

福島第一発電所事故の原子炉建屋爆発原因考察とその対策 排気塔閉塞が主因と特定（その3）

About the cause of the reactor building explosion caused
by the Fukushima Daiichi power plant accident and the countermeasures

*森重晴雄¹,北村康文¹,山敷庸亮²,
¹福島事故対策検討会,²京都大学

本題について2018年春の大会から今までに2回投稿している。1回目の投稿では排気塔閉塞要因はサイレンサー閉塞かベントガスの水蒸気結氷が原因と発表した。しかし、東電から排気塔にはサイレンサーを設置していないと連絡があった。2回目の投稿では高圧になったベントガスが排気塔内で大気開放されて断熱膨張の現象が発生しベントガスが急冷し、ベント中の水蒸気が結露し、その後雪となり、その雪が排気塔内で閉塞したと発表した。しかし放出前のSC室内の温度が1号機90℃3号機170℃と報告されている。雪となるにSC室内は70℃以下になる必要があった。

キーワード: 建屋爆発,水素,排気塔,閉塞,福島第一

1. 緒言

1号機も3号機のベントガスはいずれもSC室を通過し、排気塔から放出される。放出前のSC室の状況を再度調査した。SC室内の水温に着目した。東電事故報告書によると1号機について電源喪失まで17℃であった。1号機の電源喪失後炉心はICで冷却され、ベントまでSC室内の水1750tは加温されていない。ベント後、SC室内でベントガスと水が激しく混相流となり、ベントガスと水が同温となる。SC室内冷却されたベントガスが7.5Mpaで排気塔に放出される。排気塔内で断熱膨張の現象を起こし、理論上-163℃となり、ベントガスの水蒸気が雪となり、その雪が排気塔内を舞い、ダストとともに地上50m付近を閉塞したと推定される

2. 排気塔内面の線量について

東電が実施した1・2号機共有排気塔の線量計測結果からeq(1)を用いて高さZにおける内面の単位長さあたりの線量qを求めた。

$$I = \frac{2\pi q r}{R+r} \left(F \left(\tan^{-1} \left(\frac{Z_1}{R-r} \right), k \right) + F \left(\tan^{-1} \left(\frac{Z_2}{R-r} \right), k \right) \right) \dots \text{eq}(1)$$

F: 第1種楕円積分 q: 周方向の単位長さあたりの線量

I: 円筒中心からR離れた線量 r: 円筒線源の半径

Z₁: 円筒上端までの鉛直距離 Z₂: 円筒下端までの鉛直距離

図-1に排気塔の高さに対する排気塔内面の1mあたり線量分布を示す。排気塔の下部位置ほど線量が高い、50m付近から頂部に向けて線量が急減している。50m付近に蓋を設置したような状態である。事故時のビデオによると水素爆発直前の排気塔から何も排出されていない。水素爆発前には排気塔は閉塞されていたと判断される。

3. 原子炉建屋が爆発したメカニズム

SC室を通過したベントしたガスとダストはSC室内の1750m³の水と混相流となる。1号機についてベント直後、170℃のベントガスが17℃の水と同温になったと推定される。その17℃のガスが排気塔で大気開放された。約7倍に断熱膨張し急速に温度降下し理論上-163℃となると計算される。3号機においては-142℃と計算された。その結果、排気塔内でベントガス中の水蒸気が氷結、雪となる。排気塔内で雪が舞っている中、ダストと固まり、高さ50m付近で雪のドームが生成されたと推定される。実際は外気と混流するのでそこまで低下しない。しかし放出されたベントガスは接する外気も急冷させ、その気中の水蒸気も結氷させるのでベント直後、急速に閉塞したと推定される。

その後、行き場を失ったベントガスは排気塔に接続されている建屋の排気ラインに逆流し、逆流防止のダンパーも破壊し、原子炉建屋内に侵入したと思慮される。この時、膨大なベントガスは配管圧損上1号機だけで充足できず、排気塔を共有している2号機にも逆流したと判断される。3号機も同様に排気塔を介して3.4号機原子炉建屋にも逆流したと想定される。1号機は逆流した水素が最上階天井付近にたまり、通電確認していた電気がスパークし、発火、爆発したと判断される。

4. 結論と対策案

排気塔閉塞はSC室の水温が決定的要因であった。報告書では3号機についてはRCIC、HPCIなどがSC水を加温し水温は100℃近く上昇したと報告されている。しかし局部的であり平均水温では最大でも数℃しか上昇していない。ベント時にこの原理を利用して零度以下に冷却されたガスを格納容器に戻すことができれば、環境にベントガスを放出せず格納容器の破裂を防ぐことができる。弁を持つ蒸気エンジンは高温高圧になったベントガスを利用して無動力で格納容器に押し戻すことが可能である。次回この対策案を発表していきたい。

参考文献

[1] 「福島第一原子力発電所 1～3号機の炉心状態について」2011年11月30日 東京電力㈱

[2] 「福島第一原子力発電所 1/2号機排気筒周辺における線量調査結果について」2016年10月27日 東京電力㈱

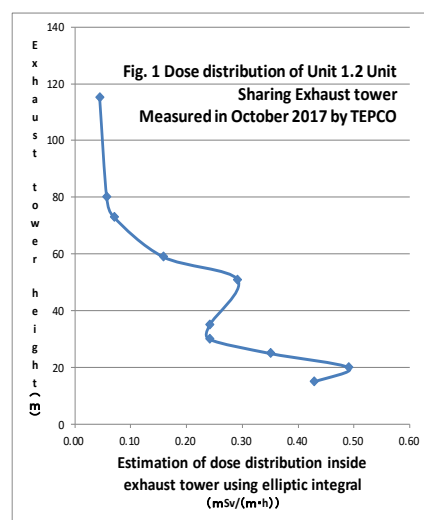


図1 排気塔内線量分布図

*Haruo Morishige¹, Yasufumi Kitamura¹ Fukushima Nuclear Accident Countermeasures Review Group, Yosuke Yamashiki² Kyoto Univ