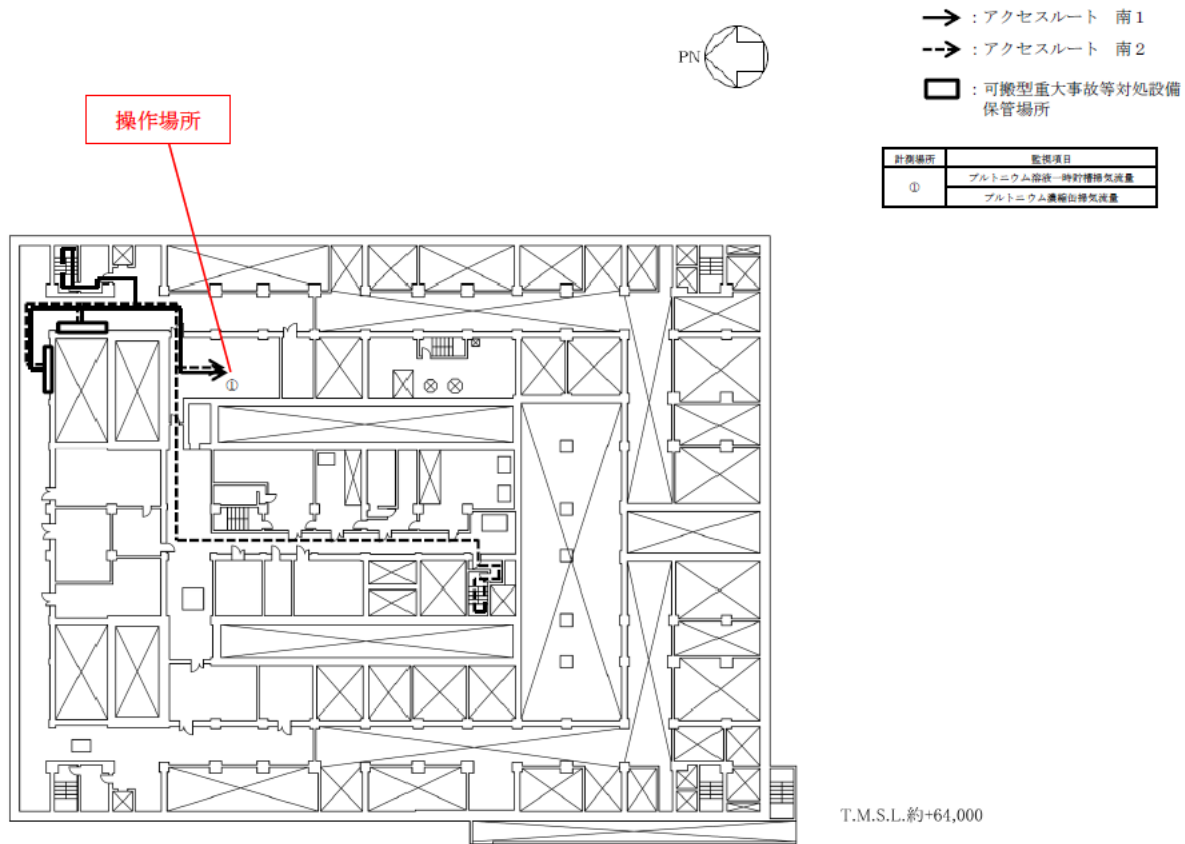
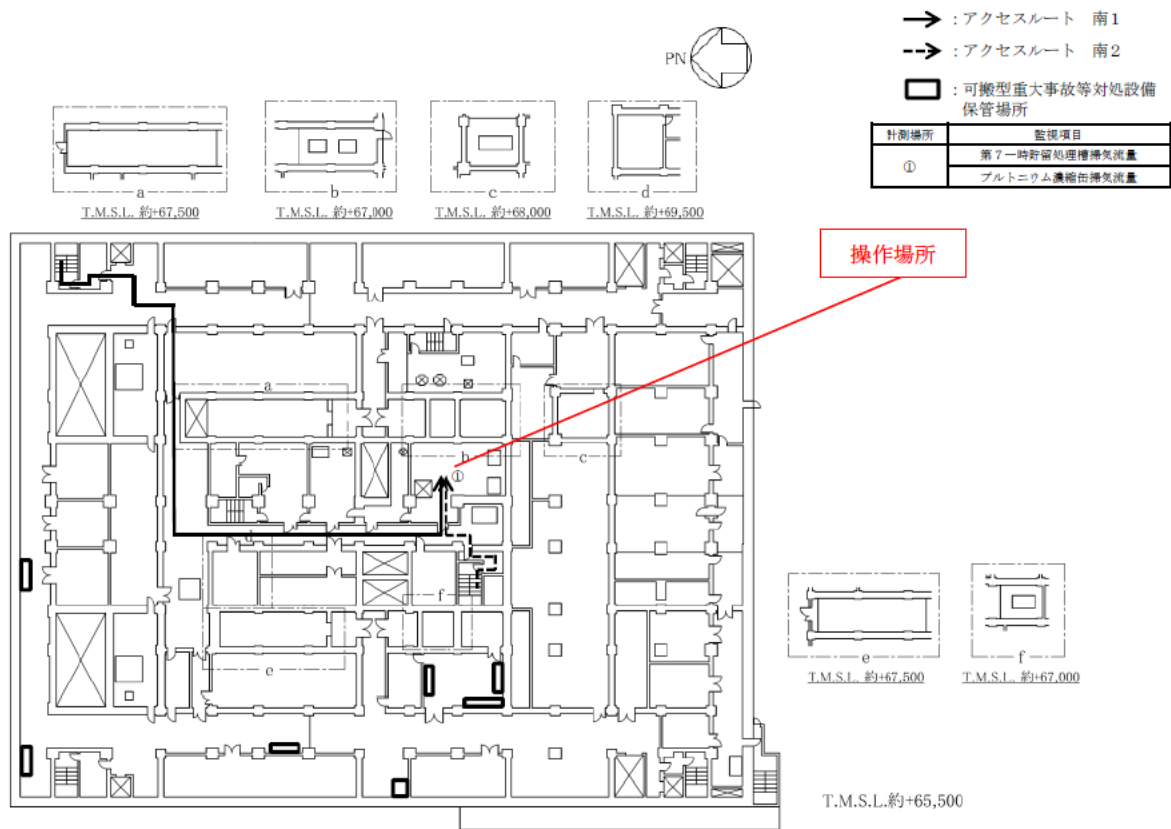


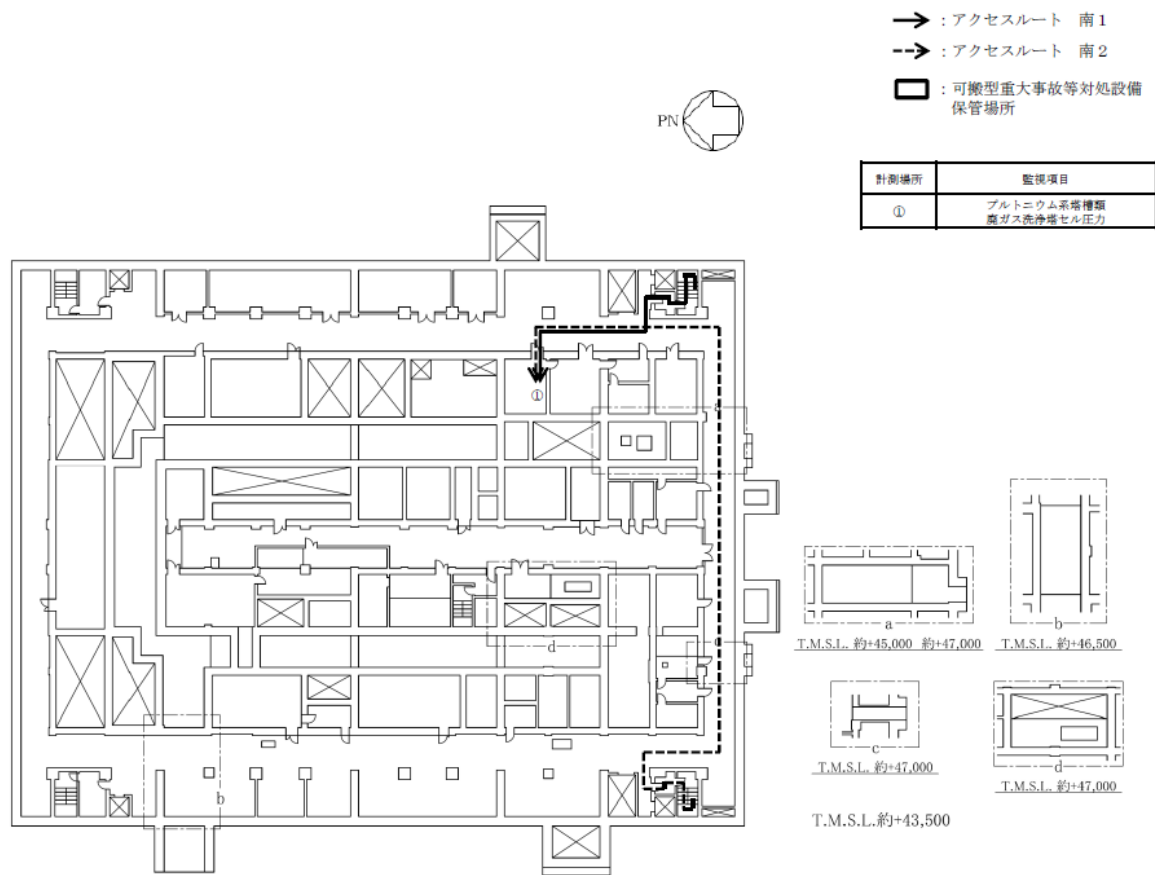
第 18 図 「地震発生による全交流電源の喪失に伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策のアクセスルート
 (水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上 2 階)



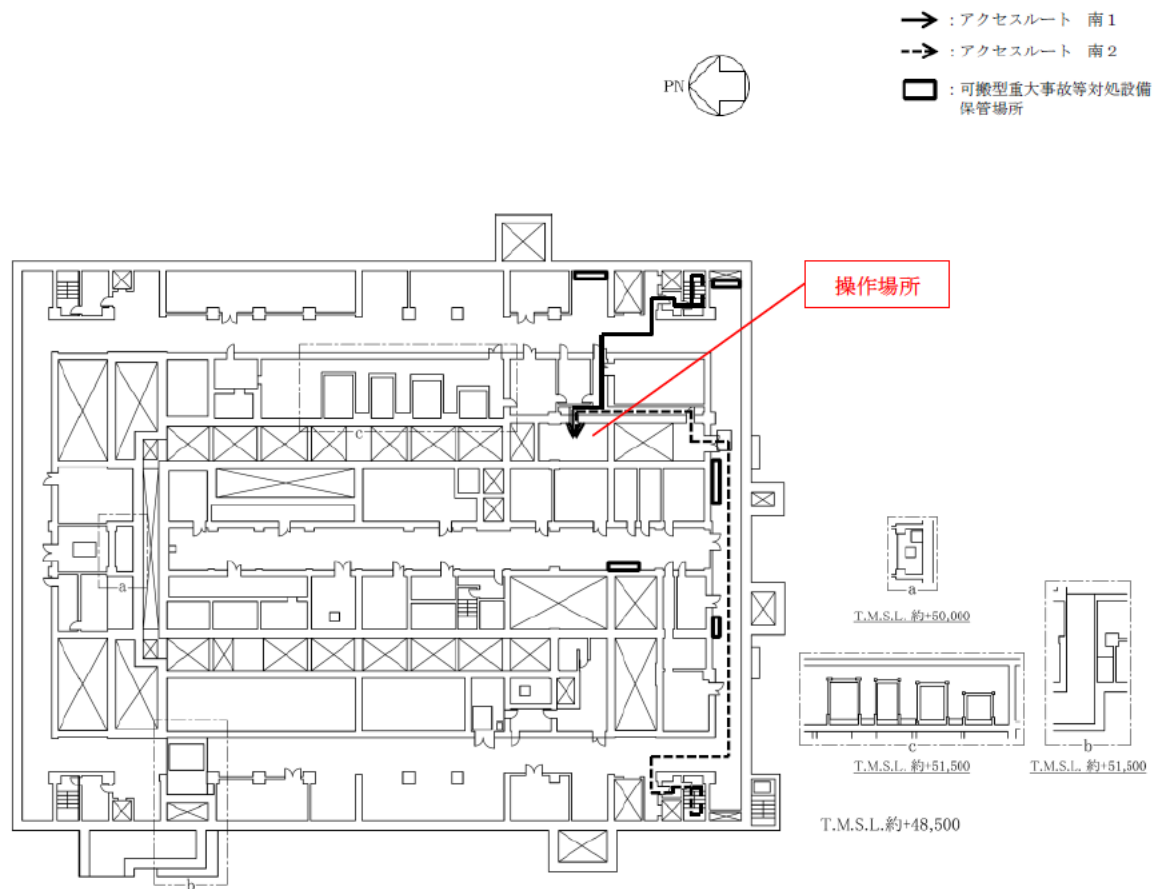
第 19 図 「地震発生による全交流電源の喪失に伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策のアクセスルート
 (水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上 3 階)



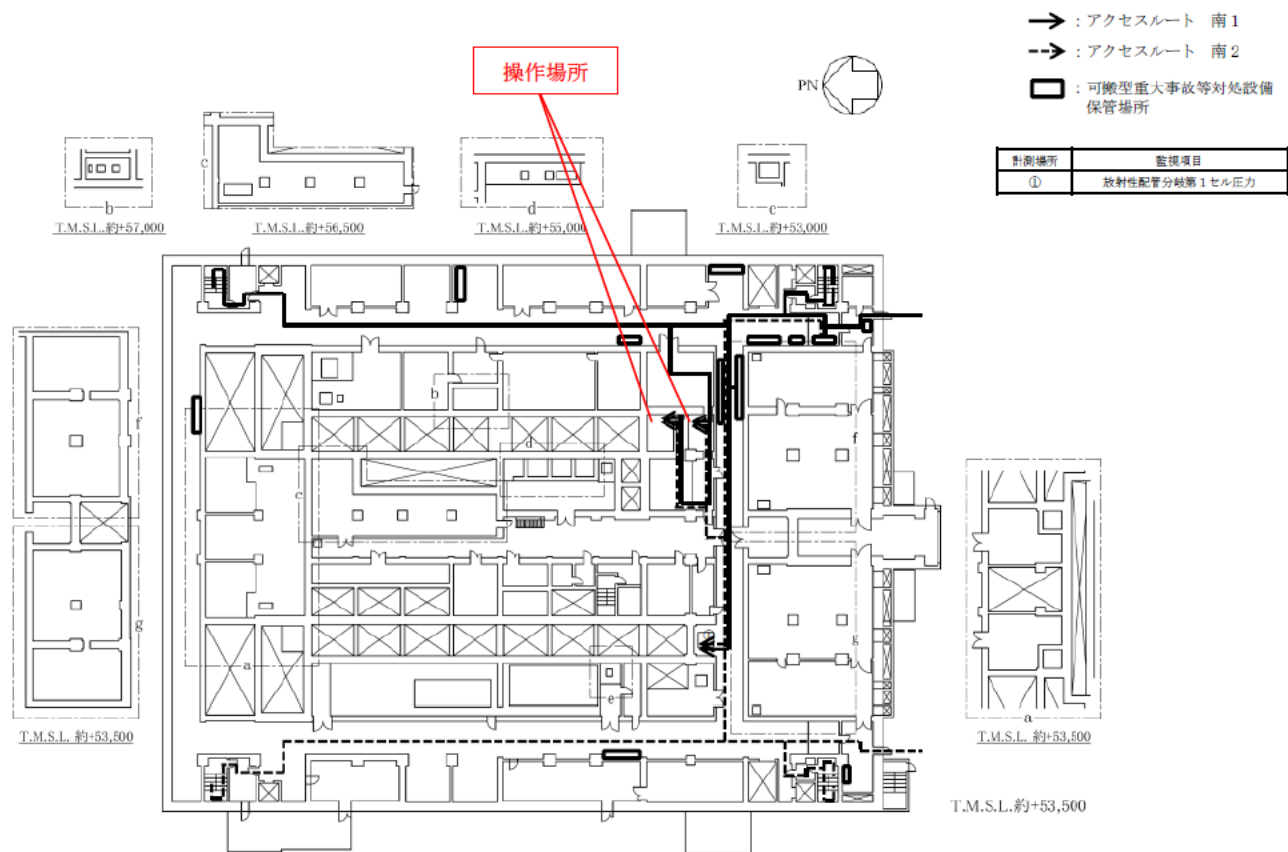
第 20 図 「地震発生による全交流電源の喪失に伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策のアクセスルート
 (水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上 4 階)



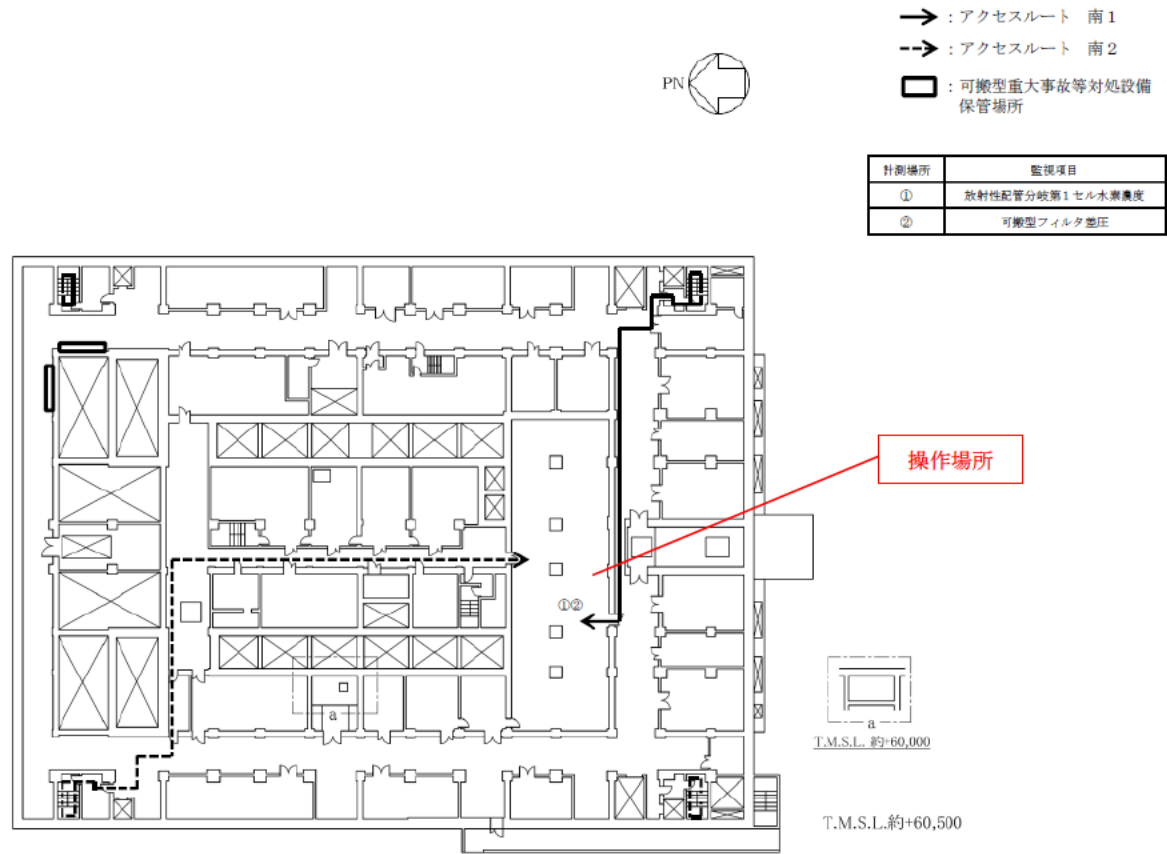
第 21 図 「地震発生による全交流電源の喪失に伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策のアクセスルート
 (放出低減対策) (地下 2 階)



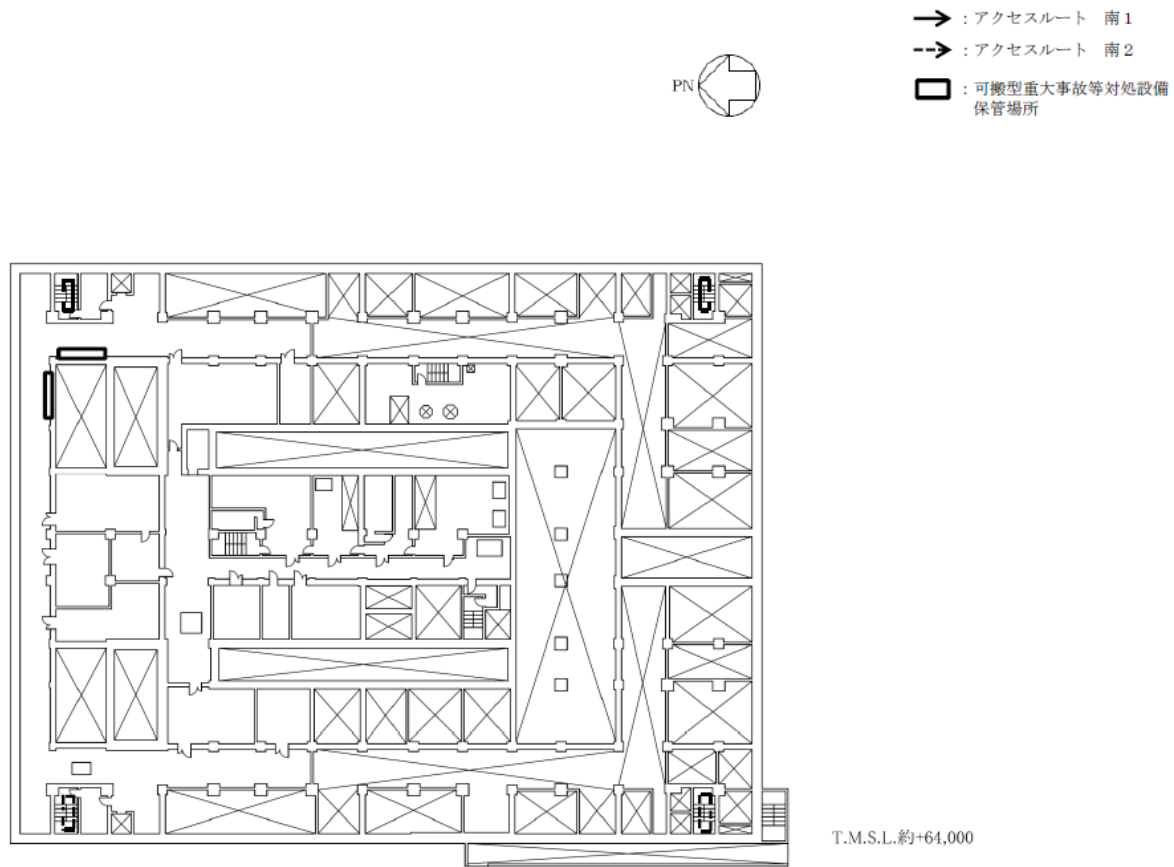
第 22 図 「地震発生による全交流電源の喪失に伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策のアクセスルート
(放出低減対策) (地下 1 階)



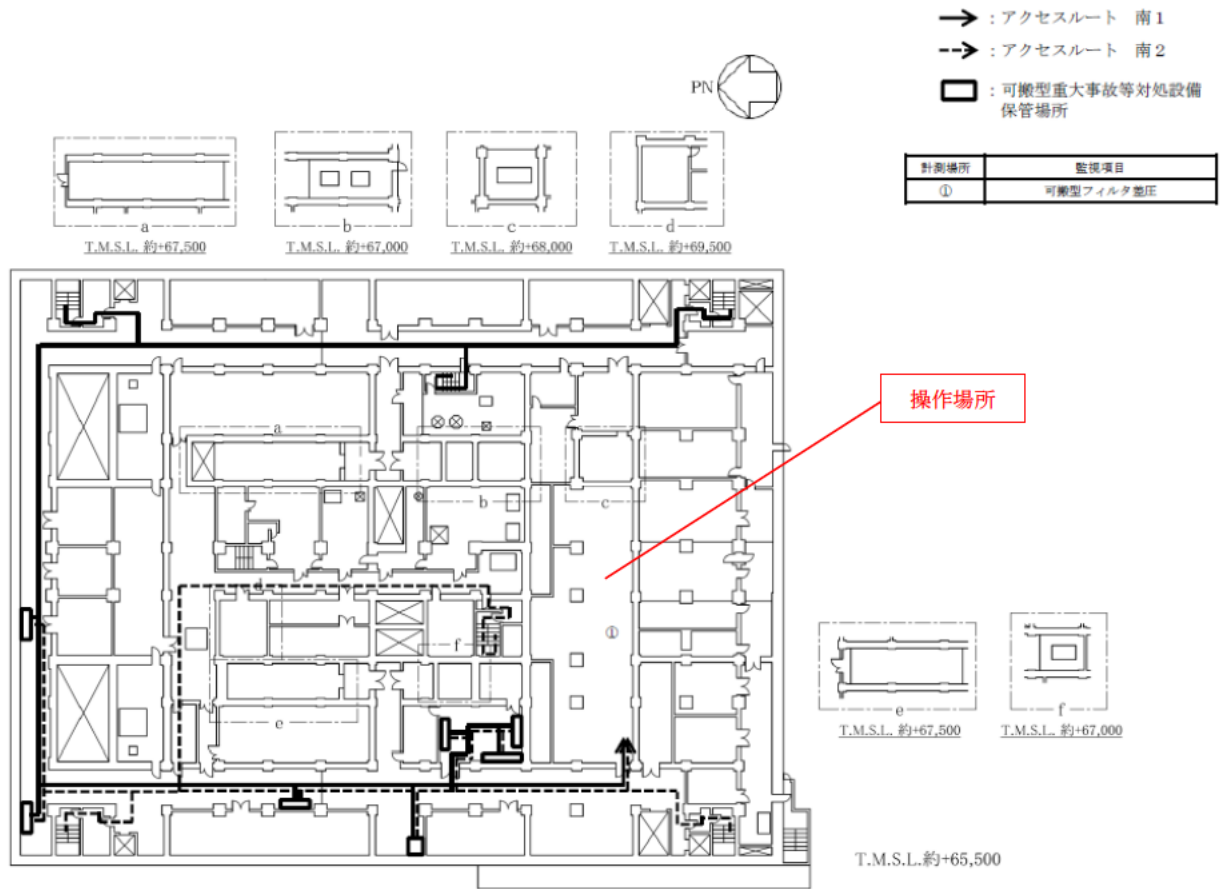
第 23 図 「地震発生による全交流電源の喪失に伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策のアクセスルート
 (放出低減対策) (地上1階)



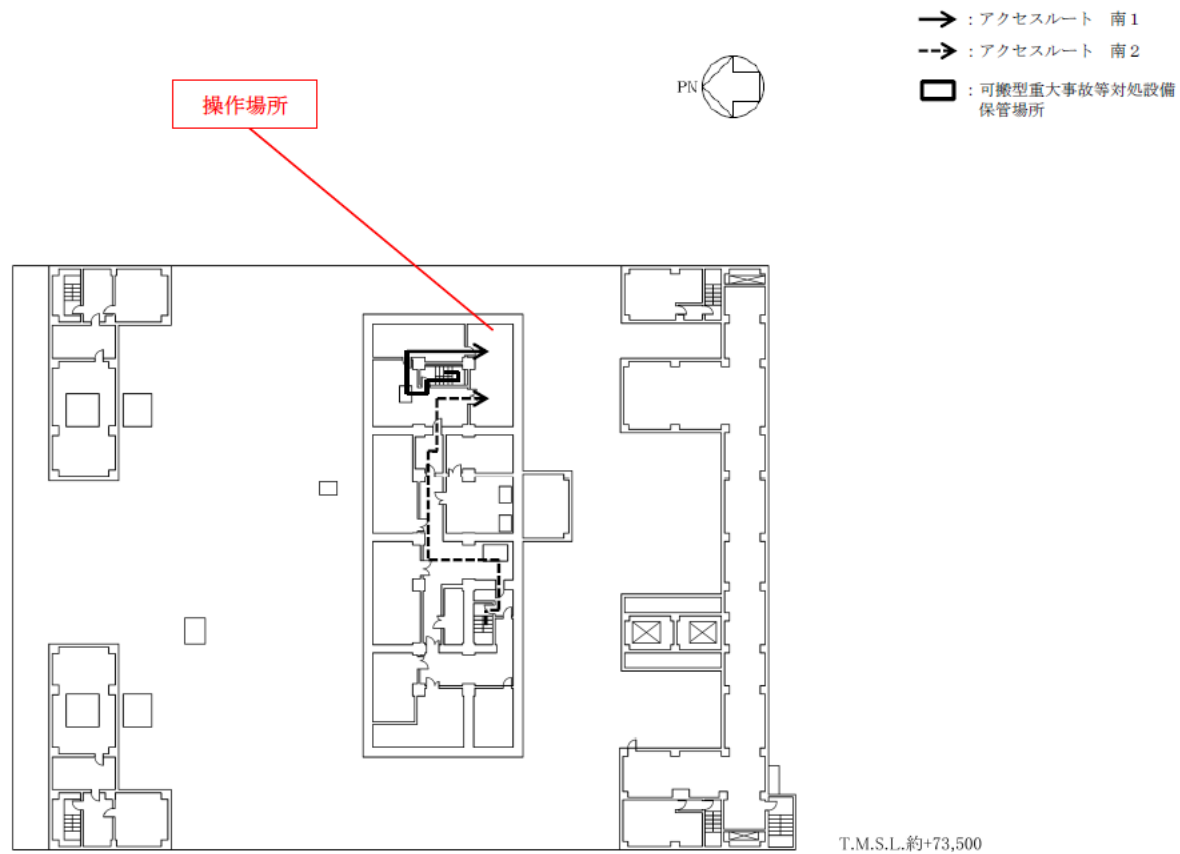
第 24 図 「地震発生による全交流電源の喪失に伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策のアクセスルート
 (放出低減対策) (地上 2 階)



第 25 図 「地震発生による全交流電源の喪失に伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策のアクセスルート
 (放出低減対策) (地上 3 階)



第 26 図 「地震発生による全交流電源の喪失に伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策のアクセスルート
 (放出低減対策) (地上 4 階)



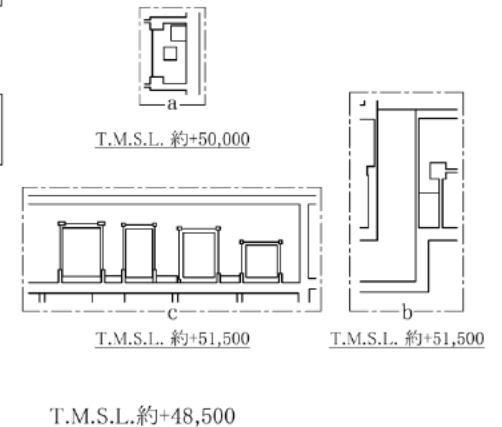
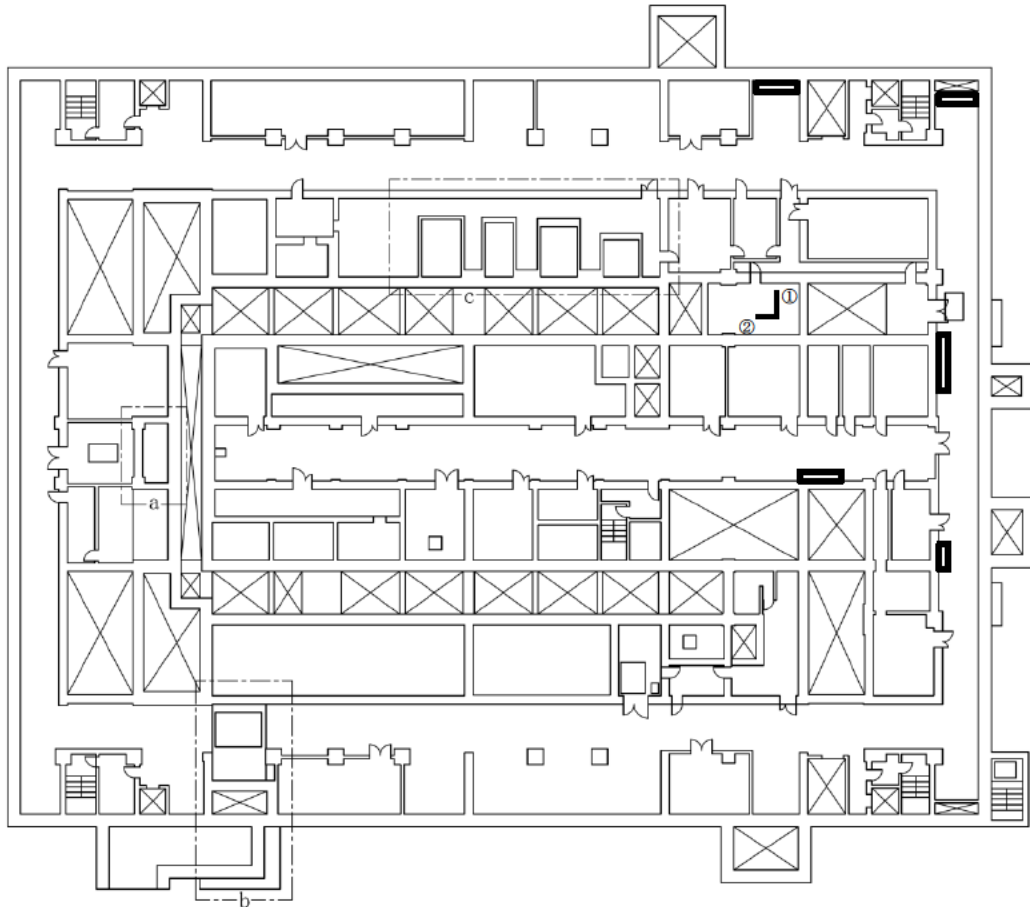
第 27 図 「地震発生による全交流電源の喪失に伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策のアクセスルート
 (放出低減対策) (地上 5 階)



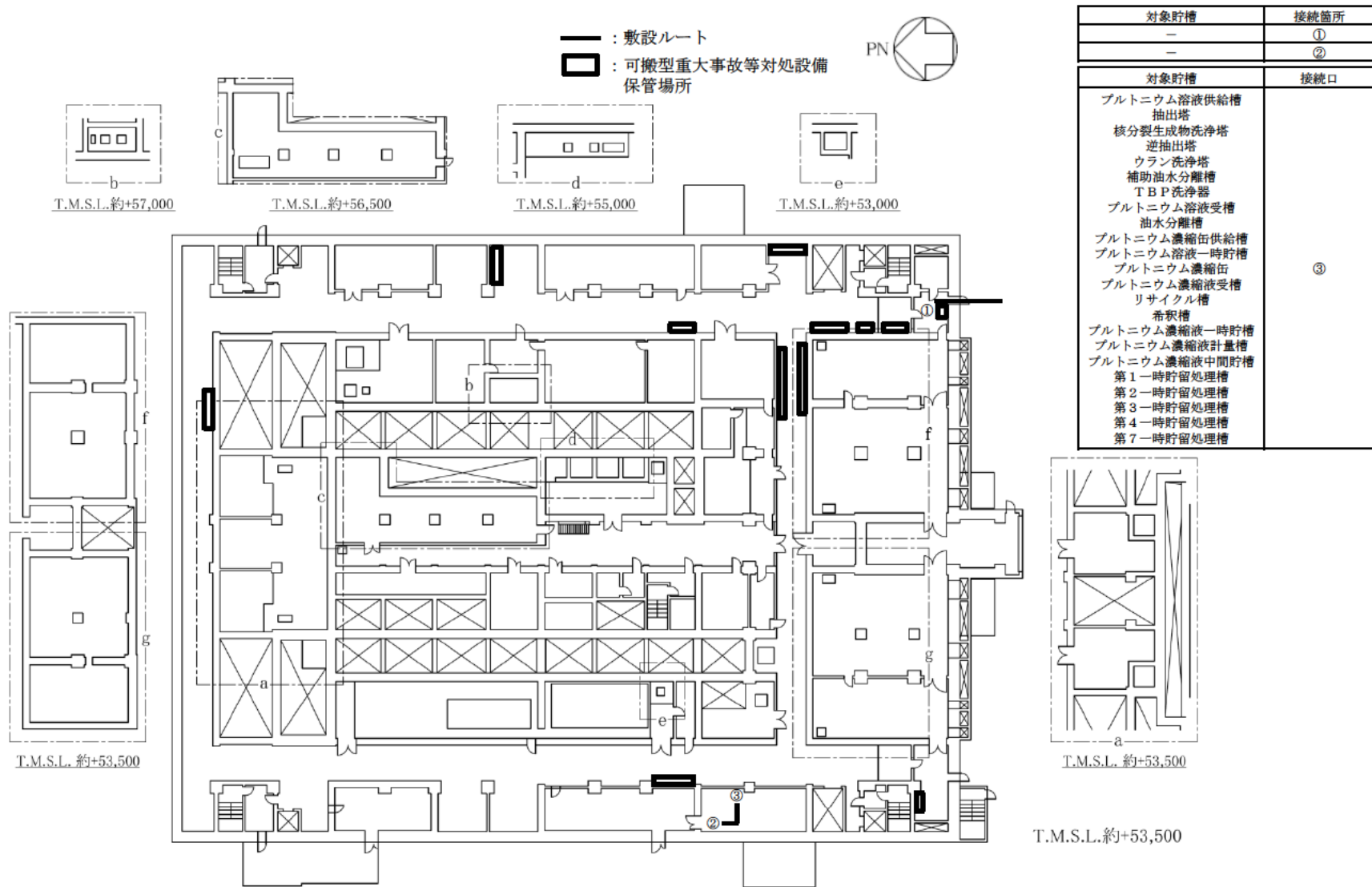
- : 敷設ルート
- : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

対象機器	接続箇所
—	①

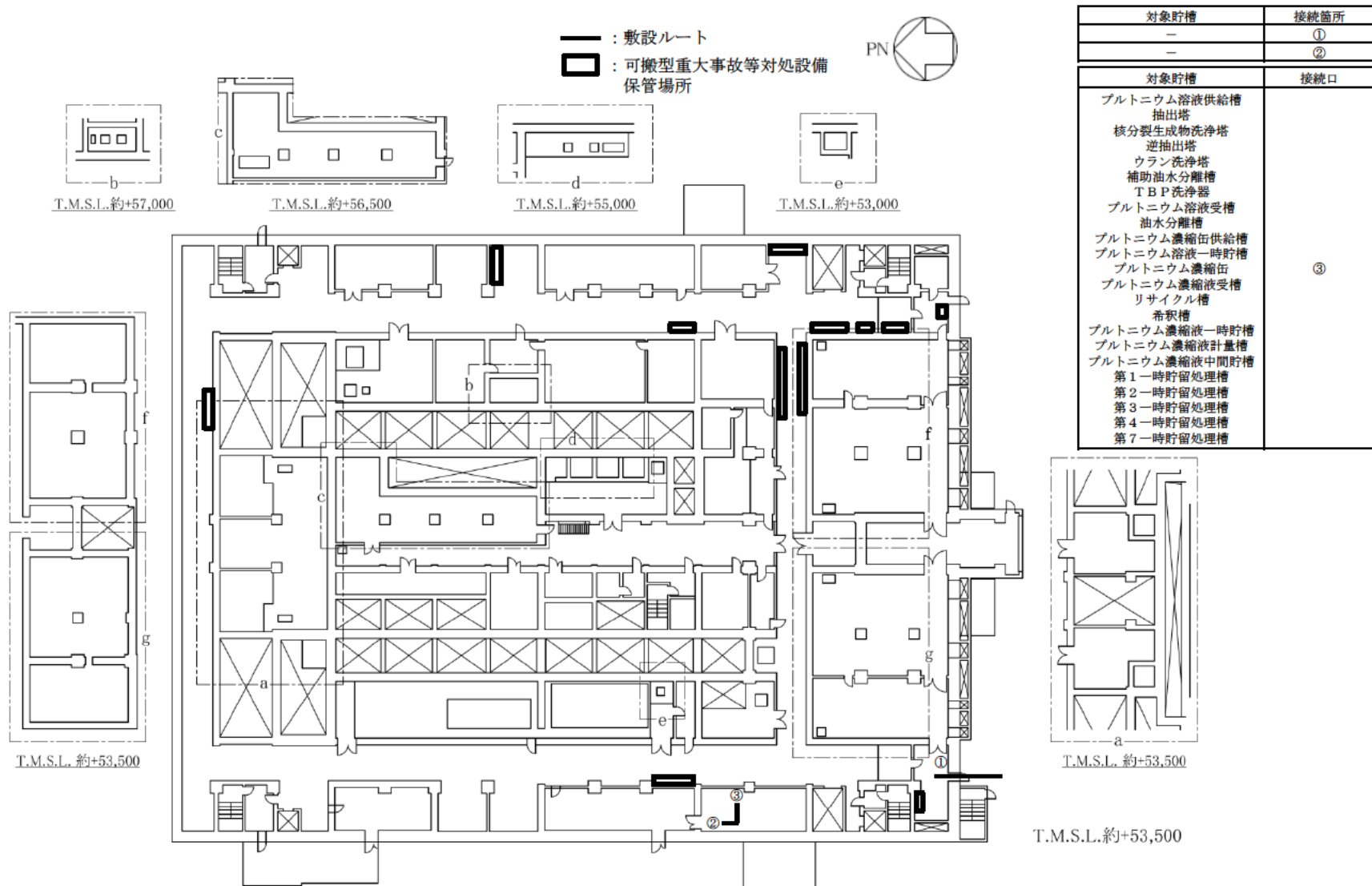
対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液供給槽 プルトニウム溶液受槽 油水分離槽 プルトニウム濃縮缶供給槽 プルトニウム溶液一時貯槽 プルトニウム濃縮液受槽 リサイクル槽 希釈槽 プルトニウム濃縮液一時貯槽 プルトニウム濃縮液計量槽 プルトニウム濃縮液中間貯槽 第2一時貯留処理槽 第3一時貯留処理槽	②



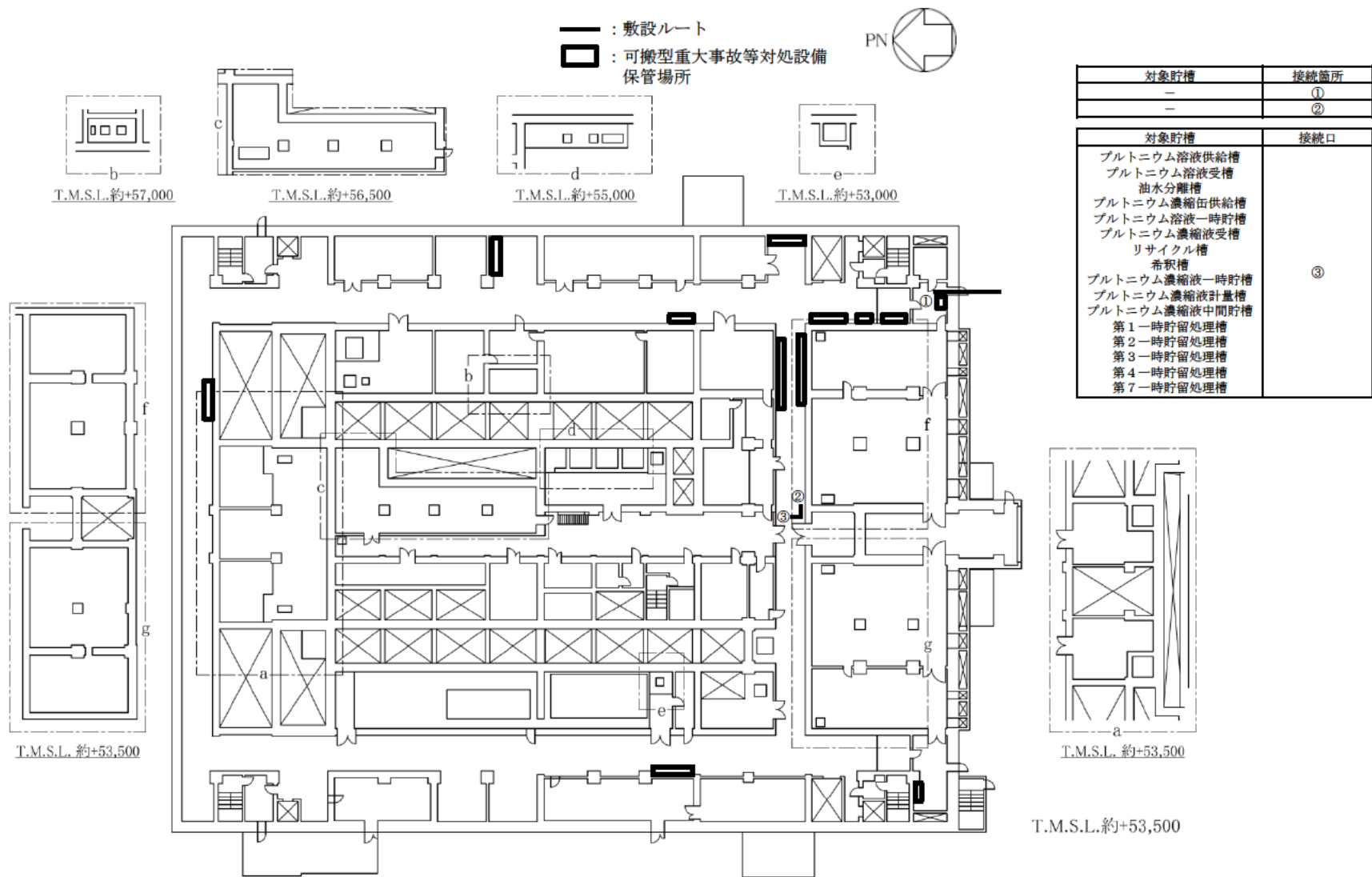
第28図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の発生防止対策（手動圧縮空気ユニット供給）の建屋内ホース敷設ルート（南1ルート及び南2ルート）（地下1階）



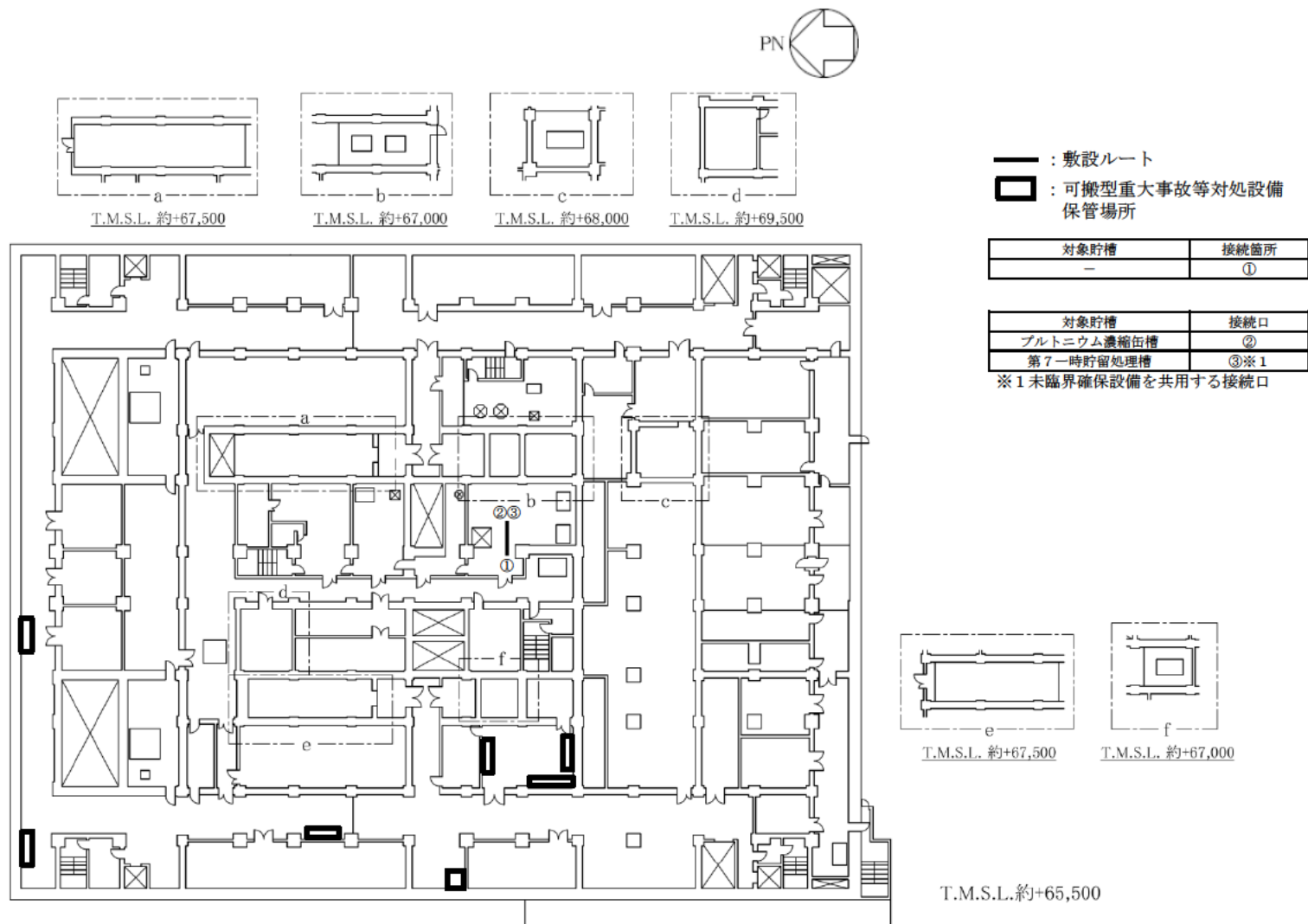
第29図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の発生防止対策（個別供給）の建屋内ホース敷設ルート（第1接続口）（南1ルート）（地上1階）



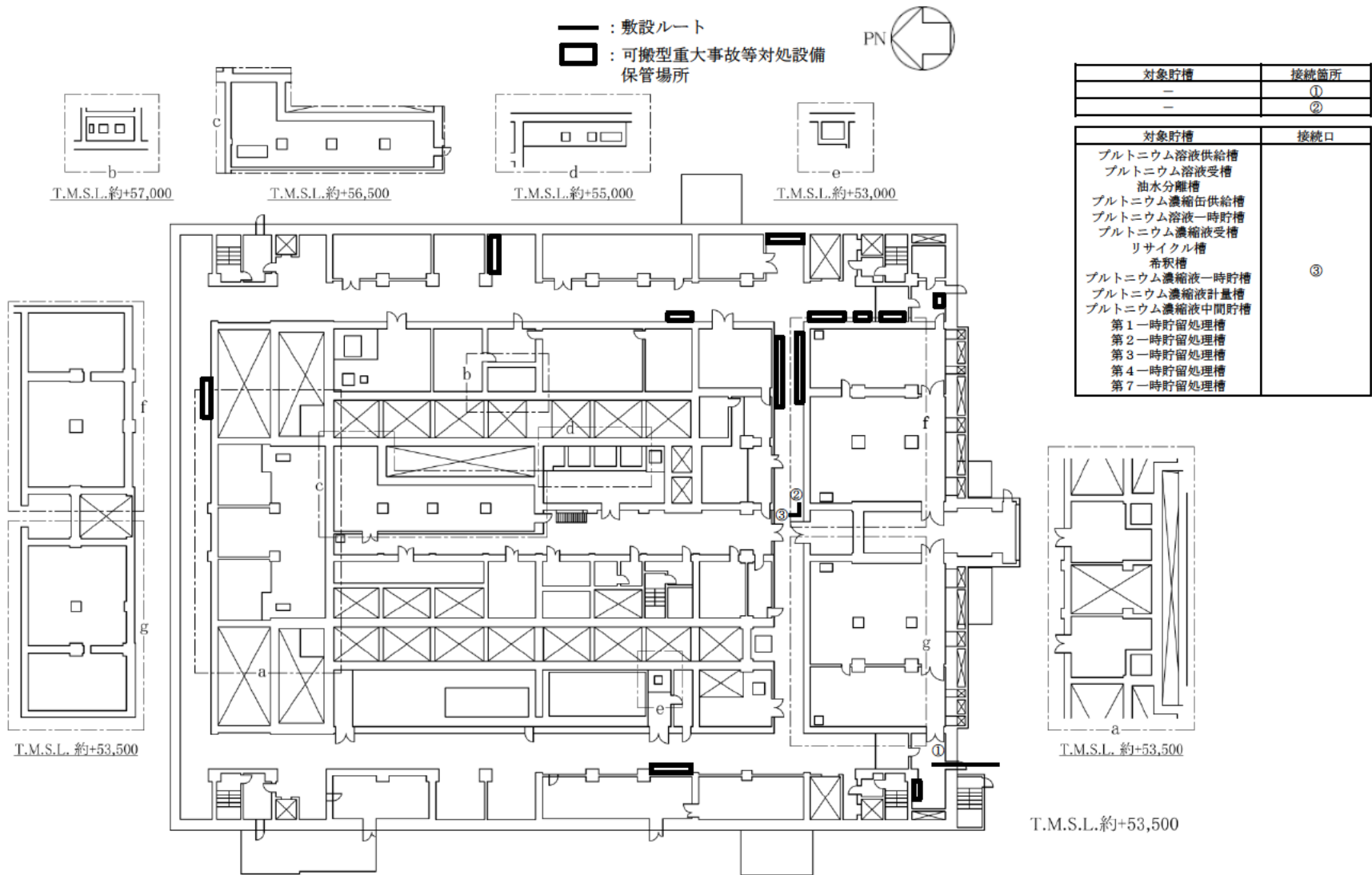
第30図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の発生防止対策（個別供給）の建屋内ホース敷設ルート（第1接続口）（南2ルート）（地上1階）



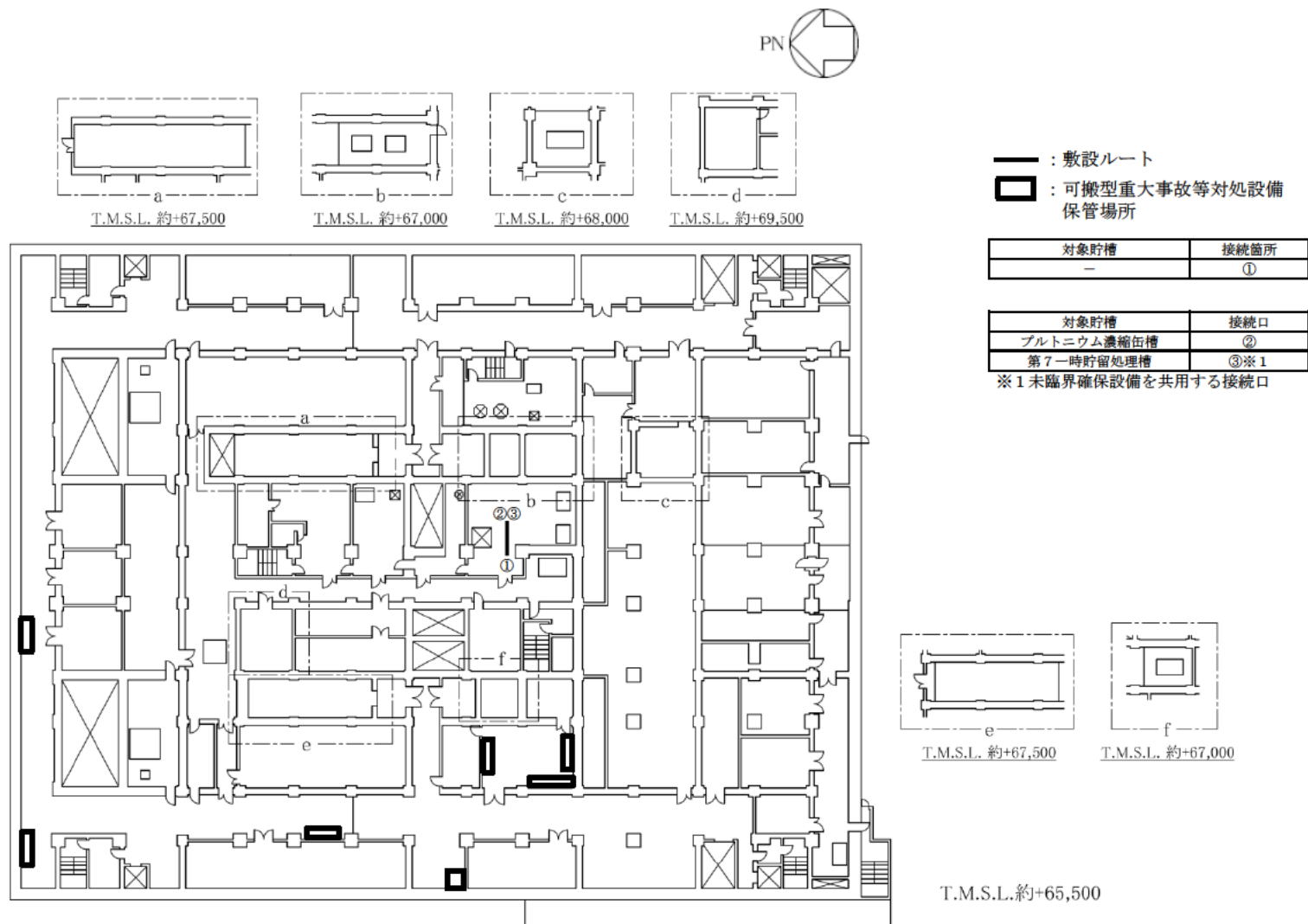
第31図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
 発生防止対策（個別供給）の建屋内ホース敷設ルート（第2接続口）
 （南1ルート）（地上1階）



第32図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の発生防止対策（個別供給）の建屋内ホース敷設ルート（第2接続口）（南1ルート）（地上4階）



第33図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の発生防止対策（個別供給）の建屋内ホース敷設ルート（第2接続口）（南2ルート）（地上1階）



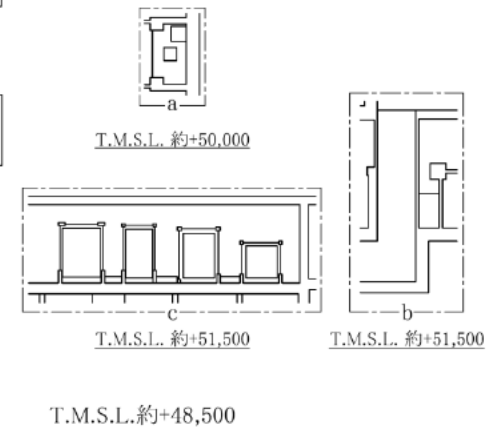
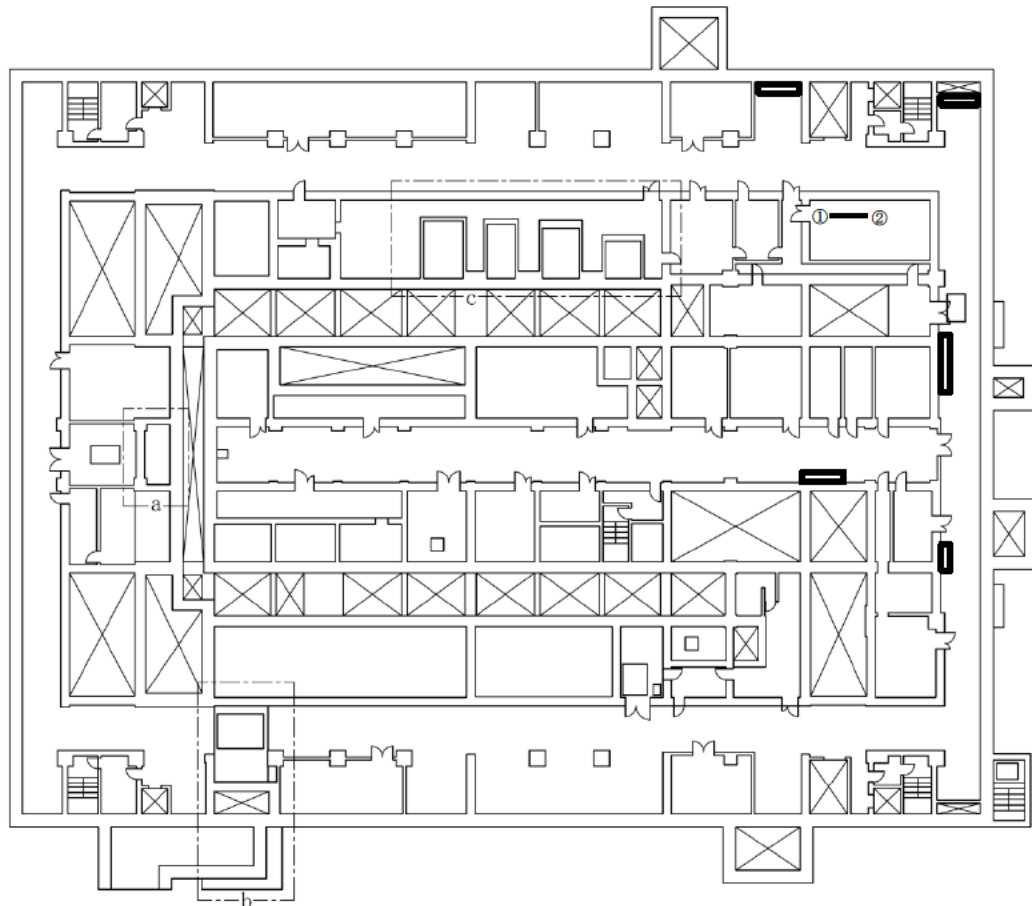
第34図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の発生防止対策（個別供給）の建屋内ホース敷設ルート（第2接続口）（南2ルート）（地上4階）



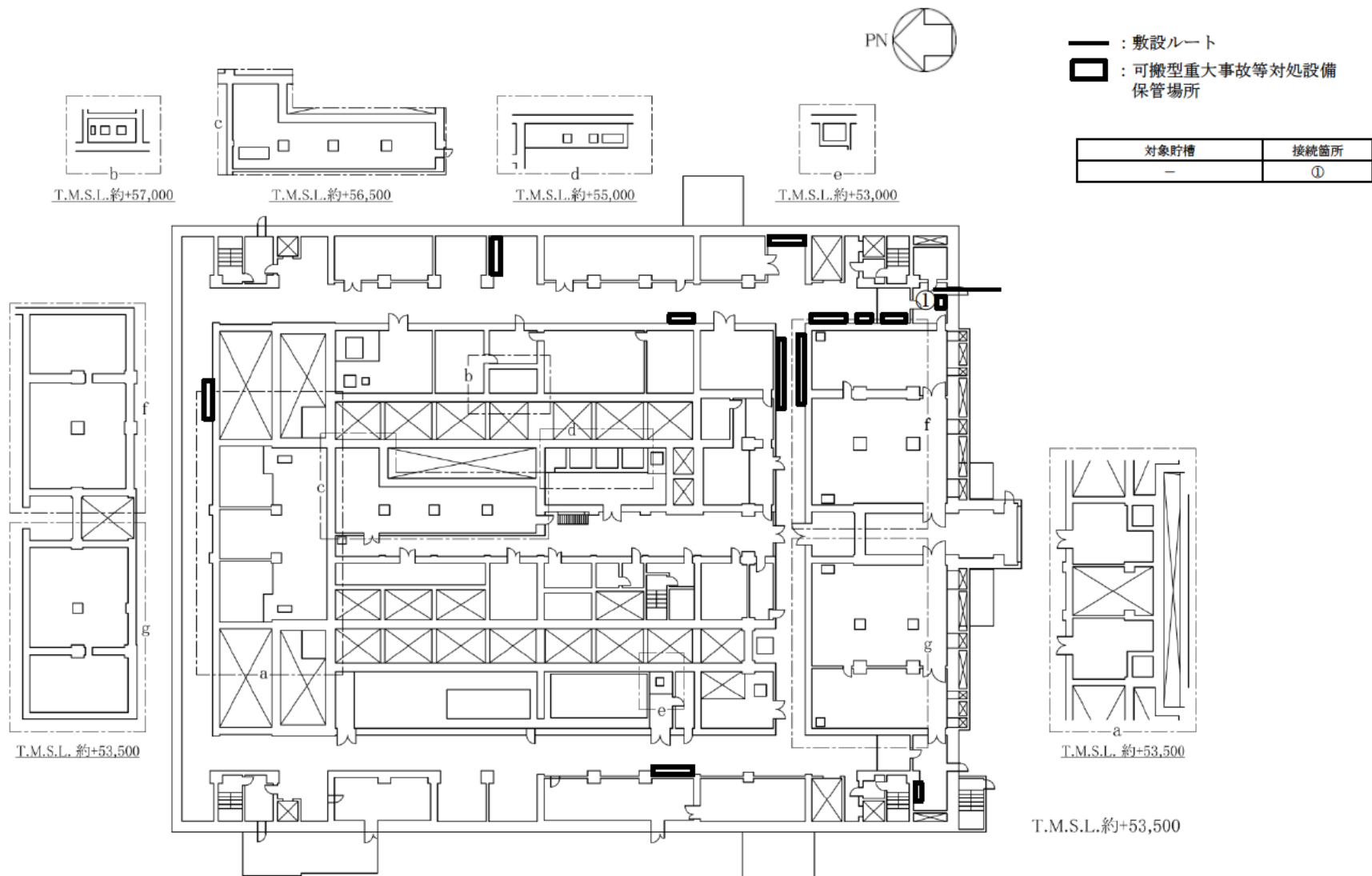
- : 敷設ルート
- : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

対象貯槽	接続箇所
—	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム濃縮液受槽 リサイクル槽 希釈槽 プルトニウム濃縮液一時貯槽 プルトニウム濃縮液計量槽 プルトニウム濃縮液中間貯槽 第3一時貯留処理槽	②



第35図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
 拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第1接続口）（南1ルート）（地下1階）



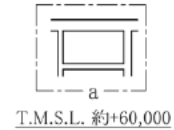
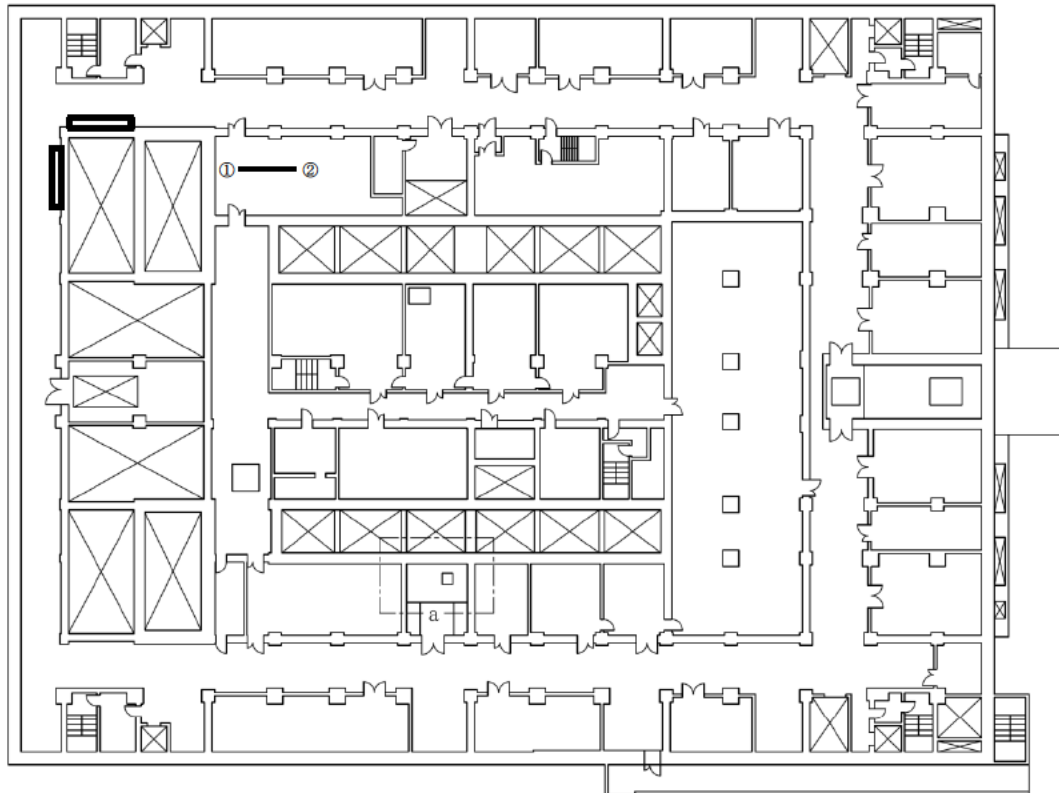
第36図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第1接続口）（南1ルート）（地上1階）



- : 敷設ルート
- : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

対象貯槽	接続箇所
—	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液供給槽 プルトニウム溶液受槽 油水分離槽 プルトニウム濃縮缶供給槽 第2一時貯留処理槽 第7一時貯留処理槽	②



T.M.S.L. 約+60,000

T.M.S.L. 約+60,500

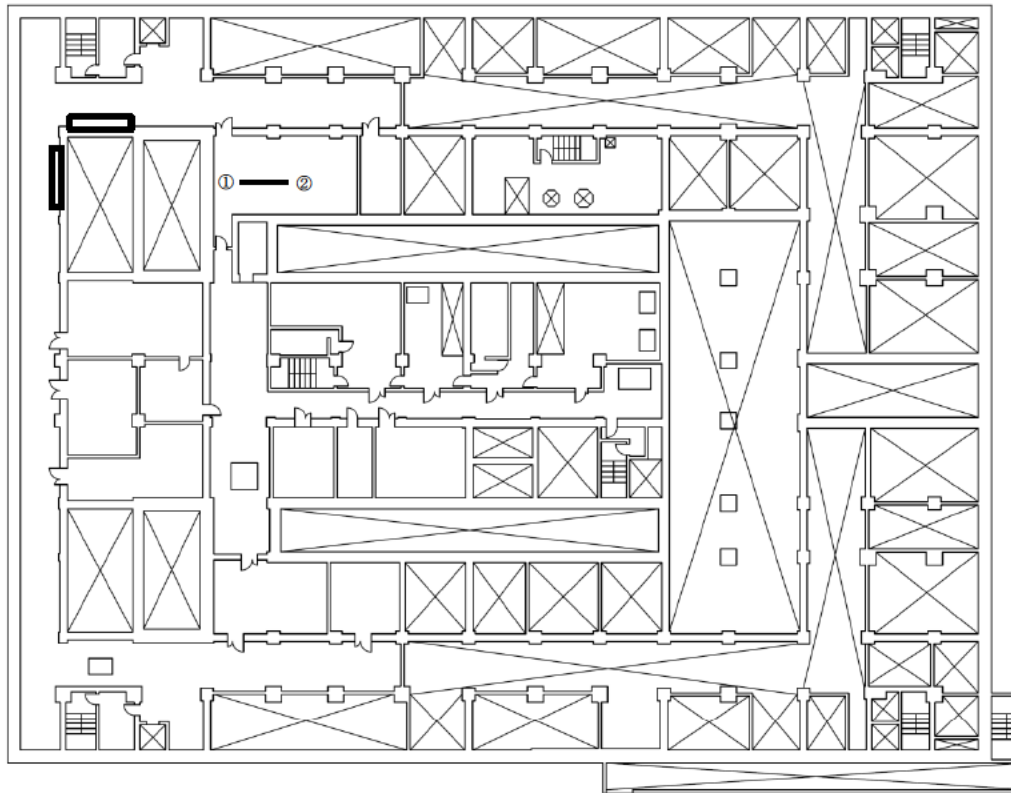
第37図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
 拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第1接続口）（南1ルート）（地上2階）



- : 敷設ルート
- ◻ : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

対象貯槽	接続箇所
—	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液一時貯槽 プルトニウム濃縮缶	②



T.M.S.L.約+64,000

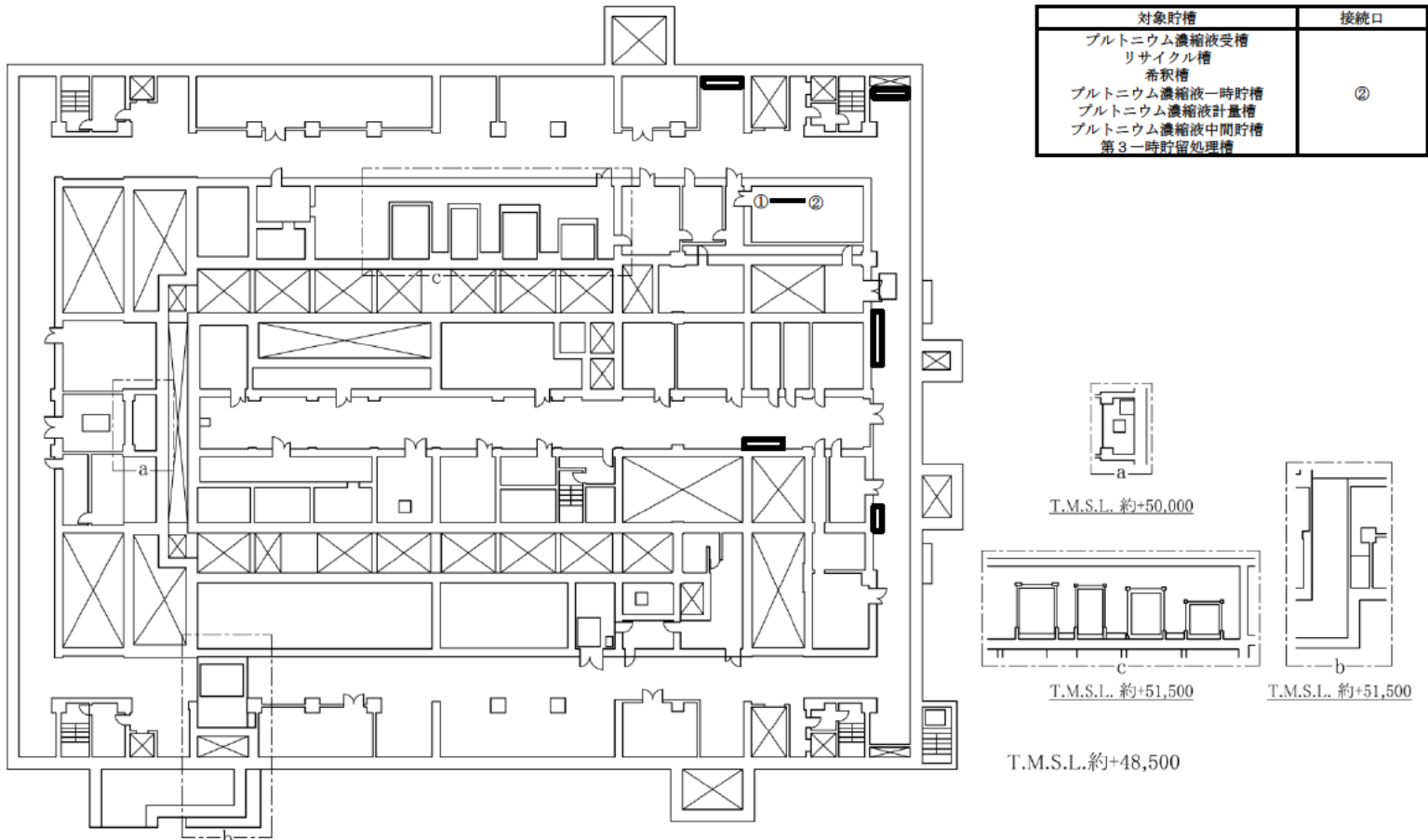
第38図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第1接続口）（南1ルート）（地上3階）



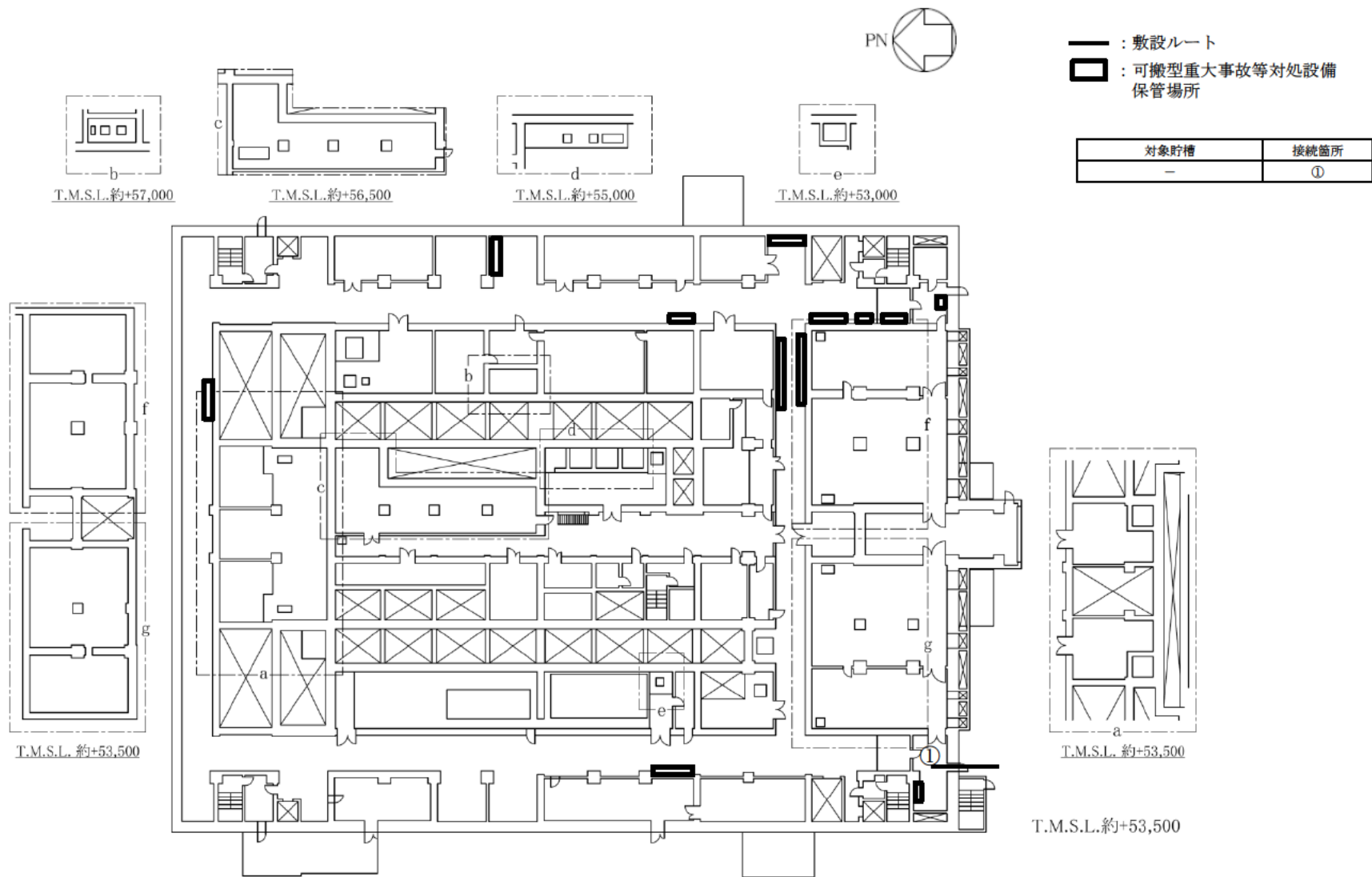
- : 敷設ルート
- : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

対象貯槽	接続箇所
—	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム濃縮液受槽 リサイクル槽 希釈槽 プルトニウム濃縮液一時貯槽 プルトニウム濃縮液計量槽 プルトニウム濃縮液中間貯槽 第3一時貯留処理槽	②



第39図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
 拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第1接続口）（南2ルート）（地下1階）



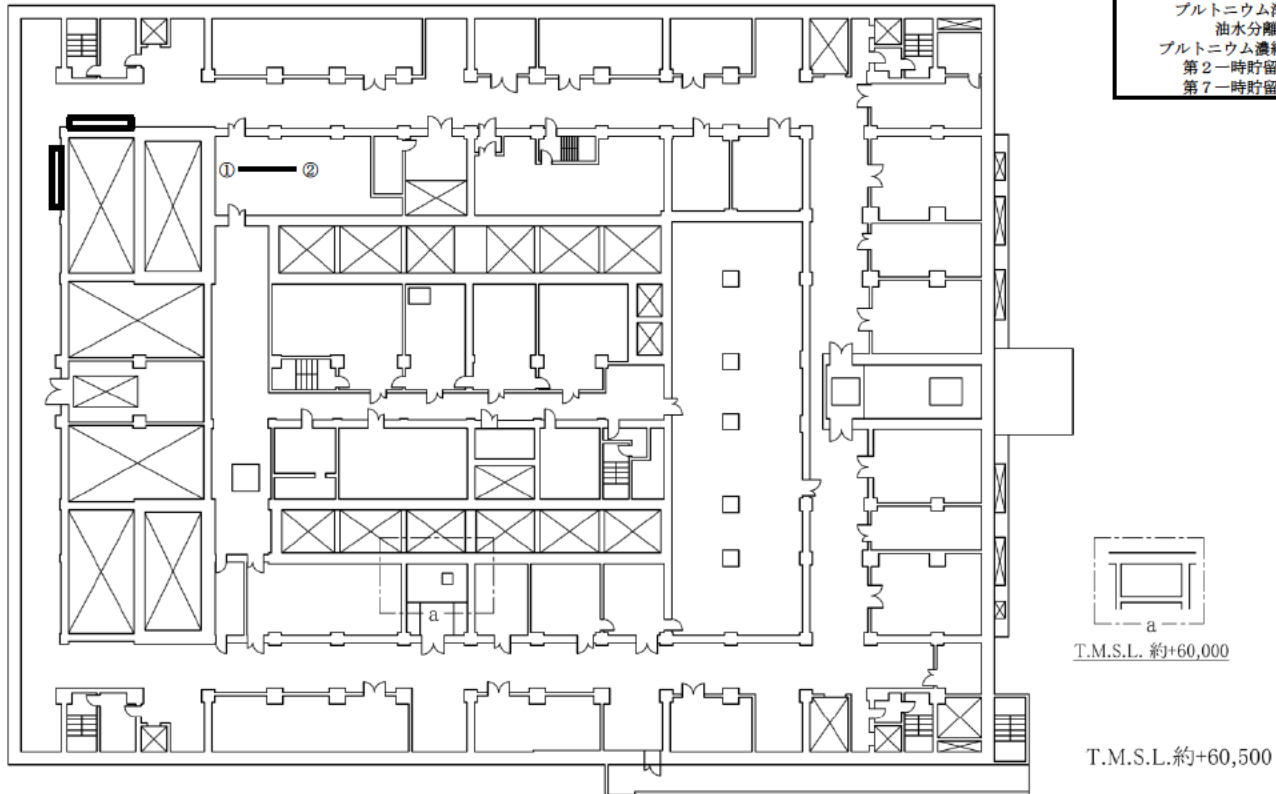
第40図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第1接続口）（南2ルート）（地上1階）



- : 敷設ルート
- : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

対象貯槽	接続箇所
—	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液供給槽 プルトニウム溶液受槽 油水分離槽 プルトニウム濃縮缶供給槽 第2一時貯留処理槽 第7一時貯留処理槽	②



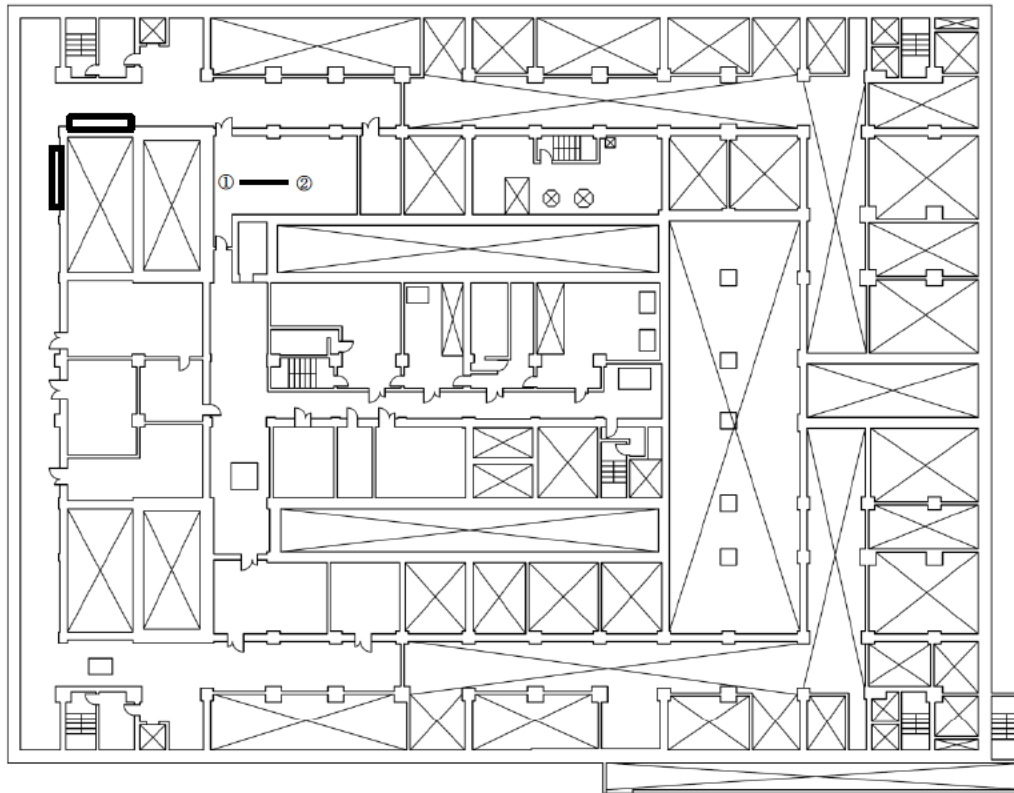
第41図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
 拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第1接続口）（南2ルート）（地上2階）



- : 敷設ルート
- : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

対象貯槽	接続箇所
—	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液一時貯槽 プルトニウム濃縮缶	②



T.M.S.L.約+64,000

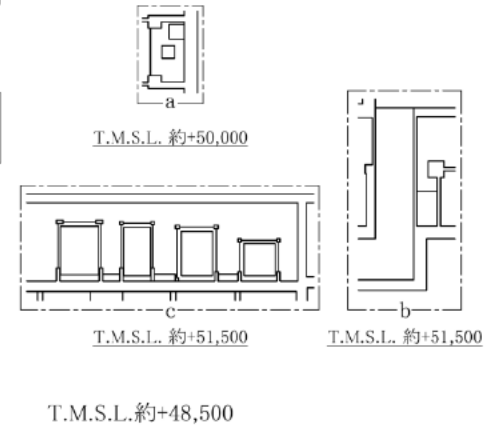
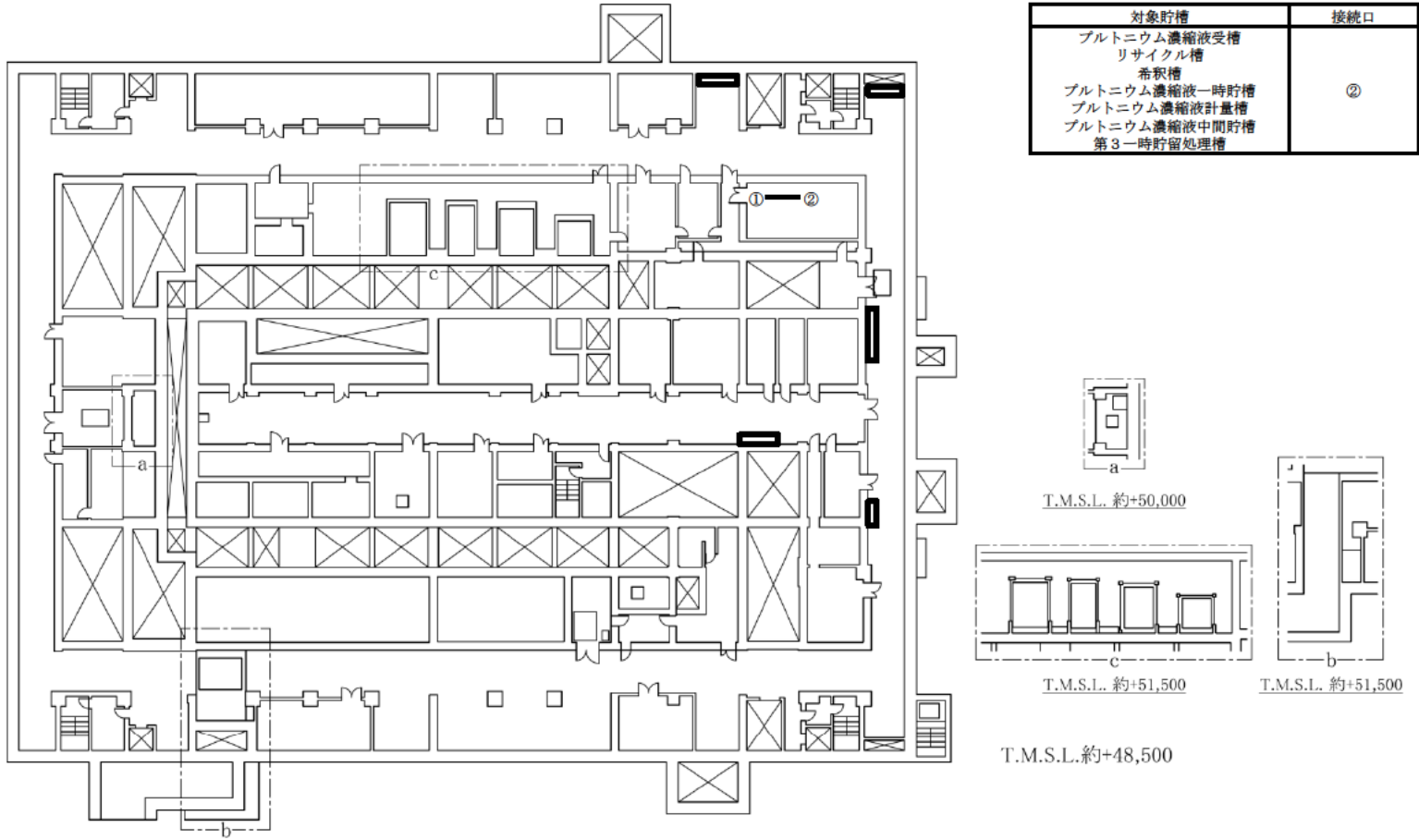
第42図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第1接続口）（南2ルート）（地上3階）



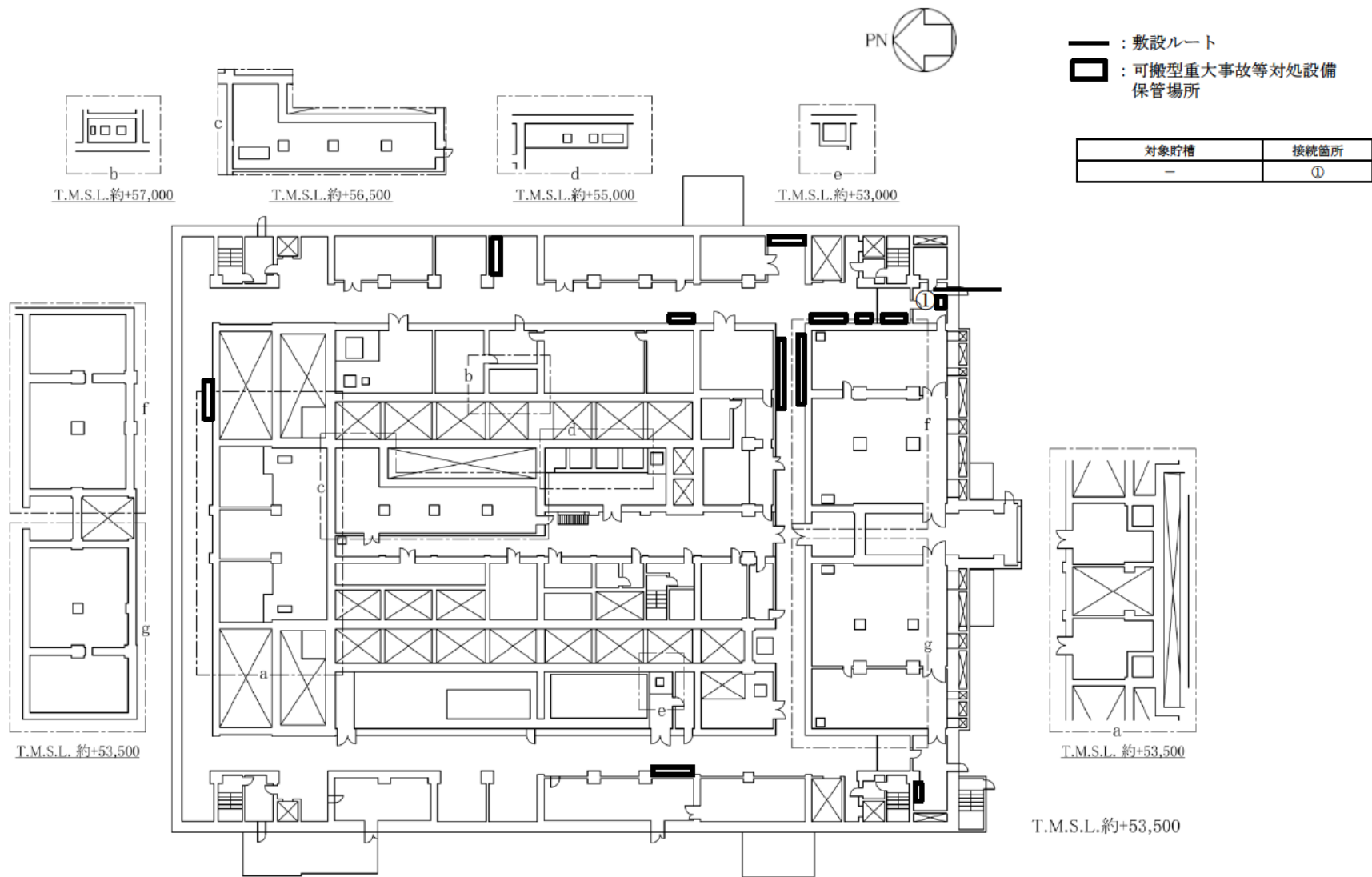
- : 敷設ルート
- ◻ : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

対象貯槽	接続箇所
-	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム濃縮液受槽 リサイクル槽 希釈槽 プルトニウム濃縮液一時貯槽 プルトニウム濃縮液計量槽 プルトニウム濃縮液中間貯槽 第3一時貯留処理槽	②



第43図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
 拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第2接続口）（南1ルート）（地下1階）



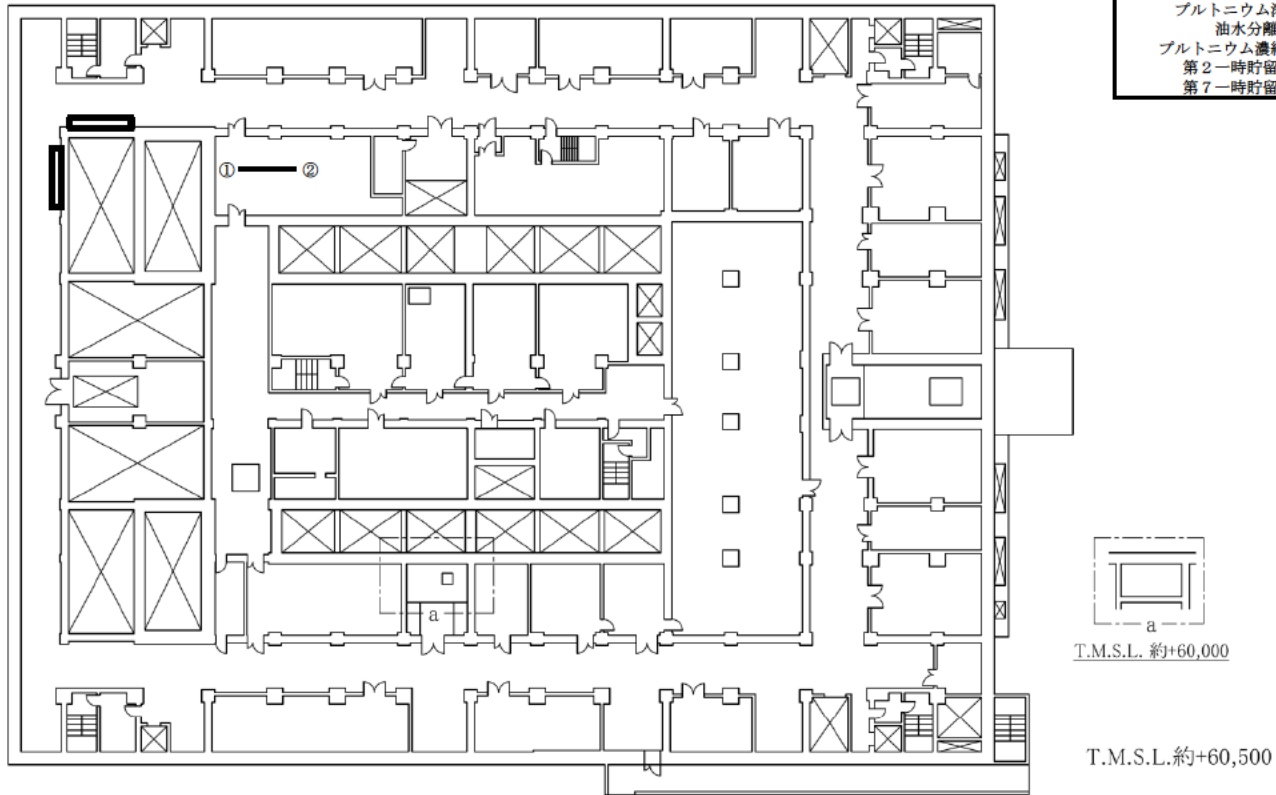
第44図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第2接続口）（南1ルート）（地上1階）



- : 敷設ルート
- : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

対象貯槽	接続箇所
—	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液供給槽 プルトニウム溶液受槽 油水分離槽 プルトニウム濃縮缶供給槽 第2一時貯留処理槽 第7一時貯留処理槽	②



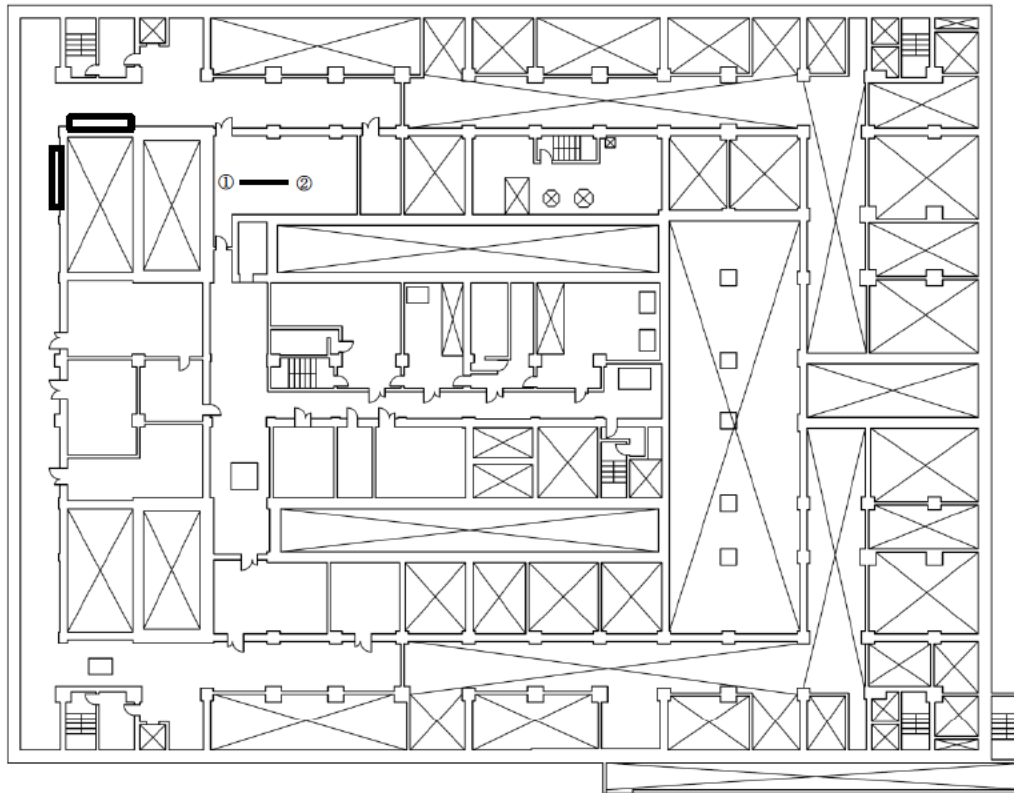
第45図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
 拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第2接続口）（南1ルート）（地上2階）



- : 敷設ルート
- ◻ : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

対象貯槽	接続箇所
—	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液一時貯槽 プルトニウム濃縮缶	②



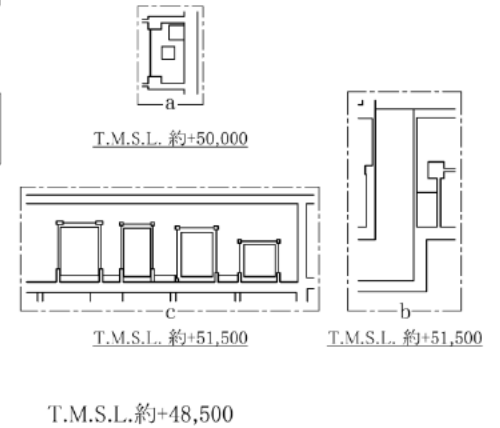
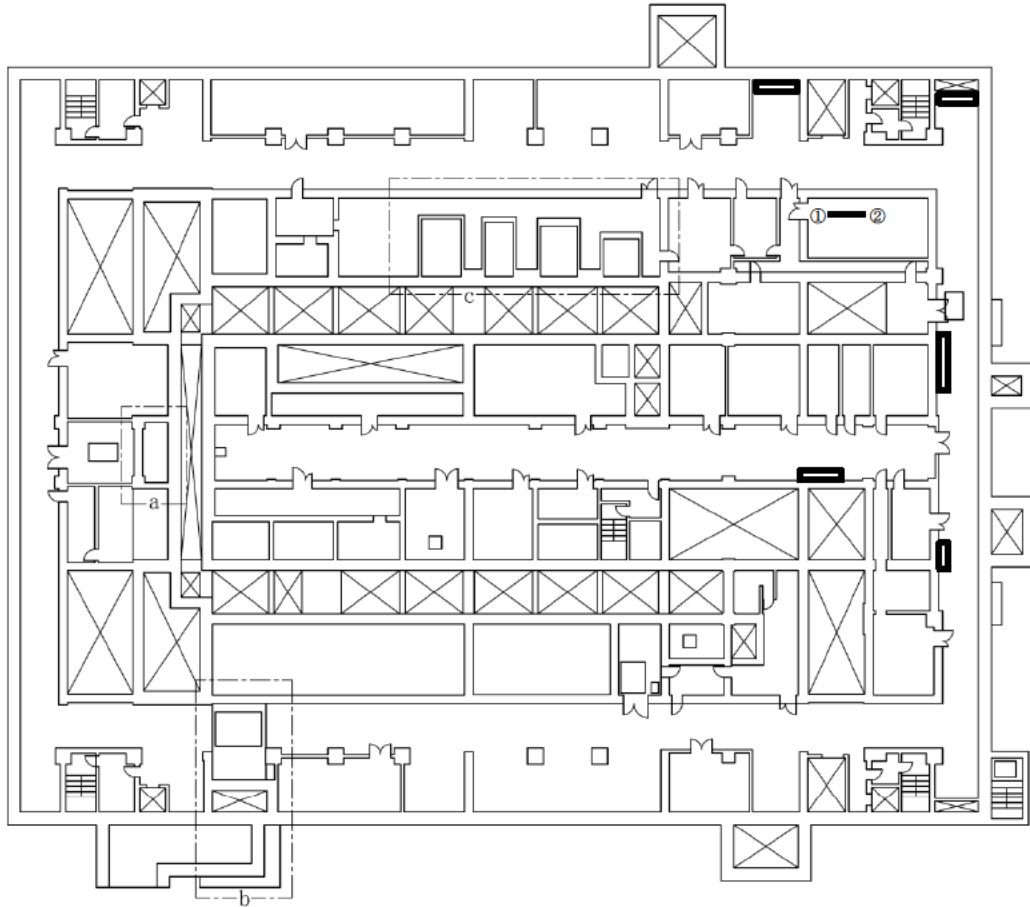
T.M.S.L.約+64,000

第46図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第2接続口）（南1ルート）（地上3階）

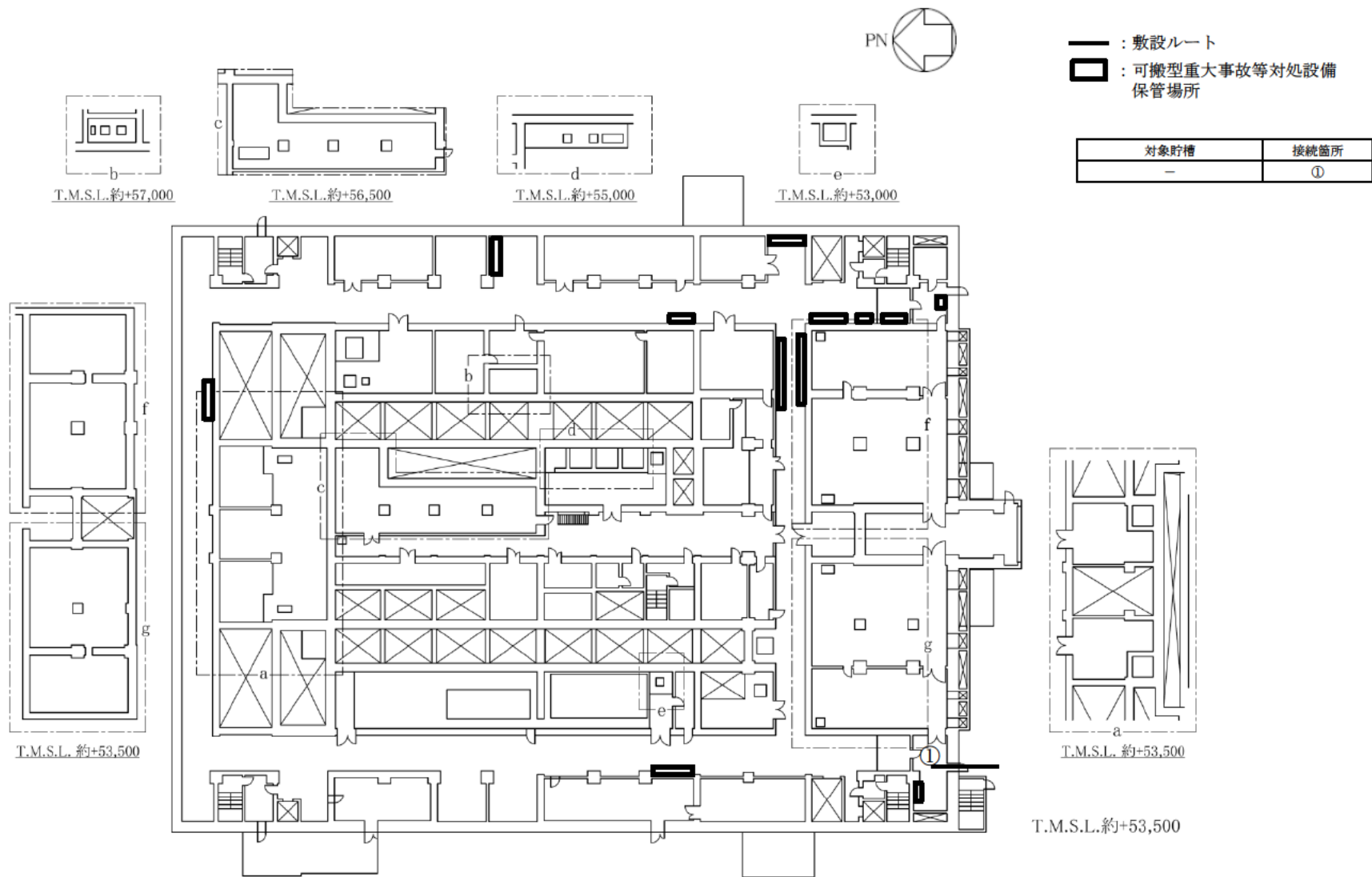


- : 敷設ルート
- : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

対象貯槽	接続箇所
—	①
対象貯槽	接続口
プルトニウム濃縮液受槽 リサイクル槽 希釈槽 プルトニウム濃縮液一時貯槽 プルトニウム濃縮液計量槽 プルトニウム濃縮液中間貯槽 第3一時貯留処理槽	②



第47図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
 拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第2接続口）（南2ルート）（地下1階）



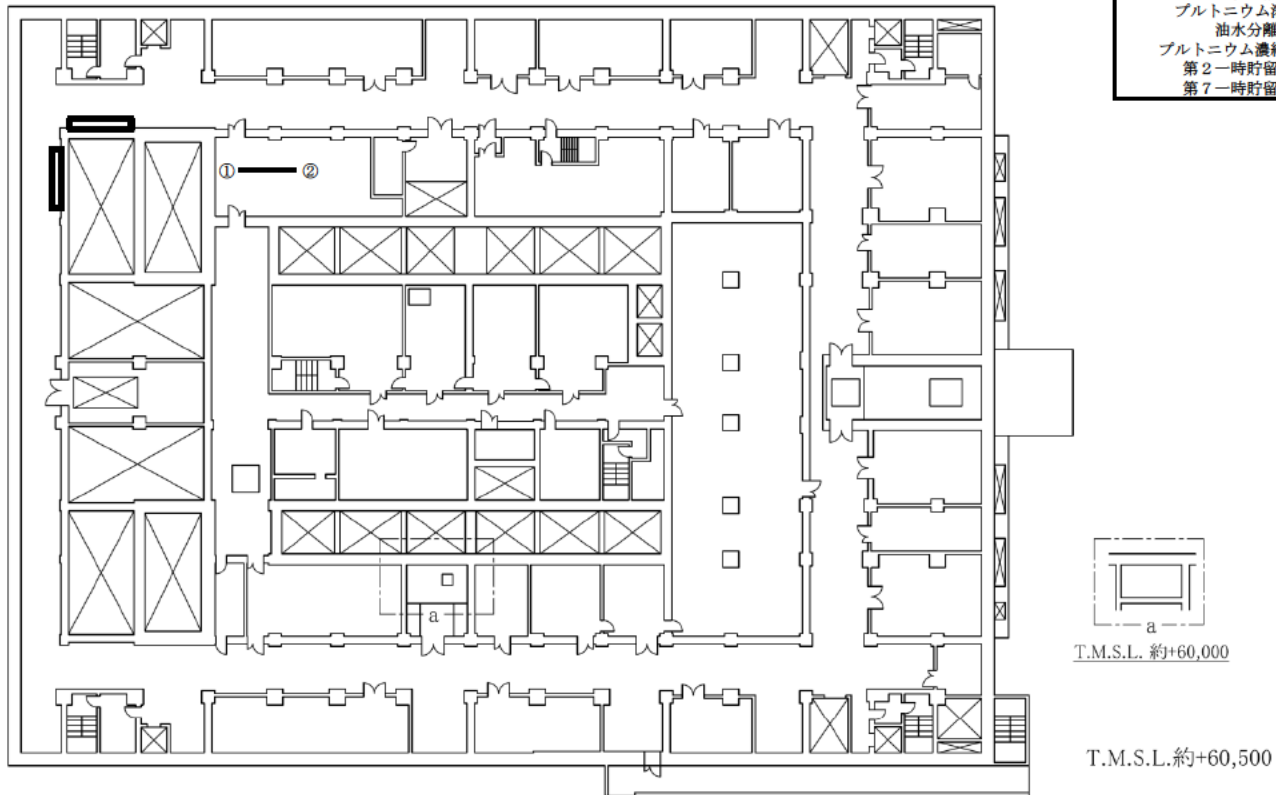
第48図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第2接続口）（南2ルート）（地上1階）



- : 敷設ルート
- : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

対象貯槽	接続箇所
—	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液供給槽 プルトニウム溶液受槽 油水分離槽 プルトニウム濃縮缶供給槽 第2一時貯留処理槽 第7一時貯留処理槽	②



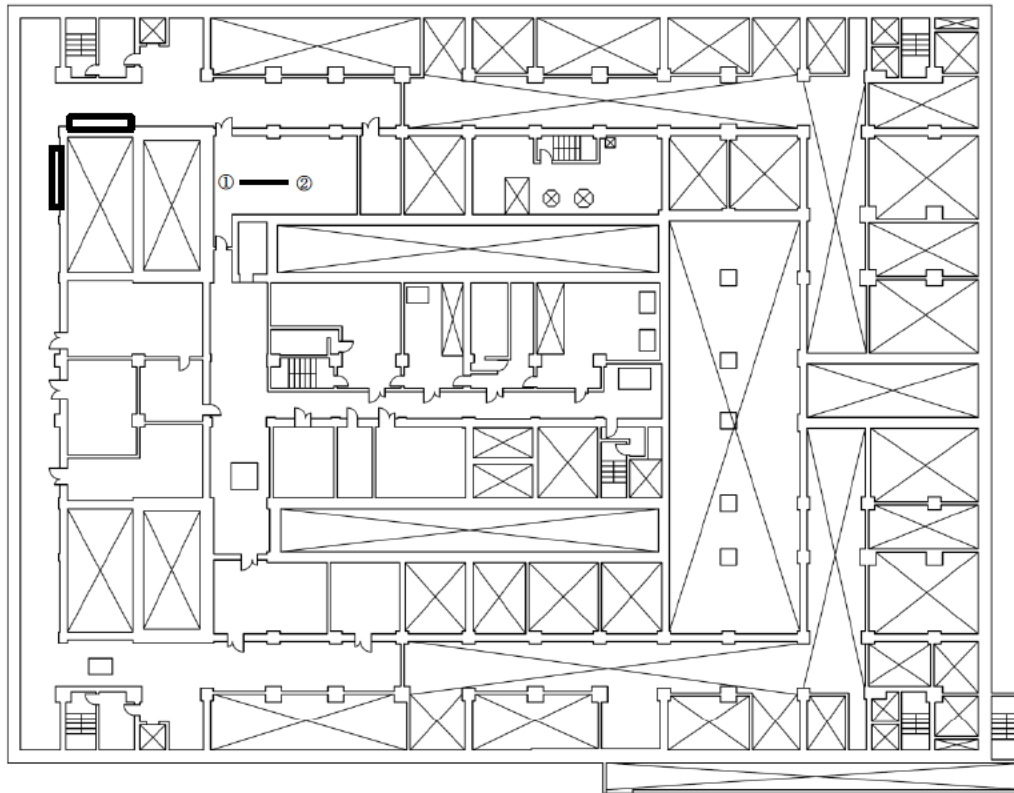
第49図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
 拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第2接続口）（南2ルート）（地上2階）



- : 敷設ルート
- ◻ : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

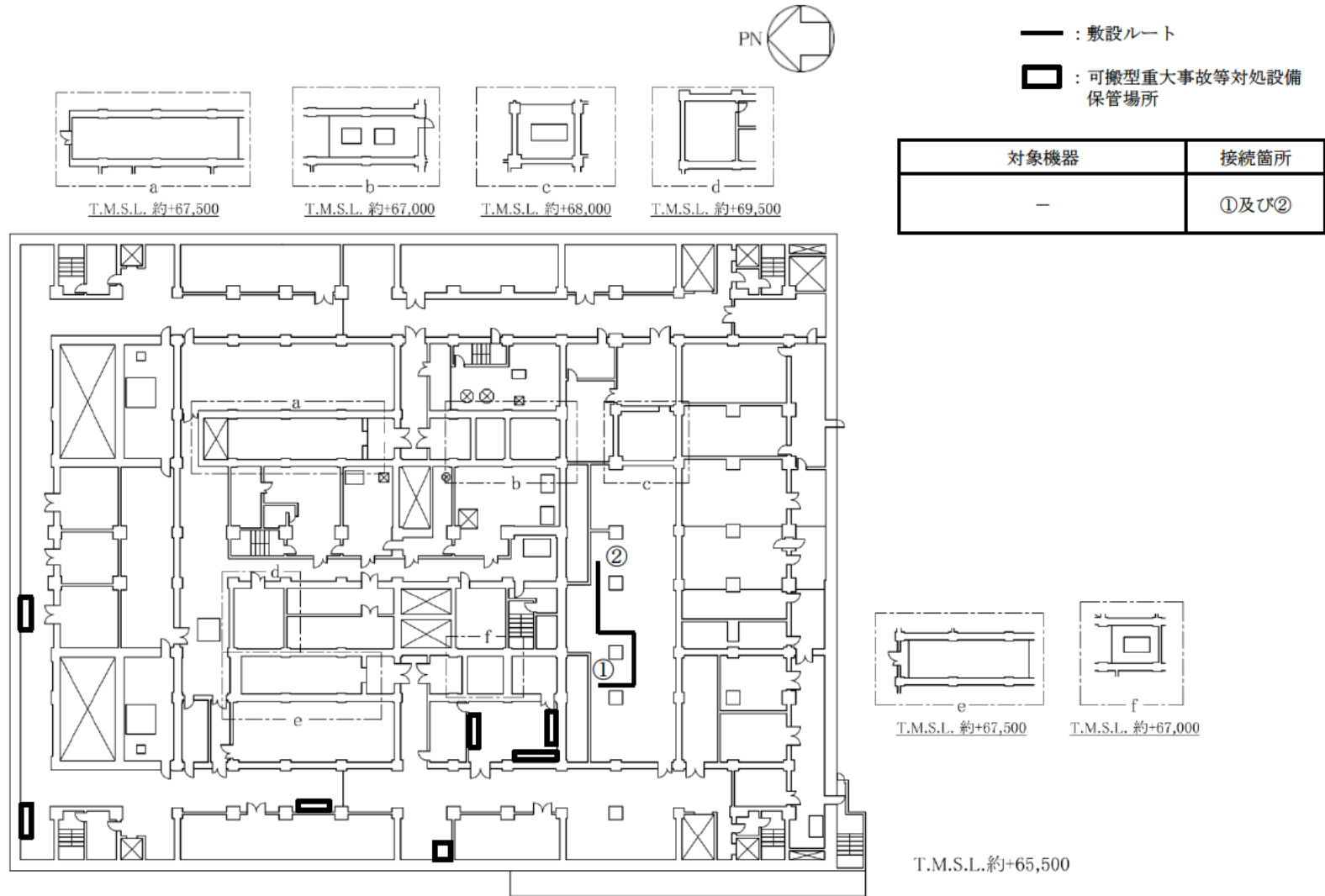
対象貯槽	接続箇所
—	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液一時貯槽 プルトニウム濃縮缶	②

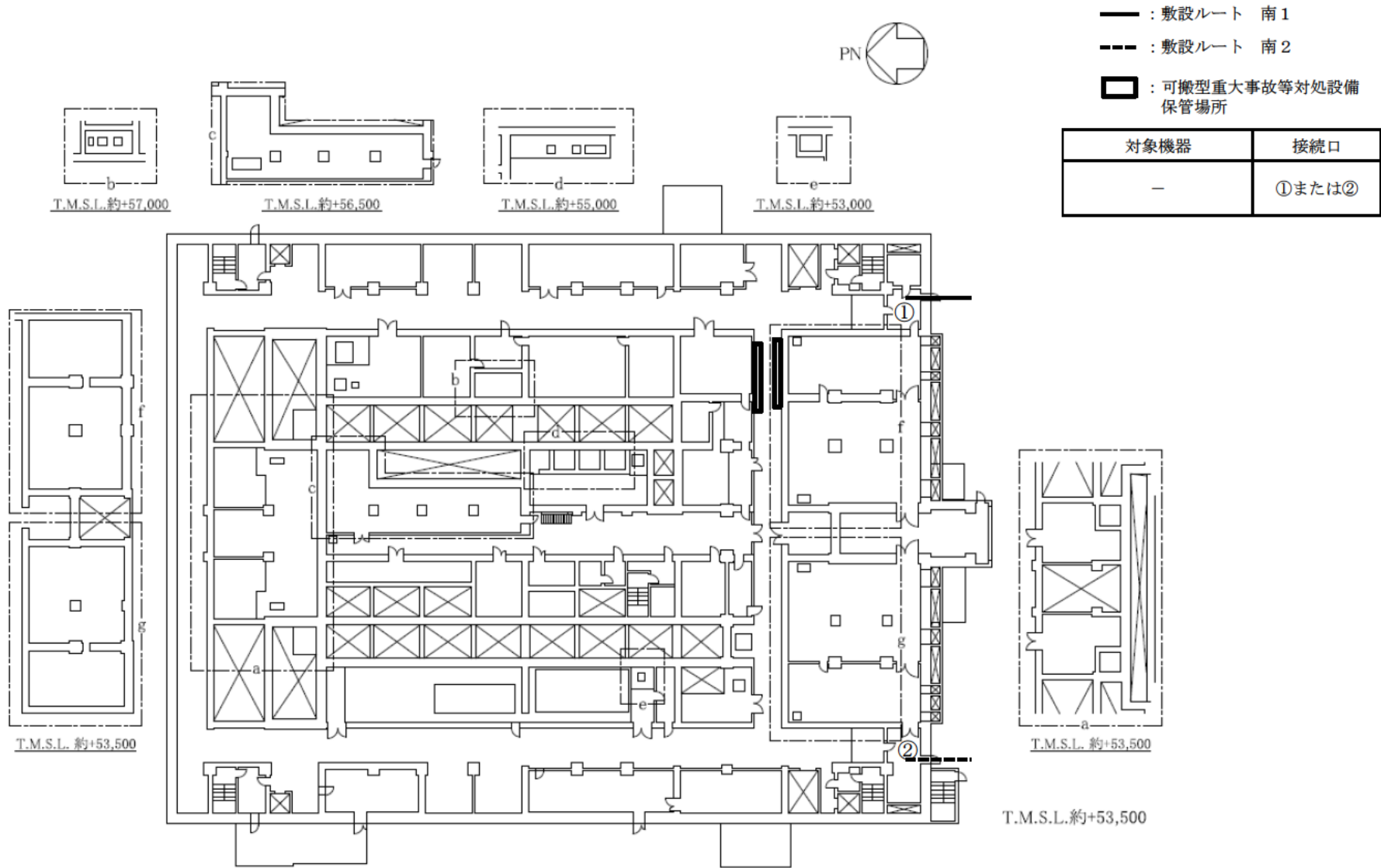


T.M.S.L.約+64,000

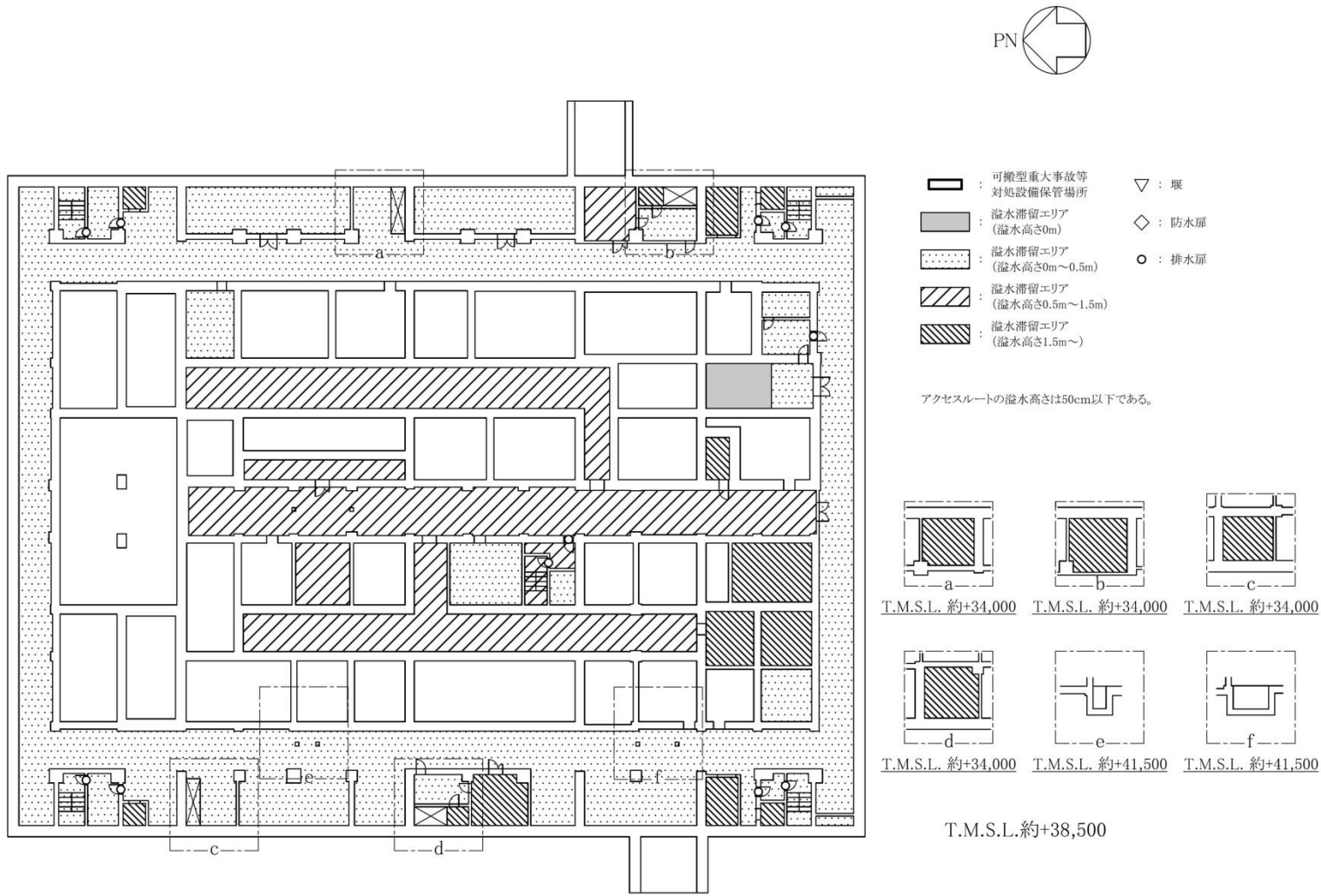
第50図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の
拡大防止対策の建屋内ホース敷設ルート（第2接続口）（南2ルート）（地上3階）



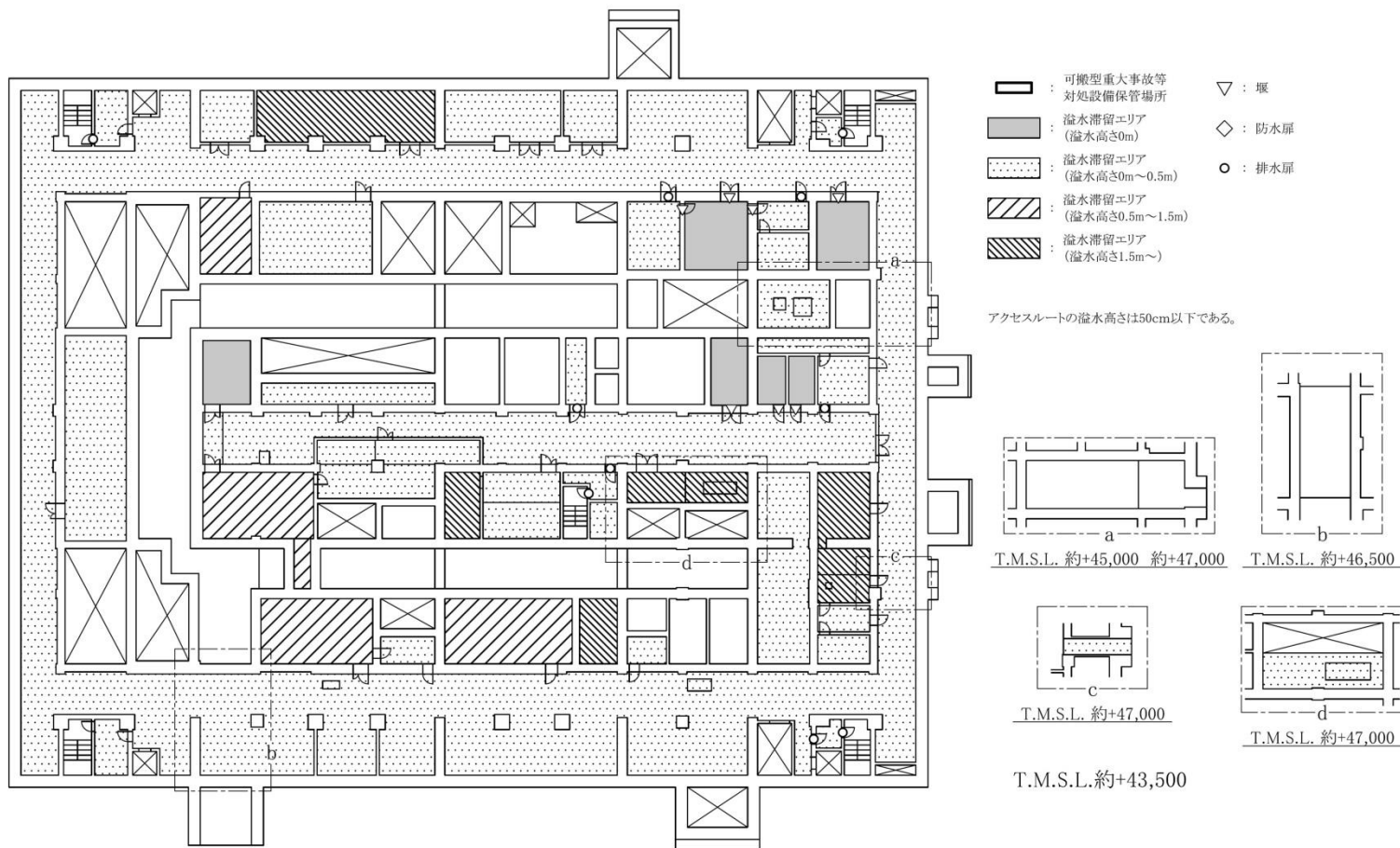
第51図 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う精製建屋の水素掃気機能喪失事故」の異常な水準の放出防止対策の可搬型ダクト敷設ルート（南1ルート及び南2ルート）（地上4階）



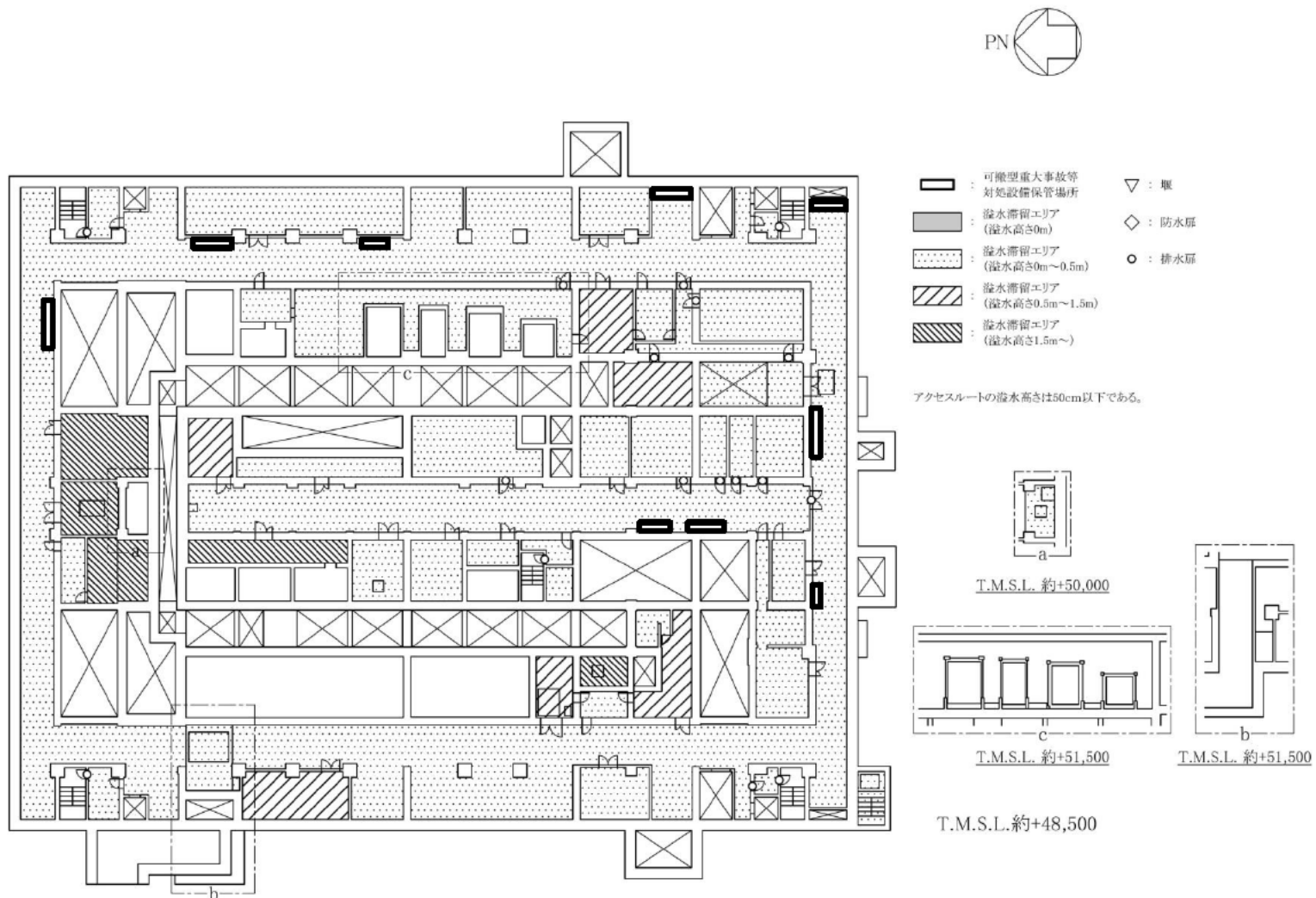
第52図 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋可搬型発電機からの給電に係る精製建屋内可搬型電源ケーブル敷設ルート（第1接続口及び第2接続口）（地上1階）



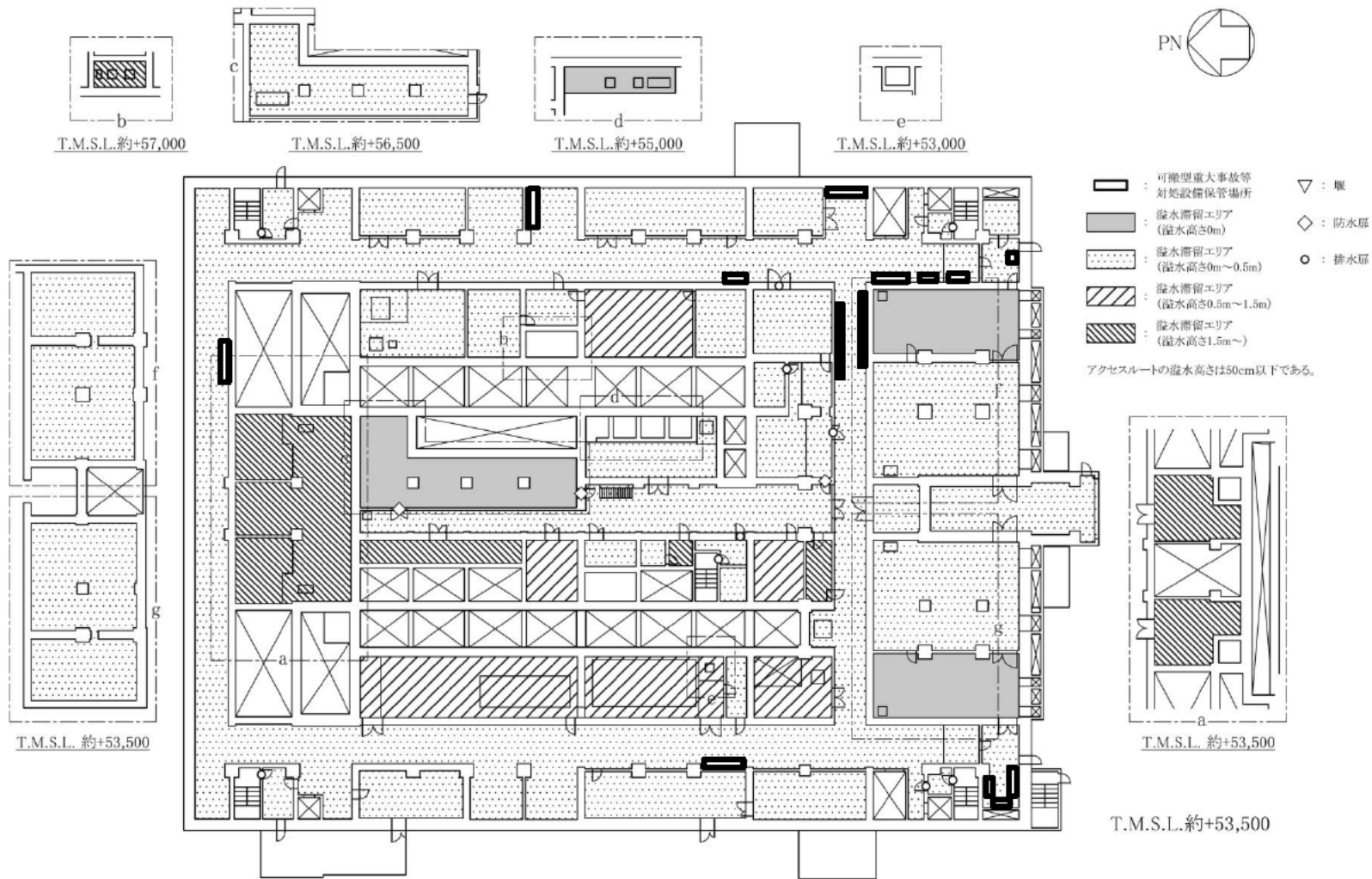
第54図 溢水ハザードマップ 精製建屋（地下3階）



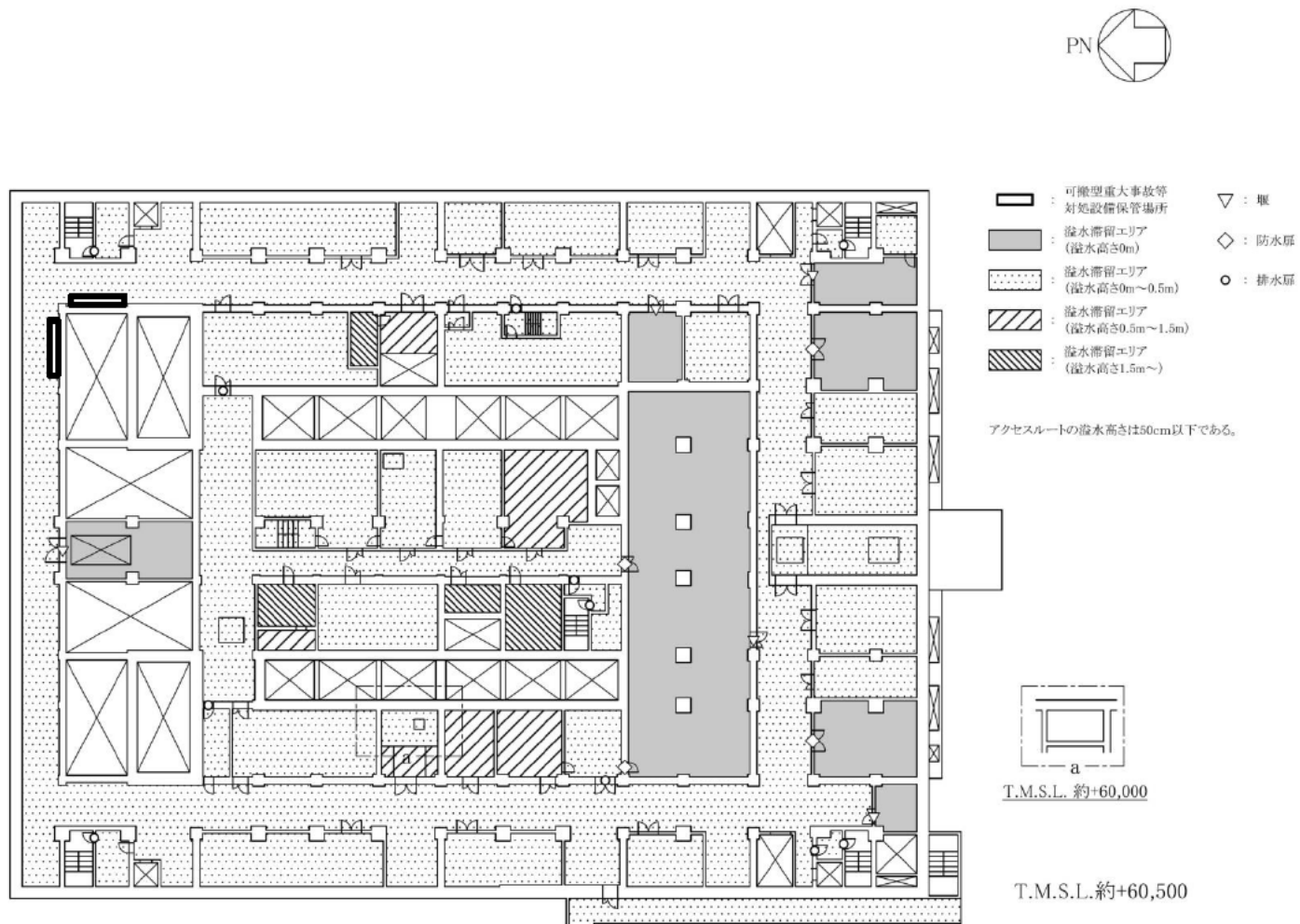
第55図 溢水ハザードマップ 精製建屋（地下2階）



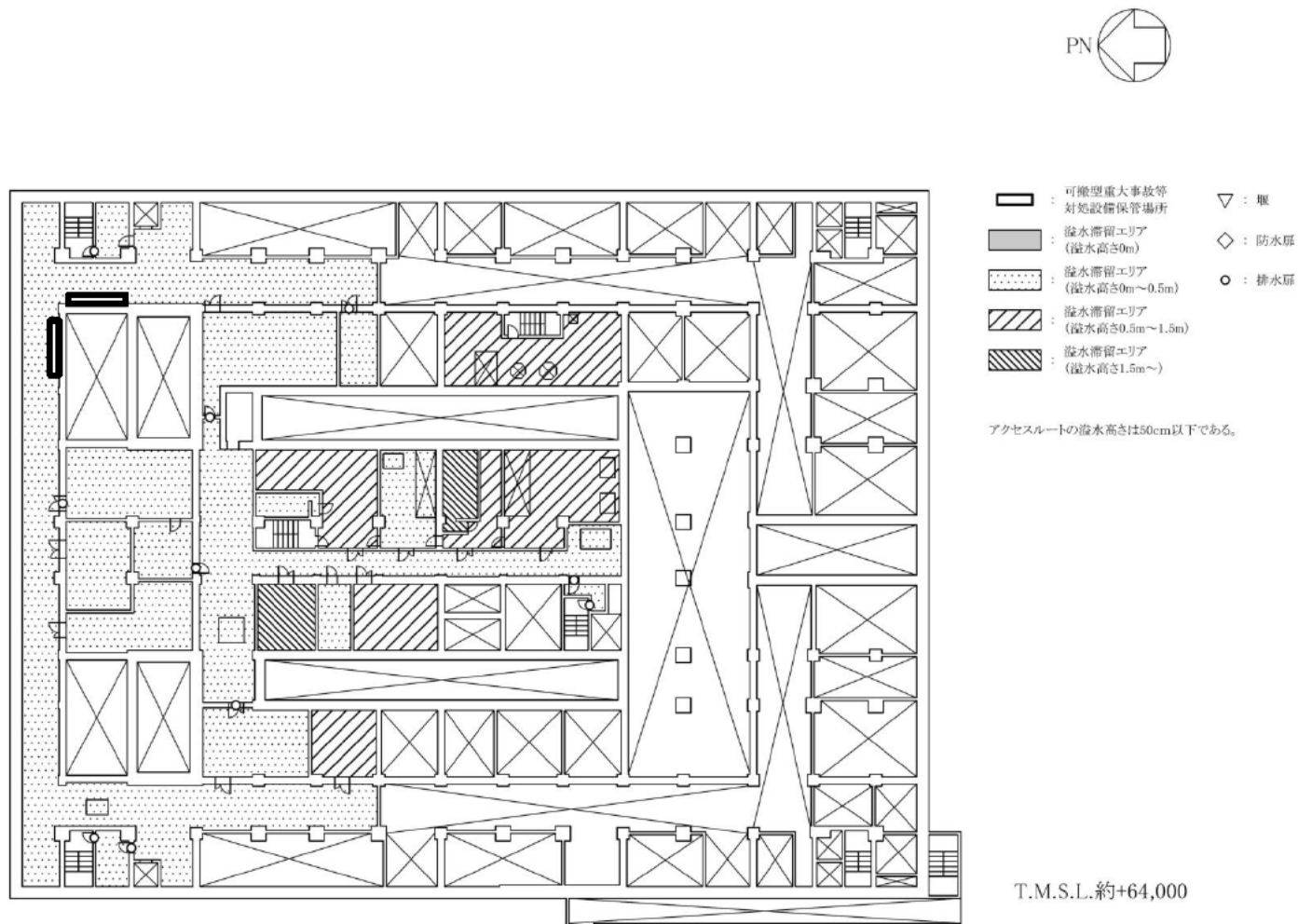
第56図 溢水ハザードマップ 精製建屋（地下1階）



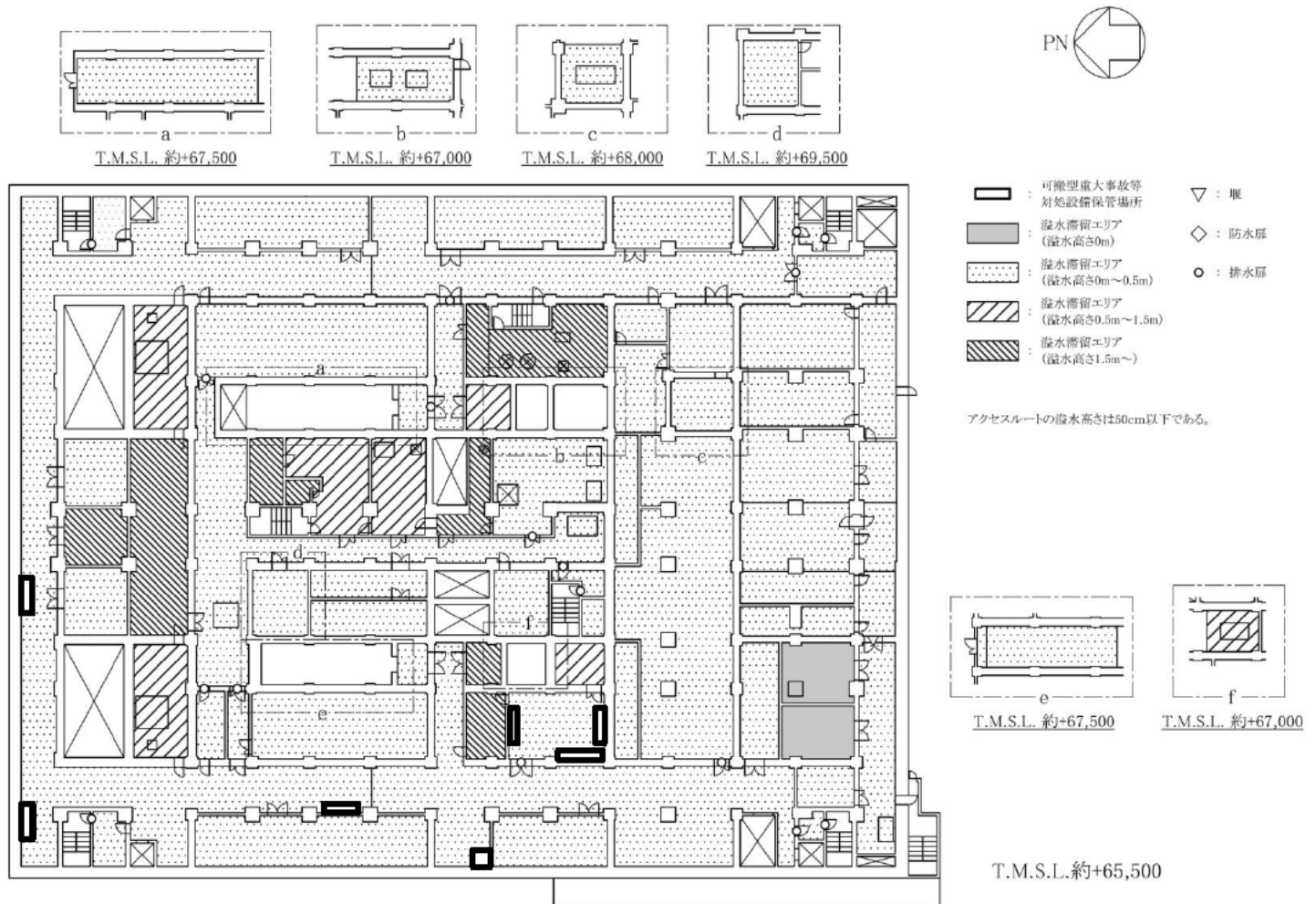
第57図 溢水ハザードマップ 精製建屋（地上1階）



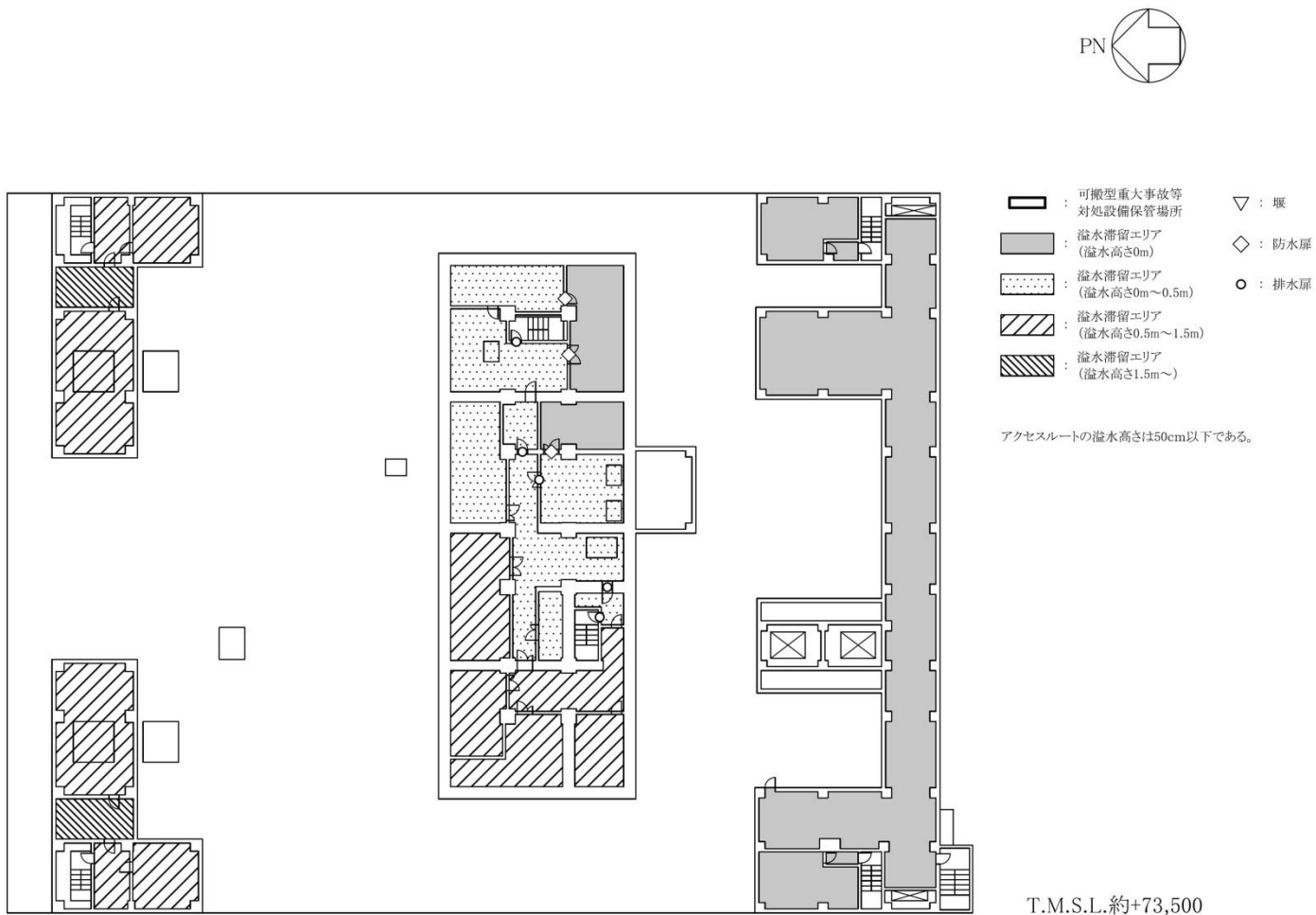
第58図 溢水ハザードマップ 精製建屋（地上2階）



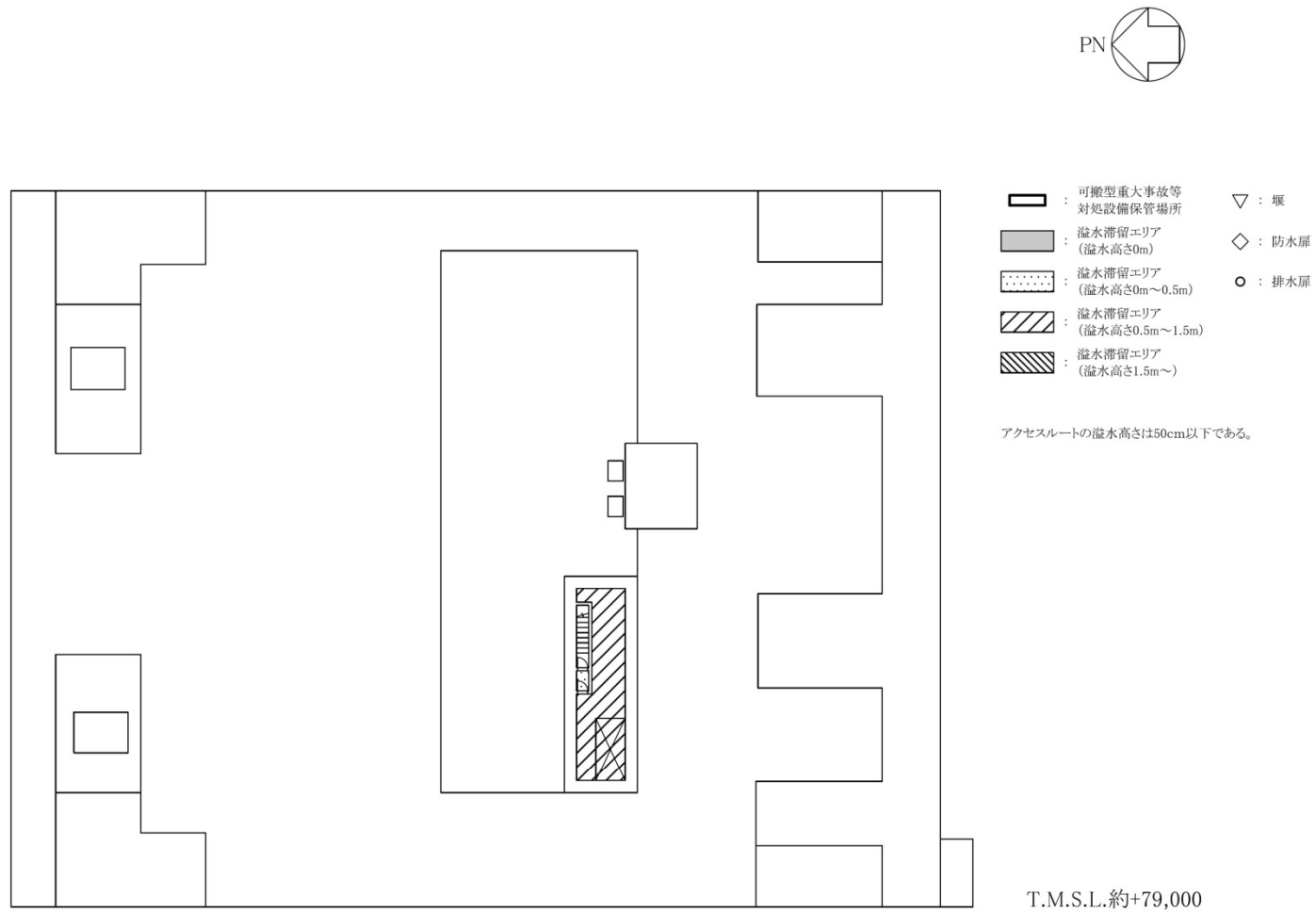
第59図 溢水ハザードマップ 精製建屋（地上3階）



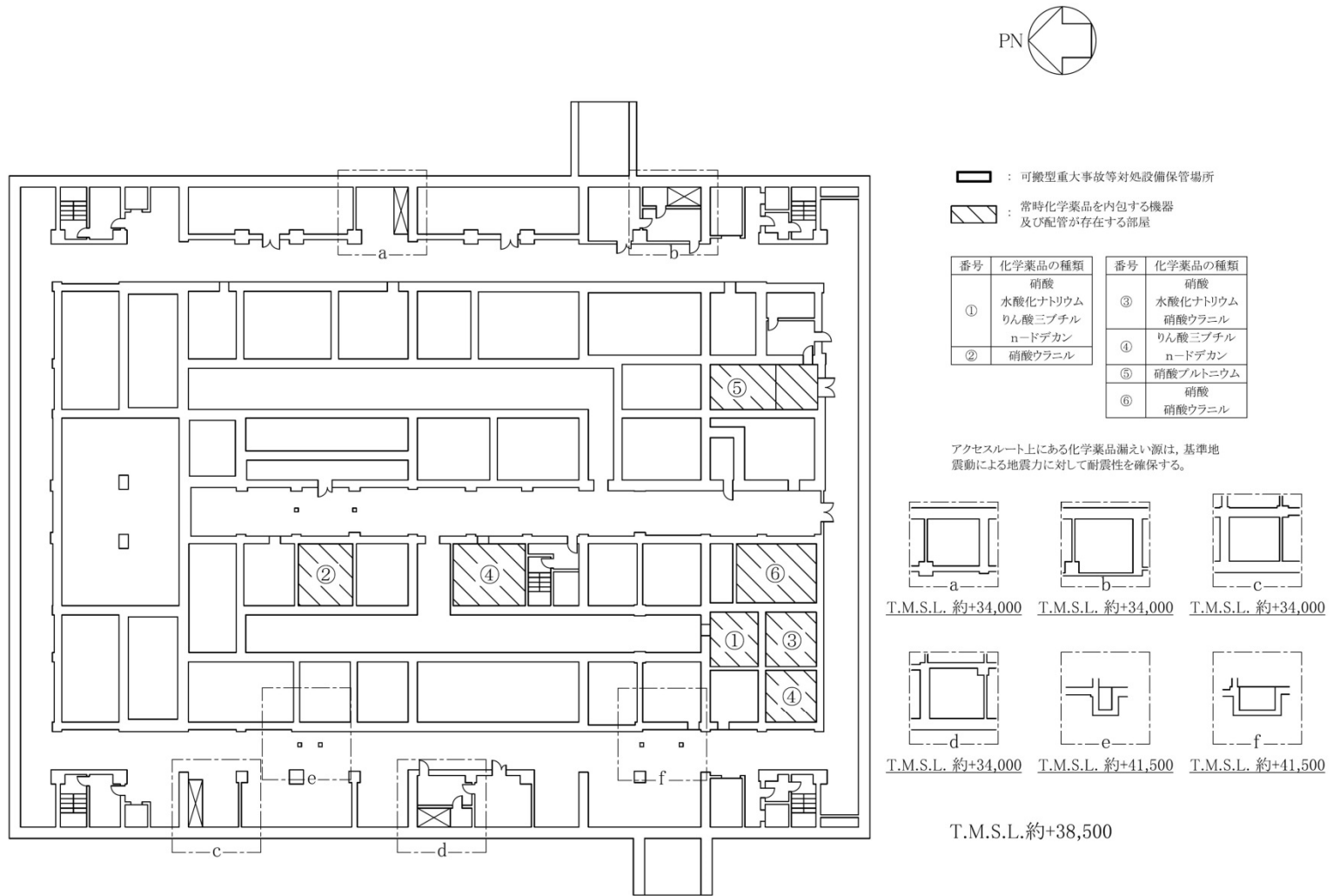
第60図 溢水ハザードマップ 精製建屋（地上4階）



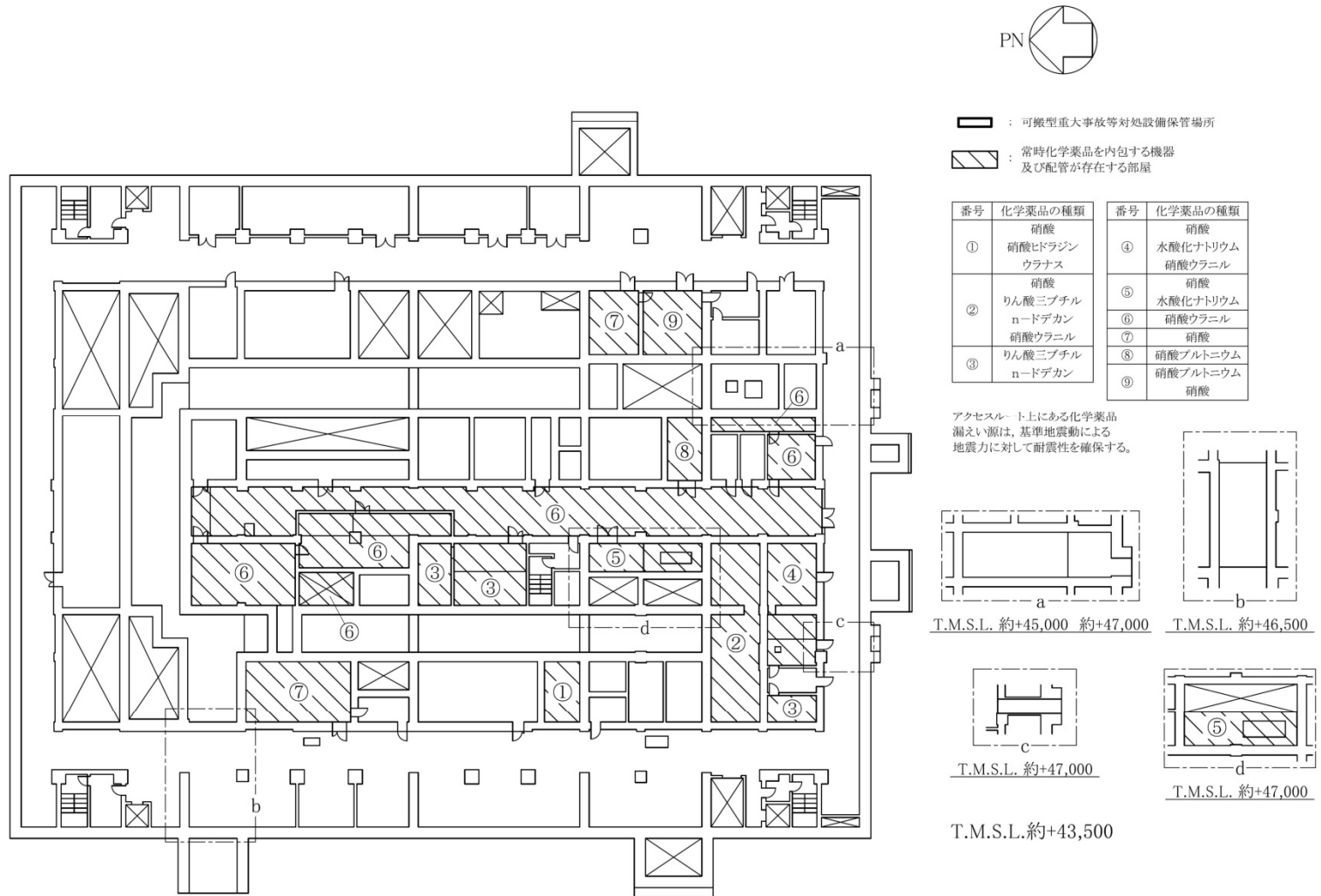
第61図 溢水ハザードマップ 精製建屋（地上5階）



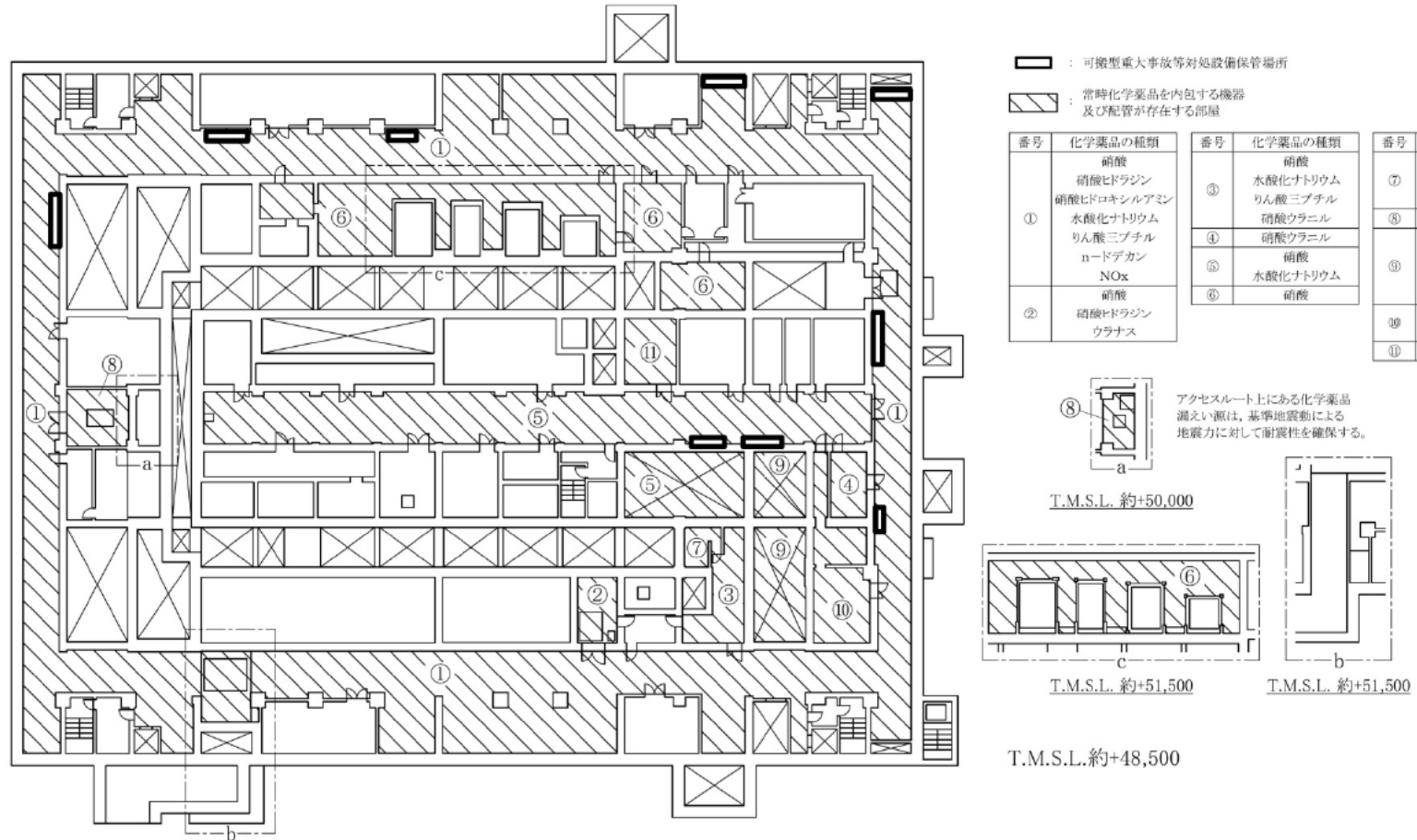
第62図 溢水ハザードマップ 精製建屋（屋上階）



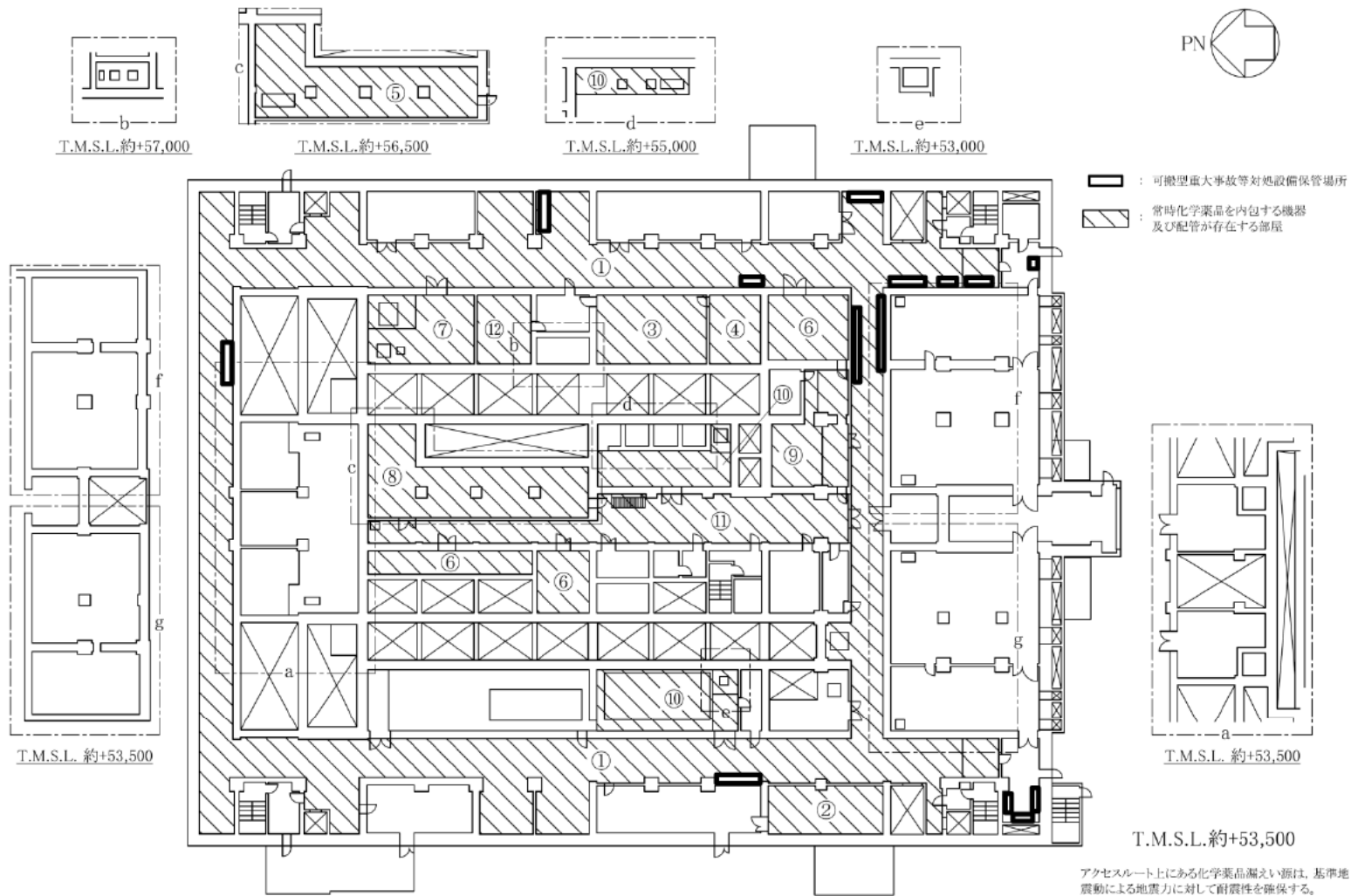
第63図 化学薬品ハザードマップ 精製建屋（地下3階）



第64図 化学薬品ハザードマップ 精製建屋（地下2階）

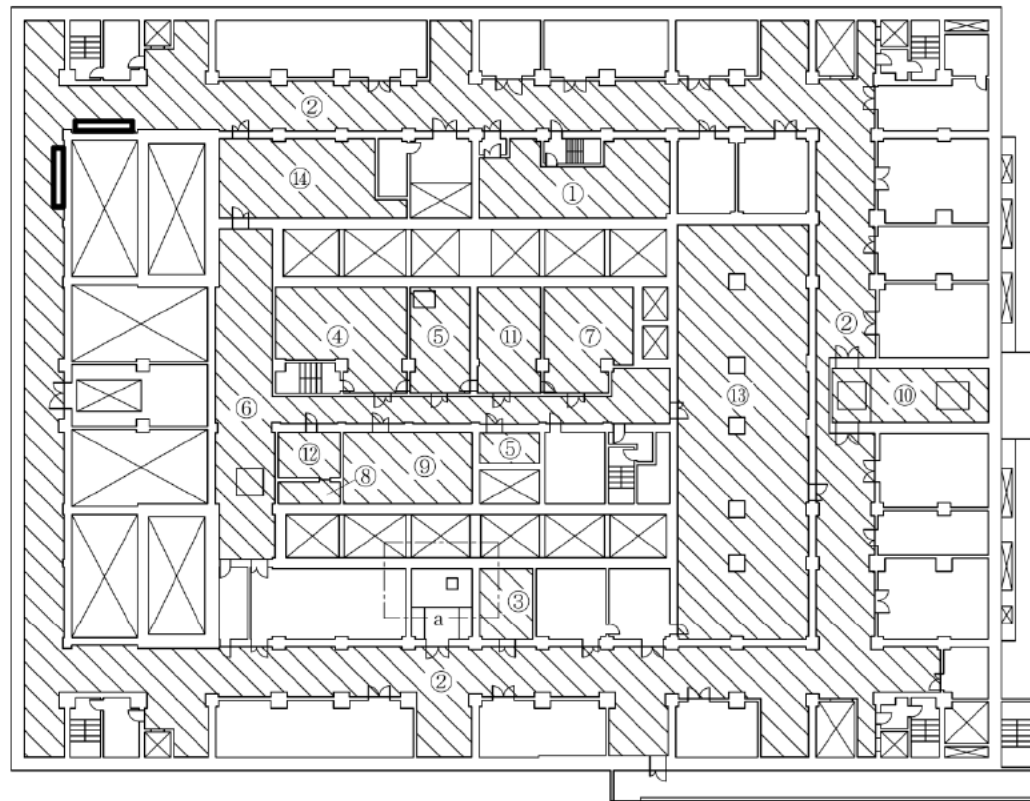


第65図 化学薬品ハザードマップ 精製建屋（地下1階）



番号	化学薬品の種類
①	硝酸
	硝酸ヒドロキシルアミン
	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
	NOx
②	硝酸
	硝酸ヒドロキシルアミン
	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
③	硝酸
	硝酸ヒドロキシルアミン
	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
	ウラナス
	NOx
④	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
	NOx
⑤	硝酸
	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
	ウラナス
⑥	NOx
⑦	硝酸
	水酸化ナトリウム
⑧	硝酸
	りん酸三ブチル
	ウラナス
⑨	硝酸
	NOx
⑩	硝酸
⑪	硝酸
	水酸化ナトリウム
	NOx
⑫	硝酸ガドリニウム

第66図 化学薬品ハザードマップ 精製建屋（地上1階）



- : 可搬型重大事故等対処設備保管場所
- : 常時化学薬品を内包する機器及び配管が存在する部屋

番号	化学薬品の種類
①	硝酸
	硝酸ヒドラジン
	硝酸ヒドロキシルアミン
	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
②	硝酸
	硝酸ヒドラジン
	硝酸ヒドロキシルアミン
	水酸化ナトリウム
	NOx
③	硝酸ガドリニウム
	硝酸ヒドラジン
	硝酸ヒドロキシルアミン
④	硝酸
	りん酸三ブチル
	n-ドデカン

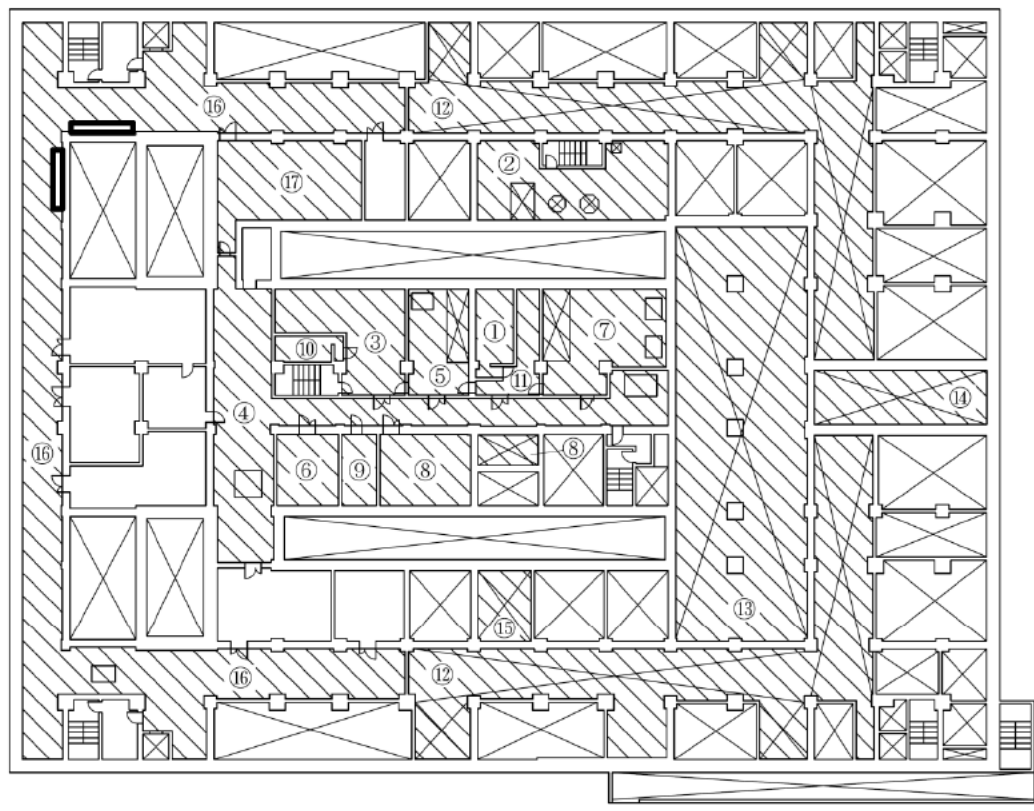
番号	化学薬品の種類
⑤	硝酸
	りん酸三ブチル
⑥	n-ドデカン
	硝酸
	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
⑦	ウラナス
	NOx
⑧	りん酸三ブチル
	硝酸
⑨	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
	硝酸ウラニル
⑩	ウラナス
	硝酸ヒドラジン
⑪	水酸化ナトリウム
	硝酸
⑫	ウラナス
	NOx
⑬	水酸化ナトリウム
	硝酸
⑭	硝酸ガドリニウム

T.M.S.L. 約+60,000

アクセスルート上にある化学薬品
漏えい源は、基準地震動による
地震力に対して耐震性を確保する。

T.M.S.L. 約+60,500

第67図 化学薬品ハザードマップ 精製建屋（地上2階）



: 可搬型重大事故等対処設備保管場所
 : 常時化学薬品を内包する機器及び配管が存在する部屋

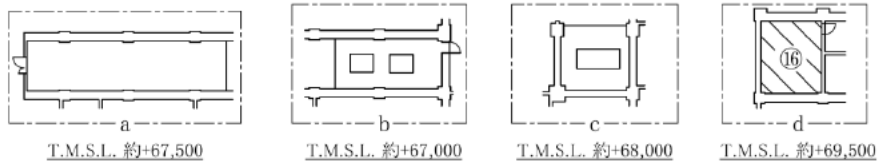
番号	化学薬品の種類	
①	硝酸	
	硝酸ヒドラジン	
	硝酸ヒドロキシルアミン	
	水酸化ナトリウム	
	りん酸三ブチル	
	n-ドデカン	
②	硝酸	
	硝酸ヒドラジン	
	硝酸ヒドロキシルアミン	
	水酸化ナトリウム	
	りん酸三ブチル	
	n-ドデカン	
③	硝酸	
	硝酸ヒドラジン	
	硝酸ウラニル	
④	硝酸	
	水酸化ナトリウム	
	りん酸三ブチル	
	n-ドデカン	
	硝酸ウラニル	
	ウラナス	
⑤	硝酸	
	りん酸三ブチル	
	n-ドデカン	
	ウラナス	
	⑥	りん酸三ブチル
		硝酸
⑦	水酸化ナトリウム	
	硝酸	
⑧	りん酸三ブチル	
	n-ドデカン	
⑨	硝酸	
	りん酸三ブチル	
	硝酸ウラニル	
⑩	硝酸ウラニル	
	ウラナス	
⑪	硝酸	
	硝酸ウラニル	
⑫	硝酸	
	硝酸ヒドラジン	
	硝酸ヒドロキシルアミン	
	水酸化ナトリウム	
	NOx	
⑬	硝酸ガドリニウム	
	水酸化ナトリウム	

番号	化学薬品の種類
⑭	硝酸ヒドラジン
	水酸化ナトリウム
⑮	硝酸ヒドラジン
	水酸化ナトリウム
⑯	硝酸
	水酸化ナトリウム
⑰	硝酸ガドリニウム
	硝酸ガドリニウム

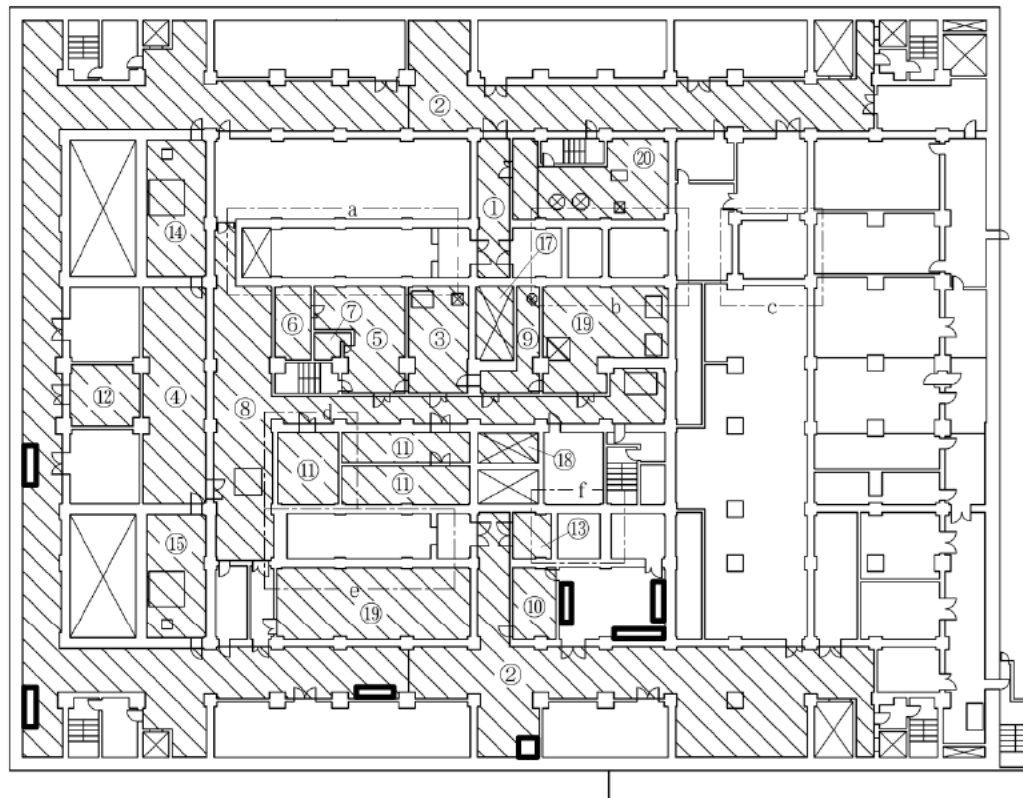
アクセラート上にある化学薬品漏えい源は、基準地震動による地質力に対して耐震性を確保する。

T.M.S.L.約+64,000

第68図 化学薬品ハザードマップ 精製建屋（地上3階）

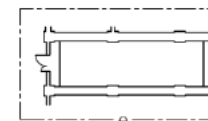


: 可搬型重大事故等対処設備保管場所
 : 常時化学薬品を内包する機器及び配管が存在する部屋

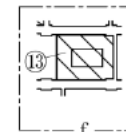


番号	化学薬品の種類
①	硝酸
	硝酸ヒドラジン
	硝酸ヒドロキシルアミン
	水酸化ナトリウム
②	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
	硝酸
	硝酸ヒドラジン
③	硝酸
	硝酸ヒドキシルアミン
	水酸化ナトリウム
	NOx
④	硝酸
	NOx

番号	化学薬品の種類
⑤	硝酸
	硝酸ヒドラジン
	水酸化ナトリウム
	硝酸ウラニル
⑥	ウラナス
	硝酸
⑦	硝酸ヒドラジン
	硝酸ウラニル
⑧	硝酸
	硝酸ヒドロキシルアミン
	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
⑨	硝酸ウラニル
	ウラナス
	硝酸
	硝酸ヒドロキシルアミン
⑩	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
	硝酸ウラニル
⑪	ウラナス
	硝酸
	硝酸ヒドラジン
	硝酸ヒドロキシルアミン
⑫	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
	硝酸ウラニル
⑬	ウラナス
	硝酸
	硝酸ヒドラジン
	硝酸ヒドロキシルアミン
⑭	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
	硝酸ウラニル
⑮	ウラナス
	硝酸
	硝酸ヒドラジン
	硝酸ヒドロキシルアミン
⑯	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
	硝酸ウラニル
⑰	ウラナス
	硝酸
	硝酸ヒドラジン
	硝酸ヒドロキシルアミン
⑱	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
	硝酸ウラニル
⑲	ウラナス
	硝酸
	硝酸ヒドラジン
	硝酸ヒドロキシルアミン
⑳	水酸化ナトリウム
	りん酸三ブチル
	n-ドデカン
	硝酸ウラニル



T.M.S.L. 約+67,500

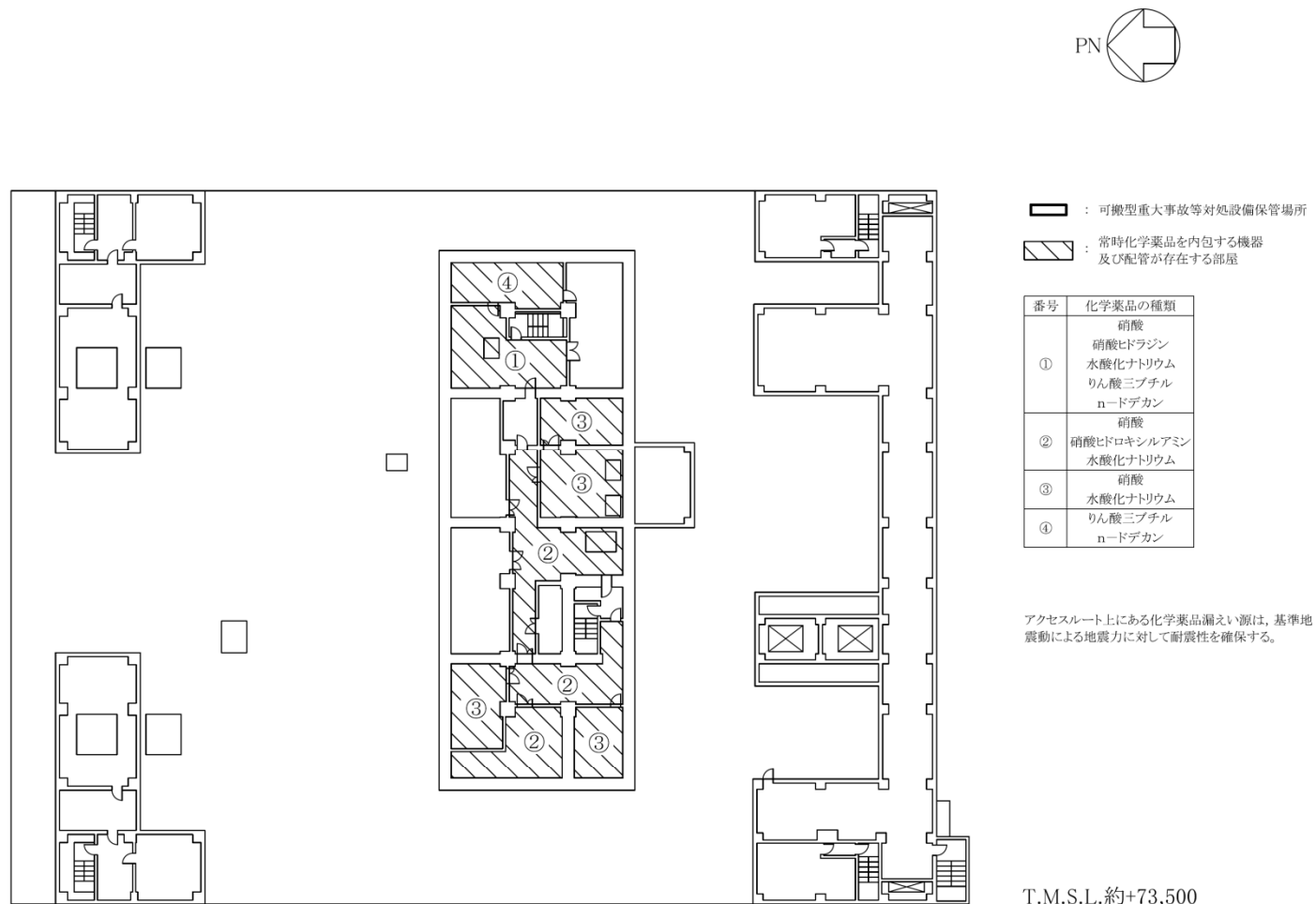


T.M.S.L. 約+67,000

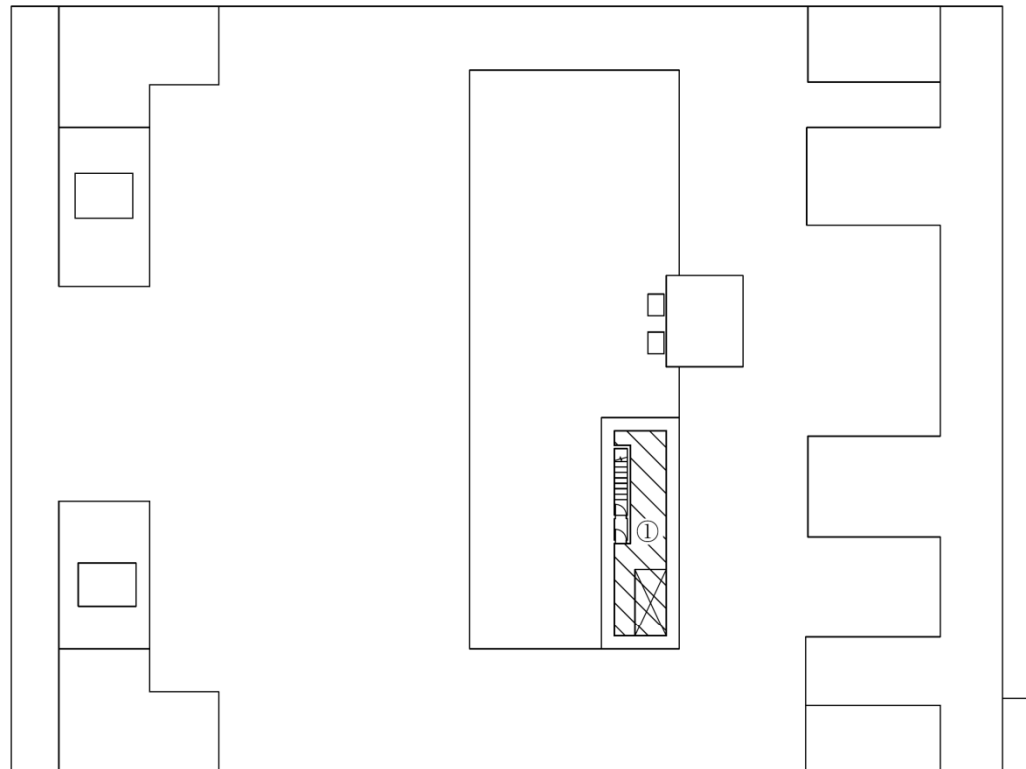
アクセラート上にある化学薬品漏えい源は、基準地震動による地震力に対して耐震性を確保する。

T.M.S.L. 約+65,500

第69図 化学薬品ハザードマップ 精製建屋（地上4階）



第70図 化学薬品ハザードマップ 精製建屋（地上5階）



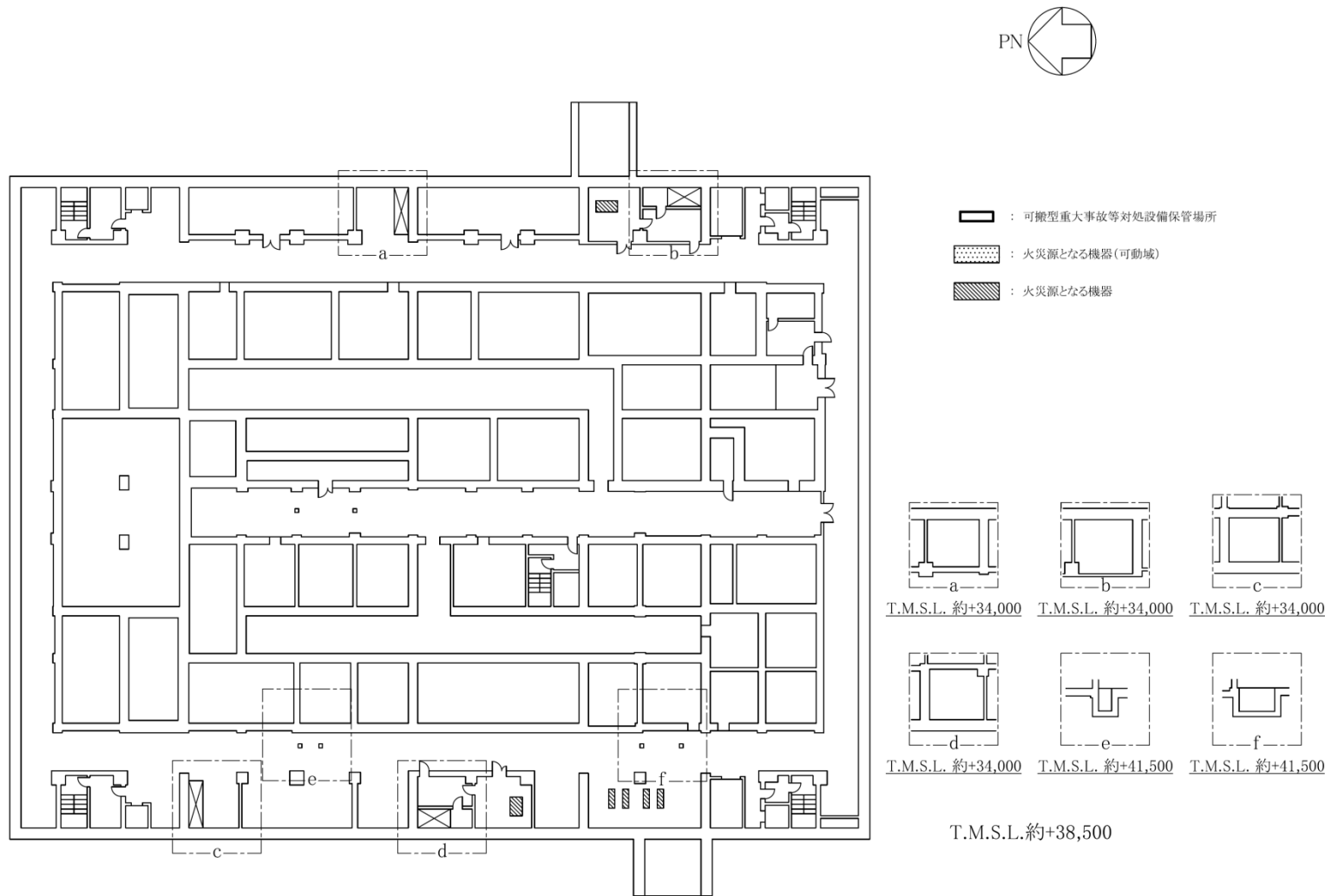
- : 可搬型重大事故等対処設備保管場所
- : 常時化学薬品を内包する機器及び配管が存在する部屋

番号	化学薬品の種類
①	硝酸
	硝酸ヒドロキシルアミン
	水酸化ナトリウム

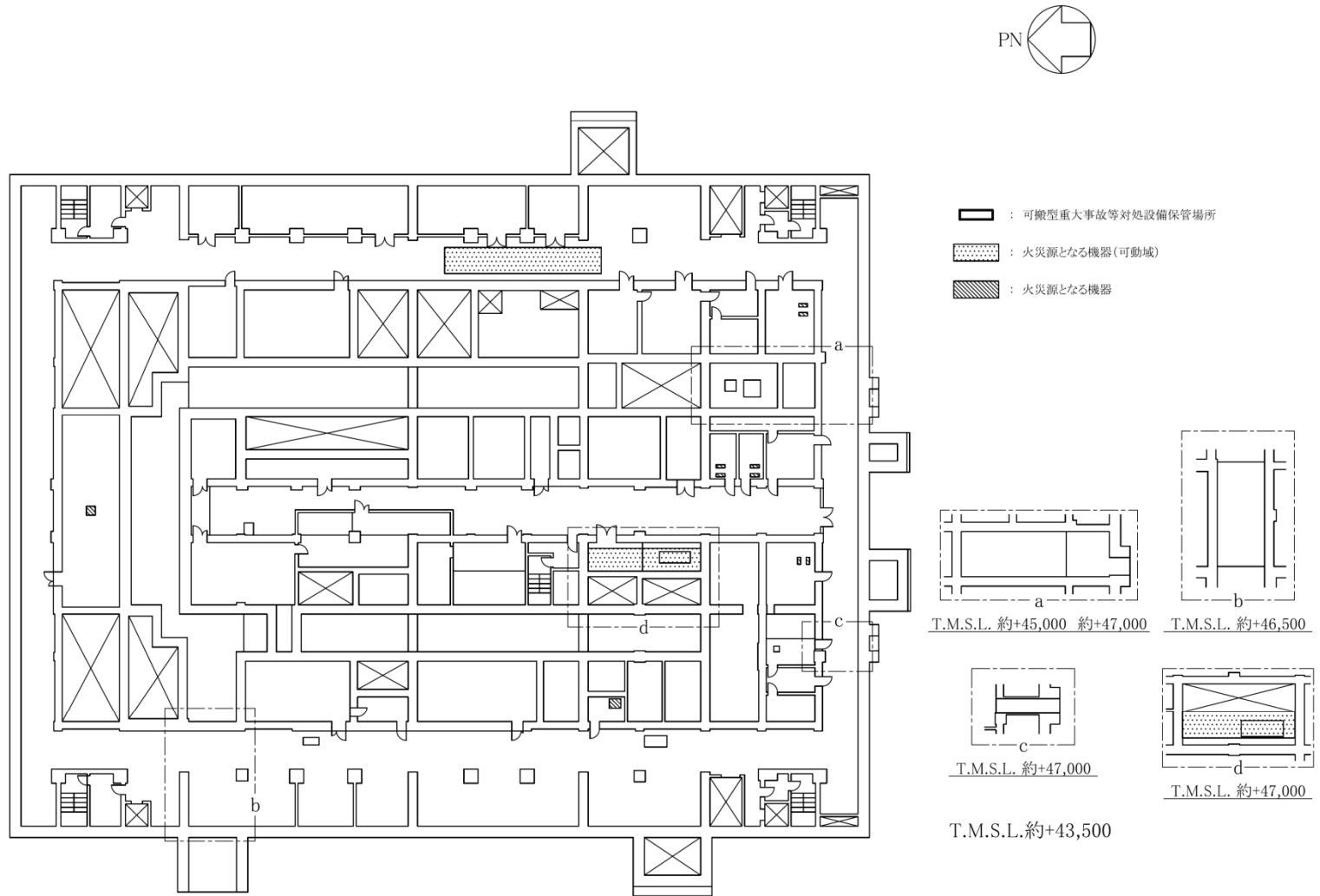
アクセスルート上にある化学薬品漏えい源は、基準地震動による地震力に対して耐震性を確保する。

T.M.S.L.約+79,000

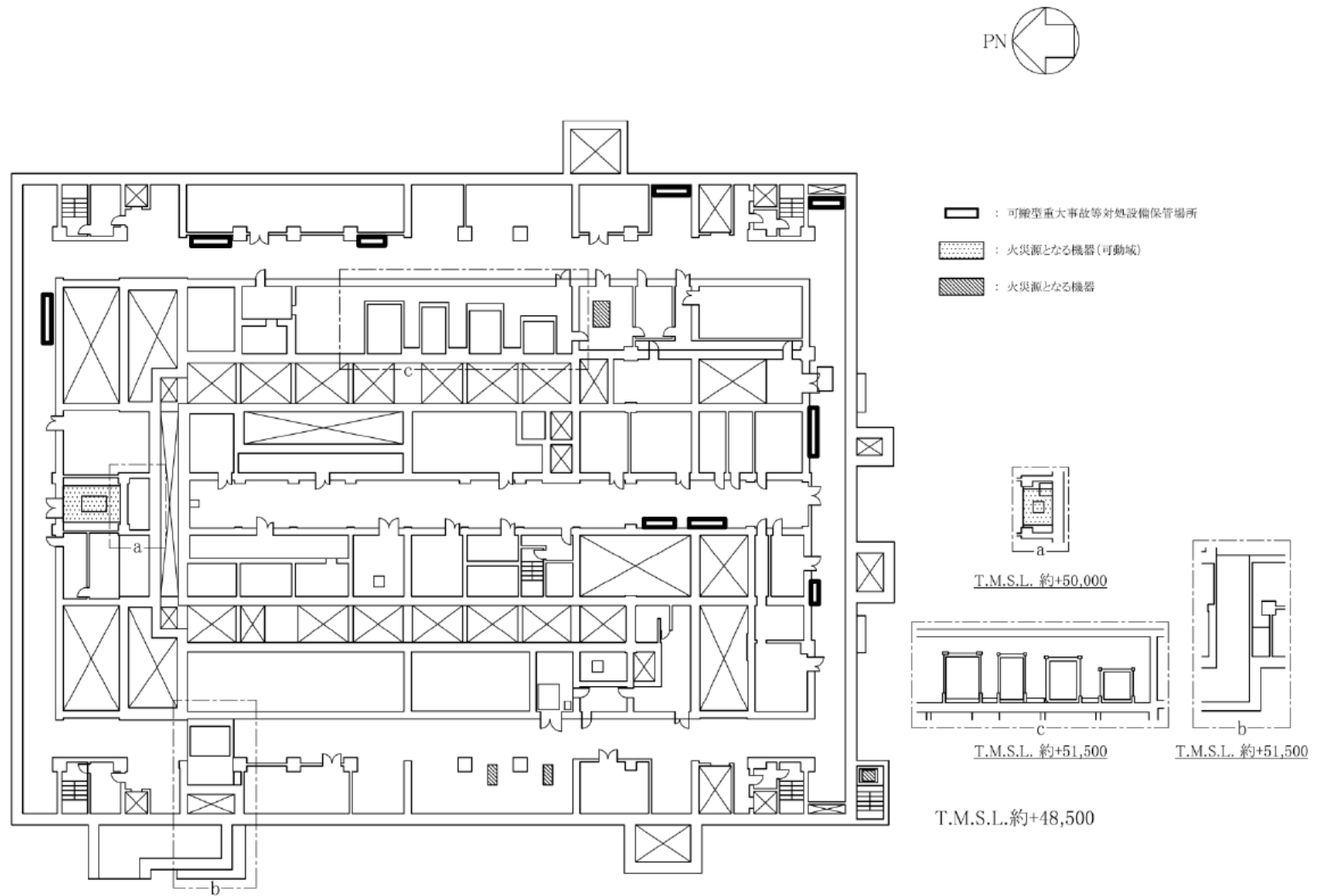
第71図 化学薬品ハザードマップ 精製建屋（屋上階）



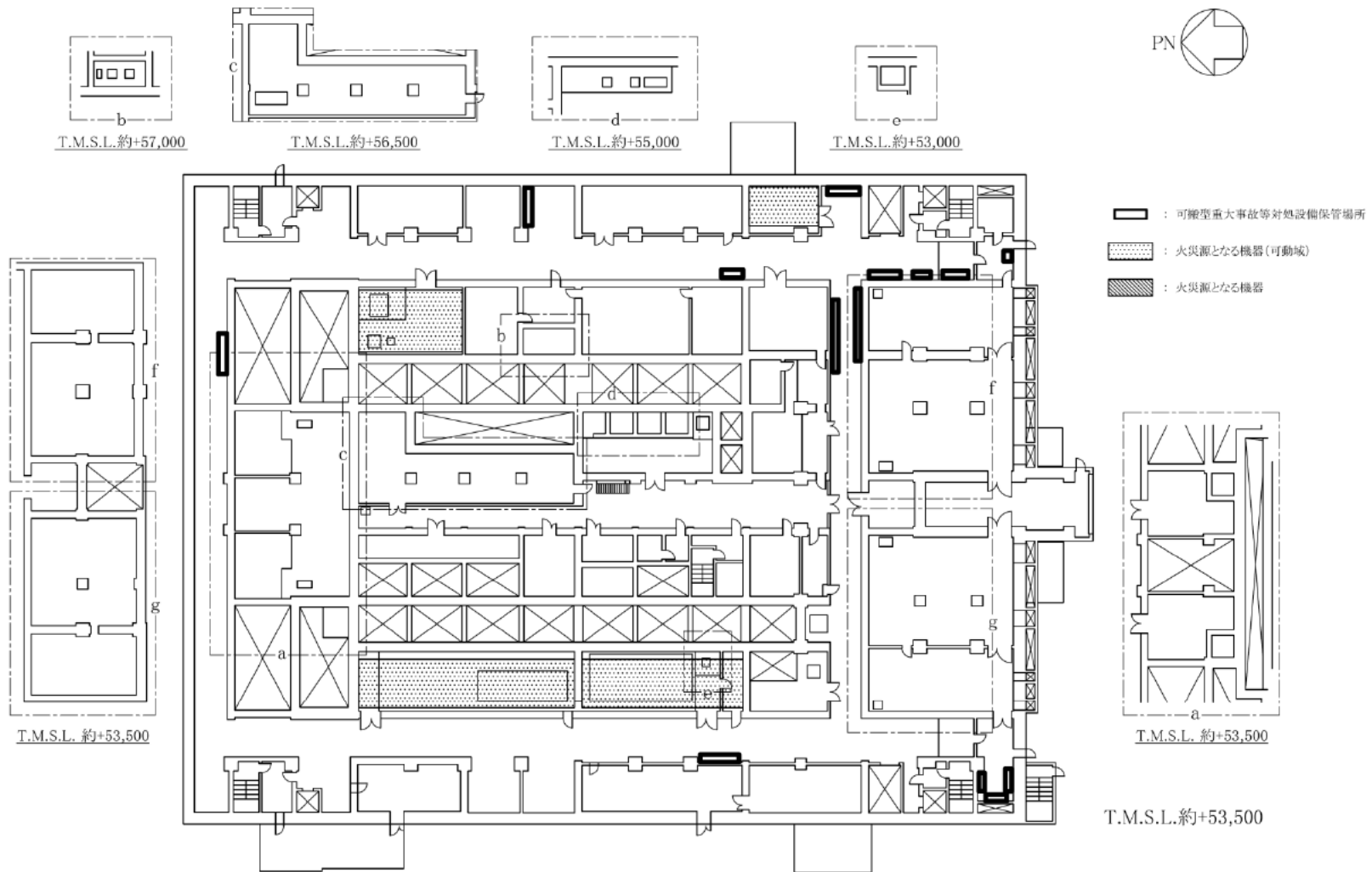
第72図 機器による火災ハザードマップ 精製建屋 (地下3階)



第73図 機器による火災ハザードマップ 精製建屋 (地下2階)

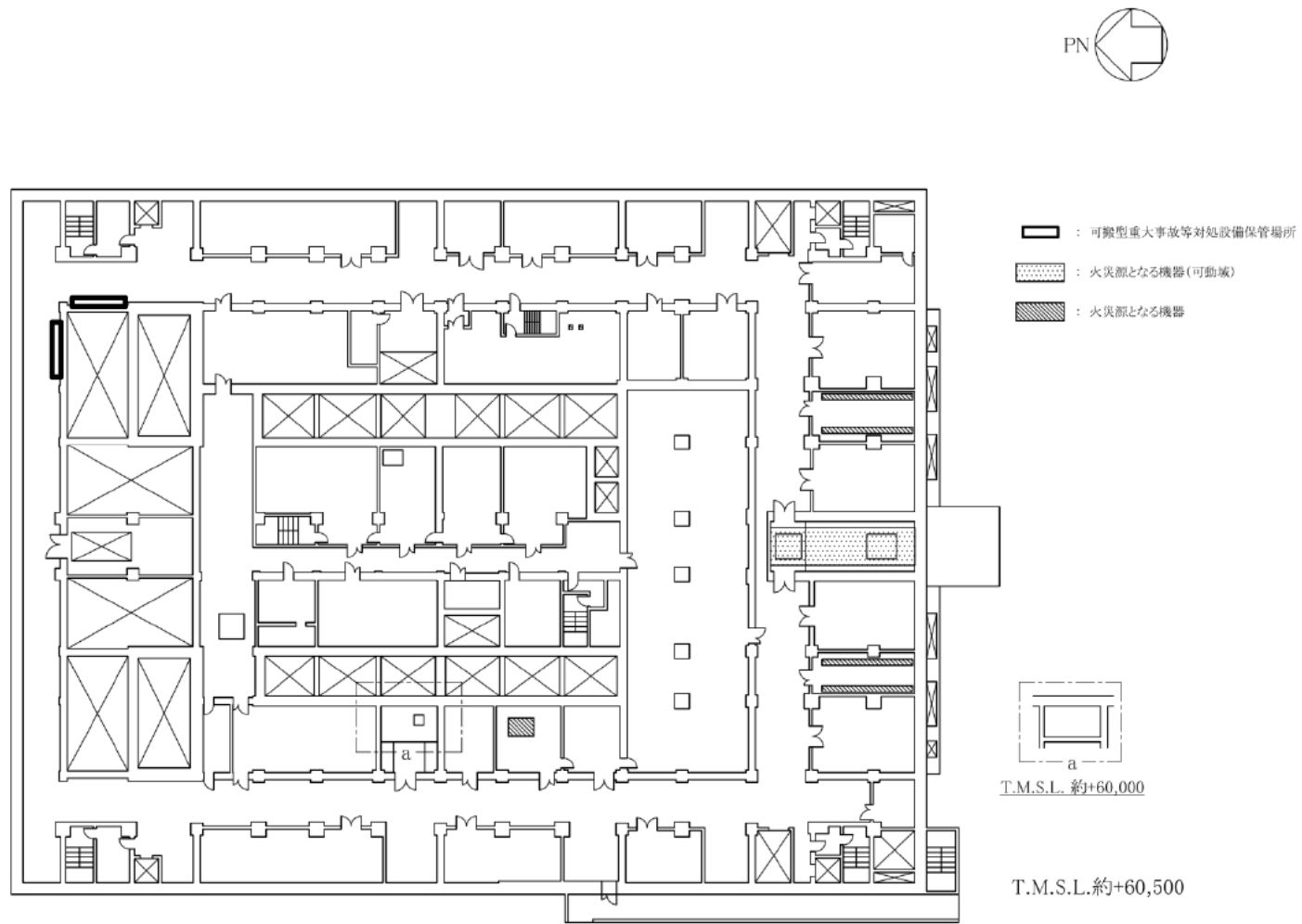


第74図 機器による火災ハザードマップ 精製建屋 (地下1階)

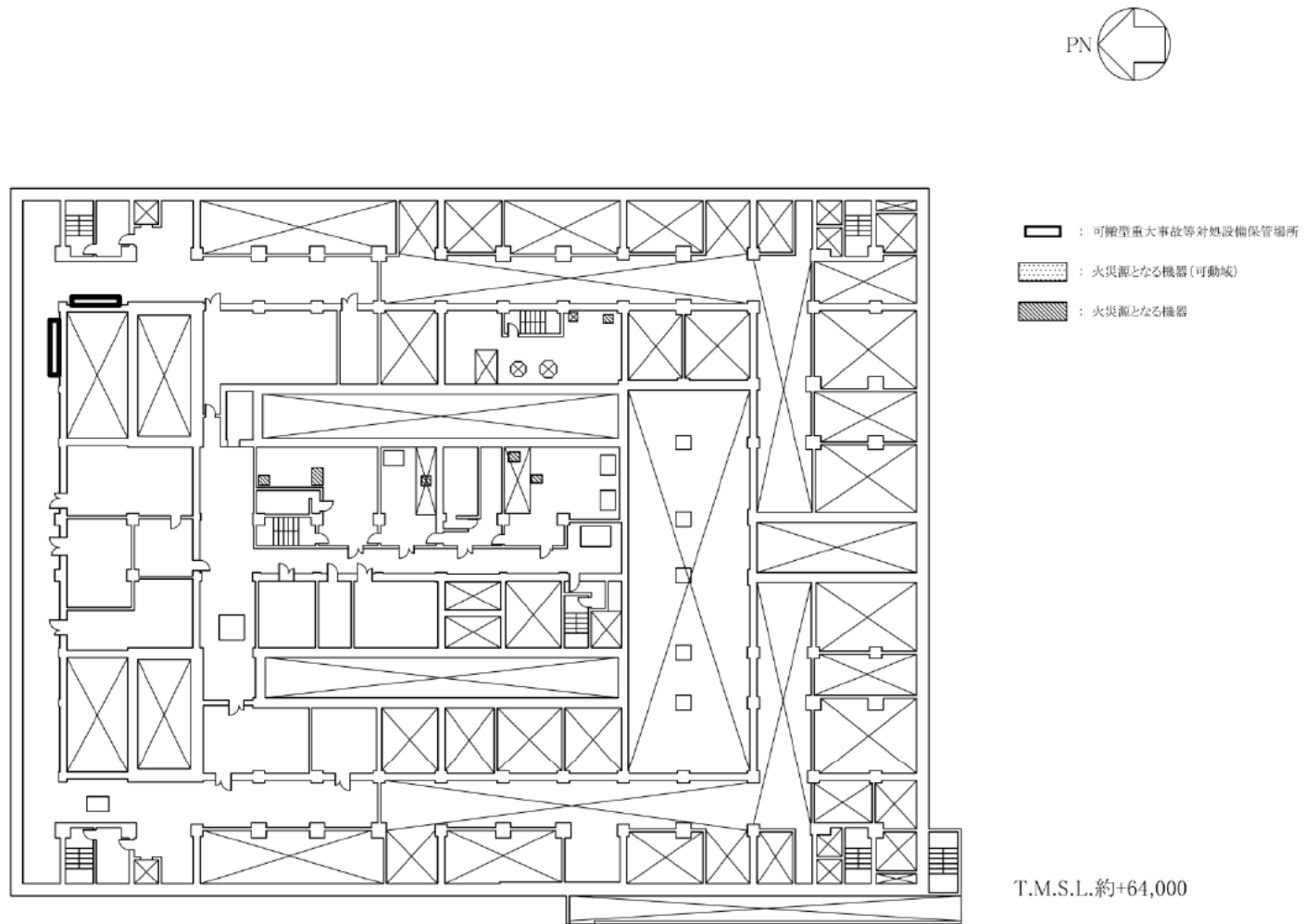


第75図 機器による火災ハザードマップ 精製建屋（地上1階）

補8-19-75

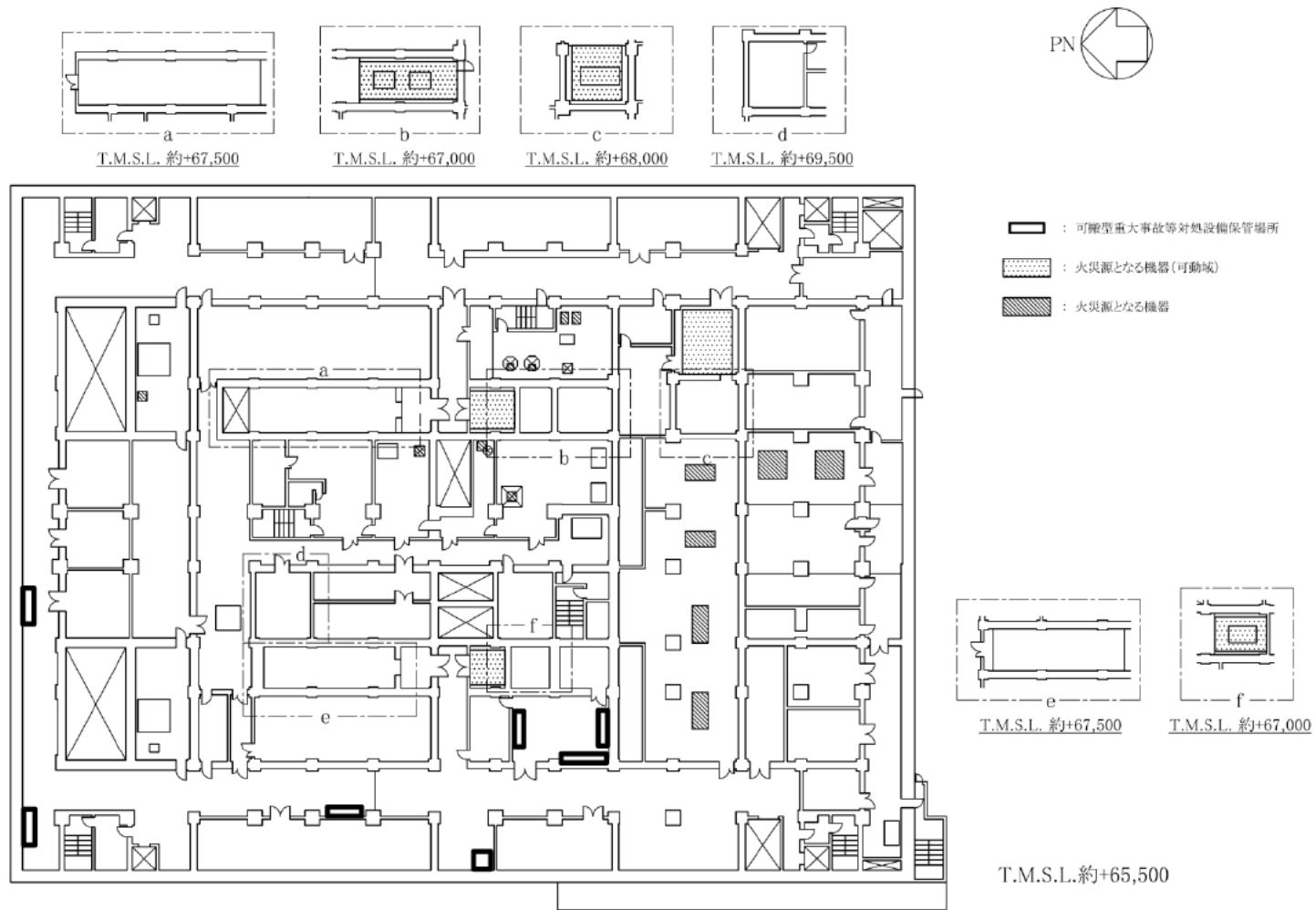


第76図 機器による火災ハザードマップ 精製建屋（地上2階）



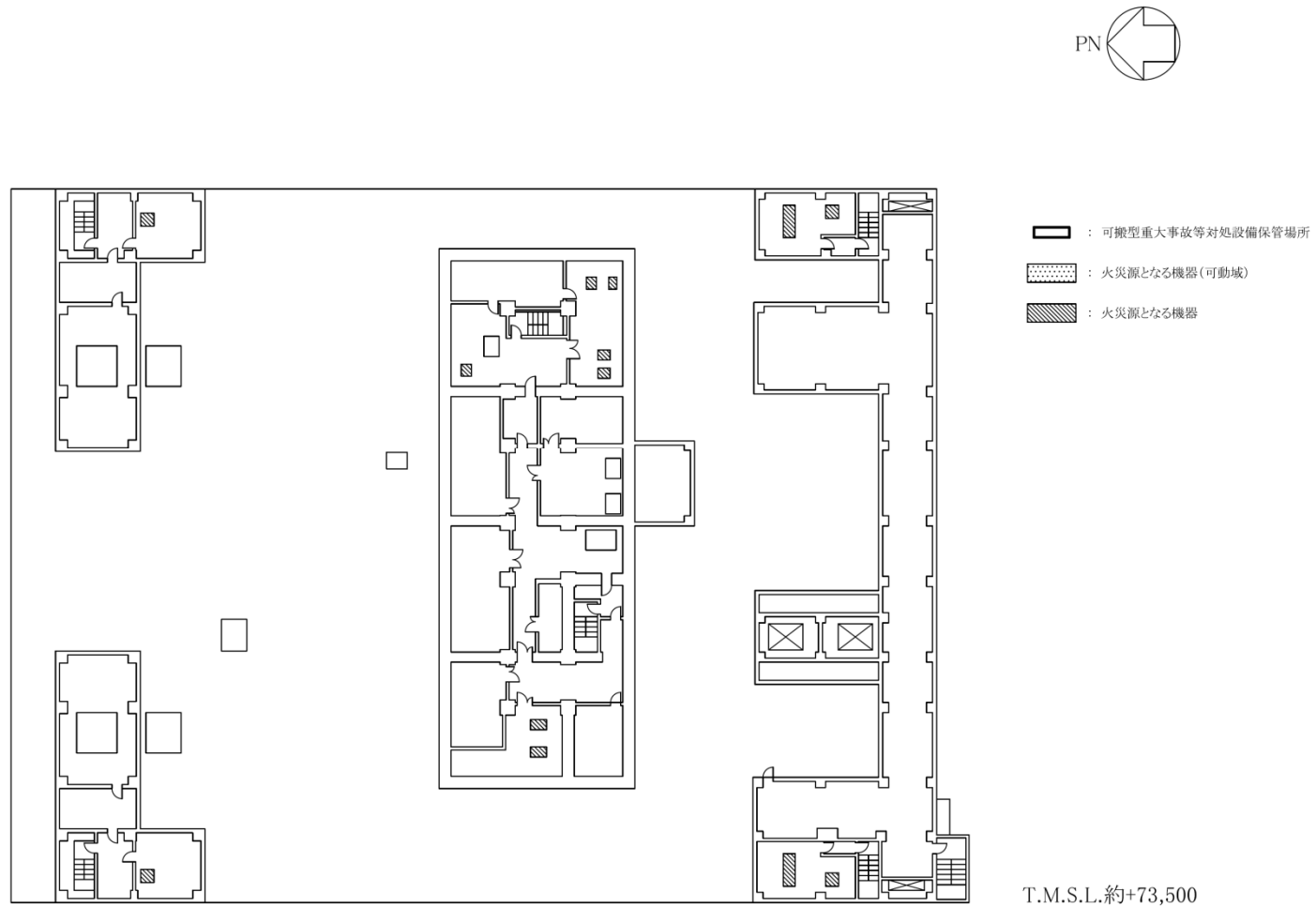
第77図 機器による火災ハザードマップ 精製建屋 (地上3階)

補8-19-77

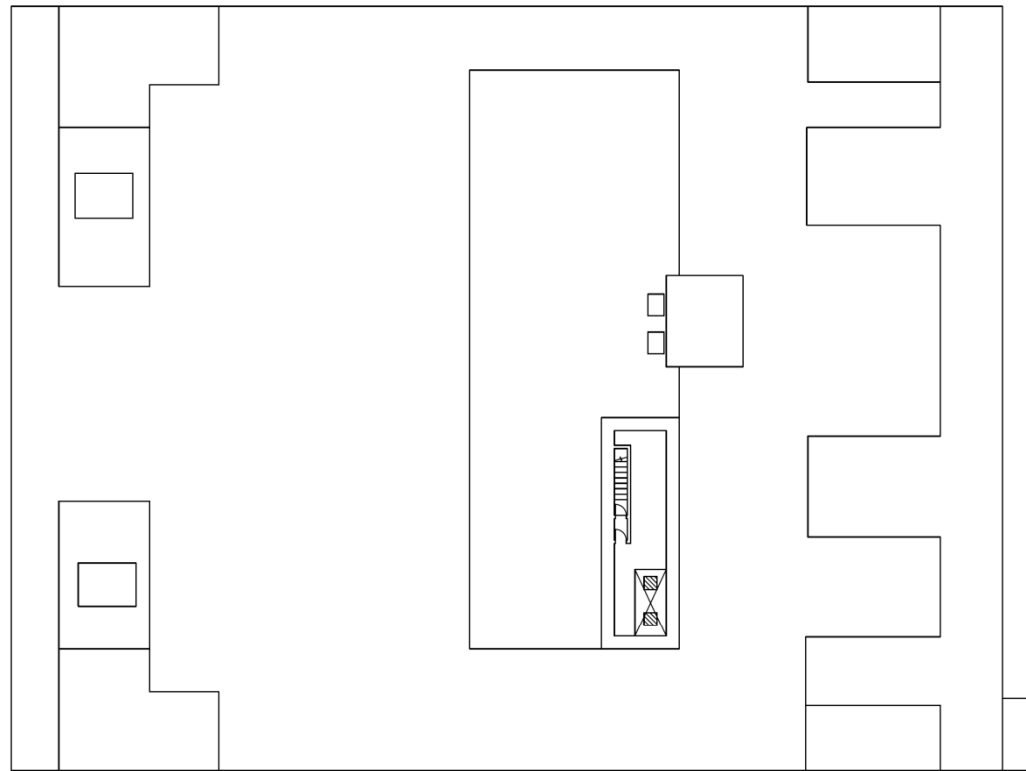


第78図 機器による火災ハザードマップ 精製建屋 (地上4階)

補8-19-78



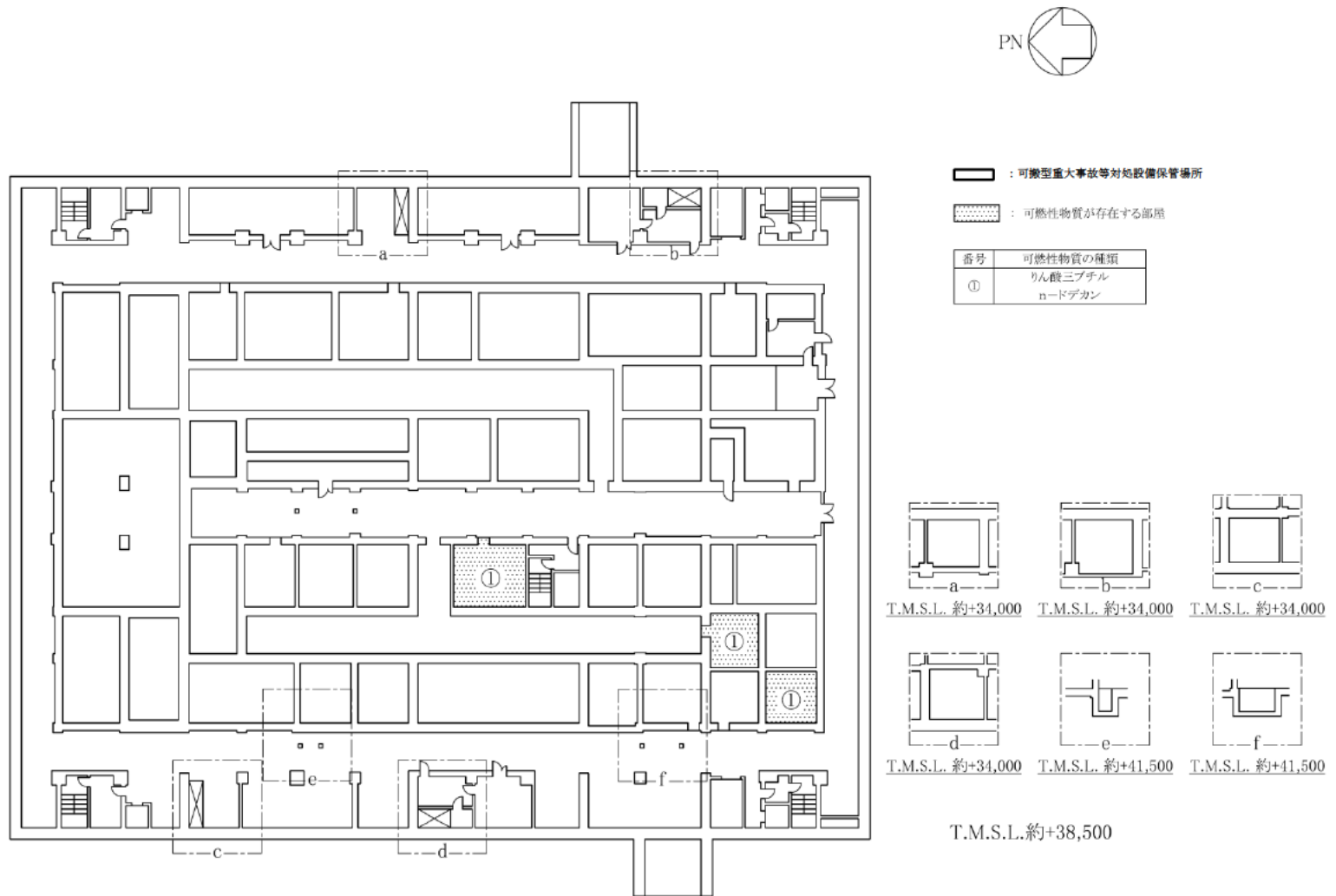
第79図 機器による火災ハザードマップ 精製建屋（地上5階）



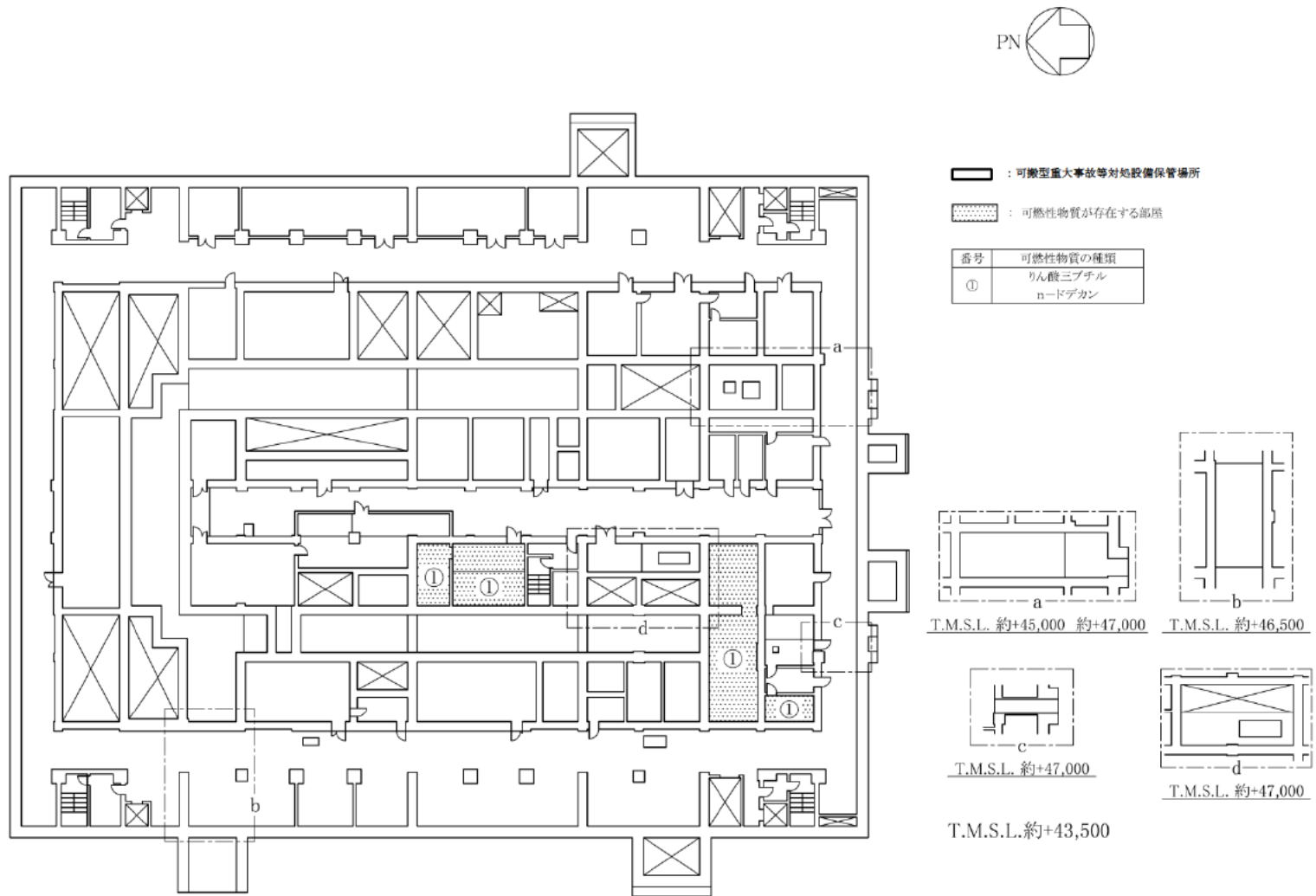
T.M.S.L.約+79,000

第80図 機器による火災ハザードマップ 精製建屋（屋上階）

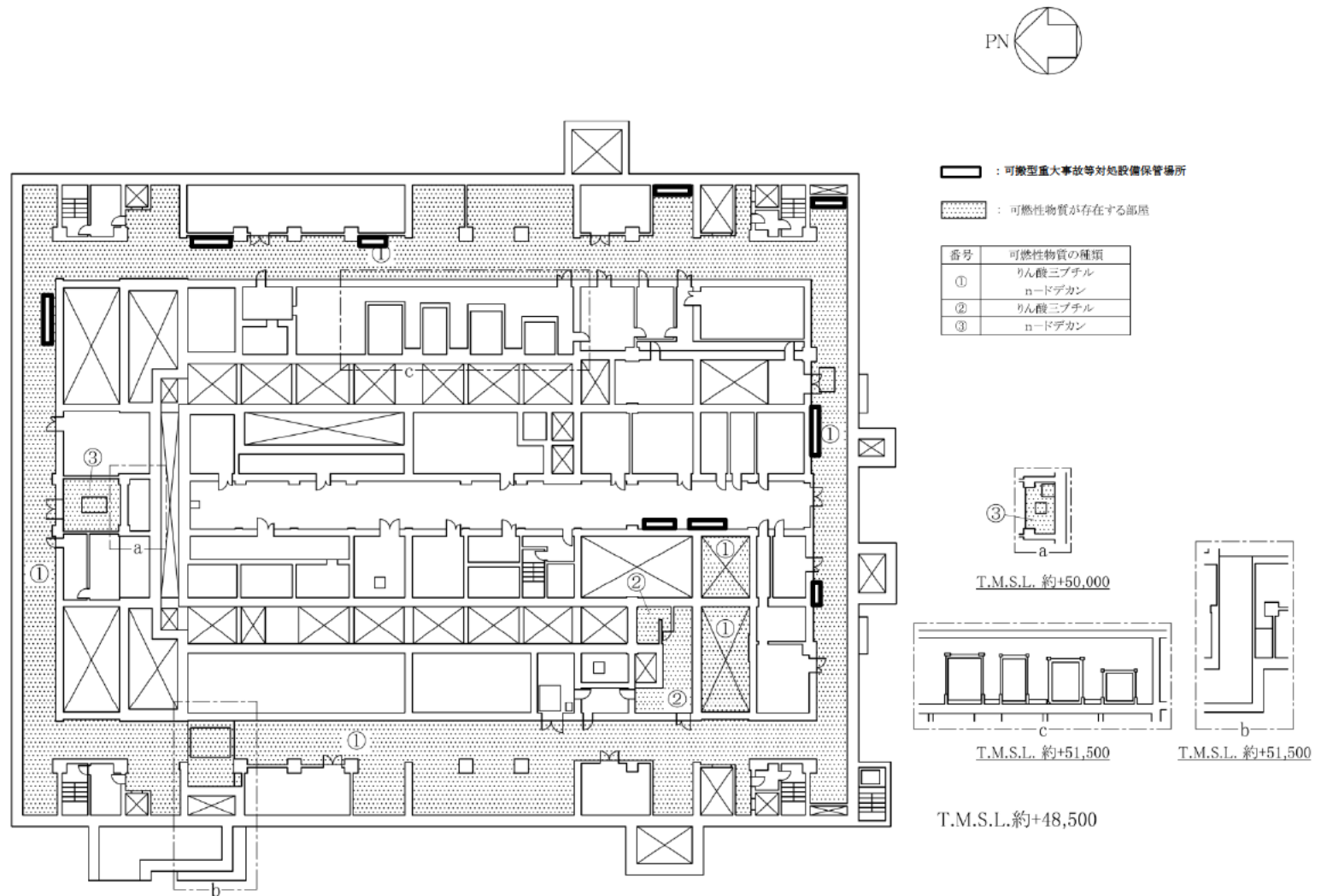
補8-19-80



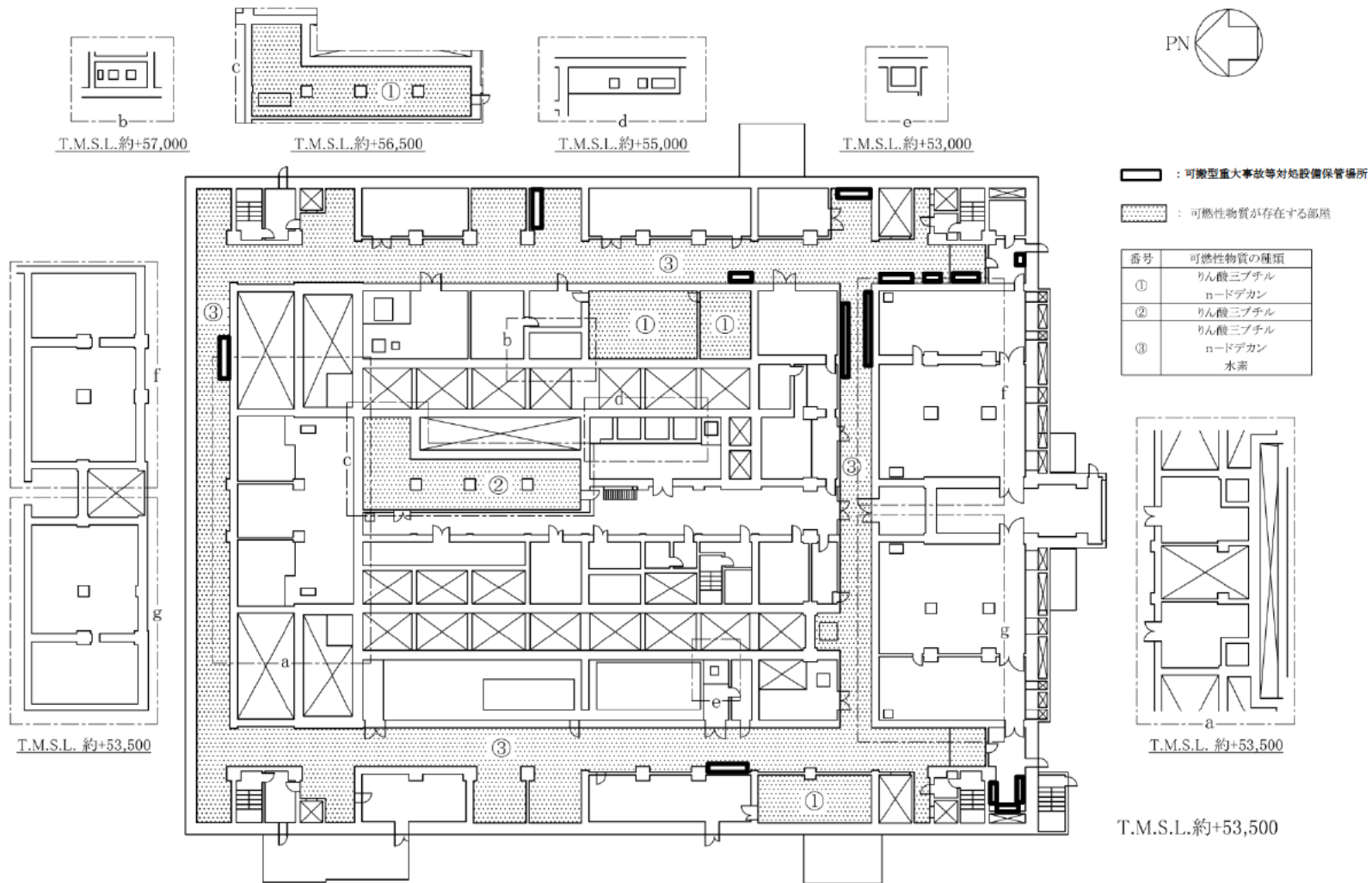
第81図 可燃性物質による火災ハザードマップ 精製建屋（地下3階）



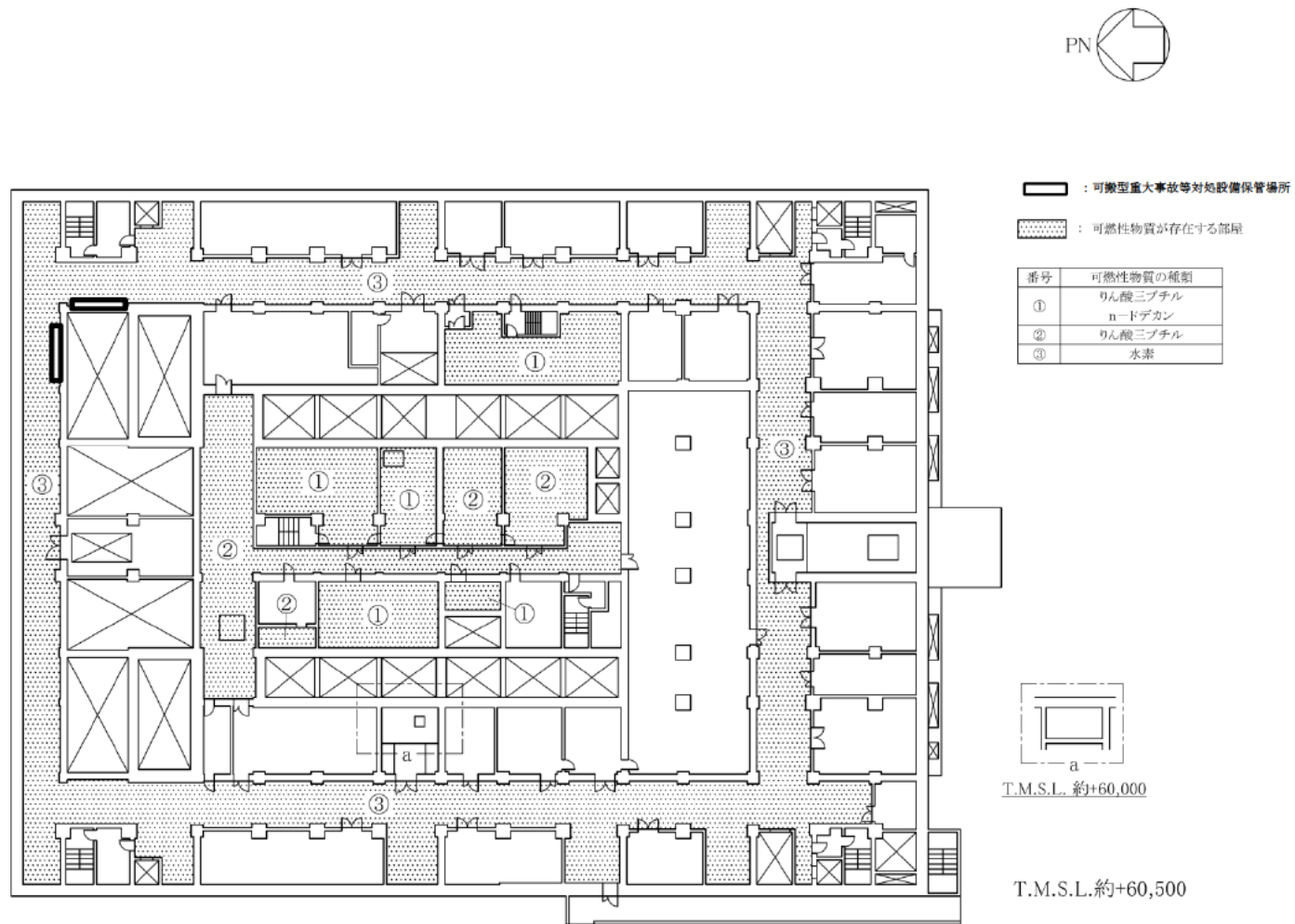
第82図 可燃性物質による火災ハザードマップ 精製建屋（地下2階）



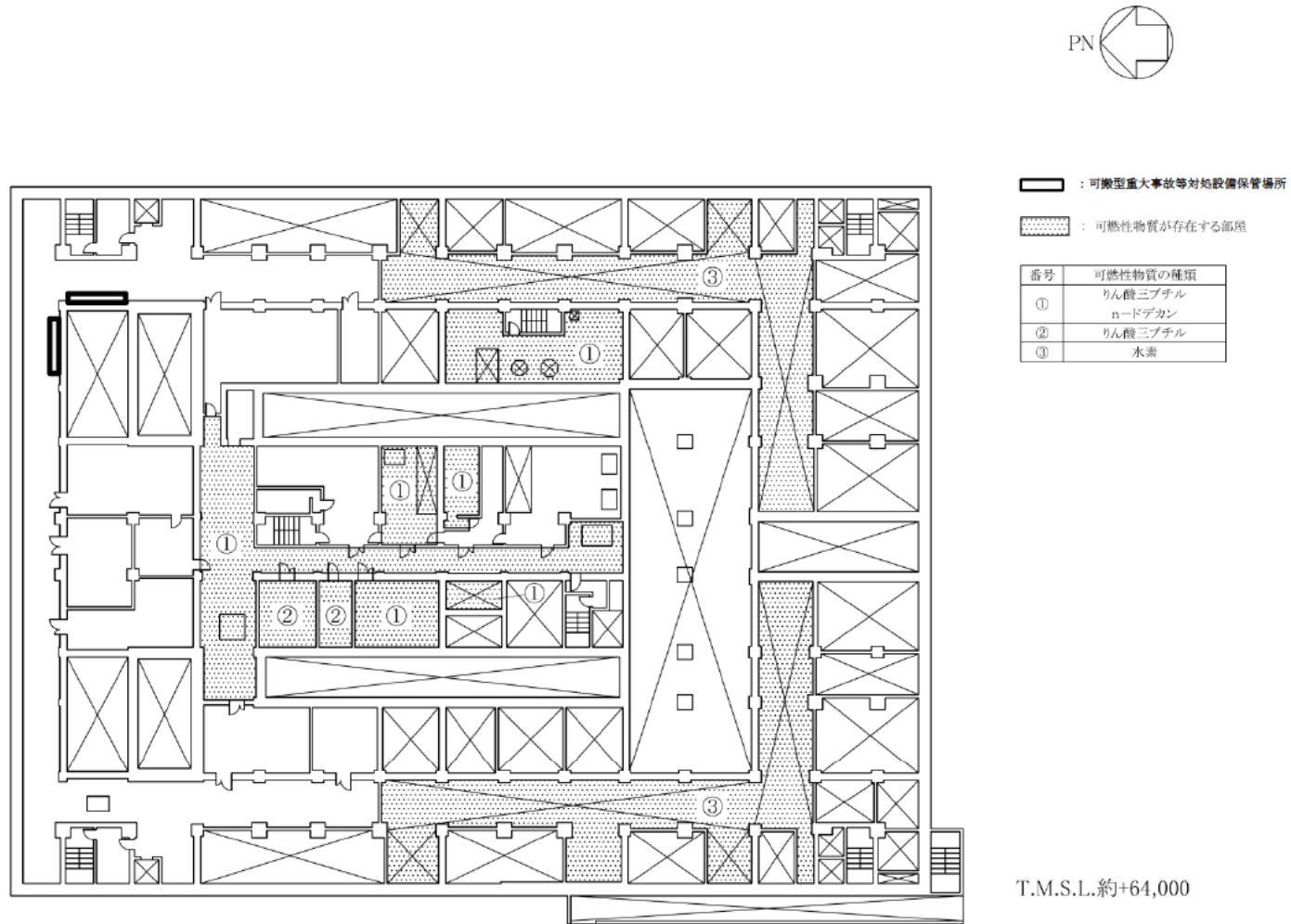
第83図 可燃性物質による火災ハザードマップ 精製建屋（地下1階）



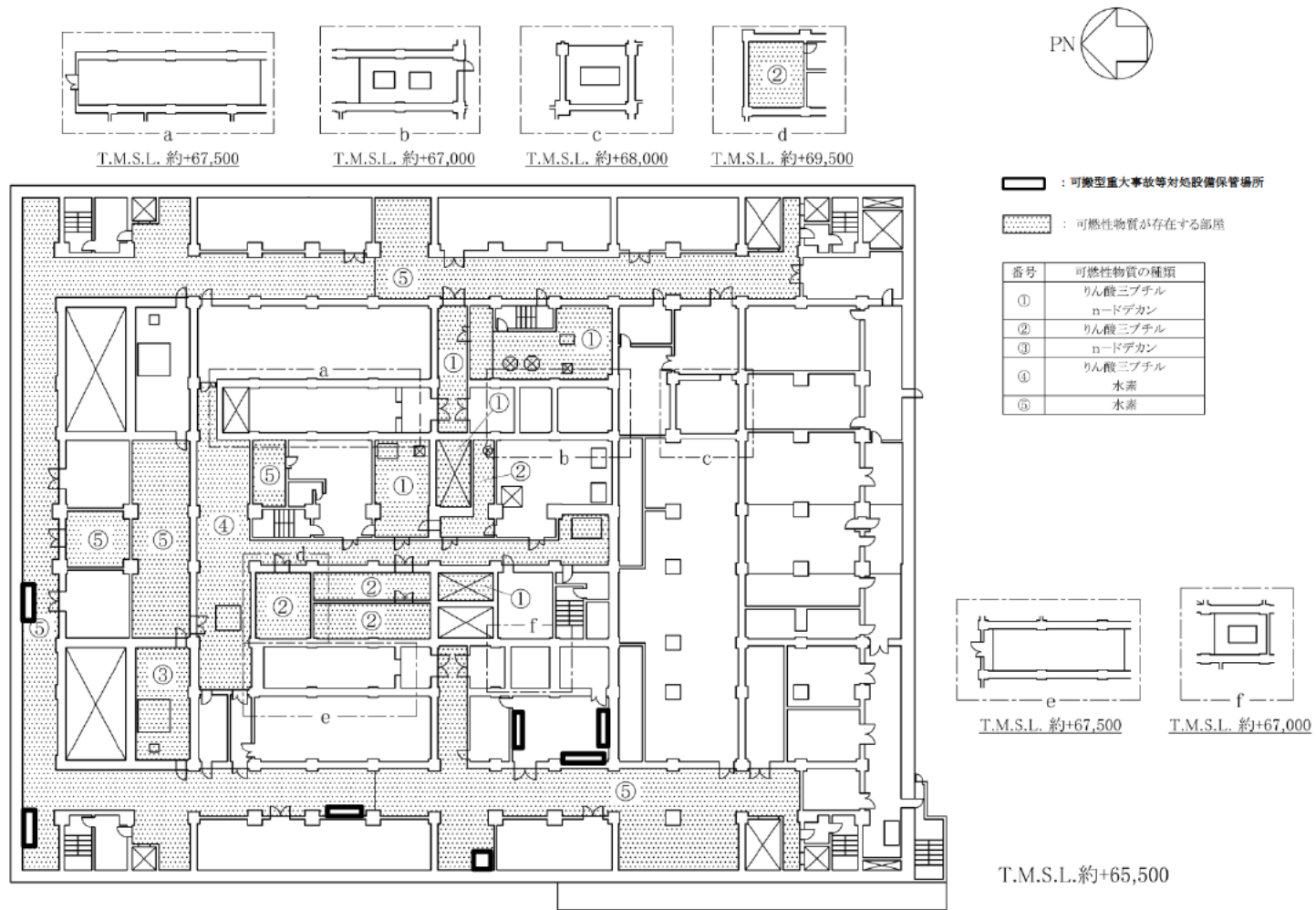
第84図 可燃性物質による火災ハザードマップ 精製建屋（地上1階）



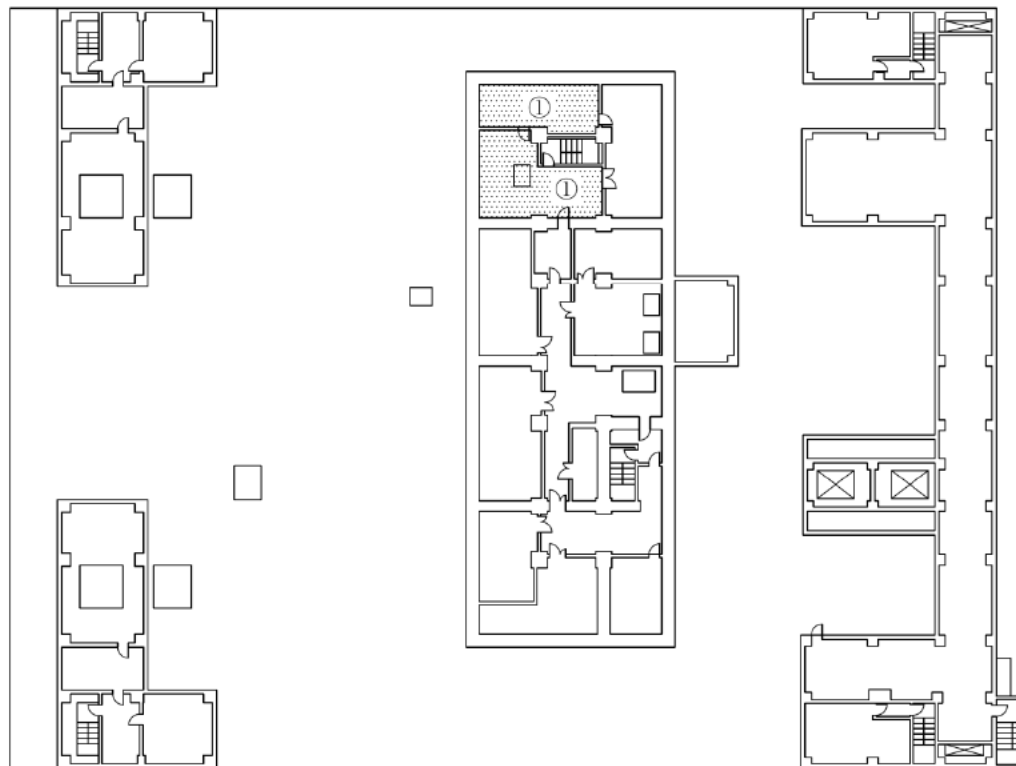
第85図 可燃性物質による火災ハザードマップ 精製建屋（地上2階）



第86図 可燃性物質による火災ハザードマップ 精製建屋（地上3階）



第87図 可燃性物質による火災ハザードマップ 精製建屋（地上4階）



— : 可搬型重大事故等対処設備保管場所

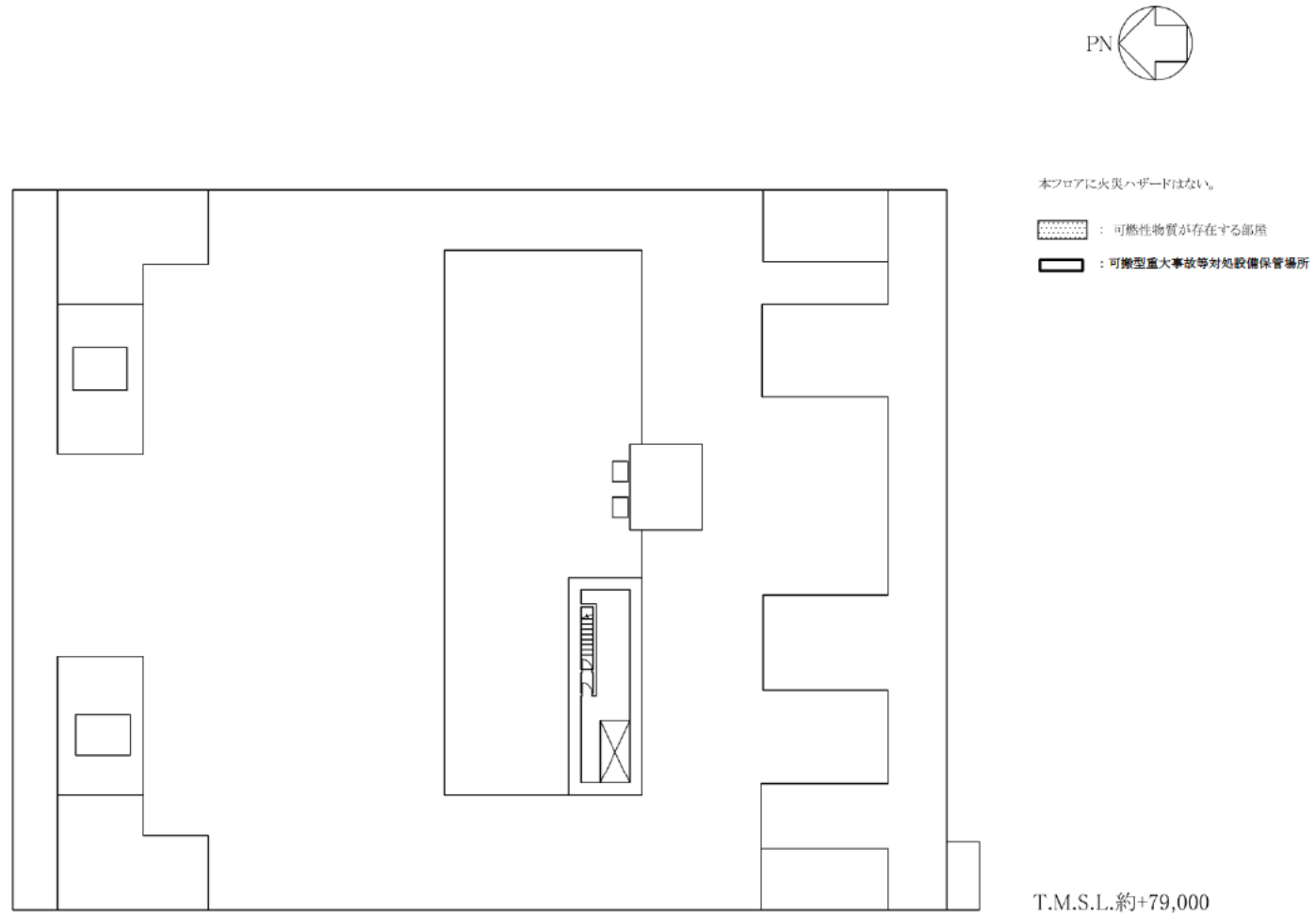
▨ : 可燃性物質が存在する部屋

番号	可燃性物質の種類
①	りん酸三ブチル n-ドデカン

T.M.S.L.約+73,500

第88図 可燃性物質による火災ハザードマップ 精製建屋（地上5階）

補8-19-88



第89図 可燃性物質による火災ハザードマップ 精製建屋（屋上階）

補足説明資料 8 - 20 (28 条)

8. 放射線分解により発生する水素による
爆発への対処

水素爆発発生時における敷地境界被ばく線量評価

1. 評価内容

水素爆発が発生した場合、貯槽等に内包する高レベル廃液等が爆発のエネルギーにより放射性エアロゾルとして気相中に移行し、放射性物質が主排気筒を介して、大気中に放出される。なお、放出量評価については、補足説明資料 8 - 16 に示したとおりである。

上記放出量に対して、敷地境界における被ばく線量を評価する。

評価対象建屋は水素爆発の発生を想定する前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋である。

2. 敷地境界での被ばく評価

敷地境界被ばく線量は、蒸発乾固が発生した場合の大気中への放射性物質の放出量、呼吸率、相対濃度及び線量換算係数を乗じて算出する。

敷地境界被ばく線量評価は、以下の計算式（1式）により算出する。

$$\begin{aligned}
 & \text{被ばく線量} [S_v] \\
 & = \text{大気中への放射性物質の放出量} [B_q] \\
 & \quad \times \text{呼吸率} [m^3 / s] \times \text{相対濃度 } \chi / Q [s / m^3] \\
 & \quad \times \text{線量換算係数} [S_v / B_q] \qquad \qquad \qquad (1 \text{ 式})
 \end{aligned}$$

3. 評価に用いる各種パラメータの設定

拡大防止対策成功時及び拡大防止対策失敗時の敷地境界被ばく線量評価に用いた各種パラメータを第1表に示す。

第1表 被ばく線量評価に必要なパラメータの設定

項目	水素爆発を見込んだ場合
M A R	貯槽ごとに設定
D R	貯槽ごとに設定
A R F	1.0×10^{-4}
D F	10^6
相対濃度 x / Q (1時間値) [s / m^3]	1.2×10^{-6} (放出点：主排気筒)
呼吸率 [m^3 / s]	3.33×10^{-4}
換算係数 [S_v / B_q]	核種グループごとに設定

4. 換算係数

敷地境界被ばく線量を算出するにあたって、必要な換算係数は、核種グループごとに設定する。設定方法は、ICRP Pub. 72 に記載された核種ごとの換算係数に対して、ORIGEN2.0 において計算された各核種の使用済燃料中の存在割合を乗じて算出する。換算係数の結果を第2表に、核種グループごとの設定方法を第3表から第4表に示す。

第2表 核種グループごとの換算係数

核種Gr	換算係数 [Sv/Bq]
Zr/Nb	1.68E-08
Ru/Rh	3.30E-08
Cs/Ba	2.40E-09
Ce/Pr	2.64E-08
Sr/Y	8.07E-08
その他FP	2.85E-08
Pu(α)	3.47E-06
Am/Cm(α)	3.57E-05
U(α)	5.12E-06
Np(α)	4.19E-07

第3表 換算係数の設定方法（核分裂生成物）

核種グループ	核種	① 使用済燃料 棒内中の 放射能 (Ci/tU)	②=①/合計 グループ内 相対値	③ H換算係数 (Sv/Bq) 【ICRP Pu b. 72】	④=②×③ グループ内 換算係数
Zr/Nb	NB93M	1.36E+00	35%	1.80E-09	6.35E-10
Zr/Nb	ZR93	2.49E+00	65%	2.50E-08	1.62E-08
Zr/Nb	NB94	1.77E-04	0%	4.90E-08	2.25E-12
Zr/Nb	ZR95	2.78E-20	0%	5.90E-09	4.27E-29
Zr/Nb	NB95	6.18E-20	0%	1.80E-09	2.89E-29
Zr/Nb	NB95M	2.07E-22	0%	8.80E-10	4.73E-32
Zr/Nb	合計	3.84E+00	100%	合計(Σ④)	1.68E-08
Ru/Rh	Rh102	5.24E-02	0%	1.70E-08	2.08E-11
Ru/Rh	RU103	1.71E-36	0%	3.00E-09	1.19E-46
Ru/Rh	Rh103M	0.00E+00	0%	2.70E-12	0.00E+00
Ru/Rh	Ru106	2.14E+01	50%	6.60E-08	3.30E-08
Ru/Rh	Rh106	2.14E+01	50%	文献なし	
Ru/Rh	合計	4.29E+01	100%	合計(Σ④)	3.30E-08
Cs/Ba	CS134	1.57E+03	1%	6.60E-09	5.31E-11
Cs/Ba	CS135	5.82E-01	0%	6.90E-10	2.06E-15
Cs/Ba	CS137	9.95E+04	51%	4.60E-09	2.34E-09
Cs/Ba	BA137M	9.41E+04	48%	文献なし	
Cs/Ba	合計	1.95E+05	100%	合計(Σ④)	2.40E-09
Ce/Pr	CE141	0.00E+00	0%	3.80E-09	0.00E+00
Ce/Pr	CE142	3.70E-05	0%	文献なし	
Ce/Pr	CE144	2.16E+00	50%	5.30E-08	2.63E-08
Ce/Pr	PR144	2.16E+00	50%	1.80E-11	8.95E-12
Ce/Pr	PR144M	2.59E-02	1%	文献なし	
Ce/Pr	合計	4.34E+00	100%	合計(Σ④)	2.64E-08
Sr/Y	SR89	1.95E-27	0%	7.90E-09	1.09E-40
Sr/Y	SR90	7.08E+04	50%	1.60E-07	8.00E-08
Sr/Y	Y90	7.08E+04	50%	1.50E-09	7.50E-10
Sr/Y	Y91	7.62E-23	0%	8.90E-09	4.79E-36
Sr/Y	合計	1.42E+05	100%	合計(Σ④)	8.07E-08
その他FP	AG108	3.08E-06	0%	文献なし	
その他FP	AG108M	3.46E-05	0%	7.40E-09	2.63E-17
その他FP	AG109M	5.82E-07	0%	文献なし	
その他FP	AG110	1.88E-05	0%	文献なし	
その他FP	AG110M	1.42E-03	0%	7.60E-09	1.11E-15
その他FP	BE10	3.96E-06	0%	3.50E-08	1.43E-17
その他FP	C14	1.60E-04	0%	5.80E-09	9.52E-17
その他FP	CD109	5.82E-07	0%	6.60E-09	3.95E-19
その他FP	CD113M	3.66E+01	0%	5.20E-08	1.96E-10
その他FP	CD115M	1.98E-34	0%	6.20E-09	1.26E-46
その他FP	EU150	1.89E-05	0%	5.30E-08	1.03E-16
その他FP	EU152	3.94E+00	0%	4.20E-08	1.70E-11
その他FP	EU154	4.68E+03	48%	5.30E-08	2.55E-08
その他FP	EU155	1.23E+03	13%	6.90E-09	8.71E-10
その他FP	GD152	5.06E-13	0%	1.90E-05	9.89E-22
その他FP	GD153	1.06E-05	0%	2.10E-09	2.29E-18
その他FP	HO166M	4.09E-03	0%	1.20E-07	5.05E-14
その他FP	IN114	1.98E-33	0%	文献なし	
その他FP	IN114M	2.11E-33	0%	6.10E-09	1.32E-45
その他FP	IN115	1.58E-11	0%	1.60E-07	2.59E-22
その他FP	IN115M	0.00E+00	0%	5.90E-11	0.00E+00
その他FP	LA138	2.16E-09	0%	1.50E-07	3.33E-20
その他FP	ND144	2.19E-09	0%	文献なし	
その他FP	PD107	1.44E-01	0%	8.50E-11	1.26E-15
その他FP	PM146	6.93E-01	0%	2.10E-08	1.50E-12
その他FP	PM147	2.83E+03	29%	5.00E-09	1.46E-09
その他FP	PM148	2.39E-37	0%	2.00E-09	4.91E-50
その他FP	PM148M	3.94E-36	0%	5.10E-09	2.07E-48
その他FP	RB87	2.98E-05	0%	5.00E-10	1.53E-18
その他FP	SB124	7.47E-25	0%	6.40E-09	4.92E-37
その他FP	SB125	4.12E+02	4%	4.80E-09	2.03E-10
その他FP	SB126	1.41E-01	0%	2.80E-09	4.05E-14
その他FP	SB126M	1.01E+00	0%	1.90E-11	1.96E-15
その他FP	SE79	5.58E-01	0%	1.10E-09	6.31E-14
その他FP	SM146	4.31E-07	0%	1.10E-05	4.88E-16
その他FP	SM147	5.40E-06	0%	9.60E-06	5.34E-15
その他FP	SM148	7.84E-11	0%	文献なし	
その他FP	SM149	1.04E-12	0%	文献なし	
その他FP	SM151	4.25E+02	4%	4.00E-09	1.75E-10
その他FP	SN119M	5.04E-05	0%	2.20E-09	1.14E-17
その他FP	SN121M	2.22E-01	0%	4.50E-09	1.03E-13
その他FP	SN123	6.65E-10	0%	8.10E-09	5.54E-22
その他FP	SN126	1.01E+00	0%	2.80E-08	2.90E-12
その他FP	TB160	2.05E-20	0%	7.00E-09	1.48E-32
その他FP	TE123	4.00E-12	0%	1.90E-09	7.82E-25
その他FP	TE123M	4.07E-13	0%	4.00E-09	1.67E-25
その他FP	TE125M	1.01E+02	1%	3.40E-09	3.52E-11
その他FP	TE127	1.15E-11	0%	1.30E-10	1.54E-25
その他FP	TE127M	1.18E-11	0%	7.40E-09	8.96E-24
その他FP	TE129	0.00E+00	0%	3.70E-11	0.00E+00
その他FP	TE129M	0.00E+00	0%	6.60E-09	0.00E+00
その他FP	TM170	1.28E-14	0%	7.00E-09	9.20E-27
その他FP	TM171	7.12E-06	0%	1.40E-09	1.03E-18
その他FP	合計	9.72E+03	100%	合計(Σ④)	2.85E-08

第4表 換算係数の設定方法（アクチノイド）

		①	②=①/合計	③	④=②×③
核種 グループ	核種	使用済燃料 棒内中の 放射能量 (Ci/tU)	グループ内 相対値	H換算係数 (Sv/Bq) 【ICRP Pu b. 72】	グループ内 換算係数
Pu	PU236	2.96E-02	0%	2.00E-05	7.13E-12
Pu	PU237	2.59E-36	0%	3.90E-10	1.22E-50
Pu	PU238	3.73E+03	4%	4.60E-05	2.07E-06
Pu	PU239	3.57E+02	0%	5.00E-05	2.15E-07
Pu	PU240	5.69E+02	1%	5.00E-05	3.42E-07
Pu	PU241	7.84E+04	94%	9.00E-07	8.50E-07
Pu	PU242	2.38E+00	0%	4.80E-05	1.38E-09
Pu	PU243	2.37E-07	0%	8.60E-11	2.46E-22
Pu	Pu244	6.74E-07	0%	4.70E-05	3.81E-16
Pu	Pu246	1.54E-14	0%	8.00E-09	1.48E-27
Pu	合計	8.31E+04	100%	合計 (Σ④)	3.47E-06
Am/Cm	AM241	2.90E+03	58%	4.20E-05	2.44E-05
Am/Cm	AM242M	9.54E+00	0%	3.70E-05	7.08E-08
Am/Cm	AM242	9.49E+00	0%	1.70E-08	3.24E-11
Am/Cm	AM243	2.62E+01	1%	4.10E-05	2.15E-07
Am/Cm	AM245	2.56E-13	0%	5.30E-11	2.72E-27
Am/Cm	AM246	1.54E-14	0%	6.60E-11	2.04E-28
Am/Cm	CM242	7.87E+00	0%	5.20E-06	8.21E-09
Am/Cm	CM243	2.16E+01	0%	3.10E-05	1.34E-07
Am/Cm	CM244	2.01E+03	40%	2.70E-05	1.09E-05
Am/Cm	CM245	3.26E-01	0%	4.20E-05	2.75E-09
Am/Cm	CM246	7.28E-02	0%	4.20E-05	6.14E-10
Am/Cm	CM247	2.37E-07	0%	3.90E-05	1.86E-15
Am/Cm	CM248	6.18E-07	0%	1.50E-04	1.86E-14
Am/Cm	CM250	6.17E-14	0%	8.40E-04	1.04E-20
Am/Cm	合計	4.98E+03	100%	合計 (Σ④)	3.57E-05
U	U232	5.41E-02	1%	3.70E-05	4.95E-07
U	U233	4.90E-05	0%	9.60E-06	1.16E-10
U	U234	1.36E+00	34%	9.40E-06	3.16E-06
U	U235	2.18E-02	1%	8.50E-06	4.58E-08
U	U236	3.76E-01	9%	8.70E-06	8.09E-07
U	U237	1.92E+00	48%	1.90E-09	9.04E-10
U	U238	3.11E-01	8%	8.00E-06	6.16E-07
U	U240	6.73E-07	0%	5.80E-10	9.65E-17
U	合計	4.05E+00	100%	合計 (Σ④)	5.12E-06
Np	NP235	1.08E-11	0%	4.20E-10	9.36E-21
Np	NP236	0.00E+00	0%	3.20E-06	0.00E+00
Np	NP237	4.85E-01	100%	2.30E-05	2.30E-05
Np	NP238	0.00E+00	0%	2.10E-09	0.00E+00
Np	NP239	0.00E+00	0%	9.30E-10	0.00E+00
Np	NP240M	0.00E+00	0%	文献なし	
Np	合計	4.85E-01	100%	合計 (Σ④)	4.19E-07

5. 評価結果

水素爆発が発生した場合に気相中に移行した放射性物質が、主排気筒を介して、大気中に放出された場合の敷地境界被ばく線量評価の結果を第5表に示す。

第5表 水素爆発が発生した場合における
敷地境界被ばく線量

建屋	核種 グループ	水素爆発を見込んだ場合	
		放出量 [B q]	敷地外 被ばく線量 [m S v]
前処理建屋	Z r / N b	5.2E+02	5.3 × 10 ⁻⁵
	R u / R h	2.2E+04	
	C s / B a	2.6E+07	
	C e / P r	5.8E+02	
	S r / Y	1.9E+07	
	その他 F P	1.4E+06	
	P u (α)	2.1E+07	
	A m / C m (α)	1.7E+06	
	U (α)	2.2E+03	
	N p (α)	3.3E+03	
	合計	6.8E+07	
分離建屋	Z r / N b	1.5E+03	8.9 × 10 ⁻⁵
	R u / R h	2.5E+04	
	C s / B a	7.9E+07	
	C e / P r	1.7E+03	
	S r / Y	5.5E+07	
	その他 F P	4.9E+06	
	P u (α)	1.4E+07	
	A m / C m (α)	4.8E+06	
	U (α)	3.0E+02	
	N p (α)	2.1E+03	
	合計	1.6E+08	
精製建屋	Z r / N b	0.0E+00	2.1 × 10 ⁻⁴
	R u / R h	1.7E-01	
	C s / B a	0.0E+00	
	C e / P r	0.0E+00	
	S r / Y	0.0E+00	
	その他 F P	3.2E+00	
	P u (α)	1.5E+08	
	A m / C m (α)	0.0E+00	
	U (α)	9.3E-02	
	N p (α)	0.0E+00	
	合計	1.5E+08	

(つづき)

建屋	核種 グループ	水素爆発を見込んだ場合	
		放出量 [B q]	敷地外 被ばく線量 [m S v]
ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋	Z r / N b	0.0E+00	4.9 × 10 ⁻⁵
	R u / R h	4.7E-04	
	C s / B a	9.1E-02	
	C e / P r	1.9E-05	
	S r / Y	1.1E-01	
	その他 F P	1.5E+00	
	P u (α)	3.5E+07	
	A m / C m (α)	3.4E+04	
	U (α)	5.2E+00	
	N p (α)	8.7E-02	
	合計	3.5E+07	
高レベル廃液ガラス 固化建屋	Z r / N b	1.4E+04	6.5 × 10 ⁻⁴
	R u / R h	3.3E+05	
	C s / B a	7.2E+08	
	C e / P r	1.6E+04	
	S r / Y	5.0E+08	
	その他 F P	4.9E+07	
	P u (α)	2.9E+06	
	A m / C m (α)	4.4E+07	
	U (α)	5.2E+01	
	N p (α)	8.7E+04	
	合計	1.3E+09	
合計	Z r / N b	1.6E+04	1.1 × 10 ⁻³
	R u / R h	3.8E+05	
	C s / B a	8.2E+08	
	C e / P r	1.8E+04	
	S r / Y	5.7E+08	
	その他 F P	5.5E+07	
	P u (α)	2.2E+08	
	A m / C m (α)	5.0E+07	
	U (α)	2.6E+03	
	N p (α)	9.2E+04	
	合計	1.8E+09	

補足説明資料 8 - 21 (28 条)

8. 放射線分解により発生する水素による
爆発への対処

水素爆発を想定する機器			水素単独 8vol%到達時間	冷却喪失重量 8vol%到達時間	可搬型空気圧縮機 稼動開始時間 (拡大防止対策2時 間遅れ)	可搬型空気圧縮機 稼動時の水素濃度 (拡大防止実施時)	ポンベ設置対象機 器に○	圧縮空気手動供給 ユニットからの空気 供給時間	圧縮空気手動供給 ユニット稼動時の 水素濃度	
建屋	SA水素	安全冷却水	機器名称	[h]	[h]	[h]	[vol%]	[-]	[h]	[vol%]
AA	○	○	中継槽A	99	86	41.1	3.6			
AA	○	○	中継槽B	99	86	41.1	3.6			
AA	○	○	計量前中間貯槽A	76	76	41.1	4.6			
AA	○	○	計量前中間貯槽B	76	76	41.1	4.6			
AA	○	○	計量・調整槽	101	99	41.1	3.7			
AA	○	○	計量後中間貯槽	101	99	41.1	3.7			
AA	○	○	計量補助槽	79	79	41.1	4.3			
AB	○		プルトニウム溶液受槽	10	10	11.2	3.9	○	4.2	3.5
AB	○		プルトニウム溶液中間貯槽	10	10	11.2	3.9	○	4.3	3.6
AB	○		第2一時貯留処理槽	7.5	7.5	11.2	3.9	○	4.1	4.7
AB	○	○	第3一時貯留処理槽	210	148	11.2	1.4			
AB	○	○	第4一時貯留処理槽	257	158	11.2	1.2			
AB	○	○	高レベル廃液濃縮缶A	50	14	11.2	2.4			
AB	○	○	溶解液中間貯槽	144	108	11.2	1.5			
AB	○	○	溶解液供給槽	136	108	11.2	0.91			
AB	○	○	抽出廃液受槽	179	142	11.2	0.93			
AB	○	○	抽出廃液中間貯槽	122	122	11.2	1.3			
AB	○	○	抽出廃液供給槽A	171	140	11.2	1.4			
AB	○	○	抽出廃液供給槽B	171	140	11.2	1.4			
AC	○		プルトニウム溶液供給槽	13	13	11.8	5.8			
AC	○	○	プルトニウム溶液受槽	5	5	11.8	3.9	○	1.5	2.7
AC	○	○	油水分離槽	6.25	6.25	11.8	3.9	○	1.7	2.6
AC	○	○	プルトニウム濃縮缶供給槽	2.7	2.7	11.8	3.9	○	1.0	3.8
AC	○	○	プルトニウム溶液一時貯槽	2.8	2.8	11.8	3.9	○	1.1	4.1
AC	○		プルトニウム濃縮缶	27	27	11.8	3			
AC	○	○	プルトニウム濃縮液受槽	2.9	2.9	11.8	3.9	○	1.2	3.9
AC	○	○	プルトニウム濃縮液一時貯槽	1.4	1.4	11.8	3.9	○	0.8	4.9
AC	○	○	プルトニウム濃縮液計量槽	2.9	2.9	11.8	3.9	○	1.3	4.1
AC	○	○	リサイクル槽	2.9	2.9	11.8	3.9	○	1.3	4.1
AC	○	○	希釈槽	2.2	2.2	11.8	3.9	○	0.9	3.5
AC	○	○	プルトニウム濃縮液中間貯槽	2.9	2.9	11.8	3.9	○	1.4	4.3
AC	○	○	第2一時貯留処理槽	7.7	7.7	11.8	3.9	○	1.8	2.2
AC	○	○	第3一時貯留処理槽	5.8	5.8	11.8	3.9	○	1.6	2.8
AC	○		第7一時貯留処理槽	28	28	11.8	4			
CA	○	○	硝酸プルトニウム貯槽	7.4	7.4	20	3.9	○	0.8	1.4
CA	○	○	混合槽A	10	10	20	3.9	○	1.0	1.2
CA	○	○	混合槽B	10	10	20	3.9	○	1.1	1.3
CA	○	○	一時貯槽	空運用	空運用	20	空運用	○		
KA	○	○	第1高レベル濃縮廃液貯槽	87	24	21.8	1.9			
KA	○	○	第2高レベル濃縮廃液貯槽	87	24	21.8	1.9			
KA	○	○	第1高レベル濃縮廃液一時貯槽	220	24	21.8	0.78			
KA	○	○	第2高レベル濃縮廃液一時貯槽	220	24	21.8	0.78			
KA	○	○	高レベル廃液混合槽A	170	24	21.8	0.98			
KA	○	○	高レベル廃液混合槽B	170	24	21.8	0.98			
KA	○	○	供給液槽A	290	26	21.8	0.6			
KA	○	○	供給液槽B	290	26	21.8	0.6			
KA	○	○	供給槽A	240	26	21.8	0.72			
KA	○	○	供給槽B	240	26	21.8	0.72			
KA	○	○	高レベル廃液共用貯槽(高レベル濃縮廃液貯蔵時)	空運用	空運用	21.8	空運用			

10. 有機溶媒等による火災又は爆発への対処

7.4 有機溶媒等による火災又は爆発への対処

(1) 有機溶媒等による火災又は爆発の特徴

T B P等の錯体の急激な分解反応には、T B P等の錯体の存在及びT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度に達するための加熱源が必要であるため、T B P等の供給源又は加熱源を除去することで、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生は防止できる。

プルトニウム濃縮缶には、硝酸プルトニウム及び硝酸が既に存在するため、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶供給槽（以下7.4では「プルトニウム濃縮缶供給槽」という。）からプルトニウム濃縮缶へ供給される溶液（以下7.4では「供給液」という。）に含まれるT B Pを除去することにより、T B P等の錯体の形成を防止することができる。

プルトニウム精製設備では、供給液にT B Pが混入しないよう、供給液からT B Pを除去する設計としている。

また、加熱源の除去として、プルトニウム濃縮缶を加熱する設備に熱的制限値を設定するとともに、熱的制限値に達した場合に加熱を停止するための設備を有する設計としている。

これらにより、プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応の発生を防止する設計としている。

T B Pを除去する設備は、T B Pを含む硝酸プルトニウム溶液に希釈剤を接触させることで水相中のT B Pを除去するミキサセトラ、希釈剤を供給する試薬設備及びT B Pを含む硝酸プルトニウム溶液を供給する設備で構成する。

プルトニウム濃縮缶の加熱を停止するための設備は、加熱蒸気の温度が熱的制限値に達する場合に一次蒸気、加熱蒸気を遮断するための加熱停止回路及び遮断弁で構成する。

プルトニウム濃縮缶，プルトニウム濃縮缶を収納するセル及びセルを取り囲む建屋は，それぞれ精製建屋塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）（以下 7.4 では「塔槽類廃ガス処理設備」という。），精製建屋換気設備のセルからの排気系（以下 7.4 では「セル排気系」という。），セル等以外の建屋内の気体を排気する精製建屋換気設備により換気され，プルトニウム濃縮缶の圧力を最も低くし，次いでセル，建屋の順に圧力を低くできる設計としている。

技術的な想定を超え，動的機器の多重故障及び誤作動並びに運転員等の多重誤操作により，希釈剤による T B P の除去機能が喪失し，供給液に T B P が多量に含まれる状況で供給液の供給が継続するとともに，プルトニウム濃縮缶への加熱蒸気の制御にも異常が生じ，熱的制限値によるプルトニウム濃縮缶を加熱する設備の停止機能が喪失した状態が継続することで，プルトニウム濃縮缶内の溶液の温度が T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を超えた場合に T B P 等の錯体の急激な分解反応が継続する。以下 7.4 では T B P 等の錯体の急激な分解反応が継続することを「T B P 等の錯体の急激な分解反応の再発」という。

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生に伴い，プルトニウム濃縮缶内に存在している T B P 等から二酸化炭素，水，窒素やりん酸といった分解生成物が⁽¹⁾生成されるとともに熱が発生するため，プルトニウム濃縮缶の気相部の圧力が瞬間的に上昇することで，プルトニウム濃縮缶内及びプルトニウム濃縮缶に接続している塔槽類廃ガス処理設備の機器へ圧力波が伝播し，圧力及び温度が急激に上昇する。塔槽類廃ガス処理設備の系統内には塔槽類廃ガス処理設備の廃ガスポット（以下 7.4 では「廃ガスポット」という。）があるため，一時的に一部の平常運転時に気相中に移行した放射性物質が廃ガスポットからセルへ導出される可能性

がある。また、プルトニウム濃縮缶では、T B P等の錯体の急激な分解反応に伴う圧力波の伝播による溶液の飛散や急激な加圧により発生する放射性エアロゾルが、圧力波の伝播後から遅れて機器外に放出される。T B P等の錯体の急激な分解反応が終わると、プルトニウム濃縮缶内の圧力及び温度は速やかに低下する。

仮にT B P等の錯体の急激な分解反応への対処を行わないとした場合には、T B P等の錯体の急激な分解反応発生によりT B P等の錯体が消費され、プルトニウム濃縮缶へのT B P等の供給及び加熱が継続されることによりT B P等の錯体の急激な分解反応が再発し、放射性物質の放出量が増加する。

T B P等の錯体の急激な分解反応は、1建屋1機器において発生を仮定する。

(2) T B P等の錯体の急激な分解反応への対処の基本方針

T B P等の錯体の急激な分解反応への対処として、再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の第二十八条及び第三十七条に規定される要求を満足するT B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策を整備する。

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合には、「(1) T B P等の錯体の急激な分解反応の特徴」に記載したとおり、放射性物質の気相中への移行量が増加する。プルトニウム濃縮缶への供給液の供給及びプルトニウム濃縮缶の加熱が継続した場合には、T B P等の錯体の急激な分解反応が再発することで放射性物質の放出量が増加する。

T B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止するためには、T B P等の供給源又は加熱源を除去する必要がある。T B P等の錯体の急激な

分解反応の拡大防止対策として、T B P等の供給源を除去するためにプルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する対策及び加熱源を除去するためにプルトニウム濃縮缶の加熱を停止する対策を整備する。

また、T B P等の錯体の急激な分解反応により気相中に移行した放射性物質の大気中への放出量を低減するため、直ちに自動でT B P等の錯体の急激な分解反応が発生した設備に接続される塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断し、放射性物質を含む気体を貯留する対策を整備する。

廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽（以下7.4では「廃ガス貯留槽」という。）が所定の圧力に達した場合、排気経路を塔槽類廃ガス処理設備に切り替え、プルトニウム濃縮缶気相部に残留している放射性エアロゾルを塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタで低減し、塔槽類廃ガス処理設備から主排気筒を介して大気中へ放出する。

各対策の系統概要図を第7.4-1図及び第7.4-2図に示す。また、各対策の基本方針の詳細を以下に示す。

a. T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策

内的事象の動的機器の多重故障及び誤作動並びに運転員等の多重誤操作によりT B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生を検知し、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を自動又は手動で停止する。また、プルトニウム濃縮缶の加熱の停止のために、一次蒸気停止弁を手動にて閉止する。これらの対応により、T B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止する。

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した場合には、直ちに自動で塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断するとともに、プルトニウム濃縮缶から廃ガス貯留槽への流路を確立し、廃ガス貯留設備の空気圧縮機を用いて廃ガス貯留槽に放射性物質を含む気体を導出する。

廃ガス貯留槽への放射性物質を含む気体の導出完了後、放出経路の切替えを実施し、プルトニウム濃縮缶気相部に残留している放射性エアロゾルを、高い除染能力を有する塔槽類廃ガス処理設備から主排気筒を介して大気中へ放出する。その場合でも廃ガス貯留槽前に設けられた逆止弁により、廃ガス貯留槽内の放射性物質を含む気体が塔槽類廃ガス処理設備へ逆流することはない。

その後、廃ガス貯留設備の隔離弁を閉止し、廃ガス貯留設備の空気圧縮機を停止する。

7.4.1 T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策

7.4.1.1 T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策の具体的内容

7.4.1.1.1 プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止及びプルトニウム濃縮缶の加熱の停止

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合は、重大事故時供給停止回路の分解反応検知機器であるプルトニウム濃縮缶液相部温度計、プルトニウム濃縮缶圧力計及びプルトニウム濃縮缶気相部温度計によりプルトニウム濃縮缶の異常を検知し、警報を発する。また、分解反応検知機器である論理回路は、上述の3台の検出器の誤作動を考慮して、同時に2台以上の検出器においてプルトニウム濃縮缶の異常を検知した場合に、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生したと判定する。分解反応検知機器の論理回路は、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生したと判定した場合に警報を発報する。

分解反応検知機器の論理回路がT B P等の錯体の急激な分解反応の発生を判定した場合は、プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンにより供給液がプルトニウム濃縮缶へ連続的に供給され、T B P等の錯体の急激な分解反応が再発することを防止するため、プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンを停止するための重大事故時供給液停止弁の閉信号を1分以内に自動で発することにより、供給液の供給を停止する。

上記操作と並行して、中央制御室からの操作により、重大事故時供給停止回路の緊急停止系を1分以内に作動させ、同信号を発することによりプルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する。

また、プルトニウム濃縮缶の加熱を停止することによりT B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止するため、一次蒸気停止弁を手動にて閉止する。

対策の概要を以下に示す。また、対策の系統概要図を第7.4-1図に、対策の手順の概要を第7.4-4図に、対策における手順及び設備の関係を第7.4-1表に、必要な要員及び作業項目を第7.4-5図に示す。

- (1) T B P等の錯体の急激な分解反応の発生の検知，T B P等の錯体の急激な分解反応への対処の着手及び実施判断

分解反応検知機器の論理回路がT B P等の錯体の急激な分解反応の発生を判定した場合は，T B P等の錯体の急激な分解反応への対処の着手及び実施を判断し，以下の(2)及び(4)に移行する。

T B P等の錯体の急激な分解反応への対処の着手判断及び実施判断に必要な監視項目は，プルトニウム濃縮缶気相部圧力，プルトニウム濃縮缶気相部温度及びプルトニウム濃縮缶液相部温度である。

- (2) プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止及び状態確認

分解反応検知機器の論理回路がT B P等の錯体の急激な分解反応が発生したと判定した場合は，自動でプルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する。

並行して，中央制御室からの操作により，重大事故時供給停止回路の緊急停止系を作動させ，プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止するとともに，プルトニウム濃縮缶圧力，プルトニウム濃縮缶気相部温度及びプルトニウム濃縮缶液相部温度の指示値を確認する。

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止時に確認が必要な監視項目は，重大事故時供給停止回路の緊急停止系の緊急停止操作スイッチの状態表示ランプ，プルトニウム濃縮缶圧力，プルトニウム濃縮缶気相部温度及びプルトニウム濃縮缶液相部温度である。

- (3) プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止の成否判断

プルトニウム濃縮缶供給槽の液位計により，プルトニウム濃縮缶供給

槽の液位が一定になったことを確認することで、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給が停止したことの成否を判断する。

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止の成否判断に必要な監視項目は、プルトニウム濃縮缶供給槽の液位である。

(4) プルトニウム濃縮缶の加熱の停止

プルトニウム濃縮缶の加熱を停止するため、一次蒸気停止弁の閉止操作を実施する。

(5) プルトニウム濃縮缶の加熱の停止の成否判断

計装設備のプルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計により、加熱蒸気温度がT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度未満になったことを確認することで、プルトニウム濃縮缶の加熱の停止の成否を判断する。

プルトニウム濃縮缶の加熱の停止の成否を判断するために必要な監視項目は、プルトニウム濃縮缶加熱蒸気の温度である。

7.4.1.1.2 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留

T B P等の錯体の急激な分解反応により気相中に移行した放射性物質の大気中への放出量を低減するため、廃ガス貯留槽に放射性物質を導出する。そのため、廃ガス貯留設備の隔離弁を自動で開とするとともに廃ガス貯留設備の空気圧縮機を自動で起動し廃ガス貯留槽に放射性物質を導く。同時に、塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断するため、自動で塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁を閉止するとともに、自動で塔槽類廃ガス処理設備の排風機を停止する。廃ガス貯留槽への導出は、分解反応検知機器の論理回路によるT B P等の錯体の急激な分解反応の発生の判定から約1分以内に開始する。

廃ガス貯留槽は約21m³の容量を有し、廃ガス貯留設備の圧力計（精製

建屋用)により、廃ガス貯留槽が規定圧力に達したことを確認した場合には、手動で塔槽類廃ガス処理設備の排風機を起動するとともに、塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁を開とすることで、高い除染能力を有する平常運転時の放出経路に復旧し、プルトニウム濃縮缶内に残留している放射性エアロゾルを塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタにより低減した上で、放射性物質を管理された状態において主排気筒を介して大気中に放出する。

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生によって分解生成物及び熱が発生することから、プルトニウム濃縮缶の気相部の圧力が瞬間的に上昇するため、プルトニウム濃縮缶に接続する塔槽類廃ガス処理設備の系統内の圧力が瞬間的に上昇することにより、平常運転時に気相中に移行した放射性物質が廃ガスポットからセルへ導出される。その後、塔槽類廃ガス処理設備の系統内の圧力は速やかに低下する。T B P等の錯体の急激な分解反応に伴い発生する放射性エアロゾルは、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生後遅れて発生することから、廃ガスポットからセルへ導出される放射性物質には、T B P等の錯体の急激な分解反応によって発生する放射性物質は含まれない。

セルへ導出された放射性エアロゾルは、セル排気系のセル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタにより低減した上で、放射性物質を精製建屋換気設備から主排気筒を介して大気中へ放出される。

対策の概要を以下に示す。また、対策の系統概要図を第 7.4-2 図に、対策の手順の概要を第 7.4-4 図に、対策における手順及び設備の関係を第 7.4-2 表に、必要な要員及び作業項目を第 7.4-5 図に示す。

(1) 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の着手及び実施判断

「7.4.1.1.1(1) T B P等の錯体の急激な分解反応の発生の検知、T B P等の錯体の急激な分解反応への対処の着手及び実施判断」と同様で

ある。

分解反応検知機器の論理回路がT B P等の錯体の急激な分解反応の発生を判定した場合は、廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の着手及び実施を判断し、以下の(3)へ移行する。

(2) 廃ガス貯留槽への導出

分解反応検知機器の論理回路がT B P等の錯体の急激な分解反応の発生を判定した場合は、廃ガス貯留設備の隔離弁を自動で開くとともに廃ガス貯留設備の空気圧縮機を自動で起動し、廃ガス貯留槽に放射性物質を導く。同時に、塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断するため、自動で塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁を閉止するとともに、自動で塔槽類廃ガス処理設備の排風機を停止する。

(3) 廃ガス貯留槽への導出開始の確認

廃ガス貯留槽への放射性物質を含む気体の導出開始後、廃ガス貯留槽内の圧力の上昇及び廃ガス貯留設備の流量計（精製建屋用）の指示値の上昇により、放射性物質を含む気体の廃ガス貯留槽への導出が開始されたことを確認する。

また、廃ガス洗浄塔入口圧力計により、塔槽類廃ガス処理設備の廃ガス洗浄塔入口の圧力が負圧に維持され、廃ガス貯留設備（精製建屋）による圧力の制御が機能していることを確認する。

廃ガス貯留槽への放射性物質の導出開始の確認に必要な監視項目は、廃ガス貯留設備（精製建屋）の圧力、廃ガス貯留設備（精製建屋）の流量及び塔槽類廃ガス処理設備の廃ガス洗浄塔入口の圧力である。

(4) 塔槽類廃ガス処理設備による換気再開の実施判断

廃ガス貯留槽内の圧力が規定の圧力（0.4MP a [gage]）に達した場合に、廃ガス貯留設備（精製建屋）への導出を完了することとし、塔槽

類廃ガス処理設備による換気再開の実施を判断し、以下の(5)へ移行する。

廃ガス貯留設備（精製建屋）への導出完了後、塔槽類廃ガス処理設備による換気再開の実施判断において必要な監視項目は、廃ガス貯留設備（精製建屋）の圧力である。

(5) 塔槽類廃ガス処理設備による換気再開

塔槽類廃ガス処理設備による換気再開の実施判断後、中央制御室において塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁の開操作を行い、塔槽類廃ガス処理設備の排風機を再起動して、高い除染能力を有する平常運転時の放出経路に復旧し、プルトニウム濃縮缶内に残留している放射性物質を管理された状態において主排気筒を介して大気中へ放出する。

塔槽類廃ガス処理設備の再起動後、廃ガス貯留設備の隔離弁を閉止し、廃ガス貯留設備の空気圧縮機を停止する。

(6) 塔槽類廃ガス処理設備による換気再開の成否判断

塔槽類廃ガス処理設備による換気が再開されたことを、塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転表示及び計装設備の廃ガス洗浄塔入口圧力計の指示値で確認し、成否を判断する。

塔槽類廃ガス処理設備による換気の再開の成否判断において必要な監視項目は、安全系監視制御盤における塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転表示及び廃ガス洗浄塔入口圧力である。

(7) 大気中への放射性物質の放出の状態監視

主排気筒の排気モニタリング設備により、主排気筒を介して大気中への放射性物質の放出状況を監視する。

7.4.1.2 T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策の有効性評価

7.4.1.2.1 有効性評価

(1) 代表事例

「6.1 重大事故の発生を仮定する際の条件の設定及び重大事故の発生を仮定する機器の特定」で示したとおり、プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応を代表事例とする。

(2) 代表事例の選定理由

T B P等の錯体の急激な分解反応については、重大事故等が発生する機器がプルトニウム濃縮缶のみであることから、プルトニウム濃縮缶を代表事例として選定した。

(3) 有効性評価の考え方

T B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止するための対策に係る有効性評価では、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生後、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止又はプルトニウム濃縮缶の加熱の停止ができること、また、その状態を維持できることを評価する。T B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止するための対策の有効性評価においては、解析コードは用いない。

廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留に係る有効性評価は、大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）を評価する。大気中への放射性物質の放出量は、廃ガスポットからセルへ導出され、主排気筒を介して大気中へ放出される放射性物質及び廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留完了時にプルトニウム濃縮缶に残留しており、塔槽類廃ガス処理設備による換気の再開に伴って大気中に放出される放射性物

質を評価対象とする。

この評価においては、機器に内包する溶液の放射性物質質量、事故時の放射性物質の移行率、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタ及び放出経路構造物による除染係数並びに廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の効果により期待される放出低減効果を考慮する。

大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の算出において用いる塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの除染係数は、TBP等の錯体の急激な分解反応による塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの圧力及び温度について、汎用熱流体解析ソフトウェアであり、航空機の翼周りの流れ、炉内の燃焼、血流及びクリーンルームの設計等様々な工業用途に対応し、活用されているソフトウェアである解析コードFluentを用いて解析した結果に基づき設定する。

廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の有効性評価においては、解析コードは用いず、簡便な計算に基づき評価する。

(4) 有効性評価の評価単位

「(1) 代表事例」で示したとおり、TBP等の錯体の急激な分解反応の発生を仮定する機器はプルトニウム濃縮缶のみであることから、機器グループや建屋単位による整理はない。

(5) 機能喪失の条件

内的事象を要因とした安全機能の喪失の想定では、TBP等の錯体の急激な分解反応の発生の起因となる異常の発生防止に係る安全機能及び異常の拡大防止に係る安全機能が喪失することを想定し、それ以外の安全機能の喪失は想定しない。

(6) 事故の条件及び機器の条件

T B P 等の錯体の急激な分解反応における事故の条件として、プルトニウム濃縮缶内の T B P 量は、T B P の水への溶解度⁽²⁾⁽³⁾、平常運転時の硝酸プルトニウム溶液のプルトニウム濃度である 250 g P u / L から T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を沸点とする硝酸プルトニウム溶液の濃度である 800 g P u / L まで濃縮するのに必要な供給液量及びプルトニウム濃縮缶運転時における T B P の液相中の残留率⁽³⁾より算出し、約 208 g とする。

分解反応検知機器の論理回路が T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を判定し、T B P 等の錯体の急激な分解反応の検知から 1 分以内にプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンを自動停止する又は T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を知らせる警報の発報により、T B P 等の錯体の急激な分解反応の検知から 1 分以内に緊急停止系により手動にて停止する。 T B P 等の錯体の急激な分解反応が 1 分間継続する際に供給される T B P 量は、T B P の水への溶解度⁽²⁾⁽³⁾及び 1 分間の供給量より算出し、約 1 g とする。

T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策に使用する設備を第 7.4-3 表に示す。また、主要な機器の条件を以下に示す。

a. プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン

プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンは、内部を減圧することで、供給液を汲み上げ、プルトニウム濃縮缶に一定流量で供給液を供給する設備である。

分解反応検知機器の論理回路が T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を判定した場合及び緊急停止系を作動した場合は、プルトニウム濃

縮缶供給槽ゲデオンを停止するための重大事故時供給液停止弁を閉止することでプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンを停止する。

b. 一次蒸気停止弁

プルトニウム濃縮缶の加熱は、プルトニウム精製設備の蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の一次蒸気停止弁を手動にて閉止することにより停止する。

c. 緊急停止系

緊急停止系は、中央制御室に設置した緊急停止操作スイッチを操作することで、速やかに工程を停止できる。

d. 安全圧縮空気系

安全圧縮空気系は、プルトニウム濃縮缶に対して、平常運転時に供給される圧縮空気流量である約 $0.4\text{m}^3/\text{h}$ で空気を供給する。

e. 一般圧縮空気系

一般圧縮空気系は、プルトニウム濃縮缶に対して、平常運転時に供給される圧縮空気流量である約 $0.05\text{m}^3/\text{h}$ で空気を供給する。

f. プルトニウム濃縮缶

プルトニウム濃縮缶は、プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンにより供給液を供給され、蒸気発生器の加熱蒸気により加熱されることで、プルトニウム溶液を濃縮する。

プルトニウム濃縮缶に内包する硝酸プルトニウム溶液の放射性物質の濃度は、1日当たり処理する使用済燃料の平均燃焼度 $45,000\text{MW d}/\text{t} \cdot \text{U}_{\text{PR}}$ 、照射前燃料濃縮度 $4.5\text{wt}\%$ 、比出力 $38\text{MW}/\text{t} \cdot \text{U}_{\text{PR}}$ 、冷却期間 15 年を基に算出した平常運転時の最大値に、TBP等の錯体の急激な分解反応が発生する温度が硝酸プルトニウム溶液の沸点となる濃縮倍率を乗じた値とする。

プルトニウム濃縮缶に内包する硝酸プルトニウム溶液の液量は、プルトニウム濃縮缶の公称容量とする。

g. セルへ導出される放射性物質を含む気体の体積

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生に伴い、標準状態で約 0.8m^3 の気体状の分解生成物や熱が発生することでプルトニウム濃縮缶に接続する塔槽類廃ガス処理設備の廃ガスの圧力が上昇する。T B P等の錯体の急激な分解反応が発生する前にプルトニウム濃縮缶から廃ガスポットまでの間にある放射性物質は、塔槽類廃ガス処理設備の廃ガスの圧力上昇に伴い、廃ガスポットからセルへ導出されるものと塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタ及び排風機を介して主排気筒につながる流路を流れるものに分けられるが、より厳しい条件として放射性物質の全量がセルへ導出されるものとして評価する。セルへ導出される放射性物質の体積は、プルトニウム濃縮缶の気相部体積及びプルトニウム濃縮缶と廃ガスポットを接続する塔槽類廃ガス処理設備の機器の体積の合計である約 0.8m^3 とする。

h. 電気設備

電気設備は、1系列当たり精製建屋で最小約 110kVA の余裕を有し、T B P等の錯体の急激な分解反応への対処で1系列を用いる。

有効性評価においては、T B P等の錯体の急激な分解反応への対処に用いる設備が必要な電力を供給できる設計としていることから、以下に示す必要な電力を供給できる。

精製建屋のT B P等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備

約 40kVA （起動時 約 80kVA ）

(7) 操作の条件

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止において必要となる重大事故時供給停止回路の緊急停止系の操作は、T B P等の錯体の急激な分解反応の検知から1分以内で操作を完了する。

プルトニウム濃縮缶の加熱の停止において必要となる一次蒸気停止弁の閉止操作は、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生を検知してから速やかに開始し、T B P等の錯体の急激な分解反応の検知から25分以内で作業を完了する。

T B P等の錯体の急激な分解反応により発生した放射性物質の廃ガス貯留槽への導出完了後に実施するプルトニウム濃縮缶からの放出経路を、廃ガス貯留設備（精製建屋）から平常運転時の塔槽類廃ガス処理設備に切り替える操作は、中央制御室から行う操作で、廃ガス貯留槽への放射性物質を含む気体の導出完了から、塔槽類廃ガス処理設備の排風機の再起動完了まで3分で完了し、その後、廃ガス貯留設備の空気圧縮機を停止する操作を、塔槽類廃ガス処理設備の排風機の起動操作後、5分で完了する。

これらの対策の準備及び実施時に想定される作業環境を考慮した必要な作業と所要時間を、第7.4-5図に示す。

(8) 放出量評価に関連する事故、機器及び操作の条件の具体的な展開

主排気筒を介した大気中への放射性物質の放出量の評価は、廃ガスポットからセルへ導出され、セル排気系から主排気筒を介して大気中へ放出される放射性物質の放出量評価（以下7.4では「セル排気系からの放射性物質の放出量評価」という。）及びプルトニウム濃縮缶内に残留し、廃ガス貯留設備への放射性物質の導出完了後に塔槽類廃ガス処理設備から主排気筒を介して大気中へ放出される放射性物質の放出量評価（以

下7.4では「塔槽類廃ガス処理設備からの放射性物質の放出量評価」という。)に分けられる。

有効性評価における大気中への放射性物質の放出量のうち、セル排気系からの放射性物質の放出量評価は、セルへ導出されるプルトニウム濃縮缶から廃ガスポットまでの廃ガスの放射性物質質量に対して、大気中への放出経路における除染係数の逆数を乗じて算出する。また、塔槽類廃ガス処理設備からの放射性物質の放出量評価は、プルトニウム濃縮缶に内包する放射性物質質量に対して、TBP等の錯体の急激な分解反応により影響を受ける割合、TBP等の錯体の急激な分解反応に伴い気相中に移行する放射性物質の割合、大気中への放出経路における除染係数の逆数を乗じて算出する。

算出した大気中への放射性物質の放出量にセシウム-137への換算係数を乗じて、大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）を算出する。セシウム-137への換算係数は、IAEA-TECDOC-1162⁽⁸⁾に示される、地表沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊した放射性物質の吸入摂取による内部被ばくに係る実効線量への換算係数⁽⁹⁾を用いて、セシウム-137と着目核種との比から算出する。ただし、プルトニウム等一部の核種は、化学形態による影響の違いを補正する係数を乗じて算出する。

TBP等の錯体の急激な分解反応により発生する放射性物質を含む気体の廃ガス貯留槽への導出は、分解反応検知機器の論理回路によってTBP等の錯体の急激な分解反応の発生が検知された場合、直ちに自動で塔槽類廃ガス処理設備から廃ガス貯留設備（精製建屋）へ経路が自動で切り替わり、TBP等の錯体の急激な分解反応によって発生する放射性物質を含む気体の一部が廃ガス貯留槽に導出される。この経路の切り

替えは、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生が検知された時点を起
点として約1分以内に完了する。

T B P等の錯体の急激な分解反応において気相中に移行した放射性物質は、プルトニウム濃縮缶に供給される圧縮空気により廃ガス貯留槽に導かれ、廃ガス貯留槽で貯留されるため、廃ガス貯留槽内の圧力が規定の圧力である0.4MP a [gage]に達するまでの期間において、塔槽類廃ガス処理設備から大気中への放射性物質の放出は生じない。

廃ガス貯留槽内の圧力が既定の圧力に達した場合には、廃ガス貯留槽への放射性物質を含む気体の導出を完了し、廃ガス貯留槽への流路から平常運転時の放出経路に切り替える。

廃ガス貯留槽の入口に設けた逆止弁により、塔槽類廃ガス処理設備の排風機を再起動した場合でも廃ガス貯留槽内の放射性物質を含む気体は塔槽類廃ガス処理設備に逆流しない。

廃ガス貯留槽は、T B P等の錯体の急激な分解反応の検知を起点として約2時間にわたって放射性物質を含む気体を貯留できる容量として約21m³を有する。

a. セル排気系からの放射性物質の放出量評価

(a) プルトニウム濃縮缶から廃ガスポットまでの廃ガスの放射性物質質量

プルトニウム濃縮缶気相部から廃ガスポットまでの廃ガスの放射性物質の全量がセルへ導出されたことを想定し、セル排気系から大気中への放射性物質の放出量を評価する。

塔槽類廃ガス処理設備で平常運転時に処理する廃ガス中の放射性物質の濃度は、1日当たり処理する使用済燃料の平均燃焼度45,000MW d / t · U_{PR}、照射前燃料濃縮度4.5wt%，比出力38MW / t · U_{PR}、冷却期間15年を基に算出した値とする。

- (b) T B P等の錯体の急激な分解反応の影響を受ける割合

セルへ導出される廃ガス中に含まれる放射性物質のうち、T B P等の錯体の急激な分解反応により影響を受ける割合は1とする。

- (c) 平常運転時に気相中へ移行する放射性物質の割合

平常運転時に塔槽類廃ガス処理設備へ移行する放射性物質の割合は、
空気 1 m^3 当たり 10 m g が移行することとし、 1×10^{-8} とする。

- (d) 大気中への放出経路における除染係数

放出経路構造物への沈着による放射性エアロゾルの除染係数は10とする。

セル排気系のセル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタは1段で、セル排気系のセル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタの放射性エアロゾルの除染係数を 10^3 とする。

b. 塔槽類廃ガス処理設備からの放射性物質の放出量評価

- (a) プルトニウム濃縮缶に内包する硝酸プルトニウム溶液の放射性物質
量

プルトニウム濃縮缶に内包する硝酸プルトニウム溶液の放射性物質の組成、濃度、崩壊熱密度及びプルトニウム濃縮缶の液量は、事故の条件及び機器の条件と同様であるため、硝酸プルトニウム溶液の放射性物質の濃度とプルトニウム濃縮缶の液量を乗じた値とする。

- (b) T B P等の錯体の急激な分解反応の影響を受ける割合

プルトニウム濃縮缶に内包する放射性物質のうち、T B P等の錯体の急激な分解反応により影響を受ける割合は1とする。

- (c) T B P等の錯体の急激な分解反応に伴い機器の気相中へ移行する放射性物質の割合

T B P等の錯体の急激な分解反応による発熱量は $1,400 \text{ k J} / \text{ k g}$ ・

⁽⁴⁾
T B P とする。

プルトニウム濃縮缶内のT B P量は、「(6) 事故の条件及び機器の条件」に示すとおり、約208 gとする。

T B P等の錯体の急激な分解反応発生時における放射性物質の気相中への移行率は、爆発事象を想定した実験結果を整理した式のうち最も厳しい結果を与えるupper boundとされる計算式から算出した値として、約 4×10^{-3} とする。

この値は、より厳しい条件として、3.5MP a [gage]を超える圧力をかけた場合における放射性物質の気相中への移行率の算出式を用いて評価した結果であり、安全余裕を見込んだ移行率である。

また、T B P等の錯体の急激な分解反応が1分間継続する際に供給されるT B P量は、「(6) 事故の条件及び機器の条件」に示すとおり、約1 gとする。

T B P等の錯体の急激な分解反応発生後、供給液の供給停止までの1分間における放射性物質の気相中への移行率は、爆発事象を想定した実験結果を整理した式の0.35MP a [gage]未満における値とし、 5×10^{-5} とする。

プルトニウム濃縮缶内に存在するT B P等は、供給液の供給分のみであり、T B P等の錯体の分解反応が発生した場合の発熱量は小さく、分解生成物の発生量も少ないため、プルトニウム濃縮缶内の圧力の上昇が小さいことから、この値とした。

(d) 大気中への放出経路における除染係数

廃ガス貯留槽への導出が完了した後に、塔槽類廃ガス処理設備の排風機を起動することで、プルトニウム濃縮缶内の気相部に残留している放射性物質は、塔槽類廃ガス処理設備から主排気筒を介して大気中へ放出

される。

放出経路構造物への沈着による放射性エアロゾルの除染係数は⁽⁵⁾10とする。

塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタは2段であり、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの放射性エアロゾルの除染係数は、解析コードF l u e n tにより塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの健全性を維持できることを確認したため、1段目を 10^3 、2段目を 10^2 とする。

廃ガス貯留槽へ貯留されずプルトニウム濃縮缶内に残留する放射性物質の割合は、機器に供給される安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系の圧縮空気により機器外に放射性物質が移行する効果を考慮して求めた割合である約4%とし、残りの約96%が廃ガス貯留槽へ貯留される。

(9) 判断基準

T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

a. プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止又はプルトニウム濃縮缶の加熱の停止

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止又はプルトニウム濃縮缶の加熱の停止により、T B P等の錯体の急激な分解反応の再発を速やかに防止できること、また、その状態を維持できること。

b. 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留

セルへ導出され、セル排気系から放出される放射性物質の放出量及びT B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止し、廃ガス貯留槽での貯留が完了した上で、塔槽類廃ガス処理設備を起動して平常運転時の放出経

路に復旧した状況下での大気中へ放出される放射性物質の放出量がセシウム-137換算で100TBqを下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いこと。

7.4.1.2.2 有効性評価の結果

(1) 有効性評価の結果

a. プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止又はプルトニウムの加熱の停止

TBP等の錯体の急激な分解反応の再発を防止するために必要なプルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止又はプルトニウム濃縮缶の加熱の停止は、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給をTBP等の錯体の急激な分解反応発生の判定後1分以内に自動及び手動にて停止できるため、TBP等の錯体の急激な分解反応の再発を速やかに防止できる。

また、プルトニウム濃縮缶の加熱をTBP等の錯体の急激な分解反応の発生後25分以内に停止できるため、TBP等の錯体の急激な分解反応の再発を防止できる。プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止及びプルトニウム濃縮缶の加熱の停止の状態を維持することで、TBP等の錯体の急激な分解反応の再発防止は維持できる。

b. 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留

セル排気系からの放射性物質の放出量及び塔槽類廃ガス処理設備からの放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は、約 3×10^{-5} TBqであり、100TBqを十分に下回る。

また、TBP等の錯体の急激な分解反応で発生した放射性物質については、廃ガス貯留設備（精製建屋）により、可能な限り外部に放出されないよう措置することから、大気中への放射性物質の放出量（セシウム

－137換算)は、実行可能な限り低くなっている。

具体的な評価結果を第7.4－4表及び第7.4－5表に示す。また、大気中への放射性物質の放出率の推移の概念図を第7.4－7図に示す。

放射性物質が大気中に放出されるまでの過程を第7.4－8図に、プルトニウム濃縮缶におけるプルトニウム濃度及びT B P量の推移を第7.4－9図に示す。

(2) 不確かさの影響評価

a. 解析コードの不確かさの影響

解析コードによる塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの健全性確認の解析結果においては、系統を断熱とし、蒸気の凝縮、塔槽類廃ガス処理設備を介した他機器への廃ガスの流出経路並びに機器の内部構造物を考慮していないことから、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタに対し、圧力及び温度が影響を及ぼしやすいモデルとしており、より厳しい結果を与える条件を設定しているため、解析コードの不確かさが塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの健全性評価の結果に与える影響はない。

b. 事象、事故の条件及び機器の条件の不確かさの影響

(a) 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留

廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の評価に用いるパラメータは、不確かさを有するため、大気中への放射性物質の放出量に影響を与えるが、その場合でも、大気中への放射性物質の放出量がセシウム－137換算で100 T B qを十分下回り、判断基準を満足することには変わりはない。

不確かさを考慮した各パラメータの幅を以下に示す

i. プルトニウム濃縮缶に内包する放射性物質質量

再処理する使用済燃料の燃焼条件の変動幅を考慮すると、放射性物質質量の最大値は、1桁程度の下振れを有する。また、再処理する使用済燃料の冷却期間によっては、減衰による放射性物質質量のさらなる低減効果を見込める可能性がある。

T B P等の錯体の急激な分解反応を検知後、プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンは自動又は手動にて重大事故時供給液停止弁を閉止することで停止するため、供給液の供給は速やかに停止することから、供給液の供給が停止するまでの時間には1桁程度の下振れがある。

以上より、設定値に対して1桁程度の下振れを有する。

ii. T B P等の錯体の急激な分解反応の影響を受ける割合

沸点がT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度となるプルトニウム濃度は800 g P u / Lであり、プルトニウム溶液の粘性は高いと考えられることから、気液分離部から加熱部への流動については不確かさが存在する。また、800 g P u / Lのプルトニウム溶液と供給液の混合液が加熱されることによる分解反応の発生についても不確かさが存在する。それぞれ、T B P等の錯体の全量が急激な分解反応を引き起こすことを前提とした割合であることから、体系に起因した不確かさとして1桁程度の下振れを有する。

iii. T B P等の錯体の急激な分解反応に伴い機器の気相中に移行する放射性物質の割合

T B P等の錯体の急激な分解反応に伴いプルトニウム濃縮缶の気相中に移行する放射性物質の割合を算出する際に使用した式は、N U R E G / C R - 6410における爆発事象を想定した実験結果を整理した式のうち最も厳しい結果を与えるu p p e r b o u n dとされる計算

式を使用しており、実験結果に対する *best fit* の計算式との比較により、実際には1桁程度の下振れを有する。

一方、この式ではTBP等の錯体の急激な分解反応による発生エネルギーを算出する必要があり、TBP等の錯体の急激な分解反応による発熱量は、引用する文献によって発生する単位TBP量当たりの発熱量が1桁程度の上振れを有する。また、TBPの水への溶解度の幅を考慮すると、条件によっては1桁程度の上振れを有する可能性がある。

TBP等の錯体の急激な分解反応発生後、供給液の供給停止までの間における放射性物質の気相中への移行率は、TBP量が少なく、発熱量及び分解生成物のガス量が小さいことから爆発事象を想定した実験結果を整理した式の0.35MPa [gage]未満における値を用いているため、不確かさは考慮しない。

以上より、設定値に対して1桁程度の下振れを有し、条件によっては、設定値に対して1桁程度の上振れを有する可能性がある。

iv. 大気中への放出経路における除染係数

プルトニウム濃縮缶から塔槽類廃ガス処理設備の排風機までの経路上のプルトニウム精製設備及び塔槽類廃ガス処理設備の配管は、曲がり部が多く、数十m以上の長い配管及び複数の機器で構成されることから、放射性物質を大気中へ押し出すエネルギーの減衰や放射性エアロゾルの沈着による除去が期待できるため、大気中への放射性物質の放出量は1桁程度の下振れを有する。

c. 操作の条件の不確かさの影響

(a) 実施組織要員の操作

プルトニウム濃縮缶の加熱の停止操作については、一次蒸気停止弁の閉止操作が想定よりも時間を要した場合においても、プルトニウム濃縮

缶への供給液の供給が停止することから、T B P等の錯体の急激な分解反応の再発に与える影響はない。

このように不確かさを有するものの、判断基準を満足することによりは変わらない。

(b) 作業環境

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合、T B P等の錯体の急激な分解反応により発生する放射性物質を内包する機器周辺の線量率が上昇するが、T B P等の錯体の急激な分解反応への対処の操作場所はそれらの線源から離れた位置にあり、セルによる遮蔽を考慮できること、セルへ導出される放射性物質はセル排気系で換気されるため、アクセスルート及び作業場所において、有意な作業環境の悪化はないことから、実施組織要員の操作の時間余裕には影響を与えない。

7.4.1.2.3 重大事故等の同時発生又は連鎖

(1) 重大事故等の事象進展、事故規模の分析

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した場合には、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止及びプルトニウム濃縮缶の加熱を停止する。

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止は、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した後、1分以内実施する。

プルトニウム濃縮缶の加熱の停止は、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した後、25分以内実施する。

以上の拡大防止対策を考慮したときのプルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液等の状態及び硝酸プルトニウム溶液等の状態によって生じる事故時環境は次のとおりである。

a. 硝酸プルトリウム溶液等の状態

T B P等の錯体の急激な分解反応は、プルトリウム濃縮缶にT B P等が多量に混入したことでT B P等の錯体が形成された状態において、加熱蒸気温度の制御機能が喪失することで、プルトリウム濃縮缶内の硝酸プルトリウム溶液の過濃縮が生じ、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を超えることにより発生する事象である。このときのプルトリウム濃縮缶内の硝酸プルトリウム溶液の状態は、温度がT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度、硝酸プルトリウム溶液の濃度が約800 g P u / L、硝酸濃度は最大で約8規定、T B P等の混入量は209 gである。T B P等の錯体の急激な分解反応により、プルトリウム濃縮缶内のT B P等は全量消費されることから、これ以上のT B P等の錯体の急激な分解反応は発生しないが、プルトリウム濃縮缶への供給液には溶存しているT B P等が含まれており、加熱も継続しているため、プルトリウム濃縮缶への供給液の供給が継続すると、T B P等の錯体の急激な分解反応は再発すると仮定する。これらのT B P等の錯体の急激な分解反応によって二酸化炭素、水、窒素及びりん酸といった分解生成物が発生する。また、T B P等の錯体の急激な分解反応は発熱反応であるためエネルギーが発生する。

T B P等の錯体の急激な分解反応に伴うプルトリウム濃縮液等の状態変化は、わずかではあるが硝酸量が低下する。T B P等の錯体の急激な分解反応については、T B Pに14規定の硝酸を作用させた場合に、T B P 1モルに対して硝酸14.4モルが消費されるという知見があることから、T B P 209 gは約0.8モルであり、このT B P量が分解反応をした際に消費される硝酸量は約12モルとなる。プルトリウム濃縮缶内の硝酸量は1,000モル以上あることを考慮すると、硝酸の減少量による

影響は極めて小さいことから、硝酸量の減少によるプルトニウムの析出や酸化プルトニウムの生成はない。

b. 硝酸プルトニウム溶液等の状態によって生じる事故時影響

(a) 温度

拡大防止対策である加熱の停止が実施されるまではプルトニウム濃縮缶の加熱が継続するため、プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液はT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度に維持されている。

T B P等の錯体の急激な分解反応により発生するエネルギーは約0.3 MJであり、F l u e n t解析の結果より、プルトニウム濃縮缶気相部は、瞬間的に約370°Cまで上昇するが、塔槽類廃ガス処理設備へ廃ガスが移行することにより温度は速やかに低下し、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生する前の温度に戻る。

T B P等の錯体の急激な分解反応により発生するエネルギーを全てプルトニウム濃縮缶に与えたとしても、プルトニウム濃縮缶は変形及び損傷することはない。

その後、供給液の供給が継続している場合、T B P等の錯体の急激な分解反応が再発しても、T B P等の量が少ないため分解反応により発生するエネルギーは小さく、気相部の温度はほぼ一定であり、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度に維持される。

(b) 圧力

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生により分解生成物が生成することを考慮したF l u e n t解析の結果より、プルトニウム濃縮缶気相部は平常運転時の圧力に対して瞬間的に約0.9MP a上昇するが、塔槽類廃ガス処理設備へ廃ガスが移行することにより圧力は速やかに低

下し、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生する前の圧力に戻る。

T B P等の錯体の急激な分解反応による圧力の上昇を考慮しても、プルトニウム濃縮缶は変形及び損傷することはない。

その後、供給液の供給が継続している場合、T B P等の錯体の急激な分解反応が再発しても、T B P等の量が少ないため分解反応により発生する分解生成物は少なく、エネルギーは小さいため、気相部の圧力はほぼ一定であり、平常運転時と同程度である。

(c) 湿度

プルトニウム濃縮缶は硝酸プルトニウム溶液を蒸発濃縮する設備であるため、平常運転時及び事故時においても多湿環境下であり、平常運転時と同程度である。

(d) 放射線

プルトニウム濃縮缶内では、平常運転時（約250 g P u / L）よりもプルトニウム濃度が約3倍高いため、線量率は平常運転時よりも約3倍高い。放射性物質は、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生に伴い気相中へ移行するため、塔槽類廃ガス処理設備における線量率も上昇する。

(e) 物質（水素，蒸気，煤煙，放射性物質，その他）及びエネルギーの発生

プルトニウム濃縮缶内では、平常運転時（約250 g P u / L）よりもプルトニウム濃度が約3倍高いため、平常運転時と比較すると水素発生量や崩壊熱密度が約3倍増加する。

T B P等の錯体の急激な分解反応では、二酸化炭素，水，窒素やりん酸といった分解生成物及びエネルギーが発生するが、T B P等はT B P等の錯体の急激な分解反応により全量が分解してなくなることから、有機溶媒による火災は発生しないため、煤煙が発生することはない。

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合に、プルトニウム濃

縮缶内の硝酸プルトニウム溶液は約800 g Pu/Lと平常運転時（250 g Pu/L）と比べてプルトニウム濃度が高い状態であるが、プルトニウム濃縮缶は全濃度安全形状寸法管理により臨界事故の発生を防止しており、TBP等の錯体の急激な分解反応によりプルトニウム濃縮缶は変形・損傷することはないため、臨界は発生しない。TBP等の錯体の急激な分解反応により、硝酸プルトニウム溶液が析出する又は酸化プルトニウムとして生成することはない、硝酸プルトニウム溶液の形で存在しているため、臨界は発生しない。したがって、臨界による新たな放射性物質の生成はない。

TBP等以外の有機溶媒として、n-ドデカン（n-Dodecane）は水へ不溶でありプルトニウム濃縮缶への供給液には含まれないため、火災が発生することはない。また、煤煙及びその他の物質が発生することはない。

(f) 落下又は転倒による荷重

TBP等の錯体の急激な分解反応による発熱量によってプルトニウム濃縮缶の温度が上昇することを考慮したとしても、材質の強度が有意に低下することはないため、プルトニウム濃縮缶が落下又は転倒することはない。

(g) 腐食環境

プルトニウム濃縮缶内の硝酸濃度は最大約8規定となる。蒸気の硝酸濃度は1～2規定となる。

(2) 重大事故等の同時発生

TBP等の錯体の急激な分解反応については、「6.1 重大事故の発生を仮定する際の条件の設定及び重大事故の発生を仮定する機器の特定」で示すとおり、動的機器の多重故障及び誤作動並びに運転員等の多重誤

操作を起因とした複数の発生防止機能の喪失により発生するものであり、その具体的な発生の条件は同種の重大事故及び異種の重大事故の要因となる安全機能の喪失に当たらないことから、重大事故等が同時に発生することは想定されない。

(3) 重大事故等の連鎖

プルトニウム濃縮缶においてT B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合には、拡大防止対策として、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止するとともに、プルトニウム濃縮缶の加熱を停止する。

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止は、速やかに自動又は手動にて実施される。また、T B P等の錯体の急激な分解反応の検知後、現場にてプルトニウム濃縮缶への加熱を停止する。

以上の拡大防止対策を考慮した時のプルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液等の状態及び硝酸プルトニウム溶液等の状態によって生じる事故時環境を明らかにし、硝酸プルトニウム溶液等の状態によって新たに連鎖して発生する重大事故等の有無及び事故時環境が安全機能の喪失をもたらすことによって連鎖して発生する重大事故等の有無を明らかにする。

a. 事故進展によりプルトニウム濃縮缶において発生する重大事故等の特定

(a) 臨界事故

プルトニウム濃縮缶の材質はジルコニウムであり、T B P等の錯体の急激な分解反応によって想定される温度、圧力、腐食環境等の環境条件によってプルトニウム濃縮缶のバウンダリが喪失することはなく、プルトニウム濃縮缶は変形しない。「(1) 重大事故等の事象進展、事故規模

の分析」に記載したとおり、プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液は約 800 g Pu/L と平常運転時 (250 g Pu/L) と比べてプルトニウム濃度が高い状態であるが、プルトニウム濃縮缶は全濃度安全形状寸法管理により臨界事故の発生を防止しており、TBP等の錯体の急激な分解反応により、硝酸プルトニウム溶液が析出する又は酸化プルトニウムとして生成することはなく、硝酸プルトニウム溶液の形で存在しているため、臨界は発生しない。

以上より、臨界事故が発生することはない。

(b) 蒸発乾固

プルトニウム濃縮缶は安全冷却水等による冷却はしていない機器である。

「(1) 重大事故等の事象進展、事故規模の分析」に記載したとおり、プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液は約 800 g Pu/L と平常運転時 (250 g Pu/L) と比べて約 3 倍プルトニウム濃度が高い状態であり、崩壊熱密度が平常運転時よりも約 3 倍高いが、セルへの放熱を考慮すると、崩壊熱のみでは沸騰せず、プルトニウム濃縮缶の加熱の停止により硝酸プルトニウム溶液の温度は沸点を下回る。

以上より、蒸発乾固が発生することはない。

(c) 放射線分解により発生する水素による爆発

「(1) 重大事故等の事象進展、事故規模の分析」に記載したとおり、プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液は約 800 g Pu/L と平常運転時 (250 g Pu/L) と比べてプルトニウム濃度が高い状態であり、水素発生量が平常運転時よりも多い。プルトニウム濃縮缶には、安全圧縮空気系から圧縮空気が供給されており、安全圧縮空気系からの圧縮空気の供給量は、十分な余裕が確保されていることから、ドライ換算

4 v o 1 %を超えることはない。

以上より，放射線分解により発生する水素による爆発が発生することはない。

(d) 放射性物質の漏えい

プルトニウム濃縮缶に接続する機器の材質はジルコニウム又はステンレス鋼であり，想定される温度，圧力，腐食環境等の環境条件によって，これらのバウンダリの健全性が損なわれることはなく，放射性物質の漏えいが発生することはない。

b. 重大事故が発生した機器以外の安全機能への影響及び連鎖して発生する重大事故の特定

プルトニウム濃縮缶及びプルトニウム濃縮缶に接続する配管の材質はジルコニウム又はステンレス鋼であり，想定される温度，圧力等の環境条件によってこれらのバウンダリの健全性が損なわれることはなく，温度及び放射線以外のプルトニウム濃縮缶内の環境条件が，プルトニウム濃縮缶外へ及ぶことはないことから，温度及び放射線以外の環境条件の変化によってその他の重大事故が連鎖して発生することはない。

温度及び放射線の影響は，プルトニウム濃縮缶外へ及ぶものの，塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの温度は約50℃であり，放射線は平常運転時よりは高いものの，これらの影響が十分な厚さを有するセルを超えてセル外へ及ぶことはない。

また，セル内の安全機能を有する機器も，これらの環境条件で健全性を損なうことはないことから，温度及び放射線の環境条件の変化によってその他の重大事故が連鎖して発生することはない。

プルトニウム濃縮缶に接続する配管を通じたプルトニウム濃縮缶内の環境条件の伝播による安全機能への影響の詳細は次のとおりである。

(a) 安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系

安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系は配管長が長いため、安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系の配管を通じてプルトニウム濃縮缶気相部の圧力上昇による影響の波及はない。

以上より、T B P等の錯体の急激な分解反応により安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系が機能喪失することはない、放射線分解により発生する水素による爆発が発生することはない。

(b) 塔槽類廃ガス処理設備等

プルトニウム濃縮缶に接続する塔槽類廃ガス処理設備の配管を通じて、プルトニウム濃縮缶内の環境が各機器に波及する。

T B P等の錯体の急激な分解反応により発生するエネルギーは約 0.3 MJであり、T B P等の錯体の急激な分解反応による環境条件が塔槽類廃ガス処理設備の配管を通じて各機器に波及した場合でも、塔槽類廃ガス処理設備等の材質はステンレス鋼であり、プルトニウム濃縮缶内の環境条件によってバウンダリが喪失することはない。

塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタは、T B P等の錯体の急激な分解反応による温度及び圧力の上昇を考慮しても、温度は約 50℃、差圧の上昇は約 4 k P aであるため、温度上昇及び圧力上昇により健全性を損なうことはない。

T B P等の錯体の急激な分解反応による瞬間的な圧力上昇により、プルトニウム濃縮缶及び塔槽類廃ガス処理設備の系統内の蒸気を凝縮する機能が一時的に喪失し、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタに水ミストが到達することが想定される。より厳しい条件としてプルトニウム濃縮缶から塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタまでの

全ての気体を湿度 100%として、プルトニウム濃縮缶気相部から塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタまでの廃ガス量の容量を約 6 m^3 、平常運転時の塔槽類廃ガス処理設備内の廃ガス温度として 40°C とした場合に、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタにプルトニウム濃縮缶から塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタまでの全ての気体に含まれる水ミストが付着することを想定した場合において、水ミスト量は約 300 g である。水ミストが存在する条件下ではフィルタ差圧が 250 mm A q を超えたところから高性能粒子フィルタのリークが始まる⁽⁶⁾ことが知られており、試験で用いたフィルタの定格風量と実機における定格風量の比から、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタのリークが始まる水ミスト量を $1,300 \text{ g}$ と評価できるため、T B P等の錯体の急激な分解反応に伴い高性能粒子フィルタへ付着する水分による除染機能の低下や喪失はない。

以上より、T B P等の錯体の急激な分解反応により塔槽類廃ガス処理設備が機能喪失することはない、放射性物質の漏えいが発生することはない。

(c) 放射性物質の放出経路（建屋換気設備等）

廃ガスポットから放出される廃ガス量は約 0.8 m^3 であり、廃ガスが有するエネルギーをセルへ放出したとしても、導出先セル及び導出先セル以降の放出経路の温度、圧力及び湿度は平常運転時と同程度であることから、T B P等の錯体の急激な分解反応により放射性物質の放出経路が機能喪失することはない。

一方、廃ガスポットから導出先セル及び導出先セル以降へ放射性物質が移行するため、その放出経路では放射性物質が増加するが、放射性物質の放出経路の材質は鋼製であり、損傷することはない。また、放射

性物質の放出経路の下流側に設置しているセル排気系のセル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタへの影響が考えられるが、セル排気系のセル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタのろ材はガラス繊維であり、放射線によって劣化することはないため、放射性物質の漏えいが発生することはない。

以上より、T B P等の錯体の急激な分解反応により放射性物質の放出経路（建屋換気設備）が機能喪失することはない、放射性物質の漏えいが発生することはない。

d. 分析結果

プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応について評価を実施した。安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系は配管長が長いこと、安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系の配管を通じたプルトニウム濃縮缶内の環境条件の波及はない。また、プルトニウム濃縮缶への圧縮空気の供給量は十分な余裕が確保されており、プルトニウム濃縮缶の気相部の水素濃度がドライ換算4 v o 1 %を超えることがないこと等、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生によって他の重大事故等が連鎖して発生することがないことを確認した。

7.4.1.2.4 判断基準への適合性の検討

T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策として、プルトニウム濃縮缶においてT B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合におけるプルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する手段、プルトニウム濃縮缶の加熱を停止する手段及び廃ガス貯留設備へ放射性物質を貯留する手段を整備しており、これらの対策について有効性評価を行った。

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給は、T B P等の錯体の急激な分解

反応を検知後、自動又は手動により速やかに停止することで、T B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止することができる。

プルトニウム濃縮缶の加熱の停止は、T B P等の錯体の急激な分解反応を検知後、一次蒸気停止弁を手動にて閉止することで、T B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止することができる。

セルへ導出された放射性エアロゾルをセル排気系のセル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタで除去するとともに、塔槽類廃ガス処理設備の放射性エアロゾルを廃ガス貯留設備（精製建屋）による貯留及び塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタによる除去を講ずることにより、大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は、約 3×10^{-5} T B qとなり、廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の評価に用いるパラメータの不確かさの幅を考慮しても、100 T B qを十分下回る。

評価条件の不確かさについて確認した結果、運転員等操作時間に与える影響及び評価結果に与える影響は無視できる又はないことを確認した。

また、想定される事故時環境において、プルトニウム濃縮缶に接続する安全機能を有する機器が、損傷又は機能喪失することはなく、他の重大事故等が連鎖して発生することがないことを確認した。

以上のことから、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合においても、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止又はプルトニウム濃縮缶の加熱の停止によりT B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止することができる。また、有効性評価で示す大気中への放射性物質の放出量は実行可能な限り低く、大気中への異常な水準の放出を防止することができる。

以上より、「7.4.1.2.1(9) 判断基準」を満足する。

7.4.2 T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策に必要な要員及び資源

T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策に必要な要員及び資源を以下に示す。

(1) 必要な要員の評価

T B P等の錯体の急激な分解反応に対する拡大防止対策として実施するプルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止、プルトニウム濃縮缶の加熱の停止及び廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留に必要な要員は8人（実施責任者を含む）である。さらに、重大事故等の発生時に実施する大気中への放出状況監視等及び電源の確保に必要な要員は14人（実施責任者を除く）である。

上記より、T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策に要する実施組織要員数は22人である。

これに対し実施組織要員は41人であるため、実施組織要員の要員数は、必要な要員数を上回っており、必要な作業が可能である。

(2) 必要な資源の評価

T B P等の錯体の急激な分解反応は、動的機器の多重故障及び誤作動並びに運転員等の多重誤操作を発生の原因とした内的事象により発生することから、電源、圧縮空気及び冷却水については平常運転時と同様に使用可能である。

T B P等の錯体の急激な分解反応への対処には、水源を要せず、また、軽油等の燃料を消費する電気設備を用いない。

a. 電源

T B P等の錯体の急激な分解反応への対処に必要な負荷は、460 k V A非常用母線の最小余裕約110 k V Aに対し最大でも廃ガス貯留設備の

空気圧縮機の約 40 k V A である。また、廃ガス貯留設備の空気圧縮機の起動時を考慮しても約 80 k V A であり最小余裕に対して余裕があることから、必要電源容量を確保できる。

b. 圧縮空気

T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処として水素掃気、圧力及び液位の監視に圧縮空気が必要になる。これらの圧縮空気は、平常運転時においても継続的に常設重大事故等対処設備に供給されているものであり、T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処においても平常運転時と同様に使用可能である。

c. 冷却水

冷却水については、平常運転時においても継続的に常設重大事故等対処設備に供給されているものであり、T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処においても平常運転時と同様に使用可能である。

7.4.3 参考文献一覧

- (1) 日本原子力研究所. 再処理施設における溶媒と硝酸の熱分解反応に関する安全性実証試験 (受託研究). 1995-02, JAERI-Tech 95-005.
- (2) Wallace W. Schulz, James D. Navratil, Andrea E. Talbot. Science and Technology of Tributyl Phosphate Volume I. CRC Press, 1984.
- (3) 住友金属鉱山. ウラン濃縮缶等での TBP 挙動検討試験 報告書. 1991-07, TR91-01.
- (4) G. S. Nichols, “Decomposition of the Tributyl Phosphate- Nitrate Complexes”, DP-526, November 1960.
- (5) 小林卓志ほか. “再処理工場水素爆発事故時における放射性物質の移行率の調査(5) 環状容器試験その2”. 日本原子力学会 2016 年春の年会, 日本原子力学会, 2016-03
- (6) 尾崎, 金川, “高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験, (IV) 多湿試験” 日本原子力学会誌, Vol. 28 No. 6 (1986)
- (7) Science Applications International. Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook. United States Nuclear Regulatory Commission, 1998-03, NUREG/CR-6410.
- (8) GENERIC PROCEDURES FOR ASSESSMENT AND RESPONSE DURING A RADIOLOGICAL EMERGENCY. IAEA, VIENNA, 2000 IAEA-TECDOC-1162
- (9) ICRP. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides : Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients. Annals of the ICRP, ICRP Publication 72. 1996, vol. 26, no. 1.
- (10) F.J. Herrmann, et. al., Some Aspects of Aerosol Production and Removal During Spent Fuel Processing Steps, Proceedings of the 16th

DOE Nuclear air cleaning conference held in San Diego, California,
20-23 October 1980.

第7.4-1表 プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止及びプルトニウム濃縮缶の加熱の停止における手順及び設備の関係

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
a.	T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を検知，T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処の着手及び実施判断	<ul style="list-style-type: none"> 分解反応検知機器の論理回路が T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生したと判定した場合には，T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処の着手及び実施を判断し，以下の b. 及び d. に移行する。 	<ul style="list-style-type: none"> プルトニウム濃縮缶 	—	<ul style="list-style-type: none"> 分解反応検知機器のプルトニウム濃縮缶圧力計 分解反応検知機器のプルトニウム濃縮缶気相部温度計 分解反応検知機器のプルトニウム濃縮缶液相部温度計
b.	プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止	<ul style="list-style-type: none"> 中央制御室からの操作により，緊急停止系を起動させ，プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する。 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急停止系 	—	—
c.	プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止の成否判断	<ul style="list-style-type: none"> プルトニウム濃縮缶供給槽液位計により，プルトニウム濃縮缶への供給液の供給が停止したことの成否を判断する。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> プルトニウム濃縮缶供給槽液位計

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
d.	プルトニウム濃縮缶への加熱の停止	<ul style="list-style-type: none"> 一次蒸気停止弁の閉止操作を実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> 一次蒸気停止弁 	—	—
e.	プルトニウム濃縮缶への加熱の停止の成否判断	<ul style="list-style-type: none"> プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計により、加熱蒸気温度がT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度未満になったことを確認することにより、プルトニウム濃縮缶の加熱の停止の成否を判断する。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計

第7.4-2表 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留における手順及び設備の関係

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
a.	廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の着手及び実施判断	<ul style="list-style-type: none"> 分解反応検知機器の論理回路がTBP等の錯体の急激な分解反応の発生を判定した場合には、廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の着手及び実施を判断し、以下のb.へ移行する。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 分解反応検知機器のプルトニウム濃縮缶圧力計 分解反応検知機器のプルトニウム濃縮缶気相部温度計 分解反応検知機器のプルトニウム濃縮缶液相部温度計

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
b.	廃ガス貯留槽への導出開始の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・廃ガス貯留設備の圧力計（精製建屋用）の指示値の上昇及び廃ガス貯留設備の流量計（精製建屋用）の指示値の上昇により、放射性物質を含む気体の廃ガス貯留槽への導出が開始されたことを確認する。 ・計装設備の廃ガス洗浄塔入口圧力計により、塔槽類廃ガス処理設備の系統内の圧力が負圧に維持され、廃ガス貯留設備（精製建屋）による圧力の制御が機能していることを確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・廃ガス貯留設備の隔離弁 ・廃ガス貯留設備の空気圧縮機 ・廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽 ・廃ガス貯留設備の配管・弁 塔槽類廃ガス処理設備	—	<ul style="list-style-type: none"> ・廃ガス貯留設備の圧力計（精製建屋用） ・廃ガス貯留設備の流量計（精製建屋用） ・廃ガス洗浄塔入口圧力計

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
c.	塔槽類廃ガス処理設備による換気再開の実施判断	・廃ガス貯留槽内の圧力が規定の圧力 (0.4MP a [gage]) に達した場合に、廃ガス貯留設備 (精製建屋) への導出を完了することとし、塔槽類廃ガス処理設備による換気再開の実施を判断する。	—	—	・廃ガス貯留設備の圧力計 (精製建屋用)

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
d.	塔槽類廃ガス処理設備による換気再開	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>塔槽類廃ガス処理設備</u>による換気再開の実施判断後、中央制御室において<u>塔槽類廃ガス処理設備</u>の隔離弁の開操作を行い、<u>塔槽類廃ガス処理設備</u>の排風機を再起動して、高い除染能力を有する平常運転時の放出経路に復旧し、機器内に残留している放射性物質を管理された状態において主排気筒を介して大気中へ放出する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・廃ガス貯留設備の隔離弁 ・廃ガス貯留設備の空気圧縮機 ・廃ガス貯留設備の逆止弁 ・廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽 ・廃ガス貯留設備の配管・弁 ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備主配管 ・高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備高レベル濃縮廃液廃ガス処理系主配管 ・主排気筒 <p><u>塔槽類廃ガス処理設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・隔離弁 ・排風機 ・高性能粒子フィルタ ・主配管・弁 	—	—

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
d.	塔槽類廃ガス処理設備による換気再開	・塔槽類廃ガス処理設備の再起動後、廃ガス貯留設備の隔離弁を閉止し、廃ガス貯留設備の空気圧縮機を停止する。	・廃ガス貯留設備の隔離弁 ・廃ガス貯留設備の空気圧縮機	—	—
e.	換気再開の成否判断	・塔槽類廃ガス処理設備による換気が再開されたことを、塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転表示及び廃ガス洗浄塔入口圧力計の指示値により確認し、成否を判断する。	—	—	・廃ガス洗浄塔入口圧力計

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
f.	大気中への放射性物質の放出の状況監視	・主排気筒の排気モニタリング設備により，主排気筒を介して大気中への放射性物質の放出状況を監視する。	・主排気筒	—	・主排気筒の排気モニタリング設備 ・放出管理分析設備

第7.4-3表 TBP等の錯体の急激な分解反応の対処に使用する設備

機器グループ	設備		TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策		
	設備名称	構成する機器	プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止	プルトニウム濃縮缶の加熱の停止	廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留
			重大事故等対処設備	重大事故等対処設備	重大事故等対処設備
精製建屋 TBP等の錯体の急激な分解反応	プルトニウム精製設備	プルトニウム濃縮缶	○	○	×
		一次蒸気停止弁	×	○	×
	計装設備	プルトニウム濃縮缶供給槽液位計	○	×	×
		供給槽ゲデオン流量計	○	×	×
		プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計	×	○	×
		廃ガス洗浄塔入口圧力計	×	×	○
		廃ガス貯留設備の圧力計(精製建屋用)	×	×	○
		廃ガス貯留設備の流量計(精製建屋用)	×	×	○
	重大事故時供給停止回路	分解反応検知機器のプルトニウム濃縮缶圧力計※1	○	○	○
		分解反応検知機器のプルトニウム濃縮缶気相部温度計※1	○	○	○
		分解反応検知機器のプルトニウム濃縮缶液相部温度計※1	○	○	○
		緊急停止系(精製建屋用, 電路含む)	○	×	×
	廃ガス貯留設備(精製建屋)	廃ガス貯留設備の隔離弁	×	×	○
		廃ガス貯留設備の空気圧縮機	×	×	○
		廃ガス貯留設備の逆止弁	×	×	○
		廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽	×	×	○
		廃ガス貯留設備の配管・弁[流路]	×	×	○
	廃ガス貯留設備(ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備)	主配管[流路]	×	×	○
	廃ガス貯留設備(高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備高レベル濃縮廃液廃ガス処理系)	主配管[流路]	×	×	○
	廃ガス貯留設備(精製建屋塔槽類廃ガス処理設備塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系))	高性能粒子フィルタ	×	×	○
		排風機	×	×	○
		隔離弁	×	×	○
		廃ガスボット	×	×	○
		主配管・弁[流路]	×	×	○
	廃ガス貯留設備(精製建屋換気設備)	セル排気フィルタユニット	×	×	○
		グローブボックス・セル排風機	×	×	○
		ダクト・ダンパ[流路]	×	×	○
	廃ガス貯留設備(ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備)	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	○
	廃ガス貯留設備(主排気筒)	主排気筒	×	×	○
	廃ガス貯留設備(低レベル廃液処理設備)	第1低レベル廃液処理系	×	×	○
	放射線監視設備	主排気筒の排気モニタリング設備	×	×	○
	試料分析関係設備	放出管理分析設備	×	×	○
受電開閉設備・受電変圧器	受電開閉設備	○	○	○	
	受電変圧器	○	○	○	
所内高圧系統	6.9kV非常用主母線	○	○	○	
	6.9kV運転予備用主母線	○	○	○	
	6.9kV非常用母線	○	○	○	
	6.9kV運転予備用母線	○	○	○	
所内低圧系統	460V非常用母線	○	○	○	
	460V運転予備用母線	○	○	○	
直流電源設備	第2非常用直流電源設備	○	○	○	
	直流電源設備	○	○	○	
計測制御用交流電源設備	計測制御用交流電源設備	○	○	○	
廃ガス貯留設備(圧縮空気設備)	一般圧縮空気系	×	×	○	
	安全圧縮空気系	×	×	○	
廃ガス貯留設備(冷却水設備)	一般冷却水系	×	×	○	

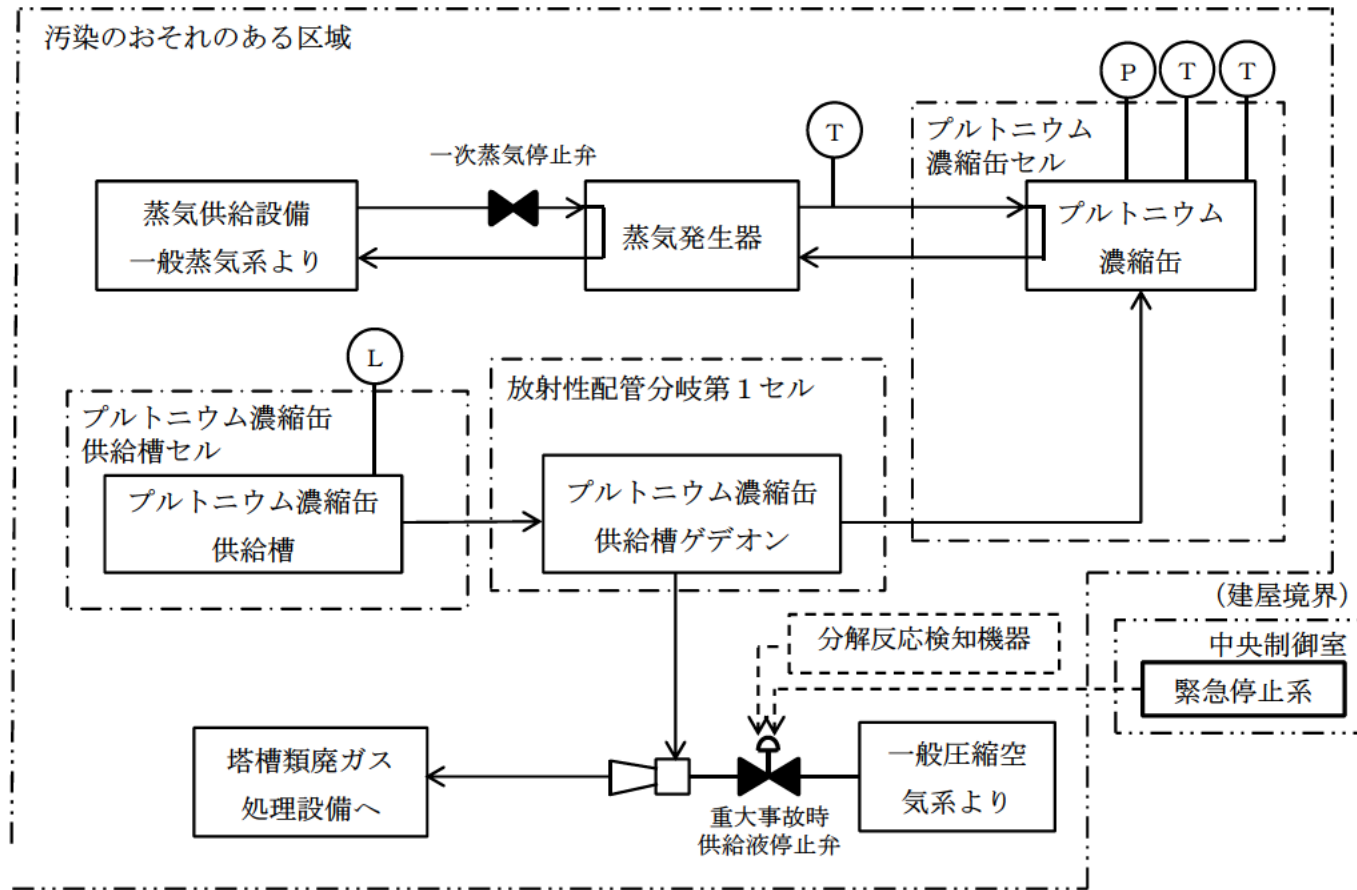
※1 計装設備と兼用

第7.4-4表(1) 「精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のTBP等の錯体の急激な分解反応」時の放射性物質の放出量（セル排気系からの放射性物質の放出量）

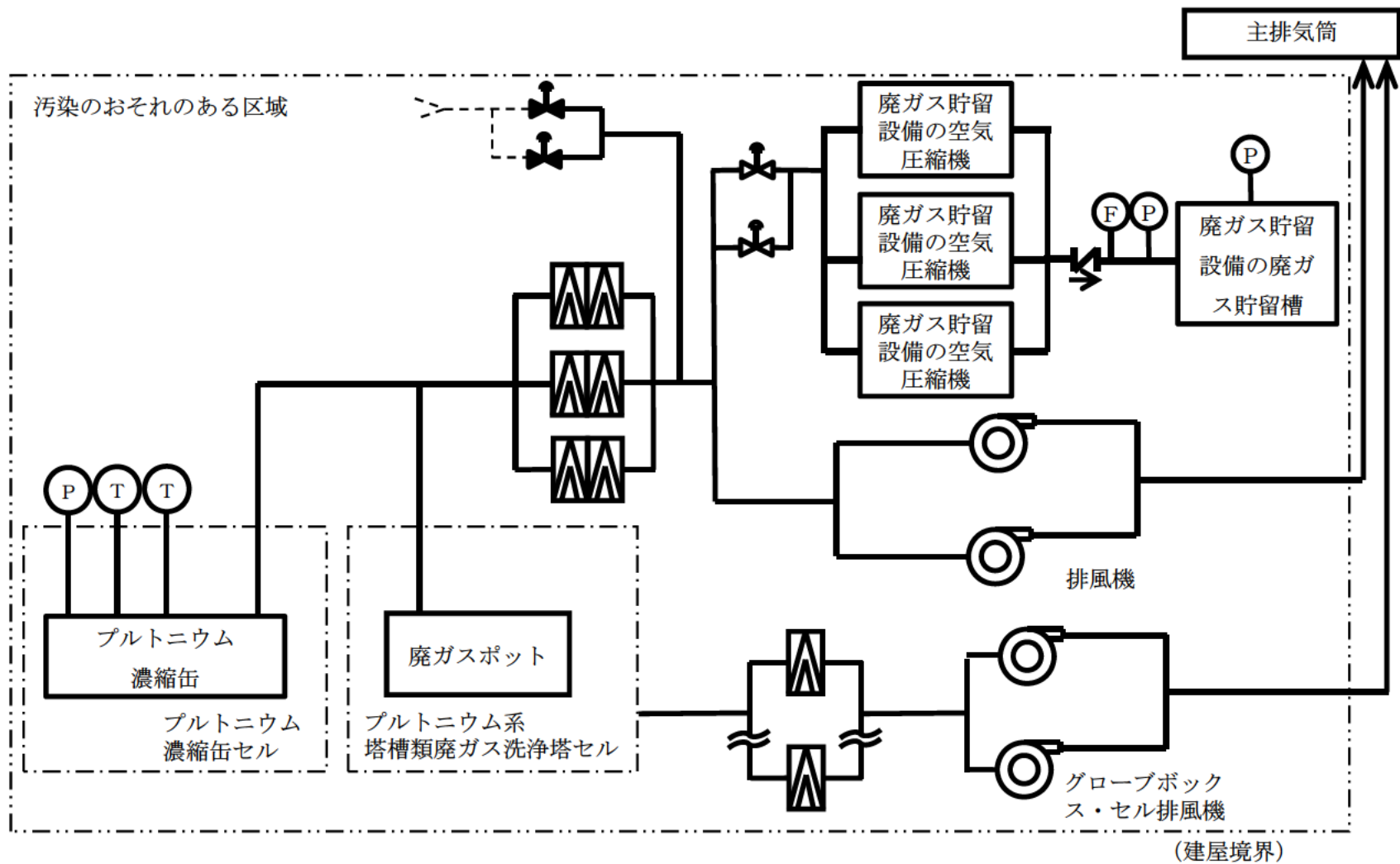
核種	放出量(Bq)
Pu-238	6×10^3
Pu-239	6×10^2
Pu-240	9×10^2
Pu-241	2×10^5

第7.4-4表(2) 「精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のTBP等の錯体の急激な分解反応」時の放射性物質の放出量（塔槽類廃ガス処理設備からの放射性物質の放出量）

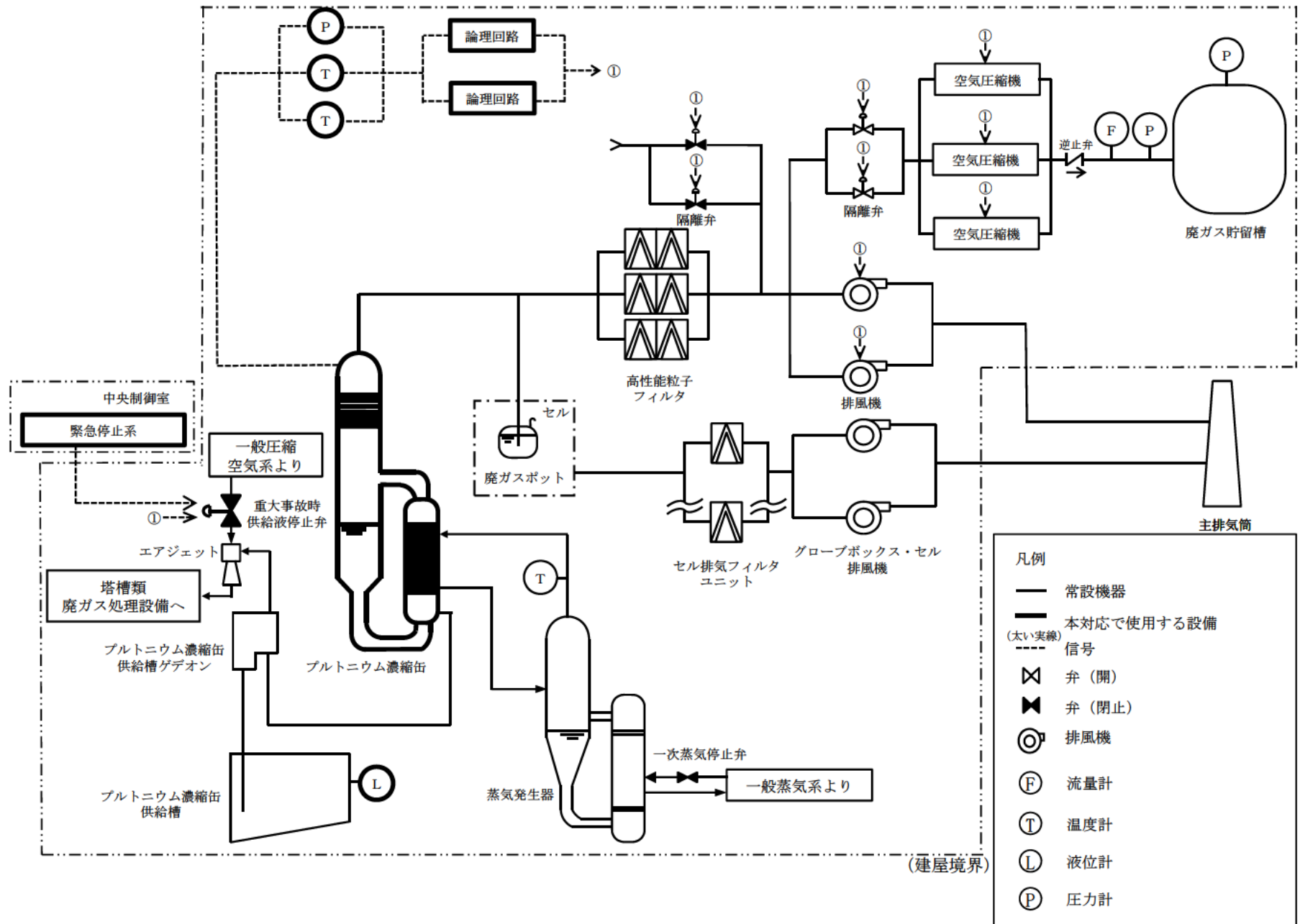
核種	放出量(Bq)
Pu-238	6×10^5
Pu-239	6×10^4
Pu-240	9×10^4
Pu-241	2×10^7



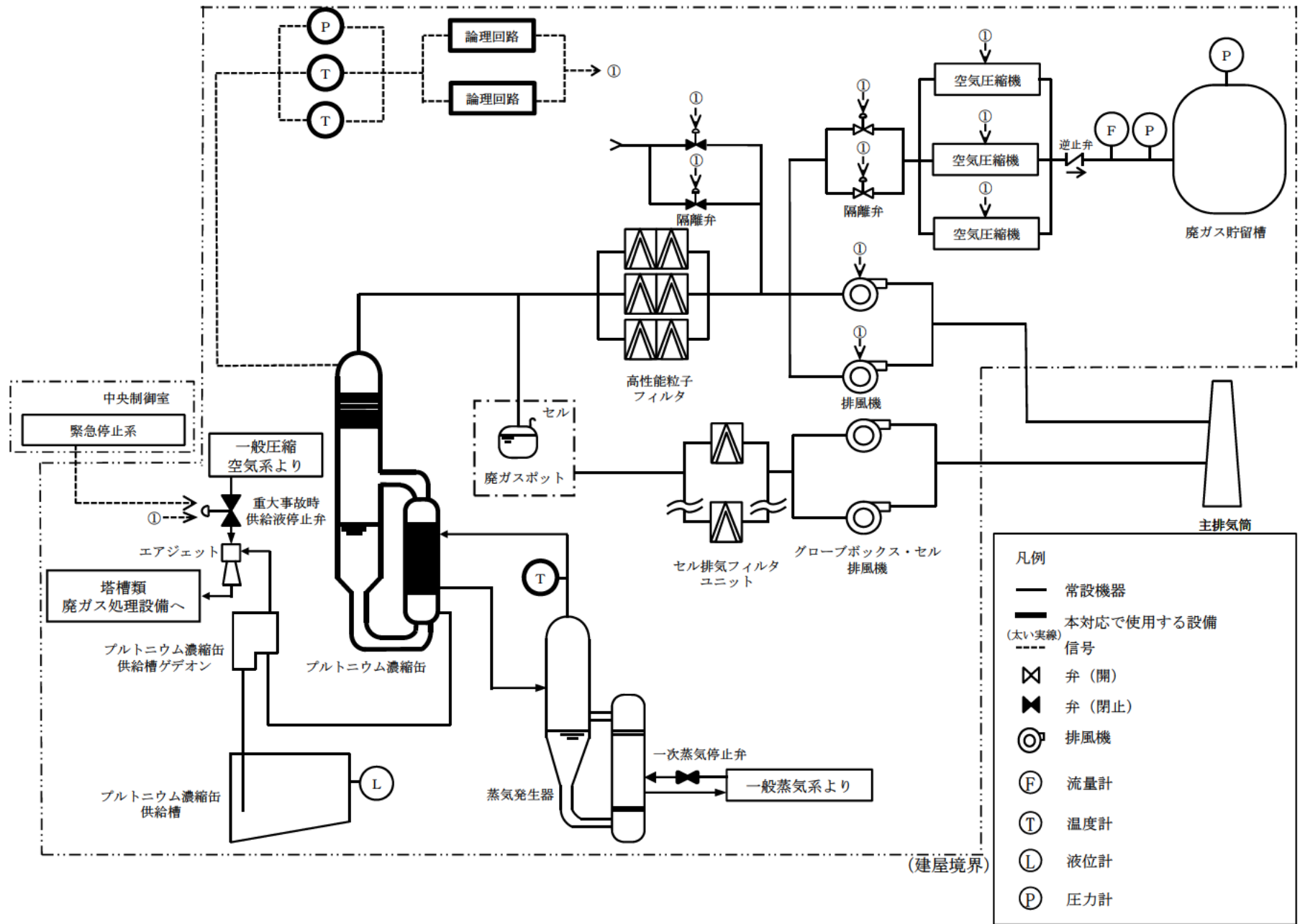
第7.4 - 1 図 TBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図
(プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止, プルトニウム濃縮缶の加熱の停止)



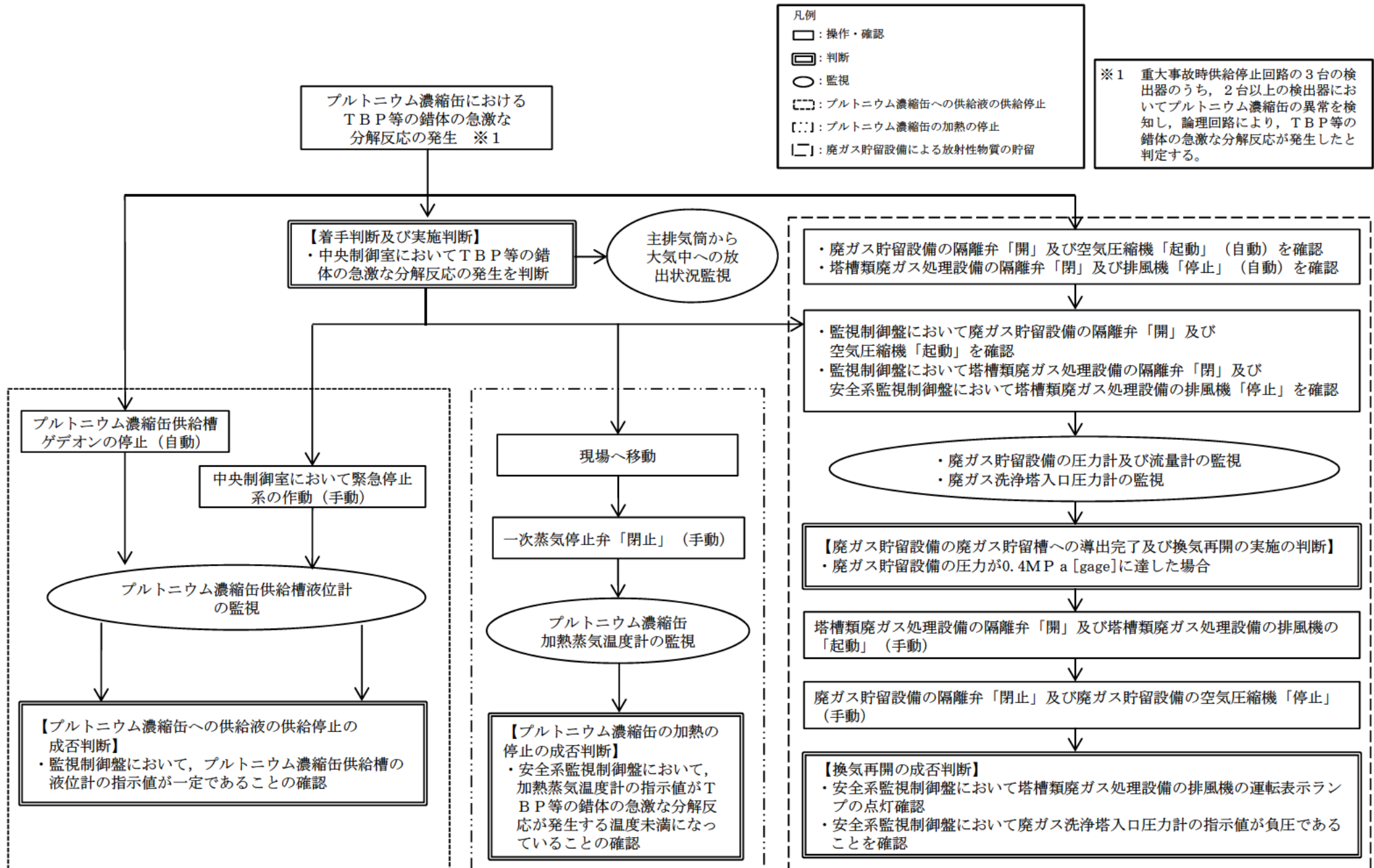
第7.4 - 2 図 T B P 等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図
 (廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留)



第7.4-3図(1) TBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図
(プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止)



第7.4-3図(2) TBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図
(プルトニウム濃縮缶の加熱の停止)



第7.4-4図「プルトニウム濃縮缶の T B P等の錯体の急激な分解反応」の手順の概要

班名	作業番号	作業内容	要員数	所要時間 (時:分)	経過時間(時:分)																			
					0:00	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:10	1:20	1:30	1:40	1:50	2:00	2:10	2:20	2:30	2:40	2:50		
実施責任者	1	・分解反応検知機器のプルトニウム濃縮缶液相部温度計、プルトニウム濃縮缶圧力計及びプルトニウム濃縮缶気相部温度計のうち2つ以上の計器で同時にプルトニウム濃縮缶の異常を検知し、分解反応検知機器の論理回路がTBP等の錯体の急激な分解反応の発生を判定した場合に発する警報によりTBP等の錯体の急激な分解反応の発生を判断	1	0:01	■																			
	2	・対策活動の指揮		1:56	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
建屋対策班長	3	・緊急停止系の作動によるプルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止	1	0:01	■																			
	4	・対策の実施、対策作業の進捗管理		1:56	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
小計			2																					

班名	作業番号	作業内容	要員数	所要時間 (時:分)	経過時間(時:分)																			
					0:00	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:10	1:20	1:30	1:40	1:50	2:00	2:10	2:20	2:30	2:40	2:50		
放射線 対応班	放射線対応班長	5	・放射線監視盤の状態確認及び監視	1	—	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	放管1班	6	・放射線監視盤の状態確認及び監視	2	0:15	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
		7	・主排気筒管理建屋ダストろ紙回収及び測定 ※初回測定以降、事象継続状況を踏まえ、測定・報告を繰り返す。	—	—																			
	放管2班	8	・放射線監視盤の状態確認及び監視	2	0:10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
		9	・建屋周辺サーベイ ※初回測定以降、事象継続状況を踏まえ、測定・報告を繰り返す。	—	—																			
		10	・放射能観測車による環境モニタリング(対策成立性に影響しない項目)	—	—																			
小計			5																					

班名	作業番号	作業内容	要員数	所要時間 (時:分)	経過時間(時:分)																			
					0:00	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:10	1:20	1:30	1:40	1:50	2:00	2:10	2:20	2:30	2:40	2:50		
建屋 対策班	建屋内1班	11	・プルトニウム濃縮缶供給槽液位等の監視	2	0:20	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
		12	・加熱蒸気温度等の監視	2	0:25	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
		13	・塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁の操作及び塔槽類廃ガス処理設備の排風機の起動	2	0:03																			
		14	・廃ガス貯留設備の隔離弁の操作及び廃ガス貯留設備の空気圧縮機の停止	2	0:05																			
	建屋内2班	15	・蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手动弁の閉止	2	0:05		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
	建屋内3班	16	・廃ガス貯留設備の圧力及び流量の監視	2	1:56	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
小計			6																					

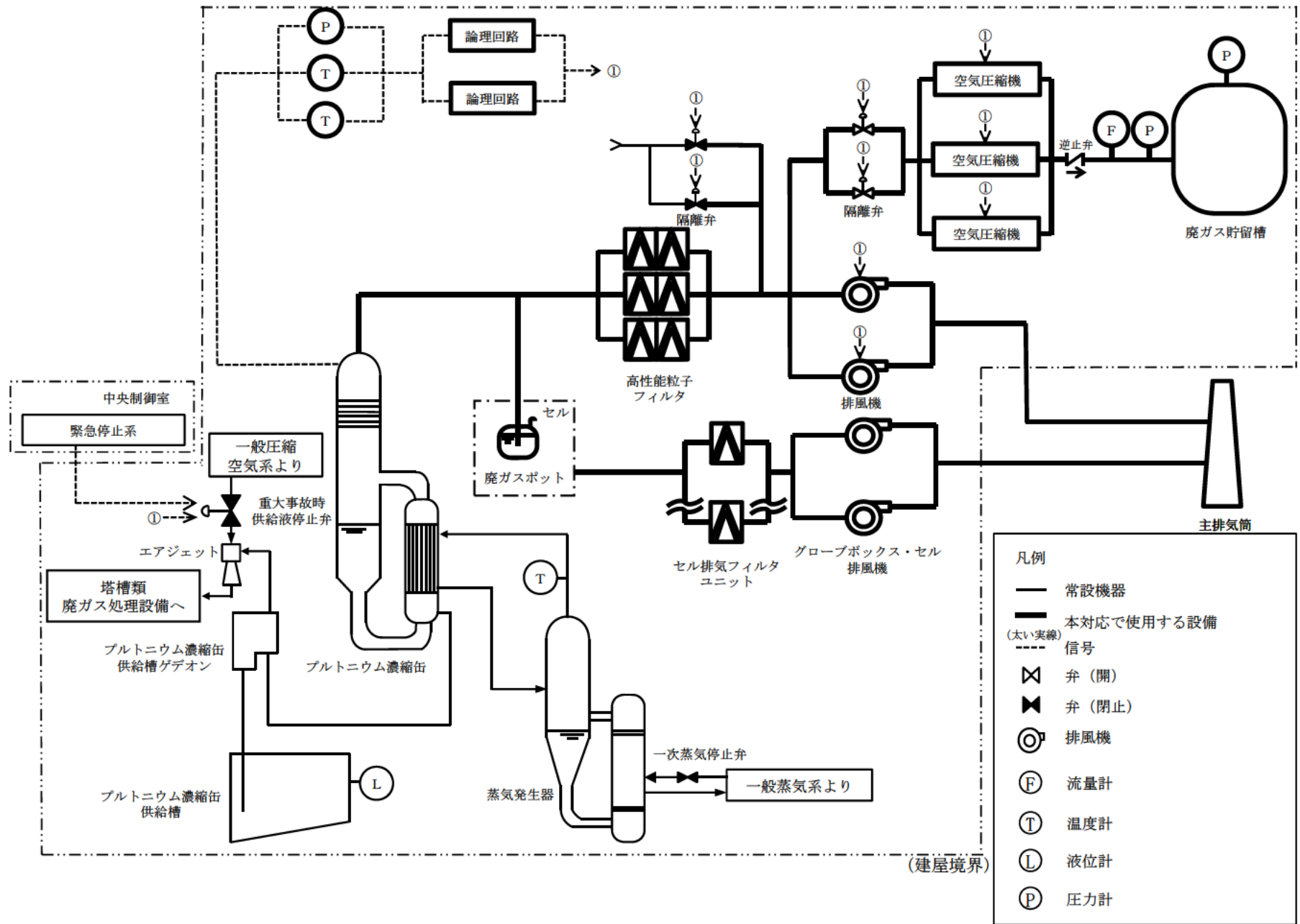
班名	作業番号	作業内容	要員数	所要時間 (時:分)	経過時間(時:分)																			
					0:00	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:10	1:20	1:30	1:40	1:50	2:00	2:10	2:20	2:30	2:40	2:50		
実施組織要員	17	・非常用電源建屋の受電状態確認	3	0:10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	18	・制御建屋の受電状態確認	3	0:10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	19	・ユーティリティ建屋の受電状態確認	3	0:10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
小計			9																					

4689

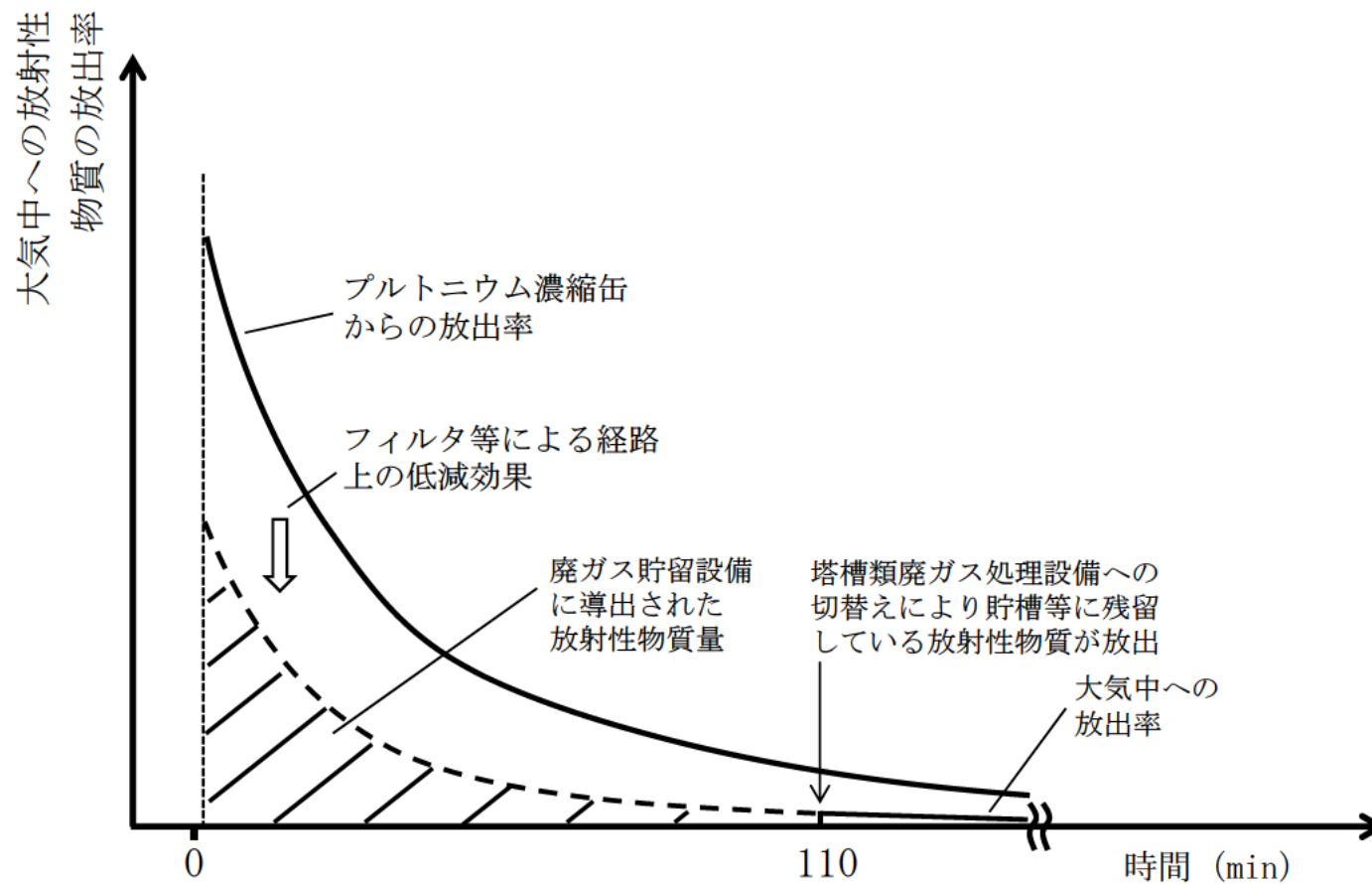
合計

22

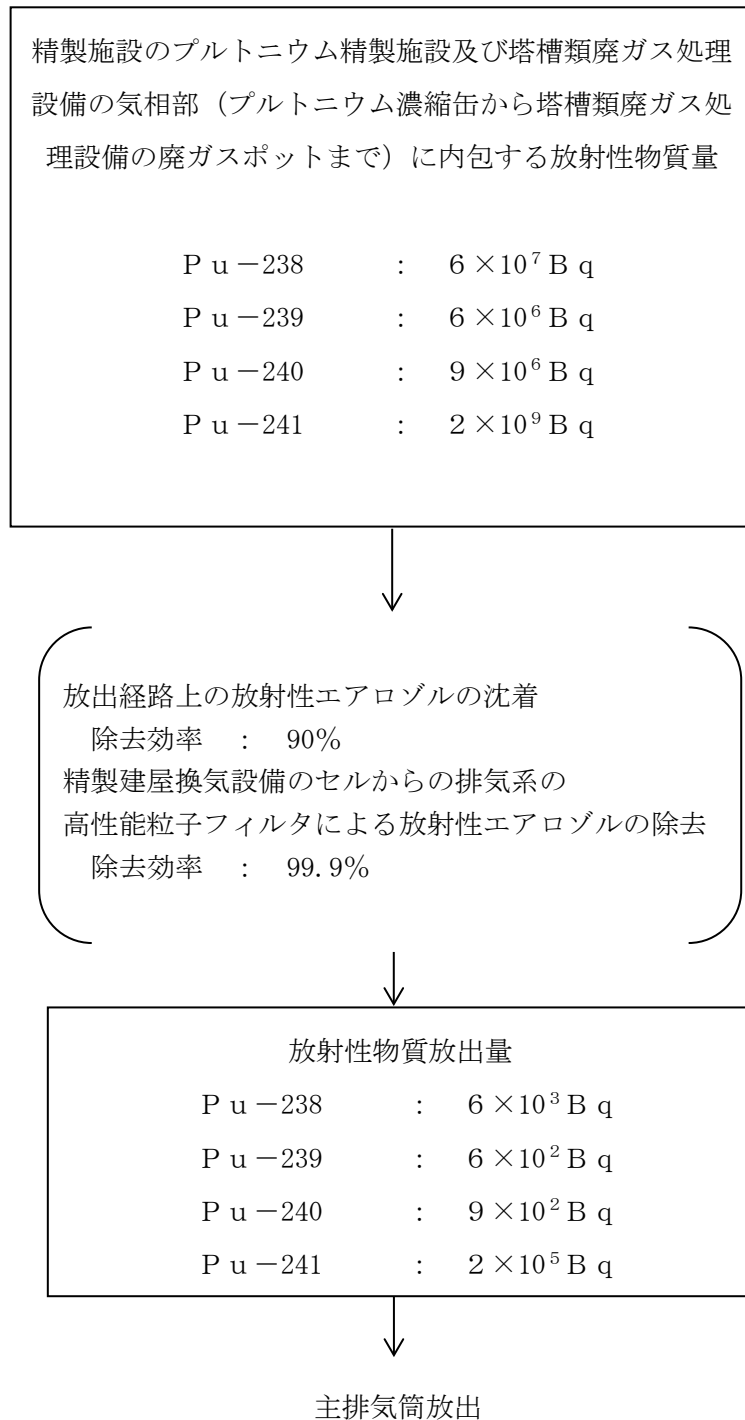
第7.4-5図 TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大防止のための措置の作業及び所要時間
(プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止、プルトニウム濃縮缶の加熱の停止、廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留)



第7.4-6図 TBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図
 (廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留)



第7.4-7図 TBP等の錯体の急激な分解反応発生時における放射性物質の放出率の推移 概念図



第 7.4-8 図(1) プルトニウム濃縮缶における T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生による放射性物質の大気放出過程 (セルからの排気系からの放射性物質の放出量)

精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶 に内包する溶液中の放射性物質質量	
P u - 238	: 4×10^{15} B q
P u - 239	: 4×10^{14} B q
P u - 240	: 6×10^{14} B q
P u - 241	: 8×10^{16} B q

放射性物質の気相中への移行割合 :	
T B P 等の錯体の急激な分解反応発生時	: 0.4%
T B P 等の錯体の急激な分解反応発生～供給停止	: 0.005%

放出経路上の放射性エアロゾルの沈着	
除去効率	: 90%
塔槽類廃ガス処理設備の高性能フィルタによる放射性 エアロゾルの除去	
除去効率	: 99.999%
廃ガス貯留設備（精製建屋）による放射性物質の貯留 実施時の放出割合 : 4%	

放射性物質放出量	
P u - 238	: 6×10^5 B q
P u - 239	: 6×10^4 B q
P u - 240	: 9×10^4 B q
P u - 241	: 2×10^7 B q

主排気筒放出

第 7.4-8 図(2) プルトニウム濃縮缶における T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生による放射性物質の大気放出過程(塔槽類廃ガス処理設備からの放射性物質の放出量)

第28条:重大事故等の拡大防止(10.有機溶媒等による火災又は爆発への対処)

再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考(8月提出済みの資料については、資料番号を記載)
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料10-1	有機溶媒等による火災又は爆発に関する事象選定及びTBP等の錯体の急激な分解反応に関する事象発生シナリオ等について	4/28	7	新規作成
補足説明資料10-2	プルトニウム精製設備プルトニウム濃縮缶におけるTBP等の錯体の急激な分解反応発生時の温度・圧力等の経時変化	1/22	4	新規作成
補足説明資料10-3	TBP等の錯体の急激な分解反応に関する知見	3/13	4	新規作成
補足説明資料10-4	プルトニウム濃縮缶でのTBP等の錯体の急激な分解反応における拡大の防止のための措置の概要	4/28	8	新規作成
補足説明資料10-5	プルトニウム濃縮缶でのTBP等の錯体の急激な分解反応における関連機器の機能及び機能喪失の想定	1/8	3	新規作成
補足説明資料10-6	事態の収束までの放出量評価	4/13	7	新規作成
補足説明資料10-7	TBP等の錯体の急激な分解反応発生時における放射性物質の気相中への移行率	12/16	0	新規作成
補足説明資料10-8	不確かさの設定	4/13	6	新規作成
補足説明資料10-9	系統概要図, アクセスルート	4/28	5	新規作成
補足説明資料10-10	TBP等の錯体の急激な分解反応発生時のプルトニウム濃縮缶内の水素濃度評価方法と評価に用いたパラメータについて	1/28	1	新規作成
補足説明資料10-11	加熱停止後のプルトニウム濃縮缶の温度評価	1/22	0	新規作成
補足説明資料10-12	敷地外被ばく線量評価	3/13	0	新規作成

令和 2 年 4 月 2 8 日 R7

補足説明資料 10－1

有機溶媒等による火災又は爆発に関する
事象選定及びT B P等の錯体の急激な分解
反応に関する事象発生シナリオ等について

目次

1. 有機溶媒等による火災又は爆発の事象選定

2. T B P 等の錯体の急激な分解反応の事象発生シナリオ及び対策
 2. 1 概要
 2. 2 事象発生シナリオの再検討
 2. 2. 1 プルトニウム濃縮缶の運転方法
 2. 2. 2 起因の整理
 2. 2. 3 事象発生シナリオ

3. T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合の廃ガスポットの水封の状況
 3. 1 廃ガスポットの構造
 3. 2 T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合の影響

1. 有機溶媒等による火災又は爆発の事象選定

有機溶媒等による火災について、設計上定める条件より厳しい条件では、漏えいした有機溶媒の温度は引火点には到達しないため、更に厳しい条件を与えた評価として、放熱評価（気相部への放熱を考慮）を用いるとともに換気停止を考慮した。

有機溶媒から気相部及びセルコンクリートへ熱伝達することで、漏えいした有機溶媒が引火点に到達しないことを確認した。

したがって、漏えいした有機溶媒の温度は引火点に到達しないため、有機溶媒等による火災は重大事故として発生しないとの選定結果とした。

また、有機溶媒等による爆発の対象事象であるTBP等の錯体の急激な分解反応については、公衆及び従事者への影響を考慮し、安全上重要な施設を対象として重大事故等の選定を行った結果、ウラン精製設備のウラン濃縮缶は安全上重要な施設ではないため選定の対象外とした。分配設備のウラン濃縮缶、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶、高レベル廃液濃縮設備の高レベル廃液濃縮缶及び第2酸回収蒸発缶を対象として、設計上定める条件よりも厳しい条件を与えた場合に事象の発生の有無を確認した結果、事象は発生しないという評価になったが、過去に同事象が他プラントで発生していること、事象が発生した場合の影響の大きさを考慮し、設計上定める条件よりも厳しい条件よりも更に厳しい条件を与え、事象の発生の有無を確認した。この結果、物理的に事象が発生しない機器として減圧蒸発を採用すること

で運転温度を下げて運転していることで缶内の溶液が T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生する温度には至らない高レベル廃液濃縮缶及び酸回収設備の第 2 酸回収蒸発缶を除いた分配設備のウラン濃縮缶及びプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶において事象の発生が想定される機器とした。T B P 等の錯体の急激な分解反応事象が発生した場合の両機器の公衆への影響は、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶では $0.4 \mu S v$ となる。分配設備のウラン濃縮缶では、除染機能の低下等の想定外事象が発生した場合であっても、公衆への影響は $6.8 \times 10^{-5} \mu S v$ であり、平常時を十分下回るため、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶を対象機器として選定した。

なお、高レベル廃液濃縮缶については、供給液の供給が停止し、冷却運転をしている際に冷却機能の喪失が発生し、缶内の高レベル廃液が崩壊熱により沸騰した場合に T B P を含む供給液を供給することはなく、沸点は T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生する温度を超えず、また、蒸発乾固の対策として内部ループ通水等を実施することから、T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生する温度に達することはない。

なお、分配設備のウラン濃縮缶では、事象発生シナリオの見直しにより T B P 等の錯体の急激な分解反応に寄与する T B P 量が、従来の事象発生シナリオでは約 1.8 k g であったものが、約 4.3 k g に増加する。この状態で T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生による圧力及び温度の上昇については、T B P 量が約 6.4 k g の場合の F l u e n t による解析結果において、ウラン濃縮缶の出口における圧力が約 480 k P a であり、許容圧力を超

えない。分離建屋塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系の高性能粒子フィルタについては、フィルタ差圧が約 0.29 k P a , 温度が約 170℃であり、フィルタの健全性が確認されている 9.3 k P a 及び 200℃を下回る。このため、ウラン濃縮缶及び分離建屋塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系の高性能粒子フィルタの健全性は担保できる。

表－１（１／２）：分配設備のウラン濃縮缶とプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶における事象発生時の放射性物質の放出量

核種グループ	C s - 1 3 7 換算放出量 (T B q)	
	ウラン濃縮缶	プルトニウム濃縮缶
Z r / N b	0.0E+00	0.0E+00
R u / R h	3.9E-14	1.2E-15
C s / B a	0.0E+00	0.0E+00
C e / P r	0.0E+00	0.0E+00
S r / Y	0.0E+00	0.0E+00
その他 F P	2.0E-11	6.1E-13
P u (α)	1.6E-10	5.1E-04
A m / C m (α)	7.7E-08	0.0E+00
U (α)	1.8E-08	1.2E-12
N p (α)	3.5E-09	0.0E+00
合計	9.8E-08	5.1E-04

表－１（２／２）：分配設備のウラン濃縮缶とプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶における事象発生時の線量

核種グループ	被ばく線量（ μSv ）	
	ウラン濃縮缶	プルトニウム濃縮缶
Zr / Nb	0.0E+00	0.0E+00
Ru / Rh	2.8E-11	8.9E-13
Cs / Ba	0.0E+00	0.0E+00
Ce / Pr	0.0E+00	0.0E+00
Sr / Y	0.0E+00	0.0E+00
その他FP	4.6E-10	1.4E-11
Pu (α)	1.3E-07	4.0E-01
Am / Cm (α)	6.2E-05	0.0E+00
U (α)	5.0E-06	3.3E-10
Np (α)	1.7E-06	0.0E+00
合計	6.8E-05	4.0E-01

2. T B P 等の錯体の急激な分解反応の事象発生シナリオ及び対策

2. 1 概要

T B P 等の錯体の急激な分解反応については、事象発生に至るシナリオを網羅的に確認した結果、プルトニウム溶液を連続供給しながら過濃縮が発生するシナリオとした。

2. 2 事象発生シナリオ

事象発生シナリオについて、プルトニウム濃縮缶の運転方法を踏まえ、考え得るシナリオを検討した。

2. 2. 1 プルトニウム濃縮缶の運転方法

プルトニウム濃縮缶の運転は、立ち上げ、液位制御による硝酸プルトニウム溶液の濃縮、密度制御による濃縮運転、待機運転、停止に大別される。

立ち上げでは、プルトニウム濃縮缶に硝酸又は硝酸プルトニウム溶液を張り込み、加熱を開始する。

液位制御による硝酸プルトニウム溶液の濃縮では、プルトニウム濃縮缶内の溶液密度を所定の値まで上昇させるため、濃縮缶内の液位が一定となるよう硝酸プルトニウム溶液の供給量を制御しながら濃縮を行う。

密度制御による濃縮運転では、濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液の濃度が 250 g / L に相当する密度となるよう、プルトニウム溶液の供給流量を制御するとともに濃縮した硝酸プルトニウム溶液（以下、「プルトニウム濃縮液」と言う。）の抜き出しを実施する。液位制御による濃縮から密度制御による濃縮は、液位制御

と密度制御がともに自動制御モードであり，硝酸プルトリウム溶液の供給流量制御がカスケードモード（液位制御と密度制御の両方からの信号を受け付け，制御を行うモード）となっている状態で自動的に切り替わる。

待機運転は，上流工程からのプルトリウム溶液の移送が遅れる等の理由により短期的に濃縮運転の継続が困難となった場合に実施し，プルトリウム濃縮缶の加熱を継続しながら硝酸プルトリウム溶液の供給は停止し，プルトリウム濃縮缶から発生する凝縮液の全量をプルトリウム濃縮缶に戻すことで，プルトリウム濃縮缶内の液位を保ちながら待機する。

工程停止は，加熱を停止するとともにプルトリウム濃縮液をプルトリウム濃縮缶から抜き出し，硝酸を張り込んで終了となる。

上記運転の概要を図－1に示す。

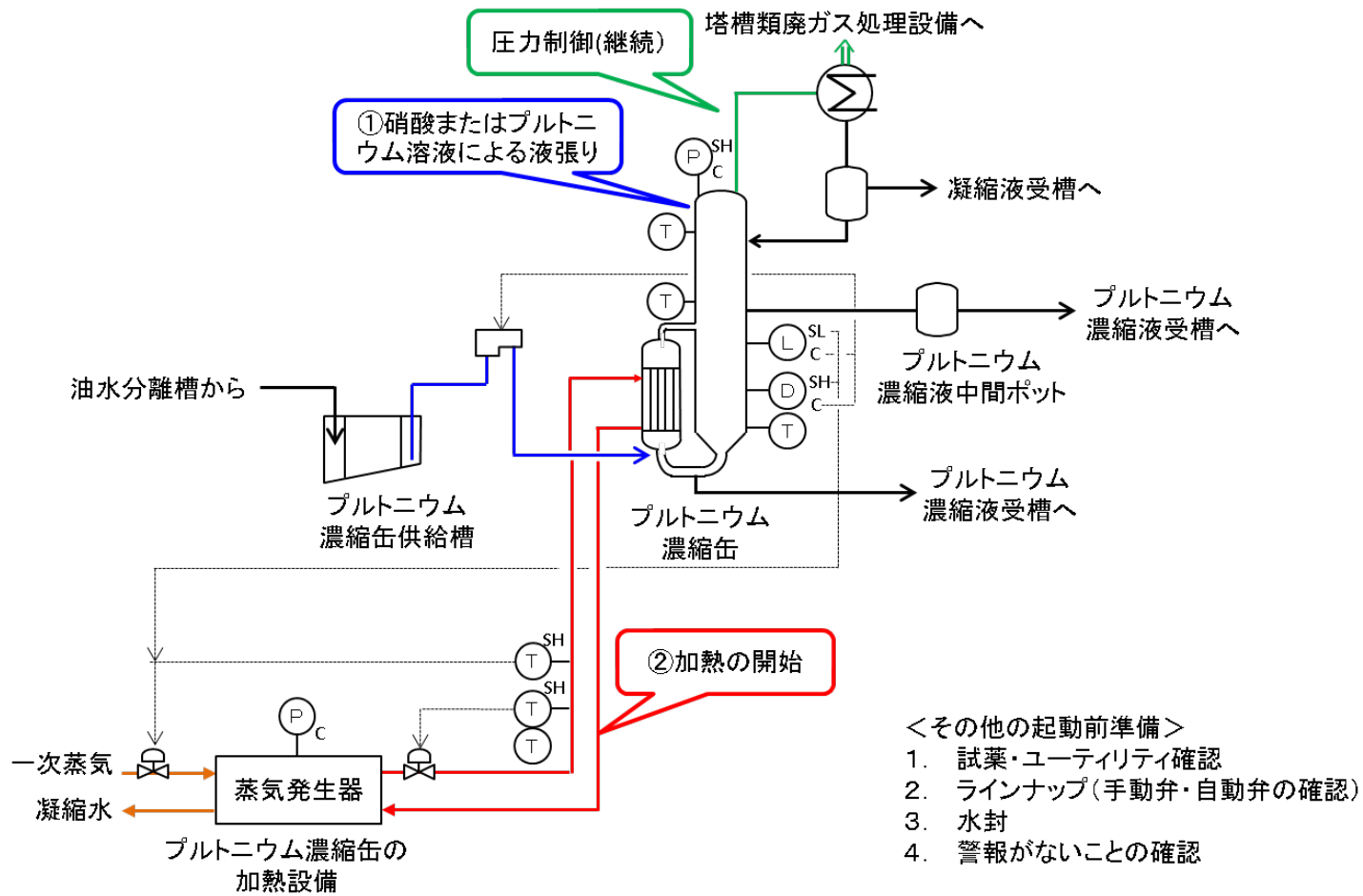


図 - 1 (1 / 5) プルトニウム濃縮缶の運転概要 (立ち上げ)

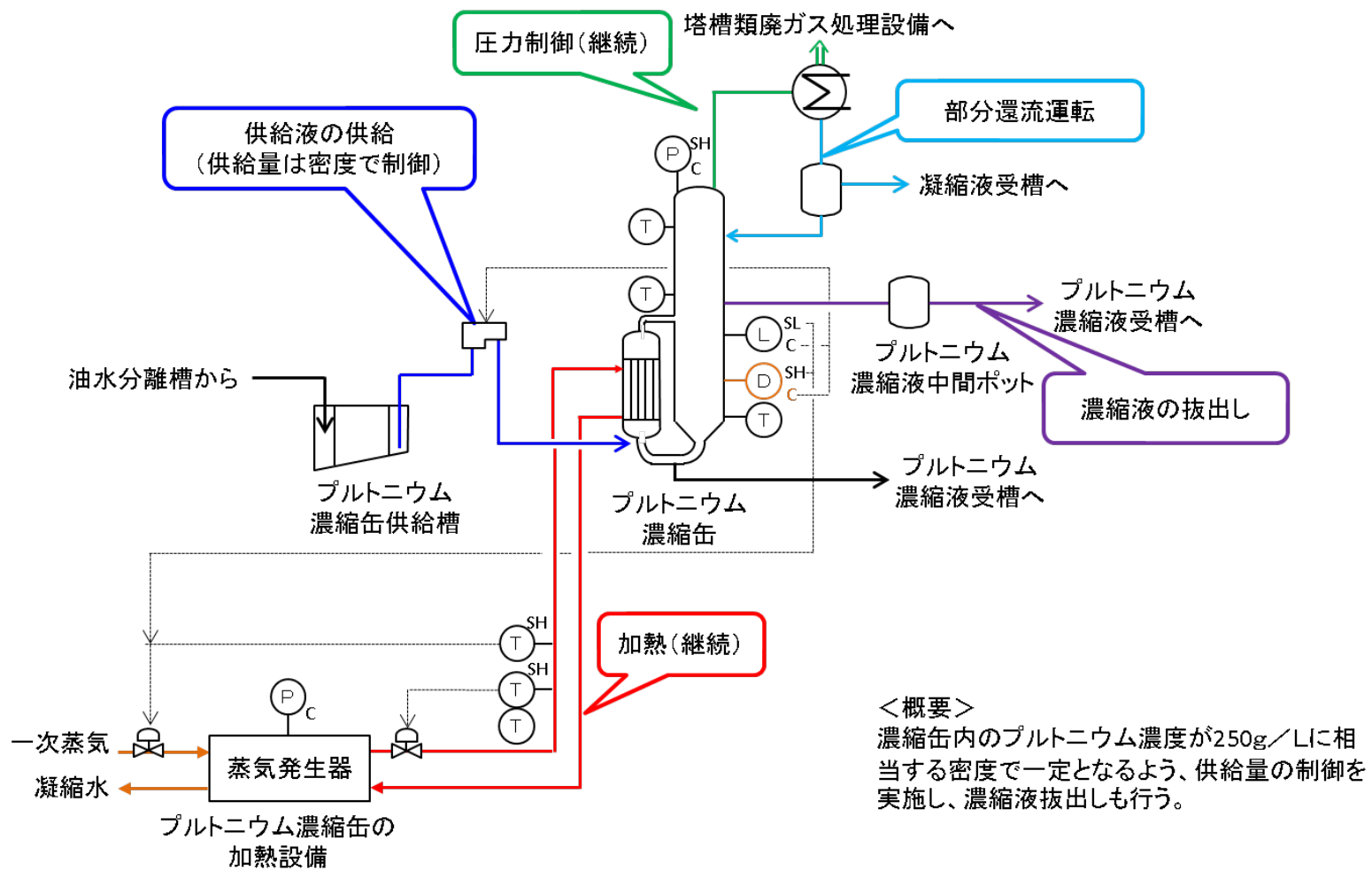


図 - 1 (3 / 5) プルトニウム濃縮缶の運転概要 (密度制御運転)

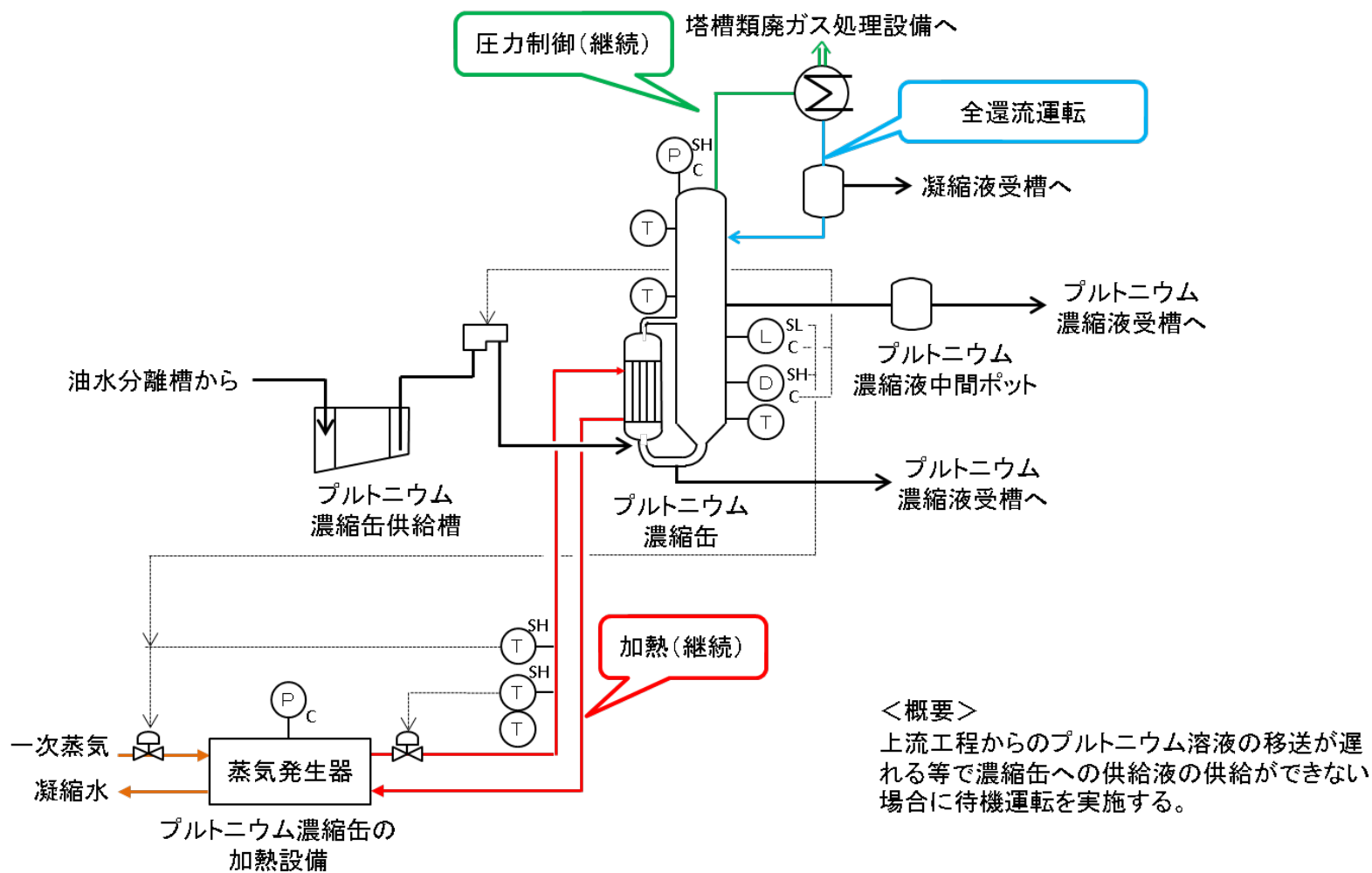


図 - 1 (4 / 5) プルトニウム濃縮缶の運転概要 (待機運転)

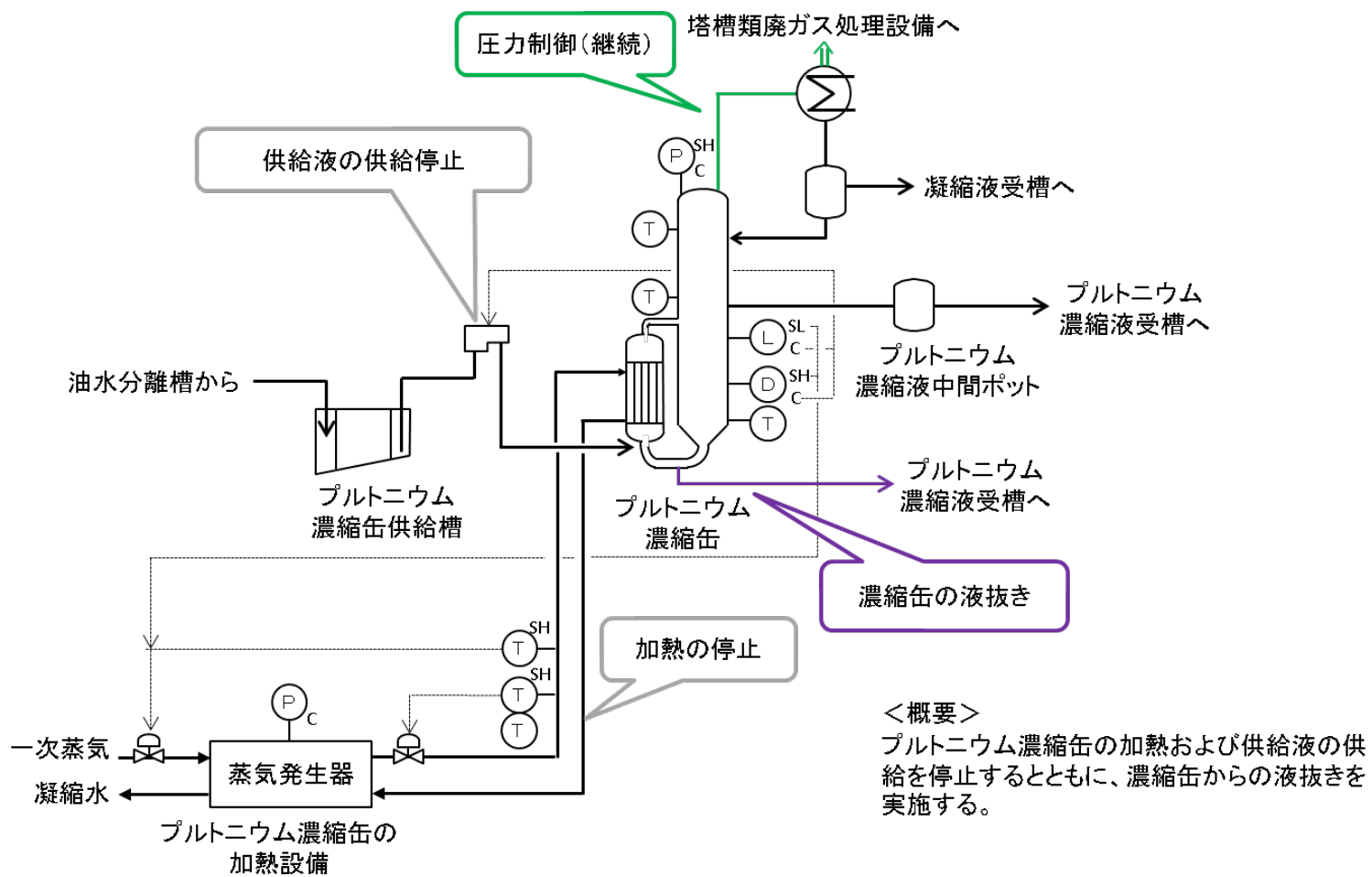


図-1 (5 / 5) プルトニウム濃縮缶の運転概要 (停止)

2. 2. 2 起因の整理

プルトニウム濃縮缶でのT B P等の錯体の急激な分解反応に対して、発生防止を期待できる機能としては、以下のものがある。

図－2に発生防止機能を図示する。

① T B P等の濃縮缶への持ち込み防止

- ・ T B P洗浄器における希釈剤洗浄
- ・ 貯槽の下部からの溶液の抜き出し
- ・ 油水分離槽からプルトニウム濃縮缶供給槽への移送機器の液位低信号による移送停止
- ・ 運転員による下流工程への移送前における溶液のT B P濃度の分析結果確認
- ・ 運転員による希釈剤供給流量の指示値の確認

② 加熱蒸気温度の異常な上昇防止

- ・ 蒸気発生器における加熱蒸気の圧力（温度）制御
- ・ 運転員による加熱蒸気圧力高警報の発報確認
- ・ 運転員による加熱蒸気温度高警報の発報確認
- ・ 加熱蒸気圧力高警報に基づく運転員による対処
- ・ 加熱蒸気温度高警報に基づく運転員による対処
- ・ 加熱蒸気の温度が更に上昇した場合に、インターロックによる蒸気発生器への一次蒸気の供給停止
- ・ 加熱蒸気の温度が更に上昇した場合に、インターロックによる濃縮缶等への加熱蒸気の供給停止
- ・ 運転員による加熱蒸気温度，加熱蒸気圧力の確認

③ 過濃縮防止

- ・ 濃縮缶の密度制御

- ・濃縮缶の密度が異常に上昇した場合に、警報を発するとともにインターロックにより蒸気発生器への一次蒸気の供給停止
- ・濃縮缶の液位が異常に低下した場合に、警報を発するとともにインターロックにより蒸気発生器への一次蒸気の供給停止
- ・運転員による定期的なログシートの採取による、濃縮缶の密度、液位、温度の確認

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する場合の、上記の発生防止機能の喪失については、以下の考え方に基づき選定した。

- ・上記①、②及び③の機能を担う主要な機能は喪失する。また、この機能喪失による事象の進展を防止する機能は 2 つまで機能喪失を想定する。
- ・運転員による異常の検知及び対処については、期待しない。

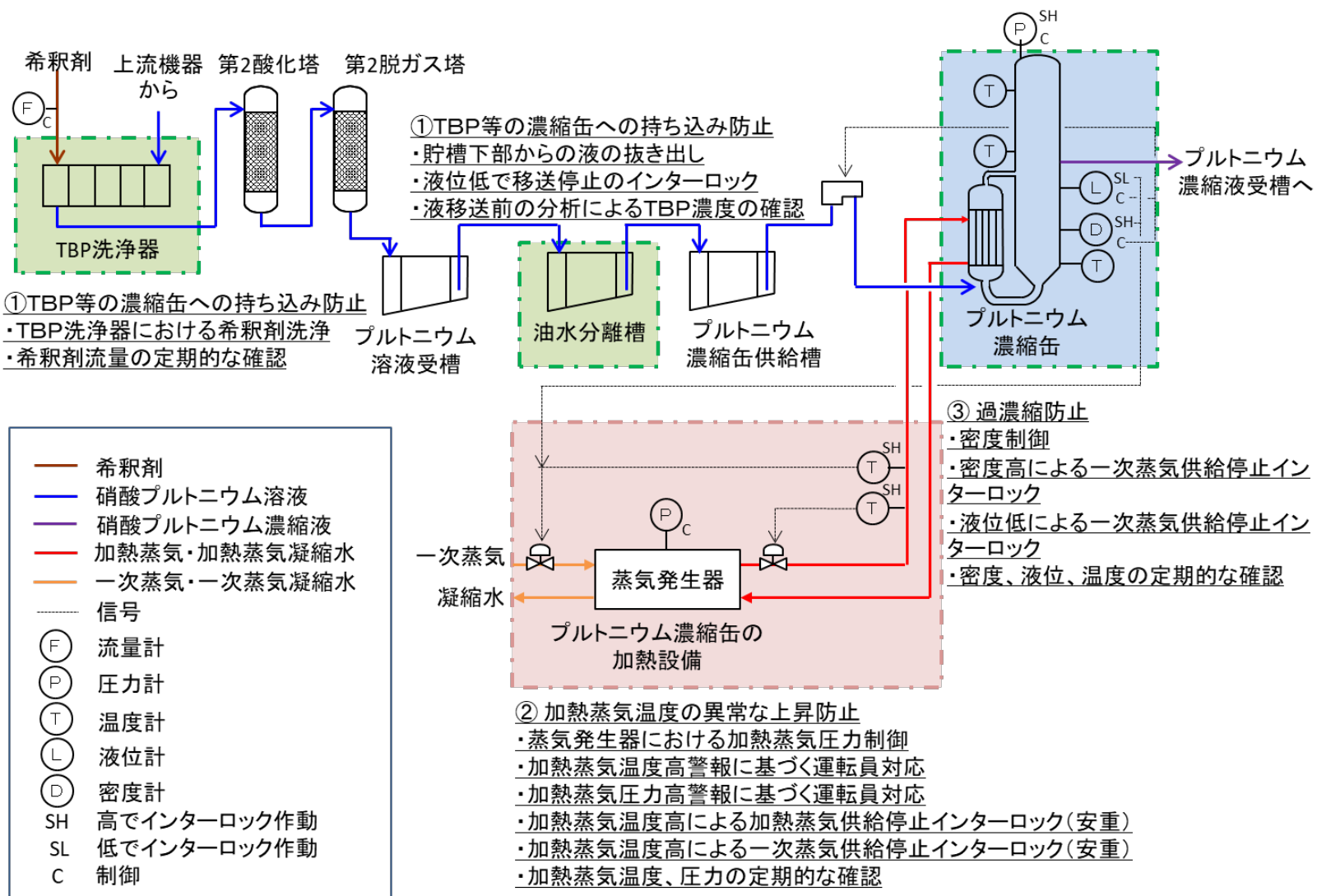


図-2 発生防止機能一覧

2. 2. 3 事象発生シナリオ

事故の起因の中で、その状態に至るまでの過程の違いにより事故の規模や対処が変わるものとして、過濃縮によりTBP等の錯体の急激な分解反応が発生する温度に至るまでのシナリオが挙げられる。

過濃縮はプルトニウム濃縮缶内に硝酸プルトニウム溶液があり、加熱を行っている状態でプルトニウム濃縮液の抜き出しが行われない状態でなければ発生しない。2. 2. 1に記載したプルトニウム濃縮缶の運転方法を踏まえると、過濃縮に至るシナリオは、待機運転の実施中に凝縮液が下流工程へ流出する場合と、硝酸プルトニウム溶液の濃縮運転中に硝酸プルトニウム溶液の供給は継続するがプルトニウム濃縮液の抜き出しが行われない場合の2ケースのみが想定される。各ケースの詳細を以下に示す。

(1) ケース1：待機運転時の過濃縮

待機運転時、プルトニウム濃縮缶の加熱により発生した蒸発蒸気は、凝縮器において凝縮させ、全量を凝縮液としてプルトニウム濃縮缶に戻すが、何らかの誤操作により一部の凝縮液が下流工程に移送される状態で待機運転が継続されることを想定する。時間の経過とともに濃縮缶内の液位が低下し、プルトニウム濃縮液の濃度が高まることで沸点が上昇し、最終的にTBP等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を超える状態に至る。

なお、プルトニウム濃縮液は、希釈剤洗浄が行われずTBP濃度が高い状態の硝酸プルトニウム溶液を処理することでプルトニウム濃度は250 g/L、濃縮缶内のTBP量は94 gとなっており、加熱蒸気温度は、待機運転が開始され凝縮液の一部が下流

工程に移送される状態が始まった時点でT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を超えていると想定する。

このケースでは、異常の発生（待機運転状態で凝縮液の一部が下流工程に移送される）から事象の発生（800 g / Lへの到達）までの時間は約 29 時間となる。

ケース 1 の運転状態を図 - 3 , 事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態を図 - 4 に示す。

ケース 1 の場合, 事象発生時にはプルトニウム溶液の供給は停止している状態であり, 事象発生後の再供給は実施しない。また, T B P 等の錯体の急激な分解反応により, T B P 等の錯体は全てが分解されてしまうことから, 事象発生後はプルトニウム濃縮缶内にはT B P 等が存在しないこととなるため, T B P 等の錯体の急激な分解反応は再発しない。

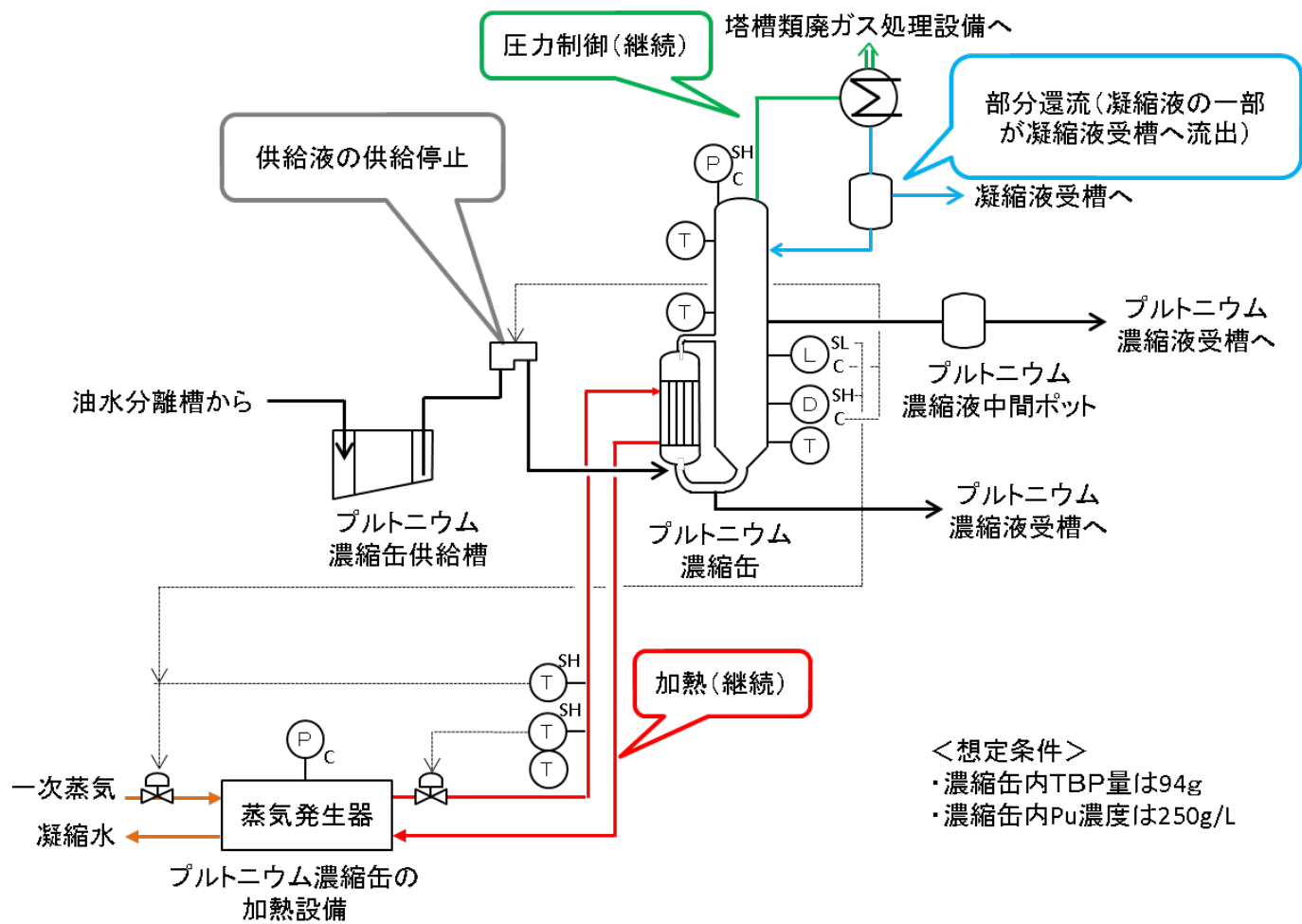


図-3 想定シナリオケース1の運転状態

TBP等の濃縮缶への持ち込み防止

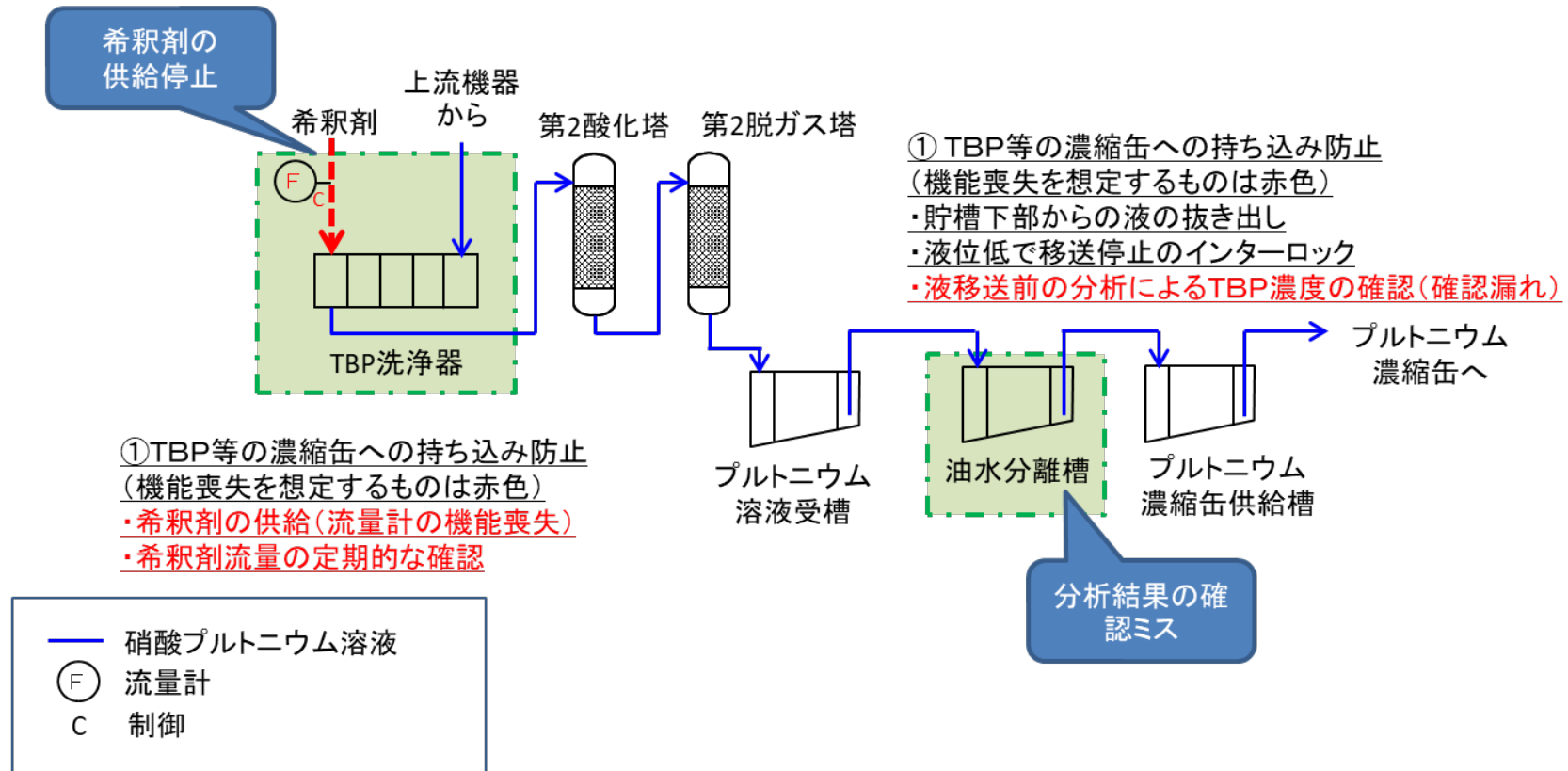
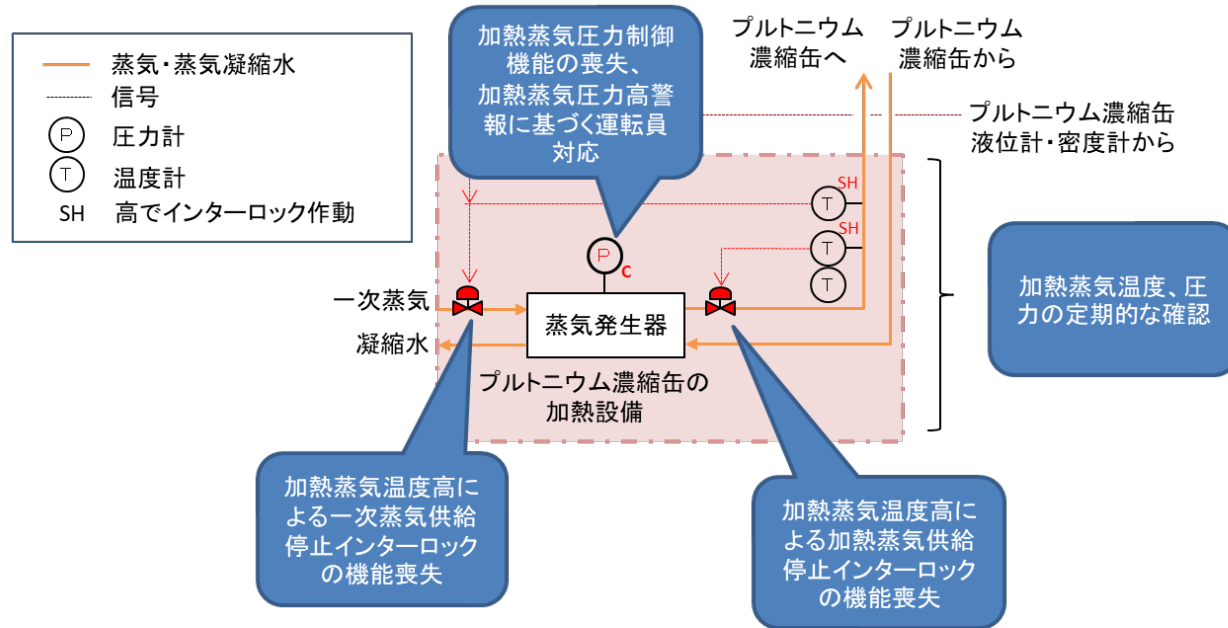


図-4 想定シナリオケース1の事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態(1/3)

加熱蒸気温度の異常な上昇防止



② 加熱蒸気温度の異常な上昇防止(機能喪失を想定するものは赤色)

- ・蒸気発生器における加熱蒸気圧力計による加熱蒸気圧力制御(圧力計の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度高警報に基づく運転員の対応(運転員の認知漏れ)
- ・加熱蒸気圧力高警報に基づく運転員の対応(圧力計の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度高による加熱蒸気供給停止インターロック(安重)(遮断弁の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度高による一次蒸気供給停止インターロック(安重)(遮断弁の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度、圧力の定期的な確認(運転員の認知漏れ)

図-4 想定シナリオケース1の事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態(2/3)

過濃縮防止

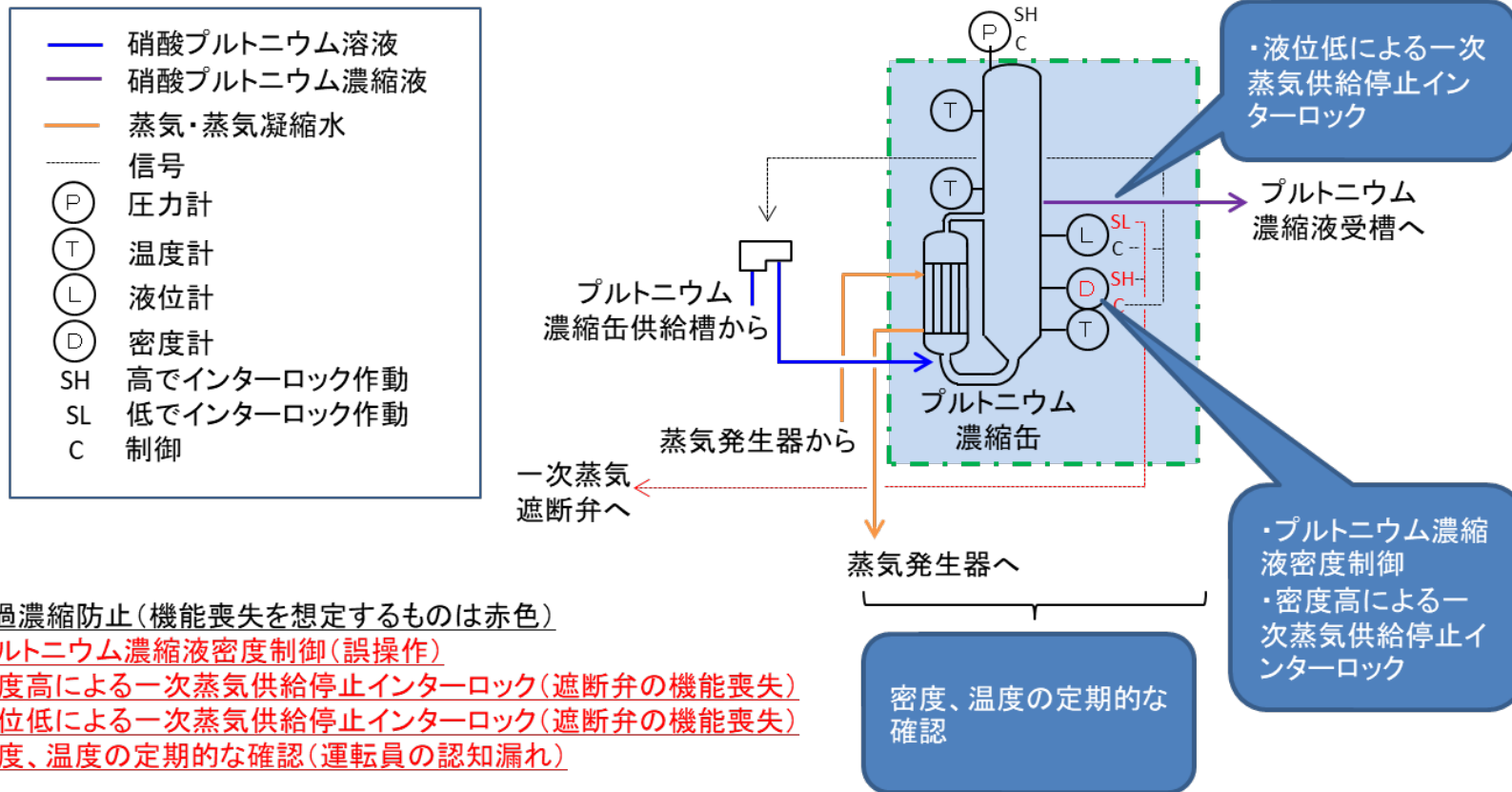


図 - 4 想定シナリオケース 1 の事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態 (3 / 3)

(2) ケース2：濃縮運転中の過濃縮

液位制御による硝酸プルトニウム溶液の濃縮運転を実施しており、所定の密度に到達したことから、通常であれば自動で密度制御に切り替わるところが、液位制御の制御モードが手動制御モードとなっており、密度制御への自動切り替えが行われず、液位制御による運転が継続することを想定する。さらに、加熱蒸気についても、この異常の発生と同時に圧力制御機能が喪失し、温度が上昇すると想定する。この状態では、硝酸プルトニウム溶液の供給は継続されるがプルトニウム濃縮液の抜き出しは行われないため、過濃縮が進むと想定する。プルトニウム濃縮液の密度の上昇が継続し、沸点がTBP等の錯体の急激な分解反応が発生する温度に相当する 800 g/L に到達した時点で事象が発生する。

このケースでは、異常の発生（密度制御機能の自動切り替えの未実施及び加熱蒸気温度の上昇）から事象の発生（ 800 g/L への到達）までの時間は、硝酸プルトニウム溶液の供給流量（ 113 L/h ）と供給する硝酸プルトニウム溶液のプルトニウム濃度（ 24 g/L ）から、約 ■■■ 時間となる。

ケース2の運転状態を図-5、事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態を図-6に示す。

ケース2の場合、事象発生時にはプルトニウム溶液の供給が継続しており、事象の継続（再発）が想定される。

■■■ については商業機密の観点から公開できません。

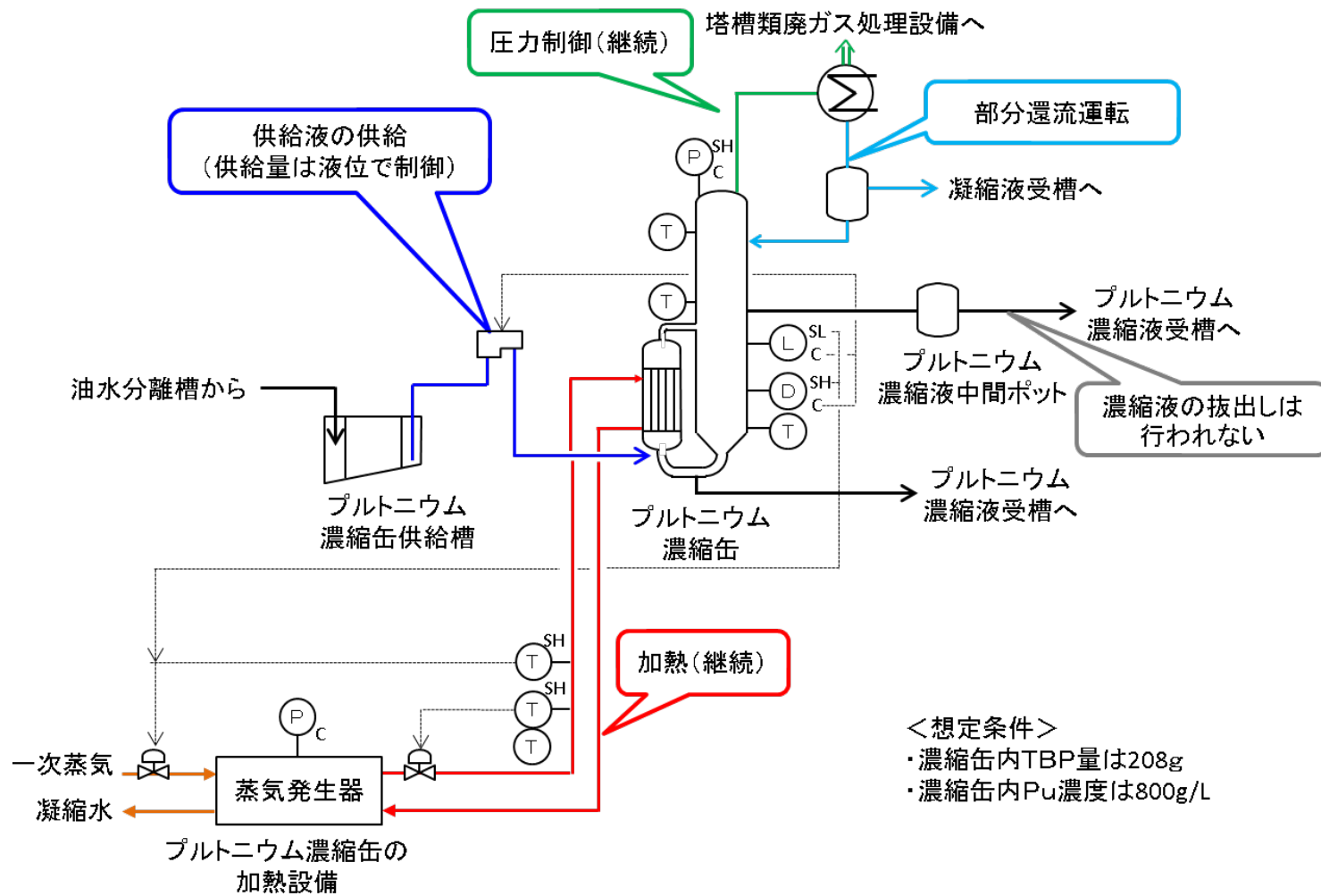


図-5 想定シナリオケース2の運転状態

TBP等の濃縮缶への持ち込み防止

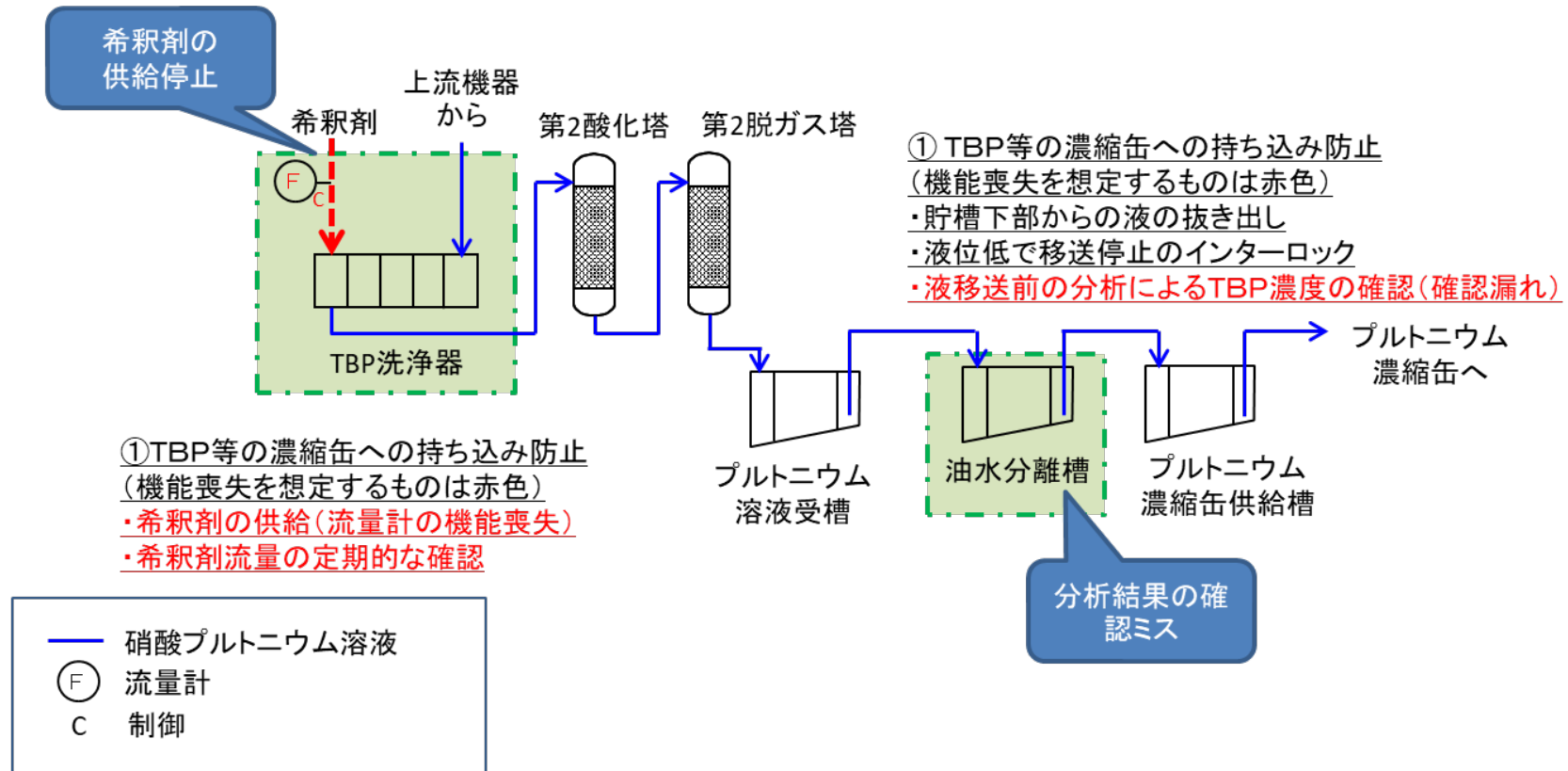
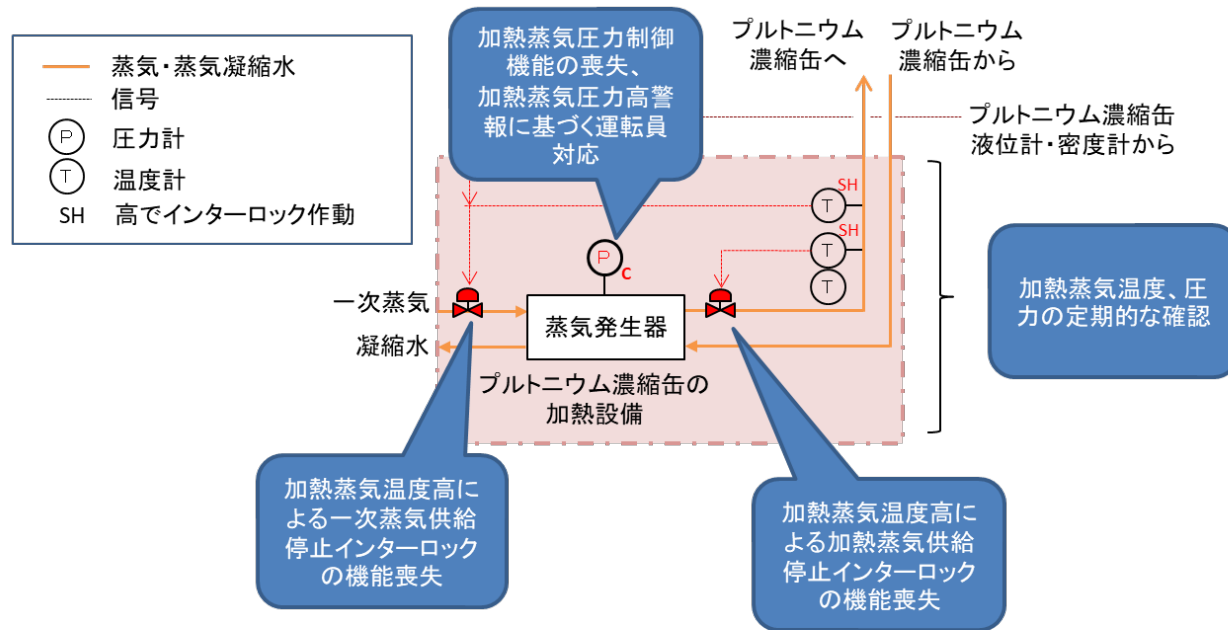


図-6 想定シナリオケース2の事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態 (1 / 3)

加熱蒸気温度の異常な上昇防止



② 加熱蒸気温度の異常な上昇防止(機能喪失を想定するものは赤色)

- ・蒸気発生器における加熱蒸気圧力計による加熱蒸気圧力制御(圧力計の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度高警報に基づく運転員の対応(運転員の認知漏れ)
- ・加熱蒸気圧力高警報に基づく運転員の対応(圧力計の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度高による加熱蒸気供給停止インターロック(安重)(遮断弁の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度高による一次蒸気供給停止インターロック(安重)(遮断弁の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度、圧力の定期的な確認(運転員の認知漏れ)

図－6 想定シナリオケース2の事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態(2/3)

過濃縮防止

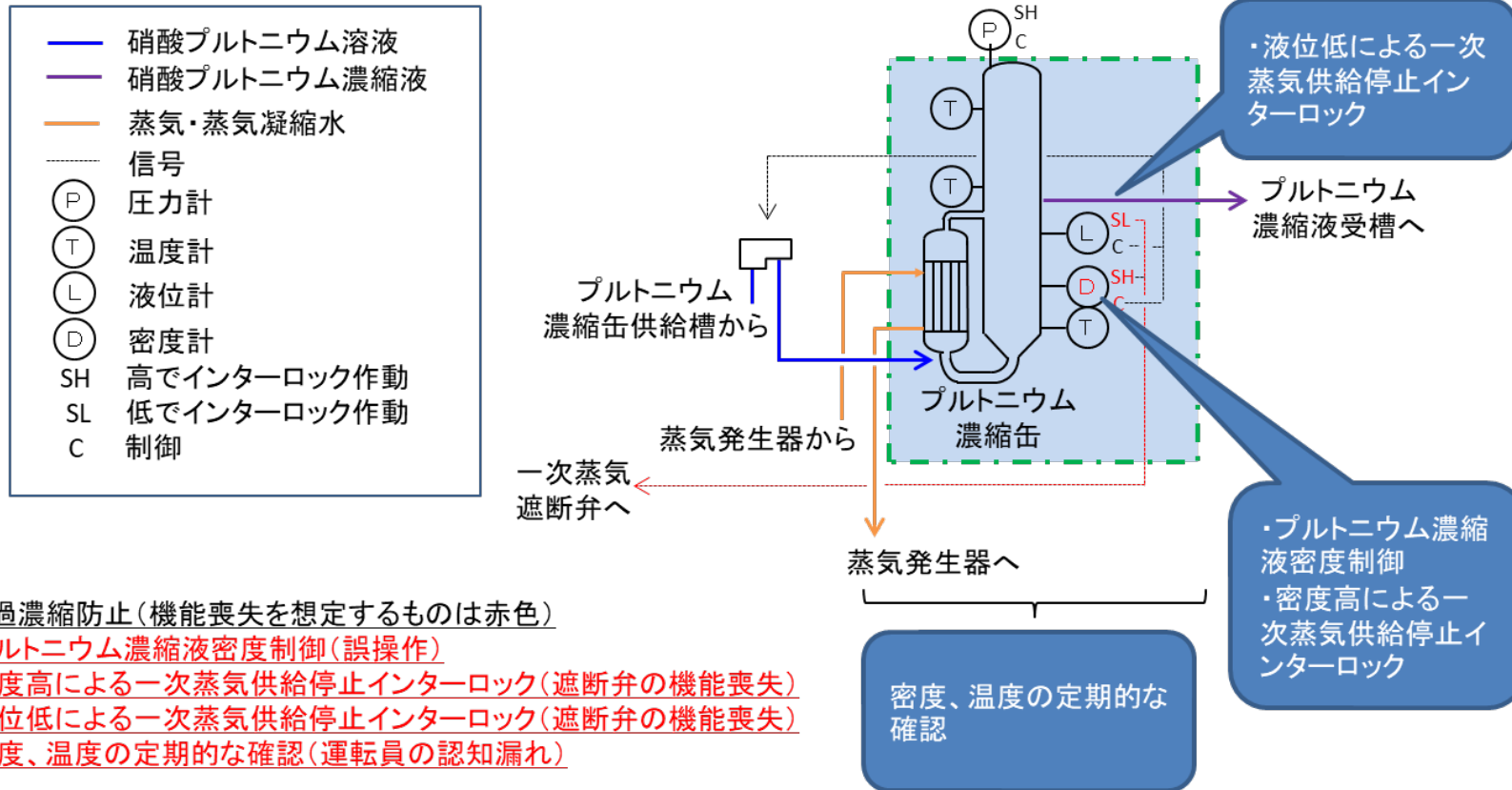


図 - 6 想定シナリオケース 2 の事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態 (3 / 3)

ケース 1 とケース 2 について、事象発生までの時間、事象の大きさ、再発の可能性等について比較を行った。結果を表 3 に示す。

比較の結果、以下の観点からケース 2 を対象とする。

- ・ケース 2 は、反応する T B P 等の量及び放射性物質の放出量が多い
- ・ケース 2 は、事象発生時にもプルトニウム溶液をプルトニウム濃縮缶へ供給しており事象が再発（継続）する可能性があるため、拡大防止対策として実施すべき事項がケース 1 よりも多く、ケース 2 の拡大防止対策を行うことでケース 1 においても拡大防止が可能

表－２：ケース１とケース２の比較（１／３）

項目	ケース１	ケース２
事象発生までの時間	異常の発生（待機運転状態で凝縮液の一部が下流工程に移送される）から事象の発生（800 g / L への到達）までの時間は約 29 時間となる。	異常の発生（液位制御から密度制御へ切り替わるべき状態で液位制御が継続）から事象の発生（800 g / L への到達）までの時間は約 ■■■ 時間となる。
反応に使われる T B P 量	反応に使われる T B P 等の錯体量（T B P 等の量）は、約 24 g / L のプルトリウム溶液を 250 g / L に濃縮するために必要なプルトリウム溶液量に相当する量（94 g）	反応に使われる T B P 等の錯体量（T B P 等の量）は、250 g / L のプルトリウム濃縮液を、約 24 g / L のプルトリウム溶液を用いて 800 g / L に濃縮するために必要な硝酸プルトリウム溶液量に相当する量（約 208 g ※）
事象の大きさ （圧力、温度、 <u>放射性物質の放出量</u> ）	濃縮缶の健全性は保たれ、V O G の高性能粒子フィルタの健全性も維持できる。 <u>放射性物質の放出量</u> は現状と同じ。	濃縮缶の健全性は保たれ、V O G の高性能粒子フィルタの健全性も維持できる。 <u>放射性物質の放出量</u> は、T B P 等の量が増えるため A R F が上昇することから増加する。



については商業機密の観点から公開できません。

表－２：ケース１とケース２の比較（２／３）

項目	ケース１	ケース２
再発の可能性	<p>事象発生時にはプルトリウム溶液の供給は停止している状態であり、事象発生後の再供給は実施しない。また、T B P等の錯体の急激な分解反応により、T B P等の錯体は全てが分解されてしまうことから、事象発生後はプルトリウム濃縮缶内にはT B P等が存在しないこととなるため、再発しない。</p>	<p>事象発生時にもT B P濃度が高いプルトリウム溶液をプルトリウム濃縮缶へ供給しており、缶内が高温度、高硝酸濃度であることを踏まえると、供給したプルトリウム溶液に含まれるT B P等が、プルトリウム濃縮缶に供給した瞬間に分解反応を起こす可能性が否定できないため、再発（事象の継続）を想定する。</p>
拡大防止対策	<p>拡大防止対策は、プルトリウム溶液の供給が停止していることから、拡大防止対策は不要。</p>	<p>拡大防止対策は、プルトリウム溶液の供給の停止及び加熱の停止が必要。</p>

表－２：ケース１とケース２の比較（３／３）

項目	ケース１	ケース２
異常な水準の放出防止対策	１回の反応による放射性物質の放出を考慮する。再発しないため、再発を考慮した対策は不要。	プルトニウム溶液の供給を止めるまでは放射性物質の放出が継続する可能性があるため、プルトニウム溶液の供給停止までを考慮した対策（再発を考慮した対策）が必要。
対策に対する時間余裕	拡大防止対策については、事象の再発がないことから、時間制限はない。	事象が再発（継続）していることから、拡大防止対策は速やかに実施する必要がある。
<u>拡大防止対策を踏まえた T B P 等の錯体の急激な分解反応の再発時の規模</u>	－	<u>プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止に要する時間を 1 分とし、1 分間に供給される T B P 量を算出すると約 1 g^{※※}となる。この分解反応による分解反応熱は 1400kJ /kg-TBP であることから、1 分間の再発時の規模は極めて小さい。</u>

※208 g の算出方法について

平常運転時の 250 g / L のプルトニウム濃縮液を ■■■ g / L の硝酸プルトニウム溶液を用いて 800 g / L に濃縮するまでに必要な溶液量は、プルトニウム濃縮缶の容量を ■■■ L とした場合、3713 L となる。

$$(800 - 250) \times \blacksquare \div \blacksquare = 3713$$

T B P 量は、水への 100% T B P の溶解度 (460 m g / L) から 30% T B P (0.3 倍) の溶解度を算出することで供給液の T B P 濃度とし、これを 140 m g / L とする。

蒸発濃縮運転時の濃縮缶内での残留率は 40%¹⁾ とする。

これらを掛け合わせることで、208 g となる。

$$0.14 \times 3713 \times 0.4 = 208$$

- 1) 「ウラン濃縮缶等での T B P 挙動検討試験報告書」 TR91-01, 住友金属鉱山株式会社, 平成 3 年 7 月における留出率 60% から残留率を 40% としている。

■■■ については商業機密の観点から公開できません。

※※約 1 g の算出方法について

プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンの流量を 113 L/h, T B P 濃度を 140m g / Lとして, 1 分間に供給される T B P 量は以下のとおりとなる。ここで算出した約 0.3 g を約 1 g とした。

$$\underline{140 \times 10^{-3} \times 113 \div 60 = 0.3}$$

2.3 事象発生シナリオとしてケース2を使用することについて

2.3.1 TBP等の錯体の急激な分解反応を起こすTBP等の量

プルトニウム濃縮缶に供給されるTBP等の量は、TBP等の濃度の高いプルトニウム溶液を供給しながら過濃縮に至ることから、約208gとなる。また、再発時のTBP等の量は約1gとなるため、合計約209gのTBPがTBP等の錯体の急激な分解反応に寄与する。

TBP等の量がケース1と比べて増加することにより、TBP等の錯体の急激な分解反応が発生した場合の放射性物質の気相への移行割合（ARF）が増大し、放射性物質の放出量が増大する。また、プルトニウム濃縮缶内のプルトニウム量が従来の評価よりも増えるため、MARも増大する。TBP等の錯体の急激な分解反応によるプルトニウム濃縮缶から精製建屋塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）（以下、「VOG」と言う。）の高性能粒子フィルタまでの経路の温度及び圧力の上昇、濃縮缶の健全性、VOGの高性能粒子フィルタの健全性に関する評価も変更になる。それぞれの影響は以下のとおり。

① 放射性物質の放出量、敷地境界被ばく線量

放射性物質の放出量については、TBP等の錯体の急激な分解反応に使われるTBP量が 94gから208gに増加することに伴いARFが約2倍、プルトニウム濃縮缶に供給される硝酸プルトニウム溶液の液量が増えることからMARが3.2倍となり、約 5×10^{-4} TBqとなる。また、敷地境界被ばく線量については、約

$4 \times 10^{-1} \mu \text{Sv}$ となる。

約 1 g の T B P による放射性物質の放出量は約 $7 \times 10^{-6} \text{TBq}$ となる。また、敷地境界被ばく線量については、約 $6 \times 10^{-3} \mu \text{Sv}$ となる。

敷地境界被ばく線量は、補足説明資料 10-12 にも示している。

②プルトニウム濃縮缶から V O G の高性能粒子フィルタまでの温度，圧力及び濃縮缶

T B P 等の錯体の急激な分解反応を起こす T B P 等の量が増えているため，それぞれの温度，圧力も上昇する。

T B P 等の量を 240 g とした場合の F l u e n t を用いた解析では，当該濃縮缶の出口における圧力は約 840 k P a 上昇し，この圧力においてもプルトニウム濃縮缶の健全性は維持されると評価している。V O G の高性能粒子フィルタについても，最大差圧が約 3.6 k P a ，温度は約 44℃となり，健全性が確認されている 9.3 k P a 及び 200℃を下回るため，健全性は確保できる。

3. T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合の廃ガスポットの水封の状況

3. 1 廃ガスポットの構造

廃ガスポットの概要図を図-7に示す。

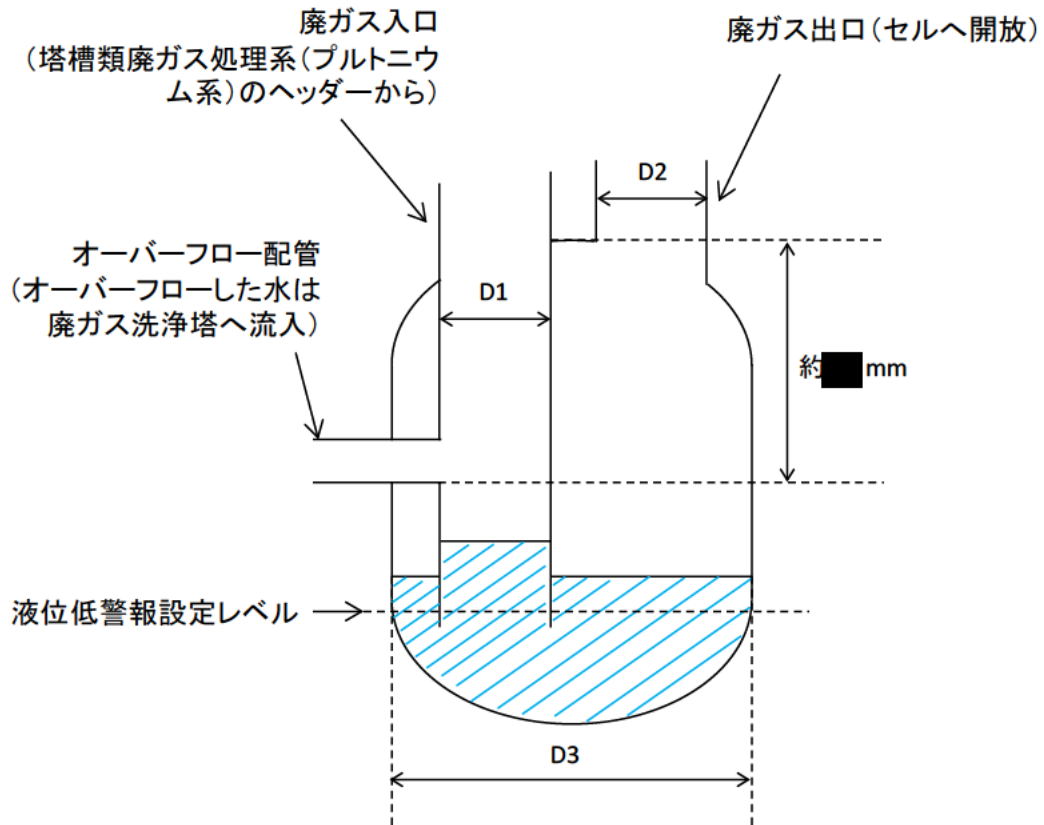


図-7 廃ガスポット概要図

廃ガスポットにはオーバーフロー配管が設置されており、有効容量は約 [redacted] リットルである。

廃ガスポットの廃ガス入口配管は、精製建屋塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）のヘッダーからつながっている配管であり、廃ガスポット内で水封されている。

[redacted] について商業機密の観点から公開できません

る。廃ガス出口配管は液浸しておらず、廃ガスポットからセルへ開放となっている。

廃ガス入口配管と廃ガス出口配管の径は同一であり、廃ガスポットの径は廃ガス入口配管の約3倍である。

廃ガスポットには液位低警報が設置されており、この警報が発報した際はポットの液張りを実施する。この警報の設定レベルは、廃ガス入口配管の下端レベルよりも高い位置に設定されている。

3.2 T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合の影響

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した際、廃ガス入口配管から廃ガスポットの方角にかかる圧力は、T B P 量を 240 g とした場合の F l u e n t による解析結果から、約 20 k P a と想定している。

廃ガスポット内の廃ガス入口配管の液浸は最大で約 ■■■ mm であるため、約 20 k P a の圧力がかかった場合には、廃ガス入口配管の下端から、廃ガスが気泡となって廃ガスポット内の水中を上昇し、廃ガス出口配管からセルへ流出する。その後、圧力上昇の収束に伴い廃ガスポット内の水の変動は収まる。(想定図を図-8に示す)

この場合、大量の気泡が水中を抜けていくことにより液面が乱れるとともに廃ガス出口から流出する廃ガスに同伴した水の分だけ液が減ることが考えられる。同伴する水の量は、爆発時におけるエアロゾル濃度の推奨値である $100 \text{ mg} / \text{m}^3$ を適

■■■ について商業機密の観点から公開できません

用した場合，T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生に伴い廃ガスポットからセルへ導出される空気量（約 0.8m^3 ）から，約 80m g となる。この量の水が減少しても水封が切れることはない。

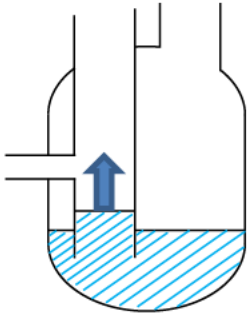
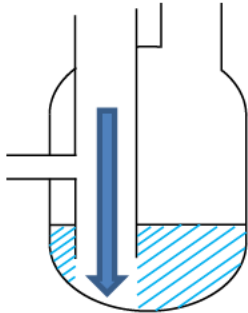
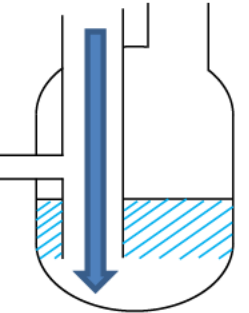
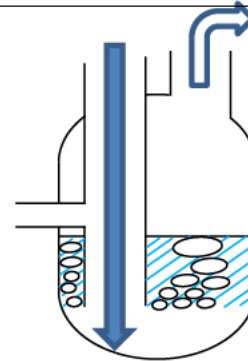
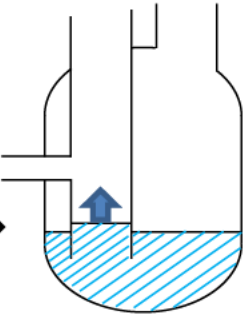
通常状態	事象発生後① (事象発生から約0.1秒後)	事象発生後② (事象発生後①から事象発生後③の中間)	事象発生後③ (事象発生から約0.3秒後)	事象発生後④ (事象発生から約1分後)
<p>青色の矢印は圧力のかかる方向と大きさを表している</p> 			<p>白抜き矢印は廃ガスの流れを表している</p> 	
<ul style="list-style-type: none"> ・廃ガススポット内の廃ガス入口配管は液浸(水封)しており、塔槽類廃ガス処理系(プルチウム系)の廃ガスがセルへ流出することはない。 ・廃ガス入口の配管(塔槽類廃ガス処理系(プルチウム系)のヘッダーからの配管)内の液面は、塔槽類廃ガス処理系(プルチウム系)の負圧により廃ガススポット内の液面よりも高くなっている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・TBP等の錯体の急激な分解反応の発生により、廃ガス入口配管から廃ガススポットに向かう方向に高い圧力で廃ガスが流入する。 ・圧力の上昇により廃ガス入口配管直下の水が押し下げられ、これにより廃ガススポット内の液面も上昇する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・事象発生直後①の状態からさらに圧がかかることで、廃ガス入口配管の下端より下部の水は、圧力がかかることにより全て廃ガススポット上方に持ち上げられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・事象発生直後②の状態からさらに圧力がかかる(廃ガスが流入すること)で、廃ガス入口配管から押し出された廃ガスは、気泡の形で廃ガススポット内の水中を上昇し、廃ガス出口配管からセルへ流出する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・塔槽類廃ガス処理系(プルチウム系)の系統内の圧力上昇が収束し、空気圧縮機による廃ガスの貯留が始まると、廃ガス処理設備が微負圧となるため、廃ガス入口の配管は再び液浸(水封)され、塔槽類廃ガス処理系(プルチウム系)の廃ガスのセルへの流出は止まる。

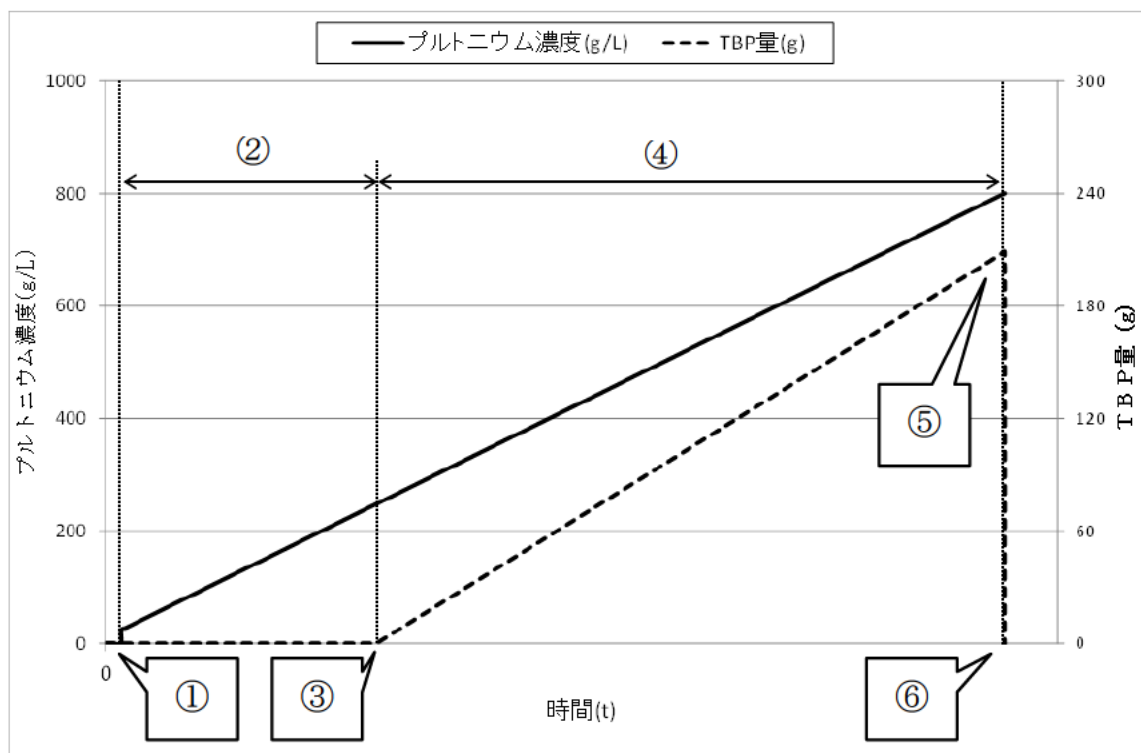
図-8 TBP等の錯体の急激な分解反応が発生した直後の廃ガススポット内の状況(想定)

補足説明資料 10－2

プルトニウム精製設備プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応発生時の温度・圧力等の経時変化

1. T B P等の錯体の急激な分解反応発生前の状況

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生に至るまでの濃縮缶内の液量、P u濃度及びT B P量のトレンドグラフのイメージ図を第1図に示す。



【運転状態及び発生を想定する異常】

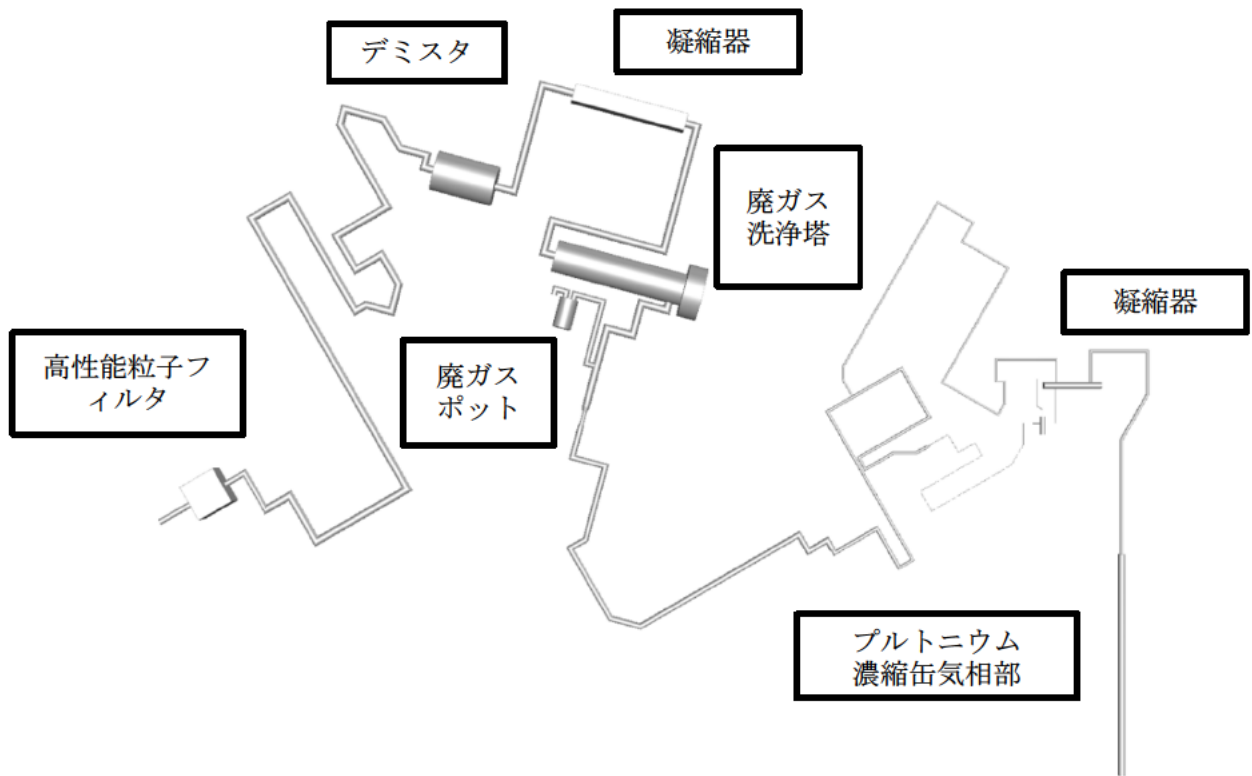
- ①：プルトニウム濃縮缶への液張り及びプルトニウム濃縮工程の立ち上げ
- ②：液位制御運転による所定濃度までの濃縮
- ③：液位制御から密度制御への切り替え不能（液位制御の継続）及びT B P等を含む供給液の供給開始
- ④：過濃縮の進展及びT B P等の蓄積
- ⑤：T B P等の錯体の急激な分解反応の発生
- ⑥：供給液の供給停止（T B P等の錯体の急激な分解反応の検知から1分以内）

第1図 プルトニウム濃縮缶のトレンドグラフのイメージ図

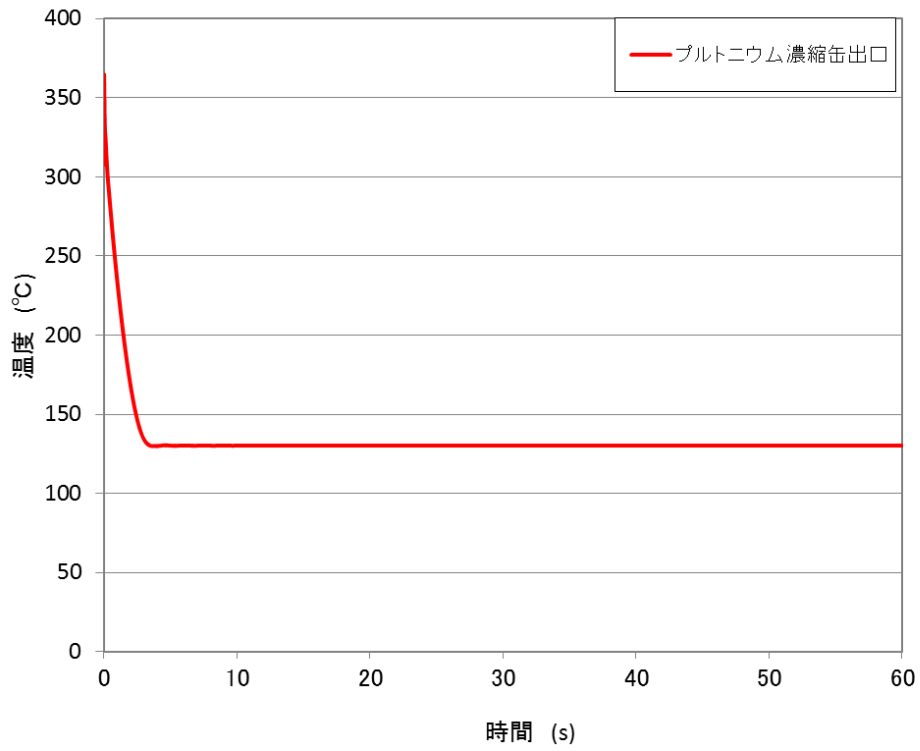
規定の P u 濃度に達した場合は、液位を一定に制御する運転から、密度を一定に制御する運転に切替えるが、液位制御運転が継続し、濃縮缶内の P u 濃度が上昇することを想定する。この時、併せて T B P 洗浄器での希釈剤洗浄機能が喪失し、濃縮缶内に T B P が飽和している供給液が供給される状態となる（図中①）。この状態が継続すると、濃縮缶内は過濃縮状態となり、P u 濃度が上昇し、T B P 等の錯体の急激な分解反応が起こる状態となる（図中②）。

2. T B P 等の錯体の急激な分解反応発生時の状況

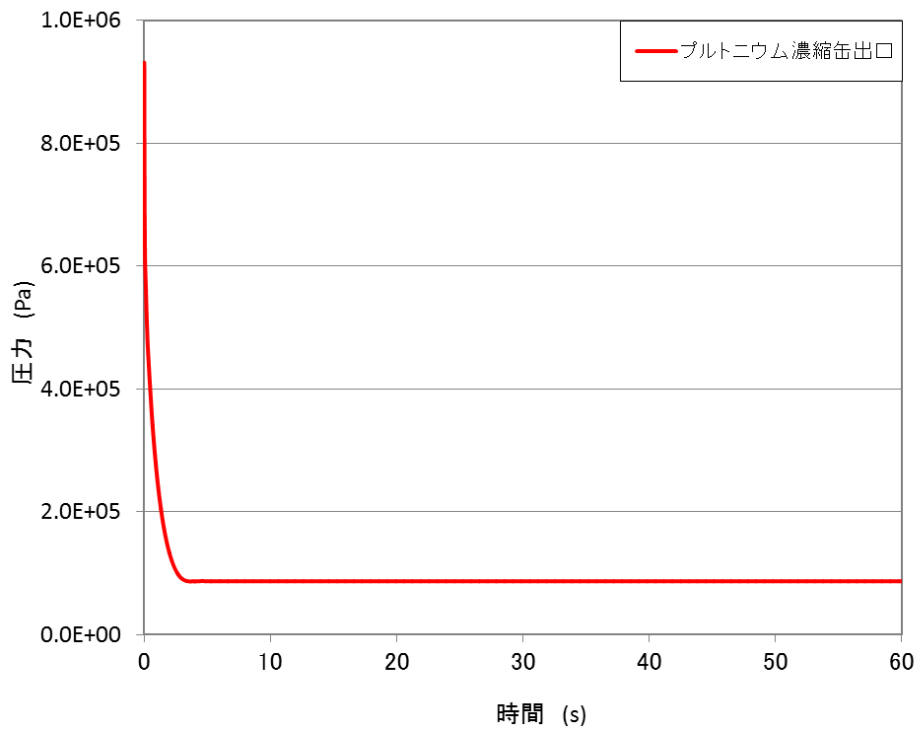
T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した際の温度及び圧力状態については、塔槽類廃ガス処理系の高性能粒子フィルタが健全であるか確認することを目的として、解析コード F l u e n t を用いた解析を行っている。解析コード F l u e n t 解析結果に基づき、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶で T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した際の高性能粒子フィルタやプルトニウム濃縮缶出口部等の各部位の温度・圧力の経時変化を以下のとおりまとめた。なお、濃縮缶内 T B P 量は 208 g が想定シナリオの評価量であるが、F l u e n t 解析では 240 g をインプットした結果を引用している。プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶の解析モデルを第 2 図に示す。図で示されている各部位における温度・圧力の経時変化を第 3 図から第 16 図に示す。T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合、プルトニウム濃縮缶気相部から高性能粒子フィルタまで、圧力及び温度は数秒のオーダーで伝播していく。なお、本解析モデルでは、高性能粒子フィルタへの影響を最も厳しく評価するため、T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後の廃ガス及び系統内の空気が全て高性能粒子フィルタへ到達し、廃ガスポットからセルへは導出しないモデルで解析している。



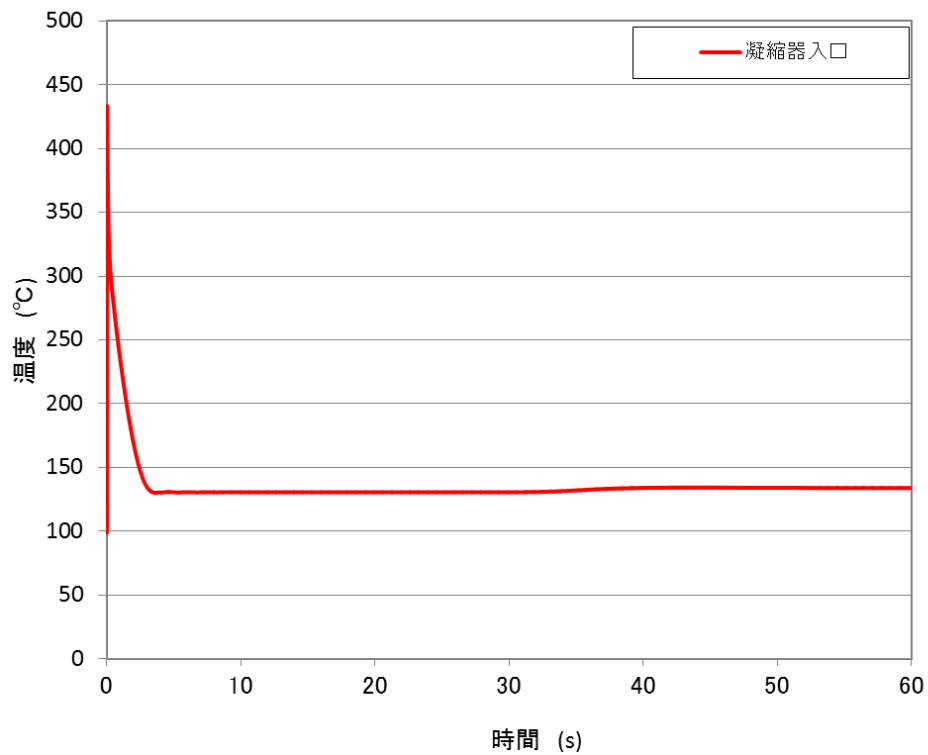
第2図 プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶周りの解析モデル



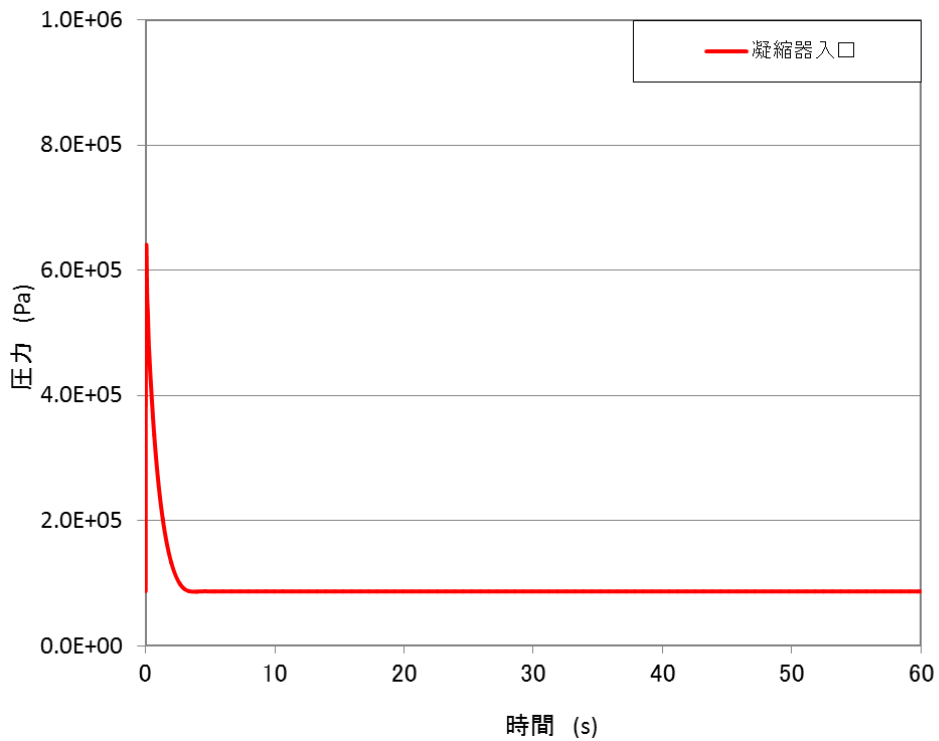
第3図 プルトニウム濃縮缶気相部の温度



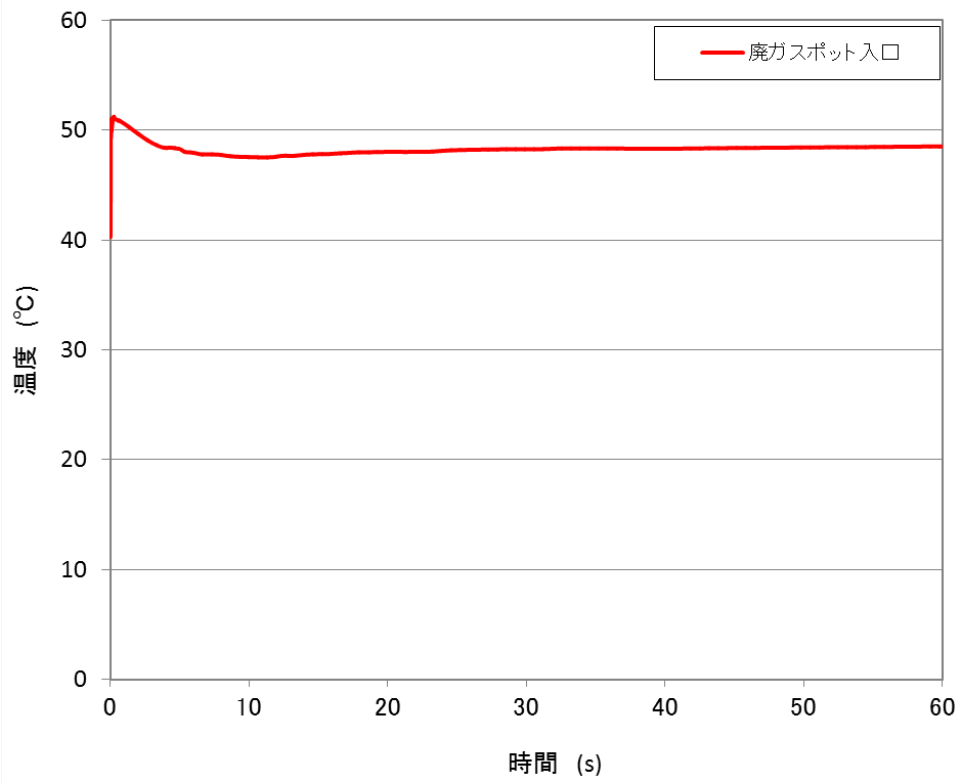
第4図 プルトニウム濃縮缶気相部の圧力



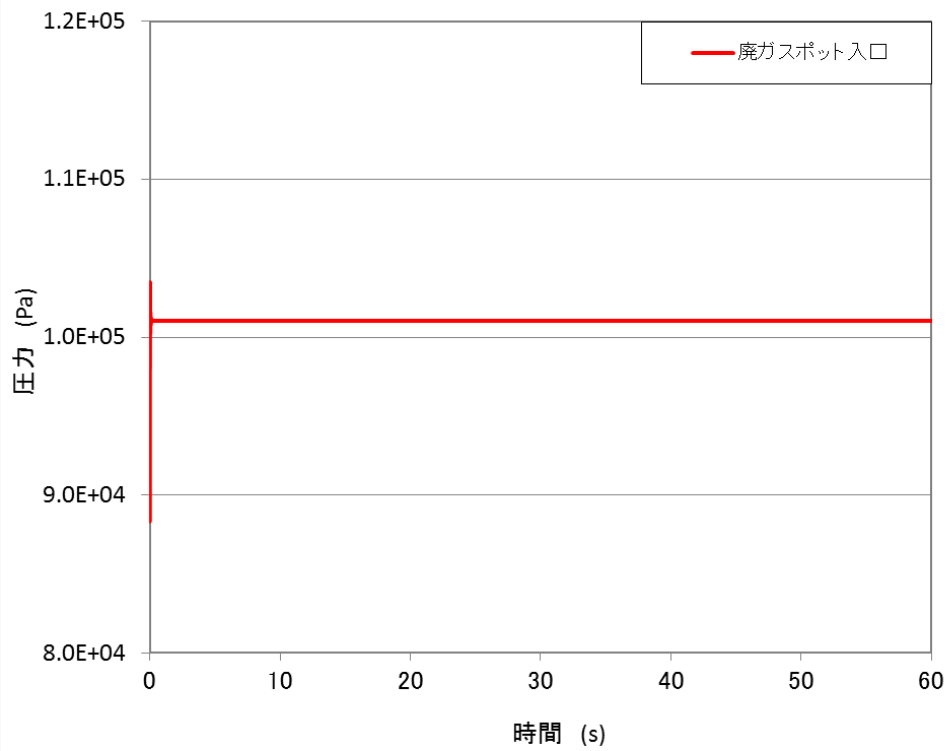
第5図 凝縮器入口部の温度



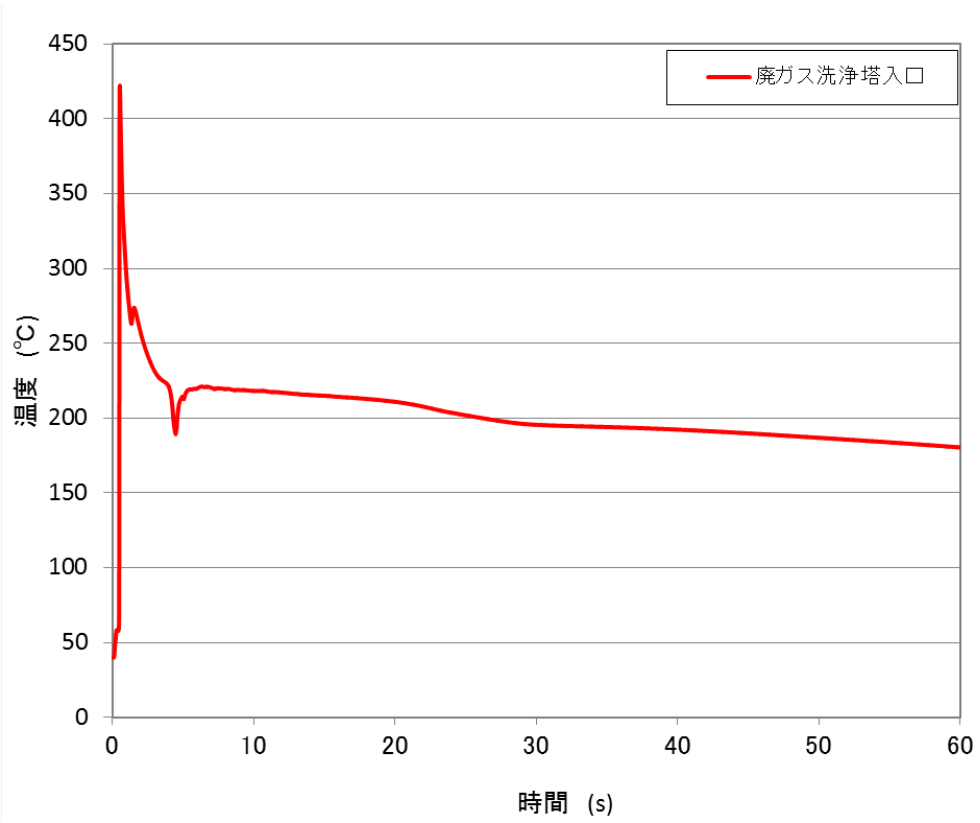
第6図 凝縮器入口部の圧力



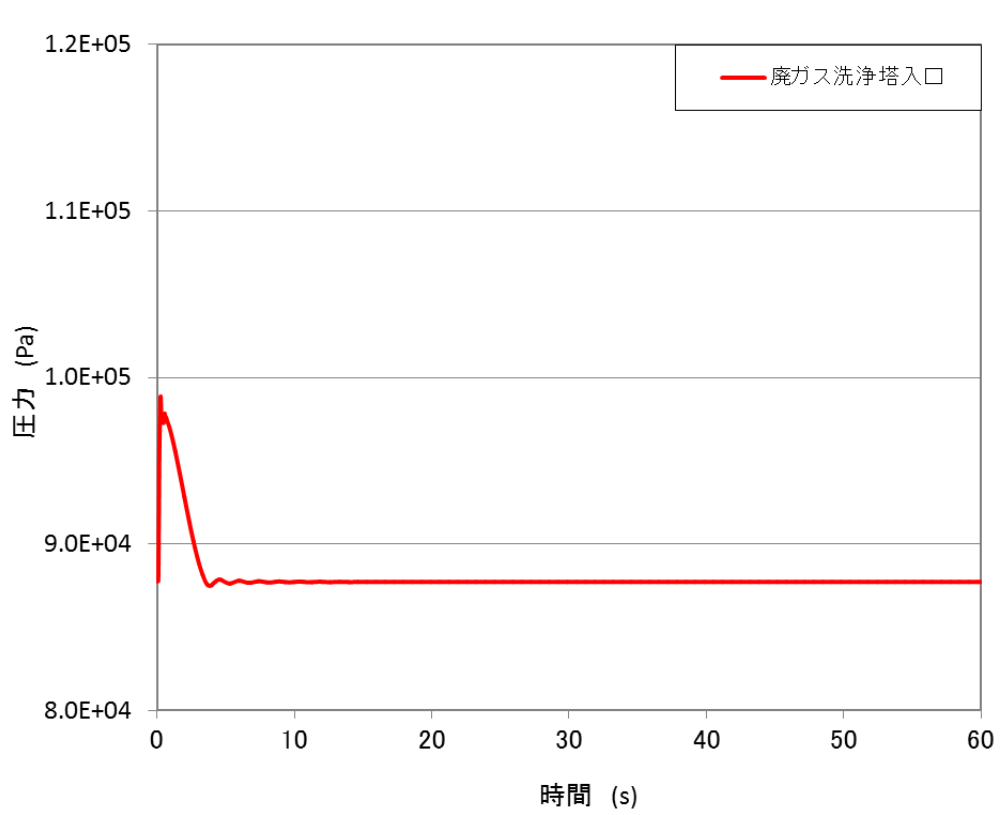
第7図 廃ガスポート入口部の温度



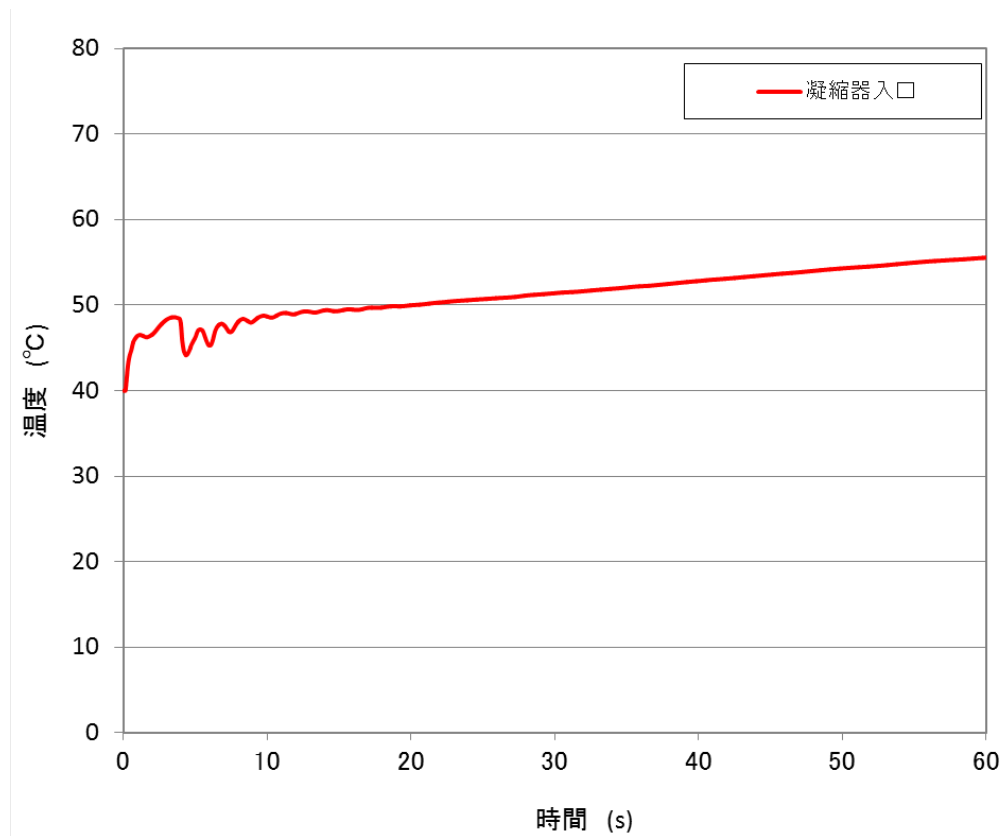
第8図 廃ガスポート入口部の圧力



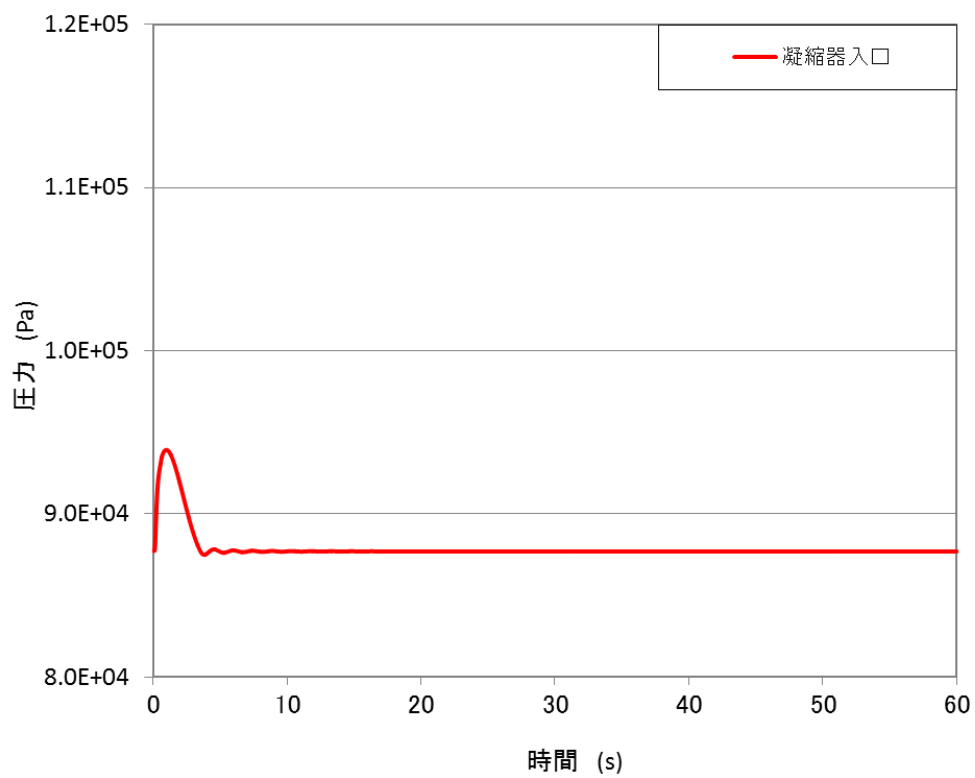
第9図 廃ガス洗浄塔入口部の温度



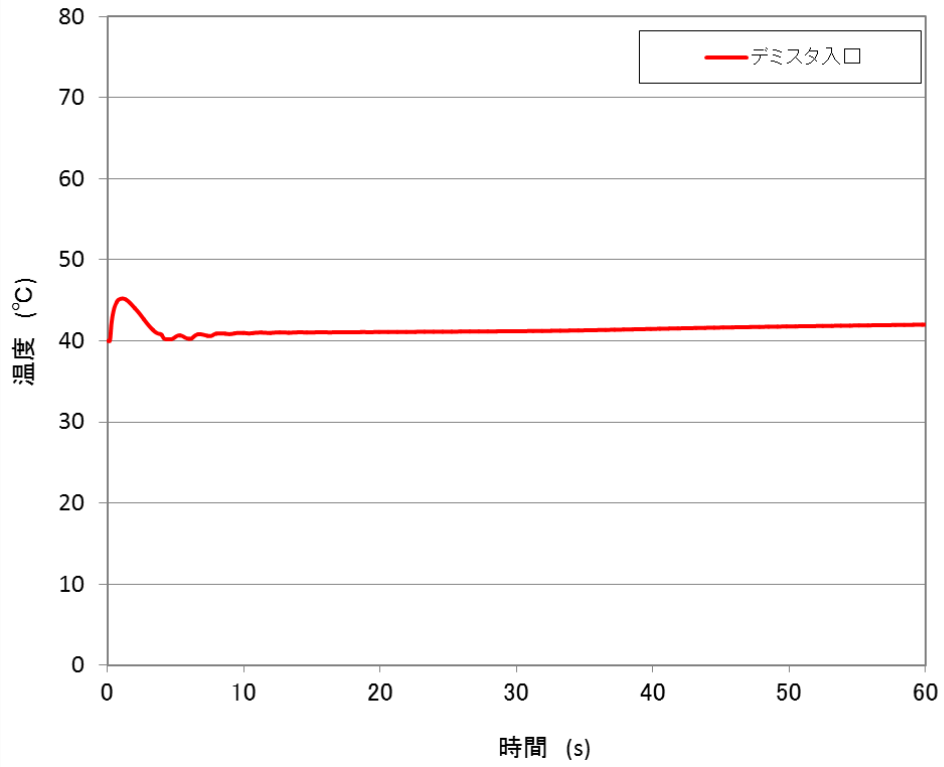
第10図 廃ガス洗浄塔入口部の圧力



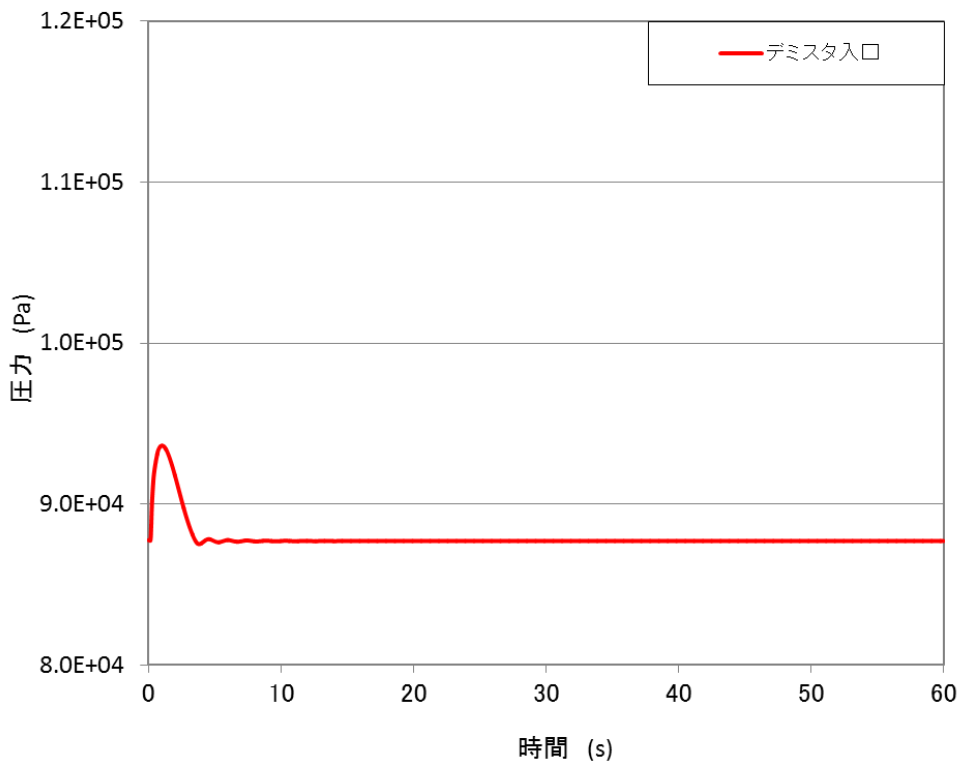
第11図 凝縮器入口部の温度



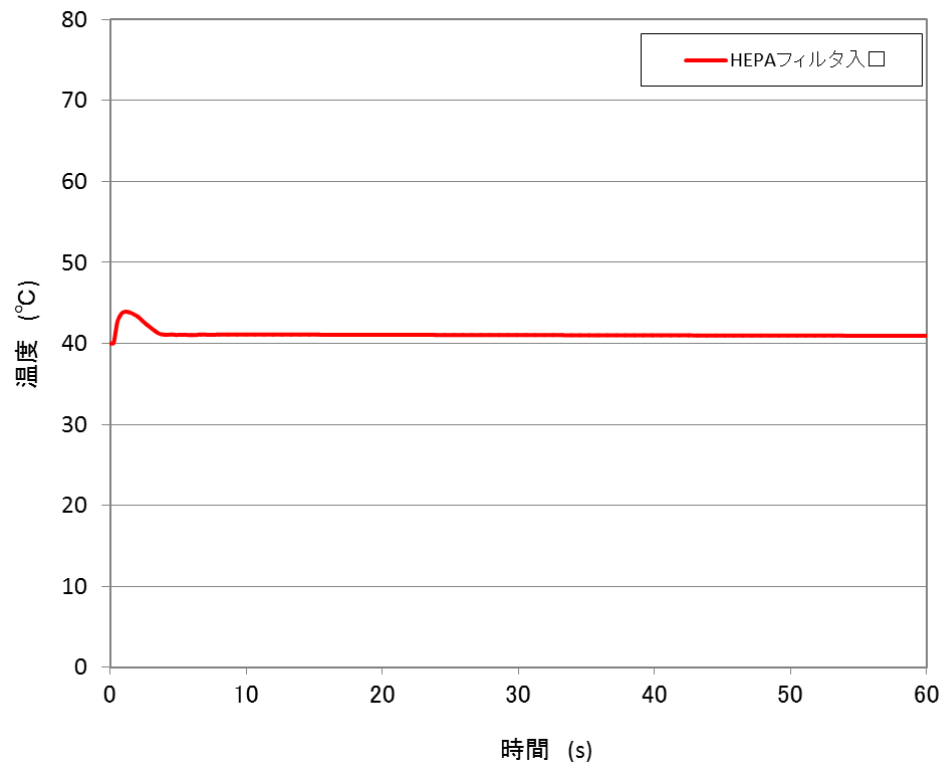
第12図 凝縮器入口部の圧力



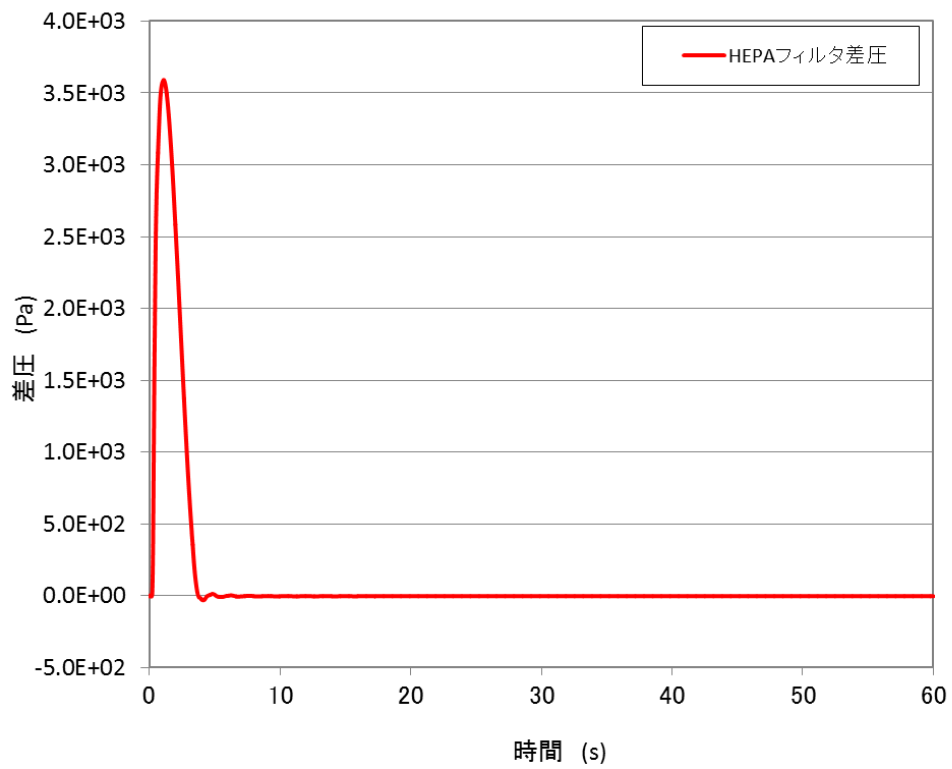
第13図 デミスタ入口部の温度



第14図 デミスタ入口部の圧力



第15図 高性能粒子フィルタ入口部の温度



第16図 高性能粒子フィルタ入口部の圧力

3. T B P等の錯体の急激な分解反応発生後から供給液停止までの状況

T B P等の錯体の急激な分解反応発生後，1分以内にプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンは停止する。ただし，評価としてT B Pを含む供給液の供給が1分間継続した場合，濃縮缶内に供給されるT B P量は0.3 g程度となる。濃縮缶内がT B P等の錯体の急激な分解反応が起こる温度条件で成立している場合は，極小規模の爆発が起こることが想定されるが，T B P等の分解量が少ないことから，濃縮缶内の圧力及び温度に対して有意な影響を与えるものではない。

令和 2 年 3 月 1 3 日 R4

補足説明資料 10－3

T B P 等の錯体の急激な分解反応に関する知見

1. 文献から得られた知見

T B P 等の錯体の急激な分解反応については、これまでに多くの研究が行われており、ここから得られた知見もまとめられている。

サバンナ・リバー・サイトにおけるMOX燃料製造工場の建設許可申請に関する最終安全評価報告書^[1]では、廃液処理及び酸回収設備で使用する蒸発缶において想定するリスクの一つとしてTBP等の錯体の急激な分解反応が取り上げられており、TBP等の錯体の急激な分解反応の開始温度等に関する情報が記載されている。

○重金属の硝酸化合物，又は硝酸溶液の存在下でTBPは錯体を形成し，この錯体は発熱を伴う分解反応を起こす。

○この錯体は，TBP及び硝酸プルトニウム，硝酸，TBPの劣化物等との錯体で構成されている。

○TBP等の錯体の急激な分解反応に関して重要な反応として以下を挙げている。

- ・加水分解（ゆっくりと起きるが，温度の上昇に伴い反応速度は上昇）
- ・アルキル化及びニトロ化（ゆっくりと起きるが，温度の上昇に伴い反応速度は上昇）
- ・熱分解（ほとんど水がない状態で 150℃にて顕著となる）
- ・ブチルアルコール及び硝酸ブチルのニトロ化／酸化反応（90℃から 100℃で顕著となる）
- ・TBPのニトロ化／酸化（135℃近辺で顕著となる）
- ・ウラン及びプルトニウムの付加反応（15℃から 175℃で顕著となる）

○TBP等の錯体の急激な分解反応の開始温度については，複数の記述がある。

- ・TBPの分解生成物の内，揮発性を有するブチルアルコー

ル等が蒸発していかない状態であれば,分解反応は 90℃から 100℃での加熱で顕著となり,急激な分解反応は 135℃で発生する。

- Paddleford と Fauske によれば, T B P 等の錯体の急激な分解反応はよく換気された系でも発生し,自己発熱はおおよそ 130℃で確認された。^[2]
- Hyder によれば,よく換気された系では,120℃までは,n-ブタノール(T B P の分解性生物)の蒸発及び蒸発に伴う攪拌による冷却が反応を抑制するのに十分な効果を持ち,130℃から 150℃の範囲で分解反応が急速となる。^[3]
- The Defense Nuclear Facilities Safety Board (DNFSB) によれば, T B P 等の錯体の急激な分解反応の開始温度は 130℃である。^[4]

なお,この文献において開始温度を 130℃とした根拠となっている実験データについては,他の文献において異常値であったと結論付けられており,著者が確認した最も低い開始温度は 137℃であった。^[5]

- 実験において確認された T B P 等の錯体の急激な分解反応の開始温度の平均値は 137℃であった。

○ T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生防止及び影響緩和の観点で重要な項目として温度,圧力(換気系の配管断面積の和と文献値との比較),有機相の蒸発缶等への持ち込み量,硝酸濃度を挙げている。

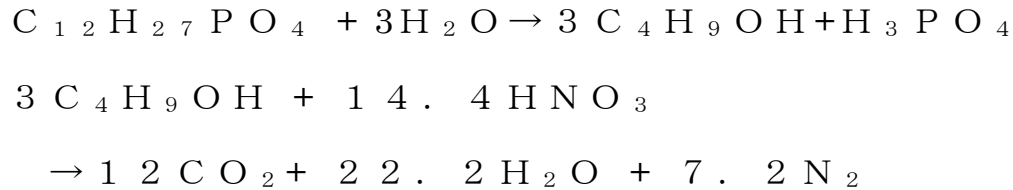
[1]U.S. Nuclear Regulatory Commission, Final Safety

Evaluation Report on the Construction Authorization Request for the Mixed Oxide Fuel Fabrication Facility at the Savannah River Site, South Carolina, NUREG-1821, 2011

- [2]D.F.Paddleford, H.K.Fauske, Safe Venting of “Red Oil” Runaway Reactions (U), WSRC-MS-94-0649, 1994.
- [3]M.L.Hyder, Safe Conditions for Contacting Nitric Acid or Nitrates with Tri-n-Butyl Phosphate (TBP)”, WSRC-TR-94-059, 1994
- [4]J.T.Conway, Control of Red Oil Explosions in Defense Nuclear Facilities, DNFSB/TECH-33, 2003
- [5]Rudisill, T.S. and W.J.Crooks III, Initiation Temperature for Runaway Tri-n-Butyl Phosphate/Nitric Acid Reaction, WSRC-MS-2001-00214, 2001

T B P 等の錯体の急激な分解反応では、主要なガスとして酸素、窒素、水が発生する。

T B P に作用させる硝酸濃度が 14M の場合における T B P 等の錯体の分解反応について、以下の反応式がある。^[1]



T B P 等の錯体の急激な分解反応で反応する T B P 量は約 208 g (約 0.8mol) であり、分解ガスとしては約 43mol が発生する。ガスの体積としては、標準状態で約 740L となる。

上述した反応式は完全な熱分解反応の化学式であるため、分解しきれなかった生成物がある場合には、上述の分解生成物の他に、炭化水素、カルボン酸、一酸化炭素や窒素酸化物が生成する。

[1] 日本原子力研究所．再処理施設における溶媒と硝酸の熱分解反応に関する安全性実証試験（受託研究）．1995-02，JAERI-Tech 95-005．

2. 過去の事故

T B P 等の錯体の急激な分解反応は、これまでに海外のプラントにおいて複数回発生している。主なものを以下に示す。

○サバンナ・リバー・サイト（1953年）

< 事故概要 >

硝酸ウラニル溶液の蒸発濃縮中に蒸発缶が爆発した。

< 原因 >

回分式蒸発缶の供給液に有機溶媒（T B P，ケロシン）が大量（約 80 ポンド）に混入されていたことに加えて，過濃縮により溶液の温度が高温になり，T B P－硝酸ウラン錯体の急激な熱分解反応が起こったと推定される。

[1] T.J. Colven et al., TNX Evaporator Incident January. 12, 1953, Interim Technical Report, DP-25, 1953

[2] W. S. Durant, "RED OIL" EXPLOSIONS AT THE SAVANNAH RIVER PLANT. DP-MS-83-142, DOE/ANL training course on prevention of significant nuclear events; Augusta, GA(USA); 12-15 Mar 1984.

○サバンナ・リバー・サイト可燃性ガス爆発事故（1975年）

< 事故概要 >

脱硝器での硝酸ウラニル溶液の加熱脱硝中に、室内の可燃性ガスに引火して爆発した。

< 原因 >

多くの有機溶媒が蒸発缶に混入したことで、硝酸ウラニルがTBPの錯体の状態で脱硝器に供給されたことが原因と推定される。

[1] McKibben, J. M. et, Explosion and fire in the uranium trioxide protection facilities at the Savannah River Plant
On February 12, 1975.

○トムスクー 7 (1993 年)

< 事故概要 >

調整タンク（抽出肯定へ供給する溶液の酸濃度を調整するための貯槽）において、濃硝酸と T B P を含む有機物が接触することで発熱反応を起こし、135℃以上に上昇して T B P の急激な分解反応が起こった。

< 原因 >

調整タンク内には T B P 等を含む多量の有機物（濃硝酸と反応しやすい芳香族炭化水素を含む）が存在していたが、別のタンクから T B P 等を吹く有機物と一緒に加熱されたままのウラン溶液（約 105℃）が移送され、さらにその際に規則で定められている攪拌を実施しなかった。

また、規定で定められている以上の濃度の濃硝酸を調整タンクに注入し、さらにその際に規則で定められている攪拌を実施しなかった。

その結果、濃硝酸と有機物が接触した状態で層を形成し、接触面で局所的に発熱反応を起こした。

さらに、排気機能低下も重なって、発生した蒸気やガスにより調整タンク内が加圧され、溶液温度が 135℃を超えたため、急激な分解反応に至ったと推定される。

[1] “ロシアのトムスク際処理施設の事故に関する調査報告書”

科学技術庁，平成 6 年 9 月 8 日

3. 文献引用の妥当性について

3. 1 評価に用いた値・式と引用文献の関係について

T B P 等の錯体の急激な分解反応の評価条件に用いた文献を表 1 に示す。

表 1 評価に用いた値・式と文献

<u>分類</u>	<u>項目</u>	<u>採用した値</u>	<u>引用元, 参考元</u>
<u>ARF</u>	<u>TBP の水への溶解度</u>	<u>460mg/L</u>	<u>Wallace W. Schulz, James D. Navratil, Andrea E. Talbot . Science and Technology of Tributyl Phosphate Volume I . CRC Press, 1984.</u> <u>住友金属鉱山. ウラン濃縮缶等での TBP 挙動検討試験報告書. 1991-07, TR91-01.</u>
<u>ARF</u>	<u>TBP の留出率 (残留率 40% を算出するために留出率 60%を引用)</u>	<u>60%</u>	<u>「ウラン濃縮缶等での T B P 挙動検討試験報告書」 TR91-01, 住友金属鉱山株式会社, 平成 3 年 7 月</u>
<u>ARF</u>	<u>TBP 等の錯体の急激な分解反応の分解反応熱</u>	<u>1400kJ/kg-TBP</u>	<u>G.S. Nichols, “Decomposition of the Tributyl Phosphate-Nitrate Complexes”, DP-526, November 1960.</u>
<u>DF</u>	<u>放出経路構造物への沈着による放射性エアロゾルの除染係数</u>	<u>10</u>	<u>小林卓志ほか. “再処理工場水素爆発事故時における放射性物質の移行率の調査 (5) 環状容器試験その 2”. 日本原子力学会 2016 年春の年会, 日本原子力学会, 2016-03</u>

※ARF の算出式 ($1.28MF^{0.827}$), ARF 値 (5×10^{-5}) は補足説明

資料 10-7 参照

3. 2 文献引用の妥当性

(1) T B P の水への溶解度：460m g / L

A R F を求めるに当たり、プルトニウム濃縮缶内の T B P 量が必要となる。T B P 量 208 g は、「水への 100% T B P の溶解度から求めた 30% T B P 濃度」、「平常運転時のプルトニウム濃度の硝酸プルトニウム溶液を用いた平常運転時の 250 g / L のプルトニウム濃縮液から 800 g / L に濃縮するまでに必要な溶液量」及び「T B P の残留率」の積より算出している。

T B P の水への溶解度：460m g / L は、「水への 100% T B P の溶解度から求めた 30% T B P 濃度」に用いている。

T B P の水への溶解度は温度が低いほど大きくなる（次頁参照）。プルトニウム濃縮缶供給槽の温度について、溶解度が大きくなるよう 20°C と設定し、図より読み取り約 460m g / L とした。プルトニウム精製工程で使用される T B P は希釈剤により 30% に希釈されているため 0.3 倍し、これを 140m g / L として評価した。0.3 倍については、T B P 濃度に対して直線性が得られるか不確かさを有するが、参考として、水への T B P の溶解度と硝酸水溶液への T B P の溶解度を比較すると、硝酸水溶液への T B P の溶解度の方が小さいことから、水への溶解度を用いることは厳しい評価結果を導くことになるため、妥当であると評価した。

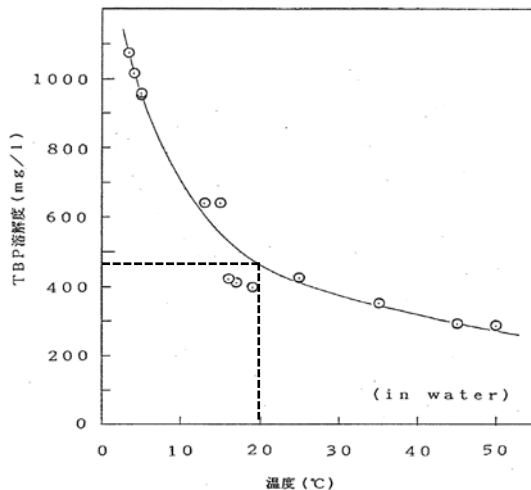


図 6 TBPの溶解度
(1) 温度の影響[8]

左図：住友金属鉱山. ウラン濃縮缶等での TBP 挙動検討試験 報告書. 1991-07, TR91-01. より
(引用元) Wallace W. Schulz, James D. Navratil, Andrea E. Talbot. Science and Technology of Tributyl Phosphate Volume I. CRC Press, 1984.

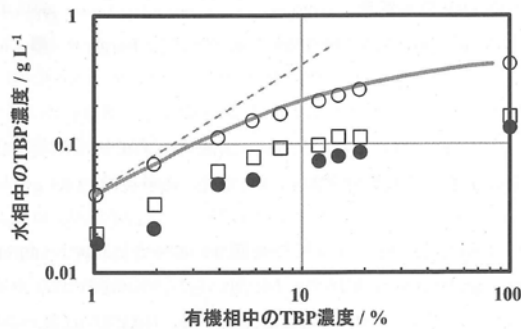


図 9.5-3 硝酸水溶液への TBP の溶解度 (Alcock, K., et al., Trans. Faraday Soc., 52, 1956, 硝酸濃度 実線: 0 mol/L^{-1} , \circ : 1 mol L^{-1} , \bullet : 7 mol L^{-1} , \square : 11 mol L^{-1} , 温度 $20 \sim 22^\circ\text{C}$, 破線は傾き 1 を示す)

左図：再処理プロセス・化学ハンドブック第3版 JAEA-Review 2015-002 より

(2) TBP の留出率：60%

プルトニウム濃縮缶内の TBP 量を求めるに当たり、「TBP の残留率」が必要となる。

TBP の留出率：60% は、「TBP の残留率」の算出に用いている。

TBP 水溶液を供給した場合の TBP 留出率は有機相を連続的に混入させた試験において 60% 以上であったことから、留出率を 60% とし、残留率 40% を算出した。

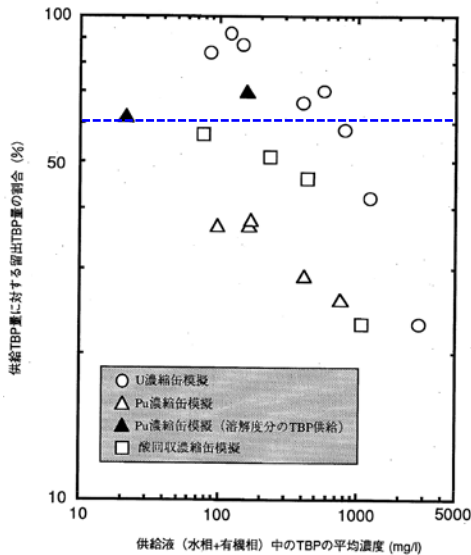


図 8 供給液中TBP濃度に対するTBP留出率 (有機相連続混入試験)

(2) 有機相連続混入試験

各濃縮缶を模擬した液に対して、TBP/n-ドデカンを一定速度で連続的に供給した場合の、TBP留出率を表4及び図8に示す。ここで供給液中及び留出液中のTBP濃度は、全供給液及び全留出液(水相と有機相)中の平均濃度である。TBPの留出率は大量混入試験結果には対応している。各試験はO/A比を約0.01にしてあるので供給液中のTBP 100 mg/lは供給液中のTBP 1.0%/n-ドデカンに相当する。供給液中のTBPが100 mg/l以下(溶解分)であれば、ウラン濃縮缶模擬液ではほぼ90%以上留出する。

これに対し、プルトニウム濃縮缶系、酸回収濃縮缶系では供給液のTBPが100 mg/l以下でも57%程度しか留出しない。図8には、プルトニウム系液に溶解度分のTBP水溶液(n-ドデカンなし)を供給した場合のTBP留出率も示している。この場合には、TBPは、60%以上留出する。これは、n-ドデカンが存在するとTBPの留出速度が低下すること(図5(a))を反映している。

上図：住友金属鉱山．ウラン濃縮缶等でのTBP挙動検討試験報告書．1991-07，TR91-01．より

▲がPu濃縮缶模擬(溶解度分のTBP供給)であり，留出率が60%以上を示している。

(3) TBP等の錯体の急激な分解反応の分解反応熱：1400 kJ / kg - TBP

ARFを求めるに当たり，TBP等の錯体の分解反応熱が必要となるため，1400 kJ / kg - TBPを用いており，次頁に示す文献結果より以下の方法で算出した。

① TBP等の錯体の急激な分解反応により，TBP等の錯体がN₂，CO₂，ブタン酸まで分解することを想定しており，その際の反応熱は179～258 Cal / 1000 g 溶液であった。

② 1000 g の溶液中にTBPが2.95 mol あることから，kJ / kg へ単位換算すると，258 Cal / 1000 g 溶液は約1374 kJ / kg となり，これを1400 kJ / kg - TBP

とした。なお，Calはkcalと同じである。

TABLE A-I

Heat of Reaction

Basis of 1000 g of organic phase prepared by contacting one part of 100% TBP with five parts of 10.7M HNO₃.

Temperature, °C	120	130	140	150	160
Total mols C ₄ H ₉ OH consumed	3.69	3.62	3.43	3.16	2.87
Consumed by complete oxidation to CO ₂ and H ₂ O, %	2.3	2.7	4.0	6.0	8.2
Over-all heat of decomposition					
Cal/1000 g solution	179	184	204	232	258
Mols TBP present/1000 g	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95
Heat of reaction, cal/g-mol (at the reaction temperature)	60	62	69	79	87
Heat of reaction, Btu/lb	319	331	367	418	464

上表：G.S. Nichols, "Decomposition of the Tributyl Phosphate-Nitrate Complexes", DP-526, November 1960.

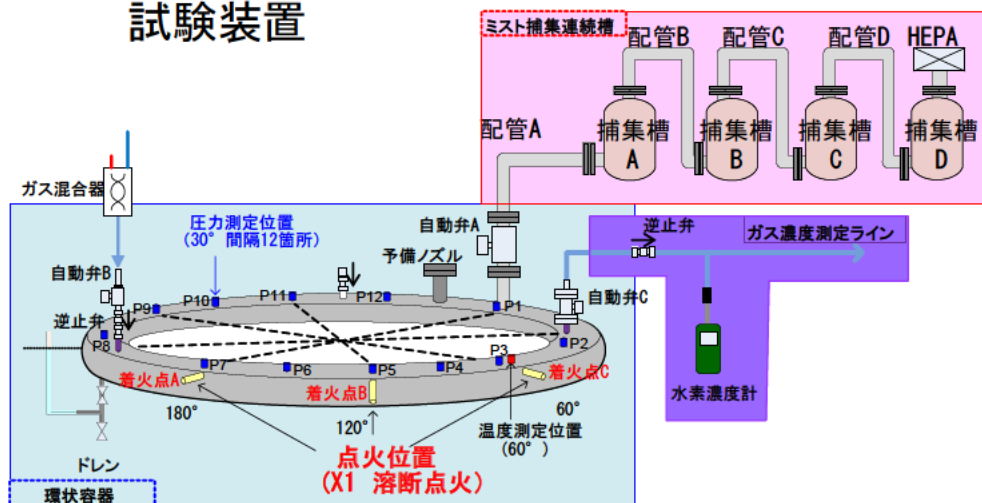
(4) 放出経路構造物への沈着による放射性エアロゾルの除染係数：10

試験条件と実機の条件を以下に示す。試験から得られた配管曲り部の除染係数は，より複雑かつ配管の長い実機条件と比較して厳しい結果を与えると考えられ、除染係数 10 は適用可能である。

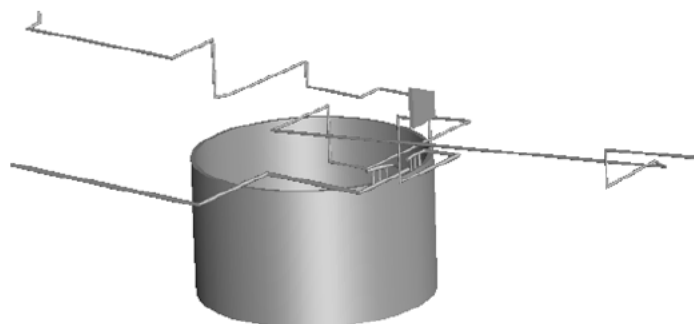
表2 試験条件と実機条件の比較

項目	試験条件	実機条件	考察
容器のサイズ	直径約 3.8mの 円環形状	水素爆発を想定する機器により様々	発生圧力が高いのは、壁面の圧力波の反射により火炎が加速しやすい円環形状の場合であり、飛沫が飛びやすい条件であり適用できると考える。
配管長さ	1 m ~ 2 m	数十 m	試験条件の方が曲り箇所が極めて少なく、除染係数としては厳しい結果となると考えられるため適用できる。(下図参照)
爆発時圧力	3.5MPa	0.7~2.9MPa (水素濃度30vol% 1%における着火側機器の圧力)	試験の最大圧力は実機を想定して実施した試験結果である0.7~2.9MPaを包含しており、適用できると判断した。

試験装置



実機イメージ



上図 試験装置と実機の

令和 2 年 4 月 2 8 日 R8

補足説明資料 10－4

プルトニウム濃縮缶での T B P 等の錯体の急
激な分解反応における拡大の防止のための措置
の概要

1. T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置の概要

T B P 等の錯体の急激な分解反応は、プルトニウム濃縮缶液相部温度計，プルトニウム濃縮缶気相部温度計又はプルトニウム濃縮缶圧力計によりプルトニウム濃縮缶の異常を検知した場合には警報を発する。この3つの検出器のうち2つ以上の検出器で同時にプルトニウム濃縮缶の異常を検知した場合に，論理回路はT B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を判定する。論理回路がT B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を判定した場合には，警報を発するとともに自動的にプルトニウム濃縮缶への硝酸プルトニウム溶液の供給を停止する，又は，中央制御室から緊急停止系を作動させることによって硝酸プルトニウム溶液の供給を停止する。具体的には，プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンを停止するための重大事故時供給液停止弁に，自動的に閉信号を，又は手動による緊急停止系の作動により閉信号を発することにより，供給液の供給を停止する。硝酸プルトニウム溶液の供給停止は，事象の発生検知から1分以内に実施する。硝酸プルトニウム溶液の供給が停止したことは，プルトニウム濃縮缶供給槽液位計にて確認する。これと並行して，運転員による蒸気発生器への一次蒸気の供給の停止（手動弁の閉止）を実施する（図－1参照）。蒸気発生器への一次蒸気の供給が停止したことは，プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計にて確認する。

また，論理回路がT B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を判定した場合には，廃ガス貯留設備の遮断弁の自動開放，廃ガ

ス貯留設備の空気圧縮機の自動起動，精製建屋塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）（以下，補足説明資料 10-4 では「塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）」という。）の遮断弁の自動閉止及び排風機を停止により，廃ガス貯留槽への系統を確立し，T B P 等の錯体の急激な分解反応で発生した放射性物質を廃ガス貯留槽に閉じ込める。この動作は，事象の検知から 1 分程度で実施できる。廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽への放射性物質の導出は，約 2 時間継続する。廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽への放射性物質の導出状況は廃ガス貯留設備の圧力計（精製建屋用）及び廃ガス貯留設備の流量計（精製建屋用）で監視し，廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽の圧力が規定圧力（0.4MPa）に到達後，塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の隔離弁の開及び排風機を起動し，通常経路による排気を行うとともに，廃ガス貯留設備の隔離弁の閉止，廃ガス貯留設備の空気圧縮機の停止を行う。プルトニウム濃縮缶及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）に残留した放射性物質は，塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）を平常運転時の排気経路とした際に主排気筒から大気中へ放出される。

（図－2，図－3 参照）

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した際，プルトニウム濃縮缶気相部及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の系統内の廃ガスが塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスポットからセルへ導出される。廃ガスポットからセルへ導出された廃ガスは，セル排気フィルタユニットにより放射性エアロゾルを除去後，グローブボックス・セル排風機により主排

気筒から大気中へ放射性物質を放出する。

これらの対策に使用する重大事故等対処施設は，対策実施時に想定される温度，圧力及び放射線の環境条件下においても必要な機能を発揮できる。

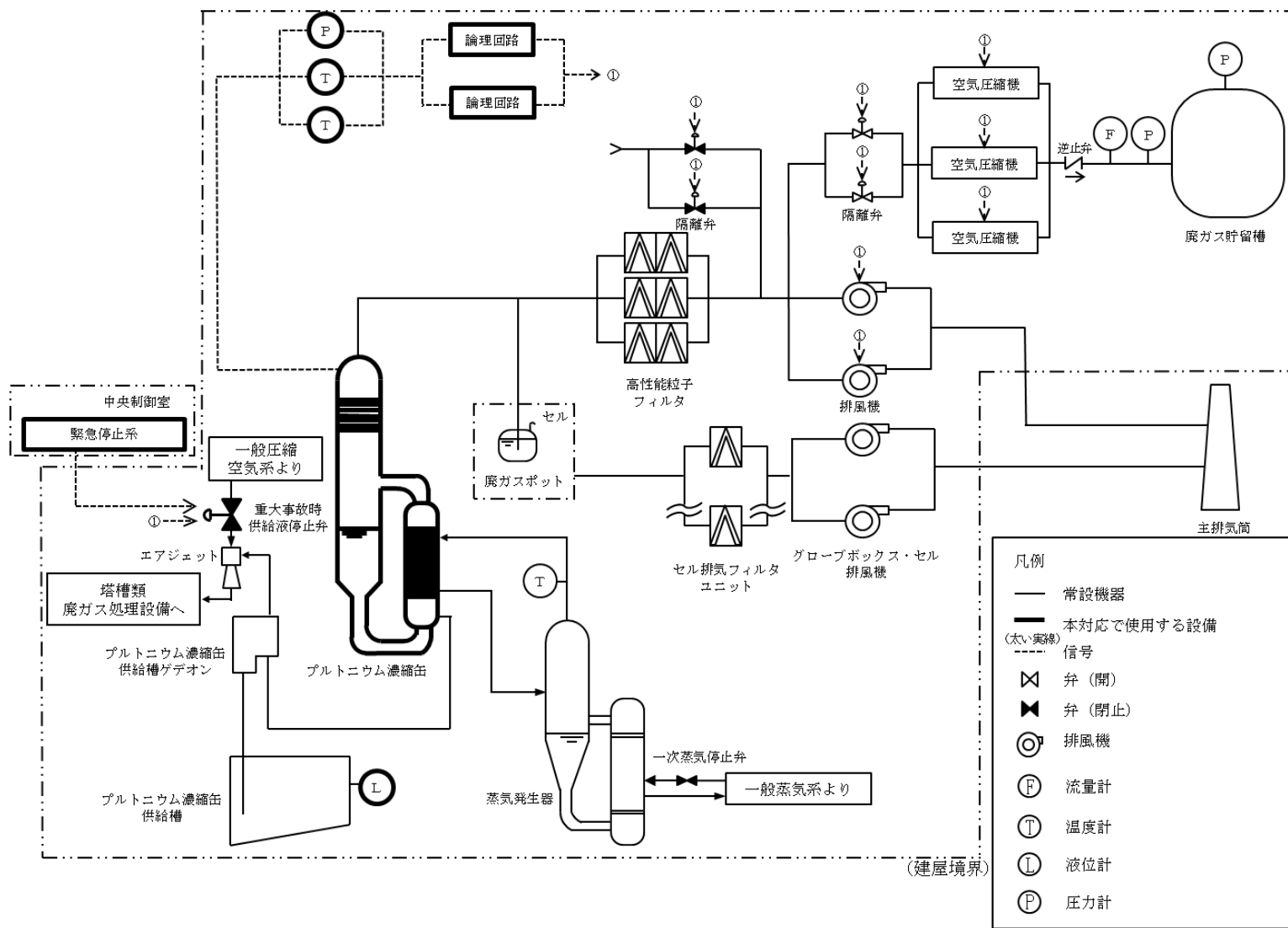


図-1 (1) プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止に関する系統概要図

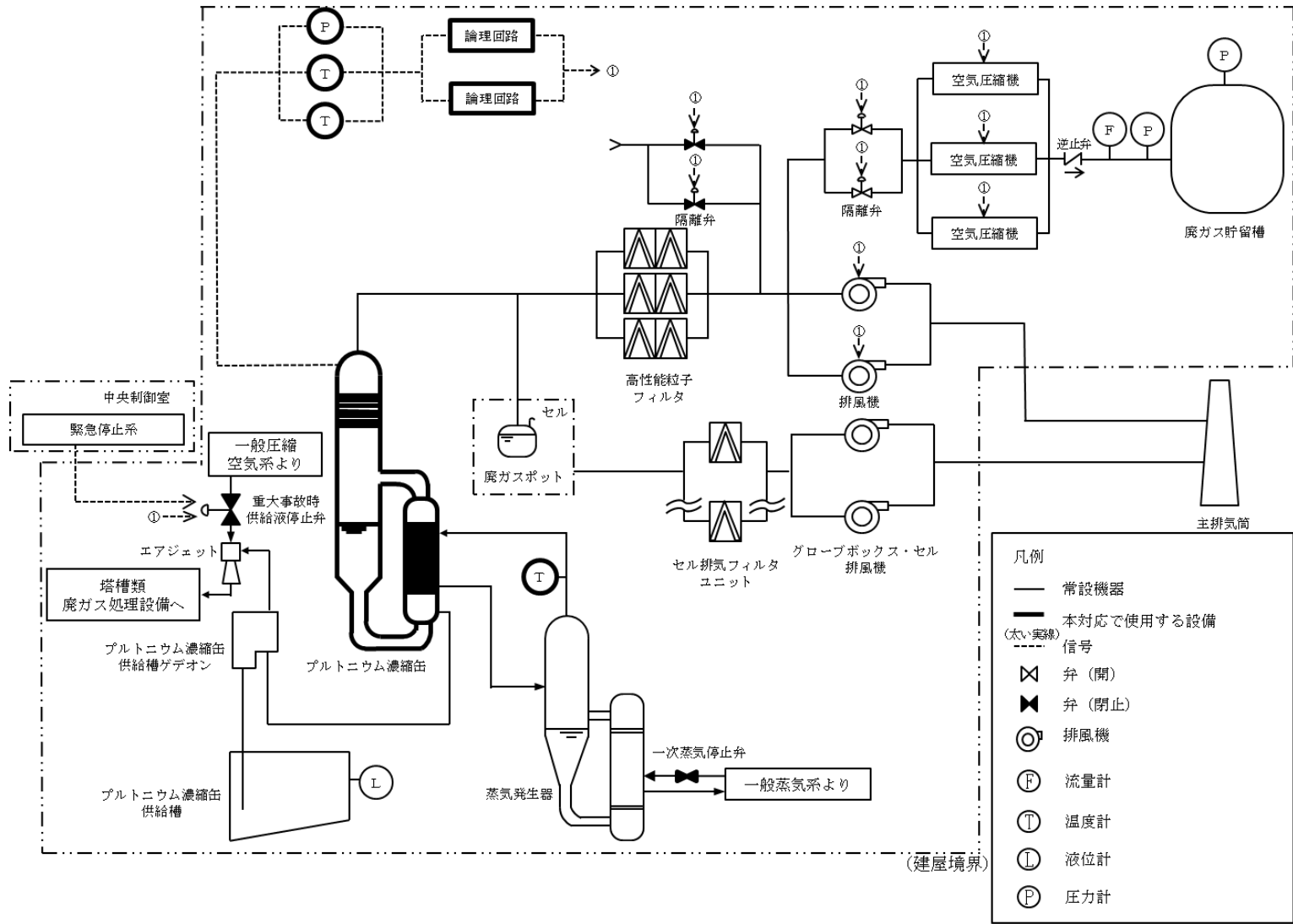


図-1(2) プルトニウム濃縮缶の加熱の停止に関する系統概要図

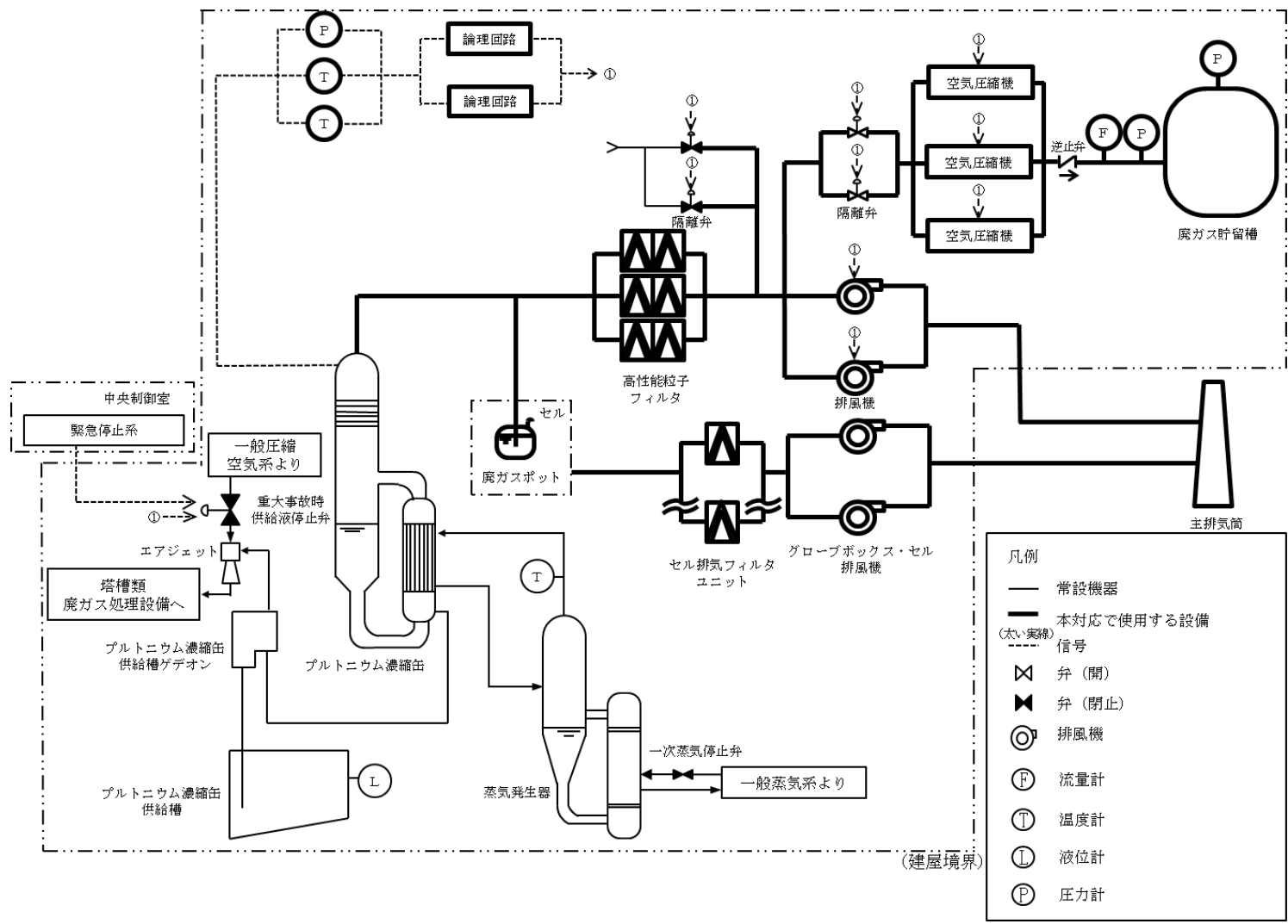


図-2 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留に関する系統概要図

1. 1 T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置の信頼性

1. 1. 1 プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止に使用する設備の設計

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合は、重大事故時供給停止回路のプルトニウム濃縮缶液相部温度計、プルトニウム濃縮缶圧力計及びプルトニウム濃縮缶気相部温度計によりプルトニウム濃縮缶の異常を検知し、警報を発する。また、論理回路は、上述の3つの検出器の誤作動を考慮して、同時に2台以上の検出器においてプルトニウム濃縮缶の異常を検知した場合に、T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生したと判定する。論理回路は、T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生したと判定した場合に警報を発報する。このため、1つの計器の誤作動により供給液の供給が停止することではなく、事象を確実に検知するとともに供給を停止できる。

また、プルトニウム濃縮缶への硝酸プルトニウム溶液の供給はプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンにより行われるが、一般的にゲデオンは、圧縮空気をエアジェットに供給することで作り出される真空により液をゲデオン内に引き上げ、機器内の堰を越えた分の液を供給先に供給する仕組みであるため、圧縮空気系の供給を遮断することで移送を止めることができる。事象の発生を検知した場合は、プルトニ

ウム濃縮缶供給槽ゲデオン用のエアジェットへの圧縮空気の供給を停止するため、確実に供給を停止することができる。

1. 1. 2 プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止に使用する設備の有効性

a. 温度

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合に、プルトニウム濃縮缶の気相部の温度は、T B P 量が 240 g の場合の解析の結果として、一時的に約 370℃まで上昇する。

しかし、プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン、プルトニウム濃縮缶供給槽液位計及び緊急停止系はプルトニウム濃縮缶とは別の部屋設置されており、温度上昇の影響を受けない。プルトニウム濃縮缶気相部温度計及びプルトニウム液相部温度計については、プルトニウム濃縮缶内の温度上昇は瞬間的であること及び鞘管に入った状態でプルトニウム濃縮缶に設置されていることを踏まえると、温度計の機能に影響はない。

プルトニウム濃縮缶気相部圧力計については、プルトニウム濃縮缶内の温度上昇は瞬間的であることから、本圧力計の機能に対して影響はない。

b. 圧力

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合には、

プルトニウム濃縮缶の気相部は、T B P 量が 240 g の場合の解析の結果として、一時的に約 840 k P a 上昇する。

しかし、プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン、プルトニウム濃縮缶供給槽液位計及び緊急停止系はプルトニウム濃縮缶とは別の部屋に設置されており、温度上昇の影響を受けない。

プルトニウム濃縮缶気相部温度計及びプルトニウム液相部温度計については、プルトニウム濃縮缶内の圧力上昇は瞬間的であること、鞘管に入った状態でプルトニウム濃縮缶に設置されていることを踏まえると、温度計の機能に影響はない。

プルトニウム濃縮缶気相部圧力計については、ページ式圧力計であり、気相部圧力が瞬間的に上昇した場合でも最高使用圧力を上回ることはないため、当該圧力計の機能に影響はない。

c. 放射線

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生により、プルトニウム濃縮缶内のプルトニウム溶液が気相へ移行する。この移行により、通常時と比較してプルトニウム濃縮缶の気相部における放射線は高くなる。

プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン、プルトニウム濃縮缶供給槽液位計、緊急停止系、プルトニウム濃縮缶気相部温度計、プルトニウム液相部温度計及びプルトニウム濃縮

缶気相部圧力計は、上記反応により発生した放射線に対して、材質及び設備の設置場所を適切に考慮することから、設備の機能を損なうことはない。

d. 緊急停止系による弁動作

緊急停止系の緊急停止操作スイッチの押下により信号が発信され、プルトニウム精製設備の重大事故時供給液停止弁が閉止することでプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンが停止する。

弁は駆動動力として圧縮空気を用いており、駆動部内に設置されているバネを空気圧で押すことにより開となる構造である。駆動部に供給される圧縮空気は弁に附属する電磁弁が励磁することによって供給され、緊急停止信号を受け消磁すると空気の供給が停止し、バネの復元力によって閉止する。

系統に流れる流体は圧縮空気のみであり、腐食性流体ではないこと、フェールクローズの弁であることから、緊急停止計の作動による弁の不作動は考えがたい。

1. 1. 3 プルトニウム濃縮缶の加熱の停止に使用する設備の設計

プルトニウム濃縮缶の加熱の停止に使用する設備は、蒸気発生器を加熱するための一次蒸気を供給する系統にある手動弁（一次蒸気停止弁）であり、運転員により容易に閉止

操作が可能である設計としており，事象発生時にも確実に操作ができる。

1. 1. 4 プルトニウム濃縮缶の加熱の停止に使用する設備の有効性

a. 温度，圧力，放射線

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生時，加熱蒸気の供給停止のために操作する手動弁及びプルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計は，プルトニウム濃縮缶とは異なる部屋に設置されており，プルトニウム濃縮缶内の温度の変化の影響を受けない。このため，確実に加熱蒸気の供給を停止することができる。

1. 1. 5 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留に使用する設備の設計

T B P 等の錯体の急激な分解反応に対する対処は，T B P 等の錯体の急激な分解反応により気相部に移行する放射性物質が外部に放出されることから，分解反応の発生を検知し，直ちに塔槽類廃ガス処理系の経路を遮断し，放射性物質を外部に放出させないことが重要な対策となる。

同対策に使用する廃ガス貯留設備は，T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生時に確実に作動するよう，以下のような設計としている。

- ・ 廃ガス貯留設備は，プルトリウム濃縮缶の液相部温度計，プルトリウム濃縮缶気相部温度計及びプルトリウム濃縮缶圧力計の3種類の検出器のうち2つ以上の検出器で同時にプルトリウム濃縮缶の異常を検知した場合に，自動で廃ガス貯留設備の遮断弁の開信号，廃ガス貯留設備の空気圧縮機の起動信号，塔槽類廃ガス処理系（プルトリウム系）の隔離弁の閉信号及び塔槽類廃ガス処理系（プルトリウム系）の排風機の停止信号を発する。これにより，万一，3台の検出器のうち1台が動作不能であった場合でも，確実に作動信号を発することができる。計器の単一故障，単一誤作動があった場合には，同時に2つ以上の検出器によるプルトリウム濃縮缶の異常を検知しなければ作動しないことから，廃ガス貯留設備は起動しない。ただし，万が一起動した場合には，廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽へ放射性物質が貯留されることになり，大気中への異常な水準の放射性物質の放出はないことから，復旧措置を講ずることにより，平常運転時の放出経路である塔槽類廃ガス処理系（プルトリウム系）へ切り替える操作を行う。
- ・ 廃ガス貯留設備の弁は多重化し，どちらか一方の弁が作動した場合に廃ガス貯留設備への経路を確立できる。

- ・ 廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽は，T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合に，塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の気体を約 2 時間にわたって貯留できる容量とする。

T B P 等の錯体の急激な分解反応に対する対処は，T B P 等の錯体の急激な分解反応により気相部に移行する放射性物質を十分に低減することが重要な対策となる。

同対策に使用する設備は，以下のような設計としている。

- ・ 塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタは，放出量を十分低減できるように，1 基×2 段で構成されており，2 段あたりの除染係数は， 10^5 を確保する。
- ・ 通常は 2 系列が運転状態であり，残り 1 系列は待機状態という系統構成を取ることににより，1 系列が機能喪失しても切替えにより機能が維持できる設計とする。
- ・ 高性能粒子フィルタの性能が維持できる温度上限を約 200℃で設計する。
- ・ 高性能粒子フィルタの性能が維持できるフィルタ差圧の上限を約 9.3 k P a で設計する。

1 . 1 . 6 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留に使用する設備の有効性

a . 温度

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生により、プルトニウム濃縮缶から発生する廃ガスの温度は、T B P 量が 240 g の場合の解析の結果ではプルトニウム濃縮缶の気相部では瞬間的に 370℃程度まで上昇するが、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタ入口で約 44℃となる。

廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽での放射性物質の貯留に使用する設備のうち、高性能粒子フィルタの前段に位置する機器は鋼製であり、温度の上昇による影響は受けない。高性能粒子フィルタの後段には弁や廃ガス貯留設備の圧力計（精製建屋用）及び廃ガス貯留設備の流量計（精製建屋用）等が設置されるが、そこでの温度は通常とほぼ変わらないため、温度上昇による影響は受けない。

T B P 量が 240 g の場合の解析の結果として、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタでの温度の最大値は約 44℃であった。高性能粒子フィルタについては、200℃まで耐久性が確認されていることから、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタは温度上昇が発生しても機能を維持できる。

セルに導出された廃ガスは、セル内に放出されることでエネルギーを失う。セルの温度を数℃上げる程度のエネルギー

しか持っていないため、セル排気フィルタユニットは機能を維持できる。

b. 圧力

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生により、プルトニウム濃縮缶から発生する廃ガスが流入する塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタ入口での圧力は、T B P 量が 240 g の場合の解析の結果では、最大で約 4 k P a の差圧上昇となる。廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽での放射性物質の貯留に使用する設備のうち、高性能粒子フィルタの前段に位置する機器は鋼製であり、圧力の上昇による影響は受けない。高性能粒子フィルタの後段では、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタでの圧力損失の影響により、通常の圧力と同程度となるため、圧力上昇による影響は受けない。

T B P 量が 240 g の場合の解析の結果として、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタでの差圧の最大値は約 4 k P a であった。塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタについては、フィルタ差圧として 9.3 k P a まで耐久性が確認されていることから、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタは圧力上昇が発生しても機能を維持できる。

セルに導出された廃ガスは、セル内に放出されることでエネルギーを失うため、セル排気フィルタユニットは機能を維持できる。

c. 放射線

T B P 等の錯体の急激な分解反応により気相に移行する放射性物質の影響を受けるが、材質及び設備の設置場所を適切に考慮することから、設備の機能を損なうことはない。

機器は T B P 等の錯体の急激な分解反応により発生した放射性物質からの放射線に晒されるが、材質及び設備の設置場所を適切に考慮することから、設備の機能は維持できる。

d. 湿度

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生により、プルトニウム濃縮缶及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）では瞬間的に圧力が上昇する。この際、プルトニウム濃縮缶凝縮器による蒸気の凝縮及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の凝縮器による凝縮効果が期待できないため、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタを通過する廃ガスの湿度が平常運転時よりも高くなることが想定される。湿度が高い廃ガスが通過することに

より、高性能粒子フィルタに水ミストが多量に付着した場合には、高性能粒子フィルタの性能の低下するおそれがある。

このため、高性能粒子フィルタに付着する水ミスト量及び高性能粒子フィルタの健全性について評価する。

○ 評価条件

- ・ T B P 等の錯体の急激な分解反応により系統内の圧力が上昇することにより、プルトニウム濃縮缶凝縮器及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）凝縮器の機能が期待できないことを想定する。
- ・ T B P 等の錯体の急激な分解反応の再発時は、T B P 量が少なく、T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した際に発生するエネルギーは小さいことから、プルトニウム濃縮缶凝縮器及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）凝縮器の機能は期待できるものとし、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタへの水ミストの影響は考慮しない。
- ・ プルトニウム濃縮缶気相部を含めたプルトニウム濃縮缶から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタ入口までの廃ガスを評価対象とし、廃ガス量は約 6 m^3 とする。なお、廃ガスがセルへ導出されることは想定しない。

- ・ 廃ガスの温度は，一様に塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の平常運転時の廃ガス温度として 40℃とする。
- ・ 廃ガスの湿度は 100%とする。
- ・ 上述の廃ガスが塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタに到達し，廃ガスに含まれている水ミスト全てを高性能粒子フィルタに与えるものとする。

高性能粒子フィルタに付着する水ミストの量は，廃ガスの飽和水蒸気圧，飽和水蒸気量及び廃ガス量から計算する。

○ 飽和水蒸気圧

- ・ プルトニウム濃縮缶気相部から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタまでの廃ガスの飽和水蒸気圧は，文献¹⁾より 7.375 kPa とする。

○ 飽和水蒸気量

- ・ プルトニウム濃縮缶気相部から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタの入口までの廃ガスの水蒸気量は，水に対する気体の状態方程式及び飽和蒸気圧力から，約 52 g / m³となる。

$$a = 217 \times E(t) / (T + 273.15) \quad (1) \text{式}$$

ここで，

a : 飽和水蒸気量

$E(t)$: 飽和水蒸気圧 [h P a]

T : 温度 [°C]

上記から、高性能粒子フィルタに付着する水の量は、飽和蒸気量と廃ガス量から、約 300 g となる。

文献²⁾によれば、水ミストが存在する環境下で、フィルタ差圧が 250 m m A q を超えたところから高性能粒子フィルタのリークが始まる。250 m m A q に相当する水ミスト量は、容量 2000 N m³ / h の高性能粒子フィルタで約 3.4 k g とされている。

塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタは、容量約 380 N m³ / h × 2 段が 3 系列（1 系列は予備）であるため、約 760 N m³ / h となる。リークが始まるフィルタ差圧である 250 m m A q に相当する水ミスト付着量は、文献値との比例計算から約 1300 g となる。

以上より、T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生により塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタに付着する水ミスト量は、リークが始まる水ミスト量を下回るため、高性能粒子フィルタの健全性は維持される。

廃ガス温度の幅を考慮し、50°C とした場合でも水ミスト量は約 500 g となり、高性能粒子フィルタの健全性は維持される。

1. 1. 7 廃ガス貯留槽の容量

T B P 等の錯体の急激な分解反応よりも系統内の空気量が多い臨界において決定した容量である 21m^3 以上を基に評価する。 21m^3 以上とした廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽へ廃ガス貯留設備の空気圧縮機で圧縮した廃ガスを導出し、規定圧力に到達するまで貯留する。 21m^3 を基に規定圧力に到達するまでの時間を評価すると約 2 時間であることから、その間 T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い発生した放射性物質を廃ガス貯留槽に貯留できる。

参考文献

- 1) 化学工学便覧（化学工学会編） 改訂五版 p. 398
- 2) 尾崎，金川，“高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験，（IV）多湿試験” 日本原子力学会誌，Vol. 28 No. 6（1986）

令和 2 年 1 月 8 日 R3

補足説明資料 10 - 5

1. プルトニウム濃縮缶での T B P 等の錯体の急激な分解反応における関連機器の機能及び機能喪失の想定

プルトニウム濃縮缶における T B P 等の錯体の急激な分解反応は、複数ある当該事象の発生防止機能について多重故障及び誤操作を想定した場合に、発生が想定される。

このため、プルトニウム濃縮缶における T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生防止機能だけではなく、T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置に用いる設備及び工程上のつながりのある機器を対象として、関連する機能、T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する場合に機能喪失を想定した機器、機能を維持すると想定した機器及びその理由について表－1 にまとめた。

表－1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（1/34）

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
TBP洗浄器	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	濃縮缶へ供給する硝酸プルトニウム溶液について、希釈剤を用いてTBPを洗浄する。(TBPの混入防止)	－	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）との取り合いはないため、これらの機能喪失の影響は受けない。
希釈剤供給配管	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	TBP洗浄器への希釈剤の供給	TBP洗浄器（供給先）	○ 維持2	静的機器であり、機能喪失する設備（加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。希釈剤流量計の機能が喪失しても配管が壊れる・変形することはないため、機能に影響はない。
希釈剤流量計	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	希釈剤供給流量の計測	希釈剤供給流量制御	× 喪失1	流量計の詰まりや気泡の混入により正しい値を示さない（実際よりも高い値を示す）ことを想定

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (2/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無※	理由
希釈剤供給流量制御	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	希釈剤の供給流量の制御	希釈剤流量計	▲ 波及影響	流量制御機能は維持できているが、流量計からの誤った値に基づき制御が行われるため、発生防止機能(希釈剤の供給)としては喪失すると判断。
プルトニウム溶液受槽	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止) 連続受入れ	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 (貯槽下部からの液の抜き出しによる)	—	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。
プルトニウム溶液受槽液位計	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 (貯槽下部からの液の抜き出しによる)	プルトニウム溶液受槽液位低インターロック	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 液位計は定期的に点検を行い、機能を維持している。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (3/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム溶液受槽液位低インターロック	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 (貯槽下部からの液の抜き出しによる)	プルトニウム溶液受槽液位計移送用エアリフト	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。
移送用エアリフト	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 (貯槽下部からの液の抜き出しによる)	プルトニウム溶液受槽液位低インターロック	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。
油水分離槽	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止) バッチ受入れ	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 (貯槽下部からの液の抜き出しによる)	—	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。

表－1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（4/34）

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
油水分離槽液位計	発生防止機能 （濃縮缶へのTBP等の持込み防止）	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 （貯槽下部からの液の抜き出しによる）	油水分離槽液位低インターロック	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。液位計は定期的に点検を行い、機能を維持している。
油水分離槽液位低インターロック	発生防止機能 （濃縮缶へのTBP等の持込み防止）	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 （貯槽下部からの液の抜き出しによる）	油水分離槽液位計 移送用エアリフト	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。インターロックは定期的に点検を行い、機能を維持している。
移送用エアリフト	発生防止機能 （濃縮缶へのTBP等の持込み防止）	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 （貯槽下部からの液の抜き出しによる）	油水分離槽液位低インターロック	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (5/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無※	理由
サンプリングベンチ	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	貯槽からの分析用試料の採取	—	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。サンプリングベンチは定期的な点検の対象となっている。
分析装置	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	試料の分析	—	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。分析装置は定期的な点検の対象となっている。
プルトニウム濃縮缶供給槽	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止) バッチ受入れ	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 (貯槽下部からの液の抜き出しによる)	—	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（6／34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム濃縮缶供給槽液位計	発生防止機能（濃縮缶へのT B P等の持込み防止）	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止（貯槽下部からの液の抜き出しによる）	プルトニウム濃縮缶供給槽液位低インターロック	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 液位計は定期的に点検を行い、機能を維持している。
プルトニウム濃縮缶供給槽液位低インターロック	発生防止機能（濃縮缶へのT B P等の持込み防止）	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止（貯槽下部からの液の抜き出しによる）	プルトニウム濃縮缶供給相ゲデオン	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。

表－1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（7/34）

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備（供給液の供給停止）	なし	プルトニウム濃縮缶供給槽液位高インターロック プルトニウム濃縮缶気相部圧力高高インターロック プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止インターロック（新設） 緊急停止系	○ 維持1	ゲデオンによる移送を行うために必要な真空は、エアジェットに圧縮空気を供給することにより製造するが、エアジェットへの圧縮空気の供給系は、希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（8/34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン流量制御	発生防止機能（過濃縮防止）	なし	プルトニウム濃縮缶密度制御 プルトニウム濃縮缶液位制御	○ 維持3	ゲデオンによる移送を行うために必要な真空は、エアジェットに圧縮空気を供給することにより製造するが、エアジェットへの圧縮空気の供給系は、希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶の密度制御とは信号の取り合いがあるが、本シナリオでは密度計からの信号ではなく液位計からの信号を受けて流量を調整することとなる。受け取る信号自体は通常範囲であるため、機能への影響はない。
蒸気発生器	その他	なし		○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (9/34)

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
加熱蒸気圧力計	T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (加熱蒸気の供給停止)	加熱蒸気圧力が135℃を超えないよう、蒸気発生器への一次蒸気圧力の供給流量を制御	加熱蒸気圧力制御	× 喪失1	圧力計の故障により、実際の値よりも低い値を示している状態を想定。正しい値を示さないことから、機能喪失。
加熱蒸気圧力高警報	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気圧力が所定の値に到達したことに關する注意喚起	加熱蒸気圧力計	▲ 波及影響	実際よりも低い蒸気発生器圧力計指示値となっており、警報設定値には届かない値になっており警報は吹鳴しないと想定。警報機能は喪失していないが、発生防止機能としては機能喪失していると想定。
加熱蒸気圧力制御	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気圧力が135℃を超えないよう、蒸気発生器への一次蒸気圧力の供給流量を制御	加熱蒸気圧力計	▲ 波及影響	実際よりも低い蒸気発生器圧力計指示値に基づき圧力制御を行っており、圧力制御としては加熱蒸気圧力を上げるよう制御するため、加熱蒸気温度が135℃を超えるような圧力となっている。制御機能は喪失していないが、発生防止機能としては機能喪失していると想定。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（10/34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
加熱蒸気温度計 1	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度の計測(生産系)	加熱蒸気温度 1 温度高警報	○ 維持 1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、一次蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。本温度計 1 は定期的な点検の対象となっている。
加熱蒸気温度 1 温度高警報	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度が通常範囲を外れていることに対する注意喚起	加熱蒸気温度計 1	○ 維持 1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、一次蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。本警報は定期的な点検の対象となっている。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（11／34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
加熱蒸気温度計 2 (安重)	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度計 2 が所定値に到達した場合の加熱蒸気供給停止	加熱蒸気温度高による加熱蒸気供給停止インターロック	○ 維持 3	機能喪失する設備（希釈剤流量計、一次蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。温度計 2 と加熱蒸気遮断弁は、インターロックを介した信号の取り合いはあるが、加熱蒸気遮断弁から温度計 2 へ向かう信号はないため、加熱蒸気遮断弁の機能喪失の影響は受けない。本温度計 2 は定期的な点検の対象となっている。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（12/34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
加熱蒸気温度計2 （安重）温度高警報	発生防止機能 （加熱蒸気温度の異常な上昇防止）	加熱蒸気温度が所定の値に到達したことを運転員に対して注意喚起する	加熱蒸気温度計2（安重）	○ 維持3	機能喪失する設備（希釈剤流量計、一次蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。本警報と加熱蒸気遮断弁は、インターロックを介した信号の取り合いはあるが、加熱蒸気遮断弁から警報へ向かう信号はないため、加熱蒸気遮断弁の機能喪失の影響は受けない。本警報は定期的な点検の対象となっている。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (13/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
加熱蒸気温度計2温度高による加熱蒸気供給停止インターロック	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度が所定値に到達した場合の加熱蒸気供給停止	加熱蒸気遮断弁 加熱蒸気温度計2(安重)	▲ 波及影響	機能喪失する設備(希釈剤流量計、一次蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。加熱蒸気遮断弁と当該インターロックは信号の取り合いがあるが、加熱蒸気遮断弁からインターロックに向かう信号はなく、加熱蒸気遮断弁が故障することにより当該弁が閉止できない状態を想定していることから、インターロック自体は機能を維持しているが、発生防止機能としては機能喪失していると想定する。
加熱蒸気遮断弁	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度計2が所定値に到達した場合の加熱蒸気供給停止	加熱蒸気温度高による加熱蒸気供給停止インターロック	× 喪失1	弁の故障により閉止できない状態を想定する。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（14/34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
加熱蒸気温度計3 (安重)	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度の計測(安全系2)	加熱蒸気温度高による一次蒸気供給停止インターロック	○ 維持3	機能喪失する設備（希釈剤流量計、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計および加熱蒸気遮断弁との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。一次蒸気遮断弁と温度計3は、インターロックを介した信号の取り合いはあるが、一次蒸気遮断弁から温度計3へ向かう信号はないため、一次蒸気遮断弁の機能喪失の影響は受けない。本温度計3は定期的な点検の対象となっている。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（15／34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
加熱蒸気温度計3 （安重）温度高警報	発生防止機能 （加熱蒸気温度の異常な上昇防止）	加熱蒸気温度が所定の値に到達したことを運転員に対して注意喚起する	加熱蒸気温度計3（安重）	○ 維持3	機能喪失する設備（希釈剤流量計、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計および加熱蒸気遮断弁との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。一次蒸気遮断弁と警報とはインターロックを介した信号の取り合いはあるが、一次蒸気遮断弁から警報へ向かう信号はないため、一次蒸気遮断弁の機能喪失の影響は受けない。本警報は定期的な点検の対象となっている。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (16/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
加熱蒸気温度計3温度高による一次蒸気供給停止インターロック	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度3温度高による一次蒸気遮断弁の閉止による一次蒸気供給停止	一次蒸気遮断弁 加熱蒸気温度計3(安重)	▲ 波及影響	機能喪失する設備(希釈剤流量計、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計および加熱蒸気遮断弁との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。一次蒸気遮断弁と当該インターロックは信号の取り合いがあるが、一次蒸気遮断弁からインターロックに向かう信号はなく、一次蒸気遮断弁が故障することにより当該弁が閉止できない状態を想定していることから、インターロック自体は機能を維持しているが、発生防止機能としては機能喪失していると想定する。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (17/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
一次蒸気遮断弁	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度3温度高による一次蒸気遮断弁の閉止による一次蒸気供給停止	加熱蒸気温度高による一次蒸気供給停止インターロック プルトニウム濃縮缶密度高インターロック プルトニウム濃縮缶液位低インターロック	× 喪失1	弁の故障により閉止できない状態を想定する。
加熱蒸気安全弁	その他	なし	ー	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、一次蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは同じ加熱蒸気系に設置されているが、取り合いはないため、これら機器の機能喪失による影響は受けない。本安全弁は定期的な点検の対象となっている。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (18/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無※	理由
一次蒸気元弁	拡大防止対策	なし	—	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。一次蒸気遮断弁と同じ一次蒸気系に設置されているが、取り合いはないため、一次蒸気遮断弁の機能喪失の影響を受けない。 本弁は定期的な点検の対象とする予定。
プルトニウム濃縮缶	その他 連続受入れ	なし	—	○ 維持2	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（19／34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム濃縮缶密度計	発生防止機能（過濃縮防止）	過濃縮防止（プルトニウム濃縮液の濃度を一定値に保つよう流量を制御）	プルトニウム濃縮缶密度制御 プルトニウム濃縮缶密度高インターロック	○ 維持 4	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶密度制御機能は喪失するが、原因は運転員の誤操作であり、密度計の機能は維持できていると想定する。密度計は定期的な点検の対象となっている。
プルトニウム濃縮缶密度制御	発生防止機能（過濃縮防止）	過濃縮防止（プルトニウム濃縮液の濃度を一定値に保つよう流量を制御）	プルトニウム濃縮缶密度計 プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン流量制御	× 喪失 2	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶密度制御機能は喪失するが、原因は運転員の誤操作であり、設備としての異常は発生しないが、機能としては喪失していることを想定する。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (20/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム濃縮缶密度高警報	発生防止機能(過濃縮防止)	過濃縮防止(プルトニウム濃縮液の濃度が所定の値を超えたことについて注意喚起を行う)	プルトニウム濃縮缶密度計	○ 維持その他 (取り合いのある密度制御に設備故障はないため機能は維持)	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶密度制御機能は喪失するが、原因は運転員の誤操作であり、密度計の機能は維持できていると想定する。密度高警報は定期的な点検の対象となっている。
プルトニウム濃縮缶密度計密度高によるインターロック	発生防止機能(過濃縮防止)	過濃縮防止(プルトニウム濃縮液の濃度を一定値に保つよう流量を制御)	プルトニウム濃縮缶密度計 一次蒸気遮断弁	▲ 波及影響	本インターロックにより作動する一次蒸気遮断弁は機能喪失することを想定する。このため、インターロックとしても機能しないと想定する。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (21/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム濃縮缶液位計	発生防止機能(過濃縮防止)	過濃縮防止(プルトニウム濃縮液が一定量以下となった場合に加熱を停止する)	プルトニウム濃縮缶液位制御 プルトニウム濃縮缶液位低インターロック	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されており、密度計の計装配管を一部共用しているが、密度計は機能喪失せず、密度制御の信号と液位計とは取り合いがないため、密度制御機能の喪失の影響は受けない。本液位計は定期的な点検の対象となっている。
プルトニウム濃縮缶液位制御	その他	なし	プルトニウム濃縮缶液位計 プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン流量制御	○ 維持3	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶の密度制御機能からの出力される制御信号は、液位制御機能から出力される制御信号も受け取る事となっており、ここで取り合いが発生するが、信号の逆流は発生しないため1機能は維持できる。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（22/34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム濃縮缶 液位計液位低による インターロック	発生防止機能 (過濃縮防止)	過濃縮防止(プルトニウム濃縮液が一定量以下となった場合に加熱を停止する)	プルトニウム濃縮缶液位計 一次蒸気遮断弁	▲ 波及影響	本インターロックにより作動する一次蒸気遮断弁は機能喪失することを想定する。このため、インターロックとしても機能しないと想定する。
プルトニウム濃縮缶 液相部温度計	その他	なし	プルトニウム濃縮缶液相部温度高警報（新設）	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはないため、機能は維持される。液相部温度計は定期的な点検の対象となっている。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (23/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム濃縮缶液相部温度高警報(新設)	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備(供給液の供給停止、貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック(新設)プルトニウム濃縮缶への供給停止インターロック(新設)	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはないため、機能は維持される。液相部温度高警報は定期的な点検の対象とする予定。
プルトニウム濃縮缶気相部温度計	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備(供給液の供給停止、貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	プルトニウム濃縮缶気相部温度高警報(新設)貯留タンクへの貯留起動インターロック(新設)プルトニウム濃縮缶への供給停止インターロック(新設)	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能のと取り合いはないため、機能は維持される。気相部温度計1は定期的な点検の対象となっている。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（24/34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム濃縮缶 気相部温度高警報 （新設）	T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 （供給液の供給停止、貯留タンクへの放射性物質の貯留）	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック（新設） プルトニウム濃縮缶への供給停止インターロック（新設）	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはないため、機能は維持される。気相部温度高警報は定期的な点検の対象とする予定。
プルトニウム濃縮缶 気相部圧力計	その他	なし	－	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはないため、機能は維持される。気相部圧力計1は定期的な点検の対象となっている。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (25/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム濃縮缶気相部圧力制御	その他	なし	プルトニウム濃縮缶気相部圧力計1	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはないため、機能は維持される。気相部圧力制御は定期的な点検の対象となっている。
プルトニウム濃縮缶気相部圧力計圧力高によるインターロック	その他	なし	プルトニウム濃縮缶気相部圧力計1 プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン 一次蒸気遮断弁	▲ 波及影響	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはない。但し、一次蒸気遮断弁が機能喪失することから、インターロック機能の一部は喪失する。 (供給ゲデオンの停止は機能する)

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (26/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム濃縮缶 気相部圧力高高警報 (新設)	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (供給液の供給停止、貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック (新設) プルトニウム濃縮缶への供給停止インターロック (新設)	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはないため、機能は維持される。気相部圧力高高警報は定期的な点検の対象とする予定。
プルトニウム濃縮缶 凝縮器	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (放射性エアロゾルの除去、貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	—	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（27／34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
凝縮液流量制御	その他	なし	－	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。
プルトニウム濃縮液受槽 （バッチ受入れ）	その他	なし	－	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。
凝縮液受槽 A／B （連続受入れ）	その他 （連続受入れ）	なし	－	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。

表-1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (28/34)

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無※	理由
塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系) 洗浄塔	その他	なし	—	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。
廃ガスポット	その他	なし	—	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。
隔離弁(塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系))	T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック (新設)	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 当該隔離弁は定期的な点検の対象とする予定。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（29／34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
塔槽類廃ガス処理系 （プルトニウム系） 排風機	T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 （貯留タンクへの放射性物質の貯留）	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック （新設）	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 排風機は定期的な点検の対象となっている。
隔離弁（貯留設備）	T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 （放射性エアロゾルの除去、貯留タンクへの放射性物質の貯留）	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック （新設）	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 本弁は定期的な点検の対象とする予定。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (30/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無※	理由
空気圧縮機	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック (新設)	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 圧縮機は定期的な点検の対象とする予定
貯留タンク	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (放射性エアロゾルの除去、貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック (新設)	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されるため、機能に影響はない。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（31／34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
圧力計（貯留タンク）	T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 （放射性エアロゾルの除去、貯留タンクへの放射性物質の貯留）	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック （新設）	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 圧力計は定期的な点検の対象とする予定。
流量計（貯留タンク）	T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 （貯留タンクへの放射性物質の貯留）	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック （新設）	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 流量計は定期的な点検の対象とする予定。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (32/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
緊急停止系	自主対策設備(供給液の供給停止)	なし	希釈剤供給流量制御 加熱蒸気圧力制御 プルトニウム濃縮缶気相部圧力制御 一次蒸気遮断弁 加熱蒸気遮断弁 供給ゲデオン	○ 維持3	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁とは信号の取り合いがあるが、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁から緊急停止系に向かう信号はないため、これら弁の機能喪失による影響は受けない。緊急停止系は定期的な点検の対象となっている。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (33/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止インターロック (新設)	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (供給液の供給停止)	なし	プルトニウム濃縮缶気相部温度高警報(新設) プルトニウム濃縮缶気液相部温度高警報(新設) プルトニウム濃縮缶気相部圧力高警報(新設) プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 当該インターロックは定期的な点検の対象となる予定。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (34/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無※	理由
貯留タンクへの貯留起動インターロック(新設)		なし	プルトニウム濃縮缶気相部温度高警報(新設) プルトニウム濃縮缶気液相部温度高警報(新設) プルトニウム濃縮缶気相部圧力高警報(新設) 塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)排風機 塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)漏れ込みラインの自動弁閉止 空気圧縮機	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 当該インターロックは定期的な点検の対象となる予定。

※ 「機能喪失の有無」に記載している事項の意味は以下のとおり。

維持1：機能喪失を想定する機能との取り合いがない

維持2：機能喪失する機能（機器）との取り合いがあるが、静的機器であるため影響は受けない

維持3：機能喪失する機能（機器）との取り合いがあるが、信号の取り合いであり、機能喪失した機器から信号を受けることはないため、
機能喪失の影響は受けない

維持4：機能喪失する機能との取り合いがあるが、機能喪失の原因が誤操作であり機器の故障は発生しないため、影響は受けない。

波及影響：機能喪失する機能（機器）の影響により、当該機能（機器）の発生防止機能が喪失する

喪失1：機器の故障・異常による機能喪失

喪失2：誤操作による機能喪失

令和 2 年 4 月 1 3 日 R7

補足説明資料 10－6

事態の収束までの放出量評価

1. T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い気相に移行した放射性物質の放出量評価

1.1 評価内容

プルトニウム濃縮缶における T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生してから収束するまでの放射性物質の大気中への放出量を評価する。T B P 等の錯体の急激な分解反応により気相部に移行した放射性物質のうち、廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽に貯留されなかった放射性物質が大気中へ放出されたものとして評価する。事態が収束するタイミングは、廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽への貯留を約 2 時間行い、その後塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）を平常運転時の経路に復旧した時点とする。

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した後も、供給液の停止操作完了までは供給液の供給が継続することから、T B P 等の錯体の分解反応発生後から供給液の供給停止完了までを 1 分間とし、1 分間に供給される T B P 全量について、T B P 等が分解反応により放射性物質を放出することを想定して放出量を評価する。

なお、評価対象建屋はプルトニウム濃縮缶が設置されている精製建屋である。

1.2 大気中への放射性物質の放出量評価

大気中への放射性物質の放出量は、プルトニウム濃縮缶が保有する放射性物質質量に対して、事故の影響を受ける割合、T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い気相中に移行する放射性物質の割合、大気中への放出経路における低減割合及び廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽へ貯留されない放射性物質の割合を乗じて算出する。

また、評価した大気中への放射性物質の放出量にセシウム-137への換算係数を乗じて、大気中へ放出された放射性物質の放出量（セシウム-137換算）を算出する。

1.3 評価に用いる各種パラメータの設定

大気中への放射性物質の放出量を「1.2 大気中への放射性物質の放出量評価及び事業所外での被ばく評価」の通りに算出する。また、算出に必要なパラメータは第 1. - 1 表、第 1. - 2 表及び第 1. - 3 表に示す通りである。廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽へ貯留されない放射性物質の割合である約 4 % の根拠については、2. に記載する。

第 1. - 1 表 機器内の気相に移行する放射性物質の割合（A R F）の設定

< T B P 等の錯体の急激な分解反応発生時（爆発時の圧力が 3.5 M P a を上回る場合での A R F の算出式を適用） >

①	T B P 等の錯体の急激な分解反応による発生エネルギー E_1 [k J] 算出	E_1 [k J] = $1400 [J / g \text{ T B P}] \times \text{T B P 量} [k g]$
②	水蒸気発生量算出 W [k g]	$W [k g] =$ $E_1 / 2200 [k J / k g - s t e a m]$
③	発生水蒸気のもル分率算出 M F [-]	$M F =$ $W / (V_L \times 1000 [k g / m^3 - H_2 O])$ V_L : 塔槽内液相部体積 [m^3]
④	A R F 算出 [-]	$A R F = 1.28 \times M F^{0.827}$

< T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後から供給液の供給が停止するまで（爆発時の圧力が 0.35 M P a 未満の場合の A R F 値を適用） >

項目	パラメータ
A R F	5×10^{-5}

第 1. - 2 表 放出量評価に必要なパラメータの設定

項目	パラメータ	
<p>機器が保有する放射性物質質量 (M A R)</p>	<p>プルトニウム濃縮缶の通常運転時の容量及び T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を沸点とするプルトニウム濃度から算出した放射性物質質量とする。</p>	
<p>M A R のうち事故の影響を受ける割合 (D R)</p>	<p>1 とする</p>	
<p>機器内の気相に移行する放射性物質の割合の (A R F)</p>	<p>4×10^{-3} (爆発時の圧力が 3.5 M P a を上回る場合での A R F の算出式を適用)</p>	
	<p>5×10^{-5} (爆発時の圧力が 0.35 M P a 未満の場合の A R F 値を適用)</p>	
<p>大気中への放出経路における除染係数 (D F)</p>	<p>経路上での沈着等</p>	<p>10</p>
	<p>高性能粒子フィルタ</p>	<p>1.0×10^5</p>
<p>廃ガス貯留槽へ貯留されない放射性物質の割合</p>	<p>約 4 %</p>	

1.4 機器が保有する放射性物質量の設定

機器が保有する放射性物質量は，1日あたりに処理する使用済燃料の平均燃焼度 $45,000\text{MW d} / \text{t} \cdot \text{U P r}$ ，照射前燃料濃縮度 $4.5\text{w t} \%$ ，比出力 $38\text{MW} / \text{t} \cdot \text{U P r}$ ，冷却期間15年を基に算出した内蔵放射能に，使用済燃料の燃料仕様の変動に係る補正係数を考慮して平常運転時の最大値を算出し設定する。使用済燃料の燃料仕様の変動に係る補正係数を第1.－3表に示す。

なお，プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応は，濃縮缶内での過濃縮を経て事象発生することから，平常運転値の最大値を算出した上で，過濃縮の濃縮倍率を考慮して放射性物質量を設定する。

第 1. - 3 表 使用済燃料の燃料仕様の変動に係る補正係数

元素グループ	使用済燃料中の放射能		燃料仕様の変動に係る補正係数
	(B q / t · U P r)		
R u / R h	1.6 × 10 ¹² ※ 2		1.7
その他 F P ※ 1	1.3 × 10 ¹⁶		1.1
P u	α	1.7 × 10 ¹⁴	2.0
	β	2.9 × 10 ¹⁵	
A m , C m	1.8 × 10 ¹⁴		2.7

※ 1 その他 F P とは、核分裂生成物のうち、K r - 85 , I - 129 及び R u / R h を除いたものを示す。

※ 2 R u 及び R h の合算値を示す。

1.5 T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い機器の気相中に移行する放射性物質の割合の設定

T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い気相中に移行する放射性物質の割合は、爆発時の圧力が 0.35 MPa を上回る場合は第 1. - 1 表の計算フローに基づき算出する。

爆発時の圧力が 0.35 MPa 未満の場合は 0.005% とする。

1.6 大気中への放出経路における除染係数の設定

放出経路上の構造物への沈着による放射性エアロゾルの除染係数は、D F 10 とする。また、高性能粒子フィルタの放射性エアロゾルの除染係⁽²⁾数は、T B P 等の錯体の急激な分解

反応が発生した場合の温度及び圧力においても健全であることを確認していることから、高性能粒子フィルタが所定の性能を発揮できることにより、2段でDF 1×10^5 とする。また、廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽による低減割合として、約96%の放射性物質が廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽に導出されることから、約4%まで低減されることを考慮する。

1.7 セシウム-137 換算係数

放射性物質のセシウム-137 換算係数は、IAEA-TECDOC-1162 に記載されている、地表沈着した核種からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊核種の吸入による内部被ばくを考慮した50年間の実効線量への換算係数並びに吸入核種の化学形態を線量告示に適合させるために、プルトニウム等の一部の核種について、IAEA-TECDOC-1162⁽²⁾ に記載の吸入摂取換算係数をICRP Publication⁽³⁾ 72の吸入摂取換算係数で補正するために設定する「吸入核種の化学形態に係る補正係数」を用いて、以下の計算式により算出する。

また、セシウム-137 換算係数の算出過程を第1. - 4表に示す。

セシウム-137 換算係数

$$= (\text{ある核種のCF4換算係数}) / (\text{セシウム-137CF4換算係数}) \times (\text{吸入核種の化学形態に係る補正係数})$$

第 1. - 4 表 主要な核種のセシウム-137 換算係数

	IAEA-TECDOC- 1162 の CF ₄ 換算係数 [A]	IAEA-TECDOC- 1162 の CF ₄ 換算係数 (Cs137 の値) [B]	吸入核種の化学形態 に係る補正係数 [C]	Cs137 換算係数 ※1 [D] = [A] / [B] × [C]
	(mSv / (kBq · m ⁻²))	(mSv / (kBq · m ⁻²))	(-)	(-)
Sr90	2.1E-02	1.3E-01	1.0	0.16
Ru106	4.8E-03	1.3E-01		0.037
Cs134	5.1E-02	1.3E-01		0.39
Cs137	1.3E-01	1.3E-01		1.0
Ce144	1.4E-03	1.3E-01		0.011
Eu154	1.3E-01	1.3E-01		1.0
Pu238	6.6E+00	1.3E-01	0.41	21
Pu239	8.5E+00	1.3E-01	0.42	27
Pu240	8.4E+00	1.3E-01	0.42	27
Pu241	1.9E-01	1.3E-01	0.39	0.56
Am241	6.7E+00	1.3E-01	0.45	23
Cm242	5.9E-02	1.3E-01	0.88	0.40
Cm244	2.8E+00	1.3E-01	0.47	10

注：放射平衡核種の子孫核種の寄与は、親核種に含む。

	IAEA-TECDOC- 1162 の吸入摂取換算係数 [a]	ICRP Publication.72 の吸入摂取 換算係数(化学形態を考慮) [b]	吸入核種の化学形態に係る補正係数 [c] = [b] / [a]
	(Sv / Bq)	(Sv / Bq)	(-)
Pu238	1.13E-04 ※2	4.6E-05	0.41
Pu239	1.20E-04 ※2	5.0E-05	0.42
Pu240	1.20E-04 ※2	5.0E-05	0.42
Pu241	2.33E-06 ※2	9.0E-07	0.39
Am241	9.33E-05	4.2E-05	0.45
Cm242	5.93E-06	5.2E-06	0.88
Cm244	5.73E-05	2.7E-05	0.47

※1：地表沈着した核種からの外部被ばく及び再浮遊核種の吸入による内部被ばくの50年間の実効線量を用いてセシウム-137放出量に換算する係数

※2：化学形態としてキレートを想定

1.8 評価結果

T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い気相に移行した放射性物質の大気中への放出量（C s - 137換算）の計算過程を第1. - 5表に，評価結果を第1. - 6表に示す。

第 1. - 5 表 T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生に伴い気相に移行した
放射性物質の放出量 (C s - 137 換算) の計算過程

< T B P 等の錯体の急激な分解反応による評価 >

機器	核種Gr	MAR [Bq]	DR [-]	ARF [-]	LPF (フィルタ・経路) [-]	貯留の考慮	①	②	③=①×②	④=Σ③
							放出量 [Bq]	Cs-137換算係数 [Bq/Bq]	総放出量 (Cs-137換算) [Bq]	放出量 (Cs-137換算) [TBq]
プルトニウム濃縮缶	Zr/Nb	0E+00	1E+00	4E-03	1E-06	4E-02	0E+00	2E-02	0E+00	3E-05
プルトニウム濃縮缶	Ru/Rh	2E+07					3E-03	2E-02	5E-05	
プルトニウム濃縮缶	Cs/Ba	0E+00					0E+00	5E-01	0E+00	
プルトニウム濃縮缶	Ce/Pr	0E+00					0E+00	5E-03	0E+00	
プルトニウム濃縮缶	Sr/Y	0E+00					0E+00	8E-02	0E+00	
プルトニウム濃縮缶	その他FP	4E+08					6E-02	5E-01	3E-02	
プルトニウム濃縮缶	Pu	8E+16					1E+07	2E+00	2E+07	
プルトニウム濃縮缶	Am/Cm	0E+00					0E+00	2E+01	0E+00	
プルトニウム濃縮缶	U(α)	5E+07					7E-03	7E+00	5E-02	
プルトニウム濃縮缶	Np(α)	0E+00					0E+00	3E-01	0E+00	

< T B P 等の錯体の急激な分解反応後～供給液の供給停止までの評価 >

機器	核種Gr	MAR [Bq]	DR [-]	ARF [-]	LPF (フィルタ・経路) [-]	貯留の考慮	①	②	③=①×②	④=Σ③
							放出量 [Bq]	Cs-137換算係数 [Bq/Bq]	総放出量 (Cs-137換算) [Bq]	放出量 (Cs-137換算) [TBq]
プルトニウム濃縮缶	Zr/Nb	0E+00	1E+00	5E-05	1E-06	4E-02	0E+00	2E-02	0E+00	3E-07
プルトニウム濃縮缶	Ru/Rh	2E+07					4E-05	2E-02	7E-07	
プルトニウム濃縮缶	Cs/Ba	0E+00					0E+00	5E-01	0E+00	
プルトニウム濃縮缶	Ce/Pr	0E+00					0E+00	5E-03	0E+00	
プルトニウム濃縮缶	Sr/Y	0E+00					0E+00	8E-02	0E+00	
プルトニウム濃縮缶	その他FP	4E+08					8E-04	5E-01	4E-04	
プルトニウム濃縮缶	Pu	8E+16					2E+05	2E+00	3E+05	
プルトニウム濃縮缶	Am/Cm	0E+00					0E+00	2E+01	0E+00	
プルトニウム濃縮缶	U(α)	5E+07					1E-04	7E+00	8E-04	
プルトニウム濃縮缶	Np(α)	0E+00					0E+00	3E-01	0E+00	

※ L P F = 1 / D F

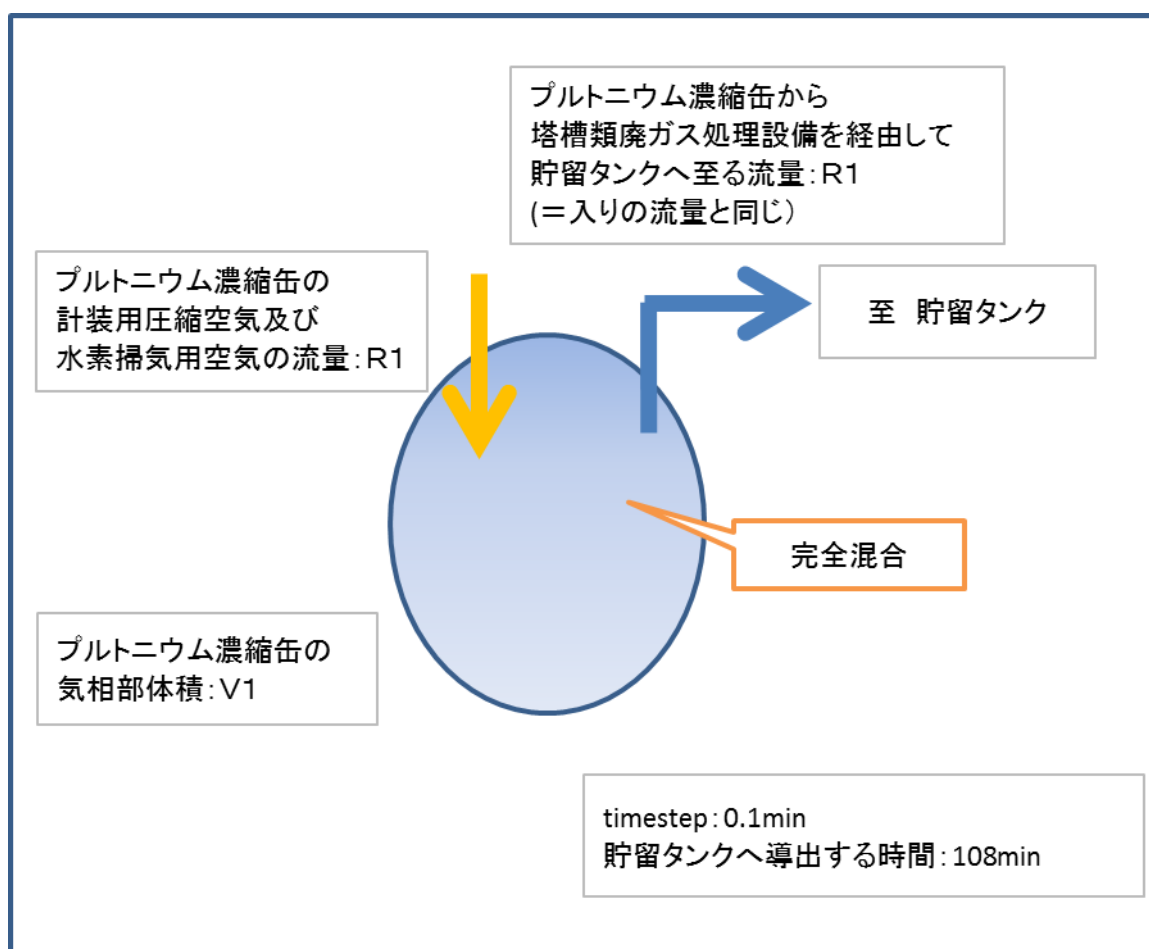
第 1. - 6 表 T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生に伴い気相に移行した放射性物質の放出量 (C s - 137 換算)

建屋 (機器)	放出量 (C s - 137 換算) [T B q]
精製建屋 (プルトニウム濃縮缶)	3×10^{-5}

2. 廃ガス貯留槽に貯留されない放射性物質の割合について

2.1 評価方法

廃ガス貯留槽に貯留される放射性物質の割合の評価手法を記載する。計算に用いたモデルを第2. - 1 図に示すとともに、評価に用いた解析条件を第2. - 1 表に示す。



第2. - 1 図 廃ガス貯留槽に貯留されない放射性物質の割合
評価モデル

第 2. - 1 表 評価に用いた解析条件

プルトニウム濃縮缶気相部体積	V 1	0.25 m ³
プルトニウム濃縮缶の計装用圧縮空気および水素掃気用空気の流量	R 1	0.44 m ³ /h
時間の刻み幅 (timestep)	-	0.1 min
貯留設備の空気圧縮機の 継続起動時間	-	108.6 min
廃ガス貯留槽に貯留されない放射性物質の割合	C	(逐次計算により算出)

具体的には、時間 $t=0$ に T B P 等の錯体の急激な分解反応が起こったことを想定した。その後、0.1min の時間の刻み幅ごとに、プルトニウム濃縮缶への気体の流入、プルトニウム濃縮缶内での気体の完全混合及び廃ガス貯留槽への気体の導出が起るとし、プルトニウム濃縮缶内に残留する割合を廃ガス貯留槽に貯留されない放射性物質の割合として計算した。

この際、プルトニウム濃縮缶の計装用圧縮空気及び水素掃気用空気の流量は一定流量で供給が継続されることとした。計算式は以下のとおり。

$$C_{t=n+0.1} = C_{t=n} \times \left(\frac{V1}{V1 + R1} \right) \quad ※ \quad n = 0, 0.1, 0.2, \dots \quad , \quad C_{t=0} = 1$$

2.2 評価結果

プルトニウム濃縮缶内に残留する放射性物質の割合は約 4 % となった。具体的な計算シートを第 2. - 2 表に示す。

第 2 . - 2 表 プルトニウム濃縮缶内に残留する

放射性物質の割合の計算シート

経過時間 [min]	空気供給量 [m3/timestep]	廃ガス貯留槽へ 導出される量 [m3/timestep]	廃ガス貯留槽に 貯留されない放 射性物質の割合
0	0.00074	0.00074	1.0
0.1	0.00074	0.00074	1.0
0.2	0.00074	0.00074	0.99
0.3	0.00074	0.00074	0.99
0.4	0.00074	0.00074	0.99
0.5	0.00074	0.00074	0.99
0.6	0.00074	0.00074	0.98
0.7	0.00074	0.00074	0.98
0.8	0.00074	0.00074	0.98
0.9	0.00074	0.00074	0.97
1	0.00074	0.00074	0.97
1.1	0.00074	0.00074	0.97
1.2	0.00074	0.00074	0.97
1.3	0.00074	0.00074	0.96
1.4	0.00074	0.00074	0.96
1.5	0.00074	0.00074	0.96
108.6	0.00074	0.00074	0.04

3. T B P 等の錯体の急激な分解反応発生時に塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスポットからセル導出される塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の空気の放出量評価

3.1 評価内容

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合、分解反応に伴い発生する水蒸気等に押し込まれる形で、事象発生前にプルトニウム濃縮缶の気相部から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスポットまでの流路の配管に存在していた放射性物質を含む気体が塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスポットから、セルへ放出されることを想定する。

ここでは、プルトニウム濃縮缶の気相部から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスポットまでの流路の配管に存在していた放射性物質を含む気体がプルトニウム濃縮缶内での T B P 等の錯体の急激な分解反応によって発生した分解生成物及びエネルギーにより圧縮され、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスポットからセルへ導出された後、セル排気フィルタユニットを經由して主排気筒から放出されることを想定し、放出量評価を実施した。

3.2 大気中への放射性物質の放出量評価

大気中への放射性物質の放出量は、プルトニウム濃縮缶の気相部から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスポッ

トまでの流路の配管内の気相中に存在する放射性物質質量に対して、事故の影響を受ける割合、大気中への放出経路における低減割合を乗じて算出する。

また、評価した大気中への放射性物質の放出量にセシウム-137への換算係数を乗じて、大気中へ放出された放射性物質の放出量（セシウム-137換算）を算出する。

3.3 評価に用いる各種パラメータの設定

大気中への放射性物質の放出量を「3.2 大気中への放射性物質の放出量評価及び事業所外での被ばく評価」の通りに算出する。また、算出に必要なパラメータは第3. - 1表のとおりであり、被ばく評価に必要なパラメータは第1. - 3表と同様である。

第 3. - 1 表 放出量評価に必要なパラメータの設定

項目	パラメータ	
気相部に保有する放射性物質質量 (MAR)	通常運転時の塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系) の気相部に保有する放射性物質質量を採用。 (ARF を考慮した値)	
MAR のうち事故の影響を受ける割合 (DR)	1 とする	
機器内の気相に移行する放射性物質の割合の (ARF)	1×10^{-8}	
大気中への放出経路における除染係数 (DF)	経路上での沈着等	10
	高性能粒子フィルタ (セル排気フィルユニット)	1.0×10^3

3.4 塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系) の気相部が保有する放射性物質質量の設定

1.4 の記載と同様, 気相部が保有する放射性物質質量は, 1 日当たりに処理する使用済燃料の平均燃焼度 $45,000 \text{ MW d} / \text{ t} \cdot \text{ U P r}$, 照射前燃料濃縮度 $4.5 \text{ w t} \%$, 比出力 $38 \text{ MW} / \text{ t} \cdot \text{ U P r}$, 冷却期間 15 年の条件を考慮する。使用済燃料の燃料仕様の変動に係る補正係数は第 1. - 3 表と同じである。

なお, 気相部の空間体積は設計図書から引用し, 算出した。

3.5 T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い機器の気相中に移行する放射性物質の割合の設定

塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の気相部が保有する放射性物質量の算出の際は、⁽⁴⁾文献に記載の割合を採用し、圧縮空気 1 m³ 当たり 10m g が移行することとし、 1×10^{-8} とする。

3.6 大気中への放出経路における低減割合の設定

放出経路上の構造物への沈着による放射性エアロゾルの除染係数は、D F 10 とする。また、セル排気フィルタ ユニットの高性能粒子フィルタの放射性エアロゾルの除染係数は、T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合の温度及び圧力においても健全であることを確認していることから、高性能粒子フィルタが所定の性能を発揮できることにより、1 段で D F 1×10^3 とする。

3.7 セシウム-137 換算係数

1.7 と同様の値を採用し、評価した。

3.8 評価結果

塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスポットからセル導出される塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の気体の放射性物質の大気中への放出量（C s - 137 換算）の計算過程を第 3. - 2 表に、評価結果を第 3. - 3 表に示す。

第 3. - 2 表 塔槽類廃ガスポットからセル導出される塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の
 空気の放射性物質の大気中への放出量（Cs-137 換算）の計算過程

機器	核種Gr	インベントリ/濃度 [Bq/m ³]	廃ガス量 [m ³ /y]	ARF	移行量合計 [Bq/y]	AdjP 燃料変動	補正係数 $\alpha \Rightarrow total$	補正係数 冷却年	Pu重量 補正	MAR&ARF [Bq/m ³]
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Zr/Nb	0E+00	5E+06	1E-08	0E+00	1E+00	1E+00	1E+00	1E+00	0E+00
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Ru/Rh	2E+11			9E+09	1E+00	1E+00	5E-04	1E+00	1E+00
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Cs/Ba	0E+00			0E+00	1E+00	1E+00	6E-01	1E+00	0E+00
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Ce/Pr	0E+00			0E+00	1E+00	1E+00	6E-05	1E+00	0E+00
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Sr/Y	0E+00			0E+00	1E+00	1E+00	8E-01	1E+00	0E+00
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	その他FP	3E+10			1E+09	1E+00	1E+00	1E-01	1E+00	4E+01
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Pu	5E+15			2E+14	2E+00	2E+01	9E-01	1E+00	2E+09
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Am/Cm	0E+00			0E+00	3E+00	1E+00	1E+00	1E+00	0E+00
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	U(α)	2E+07			9E+05	1E+00	1E+00	1E+00	1E+00	2E-01
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Np(α)	0E+00			0E+00	1E+00	1E+00	1E+00	1E+00	0E+00

① ② ③=①×② ④=Σ③

機器	核種Gr	MAR&ARF [Bq/m ³]	LPF	DR	ポットから 出る体積 [m ³]	放出量 [Bq]	Cs-137換 算係数 [Bq/Bq]	総放出量 (Cs-137換算) [Bq]	放出量 (Cs-137換 算) [TBq]
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Zr/Nb	0E+00	1E-04	1E+00	8E-01	0E+00	2E-02	0E+00	3E-07
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Ru/Rh	1E+00	1E-04	1E+00	8E-01	8E-05	2E-02	2E-06	
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Cs/Ba	0E+00	1E-04	1E+00	8E-01	0E+00	5E-01	0E+00	
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Ce/Pr	0E+00	1E-04	1E+00	8E-01	0E+00	5E-03	0E+00	
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Sr/Y	0E+00	1E-04	1E+00	8E-01	0E+00	8E-02	0E+00	
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	その他FP	4E+01	1E-04	1E+00	8E-01	3E-03	5E-01	2E-03	
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Pu	2E+09	1E-04	1E+00	8E-01	2E+05	2E+00	3E+05	
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Am/Cm	0E+00	1E-04	1E+00	8E-01	0E+00	2E+01	0E+00	
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	U(α)	2E-01	1E-04	1E+00	8E-01	2E-05	7E+00	2E-04	
塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	Np(α)	0E+00	1E-04	1E+00	8E-01	0E+00	3E-01	0E+00	

第 3. - 3 表 塔槽類廃ガスポットからセル導出される塔槽類廃
ガス処理系（プルトニウム系）の空気の放射性物質の大気中へ
の放出量（C s - 137 換算）

建屋	放出量 (C s - 137 換算) [T B q]
精製建屋	3×10^{-7}

4. T B P 等の錯体の急激な分解反応における事態の収束までの放出量評価

4.1 評価内容

1. に記載の T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い気相に移行した放射性物質の放出量評価及び 3. に記載の T B P 等の錯体の急激な分解反応発生時に塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスポットからセル導出される塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の空気の放射性物質の放出量の合計が、T B P 等の錯体の急激な分解反応における事態の収束までの放出量に該当する。このためそれぞれの数値を合算した値について評価を行った。

4.2 評価結果

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生から事態の収束までの放射性物質の大気中への放出量（C s - 137 換算）の評価結果を第 4. - 1 表に示す。

第 4. - 1 表の結果から、放射性物質の放出量は事業指定基準規則第 28 条で要求されているセシウム - 137 換算で 100 T B q を十分下回る。

第 4. - 1 表 T B P 等の錯体の急激な分解反応における事態の
収束までの放射性物質の大気中への放出量 (C s - 137 換算)

建屋	放出量 (C s - 137 換算) [T B q]
精製建屋	3×10^{-5}

5. 参考文献

(1) Science Applications International. Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook. United States Nuclear Regulatory Commission, 1998-03, NUREG/CR-6410.

(2) GENERIC PROCEDURES FOR ASSESSMENT AND RESPONSE DURING A RADIOLOGICAL EMERGENCY. IAEA, VIENNA, 2000 IAEA-TECDOC-1162

(3) ICRP. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides : Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients. Annals of the ICRP, ICRP Publication 72. 1996, vol. 26, no. 1.

(4) F.J. Herrmann, et. al., Some Aspects of Aerosol Production and Removal During Spent Fuel Processing Steps, Proceedings of the 16th DOE Nuclear air cleaning conference held in San Diego, California, 20-23 October 1980.

令和元年12月10日 R0

補足説明資料 10－7

T B P 等の錯体の急激な分解反応発生時における
放射性物質の気相中への移行率

1. はじめに

本資料は、T B P等の錯体の急激な分解反応における大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の算定にあたって使用する気相中への移行率（A R F）について説明するものである。

2. A R Fについて

A R Fは、N U R E G / C R 6 4 1 0において 0.35MP a 未満、0.35～3.5MP a、3.5MP a を超える圧力によるA R F 値又は式があり、最も高い値となる 3.5MP a を超える圧力によるA R F 式を厳しい条件として適用した。この式は、容器内に液体を入れ、容器の排気部を破裂板で閉止し、空間部を加圧したことにより破裂板が破裂した場合における容器内の液体のA R F の式である。

Calculating the ARF. The ARF can be obtained as a best fit of the pressurized release data. This best fit curve is

$$ARF = 0.115 MF_g^{0.827} \quad (3.6)$$

where MF_g is the mole fraction of pressurizing gas or vapor. This is the number of moles of gas or vapor produced upon depressurization, divided by the total moles of solvent plus dissolved gas before the depressurization. The ARF equation is the best fit and is shown in Figure 3-8. Upper and lower bound equations are

$$ARF_{ub} = 1.28 MF_g^{0.827} \quad (3.7)$$

$$ARF_{lb} = 2.23E-03 MF_g^{0.827} \quad (3.8)$$

A R FはU p p e r B o u n d, B e s t F i t, L o w e r B o u n dの3種類があり、それを図示したものが次頁の図である。

放射性物質の放出量に対し、より厳しい条件を設定するため、U p p e r B o u n dの式を用いてA R Fを算出した。

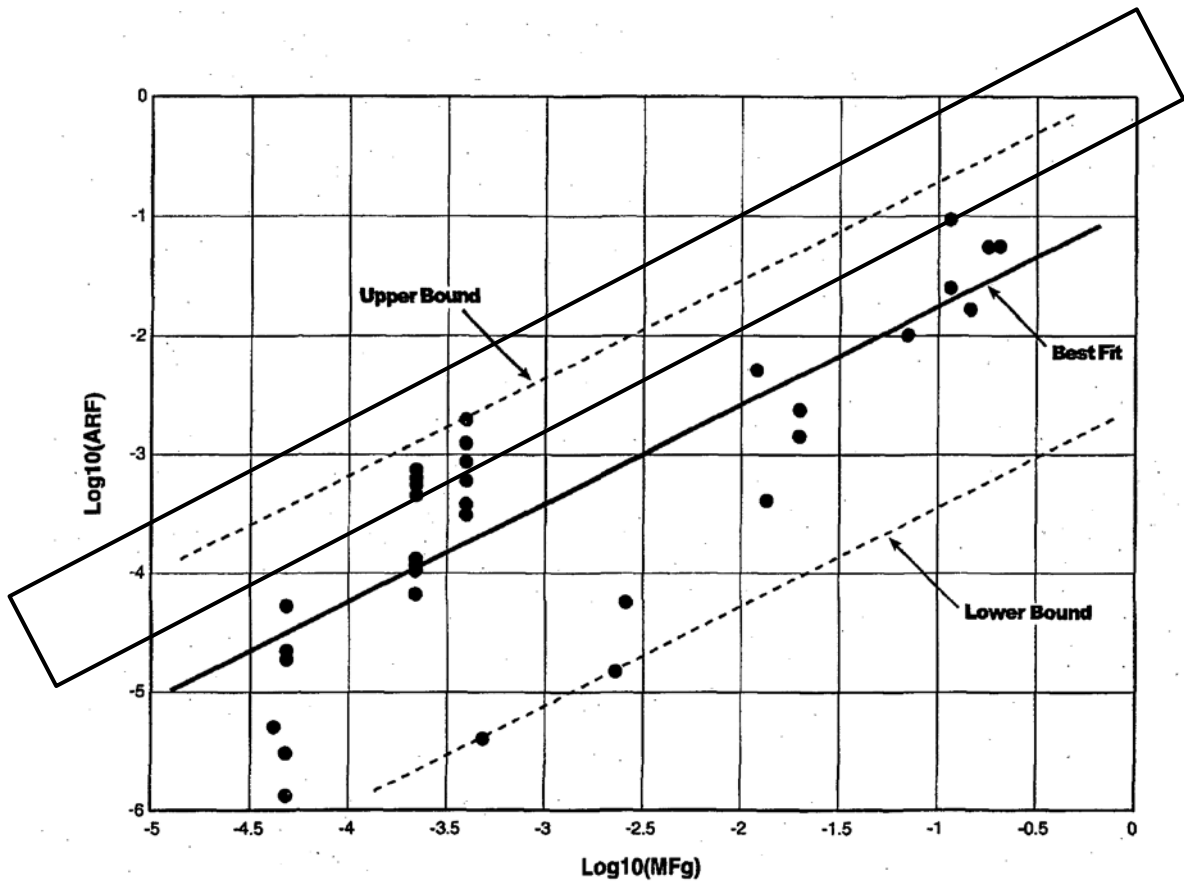


Figure 3-8. Fraction airborne vs. mole fraction of pressurizing gas for liquid pressurized releases

一方、T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後の連続供給時における T B P 等の分解反応として適用した A R F は、T B P 等の量が少なく、分解反応によって発生する熱やガス量が少ないため、気相部の圧力上昇が小さいことから、0.35MP a 未満の A R F 値として 5×10^{-5} を適用した。

3.3.1.8 Overpressurization to Rupture

A. Liquid, Confined (in vessel/container): Bounding Values

Slow Build up of Pressure:

a. *Vented above the surface level of liquid, failure pressure < 0.35 MPa_g (50.9 psig)*

<p>ARF 5E-5 RF (0.8)</p>
--

補足説明資料 10－8

不確かさの設定

1. はじめに

本資料は、T B P等の錯体の急激な分解反応における大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の算定にあたって使用する各パラメータの不確かさについて説明するものである。

2. 各パラメータの不確かさについて

(1) 重大事故等が発生する機器に保有される放射性物質質量（MAR）

a. 上振れ効果

MARの上振れとなる要因はない。

b. 下振れ効果

第1表に示す再処理する使用済燃料の冷却年数を15年に制限した条件を用いて放射能濃度を算出し、第2表のとおり燃料仕様の変動に係る補正係数を考慮した場合、1桁程度の下振れとなる。

第1表 使用済燃料の条件

燃料型式	PWR
初期濃縮度	4.5w t %
燃焼度	45,000MW d / t · U _{PR}
比出力	38MW / t · U _{PR}
冷却年数	15年

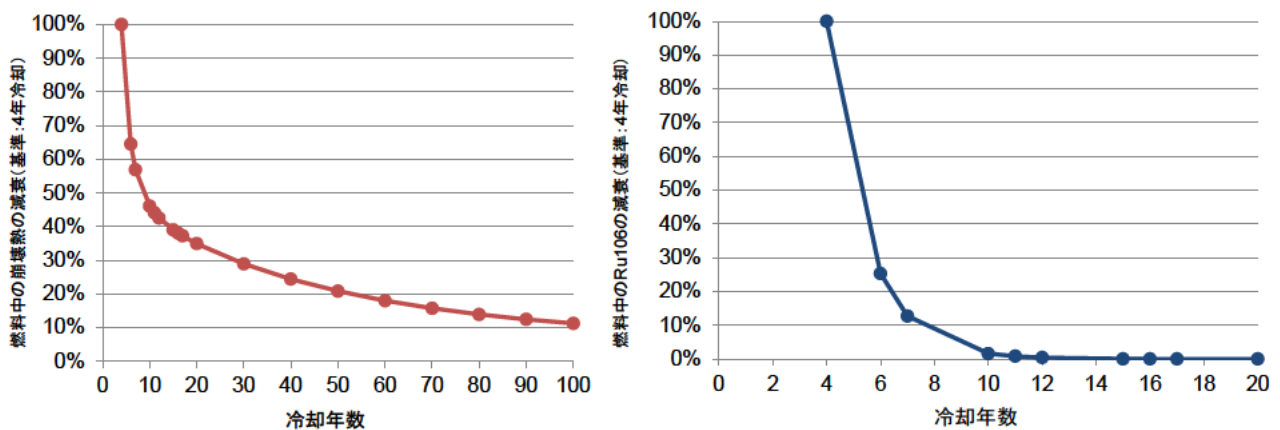
第2表 燃料仕様の変動に係る補正係数

元素グループ		燃料仕様の変動に係る補正係数
R u / R h		1.7 * ²
その他F P * ¹		1.1
P u	α	2.0
	β	
A m, C m		2.7

*1 その他F Pとは、核分裂生成物のうち、K r -85, I -129 及びR u / R h を除いたものを示す。

*2 R u 及びR h の合算値を示す。

再処理施設で保有する使用済燃料には、冷却期間 15 年以上となるものも含まれ、冷却期間 15 年以上の燃料を処理した場合、第1図に示すとおり放射能の減衰による放射性物質量のさらなる低減効果を見込める。



第1図 使用済燃料の冷却年数による崩壊熱及びR u -106 の減衰

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生するプルトニウム濃度は 800 g / Lであり、プルトニウム溶液の粘性は高いと考えられることから、気液分離部から加熱部への流動については不確かさが存在する。また、800 g / Lのプルトニウム溶液と供給液の混合液が加熱されることによる分解反応の発生についても不確かさが存在する。それぞれ分解反応が発生することを前提とした値として評価していることから、体系に起因した1桁程度の下振れを有する。

(2) T B P等の錯体の急激な分解反応により影響を受ける割合 (D R)

D Rは1とし、不確かさの幅の設定は行わない。

(3) 機器の気相に移行する割合 (A R F)

a. 上振れ効果

第3表に示すように、A R Fの算出には、T B P等の錯体の急激な分解反応による発生エネルギーが必要となる。

N U R E G / C R - 6410 における爆発事象を想定した実験結果を整理した式にはT B P等の錯体の急激な分解反応による発生エネルギーを使用するため、引用する分解反応によって発生する単位T B P量あたりの熱量によっては1桁程度の上振れを有する可能性がある。また、T B Pの水への溶解度の幅を考慮すると、T B P量について、条件によっては1桁程度の上振れを有する可能性がある。

b. 下振れ効果

算出に用いる式については、N U R E G / C R - 6410 における爆発事象を想定した実験結果を整理した式のうち最も厳しい結果を与える u p p e r b o u n d とされる計算式を使用しており、設定したA R Fが最大

値であることから、実験結果に対する *best fit* の計算式との比較により、実際には1桁程度の下振れを有する。

第3表 ARFの計算フロー

①	TBP等の錯体の急激な分解反応による発生エネルギー E_1 [kJ]算出	E_1 [kJ]= $1400[\text{J/g TBP}] \times \text{TBP量}[\text{kg}]$
②	水蒸気発生量算出 W [kg]	W [kg]= $E_1/2200[\text{kJ/kg steam}]$
③	発生水蒸気の本ル分率算出 MF [-]	$MF =$ $W / (V_L \times 1000[\text{kg/m}^3 \text{—H}_2\text{O}])$ V_L : 塔槽内液相部体積 $[\text{m}^3]$
④	ARF算出[-]	$ARF = 1.28 \times MF^{0.827}$

(4) 大気中への放出経路における除染係数 (LPF)

a. 上振れ効果

TBP等の錯体の急激な分解反応への対策として実施する貯留タンクへの放射性物質の貯留は、確実性が高い対策ではあるが、万一、機器の動作不良等により貯留タンクへの気体の導出ができない場合には、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）を再起動し、主排気筒から大気中へ放射性物質を放出する。この場合には、貯留タンクへの放射性物質の貯留割合はゼロとなり、TBP等の錯体の急激な分解反応の発生に伴う放射性物質の放出量は、設定値に対して3桁程度の上振れとなる。

b. 下振れ効果

プルトニウム濃縮缶から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機までの経路上の配管は、曲がり部が多く、数十m以上の長い配

管及び複数の機器で構成されることから、放射性物質を大気中へ押し出すエネルギーの減衰や放射性エアロゾルの沈着による除去が期待できる。

エネルギーの減衰や放射性エアロゾルの沈着による除去効果について、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による除去効果として1桁程度の下振れを有する。

令和2年4月28日 R5

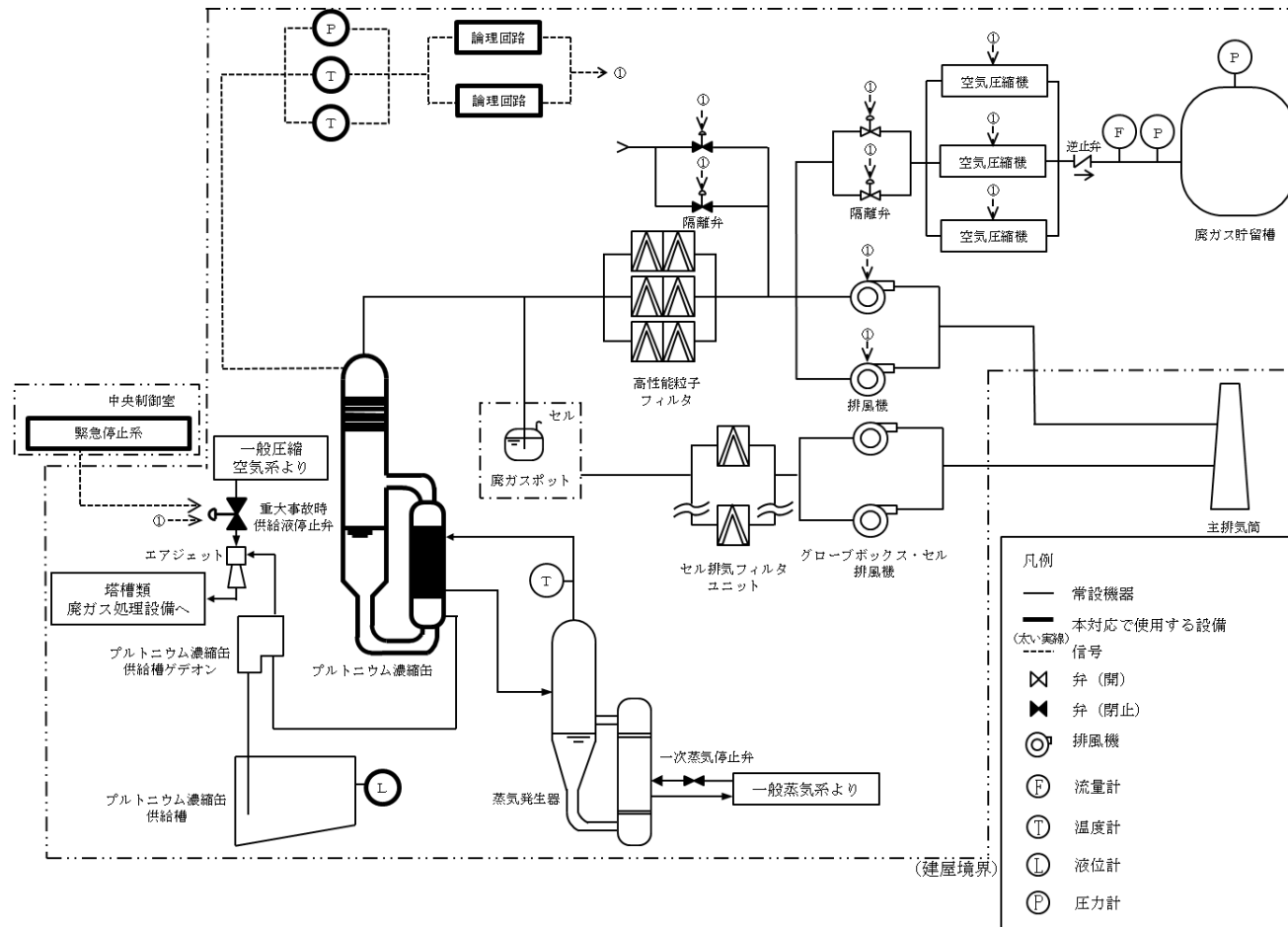
補足説明資料 10－9

系統概要図，アクセスルート

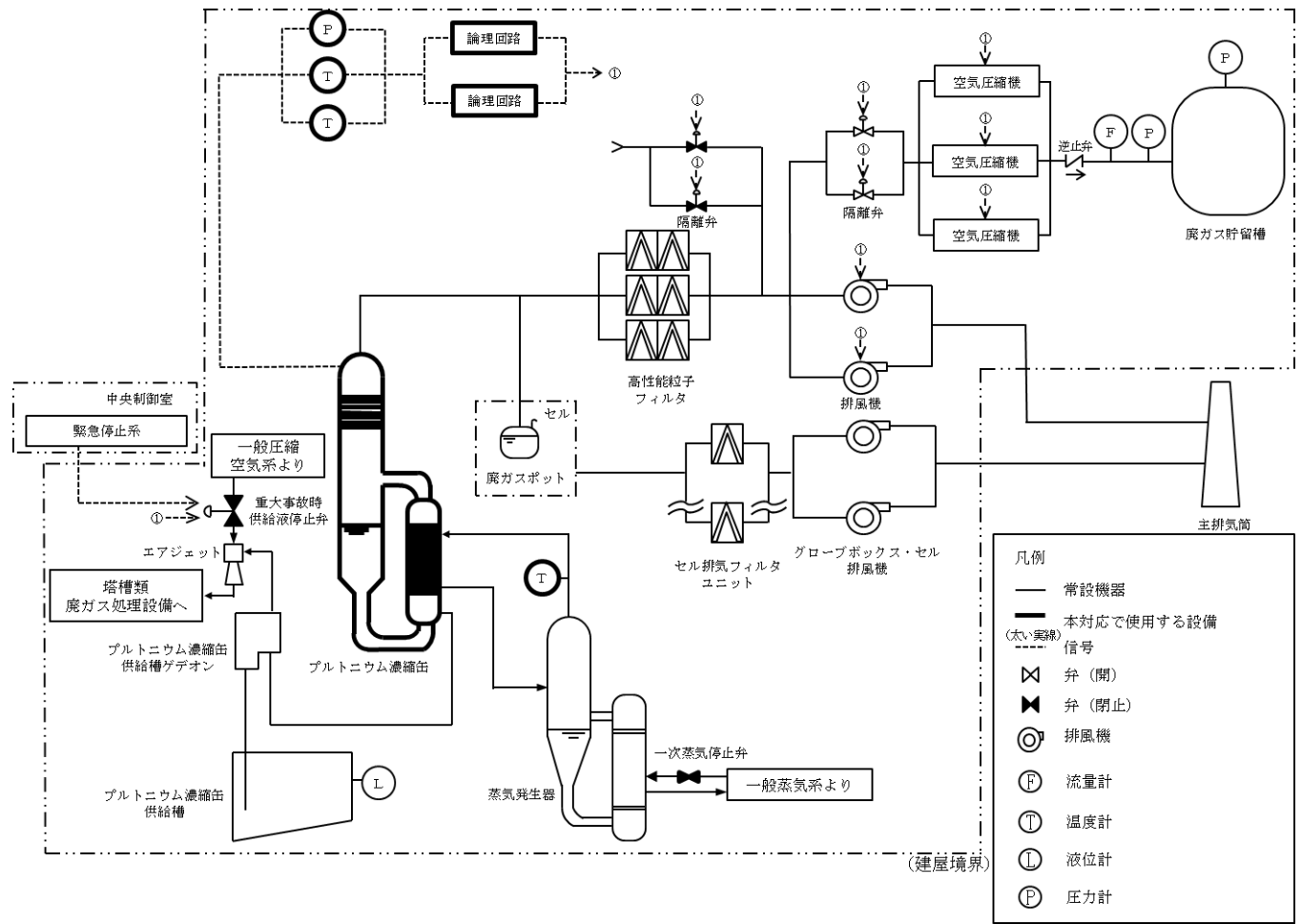
図リスト

第1図～第4図 系統概要図

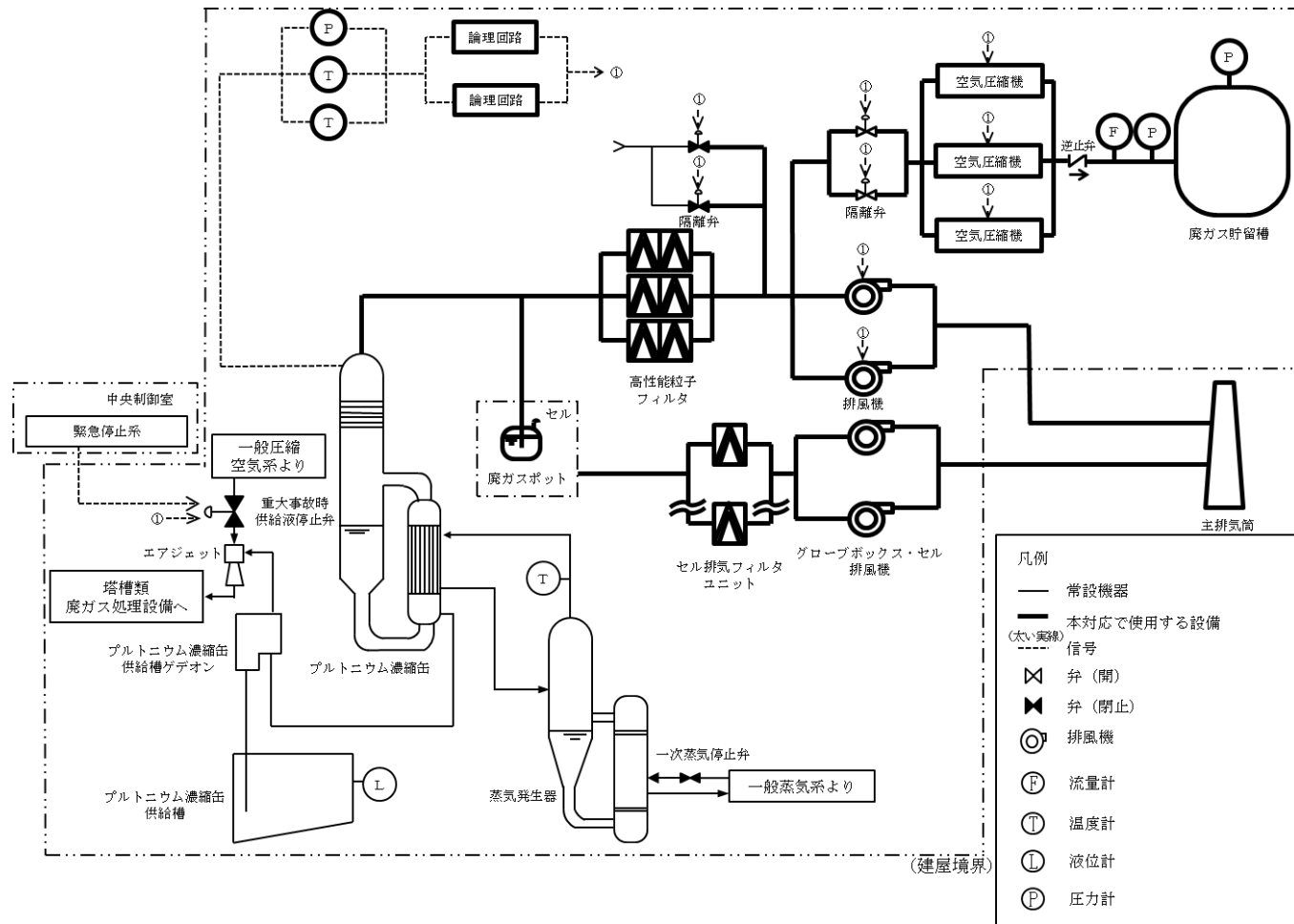
第5図～第7図 アクセスルート



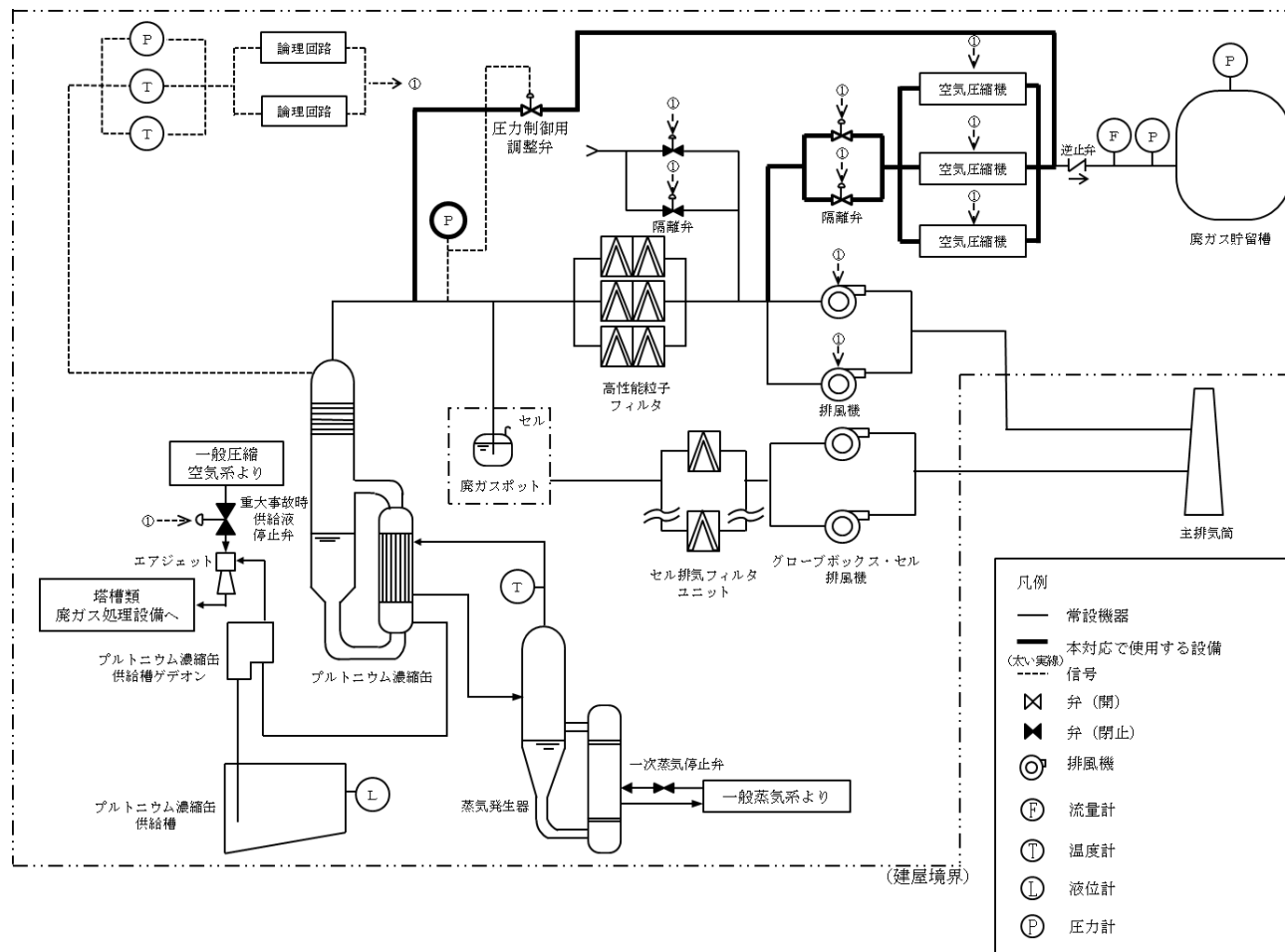
第1図 精製建屋 TBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図
(プルトニウム濃縮缶への供給停止)



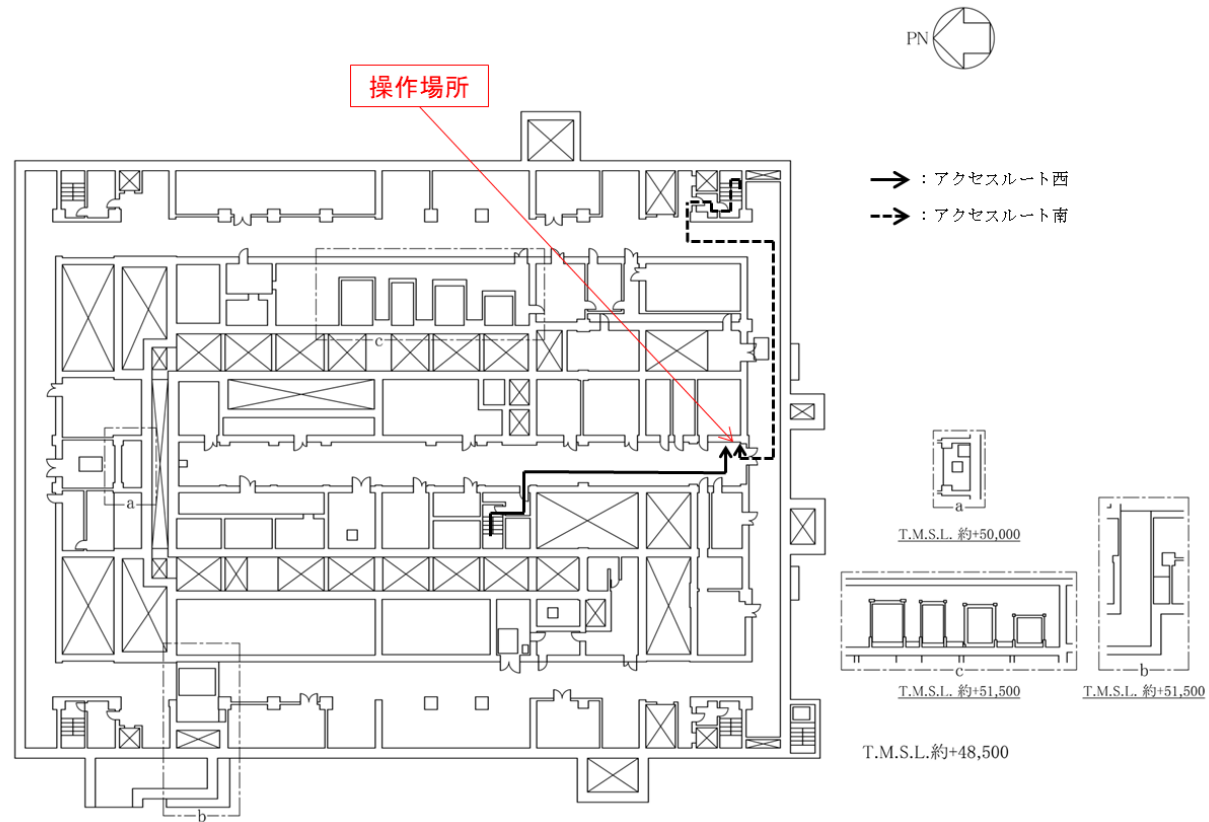
第2図 精製建屋 TBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図
(プルトニウム濃縮缶への加熱蒸気の供給停止)



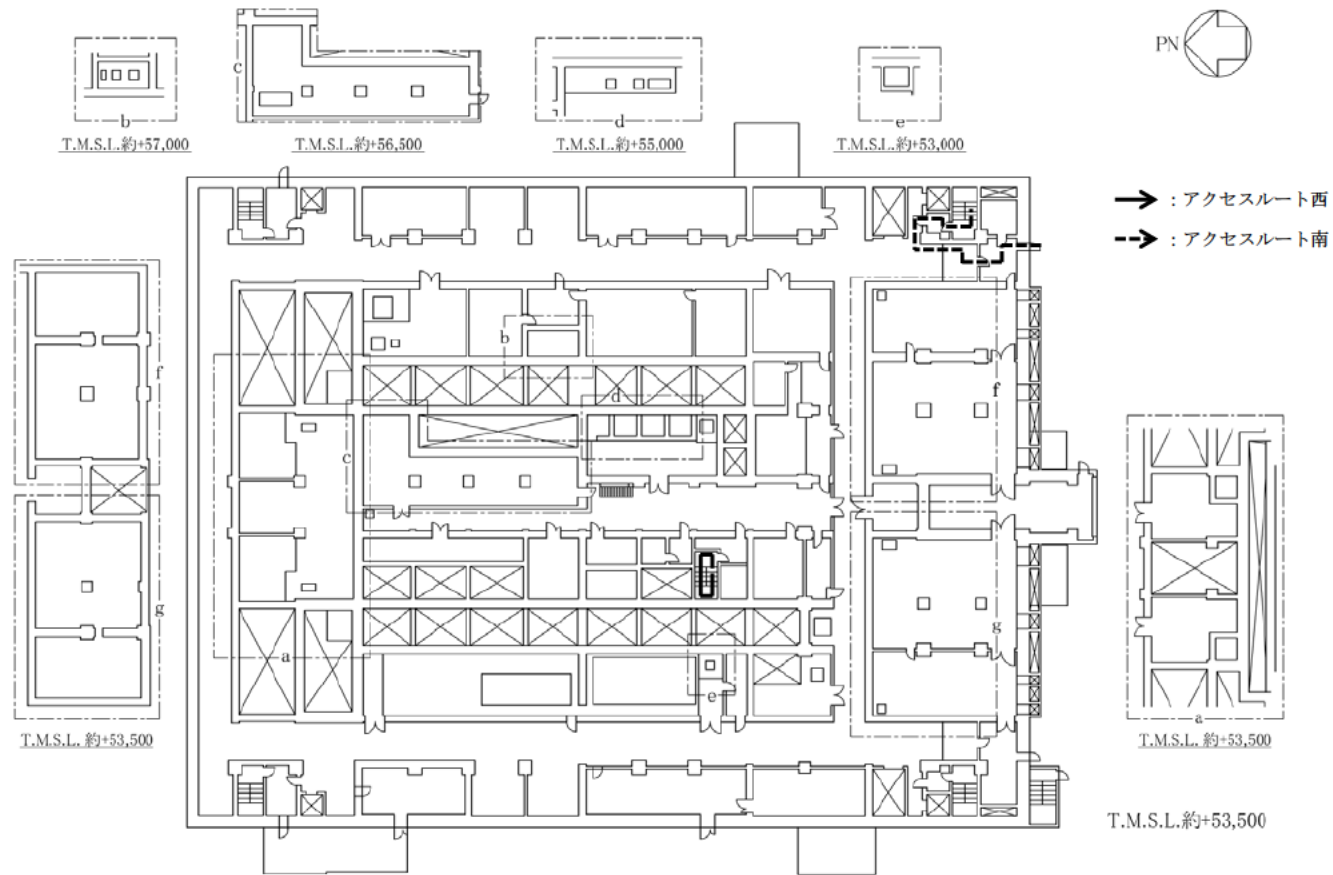
第3図 精製建屋 TBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図
(廃ガス貯留設備への放射性物質の貯留)



第4図 精製建屋 TBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図
(圧力制御概念)



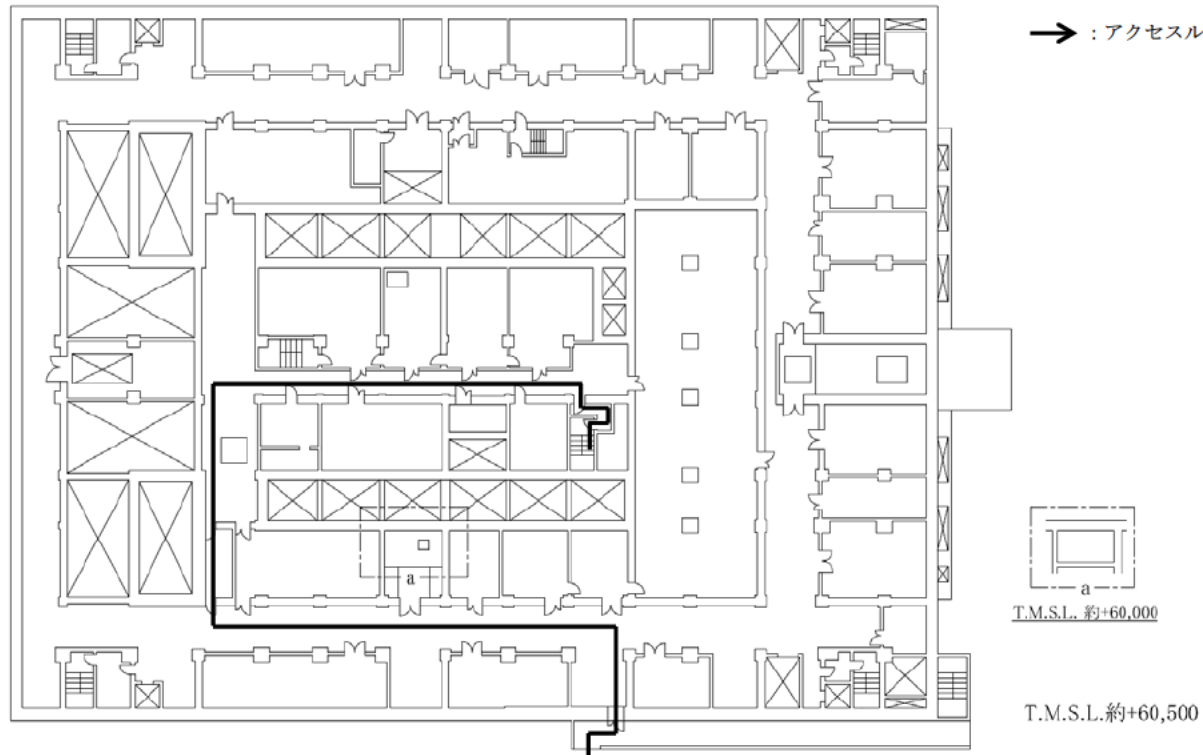
第5図 精製建屋 T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置のアクセスルート
 (地下1階) (プルトニウム濃縮缶の加熱の停止)



第6図 精製建屋 T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置のアクセスルート
(地上1階) (プルトニウム濃縮缶の加熱の停止)



→ : アクセスルート西



第7図 精製建屋 T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置のアクセスルート
(地上2階) (プルトニウム濃縮缶の加熱の停止)

補足説明資料 10－10

T B P等の錯体の急激な分解反応発生時のプルトニウム濃縮缶内の
水素濃度評価方法と評価に用いたパラメータについて

1. はじめに

T B P等の錯体の急激な分解反応を想定するプルトニウム濃縮缶内の溶液から発生する放射線分解水素の発生量及びプルトニウム濃縮缶に供給される水素掃気量から、プルトニウム濃縮缶内の水素濃度の評価を行ったので、ここでは、同評価の内容について取りまとめる。

2. 評価の方法

プルトニウム濃縮缶内の水素濃度を以下の通り評価する。

まず、水素発生速度を下式より求める。以下の式は、再処理施設の設計及び工事の方法の認可申請書における火災及び爆発の防止設計の水素発生量の評価式と同等である。

水相のみの場合、

$$F_{H_2} = 8.36 \times 10^{-6} \times V_{aq} \times \left(Q_{\alpha, aq} \times G_{\alpha, aq} + Q_{\beta\gamma, aq} \times G_{\beta\gamma, aq} \right)$$

ここで、

F_{H_2} : 水素発生速度 (m^3/h [normal])

V_{aq} : 水相の液量 (m^3)

$Q_{\alpha, aq}$: 機器内の水相の単位液量あたりの α 崩壊熱量 (W/m^3)

$Q_{\beta\gamma, aq}$: 機器内の水相の単位液量あたりの $\beta\gamma$ 崩壊熱量

(W/m^3)

$G_{\alpha, aq}$: 水相での α 線の G 値 (M o l e c u l e s / 100 e V)

$G_{\beta\gamma, aq}$: 水相での $\beta\gamma$ 線の G 値 (M o l e c u l e s / 100 e V)

次に、水素発生速度を用いて、気相部の水素濃度を下式より求める。評価に用いる水素掃気用安全圧縮空気流量は、水素掃気空気の流量計の警報設定値とし、水素濃度を高めに評価する。

$$C_0 = \frac{F_{H_2}}{F_{H_2} + f_{air}} \times 100$$

ここで、

C_0 : 水素濃度 (ドライ換算) (v o l %)

f_{air} : 水素掃気用安全圧縮空気流量 (m^3/h [n o r m a l])

なお、T B P 等の錯体の急激な分解反応においては、水蒸気及び水素以外の分解生成物が主として発生することから、発生する気体の体積及び濃縮缶の空間体積を考慮して機器内水素濃度が低下することも考慮する。

評価に用いるパラメータを第 1 表に示す。

3. 計算結果及び評価結果

プルトニウム濃縮缶における水素発生速度及び機器内水素濃度を第 2 表に、プルトニウム濃縮缶内の水素濃度のトレンドを第 1 図に示す。T B P 等の錯体の急激な分解反応発生時にプルトニウム濃縮缶内で発生する放射線分解水素の水素濃度は、プルトニウム濃縮缶内の水素濃度が可燃限界濃度であるドライ換算 4 v o l % に達しないことから、T B P 等の錯体の急激な分解反応を起因とした水素爆発は発生しない。

第1表 TBP等の錯体の急激な分解反応発生時のプルトニウム濃縮缶内の水素濃度評価に用いたパラメータ

精製 建屋	機器名	水相						有機相						水素掃気用安全 圧縮空気流量 (m ³ /h [normal])	評価用 空間 容量 (m ³)
		液量 (m ³)	NO ₃ ⁻ 濃度 (mol /L)	崩壊熱密度		G値		液量 (m ³)	崩壊熱密度		G値				
				α (W/m ³)	βγ (W/ m ³)	α	βγ		α (W/m ³)	βγ (W/ m ³)	α	βγ			
						(Molecules /100eV)					(Molecules /100eV)				
プルトニウム濃縮缶	■	7.0	2.8×10 ⁴	—	0.048	—	—	—	—	—	—	—	0.36	0.24	

第2表 プルトニウム濃縮缶内の水素発生速度及び機器内水素濃度（ドライ換算）

精製 建屋	機器名	水素発生速度 (m ³ /h)	機器内水素濃度 (ドライ換算) (vol%)
		プルトニウム濃縮缶	2.3×10 ⁻³

■：について商業機密の観点から公開できません。

令和2年1月22日 R0

補足説明資料 10－11

加熱停止後のプルトニウム濃縮缶の温度評価

1. 加熱停止後のプルトニウム濃縮缶の温度評価について

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した場合、プルトニウム濃縮缶への加熱蒸気の供給を停止する。この操作により、プルトニウム濃縮缶の加熱は停止するが、プルトニウム濃縮缶内のプルトニウム溶液は平常運転時よりもプルトニウム濃度が高くなっており、崩壊熱も高い。

このため、加熱停止後のプルトニウム濃縮缶の温度を評価することで、プルトニウム濃縮缶における沸騰の継続の有無を確認する。

1.1 熱移行の概念

熱移行の概念を下図に示す。

セル換気設備が運転している場合、機器内の崩壊熱は①「機器表面からセル雰囲気への熱伝達」により、機器からセル雰囲気へ熱が移行する。

このとき、セル雰囲気はセル換気設備が運転していることから、①の熱移行量が機器内液の崩壊熱と等しい値となった時が定常状態であり、このときの機器内液温度が平衡温度となる。

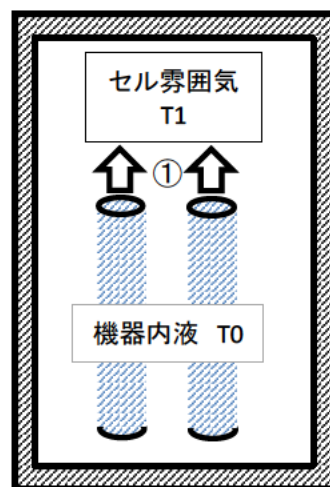


図 熱移行の概念図

補 10-11-1

ここで、プルトニウム濃縮缶については、実際に内包する液高さ(機器と接触している部分)までを対象とした 2 本の円筒容器にモデル化して平衡温度を評価する。

1.2 放熱量の算出方法

(1) ①機器内液からセル雰囲気への熱伝達

機器内液温度を T_0 ，セル雰囲気の温度を T_1 とした場合の機器表面からセル雰囲気への放熱量 Q_1 は、以下のとおり求められる。

$$Q_1 = h_1 \times A_1 \times (T_0 - T_1)$$

表 1-1 放熱量 Q_1 の算出に用いる各種パラメータ

Q_1	[W]	放熱量 (崩壊熱)
h_1	[W/m ² K]	総括熱伝達率
A_1	[m ²]	機器表面積 (2 本の円筒の側表面積)
T_0	[°C]	機器表面温度
T_1	[°C]	セル雰囲気温度

総括熱伝達率については、化学工学便覧の表から保守的な値として $10 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} (=11.63 \text{ W/m}^2 \text{ K})$ *と設定した。

※ 事象発生時(濃縮処理運転時)の換気設備は運転中でセル内空気は流動しており、プルトニウム濃縮缶についても径が小さく縦方向に長い円筒形状であることから、化学工学便覧に記載の温水放熱器(強制対流時)の総括伝熱係数 $10 \sim 50 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ より、厳しい条件として $10 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ を採用した。

1.3 機器内液平衡温度の計算結果

定常状態では、「 $Q_1 =$ 機器内液の崩壊熱」の状態が成り立っているため、 T_1 を起点として T_0 の機器内液温度を算出する。

以下に、プルトニウム濃縮缶を 2 本の円筒容器として計算した結果

を示す。

プルトリウム缶モデル

円筒容器	2	本
内径	■	m
高さ	■	m

機器内液温度

$$\text{算出式： } Q_1 = h_1 \times A_1 \times (T_0 - T_1)$$

$$\therefore T_0 = \frac{Q_1}{h_1 \times A_1} + T_1$$

Q ₁ 放熱量(崩壊熱)	■	W
h ₁ 総括熱伝達率	11.63	W/m ² K
A ₁ 機器内液表面積	■	m ²
T ₁ セル内温度	50	°C
T ₀ 機器内液温度	約 124	°C

以上より、セル内空気温度 (T₁) を 50°C として評価した結果、機器内液の平衡温度は約 124°C となり、800 g Pu/L の溶液の沸点を下回るため、沸騰は停止する。

■ : について商業機密の観点から公開できません。

令和 2 年 3 月 13 日 R0

補足説明資料 10－12

敷地外被ばく線量評価

1. T B P 等の錯体の急激な分解反応発生時における敷地境界被ばく線量評価

1.1 評価内容

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合，プルトリウム濃縮缶に内包する硝酸プルトリウム溶液から放射性エアロゾルが発生し，放射性物質が主排気筒を介して，大気中に放出される。なお，放出量評価については，補足説明資料 10-6 に示したとおりである。

上記放出量に対して，T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生時における貯留設備による放射性物質の貯留対策成功時（拡大防止対策成功時）の敷地境界における被ばく線量を評価する。また，貯留設備が機能せず，放射性物質の貯留をしないまま放射性物質を塔槽類廃ガス処理系（プルトリウム系）から主排気筒を介して大気中へ放出した場合（拡大防止対策失敗時）の敷地境界における被ばく線量も合わせて評価する。

評価対象建屋は T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を想定する精製建屋である。

1.2 敷地境界での被ばく評価

敷地境界被ばく線量は，T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合の大気中への放射性物質の放出量，呼吸率，相対濃度及び線量換算係数を乗じて算出する。

敷地境界被ばく線量評価は，以下の計算式（1式）により算出する。

被ばく線量 [S v]

= 大気中への放射性物質の放出量 [B q]

×呼吸率 [m³ / s] ×相対濃度 χ / Q [s / m³]

×線量換算係数 [S v / B q] (1 式)

1.3 評価に用いる各種パラメータの設定

拡大防止対策成功時及び拡大防止対策失敗時の敷地境界被ばく線量評価に用いた各種パラメータを第 1. - 2 表に示す。

第 1. - 2 表 被ばく線量評価に必要なパラメータの設定

項目	拡大防止対策成功時	拡大防止対策失敗時
M A R	プルトニウム濃縮缶の通常運転時の容量及び T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を沸点とするプルトニウム濃度から算出した放射性物質量とする。	
D R	1	
A R F	4 × 10 ⁻³ (爆発時の圧力が 3.5 M P a を上回る場合での A R F の算出式を適用)	
	5 × 10 ⁻⁵ (爆発時の圧力が 0.35 M P a 未満の場合の A R F 値を適用)	
D F	2 × 10 ⁷	10 ⁶

第 1. - 2 表 被ばく線量評価に必要なパラメータの設定

項目	拡大防止対策成功時	拡大防止対策失敗時
相対濃度 x / Q (1 時間値) $[s / m^3]$	1.2×10^{-6} (放出点：主排気筒)	
呼吸率 $[m^3 / s]$	3.33×10^{-4}	
換算係数 $[Sv / Bq]$	核種グループごとに設定	

1.4 換算係数

敷地境界被ばく線量を算出するにあたって、必要な換算係数は、核種グループごとに設定する。設定方法は、I C R P P u b . 72 に記載された核種ごとの換算係数に対して、O R I G E N 2 . 0 において計算された各核種の使用済燃料中の存在割合を乗じて算出する。換算係数の結果を第 1. - 3 表に、核種グループごとの設定方法を第 1. - 4 表から第 1. - 5 表に示す。

第 1. - 3 表 核種グループごとの換算係数

核種 G r	換算係数 [S v / B q]
Z r / N b	1.68E-08
R u / R h	3.30E-08
C s / B a	2.40E-09
C e / P r	2.64E-08
S r / Y	8.07E-08
その他 F P	2.85E-08
P u (α)	3.47E-06
A m / C m (α)	3.57E-05
U (α)	5.12E-06
N p (α)	4.19E-07

第 1. - 4 表 換算係数の設定方法 (核分裂生成物)

核種 グループ	核種	① 使用済燃料 棒内中の 放射エネルギー (Ci/tU)	②=①/合計 グループ内 相対値	③ H換算係数 (Sv/Bq) [ICRP Pu b. 72]	④=②×③ グループ内 換算係数
Zr/Nb	NB93M	1.36E+00	35%	1.80E-09	6.35E-10
Zr/Nb	ZR_93	2.49E+00	65%	2.50E-08	1.62E-08
Zr/Nb	NB94	1.77E-04	0%	4.90E-08	2.25E-12
Zr/Nb	ZR_95	2.78E-20	0%	5.90E-09	4.27E-29
Zr/Nb	NB_95	6.18E-20	0%	1.80E-09	2.89E-29
Zr/Nb	NB_95M	2.07E-22	0%	8.80E-10	4.73E-32
Zr/Nb	合計	3.84E+00	100%	合計(Σ④)	1.68E-08
Ru/Rh	Rh102	5.24E-02	0%	1.70E-08	2.08E-11
Ru/Rh	RU103	1.71E-36	0%	3.00E-09	1.19E-46
Ru/Rh	Rh103M	0.00E+00	0%	2.70E-12	0.00E+00
Ru/Rh	Ru106	2.14E+01	50%	6.60E-08	3.30E-08
Ru/Rh	Rh106	2.14E+01	50%	文献なし	
Ru/Rh	合計	4.29E+01	100%	合計(Σ④)	3.30E-08
Cs/Ba	CS134	1.57E+03	1%	6.60E-09	5.31E-11
Cs/Ba	CS135	5.82E-01	0%	6.90E-10	2.06E-15
Cs/Ba	CS137	9.95E+04	51%	4.60E-09	2.34E-09
Cs/Ba	BA137M	9.41E+04	48%	文献なし	
Cs/Ba	合計	1.95E+05	100%	合計(Σ④)	2.40E-09
Ce/Pr	CE141	0.00E+00	0%	3.80E-09	0.00E+00
Ce/Pr	CE142	3.70E-05	0%	文献なし	
Ce/Pr	CE144	2.16E+00	50%	5.30E-08	2.63E-08
Ce/Pr	PR144	2.16E+00	50%	1.80E-11	8.95E-12
Ce/Pr	PR144M	2.59E-02	1%	文献なし	
Ce/Pr	合計	4.34E+00	100%	合計(Σ④)	2.64E-08
Sr/Y	SR_89	1.95E-27	0%	7.90E-09	1.09E-40
Sr/Y	SR_90	7.08E+04	50%	1.60E-07	8.00E-08
Sr/Y	Y_90	7.08E+04	50%	1.50E-09	7.50E-10
Sr/Y	Y_91	7.62E-23	0%	8.90E-09	4.79E-36
Sr/Y	合計	1.42E+05	100%	合計(Σ④)	8.07E-08
その他FP	AG108	3.08E-06	0%	文献なし	
その他FP	AG108M	3.46E-05	0%	7.40E-09	2.63E-17
その他FP	AG109M	5.82E-07	0%	文献なし	
その他FP	AG110	1.88E-05	0%	文献なし	
その他FP	AG110M	1.42E-03	0%	7.60E-09	1.11E-15
その他FP	BE_10	3.96E-06	0%	3.50E-08	1.43E-17
その他FP	C_14	1.60E-04	0%	5.80E-09	9.52E-17
その他FP	CD109	5.82E-07	0%	6.60E-09	3.95E-19
その他FP	CD113M	3.66E+01	0%	5.20E-08	1.96E-10
その他FP	CD115M	1.98E-34	0%	6.20E-09	1.26E-46
その他FP	EU150	1.89E-05	0%	5.30E-08	1.03E-16
その他FP	EU152	3.94E+00	0%	4.20E-08	1.70E-11
その他FP	EU154	4.68E+03	48%	5.30E-08	2.55E-08
その他FP	EU155	1.23E+03	13%	6.90E-09	8.71E-10
その他FP	GD152	5.06E-13	0%	1.90E-05	9.89E-22
その他FP	GD153	1.06E-05	0%	2.10E-09	2.29E-18
その他FP	HO166M	4.09E-03	0%	1.20E-07	5.05E-14
その他FP	IN114	1.98E-33	0%	文献なし	
その他FP	IN114M	2.11E-33	0%	6.10E-09	1.32E-45
その他FP	IN115	1.58E-11	0%	1.60E-07	2.59E-22
その他FP	IN115M	0.00E+00	0%	5.90E-11	0.00E+00
その他FP	LA138	2.16E-09	0%	1.50E-07	3.33E-20
その他FP	ND144	2.19E-09	0%	文献なし	
その他FP	PD107	1.44E-01	0%	8.50E-11	1.26E-15
その他FP	PM146	6.93E-01	0%	2.10E-08	1.50E-12
その他FP	PM147	2.83E+03	29%	5.00E-09	1.46E-09
その他FP	PM148	2.39E-37	0%	2.00E-09	4.91E-50
その他FP	PM148M	3.94E-36	0%	5.10E-09	2.07E-48
その他FP	RB_87	2.98E-05	0%	5.00E-10	1.53E-18
その他FP	SB124	7.47E-25	0%	6.40E-09	4.92E-37
その他FP	SB125	4.12E+02	4%	4.80E-09	2.03E-10
その他FP	SB126	1.41E-01	0%	2.80E-09	4.05E-14
その他FP	SB126M	1.01E+00	0%	1.90E-11	1.96E-15
その他FP	SE_79	5.58E-01	0%	1.10E-09	6.31E-14
その他FP	SM146	4.31E-07	0%	1.10E-05	4.88E-16
その他FP	SM147	5.40E-06	0%	9.60E-06	5.34E-15
その他FP	SM148	7.84E-11	0%	文献なし	
その他FP	SM149	1.04E-12	0%	文献なし	
その他FP	SM151	4.25E+02	4%	4.00E-09	1.75E-10
その他FP	SN119M	5.04E-05	0%	2.20E-09	1.14E-17
その他FP	SN121M	2.22E-01	0%	4.50E-09	1.03E-13
その他FP	SN123	6.65E-10	0%	8.10E-09	5.54E-22
その他FP	SN126	1.01E+00	0%	2.80E-08	2.90E-12
その他FP	TB160	2.05E-20	0%	7.00E-09	1.48E-32
その他FP	TE123	4.00E-12	0%	1.90E-09	7.82E-25
その他FP	TE123M	4.07E-13	0%	4.00E-09	1.67E-25
その他FP	TE125M	1.01E+02	1%	3.40E-09	3.52E-11
その他FP	TE127	1.15E-11	0%	1.30E-10	1.54E-25
その他FP	TE127M	1.18E-11	0%	7.40E-09	8.96E-24
その他FP	TE129	0.00E+00	0%	3.70E-11	0.00E+00
その他FP	TE129M	0.00E+00	0%	6.60E-09	0.00E+00
その他FP	TM170	1.28E-14	0%	7.00E-09	9.20E-27
その他FP	TM171	7.12E-06	0%	1.40E-09	1.03E-18
その他FP	合計	9.72E+03	100%	合計(Σ④)	2.85E-08

第 1. - 5 表 換算係数の設定方法 (アクチノイド)

		①	②=①/合計	③	④=②×③
核種 グループ	核種	使用済燃料 棒内中の 放射エネルギー (Ci/tU)	グループ内 相対値	H換算係数 (Sv/Bq) 【ICRP Pu b. 72】	グループ内 換算係数
Pu	PU236	2.96E-02	0%	2.00E-05	7.13E-12
Pu	PU237	2.59E-36	0%	3.90E-10	1.22E-50
Pu	PU238	3.73E+03	4%	4.60E-05	2.07E-06
Pu	PU239	3.57E+02	0%	5.00E-05	2.15E-07
Pu	PU240	5.69E+02	1%	5.00E-05	3.42E-07
Pu	PU241	7.84E+04	94%	9.00E-07	8.50E-07
Pu	PU242	2.38E+00	0%	4.80E-05	1.38E-09
Pu	PU243	2.37E-07	0%	8.60E-11	2.46E-22
Pu	Pu244	6.74E-07	0%	4.70E-05	3.81E-16
Pu	Pu246	1.54E-14	0%	8.00E-09	1.48E-27
Pu	合計	8.31E+04	100%	合計 (Σ④)	3.47E-06
Am/Cm	AM241	2.90E+03	58%	4.20E-05	2.44E-05
Am/Cm	AM242M	9.54E+00	0%	3.70E-05	7.08E-08
Am/Cm	AM242	9.49E+00	0%	1.70E-08	3.24E-11
Am/Cm	AM243	2.62E+01	1%	4.10E-05	2.15E-07
Am/Cm	AM245	2.56E-13	0%	5.30E-11	2.72E-27
Am/Cm	AM246	1.54E-14	0%	6.60E-11	2.04E-28
Am/Cm	CM242	7.87E+00	0%	5.20E-06	8.21E-09
Am/Cm	CM243	2.16E+01	0%	3.10E-05	1.34E-07
Am/Cm	CM244	2.01E+03	40%	2.70E-05	1.09E-05
Am/Cm	CM245	3.26E-01	0%	4.20E-05	2.75E-09
Am/Cm	CM246	7.28E-02	0%	4.20E-05	6.14E-10
Am/Cm	CM247	2.37E-07	0%	3.90E-05	1.86E-15
Am/Cm	CM248	6.18E-07	0%	1.50E-04	1.86E-14
Am/Cm	CM250	6.17E-14	0%	8.40E-04	1.04E-20
Am/Cm	合計	4.98E+03	100%	合計 (Σ④)	3.57E-05
U	U232	5.41E-02	1%	3.70E-05	4.95E-07
U	U233	4.90E-05	0%	9.60E-06	1.16E-10
U	U234	1.36E+00	34%	9.40E-06	3.16E-06
U	U235	2.18E-02	1%	8.50E-06	4.58E-08
U	U236	3.76E-01	9%	8.70E-06	8.09E-07
U	U237	1.92E+00	48%	1.90E-09	9.04E-10
U	U238	3.11E-01	8%	8.00E-06	6.16E-07
U	U240	6.73E-07	0%	5.80E-10	9.65E-17
U	合計	4.05E+00	100%	合計 (Σ④)	5.12E-06
Np	NP235	1.08E-11	0%	4.20E-10	9.36E-21
Np	NP236	0.00E+00	0%	3.20E-06	0.00E+00
Np	NP237	4.85E-01	100%	2.30E-05	2.30E-05
Np	NP238	0.00E+00	0%	2.10E-09	0.00E+00
Np	NP239	0.00E+00	0%	9.30E-10	0.00E+00
Np	NP240M	0.00E+00	0%	文献なし	
Np	合計	4.85E-01	100%	合計 (Σ④)	4.19E-07

1.5 評価結果

TBP等の錯体の急激な分解反応が発生し，放射性物質が主排気筒を介して，大気中に放出された場合の敷地境界被ばく線量評価の結果を第1.－6表に示す。

また，事態の収束までの敷地境界における被ばく線量評価の計算過程を第1.－7表から第1.－9表に，拡大防止対策失敗時の敷地境界における被ばく線量評価の計算過程を第1.－7表，第1.－10表から第1.－11表に示す。

第 1. - 6 表 T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合における

敷地境界被ばく線量

建屋	核種 グループ	拡大防止対策成功時		拡大防止対策失敗時	
		放出量 [B q]	敷地外 被ばく線量 [m S v]	放出量 [B q]	敷地外 被ばく線量 [m S v]
精製建屋	Z r / N b	0. 00E+00	2 × 10 ⁻⁵	0. 00E+00	4 × 10 ⁻⁴
	R u / R h	2. 87E-03		6. 82E-02	
	C s / B a	0. 00E+00		0. 00E+00	
	C e / P r	0. 00E+00		0. 00E+00	
	S r / Y	0. 00E+00		0. 00E+00	
	その他 F P	5. 49E-02		1. 28E+00	
	P u (α)	1. 21E+07		2. 93E+08	
	A m / C m (α)	0. 00E+00		0. 00E+00	
	U (α)	6. 73E-03		1. 64E-01	
	N p (α)	0. 00E+00		0. 00E+00	
合計	1. 21E+07	2. 93E+08			

第 1. - 7 表 T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合における

敷地境界被ばく線量の計算過程（セルへ導出される放射性物質）

（拡大防止対策成功・失敗共通で計算に使用）

核種	MAR	ARF	LPF	DR	放出量[Bq]	換算係数[Sv/Bq]	被ばく線量[mSv]	被ばく線量[mSv]
Zr/Nb	0.00E+00	1.00E-08	1.00E-04	1.00E+00	0.00E+00	1.68E-08	0.00E+00	1.78E-07
Ru/Rh	1.03E+08				8.34E-05	3.30E-08	1.10E-18	
Cs/Ba	0.00E+00				0.00E+00	2.40E-09	0.00E+00	
Ce/Pr	0.00E+00				0.00E+00	2.64E-08	0.00E+00	
Sr/Y	0.00E+00				0.00E+00	8.07E-08	0.00E+00	
その他FP	3.38E+09				2.72E-03	2.85E-08	3.10E-17	
Pu(α)	1.58E+17				1.28E+05	3.47E-06	1.78E-07	
Am/Cm(α)	0.00E+00				0.00E+00	3.57E-05	0.00E+00	
U(α)	1.98E+07				1.61E-05	5.12E-06	3.29E-17	
Np(α)	0.00E+00				0.00E+00	4.19E-07	0.00E+00	

第 1. - 8 表 T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合における

敷地境界被ばく線量の計算過程（T B P 208 g）（拡大防止対策成功）

核種	MAR	ARF	LPF	DR	放出量[Bq]	換算係数[Sv/Bq]	被ばく線量[mSv]	被ばく線量[mSv]
Zr/Nb	0.00E+00	3.61E-03	4.10E-08	1.00E+00	0.00E+00	1.68E-08	0.00E+00	1.64E-05
Ru/Rh	1.86E+07				2.75E-03	3.30E-08	3.63E-17	
Cs/Ba	0.00E+00				0.00E+00	2.40E-09	0.00E+00	
Ce/Pr	0.00E+00				0.00E+00	2.64E-08	0.00E+00	
Sr/Y	0.00E+00				0.00E+00	8.07E-08	0.00E+00	
その他FP	3.47E+08				5.14E-02	2.85E-08	5.85E-16	
Pu(α)	7.99E+16				1.18E+07	3.47E-06	1.64E-05	
Am/Cm(α)	0.00E+00				0.00E+00	3.57E-05	0.00E+00	
U(α)	4.47E+07				6.62E-03	5.12E-06	1.35E-14	
Np(α)	0.00E+00				0.00E+00	4.19E-07	0.00E+00	

第 1. - 9 表 T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合における
敷地境界被ばく線量の計算過程 (T B P 1 g) (拡大防止対策成功)

核種	MAR	ARF	LPF	DR	放出量[Bq]	換算係数[Sv/Bq]	被ばく線量[mSv]	被ばく線量[mSv]
Zr/Nb	0.00E+00	5.00E-05	4.10E-08	1.00E+00	0.00E+00	1.68E-08	0.00E+00	2.27E-07
Ru/Rh	1.86E+07				3.81E-05	3.30E-08	5.02E-19	
Cs/Ba	0.00E+00				0.00E+00	2.40E-09	0.00E+00	
Ce/Pr	0.00E+00				0.00E+00	2.64E-08	0.00E+00	
Sr/Y	0.00E+00				0.00E+00	8.07E-08	0.00E+00	
その他FP	3.47E+08				7.11E-04	2.85E-08	8.09E-18	
Pu(α)	7.99E+16				1.64E+05	3.47E-06	2.27E-07	
Am/Cm(α)	0.00E+00				0.00E+00	3.57E-05	0.00E+00	
U(α)	4.47E+07				9.16E-05	5.12E-06	1.87E-16	
Np(α)	0.00E+00				0.00E+00	4.19E-07	0.00E+00	

第 1. - 10 表 T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合における
敷地境界被ばく線量の計算過程 (T B P 208 g) (拡大防止対策失敗)

核種	MAR	ARF	LPF	DR	放出量[Bq]	換算係数[Sv/Bq]	被ばく線量[mSv]	被ばく線量[mSv]
Zr/Nb	0.00E+00	3.61E-03	1.00E-06	1.00E+00	0.00E+00	1.68E-08	0.00E+00	4.01E-04
Ru/Rh	1.86E+07				6.72E-02	3.30E-08	8.86E-16	
Cs/Ba	0.00E+00				0.00E+00	2.40E-09	0.00E+00	
Ce/Pr	0.00E+00				0.00E+00	2.64E-08	0.00E+00	
Sr/Y	0.00E+00				0.00E+00	8.07E-08	0.00E+00	
その他FP	3.47E+08				1.26E+00	2.85E-08	1.43E-14	
Pu(α)	7.99E+16				2.89E+08	3.47E-06	4.01E-04	
Am/Cm(α)	0.00E+00				0.00E+00	3.57E-05	0.00E+00	
U(α)	4.47E+07				1.62E-01	5.12E-06	3.31E-13	
Np(α)	0.00E+00				0.00E+00	4.19E-07	0.00E+00	

第 1. - 11 表 T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合における
敷地境界被ばく線量の計算過程 (T B P 1 g) (拡大防止対策失敗)

核種	MAR	ARF	LPF	DR	放出量[Bq]	換算係数[Sv/Bq]	被ばく線量[mSv]	被ばく線量[mSv]
Zr/Nb	0.00E+00	5.00E-05	1.00E-06	1.00E+00	0.00E+00	1.68E-08	0.00E+00	5.55E-06
Ru/Rh	1.86E+07				9.30E-04	3.30E-08	1.23E-17	
Cs/Ba	0.00E+00				0.00E+00	2.40E-09	0.00E+00	
Ce/Pr	0.00E+00				0.00E+00	2.64E-08	0.00E+00	
Sr/Y	0.00E+00				0.00E+00	8.07E-08	0.00E+00	
その他FP	3.47E+08				1.74E-02	2.85E-08	1.98E-16	
Pu(α)	7.99E+16				4.00E+06	3.47E-06	5.55E-06	
Am/Cm(α)	0.00E+00				0.00E+00	3.57E-05	0.00E+00	
U(α)	4.47E+07				2.24E-03	5.12E-06	4.58E-15	
Np(α)	0.00E+00				0.00E+00	4.19E-07	0.00E+00	

11. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷への対処

目次

- 7.5 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷への対処
 - 7.5.1 想定事故1の燃料損傷防止対策
 - 7.5.1.1 想定事故1の燃料損傷防止対策の具体的内容
 - 7.5.1.2 想定事故1の燃料損傷防止対策の有効性評価
 - 7.5.1.2.1 有効性評価
 - 7.5.1.2.2 有効性評価の結果
 - 7.5.1.2.3 重大事故等の同時発生又は連鎖
 - 7.5.1.2.4 判断基準への適合性の検討
 - 7.5.2 想定事故2の燃料損傷防止対策
 - 7.5.2.1 想定事故2の燃料損傷防止対策の具体的内容
 - 7.5.2.2 想定事故2の燃料損傷防止対策の有効性評価
 - 7.5.2.2.1 有効性評価
 - 7.5.2.2.2 有効性評価の結果
 - 7.5.2.2.3 重大事故等の同時発生又は連鎖
 - 7.5.2.2.4 判断基準への適合性の検討
 - 7.5.3 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策に必要な要員及び資源
源
 - 7.5.3.1 想定事故1の燃料損傷防止対策に必要な要員及び資源
 - 7.5.3.2 想定事故2の燃料損傷防止対策に必要な要員及び資源

7.5 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷への対処

(1) 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷の特徴

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設では、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の合計3基の燃料貯蔵プールを設置している。この他に、原子力発電所から受け入れた使用済燃料を仮置きする燃料仮置きピットA及び燃料仮置きピットB並びに前処理建屋へ使用済燃料を送り出すための燃料送出しピットを設置している。これらの燃料貯蔵プール等では、合計で最大3,000 t・U_{PR}の使用済燃料を貯蔵することができる。平常運転時は、燃料貯蔵プール等は燃料移送水路を介して全て連結された状態で使用済燃料の取扱いを行う。

万一、燃料貯蔵プール等に異常が発生した場合に備え、燃料仮置きピットを隔離するためのピットゲート及び燃料貯蔵プールを隔離するためのプールゲートを設置しているが、平常運転時は使用しない。

燃料貯蔵プール等の使用済燃料は、使用済燃料集合体の燃焼度及び使用済燃料集合体平均濃縮度（以下「平均濃縮度」という。）に応じて適切な燃料間隔をとることにより未臨界を維持している。

燃料貯蔵プール等に貯蔵されている使用済燃料の崩壊熱は、プール水冷却系によって除去され、プール水冷却系によって除去された熱は熱交換器を介しその他再処理設備の附属施設の冷却水設備の安全冷却水系（使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用）（以下7.5では「安全冷却水系」という。）に移行し、安全冷却水系の冷却塔により大気中へ放出される。また、自然蒸発による燃料貯蔵プール等の水位低下に対して、補給水設備により水位を維持できる設計としている。

プール水冷却系又は安全冷却水系の冷却機能が喪失した場合、使用済

燃料が有する崩壊熱により燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇し、これが継続すると燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至る。この状態において、補給水設備による燃料貯蔵プール等への注水ができない場合には、燃料貯蔵プール等の水の沸騰及び蒸発が継続し、水位低下に伴う遮蔽機能の低下により、燃料貯蔵プール等の上部の線量率が上昇する。さらにこの状態が継続すると、やがて使用済燃料の有効長頂部が露出し、使用済燃料の損傷に至る。これを想定事故 1 という。

燃料貯蔵プール等に接続するプール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果等による使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の燃料取出しピット、燃料仮置きピット、燃料貯蔵プール、チャンネルボックス・バーナブルポイズン取扱いピット、燃料移送水路及び燃料送出しピット(以下「燃料貯蔵プール・ピット等」という。)からの水の小規模な漏えい、及び地震によるスロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生した場合、燃料貯蔵プール等の水位が低下する。この状態において、プール水冷却系又は安全冷却水系の冷却機能及び補給水設備の注水機能が喪失している場合は、使用済燃料が有する崩壊熱により燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇し、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至る。また、蒸発により燃料貯蔵プール等の水位が低下することで遮蔽機能が低下し、燃料貯蔵プール等の上部の線量率が上昇する。さらにこの状態が継続すると、やがて使用済燃料の有効長頂部が露出し、使用済燃料の損傷に至る。これを想定事故 2 という。

(2) 想定事故 1 及び想定事故 2 への対処の基本方針

想定事故 1 及び想定事故 2 への対処として、事業指定基準規則の第二十八条及び第三十八条第 1 項に規定される要求を満足する想定事故 1 及び想定事故 2 の拡大防止対策を整備する。

「7.5(1) 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷の特徴」に記載したとおり、燃料貯蔵プール等の水位が低下することによる遮蔽機能の低下及び使用済燃料の損傷に至る可能性がある。

以上を考慮し、想定事故1及び想定事故2の拡大防止対策として、燃料貯蔵プール等に注水し、水位を維持するための燃料損傷防止対策を整備する。

想定事故1及び想定事故2の発生を仮定する設備を第7.5-1表に、対策の系統概要図を第7.5-1図に示す。

7.5.1 想定事故1の燃料損傷防止対策

7.5.1.1 想定事故1の燃料損傷防止対策の具体的内容

燃料貯蔵プール等のプール水冷却系又は安全冷却水系の冷却機能及び補給水設備の注水機能が喪失した場合には、可搬型中型移送ポンプ、可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホース及び可搬型代替注水設備流量計を敷設し、これらを接続することで、第1貯水槽から燃料貯蔵プール等へ水を供給するための経路を構築する。

また、燃料貯蔵プール等の状態監視のため、監視設備を敷設する。監視設備を敷設するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態監視は、可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式）又は可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）、可搬型燃料貯蔵プール等温度計（サーミスタ）及び可搬型燃料貯蔵プール等空間線量率計（サーベイメータ）（以下「携行型の監視設備」という。）にて行う。

水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視を継続して実施するため、可搬型空冷ユニット、可搬型計測ユニット用空気圧縮機等（以下「空冷設備」という。）を敷設する。

注水による回復の目安とする燃料貯蔵プール等の水位は、燃料貯蔵プール底面から11.50m（以下「通常水位」という。）とし、通常水位到達後は、可搬型中型移送ポンプの間欠運転により水位を維持する。

想定事故1の燃料損傷防止対策の概要を以下に示す。また、対策の系統概要図を第7.5-1図に、対策の手順の概要を第7.5-2図に示す。また、対策における手順及び設備の関係を第7.5-2表に、必要な要員及び作業項目を第7.5-3図及び第7.5-4図に示す。

【補足説明資料 11-12】

(1) 燃料損傷防止対策の着手判断

外部電源が喪失し、第1非常用ディーゼル発電機を運転できない場合は、燃料損傷防止対策の着手を判断し、以下の(2)及び(3)へ移行する。

(2) 建屋外の水供給経路の構築

第1貯水槽から使用済燃料受入れ・貯蔵建屋に水を供給するために、可搬型中型移送ポンプを第1貯水槽近傍に敷設する。可搬型中型移送ポンプに可搬型建屋外ホースを接続し、第1貯水槽から使用済燃料受入れ・貯蔵建屋まで水を供給するための経路を構築する。

可搬型中型移送ポンプは可搬型中型移送ポンプ運搬車により運搬し、可搬型建屋外ホースはホース展張車及び運搬車により運搬する。

外的事象の「火山の影響」を要因としてプール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能が喪失した場合には、降灰により可搬型中型移送ポンプが機能喪失することを防止するため、可搬型中型移送ポンプ運搬車により可搬型中型移送ポンプを保管庫内に敷設し、注水経路を構築する。

(3) 燃料損傷防止対策の準備

常設の計器により燃料貯蔵プール等の状態を監視できない場合は、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機及び監視設備をけん引車及び運搬車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍へ運搬し、建屋内及び建屋近傍へ敷設する。使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機及び監視設備を敷設するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態について携行型の監視設備にて監視を行う。

【補足説明資料 11-10】

可搬型建屋内ホース及び可搬型代替注水設備流量計を運搬車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍へ運搬し、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋

内に可搬型建屋内ホースを敷設し、可搬型代替注水設備流量計を可搬型建屋内ホースの経路上に敷設する。また、可搬型建屋内ホースと可搬型建屋外ホースを接続し、第1貯水槽から燃料貯蔵プール等に注水するための系統を構築する。

(4) 燃料貯蔵プール等への注水の実施判断

燃料損傷防止対策の準備が完了したこと及び可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式）又は可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）による燃料貯蔵プール等の水位を確認後、燃料貯蔵プール等への注水の実施を判断し、以下の(5)へ移行する。

燃料貯蔵プール等への注水の実施判断に必要な監視項目は、燃料貯蔵プール等の水位である。

(5) 燃料貯蔵プール等への注水の実施

可搬型中型移送ポンプを起動し、第1貯水槽から燃料貯蔵プール等へ通常水位を目安に注水する。可搬型代替注水設備流量計による注水流量の確認及び可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式）又は可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）による水位の確認を行い、通常水位到達後は可搬型中型移送ポンプの間欠運転により水位を維持する。

燃料貯蔵プール等への注水時に確認が必要な監視項目は、注水流量、燃料貯蔵プール等の水位及び燃料貯蔵プール等の水の温度である。

(6) 燃料貯蔵プール等への注水の成否判断

燃料貯蔵プール等の水位が通常水位程度であることを確認することにより、燃料貯蔵プール等への注水によるプール水位が回復し維持されていることを判断する。

燃料貯蔵プール等への注水による燃料貯蔵プール等の水位が回復し維持されていることを判断するために必要な監視項目は、燃料貯蔵プール等の水位である。

(7) 監視設備の起動及び空冷設備の敷設

監視設備の敷設完了後、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機を起動して監視設備の起動状態を確認する。

また、燃料貯蔵プール等の水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視が継続できるよう、空冷設備をけん引車及び運搬車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍へ運搬し、建屋内及び建屋近傍へ敷設し、監視カメラ等を冷却する。

7.5.1.2 想定事故1の燃料損傷防止対策の有効性評価

7.5.1.2.1 有効性評価

(1) 代表事例

想定事故1の発生の前提となる要因は、「6.1 重大事故の発生を仮定する際の条件の設定及び重大事故の発生を仮定する機器の特定」で示したとおり、外的事象の「火山の影響」及び内的事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」である。

これらの要因において、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失が広範囲であること、重大事故等への対処の種類及び重大事故等への対処時に想定される作業環境の苛酷さを考慮すると、外的事象の「火山の影響」を要因とした場合が厳しい結果を与えることから、外的事象の「火山の影響」を代表として有効性評価を実施する。

(2) 代表事例の選定理由

a. プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失の範囲

想定事故1の発生の原因は、「6.1 重大事故の発生を仮定する際の条件の設定及び重大事故の発生を仮定する機器の特定」において、フォールトツリー分析により明らかにした。燃料貯蔵プール等のプール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失を頂上事象とした場合のフォールトツリー分析を第7.5-5図に示す。また、プール水冷却系、安全冷却水系及び補給水設備の系統概要図を第7.5-6図に示す。

フォールトツリー分析において明らかにしたとおり、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失は、外

的事象の「火山の影響」において、屋外の冷却塔の動的機器の直接的な機能喪失及び長時間の全交流動力電源の喪失によるプール水冷却系、安全冷却水系及び補給水設備のポンプの動的機器の間接的な機能喪失により全ての燃料貯蔵プール等において同時に発生する。

内の事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」の場合は、全交流動力電源の喪失によるプール水冷却系、安全冷却水系及び補給水設備のポンプ等の動的機器の間接的な機能喪失により、全ての燃料貯蔵プール等において同時にプール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能が喪失する。

以上より、機能喪失の範囲の観点では、外的事象の「火山の影響」及び内の事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」において機能喪失する機器の範囲に違いはない。

b. 重大事故等対策の種類

重大事故等対策は、冷却塔、プール水冷却系のポンプ、安全冷却水系の冷却水循環ポンプ、補給水設備のポンプ等の動的機器及び動的機器を起動させるために必要な電気設備等、多岐の設備故障に対応でき、かつ、複数の設備故障が発生した場合においても対処が可能となるような対策を選定している。

重大事故等対策がカバーする機能喪失の範囲は、第7.5-5図のフォールトツリー分析に示すとおりである。

整備した重大事故等対策が、外的事象の「火山の影響」及び内の事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」で想定される機能喪失をカバーできており、重大事故等への対処の種類観点から、外的事象の「火山の影響」以外の要因に着目する必要性はない。

c. 重大事故等への対処時の環境条件の観点

重大事故等への対処時の環境条件に着目すると、外的事象の「火山の影響」を要因とした場合には、建屋内では、長時間の全交流動力電源の喪失に伴う換気空調の停止及び照明の喪失が発生するものの、溢水、化学薬品漏えい及び内部火災のハザードの発生は想定されない。一方、建屋外では、降灰による環境悪化が想定される。

内的事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」を条件とした場合には、建屋内の換気空調の停止及び照明の喪失が発生するものの、外的事象の「火山の影響」の場合のように建屋外の環境条件が悪化することはない。

以上より、外的事象の「火山の影響」の方が、内的事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」よりも建屋外の作業環境の悪化が想定される。

(3) 有効性評価の考え方

燃料貯蔵プール等の水が沸騰により蒸発して水位低下に至った場合に、燃料貯蔵プール等への注水により、水位を回復し維持できることを確認するため、燃料貯蔵プール等の水位及び水温の推移を評価する。これらの評価は、燃料貯蔵プール等からの放熱を考慮せず、断熱評価とし、使用済燃料及び燃料貯蔵ラックの熱容量を考慮せず、燃料貯蔵プール等の水の熱容量のみに着目し、1作業当たりの被ばく線量の目安である10mSvを確保するために必要な放射線の遮蔽が維持される水位（通常水位－5.0m）を確保できることを評価する。なお、放射線の遮蔽が維持される水位を確保することで、燃料貯蔵プール等における全ての使用済燃料の有効長頂部を冠水できる水位（通常水位－7.4m）も確保される。また、未臨界を維持できることを評価する。

燃料貯蔵プール等の水位及び水温の推移の評価は、解析コードを用いず、水の定圧比熱等を用いた簡便な計算に基づき算出する。

燃料貯蔵プール等の水位及び水温の推移の評価条件を第7.5－3表に

示す。

(4) 有効性評価の評価単位

燃料貯蔵プール等における燃料損傷は、燃料貯蔵プール等が燃料移送水路を介して連結しており、燃料貯蔵プール等における水位低下は全ての燃料貯蔵プール等において均一に発生することを考慮し、有効性評価は全ての燃料貯蔵プール等を1つの評価単位として実施する。

(5) 機能喪失の条件

屋外に設置する安全冷却水系の冷却塔の動的機器の直接的な機能喪失並びに長時間の全交流動力電源の喪失によるプール水冷却系、安全冷却水系及び補給水設備のポンプの動的機器の間接的な機能喪失を想定する。

(6) 事故の条件及び設備の条件

想定事故1への燃料損傷防止対策に使用する設備を第7.5-4表に示す。また、主要な設備の条件を以下に示す。

a. 可搬型中型移送ポンプ

可搬型中型移送ポンプは、約 $240\text{m}^3/\text{h}$ の容量を有し、燃料貯蔵プール等への注水に使用する。燃料貯蔵プール等の水位を維持するために必要な水量として、燃料貯蔵プール等からの蒸発量以上の量を供給する。

b. 燃料貯蔵プール等の初期水温

燃料貯蔵プール等の初期水温は、プール水冷却系1系列運転時の燃料貯蔵プール等の水の最高温度である 65°C とする。

c. 燃料貯蔵プール等の初期水位

燃料貯蔵プール等の初期水位は、平常運転時の管理上の水位の変動範囲で最も厳しい、水位低警報設定値である通常水位 -0.05m とする。

d. 燃料貯蔵プール等における使用済燃料の貯蔵量

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋において貯蔵する使用済燃料は最大貯蔵

量の $3,000 \text{ t} \cdot U_{\text{Pr}}$ とする。

e. ピットゲート及びプールゲートの状態

燃料仮置きピットを隔離するためのピットゲート及び燃料貯蔵プールを隔離するためのプールゲートは、平常運転時は使用しないことから、燃料貯蔵プール等は燃料移送水路を介して全て連結された状態とする。

ただし、燃料貯蔵プール等が燃料移送水路を介して全て連結された状態においても、燃料貯蔵プールと燃料移送水路の間における水の出入りに不確かさがあることから、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間の算出においては、燃料貯蔵プールと燃料移送水路の間の水の出入りがないものとし、個別の燃料貯蔵プールの保有水量のみを考慮する。

一方、燃料貯蔵プール等の水の沸騰後の水位低下は、燃料貯蔵プール・ピット等の水位が均一に低下することから、水位低下量は燃料貯蔵プール・ピット等全体を考慮する。

f. 燃料貯蔵プールの保有水量

燃料貯蔵プール（PWR燃料用）、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の保有水量は、それぞれ約 $2,453\text{m}^3$ 、約 $2,392\text{m}^3$ 及び約 $2,457\text{m}^3$ とする。

g. 燃料貯蔵プールの崩壊熱

使用済燃料の核種組成は、再処理する使用済燃料の冷却期間を4年及び12年として得られる核種組成を基に設定し、使用済燃料の崩壊熱は、これを基準として設定した崩壊熱密度により、各燃料貯蔵プールに貯蔵しうる最大値を設定する。また、冷却期間4年のBWR燃料とPWR燃料の崩壊熱密度を比較した場合、PWR燃料の方が大きくなり、各燃料貯蔵プールの保有水量を考慮しても、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）へ冷却期間4年のPWR燃料を配置することで、燃料貯蔵プール等の水

が沸騰に至るまでの時間が最も短くなり、安全側の評価となる。このため、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）の崩壊熱は、崩壊熱が大きい冷却期間4年のPWR燃料を最大量 $600 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 及び冷却期間12年のPWR燃料を $400 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 貯蔵した場合の値として $2,450 \text{ kW}$ を設定する。燃料貯蔵プール（BWR燃料用）の崩壊熱は、冷却期間12年のBWR燃料を $1,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 貯蔵した場合の値として $1,490 \text{ kW}$ を設定する。燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の崩壊熱は、冷却期間12年のPWR燃料及びBWR燃料をそれぞれ $500 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 貯蔵した場合の値として $1,480 \text{ kW}$ を設定する。

燃料仮置きピットに使用済燃料を仮置きする場合、原子力発電所から受け入れた使用済燃料の仮置きを想定するため、冷却期間が4年のBWR燃料及びPWR燃料の仮置きを想定するが、それらの使用済燃料の崩壊熱は燃料貯蔵プール（PWR燃料用）に $1,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 貯蔵した場合の崩壊熱に対して十分小さく、燃料仮置きピットの保有水量を考慮しても、燃料仮置きピットの水が沸騰に至るまでの時間が燃料貯蔵プール（PWR燃料用）より短くなることはない。また、燃料送出しピットに使用済燃料を仮置きする場合、前処理建屋でせん断を実施する前の使用済燃料の仮置きを想定するため、冷却期間が15年のBWR燃料及びPWR燃料の仮置きを想定するが、それらの使用済燃料の崩壊熱は燃料貯蔵プール（PWR燃料用）に $1,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 貯蔵した場合の崩壊熱に対して十分小さく、燃料送出しピットの保有水量を考慮しても、燃料送出しピットの水が沸騰に至るまでの時間が燃料貯蔵プール（PWR燃料用）より短くなることはない。

【補足説明資料11－4】

(7) 操作の条件

燃料貯蔵プール等への注水は、他建屋における蒸発乾固及び水素爆発が同時に発生した場合における重大事故等の対処の優先順位を考慮し、事象発生から21時間30分後までに注水を開始し、通常水位を目安に、可搬型中型移送ポンプの間欠運転により水位を維持する。想定事故1の作業と所要時間を第7.5-3図及び第7.5-4図に示す。

(8) 判断基準

想定事故1の燃料損傷防止対策の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

放射線の遮蔽が維持される水位（通常水位-5.0m）^{※1}を確保できること。なお、放射線の遮蔽が維持される水位を確保することで、燃料貯蔵プール等における全ての使用済燃料の有効長頂部を冠水できる水位（通常水位-7.4m）も確保される。

また、未臨界を維持できること。

※1：重大事故等時の対処においては、作業時における被ばく線量として、1作業当たり10mSvを目安として管理することとしている。燃料損傷防止対策の対処においては、1作業当たり1時間30分とし作業を実施する計画である。

このため、作業時において放射線の遮蔽が維持される水位として、6.7mSv/h（=10mSv/1.5h）以下の線量率となるときの水位として、通常水位から約5.0m下の位置としている。

【補足説明資料11-7】

7.5.1.2.2 有効性評価の結果

(1) 有効性評価の結果

燃料貯蔵プール（PWR燃料用）、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の水の温度が100℃に到達する時間は、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から約39時間、約63時間及び約65時間である。これに対し、可搬型中型移送ポンプによる燃料貯蔵プール等への注水の準備は、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から53人にて21時間30分後に完了するため、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から燃料貯蔵プール等の水の沸騰が開始するまでの時間のうち、最も短い39時間以内に燃料貯蔵プール等への注水の準備の完了が可能である。また、監視設備による監視及び監視設備の保護は、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から48人にて30時間40分後から開始が可能となる。

燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至ると水位が低下するが、水位を監視しつつ燃料貯蔵プール等への注水を蒸発速度である約 $10\text{m}^3/\text{h}$ を上回る注水流量で適時実施することにより、燃料貯蔵プール等の水位は放射線の遮蔽が維持される水位（通常水位-5.0m）を下回ることなく維持できる。なお、放射線の遮蔽が維持される水位を確保することで、燃料貯蔵プール等における全ての使用済燃料の有効長頂部を冠水できる水位（通常水位-7.4m）も確保される。

また、使用済燃料はステンレス鋼製の臨界防止設備に仮置き又は貯蔵されており、燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇し、沸騰により水密度が低下した場合においても、必要な燃料間距離を確保する等の設計によ

り、燃料貯蔵プール等への注水実施においても未臨界を維持できる。

【補足説明資料11-8】

【補足説明資料11-9】

想定事故1における燃料貯蔵プール等のプール水が沸騰に至るまでの時間を第7.5-5表に、燃料貯蔵プール等の水位及び水温の推移を第7.5-7図及び第7.5-8図に示す。また、水位と線量率の関係を第7.5-9図に示す。

(2) 不確かさの影響評価

a. 事象、事故の条件及び機器の条件の不確かさの影響

(a) 想定事象の違い

内の事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」を要因としてプール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能が喪失した場合、現場状況確認のための初動対応及びアクセスルート確保のための作業において、外的事象の「火山の影響」を要因とした場合と比較して、可搬型中型移送ポンプの保管庫内敷設等、燃料損傷防止対策の準備に必要な作業が少なくなることから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

(b) 初期水温が与える影響

初期水温は平常運転時に想定される最大値を設定しているが、現実的な条件とした場合には、初期水温はこれよりも小さい値となり、燃料貯蔵プール等の水の温度が100℃に到達するまでの時間は長くなる。このため、時間余裕が延びる方向の変動であることから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響は無視できる。

(c) 初期水位が与える影響

初期水位として水位低警報レベル（通常水位-0.05m）を設定してい

るが、通常水位を用いた場合、初期水位が高い側への変動となることから、燃料貯蔵プール等の水の温度が100℃に到達するまでの時間は長くなる。このため、時間余裕が延びる方向の変動であることから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響は無視できる。

(d) 崩壊熱が与える影響

崩壊熱は想定される最大値を設定しているが、再処理する使用済燃料の冷却期間によっては、減衰による崩壊熱密度のさらなる低減効果を見込める可能性があることから、燃料貯蔵プール等の水の温度が100℃に到達するまでの時間は長くなる。このため、時間余裕が延びる方向の変動であることから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響は無視できる。

(e) ピットゲート及びプールゲートの設置状態が与える影響

平常運転時はピットゲート及びプールゲートを使用せず、燃料貯蔵プール等は燃料移送水路を介して全て連結された状態であるが、燃料貯蔵プール等の修理時を想定して、ピットゲート及びプールゲートが設置されている状態において想定事故1が発生した場合、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）が独立した状態となるものの、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間の算出においては、各燃料貯蔵プールにおける保有水量と崩壊熱を用いて算出しているため、ピットゲート及びプールゲートの設置を前提としても沸騰までの時間は変わらない。

また、ピットゲート及びプールゲートが設置されることにより、各燃料貯蔵プールが独立するため、沸騰後の水位低下は燃料貯蔵プールごとに発生する。その水位低下速度は、ピットゲート及びプールゲートが設

置されていない状態よりも早くなるものの、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至る前までに燃料貯蔵プール等への注水の準備を完了し、可搬型中型移送ポンプによる注水を実施し水位を維持することから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響は無視できる。

以上より、競合する作業が生じないことから、手順等への影響はない。

【補足説明資料11-2】

b. 操作の条件の不確かさの影響

(a) 実施組織要員の操作

「認知」、「要員配置」、「移動」、「操作所要時間」、「他の並列操作有無」及び「操作の確実さ」が実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響を考慮し、対処の制限時間である燃料貯蔵プール等の沸騰に至るまでの時間に対して、重大事故等対策の実施に必要な準備作業を、時間余裕を確保して完了できるように計画することで、これらの要因による影響を低減した。

燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間である39時間に対し、事象発生から21時間30分後までに注水が可能であることから、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至る2時間以上前（想定事故1の場合は17時間30分前）までに、代替注水設備による注水が実施できる。

また、作業計画の整備は、作業項目ごとに余裕を確保して整備しており、必要な時期までに操作できるよう体制を整えていることから、実際の重大事故等への対処は、より早く作業を完了することができる。また、可搬型中型移送ポンプ等の可搬型重大事故等対処設備の敷設等の対処に時間を要した場合や、予備の可搬型重大事故等対処設備による対処を想定したとしても、余裕として確保した2時間（想定事故1の場合は17時間30分）以内に対処を再開し、事故の収束を図ることができる。

ピットゲート及びプールゲートが設置されている状態を考慮した場合、燃料貯蔵プール等は燃料移送水路を介して連結していないことから、燃料仮置きピットA、燃料仮置きピットB、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）それぞれに注水し水位を維持する必要がある。なお、燃料送出しピットは燃料移送水路と連結していることから、ピットゲート及びプールゲートを設置することによる影響はない。

この場合、可搬型建屋内ホースを燃料仮置きピットA、燃料仮置きピットB、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）に対して個別に敷設する必要があることから、敷設に係る作業時間が長くなるものの、追加作業に必要な作業時間を考慮して準備作業に着手することから、これまでと同じ21時間30分後から注水を実施可能である。

【補足説明資料11－2】

(b) 作業環境

沸騰開始までに室温が上昇するものの、有意な作業環境の悪化はなく、燃料損傷防止対策は燃料貯蔵プール等が沸騰に至る前までに実施することから、作業環境が実施組織要員の操作の時間余裕に影響を与えることはない。

7.5.1.2.3 重大事故等の同時発生又は連鎖

(1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析

プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能が喪失し，燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至った場合には，燃料損傷防止対策として，燃料貯蔵プール等へ第1貯水槽から注水し，水位を維持する。

以上の燃料損傷防止対策を考慮した時の燃料貯蔵プール等の状態及び燃料貯蔵プール等の状態によって生じる事故時環境は次のとおりである。

a. 燃料貯蔵プール等の状態

燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇した場合，水の温度は最大でも100℃程度である。また，蒸発により燃料貯蔵プール等の水位が変化する。燃料貯蔵プール等への注水は間欠注水にて実施するため，燃料貯蔵プール等の水位がわずかな上昇及び低下を繰り返す。

b. 環境条件

(a) 温度

燃料貯蔵プール等の水の沸騰が発生した場合の水の温度は最大でも100℃程度である。

(b) 圧力

燃料貯蔵プール等は開放型の構造となっており，燃料貯蔵エリアの有意な圧力上昇はなく，平常時と同程度である。また，燃料貯蔵プール等の水位は維持されることから，燃料貯蔵プール等にかかる圧力は静水圧であり，平常時と同程度である。

(c) 湿度

燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至った場合，蒸気により多湿環境下となる。

(d) 放射線

燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至ったとしても、燃料貯蔵プール等の放射線の遮蔽が維持される水位は確保されていること及び未臨界が維持されていることから、放射線環境は平常運転時から変化することはない。

(e) 物質（水素，蒸気，煤煙，放射性物質及びその他）及びエネルギーの発生

燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至った場合、水から気相部への水素の移行が促され、見かけ上の水素発生のG値が上昇することにより、非沸騰時に比べると水素の発生量が増加する。また、燃料貯蔵プール等の水の沸騰により、蒸気が発生する。

一方、想定事故1は未臨界が維持されていることから、新たな放射性物質の生成はない。

また、燃料貯蔵プール等では有機溶媒を扱わないことから、煤煙及びその他の物質が発生することはない。

以上のとおり、新たなエネルギーの発生をもたらす現象が発生しないことから、使用済燃料の崩壊熱以外のエネルギーの発生はない。

(f) 落下又は転倒による荷重

燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇したとしても、機器の材質の強度が有意に低下することはない、落下又は転倒することはない。

(g) 腐食環境

燃料貯蔵プール等の水の温度上昇及び蒸発により、腐食環境下となることはない。

(2) 重大事故等の同時発生

重大事故等が同時に発生する場合には、同種の重大事故が同時

に発生する場合、異種の重大事故が同時に発生する場合及びそれらの重畳が考えられる。

燃料貯蔵プール等における燃料損傷は、燃料貯蔵プール等において同時に発生する可能性があり、本評価は同時に発生するものとして評価した。

燃料貯蔵プール等における燃料損傷と同時発生する可能性のある異種の重大事故等は、「6.1 重大事故の発生を仮定する際の条件の設定及び重大事故の発生を仮定する機器の特定」に示すとおり、外的事象の「地震」及び「火山の影響」、内的事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」により、その他再処理設備の附属施設の給水施設の冷却水設備の再処理設備本体用の安全冷却水系（再処理設備本体用）、安全冷却水系、安全圧縮空気系、プール水冷却系及び補給水設備が同時に機能を喪失することから、これらの機能喪失により発生する冷却機能の喪失による蒸発乾固及び放射線分解により発生する水素による爆発である。

異なる種類の重大事故等の同時発生に対する重大事故等対策の有効性については、「7.7 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」にまとめる。

(3) 重大事故等の連鎖

燃料損傷防止対策を考慮した時の燃料貯蔵プール等の状態及び燃料貯蔵プール等の状態によって生じる事故時環境を明らかにし、燃料貯蔵プール等の状態によって新たに連鎖して発生する重大事故等の有無及び事故時環境が安全機能の喪失をもたらすことによって連鎖して発生する重大事故等の有無を明らかにする。

a. 事故進展により自らの燃料貯蔵プール等において連鎖して発生する重大事故等の特定

(a) 臨界事故

「7.5.1.2.3(1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に記載したとおり，燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇するが，使用済燃料集合体の平均濃縮度に応じて適切な燃料間隔をとることにより未臨界を維持しており，燃料貯蔵プール等の温度，圧力，その他のパラメータ変動を考慮しても，臨界事故に係る安全機能が喪失することはない。

また，燃料貯蔵プール等の水の沸騰による事故影響が，使用済燃料受入れ・貯蔵建屋のバウンダリを超えて，その他の臨界管理が実施されている前処理建屋，分離建屋，精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に波及することはないことから，臨界事故への連鎖は想定されない。

(b) 蒸発乾固

「7.5.1.2.3(1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に記載したとおり，燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇するが，想定事故1及び想定事故2が発生する燃料貯蔵プール等及び高レベル廃液等の沸騰が発生する貯槽等は異なる建屋に位置し，燃料貯蔵プール等の水の温度上昇による事故影響が，燃料貯蔵プール等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから，冷却機能の喪失による蒸発乾固が発生することはない。

(c) 放射線分解により発生する水素による爆発

「7.5.1.2.3(1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に記載したとおり，燃料貯蔵プール等の水の沸騰により水素の発生量が増加するものの，沸騰により発生する大量の蒸気によって可燃限界濃度以下になるとともに，可搬型建屋内ホースの敷設に伴う建屋の開口から，蒸気とともに水素が排出されることから，建屋内に水素が蓄積することはない。

他建屋における水素掃気機能の喪失による水素爆発への連鎖について

は、想定事故 1 及び想定事故 2 が発生する燃料貯蔵プール等及び水素爆発が発生する貯槽等は異なる建屋に位置し、燃料貯蔵プール等の水の温度上昇による事故影響が、燃料貯蔵プール等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから、水素掃気機能の喪失による、放射線分解により発生する水素による爆発が発生することはない。

(d) 有機溶媒等による火災又は爆発

「7.5.1.2.3(1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に記載したとおり、燃料貯蔵プール等では有機溶媒を扱うことはなく、想定事故 1 及び想定事故 2 が発生する燃料貯蔵プール等及び T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する貯槽等は異なる建屋に位置することから、T B P 等の錯体の急激な分解反応又は有機溶媒火災が発生することはない。

他建屋における有機溶媒等による火災又は爆発への連鎖については、想定事故 1 及び想定事故 2 が発生する燃料貯蔵プール等及び有機溶媒等による火災又は爆発が発生する貯槽等は異なる建屋に位置し、燃料貯蔵プール等の水の温度上昇による事故影響が、燃料貯蔵プール等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから、有機溶媒等による火災又は爆発が発生することはない。

(e) 放射性物質の漏えい

燃料損傷防止対策実施時の燃料貯蔵プール等の水の状態を考慮しても、その他の放射性物質の漏えいの発生は想定されないことから、その他の放射性物質の漏えいが発生することはない。

b. 重大事故等が発生した燃料貯蔵プール等以外の安全機能への影響及び連鎖して発生する重大事故等の特定

燃料貯蔵プール等のライニングはステンレス鋼であり、想定される温度、圧力等の環境条件によってこれらのバウンダリの健全性が損なわれ

ることはなく、温度及び放射線以外の影響が燃料貯蔵プール等外へ及ぶことはないことから、温度及び放射線以外の環境条件の変化によってその他の重大事故等が連鎖して発生することはない。

温度及び放射線の影響は燃料貯蔵プール等外へ及ぶものの、温度は最大でも100℃程度であり、線量率は平常運転時と変わらず、これらの影響が十分な厚さを有する建屋躯体を超えて建屋外へ及ぶことはなく、また、燃料貯蔵プール等及び燃料貯蔵プール等内の安全機能を有する機器も、これらの環境条件で健全性を損なうことはないことから、温度及び放射線の環境条件の変化によってその他の重大事故等が連鎖して発生することはない。

c. 分析結果

想定事故1の発生を想定する燃料貯蔵プール等において重大事故等が同時発生することを前提として評価を実施し、想定事故1における燃料貯蔵プール等の状態変化は、燃料貯蔵プール等の水の温度上昇及びわずかな水位低下であり、線量率は変化せず、上述のとおり想定される燃料貯蔵プール等の状態及び事故時環境において、他の重大事故等が連鎖して発生することがないことを確認した。

7.5.1.2.4 判断基準への適合性の検討

想定事故1への対処として燃料貯蔵プール等への注水手段を整備しており、本対策について外的事象の「火山の影響」を要因として有効性評価を行った。

燃料貯蔵プール等への注水は、沸騰開始前までに燃料貯蔵プール等への注水の準備を完了し、沸騰開始前に燃料貯蔵プール等へ注水することで、燃料貯蔵プール等の水位を維持できる。

評価条件の不確かさについて確認した結果、実施組織要員の操作時間に与える影響及び評価結果に与える影響がないことを確認した。

また、外的事象の「火山の影響」とは異なる特徴を有する内的事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」を要因とした場合に有効性評価へ与える影響を分析した。

内的事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」を要因とした場合には、想定事故1の燃料損傷防止対策の準備に要する時間に与える影響及び想定事故1の燃料損傷防止対策の維持に与える影響を分析し、建屋外の環境悪化が想定されず、燃料損傷防止対策の準備に必要な作業が少なくなることから、想定事故1の燃料損傷防止対策の有効性へ与える影響が排除されていることを確認した。

以上の有効性評価は、燃料貯蔵プール等において同時発生することを前提として評価を実施し、上述のとおり重大事故等対策が有効であることを確認した。また、想定される事故環境において、想定事故1の発生を仮定する燃料貯蔵プール等に接続する安全機能を有する機器が、損傷又は機能喪失することはないこと、他の重大事故等が連鎖して発生することはないことを確認した。

以上のことから、燃料貯蔵プール等への注水により、放射線の遮蔽が維

持される水位（通常水位－5.0m）を確保できる。なお、放射線の遮蔽が維持される水位を確保することで、燃料貯蔵プール等における全ての使用済燃料の有効長頂部を冠水できる水位（通常水位－7.4m）も確保される。また、燃料貯蔵プール等の水温が変化した場合やプール水が沸騰し、水密度が低下した場合においても未臨界を維持できる。

以上より、「7.5.1.2.1(8) 判断基準」を満足する。

7.5.2 想定事故2の燃料損傷防止対策

7.5.2.1 想定事故2の燃料損傷防止対策の具体的内容

燃料貯蔵プール等に接続するプール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果等及びスロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生し、プール水冷却系又は安全冷却水系の冷却機能及び補給水設備の注水機能が喪失した場合には、可搬型中型移送ポンプ、可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホース及び可搬型代替注水設備流量計を敷設し、これらを接続することで、第1貯水槽から燃料貯蔵プール等へ水を供給するための経路を構築する。

また、燃料貯蔵プール等の状態監視のため、監視設備を敷設する。監視設備を敷設するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態監視は、携行型の監視設備にて行う。

水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視を継続して実施するため、空冷設備を敷設する。

注水による回復の目安とする燃料貯蔵プール等の水位は、越流せき上端（通常水位-0.40m）とし、越流せき上端到達後は、可搬型中型移送ポンプの間欠運転により水位を維持する。

【補足説明資料 11-13】

想定事故2の燃料損傷防止対策の概要を以下に示す。また、対策の系統概要図を第7.5-1図に、対策の手順の概要を第7.5-10図に示す。また、対策における手順及び設備の関係を第7.5-6表に、必要な要員及び作業項目を第7.5-11図及び第7.5-12図に示す。

【補足説明資料 11-12】

(1) 燃料損傷防止対策の着手判断

外部電源が喪失し、第1非常用ディーゼル発電機を運転できない場合、又はプール水冷却系配管の破損に伴う小規模な漏えいその他の要因により燃料貯蔵プール等の水位が低下し冷却機能及び注水機能が喪失した場合は、燃料損傷防止対策の着手を判断し、以下の(2)及び(3)へ移行する。

(2) 建屋外の水供給経路の構築

第1貯水槽から使用済燃料受入れ・貯蔵建屋に水を供給するために、可搬型中型移送ポンプを第1貯水槽近傍に敷設する。可搬型中型移送ポンプに可搬型建屋外ホースを接続し、第1貯水槽から使用済燃料受入れ・貯蔵建屋まで水を供給するための経路を構築する。

可搬型中型移送ポンプは可搬型中型移送ポンプ運搬車により運搬し、可搬型建屋外ホースはホース展張車及び運搬車により運搬する。

(3) 燃料損傷防止対策の準備

常設の計器により燃料貯蔵プール等の状態を監視できない場合は、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機及び監視設備をけん引車及び運搬車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍へ運搬し、建屋内及び建屋近傍へ敷設する。使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機及び監視設備を敷設するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態について携行型の監視設備にて監視を行う。

可搬型建屋内ホース及び可搬型代替注水設備流量計を運搬車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍へ運搬し、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内に可搬型建屋内ホースを敷設し、可搬型代替注水設備流量計を可搬型建屋内ホースの経路上に敷設する。また、可搬型建屋内ホースと可搬型建屋外ホースを接続し、第1貯水槽から燃料貯蔵プール等に注水するための系統を構築する。

(4) 燃料貯蔵プール等への注水の実施判断

燃料損傷防止対策の準備が完了したこと及び可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式）又は可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）による燃料貯蔵プール等の水位を確認後，燃料貯蔵プール等への注水の実施を判断し，以下の(5)へ移行する。

燃料貯蔵プール等への注水の実施判断に必要な監視項目は，燃料貯蔵プール等の水位である。

(5) 燃料貯蔵プール等への注水の実施

可搬型中型移送ポンプを起動し，第1貯水槽から燃料貯蔵プール等へ越流せき上端（通常水位-0.40m）を目安に注水する。可搬型代替注水設備流量計による注水流量の確認及び可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式）又は可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）による水位の確認を行い，越流せき上端到達後は可搬型中型移送ポンプの間欠運転により水位を維持する。

燃料貯蔵プール等への注水時に確認が必要な監視項目は，注水流量，燃料貯蔵プール等の水位及び燃料貯蔵プール等の水の温度である。

(6) 燃料貯蔵プール等への注水の成否判断

燃料貯蔵プール等の水位が越流せき上端（通常水位-0.40m）程度であることを確認することにより，燃料貯蔵プール等への注水によるプール水位が回復し維持されていることを判断する。

燃料貯蔵プール等への注水による燃料貯蔵プール等の水位が回復し維持されていることを判断するために必要な監視項目は，燃料貯蔵プール等の水位である。

(7) 監視設備の起動及び空冷設備の敷設

監視設備の敷設完了後、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機を起動して監視設備の起動状態を確認する。

また、燃料貯蔵プール等の水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視が継続できるよう、空冷設備をけん引車及び運搬車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍へ運搬し、建屋内及び建屋近傍へ敷設し、監視カメラ等を冷却する。

7.5.2.2 想定事故2の燃料損傷防止対策の有効性評価

7.5.2.2.1 有効性評価

(1) 代表事例

想定事故2の発生の前提となる要因は、「6.1 重大事故の発生を仮定する際の条件の設定及び重大事故の発生を仮定する機器の特定」で示したとおり、外的事象の「地震」及び内的事象の「配管の全周破断」を要因とし、さらに厳しい条件として想定する補給水設備等の多重故障である。

これらの要因において、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失が広範囲であること、重大事故等への対処の種類及び重大事故等への対処時に想定される作業環境の苛酷さを考慮すると、外的事象の「地震」を要因とした場合が厳しい結果を与えることから、外的事象の「地震」を代表として有効性評価を実施する。

(2) 代表事例の選定理由

a. プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失の範囲

想定事故2の発生の原因は、「6.1 重大事故の発生を仮定する際の条件の設定及び重大事故の発生を仮定する機器の特定」において、フォールトツリー分析により明らかにした。燃料貯蔵プール等のプール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失を頂上事象とした場合のフォールトツリー分析を第7.5-5図に示す。また、プール水冷却系、安全冷却水系及び補給水設備の系統概要図を第7.5-6図に示す。

フォールトツリー分析において明らかにしたとおり、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失は、外的事象の「地震」において、プール水冷却系配管の破断によるサイフォン効果等により燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生するとともに、プール水冷却系、安全冷却水系及び補給水設備のポンプ並びに屋外に設置する安全冷却水系の冷却塔の動的機器の直接的な機能喪失が発生する。さらに、長時間の全交流動力電源喪失による間接的な機能喪失により、全ての燃料貯蔵プール等において同時に発生する。

内的事象の「配管の全周破断」を要因とし、さらに厳しい条件として補給水設備等の多重故障を想定した場合、プール水冷却系の配管の破断により、燃料貯蔵プール等からの水の小規模な漏えいが発生するとともに冷却機能が喪失し、さらに補給水設備等のポンプの動的機器の直接的な機能喪失により注水機能が喪失する。

以上より、機能喪失の範囲の観点では、外的事象の「地震」を要因とした場合が、内的事象の「配管の全周破断」を要因とし、さらに厳しい条件として補給水設備等の多重故障を想定した場合よりも、動的機器の機能喪失及び長時間の全交流動力電源の喪失が同時に発生し、機能喪失する機器が多く、その範囲も広い。

b. 重大事故等対策の種類

重大事故等対策は、冷却塔、プール水冷却系のポンプ、安全冷却水系の冷却水循環ポンプ、補給水設備のポンプ等の動的機器及び動的機器を起動させるために必要な電気設備等、多岐の設備故障に対応でき、かつ、複数の設備故障が発生した場合においても対処が可能となるような対策を選定している。

重大事故等対策がカバーする機能喪失の範囲は、第7.5-5図のフォー

ルトツリー分析に示すとおりである。

整備した重大事故等対策が、外的事象の「地震」及び内的事象の「配管の全周破断」を要因とし、さらに厳しい条件として補給水設備等の多重故障を想定した場合で想定される機能喪失をカバーできており、重大事故等への対処の種類の観点から、外的事象の「地震」以外の要因に着目する必要性はない。

c. 重大事故等への対処時の環境条件の観点

重大事故等への対処時の環境条件に着目すると、外的事象の「地震」を要因とした場合には、基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計とした設備以外の設備の損傷及び動的機器の動的な機能の喪失が想定されることから、建屋内では、溢水、化学薬品漏えい及び内部火災のハザードが発生する可能性があり、また、全交流動力電源の喪失により換気空調が停止し、照明が喪失する。一方、建屋外では、不等沈下及び屋外構築物の倒壊による環境悪化が想定される。

内的事象の「配管の全周破断」を要因とし、さらに厳しい条件として補給水設備等の多重故障を想定した場合には、建屋内の換気空調及び照明は健全であり、外的事象の「地震」の場合のように溢水、化学薬品漏えい及び内部火災のハザードの発生は想定されず、建屋外の環境条件が悪化することはない。

以上より、外的事象の「地震」の方が、内的事象の「配管の全周破断」を要因とし、さらに厳しい条件として補給水設備等の多重故障を想定した場合よりも建屋内外の作業環境の悪化が想定される。

(3) 有効性評価の考え方

「7.5.1.2.1(3) 有効性評価の考え方」に示したとおりである。評価条件を第7.5-7表に示す。

(4) 有効性評価の評価単位

「7.5.1.2.1(4) 有効性評価の評価単位」に示したとおりである。

(5) 機能喪失の条件

プール水冷却系配管の破断によるサイフォン効果等及びスロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生するとともに、プール水冷却系、安全冷却水系及び補給水設備のポンプ並びに屋外に設置する安全冷却水系の冷却塔の動的機器の直接的な機能喪失が発生する。さらに、長時間の全交流動力電源の喪失による間接的な機能喪失を想定する。

(6) 事故の条件及び設備の条件

想定事故2への燃料損傷防止対策に使用する設備を第7.5-4表に示す。また、主要な設備の条件を以下に示す。

a. 可搬型中型移送ポンプ

「7.5.1.2.1(6) a. 可搬型中型移送ポンプ」に記載したとおりである。

b. 燃料貯蔵プール等の初期水温

「7.5.1.2.1(6) b. 燃料貯蔵プール等の初期水温」に記載したとおりである。

c. 燃料貯蔵プール等の初期水位

燃料貯蔵プール等の初期水位は、サイフォン効果等及びスロッシングによる燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいの重畳を考慮し設定する。

サイフォン効果等による燃料貯蔵プール等の水位の低下は、プール水冷却系配管に逆流防止のため設置されている逆止弁が異物の噛みこみにより開固着し、逆止弁の機能が十分に働かない状態を想定すると、管理上の水位の変動範囲で最も厳しい水位低警報設定値である通常水位一

0.05mを基準とし、サイフォンブレイカ位置（通常水位－0.45m）まで水位が低下する。

その後、スロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水が漏えいし、水位低下が発生すると想定すると、燃料貯蔵プール・ピット等の周辺に設置する止水板の高さを越える溢水の燃料貯蔵プール・ピット等への戻りを考慮せず、スロッシングによる溢水を抑制する蓋の効果を考慮しないとした場合、燃料貯蔵プール等の水位は通常水位－0.80mとなる。

以上より、通常水位－0.80mを燃料貯蔵プール等の初期水位とする。

【補足説明資料11－5】

d. 燃料貯蔵プール等における使用済燃料の貯蔵量

「7.5.1.2.1(6) d. 燃料貯蔵プール等における使用済燃料の貯蔵量」に記載したとおりである。

e. ピットゲート及びプールゲートの状態

「7.5.1.2.1(6) e. ピットゲート及びプールゲートの状態」に記載したとおりである。

f. 燃料貯蔵プールの保有水量

燃料貯蔵プール（PWR燃料用）、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の保有水量は、それぞれ約2,229m³、約2,168m³及び約2,233m³とする。

g. 燃料貯蔵プールの崩壊熱

「7.5.1.2.1(6) g. 燃料貯蔵プールの崩壊熱」に記載したとおりである。

(7) 操作の条件

燃料貯蔵プール等への注水は、他建屋における蒸発乾固及び水素爆発が同時に発生した場合における重大事故等の対処の優先順位を考慮し、事象発生から21時間30分後までに注水を開始し、越流せき上端（通常水

位-0.40m) を目安に, 可搬型中型移送ポンプの間欠運転により水位を維持する。想定事故2の作業と所要時間を第7.5-11図及び第7.5-12図に示す。

(8) 判断基準

「7.5.1.2.1(8) 判断基準」に記載したとおりである。

7.5.2.2.2 有効性評価の結果

(1) 有効性評価の結果

燃料貯蔵プール（PWR燃料用）、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の水の温度が100℃に到達する時間は、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果等及び地震によるスロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生し、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から約35時間、約57時間及び約59時間である。これに対し、可搬型中型移送ポンプによる燃料貯蔵プール等への注水の準備は、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果等及び地震によるスロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生し、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から、55人にて21時間30分後に完了するため、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果等及び地震によるスロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生し、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から燃料貯蔵プール等の水の沸騰が開始するまでの時間のうち、最も短い35時間以内に燃料貯蔵プール等への注水の準備の完了が可能である。また、監視設備による監視及び監視設備の保護は、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から48人にて30時間40分後から開始が可能となる。

燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至ると水位が低下するが、水位を監視しつつ燃料貯蔵プール等への注水を蒸発速度である約 $10\text{m}^3/\text{h}$ を上回る注水流量で適時実施することにより、燃料貯蔵プール等の水位は放射線の遮蔽が維持される水位（通常水位-5.0m）を下回ることなく維持で

きる。なお、放射線の遮蔽が維持される水位を確保することで、燃料貯蔵プール等における全ての使用済燃料の有効長頂部を冠水できる水位（通常水位－7.4m）も確保される。

また、使用済燃料はステンレス鋼製の臨界防止設備に仮置き又は貯蔵されており、燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇し、沸騰により水密度が低下した場合においても、必要な燃料間距離を確保する等の設計により、燃料貯蔵プール等への注水実施においても未臨界を維持できる。

【補足説明資料 11－8】

【補足説明資料 11－9】

想定事故 2 における燃料貯蔵プール等のプール水が沸騰に至るまでの時間を第7.5－8表に、燃料貯蔵プール等の水位及び水温の推移を第7.5－13図及び第7.5－14図に示す。また、水位と線量率の関係を第7.5－15図に示す。

(2) 不確かさの影響評価

a. 事象、事故の条件及び機器の条件の不確かさの影響

(a) 想定事象の違い

内の事象の「配管の全周破断」を要因とし、さらに厳しい条件として補給水設備等の多重故障を想定した場合、現場状況確認のための初動対応及びアクセスルート確保のための作業において、外的事象の「地震」を要因とした場合と比較して、建屋内環境の悪化が想定されず、アクセスルートの確保等の燃料損傷防止対策の準備に必要な作業が少なくなることから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

(b) 初期水温が与える影響

「7.5.1.2.2(2) a. (b) 初期水温が与える影響」に記載したとおりである。

(c) 初期水位が与える影響

初期水位の設定においては、サイフォン効果等による燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生し水位が低下した後、スロッシングによる燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいによる水位低下を想定しているが、スロッシングにおける水位低下量の評価においては、燃料貯蔵プール・ピット等の周辺に設置する止水板の高さを越える溢水は燃料貯蔵プール・ピット等への戻りを考慮しないこと、また、スロッシングによる溢水を抑制する蓋は、その効果を考慮せずに評価を実施していることから、実際の水位低下量は小さくなり、初期水位が高い側への変動となるため、燃料貯蔵プール等の水の温度が100℃に到達するまでの時間は長くなる。このため、時間余裕が伸びる方向の変動であることから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響は無視できる。

【補足説明資料11-5】

(d) 崩壊熱が与える影響

「7.5.1.2.2(2) a.(d) 崩壊熱が与える影響」に記載したとおりである。

(e) ピットゲート及びプールゲートの設置状態が与える影響

平常運転時はピットゲート及びプールゲートを使用せず、燃料貯蔵プール等は燃料移送水路を介して全て連結された状態であるが、燃料貯蔵プール等の修理時を想定して、ピットゲート及びプールゲートが設置されている状態においてサイフォン効果等による燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生し、水位が低下した後、スロッシングが発生した場合の溢水量は、燃料貯蔵プール等が燃料移送水路を介して連結された状態と異なり、各燃料貯蔵プールのスロッシング後の水位は、通常水位-0.96mとなる。このときの燃料貯蔵プール（PWR燃料用）の保有水量は約2,181m³、沸騰までの時間は約34時間となり、燃料貯蔵

プール（BWR燃料用）の保有水量は約2,120m³，沸騰までの時間は約55時間となり，燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の保有水量は約2,185m³，沸騰までの時間は約57時間となる。このため，ピットゲート及びプールゲートの設置を前提とした場合，燃料貯蔵プール等の水の温度が100℃に到達するまでの時間は短くなるものの，燃料貯蔵プール等への注水は21時間30分後から可能であることから，燃料貯蔵プール等の水が100℃に到達する前に注水が可能である。

また，ピットゲート及びプールゲートが設置されることにより，各燃料貯蔵プールが独立するため，沸騰後の水位低下は燃料貯蔵プールごとに発生する。その水位低下速度は，ピットゲート及びプールゲートが設置されていない状態よりも早くなるものの，燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至る前までに燃料貯蔵プール等への注水の準備を完了し，可搬型中型移送ポンプによる注水を実施し水位を維持することから，実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響は無視できる。

以上より，競合する作業が生じないことから，手順等への影響はない。

b. 操作の条件の不確かさの影響

(a) 実施組織要員の操作

「認知」，「要員配置」，「移動」，「操作所要時間」，「他の並列操作有無」及び「操作の確実さ」が実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響を考慮し，対処の制限時間である燃料貯蔵プール等の沸騰に至るまでの時間に対して，重大事故等対策の実施に必要な準備作業を，時間余裕を確保して完了できるよう計画することで，これらの要因による影響を低減した。

燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間である35時間に対し，事象発生から21時間30分後までに注水が可能であることから，燃料貯蔵

プール等の水が沸騰に至る2時間以上前（想定事故2の場合は13時間30分前）までに、代替注水設備による注水が実施できる。

また、作業計画の整備は、作業項目ごとに余裕を確保して整備しており、必要な時期までに操作できるよう体制を整えていることから、実際の重大事故等への対処は、より早く作業を完了することができる。また、可搬型中型移送ポンプ等の可搬型重大事故等対処設備の敷設等の対処に時間を要した場合や、予備の可搬型重大事故等対処設備による対処を想定したとしても、余裕として確保した2時間（想定事故2の場合は13時間30分）以内に対処を再開し、事故の収束を図ることができる。

ピットゲート及びプールゲートが設置されている状態を考慮した場合、燃料貯蔵プール等は燃料移送水路を介して連結していないことから、燃料仮置きピットA、燃料仮置きピットB、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）それぞれに注水し水位を維持する必要がある。なお、燃料送出しピットは燃料移送水路と連結していることから、ピットゲート及びプールゲートを設置することによる影響はない。

この場合、可搬型建屋内ホースを燃料仮置きピットA、燃料仮置きピットB、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）に対して個別に敷設する必要があることから、敷設に係る作業時間が長くなるものの、追加作業に必要な作業時間を考慮して準備作業に着手することから、これまでと同じ21時間30分後から注水を実施可能である。

(b) 作業環境

「7.5.1.2.2(2)b.(b) 作業環境」に記載したとおりである。

7.5.2.2.3 重大事故等の同時発生又は連鎖

(1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析

「7.5.1.2.3(1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に記載したとおりである。

(2) 重大事故等の同時発生

「7.5.1.2.3(2) 重大事故等の同時発生」に記載したとおりである。

(3) 重大事故等の連鎖

「7.5.1.2.3(3) 重大事故等の連鎖」に記載したとおりである。

想定事故2の発生を想定する燃料貯蔵プール等において重大事故等が同時発生することを前提として評価を実施し，想定事故2における燃料貯蔵プール等の状態変化は，燃料貯蔵プール等の水の温度上昇及び水位低下であり，線量率の上昇はほとんどなく，上述のとおり想定される燃料貯蔵プール等の状態及び事故時環境において，他の重大事故等が連鎖して発生することがないことを確認した。

7.5.2.2.4 判断基準への適合性の検討

想定事故2への対処として燃料貯蔵プール等への注水手段を整備しており、本対策について外的事象の「地震」を要因として有効性評価を行った。

燃料貯蔵プール等への注水は、沸騰開始前までに燃料貯蔵プール等への注水の準備を完了し、沸騰開始前に燃料貯蔵プール等へ注水することで、燃料貯蔵プール等の水位を維持できる。

評価条件の不確かさについて確認した結果、実施組織要員の操作時間に与える影響及び評価結果に与える影響がないことを確認した。

また、外的事象の「地震」とは異なる特徴を有する内的事象の「配管の全周破断」を要因とし、さらに厳しい条件として補給水設備等の多重故障を想定した場合に有効性評価へ与える影響を分析した。

内的事象の「配管の全周破断」を要因とし、さらに厳しい条件として補給水設備等の多重故障を想定した場合には、想定事故2の燃料損傷防止対策の準備に要する時間に与える影響及び想定事故2の燃料損傷防止対策の維持に与える影響を分析し、建屋外の環境悪化が想定されず、燃料損傷防止対策の準備に必要な作業が少なくなることから、想定事故2の燃料損傷防止対策の有効性へ与える影響が排除されていることを確認した。

以上の有効性評価は、燃料貯蔵プール等において同時発生することを前提として評価を実施し、上述のとおり重大事故等対策が有効であることを確認した。また、想定される事故環境において、想定事故2の発生を仮定する燃料貯蔵プール等に接続する安全機能を有する機器が、損傷又は機能喪失することはないこと、他の重大事故等が連鎖して発生することはないことを確認した。

以上のことから、燃料貯蔵プール等への注水により、放射線の遮蔽が維持される水位（通常水位－5.0m）を確保できる。なお、放射線の遮蔽が維

持される水位を確保することで、燃料貯蔵プール等における全ての使用済燃料の有効長頂部を冠水できる水位（通常水位－7.4m）も確保される。また、燃料貯蔵プール等の水温が変化した場合やプール水が沸騰し、水密度が低下した場合においても未臨界を維持できる。

以上より、「7.5.1.2.1(8) 判断基準」を満足する。

7.5.3 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策に必要な要員及び資源

7.5.3.1 想定事故1の燃料損傷防止対策に必要な要員及び資源

想定事故1の燃料損傷防止対策に必要な要員及び資源を以下に示す。

また、要員及び資源の有効性評価については、他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため、「7.7 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」において示す。

(1) 必要な要員の評価

想定事故1の燃料損傷防止対策において、外的事象の「火山の影響」を要因とした場合の想定事故1の燃料損傷防止対策に必要な要員は71人である。

また、内的事象を要因とした場合は、作業環境が外的事象の「火山の影響」を要因とした場合に想定する環境条件より悪化がすることが想定されず、対処内容にも違いがないことから、必要な要員は外的事象の「火山の影響」を要因とした場合に必要人数以下である。

以上より、想定事故1の燃料損傷防止対策に必要な要員は最大でも71人であるが、事業所内に常駐している実施組織要員は164人であり、必要な作業対応が可能である。

(2) 必要な資源の評価

想定事故1の対処に必要な水源、燃料及び電源を以下に示す。

a. 水 源

燃料貯蔵プール等への注水に必要な水量は、7日間の対応を考慮すると、合計約1,600m³の水が必要となる。水源として、第1貯水槽の貯水槽A及び貯水槽Bにそれぞれ約10,000m³の水を保有しており、燃料貯蔵プール等への注水については、このうち一区画を使用するため、これ

により必要な水源は確保可能である。他区画については、蒸発乾固への対処に使用する。

b. 燃 料

想定事故 1 の燃料損傷防止対策に使用する可搬型中型移送ポンプ，使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機，可搬型計測ユニット用空気圧縮機及び燃料損傷防止対策時の運搬等に必要な車両は，7日間の対応を考慮すると，運転継続に以下の軽油が必要である。

- ・可搬型中型移送ポンプ 約7.2m³
 - ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機 約5.3m³
 - ・可搬型計測ユニット用空気圧縮機 約4.6m³
 - ・燃料損傷防止対策時の運搬等に必要な車両 約4.5m³
- 合計 約22m³

以上より，想定事故 1 の燃料損傷防止対策を7日間継続して実施するのに必要な軽油は合計で約22m³である。軽油貯槽にて約800m³の軽油を確保していることから，外部支援を考慮しなくとも7日間の対処の継続が可能である。

c. 電 源

想定事故 1 の燃料損傷防止対策において必要な電源負荷として，可搬型燃料貯蔵プール等水位計（電波式），可搬型燃料貯蔵プール等温度計（測温抵抗体），可搬型燃料貯蔵プール等状態監視カメラ，可搬型空冷ユニット及び可搬型燃料貯蔵プール等空間線量率計（線量率計）の合計は約99kVAであり，必要な給電容量は対象負荷の起動時を考慮しても約150kVAである。

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機の供給容量は、約 200 k V A であり、必要負荷に対しての電源供給が可能である。

【補足説明資料 11-14】

7.5.3.2 想定事故2の燃料損傷防止対策に必要な要員及び資源

想定事故2の燃料損傷防止対策に必要な要員及び資源を以下に示す。

また、要員及び資源の有効性評価については、他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため、「7.7 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」において示す。

(1) 必要な要員の評価

想定事故2の燃料損傷防止対策において、外的事象の「地震」を要因とした場合の想定事故2の燃料損傷防止対策に必要な要員は73人である。

また、内的事象を要因とした場合は、作業環境が外的事象の「地震」を要因とした場合に想定する環境条件より悪化することが想定されず、対処内容にも違いがないことから、必要な要員は外的事象の「地震」を要因とした場合に必要な要員以下である。

以上より、想定事故2の燃料損傷防止対策に必要な要員は最大でも73人であるが、事業所内に常駐している実施組織要員は164人であり、必要な作業対応が可能である。

(2) 必要な資源の評価

想定事故2の対処に必要な水源、燃料及び電源を以下に示す。

a. 水 源

燃料貯蔵プール等への注水に必要な水量は、7日間の対応を考慮すると、合計約2,300m³の水が必要となる。水源として、第1貯水槽の貯水槽A及び貯水槽Bにそれぞれ約10,000m³の水を保有しており、燃料貯蔵プール等への注水については、このうち一区画を使用するため、これにより必要な水源は確保可能である。他区画については、蒸発乾固への対処に使用する。

b. 燃 料

想定事故 2 の燃料損傷防止対策に使用する可搬型中型移送ポンプ，使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機，可搬型計測ユニット用空気圧縮機及び燃料損傷防止対策時の運搬等に必要な車両は，7 日間の対応を考慮すると，運転継続に以下の軽油が必要である。

・可搬型中型移送ポンプ	約7.2m ³
・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機	約5.3m ³
・可搬型計測ユニット用空気圧縮機	約4.6m ³
・燃料損傷防止対策時の運搬等に必要な車両	約4.5m ³
合計	約22m ³

以上より，想定事故 2 の燃料損傷防止対策を 7 日間継続して実施するのに必要な軽油は合計で約22m³である。軽油貯槽にて約800m³の軽油を確保していることから，外部支援を考慮しなくとも 7 日間の対処の継続が可能である。

c. 電 源

想定事故 2 の燃料損傷防止対策において必要な電源負荷として，可搬型燃料貯蔵プール等水位計（電波式），可搬型燃料貯蔵プール等温度計（測温抵抗体），可搬型燃料貯蔵プール等状態監視カメラ，可搬型空冷ユニット及び可搬型燃料貯蔵プール等空間線量率計（線量率計）の合計は約 99 k V A であり，必要な給電容量は対象負荷の起動時を考慮しても約 150 k V A である。

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機の供給容量は，約 200 k V A であり，必要負荷に対しての電源供給が可能である。

【補足説明資料 11-14】

第7.5-1表 想定事故1及び想定事故2の発生を想定する設備

建屋	機器グループ	機器名
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	燃料仮置きピット	燃料仮置きピットA
		燃料仮置きピットB
	燃料貯蔵プール	燃料貯蔵プール（BWR燃料用）
		燃料貯蔵プール（PWR燃料用）
		燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）
	燃料送出しピット	燃料送出しピット

第 7.5-2 表 燃料損傷防止対策（想定事故 1）の対策の手順及び設備の関係

項 番	判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故等 対処設備	計装設備
(1)	燃料損傷防止 対策の着手判 断	外部電源が喪失し、第 1 非常用ディーゼル発電機 を運転できない場合は、燃料損傷防止対策の着手を 判断し、以下の(2)及び(3)へ移行する。	—	—	—
(2)	建屋外の水供 給経路の構築	<p>第 1 貯水槽から使用済燃料受入れ・貯蔵建屋に水 を供給するために、可搬型中型移送ポンプを第 1 貯 水槽近傍に敷設する。可搬型中型移送ポンプに可搬 型建屋外ホースを接続し、第 1 貯水槽から使用済燃 料受入れ・貯蔵建屋まで水を供給するための経路を 構築する。</p> <p>可搬型中型移送ポンプは可搬型中型移送ポンプ 運搬車により運搬し、可搬型建屋外ホースはホー ス展張車及び運搬車により運搬する。</p> <p>外的事象の「火山の影響」を要因としてプール 水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給 水設備の注水機能が喪失した場合には、降灰によ り可搬型中型移送ポンプが機能喪失することを防 止するため、可搬型中型移送ポンプ運搬車により 可搬型中型移送ポンプを保管庫内に敷設し、注水 経路を構築する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第 1 貯水槽 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 可搬型中型移送 ポンプ ・ 可搬型建屋外ホ ース ・ 可搬型中型移送 ポンプ運搬車 ・ ホース展張車 ・ 運搬車 	—

(つづき)

項番	判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故等 対処設備	計装設備
(3)	燃料損傷防止 対策の準備	<p>常設の計器により燃料貯蔵プール等の状態を監視できない場合は、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機及び監視設備をけん引車及び運搬車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍へ運搬し、建屋内及び建屋近傍へ敷設する。</p> <p>使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機及び監視設備を敷設するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態について携行型の監視設備にて監視を行う。</p> <p>可搬型建屋内ホース及び可搬型代替注水設備流量計を運搬車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍へ運搬し、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内に可搬型建屋内ホースを敷設し、可搬型代替注水設備流量計を可搬型建屋内ホースの経路上に敷設する。</p> <p>また、可搬型建屋内ホースと可搬型建屋外ホースを接続し、第1貯水槽から燃料貯蔵プール等に注水するための系統を構築する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・第1貯水槽 	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬型中型移送ポンプ ・可搬型建屋外ホース ・可搬型建屋内ホース ・運搬車 ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機 ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の可搬型電源ケーブル ・けん引車 	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式） ・可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー） ・可搬型燃料貯蔵プール等水位計（電波式） ・可搬型燃料貯蔵プール等温度計（サーミスタ） ・可搬型燃料貯蔵プール等温度計（測温抵抗体） ・可搬型燃料貯蔵プール等空間線量率計（線量率計） ・可搬型燃料貯蔵プール等空間線量率計（サーバイメータ） ・可搬型燃料貯蔵プール等状態監視カメラ ・可搬型計測ユニット用空気圧縮機 ・可搬型計測ユニット ・可搬型監視ユニット ・可搬型代替注水設備流量計

(つづき)

項番	判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故等 対処設備	計装設備
(4)	燃料貯蔵プール等への注水の実施判断	<p>燃料損傷防止対策の準備が完了したこと及び可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式）又は可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）による燃料貯蔵プール等の水位を確認後、燃料貯蔵プール等への注水の実施を判断し、以下の(5)へ移行する。</p> <p>燃料貯蔵プール等への注水の実施判断に必要な監視項目は、燃料貯蔵プール等の水位である。</p>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式） 可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）
(5)	燃料貯蔵プール等への注水の実施	<p>可搬型中型移送ポンプを起動し、第1貯水槽から燃料貯蔵プール等へ通常水位を目安に注水する。可搬型代替注水設備流量計による注水流量の確認及び可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式）又は可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）による水位の確認を行い、通常水位到達後は可搬型中型移送ポンプの間欠運転により水位を維持する。</p> <p>燃料貯蔵プール等への注水時に確認が必要な監視項目は、注水流量、燃料貯蔵プール等の水位及び燃料貯蔵プール等の水の温度である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 第1貯水槽 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型中型移送ポンプ 可搬型建屋外ホース 可搬型建屋内ホース 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式） 可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー） 可搬型燃料貯蔵プール等温度計（サーミスタ） 可搬型代替注水設備流量計

(つづき)

項 番	判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故等 対処設備	計装設備
(6)	燃料貯蔵プール等への注水の成否判断	<p>燃料貯蔵プール等の水位が通常水位程度であることを確認することにより、燃料貯蔵プール等への注水によるプール水位が回復し維持されていることを判断する。</p> <p>燃料貯蔵プール等への注水による燃料貯蔵プール等の水位が回復し維持されていることを判断するために必要な監視項目は、燃料貯蔵プール等の水位である。</p>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式） 可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）

(つづき)

項 番	判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故等 対処設備	計装設備
(7)	監視設備の起動及び空冷設備の敷設	<p>監視設備の敷設完了後、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機を起動して監視設備の起動状態を確認する。</p> <p>また、燃料貯蔵プール等の水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視が継続できるよう、空冷設備をけん引車及び運搬車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍へ運搬し、建屋内及び建屋近傍へ敷設し、監視カメラ等を冷却する。</p>	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運搬車 ・ 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機 ・ 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の可搬型電源ケーブル ・ けん引車 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 可搬型空冷ユニットA ・ 可搬型空冷ユニットB ・ 可搬型空冷ユニットC ・ 可搬型空冷ユニットD ・ 可搬型空冷ユニットE ・ 可搬型燃料貯蔵プール等空間線量率計（線量率計）（可搬型燃料貯蔵プール等空間線量率計用冷却ケースを含む） ・ 可搬型燃料貯蔵プール等状態監視カメラ（可搬型燃料貯蔵プール等状態監視カメラ用冷却ケースを含む） ・ 可搬型計測ユニット用空気圧縮機 ・ 可搬型計測ユニット ・ 可搬型監視ユニット

第 7.5-3 表 燃料貯蔵プール等の水位及び水温の推移評価に係る主要評価条件（想定事故 1）

項 目	主要評価条件	条件設定の考え方
燃料貯蔵プール等の初期水温	65℃	プール水冷却系 1 系列運転時の燃料貯蔵プール等の水の最高温度を設定。
燃料貯蔵プール等の初期水位	通常水位 - 0.05m	燃料貯蔵プール等の初期水位は，平常運転時の管理上の水位の変動範囲で最も厳しい，水位低警報設定値を設定。
燃料貯蔵プール等における使用済燃料の貯蔵量	3,000 t · U _{PR}	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋において貯蔵する最大貯蔵量を設定。
ピットゲート及びプールゲートの状態	設置しない	<p>平常運転時は使用しないことから，燃料貯蔵プール等は燃料移送水路を介して全て連結された状態と設定。</p> <p>ただし，燃料貯蔵プール等が燃料移送水路を介して全て連結された状態においても，燃料貯蔵プールと燃料移送水路の間における水の出入りに不確かさがあることから，燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間の算出においては，燃料貯蔵プールと燃料移送水路の間の水の出入りが無いものとし，個別の燃料貯蔵プールの保有水量のみを考慮する。</p> <p>一方，燃料貯蔵プール等の水の沸騰後の水位低下は，燃料貯蔵プール・ピット等の水位が均一に低下することから，水位低下量は燃料貯蔵プール・ピット等全体を考慮する。</p>
燃料貯蔵プールの保有水量	燃料貯蔵プール（PWR 燃料用） 約 2,453m ³ 燃料貯蔵プール（BWR 燃料用） 約 2,392m ³ 燃料貯蔵プール（BWR 燃料及び PWR 燃料用） 約 2,457m ³	「ピットゲート及びプールゲートの状態」に記載のとおり，個別の燃料貯蔵プールの保有水量のみを考慮する。

(つづき)

項 目	主要評価条件	条件設定の考え方
燃料貯蔵プールの崩壊熱	燃料貯蔵プール（PWR燃料用） 2,450 kW 燃料貯蔵プール（BWR燃料用） 1,490 kW 燃料貯蔵プール（BWR燃料及び PWR燃料用） 1,480 kW	使用済燃料の核種組成は、再処理する使用済燃料の冷却期間を4年及び12年として得られる核種組成を基に設定し、使用済燃料の崩壊熱は、これを基準として設定した崩壊熱密度により、各燃料貯蔵プールに貯蔵しうる最大値を設定。また、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）の崩壊熱は、崩壊熱が大きい冷却期間4年のPWR燃料を最大量 $600 \text{ t} \cdot U_{\text{PR}}$ 及び冷却期間12年のPWR燃料を $400 \text{ t} \cdot U_{\text{PR}}$ 貯蔵した場合の値を設定。燃料貯蔵プール（BWR燃料用）の崩壊熱は、冷却期間12年のBWR燃料を $1,000 \text{ t} \cdot U_{\text{PR}}$ 貯蔵した場合の値を設定。燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の崩壊熱は、冷却期間12年のPWR燃料及びBWR燃料をそれぞれ $500 \text{ t} \cdot U_{\text{PR}}$ 貯蔵した場合の値を設定。

第7.5-4表 燃料損傷防止対策において使用する設備

機器グループ	設備		燃料損傷防止対策			
	設備名称	構成する機器	燃料貯蔵ブール等への注水	漏えい抑制	燃料貯蔵ブール等の臨界防止	燃料貯蔵ブール等の監視
			重大事故等対処設備			
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 使用済燃料貯蔵槽の冷却等	代替注水設備	可搬型中型移送ポンプ	○	×	×	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	×	×	×
	代替安全冷却水系	可搬型建屋内ホース[流路]	○	×	×	×
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	×	×	×
		ホース展張車	○	×	×	×
		運搬車	○	×	×	○
	水供給設備	第1貯水槽	○	×	×	×
	漏えい抑制設備	サイフォンブレーカ	×	○	×	×
		止水板及び蓋	×	○	×	×
	臨界防止設備	燃料仮置きラック	×	×	○	×
		燃料貯蔵ラック	×	×	○	×
		バスケット	×	×	○	×
	代替電源設備	バスケット仮置き架台(実入り用)	×	×	○	×
		使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機	×	×	×	○
	代替所内電気設備	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の可搬型電源ケーブル	×	×	×	○
	補機駆動用燃料補給設備	第1軽油貯槽	○	×	×	○
		第2軽油貯槽	○	×	×	○
		軽油用タンクローリ	○	×	×	○
	計装設備	可搬型空冷ユニットA	×	×	×	○
		可搬型空冷ユニットB	×	×	×	○
		可搬型空冷ユニットC	×	×	×	○
		可搬型空冷ユニットD	×	×	×	○
		可搬型空冷ユニットE	×	×	×	○
		可搬型燃料貯蔵ブール等水位計(超音波式)	×	×	×	○
		可搬型燃料貯蔵ブール等水位計(メジャー)	×	×	×	○
		可搬型燃料貯蔵ブール等水位計(エアバージ式)	×	×	×	○
		可搬型燃料貯蔵ブール等水位計(電波式)	×	×	×	○
		可搬型燃料貯蔵ブール等温度計(サーミスタ)	×	×	×	○
		可搬型燃料貯蔵ブール等温度計(測温抵抗体)	×	×	×	○
		可搬型燃料貯蔵ブール等空間線量率計(線量率計)(可搬型燃料貯蔵ブール等空間線量率計用冷却ケースを含む)	×	×	×	○
		可搬型燃料貯蔵ブール等空間線量率計(サーベイメータ)	×	×	×	○
		可搬型燃料貯蔵ブール等状態監視カメラ(可搬型燃料貯蔵ブール等状態監視カメラ用冷却ケースを含む)	×	×	×	○
		可搬型計測ユニット用空気圧縮機	×	×	×	○
	可搬型計測ユニット	×	×	×	○	
	可搬型監視ユニット	×	×	×	○	
	可搬型代替注水設備流量計	○	×	×	×	
	けん引車	×	×	×	○	

第 7.5-5 表 燃料貯蔵プール等のプール水が沸騰に至るまでの時間（想定事故 1）

建屋	機器グループ	機器名	沸騰に至るまでの時間
使用済燃料受入れ ・貯蔵建屋	燃料仮置きピット	燃料仮置きピット A	対象外※
		燃料仮置きピット B	対象外※
	燃料貯蔵プール	燃料貯蔵プール（BWR 燃料用）	約 63 時間
		燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）	約 39 時間
		燃料貯蔵プール（BWR 燃料及び PWR 燃料用）	約 65 時間
	燃料送出しピット	燃料送出しピット	対象外※

※燃料貯蔵プール等のプール水の沸騰に至るまでの時間が最も短くなるよう、燃料貯蔵プールにのみ使用済燃料の配置を想定することから、ピットは対象外。

第 7.5－6 表 燃料損傷防止対策（想定事故 2）の対策の手順及び設備の関係

項 番	判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故等 対処設備	計装設備
(1)	燃料損傷防止 対策の着手判 断	外部電源が喪失し、第 1 非常用ディーゼル発電機を運転できない場合、又はプール水冷却系配管の破損に伴う小規模な漏えいその他の要因により燃料貯蔵プール等の水位が低下し冷却機能及び注水機能が喪失した場合は、燃料損傷防止対策の着手を判断し、以下の(2)及び(3)へ移行する。	—	—	—
(2)	建屋外の水供 給経路の構築	第 1 貯水槽から使用済燃料受入れ・貯蔵建屋に水を供給するために、可搬型中型移送ポンプを第 1 貯水槽近傍に敷設する。可搬型中型移送ポンプに可搬型建屋外ホースを接続し、第 1 貯水槽から使用済燃料受入れ・貯蔵建屋まで水を供給するための経路を構築する。 可搬型中型移送ポンプは可搬型中型移送ポンプ運搬車により運搬し、可搬型建屋外ホースはホース展張車及び運搬車により運搬する。	・ 第 1 貯水槽	<ul style="list-style-type: none"> ・ 可搬型中型移送ポンプ ・ 可搬型建屋外ホース ・ 可搬型中型移送ポンプ運搬車 ・ ホース展張車 ・ 運搬車 	—

(つづき)

項番	判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故等 対処設備	計装設備
(3)	燃料損傷防止 対策の準備	<p>常設の計器により燃料貯蔵プール等の状態を監視できない場合は、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機及び監視設備をけん引車及び運搬車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍へ運搬し、建屋内及び建屋近傍へ敷設する。</p> <p>使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機及び監視設備を敷設するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態について携行型の監視設備にて監視を行う。</p> <p>可搬型建屋内ホース及び可搬型代替注水設備流量計を運搬車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍へ運搬し、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内に可搬型建屋内ホースを敷設し、可搬型代替注水設備流量計を可搬型建屋内ホースの経路上に敷設する。</p> <p>また、可搬型建屋内ホースと可搬型建屋外ホースを接続し、第1貯水槽から燃料貯蔵プール等に注水するための系統を構築する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・第1貯水槽 	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬型中型移送ポンプ ・可搬型建屋外ホース ・可搬型建屋内ホース ・運搬車 ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機 ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の可搬型電源ケーブル ・けん引車 	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式） ・可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー） ・可搬型燃料貯蔵プール等水位計（電波式） ・可搬型燃料貯蔵プール等温度計（サーミスタ） ・可搬型燃料貯蔵プール等温度計（測温抵抗体） ・可搬型燃料貯蔵プール等空間線量率計（線量率計） ・可搬型燃料貯蔵プール等空間線量率計（サーバイメータ） ・可搬型燃料貯蔵プール等状態監視カメラ ・可搬型計測ユニット用空気圧縮機 ・可搬型計測ユニット ・可搬型監視ユニット ・可搬型代替注水設備流量計

(つづき)

項番	判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故 等 対処設備	計装設備
(4)	燃料貯蔵プール等への注水の実施判断	<p>燃料損傷防止対策の準備が完了したこと及び可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式）又は可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）による燃料貯蔵プール等の水位を確認後、燃料貯蔵プール等への注水の実施を判断し、以下の(5)へ移行する。</p> <p>燃料貯蔵プール等への注水の実施判断に必要な監視項目は、燃料貯蔵プール等の水位である。</p>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式） 可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）
(5)	燃料貯蔵プール等への注水の実施	<p>可搬型中型移送ポンプを起動し、第1貯水槽から燃料貯蔵プール等へ越流せき上端（通常水位-0.40m）を目安に注水する。可搬型代替注水設備流量計による注水流量の確認及び可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式）又は可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）による水位の確認を行い、越流せき上端到達後は可搬型中型移送ポンプの間欠運転により水位を維持する。</p> <p>燃料貯蔵プール等への注水時に確認が必要な監視項目は、注水流量、燃料貯蔵プール等の水位及び燃料貯蔵プール等の水の温度である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 第1貯水槽 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型中型移送ポンプ 可搬型建屋外ホース 可搬型建屋内ホース 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式） 可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー） 可搬型燃料貯蔵プール等温度計（サーミスタ） 可搬型代替注水設備流量計

(つづき)

項 番	判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故等 対処設備	計装設備
(6)	燃料貯蔵プール等への注水の成否判断	<p>燃料貯蔵プール等の水位が越流せき上端（通常水位-0.40m）程度であることを確認することにより、燃料貯蔵プール等への注水によるプール水位が回復し維持されていることを判断する。</p> <p>燃料貯蔵プール等への注水による燃料貯蔵プール等の水位が回復し維持されていることを判断するために必要な監視項目は、燃料貯蔵プール等の水位である。</p>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型燃料貯蔵プール等水位計（超音波式） 可搬型燃料貯蔵プール等水位計（メジャー）

(つづき)

項 番	判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故等 対処設備	計装設備
(7)	監視設備の起 動及び空冷設 備の敷設	<p>監視設備の敷設完了後、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機を起動して監視設備の起動状態を確認する。</p> <p>また、燃料貯蔵プール等の水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視が継続できるよう、空冷設備をけん引車及び運搬車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍へ運搬し、建屋内及び建屋近傍へ敷設し、監視カメラ等を冷却する。</p>	—	<ul style="list-style-type: none"> ・運搬車 ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機 ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の可搬型電源ケーブル ・けん引車 	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬型空冷ユニットA ・可搬型空冷ユニットB ・可搬型空冷ユニットC ・可搬型空冷ユニットD ・可搬型空冷ユニットE ・可搬型燃料貯蔵プール等空間線量率計（線量率計）（可搬型燃料貯蔵プール等空間線量率計用冷却ケースを含む） ・可搬型燃料貯蔵プール等状態監視カメラ（可搬型燃料貯蔵プール等状態監視カメラ用冷却ケースを含む） ・可搬型計測ユニット用空気圧縮機 ・可搬型計測ユニット ・可搬型監視ユニット

第 7.5-7 表 燃料貯蔵プール等の水位及び水温の推移評価に係る主要評価条件（想定事故 2）

項 目	主要評価条件	条件設定の考え方
燃料貯蔵プール等の初期水温	65℃	プール水冷却系 1 系列運転時の燃料貯蔵プール等の水の最高温度を設定。
燃料貯蔵プール等の初期水位	通常水位-0.80m	<p>燃料貯蔵プール等の初期水位は、サイフォン効果等及びスロッシングによる燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいの重畳を考慮し設定。</p> <p>サイフォン効果等による燃料貯蔵プール等の水位の低下は、プール水冷却系配管に逆流防止のため設置されている逆止弁が異物の噛みこみにより開固着し、逆止弁の機能が十分に働かない状態を想定すると、管理上の水位の変動範囲で最も厳しい水位低警報設定値である通常水位-0.05mを基準とし、サイフォンブレイカ位置（通常水位-0.45m）まで水位が低下する。</p> <p>その後、スロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水が漏えいし、水位低下が発生すると想定すると、燃料貯蔵プール・ピット等の周辺に設置する止水板の高さを越える溢水の燃料貯蔵プール・ピット等への戻りを考慮せず、スロッシングによる溢水を抑制する蓋の効果を検討しないとした場合の初期水位を設定。</p>
燃料貯蔵プール等における使用済燃料の貯蔵量	3,000 t・U _{PR}	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋において貯蔵する最大貯蔵量を設定。
ピットゲート及びプールゲートの状態	設置しない	<p>平常運転時は使用しないことから、燃料貯蔵プール等は燃料移送水路を介して全て連結された状態と設定。</p> <p>ただし、燃料貯蔵プール等が燃料移送水路を介して全て連結された状態においても、燃料貯蔵プールと燃料移送水路の間における水の出入りに不確かさがあることから、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間の算出においては、燃料貯蔵プールと燃料移送水路の間の水の出入りが無いものとし、個別の燃料貯蔵プールの保有水量のみを考慮する。</p> <p>一方、燃料貯蔵プール等の水の沸騰後の水位低下は、燃料貯蔵プール・ピット等の水位が均一に低下することから、水位低下量は燃料貯蔵プール・ピット等全体を考慮する。</p>

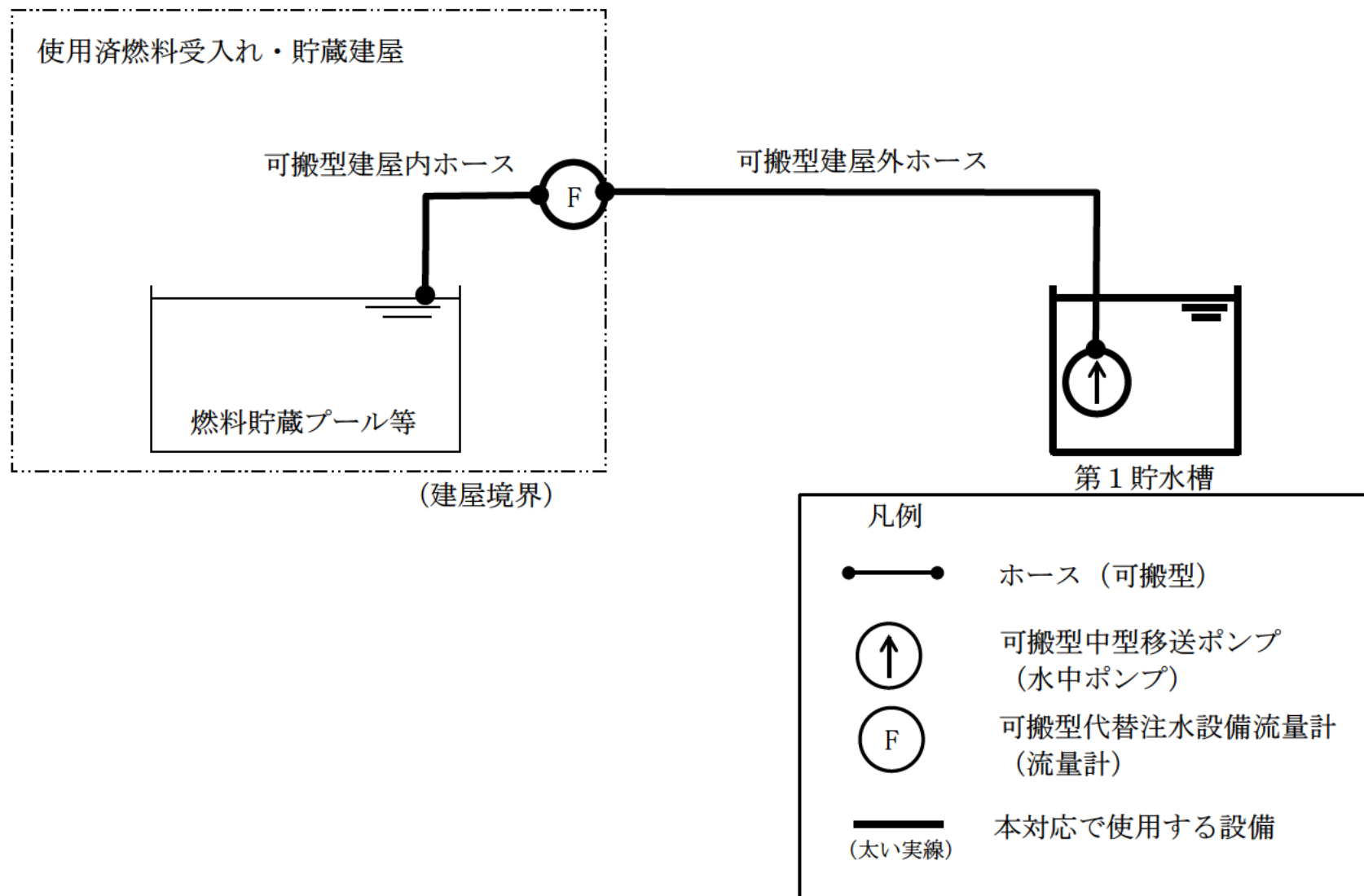
(つづき)

項 目	主要評価条件	条件設定の考え方
燃料貯蔵プールの保有水量	燃料貯蔵プール（PWR燃料用） 約 2,229m ³ 燃料貯蔵プール（BWR燃料用） 約 2,168m ³ 燃料貯蔵プール（BWR燃料及び PWR燃料用） 約 2,233m ³	「ピットゲート及びプールゲートの状態」に記載のとおり，個別の燃料貯蔵プールの保有水量のみを考慮する。
燃料貯蔵プールの崩壊熱	燃料貯蔵プール（PWR燃料用） 2,450 kW 燃料貯蔵プール（BWR燃料用） 1,490 kW 燃料貯蔵プール（BWR燃料及び PWR燃料用） 1,480 kW	使用済燃料の核種組成は，再処理する使用済燃料の冷却期間を4年及び12年として得られる核種組成を基に設定し，使用済燃料の崩壊熱は，これを基準として設定した崩壊熱密度により，各燃料貯蔵プールに貯蔵しうる最大値を設定。また，燃料貯蔵プール（PWR燃料用）の崩壊熱は，崩壊熱が大きい冷却期間4年のPWR燃料を最大量 600 t・U _{PR} 及び冷却期間12年のPWR燃料を 400 t・U _{PR} 貯蔵した場合の値を設定。燃料貯蔵プール（BWR燃料用）の崩壊熱は，冷却期間12年のBWR燃料を 1,000 t・U _{PR} 貯蔵した場合の値を設定。燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の崩壊熱は，冷却期間12年のPWR燃料及びBWR燃料をそれぞれ 500 t・U _{PR} 貯蔵した場合の値を設定。

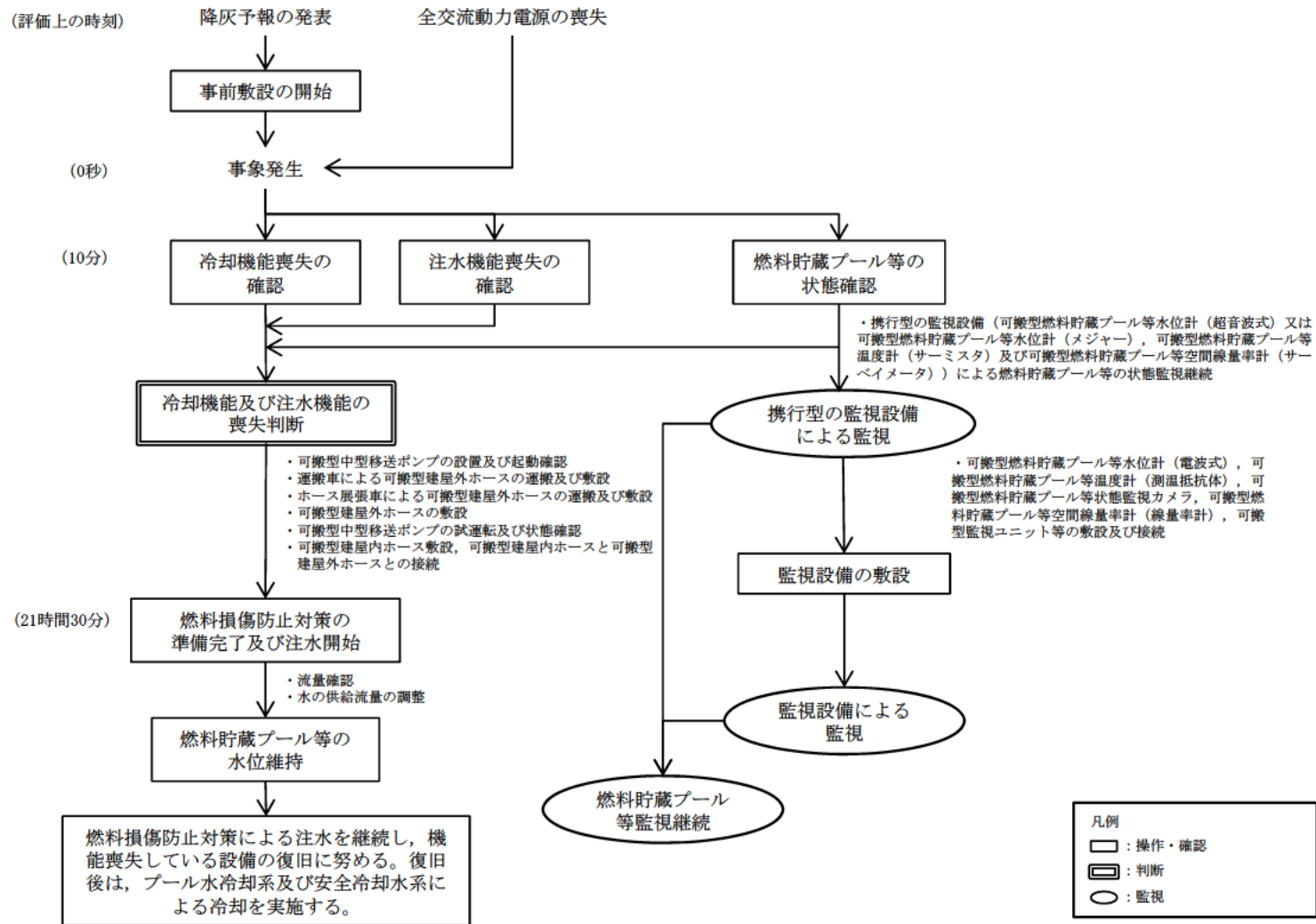
第 7.5－8 表 燃料貯蔵プール等のプール水が沸騰に至るまでの時間（想定事故 2）

建屋	機器グループ	機器名	沸騰に至るまでの時間
使用済燃料受入れ ・貯蔵建屋	燃料仮置きピット	燃料仮置きピット A	対象外※
		燃料仮置きピット B	対象外※
	燃料貯蔵プール	燃料貯蔵プール（BWR 燃料用）	約 57 時間
		燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）	約 35 時間
		燃料貯蔵プール（BWR 燃料及び PWR 燃料用）	約 59 時間
	燃料送出しピット	燃料送出しピット	対象外※

※燃料貯蔵プール等のプール水の沸騰に至るまでの時間が最も短くなるよう、燃料貯蔵プールにのみ使用済燃料の配置を想定することから、ピットは対象外。



第7.5-1図 燃料損傷防止対策系統概要図



第7.5-2図 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失」の対処手順の概要（想定事故1）（対応フロー）

対策	作業番号	作業班	要員数	所要時間※1 (時:分)	経過時間(時:分)																										
					0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00			
-	-	・実施責任者	1	-	[Timeline]																										
	-	・建屋対策班長	1	-	[Timeline]																										
	-	・現場管理者	1	-	[Timeline]																										
	-	・要員管理班	3	-	[Timeline]																										
	-	・情報管理班	3	-	[Timeline]																										
	-	・通信班長	1	1:15	→ 要員管理班へ合流																										
	-	・建屋外対応班長	1	-	[Timeline]																										
	放	1	放射線対応班長	1	-	[Timeline]																									
対策	作業番号	作業内容	作業班	要員数	所要時間※1 (時:分)	経過時間(時:分)																									
放射線 対応	放	2	・線量計貸出, 入域管理, 現場環境確認 初動対応)を行う 各種屋対策班の対策作業員への着装補助	放対2班	2	0:20	[Timeline]																								
	放	7	・出入管理区画設営(中央制御室用)	放対2班, 放対3班 放対4班, 放対5班	6	1:00	[Timeline]																								
	放	8	・出入管理区画運営(中央制御室用) 注)放射性物質の放出後は, 5の対応を追加する(11:00以降を想定)	放対2班, 放対3班 放対4班, 放対5班	6	-	[Timeline]																								
使用済燃料 受入れ・貯 蔵建屋	F	1	・保管場所への移動及び運搬車による可搬型重大事故等対応設備の運転	建屋内7班, 建屋内8班 建屋内9班, 建屋内10班 建屋内44班	10	7:50	[Timeline]																								
	F	2	・ホース敷設, 流量計設置及び建屋内外ホース接続	建屋内21班, 建屋内22班 建屋内24班, 建屋内25班	8	0:30	[Timeline]																								
	F	3	・注水開始, 流量確認	建屋内21班, 建屋内22班 建屋内24班, 建屋内25班	8	0:20	[Timeline]																								
	F	4	・監視設備配置, ケーブル敷設及び接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16	2:45	[Timeline]																								
	使用済燃料 損傷対策	F	5	・監視ユニットと計装ユニットの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16	0:35	[Timeline]																							
		F	6	・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機の起動	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8	0:20	[Timeline]																							
		F	7	・監視設備の起動確認及び状態確認	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8	0:20	[Timeline]																							
		F	8	・冷却ケースの設置	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8	0:40	[Timeline]																							
		F	9	・空冷ユニットと冷却ケースの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16	2:20	[Timeline]																							
		F	10	・計測ユニットと空冷ユニットの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8	0:30	[Timeline]																							
		F	11	・空冷ユニット系統起動及び起動状態確認	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8	0:40	[Timeline]																							
状態監視 燃料の 補給		状態監視	・状態監視(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機, 可搬型送風機) ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機への燃料の補給	建屋内1班, 建屋内2班 ※2	2	-	[Timeline]																								

※1: 各作業内容の実施に必要な時間を示す。複数回に分けて実施の場合は, 作業時間の合計
 ※2: 建屋内1班, 2班については, 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の建屋対策班長又は現場管理者が加わり対策を実施する。

第7.5-3図 想定事故1の燃料損傷防止対策に必要な要員及び作業項目(その1)

対策	作業番号	作業班	要員数	経過時間 時:分																								
				24:00	25:00	26:00	27:00	28:00	29:00	30:00	31:00	32:00	33:00	34:00	35:00	36:00	37:00	38:00	39:00	40:00	41:00	42:00	43:00	44:00	45:00	46:00	47:00	
-	-	-	・実施責任者	1																								
	-	-	・建屋対策班長	1																								
	-	-	・現場管理者	1																								
	-	-	・要員管理班	3																								
	-	-	・情報管理班	3																								
	-	-	・通信班長	1																								
	-	-	・建屋外対応班長	1																								
	-	-	・放射線対応班長	1																								
対策	作業番号	作業内容	作業班	要員数	経過時間 時:分																							
放射線 対応	放 2	・線量計貸出, 入域管理, 現場環境確認 初動対応)を行う 各種屋対策班の対策作業員への着装補助	放対2班	2																								
	放 7	・出入管理区画設営 (中央制御室用)	放対2班, 放対3班 放対4班, 放対5班	6																								
	放 8	・出入管理区画運営 (中央制御室用) 注) 放射性物質の放出後は, 5の対応を追加する (11:00以 降を想定)	放対2班, 放対3班 放対4班, 放対5班	6																								
使用済燃料 受入れ・貯 蔵建屋	F 1	・保管場所への移動及び運搬車による可搬型重大事故等対応 設備の運転	建屋内7班, 建屋内8班 建屋内9班, 建屋内10班 建屋内44班	10																								
	F 2	・ホース敷設, 流量計設置及び建屋内外ホース接続	建屋内21班, 建屋内22班 建屋内24班, 建屋内25班	8																								
	F 3	・注水開始, 流量確認	建屋内21班, 建屋内22班 建屋内24班, 建屋内25班	8																								
	F 4	・監視設備配置, ケーブル敷設及び接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16																								
	F 5	・監視ユニットと計装ユニットの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16																								
	F 6	・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機の起動	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																								
	F 7	・監視設備の起動確認及び状態確認	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																								
	F 8	・冷却ケースの設置	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																								
	F 9	・空冷ユニットと冷却ケースの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16																								
	F 10	・計測ユニットと空冷ユニットの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																								
	F 11	・空冷ユニット系統起動及び起動状態確認	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																								
状態監視 燃料の 補給	状態監視	・状態監視 (使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発 電機, 可搬型送風機) ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機への燃 料の補給	建屋内1班, 建屋内2班 ※2	2																								

※2: 建屋内1班, 2班については, 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の建屋対策班長又は現場管理者が加わり対策を実施する。

第7.5-3図 想定事故1の燃料損傷防止対策に必要な要員及び作業項目(その2)

対策	作業番号	作業班	要員数	経過時間 時：分																								
				48:00	49:00	50:00	51:00	52:00	53:00	54:00	55:00	56:00	57:00	58:00	59:00	60:00	61:00	62:00	63:00	64:00	65:00	66:00	67:00	68:00	69:00	70:00	71:00	
-	-	-	・実施責任者	1																								
	-	-	・建屋対策班長	1																								
	-	-	・現場管理者	1																								
	-	-	・要員管理班	3																								
	-	-	・情報管理班	3																								
	-	-	・通信班長	1																								
	-	-	・建屋外対応班長	1																								
	放	1	放	放射線対応班長	1																							
対策	作業番号	作業内容	作業班	要員数	経過時間 時：分																							
放射線 対応	放	2	・線量計貸出、入域管理、現場環境確認 初動対応)を行う 各種屋対策班の対策作業員への着装補助	放対2班	2																							
	放	7	・出入管理区画設営(中央制御室用)	放対2班, 放対3班 放対4班, 放対5班	6																							
	放	8	・出入管理区画運営(中央制御室用) 注)放射性物質の放出後は、5の対応を追加する(11:00以降を想定)	放対2班, 放対3班 放対4班, 放対5班	6																							
使用済燃料 受入れ・貯 蔵建屋	F	1	・保管場所への移動及び運搬車による可搬型重大事故等対応 設備の運搬	建屋内7班, 建屋内8班 建屋内9班, 建屋内10班 建屋内44班	10																							
	F	2	・ホース敷設, 流量計設置及び建屋内外ホース接続	建屋内21班, 建屋内22班 建屋内24班, 建屋内25班	8																							
	F	3	・注水開始, 流量確認	建屋内21班, 建屋内22班 建屋内24班, 建屋内25班	8																							
	F	4	・監視設備配置, ケーブル敷設及び接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16																							
	F	5	・監視ユニットと計装ユニットの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16																							
	F	6	・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機の起動	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																							
	F	7	・監視設備の起動確認及び状態確認	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																							
	F	8	・冷却ケースの設置	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																							
	F	9	・空冷ユニットと冷却ケースの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16																							
	F	10	・計測ユニットと空冷ユニットの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																							
	F	11	・空冷ユニット系統起動及び起動状態確認	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																							
状態監視 燃料の 補給	状態監視	・状態監視(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機, 可搬型送風機) ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機への燃料の補給	建屋内1班, 建屋内2班 ※2	2																								

※2: 建屋内1班, 2班については, 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の建屋対策班長又は現場管理者が加わり対策を実施する。

第7.5-3図 想定事故1の燃料損傷防止対策に必要な要員及び作業項目(その3)

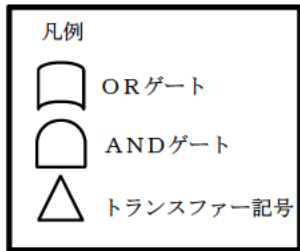
作業番号	作業内容	作業班	要員数	所要時間※ (時:分)	経過時間(時:分)																							
					0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
-	・建屋外対応班長の作業の補助	建屋外対応班員	1	-	[Timeline bar from 0:00 to 23:00]																							
燃	3 ・軽油用タンクローリーから可搬型発電機用容器(ドラム缶等)への燃料の補給及び軽油用タンクローリーの移動(使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用1台及び環境監視測定設備用3台)	燃料給油3班	1	-	燃2 → 建屋外3班 (6:00-7:00) → 燃2 → 建屋外3班 (15:00-16:00)																							
燃	4 ・軽油用タンクローリーから可搬型空気圧縮機用容器(ドラム缶等)への燃料の補給及び軽油用タンクローリーの移動(可搬型計測ユニット用空気圧縮機1台)	燃料給油3班	1	-	燃5 → 燃5 (6:00-7:00) → 燃5 (15:00-16:00)																							
燃	6 ・軽油貯槽から可搬型中型移送ポンプ用容器(ドラム缶等)への燃料の補給及び可搬型中型移送ポンプ用容器(ドラム缶等)の運搬(使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用1台)	建屋外1班	2	-	建屋外1班 (9:00-23:00)																							
外	3 ・ホイールロードの確認	建屋外1班, 建屋外8班	3	0:10	建屋外1, 8班 → 外5 (建屋外8班) → 外17-1 (建屋外1班)																							
外	5 ・アクセスートの整備 除雪, 除灰(対応する作業班の1人がホイールロードにて作業する。)	建屋外1班, 建屋外2班, 建屋外4班, 建屋外5班, 建屋外6班, 建屋外7班, 建屋外8班	13	-	外3 (建屋外8班) → 建屋外1, 8班 → 外9 (建屋外2班) → 建屋外2, 8班 → 外21 (建屋外1班) → 外30 (建屋外4班) → 建屋外4, 8班 → 建屋外4班 → 外47 (建屋外8班) → 外42 → 外46 (建屋外5班) → 建屋外5班 → 外51																							
外	6 ・使用する資機材の確認	建屋外2班, 建屋外3班, 建屋外4班, 建屋外5班, 建屋外6班	10	0:20	建屋外2, 3, 4, 5, 6班																							
外	7 ・第1貯水槽取水準備	建屋外2班, 建屋外3班, 建屋外4班, 建屋外5班, 建屋外6班	10	0:10	外8 (建屋外2班) → 外10 (建屋外3班) → 外11 (建屋外4, 5班) → 外25 (建屋外6班)																							
外	37 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の可搬型中型移送ポンプ運搬車による可搬型中型移送ポンプの運搬	建屋外7班	2	0:10	外2 → 外38 → 外13																							
外	38 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の可搬型中型移送ポンプの設置及び起動確認	建屋外4班, 建屋外5班, 建屋外7班	6	0:30	外26 (建屋外4, 5班) → 外37 (建屋外7班) → 建屋外4, 5, 7班 → 外13																							
外	39 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用のホース展張車で敷設する可搬型建屋外ホースの準備	建屋外3班	2	0:30	建屋外3班 → 外26 → 外28																							
外	40 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の運搬車で運搬する可搬型建屋外ホースの準備(金具類, 可搬型流量計, 可搬型圧力計)	建屋外3班	2	0:30	外20 → 建屋外3班																							
外	41 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の運搬車による可搬型建屋外ホースの設置(金具類, 可搬型流量計, 可搬型圧力計)	建屋外3班	2	1:30	外20 → 建屋外3班 → 外34																							
外	42 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用のホース展張車による可搬型建屋外ホースの敷設及び接続	建屋外4班, 建屋外5班, 建屋外6班, 建屋外7班	8	0:30	外5 (建屋外4班) → 外68 (建屋外5, 6, 7班) → 建屋外4, 5, 6, 7班 → 外43 → 外42 → 建屋外4, 5, 6, 7班 → 外45 (建屋外4, 5班) → 外48 (建屋外6, 7班)																							
外	43 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の可搬型建屋外ホースの敷設(使用済燃料受入れ・貯蔵建屋)	建屋外4班, 建屋外5班, 建屋外6班, 建屋外7班	8	1:00	外42 → 建屋外4, 5, 6, 7班 → 外45 (建屋外4, 5班) → 外48 (建屋外6, 7班)																							
外	44 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の可搬型中型移送ポンプの試運転(使用済燃料受入れ・貯蔵建屋)	建屋外1班	2	0:30	建屋外1班 → 外24, 36 → 建屋外1班 → 外24, 36																							
外	45 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の可搬型建屋外ホースの状態確認(使用済燃料受入れ・貯蔵建屋)	建屋外4班, 建屋外5班	4	0:30	外43 → 建屋外4, 5班 → 外43																							
外	46 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の可搬型建屋外ホースと可搬型建屋内ホースとの接続	建屋外4班, 建屋外5班	4	0:30	外43 → 外5 (建屋外5班) → 外50 (建屋外4班)																							
外	47 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋へけん引車にて建屋外設備(可搬型空冷ユニット等)の運搬	建屋外8班	1	7:50	外5 → 建屋外8班																							
外	48 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋への水の供給流量及び圧力の調整	建屋外6班, 建屋外7班	4	0:30	外43 → 建屋外6, 7班 → 外51 → 外5																							
外	49 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋への水の供給及び状態監視(流量, 圧力, 第1貯水槽の水位) ・可搬型中型移送ポンプへの燃料の補給	建屋外1班	2	-	建屋外1班																							

※:各作業内容の実施に必要な時間を示す。(複数回に分けて実施の場合は,作業時間の合計)

第7.5-4図 想定事故1の燃料損傷防止対策に必要な要員及び作業項目(建屋外)(その1)

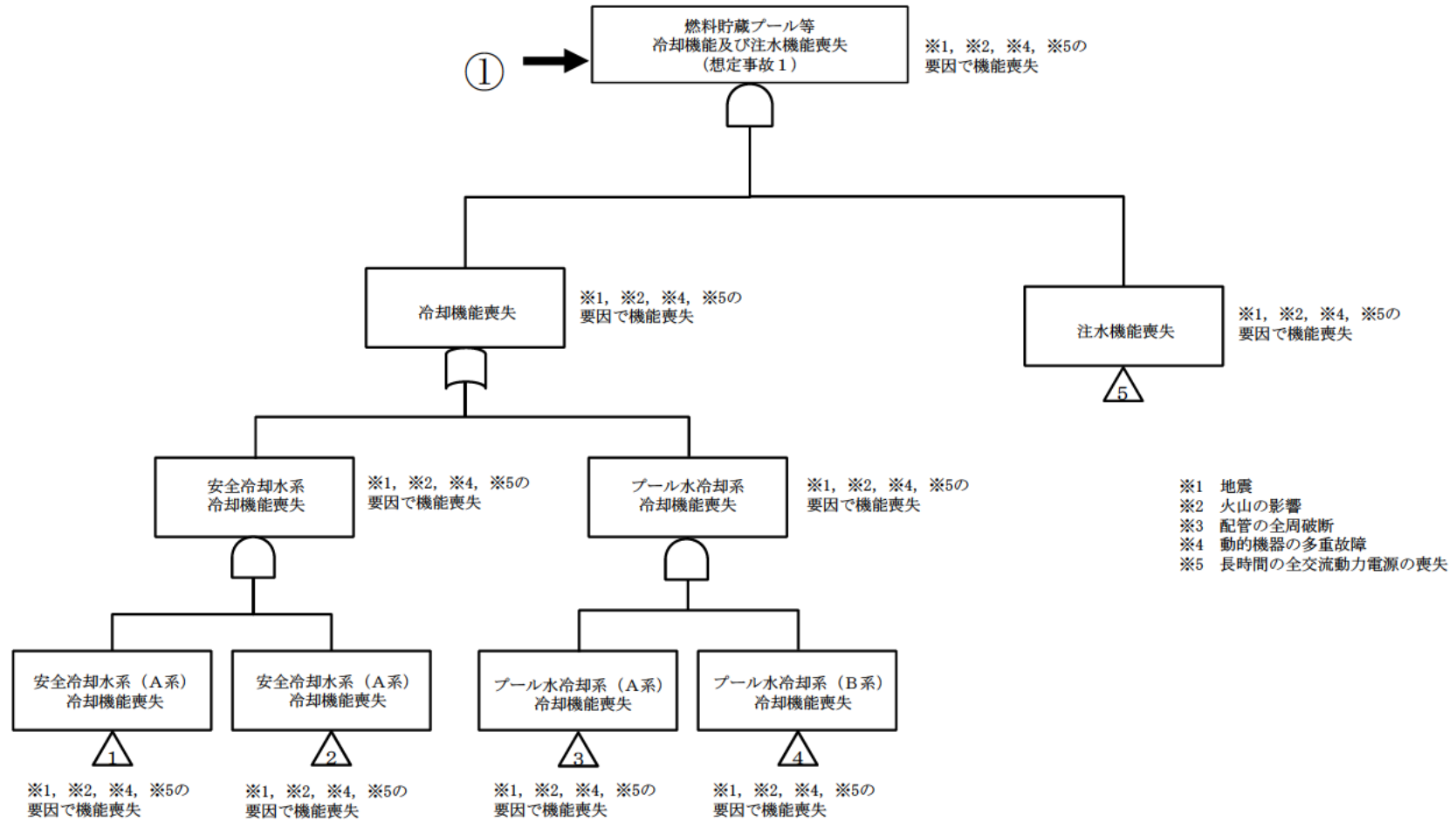
作業番号	作業内容	作業班	要員数	経過時間 (時:分)																												
				48:00	49:00	50:00	51:00	52:00	53:00	54:00	55:00	56:00	57:00	58:00	59:00	60:00	61:00	62:00	63:00	64:00	65:00	66:00	67:00	68:00	69:00	70:00	71:00					
-	-	・建屋外対応班長の作業の補助	建屋外対応班員	1																												
燃	3	・軽油用タンクローリから可搬型発電機用容器（ドラム缶等）への燃料の補給及び軽油用タンクローリの移動（使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用1台及び環境監視測定設備用3台）	燃料給油3班	1	燃2 → 建屋外3班 → 燃5																											
燃	4	・軽油用タンクローリから可搬型空気圧縮機用容器（ドラム缶等）への燃料の補給及び軽油用タンクローリの移動（可搬型計測ユニット用空気圧縮機用1台）	燃料給油3班	1	燃2 → 建屋外3班 → 燃5																											
燃	6	・軽油貯槽から可搬型中型移送ポンプ用容器（ドラム缶等）への燃料の補給及び可搬型中型移送ポンプ用容器（ドラム缶等）の運搬（使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用1台）	建屋外1班	2	建屋外1班																											
外	3	・ホイールロードの確認	建屋外1班, 建屋外8班	3																												
外	5	・アクセスラートの整備 除雪, 除灰 (対応する作業班の1人がホイールロードにて作業する。)	建屋外1班, 建屋外2班 建屋外4班, 建屋外5班 建屋外6班, 建屋外7班 建屋外8班	13	アクセスラートの状態を確認し, 建屋外4, 5, 6, 7, 8班にて, 対応する。																											
外	6	・使用する資機材の確認	建屋外2班, 建屋外3班 建屋外4班, 建屋外5班 建屋外6班	10																												
外	7	・第1貯水槽取水準備	建屋外2班, 建屋外3班 建屋外4班, 建屋外5班 建屋外6班	10																												
外	37	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の可搬型中型移送ポンプ運搬車による可搬型中型移送ポンプの運搬	建屋外7班	2																												
外	38	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の可搬型中型移送ポンプの設置及び起動確認	建屋外4班, 建屋外5班 建屋外7班	6																												
外	39	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用のホース展張車で敷設する可搬型建屋外ホースの準備	建屋外3班	2																												
外	40	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の運搬車で運搬する可搬型建屋外ホースの準備（金具類, 可搬型流量計, 可搬型圧力計）	建屋外3班	2																												
外	41	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の運搬車による可搬型建屋外ホースの設置（金具類, 可搬型流量計, 可搬型圧力計）	建屋外3班	2																												
外	42	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用のホース展張車による可搬型建屋外ホースの敷設及び接続	建屋外4班, 建屋外5班 建屋外6班, 建屋外7班	8																												
外	43	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の可搬型建屋外ホースの敷設（使用済燃料受入れ・貯蔵建屋ホース展張車侵入不可部分の人手による運搬及び敷設）	建屋外4班, 建屋外5班 建屋外6班, 建屋外7班	8																												
外	44	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の可搬型中型移送ポンプの試運転（使用済燃料受入れ・貯蔵建屋）	建屋外1班	2																												
外	45	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の可搬型建屋外ホースの状態確認（使用済燃料受入れ・貯蔵建屋）	建屋外4班, 建屋外5班	4																												
外	46	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋用の可搬型建屋外ホースと可搬型建屋内ホースとの接続	建屋外4班, 建屋外5班	4																												
外	47	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋へけん引車にて建屋外設備（可搬型空冷ユニット等）の運搬	建屋外8班	1																												
外	48	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋への水の供給流量及び圧力の調整	建屋外6班, 建屋外7班	4																												
外	49	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋への水の供給及び状態監視（流量, 圧力, 第1貯水槽の水位） ・可搬型中型移送ポンプへの燃料の補給	建屋外1班	2	建屋外1班																											

第7.5-4図 想定事故1の燃料損傷防止対策に必要な要員及び作業項目（建屋外）（その3）

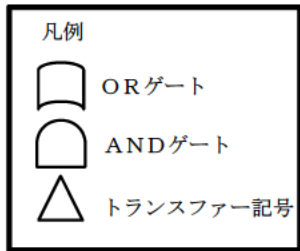


燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処手段

- ①代替注水設備による注水 (SA)
- ②共通電源車を用いた冷却機能等の回復
- ③サイフォンブレーカによる漏えい抑制 (SA)

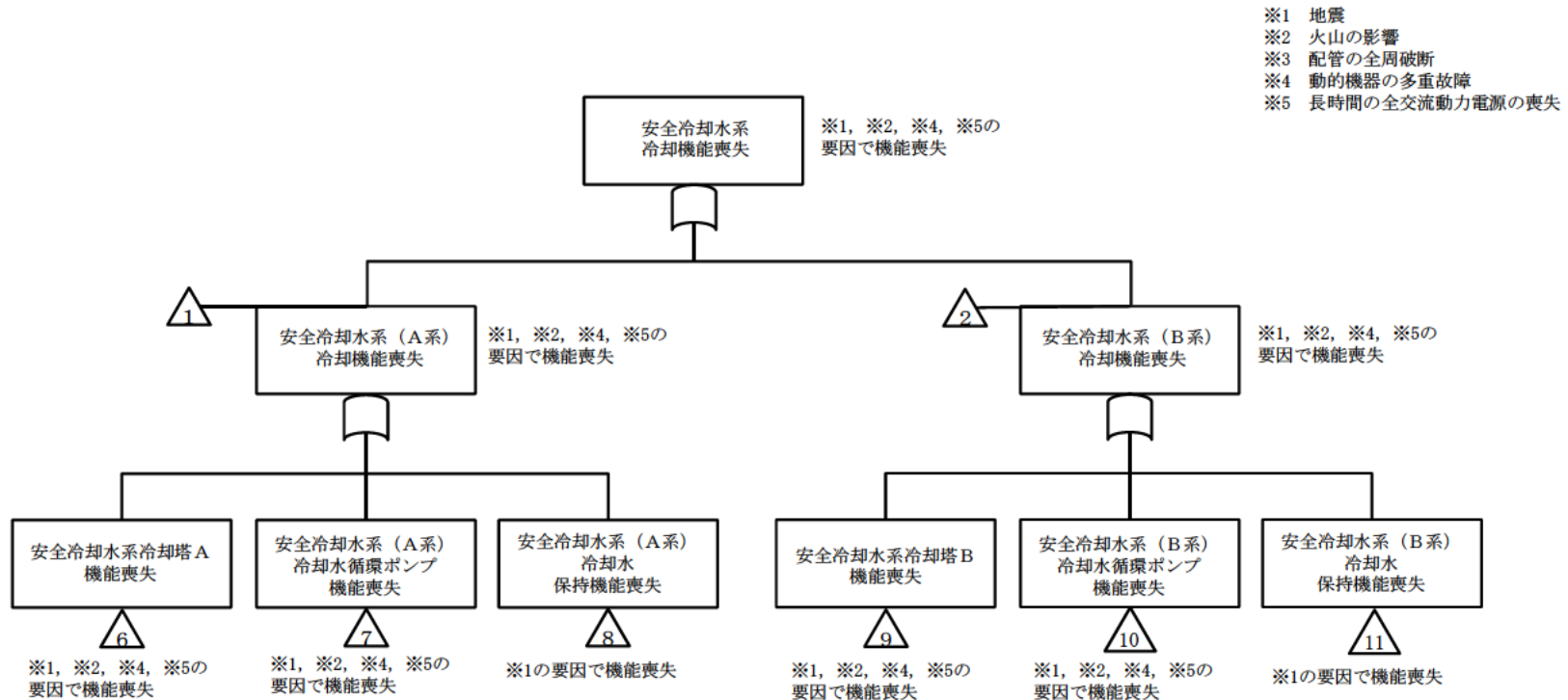


第7.5-5図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (1/16)

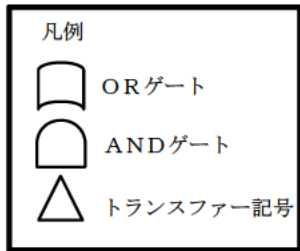


燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処手段

- ①代替注水設備による注水 (SA)
- ②共通電源車を用いた冷却機能等の回復
- ③サイフォンブレーカによる漏えい抑制 (SA)



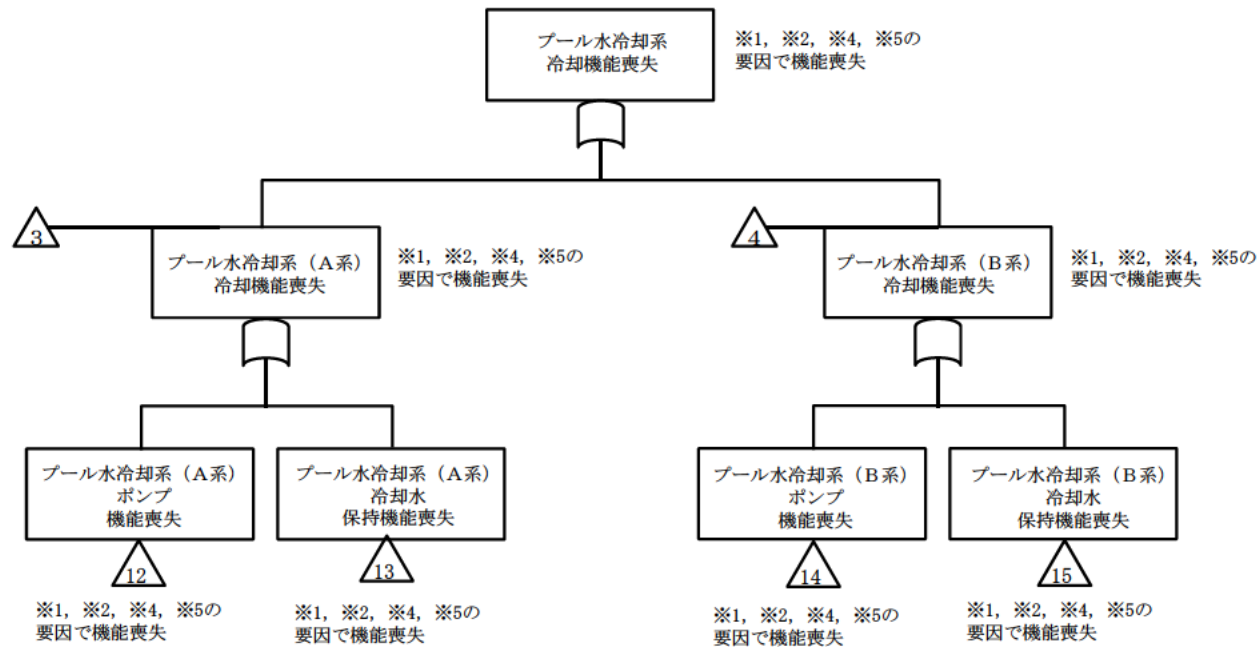
第7.5-5図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (2/16)



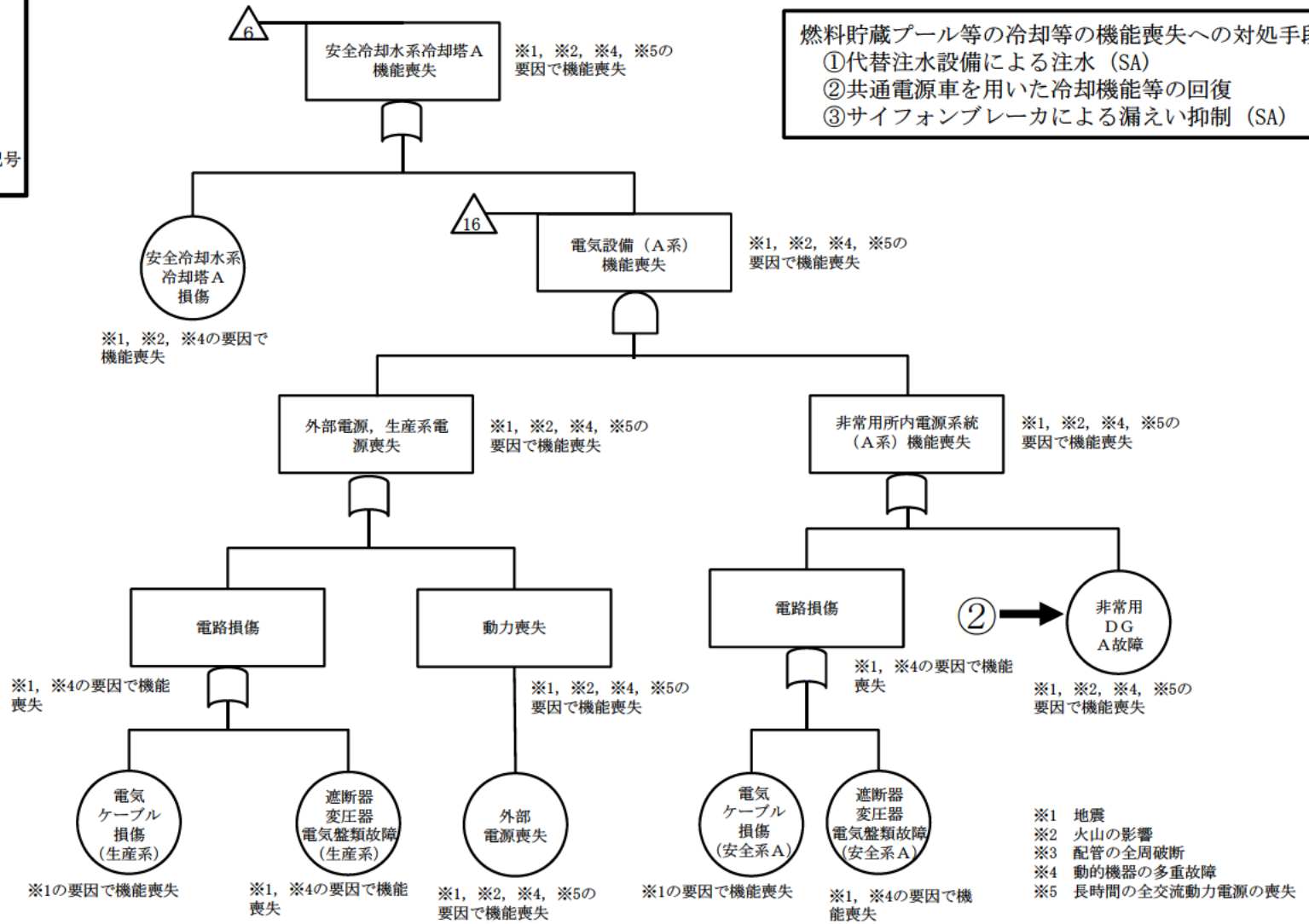
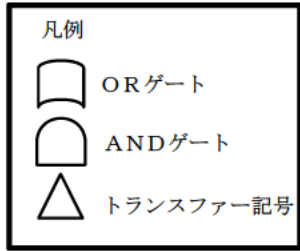
燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処手段

- ①代替注水設備による注水 (SA)
- ②共通電源車を用いた冷却機能等の回復
- ③サイフォンブレーカによる漏えい抑制 (SA)

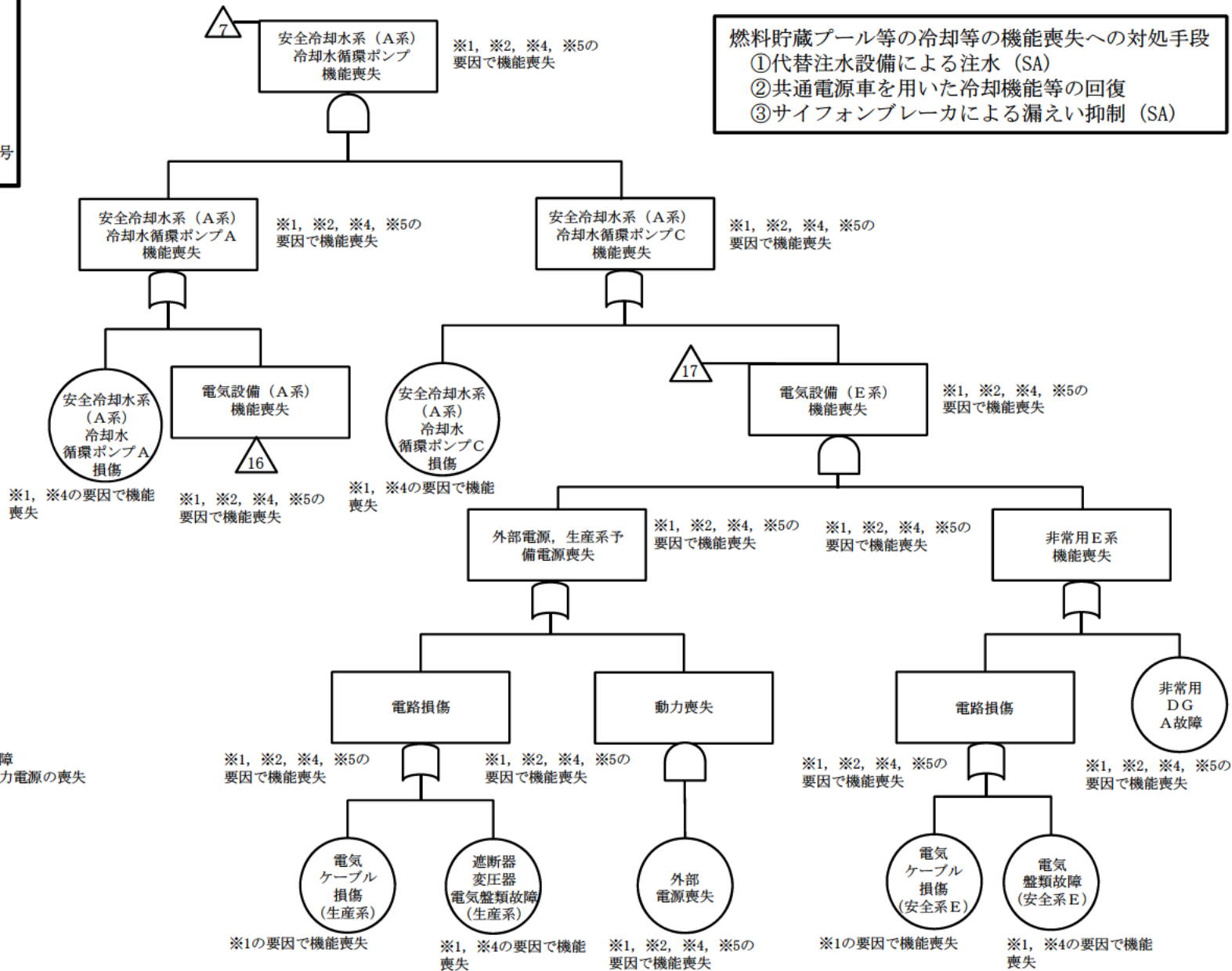
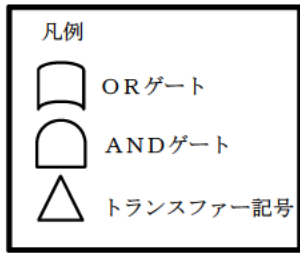
- ※1 地震
- ※2 火山の影響
- ※3 配管の全周破断
- ※4 動的機器の多重故障
- ※5 長時間の全交流動力電源の喪失



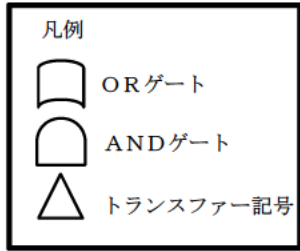
第7.5-5 図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策の
フォールトツリー分析 (3/16)



第7.5-5 図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (4/16)



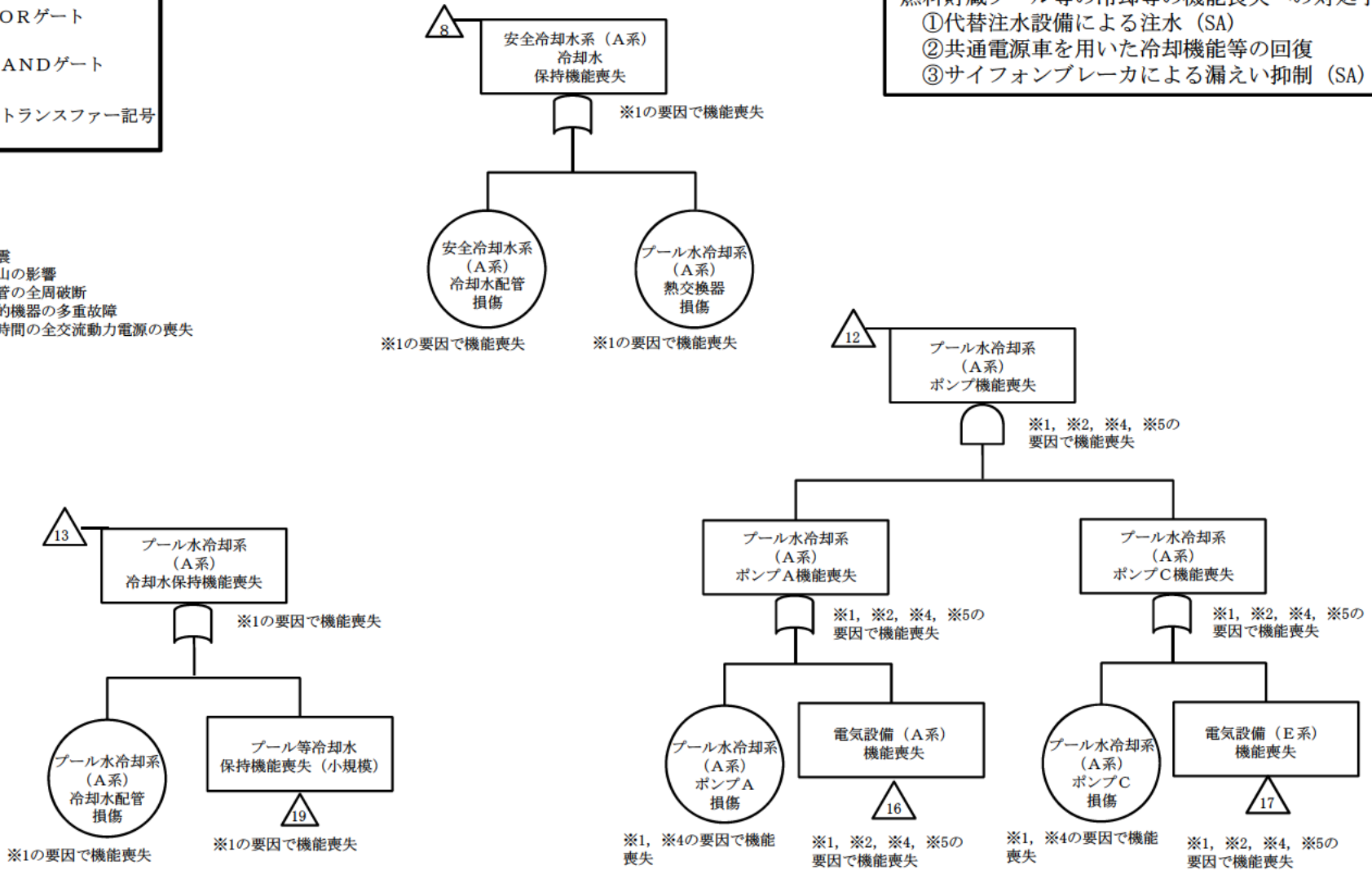
第7.5-5 図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (5/16)



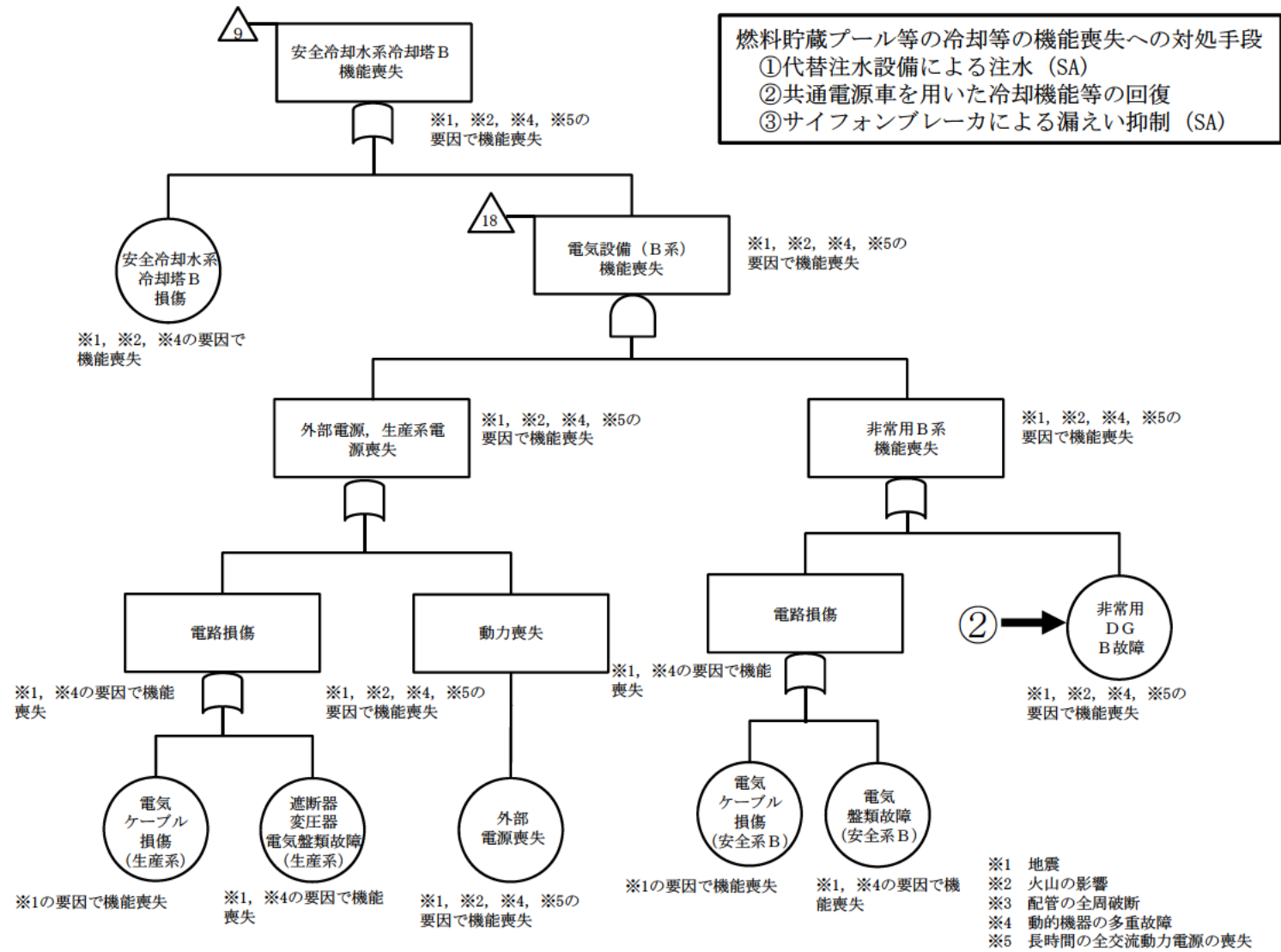
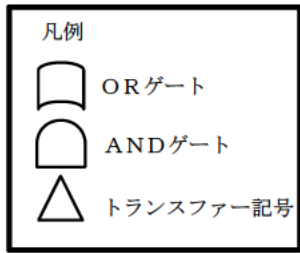
- ※1 地震
- ※2 火山の影響
- ※3 配管の全周破断
- ※4 動的機器の多重故障
- ※5 長時間の全交流動力電源の喪失

燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処手段

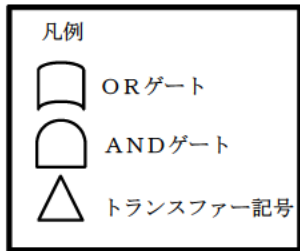
- ①代替注水設備による注水 (SA)
- ②共通電源車を用いた冷却機能等の回復
- ③サイフォンブレーカによる漏えい抑制 (SA)



第7.5-5図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (6/16)

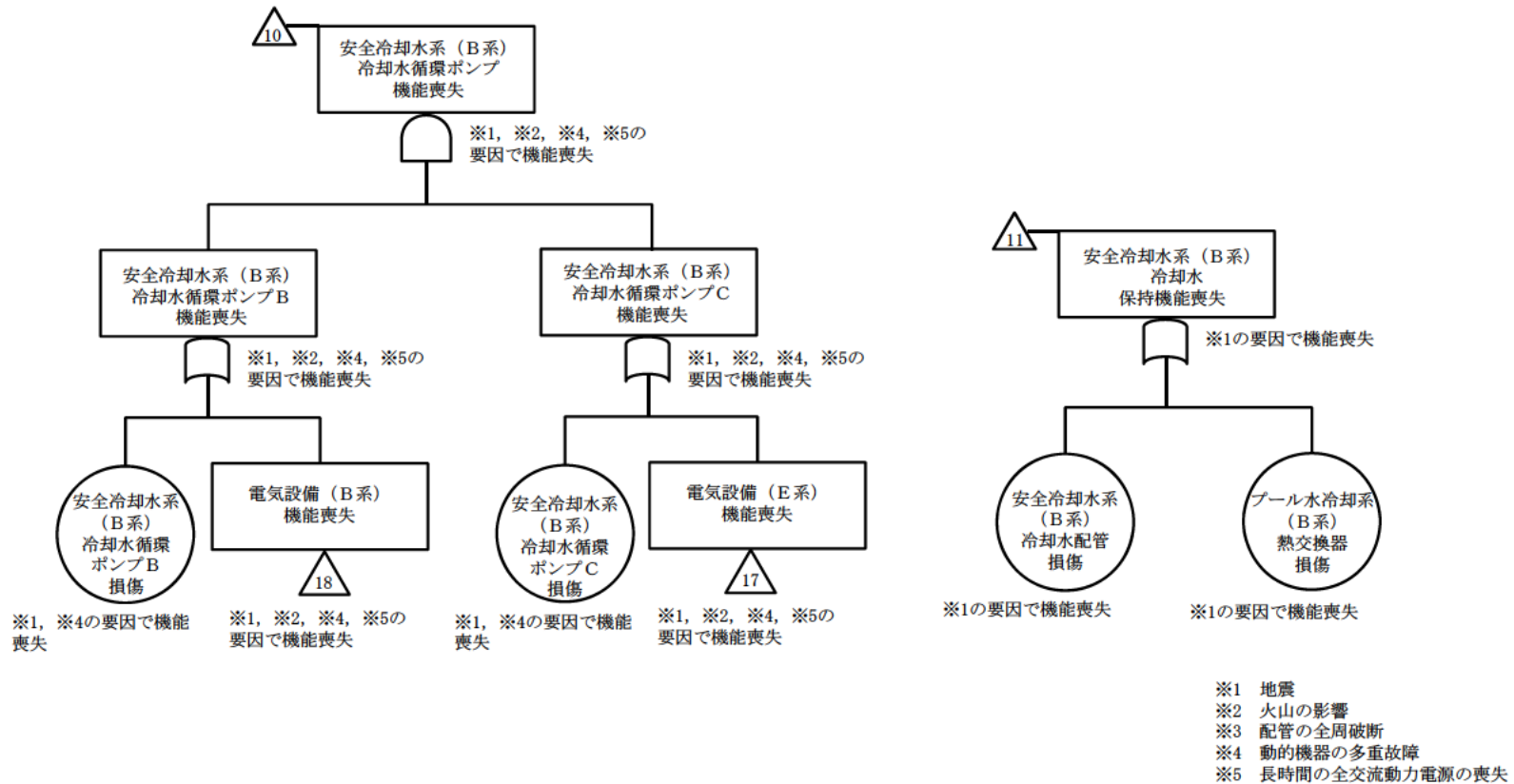


第7.5-5 図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (7/16)

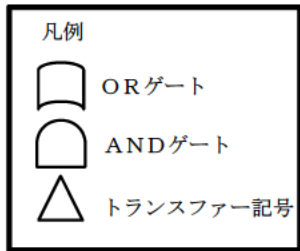


燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処手段

- ①代替注水設備による注水 (SA)
- ②共通電源車を用いた冷却機能等の回復
- ③サイフォンブレーカによる漏えい抑制 (SA)

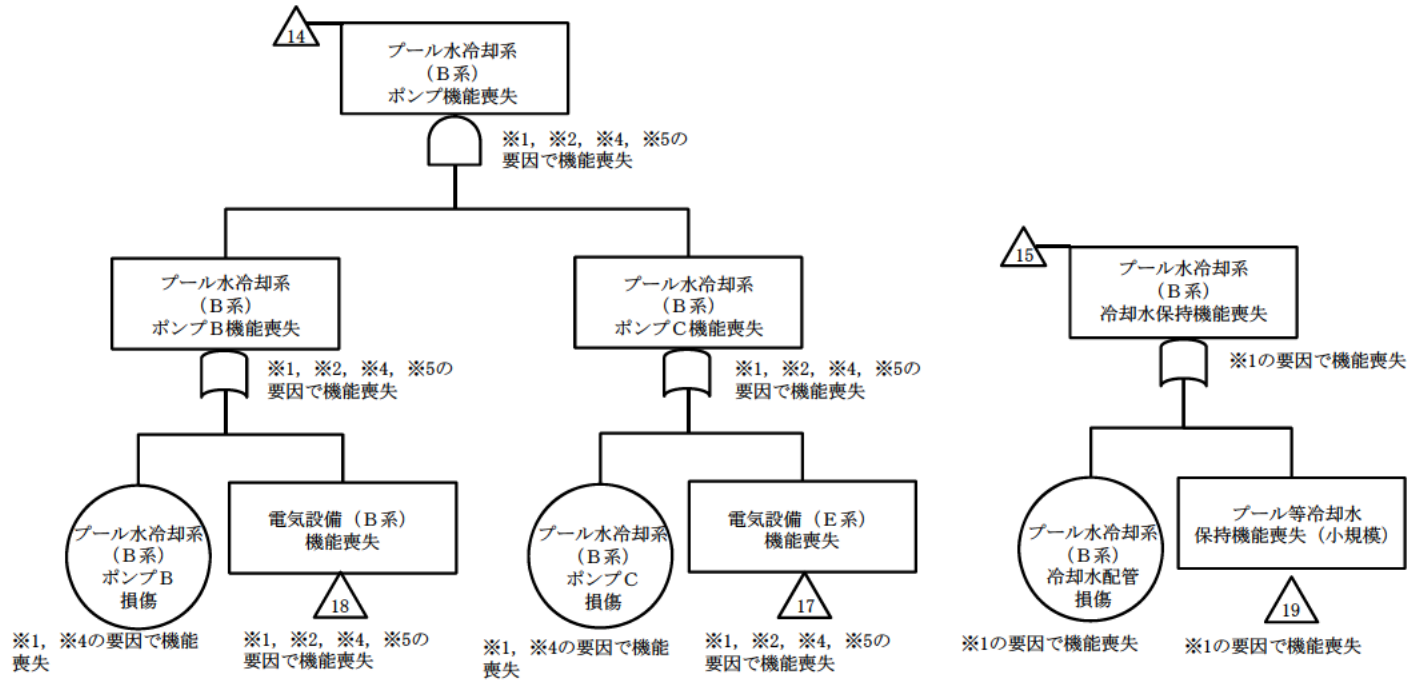


第7.5-5図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (8/16)



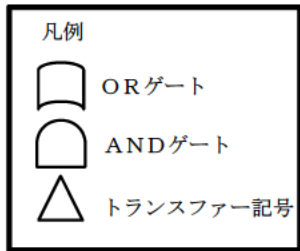
燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処手段

- ①代替注水設備による注水 (SA)
- ②共通電源車を用いた冷却機能等の回復
- ③サイフォンブレーカによる漏えい抑制 (SA)



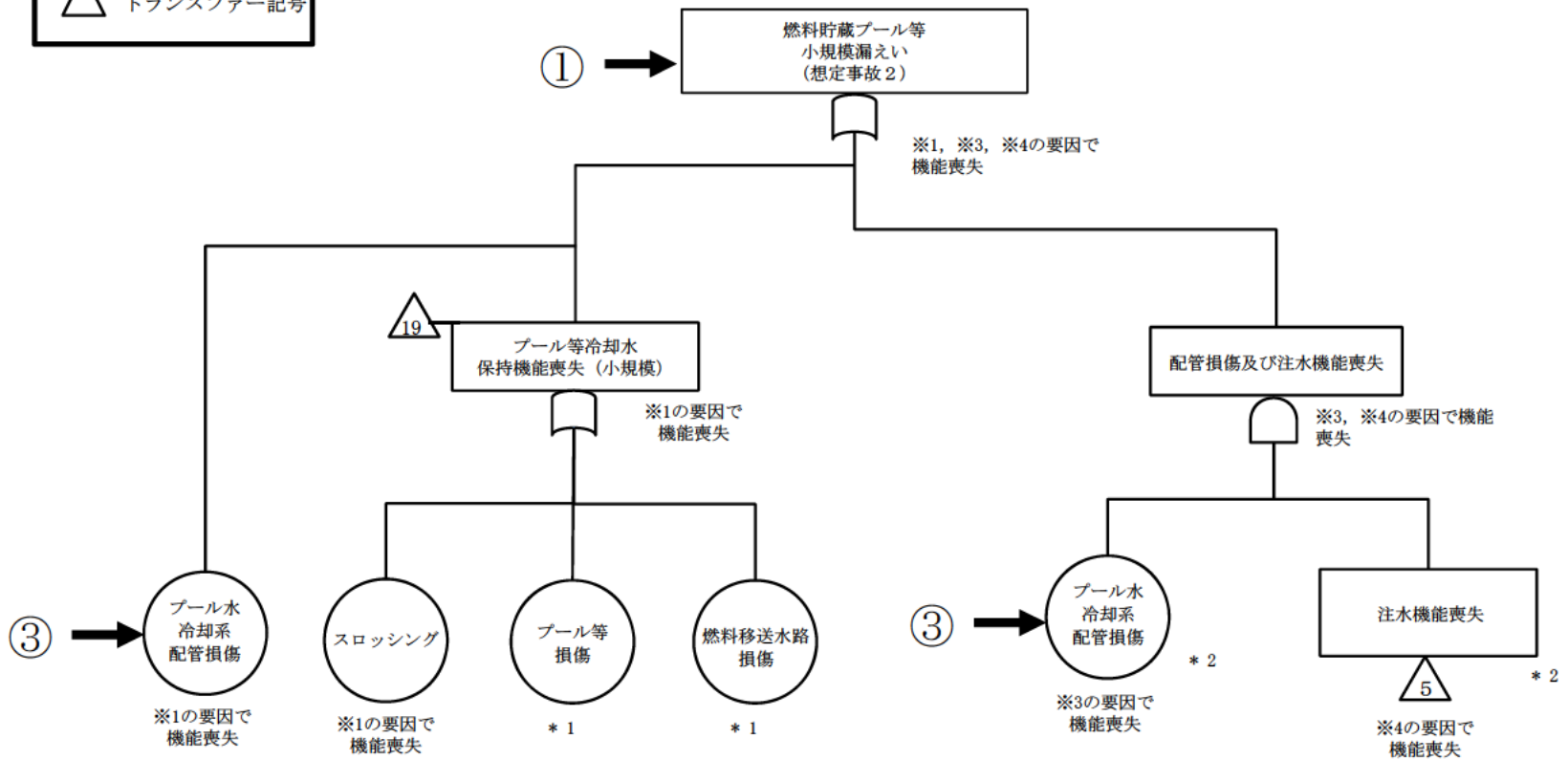
- ※1 地震
- ※2 火山の影響
- ※3 配管の全周破断
- ※4 動的機器の多重故障
- ※5 長時間の全交流動力電源の喪失

第7.5-5 図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (9/16)



燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処手段

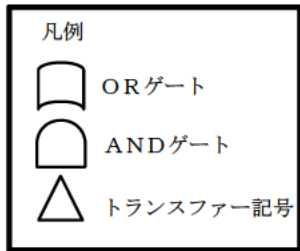
- ①代替注水設備による注水 (SA)
- ②共通電源車を用いた冷却機能等の回復
- ③サイフォンブレーカによる漏えい抑制 (SA)



- * 1 基準地震動の1.2倍の地震動を考慮した際に機能維持できる設計であり、機能喪失しない。
- * 2 プール水冷却系の配管からの漏えいによるサイフォン効果によりプール水が漏えいし燃料貯蔵プール等の水位低下に至ることを踏まえ重大事故の発生を仮定する際の条件を超える条件として、プール水冷却系の配管の全周破断と補給水設備等の多重故障を想定し、内的事象による想定事故2の発生を想定する。

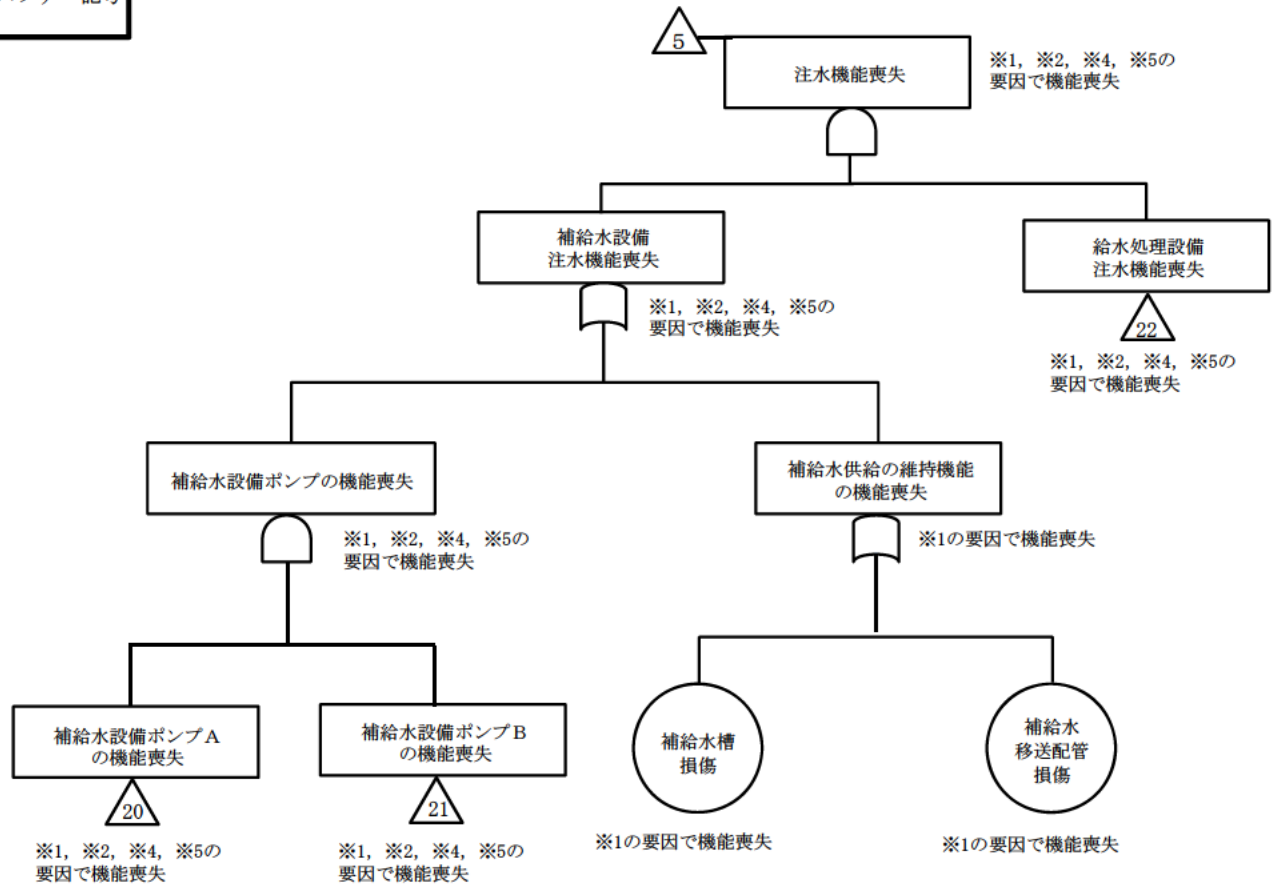
- ※1 地震
- ※2 火山の影響
- ※3 配管の全周破断
- ※4 動的機器の多重故障
- ※5 長時間の全交流動力電源の喪失

第7.5-5 図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (10/16)



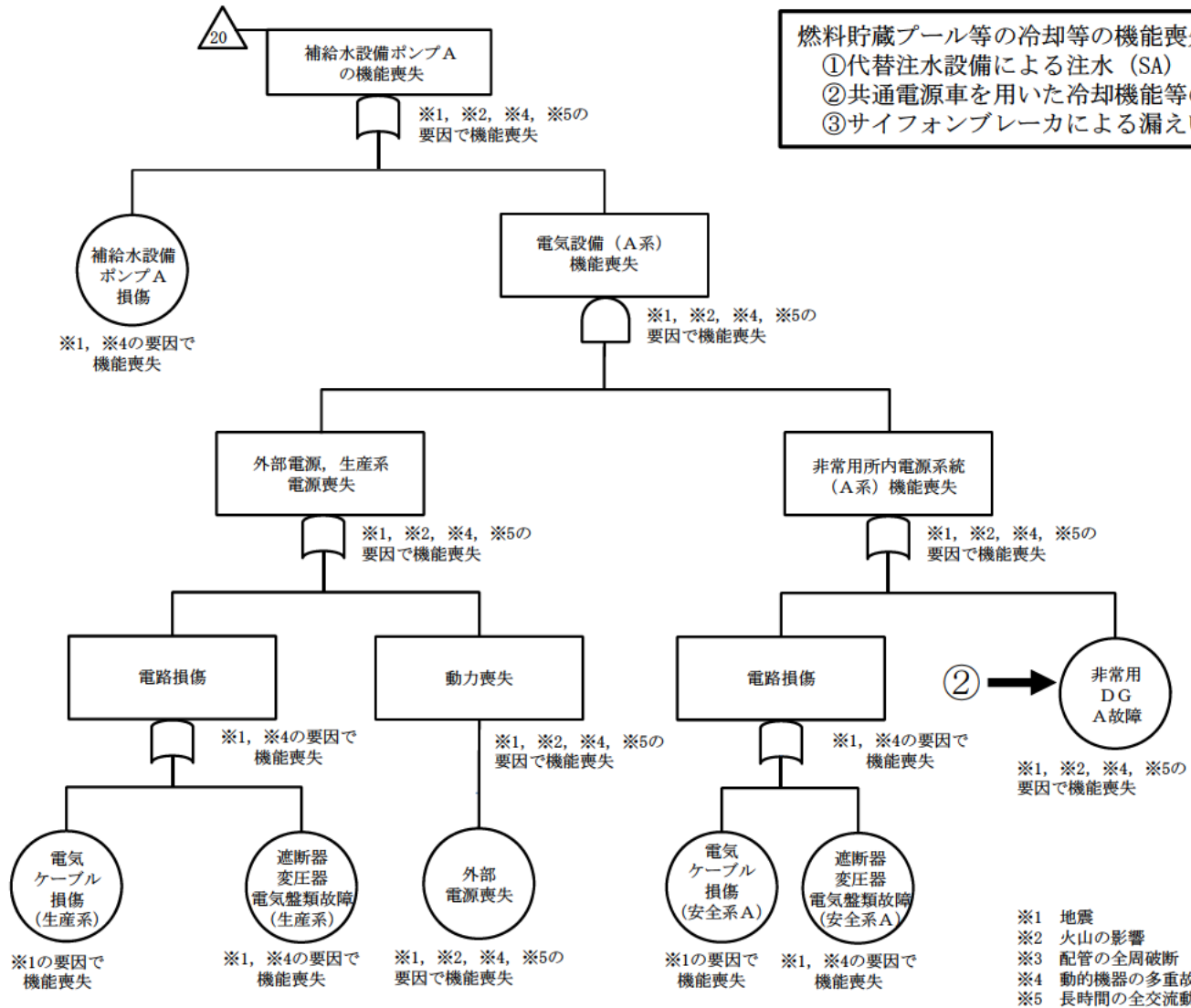
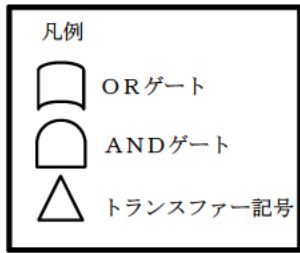
燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処手段

- ①代替注水設備による注水 (SA)
- ②共通電源車を用いた冷却機能等の回復
- ③サイフォンブレーカによる漏えい抑制 (SA)

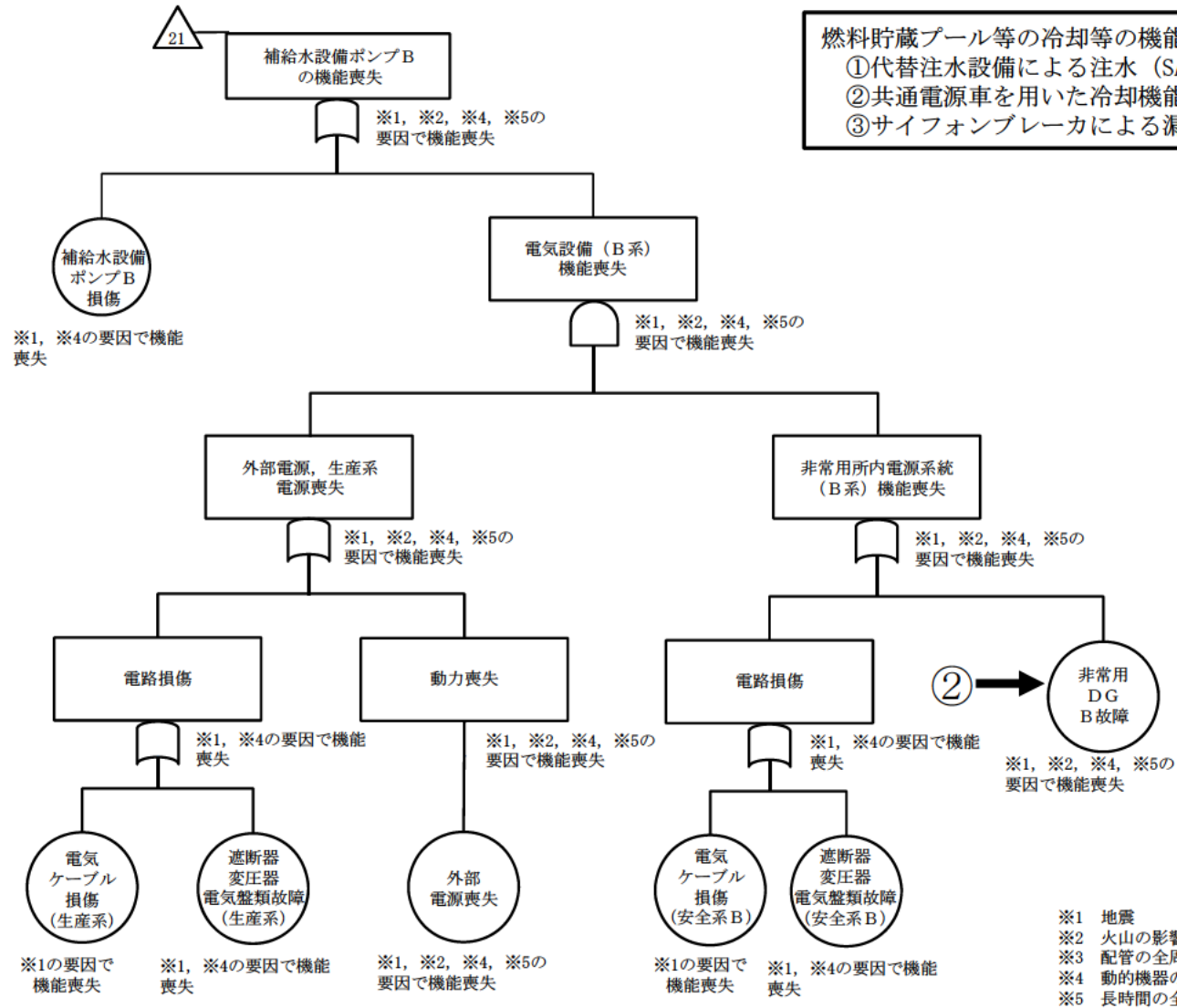
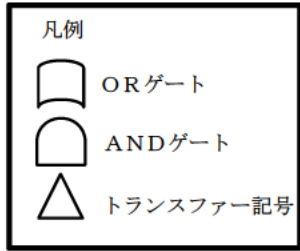


- ※1 地震
- ※2 火山の影響
- ※3 配管の全周破断
- ※4 動的機器の多重故障
- ※5 長時間の全交流動力電源の喪失

第7.5-5 図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策の
フォールトツリー分析 (11/16)



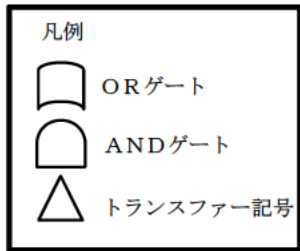
第7.5-5 図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (12/16)



燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処手段

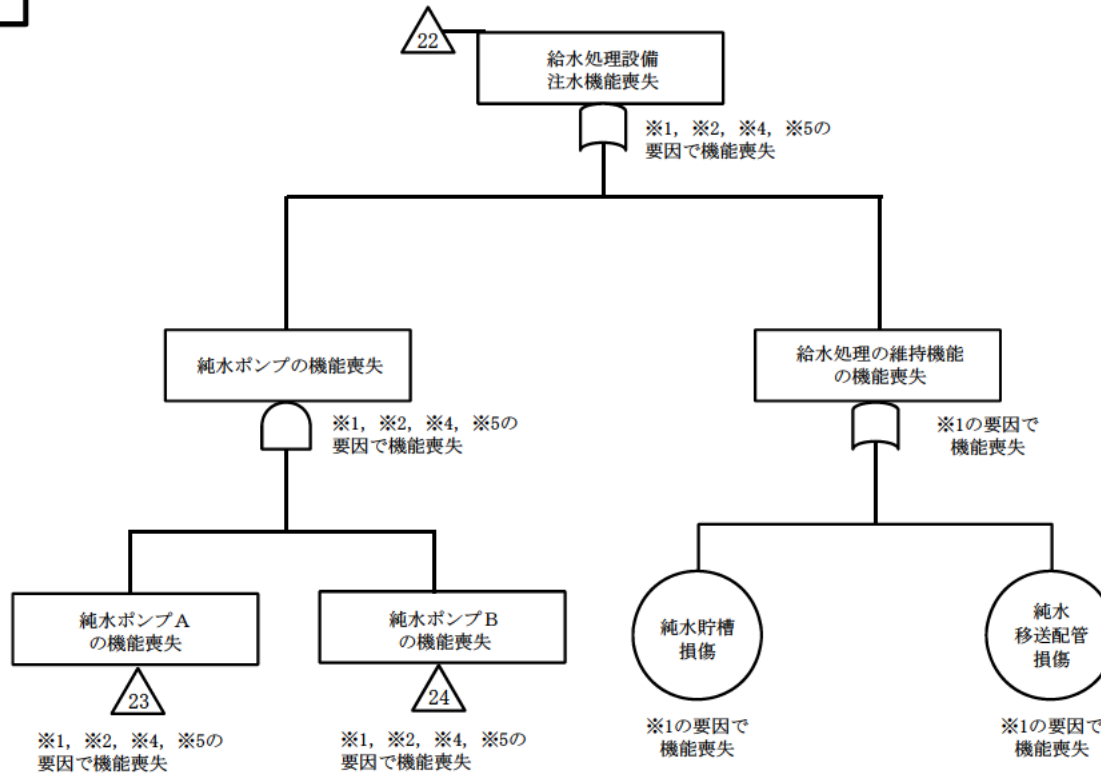
- ①代替注水設備による注水 (SA)
- ②共通電源車を用いた冷却機能等の回復
- ③サイフォンブレーカによる漏えい抑制 (SA)

第7.5-5 図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (13/16)



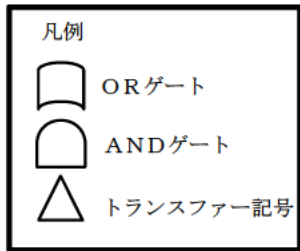
燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処手段

- ①代替注水設備による注水 (SA)
- ②共通電源車を用いた冷却機能等の回復
- ③サイフォンブレーカによる漏えい抑制 (SA)



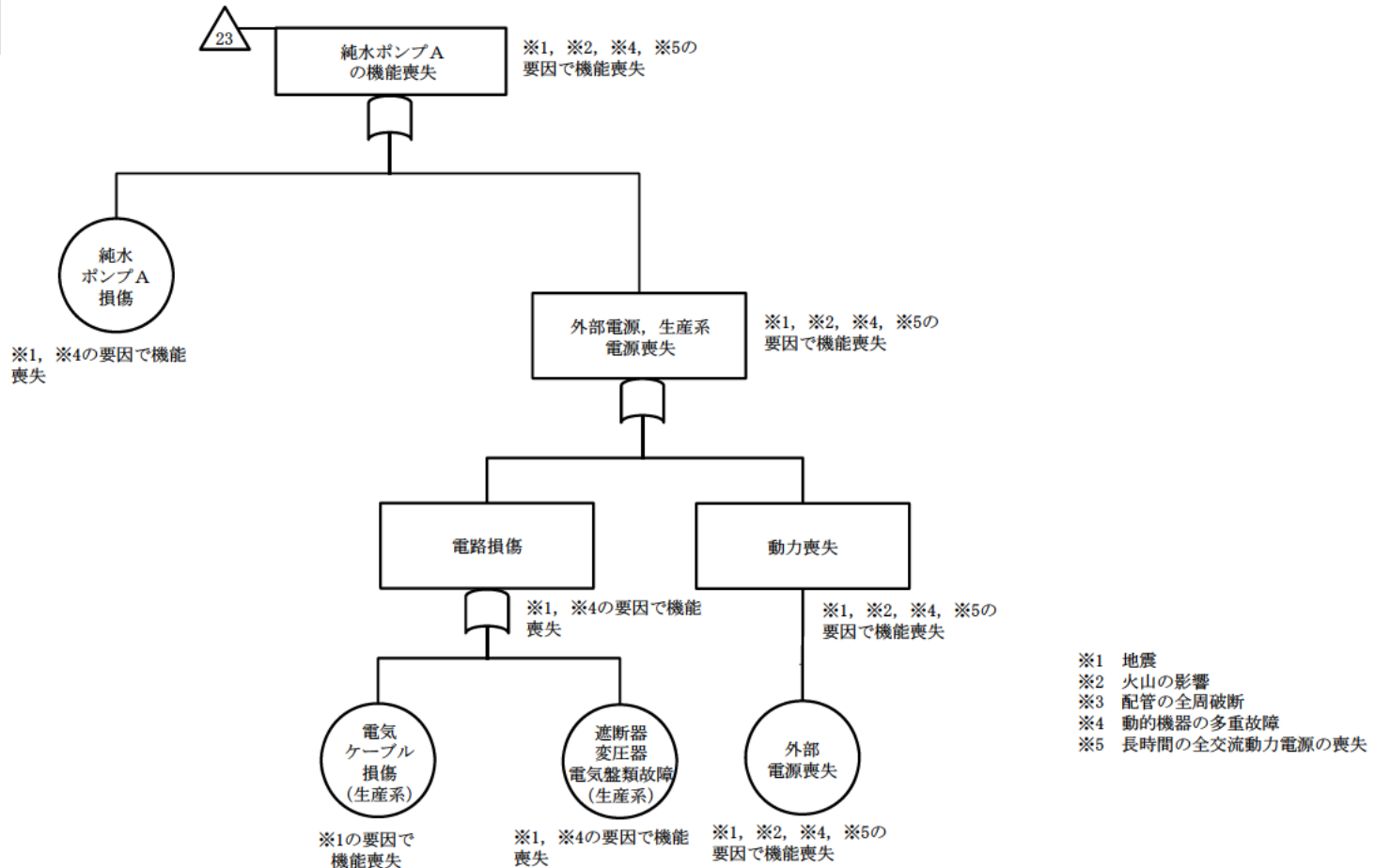
- ※1 地震
- ※2 火山の影響
- ※3 配管の全周破断
- ※4 動的機器の多重故障
- ※5 長時間の全交流動力電源の喪失

第7.5-5 図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策の
フォールトツリー分析 (14/16)

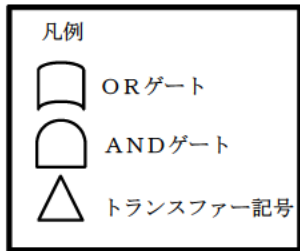


燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処手段

- ①代替注水設備による注水 (SA)
- ②共通電源車を用いた冷却機能等の回復
- ③サイフォンブレーカによる漏えい抑制 (SA)

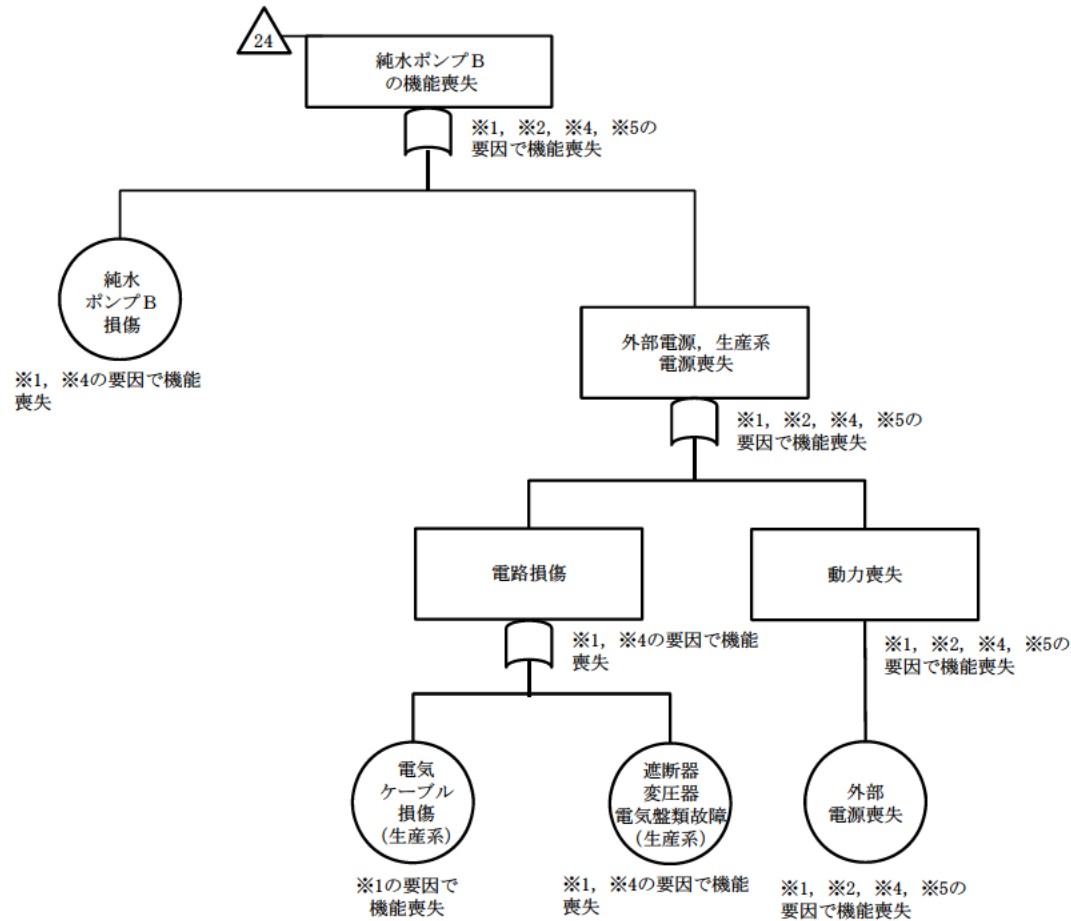


第7.5-5 図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (15/16)



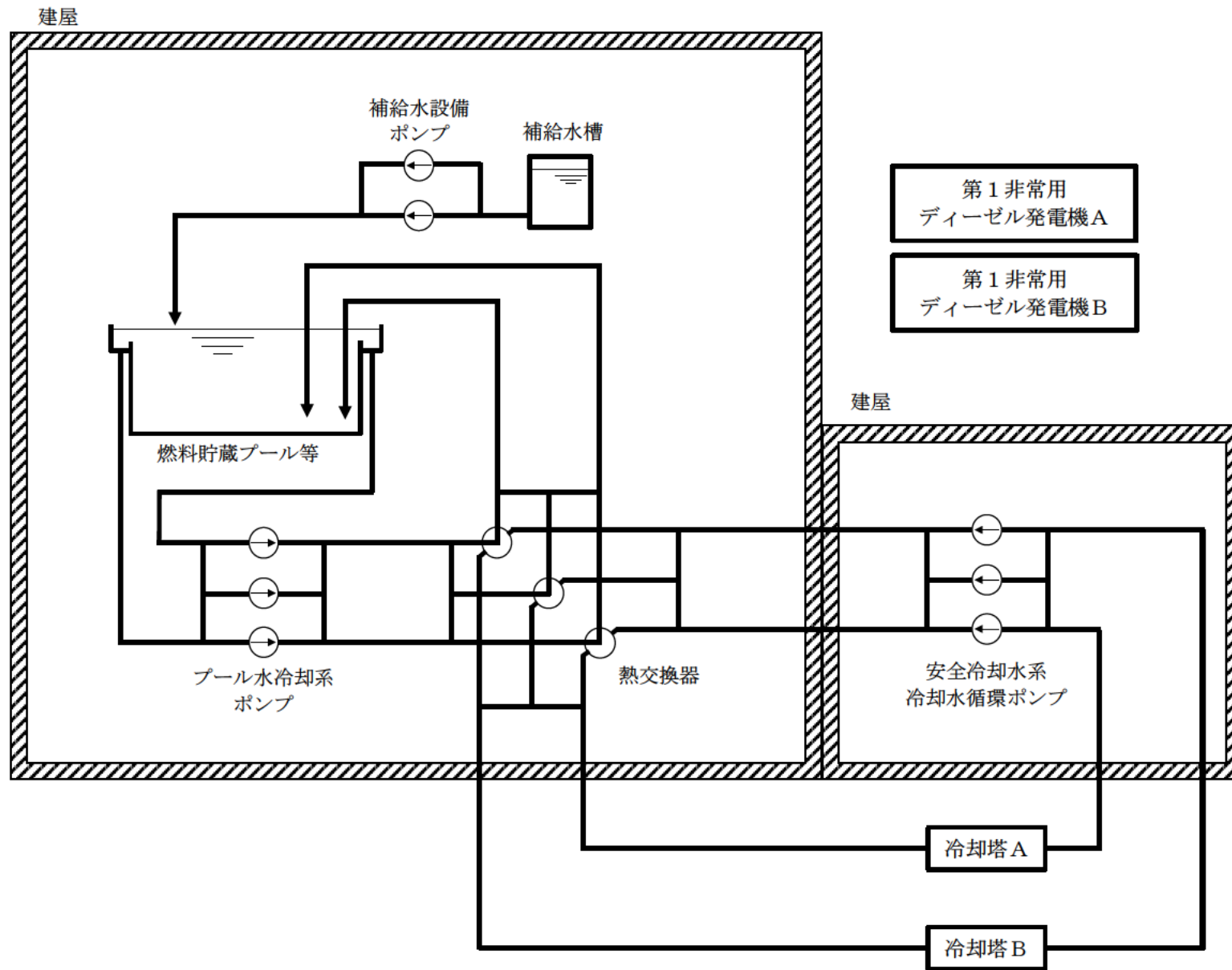
燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処手段

- ①代替注水設備による注水 (SA)
- ②共通電源車を用いた冷却機能等の回復
- ③サイフォンブレーカによる漏えい抑制 (SA)

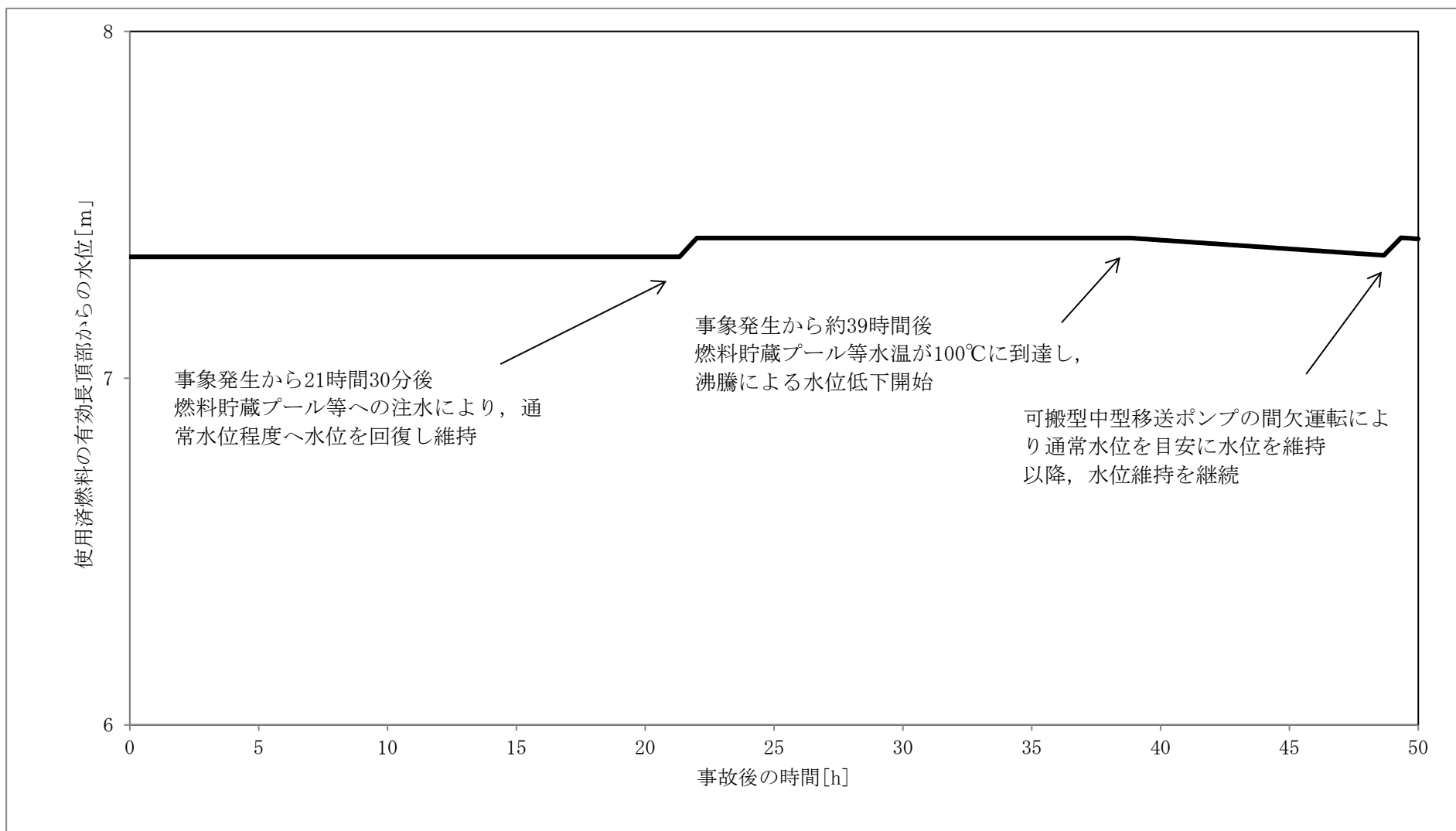


- ※1 地震
- ※2 火山の影響
- ※3 配管の全周破断
- ※4 動的機器の多重故障
- ※5 長時間の全交流動力電源の喪失

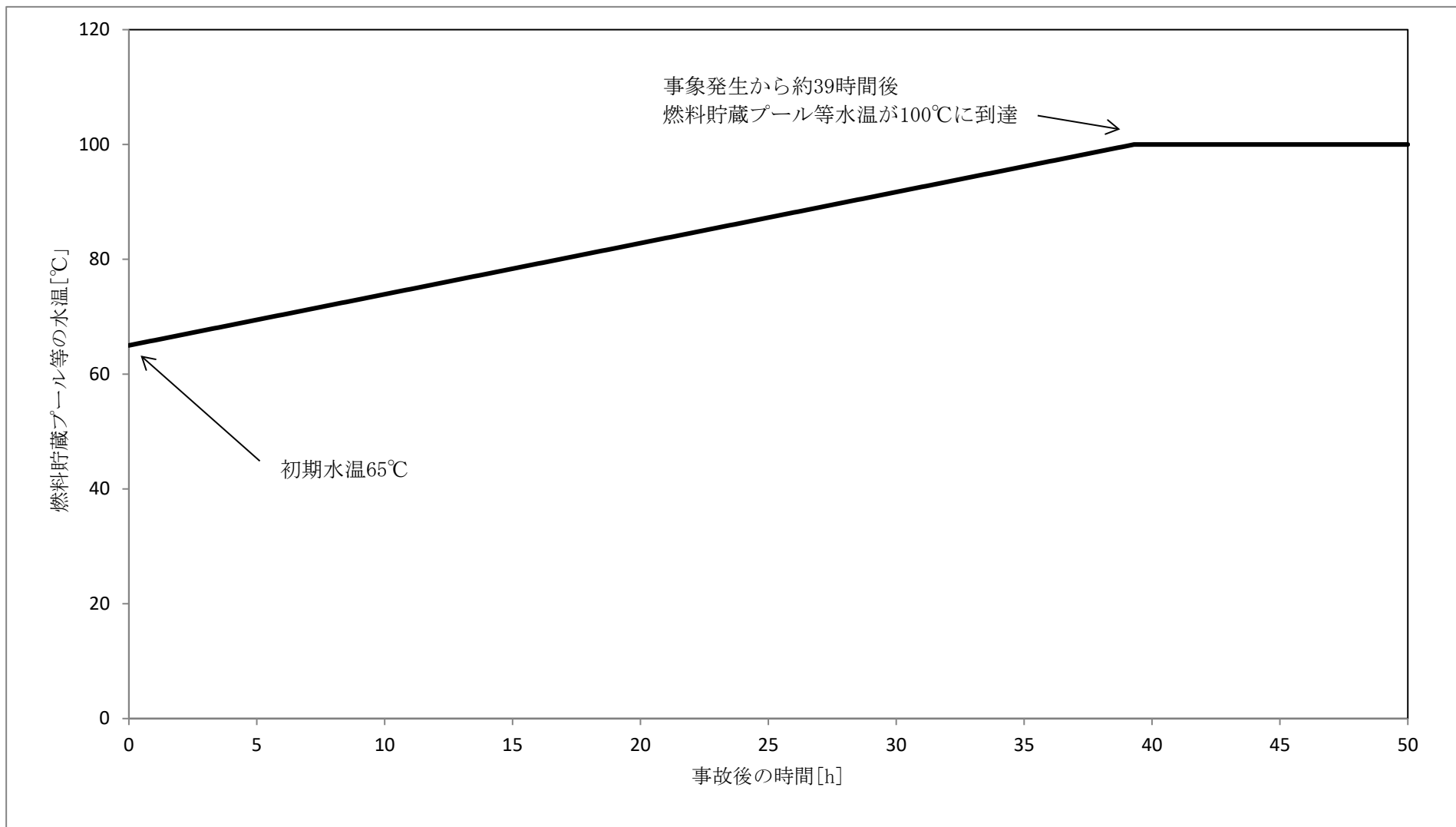
第7.5-5 図 想定事故1及び想定事故2の燃料損傷防止対策のフォールトツリー分析 (16/16)



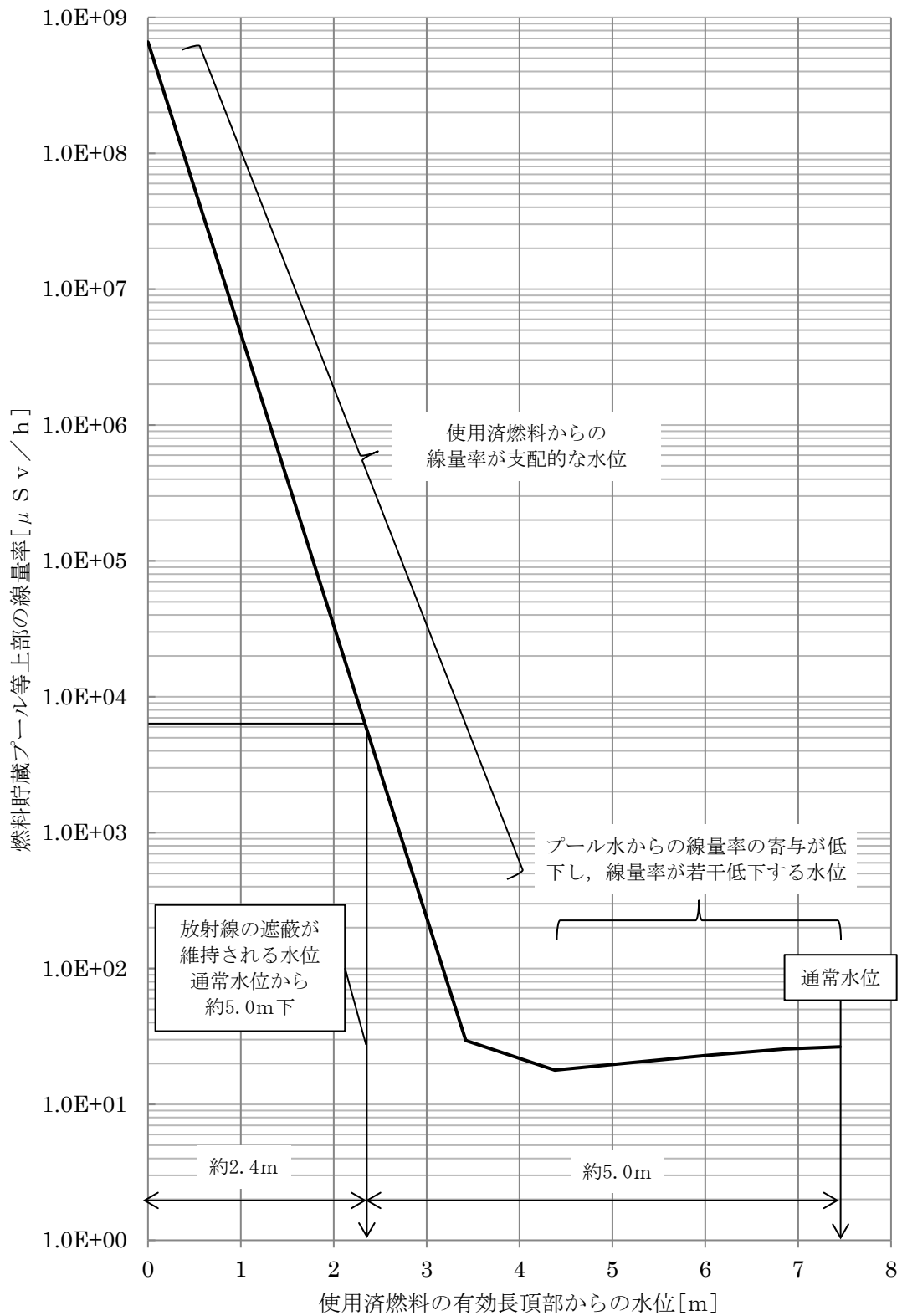
第7.5-6図 プール水冷却系，安全冷却水系及び補給水設備の系統概要図



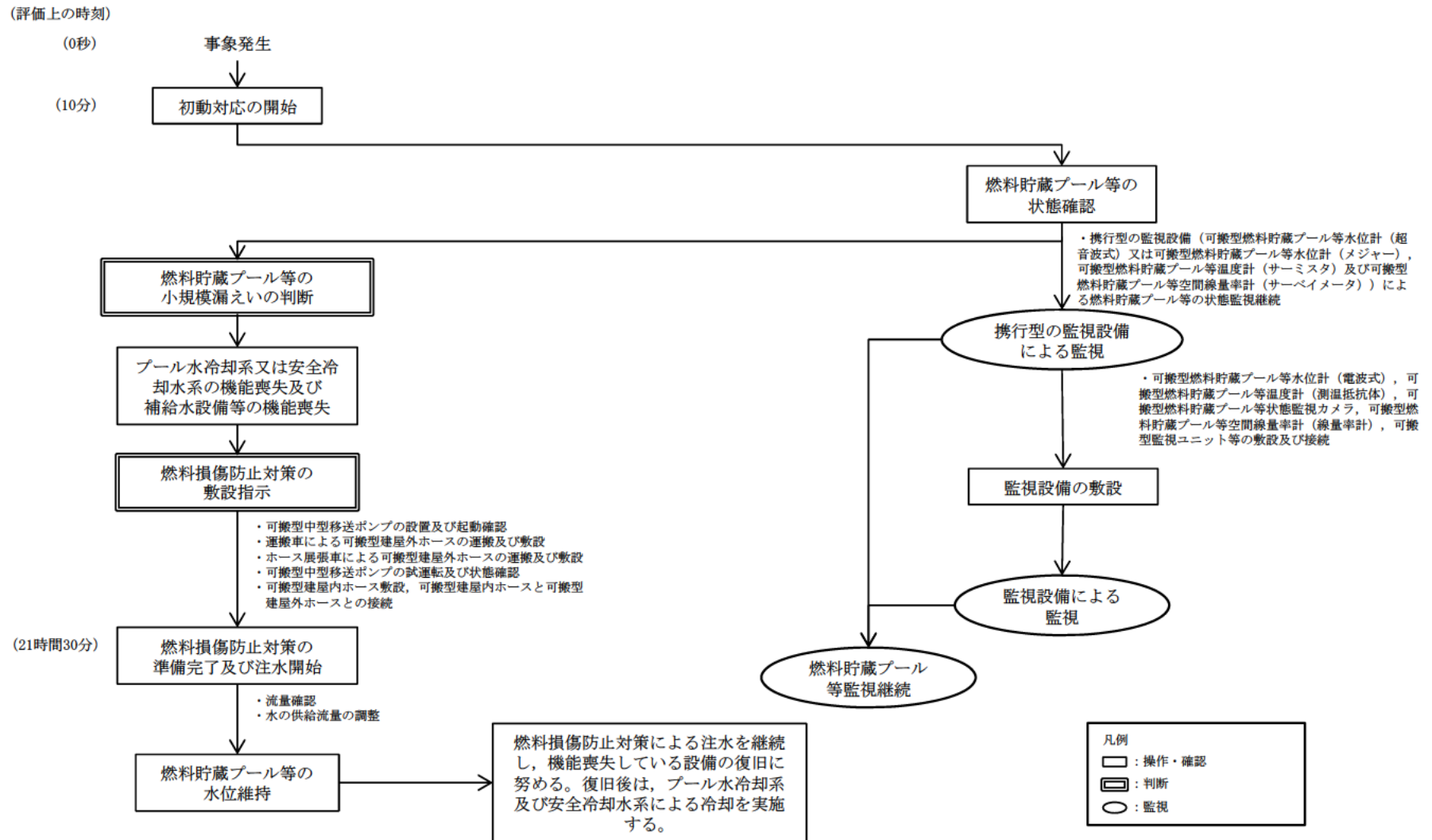
第7.5-7図 想定事故1における燃料貯蔵プール等の水位の推移



第 7.5－8 図 想定事故 1 における燃料貯蔵プール等の水温の推移



第 7.5-9 図 想定事故 1 における燃料貯蔵プール等の水位と線量率の関係



第7.5-10図 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失」の対応手順の概要 (想定事故2) (対応フロー)

対策	作業番号	作業班	要員数	所要時間※1 (時:分)	経過時間 (時:分)																									
					0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00		
-	-	-	1	-	[Timeline bar]																									
	-	-	1	-	[Timeline bar]																									
	-	-	1	-	[Timeline bar]																									
	-	-	3	-	[Timeline bar]																									
	-	-	3	-	[Timeline bar]																									
	-	-	1	1:15	[Timeline bar] → 要員管理班へ合流																									
	-	-	1	-	[Timeline bar]																									
	放	1	・放射線対応班長	1	-	[Timeline bar]																								
対策	作業番号	作業内容	作業班	要員数	所要時間※1 (時:分)	経過時間 (時:分)																								
放	2	・線量計貸出, 入城管理, 現場環境確認 (初動対応) を行う各建屋対策班の対策作業員への着装補助	放対2班	2	0:20	[Timeline bar]																								
放	7	・出入管理区画設営 (中央制御室用)	放対2班, 放対3班 放対4班, 放対5班	6	1:00	[Timeline bar]																								
放	8	・出入管理区画運営 (中央制御室用) 注) 放射性物質の放出後は, 5の対応を追加する (11:00以降を想定)	放対2班, 放対3班 放対4班, 放対5班	6	-	[Timeline bar]																								
現場環境確認	-	・建屋内のアクセスルートの確認	建屋内1班 ※2	1	1:20	[Timeline bar]																								
使用済燃料 受入れ・貯 蔵建屋	F	1	・保管場所への移動及び運搬車による可搬型重大事故等対処設備の運搬	建屋内7班, 建屋内8班 建屋内9班, 建屋内10班 建屋内44班	10	7:50	[Timeline bar]																							
	F	2	・ホース敷設, 流量計設置及び建屋内外ホース接続	建屋内21班, 建屋内22班 建屋内24班, 建屋内25班	8	0:30	[Timeline bar]																							
	F	3	・注水開始, 流量確認	建屋内21班, 建屋内22班 建屋内24班, 建屋内25班	8	0:20	[Timeline bar]																							
	F	4	・監視設備配置, ケーブル敷設及び接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16	2:45	[Timeline bar]																							
	F	5	・監視ユニットと計装ユニットの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16	0:35	[Timeline bar]																							
	F	6	・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機の起動	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8	0:20	[Timeline bar]																							
	F	7	・監視設備の起動確認及び状態確認	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8	0:20	[Timeline bar]																							
	F	8	・冷却ケースの設置	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8	0:40	[Timeline bar]																							
	F	9	・空冷ユニットと冷却ケースの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16	2:20	[Timeline bar]																							
	F	10	・計測ユニットと空冷ユニットの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8	0:30	[Timeline bar]																							
	F	11	・空冷ユニット系統起動及び起動状態確認	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8	0:40	[Timeline bar]																							
状態監視 燃料の 補給	状態監視	・状態監視 (使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機, 可搬型送風機) ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機への燃料の補給	建屋内1班, 建屋内2班 ※2	2	-	[Timeline bar]																								

※1: 各作業内容の実施に必要な時間を示す。(複数回に分けて実施の場合は, 作業時間の合計)
 ※2: 建屋内1班, 2班については, 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の建屋対策班長又は現場管理者が加わり対策を実施する。

第7.5-11図 想定事故2の燃料損傷防止対策に必要な要員及び作業項目 (その1)

対策	作業番号	作業班	要員数	経過時間(時:分)																									
				24:00	25:00	26:00	27:00	28:00	29:00	30:00	31:00	32:00	33:00	34:00	35:00	36:00	37:00	38:00	39:00	40:00	41:00	42:00	43:00	44:00	45:00	46:00	47:00		
-	-	-	1																										
	-	-	1																										
	-	-	1																										
	-	-	3																										
	-	-	3																										
	-	-	1																										
	-	-	1																										
	放	1	・放射線対応班長	1																									
対策	作業番号	作業内容	作業班	要員数	経過時間(時:分)																								
放	2	・線量計貸出, 入域管理, 現場環境確認(初動対応)を行う各建屋対策班の対策作業員への着装補助	放対2班	2																									
放	7	・出入管理区画設営(中央制御室用)	放対2班, 放対3班 放対4班, 放対5班	6																									
放	8	・出入管理区画運営(中央制御室用) 注)放射性物質の放出後は, 5の対応を追加する(11:00以降を想定)	放対2班, 放対3班 放対4班, 放対5班	6																									
現場環境確認	-	・建屋内のアクセスルートの確認	建屋内1班 ※2	1																									
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	F	1	・保管場所への移動及び運搬車による可搬型重大事故等対処設備の運搬	建屋内7班, 建屋内8班 建屋内9班, 建屋内10班 建屋内44班	10																								
	F	2	・ホース敷設, 流量計設置及び建屋内外ホース接続	建屋内21班, 建屋内22班 建屋内24班, 建屋内25班	8																								
	F	3	・注水開始, 流量確認	建屋内21班, 建屋内22班 建屋内24班, 建屋内25班	8																								
	F	4	・監視設備配置, ケーブル敷設及び接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16																								
	F	5	・監視ユニットと計装ユニットの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16																								
	F	6	・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機の起動	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																								
	F	7	・監視設備の起動確認及び状態確認	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																								
	F	8	・冷却ケースの設置	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																								
	F	9	・空冷ユニットと冷却ケースの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16																								
	F	10	・計測ユニットと空冷ユニットの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																								
	F	11	・空冷ユニット系統起動及び起動状態確認	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																								
状態監視燃料の補給	状態監視	・状態監視(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機, 可搬型送風機) ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機への燃料の補給	建屋内1班, 建屋内2班 ※2	2																									

※2: 建屋内1班, 2班については, 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の建屋対策班長又は現場管理者が加わり対策を実施する。

第7.5-11図 想定事故2の燃料損傷防止対策に必要な要員及び作業項目(その2)

対策	作業番号	作業班	要員数	経過時間(時:分)																								
				48:00	49:00	50:00	51:00	52:00	53:00	54:00	55:00	56:00	57:00	58:00	59:00	60:00	61:00	62:00	63:00	64:00	65:00	66:00	67:00	68:00	69:00	70:00	71:00	
-	-	-	1																									
	-	-	1																									
	-	-	1																									
	-	-	3																									
	-	-	3																									
	-	-	1																									
	-	-	1																									
	放	1	1																									
対策	作業番号	作業内容	作業班	要員数	経過時間(時:分)																							
					48:00	49:00	50:00	51:00	52:00	53:00	54:00	55:00	56:00	57:00	58:00	59:00	60:00	61:00	62:00	63:00	64:00	65:00	66:00	67:00	68:00	69:00	70:00	71:00
放	2	・線量計貸出, 入域管理, 現場環境確認(初動対応)を行う各建屋対策班の対策作業員への着装補助	放対2班	2																								
放	7	・出入管理区画設営(中央制御室用)	放対2班, 放対3班 放対4班, 放対5班	6																								
放	8	・出入管理区画運営(中央制御室用) 注)放射性物質の放出後は, 5の対応を追加する(11:00以降を想定)	放対2班, 放対3班 放対4班, 放対5班	6																								
現場環境確認	-	-	・建屋内のアクセスルートの確認	建屋内1班 ※2	1																							
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	F	1	・保管場所への移動及び運搬車による可搬型重大事故等対処設備の運搬	建屋内7班, 建屋内8班 建屋内9班, 建屋内10班 建屋内44班	10																							
	F	2	・ホース敷設, 流量計設置及び建屋内外ホース接続	建屋内21班, 建屋内22班 建屋内24班, 建屋内25班	8																							
	F	3	・注水開始, 流量確認	建屋内21班, 建屋内22班 建屋内24班, 建屋内25班	8																							
	F	4	・監視設備配置, ケーブル敷設及び接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16																							
	F	5	・監視ユニットと計装ユニットの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16																							
	F	6	・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機の起動	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																							
	F	7	・監視設備の起動確認及び状態確認	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																							
	F	8	・冷却ケースの設置	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																							
	F	9	・空冷ユニットと冷却ケースの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班 建屋内15班, 建屋内16班 建屋内17班, 建屋内20班	16																							
	F	10	・計測ユニットと空冷ユニットの接続	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																							
	F	11	・空冷ユニット系統起動及び起動状態確認	建屋内11班, 建屋内12班 建屋内13班, 建屋内14班	8																							
状態監視燃料の補給	状態監視	・状態監視(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機, 可搬型送風機) ・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機への燃料の補給	建屋内1班, 建屋内2班 ※2	2																								

※2: 建屋内1班, 2班については, 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の建屋対策班長又は現場管理者が加わり対策を実施する。

第7.5-11図 想定事故2の燃料損傷防止対策に必要な要員及び作業項目(その3)