

ストロンチウム測定値

5/22 に、東電は、JAEA（日本原子力研究開発機構）が測定した各号機のタービン建屋地下水の放射能分析結果を公開しました。この中に、ストロンチウムのデータも一部、出ていました。

私が、ストロンチウムに注目している理由は、2つあります。

- ①沸点が 1382℃と高いので、燃料がその温度に達したことの証拠になること。
- ②ストロンチウムはカルシウムに似ているため、いわゆる内部被曝の問題があるとされていること。ただ、後述の検討の結果、殆ど問題にならないようです。

結論から言うと、ストロンチウムの空中飛散は少なく、殆どが原子炉建屋・タービン建屋の地下水中に留まっている模様で、今後、これらの汚染水が回収できれば、ストロンチウムについては心配する必要は余りなく、放射能災害としてはセシウムによるものが殆どと考えて良さそうです。

1号機

核種分析、T/B:タービン建屋地下水、R/B:原子炉建屋地下水、単位：ベクレル/cc

	半減期	T/B(3/26)	T/B(4/13)	R/B(5/27)
沃素 131	8 日	15 万	3 万	3 万
セシウム 134	2 年	12 万	12 万	250 万
セシウム 137	30 年	13 万	16 万	290 万
バリウム 140	13 日	検出限界以下	検出限界以下	
ストロンチウム 89	50 日	測定せず	微量(57)	測定せず
ストロンチウム 90	29 年	測定せず	微量(21)	測定せず

沃素の沸点（気化温度）=184℃、セシウム=153℃、バリウム=629℃。ストロンチウム=1382℃。
3/26 データは No. 19 メモ（2011-4-5）より転載。5/27 データは No. 43 メモ（2011-5-31）より転載。

これらのデータから分かること：

1号機については、No.42 メモで書いたように、3/11 地震発生時の深夜（3/12 早朝）に、圧力容器破損・格納容器破損が起きたと考えられ、その時点から、原子炉建屋地下に高濃度放射能の汚染水が流れ込んだ、と考えられます。なお、1号機圧力容器が破損した時刻について、保安院解析では 3/11 午後 8 時頃、東電解析では 3/12 午前 6 時としています。

所で、沃素・セシウム・ストロンチウムはいずれも水溶性であるため、燃料が損傷した際に炉水に溶出し、蒸気となって、格納容器（圧力抑制室）で水に戻り、更に、格納容器の破損で原子炉建屋地下に流れ込んだルートの方が大きいと思います。

ストロンチウム 90 はガンマ線を出さず、また、ストロンチウム 89 のガンマ線を出す崩壊は非常に少なく、東電の放射線管理部隊では測定できないようで、上記表の 4/13 のストロンチウム測定値は、JAEA によるものです。測定は、汚染水からストロンチウムを分離し、1 週間ほど放置してイットリウムが生成するのを待って、そのベータ線を測定するので、かなり面倒な操作が必要とのこと。

4/13 データにストロンチウムが検出されています。沸点（気化温度）が 1382℃と高いものの、燃料被覆管が水から露出して 1200 度以上になったのは確かなので、燃料ペレットはそれ以上の温度になっていたはずで、検出されても不思議ではありません。

しかし、不思議なのは、ストロンチウム 89/90 は、核分裂収率（核分裂で生成する割合）

が5%程度と、沃素・セシウムと同じく非常に大きいのに、測定値は微量であることです。

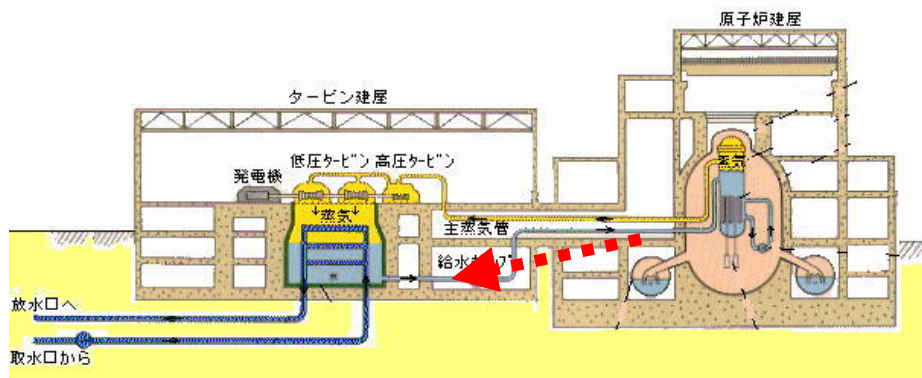
ストロンチウムが微量である原因①

ストロンチウムは、クリプトン（気体）がベータ崩壊して出来るルートもあるので、1号機タービン建屋地下水で測定されたストロンチウムは、この可能性もあります。つまり、燃料は1382℃になっていなかったのかも知れません（Kr89が半減期3分でSr89へ、核分裂収率5%。Kr90が半減期0.5分でSr90へ、核分裂収率5%）。また、ストロンチウムが水へ移行するのに時間が掛かる、ということかも知れません。

ストロンチウムが微量である原因②

一方、後ほど示す2号機・3号機のデータでは、セシウムの1/10程度のストロンチウムが検出されており、本来、最も燃料損傷が激しいはずの1号機のストロンチウム測定値が異常に小さいのは不思議で、測定の誤りかデータの取り違え、という可能性の方が高そうです。

もう一つの特徴は、タービン建屋地下水のセシウム放射能が、原子炉建屋地下水の値の1/20という小さな値であることです。これは、4/13時点では、原子炉建屋地下水がタービン建屋地下に余り流れ込んでいなかった、ということを示唆しています。ただ、タービン建屋地下水の5/27時点の測定値がないので、現時点では、タービン建屋地下水の放射能も上がっているかも知れません。



タービン建屋地下への流入が少ない？

4/15のNo.25メモで書いたように、周辺の土壌から既に微量のストロンチウムが検出されており、ストロンチウムはカルシウムに化学的な性質が似ているため、骨の中のカルシウムと置き換わって体内に蓄積し、長期間に亘って放射線を出し続け、いわゆる内部被曝の問題があるとされています。

さらに、海洋汚染では、魚を食べることによる体内被曝が懸念されるかも知れません。水産学の専門家の解説が下記にあります。

●勝川俊雄准教授、三重大学・生物資源学部 <http://katukawa.com/>

長い解説ですが、食物連鎖はそれ程大きくないこと、余程汚染された魚を大量に食べない限り、ICRP（国際放射線防護委員会）によれば、幼児であっても、内部被曝は問題ないことが記載されています。

なお、ストロンチウムは、チェルノブイリ事故でも、セシウムの1/10程度、放出されました。所が、福島原発周辺土壌の値はセシウムの1/1000程度と極めて微量であり、事故時に放出されたクリプトンがベータ崩壊して出来たのかも知れません。もし、そうだとす

れば、今回の測定結果のように、ストロンチウムの大部分が水中にあるなら、周辺土壌へのストロンチウム汚染は軽微でしょう。

2号機

核種分析、T/B:タービン建屋地下水、単位：ベクレル/cc

	半減期	T/B(3/27)	T/B(4/13)
沃素 131	8 日	1300 万	200 万
セシウム 134	2 年	310 万	260 万
セシウム 137	30 年	300 万	280 万
バリウム 140	13 日	68 万	24 万
ストロンチウム 89	50 日	測定せず	70 万
ストロンチウム 90	29 年	測定せず	14 万

沃素の沸点（気化温度）=184℃、セシウム=153℃、バリウム=629℃。ストロンチウム=1382℃。
3/27 データは No. 19 メモ（2011-4-5）より転載。

これらのデータから分かること：

沃素 131 とバリウム 140 は、半減期通りの減衰です。問題のストロンチウムのうち、Sr89 は測定後 2 ヶ月近く経った今では、この半分の値であり、今後、減衰していくので、残るのは Sr90 だけですが、セシウムに比べ 1/20 の放射能です。つまり、無視できないものの、問題はやはりセシウムであることが分かります。

2号機については 3/15 の水素爆発で格納容器が破損し、原子炉内の高濃度放射能水が、格納容器から原子炉建屋地下へ、さらにタービン建屋地下に流入していることが私の分析で示されています（4/3 の No.18 メモで、炉内の沃素量を計算して、タービン建屋地下水の放射線量から推定した分析）。

なお、2号機圧力容器が破損した時刻について、保安院解析では 3/14 午後 10:50 頃、東電解析では 3/16 午前 4 時としています。

3/15 の爆発でストロンチウムと一緒に空中に飛散したなら、周辺土壌で沃素の 1/20 のストロンチウムが検出されるはずですが、1/1000 の数値でした。つまり、この時点では、ストロンチウムは殆ど水へ移行していなかったのかも知れません。今後、データに注意していく必要がありますが、周辺土壌へのストロンチウム汚染は軽微でしょう。

また、ストロンチウムが検出されていることは、燃料ペレットが沸点（気化温度）の 1382℃ 以上になったという証拠ですが、同程度に生成されたセシウムの 1/20 ということは、燃料の高温状態が長く続かなかつたのかも知れません。

3号機

核種分析、T/B:タービン建屋地下水、単位：ベクレル/cc

	半減期	T/B(3/27)	T/B(4/14) 括弧内は 2 号機との比率
沃素 131	8 日	32 万	16 万(8%)
セシウム 134	2 年	5.5 万	14 万(5%)
セシウム 137	30 年	5.6 万	16 万(6%)
バリウム 140	13 日	1.0 万	1.5 万(6%)
ストロンチウム 89	50 日	測定せず	8.6 万(12%)
ストロンチウム 90	29 年	測定せず	1.5 万(11%)

沃素の沸点（気化温度）=184℃、セシウム=153℃、バリウム=629℃。ストロンチウム=1382℃。
3/27 データは No. 19 メモ（2011-4-5）より転載。

これらのデータから分かること：

沃素 131 は、ほぼ半減期通りの減衰です。しかし、セシウムは 3/27 の 3 倍に増えていて、奇妙です。括弧内に 2 号機との比率を示しますが、2 号機から漏洩した水が流入したのではないかと思います。

3 号機については、6/2 の No.44 メモで書いたように、3/13 に、炉心損傷・燃料崩落が起きて、3/14 に水素爆発しましたが、メモに記載したように、原子炉圧力・格納容器圧力は正の値を示しており、この時点では、圧力容器や格納容器の破損はなかったように見えます（少なくとも、大穴は開いていない）。

なお、3 号機圧力容器の破損に関して、計算コードによる評価結果として、保安院解析では 3/14 午後 10:50 頃、東電解析では 3/14 午前 9 時としています。

表に示す放射能は水溶性なので、圧力容器破損がなくても、水蒸気と共に格納容器へ流入します。従って、放射能災害防止の点では、圧力容器よりも格納容器が重要です。現時点で格納容器がどうなっているかの結論は、原子炉建屋地下水の放射能分析結果を待つこととします。

4 号機

核種分析、T/B:タービン建屋地下水、単位：ベクレル/cc

	半減期	T/B(3/24)	T/B(4/12)
沃素 131	8 日	360	310
セシウム 134	2 年	31	20
セシウム 137	30 年	32	22
バリウム 140	13 日	検出限界以下	検出限界以下
ストロンチウム 89	50 日	測定せず	検出限界以下
ストロンチウム 90	29 年	測定せず	検出限界以下

沃素の沸点（気化温度）=184℃、セシウム=153℃、バリウム=629℃。ストロンチウム=1382℃。
3/27 データは No. 19 メモ（2011-4-5）より転載。

これらのデータから分かること：

残念ながら、このデータからは汚染が非常に少ないということしか分かりません。4 号機は燃料プールにしか燃料がなく、半減期の短い沃素 131 が観測されたということは、2/3 号機の地下水が流入した可能性があります。

2011-6-8 記