

アブハチ取らずのブローアウトパネル

1. ブローアウトパネルとはどういうものか

ブローアウトパネルというのは、BWR型原発の原子炉建屋の上部の壁に、大きな可動式パネルを設置して、内部圧力が過大になった時に自動的に開放して、内部の圧力を瞬時に逃がす装置である。

福島第一原発事故の際に、1号機・3号機・4号機の建屋上部が、内部にたまった水素ガスが着火し爆発したことによって大破した。一方、2号機の建屋内部への水素漏洩蓄積は、炉心メルトダウンの発生度合いに大きな違いが無いことから、他の号機と同様と推測されるが、隣接する3号機の爆風を受けてブローアウトパネルが自動的に落下して、水素を外気へ自動放出する結果になったので、爆発は免れたと理解されている。図1に、2号機のブローアウトパネルが自動的に落下して内部の水蒸気が放出されているところを示す。



図1. 2号機のブローアウトパネルが自動的に落下して内部の水蒸気が放出されているところ

図2に、同じ2号機の開口部から、格納容器が破損した後に噴き出したスチームが大量に噴出しているところを示す。



Fig. 3 Steam coming out of a blow-out panel opening at the Fukushima Dai-ichi Unit 2 Reactor Building on March 15, 2011

図2. 2号機ブローアウトパネルから噴き出すスチーム¹

2. ブローアウトパネルの目的

では、もともとブローアウトパネルを設置した目的はなんであったのか。格納容器から漏洩した水素を放出するためではなかった。格納容器ベントが失敗したときに格納容器が破損して出てくる水蒸気を外気に逃がすためという目的でもなかった。

原子炉建屋設計の当初、主蒸気配管の破損に伴う主蒸気の大量放出（プラント側からいえば「大 LOCA」）が挙げられ建屋の設計条件が問題となったと推測される。主蒸気が瞬時に大量に原子炉建屋内に放出される事態においては、想定されていなかった建屋内の圧力上昇が発生し、格納容器に外圧として働いてその結果格納容器がひしゃげてしまう（座屈する）か、あるいは原子炉建屋が破損してしまうことが懸念された。原子炉内で発生した水蒸気を移送する主蒸気配管は、格納容器を貫通して原子炉建屋内を通り、タービン建屋に導かれて発電用タービンのケーシング内へ接続されているからである。格納容器は円筒面と球面を組み合わせた厚さ 35mm 程度の鋼板製容器であり、内圧に対しては強いが（設計強度は約 3~4 気圧）、外圧による座屈強度はきわめて低い（座屈強度は約 0.14 気圧）²。そのことを防止するために、ブローアウトパネルの設置が決められ、建屋内の圧力が座屈強度の半分に相当する 0.07 気圧に達したら、自動的にパネルが外れて大きな開口部を作って水蒸気の圧力を外気へ逃がすという設計が行われた。

¹ 川村慎一・大木俊・奈良林直「福島第一原子力発電所 2 号機の原子炉格納御容器漏えいを踏まえた格納容器の事故時耐性強化と格納容器ベントの運用について」『日本原子力学会和文論文誌』Vol.15, No.2, pp.53-65 (2016) https://www.jstage.jst.go.jp/article/taesj/15/2/15_J15.018/_pdf/-char/ja

² 後藤政志「事故時に役に立たないブローアウトパネル」『原子力資料情報室通信』531号、2018年9月1日

3. 要求される機能

福島第一原発事故で学んだことは、水蒸気爆発など、さまざまな建屋内圧力上昇要因があるということである。そこで、東海第二発電所（BWR、110万kW、1978年運転開始）ではブローアウトパネルを増設して合計12枚とした。1枚の大きさは約4.1m x 3.7mであり、重さは約10.7トンもあり、これを18個のクリップで止めている。上記の主蒸気配管漏えいによる圧力上昇から格納容器座屈を防止するには、このうち4枚が確実に開口して建屋内の圧力上昇を防止しなければならない。

しかしながら、原子炉建屋は、本来、放射能を閉じ込めるための5重の壁の最後の砦をなすものと位置付けられている。大LOCAのみで原子炉内の核燃料が損傷していないときには、水蒸気とともに放出される放射能は相対的に少ないが（それでも外気放出を良しとするのは当初の設計思想に反している）、福島第一原発事故のように核燃料がメルトダウンし、原子炉も格納容器も破損して、水蒸気や水素が漏出した場合には放射能が外気に直接放出されることになる。実際、福島事故の際には2号機の格納容器が破損し、パネルが落下した3月15日の放射能放出量をもっとも多かったことから、その必要性は強い。

4. スライドドア機能の追加

そこで、東海第二原発では、ブローアウトパネルが開口を作ったのちにその穴をふさぐスライドドアを設けて、それを手動または電動で移動させて気密を保てるレベルまできちんと閉止する装置を開発することにした。その概念図は、図3のように示されている。

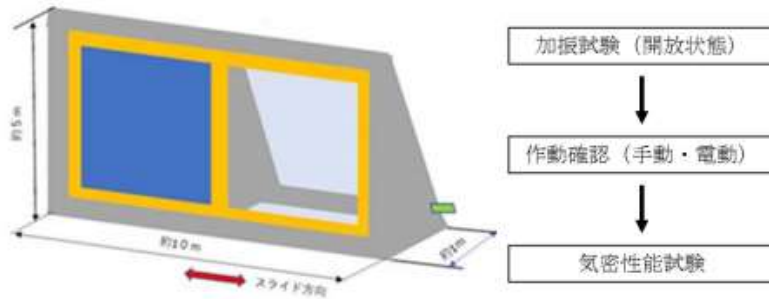
原子力規制委員会による東海第二の新規制基準適合性審査は本年6月にひとまず終えてパブリック・コメントの募集手続きに入ったが、その規制審査期間中にスライドドアの開発試験が行われて、山中伸介委員が立ち会いに行ったが、駆動装置が故障してその日の試験は失敗に終わった、といったニュースが報じられていた。

要するに後追いで、大掛かりな装置追加という困難な作業を行っているが、もし、初めからこういう対策が求められていたら、壁に穴をあけて開口したり、機密に閉止したりという装置を設けることはしなかったであろう。

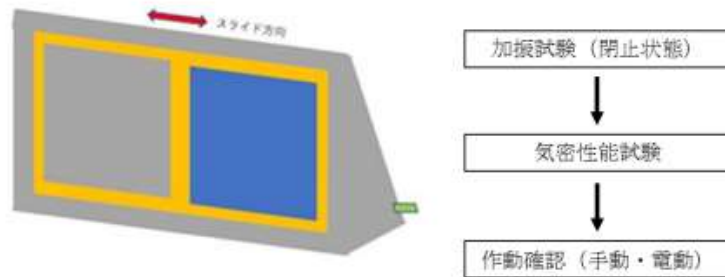
しかも、開口と閉止という相反する要求を一つの装置で賄おうということ自体がアブハチ取らずの中途半端なものになっている。二つの要求を時間差で実施することで良しとしているが、それは放射能の環境放出を容認していることであるし、閉止操作を手動で行うということは放射能雰囲気の高い建屋内で作業員が高被ばくを余儀なくされることを前提としている。

既設原発に後追いで安全装置を取り付けることの付け焼刃的性格を示す典型例といわなければならない。

【扉開放状態】



【扉閉止状態】



第1図 試験治具概念図

図3. 東海第二原発のブローアウトパネル開口部閉止用スライドドアの試験装置³

4. 技術システムの本質的な限界

ブローアウトパネルを後追いで追加する作業というのは、格納容器にフィルタベントを追加する作業と似ている。建設当初の設計では、格納容器は放射性物質を閉じ込める安全装置であって、万一原子炉から放射能が漏れることがあっても、格納容器が完全なバリアの役目をして放射能の外部飛散を食い止める、と喧伝されていた。そのうちに、冷却不能やメルトダウンによって格納容器の内圧が設計条件を上回ることを考慮して、ベント装置を追加することによって、内圧による格納容器の大破壊を回避しなければならない、という対策が行われた。そして、福島事故以降（ヨーロッパではそれ以前）に、ベントラインにフィルタを設けて放射能を捕捉しなければならないという認識になった。

同様に、主蒸気配管の破損という大LOCAを考えて、放射能の外気飛散を食い止める最後の壁であった原子炉建屋の壁に、ブローアウトパネルを設けることが後追いで決定

³ 「東海第二発電所 ブローアウトパネル閉止装置 機能確認試験要領書」日本原子力発電、2018年6月

され、さらに福島事故以降に、高濃度の放射能飛散を考慮すべきことを認識して、スライドドアを追加する作業を行っている。

しかし、後付けの設備はすべての条件を満足することはできない。また、円滑に機能することも困難なものになる。さまざまな機械製品において、旧式のモデルに機能を追加していても、新式のモデルに追い付かないと同様の限界がある。40年を経過したプラントは廃止するという考え方は、今日の諸種のプラントの技術進歩を参照すれば、きわめて常識的な判断である。

謝辞：本稿起草にあたっては、後藤政志さんのご教示をいただきました。記して感謝を申し上げます。