

水鉄砲で火の粉を落とす(再論)

はじめに

原発が過酷事故の進展を止められなくなって格納容器が破れた場合にはどう対処すべきか？ 外気に流れ出る放射性物質を大型放水砲で洗い落とすという計画が、各原発の再稼働承認のための新規制基準適合性審査の決定書に今も堂々と記載されている。この放水砲が認められたのは、2014年9月10日の川内原発1・2号機の審査書と2015年2月12日の高浜原発3・4号機審査書の決定である。その直後にわたしは「水鉄砲で火の粉を落とす:形骸化する規制審査」という論考を『科学』に寄稿した¹。それを今読み返してみると、「放水砲」が開発された目的とまったく違う使い方であることの説明が不足であった。そのことを含めて、図を多くして再説明したい。

1. 過酷事故対策用の放水砲の説明

川内原発の過酷時対策の説明に、今も図1のように、破損した格納容器から流出するプルーム(気流)を大型放水砲から発射する水流で洗って放射性物質を捕捉し、敷地の外へ流出することを防止する、と説明している。

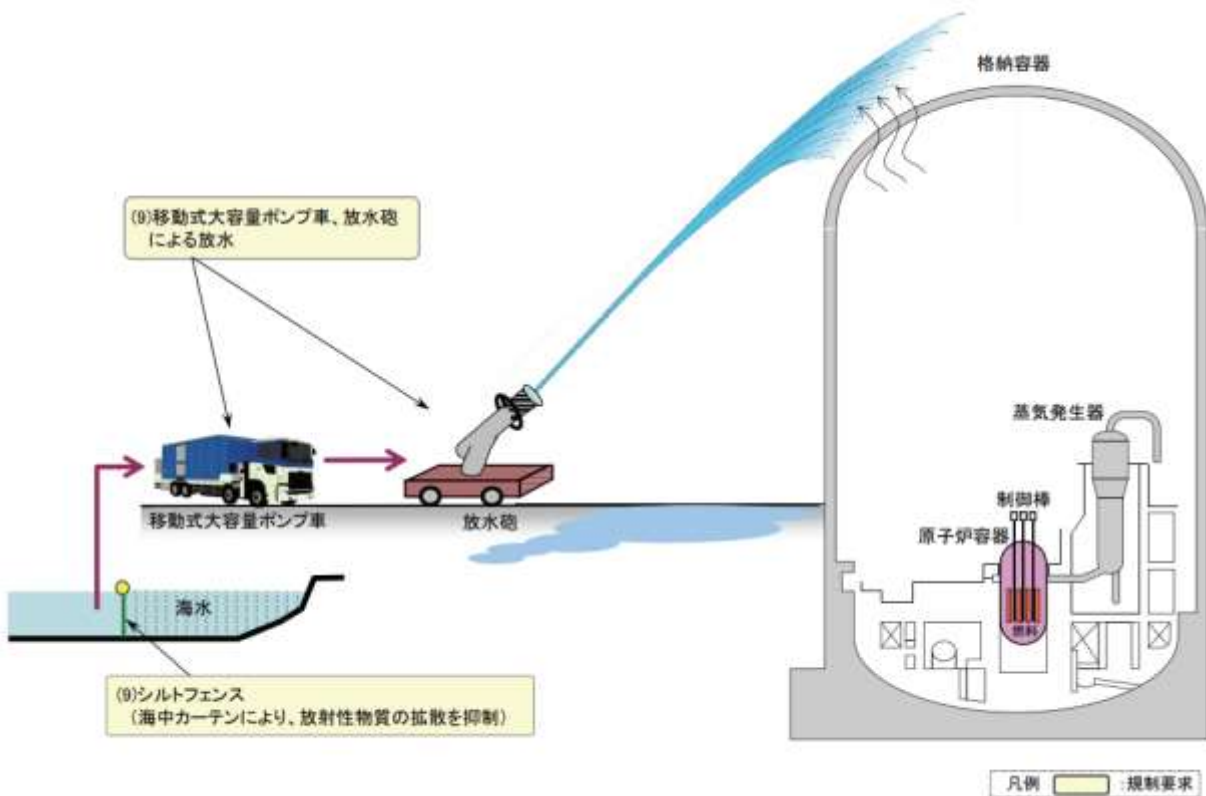


図1. 放水砲によるプルームの洗浄²

¹ 『科学』Vol.85, No.5(2015)、pp. 506-509

² 「九州電力の更なる安全性・信頼性向上への取り組みについて」p.9

<https://www.jsme.or.jp/pes/Research/A-TS08-08/03/10kyuden.pdf>

放水砲の形状を消防機器メーカーである YONE 社のカタログで見ると、図 2 のようなものである。また、放水状況は、図3のようである³。

PM-8P/PM-10P大容量放水銃



国内最大級、
20,000～40,000 L/Min泡放射対
応モデル

図2. 放水砲の形状(YONE 社カタログ)



図 3. 放水状況(YONE 社カタログ)

この放水砲の仕様は、PM-8P を採用した場合、次のようになる。

放水量： 2 万リットル/分=1,200 m³/h=0.333 m³/s

ホース接続口： 呼び 300mm

ノズル接続口： 呼び 150～200mm

寸法/重量： 1,700x4,000x2,300 / 2.7t

2. 手動操作の負担

この放水砲はすべて手動操作である。放射能が漏れている非常時の現場で作業員が過重な肉体労働を強い

³ YONE 「消防機器案内」 http://www.yone-co.co.jp/jp/fire/hg_pm8p10p/index.html

られることになる。

- ・自走機能がついていないので瓦礫が飛散している構内を、2.7トンの台車を牽引して移動する必要がある。
- ・呼び 300mmのホースは重量が大きく、接続に数人の人手を要する。
- ・放水時のノズルの操作は手動による。

3. 水流が放射性物質を捕捉できるか

もっとも本質的な疑問として、この種の放水砲から発射された水流が空気中を浮遊する放射性物質を捕捉できるかという問題がある。

まず、プルームは3次元に拡散していくが、水流は1次元の棒状である。水流を扇状に広げることはノズルの機能上できるが、その場合は到達距離が格納容器の高さまで届かない。さらに夜間の見通しが悪い場合は、運転者がプルームを視認することができない。このことだけで、放水砲をプルーム洗浄に使用することは無意味である。つまり、水流とプルームが接触する割合がきわめて小さく、ほとんど放射性微粒子の捕捉は期待できない。

次に、事故時に格納容器から大気中へ流出するプルームの中には、気体の放射性希ガス(クリプトン 85、キセノン 133 など)があり、希ガスは水溶性でないので捕捉できない。

さらに、固体の放射性微粒子が水流と交わった場合を考えてみる。水流は、ノズル径が 200mmの場合、初出速度約 11m/sで飛び出す。水流が周辺大気中のプルーム内に浮遊する微粒子と接触するのは、流速を失って細かい水滴として浮遊するようになってからである。その後、化学的親和性(水溶性)のある粒子が水滴と一体化することになるが、微粒子も水滴も周囲に空気層を同伴しているから、空気中で一体化するには一定の時間経過を要する。

このような経過を考えると、放水砲によるプルーム洗浄は、放射性物質を速やかに捕捉して原発敷地内に落とすことはほとんど期待できない。

4. 放水砲の本来の目的

この種の放水砲が開発されたのは、まったく原理的に違うことをめざしたものである。大容量のオイルタンクで火災が発生した場合に、その液面に泡消火液を大量に注入して、石油の表面を泡消火液で覆い、液面を空気から遮断することを目的としたものである。上述のように、空中を浮遊する粒子状のものを接触捕捉しようという「空をつかむ」ような不確定なことをその道の専門技術者が目指したのではない。単純に、すでにタンク内に貯まっている可燃物の液表面を発泡液で覆うことを目的としたものに過ぎない。石油タンクの液面が燃焼しているときは、人間が近づくのは危険なので、遠方から発泡剤を混入した水を注入して、石油表面をカバーすれば目的を達するのである。

2003年の十勝沖地震で火災を起こした出光興産北海道製油所のタンク火災が、この種の放水砲の必要性を石油業界に認識させる契機になった(図4)。この火災は、9月26日に原油タンクの浮き屋根と内壁の間に地震によって隙間ができて気化した石油成分に着火した。これは8時間後に鎮火した。その後、28日にナフサタンクの浮き屋根がナフサの中に沈んでしまい、液面全体を覆う火災になり、44時間燃え続けた。このとき、大容量の放水砲(イギリスのAngus社製)がシンガポールに1台あり、空輸して現場へ運んだ。その後、国内の石油精製各社は放水砲を常備するようになった。



図4. 2003年の十勝沖地震で発火した出光興産北海道製油所のタンク火災

消防機器業界でも放水砲を製造する会社があらわれ、従来から特殊な消火機器製作を得意としていた京都のYONE社が製作し、それを2005年に苫小牧東部国家石油備蓄基地で実験した。筆者はその試験を見学する機会に恵まれた(図5)。



苫小牧石油備蓄基地における泡放射実験

図5. 2005年苫小牧東部国家石油備蓄基地における泡消火剤放射実験⁴

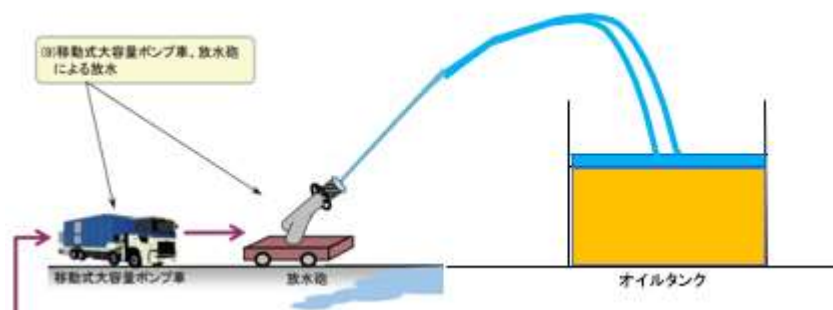


図6. 現在確立された泡消火液によるタンク火災消火法

⁴ 「石油タンク火災の安全確保に関する研究報告書」『消防研究所研究資料』第73号、2006年、p.2
http://nrifd.fdma.go.jp/publication/gijutsushiryo/gijutsushiryo_41_80/files/shiryo_no73.pdf

5. まとめ

タンクの液面の上に発泡消火液を供給することと、空気中を浮遊して行くプルーム内の微粉を捕捉することは、原理的にまったく違うことである。その違いを無視して、原発の重大事故対処施設として、意味も理解せずに市中にある製品をあてはめる原発設計技術者および規制当局者たちは、まったく信用できない。

【付論】水滴が微粒子を捕捉してもプルームとして遠方へ流れてしまう

上記の説明では、「3次元に拡散している放射性微粒子を1次元の棒状の水流で捕捉できるわけがない」と単純に片付けても良いことを示した。これに加えて、たとえプルームの流出口が小さくて水流がその穴をカバーできるサイズであっても、微粒子を水流で捕捉する見込みがないことを論じる。

つまり、格納容器の破損範囲が限定されていて、たとえば開口部が直径数mの円内に入る程度の大きさであれば、図1に示した放水砲の使用法で放射性微粒子の捕捉は可能ではないかという疑問である。しかしその場合でも、ほとんど捕捉はできないと考える。

理由は次の通りである。

空洞のない棒状の水流は外気との接触面積が小さいので、勢いよく飛んでいる行程中は外気中に浮遊する微粒子を捕捉することは期待できない。

水流が頂点に達するにつれて速度を失い、水流が分散して水滴となるが、空気中に浮遊する微粒子と接触するには、水滴がきわめて小さくなり、沈降せずに長時間空気中に浮遊していることが必要である。そのためには水滴も微粒子に分散して⁵、水滴も放射性微粒子も大気中に同伴した状態にあつて、相互に接触し一体化しなければならない。しかし、分散した微粒子の周りには空気の層(境界層)があり、接触・合体するには一定の時間経過を必要とする。

その時間の中に水滴も放射性微粒子も容易にプルームに運ばれて敷地からはるかに遠くへ流れてしまう。つまり、放水砲による水流で捕捉してサイト内に落としてしまうという目的を達成できない。

福島原発事故時の経験に照らして見れば、そのプルームが降雪または降雨の地域に遭遇したときに雪や雨とともに地上へ降って汚染地帯を形成する結果になる。要するに大型放水砲は目的を果たせない。

以上

⁵ 格納容器内噴霧装置では格納容器内の冷却と放射性微粒子捕捉のために、スプレインズル(加圧した水流を微粒化して空気中に噴霧する)を用いて、水滴の接触面積を大きくする。粒径の大きな水滴は、全体としての表面積が少なく、放射性微粒子捕捉の効率が低下する。