

非常用炉心冷却系ストレーナの重大事故等時圧損試験要領について

1. 試験目的

GE 社製ストレーナの実機プラント条件（デブリ条件）での実機模擬ストレーナを用いた圧損試験を実施し、d 値（繊維質間距離）を求め、圧損評価式に基づき圧損上昇の評価を行う。

2. 試験条件

(1) 流量条件

重大事故等における各事象（有効性評価の事故シーケンスグループ）のうち、大破断 LOCA 時注水機能喪失時に S/P を水源として運転を行うポンプは、代替循環冷却系ポンプであり、その運転時の通水流量は \square m³/h である。

保守的な試験となるように、段階的に流量を増加させ、ストレーナを兼用する残留熱除去系ポンプの定格流量（ \square m³/h）を目標とする。

残留熱除去系ポンプの定格流量（ \square m³/h）の場合の試験流量は、表 2 に示す流量のスケーリング比から表 1 のとおりとなる。

表 1 試験流量（残留熱除去系ポンプ流量の場合）

	試験条件	算出方法
流量 (GPM)	\square	\square

表 2 流量のスケーリング比

流量のスケーリング比(側面積比から設定)	基準面積
残留熱除去系	\square *

注記* 試験装置側面積 \square ÷ 実機側面積 \square = \square

(2) デブリの条件

① デブリ量

試験装置に投入するデブリ量は、重大事故等時において考慮する異物の種類及び量の状況調査に基づき、内規を参考に設定した物量と表 4 に示すデブリのスケーリング比から算出する。

D/W から S/P への移行割合及び S/C からストレーナへの移行割合はいずれも 100% とする。

試験装置に投入するデブリ量は、表 3 のとおりとなる。

表 3 試験装置に投入するデブリ量

	試験条件	算出方法
繊維質保温材 (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
金属反射型 (m ²)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
スラッジ (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
耐 DBA 仕様塗装 (ジェット破損) (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
錆片 (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
塵土 (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
非 DBA 仕様塗装 (耐性未確認) (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
耐 DBA 仕様塗装 (SA 時剥落) (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
化学影響生成異物 ALOOH (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記*1 非 DBA 仕様塗装の模擬材料として使用するシリコンカーバイド粉末と、非 DBA 仕様塗装の体積が等価となるよう、密度比 で補正する。

表 4 デブリのスケーリング比

デブリのスケーリング比(表面積比から設定)	基準面積
残留熱除去系	<input type="text"/> *2

注記*2 試験装置表面積 ÷ 実機表面積 ² =

② デブリサイズ

試験装置に投入するデブリのうち設計基準事故時に想定しているデブリについては、これまでと同様に米国原子力規制委員会の規制（NUREG）等を参考としたサイズとしている。また、重大事故等時の発生異物として新たに想定する耐 DBA 仕様塗装（SA 時剥落）のデブリについては、既工認で想定した耐 DBA 仕様塗装（ジェット破損）と同等のサイズとしている。

各デブリのサイズとその根拠を表 5 に示す。

表 5 デブリのサイズ

	サイズ	サイズの根拠
金属反射型保温材		NUREG/CR-6808
繊維質保温材	シュレッダーで細かく裁断したロックウール	内規* 別記 2
スラッジ		NUREG/CR-6224
塵土		NEDO-32686-A
錆片		NEDO-32686-A
耐 DBA 仕様塗装 (ジェット破損)		NEDO-32686-A
非 DBA 仕様塗装 (耐性未確認)		Supplement Response to Generic Letter 2004-02
耐 DBA 仕様塗装 (SA 時剥落)		NEDO-32686-A

「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について(内規) (平成 20 年 2 月 27 日付け平成 20・02・12 原院第 5 号)」

(3) 試験装置

① 装置の仕様

圧損試験装置は、大型化取替工認時と同じモジュール試験装置とし、概要図を図1に、仕様を表6に示す。

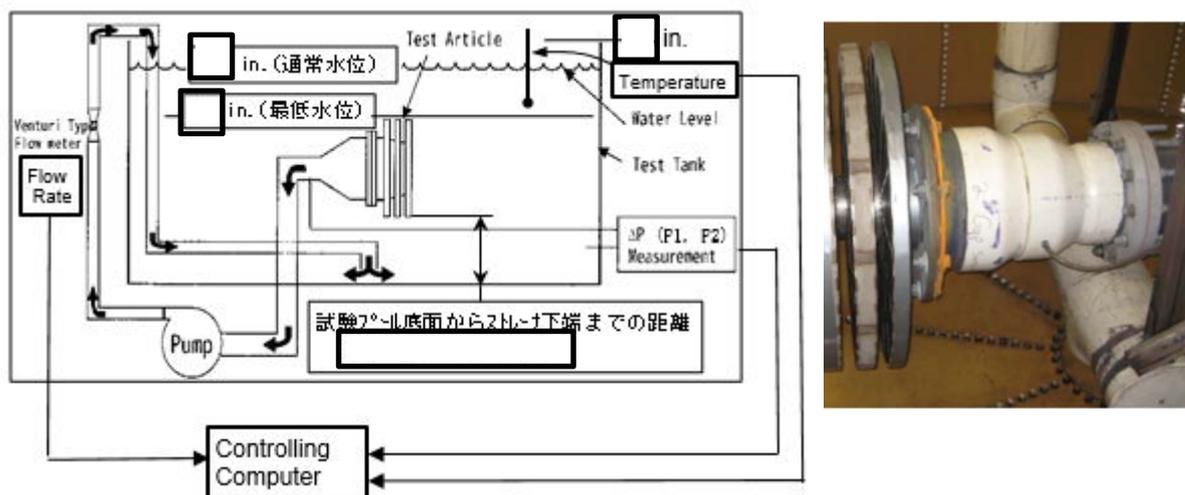


図1 モジュール試験装置概要図 (左：系統概要図 右：ストレーナ写真)

表6 モジュール試験装置の仕様

プール寸法	直径	
	深さ	
プール容量		
ポンプ最大接続個数	1台	
ポンプ能力		
ストレーナ直径		
プレート穴径		
プレート穴ピッチ		
ディスク間ギャップ		
評価用表面積		
評価用側面積		
試験プールからストレーナ下端までの距離		
攪拌機		箇所設置

② ストレーナのマスクング

a. マスキング領域

現状使用可能な試験プールの最大水量は [] であり、ストレーナの圧損試験を実施するための最小水量は [] であるため、投入可能な ALOOH 溶液は [] となる。

実機条件での ALOOH は [] (kg) であり、実機 ([] ft²) と試験装置 ([] []) の表面積比は [] であることから、試験装置に投入する ALOOH は [] (kg) となる。

一方、試験で投入できる ALOOH 溶液の濃度上限は [] (g/l) であることから、濃度上限値とした時の試験装置に投入する ALOOH 溶液は [] (g) ÷ [] (g/l) = [] である。

投入可能な ALOOH 溶液は [] であり、全量を投入するために、ストレーナの表面積をさらに縮小する必要がある。

その縮小の割合は、 [] / [] = [] → 1/8 となる。

このため、以下のとおりストレーナをマスクングする。

- ・ ストレーナの表面積 = 現状表面積 × [] = [] ft² × []
- ・ ストレーナの側面積 = 現状側面積 × [] = [] ft² × []

マスクングにより、試験水量比は実機水量比に比べて小さくなり、異物濃度は、実機以上となる。

- ・ 試験水量比 (ストレーナ単位面積あたり) : [] m³/m²
- ・ 実機水量比 (ストレーナ単位面積あたり) : [] m³/m²

b. マスキング方向

マスクング方向は、実機における異物の付着状況を模擬できる下向きから吸込むよう実施する*。装置内のプール水戻り配管の攪拌効果及びストレーナ設置位置とプール底面の距離を実機より短くすることで、ストレーナへの異物の移行効果を高める構成とする。

注記* 上向きとした場合、マスクングによりフィルタ部が上向きのポケット状になることから、実機においてはサブプレッション・プール底部に落下するフィルタ部に付着しない異物についても、ポケット内に保持され過度の保守性を持った評価となる可能性がある。

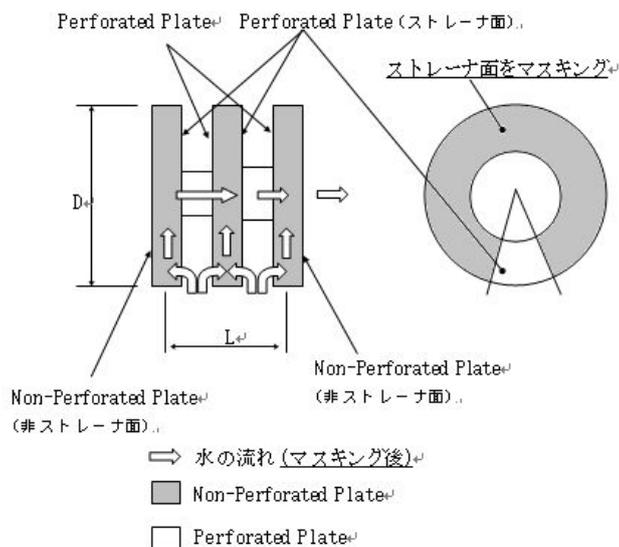


図2 マスキング概要

③ ストレーナ表面積

実機ストレーナ基準面積を表7に示す。

圧損試験で考慮するストレーナの基準面積，ストレーナ基準側面積は，下記の式で算出する。

- ・ストレーナ基準表面積

$$= (\text{有効表面積}) - (\text{その他異物 (ステッカー類) 付着面積}) \times 0.75$$

$$= \boxed{} - \boxed{} \times 0.75 = \boxed{} \text{ m}^2$$

- ・ストレーナ基準側面積

$$= \boxed{} \times \boxed{} \times \pi = \boxed{} \text{ m}^2$$

$$\boxed{} \div 0.0929 (\text{単位換算}) = \boxed{} \text{ ft}^2$$

表7 ストレーナ1個あたりの面積

系統	有効表面積	その他異物 (ステッカー類) 付着面積	ストレーナ基準表面積	ストレーナ基準側面積
残留熱除去系	$\boxed{} \text{ m}^2$	$\boxed{} \text{ m}^2$	$\boxed{} \text{ m}^2$ $\boxed{} \text{ ft}^2$	$\boxed{} \text{ m}^2$ $\boxed{} \text{ ft}^2$

④ ストレーナ接近流速

接近流速は，以下の様に定義される。

$$U(\text{m/s}) = Q / (\pi \cdot D \cdot L)$$

ここで，

Q：流量 (m³/s)，D：ストレーナ直径 (m)，L：圧損評価長さ (m)

接近流速を算出するための D，L について，実機ストレーナを図 3 に示す。

今回マスクングする試験装置の接近流速算出は，実機ストレーナと同様に試験装置のストレーナ直径と圧損評価長さから算出する。

・実機ストレーナ接近流速

$$= \boxed{} / \boxed{} = \boxed{} \text{ m/s}$$

・試験装置側面積

$$= \boxed{} \times \boxed{} \times \pi = \boxed{}$$

・試験装置側面の接近流速

$$= \boxed{}^* / \boxed{} = \boxed{} = \boxed{} \text{ m/s}$$

注記*

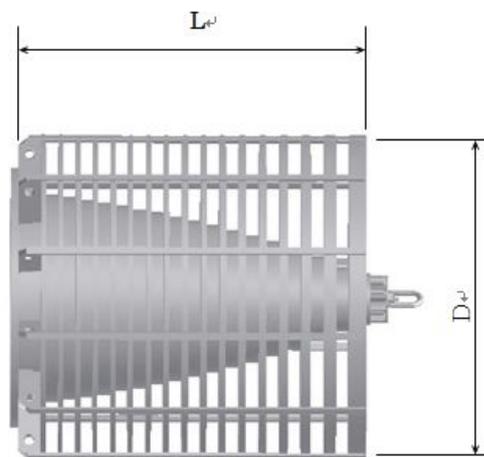


図 3 実機ストレーナ

⑤ 測定計器

試験に使用する測定計器を表 8 に示す。

表 8 計測装置の仕様

測定項目	使用計器(型式)	測定範囲
流 量 (GPM)	電磁流量計 <input type="text"/>	<input type="text"/>
圧 損 (in H ₂ O)	差圧変換機 <input type="text"/>	P1 <input type="text"/> P2 <input type="text"/>
水 温 (° F)	熱電対 <input type="text"/>	<input type="text"/>
測定間隔	データーシート* に記録。 <input type="text"/>	

注記* データーシートの手式を様式 1 に示す。

3. 試験要領

(1) 試験手順

① 異物の準備として、繊維質保温材、耐 DBA 仕様塗装(ジェット破損)、耐 DBA 仕様塗装 (SA 時剥落)を水に [] 時間浸す。

② プール内に通常水位まで水を張り、ヒーターを用いて水温を所定の温度 [] (C) まで上げる。

③ プール内の水を AL00H 作成用として、ミキシングタンク [] に移す。

④ ポンプを起動し、[] GPM*1 の流量で安定させた後、攪拌機の運転を開始しクリーン圧損を測定する。

$$\text{注記*1 } []^3/\text{h} \div [] \text{台} \times [] (\text{流量スケーリング比}) \times [] (\text{単位換算}) \\ = []$$

⑤ 異物を以下の順序で順次投入する。

デブリ投入前の攪拌機運転状態とデブリ投入中、プール内に水中カメラを投入してプール水中の攪拌状態を確認する。

ただし、スラッジ等を投入後にプール内の視認性が著しく低下した場合には、スラッジ投入初期の攪拌状態により攪拌できていることを判断する。

- ・ 金属反射型保温材
- ・ 繊維質保温材
- ・ スラッジ
- ・ 塵土
- ・ 錆片
- ・ 耐 DBA 仕様塗装(ジェット破損)
- ・ 非 DBA 仕様塗装(耐性未確認) []
- ・ 耐 DBA 仕様塗装 (SA 時剥落)

⑥ 測定

- (a) × (ターンオーバー時間)」までは 分毎に圧損、流量及び水温を記録し、水面に浮遊するデブリの変化や透明度の変化が観察されたときに写真撮影を実施する。
- (b) × (ターンオーバー時間)」以降は 5 分毎に圧損、流量及び水温を記録し、水面に浮遊するデブリの変化や透明度の変化が観察されたときに写真撮影を実施する。
- (c) 分間平均の圧損変化率が落ち着く 分間の圧損変化が測定値の %以下となる) まで圧損値を確認する。

なお、測定値の %以下が測定計器の測定限界値以下の場合には、 × (ターンオーバー時間)」経過した時点で圧損が静定したものとみなす。

- ⑦ 流量を増加して、 LPM で安定させる。
以後、⑥ (a) ~ (c) と同じ。

⑧ 化学影響生成異物を投入する。

以後、⑥ (a) ~ (c) と同じ。(ALOOH 溶液は、WCAP-16530-NP-A に基づいて作成)

- ⑨ 攪拌機を停止後、ポンプを停止し試験を終了する。

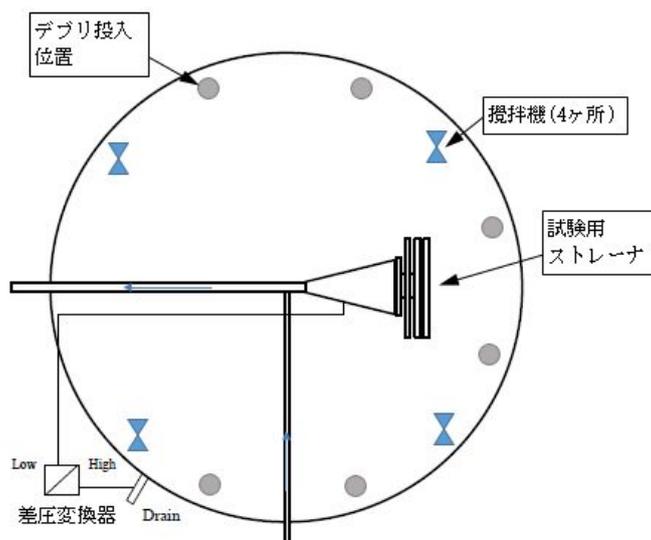


図 4 デブリ投入位置 (試験プール平面図)

(2) 実機ストレーナの圧損算出方法

下記 2 種類の方法にて実機ストレーナの圧損を算出し、保守的な方を採用する (H_{sa1} , H_{sa2} の大きい方)。

- ① 初めに、AL00H 投入直前の圧損試験結果(圧損 h_1) 及び d 値{インターファイバー ディスタンス*}を用いて実機圧損(H_1)を算出する。

次に、AL00H 投入後の圧損試験結果(AL00H 投入による圧損上昇分 h_3)を H_1 加算して SA 時の実機圧損 (H_{sa1}) を算出する。

$$H_{sa1} = H_1 + h_3, \quad \text{ここに } h_3 = h_2 - h_1 \quad (\text{図 5 参照})$$

- ② AL00H 投入後の圧損試験結果(圧損 h_2) , 及び d 値を用いて SA 時の実機圧損 (H_{sa2}) を算出する。

注記* インターファイバーディスタンスは、繊維質間の水が通過できるスペース (距離) であり、実機模擬試験により求めた値である。

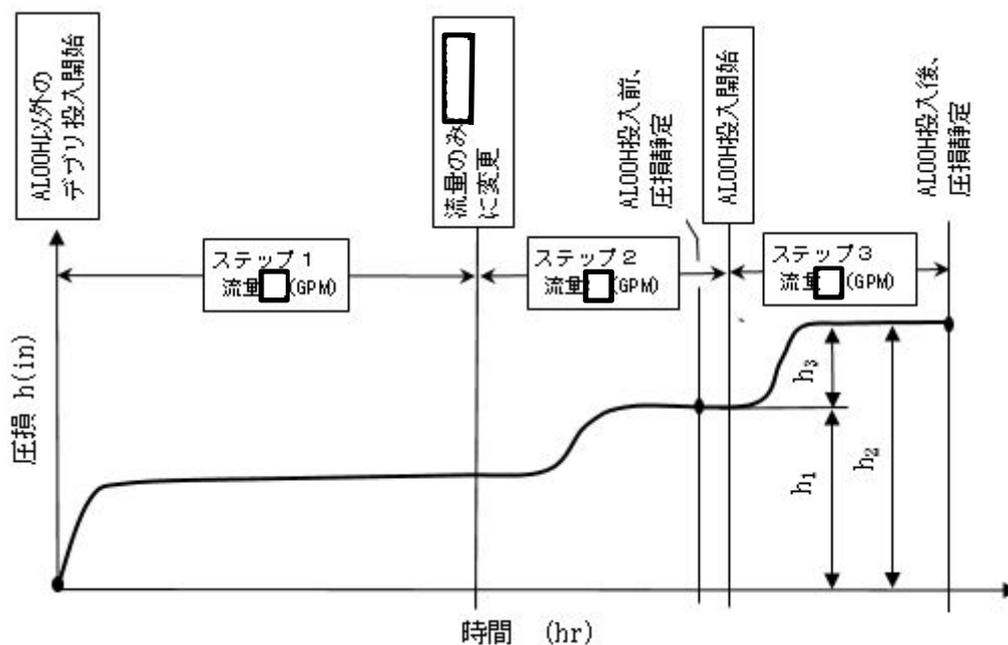


図 5 圧損試験結果の概要

