

## 質量保存・エネルギー保存則に基づくプラン A のコメント

東北大学 流体科学研究所 圓山重直

2011/04/16 作成

### 概要

電源復旧による本来の冷却法(プラン A)の涙ぐましい努力が続けられているが、現在まで結果の進展は見られない。また、16日 11:45 (ANN) のニュースでも述べられている新しい手法も検討されているようである。しかし、これらの手法は大学の理系学部生でも分かる、放射能・汚染水に関する質量保存則とエネルギー保存則を無視した手法である。

このままでは、原子炉はいつまでたっても沈静化しないと思われるので、あえて、辛口のコメントを出すことにした。何度も提言しているように、放射能の放出を 1 日も早く終わらせるのが我が国の命運を決めるので、担当者には耳が痛いコメントもあると思うが、ご検討頂きたい。

### これまで 1-3 号機で起きている現象の推定

**トレンチの排水：** 15日に2号機トレンチの排水はしたが、水位が元に戻った。トレンチの汚染水は、タービン建屋の汚染水である可能性が高く、それはどこかの亀裂や配管で繋がっていると考えた方が自然である。学部の流体力学で教える静水圧(水は平らになる)原理で、トレンチの水をくみ出しても元に戻るのは当然である。しかし、ポンプの流量によっては水位が若干減るが、止めれば元に戻る。タービン建屋の汚染水の水位が上がれば、トレンチの水位も上がる。少し気の利いた学部学生なら、これまでの水位データで漏れ抵抗を計算して、どのくらいのポンプが必要かを計算できるとと思われる。

トレンチの排水をしたければ、まず、大容量のポンプで水を汲み出し、その水はもとあるタービン建屋に戻す(質量保存の法則)。水位が十分下がったら、水位が元に戻る前に漏れ箇所を確認してそこを塞ぐ努力をするのが先である。配管内にある配線等もう使わないのだから、タービン建屋とトレンチの間に穴を多数開けて水ガラス等を大量に投入して、タービン建屋の汚染水を外部から隔離することが先決である。もっとも、トレンチの水は急いでくみ出す必要はないかもしれない。

**炉心冷却水と汚染水の保存則：** 現在外部から真水を導入し炉心に注入している。その水は汚染水蒸気として蒸発し、残りは原子炉内に溜まる。その量が多いので、何らかの経路を辿ってタービン建屋に漏れ出ている。压力容器は破損しており水漏れするので、压力容器の水位を保つためには蒸発分より多い水投入が必要である。それが汚染水としてタービン建屋にたまる。かなりの確率で原子炉建屋地下の炉心冷却システムがあるフロアーにも溜まっている。特に2号機はその可能性が高い。タービン建屋の汚染水の大部分は津波で侵入した海水と考えられるが、原子炉建屋の汚染水は海水で薄められていないので、かなりの高汚染度であると推定される。

16日の報道によると、炉心から水を抽出して放射能浄化してから炉心に戻すことを検討しているよう

であるが、これは意味がないと思われる。報道の準備で誰かが間違っただけで、報道官に間違っただけで説明したと信じたい。まず、炉心の汚染水を浄化して再投入しても、蒸発分の水を追加しなければ炉心は再溶融してしまう（水の質量保存則）。また、放射能は炉心から来ている（放射能の質量保存則）を綺麗にして戻すことは意味がない。そもそも、炉心から水を抽出する経路があるのだろうか。

図1はHTCRep.1.4に記載したデータで、崩壊熱を水の蒸発で吸収するための必要水量の累積値である。2号機でこれまで7000トンの水が蒸気となり、環境に排出されてきた。これからも崩壊熱を吸収するために日量150トン程度の水が必要である。

以前の報道で、炉心の熱を取りだし、サプレッションチャンバーに吸収させる方法が報道されたことがある。この詳細は不明だが、サプレッションチャンバー内の水はすでに高温であり、エネルギーを吸収できない。サプレッションチャンバーの水量は多くても6000トン程度と推定されるが、崩壊熱を水の顕熱で吸収すると、エネルギーの保存則から日量1500トン程度の低温水が必要であり、サプレッションチャンバーは4日で飽和する。崩壊熱を放出蒸気（放射能源）以外で吸収するためには外部熱交換器が必要である。これについては、プランBC（HTCRep.6.1）を参照されたい。

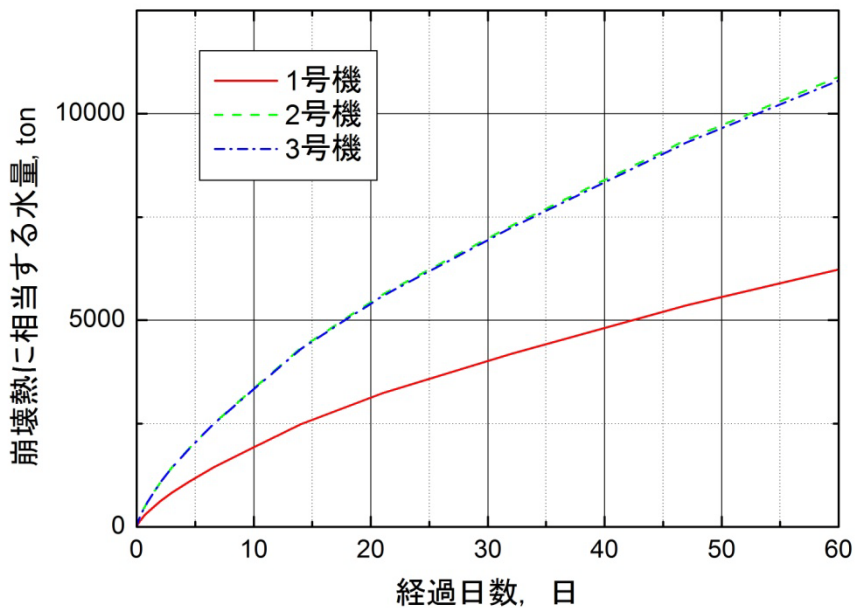


図1 原子炉停止からの総崩壊熱量に相当する水量(HTCRep.1.4)

炉心を安定化させるためには、炉心から漏れる分を考慮して、蒸発以上の水を投入せざるを得ない。15日に起きた3号機圧力容器上部の温度上昇は、今まで壊れて水没していた燃料棒の上部が水面から出たために、上部が加熱蒸気となったことが推定される。余剰の水は全て何らかの形で漏れだし、その多くはタービン建屋に溜まっている。

放射能を外部に出さないためには、原子炉内とタービン建屋で閉じた物質の循環を作ることが必要である。つまり、タービン建屋地下にある汚染水の塩を除き、炉心に注入する。炉心から漏れた水は再び

タービン建屋に漏れてくるので、以前より少し多めに炉心注水が可能である。これは炉心の安定化に繋がる。しかし、炉心から高濃度の汚染水が漏れてくるので、タービン建屋の放射能汚染度は上昇する。そのため、むやみに注入水量を増加できない。この方法では、放射能蒸気による大気汚染は止められない。やはり、プラン BC や熱交換器による炉心冷却によって、炉心内部からの水蒸気放出を止めることが重要であると考えられる。

海水の淡水化プラントは、すでに存在し、例えば日東電工製

<http://www.nitto.co.jp/product/datasheet/membrane/008/>

や東レ製 [http://www.toray-watertreat.com/service/ser\\_002\\_01.html](http://www.toray-watertreat.com/service/ser_002_01.html) の既存モジュールがある。納入前の既製品淡水化装置を譲り受けることが考えられる。モジュールを並列にすれば日量 150 トン程度の淡水化は可能である。放射能もかなり除去できると考えられるが、高度な放射能除去は必要ない。放射化した水の注入は被爆の可能性があるが、それは消防ポンプなどを用いた場合であり、密閉系の完全無人のポンプシステムは日立・東芝などで数日あれば作ることは可能であろう。ただし、正規に伝票を出したら数ヶ月かかるだろう。工場にある納品前の既存装置が使えるかもしれない。もちろん、納入先には納得してもらおう。

## 原子炉から放射能を隔離する方法

「原子炉の中で、ウランが核分裂してできる放射性物質は、発電所の外へ影響を与えないように、5つの壁で閉じこめられている」と言われてきた。つまり、

- 第1の壁：ウランを陶器のような固いペレットに焼き固めます。
- 第2の壁：ペレットを丈夫な金属製の燃料被覆管に密封します。
- 第3の壁：燃料を頑丈な鋼鉄製の原子炉圧力容器に入れます。
- 第4の壁：原子炉圧力容器および重要な機器を、気密性の高い鋼製の内張をした鉄筋コンクリート製の原子炉格納容器で覆います。
- 第5の壁：一番外側を、厚いコンクリートで造った原子炉建屋で覆います。

この「神話」が今回の事故でもろくも崩れ去ったのは、承知の通りである。原子炉の炉心損傷に始まり、大量の放射能ブローオフで大気に放出、海洋にも放射能を垂れ流した。依然として漏洩水の可能性があり、さらに毎日 400 トン以上の放射能を含んだ水蒸気を環境に排出している。

第5の壁が崩壊してタービン建屋に汚染水が流入している現在、**第6の壁とも言える放射能の防衛ラインは原子炉建屋とタービン建屋とすべきだと考える**。つまり、タービン建屋の汚染水の処理と平行して放射能防衛ラインに汚染を封じ込める努力を早急に進めるべきである。実際には下記の手順が考えられる。

- (1) 汚染水の質量保存則から、外部からの水導入を止めれば、これ以上の汚染水の漏洩は防げる。つまり、原子炉建屋とタービン建屋を囲む領域の地下透水層をトンネルの破砕帯の水漏れ防止技術(水ガラスも一つの手段)で防水する。タービン建屋周りの漏水を止めればトレンチの水はタービン建屋に戻す。
- (2) タービン建屋の汚染水から塩を除き(完全でなくとも良い)を炉心に循環させて燃料を冷却する。このとき、これまでより多めに注水することによって炉心温度の安定化を図る。

- (3) 圧力容器内の蒸気凝縮（プラン B,C）や、格納容器を水で満たし外部熱交換器で冷却する方法等で、崩壊熱を吸収し、熱のみを熱交換器で外部に放出する。その評価は HTCRep.3.1-b 参照。凝縮蒸気は炉心に戻すか、タービン建屋内の漏洩水と混ぜる。
- (4) 汚染物質の質量保存則から、汚染の発生源は燃料棒であり、そこから出た放射能は蒸気と汚染水という形で環境に放出されている。これを第 6 の壁の中で循環させることによって、少なくともこれ以上の放射能汚染は食い止めることが出来る。放射能を第 4 の壁に閉じ込めることが出来ない今、第 6 の壁の中で循環させて外部への放出を一日も早く止めるべきである。
- (5) 恒久的手段とも言えるプラン A は、本来第 1 の壁に放射能を閉じ込める手段であり、さらに、膨大な時間がかかることから、ゆっくり実施する。現在、プラン A は全く不透明でかつ予想より膨大な時間がかかることが明白になっており、この成就を待っては、日本はつぶれる。
- (6) **原発敷地を第 7 の壁と考え**、海水中のフェンスや新たな堤防、敷地内の漏水箇所の補修、汚水タンクの破損などで万が一漏洩水があった場合の堤防などを設置する。特に、海水に漏れ出る汚染水の防御は多重にする。今後、余震で津波が来るとも考えられる。
- (7) 敷地内に汚染水の減容処理や放射性瓦礫の隔離処理などの施設も準備を開始する。