

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）

第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）

（その2：耐外部火災設計）

2023年1月26日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

大洗研究所高速実験炉部

第6条：外部からの衝撃による損傷の防止

(その2：耐外部火災設計)

目次

1. 要求事項の整理
2. 設置許可申請書における記載
3. 設置許可申請書の添付書類における記載
  - 3.1 安全設計方針
  - 3.2 気象等
  - 3.3 設備等
4. 要求事項への適合性
  - 4.1 基本方針
  - 4.2 耐外部火災設計
  - 4.3 要求事項（試験炉設置許可基準規則第6条）への適合性説明

(別紙)

別紙1：外部火災に対する安全施設の安全機能の確保

別紙2：森林火災における発火点の設定

別紙3：大洗研究所の植生

別紙4：森林火災の評価における火炎中の風速の補正

別紙5：森林火災の影響評価における火災諸元の設定

別紙6：大洗研究所と鹿島臨海地区石油コンビナート等特別防災区域の位置

別紙7：影響評価の対象とする危険物貯蔵施設等の位置

別紙8：航空機落下に係る離隔距離

別紙9：森林火災に係る熱的影響評価結果

別紙10：コンクリートの許容値の設定

別紙11：熱的影響評価の対象壁の位置及び建物内部への熱影響

別紙12：危険物屋外タンクに係る火災諸元の設定及び熱的影響評価結果

別紙 13 : 高圧ガス貯蔵設備に係る熱的影響評価結果

別紙 14 : 危険物を搭載した車両の火災・爆発に係る火災諸元の設定及び熱的影響評価結果

別紙 15 : 航空機落下による火災に係る火災諸元の設定及び熱的影響評価結果

別紙 16 : 航空機落下による火災と森林火災等の重畳

別紙 17 : 防火帯の設置計画

別紙 18 : 外部火災の二次的影響に対する防護措置

別紙 19 : 自衛消防隊の資機材及び活動体制

別紙 20 : 「常陽」森林火災評価の特徴

(添付)

添付 1 : 設置許可申請書における記載

添付 2 : 設置許可申請書の添付書類における記載 (安全設計)

添付 3 : 設置許可申請書の添付書類における記載 (適合性)

本日ご提示範囲

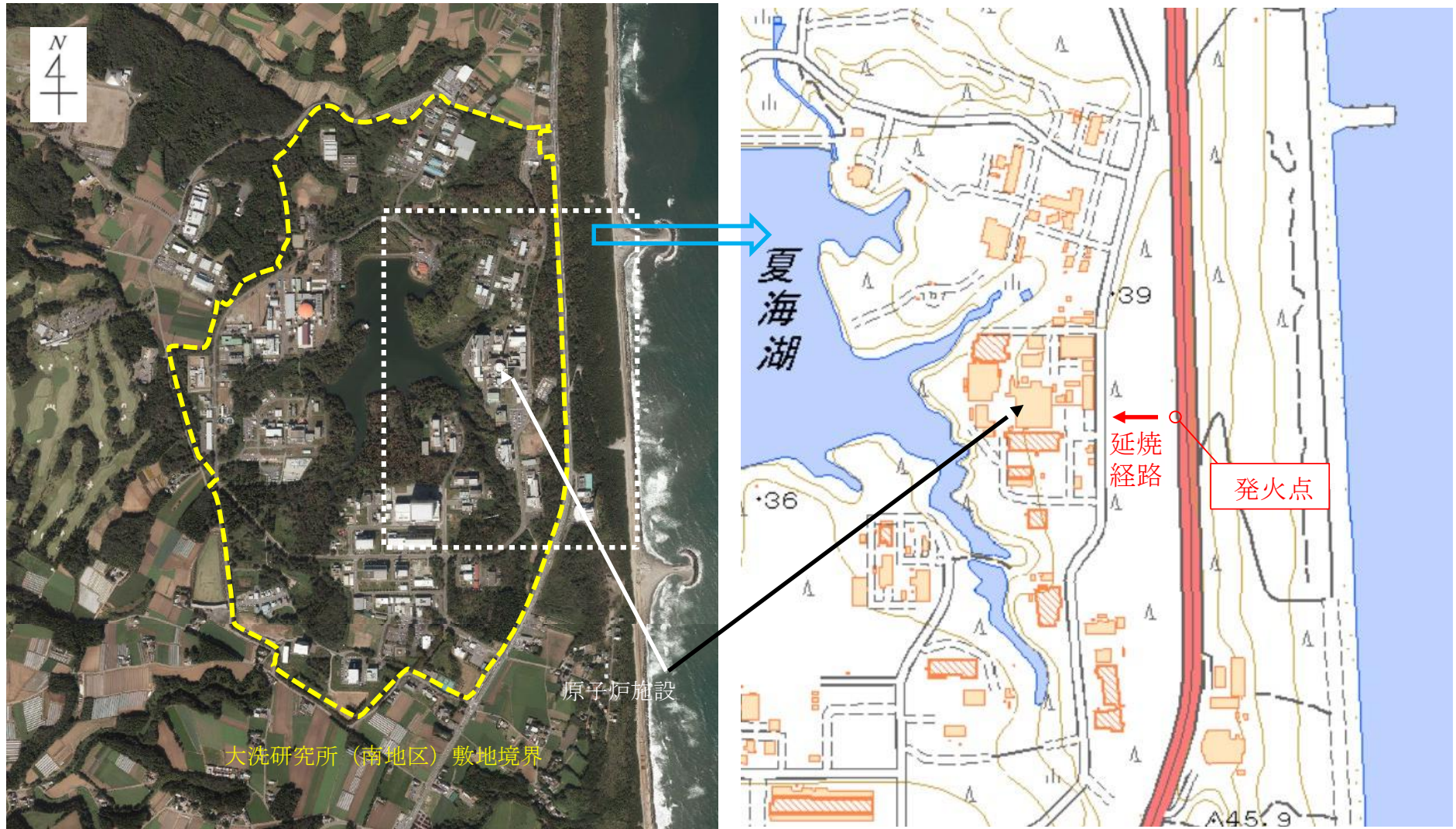
## 森林火災における発火点の設定

森林火災では、大洗研究所（南地区）敷地境界に発火点を設け、敷地内の森林を延焼し、熱的影響評価対象施設に迫る火災を想定し、影響評価を実施する。発火点及び延焼経路の想定を第1図に示す。

大洗研究所の周囲 10km 圏内には、東に太平洋、北に涸沼川、北西に涸沼が位置し、南から西の方面は耕地となっている。敷地周辺には、国有林等の広大な森林がなく、大規模な森林火災は発生しないと考えられる。

大洗研究所は、敷地境界に沿って道路が敷設されており、発火点は、道路沿いで的人為的行為（火入れ、たばこ、交通事故等）を想定するものとし、原子炉施設から敷地境界までの距離が短く、かつ、障壁となる他施設を有しない位置\*1を発火点とした。

\*1： 原子炉施設の北側及び南側の植生は工場地帯に位置付けられ、また、障壁となる他施設の建物等が設置されている。原子炉施設の西側には夏海湖が位置する。これらを踏まえ、原子炉施設の東側に発火点を想定した。



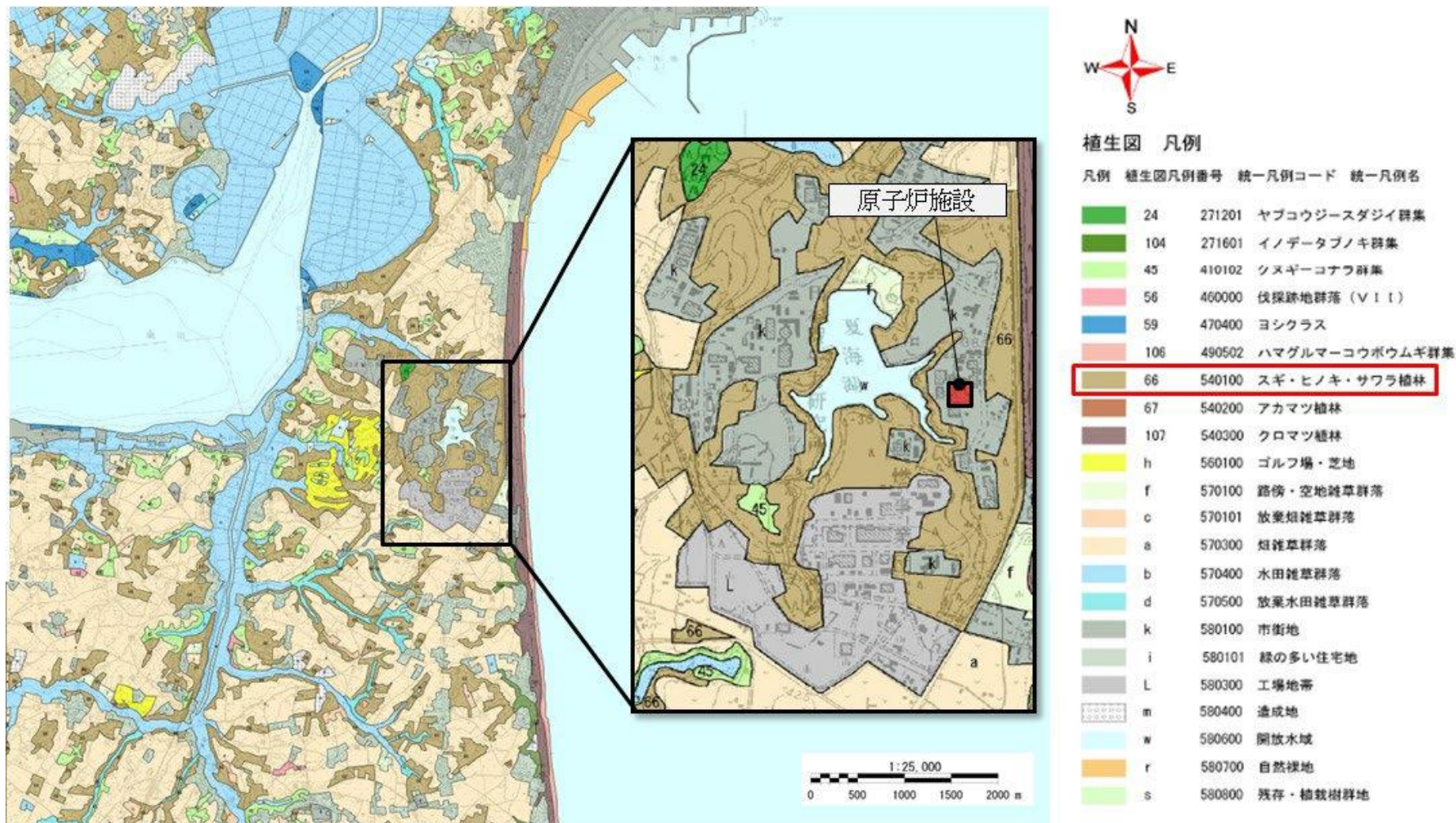
出典：国土交通省国土地理院（資料を加工して作成）

第1図 発火点及び延焼経路の想定

## 大洗研究所の植生

原子炉施設周辺の植生は、スギ・ヒノキ・サワラ植林に分類される（第1図参照）。ただし、現地調査の結果、マツの植林も実施されている。





出典：自然環境保全基礎調査 植生調査 環境省 自然環境局 生物多様性センター（資料を加工して作成）

- 出典元で提供している1/25,000植生図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の2万5千分の1地形図及び数値地図25000（地図画像）を複製して作成したものである。
- 作成年度：2001～2002年度

第1図 原子炉施設周辺の植生

原子炉施設周辺における樹木等の状況

核物質防護情報が含まれているため公開できません。

## スギ、ヒノキ及びマツにおける火線強度・火炎輻射強度

## 【スギ、ヒノキ及びマツの物性値】

項目	スギ	ヒノキ	マツ	備考
樹高 (m) *1	12	12	12	
樹冠高 (m) *1	6	6	6	
堆積物厚さ (m) *1	0.04	0.04	0.04	
密度 (kg/m <sup>3</sup> )	411.38	321.4	516.19	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
表面積－体積比 (cm <sup>-1</sup> )	60.51	32.79	70.44	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
限界含水率 (－)	0.32	0.28	0.31	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
シリカ以外の無機含有率 (－) (有効無機含有率)	0.046	0.032	0.024	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
無機含有率 (－)	0.060	0.043	0.031	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
単位面積当たりの乾燥質量 (kg/m <sup>2</sup> )	0.5	0.5	0.5	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
含水率 (－)	0.010	0.010	0.010	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
低位発熱量 (kJ/kg)	20963	20467	19958	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
葉の含水率 (－)	0.85	0.85	0.85	文献調査結果 <sup>[2]</sup>

\*1： 火線強度や火炎輻射強度を保守的に評価するために設定したものであり、ここでは共通の値を使用する。

[1] 「後藤義明他、“日本で発生する山火事の強度の検討－Rothermelの延焼速度予測モデルを用いたByramの火線強度の推定－”、日林誌、87(3)2005」より引用

[2] 「Forestry Canada Fire Danger Group, “Development and structure of the Canadian forest fire behavior prediction system” Ottawa, 1992」より引用

## 【スギ、ヒノキ及びマツにおける火線強度・火炎輻射強度】

項目	スギ	ヒノキ	マツ
火線強度 (kW/m)	約 567	約 371	約 1063
火炎輻射強度 (kW/m <sup>2</sup> )	約 386	約 357	約 515

## 森林火災の影響評価における火災諸元の設定

影響評価に係る火災諸元の設定には、森林火災シミュレーション解析コード FARSITE (Fire Area Simulator) で使用されている評価式を用いる。ここでは、地表を伝播する火災（以下「地表火」という。）及び樹冠を伝播する火災（以下「樹冠火」という。）を対象とし、以下の項目について評価する。火災諸元の設定を第 1 表に示す。

- ・ 延焼速度
- ・ 火線強度
- ・ 火炎長
- ・ 単位面積当たりの熱量
- ・ 火炎輻射強度
- ・ 樹冠火発生有無\*

\*： 樹冠火は、木の樹冠（枝葉）が燃えるものであり、その発生の大部分が地表火から誘発される。そのため、樹冠火の発生は、地表火の火線強度に対して閾値を有する。ここでは、樹冠火発生の閾値を算出し、地表火の火線強度と比較することで樹冠火の発生有無を評価する。

第1表(1) 火災諸元の設定

【地形等に関する条件】

項目	記号	単位	値	備考
火炎中の風速	U	m/s	5.22	気象観測データ/実地調査結果
延焼経路傾斜	$\phi$	°	2.178	国土地理院データ/実地調査結果

【植生（マツ）に関する条件】

項目	記号	単位	値	備考
樹高	H	m	12	実地調査結果
樹冠高	CBH	m	6	実地調査結果
堆積物厚さ	$\delta$	m	0.04	実地調査結果
密度	$\rho_p$	kg/m <sup>3</sup>	516.19	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
表面積－体積比	$\sigma$	cm <sup>-1</sup>	70.44	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
限界含水率	M <sub>x</sub>	—	0.31	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
シリカ以外の無機含有率 (有効無機含有率)	S <sub>e</sub>	—	0.024	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
無機含有率	S <sub>T</sub>	—	0.031	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
単位面積当たりの乾燥質量	w <sub>0</sub>	kg/m <sup>2</sup>	0.5	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
含水率	M <sub>f</sub>	—	0.010	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
低位発熱量	h	kJ/kg	19958	文献調査結果 <sup>[1]</sup>
葉の含水率	M	—	0.85	文献調査結果 <sup>[2]</sup>

[1] 「後藤義明他、“日本で発生する山火事の強度の検討－Roethermelの延焼速度予測モデルを用いたByramの火線強度の推定－”、日林誌、87(3)2005」より引用

[2] 「Forestry Canada Fire Danger Group, “Development and structure of the Canadian forest fire behavior prediction system” Ottawa,1992」より引用

第1表(2) 火災諸元の設定

【地表火の評価に用いる数値】

項目	記号	単位	値	備考
可燃物中の有機物量	$w_n$	kg/m <sup>2</sup>	0.485	計算値
可燃物の堆積密度	$\rho_b$	kg/m <sup>3</sup>	12.5	計算値
可燃物の堆積密度と比重の比	$\beta$	—	0.024	計算値
熱分解速度が最大となるときの $\beta$	$\beta_{OP}$	—	0.006	計算値
定数 A	A	—	0.307	計算値
最大熱分解速度	$\Gamma'_{max}$	/min	15.613	計算値
理想熱分解速度	$\Gamma'$	/min	9.797	計算値
可燃物中の水分による熱分解速度減少係数	$\eta_M$	—	0.922	計算値
可燃物中の無機物による熱分解速度減少係数	$\eta_S$	—	0.353	計算値
燃焼による単位時間当たりの放出熱量 (火炎輻射強度)	$I_R$	kJ/min/m <sup>2</sup>	30,860	計算値
炎によって加熱される可燃物の割合	$\varepsilon$	—	0.938	計算値
可燃物の加熱に消費される放出熱量の割合	$\xi$	—	0.074	計算値
単位重量当たりの可燃物が発火するまでに 必要な熱量	$Q_{ig}$	kJ/kg	606.94	計算値
定数 B	B	—	1.591	計算値
定数 C	C	—	0.001	計算値
定数 E	E	—	0.331	計算値
風による割増し係数	$\Phi_w$	—	34.854	計算値
傾斜による割増し係数	$\Phi_s$	—	0.023	計算値

第1表(3) 火災諸元の設定

【地表火の評価に用いる数値を算出するための計算式※1】

可燃物中の有機物量 :  $w_n = w_0(1-S_T)$

可燃物の堆積密度 :  $\rho_b = w_0/\delta$

可燃物の堆積密度と比重の比 :  $\beta = \rho_b/\rho_p$

熱分解速度が最大となる時の  $\beta$  :  $\beta_{op} = 0.20395 \sigma^{-0.8189}$

定数 A :  $A = 8.9033 \sigma^{-0.7913}$

最大熱分解速度 :  $\Gamma'_{max} = (0.0591 + 2.926 \sigma^{-1.5})^{-1}$

理想熱分解速度 :  $\Gamma' = \Gamma'_{max} \left( \frac{\beta}{\beta_{op}} \exp\left(1 - \frac{\beta}{\beta_{op}}\right) \right)^A$

可燃物中の水分による熱分解速度減少係数 :  $\eta_M = 1 - 2.59 \left(\frac{M_f}{M_x}\right) + 5.11 \left(\frac{M_f}{M_x}\right)^2 - 3.52 \left(\frac{M_f}{M_x}\right)^3$

可燃物中の無機物による熱分解速度減少係数 :  $\eta_S = 0.174 S_e^{-0.19}$

燃焼による単位時間当たりの放出熱量 (火災放射強度) :  $I_R = \Gamma' w_n h \eta_M \eta_S$

炎によって加熱される可燃物の割合 :  $\varepsilon = \exp\left(\frac{-4.528}{\sigma}\right)$

可燃物の加熱で消費される放出熱量の割合 :

$$\xi = (192 + 7.9095 \sigma)^{-1} \exp((0.792 + 3.7597 \sigma^{0.5})(\beta + 0.1))$$

単位重量当たりの可燃物が発火するまでに必要な熱量 :  $Q_{ig} = 581 + 2594 M_f$

定数 B :  $B = 0.15988 \sigma^{0.54}$

定数 C :  $C = 7.47 \exp(-0.8711 \sigma^{0.55})$

定数 E :  $E = 0.715 \exp(-0.01094 \sigma)$

風による割増し係数 :  $\Phi_w = C(3.281U)^B \left(\frac{\beta}{\beta_{op}}\right)^{-E}$

傾斜による割増し係数 :  $\Phi_s = 5.275 \beta^{-0.3} \tan^2 \Phi$

※1 「後藤義明他、「日本で発生する山火事の強度の検討 - Rothermel の延焼速度予測モデルを用いた Byram の火線強度の推定 -」、日林誌、87(3)2005」より引用



第1表(4) 火災諸元の設定

【地表火の火災諸元の設定】

項目	記号	単位	値	備考
延焼速度	$R_v$	m/min	11.548	$R_v = \frac{I_R \xi (1 + \Phi_w + \Phi_s)}{\rho_b \varepsilon Q_{ig}}$
火線強度	$I_b$	kW/m	1062.413	$I_b = \frac{I_R 12.6 R_v}{60 \sigma}$
火炎長 (火炎高さ)	$L_f$	m	1.912	$L_f = 0.0775 I_b^{0.46}$
単位面積当たりの熱量	$H_A$	kJ/m <sup>2</sup>	5,520.132	$H_A = I_b \frac{60}{R_v}$
火炎輻射強度 (反応強度)	$I_R$	kW/m <sup>2</sup>	514.336	$I_R = \frac{1}{60} \Gamma' W_n h \eta_M \eta_S$

【樹冠火の火災諸元の設定】

項目	記号	単位	値	備考
樹冠火発生閾値	$I_0$	kW/m	2,017.979	$I_0 = (0.010CBH(460+25.9M))^{3/2}$
樹冠火発生有無	—	—	無	$I_0 < I_b$

延焼経路の傾斜の設定
------------

延焼経路の傾斜の設定に使用したパラメータを以下に示す。当該傾斜は、約 2.178° の上り勾配となる。なお、傾斜による割増し係数の算出には、“ $\tan^2 \phi$ ”を用いるため、当該係数は、約 2.178° の下り勾配を想定したものと同一となる。外部火災に係る影響評価では、保守的に当該値を使用した。

緯度	経度	標高 <sup>*1</sup>	備考
36 度 16 分 4.4 秒 (36.267889 度)	140 度 33 分 22.46 秒 (140.556238 度)	39.2m	敷地境界
	140 度 33 分 19.19 秒 (140.555331 度)	42.3m	森林境界 (敷地境界からの距離：約 81.5m <sup>*2</sup> )

\*1 標高：地理院地図（電子国土 Web）を使用

\*2 地点間距離：国土地理院測量計算サイトを使用

火炎中の風速の設定
-----------

火炎中の風速には、2004年～2013年の水戸地方気象台の観測データの最大風速 17.4m/s（2013年10月）に、地形及び樹林の影響を踏まえて 0.3 を乗じた 5.22m/s を使用する。水戸気象台の観測データ（出典：気象庁ホームページ）を以下に示す。

年	気温（℃）		風速（m/s）・風向	
	最高	最低	風速	風向
2004	36.4	-5.3	15.5	北東
2005	35.6	-6.5	10.9	北東
2006	35.1	-7.7	13.1	北北東
2007	37.0	-4.4	11.6	南東
2008	35.2	-5.5	13.9	北東
2009	34.2	-5.4	13.6	北北東
2010	36.1	-6.5	14.3	北東
2011	36.5	-7.2	14.0	北東
2012	36.3	-7.1	12.1	南南西
2013	36.3	-6.7	17.4	北北東

【参考】 2014年～2019年の水戸地方気象台の観測データを以下に示す。2014年及び2016年に最大風速 17.5m/s が確認されている。地形及び樹林の影響を踏まえてた係数 0.3 を乗じると 5.25m/s となる。

年	気温 (°C)		風速 (m/s)・風向	
	最高	最低	風速	風向
2014	36.2	-7.8	17.5	北北東
2015	36.5	-4.6	13.1	北北東
2016	36.9	-4.8	17.5	北東
2017	35.7	-6.2	13.7	北東
2018	37.6	-7.9	13.9	北東
2019	36.3	-5.8	15.9	北東

→ 以下に示すように、延焼速度や火線強度等が増加するが、変動量は1%以下であり、評価結果に及ぼす影響は無視できる。

項目	評価結果	
	風速：17.5m/s	風速：17.4m/s
延焼速度 (m/min)	11.650	11.548
火線強度 (kW/m)	1071.865	1062.413
火炎長 (火炎高さ) (m)	1.919	1.912
単位面積当たりの熱量 (kJ/m <sup>2</sup> )	5,520.132	5,520.132
火炎輻射強度 (反応強度) (kW/m <sup>2</sup> )	514.336	514.336

風速以外の気象データ
------------

風速以外の気象データについて、FARSITE では大気温度と湿度が用いられている。当該気象データは、地表火の評価における枯死した可燃物の条件設定に用いられ、初期値で入力する「含水率」のパラメータをタイムステップごとの温度と湿度データにより変化させている。

「常陽」の評価では、FARSITE コードの評価式を用いた評価を行っており、大気温度と湿度の入力は用いておらず、枯死した可燃物の含水率 ( $Mf = \text{可燃物の含水量} / \text{可燃物の乾燥質量}$ ) は、乾燥状態を想定して初期値 (0.01) で一定としている。

参考までに含水比を 0.00 とした場合の評価結果を以下に示す。建屋外壁温度は若干上昇するものの、判定基準に対して十分裕度がある。また、火線強度も上昇するが、防火帯の幅は Alexander and Fogarty の手法を用いて求められる風上に樹木が存在する場合には最小防火帯幅 17.4m (火線強度: 2,000kW/m) より 18m 以上とし、風上に樹木が存在しない場合には最小防火帯幅 6.7m (火線強度: 2,000kW/m) より 7m 以上としており、十分裕度がある。

第 1 表 評価結果 (外壁温度)


建物名称	火炎との距離 (m)	外壁温度 (°C)	
		含水比 : 0.01 (-)	含水比 : 0.00 (-)
原子炉附属建物	78.5	43.0	44.3
主冷却機建物	70.0	43.7	45.4

第 2 表 評価結果 (火災諸元)

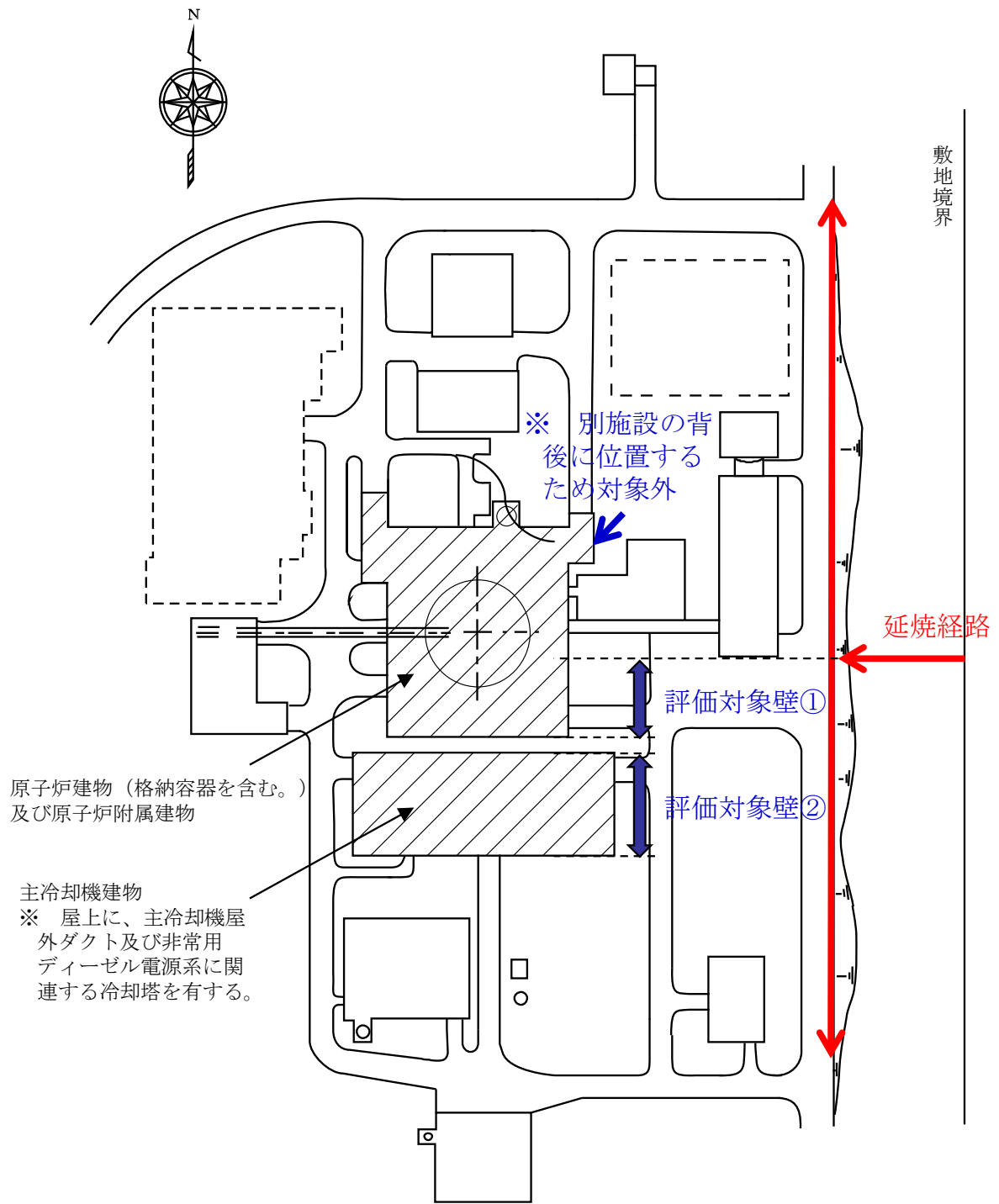
評価指標	含水比 (-)	
	0.01	0.00
延焼速度 (m/min)	11.548	13.089
火線強度 (kW/m)	1,062.413	1306.562
火炎長 (m)	1.912	2.102
単位面積当たり熱量 (kJ/m <sup>2</sup> )	5520.132	5989.396
火炎輻射強度 (kW/m <sup>2</sup> )	514.336	558.060
樹冠火発生有無 【樹冠火発生閾値 : 2,017.979kW/m】	無	無

熱的影響評価の対象壁の位置及び建物内部への熱影響

森林火災に係る熱的影響評価の対象壁の位置を第1図に示す。評価対象壁には、原子炉建物及び原子炉附属建物の東側の地上階のうち、別施設\*1の背後に位置しない部分（評価対象壁①：第2図参照）、主冷却機建物の東側の地上階の壁（評価対象壁②：第3図参照）が該当する。なお、建物屋上に設置されている機器等については、火災に近い評価対象壁の評価で代表する。

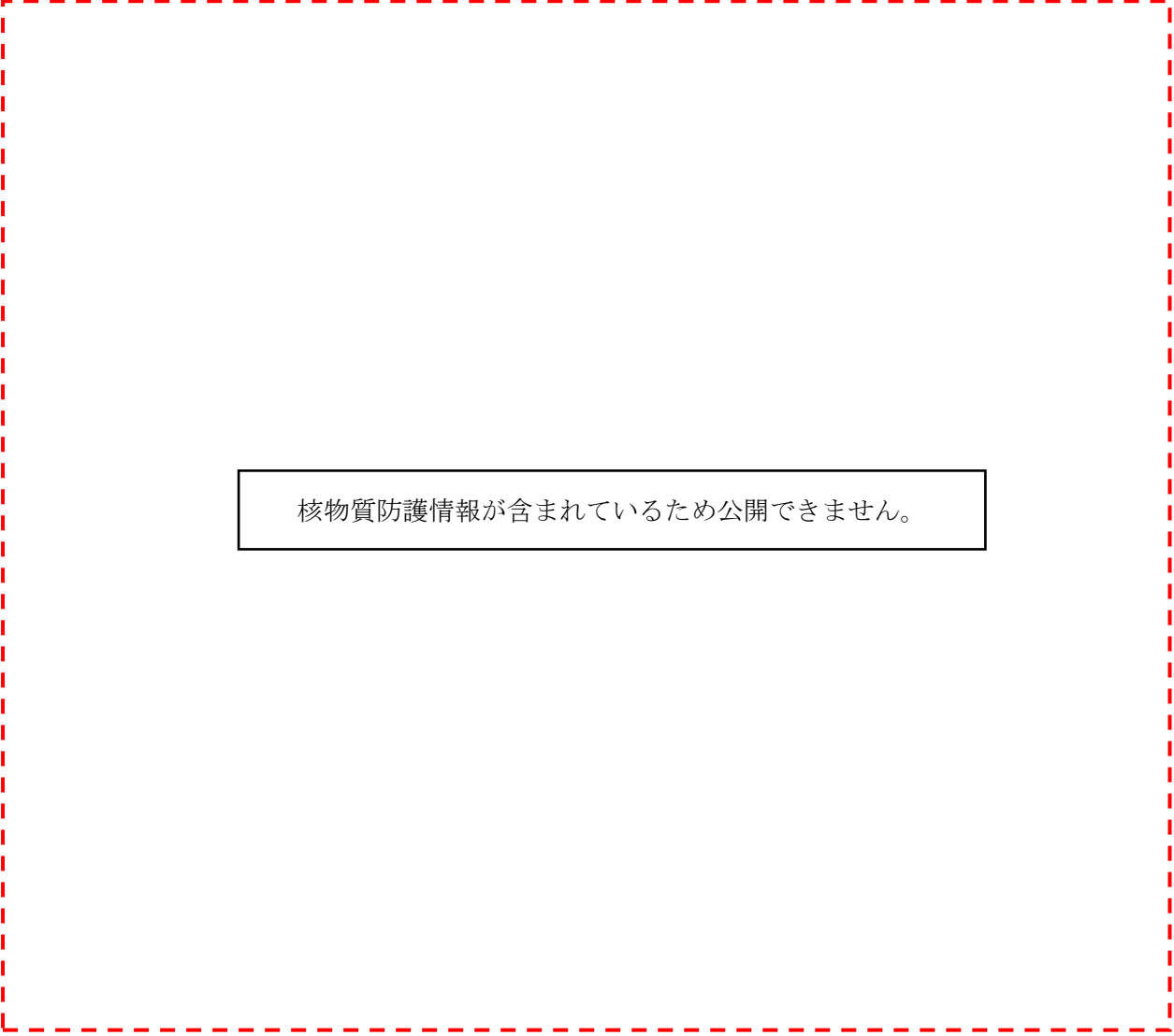
熱的影響評価の結果、当該壁の温度は約44℃を超えることはない。評価対象壁①及び②の壁厚は、それぞれであり、外壁表面温度の上昇が、内部に影響を及ぼすことはない。なお、コンクリート壁以外の機器搬出入口等の建物内近傍には、安全機能を有する施設を配置しないものとし、安全施設の安全機能を損なわない設計としている。

\*1： 当該施設は、従業員等の居室である運転管理棟である。鉄筋コンクリート造であり、かつ、不燃材料で構成されており、外部火災による延焼は生じない。また、当該施設内で発生した火災が、施設外に熱影響を及ぼすことはない。




第1図 熱的影響評価の対象壁の位置





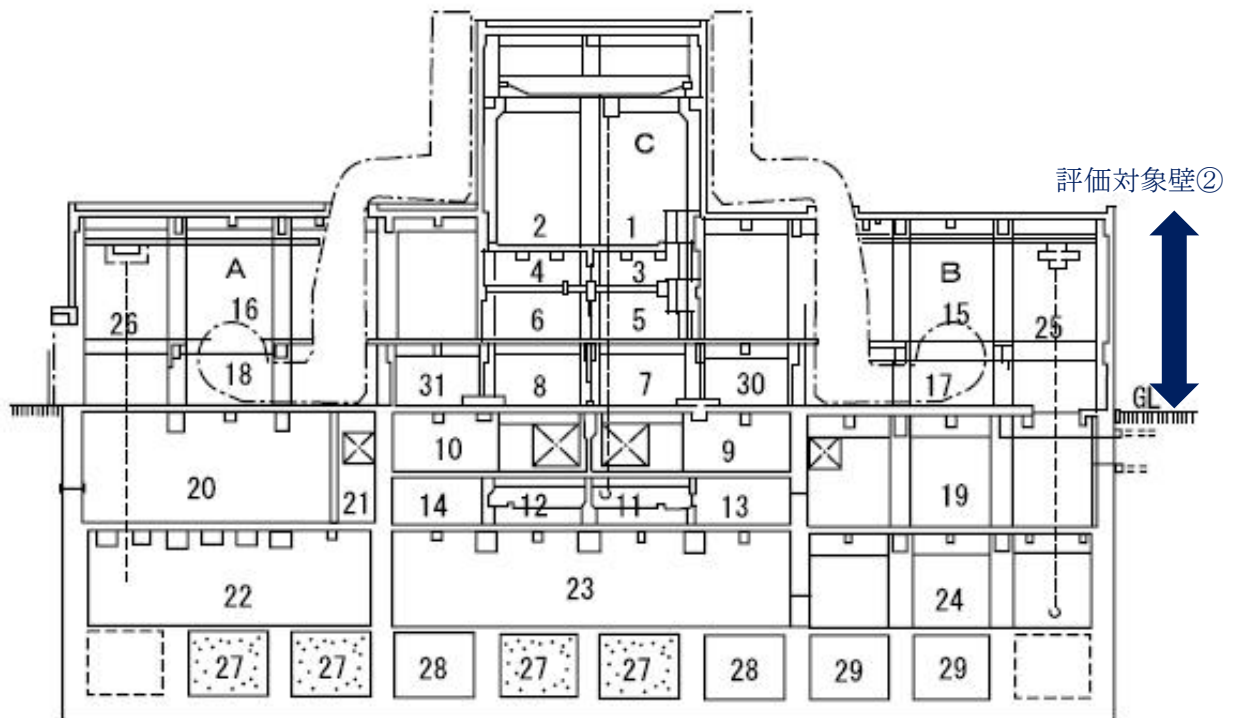
核物質防護情報が含まれているため公開できません。

第2図(1) 評価対象壁①の位置(原子炉建物及び原子炉附属建物(2階))



核物質防護情報が含まれているため公開できません。

第2図(2) 評価対象壁①の位置(原子炉建物及び原子炉附属建物(1階))



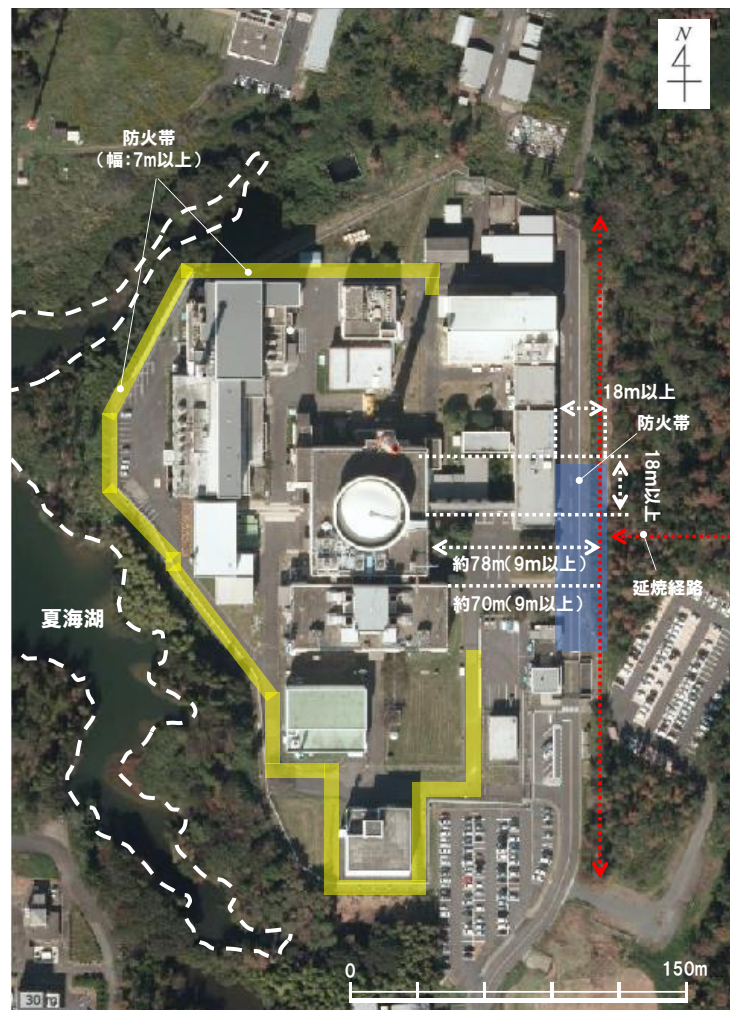
- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| 1 主循環ポンプ室A        | 17 主冷却機室A        |
| 2 主循環ポンプ室B        | 18 主冷却機室B        |
| 3 オーバフロータンク室A     | 19 一般系電源盤室       |
| 4 オーバフロータンク室B     | 20 油タンク室廊下       |
| 5 2次系コールドトラップエリアA | 21 ケーブル室         |
| 6 2次系コールドトラップエリアB | 22 ディーゼル発電機室No.2 |
| 7 2次系配管室A         | 23 廊下            |
| 8 2次系配管室B         | 24 空調換気室         |
| 9 2次系配管室A         | 25 風洞室A          |
| 10 2次系配管室B        | 26 風洞室B          |
| 11 ナトリウム溜室A       | 27 砂充填           |
| 12 ナトリウム溜室B       | 28 排水ポンド         |
| 13 ナトリウム点検室       | 29 補機冷却槽         |
| 14 ナトリウム点検室       | 30 前室No.1        |
| 15 主冷却機上部室A       | 31 前室No.2        |
| 16 主冷却機上部室B       |                  |
- 
- |   |                    |
|---|--------------------|
| A | 30t吊 懸垂型 走行クラブトロリー |
| B | 30t吊 懸垂型 走行ホイスト    |
| C | 15t吊 及び2t吊 走行クレーン  |

第3図 評価対象壁②の位置（主冷却機建物断面）

## 防火帯の設置計画

森林火災の評価では、原子炉施設から敷地境界までの距離が短く、かつ、障壁となる他施設を有しない原子炉施設の東側の森林に対して、第1図の赤矢印に示す延焼経路を設定し、保守的に、東の風を想定した。防火帯は、当該延焼ルート及び熱的影響評価対象施設への影響を踏まえ、第1図の水色部に設置することを計画している（当該防火帯の幅は、風上に樹木があることを踏まえ、18m以上とする。）。なお、原子炉施設の北側、南側及び西側については、外部火災防護対象施設への影響も考慮し、第1図の黄色部に防火帯を設置することを計画している（当該防火帯の幅は、防火帯から風上20m内の範囲に樹木がないエリアを確保することを踏まえ、7m以上とする。）。

原子炉施設の東側の防火帯について、火炎輻射強度（約 515 kW/m<sup>2</sup>）に応じた危険距離（熱的影響評価対象施設の壁温度が許容温度（200℃）を超える距離）は約 9m であり、原子炉施設と防火帯の外縁（火炎側）までの距離（約 70m 以上）は、当該危険距離を十分に上回る。なお、原子炉施設の東側の防火帯には道路を整備する予定である。道路以外の防火帯については、モルタル塗布等の火災延焼拡大防止措置を実施するが、森林火災の評価では、延焼経路を簡略化するため、防火帯の効果の一部を無視している。



第1図 森林火災に係る熱的影響評価で想定した延焼（火災伝搬）経路と防火帯の設置（予定）位置

「添付書類六 2. 気象（主に平成 25 年までのデータ）」に示すように、年によって多少の違いはみられるものの、高さ 10m においては北東の風が卓越している。原子炉施設から北東の発火点を想定した場合にあっても、上記の防火帯又は防火帯相当のエリアにより、火災の原子炉施設への接近は防止される。また、自衛消防隊（休日夜間では常駐消防班）は、通報から約 20 分で消防活動を開始でき、更なる延焼の拡大防止に資する。

防火帯の幅

森林境界における火線強度は約 1062.4kW/m である。防火帯は、Alexander and Fogarty の手法を用いて求められる最小防火帯幅（火炎の防火帯突破確率が 1%以下）より、防火帯の風上 20m 内に樹木が存在しない場合は 6.7m、防火帯の風上 20m 内に樹木が存在する場合は 17.4m となる。

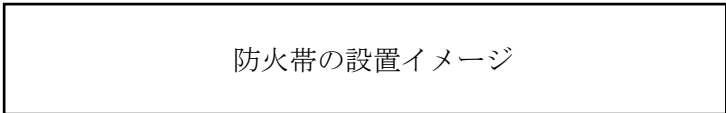
【火線強度と防火帯幅の関係】

風上に樹木が無い場合の火線強度と最小防火帯幅の関係（火炎の防火帯突破確率 1%）

火線強度 (kW/m)	500	1000	2000	3000	4000	5000	10000	15000	20000	25000
防火帯幅 (m)	6.2	6.4	6.7	7.1	7.4	7.8	9.5	11.3	13.1	14.8

風上に樹木が有る場合の火線強度と最小防火帯幅の関係（火炎の防火帯突破確率 1%）

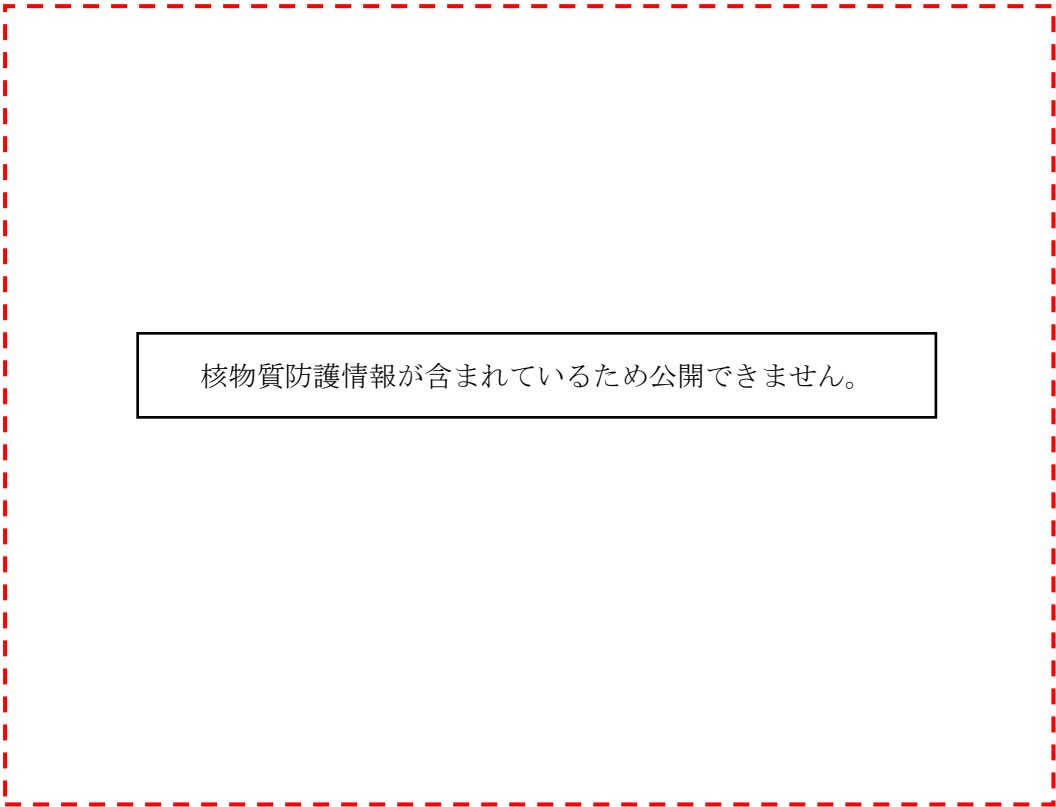
火線強度 (kW/m)	500	1000	2000	3000	4000	5000	10000	15000	20000	25000
防火帯幅 (m)	16	16.4	17.4	18.3	19.3	20.2	24.9	29.7	34.4	39.1



防火帯の設置イメージ

原子炉施設の東側の防火帯は、下図に示すように、道路、法面（モルタル塗布）及び土面から構成する。また、原子炉施設の東側以外の防火帯は、道路、斜面（モルタル塗布等）から構成し、当該防火帯から 20m 内の樹木を伐採し、管理する。


これらの防火帯では、原則として、駐車を禁止するとともに可燃物を置かないよう管理し、工事や物品の搬出入等に伴い、やむをえず防火帯に停車する必要がある場合や一時的に可燃物を置く必要がある場合についても、長時間の停車や仮置を禁止し、速やかに車両や物品を移動できるよう人員を配置する等の運用上の措置を講ずる。



核物質防護情報が含まれているため公開できません。




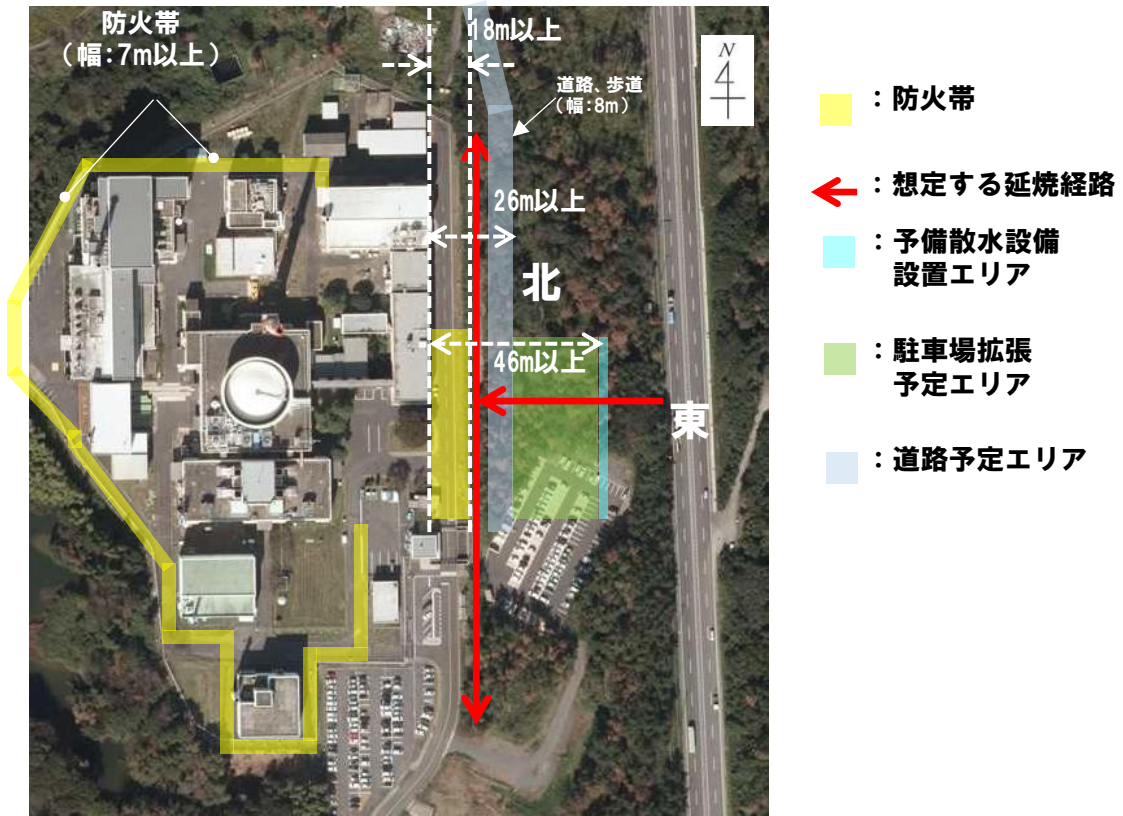
## 「常陽」東側駐車場拡張の影響

原子炉施設の東側の防火帯は、道路（）、法面（モルタル塗布）及び土面から構成することとしている（別紙 17：防火帯の設置計画 別添 2：防火帯の設置イメージ）。この工事に合わせて、「常陽」東側駐車場の拡張工事を実施する

「常陽」東側駐車場拡張は、「常陽」東側の防火帯設置位置より東の森林の一部を伐採して行われる。第 1 図に駐車場拡張予定エリア、第 2 図に拡張した駐車場周辺の樹木の状況を示す。

「常陽」東側駐車場拡張は、防火帯の外側（発火点側）で実施されるものである。森林がなくなる部分があり、実際の火災の原子炉施設側への延焼は駐車場の東側で止まり、南北に延焼が進むこととなる。

熱的影響評価（別紙 9：森林火災に係る熱的影響評価結果）では、保守的な評価とするため、防火帯の存在や森林のない部分の一部を無視し、原子炉建物（格納容器を含む。）及び原子炉附属建物から約 78.5m、主冷却機建物から約 70.0m に位置する  フェンスを森林境界とし、延長経路は敷地境界から最短の延焼経路としている。今回、森林のない部分において、「常陽」東側駐車場拡張を実施しても、従来から森林のない部分も、森林があるものと見做して評価を実施しており、評価の代表性に影響はない。



第1図 駐車場拡張予定エリア

現在の状況 (R4. 2. 4時点)



第2図 拡張した駐車場周辺の樹木の状況

## 外部火災の二次的影響に対する防護措置

火災の二次的影響として、ばい煙、有毒ガス、爆発による飛来物の発生が考えられる。また、大洗研究所では、「常陽」を含め、ナトリウムを取り扱う施設を有することから、ナトリウムエアロゾル（燃焼生成物）の発生も考えられる。以下の検討結果を踏まえ、ここでは、火災の二次的影響として、ばい煙及び有毒ガスを想定することとした。

火災の二次的影響の考慮を必要とする安全施設は、中央制御室、非常用ディーゼル電源系、1次主循環ポンプポニーモータ、アニュラス部排気系及びコンクリート遮へい体冷却系の回転機器であり、外気導入口にフィルタの設置等の措置により、安全機能を損なわないものとする。なお、フィルタに閉塞及び目詰まりが生じた場合には、交換・清掃により対応する。また、中央制御室にあっては、中央制御室空調を閉回路とし、必要な居住環境を維持できるものとする。

火災の二次的影響として考えられる事象	影響評価選定有無	要否判断理由	防護措置
ばい煙	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>中央制御室（クラス1）に流入する恐れがある場合において、居住性に対する影響評価が必要。</li> <li>摺動部を有するものとして、非常用ディーゼル電源系（クラス1）、1次主循環ポンプポニーモータ（クラス1）、アニュラス部排気系（クラス2）、コンクリート遮へい体冷却系（クラス2）の回転機器が該当。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中央制御室は、通常時において、フィルタを経由し、外気を導入しており、一定の粒径のばい煙の流入を抑止可能。また、必要な場合には、中央制御室空調を閉回路とすることが可能。</li> <li>原子炉建物・原子炉附属建物及び主冷却機建物は、開口部にガラリ又はフィルタを有し、ばい煙の流入を抑止可能。また、ディーゼル発電機では、吸気口（フィルタ付）を主冷却機建物内に配置。</li> </ul>
有毒ガス	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>中央制御室に流入する恐れがある場合において、居住性に対する影響評価が必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中央制御室は、必要な場合には、中央制御室空調を閉回路とすることが可能。</li> </ul>
爆発による飛来物	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>爆発が想定される高圧ガス貯蔵設備や危険物を搭載した車両に対して、十分な離隔距離を有しており、爆発による飛来物は、火災の二次的影響として考慮不要と判断。</li> </ul>	—
ナトリウムエアロゾル	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>ナトリウムを取り扱う施設（「常陽」以外）におけるナトリウム燃焼に伴うナトリウムエアロゾルは、大気中に放散されるが、中央制御室の居住性に影響しないレベルに希釈されるため、火災の二次的影響として考慮不要と判断。</li> </ul>	—

「常陽」森林火災評価の特徴

「常陽」の森林火災評価では、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（以下、ガイドとする）を参照するが、大洗研究所周辺の特徴を考慮して評価内容を決めている。以下に「常陽」森林火災評価の特徴を「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」との差異を中心に述べる。

ガイドにおいては、「発電所敷地外の 10km 以内を発火点とした森林火災が発電所に迫った場合」とあり、「可燃物の量（植生）、気象条件、風向き、発火点等の初期条件を、工学的判断に基づいて原子炉施設への影響を保守的に評価するよう設定」、「FARSITE（Fire Area Simulator）という森林火災シミュレーション解析コードの利用を推奨」とされており、原子炉施設の敷地外で発生する森林火災からの影響を評価する。

#### (1) 発火点（別紙 2：森林火災における発火点の設定）

発電炉等は原子炉施設への影響を保守的に評価するように植生、気象条件等を踏まえて複数個所を発火点を想定し、最も影響の大きい箇所を代表点として設定している。

一方、大洗研究所の周囲 10km 圏内には、東に太平洋、北に涸沼川、北西に涸沼が位置し、南から西の方面は耕地となっている。敷地周辺には、国有林等の広大な森林がなく、大規模な森林火災は発生しないと考えられる。

大洗研究所は、敷地境界に沿って道路が敷設されており、発火点は、道路沿いでの人為的行為（火入れ、たばこ、交通事故等）を想定するものとした。

次に、大洗研究所敷地内では、原子炉施設の北側及び南側の植生は工場地帯に位置付けられ、また、障壁となる他施設の建物等が設置されている。原子炉施設の西側には夏海湖が位置する。

これらを踏まえ、原子炉施設から敷地境界までの距離が短く、かつ、障壁となる他施設を有しない位置として、原子炉施設の東側に発火点を想定した。

#### (2) 各データについて（表参照）

##### (a) 土地利用データ

ガイドでは、本データは FARSITE コードにて周囲 10km 圏内からの延焼を評価するうえで必要なデータであり、公開情報の中でも高い空間解像度である 100m メッシュの土地利用データとして国土数値情報 土地利用細分メッシュを推奨している。「常陽」の評価においては現地確認、環境省の自然環境保全基礎調査の植生調査から、植生及び土地利用を確認している（別紙 3：大洗研究所の植生）。その結果、(1) で述べた発火点の設定としており、国土数値情報 土地利用細分メッシュの土地利用データは不要である。

##### (b) 植生データ

ガイドでは、本データは FARSITE コードにて周囲 10km 圏内から及び敷地内の延焼を評価するうえで必要なデータであり、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢によりさらに細分化するために森林簿の空間データを現地の地方自治体より入手することを推奨している。「常陽」の評価においては(1)で述べた発火点の設定をしており、敷地内のデータのみが必要となる。このため、環境省の自然環境保全基礎調査の植生調査をもとに現地調査により詳細な植生を確認している（別紙 3：大洗研究所の植生）。

### (C) 地形データ

ガイドでは、本データは FARSITE コードにて周囲 10km 圏内からの延焼を評価するうえで必要なデータであり、公開情報の中でも高い空間解像度である 10m メッシュの標高データとして基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュを推奨している。「常陽」の評価においては(1)で述べた発火点の設定をしており、敷地内のデータのみが必要となる。このため、地理院地図（電子国土 Web）により延焼経路の傾斜の設定をしている（別紙 5 別添 1：延焼経路の傾斜の設定）。基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュの地形データは不要である。

### (d) 気象データ

ガイドでは、過去 10 年間の最大風速、最高気温、最小湿度の条件を採用することを推奨している。「常陽」でも水戸気象台の観測データ（出典：気象庁ホームページ）から同等のデータを使用している（別紙 5 別添 2：火炎中の風速の設定）。

また、風速以外の気象データについて、FARSITE では大気温度と湿度が用いられている。当該気象データは、地表火の評価における枯死した可燃物の条件設定に用いられ、初期値で入力する「含水率」のパラメータをタイムステップごとの温度と湿度データにより変化させている。「常陽」の評価では、FARSITE コードの評価式を用いた評価を行っており、大気温度と湿度の入力は用いておらず、枯死した可燃物の含水率（ $M_f = \text{可燃物の含水量} / \text{可燃物の乾燥質量}$ ）は、乾燥状態を想定して初期値（0.01）で一定としている（別紙 5 別添 3：風速以外の気象データ）。

### (3) 評価手法

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」においては、森林火災シミュレーション解析コード FARSITE を利用して評価することを推奨しているが、これは森林火災が発電所に迫った場合であり、大洗研究所周辺の特徴を考慮して評価内容を決めた「常陽」の評価においては過大な評価手法である。このため、森林火災シミュレーション解析コード FARSITE で使用されている評価式等を参考にして簡易的な手法で実施した（別紙 5：森林火災の影響評価における火災諸元の設定）。

解析コード FARSITE では地表を伝播する火災（以下、地表火と称す）、樹冠を伝播する火災（以下、樹冠火と称す）、伝播の加速及び飛び火の 4 つのふるまいを取り扱っている。簡易評価では、建家の壁温度に直接影響する地表火及び樹冠火のみを取り扱って森林火災の挙動を評価した。なお、伝播の加速に関しては、伝播が加速する要素をなくすため、延焼方向に最大速度の風が吹くことを仮定した。飛び火に関しては、これを考慮する必要がないように、施設周辺の防火帯相当のエリア以外には森林空白帯等を設けない想定とした。これにより、FARSITE 相当で、保守的な評価が行われている。

表 原子力発電所の外部火災影響評価ガイドにおける必要データの整備要領

データ種類	整備要領
土地利用データ	<p>現地状況をできるだけ模擬するため、公開情報の中でも高い空間解像度である 100m メッシュの土地利用データを用いる。</p> <p>(国土数値情報 土地利用細分メッシュ)</p>
植生データ	<p>現地状況をできるだけ模擬するため、樹種や生育状況に関する情報を有する森林簿の空間データを現地の地方自治体より入手する。森林簿の情報をを用いて、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢によりさらに細分化する。</p>
地形データ	<p>現地の状況をできるだけ模擬するため、公開情報の中でも高い空間解像度である 10m メッシュの標高データを用いる。傾斜度、傾斜方向については標高データから計算する。</p> <p>(基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュ)</p>
気象データ	<p>現地にて起こり得る最悪の条件を検討するため、発生件数の多い月の過去 10 年間の最大風速、最高気温、最小湿度の条件を採用する。</p>