

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,
岡島淳之介助教
2011/05/17 作成
2011/05/17 12:00 発信

概要

17日時点で漸くプラントパラメータの詳細が公開された。関係各位の努力に感謝する。これで、詳細な解析が各方面で可能となり、より多くの情報が外部から提供されることが期待される。事故直後の温度データがあると更に詳細が分かる。

5月3日時点で安定していた3号機が不安定でRPV内の温度が高温になっている。水を増加させても一進一退だ。この現象を伝熱学的に解析し、現状分析と解決法を提案する。

昨日のメールでも発信したように、1-3号を安定させる一番の近道は、タービン建屋内の汚染水をそのまま（ゴミぐらいは取る）炉心に大量投入することである。もちろん、若干の時間をかけて熱交換器を設置するRep.15.1に記載の目的（2）手段（3）が重要である。

3号機の現状分析

3号機の炉心は、崩壊しているが完全に溶けているわけではなく瓦礫上になっており、そこに水が入って冷却していると考えられる。一部は溶けて固まっている可能性もある。

5月3日頃までは、瓦礫の隙間内にも水が入り、燃料瓦礫（もう棒ではない）は、プール沸騰の各沸騰状態を維持していた。しかし、何らかの原因で燃料瓦礫に水が入らなくなり膜沸騰状態になった。図1に示すように、この温度域（1気圧のプール沸騰場合200℃前後）はライデンフロスト点（極小熱流束点）に近く伝熱が著しく悪いため、燃料瓦礫が高温になる。沸騰曲線では同じ熱流束で核沸騰と膜沸騰状態があり、伝熱面温度が全く異なることに注目されたい。

水が溜まっているRPV底部は140℃程度で、原子炉の各温度が200℃以上の場合、0.35MPaAのプール沸騰と考えると、250℃程度が最小熱流束点とも考えられ（ただし、正確な計算はしていない）、実在の現象と符合する。



沸騰熱伝達

$$\dot{q} = h(T_w - T_{sat}) \quad T_{sat} : \text{飽和温度}$$

過熱度

- ・核沸騰 ← 遷移沸騰 ← 膜沸騰
- ・プール沸騰 ↔ 強制対流沸騰
- ・飽和沸騰 ↔ サブクール沸騰 (サブクール度)

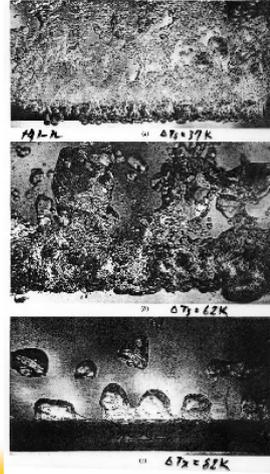
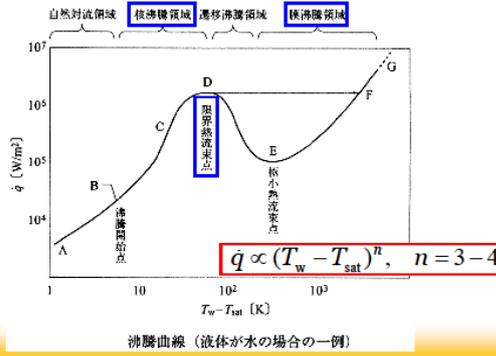


図1 プール沸騰の沸騰曲線

3号機冷却の仕方

上記の現象を低温化するためには、瓦礫燃料の蒸気部を水で満たし、核沸騰状態にすることである。いったん核沸騰が達成されると燃料瓦礫は $140^{\circ}\text{C} + \alpha$ 程度の温度まで低下する。そのためには、一時的に大量の水を短時間投入することである。

外部からの水を大量に投入すると、質量保存の法則に従い漏洩汚染水も増加する。それを防ぐためには、一時的にタービン建屋内の海水を大量に炉心投入するのも良いと思われる。現在は、投入水は炉心を通り塩で閉塞することはないので、短期的には1-3号機でタービン建屋内の汚染水を大量に注水することを推奨する。

諸般の事情（これまでの経緯や面子）で汚染水を大量注入できない場合は、短時間だけ外部の真水投入を数倍（できれば10倍）に増加させる。これは徐々にではなく、準備して急激に行う。核沸騰に遷移したところで投入水量を元に戻す。ただし、水を絞りすぎると水の循環が滞り再び膜沸騰に遷移するので、水投入量はある程度の量を維持する必要がある、汚染水も増大することになる。

この状況は、1-2号機でも起きる可能性がある。まず、塩抜きしない汚染水を炉心に大量に投入し、その後、塩抜きした汚染水を投入し、更に、原子炉建屋内で熱交換器による放熱と炉心水の循環を構築する三段構え (Rep.16.1) が有効と考えられる。以前に何度か指摘したように、炉心にわざわざ除染した水を投入することはナンセンスである。