

平成 30 年 4 月 26 日
日本原子力発電株式会社

主蒸気管破断事故起因の重大事故等時を考慮した場合の影響について

1. 主蒸気管破断事故（以下「MSLBA」という。）起因の重大事故等時を考慮する理由

(1) PRA 上の扱い

MSLBA 時の事象進展は 2 種類に大別され、それぞれ PRA での扱いは以下のとおり。

- ① 隔離失敗（MSLBA 時に主蒸気隔離弁 2 弁の閉止に失敗する事象）
「格納容器バイパス」として整理し、頻度の観点でスクリーニングアウトしている（PRA 上考慮していない）。
- ② 隔離成功（MSLBA 時に主蒸気隔離弁 2 弁のいずれかの閉止に成功する事象）
「過渡事象（隔離事象）」として整理している。

(2) 有効性評価上の扱い

有効性評価においては、過渡事象を起因事象とする場合、事象進展の厳しさ（水位低下が早く炉心損傷までの時間余裕が短い）の観点から、MSLBA を含む過渡事象（隔離事象）の代表として「給水流量の全喪失」を選定している。

(3) 環境条件における MSLBA 起因の重大事故等の考慮について

有効性評価においては過渡事象（隔離事象）を起因として考えており、過渡事象（隔離事象）に含まれる MSLBA 起因の重大事故等についても考慮する必要があると考える。MSLBA 発生時は原子炉建屋原子炉棟内全域に大量の蒸気が流出するため、原子炉建屋原子炉棟内全域の環境条件（圧力、温度及び湿度）が最も厳しくなる事象である。したがって、MSLBA 起因の重大事故等時に期待する重大事故等対処設備に対しては、環境条件として MSLBA 起因の重大事故等を考慮することとする。

2. MSLBA 起因の重大事故等時の事象進展及び期待する主な設備について

設計基準の MSLBA 及び MSLBA 起因の重大事故等時の事象進展を第 1 表に示す。MSLBA 起因の重大事故等時は、設計基準の MSLBA から原子炉注水機能が喪失することにより、重大事故に進展することが考えられる。

また、MSLBA 起因の重大事故等時に期待する設備は第 2 表のとおりであり、MSLBA 時に環境条件が厳しくなる原子炉建屋原子炉棟内に設置する機器（例：格納容器圧力逃がし装置に向かう配管）が存在する。

第1表 MSLBA の事象進展

事象	事象進展	機能喪失する 主な設備
設計基準の MSLBA	MSLBA 発生⇒主蒸気隔離弁閉止開始 ⇒原子炉スクラム ⇒高圧注水系による原子炉注水成功	—
MSLBA 起因の重大事故に至るおそれがある事故	MSLBA 発生⇒主蒸気隔離弁閉止開始 ⇒原子炉スクラム ⇒高圧注水系・低圧注水系による原子炉注水失敗 ⇒逃がし安全弁(自動減圧機能)による原子炉減圧 ⇒低圧代替注水系(常設)による原子炉注水 ⇒代替格納容器スプレイ冷却系(常設)による格納容器(以下「PCV」という。)冷却 ⇒格納容器圧力逃がし装置(又は耐圧強化ベント系)による PCV 除熱	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧炉心スプレイ系 ・原子炉隔離時冷却系 ・残留熱除去系(低圧注水機能含む) ・低圧炉心スプレイ系
MSLBA 起因の重大事故	MSLBA 発生⇒主蒸気隔離弁閉止開始 ⇒原子炉スクラム ⇒高圧注水系・低圧注水系による原子炉注水失敗 ⇒逃がし安全弁(自動減圧機能)による原子炉減圧(DCH 防止) ⇒代替循環冷却系による PCV 除熱 ⇒代替格納容器スプレイ冷却系(常設)による PCV 冷却 ⇒格納容器下部注水系(常設)によるペDESTAL(ドライウエル部)注水 ⇒可搬型窒素供給装置による PCV 内への窒素注入 ⇒格納容器圧力逃がし装置による可燃性ガス排出 その他、被ばく低減のための原子炉建屋ガス処理系の起動、静的触媒式水素再結合装置による原子炉建屋原子炉棟内の水素処理を実施	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧炉心スプレイ系 ・原子炉隔離時冷却系 ・残留熱除去系(低圧注水機能含む) ・低圧炉心スプレイ系 ・低圧代替注水系(常設)(原子炉注水機能)

第2表 MSLBA 起因の重大事故等時に期待する主な設備

事象	期待する設備
MSLBA 起因の重大事故に至るおそれがある事故	<ul style="list-style-type: none"> ・主蒸気隔離弁 ・逃がし安全弁(逃がし弁機能) ← 圧力制御 ・逃がし安全弁(自動減圧機能) ← 急速減圧 ・低圧代替注水系(常設) ・代替格納容器スプレイ冷却系(常設) ・格納容器圧力逃がし装置(又は耐圧強化ベント系) ・必要な電源, 計装設備
MSLBA 起因の重大事故	<ul style="list-style-type: none"> ・主蒸気隔離弁 ・逃がし安全弁(逃がし弁機能) ← 圧力制御 ・逃がし安全弁(自動減圧機能) ← 急速減圧 ・代替循環冷却系 ・代替格納容器スプレイ冷却系(常設) ・格納容器下部注水系(常設) ・可搬型窒素供給装置 ・格納容器圧力逃がし装置 ・原子炉建屋ガス処理系 ・静的触媒式水素再結合装置 ・必要な電源, 計装設備

3. MSLBA 起因の重大事故等時の環境条件について

1. に記載のとおり，MSLBA 発生時は原子炉建屋原子炉棟内全域に原子炉圧力容器（以下「RPV」という。）内の大量の蒸気が流出するため，原子炉建屋原子炉棟内全域の環境条件（圧力，温度及び湿度）が最も厳しくなる事象である。したがって，MSLBA 起因の重大事故等時を考慮することにより，原子炉建屋原子炉棟内の温度及び湿度の条件が変更となる。具体的な条件としては第3表のとおりである。

第3表 原子炉建屋原子炉棟内の温度及び湿度の条件

項目	変更前	変更後	備考
温度	原則として 65.6℃	MS トンネル室 初期：171℃ →100℃ →65.6℃ MS トンネル室外 初期：100℃ →65.6℃	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 171℃ RPV 内の蒸気が大気圧条件下に流出した場合の最高温度 ▶ 100℃ 大気圧条件下での飽和温度 ▶ 65.6℃ MSLBA を考慮しない場合の最高室温に余裕を考慮した値（設計基準の条件と同じ）
湿度	原則として 湿度 100%	MS トンネル室 約 171℃～100℃の場合 ：蒸気条件 →65.6℃の場合 ：湿度条件 MS トンネル室外 100℃の場合 ：蒸気条件 →65.6℃の場合 ：湿度条件	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 蒸気条件 100℃以上の場合，過熱又は飽和状態のため蒸気条件として設定 ▶ 湿度条件 変更前と同じ

なお，原子炉建屋原子炉棟内の圧力条件（ブローアウトパネル開放設定値を考慮して大気圧相当）については，変更とはならない。

また，原子炉建屋原子炉棟内の放射線条件（原則として 1.7kGy）については，炉心が損傷し放射性物質が PCV 気相部に充満している PCV 内の状態において，0.62 MPa[gage]以上の圧力での PCV の漏えい率を保守的に想定し，事故後 7 日間での原子炉建屋原子炉棟内の積算線量を評価した上で，この結果を包絡する条件として設定している。MSLBA 発生から主蒸気隔離弁閉止まで流出する蒸気に含まれる放射性物質による放射線影響は軽微であり，MSLBA 起因の重大事故等を考慮しても原子炉建屋原子炉棟内の放射線条件は変更とはならない。

4. 環境条件の変更に伴う対応について

第2表に示したMSLBA起因の重大事故等時に期待する設備のうち、環境条件が変更となる原子炉建屋原子炉棟内の設備に対して、MSLBA起因の重大事故等時の環境条件における健全性評価を行い、対策が必要な設備の抽出を行った。各設備の健全性評価の結果を添付資料-1に示す。

抽出の結果、第4表に示す設備に対して環境条件の変更に伴う対策を実施する。なお、対策については、当該設備の主要な仕様、性能、強度及び耐震性に係る変更を伴うものではない。

また、設置許可基準規則第43条(SA全般)における環境条件の設定等、設置許可へMSLBA環境条件を反映する。

第4表 環境条件変更に伴い対策が必要な設備及び対応方針

設備名	評価結果	対応方針
非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ポンペ	100℃での内部ガスの膨張を考慮した結果、ポンペ本体は耐圧試験圧力以下であることから健全であると考えられるが、ポンペ付属の安全弁の作動圧力を超過するため、安全弁が動作しポンペ内のガスが流出してしまう可能性がある。	ポンペを断熱材等で囲うことで、ポンペ内ガスの温度上昇を緩和させる設計とする。
代替循環冷却系ポンプ	モータ軸受の許容温度を超過するため、軸受の焼き付けが起こる可能性がある。	軸受冷却方法の変更等による設備耐性の向上を図る設計とする。
格納容器内水素濃度(SA)	サンプリング装置は、100℃環境下で機能を担保することが難しく、環境試験を実施したとしても所定の機能を満足できない可能性がある。	サンプリング装置を断熱材で囲うことで、100℃環境下に対して耐性の向上を図る設計とする。
格納容器内酸素濃度(SA)		

以上

MSLBA 起因の重大事故等時に期待する設備の健全性評価結果

第 2 表に示した MSLBA 起因の重大事故等時に期待する設備のうち、環境条件が変更となる原子炉建屋原子炉棟内の設備に対して、MSLBA 起因の重大事故等時の環境条件における健全性評価を行った結果を第 6 表に示す。

健全性を確認するにあたっては、以下の確認を行った。

- ・ 設備仕様及び環境試験の実施内容より、当該環境条件における健全性を確認したもの
- ・ 温度・蒸気に対して耐性の低いパッキンやポンプの軸受など部位の仕様を確認した結果、当該環境条件における健全性を確認したもの

なお、重大事故等対処設備として使用する設計基準事故対処設備については、従前から事象初期で 100 °C、蒸気環境下での健全性を担保する設計となっていることから、第 6 表には新設の重大事故等対処設備のみを記載している。

第6表 MSLBA 起因の重大事故等時の環境条件における健全性評価結果(1/2)

期待する設備	主な原子炉建屋原子炉棟内の設備*1	確認結果
逃がし安全弁 (逃がし弁機能)	非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ポンプ	対応要
低圧代替注水系 (常設)	なし	—
代替格納容器スプレイ 冷却系 (常設)	なし	—
格納容器圧力逃がし装置	第一弁 (S/C側)	○
	第一弁 (D/W側)	○
	第二弁	○
	第二弁バイパス弁	○
	遠隔人力操作機構 (フレキシブルシャフト部)	○
耐圧強化ベント系	第一弁 (S/C側)	○
	第一弁 (D/W側)	○
	耐圧強化ベント系一次隔離弁	○
	耐圧強化ベント系二次隔離弁	○
	遠隔人力操作機構 (フレキシブルシャフト部)	○
代替循環冷却系	代替循環冷却系ポンプ	ポンプ：○ モータ： 対応要
格納容器下部注水系 (常設)	なし	—
静的触媒式水素再結合 装置	静的触媒式水素再結合器	○

注記*1：設置許可第43条審査資料のうち、『共-1 重大事故等対処設備の設備分類及び選定について』に記載された設備のうち、重大事故等対処設備として使用する設計基準事故対処設備、流路、電路等を除いた設備を示している。

第6表 MSLBA 起因の重大事故等時の環境条件における健全性評価結果(2/2)

期待する設備	主な原子炉建屋原子炉棟内の設備*1	確認内容
可搬型窒素供給装置	なし	—
必要な電源, 計装設備	原子炉圧力 (S A)	○
	原子炉水位 (S A広帯域)	○
	低圧代替注水系原子炉注水流量	○
	代替循環冷却系原子炉注水流量	○
	低圧代替注水系格納容器スプレイ流量	○
	低圧代替注水系格納容器下部注水流量	○
	ドライウエル圧力	○
	サプレッション・チェンバ圧力	○
	サプレッション・プール水位	○
	代替循環冷却系ポンプ入口温度	○
	代替循環冷却系格納容器スプレイ流量	○
	非常用窒素供給系供給圧力	○
	非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力	○
	非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力	○
	非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力	○
	静的触媒式水素再結合器動作監視装置	○
	原子炉建屋水素濃度	○
	格納容器内水素濃度 (S A)	対応要
	格納容器内酸素濃度 (S A)	対応要

注記*1: 設置許可第43条審査資料のうち、『共-1 重大事故等対処設備の設備分類及び選定について』に記載された設備のうち, 重大事故等対処設備として使用する設計基準事故対処設備, 流路, 電路等を除いた設備を示している。