

原子炉状況推定の仕方

東北大学 流体科学研究所 圓山重直

2011/05/16 作成

2011/05/16 10:00 発信

概要

16日朝の報道において、1号機のメルトダウンが報道された。1号機のシナリオは5月11日に当方で発信した HTCRep.14.2 とほぼ同一である。4号機建屋の爆発原因についても報道されたが、これも5月1日と5月6日に発信したメールと同一内容である。4号機プールの挙動は我々の推定と一致する。

しかし、1号機に関する報道によると、炉心は完全に溶け落ちて炉心に固まっているメルトダウンと報道されている。これは、世界にたいして誤解を与える情報を提供することになる。つまり、この報道が正しければ、初期に格納容器が溶解し、チェイナシンドロームを起こしたり再臨界が起きていることになるからだ。3号機は水が入りにくいので1号機より危機的状況にありその解析も必要である。

炉心の現状把握には、コンピュータによるシミュレーションだけでなく、各時系列における全ての計測結果や状況が、推定されたシナリオで少なくとも定性的に説明される必要がある。つまり、熱解析だけでなく、信頼性のない計測装置のデータや周囲の放射線強度モニター履歴も事象解析には重要な要素となる。5月14日発信の HTCRep.15.1 では温度計や圧力計を使った推定方法を示し、Rep.14.2 では破損状況の推定方法を述べた。

報道で東電がコメントしたこととは異なり、原子炉の過去と現在の状況を正確に把握することは、今後の対策にとって最も重要であることは言うまでもない。そこで、原子炉状況の推定の仕方をレポートし、今後の対策についてもコメントする。Rep.15.1 に述べたように3号機は1号機に比べて危険な状況にあり、緊急でレポートを発信する。

1号機の分析

報道では、かなり早い段階で完全メルトダウンしたとある。1号機は隔離時冷却システムが数時間動いた形跡があり、報道より遅い時間にメルトダウンした可能性が高いと考えられる。Rep.15.1 に述べたように、破損箇所が再循環ポンプなら燃料棒の半分まで一気に水位が下がり、それからドライアウトする。蒸気の方が、水に比べて流動抵抗が小さいのでまず蒸気で漏出する。崩壊熱は時間とともに減衰するので、原子炉停止からいつドライアウトするかは重要だ。もし、制御棒挿入口のように RPV 最下部が破損したら一気に水位が下がるが、この場合は報道の事態となり、RPV は抜け落ちてもうすでにチェイナシンドロームが起きている。

我々には、事故後の正確なデータが一切ない。その状態で事故推定を行うのは、自分の持ち札を全て知っている相手とトランプの真剣勝負をするようなものだがあえて行う。全ての持ち札を持っている関係各位は、本レポートを参考にデータの整理をしていただきたい。

原子炉の各計器は、現在は壊れているかもしれないがある時点までは正確な値を出しているものと考え

えられる。それらを時系列的に分析し、その他のデータと照合することによって、より正確な事象の推定が可能となる。また、関係各位が行った処置について原子炉は反応しているので、それが推定されるシナリオと矛盾しない反応を起こしていたかも検証する必要がある。これらが「全て」納得がいく説明（出来れば定量的に）行われたとき、それが原子炉の事象である。ある仮定に基づいたコンピュータシミュレーションと例えば我々が推定した事象が大略符号するからと行ってすぐシミュレーション結果を鵜呑みにするのは危険である。

我々の推測では、ある一定時間までは水が存在し炉心の溶融は新聞報道より 6 時間以上後だと推定される。また、炉心は完全に溶けたかたまりではなくクラスター上の瓦礫に一部溶融部がある状態と推定される。スリーマイルアイランド (TMI) 事故の炉心状況と類似ではないかと思われる。関係各位はご存じだと思うが石井氏の新聞報道を添附する。

以後、どの時点でどの計測器が壊れたかを解析する。水面近傍の圧力計と温度計が飽和状態で一致していればその値は信用できる。また、燃料体がどのくらい水面から出ているかは、PRV 底部の温度と圧力、過熱蒸気による温度成層の形成を解析すればある程度推定できる。もれ開口部の大きさについては、Rep.14.2 参照。各時系列の解析を関係各位で実施して頂きたい。その時、外部の放射線量の変化と DW や SC の破損状況も相関があるので、「全てのデータ」とシナリオを比較する。

1 号機では、初期の高圧で DW だけでなく SC も破損していたようである。その破損の大きさも初期の DW や SC と大気圧との圧力差、漏洩蒸気と漏洩水量の比較からおおざっぱに推定できる。可能ならば圧力計も修理するともっと正確な状況が分かり、対策が的確になる。

2—3 号機の分析

我々は正確なデータを持っていないので、「NPO 日本の将来を考える会 <http://ioj-japan.com/xoops/> 福島第一原発事故グラフで見るプラントパラメータ」などで推定するしかない。プライベートでも事故後からの詳細なデータ（値は多少ずれていても良い）が手に入ればもっと正確な推定が出来るのだが。

炉心の破壊の度合いは、隔離時炉心冷却設備がいつまで動いていたかに依存する。これが止まると 1 号機と同様なプロセスでドライアウトになる。炉心の発熱量によってどの程度の炉心溶融になるかが推定できる。また、水注入は十分でないにしても行っているため、それによって炉心の状況は変化する。

炉心がどの程度水面に出ているかは、水の飽和温度と圧力、RLPV 底部温度 RPV 各部の温度を比較することによって推定できる (Rep. 15. 1 参照)。2 号機、3 号機はドライイベントだけでなく SC や DW が破損したときに放射線量が上昇している。それと、各温度・圧力データを照合することによって、炉心で何が起きているかが推定できる。

詳しくは解析を行っていないが、3 号機炉心の損壊は 1 号機よりも激しいと推定される。そのため、水を注入しても瓦礫状態の燃料体に水が入らず一部空だき状態となっていることが推定される。ごく最近のデータがないので、16 日の状況は不明であるが、一部の炉心溶融部が RPV に固着して温度が高温になっている。報道によると 16 日から 3 号機にホウ酸水を再注入しているようであるが、再臨界が始まっているのだろうか。それなら大変である。

新工程表の参考事項

17 日に間違った工程表を発表すると、原発事故収束が一段と遅れるので参考コメントを述べる。

Rep.15.1 で述べた我々の当面の目的をもう一度列挙する。

- (1) 原子炉が水素爆発や水蒸気爆発を起こして、大規模な放射能汚染を起こさないようにする。
- (2) 大気中・地中・海洋へ漏れ出る放射能を封じ込める。
- (3) 今後起こるかもしれない津波や大規模余震で上記(1)、(2)が起きないようにする。

目的(1)については、3号機が懸念事項である。再臨界が起きていないことを祈る。もし、水が行き渡らないだけなら、投入水量を多くする。崩壊熱発熱量 2.67MW、水の蒸発量 4.46 トン/h の 10 倍位を目処に注入することができれば、過熱は収まる。そのためには、タービン建屋の汚染水を簡単に塩抜きして注入し、水の循環を行う必要がある。

目的(2)については、Rep.15.1 でも述べたが、先ず、原子炉建屋の地下を汚染水から隔離する。トレンチやタービン建屋と繋がっている比較的浅い透過水層の遮断を実施すべきである。コンクリートミルクの注入はすぐ出来る。トレンチや縦坑の排水はその後にやっても十分だ。

質量保存の法則に従い、漏出しタービン建屋に溜まった海水を簡単に塩抜きして、炉心に再注入する作業を急ぐべきである。少し塩分が残っていても良いし、放射能物質も除染せずそのまま炉心に戻してやる。これも、先のコンクリートミルク注入と同じ既存技術である。放射能は炉心から出たのであるから、それを炉心に戻しても何の差し障りもない。

1-3号機全ての SC が破損していることが明らかとなり、Rep.15.1 に示した対策(3)が全てに適用できる。実施手順は以下の通り。

- (1) まず、タービン建屋汚水を簡易に脱塩して、多量の水を炉心に注入する。外部真水の注入もするが逐次減少させる。このとき、RPV、DW、SC の破損状態を推定し(Rep.14.2) 納入水量で水が SC 格納室まで流れることを確認する必要がある。最終的には蒸発熱量の約 10 倍の水を流す。
- (2) 熱交換器を介して、SC 格納容器に溜まった水を炉心に循環させるループを設置する。もちろん除染はしない。これと同時に原子炉建屋の塩抜き水の投入も実施する。熱交換器を通した循環を徐々に増やして、循環流量が蒸発熱の 10 倍程度になったら原子炉は冷温停止する。
- (3) まず、原子炉建屋地下の漏水対策を優先する。次に SC 格納容器周りの部屋に大量のコンクリートを投入して漏れを原子炉建屋の漏れを防ぐ。
- (4) 長期使用に向けた水循環のために恒久的な SC 容器—ポンプ—熱交換器—炉心注水—原子炉の漏れ部—SC—SC 容器、の循環システムを完成させ長期に運用する。

目的(3)に対する対策は、Rep.5.1 を参照されたい。