

降下火砕物による直接的影響及び間接的影響に係る評価の保守性及び対策の冗長性等について

【説明概要】

設計上想定する降下火砕物(層厚50cm)は、発電所敷地に最大層厚をもたらした赤城山の大規模噴火を想定した上で、更に風向き等の気象条件を評価結果が保守的になるように調整した、極めて稀な条件による堆積量(層厚約49cm)に基づき設定している。

上記の降下火砕物(層厚50cm)を前提条件として、発電所施設に影響を与える可能性のある影響因子(荷重、閉塞、摩耗、腐食等)をすべて抽出し、機能維持の観点から各評価を行い、各施設の機能維持に影響を与えないことを確認している。

なお、これらの健全性を確認した各施設は固定された常設型のものであり、また屋内に内包する各設備は降下火砕物の堆積から保護され、その機能に期待できるため、降灰中に屋外配置の可搬設備(電源車やポンプ車)を移動させる事態には至らない。

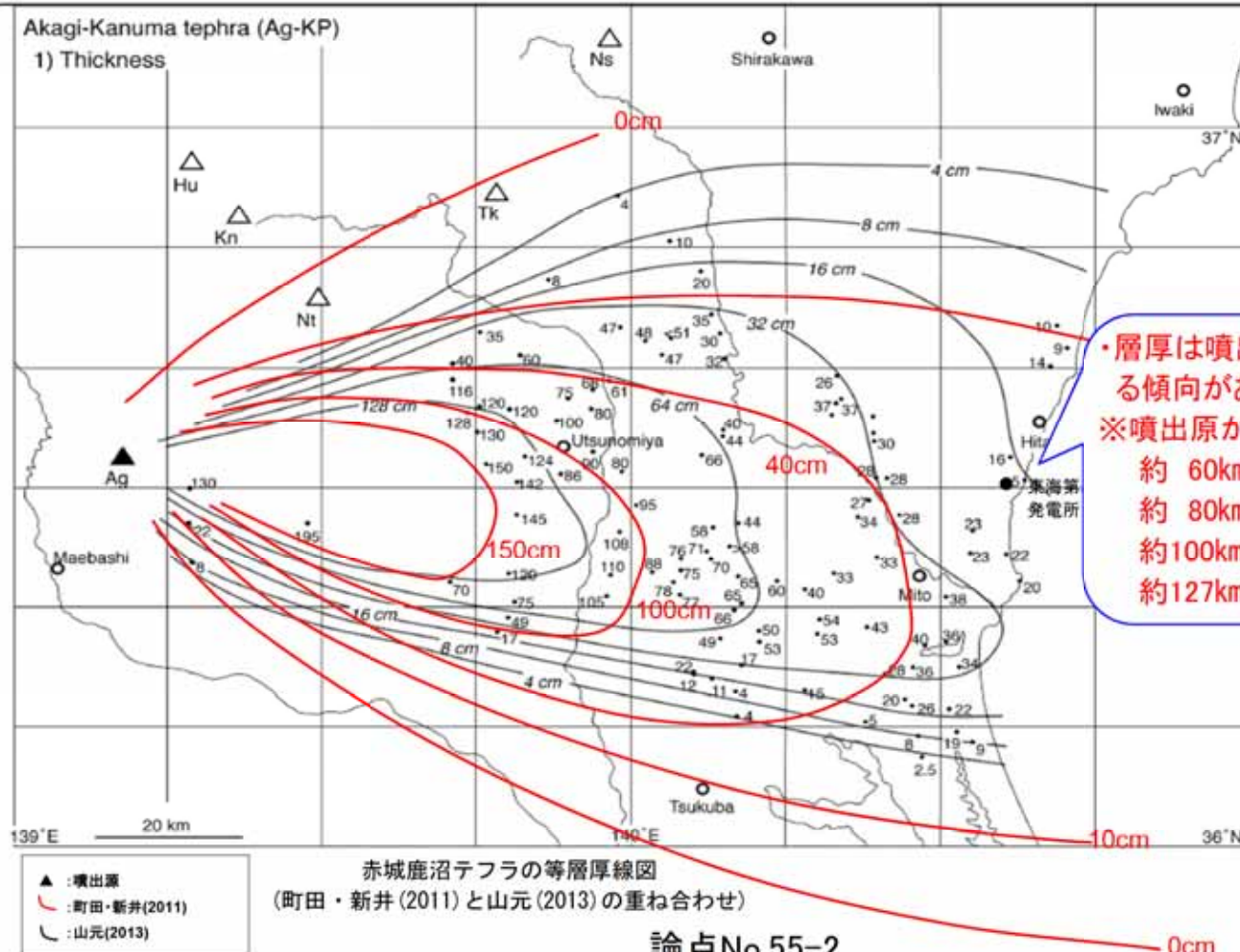
# 火山の影響評価及び対策 影響評価 降下火砕物の影響評価 文献調査（赤城鹿沼テフラの分布）



文献で確認される赤城鹿沼テフラの分布は以下のとおり。敷地の層厚の評価においては敷地周辺での層厚のばらつきも考慮し、40cmと評価する。

- ・敷地は町田・新井(2011)が示す等層厚線図の10cm～40cmの範囲に位置している。
- ・敷地は山元(2013)が示す等層厚線図の16cm～32cmの範囲に位置している。
- ・町田・新井(2011)と山元(2013)に示される赤城鹿沼テフラの分布傾向は概ね整合しており、山元(2013)において確認される敷地付近での層厚は20cm程度であるが、敷地の南側には赤城山から敷地までの距離と同程度の位置に34cm～38cmの層厚が確認される。

なお、敷地及び敷地近傍のボーリング調査において、風化火山灰層中に厚さ約15cm及び20cmの黄白色の軽石層が認められ、火山灰分析の結果、赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)に対比された。



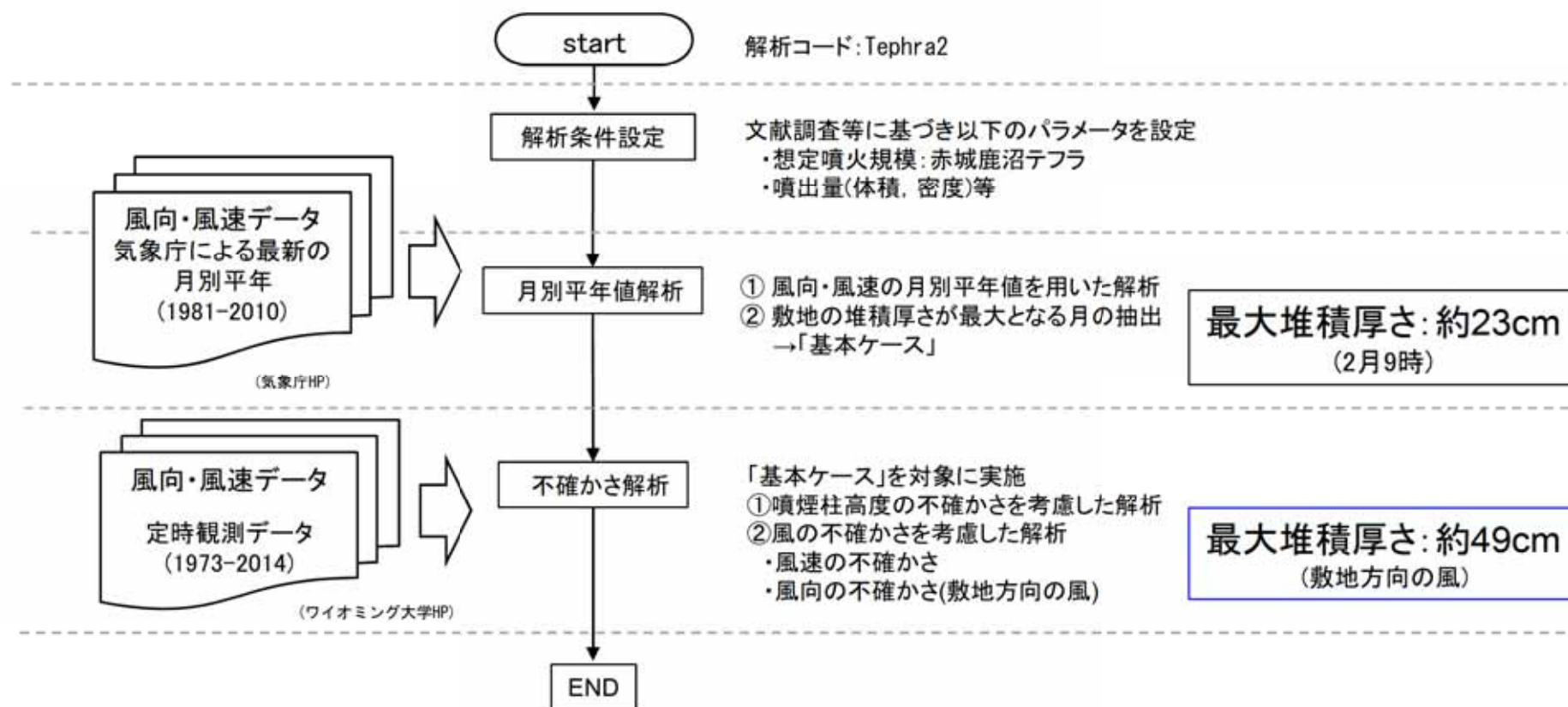
・層厚は噴出原の距離に応じて減衰する傾向がある。  
※噴出原からの距離(km)と層厚(cm)  
約 60km→128cm  
約 80km→64cm  
約 100km→32cm  
約 127km→16cm

※文献によると、赤城山の活動年代は、「30万年前より古い～1251年」とされる。

# 火山の影響評価及び対策 影響評価 降下火砕物の影響評価 降下火砕物シミュレーション



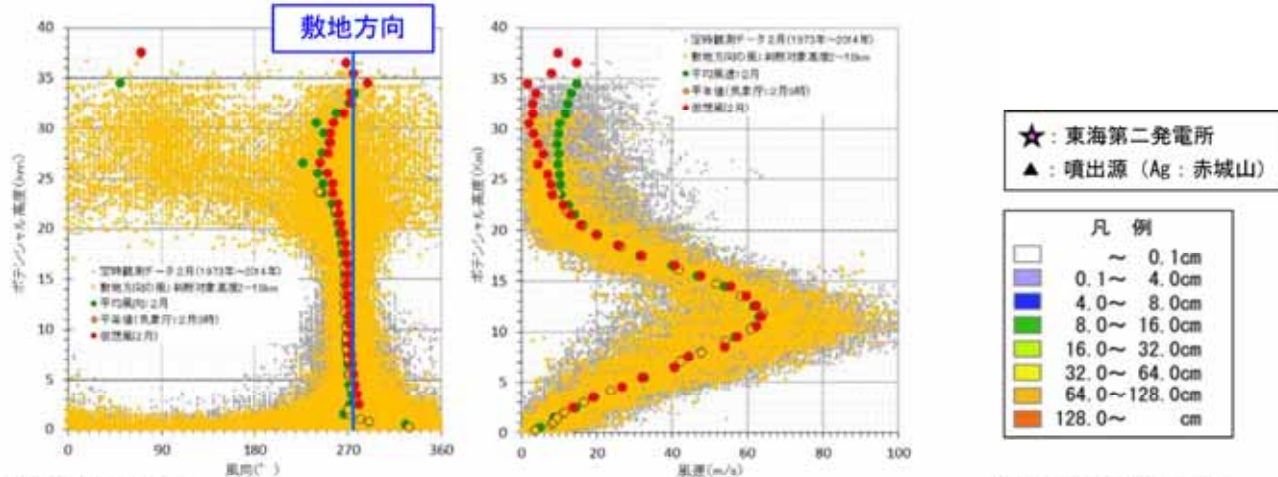
- 降下火砕物の数値シミュレーションは火山影響評価ガイドにおいては、原子力発電所内及びその周辺敷地において降下火砕物の堆積が観測されない場合の堆積物量を設定する方法の一つとされている。
- ここでは、敷地で最大層厚となる降下火砕物(赤城鹿沼テフラ)と同等規模の噴火が発生した場合における、現在の気象条件での不確かさを考慮した敷地での層厚をシミュレーションによって確認する。
- 不確かさを考慮したシミュレーションを実施した結果、敷地での最大堆積厚さは約49cmであった。



# 火山の影響評価及び対策 影響評価 降下火砕物の影響評価 降下火砕物シミュレーション(不確かさ解析:敷地方向の風)

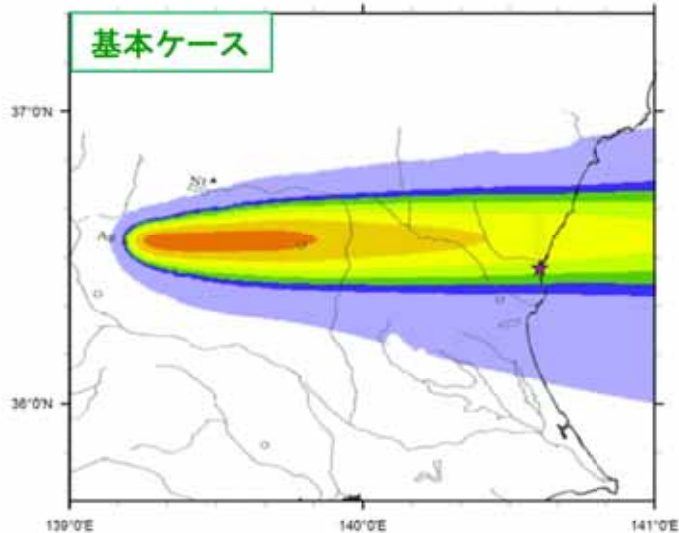


不確かさを考慮した解析として、2月の観測値(1973年~2014年)を用いて、敷地方向の風を作成して検討した結果、敷地における堆積厚さは約49 cmとなった。



■ 2月(9時)の平年値の風

◇ 敷地方向の風

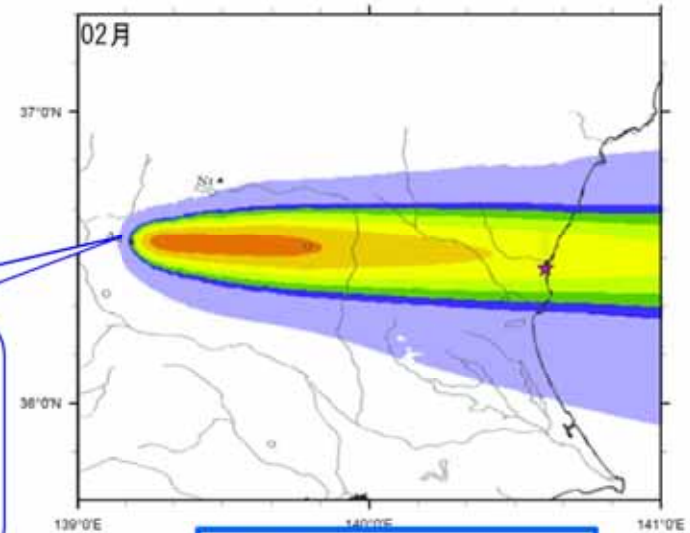


堆積厚さ: 22.5cm



敷地方向の風

・敷地の堆積厚さが最も大きくなるよう、「基本ケース」に対して、噴煙柱高さ、風向及び風速を調整し、より保守的な評価条件を設定している。



堆積厚さ: 48.8cm

# 火山の影響評価及び対策 影響評価 降下火砕物の影響評価 降下火砕物の粒径・密度



文献調査及び地質調査(土質試験)結果から、設計上考慮する降下火砕物の粒径及び密度を以下のとおり設定する。

## ○調査結果

項目	文献調査 (敷地周辺)	当社の試験結果	
		最小	最大
最大粒径	最大8mm <sup>※1</sup>	最大4.8mm <sup>※4</sup>	
湿潤密度	約1.0~1.2g/cm <sup>3</sup> <sup>※2,※3</sup> (1.2g/cm <sup>3</sup> を超えることがある) <sup>※3</sup>	約0.9g/cm <sup>3</sup>	約1.1g/cm <sup>3</sup>
乾燥密度	約0.3~0.7g/cm <sup>3</sup> <sup>※2,※3</sup>	約0.3g/cm <sup>3</sup>	約0.5g/cm <sup>3</sup>

※1: 山元(2013), ※2: 富田他(1994), ※3: 宇井編(1997)に基づく

※4: 発電所敷地及びJAEA大洗研究開発センター(現: 大洗研究所)での試験結果の最大値



## 設計上考慮する降下火砕物の粒径及び密度の設定値

- ・ 粒径 : 8mm以下
- ・ 密度 : 0.3g/cm<sup>3</sup> ~ 1.5g/cm<sup>3</sup> <sup>※5</sup>  
(乾燥状態) (湿潤状態)

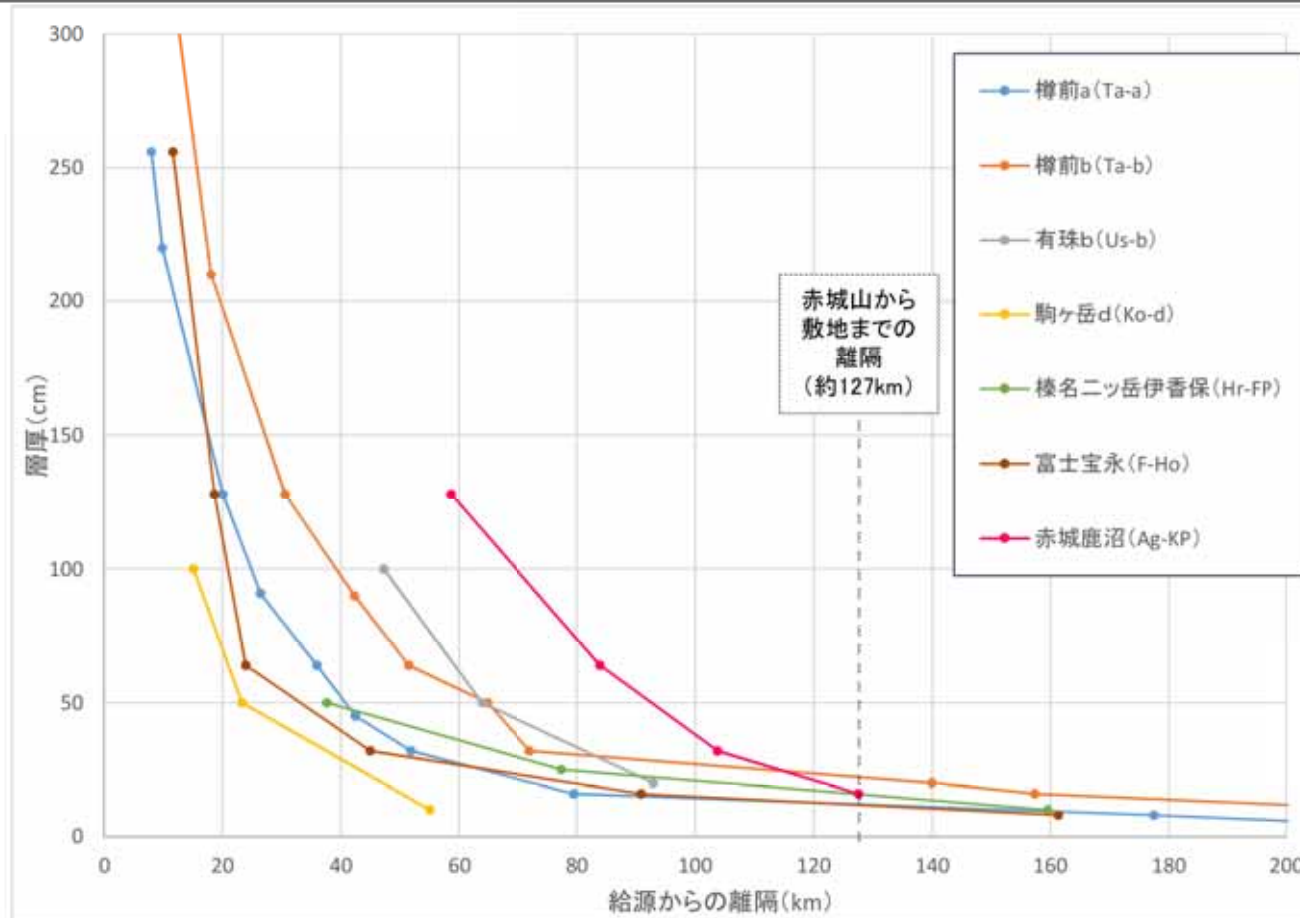
※5: 宇井編(1997)によると「湿ると1.2を超えることがある」とされていることを踏まえ、保守的に設定

# 火山の影響評価及び対策 影響評価 降下火砕物の影響評価

## 参考:層厚分布と離隔に関する知見の整理



- 赤城鹿沼テフラと同規模 (VEI5相当) の降下火砕物の層厚分布と離隔に関する知見を以下のとおり整理した。
  - 気象庁編(2013)及び産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2014)に基づきVEI5相当の降下火砕物を抽出※1
  - 各噴火における降下火砕物の層厚減衰曲線を文献に示される層厚分布から作成
  - 赤城山から敷地までの離隔(約127km)における各層厚を確認
- 以上の整理の結果, VEI5相当の降下火砕物の分布事例において, 給源からの距離に応じて層厚は減衰する傾向がみられ, 給源からの離隔が約127km(赤城山から敷地までの距離)の地点での層厚は約25cm以下であった。



※1歴史噴火を対象に降下火砕物のみの量がVEI5相当(1~10km)のものを抽出

テフラ名	噴出量(km <sup>3</sup> )※2
樽前a	4.0
樽前b	2.8
有珠b	2.18
駒ヶ岳d	2.3
榛名ニッ岳伊香保	1.3
富士宝永	1.8
赤城鹿沼	5.0

※2 噴出量は産業技術総合研究所総合センター編(2014), Miyaji et al.(2011)に基づく  
 なお, 樽前a及び樽前bについては降下火砕物の他に火砕流の量も含まれているがその内訳は不明とされている。

※3以下の知見に示される等層厚線に基づき作成  
 なお, 給源からの離隔は主軸方向の層厚の到達距離(駒ヶ岳, 有珠, 榛名)町田・新井(2011)  
 (富士)Naomichi Miyaji, et. al (2011)  
 (樽前)古川・中川(2010)  
 (赤城)山元(2013a)

降下火砕物 (VEI5) の層厚減衰曲線※3

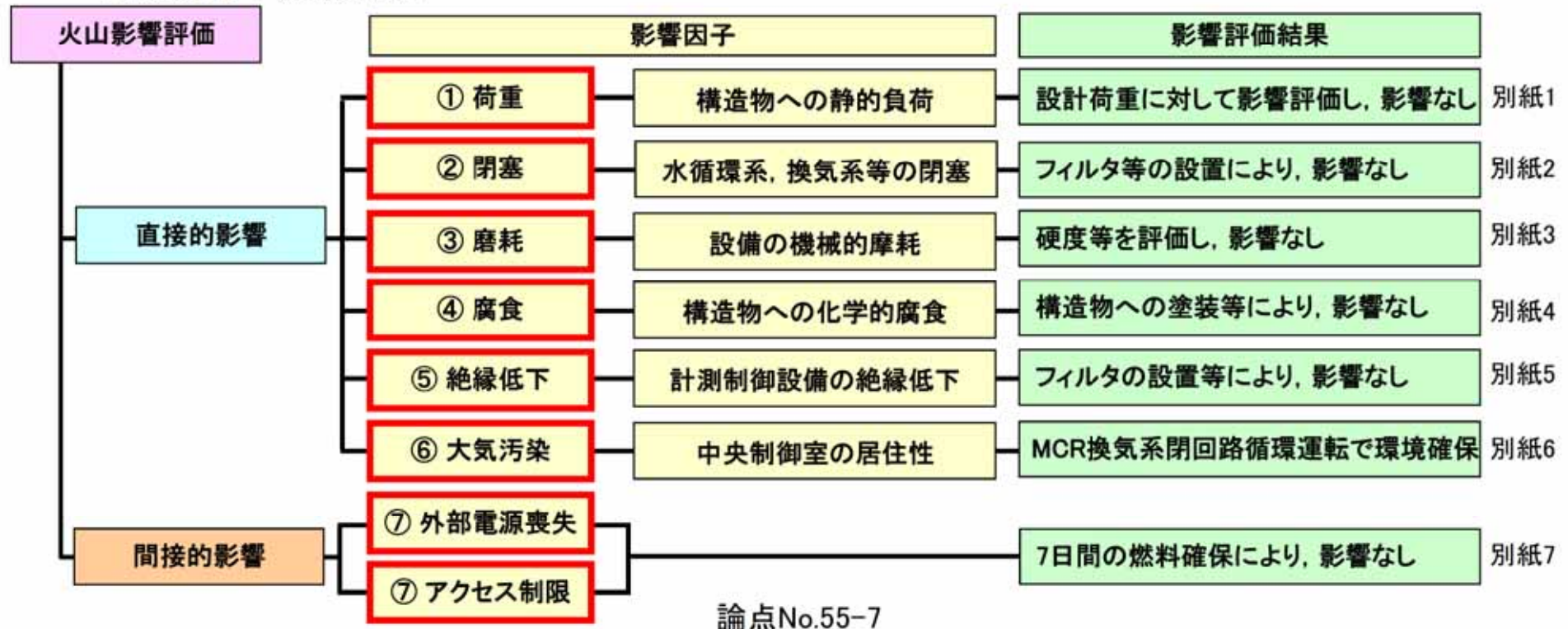
VEI5相当の降下火砕物の分布事例において, 給源からの離隔が約127km(赤城山から敷地までの距離)の地点での層厚は約25cm以下であった。

## ● 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象として、降下火砕物を抽出
- 設計上考慮する降下火砕物として、層厚(50cm)、粒径(8mm)、密度(乾燥状態:0.3g/cm<sup>3</sup>、湿潤状態:1.5g/cm<sup>3</sup>)を設定(層厚は、文献調査・地質調査の結果からは40cm程度と評価されるが、降下火砕物シミュレーションによる保守的制を考慮したパラメータスティ(不確かさとして噴煙柱高度±5km、風速のバラつき±1σ、敷地方向への仮想風を考慮)から得られた最大層厚49cmも踏まえ、これらを総合的に判断し、設計上考慮する降下火砕物の層厚を50cmと設定)

## ● 火山影響評価

- 建屋、設備に対して影響因子ごとに評価を行い、各施設の機能維持に影響がないことを確認 <別紙1～7参照>
  - \* これらの健全性を確認した各施設は固定された常設型のものであり、また屋内に内包する各設備は降下火砕物の堆積から保護され、その機能に期待できるため、降灰中に屋外配置の可搬設備(電源車やポンプ車)を移動させる事態には至らない。
  - \* 仮に50cmを超える様な降灰でも、評価上の裕度があり、また、機能を失うことがないよう降灰中の除灰対応まで検討していく。(論点No.51等で今後説明予定)



# <別紙1> 火山の影響評価及び対策

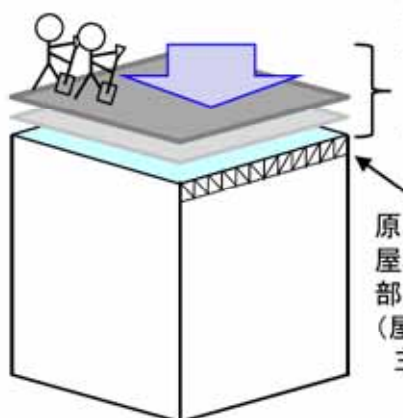


## ●① 荷重影響評価

降下火砕物が建屋屋上や屋外に露出している設備の表面に堆積し、各構造物へ静的負荷を与える場合について評価・検討する。

### ➤ 原子炉建屋の荷重評価

- 原子炉建屋に荷重を与える厳しい条件として、屋上への積雪時に降下火砕物が湿潤条件で最大に堆積し、更に除灰作業時の人員等の荷重も上乗せした荷重条件で評価を行った。この評価でも屋根材の各部位が検定比を満足する(1を下回る)ことで、降下火砕物堆積時の原子炉建屋の構造強度、気密性及び遮蔽性を損なわないことを確認している。
- また、火山事象終息後に速やか(30日以内)に屋根の除灰を実施し、荷重を低減させる。



- 降下火砕物堆積量50cm(湿潤条件(密度1.5g/cm<sup>3</sup>))
- 積雪堆積量(10.5cm(密度約0.2g/cm<sup>3</sup>))
- …建築基準法の地震荷重(主荷重)と重畳させる雪荷重(従荷重)の考え方を参考に、設計基準値(30cm)の35%と設定)
- 屋上除灰作業時の人員等荷重を考慮(積載荷重約100kg/m<sup>2</sup>)

原子炉建屋 屋根スラブ(曲げモーメント)評価結果 (検定:短期許容応力度)

部位	設計配筋量 (mm <sup>2</sup> )		発生曲げモーメント(kN・m)		必要鉄筋量 (mm <sup>2</sup> )		検定比	
	端部	中央	端部	中央	端部	中央	端部	中央
EL 64.08m (S1-1)	705.6	705.6	5.17	2.59	323.1	161.6	0.46	0.23
EL 64.08m (S1-2)	705.6	705.6	3.52	1.98	220.2	123.9	0.32	0.18

原子炉建屋 荷重評価イメージ

原子炉建屋 主トラス評価結果(検定:弾性限耐力)

部材	発生応力	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
上弦材	(圧縮)	112.7	257.3	0.60
	(曲げ)	40.3	255.4	
下弦材	(引張)	157.6	258.5	0.79
	(曲げ)	44.9	195.9	
斜材	(引張)	207.8	258.5	0.81
束材	(圧縮)	152.0	158.2	0.97

原子炉建屋 屋根スラブ(せん断力)評価結果 (検定:短期許容応力度)

部位	発生せん断力 (kN)	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
EL 64.08 (S1-1)	13.67	0.295	1.06	0.28
EL 64.08 (S1-2)	9.21	0.199	1.06	0.19

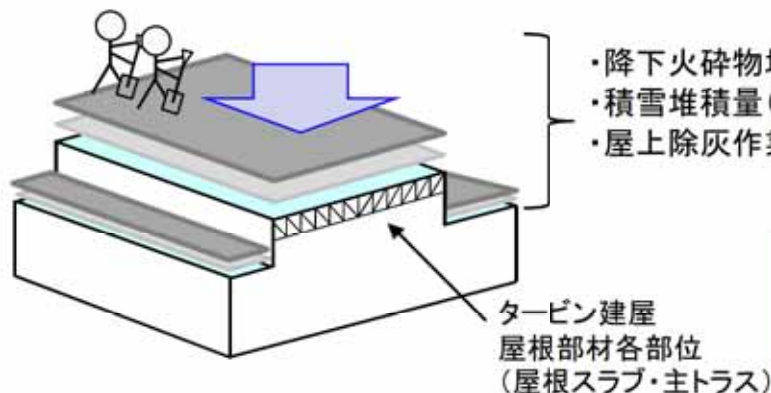


# <別紙1> 火山の影響評価及び対策



## タービン建屋の荷重評価

- タービン建屋に荷重を与える厳しい条件として、**屋上への積雪時に降下火砕物が湿潤条件で最大に堆積し、更に除灰作業時の人員等の荷重も上乗せした荷重条件で評価を行った。**この評価でも屋根材の各部位が検定比を満足する(1を下回る)ことで、**降下火砕物堆積時に対しタービン建屋が構造強度を有することを確認している。**
- また、火山事象終息後に速やか(30日以内)に屋根の除灰を実施し、荷重を低減させる。



- 降下火砕物堆積量50cm(湿潤条件(密度1.5g/cm<sup>3</sup>))
- 積雪堆積量(10.5cm(密度約0.2g/cm<sup>3</sup>))
- 屋上除灰作業時の人員等荷重を考慮(積載荷重約100kg/m<sup>2</sup>)

タービン建屋 屋根スラブ(曲げモーメント)評価結果 (検定:短期許容応力度)

部位	設計配筋量 (mm <sup>2</sup> )		発生曲げモーメント(kN・m)		必要鉄筋量 (mm <sup>2</sup> )		検定比	
	端部	中央	端部	中央	端部	中央	端部	中央
EL 40.65m	635.0	635.0	7.36	4.14	460.0	258.7	0.73	0.41

タービン建屋 荷重評価イメージ

タービン建屋 主トラス評価結果 (検定:弾性限耐力)

部材	発生応力	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
上弦材	(圧縮)	179.9	250.0	0.96
	(曲げ)	59.9	258.0	
下弦材	(圧縮)	55.2	152.0	1.04※1
	(曲げ)	162.1	241.0	
斜材	(引張)	201.7	258.0	0.79
束材	(圧縮)	184.7	212.0	0.88

タービン建屋 屋根スラブ(せん断力)評価結果 (検定:短期許容応力度)

部位	発生せん断力 (kN)	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
EL 40.65m	17.69	0.381	1.06	0.36

タービン建屋 主トラス評価結果 (検定:終局耐力)

部材	発生応力	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
下弦材	(圧縮)	55.2	177.3	0.94
	(曲げ)	162.1	258.5	

※1 検定値を超過した下弦材は、終局耐力に対して評価

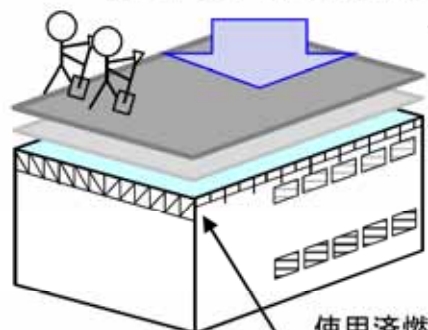
# <別紙1> 火山の影響評価及び対策



## ➤ 使用済燃料乾式貯蔵建屋の荷重評価

・使用済燃料乾式貯蔵建屋に荷重を与える厳しい条件として、**屋上への積雪時に降下火砕物が湿潤条件で最大に堆積し、更に除灰作業時の人員等の荷重も上乘せた荷重条件で評価を行った。**この評価でも屋根材の各部位が検定比を満足する(1を下回る)ことで、**降下火砕物堆積時に対し使用済燃料乾式貯蔵建屋が構造強度を有することを確認している。**

・また、火山事象終息後に速やか(30日以内)に屋根の除灰を実施し、荷重を低減させる。



- ・降下火砕物堆積量50cm(湿潤条件(密度1.5g/cm<sup>3</sup>))
- ・積雪堆積量(10.5cm(密度約0.2g/cm<sup>3</sup>))
- ・屋上除灰作業時の人員等荷重を考慮(積載荷重約100kg/m<sup>2</sup>)

使用済燃料乾式貯蔵建屋  
屋根部材各部位  
(屋根スラブ・主トラス・サブトラス)

使用済燃料乾式貯蔵建屋 荷重評価イメージ

使用済燃料乾式貯蔵建屋 屋根スラブ(曲げモーメント, せん断力)  
評価結果 (検定:短期許容応力度)

部位	発生曲げモーメント(kN・m)	鉄筋応力度(N/mm <sup>2</sup> )	許容値(N/mm <sup>2</sup> )	検定比
EL 29.20m	10.4	28.2	345	0.09

部位	発生せん断力(kN)	せん断応力度(N/mm <sup>2</sup> )	許容値(N/mm <sup>2</sup> )	検定比
EL 29.20m	25.7	0.0799	1.08	0.08

使用済燃料乾式貯蔵建屋 主トラス評価結果  
(検定:短期許容応力度)

部材	発生応力	応力度(N/mm <sup>2</sup> )	許容値(N/mm <sup>2</sup> )	検定比
上弦材	(圧縮)	1.6	219	0.24
	(曲げ)	53.4		
下弦材	(圧縮)	96.7	235	0.54
	(曲げ)	28.6		
斜材	(引張)	95.3	235	0.41
垂直材	(圧縮)	90.2	227	0.40

使用済燃料乾式貯蔵建屋 サブトラス評価結果  
(検定:短期許容応力度)

部材	発生応力	応力度(N/mm <sup>2</sup> )	許容値(N/mm <sup>2</sup> )	検定比
上弦材	(引張)	2.2	235	0.12
	(曲げ)	24.5		
下弦材	(圧縮)	62.8	93	0.78
	(曲げ)	23.6		
斜材	(圧縮)	89.2	98	0.92
垂直材	(圧縮)	56.5	180	0.32

# <別紙1> 火山の影響評価及び対策



## ➤ その他の屋外設備の荷重評価

・屋外に設置され、降下火砕物が堆積する可能性がある各設備について、降下火砕物が湿潤条件で最大に堆積し、更に積雪が重畳して堆積した荷重条件で評価を行い、各部位の応力が許容値を満足することで**各設備が機能維持できることを確認**している。

### ・非常用海水ポンプ及び海水ストレーナ

・降下火砕物等の堆積荷重により発生する応力は、**各海水ポンプ電動機フレーム及び各海水ストレーナの許容応力値以下であり、モータを含む海水ポンプ及び海水ストレーナの機能に影響を及ぼすことはない。**

### ・換気空調設備(外気取入口)

・中央制御室換気系冷凍機は、**全体を防護する構造物を設置することで降下火砕物が直接堆積しない設計とすることから、堆積荷重により機能に影響を及ぼすことはない。**

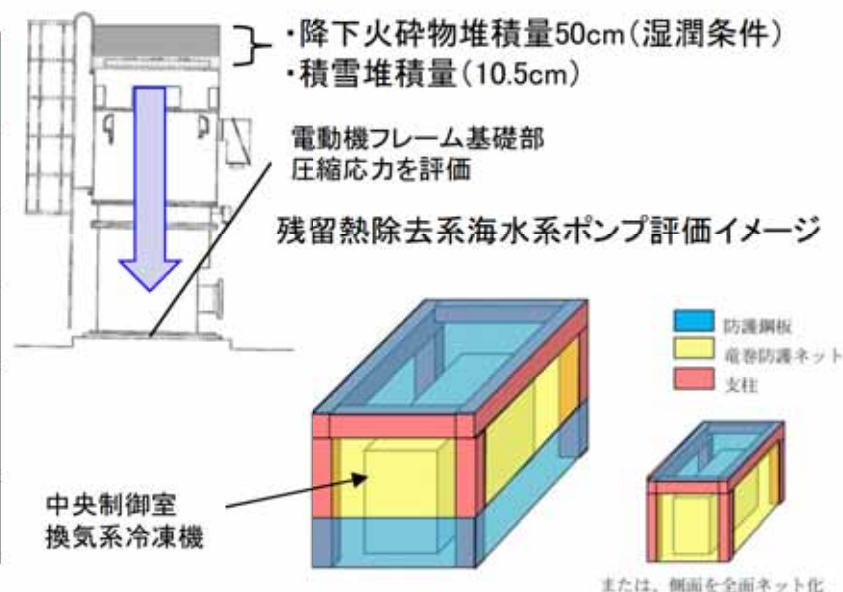
### ・非常用ディーゼル発電機等

・降下火砕物の堆積荷重により発生する応力は、**非常用ディーゼル発電機等の吸気口の許容応力値以下であり、吸気口の健全性**に影響を及ぼすことはない。

部材	応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定
残留熱除去系海水系ポンプ	(圧縮)2.31	229	○
非常用ディーゼル発電機*1用海水ポンプ	(圧縮)0.61	240	○
残留熱除去系海水ストレーナ	(圧縮)2.74	184	○
非常用ディーゼル発電機*1用海水ストレーナ	(圧縮)1.75	184	○
非常用ディーゼル発電機*1用吸気口	(圧縮)0.65 (組合せ*2)5	228 241	○

\*1 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む

\*2 最も許容値に対して余裕の割合が小さい項目 論点No.55-11



中央制御室換気系冷凍機の防護構造物イメージ

または、側面を全面ネット化

### ● ② 閉塞対策

降下火砕物が大気中に浮遊、屋外施設に堆積又は海水中に沈降していき、外気を取り込む換気系、上方向に開口部を有する設備、海水を取水する海水循環系等への閉塞作用を与える場合について評価・検討する。

#### ➤ 非常用ディーゼル発電機室の閉塞対策

・室内への降下火砕物侵入防止対策として、非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室換気系の外気取入口にフィルタを追設し、必要に応じて清掃及び取替え可能な設計とする。

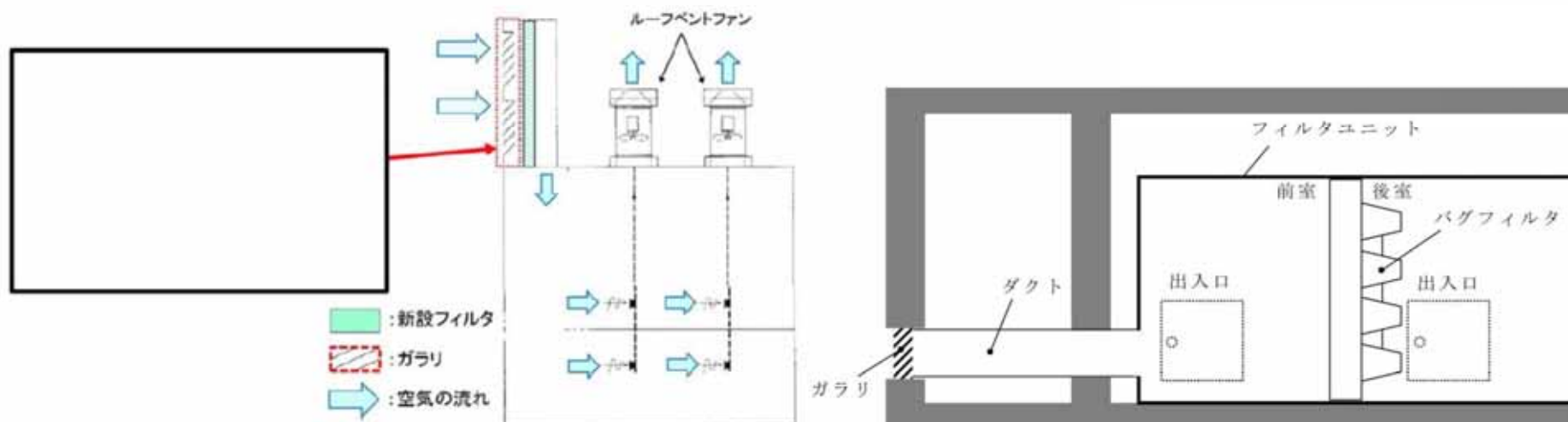
#### ➤ 中央制御室換気系

・外気取入口にはガラリが取り付けられており、降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。また、バグフィルタ(JIS Z 8901 試験用紛体11種に対して80%以上の捕集効率)が設置されており、想定する降下火砕物は十分除去され、系統及び機器に対して降下火砕物を与える影響は小さい。外気取入口は、地上面又は直下にある平面部から50cm以上の高さを確保していることから、堆積によって外気取入口が閉塞に至ることはない。

#### ➤ その他の換気空調設備(外気取入口)

バグフィルタが設置されており、必要に応じて清掃及び取り替え可能な設計とする。(次頁取替手順)

緊急時対策所については、降灰中の外気取入遮断による対応も可能

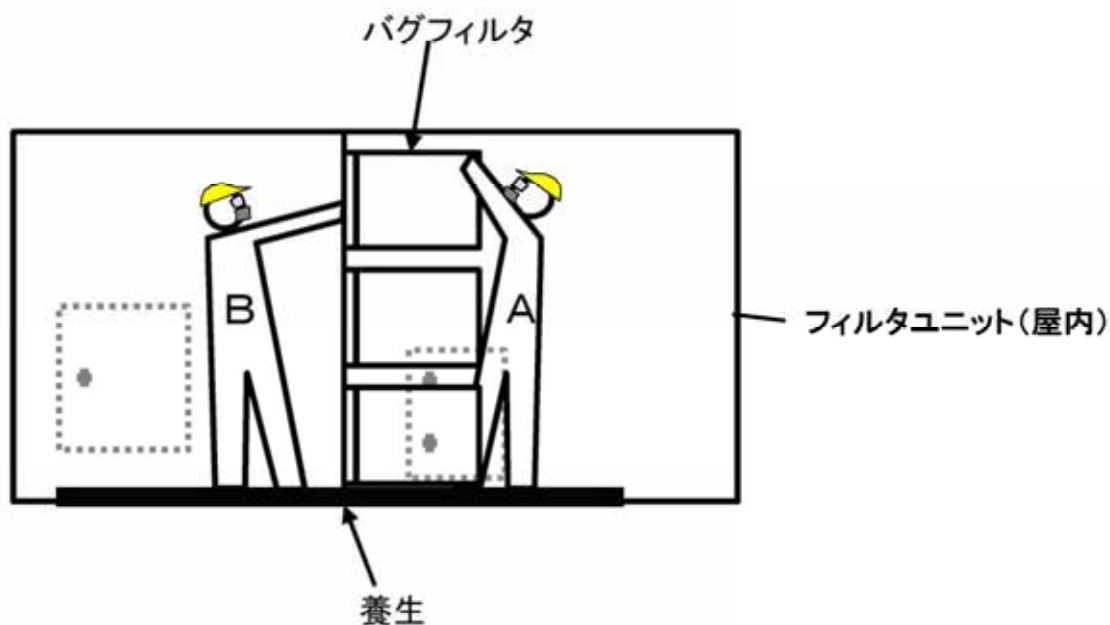


高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室換気系

換気空調設備(外気取入口)概要図

### ➤ 換気空調設備(外気取入口)バグフィルタの取り替え手順

- ①換気空調系の外気取入口のバグフィルタの取替作業を行う際は、対象となる系統の運転を停止し、ダンパを閉め、系統を隔離してから行う。バグフィルタの取替作業は外気の吸込みを停止し、かつ建屋(ガラリ)内で行うため、降灰中でも通常時の取替作業と作業性(作業環境)に大きな差はないと考えられる。
- ②バグフィルタ取替作業時は、作業前に建屋(ガラリ)内を養生し、作業後は清掃を行う。これらに加え、バグフィルタの取り替えを行う場合、以下の対応を行う。
  - ・フィルタの取替作業は建屋(ガラリ)内で行うが、降下火砕物の影響を考慮し保護具(マスク、めがね)を装備
  - ・取替作業終了後は降下火砕物の再浮遊の影響を低減させるため、作業エリアの清掃を実施



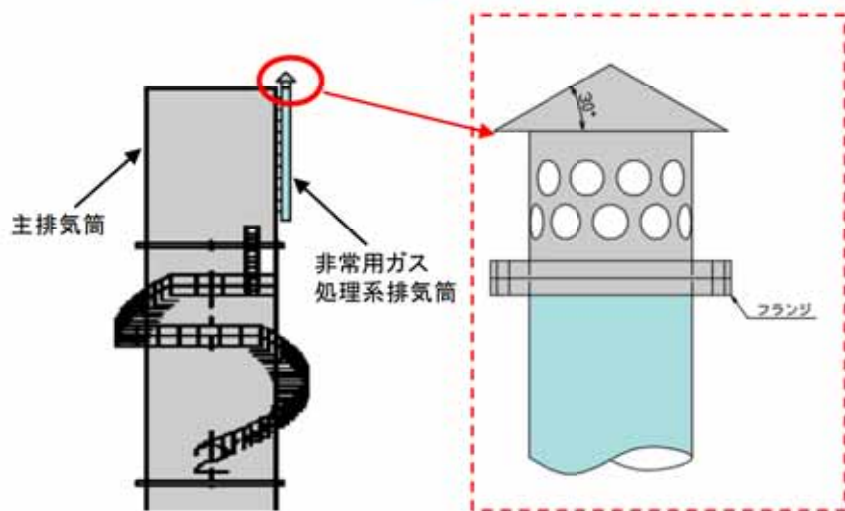
バグフィルタ取替作業イメージ

## ＞非常用ガス処理系排気筒

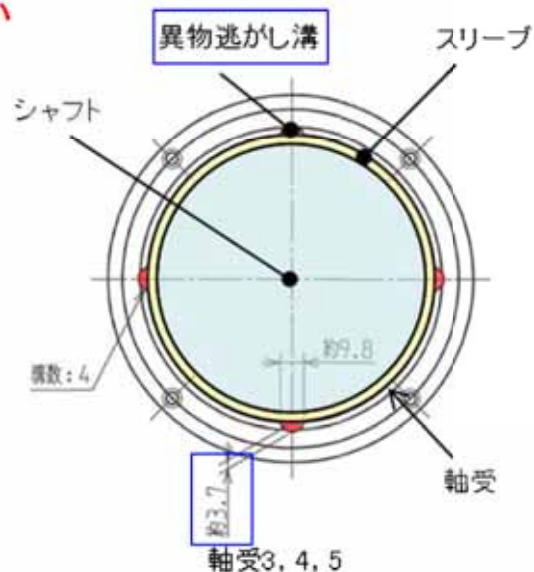
- ・開口部が上方向を向いている非常用ガス処理系排気筒に対しては、**降下火砕物が堆積し難い形状の侵入防止対策を施すことで、降下火砕物の影響に対して機能を損なわない設計とする。**

## ＞非常用海水ポンプ

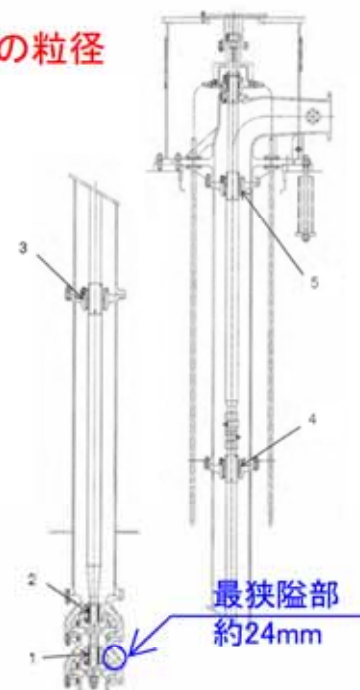
- ・**海水ポンプ流水部**：ポンプ流水部の最も狭い箇所は、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ流水部の**約24mm**であり、想定する降下火砕物の粒径(8mm)より大きいため、閉塞には至らない。
- ・**海水ポンプ軸受**：ポンプ軸受の隙間は、約1.0mmの許容値で管理されている。一部の降下火砕物は、軸受の隙間より軸受内部に侵入する可能性があるが、**異物逃がし溝(最小約3.7mm)**が設けられており、**軸受部の閉塞には至らない**。また、異物逃がし溝より粒径の大きい降下火砕物は軸受隙間に入り込まずに**ポンプ揚水とともに吐出口へ流されるため閉塞することはない**。
- ・**海水ポンプモータ**：外気を直接電動機に取り入れない。**モータの冷却回路は降下火砕物の粒径より大きく、機能に影響しない**



非常用ガス処理系排気筒への侵入防止対策



残留熱除去系海水系ポンプ軸受部  
論点No.55-14



非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ断面図

## ➤ 海水ストレーナ及び下流側機器

・残留熱除去系海水系ストレーナ及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ストレーナ及び下流側機器の伝熱管等について、各設備の海水系流路の内径を確認。閉塞防止対策として、各海水ストレーナのメッシュ径及び下流設備である熱交換器細管等の狭隘部を8mm以上確保する仕様に変更することで、降下火砕物の最大粒径(8mm)に対し閉塞しない設計とする。

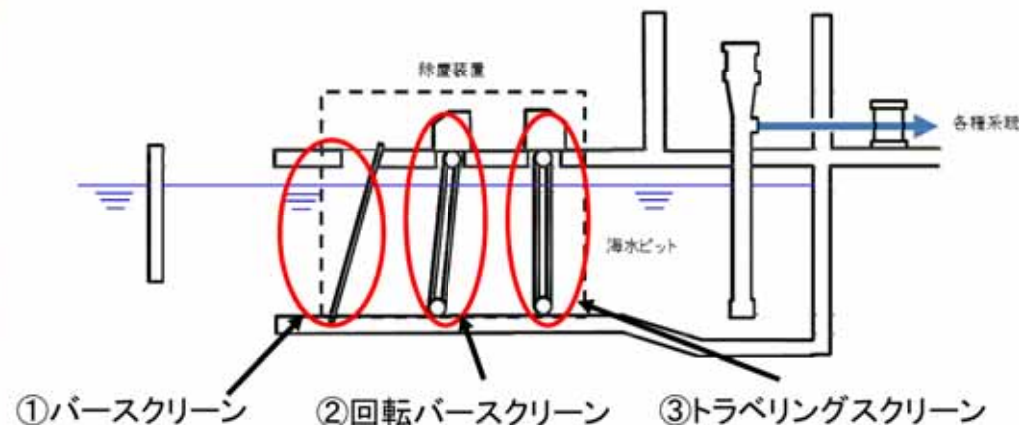
## ➤ 海水取水設備(除塵装置)

・非常用海水ポンプの取水口前面のバースクリーン、回転バースクリーン、トラベリングスクリーンからなる海水取水設備(除塵装置)のスクリーンには、それぞれバー枠、網枠が設置されており、それらのバーピッチ及び網枠メッシュに対して、想定する降下火砕物の粒径(最大8mm)は十分小さいこと及び粘性を生じさせる粘土鉱物等は含まれていないことから、海水取水設備(除塵装置)が閉塞することはない、機能を損なうことはない。

海水ストレーナより下流の機器の伝熱管

機 器		伝熱管内径 (狭隘部)
非常用ディーゼル 発電機(高圧炉心 スプレイ系ディー ゼル発電機を含む) 用冷却器	空気冷却器	取替(8mm以上)
	潤滑油冷却器	13.6mm
	清水冷却器	13.6mm
	燃料弁冷却油冷却器	13.6mm
残留熱除去系熱交換器		20.4mm
RCIC, RHR, LPCS, HPCSポンプ室空調器		13.5mm
格納容器雰囲気モニタリング系冷却器		取替(8mm以上)

設 備	①バースクリーン	②回転バースクリーン	③トラベリングスクリーン
間 隔	バーピッチ: 140mm	バーピッチ: 25mm	網枠メッシュ: 10mm



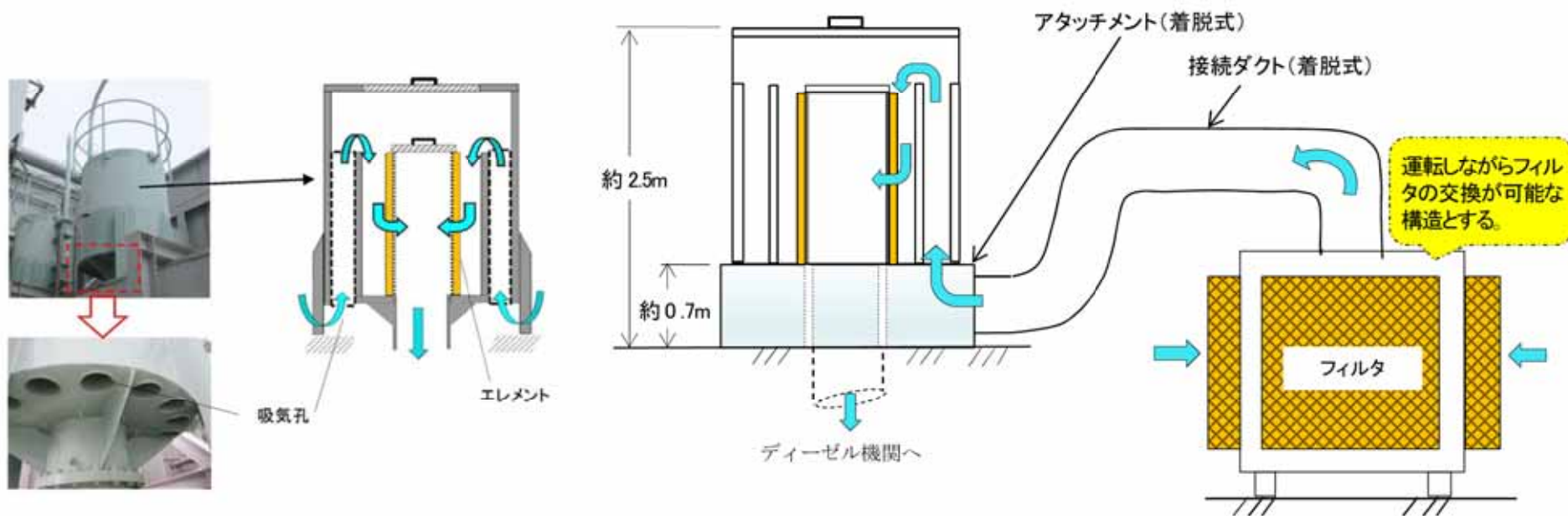
## <別紙2> 火山の影響評価及び対策

### ●火山影響発生時の非常用ディーゼル発電機の機能を維持するための対策

(実用発電用原子炉の設置, 運転等に関する規則の一部改正(平成29年12月14日)への対応)

➢降下火砕物の気中濃度を評価し, 気中降下火砕物濃度を $3.5\text{g}/\text{m}^3$ と定めた上で, 以下の対策を実施する。

- ・既設のエレメントの閉塞によって非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)が停止することを防止するため, **非常用ディーゼル発電機が運転中においても交換可能な着脱式フィルタを設置**



非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)吸気フィルタ(既設)へ着脱式フィルタを取付け

非常用ディーゼル発電機吸気口(既設)

着脱式改良型フィルタ設置イメージ



### ● ③ 摩耗評価

降下火砕物が海水中に沈降し、海水循環系に取り込まれ場合に、**海水流路中で降下火砕物が管路との摩擦による機械的摩耗作用**を与える場合について評価・検討する。

➤ 降下火砕物が内部流体中に混入する可能性を検討し、可能性のある機器に対し、狭隘部の寸法を明らかにし、接液面との材質等との関係から摩耗の可能性を評価

#### ・非常用海水ポンプ

・降下火砕物は、砂等と比べて**破碎し易く※1、硬度が小さい※2**。残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)について、**これまで砂等を原因とした摩耗の影響で機能が喪失した事例はなく、砂より硬度が小さい降下火砕物が混入した海水取水によって設備に影響を与える可能性は小さい。**

※1 武若耕司(2004):シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状, コンクリート工学, Vol.42, No.3, p.38-47

※2 恒松修二・井上耕三・松田応作(1976):シラスを主原料とする結晶化ガラス, 窯業協会誌84[6], p.32-40

#### ・海水ストレーナ及び下流側機器

非常用海水ポンプと同じ。

#### ・海水取水設備(除塵装置)

非常用海水ポンプと同じ。

### ● ④ 腐食評価

降下火砕物が建屋屋上や屋外設備に堆積した場合や、海水循環系中に取り込まれた場合に、降下火砕物に付着又は溶出した腐食性成分が各構造物や設備等の表面へ化学的腐食作用を与える場合を評価・検討する。

➤ 建屋・構築物、屋外機器等について、降下火砕物の付着や溶出した成分による腐食により、その機能に影響がないことを内外面の材質、塗装の有無等によって評価

#### ・原子炉建屋、タービン建屋等

・各建屋は、外壁塗装及び屋上防水がなされていることから、降下火砕物による化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。

#### ・非常用海水ポンプ及び電動機

##### ・外面(屋外設置)

残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ(電動機)等は、外装塗装を実施しており、降下火砕物と金属が直接接触することはなく、化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。

##### ・内面(海水取水)

残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ等の接液部は、耐食性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼を採用していること、並びに連続通水状態であり、著しい腐食環境になることはなく、化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。

#### ・海水ストレーナ及び下流側機器

・残留熱除去系海水系ストレーナ及び非常用ディーゼル発電機等用海水ストレーナは、ステンレス製で内部に防食亜鉛を設けていること、並びに連続通水状態であり、著しい腐食環境になることはなく、化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。また下流側の機器(伝熱管)は耐食性のある材料を用いていることから、腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

#### ・海水取水設備(除塵装置)

・海水取水設備は防汚塗装等を施しており、化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。また、電気、計装設備等の付帯設備については端子箱等に納入されており、降下火砕物の直接的影響は受けない。

なお、各施設・設備の降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については、火山事象終息後に堆積した降下火砕物を除去し、除去後の点検等において必要に応じて補修作業を実施する。

### ● ④ 腐食評価

<参考> 屋外設備に使用する塗装や海水系配管の内面処理について

- ・炭素鋼、低合金鋼及びステンレス鋼の機器、配管、制御盤及びダクト等の屋外設備の外表面に対する塗装には、**耐食性等を考慮した塗料を使用**している。
- ・屋外設備については、海塩粒子等の腐食性有害物質が付着しやすく、厳しい腐食環境にさらされるため、エポキシ樹脂系等の塗料が複数層で塗布されている。**エポキシ樹脂系は、耐薬品性※が強く、酸性物質を帯びた降下火砕物が付着、堆積したとしても、直ちに金属表面等の腐食が進むことはない。**
- ・また、残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ及び残留熱除去系海水系、ディーゼル発電機海水系配管等の**海水と直接接する系統については、ポリエチレン系やゴム系等のライニングが施されている。**

これらより、**降下火砕物の屋外設備への付着や堆積及び海水系等への混入により、直ちに金属表面の腐食が進むことはない。**

なお、これらの塗装やライニング等は、定期的に表面の状態の点検を行い、必要に応じて補修を行っている。  
(点検間隔:1年~10年(設備毎に定める))

※ 塗装ハンドブック(石塚末豊, 中道敏彦 編集)によると、「酸、アルカリなどに水分の加わった強度腐食環境での塗装には、フェノール樹脂塗料、塩化ゴム系塗料、エポキシ樹脂塗料、タールエポキシ樹脂塗料、ウレタン樹脂塗料、シリコンアルキド樹脂塗料、フッ素樹脂塗料などの耐薬品性のある塗料が使用される。」と記載あり。

### ● ⑤ 絶縁低下の評価

微細な降下火砕物が、建屋の換気系等から屋内に流入し、屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備（電気盤・制御盤等）に取り込まれ、**内部の基盤・回路に絶縁低下作用**を与える場合について評価・検討する。



微細な降下火砕物の屋内設置された電気盤・制御盤等への流入イメージ

➤ 各盤のうち、回路の発熱量が多く盤内にファンを有する計測制御設備（安全保護系）への影響がないことを評価

#### ・計測制御設備（安全保護系）

- ・計測制御設備（安全保護系）が設置されている部屋の空調系の外気取入口には**バグフィルタが設置されているため、侵入する降下火砕物は微細なものに限られ、さらに、外気取入ダンパを閉止し閉回路循環運転が可能であること**などから、**絶縁低下により計測制御設備（安全保護系）の機能に影響を及ぼすことはない。**
- ・万一、**降下火砕物が設備内に侵入したとしても、以下の観点で電気回路等に影響することはない。**

#### <微細な降下火砕物侵入による電気回路等への影響の考察>

- ・計測制御設備（安全保護系）の設置エリアは、中央制御室換気空調系で空調管理され、外気取入口には**バグフィルタ（JIS Z 8901 試験用紛体11種に対して80%以上の捕集効率）が設置され、室内に侵入する降下火砕物は微量で微細な粒子と推定される。**
- ・微細な粒子が計測制御設備（安全保護系）の盤内に侵入した場合、その付着等により**短絡等の影響が懸念される箇所は数 $\mu\text{m}$ の線間距離となっている集積回路の内部であり、これらはモールド（樹脂）で保護されているため降下火砕物が侵入することはない、絶縁低下を発生させることはない。**
- ・また、**端子台等の充電部が露出している箇所は、端子間の距離が数mm程度あり、降下火砕物の付着等により短絡等を発生させることはない。**

# <別紙6> 火山の影響評価及び対策



## ● ⑥ 大気汚染に対する評価

降下火砕物により発電所周辺の大気が汚染された場合に、**運転員が常時滞在する必要がある中央制御室の居住性に悪影響**を与える場合について評価・検討する。

➢ 汚染された大気が換気空調系を通じて中央制御室に侵入し、居住性を阻害することがないか検討する。

・中央制御室換気空調系は、**外気取入ダンパを閉止した閉回路循環運転により中央制御室の居住性を維持することができるため、発電所周辺の大気汚染による短期的な影響はない。**

### <中央制御室 閉回路循環運転実施の許容時間>

- ・酸素濃度に対して約73時間
- ・二酸化炭素濃度に対して約51時間

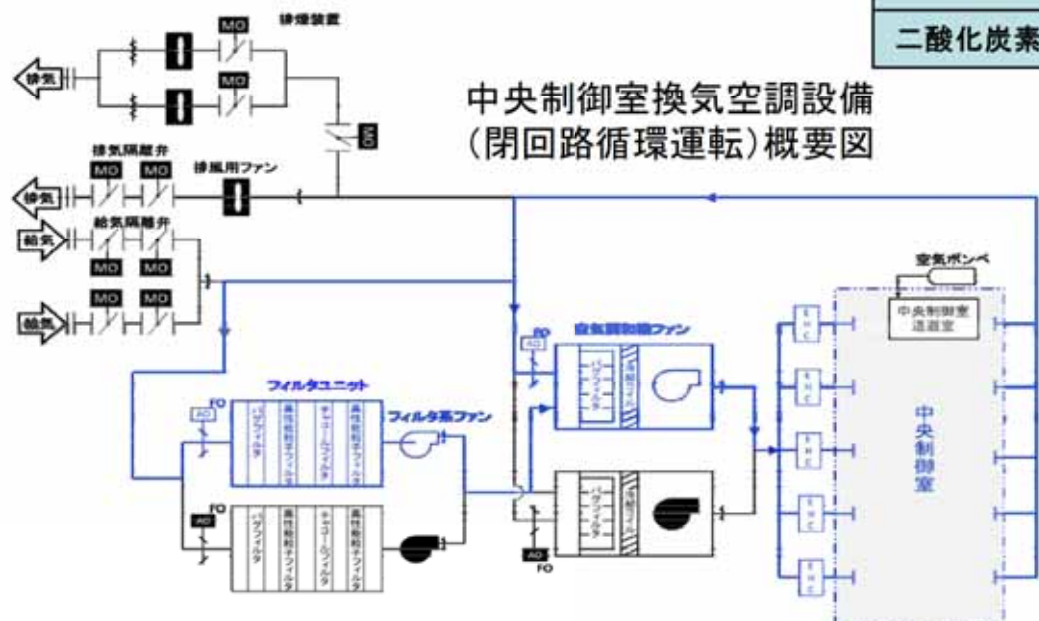
**これらより閉回路循環運転は2日間以上可能**

中央制御室閉回路循環運転における酸素濃度評価結果

時間	12時間	24時間	48時間	73時間	管理値
酸素濃度	20.6%	20.3%	19.6%	19.0%	19.0%

中央制御室閉回路循環運転における二酸化炭素濃度評価結果

時間	12時間	24時間	48時間	51.7時間	管理値
二酸化炭素濃度	0.26%	0.48%	0.93%	1.00%	1.00%



- [EHC] 電気加熱コイル
- [MO] 電動駆動弁・開
- [MO] 電動駆動弁・閉
- [MO] 空気作動弁・開
- [MO] 空気作動弁・閉
- ダンパ
- ファン: 運転
- ファン: 停止
- 換気口
- 空気の流れ

#### <評価条件>

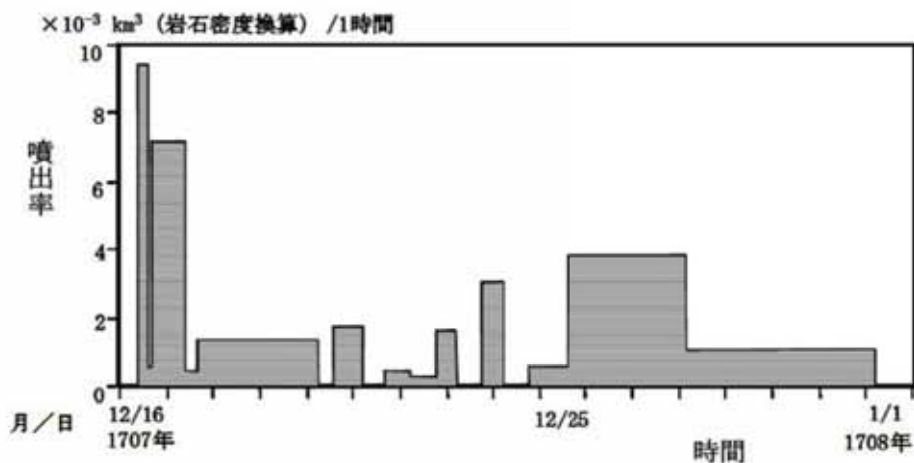
- ・在室人員は運転員定数に保守性を加え11人
- ・中央制御室バウンダリ内体積: 2,700m<sup>3</sup>
- ・空気流入はない扱い
- ・初期酸素濃度: 20.95%, 初期二酸化炭素濃度: 0.03%
- ・1人あたりの呼吸量は、事故時の運転操作を想定し、歩行時の呼吸量を適用して、24L/min
- ・1人あたりの酸素消費量は呼気の酸素濃度16.40%から65.52L/h、二酸化炭素吐出力は、事故時の運転操作を想定し、中等作業での吐出力を適用して0.046m<sup>3</sup>/h
- ・酸素濃度管理濃度は19%以上、二酸化炭素管理濃度は1.0%未満 (鉱山保安法施行規則)

## ● ⑥ 大気汚染に対する評価

<参考> 観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間について

- ・富士山(宝永噴火1707年)の噴出は、断続的に16日間継続したとされている。
- ・一方で、火山観測データが存在する最近の観測記録では、噴火の継続時間はほとんどが数時間程度であり、長いものでも36時間程度に留まっている。
- ・火山観測データに基づく記録より、2日間以上の閉回路循環運転の能力を有していれば、火山噴火の継続に対しても概ね対応できると考えられる。

観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間



富士山(宝永噴火1707年)の噴出率の推移(宮地 他(2002))

噴火年 (地域名)	噴煙柱高度 (km)	噴出率 (m <sup>3</sup> /s)	継続時間 (h)
Pinatubo 1991 (フィリピン)	35	250,000	9
Bezymianny 1956 (カムチャツカ)	36	230,000	0.5
Santa Maria 1902 (グアテマラ)	34	17,000-38,000	24-36
Hekla 1947 (アイスランド)	24	17,000	0.5
Soufriere 1979 (西インド諸島)	16	6,200	9
Mt. St. Helens 1980 (アメリカ合衆国)	18	12,600	0.23
伊豆大島 1986 (伊豆)	16	1,000	3
Soufriere 1902 (西インド諸島)	14.5-16	11,000-15,000	2.5-3.5
Hekla 1970 (アイスランド)	14	3,333	2
駒ヶ岳 1929 (北海道)	13.9	15,870	7
有珠山 1977-I ( # )	12	3,375	2
Fuego 1971 (グアテマラ)	10	640	10
桜島 1914 (九州)	7-8	4,012	36
三宅島 1983A-E (伊豆)	6	570	1.5
Heimaey 1973 (アイスランド)	2-3	50	8.45
Ngauruhoe 1974 (ニュージーランド)	1.5-3.7	10	14

### ● ⑦ 間接的影響の評価と対策

火山事象時に発電所に及ぼす間接的な影響として、湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所等の充電露出部等に付着し、絶縁低下を生じさせることによる広範囲な送電網損傷に伴う外部電源の喪失や、降下火砕物の道路堆積による交通途絶に伴う発電所外のアクセス性の低下を与える場合について評価・検討する。

#### ➤ 外部電源の喪失及び発電所外のアクセス性低下への対応

- ・ 降下火砕物による発電所への間接的影響として、広範囲にわたる送電網の損傷による外部電源の喪失及び発電所外の交通の途絶によるアクセス性への制限を想定



- ・ 外部電源の喪失に対しては、非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)及び耐震Sクラスの燃料貯蔵タンク(2基:800kL以上)を有する設計とする。
- ・ これにより、外部電源喪失及び外部との交通の途絶に対しても、燃料の外部からの補給を要さず、原子炉及び使用済燃料プールの燃料の冷却に係る機能を担うために必要となる電源供給が7日間に渡り継続できる。

\* この対応に当たっては、屋外におけるポンプ車等による給水作業及び電源車による電源供給作業等は要さず、降下火砕物から保護された建屋内の設備のみを用いて対応が可能



- ・ この間に、発電所内のアクセスルートの復旧に加えて、外部からの復旧・支援による外部電源復旧又は外部からの燃料補給等を行うことで、7日以降も電源供給を継続することで、原子炉及び使用済燃料プールの燃料の冷却機能を維持可能

### ＞降下火砕物環境下(D/Gフィルタ交換作業等)における装備

- ・火砕物の降下中での作業時は、**作業着を着用の上、ヘルメット、ゴーグル、マスク及び手袋を着用**する。また、作業性向上の観点で、昼夜を問わず**ヘッドライトを着用**する。さらに、降灰の状況により必要に応じて**雨合羽を着用**する。

これらの設備は特別なものではなく、適宜交換が可能である。



### ＞除灰に関する装備

高濃度の降下火砕物環境下における作業時の装備(イメージ)

- ・建屋屋上の除灰時は**スコップ、土のう袋、集じんマスク、ゴーグル、ほうき等軽量の資機材を使用**し、重機等の大きな荷重を伴う資機材は使用しない。
- ・重機(ホイールローダー等)については、非常用D/Gをはじめとする「止める、冷やす、閉じ込める」ための常設設備の機能維持を図ることから、**火砕物の降下中においては、重機が必須となるような大規模な除灰作業を行う必要が生じる可能性は小さい**と考えているが、運用の必要性については今後詳細に検討する。

なお、火山事象終息後の除灰作業においては、必要に応じて使用することは可能。



【論点No.55】

降下火砕物による直接的影響及び間接的影響に係る評価の保守性及び対策の冗長性等について

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

指摘事項等・県民意見に下線を記載  
対応する資料頁数等を  内に記載

No.318

火山の噴火で火山灰が降るのは50センチというふうに書かれておりますけれども、火山灰って、5センチ積もって、雨でも降ったら、歩くことも車が動くこともちょっと困難なんじゃないかと思えます。それが50センチ降る。雨が降る。電線に付着すれば、電線は切れるし、可動する電源車、これは全く動けないと思うんですね。そういったところも考えて審査ってされているんでしょうか。

P.7-24

No.825

<赤城山火山発生時の降下火砕物の検証が不十分>

P.2-6

東茨城郡茨城地点で45cmなのに東海第二で50cmと予測するのは不十分。非常用電源車、放水車を傍聴壁を越えた水浸しの且つ灰が固まった敷地内で作動させるのは無理と思う。

P.7

No.877

(3) 火山噴火への対応として、火山灰の重量と灰が原子炉建屋に入らないようにフィルタの設置が検討されているが、50cmも灰が積もる時に、フィルタで建屋への侵入を防止できるか、疑問。

P.12-13

- ① 灰の粒径や負荷をどう想定したか? P.5
- ② フィルタ構造と除塵率は? 今後、別資料(論点No.51関係)で説明
- ③ 建屋には灰が流入する隙間はゼロなのか? P.20

\* 委員指摘事項等及び県民意見は第15回ワーキングチーム  
(令和元年6月26日)資料3-1及び資料3-2に基づく

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.982

赤城山噴火時における火山灰を50cmと見積もっていますが、このように大量の火山灰が積もった時に、果たして正常の作業ができるのでしょうか。原子炉建屋の強度不足や非常用発電ディーゼルの目詰まりなども懸念されます。

No.1019

P.7

P.8-11

P.16

論点No.51参照

Q4:資料(29)火山事象, 降下火砕物(55)自然現象の加重の組合せ

P.23

”最大層厚50cmとの評価は妥当であり、建屋や設備は耐えることができる設計とすることを確認”とある。資料(55)では積雪と風(台風)を考慮したとあるが、電気系統設備への影響評価説明が無い。電線に積もった火山灰は重量増加と絶縁劣化の要因になる。送電、受電ラインは長距離ゆえに影響が大きい。停電や全停(ブラックアウト)、降雨後の火山灰硬化による交通傷害など、検討されるべき事は多くある。また、火山灰は当然海にも落下する。海水に含まれた灰分は海水冷却系に吸い込まれる。フィルターがあるなら詰りが発生する。資料(44)(45)の残留熱除去系海水系ポンプ及び緊急用海水ポンプにダメージを与えると推定される。これは重大事故時の対策に支障が出ると予想される。要求事項”安全施設の安全機能が損なわれないように設計する”は、現状では満たされていないと思われ、不安が残る。 P.15

## 【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.1121

赤城山の噴火による降灰に原子炉建屋等の建築物, 設備は耐えられるのか P.8-11

関西電力の高浜原発, 美浜原発, 大飯原発の原子炉建屋等の施設は, 火山灰の層厚が20cm前後までしか耐えられないもたないということで, この3月末を期限として, 層厚がいくらになるのかを関西電力が再検討しているとのことで, その結果が注目されています。 P.8-11

日本原電は, 「赤城山噴火による降灰で東海第二原発の降下物(火山灰)の層厚が最大50cmになると想定し, 全設備がこれに耐えられる」としています。関電の原発が20cm程度が限界なのに, 東海第二は50cmの火山灰に耐えられるのか。しかも, 灰が積もった後で, 雨が降ったらどうなるのか。水を含んだ灰が相当な重量になって, 原子炉建屋や取水口設備などに積もり, 建屋がその重みに耐えることが可能なのか。その点の検討が抜けてきたのではありませんか。第2回目のワーキングチーム会合(2014年12月9日)で, 西川委員から, いろいろな自然現象が重なった場合にどのように評価しているのかという質問があり, 日本原電は, 重畳の評価については次回以降説明するとしています。

<http://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/gentai/anzen/nuclear/anzen/documents/141209gijiwt2.pdf>

これは, 既に説明されているでしょうか。未だであれば, いつ説明を受けるのかご教示願います。

No.1205

今後, 別資料(論点No.50関係)で説明

火山灰対策においては非常用ディーゼル発電機の吸気口への外付けフィルターの設置しかりである。

P.16 論点No.51参照



爆薬や弾薬等の輸送車の爆発による敷地への影響について

【説明概要】

爆薬、弾薬等の輸送車が発電所に最も近い道路を通行した場合でも、発電所施設までは一定の離隔距離があり爆発影響は緩和される。

発電所施設に最も近い道路上で最大規模の燃料(ガス)及び爆薬の輸送車両の爆発を評価しており、この場合でも施設に悪影響を与えないことを確認している。

施設の外壁は、竜巻の風圧や飛来物の衝突に耐える鉄筋コンクリートで主に施工され、また、一定の武力攻撃を受けても機能を失わないよう防護措置が施されている。

これらより、発電所の安全施設に悪影響を与えることはないと判断している。

## ●発電所施設までの離隔距離

- ・爆薬、弾薬等の輸送車が発電所に最も近い公道を通行した場合でも、防護すべき**発電所施設までは最短でも450m以上の離隔距離**を有している。仮に、この場所で輸送車の爆発事故が発生した場合でも、この**離隔距離により発電所施設への影響は緩和**される\*。〈別紙1参照〉

\* 参考として、陸上自衛隊では、爆薬・弾薬等の爆発時の安全確保上の離隔距離として、遮蔽物がない露天条件において、一般に450m～600mとされている。

## ●燃料輸送車両

- ・また、上記の道路上で、発電所施設に最も近い地点において最大規模の燃料及び爆薬の輸送車両の爆発・火災を評価しており、**輸送車両の爆発による風圧や飛散物等が発電所施設に悪影響を与えないことを確認**している。〈別紙2～4参照〉

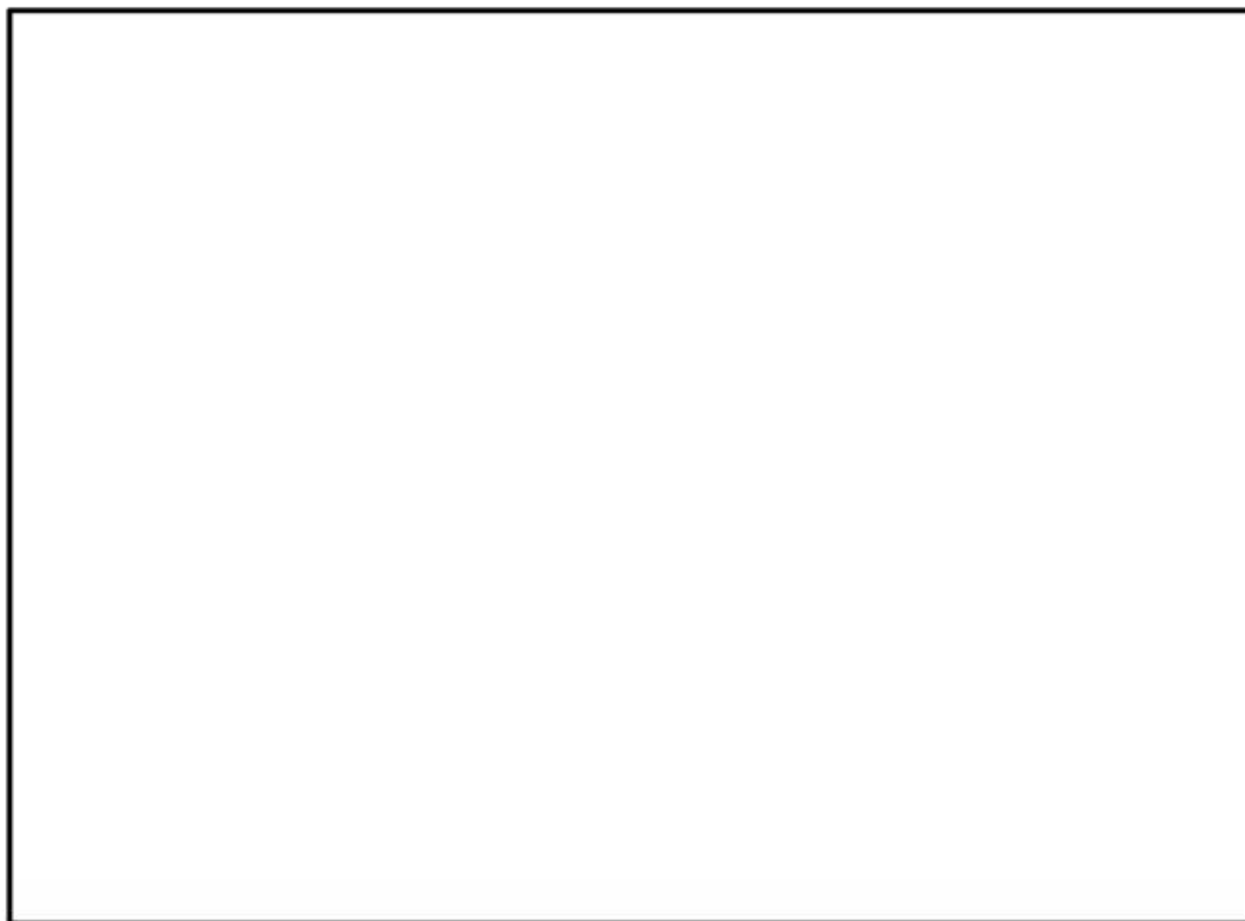
## 〔発電所施設外壁の堅牢性について〕

- ・発電所の安全施設の外壁は、**設計竜巻(風速100m/s)による風圧及びこの竜巻による設計飛来物(鋼製材;長さ約4m, 重さ約135kg)の衝突に耐えるだけの、強固で厚みのある鉄筋コンクリートで主に施工**されている。
- ・また、核物質防護上の措置として、発電所の枢要施設は、重火器類による一定の武力攻撃を受けた場合でも、その施設の機能を失わないような防護措置が施されている。
- ・これらより、爆薬、弾薬等の輸送車の爆発による飛散物が施設まで到達した場合を想定しても、**飛散物の影響は建屋外壁に止まり、建屋内の設備への影響は生じ難いものと推定**

これらより、万一、爆薬、弾薬等の輸送車が発電所に最も近い道路上で爆発したとしても、発電所の安全施設に悪影響を与えることはないと判断している。

● 発電所施設までの離隔距離

発電所に最も近い公道を車両が通行する場合、防護すべき**発電所施設までは、最短でも450m以上の離隔距離**を有している。



\* 爆発事故時の防潮堤への対応

- ・防潮堤は図中に記載した各施設よりも公道により近い位置に設置される。
- ・防潮堤は、原子炉の停止・冷却機能等に直接関わらないため、仮に爆薬、弾薬等の輸送車の爆発事故で損傷した場合でも、原子炉の安全上は直ちに問題となることはない。
- ・仮に、防潮堤の一部が損傷した場合は、直ちに補修等の対策を図り、防潮堤の機能を復旧させる。

図 評価対象施設と公道を通行する車両の位置関係  
論点No.56-3

● 燃料輸送車両の爆発

- ・ 高圧ガス漏洩, 引火によるガス爆発を想定した場合において, 発電所敷地周辺道路を通行する最大規模の燃料輸送車両の爆風圧に対して危険限界距離以上の離隔距離を確保していることを確認
- ・ 大規模なタンク破裂事象が発生する加圧貯蔵型タンクを想定し, 爆発飛来物の影響を評価した結果, 防護すべき施設への影響はないことを確認

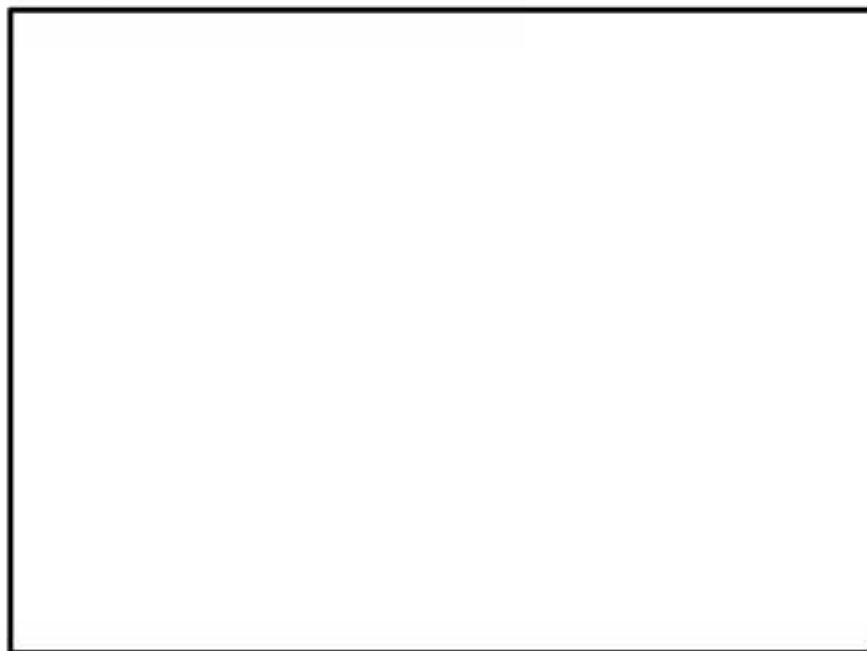


図 評価対象施設と燃料輸送車両の位置関係

● 燃料輸送車両の火災

- ・ 発電所敷地周辺道路を通行する最大規模の燃料輸送車両の火災に対して, 危険距離以上の離隔距離を確保していることを確認



図 評価対象施設と燃料輸送車両の位置関係



## 1. 爆発影響評価

- 最大クラスの積載量(15.1t)のLNG(メタン)及びLPG(プロパン)を積載した燃料輸送車両が、発電所に隣接する主要道路である国道245号において、評価対象施設との距離が最も短くなる地点での爆発を想定。

燃料輸送車両の爆発(爆風圧)に対する評価条件

パラメータ	LNG(ブタン)	LPG(プロパン)	備考
貯蔵量(t)	15.1	15.1	
K値*	714	888	評価ガイド
W値*	4	4	

\*: 下式による評価で用いる係数

### ●爆風圧の影響評価

- 爆発(爆風圧)の危険限界距離\*の算出式は以下のとおり。

\* ガス爆発の爆風圧が0.01MPa(人体に対して影響を与えない圧力)以下になる距離

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W} \quad (\text{出典: 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド})$$

X: 危険限界距離[m]、λ: 換算距離 14.4[m・kg<sup>-1/3</sup>]、K: 石油類の定数[-]、W: 設備定数[-]

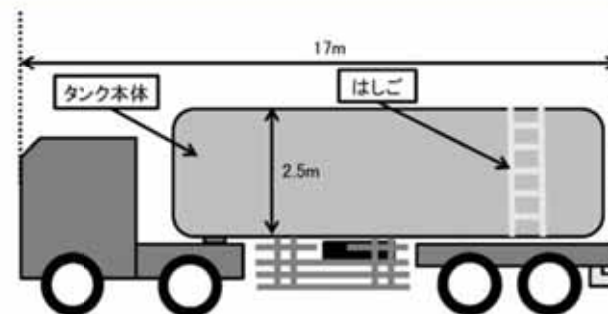
- 評価対象施設は、危険限界距離を上回る離隔を有していることを確認した。

燃料輸送車両の爆発(爆風圧)に対する評価結果

爆発源	危険限界距離(m)	離隔距離(m)
LNG	81	450(タービン建屋)
LPG	88	

●爆発飛来物の影響評価

- ・想定する飛来物の諸元は、右図のとおり想定した最大級の車両の寸法を踏まえ、飛散距離が長くなるよう保守的に設定した。



想定する飛来物の諸元

飛来物	寸法(m)	質量(kg)	備考
鋼製パイプ(梯子)	長さ×直径 17×φ 0.05	71	長いほど飛散距離が出る傾向を考慮
鋼板(タンク)	長さ×幅×厚さ 17.0×2.5×0.01	3,336	面積大ほど飛散距離が出る傾向を考慮

- ・文献※を基に設定した最高射出速度(200m/s)に対し、射出角をパラメータとして以下の運動方程式より最大到達距離を評価した結果、**鋼製パイプが評価対象施設に到達し得る結果となったため、その影響を評価した(次頁)**。

※: The Handbook of Hazardous Materials Spills Technology

$$\left[ \begin{array}{l} \text{水平方向: } m \frac{dV_x}{dt} = F \frac{V_x}{V(t)} \\ \text{鉛直方向: } m \frac{dV_y}{dt} = F \frac{V_y}{V(t)} - mg \end{array} \right. \quad \left( \begin{array}{l} F = -\frac{1}{2} C_D A \rho V(t)^2 \\ V(t) = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \end{array} \right)$$

m : 飛来物の質量 (kg) , F : 空気抵抗による外力 (-)

g : 重力加速度 (9.8m/s<sup>2</sup>) , C<sub>D</sub> : 流体抗力係数 (-)

A : 飛来物の速度方向に対する投影面積 (m<sup>2</sup>)

V : 飛来物の速度(m/s) , ρ : 空気密度(1.2kg/m<sup>3</sup>)

初速の(x, y)成分は、射出角をパラメータとして飛距離が最大となるよう設定

## <別紙2> 燃料輸送車両の爆発・火災の影響評価(4/6)



- 鋼製パイプについては、最大飛散距離がタービン建屋、原子炉建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋との離隔距離を上回ることを確認したため、影響評価を実施した。
- 鋼製パイプの影響は、竜巻影響評価の設計飛来物(鋼製材)の影響に包絡されるため、上記建屋に到達しても、建屋の健全性に影響を与えない※ことを確認した。

※: 竜巻影響評価の結果(設計飛来物に対する構造健全性を維持)に包絡される。

爆発飛来物(燃料輸送車両)の到達評価

評価対象	到達距離 離隔距離	飛来物	
		鋼製パイプ	鋼板
	単位:m	561	413
タービン建屋	450	×	○
原子炉建屋	510	×	○
使用済燃料 乾式貯蔵建屋	520	×	○
放水路ゲート	600	○	○
主排気筒	610	○	○
残留熱除去系海水 系ポンプ	760	○	○
非常用ディーゼル 発電機(高圧炉心ス プレイ系ディーゼル 発電機を含む。)用 海水ポンプ		○	○

○: 到達しない  
×: 到達し得る

鋼製パイプと設計竜巻飛来物の影響比較

	鋼製 パイプ	竜巻飛来物 (鋼製材)
運動エネルギー (kJ)	27	175.6
コンクリートに対する 貫通限界厚さ※ (cm)	17	26.5
鋼板に対する 貫通限界厚さ※ (cm)	27	31.2

※: 貫通を阻止するための最小必要厚さ

## 2. 火災影響評価

- ・公道を通行可能な最大量のガソリン(30m<sup>3</sup>)を積載した燃料輸送車両が、発電所に隣接する主要道路である国道245号において、評価対象施設との距離が最も短くなる地点での炎上を想定。
- ・以下の式にて、評価対象物の表面温度Tが許容値に至る危険距離を計算した。

評価対象物の表面温度:

(出典:各種文献(設備毎))

(例:建屋の場合)

$$T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda} \left[ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) \right]$$

評価対象物の危険距離:

(出典:原子力発電所の外部火災影響評価ガイド)

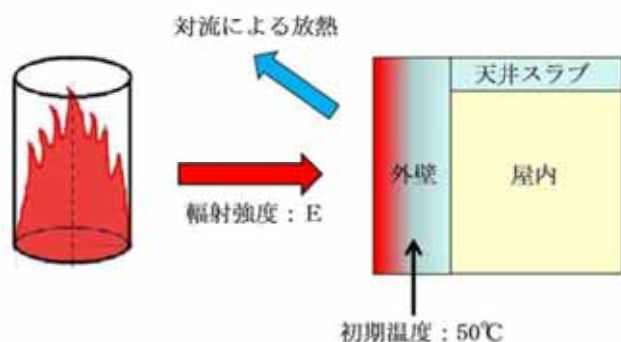
$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n} \tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right] \right\}$$

ただし  $m = \frac{H}{R} \approx 3$ ,  $n = \frac{L}{R}$ ,  $A = (1+n)^2 + m^2$ ,  $B = (1-n)^2 + m^2$

$\Phi$ :形態係数,  $L$ :離隔距離(m),  $H$ :炎の高さ(m),  $R$ :燃焼半径(m)

$E = R f \cdot \Phi$

$E$ :輻射強度(W/m<sup>2</sup>),  $R f$ :輻射発散度(W/m<sup>2</sup>),  $\Phi$ :形態係数



円筒火災モデルと輻射熱評価の概念図  
(建屋の例)

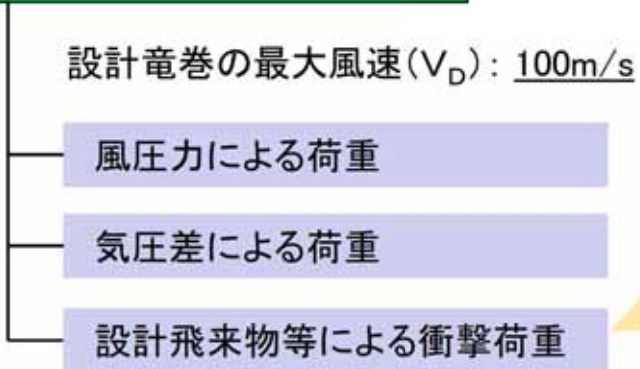
- ・各評価対象施設の評価点の表面温度が許容値となる危険距離を算出した結果、危険距離は、離隔距離を十分に下回ることを確認した。

燃料輸送車両火災に対する評価結果

主な評価対象施設	危険距離(m)	離隔距離(m)
タービン建屋	23	450
主排気筒	9	610
非常用ディーゼル発電機	14	510
海水系ポンプ	11	760
放水路ゲート	9	600

## ● 設計竜巻による荷重に対する評価

### 設計竜巻による荷重



#### ● 設計飛来物(鋼製材:角型鋼管)

寸法: 0.3×0.2×4.2m

質量: 135kg

飛来速度: 51m/s(水平)

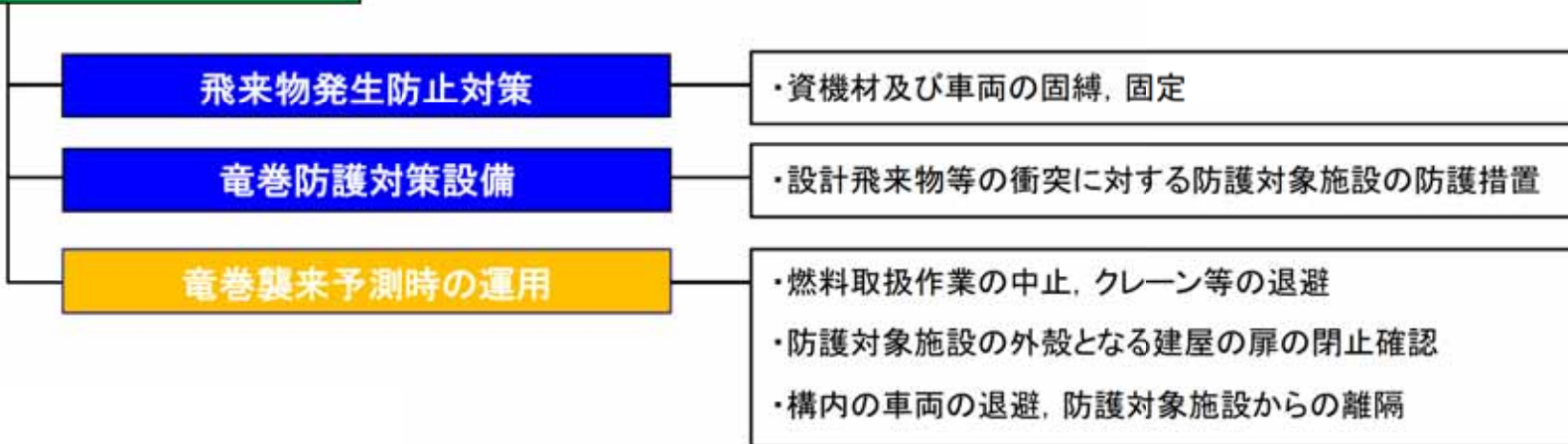
34m/s(鉛直)



#### ● 隣接事業者からの飛来物(車両の飛来を考慮)

## ● 設計竜巻荷重に対する主な竜巻防護対策

### 竜巻防護対策



## 1. 爆発影響評価

- ・TNT火薬を積載した車両が、燃料輸送車両の評価同様、発電所に隣接する主要道路である国道245号において、評価対象施設との距離が最も短くなる地点での爆発を想定。

### ●爆風圧の影響評価

- ・TNT火薬の爆発時の爆風圧と換算距離の関係から、爆風圧が0.01MPa(人体に対して影響を与えない圧力)以下になる爆薬量の限界を算出する。

限界爆薬量の評価結果

項目	数量	備考
換算距離 $\lambda$ (m/kg <sup>1/3</sup> )	14.4	TNT1kgの爆風圧が0.01MPaになる値 (出典:「石油コンビナートの防災アセスメント指針」)
離隔距離 R(m)	450	国道から評価対象施設(タービン建屋)への最短距離
TNT換算係数 a	1	TNT火薬を想定
限界爆薬量 W(t)	30.5	$\lambda = R / (W \times a)^{(1/3)}$ より, $W = \{ (R / \lambda)^3 / a \} / 1000$

- ・上記で求めた爆薬量約30.5tは、道路法による車両総重量の一般的制限値(20t※)を大きく超える値であることから、実際に国道輸送車両の爆発で爆風圧が0.01MPaを超えることはない。

※:車両自体の重量が含まれるため、爆薬の積載量は更に少ない値となる。

【論点No.56】

爆薬や弾薬等の輸送車の爆発による敷地への影響について

【委員からの指摘事項等】

No.49

爆薬や弾薬等の輸送車が爆発することについて、高速道路の水底トンネルとか、あるいは水際トンネルとか長大トンネルでは、こうしたことも検討されているが、ここで検討しない理由を説明すること。

P.2-11

指摘事項等・県民意見に下線を記載  
対応する資料頁数等を  内に記載



東海第二発電所に影響を及ぼす範囲に危険物の貯蔵施設等が新設される可能性(運用等に関することを含む)及び新設される場合における原子炉施設の安全性への影響評価や対応に関する考え方について

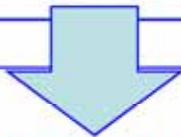
【説明概要】

発電所周辺の危険物貯蔵施設の新設の有無等, 外部火災影響評価条件を定期的に確認する。評価条件に変更が生じた場合は, 外部火災影響評価を再評価し, 安全施設への影響がないことを確認する。

- 東海第二発電所の保安規定に基づき定める火災防護計画において、安全施設を外部火災から防護するための運用等について定め、実施していく。

### 東海第二発電所 火災防護計画

- ・計画を遂行する体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保及び教育訓練並びに火災防護対策を実施する必要な手順等を定める。
- ・【火災防護対策の実施例】発電用原子炉施設の安全機能を有する機器等：  
火災の発生防止、火災の早期感知・消火並びに、火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づき、必要な火災防護対策を定める。
- ・外部火災については、安全施設を外部火災から防護するための運用等を定める。



#### 【外部火災影響評価への対応】

- ・発電所の防火・防災管理者は、外部火災影響評価条件を定期的に確認する。
- ①評価条件の変更がない場合 ⇒ 確認終了
- ②評価条件の変更により、評価結果に影響がある場合
  - ⇒ 発電所敷地内外で発生する火災が安全施設へ影響を与えないことと、火災の二次的影響に対する適切な防護対策が実施されていることを確認するために、外部火災影響評価の再評価を実施
  - ⇒ この対応により、最新条件でも外部火災の安全施設への影響がないことを確認

【論点No.57】

東海第二発電所に影響を及ぼす範囲に危険物の貯蔵施設等が新設される可能性(運用等に関する  
ことを含む)及び新設される場合における原子炉施設の安全性への影響評価や対応に関する考え  
方について

【委員からの指摘事項等】

No.50

近隣施設の危険物について、既設の施設については安全性への影響がないことを確認しているが、仮に新設があっ  
た場合にはどのように対応するのか、考え方を説明すること。 P.2

指摘事項等・県民意見に下線を記載  
対応する資料頁数等を  内に記載



電磁的障害対策に係る設計やテスト等に関する詳細について

【説明概要】

電磁波やサージ・ノイズの侵入の影響を抑制するため、安全保護回路を構成する計測制御回路は電気学会の標準規格に基づき絶縁耐力を有する設計とする。また、鋼製筐体や金属シールド付信号ケーブルを適用し、電磁波の侵入を防止するとともに、ラインフィルタや絶縁回路の設置によりサージ・ノイズの侵入を防止する。

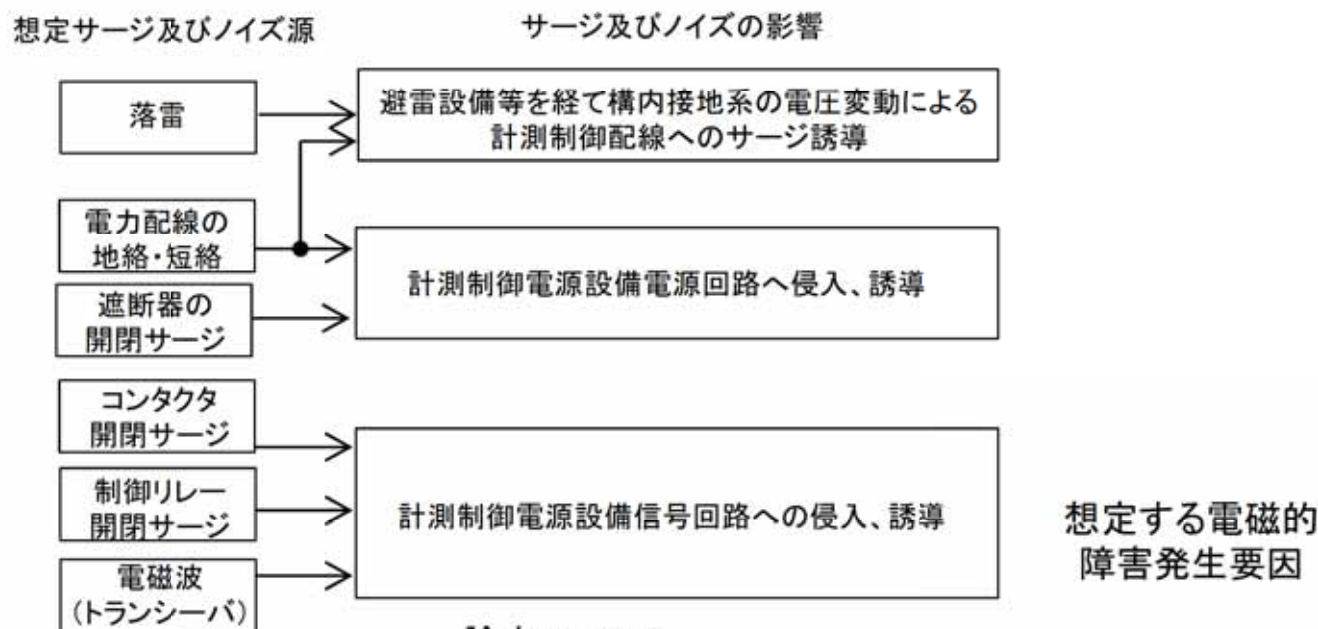
## 【影響評価結果】

### ○想定する電磁的障害等への対策

- ・電磁的障害には、落雷や配線地絡による誘導、通信機による電磁波やサージ・ノイズの侵入があり、低電圧の計測制御回路に対して影響を及ぼすおそれがあるため、安全保護回路を構成する計測制御回路は電気学会の標準規格\*<sup>1</sup>に基づき絶縁耐力を有する設計とする。
- ・安全保護回路の計測制御回路は、日本電気協会の電気技術指針\*<sup>2</sup>等に基づき鋼製筐体や金属シールド付信号ケーブルの適用により、電磁波の侵入を防止するとともに、ラインフィルタや絶縁回路の設置によりサージ・ノイズの侵入を防止する。〈詳細別紙〉

\*<sup>1</sup> JEC210-1981(低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準), 電気学会電気規格調査会編

\*<sup>2</sup> JEAG4608-2007(原子力発電所の耐雷指針), 日本電気協会原子力規格委員会編

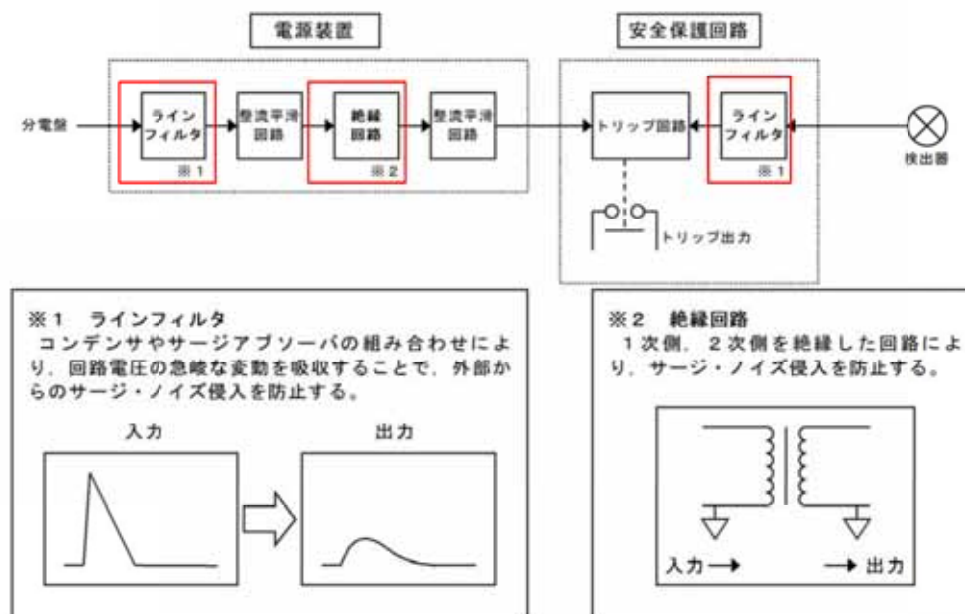


○サージ・ノイズ, 電磁波に対する具体的な対策

計測制御回路を構成する計装盤及びケーブルは, 原則として以下の設計とする。

a. サージ・ノイズ対策\*

- ・電源回路 : 計装盤へ入線する電源受電部にサージ・ノイズ対策回路としてラインフィルタを設置し, 外部からのサージ・ノイズの侵入を防止
- ・信号入出力回路 : 外部からの信号入出力部にサージ・ノイズ対策回路としてラインフィルタや絶縁回路を設置し, 外部からのサージ・ノイズの侵入を防止

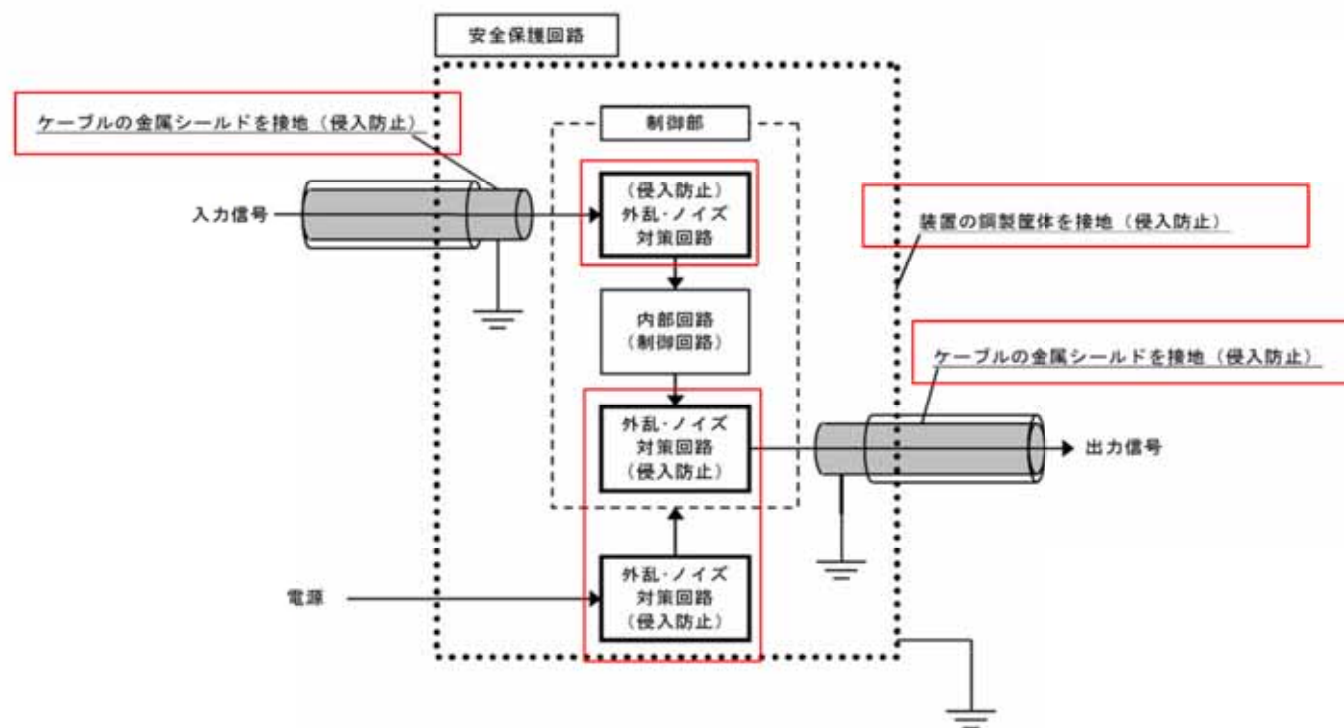


安全保護回路に対するサージ・ノイズ対策の概要

\* JEAG4608-2007(原子力発電所の耐雷指針)

b. 電磁波対策\*

- ・筐体 : 計装盤の制御部, 演算部は鋼製の筐体に格納し, 筐体は接地することで電磁波の侵入を防止
- ・ケーブル : 全て金属シールド付ケーブルを使用し, 金属シールドは接地して電磁波の侵入を防止



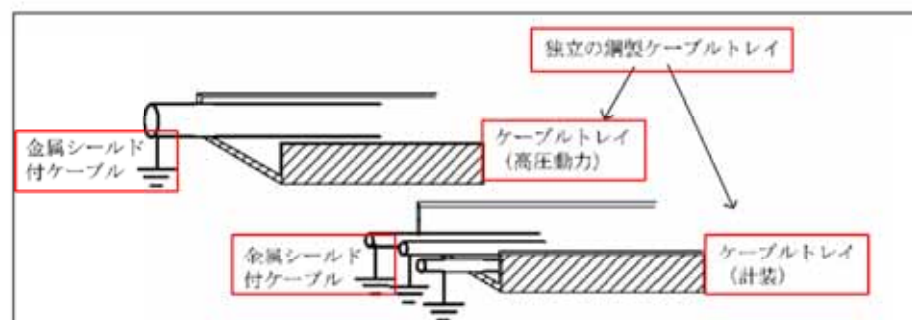
安全保護回路に対する電磁波侵入防止策の概要

\* JEAG4608-2007(原子力発電所の耐雷指針)



○電磁波等の発生源に対する対策

- ・サージ・ノイズや電磁波に対して、計装盤は侵入を防止する設計
- ・中央制御室や計装盤室では無線機器の使用を制限。また、安全系保護回路の計測盤については、至近距離(50cm)にてトランシーバ(出力5W)の出力\*1によりシステムに異常がないことを確認している。
- ・高圧動力ケーブルは金属シールド付とするとともに、計装ケーブルとは別の鋼製ケーブルトレイに布設\*2することで、高圧動力回路に地絡等が生じた場合に計装回路への電磁的影響を及ぼさない設計



電磁波等の発生源に対する対策の概要

\*1 電力用規格B-402(デジタル形保護継電器および保護継電装置)

\*2 JIS C 60364-4-44-2011(低圧電気設備-第4-44部:安全保護-妨害電圧及び電磁妨害に対する保護)

○安全保護回路の耐ノイズ, 耐サージ及び耐電圧性能の確認

安全保護回路の耐ノイズ, 耐サージ及び耐電圧性能の確認として、信号入力部にAC500V 1分間\*3, 電源に4.5kVインパルス電圧\*4を印加して耐性を確認

\*3 計器仕様, \*4 JEC210-1981(低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準)

【論点No.58】

電磁的障害対策に係る設計やテスト等に関する詳細について

【委員からの指摘事項等】

No.51

電磁的な障害に対する設計やテスト等について、JISの基準や電波法の基準などがあるが、どういう基準で、どのようなことを行っているのか。

P.2-5

指摘事項等・県民意見に下線を記載  
対応する資料頁数等を  内に記載

近隣の産業施設における火災・爆発等の東海第二発電所への影響について

【説明概要】

発電所の周辺にあるLNG基地の爆発や、日立港の船舶の爆発・火災や漂流・油流出が発電所の安全性に影響しないことを確認している。

- ・LNG基地の爆発 : 爆発により発電所に到達する風圧は小さく、また、爆発に伴い発生する飛来物は発電所施設まで到達しない。また、LNG貯蔵施設の増設や地下パイプラインの建設を考慮しても、これらの爆発は発電所に影響しない。
- ・船舶の爆発、火災 : 発電所に船舶が最も近づいて、火災・爆発を起こしても影響しない。
- ・船舶衝突、油流出 : 発電所の取水口に船舶が衝突したり、流出した油が到達しても、海水の取水性を損なうことはない。

## ● 危険物貯蔵施設等の爆発

- ・ 高圧ガス漏洩、引火によるガス爆発を想定した場合において、発電所から約1.5kmの位置にあるLNG基地に対して危険限界距離以上の離隔距離を確保していることを確認
- ・ LNG基地のタンクは低温貯蔵型タンクであり、大規模なタンク破裂事象が発生しないため、**タンクの爆発による飛来物の影響はない**ことを確認
- ・ LNGタンクは既設1基より2基に増設工事中(貯蔵容量23万キロリットル/基)。増設後の施設条件を考慮しても**爆発影響の増加は軽微に留まり、発電所に影響を与えない**ことを確認 <別紙1参照>



発電所と日立LNG基地の位置関係



発電所敷地から最も近い位置にある高圧ガス貯蔵施設

※: 400mは、LNG基地の爆発を想定した場合の危険限界距離  
論点No.59-2 373mから求めた保守的な影響範囲

## ● 危険物貯蔵施設等の爆発

- ・ 発電所から約1.5km北方にあるLNG基地より南方に向けてパイプラインを建設中。気体で高圧圧送(7MPa)されるパイプラインのガス管は地中1.2m以深に埋設され、鋼管の材質は伸び・可撓性が高く、溶接による接合方法と相まって大地震でも漏洩せず、更に、遠隔監視・操作でガスの遮断が可能とされている。〈別紙1参照〉
- ・ これらより、パイプラインの爆発事故は起こり難いと考えられるが、不測の事態による爆発を仮定
- ・ パイプラインの敷設位置は防護すべき発電所施設より850m以上離れており、LNG基地のガスタンク本体(増設中のLNGタンクを含む(詳細はp.59-6参照))が爆発した場合の危険限界距離(373m及び410m)を上回る。また、発電所施設に更に近い道路を通行する燃料輸送車両の火災・爆発を評価し、この場合でも発電所施設に影響を与えないことを確認。更に、ガスパイプライン爆発事例を参照したところ、重大な被害はパイプライン近傍に留まると考えられ、850m以上離れた箇所まで被害を及ぼす恐れは小さいと考えられる。〈参考〉
- ・ これらより、パイプラインの万一の爆発を想定しても、発電所施設に影響を及ぼすことはない判断される。



LNG基地から繋がるパイプライン敷設計画(建設中)

LNGパイプラインと発電所の位置関係概略図

## ● 燃料輸送船の爆発<別紙2参照>

- ・ 高圧ガス漏洩、引火によるガス爆発を想定した場合において、LNG基地に入港する最大規模の燃料輸送船が、船舶の喫水と水深より、船底が海底とぶつかるためこれ以上進入しない位置まで漂流してきたことを想定した条件で、危険限界距離以上の離隔距離を確保していることを確認
- ・ LNG基地に実際に入港する最大規模の燃料輸送船は低温貯蔵型タンクであるため、タンクの爆発による飛来物の影響はないことを確認

## ● 燃料輸送船の火災<別紙3参照>

- ・ LNG基地に入港する最大規模の燃料輸送船の火災に対して、船舶の喫水と水深より、船底が海底とぶつかるためこれ以上進入しない位置で、危険距離以上の離隔距離を確保していることを確認
- ・ 発電所港湾内に入港する最大規模の定期船の火災に対して、危険距離以上の離隔距離を確保していることを確認



図 評価対象施設と燃料輸送船の位置関係

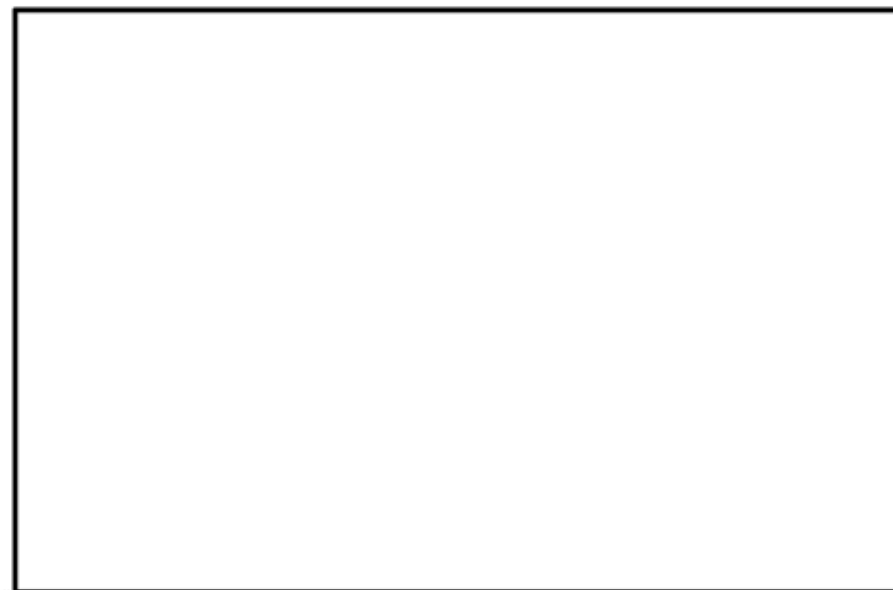
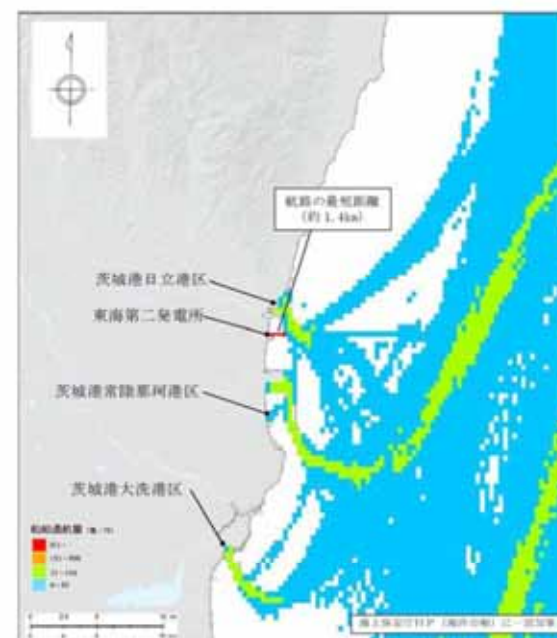
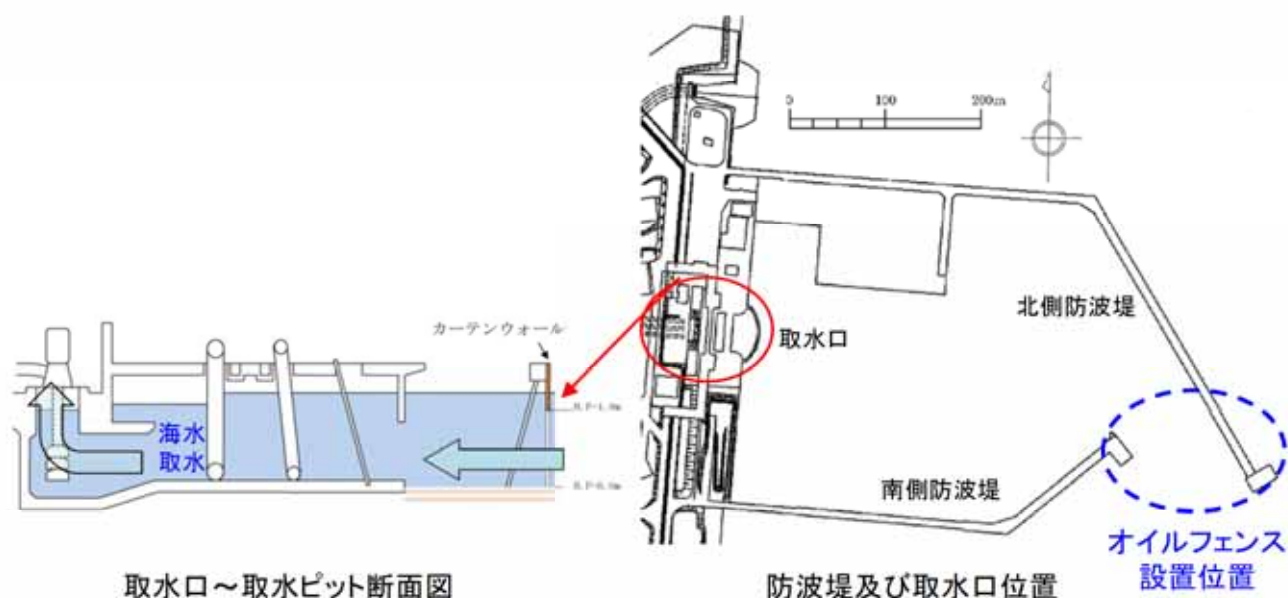


図 評価対象施設と燃料輸送船の位置関係

# 想定される外部事象に対する影響評価(船舶の衝突等)

## 【影響評価結果】

- ・発電所周辺の海上交通のうち、最も近い航路でも発電所より約1.4kmの離隔距離が確保されていること、大型船舶の喫水 [ ] 及び発電所沖合約900mの水深が [ ] であることから、大型船舶が発電所に到達する可能性は小さい。
- ・発電所に入港する燃料輸送船等は、異常気象・荒天が想定される場合には、必要に応じて緊急退避等の措置をとるため港湾内で事故が発生する可能性は小さい。万が一、港湾内で事故が発生し、輸送船等が取水口前面に到達した場合でも、半円状のカーテンウォールにより阻害され、水深が [ ] 確保されていることから取水性を損なうことはない。
- ・漁船等の小型船舶が発電所近傍で漂流した場合でも、防波堤によって発電所港湾内に侵入してくる可能性は小さい。万が一防波堤を通過した場合でも、取水口は呑み口が広いこと、取水性を損なうことはない。
- ・これらの船舶の座礁等により、積載燃料や輸送油(重油等)が流出・拡散して発電所に向かう場合を想定しても、油の比重は海水より小さく表層近くに留まることから、速やかにオイルフェンスを設置して油の接近を抑制することで、取水口からの深層取水に悪影響を与えることはない。



発電所周辺の航路

## ● 危険物貯蔵施設等の爆発

- ・ LNG基地のLNGタンクは既設1基より2基に増設工事中であることから、増設後の施設条件における爆発評価への影響を確認する。
- ・ ガス爆発の危険限界距離\*の算出式は以下のとおり。

\* ガス爆発の爆風圧が0.01MPa以下になる距離(人体に対して影響を与えない圧力)

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W} \quad (\text{出典: 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド})$$

X: 危険限界距離[m]、λ: 換算距離 14.4[m・kg<sup>-1/3</sup>]、K: 石油類の定数[-]、W: 設備定数[-]

- ・ LNGタンク増設後の危険限界距離の評価結果は以下のとおり、危険限界距離は現行施設条件の373mから増加するものの410mに留まり、発電所からの離隔距離1500mを下回ることを確認した。

評価ケース	想定爆発源	容量(t)	危険限界距離(m)	離隔距離(m)	考察
現行施設の条件	LNGタンク 1基	97,704	373	1,500m	LNGタンク増設によりガス貯蔵量が増えて危険限界距離は長くなる傾向となるが、危険限界距離はガス貯蔵量の三乗根に比例するため、貯蔵量が大幅に増えても距離への影響は小さい。
	LPGタンク 1基	31,000			
LNGタンク増設後	LNGタンク 2基	195,408	410		
	LPGタンク 1基	31,000			



# ＜別紙1＞LNG基地のLNGタンク増設及びパイプライン建設（1／6）

## 「日立LNG基地 2号LNGタンク」の建設工事着手について

東京ガス株式会社  
平成30年4月3日  
広報部

東京ガス株式会社（社長：内田 高史、以下「東京ガス」）は、4月1日、今後の更なる天然ガス需要の増加に対応するため、「日立LNG基地」（茨城港日立港区内、以下「同基地」）における「2号LNGタンク」（以下「本タンク」）の建設工事に着手しました。

東京ガスは、2020年に向けた天然ガス需要の増加に対応した製造・供給インフラの柱の一つとして、2012年7月より同基地の建設に着手し、2016年3月に竣工、営業運転を開始しています。今後の更なる天然ガス需要の増加に対応するため、このたび、本タンクの建設工事に着手し、2020年度の運転開始を目指します。

なお、東京ガスは、高圧ガスパイプライン「茨城幹線」（延長 約92km、茨城県日立市～茨城県神栖市）についても、2020年度の供用開始を目指して建設工事を進めており、今後、既存の「鹿島臨海ライン」（茨城県神栖市）と「茨城～栃木幹線」（茨城県日立市～栃木県真岡市）とを接続し、高圧ガスパイプラインのループ化を更に図ることにより、首都圏全体における供給安定性の向上に貢献するとともに、供給ネットワーク全体の輸送能力の増強を図ります。

東京ガスグループは、「チャレンジ2020ビジョン」において「LNGバリューチェーンの高度化」を掲げ、その一環として「エネルギーの安全かつ安定的な供給」を推進しており、今後も更なるエネルギーの安全かつ安定的な供給に努めてまいります。

### 日立LNG基地および2号LNGタンクの概要

所在地	茨城県日立市 茨城港日立港区内
日立LNG基地 設備概要	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1号LNGタンク（23万kl、地上式1基）</li><li>• LPGタンク（5万kl、地上式1基）</li><li>• 製造施設（LNG気化設備、3基）</li><li>• ローリー出荷施設</li><li>• 大型栈橋（外航LNG船用受入設備）ほか</li></ul>
2号LNGタンク 仕様	<ul style="list-style-type: none"><li>• 地上PC式LNGタンク</li><li>• 貯蔵容量：23万kl、貯槽外径：約90m、高さ：約60m</li></ul>

出典：東京ガス株式会社 プレスリリース 2018/04/03「日立LNG基地 2号LNGタンク」の建設工事着手について

竣工イメージ図

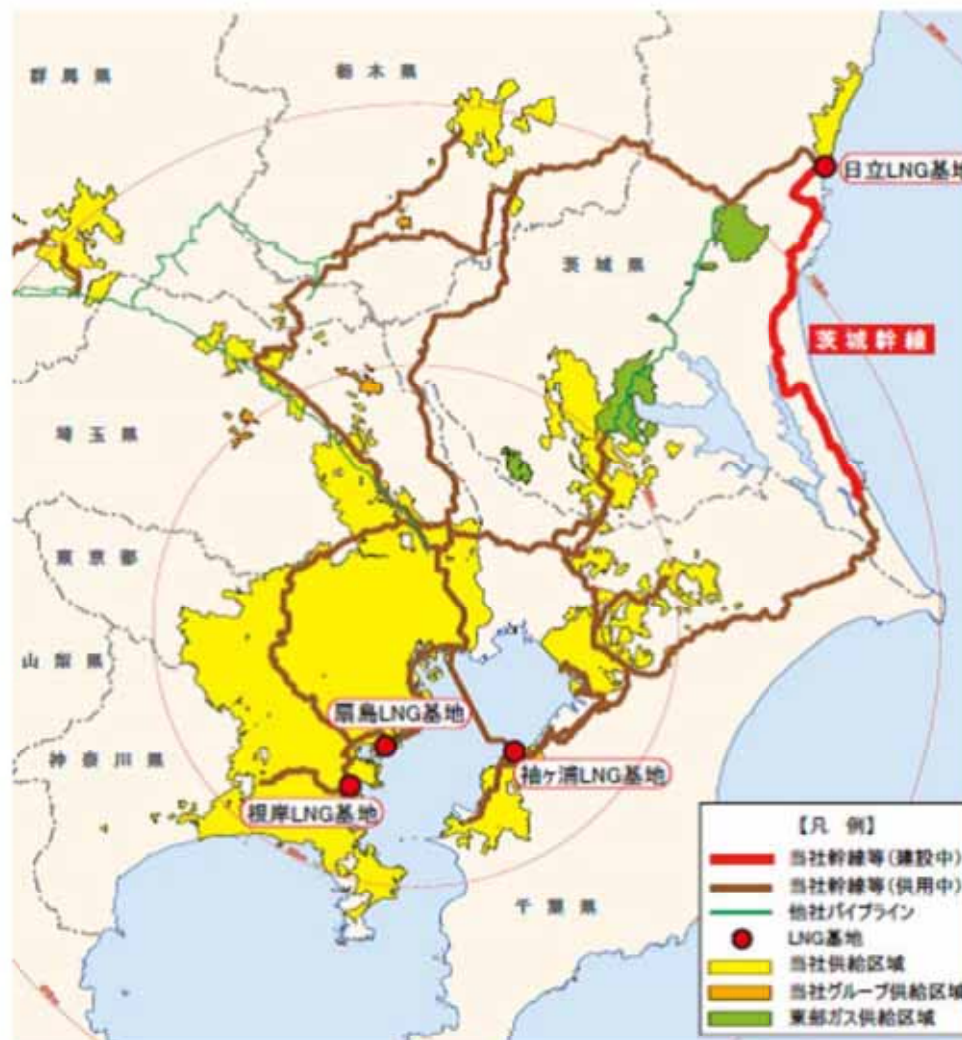


出典:東京ガス株式会社 プレスリリース 2018/04/03「日立LNG基地 2号LNGタンク」の建設工事着手について  
論点No.59-8

# ＜別紙1＞LNG基地のLNGタンク増設及びパイプライン建設（3／6）



東京ガスの供給エリア概要図



出典:東京ガス株式会社 プレスリリース 2018/04/03「日立LNG基地 2号LNGタンク」の建設工事着手について

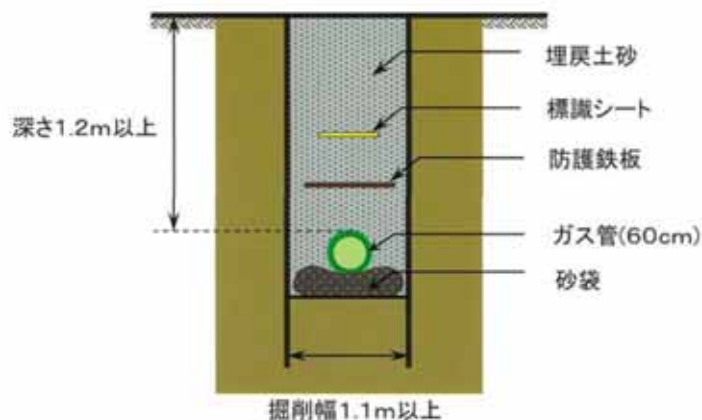
## 「茨城幹線」計画概要

現段階における計画概要は下表のとおりです。

工事区間	始点：茨城県日立市（日立 LNG 基地） 終点：茨城県神栖市（東和田ブロックバルブステーション）		
延長	約90km	管径	約60cm
材質	鋼管	圧力	7MPa
完成時期	2020年度末（予定）		

### 主な建設仕様

- ガス管の接合 —— ガス管の接合は高品質な溶接接合を採用します。  
溶接接合部は、ガス事業法に基づく非破壊試験を全数実施し、十分に安全な品質であることを確認します。
- 標準断面図 —— ガス管は主に道路下に埋設します。（標準的な断面は下図の通り）



### 完成後に行う維持管理業務

- 路線パトロール —— 路線上で事前に照会のない他企業者の工事の発見ならびに施設の異常の有無、路線状況の変化を発見するため、パトロールを行います。
- 照会工事立会い —— 他企業者が行う工事の際には安全を確保するため、事前に十分な打ち合わせを行うとともに現場での立会いを行います。
- 施設保全 —— 各種施設の点検・検査、機器類の機能検査を定期的に行い、施設の正常作動を確認します。

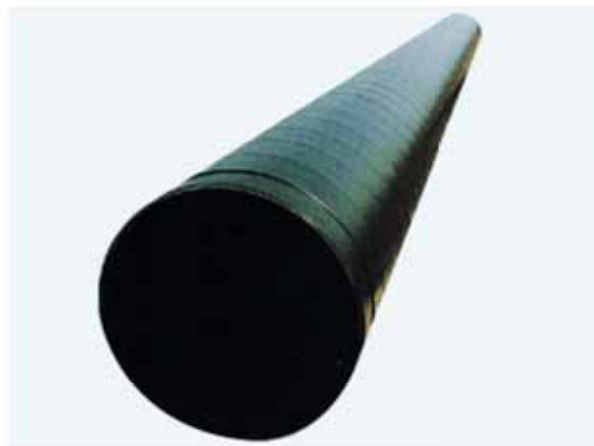


出典：東京ガス株式会社 パンフレット「環境にやさしいエネルギーでより豊かな生活をー茨城幹線 計画概要ー」より抜粋

## 輸送幹線パイプライン設備

### パイプラインの材料

輸送幹線パイプラインの材料は、世界的に広く使用されている米国石油協会（API）高圧ラインパイプ（5L）規格の×－42、×－52、×－60、×－65などの鋼管を使用しており、これらの材料は引張り強度、耐力が大きく強靱で、かつ伸びも大きく可撓性のある優れたものです。  
なお、パイプの外面には腐食防止のためポリエチレン、コーラール・エナメルなどの塗覆装が施されています。



### 地震対策

大地震が起きても影響のない材質（鋼管）と接合方法（溶接接合）にて建設しております。これにより、阪神淡路大震災規模の地震が起きても、ガスが漏洩することはありません。

写真：

阪神淡路大震災時のガスパイプラインの状況

（第二神明道路大蔵谷IC付近）

「ガス地震対策検討会報告書（資源エネルギー庁監修）」より



出典：東京ガスパイプライン株式会社 HP  
「業務内容 輸送幹線パイプライン設備」より抜粋

## パイプラインの接合

輸送幹線パイプラインの接合は、高品質な溶接接合を採用しており、十分な品質であることを確認しています。

## 接合部検査

輸送幹線パイプラインの接合部(溶接部)については、すべての接合部について、外観検査・レントゲン検査(X線透過試験)などを実施しております。

## バルブステーション(略称:VS)

保安上ガスを遮断する、遮断バルブを設けています。



## 遠隔監視・遠隔操作設備

輸送幹線パイプライン網のガバナステーション、バルブステーションは、東京ガス(株)の供給指令センターで、24時間・365日常時監視および遠隔操作できるようになっています。なお、停電時には、自動的に備え付けの予備電源に切り換えます。



東京ガス(株) 供給指令センター

出典:東京ガスパイプライン株式会社 HP  
「業務内容 輸送幹線パイプライン設備」より抜粋

● 米国 カリフォルニア州San Bruno 天然ガスパイプラインにおけるガス漏えい・爆発事故

項目	内容
発生日時	2010年9月9日
発生場所	米国カリフォルニア州 San Bruno
対象施設	PG&E社 地下埋設天然ガスパイプライン「Line132」 (鋼製, 外径762mm, 地下2mに敷設)
事故内容	パイプラインからのガス漏洩・爆発 ・爆発地点に長さ22m, 幅8mのクレーターが生成 ・パイプラインの一部(長さ8.4m, 重さ約1360kg)が約30m離れた地点に落下 ・爆発地点付近の住宅で火災発生, 死亡者発生
事故原因	1956年に設置したパイプラインの配管長手方向シーム溶接部の欠陥の長期運転に伴う拡大, 破壊・貫通に伴うガス漏洩及び引火



爆発地点のクレーターと破断した配管 論点No.59-13

事故後の2011年6月20日の現場

出典: 圧力技術  
第50巻3号,  
他

● 台湾 高雄市ガス漏えい・爆発事故

項目	内容
発生日時	2014年7月31日～8月1日
発生場所	台湾 高雄市 Cianjhen地区
対象施設	李長榮化学工業 プロピレンガス用パイプライン(地下敷設)
事故内容	パイプラインの腐食に伴う下水道へのガス漏えい, 引火・爆発 ・下水道沿いの道路が数100m陥没, 車両が横転, 火災発生, 死亡者発生 ・原動機付自転車が5階建ビルの屋上まで飛散
事故原因	パイプラインの不適切な敷設, 不十分な保守管理による腐食に伴うガス漏洩



高雄市内の石油化学工場, パイプライン及び爆発現場の位置関係



ガス爆発現場の状況

出典:「2014年台湾・高雄市ガス爆発事故における行政・民間・地域住民の災害対応」(孫同文, 国立暨南国際大学)他



## <別紙2> 船舶の爆発影響評価



- ・日立LNG基地のLNG輸送船及びLPG輸送船並びに内航船の爆発を想定。
- ・輸送船は、喫水の関係で水深  の位置までしか近づけないことから、当該ポイントから評価対象施設までの離隔距離が最も短くなる地点での爆発を想定。
- ・内航船は、喫水の関係で水深  の位置までしか近づけないことから、当該ポイントから評価対象施設までの離隔距離が最も短くなる地点での爆発を想定。
- ・海水ポンプ室と放水路ゲートは、津波防護施設に遮られ爆風圧の影響は受け難いため、評価対象外とする。



LNG輸送船及びLPG輸送船の爆発地点と  
評価対象施設との位置関係



内航船の爆発地点と  
評価対象施設との位置関係

### ●爆風圧の影響評価

・爆発(爆風圧)の危険限界距離\*の算出式は以下のとおり。

\* ガス爆発の爆風圧が0.01MPa以下になる距離(人体に対して影響を与えない圧力)

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W} \quad (\text{出典:原子力発電所の外部火災影響評価ガイド})$$

X:危険限界距離[m]、λ:換算距離 14.4[m・kg<sup>-1/3</sup>]、K:石油類の定数[-]、W:設備定数[-]

・評価対象施設は、危険限界距離を上回る離隔を有していることを確認した。

#### 船舶の爆発(爆風圧)に対する評価結果

爆発源	危険限界距離(m)	離隔距離(m)
LNG輸送船	335	1,100(主排気筒)
LPG輸送船	340	1,100(主排気筒)
内航船	165	390(タービン建屋)

### ●爆発飛来物の影響評価

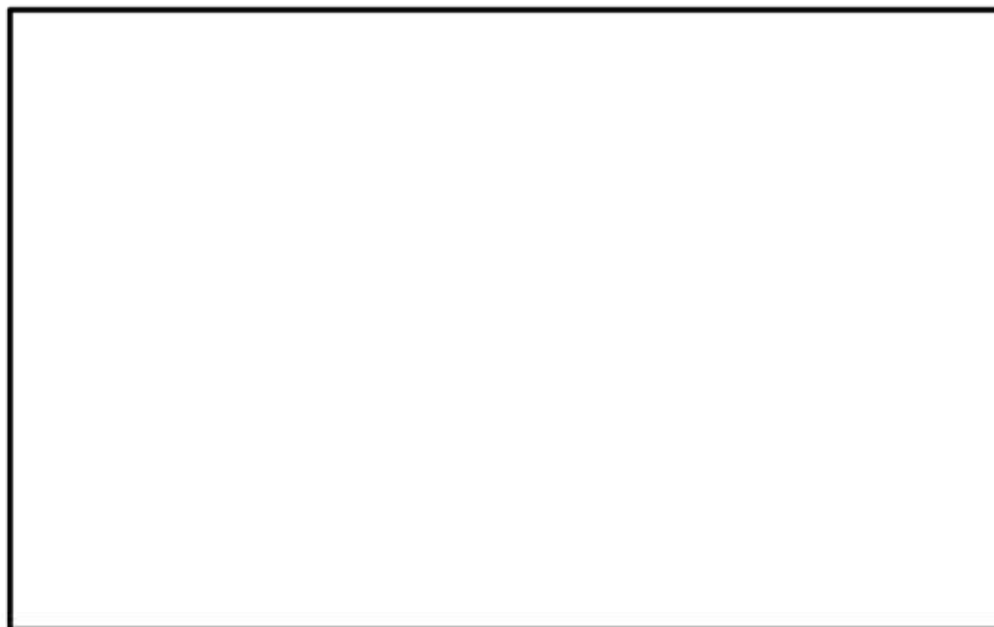
・爆発エネルギーから求まる最高射出速度に対し、射出角をパラメータとして最大到達距離を評価した。

・評価対象施設は、飛来物の到達距離を上回る離隔を有していることを確認した。

#### 船舶の爆発(飛来物)に対する評価結果

爆発源	飛来物の到達距離(m)	離隔距離(m)
LPG輸送船	497	940(海水ポンプ室)

- ・日立LNG基地のLNG輸送船及びLPG輸送船並びに内航船及び定期船の火災を想定。
- ・輸送船は、喫水の関係で水深  の位置までしか近づけないことから、当該ポイントから評価対象施設までの離隔距離が最も短くなる地点での火災を想定。(LPG輸送船はLNG輸送船に評価が包絡)
- ・定期船は、喫水の関係で水深  の位置までしか近づけないことから、当該ポイントから評価対象施設までの離隔距離が最も短くなる地点での火災を想定。(内航船は定期船に評価が包絡)



LNG輸送船の火災地点と  
評価対象施設との位置関係



定期船の火災地点と  
評価対象施設との位置関係

- 以下の式にて、評価対象物の表面温度Tが許容値に至る危険距離を計算した。

(例: 建屋の場合)

評価対象物の表面温度:  
(出典: 各種文献(設備毎))

$$T = T_0 + \frac{E \sqrt{\alpha t}}{\lambda} \left[ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) \right]$$

(出典: 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド)

評価対象施設の危険距離:  
(出典: 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド)

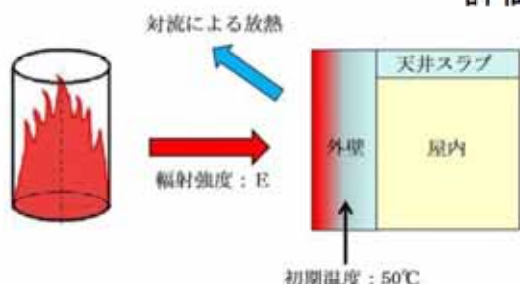
$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(\Lambda - 2n)}{n\sqrt{\Lambda B}} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{\Lambda(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし  $m = \frac{H}{R} \approx 3$ ,  $n = \frac{L}{R}$ ,  $\Lambda = (1+n)^2 + m^2$ ,  $B = (1-n)^2 + m^2$

$\Phi$ : 形態係数,  $L$ : 離隔距離(m),  $H$ : 炎の高さ(m),  $R$ : 燃焼半径(m)

$E = R f \cdot \Phi$

$E$ : 輻射強度( $W/m^2$ ),  $R f$ : 輻射発散度( $W/m^2$ ),  $\Phi$ : 形態係数



円筒火災モデルと輻射熱評価の概念図

- 各評価対象施設の評価点の表面温度が許容値となる危険距離を算出した結果、危険距離は、離隔距離を十分に下回ることを確認した。

LNG輸送船火災に対する評価結果

主な評価対象施設	危険距離(m)	離隔距離(m)
原子炉建屋	263	1,100
放水路ゲート	87	1,050
非常用ディーゼル発電機	153	1,100
海水系ポンプ	142	940

定期船火災に対する評価結果

主な評価対象施設	危険距離(m)	離隔距離(m)
原子炉建屋	85	300
放水路ゲート	29	220
非常用ディーゼル発電機	50	330
海水系ポンプ	47	70

【論点No.59】

近隣の産業施設における火災・爆発等の東海第二発電所への影響について

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

指摘事項等・県民意見に下線を記載  
対応する資料頁数等を  内に記載

No.205

それから、33ページのところで、付近に石油コンビナートなどはないと。それから、83ページのところで、取水口のあたりに漂流物は大丈夫だと書いてありますけれども、今回の説明書全般をしてみますと、東海第二原発の北側に少なくとも日立港という大きな港があると。そこにどのような船舶や施設があるかということについて全く書かれていないと。これはどういうことなんだろうと思うんですね。   「外部事象対策」近隣工場火災参照

大きな施設的なものとしては、日立港の第1埠頭のすぐ山側のところに石油タンクの基地がありまして、そこには16基のタンクがあります。重油とかいろいろ入っているわけです。タンカーは日立港に毎日のように入っている。そのトータル的な容量は2.2キロリットルぐらいだったと思います。それから、第5埠頭には、地上式では世界最大23万キロワットのLNGタンクがあります。あとはLPGタンクが8万キロリットル、そして、現在、同じすぐ脇に23万キロワットのLNGタンクをもう1基建設中です。そういうことも書いていない。

No.750

外部火災対策P30 近隣の産業施設の火災影響については、発電所敷地外の半径10km以内に石油コンビナート等に相当する施設がないことを確認とあるが、LNGガス基地(日立港)の事故対応についてはどの様に考えているのか？

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.207

崖の上の石油タンクもひびが入って、油が日立港に流れてきて、それから、そちらの原発の中に入っていくということも十分考えられる。 P.5

平成14年の12月に北朝鮮のチルソン号が座礁しましたときに、燃料油が船から流れ出しまして、北は高萩市、南はひたちなか市、つまり東海村を越しているわけです。そこまで漂着して、市民がそこへ出て行ってボランティアで砂浜を回収したんです。

ですから、そういうふうな事実もありますので、そのあたりも含めて、過去の経歴、それから、現在使われている状況、ちなみに、外国船の1万トン以上だったと思いますが、日立のここの建物の中に図書館がありますから、私もちょっと調べてみたんですが、2008年のデータが最後で、それ以後はありませんけれども、67隻、1万トン以上の外国船が日立港に入っています。

ですから、そういうふうな基本的な現状をなぜ無視したのかということも含めましてお尋ねしたいと思います。

No.1020

P.5

Q5:資料(30)外部火災対策

”発電所敷地外の半径10km以内に石油コンビナート等に相当する施設がないことを確認”とある。しかし、5km以内の日立港地域にはガスタンクが設置されている。また地下にはガス管が埋設され、徐々に延長されている。この現状認識の相違は違和感を覚える。

P.2-3

P.6-14