

- ・宿題回答

Q4. 福島第一原子力発電所の事故相当の重大事故が発生した場合の評価及び対策について

【1. 重大事故等への対処に係る措置の有効性評価の基本的考え方】

- 設置許可基準規則にて要求される重大事故等※の対処に必要な設備は、想定される自然現象の影響を踏まえても、動作可能であることを確認している。
- 有効性評価では、原子炉施設において重大事故等※が発生した場合にも、「炉心や燃料の著しい損傷の防止」あるいは「原子炉格納容器の破損」及び「敷地外への放射性物質の異常な水準の放出の防止」に講じる措置が有効であることを示すため、評価対象とする事故シーケンスを整理し、対応する評価項目を設定したうえで、解析等の結果を踏まえて、設備、手順及び体制の有効性を評価している。

※：重大事故等とは、「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」、「運転中の原子炉における重大事故」、「燃料プールにおける重大事故に至るおそれがある事故」及び「運転停止中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」をいう。

【2. 炉心損傷をともなう事故シーケンスの有効性評価について】

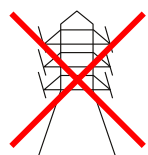
- 炉心損傷を想定した事故シーケンスのうち、原子炉冷却材喪失、全交流動力電源喪失及びECCS機能喪失を想定し、格納容器フィルタベント系を使用する事故シーケンス（雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損））の評価結果において、放射性物質（Cs-137）放出量は基準値未満であり、敷地境界での実効線量は周辺の公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えることはないことを確認している。
- なお、格納容器除熱機能として、残留熱代替除去系（循環冷却モード）が使用できる場合には、系外放出の影響等を考慮して、格納容器フィルタベント系よりも優先して使用するものとしている。

事象の概要

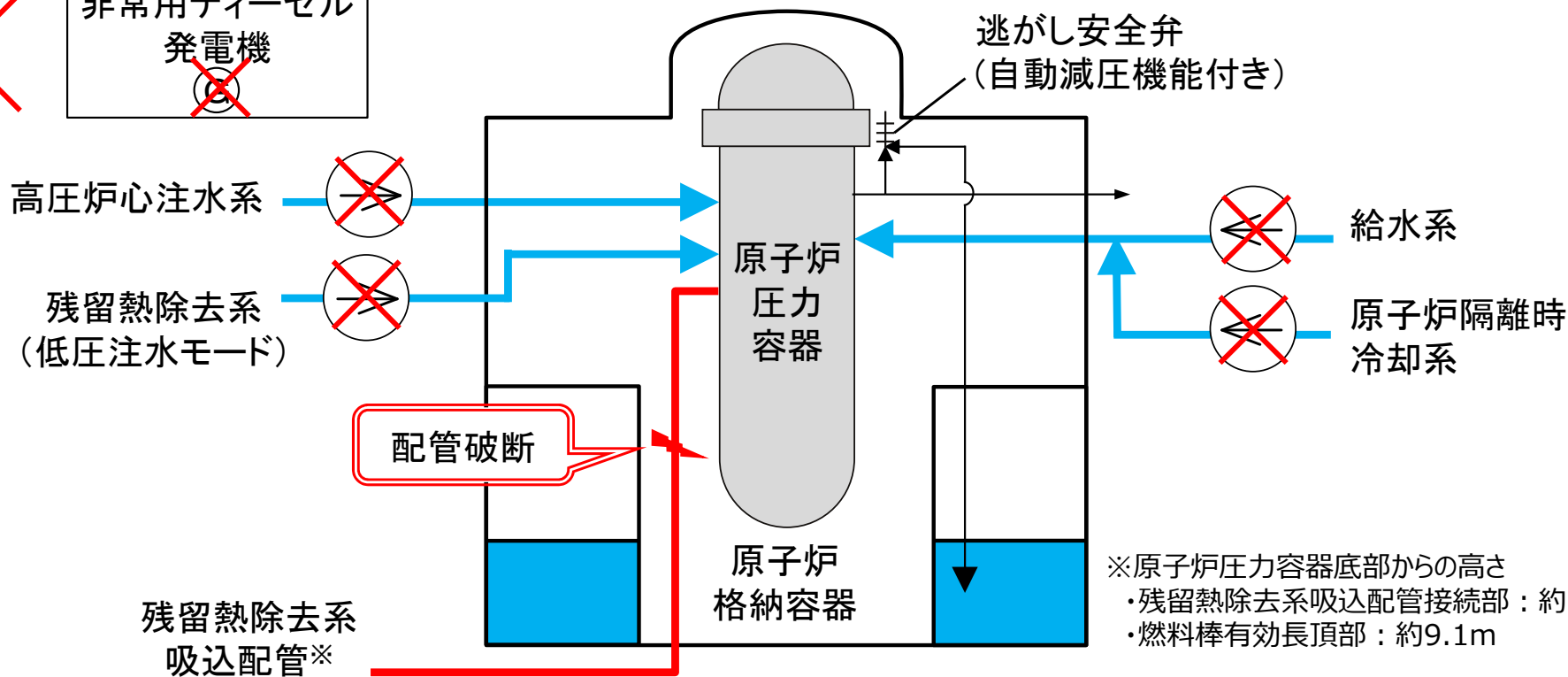
【雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）の特徴】

- 運転時の異常な過渡変化，原子炉冷却材喪失事故（LOCA）又は全交流動力電源喪失が発生するとともに，非常用炉心冷却系等の安全機能の喪失が重畳する。
- 原子炉格納容器内へ流出した高温の原子炉冷却材や溶融炉心の崩壊熱等によって発生した水蒸気，ジルコニウム－水反応等によって発生した非凝縮性ガス等の蓄積によって，原子炉格納容器内の雰囲気圧力・温度が上昇し，緩和措置が取られない場合には，原子炉格納容器の過圧・過温により原子炉格納容器の破損に至る。

外部電源



非常用ディーゼル
発電機



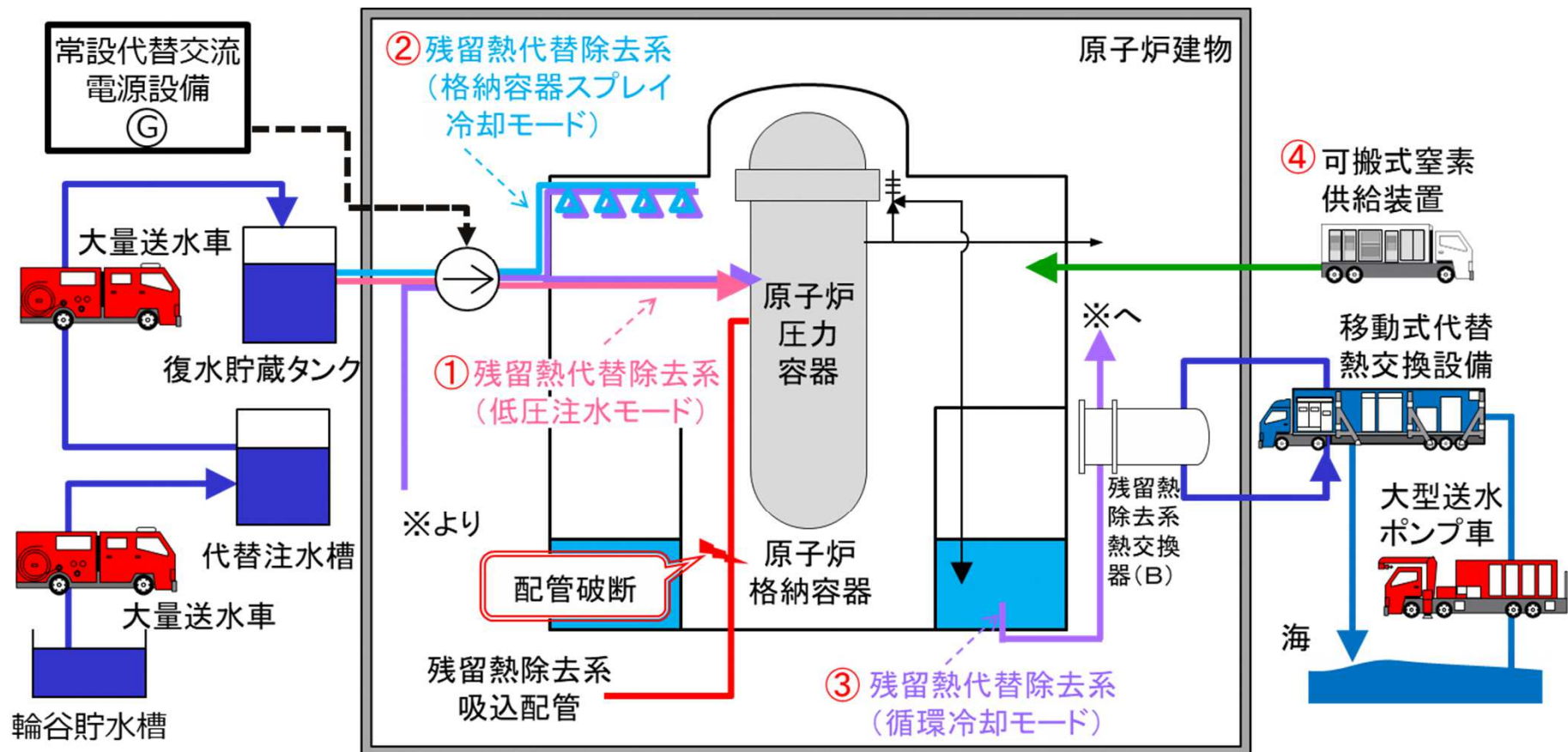
※原子炉圧力容器底部からの高さ
 ・残留熱除去系吸込配管接続部：約11m
 ・燃料棒有効長頂部：約9.1m

【No.4】 残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用する場合 格納容器破損防止対策

【残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用する場合の対策概要】

- ① 残留熱代替除去系（低圧注水モード）による原子炉注水
- ② 残留熱代替除去系（格納容器スプレイ冷却モード）による原子炉格納容器冷却
- ③ 残留熱代替除去系（循環冷却モード）による原子炉格納容器除熱
- ④ 可搬式窒素供給装置による原子炉格納容器内への窒素注入*

*本評価上は、ドライウェルへの連続注入としている



【残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用する場合における有効性評価の結果】

- 表1.1-2に示す評価項目について、解析結果が判断基準を満足することを確認した。
- 格納容器圧力及び格納容器温度の推移を図1.1-1及び図1.1-2に示す。
- なお、図1.1-1の原子炉格納容器圧力は事象発生7日後において上昇傾向であるが、酸素濃度の上昇抑制のための窒素注入による影響であり、格納容器圧力1.5Pd(465kPa[gage])到達時に停止して以降は、格納容器圧力が低下傾向になることを確認している。

表1.1-1 解析結果

評価項目	解析結果	判断基準
原子炉格納容器バウンダリにかかる圧力の最大値	約465kPa[gage]	620kPa[gage](格納容器限界圧力)未満
原子炉格納容器バウンダリにかかる温度の最大値	約157°C(壁面)	200°C(格納容器限界温度)未満
Cs-137放出量評価結果(7日間) (建物からの漏えい)	約2.6TBq	100TBq未満

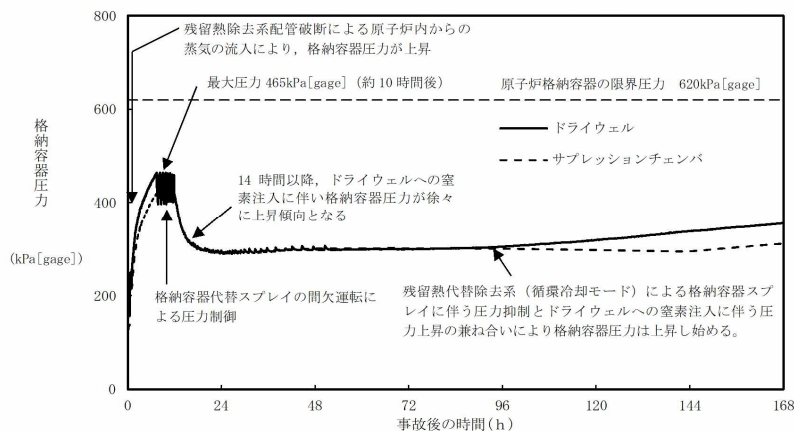


図1.1-1 格納容器圧力の推移

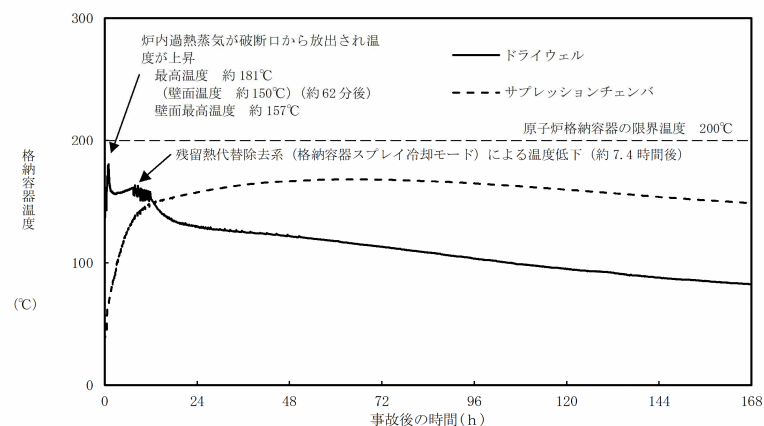


図1.1-2 格納容器温度の推移

【No.4】 残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用する場合 必要な要員及び資源の評価（1 / 2）

【残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用する場合における必要な要員及び資源の評価結果】

- 必要な要員及び資源の評価については、2, 3号炉で重大事故等が同時に発生した場合を想定し、評価する。
- 表1.1-2のとおり、雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用する場合）が2, 3号炉で同時に発生した場合においても、重大事故等対策に必要な要員は、緊急時対策要員等にて確保可能であり、また、必要な水源、燃料及び電源を供給可能である。

表1.1-2 要員及び資源の評価結果（1 / 2）

評価項目	必要な要員, 数量	保有要員, 数量
要 員	<2・3号炉で同時に重大事故等が発生した場合> 重大事故等対策に必要な要員:56名	<2, 3号炉> 重大事故等に対処する要員:74名 【内訳】 運転員:1号炉 2名※1 2号炉 7名 3号炉 7名 通報連絡等を行う緊急時対策本部要員:7名 緊急時対策要員(復旧班要員):51名
	<3号炉> 重大事故等対策に必要な要員:31名 (うち, 7名共用※2, ※3) 【内訳】 運転員:7名 通報連絡等を行う緊急時対策本部要員:6名 (3号炉:1名, 2・3号炉共用:5名※2) 緊急時対策要員(復旧班要員):18名 (3号炉:16名, 2・3号炉共用:2名※3)	
	<2号炉> 重大事故等対策に必要な要員:32名 (うち, 7名共用※2, ※3) 【内訳】 運転員:7名 通報連絡等を行う緊急時対策本部要員:6名 (2号炉:1名, 2・3号炉共用:5名※2) 緊急時対策要員(復旧班要員):19名 (2号炉:17名, 2・3号炉共用:2名※3)	

※1:1号炉は廃止措置号炉であり、燃料プールの監視等を行う要員

※2:通報連絡等を行う緊急時対策本部要員のうち5名(指示者1名, 連絡責任者1名, 連絡担当者3名)

※3:緊急時対策要員(復旧班要員)のうちアクセスルート確保要員2名

【No.4】 残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用する場合 必要な要員及び資源の評価（2 / 2）

表1.1-2 要員及び資源の評価結果(2 / 2)

評価項目※1	必要な要員, 数量		保有要員, 数量
水源	3号炉	約1,200m ³ ※3 【内訳】 復水貯蔵タンク:約650m ³ 代替注水槽 :約550m ³ 輪谷貯水槽(西1 / 西2):0m ³	<3号炉> 復水貯蔵タンク:約650m ³ 代替注水槽 :約2,000m ³ <2,3号炉共用> 輪谷貯水槽(西1 / 西2):約8,000m ³ ※2
燃料	3号炉	常設代替交流電源設備による電源供給:約369m ³ 大量送水車1台, 大型送水ポンプ車1台, 移動式代替熱交換設備1台, 可搬式窒素供給装置1台 :約84m ³	ガスタービン発電機用軽油タンク:約380m ³ 非常用ディーゼル発電設備燃料貯蔵タンク:約780m ³
	緊急時対策所 (2,3号炉共用)	緊急時対策所用発電機による電源供給:約8m ³	緊急時対策所用燃料地下タンク:約45m ³
電源	3号炉	約2,198kW	常設代替交流電源設備:約4,800kW

※1:2号炉の評価結果については、2号炉審査にて確認済

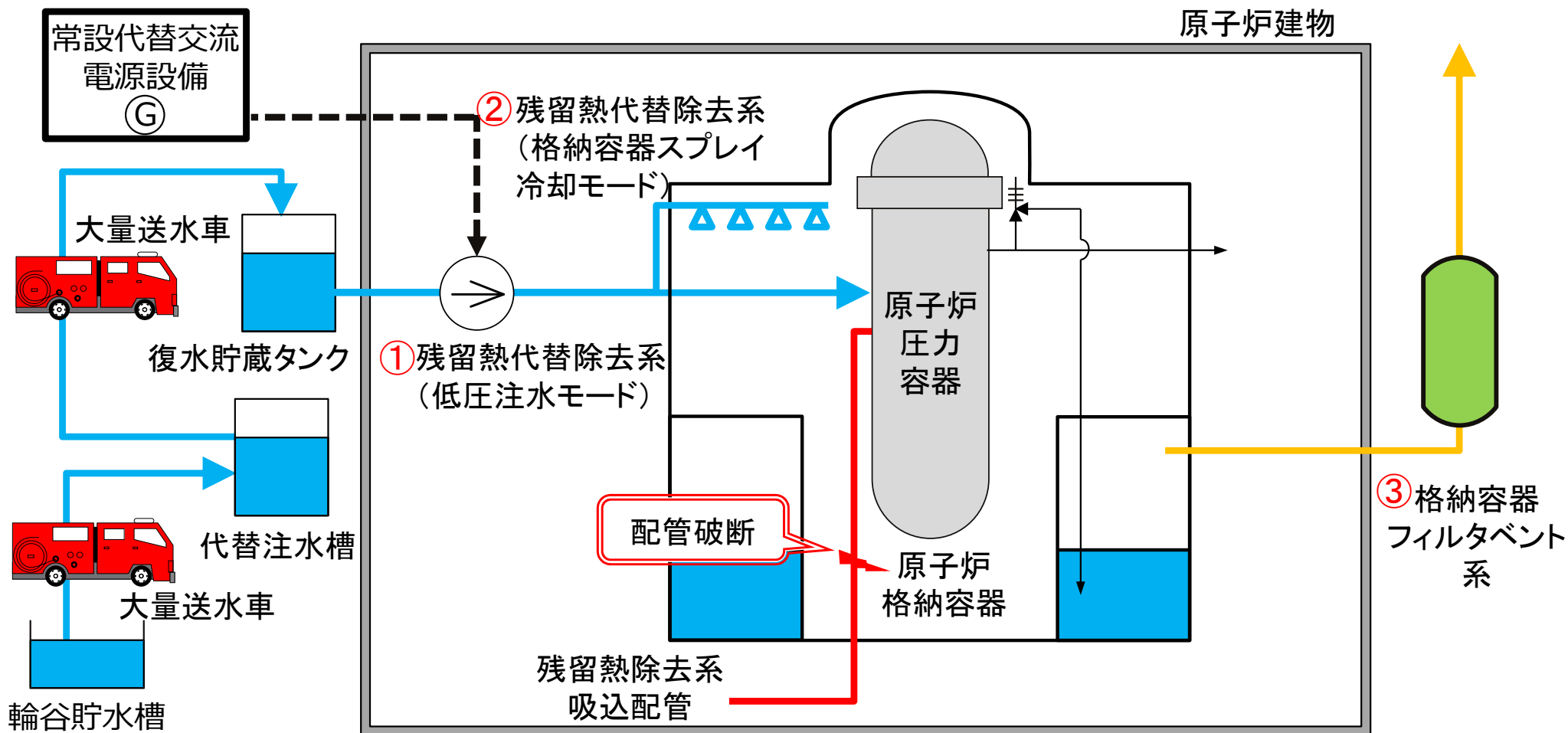
※2:2号炉は輪谷貯水槽(西1 / 西2)を使用しない。(低圧原子炉代替注水槽により必要な水源は確保可能)

※3:残留熱代替除去系(循環冷却モード)による原子炉注水及び原子炉格納容器除熱については、サプレッションチェンバを水源とすることから、水源が枯渇することはない。

【No.4】 残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用しない場合 格納容器破損防止対策

【残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用しない場合の対策概要】

- ① 残留熱代替除去系（低圧注水モード）による原子炉注水
- ② 残留熱代替除去系（格納容器スプレイ冷却モード）による原子炉格納容器冷却
- ③ 格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器除熱



【残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用しない場合における有効性評価の結果】

- 表1.2-2に示す評価項目について、解析結果が判断基準を満足することを確認した。
- 格納容器圧力及び格納容器温度の推移を図1.2-1及び図1.2-2に示す。

表1.2-2 解析結果

評価項目		解析結果	判断基準
原子炉格納容器バウンダリにかかる圧力の最大値		約501kPa[gage]	620kPa[gage] (格納容器限界圧力) 未満
原子炉格納容器バウンダリにかかる温度の最大値		約157°C (壁面)	200°C (格納容器限界温度) 未満
Cs-137放出量 評価結果 (7日間)	ドライウエルのベントライン経由	約1.3TBq	100TBq未満
	建物からの漏えい	約2.4TBq	
	合計	約3.7TBq	

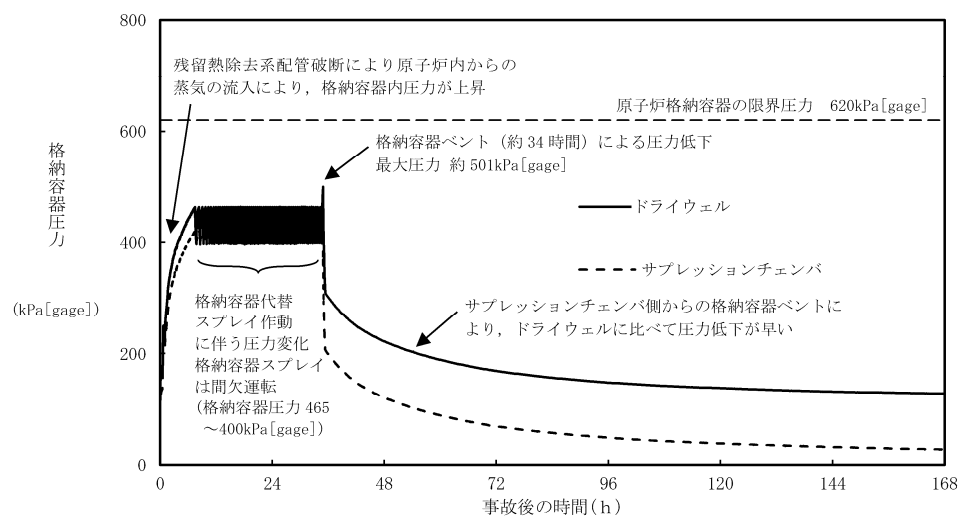


図1.2-1 格納容器圧力の推移

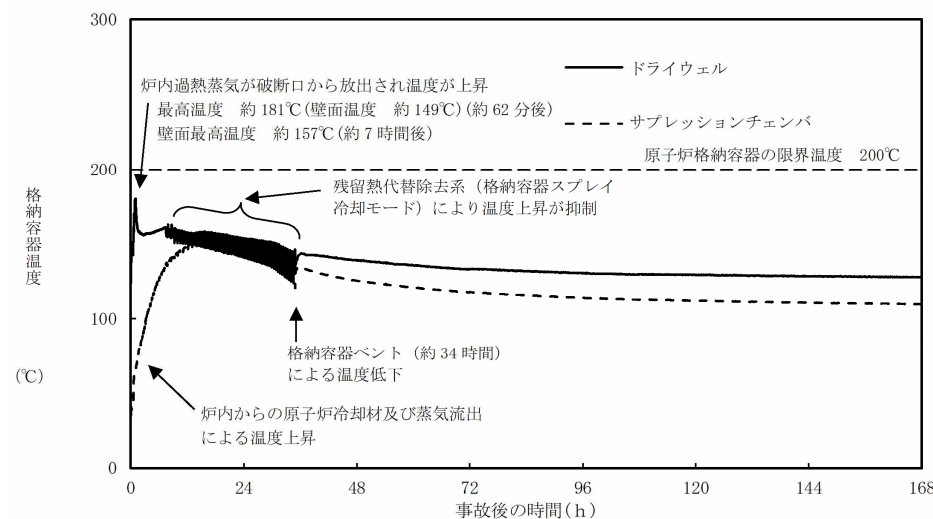


図1.2-2 格納容器温度の推移

【No.4】 残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用しない場合 必要な要員及び資源の評価（1 / 2）

【残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用しない場合における必要な要員及び資源の評価結果】

- 必要な要員及び資源の評価については、2, 3号炉で重大事故等が同時に発生した場合を想定し、評価する。
- 表1.2-2のとおり、雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用しない場合）が2, 3号炉で同時に発生した場合においても、重大事故等対策に必要な要員は、緊急時対策要員にて確保可能であり、また、必要な水源、燃料及び電源を供給可能である。

表1.2-2 要員及び資源の評価結果（1 / 2）

評価項目	必要な要員, 数量	保有要員, 数量
要 員	<2・3号炉で同時に重大事故等が発生した場合> 重大事故等対策に必要な要員:56名	<2, 3号炉> 重大事故等に対処する要員:74名 【内訳】 運転員:1号炉 2名※1 2号炉 7名 3号炉 7名 通報連絡等を行う緊急時対策本部要員:7名 緊急時対策要員(復旧班要員):51名
	<3号炉> 重大事故等対策に必要な要員:31名 (うち, 7名共用※2, ※3) 【内訳】 運転員:7名 通報連絡等を行う緊急時対策本部要員:6名 (3号炉:1名, 2・3号炉共用:5名※2) 緊急時対策要員(復旧班要員):18名 (3号炉:16名, 2・3号炉共用:2名※3)	
	<2号炉> 重大事故等対策に必要な要員:32名 (うち, 7名共用※2, ※3) 【内訳】 運転員:7名 通報連絡等を行う緊急時対策本部要員:6名 (2号炉:1名, 2・3号炉共用:5名※2) 緊急時対策要員(復旧班要員):19名 (2号炉:17名, 2・3号炉共用:2名※3)	

※1: 1号炉は廃止措置号炉であり、燃料プールの監視等を行う要員

※2: 通報連絡等を行う緊急時対策本部要員のうち5名(指示者1名, 連絡責任者1名, 連絡担当者3名)

※3: 緊急時対策要員(復旧班要員)のうちアクセスルート確保要員2名

【No.4】 残留熱代替除去系（循環冷却モード）を使用しない場合 必要な要員及び資源の評価（2 / 2）

表1.2-2 要員及び資源の評価結果(2 / 2)

評価項目※1	必要な要員, 数量		保有要員, 数量
水源	3号炉	約7,000m ³ 【内訳】 復水貯蔵タンク:約650m ³ 代替注水槽 :約2,000m ³ 輪谷貯水槽(西1 / 西2):4,350m ³	<3号炉> 復水貯蔵タンク:約650m ³ 代替注水槽 :約2,000m ³ <2,3号炉共用> 輪谷貯水槽(西1 / 西2):約8,000m ³ ※2
燃料	3号炉	常設代替交流電源設備による電源供給:約369m ³ ----- 大量送水車2台, 大型送水ポンプ車1台, 移動式代替熱交換設備1台 :約87m ³	ガスタービン発電機用軽油タンク:約380m ³ ----- 非常用ディーゼル発電設備燃料貯蔵タンク:約780m ³
	緊急時対策所 (2,3号炉共用)	緊急時対策所用発電機による電源供給:約8m ³	緊急時対策所用燃料地下タンク:約45m ³
電源	3号炉	約2,198kW	常設代替交流電源設備:約4,800kW

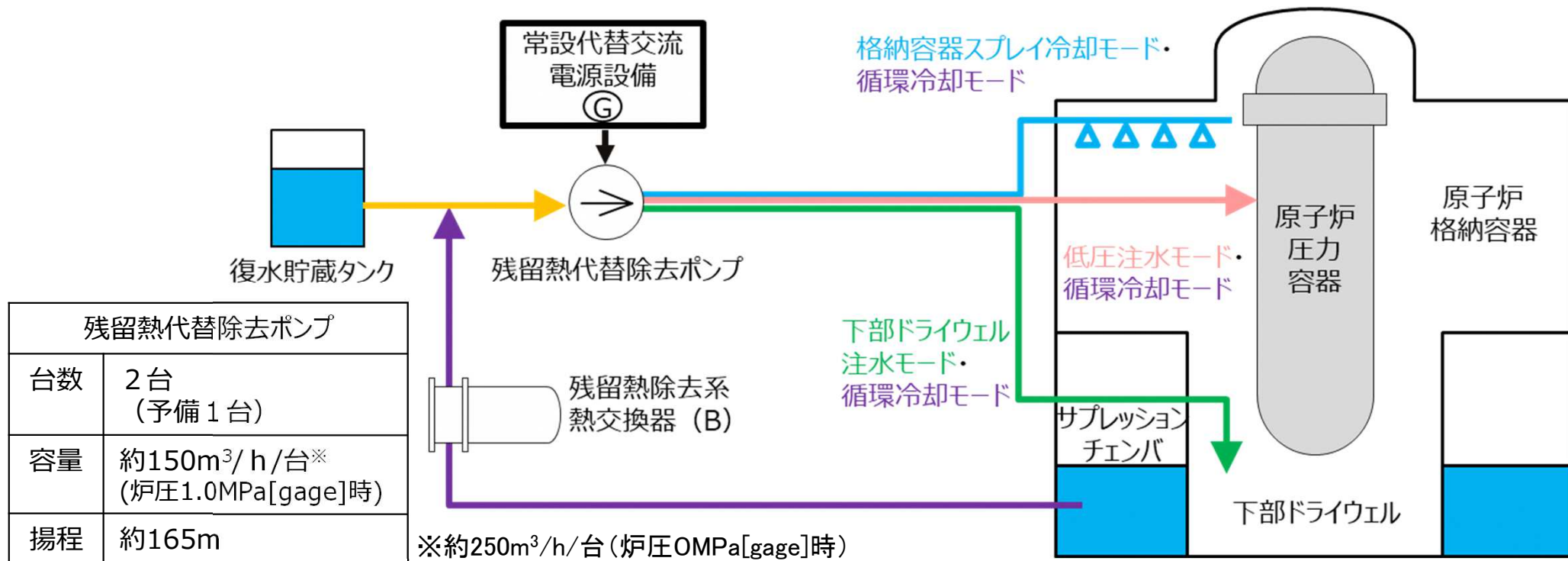
※1:2号炉の評価結果については、2号炉審査にて確認済

※2:2号炉の輪谷貯水槽(西1 / 西2)の使用量は、約2,460m³

■ 重大事故等対処設備として、複数の運転モードを有する残留熱代替除去系を設置する。

- 3つの注水先に注水することが可能な設計
- 外部水源（復水貯蔵タンク）と内部水源（サプレッションチェンバ）を切替可能な設計

注入先	外部水源	内部水源
原子炉	低圧注水モード	循環冷却モード
ドライウェル	格納容器スプレイ冷却モード	循環冷却モード
下部ドライウェル	下部ドライウェル注水モード	循環冷却モード



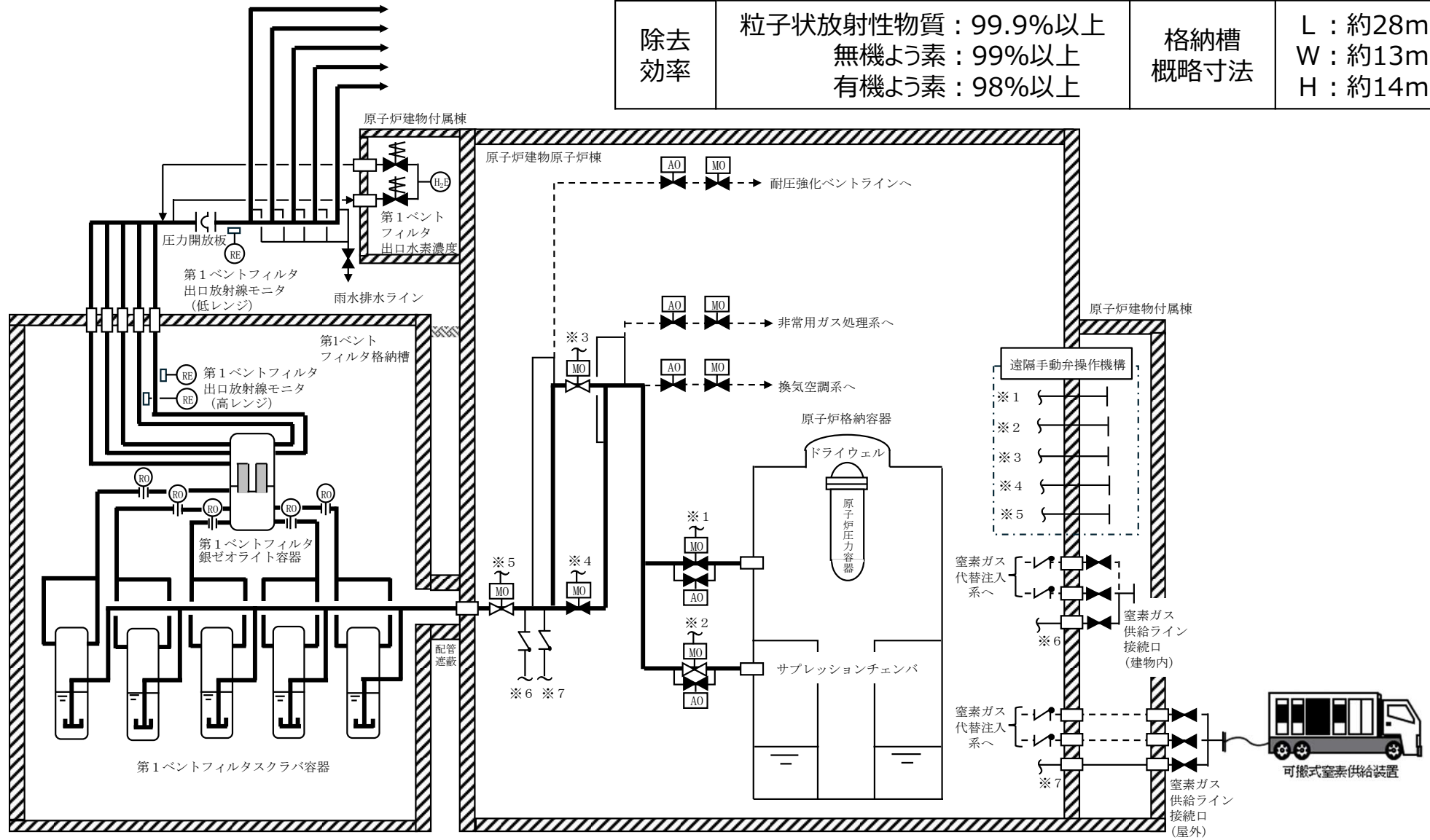
残留熱代替除去ポンプ	
台数	2台 (予備 1台)
容量	約150m ³ /h/台※ (炉圧1.0MPa[gage]時)
揚程	約165m

※約250m³/h/台 (炉圧0MPa[gage]時)

【No.4】 主なSA設備（格納容器フィルタベント系）

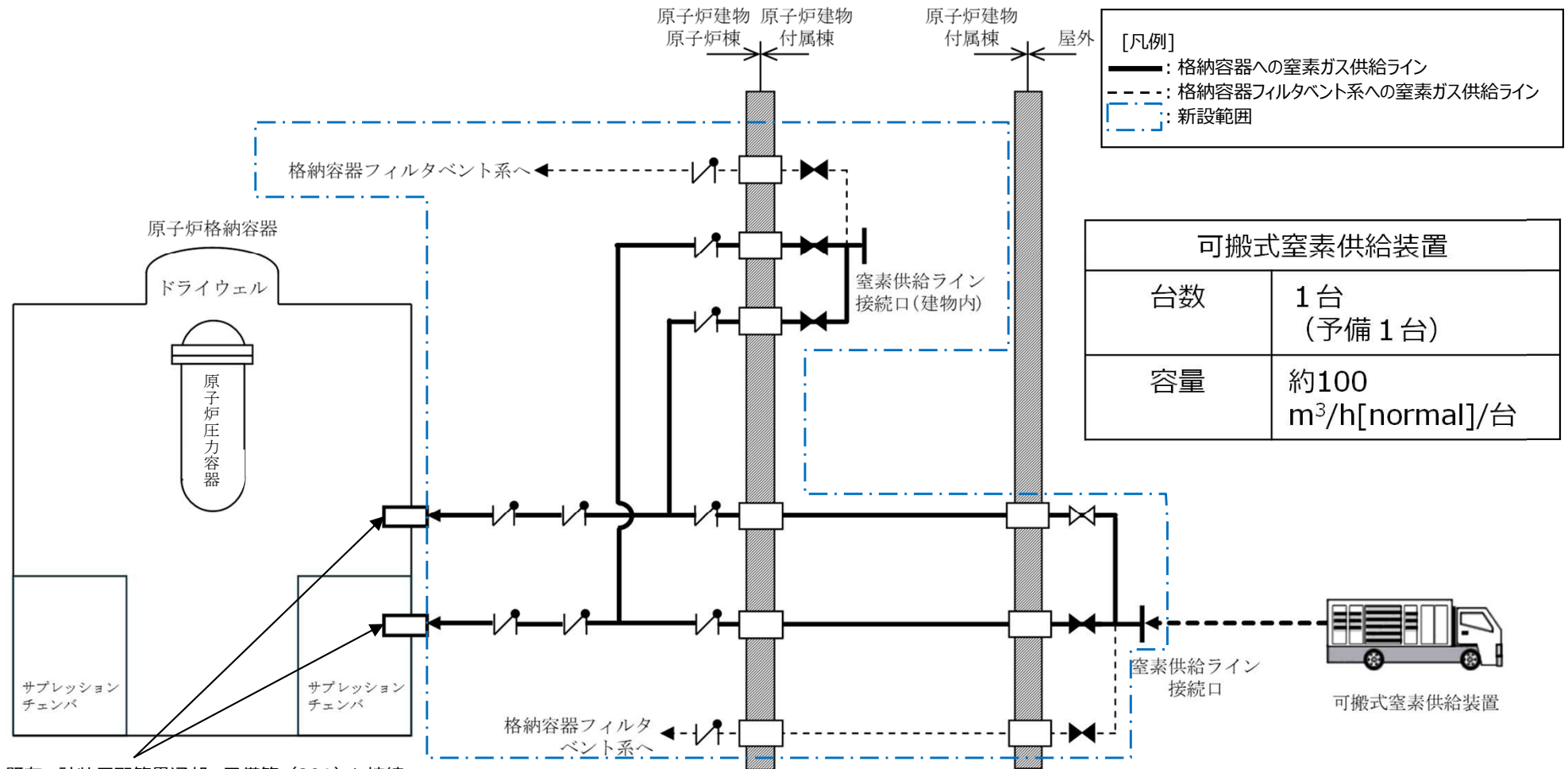
- 原子炉格納容器の過圧破損等を防止するための重大事故等対処設備として、フィルタを介して放出することで放射性物質の放出を大幅に低減することができる格納容器フィルタベント系を設置する。

格納容器フィルタベント系			
除去効率	粒子状放射性物質	99.9%以上	格納槽概略寸法
	無機よう素	99%以上	
	有機よう素	98%以上	
			L : 約28m W : 約13m H : 約14m



【No.4】 主なSA設備（可搬式窒素供給装置）

- 原子炉格納容器内を不活性化するための重大事故等対処設備として、可搬式窒素供給装置等で構成する窒素ガス代替注入系を設置する。なお、窒素供給ライン接続口（建物内）は、大型航空機衝突等により屋外の接続口が使用できない場合に使用する。



既存の計装用配管貫通部の予備管（20A）に接続

※ 屋外の接続口を使用してドライウエルに窒素ガスを供給する場合の系統構成を示す