

## Chooz 原子力発電所訪問調査

日時：2011年11月9日 11:00～17:00

応対者：Chooz 発電所 Mr. Verot 他

訪問者：JSME 水町、奈良林、田島、岡本

### 1. Chooz 発電所概要

N4タイプの145万kW 4ループPWR 2基

1号機定期検査中、2号機100%出力運転中

Chooz A 発電所 (30万kW, 廃止措置中)

フランスで最初のPWR

地中の洞窟内に、原子炉を設置、このため原子炉建屋が存在しない

廃止措置中、現在S/G解体中、炉容器はまだ残っている

### 2. Vent System について

#### a. 目的

シビアアクシデントのシナリオの中で、24時間は、スプレーによって格納容器冷却と放射性物質を水中に溶かし込む。圧力上昇が止められない場合には、ベントラインを用いて圧力を開放し格納容器破損のリスクを低減する

#### b. 系統

##### ① 吸入部

格納容器内部には、金属フィルターがあり、そこでエアロゾルを除去する。このフィルターが埋まってしまうことなどに対応するため、5bar(abs)=4bar(gage)に設定された圧力開放弁(自動で開)が並列につけられており、冗長性を持たせている。ただし、下記手動弁を開ける事が必須

##### ② 手動弁

ベントラインには、2個の手動弁(常時閉)がシリアルに付いており、マニュアルに従い、事故時には弁を開けに行く必要がある。場所は格納容器の外側にある。特別な部屋においてあり、鍵はマネージャーが管理している。(鍵がないと弁は開けられない)

##### ③ サンドフィルター

サンドフィルターは、直径8m、高さ5mの円筒形容器。上側から蒸気、放射性物質、水素などの混合気体が導かれ、砂によって放射性物質を除去した後、スタックから放出。砂は0.6mm程度の微粒子

##### ④ 線量計測

スタックに行く前に、線量計測装置(多分 Ge とシンチレータ)が設置されている。  
従来は計測器を 2 基で共有していたが、福島事故後に、個別に設置する事を検討

⑤ ベント配管

スタック内にベントラインが別途設けられている。

c. 運転

① 緊急時

蒸気がフィルターで凝縮すると、水素濃度が高まることが考えられるため、ベントラインを利用するまでの 24 時間の間に、サンドフィルターを 140°C まで温度を昇温させる。これは、2 個の手動止め弁の先から、ブローによって空気を送り込む。ブローの先に電気ヒータが設置されており、電気ヒータによって空気を昇温させ、これによりフィルターの温度も上げる。

② 通常時

通常運転時は、ブローは継続運転している。これは、フィルターに継続的に空気を送り込むことで、フィルターを乾燥させておくため。このときはヒータはつけていないので、空気のみを送り込む。

d. その他

① 電気が無いとベントラインは利用できない。(水素爆発の危険性があるため)

② ベントラインは地震を考慮していない。地震によってフィルターなどが損傷した場合は、止め弁を開けない事で、閉じ込めるを達成する。

③ フィルターでの除去性能はセシウム等に対して 90%(1/10)である。希ガスは除去できない。

3. シビアアクシデントシナリオ

EdF で考慮している放射性物質放出シナリオとしては、

S1	4 時間で格納容器から放出	Xe 80%, I 60%,	Cs 40%
S2	24 時間で格納容器から放出	Xe 75%, I 3%,	Cs 5%
S3	24 時間でフィルター経由放出	Xe 75%, I 0.85%,	Cs 0.3%

の 3 種類である。

ここに至るアクシデントの展開シナリオは、

水蒸気爆発  $\alpha \rightarrow S1$  確率は十分に低い

格納容器早期破損  $\beta \rightarrow S1 \rightarrow U2 \rightarrow S3$

格納容器内水素爆発  $\gamma \rightarrow S1 \rightarrow RAP$

格納容器加圧破損  $\delta \rightarrow S2 \rightarrow U5 \rightarrow S3$

格納容器内コンクリート燃料反応による加温破損  $\epsilon \rightarrow S2 \rightarrow U4 \rightarrow S3$

の 5 種類を検討している。

① 格納容器の早期破損( $\beta$ )については、格納容器スプレー(U2)によって時間を稼ぎ、最終

的には、フィルターを経由した放出へ

- ② 水蒸気爆発( $\gamma$ )は、実質上起こさない  
水素爆発については、触媒型再結合機によりリスクを下げる
- ③ PWR は格納容器が大きく、加圧破損を考慮するのは 24 時間後（それまではスプレーで持たせる）  
加圧破損防止( $\delta$ )のために、フィルタードベントシステム(U5)を用いて放出量を 90%下げる
- ④ 加温破損( $\epsilon$ )については、リークしてきた放射性物質を、緊急時ガス処理系(U4)で処理して、スタックより排出する。(電気が必要)  
最初フィルタードベントラインの話をしたときに、上記サンドベント以外に、この緊急時ガス処理系もフィルタードベントと分類していて少し話が伝わらなかった。

#### 4. 現場調査

- ① セキュリティーは厳しい
- ② つなぎに着替えて定期検査中 1 号機の格納容器内へ
- ③ 燃料交換作業中であり、炉には水が入っている。オペフロから水面が確認できる。
- ④ 格納容器内には、多数の触媒型水素再結合器が設置されている。水素再結合による発熱のため、自然循環型となっており、下側から気体を取り込んで上方から放出水は床に落ちる格好。  
大きさは、高さ 2m 幅 1m 奥行 40cm 程度  
なお、SFP にも大量に設置されているとの事
- ⑤ 格納容器スプレーは天井部と脇にリング状に設置
- ⑥ 格納容器最下部には、スプレー水を再循環させてトップから再度スプレーするためのストレーナのついた吸入口が多数設置  
2 系統あり、循環ポンプは格納容器外にある
- ⑦ サンドベントライン吸入部の金属フィルター、圧力開放弁を見学  
圧力開放弁は錘がつけてあり、錘によって圧力が調整できる。このため、開放弁は網で囲ってあった。  
金属フィルター、圧力開放弁からのラインはすぐに合流し、8 インチ程度の配管で格納容器外に導かれている。配管は熱伸びを考慮して、ヘアピンに曲げられている。
- ⑧ 格納容器は 2 重で、アニュラス部は 1m 程度の幅がある。
- ⑨ 格納容器外側に、鍵の付いた小部屋があり、ここに止め弁 2 台(常時閉)をシリアルに設置。手動弁であり部屋の鍵がないと開けられない。なお、この止め弁までは、格納容器のバウンダリを構成しているため、耐震クラスは高い。止め弁以降は耐震は考えていない。
- ⑩ この部屋の外側に、ブロア、ヒーター、逆止弁が設置されており、換気系から空気を

吸い込み、定期的にサンドフィルターに空気を送り込む

- ⑪ サンドフィルターは、屋上に設置。土台の上に設置されている。水漏れ防止のためか、土手が設置されている。
- ⑫ 放射線量計測建屋はフィルターの隣にコンクリート製で設置されている。

## 5. その他

### a. 緊急時対策

EdF では緊急時対策がまとめられている

24時間後には、ヘリコプターなどで電源車、予備機などを輸送してくる。これは、**plug and play** で繋ぎこめるように標準化されている

### b. ストレステスト

地震、洪水、SBO などについてのストレステストを提出済

地震は 0.31G と最大想定 of さらに 1.5 倍に対して評価を実施し問題ないことを確認

洪水は、最大想定 of 1.3 倍の流量を想定して評価を実施し、5m 以上の余裕があることを確認

### c. D/G

D/G は原子炉建屋の東西にある D/G 建屋に 2 台設置、予備のガスタービン発電機を 1 台少しはなれた建屋に設置（配置設計が考えられている）2 基で合計 5 台の発電機がある。

なお、EdF では、1 基あたりの D/G を 3 台とする事を決めて、数年掛けて増設する。ガスタービンはそのままなので、合計 7 台となる予定

## 6. 感想

サンドベントシステムは、様々にあるシビアアクシデントシナリオの中で、比較的ゆっくりとした加圧破損を防止するために設置されている。24 時間はスプレーによって格納容器を冷却する思想。電気があることを前提とし、I,Cs などの放射性物質放出を 1 桁下げることが目的である。ベントラインでの水素爆発を気にしており、蒸気凝縮によって水素濃度が下がらないような工夫を考えている。また、現在、サンドベントではなく MVSS の様な水を使う **passive** なベントシステムも検討しているとのこと

なお、いわゆる SGTS のような緊急時ガス処理系が別途建屋内に設置されている。緊急時ガス処理系は、放射性物質放出を大きく下げることが可能。但し、電気が要る。

また、緊急時対策は、EdF によって、しっかりと地元対応を含めて準備されている。国の専門機関もあるが、電力会社が比較的主体的に関与している感が強い。ベルギー国境がすぐ近くであるが、地域対策とは切り離して国際対応部署が対応しているようである。

## 7. 日本の PWR に対する提言

全体としてのリスク評価を実施し、ベントシステムが有効かどうかを再度評価する事が必要である。過去のリスク評価は内的事象のみを考慮していると考えられ、地震津波などの外的事象を考慮した場合のベントの有効性について至急検討する必要がある。

なお、Leibstadt は BWR であっても、大きな遮へい容器があり、PWR に考え方を応用する事も可能であろう。Leibstadt の例を参考に、passive なベントのあり方について考えることが必要である。特に、電気が全て失われた場合にも、外部への放出を 1/1000 に抑えることができるのは、有効ではないか？