

事態が深刻になったのに、なぜ工程表は同じ？（特に1号機の件）

新聞やTVを見た皆さんは「福島原発の事故状況が悲惨なことが遅まきながら分かったが、当局は大変そうな顔もしていないし、工程表も変更されていない。なんか騙されている気がする」という印象を持たれたと思います。TVでも、そういうコメントが多くありました。

1) 「事態が深刻になった」という認識の間違い

当局の説明が悪いのは確かですが、「福島原発の事故状況が悲惨なことが遅まきながら分かった」という皆さんの認識が間違っています。

事故当初の時点で、1号機について「20時間以上、炉心の冷却ができなかった」ということが報道されました、このことから、炉心では、割合はともかく、燃料が損傷し、被覆管が強度を喪失し、中の燃料ペレットが破片・粒子となって崩落したことは確実です。

この時点で、当局の頭に浮かんだのは「スリーマイル原発事故のように、2800度に達して、ドロドロに溶けた燃料が、圧力容器の底部を貫通するのではないか？」という恐怖だったと思います。

落下した燃料ペレットの破片は、中性子計装管を破損させ、中の水と、燃料ペレットの破片が、格納容器へ流出しました。そのため、3月12日に、原子炉圧力容器の圧力が70気圧から1/10に減少したと考えられます。

しかし、その後、燃料自体が穴を塞いだのか、炉心圧力は若干の正の値を示し、圧力容器に大穴が開いた、あるいは、ドロドロに溶けた燃料が、圧力容器の底部を貫通するという惨事は起きなかった、というのが東電の認識でしょう。

次の誤解は「炉心の70%破損が実は100%だった。大変だ」というものです。

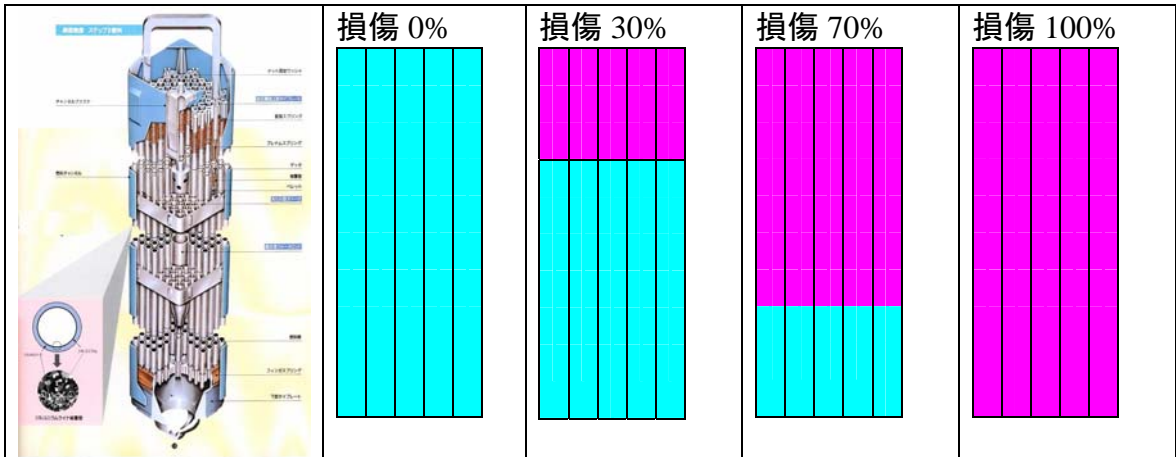
本メモでは「炉心損傷」を、燃料が水から露出して、被覆管が強度を失って破損し、中の燃料ペレットが落下すること、と定義します（★）。

以前に書いたように、燃料が水から露出すると、下記の3段階の順で起きます。今回1号機で起きたのは下記の2番目です。

- ①燃料被覆管にクラック（ひび割れ）が起きて、沃素などの気体状の放射能が漏洩する。
- ②更に温度が上がると、被覆管が破れて、燃料ペレットが圧力容器底部に崩落する。
- ③更に放置すると、燃料ペレットが2800度に達してドロドロに溶ける（★★）。

炉心には約3万本の燃料棒があります。皆さんは「炉心損傷30%」というと、残り2万本の燃料棒は大丈夫だった、と思うかも知れません。しかし、燃料は上部から露出するので、全ての燃料棒が損傷します。そうすると、下側70%の燃料ペレットに残存している放射能はかなり残っているでしょうが、内部の気体状の放射能、つまり沃素やキセノンなどは100%、圧力容器に放出され、格納容器へ流出します。炉心損傷100%と変わらない放射能流出になる訳です。

従って、今回、1号機については、70%損傷としていたのを100%損傷に変更した訳ですが、放射能流出の点では、東電は変更する理由がない、との判断になったと考えられます。事態を正確に把握していなかったという点で甘かった、とは言えますが、災害把握の点では変更にあたらない、と考えたようです。



(★) 「メルトダウン」の定義

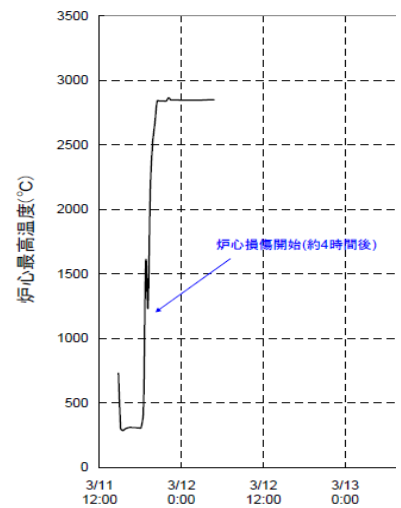
NRC（米国原子力規制委員会）サイトでは、下記のように、燃料ペレットが（2800 度に達して）溶融する状態をメルトダウンと定義しています。従って、燃料被覆管が（1200 度に達して）強度を失い、中の燃料ペレットが崩落する事象はメルトダウンではない、という定義です。

"Core melt accident" : An event or sequence of events that result in the melting of part of the **fuel** in the reactor core.
 ここで、"Nuclear Fuel" : Fissionable material that has been enriched to a composition that will support a self-sustaining fission chain reaction when used to fuel a nuclear reactor, thereby producing energy for use in other processes.

(★★) 東電解析モデルの誤り

東電の計算では「燃料ペレットが 2800 度に達して溶けた」という結果を出しています（右図：東電資料）。これは「燃料温度が何度にも上昇しても、その場に留まる」という非現実的なモデルだからです。実際には、燃料被覆管が 1200 度に達したら、中の燃料ペレットは、压力容器下部の水へバラバラと落ちていき、そこで水がある限りは冷却されます。勿論、压力容器下部の水がなくなれば、更に温度が上がっていき、2800 度でドロドロに溶ける可能性はありました。しかし、今回は、その後の淡水や海水の注入で、そこまで達していないと考えられます。それが、压力容器の底部に大穴が開かなかった、という科学的事実から得られる結論です。

1号機燃料温度の推移



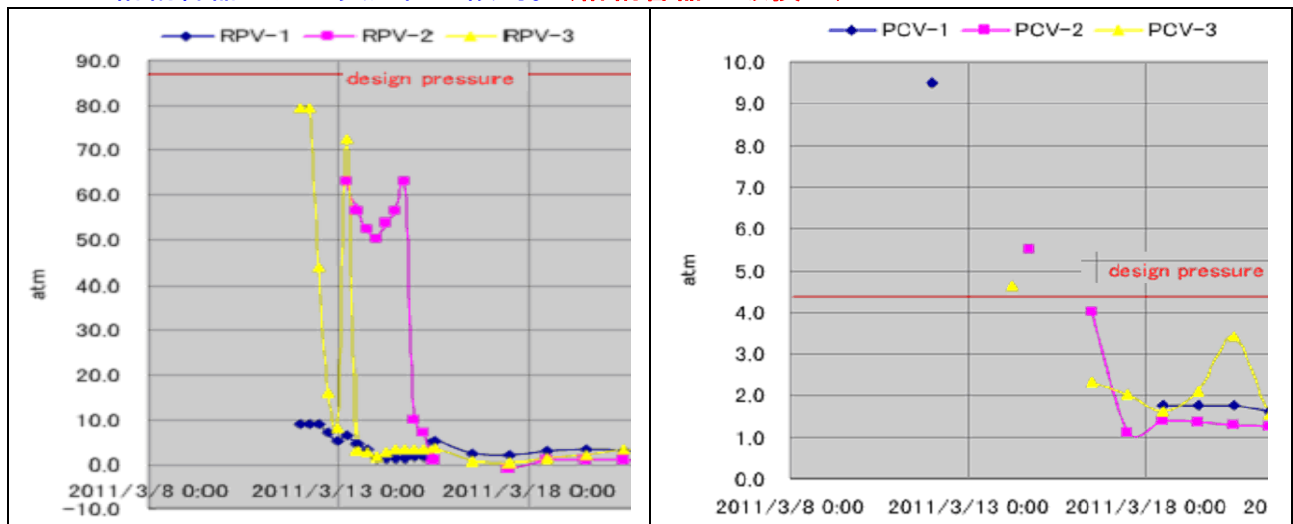
2011-5-25 記

3月11日

- 14:46 地震発生、外部電源喪失(地震で受電設備損傷)
- 14:47 スクラム(制御棒挿入による原子炉緊急停止)成功。非常用DG起動
- 14:52 非常用復水器が自動起動
- 15:03 非常用復水器を手動停止(温度低下制限(毎時55度)維持のため)。
※その後、15:10~15:30、再起動させた模様。
- 15:41 津波により全交流電源喪失(ステーションブラックアウト)
直流電源(バッテリー)も喪失(水没?)
- 18:10 作業員が手動で弁を開き、復水器起動
- 18:25 手動で弁閉じ、復水器停止
(この後も何度か再起動した可能性がある)
- 21:30頃 手動で弁開け、復水器起動
- 21:51 原子炉建屋で放射線が検出され立入禁止。毎時290ミリシーベルト(朝日5/18)
(この時点で燃料被覆管が破損し、気体状の放射能が放出された)

3月12日

- 01:00 格納容器圧力が6.0気圧となる。(青字はネット情報で、確認要)
- 01:48 復水器に給水するポンプの故障を確認。復水器停止(非常用復水器は約5時間、作動した可能性があり、復水器の水が蒸発して停止した?)
(炉心は無冷却となり炉心損傷⇒燃料ペレット落下⇒圧力容器底部が過熱)
- 02:30 格納容器許容圧力(約4気圧)の2倍の8.4気圧となる(下右図)。
- 02:45 圧力容器の圧力が70気圧から9.5気圧に低下(下左図)。
同時に格納容器の圧力が9.5気圧に上がり設計圧を越えたあと、急に下がった。
(圧力容器底部(中性子計装管?)が破損して、格納容器と相通した?)
- 05:14 格納容器圧力が突如低下傾向。(格納容器の破損?)



- 05:46 消防自動車により、消火系から淡水注入(水源は防火水槽)
- 10:17 サプレッション・プールからのベント手順開始
- 14:30 格納容器ドライウェル圧力低下を確認(ベント成功を確認)
- 14:53 淡水注入停止(朝日5/24)
- 15:36 建屋5F(燃料交換フロア)で水素爆発
- 19:06 海水注入開始

以上の推移だと、津波到達後、6時間で燃料破損、10時間後に炉心損傷⇒燃料ペレット落下、11時間後に圧力容器破損、13時間後に格納容器破損、となった。

水素爆発を防げたか？

燃料が水から露出した 3/11 夜に、大量の水素が発生し、サプレッション・プールから、ドライウェルへ抜けて、格納容器壁や配管の隙間から抜けて、原子炉建屋に充満し、5Fで爆発しました。もし、3/11 夜に水素発生を予測して、ベントしていれば、多少、水素を外へ逃すことができたと思われませんが、大部分は上の経路で、原子炉建屋へ抜けたでしょう。従って、水素爆発を防ぐ方法はなかった、と思われます。

勿論、消防自動車を予め準備しておくなど、長期の全電源喪失事故を想定していれば、注水・冷却が可能であり、炉心露出も水素発生もなかった訳ですが、このような長期の過酷事故を想定する必要がない、というのが安全規制上の要求であった以上、違法行為はありません。それに、そもそも、こういう事態を想定していたならば、空冷式の非常用ディーゼル発電機を、6号機のように、原子炉建屋に配備していれば良かった訳です。

ベントを早くしていれば良かったのか？

- ①圧力容器破損は、高熱の燃料ペレット落下によるもので、ベントでは防げません。
 - ②水素爆発を防げないことは、上に書いた通りです。
 - ③サプレッション・プールからのベントは、直接、煙突へ行くので、結局は放射能を撒き散らすことになり、ベントを早くしても、放射能災害という点では殆ど変わりません。
- 以上は基本的に 4/21 の No.29 メモで書いたことと同じです。

但し、格納容器破損が予想される 3/12 の 01:00 の時点でベントしていれば、格納容器の破損は防げた可能性が高いと思います。筆者は、格納容器の破損は、3月の海水注入による腐食か、4月の水棺によるもの、と推定していたので、この点は見誤りました。但し、燃料自体が穴を塞いだのか、炉心圧力は若干の正の値を示したことから、圧力容器に大穴が開いたり、あるいは、ドロドロに溶けた燃料が圧力容器の底部を貫通するという惨事は起きなかったのも、放射能流出という点では、余り差がなく、この点は不幸中の幸いというべきかも知れません。

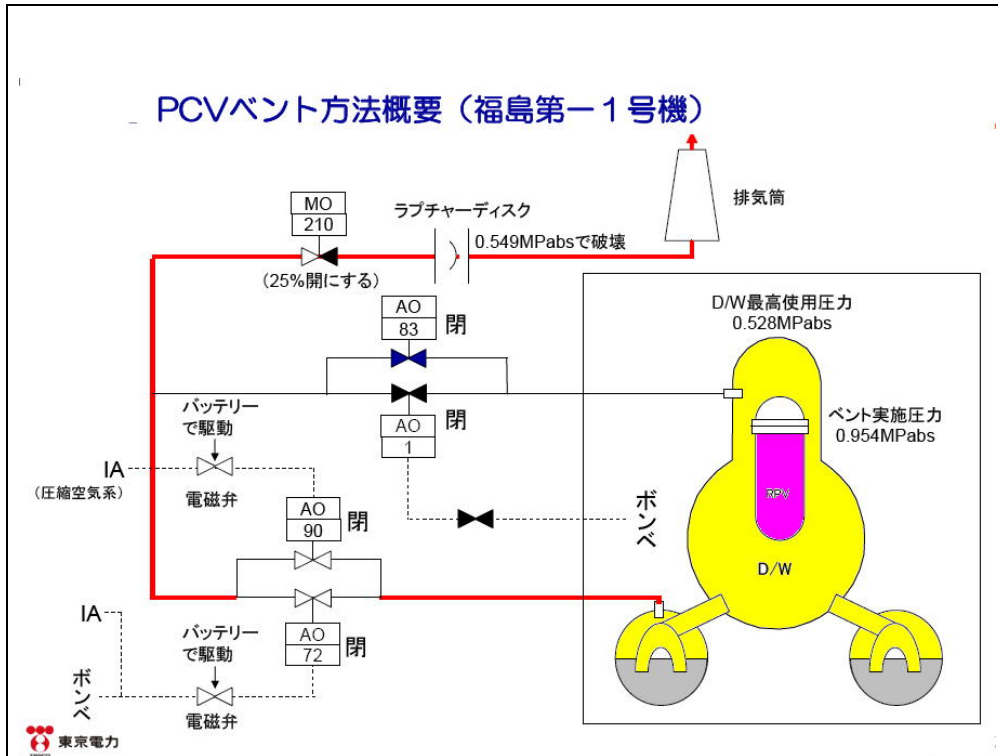
なお、福島原発の格納容器設計が古くて、体積が少ないことが元 GE 社員に指摘されています。このこと自体は事実ですが、仮に体積が大きくても、ベントする時間が多少稼げるだけで、ベントをする限りは、炉内の気体状放射能は遅かれ早かれ出て行くので、放射能災害の点では、何の関係もないことです。

また、下記の発表のうち、1号機については、非常用復水器の作動を考慮せずに、全電源喪失から淡水注入までの時間を指している模様です。No.40 メモで書いたように、1号機圧力容器の底部に大穴が開かなかったのは、非常用復水器がある程度作動したためと推測されます。

2011/05/16 20:35 共同通信

3月11日の地震直後に福島第1原発で電源喪失などが原因となって原子炉圧力容器への冷却水の注入が途絶えた時間は、燃料のメルトダウン（全炉心溶融）が判明した1号機で14時間09分、2号機で6時間29分、3号機で6時間43分だったと細野豪志首相補佐官が5月16日、発表した

図は東電資料より転載



以上から、1号機については、3/11 深夜から 3/12 早朝の出来事が支配的な訳ですが、肝心のこの時間帯の情報が明示されていません。正確な情報開示を望みます。

2011-5-25 記

55 分間の海水注入停止の件

「3/12 夜の海水注入が官邸からの要請で 55 分間停止したのではないか？」という件は、全くの誤報だった訳です。1号機は、3/11 深夜から 3/12 早朝にかけて、全燃料は崩落してしまっており、3/12 夕方の 55 分間の海水注入停止が仮に真実でも、燃料崩落も水素発生も止められなかった訳です。しかし、もし、海水注入を停止していれば、圧力容器の底部破損範囲が更に拡大した可能性もあり、注水継続を決断した所長の判断は、表彰状ものであって、処分などともない事です。

英国政府は「安全に従事する人間に必要なコンピテンシー（資質）とは何か？」という基準を定めた指針を出しています。その中の一つに、管理者が持たなければいけない条件として、「安全に関しては、外部干渉により妥協を強いられるような状況でも判断を変えないことにより、職務への信念が強いとの評判を得ていること」というのがあります。所長がこの資質を持っていたことは明らかです。

IEE/HSE 発行「Safety, Competency And Commitment - Competency Guidelines for Safety-Related System Practitioners」1999 年
(アマゾン書店で購入できます)



2011-5-27 記

2) 工程表が殆ど変わらない理由

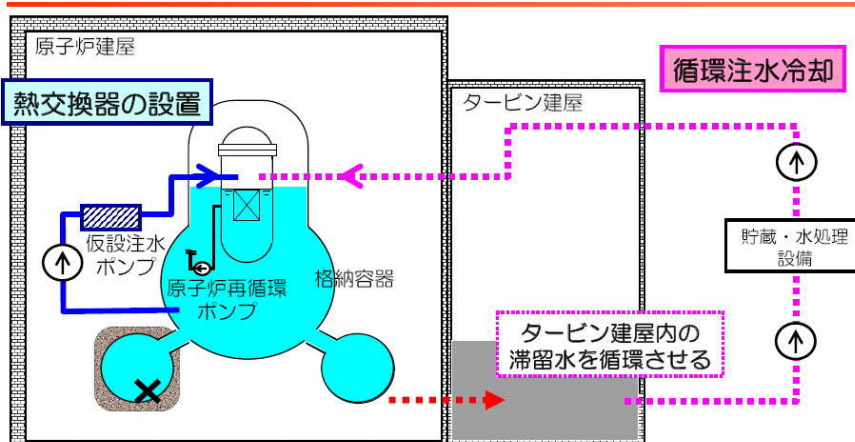
前半の説明にあるように、皆さんの認識が間違っていた訳です。東電は上記のシナリオを当初から変えていません。つまり、压力容器破損や格納容器破損がいつ起きたか？という点の把握は甘かった訳ですが、事態の深刻さの認識は変わっていません。従って、工程表を変える理由がない、という訳です。

実際、新しい工程表では、水の取り入れ口が、従来、格納容器だったものが、タービン建屋地下水からに変更されただけです。

工程表で一つ改善された項目もあります。水循環装置は、空冷も水冷もしないことになりました。例えば、1号機では毎日50トンの水が蒸発していますが、1万トンの水に薄められています。1号機1階に人間が入った時には、蒸気が充満していません。更に「地下1階を覗いて水面が見えた」という事実からは1万トンの地下水の温度は100度以下と断定できます。つまり、水を循環させるだけで、冷却は不要、との判断です。上の事象の理解からは「工程表変更なし」は当然の帰結です。

違う点があるとすれば、従来「1/3号機の冷却は簡単、2号機のみ格納容器が破損して困難」としていたものが、「1/2/3号機とも同じやり方で冷却するしかない」ということだけです。また、原子炉建屋・タービン建屋の汚染水処理が間に合うか、それとも海へ溢れるのが先か、は従来と同じ深刻な課題です。

【参考】原子炉冷却



2011-5-25 記