

急ブレーキをかけてはいけない原発

1. 福島第一の IC 停止

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災の際、福島第一原発 1 号機では、14:46 に地震によってスクラムし、運転を停止した。その後非常用復水器 (IC: Isolation Condenser) が、14:52 に自動起動した。それを、「手順書に従い」15:03 に手動停止したという。手動停止したのは、原子炉圧力容器を急激に冷却すると容器の胴板内部に熱応力が発生して形状の複雑な部分で強度不足になるから、温度変化を 55 度 C/h 以下にするように、ゆっくりと冷やせというマニュアル (手順書) に従えということである。

しかし、ほかの冷却手段を失っている状態で、もしこの冷却が失敗したら過酷事故に発展するというときに、「ソロリソロリと冷やせ」というのは、非常用設備の運転マニュアルとしておかしいのではないか。言わば、急ブレーキをかけたら自動車そのものが壊れる恐れがあるから、ブレーキはゆっくり踏んで、ゆっくり止めろと言っているようなものである。場合によっては歩行者にぶつかって命を奪っても仕方がないといっているに等しい。こんな設備はそもそも安全性の必要条件を満たしていないのではないか。

もっとも、非常時にも温度変化を制限せよと、本当にマニュアルに書いてあったかどうかは、筆者には定かではない。

2. 高圧炉心注水系起動の出し惜しみ

1 号機には上記のように IC があったが、2 号機以降には非常用炉心冷却装置 (ECCS: Emergency Core Cooling System) があった。そして、もしも通常の循環冷却水が止まったら、ECCS で直ちに冷水を供給して、スクラム直後の多量の崩壊熱を必ず冷却してマルチダウンを起こさない、と説明されてきた。

ECCS には二つのシステムがある。ひとつは高圧炉心注水系 (HPCI: High Pressure Core Injection System) であり、もう一つは原子炉隔離時炉心冷却系 (RCIC: Reactor Core Isolation Cooling System) である。福島第一の 2 号機・3 号機では、両方とも注水ポンプの駆動は蒸気タービンによって行われ、その駆動蒸気は原子炉内で発生する水蒸気を利用するというシステムになっている。つまり、電源が失われた後でも注水ポンプの駆動ができるという非常時に適したシステムである。違いは、前者は、前者と後者のポンプの容量が約 10 倍の開きがあることである。つまり、HPCI は一挙に大量の冷水を投入して原子炉内を冷やし、かつ減圧もしてしまおうというものである。RCIC は、少量ずつ冷水を注入して、温度も圧力も少しずつ減らしていこうというものである。HPCI は、完全に原子炉の運転を止めてしまうという割り切りをしたときに適したもっとも安全な方法であ

り、RCIC は短時間に電源復旧が行われて、すぐに通常運転に復旧するための待機状態をしのぐために適している。両者のポンプ容量の比較は下表による。

表 1 HPCI と RCIC の性能表¹

	2号機	3号機
HPCI (ECCS)		
系統数	1	1
流量 (t/h)	965	965
ポンプ数 (台/系統)	1	1
RCIC (ポンプ)		
台数	1	1
流量 (t/h)	95	97
全揚程 (m)	850～160	850～160
回転数 (rpm)	可変	可変

アメリカでは、1975年のブラウズフェリー1号機の電線火災を経験してから、その後の全交流電源喪失事故(SBO)の際にどうすべきかをオークリッジ国立研究所が検討して、ただちにHPCIを起動することがもっとも安全な方法であるとして推奨している。しかし、日本ではいったんSBOが発生しても、日本の電力システムの信頼性は高いから、30分以内に必ず電源は復旧するという〈信念〉があって、HPCI起動は最後の最後まで我慢して待つ、というのがスタンダードになっていた。たとえば、福島第一の3号機では、事故発生からほぼ1日が経過した3月12日の11:36にRCICの駆動蒸気の圧力が低くなって駆動タービンが十分に機能しなくなって停止した。その後、12:35に原子炉圧力容器内の水位が下がってHPCIが自動起動したが、駆動タービンの蒸気の圧力が不足していて、本来の高圧注水ができなくなっていた。

その後、有効に冷却水注入ができないまま、メルトダウンと水素爆発に至ったのであった。つまり、ブラウズフェリーの教訓によって、出し惜しみしないで初めからHPCIで大規模に冷水を注入しろという教えを守っていればよかった、という結果に終わったのであった²。

3. 安全率が大きい設計は危険か？

原子炉圧力容器やその周辺機器の設計基準として、1961年にASME Section IIIが制定された時、化学プラントの圧力容器で採用されていた許容応力の安全係数4を、原子炉

¹ 淵上・笠原・畑村『福島原発で何が起きたか』日刊工業新聞社、2012年、p.184

² この項は、松野元『推論トリプルメルトダウン』創英社・三省堂書店、2016年 による。

では 3 と設計することにした。それは、高温高圧の容器の胴板厚さが大きいときに内外の温度差に起因する熱応力が大きくなるから、出来るだけ薄く作るという必要があったからである。安全率を減らす代償として、「詳細応力解析」を行うことにした³。

けれども、これは果たして安全性を増すことになったのだろうか。もし熱応力が心配なら、化学プラントと同じ鉄鋼ベースの材料を使うのではなくて、熱膨張係数の小さい材料を使うなどの選択肢もあったはずである（何が最適かは確かめてはないが）。

小岩昌宏・井野博満『原発はどのように壊れるか』は、原発といえども経済性を重視せざるを得ず、一般プラントと同様の低合金鋼や炭素鋼が使用されていることを指摘しつつ、「技術は、コストと性能（安全性を含む）とのバランスで選択されるという一般原則が、原発でも貫徹されている一例である」と述べている⁴。

4. まとめ

以上、福島第一原発事故の経過を振り返ると、原発システムは狭い隘路を細心の注意を払いながら潜り抜けなければならず、一般プラントと比べても、設計上も運転上もきわめて制限条件の大きい危険なシステムであることを認識しておきたい。

(2018年5月12日 哲)

³ 田中三彦『原発はなぜ危険か』岩波新書、1990年、p.60

⁴ 小岩昌宏・井野博満『原発はどのように壊れるか—金属の基本から考える—』原子力資料情報室、2018年、p.97