

関東地方のホットスポットは何故おきた？

TV や週刊誌などで関東地方の一部（東京・千葉・埼玉）に、局地的に放射線量の高い場所があることが報じられています。福島原発から 200km も離れたこれらの場所で放射線量が高い理由については、某 TV で「3/21 の降雨によって、原発で発生した放射能雲から放射性物質が局地的に落ちた」との報道がありました。また、300km も離れた静岡県のお茶の放射能問題も、当時の前線の影響が考えられるなど、3/21 前後の気象状況については、下記の個人サイトに説明があります。私は気象の専門家でないので、公的機関でも是非、確認してもらいたいものです。

- ・ <http://ishtarist.blogspot.com/2011/06/20113203.html>
- ・ <http://kenken4433.blog51.fc2.com/blog-entry-1.html>

なお、周辺より放射線量が高いといっても、毎時 0.4～0.5 マイクロシーベルトです。この値は、ガンマ線測定器を地上 1 m 付近において測定したものとされます。所で、新聞などに出ている数値は、ビルの屋上などで宇宙から降って来る放射線を測定している場合が多いので、地上との差を知っておく必要があります。

宇宙からの放射線量	年間 0.38 ミリ シーベルト	毎時 0.04 マイクロ シーベルト
大地から（東京都の例）	0.32	0.04
原発による許容値(ICRP 勧告)	1.0	0.11
合計	1.7	0.19

つまり、毎時 0.19 マイクロシーベルトが、国際的な基準値ということになります。一方、ホットスポットといわれる場所での値は毎時 0.4～0.5 マイクロシーベルトで、基準値の 2 倍程度ということです。

原発による放射能は、現在では殆どがセシウムによるもので、表面土壌に付着しているものと考えられます。6/16 の No.48 メモで「家庭でできる環境放射能改善」について紹介しましたが、この程度であれば、表面土壌を少し削り、袋などに詰めて別途保管すれば、目標値を達成するのは可能と思います。まずは、現状の放射線量を細かく測定し、環境改善を図ることです。これらは本来、行政の任務ですが、個人でも出来ることです。

関東ホットスポットの放射能は何時、どの原発から来たのか？

福島原発では、1 号機が、3/12 に格納容器ベントし、3/12 に原子炉建屋最上階で水素爆発し、3 号機は 3/13 に格納容器ベントし、3/14 に原子炉建屋最上階で水素爆発しました。2 号機は、ベントをせずに、3/15 に圧力抑制室付近で水素爆発しました。つまり、3/12 から 3/15 の間に、沃素・セシウムなどの放射性物質が水蒸気と共に、排気塔（煙突）から原子炉上空へ立ち上り、雲のようになったと考えられます。いわば放射能雲とでもいうものですが、専門的には「放射性プルーム（Plume）」と称しています。飯館村・福島市・郡山市などの放射性物質は、このプルームが北向きの風で飛んでいって、3/15 頃の雨などで落下したと考えられています。

3/20 夜に南向きの風が吹き、最初のプルームが関東に到達した頃、3/21 の降雨でホットスポットができたと考えられますが、最初のプルーム発生から 1 週間近く経っています。雨で全部が落ちるとは限らないので、このプルームが関東のホットスポットの源かも知れません。3/15 以降、原発でベントや爆発はないので、私もそう思っていました。上記のサイトで「3/20 に 3 号機に起きた爆発（正確には一時的な圧力上昇）と関係あるのではないか？」との指摘があり、検討してみました。

下記は千葉市の線量率の推移（対数目盛）で、3/21 朝に数倍に増加しています。特に注目されるのは、それまでは沃素 131 が主だったものが、セシウム 134 が最大になっています。その他の成分割合も 3/21 前後で異なっていることから、3/21 の放射性物質は同じプルームから降ってきた物ではないと言えるでしょう。

沃素の沸点（気化温度）は 184 度、セシウムは 671 度、テルルは 988 度ですから、放射能流出の当初は沃素が大部分で、その後、セシウムなどの沸点の高い元素が流出したと考えられます。なお、これらの元素はいずれも水溶性で、水蒸気と共に流出したと考えられます。

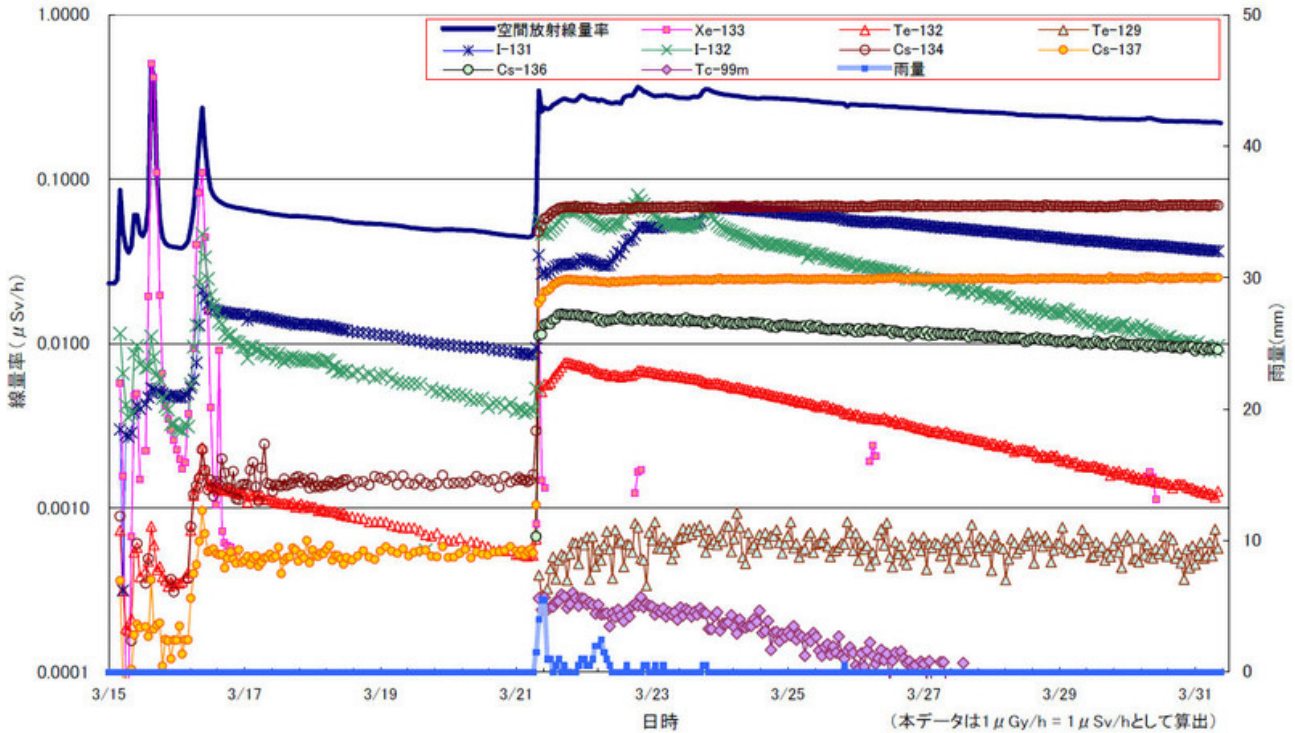
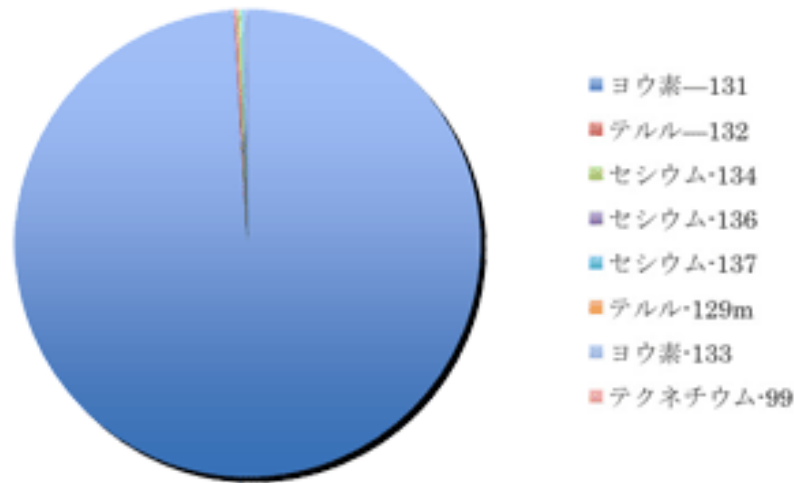


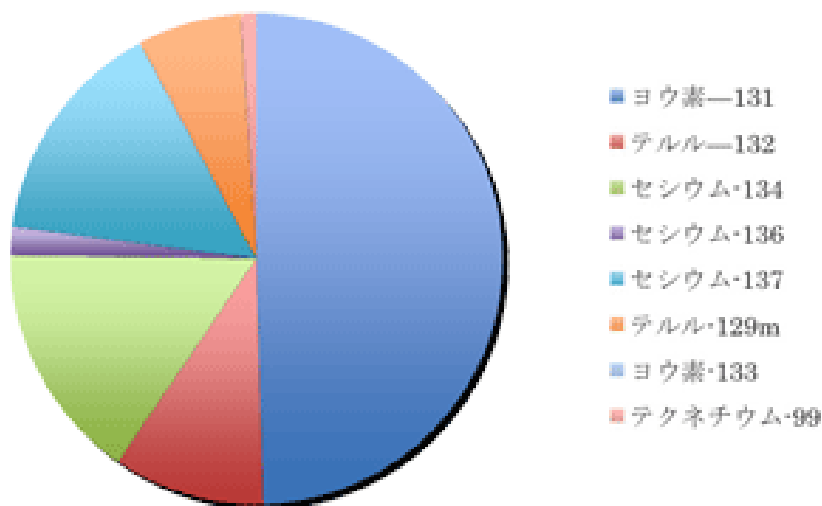
図1 日本分析センターにおける空間放射線量率の測定結果
(千葉市での測定値)

2011/4/1
日本分析センター調べ

他にも、つくばの高エネルギー加速器研究機構で採取された「空気中の放射性物質の種類と濃度の測定結果」を見ると、3/20 前後で、核種の種類が異なることが分かります。3/20 までは、沃素 131 が殆どだったのに対し、それ以降のデータでは、セシウムやテルルがかなりの割合であることが分かります。



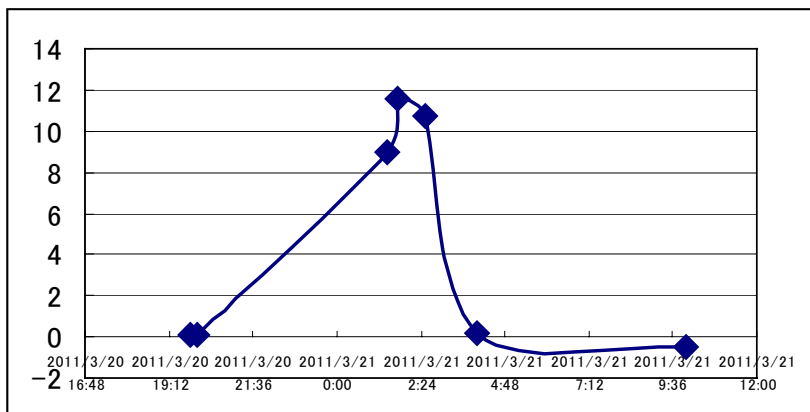
2011年3月18日10:16～3月20日9:55 採取データ



2011年3月20日10:00～3月22日9:54 採取データ

これらのことから、3/20 頃に、放射能雲を作るような大量の放射能流出があったのではないかと疑われます。

3号機について、東電データによると、3/21の01:45に、それまで0.1MPa前後を推移していた原子炉圧力計Aが、突然8.968Mpaに増加し、02:30に10.774MPaを示した後、04:00に0.2MPaまで下がっています。

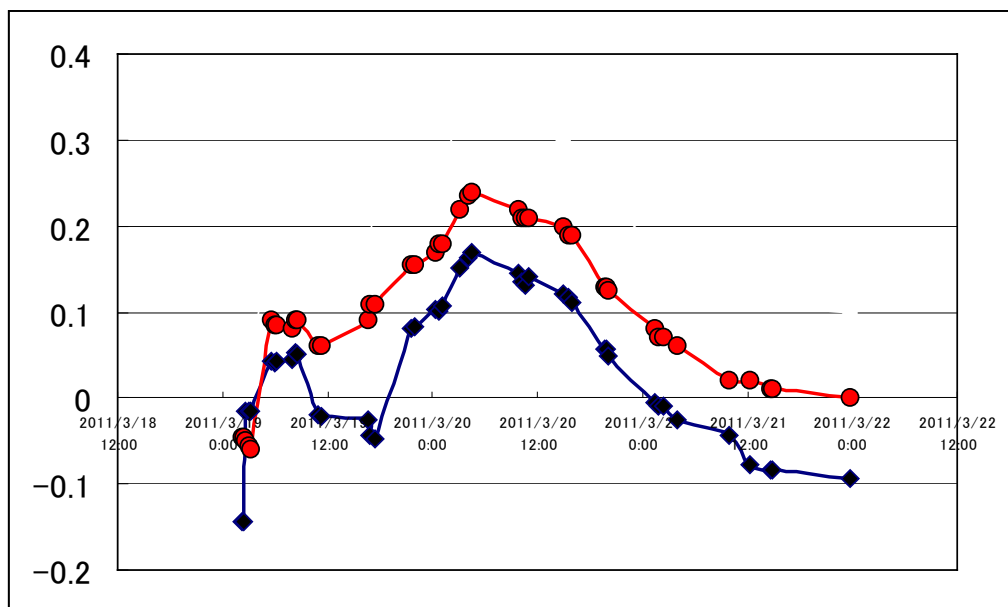


3号機原子炉圧力計A (ゲージ圧) の推移

しかし、同時刻にB系は全く変動はありません。また、もし原子炉が100気圧もの高圧になれば、圧力逃がし安全弁経由で格納容器へ蒸気が出ていき、あるいは圧力容器が破損した場合でも、いずれも格納容器の圧力が高くなるはずですが、3/21の同時刻にそれらしい事象は見られません。以上から、A系の故障と判断されます。

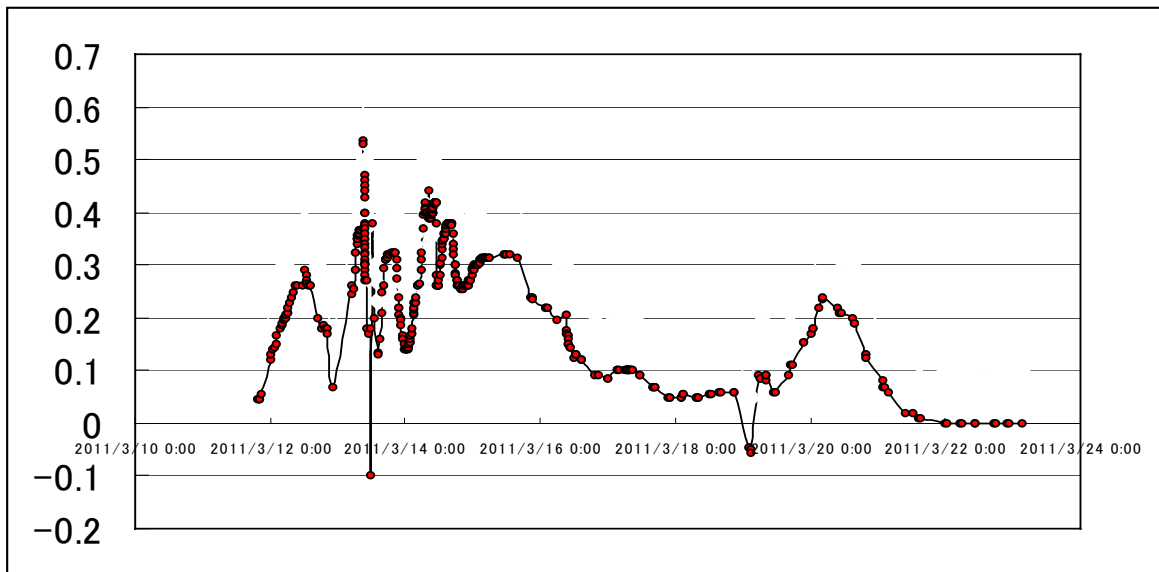
次に、3/20に、原子炉圧力はほぼゼロ（大気圧）から、半日かけて2気圧程度に上昇し、さらに半日かけてほぼゼロに戻っています。格納容器（ドライウェル圧力）もほぼ同様の推移を示しています。

（格納容器圧力は絶対値なので、大気圧との差（0.1Mpa）を引いて、ゲージ圧で示す。ゼロが大気圧ということ）



3号機原子炉圧力計B(青)と格納容器圧力 (赤、ゲージ圧に換算)

3/11からの少し長い期間で見れば、格納容器圧力は、3/14の水素爆発以降も、多少の正の値を示していることから、格納容器の破損はあっても、大きなものではないと考えられますが、3/20の圧力上昇・降下後はゼロ、つまり大気と同じになり、完全に破損したことが分かります。



3号機格納容器圧力の推移（ゲージ圧に換算）

以上のデータからは、3/20の事象は、爆発事象や臨界事象ではないと判断できます。まず、格納容器内は、水蒸気に満ちています。燃料が高温になった際に出た水素は、既に水素爆発で外へ出ています。水中の放射線分解で水素が出ますが、元々大量ではないし、水蒸気が満ちた環境では水素爆発は起きないことが実験で確認されています。また、水素爆発では、上のような、ゆっくりした圧力上昇や降下は考えられません。

一方、臨界事象も瞬時の出来事で、また、原子炉停止時からの臨界事象ではたいして圧力が上がりません。実際、東海村のJCO臨界事故では、一晩中、臨界を繰り返しましたが、薄い容器さえ破壊されませんでした。

3号機の3/20の圧力上昇の原因は何か？

では、3/20のゆっくりした圧力上昇の原因は何か？ということに関して、例えば以下の推測は可能ですが、検証はできないでしょう。

3号機では、3/13に燃料が1200度以上の高温になって崩落したと考えられています。この時点で、圧力容器底部（更には格納容器底部）が破損した可能性があります。圧力上昇は、例えば、圧力容器や格納容器の破損箇所が、何かの原因、例えば、流出した燃料が詰まったりすると起きます。蒸気の流出が止まるので、その分だけ、内部の圧力が高まるからです。

その後、詰りが解消されて、内部の放射能が大量に漏洩したことによって、新たな放射能雲ができて、これが関東各地のホットスポットをもたらした放射能ということが考えられます。最初のプルーム生成時は殆ど沃素だけだったのが、それから1週間経っているので、沃素以外の元素（セシウムやテルルなど）が多くなっていったと考えられます。

以下の報道は、3/21 の時点なので、上記の圧力降下が終わった頃に当たります。格納容器の破損によって、放射性物質が外部へ流出した、ということでしょう。

3/21 の 16 時頃、3号機から灰色や黒色の煙が上がり、18 時頃に収まった。煙の発生場所は使用済み燃料プールの上側。

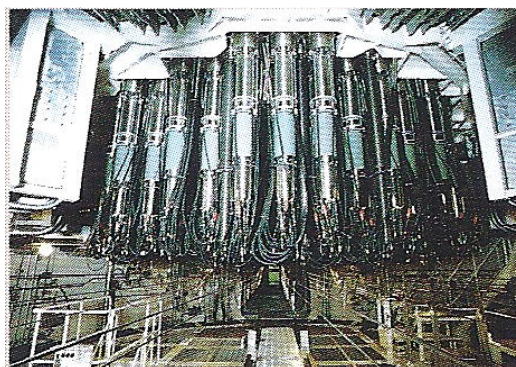
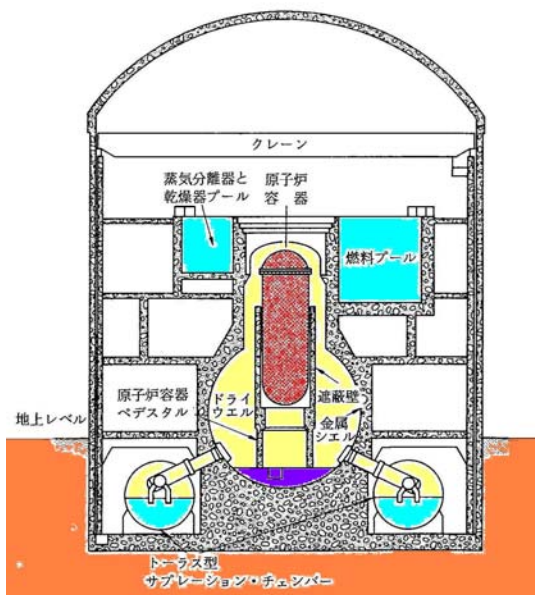
3号機から西に1キロ離れた地点の放射線量は、17:40 に毎時 494 マイクロシーベルトだったのが、18:30 には約 4 倍の 1932 (μ SV/hr) へ上昇したが、20:30 に 442 (μ SV/hr) に下がった。



また、一般に黒煙は有機物の燃焼です。BWRの格納容器は、左下図のように、底部はコンクリート床です。右下写真のように、圧力容器の底部は、多数の制御棒駆動機構などがぶら下がっています。高温の燃料落下によって、原子炉圧力容器底部の制御棒駆動機構や中性子計測系のケーブル（有機物絶縁体など）が燃えたのでしょうか。

なお、高温の燃料が格納容器へ落下すると、床面のコンクリート（左下図の紫色部分）と反応し「コア・コンクリート反応」が起きるとされています。例えば、フランスの IRSN（仏国の原子力研究機関）は「黒煙はコアコンクリート反応によるもの」という見解を提出しています。（<http://www.afpbb.com/article/disaster-accidents-crime/disaster/2792610/7005562>）

しかし、JNES が出した「原子力発電シビアアクシデント晩期の格納容器閉じ込め機能の維持に関する研究報告書」では「米国の石灰岩系のコンクリートは炭素を含むが、日本国内のコンクリートは炭素を含まず、組成は無機物なので、コアコンクリート反応による炭酸ガス（CO または CO₂）は殆ど生成しない」としています。従って、黒煙（おそらく CO）は、上述のように、ケーブル有機物の燃焼でしょう。



プルトニウムの飛散は3号機から？

3/21に福島サイト内の土壌からPuが検出されました(下記資料)。Puは融点・沸点ともに非常に高く、金属蒸気の形で飛散することは考えられません。従って、可能性が高いのは、4号機で、原子炉建屋の屋根が水素爆発し、使用済み燃料プールの燃料が破損して飛散した、と推定してきました。

しかし、今回の3号機のような場合でも、Puが飛散する可能性があります。即ち、Puが飛散するのは、燃料物質が格納容器へ落下し、更に格納容器が破損して、内部の水蒸気と共に飛散する、というシナリオが考えられるからです。

もし、3/21以前の土壌測定結果があつて、それ以前にPuが出ていなければ、これを裏付ける証拠となるのですが、残念ながら、それ以前は測定していないようです。少なくとも、公表していません。

そういう訳で、土壌のPuは、1/2/3号機の炉心燃料から飛散したかもしれないし、当初の推定どおりの4号機燃料プールかも知れません。

福島第一原子力発電所・土壌中のPu測定結果(単位:Bq/kg・乾土)

採取場所：グラウンド付近

採取時間：3月21日13:30頃

Pu-238 : $(5.4 \pm 0.62) \times 10^{-1}$

Pu-239, Pu-240 : $(2.7 \pm 0.42) \times 10^{-1}$

<http://www.meti.go.jp/press/20110328011/20110328011-2.pdf>

2011-7-7 記

一つ訂正です。No.50の「Fukushima Accident Summary-1」で、テルルの沸点を天然テルルの値を記載してしまいました。以下に訂正します。

Errata:

At page-4 of Report-1(Fukushima-1 summary), vaporizing temperature of Te(Tellurium) was shown as 1390-deg.-C, but the correct value is 988deg.-C, based on Wikipedia.