

原発汚染物質拡散防止に向けたプラン C

東北大学 流体科学研究所 圓山重直

作成日 2011/4/3

概要

3月31日の報道で、非常用冷却系の海水ポンプの復旧見通しが発表された。しかし、タービン建屋の排水作業の難航も報告されている。その間、原子炉の汚染蒸気は絶え間なく排出されており、一つの対策だけでなく、プランB、C・・・も平行して準備して最適なものをタイムリーに投入すべきである。もちろんプランAがうまくいってプランB、Cが不要になればそれでよい。すでにプランBは、HTCRep. 4.1で提案した。

もし、タービン凝縮器に直結した海水ポンプを取り付ければ、給水ポンプなどの復旧を待たなくとも炉心の冷却が可能となる可能性がある。本レポートではその「プランC」について述べる。内容は、タービン凝縮器を用いた(1)炉心冷却方法、(2)炉内排気ガスの浄化放出システム、(3)4号炉プールの冷却とヨウ素・セシウム低排出システムの方策、からなる。

以下に詳細を説明する。

はじめに

タービン凝縮器に海水を供給するポンプを取り付ければ、炉内の水蒸気を凝縮することができる。その水を現在使っているポンプと管路から炉内に再注入することによって、汚染水蒸気の排出を食い止められる。また、各種の浄化システムを負荷することによって、炉内で発生するヨウ素やセシウムの排出を大幅に抑制することが可能かもしれない。また、4号機プールからの水蒸気に含まれるヨウ素とセシウムの排出量を減らす可能性がある。

炉心冷却システム

- (1) 従来使っている蒸気冷却用取水ポンプの部分稼働が可能なら最適だが、このポンプはとても大きいので再起動が難航することが予想される。そこで、中型のくみ上げポンプを設置し、配管を取水ポンプのバルブの内側に接続する。炉が廃炉となる場合、本来の海水冷却系は使わないので、吸水管に穴を開けて、パイプを溶接する。
- (2) ポンプの大きさは、2号機の現在の発熱量が約4MWと推定されるので、水の蒸発量(約2kg/s)の10倍で1.2t/minで十分と考えられる。凝縮器の伝熱面積は十分余裕がある。詳細設計はしていないが、凝縮器の伝熱面積や吸熱量と比較した海水の熱容量流量が約10倍であることを考えると十分だと思われる。
- (3) 凝縮器内にたまり水くみ上げポンプと真空ポンプを接続し、凝縮器内を気密にする。くみ上げポンプの吐き出し口は何らかのサージタンクに接続しバルブで気密に保つ。
- (4) 真空ポンプで凝縮器の空気を抜き(放射能と排出時間・風向きに注意)真空度をチェックする。多少の空気漏れや漏洩による水位の上昇は容認する。
- (5) 海水ポンプで凝縮器内を冷却し、同時に真空ポンプで抜気する。

- (6) 炉心からタービンに行く蒸気バルブを開けて放出蒸気を凝縮させる。凝縮器内に空気やその他非凝縮気体が存在する場合は凝縮器の性能は低下する。しかし、タービン凝縮器は定格運転をしている原子炉の廃熱を除去するものであり、伝熱面積に十分余裕がある。従って、多少空気が存在しても定格の1%以下の蒸気は十分凝縮できる。ただし、炉心内の水の実沸に留意して蒸気バルブを開ける。
- (7) 凝縮器内にたまった水を、水中ポンプでくみ上げサージタンクに保持する。凝縮器内の水中ポンプは低圧になっているのでキャビテーションを発生しやすいので注意が必要である。また、水面圧力が低いので水面から上にあるポンプでくみ上げることは難しい。サージタンクが1気圧だと水中ポンプの揚程が大きくなるのでサージタンクは低圧に保つ必要があるかもしれない。
- (8) 凝縮器の容量(1号機1500t、2号機3000t)が大きく、凝縮水の量は2号機で約200t/dayと予想されるので、まず凝縮水を凝縮器にためてから、サージタンクに排出することも選択肢としてあり得る。2号機で原理上15日の運用が可能である。この場合、水をくみ上げる時は凝縮器内が1気圧となるので、その間蒸気の凝縮は行われず、環境に排出される。また、空にした凝縮器が満杯になるまで水をくみ出さず、同じ量の給水を続け、本来のプランA実施の時間稼ぎをすることも可能である。この間、環境への汚染蒸気の排出は止められる。
- (9) これまで使っている緊急注水用ポンプと管路で注入する。このとき、凝縮器は低圧になっているので、サージタンクのバルブを閉めて、タンク内をいったん常圧にしてからポンプ注水をした方がいいかもしれない。
- (10) この作業中、真空ポンプは作動し続ける。排ガスは、後述する浄化装置で浄化してから環境に排出する。
- (11) このシステムを作動させると、加圧容器内は1気圧以下に低下する。水の沸点もそれに応じて小さくなるので、ヨウ素やセシウムなど、蒸気圧の比較的小さい放射性ガスの放出が押さえられる。
- (12) この操作で、圧力容器内の圧力が1気圧以下になる。また、サプレッションチャンバーを通さずに蒸気を凝縮するので、格納容器の圧力も低下する。その結果、現在問題となっている漏洩水の量も減らせる可能性がある。

炉内排気ガス浄化システム

蒸気のシステムを運転するためには、各所で不具合の予想されているバルブの漏洩は考慮しなければいけない。つまり、凝縮器内の真空ポンプは動作し続け蒸気と進入ガス、炉内から生成されるガスを除去し続ける必要がある。そのために、既存の設備を流用してガス浄化を行う。

- (1) このシステムは、①真空ポンプ、②1-3号機の排気をいったん貯蔵するサージタンク、③セシウム吸着タンク、④ヨウ素吸着タンク、⑤放射能吸着フィルター(既存)、⑥排気煙突からなる。
- (2) まず、真空ポンプで吸い上げられた1-3号機のガスはいったん一つのサージタンクに集められる。ここから圧入ポンプによってセシウム吸着タンクに送られる。
- (3) セシウム吸着タンクには希硫酸が入っており、セシウムを吸収する。もし、希硫酸が難しければ水でも代用できる。この辺の知識について、私は素人なので、どのくらいの量の希硫酸をどのくらいの濃度でタンクに入れるかは専門家に問い合わせてください。
- (4) ヨウ素吸着タンクにはヨウ化カリウム溶液をいれて、ヨウ素を吸着する。この量と濃度も不明です。化学の専門家に問い合わせてください。上記3つのタンクには現在タービン建屋の水排水に使ってい

る、冷却用水貯蔵タンクが使えないでしょうか。

- (5) ヨウ素とセシウムの濃度が十分少なくなった排気ガスは、乾燥させて、既存の吸着フィルターを通してから煙突を介して放出する。本システムが普段想定されていないヨウ素やセシウムの濃度を下げするために、既存の放射能フィルターも有効に活用できることが想像される。煙突を使うのは万が一放射性ガスが浄化されないときに、近傍に働いている人の被爆を軽減するためである。また、このシステムは水素を除去できないので、水素を拡散しやすくする作用もある。
- (6) 現在注入している水にもヨウ化カリウムを混ぜると、ヨウ素の放出は低減されるように思われる。セシウムは高温の水に吸収される。**ただし、ヨウ化カリウムの原子炉や冷却プール投入は燃料棒からのヨウ素溶解も大幅に増やし、炉心からの漏洩水の放射能を増大させることになるので、この炉心投入が十分な検討が必要である。**ただし、抜気気体のヨウ素吸着は問題ないと考える。これは、あくまでも素人の考えです。専門家に確認してください。もし、効果があるようなら、現在のままでも放射能の放出がかなり押さえられるかもしれません。

プールの冷却

現状では、上部から注水しそれを蒸発させている。4号炉の燃料体は特に発熱量が大きいので燃料棒が破損している可能性があり、汚染物質の環境への排出が続いている。4号炉屋上の破壊状態から考えると、HTCRep.4.1で提案したB-2は難しそうである。そこで、プランCでは、プランB-1についてより具体的な提案をする。

- (1) 新聞報道では4号機プールの発熱量は約2MWとされているが、我々の推定では2.6-2.8MWである。現在は、いくらか飛散するものもあると思われるが、これに相当する水約110t/dayを現在注入していると考えられる。
- (2) このエネルギーが蒸気となって環境に出て行くので、水の顕熱で除去するプランB-1を検討する。70℃の水を20℃にすることで冷却する温度差50℃の顕熱で除去することを考えると、2.8MWに相当する必要水量は、13.3kg/sである。つまり、0.8t/minの水量が確保できれば、4号炉プールの水を沸騰させずに冷温停止できる。
- (3) これを実施するためには、5m/sの流速で直径30cm、10m/sの流速で20cmのパイプが必要である。
- (4) 今使っている給水器のアームや他の機器を使って、直径20cmのパイプと取水口・排水口を瓦礫をくぐり抜けてプール内に設置する必要がある。高濃度汚染水を循環させるので、瓦礫の上から散布することは許されない。プール内の水は高濃度に汚染されているので、パイプや熱交換器に漏れがあってはならない。ここが、本プランの難しいところである。
- (5) 現在入手可能な大きめのシェルアンドチューブ型熱交換器を手に入れて、十分な量の海水でプールの水を20℃まで冷やし、再びプールに注水する。
- (6) プールが低温になり、炉心からの放射能も減少した結果、周囲の放射線量も減少したときに、建屋屋上の瓦礫を撤去して、プランB-2に移行する。