

平成 30 年 6 月 15 日
日本原子力発電（株）

逃がし安全弁の設計変更による安全性への影響について

1. 逃がし安全弁吹出量の設計値及び公称値について

逃がし安全弁は、原子炉圧力容器の過圧防止及び原子炉減圧のための機能を有しており、設置変更許可申請書の基本設計における設計値としては、逃がし安全弁に要求される機能に対して保守的な小さめの吹出量を設定している。

一方、工事計画において設定する公称値は、ローテーションパーツの採用に伴い届出申請をした際に、建設時の工事計画の逃がし安全弁の吹出量計算式（昭和 45 年告示 501 号）から届出時点の計算式（昭和 55 年告示 501 号）に変更したことに伴い、当初認可時と比較して吹出量が大きくなっている（別添 1 参照）。

2. 逃がし安全弁吹出量の違いが許認可解析に与える影響について

設計値と公称値の違いが許認可解析に与える影響を第 1 表に、吹出量の違いによる原子炉圧力の推移を第 1 図に、各事象の燃料の破裂判定曲線を第 2 図～第 6 図示す。設計基準事象のうち原子炉減圧を必要とする事象である「中小 L O C A」では、燃料被覆管最高温度は約 590℃であり、小さめの吹出量である設計値を設定した場合でも評価項目に対して十分余裕がある。また、重大事故等対策の有効性評価のうち原子炉を急速減圧して低圧代替注水系（常設）にて注水を実施する「高圧・低圧注水機能喪失」においても、燃料被覆管最高温度は約 338℃であり、評価項目に対する余裕は十分ある。これは、減圧能力が十分であることに加え、低圧代替注水系（常設）の注水能力が高いことによる。

「L O C A 時注水機能喪失」においては、原子炉注水開始が遅れた場合の影響について確認しており、原子炉減圧操作が 10 分遅れたとしても燃料被覆管最高温度は約 90℃上昇するにとどまり、第 1 図の吹出量の違いによる原子炉減圧能力の差がほとんどないことを考慮すると、逃がし安全弁吹出量を公称値から設計値としても安全性の低下は小さいことが確認できる。

一方、逃がし安全弁の吹出量が大きくなることで評価項目に対する余裕が小さくなる重大事故等対策の有効性評価における「全交流動力電源喪失（T B P）」では、大きめの吹出量である公称値を設定した場合、燃料被覆管最高温度は約 887℃となり評価項目を満足するものの、第 2 図に示すとおり、燃料の破裂判定曲線のベストフィット曲線※に近く、可搬型設備の操作時間の不確かさを考慮すると時間余裕を十分確保できないおそれがある。

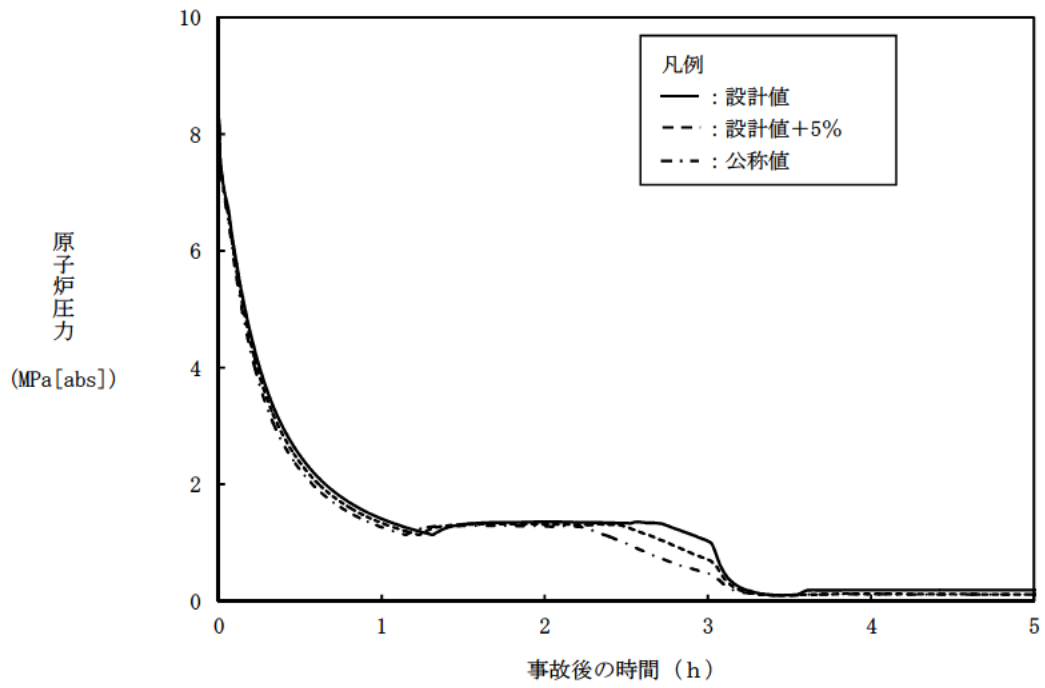
※ 炉心損傷防止対策の有効性評価においては、周辺の公衆に対して著しい放射線被ばくリスクを与えないことを考慮し、燃料被覆管の破裂が発生しないことを目安としている。

3. 安全性への影響について

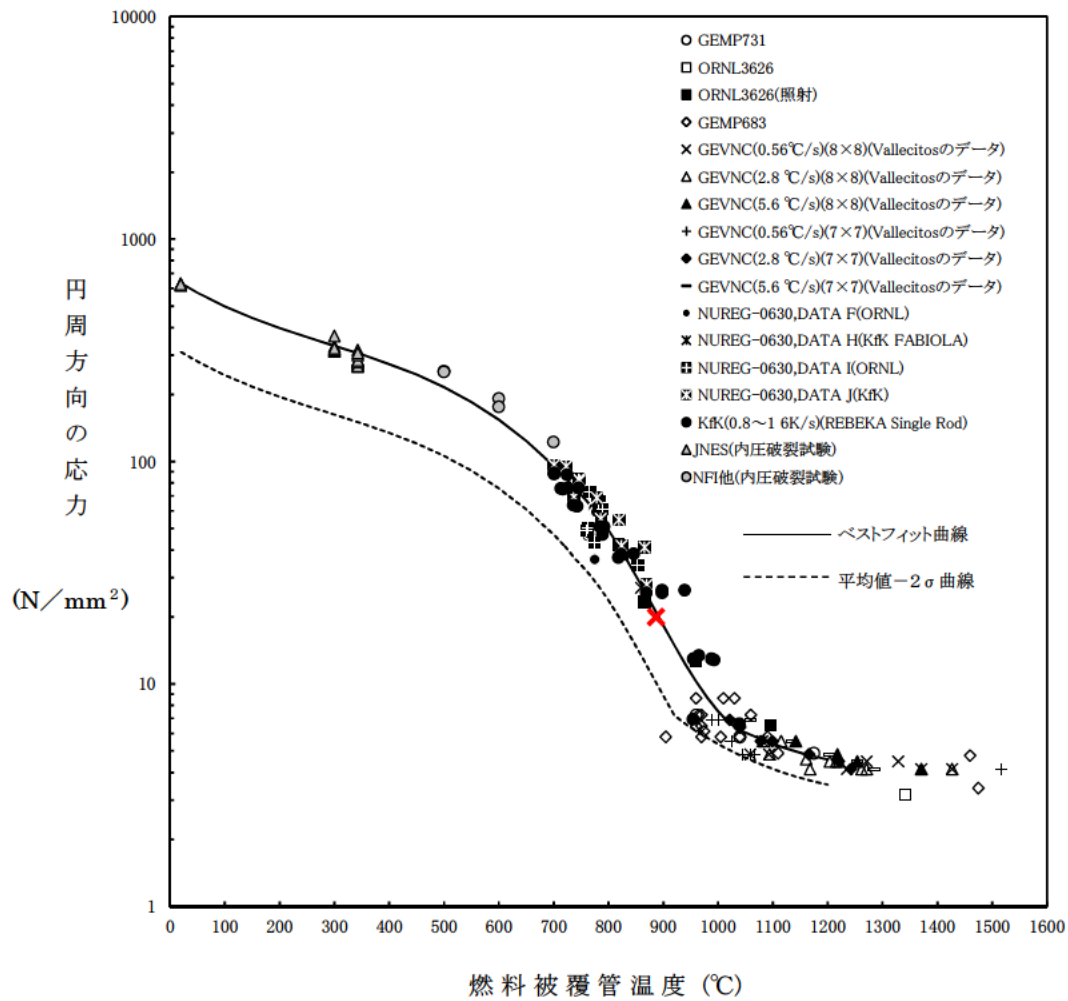
「全交流動力電源喪失（TBP）」以外の許認可解析では、逃がし安全弁吹出量を小さめの吹出量である設計値を設定した場合でも評価項目に対する余裕は十分あり、十分な原子炉減圧機能が確保されていることを確認している。一方、逃がし安全弁吹出量を大きめの吹出量である公称値を設定した場合の「全交流動力電源喪失（TBP）」では、評価項目に対する余裕が小さい。これらのことから、逃がし安全弁の吹出量の公称値が設計値と同等となる設計に変更することにより、安全性が向上すると総合的に判断した。

第1表 設計値と公称値の違いが許認可解析に与える影響

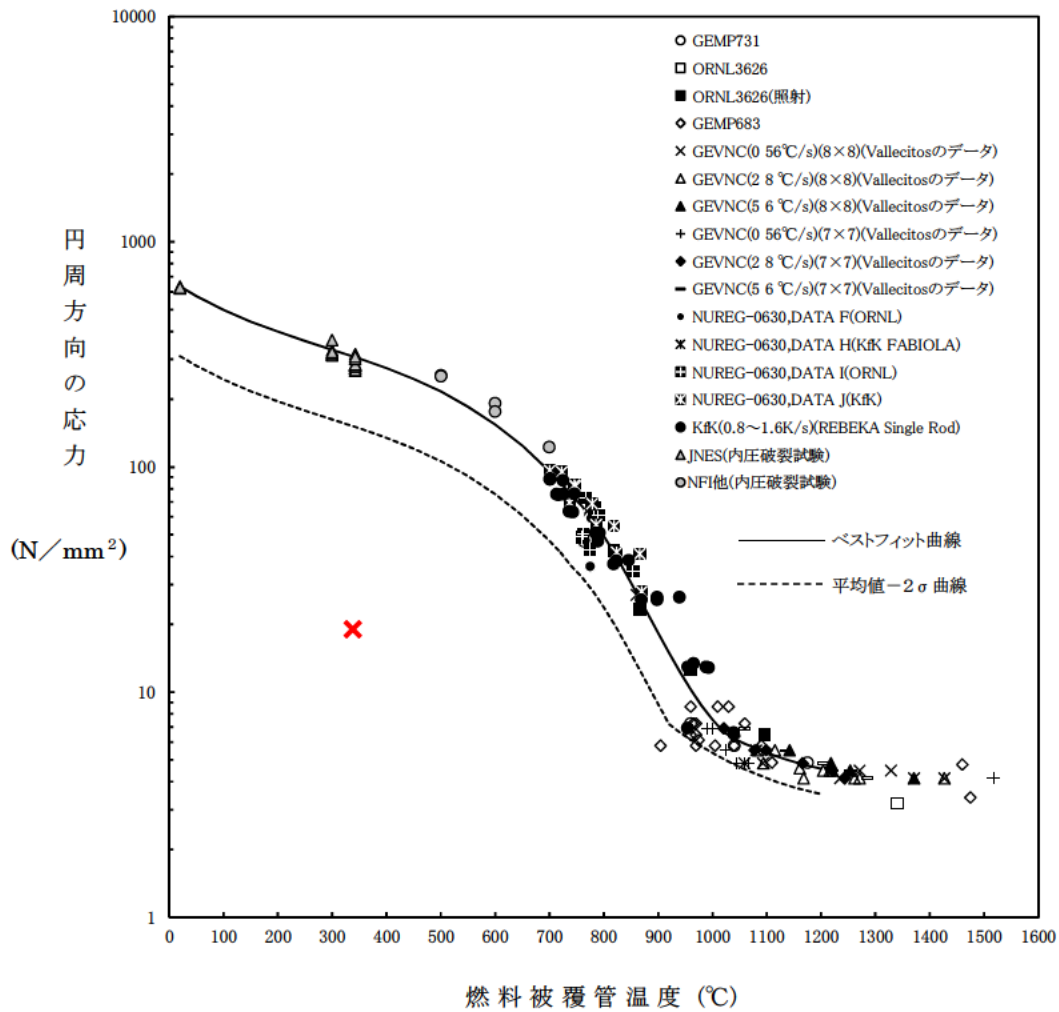
事象		逃がし安全弁 吹出量	燃料被覆管 最高温度	燃料被覆管 酸化割合	可搬設備に 対する操作 時間余裕
原子炉減圧が必要となる主な事象	中小LOCA (設計基準事象, 9×9燃料(A型))	設計値	約 590℃ (燃料被覆管 の破裂なし)	極めて 小さい	—
	高圧・低圧注水機能喪失	設計値	約 338℃ (燃料被覆管 の破裂なし)	1%以下	—
	LOCA時注水機能喪失	設計値	約 616℃ (燃料被覆管 の破裂なし)	1%以下	—
	LOCA時注水機能喪失(減圧操作 10分遅れ)	設計値	約 706℃ (燃料被覆管 の破裂なし)	1%以下	—
逃がし安全弁の故障により原子 炉が減圧される事象	全交流動力電源喪失 (TBP)	設計値	約 746℃ (燃料被覆管 の破裂なし)	1%以下	約 55 分
		設計値+5%	約 773℃ (燃料被覆管 の破裂なし)	1%以下	約 35 分
		公称値 (設計値+約 10%)	約 887℃ (燃料被覆管 の破裂なし)	約 3%	約 20 分



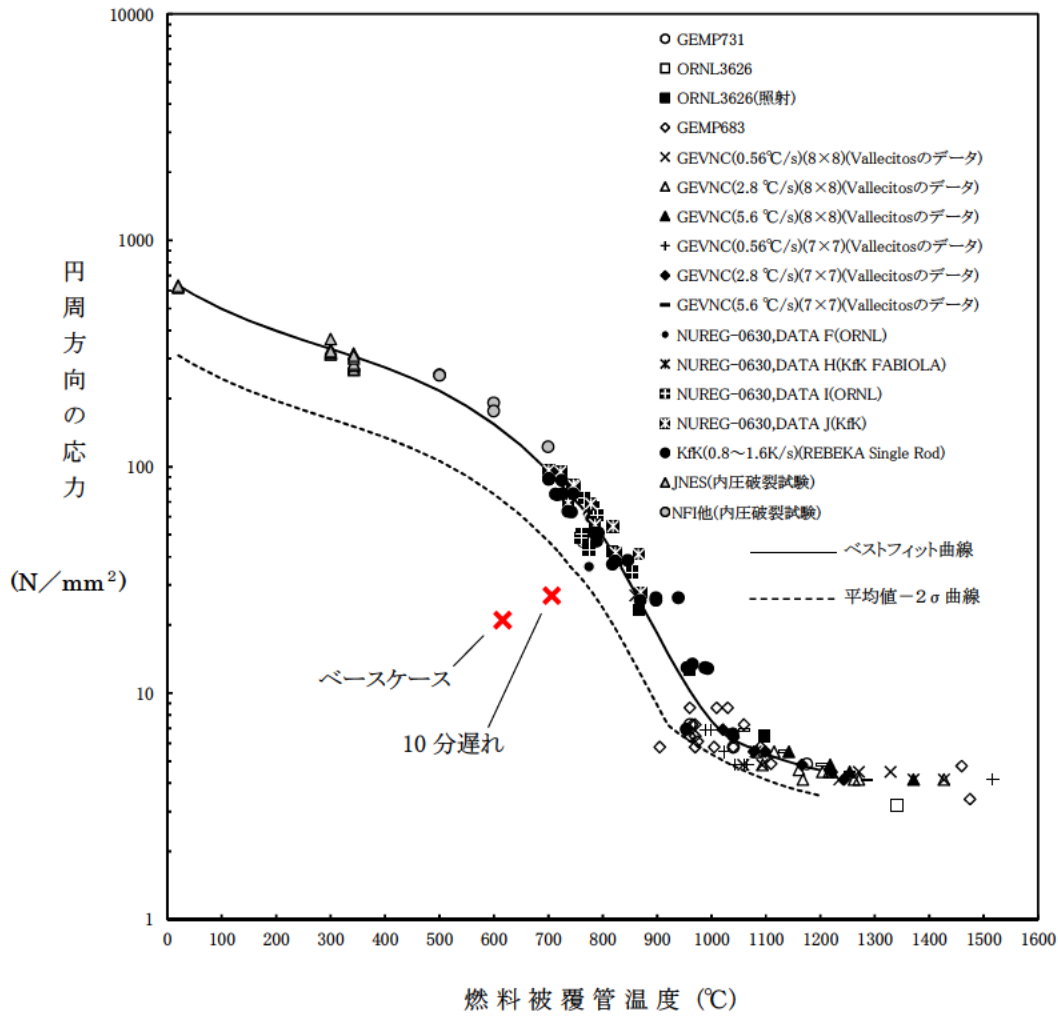
第1図 吹出量の違いによる原子炉圧力の推移



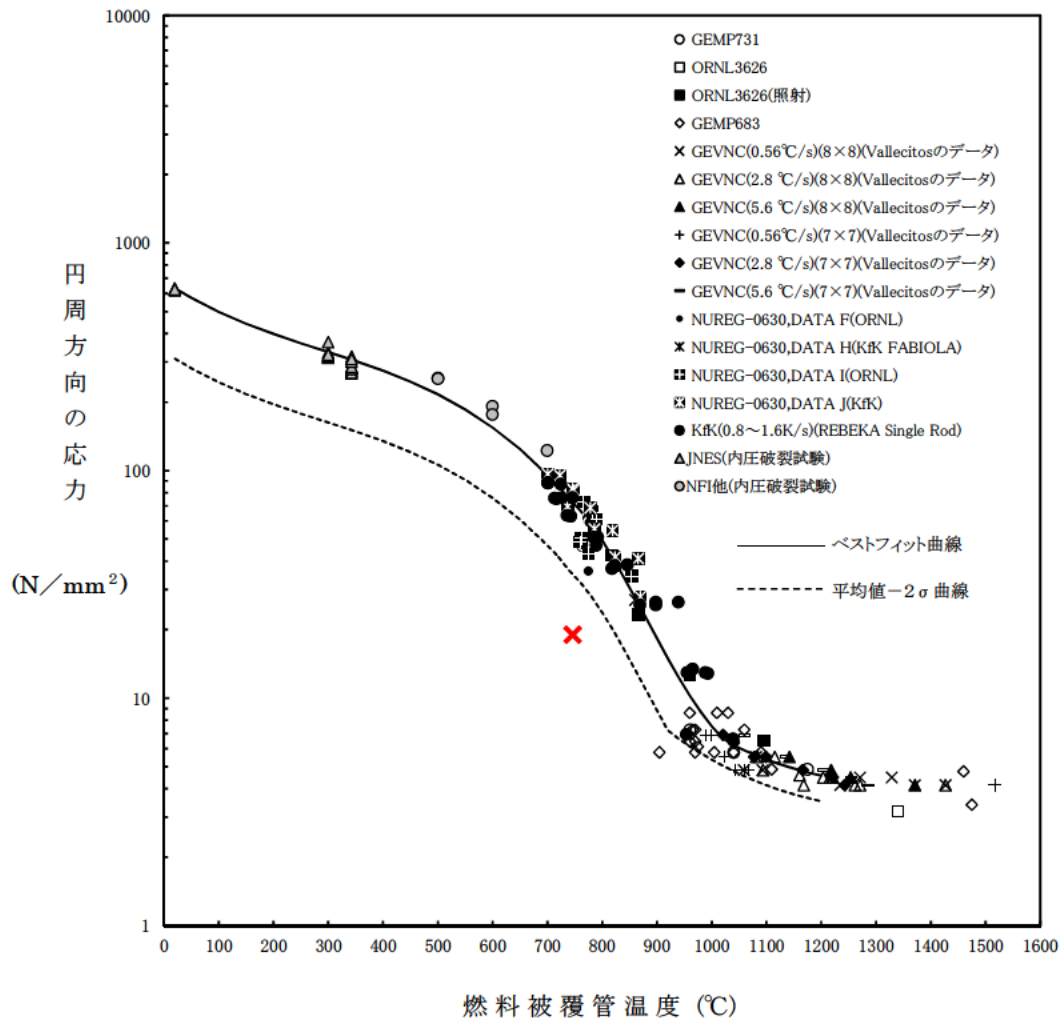
第2図 燃料被覆管破裂が発生する時点の燃料被覆管温度と燃料被覆管の円周方向の応力の関係（全交流動力電源喪失（TBP），吹出量；公称値）



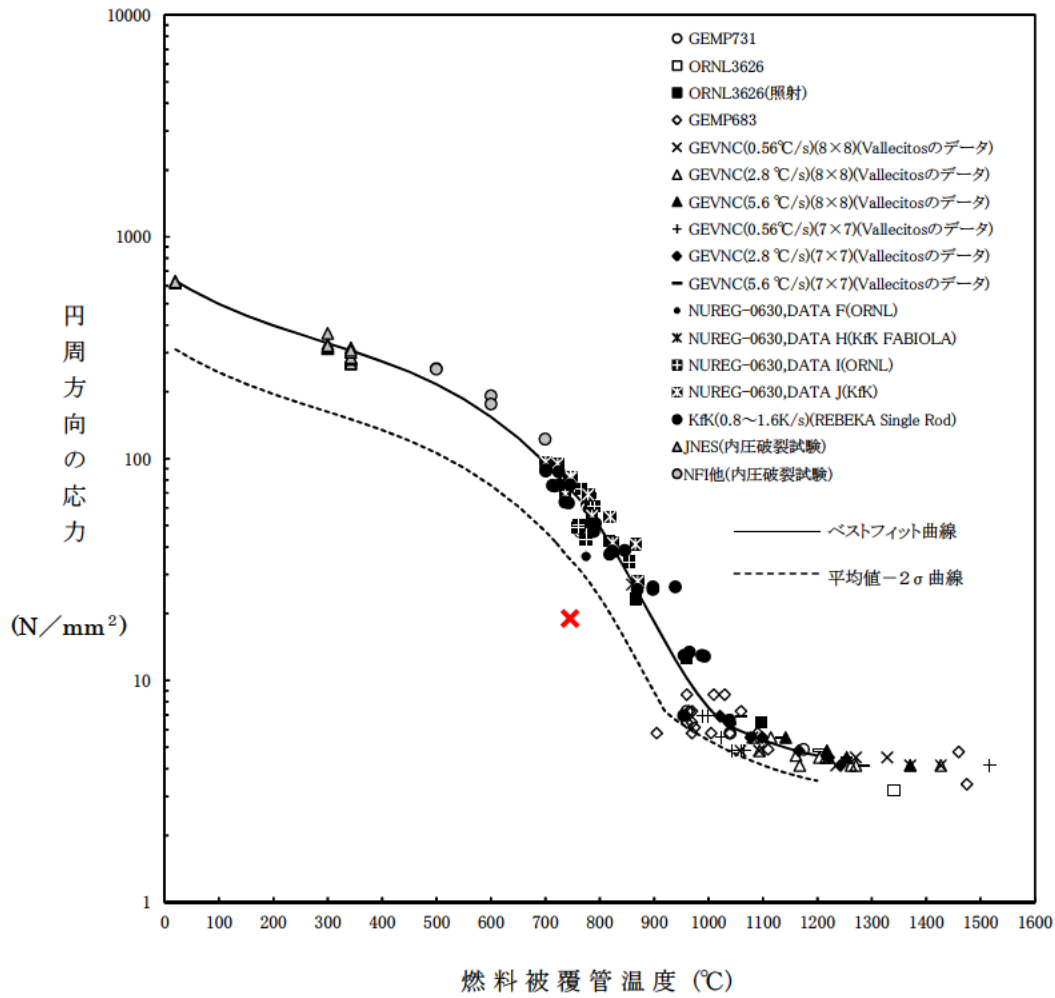
第3図 燃料被覆管破裂が発生する時点の燃料被覆管温度と燃料被覆管の円周方向の応力の関係（高圧・低圧注水機能喪失，吹出量；設計値）



第4図 燃料被覆管破裂が発生する時点の燃料被覆管温度と燃料被覆管の円周方向の応力の関係（LOCA時注水機能喪失（ベースケース，減圧操作10分遅れ），吹出量；設計値）



第5図 燃料被覆管破裂が発生する時点の燃料被覆管温度と燃料被覆管の円周方向の応力
 の関係 (全交流動力電源喪失 (T B P), 吹出量; 設計値)



第6図 燃料被覆管破裂が発生する時点の燃料被覆管温度と燃料被覆管の円周方向の応力
 の関係 (全交流動力電源喪失 (TBP), 吹出量; 設計値+5%)

東海第二発電所 主蒸気逃がし安全弁 吹出し量一覧表

機能	吹出し圧力/ 弁番号 容量	①安全解析		②建設時工認		③H10年 届出		④今回補正工認		⑤国内採用実績のある安全弁	
		kg/cm ² (MPa)	t/h	kg/cm ² (MPa)	t/h	MPa	t/h	MPa	t/h	MPa	t/h
逃がし 弁機能	B22-F013D, N	75.2 (7.375)		75.2 (7.375)		7.37		7.37		7.37	
	B22-F013E, G, P, U	75.9 (7.443)		75.9 (7.443)		7.44		7.44		7.44	
	B22-F013H, J, M, V	76.6 (7.512)		76.6 (7.512)		7.51		7.51		7.51	
	B22-F013A, C, F, S	77.3 (7.581)		77.3 (7.581)		7.58		7.58		7.58	
	B22-F013B, K, L, R	78.0 (7.649)		78.0 (7.649)		7.65		7.65		7.65	
安全弁 機能	B22-F013D, N	79.4 (7.786)		79.4 (7.786)		7.79		7.79		7.79	
	B22-F013E, G, P, U	82.6 (8.100)		82.6 (8.100)		8.10		8.10		8.10	
	B22-F013H, J, M, V	83.3 (8.169)		83.3 (8.169)		8.17		8.17		8.17	
	B22-F013A, C, F, S	84.0 (8.238)		84.0 (8.238)		8.24		8.24		8.24	
	B22-F013B, K, L, R	84.7 (8.306)		84.7 (8.306)		8.31		8.31		8.31	
バルブ製造メーカー		海外メーカー製 逃がし安全弁		国内メーカー製 逃がし安全弁		国内メーカー製 逃がし安全弁		国内メーカー製 逃がし安全弁		国内メーカー製 逃がし安全弁	
呼び径		152.4 mm (入口径)		150A		150A		150A		150A	
のど部の径											
弁座口の径											
リフト											
適用規格及び計算式		S45年告示第501号		S55年告示第501号 (改正 H6 通商産業省告示第446号)		S55年告示第501号 (改正 H6 通商産業省告示第446号)		S55年告示第501号 (改正 H6 通商産業省告示第446号)		技術基準規則	
		第73条第1項ハ、ト (逃がし弁機能) $W=0.5145 \cdot A \cdot (P+1) \cdot K \cdot 0.9$ (安全弁機能) $W=0.5145 \cdot A \cdot (1.03P+1) \cdot K \cdot 0.9$ [MKS単位計算]		第73条第1項ニ (逃がし弁機能) $W=(P+1)/2.5 \cdot A$ (安全弁機能) $W=(1.03P+1)/2.5 \cdot A$ [MKS単位計算]		第103条第1項第一号 JIS B 8210(1986)附属書 公称吹出し量の算定方法 (逃がし弁機能) $Q_a=5.246 \cdot A \cdot (P+0.1) \cdot K_d \cdot C \cdot 0.9$ (安全弁機能) $Q_a=5.246 \cdot A \cdot (1.03P+0.1) \cdot K_d \cdot C \cdot 0.9$ [SI単位計算]		第20条, 第57条 JSME S NC-1 第10章安全弁SRV-3111(1) JIS B 8210(1994)附属書 安全弁の 公称吹出し量の算定方法 (逃がし弁機能) $Q_a=5.246 \cdot A \cdot (P+0.1) \cdot K_d \cdot C \cdot 0.9$ (安全弁機能) $Q_a=5.246 \cdot A \cdot (1.03P+0.1) \cdot K_d \cdot C \cdot 0.9$ [SI単位計算]			
		【凡例】 W : 公称吹出し容量(kg/h) A : 吹出し面積(mm ²) P : 公称吹出し量決定圧力(kg/cm ²) K : 公称吹出し量係数		【凡例】 W : 公称吹出し容量(kg/h) A : 吹出し面積(mm ²) P : 公称吹出し量決定圧力(kg/cm ²)		【凡例】 Q _a : 公称吹出し容量(kg/h) A : 吹出し面積(mm ²) P : 公称吹出し量決定圧力(MPa) K _d : 公称吹出し量係数		【凡例】 Q _a : 公称吹出し容量(kg/h) A : 吹出し面積(mm ²) P : 公称吹出し量決定圧力(MPa) K _d : 公称吹出し量係数			
備考		海外メーカー製 逃がし安全弁による吹出し量計算		海外製から国内製へメーカー変更に伴う工認変更届 (信頼性の高い国産弁への取替え)		H10年SRV全数交換 (同一仕様弁)		H10年SRV全数交換 (同一仕様弁) 時に同じ		安全解析に使用している吹出し量と同等の吹出し量となる弁	