

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	補足-90-1 改 16
提出年月日	平成 30 年 8 月 3 日

工事計画に係る補足説明資料
外部火災への配慮に関する説明書のうち
補足-90-1
【外部火災への配慮に関する説明書】

平成 30 年 8 月
日本原子力発電株式会社

目次

1. 外部火災より防護すべき施設について.....	1
2. 発電所敷地内の火災源.....	31
2.1 森林火災について.....	31
2.2 発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設等の火災について.....	51
2.3 航空機墜落による火災について.....	55
2.4 残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプに対する熱影響評価について.....	69
2.5 放水路ゲート駆動装置外殻への断熱材設置について.....	70
2.6 止水ジョイント部への断熱材設置について.....	71
3. 発電所敷地外の火災源.....	72
3.1 石油コンビナート施設等の火災・爆発について.....	72
3.2 燃料輸送車両のタンク破裂時における破片の最大飛散距離評価で想定する初速度について.....	73
3.3 漂流船舶のタンク破裂時における破片の最大飛散距離の評価.....	73
3.3.1 最大飛散距離の評価.....	73
3.3.2 評価手法の適用性.....	76
4. ばい煙及び有毒ガスの影響評価について.....	77
4.1 外部火災の影響を考慮する施設への影響.....	77
4.2 有毒ガスによる中央制御室居住性への影響.....	83
4.3 薬品タンクの影響.....	85
5. 評価で使用するパラメータの設定根拠について.....	87

2. 発電所敷地内の火災源

2.1 森林火災について

2.1.1 熱影響が最も厳しくなる最大火炎輻射強度の算出について

(1) 火炎輻射強度算出時の入力データの設定方針

森林火災の解析に当たっては、評価ガイドにおいて推奨されている森林火災シミュレーション解析コードFARSITEを使用している。

FARSITEに入力したデータは評価ガイド記載に対し表 2.1.1-1 のとおりとした。

表 2.1.1-1 FARSITE入力データ

データ種類	入力データ
地形データ	公開情報の中でも高い空間解像度である「基盤地図情報数値標高モデル 10m メッシュ」の標高データを用いた。傾斜、傾斜方位については標高データから計算した。(図 2.1.1-1 参照)
土地利用データ	公開情報の中でも高い空間解像度である「国土数値情報土地利用細分メッシュ (100m)」の土地利用データを用いた。(図 2.1.1-2 参照)
植生データ	茨城県より受領した森林簿 (東西南北 12km) の情報を用いて、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢にて細分化し 10m メッシュで入力した。(図 2.1.1-3 参照) 発電所敷地内は、植生調査を実施し、入力データに反映した。
気象データ	茨城県に森林火災の発生件数の多い 1 2 月～5 月の過去 10 年間の気象条件を調査し、最大風速、最高気温、最小湿度、卓越風向及び最大風速記録時の風向を用いた。(図 2.1.1-3 参照)

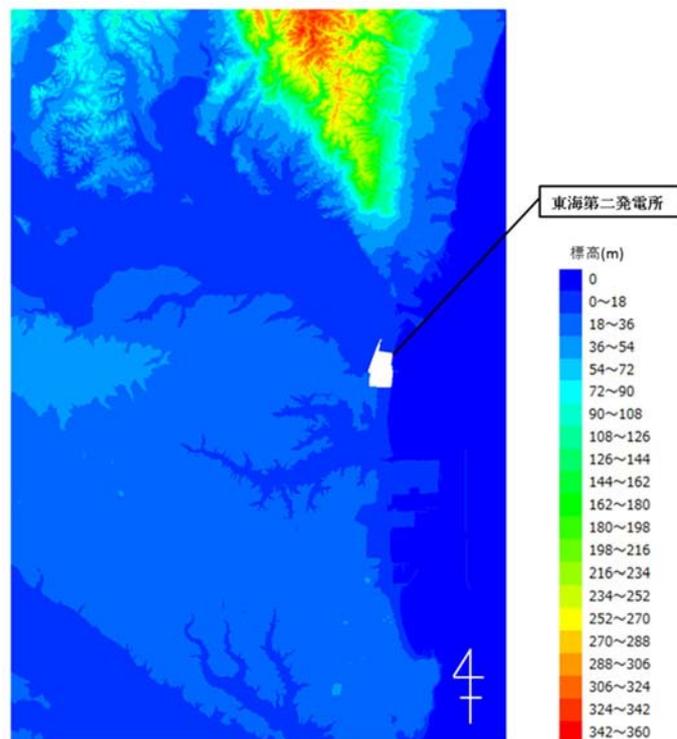


図 2.1.1-1 地形データ

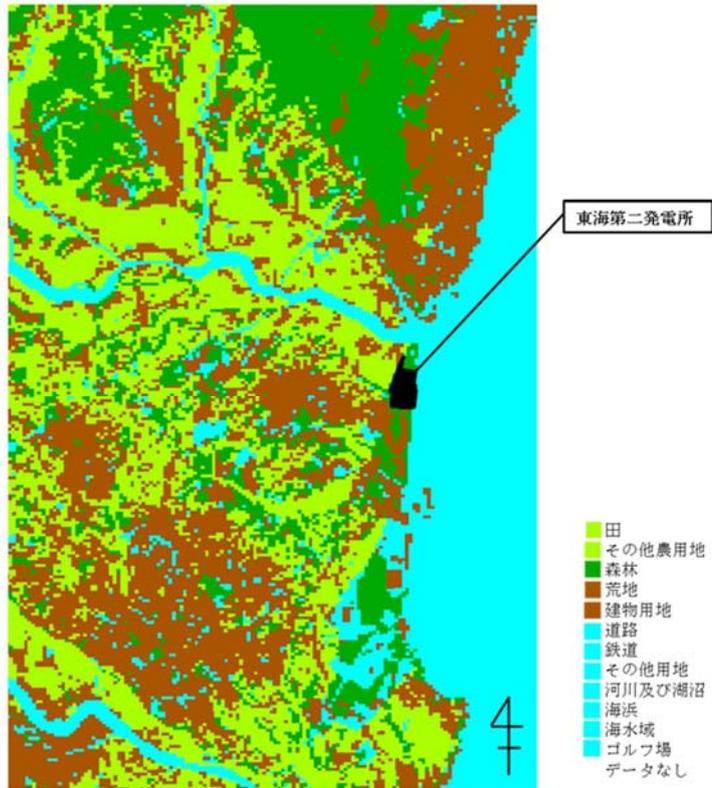


図 2. 1. 1-2 土地利用データ

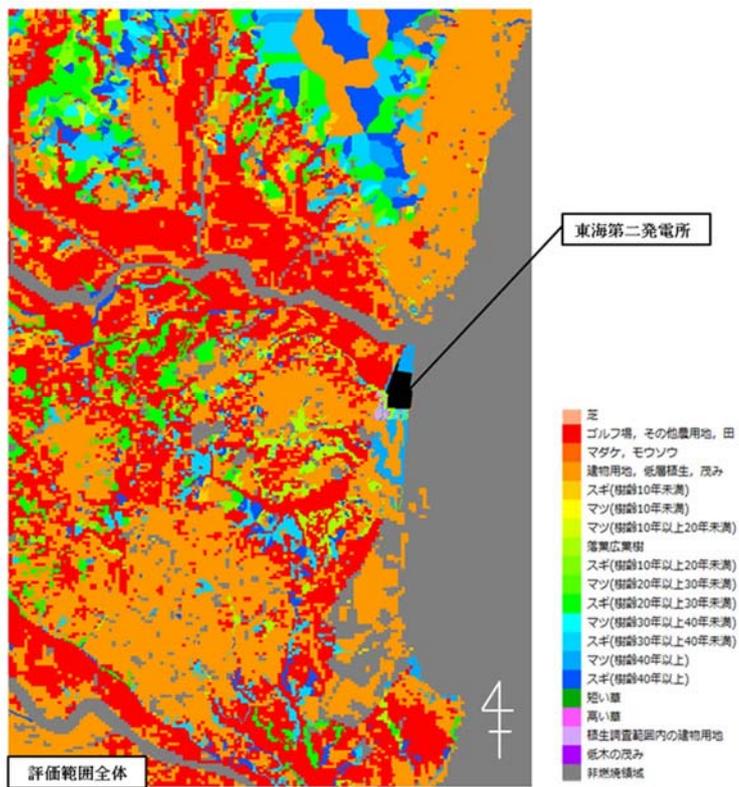


図 2. 1. 1-3 植生データ

表 2.1.1-2 気象観測データと月別火災発生件数（過去 10 年間）

月	水戸地方気象台 気象観測データ					茨城県内の月別 森林火災発生件数※
	最高気温 (°C)	最大風速 (m/s)	最大風速記録 時の風向		最小湿度 (%)	
			第 1 位	第 2 位		
1	16.9	17.5	北東	北東	17	79
2	24.3	17.5	北北東	北東	13	86
3	25.9	14.3	北東	北北東, 南西	11	131
4	29.3	15.1	北北東	北東	13	126
5	30.8	13.5	北東	北北東	13	54
6	33.5	14.2	北北東	北北東	21	10
7	36.4	11.8	北北東	北北東	35	13
8	37.0	12.9	北東	北北東	35	24
9	36.1	13.9	北北東	南南西	29	23
10	31.4	17.4	北北東	北北東	22	11
11	24.5	11.8	北北東	北北東	18	4
12	23.8	10.6	北東	西	17	33

※ 「消防防災年報」（茨城県 2006 年～2015 年）より

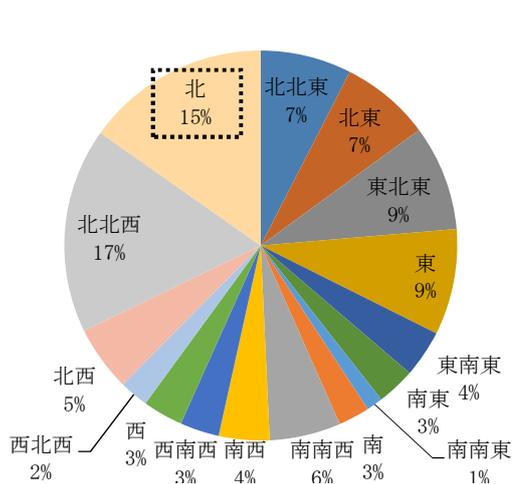


図 2.1.1-4 卓越風向割合

(水戸地方気象台：2007 年～2016 年)

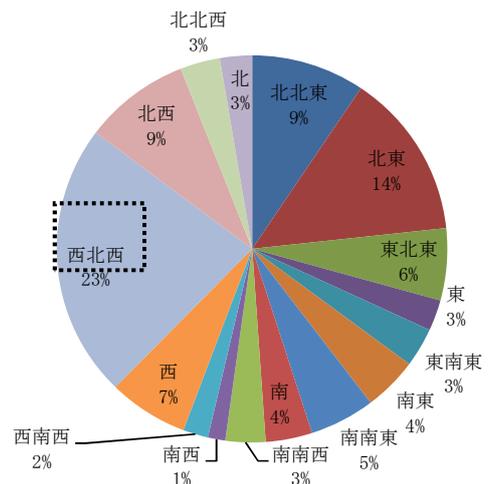


図 2.1.1-5 卓越風向割合

(発電所：2007 年～2016 年)

(2) 火炎輻射強度算出時の入力データ

FARSITE入力データとして気象，位置，時刻等に関するデータを表 2.1.1-3，土地利用に関するデータを表 2.1.1-4，植生に関するデータを表 2.1.1-6 に示す。

表 2.1.1-3 FARSITE入力データ（地形・気象等）

項目	入力データ	備考	
地形	標高	図 2.1.1-1 参照	
	傾斜，傾斜方位		
気象	風速 (km/hr)	63	評価ガイドに基づき，茨城県内で森林火災発生件数が多い（12月～5月）の水戸地方気象台で観測された最大風速（17.5m/s）に相当する 63km/hr を入力（評価ガイドどおり）
	風向 (deg)	293 (西北西)	評価ガイドに基づき，茨城県内で森林火災発生件数が多い月（12月～5月）の卓越風向と最大風速記録時の風向を入力（評価ガイドどおり）
		0 (北)	
		225 (南西)	
		45 (北東)	
	最高気温 (°C)	31	茨城県内で森林火災発生件数が多い月（12月～5月）の最高気温（30.8°C）に対して，小数点以下を切り上げた 31°C を最高気温・最低気温として入力。最低気温に対しても 31°C を入力することで保守的に気温の変化を考慮しない。（評価ガイドどおり）
	最低気温 (°C)	31	
	最高湿度 (%)	11	茨城県内で森林火災発生件数が多い月（12月～5月）の最小湿度（11%）を入力。最高湿度に対しても 11% を入力することで，保守的に湿度の変化を考慮しない。（評価ガイドどおり）
	最小湿度 (%)	11	
	降水量 (mm)	0	降水が無い方が可燃物の水分量が少なくなり燃えやすくなるため，保守性を考慮して，降水量は 0 を入力
雲量 (%)	0	日射が多い方が可燃物の水分量が少なくなり燃えやすくなるため，保守性を考慮して，雲量は 0 を入力	
位置	緯度 (deg)	0	日射が多い方が可燃物の水分量が少なくなり燃えやすくなることから，保守性考慮して，日射強度の高い赤道に設定
	発火点位置	図 2.1.1-9 参照	航空写真から位置を確認し，発電所から 10km 以内の当座標位置に設定（評価ガイドどおり）
時刻	発火日時	3月	茨城県内で森林火災発生件数が最も多い 3月 に設定
	発火時刻	10時～14時に火災が到達する時刻	日射が多い方が可燃物の水分量が少なくなり燃えやすくなることから，日射が多い時刻（10時～14時）に発電所に火災が到達するように設定
樹冠	樹冠率	区分 3	日照や風速への影響を考慮し，植生調査結果を踏まえ保守性考慮して，樹冠率区分 3（一般的な森林）を入力*
	樹高 (m)	15	評価結果への寄与が大きい発電所周囲の植生調査結果（平均樹高 13.4m）を踏まえた場合でも保守的となる，デフォルト値を一律に適用した。
	樹冠下高さ (m)	4	
	樹冠かさ密度 (kg/m ³)	0.2	

表 2.1.1-4 FARSITE入力データ（土地利用データ）

土地利用区分	入力データ	備考
田	Tall Grass (高草：2.5ft)	森林火災の多い12月～5月に田の可燃物量は少ないが保守的にTall Grassを入力
その他農用地		草地・畑が多いが保守的にTall Grassを入力
ゴルフ場		ゴルフ場の芝生は管理されているが、保守的にTall Grassを入力
森林	森林簿及び植生調査結果に従い、樹種・林齢ごとに設定	第2.2-3表 FARSITE入力データ（植生データ）参照
荒地	Brush (茂み：2.0ft)	草の繁殖を考慮し、Brushを入力
建物用地		コンクリート等の非植生が多く延焼しにくいと考えられるが、街路樹・庭等を考慮してBrushを入力
道路	非燃焼領域	FARSITE内蔵値を設定
鉄道		
その他用地		
河川及び湖沼		
海浜		
海水域		

※ 樹冠率は、上空から森林を見た場合の平面上の樹冠が占める割合であり、割合が高くなると、風速の低減、地面下草への日照が低減し燃えにくくなる。

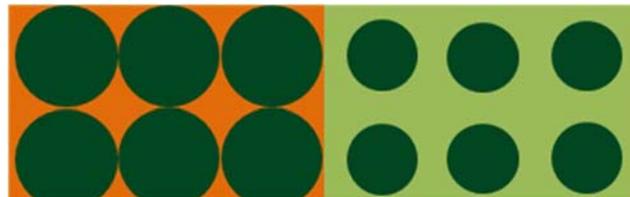


図 2.1.1-6 樹冠率イメージ図（上から見た図）

表 2.1.1-5 FARSITE上の樹冠率設定

FARSITE区分	樹冠率%	備考
1	～20	—
2	21～50	森林を含む区分
3	51～80	一般的な森林
4	81～100	原生林等

表 2.1.1-6 FARSITE入力データ (植生データ)

	樹種・林齢 区分	入力データ	備 考
森林簿・植生調査結果	スギ・ヒノキ・カイズカイブキ 林齢 10 年未満	スギ林齢 10 年未満	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用
	スギ・ヒノキ・カイズカイブキ 林齢 10 年以上 20 年未満	スギ林齢 10 年以上 20 年未満	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用
	スギ・ヒノキ・カイズカイブキ 林齢 20 年以上 30 年未満	スギ林齢 10 年以上 20 年未満	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用
	スギ・ヒノキ・カイズカイブキ 林齢 30 年以上 40 年未満		20 年以上のスギに対しては保守性を考慮して全て「林齢 10 年以上 20 年未満」を入力
	スギ・ヒノキ・カイズカイブキ 林齢 40 年以上		
	マツ・クロマツ林齢 10 年未満	マツ林齢 10 年未満	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用
	マツ・クロマツ林齢 10 年以上 20 年未満	マツ林齢 10 年以上 20 年未満	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用
	マツ・クロマツ林齢 20 年以上 30 年未満	マツ林齢 10 年以上 20 年未満	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用
	マツ・クロマツ林齢 30 年以上 40 年未満		20 年以上のマツに対しては保守性を考慮して全て「林齢 10 年以上 20 年未満」を入力
	マツ・クロマツ林齢 40 年以上		
	広葉樹 (クヌギ, サクラ等)	落葉広葉樹	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用
	竹林	Chaparral (低木の茂み: 6ft)	竹林は直径が細く, 密集度が高いことから可燃物量・可燃物厚さが大きい Chaparral を設定。なお, Chaparral は, 低層植生の中で最も保守的なパラメータである。
	芝, 観葉植物	Short Grass (低草: 1ft)	発電所構内は管理が可能のため, Short Grass を入力
		Tall Grass (高草: 2.5ft)	敷地外は Tall Grass を入力
	植生が存在しない 範囲	Brush (茂み: 2.0ft)	コンクリート等の非植生が多く延焼しにくいと考えられるが, 保守性を考慮して Brush を入力
津波防護施設の火災防護のため 管理が必要となる 敷地外の範囲	非燃焼領域	定期的に管理を行い, 植生がない状態を維持するため非燃焼領域を入力	

(3) 植生調査結果

植生調査結果とFARSITE入力データを表 2.1.1-7 に、調査ポイントを図 2.1.1-7 に示す。



図 2.1.1-7 植生調査ポイント

表 2.1.1-7 植生調査結果 (1/2)

ポイント No.	植生区分	特 徴	林齢根拠	FARSITE 入力データ※1
1	クロマツ 40年以上	海岸植生の特徴として強風の影響により矮性化している。	1975年(空中写真から判読)においてクロマツの森林が成立。節の数。	マツ林齢 10年以上20年未満 ^{※2}
2	クロマツ 40年以上	強風の影響化にあり、一般的な成長と比較して樹高は低めである。常緑広葉樹の低木が繁茂している。	1975年(空中写真から判読)においてクロマツの森林が成立。節の数。	マツ林齢 10年以上20年未満 ^{※2}
3	クロマツ 20年以上	造成後に植栽された林分であり、一般的な成長を示している。立木密度が高く、低木は見られない。	1980年代(空中写真から判読)に植栽。節の数。	マツ林齢 10年以上20年未満 ^{※2}
4	—	開発されて植生なし(2017年現在)	—	—
5	クロマツ 40年以上	クロマツの下層に、クロマツが一部補植されている。	1975年(空中写真から判読)においてクロマツの森林が成立。節の数。	マツ林齢 10年以上20年未満 ^{※2}
6	クロマツ 40年以上	クロマツの下層に、クロマツが自然発生している。	1975年(空中写真から判読)においてクロマツの森林が成立。節の数。	マツ林齢 10年以上20年未満 ^{※2}
7	アカマツ 40年以上	アカマツの下層には常緑広葉樹の低木が繁茂している。	1975年(空中写真から判読)においてアカマツの森林が成立。節の数。	マツ林齢 10年以上20年未満 ^{※2}
8	アカマツ 40年以上	アカマツの下層は低木を取り払い管理されている。	1975年(空中写真から判読)においてアカマツの森林が成立。節の数。	マツ林齢 10年以上20年未満 ^{※2}
9	クロマツ 40年以上	クロマツの下層に落葉広葉樹の低木が繁茂している。	1975年(空中写真から判読)においてクロマツの森林が成立。節の数。	マツ林齢 10年以上20年未満 ^{※2}
10	クロマツ 40年以上	クロマツの下層に、自然に発生したと見られるアカマツが生育している。	1975年(空中写真から判読)においてクロマツの森林が成立。節の数。	マツ林齢 10年以上20年未満 ^{※2}
11	アカマツ 40年以上	アカマツの下層に常緑広葉樹の低木が繁茂している。	1975年(空中写真から判読)においてクロマツの森林が成立。節の数。	マツ林齢 10年以上20年未満 ^{※2}
12	常緑 広葉樹林	アカマツの下層低木であった常用広葉樹が生育し支配的となった。	—	落葉広葉樹 ^{※3}

表 2.1.1-7 植生調査結果 (2/2)

ポイント No.	植生区分	特 徴	林齢根拠	FARSITE 入力データ※1
13	アカマツ 10年以上	極地的にアカマツが植栽されている。植生図に反映するほどの面積はない。	節の数。	落葉広葉樹※3
14	クロマツ 20年以上	1986年以前に植栽された林分であり、一般的な成長を示している。低木は見られない。	1980年代（空中写真から判読）に植栽。節の数。	マツ林齢 10年以上20年未満※2
15	クロマツ 40年以上	クロマツの下層に常緑広葉樹の低木が繁茂している。	1975年（空中写真から判読）において森林が成立。節の数。	マツ林齢 10年以上20年未満※2
16	落葉 広葉樹	クロマツ林の下層低木であった落葉広葉樹が生育し支配的になった。	—	落葉広葉樹※3
17	落葉 広葉樹	クロマツ林の下層低木であった落葉広葉樹が生育し支配的になった。	—	落葉広葉樹※3
18	低草地	雑草等の0.3m低草地。	—	Short Grass (低草:1ft)
19	高草地	セイタカ等の1.0m程度の草地。	—	草刈りを行いBrush管理とする。
20	建物用地	—	—	コンクリート等の非植生が多く延焼しにくいと考えられるが、保守性を考慮してBrushを入力

※1 樹種・林齢が混在しているエリアについては、単位面積当たりの材積割合から入力データを決定

※2 発電所周囲の植生はほとんどが林齢40年以上のマツ・クロマツであるが、保守性を考慮して、林齢20年以上のマツ・クロマツの林齢を一律に10年以上20年未満に設定

※3 広葉樹については、林齢によって地面下草は大きく変化しないことから、保守性を考慮して、針葉樹（林齢10年未満）と同じ設定

(4) 発火点の設定

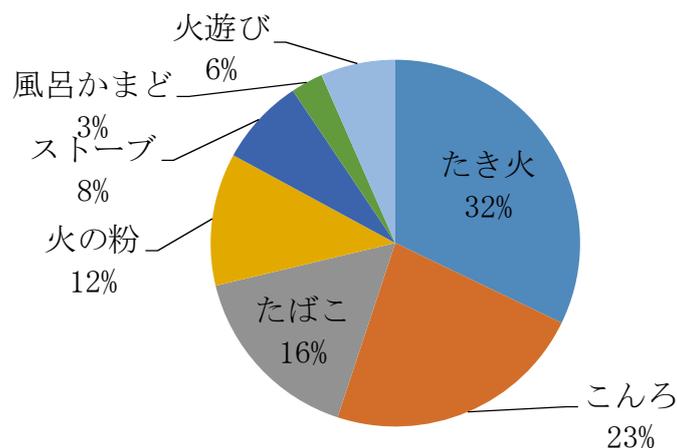
a. 発火点の設定方針

評価ガイドにある森林火災の想定に基づき、発火点の設定は以下の方針とした。

- ・卓越風向及び最大風速記録時の風向が発電所の風上になる地点
- ・たき火等の人為的な火災発生原因が想定される地点

なお、茨城県内での主な火災発生原因は、「消防防災年報」（茨城県 2006 年～2015 年）によると、たき火、こんろ、たばこである。図 2.1.1-8 に出火原因割合を示す。

この結果に加え、発電所周囲の地理的状況等を考慮し、人為的な火災発生原因を想定した。



「消防防災年報」（茨城県 2006 年～2015 年）より

図 2.1.1-8 出火原因割合

b. 立地条件を考慮した発火点の設定

発電所周囲の特徴としては、以下の 4 点が挙げられる。

- ・発電所周囲は平坦な地形であり、住宅街や水田が多い。
- ・発電所のすぐ脇を国道が通る。
- ・発電所近傍に砂浜海岸がある。
- ・発電所に産業施設が隣接する。

このため、上記を踏まえ、卓越風向及び最大風速記録時の風向として抽出した 4 方向（西北西、北、南西、北東）に対し、発火点を以下のとおり設定した。設定した発火点を図 2.1.1-9 に示す。

(a) 西北西方向（発火点 1, 3）

霊園における線香等の裸火の使用と残り火の不始末、国道 245 号線を通行する人のたばこの投げ捨て等を想定し、国道 245 号線沿いの霊園に発火点 1 を設定した。

火入れ・たき火等を想定し、県道 284 号線沿いの水田に、発火点 1 より遠方となる発火点 3 を設定した。

(b) 北方向（発火点 2, 4）

バーベキュー及び花火の不始末等を想定し、海岸沿いに発火点 2 を設定した。

釣り人によるたばこの投げ捨て等を想定し、海岸沿いに発火点 2 より遠方となる発火点 4

を設定した。

(c) 南西方向（発火点 5, 6）

発電所南方向にある危険物貯蔵施設の屋外貯蔵タンクからの火災が森林に延焼することを想定し、南方向の危険物貯蔵施設の近くに発火点 5 を設定した。

交通量が多い交差点での交通事故による車両火災を想定し、国道 2 4 5 号線沿いに発火点 6 を設定した。

(d) 北東方向（発火点 7）

釣り人によるたばこの投げ捨て等を想定し、一般の人が発電所に最も近づくことが可能である海岸沿いに発火点 7 を設定した。

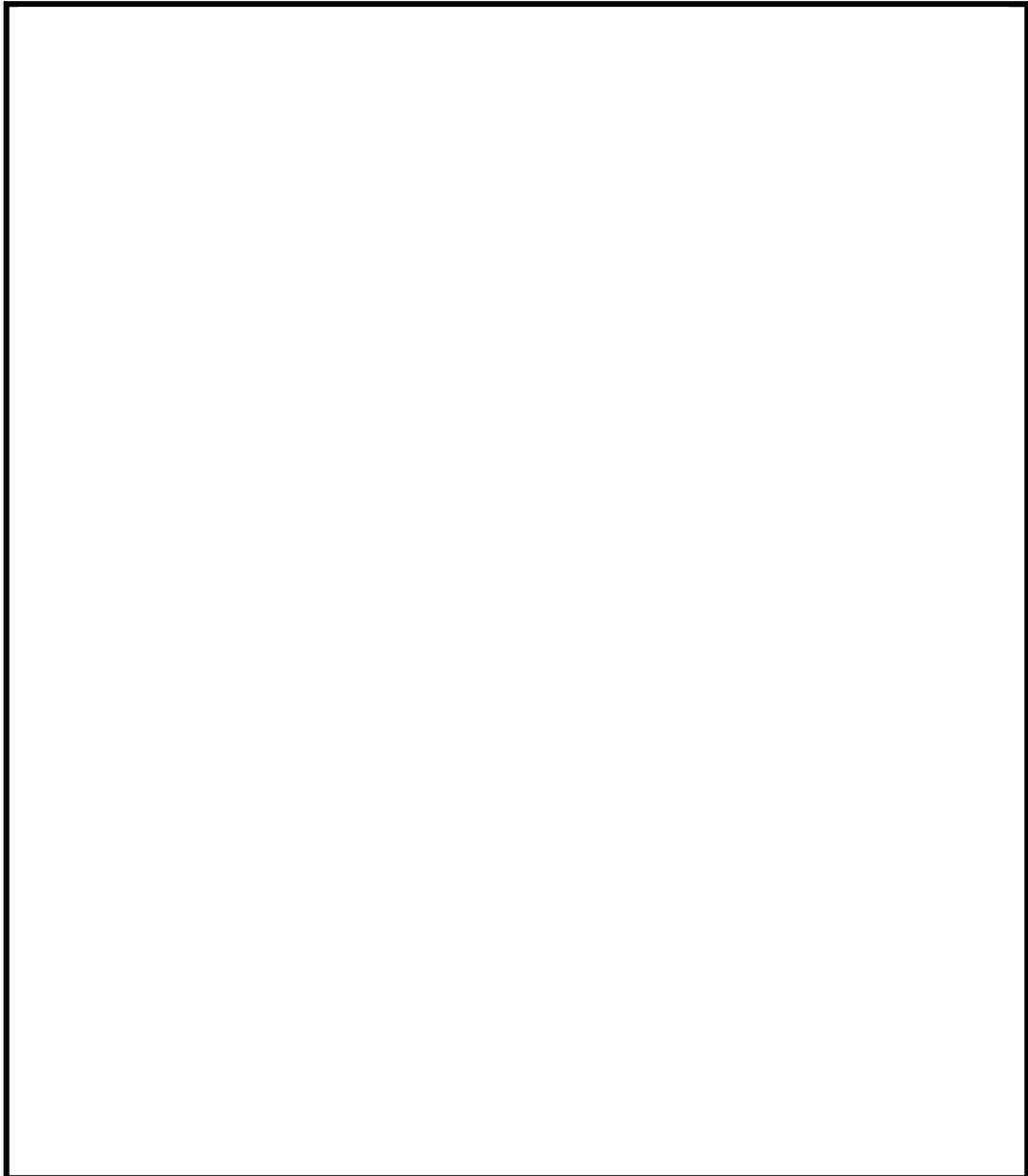


図 2. 1. 1-9 発火点と発電所の位置関係

(5) 熱影響が最も厳しくなる最大火炎輻射強度の算出

a. FARSITE出力データ

FARSITE出力データ及びFARSITE出力データを基に算出したデータを表2.1.1-8に示す。

表 2.1.1-8 FARSITE出力データ及び出力データを基に算出したデータ

項目※1	発火点 1	発火点 2	発火点 3	発火点 4	発火点 5	発火点 6	発火点 7
火炎長 (m)	0.7	0.9	1.6	1.1	1.5	1.6	1.5
火炎継続時間 (hr)	0.36	0.16	0.07	0.16	0.10	0.06	0.08
火炎輻射強度※2 (kW/m ²)	442	441	442	440	444	443	439
燃焼半径 (m)	0.2	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5
火炎到達幅 (m)	1,960	1,550	1,960	1,460	1,960	1,960	1,330

※1 火炎長はFARSITE出力データであり、その他の項目はFARSITE出力データを基に算出したデータ

※2 反応強度に米国NFPAの係数0.377を乗じて算出

b. 熱影響が最も厳しくなる最大火炎輻射強度の特定

「V-1-1-2-5-5 外部火災防護における評価方針」に示す評価式を用いて代表施設について熱影響評価をした結果(燃焼継続時間を用いる評価の代表として、森林からの離隔距離が最も短い使用済燃料乾式貯蔵建屋、燃焼継続時間を用いない評価の代表として、森林からの離隔距離が最も短い放水路ゲートを選定)を表2.1.1-9に示す。評価結果のとおり、発火点5及び発火点3において熱影響が最も厳しくなることを確認した。

以上より、熱影響評価では、燃焼継続時間を用いる建屋に対しては発火点5の火炎輻射強度444 kW/m²を、燃焼継続時間を用いないその他の対象に対しては発火点3の火炎輻射強度442 kW/m²を用いて評価を行う。

表 2.1.1-9 発火点毎の熱影響評価結果

対象施設	評価温度 (°C)							許容温度 (°C)
	発火点 1	発火点 2	発火点 3	発火点 4	発火点 5	発火点 6	発火点 7	
使用済燃料 乾式貯蔵建屋	96	87	93	94	99	91	92	<200
放水路ゲート	85	93	126	99	121	125	119	<325

※ 太字は最高値

2.1.2 評価内容について

(1) 危険距離評価用データの選定

発火点から発電所に延焼するまでの間に、防火帯外縁付近より高い反応強度がある可能性があるため、原子炉施設に影響を与える影響範囲を踏まえ、防火帯から 100 m の範囲を抽出対象とし防火帯外縁以外に存在する最大の反応強度を抽出することで保守的な評価を実施している。

火災の円筒モデルの概要は以下のとおり。(図 2.1.2-1)

森林火災の解析は、使用した F A R S I T E 解析コードのうち、分割が最も小さい 10 m メッシュを用いた解析である。火炎円筒モデルは、反応強度最大のメッシュにおける火炎高さの 1/3 から燃焼半径が決まり、10 m メッシュの中には火炎円筒モデルが約 F' 個存在する。

この約 9 個の火炎円筒モデルは、10 m メッシュごと燃焼完了後に隣のメッシュへ移動する解析であり、森林火災のあるメッシュが燃焼し、隣接メッシュに移動した後は、燃焼していた元のメッシュの可燃物を燃焼しつくしていることから、消炎するものとする。また、メッシュの燃焼途中での移動は考慮しない。

最初に防火帯の下縁に到達したメッシュの輻射は、約 F' 個分が同時に放射する。燃焼完了後メッシュが両隣へ移動し、それぞれ約 F' 個分が 2 箇所から同時に放射される。このメッシュ移動が継続され移動ごとに外部火災の影響を考慮する施設までの距離も変化する。この移動が継続した長さを火炎到達幅とする。

火炎到達幅は、F A R S I T E 解析結果において敷地境界で燃焼しているメッシュの総数の合計長さとする。

燃焼継続時間は、F A R S I T E 解析燃焼到達時間の差*としている。

※：10 m メッシュへの火炎到達時刻から隣のメッシュに燃焼が到達する時刻までの時間

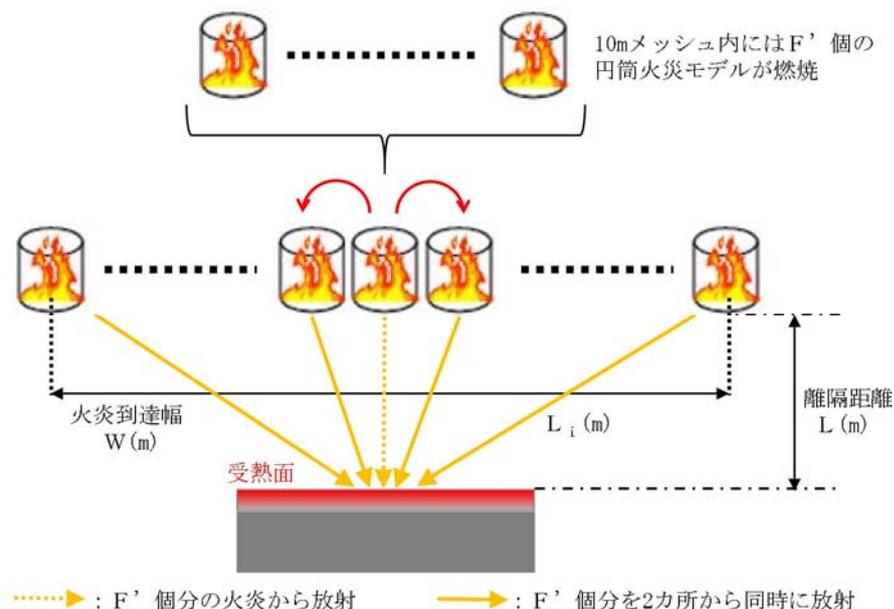


図 2.1.2-1 森林火災における火炎の円筒モデル評価の概要

(2) 火炎輻射強度を切上げた場合の影響

森林火災評価において、火炎輻射強度が延焼の過程で、日射量、地形の相違により増減することを考慮し、より高い火炎輻射強度を抽出するため、防火帯外縁から100mの範囲で最大の火炎輻射強度を抽出している。一方で、より高い火炎輻射強度の設定として、火炎輻射強度を切上げる方針も考えられるため、評価結果への影響度合いを確認した。

最も危険距離が長い非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機含む。）について、火炎輻射強度を切上げた場合の評価結果を示す。表 2.1.2-1 のとおり、危険距離は約 2m 長くなる程度であり、離隔距離を上回ることはない。

表 2.1.2-1 現状評価と火炎輻射強度を切上げた評価の比較

	現状評価	火炎輻射強度を切上げた場合の評価
火炎輻射強度 (W/m ²)	442	500
非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機含む。)の危険距離 (m)	30	32
防火帯外縁までの離隔距離 (m)	267	

(3) 建屋及び主排気筒における温度評価式の使い分けについて

a. 固体内部の温度状態

固体内部の熱伝導と表面からの熱伝達量の比率を表すビオ数が 0.1 を下回る時、温度差がみられず一様な温度状態と考えることができる。固体表面の温度評価を行っている建屋及び主排気筒について、ビオ数を算出した結果、主排気筒は 0.1 を下回るため、固体内部は一様な温度状態として考えることができる。ビオ数の評価式は式 1 のとおり。

$$\text{ビオ数} : Bi = \frac{h \cdot d}{\lambda} \quad (\text{式 1})$$

表 2.1.2-2 建屋及び主排気筒のビオ数

項目	建屋	主排気筒
h : 熱伝達率(W/m ² /K)	17 ^{※1}	17 ^{※1}
d : 厚さ(m)	0.3 ^{※2}	0.19 ^{※3}
λ : 熱伝導率(W/m/K)	1.63 ^{※4}	51.6 ^{※5}
Bi : ビオ数(-)	3.1	0.063

※1 : 空調和・衛生工学便覧, ※2 : 原子炉建屋の評価で想定する壁厚
 ※3 : 最も厚い補助支柱材の肉厚, ※4 : 原子炉建屋構造設計指針
 ※5 : 伝熱工学資料

b. 温度評価式

固体表面の温度評価を行っている建屋及び主排気筒については、固体内部の温度分布が一様と考えることができるか否かで温度評価式を分ける。

固体内部の温度分布が一様と考えることができない建屋については、式 2 に示す熱伝導方程式を用いて算出する。

固体内部の温度分布が一様と考えることができる主排気筒については、式 3 に示す固体表面での輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した温度評価式を用いて算出する。

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (\text{式 2})$$

$$T = \frac{E}{2h} + T_0 \quad (\text{式 3})$$

ρ : 密度 (kg/m³), C_p : 比熱 (J/kg/K), λ : 熱伝導率 (W/m/K)

T : 到達温度 (°C), T₀ : 周囲温度 (°C), E : 輻射強度 (W/m²)

h : 熱伝達率 (W/m²/K)

(4) 各評価で対象とする発火点について

a. 温度評価式

各対象に対する評価は大きく分けて、以下の固体表面の温度，流入する空気の温度に分けられる。各対象の評価式を式1～式3に示す。

表 2.1.2-3 各対象の評価式

外部火災の影響を考慮する施設	評価内容	評価式
原子炉建屋	固体表面の温度を評価	式1
タービン建屋		
使用済燃料乾式貯蔵建屋		
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁		
主排気筒		式2
放水路ゲート		
止水ジョイント部		
防潮扉		
非常用ディーゼル発電機（高压炉心スプレイ系 ディーゼル発電機を含む。）	流入する空気の温度を評価	式3
残留熱除去系海水系ポンプ		
非常用ディーゼル発電機（高压炉心スプレイ系 ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ		

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (\text{式1})$$

(参考：伝熱工学，東京大学出版会)

$$T = T_1 + \frac{E}{2h} \quad (\text{式2})$$

(参考：建築火災のメカニズムと火災安全設計 財団法人日本建築センター)

$$T = T_0 + \frac{E \cdot A}{G \cdot C_p} + \Delta T \quad (\text{式3})$$

(参考：空気調和衛生工学便覧 第14版)

ρ ：密度 (kg/m³)， C_p ：比熱 (J/kg/K)， λ ：熱伝導率 (W/m/K)

T ：到達温度 (°C)， T_0 ：周囲温度 (°C)， E ：輻射強度 (W/m²)

h ：熱伝達率 (W/m²/K)， A ：輻射を受ける面積 (m²)

G ：重量流量 (kg/s)， T_1 ：初期温度 (°C)

ΔT ：構造物を介しての温度上昇 (°C)

b. 各評価で対象となる発火点の選定方針

各評価で使用する火災源に係るパラメータを踏まえると、対象とする発火点は以下の2つに分けられる。

- ・式1の対象となる発火点 … 輻射強度が大きくかつ火炎継続時間が長い発火点
- ・式2, 3の対象となる発火点 … 輻射強度が大きい発火点

表 2.1.2-4 評価で使用する火災源に係るパラメータ

外部火災の影響を考慮する施設	評価式	評価で使用する火災源に係るパラメータ (要：○/不要：×)	
		輻射強度	火炎継続時間
原子炉建屋	式1	○	○
タービン建屋			
使用済燃料乾式貯蔵建屋			
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁			
主排気筒	式2	○	×
放水路ゲート			
止水ジョイント部			
防潮扉	式3	○	×
非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）			
残留熱除去系海水系ポンプ			
非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ			

c. 各評価で対象となる発火点

輻射強度は、式4～式6により算出され、火炎輻射強度及び火炎長が大きいほど、大きくなる。

・輻射強度の算出式

$$E_0 = \Phi_0 \cdot F' \cdot R_f \quad (\text{中心火炎の場合}) \quad (\text{式4})$$

$$E_i = \Phi_i \cdot F' \cdot R_f \cdot 2 \quad (\text{中心以外の火炎の場合}) \quad (\text{式5})$$

Φ_i : 形態係数(-), R_f : 最大火炎輻射強度(kW/m²)

F' : 円筒火炎モデル数(10/2R) (-)

・形態係数の算出式

$$\Phi_i = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right) \right] \quad (\text{式6})$$

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

Φ_i : 円筒火炎モデルの形態係数(-)

L_i : 離隔距離(m), H : 火炎長(m), R : 燃焼半径(H/3)(m)

表 2.1.2-5 の評価結果を踏まえると、対象となる発火点は以下となる。

- ・ 輻射強度が大きくかつ火炎継続時間が長い発火点 … 発火点 5
- ・ 輻射強度が大きい発火点 … 発火点 3

表 2.1.2-5 各発火点の解析結果

項目	発火点 1	発火点 2	発火点 3	発火点 4	発火点 5	発火点 6	発火点 7
火炎継続時間 (hr)	0.36	0.16	0.07	0.16	0.10	0.06	0.08
火炎輻射強度 (kW/m ²)	442	441	442	440	444	443	439
火炎長 (m)	0.74	0.91	1.60	1.05	1.50	1.58	1.46

以上より、各評価で対象となる発火点は以下となる。

表 2.1.2-6 各外部火災の影響を考慮する施設の評価で対象となる発火点

外部火災の影響を考慮する施設	評価内容	評価式	評価で対象となる 発火点
原子炉建屋	固体表面の 温度を評価	式 1	発火点 5
タービン建屋			
使用済燃料乾式貯蔵建屋			
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁			
主排気筒	流入する空気の 温度を評価	式 2	発火点 3
放水路ゲート			
止水ジョイント部			
防潮扉			
非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機を含む。）	流入する空気の 温度を評価	式 3	発火点 3
残留熱除去系海水系ポンプ			
非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ			

(5) 防火帯付近の予防散水活動を行うため講じる対策について

a. 熱感知カメラ

設置する熱感知カメラの仕様等を以下に示す。

表 2.1.2-7 熱感知カメラ仕様等

検出器	2次元非冷却センサ
温度測定範囲	レンジ1：-40℃～120℃ レンジ2：0℃～500℃
視野角	水平 90.0° ± 6% 垂直 73.7° ± 6%
焦点距離	60 cm ～ 無限遠
感知に要する時間	30 秒以内*
設置場所	緊急時対策所建屋 屋上
設置台数	8 台
警報確認場所	中央制御室, 監視所
警報設定温度	120℃

※ 消防法に基づき定めた「火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術上の規格を定める省令」第17条の8での要求時間

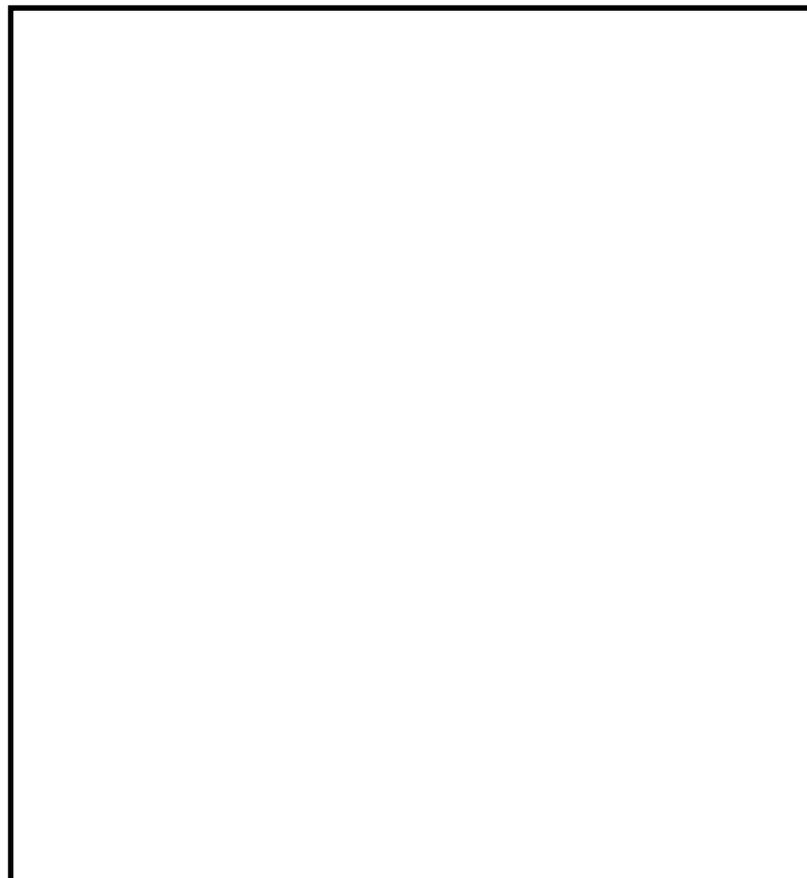


図 2.1.2-2 熱感知カメラの設置位置と監視範囲

b. 発火点 1 付近に設置する消火栓

発火点 1 の火災が最も早く到達する防火帯付近に、屋外消火栓を設置する。屋外消火栓の設置位置を図 2. 1. 2-3 に示す。



図 2. 1. 2-3 屋外消火栓の設置位置

2.6 止水ジョイント部への断熱材設置について

森林火災の影響を直接受ける鋼製防護部材が、火災影響により高温になると内側にある鋼製アンカー、シートジョイント等に間接的な熱影響が及ぶことから、鋼製防護部材の内側にある部材を防護する目的で、鋼製防護部材裏面に断熱材を設置する。概念図を図1、図2に示す。

鋼製防護部材裏面に設置する断熱材の内側表面温度が、鋼製防護部材内側で最も許容温度が低いシートジョイントの許容温度である60℃※1以下となるよう、一般的に使用されているグラスウール※2を想定し断熱材厚さを評価した結果、最大で約10cmであることを確認した。

※1 シートジョイントである軟質ポリ塩化ビニルシートの使用温度上限値

※2 製品規格（J I S等）で要求される燃焼性等の試験において合格品のもの。

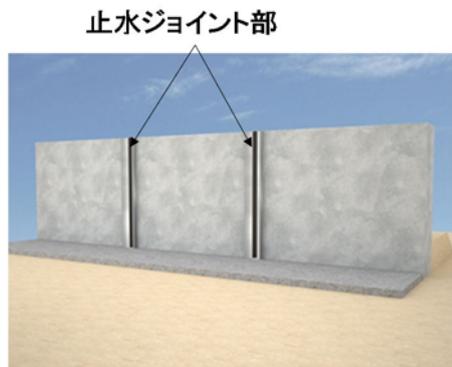


図 2.6-1 止水ジョイント部の位置

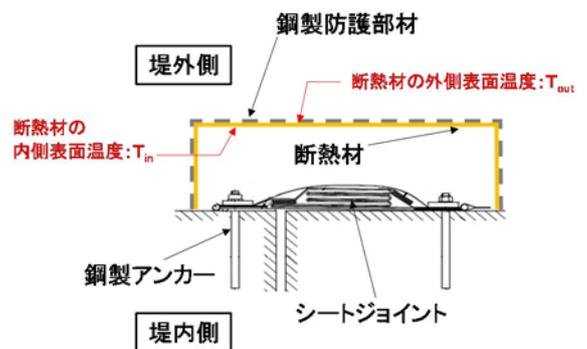


図 2.6-2 止水ジョイント部の概念図

$$d = \frac{\lambda \times (T_{out} - T_{in})}{h \times (T_{in} - T)} = 0.098\text{m}$$

(出典：JIS 9501 2016)

d：断熱材の厚さ (m)

λ：断熱材の熱伝導率 (0.034W/(m・K)) ※1

T_{out}：断熱材の外側表面温度 (299℃) ※2

T_{in}：断熱材の内側表面温度 (60℃) ※3

T：周囲空気温度 (50℃) ※4

h：熱伝達率 (8.29W/(m²・K)) ※5

※1 伝熱工学資料 (グラスウールの値)

※2 森林火災を想定した場合の鋼材の最高到達温度 299℃を保守的に断熱材の外側表面温度として設定

※3 軟質ポリ塩化ビニルシートの使用温度上限値

※4 水戸地方気象台で観測された過去最高気温に保守性を持たせた値

※5 空気調和・衛生工学便覧 (静止空気に対する垂直表面の値)