

19京大施環化第227号  
令和2年2月21日

原子力規制委員会 殿

国立大学法人 京都大学  
学長 山極 壽一

京都大学複合原子力科学研究所の原子炉施設〔京都大学臨界実験装置（KUCA）〕  
の変更に係る設計及び工事の方法の承認申請書（原子炉建屋壁面（外部火災対策）、炉室内  
ピット、廃液タンクヤード、通信連絡設備、実験設備の連絡設備）  
の一部補正について

令和元年11月22日付19京大施環化第174号を持って申請し、令和元年12月23日  
付19京大環化第196号をもって一部補正しました京都大学複合原子力科学研究所の原  
子炉施設〔京都大学臨界実験装置（KUCA）〕の変更に係る設計及び工事の方法の承認  
申請書（原子炉建屋壁面（外部火災対策）、炉室内ピット、廃液タンクヤード、通信連絡  
設備、実験設備の連絡設備）について、下記のとおり一部補正致します。

#### 記

1. 「3. 原子炉施設の変更に係る設計及び工事の方法」の項目  
「別紙1-1（添付1）」を、別添1の「別紙1-1（添付1）」に示すとおり変  
更する。  
「別紙1-3」を、別添2の「別紙1-3」に示すとおり変更する。

別添 1

原子炉建屋の外部火災に対する壁面温度の評価

1. 目的

京都大学複合原子力科学研究所（以下、研究所）の敷地内への航空機の落下等で発生する火災に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災が起こったとしても安全機能を有する構築物、系統及び機器を内包する原子炉施設に影響を及ぼさないことについて、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」の「附属書 C 原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について」に基づき、評価を実施する。具体的には航空機の落下による火災に加え、研究所内にある危険物タンクの火災を重畳させた場合、研究所周辺の危険物施設の火災を重畳させた場合、および燃料輸送車両の火災が発生した場合でも KUCA 棟の外壁及び内壁の温度が許容限界温度を超えないことを確認する。

2. 航空機落下の火災影響評価

航空機落下確率評価では、カテゴリ別に落下確率を求めている。また、評価において考慮している航空機落下事故については、訓練中の事故等、民間航空機と軍用機（自衛隊機または米軍機）では、その発生状況が必ずしも同一ではなく、軍用機の中でも、機種によって飛行形態が同一ではないと考えられる。したがって、航空機落下による火災影響の評価においては、以下のカテゴリ毎に火災影響を評価することとする。

- a. 計器飛行及び有視界飛行の大型民間航空機の落下事故
- b. 軍用機の落下事故
  - (a) 空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機
  - (b) その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機

3. 航空機落下による火災の熱影響の評価

(1) 航空機落下による火災の想定

航空機落下による火災の想定は以下のとおりとした。

A. 想定条件

A-1 航空機は、当研究所における航空機落下評価の対象航空機のうち、燃料積載量が最大の機種とした。

分類	航空機	選定理由
大型民間航空機 (固定翼、回転翼)	B747-400	民間の大型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
小型民間航空機 (固定翼、回転翼)	Do228-200	民間の小型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
大型軍用航空機 (固定翼、回転翼)	KC-767 (空中給油機)	主要自衛隊航空機の大型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
小型軍用航空機 (固定翼、回転翼)	F-15	主要自衛隊航空機の小型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定

A-2 航空機は燃料を満載した状態を想定した。

A-3 航空機の落下は研究所敷地内であって落下確率が  $10^{-7}$  [回/炉・年]以上になる範囲のうち、原子炉施設への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定した。

A-4 航空機の落下によって燃料に着火し火災が起こることを想定した。

A-5 気象条件は無風状態とした。

A-6 火炎は円筒火災をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の 3 倍とした。

## B. 輻射強度の算定

油火災において任意の位置にある輻射強度（熱）を計算により求めるため、半径が 1.5m 以上の場合で火炎の高さ（輻射体）を半径の 3 倍にした円筒火災モデルを採用した。

## (2) 航空機落下による火災の熱影響の有無の評価

### a. 評価対象範囲

評価対象範囲は、研究所敷地内であって落下確率が  $10^{-7}$  [回/炉・年]以上になる範囲のうち原子炉施設への影響が最も厳しくなる区域とすることから、大型の民間航空機および軍用機の機種を対象とし、落下確率が  $10^{-7}$  [回/炉・年]に相当する標的面積を算出し、その結果から原子炉施設からの離隔距離を求めた。

自然現象の影響を受け易いものとしては建物や屋外の構造物が考えられるが、臨界実験装置の重要安全施設は全て屋内にあるため、防護対象設備としては重要安全施設を内包している原子炉建屋とした。評価内容は原子炉建屋（以下、KUCA 棟）の外壁及び熱伝導による内壁の温度評価を行う。

	臨界実験装置
防護対象設備	KUCA 棟 (原子炉建屋)

### (a) 標的面積の算出

「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の再評価について」（平成 21・06・25 原院第 1 号）に規定されているそれぞれの機種の落下確率を求める式から、落下確率が  $10^{-7}$  [回/炉・年]に相当する面積を求める。なお、有視界飛行方式の小型機については安全側に評価するため 1 を乗じるものとする。

### ① 計器飛行および有視界飛行の大型民間航空機の落下事故

計器飛行の航空機の落下確率  $P_C$  を求める式は以下のとおり。

$$P_C = f_C \cdot N_C \cdot A / W$$

$f_C$  : 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故確率 [回/(飛行回・km)]

$$f_C = G_C / H_C$$

$G_C$  : 巡航中事故件数 [回]

$H_C$  : 延べ飛行距離 [飛行回・km]

$N_C$  : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数 [飛行回/年]

$A$  : 原子炉施設の標的面積 [km<sup>2</sup>]

W : 航空路幅 [km]

	研究所 臨界実験装置	
対象航空路※1	KNE-OHDAI SKE-KAINA SKE-HIDAK SKE-MIKAN	Y753, Y33
$f_c$ ※2	5.32×10 <sup>-11</sup> [回/(飛行回・km)] G <sub>c</sub> : 0.5 [回] H <sub>c</sub> : 9.4×10 <sup>9</sup> [飛行回・km]	
$N_c$ ※3	29,200	32,120
$A$ ※4	0.00152	
$W$ ※5	14	18.52
$P_c$	1.70×10 <sup>-10</sup>	1.41×10 <sup>-10</sup>
$P_c$ (合計)	3.11×10 <sup>-10</sup>	

※1 : エンルートチャート(24 JUL 2014)により確認

※2 : 事故件数は、平成 4 年から平成 23 年までの 20 年間で 0 件のため、保守的に 0.5 件とした。飛行距離は、平成 4 年から平成 23 年の「航空輸送統計年報 第 1 表 総括表 1.輸送実績」における運航キロメートルの国内の値を合計した値。

※3 : 国土交通省への問合せ結果 (ピークデイの値、平成 23 年度) を 365 倍した値

※4 : KUCA 棟の投影面積

※5 : 「航空路の指定に関する告示」、「飛行方式設定基準」及び国土交通省回答を参考とする。なお、RNAV 航路については、航法制度(10NM=18.52km)を航空路の幅とする。

有視界飛行の大型固定翼及び回転翼航空機の落下確率  $P_V$ (固定)、 $P_V$ (回転)を求める式は以下のとおり。

$$P_V = (f_v / S_V) \cdot A \cdot \alpha$$

$f_v$  : 単位年当たりの落下事故確率 [回/年]

$S_V$  : 全国土面積 [km<sup>2</sup>]

A : 原子炉施設の標的面積 [km<sup>2</sup>]

$\alpha$  : 対象航空機の種類による係数

	京都大学複合原子力科学研究所 臨界実験装置	
$f_v$ ※1	大型固定翼機 : 0.5/20 = 0.025[回/年] 大型回転翼機 : 1/20 = 0.05 [回/年]	小型固定翼機 : 35/20 = 1.75 [回/年] 小型回転翼機 : 25/20 = 1.25 [回/年]
$S_V$ ※2	372,000	
A	0.00152	
$\alpha$ ※3	大型固定翼機、大型回転翼機 : 1	小型固定翼機、小型回転翼機 : 1
$P_V$	3.07×10 <sup>-10</sup>	1.23×10 <sup>-8</sup>

※1 : 「平成 25 年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成 25 年 11 月独立行政法人原子力安全基盤機

構)の有視界飛行方式民間航空機の事故件数を用いて算出した。大型固定翼機は、平成4年から平成23年の間で0件であるが、保守的に0.5件とした。

※2:「平成25年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成25年11月独立行政法人原子力安全基盤機構)の値を用いた。

※3:「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」の値を用いた。

以上より、 $P_C+P_V$ (落下確率)が $10^{-7}$  [回/炉・年]に相当する標的面積  $A$  を計算すると以下のとおりとなる。

$$A(\text{大型民間航空機}) = 10^{-7} \text{ [回/炉・年]} / (3.11 \times 10^{-10} + 3.07 \times 10^{-10}) \times 0.00152$$

$$= 0.246 \text{ [km}^2\text{]} = 246,000 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A(\text{小型民間航空機}) = 10^{-7} \text{ [回/炉・年]} / (1.23 \times 10^{-8}) \times 0.00152$$

$$= 0.0124 \text{ [km}^2\text{]} = 12,400 \text{ [m}^2\text{]}$$

## ②軍用機の落下事故

研究所上空には訓練空域がないため、自衛隊機、米軍機の落下確率  $P_{SO}$  を求める式は、以下のとおりとなる。

$$P_{SO} = (f_{SO} / S_O) \cdot A$$

$f_{SO}$  : 単位年当たりの落下事故確率 [回/年]

$S_O$  : 全国土面積から訓練空域の面積を除いた面積 [km<sup>2</sup>]

$A$  : 原子炉施設の標的面積 [km<sup>2</sup>]

航空機種類	研究所 臨界実験装置	
	空中給油機等	その他
$f_{SO}^{*1}$	自衛隊機 : 0.5/20 = 0.025 米軍機 : 1/20 = 0.05	自衛隊機 : 8/20 = 0.40 米軍機 : 4/20 = 0.20
$S_O^{*2}$	自衛隊機 : 295,000 米軍機 : 372,000	自衛隊機 : 295,000 米軍機 : 372,000
$A$	0.00152	
$P_{SO}$	$3.33 \times 10^{-10}$	$2.88 \times 10^{-9}$

※1:「平成25年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成25年11月独立行政法人原子力安全基盤機構)の有視界飛行方式民間航空機の事故件数を用いて算出した。自衛隊機は、平成4年から平成23年の間で0件であるが、保守的に0.5件とした。

※2:「平成25年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成25年11月独立行政法人原子力安全基盤機構)の値を用いた。

以上より、 $P_{SO}$ (落下確率)が $10^{-7}$  [回/炉・年]に相当する標的面積  $A$  をそれぞれ計算すると以下のとおりとなる。

$$A(\text{空中給油機等}) = 10^{-7} \text{ [回/炉・年]} / (3.33 \times 10^{-10}) \times 0.00152$$

$$= 0.455 \text{ [km}^2\text{]} = 455,000 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A(\text{その他の機種}) = 10^{-7} [\text{回/炉} \cdot \text{年}] / (2.88 \times 10^{-9}) \times 0.00152$$

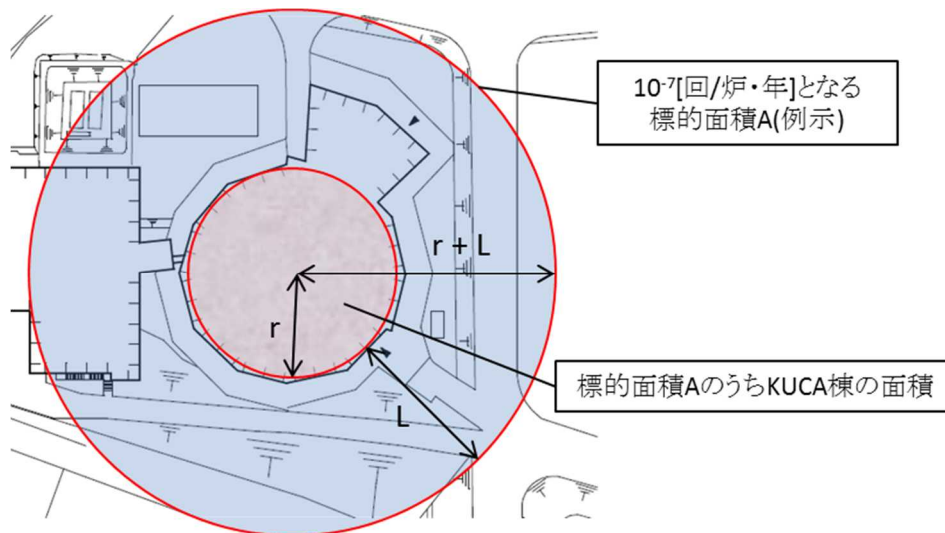
$$= 0.0528 [\text{km}^2] = 52,800 [\text{m}^2]$$

(b)原子炉施設からの離隔距離の算出

(a)で求めた面積と、評価対象となる原子炉施設の周辺に L[m]の離隔距離を含めた火災評価上の標的面積との関係から離隔距離 L を算出した結果は以下のとおりとなった。

項目	大型民間 航空機	小型民間 航空機	自衛隊機又は米軍機	
			空中給油機	その他の機種
想定する航空機	B747-400	Do228-200	KC-767	F-15
離隔距離 L [m]	258	40	359	108

KUCA 棟における標的面積の考え方及び各対象航空機の離隔距離のイメージを以下に示す。

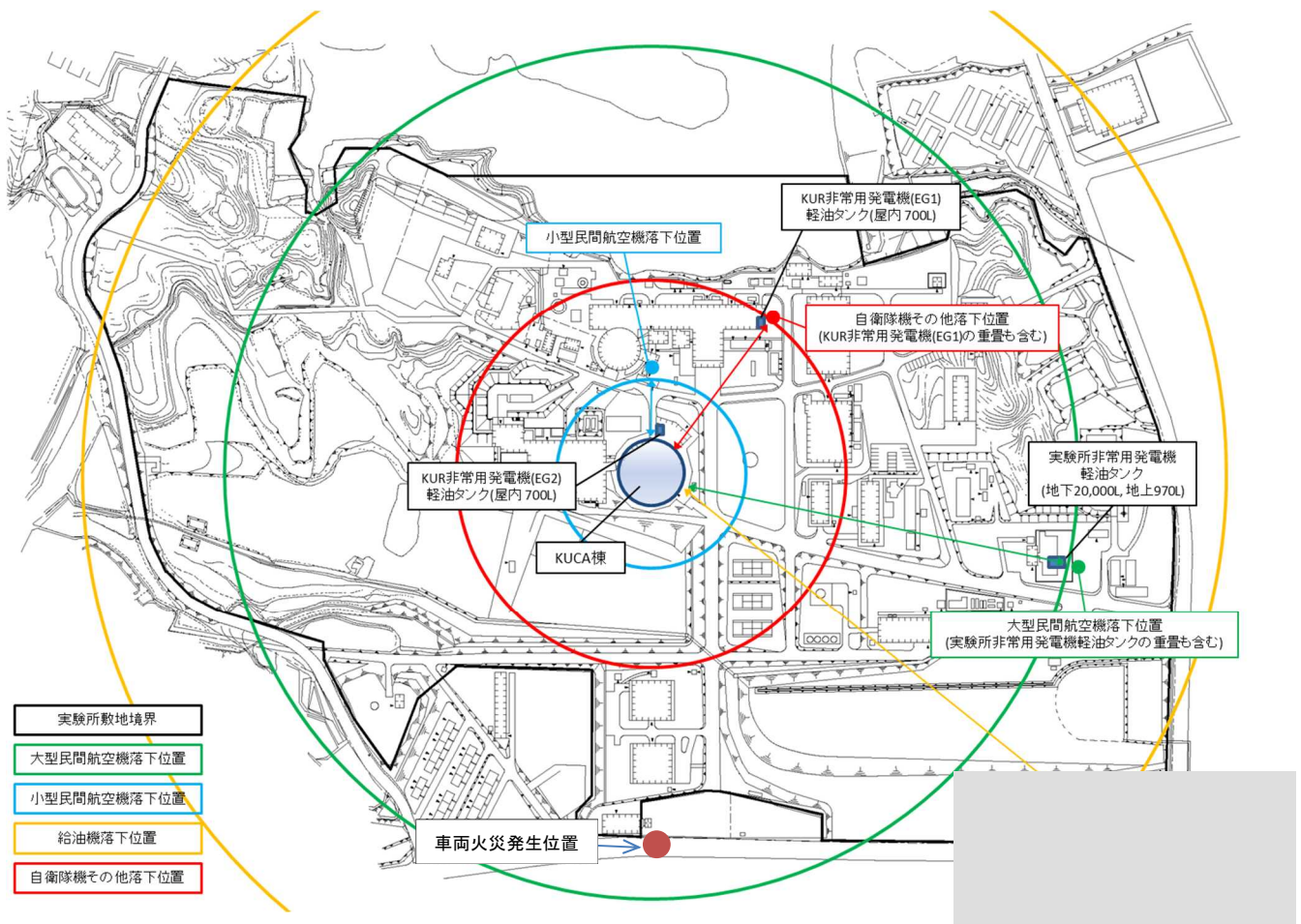


KUCA 棟外壁面から等距離の離隔をとり、 $10^{-7}$ [回/炉・年]となる標的面積を A とした場合、以下の式が成り立つ。

$$A = \pi(r + L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{A}{\pi}} - r$$

	KUCA 棟の半径 r[m]	KUCA 棟の 隔離面積 A[m <sup>2</sup> ]	離隔距離 L[m]
大型民間航空機	22	246,000	258
小型民間航空機		12,400	40
空中給油機等		455,000	359
その他機種		52,800	108



第1図 10<sup>-7</sup>[回/年・回]となる各航空機の落下位置

b. 必要データ

評価に用いるデータを以下に示す。

項目	大型民間航空機	小型民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
			空中給油機等	その他の機種
想定する航空機	B747-400	Do228-200	KC-767	F-15
燃料の種類	Jet A-1	Jet A-1	JP-4	JP-4
燃料量[m <sup>3</sup> ]	216.84	2.39	145.04	14.87
輻射発散度[W/m <sup>2</sup> ]	5.0×10 <sup>4</sup>	5.0×10 <sup>4</sup>	5.8×10 <sup>4</sup>	5.8×10 <sup>4</sup>
燃焼速度[m/s]	4.64×10 <sup>-5</sup>	4.64×10 <sup>-5</sup>	6.71×10 <sup>-5</sup>	6.71×10 <sup>-5</sup>
燃料タンク面積 [m <sup>2</sup> ]	700	26	405.2	44.6
KUCA 棟からの 距離[m]	258	40	359	108

c. 燃焼半径の算出

円筒火災モデルとして評価を実施するため、燃焼半径は航空機の燃料タンクの投影面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。



$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

R: 燃焼半径[m]、S: 燃料タンク投影面積[m<sup>2</sup>]

項目	大型民間航空機	小型民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
			空中給油機	その他機種
燃料タンク面積[m <sup>2</sup> ]	700	26	405.2	44.6
燃焼半径[m]	14.93	2.88	11.36	3.77

d. 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

ただし、

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

Φ: 形態係数[-]、L: 離隔距離[m]、H: 火炎の高さ[m]、R: 燃焼半径[m]

項目	大型民間航空機	小型民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
			空中給油機	その他機種
燃料タンク面積[m <sup>2</sup> ]	700	26	405.2	44.6
燃焼半径[m]	14.93	2.88	11.36	3.77
形態係数	$6.56 \times 10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-2}$	$1.95 \times 10^{-3}$	$2.38 \times 10^{-3}$

e. 輻射強度の評価

火災の火炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。

$$E = R_f \cdot \Phi$$

E: 輻射強度[W/m<sup>2</sup>]、R<sub>f</sub>: 輻射発散度[W/m<sup>2</sup>]、Φ: 形態係数[-]

項目	大型民間航空機	小型民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
			空中給油機	その他機種
輻射発散度	$5.0 \times 10^4$	$5.0 \times 10^4$	$5.8 \times 10^4$	$5.8 \times 10^4$
形態係数	$6.56 \times 10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-2}$	$1.95 \times 10^{-3}$	$2.38 \times 10^{-3}$
輻射強度 [W/m <sup>2</sup> ]	328	508	113	138

f. 燃焼継続時間の算出

燃焼時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi \cdot R^2 \cdot v}, \quad v = \frac{M}{\rho}$$

v: 燃焼速度[m/s]、M: 質量低下速度[kg/(m<sup>2</sup>s)]、ρ: 密度[kg/m<sup>3</sup>]、t: 燃焼継続時間[s]、  
V: 燃料量[m<sup>3</sup>]、R: 燃焼半径[m]

項目	大型民間航空機	小型民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
			空中給油機	その他機種
燃料量[m <sup>3</sup> ]	216.84	2.39	145.04	14.87
燃焼面積πR <sup>2</sup> [m <sup>2</sup> ]	700	26	405.2	44.6
燃焼速度 v[m/s]	4.64×10 <sup>-5</sup>	4.64×10 <sup>-5</sup>	6.71×10 <sup>-5</sup>	6.71×10 <sup>-5</sup>
質量低下速度[kg/(m <sup>2</sup> s)]	0.039	0.039	0.051	0.051
燃料密度[kg/m <sup>3</sup> ]	840	840	760	760
燃焼継続時間[hour]	1.86	0.55	1.48	1.38

g. 判断の考え方（建屋外壁の耐火性能評価）

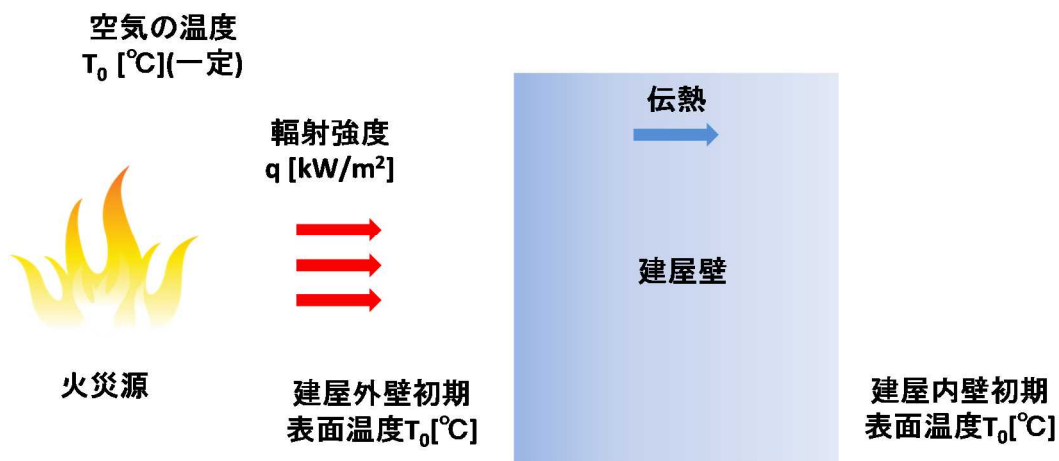
(a) 許容温度

本評価で用いる許容温度については、建屋外壁では一般的にコンクリートの強度に殆ど影響がないとされている 200°C（保守的にコンクリートの圧縮強度が変化しない温度<sup>1)</sup>を想定。）とする。また、建屋内壁温度の制限値は KUCA 棟内に設置される重要安全施設のうち、使用可能温度が最も低いものとし、中心架台駆動装置作動油の動作最高温度である 80°C とする。

1) 河辺伸二ほか：高温加熱を受けた高強度コンクリートの強度特性に関する研究、コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.1, 2003

(b) 耐火性能の評価

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で KUCA 棟外壁が昇温されるものとして、半無限物体の非定常熱伝導方程式<sup>2)</sup>によりコンクリート壁の表面及び裏面の温度上昇を求め、コンクリート壁の表面及び裏面温度が許容温度以下であるか評価を実施した。下記式では建屋外壁及び内壁から空気への熱伝達を考慮しないため、保守的な評価となる。なお、建屋外壁及び内壁の初期温度は、最も温度が上昇する夏場においてコンクリート表面温度は 50°C を上回ることもあるため<sup>3)</sup>、余裕をとり 60°C とした。



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

$T_0$ :初期温度 (60°C)

$q$ :輻射強度 [kW/m<sup>2</sup>]

$\alpha$ :コンクリート温度伝導率

$$[\alpha = \lambda / (\rho \times C_p)]$$

$C_p$ :コンクリート比熱(0.963[kJ/kgK])

$\rho$ :コンクリート密度(2400[kg/m<sup>3</sup>])

$\lambda$ :コンクリート熱伝導率(1.74[W/mK])

$x$ :コンクリート深さ[m]

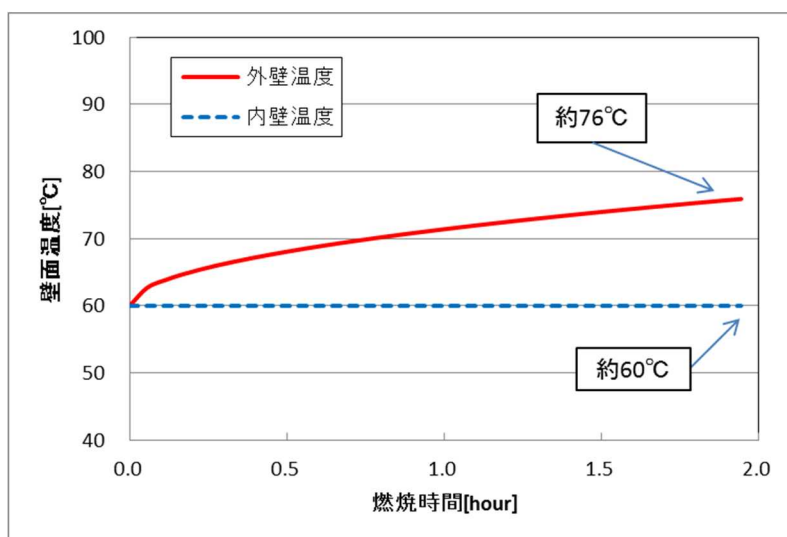
$t$ :燃焼時間[sec]

2)庄司正弘、伝熱工学、東京大学出版

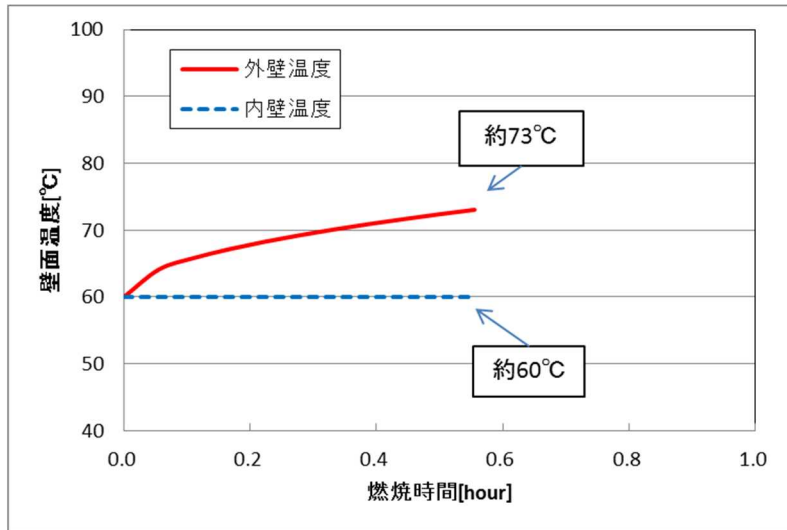
3)ヒートアイランド対策としての屋上緑化の温度低減効果調査、横浜市環境科学研究所報第 27 号 2003

その結果、原子炉施設外壁及び内壁の表面温度は許容温度を下回る。なお、燃焼継続時間以降は、熱源がなくなることから初期温度まで徐々に低下する。

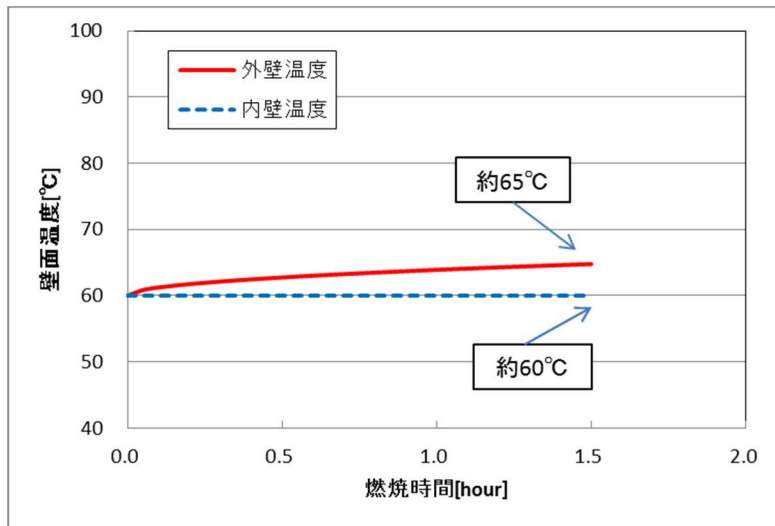
項目	大型民間航空機	小型民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
			空中給油機	その他機種
外壁温度 [°C]	約 76	約 73	約 65	約 66
内壁温度 [°C]	約 60	約 60	約 60	約 60



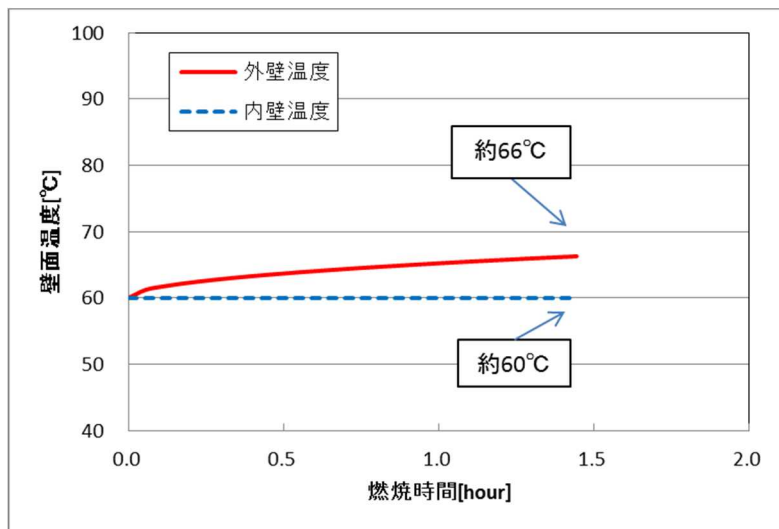
第 2 図 KUCA 棟外壁及び内壁における温度上昇の評価結果(大型民間航空機)



第3図 KUCA 棟外壁及び内壁における温度上昇の評価結果(小型民間航空機)



第4図 KUCA 棟外壁及び内壁における温度上昇の評価結果(空中給油機)



第5図 KUCA 棟外壁及び内壁における温度上昇の評価結果(自衛隊機その他)

h. 研究所内の危険物タンクによる火災との重畳

(a) 重畳する危険物タンクの選定

航空機火災が発生した場合に重畳を考慮する研究所内の危険物タンクを検討する。研究所に存在する危険物施設は以下のとおりである。

No.	施設名称	危険物名称		評価対象
1	KUR 非常用発電機用 (EG1)軽油タンク	軽油		○
2	KUR 非常用発電機用 (EG2)軽油タンク	軽油		×
3	研究所非常用発電機軽油 タンク	軽油		○

航空機落下確率が  $10^{-7}$ [回/炉・年]となる航空機落下位置とその周辺の危険物タンク位置は第1図に示してある。原子炉施設周辺には多量の油を保有する軽油タンクが存在するが、KUR 非常用発電機及び KUCA 非常用発電機の軽油タンクは屋内に設置されており直接航空機火災の影響を受けることはない。しかし、KUR 非常用発電機の軽油タンクについては KUCA 棟に対する自衛隊機その他機種による落下確率が  $10^{-7}$ [回/炉・年]となる航空機落下位置に近い場合、内蔵する軽油が全て燃焼するものとして評価を行う。また、研究所非常用発電機の軽油タンクについてメインタンクは地下に設置されているが、小出槽は地上にあり、大型民間航空機による落下確率が  $10^{-7}$ [回/炉・年]となる航空機落下位置に近い場合、大型民間航空機の落下により地上の小出槽に引火し、さらに地下タンクに内蔵される軽油も全て燃焼するものとして同様に評価を行う。

(b)耐火性能の評価(KUR 非常用発電機用軽油タンクとの重畳)

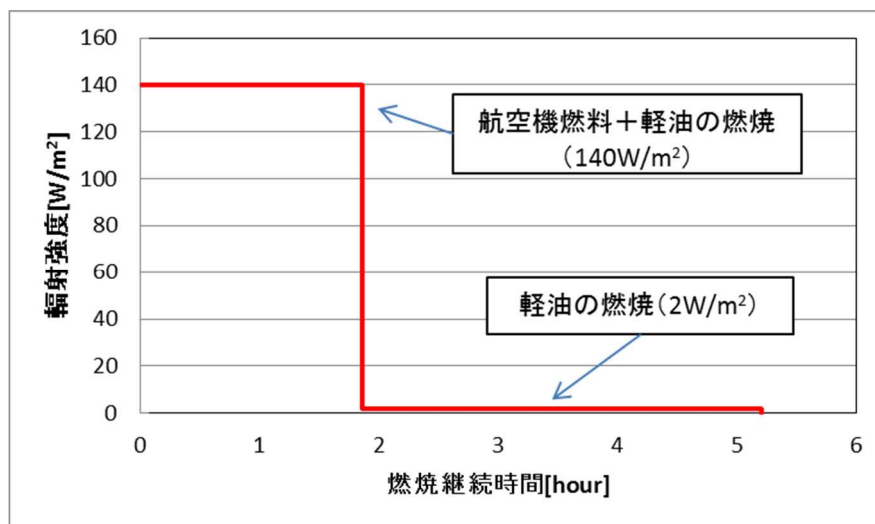
評価に必要なデータ

項目	KUR 非常用発電機用 軽油タンク	自衛隊機 その他の機種
燃料の種類	軽油	JP-4
燃料量[m <sup>3</sup> ]		14.87
輻射発散度[W/m <sup>2</sup> ]	$4.2 \times 10^4$	$5.8 \times 10^4$
燃焼速度[m/s]	$5.50 \times 10^{-5}$	$6.71 \times 10^{-5}$
燃料タンク面積[m <sup>2</sup> ]		44.6
質量低下速度[kg/(m <sup>2</sup> ・s)]	0.044	0.051
燃料密度[kg/m <sup>3</sup> ]	800	760
KUCA 棟からの距離[m]	100	<u>108</u>

形態係数、輻射強度及び燃焼継続時間は前述の式より算出すると以下のようなになる。

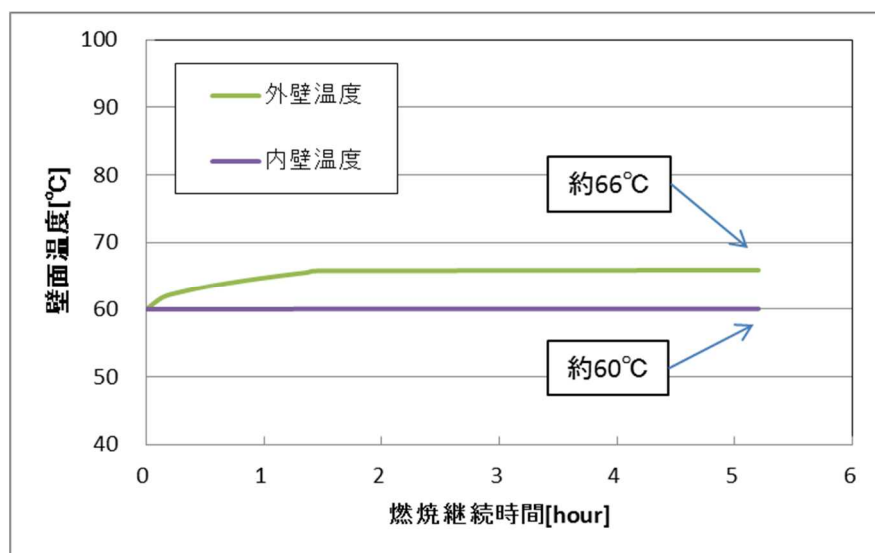
項目	KUR 非常用発電機用 軽油タンク	自衛隊機 その他の機種
離隔距離[m]	100	103
燃焼半径[m]		3.77
形態係数	$4.23 \times 10^{-5}$	$2.61 \times 10^{-3}$
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	2	138
燃焼継続時間[hour]	5.20	1.38

ここで重量を考慮した場合、最も外壁温度が高くなるケースである航空機落下に伴い航空機燃料と KUR 非常用発電機用軽油タンクが同時に発火する場合を考える。この場合における KUCA 棟外壁の輻射発散度の時間変化は第 6 図のとおりとなる。



第 6 図 KUR 非常用発電機用軽油タンク重畳時の輻射発散度の時間変化

前述の KUCA 棟外壁の温度評価式に以上の値を代入して、KUR 非常用発電機用軽油タンク重畳時の KUCA 棟外壁及び内壁の温度を評価すると、KUCA 棟外壁及び内壁の表面温度は許容温度を下回る。



第7図 KUCA 棟外壁及び内壁温度

(c) 耐火性能の評価(研究所非常用発電機用軽油タンクとの重畳)

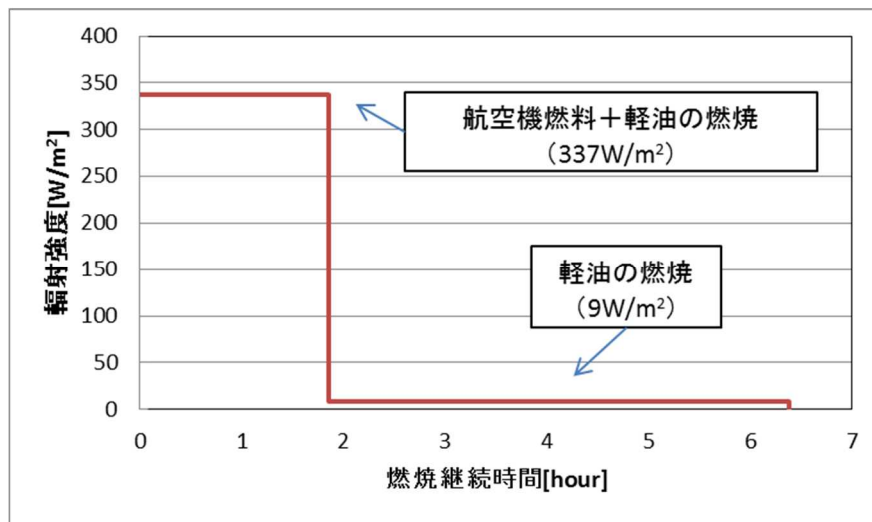
評価に必要なデータ

項目	研究所非常用発電機用 軽油タンク	大型民間航空機
燃料の種類	軽油	Jet A-1
燃料量[m <sup>3</sup> ]	■	216.84
輻射発散度[W/m <sup>2</sup> ]	$4.2 \times 10^4$	$5.0 \times 10^4$
燃焼速度[m/s]	$5.50 \times 10^{-5}$	$4.64 \times 10^{-5}$
燃料タンク面積[m <sup>2</sup> ]	■	700
質量低下速度[kg/(m <sup>2</sup> ・s)]	0.044	0.039
燃料密度[kg/m <sup>3</sup> ]	800	840
KUCA 棟からの距離[m]	250	258

形態係数、輻射強度及び燃焼継続時間は前述の式より算出すると以下ようになる。

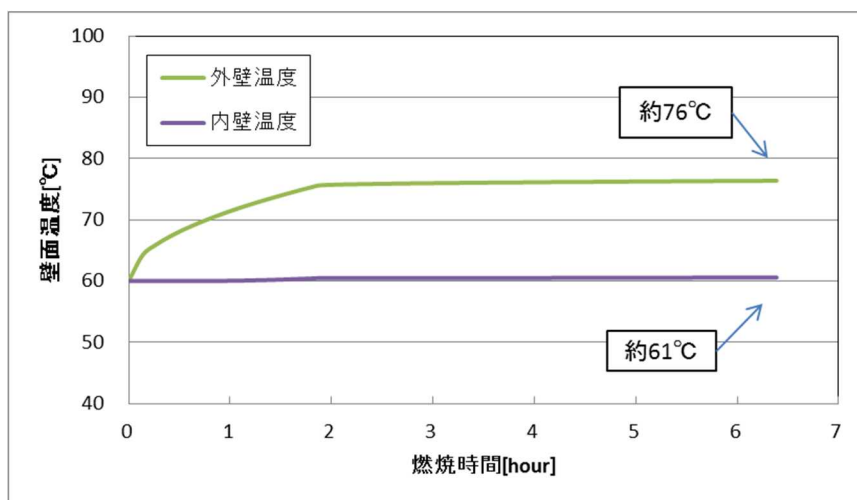
項目	研究所非常用発電機用 軽油タンク	大型民間航空機
離隔距離[m]	250	258
燃焼半径[m]	■	14.93
形態係数	$4.23 \times 10^{-5}$	$6.56 \times 10^{-3}$
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	9	328
燃焼継続時間[hour]	6.38	1.86

ここで重畳を考慮した場合、KUR 非常用発電機用軽油タンクの重畳の場合と同様に航空機落下に伴い航空機燃料と研究所非常用発電機用軽油タンクが同時に発火する場合を考える。この場合における KUCA 棟の建屋外壁の輻射発散度の時間変化は第8図のとおりとなる。



第 8 図 研究所非常用発電機用軽油タンク重畳時の輻射発散度の時間変化

前述の KUCA 棟外壁の温度評価式に以上の値を代入して、研究所非常用発電機用軽油タンク重畳時の KUCA 棟の外壁及び内壁の温度を評価すると、外壁及び内壁の表面温度は許容温度を下回る。



第 9 図 KUCA 棟外壁及び内壁温度

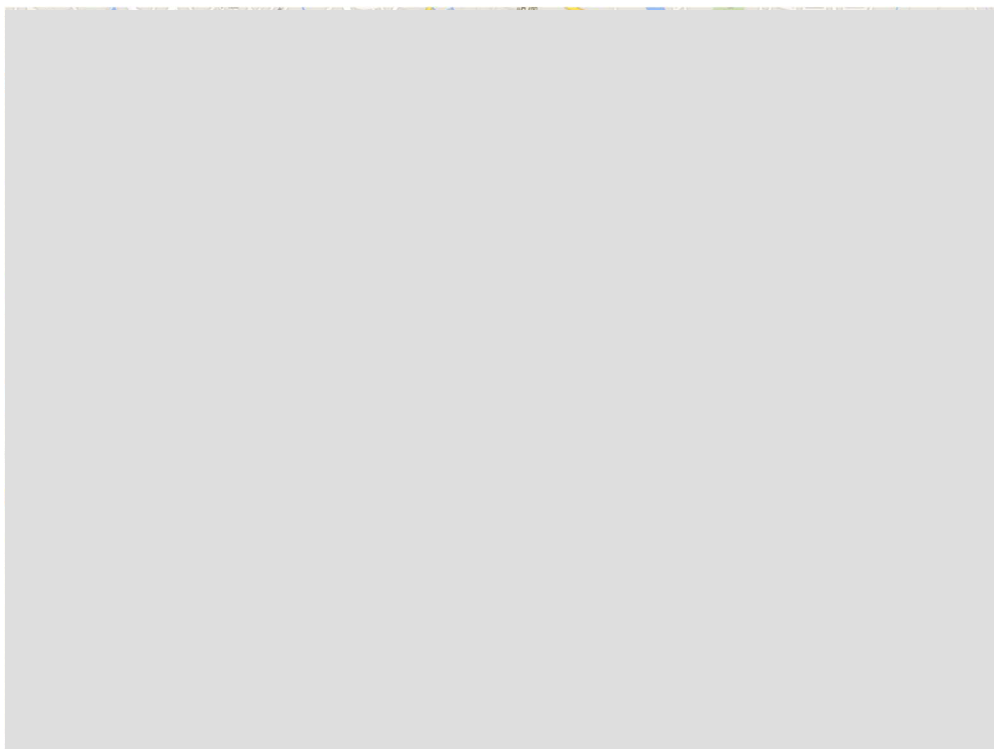
i. 研究所周辺の危険物施設の火災との重畳

(a) 重畳する危険物タンクの選定

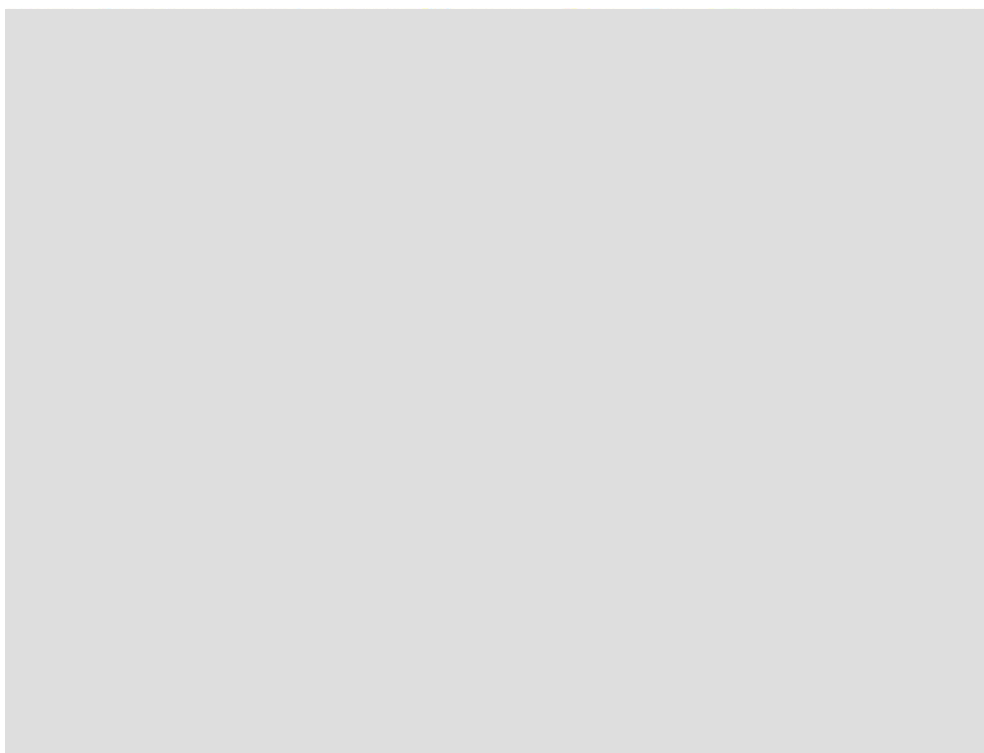
研究所周辺には第 10 図のように [redacted] が存在し、それぞれに石油一類を保管する危険物タンクが存在する。これらのうち、KUCA 原子炉建屋に最も近いのは [redacted] 一方、危険物貯蔵量が最大となるのは [redacted] 影響評価においては [redacted] で燃焼したと仮定し、さらに [redacted] 同時に燃焼したと仮定する。落下する航空機については評価が一番厳しくなる大型民間航空機とし、落下確率が 10<sup>-7</sup>[回/炉・年]となる航空機落下位置に落下するものとする。



なお、これら以外のガソリンスタンドについては、原子炉施設からの距離が2倍以上離れており(第11図)、今回の評価に包含される。



第10図 研究所周辺の危険物取扱事業所(地図データ: ©2015 Google, ZENRIN)



第11図 研究所周辺のガソリンスタンド(地図データ: ©2015 Google, ZENRIN)

(b) 耐火性能の評価

評価に必要なデータ

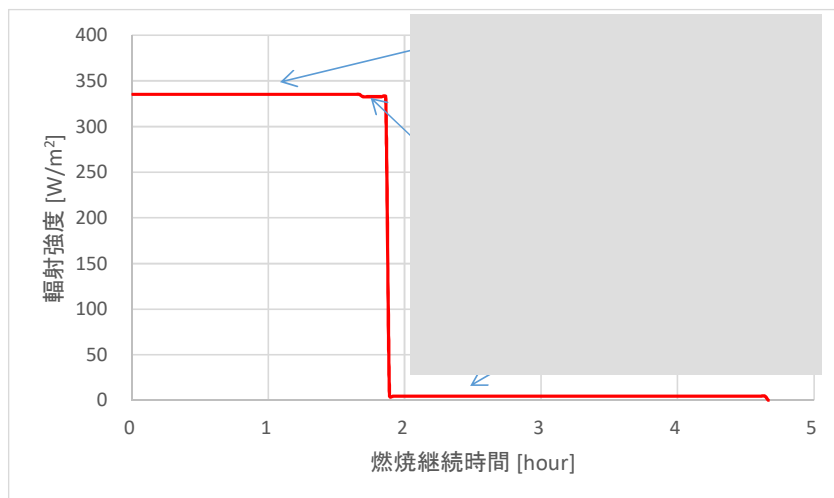
項目			大型民間航空機
燃料の種類	ガソリン	ガソリン	JET A-1
燃料量[m <sup>3</sup> ]			216.84
輻射発散度[W/m <sup>2</sup> ]	$5.8 \times 10^4$	$5.8 \times 10^4$	$5.0 \times 10^4$
燃焼速度[m/s]	$7.43 \times 10^{-5}$	$7.43 \times 10^{-5}$	$4.64 \times 10^{-5}$
燃料タンク面積[m <sup>2</sup> ]			700
質量低下速度[kg/(m <sup>2</sup> ・s)]	0.055	0.055	0.039
燃料密度[kg/m <sup>3</sup> ]	740	740	840
KUCA 棟からの距離[m]	310	420	258

- 1) [Redacted]
- 2) [Redacted]
- 3) [Redacted]

形態係数、輻射強度及び燃焼継続時間は前述の式より算出すると以下のようになる。

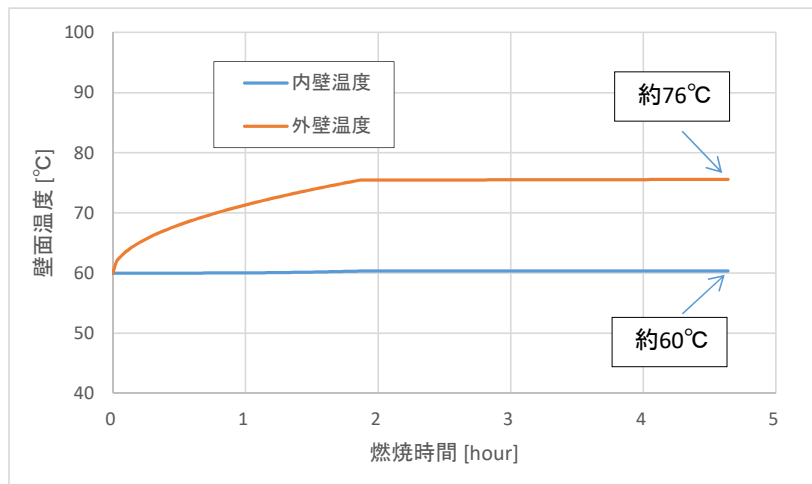
項目	危険物タンク	ガソリンスタンド	大型民間航空機
燃焼半径[m]			14.93
形態係数	$4.49 \times 10^{-5}$	$8.24 \times 10^{-5}$	$6.56 \times 10^{-3}$
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	2.6	4.8	328
燃焼継続時間[hour]	1.65	4.65	1.86

ここで重畳を考慮した場合、非常用発電機用軽油タンクの重畳の場合と同様に航空機落下に伴い航空機燃料とこれらのタンクが同時に発火する場合を考える。この場合における KUCA 棟外壁の輻射強度の時間変化は第 12 図のとおりとなる。



第 12 図 周辺危険物施設火災重畳時の輻射発散度の時間変化

前述の KUCA 棟外壁の温度評価式に以上の値を代入して、研究所周辺の危険物施設火災の重畳時の KUCA 棟の外壁及び内壁の温度を評価すると、第 13 図に示すとおり外壁及び内壁の表面温度は許容温度を下回る。



第 13 図 周辺危険物施設火災重畳時の KUCA 棟外壁及び内壁温度

#### j. 燃料輸送車両の火災影響評価

##### (a) 燃料輸送車両の火災の想定条件

- ・最大規模の液化石油ガス輸送車両またはタンクローリーで火災発生したとする。
- ・液化石油ガス輸送車両の輸送燃料は液化プロパン（LPG）で、輸送車両中の最大クラスのもの（16 トン）とする。
- ・タンクローリーの輸送燃料はガソリンで、輸送車両中の最大クラスのもの（30m<sup>3</sup>）とする。
- ・両車両とも燃料を満載した状態で、KUCA 棟から最も近い研究所敷地周辺道路（研究所正門前）で火災発生したとする。

##### (b)耐火性能の評価

評価に必要なデータ

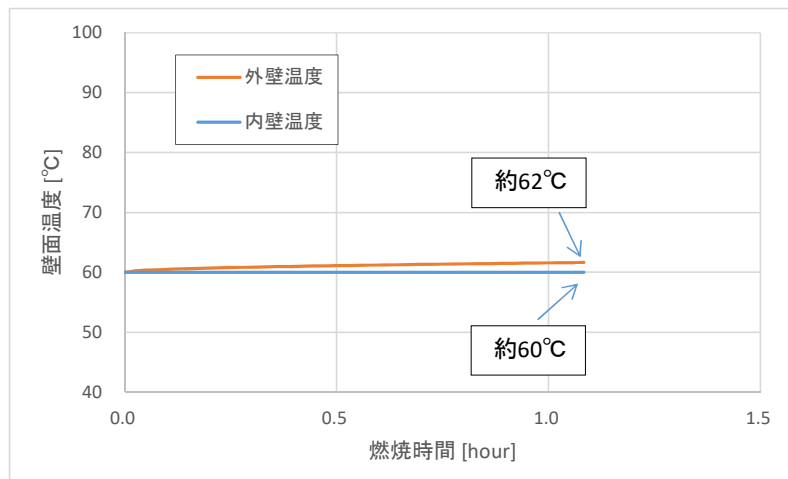
項目	液化石油ガス輸送車両	タンクローリー
燃料の種類	LPG	ガソリン
燃料量	16 [トン]	30 [m <sup>3</sup> ]
輻射発散度[W/m <sup>2</sup> ]	$7.4 \times 10^4$	$5.8 \times 10^4$
燃焼速度[m/s]	$1.69 \times 10^{-4}$	$7.43 \times 10^{-5}$
燃料タンク面積[m <sup>2</sup> ]	41.25 <sup>1)</sup>	41.25 <sup>1)</sup>
質量低下速度[kg/(m <sup>2</sup> ・s)]	0.099	0.055
燃料密度[kg/m <sup>3</sup> ]	585	740
KUCA 棟からの距離[m]	200	200

1) 車両長：16.5[m] (車両制限令)、車両幅：2.5[m] (道路運送車法の保安基準) とした

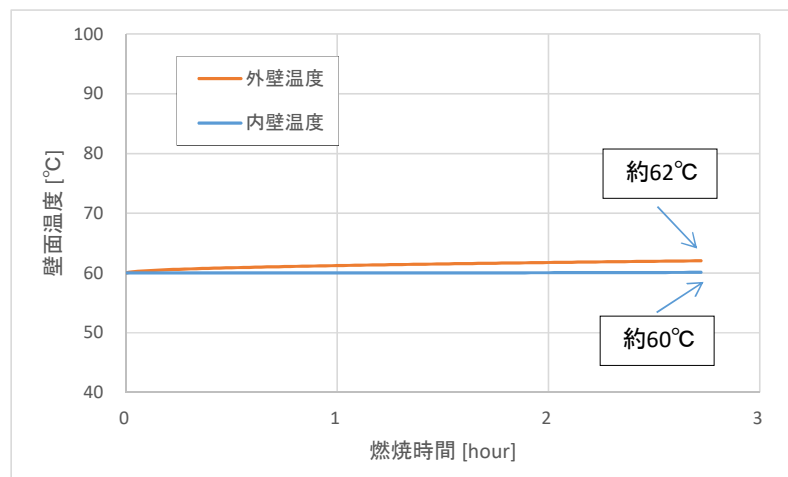
形態係数、輻射強度及び燃焼継続時間は前述の式より算出すると以下のようになる。

項目	液化石油ガス輸送車両	タンクローリー
燃焼半径[m]	3.62	3.62
形態係数	$6.35 \times 10^{-4}$	$6.35 \times 10^{-4}$
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	4.7	3.7
燃焼継続時間[hour]	1.09	2.72

前述の KUCA 棟外壁の温度評価式に以上の値を代入して、KUCA 棟の外壁及び内壁の温度を評価すると、第 14 図に示すとおり液化石油ガス輸送車両の火災の場合、および第 15 図に示すとおりタンクローリーの火災の場合ともに外壁及び内壁の表面温度は許容温度を下回る。



第 14 図 液化石油ガス輸送車両火災時の KUCA 棟外壁及び内壁温度



第 15 図 タンクローリー火災時の KUCA 棟外壁及び内壁温度

#### 4. 評価結果のまとめ

以上の結果から、航空機落下等において火災が発生した場合を想定したとしても、KUCA 棟の外壁及び内壁の温度が許容限界温度を超えないことから、安全機能を有する構築物、系統及び機器を内包する原子炉施設に影響をおよぼすことはない。

以上

## 別添 2

別紙 1-3

# 設 計 及 び 工 事 の 方 法

(通信連絡設備、実験設備の連絡設備)

## 目次

1. 申請区分及び申請範囲	3- 1
2. 準拠した基準及び規格	3- 1
3. 設計	3- 1
3.1 設計条件	3- 1
3.2 設計仕様	3- 1
4. 工事の方法	3- 2
4.1 適用規則及び工事の手順・方法	3- 2
4.2 試験・検査項目	3- 2
図-1 研究所内の各建屋	3- 3
図-2 スピーカー配置図（臨界集合体棟 1階平面図）	3- 4
図-3 スピーカー配置図（臨界集合体棟 2階平面図）	3- 5
図-4 固定電話配置図（炉室地階）	3- 6
図-5 固定電話配置図（炉室1階）	3- 7
表-1 試験研究の用に供する原子炉等の設計及び工事の方法の技術基準に 関する規則への適合状況の確認と設計上の要求事項に対する確認事項	3- 8



## 1. 申請区分及び申請範囲

本申請では通信連絡設備、及び実験設備の連絡設備について記載する。

### (1) 通信連絡設備

本申請区分は「試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則」（平成 27 年 8 月 31 日原子力規制委員会）の第三条第三号の「チ その他試験研究用等原子炉の付属施設」に該当する。

今回の申請範囲は原子炉設置変更承認申請書の本文の「ヘ. 計測制御系統施設の構造及び設備」に該当する。

### (2) 実験設備の連絡設備

本申請区分は「試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則」（平成 27 年 8 月 31 日原子力規制委員会）の第三条第三号の「チ その他試験研究用等原子炉の付属施設」に該当する。

今回の申請範囲は原子炉設置変更承認申請書の本文の「ヌ. その他原子炉の付属施設の構造及び設備」に該当する。

## 2. 準拠した基準及び規格

(1) 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律

(2) 試験研究の用に供する原子炉等の設計及び工事の方法の技術基準に関する規則

## 3. 設計

### 3.1 設計条件

#### (1) 通信連絡設備

設計基準事故が発生した場合において原子炉制御室、及び中央管理室から複合原子力科学研究所（以下、研究所）内の人に対し必要な指示を行うことができること。

#### (2) 実験設備の連絡設備

実験設備であるパルス状中性子発生装置及び中性子発生設備が設置されている場所と原子炉制御室との間で相互に連絡することができること。

### 3.2 設計仕様

#### (1) 通信連絡設備

(a) 原子炉制御室、及び中央管理室に研究所内の各建屋に放送を行うことができる放送設備を 1 基ずつ設ける。研究所内の各建屋を図－1「研究所内の各建屋」に示す。

放送設備は同等以上の性能を有するものと交換できるものとする。

なお、中央管理室の放送設備は研究用原子炉（KUR）との共用設備である。

(b) 臨界集合体棟内に15個スピーカーを設ける。

スピーカー配置図を「スピーカー配置図（臨界集合体棟 1階平面図）」図-2、「スピーカー配置図（臨界集合体棟 2階平面図）」図-3に示す。

スピーカーは同等以上の性能を有するもの交換できるものとする。

## (2) 実験設備の連絡設備

パルス状中性子発生装置が設置されている炉室の加速器室、中性子発生設備が設置されている炉室のA架台室、及び原子炉制御室に、原子炉制御室と炉室間の相互連絡を行うことができる固定電話を1台ずつ、計3台設置する。なお、原子炉制御室の電話は、中央管理室と原子炉制御室との連絡が可能な所内電話と共用するものとする。

固定電話配置図を「固定電話 配置図（炉室地階）」図-4、「固定電話 配置図（炉室1階）」図-5に示す。

固定電話は同等以上の性能を有するものと交換できるものとする。

## 4. 工事の方法

### 4.1 適用規則及び工事の手順・方法

本申請の設備は既設のものであるため工事は伴わない。

「試験研究の用に供する原子炉等の設計及び工事の方法の技術基準に関する規則への適合状況の確認と設計上の要求事項に対する確認事項」を表-1に示す。

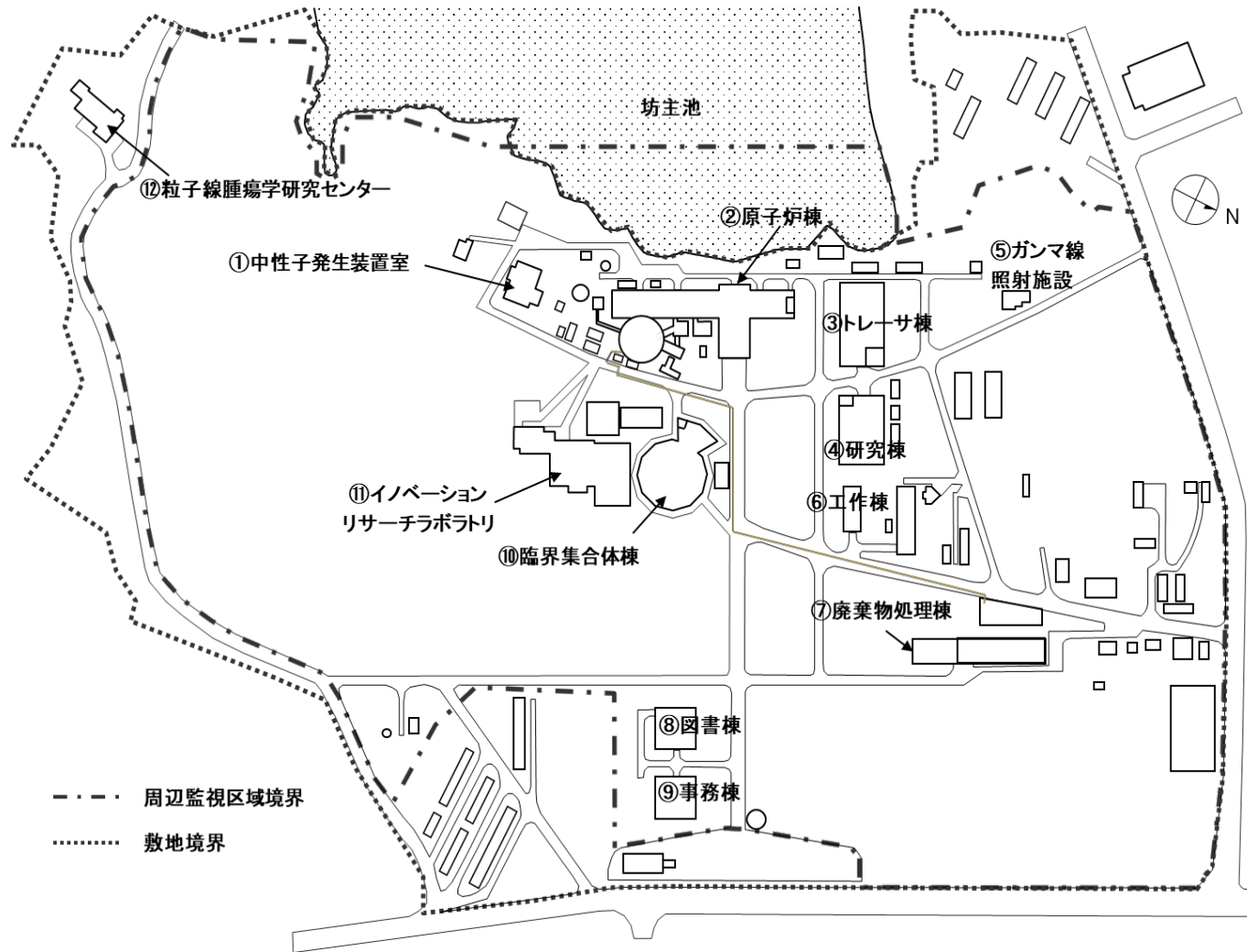
### 4.2 試験・検査項目

#### (1) 員数検査

各設備が所定の場所に設置されていることを確認する。

#### (2) 作動検査

各設備が設計仕様を満たすことを確認する。



①中性子発生装置室	⑦廃棄物処理棟
②原子炉棟	⑧図書棟
③トレーサ棟	⑨事務棟
④研究棟	⑩臨界集合体棟
⑤ガンマ線照射施設	⑪イノベーションリサーチラボラトリ
⑥工作棟	⑫粒子線腫瘍学研究センター

図-1 研究所内の各建屋

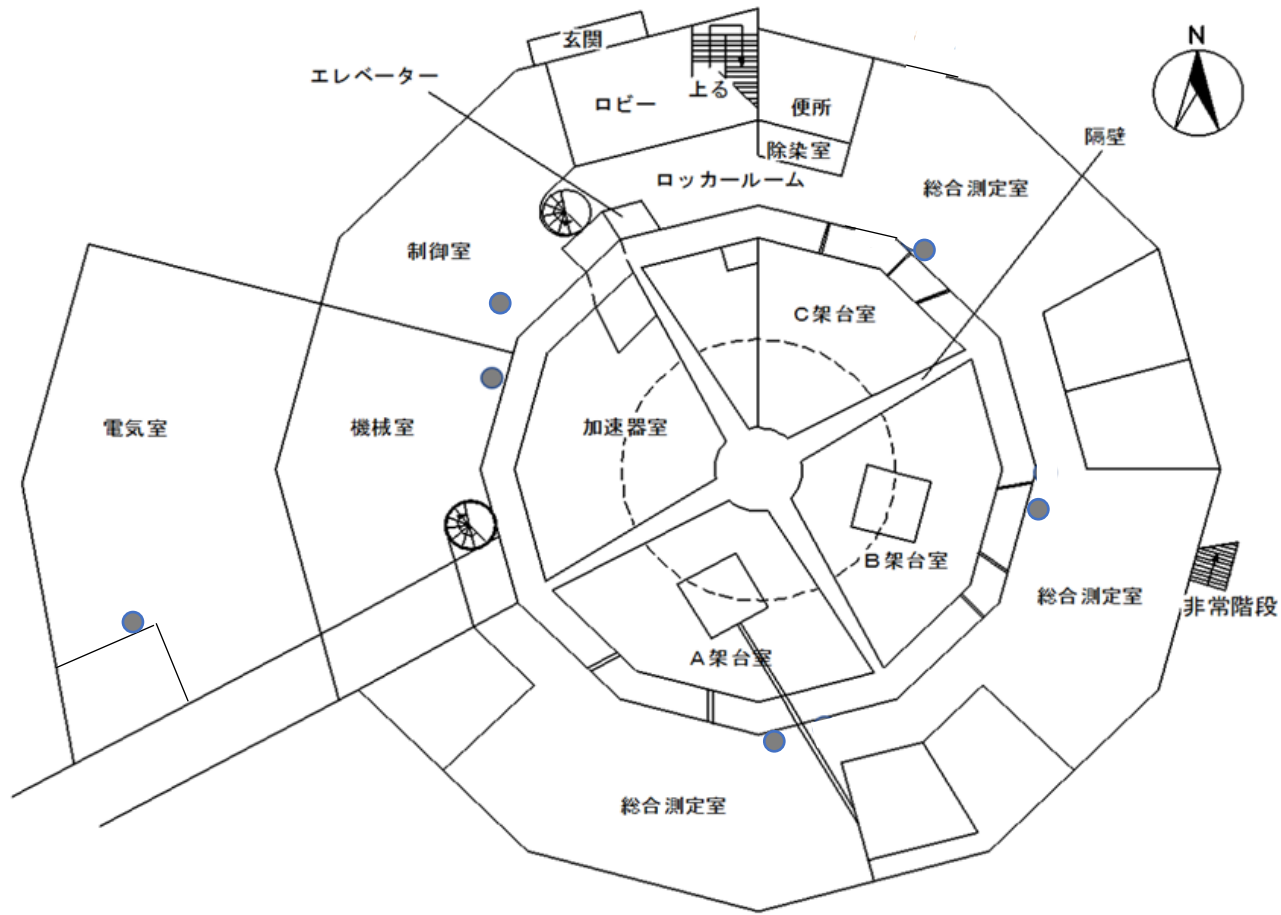


図-2 スピーカー配置図（臨界集合体棟 1階平面図）

● スピーカー

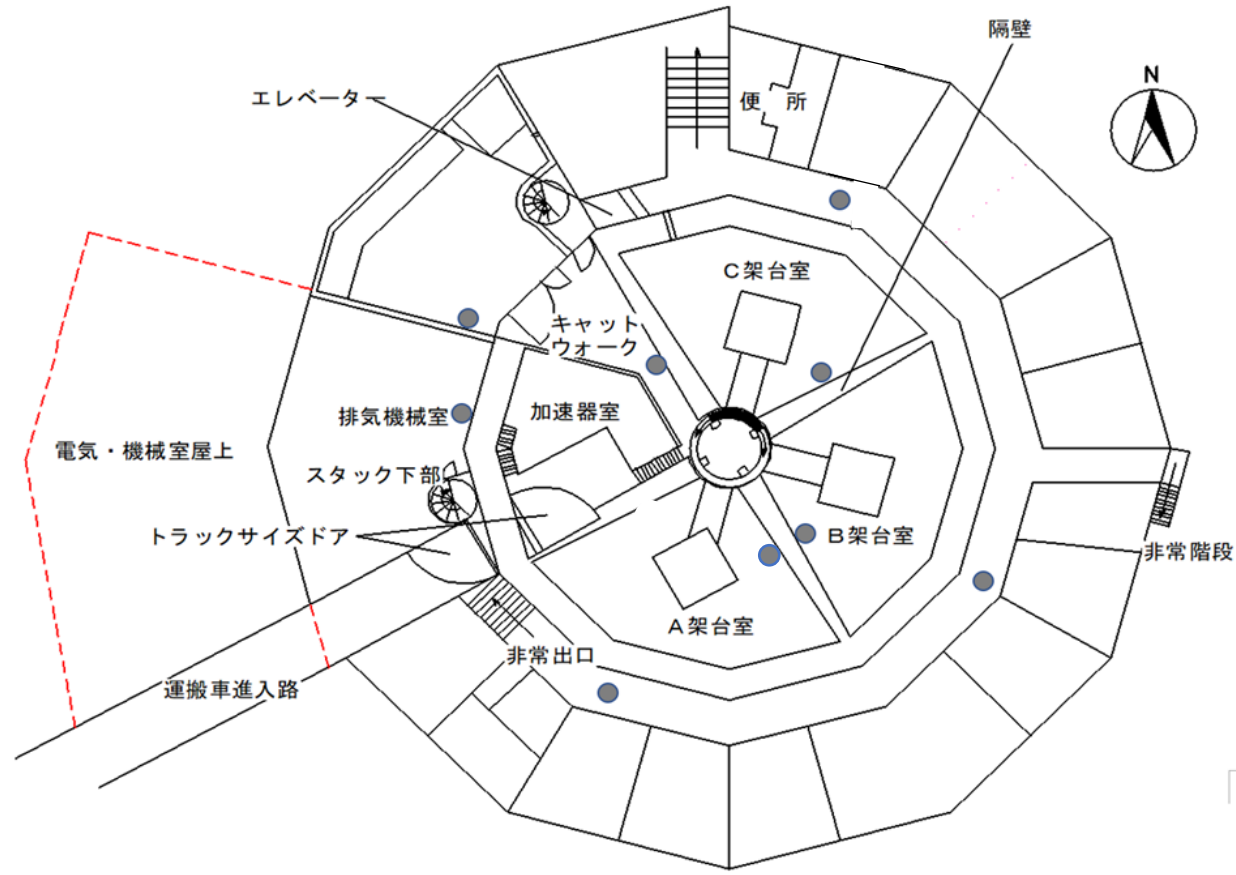


図-3 スピーカー配置図 (臨界集合体棟 2階平面図)

● スピーカー

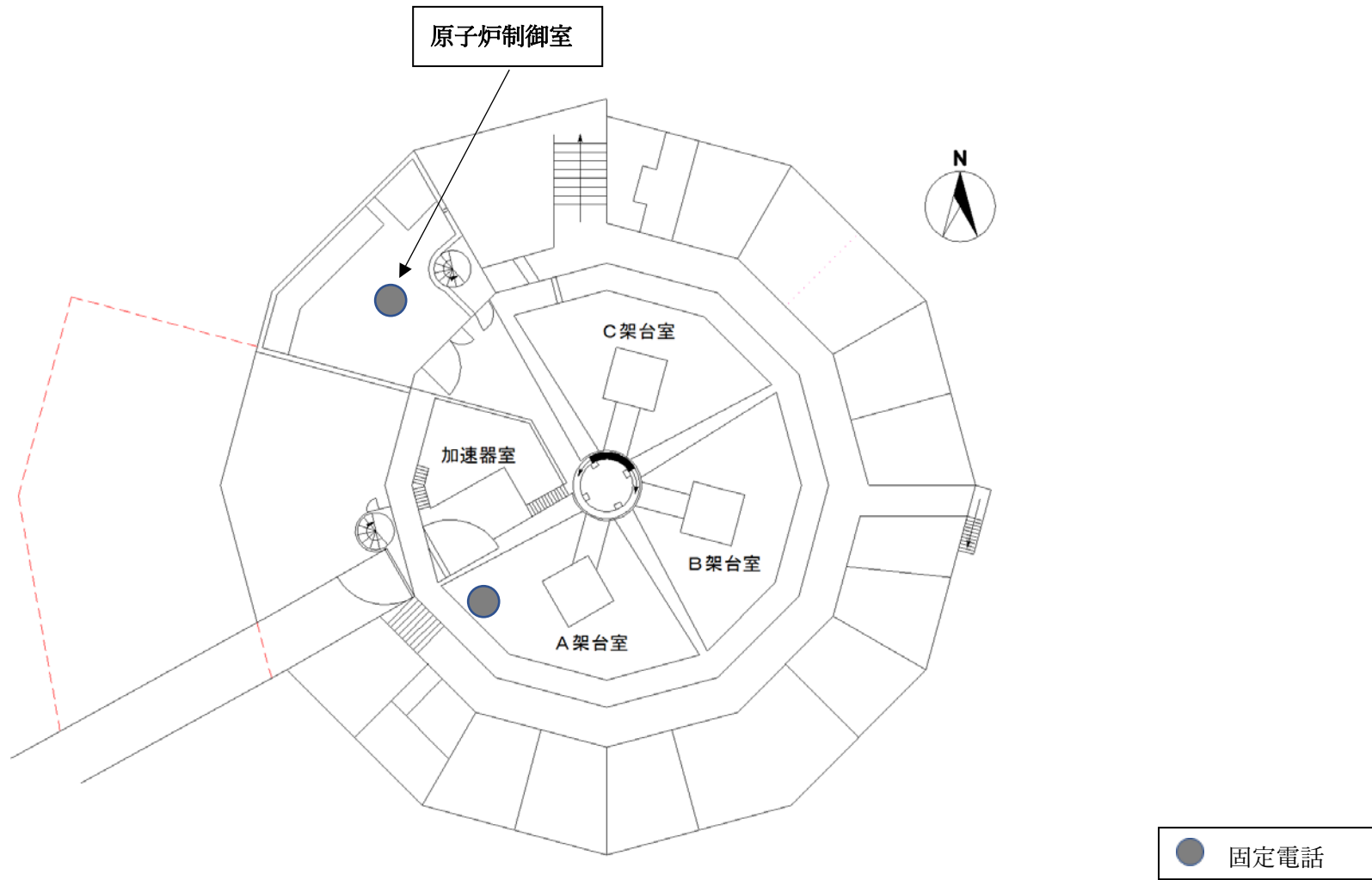


図-4 固定電話配置図（臨界集合体棟 炉室地階）

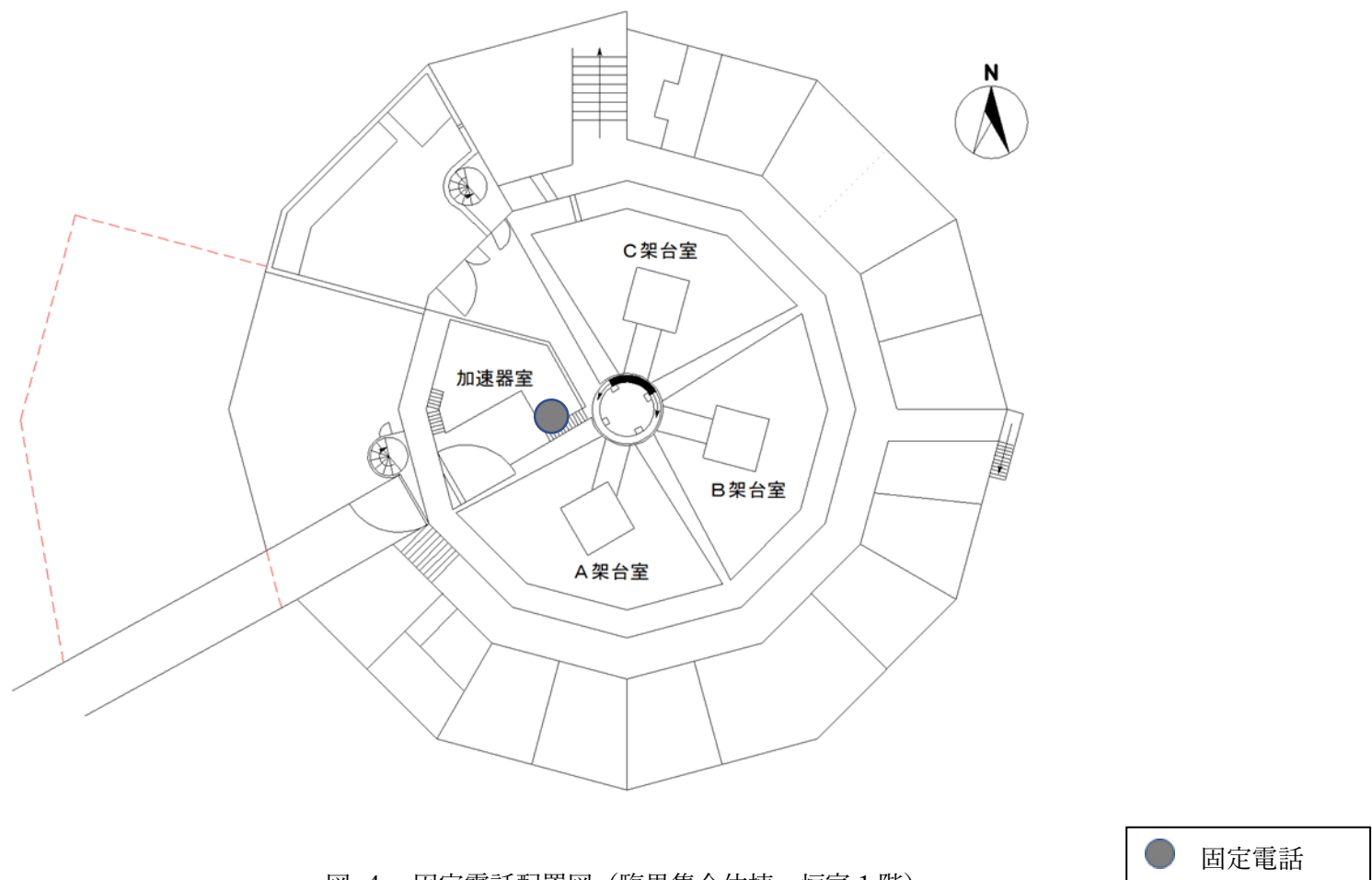


図-4 固定電話配置図（臨界集合体棟 炉室 1階）

表-1 試験研究の用に供する原子炉等の設計及び工事の方法の技術基準に関する規則への適合状況の確認と設計上の要求事項に対する確認事項（該当する条項の項目のみを記載）

試験研究の用に供する原子炉等の設計及び工事の方法の技術基準に関する規則（本件工事該当条文）	対象及び組立品	設計上の要求事項	設計上の要求事項に対する確認事項	検査事項
<p>（通信連絡設備等）</p> <p>第二十一条の三 工場等には、設計基準事故が発生した場合において工場等内の人に対し必要な指示ができるよう、通信連絡設備を施設しなければならない。</p> <p>2 工場等には、設計基準事故が発生した場合において当該試験研究用等原子炉施設外の通信連絡をする必要がある場所と通信連絡ができるよう、多重性又は多様性を確保した通信回線を施設しなければならない。</p>	<p>第1項 放送設備</p> <p>第2項 該当なし</p>	<p>第1項 設計基準事故が発生した場合に、研究所内の人に対し必要な指示を行うことができること。</p> <p>第2項 該当なし</p>	<p>第1項</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉制御室、及び中央管理室に研究所内の各建屋に放送を行うことができる放送設備が1基ずつ設置されていること。</li> <li>図-2及び図-3で示された場所にスピーカーが15個設置されていること。</li> </ul> <p>第2項 該当なし</p>	<p>員数検査</p> <p>作動検査</p>



<p>(実験設備等)</p> <p>第三十条 試験研究用等原子炉施設に設置される実験設備（試験研究用等原子炉を利用して材料試験その他の実験を行う設備をいう。）及び利用設備（試験研究用等原子炉を利用して分析、放射性同位元素の製造、医療その他の行為を行うための設備をいう。）（以下「実験設備等」と総称する。）は、次に掲げるものでなければならない。</p> <p>一 実験設備等の損傷その他の実験設備等の異常が発生した場合においても、試験研究用等原子炉の安全性を損なうおそれがないものであること。</p> <p>二 実験物の移動又は状態の変化が生じた場合においても、運転中の試験研究用等原子炉に反応度が異常に投入されないものであること。</p> <p>三 放射線又は放射性物質の著しい漏えいのおそれがないものであること。</p> <p>四 試験研究用等原子炉施設の健全性を確保するために実験設備等の動作状況、異常の発生状況、周辺環境の状況その他の試験研究用等原子炉の安全上必要なパラメータを原子炉制御室に表示できるものであること。</p> <p>五 実験設備等が設置されている場所は、原子炉制御室と相互に連絡することができる場所であること。</p>	<p>第一号 該当なし</p> <p>第二号 該当なし</p> <p>第三号 該当なし</p> <p>第四号 該当なし</p> <p>第五号 固定電話</p>	<p>第一号 該当なし</p> <p>第二号 該当なし</p> <p>第三号 該当なし</p> <p>第四号 該当なし</p> <p>第五号 実験設備近傍に原子炉制御室と相互に連絡することができる設備が設置されていること。</p>	<p>第一号 該当なし</p> <p>第二号 該当なし</p> <p>第三号 該当なし</p> <p>第四号 該当なし</p> <p>第五号 ・固定電話が炉室内の A 架台室、加速器室、及び原子炉制御室に 1 台ずつ設置されていること。 ・原子炉制御室と相互に連絡することができること。</p>	<p>員数検査</p> <p>作動検査</p>
---	---	---	---	-------------------------