

島根原子力発電所 2 号炉

外部火災の影響評価について

平成26年10月23日

中国電力株式会社

目 次

1. 基本方針
 - 1.1 基本事項
 - 1.2 想定する外部火災
 - 1.3 防護対象設備

2. 火災の影響評価
 - 2.1 森林火災
 - 2.2 近隣の産業施設の火災・爆発
 - 2.3 航空機墜落による火災
 - 2.4 航空機墜落に起因する危険物施設の火災による発電用原子炉施設への影響
 - 2.5 二次的影響の評価

添付資料

1. 外部火災影響評価対象の考え方について
2. 森林火災による影響評価について
3. 石油コンビナート等の火災・爆発について
4. 敷地内における危険物タンクの火災について
5. 原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災について
6. ばい煙及び有毒ガスの影響評価について

1. 基本方針

1.1 基本事項

原子力規制委員会の定める「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」（以下「設置許可基準規則」という。）第六条において、外部からの衝撃による損傷の防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）又は人為事象（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならないとされている。

このため、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（以下「ガイド」という。）に基づき、外部火災影響評価を行い、外部火災により安全施設へ影響を与えないこと及び発電所敷地外で発生する火災の二次的影響に対する適切な防護対策が施されていることを評価する。

1.2 想定する外部火災

設置許可基準規則の解釈第6条において、敷地及び敷地周辺から想定される自然現象又は人為事象として森林火災、近隣産業施設の火災・爆発、飛来物（航空機墜落）を挙げている。

このことから、想定する外部火災は以下のとおりとする。

- (1) 森林火災
- (2) 近隣の産業施設の火災・爆発
- (3) 航空機墜落による火災

また、具体的な評価内容等については、以下のとおりとする。

想定事象	考慮する条件	評価内容	評価項目
森林火災	敷地境界から 10 km 圏内で出火し延焼する森林火災	・森林火災シミュレーション解析コード (FARSITE) を用いた森林火災評価 ・森林火災評価に基づく防護対象設備への熱影響評価	・火災到達時間評価 ・防火帯幅評価 ・熱影響評価 ・危険距離評価
近隣の産業施設の火災・爆発	敷地境界から 10 km 圏内にある産業施設での火災・爆発	・近隣の石油コンビナート等について発電所との距離、地形を考慮した影響評価	・危険距離評価
	発電所敷地内の危険物施設の火災	・発電所敷地内の危険物施設の火災による影響評価	・熱影響評価
航空機墜落による火災	敷地内への航空機墜落時の火災	・墜落確率 10^{-7} (回/炉・年) 以上となる範囲に墜落した航空機火災による防護対象設備への影響評価	・熱影響評価

1.3 防護対象設備

安全施設が外部火災の影響を受けた場合、原子炉の安全性を確保するために必要な設計上の機能を喪失し、安全性の確保が困難となるおそれがあることから、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」（以下「重要度分類審査指針」という。）において、安全機能を有する設備とされるクラス1，2，3に該当する構築物，系統及び機器を、外部火災に対する防護対象とする。

このうち、高い信頼性を要求されるクラス1，2に該当する防護対象設備に対しては、消火設備等の防護手段を期待しない条件のもと、想定される外部火災に対して、原子炉建物他構築物の熱影響評価を行う。

一般産業施設と同等以上の信頼性が要求されているクラス3に該当する防護対象設備に対しては、個別の熱影響評価は行わず、建物による防護，防火帯の確保や、散水活動，代替設備により安全機能に影響を与えないことを確認する。

また、防護対象設備を防護することにより、外部火災により重大事故の発生に至ることはないと考えるが、重大事故等対処施設についても、外部火災によりその機能が損なわれることがないことを確認する。

(添付資料1)

2. 火災の影響評価

2.1 森林火災

(添付資料 2)

2.1.1 評価内容

発電所敷地外で発生する森林火災が発電所へ迫った場合でも、発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを以下の項目により評価する。

- (1) 火災の到達時間の評価
- (2) 防火帯幅の評価
- (3) 発電用原子炉施設への熱影響評価
- (4) 危険距離の評価

2.1.2 評価要領

森林火災の評価は、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、以下の設定により解析した。

- (1) 国土数値情報 (国土交通省) の土地利用細分メッシュを使用し、土地利用データ (森林・田畑・建物用地等) を入力した。このうち森林領域については、樹種・林齢を入力しさらに細分化した。

森林領域の状況把握のため、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の確認及び現地調査を実施した。

- (2) 気象条件は、過去 10 年間で調査し、森林火災の発生件数が比較的多い月を考慮して、森林火災の延焼を拡大させる観点から、FARSITE の条件として適切と判断される湿度、気温及び風速を設定した。(表 1, 図 1)
- (3) 卓越風向は南西と東北東であり、発電所の風上方向に出火点を設定した。なお、最大風速記録時の風向も南西である。
- (4) 発電所を含む南北約 10km, 東西約 10km の範囲を評価対象範囲とし、以下の 5 地点を出火点として設定した。

a. 南西方向の風 (卓越風向・最大風速記録時の風向) 【解析ケース 1, 2】

発電所に対し、卓越風向の風上方向約 2 km 付近に河川 (佐陀川) があり、これより遠方については、河川によって森林部・田畑が分断されていることから、森林火災は延焼しない。

河川以降で発電所に向かう間にある集落として恵曇地区、深田地区がある。風下方向の地形が上り勾配となっている場合に火災が延焼し易いこと、遠方からの火災は広範囲に延焼することを考慮して、発電所の周囲にある標高差約 150m の山林の麓にある恵曇地区を出火点に選定した。(解析ケース 1)

また、発電所に近接する地点での森林火災延焼による影響を評価する地点として、敷地境界道路 (県道 37 号線) を出火点に選定した。(解析ケース 2)

b. 東北東方向の風 (卓越風向) 【解析ケース 3, 4, 5】

発電所に対し、卓越風向の風上にある集落として、御津地区、島根町 (大芦地区)、上講武地区がある。

このうち、御津地区、上講武地区では過去に森林火災の発生があったことから、森林火災延焼による影響を評価する出火点に選定した。(解析ケース3, 4)

また、卓越風向の遠方からの火災は広範囲に延焼することを考慮して、島根町(大芦地区)を出火点に選定した。(解析ケース5)

表1 森林火災評価の気象条件選定結果

データ種類	ガイド記載事項	島根原子力発電所の評価で用いたデータ	入力項目	条件
気象条件	気象条件は過去10年間の調査し、森林火災の発生件数の多い月の最小湿度、最高気温及び最大風速の組み合わせとする。	ガイド通り、林野火災の発生している月の過去10年間の気象条件から最小湿度、最高気温及び最大風速を調査した。	気温	37.5℃
			風速	22.1m/s
			湿度	12%
風向	風向は卓越風向とし、発電所の風上に発火点を設定する。ただし、発火源と発電所の位置関係から風向きを卓越方向に設定することが困難な場合は、風向データ等から適切に設定できるものとする。	ガイド通り、林野火災の発生している月の過去10年間の気象条件から卓越風向を調査した。	風向(卓越)	南西
				東北東

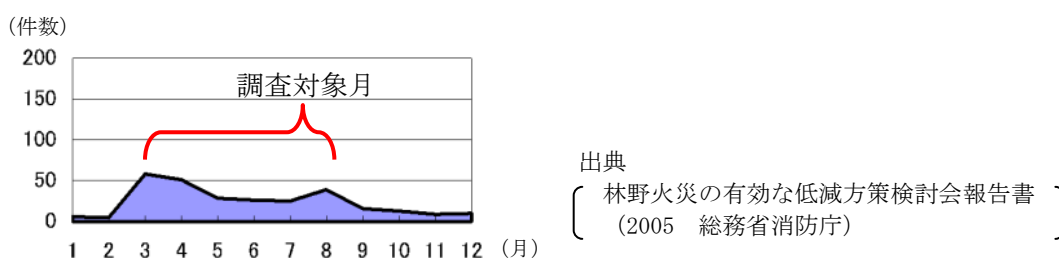


図1 島根県の林野火災発生件数



図2 外部火災影響評価（森林火災）にて想定した出火点

2.1.3 評価結果

2.1.3.1 火災の到達時間の評価

想定した森林火災の中で発電所の林縁まで最短で到達するのは、解析ケース2の場合で約2時間である。

これに対し、発電所の自衛消防隊のうち初期消火要員は、24時間常駐しており、早期に消火体制を確立することができることから、防火帯の外縁での散水による延焼防止、影響緩和の活動が可能である。

なお、敷地境界に設置されているモニタリングポストについては、散水活動が間に合わず、モニタリングポストが機能喪失する可能性があるが、可搬式のモニタリングポストにより対処可能である。

2.1.3.2 防火帯幅の評価

林縁から50m以内の火線強度の最大値4,766.7kW/m（解析ケース2）に対して必要な防火帯幅は20.2mであり、幅約21mの防火帯を設定する。（図3）

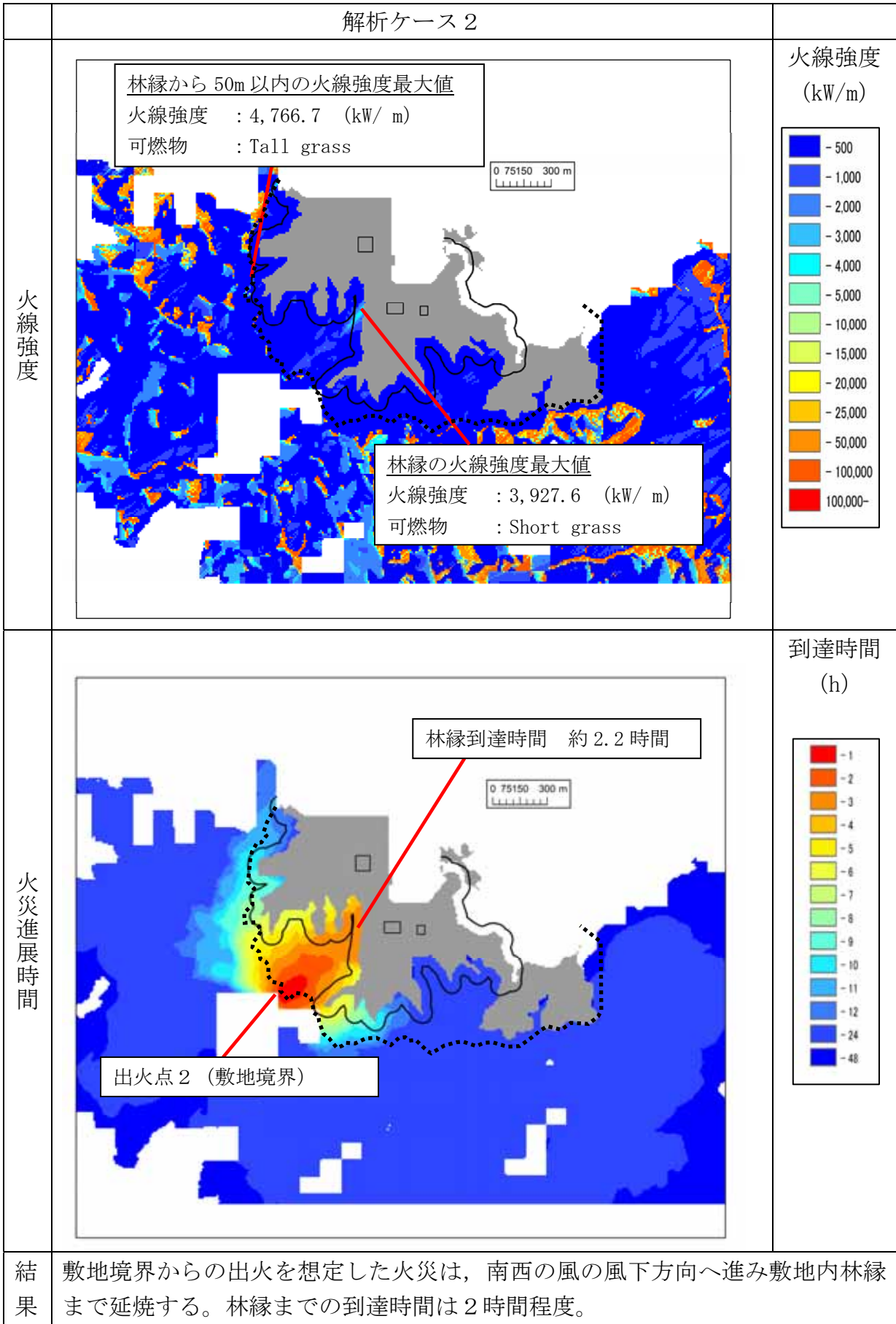


図 3 FARSITE の結果 (延焼状況結果)

2.1.3.3 発電用原子炉施設の熱影響評価

(1) 建物外壁の熱影響評価

受熱側の輻射強度を用いて，森林部と最も接近している原子炉建物外壁における熱影響温評価を実施した結果，原子炉建物外壁の表面温度は約 59.7℃であり，許容温度 200℃以下であることを確認した。(図 4)

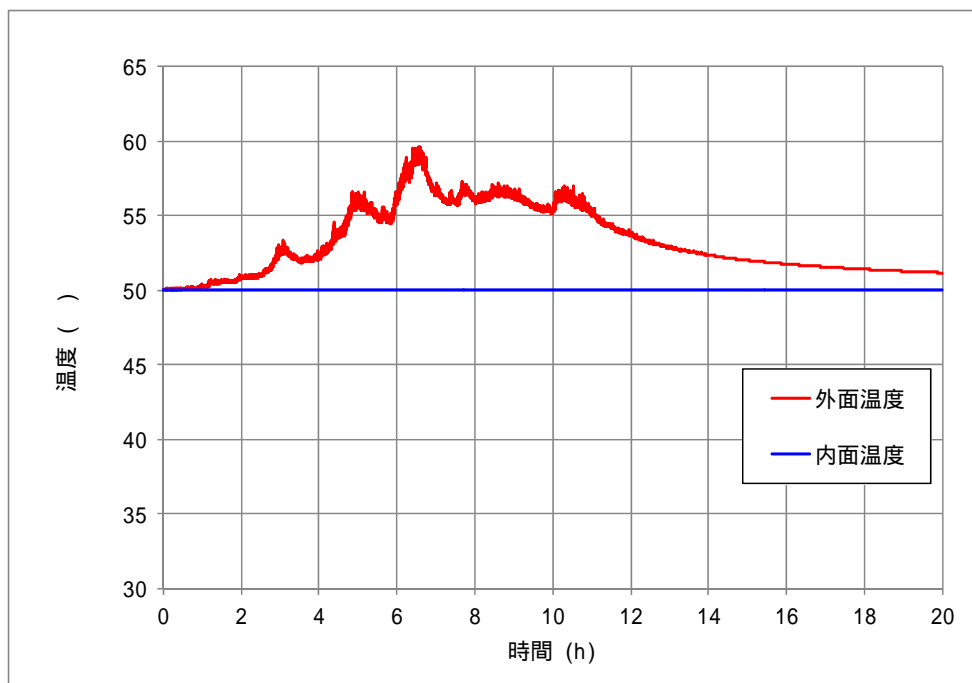


図 4 2号炉原子炉建物西側壁面温度の時間変化

(2) 屋外の防護対象設備への熱影響評価

排気筒について、火災源からの輻射熱による温度上昇を評価した結果、排気筒の表面温度は約 61.9℃であり、排気筒鋼材の許容温度 350℃以下であることを確認した。(図 5)

復水貯蔵タンクについては、周囲がコンクリート製の放射線遮蔽壁(約 50cm)で囲まれているので、直接輻射を受けない。

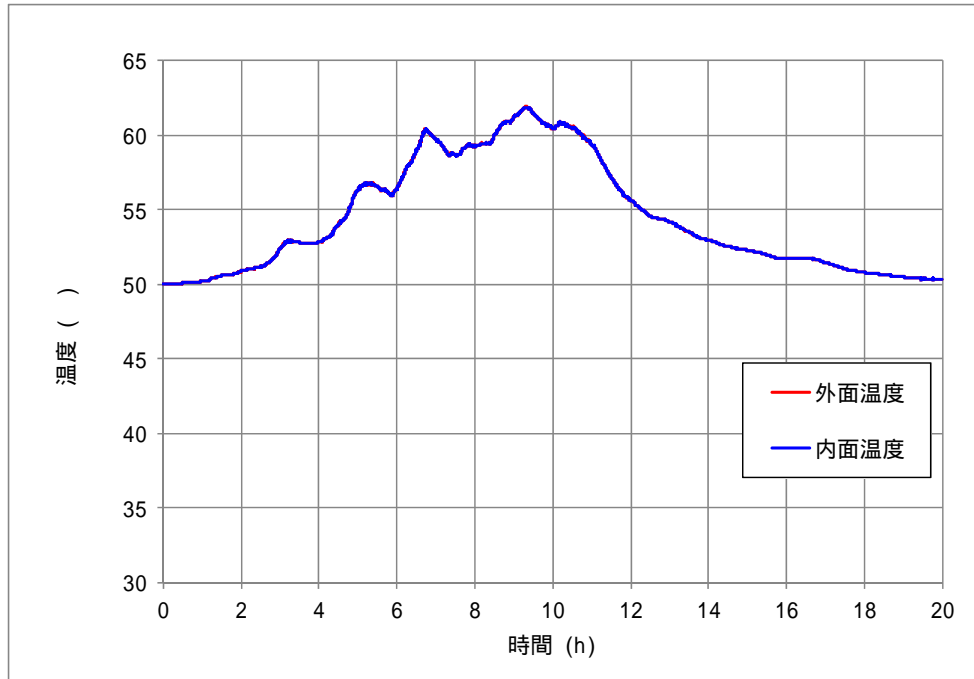


図 5 2号炉排気筒鉄塔表面温度の時間変化

2.1.3.4 危険距離の評価

(1) 建物外壁への危険距離評価

想定される森林火災に対して、コンクリート表面温度が許容温度 200℃を超えない限界の距離(危険距離)を算出した結果、約 18.0mであり、林縁から原子炉建物外壁までの離隔距離(約 120m)以下であることを確認した。

また、飛び火による延焼防止を目的として幅約 21mの防火帯を確保することから、屋外に設置しているその他のコンクリート壁(固体廃棄物貯蔵所、サイトバンカ建物他)についても、森林火災からの離隔距離が危険距離以上確保される。

(2) 屋外の防護対象設備への危険距離評価

排気筒について、想定される森林火災に対して排気筒鋼材の許容温度 350℃を超えない限界の距離(危険距離)を算出した結果、約 4.1m であり、林縁から排気筒までの離隔距離(約 90m)以下であることを確認した。

復水貯蔵タンクについては、周囲がコンクリート製の放射線遮蔽壁(約 50cm)で囲まれており、離隔距離(約70m)がコンクリート壁の危険距離以上であることを確認した。

2.2 近隣の産業施設の火災・爆発

2.2.1 評価内容

近隣の危険物施設について設置状況を調査し、発電所に隣接する地域で起きた火災やガス爆発が発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価した。

(添付資料3)

また、発電所敷地内における危険物施設の火災が、安全機能を有する構築物、系統及び機器を内包する発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価した。

(添付資料4)

2.2.2 評価結果

2.2.2.1 石油コンビナートの影響評価

発電所周辺には、石油コンビナート等特別防災区域を指定する政令（昭和五十一年七月九日政令第百九十二号）に指定されている特別防災区域はなく、最寄の特別防災区域までは離隔距離が約120kmであることから、発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはない。（図6）



図6 周囲の石油コンビナート等特別防災区域の位置と発電所までの距離

2.2.2.2 敷地外危険物施設の影響評価

発電所敷地外 10km 以内にある給油取扱所，高圧ガス販売所等の危険物施設における火災時の輻射熱及びガス爆発時の爆風圧は，発電所との間に山林による障壁（標高差約 150m）があることから，発電所へ影響を及ぼさない。（図 7，図 8）

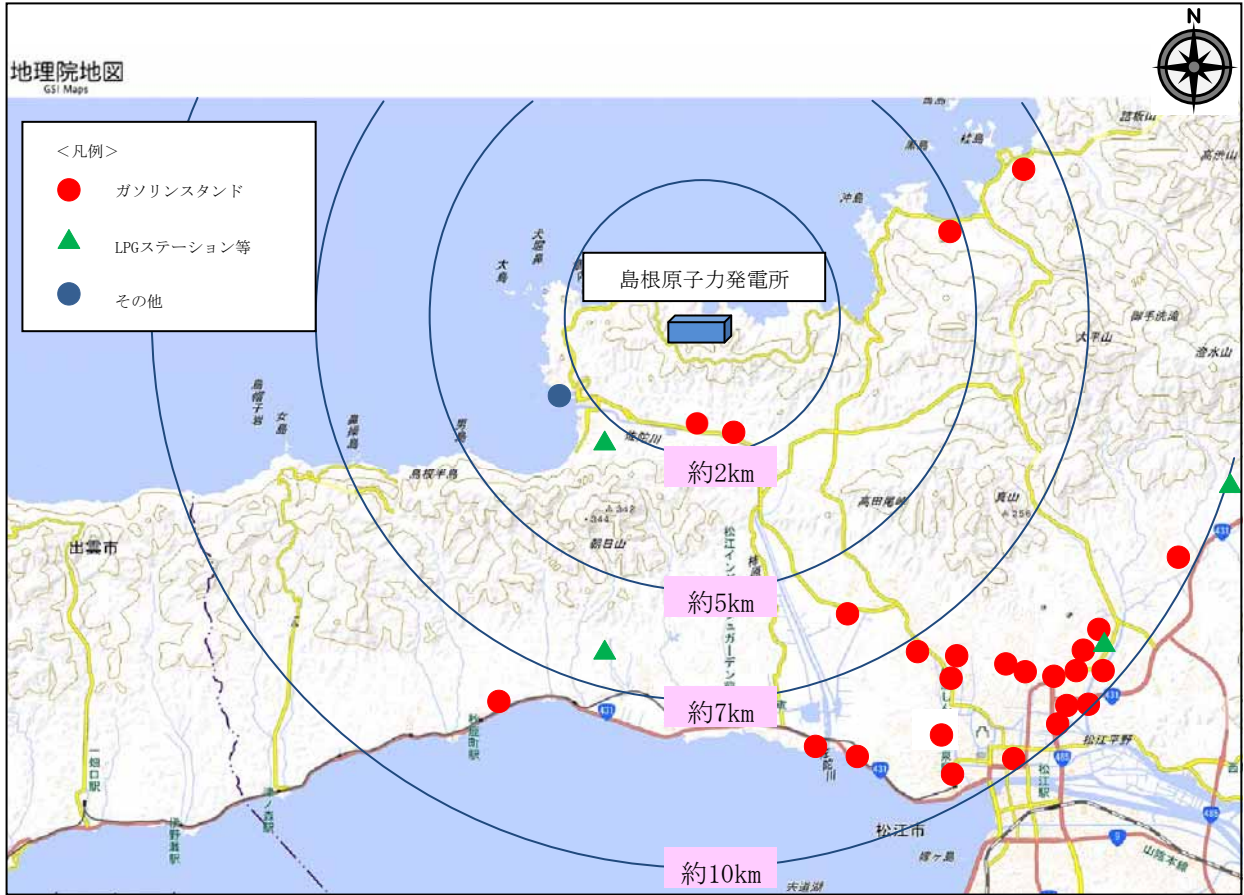


図 7 近隣の危険物施設配置図

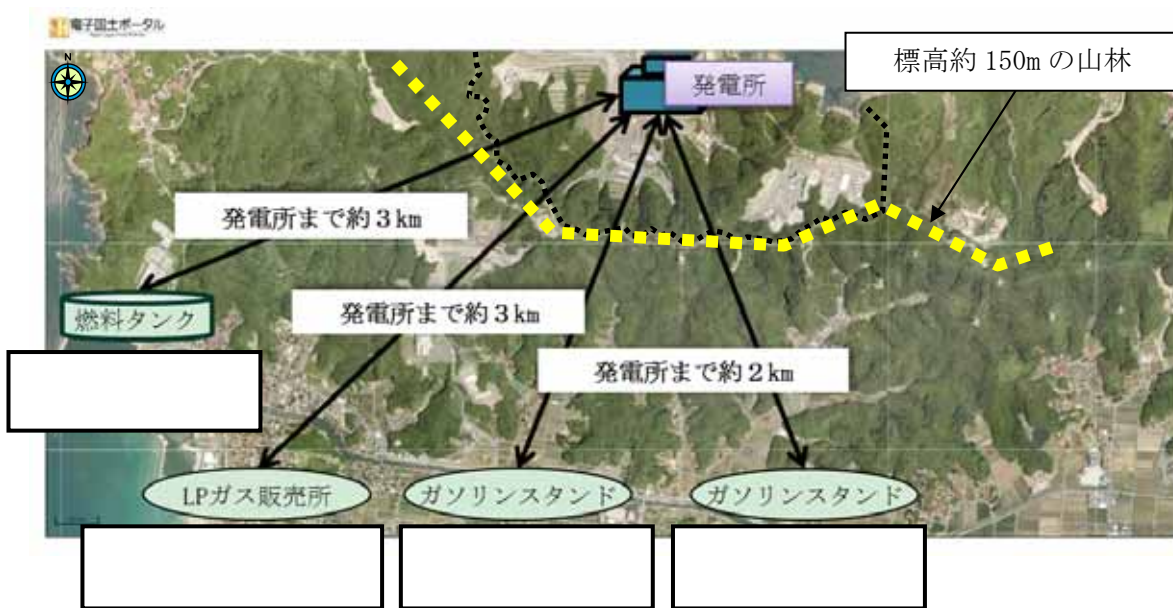


図 8 近隣の危険物施設と発電所の位置関係，施設の保管量

保管量及び発電所までの離隔距離について発電所敷地内の危険物施設と比較した結果、敷地内の危険物施設の火災に対する影響評価結果に包含される。

また、発電所近郊には、ガスパイプラインは埋設されていないことから、発電用原子炉施設に影響を及ぼさない。

(1) 火災の影響評価

発電所近隣の危険物施設（ガソリンスタンド及び船舶用燃料保管タンク）は発電所敷地内の危険物施設（重油タンク）に比べ燃料保有量が小さいため、発電所敷地内の危険物施設火災に対する影響評価（危険距離評価）に包含される。

表2 近隣及び敷地内の危険物施設の保管量，離隔距離

施設名	油種等	保管量	離隔距離	危険距離
			約2km	71.3m未満
			約2km	
			約3km	
重油タンク（敷地内貯蔵施設）	重油	2,700m ³	約0.6km	71.3m

(2) ガス爆発の影響評価

発電所近隣のLPガスの販売所について危険限界距離の評価を行い、発電用原子炉施設までの離隔距離は、評価上必要とされる危険限界距離以上あることを確認した。

また、爆発に伴って飛散する破片の飛散範囲の評価を行い、発電用原子炉施設までの離隔距離は、最大飛散範囲以上であることを確認した。

表3 近隣の危険物施設（LPガス）の保管量，離隔距離

施設名	油種等	保管量	離隔距離	危険限界距離	破片の最大飛散範囲
	LPガス		約3km		

2.2.2.3 燃料運搬車両の影響評価

発電所の出入口ゲートにおいて燃料運搬車両が火災を起こした場合を想定し、影響評価を実施した。

(1) 火災の影響評価

発電所への燃料運搬車両（非常用ディーゼル発電機用燃料タンクへの補給を行うタンクローリ）は発電所敷地内の危険物施設（重油タンク）に比べ燃料保有量が少ないため、発電所敷地内の危険物施設火災に対する影響評価（危険距離評価）に包含される。

表4 近隣及び敷地内の危険物施設の保管量，離隔距離

施設名	油種等	保管量	離隔距離	危険距離
燃料運搬車両（出入口ゲート）	軽油	26m ³	約0.9km	71.3m未満
重油タンク（敷地内貯蔵施設）	重油	2,700m ³	約0.6km	71.3m



図9 原子炉建物と出入口ゲートの位置関係

(2) ガス爆発に伴う影響評価

発電所への高圧ガス運搬車両（LPガスボンベ）について危険限界距離の評価を行い、発電用原子炉施設までの離隔距離は、危険限界距離以上あることを確認した。

また、爆発に伴って飛散する破片の飛散範囲の評価を行い、発電用原子炉施設までの離隔距離は最大飛散範囲以上であることを確認した。

表5 近隣の危険物施設（LPガス）の保管量，離隔距離

施設名	油種等	保管量	離隔距離	危険限界距離	破片の最大飛散範囲
LPガスボンベ（出入口ゲート）	LPガス	500kg	約0.9km	約31.5m	約713m

2.2.2.4 漂流船舶の影響評価

発電所の周辺海域には主要な船舶の航路はないことから、危険物を積載した船舶が付近を漂流・衝突する等により、火災・爆発を起こす可能性は極めて低い。また、漁船等小型の船舶の火災・爆発に対しては、海岸部に海拔15mの防波壁を設置しており、直接輻射を受けない。

(1) 火災の影響評価

発電所専用港湾内へ入港する船舶（重油運搬船他）は、発電所敷地内の危険物施設（重油タンク）に比べ燃料保有量が少ないため、発電所敷地内の危険物施設の火災に対する影響評価（危険距離評価）に包含される。

表6 専用港湾内へ入港する船舶（重油運搬船）の保管量，離隔距離

施設名	油種等	保管量	離隔距離	危険距離
重油輸送船	重油	900m ³	約0.2km	71.3m未満
重油タンク(敷地内貯蔵施設)	重油	2,700m ³	約0.6km	71.3m

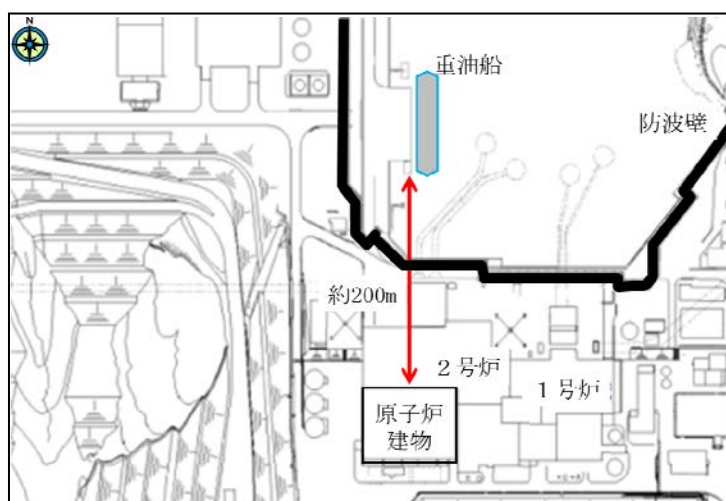


図10 原子炉建物と重油船の位置関係

(2) ガス爆発の影響評価

発電所へ船舶による高圧ガス燃料の運搬を行っていないことから、発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはない。

2.2.2.5 敷地内の危険物施設の影響評価

発電所敷地内に設置している屋外の危険物施設の火災を想定し、原子炉建物外壁への熱影響評価等を実施した。

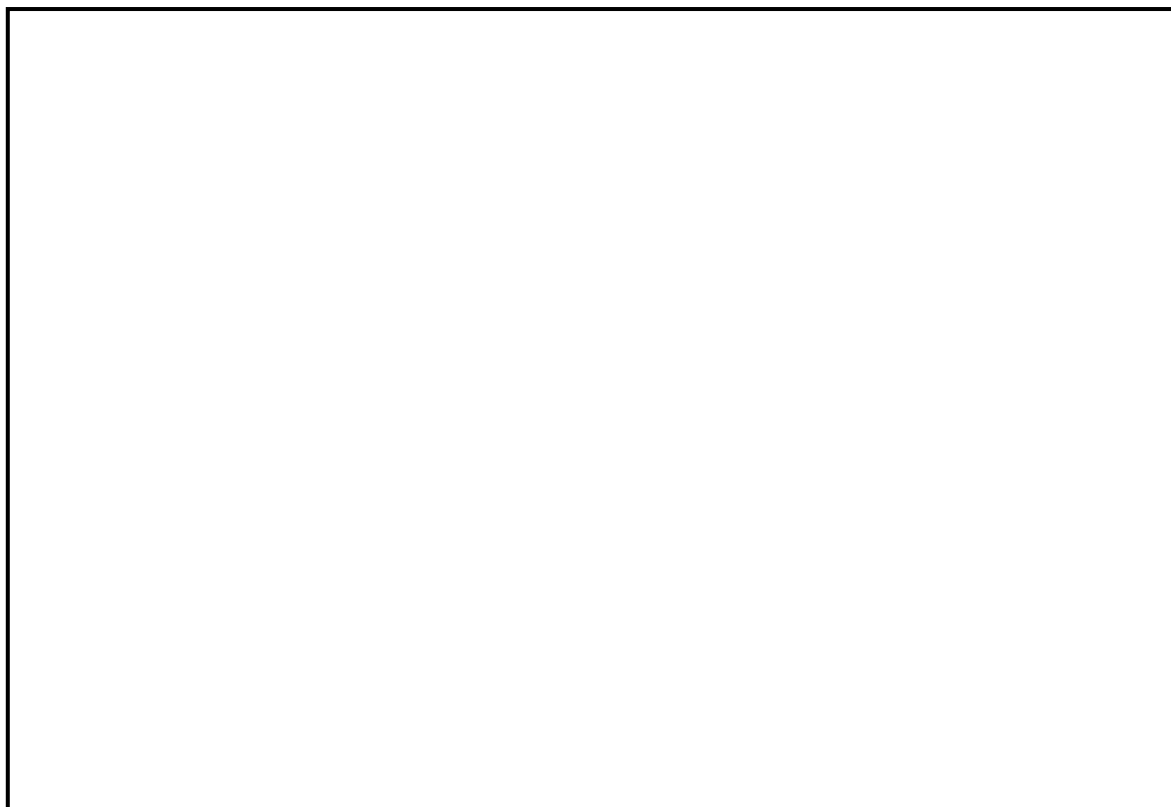


図 11 敷地内危険物施設の配置図

(1) 建物外壁の熱影響評価

評価対象の危険物施設について、火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で建物外壁が昇温されるものとして、コンクリートの表面の温度上昇を評価した結果、建物外壁の表面の温度は最大で約 133℃となり、許容温度 200℃以下であることを確認した。

また、それ以外の危険物施設の火災の熱影響は、評価対象の危険物施設に包含される。

表7 危険物タンク火災の評価結果

想定する火災源	燃料保管量 (m^3)	建物間での距離 (m)	建物外壁表面温 ($^{\circ}C$)
重油タンク (No. 1, 2, 3)	900×3基	593.5 ~629.4	53.7
軽油タンク (560KL)	560	337.1	54.2
3号炉非常用 ディーゼル発電 設備軽油タンク (A, B)	560×2基	267.2~270.5	62.4
固化材タンク	8 (運用値)	18.9	132.7

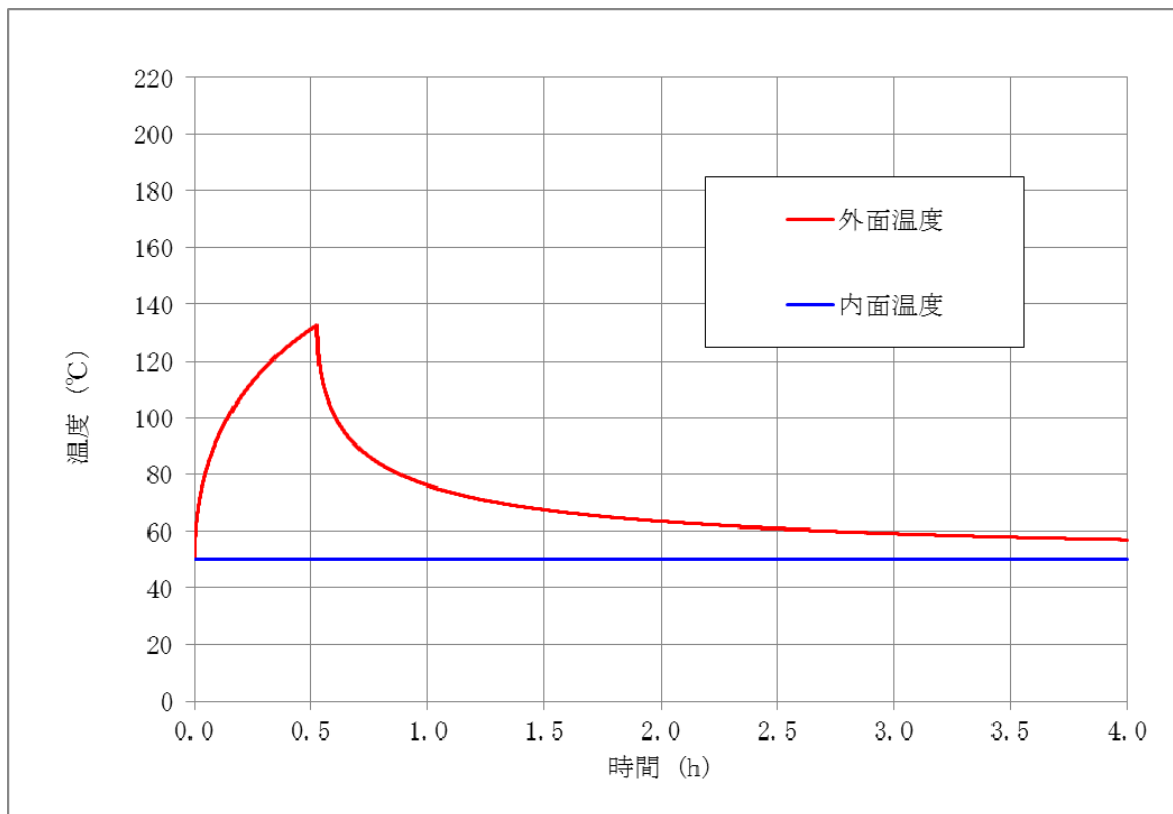


図12 固化材タンク火災時の2号炉原子炉建物壁面への温度影響評価

(2) 屋外の防護対象設備への熱影響評価

排気筒について、火災源からの輻射熱による温度上昇を評価した結果、最大約 70 $^{\circ}C$ となり、排気筒鋼材の許容温度 350 $^{\circ}C$ 以下であることを確認した。

復水貯蔵タンクについては、周囲がコンクリート製の放射線遮蔽壁（約 50cm）で囲まれており、直接輻射を受けない。

表8 危険物タンク火災の評価結果

想定する火災源	燃料保管量 (m^3)	排気筒との距離 (m)	排気筒表面温度 ($^{\circ}C$)
3号炉非常用ディーゼル発電設備 軽油タンク (A, B)	560×2基	196.6~198.4	69.2
固化材タンク	8 (運用値)	158.8	51.4

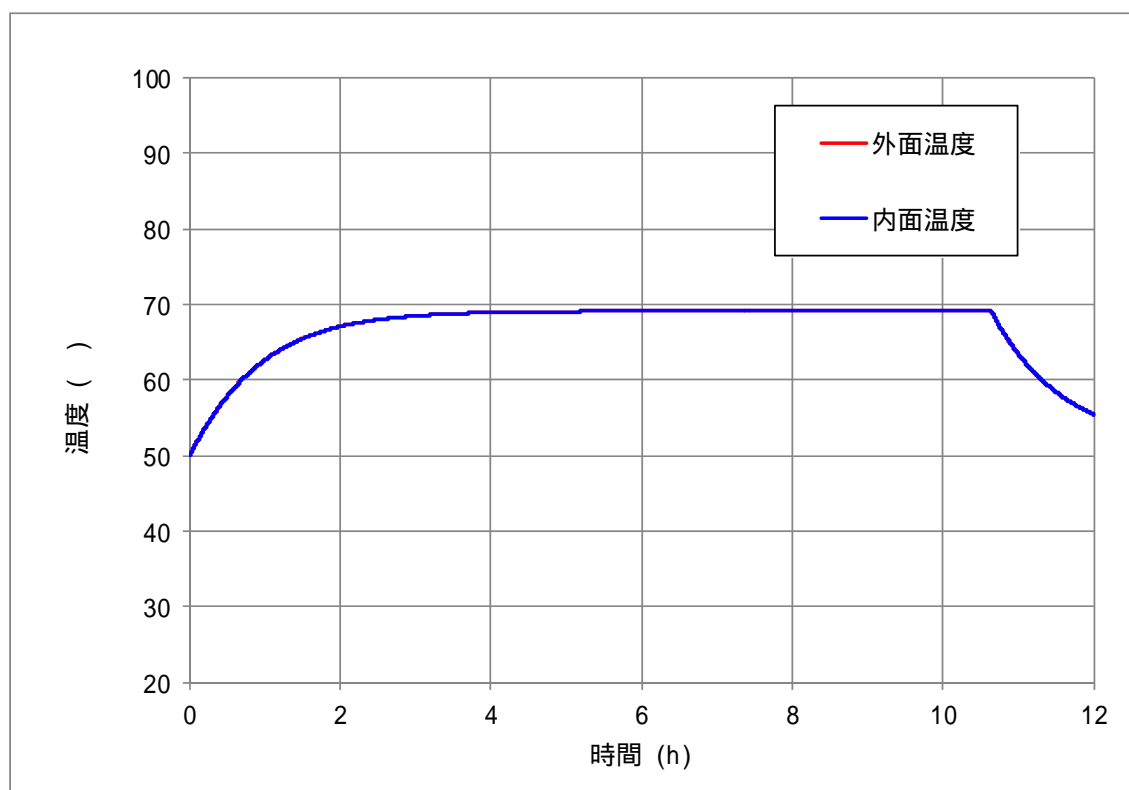


図13 3号炉非常用ディーゼル発電設備軽油タンク (A, B) 火災時の
2号炉排気筒鉄塔への温度影響評価

2.3 航空機墜落による火災

(添付資料5)

2.3.1 評価内容

発電所の敷地への航空機の墜落により発電所の敷地内で火災が起きた場合においても、発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを確認する。

2.3.2 評価結果

2.3.2.1 評価方法

航空機落下確率評価では、評価条件の違い、対象航空機の大きさの違いを考慮し、カテゴリに分けて落下確率を求めている。

また、評価に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、民間航空機と自衛隊機又は米軍機では、その発生状況が必ずしも同一ではなく、自衛隊機又は米軍機の中でも、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、以下のカテゴリ毎に航空機落下による火災影響を評価する。

- (1) 計器飛行及び有視界飛行の大型の民間航空機の墜落事故
- (2) 自衛隊機又は米軍機の墜落事故
 - 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、小型固定翼機及び小型回転翼機

なお、有視界飛行方式民間航空機のうち小型機の落下カテゴリについては、離隔距離及び燃料積載量を踏まえると、自衛隊機落下の火災影響に包絡されるため、評価対象外とした。

基地—訓練空域を往復時の落下カテゴリについては、発電所上空が自衛隊機又は米軍機の基地—訓練空域間の往復想定範囲内に入らないことから評価対象外とした。

航空機の落下確率が 10^{-7} (回/炉・年)に相当する面積より、航空機落下確率評価で標的面積として考慮している発電用原子炉施設からの離隔距離(墜落地点)を求め、そこで発生する火災による発電用原子炉施設の表面温度を評価し、許容温度を超えないことを確認する。

2.3.2.2 離隔距離の算出

防護対象として原子炉建物、制御室建物、海水ポンプ、ディーゼル発電機等を考慮し、落下確率 10^{-7} (回/炉・年)に相当する面積から、カテゴリ毎の離隔距離を算出した。

カテゴリ		対象航空機	燃料量 (m ³)	輻射発散度 (W/m ²)	燃焼速度 (m/s)	航空機墜落地点 (m)	
1	大型民間航空機 (計器式飛行方式, 有視界飛行方式)	B747-400	216.84	50×10 ³	4.64×10 ⁻⁵	62	
2	自衛隊機又は米軍機 (訓練空域内で飛行中及び訓練空域外を飛行中)	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	KC-767	145.04	58×10 ³	6.71×10 ⁻⁵	286
3		その他大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転翼機	F-15	14.87	58×10 ³	6.71×10 ⁻⁵	40

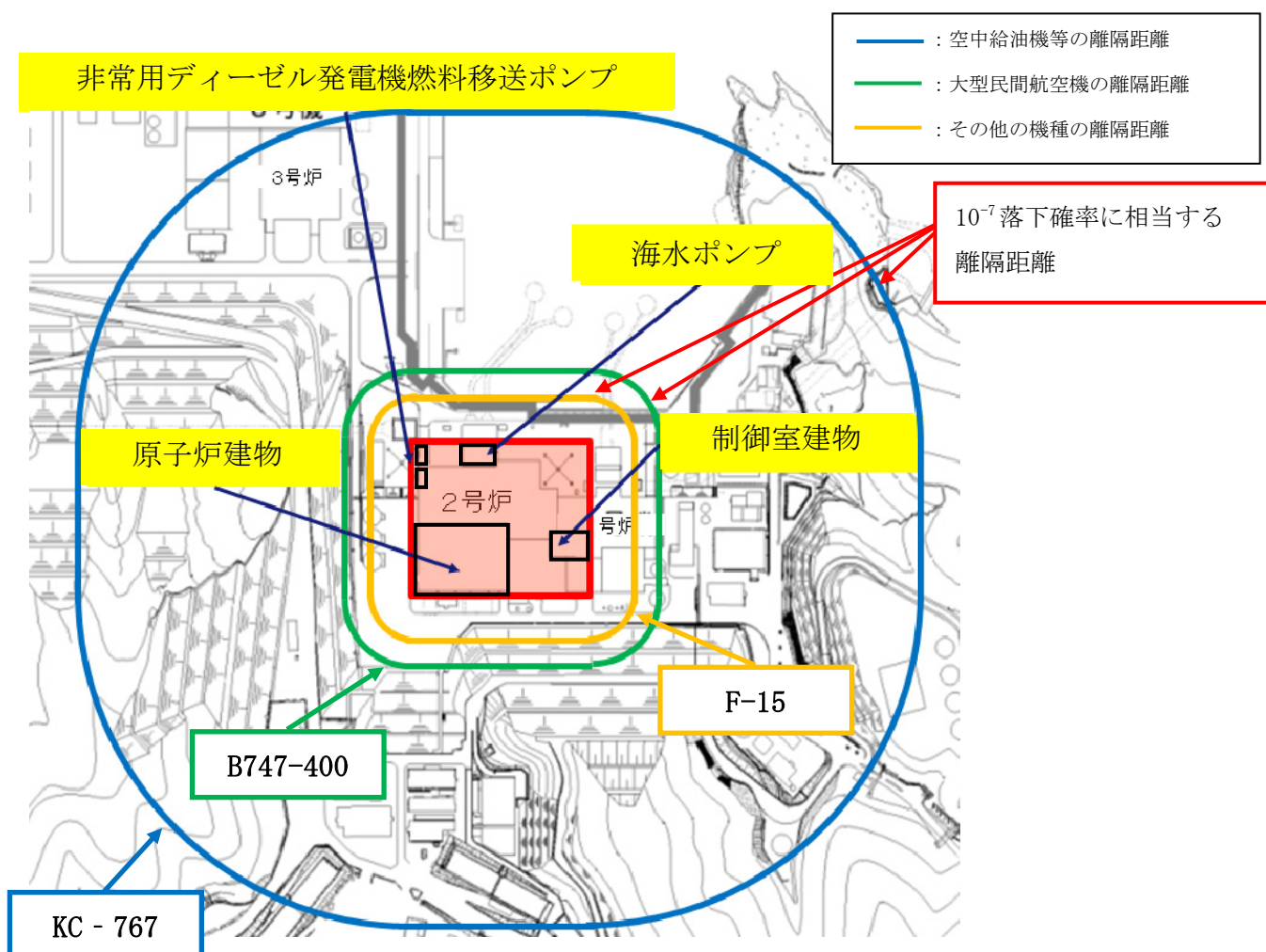


図14 島根2号炉に対する各航空機の離隔距離

2.3.2.3 火災影響評価結果

航空機落下により発電所の敷地内で火災が発生した場合を想定しても、原子炉建物外壁の温度が許容温度 200°C以下であることを確認した。

カテゴリ		対象航空機	燃料タンク投影面積 (m ²)	輻射強度 (W/m ²)	燃焼継続時間 (h)	評価温度 (°C)	許容温度 (°C)
1	大型民間航空機 (計器式飛行方式, 有視界飛行方式)	B747-400	700	4,718	1.86	180.7	200
2	自衛隊機 又は米軍機 (訓練空域内で飛行中及び 訓練空域外を飛行中)	空中給油機等 高高度での巡航が想定される 大型固定回転翼機	KC-767	405.2	179	1.48	※
3		その他大型固定翼機, 小型固定翼機及び 回転翼機	F-15	44.6	1,003	1.38	※

※ 輻射強度, 燃焼継続時間がともに大型民間航空機よりも小さいことから, 火災による影響は大型民間航空機の火災を想定した影響評価結果に包含される。

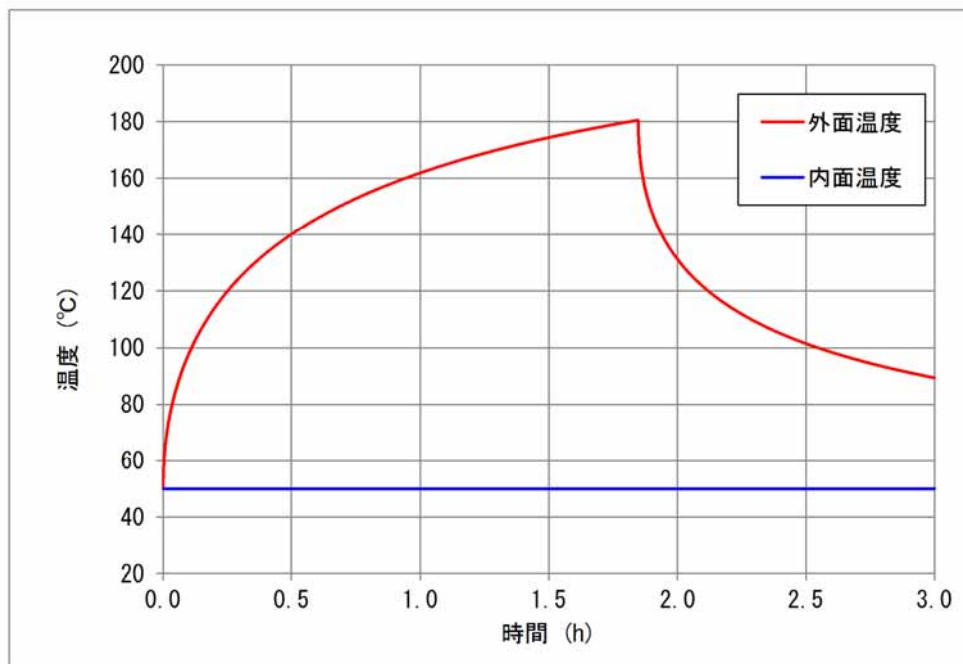


図 15 原子炉建物外壁の外面及び内面温度の時間変化

2.4 航空機墜落に起因する危険物施設の火災による発電用原子炉施設への影響

2.4.1 評価内容

2.4.1.1 評価対象の航空機墜落火災

発電用原子炉施設に対し最も影響の大きい（輻射強度、燃焼時間がもっとも大きい）B747-400が、墜落確率が 10^{-7} （回／炉・年）となる位置に墜落することを想定し、墜落地点に近接する危険物施設との重畳火災の影響評価を行う。

2.4.1.2 重畳評価する敷地内の屋外危険物施設

航空機墜落確率が 10^{-7} （回／炉・年）の範囲の近傍には、2号炉復水貯蔵タンク廻りに配置予定の可搬設備（車両）がある。

配置予定の車両は複数あり、それぞれ貯蔵量（100L～1,100L）、離隔距離（約20m～70m）は異なるが、本評価では保守的に原子炉建物に対し最短距離にある車両に全ての車両の燃料が保管されていると仮定し、航空機の墜落火災と同時に火災が発生するものとして熱影響評価を行う。

2.4.2 航空機墜落と屋外危険物施設の重畳による火災影響評価結果

航空機墜落火災に伴い敷地内の危険物施設が同時に延焼することを想定しても、原子炉建物外壁の温度は許容温度を超えない。

評価対象	燃料	燃料容量 (m ³)	燃料タンク面積 (m ²)	離隔距離 (m)	時間 (h)	輻射強度 (W/m ²)	評価温度 (°C)	許容温度 (°C)
航空機 (B747-400)	Jet-A1	216.84	700	62	1.86	4,718	194.6	200
敷地内危険物施設	軽油	4.5	26	20	1.00	1,633		

2.5 二次的影響の評価

(添付資料6)

2.5.1 評価内容

森林火災，近隣の産業施設の火災・爆発及び航空機墜落による火災において発生するばい煙等に対して，影響が想定される機器，施設について評価を実施する。

2.5.2 評価結果

ばい煙等により安全上重要な設備に対する影響及び居住性に影響を及ぼさないことを確認した。

分類		対象設備	評価結果
機器への影響	外気を直接設備内に取り込む機器	非常用ディーゼル発電機関	ディーゼル機関は空気取入口からばい煙等が取り込まれても，粒径が小さく内部で閉塞することはない。
	外気を取り込む空調系統	空調換気設備	空調換気設備は空調機を停止することにより隔離が可能である。
	屋外設置機器	海水ポンプ	原子炉補機海水ポンプモータ，高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータは内部ばい煙等が取り込まれにくい構造である。
居住性への影響		中央制御室	中央制御室空調換気系は外気取入ダンパを閉止し，再循環運転を行う。

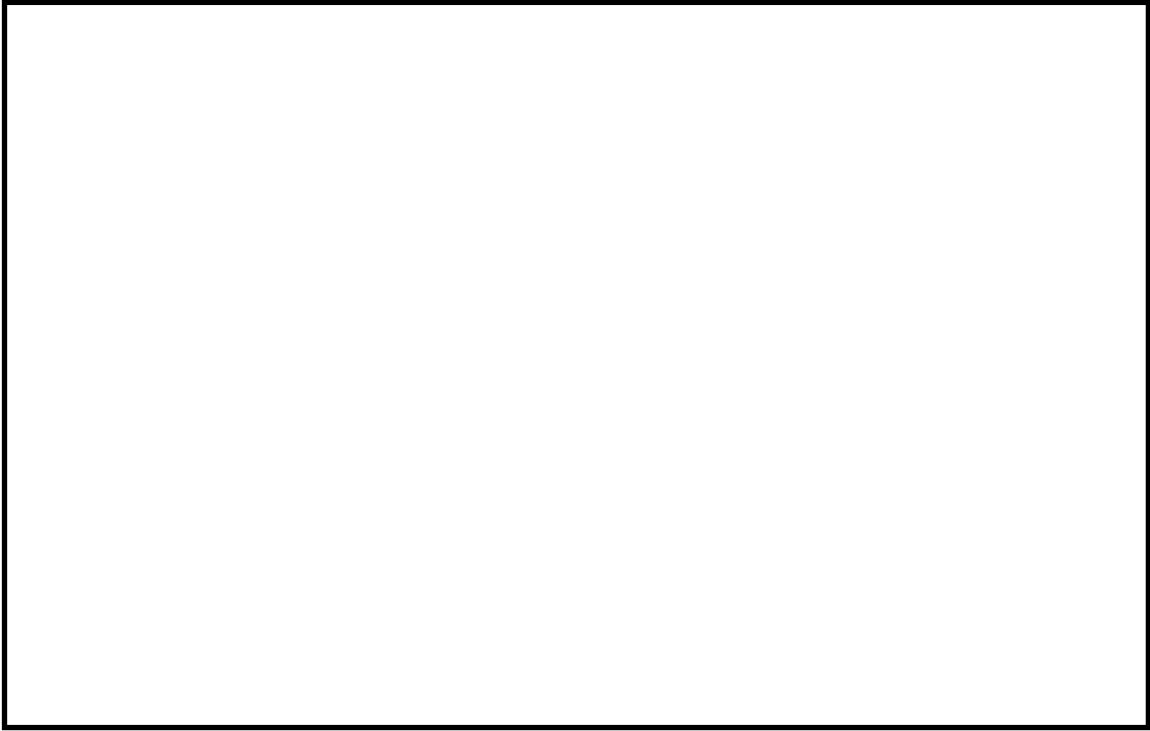


図16 非常用ディーゼル機関の吸気系統構造図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

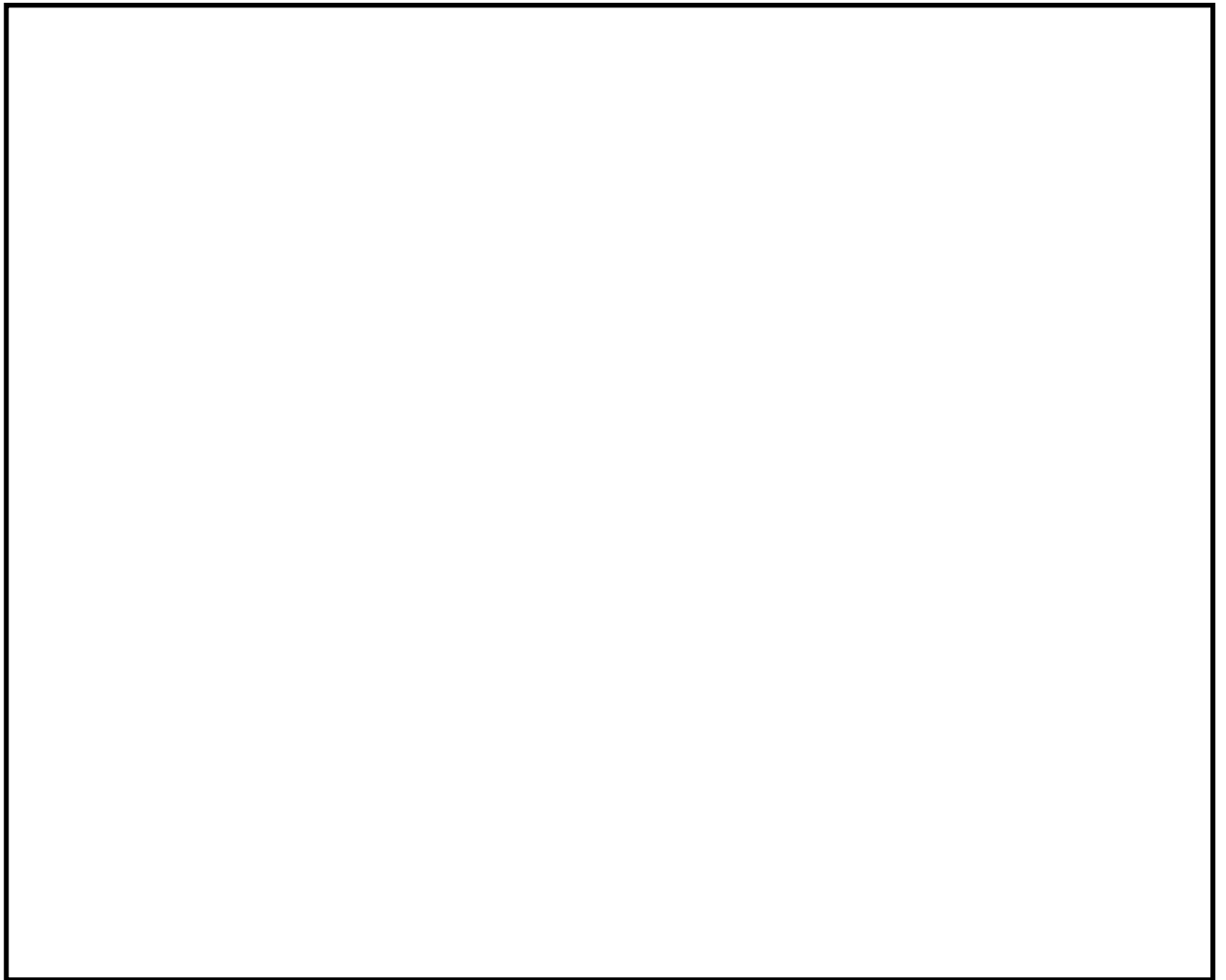


図17 原子炉補機海水ポンプモータの冷却方式図

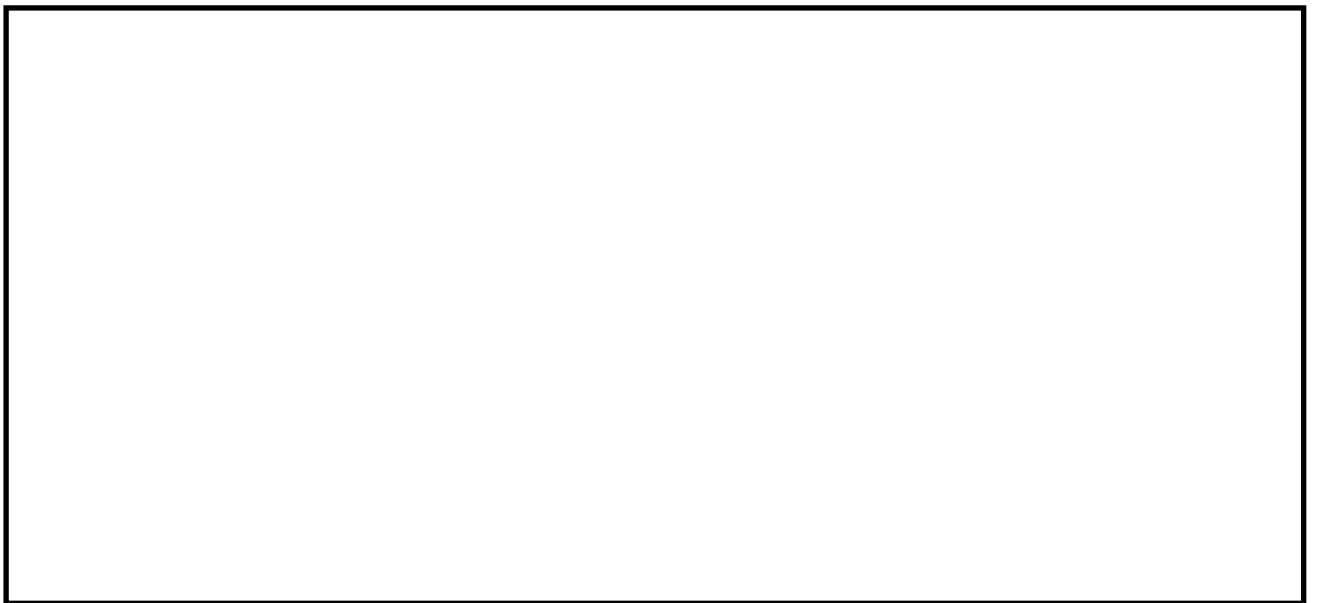


図18 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータの冷却方式図

外部火災影響評価対象の考え方について

1. 外部火災影響評価対象の考え方

安全施設に対して、外部火災の影響を受けた場合、原子炉の安全性を確保するために必要な設計上の必要機能を喪失し、安全性の確保が困難となるおそれがあることから、安全機能を有する設備について外部火災に対する防護対象とした。

安全機能を有する設備としては、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」（以下「重要度分類審査指針」という。）において、安全機能を有する設備とされるクラス1，2，3に該当する構築物，系統及び機器が該当する。

ガイドにおいては、発電所敷地外で発生する火災が発電用原子炉施設（ガイドにおける「発電用原子炉施設」は安全機能を有する構築物，系統及び機器を内包するものに限るとされている。）へ影響を与えないこと等を評価するとされていることから、設定した防護対象と同様である。

このうち、高い信頼性を要求されるクラス1，2に該当する防護対象設備に対しては、消火設備等の防護手段を期待しない条件のもと、想定される外部火災に対して、原子炉建物他，構築物の熱影響評価を行う。

一般産業施設と同等以上の信頼性が要求されているクラス3に該当する防護対象設備に対しては、個別の熱影響評価は行わないが、建物による防護，防火帯の確保や、散水活動，代替設備等により安全機能に影響を与えないことを確認する。

外部火災の防護対象設備を表4，5，6に示す。

なお、重大事故等対処設備についても、外部火災によりその機能が損なわれることがないことを確認する。

2. 影響評価内容

(1) 外部火災に対する熱影響評価

a. クラス1，2設備の影響評価

クラス1，2に該当する防護対象設備のうち、建物内に設置されている設備は、ガイドに基づき建物の外側（コンクリート，鋼，扉，貫通部で形成される障壁）の熱影響に対する耐性を確認する。

安全機能を有する設備の多くは原子炉建物内に設置されているため、原子炉建物の外壁を代表条件として影響評価を行い、建物内の設備に影響を及ぼさない事を確認する。また屋外設備については、各機器について熱影響評価を実施する。

原子炉建物の外壁評価でタービン建物，廃棄物処理建物，制御室建物の外壁及び天井スラブの評価を代表する理由を以下に示す。

また、屋外機器の個別評価概略を表3に示す。

(a) 森林火災影響評価

島根2号炉近傍の森林縁は、図1に示すように、島根2号炉の西側と南側に位置している。

西側の森林縁からは、原子炉建物とタービン建物が最短距離の位置になり、また南側の森林縁からは、原子炉建物と廃棄物処理建物が最短距離の位置となる。

また、制御室建物は周囲を1、2号炉建物で囲まれているので、森林火災による熱影響はない。

したがって、森林火災の影響評価については、原子炉建物の外壁で代表評価する。

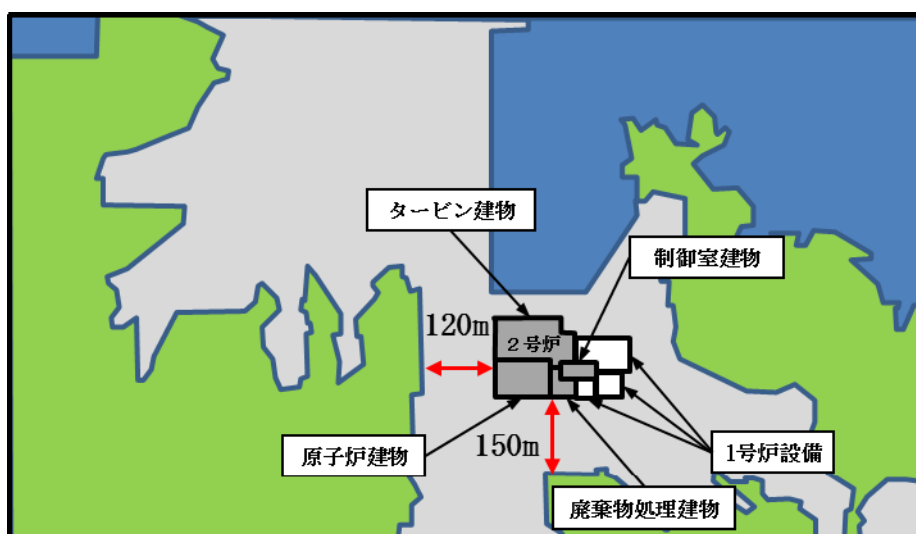


図1 島根2号炉と森林縁の位置関係

(b) 航空機墜落火災影響評価

航空機は原子炉建物、海水ポンプ等を含む長方形の標的から離隔距離だけ離れた場所に落下すると想定して評価している。

標的の北側に落下した場合、図2に示すように、タービン建物が最短距離の位置になるが、タービン建物北側にある海水ポンプから離隔距離をとっているため、西側又は南側に落下した場合の原子炉建物までの距離より長くなる。

標的の西側、南側に落下した場合、(a)の森林火災影響評価と同様、原子炉建物で代表できる。

また、標的の東側に落下した場合は、間に1号炉建物があるので、2号炉建物に熱影響はない。

制御室建物は周囲を1、2号炉建物で囲まれているので、森林火災による熱影響はない。

以上により、航空機火災の影響評価についても原子炉建物で代表評価する。

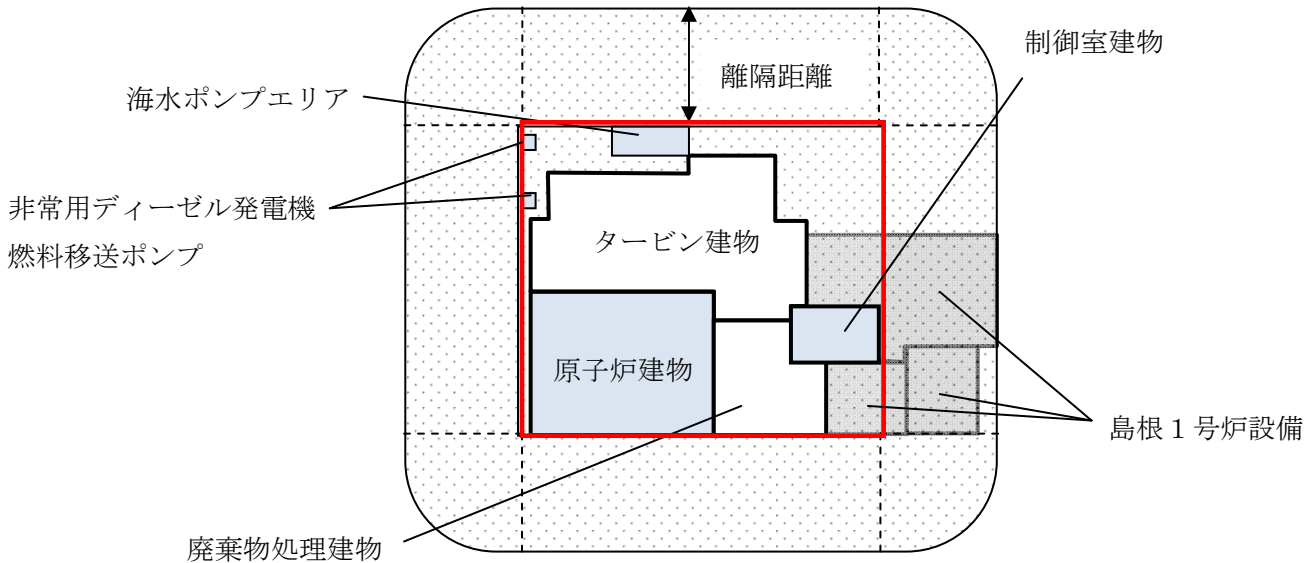


図2 島根2号炉隔離距離

(c) 建物別の壁厚の違いによる熱影響評価の影響

原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物、制御室建物の壁厚は、表1の通り50cm～230cmであり、建物や階数により異なる。壁厚の違いが温度評価に及ぼす影響を確認するため、壁厚の違いによる感度評価を行った。

その結果、50cm以上の厚さがある場合では、壁の内外表面の温度変化に差異が無いことを確認した。(表2)

したがって、壁厚の異なるタービン建物他の評価を原子炉建物の評価で代表できる。

壁厚50cmの場合の内部温度分布を図3に示す。

表1 各建物の壁厚一覧

建物名	壁厚	
原子炉建物	190cm	～ 230cm
タービン建物	50cm	～ 140cm
廃棄物処理建物	70cm	～ 100cm
制御室建物	50cm	

表2 壁厚の違いによる感度評価

ケース	対象火災源	評価位置	壁面種類	厚さ (cm)	外面温度 (°C)	内面温度 (°C)
1	航空機 B747-400	2号炉 原子炉建物	コンクリート	50	180.7	50.0
2				100	180.7	50.0
3				190	180.7	50.0
4				230	180.7	50.0

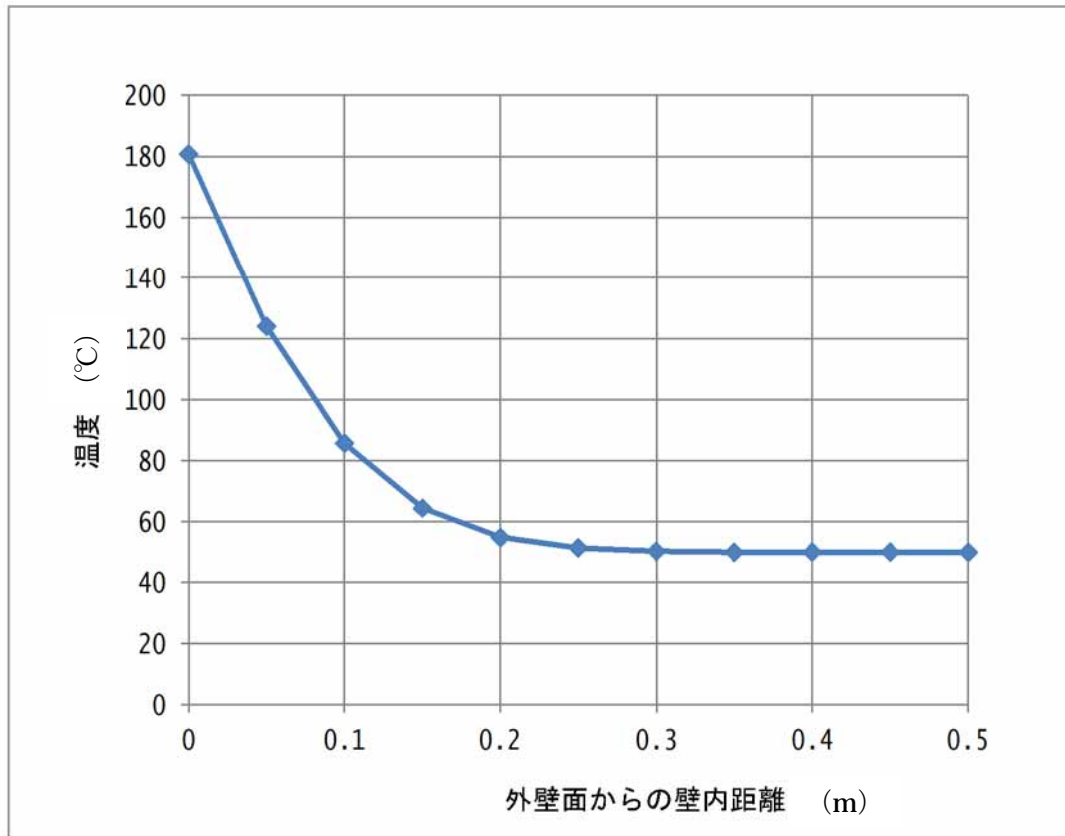


図3 建物壁厚50cmの場合の壁内温度分布

表3 個別評価影響概略（屋外のクラス1，2機器）

分類	構築物，系統又は機器	熱影響評価
クラス1，2	原子炉補機海水ポンプ 高圧炉心スプレイ補機 冷却海水ポンプ 非常用ディーゼル燃料 移送ポンプ	地下ピット構造であり，輻射熱が直接あたらず熱影響を受けない。
	非常用ディーゼル燃料 タンク	地下式タンクであり，輻射熱が直接あたらず熱影響を受けない。
	復水貯蔵タンク	周囲がコンクリート製の遮蔽壁（約50cm）で囲まれており，輻射熱が直接あたらず，熱影響を受けない。
	排気筒	熱影響評価を行い，排気筒の機能に影響がないことを確認する。

b. クラス 3 設備の影響評価

一般産業施設と同等以上の信頼性を要求されているクラス 3 に該当する構築物、系統及び機器に対し、建物内に設置されている設備は建物により防護する。また屋外の設備については、散水活動や代替設備等で安全機能に影響を与えないことを確認する。

c. 重大事故等対処施設の影響評価

防護対象設備（クラス 1， 2， 3）を防護することにより、外部火災により重大事故の発生に至ることはないと考えますが、重大事故等対処施設についても外部火災によりその機能が損なわれることがないように、以下のとおり防護を行う。

原子炉建物，タービン建物，廃棄物処理建物，制御室建物内の重大事故等対処施設については，防護対象設備と同様，建物のコンクリート壁で防護する。

フィルタベント設備，低圧原子炉代替注水系（常設）については，原子炉建物南側の地下格納槽に設置するため，直接，熱輻射を受けない。

ガスタービン発電機車や，電源車，送水車他の可搬式設備については，防火帯内側に配備する。

d. 屋外危険物貯蔵施設の影響評価

燃料等を貯蔵している屋外の危険物施設（タンク等）については，当該設備の火災が発生した場合を想定し，火災による原子炉建物等への影響を評価する。

なお，2号炉の非常用ディーゼル発電機燃料タンクについては，消防法に基づきコンクリートピットに収納された地下埋設のタンクであり，地上面に火災が発生する可能性は極めて低いことから，防護対象設備及び火災による原子炉建物等への影響評価の対象外とする。

e. その他消火装置，消防体制

発電所においては，消火装置や消防自動車の配備等，施設面での防護対策を適切に行うとともに，初期消火要員が24時間体制で常駐する等，火災に対する防護対策を実施している。

(2) 外部火災に対する二次的な影響評価

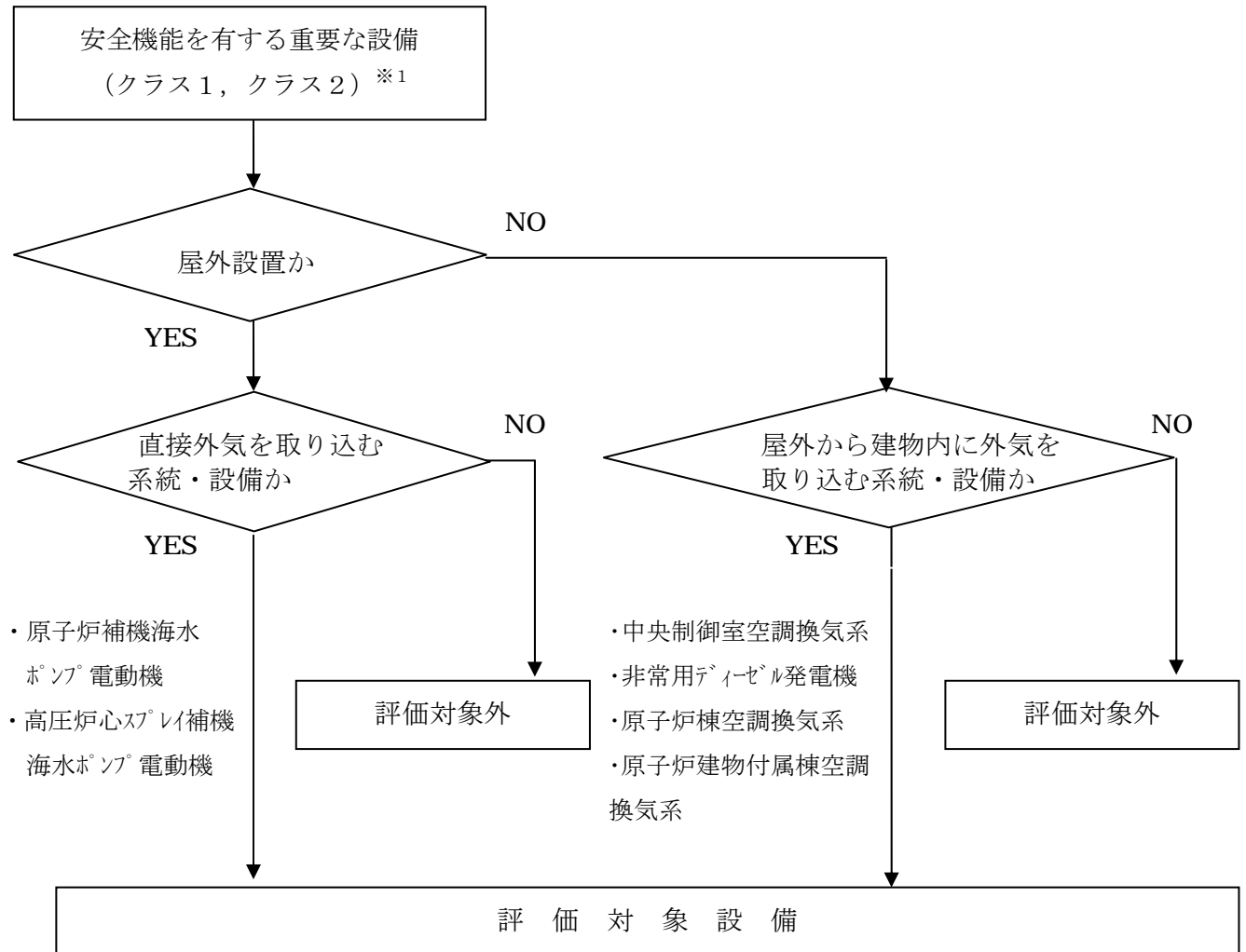
外部火災の二次的な影響評価としては、ばい煙等の安全上重要な設備に対する影響評価として、外部電源喪失において安全施設に給電を行う非常用ディーゼル発電機について、給気系統への影響等について評価する。

また、選定フロー図（図4）に基づき、ばい煙等による影響評価対象として選定した構築物、系統及び機器への影響防止の観点から評価を実施する。

ばい煙等による外部火災影響評価対象として抽出した構築物、系統及び機器への影響防止の観点から空調系統において、外気取入れ系統の隔離による防護を評価する。

- a. 屋外で外気を設備内に取り込む設備
 - ・原子炉補機海水ポンプ電動機
 - ・高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ電動機
- b. 建物内にあり外気を直接取り込む設備
 - ・中央制御室空調換気系
 - ・非常用ディーゼル発電機
 - ・原子炉棟空調換気系
 - ・原子炉建物付属棟空調換気系

室内の空気を強制的に機器内に取り込む機構を持たないポンプ・弁等については、室内にばい煙が侵入しても直ちに影響が生じるものではないことから評価対象外とした。また、外部火災発生時のばい煙等による居住性評価の観点から、中央制御室の影響評価を実施した。



※1 原子炉棟空調換気系、原子炉建物付属棟空調換気系はクラス1, 2設備の間接関連のため、評価対象とする。

図4 ばい煙に対する防護対象設備選定フロー図

表4 外部火災における防護対象設備及び評価対象設備 <MS-1, 2>

安全機能の重要度分類			対象設備（系統）設置場所と外部火災評価項目											
分類	異常影響緩和系		対象設備（系統）		設備設置箇所				外部火災発生時の防護					
	定義	機能	構築物、系統又は機器	特記すべき関連系	建屋内設備				屋外設備	熱影響評価		ばい煙評価 外気を取り込む設備		
					原子炉建物	タービン建物	廃棄物処理建物	制御室建物		原子炉建物他 外壁	個別機器			
MS-1	1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、残留熱を除去し、原子炉冷却材圧力バウダリの過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	1) 原子炉緊急停止機能	制御棒駆動系（スクラム機能）		○					○				
			2) 未臨界維持機能	制御棒駆動系（未臨界維持機能）		○					○			
		3) 原子炉冷却材圧力バウダリの過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	4) 原子炉停止後の除熱機能	ほう酸水注入系		○						○		
				逃し安全弁（安全弁開機能）		○						○		
		4) 原子炉停止後の除熱機能	5) 炉心冷却機能	残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）		○						○		
				原子炉隔離時冷却系		○						○		
		5) 炉心冷却機能	6) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	高圧炉心スプレイ系		○						○		
				逃し安全弁（手動逃がし機能）		○						○		
		6) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	7) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	自動減圧系（手動逃がし機能）		○						○		
				復水貯蔵タンク						○			○	
		6) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	7) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	低圧炉心スプレイ系		○						○		
				残留熱除去系（低圧注水モード）		○						○		
		7) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	8) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	高圧炉心スプレイ系		○						○		
				自動減圧系（自動減圧機能）		○						○		
	8) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	9) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	復水貯蔵タンク						○			○		
			原子炉格納容器		○						○			
	9) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	10) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	原子炉格納容器隔離弁		○						○			
			残留熱除去系（格納容器スプレイモード）		○						○			
	10) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	11) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	原子炉建物		○						○			
			非常用ガス処理系	排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能）		○				○ (排気筒)		○ (排気筒)		
11) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	12) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	可燃性ガス濃度制御系		○						○				
		安全保護系						○	○		○			
12) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	13) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	ディーゼル発電機系	非常用ディーゼル発電機移送ポンプ、燃料タンク						○ (移送ポンプ、燃料タンク)		○ (移送ポンプ、燃料タンク)	○		
		中央制御室非常用換気系（制御室遮へいを含む）						○	○		○	○		
13) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	14) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	原子炉補機冷却系	非常用ディーゼル冷却系、取水設備（屋外トレンチを含む）		○	○			○(RSW, HPSWポンプ)		○ (RSW, HPSWポンプ)	○ (RSW, HPSWポンプ)電動機		
		原子炉補機海水系								○				
14) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	15) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	高圧炉心スプレイ補機冷却系								○				
		高圧炉心スプレイ補機海水系									○			
15) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	16) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	直流電源系			○					○				
		燃料プール補給機能	燃料プール補給水系		○					○				
16) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	17) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	放射線物質放出の防止機能	排ガス処理系隔離弁			○				○				
		燃料プール冷却系逆止弁		○						○				
MS-2	1) PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統、機器	2) 異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	事故時のアラート状態の把握機能	事故時監視計器		○			○		○			
			異常状態の緩和機能	—										
			制御室外からの安全停止機能	中央制御室外原子炉停止系		○						○		

表5 外部火災における防護対象設備及び評価対象設備 <PS-1, 2>

安全機能の重要度分類			対象設備（系統）設置場所と外部火災評価項目									
分類	異常発生防止系		対象設備（系統）		設備設置箇所				外部火災発生時の防護			
	定義	機能	構築物，系統又は機器	特記すべき関連系	建屋内設備				屋外設備	熱影響評価		ばい煙評価 外気を取り込む設備
					原子炉建物	タービン建物	廃棄物処理建物	制御室建物		原子炉建物他外壁	個別機器	
PS-1	その損傷又は事故により発生する事象によって、(a) 炉心の著しい損傷、又は(b) 燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある構築物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材圧力バウナリ機能	原子炉冷却材圧力バウナリ		○					○		
		2) 過剰反応度の印加防止機能	制御棒カップリング		○					○		
		3) 炉心形状の維持機能	炉心支持構造物、燃料集合体			○					○	
PS-2	1) その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出おそれのある構築物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材を内蔵する機能（ただし、原子炉冷却材圧力バウナリから除外されている計装の小口系のもの及びバウナリに直接接続されていないものは除く。）	主蒸気配管（主蒸気隔離弁以降）		○	○				○		
			原子炉浄化系（隔離弁以降）		○		○ (CUW樹脂貯蔵タンク)			○		
		2) 原子炉冷却材圧力バウナリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	排ガス処理系			○	○			○		
			使用済燃料プール	燃料プール冷却系		○				○		
			新燃料貯蔵庫			○				○		
	3) 燃料を安全に取扱う機能	燃料取扱設備			○				○			
2) 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物、系統及び機器	1) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	逃し安全弁（吹き止まり機能）			○				○			

表6 外部火災における防護対象設備及び評価対象設備<MS-3, PS-3>

安全機能の重要度分類		対象設備(系統) 設置場所と外部火災評価項目												
分類	異常影響緩和・異常発生防止系 定義	機能	対象設備(系統)		設備設置箇所				外部火災発生時の防護					
			構築物, 系統又は機器	特記すべき関連系	建屋内設備				屋外設備	建屋で防護	散水で防護	代替設備等にて安全機能維持		
			原子炉建物	タービン建物	廃棄物処理建物	制御室建物								
MS-3	1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1, MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物, 系統及び機器	1) 原子炉圧力の上昇の緩和機能	逃し安全弁 (逃がし弁機能)											
			タービンバypass弁											
		2) 出力上昇の抑制機能	再循環ポンプトリップ機能 制御棒引抜阻止機能 選択制御棒挿入機能											
		3) 原子炉冷却材の補給機能	制御棒駆動系 原子炉隔離時冷却系											
	2) 異常状態への対応上必要な構築物, 系統及び機器	1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	原子炉発電所緊急時対策所							○(免震重要棟内)	○(免震重要棟)			
			試料採取系											
			通信連絡設備											○(屋外)
			放射線監視設備								○(モニタリングポスト)		○(モニタリングポスト)	○(モニタリングポスト)
			事故時監視計器の一部											
			消火系								○(ろ過水タンク)			○(ろ過水タンク)
			安全避難通路, 非常用照明											
	運転監視補助機能	運転監視用計算機												
	PS-3	1) 異常状態の起因現象となるものであって、PS-1及びPS-2以外の構築物, 系統及び機器	1) 原子炉冷却材保持機能(PS-1, PS-2以外のもの)	計装配管, 試料採取管										
				原子炉再循環系										
3) 放射性物質の貯蔵機能			固体廃棄物貯蔵庫											
			復水貯蔵タンク									○(遮蔽壁)		
			液体廃棄物処理系各タンク											
4) 電源供給機能(非常用を除く。)			タービン											
			発電機及びその他励磁装置											
			復水系(復水器を含む)											
			給水系											
			循環水系											○
		送電線											○	
5) プラント計測・制御機能(安全保護機能を除く。)		原子炉制御系											○	
		6) プラント運転補助機能	計装用圧縮空気系											
	所内ボイラー												○	
2) 原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物, 系統及び機器	1) 核分裂生成物の原子炉冷却材中への放射防止機能	燃料被覆管												
		原子炉浄化系												
	2) 原子炉冷却材の浄化機能	復水浄化系												

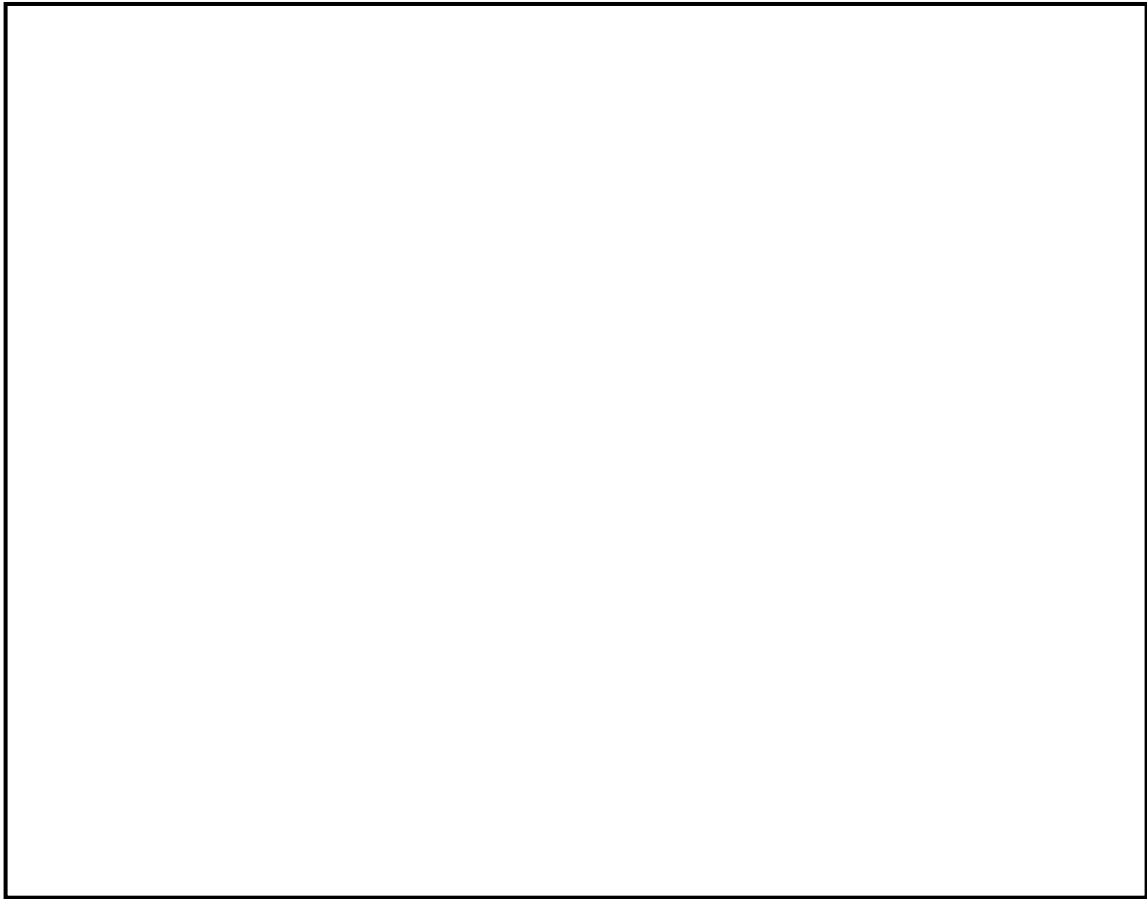


図5 島根原子力発電所2号炉 防護対象設備配置図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

森林火災による影響評価について

1. 目的

本評価は、発電所敷地外で発生する火災に対して安全性向上の観点から、森林火災が発電所へ迫った場合に発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価するものである。

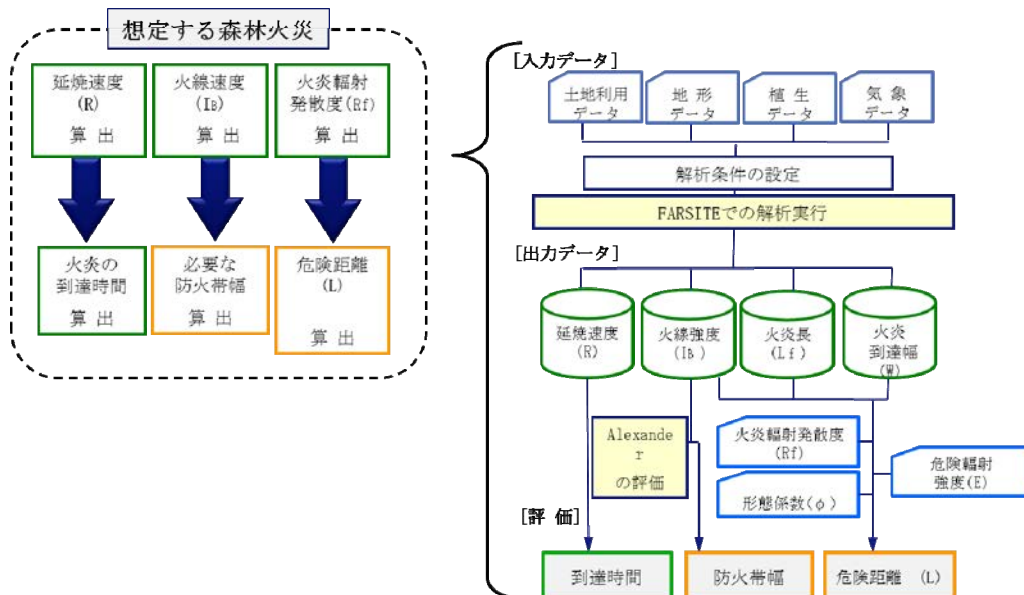
2. 森林火災の影響評価

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書A 森林火災の原子力発電所への影響評価について」に従い、森林火災を想定し、発電所への影響について評価する。

(1) 評価手法の概要

発電所の風上で直線距離 10km の間で立地地域の林野火災の状況等を考慮した出火点を設定し、その延焼による発電所の安全施設への影響を森林火災シミュレーション解析コード (FARSITE) により評価する。

評価に使用する気象条件は、過去 10 年間分を調査し、森林火災の発生件数の多い月の最小湿度、最高気温及び最大風速の組み合わせとする。



3. 森林火災への影響評価結果

(1) 森林火災の想定について

a. ガイド記載の出火点想定について (ガイド引用)

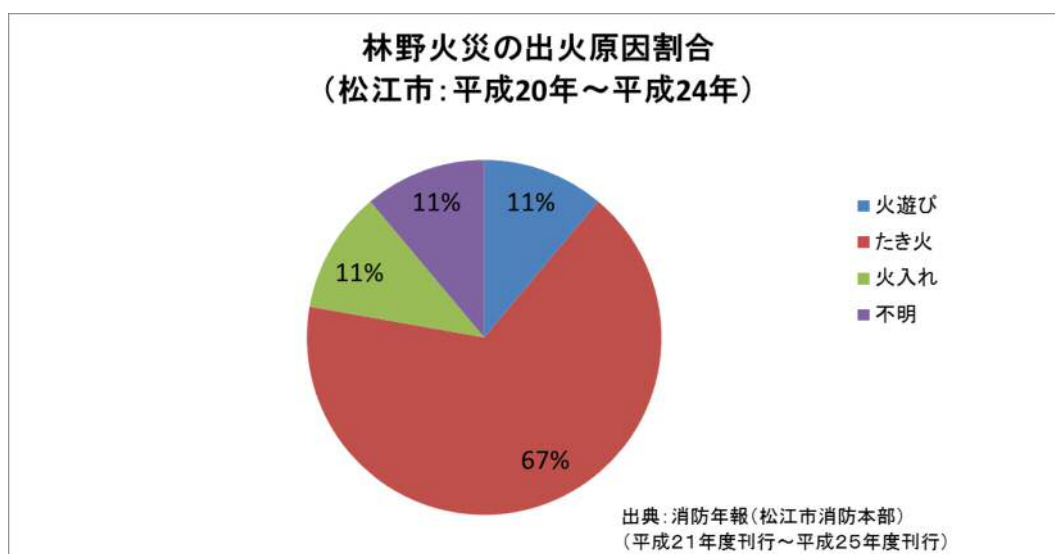
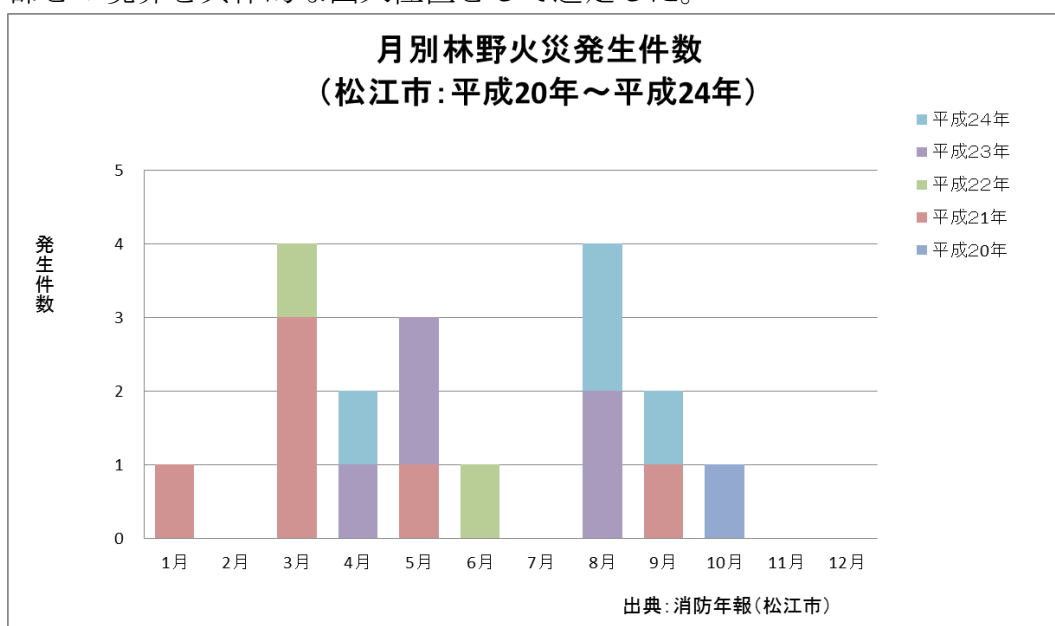
- 風向は卓越方向とし、発電所の風上に発火点を設定する。
ただし、発火源と発電所の位置関係から風向きを卓越方向に設定することが困難な場合は、風向データ等から適切に設定できるものとする。
- 発電所からの直線距離 10km の間で設定する。(解説-1)
- 発火源は最初に人為的行為を考え、道路沿いを発火点とする。
さらに、必要に応じて想定発火点を考え評価する。

なお、ガイドでは、外部火災の発生点を「発火点」と記載されているが、可燃物の発火点（自然発火温度）との混同を避けるため、ガイドからの引用箇所を除き本書中では「出火点」と表現する。

b. 出火点位置の設定方針

森林火災の出火点位置は、ガイドに基づき評価対象である島根原子力発電所からの直線距離 10km 以内の範囲で、①卓越風向が発電所の風上、②過去に発電所のある松江市鹿島町内で発生した森林火災の発生地点、③林野火災の発生原因（たき火、火入れ、火遊び等人為的な行為）から検討し、発電所までの経路の状況（河川の有無等）も加味し選定した。

森林火災の発生原因が人為事象であることから、集落部（道路沿い含む）と森林部との境界を具体的な出火位置として選定した。



c. 立地条件を考慮した出火点の設定

森林火災の想定出火点として、森林火災延焼による発電所の安全施設への影響を次の5地点からの出火にケース分けしFARSITEにより評価する。

図1に森林火災想定出火点位置を、図2に出火点候補地（発電所近傍）と地形の関係を、図3に外部火災評価にて想定した出火点候補地を、表1に森林火災の想定出火点評価を示す。

(a) 南西方向の風（卓越風向・最大風速記録時の風向）【解析ケース1，2】

発電所に対し、卓越風向の風上方向約2km付近に河川（佐陀川）があり、これより遠方については、河川によって森林部・田畑が分断されていることから、森林火災は延焼しない。

河川以降で発電所に向かう間にある集落は恵曇地区、深田地区がある。風下方向の地形が上り勾配となっている場合に火災が延焼し易いこと、遠方からの火災は広範囲に延焼することを考慮して、発電所の周囲にある標高差約150mの山林の麓にある恵曇地区を出火点に選定した。（解析ケース1）

また、発電所に近接する地点での森林火災延焼による影響を評価する地点として、敷地境界道路（県道37号線）を出火点に選定した。（解析ケース2）

これらの出火点について位置、方向をずらした場合においても、発電所へ向う森林の植生、斜面に差がないことから、風向に直線上に延焼する結果を超えることはない。

(b) 東北東方向の風（卓越風向）【解析ケース3，4，5】

発電所に対し、卓越風向の風上にある集落として、御津地区、島根町（大芦地区）、上講武地区がある。

このうち、御津地区、上講武地区では過去に森林火災の発生があったことから、森林火災延焼による影響を評価する出火点に選定した。（解析ケース3，4）

また、卓越風向の遠方からの火災は広範囲に延焼することを考慮して、島根町（大芦地区）を出火点に選定した。（解析ケース5）

(c) 発電所周辺の地形

発電所周辺から発電所へ向かう地形は、敷地境界までは約150mの山林に向けて緩やかな上り勾配となっており、これを越えるとどの方向からもほぼ同等な下り勾配となっている。

このことから、地形を考慮した出火点としても、解析ケース1～5の出火点により代表評価可能である。

d. 出火時刻の設定

FARSITEでは、日照による草地及び樹木の乾燥に伴い、火線強度が増大することから、これらを考慮して火線強度が最大となる出火時刻を設定する。

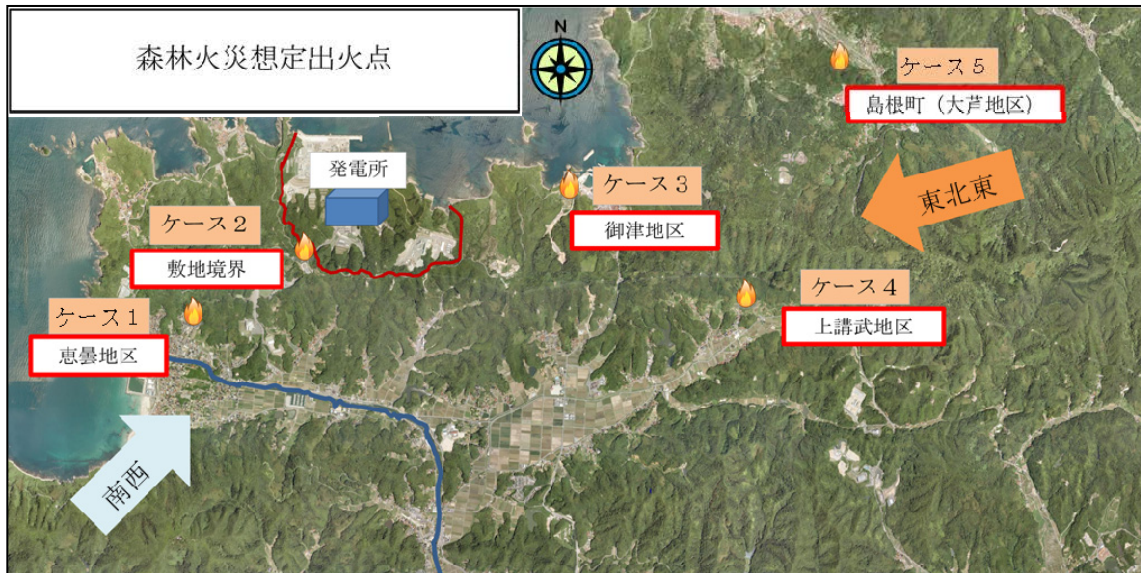


図1 森林火災想定出火点位置

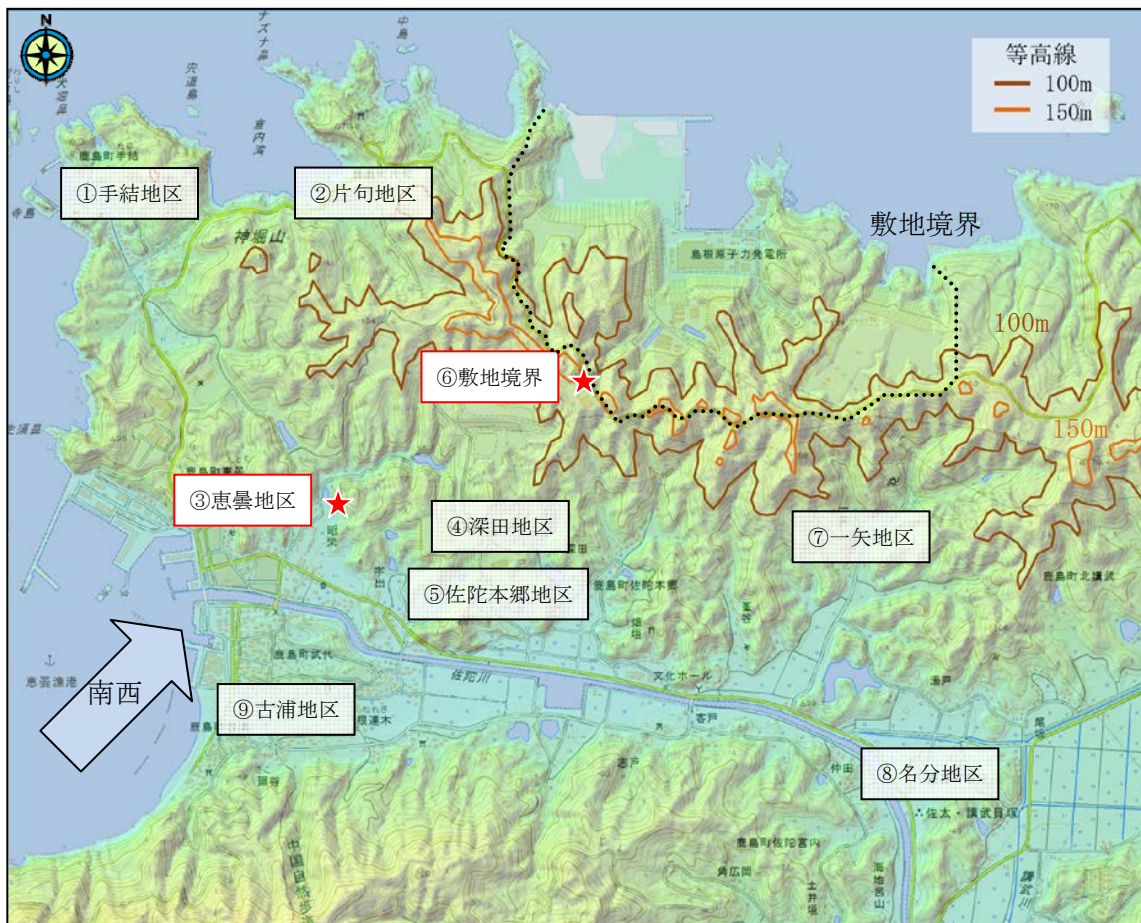


図2 発電所近傍の想定出火点候補地と地形の関係



図3 外部火災評価にて想定する出火点候補地

表1 森林火災の想定出火点評価

No.	地区名	候補地点選定の理由				評価	選定有無
		森林縁までの距離	卓越風向	過去の火災	道路沿い・集落		
1	手結	1.9 km	×：西	○	○	卓越方向の風は発電所に向かわない。	—
2	片句	1.1 km	×：北西	—	○		—
3	恵曇	1.8 km	○：南西	—	○	卓越方向（南西）の風上にあり、標高差約 150m の山林の麓にあるため延焼が起こりやすい集落として出火点に選定。	○ ケース 1
4	深田	1.1 km	○：南西	—	○	ケース 1， 2 で代表。（ケース 1， 2 の中間地点にあるため）	—
5	佐陀本郷	1.1 km	×：南	○	○	3 恵曇地区の近傍であり，ケース 1 で代表。	—
6	敷地境界	0.5 km	○：南西	—	○	発電所に近接する敷地境界道路上の卓越方向（南西）の風上の地点であり，到達時間が，最も厳しくなる地点として選定。	○ ケース 2
7	一矢	1.5 km	×：南東	—	○	卓越方向の風は発電所に向かわない。	—
8	名分	2.5 km	×：南東	○	○		—
9	古浦	2.1 km	○：南西	—	○	発電所までの間に河川があり，延焼が遮られる。	—
10	佐陀宮内	3.1 km	×：南	—	○		—
11	御津	2.5 km	○：東北東	○	○	卓越方向（東北東）の風上にあり，過去の林野火災の出火地点であることから選定。	○ ケース 3
12	北講武	2.5 km	○：南東	—	○	卓越方向の風は発電所に向かわない。	—
13	南講武	3.5 km	○：南東	—	○		—
14	上講武	4.0 km	×：東南東	○	○	卓越方向（東北東）の風上からは逸れるが，過去の林野火災の出火地点であることから選定。	○ ケース 4
15	島根町	5.1 km	○：東北東	—	○	卓越方向（東北東）の風上にあり，発電所までの距離がケース 3， 4 より遠いため出火点に選定。	○ ケース 5
16	生馬町	5.5 km	×：南東	—	○	卓越方向の風上ではない。	—
17	松江市内	9.0 km	×：南東	—	○		—

< 候補地点選定の理由 >

- ①卓越風向 : 発電所に対し卓越風向の風上にあるか否か。
- ②過去の実績 : 過去に林野火災が発生した地点。
- ③道路沿い・集落 : 松江市の林野火災の原因（たき火，火入れ，たばこの不始末）の起こりやすい道路沿い・集落。

(2) FARSITE 評価に用いたデータ

a. ガイド記載の入力条件について (ガイド引用)

- 森林火災における各樹種の可燃物量は現地の植生から求める。
- 気象条件は過去 10 年間に調査し、森林火災の発生件数の多い月の最小湿度、最高気温及び最大風速の組合せとする。

FARSITEに入力した土地利用データ他の条件は、ガイド記載事項に対し下表のとおりとした。

データ種類	ガイド記載事項	評価で用いたデータ
土地利用データ	<p>現地状況をできるだけ模擬するため、公開情報のなか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>	<p>ガイド通り国土数値情報(国土交通省)の100mメッシュの土地利用データを使用した。</p>
植生データ	<p>現地の状況をできるだけ模擬するため樹種や育成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>	<p>ガイド通り島根県から入手した森林簿の情報を用いて、土地利用データで「森林領域」となっている箇所に対し、樹種・林齢にて細分化し10mメッシュで入力した。</p> <p>なお、敷地内においては、現地調査により森林縁の植生の状態確認し、入力データに反映した。</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なか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>	<p>ガイド通り基盤地図情報(国土地理院)の10mメッシュの標高データを使用した。</p> <p>(傾斜度、傾斜方向は標高から算出)</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最大風速、最高気温、最小湿度の条件を採用する。</p>	<p>ガイド通り島根県において森林火災が多く発生している3月から8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、卓越風向を使用した。</p>

(3) 土地利用データ・植生データ，地形データの入力

a. 土地利用データ・植生データ

国土数値情報 土地利用細分メッシュ平成21年度(国土交通省)の森林・田畑・建物用地等の土地利用データをFARSITEの可燃物パラメータとして入力した。

また，土地利用データにおける，森林部に対し，森林簿(島根県)の樹種・林齢データを用いて10mメッシュで詳細にデータ入力した。

なお，敷地内の植生は，現地調査を行い，森林簿のデータとの相違がある箇所は入力条件に反映した。

No.	植生(土地利用・森林簿)	可燃物パラメータ	備考
1	アカマツ，クロマツ，カラマツ 林齢10年生未満	<発電所敷地外> マツ 林齢10年生未満	<発電所敷地外> 当社が調査・管理 ができないことを 考慮し，保守的に 全て10年生未満と した。 <発電所敷地内> 保守的にすべて林 齢10年生として入 力した。
2	アカマツ，クロマツ，カラマツ 林齢10年生～林齢30年生	<発電所敷地内> マツ 林齢10年生	
3	アカマツ，クロマツ，カラマツ 林齢40年生以上(～数百年)	<発電所敷地内> マツ 林齢10年生	
4	スギ，ヒノキ，ヒバ，モミ，その他 針葉樹 林齢10年生未満	<発電所敷地外> スギ 林齢10年生未満	
5	スギ，ヒノキ，ヒバ，モミ，その他 針葉樹 林齢10年生～林齢30年生	<発電所敷地内> スギ 林齢10年生	
6	スギ，ヒノキ，ヒバ，モミ，その他 針葉樹 林齢40年生以上(～数百年)	<発電所敷地内> スギ 林齢10年生	
7	広葉樹(クヌギ，ケヤキ，サクラ， ナラ等)	落葉広葉樹	
8	竹林(ハチク，マダケ，モウソウ等)	Chaparral：低木の茂 み (高さ6 feet 程度)	FARSITE 内蔵値
9	樹種不明の森林	<発電所敷地外> スギ 林齢10年生未満 <発電所敷地内> 落葉広葉樹	<発電所敷地外> 当社が調査・管理 ができないことから 保守的に全てスギ 林齢10年生未満 とした。 <発電所敷地内> 発電所敷地内は落 葉広葉樹であるこ とを確認した。

No.	植生（土地利用・森林簿）	可燃物パラメータ	備考
10	田，その他農用地，ゴルフ場，草地	<発電所敷地外> tall grass：高い草 (高さ2.5feet程度) <発電所敷地内> Short grass：短い草 (高さ1feet程度)	FARSITE内蔵値
11	荒地	Brush：茂み（低木ではない） (高さ2feet程度)	FARSITE内蔵値
12	建物用地，海水域，道路，河川 島根原子力発電所等	非植生	

可燃物パラメータは、FARSITE内蔵値の他「福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価」（独立行政法人原子力安全基盤機構）で使用されているデータを使用した。

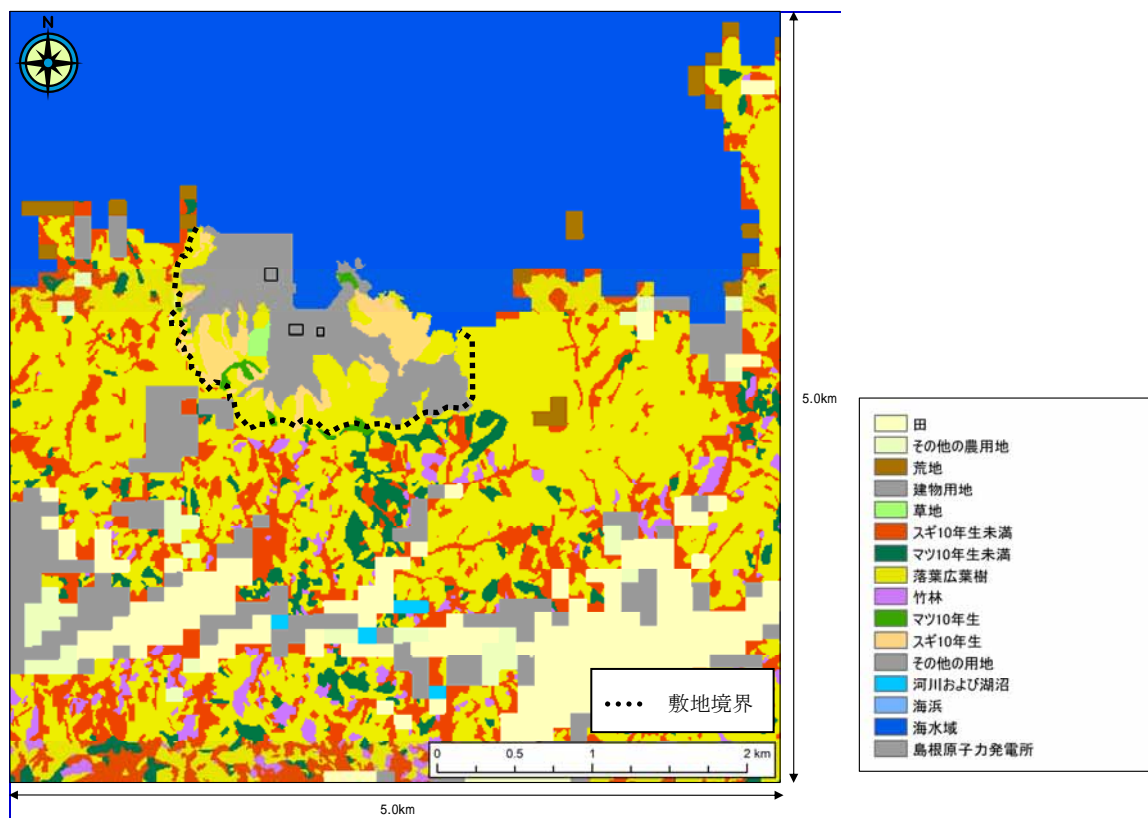


図4 島根原子力発電所周囲植生分布

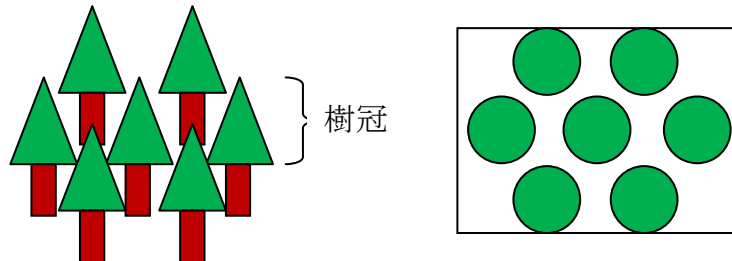
植生サンプル		
落葉広葉樹		雑木林（落葉樹，広葉樹）の植生は落葉広葉樹とする。
マツ		敷地内のマツは発電所建設以前より自生しているものが多く樹齢は40年生以上と推測されるが，保守的に植生を10年生のマツとして入力する。
スギ		敷地内のスギは発電所敷地造成時の緑化対策として造林したものが多く樹齢は少なくとも20年生以上であり，下草刈り等の手入れもされているが，保守的に植生を10年生のスギとする。
草地		発電所の法面用地であり周囲に鋼製のパネルを設置しており，森林部からの延焼は考えにくいですが保守的に植生をShort grass：草地とする。

植生サンプル		
竹林		敷地内の竹林は伐採管理がされており支配的に存在する箇所はない。発電所敷地外では広範囲に群生している。
建物用地		アスファルト舗装，砂利敷きがされていることから非植生とする。
田，その他農用地，発電所敷地外の草地		稲等農作物の栽培状況により高さが異なることを考慮し植生をTall grass：高い草とする。
荒地		概ね岩地となっているが当社敷地外であるため 植生はBrush：茂みとする。

b. 樹冠率

FARSITEでは、樹冠率（上空から森林を見た場合に樹冠（葉）が占める割合をいう）の割合が高くなると、風速の低減、地面草地への日照が低減（水分の蒸発量が減る）ことにより延焼し難くなる。

FARSITEにおいて樹冠率は4区分あるが、森林と定義できる区分3，4のうち低減効果の少なく保守的な区分3を設定している。



FARSITEでの区分	樹冠率 (%)	備考
1	～ 20%	
2	21 ～ 50%	非森林を含む領域
3	51 ～ 80%	一般的な森林
4	81 ～ 100%	原生林を含む森林

低減効果	FARSITEでの区分3	FARSITEでの区分4
風速低減効果	風速が弱まりにくい	風速が弱まる
日射低減効果	地面下草が燃えやすい	地面下草が燃えにくい

c. 地形データ

基盤地図情報数値標高モデル10mメッシュ（国土地理院）から標高データ（土地の傾斜、傾斜方向は標高から算出）を入力し、図5に示す。

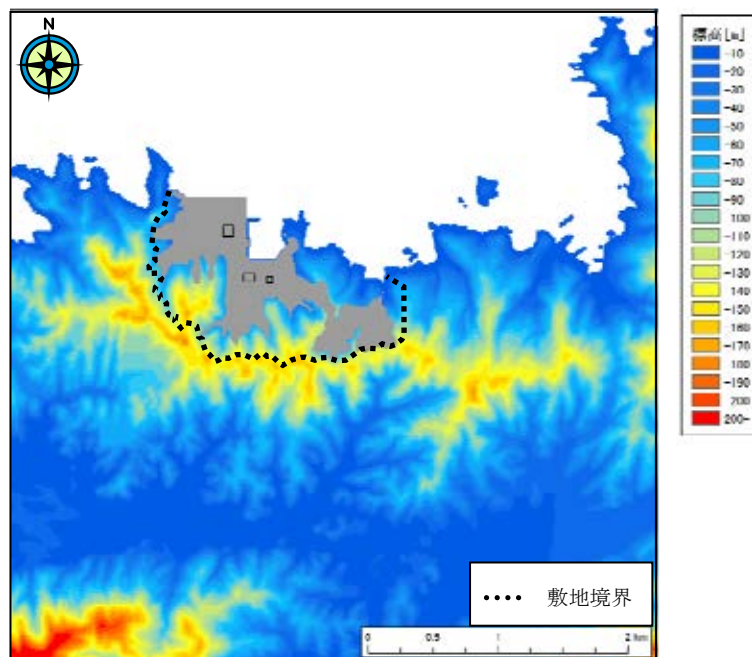


図5 島根原子力発電所周围標高

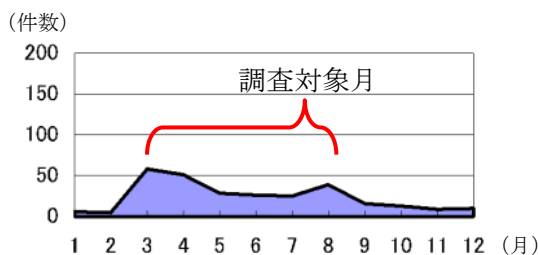
d. 気象条件の設定

ガイドに基づき森林火災の発生件数の多い月の気象条件を調査するため、林野火災の有効な低減方策検討会報告書（総務省消防庁（2005））にて、島根県の林野火災状況を調査した。島根県では林野火災の発生が突出する月がないことから3月から8月を調査対象月とした。図6に島根県の林野火災状況を示す。

また、気象データとしては、被ばく評価等で使用している発電所内の気象観測データ及び発電所敷地外の公開情報である気象統計情報（気象庁）があり、表3-1に示す違いがある。本外部火災評価では発電所敷地外の火災発生・進展を評価することから、気象統計情報（気象庁）のデータ（表3-2）を使用し、外部火災の影響が大きくなる風向、最大風速、最高気温、最小湿度を選定した。表2に選定結果を示す。

表2 森林火災評価の気象条件選定結果

データ種類	ガイド記載事項	島根原子力発電所の評価で用いたデータ	入力項目	条件
気象条件	気象条件は過去10年間の調査し、森林火災の発生件数の多い月の最小湿度、最高気温、及び最大風速の組み合わせとする。	ガイド通り、林野火災の発生している月の過去10年間の気象条件から最小湿度、最高気温、及び最大風速を調査した。	気温	37.5℃
			風速	22.1m/s
			湿度	12%
風向	風向は卓越風向とし、発電所の風上に発火点を設定する。ただし、発火源と発電所の位置関係から風向きを卓越方向に設定することが困難な場合は、風向データ等から適切に設定できるものとする。	ガイド通り、林野火災の発生している月の過去10年間の気象条件から卓越風向を調査した。	風向 (卓越)	南西
				東北東



出典
 { 林野火災の有効な低減方策検討会報告書 }
 (2005 総務省消防庁)

図6 島根県の林野火災発生件数

表 3-1 森林火災評価と被ばく評価で使用している気象条件との違い

項目	森林火災	被ばく評価
評価項目	森林火災の延焼	放射性物質の大気拡散
データ取得場所	鹿島観測所, 松江気象台	発電所構内気象観測装置
データ取得期間	過去 10 年 (2003~2012)	1996 年 1 月~12 月の 1 年間
風速	3~8 月の最大風速 風速が大きいほど延焼しやすく保守的	大気安定度の算出に使用 風速が小さい方が高濃度で拡散しやすくなる
風向	3~8 月の卓越風向	16 方位の風向出現回数を考慮して評価
気温	3~8 月の最大風速 気温が高い方が可燃物の水分量が少なくなり保守的	評価には使用しない
湿度	3~8 月の最小湿度 湿度が低い方が可燃物の水分量が少なくなり保守的	評価には使用しない
日射量	雲なし (最大の日射) とする 日射が多い方が可燃物の水分量が少なくなり保守的	大気安定度の算出に日射量を使用 日射量が大きい方が拡散しやすくなる
降雨量	降水量なしとする 降水がない方が可燃物の水分量が少なくなるため保守的	評価には使用しない

表 3 - 2 過去10年間の気象データ

年	月	鹿島観測所				松江地方気象台			
		気温(°C)	16方位		最多	気温(°C)	湿度(%)	16方位	
			最大風速						
			最高	風速	風向				最高
2003	3月	20.1	9	西南西	北北東	20.2	12	11.3	
	4月	26.2	14	南西	東北東	26.9	14	17.7	
	5月	30.1	8	北北東	東南東	30.8	30	13.8	
	6月	29.1	14	南西	東	29.9	24	17.0	
	7月	29.7	9	南西	北	31.7	53	13.3	
	8月	33.6	9	西南西	北東	36.2	39	15.0	
2004	3月	22.8	12	西南西	北東	24.5	15	14.4	
	4月	28.0	13	南西	東北東	28.6	21	16.4	
	5月	29.0	10	南西	南西	28.8	21	14.4	
	6月	35.1	10	南西	北	33.6	25	13.5	
	7月	34.1	9	南西	南西	35.8	44	13.6	
	8月	34.8	13	西南西	東	35.9	37	19.3	
2005	3月	20.4	11	西南西	南西	20.8	29	14.4	
	4月	29.3	13	南西	南西	29.5	20	14.4	
	5月	26.4	9	西南西	東北東	28.1	15	12.7	
	6月	33.8	11	南西	南西	34.0	38	15.1	
	7月	32.8	9	南西	西	34.1	50	14.7	
	8月	34.1	6	南西	南西	35.2	42	10.7	
2006	3月	18.3	9	西	西	19.1	22	13.9	
	4月	25.9	11	南西	南西	26.7	21	15.5	
	5月	30.6	10	南西	西	31.1	26	12.6	
	6月	30.4	10	東南東	南西	30.4	35	12.3	
	7月	33.3	11	南西	南西	33.5	53	13.0	
	8月	34.4	7	東南東	北	35.8	36	9.5	
2007	3月	22.0	14	南西	西	23.3	20	19.1	
	4月	25.3	10	南西	北	26.7	15	13.7	
	5月	27.5	11	南西	南西	29.4	20	15.4	
	6月	31.4	9	南西	北北東	31.7	38	12.2	
	7月	31.0	8	北東	南西	32.2	38	13.3	
	8月	35.8	10	南西	東	37.2	37	12.9	
2008	3月	19.9	10	西南西	北北東	20.7	23	12.5	
	4月	24.9	11.7	西南西	東北東	25.0	14	14.8	
	5月	29.8	8.0	東	東北東	31.0	19	11.7	
	6月	31.4	9.5	南西	北東	31.2	27	14.5	
	7月	33.9	10.2	西	東北東	36.3	47	11.9	
	8月	34.5	9.2	南西	北東	36.3	36	13.4	
2009	3月	24.3	10.8	西南西	東北東	25.3	29	14.4	
	4月	24.9	11.8	西	東北東	26.0	14	16.5	
	5月	28.3	10.3	南西	北東	28.8	14	15.6	
	6月	31.4	9.8	西	東北東	32.3	32	12.2	
	7月	32.6	9.3	西南西	南西	33.4	48	14.1	
	8月	32.7	9.1	南西	北東	34.1	41	10.2	
2010	3月	24.7	13.9	西南西	北東	26.4	22	18.0	
	4月	22.3	11.8	南西	東北東	23.5	17	14.7	
	5月	28.2	10.9	西南西	東北東	28.1	23	13.8	
	6月	31.2	9.8	西南西	東北東	31.5	23	9.8	
	7月	33.8	11.1	南西	南西	34.0	47	11.3	
	8月	37.5	9.7	南西	東	37.4	41	12.1	
2011	3月	18.3	11.6	西	西	19.3	26	13.8	
	4月	24.8	9.9	西	東北東	26.3	23	14.1	
	5月	28.8	11.3	南西	東北東	29.5	31	16.7	
	6月	32.8	10.3	南西	東	32.4	33	11.7	
	7月	34.5	10.7	北東	東	35.6	46	16.4	
	8月	35.2	9.6	南西	東	35.0	45	13.1	
2012	3月	21.4	12.6	西	西	21.4	22	16.2	
	4月	25.3	20.2	南西	南西	27.8	17	22.1	
	5月	27.5	12.1	南西	東	28.4	26	13.0	
	6月	29.0	9.7	西南西	東	30.2	31	13.6	
	7月	34.4	11.6	南西	東	35.9	45	13.3	
	8月	36.4	9.2	南西	東	36.3	38	11.9	
FARSITE 入力条件		37.5	20.2	南西	東北東 (14/60)	37.4	12	22.1	
		松江を 採用	—	南西 (14/60)	鹿島を 採用				

黄色箇所；調査した10年間のうち最大または最小値を条件として使用する。

e. 発電所周辺の気象観測地点

気象統計情報(気象庁)のデータの観測地点として、島根原子力発電所近郊に鹿島観測所(約3km地点)と松江地方気象台(約11km地点)がある。

評価に使用する風向きは、発電所に近い鹿島観測所の卓越風向(2方向:このうち1方向は最大風速を観測した風向と同様)を選定した。

その他のデータは、鹿島観測所及び松江気象台のデータから、評価上厳しいデータを選定した。なお、湿度については鹿島観測所のデータがないことから、松江気象台のデータを選定した。

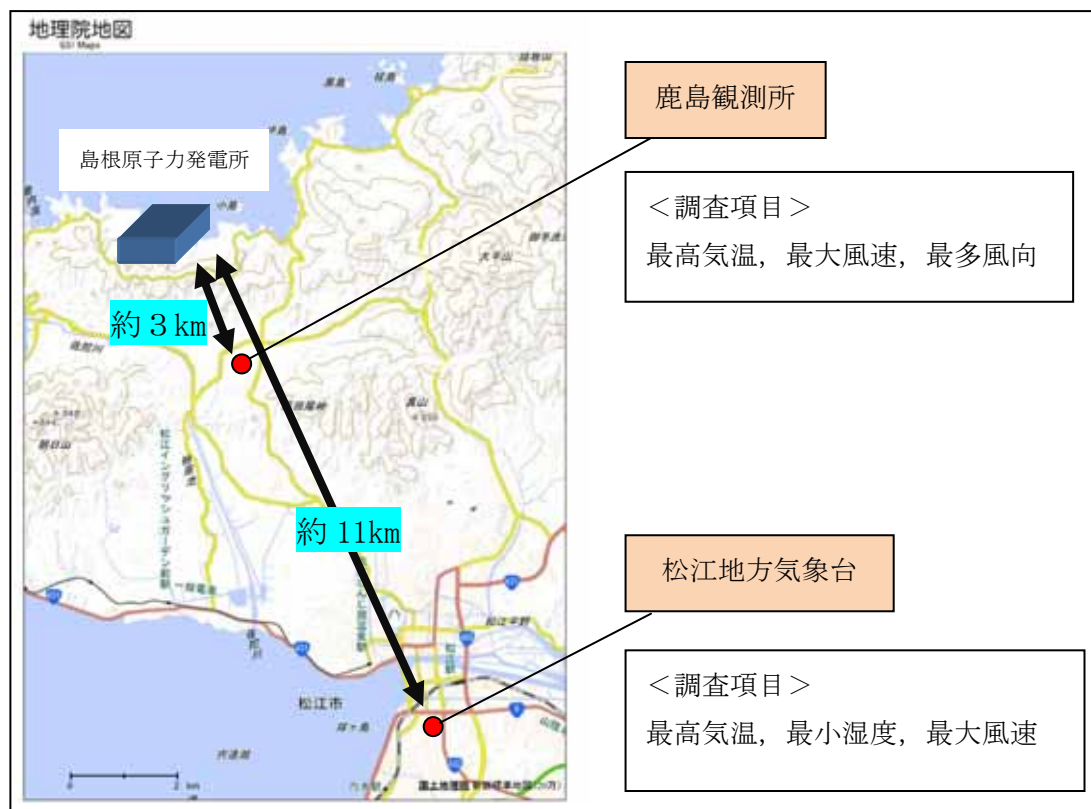


図7 発電所周囲の気象観測所配置

(4) FARSITEの入力条件 植生調査について

a. 調査内容

FARSITEへ入力する植生データについては、ガイドに基づき森林簿の記載事項を基にモデルを作成し、ウォークダウンを行い植生の妥当性を確認した。(図8)

(a) 針葉樹 (スギ, ヒノキ, マツ)

主に人工の造林地であり、森林簿に樹木の育成状態が記録されている。古くから自生しているものは数百年生の高齢木若しくは立ち枯れ等で別の植生(雑木林)に代わっている。

植生調査においては、その他植生の混在状態や林齢(切株の年輪, 樹木高さ)及び森林簿に基づき入力している樹種が支配的であることを確認する。

(b) 落葉広葉樹

森林簿に基づき入力しているが、針葉樹と同様にその他植生の混在状態を確認する。

(c) 敷地内で草地

森林簿の荒地を保守的に草地(1フィート)とし植生入力しているが、他植生でないか現地にて確認する。

(d) その他

森林簿において植生の記載のない「植生不明の森林」及び森林簿において森林領域となっていない「その他森林部」について、現地にて支配的な植生を確認する。

b. 調査者の力量

構内植生の管理を行っている一級造園施工管理技士の立ち合いの下, 当社社員と FARSITE の解析実施者により現地踏査をした。

c. 調査期間

平成 26 年 2 月 25 日 (火) ~ 28 日 (金)

d. 調査結果

概ね森林簿との差異はなかったが、竹林については日常管理により伐採が行われており、雑木林が支配的な植生であることを確認した。

(a) 敷地内のスギ, ヒノキは敷地造成に伴って構内緑化のために造林したものであり少なくとも 20 年生以上であることを確認した。

また、マツについては、発電所建設以前より自生しているものが多く、高さ等から樹齢は 40 年生以上であることを確認した。

(b) 落葉広葉樹は、ほぼ森林簿通りに自生していることを確認した。

- (c) 草地については、法面構造物であること、周囲が鋼製のフェンスで覆われており延焼は考えにくいことを確認したが、保守的に草地（1フィート）の植生として評価する。
- (d) 植生不明の箇所については、主に雑木林（落葉広葉樹）であり、森林簿において森林部となっている箇所は、発電所用地、道路等の非植生であることを確認した。

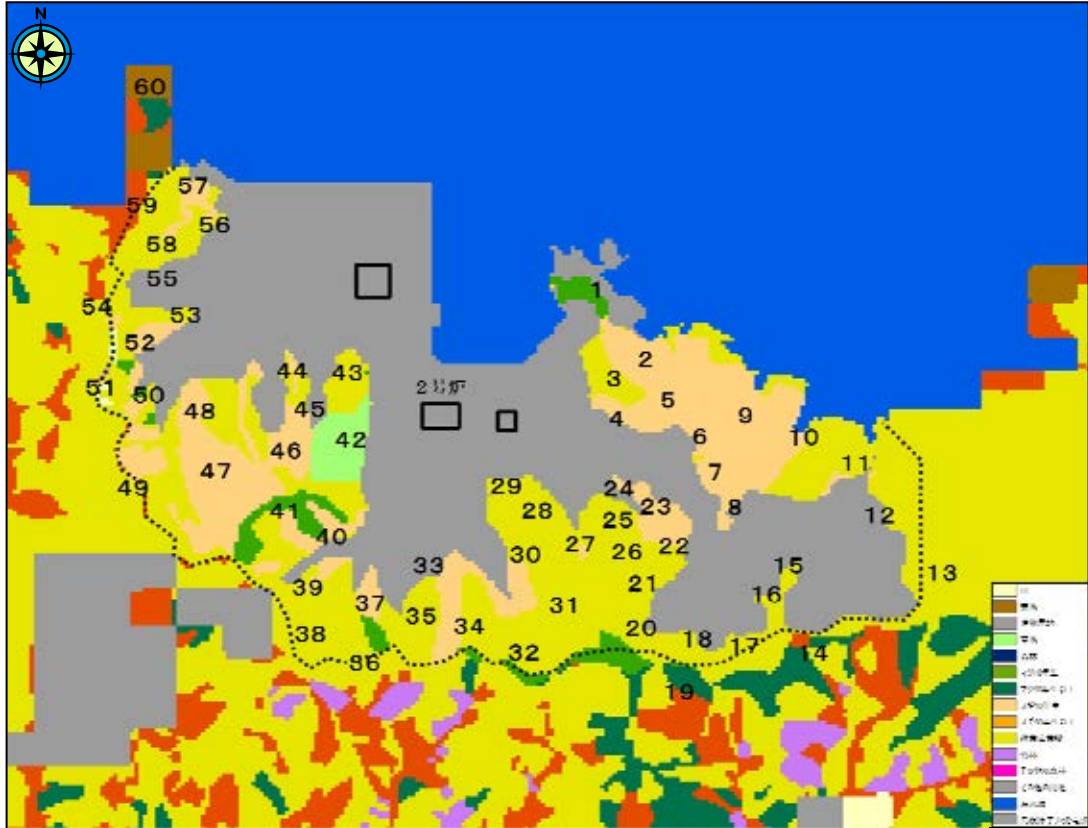


図8 植生調査実施箇所

植生調査結果

No.	植生調査前 (森林簿ベース)	植生調査結果	現地詳細状況
1	広葉樹 その他森林	マツ 10 年生 発電所用地 (法面)	<ul style="list-style-type: none"> ・現地の海岸線形状他を評価モデルに反映した。 ・マツが自生していることを確認したことから、マツ 10 年生として評価モデルに反映した。 ・非植生（法面）であることを確認したことから、評価モデルに反映した。
2	広葉樹 スギ 10 年生	広葉樹 スギ 10 年生	・森林簿通りスギ、広葉樹（雑木林）であった。
3	広葉樹	広葉樹	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。
4	スギ 10 年生	スギ 10 年生	・森林簿通りスギであった。
5	スギ 10 年生		
6	スギ 10 年生		
7	スギ 10 年生		
8	スギ 10 年生		
9	スギ 10 年生		
10	その他森林	広葉樹	・その他森林としていた箇所は、雑木林（広葉樹）であったことから評価モデルに反映した。
11	広葉樹	広葉樹	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。
12	広葉樹		
13	広葉樹		
14	(敷地内) 広葉樹 (敷地外) その他森林 スギ 40 年生以上 マツ 40 年生以上	(敷地内) 土砂 広葉樹 (敷地外) スギ 10 年生未満 スギ 10 年生未満 マツ 10 年生未満	<ul style="list-style-type: none"> ・敷地内は森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。 敷地造成に伴い発電所用地（土砂場）となっている箇所は評価モデルに反映した。 ・敷地外のその他森林地はスギの 10 年生未満として評価モデルに反映した。 なお、敷地外も森林簿通りスギ、マツが高齢の樹木であることを確認したが、保守的に 10 年生未満として評価モデルに反映した。

No.	植生調査前 (森林簿ベース)	植生調査結果	現地詳細状況
15	広葉樹	広葉樹	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。
16	広葉樹 その他森林	広葉樹	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。 その他森林としていた箇所は雑木林（広葉樹）であったことから、評価モデルに反映した。
17	広葉樹	広葉樹	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。
18	その他森林	広葉樹	・その他森林としていた箇所は、雑木林（広葉樹）であったことから、評価モデルに反映した。
19	広葉樹 マツ 40 年生以上	(敷地内) 広葉樹 (敷地外) マツ 10 年生未満	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。 敷地外のマツは、立ち枯れし雑木林（広葉樹）となっている個所もあったが、保守的に 10 年生未満として評価モデルに反映した。
20	広葉樹	広葉樹	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。
21	広葉樹		
22	広葉樹 スギ 10 年生	広葉樹 スギ 10 年生	・森林簿通り雑木林（広葉樹）及びスギであった。
23	スギ 10 年生	スギ 10 年生	・森林簿通りスギであった。
24	スギ 10 年生	スギ 10 年生	・森林簿通りスギであった。
25	広葉樹 竹林 その他森林 スギ 10 年生	広葉樹 スギ 10 年生	・森林簿通りスギ、雑木林（広葉樹）であった。 ・支配的な竹林部は存在せず、発電所用地（道路）及び雑木林（広葉樹）であったことから、評価モデルに反映した。

No.	植生調査前 (森林簿ベース)	植生調査結果	現地詳細状況
26	広葉樹	広葉樹	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。
27	広葉樹 スギ10年生	広葉樹 スギ10年生	・森林簿通りスギ及び雑木林（広葉樹）であった。
28	広葉樹	広葉樹	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。
29	広葉樹 その他森林	広葉樹	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。 ・その他森林としていた箇所は雑木林（広葉樹）であったことから評価モデルに反映した。
30	広葉樹 その他森林	広葉樹	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。 ・その他森林としていた箇所は雑木林（広葉樹）であったことから、評価モデルに反映した。
31	広葉樹	広葉樹	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。
32	スギ10年生 広葉樹	スギ10年生 広葉樹	・森林簿通りスギ・雑木林（広葉樹）であった。
33	その他森林	敷地 (ガスタービン)	・その他森林としていた箇所は、造成工事により発電所用地（ガスタービン発電機を設置箇所）であったことから、評価モデルに反映した。
34	スギ10年生 広葉樹	スギ10年生 広葉樹	・森林簿通りスギ、雑木林（広葉樹）であった。
35	スギ10年生 広葉樹		
36	マツ40年生以上	マツ10年生	・森林簿通りマツであった。
37	スギ10年生	スギ10年生	・森林簿通りスギであった。
38	広葉樹	広葉樹	・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。

No.	植生調査前 (森林簿ベース)	植生調査結果	現地詳細状況
39	スギ 10 年生 広葉樹 その他森林	スギ 10 年生 広葉樹	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿通りスギ，雑木林（広葉樹）であった。 ・その他森林としていた箇所は，発電所用地（道路）であったことから，評価モデルに反映した。
40	広葉樹 スギ 10 年生 マツ 40 年生以上	広葉樹 スギ 10 年生 マツ 10 年生	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿通りスギ，マツ，雑木林（広葉樹）であった。
41	広葉樹 スギ 10 年生 マツ 40 年生以上		
42	草地	草地	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所用地（法面等の造成部）であり，周囲は森林整備用道路，鋼製のパネルを設置していることから，延焼しにくい状況であることを確認したが，最も原子炉建物に近い位置であることから，保守的に植生を草地（Short grass）のままとした。
43	広葉樹	広葉樹	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。
44	広葉樹 スギ 10 年生	スギ 10 年生 広葉樹	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿通りスギ，雑木林（広葉樹）であった。
45	広葉樹 スギ 40 年生以上		
46	スギ 10 年生	スギ 10 年生	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿通りスギであった。
47	スギ 10 年生		
48	広葉樹 スギ 10 年生	広葉樹 スギ 10 年生	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿通りスギ，雑木林（広葉樹）であった。
49	広葉樹 スギ 40 年生以上	広葉樹 スギ 10 年生	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿通りスギ，雑木林（広葉樹）であった。

No.	植生調査前 (森林簿ベース)	植生調査結果	現地詳細状況
50	広葉樹 スギ 40 年生以上 マツ 40 年生以上 竹林	広葉樹 スギ 10 年生 マツ 10 年生	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿通りスギであった。 ・森林簿とは異なり支配的な竹林は存在せず雑木林（広葉樹）であったことから、評価モデルに反映した。
51	竹林	広葉樹	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿とは異なり支配的な竹林は存在せず雑木林（広葉樹）であったことから、評価モデルに反映した。
52	広葉樹 スギ 10 年生	広葉樹 スギ 10 年	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿通りスギ，雑木林（広葉樹）であった。
53	その他森林 竹林	広葉樹	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿とは異なり支配的な竹林は存在せず雑木林（広葉樹）であったことから、評価モデルに反映した。 ・その他森林としている箇所は、発電所用地（法面他の造成部）及び雑木林（広葉樹）であったことから、評価モデルに反映した。
54	(敷地外) スギ 10 年生 その他森林	(敷地外) スギ 10 年生未満	<ul style="list-style-type: none"> ・敷地外でその他森林及びスギとしている箇所はスギ 10 年未満とした。
55	その他森林 発電所用地	広葉樹 スギ 10 年生未満	<ul style="list-style-type: none"> ・その他森林としている箇所には雑木林（広葉樹）であった。 発電所用地（道路）により森林部が寸断され火災が延焼し難いモデルとなっている箇所について、保守的にスギ 10 年生として評価モデルに反映した。
56	広葉樹	広葉樹	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。
57	その他森林	広葉樹	<ul style="list-style-type: none"> ・その他森林としている箇所は、雑木林（広葉樹）であったことから、評価モデルに反映した。

No.	植生調査前 (森林簿ベース)	植生調査結果	現地詳細状況
58	広葉樹 その他森林	広葉樹 スギ10年生	<ul style="list-style-type: none"> ・森林簿通り雑木林（広葉樹）であった。 ・その他森林としている個所はスギであったことから、評価モデルに反映した。
59	(敷地外) その他森林 マツ40年生以上 広葉樹	(敷地外) スギ10年生未満 マツ10年生未満 広葉樹	<ul style="list-style-type: none"> ・敷地外のマツはすべて10年生未満とし、その他森林としている箇所はすべてスギ10年生未満として評価モデルに反映した。
60	荒地 (敷地外)	荒地 (敷地外)	<ul style="list-style-type: none"> ・岩地であることを確認したが保守的に茂みとして評価した。

(5) FARSITE の入力条件 (林齢の設定)

FARSITE の入力条件とする林齢については、「福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価 (独立行政法人原子力安全基盤機構 平成 24 年 6 月)」では、スギ (スギ, ヒノキ) 及びマツ (アカマツ, クロマツ) が 10 年生未満から 40 年生以上の 5 つに分類されている。

このなかで、燃えやすさに影響する「生きた木質の fuel 量」は高齢になるにつれ多く (燃え難く) なるように条件設定されており、同じく燃えやすさに影響する「林床可燃物の深さ」は、20 年生までの若い木では多く

(182.9cm)、30 年生以降についてはほぼ存在しない (6.1cm) ように条件設定されている。




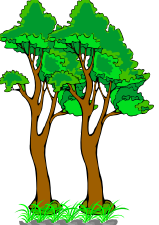
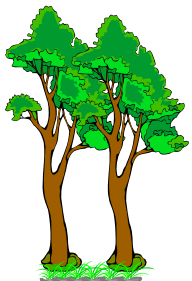
また、落葉広葉樹は林齢による区分はないが、燃えやすさに影響する「林床可燃物の深さ」は、針葉樹の 20 年生までの若い木と同様 (182.9cm) の条件設定がされている。


敷地内の植生調査を行い、少なくとも 20 年生以上であることを確認しているが、本評価では、保守的にすべて林齢 10 年生として評価を行う。

敷地外の森林については、森林簿上では高齢の樹木が大半を占めるが、当社が管理できない土地であること、FARSITE 解析で発電所まで延焼しやすい条件とするため、保守的にすべて林齢 10 年生未満として評価を行う。

表 4 に針葉樹と落葉広葉樹の林齢による燃えやすさの違い (イメージ) を示す。

表4 針葉樹と落葉広葉樹の林齢による燃えやすさの違い (イメージ)

植生	10年生未満 敷地外の林齢	10年生 敷地内の林齢	20年生	30年生	40年生以上
針葉樹 ・マツ ・スギ					
林床可燃物の深さ	182.9cm			6.1cm	
	← 燃えやすい				
生きた木質の fuel 量	15.7 t /ha	41.7 t /ha	108.1 t /ha	196.7 t /ha	249.4 t /ha
	← 燃えやすい				

植生	10年生未満	10年生	20年生	30年生	40年生以上
落葉広葉樹					
林床可燃物の深さ	182.9cm				
	一律				
生きた木質の fuel 量	62.6 t /ha				
	一律				

(6) FARSITE 入力値の整理

FARASITE への条件入力は、公的データ及び現地確認結果に基づき現地状況を再現したモデルに対し、火災の延焼、規模の拡大を図るため保守的な条件を入力した。

	項目	入力値	入力値の根拠	保守性
気象	風速 (km/h)	80	火災の延焼、規模の拡大を図るため、森林火災が多く発生している月（3月～8月）の過去10年での最大風速（22.1m/s）を換算して入力	○
	風向 (deg)	南西 225 東北東 68	森林火災が多く発生している月（3月～8月）の過去10年での最多風向及び最大風速を観測した風向を角度換算して入力 解析ケース1, 2 : 南西 解析ケース3, 4, 5 : 東北東	—
	気温 (℃)	38	燃焼しやすい条件とするため、森林火災が多く発生している月（3月～8月）の過去10年での最高気温（37.5℃）を小数点以下切り上げて入力	○
	湿度 (%)	12	燃焼しやすい条件とするため、森林火災が多く発生している月（3月～8月）の過去10年での最小湿度（12%）を入力	○
	雲量 (%)	0	日射量が可燃物の燃えやすさ（水分量）に影響を与えることから、日射が多くなる雲量（0%）を入力	○
	降水量 (mm)	0	降水があると可燃物の燃えやすさ（水分量）に影響を与えることから、降水量（0mm）を入力	○
	植生	場所	—	自治体から入手した森林簿の記載事項、現地植生調査で特定した樹種により再現 植生不明の森林（小規模な道路含む）は樹種を燃えやすいスギを入力
樹種		7種類 ・スギ ・マツ ・落葉広葉樹 ・Chaparral ・Tall grass ・Short grass ・Brush	FARSITE 内臓の樹種及び「福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価」（独立行政法人原子力安全基盤機構）で使用されているパラメータを使用し入力 田、その他農用地、ゴルフ場、発電所敷地外の草地は、稲等の農作物の栽培状況により高さが異なることを考慮し Tall grass（高い草）を入力	○

項目		入力値	入力値の根拠	保守性
植生	林齢	2種類 ・10年生未満 ・10年生	林齢により燃えやすさの異なる針葉樹（スギ、マツ）は、10年生未満、10年生、20年生、30年生、40年生以上の5区分のうち、敷地内では現地調査で20年以上であることを確認のうえ、より燃えやすい10年生を入力 敷地外では、火災の延焼、規模の拡大を図ること、当社が管理できないことを考慮し最も燃えやすい10年生未満を入力	○
	樹冠率	区分3	針葉樹、落葉広葉樹は、日射や風速への影響を考慮し樹冠率：区分3（一般的な森林）を入力	○
	樹木高さ (m)	15	データを正確に調査することは困難であることから、デフォルト値を一律に適用	—
	枝下高さ (m)	4		—
	かさ密度 (kg/m ³)	0.2		—
	fuel 初期 水分量	コンディショニング機能	可燃物の燃えやすさ水分量は気温・湿度・日射などにより変化する。出火の約30日前から現地の状況をFARSITEでシミュレートして初期水分量が平衡に達した状態から出火させる。	—
土地利用	建物、道路、河川等	—	国土交通省データを用い、発電所の周辺の用地、河川等を再現	—
地形	標高、地形	—	国土地理院データを用い、発電所周辺の土地の標高、地形（傾斜角度、傾斜方向）を再現	—
	緯度 (度)	35	日射量が可燃物の燃えやすさ（水分量）に影響を与えることから、島根原子力発電所の緯度（35度32分）を赤道側に切り上げて入力	○
時刻	出火時刻	—	時刻に伴い変化する日射量が可燃物の燃えやすさ（水分量）に影響を与えることから最も影響のある夏至の正午頃に林縁に到達する出火時刻を入力	○

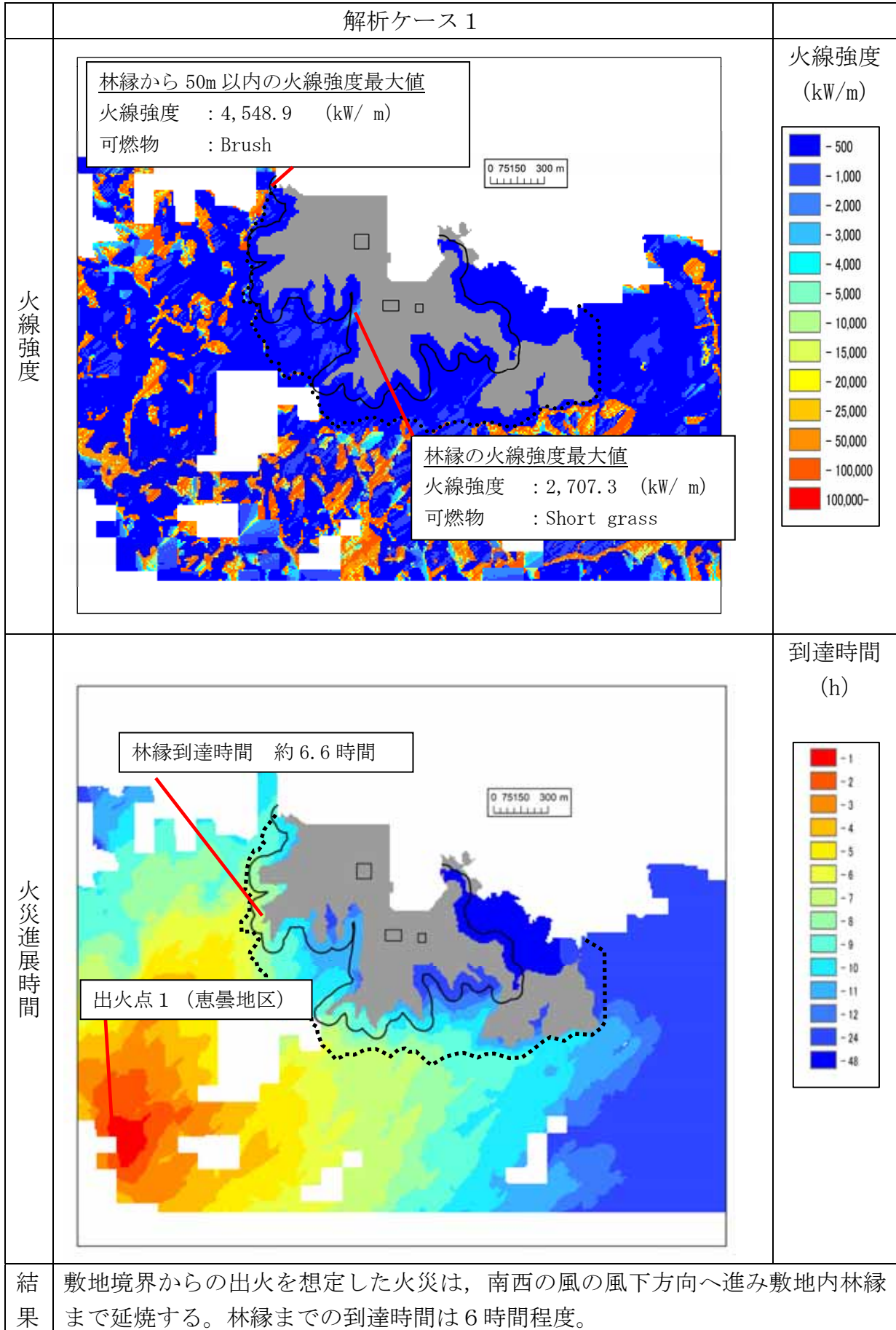
(7) 出火時刻の保守性について

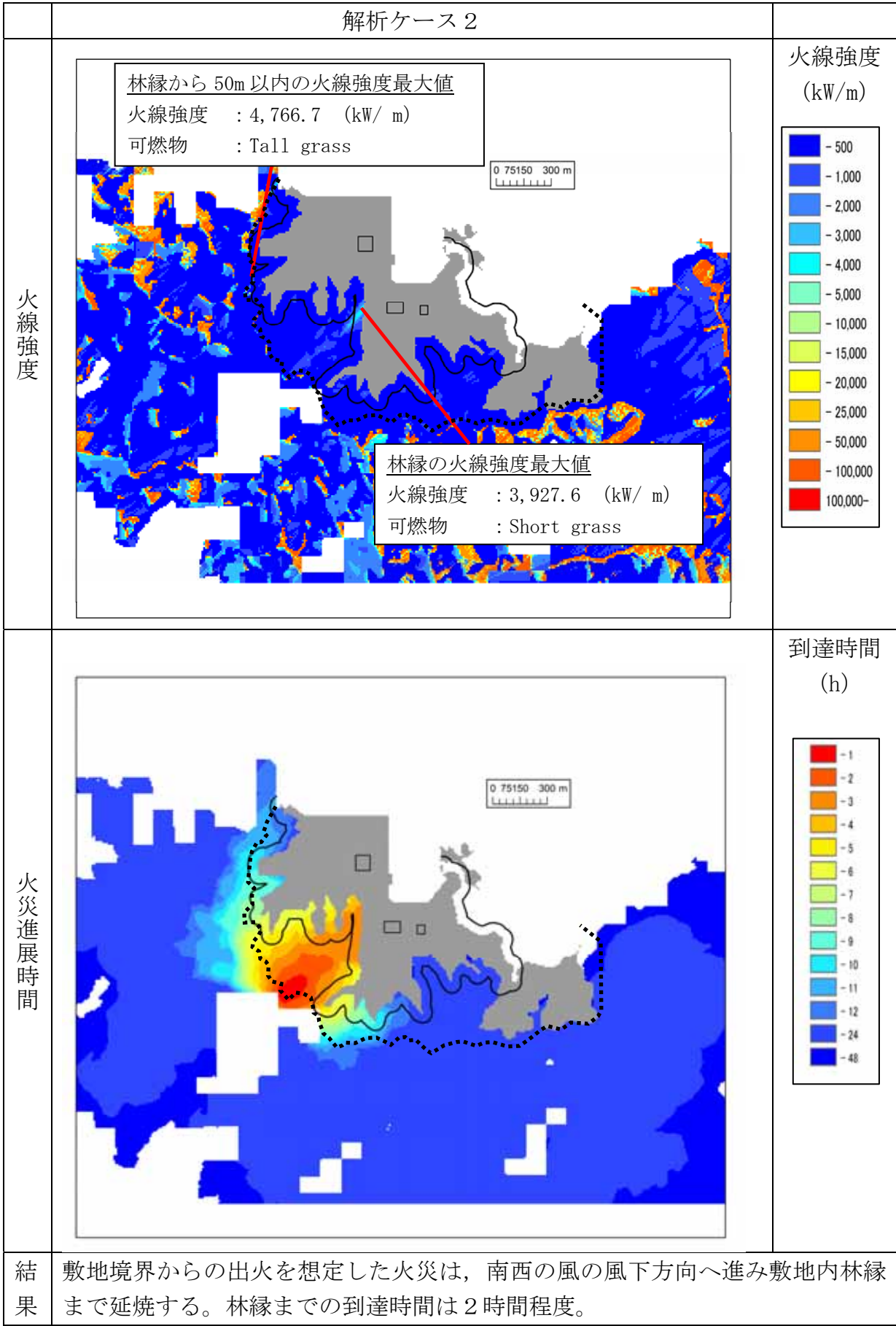
FARSITEでは、時刻に伴い変化する日射量が可燃物の水分量（燃えやすさ）に影響を与える。日照量は、太陽の角度等により変化し、10時から14時の時間帯で高くなることから、各解析ケースにおいて林縁の最大火線強度を示す地点に夏至の正午頃に火災が到達するよう、解析開始時間を逆算し設定している。

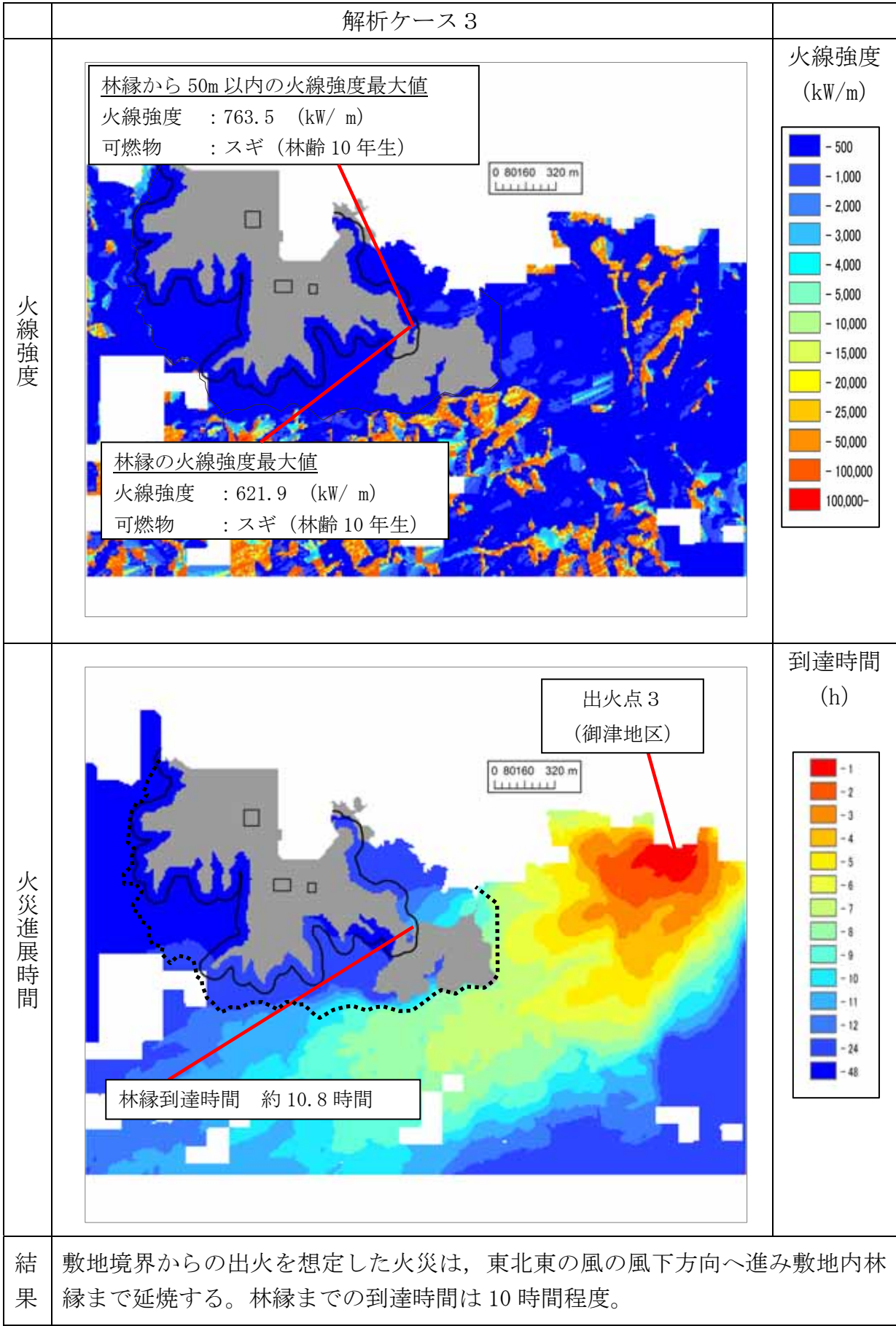
正午頃到達が保守的であることを確認するため最大の火線強度であった解析ケース2の条件において、林縁到達時間による火線強度（林縁から50mまでの範囲の最大値）を比較確認する。

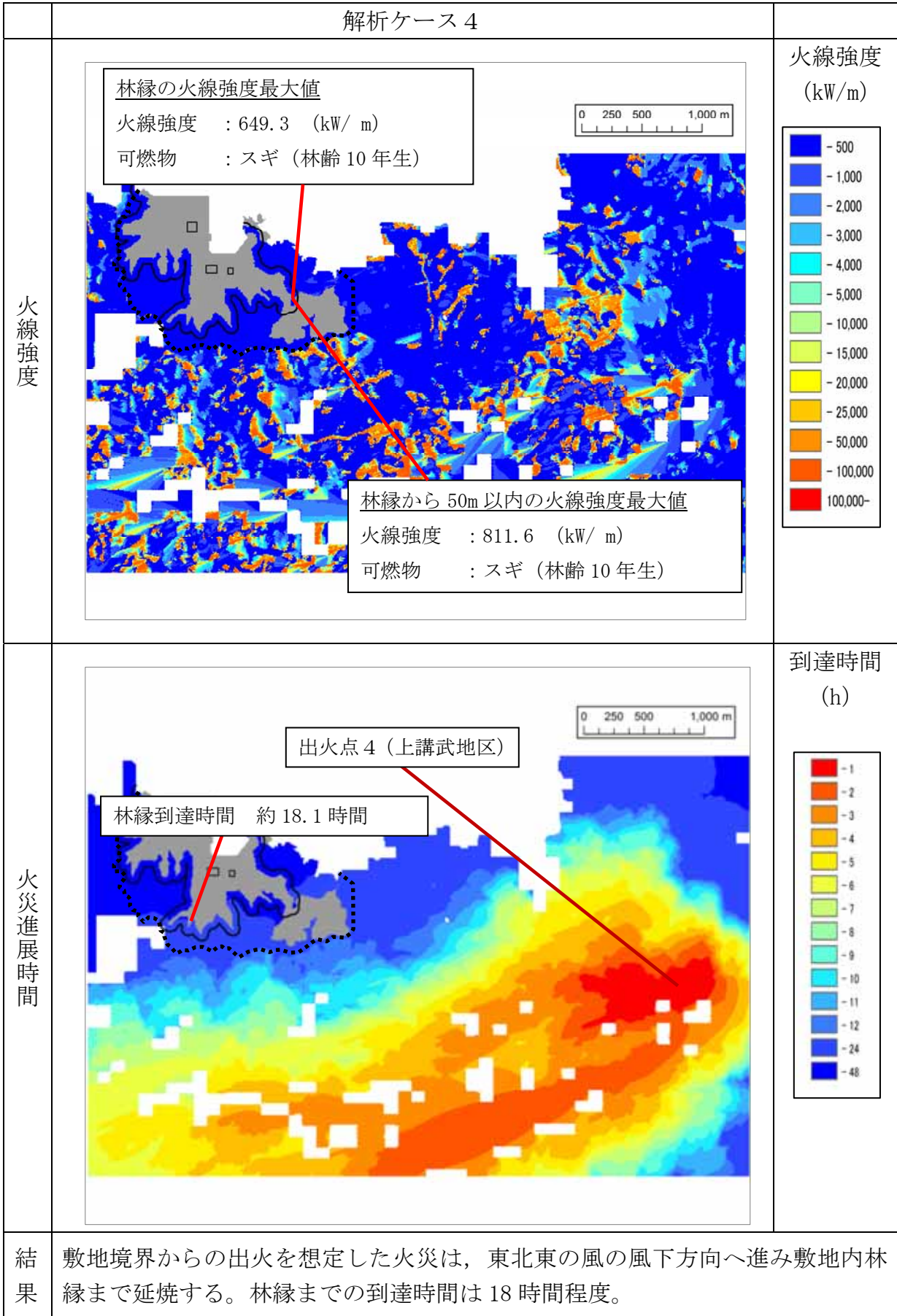
項目	10時頃	12時頃	14時頃
解析開始時間	8時00分	9時30分	11時50分
火災到達時間	10時12分	11時42分	14時02分
火線強度 (林縁～50m最大)	4,621.4 kW/m	4,766.7 kW/m (最大)	4,186.4 kW/m

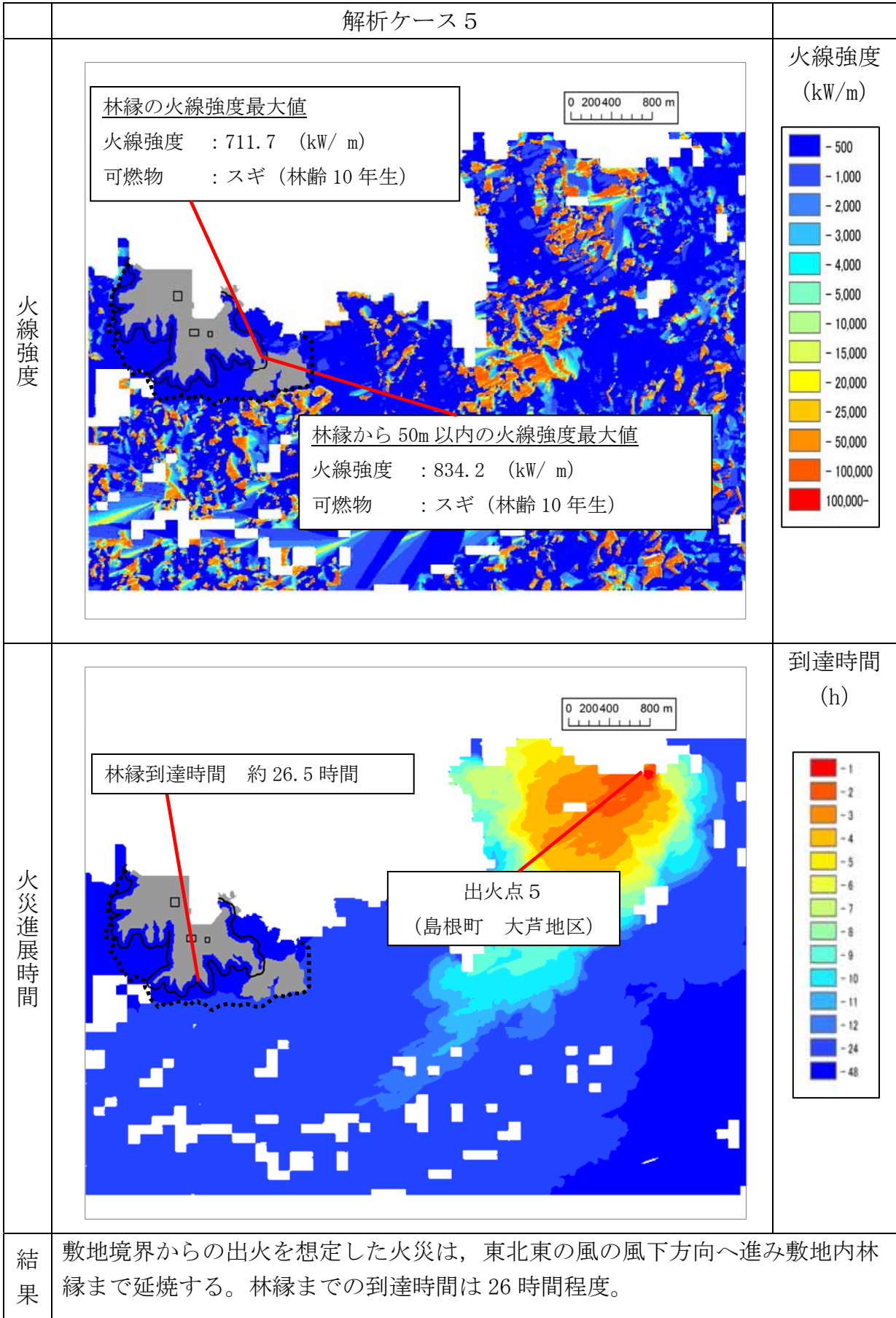
(8) FARSITEの結果 (延焼状況結果)











(9) 防火帯設定の考え方について

想定する森林火災の解析結果を以下に示す。解析結果のうち最大の値となった解析ケース2において、保守的に林縁から50m森林側の範囲を含めて確認した最大火線強度4,766.7kW/mを切り上げ、火線強度5,000kW/mの防火帯幅である20.2mに相当する防火帯(約21m)を確保する。

林縁(防火帯と森林の境)から発電所側への延焼を防止するため、FARSITEで得られた火線強度を元に防火帯を設置するが、森林部周囲の地形状況、植生により林縁よりも高い火線強度が森林部内にあることから、保守的に林縁から50mの範囲で最大の火線強度が林縁にあることを仮定し防火帯を設定する。

図9に火線強度に対する防火帯の相関図を、図10に防火帯の位置を示す。

なお、ろ過水タンク及び固体廃棄物貯蔵所(B棟)の周囲は森林であるため、設備を囲むように防火帯を設置するが、設備周辺の最大火線強度を調査した結果、それぞれ510kW/m、895kW/mであることから、設定する防火帯の火線強度(4,766.7kW/m)に対し十分余裕がある。

解析結果

項目	単位	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
火線強度(林縁)	kW/m	2,707.3	3,927.6	621.9	649.3	711.7
火線強度 (林縁50m以内)	kW/m	4,548.9	4,766.7	763.5	811.6	834.2
火炎到達時間	時間	6.6	2.2	10.8	18.1	26.5

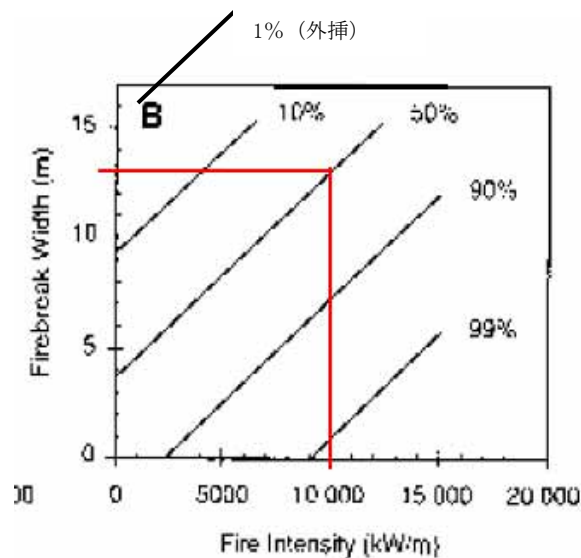


図9 火線強度に対する防火帯の相関図 (ガイドより引用)

表5 必要な防火帯の幅（樹木あり）（火災の防火帯突破確率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

(10) 防火帯の設定について

発電所内の駐車場についても、配置を考慮し、延焼の可能性のあるものと干渉しないよう防火帯を設置する。防火帯内は可燃物及び消火活動に支障となる物品が存在しないよう管理するとともに、必要に応じて除草等の管理を行う。

また、防火帯より内側にあり防火帯により防護を行う設備（クラス3、重大事故等対処施設）は、設置箇所の周囲に可燃物となる植生が存在しないよう管理するとともに、必要に応じて除草等の管理を行う。

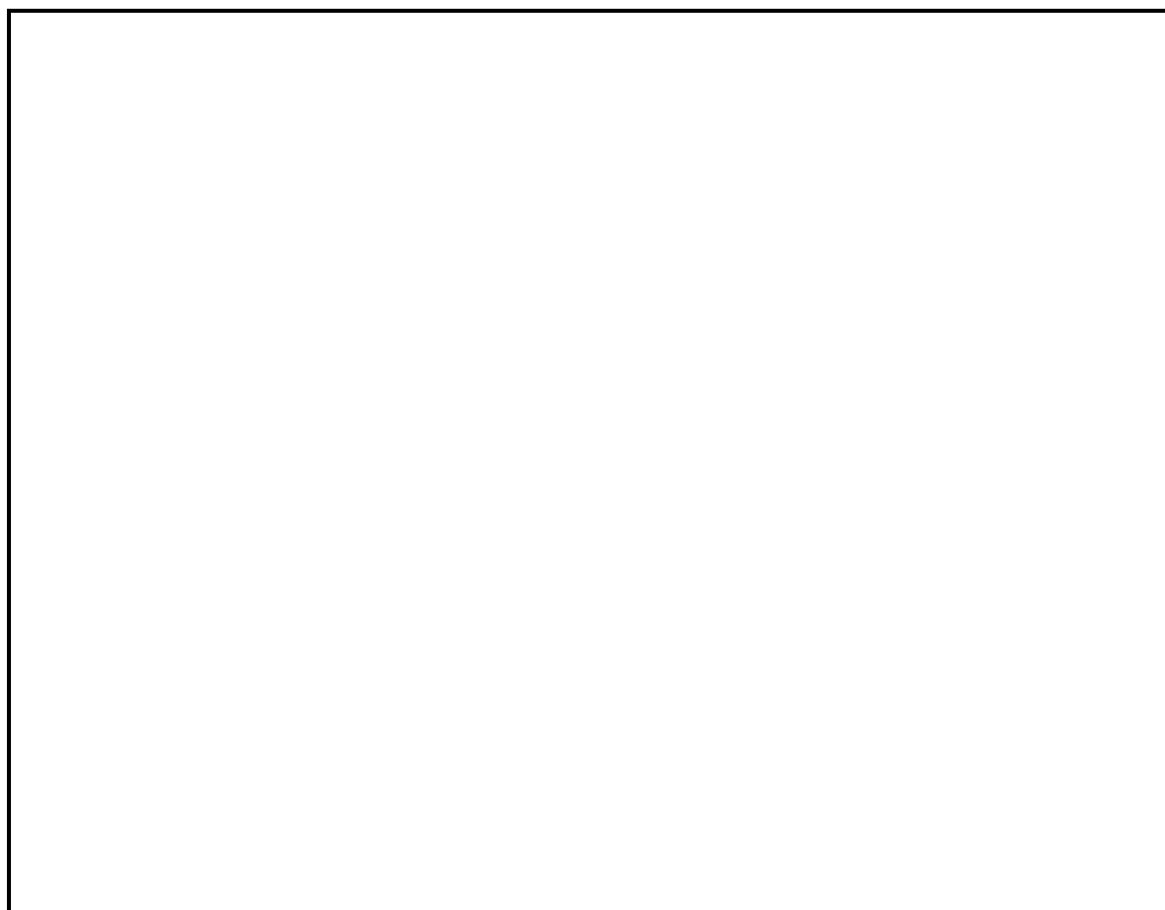


図10 防火帯位置

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

4. 危険距離の評価

(1) 評価概要

危険距離は、ガイドに基づき「直線状の火炎前線からの一様の火線強度による円筒火炎モデル」を仮定する。(図 11 参照)

最大の火線強度から仮定した円筒火災と同じサイズ、同じ火炎輻射発散度をもつ円筒火炎モデルを火炎到達幅の長さ分だけ 1 直線に並べて、その直線の midpoint を通る法線上に受熱点を設定する。

これらが同時に林縁部の平均の延焼継続時間分燃えると仮定し、受熱面への温度評価を行う。

各円筒火炎モデルから受熱点を受ける輻射強度は、円筒火炎モデル数×形態係数×火炎輻射発散度による。

直線状に並べた円筒火炎モデル全数から受熱点を受ける輻射強度が、危険輻射強度（許容限界温度 200℃, 350℃）に等しくなるときの受熱点と直線の距離を危険距離とする。

(2) 火災の想定

3. 森林火災の影響評価と同様とする。

(3) 森林火災による影響評価の概要

森林火災のFARSITEの解析結果を使用し、ガイドに基づき以下条件の下、輻射強度を指標として、発電用原子炉施設に対する森林火災の影響の有無を評価する。

- a. 受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定する。
- b. 森林火災の火炎の形態を円筒火炎モデルで模擬する。燃焼半径はFARSITE の出力値である火炎長の 3 分の 1 とする。
- c. 発電用原子炉施設に対し、火炎到達幅の分だけ円筒火炎モデルを並べ評価する。

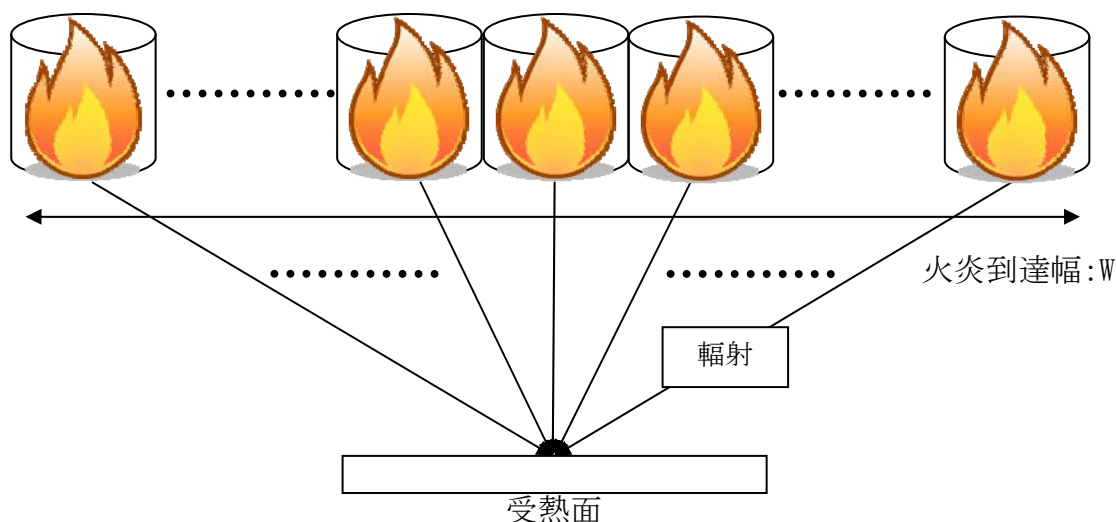


図 11 危険距離評価に使用する円筒火炎モデルの概要

(4) 評価対象範囲

発電所へ迫る火災を影響の範囲とする。

具体的には、卓越方向の直接の風上からの延焼を評価した解析ケース1, 2の結果を用いて評価する。

評価に使用する火線強度は林縁から50mの範囲を確認する。

(5) 評価に必要なデータ

項目	森林火災の評価結果
火炎の輻射発散度	FARSITEの解析で算出された最大の火線強度から算出。
燃焼半径	FARSITEの解析で算出された火炎長より算出 ($R=H/3$)
形態係数	離隔距離, 火炎長, 燃焼半径から算出
火炎到達幅	FARSITEの解析で算出した火炎到達幅 (W)
火炎円筒モデル数	燃焼半径, 火炎到達幅より算出 ($F=W/2R$)
危険輻射強度	発電用原子炉施設外壁の輻射熱による耐熱性を輻射強度で示したもの。
受熱面の温度	熱伝導式により計算, 初期値50°C

a. 燃焼半径の算出

次の式から森林火災のFARSITEの解析で求めた火炎長を元に延焼半径を算出した。

$$R = \frac{H}{3}$$

R : 燃焼半径 (m), H : 火炎長 (m)

b. 円筒火炎モデル数の算出

次の式から森林火災のFARSITEの解析で求めた火炎到達幅, 燃焼半径を元に円筒火炎モデル数を算出した。

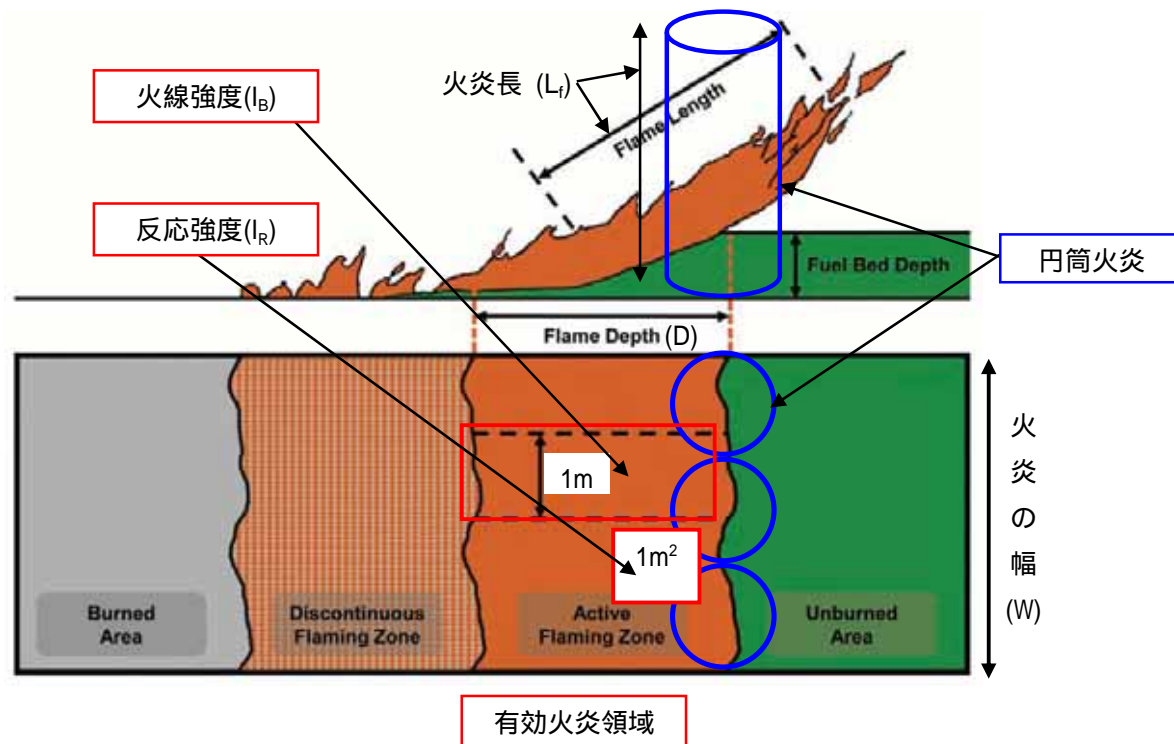
$$F = \frac{W}{2R}$$

F : 円筒火炎モデル数 (個), W : 火炎到達幅 (m), R : 燃焼半径 (m)

c. 火炎輻射発散度の算出

火線強度(I_B)は、図 12-1 に示すような火炎構造(幅: W , 奥行き: D , 火延長: L_f)において「火炎最前線での単位幅あたりの発熱速度 (kW/m)」と定義でき、反応強度: I_R (kW/m^2) とは次の関係にある。

$$I_B = I_R \times D \quad (1-1)$$



(出典: Andrews, P.L., et. al. (2011): How to Generate and Interpret Fire Characteristics Charts for Surface and Crown Fire Behavior. USDA Forest Service General Technical Report RMRS-GTR-253.)

図 12-1 森林火災の火炎最前線の構造

火炎輻射発散度を計算するための円筒火炎モデルでは、図 12-1 の有効火炎領域を、火炎の幅: W に沿って円筒火炎(半径: r , 高: h) F 個を一行に並べて模擬する。ここで、有効火炎領域の発熱量に輻射熱割合を f_R を乗じたものが円筒火炎の側面からの輻射に使用されるとして、輻射発熱量が保存されるように円筒火炎の輻射発散度を求める。

円筒火炎モデルの火炎輻射発散度を R_f [kW/m^2] とすると有効火炎領域の輻射発熱の保存は、次の式で表現できる。

$$\begin{aligned} \text{全体の発熱量} &= (\text{円筒火炎モデル 1 個の}\{\text{側面の面積}+\text{上部の面積}\} (\text{m}^2) \times \text{円筒火炎個数} \times \text{円筒火炎の輻射発散度} (\text{kW/m}^2) \\ &= \text{火線強度} (\text{kW/m}) \times \text{火炎到達幅} (\text{m}) \times \text{輻射熱割合} (-) \\ (2\pi rh + \pi r^2) \times F \times R_f &= f_R \times I_B \times W \end{aligned} \quad (1-2)$$

また、ガイド附属書Aでは円筒火炎モデルは

$$r = L_f / 3 \quad (1-3)$$

$$h = L_f \quad (1-4)$$

$$F = W / (2r) \quad (1-5)$$

と定義されているので、(1-3)~(1-5)式を(1-2)式に代入し、次の式が得られる。

$$R_f = f_R \cdot (6/7) \cdot I_B / (\pi L_f) \quad (1-6)$$

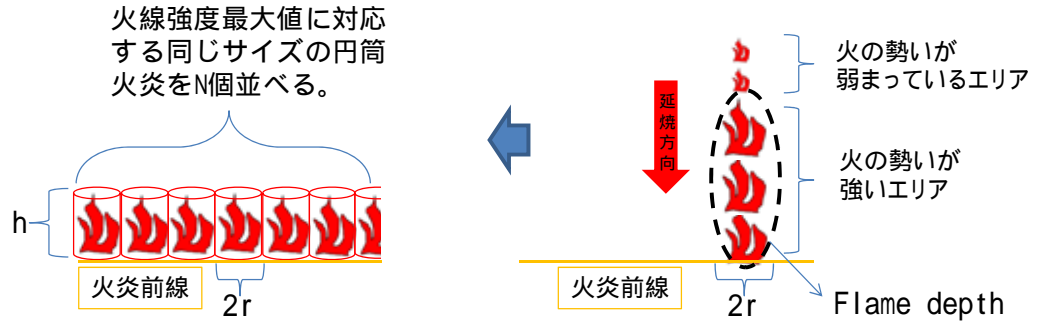
したがって、円筒火炎モデルの火炎輻射発散度(R_f)をFARSITEから出力される火線強度(I_B)と火炎長(L_f)を用いて(1-6)式により評価すれば、火炎輻射発散度が求められる。

(1-6)式の導出過程を、図12-2に示す。

危険距離評価における円筒火炎モデルの考え方

火炎前線の放射発熱量をN個の円筒火炎による放射発熱量と考える。

円筒火炎の持つ放射発熱量Qは火炎前線の延焼方向で強い延焼が発生しているエリア(距離)の発熱量の合計である。



円筒火炎1個の受け持つ放射発熱量 Q(kW)

式(1)

$$Q = I_B \cdot 2r \cdot fR$$

火炎前線の横幅1m
当たりの単位時間当
たり発熱量

I_B : 火線強度 [kW/m]
 $2r$: 円筒火炎の直径 [m]
 fR : 放射熱割合 [-]

火炎放射発散度の定義と計算式の導出

火炎放射発散度
 R_f (kW/m²)

1個の円筒火炎の表面から放射される放射熱量

式(2)

$$R_f = \frac{Q}{S}$$

Q : 1つの円筒火炎が受け持つ
火炎前線の放射発熱量 [kW]
S : 円筒火炎の表面積 [m²]

式(3)

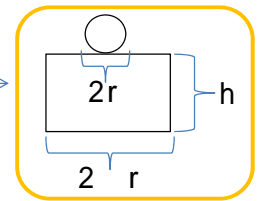
$$S = 2 \pi r h + \pi r^2$$

$$r = L_f / 3$$

$$h = L_f$$

ガイド記載

r : 円筒火炎の半径
h : 円筒火炎の高さ [m]
 L_f : 火炎長 [m]



円筒火炎の
上面及び側面のみ
考慮

式(2)に式(1)と式(3)を代入すると

$$R_f = \frac{6}{7} \frac{I_B}{\pi L_f} fR$$

図 12-2 火炎放射発散度の計算式の導出過程

d. 火炎到達幅の算出

火炎到達幅は、図 13 の黒線で示す。FARSITE 評価で延焼した敷地内の林縁の長さを火炎到達幅とする。

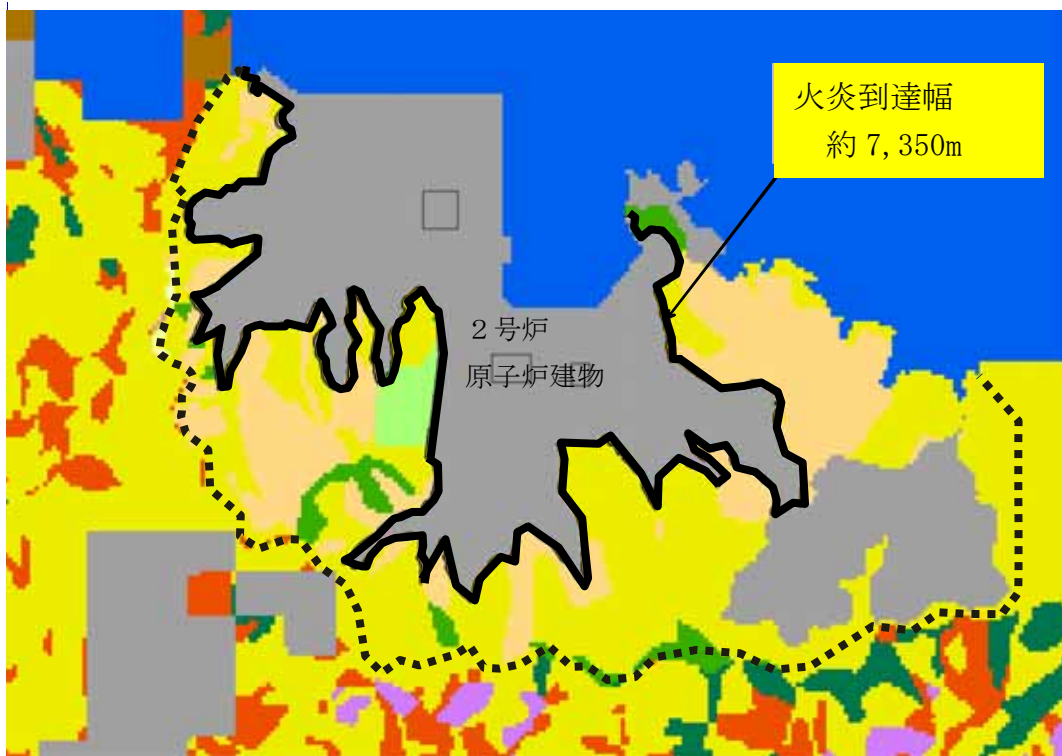


図 13 火炎到達幅

e. 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、FARSITEの解析結果から得られる林縁から50mの範囲の森林が燃える時間を使用し次の式により算出した。

$$\text{燃焼継続時間} = \text{林縁奥行} / \text{延焼速度}$$

林縁奥行：FARSITEの1メッシュ(10m×10m)の対角線長さに余裕をみた長さ15m

延焼速度：林縁から50m以内の延焼速度の平均値

f. 危険輻射強度の算出

原子炉建物のコンクリート外壁及び2号炉排気筒鉄塔の外表面への輻射による入熱が、火災の燃焼継続時間の間一定、それ以降ゼロと仮定し、受熱面での対流熱伝達と輻射放熱を考慮した非定常計算により外表面温度が許容限界温度未満となる最大の輻射強度を危険輻射強度として図 17-1～6 より算出した。許容限界温度はコンクリート外壁の場合 200℃，鉄塔の場合 350℃とした。温度算出条件を表 6-1，2 に示すが，外面熱伝達率は，ユルゲスの式 ($h=7.2U^{0.78}$) を用い，最大風速 (22.1m/s) から算出した 80.53 ($W/(m^2 \cdot K)$)

を使用した。

g. 計算体系

外部火災の火炎からの輻射による建物の壁温度は、壁の厚さ方向の温度分布を一次元熱伝導モデルで計算する。計算体系を図14に示す。

(a) 建物外壁温度評価における計算体系

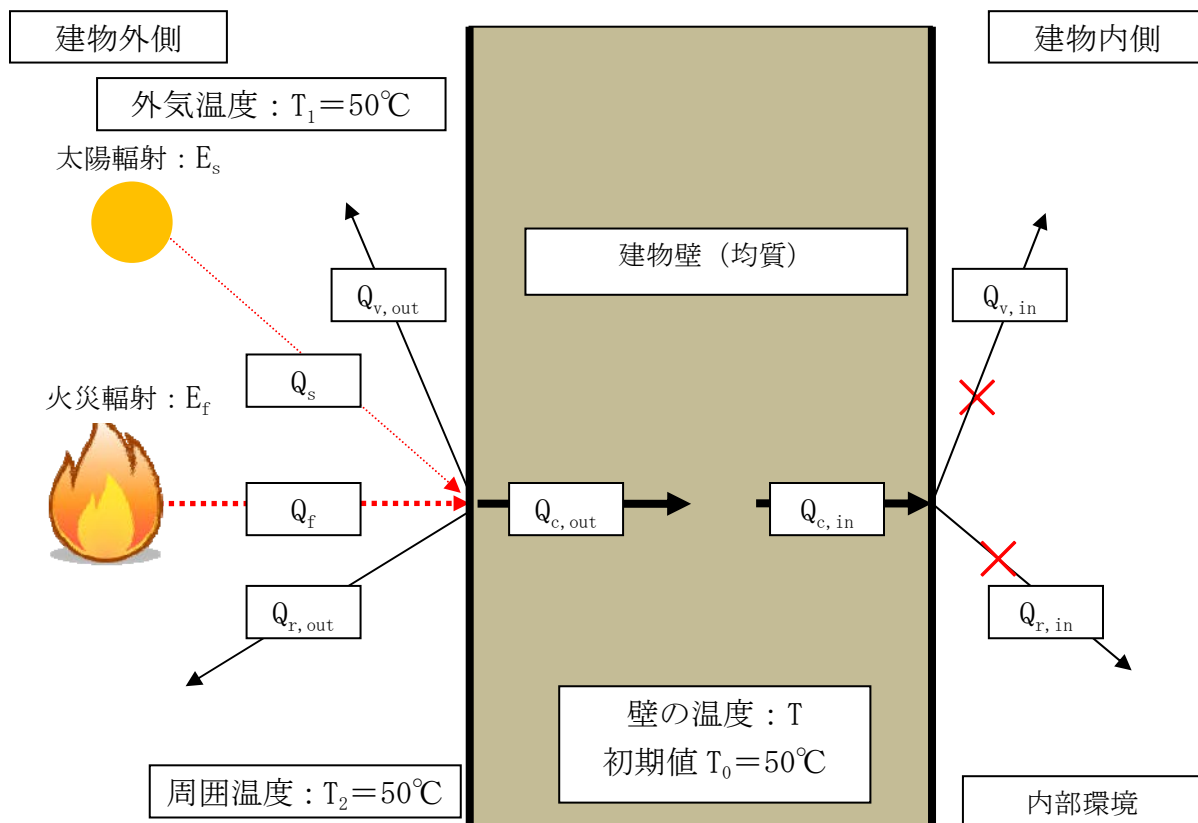


図 14 森林火災の建物壁温度評価計算体系

(b) 2号炉排気筒の温度評価における計算体系

火災時の輻射熱が排気筒に入射し、排気筒の温度上昇に寄与すると想定することから、図 14 森林火災の建物壁温度評価計算体系と計算体系は同様である。なお、輻射熱を受ける範囲、伝熱を考慮し、排気筒の鉄塔円筒部が輻射を受ける面は半面として評価を行っている。(図 15)

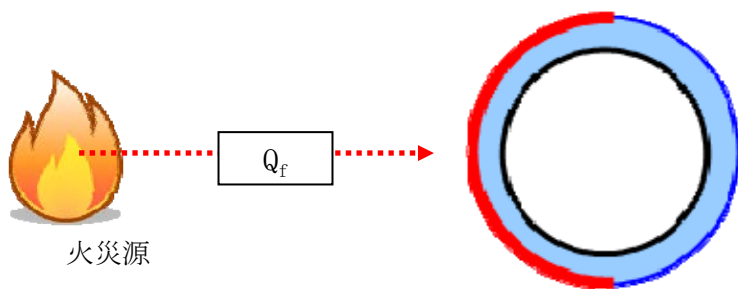


図 15 排気筒の受熱面が受ける輻射の割合

h. 基礎式

温度評価の基礎式は、以下の一次元非定常熱伝導方程式であるがこれを差分法により離散化し、数値解法によって温度の分布及び時間変化を計算することによって原子炉建物外壁及び排気筒の温度変化を評価する。

$$\frac{dT}{dt} = \kappa \frac{d^2T}{dx^2}$$

ここで、Tは温度、tは時刻、xは建物壁における外部からの距離、 κ は建物壁の熱拡散率を表す。

i. 伝熱速度の計算式

建物壁他に対する伝熱速度の関係式としては以下のとおりである。評価条件は表6-1, 2に示す。

本評価においては、保守的にコンクリート内部への放射及び内面環境（建物内空気）への伝熱がない条件（断熱）にて評価する。

また、森林火災の輻射に対しコンクリート表面の吸収率、放射率及び気象条件（風速）に応じた外面熱伝達率を考慮し評価する。

なお、太陽からの輻射による影響を考慮し外壁の初期温度を50℃とし、外気も50℃とした。

$$\text{壁内面への伝熱} : Q_{c, out} = Q_f - Q_{r, out} - Q_{v, out}$$

$$\text{内部環境への伝熱} : Q_{c, in} = 0$$

$$\text{火炎からの輻射} : Q_f = \alpha_f \cdot E_f$$

$$\text{壁表面での輻射} : Q_{r, out} = \sigma \cdot \varepsilon_{w, out} (T^4 - T_1^4)$$

$$\text{壁表面での対流} : Q_{v, out} = h_{out} (T - T_2)$$

表 6 - 1 コンクリート壁面温度算出条件

項目	条件	単位	備考
壁面材質	コンクリート	—	本館建物外壁面
外気温度 : T_1	50	°C	壁の外表面初期温度 50°C を考慮し保守的に 50°C とした。
内気温度	—	°C	内気に熱伝達がない条件のため数値は評価結果に影響しない。
外面熱伝達率 : h_{out}	図 16	W/(m ² ・K)	自然対流熱伝達率 (Bayley の式) なお、危険輻射強度を算出する際の熱伝達率はユルゲスの式を用いる。
内面熱伝達率	0	W/(m ² ・K)	保守的にコンクリートから内気に熱伝達がない断熱条件とした。
壁の熱伝導率 : k	1.628	W/(m・K)	コンクリート
壁の厚さ : d	1.9	m	2号炉原子炉建物西側の外壁厚さを使用する。
外面放射率 : $\epsilon_{w, out}$	0.94	—	伝熱工学資料 (Rev. 5) p. 161 表 1 の コンクリートより
外面吸収率 : α_f	0.94	—	伝熱工学資料 (Rev. 5) p. 161 表 1 の コンクリートより
内面放射率	0	—	保守的にコンクリート内面に放射されない条件とした。
壁の初期温度 : T_0	50	°C	松江市の最高気温に日射を考慮し算定した。
壁の熱拡散率 : κ	8.4177×10^{-7}	m ² /s	【コンクリート】 比熱 $c = 879.1$ J/(kg・K) 密度 $\rho = 2,200$ kg/m ³ 熱伝導率 $k = 1.628$ W/(m・K) $\kappa = k / (\rho \cdot c)$
ステファン・ボルツマン定数 : σ	5.67×10^{-8}	W/(m ² ・K ⁴)	伝熱工学資料 (Rev. 5) P. 132 (4式) より
太陽からの輻射	—	W/m ²	最高気温に日射を考慮した外気温度、外表面温度を用いることで考慮している。
太陽輻射からの吸収率	—	—	

表 6 - 2 2号炉排気筒鉄塔壁温度算出条件

項目	条件	単位	備考
評価面(点)材質	炭素鋼 (STK400)	—	2号炉排気筒(鉄塔) 炭素鋼の中で温度が最も高くなる物性値をサー ベイし、工具鋼 温度 300K の物性値を使用。
外気温度 : T_1	50	°C	壁の外表面初期温度 50°C を考慮し保守的に 50°C と した。
内気温度	—	°C	内気に熱伝達がない条件のため数値は評価結果 に影響しない。
外面熱伝達率 : h_{out}	図 16	W/(m ² ・K)	自然対流熱伝達率(Bayley の式) なお、危険輻射強度を算出する際の熱伝達率はユ ルゲスの式を用いる。
内面熱伝達率	0	W/(m ² ・K)	保守的に熱伝達がない断熱条件とした。
壁の熱伝導率 : k	45.1	W/(m・K)	伝熱工学資料(Rev. 5) p. 284 工具鋼 温度 300K の物性値より
壁の厚さ : d	0.0095	m	【鉄塔】 主柱材、斜材、水平材のうち最も薄い斜材、水 平材の厚さ
外面放射率 : $\varepsilon_{w, out}$	0.80	—	伝熱工学資料(Rev. 5) p. 162 図 2 の酸化鋼より
外面吸収率 : α_f	0.90	—	伝熱工学資料(Rev. 5) p. 162 図 2 の酸化鉄より ただし、円筒が輻射を受ける面は、全体の半分 になる。
内面放射率	0	—	保守的に内面に放射されない条件とした。
壁の初期温度 : T_0	50	°C	松江市の最高気温に日射を考慮し算定した。
壁の熱拡散率 : κ	1.2494×10^{-5}	m ² /s	伝熱工学資料(Rev. 5) p. 284 工具鋼 温度 300K の物性値を使用 比熱 $c = 461 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 密度 $\rho = 7,830 \text{ kg}/\text{m}^3$ 熱伝導率 $k = 45.1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ $\kappa = k/(\rho \cdot c)$
ステファン・ ボルツマン定数 : σ	5.67×10^{-8}	W/(m ² ・K ⁴)	伝熱工学資料(Rev. 5) P. 132(4式)より
太陽からの輻射	—	W/m ²	最高気温に日射を考慮した外気温度、外表面温 度を用いることで考慮している。
太陽輻射からの吸収率	—	—	

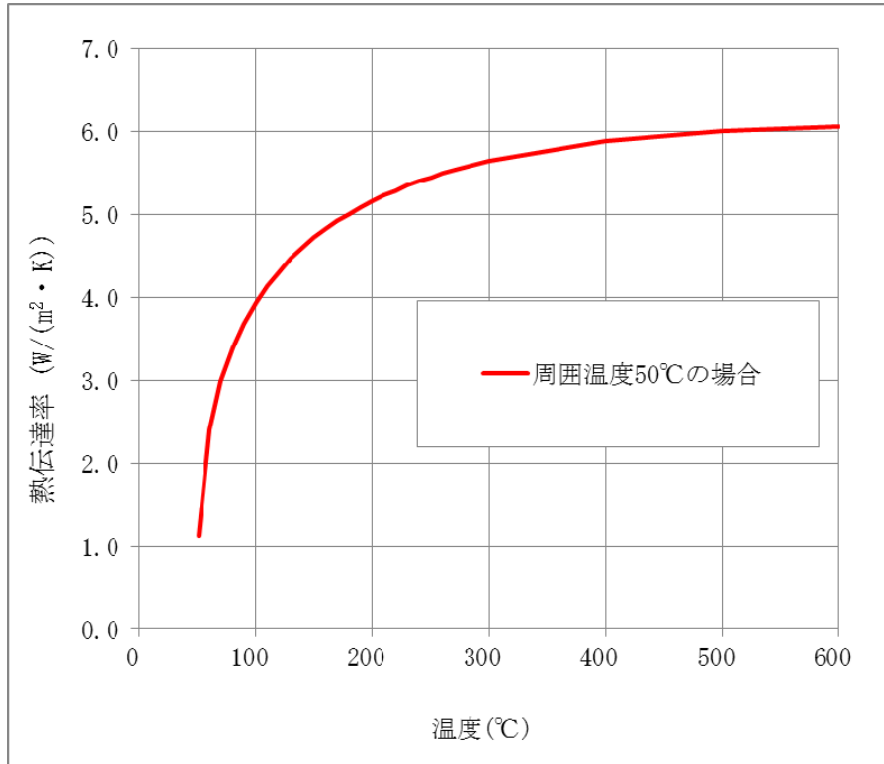


図 16 自然対流熱伝達率 (Bayley の式)

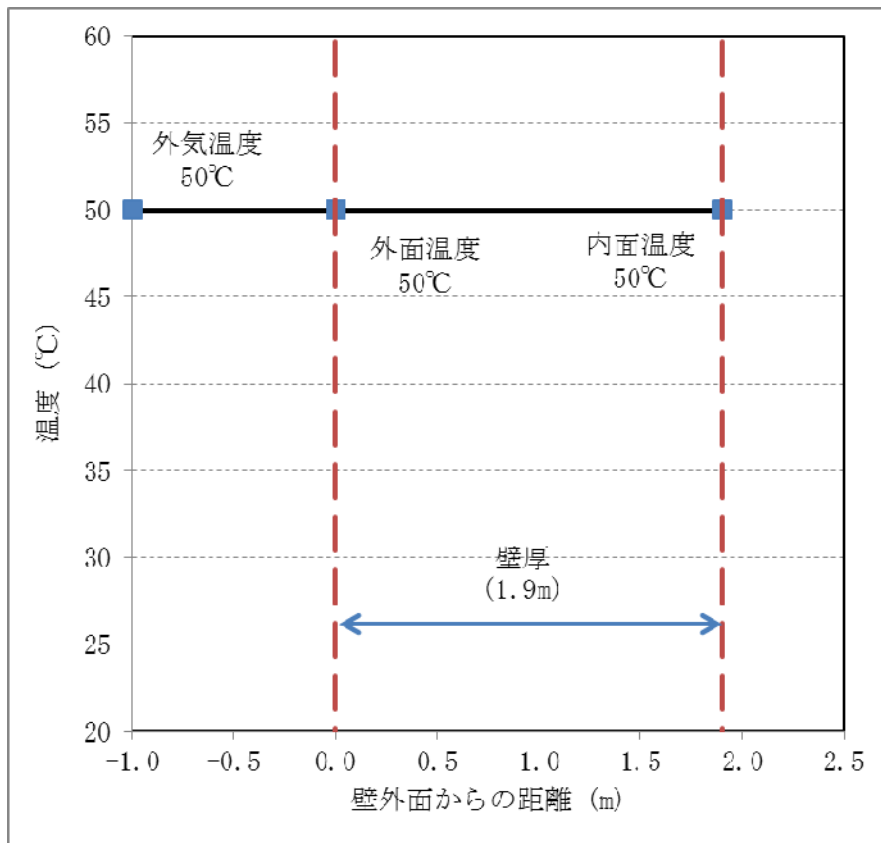


図 17-1 原子炉建物の初期温度分布

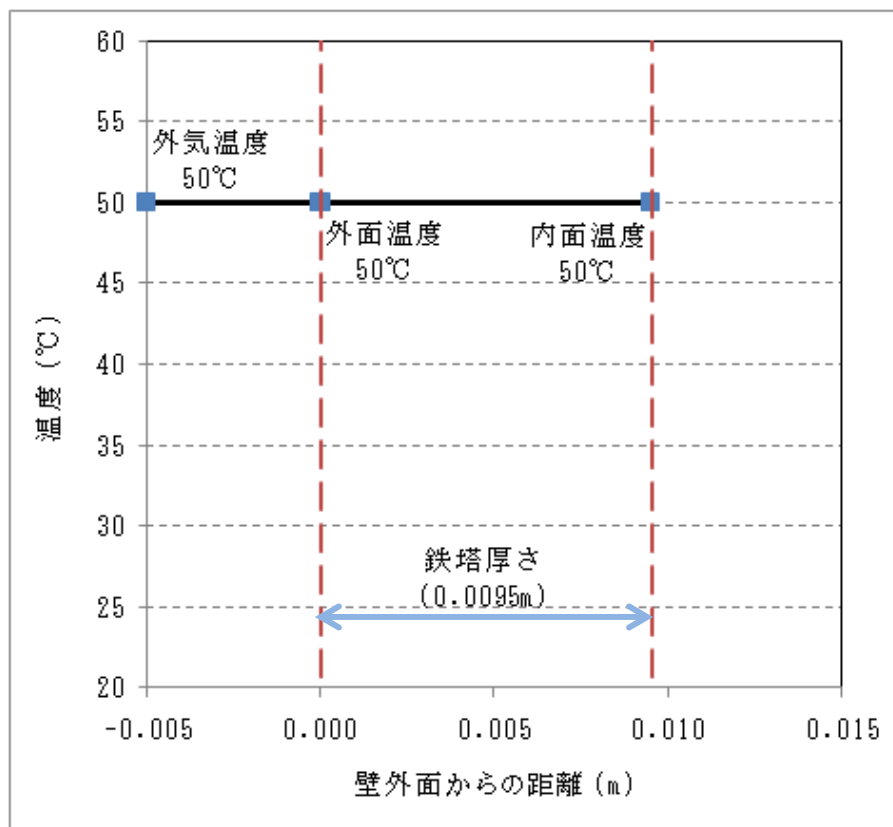


図 17-2 2号炉排気筒鉄塔の初期温度分布

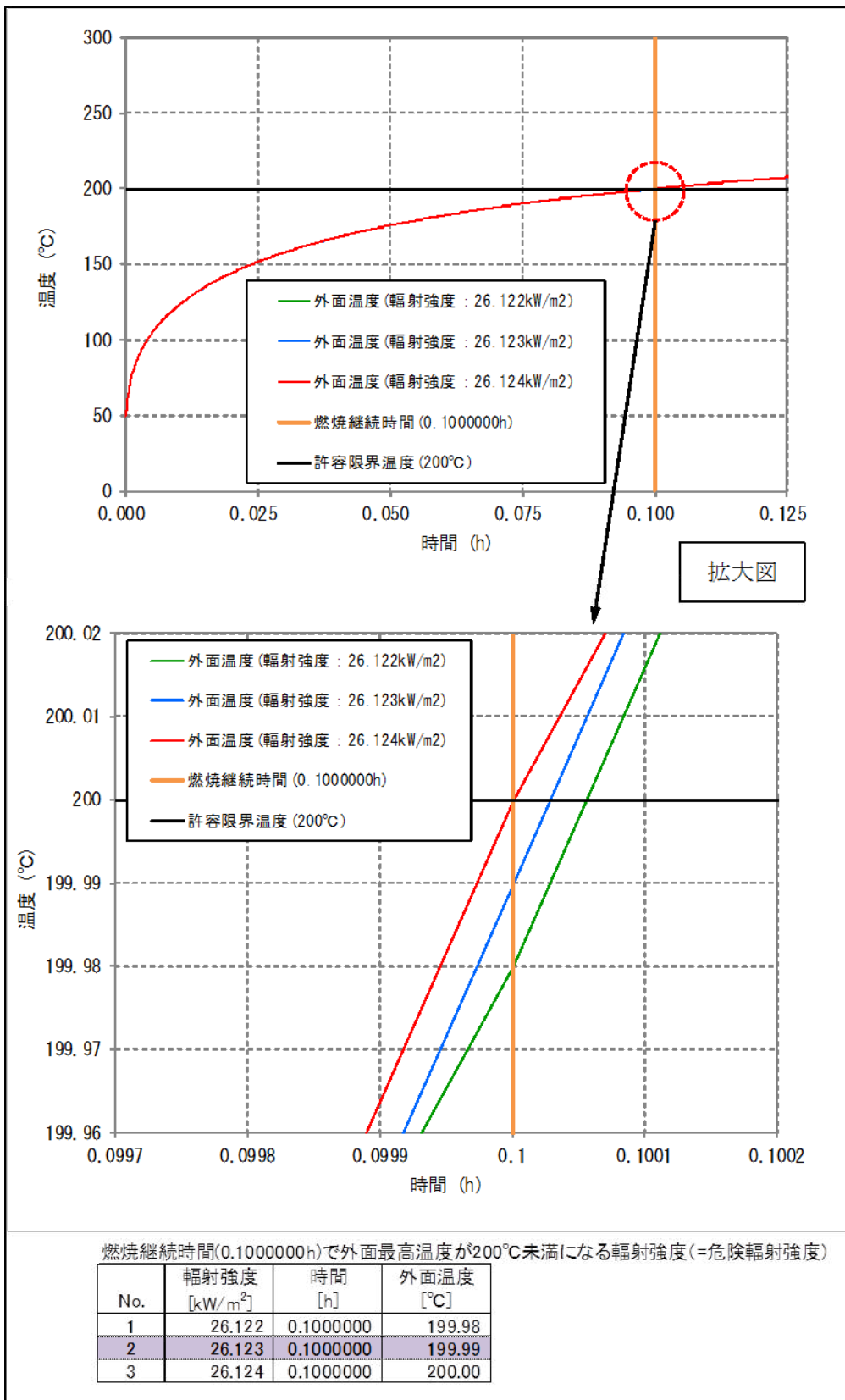


図 17-3 原子炉建物のコンクリート外壁の外面温度と燃焼時間の関係 (ケース 1)

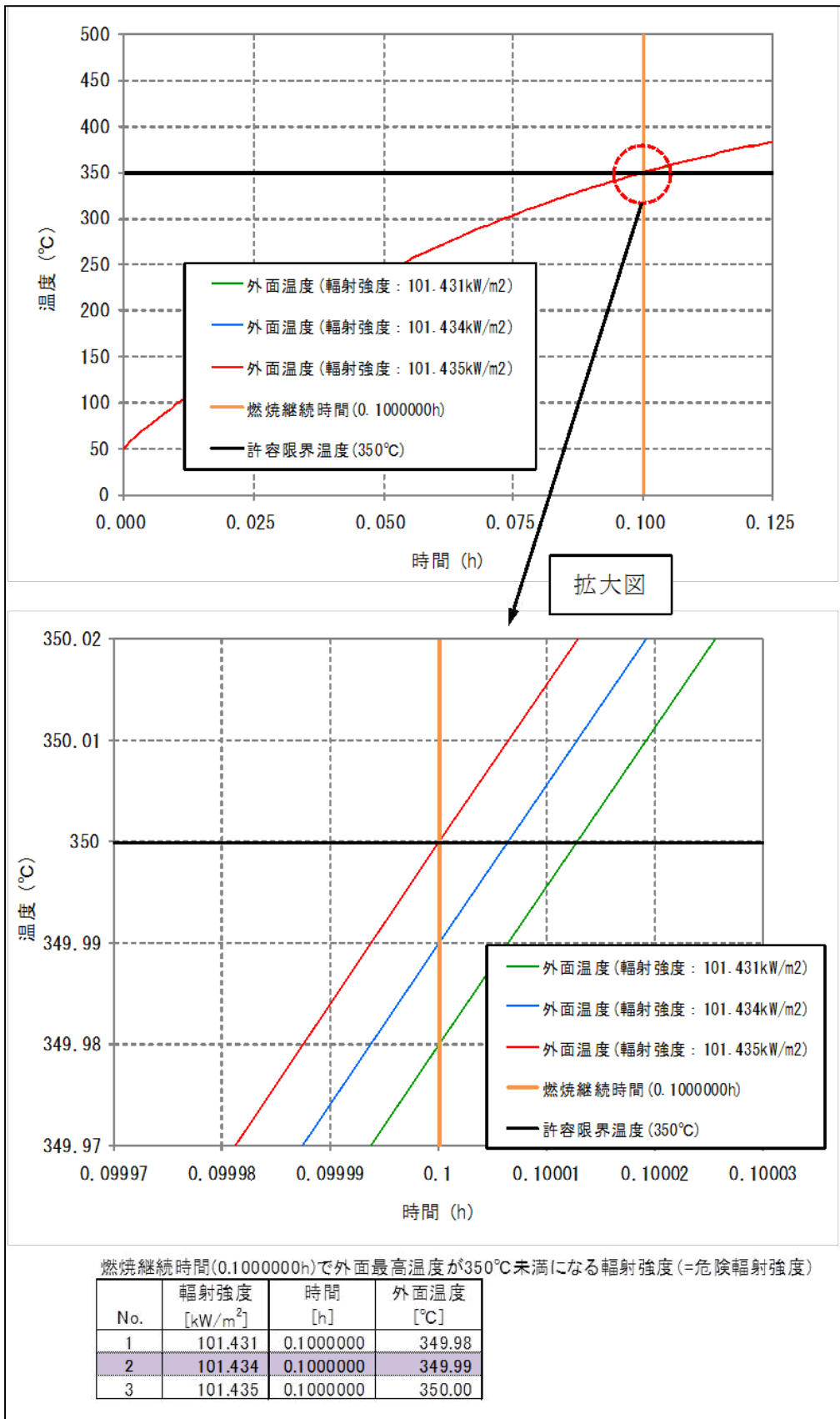


図 17-4 2号炉排気筒鉄塔の外表面の外面温度と燃焼時間の関係 (ケース1)

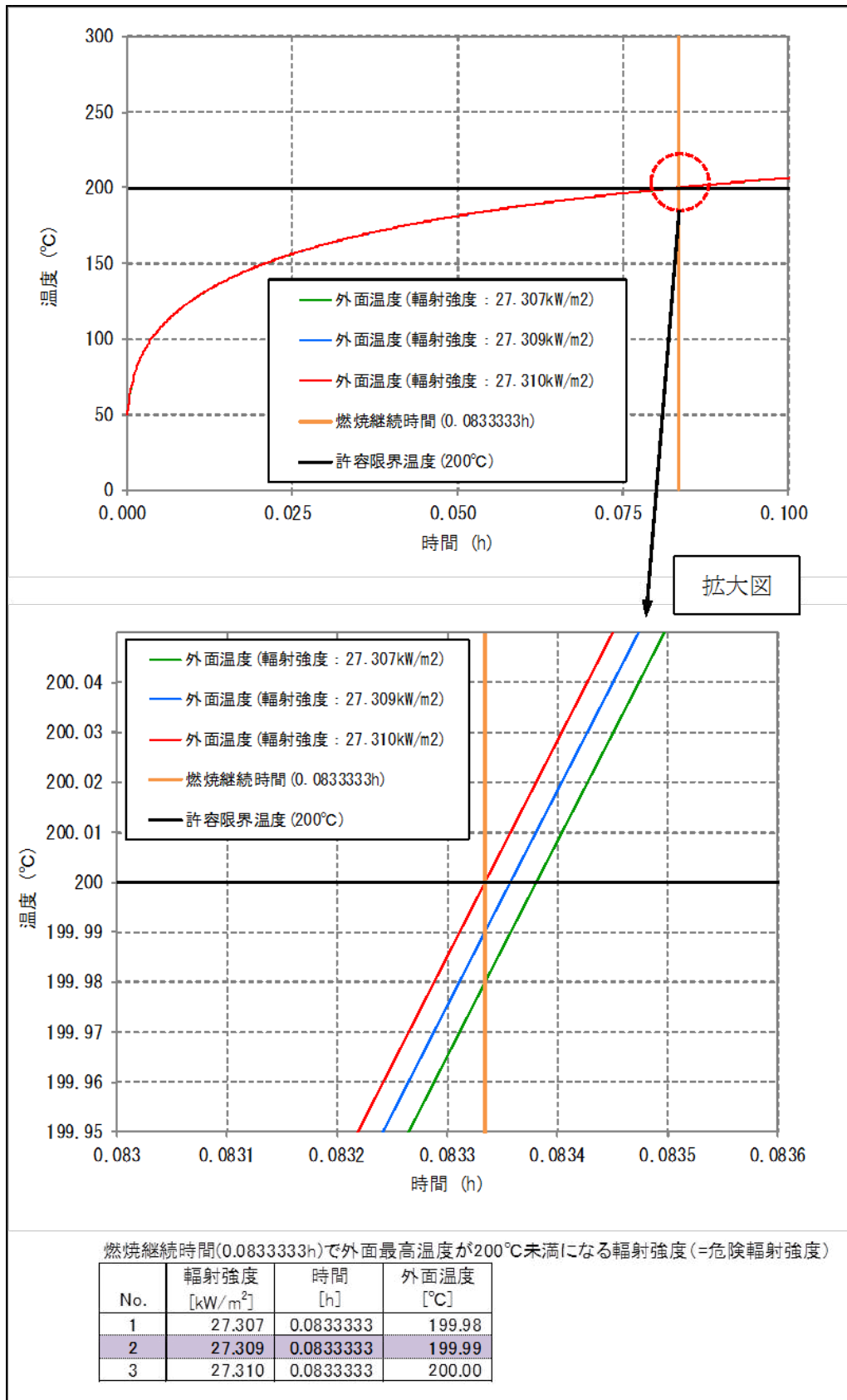


図 17-5 原子炉建物のコンクリート外壁の外面温度と燃焼時間の関係 (ケース 2)

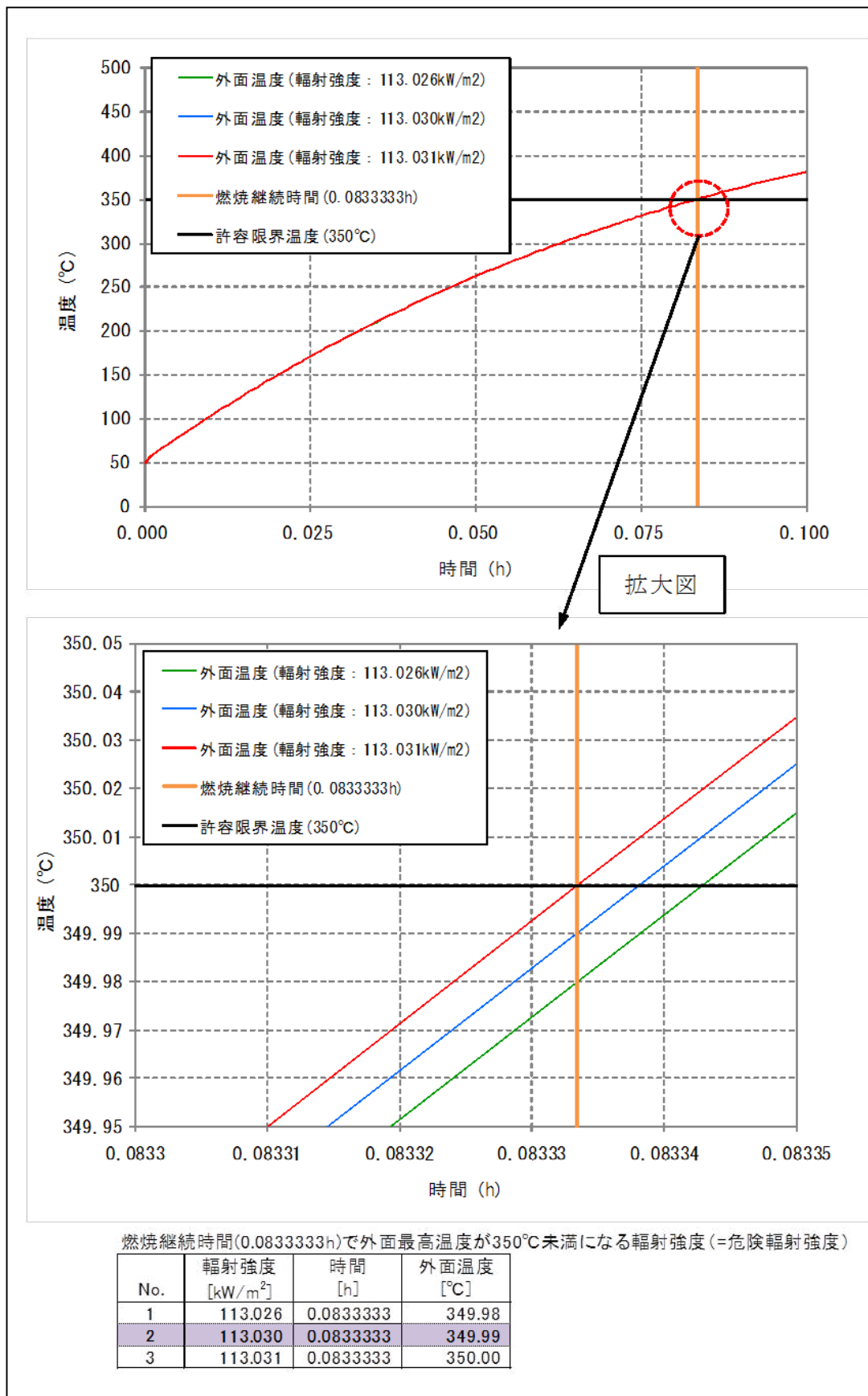


図 17-6 2号炉排気筒鉄塔の外表面の外面温度と燃焼時間の関係 (ケース2)

j. 形態係数の算出

次の式から各円筒火炎モデルの形態係数を算出する。

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

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

ϕ_i : 各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 (m)

したがって、各円筒火炎モデルの形態係数を合計した値が、発電用原子炉施設に及ぼす影響について考慮すべき形態係数 ϕ_t となる。

$$\phi_t = (\phi_i + \phi_{i+1} + \phi_{i+2} \dots)$$

ϕ_t : 各円筒火炎モデルの形態係数を合計した値

k. 危険距離の算出

輻射熱に対する発電用原子炉施設の危険輻射強度を調査し、輻射強度がその危険輻射強度以下になるように発電用原子炉施設は危険距離を確保する。

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、火炎輻射強度に形態係数を掛けた値になる。次の式から形態係数 ϕ を求める。

$$E = R_f \cdot \phi$$

E : 輻射強度 (W/m²), R_f : 火炎輻射発散度 (W/m²), ϕ : 形態係数

$\phi > \phi_t$ となるように危険距離を算出する。

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

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

ϕ_t : 各火炎モデルの形態係数を合計した値,

L_t : 危険距離 (m), H : 火炎長 (m), R : 燃焼半径 (m)

(6) 危険距離の評価

a. 建物外壁への危険距離評価

想定される森林火災に対して、コンクリート表面温度が許容温度 (200°C) を超えない限界の距離 (危険距離) を算出した結果、約 18.0m であり、林縁から原子炉建物外壁までの離隔距離 (約 120m) に対し十分に小さいことを確認した。

また、飛び火による延焼防止を目的とし設置する防火帯幅が約 21m であることから、屋外に設置しているその他コンクリート壁 (固体廃棄物貯蔵所、サイトバンカ建物他) についても、森林火災からの離隔距離が危険距離以上確保されていることを確認した。

b. 屋外の防護対象設備への危険距離評価

(a) 復水貯蔵タンクについては、周囲がコンクリート製の放射線遮蔽壁 (約 50 cm) で囲まれており、直接放射を受けないこと、離隔距離 (約 70m) が建物外壁 (コンクリート) の危険距離以上であることから影響はない。

(b) 2号炉排気筒については、想定される森林火災に対して、排気筒鋼材の許容温度 (350°C) を超えない限界の距離 (危険距離) を算出した結果、約 4.1m であり、林縁から排気筒鉄塔までの離隔距離 (約 90m) に対し十分に小さいことを確認した。

表 7-1 危険距離算出条件

出火点位置	受熱面	危険輻射強度 (kW/m ²)	火線強度 (kW/m)	火炎長 (m)	火炎到達幅 (m)
解析ケース 1 出火点(恵雲)	2号炉原子炉建物壁面	26.123	4,548.8	3.73	7,350
	2号炉排気筒鉄塔	101.434			
解析ケース 2 出火点(敷地境界)	2号炉原子炉建物壁面	27.309	4,766.6	3.81	
	2号炉排気筒鉄塔	113.030			

表 7-2 危険距離算出結果

出火点位置	受熱面	燃焼半径 (m)	燃焼継続時間 (min)	円筒火炎モデル数 (個)	形態係数 (-)	危険距離 (m)
解析ケース 1 出火点(恵雲)	2号炉原子炉建物壁面	1.24	6.0	約 2,955	2.11E-01	18.0
	2号炉排気筒鉄塔	1.24	6.0	約 2,955	8.13E-01	4.1
解析ケース 2 出火点(敷地境界)	2号炉原子炉建物壁面	1.27	5.0	約 2,893	2.15E-01	18.0
	2号炉排気筒鉄塔	1.27	5.0	約 2,893	8.84E-01	3.7

(7) 発電用原子炉施設の熱影響評価

a. 評価概念

森林火災の進展により原子炉建物外壁が受ける輻射は、FARSITE の解析結果から1メッシュ (10m×10m) 毎に火炎長、単位面積当たりの発熱量及び火炎到達時間が出力されるので、メッシュ毎に1個の円筒火炎のモデルを並べ、各メッシュに火炎が到達し、燃え尽きるまでの間輻射に寄与するものとして受熱面の輻射強度を算出する。

受熱面への輻射強度の概念を図18に示す。

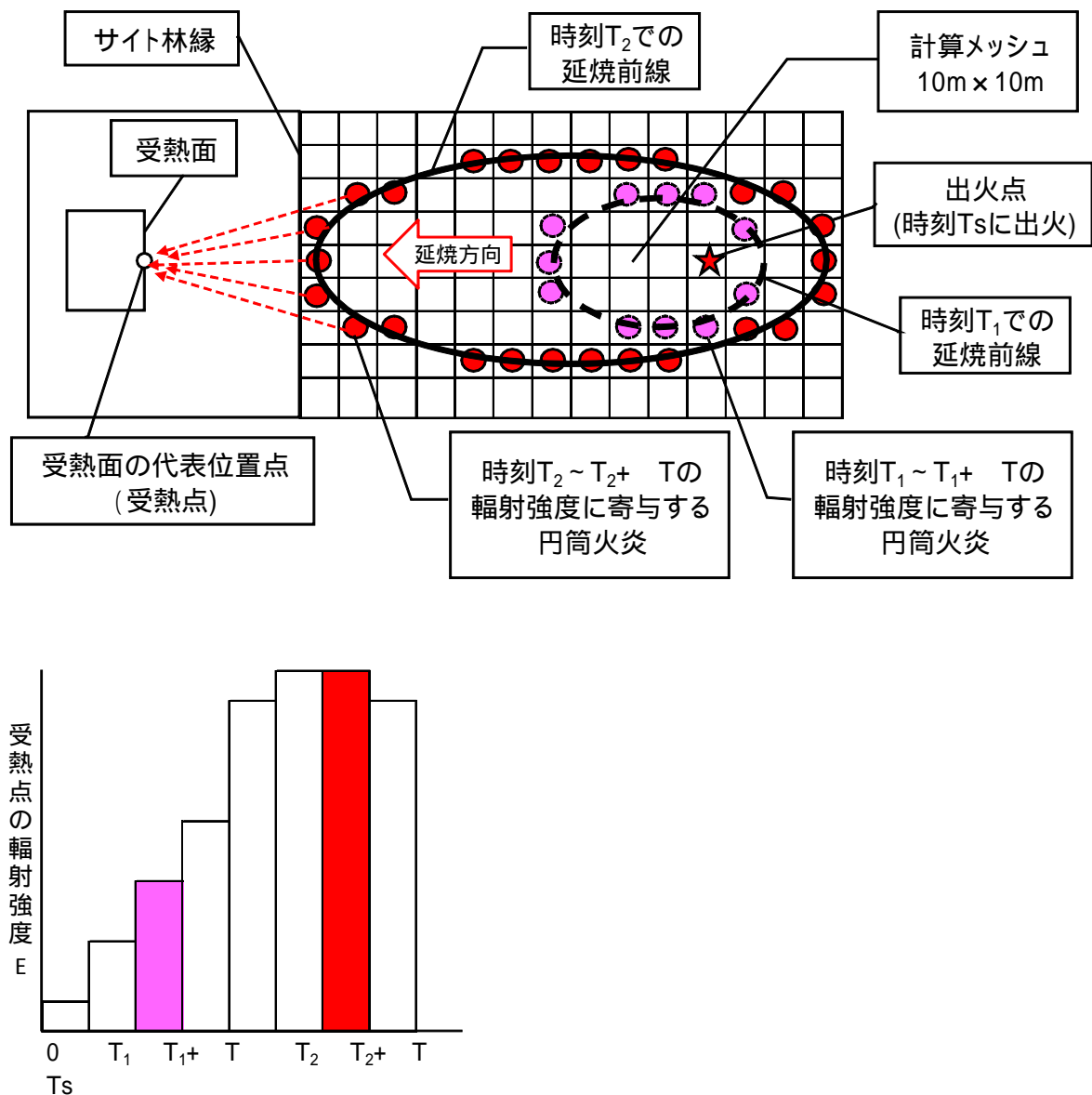


図18 受熱点の輻射強度の計算モデル概念図

b. 計算体系, 条件

温度評価で使用する計算体系, 条件は, 4. 危険距離の評価と同様とし, 火炎からの輻射による建物の壁温度を, 壁の厚さ方向の温度分布を一次元熱伝導モデルで評価する。

c. 建物外壁の熱影響評価

受熱側の輻射強度を用いて, 森林部と最も接近している原子炉建物外壁における熱影響温度評価を実施した結果, 原子炉建物外壁の表面温度は, 約 59.7℃であり, 許容温度 200℃ (火災時における短期温度上昇を考慮した場合において, コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度) に対して十分に下回っていることを確認した。図 19-1, 2, 5, 6 に解析ケースの輻射強度の時間変化と壁面温度の時間変化を示す。

d. 屋外の防護対象設備への熱影響評価

(a) 排気筒については, 火災源からの輻射熱による温度上昇を評価した結果, 温度は約 61.9℃となり, 排気筒鋼材の許容温度 350℃ (発電用原子炉施設の設計建設規格に規定されている鋼材の制限温度) に対して十分に下回っていることを確認した。

図 19-3, 4, 7, 8 に解析ケースの輻射強度の時間変化と壁面温度の時間変化を示す。

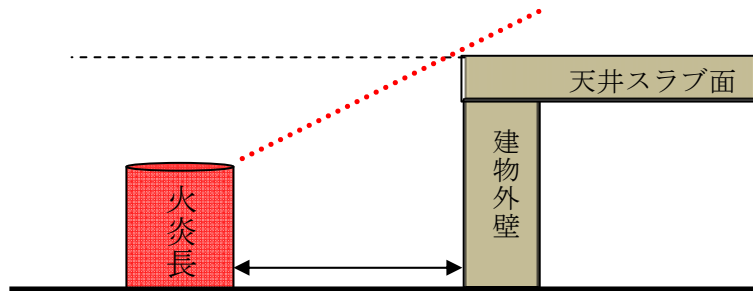
(b) 復水貯蔵タンクについては, 周囲がコンクリート製の放射線遮蔽壁 (50cm) で囲まれており直接輻射を受けない。

表8 各ケースの壁外面及び, 壁内面の温度評価結果

ケース	受熱面	外面 温度	内面 温度
		最大値 (℃)	最大値 (℃)
解析ケース1 出火点 (恵雲)	2号炉原子炉建物 (西)	59.7	50.0
	2号炉排気筒 (鉄塔)	61.9	61.9
解析ケース2 出火点 (敷地境界)	2号炉原子炉建物 (西)	53.8	50.0
	2号炉排気筒 (鉄塔)	55.7	55.7

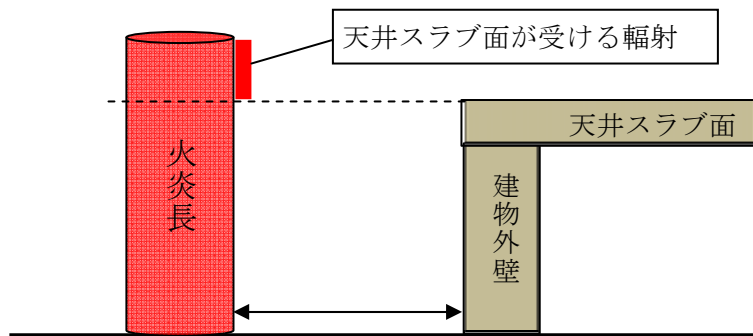
e. 天井スラブ面への影響評価

天井スラブ面が火炎長より高い場合、火炎による輻射は届かないため、熱影響はない。



天井スラブ面への輻射イメージ (建物高さ > 火炎長)

天井スラブ面が火炎長より低い場合、火炎による輻射は一部到達する。しかし、建物外壁での評価は火災源からの全ての輻射を考慮していること、および水平方向に最も近い距離での評価を行っていることから、天井スラブ面への影響は建物外壁での影響評価に包含される。



天井スラブ面への輻射イメージ (建物高さ < 火炎長)

解析ケース 1 (出火点: 恵雲) (1/2)

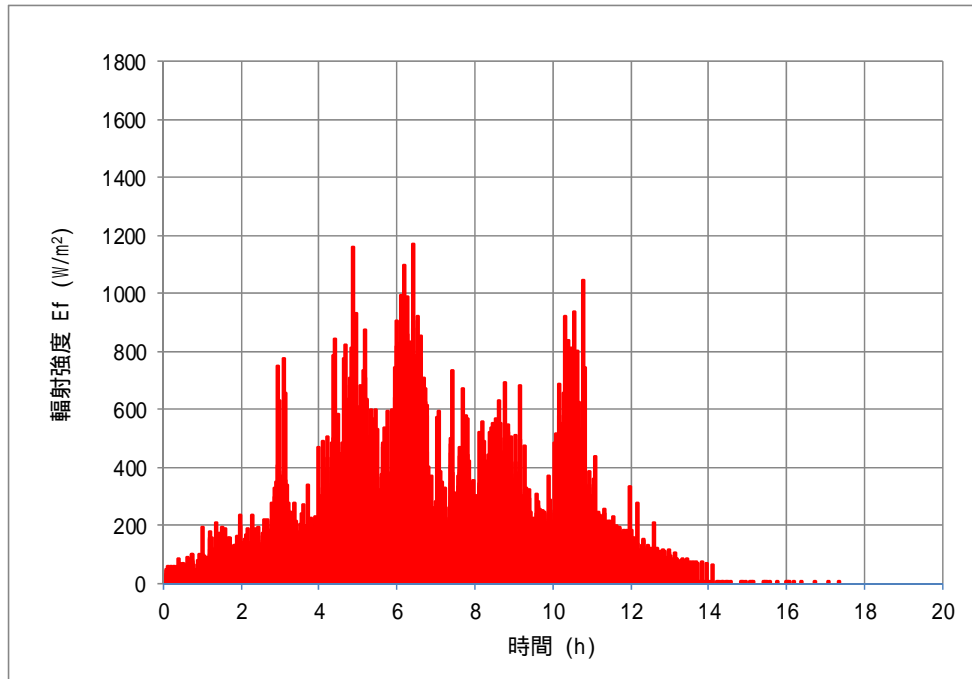


図 19-1 2号炉原子炉建物西側壁面における輻射強度の時間変化

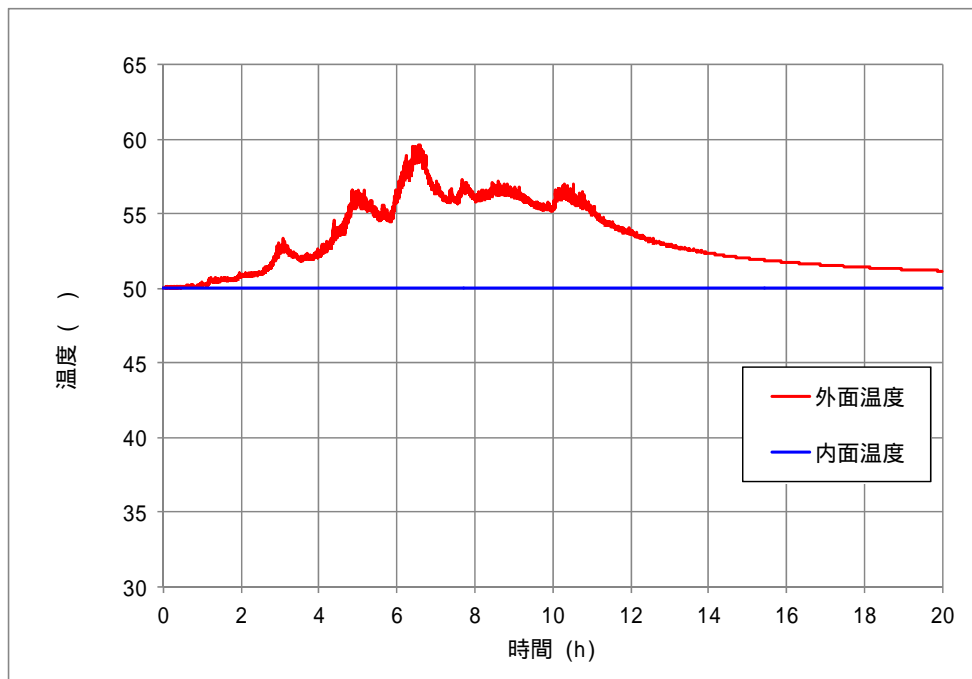


図 19-2 2号炉原子炉建物西側壁面温度の時間変化

解析ケース 1 (出火点: 恵雲) (2/2)

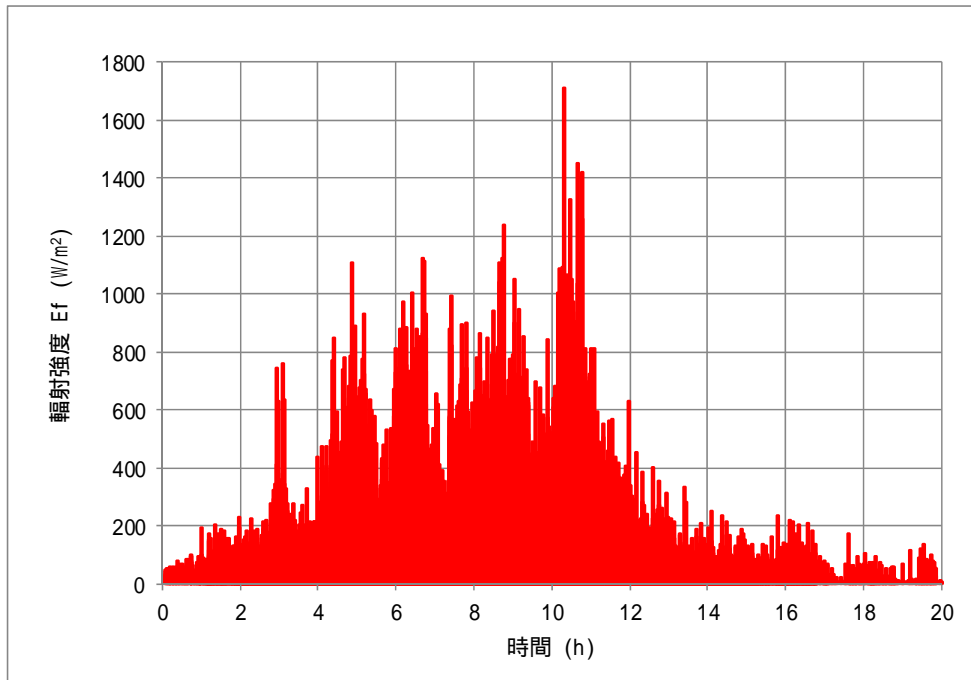


図 19-3 2号炉排気筒鉄塔における輻射強度の時間変化

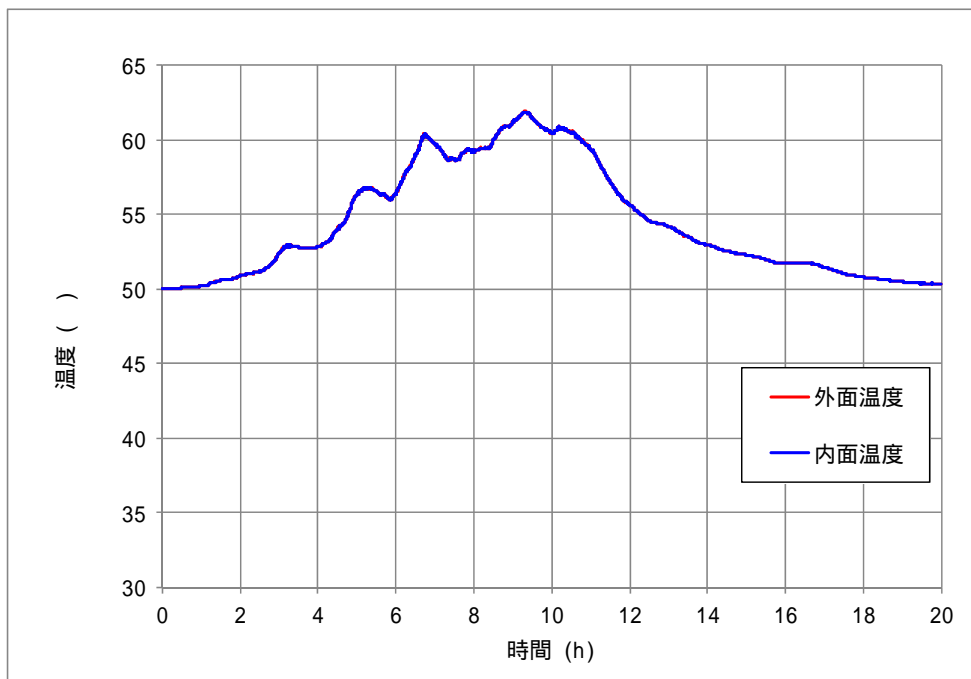


図 19-4 2号炉排気筒鉄塔表面温度の時間変化

解析ケース 2 (出火点：敷地境界) (1/2)

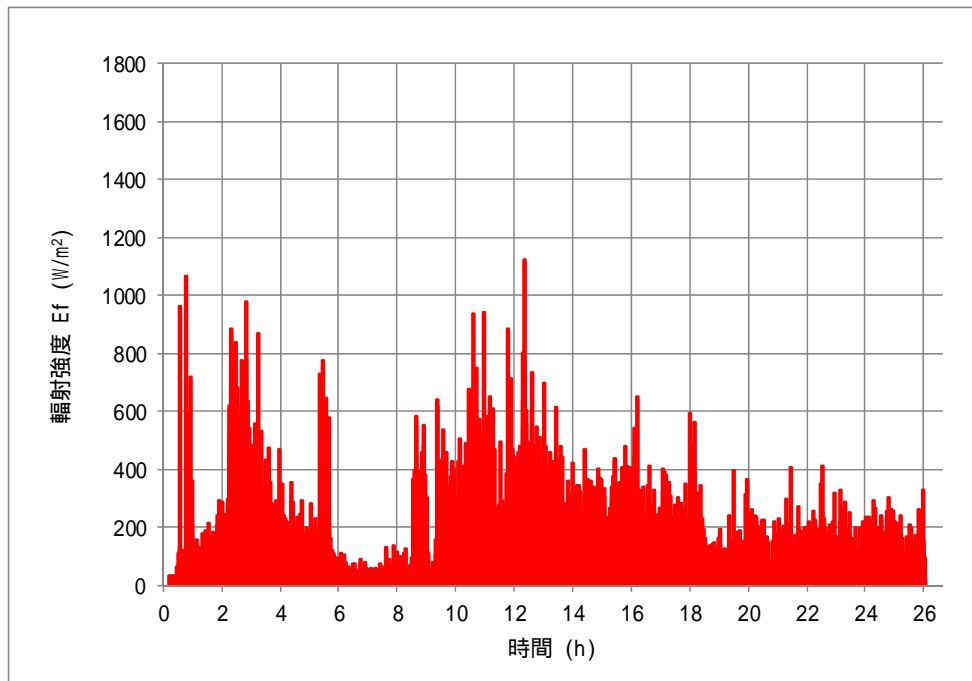


図 19-5 2号炉原子炉建物西側壁面における輻射強度の時間変化

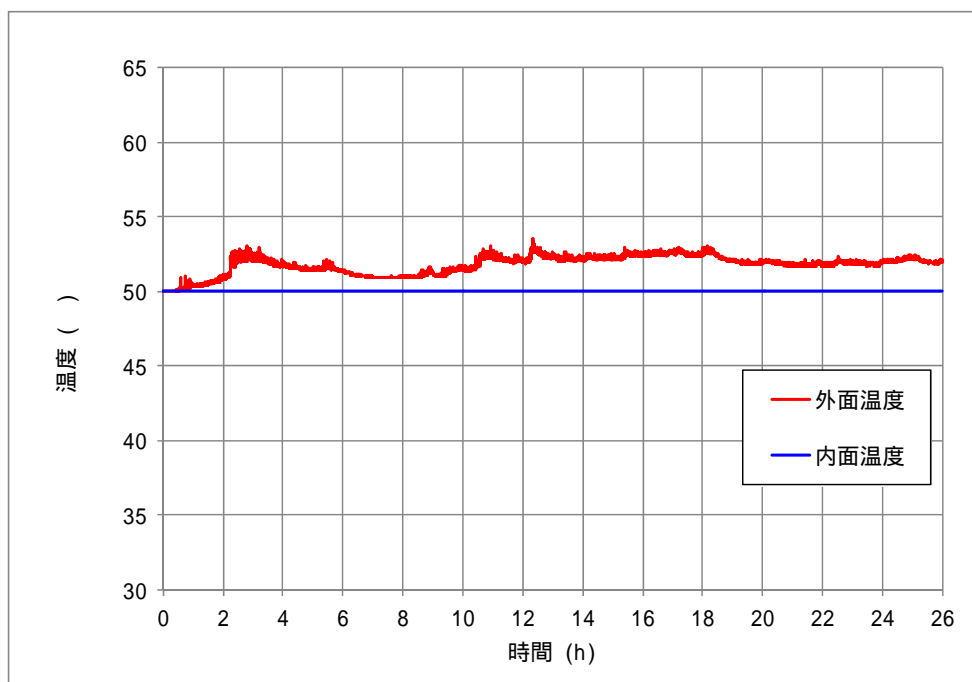


図 19-6 2号炉原子炉建物西側壁面温度の時間変化

解析ケース 2 (出火点: 敷地境界) (2/2)

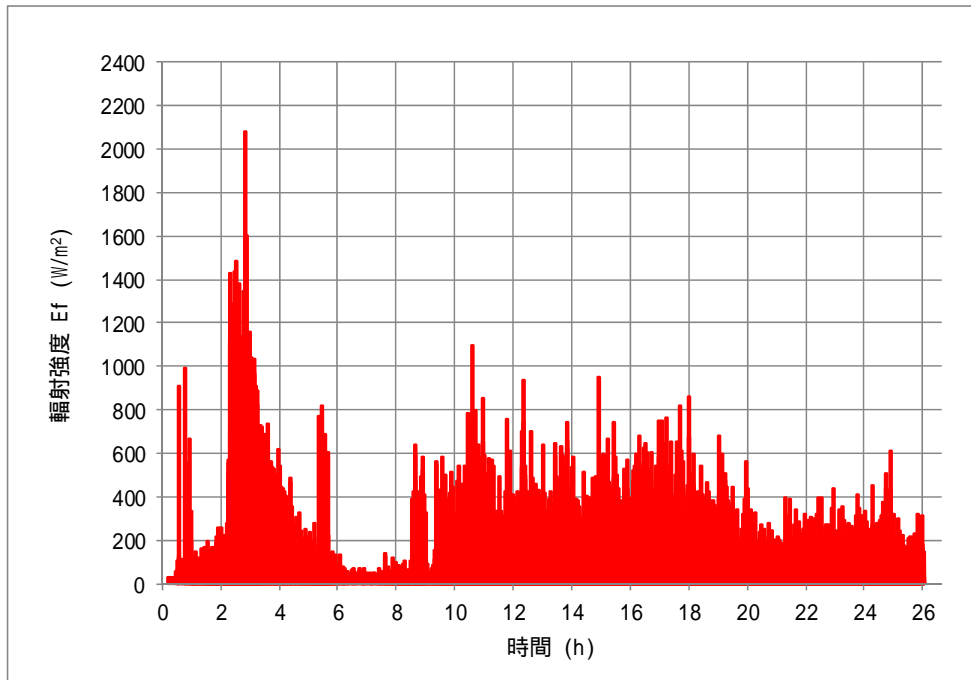


図 19-7 2号炉排気筒鉄塔における輻射強度の時間変化

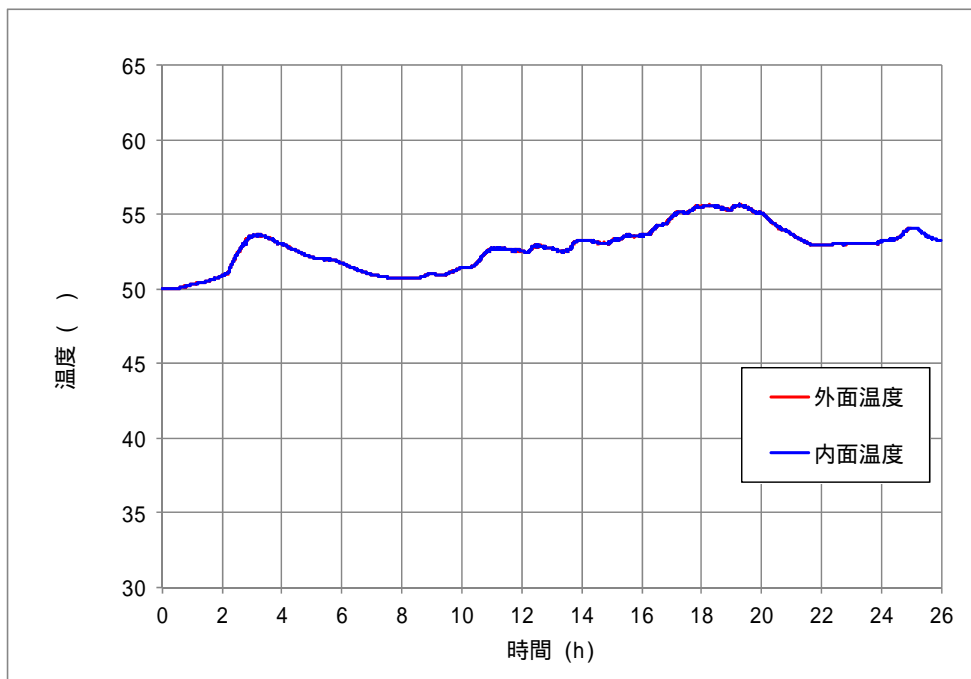


図 19-8 2号炉排気筒鉄塔表面温度の時間変化

5. 消防対応

(1) 森林火災到達時間の評価

FARSITEの解析結果により、森林火災が島根原子力発電所の林縁に到達する時間は表9-1のとおりである。

防火帯を設定し、森林火災による防護対象設備への延焼を防止するが、森林火災の状況を勘案し、必要に応じて防火帯付近において自衛消防隊が散水活動を行う。

また、モニタリングポストは、防火帯外側の敷地境界付近にあるため、森林火災発生時には自衛消防隊が出動し、散水活動を行う。

表9-1 火災到達時間

ケース	風向 (16方位)	火災到達時間 (h)
解析ケース1	南西	6.6
解析ケース2	南西	2.2
解析ケース3	東北東	10.8
解析ケース4	東北東	18.1
解析ケース5	東北東	26.5

火災が林縁に到達する時間の最短は、解析ケース2である。

以下項目において、森林火災発生の覚知や影響緩和のための散水活動が、火災到達までに開始できることを確認する。

(2) 外部火災の覚知方法

a. 発電所敷地内及び敷地境界付近における火災については、以下で覚知する。

(a) 発電所敷地内で森林火災が発生した場合は、構内の社員、協力会社従業員による発見並びに24時間常駐している当社当直員、委託による消防チームおよび警備員のパトロールにより覚知する。

発電所敷地内で火災を発見した者は、直ちに公設消防(119番)へ通報するとともに、その旨を当直長へ連絡する。

(b) 敷地境界付近で森林火災が発生した場合は、委託による警備員が発電所敷地境界の全域をカバーする首振り動作可能な監視カメラにより覚知する。

警備員は、監視モニタの画像やカメラの配置位置から把握する延焼地点を当直長へ連絡する。

b. 発電所敷地外の火災については、以下で覚知する。

(a) 発電所周辺で森林火災等が発生した場合は、近隣自治体からの防災行政無線を連絡責任者及び消防チームが受信することで覚知する。

(b) 公設消防の所管エリア内で火災が発生した場合は、消防から当社事業所に火災発生連絡(平日、夜間・休日問わず自動配信)が行われる。(図20)この情報を発電所の連絡責任者に伝達することで覚知する。

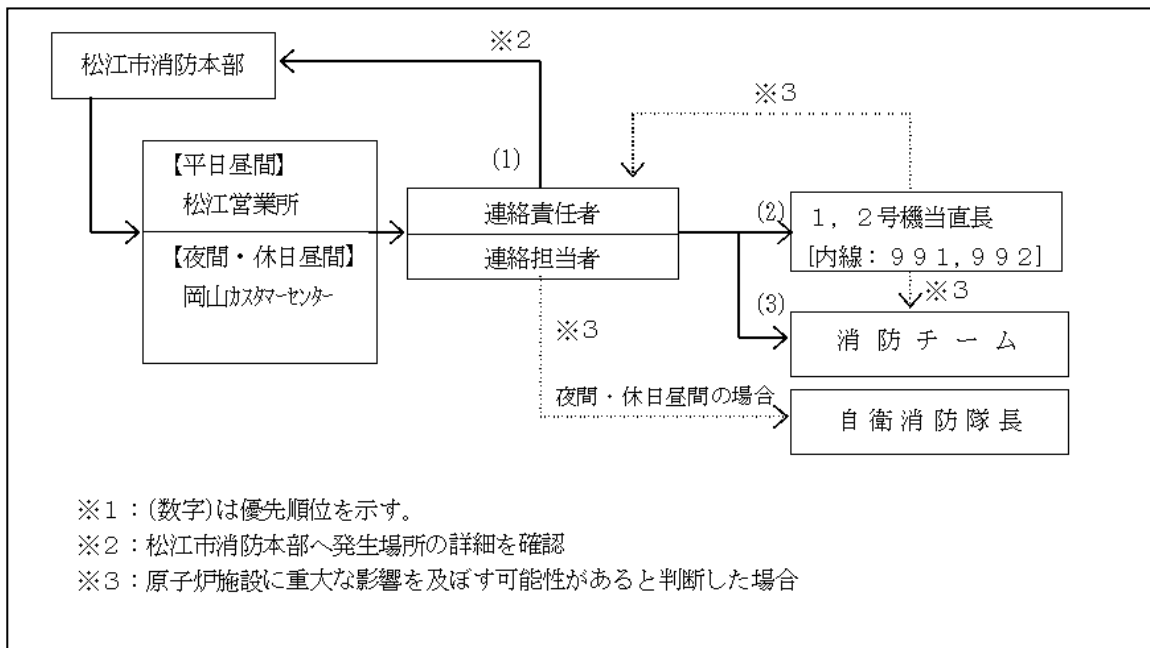


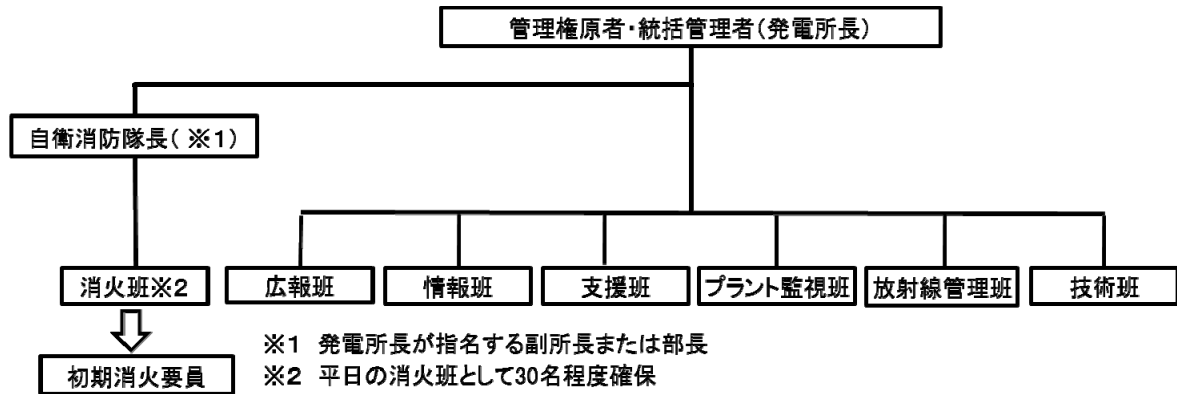
図20 松江市鹿島町内で外部火災が発生した場合の連絡体制

表9-2 当直員他のパトロール状況について

パトロール員		頻 度	場 所
当 社	当直員	1直1回 (2直)	R/B, T/B, RW/B, サイトバンカ, 取水槽廻り, 輪谷・宇中貯水槽, 固体廃棄物貯蔵所, 原水・水ろ過装置他
委 託	消防チーム	1直2回 (2直)	管理事務所1, 2, 3号館, 固体廃棄物貯蔵所A, B, C棟, 1, 2, 3, 5, 6号倉庫, 補助ボイラー, 一矢・本谷案内所, 重油タンク, 2号開閉所, 44m盤協力会社事務所周辺, 3号建設現場周辺, 3号関連会社事務所周辺他
	警備員	複数回	発電所全体 (発電所敷地境界含む)

(3) 自衛消防隊（初期消火要員含む）の体制

自衛消防隊（初期消火要員含む）は、図21に示すとおり10名以上が24時間発電所構内に常駐している。



【初期消火要員】

要員	人数	役割
連絡担当者	1名	初期消火要員への出勤要請
指揮者(当直長)	1名	初期消火活動指揮者, 公設消防への通報連絡
消火担当(当直員)	2名	公設消防の誘導, 消火器または消火栓の消火活動, 消防隊の補助等
誘導員	2名(委託員2名)	公設消防への情報提供, 火災現場への誘導
消防チーム	6名(委託員6名)	化学消防自動車, 小型動力ポンプ付水槽車等による消火活動, 消火ホースの展張等

図 21 自衛消防隊(初期消火要員含む)体制図

(4) 森林火災を想定した散水活動訓練の実績

a. 防火帯内側からの散水訓練

外部火災（森林火災）の敷地内への延焼を想定した際の、散水活動訓練を実施し、消防チームへの出動命令から消火活動（散水）開始までの所要時間を確認した。所要時間は20分以内であり、解析ケース2の最短の火炎到達時間（約2時間）以内に散水活動が開始できることを確認した。

(a) 訓練実施日

平成26年 2月17日（月）13時30分～14時00分

(b) 訓練内容

発電所敷地外で発生した森林火災が南西方向の風により延焼を続け、構内2号開閉所周辺の森林へ向かっていることを想定し、消防チームの出動命令を起点として、待機所からの出動、構内移動、貯水槽からの取水、散水訓練及び散水後の片付けを実施した。

(c) 参加者

消防チーム6名、誘導員他4名

(d) 消防車

化学消防自動車1台、小型動力ポンプ付水槽車1台

(e) 実測時間

13:30	訓練開始 (消防チームへの出動命令)	↑ 出動命令から17分 で散水実施 ↓
	待機所からの移動	
13:39	消防チーム現場到着	
	貯水槽からの取水 (ホース展張)	
13:47	散水開始	
13:50	散水活動終了	

(f) 訓練状況



b. 敷地境界（モニタリング）への到達時間について

外部火災（森林火災）の敷地境界到達前の対応を想定した際の、散水活動訓練を以下のとおり実施し、消防チームの待機所から想定出火である解析ケース1, 2の延焼方向であるモニタリングポストNo.4までの駆け付けに要する時間を確認した。

(a) 日時

平成26年2月10日（月），19日（水）

(b) 計測方法

待機所から各モニタリングポストまでの走行距離，所要時間を社有車にて確認。

確認ルートは以下及び図22-1～4のとおり。

ア. ルート1

敷地内道路を使用し，モニタリングポストNo.1まで駆け付け

イ. ルート2, 3

敷地出入口ゲートから県道（37号）を使用し，各モニタリングポストまで駆け付け（一矢ゲート，本谷ゲートからの双方向確認）

ウ. ルート4

敷地出入口ゲートから私道（当社原子力館内道路）を使用し，モニタリングポストNo.4まで駆け付け

(c) 計測結果

確認結果は表10のとおり。

消防チーム待機所からモニタリングポストNo.4までの経路は，ルート2, 3, 4の3通りある。

所要時間が最も短いのは，ルート4で出動した場合の約15分であるが，ルート4が通行できない場合を想定し，最も時間のかかるルート2の出動時間（30分）で，以下c. モニタリングポストへの散水活動の評価を行った。

表10 消防待機所からの距離及び駆け付け時間

	ルート1	ルート2	ルート3	ルート4
モニタリング ポストNo. 1	2.4 km	—	—	—
	13分20秒	—	—	—
モニタリング ポストNo. 2	—	9.7 km	7.2 km	—
	—	24分30秒	24分30秒	—
モニタリング ポストNo. 3	—	10.4 km	6.5 km	—
	—	27分30秒	21分30秒	—
モニタリング ポストNo. 4	—	11.0 km	5.9 km	3.2 km
	—	30分00秒	19分00秒	15分04秒
モニタリング ポストNo. 5	—	11.9 km	5.0 km	—
	—	33分05秒	15分55秒	—
モニタリング ポストNo. 6	—	12.6 km	4.3 km	—
	—	36分20秒	12分40秒	—

上段：待機所からの総距離，下段：待機所からの延べ時間

・散水地点までの移動状況



自衛消防隊待機所



モニタリングポストへの駆け付け訓練

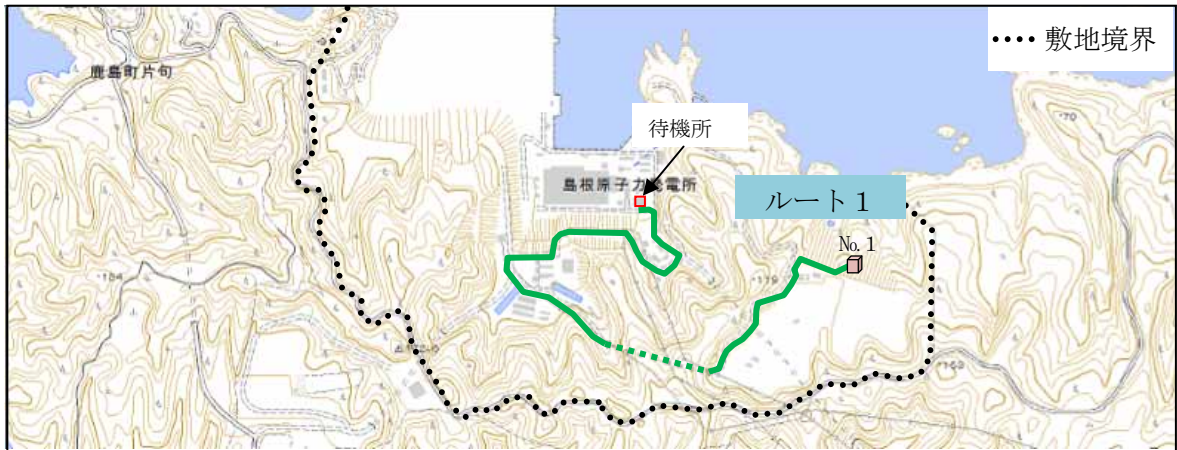


図22-1 モニタリングポストまでのルート図 (ルート1)



図22-2 モニタリングポストまでのルート図 (ルート2)



図22-3 モニタリングポストまでのルート図 (ルート3)



図 22-4 モニタリングポストまでのルート図 (ルート 4)

c. モニタリングポストへの散水活動

モニタリングポストは防火帯外側の敷地境界付近にあるため、森林火災発生時には自衛消防隊が出動し、散水活動を行う。

発電所に最も早く森林火災が到達するのは解析ケース 2 であり、この場合、モニタリングポスト No. 4 付近に最初に到達することから、モニタリングポスト No. 4 付近を散水する場合について、初期消火要員が外部火災の連絡を受けた後、散水開始までの所要時間を訓練により確認した。

- (a) 敷地内の延焼を防止するため道路(県道37号)からの散水活動とする。
- (b) 発電所敷地境界の道路(県道37号)は、アクセス可能とし、消防車の駆け付け場所、ホース展張は道路付近とする。
- (c) 防火水源は、散水ポイントに一番近い防火水槽・消火栓を使用する。防火水槽へは輪谷貯水槽より自動補給されるため、連続散水は可能である。
- (d) 消防車は、複数台準備する。

訓練の結果、モニタリングポスト No. 4 付近の散水活動について、森林火災覚知後、1.5時間程度で散水活動開始が可能であることを確認した。

なお、解析ケース 2 は約 2 時間で林縁に到達するため、散水活動開始前に森林火災が敷地境界のモニタリングポスト No. 4 に到達する可能性がある。この場合は散水活動が間に合わず、モニタリングポスト No. 4 の機能が喪失する可能性があるが、可搬式のモニタリングポストにより対処可能である。(d. 外部火災発生時のモニタリングポストの対応について参照)

表11 散水地点の状況

想定火災到達ポイント	モニタリングポストNo. 4 付近
消火栓位置(容量m ³)	防火水槽No. 3 (50 m ³)
消防車ポンプ性能	2,000 L/分
吐出量	約650 L/分
ホース展張距離	約150m
消防車台数	2 台
対応人数	指揮者: 1 名 消防車運転・操作者: 2 名 ホース展張者: 3 名 合計: 6 名

表12 散水活動における所要時間

項目	活動内容	0		1		2		3		4	
1. 森林火災発生	・森林火災発生	▽									
2. ①火災延焼確認 (敷地内及び敷地境界付近)	・当直長情報入手 ・発見者からの連絡 ・消防機関への通報		15分程度								
	・消防チーム出動要請 (延焼確認, 火災到達位置の把握)		15分程度								
	・連絡責任者情報入手 ・当直長からの連絡 ・所長他への連絡										
2. ②火災延焼確認 (敷地外)	・連絡責任者情報入手 ・松江営業所等からの連絡 ・当直長へ連絡 ・所長他への連絡		15分程度								
	・消防チーム出動要請 (延焼確認, 火災到達位置の把握)		15分程度								
3. 散水準備	・消防車移動			30分程度							
	・ホース展張			5分程度							
4. 散水開始	・森林への散水開始										

----- : 過去の訓練実績から想定した時間

□ : 今回の訓練実績で確認した時間

d. 外部火災発生時のモニタリングポストの対応について

外部火災が発生した場合においても、原子炉を安全に停止するための設備に影響が無いように発電所構内に防火帯を設け、安全上重要な機器はその内側に配置して、外部火災による影響がないことを確認している。

モニタリングポスト（クラス3）は防火帯の外側に位置しているため、森林火災の覚知後、自衛消防隊による予防散水にて影響緩和を図る。図23にモニタリングポストの位置を示す。

万一、モニタリングポストが外部火災の影響を受け機能喪失した場合には、防火帯の内側の適切な位置に可搬式モニタリングポスト（バッテリー駆動可能：6台）を設置し、監視を行う。



図23 敷地内（6台）：No.1～6 モニタリングポスト

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

(5) 消防訓練実績および計画

消火活動を迅速かつ的確に行うための消防訓練について、消防訓練実績（平成 25 年度）および消防訓練計画（平成 26 年度）を以下に示す。

a. 消防訓練実績（平成 25 年度）

訓練項目	訓練実績	訓練対象者	訓練内容
総合消防訓練	H25. 12. 4	自衛消防隊	公設消防との合同訓練 (管理区域内の油火災を想定)
	H25. 11. 28	自衛消防隊	社内総合消防訓練 (管理区域内の油火災を想定)
実火訓練	H25. 9. 17, 18	消火班 消防チーム	外部施設（新潟市）における実火訓練
消防訓練	常駐	消防チーム	ポンプ運用訓練, 器具取扱訓練等
消防訓練 (連携)	H25. 9. 27	消火班 消防チーム	消火班と消防チームによる連携訓練 (重油タンクエリアの油火災)
消防訓練 (油火災)	H25. 10. 29	消火班	重油タンクエリアの油火災を想定した訓練
初期消火訓練	H25. 5～H26. 3	消火班	消火班による初期消火訓練 (小型動力消防ポンプ操作訓練等)
	1 回/班	発電部 当直各班	発電部当直員等による初期消火訓練 (消火器, 屋内外消火栓の取扱い)

b. 消防訓練計画（平成 26 年度）

訓練項目	訓練頻度	訓練対象者	訓練内容
総合消防訓練	1 回/年	自衛消防隊	公設消防との合同訓練
	1 回/年	自衛消防隊	社内総合消防訓練
実火訓練	1 回/年	消火班 消防チーム	外部施設（新潟市）における実火訓練
消防訓練	常駐	消防チーム	ポンプ運用訓練, 器具取扱訓練等
消防訓練 (連携)	1 回/年	消火班 消防チーム	消火班と消防チームによる連携訓練
初期消火訓練	1 回/月	消火班	消火班による初期消火訓練 (小型動力消防ポンプ操作訓練等)
	1 回/年	発電部 当直各班	発電部当直員による初期消火訓練 (管理区域内)

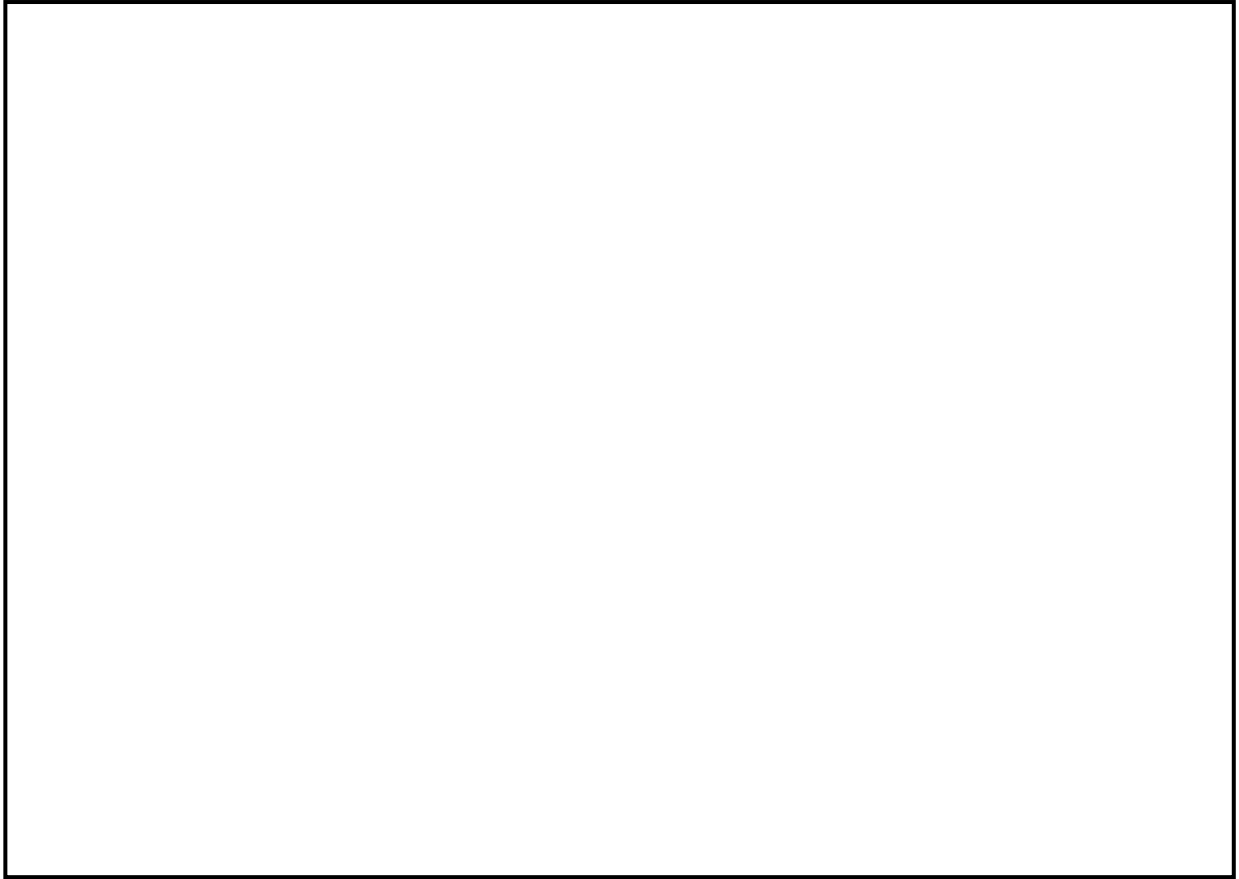


図 24 発電所敷地内における消火設備配置状況

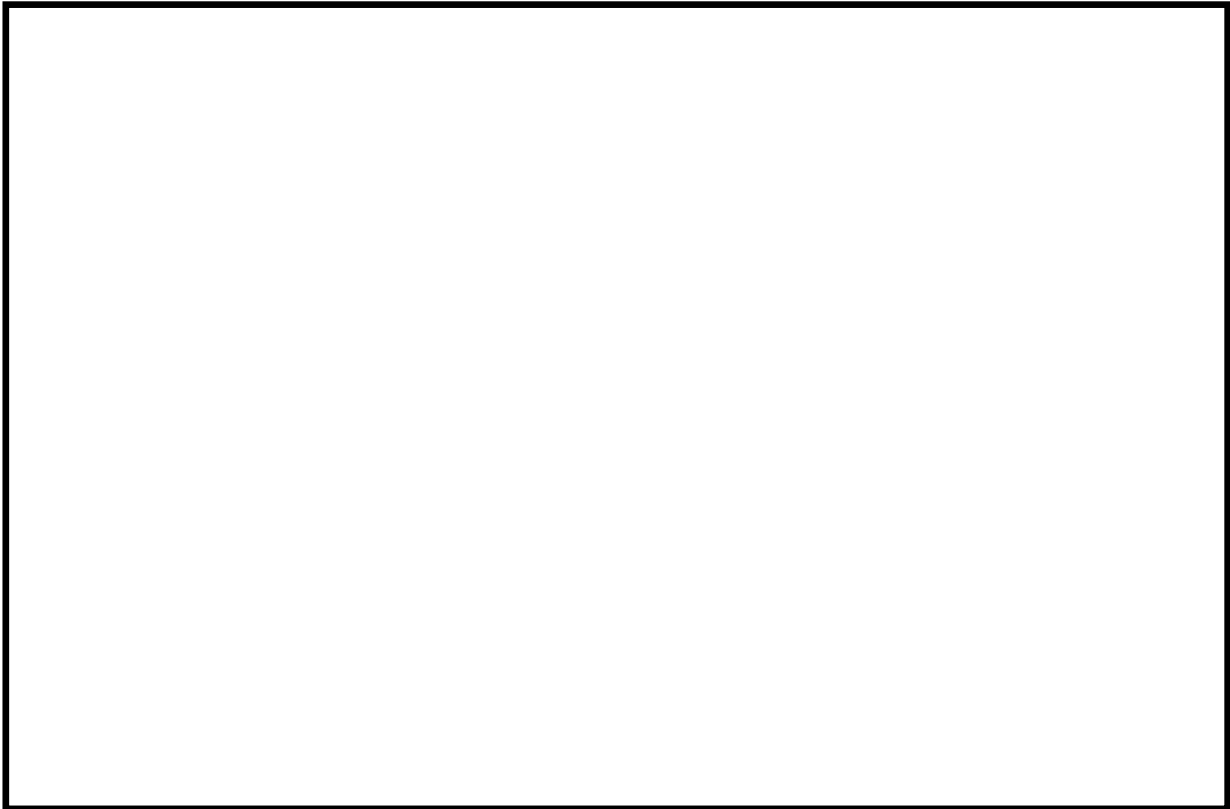
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

6. 参考データ

(1) コンクリート許容温度 200℃の根拠について

建物の外壁及び屋根スラブの影響評価におけるコンクリートの許容温度については、「コンクリートを再使用できる安全側の温度は300℃としている。」(コンクリート診断技術‘13 (公益財団法人 日本コンクリート工学会)) 及び「高温時のコンクリート圧縮強度は200℃程度までは常温とほとんど変わらない」(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))との記述があることから、これを参考とし設定した。

出典：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)
11-4 鉄筋コンクリート構造の火災耐力
a. 素材の高温強度



出典：コンクリート診断技術‘13 (公益財団法人 日本コンクリート工学会)



本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

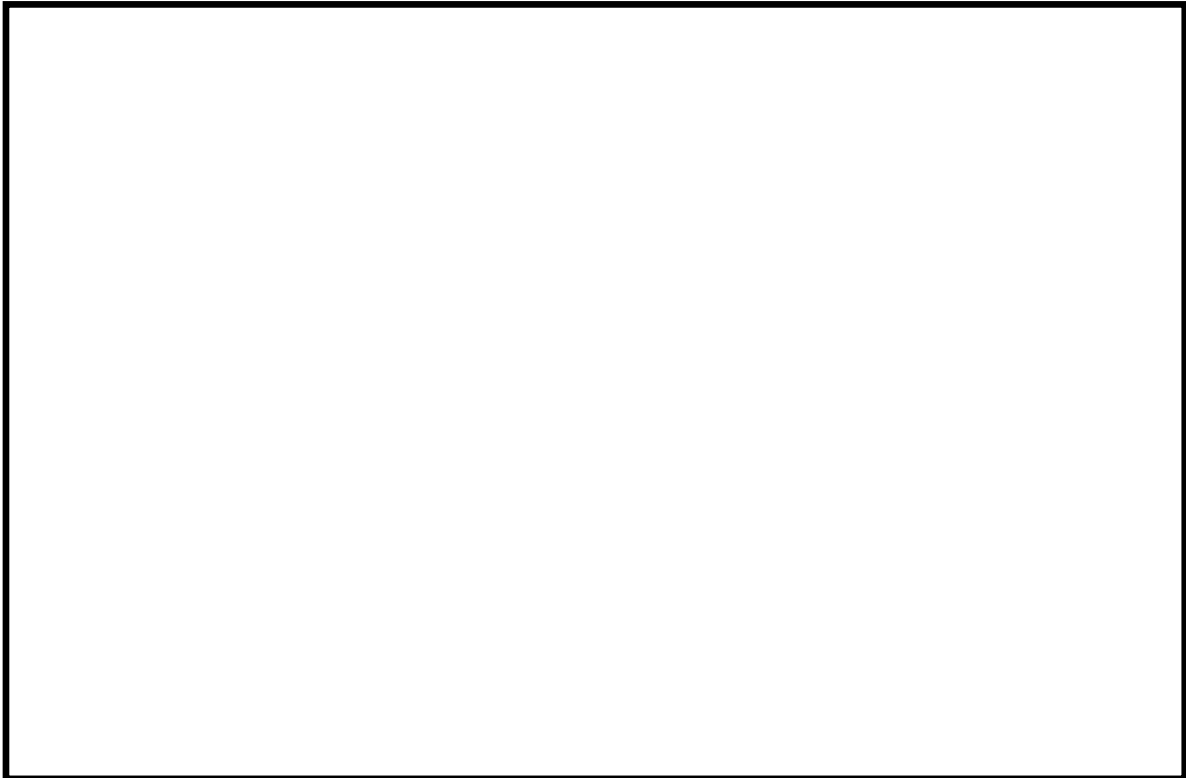
(2) 排気筒許容温度350°Cの根拠について

本評価で用いる排気筒の許容温度として、発電用原子力設備規格 材料規格（一般社団法人 日本機械学会）に記載の材料の制限温度である350°C、および以下の図（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））より350°C付近までは強度が常温の値とほぼ変わらないことから、これを参考とし設定した。

出典：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）

11-3 鋼構造の火災時耐力

a. 鋼材の高温耐力



本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

(3) 海水ポンプの温度影響評価について

島根原子力発電所2号炉の取水槽内に設置している海水ポンプについて、設置状況*から輻射が到達しないことを以下の確認した。

※ ポンプを設置している取水槽は地下構造であること、取水槽の周囲（地表面）が2mの浸水防止壁で囲まれていること及び取水槽内を系統分離壁（耐火壁）により分離していること。

a. 火災源及び対象となる海水ポンプ

(a) 火災源

- ・ 森林火災 (解析ケース2)
- ・ 近隣の産業施設の火災 (3号炉非常用ディーゼル設備燃料タンク)
- ・ 航空機墜落に伴う火災 (B-747)

(b) 対象海水ポンプ

- ・ 原子炉補機海水ポンプ
- ・ 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ

b. 輻射到達の評価手法

評価手法の概要は 図25に示すとおり。

対象となる海水ポンプと浸水防止壁の上端を結ぶ線と水平面との角度を θ_1 、火災の上端から取水槽の浸水防止壁の上端を結ぶ線と水平面との角度を θ_2 とし、以下条件式で輻射の到達有無を評価した。

$\theta_1 > \theta_2$ 輻射は到達しない

$\theta_1 < \theta_2$ 輻射が到達する

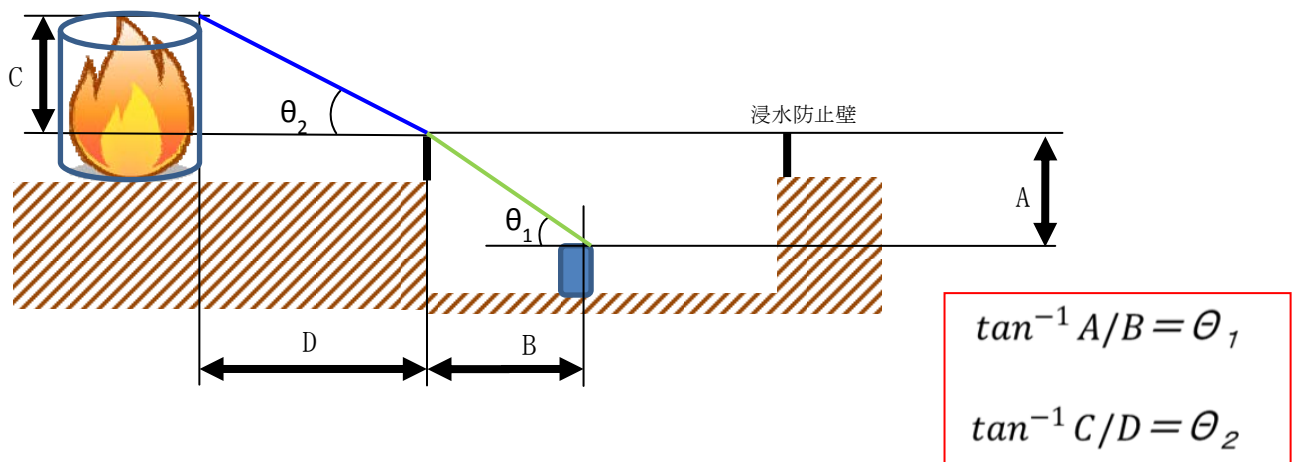
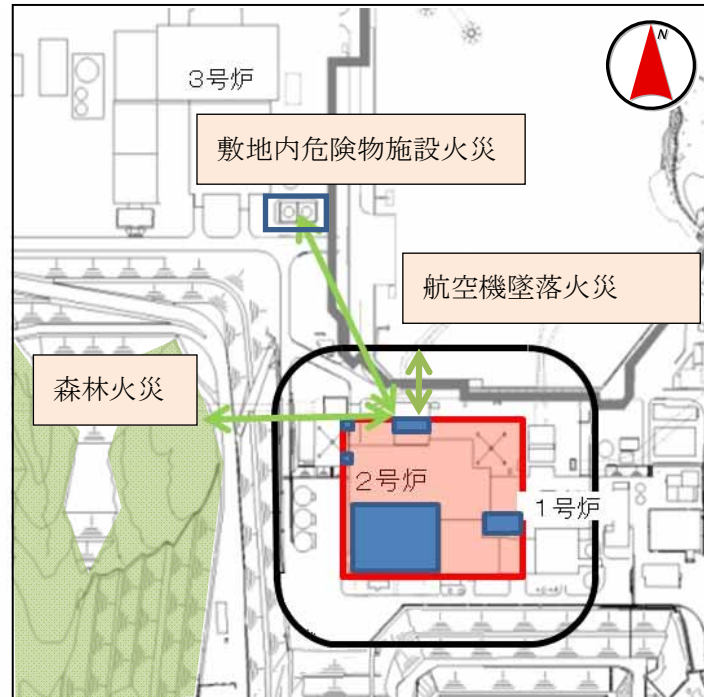


図25 海水ポンプへの輻射到達有無評価概要

c. 海水ポンプの配置場所状況



d. 輻射の到達評価結果

対象機器	A (m)	B (m)	θ_1 (度)
原子炉補機海水ポンプ	5.8	7.3	35.9
高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	8.0	5.0	55.5

想定する火災源の位置によって、取水槽の輻射の当たる面及び当該ポンプまでの距離が異なるが、保守的に取水槽内で θ_1 が最も小さくなる位置で評価した。

対象機器	火災源	C (m)	D (m)	θ_2 (度)
原子炉補機海水ポンプ	森林火災	35.0	183	10.9
	危険物施設火災	27.6	192	8.2
	航空機墜落火災	42.8	62	34.7
高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	森林火災	35.0	209	9.6
	危険物施設火災	27.6	203	7.8
	航空機墜落火災	42.8	62	34.7

e. 評価結果

評価した火災源すべてにおいて、 $\theta_1 > \theta_2$ であることを確認したことから、海水ポンプに対し、火災から輻射は到達しない。

石油コンビナート等の火災・爆発について

1. 目的

発電所敷地外で発生する石油コンビナート等の火災やガス爆発に対して、より一層の安全性向上の観点から、その火災やガス爆発が発電所に隣接する地域で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評価ガイドにより、「附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」に基づき、評価を実施する。

2. 評価内容・結果

(1) 石油コンビナート等の影響評価

発電所周辺には、石油コンビナート等特別防災区域を指定する政令（昭和五十一年七月九日政令第百九十二号）に指定されている特別防災区域はなく、最寄の特別防災区域までは離隔距離が約120kmであることから、これらの爆発火災は発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはない。（図1）



図1 周囲の石油コンビナート等特別防災区域の位置と発電所までの距離

(2) 近隣の危険物施設の影響評価

発電所敷地外 10km 以内にある給油取扱所、高圧ガス販売所等の危険物施設における火災時の輻射熱及びガス爆発時の爆風圧は、発電所との間に山林による障壁（標高差約 150m）があることから、発電所へ影響を及ぼさない。（図 2）

保管量及び発電所までの離隔距離について、発電所敷地内の危険物施設と比較した結果、十分に敷地内の危険物施設の火災に対する影響評価結果に包含される。

また、ガスパイプラインは埋設されていないことから、発電用原子炉施設に影響を及ぼさない。



図 2 近隣の危険物施設配置図

a. 火災の影響評価

発電所近隣の危険物施設（ガソリンスタンド及び船舶用燃料保管タンク）は、表1に示す通り、発電所敷地内の危険物施設に比べ燃料保管量が少ないため、発電所敷地内の危険物施設の火災に対する影響評価（危険距離評価）に包含される。

表1に発電所近隣3km以内※に存在する危険物施設と敷地内の危険物施設の保管量，離隔距離の比較を示す。また，図3に近隣の危険物施設と発電所の位置関係，施設の保管量を示す。

※ 円筒火災モデルを用いた評価において，形態係数（輻射の強度に影響）が離隔距離の約2乗に反比例することを考慮すると，離隔距離0.6kmの重油タンクに対し，5倍の距離となる3km地点以遠では形態係数が25分の1以下となることから影響はない。

表1 近隣及び敷地内の危険物施設の保管量，離隔距離

施設名	油種等	保管量	離隔距離	危険距離
			約2km	71.3m未満
			約2km	
			約3km	
重油タンク（敷地内貯蔵施設）	重油	2,700m ³	約0.6km	71.3m

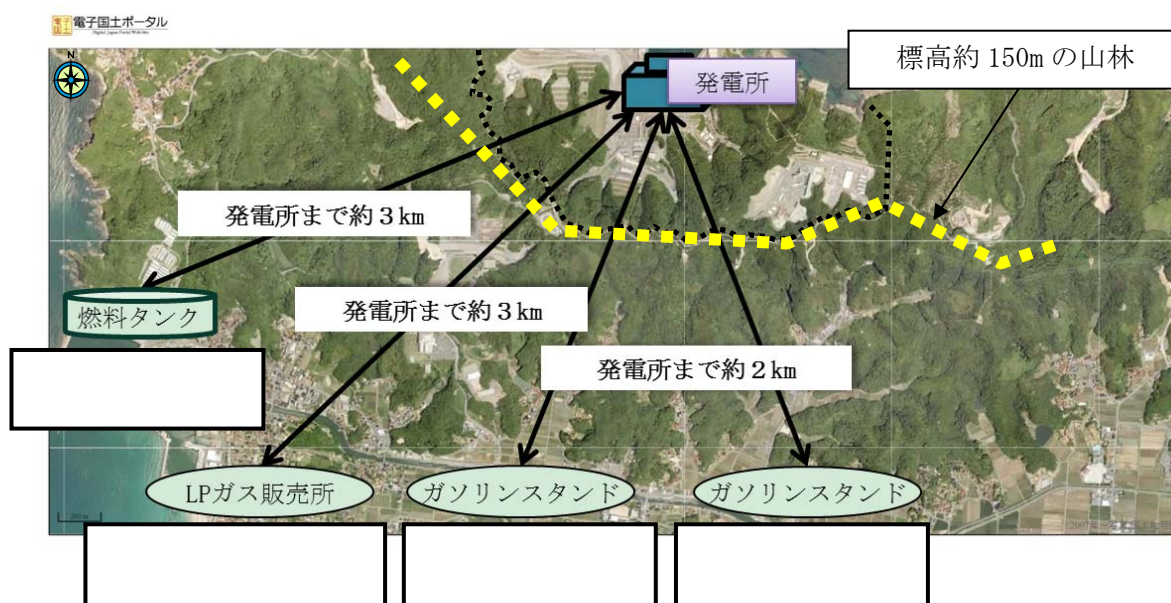


図3 近隣の危険物施設と発電所の位置関係及び施設の保管量

本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

b. ガス爆発の影響評価

発電所までの間には約150mの高低差があることから爆発に伴う影響は受けないと考えられるが、発電所から約3km地点にあるLPガスの販売所について、ガイドに基づき危険限界距離の評価及び、爆発に伴って飛散する破片の飛散範囲の評価を行った。表2に近隣の危険物施設（LPガス）の保管量、離隔距離とそれぞれの評価結果を示す。

表2 近隣の危険物施設（LPガス）の保管量、離隔距離

施設名	油種等	保管量	発電所までの離隔距離	危険限界距離	破片の最大飛散範囲
	LPガス		約3km		

(a) 危険限界距離の評価

発電所近隣のLPガスの販売所に対して、ガイドに基づく危険限界距離（人体に対して影響を与えない爆風圧となる距離）を求めた結果、発電所までの離隔距離以下であることを確認した。

危険限界距離の評価式（ガイドから引用）

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W}$$

λ	換算距離	14.4	m・kg ^{-1/3}	
K	石油類の定数	328,000	-	プロパン又はプロピレン 常用の温度10以上40未満の k値328に1,000を乗じた値
W	設備定数			
X	危険限界距離			

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

(b) 容器破片の最大飛散範囲

発電所近隣のLPガスの販売所に対して、容器破片の飛散範囲を求めた結果、発電所までの離隔距離以下であることを確認した。

破片の最大飛散範囲の評価式（石油コンビナートの防災アセスメント指針）

$$L = 90 M^{0.333} \text{ (容積 } 5\text{ m}^3 \text{ 未満の容器)}$$

(BLEVE に伴う破片の飛散範囲の簡易式)

M	数量	
L	破片の最大飛散範囲	

(3) 燃料運搬車両の影響評価

発電所の敷地境界（出入口ゲート）において燃料運搬車両が火災・爆発を起こした場合を想定し、影響評価を実施した。

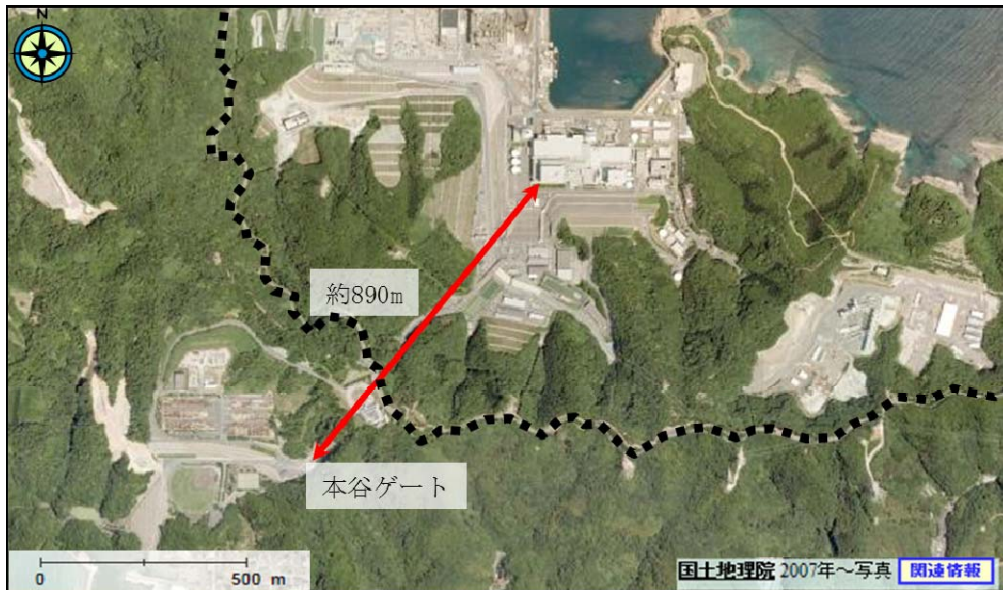


図4 原子炉建物と出入口ゲートの位置関係

a. 火災の影響評価

発電所への燃料運搬車両（非常用ディーゼル発電機用燃料タンクへの補給を行うタンクローリ）は、表3に示す通り発電所敷地内の危険物施設に比べ燃料保管量が少ないため、発電所敷地内の危険物施設の火災に対する影響評価（危険距離評価）に包含される。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

表3 近隣及び敷地内の危険物施設の保管量，離隔距離

施設名	油種	保管量	離隔距離	危険距離
燃料運搬車両（出入口ゲート）	軽油	26m ³	約0.9km	71.3m未満
重油タンク（敷地内貯蔵施設）	重油	2,700m ³	約0.6km	71.3

b. ガス爆発に伴う影響評価

発電所への高圧ガス運搬車両（LPガスのボンベ）について，ガイドに基づき危険限界距離の評価及び爆発に伴って飛散する破片の飛散範囲の評価の評価を行った。表4に近隣の危険物施設（LPガス）の保管量，離隔距離とそれぞれの評価結果を示す。

表4 近隣の危険物施設（LPガス）の保管量，離隔距離

施設名	油種等	保管量	発電所までの離隔距離	危険限界距離	破片の最大飛散範囲
LPガスボンベ（出入口ゲート）	LPガス	500kg	約0.9km	約31.5m	約713m

(a) 危険限界距離の評価

高圧ガス運搬車両（LPガスのボンベ）に対して，ガイドに基づく危険限界距離（人体に対して影響を与えない爆風圧となる距離）を求めた結果，発電所までの離隔距離以下であることを確認した。

危険限界距離の評価式（ガイドから引用）

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W}$$

λ	換算距離	14.4	m・kg ^{-1/3}	
K	石油類の定数	328,000	—	プロパン又はプロピレン 常用の温度10以上40未満の k値328に1,000を乗じた値
W	設備定数	0.5	—	貯蔵量（トン単位）の平方根 （貯蔵量 500kg）
X	危険限界距離	約31.5	m	

(b) 容器破片の最大飛散範囲

発電所近隣のLPガスの販売所に対して，容器破片の飛散範囲を求めた結果，発電所までの離隔距離以下であることを確認した。

破片の最大飛散範囲の評価式（石油コンビナートの防災アセスメント指針）

$$L = 90 M^{0.333} \text{ (容積 } 5 \text{ m}^3 \text{ 未満の容器)}$$

(BLEVE に伴う破片の飛散範囲の簡易式)

M	数量	500	kg	最大の容器500kgで評価。
L	破片の最大飛散範囲	約713	m	

(4) 漂流船舶の影響評価

発電所の周辺海域には主要な船舶の航路はないことから、危険物を積載した船舶が付近を漂流し、衝突する等により火災・爆発を起こす可能性は極めて低い。

また、漁船等の小型船舶の火災・爆発に対しては、海岸部に海拔 15m の防波壁を設置しており、直接輻射を受けない。

a. 火災の影響評価

発電所専用港湾内へ入港する船舶（重油運搬船他）は、表 5 に示す通り、発電所敷地内の危険物施設に比べ保管量が少ないため、発電所敷地内の危険物施設の火災に対する影響評価（危険距離評価）に包含される。

表 5 専用港湾へ入港する船舶（重油運搬船）の保管量，離隔距離

施設名	油種	保管量	離隔距離	危険距離
重油輸送船	重油	900m ³	約0.2km	71.3m未満
重油タンク（敷地内貯蔵施設）	重油	2,700m ³	約0.6km	71.3

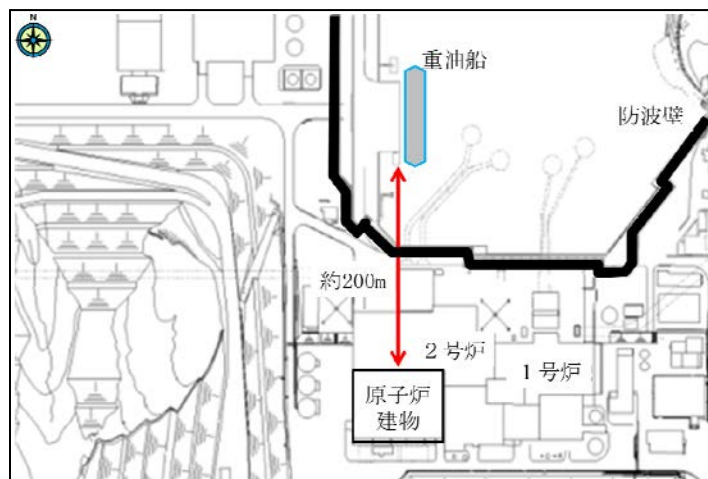


図 5 原子炉建物と重油船の位置関係

b. ガス爆発に伴う影響評価

発電所へ船舶による高圧ガス燃料の運搬は行っていないことから、発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはない。

敷地内における危険物タンクの火災について

1. 目的

本評価は、発電所敷地内における危険物タンクの火災が、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建物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」を準用し、評価を実施するものである。

2. 火災の想定

- (1) タンク燃料を満載した状態、または運用上の最大量を保管した状態とする。
- (2) 離隔距離は、評価上厳しくなるようタンク位置から評価対象（原子炉建物）までの直線距離とする。
- (3) 危険物タンクの破損等による防油堤面積での全面火災とする。
- (4) 気象条件は無風状態とする。
- (5) 防油堤内の面積を円筒火災モデルの底面と仮定し、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。

3. 評価対象範囲

(1) 評価対象の危険物タンク

評価対象の危険物タンク等としては、表1に示すとおり保管容量が大きい重油タンク（900kL×3基）、3号炉非常用ディーゼル発電設備燃料貯蔵タンク（560kL×2基）、軽油タンク（560kL）及び原子炉建物に最も近接（約19m）している固化材タンク（運用値8kL）とした。

評価対象の抽出フローを図1に、敷地内に設置している危険物タンク等の一覧を表2、3、4に示す。

原子炉建物周辺で固化材タンク以外に近接している危険物タンク等として2号炉復水貯蔵タンク周辺に配置している電源車他の可搬設備があるが、原子炉建物までの距離は20m以上離れており、保有燃料をすべて加えても約4kL程度であることから、影響は固化材タンクの評価に包含される。

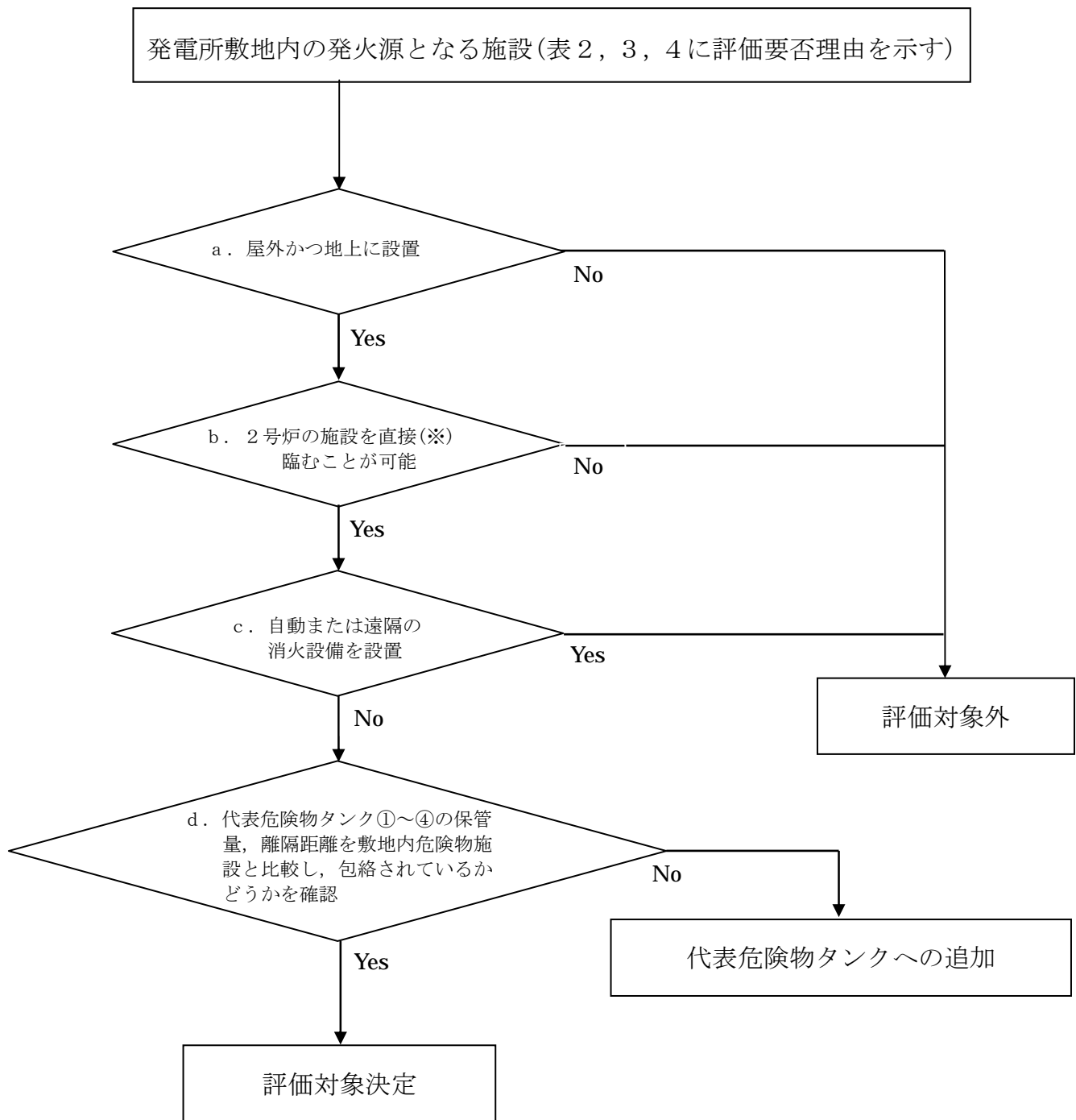
また、その他の危険物タンク等については原子炉建物から十分離れていることから、影響を与えることはない。（図2）

なお、2号炉非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク（170kL×3基）は、コンクリート構造物に収納された地下埋設タンクであることから、評価対象外とした。

表1 評価対象の危険物タンク

想定する火災源	燃料の種類	燃料保管量 (m ³)	輻射強度 (W/m ²)	建物間での距離 (m)	燃焼継続時間 (h)
重油タンク (No. 1, 2, 3)	重油	900×3基	56.0	593.5~629.4	14.527
軽油タンク (560KL)	軽油	560	69.3	337.1	10.729
3号炉非常用ディーゼル発電設備軽油タンク (A, B)	軽油	560×2基	220.3	267.2~270.5	10.637
固化材タンク	不飽和ポリエステル樹脂	8 (運用値)	4,214.4	18.9	0.526

なお、防油堤を隣接する危険物施設は同時に火災が発生するとの想定により評価を行った。



(※)直接とは、危険物タンクから原子炉建物等を確認することができるものは、評価の対象とする。

図 1 島根原子力発電所敷地内危険物施設のうち評価対象抽出フロー

表2 島根原子力発電所敷地内危険物施設一覧表(1, 2, 3号炉)

号炉	施設名	危険物	数量	評価 要否	フローチャート 番号	図中 No.
共通	重油タンク No. 1	重油	900kL	○		①
共通	重油タンク No. 2	重油	900kL			
共通	重油タンク No. 3	重油	900kL			
1	非常用ディーゼル発電機燃料地下タンク(A, B)	軽油	46kL ×2	× (地下)	a	—
共通	3号所内ボイラーサービスタンク	重油	1.95kL	×	b	⑥
共通	4号所内ボイラーサービスタンク	重油	1.95kL			
1	非常用ディーゼル発電機潤滑油タンク(A, B)	潤滑油	2kL ×2	× (屋内)	a	—
1	非常用ディーゼル発電機燃料小出槽(A, B)	軽油	490L ×2	× (屋内)	a	—
1	再循環ポンプMGセット流体継手(A, B)	潤滑油	5.5kL ×2	× (屋内)	a	—
1	タービン主油タンク	潤滑油	36.2kL	× (屋内)	a	—
1	タービン潤滑油計量タンク	潤滑油	51.6kL	×	b	⑨
1	主変圧器	絶縁油	77kL			
1	所内変圧器	絶縁油	15kL			
1	起動変圧器	絶縁油	46kL	×	b	⑧
1	海水電解装置	絶縁油	3.67kL	×	b	⑨
1	循環水ポンプ電動機(A, B, C)	潤滑油	320L ×3			
1	予備変圧器	絶縁油	11.658kL	×	b	⑧
2	非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク(A, B, H)	軽油	170kL ×3	× (地下)	a	—
2	非常用ディーゼル発電機燃料デイタンク(A, B)	軽油	16kL ×2	× (屋内)	a	—
2	非常用ディーゼル発電機燃料デイタンク(H)	軽油	9kL	× (屋内)	a	—
2	非常用ディーゼル発電機シリンダ油タンク(A, B, H)	潤滑油	7.65kL ×3	× (屋内)	a	—
2	タービン設備 EHC	リン酸 エステル	2.6kL	× (屋内)	a	—
2	タービン主油タンク	タービン油	45.3kL	× (屋内)	a	—
2	タービン油計量タンク	タービン油	71kL	× (屋内)	a	—
2	RFPタービン油タンク	タービン油	7kL	× (屋内)	a	—
2	原子炉再循環ポンプMGセット	潤滑油	15.6kL	× (屋内)	a	—
共通	固化材タンク(プラスチック固化用)	不飽和ポリ エステル樹脂	8kL (運用値)	○		④

表2 島根原子力発電所敷地内危険物施設一覧表(1, 2, 3号炉)

号炉	施設名	危険物	数量	評価 要否	フローチャート 番号	図中 No.
共通	促進剤タンク(プラスチック固化用)	ナフテン酸 コバルト	87.1L	× (屋内)	a	—
共通	開始材タンク(プラスチック固化用)	ケトン系 過酸化合物	267.5kg	× (屋内)	a	—
2	主変圧器	絶縁油	77kL	×	c	⑩
2	所内変圧器	絶縁油	11kL ×2			
2	起動変圧器	絶縁油	24kL			
2	循環水ポンプ電動機 (A, B, C)	潤滑油	1.07kL ×3	×	d	
2	RSW ポンプ電動機	潤滑油	165L ×4			
2	海水電解装置	潤滑油	3.67kL			
3	非常用ディーゼル発電設備軽油タンク(A, B)	軽油	560kL ×2	○		
共通	補助ボイラーサービスタンク	重油	1.95kL	×	b	⑬
3	第3危険物倉庫	潤滑油他	49kL			
3	非常用ディーゼル発電設備デイタンク(A, B, H)	軽油	34.3kL ×3	× (屋内)	a	—
3	非常用ディーゼル発電機潤滑油サンプリング タンク(A, B, C)	潤滑油	7.1kL ×3	× (屋内)	a	—
3	再循環ポンプ MG セット	潤滑油	16kL	× (屋内)	a	—

表3 島根原子力発電所敷地内危険物施設一覧表(可搬設備)

施設名	危険物	数量	評価 要否	フローチャート 番号	図中 No.
化学消防自動車	ガソリン	70L	×	b	⑦
小型動力ポンプ付水槽車	ガソリン	218L			
可搬式消防ポンプ積載車	ガソリン	47L			
高压発電機車	軽油	250L ×3	×	d	⑪
移動式代替熱交換設備	軽油	390L			
移動式代替熱交換設備用4tトラック	軽油	150L			
移動式代替熱交換設備用ユニック	軽油	200L			
大型ホース展張車[300A]	軽油	130L			
ラフタークレーン [60t]	軽油	400L			
ホイールローダ	軽油	120L			
大型送水ポンプ車	軽油	1100L			
タンクローリー	軽油	100L			
中型ホース展張車[150A]	軽油	100L			
20tトラック	軽油	200L	×	d	⑭
高压発電機車[予備]	軽油	250L ×2			
水中ポンプ車[予備]	軽油	265L			
大量送水車[予備]	軽油	365L	×	d	⑫
大量送水車	軽油	365L ×3			
送水車	軽油	68L			
水中ポンプ車	軽油	265L			
ホイールローダ	軽油	133L			
タンクローリー	軽油	60L			
大型ホース展張車[150A]	軽油	200L ×2			
大型送水ポンプ車[予備]	軽油	1,100L			
GT発電機車	軽油	700L	×	d	⑭
GT起動用ディーゼル発電機車	軽油	3.8kL			
燃料ポンプ	軽油	100L			
大量送水車	軽油	365L ×2			
送水車	軽油	68L			
水中ポンプ車	軽油	265L			
タンクローリー	軽油	60L			
大型ホース展張車[150A]	軽油	200L ×2			

表3 島根原子力発電所敷地内危険物施設一覧表(可搬設備)

施設名	危険物	数量	評価 要否	フローチャート 番号	図中 No.
ホイールローダ	軽油	130L	×	b	⑮
高圧発電機車	軽油	250L ×3			
中型ホース展張車[150A]	軽油	100L ×2			
移動式代替熱交換器車	軽油	390L			
移動式代替熱交換器車用4tトラック	軽油	150L			
移動式代替熱交換器車用ユニック	軽油	200L			
窒素ガス発生装置車	軽油	680L ×2			
2号炉RSWポンプ電動機	潤滑油	165L ×2			
モニタリングカー	ガソリン	76L			
ベントフィルタ出口水素分析計車	軽油	100L			
可搬式ドップラーソーダ風向風速計電源用発電機	軽油	12.7L			
大型送水ポンプ車	軽油	1,100L	×	b	⑯
大型ホース展張車 [300A]	軽油	130L			

表4 島根原子力発電所敷地内危険物施設一覧表(共用)

号炉	施設名	危険物	数量	評価 要否	フローチャート 番号	図中 No.
共用	サイトバンカ用プロパンガス	プロパン ガス	500kg ×3	×	b	⑬
共用	第2危険物倉庫	軽油他	30.6kL	×		
共用	軽油タンク(560KL)	軽油	560kL	○		③
共用	軽油タンク(300KL)	軽油	300kL	×	d	⑤
共用	ガスタービン起動用ディーゼル発電機, ガスタービン発電機	軽油	191.2kL	×	d	⑭
共用	ガスタービン発電機用変圧器	絶縁油	11kL			
共用	危険物貯蔵庫(A)	軽油他	840L			
共用	可搬式ディーゼル発電機駆動ポンプ	軽油	240L ×3	×	d	⑩



図2 敷地内危険物施設の配置図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

a. 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、燃焼半径は燃料タンク防油堤面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。

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

R:燃焼半径 (m), S:燃料タンク防油堤面積 (m²)

b. 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

Φ:形態係数 (-), L: 離隔距離(m), H:火炎の高さ(m), R:燃焼半径(m)

c. 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となる。

$$E = R_f \cdot \Phi$$

E:輻射強度(W/m²), R_f:輻射発散度(W/m²), Φ:形態係数(-)

d. 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となる。

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

v:燃焼速度 (m/s), M:質量低下速度 (kg/(m²・s)), ρ:密度 (kg/m³),

t:燃焼継続時間 (s), V:燃料量 (m³), R:燃焼半径 (m)

e. 判断の考え方(耐火性能評価)

(a)許容温度

本火災影響評価で用いる許容温度については、建物外壁では200℃(火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度)、排気筒鉄塔では350℃(発電用原子炉施設の設計建設規格に規定されている鋼材の制限温度)とした。

(b) 耐火性能の評価

ア. 建物壁の温度評価における計算体系

外部火災の火炎からの輻射による建物の壁温度は、壁の厚さ方向の温度分布を一次元熱伝導モデルで計算する。計算体系を図3に示す。

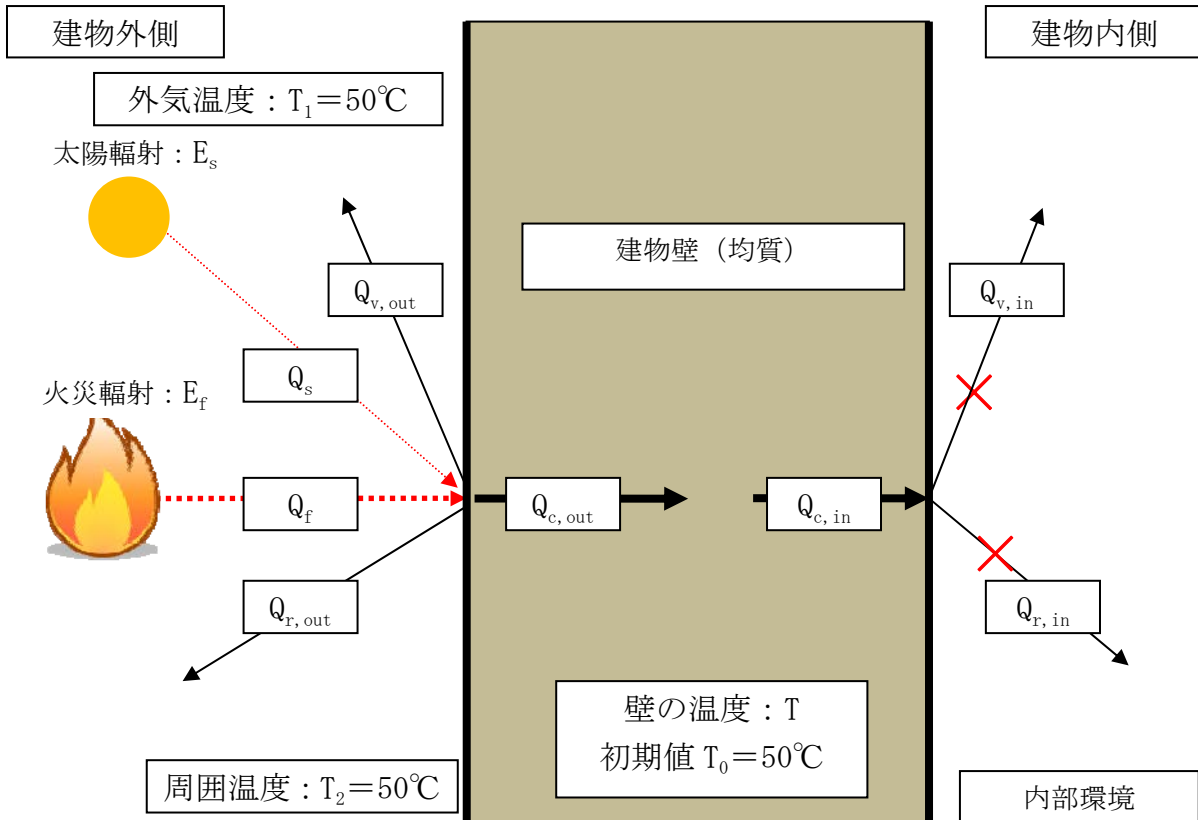


図3 危険物タンク火災の建物壁温度評価計算体系

イ. 排気筒の温度評価における計算体系

火災時の輻射熱が排気筒に入射し、排気筒の温度上昇に寄与すると想定することから、図3 危険物タンク火災の建物壁温度評価計算体系と計算体系は同様である。なお、輻射熱を受ける範囲、伝熱を考慮し、排気筒の鉄塔円筒部が輻射を受ける面は半面として評価を行っている。(図4)

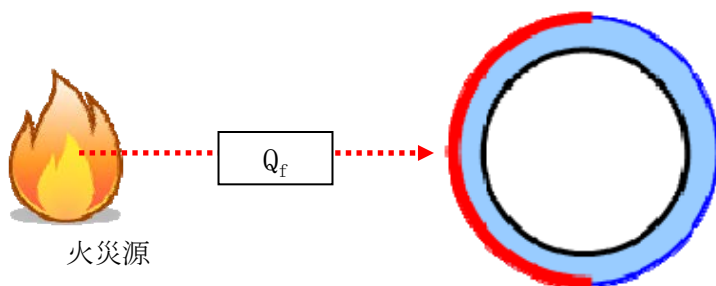


図4 排気筒の受熱面が受ける輻射の割合

ウ. 基礎式

温度評価の基礎式は、以下の一次元非定常熱伝導方程式であるがこれを差分法により離散化し、数値解法によって温度の分布及び時間変化を計算することによって外壁の温度変化を評価する。

$$\frac{dT}{dt} = \kappa \frac{d^2T}{dx^2}$$

ここで、Tは温度、tは時刻、xは建物壁における外部からの距離、 κ は建物壁の熱拡散率を表す。

エ. 伝熱速度の計算式

建物壁他に対する伝熱速度の関係式としては以下のとおりである。評価条件は表5-1, 2に示す。

本評価においては、保守的にコンクリート内部への放射及び内面環境（建物内空気）への伝熱がない条件（断熱）にて評価する。

また、ガイドに基づき無風状態での温度変化を評価するが、危険物タンク火災の火炎からの輻射に対しコンクリート表面の吸収率、放射率及びコンクリート表面の自然対流を考慮し評価する。

なお、太陽からの輻射による影響を考慮し外壁の初期温度を50℃とし、外気も50℃とした。（図6）

$$\text{壁内面への伝熱} \quad : Q_{c, out} = Q_f - Q_{r, out} - Q_{v, out}$$

$$\text{内部環境への伝熱} \quad : Q_{c, in} = 0$$

$$\text{火炎からの輻射} \quad : Q_f = \alpha_f \cdot E_f$$

$$\text{壁表面での輻射} \quad : Q_{r, out} = \sigma \cdot \varepsilon_{w, out} (T^4 - T_1^4)$$

$$\text{壁表面での対流} \quad : Q_{v, out} = h_{out} (T - T_2)$$

表5-1 コンクリート壁面温度算出条件

項目	条件	単位	備考
外面材質	コンクリート	—	本館建物外壁面
外気温度： T_1	50	℃	松江市の最高気温に日射を考慮し算定した。
内気温度	—	℃	内気に熱伝達がない条件のため数値は評価結果に影響しない。
外面熱伝達率： h_{out}	図5参照	$W/(m^2 \cdot K)$	自然対流熱伝達率(Bayleyの式)
内面熱伝達率	0	$W/(m^2 \cdot K)$	保守的にコンクリートから内気に熱伝達がない断熱条件とした
壁の厚さ： d	1.9	m	2号炉原子炉建物西側の外壁厚さを使用する。
火炎からの輻射： E_f	—	W/m^2	表1の輻射強度
外面放射率： $\epsilon_{w, OUT}$	0.94	—	伝熱工学資料(Rev. 5) P.161 コンクリート
吸収率： α_f	0.94	—	コンクリート
内面放射率	0	—	保守的にコンクリート内面に放射されない条件とした
壁の初期温度： T_0	50	℃	外気温度 50℃を考慮し保守的に50℃とした。
壁の熱拡散率： κ	8.4177×10^{-7}	m^2/s	$\kappa = k / (\rho \cdot c)$
壁の比熱： c	879.1	$J/(kg \cdot K)$	コンクリート
壁の密度： ρ	2,200	kg/m^3	コンクリート
壁の熱伝導率： k	1.628	$W/(m \cdot K)$	コンクリート
ステファン・ボルツマン定数： σ	5.67×10^{-8}	$W/(m^2 \cdot K^4)$	伝熱工学資料(Rev. 5) P.132 (4式)より
太陽からの輻射	—	W/m	外気温度及び外壁の初期温度に含む。
太陽輻射からの吸収率	—	—	外気温度及び外壁の初期温度に含む。

表 5 - 2 2号炉排気筒温度算出条件

項目	条件	単位	備考
評価面(点)材質	炭素鋼 (STK400)	—	2号炉排気筒(鉄塔) 炭素鋼の中で温度が最も高くなる物性値をサー ベイし、工具鋼 温度 300K の物性値を使用。
外気温度 : T_1	50	°C	壁の外表面初期温度 50°C を考慮し保守的に 50°C と した。
内気温度	—	°C	内気に熱伝達がない条件のため数値は評価結果 に影響しない。
外表面熱伝達率 : h_{OUT}	図 5 参照	W/(m ² ・K)	自然対流熱伝達率 (Bayley の式)
内表面熱伝達率	0	W/(m ² ・K)	保守的にコンクリートから内気に熱伝達がない 断熱条件とした。
壁の熱伝導率 : k	45.1	W/(m・K)	伝熱工学資料 (Rev. 5) p. 284 工具鋼 温度 300K の物性値より
壁の厚さ : d	0.0095	m	【鉄塔】 支柱材, 斜材, 水平材のうち最も薄い斜材, 水 平材の厚さ
外表面放射率 : $\varepsilon_{W \cdot OUT}$	0.80	—	伝熱工学資料 (Rev. 5) p. 162 図 2 の酸化鋼より
外表面吸収率 : α_f	0.90	—	伝熱工学資料 (Rev. 5) p. 162 図 2 の酸化鉄より ただし、円筒が輻射を受ける面は、全体の半分 になる。
内表面放射率	0	—	保守的に内面に放射されない条件とした。
壁の初期温度 : T_0	50	°C	松江市の最高気温に日射を考慮し算定した。
壁の熱拡散率 : κ	1.2494×10^{-5}	m ² /s	伝熱工学資料 (Rev. 5) p. 284 工具鋼 温度 300K の物性値を使用 比熱 $c = 461 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 密度 $\rho = 7,830 \text{ kg}/\text{m}^3$ 熱伝導率 $k = 45.1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ $\kappa = k/(\rho \cdot c)$
ステファン・ ボルツマン定数 : σ	5.67×10^{-8}	W/(m ² ・K ⁴)	伝熱工学資料 (Rev. 5) P. 132 (4式) より
太陽からの輻射	—	W/m ²	最高気温に日射を考慮した外気温度, 外表面温 度を用いることで考慮している。
太陽輻射からの吸収率	—	—	

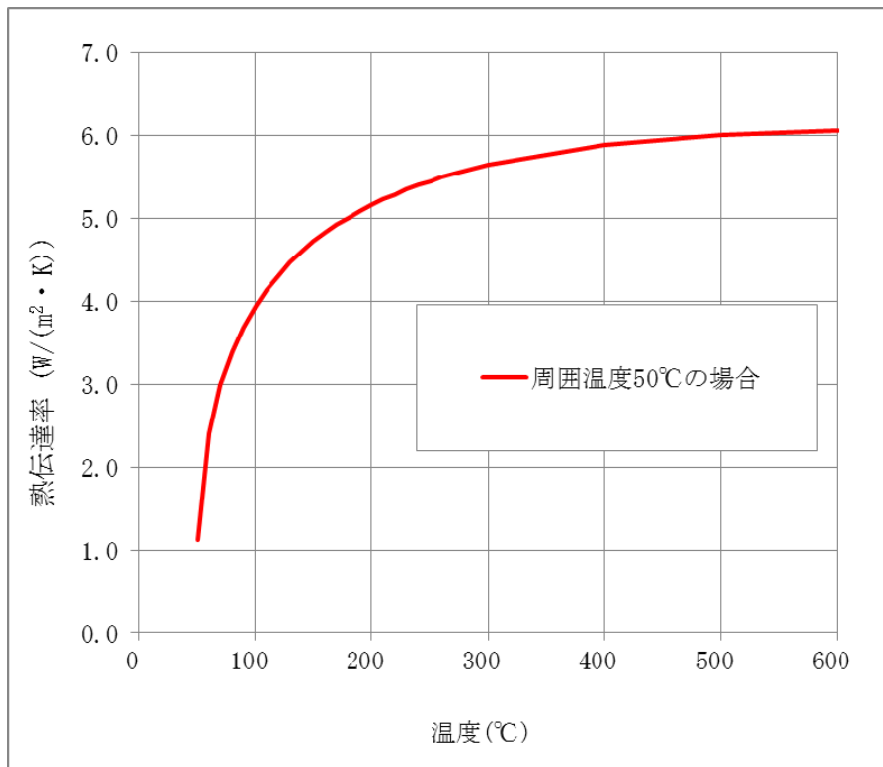


図5 自然対流熱伝達率(Bayleyの式)

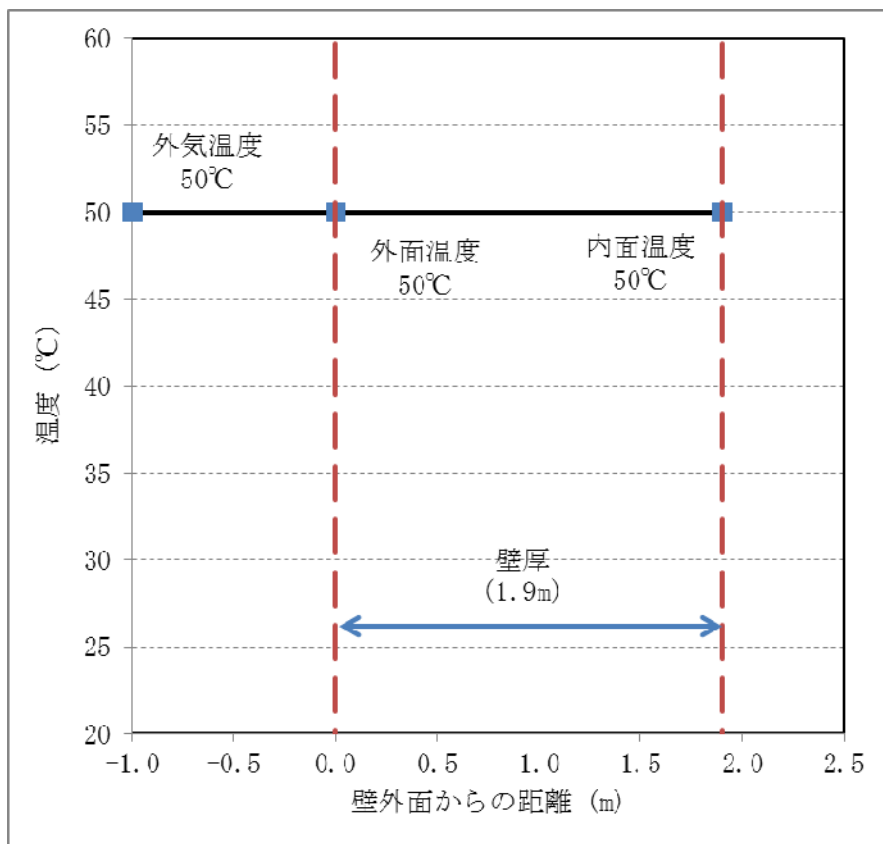


図6 壁内部の初期温度分布

f. 原子炉建物外壁の熱影響評価結果

壁の外面温度は、一定の輻射強度により、継続時間終了時に最高値となる。

壁の内面温度は初期温度からほとんど上昇しない。輻射強度の時間変化と壁外面及び壁内面の温度の時間変化を図7～10に示す。

原子炉建物外壁及び排気筒の表面温度を評価した結果、表6に示すように最大で約133℃となり、原子炉建物外壁表面温度の許容温度200℃（火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度）以下であることを確認した。

g. 屋外の防護対象設備への熱影響評価

(a) 排気筒については、火災源からの輻射熱による温度上昇を評価した結果、表6に示すように最大で約70℃であり、排気筒鋼材の許容温度350℃（発電用原子炉施設の設計建設規格に規定されている鋼材の制限温度）以下であることを確認した。（図11）

(b) 復水貯蔵タンクについては、周囲がコンクリート製の放射線遮蔽壁（約50cm）で囲まれており、直接輻射を受けない。

(c) 海水ポンプ及び2号炉非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプは地下設置であること、地上面を防水壁等で囲まれていることから影響はない。

4. 評価結果

以上の結果から、発電所敷地内の危険物タンクに火災が発生した場合を想定しても、安全機能を有する構築物、系統及び機器に熱影響を及ぼすことはない。

表6 熱影響評価結果

	重油タンク (No. 1, 2, 3)	軽油タンク (560KL)	3号炉非常用ディーゼル発電設備 軽油タンク (A, B)	固化材タンク	許容温度
原子炉建物 外壁表面温度 (℃)	53.7	54.2	62.4	132.7	200
排気筒 表面温度 (℃)	※1	※1	69.2	※2	350

※1 排気筒に近い3号炉非常用ディーゼル発電設備軽油タンク(A, B)にて代表評価した。

※2 固化材タンクから排気筒までの間に原子炉建物があり、直接輻射を受けない。

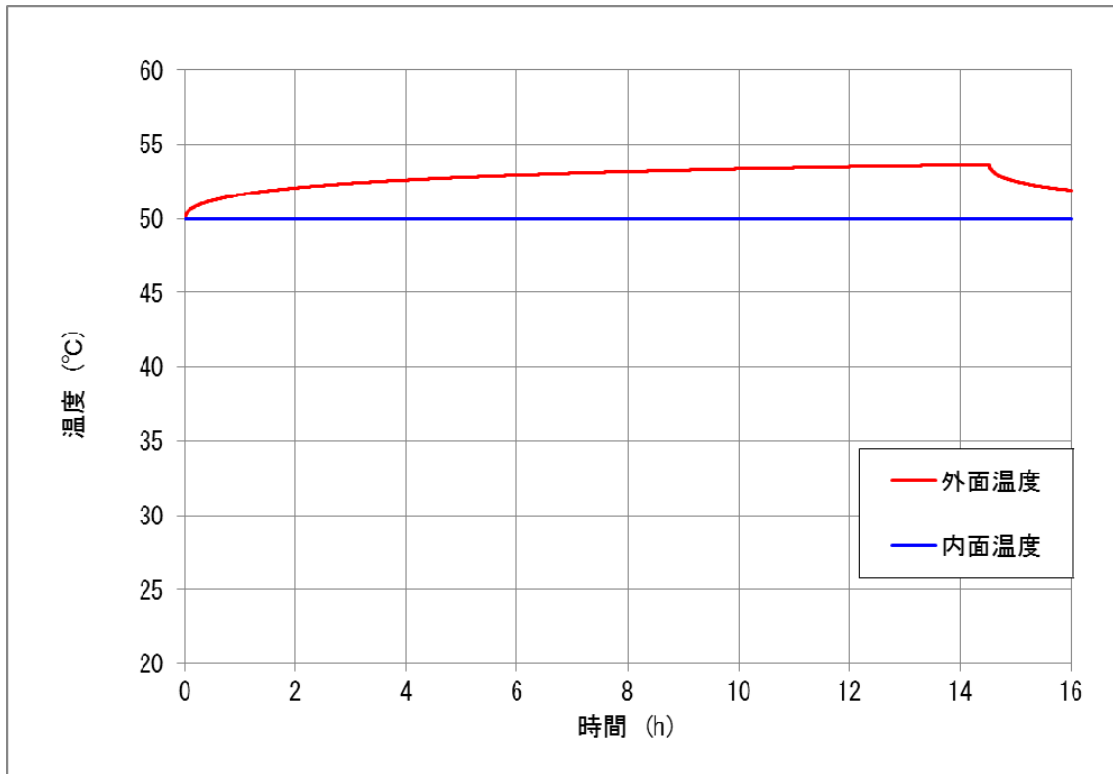
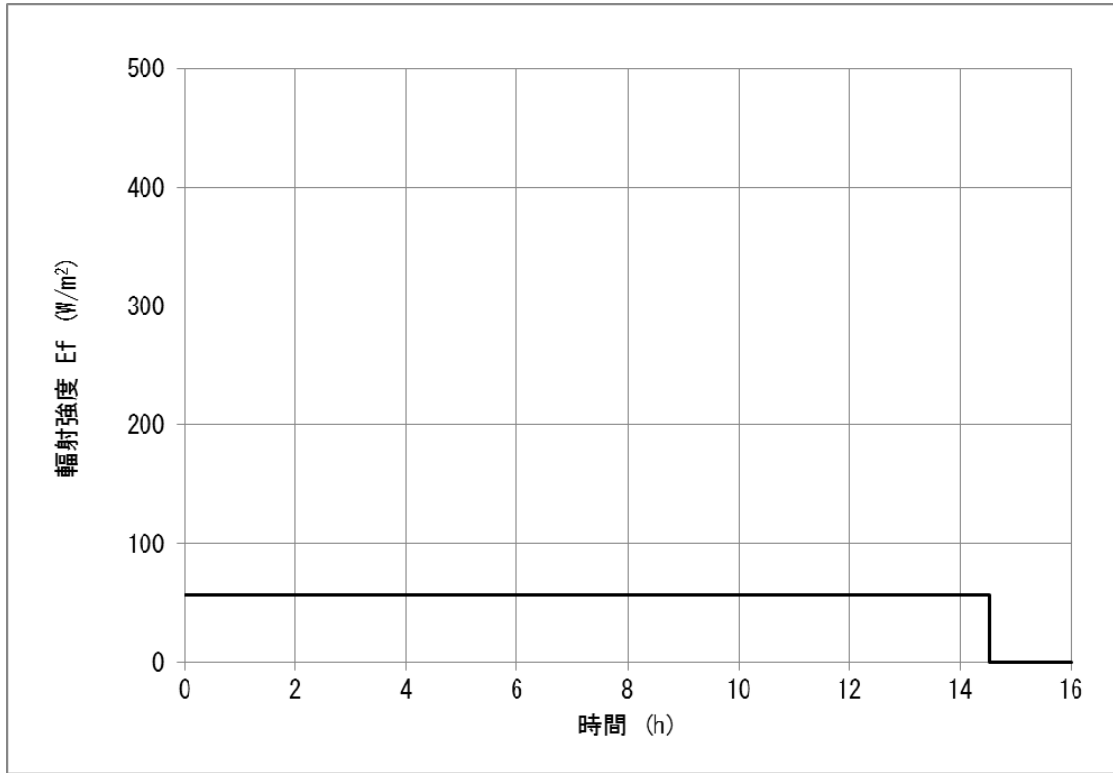


図7 重油タンク (No. 1, 2, 3) 火災時の2号炉原子炉建物壁面への温度影響評価

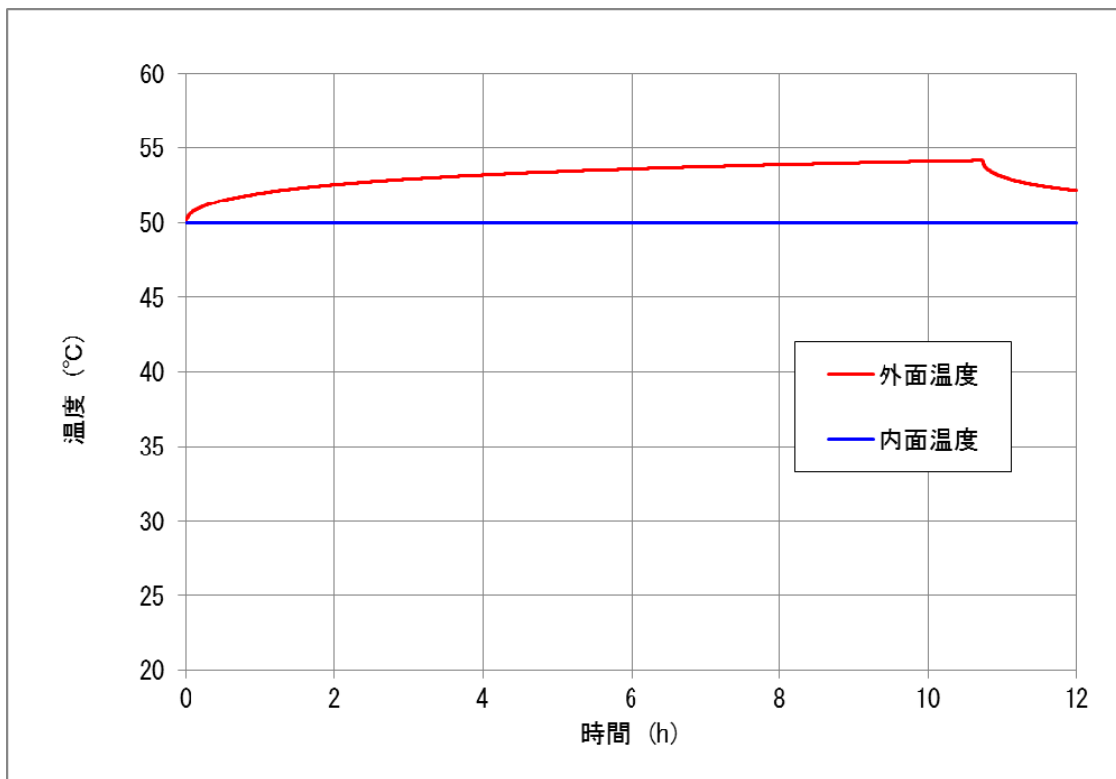
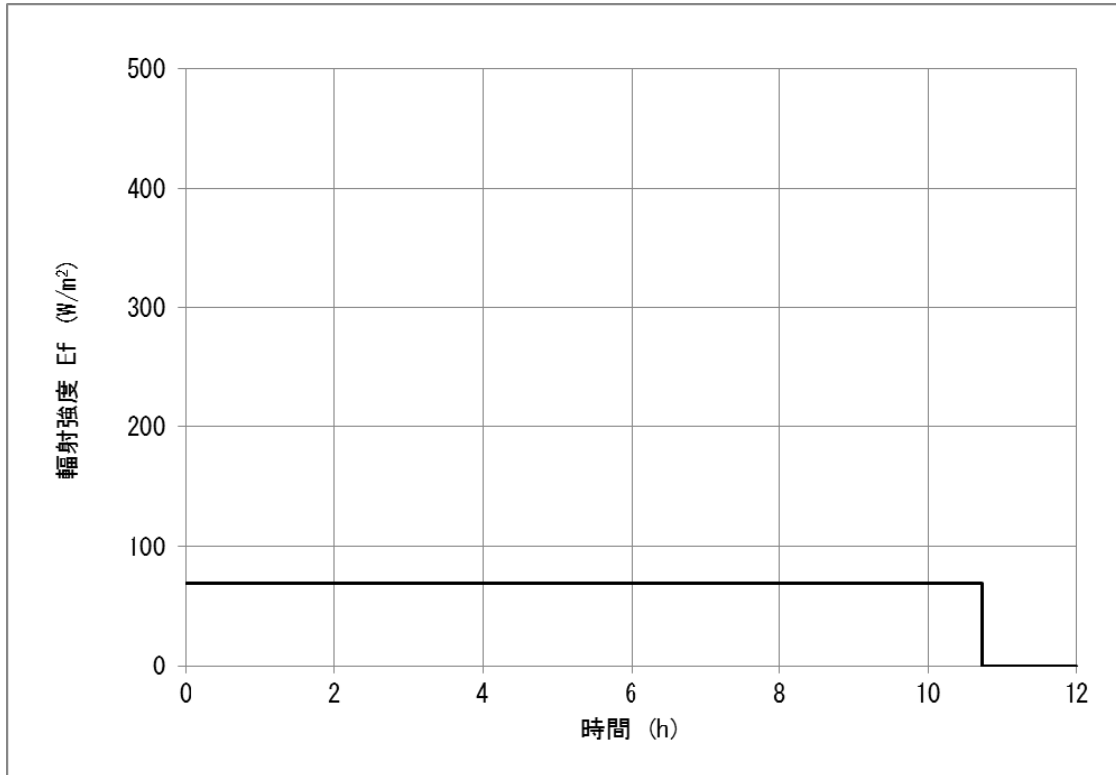


図8 軽油タンク（560KL）火災時の2号炉原子炉建物壁面への温度影響評価

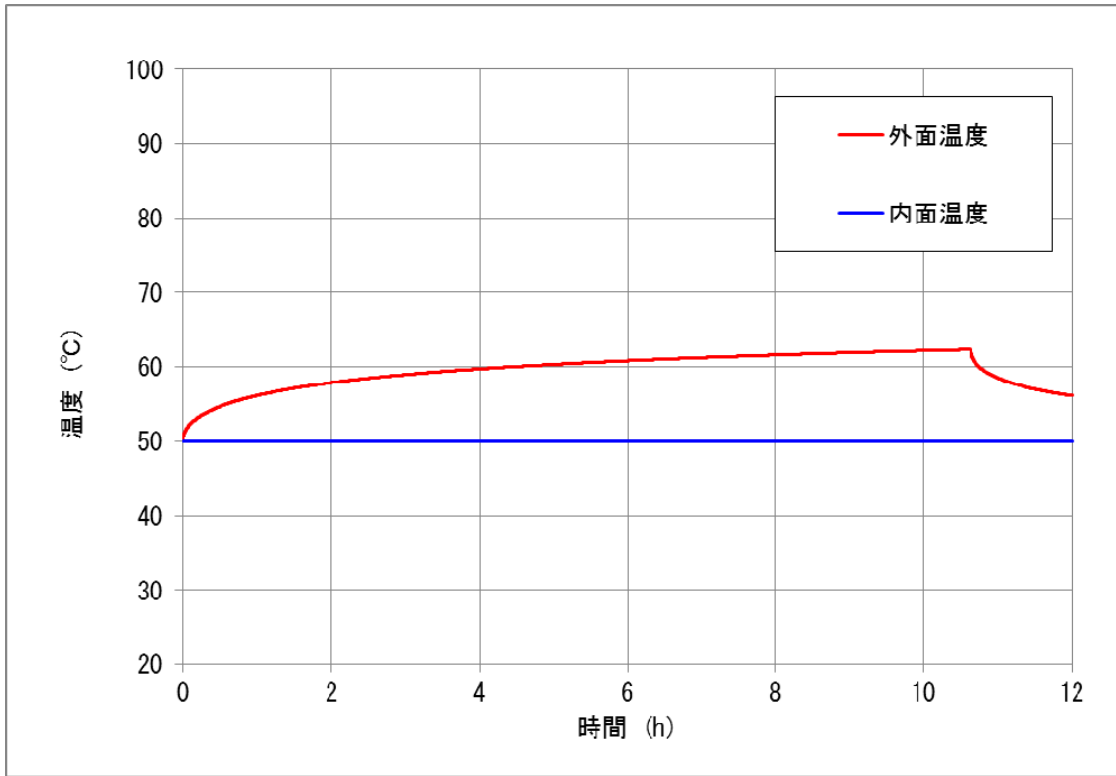
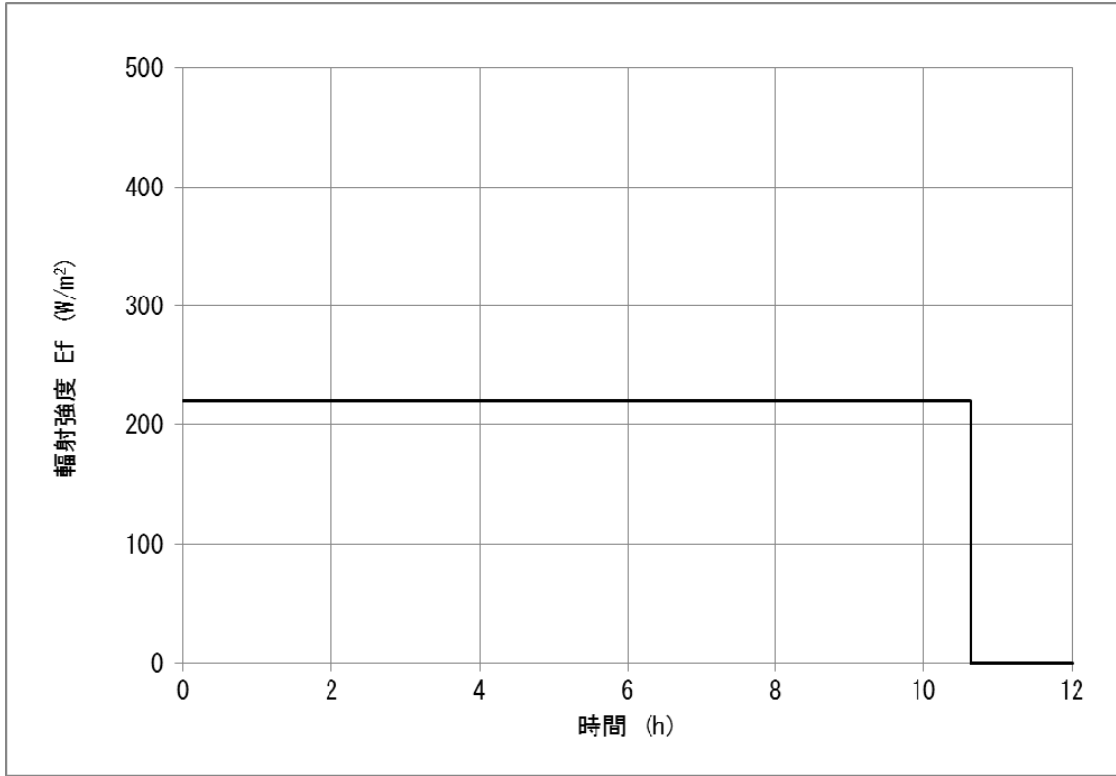


図9 3号炉非常用ディーゼル発電設備軽油タンク（A, B）火災時の2号炉原子炉建物壁面への温度影響評価

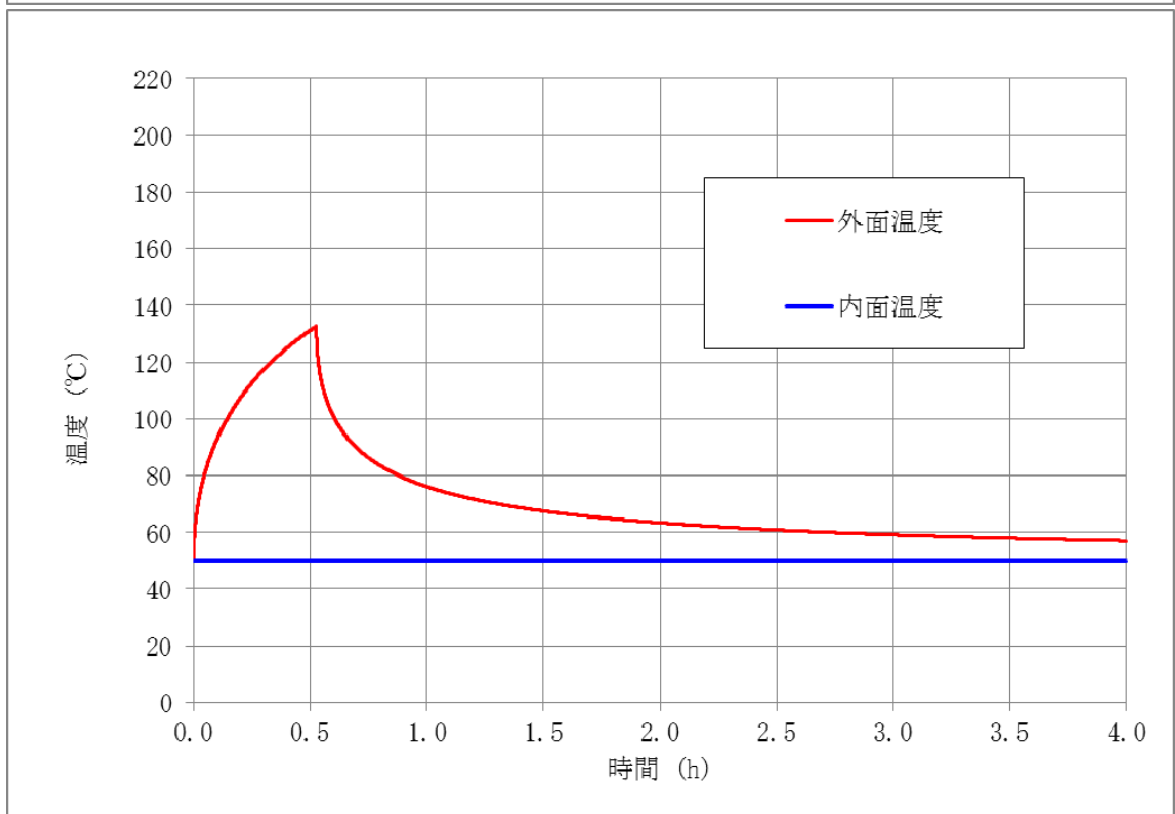
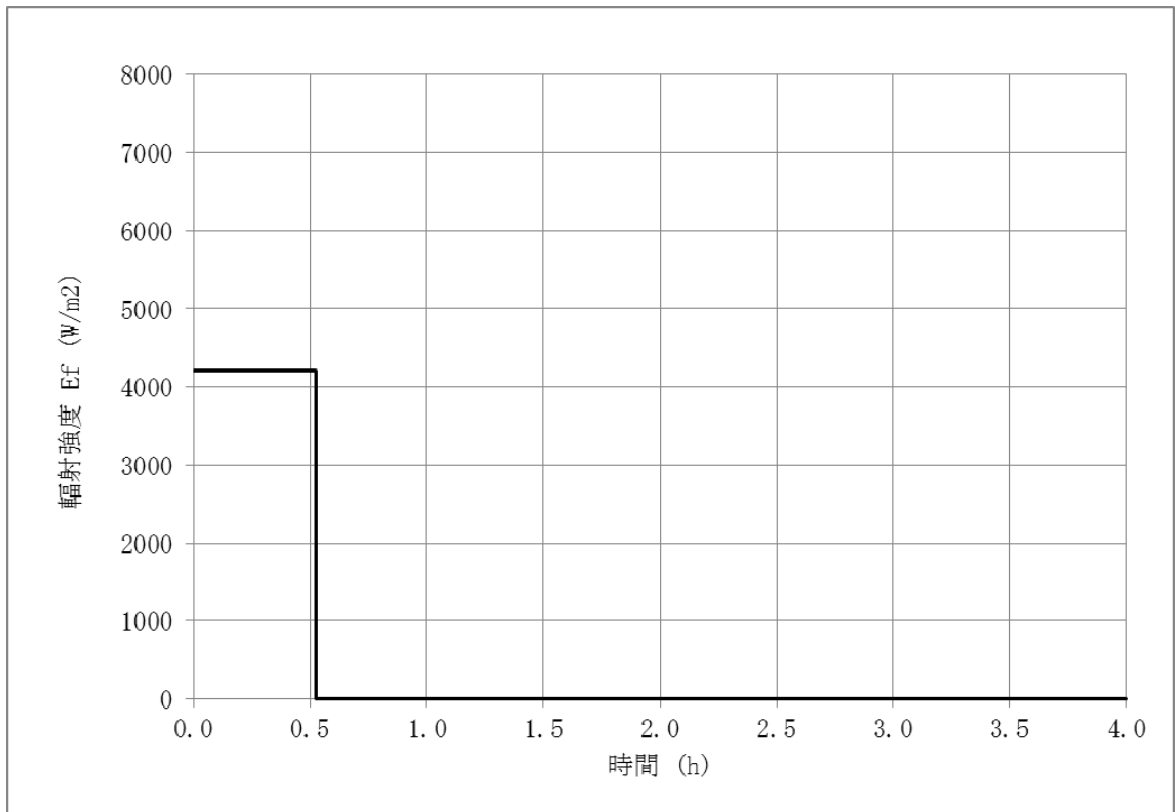


図 10 固化材タンク火災時の 2 号炉原子炉建物壁面への温度影響評価

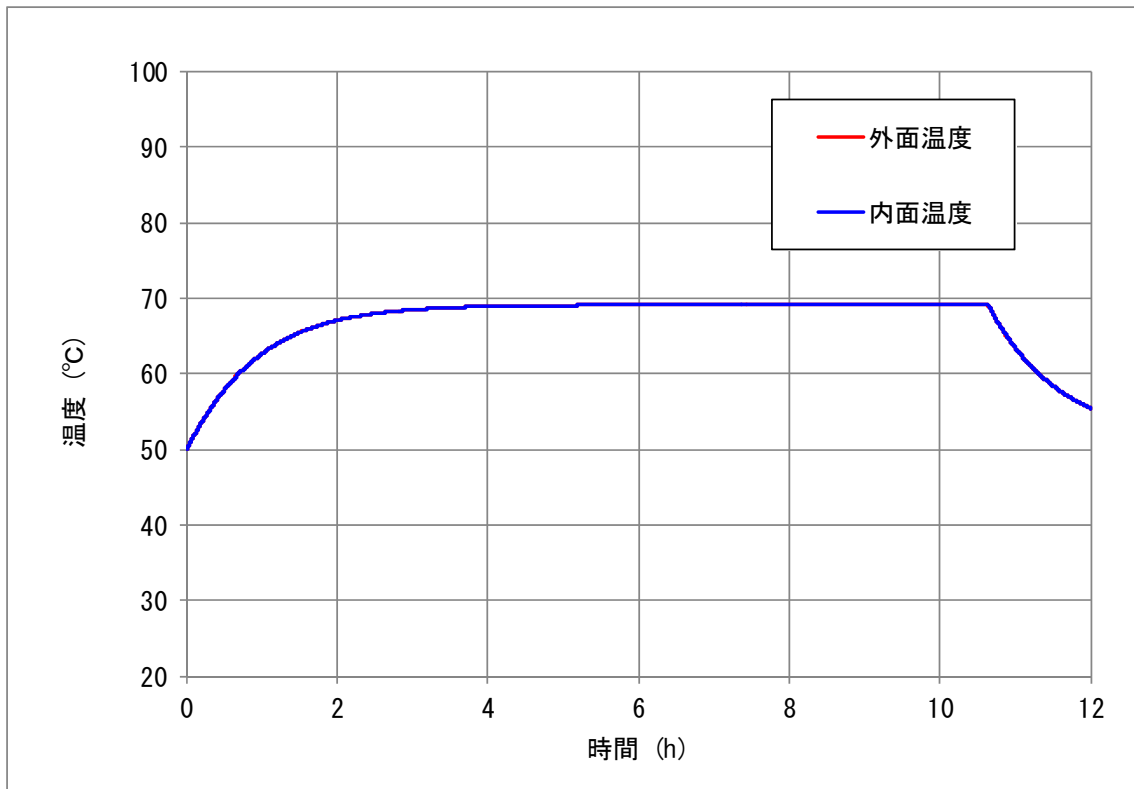
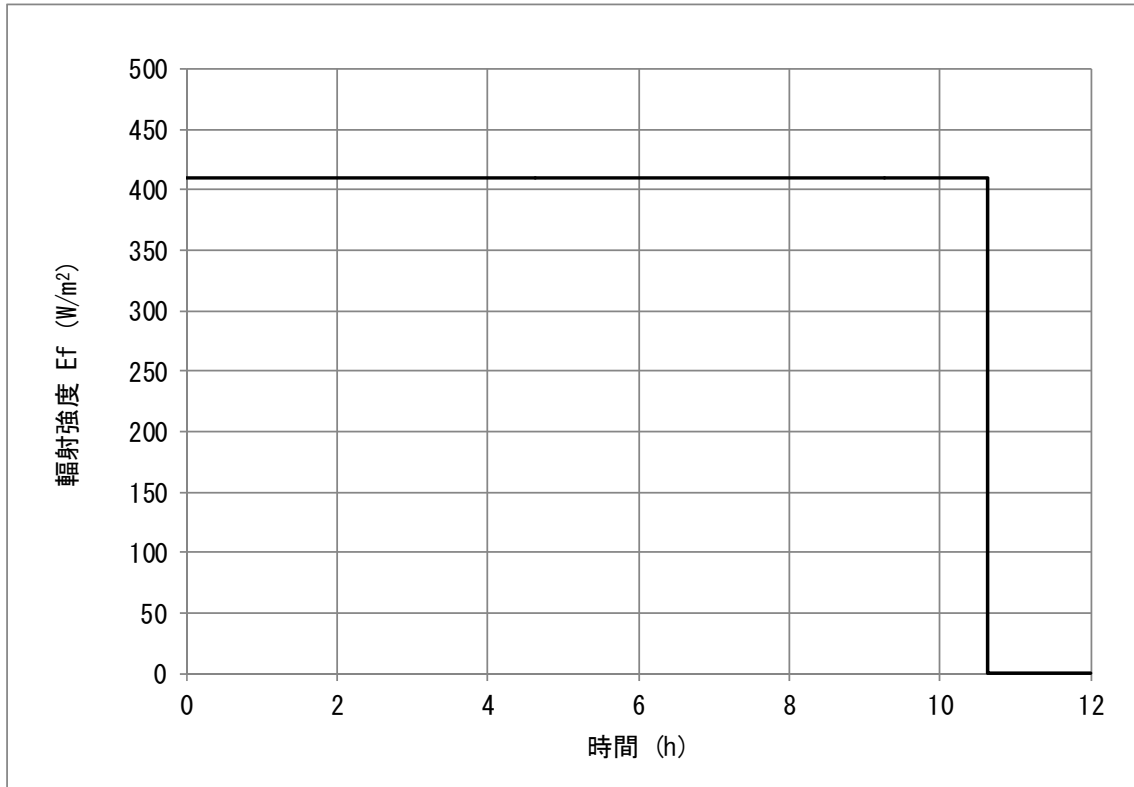


図11 3号炉非常用ディーゼル発電設備軽油タンク (A,B) 火災時の
2号炉排気筒鉄塔への温度影響評価

原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災について

1. 目的

島根原子力発電所 2 号炉における発電所敷地への航空機の墜落に対して、より一層の安全性向上の観点から、火災が発電所の敷地内で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。

2. 評価の方針

航空機落下確率評価では、評価手法の違いから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（自衛隊機又は米軍機）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。表 1 に評価対象航空機の取扱と種類を示す。

したがって、航空機墜落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。

- (1) 計器飛行及び有視界飛行の大型の民間航空機の墜落事故（以下「大型民間航空機」という。）
- (2) 自衛隊機又は米軍機の墜落事故
 - 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（以下「空中給油機等」という。）
 - b. その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び小型回転翼機（以下「その他機種」という。）

表1 評価対象航空機の取扱と種類

		民間航空機		自衛隊機, 在日米軍機
		計器飛行方式	有視界飛行方式	
固定翼 (ジェット旅客機等)	大型機	定期便：評価対象 (例) 大型旅客機 (B747, B777 等)	定期便：該当なし	評価対象 自衛隊機 (F-4EJ 改, F-15 等) 在日米軍機 (F-16, F/A-18 等)
		不定期便：評価対象外 (注1)	不定期便：評価対象 (例) 海上保安庁のパトロール機 (ビーチクラフト 90 型等) 民間の社有機 (三菱式 MU-300 型等) 等	
	小型機	定期便：評価対象外 (注2)	定期便：評価対象外 (注2)	評価対象 自衛隊機 (T-1 等)
		不定期便：評価対象 (注3)	不定期便：評価対象 (例) 本土-離島間コミュータ (DHC-6, BN-2 等) 軽飛行機 (セスナ 172 等)	
回転翼 (ヘリコプター)	大型機	定期便：評価対象外 (注2)	定期便：評価対象外 (注2)	評価対象 自衛隊機 (MH-53 等) 在日米軍機 (CH-53 等)
		不定期便：評価対象 (注3)	不定期便：評価対象 (例) 資材輸送 (ベル 214B, AS332 等) 等	
	小型機	定期便：評価対象外 (注2)	定期便：評価対象外 (注2)	評価対象 自衛隊機 (OH-6 等) 在日米軍機 (UH-1 等)
		不定期便：評価対象 (注3)	不定期便：評価対象 (例) 離島間コミュータ (SA365 等) 資材輸送, 緊急医療, 報道用等 (アエロパシアル AS350, 川崎 BK117)	

(注1) 計器飛行方式で飛行する大型固定翼機の不定期便は、定期便と比べて運航回数が極めて少ないことから、評価対象外とする。

(注2) 小型固定翼機及び回転翼機の定期便については、定期航空運送事業者の登録機数の割合から、運航頻度が大型機の定期便の数%であると判断できることから、評価対象外とする。

(注3) 小型固定翼機及び回転翼機では、リクエストベースで計器飛行方式による飛行が可能となっているが、原則、有視界飛行方式による飛行形態を取っていることから、本基準では、全て有視界飛行方式として評価することとする。

- 大型民間航空機（固定翼，回転翼） 小型民間航空機（固定翼，回転翼）
大型軍用航空機（固定翼，回転翼） 小型軍用航空機（固定翼，回転翼）

3. 航空機墜落による火災の熱影響の評価

(1) 航空機墜落による火災の想定

航空機墜落による火災の想定は以下のとおりとした。

a. 想定条件

- (a) 航空機は、当該発電所における航空機墜落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。
- (b) 航空機は燃料を満載した状態を想定した。
- (c) 航空機の墜落は発電所敷地内であって墜落確率が 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。
- (d) 航空機の墜落によって燃料に着火し火災が起こることを想定した。
- (e) 気象条件は無風状態とした。
- (f) 火災は円筒火災をモデルとし、火災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以上の場合で火災の高さ（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) 航空機墜落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、発電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、大型の民間航空機及び自衛隊機又は米軍機の機種を対象とし、墜落確率が 10^{-7} [回/炉・年] に相当する標的面積を算出し、その結果より原子炉施設からの離隔距離を求めた。

落下事故のカテゴリ		対象航空機	燃料積載量	離隔距離
計器飛行方式民間航空機		B747-400	約217(m ³)	62(m)
有視界飛行方式民間航空機	大型機(大型固定翼機及び大型回転翼機)			
	小型機(小型固定翼機及び小形回転翼機)	Do228-200 ^{※1}	約3(m ³)	98(m)
自衛隊機又は米軍機	空中給油機等	KC-767	約145(m ³)	286(m)
	その他の機種	F-15	約15(m ³)	40(m)

※1：「有視界飛行方式民間航空機の小型機」の落下事故の対象機種のうち、燃料搭載量が最大となるDo228-200であっても約3m³と少量であることから、離隔距離及び燃料積載量を踏まえると自衛隊機（F-15）落下の火災影響に包絡されるため、評価対象外とした。

(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 of 落下確率を求める式から、落下確率が 10^{-7} [回/炉・年]に相当する面積を算出する。

① 計器飛行方式民間航空機の墜落事故

ア. 飛行場での離着陸時における落下事故

$$Pd, a = fd, a \cdot Nd, a \cdot A \cdot \phi d, a (r, \theta)$$

Pd, a : 対象施設への離着陸時の航空機落下確率 (回/年)

Nd, a : 当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数 (離着陸回/年)

A : 原子炉施設の標的面積 (落下時に原子炉施設が影響を受ける建物の面積) (km^2)

$\phi d, a (r, \theta)$: 離着陸時の事故における落下地点確率分布関数 ($/\text{km}^2$)

$fd, a = Dd, a / Ed, a$: 対象航空機の国内での離着陸時事故率 (回/離着陸回)

Dd, a : 国内での離着陸時事故件数 (回)

Ed, a : 国内での離着陸回数 (離着陸回)

パラメータ	2号炉	
	出雲空港	米子空港
飛行場	出雲空港	米子空港
発電所からの距離	約17km	約23km
滑走路方向に対する角度	約26°	約42°
最大離着陸距離 ^{注1}	約25nm	約22nm
Nd, a ^{注2}	12, 180	6, 650
A ^{注3}	0.01	
$\phi d, a (r, \theta)$	2.48×10^{-4}	2.88×10^{-4}
fd, a ^{注4}	$4/27, 211, 324 = 1.47 \times 10^{-7}$	
Pd, a	4.44×10^{-9}	2.82×10^{-9}

注1 : AIPのアプローチチャートにより求めた。(資料-1)

注2 : 「数字でみる航空2012」にある平成22年飛行場別着陸回数を離陸回数とし、その和を飛行場別離着陸回数とした。

注3 : 1号及び2号炉の原子炉建物、制御室建物等の投影面積の合計値は、0.009926 km^2 (0.01 km^2 以下) であるので、標的面積は0.01 km^2 とする。(資料-6)

注4 : 事故件数は、平成3年～平成22年の間で、離陸時に1件、着陸時に3件。

(資料-2)

離着陸回数は、平成4年～平成23年の「航空輸送統計年報 第1表 総括表 1. 輸送実績」における運航回数の国内の値及び国際の値を合計した値。(資料-3)

イ. 航空路を巡航中の落下事故

$$P_c = f_c \cdot N_c \cdot A / W$$

P_c : 対象施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)

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^2)

W : 航空路幅 (km)

$f_c = G_c / H_c$: 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率
(回 / (飛行回 \cdot km))

G_c : 巡航中事故件数 (回)

H_c : 延べ飛行距離 (飛行回 \cdot km)

号 炉	2 号炉			
パラメータ				
対象航空路 ^{注1}	G597, G585 G203, V54(Y45)	JEC - MAMBO JEC - XZE	Y14(JEC - HALNA) Y14(JEC - SAMON) Y18, Y22, Y361, Y38, Z16	IZUMO TRANSITION
N_c ^{注2}	46, 355 (H24年データ)	1, 095 (H24年データ)	35, 405 (H24年データ)	183 (H24年データ)
A ^{注3}	0. 01			
W ^{注4}	14	14. 816	18. 52	1. 852
f_c ^{注5}	0. 5/9, 439, 243, 077 = $5. 30 \times 10^{-11}$			
P_c	$2. 85 \times 10^{-9}$			

注1 : エンルートチャートにより確認。(資料-4) Y45は航路幅の狭いV54と重複している。

注2 : 国土交通省航空局への問い合わせ結果(ピークデイの値)(資料-5)を365倍した値

注3 : 1号及び2号炉の原子炉建物, 制御室建物等の投影面積の合計値は, 0. 009926 km^2 (0. 01 km^2 以下) であるので, 標的面積は0. 01 km^2 とする。(資料-6)

注4 : 「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。

注5 : 事故件数は, 平成3年~平成22年の間で0件(資料-2)のため, 保守的に0. 5件とした。飛行距離は, 平成4年~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。(資料-3)

② 有視界飛行方式民間航空機の墜落事故

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

P_V : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

f_V : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

S_V : 全国土面積 (km^2) = 37.2万 km^2

A : 原子炉施設の標的面積 (km^2)

α : 対象航空機の種類による係数

パラメータ	号 炉	
	2号炉	
航空機種類	大型 固定翼機	大型 回転翼機
f_V ^{注1}	0.5/20=0.025	2/20=0.1
S_V ^{注2}	3.72×10 ⁵	
A	0.01	
α ^{注3}	1	1
P_V	3.36×10 ⁻⁹	

注1 : 「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成24年9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3年から平成22年の間で0件であるが、保守的に0.5件とした。

注2 : 「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成24年9月独立行政法人原子力安全基盤機構)の値を用いた。

注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、 $P_d, a + P_c + P_V$ (墜落確率) 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。

$$A = 10^{-7} \text{ [回/炉・年]} / (7.26 \times 10^{-7} + 2.85 \times 10^{-7} + 3.36 \times 10^{-7})$$

$$A = 0.074 \text{ (km}^2\text{)} = 74,000 \text{ (m}^2\text{)}$$

- ③ 自衛隊機又は米軍機の墜落事故（訓練空域外を飛行中の墜落事故）
島根原子力発電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。

$$P_{so} = (f_{so} / S_o) \cdot A$$

P_{so} : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回/年）

f_{so} : 単位年当たりの落下事故率（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^2 ）

A : 原子炉施設の標的面積（ km^2 ）

パラメータ	2号炉	
	号 炉	
航空機種類	空中給油機等	その他の機種
f_{so} ^{注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 ^{注2}	自衛隊機：295,675 米軍機：372,410	自衛隊機：295,675 米軍機：372,410
A	0.01	
P_{so}	2.19×10^{-9}	1.89×10^{-8}

注1：「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」（平成24年9月独立行政法人原子力安全基盤機構）の自衛隊機又は米軍機の事故件数を用いて算出した。

自衛隊機は，平成3年から平成22年の間で0件であるが，保守的に0.5件とした。

注2：「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」（平成24年9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} （墜落確率）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。

$$A \text{ (空中給油機等)} = 10^{-7} \text{ [回/炉・年]} / (2.19 \times 10^{-9}) \\ = 0.457 \text{ (km}^2) = 457,000 \text{ (m}^2)$$

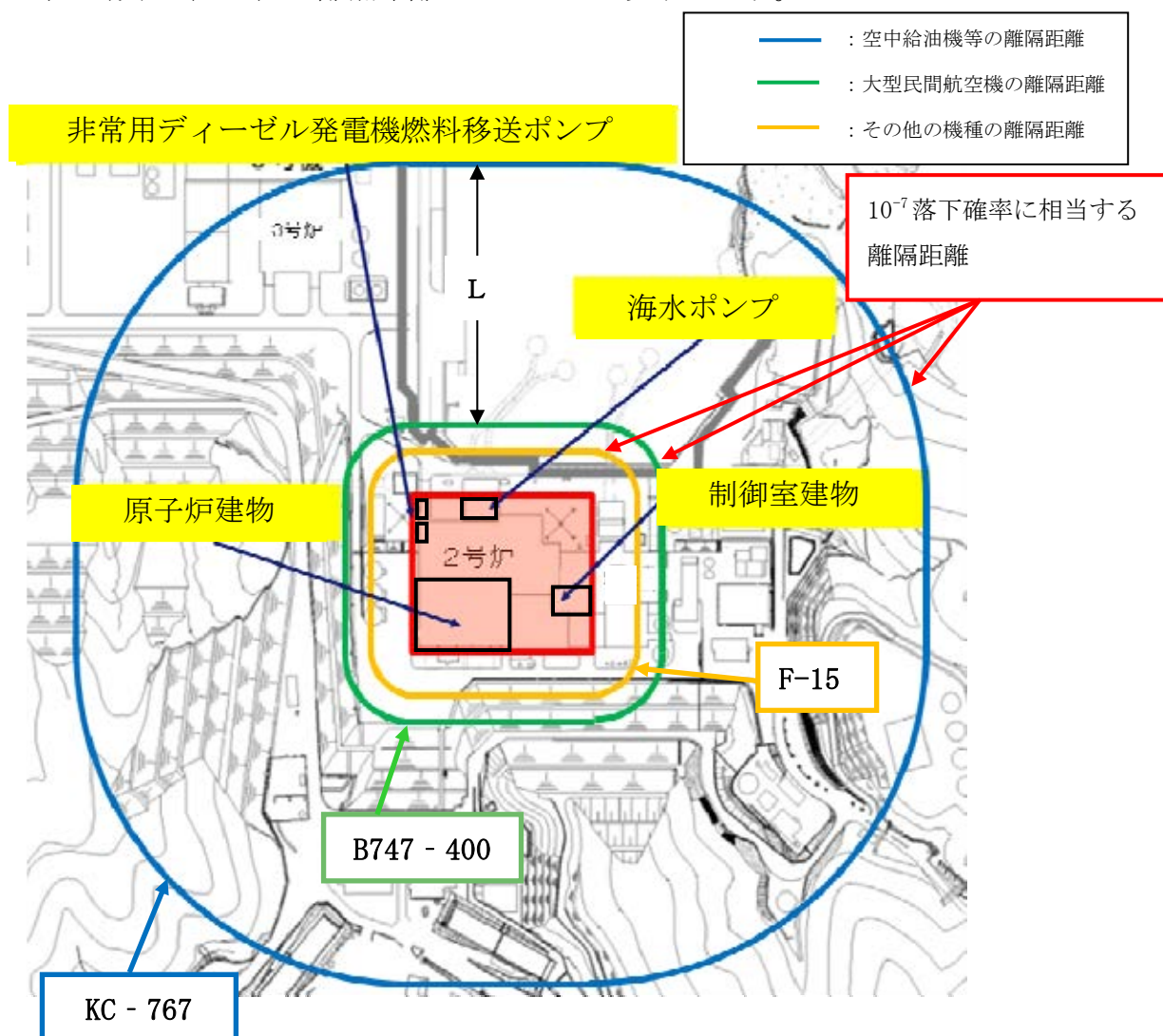
$$A \text{ (その他の機種)} = 10^{-7} \text{ [回/炉・年]} / (1.89 \times 10^{-8}) \\ = 0.053 \text{ (km}^2) = 53,000 \text{ (m}^2)$$

(b) 原子炉施設からの離隔距離の算出

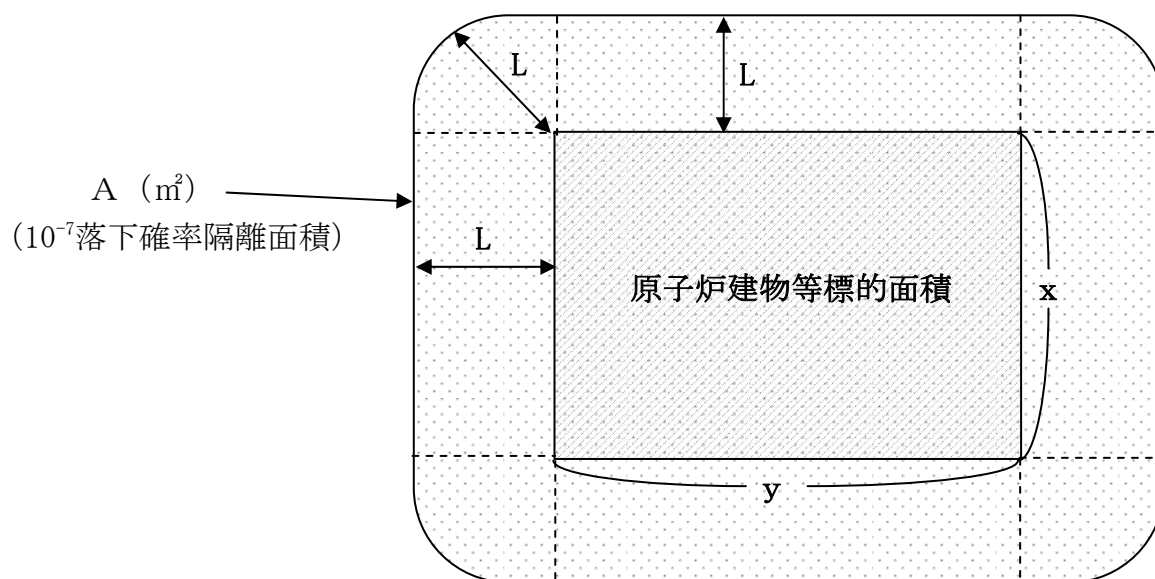
(a) で求めた面積と，評価対象となる原子炉施設の周辺に L [m] の離隔距離を含めた火災評価上の標的面積との関係から離隔距離 L を算出した結果は以下のとおり。

2号炉			
項目	大型民間航空機	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	KC-767	F-15
離隔距離 L (m)	62	286	40

2号炉における大型民間航空機 (B747-400)，空中給油機等 (KC-767)，その他の機種 (F-15) の離隔距離のイメージを以下に示す。



10⁻⁷落下確率の隔離面積の考え方を以下に示す。



$$A = x y + \pi L^2 / 4 \times 4 + 2 (L x + L y)$$

$$\pi L^2 + 2 L (x + y) + x y - A = 0$$

2次方程式の解の式より

$$L = (- (x + y) + \sqrt{ (x + y)^2 - \pi (x y - A) }) / \pi$$

	原子炉建物等の隔離面積A	原子炉建物等の長さ	
		縦の長さx	横の長さy
大型民間航空機 (計器飛行+有視界飛行)	0.074 (km ²)	0.141 (km)	0.167 (km)
空中給油機等	0.457 (km ²)	0.141 (km)	0.167 (km)
その他の機種	0.053 (km ²)	0.141 (km)	0.167 (km)

b. 必要データ

評価に用いるデータは以下のとおり。

2号炉			
項目	大型民間航空機	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	KC-767	F-15
燃料の種類	JET A-1	JP-4	JP-4
燃料量 (m ³)	216.84	145.04	14.87
輻射発散度 (W/m ²)	5.0×10 ⁴	5.8×10 ⁴	5.8×10 ⁴
燃焼速度 (m/s)	4.64×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵
燃料タンク面積 (m ²)	700	405.2	44.6
原子炉施設からの距離(m)	62	286	40

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。

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

R:燃焼半径[m], S:燃料タンク投影面積[m²]

2号炉			
項目	大型民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
		空中給油機等	その他の機種
燃料タンク面積 (m ²)	700	405.2	44.6
燃焼半径 (m)	14.93	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。

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

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

Φ : 形態係数 (-), L : 離隔距離 (m), H : 火炎の高さ (m), R : 燃焼半径 (m)

2号炉			
項目	大型民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
		空中給油機等	その他の機種
燃料タンク面積 (m ²)	700	405.2	44.6
燃焼半径 (m)	14.93	11.36	3.77
形態係数	9.44×10^{-2}	3.08×10^{-3}	1.73×10^{-2}

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となる。

$$E = R_f \cdot \Phi$$

E : 輻射強度 (W/m²), R_f : 輻射発散度 (W/m²), Φ : 形態係数 (-)

2号炉			
項目	大型民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
		空中給油機等	その他の機種
輻射発散度 (W/m ²)	5.0×10^4	5.8×10^4	5.8×10^4
形態係数	9.44×10^{-2}	3.08×10^{-3}	1.73×10^{-2}
輻射強度 (W/m ²)	4,718	179	1,003

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となる。

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

v:燃焼速度(m/s), M:質量低下速度(kg/(m²・s)), ρ:密度(kg/m³),

t:燃焼継続時間 (s), V:燃料量 (m³), R:燃焼半径 (m)

2号炉			
項目	大型民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
		空中給油機等	その他の機種
燃料量 (m ³)	216.84	145.04	14.87
燃焼面積 πR ² (m ²)	700	405.2	44.6
燃焼速度 (m/s)	4.64×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵
質量低下速度 (kg/(m ² ・s))	0.039	0.051	0.051
燃料密度 (kg/m ³)	840	760	760
燃焼継続時間 (hr)	1.86	1.48	1.38

g. 判断の考え方 (建物外壁の耐火性能評価)

(a) 許容温度

本火災影響評価で用いる許容温度については、一般的にコンクリートの強度にほとんど影響がないとされている200℃ (保守的にコンクリートの圧縮強度が変化しない温度を想定) とする。

(b) 耐火性能の評価

ア. 計算体系

外部火災の火炎からの輻射による建物の壁温度は、壁の厚さ方向の温度分布を一次元熱伝導モデルで計算する。航空機墜落火災の建物壁温度評価計算体系を図1 - 1に示す。

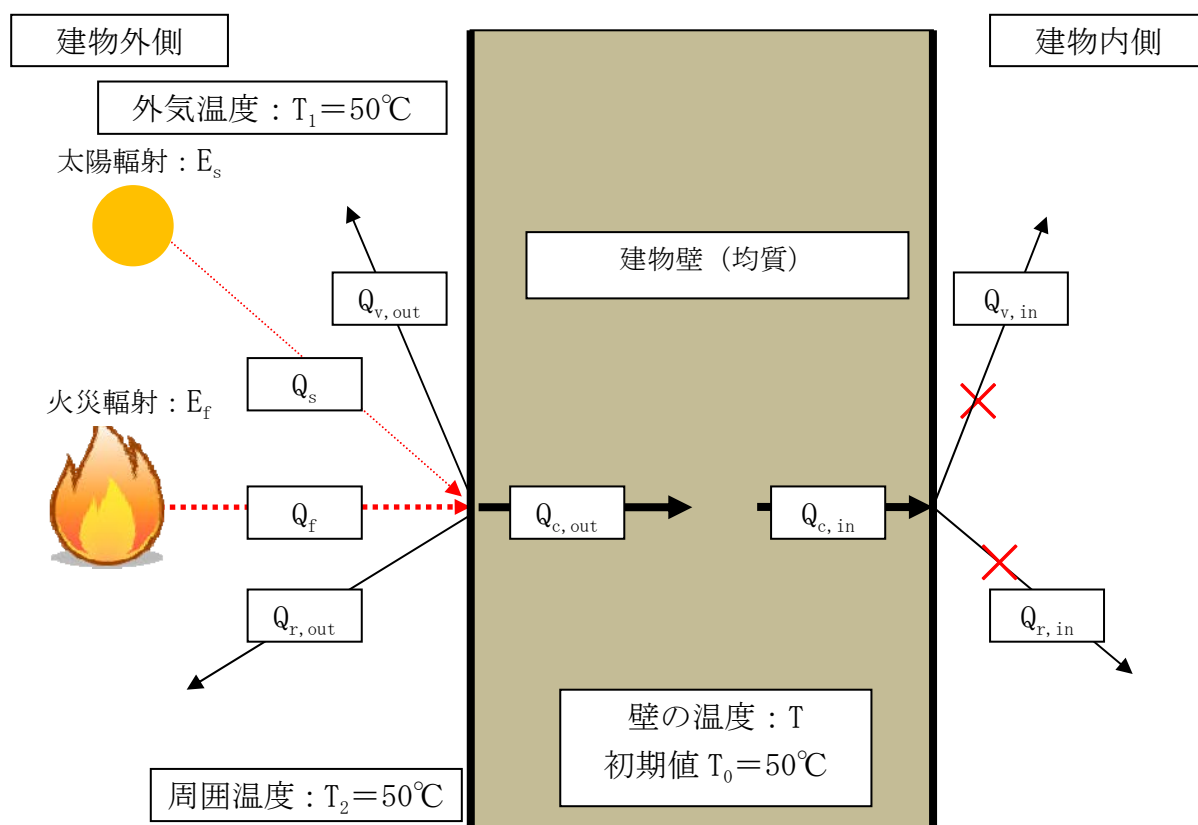


図1 - 1 航空機墜落火災の建物壁温度評価計算体系

イ. 基礎式

温度評価の基礎式は、以下の一次元非定常熱伝導方程式であるがこれを差分法により離散化し、数値解法によって温度の分布及び時間変化を計算することによって外壁の温度変化を評価する。

$$\frac{dT}{dt} = \kappa \frac{d^2T}{dx^2} \quad (1-1)$$

ここで、Tは温度、tは時刻、xは建物壁における外部からの距離、 κ は建物壁の熱拡散率を表す。

ウ. 伝熱速度の計算式

建物壁に対する伝熱速度の関係式としては以下のとおりである。評価条件は表 2-1 に示す。

本評価においては、保守的にコンクリート内部への放射及び内面環境（建物内空気）への伝熱がない条件（断熱）にて評価する。

また、ガイドに基づき無風状態での温度変化を評価するが、航空機墜落火災からの輻射に対しコンクリート表面の吸収率、放射率及びコンクリート表面の自然対流を考慮し評価する。

なお、太陽からの輻射による影響を考慮し外壁の初期温度を 50°C とし、外気も 50°C とした。

壁内部の初期温度分布を図 1-3 に示す。

$$\begin{aligned} \text{壁内面への伝熱} & : Q_{c, out} = Q_f - Q_{r, out} - Q_{v, out} \\ \text{内部環境への伝熱} & : Q_{c, in} = 0 \end{aligned}$$

火災からの輻射	$: Q_f = \alpha_f \cdot E_f$
壁表面での輻射	$: Q_{r, out} = \sigma \cdot \varepsilon_{w, out} (T^4 - T_1^4)$
壁表面での対流	$: Q_{v, out} = h_{out} (T - T_2)$

表 2-1 評価条件

項目	条件	単位	備考
外面材質	コンクリート	—	本館建物外壁面
外気温度： T_1	50	°C	松江市の最高気温に日射を考慮し算定した。
内気温度	—	°C	内気に熱伝達がない条件のため数値は評価結果に影響しない。
外面熱伝達率： h_{out}	図 1-2 参照	W/(m ² ・K)	自然対流熱伝達率(Bayley の式)
内面熱伝達率	0	W/(m ² ・K)	保守的にコンクリートから内気に熱伝達がない条件とした。
壁の厚さ： d	1.9	m	2号炉原子炉建物西側の外壁厚さを使用する。
火炎からの輻射： E_f	4,718	W/m ²	
外面放射率： $\varepsilon_{w,out}$	0.94	—	コンクリート
吸収率： α_f	0.94	—	コンクリート
内面放射率	0	—	保守的にコンクリート内面に放射されない条件とした。
壁の初期温度： T_0	50	°C	外気温度 50°Cを考慮し保守的に50°Cとした。
壁の熱拡散率： κ	8.4177×10^{-7}	m ² /s	$\kappa = k / (\rho \cdot c)$
壁の比熱： c	879.1	J/(kg・K)	コンクリート
壁の密度： ρ	2,200	kg/m ³	コンクリート
壁の熱伝導率： k	1.628	W/(m・K)	コンクリート
ステファン・ボルツマン定数： σ	5.67×10^{-8}	W/(m ² ・K ⁴)	
太陽からの輻射	—	—	外気温度及び外壁の初期温度に含む。
太陽輻射からの吸収率	—	—	外気温度及び外壁の初期温度に含む。

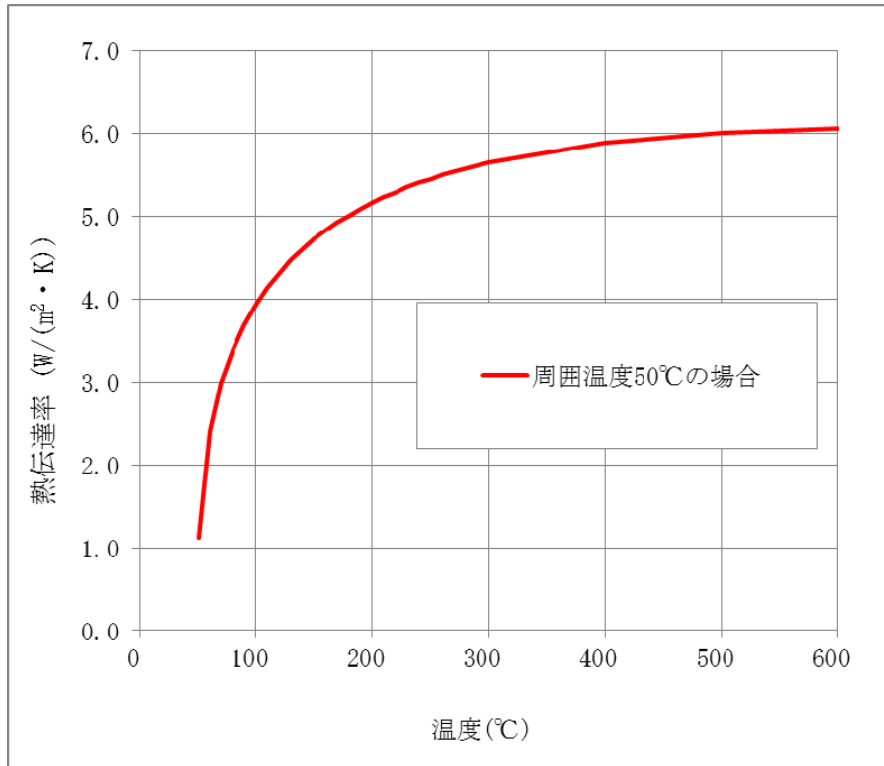


図 1-2 自然対流熱伝達率(Bayley の式)

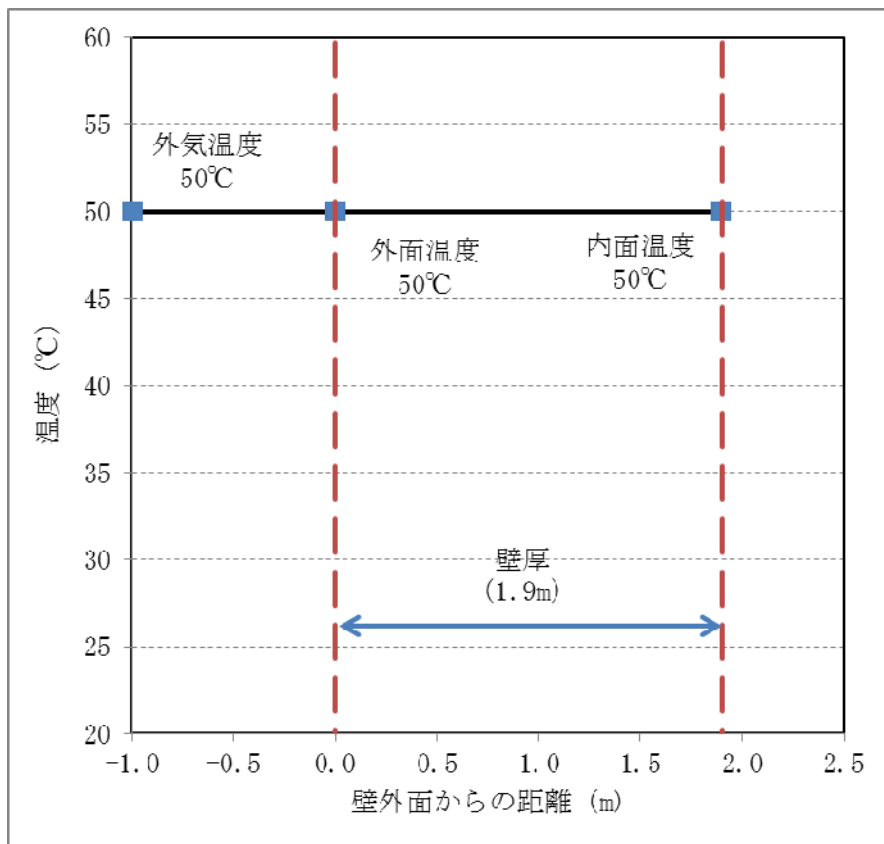


図 1-3 壁内部の初期温度分布

h. 原子炉建物外壁の評価結果

表 2-2 に壁外面及び、壁内面の最高温度を示す。図 1-4 に輻射強度の時間変化を、図 1-5 に壁外面及び、壁内面の温度の時間変化を示す。壁の外面温度は、一定の輻射強度を与える継続時間終了時に最高値となる。一方、壁の内面温度は初期温度からほとんど上昇がない。

また、空中給油機の原子炉建物から離隔距離（286m）は、大型民間航空機の離隔距離（62m）より大きく離れており、大型民間航空機に比べ燃料の量が少ないことから、大型民間航空機の評価結果に包含される。

自衛隊機又は米軍機その他の機種も、大型民間航空機より輻射強度が小さいことから、温度影響は民間航空機の評価結果に包含されるため、大型民間航空機を代表として評価した。

表 2-2 壁外面及び壁内面の最高温度

No	燃料	燃料容量 (m ³)	燃料タンク面積 (m ²)	離隔距離 (m)	時間 (h)	輻射強度 (W/m ²)	時間 (h)	壁外面温度 (°C)	壁内面温度 (°C)
1	Jet-A1	216	700	62	1.86	4,718	1.86	180.7	50.0

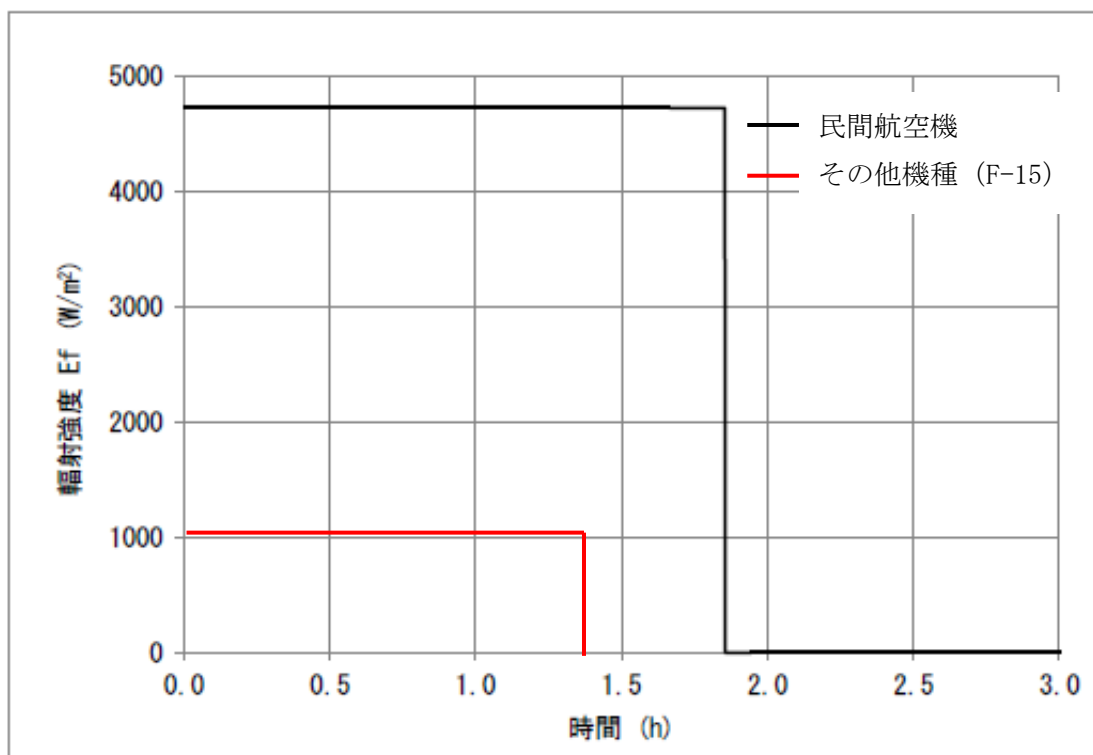


図 1-4 航空機墜落火災による輻射強度の時間変化

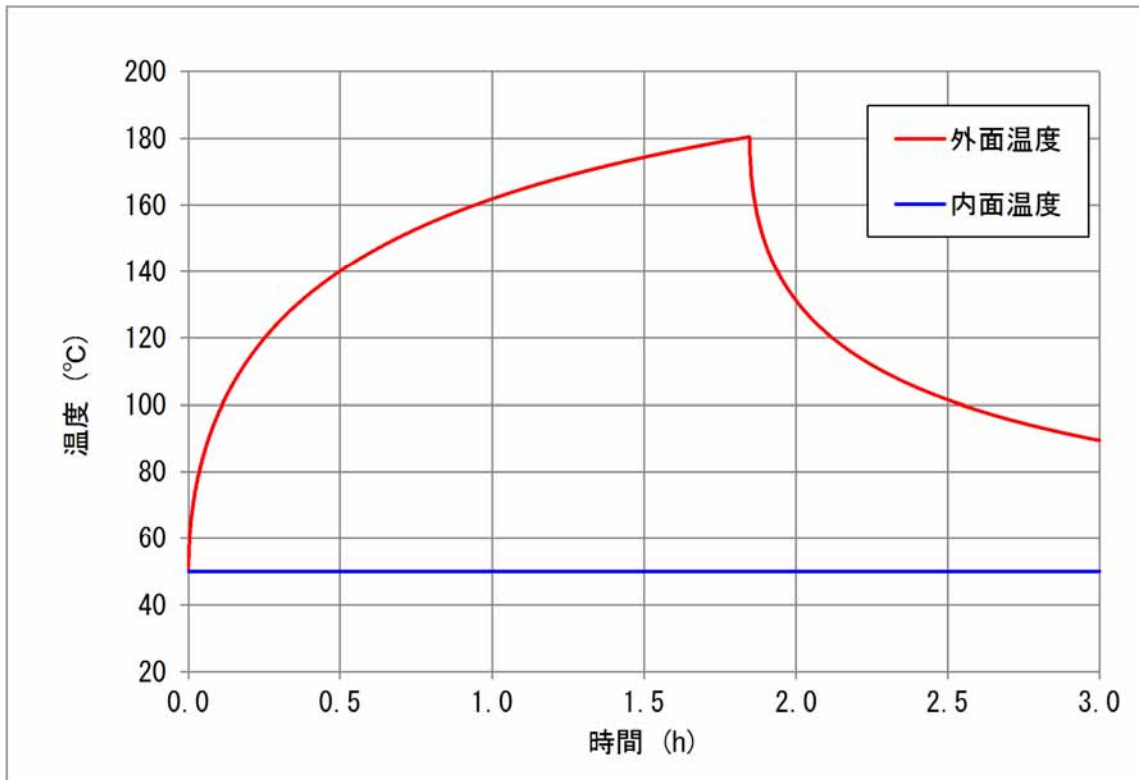


図 1-5 壁の外面及び、内面温度の時間変化

i. 原子炉建物以外の熱影響評価

原子炉建物以外の建物の熱影響評価については、添付資料-1に記載のとおり、原子炉建物で代表する。

制御建物は、周囲が原子炉建物他の建物で囲まれていることから原子炉建物の評価結果に包含され影響はない。

海水ポンプ及び非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプは地下設置であること、地上面を防水壁等で囲まれていることから影響はない。

4. 評価結果

以上の結果から、航空機落下により発電所の敷地内で火災が発生した場合を想定したとしても、安全機能を有する構築物、系統及び機器に熱影響を及ぼすことはない。

5. 自衛隊機又は米軍機の用途による分類について

自衛隊機又は米軍機の落下事故には、「訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故」と「基地－訓練空域間往復時の落下事故」が含まれるが、島根原子力発電所は基地と訓練空域間の往復範囲内にはないため、「基地－訓練空域間往復時の落下事故」は考慮していない。

以下に自衛隊機又は米軍機の落下事故による火災影響を評価する機種のカテゴリについて整理する。分類にあたっては、代表として自衛隊機の主要な機種 of データを用いることとした。

(1) 訓練空域外を飛行中の落下事故

表 3-1 に主要航空機（大型固定翼機）の用途等を示す。

表 3-1 自衛隊機（大型固定翼機）の用途等

所属	機種	用途	寸法(m)		燃料量(kL)
			全長	全幅	
陸上自衛隊	LR-2	連絡偵察	14	18	約 2
海上自衛隊	P-3C	哨戒	36	30	約 35
航空自衛隊	F-15J/DJ	戦闘	19	13	約 15
	F-4EJ	戦闘	19	12	約 12
	F-2A/B	戦闘	16	11	約 11
	RF-4E/EJ	偵察	19	12	約 13
	C-1	輸送	29	31	約 21
	C-130H	輸送	30	40	約 37
	KC-767	空中給油・輸送	49	48	約 145
	KC-130H	空中給油機能付加	30	40	約 37
	E-2C	早期警戒	18	25	約 7
E-767	早期警戒管制	49	48	約 91	

用途としては、「連絡偵察」，「哨戒」，「戦闘」，「偵察」，「輸送」，「空中給油」，「早期警戒」等がある。

用途を飛行形態で整理すると、「空中給油」及び「早期警戒」については、高高度の巡航を行うものと考えられる。また、「哨戒」及び「輸送」については、目的地での低高度での飛行が考えられるものの、移動は高高度の巡航を行うものと考えられる。ここで目的地としては、「哨戒」が海上、「輸送」が基地あるいは空港であることから、原子力発電所付近で低高度での飛行を行うことはない。

したがって、自衛隊機又は米軍機の落下事故のうち、訓練空域外を飛行中の落下事故で考慮するカテゴリを、表 3-2 のとおり整理した。なお、大型輸送ヘリコプターCH-47 の燃料積載量は約 4 kL であることから、回転翼機は大型固定翼機の評価に包含される。

表 3-2 訓練空域外を飛行中の落下事故のカテゴリにおける整理

カテゴリ	用途	該当する航空機	寸法		燃料量(kL)
			全長	全幅	
空中給油機等	「空中給油」，「早期警戒」，「哨戒」，「輸送」を用途とする大型固定翼機	P-3C	36	30	約 35
		C-1	29	31	約 21
		C-130H	30	40	約 37
		KC-767	49	48	約 145
		KC-130H	30	40	約 37
		E-2C	18	25	約 7
		E-767	49	48	約 91
その他の機種	「戦闘」，「連絡偵察」，「偵察」等を用途とする大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機	LR-2	14	18	約 2
		F-15J/DJ	19	13	約 15
		F-4EJ	19	12	約 12
		F-2A/B	16	11	約 11
		RF-4E/EJ	19	12	約 13

(2) 想定する航空機について

(1) による分類により、ガイドに基づき積載燃料量の最大の機種として、空中給油機等としては KC-767，その他の機種としては F-15 を想定する航空機として選定している。

燃料量については、燃焼継続時間を算出する際に必要であり、燃料量は多い方が保守的な評価となる。

6. 航空機の落下による火災の影響評価に用いたデータについて

(1) 航空機の仕様について

2号炉			
項目	大型民間航空機	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	KC-767	F-15
燃料の種類	JET A-1	JP-4	JP-4
燃料量 (m ³)	216.84 ^{注1}	145.04 ^{注3}	14.87 ^{注5}
燃料タンク面積 (m ²)	700 ^{注2}	405.2 ^{注4}	44.6 ^{注6}

注1：ボーイング社ホームページ“ Technical Characteristics Boeing 747-400” に記載の値

注2：ボーイング社ホームページ資料「747 Airplane Characteristics for Airport Planning (Document D6-58326-1, December 2002)」の機体図面より、主翼、主翼と交差する胴体部および尾翼面積が燃料タンク面積と同等と想定し、これらの面積を算出した値

注3：世界航空機年鑑 2012-2013 に記載の値および燃料密度から算出した値

注4：ボーイング社ホームページ資料「767 Airplane Characteristics for Airport Planning (Document D6-58328, September 2005)」に記載している同型機の機体図面より、燃料タンクの配置および大きさを想定し、これらの面積を算出した値

注5：航空ジャーナル 2月号増刊 F-15 イーグル (航空ジャーナル社昭和 55 年 2月 5日発行) (予備タンクを含む)

注6：航空ジャーナル 1978 別冊 F-15 イーグル (昭和 53 年 3月 5日発行) に記載の機体図面より、燃料タンクの配置および大きさを想定し、これらの面積を算出した値

(2) 燃料の物性値について

民間航空機の対象航空機としてボーイング 747-400 型機を選定しているが、当該機が使用する燃料の種類は、JET A-1 燃料である。

火災影響評価において使用する燃料物性値のうち、輻射発散度および質量低下速度について、JET A-1 燃料に関する明確な知見がないため、JIS - K - 2209 - 1991 に「ジェット燃料には合成炭化水素が含まれるが、この合成炭化水素は原油、オイルサンドあるいはシェールサンドから精製されたもので、物性値は極めて灯油に近い」と記載があることから、NUREG-1805 における灯油の値を使用している。

2号炉			
項目	大型民間航空機	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	KC-767	F-15
輻射発散度 (W/m ²)	5.0×10 ⁴ ^{注7}	5.8×10 ⁴ ^{注10}	5.8×10 ⁴ ^{注10}
燃焼速度 (m/s)	4.64×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵
質量低下速度 (kg/(m ² ・s))	0.039 ^{注8}	0.051 ^{注11}	0.051 ^{注11}
燃料密度 (kg/m ³)	840 ^{注9}	760 ^{注11}	760 ^{注11}

注7：「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」の附録Bにおける灯油の値

注8：NUREG-1805 に記載の灯油の値

注9：JIS - K - 2209 - 1991 記載の1号の値

注10：「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」の附録Bにおけるガソリン・ナフサの値

注11：NUREG-1805 に記載のJP-4 の値

(3) 航空機燃料 JP-4 と JP-5 の物性値の比較について

軍用で主に使用される航空機燃料として、JP-4 のジェット機燃料は、陸上、航空および海上の各自衛隊の一部では現在使用されていること、JP-4 は JP-5 に比べ輻射発散度の値が大きいことから、影響評価は JP-4 の値で評価する。

JP-4, 5 の物性値は以下のとおり。

2号炉		
燃料の種類	JP-4	JP-5
輻射発散度 (W/m ²)	5.8×10 ⁴	5.0×10 ⁴
燃焼速度 (m/s)	6.71×10 ⁻⁵	6.66×10 ⁻⁵
質量低下速度 (kg/(m ² ・s))	0.051	0.054
燃料密度 (kg/m ³)	760	810

7. 火災影響評価のカテゴリを考慮した航空機落下確率評価について

(1) 評価対象事故

島根原子力発電所2号炉における航空機落下確率については、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価について」（平成21・06・25 原院第1号）に基づき、以下のように分類し評価を実施している。

発電所名称 及び号炉	1) 計器飛行方式民間航空機の落下確率		2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故	3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故	
	① 飛行場での着陸時における落下事故	② 航空路を巡航中の落下事故		① 訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故	② 基地—訓練空域を往復時の落下事故
島根原子力発電所2号炉	○	○	○	○ ^{注1} (訓練空域外を飛行中の落下事故)	× ^{注2}

○：対象，×：対象外

注1：発電所周辺上空には自衛隊機又は米軍機の訓練空域はない。（資料－4）

注2：発電所は基地—訓練空域間の往復想定範囲内に入らないため、評価対象外とした。（資料－4）

火災影響評価において考慮す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（自衛隊機又は米軍機）では、その発生状況が必ずしも同一ではなく、また、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ため、航空機落下による火災影響の評価において考慮する落下事故については、これらの状況を考慮したカテゴリ毎に評価を実施している。

RJOC-AD2-24.6

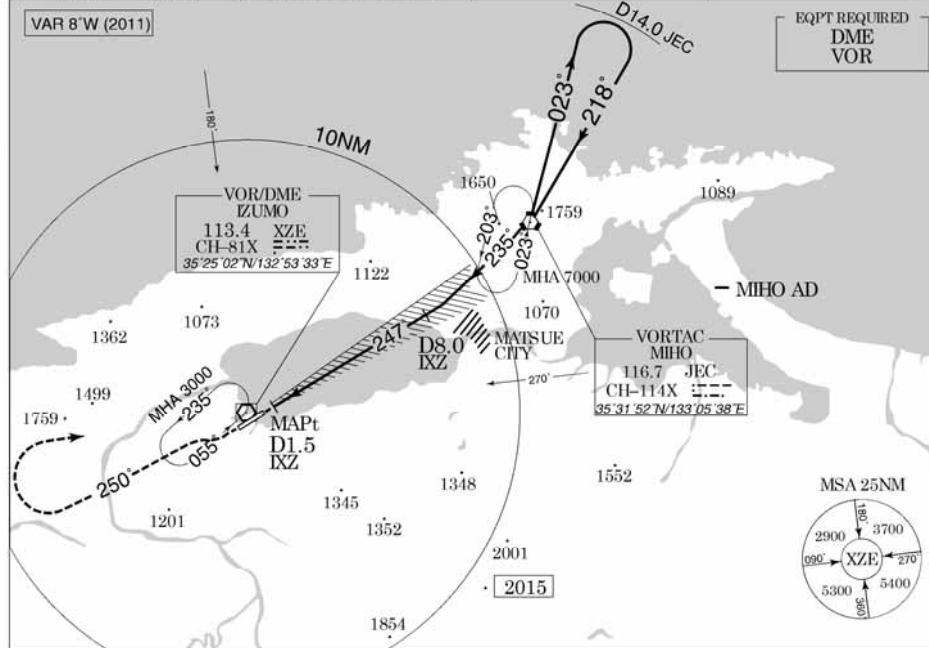
AIP Japan
IZUMO

INSTRUMENT APPROACH CHART

RJOC / IZUMO

LOC Z RWY25

MIHO APP 120.1 - 125.4 258.2 - 317.8	LOC 111.7 IXZ LOC-DME CH-54X	IZUMO RADIO 122.7 - 126.2	RADAR AVBL
--	------------------------------------	------------------------------	------------



MISSED APPROACH
Climb on HDG 247° to 1100FT, via XZE R250 to 3000FT, turn right, proceed to XZE VOR/DME within XZE 10.0DME and hold. Contact IZUMO RADIO.

Remain within D14.0 JEC

最大離着陸地点

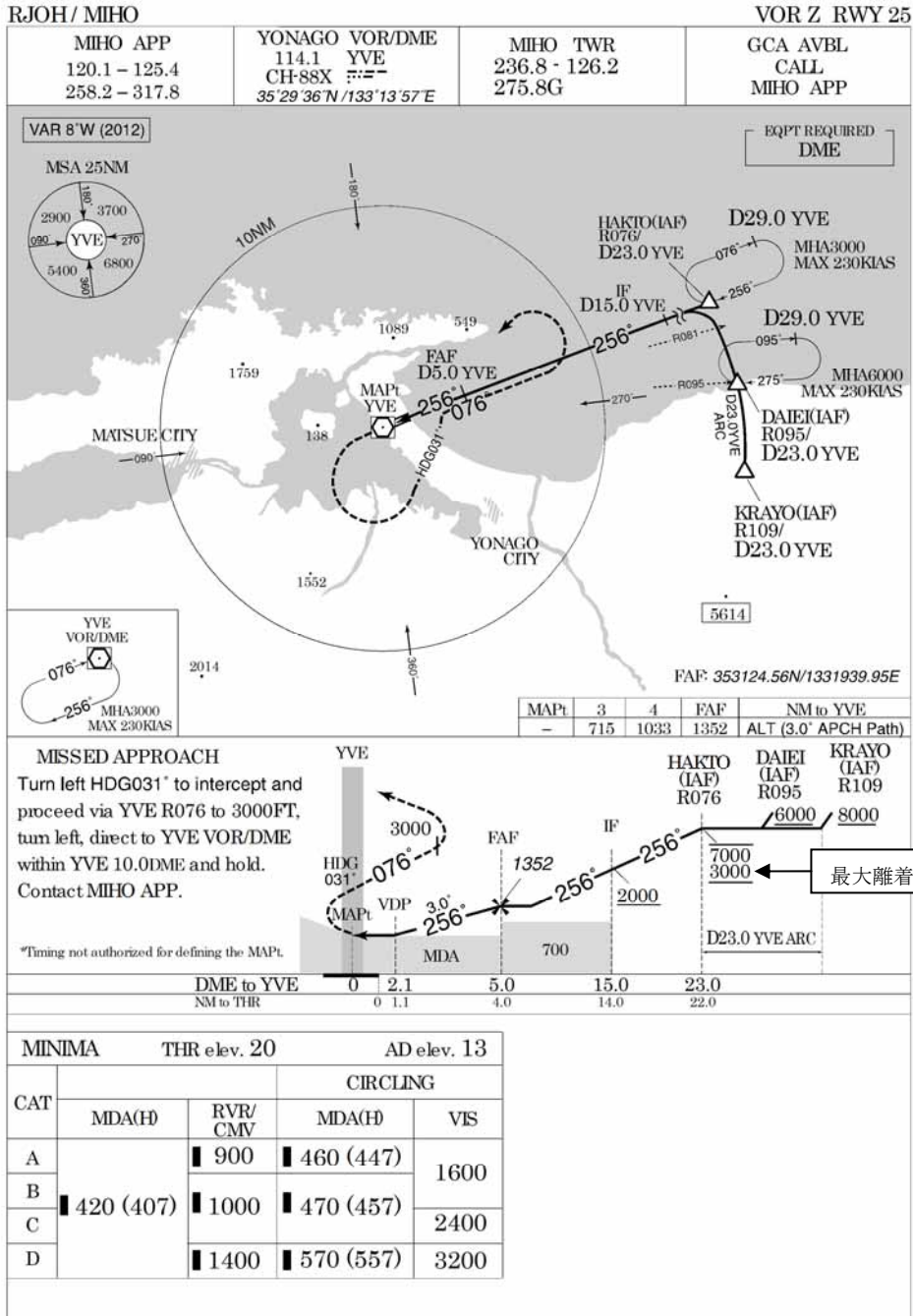
CAT	THR elev. 15		AD elev. 6	
	MDA(H)	CMV	MDA(H)	VIS
A	560 (554)	1000	560 (554)	1600
B		1200		2400
C		1600		3200
D				

Circling to NORTH side of RWY only.

最大離着陸地点 (出雲空港)

A I P より抜粋

INSTRUMENT APPROACH CHART



最大離着陸地点 (米子空港)

AIPより抜粋

航空機落下事故事故件数（平成3年～平成22年）

表3.1 計器飛行方式民間航空機（大型固定翼機）の事故概要

NO	発生日	発生場所	所属	型式	事故の概要	機体の損壊	運航形態
1	H5.4.18	花巻空港	日本エアシステム	ダグラス DC-9-41型	定期便（名古屋空港-花巻空港）として花巻空港に着陸の際、ハードランディングして滑走路上でかく座し、炎上した。	大破	着陸
2	H6.4.26	名古屋空港	中華航空公司	エアバス・インダストリー A300B4-622R型	名古屋空港に進入中、同空港の誘導路E1付近の着陸帯内に墜落し炎上その際、乗客乗員が死傷した。	大破	着陸
3	H8.6.13	福岡空港	ガルーダ・インドネシア航空	ダグラス DC-10-30型	福岡空港を離陸滑走中、離陸を中断、オーバーランし、草地上を滑走騒音対策用の緩衝緑地内にかく座し、炎上した。	大破	離陸
4	H21.3.23	成田国際空港 滑走路上	フェデラル エクスプレス コーポレーション	ダグラス MD-11F型	定期便（貨物便）として成田国際空港に着陸した際、バウンドを繰り返した後、左主翼が破損して出火し、炎上しながら左にロールし、滑走路の草地に横転して停止した。	大破	着陸

表3.2 有視界飛行方式民間航空機（大型固定翼機）の事故概要

NO	発生日	発生場所	所属	型式	事故の概要	機体の損壊	運航形態
	該当なし	-	-	-	-	-	-

出典：「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」
（平成24年9月独立行政法人原子力安全基盤機構）

運航回数及び運航距離

計算に用いる数値は、「航空輸送統計年報 第1表 総括表」の次の値とする。なお、外国機の運航回数及び運航距離ともに実績の公開記録が無いため考慮しないが、事故率は保守的となる。

- ① 日本国機の運航回数は、国内便、国際便ともに定期＋不定期の値。
 ② 日本国機の運航距離は、国内便のみの定期＋不定期の値。

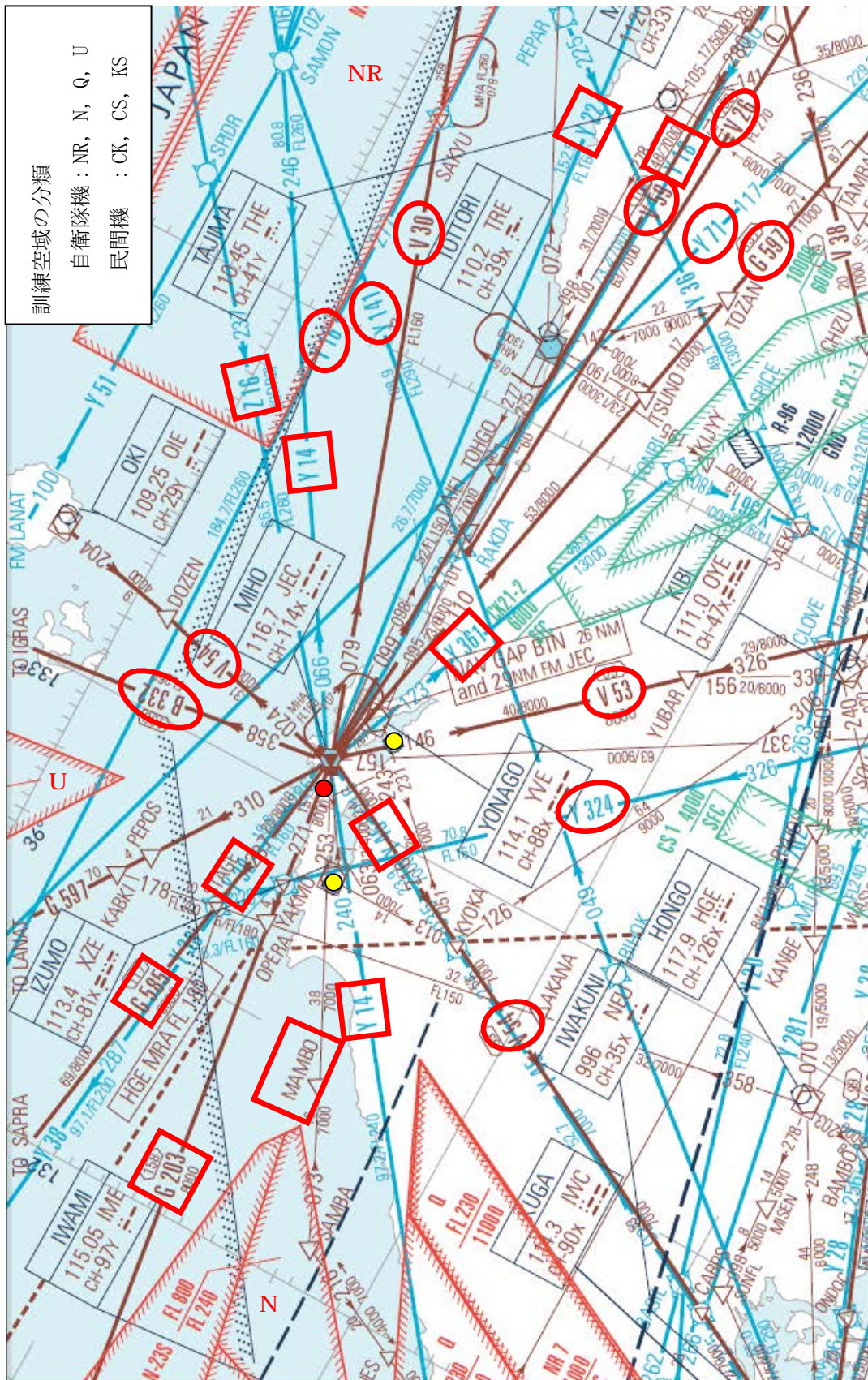
日本国機の国際便は、日本から海外までの距離が記載されており、日本国内での運航距離ではないため考慮しない。

ただし、日本国機の国際便、外国機の落下事故も日本国内で落下した場合は評価対象とし、事故率を保守的なものとする。

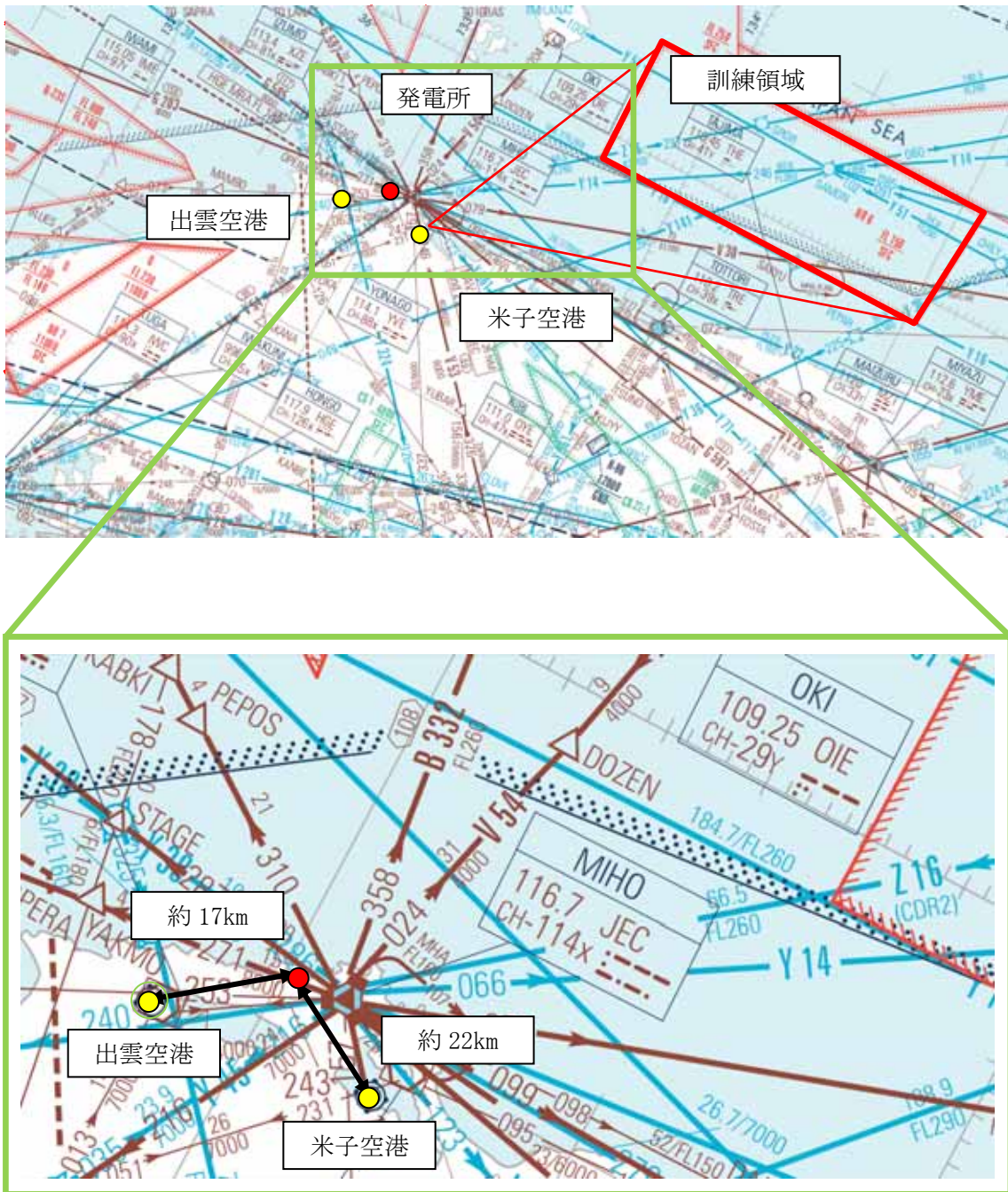
	日本国機の運航回数（運航回） ^注			日本国機の運航距離 （飛行回・km）
	国内便	国際便	計	国内便
平成4年	458,221	58,698	516,919	307,445,013
平成5年	466,787	57,451	524,238	326,899,203
平成6年	484,426	60,038	544,464	343,785,576
平成7年	531,508	67,908	599,416	380,948,123
平成8年	543,238	72,425	615,663	397,146,610
平成9年	562,574	77,134	639,708	420,920,228
平成10年	587,308	83,070	670,378	449,784,623
平成11年	594,957	85,804	680,761	459,973,069
平成12年	660,979	87,977	748,956	480,718,878
平成13年	671,618	86,824	758,442	489,803,107
平成14年	683,929	93,062	776,991	498,685,881
平成15年	700,184	92,381	792,565	519,701,117
平成16年	698,960	101,659	800,619	517,485,172
平成17年	709,377	106,078	815,455	527,370,038
平成18年	738,059	104,798	842,857	555,543,154
平成19年	741,949	112,605	854,554	559,797,874
平成20年	733,979	118,503	852,482	554,681,669
平成21年	716,640	110,234	826,874	544,824,157
平成22年	716,538	101,721	818,261	548,585,258
平成23年	717,100	96,292	813,392	555,144,327
合計	12,718,331	1,774,662	14,492,995	9,439,243,077

注：離着陸回数は、国内便の場合は、離着陸回数＝着陸回数＝運航回数とし、
 国際便の場合は、離着陸回数＝着陸回数＝1/2運航回数とする。

（離着陸回数＝離陸回数＋着陸回数＝国内便運航回数×2＋国際便運航回数
 ＝12,718,331×2＋1,774,662＝27,211,324）

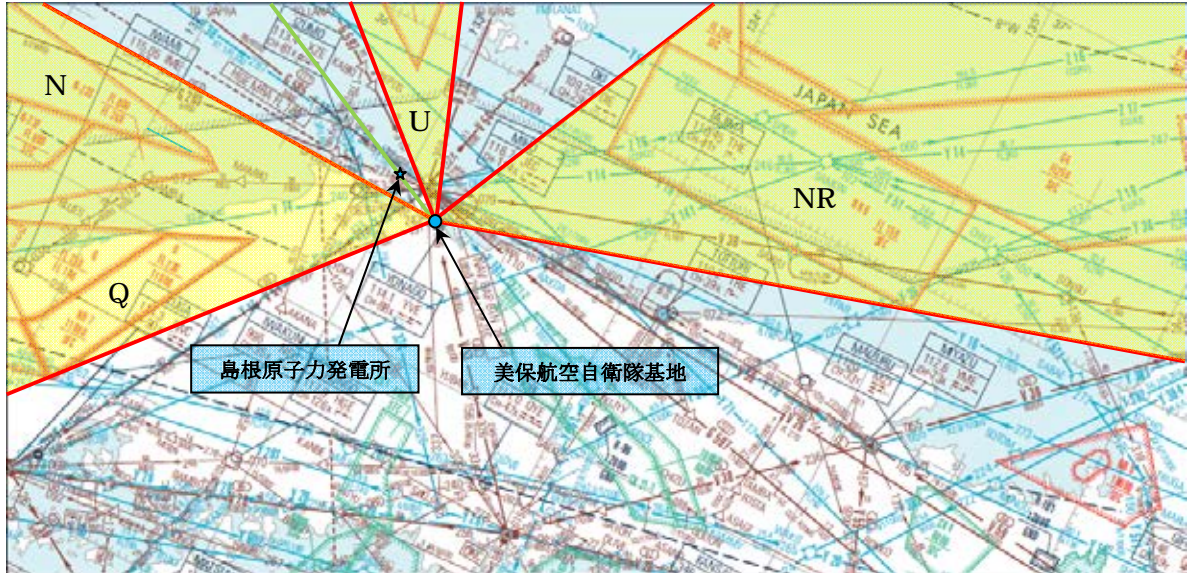


発電所周辺の航空図 (ENROUTE CHART (17. OCT. 2013 版) より抜粋)



発電所周辺の航空図 (ENROUTE CHART (17. OCT. 2013 版) より抜粋)

島根原子力発電所，美保航空自衛隊基地と訓練空域との位置関係



訓練空域（N-22エリア，Uエリア）の位置と発電所，基地の位置関係

頂 点	米子空港飛行場標点		訓練空域座標（N-22F区域）		（出力値）方位角	訓練空域座標（U区域）		（出力値）方位角
	緯度	経度	緯度	経度		緯度	経度	
1	35° 29' 36"	133° 14' 21"	35° 31' 48"	130° 33' 21"	271° 44' 12"	36° 32' 11"	131° 38' 51"	309° 21' 22"
2			35° 20' 11"	132° 14' 51"	259° 20' 45"	36° 45' 11"	131° 59' 51"	321° 42' 57"
3			35° 18' 05"	132° 18' 50"	256° 03' 05"	37° 00' 10"	132° 30' 51"	338° 57' 18"
4			35° 17' 26"	132° 12' 01"	256° 53' 39"	36° 15' 54"	132° 45' 48"	333° 29' 24"
5			35° 05' 43"	131° 04' 51"	257° 56' 51"	35° 52' 47"	132° 50' 22"	319° 57' 09"
6			35° 05' 33"	131° 00' 51"	258° 15' 06"	35° 52' 11"	132° 49' 51"	318° 36' 21"
7			35° 16' 49"	130° 35' 36"	265° 09' 05"			

島根原子力発電所上空の航空路飛行回数調査結果

対象航空路等（セグメント）	平成24年 上半期		平成24年 下半期	
	ピークデイ	交通量	ピークデイ	交通量
航空路 G203 (MIHO(JEC)-YAKMO)	6月8日 (東京管制部)	14	9月19日 (東京管制部)	14
航空路 G585 (MIHO(JEC)-STAGE)	同上	42	同上	39
航空路 G597 (MIHO(JEC)-PEPOS)	同上	42	同上	46
航空路 V54 (MIHO(JEC)-KYOKA)	同上	29 (※)	同上	24 (※)
航空路 V59 (MIHO(JEC)-TOHGO)	同上	7	同上	3
RNAV 経路 Y14 (MIHO(JEC)-HALNA)	同上	0	同上	0
RNAV 経路 Y14 (MIHO(JEC)-SAMON)	同上	18	同上	14
RNAV 経路 Y18 (MIHO(JEC)-RAKDA)	同上	0	同上	0
RNAV 経路 Y22 (MIHO(JEC)-TRUGA)	同上	4	同上	4
RNAV 経路 Y361 (MIHO(JEC)-TOMBI)	同上	33	同上	37
RNAV 経路 Y38 (MIHO(JEC)-STAGE)	同上	42	同上	39
RNAV 経路 Y45 (MIHO(JEC)-KYOKA)	同上	29 (※)	同上	24 (※)
RNAV 経路 Z16 (MIHO(JEC)-SPIDR)	同上	0	同上	0
直行経路 (MIHO(JEC)-MAMBO)	同上	3	同上	3

※V54とY45は経路重複区間として集計。

航空機落下確率評価に係る標的面積（島根原子力発電所）

(km²)

号炉	原子炉 建物 ^{注1}	制御室建物 (共用)	海水 熱交換器	海水ポンプ エリア	ディーゼル 発電機	合計
2号炉	0.00881	0.000937	— ^{注2}	0.000179	— ^{注2}	0.009926

注1：使用済燃料プール及び主要な安全系機器は原子炉建物に含む。

注2：原子炉建物内に含む。

8. 航空機墜落に起因する危険物施設の火災による原子炉施設への影響

(1) 評価対象の航空機墜落火災

発電用原子炉施設に対し最も影響の大きい（輻射強度、燃焼時間がもっとも大きい）B747-400が、墜落確率が 10^{-7} （回／炉・年）となる位置に墜落することを想定し、墜落地点に近接する危険物施設との重畳火災の影響評価を行う。

想定航空機	燃料の種類	燃料量 (m ³)	離隔距離 (m)	輻射強度 (W/m ²)	燃焼時間	重畳対象
B747-400	JET-A1	216.84	62	4,718	1.86	○
KC-767	JP-4	145.04	286	179	1.48	—
F-15	JP-4	14.87	40	1,003	1.38	—

(2) 重畳評価する敷地内の屋外危険物施設

航空機墜落確率が 10^{-7} （回／炉・年）の範囲の近傍には、2号炉復水貯蔵タンク廻りに配置予定の可搬設備（車両）がある。

配置予定の車両は複数あり、それぞれ貯蔵量（100L～1,100L）、離隔距離（約20m～70m）は異なるが、本評価では保守的に原子炉建物に対し最短距離にある車両に全ての車両の燃料が保管されていると仮定し、航空機の墜落火災と同時に火災が発生するものとして熱影響評価を行う。

図2に航空機墜落地点と危険物施設の位置関係を示す。

敷地内の危険物施設	燃料の種類	燃料量 (m ³)	輻射強度 (W/m ²)	燃焼時間	離隔距離 (m)	重畳対象
2号炉復水貯蔵タンク廻り	軽油	4.5 [※] (3.91)	1,633	1.00 [※] (0.87)	20	○

※ 2号炉復水貯蔵タンク廻りへの車両の燃料量は現時点の配備の計画から算出したものであり、保守的に燃焼継続時間を1時間（4.5 m³相当）として評価した。（カッコ内は現時点の配置計画での数値である。）

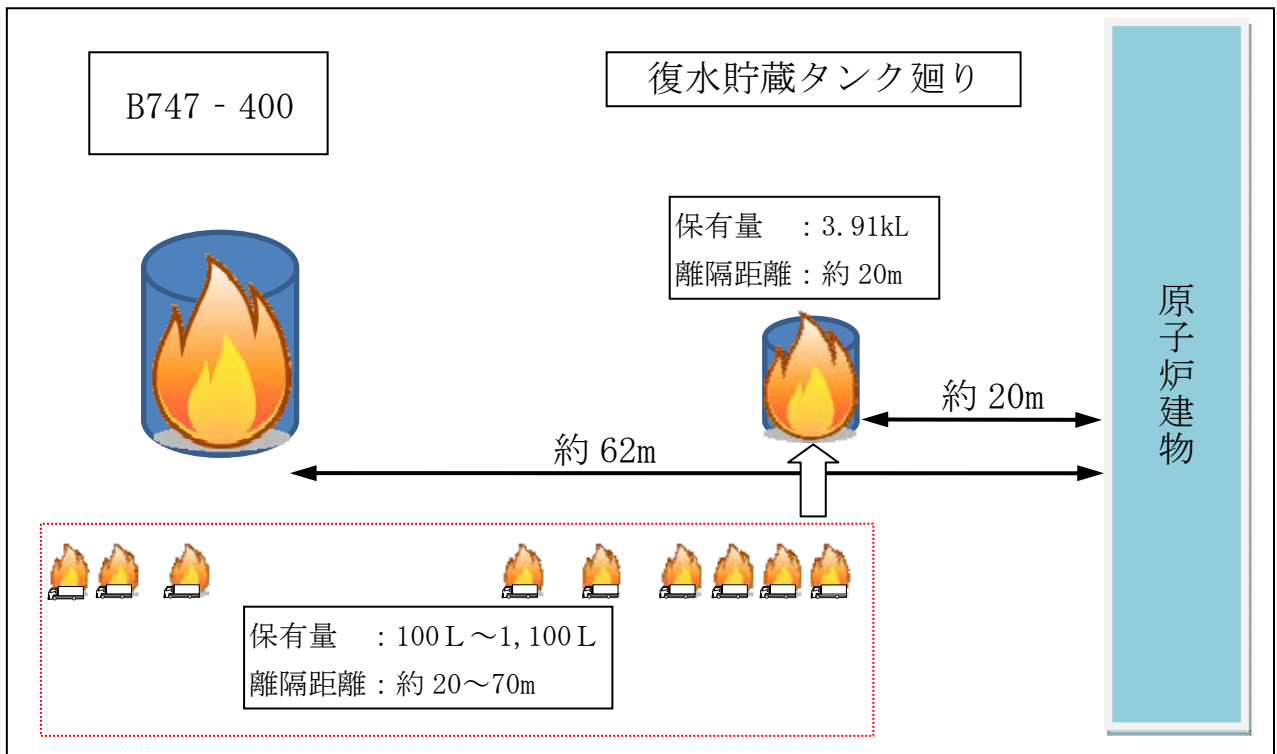
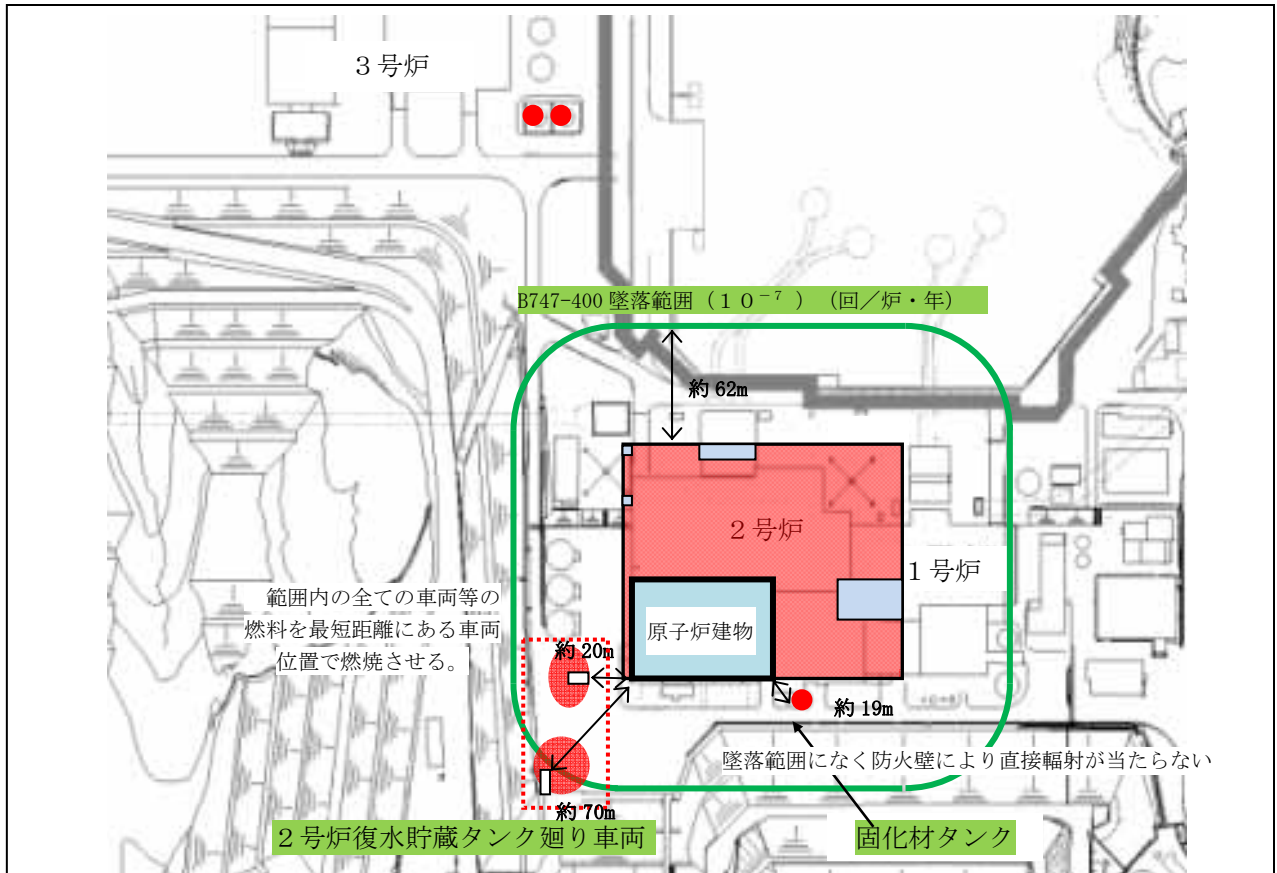


図2 航空機墜落地点と危険物施設の位置関係

a. 必要データ

評価に用いるデータは以下のとおり。

2号炉		
項目	大型民間航空機	敷地内危険物施設
想定する危険物施設等	B747-400	2号炉復水貯蔵タンク 廻り車両
燃料の種類	JET A-1	軽油
燃料量 (m ³)	216.84	4.5 (3.91)
輻射発散度 (W/m ²)	5.0×10 ⁴	4.2×10 ⁴
燃焼速度 (m/s)	4.64×10 ⁻⁵	4.79×10 ⁻⁵
燃料タンク面積 (m ²)	700	26
原子炉施設からの距離 (m)	62	20

b. 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。

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

R: 燃焼半径 (m), S: 燃料タンク面積 (m²)

c. 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

Φ: 形態係数 (-), L: 離隔距離 (m), H: 火炎の高さ (m), R: 燃焼半径 (m)

d. 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となる。

$$E = R_f \cdot \Phi$$

E: 輻射強度 (W/m²), R_f: 輻射発散度 (W/m²), Φ: 形態係数 (-)

2号炉		
想定する危険物施設等	B747-400	2号炉復水貯蔵タンク 廻り車両
燃料タンク面積 (m ²)	700	26
燃焼半径 (m)	14.93	2.88
輻射発散度 (W/m ²)	5.0 × 10 ⁴	4.2 × 10 ⁴
形態係数	9.44 × 10 ⁻²	3.89 × 10 ⁻²
輻射強度 (W/m ²)	4,718	1,633

e. 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となる。

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

v: 燃焼速度 (m/s), M: 質量低下速度 (kg/(m²・s)), ρ: 燃料密度 (kg/m³),
t: 燃焼継続時間 (s), V: 燃料量 (m³), R: 燃焼半径 (m)

2号炉		
想定する危険物施設等	B747-400	2号炉復水貯蔵タンク 廻り車両
燃料量 (m ³)	216.84	4.5 (3.91)
燃焼面積 π R ² (m ²)	700	26
燃焼速度 (m/s)	4.64 × 10 ⁻⁵	4.79 × 10 ⁻⁵
質量低下速度 (kg/(m ² ・s))	0.039	0.044
燃料密度 (kg/m ³)	840	918
燃焼継続時間 (hr)	1.86	1.00 (0.87)

f. 判断の考え方（建物外壁の耐火性能評価）

(a) 許容温度

本火災影響評価で用いる許容温度については、一般的にコンクリートの強度にほとん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を想定）とする。

(b) 耐火性能の評価

ア. 計算体系

外部火災からの輻射による建物の壁温度は、壁の厚さ方向の温度分布を一次元熱伝導モデルで計算する。計算体系を図3に示す。

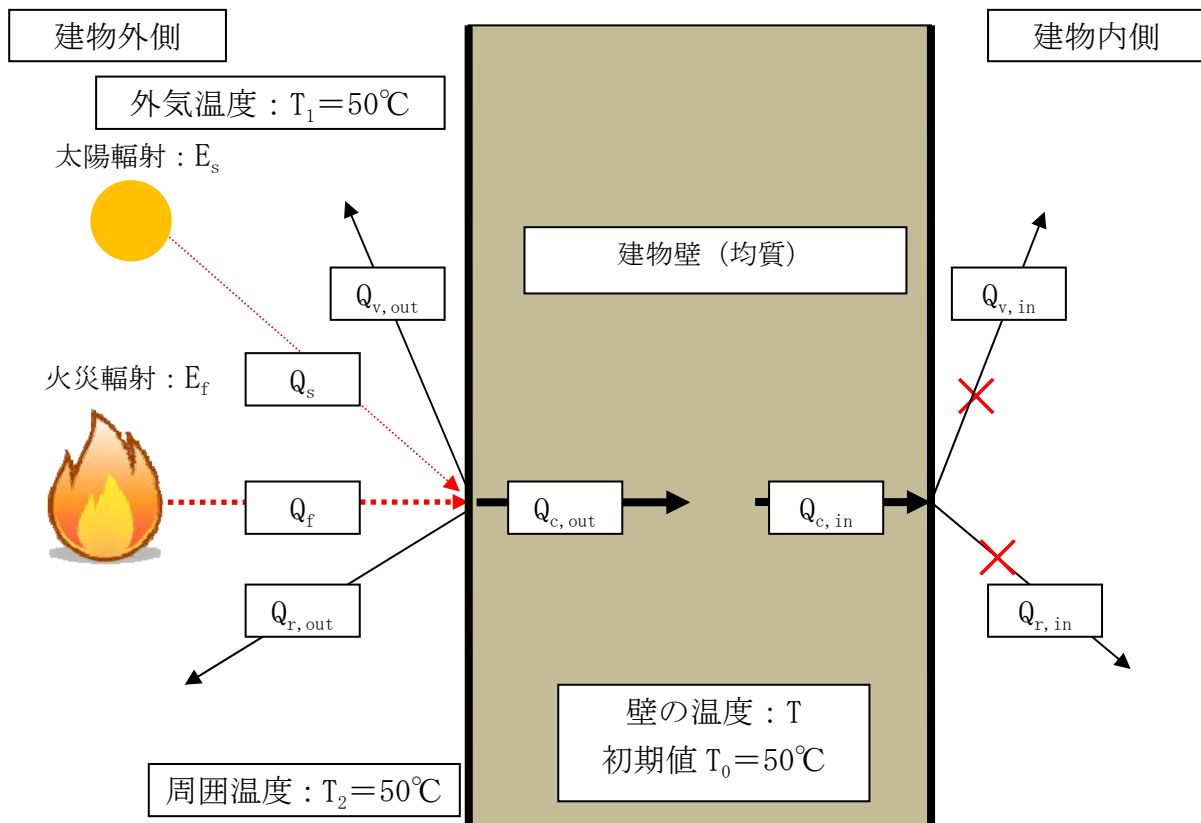


図3 航空機墜落火災の建物壁温度評価計算体系

イ. 基礎式

温度評価の基礎式は、以下の一次元非定常熱伝導方程式であるがこれを差分法により離散化し、数値解法によって温度の分布及び時間変化を計算することによって外壁の温度変化を評価する。

$$\frac{dT}{dt} = \kappa \frac{d^2T}{dx^2} \quad (2-1)$$

ここで、 T は温度、 t は時刻、 x は建物壁における外部からの距離、 κ は建物壁の熱拡散率を表す。

ウ. 伝熱速度の計算式

建物壁に対する伝熱速度の関係式としては以下のとおりである。評価条件は表4に示す。

本評価においては、保守的にコンクリート内部への放射及び内面環境（建物内空気）への伝熱がない条件（断熱）にて評価する。

また、ガイドに基づき無風状態での温度変化を評価するが、航空機墜落火災からの放射に対しコンクリート表面の吸収率、放射率及びコンクリート表面の自然対流を考慮し評価する。

なお、太陽からの放射による影響を考慮し外壁の初期温度を 50°C とし、外気も 50°C とした。（図5）

$$\text{壁内面への伝熱} : Q_{c, out} = Q_f - Q_{r, out} - Q_{v, out}$$

$$\text{内部環境への伝熱} : Q_{c, in} = 0$$

$$\text{火災からの放射} : Q_f = \alpha_f \cdot E_f$$

$$\text{壁表面での放射} : Q_{r, out} = \sigma \cdot \varepsilon_{w, out} (T^4 - T_1^4)$$

$$\text{壁表面での対流} : Q_{v, out} = h_{out} (T - T_2)$$

表4 評価条件

項目	条件	単位	備考
外面材質	コンクリート	—	本館建物外壁面
外気温度： T_1	50	℃	松江市の最高気温に日射を考慮し算定した。
内気温度	—	℃	内気に熱伝達がない条件のため数値は評価結果に影響しない。
外面熱伝達率： h_{out}	図4参照	$W/(m^2 \cdot K)$	自然対流熱伝達率(Bayleyの式)
内面熱伝達率	0	$W/(m^2 \cdot K)$	自然対流熱伝達率(Bayleyの式)より保守的にコンクリートから内気に熱伝達がない条件とした。
壁の厚さ： d	1.9	m	2号炉原子炉建物西側の外壁厚さを使用する。
火炎からの輻射： E_f	4,718	W/m^2	B747-400
	1,633	W/m^2	2号炉復水貯蔵タンク廻り車両
外面放射率： $\varepsilon_{w,out}$	0.94	—	伝熱工学資料(Rev. 5) p.161 コンクリート
吸収率： α_f	0.94	—	
内面放射率	0	—	保守的にコンクリート内面に放射されない条件とした。
壁の初期温度： T_0	50	℃	外気温度 50℃を考慮し保守的に50℃とした。
壁の熱拡散率： κ	8.4177×10^{-7}	m^2/s	$\kappa = k / (\rho \cdot c)$
壁の比熱： c	879.1	$J/(kg \cdot K)$	コンクリート
壁の密度： ρ	2,200	kg/m^3	コンクリート
壁の熱伝導率： k	1.628	$W/(m \cdot K)$	コンクリート
ステファン・ボルツマン定数： σ	5.67×10^{-8}	$W/(m^2 \cdot K^4)$	伝熱工学資料(Rev. 5) p.132 (4式)より
太陽からの輻射	—	W/m	外気温度及び外壁の初期温度に含む。
太陽輻射からの吸収率	—	—	外気温度及び外壁の初期温度に含む。

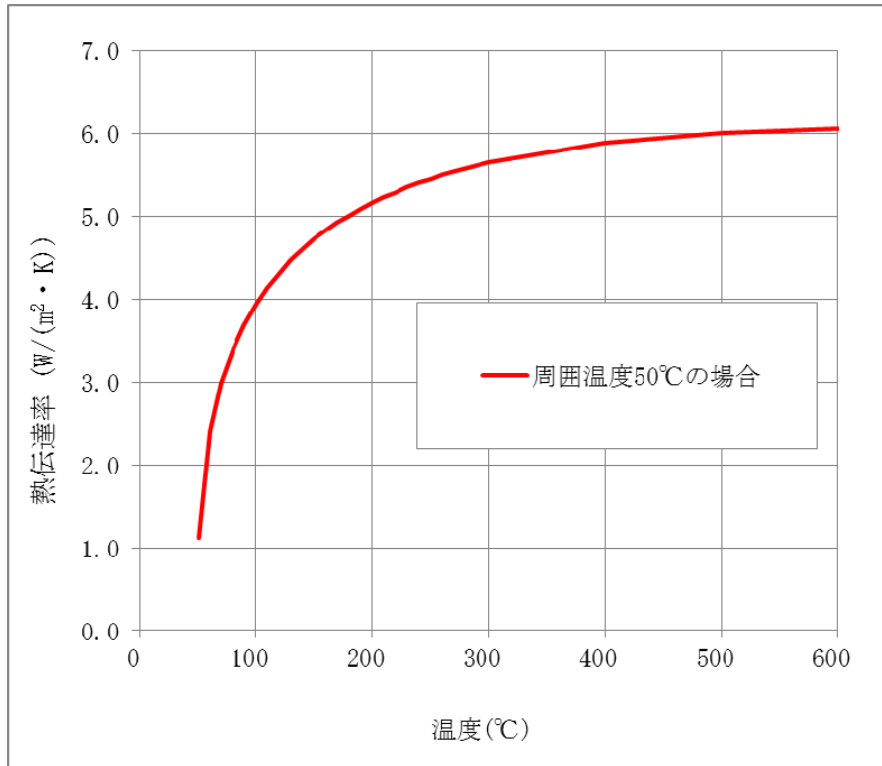


図4 自然対流熱伝達率(Bayley の式)

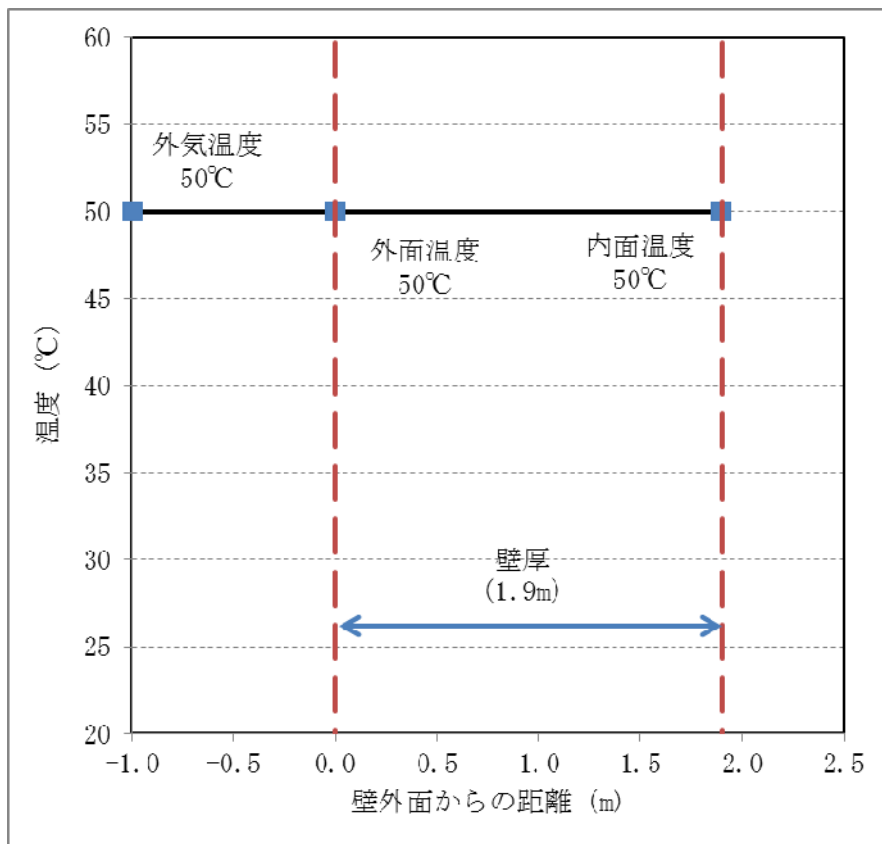


図5 壁内部の初期温度分布

g. 原子炉建物外面の評価結果

表5に原子炉建物外面の最高温度を示す。図6に輻射強度の時間変化を、図7に壁外面及び壁内面の温度の時間変化を示す。壁の外面温度は、一定の輻射強度を与える継続時間終了時に最高値となる。

(3) 評価結果

航空機墜落火災に伴い敷地内の危険物施設が同時に延焼することを想定しても、原子炉建物外壁の温度は許容温度を超えない。

表5 原子炉建物外面の最高温度

評価対象	燃料	燃料容量 (m ³)	燃料タンク面積 (m ²)	離隔距離 (m)	時間 (h)	輻射強度 (W/m ²)	評価温度 (°C)
航空機 (B747-400)	Jet-A1	216.84	700	62	1.86	4,718	194.6
敷地内危険物施設	軽油	4.5 (3.91)	26	20	1.00 (0.87)	1,633	

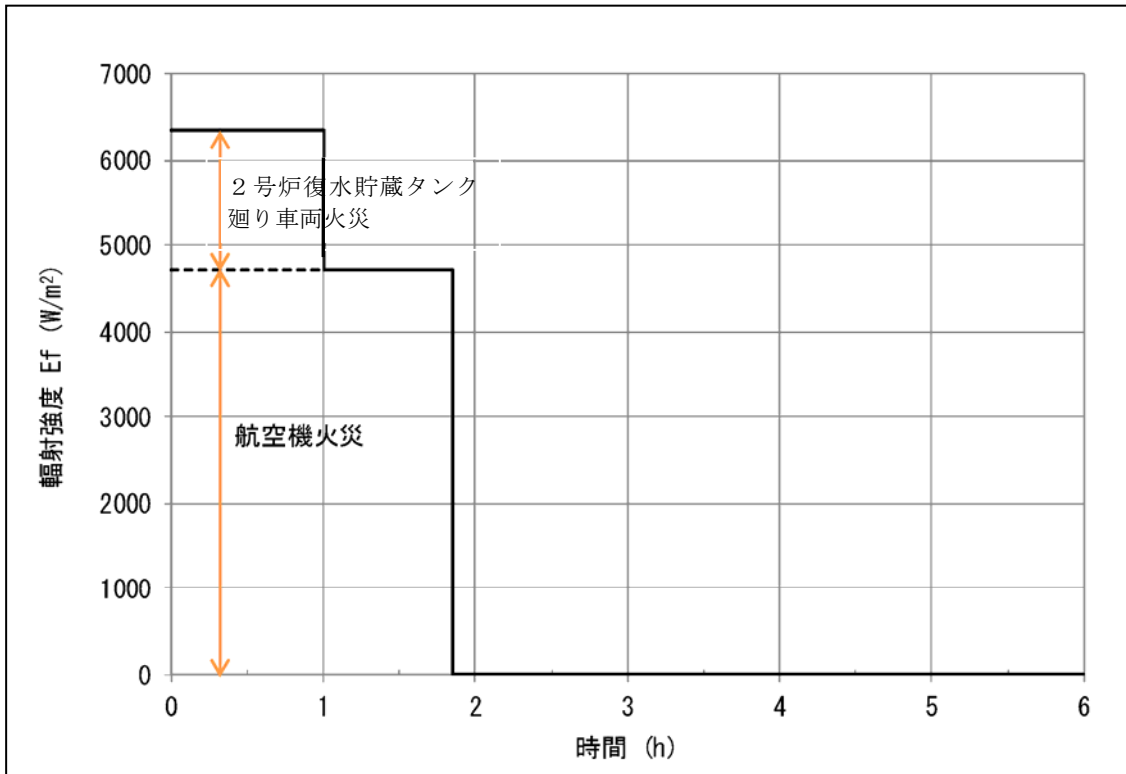


図6 航空機墜落火災による輻射強度の時間変化

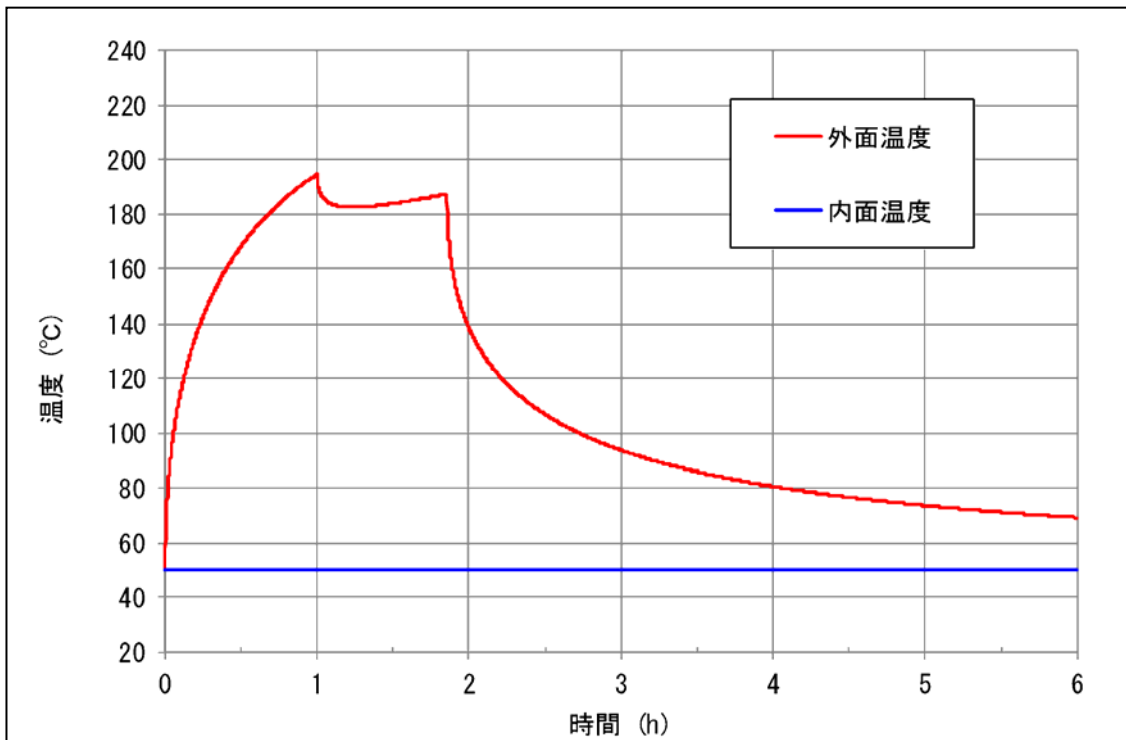


図7 原子炉建物外面及び内面温度の時間変化

<参考> 小型民間航空機（有視界飛行）の墜落確率及び離隔距離の算出

原子炉施設からの離隔距離の算出

有視界飛行方式小型民間航空機の墜落事故

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

P_V : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

f_V : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

S_V : 全国土面積 (km²) = 37.2万km²

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

α : 対象航空機の種類による係数

パラメータ	2号炉	
	小型 固定翼機	小型 回転翼機
f_V ^{注1}	35/20=1.75	30/20=1.50
S_V ^{注1}	3.72×10 ⁵	
A	0.01	
α ^{注1}	0.1	
P_V	4.70×10 ⁻⁹	4.03×10 ⁻⁹

注1 : 「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成24年9月独立行政法人原子力安全基盤機構)による。

P_V (墜落確率) 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。

$$A = 10^{-7} \text{ [回/炉・年]} / (4.70 \times 10^{-9} + 4.03 \times 10^{-9})$$

$$A = 0.114 \text{ (km}^2\text{)} = 114,000 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$L = (- (x + y) + \sqrt{ (x + y)^2 - \pi (x y - A) }) / \pi$$

	原子炉建物等の 隔離面積A	原子炉建物等の長さ		離隔距離L
		縦の長さx	横の長さy	
小型民間航空機 (有視界飛行) Do228-200	0.114 (km ²)	0.141 (km)	0.167 (km)	98 (m)

ばい煙および有毒ガスの影響評価について

1. 目的

外部火災で発生するばい煙の多くは、大規模な火災により発生する強い上昇気流によってプラントの上空に運ばれるため、高濃度のばい煙等が直接、吸気口等から建物内に流入する可能性は低いと考えられるが、設備の健全性を評価する。

2. 非常用ディーゼル機関へのばい煙の影響について

ばい煙が非常用ディーゼル機関の吸気口まで到達したとしても、非常用ディーゼル機関の吸気消音器には給気フィルタが設置されているため、粒径の大きいばい煙は捕獲される。

吸気フィルタは閉塞状況の監視が可能であり、万一閉塞した場合は、予め準備する予備フィルタを使用し、速やかなフィルタ交換を行うことが可能である。

粒径数 μm ~ $10\mu\text{m}$ 程度のばい煙は、機関へ取り込まれる可能性があるが、以下の理由により過給機、空気冷却器、シリンダを経て大気へ放出される過程において、間隙の閉塞、摺動部の摩擦、摺動運動の阻害は発生しない。

- ・過給機、空気冷却器へ侵入した場合、当該設備の間隙はばい煙粒子に比べ十分に大きいことから閉塞しない。
- ・シリンダとピストンとの間隙へ侵入した場合、間隙に付している潤滑油により機関外へ除去されることから閉塞しない。
- ・ばい煙粒子はシリンダ、ピストンに比べ硬度が小さく柔らかいことから摺動部の摩擦、摺動運動の阻害は発生しない。

なお、機関の起動時はシリンダ内に大量のばい煙が発生していることから、外部火災で発生したばい煙が燃焼室内に一時的に滞留したとしても、機関の運転には影響はない。

3. 非常用ディーゼル機関への熱風の影響について

航空機墜落火災で、発生する熱風は上昇気流により拡散する。

非常用ディーゼルの給気口は、原子炉建物の屋上に設置されているため墜落箇所からの離隔距離（大型民間航空機では62m）を考慮すると到達する可能性は低い。仮に高温となった空気が非常用ディーゼルの給気口が設置されている原子炉建物の近傍に到達したとしても、給気口の形状が逆傘状となっていることから、高温空気を直接吸い込むことはない。

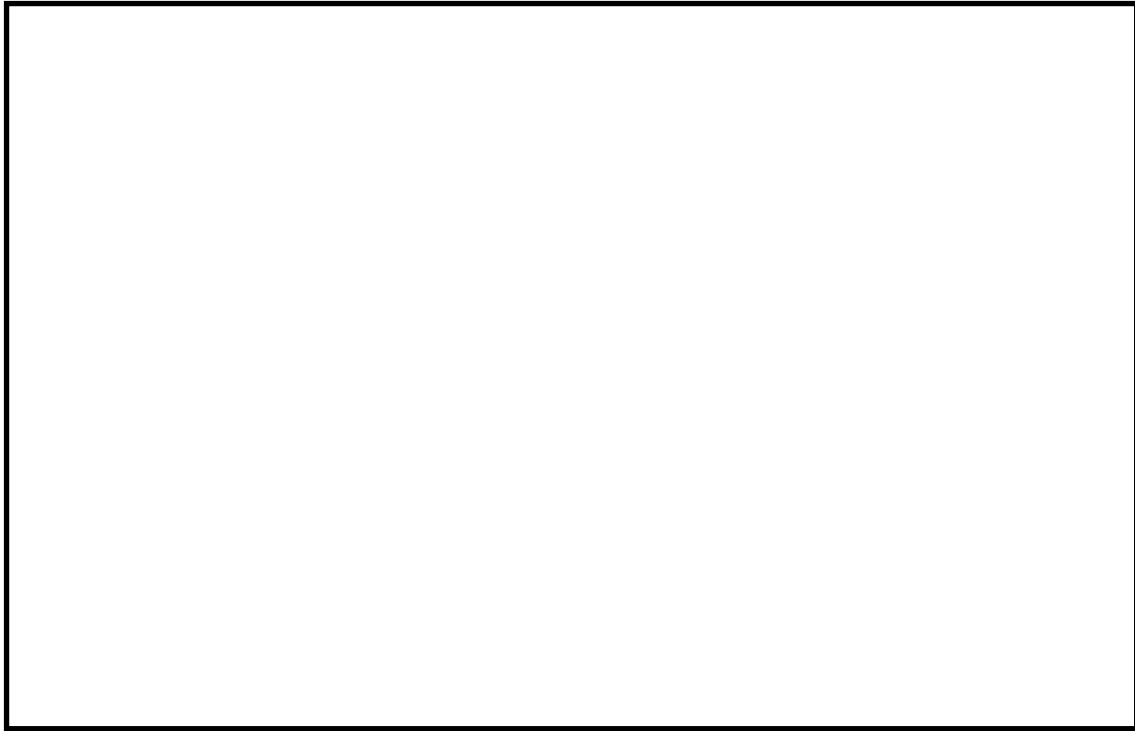


図1 非常用ディーゼル機関の吸気系統構造図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

4. 換気空調設備のばい煙への影響評価について

外気を取り入れている換気空調系統として、以下の系統がある。

- ・原子炉棟空調換気系
- ・原子炉建物附属棟空調換気系
- ・中央制御室空調換気系

これらの外気取入口には袋型フィルタや平型フィルタが設置されており、ばい煙が外気取入口に到達した場合であっても、袋型フィルタは除塵効率が85%以上、平型フィルタは除塵効率が76%以上（JIS B9908「換気用エアフィルタユニット・換気用電気集じん器の性能試験方法」に規定された試験用粉体11種（中位径の範囲が $1.6\mu\text{m}$ ～ $2.3\mu\text{m}$ ）に対する除塵効率）であり、一定以上の粒径ばい煙については、当該フィルタにより侵入を阻止可能である。

上記の系統のうち、中央制御室の空調系については、外気取入用ダンパが設置されており、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転を行うことにより、ばい煙の侵入阻止が可能である。

上記以外の外気隔離用ダンパが設置されていない空調系統については、空調ファンを停止することで、ばい煙の侵入阻止が可能である。

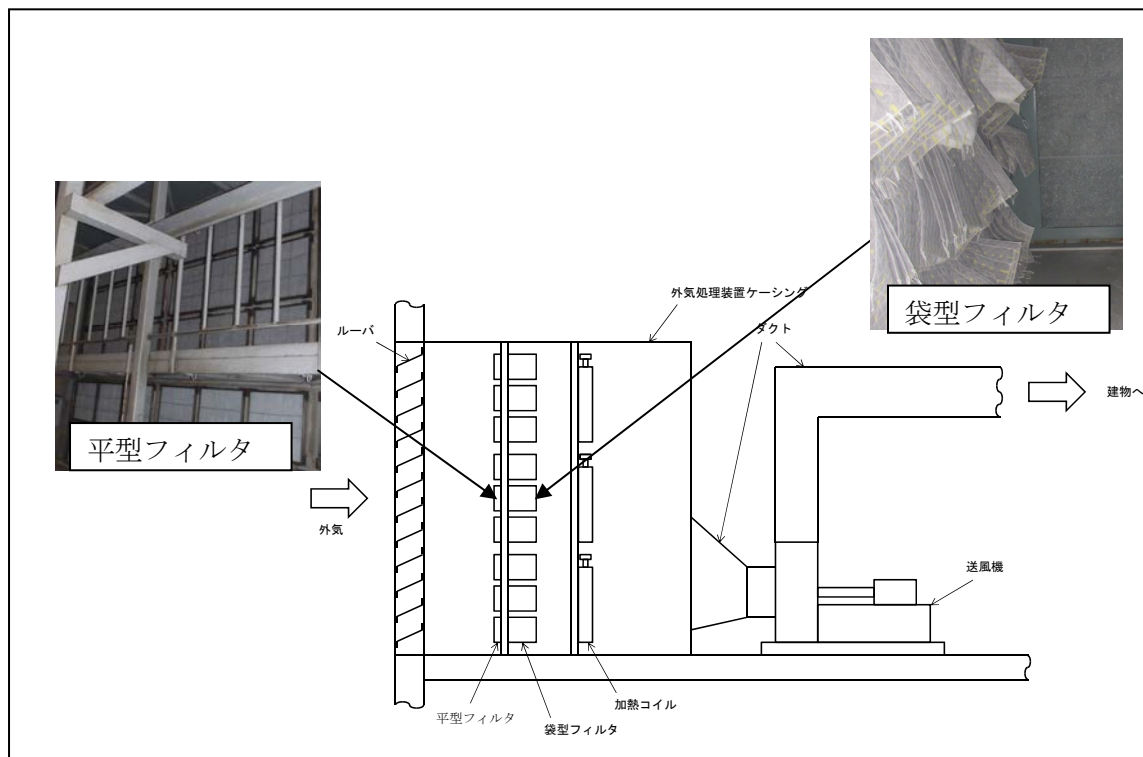


図2 外気取入状況

5. 屋外設置機器のばい煙への影響評価について

(1) 原子炉補機海水ポンプモータ

原子炉補機海水ポンプモータは、屋外開放内扇の防雨形構造のため、モータ内部へ直接外気を取り込んでいるが、通気経路上にある入気ヨロイド、エアフィルタ、仕切板等により異物がモータ内部へ侵入し難い構造となっている。

また、モータ内部にばい煙粒子が侵入した場合でも、モータ内の通気経路の隙間は十分に大きく閉塞等の影響はない。

なお、海水ポンプモータは温度監視を実施しており、万一、異物の影響によりモータ温度の上昇が検知されれば、ポンプの切替えを実施し、エアフィルタの点検、清掃等の対応が可能である。

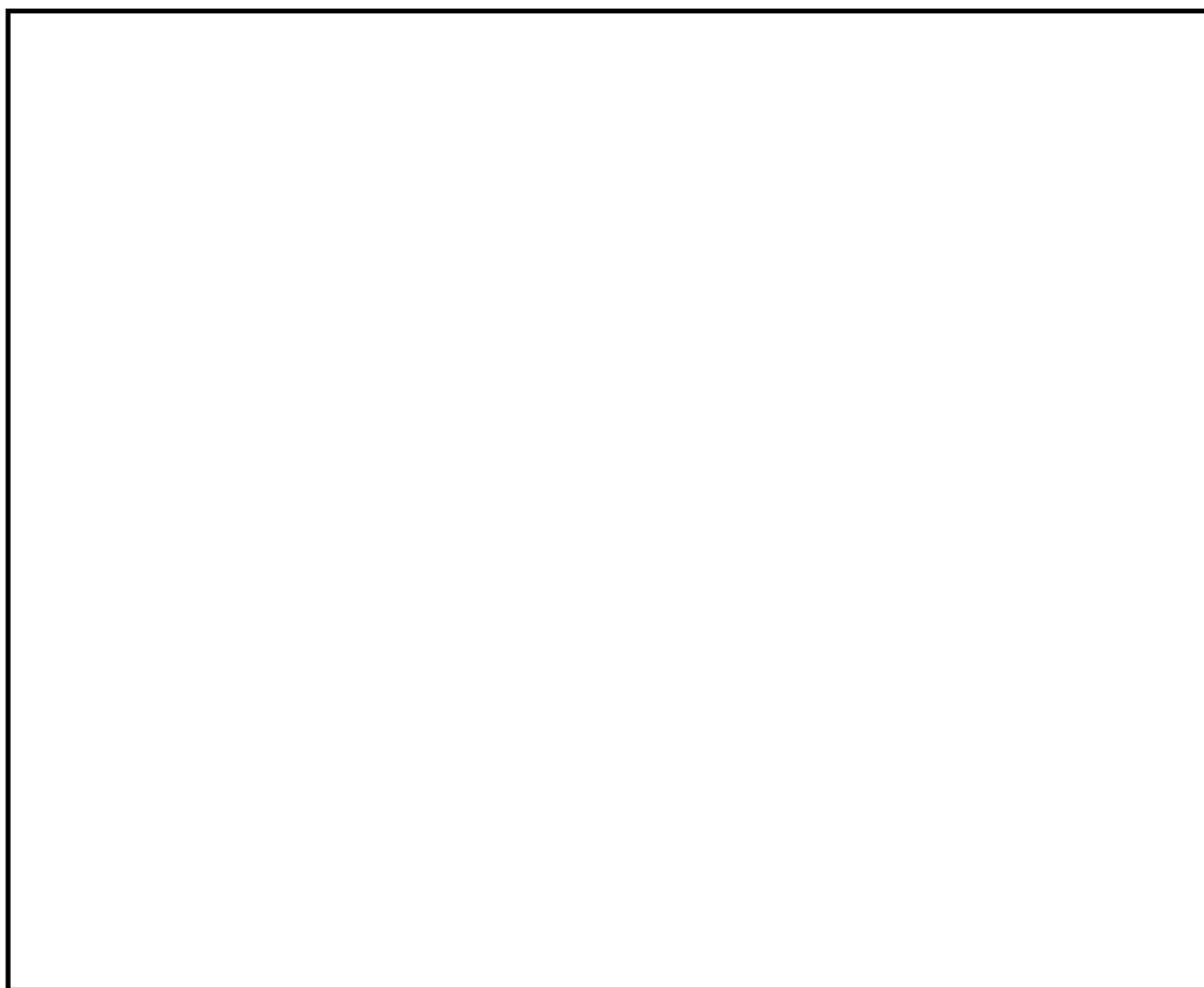


図3 原子炉補機海水ポンプモータの冷却方式図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

(2) 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータ

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータは、電動機本体が全閉外扇形構造となっており、外気を直接モータ内部へ取り込まない構造であり影響はない。

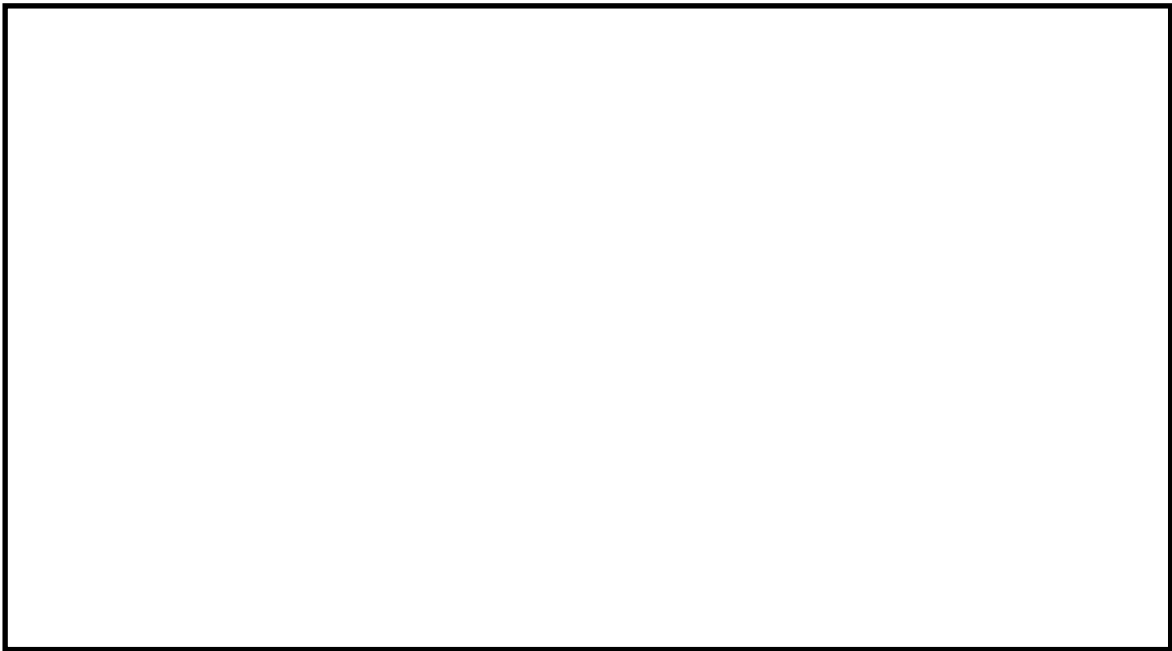


図4 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータの冷却方式図

6. 中央制御室の外部火災による燃焼ガスからの防護について

発電所周辺にばい煙等が発生したとしても、中央制御室空調換気系は外気との取入口を遮断し、再循環運転とすることが可能であり、中央制御室の居住性に影響を及ぼさない。

なお、運転操作環境維持の観点から、酸素濃度及び炭酸ガス濃度について評価を実施した結果、以下のとおり外気取入を遮断したままでも、中央制御室内の運転員の作業環境に影響を与えないことを確認した。

(1) 酸素濃度

「空気調和・衛生工学便覧 空気調和設備編」に基づき、酸素濃度について評価した。

a. 評価条件

- ・ 在室人員 15 名
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積 15,700m³
- ・ 保守的に空気流入はないものとする。
- ・ 初期酸素濃度 20.95%
- ・ 1人あたりの呼吸量は、事故時の運転操作を想定し、歩行時の呼吸量を適用して、240/min とする。
- ・ 1人あたりの酸素消費量は、呼気の酸素濃度：16.40%として、65.520/h とする。
- ・ 許容酸素濃度 18%以上（労働安全衛生規則から）

b. 評価結果

上記評価条件から求めた酸素濃度は、表1のとおりであり、471時間外気取入を遮断したままでも、中央制御室内に滞在することが可能である。この時間は敷地内の危険物貯蔵施設の燃焼継続時間の最大値（重油タンク14.55時間）に比べ十分に余裕があることから、運転員の操作環境に影響を与えない。

表1 酸素濃度

時間	12 時間	24 時間	36 時間	471 時間
酸素濃度	20.9%	20.8%	20.8%	18.01%

(2) 炭酸ガス濃度

「空気調和・衛生工学便覧 空気調和設備編」に基づき、炭酸ガス濃度について評価した。

a. 評価条件

- ・ 在室人員 15 名
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積 15,700m³
- ・ 保守的に空気流入はないものとする。
- ・ 初期炭酸ガス濃度 0.03%
- ・ 1人あたりの炭酸ガス吐出量は、事故時の運転操作を想定し、中等作業時の吐出量を適用して、0.046m³/h とする。
- ・ 許容炭酸ガス濃度 1.5%以下（労働安全衛生規則から）

b. 評価結果

上記評価条件から求めた炭酸ガス濃度は、表2のとおりであり、334時間外気取入を遮断したままでも、中央制御室内に滞在することが可能である。この時間は敷地内の危険物貯蔵施設の燃焼継続時間の最大値（重油タンク 14.55 時間）に比べ十分に余裕があることから、運転員の操作環境に影響を与えない。

表2 炭酸ガス濃度

時間	12 時間	24 時間	36 時間	334 時間
炭酸ガス濃度	0.09%	0.14%	0.19%	1.49%

7. 外部火災時における中央制御室の有毒ガス影響評価について

(1) 目的

島根原子力発電所の制御室建物の中央制御室給気口における有毒ガス濃度を判断基準と比較することで、中央制御室居住性の評価を行う。

(2) 評価対象

評価対象は、図5に示す発電所敷地内危険物タンク、航空機落下および発電所敷地内危険物タンクと航空機落下による重畳火災とする。表3に評価対象から中央制御室給気口までの距離および中央制御室給気口の高さを示す。



図5 発電所敷地内危険物タンク

表3 評価対象に関するデータ

評価対象		評価対象との距離 (m)	給気口までの高さ※(m)
B747-400		111	14.7
固化材タンク		69	
軽油タンク (560KL)		416	
軽油タンク (A, B)		314	21.2
重油タンク (No. 1, 2, 3)		692	
重畳	B747-400	196	14.7
	復水貯蔵タンク廻り	157	

※ 評価対象が地上 (EL15m) より低い場合は実際の高低差を使用し、地上より高い場合は保守的に地上からの高低差を使用する。

(3) 評価方法

火災時の有毒ガスの発生率、給気口に到達する風速および大気拡散を考慮し、中央制御室給気口における有毒ガスの最大濃度を算出し、判断基準であるIDLH (Immediately Dangerous to Life of Health^{※1}) と比較する。

※1 30分暴露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり、脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。

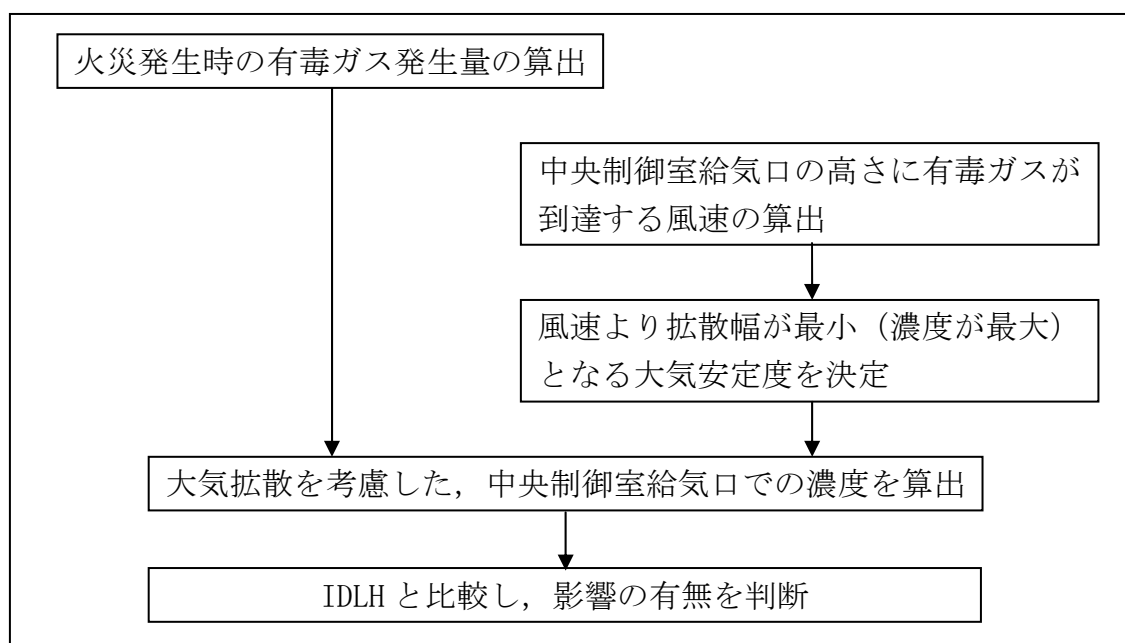


図6 評価フロー

(4) 評価手順

中央制御室給気口に到達する有毒ガスの濃度は、大気拡散を考慮し有風時ブルーム式を用いて評価する。

火災地点から放出された有毒ガスは、中央制御室給気口に向かう風によって、風下直線方向に拡散していくものとし、Briggs の排煙上昇過程式にて求めた評価対象ガスの風速と、以下に示す有風時ブルーム式を用いて、中央制御室給気口の空気中に含まれる有毒ガスの濃度を計算する。なお、中央制御室給気口での空気中の濃度は、下記数式の放出点の高さ H と評価点の高さ Z において $H = Z = 0$ 、 $Y = 0$ として中心軸上最大濃度を計算し、判断基準である IDLH と比較する。

発電所敷地内危険物タンクと航空機落下による火災との重畳火災に対しては、それぞれの有毒ガス濃度の合算値を判断基準である IDLH と比較する。

(Briggs の排煙上昇過程式)

$$\Delta h = 1.6F^{\frac{1}{3}} \cdot u^{-1} \cdot x^{\frac{2}{3}}$$

$$u = 1.6F^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta h^{-1} \cdot x^{\frac{2}{3}}$$

- Δh : 排煙上昇高度 (m) = 火災発生源と外気取入口の高度差
- F : 排熱フラックス (m⁴/s³) = 0.037 · Q_H
- Q_H : 排出熱量 (kcal/s)
- u : 風速 (m/s)
- x : 風下距離 (m)

(有風時プルーム式)

$$\chi(X, Y, Z) = \frac{Q_F}{2\pi u \sigma_Y \sigma_Z} \exp\left(-\frac{Y^2}{2\sigma_Y^2}\right) \left\{ \exp\left[-\frac{(Z-H)^2}{2\sigma_Z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(Z+H)^2}{2\sigma_Z^2}\right] \right\}$$

$\chi(X, Y, Z)$: 有毒物質の濃度

- u : 外気取入口に有毒ガスが到達するとした場合の風速 (m/s)
- σ_Y : 建屋及び地形の起伏のない平地での
y 方向 (水平方向) の濃度の拡がりのパラメータ (m)
- σ_Z : 建屋及び地形の起伏のない平地での
z 方向 (鉛直方向) の濃度の拡がりのパラメータ (m)
- Q_F : 火災によって発生する有毒ガスの発生率 (Nm³/s)
- H : 放出源の有効高さ (m) (= Δh)

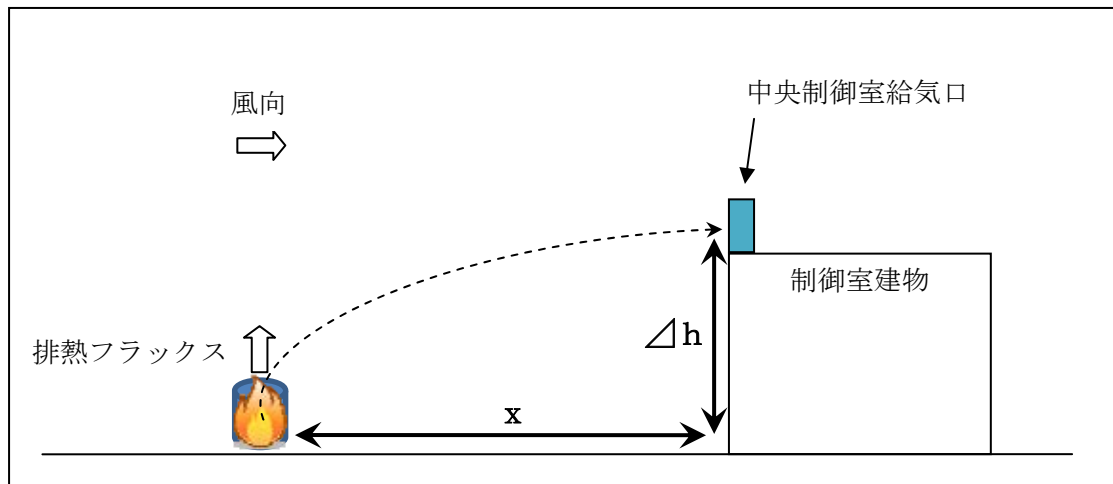


図7 風速と熱浮力の関係

(5) 評価データ

a. 火災発生時の有毒ガス発生量

- CO₂ 発生量：環境省，「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」に基づき算出
- CO 発生量：John L. Ross, Ronald J. Ferek, and Peter V. Hobbs, 「Particle and Gas Emissions from an In Situ Burn of Crude Oil on the Ocean」 J. Air & Waste Manage. Assoc. 46:251-259 の計測結果を採用
- SO₂ および NO₂ 発生量：公害研究対策センター，「窒素酸化物総量規制マニュアル〔新版〕」に基づき算出

b. 拡散パラメータ

Briggs の排煙上昇過程式を用いて，有毒ガス発生源と中央制御室給気口との距離と高度差から，中央制御室給気口に有毒ガスが到達する風速 u [m/s] を求め，計算結果を表 4 にまとめる。

表 4 風速の計算結果

火災発生場所		風速 (m/s)
B747-400		55
固化材タンク		16
軽油タンク (560KL)		105
軽油タンク (A, B)		76
重油タンク (No. 1, 2, 3)		154
重畳火災	B747-400	80
	復水貯蔵タンク廻り	24

大気安定度は，発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針に記載のとおり，風速の範囲と日射や夜間の放熱の大小によって区分されており，大気安定度 A が拡散しやすく D が拡散しにくい。本評価では，中央制御室給気口に有毒ガスが到達するとした場合の風速 u (m/s) の中で，拡散幅が最小となる（濃度が最大となる），より拡散しにくい大気安定度を選択する。風速と大気安定度の関係は表 5 に示すとおりであり，本評価では風速は 6 (m/s) 以上であることから大気安定度は C または D となり，より拡散しにくい大気安定度 D とし拡散パラメータを求める。

表5 大気安定度分類表

風速 u (m/s)	日射量 T (kw/m ²)				放射収支量 Q (kw/m ²)		
	T ≥ 0.60	0.60 > T ≥ 0.30	0.30 > T ≥ 0.15	0.15 > T	Q ≥ -0.020	-0.020 > Q ≥ -0.040	-0.040 > Q
u < 2	A	A-B	B	D	D	—	—
2 ≤ u < 3	A-B	B	C	D	D	E	F
3 ≤ u < 4	B	B-C	C	D	D	D	E
4 ≤ u < 6	C	C-D	D	D	D	D	D
6 ≤ u	C	D	D	D	D	D	D

表6 Pasquill-Gifford 図の近似関係

P-G 安定度	$\sigma_y(x) = \gamma_y \cdot x^{\alpha_y}$		$\sigma_z(x) = \gamma_z \cdot x^{\alpha_z}$	
D	α_y	γ_y	α_z	γ_z
	0.929	0.1107	0.826	0.1046

(離隔距離 x 0~1,000m)

(6) 評価結果

中央制御室給気口における有毒ガスの濃度を表7に示す。各有毒ガス濃度について評価した結果、IDLHに比べ十分に裕度を持っている。

また、中央制御室からの操作により外気取入れダンパは40秒程度で閉止し、再循環運転に切替が可能である。

以上より、外部火災により有毒ガスが発生した場合において、ばい煙や有毒ガスにより中央制御室の居住性が損なわれることはない。

表7 評価結果

評価対象		ガス濃度 (ppm)			
		CO2	CO	SO2	NO2
B747-400		5,400	85	7.5	4.4
固化材タンク		3,200	47	0.015	3.2
軽油タンク (560KL)		140	2.2	0.00062	0.15
軽油タンク (A, B)		650	9.8	0.0029	0.65
重油タンク (No. 1, 2, 3)		170	2.4	1.4	0.13
重畳火災	B747-400	1,400	22	1.9	1.1
	復水貯蔵タンク廻り	290	4.5	0.0013	0.31
	合算値	1,690	26.5	1.9	1.41
判断基準：IDLH*		40,000	1,200	100	20

※ 米国立安全衛生研究所 (NIOSH) による IDLH の値を使用。