

HT-203-1

## HTTR 設工認(第 2 回)申請に係る補足説明

令和 2 年 7 月 14 日

日本原子力研究開発機構 大洗研究所

高温ガス炉研究開発センター

高温工学試験研究炉部

## 1. 第3編（竜巻及び火山による健全性評価）に係る補足説明

- ・屋根スラブに作用する設計荷重について
- ・排気筒に対する竜巻複合荷重の評価について

評価対象施設の評価に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重( $W_w$ )、気圧差による荷重( $W_p$ )、及び設計飛来物による衝撃荷重( $W_M$ )を組合せた複合荷重とし、以下の式により算定する。

$$W_{T1}=W_p$$

$$W_{T2}=W_w+0.5W_p+W_M$$

$W_{T1}, W_{T2}$ : 設計竜巻による複合荷重

$W_w$ : 設計竜巻の風圧力による荷重

$W_p$ : 設計竜巻の気圧差による荷重

$W_M$ : 設計飛来物による衝撃荷重

### (1) 構造健全性の評価

設計竜巻による複合荷重  $W_{T1}=W_p$  及び  $W_{T2}=W_w+0.5W_p+W_M$  によって竜巻防護施設の外殻となる施設の外壁に生じる層せん断力が、評価基準値を下回ることを確認する。

### (2) 部位による評価

竜巻防護施設外殻となる施設を構成する屋根スラブ及び外壁について、設計竜巻による複合荷重により発生する応力等が評価基準を下回ることを確認する。

複合荷重  $W_{T1}=W_p$ 、 $W_{T2}=W_w+0.5W_p+W_M$  による評価のうち、 $W_{T2}$  については、設計飛来物が衝突しない場合(a)と衝突する場合(b)の両方を想定し、以下の2ケースに区分して評価する。

(a)  $W_{T2}=W_w+0.5W_p$  による評価

(b)  $W_{T2}=W_w+0.5W_p+W_M$  による評価

(a)  $W_{T2}=W_w+0.5W_p$  による評価

#### ① 壁面

壁面に対しては、(1)の構造健全性の評価に包含される。

#### ② 屋根スラブ

設計竜巻による複合荷重によって、竜巻防護施設の外殻となる施設の屋根スラブに生じる吹上荷重に対して、屋根スラブに発生する応力が評価基準値を下回ることを確認する。

なお、 $W_{T1}$ については、後述の「4.2 屋根が飛来物とならないことの評価」にて、 $W_{T1} < W_{T2}$  となることから  $W_{T2}$  の評価に包含される。

(b)  $W_{T2}=W_w+0.5W_p+W_M$  による評価

①壁面

設計飛来物の衝突に伴い、裏面剥離または設計飛来物の貫通が生じないことを確認する。貫通又は裏面剥離が生じる場合は、貫通した設計飛来物又は裏面剥離によって生じるコンクリート破片により、竜巻防護施設が影響を受けないことを確認する。

②屋根スラブ

設計飛来物の衝突に伴い、裏面剥離または設計飛来物の貫通が生じないことを確認する。貫通又は裏面剥離が生じる場合は、貫通した設計飛来物又は裏面剥離によって生じるコンクリート破片により、竜巻防護施設が影響を受けないことを確認する。

(3) 開口部の評価

竜巻防護施設の外殻となる施設の開口部に設計飛来物が衝突した際に、設計飛来物によって開口部鋼板に貫通が生じないことを確認する。貫通が生じる場合は、貫通した設計飛来物によって、竜巻防護施設が影響を受けないことを確認する。

(4) 排気筒の評価

排気筒の内部は大気と通じており、気圧差の影響を受けず  $W_p$  に係る荷重は生じないことから、設計竜巻荷重  $W_{T2}=W_w+W_M$  によって、排気筒が倒壊しないことを確認する。

(申請書修正案)

【添付説明書】

3. 評価条件

3.4 評価対象施設の評価部位に作用する荷重の考え方について

評価対象施設の評価に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重( $W_w$ )、気圧差による荷重( $W_p$ )、及び設計飛来物による衝撃荷重( $W_M$ )を組合せた複合荷重とし、以下の式<sup>(1)</sup>により算定する。

$$W_{T1}=W_p$$

$$W_{T2}=W_w+0.5W_p+W_M$$

$W_{T1}, W_{T2}$ :設計竜巻による複合荷重

$W_w$ :設計竜巻の風圧力による荷重

$W_p$ :設計竜巻の気圧差による荷重

$W_M$ :設計飛来物による衝撃荷重

(1) 構造健全性の評価

設計竜巻による複合荷重  $W_{T1}=W_p$  及び  $W_{T2}=W_w+0.5W_p+W_M$  によって竜巻防護施設の外壳となる施設の外壁に生じる層せん断力が、評価基準値を下回ることを確認する。

(2) 部位による評価

竜巻防護施設外壳となる施設を構成する屋根スラブ及び外壁について、設計竜巻による複合荷重により発生する応力等が評価基準を下回ることを確認する。

複合荷重  $W_{T1}=W_p$ 、 $W_{T2}=W_w+0.5W_p+W_M$  による評価のうち、 $W_{T2}$  については、設計飛来物が衝突しない場合(a)と衝突する場合(b)の両方を想定し、以下の2ケースに区分して評価する。

(a)  $W_{T2}=W_w+0.5W_p$  による評価

(b)  $W_{T2}=W_w+0.5W_p+W_M$  による評価

(a)  $W_{T2}=W_w+0.5W_p$  による評価

①壁面

壁面に対しては、(1) の構造健全性の評価に包含される。

②屋根スラブ

設計竜巻による複合荷重によって、竜巻防護施設の外壳となる施設の屋根スラブに生じる吹上荷重に対して、屋根スラブに発生する応力が評価基準値を下回ることを確認する。

なお、 $W_{T1}$  については、後述の「4.2 屋根が飛来物とならないことの評価」にて、 $W_{T1} < W_{T2}$  となることから  $W_{T2}$  の評価に包含される。

(b)  $W_{T2}=W_W+0.5W_P+W_M$ による評価

①壁面

設計飛来物の衝突に伴い、裏面剥離または設計飛来物の貫通が生じないことを確認する。  
貫通又は裏面剥離が生じる場合は、貫通した設計飛来物又は裏面剥離によって生じるコンクリート破片により、竜巻防護施設が影響を受けないことを確認する。

②屋根スラブ

設計飛来物の衝突に伴い、裏面剥離または設計飛来物の貫通が生じないことを確認する。  
貫通又は裏面剥離が生じる場合は、貫通した設計飛来物又は裏面剥離によって生じるコンクリート破片により、竜巻防護施設が影響を受けないことを確認する。

(3) 開口部の評価

竜巻防護施設の外壳となる施設の開口部に設計飛来物が衝突した際に、設計飛来物によって開口部鋼板に貫通が生じないことを確認する。貫通が生じる場合は、貫通した設計飛来物によって、竜巻防護施設が影響を受けないことを確認する。

(4) 排気筒の評価

排気筒の内部は大気と通じており、気圧差の影響を受けず  $W_P$  に係る荷重は生じないことから、設計竜巻荷重  $W_{T2}=W_W+W_M$  によって、排気筒が倒壊しないことを確認する。

第 3.7 表—竜巻防護施設の外壳となる施設の評価を行う際に用いる荷重

設計荷重	評価対象施設
$W_{T1}=W_P$	・原子炉建家
$W_{T2}=W_W+0.5W_P+W_M$	・使用済燃料貯蔵建家
$W_{T2}=W_W+W_M$	・排気筒
$W_W+0.5W_P$	・原子炉建家 —屋根スラブ ・使用済燃料貯蔵建家 —屋根スラブ

設計飛来物の衝突による発生する裏面剥離コンクリートは、デッキプレートによって飛散が防止されることが、「財団法人電力中央研究所:伊藤他., “飛来物の衝突に対するコンクリート構造物の耐衝撃設計手法”, (1991年7月)」に示されている。

なお、デッキプレートによる裏面剥離コンクリートの飛散防止が期待できない場合には、裏面剥離したコンクリートが原子炉格納容器、原子炉建家の使用済燃料(SF)ラック上蓋及び使用済燃料貯蔵建家の使用済燃料(SF)ラック上蓋に衝突する。その場合の評価を以下のように行っている。

#### (1) 評価の概要

表2. 屋根スラブに対して設計飛来物が衝突した際の貫通・裏面剥離の評価結果に示す通り、原子炉建家屋根スラブ(T.P. 60.7m)及び使用済燃料貯蔵建家屋根スラブで裏面剥離コンクリートが発生する。原子炉建家屋根スラブ(T.P. 60.7m)の下には、原子炉格納容器(CV)及び使用済燃料貯蔵プール貯蔵ラック(SFラック)、使用済燃料貯蔵建家屋根スラブの下には、使用済燃料貯蔵プール貯蔵ラック(使用済燃料貯蔵建家SFラック)が設置されている。これらに対して裏面剥離コンクリートが衝突しても竜巻防護施設に影響がないことを確認する。

表2 屋根スラブに対して設計飛来物が衝突した際の貫通・裏面剥離の評価結果

核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。

\*1 デッキプレートにより剥離コンクリートは飛散しない。

\*2 設計飛来物が屋根に衝突し、裏面剥離によるコンクリート片が発生しても、当該区画には竜巻防護施設は設置していないため、剥離コンクリートによる竜巻防護施設への影響はない。

## (2) 裏面剥離コンクリートの形状算定

設計飛来物である鋼製材が建家屋根スラブに衝突した際に、かぶり部より生じる裏面剥離コンクリートが落下することを想定する。図1に屋根スラブから生じる裏面剥離コンクリートの形状及び裏面剥離コンクリートがCV、SFラック上蓋及び使用済燃料貯蔵建家SFラック上蓋に衝突する際の断面積 $S_a$ を示す。また、裏面剥離コンクリートの形状算定を表3に示す。

表3 鋼製材により屋根スラブから生じる裏面剥離コンクリートの形状算定

核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。

\*1 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社)日本建築学会、2010年改定)<sup>(5)</sup>に記載されている鉄筋コンクリートの単位体積重量より算出した。



核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。

図1 屋根スラブから生じる裏面剥離コンクリートの形状

(3) CV、SF ラック上蓋及び使用済燃料貯蔵建家 SF ラック上蓋の貫通評価

裏面剥離コンクリートが CV、SF ラック上蓋及び使用済燃料貯蔵建家 SF ラック上蓋の鋼板に衝突した場合の貫通限界厚さは、BRL 式「(Richard C. Gwaltney, “MISSILE GENERATION AND PROTECTION IN LIGHT-WATER-COOLED POWER REACTOR PLANTS”, September 1968)」を用いて算出する。

$$T^{3/2} = \frac{0.5MV^2}{17400K^2d^{3/2}}$$

T: 鋼板貫通限界厚さ (in) M: ミサイル質量 (lb・s<sup>2</sup>/ft)=W/g V: ミサイル速度 (ft/s)

d: ミサイル直径 (in) K: 鋼板の材質に関する係数=1 g: 重力加速度 (ft/s<sup>2</sup>)

なお、裏面剥離コンクリートは発生した時点で設計飛来物である鋼製材と同速度で飛散し、自由落下により加速するものとする。

表 4 に CV、SF ラック上蓋及び使用済燃料貯蔵建家 SF ラック上蓋に衝突する飛来物評価の諸元を示す。

表 5 に CV、SF ラック上蓋及び使用済燃料貯蔵建家 SF ラック上蓋の鋼板の貫通限界厚さを示す。

下表に示すように、鋼板の厚さ（有効厚さ）が裏面剥離コンクリートの衝突したときの貫通限界厚さを上回っていることから、竜巻防護施設に影響を及ぼさない。

表 4 屋根スラブから生じる裏面剥離コンクリートの諸元

飛来物	飛来物重量	飛来物直径	衝突速度
	W	d	V
鋼製材による裏面剥離コンクリート	核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。		40.3 (m/s) (132 (ft/s))

表 5 貫通評価結果

厚さ	原子炉格納容器	SF ラック上蓋	使用済燃料貯蔵建家 SF ラック上蓋
貫通限界厚さ	核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。		
有効厚さ	核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。		
結果	良	良	良

(申請書修正案)

【添付説明書】

4. 竜巻防護施設の外殻となる施設に対する竜巻影響評価結果

4.3.3 設計飛来物の衝突に係る評価結果

原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家の外壁及び屋根について、竜巻飛来物が衝突した際の貫通・裏面剥離の評価結果を第 4.21 表及び第 4.22 表に示す。

②原子炉建家屋根スラブ

(i) 原子炉建家屋根スラブ (T. P. 60. 7m)

核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。

原子炉建家屋根スラブ (T. P. 60. 7m) にはデッキプレート (鋼板) が施工されていることから、裏面剥離によりコンクリート片は飛散しない\*1 第 4.8 図に原子炉建家の屋根構造 (最上部) を示す。

なお、設計飛来物が原子炉建家屋根スラブに衝突し、仮に裏面剥離によるコンクリート片が原子炉格納容器、使用済燃料貯蔵プールに落下しても、□□(mm)厚の原子炉格納容器燃料交換ハッチ蓋鋼板、及び□□(mm)厚の使用済燃料貯蔵プール貯蔵ラック遮へいプラグの盖板(□□)により、剥離コンクリートによる竜巻防護施設への影響はない(添付資料 1)。

(ii) 原子炉建家屋根スラブ (T. P. 50. 7m)

設計飛来物が屋根に衝突し、裏面剥離によるコンクリート片が発生しても、当該区画には竜巻防護施設は設置していないため、剥離コンクリートによる竜巻防護施設への影響はない。

第 4.21 表 原子炉建家の設計飛来物による貫通、裏面剥離の評価結果

核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。

第 4.22 表 使用済燃料貯蔵建家の設計飛来物による貫通、裏面剥離の評価結果

核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。

## 添付資料1 裏面剥離コンクリートの衝突評価について

### 2. 裏面剥離コンクリートの形状算定

設計飛来物である鋼製材が建家壁面及び屋根スラブに衝突した際に、かぶり部より生じる裏面剥離コンクリートが落下することを想定する。添付第 2.1 図及び 2.2 図に裏面剥離コンクリートの形状及び裏面剥離コンクリートが CV、SF ラック上蓋及び使用済燃料貯蔵建家 SF ラック上蓋に衝突する際の断面積  $S_a$  を示す。また、裏面剥離コンクリートの形状算定を添付第 2.1 表及び 2.2 表に示す。

#### 添付第 2.1 表 鋼製材により壁面から生じる裏面剥離コンクリートの形状算定

核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。

\*1 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（(社)日本建築学会、2010年改定）<sup>(5)</sup>に記載されている鉄筋コンクリートの単位体積重量より算出した。

添付第 2.2 表 鋼製材により屋根スラブから生じる裏面剥離コンクリートの形状算定

核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。

\*1 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（(社)日本建築学会、2010年改定）<sup>(5)</sup>に記載されている鉄筋コンクリートの単位体積重量より算出した。

核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。

添付第 2.1 図 壁面から生じる裏面剥離コンクリートの形状



核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。

添付第 2.2 図 屋根スラブから生じる裏面剥離コンクリートの形状

### 3. CV、SF ラック上蓋及び使用済燃料貯蔵建家 SF ラック上蓋の貫通評価

裏面剥離コンクリートが CV、SF ラック上蓋及び使用済燃料貯蔵建家 SF ラック上蓋の鋼板に衝突した場合の貫通限界厚さは、BRL 式<sup>(12)</sup>を用いて算出する。

なお、裏面剥離コンクリートは発生した時点で設計飛来物である鋼製材と同速度で飛散し、自由落下により加速するものとする。

添付第 3.1 表及び 3.2 表に CV、SF ラック上蓋及び使用済燃料貯蔵建家 SF ラック上蓋に衝突する飛来物評価の諸元を示す。

$$\frac{1}{2}mV_0^2 + mgh = \frac{1}{2}mV_1^2$$

$$V_1 \text{ (壁面)} = \sqrt{2gh + V_0^2} = 55.4(\text{m/s})$$

$$V_1 \text{ (屋根スラブ)} = \sqrt{2gh + V_0^2} = 40.3(\text{m/s})$$

ここで、

$V_0$ :発生した時点での裏面剥離コンクリート速度

$V_1$ :衝突する時点での裏面剥離コンクリート速度

$m$ :裏面剥離コンクリート重量

$g$ :重力加速度

$h$ :裏面剥離コンクリートの発生場所から衝突場所までの高さ(保守的に原子炉建家の屋根～床高さ間の 24.0(m)とする。)

添付第 3.3 表及び 3.4 表に CV、SF ラック上蓋及び使用済燃料貯蔵建家 SF ラック上蓋の鋼板の貫通限界厚さを示す。また、算出過程を下記に示す。

$$T^{3/2} = \frac{0.5MV^2}{17400K^2d^{3/2}}$$

$T$ :鋼板貫通限界厚さ(in)  $M$ :ミサイル質量( $\text{lb} \cdot \text{s}^2/\text{ft}$ )= $W/g$   $V$ :ミサイル速度(ft/s)

$d$ :ミサイル直径(in)  $K$ :鋼板の材質に関する係数=1  $g$ :重力加速度( $\text{ft}/\text{s}^2$ )

核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。

取扱注意

表.1 壁面から生じる裏面剥離コンクリートの諸元

飛来物	飛来物重量	飛来物直径	衝突速度
	W	d	V
鋼製材による裏面剥離コンクリート	核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。		55.4 (m/s) (182 (ft/s))

表.2 屋根スラブから生じる裏面剥離コンクリートの諸元

飛来物	飛来物重量	飛来物直径	衝突速度
	W	d	V
鋼製材による裏面剥離コンクリート	核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。		40.3 (m/s) (132 (ft/s))

表.3 壁面から生じた裏面剥離コンクリートによる貫通評価結果

厚さ	CV	SF ラック上蓋	使用済燃料貯蔵建家 SF ラック上蓋
貫通限界厚さ	核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。		
有効厚さ			
結果	良	良	良

表.4 屋根スラブから生じた裏面剥離コンクリートによる貫通評価結果

厚さ	CV	SF ラック上蓋	使用済燃料貯蔵建家 SF ラック上蓋
貫通限界厚さ	核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。		
有効厚さ			
結果	良	良	良

直流電源設備の蓄電池が枯渇した後の監視パラメーターとして、原子炉圧力容器上鏡温度、補助冷却器出口ヘリウム圧力、使用済燃料貯蔵プール水位を監視することとしている。

なお、監視に必要な機器については7月6日の審査会合資料で示したとおり、第6編にて申請する。

(申請書修正案)

【添付説明書】

6. 竜巻随件事象に対する評価

(3) 外部電源喪失

設計竜巻が襲来した場合、竜巻防護施設の外殻である原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家によって、竜巻防護施設である安全保護系用交流無停電電源装置及び直流電源設備の健全性は維持される。したがって、外部電源が喪失しても安全保護系によって原子炉は自動停止し、原子炉停止後においては、必要な監視項目である中性子束、原子炉圧力容器上鏡温度、補助冷却器出口ヘリウム圧力の監視を行うことができる。また、直流電源設備の蓄電池の枯渇後（60分以降）は、可搬型計器、可搬型発電機等を使って、原子炉圧力容器上鏡温度、補助冷却器出口ヘリウム圧力、使用済燃料貯蔵プール水位の監視を継続することができる。

使用済燃料貯蔵建屋のNS方向水平保有耐力について

使用済燃料貯蔵建屋のNS方向の保有水平耐力については、T.P. (m) 53.7～40.7の範囲を評価しており、T.P. (m) 47.825以下は75900(kN)で同値となっていることから、以下のように明確化する。

表5 使用済燃料貯蔵建家の保有水平耐力

T.P. (m)	保有水平耐力(EW方向)		保有水平耐力(NS方向)	
	(t)	(kN)	(t)	(kN)
53.7	4470 <sup>*1</sup>	43800	10257 <sup>*1</sup>	100000
47.825	4338 <sup>*1</sup>	42500	7748 <sup>*1</sup>	75900
44.7	3504 <sup>*1</sup>	34300		
40.7	2660 <sup>*1</sup>	26000		

<sup>\*1</sup> 日本原子力研究所大洗研究所の原子炉施設の変更[H T T R (高温工学試験研究炉)の設置]に係る設計及び工事の方法の認可申請書 添付計算書 ニー4-6 使用済燃料貯蔵建家の強度計算書(11原研53第30号(平成11年6月11日)申請、11安(原規)第124号(平成11年9月8日)認可)から引用

(申請書修正案)

【添付説明書】

第4.10表 使用済燃料貯蔵建家の保有水平耐力

T.P. (m)	保有水平耐力(EW方向)		保有水平耐力(NS方向)	
	(t)	(kN)	(t)	(kN)
53.7	4470 <sup>*1</sup>	43800	10257 <sup>*1</sup>	100000
47.825	4338 <sup>*1</sup>	42500	7748 <sup>*1</sup>	75900
44.7	3504 <sup>*1</sup>	34300		
40.7	2660 <sup>*1</sup>	26000		

<sup>\*1</sup> 日本原子力研究所大洗研究所の原子炉施設の変更[H T T R (高温工学試験研究炉)の設置]に係る設計及び工事の方法の認可申請書 添付計算書 ニー4-6 使用済燃料貯蔵建家の強度計算書(11原研53第30号(平成11年6月11日)申請、11安(原規)第124号(平成11年9月8日)認可)から引用

- ・火山に対する自然現象(積雪、風)の荷重を適切に組み合わせた荷重の考え方及び除灰の運用について
- ・降下火砕物による影響や竜巻随件事象としての商用電源喪失に伴い、非常用発電機に期待できない場合の設計について
- ・竜巻に対する設計荷重の考え方について
- ・車両退避の運用について
- ・設計飛来物による衝撃荷重に対する防護対象建家への貫通又は裏面剥離の考え方及び波及的影響の考え方について
- ・設計条件に対応する設計仕様、評価結果の記載について

火山に対する自然現象(積雪、風)の荷重を適切に組み合わせた荷重の考え方及び除灰の運用について、降下火砕物による影響や竜巻随件事象としての商用電源喪失に伴い、非常用発電機に期待できない場合の設計について、竜巻に対する設計荷重の考え方について、車両退避の運用について、設計飛来物による衝撃荷重に対する防護対象建家への貫通又は裏面剥離の考え方及び波及的影響の考え方について並びに設計条件に対応する設計仕様、評価結果の記載について以下のように申請書で明確化する。

(申請書修正案)

## 【本文】

### 3. 設計・評価

#### 3.1 設計条件

##### (1) 火山事象

火山事象に対して、施設に影響を及ぼし得る火山事象は降下火砕物のみであり、火山防護施設を内包する原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家を外殻として防護することにより安全機能を損なわない設計とする。このため、原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家は、想定する降下火砕物の層厚 50cm(湿潤密度 1.5g/cm<sup>3</sup>)の荷重に加え、常時作用する荷重及び自然現象(積雪、風)の荷重を適切に組み合わせた荷重に耐える設計とする。

なお、降下火砕物が長期的に堆積しないよう当該建家に堆積する降下火砕物を除去することを原子炉施設保安規定に定めて管理する。

また、降下火砕物の影響により全交流動力電源が喪失した場合は、可搬型計器、可搬型発電機等を用いて原子炉停止後の状態及び使用済燃料冷却の状態を監視する。この場合の対応は、第6編「全交流動力電源喪失時の対応機器」の設計による。

##### (2) 竜巻

竜巻に対して、竜巻防護施設を内包する原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家を外殻として防護することにより安全機能を損なわない設計とする。このため、原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家は、設計竜巻(最大風速 100m/s)の風圧力及び気圧差による荷重、設計飛来物(鋼製材(135kg、4.2m×0.3m×0.2m)及び鋼製パイプ(8.4kg、2m×φ0.05m))による衝撃荷重、原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家に常時作用する荷重、竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重を適切に組み合わせた荷重に耐える設計とする。

ただし、竜巻による設計飛来物の衝突により、竜巻防護施設の設置区画の壁面に裏面剥離が生じる可能性がある場合には、その影響により竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

また、竜巻防護施設は、竜巻防護施設以外の施設の損傷、倒壊等が生じたとしても波及的影響を受けない設計とする。

飛来物となる可能性のあるもののうち、飛来した場合の運動エネルギーが設計飛来物よりも大きいものについては、サイズや剛性を考慮し、飛来物とならないように、竜巻防護施設を内包する建家からの離隔、撤去、固縛、固定を行う設計とする。

車両については、施設に影響が及ぶおそれがある竜巻が接近した場合には退避等の必要な措置を講ずることを原子炉施設保安規定に定めて管理する。

また、竜巻の影響により全交流動力電源が喪失した場合は、可搬型計器、可搬型発電機等を用いて原子炉停止後の状態及び使用済燃料冷却の状態を監視する。この場合の対応は、第6編「全交流動力電源喪失時の対応機器」の設計による。

### 3.2 評価条件

#### (1) 火山事象

原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家は、想定する降下火砕物の層厚 50cm(湿潤密度 1.5g/cm<sup>3</sup>)の荷重に加え、常時作用する荷重及び自然現象(積雪、風)の荷重を適切に組み合わせた荷重に対して、構造強度を有するものであることを評価により確認する。

なお、降下火砕物が長期的に堆積しないよう当該建家に堆積する降下火砕物を除去することを原子炉施設保安規定に定めて管理することから、降下火砕物の荷重及び組み合わせ荷重を短期に生じる荷重として評価する。

#### (2) 竜巻

H T T Rでは、竜巻防護施設は全て原子炉建家内に内包されており、竜巻に対しては建家を外殻として防護する設計としている。このため、自然現象の衝撃が重要安全施設に作用することはない。また、設計基準事故時に建家の健全性に影響を与える有意な応力が生じることもない。このことから、設計基準事故時に生じる応力と設計竜巻は組み合わせないものとする。また、竜巻以外の自然現象として雷、雪、雹及び大雨が想定されるが、いずれも施設への影響が相乗しないことから、竜巻以外の自然現象による荷重と設計竜巻は組み合わせないものとする。

したがって、原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家は、設計竜巻(最大風速 100m/s)の風圧力及び気圧差による荷重、設計飛来物(鋼製材(135kg、4.2m×0.3m×0.2m)及び鋼製パイプ(8.4kg、2m×φ0.05m))による衝撃荷重、原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家に常時作用する荷重、~~竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重~~を適切に組み合わせた荷重に対して、構造強度を有するものであることを評価により確認する。ただし、竜巻による設計飛来物の衝突により、竜巻防護施設の設置区画の壁面に裏面剥離が生じる可能性がある場合には、その影響により竜巻防護施設が安全機能を損なわないことを評価により確認する。

また、竜巻防護施設は、竜巻防護施設以外の施設の損傷、倒壊等が生じたとしても波及的影響を受けないことを評価により確認する。

なお、飛来物となる可能性のあるもののうち、飛来した場合の運動エネルギーが設計飛来物よりも大きいものについては、本申請では離隔又は撤去の対策を講じることとしており、固縛又は固定を行うものはない。また、車両については、施設に影響が及ぶおそれがある竜巻が接近した場合には退避等の必要な措置を講ずることを原子炉施設保安規定に定めて管理することから、車両による影響はないものとして評価する。

### 3.3 評価結果

#### (1) 火山事象

原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家は、想定する降下火砕物の層厚 50cm(湿潤密度 1.5g/cm<sup>3</sup>)の荷重に加え、常時作用する荷重及び自然現象(積雪、風)の荷重を適切に組み合わせた荷重に対して、構造強度を有するものであることを確認した。

#### (2) 竜巻

原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家は、設計竜巻(最大風速 100m/s)の風圧力及び気圧差による荷重、設計飛来物(鋼製材(135kg、4.2m×0.3m×0.2m)及び鋼製パイプ(8.4kg、2m×φ0.05m))による衝撃荷重、原子炉建家及び使用済燃料貯蔵建家に常時作用する荷重、~~竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重~~を適切に組み合わせた荷重に対して、構造強度を有するものであることを確認した。また、竜巻による設計飛来物の衝突により、竜巻防護施設の設置区画の壁面に裏面剥離が生じる可能性がある場合には、その影響により竜巻防護施設が安全機能を損なわないことを評価により確認した。

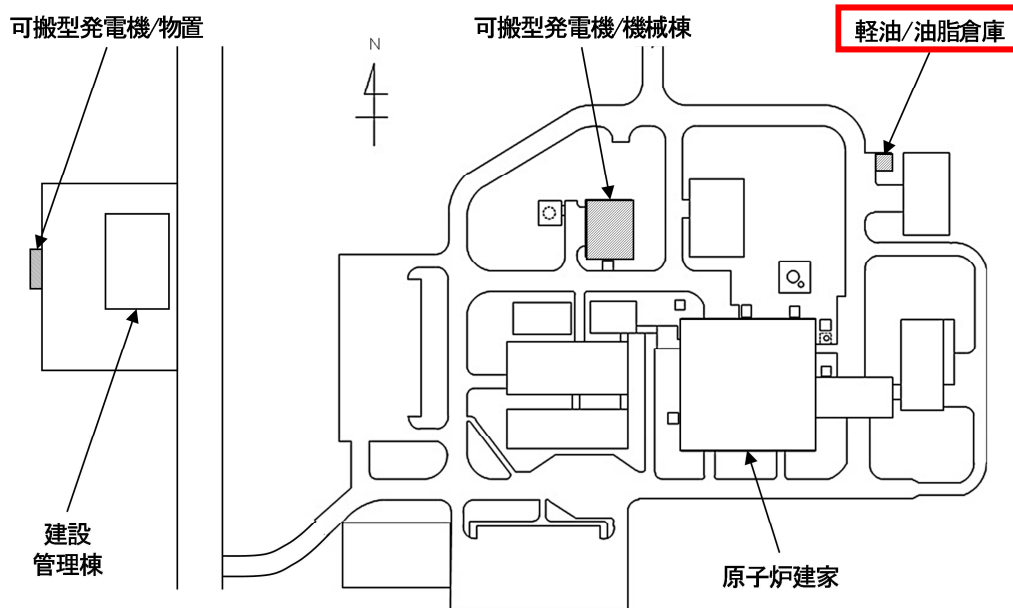
また、竜巻防護施設は、竜巻防護施設以外の施設の損傷、倒壊等が生じたとしても波及的影響を受けないことを評価により確認した。



2. 第6編（全交流動力電源喪失時の対応機器）に係る補足説明

可搬型発電機の燃料（軽油）の保管に係る油脂倉庫の保管制限量及び保管方法について

油脂倉庫は、軽油及び潤滑油等を保管できる消防法令の構造等の基準に適合した建築物である。油脂倉庫の位置を下図に示す。油脂倉庫は、軽油（第四類 第二石油類 危険等級Ⅲ）を1000L貯蔵できる許可を受けており、可搬型発電機の燃料として用いる軽油は、消防法令に適合した金属製容器に入れて保管する。



可搬型発電機を用いた対応に用いる電源ケーブル及び排気ガスのダクトの仕様（長さ）の根拠について

可搬型発電機を用いた対応に用いる電源ケーブル及び排気ダクトについて、申請書に長さを記載する。

電源ケーブルの長さは、電源ケーブル長さが最も長くなる可搬型発電機を原子炉建家北側の屋外に設置して地下1階南側の部屋までケーブルを敷設した場合の長さが約63mとなる為、65m以上と記載する。

排気ダクトの長さについては、屋外に通じる扉から可搬型発電機を設置する区域までの寸法が約4.2mであることから申請書に5m以上と記載する。電源ケーブルの敷設図、排気ダクトの設置図を次頁に示す。

核物質防護情報が含まれているため公開出来ません。

電源ケーブル敷設、排気ダクト設置の図

### 3. 第5編（内部火災）に係る補足説明

第2回申請の一部補正(R2.3.30)に対する確認事項 (No/54 R2/7/9)

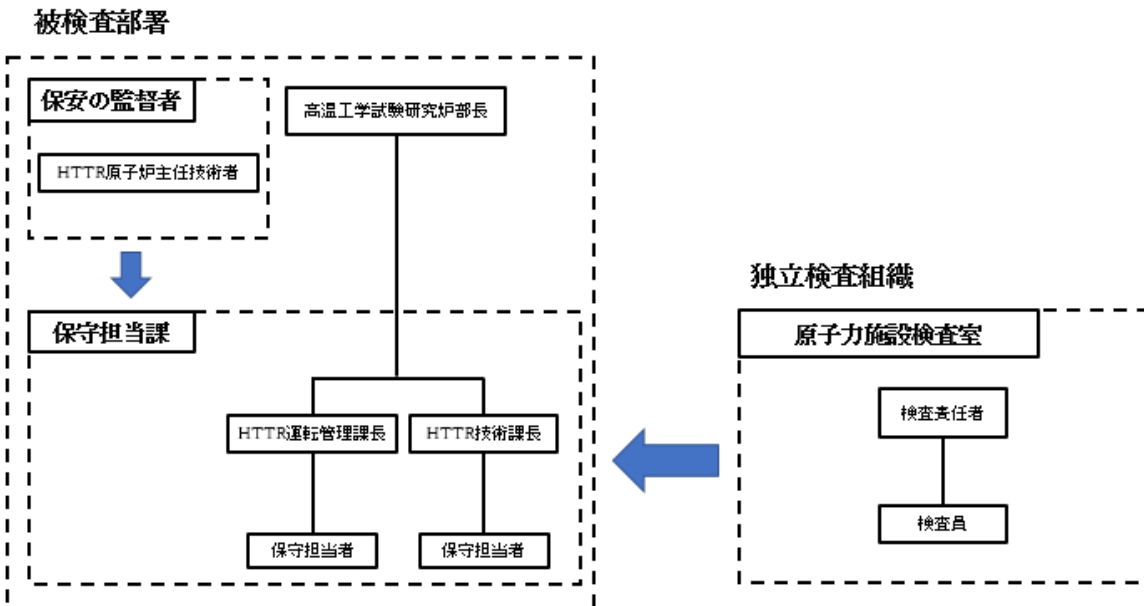
使用前事業者検査においては、消火設備、感知設備の技術基準適合性を消防検査記録による記録確認としているので、消防法令に基づく消火設備の検査方法を説明すること。(検査体制、検査方法、検査実施主体、実施時期等)

#### 【回答】

使用前事業者検査において実施する記録確認検査として、検査体制、検査方法、検査実施主体、実施時期等は以下のとおりである。

#### 1. 検査体制

使用前事業者検査に必要な検査体制を以下に示す。



検査実施体制図

上記に加え、使用前事業者検査のHTTR側の受検体制については、HTTR-QAS-62「使用前事業者検査対応要領」に以下のように定めている。

(以下、HTTR-QAS-62より抜粋)

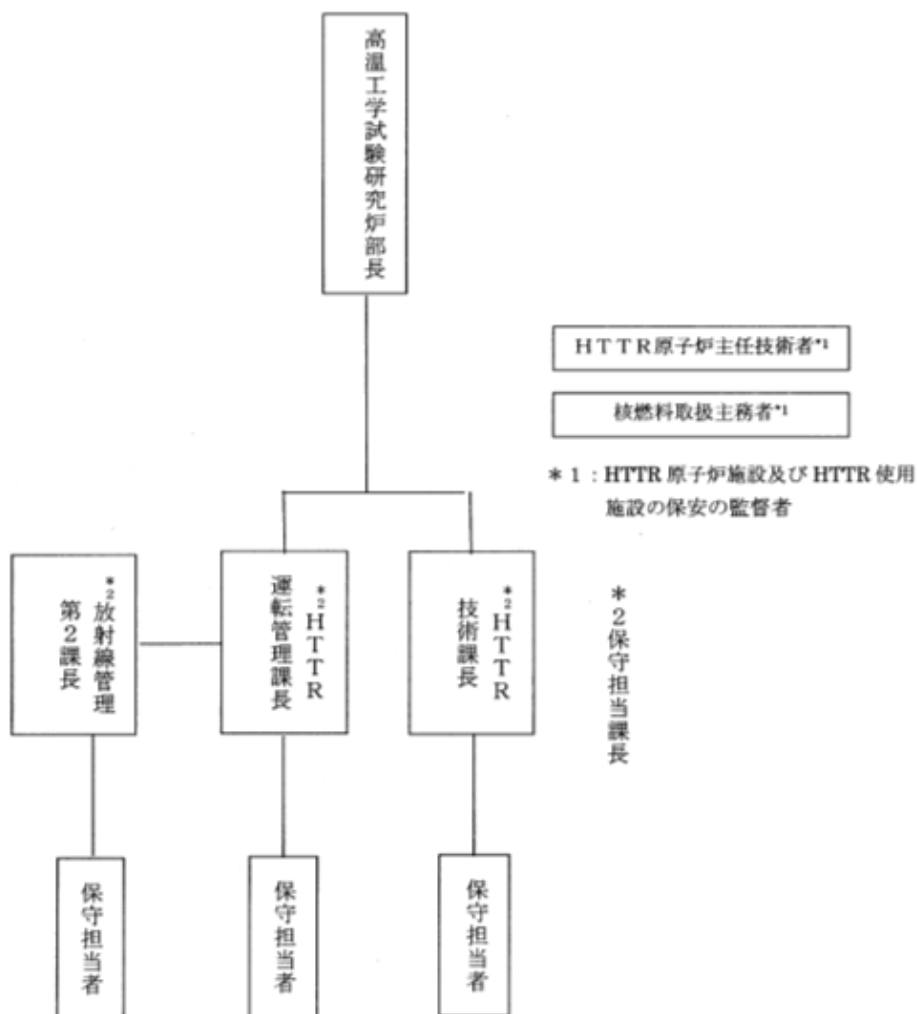
#### 4. 検査の受検体制

- (1) 高温工学試験研究炉部長(以下「部長」という。)は、使用前事業者検査の受検全体を総括する。
- (2) HTTR原子炉主任技術者及び核燃料取扱主務者(北地区)は、保安の監督上必要と認めるときは、使用前事業者検査に立ち会う。
- (3) HTTR計画課長は、受検全体を取りまとめる。

(4) 保守担当課長又はその代理の者は検査を受検するとともに、検査受検に関する責任を有する。保守担当課長は、原則、業務所掌により次のとおりとする。

対象とする施設、設備	保守担当課長	
	HTTR原子炉施設	HTTR使用施設
HTTR本体施設 HTTR特定施設	HTTR運転管理課長	HTTR運転管理課長 (新燃料組立検査室を除く。)
新燃料組立検査室		HTTR技術課長
放射線管理施設	放射線管理第2課長	左に同じ

(5) HTTR原子炉施設及びHTTR使用施設の使用前事業者検査の受検体制を図1に示す。



別図1 使用前事業者検査の実施体制

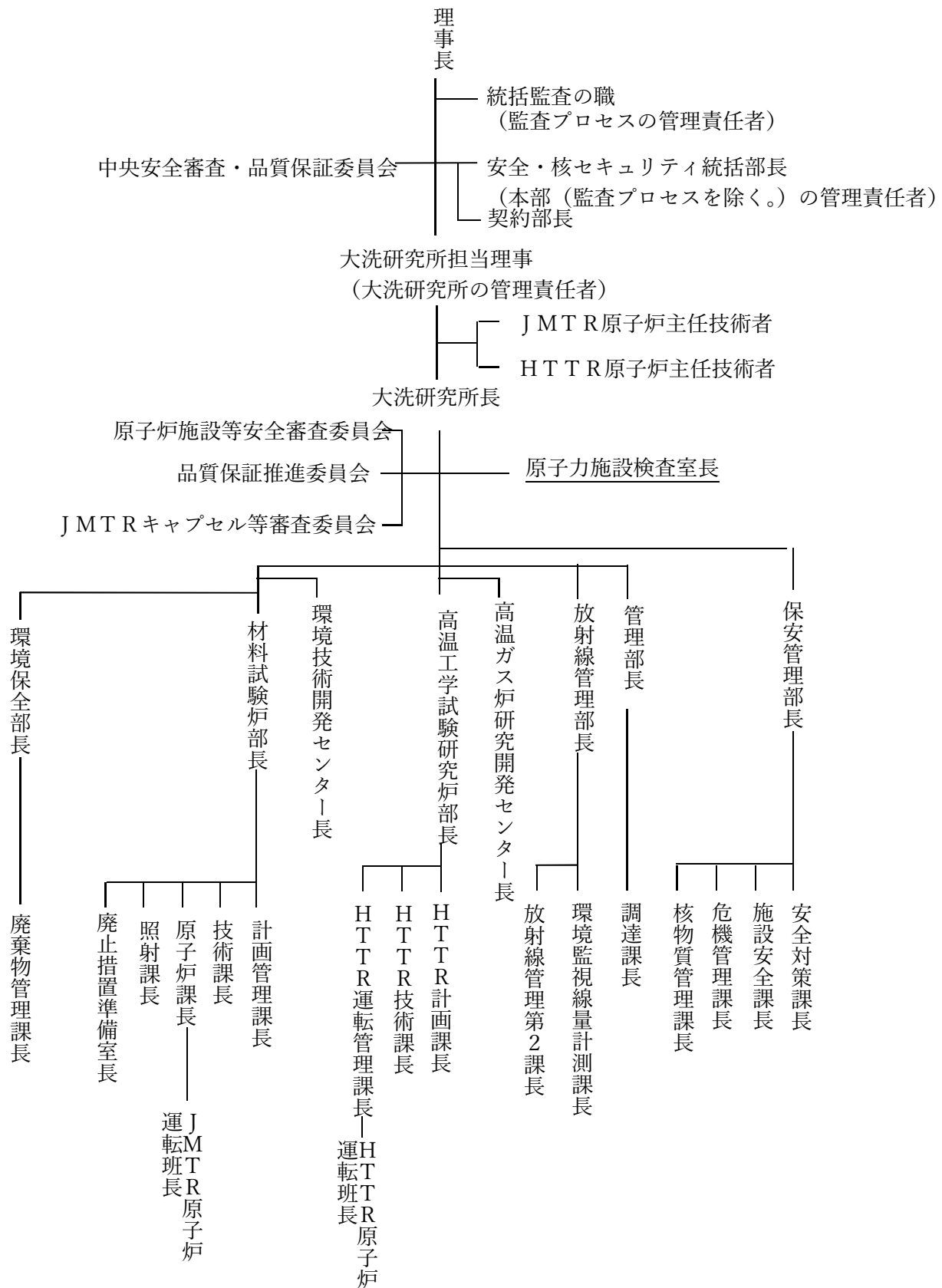
## 2. 検査方法

使用前事業者検査は、検査項目ごとに「品質保証検査」及び「機能性能検査」として、原子力施設検査室(変更認可申請中の保安規定が認可されるまでは原子力施設検査準備室)が作成した「使用前事業者検査計画書」及び「使用前事業者検査要領書」に基づき実施する。この際、保守担当課長は、原子力施設検査室長が行う使用前事業者検査の情勢を行う。また、原子力施設検査室長が作成した「使用前事業者検査要領書」の検査区分において、抜取確認及び記録確認に該当する項目については、事前に保守担当課長による確認を行い、記録に残すこととなっている。

よって、消防法令に基づく消火設備の検査は、上記の記録確認として検査を実施する。なお、検査の詳細については、使用前事業者検査要領書に定める。

### 3. 検査実施主体

検査は、大洗研究所内に設置された原子力施設検査室が実施する。変更認可申請中の保安規定に記載している体制図を以下に示す。



#### 4. 検査実施時期

消防法令に基づく消火設備の検査の実施時期は、内部火災対策工事終了後の検査と合わせて実施する予定であり、令和3年3月頃の見込みである。



#### 4. 第1編及び第2編（防火帯及び外部火災による健全性評価）に係る補足説明

- ・防火帯の設計条件で想定する外部火災についての記載について
- ・防火帯幅及び危険距離に対する設計条件の記載について
- ・防火帯の運用について

防火帯の設計条件及び防火帯の運用について、以下のように申請書で明確化する。

（申請書修正案）

【本文】

##### 3.1 設計条件

外部火災対策として防火帯を設ける。

防火帯とは、防災上設けられる、可燃物が無い、延焼被害を食い止めるための帯状の地域である。

防火帯は、想定される外部火災として森林火災、森林火災と航空機墜落による火災の重畳に対して原子炉建家、使用済燃料貯蔵建家、冷却塔及び排気筒への延焼防止のために設定する。防火帯幅は、延焼防止に必要な長さを有するものとし、設定する位置は、原子炉建家、使用済燃料貯蔵建家、冷却塔及び排気筒から防火帯の外縁(火炎側)までの距離が、それぞれ対象となる設備の危険距離(外殻のコンクリート表面温度が200℃となる距離)を上回るものとする。

防火帯幅及び危険距離は、原子炉建家、使用済燃料貯蔵建家等の構造(外部事象に対する健全性評価(外部火災))に関する説明書の評価結果とする。評価結果より、防火帯幅は9.5m、危険距離は第1表に示す設計とする。

##### 3.2 設計仕様

防火帯を設定する位置を第1図に示す。防火帯は、幅9.5mとし、可燃物が無く、原子炉建家、使用済燃料貯蔵建家、冷却塔及び排気筒を取り囲むように帯状に設定する。また、防火帯幅の評価条件を満足するため、防火帯の外縁(火炎側)から20mの範囲には、樹木が無いものとする。

また、防火帯には、原則として、可燃物を置かない運用とすることを原子炉施設保安規定に定めて管理し、防火帯外縁20mについても、樹木がないように原子炉施設保安規定に定めて管理する。

外部火災の設計条件、評価条件及び評価結果の記載について

外部火災の設計条件、評価条件及び評価結果の記載について、以下のように申請書で明確化する。

（申請書修正案）

【本文】

#### 3. 設計・評価

### 3.1 設計条件

#### (1) 外部火災

大洗研究所(以下「大洗研」という。)敷地外の森林火災が原子炉施設に迫った場合について、原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない設計とする。

大洗研敷地外の近隣工場等(半径 10km 以内)において火災が発生した場合については、評価の結果、原子炉施設の安全性に影響を与える施設は存在しないため、影響を考慮する必要はない。

大洗研敷地内に危険物貯蔵施設屋外タンクについては、その火災に対して評価し原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない十分な離隔距離を確保した設計とする。

大洗研敷地内の高圧ガス貯蔵設備については、その爆発に対して危険限界距離を評価し、原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない十分な離隔距離を確保した設計とする。

大洗研の敷地への航空機墜落により発生する火災に対しては、落下確率から算出される標的面積及び離隔距離から、原子炉施設に熱影響がない設計とする。

また、これらの単一の外部火災だけでなく、森林火災と航空機墜落による火災の重畳及び危険物貯蔵施設屋外タンクと航空機墜落による火災の重畳に対して評価し、原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない設計とする。

上記の火災を想定し、固定モニタリング設備については、代替措置を講じることで安全機能を損なわない設計とする。

### 3.2 評価条件

#### (1) 外部火災

本施設で想定される外部火災として森林火災、近隣の産業施設等の火災・爆発、航空機墜落による火災、森林火災と航空機墜落による火災の重畳及び危険物貯蔵施設屋外タンクと航空機墜落による火災の重畳に対して、外殻のコンクリート表面温度が許容温度を満足する危険距離以上を確保し、また、爆風圧が規定値を下回る危険限界距離以上を確保することにより、防護対象構築物の構造健全性を確保する設計であること。

### 3.3 評価結果

#### (1) 外部火災

本施設で想定される外部火災による影響評価の結果、外殻のコンクリート表面温度が許容温度を満足する危険距離以上を確保し、爆風圧が規定値を下回る危険限界距離以上を確保することにより、防護対象構築物の構造健全性を確保する設計であることを確認した。