

**女川原子力発電所2号炉  
中央制御室について  
(審査会合コメント回答)**

---

平成30年7月19日  
東北電力株式会社

# 目次

---

1. 審査会合での指摘事項(一覧)
2. 指摘事項に対する回答

## 1. 審査会合での指摘事項(一覧) (1/1)

番号	審査 会合日	指摘事項の内容	回答頁
3	H30.5.17	被ばく評価について、格納容器貫通孔のDF等の評価条件について最確条件により居住性を示すこと。 また、不確かさについても合わせて整理すること。	3
7	H30.6.12	貫通孔のDF設定について、実証試験結果の適用検討にあたって、エアロゾル粒径の移行プロセス、シール材の劣化等、実機の状態を考慮すること。	3

## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(1/15)

### (1) 指摘事項

- ・被ばく評価を通して、格納容器貫通孔のDF等の評価条件に関して最確条件による中央制御室の居住性を示すこと。また、不確かさについても合わせて整理すること。
- ・貫通孔のDF設定について、実証試験結果の適用検討にあたって、エアロゾル粒径の移行プロセス、シール材の劣化等、実機の状態を考慮すること。

### (2) 回答

【対応方針】 (中央制御室の居住性に係る被ばく評価における最確条件の適用について)

- 炉心の著しい損傷時における中央制御室運転員に対する被ばく線量を低減するため、非常用ガス処理系を重大事故等対処設備として位置づけ、評価にあたっては、格納容器貫通孔におけるDF及び原子炉建屋漏えい率について、本来は考慮できるが評価上は保守的に考慮せず、100mSv/7日という基準を満足することを確認していた。
- しかしながら、本来プラントが持つ放射性物質の除去効果や保持機能については、事故時におけるプラントの状態を踏まえ最確条件を設定し、その上で中央制御室運転員に対する線量影響を示していく。

	変更前	変更後	
		最確条件適用ケース	不確かさ評価条件
格納容器貫通孔におけるDF	1 (効果に期待しない)	最確条件を適用	変更前に同じ
原子炉建屋の換気率	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事故発生から70分後～168時間後： 0.5[回/日]で屋外に放出 (非常用ガス処理系による放出)</li> <li>・ 上記以外の期間：無限大[回/日] (原子炉建屋からの漏えい)</li> </ul>	最確条件を適用	変更前に同じ
ブローアウト閉止装置	閉止に期待する (60分後までに閉止し建屋の気密性が確保される)	期待する/期待しない※	変更前に同じ
非常用ガス処理系	運転に期待する (70分後に建屋は負圧となり非常用ガス処理系から放出)	期待する/期待しない※	変更前に同じ

※ 中央制御室の居住性に係わる被ばく評価結果を踏まえ、最確条件として機能の要否を判断する。

## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(2/15)

### 1. 被ばく評価において最確条件を適用する項目の抽出について

- 中央制御室の居住性に係る被ばく評価において、評価条件に対する選定にあたっては、以下の考え方に基づき、評価条件の選定を行っている。

- ・ 設計値
- ・ 実機試験結果
- ・ 運用や手順に基づくもの
- ・ 国内や海外知見

(NUPEC報告書, NUREG, Standard Review Plan, Regulatory Guide, NRPB publications, USAEC technical safety guide, 等)

- ・ MAAP解析結果
- ・ 審査ガイドや各種指針類に基づくもの
- ・ 本来は考慮できるが評価上期待しないもの

- これら種々の評価条件のうち、「本来は考慮できるが評価上期待しないもの」として、以下の2項目があり、これについては、技術的な見地から最確条件を検討していく。

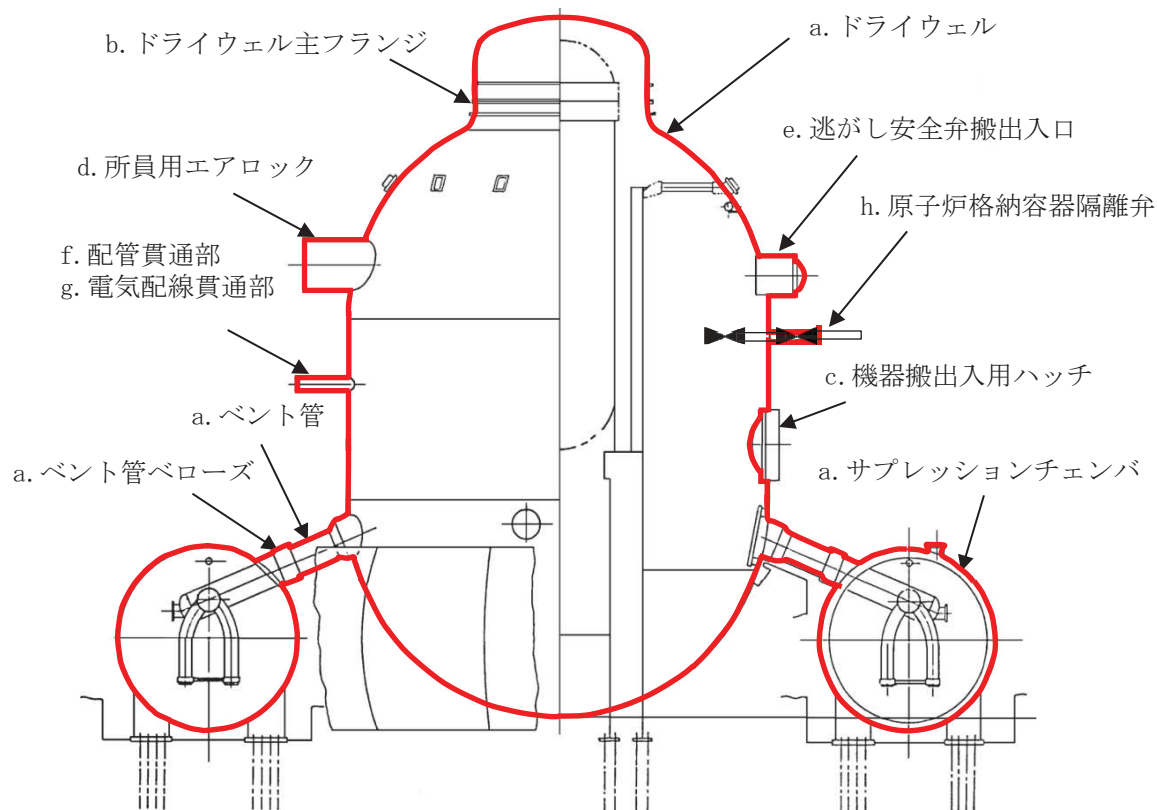
- (1) 格納容器貫通孔におけるDF
- (2) 原子炉建屋の換気率

## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(3/15)

### (1) 格納容器貫通孔におけるDF

#### <原子炉格納容器の構造及び漏えい想定箇所>

事故時には原子炉格納容器から建屋に漏えいする放射性物質が想定される。原子炉格納容器バウンダリの構成部(図(1)-1)について、重大事故時における放射性物質の閉じ込め機能を喪失させる要因として、原子炉格納容器内の温度、圧力条件や原子炉格納容器本体の変形に伴う漏えいが想定される。(次頁の表(1)-1参照)



図(1)-1 原子炉格納容器の概要図

重大事故等対処設備について(補足説明資料)  
 59-9 原子炉制御室の居住性に係る被ばく評価について  
 添付資料2 2-24 原子炉格納容器の漏えい孔における  
 エアロゾル粒子の捕集係数について

## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(4/15)

表(1)-1 原子炉格納容器バウンダリの構成部における機能喪失要因

構成部		機能喪失要因	
		構造部	シール部
a. 原子炉格納容器本体	胴部等及びドライウエル基部	延性破壊	—
	ベント管ペローズ	疲労破壊	—
b. ドライウエル主フランジ	フランジ	延性破壊	開口, シール能力低下
	締付ボルト	延性破壊	—
c. 機器搬出入用ハッチ	円筒胴取付部	延性破壊	—
	円筒胴	延性破壊	変形, シール能力低下
	鏡板	座屈	—
d. 所員用エアロック	扉及び隔壁	延性破壊	変形, シール能力低下
	円筒胴	延性破壊	—
	シール部(扉以外)	—	シール能力低下
e. 逃がし安全弁搬出入口	円筒胴	延性破壊	—
	鏡板	延性破壊	—
	フランジ	延性破壊	開口, シール能力低下
	ヒンジボルト	延性破壊	—
f. 配管貫通部	貫通配管	延性破壊	—
	スリーブ	延性破壊, 座屈	—
	端板	延性破壊	—
	ボルト締付平板	延性破壊	—
	フランジ	延性破壊	開口, シール能力低下
	締付ボルト	延性破壊	—
	閉止板	延性破壊	—
	伸縮継手	疲労破壊	—
	短管	延性破壊	—
g. 電気配線貫通部	スリーブ	延性破壊	—
	アダプタ	延性破壊	—
	ヘッダ	延性破壊	—
	モジュール	—	変形, シール能力低下
h. 原子炉格納容器隔離弁	耐圧部材	延性破壊	—
	シール部	—	シール能力低下

○ 構造部

- 鋼材で構成されており溶接部も含め連続構造
- これらについては約2.6Pd以上まで放射性物質の閉じ込め機能を確保できると評価

○ シール部

- 連続構造ではないことから、漏えいが生じる可能性は否定できない



したがって建屋への漏えい箇所として以下を抽出※

- ① **フランジ構造のシール部**  
(b.ドライウエル主フランジ, c.機器搬出入用ハッチ, d.所員用エアロック, e.逃がし安全弁搬出入口, f.配管貫通部)
- ② **電気配線貫通部のシール部**  
(g.電気配線貫通部)

※シール部は他に「h. 原子炉格納容器隔離弁のシール部」があるが、弁体を弁座に押しつけてシートする構造であり、弁シートから漏えいした場合は配管内へ漏えいすることとなり、配管の系外への漏えいを伴うものではないため、原子炉格納容器から原子炉建屋への漏えい経路とはならないと考えられる。

## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(5/15)

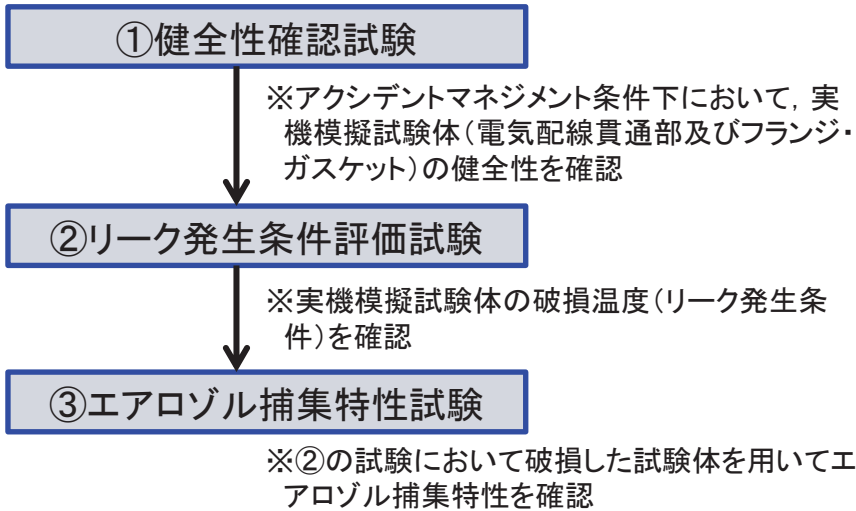
### <貫通部におけるエアロゾル粒子の捕集係数に関する既存の知見(NUPEC報告書抜粋)>

原子炉格納容器から原子炉建屋への放射性物質の放出割合は、MAAPコードを用いて評価を行っているが、エアロゾル粒子が貫通部で捕集される効果は考慮されていない。

原子炉格納容器の貫通部における捕集効果の検討として、原子力発電技術機構の報告書「重要構造物安全評価(原子炉格納容器信頼性実証事業)に関する総括報告書(平成15年3月)」(以下「NUPEC試験」という。)に、格納容器貫通部におけるシビアアクシデント時の放射性物質の捕集特性に関する試験結果がまとめられている。

この試験では、試験対象とする原子炉格納容器貫通部のうち、シビアアクシデント発生時において、格納容器本体や金属シール部分などよりも先にリークが発生する可能性が高い部位として、有機シール材が使用されている電気配線貫通部及び機器ハッチやエアロック等に用いられるフランジ・ガスケット部を選定している。また、リークを発生させた試験体を用いてアクシデントマネジメントを超える条件下でのエアロゾル捕集特性を確認している。

NUPEC試験の概要を図(1)－2に、エアロゾル捕集特性試験条件を表(1)－2に、試験結果を表(1)－3及び図(1)－3に示す。



表(1)－2 NUPEC試験の試験条件(エアロゾル捕集特性試験)

	試験条件
試験対象	電気配線貫通部(低電圧モジュール) フランジ・ガスケット
シール材の材質	電気配線貫通部(低電圧モジュール):エポキシ樹脂 フランジ・ガスケット:シリコンゴム
エアロゾル濃度	10～300 mg/m <sup>3</sup> (CsI)
エアロゾル粒子の粒径	1～2 μm(CsI)
環境条件	温度:100～200°C 圧力:0.11～0.60MPa (ドライ条件)

図(1)－2 NUPEC試験の概要



## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(6/15)

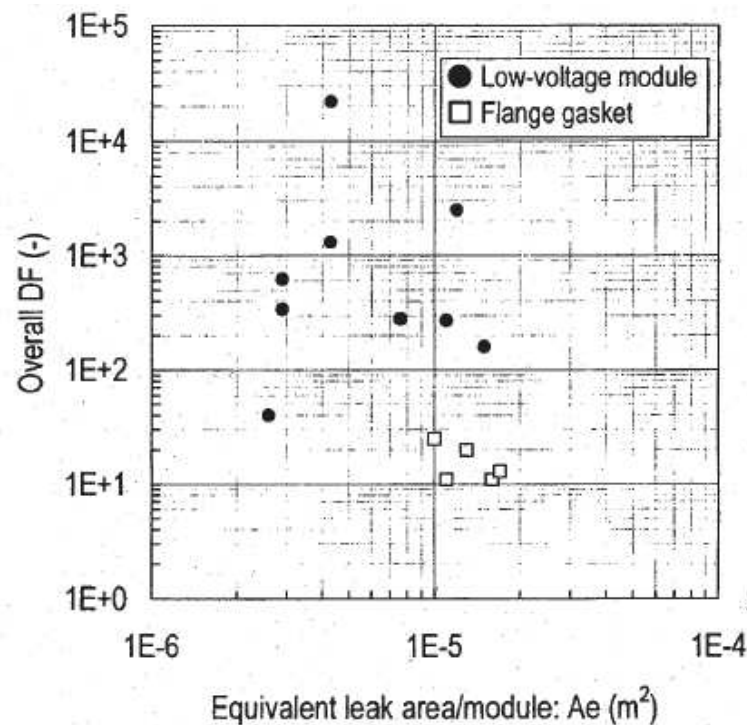
表(1)-3 エアロゾル捕集特性試験結果

		捕集係数(DF)	リーク等価面積 <sup>※1※2</sup>
<b>低電圧モジュール</b>			
	0.9mm <sup>2</sup>	1300	5.9mm <sup>2</sup>
	0.9mm <sup>2</sup>	620	
	0.9mm <sup>2</sup>	22000	
	0.9mm <sup>2</sup>	2500	
	0.9mm <sup>2</sup> (T/C)	280	11mm <sup>2</sup>
	0.9mm <sup>2</sup> (T/C)	160	
	同軸ケーブル	270	11mm <sup>2</sup>
	100mm <sup>2</sup>	340	2.9mm <sup>2</sup>
	2mm <sup>2</sup>	40	2.6mm <sup>2</sup>
<b>フランジガスケット</b>			
	甲丸ガスケット	11	16mm <sup>2</sup>
	甲丸ガスケット	11	
	甲丸ガスケット	13	
	甲丸ガスケット	20	
	グループ&タンクガスケット	25	10mm <sup>2</sup>

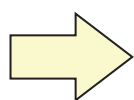
※1 低電圧モジュールはモジュール1体当たり, フランジガスケットはガスケット1m当たりのリーク面積

※2 実験では, 低電圧モジュールは200°Cにおいて等価面積が減少したため(シール材の熱膨張によるものと考えられる), フランジ・ガスケットは明確な温度依存性が見られなかったため, 保守的な100°Cでの値を記載

- 低電圧モジュールとフランジガスケットの捕集係数の違いは, リークパス長さの違いによるものと考察されている。(低電圧モジュールのリークパス:100mm以上, フランジガスケット:10mm)
- リーク面積と得られた捕集係数の間には相関は確認できなかった。



図(1)-3 リーク等価面積と捕集係数(DF)との関係



本試験の結論として, エアロゾル捕集係数は少なくとも10以上のクレジットをとることが可能としている。

## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(7/15)

### <女川原子力発電所2号炉における重大事故等時とNUPEC試験条件との比較(1/6)>

NUPEC試験条件と、女川原子力発電所2号炉の構造及び重大事故等時の条件を比較し、女川原子力発電所2号炉への適用性を検討する。条件を比較した結果を表(1)－4にまとめ、差異のあった条件について次頁以降で考察する。

表(1)－4 NUPEC報告書における試験条件及び女川原子力発電所2号炉の重大事故等時条件の比較

	NUPEC報告書における試験条件	女川原子力発電所2号炉の重大事故等時の条件	比較結果・考察
漏えいを想定する対象	電気配線貫通部, フランジ・ガスケット	電気配線貫通部, フランジ・ガスケット	女川原子力発電所2号炉における漏えい想定箇所は、「1. 原子炉格納容器の構造及び漏えい想定箇所」に記載のとおりであり、試験条件と同等
エアロゾル濃度	10～300 mg/m <sup>3</sup> (Csl)	平均濃度:約100mg/m <sup>3</sup>	格納容器内の平均濃度は約100mg/m <sup>3</sup> であり、試験条件に包絡されている
エアロゾル粒子の粒径	1～2 μm (Csl)	約2～4 μm (空気動学的直径のエアロゾル質量濃度に対する粒径分布の最頻値(MAAP評価値))	・NUPEC試験で用いた粒径分布と重大事故等時で想定する粒径分布が異なるため、以下にて考察 【a. エアロゾル粒子の粒径に対する考察】
シール材の材質	・電気配線貫通部: (高電圧)エチレンプロピレンゴム (低電圧)エポキシ樹脂 ・フランジ・ガスケット: シリコンゴム	・電気配線貫通部: (高電圧)エチレンプロピレンゴム (低電圧)エポキシ樹脂, メタルリング ・フランジ・ガスケット:改良EPDM	・フランジ・ガスケットについて、試験で用いたシール材と女川2号炉のシール材は異なるため、以下にて考察 【b. シール材の差異に対する考察】
環境条件	温度: 100～200℃ 圧力: 0.11～0.60MPa (ドライ条件)	温度:200℃以下 圧力:0.854 MPa以下(2Pd) (ウェット条件)	・重大事故等で想定する温度条件は、試験における測定時の条件とほぼ同等である ・重大事故等で想定する圧力は、試験における測定時の圧力と差異があるため、以下にて考察 【c. 圧力条件に対する考察】 ・実験に用いたシール材は最大約270～350℃の環境で曝露し、漏えいが発生したものをを用いているため、この曝露環境等の差による劣化状態について、以下にて考察 【d. シール材の劣化状態の考察】 ・NUPEC試験における蒸気環境について、重大事故等で想定するウェット条件では水蒸気による劣化(加水分解)の影響を受けるものの、蒸気により空気中の酸素量が少なくなるため、シール材の劣化が抑制されると考えられる。さらに、ウェット条件では漏えい経路での水蒸気凝縮、エアロゾル粒子の凝集・凝縮効果に期待できる。そのため、実験条件(ドライ条件)に比べて重大事故等で想定する条件(ウェット条件)の方がエアロゾル粒子の捕集係数が大きくなると考えられる
原子炉格納容器貫通部全体での捕集係数(DF)	370程度 (代表的な実機プラント)	約170	・文献にて用いている代表的なBWR実機プラント想定のパラメータと女川2号炉でのパラメータは同一ではないため、その影響を以下にて確認 【e. 原子炉格納容器貫通部全体での捕集係数(DF)】

## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(8/15)

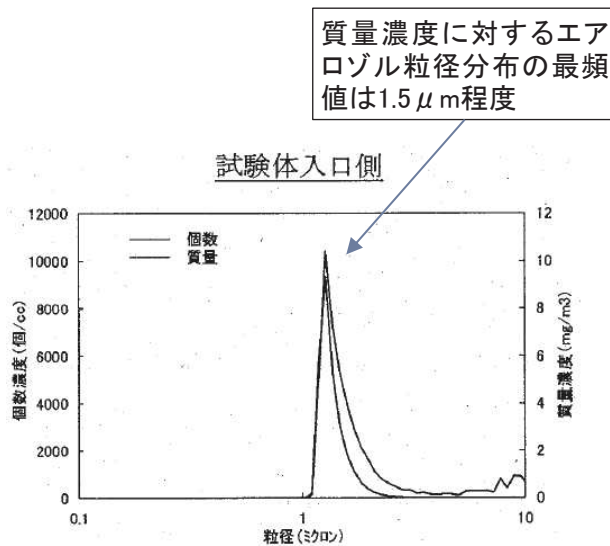
### <女川原子力発電所2号炉における重大事故等時とNUPEC試験条件との比較(2/6)>

#### a. エアロゾル粒子の粒径に対する考察

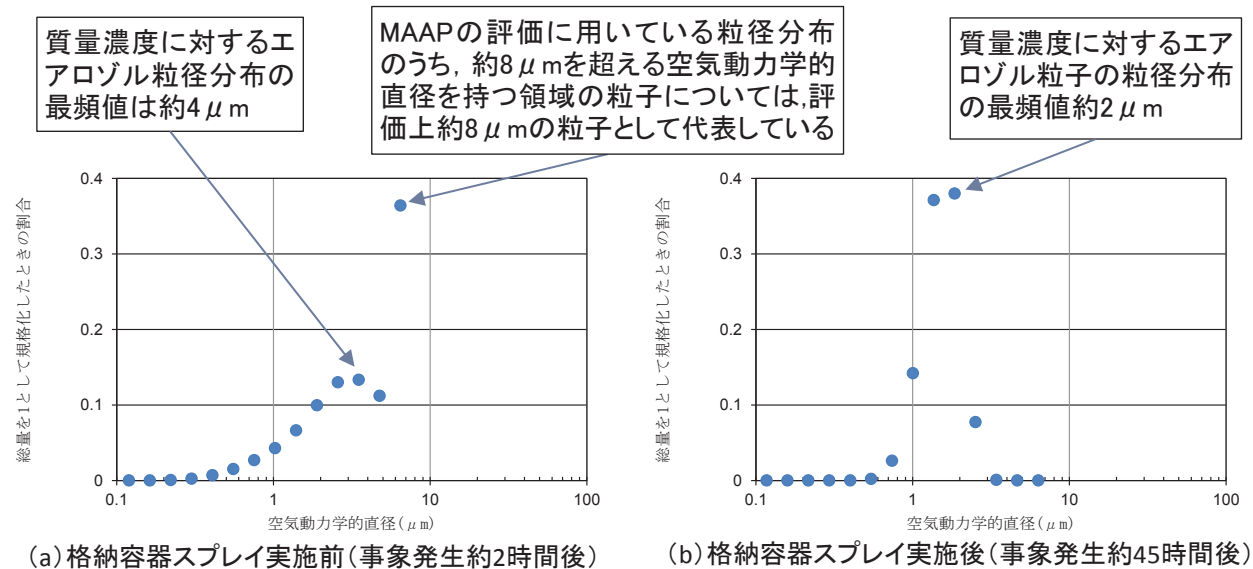
エアロゾルの粒径分布は原子炉格納容器内での凝集や沈着等によって変化していくものと考えられる。凝集は拡散と重力沈降の過程でエアロゾル粒子が衝突することで、小粒径のエアロゾル粒子が集まり、より粒径の大きい粒子がつくられ、粒径分布はより大きい方向にシフトする。沈着は、重力沈降によりエアロゾル粒子が壁面等に沈着することであり、粒径が大きいエアロゾル粒子ほど沈着し易いため、大粒径のエアロゾル粒子ほど多く除去され、粒径分布はより小さい方向にシフトする。

NUPEC試験で用いられたCsIの質量濃度に対する結果の粒径分布(図(1)－4)と、MAAPにて評価された女川原子力発電所2号炉の事故時の粒径分布(図(1)－5)を比較すると、同程度か、MAAPコードにて評価した格納容器過圧・過温破損(代替循環冷却系を使用しない場合)の粒径分布の方が大きくなる(事象発生約2時間後:約 $4\mu\text{m}$ , 事象発生約45時間後:約 $2\mu\text{m}$ )。

粒径分布の不確かさの影響はあると考えられるものの、質量濃度に対する粒径分布の最頻値が実験で用いたものより重大事故等時での想定の方が大きいことから、その影響に包絡されるものと考えられる。



図(1)－4 NUPEC試験で用いたCsI発生装置のエアロゾル粒子の粒径分布



図(1)－5 事故時における粒径分布(MAAP評価)

## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(9/15)

### <女川原子力発電所2号炉における重大事故等時とNUPEC試験条件との比較(3/6)>

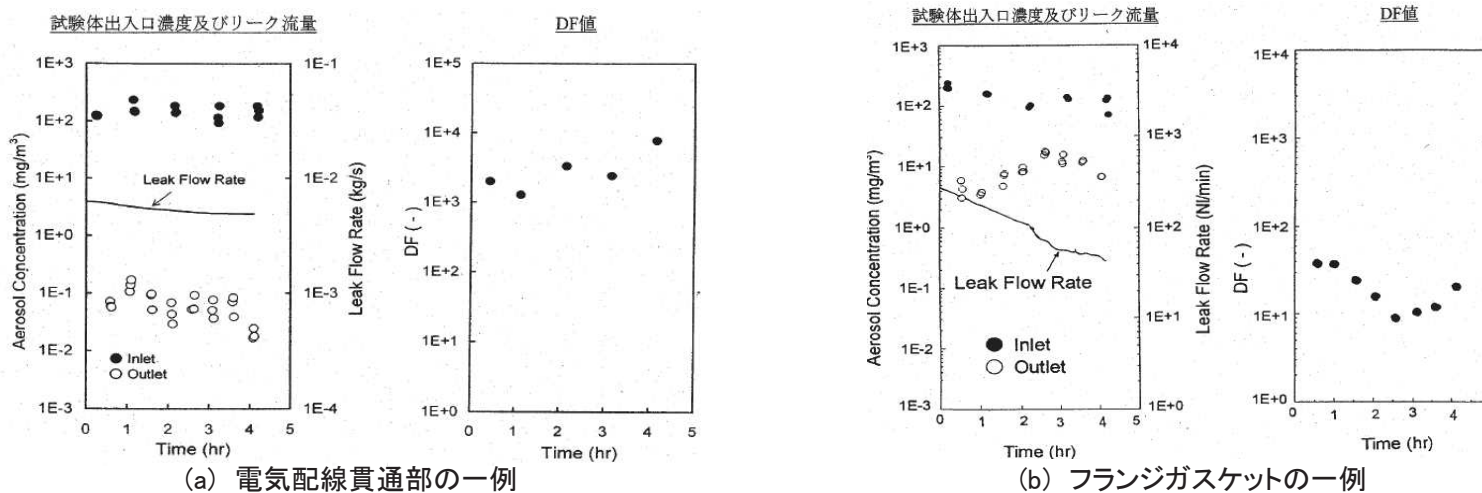
#### b. シール材の差異に対する考察

NUPEC試験ではフランジガスケットとしてシリコンゴムを使用したシール材を用いて試験を実施している。一方、女川原子力発電所2号炉では、従前はNUPEC試験で用いたシール材と同様にシリコンゴムを使用したシール材を用いていたが、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の知見を踏まえ、ドライウェル主フランジ、機器搬出入用ハッチ等について高温耐性に優れた改良EPDMを使用したシール材へ交換することとしており、従来のシール材よりも長期にわたり、高温条件下においてシール性能を維持することができると考えられる。以上より、NUPEC試験結果は、実機に対し、より漏えいしやすい状況における試験となっているため適用可能と考える。

また、電気配線貫通部については、実験で使用したシール材と女川原子力発電所2号炉のシール材は同様であり差異はないため、NUPEC試験の試験結果は適用可能と考える。

#### c. 圧力条件に対する考察

NUPEC試験における測定時の圧力と重大事故等時で想定する圧力の差については、一般に圧力の上昇に伴い漏えいガス流量は増えることとなるが、図(1)－6に示すとおりDFと流量には明確な依存性が確認できないことから、DFは圧力に対して明確な依存性はないと考えられ、NUPEC試験における測定結果を適用することが可能であると考えられる。



図(1)－6 エアロゾル濃度、漏えいガス(空気)流量、DF値の経時変化(NUPEC試験より)



## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(10/15)

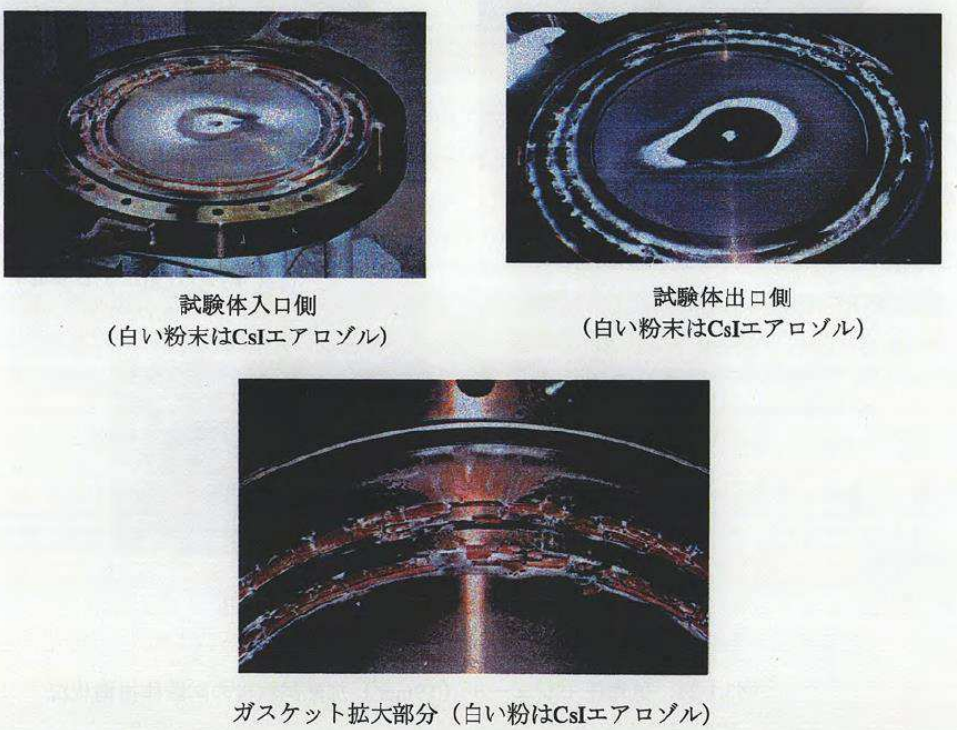
<女川原子力発電所2号炉における重大事故等時とNUPEC試験条件との比較(4/6)>

### d. シール材の劣化状態の考察

#### ○フランジガスケット

NUPEC試験では200°Cを超える環境下で貫通部の漏えいが発生した際のエアロゾルの捕集係数(DF)について試験を行っており、そのシール材の損傷状態は図(1)－7で示すように劣化によって発生したひびがシール材の内側から外側に向けて貫通している。

一方、女川原子力発電所2号炉の重大事故等時の条件は200°C以下であり、その環境下でのシール材の劣化は図(1)－8に示すようになる。シール材の内側の部分に一部劣化が見られるものの、シール材のひびは外側へと貫通しておらず、シール機能が健全であることを確認している。そのため、エアロゾル粒子の漏えいはほぼ生じないと考えられる。



図(1)－7 NUPEC試験で用いたフランジガスケットの損傷状態  
(200°Cを超過して約0.5°C/minの昇温速度で過熱、漏えい発生後、温度を低下させ、  
エアロゾル捕集特性試験を実施した後の状態)

図(1)－8 フランジガスケット(改良EPDM材)の試験後の状態  
(乾熱200°C, 168時間曝露後, 左:グループ&タングタイプ, 右:甲丸タイプ)

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(11/15)

<女川原子力発電所2号炉における重大事故等時とNUPEC試験条件との比較(5/6)>

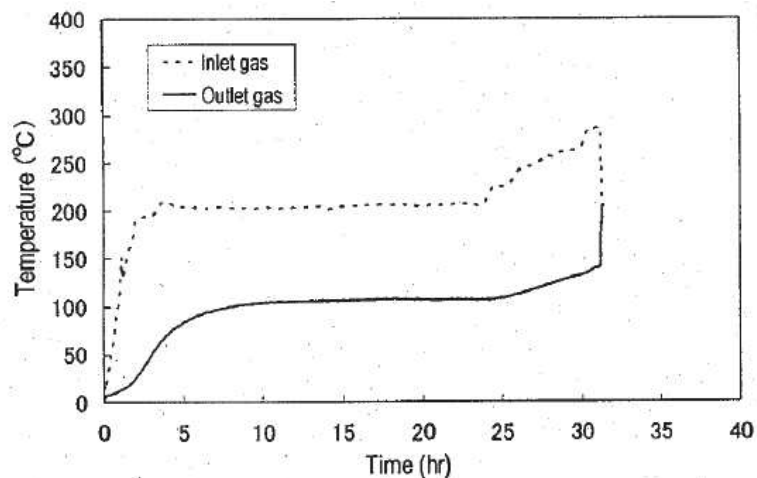
### d. シール材の劣化状態の考察

#### ○電気配線貫通部

NUPEC試験では電気配線貫通部についても200°Cを超える環境下で曝露し、シール材が損傷した際の状態について確認している。漏えいが発生するまで入口側の温度を上昇させた結果、約300°C近くで漏えいが発生している(図(1)-9)。

一方、女川原子力発電所2号炉で使用されている電気配線貫通部モジュールも、重大事故等時を想定した環境下で気密性能試験により、高温・高圧化においてシール材の漏えいが発生しないことを確認している(表(1)-5)。

- 一次シール部及び二次シール部温度はシール材の一般特性としての熱分解開始温度(400°C程度)よりも十分低く、一次シール部及び二次シール部それぞれについて漏えいが無いことを確認
- 原子炉格納容器内の圧力が2Pdとなる環境下でも漏えいがないことを確認



図(1)-9 電気配線貫通部での漏えい発生条件評価の試験結果 (NUPEC試験:200°Cを超える環境下)

表(1)-5 電共研「格納容器電気ペネトレーションの特性確認試験」より (2Pd, 200°C以内の環境下の想定)

種類	原子炉格納容器 内側端子箱部分の環境条件			一次シール部 温度(°C)	二次シール部 温度(°C)	漏えい有無
	温度 (°C)	圧力 (MPa)	時間 (h)			
低電圧 モジュール	200 (230)	(0.60~ 0.81)	62.0	137	68	一次シール部: 漏えい無し 二次シール部: 漏えい無し

注:( )は、記録グラフからの読取り値

## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(12/15)

### <女川原子力発電所2号炉における重大事故等時とNUPEC試験条件との比較(6/6)>

#### e. 原子炉格納容器貫通部全体での捕集係数(DF)

NUPEC試験ではBWRの代表プラントの電気配線貫通部(低電圧モジュール)の数量及びフランジガスケットの総周長より原子炉格納容器貫通部全体での捕集係数としてDF=370を算出しており、女川原子力発電所2号炉においても同様の計算を実施する。

### <格納容器貫通部全体での捕集係数(DF)の算出>

- NUPEC試験により得られたDFのうち、試験時の試験条件が女川原子力発電所2号炉の重大事故等時の環境条件を包絡している試験体の結果を採用(表(1)-6)
- 女川原子力発電所2号炉における貫通部(電気配線貫通部及びフランジガスケット)の数量を考慮
- 全データを重み付けし、原子炉格納容器貫通部全体でのDFを計算した結果、DF=170を得た

$$DF = DF_1 \times \frac{S_1}{S} + DF_2 \times \frac{S_2}{S} + DF_3 \times \frac{S_3}{S} + DF_4 \times \frac{S_4}{S} + DF_5 \times \frac{S_5}{S} + DF_6 \times \frac{S_6}{S}$$

$$= 177 \div \text{約}170$$

DF<sub>1</sub>: 低電圧モジュール(0.9mm<sup>2</sup>)のDF

DF<sub>2</sub>: 低電圧モジュール(0.9mm<sup>2</sup>(T/C))のDF

DF<sub>3</sub>: 低電圧モジュール(同軸ケーブル)のDF

DF<sub>4</sub>: 低電圧モジュール(2mm<sup>2</sup>)のDF

DF<sub>5</sub>: フランジガスケット(甲丸タイプ)のDF

DF<sub>6</sub>: フランジガスケット(グループ&タングタイプ)のDF

S<sub>1</sub>: 低電圧モジュール(0.9mm<sup>2</sup>)の全等価面積

S<sub>2</sub>: 低電圧モジュール(0.9mm<sup>2</sup>(T/C))の全等価面積

S<sub>3</sub>: 低電圧モジュール(同軸ケーブル)の全等価面積

S<sub>4</sub>: 低電圧モジュール(2mm<sup>2</sup>)の全等価面積

S<sub>5</sub>: フランジガスケット(甲丸タイプ)の全等価面積

S<sub>6</sub>: フランジガスケット(グループ&タングタイプ)の全等価面積

S: S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub>+S<sub>3</sub>+S<sub>4</sub>+S<sub>5</sub>+S<sub>6</sub>

表(1)-6 女川原子力発電所2号炉における各部のDF

NUPEC試験		女川原子力発電所2号炉		
試験体	DF 全粒径範囲 (0.5~5ミクロン)	重大事故等時環境条件との比較	DF	全等価 面積(mm <sup>2</sup> )
<b>低電圧モジュール</b>				
0.9mm <sup>2</sup>	1300	環境条件を包絡	960	
0.9mm <sup>2</sup>	620	環境条件を包絡		
0.9mm <sup>2</sup>	22000	リーク発生条件評価試験時の試験圧力が低いため除外	—	—
0.9mm <sup>2</sup>	2500	リーク発生条件評価試験時に放射線照射していないため除外	—	—
0.9mm <sup>2</sup> (T/C)	280	環境条件を包絡	280	
0.9mm <sup>2</sup> (T/C)	160	リーク発生条件評価試験時に放射線照射していないため除外	—	—
同軸ケーブル	270	環境条件を包絡	270	
100mm <sup>2</sup>	340	使用していないため除外	—	—
2mm <sup>2</sup>	40	環境条件を包絡	40	
<b>フランジ・ガスケット</b>				
甲丸タイプ	11	リーク発生条件評価試験時に放射線照射していないため除外	—	—
甲丸タイプ	11	環境条件を包絡	12	
甲丸タイプ	13	環境条件を包絡		
甲丸タイプ	20	リーク発生条件評価試験時の試験圧力が低いため除外	—	—
グループ&タングタイプ	25	環境条件を包絡	25	

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(13/15)

### <まとめ>

格納容器貫通部における捕集係数について、NUPEC報告書の試験結果の女川原子力発電所2号炉への適用性について検討し、以下のことが確認できた。

- 原子炉格納容器バウンダリの構成部とその機能喪失要因を考慮すると、漏えい箇所としてはフランジ構造のシール部及び電気配線貫通部のシール部が想定部位として妥当であることを確認した
- NUPEC試験条件と女川原子力発電所2号炉の重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件を比較し、十分に適用性があることを確認した
- 女川原子力発電所2号炉の原子炉格納容器貫通部全体におけるエアロゾル粒子の捕集係数としてDF=170程度が期待できることを確認した

しかしながらこのDFの計算結果は、原子炉格納容器貫通部における漏えい箇所がフランジ構造のシール部及び電気配線貫通部のシール部であり、且つ平均的に漏えいするものと仮定した場合のものである。実際には、炉心の著しい損傷が発生した場合においてバウンダリ構成部のどの部分からどのような割合で漏えいするかを想定することの困難さを考慮すると、NUPEC試験結果のうち捕集係数として一番低いものを(端数は切り捨て)適用することが妥当と考えられることから、**原子炉格納容器貫通部における捕集係数としてはDF=10を設定する。**



## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(14/15)

### (2)原子炉建屋の換気率について(1/2)

- 放射性物質の放出量については、これまで、事象発生直後から70分後までの原子炉建屋からの換気率は、無限大とし、非常用ガス処理系により負圧が達成した70分以降は、排気筒から換気率0.5回/日で放出するとした評価を行っている。
- しかしながら、炉心の著しい損傷時における中央制御室運転員に対する被ばく影響に対し、原子炉建屋ブローアウト閉止装置及び非常用ガス処理系の機能が、線量の基準値を満たすうえで必要であるか否かについて、以下の3通りのケースの評価を行い判断する。この結果、必要な機能について重大事故等対処設備と位置づけ、最確条件を適用したベースケースとしての線量評価と位置付ける。

- ケース1. 原子炉建屋ブローアウト閉止装置:期待しない, 非常用ガス処理系:期待しない(換気率:無限大)
- ケース2. 原子炉建屋ブローアウト閉止装置:期待する, 非常用ガス処理系:期待しない  
(換気率:原子炉建屋ブローアウト閉止装置閉止前を無限大, 閉止後を0.3回/日)
- ケース3. 原子炉建屋ブローアウト閉止装置:期待する, 非常用ガス処理系:期待する  
(換気率:原子炉建屋ブローアウト閉止装置閉止前を無限大, 閉止後を0.5回/日)

以下にケース2における原子炉建屋ブローアウト閉止装置閉止後の換気率について最確値の検討結果を示す。

原子炉建屋は、事故時において原子炉建屋ブローアウトパネル又は原子炉建屋ブローアウト閉止装置が閉止しており且つ、非常用ガス処理系が運転状態にある場合、建屋内は負圧に保たれて0.5回/日で換気される設計となっている。しかし、非常用ガス処理系が停止した場合、建屋周辺の風によって建屋外とは差圧を生じるため、建屋内の雰囲気は換気されるものと考えられる(図(2)-1)。建屋内外に発生する差圧は、外気風速に影響され、風速が大きいほど差圧も大きくなり、建屋の換気量も増加する。

①式に建屋の外気風速と建屋差圧の関係を、②式に差圧と流量の関係式を示す。

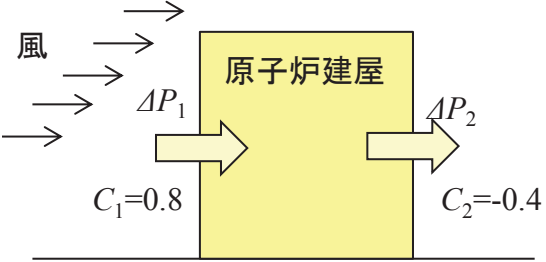
$$\Delta P[\text{kg/m}^2] = -C \times \rho \times V^2 / 2 \quad \dots \textcircled{1}$$

$\Delta P$  : 風荷重/建屋差圧 (kg/m<sup>2</sup>) (1kg/m<sup>2</sup>=1mmAq)  
 $C$  : 風力係数(風上側C<sub>1</sub>:0.8, 風下側C<sub>2</sub>: -0.4)\*  
 $\rho$  : 空気密度 (kg・s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>) →0.125(大気圧101kPa, 大気温15°C)  
 $V$  : 風速 (m/s)

出典: 建築学便覧Ⅱ 構造

※建設省告示第1454号(平成12年5月31日)

$$Q[\text{m}^3/\text{s}] \propto \sqrt{\Delta P[\text{mmAq}]} \quad (\text{ベルヌーイの定理より}) \dots \textcircled{2}$$



図(2)-1 建屋内外に発生する差圧のイメージ

重大事故等対処設備について(補足説明資料)  
 59-9 原子炉制御室の居住性に係る被ばく評価について  
 添付資料2 2-25 原子炉建屋の換気率について

## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答(指摘事項No.3, 7)(15/15)

### (2)原子炉建屋の換気率について(2/2)

また, 原子炉建屋は, 工事計画認可申請書(原子炉建屋の設計条件に関する説明書)では建屋負圧が6.4mmAqにおいて0.5回/日の換気率とする設計を示していることから, 実風速による建屋差圧と換気率の関係は③式のようになる。

$$f[\text{回}/\text{日}] = 0.5[\text{回}/\text{日}] \times \sqrt{\frac{\Delta P[\text{mmAq}]}{6.4[\text{mmAq}]}} = 0.0541 \cdot V \quad \dots \textcircled{3}$$

- $f$  : 実風速による換気率
- $\Delta P$  : 実風速による建屋内外差圧

実風速によって実際に生じる換気率( $f$ )は, 女川原子力発電所の敷地内で観測した気象条件を用い, 評価前提の風速を設定する必要があるため, 安全解析に用いる2012年1月~12月の観測結果から, 炉心の著しい損傷時においてめったに遭遇しない気象条件下(累積出現頻度97%)※にあたる風速4.6m/s(表(2)-1)を選定した。

※発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針より

上記において選定した風速と③式を用いて評価すると換気率( $f$ )は約0.25回/日と計算されるため, 非常用ガス処理系が停止した場合の原子炉建屋の換気率は保守的に0.3回/日と設定する。

表(2)-1 累積出現頻度別風速一覧(2012年1月~12月)

測定箇所	累積出現頻度 [%]	月	日	時	風速[m/s]
地上高10m	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	25.01%	3	24	23時	1.0
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	50.00%	6	21	14時	1.6
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	90.00%	11	12	5時	3.4
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	96.98%	03	19	13時	4.6
	96.99%	03	19	23時	4.6
	<b>97.00%</b>	03	28	4時	<b>4.6</b>
	97.01%	03	28	9時	4.6
	97.03%	03	31	8時	4.6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	