

# 女川原子力発電所 1 号発電用原子炉

## 廃止措置計画認可申請書

### < 補足説明資料 >

令和 2 年 1 月

東北電力株式会社

## 目 次

01-DP-007(改 3)	廃止措置対象施設, 解体対象施設の考え方について
01-DP-011(改 0)	気象条件の代表性について
01-DP-012(改 1)	廃止措置に係る被ばく評価に使用する気象条件について
01-DP-013(改 1)	解体工事準備期間における直接線及びスカイシャイン線による線量について
01-DP-014(改 1)	1号炉使用済燃料移送後の3号炉使用済燃料プール水全喪失時の評価について
01-DP-015(改 0)	解体工事準備期間における放射性固体廃棄物の管理について
01-DP-016(改 0)	解体工事準備期間における放射線業務従事者の被ばく線量について
01-DP-017(改 0)	新燃料の譲渡しに伴う発電所作業時の安全措置について
01-DP-018(改 0)	1号炉使用済燃料プール水全喪失時の評価について

女川原子力発電所 1 号炉審査資料	
資料番号	01-DP-007(改3)
提出年月日	令和 2 年 1 月 14 日

# 女川原子力発電所 1 号発電用原子炉

## 廃止措置対象施設，解体対象施設 の考え方について

令和 2 年 1 月  
東北電力株式会社

## 目 次

1.	はじめに	1
2.	基本的な考え方	1
3.	廃止措置計画認可申請書記載の考え方	1
3.1	廃止措置対象施設	1
3.2	解体対象施設の範囲	2
3.3	廃止措置の終了確認について	3

## 1. はじめに

本資料は、廃止措置計画認可申請書「四 廃止措置対象施設及びその敷地」に記載した廃止措置対象施設、「五 廃止措置対象施設のうち解体の対象となる施設及びその解体の方法」（以下「本文五」という。）に記載した解体対象施設の記載の考え方について説明する。

## 2. 基本的な考え方

原子炉設置許可又は原子炉設置変更許可（以下「設置許可」という。）を受けた発電用原子炉施設は、廃止措置計画に基づき廃止措置を行い、廃止措置の終了した結果が原子力規制委員会規則で定める基準に適合していることについて原子力規制委員会の確認（以下「終了確認」という。）を受けたとき、設置許可の効力を失うこととなる。

このため、廃止措置計画認可申請書の廃止措置対象施設は、設置許可を受けた発電用原子炉施設を対象とする。

## 3. 廃止措置計画認可申請書記載の考え方

廃止措置対象施設及び解体対象施設の廃止措置計画認可申請書への記載の考え方を以下に示す。

また、廃止措置対象施設と解体対象施設の関係を第1図に示す。

### 3.1 廃止措置対象施設

#### (1) 廃止措置対象施設の法令上の定義

「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」（以下「実用炉規則」という。）において、廃止措置対象施設は次のとおり定義されている。

### (実用炉規則)

(施設定期検査を受ける発電用原子炉施設)

#### 第四十五条第二項

前項の規定にかかわらず、法第四十三条の三の三十四第二項の認可を受けた廃止措置計画に係る廃止措置の対象となる発電用原子炉施設(以下「廃止措置対象施設」という。)については、法第四十三条の三の十五の原子力規制委員会規則で定める発電用原子炉施設は、次に掲げるもの(核燃料物質の取扱い又は貯蔵に係るものに限る。)以外のものとする。

(略)

#### (2) 廃止措置対象施設の審査基準における要求

「発電用原子炉施設及び試験研究用等原子炉施設の廃止措置計画の審査基準」(以下「審査基準」という。)では、廃止措置対象施設について、「解体する原子炉施設については、対象原子炉施設に係る設置の許可がなされたところにより、廃止措置対象施設の範囲を特定する」こととされている。

#### (3) 廃止措置対象施設の範囲

上記(1)、(2)を踏まえ、廃止措置対象施設の範囲は、設置許可を受けた1号炉の発電用原子炉及びその附属施設とする。

### 3.2 解体対象施設の範囲

2号又は3号炉との共用施設は、1号炉の廃止措置終了後も2号又は3号炉の施設として引き続き供用する計画としていることから、1号炉の廃止措置計画認可申請書における解体の対象となる施設は、2号又は3号炉との共用施設を除くものとする。

また、放射性物質による汚染のないことが確認された地下建家、地下構造物及び建家基礎についても、解体の対象から除くものとする。

廃止措置対象施設のうち解体の対象となる施設を第1表に示す。

燃料集合体を除くこれらの解体の方法等については、廃止措置計画認可申請書本文五に示す。また、燃料集合体の取扱いについては、廃止措置計画認

可申請書「六 核燃料物質の管理及び譲渡し」に示す。

解体対象施設のうち、廃止措置期間中に機能を維持すべき原子炉施設等については、廃止措置計画認可申請書「添付書類六 廃止措置期間中に機能を維持すべき発電用原子炉施設及びその性能並びにその機能を維持すべき期間に関する説明書」に示す。なお、2号又は3号炉との共用施設は2号又は3号炉で管理する。

### 3.3 廃止措置の終了確認について

実用炉規則第二百一条の廃止措置の終了確認の基準の一つに、「廃止措置対象施設の放射線障害防止の措置が不要であること」が規定されている。

#### (実用炉規則)

(廃止措置の終了確認の基準)

#### 第二百一条

法第四十三条の三の三十四第三項において準用する法第十二条の六第八項に規定する原子力規制委員会規則で定める基準は、次の各号に掲げるとおりとする。

(略)

- 二 廃止措置対象施設の敷地に係る土壌及び当該敷地に残存する施設が放射線による障害の防止の措置を必要としない状況にあること。

2号又は3号炉との共用施設は、1号炉の解体終了後も2号又は3号炉で引き続き供用する計画としているため、これらの施設は残存することになり、引き続き2号又は3号炉で管理されることとなる。

1号炉の廃止措置の終了確認時においては、2号又は3号炉との共用施設は残存しているが、これらの施設については引き続き2号又は3号炉で放射線による障害の防止の措置が講じられており、1号炉で放射線による障害の防止の措置が必要とされない状況であることから、終了確認の基準を満足することになり、1号炉の廃止措置は終了できる。

以上

第1表 廃止措置対象施設のうち解体の対象となる施設 (1/3)

施設区分	設備等の区分	設備(建屋)名称	解体対象※1	設置個所※2				共用※3	
				1号	2号	3号	その他		
原子炉本体	炉心	炉心支持構造物	○	R				×	
	燃料体	燃料集合体	○※4	R				×	
	原子炉容器	原子炉容器	○	R				×	
	放射線しゃへい体	原子炉容器の外側のしゃへい壁	○	R				×	
		ドライウェル外周の壁	○	R				×	
	原子炉建家外壁	○	R				×		
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	核燃料物質取扱設備	燃料交換機	○	R				×	
			×		R			○	
			×		R			○	
	核燃料物質貯蔵設備	原子炉建家クレーン	○	R				×	
			×		R			○	
			×		R			○	
	核燃料物質貯蔵設備	新燃料貯蔵庫	○	R				×	
		使用済燃料貯蔵設備		○	R				×
				×		R			○
		×		R			○		
原子炉冷却系統施設	1次冷却設備	冷却材再循環系	○	R				×	
		原子炉冷却材浄化系	○	R				×	
		主蒸気系	○	R				×	
		タービン	○	T				×	
		復水器	○	T				×	
		タービン・バイパス系	○	T				×	
		給水系	○	T				×	
		復水ポンプ	○	T				×	
		復水脱塩装置	○	T				×	
		給水加熱器	○	T				×	
	非常用冷却設備	炉心スプレイ系	○	R				×	
		高圧注水系	○	R				×	
		低圧注水系	○	R				×	
		原子炉隔離時冷却系	○	R				×	
	その他の主要な事項	残留熱除去系	○	R				×	
	計測制御系統施設	計装	核計装	○	R				×
その他の主要な計装			○	R,T				×	
安全保護回路		原子炉停止回路	○	R,T,C				×	
	その他の主要な安全保護回路	○	R,T,C,Rw				×		

注) 汚染のないことが確認された地下建家、地下構造物及び建家基礎を除く。

※1 : ○は解体対象施設, ×は解体対象外施設を示す。

※2 : 設置個所の内訳は以下のとおり。

1号 : 原子炉建家 (R), タービン建家 (T), 制御建家 (C),  
放射性廃棄物処理建家 (Rw)

2号 : 原子炉建屋 (R), タービン建屋 (T), 制御建屋 (C)

3号 : 原子炉建屋 (R), タービン建屋 (T), サービス建屋 (S)

その他 : 焼却炉建家 (WI), 固体廃棄物貯蔵所 (D), サイトバンカ建家 (Sb), 屋外

※3 : ○は2号又は3号炉との共用施設, ×は1号炉専用施設を示す。

※4 : 燃料集合体は, 再処理事業者又は加工事業者へ譲り渡す。



第1表 廃止措置対象施設のうち解体の対象となる施設 (2/3)

施設区分	設備等の区分	設備(建屋)名称	解体対象 <sup>※1</sup>	設置個所 <sup>※2</sup>				共用 <sup>※3</sup>	
				1号	2号	3号	その他		
計測制御系統施設	制御設備	制御材	○	R				×	
		制御棒駆動設備	○	R				×	
	非常用制御設備	ほう酸水注入系	○	R				×	
	その他の主要な事項	制御棒価値ミニマイザ	○	C				×	
		再循環流量制御系	○	C				×	
		圧力制御装置	○	C				×	
		中央制御室	×	C				○	
				×		C		○	
放射性廃棄物の廃棄施設	気体廃棄物の廃棄設備	空気抽出器排ガス系減衰管	○	Rw				×	
		活性炭式希ガスホールドアップ装置	○	Rw				×	
		排気筒	○				屋外	×	
	液体廃棄物の廃棄設備	機器ドレン処理系	○	Rw				×	
		床ドレン処理系	○	Rw				×	
		再生廃液処理系	○	Rw				×	
		ランドリドレン処理系	×	Rw				○	
		復水器冷却水排水路	○				屋外	×	
	固体廃棄物の廃棄設備	濃縮廃液貯蔵タンク(床ドレン・再生廃液)	○	Rw				×	
		濃縮廃液貯蔵タンク(ランドリドレン)	×	Rw				○	
		使用済樹脂貯蔵タンク	○	Rw				×	
		原子炉浄化系沈降分離槽	○	Rw				×	
		復水浄化系沈降分離槽	○	Rw				×	
		ランドリ系沈降分離槽	×	Rw				○	
		セメント固化式固化装置	×	Rw				○	
		プラスチック固化式固化装置	×		R			○	
		固体廃棄物焼却設備	×				WI	○	
		減容装置		×	Rw				○
				×		R			○
				×			S		○
	×				S		○		
サイトバンカ	×				Sb	○			
雑固体廃棄物保管室	×				Sb	○			
固体廃棄物貯蔵所	×				D	○			

注) 汚染のないことが確認された地下建家、地下構造物及び建家基礎を除く。

※1 : ○は解体対象施設, ×は解体対象外施設を示す。

※2 : 設置個所の内訳は以下のとおり。

1号 : 原子炉建家 (R), タービン建家 (T), 制御建家 (C),  
放射性廃棄物処理建家 (Rw)

2号 : 原子炉建屋 (R), タービン建屋 (T), 制御建屋 (C)

3号 : 原子炉建屋 (R), タービン建屋 (T), サービス建屋 (S)

その他 : 焼却炉建家 (WI), 固体廃棄物貯蔵所 (D), サイトバンカ建家 (Sb), 屋外

※3 : ○は2号又は3号炉との共用施設, ×は1号炉専用施設を示す。

※4 : 燃料集合体は, 再処理事業者又は加工事業者へ譲り渡す。

第1表 廃止措置対象施設のうち解体の対象となる施設 (3/3)

施設区分	設備等の区分	設備(建屋)名称	解体対象 <sup>※1</sup>	設置個所 <sup>※2</sup>					共用 <sup>※3</sup>
				1号	2号	3号	その他		
放射線管理施設	屋内管理用の 主要な設備	固定のエリア・モニタおよびプロセス・モニタ	○	R,T,C, Rw					×
			×				WI,Sb	○	
		分析用放射線測定装置	×	C					○
		携帯用および半固定放射線検出器	×	R,T,C, Rw	R,T,C	R,T,S	WI,D,S h		○
		放射線管理関係施設	×	C					○
			×		C				○
			×				WI		○
			○	T					×
	汚染管理関係施設	×		C				○	
		×				WI		○	
		○						×	
	試料分析関係施設	×	C					○	
	屋外管理用の 主要な設備	排気筒モニタ	○				屋外	×	
		排水モニタ	×	Rw				○	
			×		R				○
		排水のサンプリング・モニタ	×	C					○
			×			S			○
風向, 風速計		×				屋外	○		
敷地内および敷地外固定モニタ		×				屋外	○		
放射能観測車	×				屋外	○			
原子炉格納施設	構造	ドライウェル	○	R				×	
		サブプレッション・チェンバ	○	R				×	
	その他の主要な事項	格納容器内ガス濃度制御系	○	R				×	
		ドライウェル内ガス冷却装置	○	R				×	
		格納容器冷却系	○	R				×	
		原子炉建家	○	R				×	
		原子炉建家常用換気系	○	R				×	
非常用ガス処理系	○	R				×			
その他原子炉の 附属施設	非常用電源設備	受電系統	×				屋外	○	
		ディーゼル発電機	○	C				×	
		蓄電池	○	C				×	
	その他の主要な事項	グラント蒸気発生器	○	T				×	
		サブプレッション・プール水貯蔵系	×				屋外	○	
			×				屋外	○	

注) 汚染のないことが確認された地下建家, 地下構造物及び建家基礎を除く。

※1 : ○は解体対象施設, ×は解体対象外施設を示す。

※2 : 設置個所の内訳は以下のとおり。

1号 : 原子炉建家 (R), タービン建家 (T), 制御建家 (C),  
放射性廃棄物処理建家 (Rw)

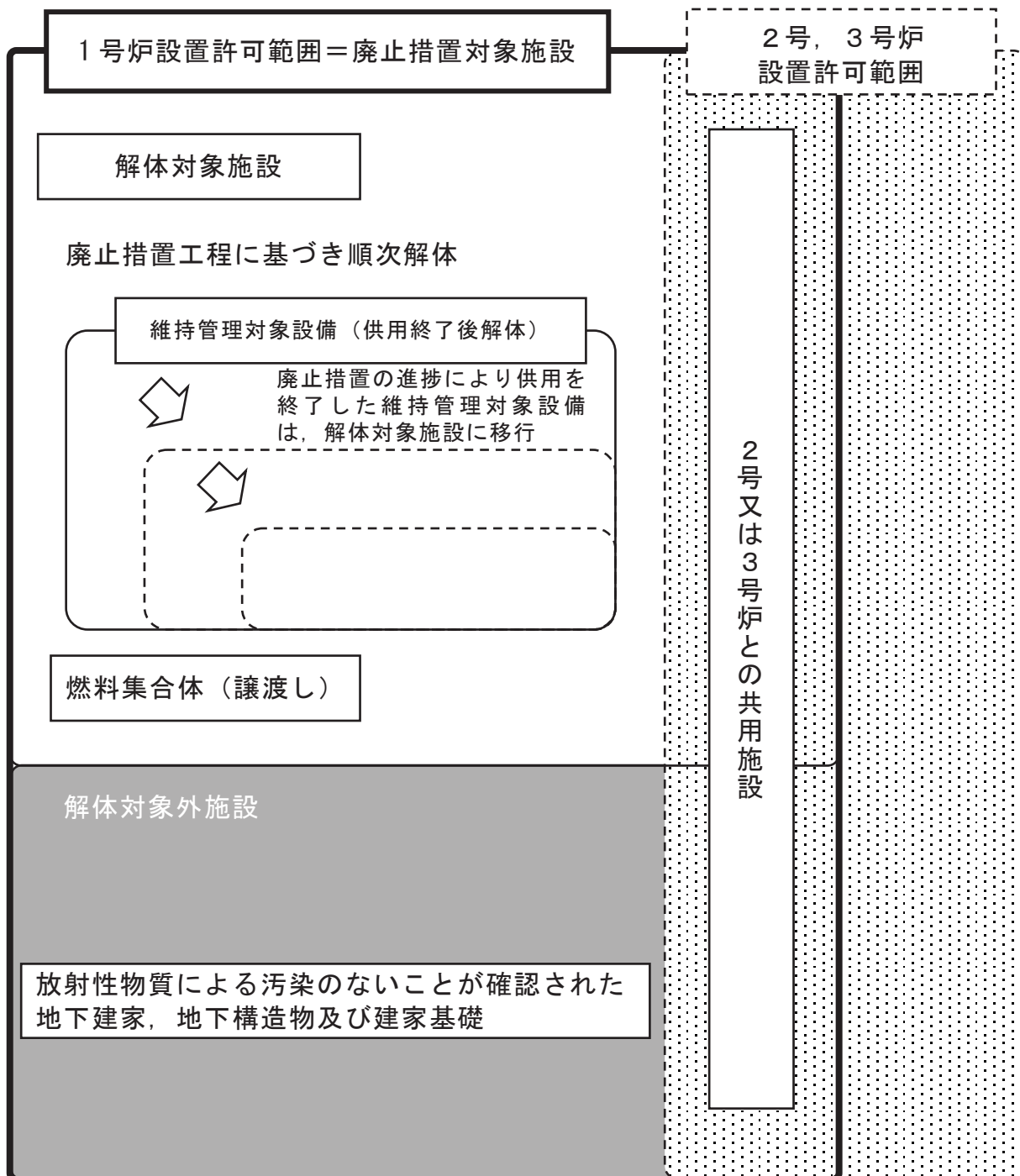
2号 : 原子炉建屋 (R), タービン建屋 (T), 制御建屋 (C)

3号 : 原子炉建屋 (R), タービン建屋 (T), サービス建屋 (S)

その他: 焼却炉建家 (WI), 固体廃棄物貯蔵所 (D), サイトバンカ建家 (Sb), 屋外

※3 : ○は2号又は3号炉との共用施設, ×は1号炉専用施設を示す。

※4 : 燃料集合体は, 再処理事業者又は加工事業者へ譲り渡す。



第1図 廃止措置対象施設と解体対象施設の関係

女川原子力発電所 1 号炉審査資料	
資料番号	01-DP-011(改0)
提出年月日	令和 2 年 1 月 14 日

女川原子力発電所 1 号発電用原子炉  
気象条件の代表性について

令和 2 年 1 月  
東北電力株式会社

## 目次

1. はじめに.....	1
2. 検定方法.....	1
3. 検定結果.....	1

## 1. はじめに

被ばく評価に用いる気象データについては、敷地内において観測された2012年1月から2012年12月までの1年間の気象データを使用しており、この1年間の気象状態が長期間の気象状態を代表しているかどうかの検討を行った。以下に、検定方法及び検定結果を示す。

## 2. 検定方法

被ばく評価で使用している、排気筒の高さ付近の風を代表する観測点（標高約175m）の風向及び風速について、検定年の気象資料が異常年かどうか、F分布検定により検定を行った。

○今回の安全解析で使用する気象資料の統計期間

統計年：2008年1月～2018年12月（2012年を除く10年間）

検定年：2012年1月～2012年12月（1年間）

## 3. 検定結果

表1に検定結果を示す。また、今回の被ばく評価で使用する気象資料の棄却検定表を表2及び表3に示す。検定結果において棄却された項目がないことから、検定年が長期間の気象状態を代表していると判断した。

表1 異常年検定結果

検定年	観測項目	棄却項目	検定結果
2012年	風向	0項目棄却	良
	風速	0項目棄却	良

表2 棄却検定表（風向）（検定年 2012 年）

観測場所：敷地内B点（標高 175m, 地上高 71m）  
敷地内A点（標高 175m, 地上高 115m）  
測定器：風車型風向風速計（B点, 2017年1月まで）  
ドップラーソーダ（A点, 2017年1月以降）（%）

統計年 風向	2008	2009	2010	2011	2013	2014	2015	2016	2017	2018	平均値	検定年 2012	棄却限界		判定 ○採択 ×棄却
													上限	下限	
N	2.89	3.12	3.15	2.57	2.31	2.01	2.88	2.51	2.16	3.14	2.68	2.68	3.68	1.67	○
NNE	3.77	3.84	2.82	2.66	2.76	2.15	3.13	2.81	6.40	6.55	3.67	3.03	7.35	-0.02	○
NE	9.13	7.12	5.48	6.41	4.65	4.82	7.13	7.60	7.42	8.82	6.84	7.41	10.48	3.20	○
ENE	6.40	6.37	6.55	5.90	6.28	5.79	6.55	6.69	4.08	3.31	5.81	6.66	8.55	3.07	○
E	6.49	6.23	5.29	4.69	6.90	5.54	5.58	4.51	2.80	2.32	5.07	5.99	8.64	1.49	○
ESE	3.06	3.55	3.25	2.67	3.74	3.54	3.58	2.76	1.90	2.24	3.05	3.32	4.52	1.57	○
SE	2.84	3.04	3.60	2.07	3.34	2.74	2.70	1.95	2.96	2.93	2.82	2.99	4.02	1.62	○
SSE	3.77	3.81	3.17	2.85	3.39	4.26	3.31	3.43	2.62	3.44	3.42	4.28	4.54	2.29	○
S	3.84	3.92	3.00	3.29	3.07	2.89	3.06	3.63	3.37	3.70	3.37	3.83	4.27	2.48	○
SSW	5.13	5.21	5.37	4.43	3.93	3.57	4.50	5.21	8.18	7.42	5.27	5.65	8.73	1.82	○
SW	7.01	8.03	10.79	9.54	8.36	8.40	8.47	9.03	8.15	8.16	8.39	7.46	11.00	6.19	○
WSW	4.58	4.74	5.96	6.00	4.66	5.86	5.38	5.44	7.26	7.84	5.75	4.34	8.32	3.18	○
W	7.68	8.11	9.40	9.59	8.40	9.34	8.06	7.20	11.65	10.03	8.92	7.21	12.06	5.78	○
WNW	12.86	14.19	13.60	15.58	13.31	15.18	13.33	13.17	18.51	16.66	14.60	14.76	18.95	10.25	○
NW	15.83	14.00	13.57	17.17	19.01	18.30	16.79	17.80	8.33	8.49	14.98	15.14	24.12	5.84	○
NNW	3.29	3.35	3.51	3.24	4.33	3.86	3.74	5.26	2.70	3.78	3.71	3.66	5.37	2.05	○
CALM	1.44	1.39	1.48	1.35	1.55	1.74	1.82	1.01	1.53	1.15	1.45	1.60	2.02	0.87	○

(注) 棄却検定は、不良標本の棄却に関するF分布検定を用いて、危険率（有意水準）5%として行った。  
CALM（静場）は、風速 0.5m/s 未満である。

表3 棄却検定表（風速）（検定年 2012 年）

観測場所：敷地内B点（標高 175m, 地上高 71m）  
敷地内A点（標高 175m, 地上高 115m）  
測定器：風車型風向風速計（B点, 2017年1月まで）  
ドップラーソーダ（A点, 2017年1月以降）（%）

統計年 風速(m/s)	2008	2009	2010	2011	2013	2014	2015	2016	2017	2018	平均値	検定年 2012	棄却限界		判定 ○採択 ×棄却
													上限	下限	
0.0~0.4	1.44	1.39	1.48	1.35	1.55	1.74	1.82	1.01	1.53	1.15	1.45	1.60	2.02	0.87	○
0.5~1.4	10.99	8.87	9.64	9.20	9.36	9.87	9.16	7.18	8.43	9.16	9.20	9.22	11.52	6.87	○
1.5~2.4	15.36	14.10	14.75	13.93	13.81	12.77	13.39	11.50	10.39	11.09	13.14	13.84	17.03	9.25	○
2.5~3.4	14.91	15.12	14.79	14.98	13.65	13.10	13.96	14.16	11.72	13.56	14.01	13.48	16.51	11.50	○
3.5~4.4	12.74	13.00	12.16	12.46	12.68	11.92	11.48	12.30	12.17	13.01	12.39	12.56	13.55	11.24	○
4.5~5.4	8.91	9.83	10.28	10.89	9.82	9.77	9.69	10.55	10.64	10.76	10.10	10.28	11.56	8.64	○
5.5~6.4	7.94	7.75	7.62	8.29	7.89	8.43	8.03	8.95	10.53	9.33	8.46	8.39	10.59	6.32	○
6.5~7.4	6.67	6.47	6.30	6.58	6.70	7.08	6.39	7.58	9.30	8.85	7.17	7.07	9.70	4.65	○
7.5~8.4	5.28	5.18	5.58	5.60	5.73	6.03	5.81	6.82	7.17	6.67	5.98	5.89	7.58	4.37	○
8.5~9.4	4.19	4.74	4.59	4.57	4.76	5.01	5.02	5.77	5.89	5.74	5.02	4.23	6.40	3.63	○
9.5以上	11.55	13.55	12.81	12.15	14.06	14.28	15.25	14.19	12.24	10.68	13.10	13.43	16.48	9.71	○

(注) 棄却検定は、不良標本の棄却に関するF分布検定を用いて、危険率（有意水準）5%として行った。

女川原子力発電所 1 号炉審査資料	
資料番号	01-DP-012(改 1)
提出年月日	令和 2 年 1 月 14 日

# 女川原子力発電所 1 号発電用原子炉

## 廃止措置に係る

被ばく評価に使用する気象条件について

令和 2 年 1 月  
東北電力株式会社



# 目次

1.	はじめに.....	1
1.1	2012年の気象データを代表としている経緯.....	1
1.2	廃止措置計画認可申請書での扱い.....	1
2.	気象観測及び気象条件.....	2
2.1	敷地における気象観測.....	2
2.1.1	気象観測点の状況.....	2
2.1.2	気象観測項目.....	3
2.1.3	気象測器.....	4
2.2	敷地における気象観測結果.....	4
2.2.1	敷地を代表する風.....	4
2.2.2	大気安定度.....	6
2.2.3	観測結果からみた敷地の気象特性.....	7
2.3	安全解析に使用する気象条件.....	7
2.3.1	観測期間の気象資料の代表性の検討.....	7
2.3.2	大気拡散の計算に使用する放出源の有効高さ <sup>(1)</sup> .....	8
2.3.3	大気拡散の計算に使用する気象条件.....	8
2.4	参考文献.....	43

## 1. はじめに

被ばく評価に使用する気象データについては、敷地内において観測された2012年1月から2012年12月までの1年間の気象データを使用している。以下に、2012年の気象データを代表としている経緯、廃止措置計画認可申請書での扱いについて整理し、気象観測方法、気象観測結果及び安全解析に使用する気象条件を示す。

### 1.1 2012年の気象データを代表としている経緯

設置変更許可においては、平常時・事故時被ばく評価に用いる気象データは、代表気象年の気象データに対して至近10年間の観測記録の検定を行い、代表性があることを確認したうえで評価に使用している。

2012年の気象データは女川2号炉の適合性審査において、設置許可添付書類十の被ばく評価である格納容器圧力逃がし装置を使用する際の敷地境界における実効線量を評価するにあたり、それまで代表性のあった1991年11月から1992年10月までの気象データの代表性が失われたため、新たに代表性が確認された2012年気象データを用いることとし、添付書類六に記載している気象データの記載を見直している。

なお、設置変更許可においては、添付書類九及び十の被ばく評価の内容を見直す設置変更許可申請案件があり、かつ、気象データの更新が必要となった場合には、設置許可添付書類六に記載している気象データの記載を見直すプロセスとしている。

### 1.2 廃止措置計画認可申請書での扱い

女川1号炉廃止措置計画における平常時・事故時被ばく評価を実施するにあたっては、上記のとおり女川2号炉の適合性審査で用いている2012年の気象データを用いた。

なお、2012年の気象データを用いるにあたっては、至近10年間（2008～2018年（2012年を除く））の気象データに対して代表性があることを確認している。

代表性を確認した2012年の気象データをもとに、設置許可添付書類六「2.5安全解析に使用する気象条件」に示されている計算式と同一の方法で被ばく評価に用いるパラメータを計算している。

## 2. 気象観測及び気象条件

### 2.1 敷地における気象観測

発電所の安全解析に使用する気象条件を決める際の資料を得るため、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（以下「気象指針」という。）に基づき発電所敷地内で、風向、風速、日射量、放射収支量等の観測を行っている。

本申請書では、2012年1月から2012年12月までの観測データを使用した。

以上の観測に使用した気象測器の種類、観測位置及び観測期間を第2.1-1表に、観測設備配置を第2.1-1図及び第2.1-2図に示す。

#### 2.1.1 気象観測点の状況

##### (1) 排気筒高さ付近の風向風速を代表する観測点

###### a. B点（1980年11月～2017年1月）

排気筒高さ付近を代表する風向風速の資料を得るため、敷地内の丘陵（標高104m）に高さ71m（標高175m）の気象観測塔を設置し、風向風速の観測を行った。この観測点は、周囲の障害物の影響を受けることなく、排気筒高さ付近の風向風速を代表している。

b. A点（2017年1月～継続）

排気筒高さ付近を代表する風向風速の資料を得るため、敷地内の平坦地（標高60m）にドップラーソーダを設置し、標高175m（地上高115m）の風向風速の観測を行った。この観測点は、周囲の障害物の影響を受けることがなく、排気筒高さ付近の風向風速を代表している。

(2) 地上風を代表する観測点（A点）

敷地を代表する地上風の資料を得るため、敷地内の平坦地（標高60m）に高さ10mの観測柱を設置し、標高70mでの風向風速の観測を行った。この観測点は、周囲の障害物の影響を受けないため、敷地の地上風を代表している。

(3) 大気安定度を求めるための風速、日射量及び放射収支量の観測点（A点）

大気安定度を求めるには、風速、日射量及び放射収支量が必要である。

風速については、地上風を代表する観測点（A点）で観測した風速を使用した。また、日射量及び放射収支量については、敷地内の平坦地（標高60m）に設置した露場の観測点（A点）で観測した値を使用した。

2.1.2 気象観測項目

風向，風速：A点，B点

日 射 量：A点

放射収支量：A点

（各観測点の位置については、第2.1-1図及び第2.1-2図参照）

### 2.1.3 気象測器

気象測器は第 2.1-1 表に示しているが、「気象業務法」に基づく気象庁検定を受けたものである。

なお、放射収支計及びドップラーソーダは気象庁の検定項目にないため、放射収支計については半年に 1 回程度、ドップラーソーダについては年に 1 回程度の校正を行っている。

## 2.2 敷地における気象観測結果

### 2.2.1 敷地を代表する風

敷地の地上風を代表する観測点（第 2.1-1 図及び第 2.1-2 図，A 点）標高 70m（地上高 10m）の高さにおける 1 年間の観測結果及び排気筒高さ付近の風を代表する観測点（第 2.1-1 図，B 点）標高 175m（地上高 71m）の高さにおける 1 年間の観測結果を以下に示す。

なお、風向及び風速の観測値を統計整理するに当たって、風速が 0.5m/s 未満のものは静穏として取り扱っている。

#### (1) 風向

標高 70m（地上高 10m）及び標高 175m（地上高 71m）における年間及び月別の風配図を第 2.2-1 図から第 2.2-5 図に示す。

標高 70m における風向分布は、年間を通じ西寄りの風が多くなっている。

標高 175m における風向分布は、年間を通じ北西寄りの風が多くなっている。

標高 70m（地上高 10m）及び標高 175m（地上高 71m）における年間の低風速（0.5～2.0m/s）時の風配図を第 2.2-6 図に示す。

標高 70m における低風速時の風向分布は、年間を通じ西北西及び東寄りの風が多くなっている。

標高 175m における低風速時の風向分布は、年間を通じ東寄りの風が多くなっている。

## (2) 風速

標高 70m (地上高 10m) 及び標高 175m (地上高 71m) における、年間及び月別の風速別出現頻度並びに年間の風速別出現頻度累積を第 2.2-7 図から第 2.2-12 図に示す。

標高 70m における、年平均風速は約 1.9m/s であり、0.5~3.4m/s の風速が多くなっている。

標高 175m における、年平均風速は約 5.2m/s であり、風速は幅広く分布している。

また、第 2.2-1 図に示すとおり、標高 70m 及び標高 175m における静穏状態 (風速 0.5m/s 未満) の年間出現頻度は、それぞれ 5.9%、1.6%である。

## (3) 同一風向継続時間

標高 70m (地上高 10m) 及び標高 175m (地上高 71m) における年間の同一風向の継続時間別出現回数を第 2.2-1 表及び第 2.2-2 表に示す。

標高 70m において長期継続する傾向の強い風向は、南西、南東であり、最長の継続時間は、風向が東北東の場合である。各風向とも継続時間は 7 時間以内がほとんどであり、全体で 99.7%を占めている。

標高 175m において長期継続する傾向の強い風向は、西北西、北西、北東であり、最長の継続時間は、風向が南の場合である。各風向とも継続時間は 7 時間以内がほとんどであり、全体で 97.6%を占めている。

また、標高 70m 及び標高 175m における静穏状態の継続時間は、2 時間以

内がほとんどであり、それぞれ 91.9%、97.3%以上を占めている。

## 2.2.2 大気安定度

### (1) 大気安定度の分類と出現頻度

日射量、放射収支量及び地上高 10m（標高 70m）の風速の観測資料を基に「気象指針」に従って大気安定度の分類を行った。

なお、大気安定度分類中「－」の箇所はG型として分類した。

年間及び月別の大気安定度出現頻度を第 2.2-13 図に、並びに標高 70m（地上高 10m）及び標高 175m（地上高 71m）における年間の大気安定度別風配図を第 2.2-14 図及び第 2.2-15 図に示す。

年間の出現頻度は、A型からC型は 28.7%、D型（C-D型も含む）は 38.2%、E型からG型は 33.1%となっている。

D型は年間を通じて出現頻度が多く、A型からC型は4月から9月にかけて比較的多くなっており、E型からG型は10月から2月にかけて多くなっている。

標高 70m における大気安定度別の風向出現頻度は、A型からC型のときは南東及び西、D型（C-D型も含む）のときは南西、E型からG型のときは南西から北西寄りの風が多くなっている。

標高 175m における大気安定度別の風向出現頻度は、A型からC型及びE型からG型のときは西北西から北西、D型（C-D型も含む）のときは北東寄りの風が多くなっている。

大気安定度の継続時間別出現回数を第 2.2-3 表に示す。

A+B+C型、D型、E+F+G型が10時間以上継続する頻度は、それぞれ 1.8%、0.9%、1.2%となっている。

### 2.2.3 観測結果からみた敷地の気象特性

敷地における気象観測資料を解析した結果によると、敷地の気象特性として次のような点が挙げられる。

- (1) 風向は西から北西寄りの風が多く出現している。
- (2) 静穏が発生しても、それが継続することは少ない。
- (3) 大気安定度は、D型の出現頻度が多い。

### 2.3 安全解析に使用する気象条件

安全解析に使用する気象条件は、「2.1 敷地における気象観測」に述べた気象資料を使用し、「気象指針」により求めた。

#### 2.3.1 観測期間の気象資料の代表性の検討

敷地において観測した2012年1月から2012年12月までの1年間の気象資料により安全解析を行うに当たり、観測を行った1年間の気象が、長期間の気象と比較して異常でないかどうかの検討を行った。

風向出現頻度及び風速出現頻度について、敷地内B点及びA点の標高175mにおける10年間(2008年1月から2018年12月(2012年を除く))の資料により検定を行った。検定法は、不良標本の棄却検定に関するF分布検定の手順に従った。

その結果を第2.3-1表から第2.3-2表に示すが、有意水準5%で棄却されたものはなかった。これは安全解析に使用した観測期間が長期間の気象状況と比較して異常でないことを示しており、この期間の気象資料を用いて平常運転時及び事故時の線量の計算を行うことは妥当であることを示している。



### 2.3.2 大気拡散の計算に使用する放出源の有効高さ<sup>(1)</sup>

排気筒から放出される放射性物質が敷地周辺に及ぼす影響を評価するに当たって、大気拡散の計算に使用する放出源の有効高さは、建屋及び敷地周辺の地形の影響を考慮するため、以下のような風洞実験により求める。

風洞実験においては、縮尺 1/1,500 の建屋及び敷地周辺の地形模型を用い、排気筒高さに吹上げ高さを加えた高さからガスを排出し、風下地点における地表濃度を測定する。

その地形模型実験で得られた地表濃度の値が、平地実験による地表濃度の値に相当する排気筒高さを放出源の有効高さとする。

排気筒高さは設計では地上高約 160m (標高約 175m) であるが、以上の風洞実験により平常運転時の線量評価に用いる放出源の有効高さは第 2.3-3 表のとおりとする。

事故時において、燃料集合体の落下では、地上放出とし放出源の有効高さを 0m とする。

### 2.3.3 大気拡散の計算に使用する気象条件

#### (1) 平常運転時

発電所の平常運転時に放出される放射性気体廃棄物の敷地周辺に及ぼす影響を評価するに当たっては、敷地内における 2012 年 1 月から 2012 年 12 月までの 1 年間の風向、風速及び大気安定度の観測資料から以下に示すパラメータを求め、これを用いる。

なお、風向、風速については排気筒高さ付近の風を代表する標高 175m (地上高 71m) の風向、風速とする。

#### a. 風向別大気安定度別風速逆数の総和及び平均

風向別大気安定度別風速逆数の総和及び平均は、(2.3-1) 式、(2.3

-2) 式によりそれぞれ計算する。

$$S_{d,s} = \sum_{i=1}^N \frac{{}_{d,s}\delta_i}{U_i} \dots\dots\dots (2.3-1)$$

$$\bar{S}_{d,s} = \frac{1}{N_{d,s}} \cdot S_{d,s} \dots\dots\dots (2.3-2)$$

$S_{d,s}$  : 風向別大気安定度別風速逆数の総和 (s/m)

$\bar{S}_{d,s}$  : 風向別大気安定度別風速逆数の平均 (s/m)

$N$  : 実観測回数 (回)

$U_i$  : 時刻  $i$  における風速 (m/s)

${}_{d,s}\delta_i$  : 時刻  $i$  において風向  $d$ , 大気安定度  $s$  の場合

$${}_{d,s}\delta_i = 1$$

その他の場合

$${}_{d,s}\delta_i = 0$$

$N_{d,s}$  : 風向  $d$ , 大気安定度  $s$  の総出現回数 (回)

#### b. 風向出現頻度

風向出現頻度は (2.3-3) 式, (2.3-4) 式によりそれぞれ計算する。

$$f_d = \sum_{i=1}^N \frac{{}_d\delta_i}{N} \times 100 \dots\dots\dots (2.3-3)$$

$$f_{dT} = f_d + f'_d + f''_d \dots\dots\dots (2.3-4)$$

$f_d$  : 風向  $d$  の出現頻度 (%)

$N$  : 実観測回数 (回)

${}_d\delta_i$  : 時刻  $i$  において, 風向が  $d$  の場合  ${}_d\delta_i = 1$

その他の場合  ${}_d\delta_i = 0$

$f'_d, f''_d$  : 風向  $d$  に隣接する風向  $d'$ ,  $d''$  の出現頻度 (%)

$f_{d\prime d''}$  : 風向  $d, d', d''$  の出現頻度の和 (%)

静穏時については、風速は 0.5m/s とし、風向別大気安定度別出現回数は、静穏時の大気安定度別出現回数を風速 0.5~2.0m/s の風向出現頻度に応じて比例配分して求める。

また、欠測については、欠測を除いた期間について得られた統計が、欠測期間についても成り立つものとする。

以上の計算から求めた風向別大気安定度別風速逆数の総和を第 2.3-4 表に、風向別大気安定度別風速逆数の平均及び風向別風速逆数の平均を第 2.3-5 表に、風向出現頻度及び風速 0.5~2.0m/s の風向出現頻度を第 2.3-6 表に示す。

## (2) 事故時

事故時に放出される放射性物質が、敷地周辺の公衆に及ぼす影響を評価するに当たって、放射性物質の拡散状態を推定するために必要な気象条件については、現地における出現頻度からみて、これより悪い条件がめったに現れないと言えるものを選ばなければならない。

そこで、線量等の評価に用いる放射性物質の相対濃度（以下「 $\chi/Q$ 」という。）を、標高 70m 及び標高 175m における 2012 年 1 月から 2012 年 12 月までの 1 年間の観測データを使用して求めた。すなわち、(2.3-5) 式に示すように、風向、風速、大気安定度及び実効放出継続時間を考慮した  $\chi/Q$  を陸側方位について求め、方位別にその値の小さい方からの累積度数を年間のデータ数に対する出現頻度(%)として表すことにする。横軸に  $\chi/Q$  を、縦軸に累積出現頻度を取り、着目方位ごとに  $\chi/Q$  の累積出現頻度分布を描き、この分布から、累積出現頻度が 97% に当たる  $\chi/Q$  を方位別に求め、そのうち最大のものを安全解析に使用する相対濃度と

する。

ただし、 $\chi/Q$ の計算の着目地点は、各方位とも敷地境界までの距離とする。

$$\chi/Q = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\chi/Q)_i \cdot \delta_i \dots\dots\dots (2.3-5)$$

ここで、

$\chi/Q$  : 実効放出継続時間中の相対濃度 (s/m<sup>3</sup>)

$T$  : 実効放出継続時間 (h)

$(\chi/Q)_i$  : 時刻  $i$  における相対濃度 (s/m<sup>3</sup>)

$\delta_i$  : 時刻  $i$  において風向が当該方位にあるとき

$$\delta_i = 1$$

時刻  $i$  において風向が他の方位にあるとき

$$\delta_i = 0$$

燃料集合体の落下での $(\chi/Q)_i$ の計算に当たっては、短時間放出であるため、方位内で風向軸が一定と仮定して(2.3-6)式で計算する。

$$(\chi/Q)_i = \frac{1}{\pi \cdot \sigma_{yi} \cdot \sigma_{zi} \cdot U_i} \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_{zi}^2}\right) \dots\dots\dots (2.3-6)$$

ここで、

$\sigma_{yi}$  : 時刻  $i$  における濃度分布の水平方向の拡がりの  
パラメータ (m)

$\sigma_{zi}$  : 時刻  $i$  における濃度分布の高さ方向の拡がりの  
パラメータ (m)

$U_i$  : 時刻  $i$  における風速 (m/s)

$H$  : 放出源の有効高さ (m)

方位別 $\chi/Q$ の累積出現頻度を求めるとき、静穏の場合には風速を

0.5m/s として計算し、その風向は静穏出現前の風向を使用する。

放射性雲からの  $\gamma$  線による空気カーマについては、空間濃度分布と  $\gamma$  線による空気カーマ計算モデルを組み合わせた相対線量(以下「 $D/Q$ 」という。)を  $\chi/Q$  と同様な方法で求めて使用する。この場合の実効放出継続時間は1時間を使用する。 $\gamma$  線による空気カーマ計算には、次式を使用する。

$$D = K_1 \cdot E \cdot \mu_{en} \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_0^\infty \frac{e^{-\mu r}}{4\pi r^2} \cdot B(\mu r) \cdot \chi(x', y', z') dx' dy' dz'$$

$$\chi(x', y', z') = \frac{Q}{2\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot U} \exp\left(-\frac{y'^2}{2\sigma_y^2}\right) \times \left[ \exp\left\{-\frac{(z' - H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z' + H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right]$$

ここで、

$D$  : 計算地点( $x, y, 0$ )における空気カーマ率( $\mu\text{Gy/h}$ )

$K_1$  : 空気カーマ率への換算係数  $\left(\frac{\text{dis} \cdot \text{m}^3 \cdot \mu\text{Gy}}{\text{MeV} \cdot \text{Bq} \cdot \text{h}}\right)$

$E$  :  $\gamma$  線の実効エネルギー( $\text{MeV/dis}$ )

$\mu_{en}$  : 空気に対する  $\gamma$  線の線エネルギー吸収係数( $\text{m}^{-1}$ )

$\mu$  : 空気に対する  $\gamma$  線の線減衰係数( $\text{m}^{-1}$ )

$r$  : 放射性雲中の点( $x', y', z'$ )から計算地点( $x, y, 0$ )までの距離(m)

$B(\mu r)$  : 空気に対する  $\gamma$  線の再生係数

$$B(\mu r) = 1 + \alpha(\mu r) + \beta(\mu r)^2 + \gamma(\mu r)^3$$

$\alpha, \beta, \gamma$  は  $\gamma$  線のエネルギー別に与えられる。

$\chi(x', y', z')$  : 放射性雲中の点 $(x', y', z')$ における濃度(Bq/m<sup>3</sup>)

$Q$  : 放出率(Bq/s)

$U$  : 放出源高さを代表する風速(m/s)

$H$  : 放出源の有効高さ(m)

$\sigma_y$  : 濃度分布 $y'$ 方向の拡がりのパラメータ(m)

$\sigma_z$  : 濃度分布 $z'$ 方向の拡がりのパラメータ(m)

以上により、陸側方位について求めた方位別 $\chi/Q$ 及び $D/Q$ の累積出現頻度を第 2.3-1 図及び第 2.3-2 図に示す。

このうち、燃料集合体の落下の線量評価に用いる $\chi/Q$ 及び $D/Q$ は、陸側方位のうち線量が最大となる方位の値を使用する。

以上の燃料集合体の落下の線量評価に用いる $\chi/Q$ 及び $D/Q$ を第 2.3-7 表に示す。

第 2.1-1 表 観測項目一覧表

観測項目	観 測 位 置			気 象 測 器 又は観測方法	観 測 期 間
	場 所 <sup>注)</sup>	地上高 (m)	標 高 (m)		
風向, 風速	敷地内 B 点	71	175	超音波風向風速計	1980 年 11 月～2017 年 1 月
風向, 風速	敷地内 B 点	71	175	風車型風向風速計	1980 年 11 月～2017 年 1 月
風向, 風速	敷地内 A 点	115	175	ドップラーソーダ	2017 年 1 月～継続
風向, 風速	敷地内 A 点	10	70	風車型風向風速計	1980 年 11 月～継続
日 射 量	敷地内 A 点	1.7	61.7	電 気 式 日 射 計	1980 年 11 月～継続
放射収支量	敷地内 A 点	1.5	61.5	風防型放射収支計	1980 年 11 月～継続

注) 観測場所の A, B 点については第 2.1-1 図参照

第2.2-1表 同一風向の継続時間別出現回数

風向	観測場所：敷地内A点（標高70m，地上高10m）（回）										備考	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10h以上		10h以上の継続時間（h）
N	257	58	31	13	9	0	2	0	1	0		
NNE	133	17	9	6	0	0	0	0	0	0		
NE	181	35	7	0	2	0	0	0	0	0		
ENE	242	45	27	10	7	2	2	0	0	1	20	(2.7)
E	278	70	28	9	1	0	0	0	0	0		
ESE	157	22	3	0	0	0	0	0	0	0		
SE	238	60	25	12	8	1	1	0	1	2	11×2	(2.7)
SSE	132	25	3	0	0	0	0	0	0	0		
S	237	42	17	10	4	2	1	0	0	0		
SSW	352	79	28	7	1	2	0	0	0	1	10	(5.2)
SW	417	98	43	14	8	7	0	2	4	2	10 12	(2.9)
WSW	276	31	2	1	0	0	0	0	0	0		
W	479	113	46	24	5	2	0	0	1	1	10	(2.1)
WNW	461	100	27	6	3	3	0	1	0	0		
NW	391	86	22	4	2	0	0	0	0	0		
NNW	162	19	4	0	0	0	0	0	0	0		
CALM	264	64	13	7	4	4	1	0	0	0		

注) ( ) は10h以上継続したときの平均風速 (m/s)

欠測率：0.8%



第2.2-2表 同一風向の継続時間別出現回数

観測場所：敷地内B点（標高175m，地上高71m）（回）

風向	継続時間	継続時間別出現回数										10h以上	備考						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10h以上								
N		113	28	10	6	2	0	0	0	0	0	0	0						
NNE		113	40	7	3	3	1	0	0	0	0	1	16		(7.0)				
NE		155	51	28	17	6	6	5	1	2	9	10×4	11×2	15×2	16	(7.3)			
ENE		166	50	28	18	5	6	4	1	4	2	10	14			(6.3)			
E		204	56	18	10	9	3	2	2	2	0								
ESE		138	28	11	12	0	0	2	0	0	0								
SE		125	28	14	3	2	0	1	1	0	0								
SSE		134	31	20	7	4	5	3	1	1	0								
S		151	34	9	6	3	1	1	0	1	1	26				(5.8)			
SSW		133	58	16	6	11	6	2	3	2	2	11	12			(8.8)			
SW		175	52	27	12	6	6	6	6	2	6	10	11×3	12×2		(8.0)			
WSW		159	49	18	7	5	1	1	0	0	0								
W		238	68	26	14	10	3	0	4	1	1	10				(17.1)			
WNW		294	96	39	17	22	20	9	6	6	16	10×3	11×3	13×4	14	15	16	19×3	(9.8)
NW		285	83	67	34	24	16	9	9	3	13	10×5	11×2	12	13×4	14			(8.2)
NNW		146	51	15	2	1	2	0	0	0	0								
CALM		88	21	3	0	0	0	0	0	0	0								

注) ( ) は10h以上継続したときの平均風速 (m/s)

欠測率：1.0%

第 2.2-3 表 大気安定度の継続時間別出現回数

(回)

継続時間 大気 安定度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10h 以上	合 計
A	67 (2.1)	42 (1.3)	23 (0.7)	11 (0.3)	6 (0.2)	11 (0.3)	1 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	161 (5.1)
B	185 (5.8)	161 (5.1)	94 (3.0)	54 (1.7)	31 (1.0)	28 (0.9)	20 (0.6)	13 (0.4)	5 (0.2)	47 (1.5)	638 (20.1)
C	208 (6.5)	78 (2.5)	27 (0.9)	5 (0.2)	2 (0.1)	1 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	9 (0.3)	330 (10.4)
D	381 (12.0)	262 (8.2)	97 (3.1)	56 (1.8)	24 (0.8)	19 (0.6)	11 (0.3)	10 (0.3)	12 (0.4)	29 (0.9)	901 (28.4)
E	168 (5.3)	52 (1.6)	12 (0.4)	5 (0.2)	2 (0.1)	1 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (0.1)	243 (7.7)
F	230 (7.2)	63 (2.0)	33 (1.0)	9 (0.3)	1 (0.0)	1 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.0)	1 (0.0)	5 (0.2)	344 (10.8)
G	198 (6.2)	113 (3.6)	58 (1.8)	51 (1.6)	39 (1.2)	21 (0.7)	29 (0.9)	8 (0.3)	11 (0.3)	31 (1.0)	559 (17.6)
合 計	1437 (45.2)	771 (24.3)	344 (10.8)	191 (6.0)	105 (3.3)	82 (2.6)	61 (1.9)	32 (1.0)	29 (0.9)	124 (3.9)	3176 (100.0)

A + B + C	460 (14.5)	281 (8.8)	144 (4.5)	70 (2.2)	39 (1.2)	40 (1.3)	21 (0.7)	13 (0.4)	5 (0.2)	56 (1.8)	1129 (35.5)
E + F + G	596 (18.8)	228 (7.2)	103 (3.2)	65 (2.0)	42 (1.3)	23 (0.7)	29 (0.9)	9 (0.3)	12 (0.4)	39 (1.2)	1146 (36.1)

注) ( ) 内の数値は%

欠測率 : 0.8%

第2.3-1表 棄却検定表(風向)

観測場所：敷地内B点(標高175m, 地上高71m (2017年1月まで))  
敷地内A点(標高175m, 地上高115m (2017年1月以降)) (%)

統計年 風向	2008	2009	2010	2011	2013	2014	2015	2016	2017	2018	平均値	検定年 2012	棄却限界		判定
													上限	下限	○採択 ×棄却
N	2.89	3.12	3.15	2.57	2.31	2.01	2.88	2.51	2.16	3.14	2.68	2.68	3.68	1.67	○
NNE	3.77	3.84	2.82	2.66	2.76	2.15	3.13	2.81	6.40	6.55	3.67	3.03	7.35	-0.02	○
NE	9.13	7.12	5.48	6.41	4.65	4.82	7.13	7.60	7.42	8.82	6.84	7.41	10.48	3.20	○
ENE	6.40	6.37	6.55	5.90	6.28	5.79	6.55	6.09	4.08	3.31	5.81	6.66	8.55	3.07	○
E	6.49	6.23	5.29	4.69	6.90	5.54	5.58	4.51	2.80	2.32	5.07	5.99	8.64	1.49	○
ESE	3.06	3.55	3.25	2.67	3.74	3.54	3.58	2.76	1.90	2.24	3.05	3.32	4.52	1.57	○
SE	2.84	3.04	3.60	2.07	3.34	2.74	2.70	1.95	2.96	2.93	2.82	2.99	4.02	1.62	○
SSE	3.77	3.81	3.17	2.85	3.39	4.26	3.31	3.43	2.62	3.44	3.42	4.28	4.54	2.29	○
S	3.84	3.92	3.00	3.29	3.07	2.89	3.06	3.63	3.37	3.70	3.37	3.83	4.27	2.48	○
SSW	5.13	5.21	5.37	4.43	3.93	3.57	4.50	5.21	8.18	7.42	5.27	5.65	8.73	1.82	○
SW	7.01	8.03	10.79	9.54	8.36	8.40	8.47	9.03	8.15	8.16	8.59	7.46	11.00	6.19	○
WSW	4.58	4.74	5.96	6.00	4.66	5.86	5.38	5.44	7.26	7.84	5.75	4.34	8.32	3.18	○
W	7.68	8.11	9.40	9.59	8.40	9.34	8.06	7.20	11.65	10.03	8.92	7.21	12.06	5.78	○
WNW	12.86	14.19	13.60	15.58	13.31	15.18	13.33	13.17	18.51	16.66	14.60	14.76	18.95	10.25	○
NW	15.83	14.00	13.57	17.17	19.01	18.30	16.79	17.80	8.33	8.49	14.98	15.14	24.12	5.84	○
NNW	3.29	3.35	3.51	3.24	4.33	3.86	3.74	5.26	2.70	3.78	3.71	3.66	5.37	2.05	○
CALM	1.44	1.39	1.48	1.35	1.55	1.74	1.82	1.01	1.53	1.15	1.45	1.60	2.02	0.87	○

第2.3-2表 棄却検定表(風速)

観測場所：敷地内B点(標高175m, 地上高71m (2017年1月まで))  
敷地内A点(標高175m, 地上高115m (2017年1月以降))

(%)

統計年 風速(m/s)	2008	2009	2010	2011	2013	2014	2015	2016	2017	2018	平均値	検定年 2012	棄却限界		判定 ○採択 ×棄却
													上限	下限	
0.0~0.4	1.44	1.39	1.48	1.35	1.55	1.74	1.82	1.01	1.53	1.15	1.45	1.60	2.02	0.87	○
0.5~1.4	10.99	8.87	9.64	9.20	9.36	9.87	9.16	7.18	8.43	9.16	9.20	9.22	11.52	6.87	○
1.5~2.4	15.36	14.10	14.75	13.93	13.81	12.77	13.39	11.50	10.39	11.09	13.14	13.84	17.03	9.25	○
2.5~3.4	14.91	15.12	14.79	14.98	13.65	13.10	13.96	14.16	11.72	13.56	14.01	13.48	16.51	11.50	○
3.5~4.4	12.74	13.00	12.16	12.46	12.68	11.92	11.48	12.30	12.17	13.01	12.39	12.56	13.55	11.24	○
4.5~5.4	8.91	9.83	10.28	10.89	9.82	9.77	9.69	10.55	10.64	10.76	10.10	10.28	11.56	8.64	○
5.5~6.4	7.94	7.75	7.62	8.29	7.89	8.43	8.03	8.95	10.53	9.33	8.46	8.39	10.59	6.32	○
6.5~7.4	6.67	6.47	6.30	6.58	6.70	7.08	6.39	7.58	9.30	8.85	7.17	7.07	9.70	4.65	○
7.5~8.4	5.28	5.18	5.58	5.60	5.73	6.03	5.81	6.82	7.17	6.67	5.98	5.89	7.58	4.37	○
8.5~9.4	4.19	4.74	4.59	4.57	4.76	5.01	5.02	5.77	5.89	5.74	5.02	4.23	6.40	3.63	○
9.5以上	11.55	13.55	12.81	12.15	14.06	14.28	15.25	14.19	12.24	10.68	13.10	13.43	16.48	9.71	○

第 2.3-3 表 平常時線量評価に用いた放出源の有効高さ  
(1号, 2号及び3号炉)

(陸側方位)

(m)

方 位	周辺監視区域境界及び敷地境界		
	1号炉 排気筒	2号炉 排気筒	3号炉 排気筒
N	125	150	150
NNW	100	120	120
NW	150	190	190
WNW	115	160	160
W	140	205	205
WSW	170	200	200
SW	135	175	175
SSW	155	175	175
S	125	165	165
SSE	135	150	150
SE	85	125	125
ESE	95	95	95
E	110	125	125

(海側方位)

(m)

方 位	周辺監視区域境界		
	1号炉 排気筒	2号炉 排気筒	3号炉 排気筒
ENE	150	160	160
NE	125	160	160
NNE	95	110	110

第2.3-4表 風向別大気安定度別風速逆数の総和

観測場所：敷地内B点（標高175m，地上高71m）（s/m）

風向	大気安定度	A	B	C	D	E	F
N		1.27	15.28	1.84	47.39	2.71	51.27
NNE		2.62	17.72	1.31	55.72	0.95	32.15
NE		7.96	40.30	3.34	156.51	0.66	59.27
ENE		16.50	57.14	2.28	106.73	0.56	46.79
E		25.50	75.31	0.20	112.10	1.80	61.52
ESE		18.82	44.27	0.00	57.89	0.00	40.43
SE		29.09	35.33	0.00	52.81	0.33	43.72
SSE		20.15	52.42	1.06	69.86	0.38	37.17
S		11.09	30.71	2.30	66.32	1.15	63.56
SSW		4.87	45.81	7.35	71.34	6.08	52.07
SW		12.70	51.16	14.28	73.37	4.88	60.59
WSW		7.64	38.99	5.11	43.12	2.26	45.14
W		15.90	53.27	5.67	69.87	4.36	64.15
WNW		6.92	51.78	12.00	56.06	10.34	102.99
NW		9.75	56.31	13.84	83.23	8.05	129.76
NNW		2.31	24.62	0.56	50.66	1.76	59.83



第 2.3-5 表 風向別大気安定度別風速逆数の平均及び風向別風速逆数の平均

観測場所：敷地内B点（標高175m，地上高71m）（s/m）

風向	大気安定度	A	B	C	D	E	F	全安定度
N		0.99	0.57	0.26	0.47	0.30	0.53	0.50
NNE		0.81	0.65	0.16	0.35	0.24	0.46	0.41
NE		1.19	0.42	0.16	0.37	0.16	0.56	0.41
ENE		0.40	0.39	0.16	0.36	0.11	0.54	0.39
E		0.44	0.52	0.20	0.49	0.89	0.57	0.51
ESE		0.44	0.56	0.00	0.50	0.00	0.62	0.53
SE		0.57	0.66	0.00	0.48	0.16	0.79	0.59
SSE		0.43	0.39	0.21	0.49	0.19	0.67	0.47
S		0.67	0.78	0.32	0.39	0.23	0.59	0.51
SSW		0.57	0.46	0.20	0.35	0.19	0.43	0.37
SW		0.94	0.52	0.20	0.25	0.17	0.37	0.33
WSW		0.57	0.38	0.20	0.37	0.15	0.41	0.37
W		0.52	0.37	0.14	0.34	0.15	0.33	0.33
WNNW		0.56	0.28	0.10	0.17	0.09	0.19	0.18
NW		0.45	0.24	0.11	0.24	0.10	0.25	0.22
NNW		0.69	0.48	0.11	0.46	0.22	0.40	0.43

第 2.3-6 表 風向出現頻度及び風速 0.5~2.0m/s の風向出現頻度

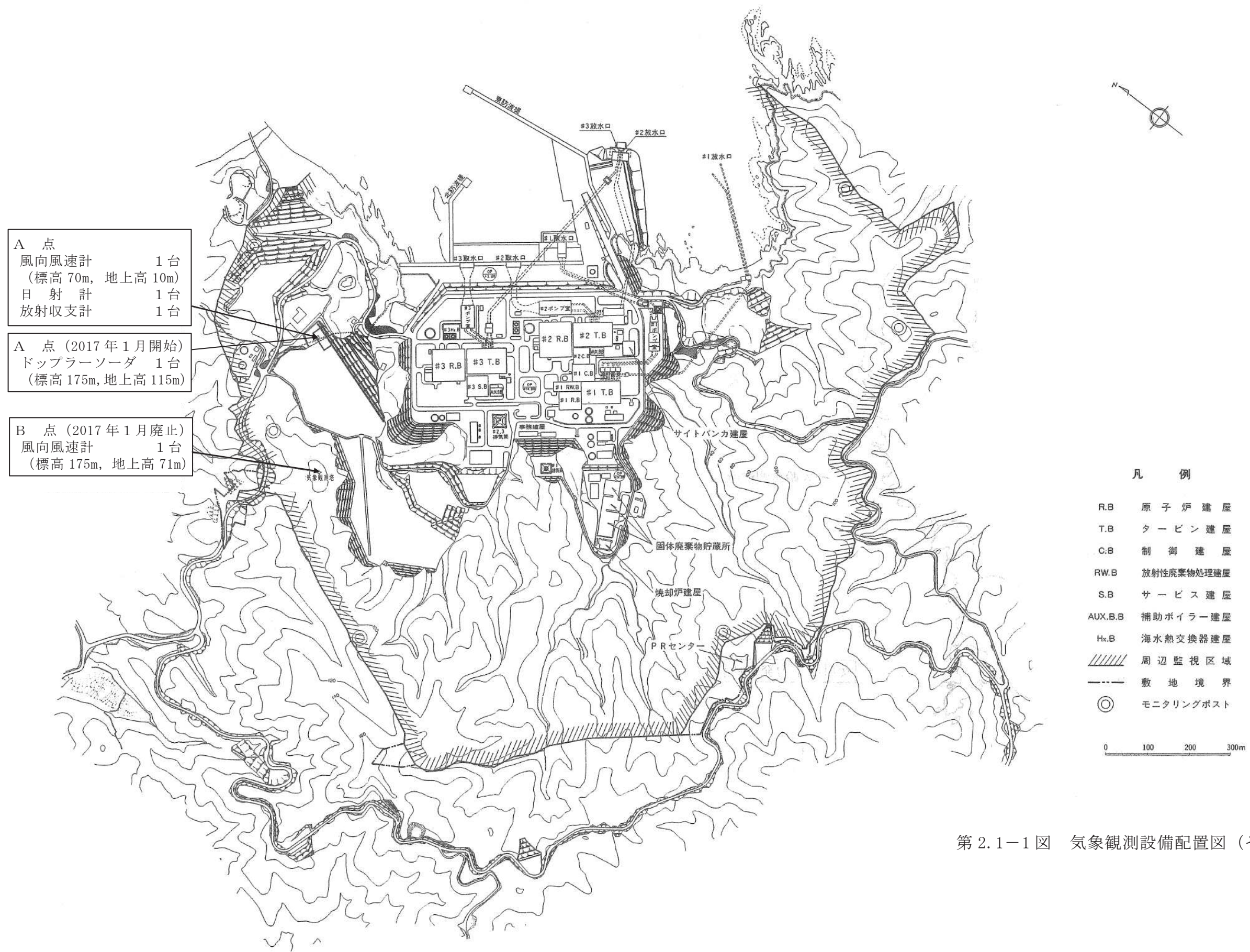
観測場所：敷地内B点（標高 175m, 地上高 71m）（%）

風 向	風向出現頻度	風速0.5~2.0m/s の風向出現頻度
N	2.7	4.5
NNE	3.1	3.2
NE	7.5	9.8
ENE	6.8	7.6
E	6.2	11.6
ESE	3.5	7.7
SE	3.1	6.6
SSE	4.4	6.5
S	3.9	6.3
SSW	5.8	6.0
SW	7.6	6.0
WSW	4.4	4.1
W	7.3	5.7
WNW	14.8	4.3
NW	15.2	5.1
NNW	3.7	5.0

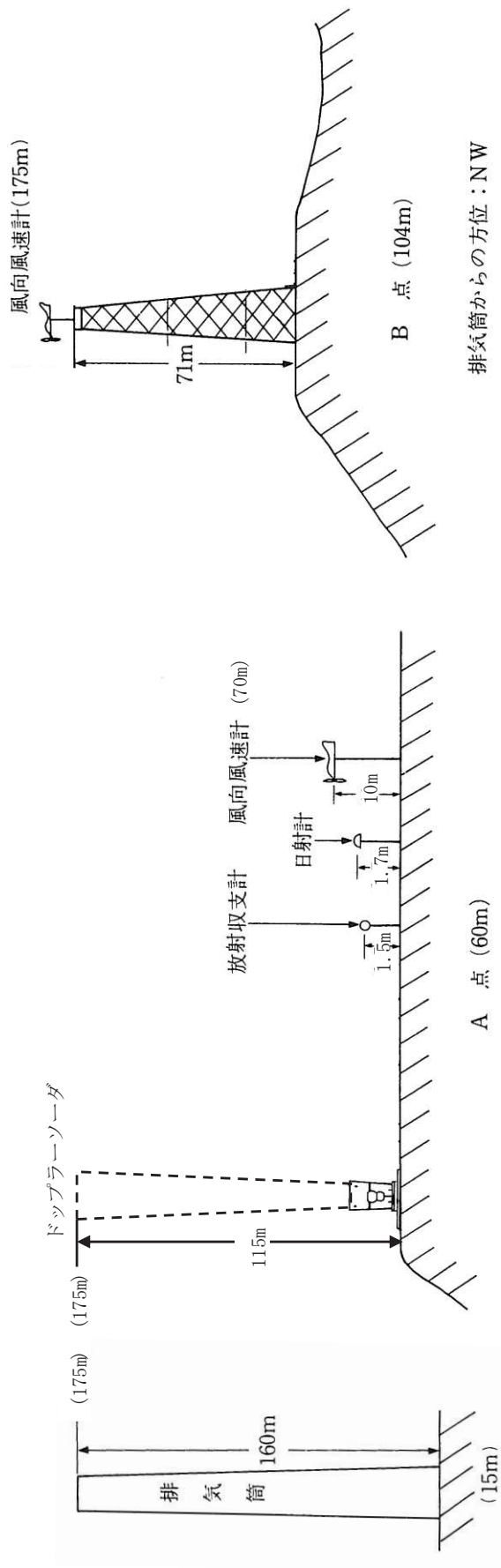


第 2.3-7 表 事故時の線量評価に用いる  $\chi/Q$  及び  $D/Q$  並びに  
実効放出継続時間

事故の種類	実効放出 継続時間 (h)	$\chi/Q$ (s/m <sup>3</sup> )	$D/Q$ (Gy/Bq)
燃料集合体の落下	1	$5.3 \times 10^{-4}$	$2.7 \times 10^{-18}$



第 2.1-1 図 気象観測設備配置図 (その 1)

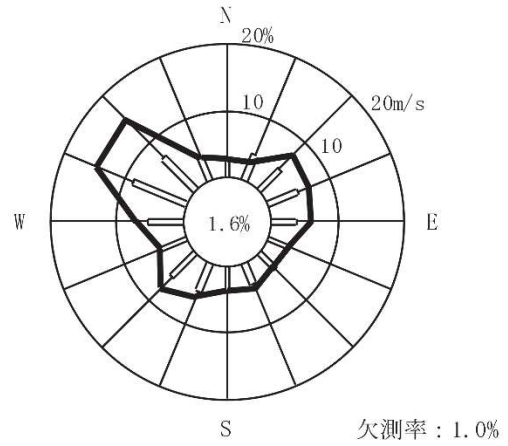
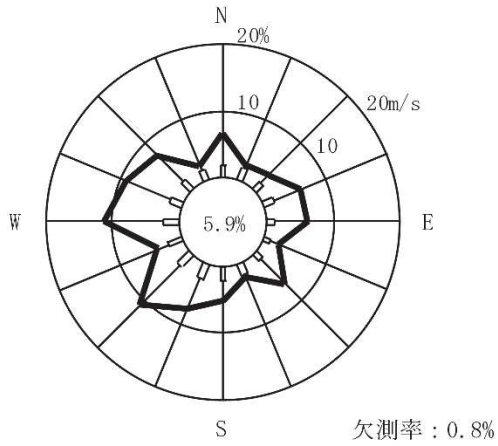


第2.1-2図 気象観測設備配置図 (その2)

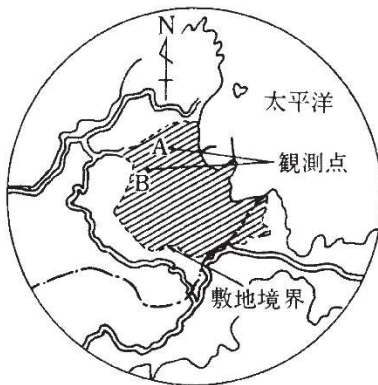
標高 70 m  
(地上高 10 m)

標高 175 m  
(地上高 71 m)

2012年1月～12月



- 注) 1. — 風向出現頻度(%)  
 □ 平均風速(m/s)  
 2. 小円内の数字は静穏の頻度(%)

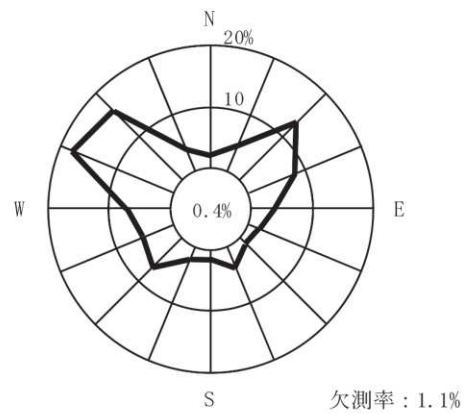
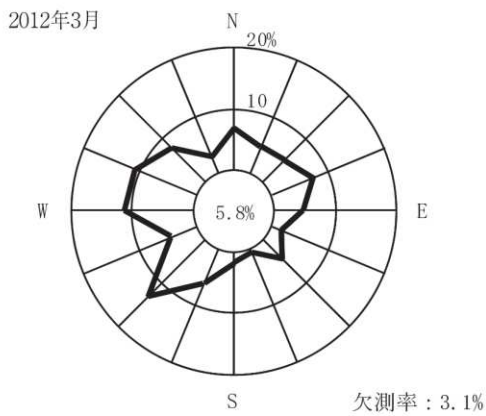
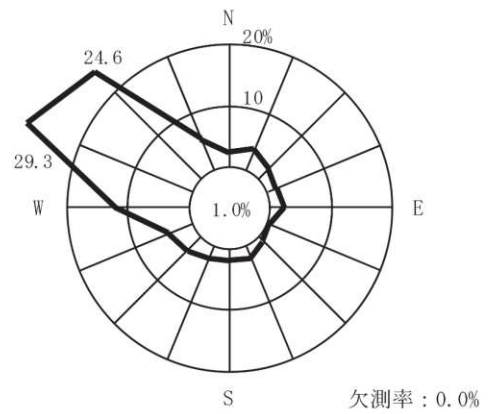
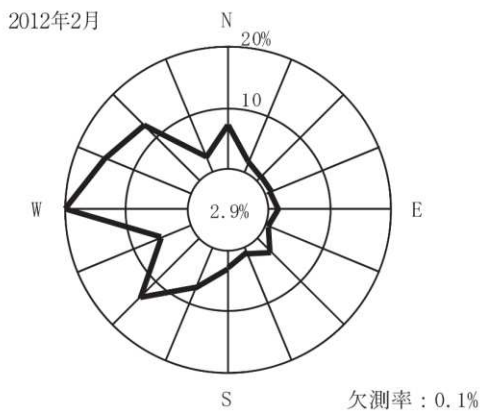
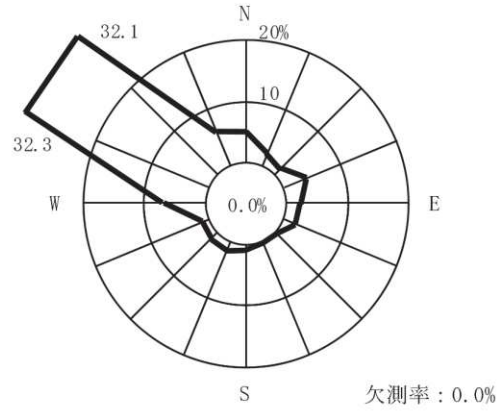
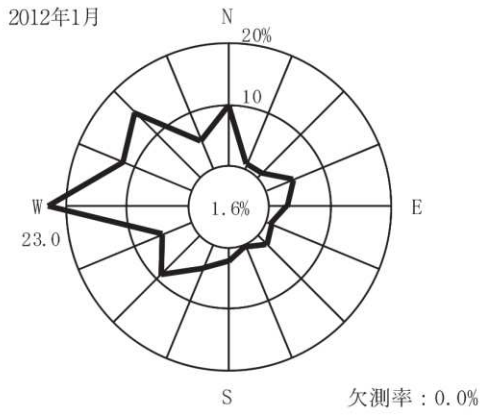


第 2.2-1 図 敷地の風配図 (全年)



標高 70 m  
(地上高 10 m)

標高 175 m  
(地上高 71 m)



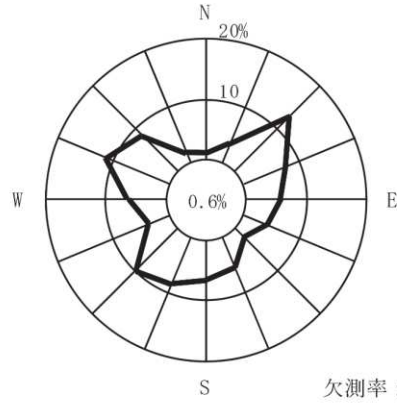
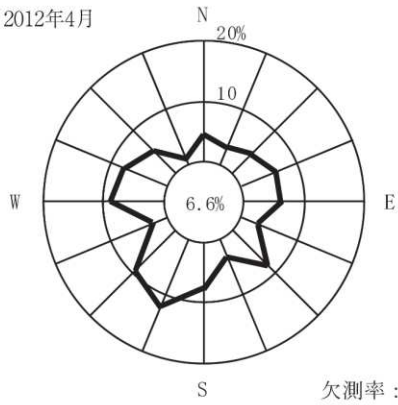
注) 小円内の数字は静穏の頻度(%)

第 2.2-2 図 敷地の風配図 (その 1) (2012 年 1 月 ~ 3 月)

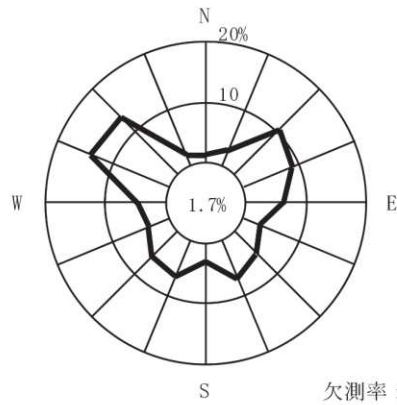
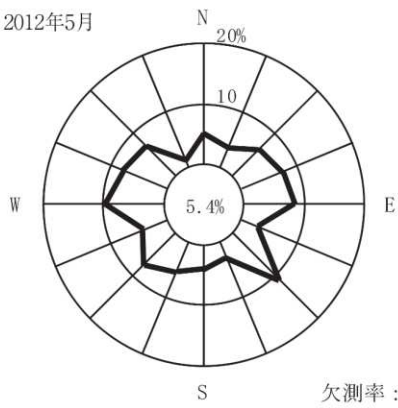
標高 70 m  
(地上高 10 m)

標高 175 m  
(地上高 71 m)

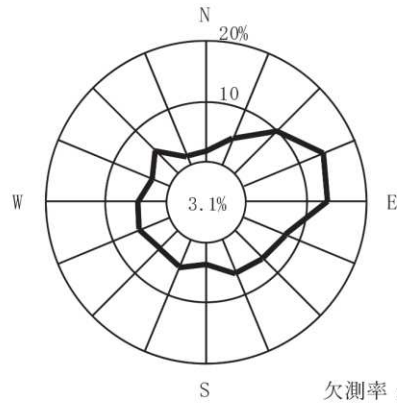
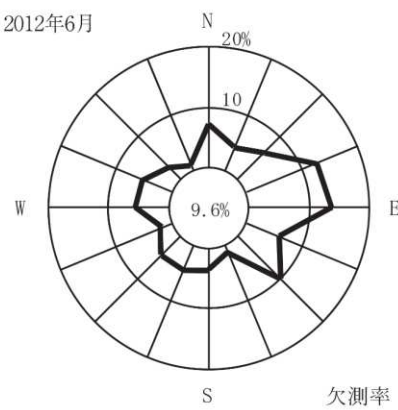
2012年4月



2012年5月



2012年6月

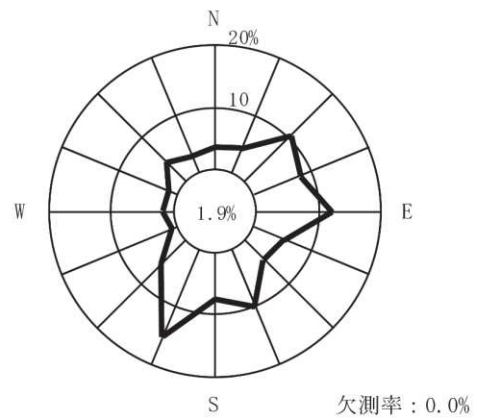
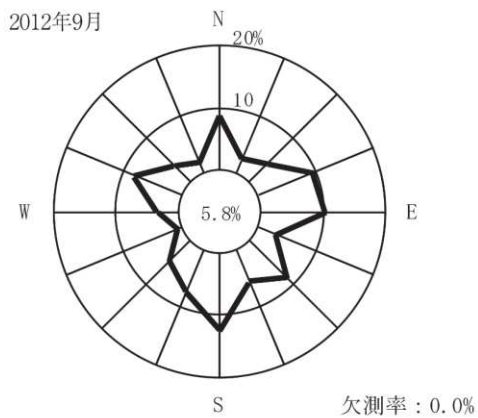
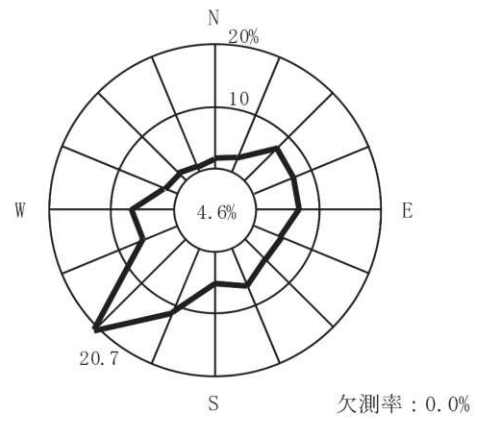
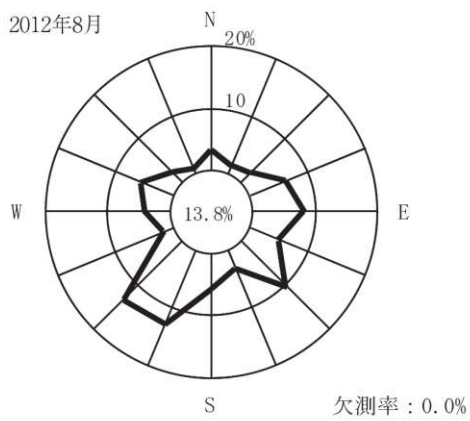
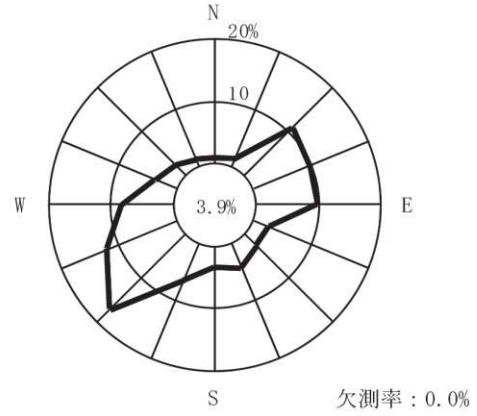
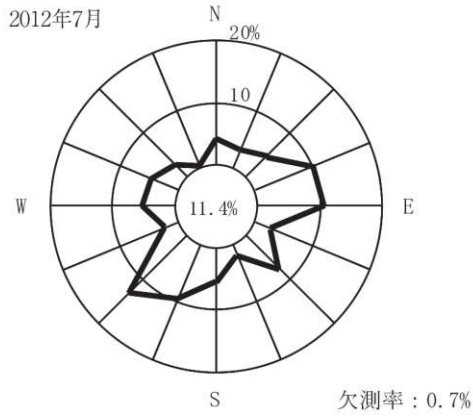


注) 小円内の数字は静穏の頻度(%)

第 2.2-3 図 敷地の風配図 (その 2) (2012 年 4 月 ~ 6 月)

標高 70 m  
(地上高 10 m)

標高 175 m  
(地上高 71 m)

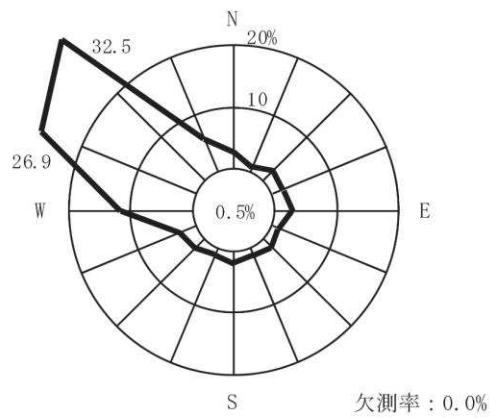
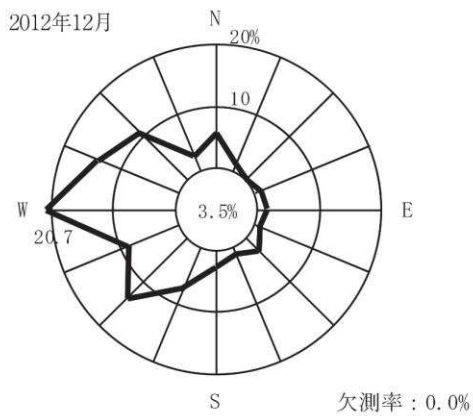
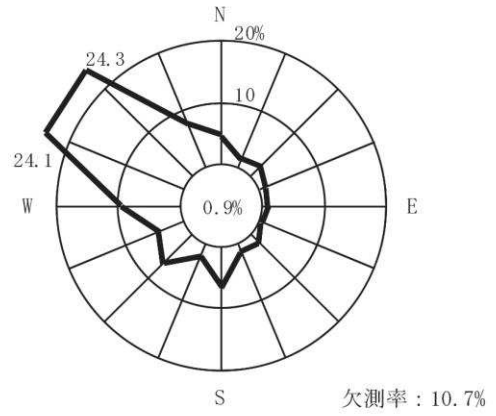
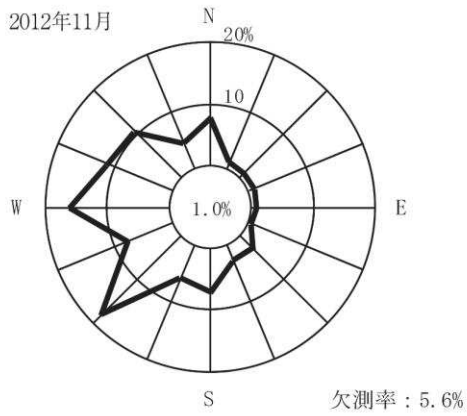
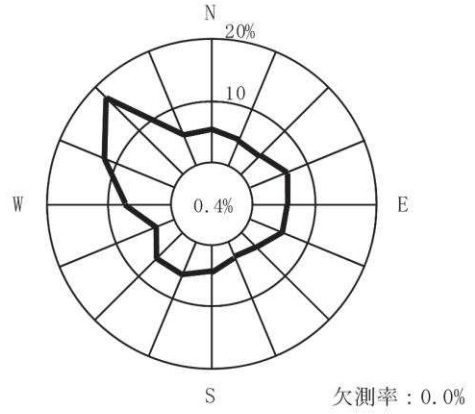
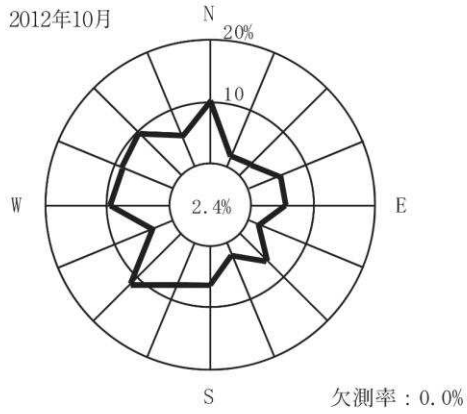


注) 小円内の数字は静穏の頻度(%)

第 2.2-4 図 敷地の風配図 (その 3) (2012 年 7 月 ~ 9 月)

標高 70 m  
(地上高 10 m)

標高 175 m  
(地上高 71 m)



注) 小円内の数字は静穏の頻度(%)

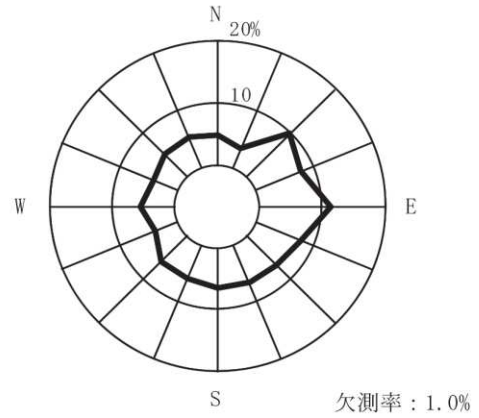
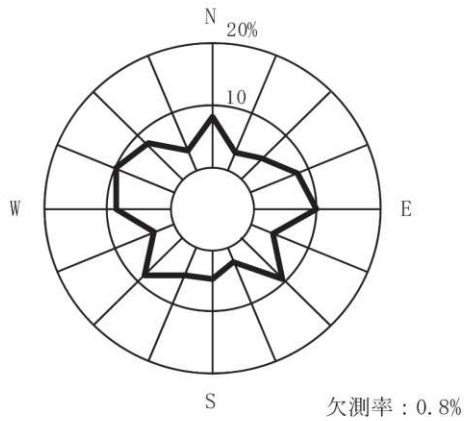
第 2.2-5 図 敷地の風配図 (その 4) (2012 年 10 月~12 月)



標高 70 m  
(地上高 10 m)

標高 175 m  
(地上高 71 m)

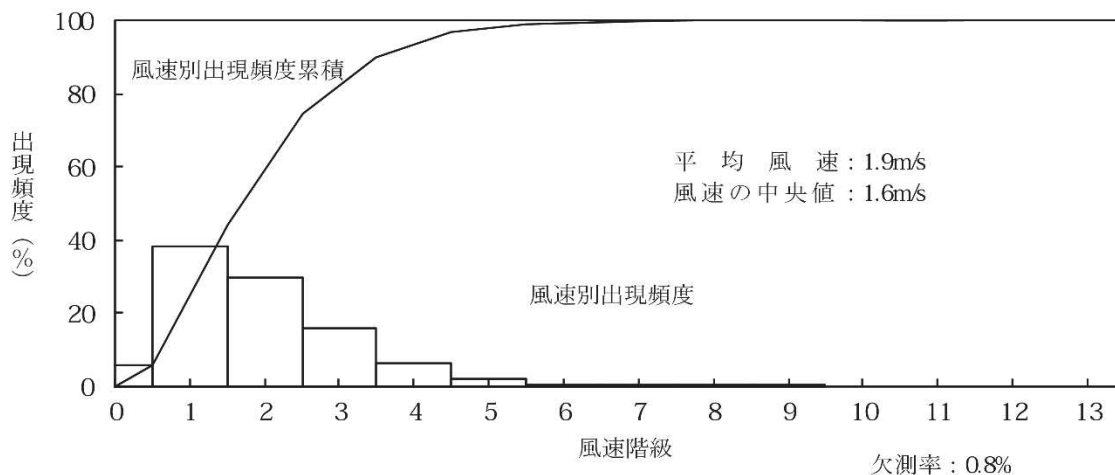
2012年1月～12月



低風速 (0.5～2.0m/s) の出現頻度

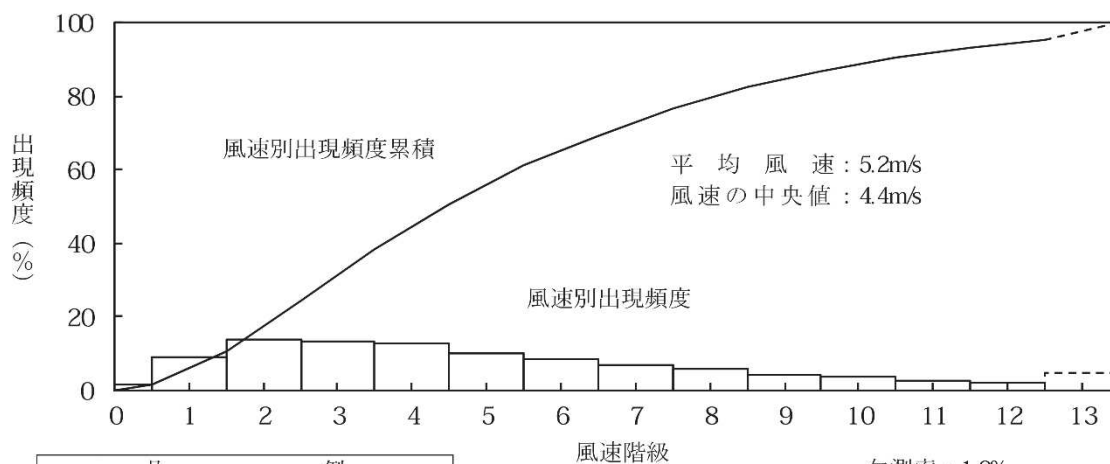
観測点	出現頻度 (%)
標高 70m	58.4
標高 175m	17.3

第 2.2-6 図 低風速 (0.5～2.0m/s) 時の風配図



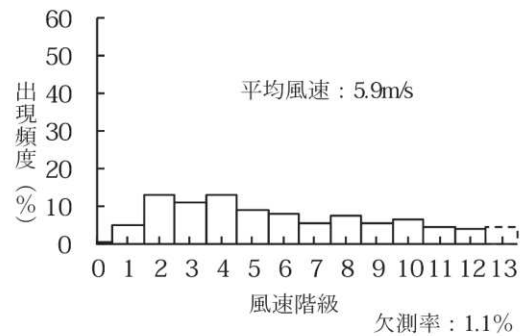
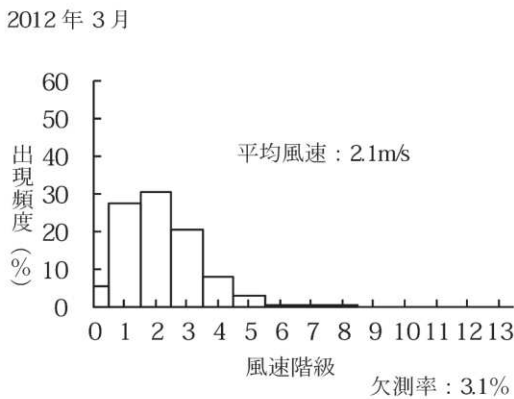
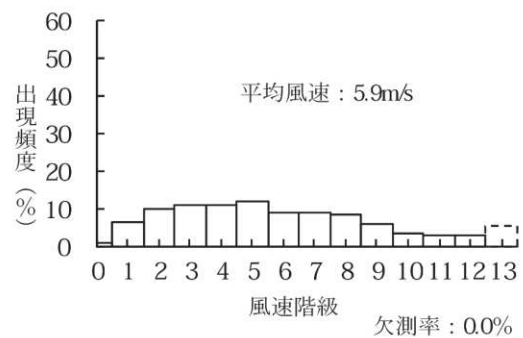
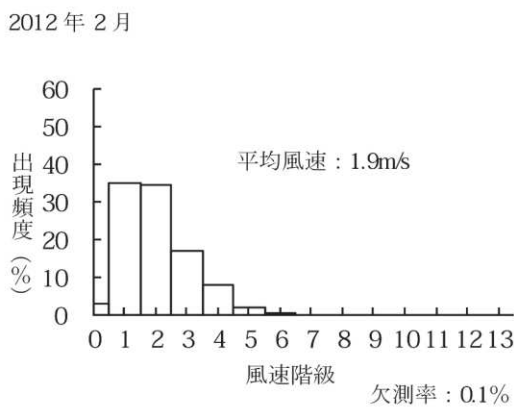
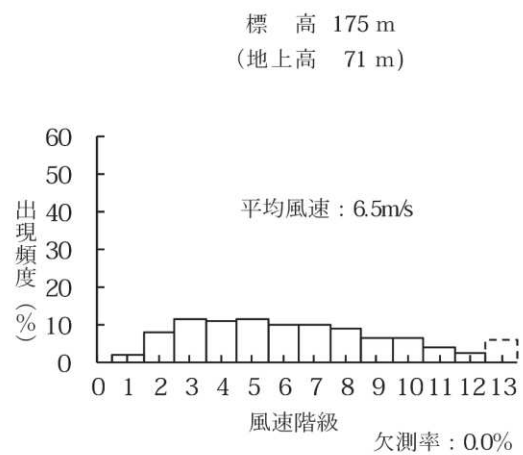
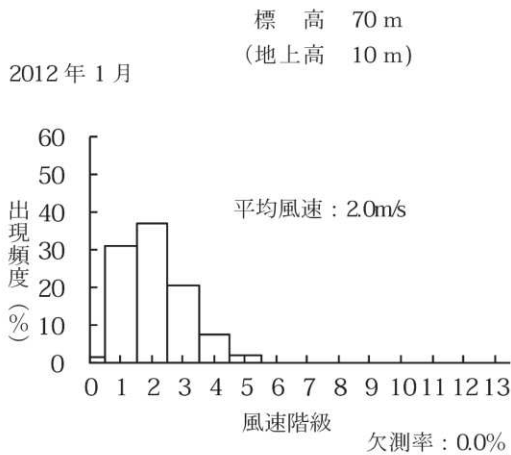
凡		例	
階級	風速(m/s)	階級	風速(m/s)
0	0.0～0.4	7	6.5～7.4
1	0.5～1.4	8	7.5～8.4
2	1.5～2.4	9	8.5～9.4
3	2.5～3.4	10	9.5～10.4
4	3.5～4.4	11	10.5～11.4
5	4.5～5.4	12	11.5～12.4
6	5.5～6.4	13	12.5 以上

第 2.2-7 図 年間風速別出現頻度及び風速別出現頻度累積  
(敷地内 A 点：標高 70m，地上高 10m)



凡		例	
階級	風速(m/s)	階級	風速(m/s)
0	0.0～0.4	7	6.5～7.4
1	0.5～1.4	8	7.5～8.4
2	1.5～2.4	9	8.5～9.4
3	2.5～3.4	10	9.5～10.4
4	3.5～4.4	11	10.5～11.4
5	4.5～5.4	12	11.5～12.4
6	5.5～6.4	13	12.5 以上

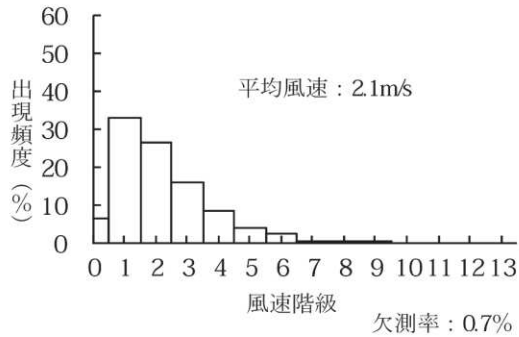
第 2.2-8 図 年間風速別出現頻度及び風速別出現頻度累積  
(敷地内 B 点：標高 175m，地上高 71m)



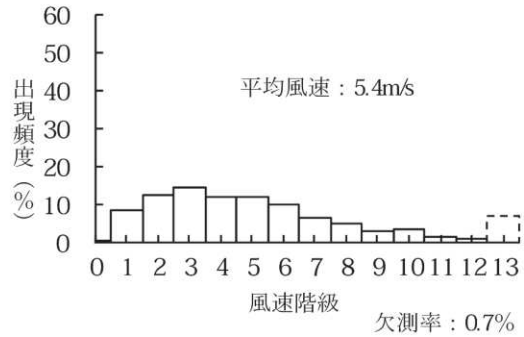
凡		例	
階級	風速(m/s)	階級	風速(m/s)
0	0.0 ~ 0.4	7	6.5 ~ 7.4
1	0.5 ~ 1.4	8	7.5 ~ 8.4
2	1.5 ~ 2.4	9	8.5 ~ 9.4
3	2.5 ~ 3.4	10	9.5 ~ 10.4
4	3.5 ~ 4.4	11	10.5 ~ 11.4
5	4.5 ~ 5.4	12	11.5 ~ 12.4
6	5.5 ~ 6.4	13	12.5 以上

第 2.2-9 図 月別風速別出現頻度（その 1）（2012 年 1 月～ 3 月）

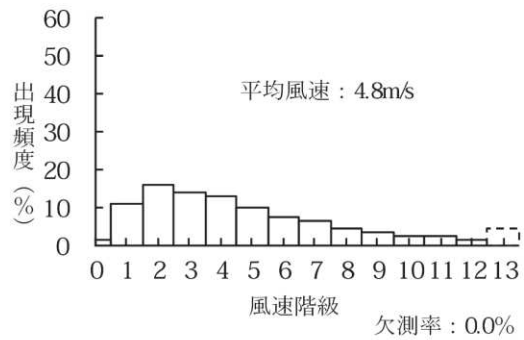
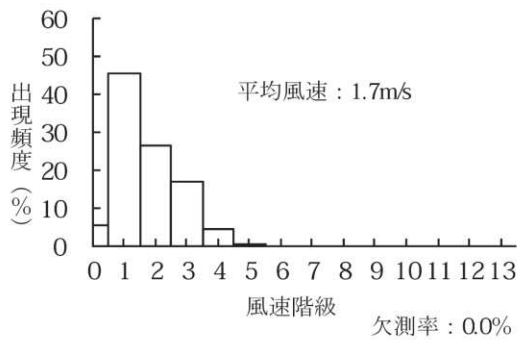
2012年4月  
標高 70 m  
(地上高 10 m)



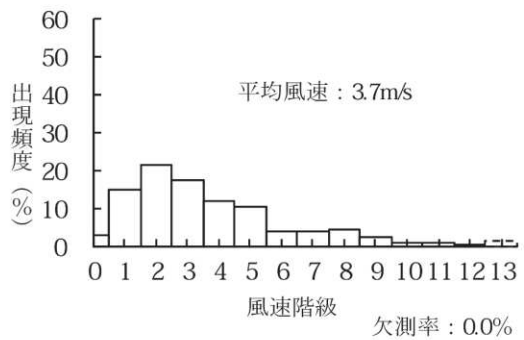
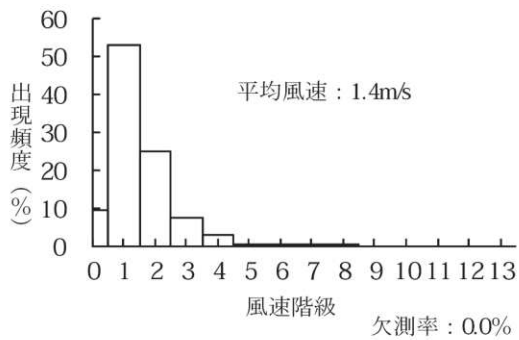
標高 175 m  
(地上高 71 m)



2012年5月

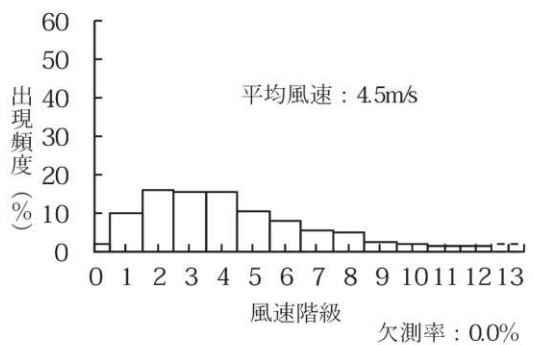
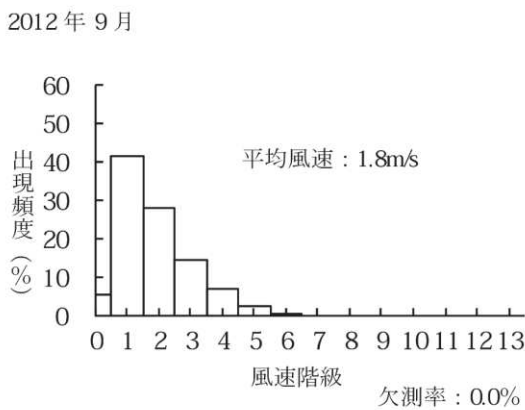
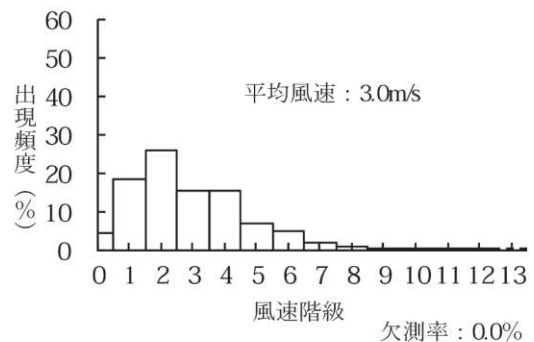
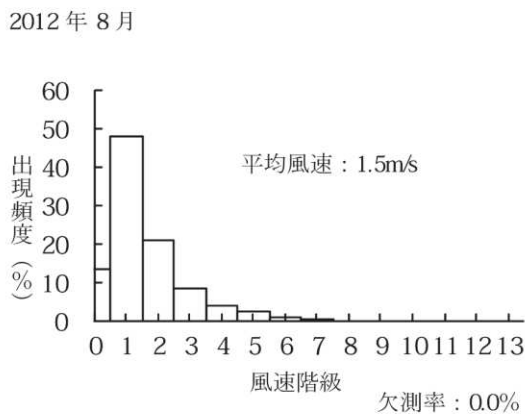
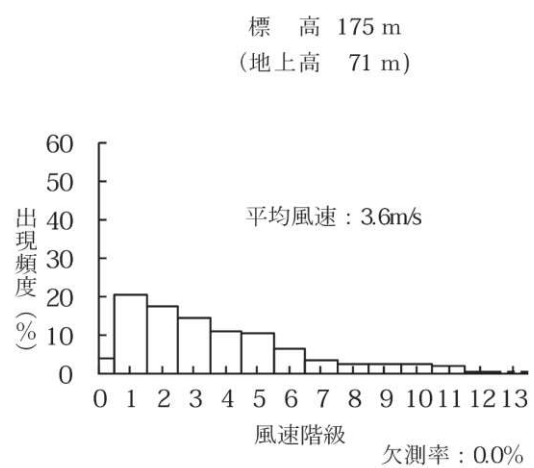
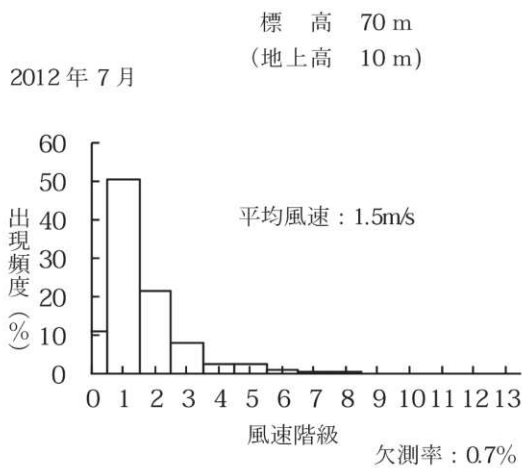


2012年6月



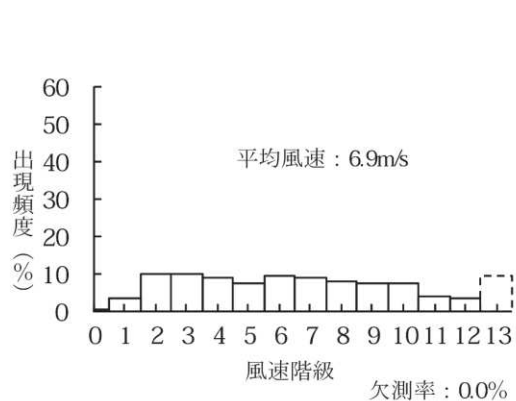
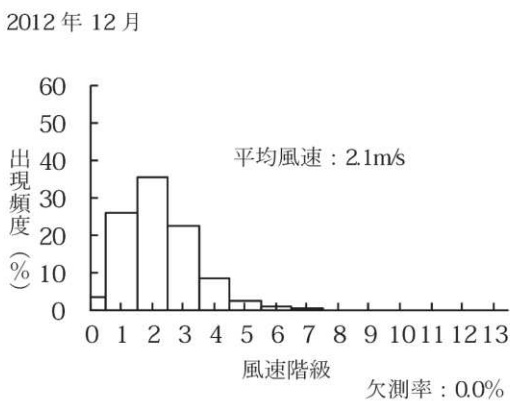
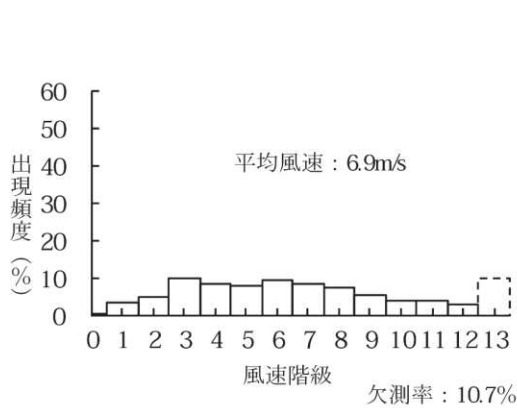
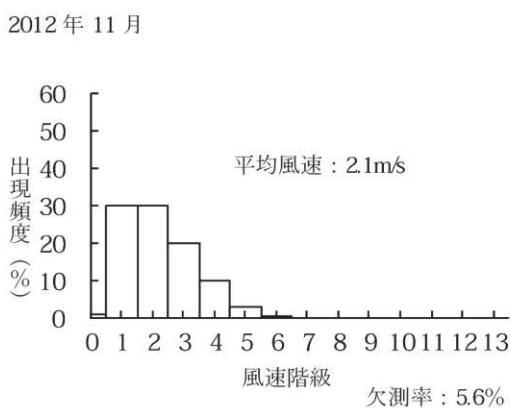
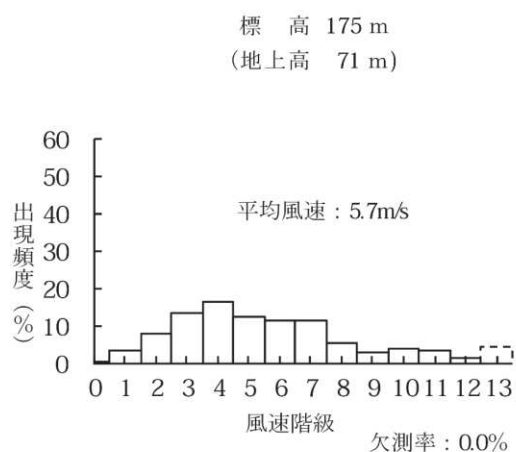
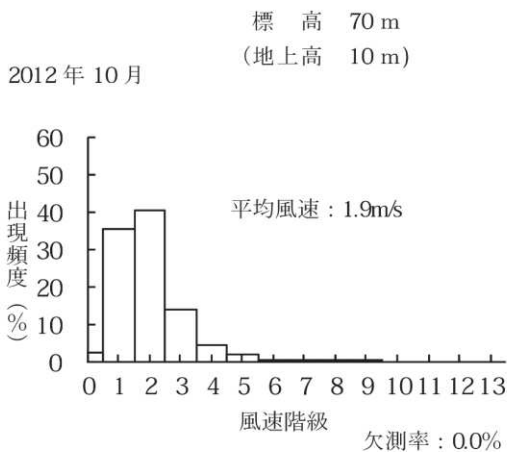
凡		例	
階級	風速(m/s)	階級	風速(m/s)
0	0.0 ~ 0.4	7	6.5 ~ 7.4
1	0.5 ~ 1.4	8	7.5 ~ 8.4
2	1.5 ~ 2.4	9	8.5 ~ 9.4
3	2.5 ~ 3.4	10	9.5 ~ 10.4
4	3.5 ~ 4.4	11	10.5 ~ 11.4
5	4.5 ~ 5.4	12	11.5 ~ 12.4
6	5.5 ~ 6.4	13	12.5 以上

第 2.2-10 図 月別風速別出現頻度 (その 2) (2012 年 4 月 ~ 6 月)



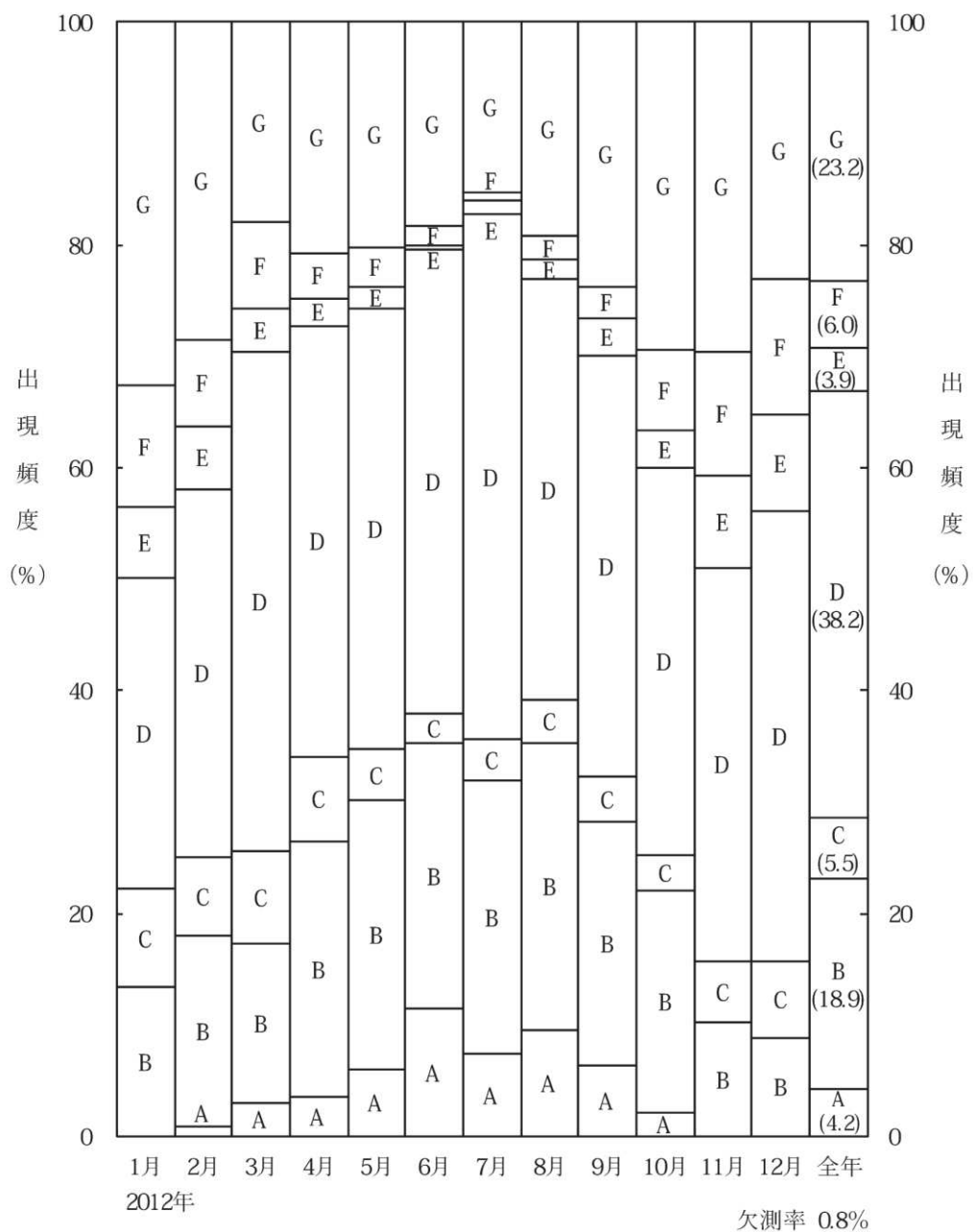
凡		例	
階級	風速(m/s)	階級	風速(m/s)
0	0.0 ~ 0.4	7	6.5 ~ 7.4
1	0.5 ~ 1.4	8	7.5 ~ 8.4
2	1.5 ~ 2.4	9	8.5 ~ 9.4
3	2.5 ~ 3.4	10	9.5 ~ 10.4
4	3.5 ~ 4.4	11	10.5 ~ 11.4
5	4.5 ~ 5.4	12	11.5 ~ 12.4
6	5.5 ~ 6.4	13	12.5 以上

第 2.2-11 図 月別風速別出現頻度 (その 3) (2012 年 7 月 ~ 9 月)

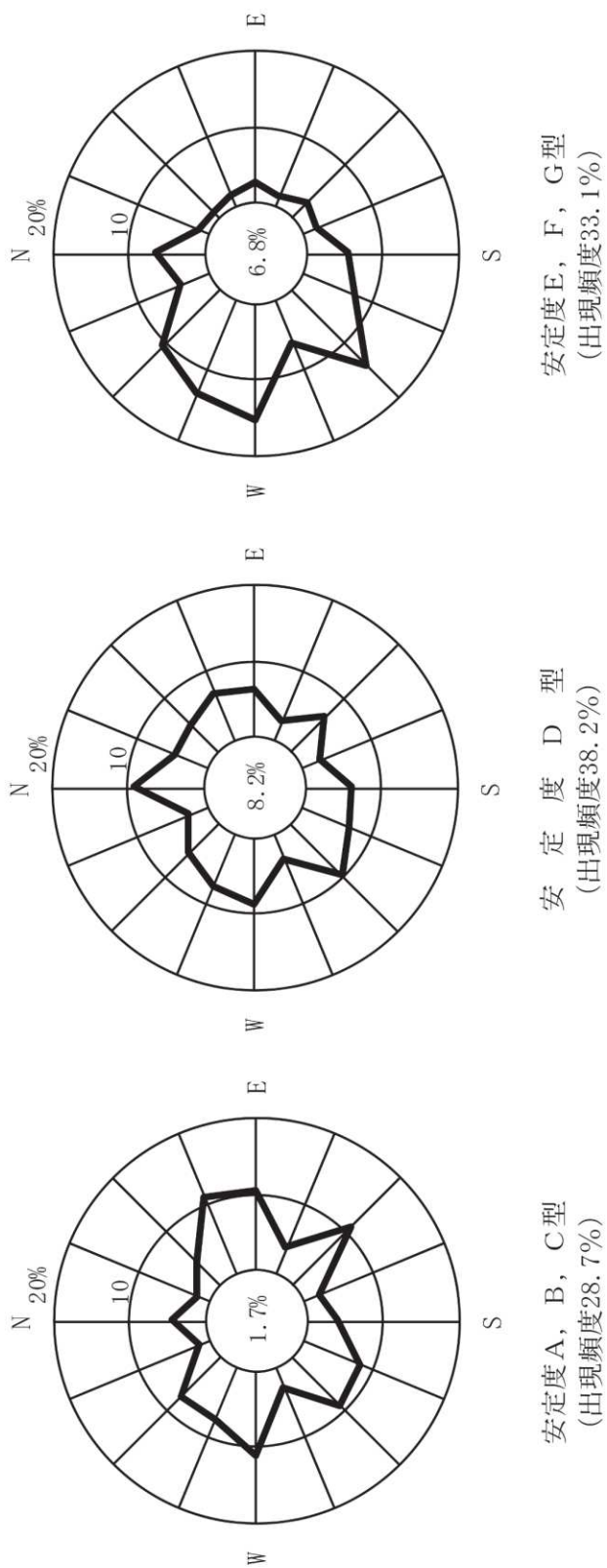


凡		例	
階級	風速(m/s)	階級	風速(m/s)
0	0.0 ~ 0.4	7	6.5 ~ 7.4
1	0.5 ~ 1.4	8	7.5 ~ 8.4
2	1.5 ~ 2.4	9	8.5 ~ 9.4
3	2.5 ~ 3.4	10	9.5 ~ 10.4
4	3.5 ~ 4.4	11	10.5 ~ 11.4
5	4.5 ~ 5.4	12	11.5 ~ 12.4
6	5.5 ~ 6.4	13	12.5 以上

第 2.2-12 図 月別風速別出現頻度（その 4）（2012 年 10 月～12 月）



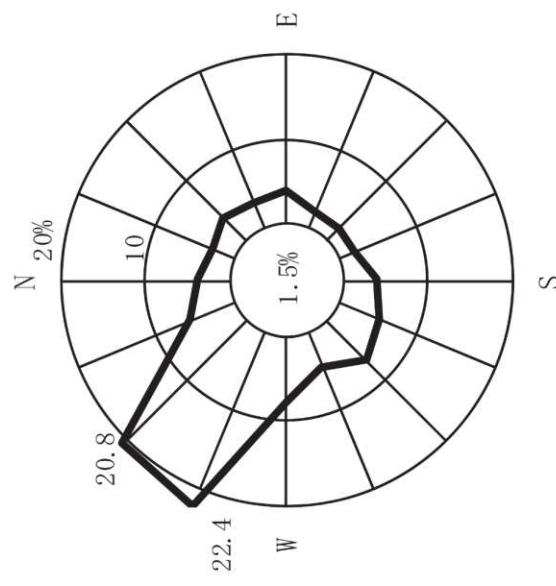
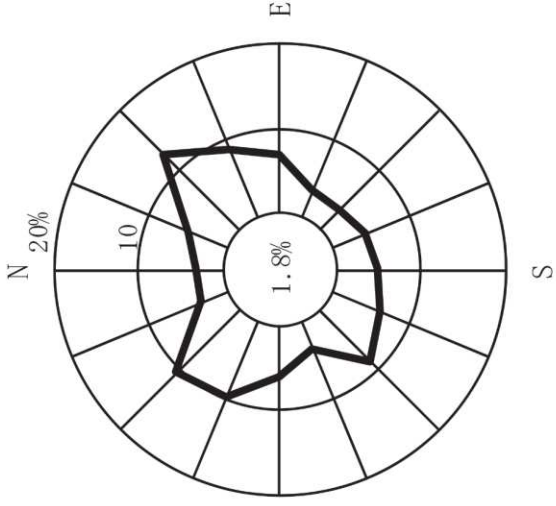
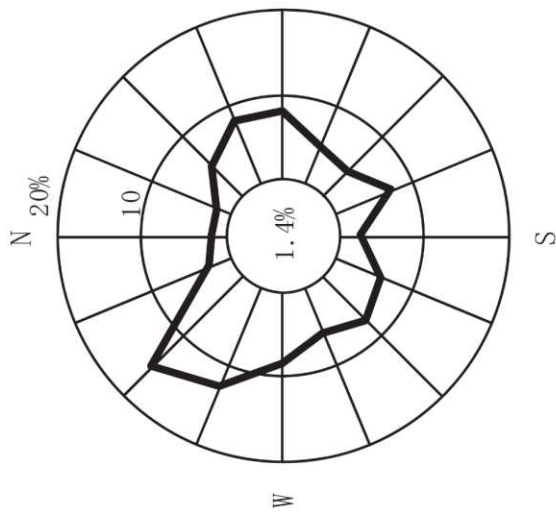
第 2.2-13 図 年間及び月別大気安定度出現頻度



注) 円内は静穏の出現頻度を示す。

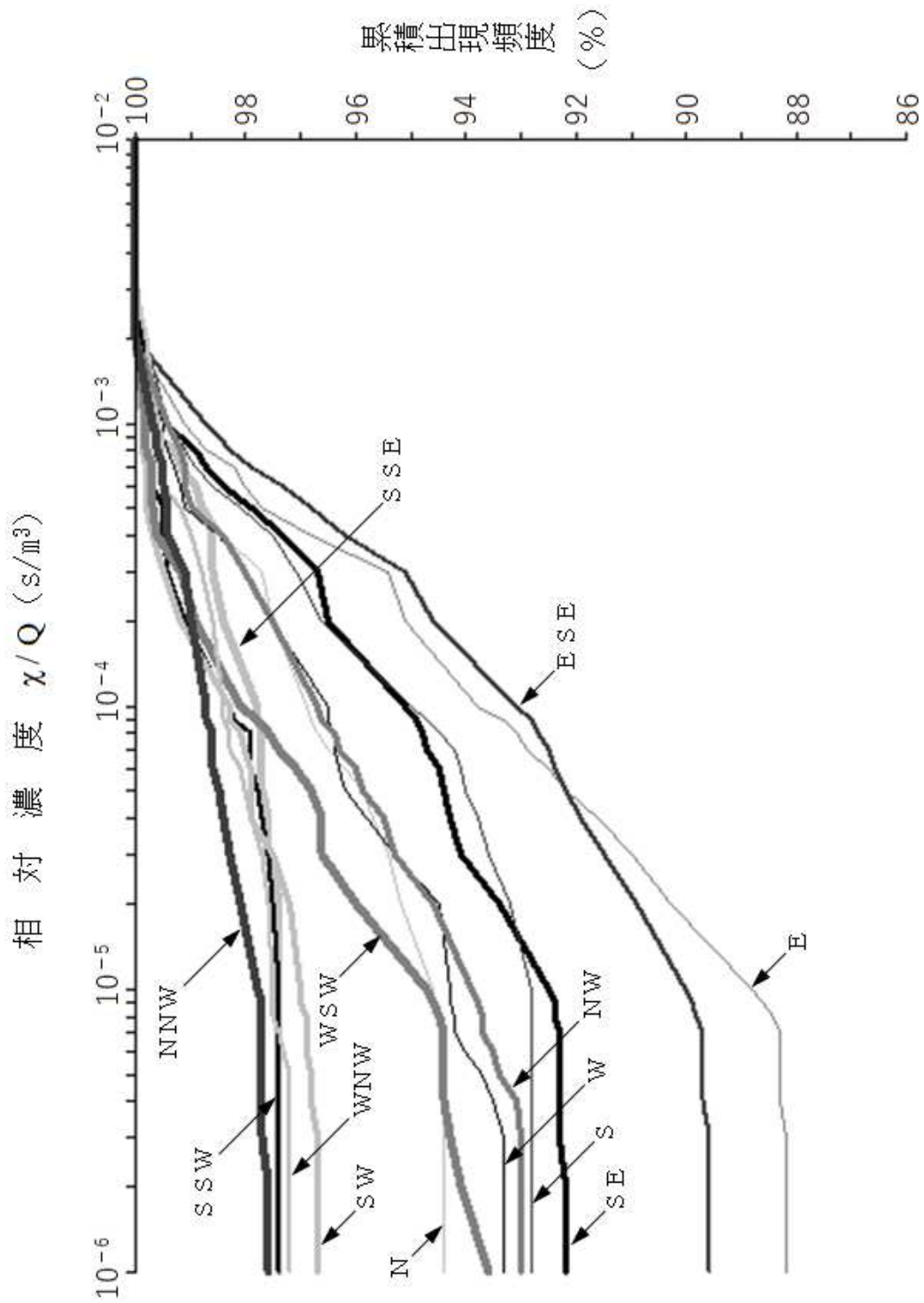
第2.2-14図 年間大気安定度別風配図 (標高70m, 地上高10m)



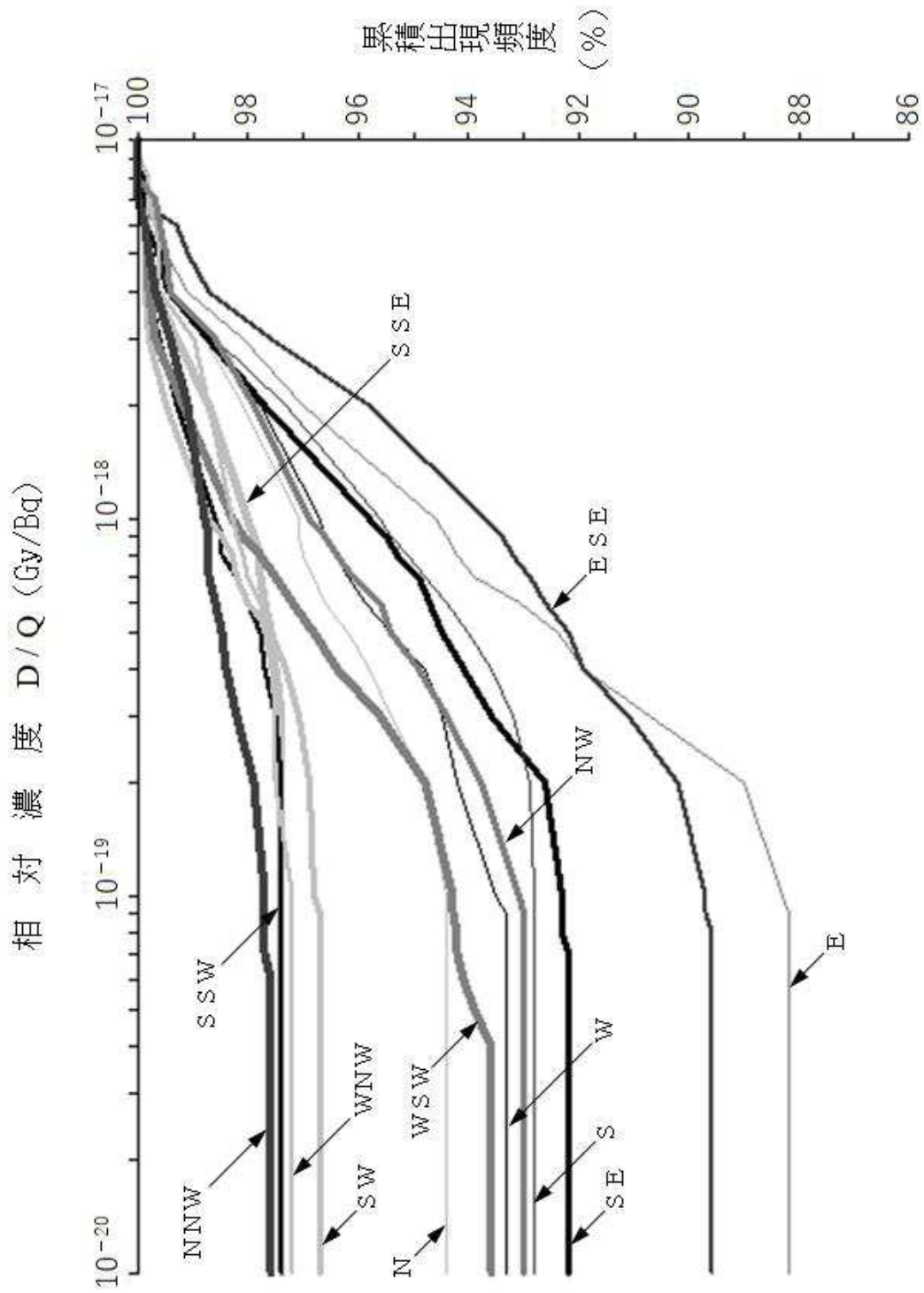


注) 円内は静穏の出現頻度を示す。

第 2.2-15 図 年間大気安定度別風配図 (標高 175m, 地上高 71m)



第 2.3-1 図 方位別相対濃度( $\alpha/Q$ )の累積出現頻度 (燃料集合体の落下)



第 2.3-2 図 方位別相対線量( $D/Q$ )の累積出現頻度 (燃料集合体の落下)

## 2.4 参考文献

- (1) 「女川原子力発電所3号機増設に伴う排出ガス拡散の風洞実験」  
(株東芝，石川島検査計測(株)，石川島播磨重工業(株)，平成5年5月)

女川原子力発電所 1 号炉審査資料	
資料番号	01-DP-013(改 1)
提出年月日	令和 2 年 1 月 14 日

## 女川原子力発電所 1 号発電用原子炉

### 解体工事準備期間における 直接線及びスカイシャイン線による 線量について

令和 2 年 1 月  
東北電力株式会社

## 目次

1. はじめに.....	1
2. 既往の結果.....	1
3. 1号炉の廃止措置段階における評価結果.....	1

## 1. はじめに

本資料では、女川原子力発電所 1 号炉の廃止措置段階の女川原子力発電所からの直接線及びスカイシャイン線による敷地境界における線量について説明する。

## 2. 既往の結果

女川原子力発電所の原子炉設置変更許可申請書（平成 28 年 11 月）において、女川原子力発電所の敷地境界外における線量が、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」に示される年間  $50 \mu\text{Gy}$  以下であることを確認している。評価地点は図 1，評価結果は表 1 に示すとおり。

なお、上記の線量評価においては 1 号炉が稼働しているものとして評価されている。

## 3. 1 号炉の廃止措置段階における評価結果

1 号炉の解体工事準備期間における放射性固体廃棄物の取扱いについては、廃止措置計画認可申請書に記載のとおり、「解体工事準備期間は、1 号炉内において放射性物質によって汚染された区域の解体工事を行わず原子炉運転中の施設定期検査時と同等の状態が継続する。また、既存の建物及び構築物等を維持する。」及び「解体工事準備期間に発生する放射性固体廃棄物は、固体廃棄物貯蔵所等の貯蔵容量を超えないように貯蔵保管するとともに、安全確保のために必要な機能を維持することから、1 号炉運転時における直接線及びスカイシャイン線の評価結果を超えることはない。」としている。

したがって、1 号炉の廃止措置移行後の評価については、廃止措置に伴い新たに線源となる施設はなく、1 号炉の原子炉運転がないことから、廃止措置移

行後のサイト合計値は年間約 $2.0 \times 10^1 \mu\text{Gy/y}$ と評価できる。





表1 既往の直接線及びスカイシャイン線の評価結果

(単位： $\mu\text{Gy/y}$ )

線 源		評価結果	
原子炉建家	1号炉	直接線	約 $1.7 \times 10^{-3}$
		スカイシャイン線	約 $3.1 \times 10^{-4}$
原子炉建屋	2号炉	直接線	約 $2.6 \times 10^{-5}$
		スカイシャイン線	約 $4.7 \times 10^{-4}$
	3号炉	直接線	約 $1.0 \times 10^{-4}$
		スカイシャイン線	約 $6.5 \times 10^{-3}$
タービン建家	1号炉	直接線	約 $1.6 \times 10^{-2}$
		スカイシャイン線	約 $4.1 \times 10^{-1}$
タービン建屋	2号炉	直接線	約 $1.4 \times 10^{-1}$
		スカイシャイン線	約 $2.7 \times 10^0$
	3号炉	直接線	約 $1.6 \times 10^0$
		スカイシャイン線	約 $1.2 \times 10^1$
復水貯蔵タンク	1号炉	直接線	約 $1.4 \times 10^{-1}$
		スカイシャイン線	約 $1.1 \times 10^{-2}$
	2号炉	直接線	約 $4.4 \times 10^{-1}$
		スカイシャイン線	約 $4.8 \times 10^{-2}$
サプレッション プール水貯蔵 タンク	1/2号	直接線	約 $1.4 \times 10^{-1}$
		スカイシャイン線	約 $2.8 \times 10^{-2}$
	2号	直接線	約 $1.2 \times 10^{-1}$
		スカイシャイン線	約 $1.8 \times 10^{-2}$
	3号	直接線	約 $1.8 \times 10^0$
		スカイシャイン線	約 $3.2 \times 10^{-1}$
固体廃棄物貯蔵所		直接線*	—
		スカイシャイン線	約 $7.5 \times 10^{-2}$
合計		約 $2.0 \times 10^1$	

※：直接線については、地形上明らかに丘陵が存在するため、評価せず。

女川原子力発電所 1 号炉審査資料	
資料番号	01-DP-014(改1)
提出年月日	令和2年1月14日

## 女川原子力発電所 1 号発電用原子炉

### 1 号炉使用済燃料移送後の 3 号炉使用済燃料プール水全喪失時の 評価について

令和2年1月  
東北電力株式会社

## 目 次

1. 使用済燃料プール水大規模漏えい時の使用済燃料の健全性評価…………… 1
2. 使用済燃料プール水大規模漏えい時の未臨界性の評価について…………… 5

## 1. 使用済燃料プール水大規模漏えい時の使用済燃料の健全性評価

### 1. 1 評価条件

使用済燃料プールの保有水が全喪失した場合であっても、崩壊熱量が小さいときには、露出した燃料が、空気の自然対流により冷却維持が可能と考えられる。

ここでは、平成29年4月1日時点の崩壊熱を想定し、1号炉使用済燃料プールの使用済燃料全てを3号炉使用済燃料プールに貯蔵している状態で、使用済燃料プール水が全て喪失した場合の評価を示す。

評価条件として、使用済燃料プール水が全て喪失していると仮定し、使用済燃料の発熱は、原子炉建屋内空気及び原子炉建屋の天井を通して外気に放熱されることにより除熱されるものとする。

評価は1号炉と同様の手法を用い、使用済燃料プール水が全て喪失し、使用済燃料の発熱による原子炉建屋内の室内温度が定常状態となる場合において、外気温度を境界条件として、原子炉建屋内空気の最高温度を求める。次に、原子炉建屋内空気が最も発熱量が大きい燃料の下部から流入した際の燃料出口での空気温度を崩壊熱より評価し、その空気温度とするために必要となる燃料被覆管温度を、熱伝達を考慮することにより評価を行う（図1）。

なお、本評価モデルでは、ヒートシンクは原子炉建屋の天井のみとしており、建屋からの放熱の観点からは保守的な設定としている。また、原子炉建屋の換気は考慮せず、密閉状態を想定している。燃料への空気の流路は、チャンネルボックスの断面を実効的な流路と考え、チャンネルボックスと使用済燃料貯蔵ラック間の領域は無視する保守的な設定としている。評価条件を表1に示す。

### 1. 2 評価結果

燃料被覆管温度評価結果を表2に示す。燃料は室内空気の自然対流により冷却され、3号炉での燃料被覆管温度は最高でも約326℃以下に保たれる。これらの燃料被覆管温度では、ジルコニウム合金である燃料被覆管の酸化反応速度は小さく、燃料被覆管の酸化反応による表面温度への影響はほとんどない<sup>[1]</sup>。

また、燃料被覆管温度を326℃とした条件において、原子炉運転中の酸化減肉及び使用済燃料プール水が全て喪失した後の空気中での酸化減肉を考慮したクリープ歪の評価を行った。この結果、燃料被覆管のクリープ歪は1年後においても約0.1%であり、燃料被覆管の健全性を確認するためのクリープ歪の制限値1%<sup>[2]</sup>を十分下回っていることから、使用済燃料プール水が喪失してから1年後においてもクリープ変形による破断は発生せず、燃料健全性は維持される。

以上のことから、使用済燃料プールの保有水が全て喪失しても、燃料被覆管温度は約326℃以下に保たれ、酸化反応が促進されることはなく、燃料被覆管温度の上昇が燃料の健全性に影響を与えることはないと考えられる。

表 1 評価条件

計算手順	入力パラメータ	値	根拠
原子炉建屋からの放熱計算 (建屋内空気温度計算)	使用済燃料の総発熱量	399kW	・女川1号及び3号のSFPに貯蔵されている使用済燃料2087体の総発熱量(平成29年4月1日時点) ・ORIGEN2にて崩壊熱を計算
	天井面積		伝熱面積として建屋の全天井面積を設定
	内表面熱伝達係数	9W/(m <sup>2</sup> ・K)	建築分野で標準的に用いられる値を設定[3]
	天井コンクリートの厚さ		建物図面より設定
	コンクリートの熱伝導率	2.6W/(m・K)	コンクリートの一般的な物性値を設定[4]
	外表面熱伝達係数	23W/(m <sup>2</sup> ・K)	建築分野で標準的に用いられる値を設定[3]
	相当外気温度	60℃	太陽の輻射効果を考慮して設定[5]
自然対流熱伝達の計算(燃料集合体出口空気温度計算)	燃料集合体1体の発熱量	0.374kW	・女川1号及び3号のSFPに貯蔵されている使用済燃料2087体のうち燃料集合体1体 <sup>※1</sup> の発熱量の最大値(平成29年4月1日時点) ・ORIGEN2にて崩壊熱を計算
	流路面積		ラックセル内のチャンネルボックスの正方形断面内の流路を実効的な流路と設定 <sup>※1</sup>
	流れの等価直径		流路面積と摩擦損失計算用濡れぶち長さより算出 <sup>※1</sup>
	局所圧力損失係数		燃料集合体内の局所圧力損失係数として、下部タイプレート、スペーサ(7個)及び上部タイプレートの局所圧力損失係数の合計値に余裕を見て、計算流路全体の係数として設定 <sup>※1</sup>
燃料被覆管表面温度計算	熱の等価直径		流路面積と伝熱計算用濡れぶち長さより算出 <sup>※1</sup>
	発熱長さ		燃料棒有効長を設定 <sup>※1</sup>
	ピーキングファクタ	2.6	直近の運転サイクル中の最大値(実績値)を設定 <sup>※1</sup>

※1 女川1号から輸送した燃料の発熱量の最大値(0.374kW)の方が女川3号の燃料の発熱量の最大値(0.359kW)より大きいため、女川1号の燃料を想定

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表2 3号炉 燃料被覆管温度・クリープ歪

項目	3号炉	備考
燃料被覆管温度 (°C)	約 326	・平成 29 年 4 月 1 日時点 <sup>※1</sup> での評価
クリープ歪 (%) <sup>※2</sup>	約 0.1	・平成 29 年 4 月 1 日時点 <sup>※1</sup> での評価

※1 全燃料は使用済燃料プールに貯蔵された状態

※2 BWR の未照射燃料被覆管クリープ式<sup>[6]</sup>を用いてクリープ歪を評価。当該クリープ式は、8×8 燃料を試供材とした実験結果に基づき導出されたものだが、8×8 燃料と 9×9 燃料は共に被覆管材質がジルカロイ-2 であり、燃料被覆管肉厚が異なるものの、当該式は、被覆管周方向応力を変数とする関数であることから、同様に取り扱うことができる

(参考文献)

- [1] “Air Oxidation Kinetics for Zr-Based Alloys”, Argonne National Laboratory, NUREG/CR-6846 ANL-03/32
- [2] 「日本原子力学会標準 使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全設計及び検査基準：2010」2010年7月, 社団法人 日本原子力学会
- [3] 「最新建築環境工学」田中俊六 他共著, 井上書院
- [4] 「コンクリート標準示方書」土木学会
- [5] 「空気調和・衛生工学便覧第13版 3 空気調和設備設計篇」空気調和・衛生工学会編
- [6] 「04-基炉報-0001 平成 15 年度リサイクル燃料資源貯蔵施設安全解析コード改良試験 (燃料の長期安全性に関する試験最終成果報告書)」, 平成 16 年 6 月, 独立行政法人原子力安全基盤機構

(3号炉)

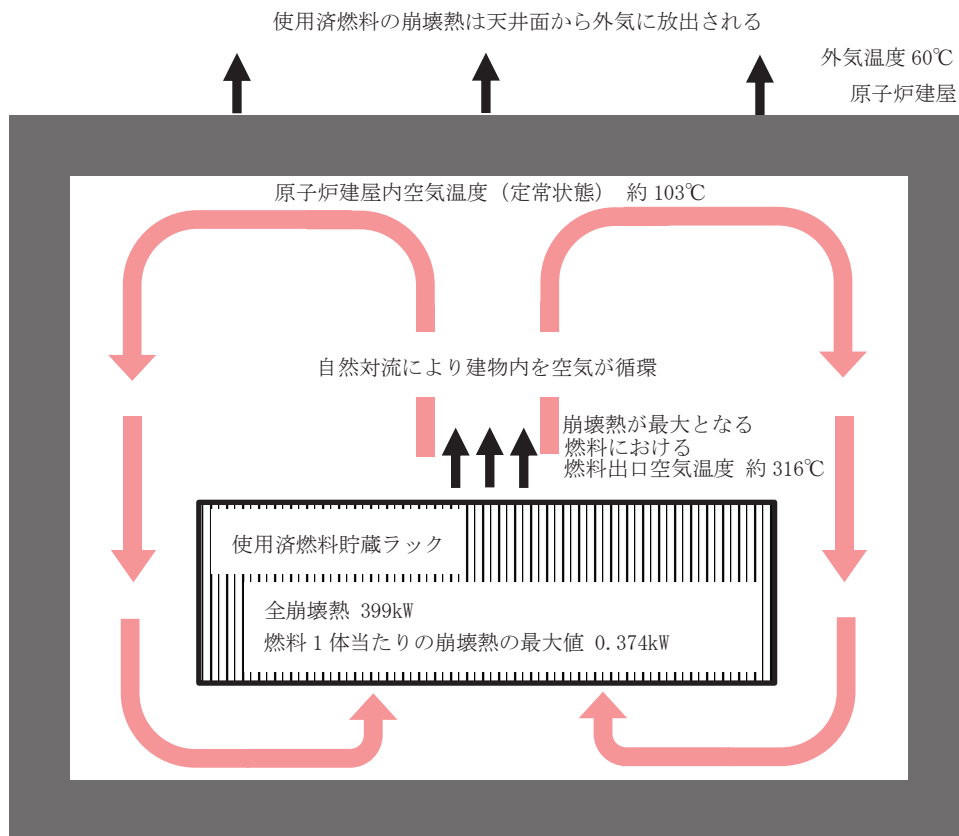


図1 評価モデル



## 2. 使用済燃料プール水大規模漏えい時の未臨界性の評価について

女川3号炉の使用済燃料プールには、通常は限られた体数の新燃料と使用済燃料が貯蔵されるが、臨界設計については新燃料及びいかなる燃焼度の燃料を貯蔵しても十分安全側の評価を得るように、炉心装荷時の無限増倍率として1.30を仮定している。

燃料プール水が喪失し、燃料プール水の密度が減少した場合を考えると、ラックセル内で中性子を減速する効果が減少し、実効増倍率を低下させる効果がある。また、女川3号炉の使用済燃料プールでは、ボロン添加ステンレス鋼製ラックセルに燃料が貯蔵されているため、中性子の強吸収体であるラックセル中のボロンの効果により、実効増倍率を増加させる効果である隣接ラックへの中性子の流れ込みが抑制されるため、水密度の減少に伴い実効増倍率は単調に減少する。

したがって、女川3号炉の使用済燃料プール水大規模漏えい時においては、実効増倍率が単調に減少する事象となるため、未臨界は維持される。

女川原子力発電所 1 号炉審査資料	
資料番号	01-DP-015(改0)
提出年月日	令和 2 年 1 月 14 日

女川原子力発電所 1 号発電用原子炉  
解体工事準備期間における  
放射性固体廃棄物の管理について

令和 2 年 1 月  
東北電力株式会社

## 1. 解体工事準備期間における放射性固体廃棄物の管理

解体工事準備期間に発生すると予測している放射性固体廃棄物のうち、固化体と雑固体廃棄物は固体廃棄物貯蔵所等に貯蔵保管することとしている。

また、使用済樹脂等は原子炉浄化系沈降分離槽等に貯蔵することとしている。

## 2. 固体廃棄物貯蔵所における管理

### 2. 1 固体廃棄物貯蔵所の保管容量

固体廃棄物貯蔵所は、200L ドラム缶 55,488 本相当を貯蔵保管する能力がある。

令和元年 6 月末時点の貯蔵保管量は 33,752 本であり、約 21,700 本の空き容量を有している。

### 2. 2 解体工事準備期間における発生量

直近 8 年間（平成 23 年度～平成 30 年度）において、年間の放射性固体廃棄物発生量と減少量（焼却等による減容及び発電所外廃棄による減少量）の平均は第 1 表に示すとおりである。

また、1 号炉の解体工事準備期間における放射性固体廃棄物の推定発生量は、第 2 表に示すとおり約 6,310 本（年間約 790 本）と想定している。

解体工事準備期間では管理区域内設備の解体撤去を行わず、原子炉運転中の定期検査と同等の状態が継続すること、運転中と同様に可燃性廃棄物については焼却処理を行い、固化体については低レベル放射性廃棄物として所外搬出を行う等、発生量に応じて計画的に廃棄物低減を図っていくことから、1 号、2 号及び 3 号炉から発生する放射性固体廃棄物は

固体廃棄物貯蔵所に保管可能であると考えている。

第1表 直近8年間の放射性固体廃棄物の発生量及び減少量

(単位：本<sup>\*</sup>／年)

発生量	1号炉	約 1,000
	2, 3号炉	約 2,200
減少量	焼却等による減少	約 ▲2,000
	発電所外廃棄による減少	約 ▲120
合計		約 1,080

※：200L ドラム缶相当

第2表 解体工事準備期間に発生すると予想している放射性固体廃棄物の量

(単位：本<sup>\*</sup>／8年)

固化体	約 1,260
雑固体廃棄物	約 5,050
合計	約 6,310

※：200L ドラム缶相当

### 3. 原子炉浄化系沈降分離槽等における管理

#### 3. 1 原子炉浄化系沈降分離槽等の貯蔵容量

原子炉浄化系沈降分離槽等の貯蔵容量及び貯蔵量は第3表のとおりであり、各タンク・槽とも空き容量には余裕がある。

#### 3. 2 解体工事準備期間における発生量

解体工事準備期間の8年間において、1号炉から使用済樹脂が約 17 m<sup>3</sup>、

ランドリ廃スラッジが約 60m<sup>3</sup> 発生すると予想している。

使用済樹脂は使用済樹脂貯蔵タンクへ約 15 m<sup>3</sup>，復水浄化系沈降分離槽へ約 2 m<sup>3</sup> 受け入れ，ランドリ廃スラッジはランドリ系沈降分離槽へ約 60m<sup>3</sup> 受け入れる。

これらの廃棄物は固化処理または焼却処理を行うことにより，それぞれのタンク・槽の空き容量を確保することができるため，第3表に示すタンク・槽の貯蔵容量を超過しないように管理することが可能であると考えている。

第3表 原子炉浄化系沈降分離槽等の貯蔵容量及び貯蔵量

(令和元年6月末日現在)

タンク・槽名称	貯蔵量	有効貯蔵容量
濃縮廃液貯蔵タンク (床ドレン・再生廃液)	約 138m <sup>3</sup>	約 186 m <sup>3</sup> (約 93m <sup>3</sup> /基×2 基)
濃縮廃液貯蔵タンク (ランドリドレン) ※	約 29m <sup>3</sup>	約 37.2 m <sup>3</sup> (約 37.2m <sup>3</sup> /基×1 基)
使用済樹脂貯蔵タンク	約 4m <sup>3</sup>	約 19 m <sup>3</sup> (約 9.5m <sup>3</sup> /基×2 基)
原子炉浄化系沈降分離槽	約 26m <sup>3</sup>	約 111.6 m <sup>3</sup> (約 55.8m <sup>3</sup> /基×2 基)
復水浄化系沈降分離槽	約 107m <sup>3</sup>	約 370 m <sup>3</sup> (約 92.5m <sup>3</sup> /基×4 基)
ランドリ系沈降分離槽※	約 67m <sup>3</sup>	約 94.5 m <sup>3</sup> (約 94.5m <sup>3</sup> /基×1 基)

※ 2号炉で発生した廃棄物を含む。

以上

女川原子力発電所 1 号炉審査資料	
資料番号	01-DP-016 (改 0)
提出年月日	令和 2 年 1 月 14 日

女川原子力発電所 1 号発電用原子炉  
解体工事準備期間における  
放射線業務従事者の被ばく線量について

令和 2 年 1 月  
東北電力株式会社

## 1. 解体工事準備期間における放射線業務従事者の被ばく線量

解体工事準備期間に実施する主な作業における放射線業務従事者の被ばく線量について、過去の同種作業やプラント停止以降の実績等を踏まえ、以下の考えに基づき算定する。

### 1. 1 管理区域外設備の解体撤去

解体工事準備期間に実施する解体撤去工事は、管理区域外の汚染のない設備・機器が対象となることから、被ばく線量はないと評価する。

### 1. 2 核燃料物質の搬出

原子炉領域周辺設備解体撤去期間の開始までに、1号炉に貯蔵している核燃料物質を搬出する。

搬出対象を使用済燃料と新燃料に分類し、被ばく線量を算定する。

#### 1. 2. 1 使用済燃料

1号炉に貯蔵している使用済燃料821体の全数を、原子炉領域周辺設備解体撤去期間の開始までに1号炉から3号炉へ搬出する。

3号炉への使用済燃料搬出作業（1号炉で使用済燃料輸送容器へ収納し、3号炉へ搬出後、使用済燃料輸送容器から取り出して使用済燃料貯蔵設備に貯蔵）は、原子炉運転中に実施したことがあるため、その実績及び輸送燃料体数を踏まえ、被ばく線量を算定する。

#### 1. 2. 2 新燃料

1号炉に貯蔵している新燃料41体の全数を、原子炉領域周辺設備解体撤去期間の開始までに加工事業者に譲り渡す。

解体工事準備期間に実施する新燃料搬出作業のうち、新燃料貯蔵庫に貯蔵

している新燃料の搬出作業については、原子炉運転中に実施した1号炉への新燃料搬入作業と同様の作業であるため、その実績及び輸送燃料体数を踏まえ、被ばく線量を算定する。

使用済燃料プールに貯蔵している新燃料の搬出作業については、燃料の除染作業（気中で燃料棒の引抜き、除染及び燃料集合体への再組立てを行い、新燃料貯蔵庫に一時的に貯蔵）を行うこととしており、先行実績および除染対象燃料体数を踏まえ被ばく線量を算定する。また、新燃料貯蔵庫からの除染済燃料の搬出作業については原子炉運転中に実施した1号炉への新燃料搬入作業と同様の作業であるため、その実績及び輸送燃料体数を踏まえ、被ばく線量を算定する。

### 1. 3 汚染状況の調査

1号炉に残存する放射性物質の量を把握するため、放射化汚染及び二次的な汚染の状況調査を実施する。

解体工事準備期間に実施する汚染状況の調査は、機器及び配管外部から $\gamma$ 線の測定を実施することを想定しているため、管理区域内の線量当量率、想定作業員数及び想定作業期間を踏まえ、被ばく線量を算定する。

なお、必要に応じて原子炉圧力容器の蓋を開放して炉内のサンプリングを実施することを想定し、過去の定期検査で実施した原子炉開放・復旧関連作業における実績を踏まえ、被ばく線量を算定する。

### 1. 4 核燃料物質による汚染の除去

放射線業務従事者の被ばく低減を目的に、機械的方法による除染を実施する。想定される作業場所の線量当量率、除染対象機器の点検実績に基づく想定作業工数を踏まえ、被ばく線量を算定する。



## 1. 5 放射性廃棄物の処理処分

解体工事準備期間に発生する放射性廃棄物の廃棄については、原子炉施設の維持管理に含まれると評価する。

## 1. 6 原子炉施設の維持管理

解体工事準備期間の原子炉施設の維持管理は、原子炉停止中の保全活動と同等であるため、過去の保全活動における実績及び解体工事準備期間の年数を踏まえ、被ばく線量を算定する。

## 2. 解体工事準備期間の放射線業務従事者の総被ばく線量の算定結果

1. の条件により、解体工事準備期間における放射線業務従事者の被ばく線量を算定した結果を第1表に示す。

1号炉における解体工事準備期間（8年間）の作業における放射線業務従事者の総被ばく線量は、約0.7人・Sv（8年間の合計）となる。

## 3. 原子炉領域周辺設備解体撤去期間以降の放射線業務従事者の被ばく線量

原子炉領域周辺設備解体撤去期間以降については、解体工事準備期間に実施する汚染状況の調査結果、解体撤去の工法及び手順についての検討結果を踏まえ、原子炉領域周辺設備解体撤去期間に入るまでに評価を実施し、廃止措置計画に反映し変更の認可を受ける。

以上

第1表 解体工事準備期間における放射線業務従事者の被ばく線量

作業		算定方法	被ばく線量 (人・Sv)
核燃料物質の搬出	使用済燃料	①過去の同作業輸送実績：0.39人・mSv（66体） ②使用済燃料体数：821体 $0.39 \text{ 人} \cdot \text{mSv} \div 66 \text{ 体} \times 821 \text{ 体} \doteq 4.85 \text{ 人} \cdot \text{mSv}$ 算定結果： <u>4.85人・mSv</u>	約0.01
	新燃料	<b>【新燃料貯蔵庫からの搬出】</b> ①過去の輸送実績：0.23人・mSv（68体） （至近3回の作業における最大実績） ②新燃料貯蔵庫に貯蔵中の新燃料体数：1体 $0.23 \text{ 人} \cdot \text{mSv} \div 68 \text{ 体} \times 1 \text{ 体} \doteq 0.003 \text{ 人} \cdot \text{mSv}$ 算定結果： <u>0.01人・mSv</u>  <b>【使用済燃料プールからの搬出】</b> ①先行除染実績：0.4人・mSv（48体） ②除染対象燃料体数：40体 ③過去の輸送実績：0.23人・mSv（68体） （至近3回の作業における最大実績） ④輸送燃料体数：40体 $0.4 \text{ 人} \cdot \text{mSv} \div 48 \text{ 体} \times 40 \text{ 体} + 0.23 \text{ 人} \cdot \text{mSv} \div 68 \text{ 体} \times 40 \text{ 体} \doteq 0.47 \text{ 人} \cdot \text{mSv}$ 算定結果： <u>0.47人・mSv</u>	約0.01
汚染状況の調査		<b>【汚染状況調査】</b> ①想定被ばく線量：0.04mSv／日 （1号炉管理区域内の平均雰囲気線量当量率から想定） ②想定作業人数：10人／日 ③想定作業期間：4年（240日／年） $0.04 \text{ mSv} / \text{日} \times 10 \text{ 人} / \text{日} \times 240 \text{ 日} / \text{年} \times 4 \text{ 年} = 384.0 \text{ 人} \cdot \text{mSv}$ 算定結果： <u>384.0人・mSv</u>  <b>【原子炉内部の汚染状況の調査】</b> 過去の原子炉開放・復旧関連作業より算定 （至近3回の作業における最大実績） 算定結果： <u>17.91人・mSv</u>	約0.41

作業	算定方法	被ばく線量 (人・Sv)
汚染の除去	<p>【原子炉冷却材浄化系再生熱交換器室】</p> <p>①想定被ばく線量：0.058mSv／日 (当該エリアの雰囲気線量当量率から想定)</p> <p>②想定作業工数：481人・日 (除染対象機器の開放点検実績に基づく想定)</p> <p><math>0.058 \text{ mSv／日} \times 481 \text{ 人・日} \doteq 27.90 \text{ 人・mSv}</math> 算定結果： 27.90人・mSv</p> <p>【原子炉冷却材浄化系保持ポンプ室 (A)】</p> <p>①想定被ばく線量：0.017mSv／日 (当該エリアの雰囲気線量当量率から想定)</p> <p>②想定作業工数：27.5人・日 (除染対象機器の分解点検実績に基づく想定)</p> <p><math>0.017 \text{ mSv／日} \times 27.5 \text{ 人・日} \doteq 0.47 \text{ 人・mSv}</math> 算定結果： 0.47人・mSv</p> <p>【原子炉冷却材浄化系保持ポンプ室 (B)】</p> <p>①想定被ばく線量：0.022mSv／日 (当該エリアの雰囲気線量当量率から想定)</p> <p>②想定作業工数：27.5人・日 (除染対象機器の分解点検実績に基づく想定)</p> <p><math>0.022 \text{ mSv／日} \times 27.5 \text{ 人・日} \doteq 0.61 \text{ 人・mSv}</math> 算定結果： 0.61人・mSv</p> <p>【原子炉冷却材浄化系循環ポンプ室 (A)】</p> <p>①想定被ばく線量：0.022mSv／日 (当該エリアの雰囲気線量当量率から想定)</p> <p>②想定作業工数：137人・日 (除染対象機器の分解点検実績に基づく想定)</p> <p><math>0.022 \text{ mSv／日} \times 137 \text{ 人・日} \doteq 3.01 \text{ 人・mSv}</math> 算定結果： 3.01人・mSv</p> <p>【原子炉冷却材浄化系循環ポンプ室 (B)】</p> <p>①想定被ばく線量：0.017mSv／日 (当該エリアの雰囲気線量当量率から想定)</p> <p>②想定作業工数：137人・日 (除染対象機器の分解点検実績に基づく想定)</p> <p><math>0.017 \text{ mSv／日} \times 137 \text{ 人・日} \doteq 2.33 \text{ 人・mSv}</math> 算定結果： 2.33人・mSv</p>	約 0.04
原子炉施設の維持管理	<p>①1年当たりの被ばく線量：31.62人・mSv／年 (至近3年間での線量の最大値)</p> <p>②解体工事準備期間：8年</p> <p><math>31.62 \text{ 人・mSv／年} \times 8 \text{ 年} = 252.96 \text{ 人・mSv}</math> 算定結果： 252.96人・mSv</p>	約 0.26
	合計※ (8年間)	約 0.7
(参考)	女川原子力発電所の停止前の8年間の合計被ばく線量 (平成15年から平成22年度)	(1～3号炉合算) 約 18

※：端数処理のため合計値が一致しないことがある。

女川原子力発電所 1 号炉審査資料	
資料番号	01-DP-017(改0)
提出年月日	令和2年1月14日

# 女川原子力発電所 1 号発電用原子炉

## 新燃料の譲渡しに伴う 発電所作業時の安全措置について

令和2年1月  
東北電力株式会社

## 目 次

1.	はじめに	1
2.	使用済燃料プールに貯蔵している新燃料の取扱い作業	1
3.	使用済燃料プールに貯蔵している新燃料の取扱い作業に係る安全措置	1
3.1	燃料棒の変形及び損傷の防止	2
3.2	臨界の防止	2

## 1. はじめに

女川原子力発電所1号炉では、新燃料貯蔵庫に1体、使用済燃料貯蔵設備（使用済燃料プール）に40体の新燃料を貯蔵しており、これらの新燃料は、原子炉領域周辺設備解体撤去期間の開始までに加工施設へ全量搬出し、加工業者に譲り渡すこととしている。本資料は、使用済燃料プールに貯蔵している新燃料の譲渡しに伴う発電所作業時の安全措置について説明する。

## 2. 使用済燃料プールに貯蔵している新燃料の取扱い作業

使用済燃料プールに貯蔵している新燃料は、その貯蔵期間が長期に及び、燃料の表面にクラッドが付着している可能性があるため、加工事業者への譲渡時に当たっては汚染の除去を行う必要がある。このため、燃料表面に付着している放射性物質の飛散等の汚染の拡大防止措置を実施した上で、第1図に示すとおり、気中において燃料集合体1体ごとに燃料棒を引き抜き、燃料棒表面を除染、汚染検査を実施した後に、新品の燃料部材を用いて再度燃料集合体の形状に戻し、外観検査、寸法検査（燃料棒ピッチの間隔測定）を実施した上で、新燃料貯蔵庫に一時的に貯蔵する。

新燃料貯蔵庫から新燃料を取り出した後、新燃料輸送容器に収納するとともに、外観検査、線量当量率検査等の発送前検査を実施する。合わせて、車両運搬確認申請、取決めの締結確認申請等の法令に基づく手続きを行い、加工施設に搬出する。

## 3. 使用済燃料プールに貯蔵している新燃料の取扱い作業に係る安全措置

上記の燃料棒の引抜き、除染及び燃料集合体形状への再組立作業に当たっては、燃料棒を安全に取り扱うために専用の作業台を使用するとともに、取り扱う燃料集合体は1体ごととし、かつその1体分の燃料棒のみに限定することで臨界を防止する。

### 3.1 燃料棒の変形及び損傷の防止

- (1) 燃料棒の引抜き、除染及び燃料集合体形状への再組立作業では、燃料集合体及び燃料棒は横置き作業台上で取り扱う。また、作業台は、アンカーボルトで床に固定する。
- (2) 燃料集合体は、下部タイプレート及びスペーサ部分で作業台に固定する。
- (3) 引き抜いた燃料棒は、横置き作業台で支持することで、落下しないようにする。
- (4) 作業台上の燃料棒移動経路には、燃料棒を変形させるおそれのある干渉物を設置しない。
- (5) 燃料棒の引抜き、除染及び燃料集合体形状への再組立作業は、加工事業者の燃料集合体組立解体工程の作業者として認定された者が実施する。

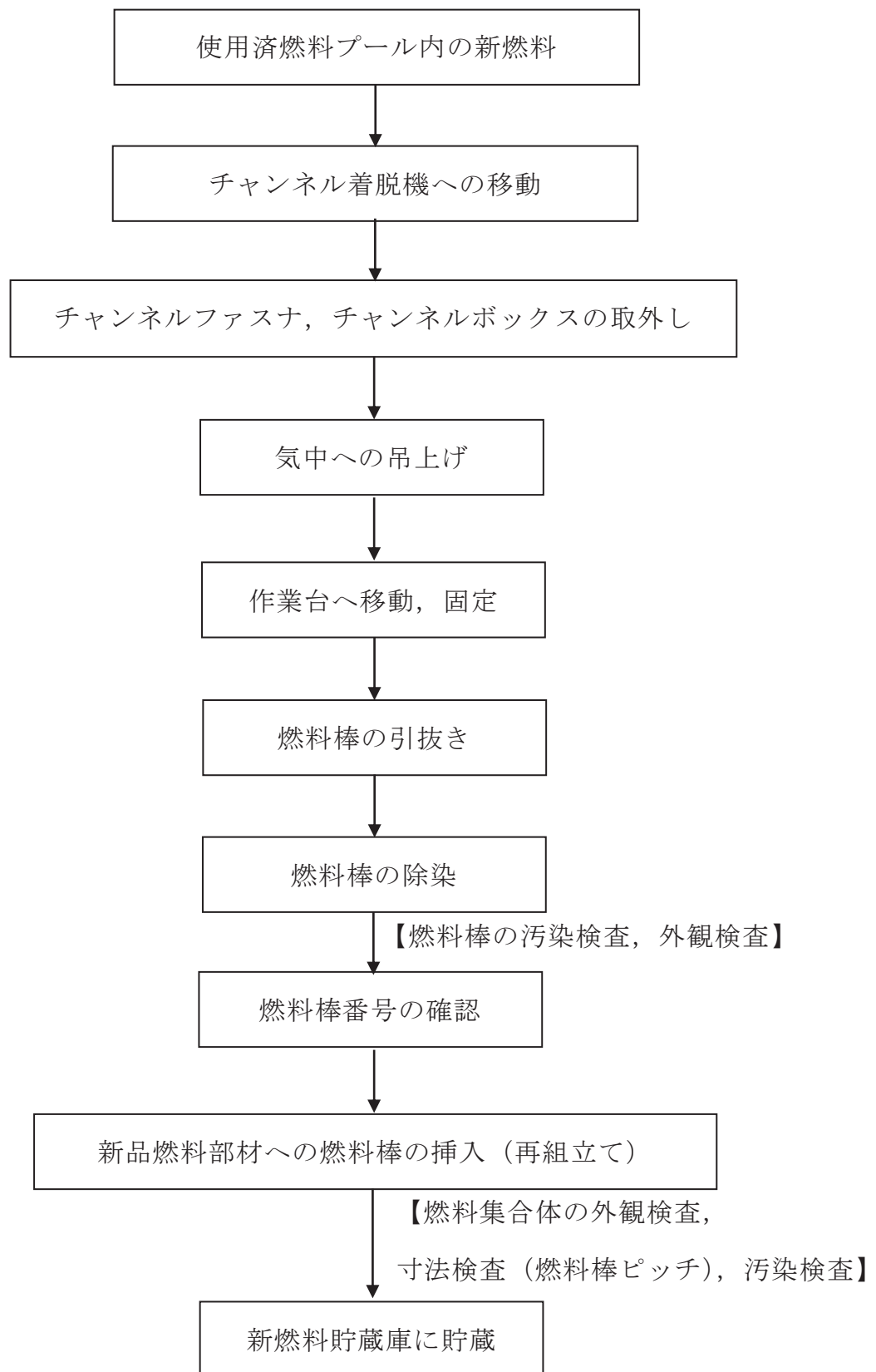
### 3.2 臨界の防止

#### (1) 評価条件

- ①解析コード：KENO-V.a
- ②評価対象燃料：9×9燃料（B型）
- ③第2図に示す稠密となる三角格子配列で燃料棒91本のピッチ（中心間距離）を変化させる。
- ④燃料棒の軸方向は無限長さとし、周辺には十分な厚さの水反射体を置く。
- ⑤すべての燃料棒に一律濃縮度5%のペレットを封入することを仮定する。
- ⑥ペレット密度は、理論密度100%とする。
- ⑦中性子を吸収するガドリニアを考慮しない。

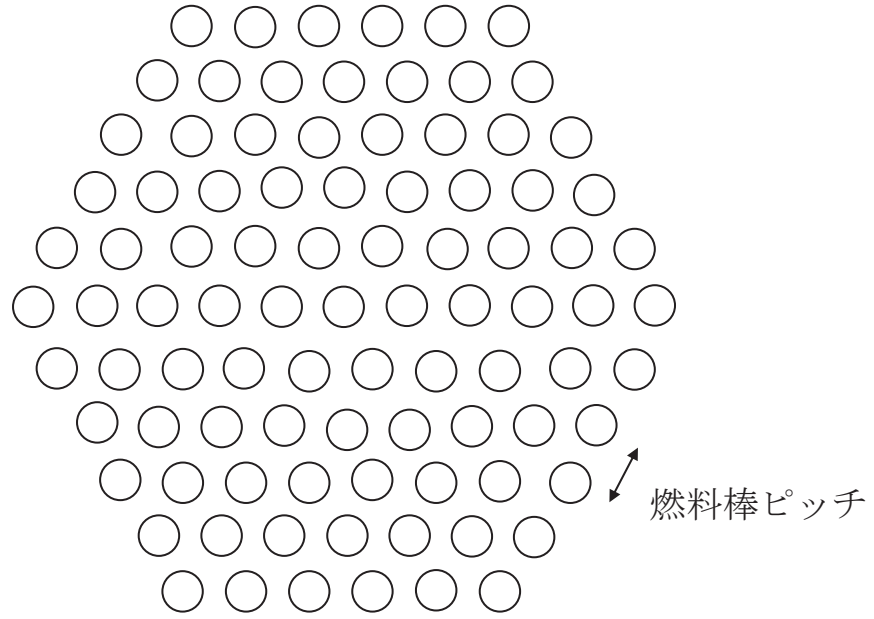
#### (2) 評価結果

燃料棒ピッチを変化させた場合の未臨界性評価結果を第3図に示す。実効増倍率の最大値は0.930であり、9×9燃料（B型）1体分の燃料棒72本であれば、万一水没したとしても臨界に達するおそれはない。

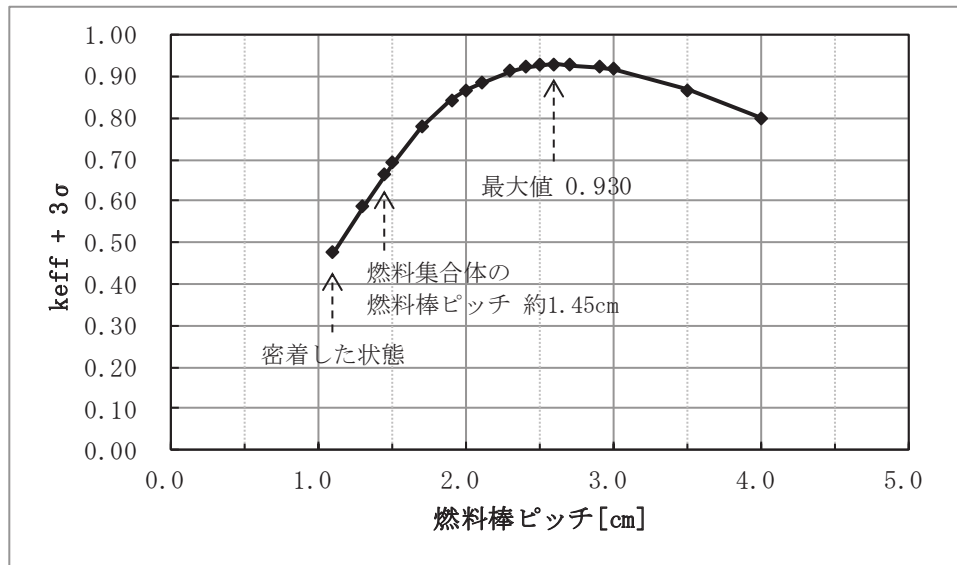


第1図 使用済燃料プール内新燃料の取扱い作業





第2図 三角格子配列



第3図 燃料棒ピッチ変化時の未臨界性評価結果 (9×9燃料 (B型))

女川原子力発電所 1 号炉審査資料	
資料番号	01-DP-018(改0)
提出年月日	令和2年1月14日

女川原子力発電所 1 号発電用原子炉  
1 号炉使用済燃料プール水全喪失時の  
評価について

令和2年1月  
東北電力株式会社

## 目 次

1. 使用済燃料プール水大規模漏えい時の使用済燃料の健全性評価…………… 1
2. 使用済燃料プール水大規模漏えい時の未臨界性の評価について…………… 5
3. 使用済燃料プール水大規模漏えい時の使用済燃料からのスカイシャイン線  
による周辺公衆の放射線被ばくへの影響について…………… 10

## 1. 使用済燃料プール水大規模漏えい時の使用済燃料の健全性評価

### 1. 1 評価条件

使用済燃料プールの保有水が全喪失した場合であっても、崩壊熱量が小さいときには、露出した燃料が、空気の自然対流により冷却維持が可能と考えられる。

評価条件として、平成29年4月1日時点の崩壊熱を想定し、使用済燃料プール水が全て喪失していると仮定し、使用済燃料の発熱は、原子炉建家内空気及び原子炉建家の天井を通して外気に放熱されることにより除熱されるものとする。

使用済燃料プール水が全て喪失し、使用済燃料の発熱による原子炉建家内の室内温度が定常状態となる場合において、外気温度を境界条件として、原子炉建家内空気の最高温度を求める。次に、原子炉建家内空気が最も発熱量が大きい燃料の下部から流入した際の燃料出口での空気温度を崩壊熱より評価し、その空気温度とするために必要となる燃料被覆管温度を、熱伝達を考慮することにより評価を行う（図1）。

なお、本評価モデルでは、ヒートシンクは原子炉建家の天井のみとしており、建家からの放熱の観点からは保守的な設定としている。また、原子炉建家の換気は考慮せず、密閉状態を想定している。燃料への空気の流路は、チャンネルボックスの断面を実効的な流路と考え、チャンネルボックスと使用済燃料貯蔵ラック間の領域は無視する保守的な設定としている。評価条件を表1に示す。

燃料健全性評価に用いたパラメータ（内表面熱伝達率、コンクリートの熱伝導率、外面熱伝達率）の考え方について、別紙1に示す。また、相当外気温度における太陽の輻射熱の考慮について、別紙2に示す。

### 1. 2 評価結果

燃料被覆管温度評価結果を表2に示す。燃料は室内空気の自然対流により冷却され、1号炉での燃料被覆管温度は最高でも約287℃以下に保たれる。これらの燃料被覆管温度では、ジルコニウム合金である燃料被覆管の酸化反応速度は小さく、燃料被覆管の酸化反応による表面温度への影響はほとんどない<sup>[1]</sup>。建家内空気温度評価の保守性について、別紙3に示す。

また、燃料被覆管温度を287℃とした条件において、原子炉運転中の酸化減肉及び使用済燃料プール水が全て喪失した後の空気中での酸化減肉を考慮したクリープ歪の評価を行った。この結果、燃料被覆管のクリープ歪は1年後においても約0.1%であり、燃料被覆管の健全性を確認するためのクリープ歪の制限値1%<sup>[2]</sup>を十分下回っていることから、使用済燃料プール水が喪失してから1年後においてもクリープ変形による破断は発生せず、燃料健全性は維持される。

以上のことから、使用済燃料プールの保有水が全て喪失しても、燃料被覆管温度は約287℃以下に保たれ、酸化反応が促進されることはなく、燃料被覆管温度の上昇が燃料の健全性に影響を与えることはないと考えられる。

表 1 評価条件

計算手順	入力パラメータ	値	根拠
原子炉建家からの放熱計算 (建家内空気温度計算)	使用済燃料の総発熱量	165kW	・ S F P に貯蔵されている使用済燃料 821 体の総発熱量 (平成 29 年 4 月 1 日時点) ・ O R I G E N 2 にて崩壊熱を計算
	天井面積		伝熱面積として建家の全天井面積を設定
	内表面熱伝達係数	$9W/(m^2 \cdot K)$	建築分野で標準的に用いられる値を設定[3]
	天井コンクリートの厚さ		建物図面より設定
	コンクリートの熱伝導率	$2.6W/(m \cdot K)$	コンクリートの一般的な物性値を設定[4]
	外表面熱伝達係数	$23W/(m^2 \cdot K)$	建築分野で標準的に用いられる値を設定[3]
	相当外気温度	60℃	太陽の輻射効果を考慮して設定[5]
自然対流熱伝達の計算 (燃料集合体出口空気温度計算)	燃料集合体 1 体の発熱量	0.374kW	・ S F P に貯蔵されている使用済燃料 821 体のうち燃料集合体 1 体の発熱量の最大値 (平成 29 年 4 月 1 日時点) ・ O R I G E N 2 にて崩壊熱を計算
	流路面積		ラックセル内のチャンネルボックスの正方形断面内の流路を実効的な流路と設定
	流れの等価直径		流路面積と摩擦損失計算用濡れぶち長さより算出
	局所圧力損失係数		燃料集合体内の局所圧力損失係数として、下部タイプレート、スパーサ (7 個) 及び上部タイプレートの局所圧力損失係数の合計値に余裕を見て、計算流路全体の係数として設定
燃料被覆管表面温度計算	熱の等価直径		流路面積と伝熱計算用濡れぶち長さより算出
	発熱長さ		燃料棒有効長を設定
	ピーキングファクタ	2.6	直近の運転サイクル中の最大値 (実績値) を設定

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表2 1号炉 燃料被覆管温度・クリープ歪

項目	1号炉	備考
燃料被覆管温度 (°C)	約 287	・平成 29 年 4 月 1 日時点 <sup>※1</sup> での評価
クリープ歪 (%) <sup>※2</sup>	約 0.1	・平成 29 年 4 月 1 日時点 <sup>※1</sup> での評価

※1 全燃料は使用済燃料プールに貯蔵された状態

※2 BWRの未照射燃料被覆管クリープ式<sup>[6]</sup>を用いてクリープ歪を評価。当該クリープ式は、8×8燃料を試供材とした実験結果に基づき導出されたものだが、8×8燃料と9×9燃料は共に被覆管材質がジルカロイ-2であり、燃料被覆管肉厚が異なるものの、当該式は、被覆管周方向応力を変数とする関数であることから、同様に扱うことができる

(参考文献)

- [1] “Air Oxidation Kinetics for Zr-Based Alloys”, Argonne National Laboratory, NUREG/CR-6846 ANL-03/32
- [2] 「日本原子力学会標準 使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全設計及び検査基準：2010」2010年7月, 社団法人 日本原子力学会
- [3] 「最新建築環境工学」田中俊六 他共著, 井上書院
- [4] 「コンクリート標準示方書」土木学会
- [5] 「空気調和・衛生工学便覧第13版 3 空気調和設備設計篇」空気調和・衛生工学会編
- [6] 「04-基炉報-0001 平成15年度リサイクル燃料資源貯蔵施設安全解析コード改良試験(燃料の長期安全性に関する試験最終成果報告書)」, 平成16年6月, 独立行政法人原子力安全基盤機構

(1号炉)

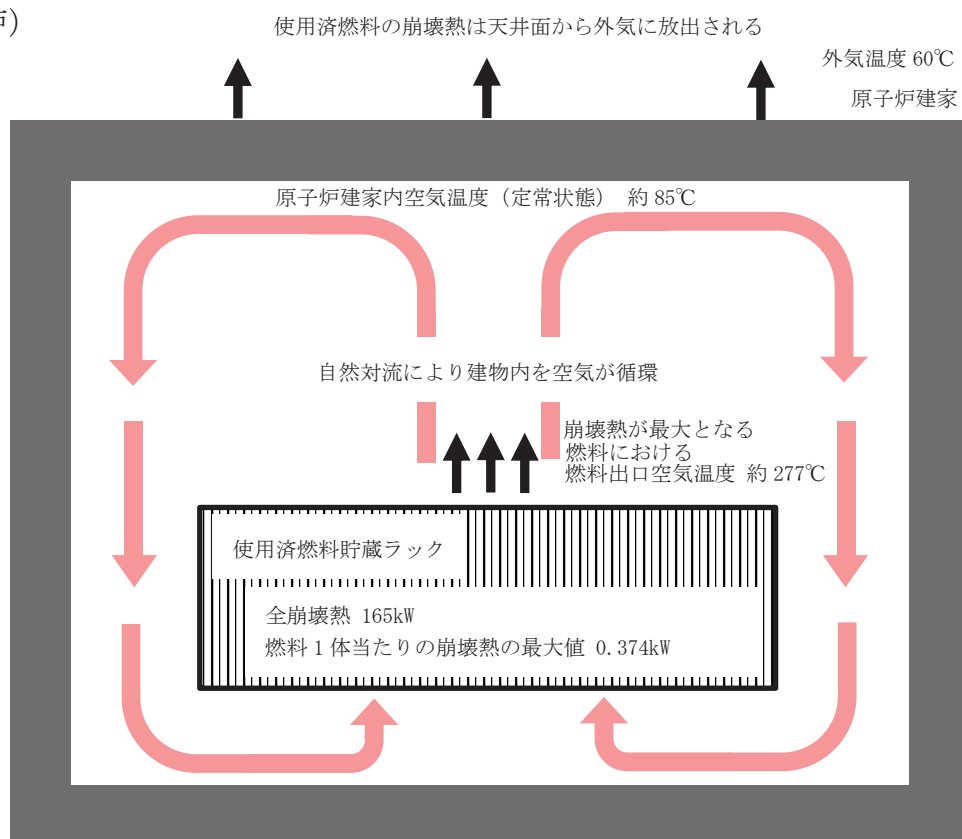


図1 評価モデル

## 2. 使用済燃料プール水大規模漏えい時の未臨界性の評価について

### 2. 1 評価の概要

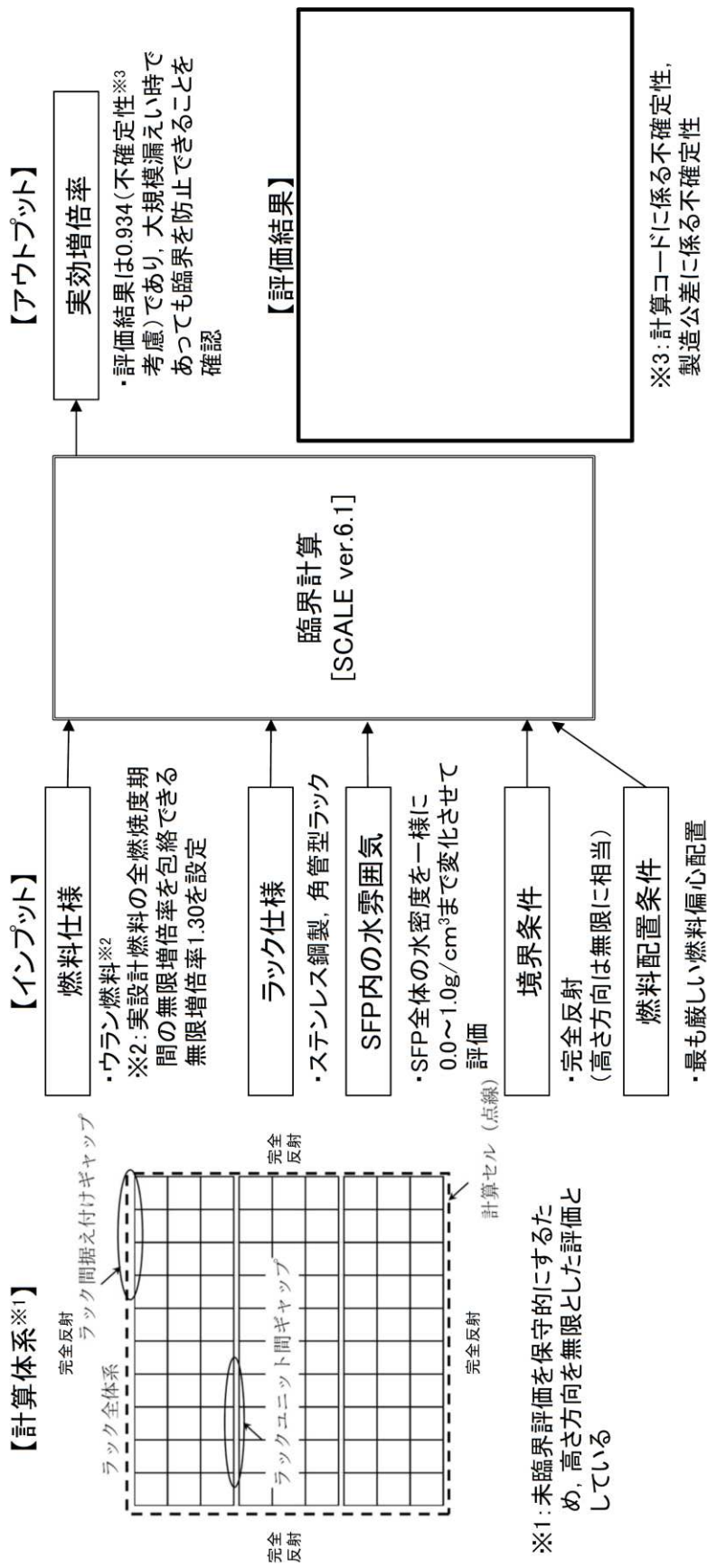
使用済燃料プール水が沸騰や喪失した場合を想定し、燃料仕様やラック仕様等をインプットとした SCALE コードで実効増倍率を評価し、臨界を防止できることを確認した。評価の概要及びパラメータの根拠を図 2 及び表 3 に示す。また、平成 30 年 12 月 21 日時点の使用済燃料貯蔵ラックの配置状況を図 3 に示す。

また、未臨界評価の計算体系の考え方について別紙 4 に示す。

### 2. 2 未臨界性評価の不確定性について

未臨界評価においては、使用済燃料貯蔵ラックの製造公差、使用済燃料貯蔵ラック内燃料偏心等の不確定性を考慮して保守的な評価を実施している。モンテカルロ計算による実効増倍率評価結果の統計誤差と使用済燃料貯蔵ラック内燃料偏心等の不確定性を考慮した実効増倍率を表 4-1 に示す。また、使用済燃料貯蔵ラックの製造公差、使用済燃料貯蔵ラック内燃料偏心等保守的に設定した条件の影響について、表 4-2 に示す。





※1: 未臨界評価を保守的にするため, 高さ方向を無限とした評価としている

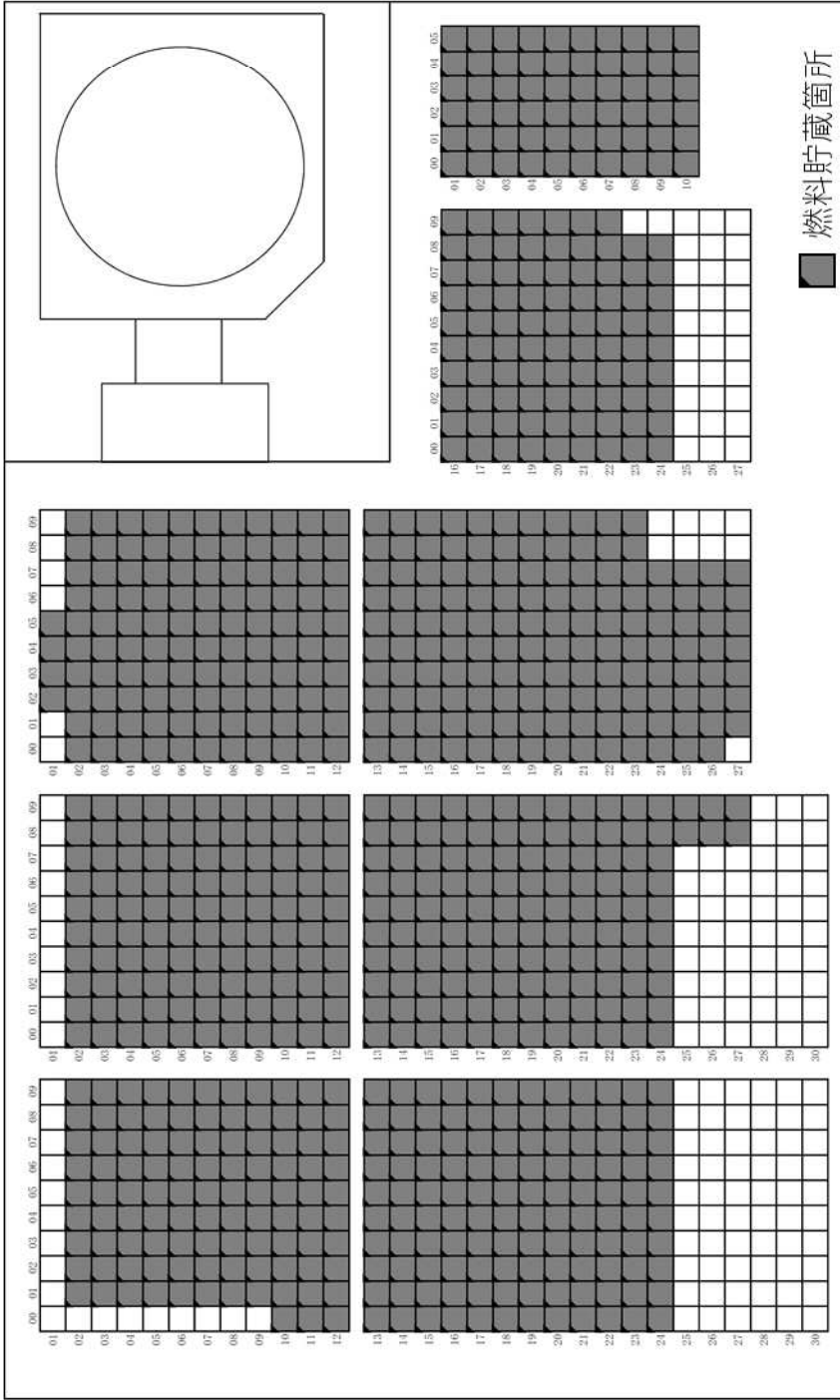
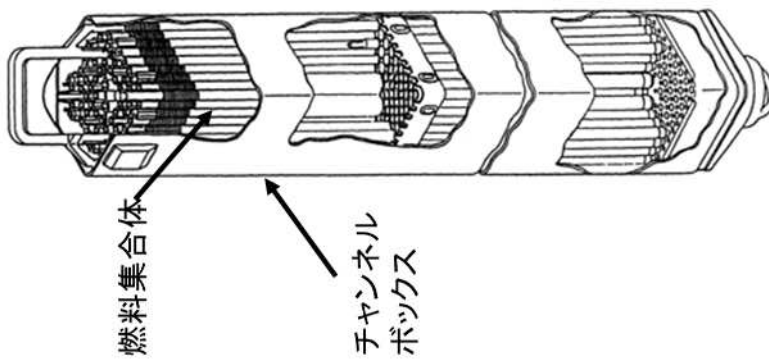
図 2 評価概要

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表3 パラメータの根拠

パラメータ		計算条件	設定根拠
燃料仕様	(燃料種類)	ウラン燃料	実設計燃料の全燃焼度期間の無限増倍率を包絡できる無限増倍率1.30を設定
	材料	ステンレス鋼	—
ラック仕様	厚さ		未臨界性評価上厳しくなるように、製造公差を考慮して下限値を設定
	内のり		未臨界性評価上厳しくなるように、製造公差を考慮して上限値を設定
	中心間距離		未臨界性評価上厳しくなるように、製造公差を考慮して下限値を設定
	ラック内燃料偏心	ラック中央に向かって偏心	未臨界性評価上厳しくなるような偏心配置を調査して設定
SFP内水分雰囲気密度		0.0~1.0g/cm <sup>3</sup>	いかなる密度条件においても臨界を防止できることの確認として設定
境界条件	上面, 下部	完全反射	高さ方向は無限長, 側面はラック単位が無限に繰り返す配置に相当するため, 未臨界性評価上厳しくなる
	側面		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



使用済燃料プール内の状況

燃料集合体及びチャンネルボックス

図3 使用済燃料及び使用済燃料貯蔵ラックの概要

表 4 - 1 統計誤差

実効増倍率		
実効増倍率	$\pm \sigma^{※1}$	実効増倍率 + 3 $\sigma$
0.934		0.934

※1 統計誤差

表 4 - 2 ラック製造公差等の実効増倍率評価に与える不確定性

臨界計算上の不確定性評価項目	不確定性
厚さ	
内のり	
中心間距離	
ラック内燃料偏心	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 使用済燃料プール水大規模漏えい時の使用済燃料からのスカイシャイン線による周辺公衆の放射線被ばくへの影響について

#### 3. 1 評価の概要

1号炉原子炉建家内の使用済燃料プールの冷却水が全て喪失した場合を想定して、敷地境界上の評価地点におけるスカイシャイン線による実効線量率を評価した。

#### 3. 2 前提条件

評価の前提条件は以下のとおりとする。

- ・1号炉原子炉建家内の使用済燃料プールにおいて、冷却水が全て喪失した場合を想定する。
- ・使用済燃料プール壁面等の周囲構造物は健全であり、使用済燃料からの放射線を遮蔽する効果は維持される。
- ・評価は燃料集合体から放出される $\gamma$ 線を線源として実施する。

#### 3. 3 評価条件

評価条件は以下のとおりとする。

- ・使用済燃料集合体の健全性は維持される。
- ・線源となる貯蔵中の使用済燃料は、燃焼度及び冷却年数を保守的に設定し、燃料は全数保管していることとする。
- ・使用済燃料プール冷却水は全て喪失しているものとし、水遮蔽の効果は見込まない。
- ・放射線が散乱するオペレーションフロア上部の範囲については原子炉建家の遮蔽効果は考慮しない。
- ・評価モデルは、実際の使用済燃料貯蔵ラック配置を包絡する形状を想定し、その中央の使用済燃料有効部上端高さ位置に点線源を配置するモデルとする。
- ・評価は、海側方位を除いた敷地境界上で、1号炉原子炉建家内の使用済燃料プールからの距離が最も短く、実効線量率が最大となる地点について実施する。
- ・線源強度の設定条件を表5、評価地点の条件を表6に示す。
- ・評価モデルを図5に示す。

### 3. 4 評価結果<sup>※1※2</sup>

敷地境界上の評価地点におけるスカイシャイン線による実効線量率は約7.7 $\mu$ Sv/hとなり、保安規定に基づき整備している体制に従い使用済燃料プールに注水する等の措置を講じる時間を十分確保できる<sup>※3</sup>ことから、周辺公衆の放射線被ばくへの影響は小さい。

- ※1：中性子線による線量率は、使用済燃料近傍において $\gamma$ 線による線量率に比べ4桁以上小さいため評価結果には影響しない。
- ※2：燃料集合体の上部構造物は、燃料有効部からの放射線を遮蔽する効果が大きいいため、考慮していない。
- ※3：敷地境界上における被ばく線量が事故時の線量目標である5mSvに達するまで約27日間の期間がある。

表5 線源強度の設定条件

使用済燃料仕様	9×9燃料
使用済燃料燃焼条件	55GWd/t
使用済燃料冷却期間	約6年
使用済燃料貯蔵体数	1060体

表6 評価地点の条件

(単位：m)

敷地境界評価地点 O. P.	100
使用済燃料プールからの距離	660

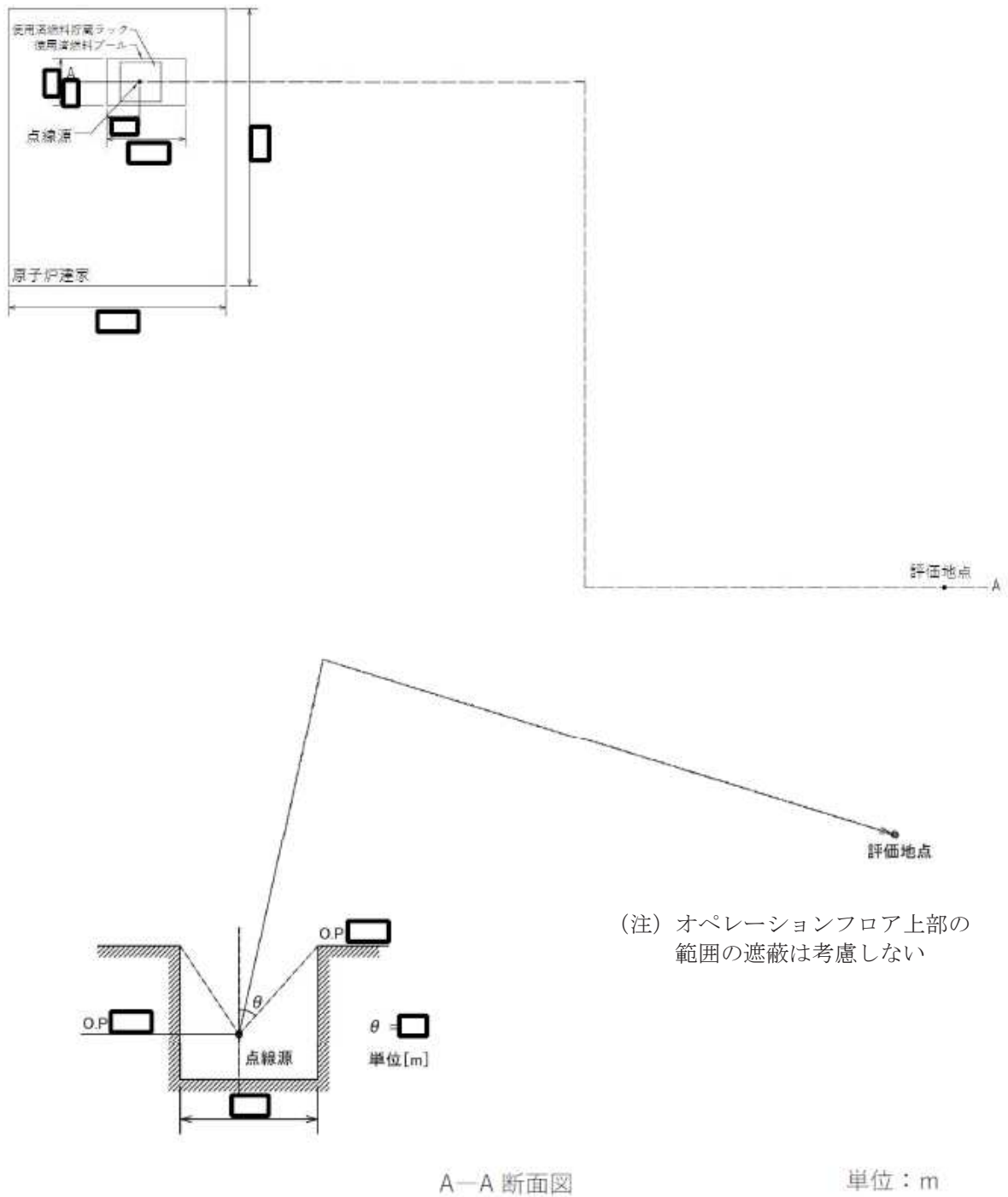


図5 評価モデル<sup>※4</sup>

※4：線源の位置は、使用済燃料貯蔵ラック中央に点線源として想定する。  
点線源の高さは、保守的に使用済燃料有効部上端高さに配置する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



### 3. 5 直接線の考慮が不要であることの理由について

使用済燃料の上端は、使用済燃料プールの設置されている原子炉建家のオペレーションフロアから約7m下にあり、使用済燃料プール壁面等の周囲構造物は健全で遮蔽する効果は維持されることから、直接線の影響は無視できるとしている。

なお、添付書類六追補で評価している周辺公衆に対するスカイシャイン線による線量評価と同地点の直接線の実効線量を、使用済燃料プール壁面等の周囲構造物による遮蔽を考慮して評価を行った。

#### a. 直接線による実効線量の評価条件

- ・線源強度および評価地点の条件は、スカイシャイン線評価と同様に、表5および表6の条件にて算出した。
- ・使用済燃料プール壁面等の周囲構造物による遮蔽を考慮し、評価地点における直接線による実効線量を評価した。
- ・使用済燃料プール壁面等の周囲構造物による遮蔽は、工認に記載のコンクリート厚さとして、使用済燃料プール壁面のコンクリート厚さは2.1m、原子炉建家外壁は0.6mとした。
- ・直接線の評価に当たっては、実績のあるQAD-CGGP2Rコードを使用した。

#### b. 評価結果

直接線による実効線量は約 $1.5 \times 10^{-10} \mu\text{Sv/h}$ となり、スカイシャイン線による実効線量の約 $7.7 \mu\text{Sv/h}$ と比べ十分に小さいことから、直接線の考慮は不要である。



## 燃料健全性評価に用いたパラメータの考え方について

## 1. はじめに

廃止段階の試験研究炉・実用発電用原子炉の使用済燃料プールに保管している使用済燃料の健全性評価については、使用済燃料プールの水が喪失した場合の建家内空気温度を評価し、その温度が1年間継続した場合に、熱によるクリープ歪によって損傷が発生しないことを評価することで、燃料の健全性に影響がないことを確認している。

評価を実施するにあたって、外気温度や建家の放熱面積等のプラント毎に設定する数値を現実的に起こりえない厳しい条件を設定している。これら厳しく設定したプラント固有のパラメータと、各種の文献から引用した値を組み合わせることで評価を実施することにより、建家内の空気温度を保守的に評価している。以下に建家内の空気温度の評価方法及びその保守性について示し、その後、コンクリートの熱伝導率、内表面熱伝達率及び外表面熱伝達率の考え方を示す。

## 2. 建家内の空気温度の評価方法

建家内空気温度( $T_{in-air}$ )は、①使用済燃料の総発熱量( $Q_{total}$ )、②天井面積( $A_{roof}$ )、③内表面/外表面熱伝達率( $h_1/h_2$ )、④コンクリート熱伝導率( $\lambda_{con}$ )、⑤相当外気温度( $T_{out-air}$ )など様々なパラメータを組み合わせることで評価している。

$$\begin{aligned} \text{(評価式)} \quad T_{in-air} &= q'' (1/h_1 + t_{con}/\lambda_{con} + 1/h_2) + T_{out-air} \quad (^\circ\text{C}) \\ q'' &= Q_{total}/A_{roof} \end{aligned}$$

評価においては、保守的に実施するため、以下のパラメータを厳しく想定している。

- ・相当外気温度：文献データ<sup>[1]</sup>を基に一般化された「実効温度差」を室温（設計室温の40℃を採用）に加算し、これを相当外気温度としている。この相当外気温度が1年間昼夜問わず継続すると仮定<sup>※1</sup>

※1 実際は季節・昼夜による気温変動が想定されるが、保守的にこれらの効果を見逃している。外気温が高くなるほど燃料被覆管温度は高くなる。

- ・天井面積：使用済燃料プールが設置されている建家から外気の放熱を、使用済燃料プール直上の天井面からだけに限定<sup>※2</sup>

※2 実際は建家の壁面や底面からの放熱が想定されるが、保守的にこれらの効果を見逃している。放熱面積が限定されるほど建家内からの放熱量が減少するため、燃料被覆管温度が高くなる。

### 3. コンクリートの熱伝導率の考え方

コンクリートの熱伝導率は、コンクリートの一般的な物性値である  $2.6\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$  を使用している。以下に現実的な評価条件におけるコンクリートの温度の評価を示し、同物性値を使用することの妥当性を示す。

#### 3. 1 建家天井内面温度( $T_1$ )の算出方法

<算出式>

$$T_1 = T_{\text{in-air}} - q''_{\text{roof}} / h_1$$

ここで、建家内空気温度( $T_{\text{in-air}}$ )は、下記のように①使用済燃料の総発熱量( $Q_{\text{total}}$ )、②天井/側壁伝熱面積( $A_{\text{roof}}/A_{\text{wall}}$ )、③内表面/外表面熱伝達率( $h_1/h_2$ )、④コンクリート熱伝導率( $\lambda_{\text{con}}$ )、⑤相当外気温度( $T_{\text{out-air}}$ )、⑥天井/側壁厚さ( $t_{\text{roof}}/t_{\text{wall}}$ )などのパラメータを組み合わせて評価。

<算出式>

$$T_{\text{in-air}} = Q_{\text{total}} / (K_{\text{roof}} \times A_{\text{roof}} + K_{\text{wall}} \times A_{\text{wall}}) + T_{\text{out-air}} (\text{°C})$$

$$K_{\text{roof}} = 1 / (1/h_1 + t_{\text{roof}} / \lambda_{\text{con}} + 1/h_2)$$

$$K_{\text{wall}} = 1 / (1/h_1 + t_{\text{wall}} / \lambda_{\text{con}} + 1/h_2)$$

$K_{\text{roof}}$  と  $K_{\text{wall}}$  は、天井と側壁における建家内面から外面の熱通過率を示す。

$$q''_{\text{roof}} = K_{\text{roof}} (T_{\text{in-air}} - T_{\text{out-air}})$$

#### 3. 2 現実的なパラメータの設定及びコンクリート温度の評価結果

入力パラメータのうち、伝熱面積については、外気に接する側壁を考慮すると  となる。

相当外気温度<sup>※3</sup>については、過去10年のデータにおいて、1日平均値のうち最も高い値である  $38\text{°C}$  を想定する。

※3 太陽の輻射熱を考慮した温度。燃料健全性の評価は1年間におけるクリープ歪量を評価するため、1日平均値のうち最も高い値を想定することは保守的な想定となる

以上より、建家天井(コンクリート)の温度を評価すると  $45\text{°C}$  となる。従って、本評価においてコンクリート熱伝導率 ( $2.6\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ) を設定することは妥当と考えられる。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4. 内表面熱伝達率及び外表面熱伝達率の考え方

内表面熱伝達率及び外表面熱伝達率は、文献<sup>[2]</sup>に基づき、一般的に用いられている値を使用している。外表面熱伝達率の対流熱伝達率については、風速の設定が必要となるが、本評価においては風速 3 m/s を想定している。以下に内表面熱伝達率及び外表面熱伝達率の考え方、風速設定の妥当性について示す。

##### 4. 1 内表面熱伝達率及び外表面熱伝達率の設定の考え方

本評価において内表面熱伝達率及び外表面熱伝達率は、建築環境工学の文献に基づき、一般的に用いられている以下の値を設定している。

- ・内表面熱伝達率  $9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) = 4.6$  (放射熱伝達率) +  $4.4$  (対流熱伝達率 [無風])
- ・外表面熱伝達率  $23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) = 5.1$  (放射熱伝達率)  
+  $17.9$  (対流熱伝達率 [風速 3 m/s])

##### 4. 2 外表面熱伝達率における対流熱伝達率設定のための風速の考え方

外表面熱伝達率の対流熱伝達率については、屋外であることから風速 3 m/s の強制対流条件とした伝熱工学の式 (ユルゲスの式) を用いて算出している。風速 3 m/s を前提として算出した値を用いることについては以下の点から妥当である。

- ・女川原子力発電所の風速データのうち、過去 10 年間での最小年平均風速は図 1 に示すとおり、地上高 10m で約 1.7 m/s である。女川 1 号炉原子炉建家天井面は地上高約 47m であり、文献<sup>[3]</sup>に基づき計算すると年平均風速は約 3 m/s と想定され同等である
- ・風速が変化したとしても建家温度が変動するまでには時間遅れが発生し、この間に風速も変化するため、短時間の風速の変化の影響は限定的である
- ・仮に風速が 2 m/s もしくは 1 m/s になったとしても、建家温度に与える影響は 2℃ もしくは 6℃ 上昇する程度であり、表 1 に示すとおり申請書に記載の建家内空気温度評価が有する保守性に包絡される

## 2015年風速データ（採取場所：地上高10m）

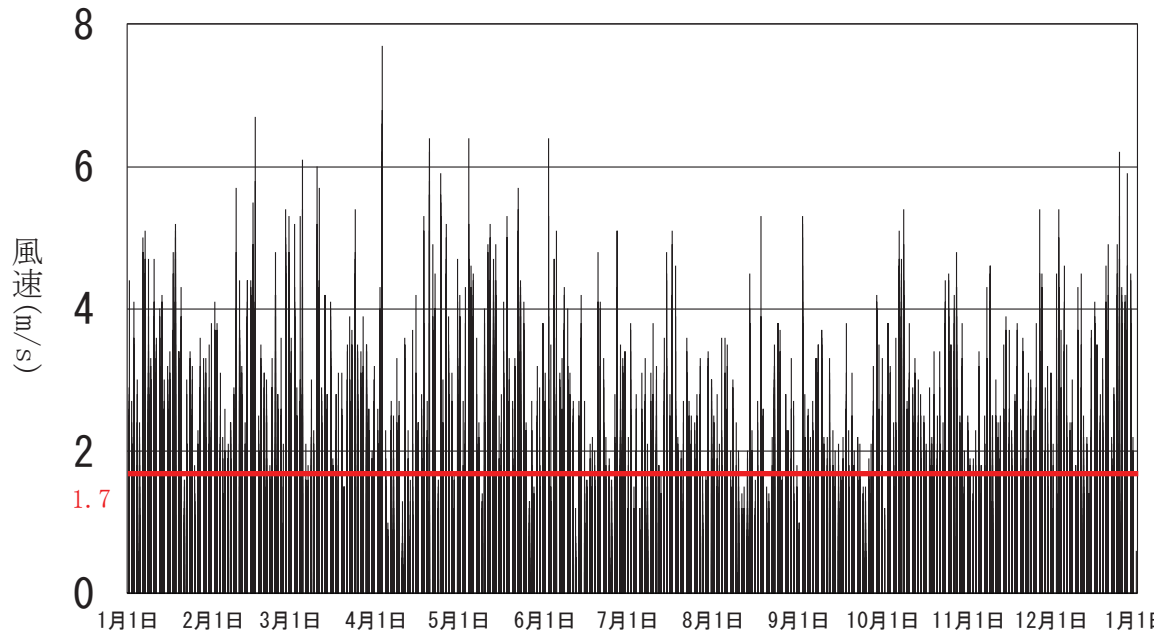


図1 2015年風速データ（採取場所：地上高10m）

表1 パラメータの変動に対する建家内空気温度の感度

	パラメータ	ケース別検討用評価			申請書評価
		①相当外気温度、伝熱面積をより現実に近い条件に見直した評価	②ケース①の条件から風速を2m/sに変更した評価	③ケース①の条件から風速を1m/sに変更した評価	
原子炉建家からの放熱計算 (建家内空気温度計算)	総発熱量 $Q_{total}$	165 kW(821体)	165 kW(821体)	165 kW(821体)	165 kW(821体)
	天井面積 $A_{roof}$	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	内表面熱伝達率 $h_1$	9 W/(m <sup>2</sup> ·K)	9 W/(m <sup>2</sup> ·K)	9 W/(m <sup>2</sup> ·K)	9 W/(m <sup>2</sup> ·K)
	天井コンクリート厚さ $t_{con}$	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	壁面面積	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
	コンクリート熱伝導率 $\lambda_{con}$	2.6 W/(m·K)	2.6 W/(m·K)	2.6 W/(m·K)	2.6 W/(m·K)
	外表面熱伝達率 $h_2$	23 W/(m <sup>2</sup> ·K) (風速3m/sを前提)	18.7 W/(m <sup>2</sup> ·K) (風速2m/s)	14.7 W/(m <sup>2</sup> ·K) (風速1m/s)	23 W/(m <sup>2</sup> ·K) (風速3m/sを前提)
	相当外気温度 $T_{out-air}$	38 °C (10年間の1日平均値のうち最も高い値・風速3m/sを前提)	40 °C (10年間の1日平均値のうち最も高い値・風速2m/s)	43 °C (10年間の1日平均値のうち最も高い値・風速1m/s)	60 °C (設計室温に実効温度差の文献値を加え保守的に丸めた値)
建家天井温度評価結果(天井内面)	—	約 45 °C	約 47 °C	約 51 °C	約 72 °C
建家内空気温度評価結果	—	約 52 °C	約 54 °C	約 58 °C	約 85 °C

+2 °C    +6 °C

27 °C以上の差

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(参考文献)

- [1] 「空気調和・衛生工学便覧第 13 版 3 空気調和設備設計篇」, 空気調和・衛生工学会編
- [2] 「最新建築環境工学」田中俊六 他共著 井上書院
- [3] 「ビル風の基礎知識」風工学研究所 鹿島出版会

## 相当外気温度における太陽の輻射熱の考慮について

相当外気温度は、文献データ<sup>[1]</sup>を基に日射の影響を考慮して一般化された「実効温度差」を用い、これを建家室温に加算した値を設定している。このため、日射量の影響は考慮しているが、そのデータは使用していない。以下に相当外気温度の評価方法について示す。

## &lt;算出式&gt;

$$\begin{aligned} \text{相当外気温度} &= \text{実効温度差} + \text{建家室温} \\ \text{実効温度差 (11℃)}^{*1} &= \text{文献記載の実効温度差 (25℃}^{*2}) \\ &\quad + \{ \text{想定室温 (26℃)} - \text{建家室温} \} \\ \text{建家室温 (40℃)} &= \text{空調設計室温} \end{aligned}$$

以上より、相当外気温度は以下のように評価される。

$$\begin{aligned} \text{相当外気温度} &= 11℃ + 40℃ \\ &= 51℃ \end{aligned}$$

本評価における相当外気温度は、51℃を切上げ、保守的に60℃としている。

※1 文献データが想定する室内温度と本評価の建家内温度の差異を考慮し補正

※2 実効温度差の決定には女川原子力発電所より気温の高い東京の夏季冷房用データを使用し、当該データのうち建家天井に相当するタイプⅢ・水平方位についての実効温度差の最大値(25℃)を採用している。なお、水平方位の実効温度差はその他の方位より保守的である

## (参考文献)

- [1] 「空気調和・衛生工学便覧第13版 3 空気調和設備設計篇」, 空気調和・衛生工学会編

## 建家内空気温度評価の保守性について

### 1. 建家内空気温度評価の保守性の概要

図 1 に建家内空気温度評価の保守性について示す。

建家内空気温度については、申請値を 85℃としている。これに対して、伝熱面積及び相当外気温度の 1 日平均の最大値を想定した場合、52℃となる。さらに、仮に風速を 3 m/s から 1 m/s に低下させた場合、58℃、床・ラック下部を考慮した中心部の温度上昇を加味したとしても、63℃となり、申請値 85℃に対して 22℃程度の差がある。

また、更なる保守性として、建家換気の考慮、伝熱面積への床面等の追加などがある。

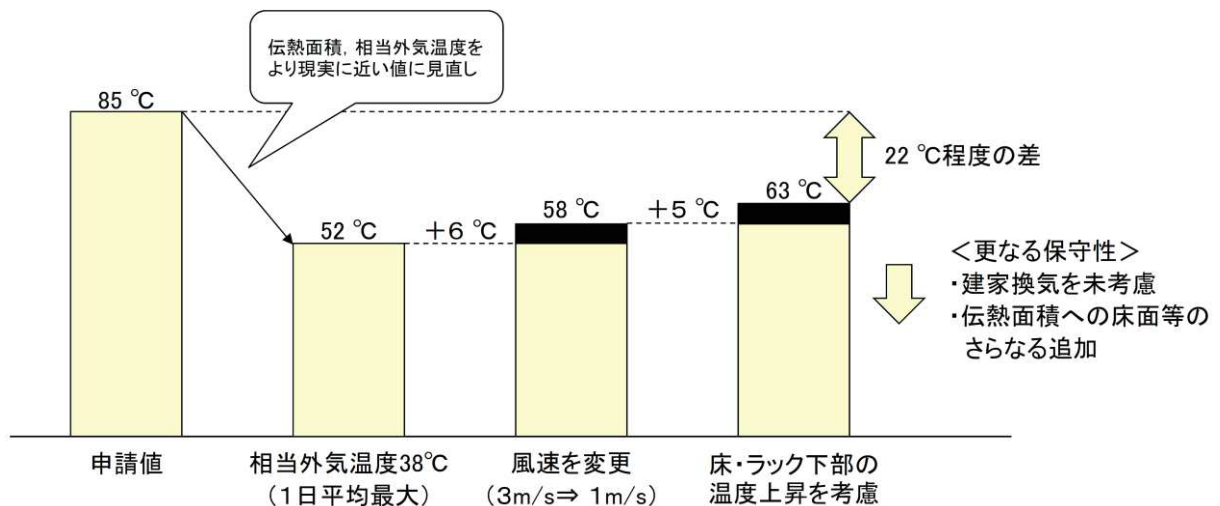


図 1 建家内空気温度評価の保守性について

## 2. 床・ラック下部を考慮したSFP中心部の温度上昇の想定について

SFP最外周から流入した空気がSFP中央部に達するまでに、床・ラック下部から加熱される場合の温度上昇を概算した。評価の概要を図2に示す。

### 2. 1 評価の前提

- ・床面及びラック構造物は、燃料集合体からの放射及び熱伝導により加熱されることから、空気への対流熱伝達における伝熱面と想定する
- ・床・ラック下部の熱流束は保守的に燃料発熱部と同じと仮定する（放射・熱伝導を介して熱が伝わる段階で温度差がついているため、現実には燃料棒表面の熱流束を超えることはなく、床からの除熱も考慮していないため十分保守的）
- ・床・ラック下部の表面積は伝熱面全体の2%以下であることから、発熱量の2%が空気に伝熱すると想定する

評価に使用する数値を以下に示す。

- ・平均的な燃料集合体の発熱量  
：201W（総発熱量165kW÷821体=0.201kW）
- ・燃料集合体1体当たりの燃料発熱部の燃料棒の伝熱面積  
：  m<sup>2</sup>
- ・燃料集合体1体当たりに占める床・ラック下部の伝熱面積  
：  m<sup>2</sup>
- ・燃料集合体1体当たりの総伝熱面積に占める床・ラック下部の伝熱面積割合  
：  ÷ (  +  ) = 2%
- ・床面付近を通過する空気が燃料集合体1体から受け取る熱量  
：201W×2%=4W
- ・燃料集合体内を上昇する空気の質量流量は平均的な発熱量の燃料集合体に対する浮力と抵抗の釣り合いから算出（申請書温度条件）  
： $\dot{m}=2.3 \times 10^{-3} \text{kg/s}$  (0.25m/s)
- ・空気の比熱（申請書温度条件<sup>[1]</sup>）  
： $C_p=1010 \text{J/kg} \cdot \text{K}$

### 2. 2 温度上昇の計算方法

SFP内に平均的な崩壊熱の燃料が一様に保管されていると仮定し、保管燃料が10×15ラックの全てに保管されているモデルを対象として最外周から流入する空気が中心部の燃料入口に達するまでの温度上昇を以下の手順で評価（表1及び図3参照）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(1) 最外周から  $i$  列目の質量流量  $m_i$  は、燃料集合体 1 体当たりの空気の質量流量を  $\dot{m}=2.3 \times 10^{-3} \text{kg/s}$  とし以下のとおり算出

$$\dot{m}_i = \dot{m}(10 - 2i)(15 - 2i)$$

(2) 最外周から  $i$  列目を通過する際に、床およびラック下部から受け取る熱量  $\dot{Q}_i$  は燃料集合体 1 体あたり  $\dot{Q} = 4 \text{W}$  とし以下のとおり算出

$$\dot{Q}_i = \dot{Q} \{ 2 \times (10 - 2i) + 2 \times (15 - 2i) - 4 \}$$

(3) この時の温度上昇は、空気の比熱を  $C_p = 1010 \text{J/kg} \cdot \text{K}$  とし算出

$$\Delta T_i = \dot{Q}_i / \dot{m}_i C_p$$

(4) 上記の温度上昇分を  $i=0 \sim 4$  まで足し合わせることで中心部の燃料入口温度を求める

$$\Delta T = \sum_{i=0}^4 \Delta T_i$$

### 2. 3 結論

中心部の燃料集合体に到達する空気の温度上昇は保守的な申請書条件で評価しても約  $5^\circ\text{C}$  となり、この程度の温度上昇は申請書評価の保守性に十分に包絡される。

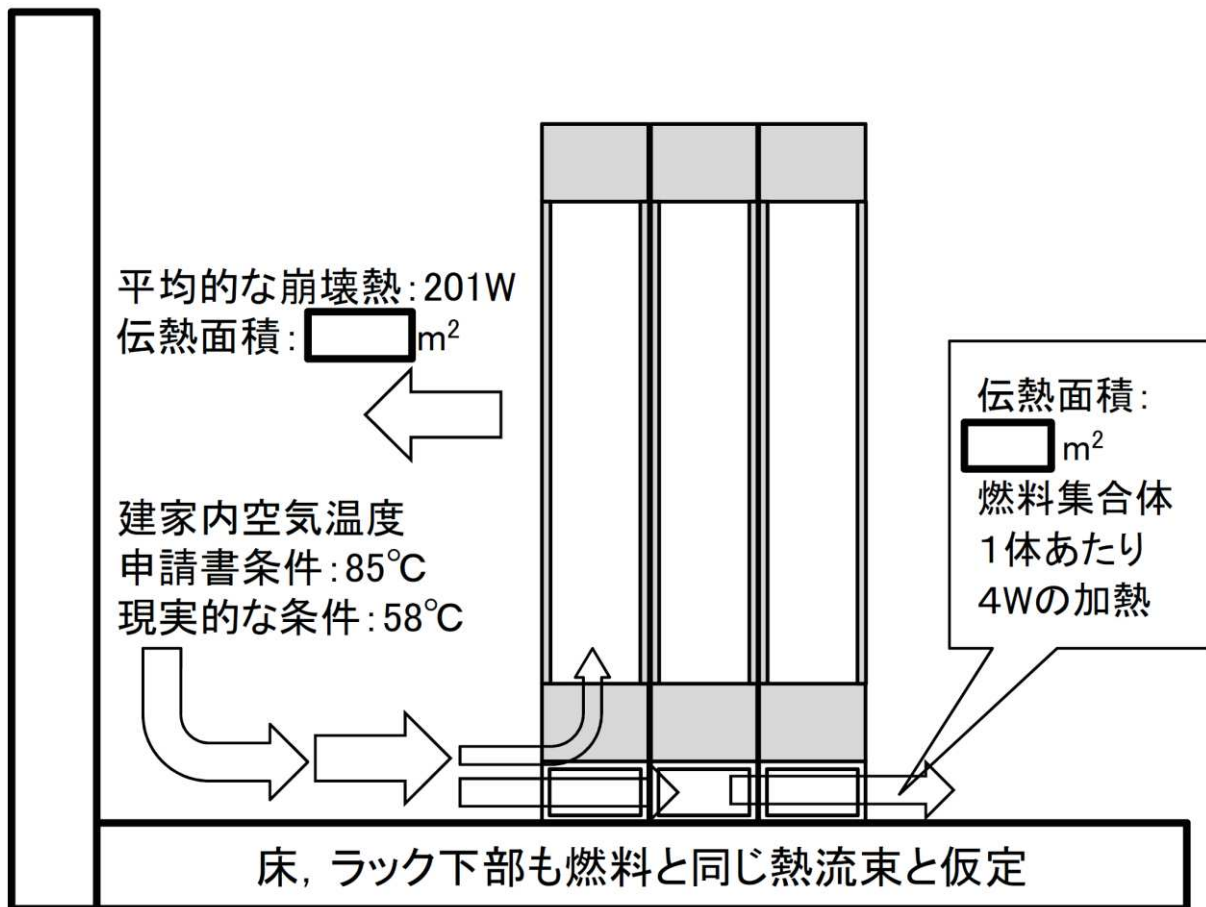


図2 燃料集合体 1 体当たりの加熱イメージ

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表1 温度上昇計算結果

	質量流量の計算に使う燃料集集体数	質量流量(kg/s)	伝熱量計算に使う燃料集集体数	空気への伝熱量(W)	温度上昇(°C)
最外周(i=0)	$10 \times 15 = 150$	$2.3 \times 10^{-3} \times 150 = 0.35$	46	$4 \times 46 = 184$	$184 / 1010 / 0.35 = 0.52$
1周内側(i=1)	$8 \times 13 = 104$	$2.3 \times 10^{-3} \times 104 = 0.24$	38	$4 \times 38 = 152$	$152 / 1010 / 0.24 = 0.63$
2周内側(i=2)	$6 \times 11 = 66$	$2.3 \times 10^{-3} \times 66 = 0.15$	30	$4 \times 30 = 120$	$120 / 1010 / 0.15 = 0.79$
3周内側(i=3)	$4 \times 9 = 36$	$2.3 \times 10^{-3} \times 36 = 0.08$	22	$4 \times 22 = 88$	$88 / 1010 / 0.08 = 1.09$
最内周(i=4)	$2 \times 7 = 14$	$2.3 \times 10^{-3} \times 14 = 0.03$	14	$4 \times 14 = 56$	$56 / 1010 / 0.03 = 1.85$
合計			150		4.88

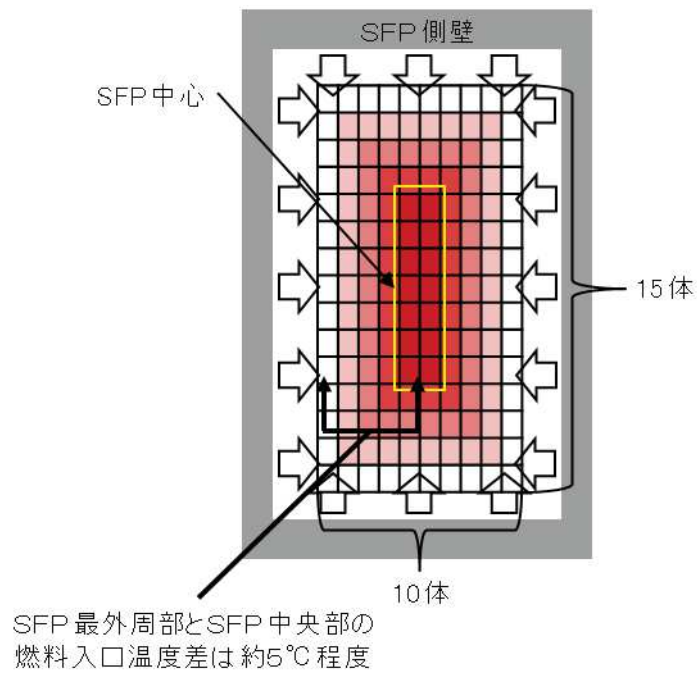


図3 SFP内の温度上昇イメージ

(参考文献)

[1] 「伝熱工学資料」, 改定第5版

## 未臨界評価の計算体系の考え方について

本評価においては、計算体系を無限体系としている。計算体系を有限体系とした場合、中性子の漏れを考慮することになるが、無限体系においては、中性子の漏れが無い条件での評価を行うこととなり、保守的な評価結果となる。

本評価の計算モデルは、図 1 に示す使用済燃料貯蔵ラックを設定し、周囲での境界条件を完全反射（高さ方向は無限に相当）と設定することで中性子の漏れが無い保守的な条件としており、燃料集合体、使用済燃料貯蔵ラックの幾何学形状及び配置を模擬したラック全体系とし、プール全体をモデル化することよりも、保守的な計算モデルとなっている。

なお、本計算モデルにおいては、使用済燃料貯蔵ラックと隣の使用済燃料貯蔵ラックの中間が計算モデルの境界となるように設定することで、実設計の使用済燃料貯蔵ラック間距離を反映している。

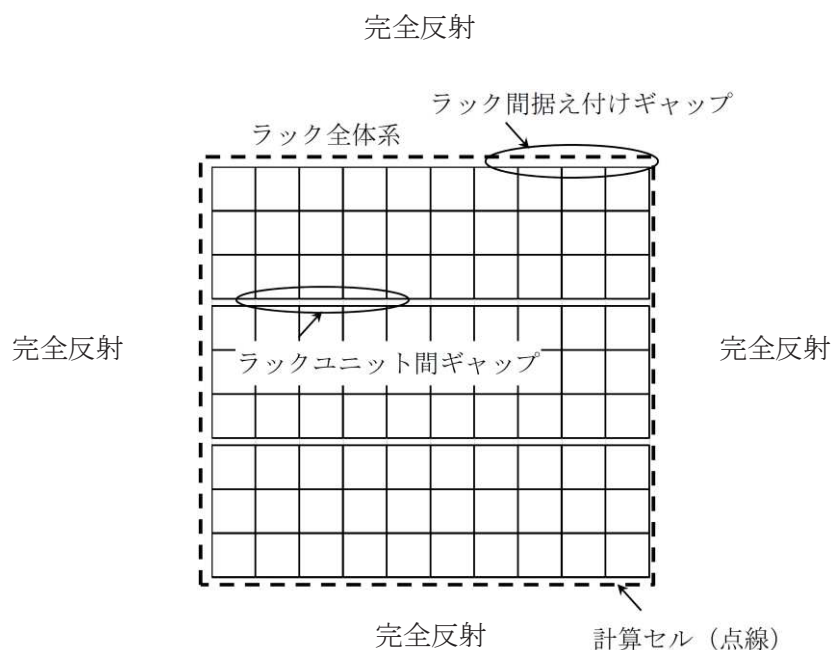


図 1 計算体系