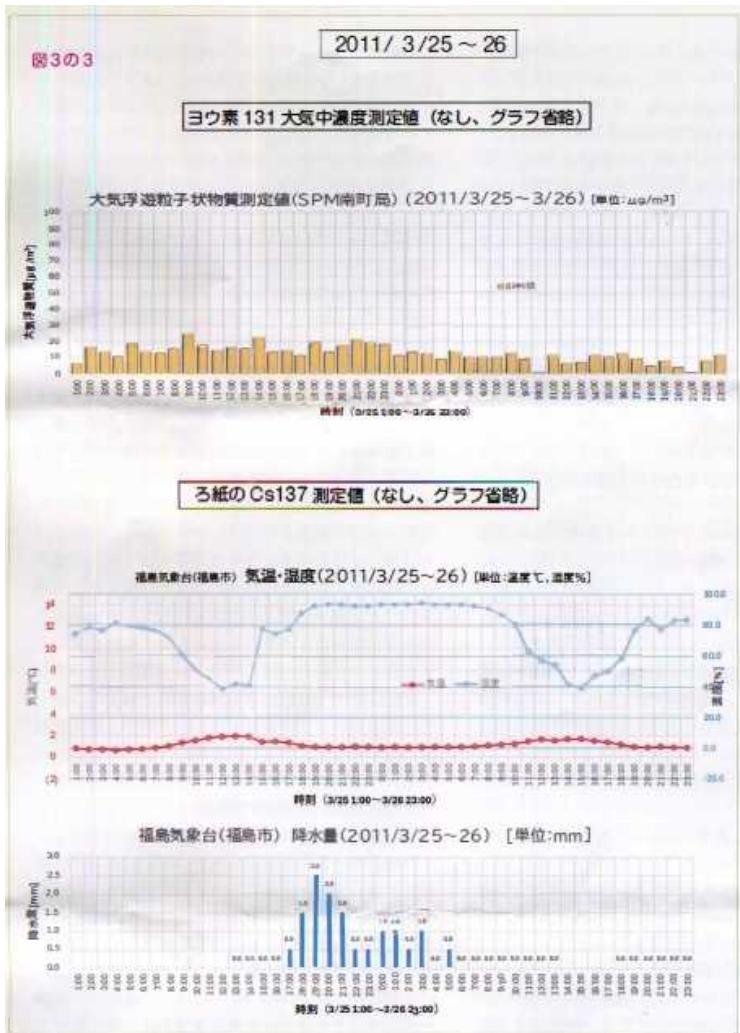
(図3-2)



(3) 図 3-3

図 3-3 での降雨は自然降雨であり、自然降雨によって SPM 記録は影響を受けていません。

(図 3-3)



(1) 測定記録の読み解き

図3-1で示される、3/15～16は、湿度が90%以上なので水分子の放射性微粒子への凝集作用は急速に進み、放射性微粒子を中心核とした水滴は、雨滴（直径1mm程度以上）迄成長したと考察出来ます。雨滴は毎秒1mオーダーで落下すると仮定して妥当だと思います。

この場合ほとんど全ての放射性水滴は雨滴サイズまで成長し雨となります。放射性微粒子は雨に含まれます。

従って初めからサイクロンへは吸入されず、サイクロンに吸収されたとしてもサイクロンに補足/排除されて検出部へは届きません。

もちろん雨滴まで成長しないサイズの放射性水滴は存在しますが、放射性水滴のサイズが $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上の確率が高く、サイクロンで排除され、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の「霧箱効果」対象サイズは少ないと考えられます。濾紙にCs137が到着していますので、わずかばかりの $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下のSPMとして放射性水滴は届いていることが分かります。

- (2) しかし SPM 記録は、この到達している放射性水滴を記録せず、プルーム到来まで届いていた非放射性 SPM 迄が記録されない「ゼロ」の記録状態となっております。雨により SPM がたたき落とされたのか？

しかし図 3-3 では降雨（図 3-1 と同程度の雨量）にも拘わらず、SPM 局の記録は降雨以前の値を継続し、降雨「あり」と「無し」とでの記録上の変化はありません。この場合の降雨は自然降雨であり、雨量は同程度であるにも拘わらず、自然降雨は非放射性 SPM には作用していないようです。

ここで問題は

<1>何故非放射性 SPM が記録から排除されたか？

結論は下記のように、放射性微粒子を核とする水滴の静電気力にあるようです。

<2>何故 Cs137 の到来が記録されなかったか？の二つがあります。

結論は下記のように、届いた SPM の厚さを照射しているベータ線の減衰で計測するシステムに、ベータ線放出体の SPM が届いて、減衰分をちょうど打ち消す効果が生じ、「ゼロ」を記録したと推察します。

（放射性 Cs137 が届いているのに何故記録していないのか？）

- (3) 図 3-1 で、濾紙は Cs137 の到来を記録しております。しかし SPM 記録には、この濾紙に到達した分の記録は無く、「ゼロ」のままでです。

- (4) 図 3-2 の記録からは、図 3-1 以上に濾紙に到達した Cs137 が多いのですが、非放射性の SPM (プルーム到来以前の SPM) 記録は放射性プルームの到来以前の非放射性 SPM をほぼ同程度で記録し続けていて、Cs137 の新たな到来を記録していないようです。

濾紙には放射性 SPM が届いています。しかし、SPM 記録はその分だけ増加した気配が無いのです。

- (5) ここでもベータ線を利用した記録システムでの SPM がベータ線を発射して放射性 SPM の分だけ減衰分を打ち消した効果が「ゼロ」を導いたか？と推察すると辯證が合います。

即ち、記録装置には、ベータ線を発射する SPM は、ちょうど自分自身の厚さ分減衰する測定用ベータ線の強度を自分自身の発射したベータ線で補い、自分自身の到来を「ゼロ」にするという現象が生じていると判断します。

- (6) Cs137 を含む SPM が到来しているにも拘わらずその量が SPM 記録に反映されていないのは、粒径 $10 \mu\text{m}$ 以下の放射性 SPM のベータ線強度はちょうど濾紙に付着した放射性水滴で遮蔽されるベータ線量と同程度であり、ベータ線が相殺されている。それ故、いつでも SPM 記録には記録されない。

即ち濾紙に放射性水滴が到達しても遮蔽された分だけ放射性 SPM から出るベータ線が補うので、SPM 局記録には常に記録されない、という推察が合理的です。

- (7) SPM いわき局での「ゼロ」は β 線効果ではないかとの推察が既にあるが、以上の考察したようにいわき局等の特有の事象ではないとした方が良さそうです。

(何故非放射性 SPM 迄が「ゼロ」とされてしまうのか)

- (8) 図 3-1 に記録された放射性プルームがいわきを襲ったとき、いわきの SPM 局は、図 3-1 の SPM 南町局同様な SPM 記録全体が「ゼロ」を示したと黒川氏は記述しています。即ち、非常に強いプルームが非放射性 SPM をも「ゼロ」にしてしまっています。しかし図-2 の SPM 南町局の記録は「ゼロ」にはならず、非放射性 SPM をプルーム到着中も記録したままです。

- (9) 以上の状態から総合的に推察するに、図 3-1 と図 3-2 の条件は何が異なるのかを具体的に見ます。

違いは二つあります。

<1> 放射性プルーム強さ（量）の違い、

<2> 降雨の有り無し、です。

また、図 3-1 と図 3-3 の違いは

<1> 放射性プルームの有り無しの違い、

<2> 降雨は両方とも有りで、同程度です。

図 3-3 では非放射性 SPM の記録値は雨の有無に拘り無く不变です。これらを考慮すると非放射性 SPM をも「ゼロ」にするのはプルームの放射能の強度が関わっていると判断せざるを得ません。

- (10) まず放射性プルームの図 3-1 放射能が図 3-2 に示される濃度の 50 倍もあることから、プルーム中の放射性微粒子（水滴を凝集する前）のサイズが両プルームで同程度 ($1 \mu\text{m}$ 程度) だと仮定すると、放射性微粒子の空中濃度（水滴中も含む）が 50 倍あることになります。図 3-1 の放射性微粒子濃度は図 3-2 の場合の 50 倍もあるのです。

- (11) SPM は通常負に帯電している場合が多いのです。これは、空気中の電子が微粒子に付着することで発生すると言われます。

放射性微粒子が正に帯電しており、放射性微粒子を中心に持つ雨滴が落下する際に空中的 SPM に衝突し、静電気力により放射性水滴中に取り込んでしまった可能性を考慮せざるを得ません。

その結果同じプルームでの状態を記した図 3-1 に示される南町局と図示はされていない「いわき局」で共に「ゼロ」を示したのは、高濃度の放射性微粒子は正に帯電しているので、この放射性水滴が非放射性 SPM に衝突した際に静電気力によって雨滴中に取り込まれるという「取り込み効果」によるのではないかと推察します。

この「取り込まれ」により、図 3-1 の放射性降雨の雨滴に非放射性 SPM が取り込まれたために非放射性 SPM さえも放射性降雨の雨滴に含まれ、SPM 記録がゼロ

になったという推察です。

- (12) 図 3-3 に示されるように雨が放射性微粒子を含まず静電気力が無い場合は、非放射性 SPM は雨に取り込まれることはなく、よって装置に到達する非放射性 SPM は不変であると推察されます。

(降雨モデルの適用について)

- (13) 大気中濃度と沈着量—放射性降雨の雨滴中には 100% の放射性微粒子が含まれた一さて、降雨する雨滴に含まれる放射能の量についてですが、

- ① 黒川氏は（図 3-1）について 放射性微粒子が雨に含まれていないことを試算により導き、「霧箱効果」により排除されることを証明したとしてますが、試算する仮定条件が間違っていると判断します。

$$(\text{雨に含まれる}) \text{ 大気中濃度} = \text{地表沈着密度} \div \text{沈着速度}$$

を使用しています。

通常、空気中に浮遊する、水が凝縮した放射性微粒子は霧粒以下の状態なので、毎秒の落下速度は 1mm/s 程度です。これが普通の沈着速度なのです。

黒川氏は試算では放射性微粒子が全て雨に含まれるとして、沈着速度に雨滴の落下速度を用いています。

繰り返しますが、この仮定は既に放射性微粒子は雨滴に含まれていることです。

黒川氏の仮定、はづつと続く雨の中には一定の放射能（放射性微粒子）が含まれているとの仮定から成り立ちます。雨の落下継続時間を 1 時間に限定した場合、雨は少なくとも 3600 m の上空とそれ以下の高度から落下すると仮定しなければなりません。実際の放射性微粒子の吹き上げ高さはそんなに高く迄放出されません。現実に合わせたモデルが選択されるべきです。

黒川氏の結論は上式からは 56Bq h/m^3 にしかならないので、平山論文が算出している 6000 Bq h/m^3 と比較して、放射性微粒子は雨には含まれなかつた、としています。

この算出は現実が反映されていないとみるべきです。

- ② 原子炉から放出された放射性微粒子の噴出の高さが限定し、従って噴出された放射性微粒子が地上に到達する時間も、限定されているから黒川氏の仮定は不適切で成り立たないです。それは放射性物質の噴出高度は 3 号炉は 270m（3 月 14 日 11 時 1 分）、他の炉の水素爆発は凡そ煙突の高さの半分くらいで数十m と報道されています（日テレ）。
- 仮定として、ある瞬間から 1 秒間の噴出を考えます。その 1 秒間に出了放射性微粒子群について考察します。

3 月 15 日の 2 号炉爆発による放射性微粒子は 30m 迄吹き上げられ、放射性プルームはその 2 倍の 60m の高さがあったと仮定しましょう。

- ③ 放射性プルームは、60m 以下均一に分布したと仮定しましょう。

そうすると、上記の雨滴直径 1mm 迄に成長するのはどの高さでも一斉に成長し、一斉に直径 1mm 程度まで成長し落下し始めると考察できます。

仮定が毎秒 1m の落下速度ですので、一番高くなる 60m で 60 秒掛かって地上に落下します。

それより下の部分はそれぞれもっと短い時間で地上に落下します。

実際には 60 秒以上立つと、例え雨は継続したとしても、仮定した 1 秒間に噴出した放射能は既に全て地上に沈着していて、60 秒以降の雨には放射能は含まれません。

簡略的に数式的に近似計算すると、0 秒から 60 秒の平均値の 30 秒間が一斉に降る時間と仮定できます。

- ④ 放射能が放出された時間中、これが毎秒毎秒繰り返されます。噴出が続く間中放射性降雨は続きます。3/15～16 の記録が示しますように、放射性降雨は放射能の噴出が停止すると降雨もなくなります。

ですから、この 30 秒間で計算しないと 30 秒より後に続く無意味な放射能を含まない状態を計算することになります。

全イベントが終了する 30 秒（0m から 60m の高さでの平均落下時間）で計算しなければならないことになります。

- ⑤ そうすると、1 時間当たりの平均計算では無く、イベントが起こる 30 秒間に付いて平均を取るべきです。

黒川氏は雨の中に永遠に放射性微粒子が含まれ 1 時間での沈着量で計算しておりますが、30 秒間しか放射性微粒子の沈着に関わりがありませんので、その仮定は現実を近似しておりません。1 時間限りとしても 3600m の高さまで吹き上げられていなければその仮定成り立ちません。

- ⑥ 意味のある 30 秒間について、黒川氏の計算を修正すると、

$$200000 \text{Bq/m}^2 \div (3600 \text{m/h} \times (30 \text{秒}/3600 \text{秒})) = 6667 \text{Bq} \cdot \text{h/m}^3$$

という計算になり、大気中放射能濃度 $6000 \text{Bq} \cdot \text{h/m}^3$ に匹敵する値となります。

- ⑦ こういう近似を行えば、大気中放射濃度に匹敵する降雨中濃度が再現され、放射性降雨の降雨条件を満たすことになります。放射性微粒子は全量が雨に含まれていたのです。これは上述したように降雨が放射性降雨であれば当然のことです。

- ⑧ 吹き上げ高度を現実の高さに設定すると、その計算結果は、放射性微粒子全量が雨に含まれ、雨となって降ったことを裏付けるものです。

本論考の物理的描像は正しいことを示しています。

- ⑨ なお、空中に放射性微粒子が存在して降雨がある場合（降雨の無い場合も）の沈着速度は、数 mm/h （ストークスの方式の速度範囲）であることが測定されており、 1m/h という仮定（雨滴落下速度）の 100 分の 1 程度です。仮に大きく見積もって 100 分の 1 だとすると、 5600Bqh/m^3 が得られ、上記と同等な値です。平山論文値とほぼ一致するものです。これは

上記の 30 秒間の試算と同程度の値です。放射性微粒子が雨に含まれていてもいなくとも空間濃度は同程度であるという自然の姿を現しています。

- ⑩ 降雨が放射性降雨であり、放射性降下物はほとんど全部が雨に含まれることが数値として裏付けられています。3/15~16 の SPM 南町局の測定値（～ゼロ）はほとんどが雨に含まれており雨粒は直径 1mm 程度ですので測定装置から除外されます。「霧箱効果」ではないのです。
- ⑪ SPM 局における「桐箱効果」は雨粒になりきれていない $10 \mu\text{m}$ 以下の直径を持った放射性霧滴が空中に在り、その霧粒 ($10 \mu\text{m}$ オーダー直径程度では視覚できる霧にもなりません) がポンプで引かれる膨張に伴う断熱効果で温度が降下し、飽和蒸気圧が降下し、直径 $10 \mu\text{m}$ を越える程度までの霧粒となる効果と考えられるでしょう。しかしそれはサイクロン通過の際の除外効果全体のうちの小部分でしょう。

(結論)

以下の諸点において SPM 局は到来した放射性プルームを過小評価するものと考察しました。

- ① 放射性微粒子は正に帯電され、静電気力により常に水分子を凝集するので、降雨の時は雨に含まれ除外され、降雨でないときは SPM 捕集装置の「サイクロン効果」で大部分が除

外されます。

直径が $10 \mu\text{m}$ 程度以下の状態だった霧粒が $10 \mu\text{m}$ 以上の霧粒（雨滴）になり、サイクロンにより装置から除去される「霧箱効果」は湿度に関わりなく生じますが、この状況にある水滴状態はむしろ湿度が低い時だと判断すべきです。

- ② 濾紙に蓄積した SPM を検出するメカニズムとしてベータ線を照射して背後の検出器に到達

するベータ線の減衰により蓄積量を評価しているが、 β 崩壊の放射性 SPM が濾紙に到達す

るとちょうど減衰分に相当する厚さに応じたベータ線が発射されるために到達した放射性 SPM が「ゼロ」を記録すると推察される。

- ③ 非放射性 SPM は一般的に負電荷を帯びているとされるが、 β 崩壊の放射性微粒子に凝集した水滴は正に帯電しているので、濃い放射性プルームが放出された場合には、非放射性の SPM をも静電気力で放射性微粒子水滴に取り込んでしまい、それが故に SPM 全体が「ゼロ」を記録するようになると推察される。