

福島第一事故 排気塔閉塞と14の未解明事象との因果関係を考察 排気塔が巨大なスノードームに化す

Consideration of causality between exhaust tower blockage and 14 unresolved events

*森重晴雄¹・山敷庸亮²,
¹福島事故対策検討会²京都大学,

1号機ベントしたガスは排気塔内で約80℃の高温を維持したまま放出され、高さ120mの排気塔に重大な煙突効果をもたらし、排気塔内に2hPaの低圧帯を発生させベント量以上の膨大な流入量が必要となり約8℃の外気が100 m³/s以上流入したと試算された。排気塔内はベントガスと外気が激しくぶつかりあう。排気塔はスノーマシンと同じような状態になり、ベント後間もなく排気塔は雪のドームが形成し、閉塞したと推測した。このメカニズムを解明しながら排気塔閉塞と1号機の建屋爆発をはじめとする今迄未解明とされていた14件の事象との因果関係を考察した。

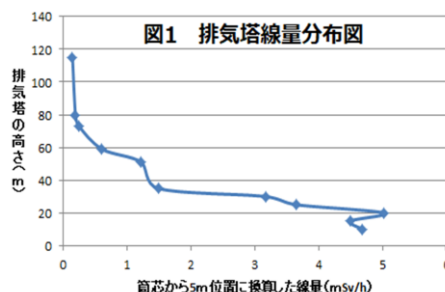
キーワード: 建屋爆発、福島第一、排気塔、ブローアウトパネル、ベント、煙突効果

1. 緒言

筆者は、前回の春の大会でベントガスが排気塔内サイレンサー内で大気に開放され断熱膨張し、急速冷却しベントガス中の水蒸気が雪となりその雪が限定的にサイレンサーを閉塞したと発表した。ところが発表後、サイレンサーが福島第一発電所排気筒にないことと東電から連絡があった。しかしこれによって排気塔内の閉塞領域が大幅に拡大することが解り、今まで未解明とされていた事象にも解決の糸口を得た。その検討の過程でベント出来なかったとされる2号機はプラント自ら自発的にベントした可能性が高いことも明らかになった。

2. スノードームが排気塔を閉塞するメカニズム

1号機ベント直前、SC室内は温度90℃、圧力0.8MPaであった。ここから排気塔内で大気に開放されたベントガスは断熱降下や配管からの入熱、配管圧力損失を経ても80℃程度と高温を維持する。この時、外気は近隣の気象記録から約8℃である。この温度差72℃と排気塔の高さ120mは重大な煙突効果をもたらす。排気塔内に2hPaの低圧帯を生み、100 m³/sを超える流入量が必要となる。ベントガスの流入量は圧力図からおおよそ求められ4.1 m³/sと少ない。その結果100 m³/sを超える外気が排気塔頂部から大量に流入した。その結果排気塔内のベントガス中の水蒸気が急速に冷やされ、水の粒子となり高速で外気を飛ばす過程で蒸発熱を奪われさらに急冷し0℃以下になり雪となった。この状況はグレンドで人工雪を作るスノーマシンとよく似ている。スノーマシンは10℃の外気であっても雪を作る。その蒸気量からベント後10分から20分程度で排気塔を閉塞したと考えられる。3号機ベント時の排気塔内温度は150℃と1.4 m³/sと試算され同様な現象を生んだ。一昨年10月に計測された排気塔の線量計測結果を排気塔中心から5m位置で換算した線量を図-1に示す。この線量分布は排気塔の40mから60mの高さ付近で蓋をしたような状況であり、その上の部分は線量が低く、蓋より下方は線量が極めて大きい。これは排気塔が閉塞していた証である。



3. スノードームが排気塔内を二度、落下するメカニズム

生成されたスノードームはベントガスが収束し、外気が暖まると表面が溶けやがて落下する。3月13日から1号機の格納容器圧力は漸次低下を示し、ベントガスの発生量が少なくなっていた。3月14日快晴であり、気温が20℃を超え、生成時より10℃以上高い。排気塔は日光に温められ、排気塔とスノードームの境界部は溶けて行くと推定される。南中を過ぎた12時過ぎに0.4MPaから急落している。スノードームは遂に落下したと見られる。落下した直後、内圧は急上昇し、2号機ベント管に水撃作用が及びラブチャーディスク、逆止弁まで破壊した上に、SC側の圧力計までも壊したと推定される。この落下時間は3秒以内であり、圧力計に瞬間的に上げたとしてもノイズと処理されている可能性がある。スノードームの底辺が高さ40m付近から15m付近まで落下し0.9MPaを超え、2号機圧0.45MPaを0.45MPa上回り、ラブチャーディスクの作動圧(0.427MPa)を超えて、ラブチャーディスクを破ったと想定される。この直後に2号機はベントが自動的に開始され、2号機格納容器圧力はこれに符合して急落している。ここでスノードームの高さが推定できる。0.4MPaで落下したのでスノードームの高さは水換算で40m高さ総重量が約300tと推定される。2時間後に2号機格納容器圧力が再度上昇している。一部崩壊したスノードームを2号機のベントガス中に含まれる水蒸気が再度閉塞したと見られる。閉塞していてもこのスノードームは雪で作られており、水蒸気が内部を通り抜け頂部で雪が生成され成長を続けていたと見られる。翌日6時14分頃大きな衝撃音と振動が発生した。同時に2号機格納容器圧力は0.75MPaから急落した。この時にスノードーム高さは水換算で75m高さ約500tまで成長し、排気塔内圧がそれを支えきれずにドームが落下したと見られる。この成長はベント中から放出された水蒸気量にも符合した。前回落下と同様に排気塔下部の空間を押し下げ瞬間的に内圧は急上昇し1MPa近くまで達したのではないだろうか。2号機格納容器に伝達され、ついに格納容器上蓋を押し上げ、その時に格納容器のガスが抜け、衝撃音が発生したと見られる。抵抗する境界を失ったスノードームは完全に落下し排気塔を振動させサンブや鉄骨を損傷させた。この間1秒程度であり、圧力計にもこの記録は残らなかったと見られる。

4. 結論

紙面の都合で数式、図、事故現象の詳細については割愛した。現在排気塔下部も大きく損傷していると想定され、解体時には細心の注意が必要である。今後、論文投稿し、広く意見をいただきたい。事故時にベントすると排気塔が閉塞する問題は現在の他の発電所でも起こりうることであり、早急な詳細検討と対策が必要である。

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㈱