


泊発電所 3 号機
外部火災の影響評価について
補足説明資料

平成 2 5 年 1 0 月 8 日
北海道電力株式会社

 枠囲みの内容は核物質防護情報に属しますので公開できません。

目 次

1. 外部火災防護対象の選定について
2. MS-3, PS-3 設備の外部火災からの防護について
3. 森林火災評価について
 - (1) 森林火災評価に必要なデータ
 - (2) 発火点の設定
 - (3) 解析の結果
 - (4) 防火帯幅の設定
 - (5) 火災の到達時間
 - (6) 危険距離の評価
4. 建屋外壁コンクリートの熱評価について
5. FARSITE 入力条件の適切性について
6. 泊発電所における初期消火活動について
7. 近隣の産業施設について
8. 発電所敷地内の危険物タンクの抽出について
9. 建屋外壁温度評価におけるPC板および防水押さえコンクリートについて
10. 敷地内におけるタンク火災による影響評価結果について
11. ばい煙および有毒ガスの影響評価について
12. 中央制御室バウンダリ体積等について
13. 泊発電所3号機に対する航空機落下確率評価の結果について
14. 航空機落下における火災影響評価に用いる燃料タンクの投影面積について
15. 航空機落下による火災影響評価時の燃料物性値について
16. 航空機落下確率のカテゴリ別の火災影響評価について
17. 航空機落下とタンク火災による影響評価結果について
18. 評価ガイドとの整合性について

1. 外部火災防護対象の選定について

1. はじめに

「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」という。）の第六条においては、

①安全施設が、想定される自然現象においても安全機能を損なわないこと
②重要安全施設に、想定される自然現象により作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を考慮すること。

③安全施設が、安全性を損なわせる恐れのある人為事象においても安全機能を損なわないこと

を求めている。

ここでは、自然現象や人為事象による外部火災の防護対象を選定した。

2. 外部火災の防護対象設備

安全施設は、設置許可基準第二条において「設計基準対象施設のうち、安全機能を有するもの」とされており、設計基準対象施設は、「発電用原子炉施設のうち、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生を防止し、又はこれらの拡大を防止するために必要となるもの」とされている。

また、設置許可基準の解釈において「重要安全施設」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、「重要度分類指針」という。）の自然現象に対する設計上の考慮に示されるものとされている。同指針はこれをクラス1及びクラス2のうち、特に自然現象の影響を受けやすく、かつ、代替手段によってその機能の維持が困難であるか、又はその修復が著しく困難な構築物、系統及び機器としている。

また、重要度分類指針では重要度の分類を以下としている。

分類	定義
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によって、(a)炉心に著しい損傷、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
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ンダリの加圧を防止し、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 2)安全上必須なその他の構築物、系統及び機器
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のおそれのある構築物、系統及び機器
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、系統及び機器 2)異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器

分類	定義
PS-3	1) 異常状態の起因事象となるものであって、PS-1 及び PS-2 以外の構築物、システム及び機器 2) 原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転時に支障のない程度に低く抑える構築物、システム及び機器
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、システム及び機器 2) 異常状態への対応上必要な構築物、システム及び機器

定義より、安全施設は PS-1, 2, 3 及び MS-1, 2, 3 の設備となり、これらが外部火災に対する防護対象である。また重要安全施設は安全施設のうち一部である。以下では安全施設の具体的な機器を重要度分類の付表を基に泊 3 号機への展開を図った。

分類	機能	構築物、システム又は機器
PS-1	原子炉冷却材バウンダリ機能	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器
	過剰反応度の印加防止機能	制御棒駆動装置圧力ハウジング
	炉心形状の維持機能	炉心支持構造物、燃料集合体
MS-1	原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系の制御棒による系
	未臨界維持機能	原子炉停止系 制御棒、化学体積制御設備（ほう酸注入機能） 非常用炉心冷却設備（ほう酸注入機能）
	原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	加圧器安全弁（開機能）
	原子炉停止後の除熱機能	残留熱を除去する系統 余熱除去設備、補助給水設備、蒸気発生器 主蒸気設備（主蒸気隔離弁まで）、主蒸気安全弁 主蒸気逃し弁（手動逃がし機能） 主給水設備（主給水隔離弁から蒸気発生器まで）
	炉心冷却機能	非常用炉心冷却設備 低圧注入系、高圧注入系、蓄圧注入系
	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、アニュラス、原子炉格納容器隔離弁 原子炉格納容器バウンダリ配管系、外部遮へい、原子炉格納容器スプレイ設備、アニュラス空気浄化設備 排気筒
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	安全保護系
	安全上特に重要な関連機能	非常用所内電源系、ディーゼル発電機、 中央制御室（遮へい、空調設備を含む） 原子炉補機冷却水設備、原子炉補機冷却海水水設備

分類	機能	構築物、系統又は機器
MS-1	安全上特に重要な関連機能	直流電源設備，計測制御用電源設備 制御用圧縮空気設備
PS-2	原子炉冷却材を内蔵する機能	化学体積制御設備の抽出ライン 化学体積制御設備の浄化ライン
	原子炉圧力バウンダリに直接 接続されていないものであつ て，放射性物質を貯蔵する機能	気体廃棄物処理設備 使用済燃料ピット 新燃料貯蔵庫
	燃料を安全に取り扱う機能	燃料設備 燃料取替クレーン 燃料移送装置 使用済み燃料ピットクレーン
	安全弁及び逃がし弁の吹き止 まり機能	加圧器安全弁（吹き止まり機能） 加圧器逃がし弁（吹き止まり機能）
MS-2	燃料プール水の補給機能	燃料取替用水ピットからの使用済燃料ピット水補給 ライン
	放射性物質放出の防止機能	気体廃棄物処理設備の隔離弁
	事故時プラント設備の把握機 能	原子炉計装の一部 プロセス計装の一部
	異常状態の緩和機能	加圧器逃がし弁（手動開閉機能） 加圧器後備ヒータ 加圧器逃がし弁本弁（閉機能）
	制御室外からの安全停止機能	中央制御室外原子炉停止装置
PS-3	原子炉冷却材保持機能（PS-1， PS-2 以外のもの）	計装配管および弁 試料採取設備の配管および弁
	原子炉冷却材の循環機能	1次冷却材ポンプ 化学体積制御設備の封水注入ライン
	放射性物質の貯蔵機能	加圧器逃しタンク 液体廃棄物処理設備（貯蔵機能を有する範囲） 固体廃棄物処理設備（貯蔵機能を有する範囲） 新燃料貯蔵庫
	電源供給機能（非常用を除く。）	発電機および励磁機設備（発電機負荷開閉器を含む。） 蒸気タービン設備 主蒸気設備（主蒸気隔離弁以後） 給水設備（主給水隔離弁以前） 復水設備（復水器及び循環水ラインを含む。） 所内電源系統（MS-1 以外） 送電設備

PS-3	プラント計測・制御機能（安全保護機能を除く）	原子炉制御系の一部 原子炉計装の一部 プロセス計装の一部
	プラント運転補助機能	補助蒸気設備 制御用圧縮機設備（MS-1 以外） 原子炉補機冷却水設備（MS-1 以外） 軸受冷却水設備 給水処理設備
	核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能	燃料被覆管及び端栓
	原子炉冷却材の浄化機能	化学体積制御設備の浄化ライン（浄化機能）
MS-3	原子炉圧力の上昇の緩和機能	加圧器逃がし弁（自動操作）
	出力上昇の抑制機能	タービンランバックインターロック 制御棒引抜阻止インターロック
	原子炉冷却材の補給機能	化学体積制御設備の充てんライン及びほう酸補給ライン 給水処理設備の1次系補給水ライン
	タービントリップ機能	タービン保安装置 主蒸気止め弁（閉機能）
	緊急時対策上重要なもの及び以上状態の把握機能	原子力発電所緊急時対策所 蒸気発生器ブローダウンライン（サンプリング機能を有する範囲） 試料採取設備（事故時に必要な1次冷却材放射性物質濃度及び原子炉格納容器雰囲気放射性物質濃度のサンプリング分析機能を有する範囲） 通信連絡設備 放射線監視設備の一部 原子炉計装の一部 プロセス計装の一部 消火設備 安全避難通路 非常用照明

3. 評価対象設備

構築物、系統及び機器については防火帯の内側に設置すること及び消火活動実施すること等により、外部火災から防護を実施する。

上記の防護はすべての安全施設に対し実施するが、評価は運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生を防止し、又はこれらの拡大を防止するために必要な設備のうち

PS-1, 2 および MS-1, 2 の設備に対し実施する。

なお、同じく外部事象である竜巻影響評価では「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」において、耐震 S クラスの設計を要求される設備（系統・機器）及び建屋・構築物等を竜巻防護施設とし、竜巻防護施設と竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設を設計対象施設としている。したがって、これらの設計対象施設以外の設備についての風加重に対する設計は、建築基準法に定める設計基準に従う等して、竜巻から防護している。

[参考]

IAEA “External Events Excluding earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants”では EE-C1(中央制御室、原子炉格納容器、非常用電源等)、EE-C2(EE-C1 に影響を与える設備)、EE-C3(燃料取扱棟等)にクラス分けし、それぞれのクラスに対し異なる対応を求めている。また、米国の Regulatory Guide 1.189 “Fire Protection For Nuclear Power Plants”では近隣施設の項で安全上重要な設備（安全停止設備、放射性物質処理・貯蔵設備、新燃料及び使用済み燃料）に周辺施設が影響を及ぼす恐れがあるため、火災防護系は周辺施設の潜在的な火災及び爆発から適切に防護する必要があるとしている。

4. 評価対象設備が設置される建屋

評価対象設備は排気筒を除き、屋内に設置されている。

次頁の図に前項の評価対象設備が設置される建屋を示す。以下の建屋が外部火災に対する評価対象となる設備が設置される建屋である。

- ・原子炉建屋
- ・原子炉補助建屋
- ・ディーゼル発電機建屋
- ・循環水ポンプ建屋

5. 二次的影響を考慮する設備

以下のとおり評価事象毎の二次的影響を評価する設備を選定した。

評価事象	二次的影響	対象
森林火災	ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等	○
近隣の産業施設の火災・爆発 (サイト内のタンク火災)	爆風等によるプラントの安全上重要な外部機器の破損。(ただし、サイト内で考えられるタンク等による火災の燃料物は重油であり爆発は考慮する必要はない。)	○
	ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等	○
航空機墜落による火災	ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等	○

外部火災の二次的影響としてばい煙、有毒ガス等が考えられる。以下では安全施設のうち、ばい煙、有毒ガス等の評価対象となる設備を抽出した。

① 換気空調設備で給気されるエリアの設置機器

非常用発電機、制御用空気圧縮機、電気盤、ポンプ、ファン、モータ等について、フィルタの目詰まり、開閉器の接点へのばい煙の付着による接触不良、電子部品へのばい煙の付着による短絡等について評価する。

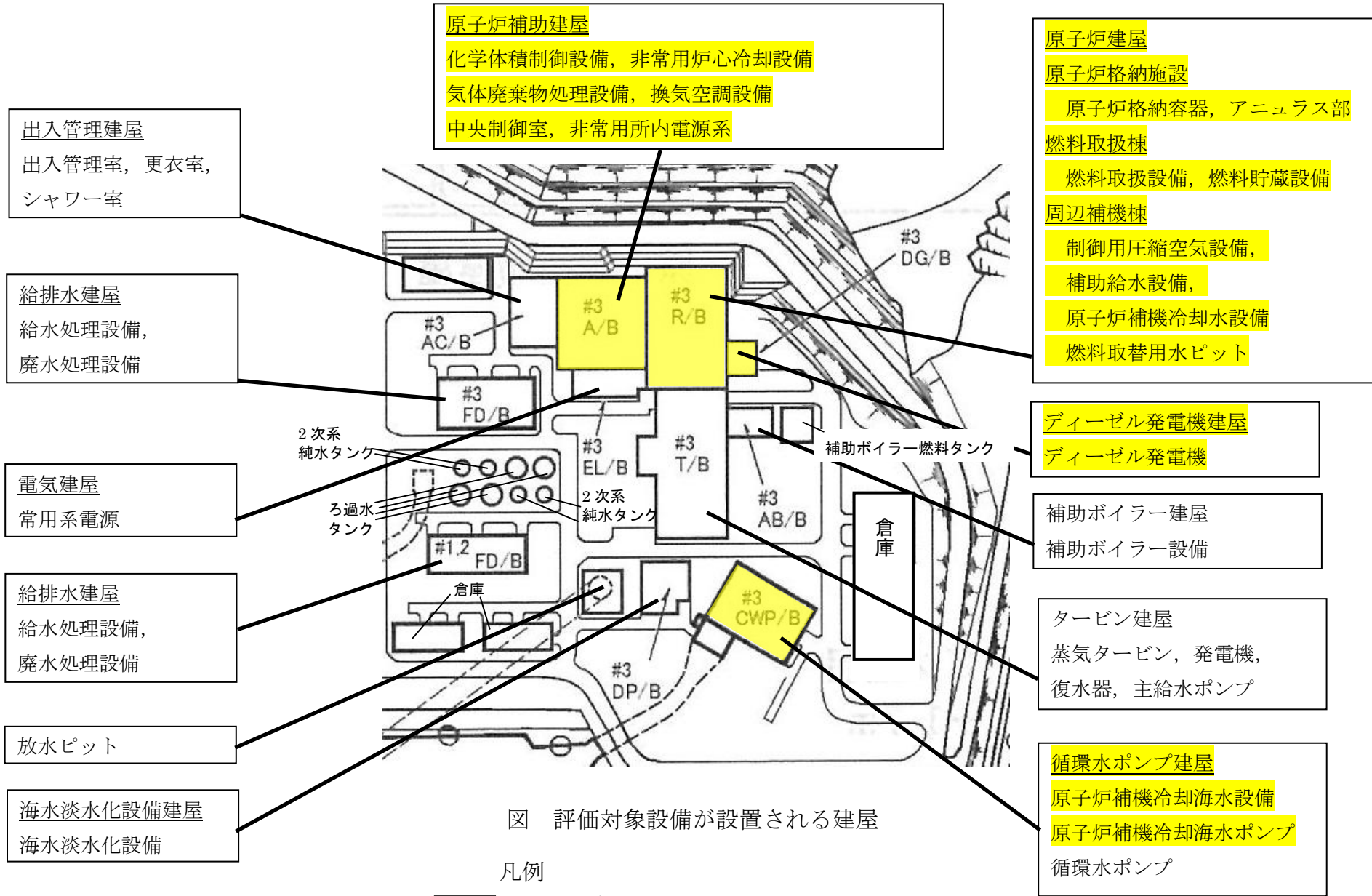
② 外気に直接接触れる機器

原子炉冷却海水ポンプモータ、主蒸気逃し弁等について、冷却ライン、逃がしラインの閉塞等について評価する。

③ 居住性への影響

中央制御室、運転員の居住性の観点から評価する。なお、緊急時対策所についてはMS-3設備であるが、外部火災時に使用することが考えられるため、居住性を評価する。

以上



2. MS-3, PS-3 設備の外部火災からの防護について

1. 概要

設置許可基準の第六条においては、安全施設が、想定される自然現象においても安全機能を損なわないことを求めている。安全施設には PS-3, MS-3 も含まれることから、これらの設備に対する防護を検討した。

2. 火災源に対する対応

泊発電所 3 号機は原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（以下「ガイド」という。）を踏まえ、それぞれ以下の火災を想定している。ガイドへの適合性を確保するためタンク火災の消火を考慮していないが、実際は消火活動を実施する。これを考慮すると MS-3, PS-3 に対しても以下のとおりの防護が実施されている。また個別機器に対する防護を表 1, 2 に示す。

火災想定	MS-3、PS-3 に対する防護*
森林火災	<ul style="list-style-type: none">・防火帯の中に設置する。・設備を建屋内に設置し、輻射の影響を軽減する。・初期消火要員による消火活動を実施する。
タンク火災 補助ボイラー燃料タンク	<ul style="list-style-type: none">・タンク内に発火源はなく、火災の発生の可能性を低く抑えている。・発火した場合は、初期消火要員による消火活動を実施する。消火活動は油火災も想定しており、化学消防車が配備されている。・設備を建屋内に設置し、輻射の影響を軽減する。・泡消火設備が設置されており、早期の消火活動が期待できる。
航空機火災	<ul style="list-style-type: none">・初期消火要員による消火活動を実施する。・放水砲により泡消火剤を散布する。・設備を建屋内に設置し、輻射の影響を軽減する。

*いずれかの防護策もしくは防護策の組合せで防護する。

3. ばい煙に対する防護

MS-3 設備である緊急時対策所に対しては、居住性についての評価を行う。

表1 外部火災からのPS-3設備の防護

分類	機能	構築物、系統又は機器	外部火災に対する防護方法
PS-3	原子炉冷却材保持機能（PS-1, PS-2以外のもの）	計装配管および弁 試料採取設備の配管および弁	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施
	原子炉冷却材の循環機能	1次冷却材ポンプ 化学体積制御設備の封水注入ライン	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施
	放射性物質の貯蔵機能	加圧器逃しタンク 液体廃棄物処理設備（貯蔵機能を有する範囲） 固体廃棄物処理設備（貯蔵機能を有する範囲） 新燃料貯蔵庫	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施
	電源供給機能（非常用を除く。）	発電機および励磁機設備（発電機負荷開閉器を含む。） 蒸気タービン設備 主蒸気設備（主蒸気隔離弁以後） 給水設備（主給水隔離弁以前） 復水設備（復水器及び循環水ラインを含む。） 所内電源系統（MS-1以外） 送電設備	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施 送電設備について屋外にある設備について消火活動により防護する。
	プラント計測・制御機能（安全保護機能を除く）	原子炉制御系の一部 原子炉計装の一部 プロセス計装の一部	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施
	プラント運転補助機能	補助蒸気設備 制御用圧縮機設備（MS-1以外） 原子炉補機冷却水設備（MS-1以外） 軸受冷却水設備 給水処理設備	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施
	核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能	燃料被覆管及び端栓	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施
	原子炉冷却材の浄化機能	化学体積制御設備の浄化ライン（浄化機能）	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施

表 2 外部火災からの MS-3 設備の防護

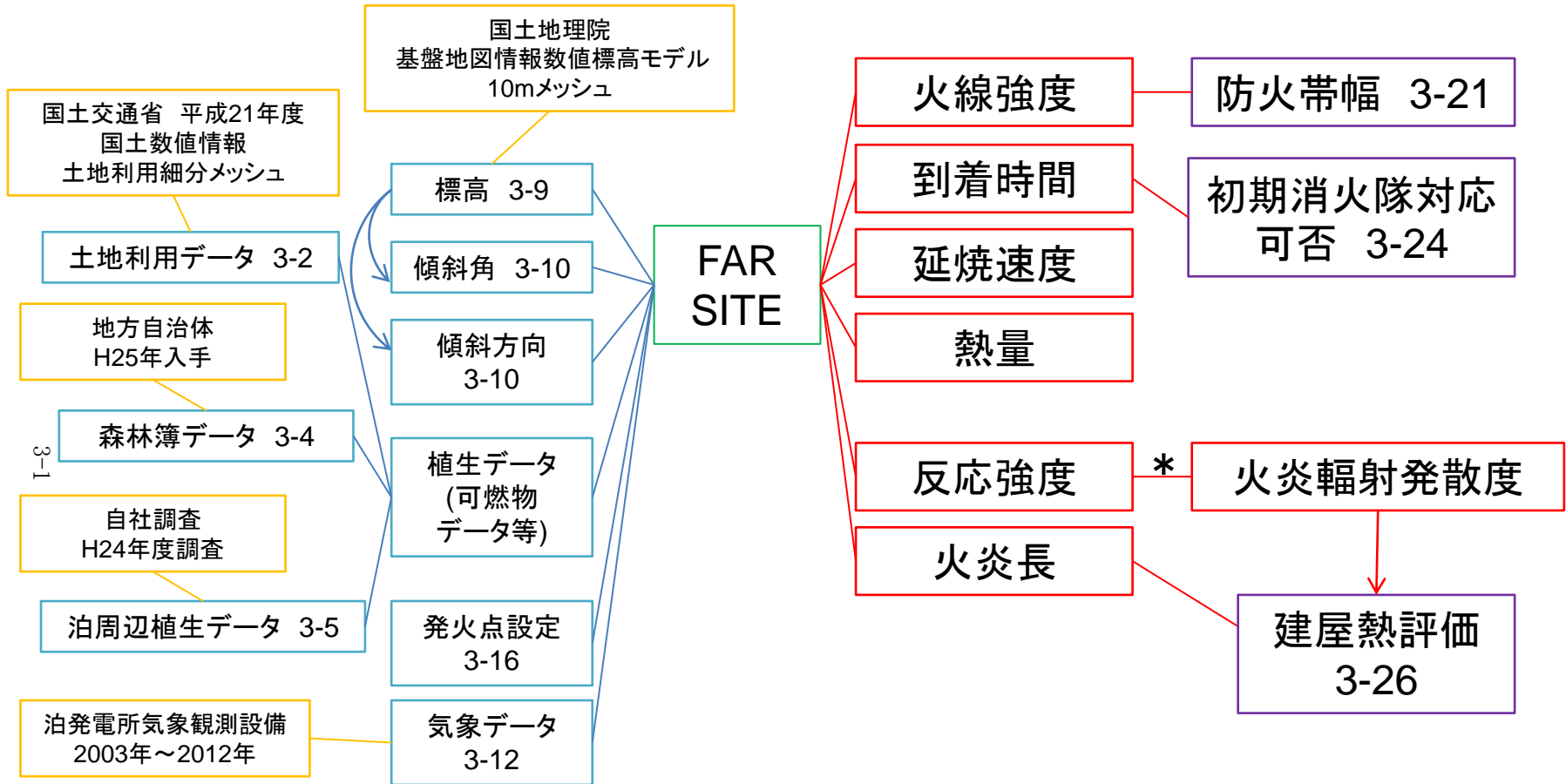
分類	機能	構築物、系統又は機器	火災に対する防護
MS-3	原子炉圧力の上昇の緩和機能	加圧器逃がし弁（自動操作）	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施
	出力上昇の抑制機能	タービンランバックインターロック 制御棒引抜阻止インターロック	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施
	原子炉冷却材の補給機能	化学体積制御設備の充てんライン及びほう酸補給ライン 給水処理設備の1次系補給水ライン	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施
	タービントリップ機能	タービン保安装置 主蒸気止め弁（閉機能）	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施
	緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	原子力発電所緊急時対策所 蒸気発生器ブローダウンライン（サンプリング機能を有する範囲） 試料採取設備（事故時に必要な1次冷却材放射性物質濃度及び原子炉格納容器雰囲気放射性物質濃度のサンプリング分析機能を有する範囲） 通信連絡設備 放射線監視設備の一部 原子炉計装の一部 プロセス計装の一部 消火設備 安全避難通路 非常用照明	防火帯の内側の建屋内に設置および消火活動実施 緊急時対策所については、上記に加えてばい煙に対して居住性が阻害されないことを確認する。 放射線監視設備の一部であるモニタリングポストは建屋外に設置されており、一部については防火帯外であるため、あらかじめ森林火災時にあらかじめモニタリングポスト周辺に放水することにより防護する。 通信連絡設備及び消火設備については一部屋外に設置されており、消火活動により防護する。

3. 森林火災評価について

(1) 森林火災評価に必要なデータ

入力データ (掲載頁)

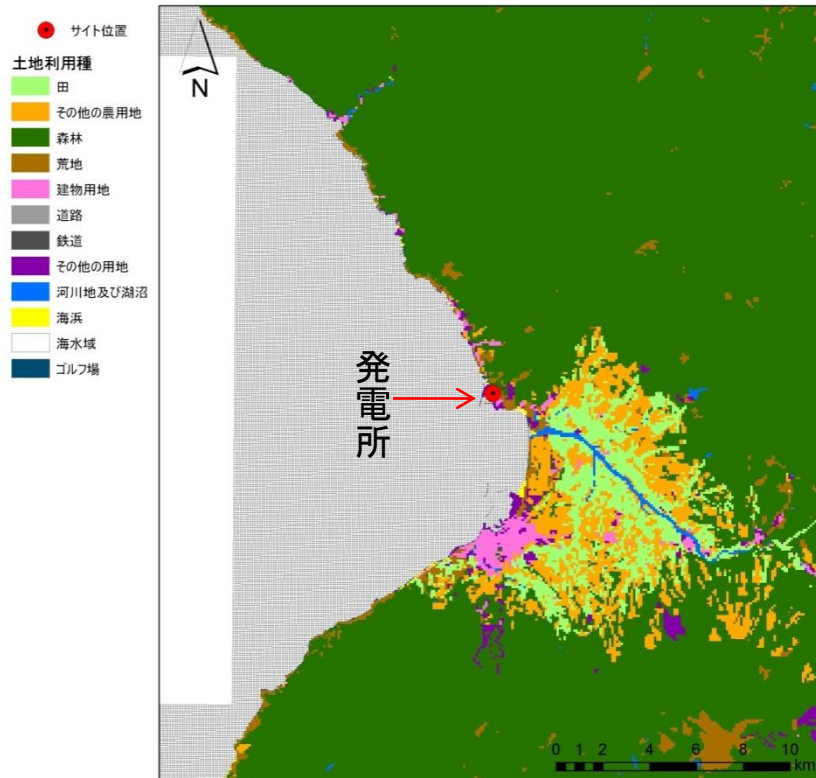
出力データ (3-17~3-20)



* : 反応強度から火炎輻射発散度への変換は0.377を乗じることによって実施する。これは、反応強度の内、輻射の割合を示す値である。乗数は0.377(針葉樹)、0.371(広葉樹)、0.35(草地)から大きい値を選択している。

(出典:「SFPE HANDBOOK OF Fire Protection Engineering」) SFPE:society of fire protection engineers

A. 土地利用データ

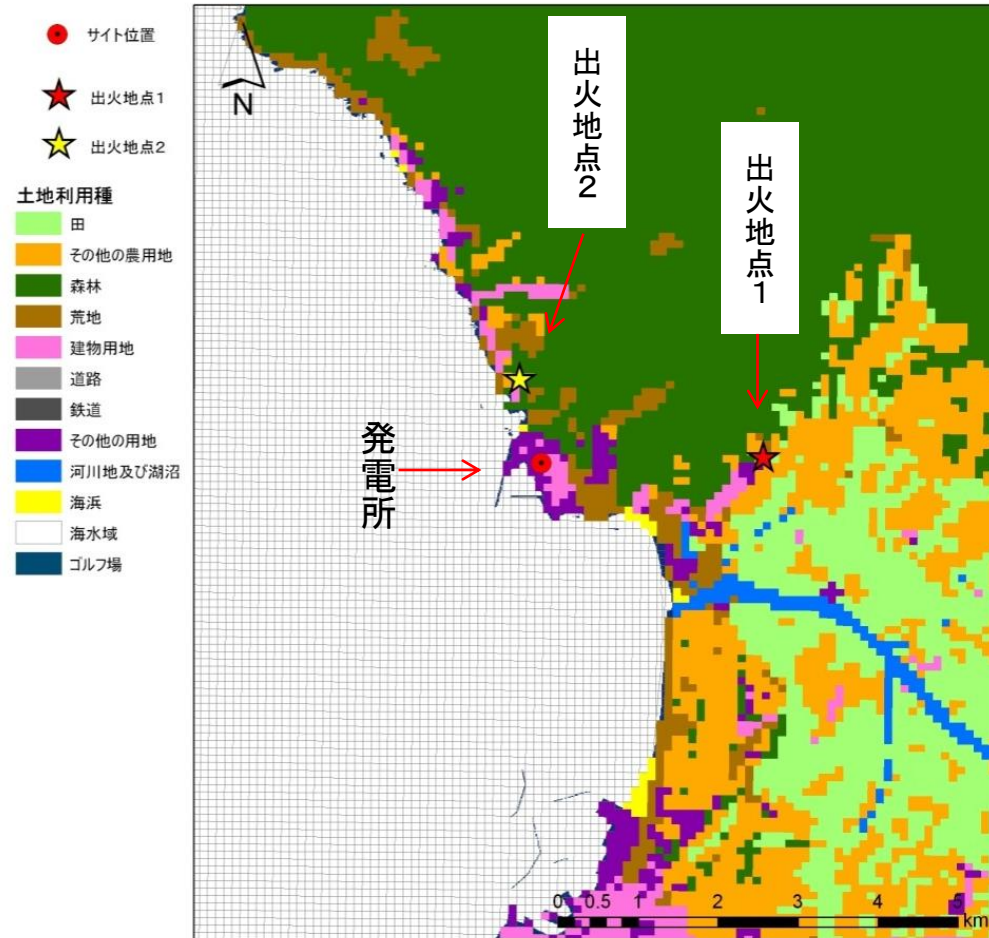


現況状況をできるだけ模擬するため、公開情報の中でも高い空間解像度である100mメッシュの土地利用データを用いる。
(国土数値情報 土地利用細分メッシュ)

土地利用データは、国土交通省より100mメッシュで提供されている「国土数値情報 土地利用細分メッシュ 平成21年度」を用いた。

土地利用データ(評価地域全体)

A. 土地利用データ



土地利用データ(サイト周辺)

B. 植生データ

外部火災影響評価ガイド

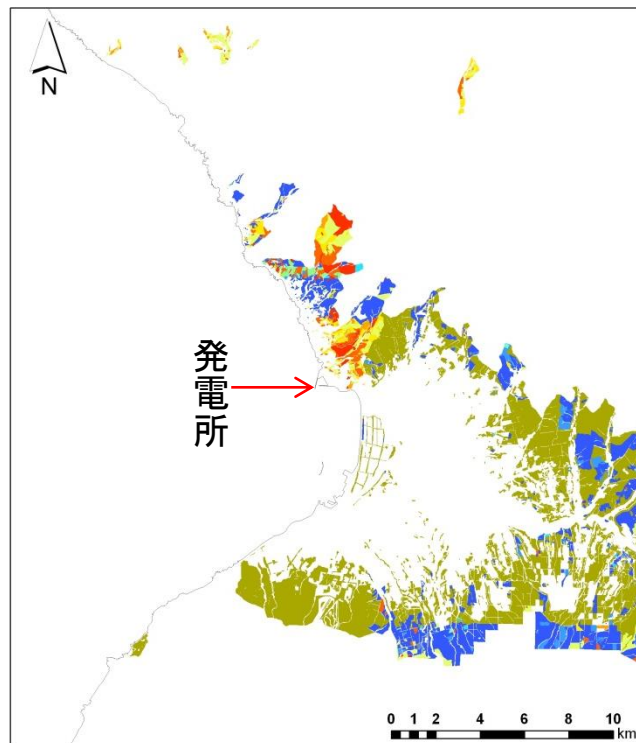
現地状況をできるだけ模擬するため、樹種や生育状況に関する情報を有する森林簿の空間データを現地の地方自治体より入手する。森林簿の情報を用いて、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢によりさらに細分化する。

地方自治体より森林簿データを入手した。

3-4

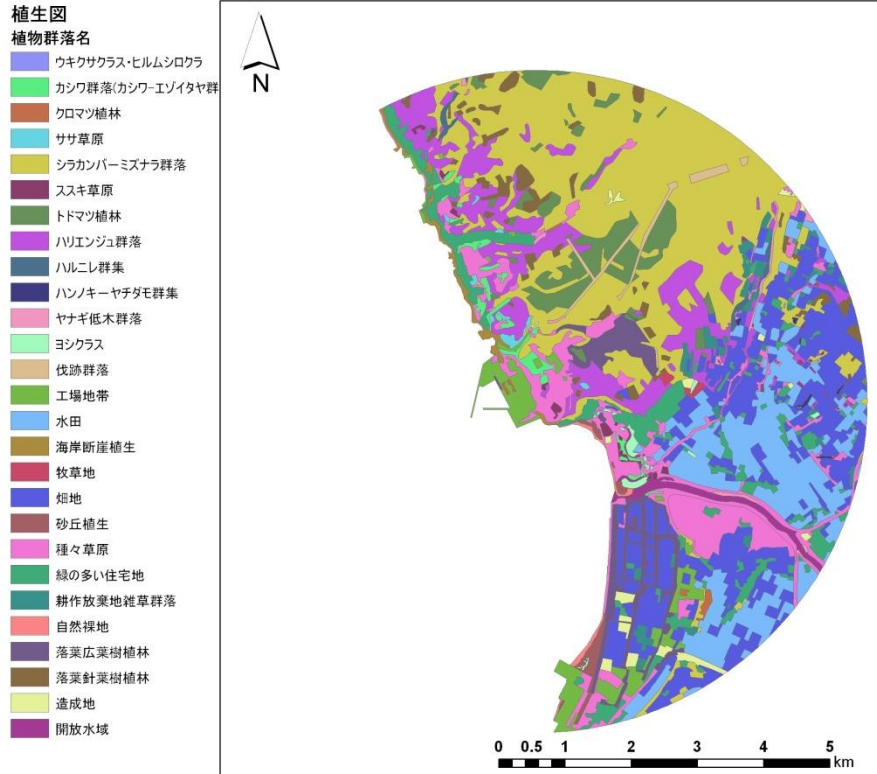
森林簿

- トドマツ+その他針葉樹(林齢10年生未満)
- トドマツ+その他針葉樹(林齢10年生)
- トドマツ+その他針葉樹(林齢20年生)
- トドマツ+その他針葉樹(林齢30年生)
- トドマツ+その他針葉樹(林齢40年以上)
- カラマツ(林齢10年生未満)
- カラマツ(林齢10年生)
- カラマツ(林齢20年生)
- カラマツ(林齢30年生)
- カラマツ(林齢40年以上)
- 広葉樹に同じ



森林簿データ(評価地域全体)

B. 植生データ

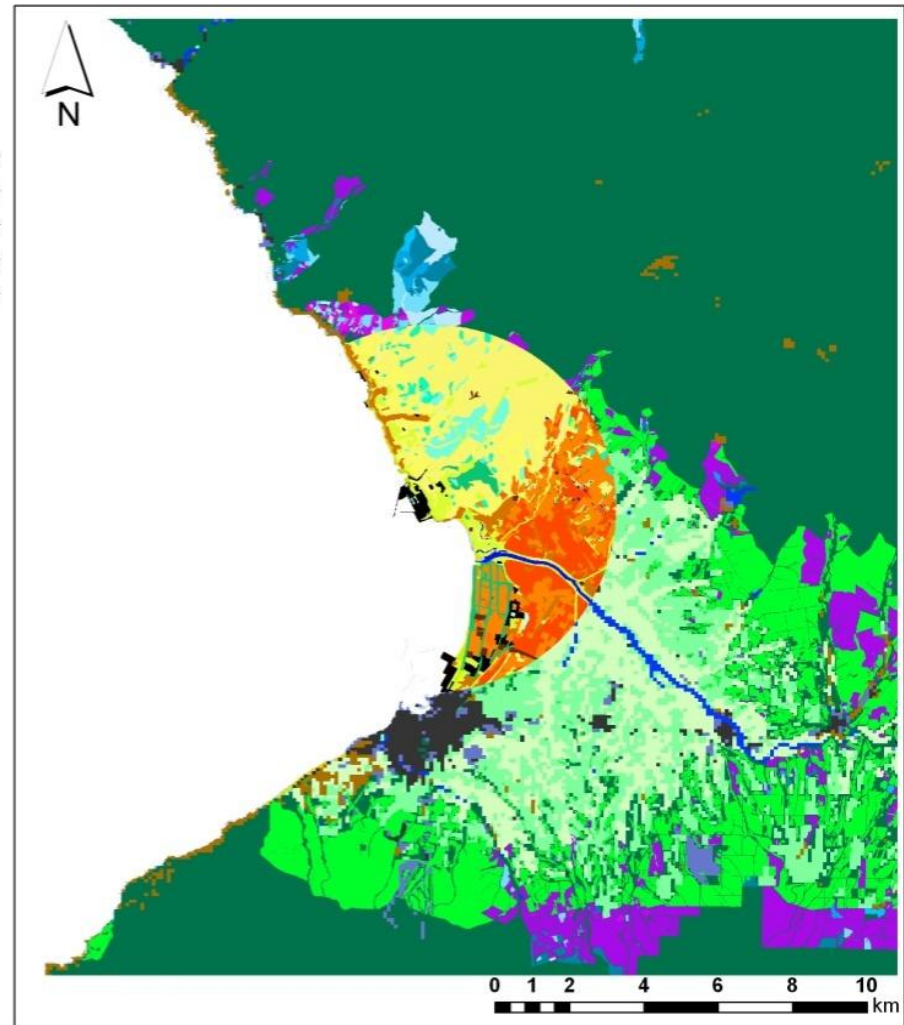


更にサイト周辺については、平成24年度に調査した更に詳細な植生データを準備した。

調査者は平成17年以降国土交通省北海道開発関連業務のうち植生図作成を含む4件の業務に従事しており、すべての業務にて平均以上の評価点を得ている。

また、調査者は環境省の自然環境保全基礎調査植生図作成業務に従事している。

したがって、調査者が植生図作成において適切な力量を有していることを確認している。



土地利用データの上に、森林簿データを重ね合わせたが、泊発電所近辺でも森林簿データが存在しない部分もある。また、土地利用データは、メッシュは粗く精緻の評価はできないため、発電所周辺については平成24年度に調査した植生データを重ね合わせた。

土地利用データ、植生データを重ね合わせ作成した植生データ

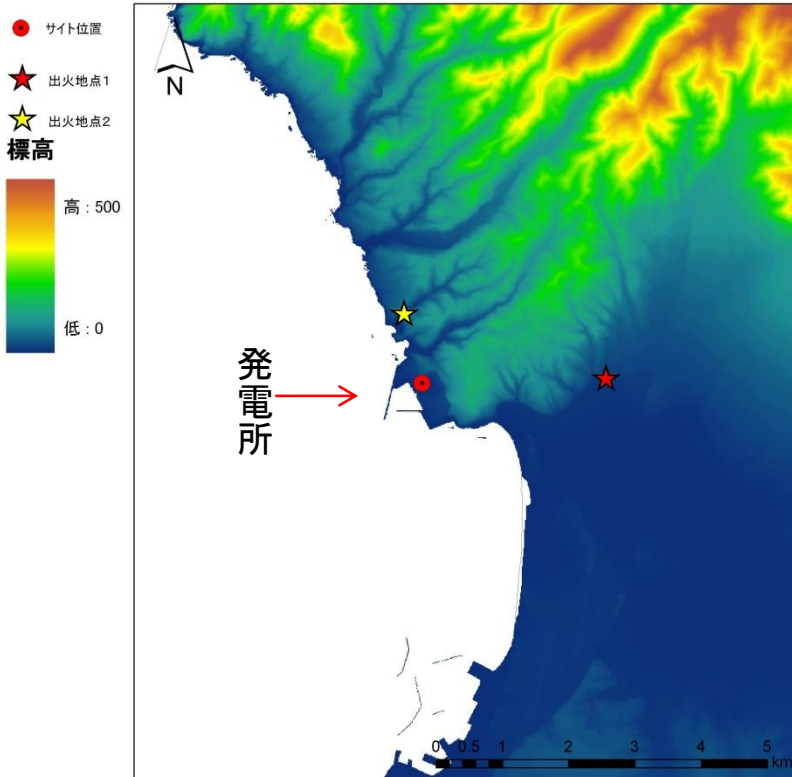
FARSITEのFuel Modelの設定(1)

土地利用データ	イメージ	設定の考え方
ハルニレ群生 ヤナギ低木群生 ハンノキ-ヤチダモ群生 カシワ群落 シラカンバ-ミズナラ群落		広葉樹 広葉樹としてグルーピングし、 落葉広葉樹のパラメータを使用した。
ササ草原		Chaparral 低木の茂み(6feet)を選択 火力、延焼速度 とともに高い FARSITEのデフォルトのパラメータを使用した。
ススキ草原 砂丘植生、ヨシクラス 畑地、牧草地、水田		Tall grass 2.5feetの高い草として FARSITEのデフォルトのパラメータを使用した。

FARSITEのFuel Modelの設定(2)

土地利用データ	イメージ	設定の考え方
<p>クロマツ植林 トドマツ植林 落葉針葉樹植林</p>	 <p>クロマツ植林</p>	<p>トドマツ(林齢10年生未満) 林齢情報がないことから最も延焼しやすい林齢10年生未満のパラメータを適用した。</p>
<p>緑の多い住宅地</p>		<p>Brush 茂み(2feet)を選択 火力、延焼速度ともに中位 FARSITEのデフォルトのパラメータを使用した。</p>
<p>工場地帯 造成地 開放水域 自然裸地</p>	 <p>自然裸地</p>	<p>非植生域 延焼のおそれのない非植生域として分類した。</p>

C. 地形データ



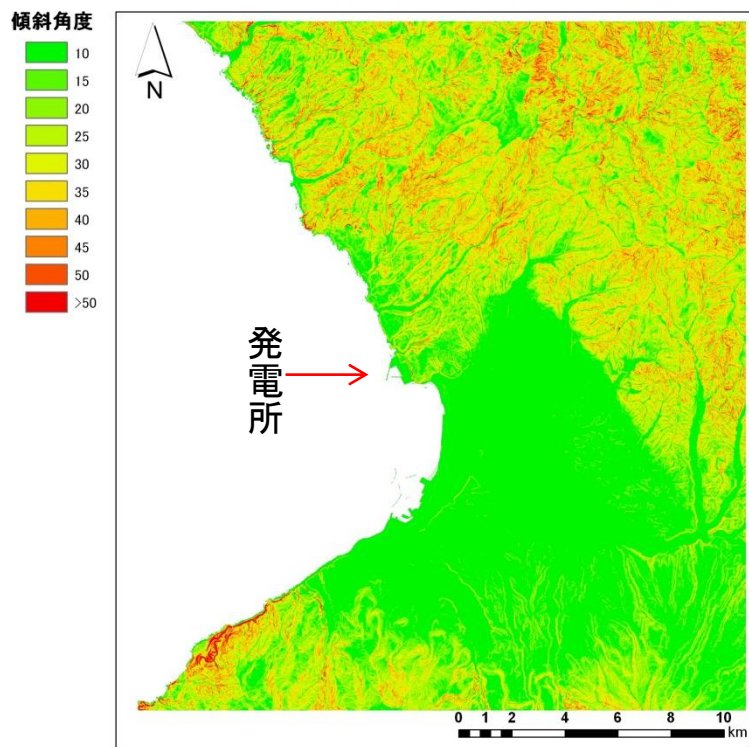
標高データ

現地の状況をできるだけ模擬するため、公開情報の中でも高い空間解像度である10mメッシュの標高データを用いる。傾斜度、傾斜方向については標高データから計算する。
(基盤地図情報 数値標高モデル 10mメッシュ)

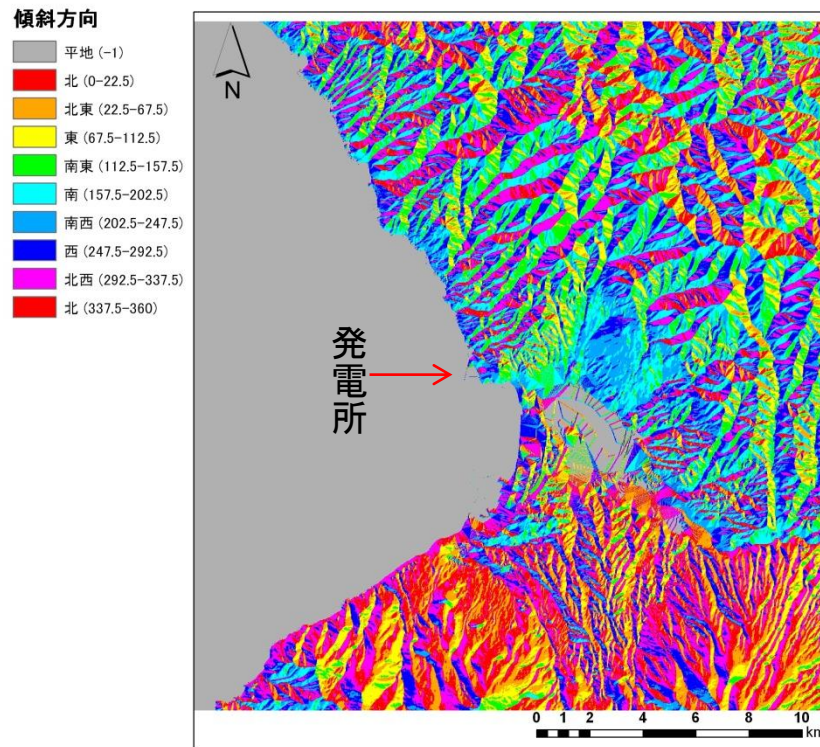
地形データとして国土地理院より10mメッシュで提供されている「基盤地図情報 数値標高モデル10mメッシュ」を入手した。

C. 地形データ

3-10



傾斜度



傾斜方向

傾斜度および傾斜方向については、標高データから計算した。

D. 気象データ

外部火災影響評価ガイド

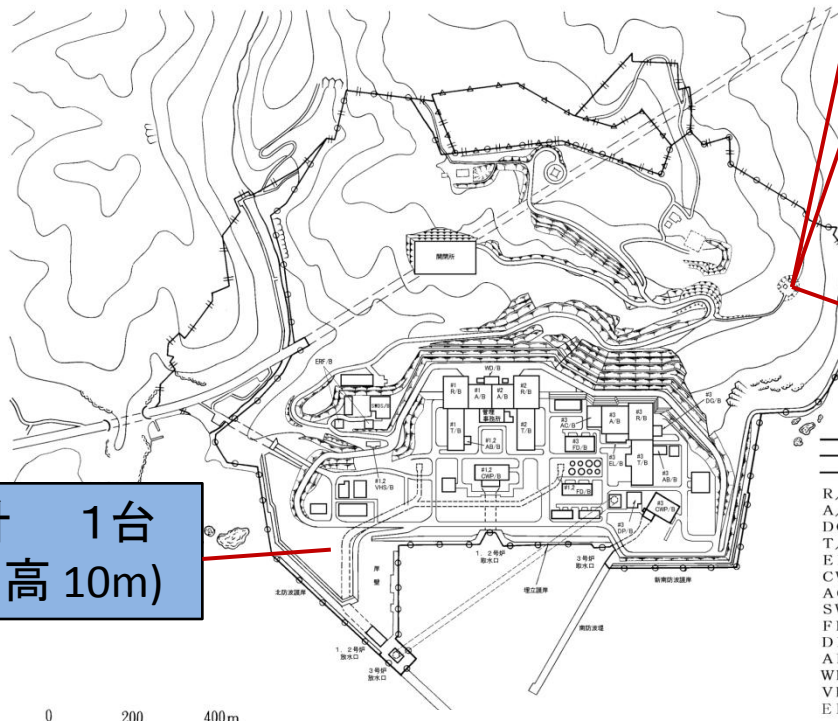
現地で起こり得る最悪の条件を検討するため、発生件数の多い月の過去10年間の最大風速、最高気温、最小湿度の条件を採用する。

A点 風向風速計 1台
(標高124m,地上高 50m)

C点 風向風速計 1台
(標高84m,地上高 10m)

D点 温度計 1台
湿度計 1台
(標高75.8m,地上高1.8m)

Z点 風向風速計 1台
(標高20m,地上高 10m)



- 凡 例
- 発電所敷地境界線
 - 周辺監視区域境界線
 - 当社所有地境界線
 - R/B 原子炉建屋
 - A/B 原子炉補助建屋
 - DG/B ディーゼル発電機建屋
 - T/B タービン建屋
 - E.L/B 電気建屋
 - CWP/B 循環水ポンプ建屋
 - AC/B 出入管理建屋
 - SWDS/B 固体廃棄物貯蔵庫
 - FD/B 給排水処理建屋
 - DP/B 海水淡水化設備建屋
 - AB/B 補助ボイラー建屋
 - WD/B 放射性廃棄物処理建屋
 - VHS/B 原子炉容器上部ふた保管庫
 - ERF/B 緊急時対策所建屋

気象観測設備配置図

D. 気象データ

月	気温(°C)	湿度(%)	北海道 H5-24月別火災発生頻度*1
	最高気温	最小湿度	
1月	8.4	31	1
2月	11.5	22	1
3月	14.5	19	12
4月	22.6	13	227
5月	24.7	14	231
6月	30.0	18	57
7月	30.5	33	40
8月	32.3	31	11
9月	32.1	25	12
10月	23.6	26	14
11月	21.3	29	13
12月	13.8	25	3

最高気温、最低湿度及び北海道H5-24月別火災発生頻度

*1：林野火災被害統計書（平成24年度版） 北海道水産林務部

*1：火災発生月が不明の件数3件あり

気温、湿度は6秒周期収集の最高、最小値

森林火災の発生件数の多い月（4,5,6月）の気象データを過去10年間(2003年～2012年)整理し、森林火災評価の条件として以下を得た。

- ・気温 30.0°C
- ・湿度 13%
- ・風速 29.7m/s

これは、泊発電所同じく後志地方の海沿いにあり約35km離れた寿都特別地域気象観測所における同期間の値

- ・気温 29.2°C
- ・湿度 10%
- ・風速 19.2m/s

と比べても遜色ない。



D. 気象データ

2003年～2012年 気象データ(4月)

最多頻度
 2番目に多い頻度

3-13

風向	A点			C点			Z点		
	風向 (時間単位) の 出現回数	最大風速 (日単位) の 出現回数	風速の 10年間 最大値 (m/s)	風向 (時間単位) の 出現回数	最大風速 (日単位) の 出現回数	風速の 10年間 最大値 (m/s)	風向 (時間単位) の 出現回数	最大風速 (日単位) の 出現回数	風速の 10年間 最大値 (m/s)
北	88	3	8.4	93	1	4.7	220	3	7.2
北北東	109	3	7.9	84	3	3.6	178	3	6.8
北東	169	5	8	266	0	4.5	264	3	6.1
東北東	401	4	17.2	830	12	14.2	522	3	8
東	1,840	87	25.2	1,544	79	20.9	679	3	11.5
東南東	624	16	23.3	527	23	23.1	1,100	73	14.5
南東	270	3	21.8	271	9	22	522	12	19.3
南南東	135	4	14.3	94	2	12.1	310	11	17
南	118	2	9.9	95	1	8.1	162	3	9.7
南南西	55	3	11.1	70	0	8.4	78	2	9.3
南西	113	1	23.7	67	0	11	94	2	15.8
西南西	390	30	29.6	341	19	24	272	18	18.1
西	984	56	29.7	1,144	78	24.7	647	44	18.7
西北西	1,041	56	23.6	1,091	66	18.5	734	32	17
北西	715	21	19.4	549	5	13.5	870	57	21.2
北北西	116	2	10.7	131	0	7.1	534	30	12.6

D. 気象データ

2003年～2012年 気象データ(5月)

最多頻度
 2番目に多い頻度

3-14

風向	A点			C点			Z点		
	風向 (時間単位) の 出現回数	最大風速 (日単位) の 出現回数	風速の 10年間 最大値 (m/s)	風向 (時間単位) の 出現回数	最大風速 (日単位) の 出現回数	風速の 10年間 最大値 (m/s)	風向 (時間単位) の 出現回数	最大風速 (日単位) の 出現回数	風速の 10年間 最大値 (m/s)
北	89	2	9.3	105	2	4.6	342	4	7.1
北北東	131	3	8.3	100	1	4.4	212	6	8.1
北東	193	6	10	237	3	5.2	323	2	6.7
東北東	338	7	20.5	714	14	16	460	0	9.6
東	2,061	102	29.2	1,792	85	22.9	540	5	10.5
東南東	704	22	23.4	584	31	21	1,292	74	14.5
南東	283	3	18	314	10	17.5	475	19	14
南南東	149	2	13.8	100	3	12	317	11	11.9
南	111	0	10.9	86	1	11	164	1	14.9
南南西	51	0	11.5	54	0	8.9	51	0	7.4
南西	88	3	24.2	85	1	18.2	94	3	18.9
西南西	275	17	25.1	272	10	20.2	230	11	16.3
西	728	43	24.8	868	60	18.1	443	26	14
西北西	1,037	54	20.2	1,102	70	15.8	594	27	17.1
北西	974	42	13.8	849	18	10.2	920	66	17.5
北北西	174	0	10.4	172	0	6.8	973	53	10.8

D. 気象データ

2003年～2012年 気象データ(6月)

最多頻度
 2番目に多い頻度

風向	A点			C点			Z点		
	風向 (時間単位) の 出現回数	最大風速 (日単位) の 出現回数	風速の 10年間 最大値 (m/s)	風向 (時間単位) の 出現回数	最大風速 (日単位) の 出現回数	風速の 10年間 最大値 (m/s)	風向 (時間単位) の 出現回数	最大風速 (日単位) の 出現回数	風速の 10年間 最大値 (m/s)
北	59	0	6.8	87	0	4.1	378	2	6.8
北北東	65	3	8.7	69	0	4.4	175	1	6.0
北東	114	3	7.4	197	0	4.1	280	1	7.5
東北東	326	6	12.0	604	11	9.8	501	3	6.0
東	2,111	109	19.5	1,805	106	18.4	474	5	9.4
東南東	607	15	24.4	494	25	21.5	1,073	64	12.3
南東	201	3	17.1	208	4	10.0	358	12	13.8
南南東	103	2	9.6	60	0	7.7	221	8	9.5
南	62	1	10.4	56	0	5.5	138	2	8.2
南南西	32	0	7.3	47	0	5.2	57	0	4.7
南西	77	0	7.7	68	1	4.4	101	2	5.8
西南西	179	8	21.2	207	3	10.4	174	5	10.5
西	596	23	21.6	739	44	15.0	351	15	12.1
西北西	1,166	64	15.0	1,220	70	14.5	604	29	10.2
北西	1,230	60	12.9	1,076	32	8.4	1,140	76	11.9
北北西	258	3	8.2	261	1	5.6	1,141	77	14.4

(2)発火点の設定

外部火災影響評価ガイド

- ・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、発火点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。
- ・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。

3-16

ケース2

- ・風速 29.7m/s
FARSITE入力上限
100km/h
- ・気温 30.0°C
- ・湿度 13%
- ・風向 北西
(2点において2番目に多い風向)

発火点

発電所から1km
集落端と森林の境界部
(道路脇)

ケース1

- 気象データ
- ・風速 297m/s
FARSITE入力上限
100km/h
 - ・気温 30.0°C
 - ・湿度 13%
 - ・風向 東
(A点C点卓越風向)

発火点

発電所から2.5km
道路脇畑

ガイドに従い、卓越風向の道路沿いに発火点を設定している(ケース1)。また、風向の影響の感度を確認する観点から発電所北西側にも発火点を設定した(ケース2)。いずれのケースも山林の傾斜を登る森林火災は、火災規模が大きくなることから、発火点は登り斜面になることを考慮した。また、森林火災が発達してから発電所の到達することを考慮した。これより近い点での評価は対応時間の点では厳しくなることが考えられるが、十分発達しないで防火帯に到達することも考えられるので評価の対象とはしなかった。

(3)解析の結果

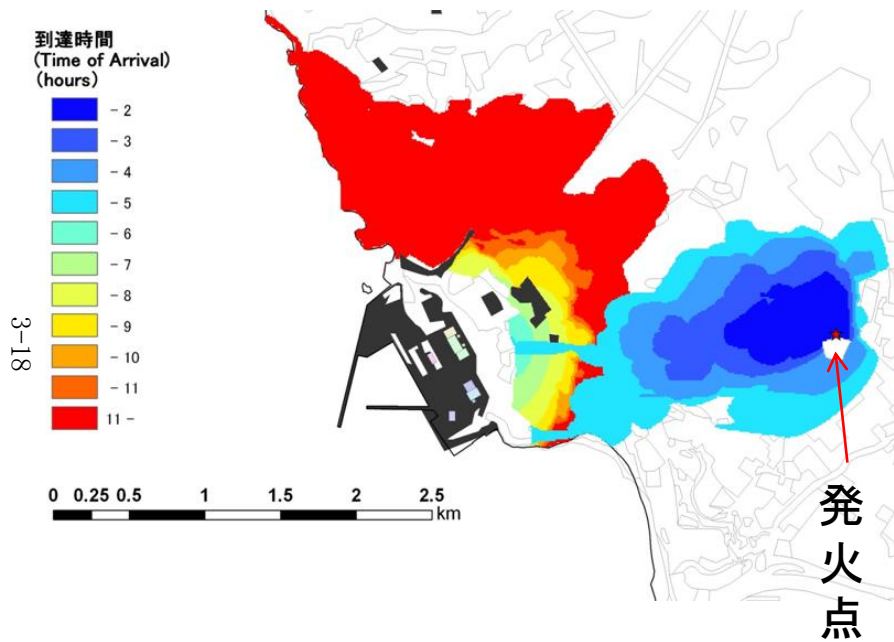
外部火災影響評価ガイド

評価指標	評価の観点
延焼速度	・火災発生後、どの程度の時間で発電所に到達するか。
火線強度	・発電所に到達し得る火災の規模はどの程度か。 ・必要となる消火活動の能力や防火帯の規模はどの程度か。
火炎長	
火炎輻射発散度	
火炎到達幅	

ケース1	ケース2
2.88[m/s]	3.11[m/s]
33,687[kW/m]	114,908[kW/m]
9.37[m]	16.48[m]
843[kW/m ²]	1,039[kW/m ²]
3,540[m]	3,440[m]

(3)解析の結果

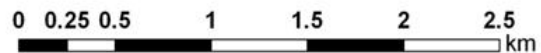
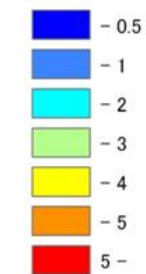
到達時間



ケース1 (4時間41分)*

発火点

到達時間
(Time of Arrival)
(hours)

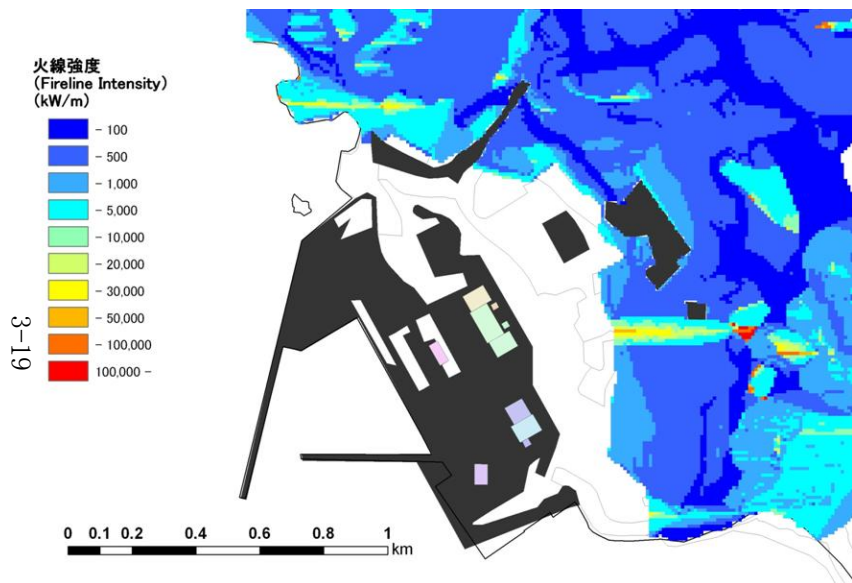


ケース2 (52分)*

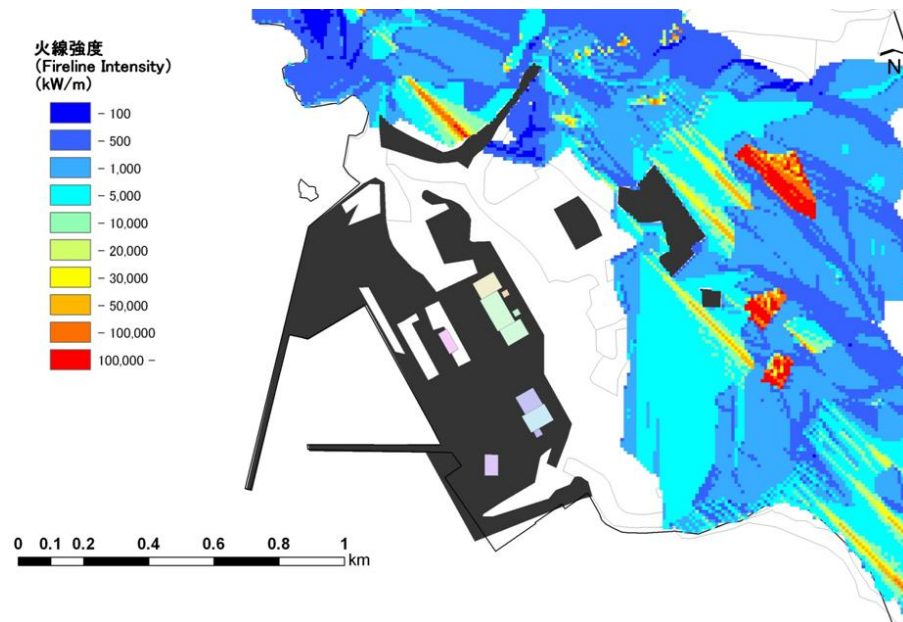
* 防火帯への最短到達時間

3. 解析の結果

火線強度



ケース1 (33,687[kW/m]) *



ケース2 (114,908[kW/m]) *

* 防火帯端での最大火線強度

(4)防火帯幅の設定

外部火災影響評価ガイド

火線強度より、発電所に必要な最小防火帯幅を算出する。ここではAlexander and Fogartyの手法を用い、火炎の防火帯突破確率1%の値を発電所に最低限必要な防火帯幅とする。

図1は、森林火災が、火線強度の関数として防火帯を破る可能性に関する図である。防火帯幅と防火帯の風上20m内に樹木が存在しない場合(図1A)と存在する場合(図1B)を示している。

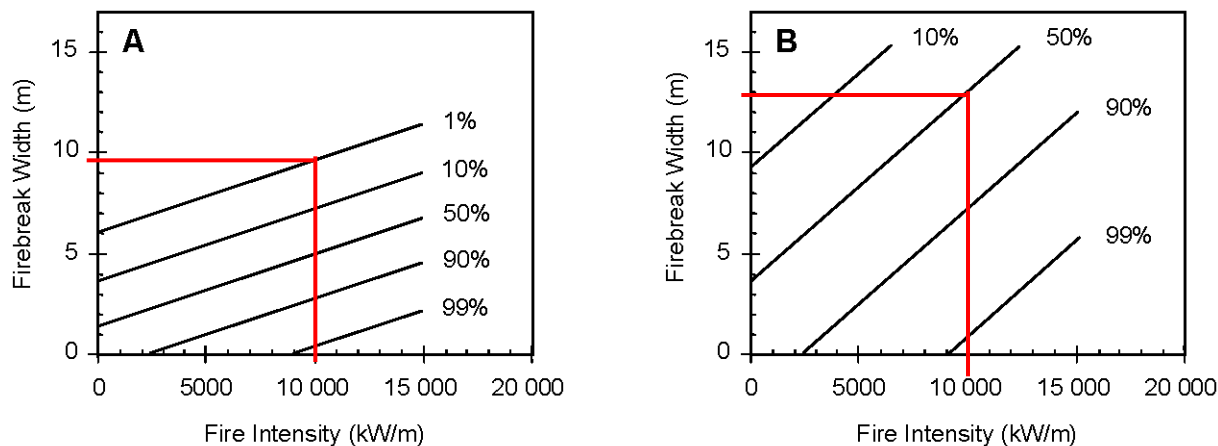
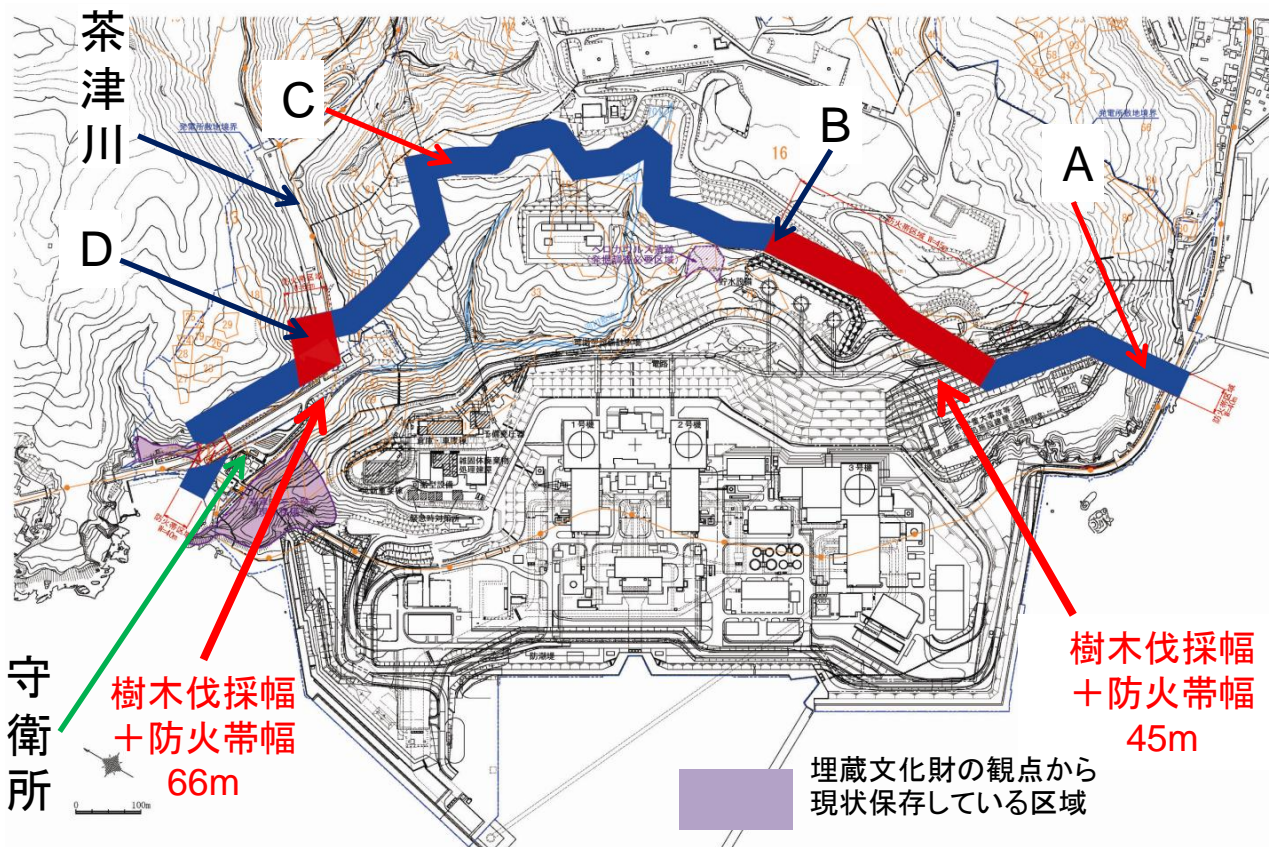


図1 火線強度に対する防火帯の相関図

4. 防火帯幅の設定

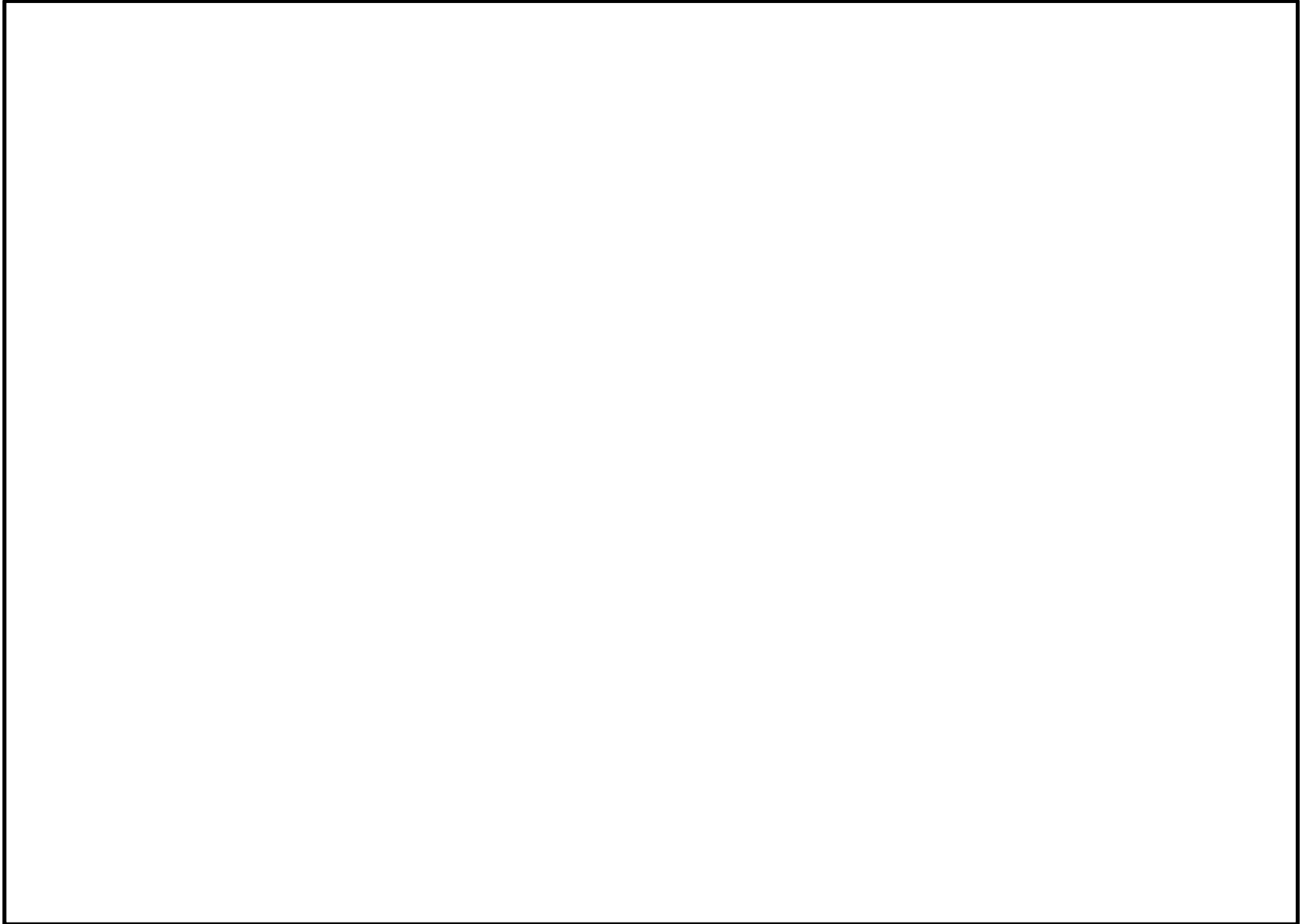
地点	火線強度(kW/m)		防火帯幅(m)	
	ケース1	ケース2	ケース1	ケース2
地点A	20,738	960	14	7
地点B	33,687	720	18	7
地点C	1,229	1,540	7	7
地点D	783	114,908	7	46



注記した箇所以外の防火帯幅は20m

図示した幅のうち外側20mの樹木を伐採する。
内側20~46mを防火帯として設定する。

防火帯詳細図



(5)火災の到達時間

外部火災影響評価ガイド

想定される森林火災に対して、火災の到達時間を考慮して発電所の自衛消防隊による対応が可能である。

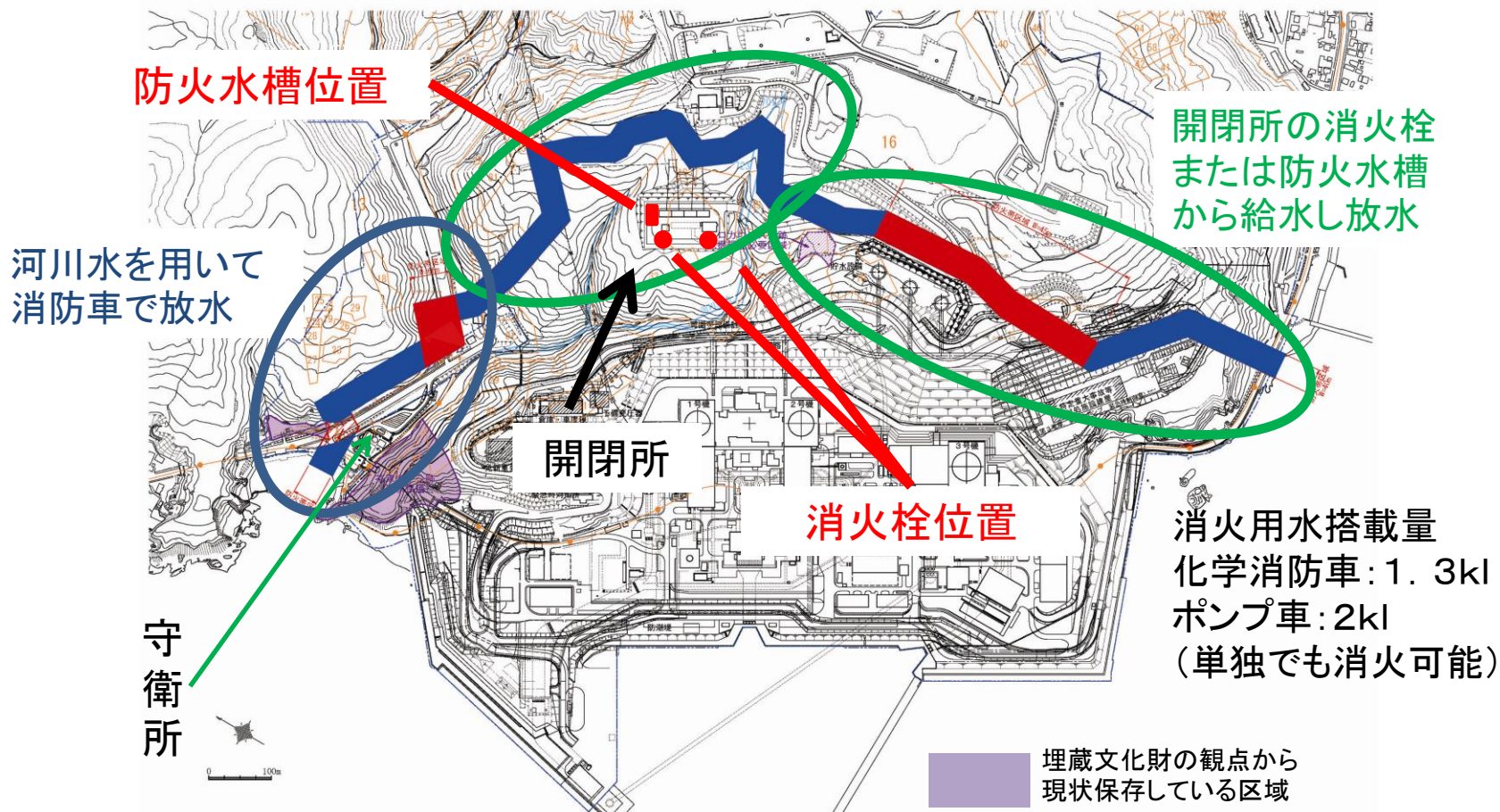
森林火災に対する初期消火活動

No.	活動内容	▼対応の起点						備考
		-0.5	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	
1	自治体(泊村、共和町)の防災無線で森林火災発生を受信	■						市町村防災計画による
2	風力発電所跡地の高所より状況確認(発電所からの距離、火勢、風向(発電所方面)し運営課長に報告	■	■					
3	発電所から3km程度まで接近、または発電所に到達することが予想される場合所内トラブル体制を発動		■					
4	初期消火要員を召集し、対応方法を確認する		■					
5	初期消火要員出動 延焼推定現場に移動		■					移動時間12~15分
6	2台の消防車を配置し、ホース接続及びホース敷設		■					
7	延焼推定現場の森林に対し、消防車より放水開始なるべく広範囲に放水し、むら無く樹木が濡らす。			■				放水時間3~4分
8	消防車の水を使い切った後は、消防車よりホースのみ切り離す			■	■	■	■	
9	消防車で開閉所に移動し、消火栓または防火水槽から給水			■	■	■	■	移動~給水終了時間8~12分
10	水を満タン後に散水現場へ移動し放水			■	■	■	■	移動~放水再開時間7~11分
11	以降2台の消防車で放水と給水を繰り返す			■				

初期消火隊による延焼の防止

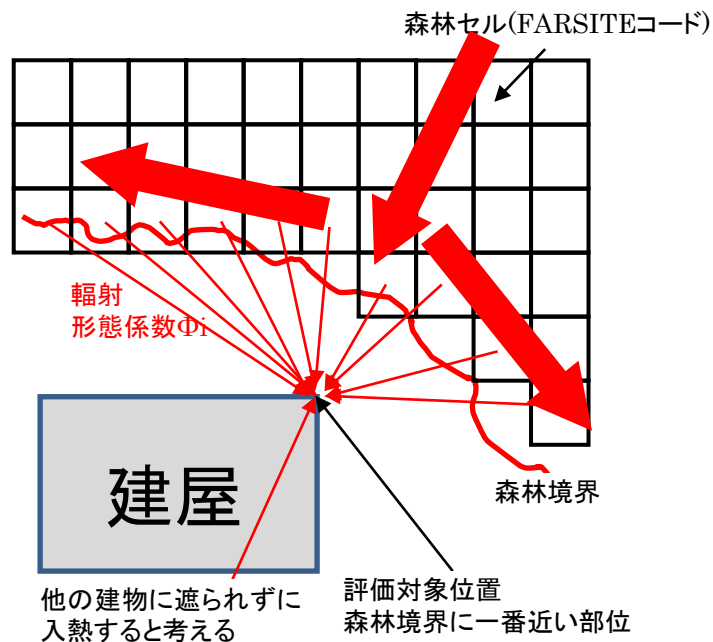
- ・初期消火隊が防火帯に火災が到達する前に対応可能であることを確認している。
- ・消防車からの放水により防火帯外側の樹木をぬらすことにより延焼の防止が可能である。
- ・茶津川付近については、消防車により、河川水を放水することにより防火帯が破られることを防ぐ。
- ・その他の区域については、開閉所の消火栓または防火水槽から消防車へ給水し放水することで防火帯が破られることを防ぐことができる。
- ・保安規定の下部要領で、これらの対応を規定する。

3-24

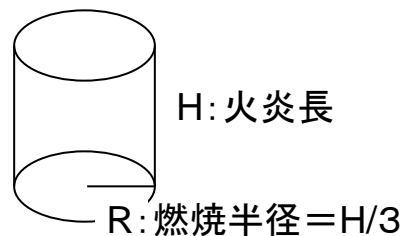
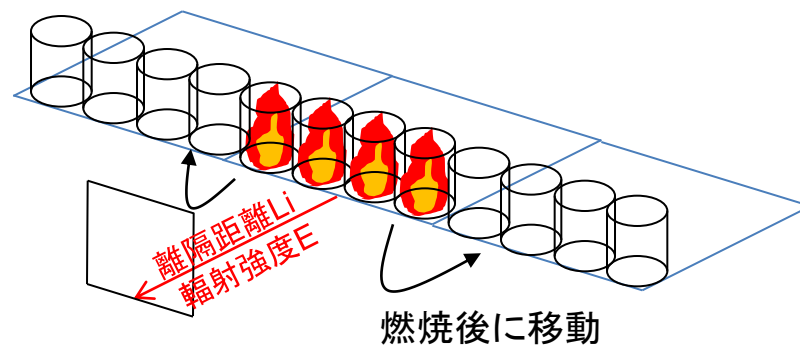


(6)危険距離の評価

3-25



輻射授受のイメージ



$E = R_f \cdot \Phi$
 E : 輻射強度、 R_f : 火炎輻射発散度、
 Φ : 形態係数は外部火災影響評価
 ガイドに基づき算出する。

円筒火炎モデル

与えられた輻射強度を境界条件とし、下記の非定常伝導方程式を解き建屋外壁温度を解く。

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

T: コンクリート温度
 x: コンクリート深さ
 a: 温度伝導度

6. 危険距離の評価

外部火災影響評価ガイド

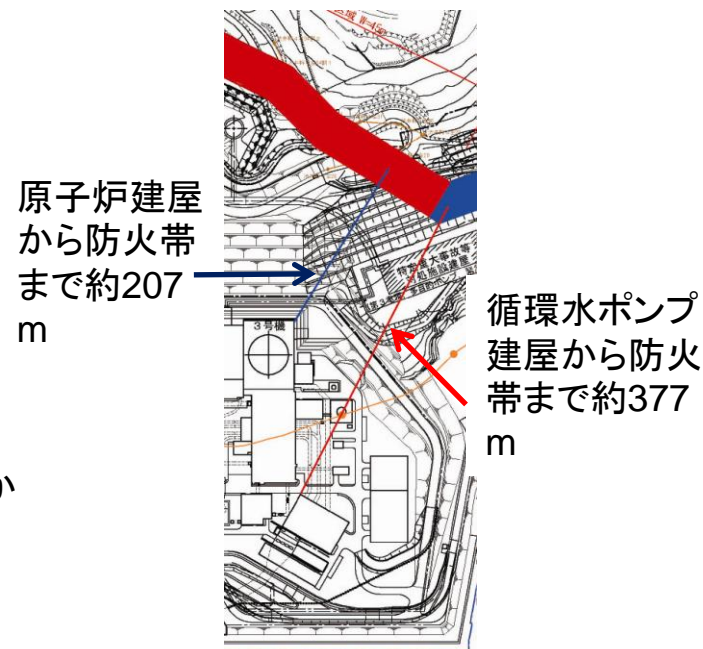
データの種類	整備要領
火炎輻射発散度	森林火災で算出された火炎輻射強度の値を火炎輻射発散度の値に変換したもの[kW/m ²]
火炎長	森林火災で算出された火炎長の値[m]
火炎到達幅	森林火災で算出された到達火炎の横幅[m]
危険輻射強度	原子炉施設の外壁、天井スラブの輻射熱に対する耐熱性を輻射強度で示したもの[kW/m ²]

ケース1/ケース2		備考
Rf=	843 /1,039	
H=	1.63 /2.50	火炎輻射発散度 最大時の値
W=	3,540 /3,440	
	11.43 /32.72	原子炉建屋
	3.37 /4.75	循環水ポンプ建屋

3-26

	原子炉建屋		循環水ポンプ建屋	
	危険距離	温度評価	危険距離	温度評価
ケース1	26m	57.8°C	50.2m	42.5°C
ケース2	20.4m	57.2°C	58.5m	43.7°C
許容温度	—	200°C	—	80.9°C

評価は火炎輻射発散度が最大となった地点で実施し、防火帯から原子炉建屋までの距離200m循環水ポンプ建屋までの距離300mとして行う。なお、火線強度が最大となった地点での評価は輻射強度が最大となった地点の評価を下回った。



4. 建屋外壁コンクリートの熱評価について

1. 外壁コンクリート温度評価

タンク火災で評価対象とする各建屋の外壁コンクリートは壁が厚くヒートシンクとして作用するため、火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で受熱および蓄熱がなされる条件によりコンクリート壁の表面温度を計算し、コンクリート表面の温度を熱影響評価した。

この評価では、初期温度が一様な半無限のコンクリートに、ステップ状に表面熱流束が一定値で与えられる場合を想定した。

評価にあたっては、以下の条件を使用した。

初期温度： $T_0 = 50$ [°C] (コンクリートが一様な温度とした。)

コンクリート 熱伝導率： $\lambda_c = 1.74$ [W/mK]

出典：日本建築学会 原子炉建屋構造設計指針・同解説
(1.5[kcal/mh°C])

コンクリート 比熱： $C_{pc} = 0.963$ [kJ/kgK]

出典：日本建築学会 原子炉建屋構造設計指針・同解説
(0.23[kcal/kg°C])

コンクリート 密度： $\rho_c = 2400$ [kg/m³]

出典：日本建築学会 鉄筋コンクリート構造 計算規準・同解説
(2400[kg/m³])

なお、200°Cを超えるような高温においては、熱伝導率は低下すると考えられる。この場合、熱が伝わりにくくなるためPC板の温度は高めになるが、コンクリート温度は低下する。(次頁図参照) ここでは保守的に、熱伝導率の低下を考慮しないとした。

また、森林火災における外壁コンクリート温度評価は、輻射強度の時間変化を考慮した同様の熱伝導率等を用い評価した。

コンクリートの許容温度を200°Cとした。(添付-1)

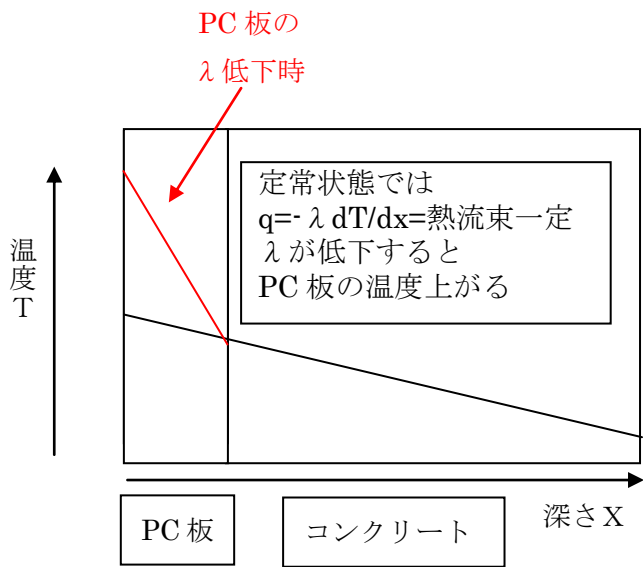


図 定常状態における温度分布

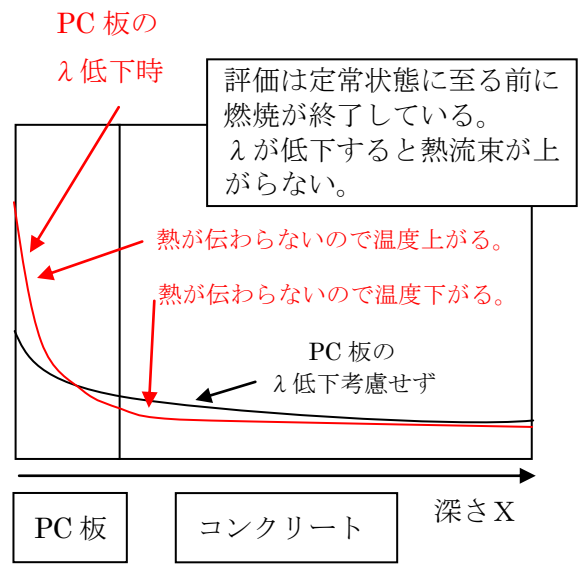


図 非定常状態における温度分布

2. 循環水ポンプ建屋内の室温評価

建屋内には、各種機器（循環ポンプ、海水ポンプ他）が収納されており、通常運転時にはこれらの機器からの発熱は、建屋の換気により外部へ放出される設計である。熱収支を解くにあたっては、この建屋内部に収められている機器の発熱量をインプットとして、換気量を熱収支と連成させて解く。また、外部火災からの輻射熱も併せてインプットとして与え、外部火災時の熱収支を解き建屋内部の室温を、以下に記す入力値を用いて評価する。

【インプット】

外気温： $T_{in} = 30$ (°C)

建屋内のポンプモータの放熱量： $Q_{in} = 794,000$ (W)

外部火災からの輻射熱受熱面積： $A_F = 4,916$ (m²)

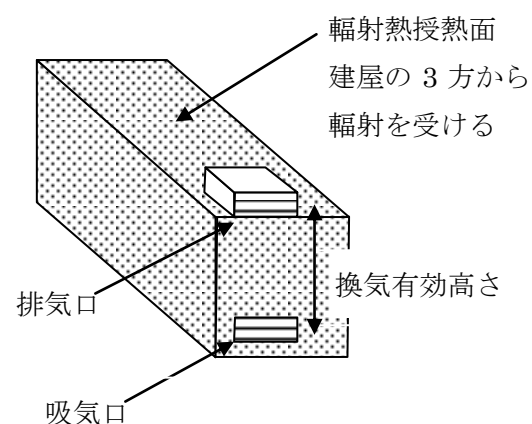
給気口面積： $A_{in} = 61.73 \times$ 開口率50% (m²)

排気口面積： $A_{out} = 64.68 \times$ 開口率50% (m²)

給気口圧損係数： $\zeta_{in} = 1.5$

排気口圧損係数： $\zeta_{out} = 1.5$

換気有効高さ： $H = 18.7$ (m)



また、森林火災における同様の評価にあたっては、入熱は時間変化を考慮した。

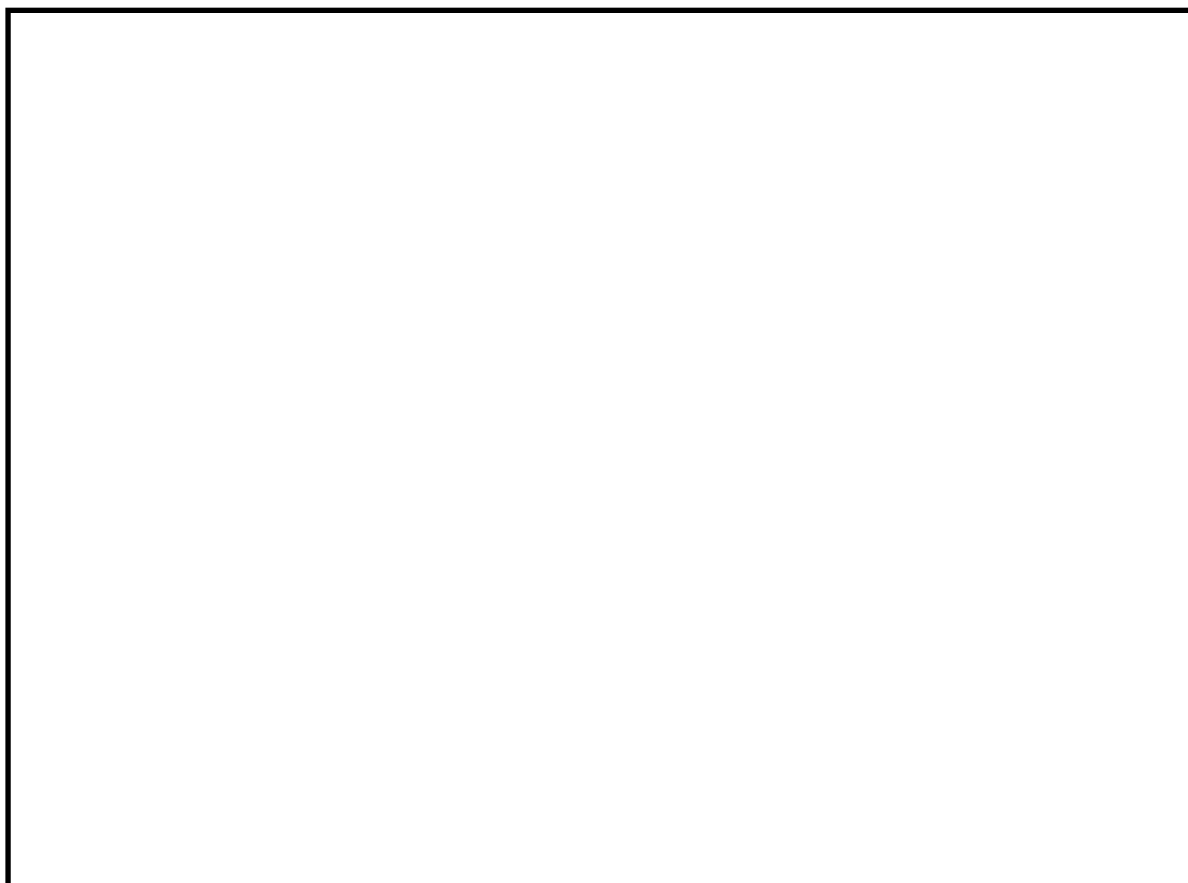
コンクリート許容温度 200℃の根拠について

敷地内におけるタンク火災による建屋の外壁およ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、「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」では、高温時のコンクリートの圧縮強度は200℃程度までは常温と殆ど変わらないため、コンクリートの許容温度を200℃とした。

「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

(1) 素材の高温強度



5. FARSITE 入力条件の適切性について

1. 気象条件の適切性について

森林火災の評価に用いた気象データについては以下のとおりである。FARSITE の入力条件については、2003 年から 2012 年の 10 年間の気象データのうち、森林火災の発生件数の多い 4 月から 6 月までの厳しい条件を選定した。

(1) 風向

10 分間の 6 秒(Z 点については 5 秒)周期収集風向の最多風向を 10 分値としている。1 時間値は、毎正時前 10 分間の最多風向を正時の風向として統計整理している。ケース 1 の評価には 1 時間値の最多風向である東風を採用した。

(2) 風速

6 秒(Z 点については 5 秒) 周期収集風速の 10 分平均値を 10 分値としている。正時前 10 分間の平均値を正時の 1 時間値としている。

評価には、1 時間値の最大風速を採用した。瞬時値は 1 時間値より大きくなるが、火災の継続時間が 8 時間以上あることから 1 時間値を採用するのは保守的である。また、FARSITE において風速に入力できる最大値は 100km/h(27.8m/s)であり、これ以上については 100 km/h を入力している。

最大風速 29.7m/s は 2010 年 4 月 14 日に出現している。したがって、FARSITE には 100km/h を入力している。

(3) 気温

気温の最大値を採用した。最大値は 6 秒周期収集の最大値である。また最高気温 30.0℃は 2012 年 6 月 30 日に出現している。

なお、6 秒周期収集の 10 分平均値を 10 分値としている。正時前 10 分間の平均値を正時の 1 時間値としている。

(4) 湿度

湿度の最小値を採用した。最小値は 6 秒周期収集の最小値である。また、最小湿度 13%は 2003 年 4 月 22 日に出現している。

なお、6 秒周期収集の 10 分平均値を 10 分値としている。正時前 10 分間の平均値を正時の 1 時間値としている。

これらは、同時に出現しておらず、また気温および湿度に関しては瞬時値を使用していること、最大風速については FARSITE の入力上限である 100km/h(27.8m/s)を入

力している。

加えて、ケース2で最大火線強度を示している点は風向に対して直角をなす谷にあり、地形に係らず標高の高い地点での10年間の最大風速を一様に適用している点にも保守性がある。

参考に選定した最高気温等が出現した前後のデータを添付1に示す。添付1はいずれも1時間値であるため、瞬時値を採用した気温および湿度については、採用した値は添付1からは読み取れない。

2. 解析の開始時間について

添付2の解析開始時間についてのとおり、火線強度が最大となるよう、解析の開始時間にかかわる感度解析を実施し、開始時間を適切に設定している。

3. 植生の適切性について

発電所周辺の植生に応じて適切にFARSITE入力条件を設定している。

(添付3「植生データの設定」)

(1) 森林簿データを使用した設定

針葉樹については林齢で10年毎にグルーピングし、森林簿データを使用し可燃物量を設定している。落葉広葉樹は一般に高齢であることより、高齢を模擬した可燃物量を模擬した可燃物量が多いデータを設定している。

(2) 泊発電所周辺の植生データ

泊発電所周辺の植生データは林齢情報が得られないため、針葉樹については火線強度がもっとも大きくなる「トドマツ+その他針葉樹(林齢10年生未満)」を適用する。落葉広葉樹については森林簿データと同じデータを適用する。その他の植生についてはFARSITEのデフォルトパラメータの中から適切な可燃物パラメータを選択している。

(3) 土地利用データを使用した設定

泊発電所周辺の植生データは林齢情報が得られないため、森林については火線強度がもっとも大きくなる「トドマツ+その他針葉樹(林齢10年生未満)」を適用する。また、田、その他の農用地はTall Grass、荒地はBrushとした。

最高気温等が出現した前後のデータ

2012年6月30日 気温 30.0℃記録日 気象データ (1時間値)

時刻	Z点風速[m/s]	A点風速[m/s]	気温[℃]	湿度[%]
1時	7.6	7.6	16.4	74
2時	1.9	1.9	15.7	76
3時	2.0	2.0	15.0	82
4時	5.6	5.6	14.1	80
5時	5.9	5.9	13.8	83
6時	4.7	4.7	15.3	77
7時	4.0	4.0	17.7	68
8時	4.3	4.3	20.9	59
9時	0.9	0.9	19.7	67
10時	2.5	2.5	24.5	55
11時	2.7	2.7	26.7	49
12時	4.0	4.0	28.6	36
13時	2.1	2.1	27.4	43
14時	2.5	2.5	28.9	36
15時	3.8	3.8	27.7	38
16時	2.2	2.2	25.2	49
17時	4.7	4.7	25.7	45
18時	2.3	2.3	24.6	45
19時	8.3	8.3	23.8	49
20時	11.0	11.0	22.3	56
21時	9.4	9.4	21.5	55
22時	9.6	9.6	21.0	54
23時	11.9	11.9	20.9	52
24時	9.4	9.4	20.4	54

2003年4月22日 湿度13%記録日 気象データ (1時間値)

時刻	Z点風速[m/s]	A点風速[m/s]	気温[°C]	湿度[%]
1時	1.7	1.3	2.0	81
2時	0.9	2.2	1.4	82
3時	1.1	2.6	1.8	79
4時	2.5	3.0	2.3	78
5時	2.6	2.4	2.5	77
6時	2.3	2.9	1.9	82
7時	1.4	1.5	4.7	77
8時	1.6	1.4	6.6	73
9時	1.9	1.0	7.8	66
10時	1.9	2.5	8.9	45
11時	3.4	5.4	10.1	欠測
12時	3.7	4.7	10.2	21
13時	3.8	4.4	10.8	欠測
14時	5.8	5.8	11.0	31
15時	8.4	7.3	10.7	55
16時	6.0	6.1	10.4	62
17時	4.0	5.7	9.5	63
18時	4.7	9.2	9.1	65
19時	6.8	11.4	8.8	60
20時	6.2	11.4	8.8	59
21時	6.1	9.5	8.9	62
22時	4.9	8.0	8.7	58
23時	4.3	6.7	7.8	62
24時	3.4	5.8	8.1	50

2010年4月14日 風速 29.7 m 記録日 気象データ (1時間値)

時刻	Z点風速[m/s]	A点風速[m/s]	気温[℃]	湿度[%]
1時	15.8	23.7	2.9	47
2時	18.1	29.6	2.5	57
3時	17.6	26.9	2.1	57
4時	16.5	26.3	0.9	72
5時	17.3	25.8	1.1	72
6時	16.4	25.4	1.9	65
7時	16.6	26.1	1.5	77
8時	17.2	27.6	2.0	76
9時	17.4	27.2	3.1	67
10時	18.2	29.7	3.1	64
11時	17.7	29.6	3.2	59
12時	18.0	29.2	3.3	63
13時	18.7	29.5	3.5	58
14時	18.3	25.9	3.2	59
15時	17.4	24.4	3.2	59
16時	16.2	26.5	3.0	56
17時	16.1	22.8	2.8	54
18時	15.7	21.0	2.9	49
19時	15.0	19.4	3.0	50
20時	15.1	18.1	2.8	50
21時	14.2	16.8	2.7	49
22時	14.5	17.0	2.5	49
23時	14.1	16.5	2.3	48
24時	14.4	16.2	2.2	50

解析開始時間について

FARSITE の解析においては、日照により可燃物の水分量変化を計算していることより、日照が解析の結果に影響を与えることが知られている。ケース 1、ケース 2 において最大火線強度を示した地点において、解析開始時間の妥当性を確認するために以下の感度解析を実施した。

日照の影響は正午前後に影響が大きくなると考えられる。しかしながら、ケース 2 で最大火線強度を示した地点では南東方向に大きく傾斜していることから日照の影響が最大となる時刻が早まることが推定される。

このことを確認するため、まず解析時間を要しない広葉樹で解析を実施する。地形への影響を排除するため、それぞれケース 1、2 の予備解析で火線強度最大となった点の傾斜をもった広葉樹の平面を準備し、それぞれの風向を考慮し解析を実施する。

気象条件：泊発電所の森林火災と同条件

風速 100km/h

気温 30.0℃

湿度 13%

それぞれケース 1、2 の予備解析で火線強度最大となった点およびその際の風向を考慮し、2 ケース実施する。

表 1 感度解析その 1

	風向	傾斜方向	傾斜角度
ケース 1	90° (東)	222° (南西)	15°
ケース 2	315° (北西)	139° (南東)	24

結果は図 1、2 に示す。いずれの場合も 12 時前後が厳しい結果となったが、ケース 2 の方が若干、火線強度がピークを示す時間が早くなっていることが確認できた。以上を踏まえ感度解析その 1 と同様に地形の効果を無視し、傾斜方向と風向は考慮し、火線強度最大となった点での可燃物である tall grass 及び chaparral の平面を準備し、以下の解析を実施した。

表 2 感度解析その 2

	風向、傾斜方向角度	可燃物	開始時間
ケース 1	表 1 のとおり	tall grass	10 時、12 時、14 時
ケース 2	表 1 のとおり	chaparral	8 時、10 時、12 時

ケース 1 については、10 時開始と 12 時開始が同程度であることから、現在火線強度最大値が 11 時 41 分に出現していることは妥当と考える。

また、ケース 2 については 8 時開始と 10 時開始と同程度の結果であることより、泊発電所の地形および植生で次表のとおり 3 ケース開始時間を変更した解析を実施した。

表 3 感度解析その 3

開始時間（着火時間）	防火帯到達時間	火線強度最大値
7 時 00 分	8 時 02 分	96,712[kW/m]
8 時 00 分	8 時 52 分	114,908[kW/m]
9 時 00 分	10 時 24 分	85,929[kW/m]

その結果現在の開始時間 8 時 00 分の保守性が確認できた。

以上

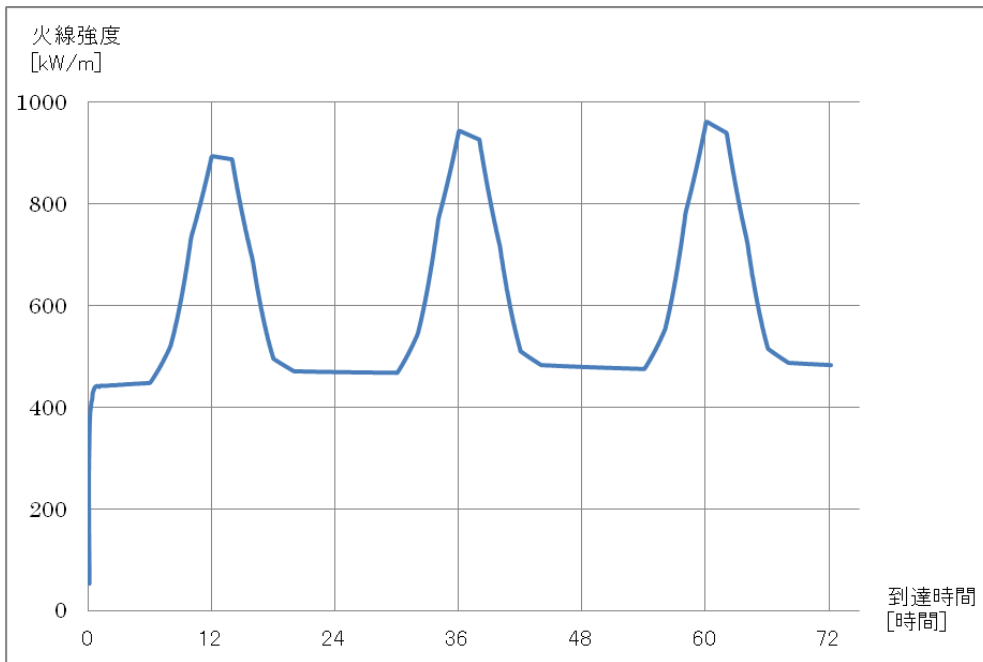


図1 到達時刻の影響 (ケース1 広葉樹)

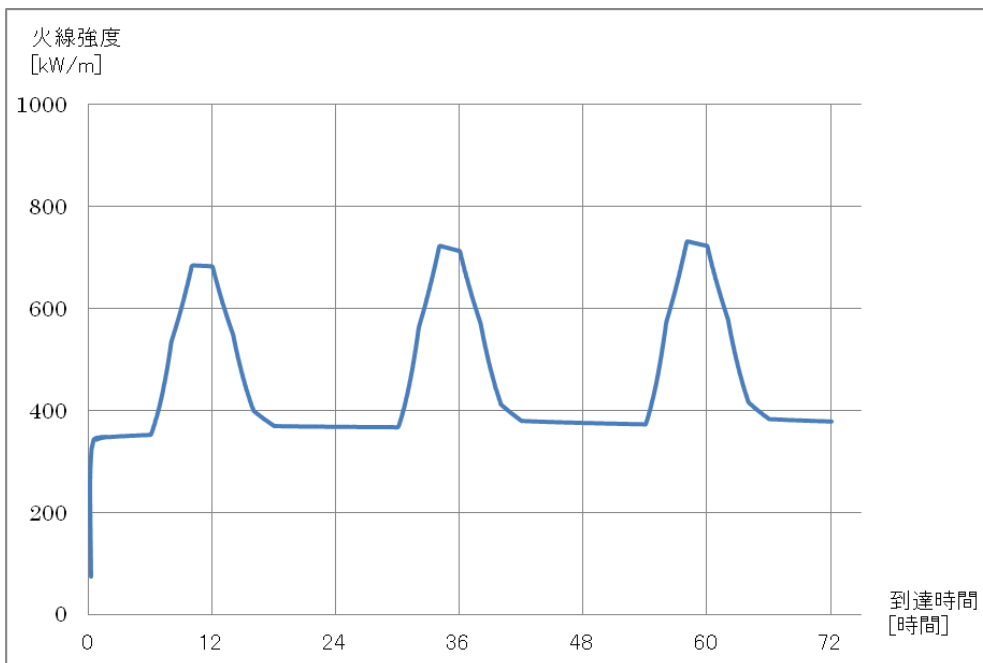


図2 到達時刻の影響 (ケース2 広葉樹)

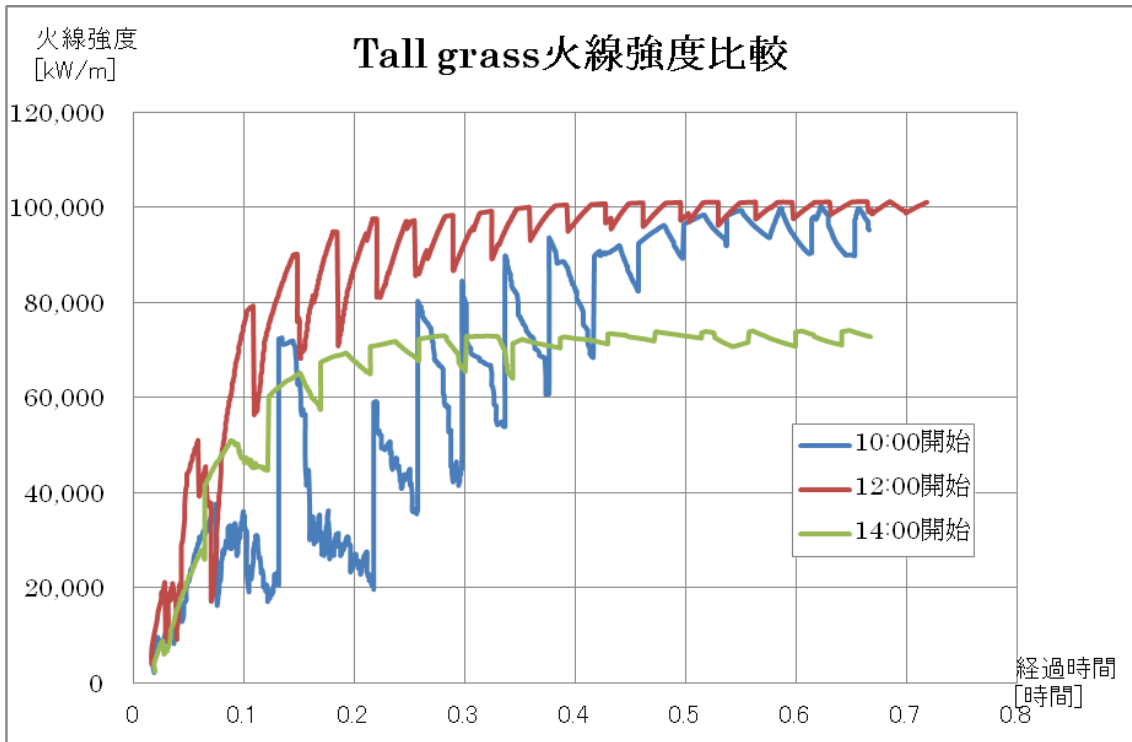


図3 到達時刻の影響 (ケース 1 tall grass)

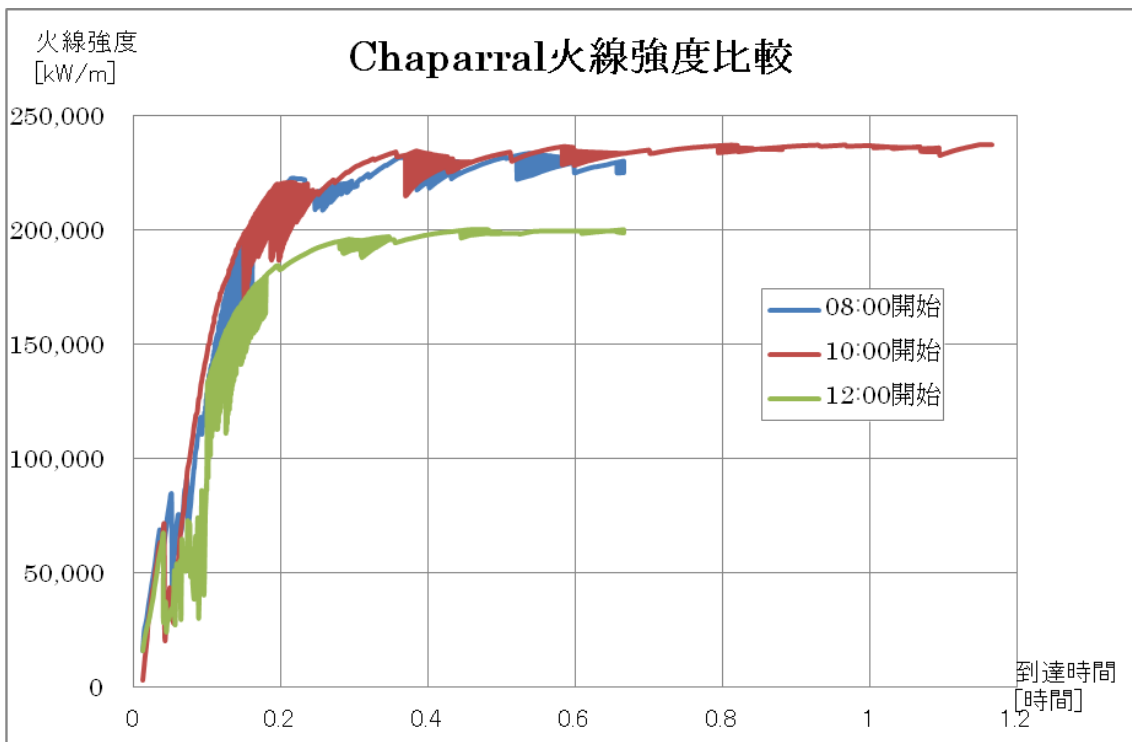


図4 到達時刻の影響 (ケース 2 chaparral)

植生データの設定について

1. 森林簿データの設定について

FARSITEにおける可燃物パラメータを「樹種」と「林齢」より、下記右側の11区分の植生タイプに分類し設定した。大きな面積を占めるカラマツ、トドマツについては、林齢区分に基づき、可燃物パラメータを設定した。それ以外の針葉樹については、カラマツに比べて火線強度が大きくなり易く保守的と言えるトドマツの可燃物パラメータを適用した。広葉樹については、落葉広葉樹として可燃物パラメータを設定した。植生区分と可燃物パラメータとの対応及び設定の考え方を以下に示す。

【針葉樹の樹種】	【広葉樹の樹種】
アカマツ	ポプラ
クロマツ	ドロヤナギ
ヨーロッパアカマツ	ギンドロ
ストローブマツ	マカバ
<u>カラマツ</u>	シラカンバ
グイマツ	ハンノキ
グイマツ雑種	ヤマハンノキ
<u>トドマツ</u>	コバノヤマハンノキ
アカエゾマツ	ケヤマハンノキ
ヨーロッパトウヒ	アサダ
その他人工林針葉樹	カシワ
天然林針葉樹	ミズナラ
	ニセアカシヤ
	イタヤカエデ
	ヤチダモ
	人工林広葉樹
	天然林広葉樹
×	
【林齢情報】	

FARSITEにおける可燃物パラメータ	設定の考え方
カラマツ(林齢10年生未満)	北海道のカラマツ林、トドマツ林は林床に人の1~2m程度のササが繁茂していることを考慮し、下草の可燃物量は林齢によらず一定とすると共に、大きな火線強度が想定される保守的な可燃物量の設定とした。但し、樹木の量に該当する「生きた木質量」のパラメータは、林齢と共に大きくなるよう設定した。生きた木質量は、水分量が多く燃えにくい効果を示す。従って、林齢が低い方が火線強度等が大きくなる。
カラマツ(林齢10年生)	
カラマツ(林齢20年生)	
カラマツ(林齢30年生)	
カラマツ(林齢40年生以上)	
トドマツ+その他針葉樹(林齢10年生未満)	
トドマツ+その他針葉樹(林齢10年生)	
トドマツ+その他針葉樹(林齢20年生)	
トドマツ+その他針葉樹(林齢30年生)	
トドマツ+その他針葉樹(林齢40年生以上)	
落葉広葉樹	広葉樹は一般に高齢で下草の状況は林齢によってほとんど変わらないことを考慮し、林齢に依存しない可燃物パラメータとなっている。また、林床のササの繁茂は考慮せず、高木に加え草や灌木が存在する状況を想定している。

2. 泊発電所周辺の植生データについて

泊発電所周辺の植生区分と可燃物パラメータ設定の考え方を以下に示す。

植生区分	可燃物パラメータ	設定の考え方
ハルニレ群生	落葉広葉樹(前頁の独自パラメータ)	各植生区分は全て落葉広葉樹であることから、前頁にて定めた落葉広葉樹の可燃物パラメータを適用した。
ヤナギ低木群落		
ハンノキ-ヤチダモ群生		
カシワ群落		
シラカンバ-ミズナラ群落		
ハリエンジュ群落		
落葉広葉樹林		
ササ草原	FARSITEデフォルトパラメータ「Chaparral」	背丈が1~2m程度であり、密集度が高いことから、FARSITEデフォルトパラメータの中から、Chaparral (6feet:1.83m)を使用した。このパラメータは、FARSITEデフォルトパラメータの中で最も可燃物量、可燃物厚さが大きく火線強度等が高くなり易い点で保守的と言える。
ススキ草原	FARSITEデフォルトパラメータ「Tall Grass」	可燃物は草であることから、FARSITEデフォルトパラメータにおける草原(Grass)のパラメータの中で、可燃物量、可燃物厚さが大きい点で保守的であるTall Grass (2.5feet:0.76m)を使用した。
伐跡群落		
種々草原		
ヨシクラス・ウキクサクラス・ヒルムシロクラス		
砂丘植生		
海岸断崖植生		

植生区分	可燃物パラメータ	設定の考え方
クロマツ植林	トドマツ+その他針葉樹(林齢10年生未満)(前頁の独自パラメータ)	針葉樹の植林地であることから、前頁で設定した森林の可燃物パラメータの中で最も火線強度等が高くなる、保守的と考えられる「トドマツ+その他針葉樹(林齢10年生未満)」を設定した。
トドマツ植林		
落葉針葉樹植林		
畑地	FARSITEデフォルトパラメータ「Tall Grass」	可燃物は草であることから、FARSITEデフォルトパラメータにおける草原(Grass)のパラメータの中で、可燃物量、可燃物厚さが大きい点で保守的であるTall Grass(2.5feet:0.76m)を使用した。
耕作放棄地		
雑草群落		
牧草地		
水田		
緑の多い住宅地	FARSITEデフォルトパラメータ「Brush」	植生が連続しておらず、コンクリート等の領域も多く含まれ、延焼しにくいと考えられるが、保守的な観点から、FARSITEデフォルトパラメータの「Brush(2feet:0.61m)」を使用し、計算上延焼することとした。
工場地帯	—	非植生地域に区分した。
造成地		
開放水域		
自然裸地		

3. 土地利用データの設定について

データ出典：国土交通省「国土数値情報 土地利用細分メッシュ 平成21年度」
 土地利用データ区分と可燃物パラメータとの対応及び設定の考え方を以下に示す。

土地利用区分	可燃物パラメータ	設定の考え方
田	FARSITEデフォルトパラメータ「Tall Grass」	田・農用地においては、農産物に加え草が主な可燃物となる。そこで、FARSITEデフォルトパラメータにおける草原(Grass)のパラメータの中で、可燃物量、可燃物厚さが大きい点で保守的であるTall Grass (2.5feet:0.76m)を使用した。
その他の農用地		
森林	「トドマツ+その他針葉樹(林齢10年生未満)」	本領域はデータ上、樹種や林齢が不明であることから、前頁で設定した森林の可燃物パラメータの中で最も火線強度等が高くなる、保守的と考えられる「トドマツ+その他針葉樹(林齢10年生未満)」を設定した。
荒地	FARSITEデフォルトパラメータ「Brush」	荒地は、崖や岩、湿地など、特定の植生がなく、延焼しにくい領域であるが、保守的な観点から、灌木等を可燃物として想定しているFARSITEデフォルトパラメータの「Brush (2feet:0.61m)」を使用し、計算上延焼することとした。なお、発電所周辺には本土土地利用区分は存在しない。
建物用地	-	非植生地域に区分した。
幹線交通用地1	-	
幹線交通用地2	-	
その他の用地	-	
河川地及び湖沼	-	
海浜	-	
海水域	-	
ゴルフ場	-	

6. 泊発電所における初期消火活動について

1. 初期消火対応要員の配置について

初期消火対応要員の配置は、以下のとおり就業時間帯及び夜間・休日の要員配置にそれぞれ以下のとおり 11 名以上を常駐させる体制である。

図 1 に初期消火要員のイメージを示す。初動後、原子力防災（準備）体制が発令した場合は、発電所対策本部の事務局として消火活動を実施する。

a. 就業時間帯の要員配置（11 名）

役割	担当者
連絡者	発電課長（当直）
通報者	運営課長
現場指揮者	机上社員（技術系副長 5 名で指名順位による）
消火担当	机上社員 5 名（筒先担当 2 名、消火補助 1 名 泡消火薬剤運搬担当 1 名、 伝令・消火補助 1 名）
消防車操作担当	委託警備員 2 名
案内誘導担当	委託警備員 1 名

b. 夜間・休日の要員配置（11 名）

役割	担当者
連絡者	発電課長（当直）
通報者	当番者
現場指揮者	当直副長
消火担当	委託警備員 5 名（筒先担当 2 名、消火補助 1 名 泡消火薬剤運搬対応 1 名、 伝令・消火補助 1 名）
消防車操作担当	委託警備員 2 名
案内誘導担当	委託警備員 1 名

2. 化学消防自動車および泡消火薬剤の配備

初期消火活動を行うため次表に示す化学消防自動車および泡消火薬剤（合成界面活性剤 耐寒用 3% 型）を配備している。

また、水槽付消防ポンプ自動車についても配備している。

化学消防自動車および泡消火薬剤の必要配備数量

設備	数量
化学消防自動車	1台
泡消火薬剤 (化学消防自動車保有分を含む)	1,500 リットル以上

水槽付消防ポンプ自動車の配備数量

設備	数量
水槽付消防ポンプ自動車	1台
水槽容量	2,000 リットル以上

3. 訓練および評価

初期消火活動のための体制について、総合的な訓練および実際の初期消火活動を年1回以上実施することとしている。

また、森林火災を想定した消火訓練を実施した。(図2, 図3)

4. モニタリングポストに対する放水について

防火帯外のモニタリングポストおよびモニタリングステーションには予め放水することにより、延焼を防止する。なお、FARSITEの解析ではモニタリングポスト2を除き、発火後火災到達まで約4時間の余裕があり十分に対応することが可能である。またモニタリングポスト2についても消火地点④から消防車でアクセス可能な位置であることから火災到達前に放水することが可能である。

(図4)

5. 火災発生時の連絡系統について

以下に、夜間・休日の場合の連絡系統および出動について示す。

発電課長(当直)から指示された副長は火災発生エリアの出入監視室移動し、消火担当とともに火災発生現場へ出動する。

消火担当は発電課長(当直)から警備本部経由で連絡を受け、火災発生エリアの出入監視室に向かい、現場指揮者の指示に従い火災発生現場へ出動する。

消防車操作担当は発電課長(当直)から警備本部経由で連絡を受け、消防自動車を火災発生エリアの出入監視室に向かい、現場指揮者の指示に従い火災発生現場へ出動する。

案内誘導担当は、発電課長(当直)から警備本部経由で連絡を受け、守衛所に向かい公設消防を火災発生現場へ誘導する。

平日昼間については、通報者が初期消火要員に連絡する。他の出動経路等は夜間・休日の場合と同じである。

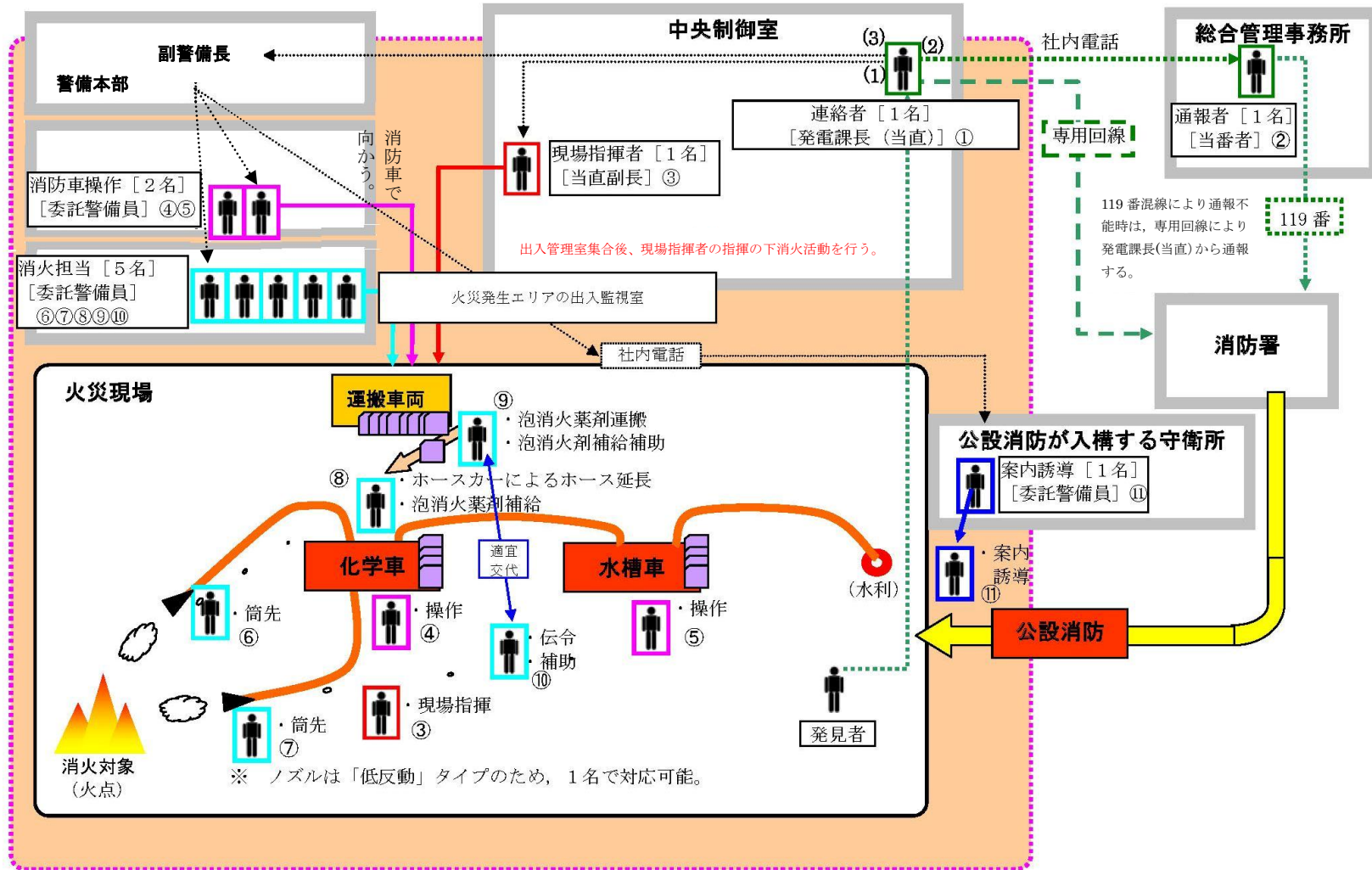
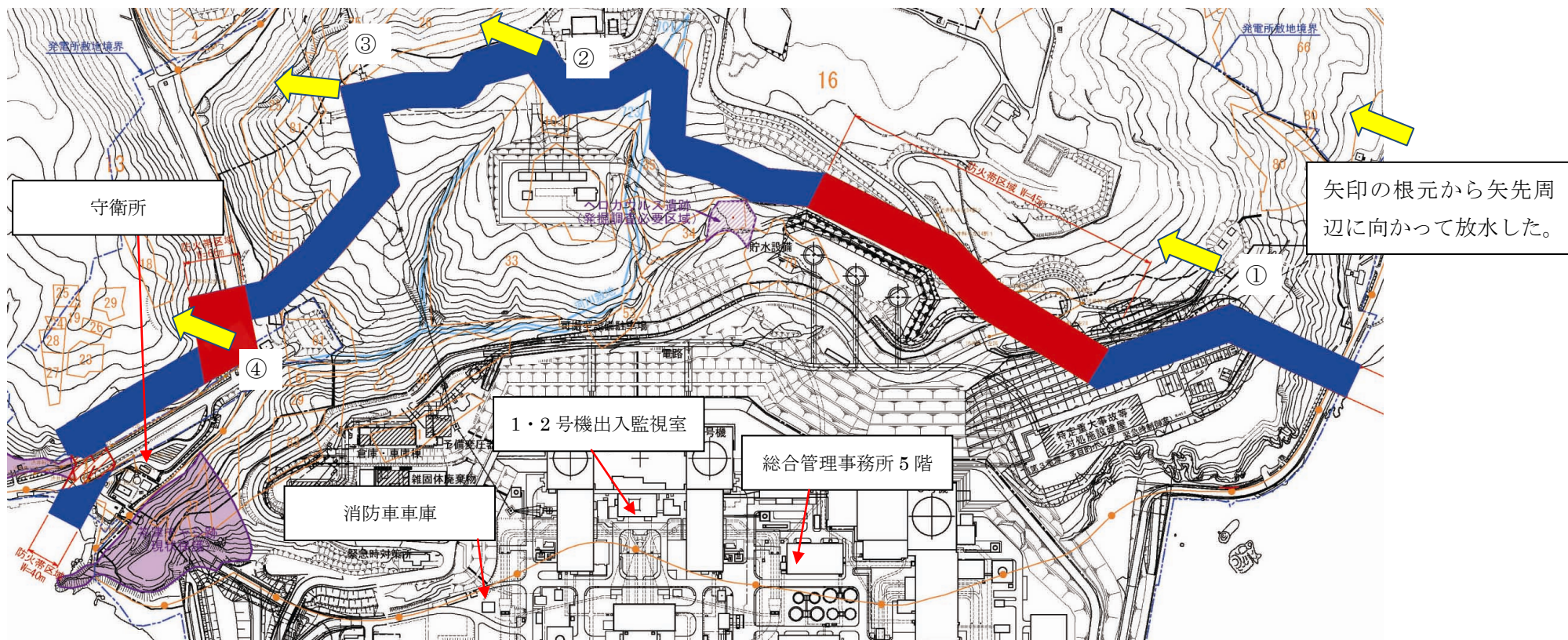


図1 初期消火対応要員の役割 (夜間休日の場合)

図2 森林火災を考慮した消火訓練



森林火災を想定した消火訓練を平成 25 年 9 月 4 日に実施した。消火地点①～④までの消火活動状況を図 3 に示す。また、対応余裕が少ないと想定されている。④地点の消火開始までに要する時間を計測した結果、次頁表のとおり約 21 分で消火を開始することができた。また、④付近には発電所への入構のための守衛所があり、24 時間警備員が滞在しているため、この付近に火災が近接した場合、直ちに中央制御室に連絡することが可能である。

表 地点④ 消火開始までの要する時間

項目	所要時間（累計）
総合管理事務所 5 階に集合[対応開始]	—
総合管理事務所 5 階→1・2 号機出入監視室→防火服等着用→消防車乗車	7 分(7 分)
消防車乗車～消火地点④移動	9 分(16 分)
消防車配置・河川水取水準備	4 分(20 分)
放水開始	1 分(21 分)

図3 消火活動状況

消火地点①（間欠放水）



消火地点②（間欠放水）



延焼推定場所③（間欠放水）



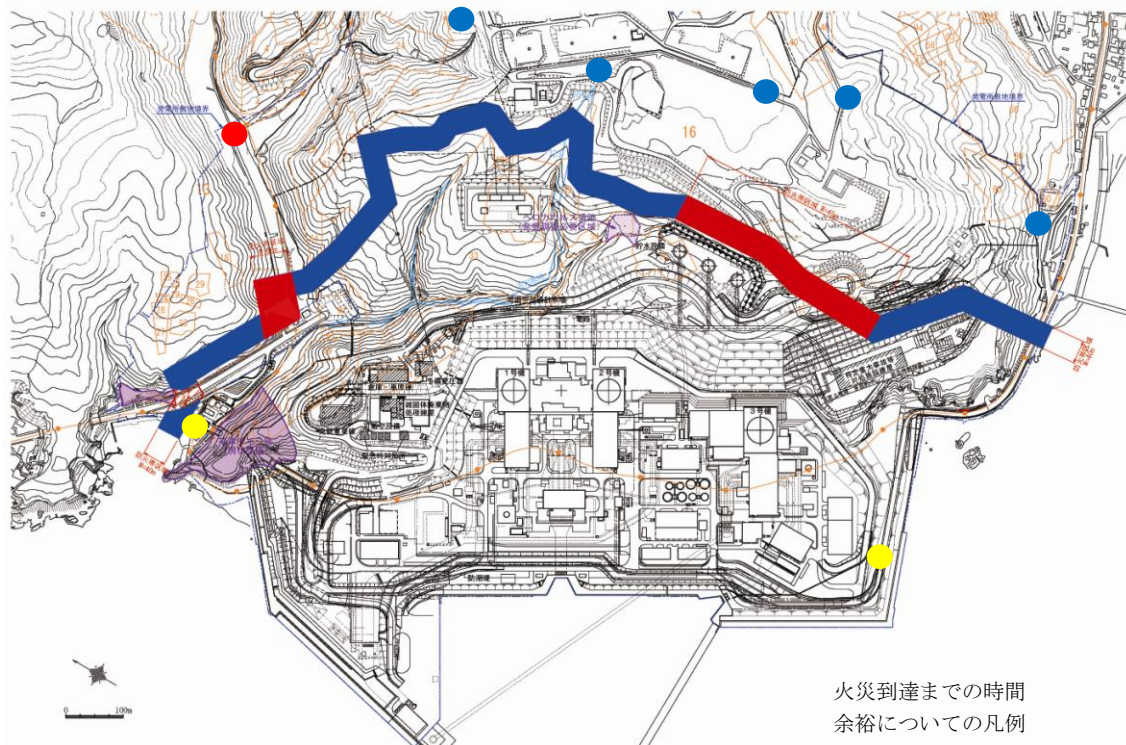
消火地点④（連続放水）



河川水の取水を模擬



図4 モニタリングポストに対する放水



火災到達までの時間
余裕についての凡例

- 対応余裕が大きい (4 時間～)
モニタリングポスト及びステーション
- 防火帯内に設置される
モニタリングポスト
- 対応余裕が約 1 時間である
モニタリングポスト
(モニタリングポスト 2)

7. 近隣の産業施設について

外部火災評価ガイドにおいて「近隣の産業施設の火災・爆発」は「石油コンビナート、化学工場、燃料輸送車両、漂流船舶等の発火による火災・爆発」と定義されている。

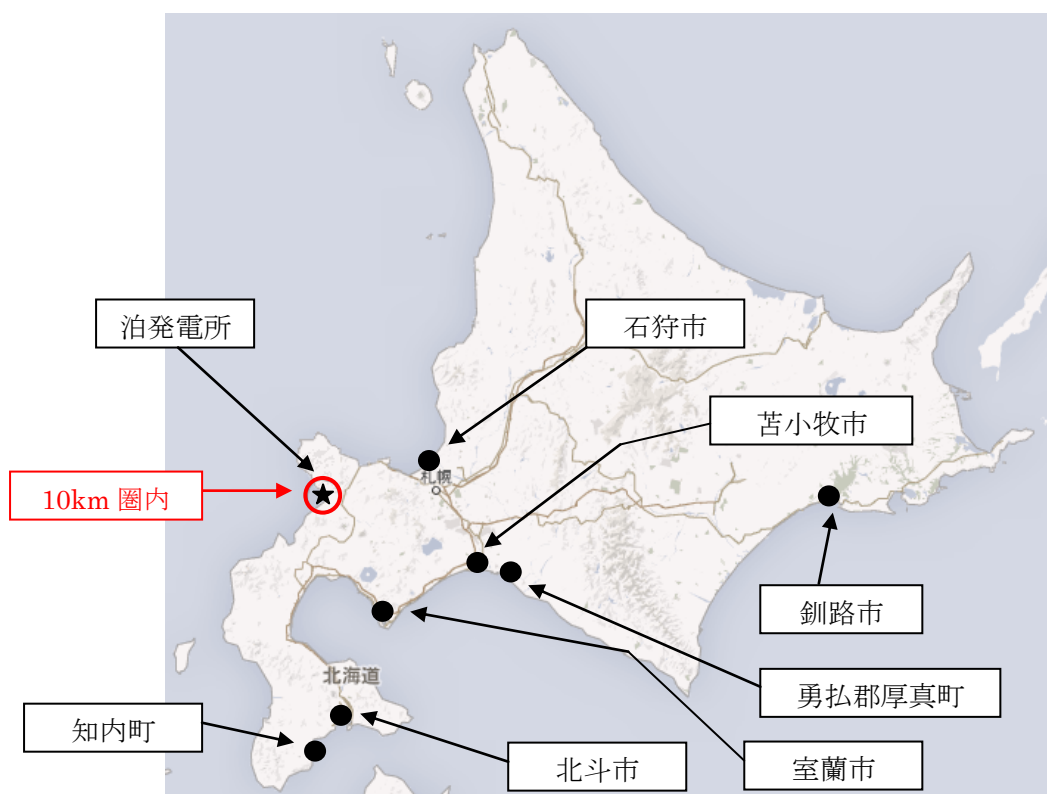
この近隣の産業施設の火災・爆発に対する原子炉施設への影響について評価した。
なお、調査範囲としては、発電所敷地外 10km 以内とする（添付 1 参照）。

1. 石油コンビナート

石油コンビナートについては、「石油コンビナート等特別防災区域を指定する政令」において、石油コンビナート等特別防災区域に指定する区域が定められているが、北海道において指定されているのは以下の区域であり、泊発電所 10km 圏内に該当する箇所はない。

添付 2 に「石油コンビナート等特別防災区域を指定する政令」一部抜粋を示す。

- ・ 勇払郡厚真町字共和の区域のうち主務大臣の定める区域
- ・ 苫小牧市の区域のうち主務大臣の定める区域
- ・ 石狩市の区域のうち主務大臣の定める区域
- ・ 室蘭市の区域のうち主務大臣の定める区域
- ・ 北斗市の区域のうち主務大臣の定める区域
- ・ 知内町の区域のうち主務大臣の定める区域
- ・ 釧路市の区域のうち主務大臣の定める区域



注) 図の位置は、おおよその場所を表している。

2. 危険物施設

泊発電所敷地外 5km 以遠、10km 圏内に以下の危険物施設が存在するが、いずれも、熱影響評価を行い、建屋許容温度を超えないことを確認している敷地内の危険物タンクの燃料容量より少なく、離隔距離もあるため、それらの施設で火災等が発生しても原子炉施設へ影響を与えることはない。

- ・屋外タンク 150k l × 2 (重油)
- ・屋外タンク 80k l (重油)

また、当該の危険物施設は、FARSITE コードの解析モデルにて設定した 発火点 (1km および 2.5km) より遠方にあることから、これらの施設の火災が森林火災に発展した場合の延焼状況は、FARSITE コードによる解析結果 (ケース 1、2) に包含される。

なお、敷地外の地下貯蔵タンク (ガソリンスタンドなど) は、10km 圏内に 16 箇所あるが、離隔距離が十分あることから、原子炉施設へ影響を与えることはない。

3. 高圧ガス施設

泊発電所敷地外 10km 圏内の可燃性ガスを取り扱う事業所として、以下の高圧ガス製造所が存在するが、評価の結果、危険距離が 63m となった。なお、当該事業所は 5km 以上離れた箇所にあるため、爆発等により原子炉施設へ影響を与えることはない。

- ・第一種製造所 15 t (純プロパン)

また、当該の高圧ガス施設は、FARSITE コードの解析モデルにて設定した 発火点 (1km および 2.5km) より遠方にあることから、この施設の火災が森林火災に発展した場合の延焼状況は、FARSITE コードによる解析結果 (ケース 1、2) に包含される。

4. その他

(1)燃料輸送車両

燃料輸送車両については、発電所敷地内に容量 18k l のタンクローリーがあるが、以下のとおり危険距離 18m と評価しており、これ以上の離隔距離を確保していることから、原子炉施設への影響はない。

a. 対象設備

泊発電所構内に配備される移動発電機車タンクローリーを対象とする。

b. 評価条件

燃料[m³] : 18(軽油)

燃焼半径[m] : 2.95 (タンクローリー全長×全幅 27.41[m²]と同面積となる円とした)

輻射発散量[W/m²] : 42×10³

燃焼速度[m/s] : 4.8×10⁻⁵

c. 評価結果

評価の結果、建屋表面温度が許容値となる危険距離は以下のとおりとなった。

原子炉建屋 18m (建屋表面温度 188.24℃<200℃となる距離)

(2)漂流船舶

船舶については、発電所周辺の港（岩内港）には石油コンビナートがないことから、タンカーなどが付近を航行することはないと考えられ、これまでに発電所付近をタンカーが航行しているのを確認したことはない。

また、泊発電所専用港に入港する船舶のうち、最も大型の船舶における危険距離は、以下のとおり **79m** と評価しており、これ以上の離隔距離を確保していることから、原子炉施設への影響はない。

なお、小型の船舶については、上記の大型船舶の評価に包含され、原子炉施設への影響はない。

a. 対象設備

泊発電所構内に入港する大型運搬船を対象とする。

b. 評価条件

燃料[m³] : 560(重油)

燃焼半径[m] : 22.6 (甲板面積 1,600[m²]と同面積となる円とした)

輻射発散量[W/m²] : 23×10³

燃焼速度[m/s] : 3.5×10⁻⁵

c. 評価結果

評価の結果、建屋内空気温度が許容値に近い値となる危険距離は、以下のとおりとなった。

循環水ポンプ建屋 **79m** (建屋内空気温度 80.88℃<80.9℃*となる距離)

※：原子炉補機冷却海水ポンプは循環水ポンプ建屋内に収納されており、外部火災による輻射熱が原子炉補機冷却海水ポンプに直接作用することはない。ただし、循環水ポンプ建屋の上部外壁は鋼板であることから、外部火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気に移動し、建屋内雰囲気の温度が上昇する。

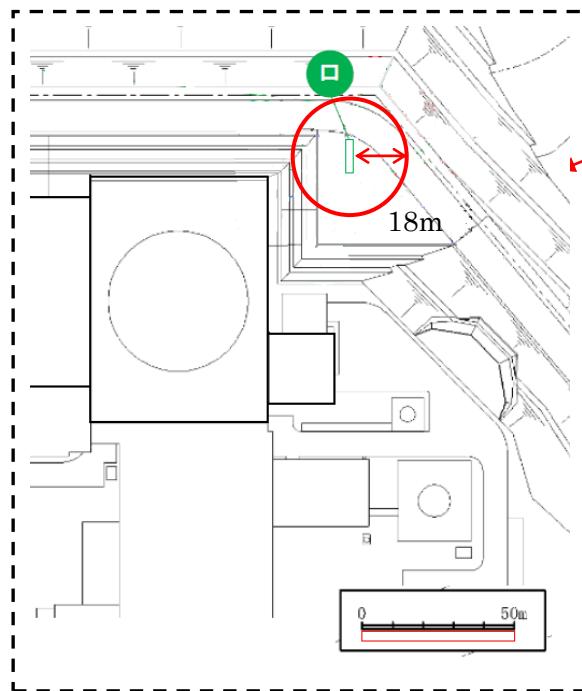
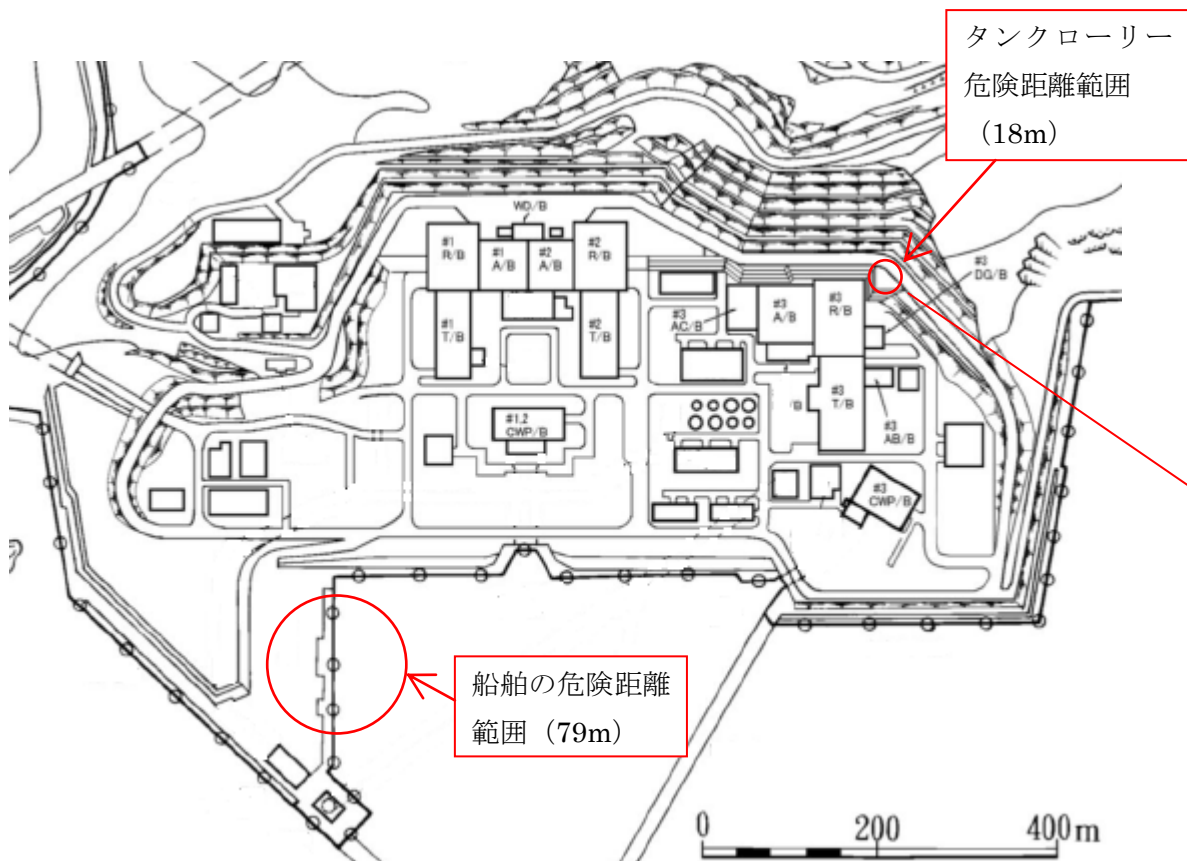
原子炉補機冷却海水ポンプの評価としては、モーター下部軸受部を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気温度 80.9℃を海水ポンプの許容限界温度とし、循環水ポンプ建屋内の許容温度とする。

(3)化学工場

その他の近隣産業施設として化学工場の影響が考えられるが、地元自治体に確認したところ、日本標準産業分類（総務省）のうち「化学工業」あるいは「石油製品製造業」に該当する事業者が泊発電所敷地外 10km 圏内に 1 件（従業員 5 人）存在することが確認された。

この事業者について調査した結果、製品を製造しているものではないことから、原子炉施設へ影響を与えることはない。

以上



近隣の産業施設の調査範囲について

泊発電所敷地外の産業施設は、図 1 に示す 10km 圏内を調査した。

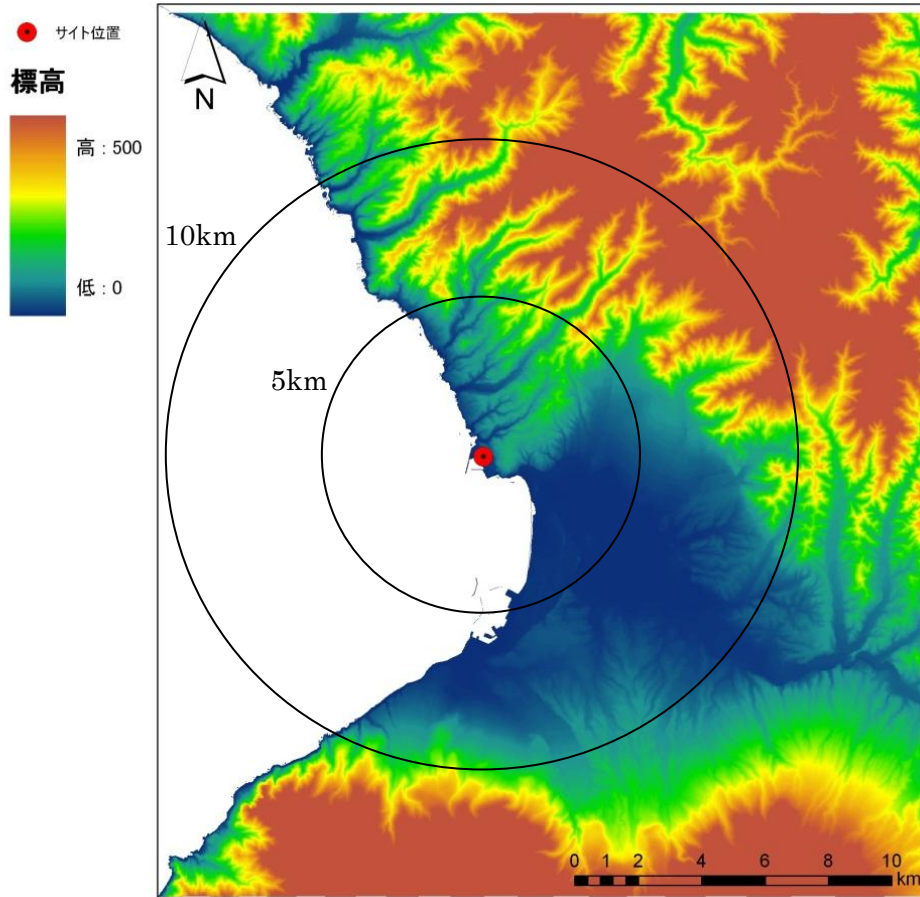


図 1 泊発電所敷地外の調査範囲

石油コンビナート等特別防災区域を指定する政令抜粋

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九十二号)

内閣は、石油コンビナート等災害防止法（昭和五十年法律第八十四号）第二条第二号の規定に基づき、この政令を制定する。

- 1 石油コンビナート等災害防止法第二条第二号 に規定する政令で指定する区域は、別表各号に掲げる地区ごとの区域とする。

[中略]

別表

一 釧路地区

北海道釧路市西港一丁目の区域のうち主務大臣の定める区域

二 苫小牧地区

イ 北海道勇払郡厚真町字共和の区域のうち主務大臣の定める区域

ロ 北海道苫小牧市の区域のうち次の区域

(1) 字静川及び字弁天の区域のうち主務大臣の定める区域

(2) 晴海町及び真砂町の区域 字沼ノ端及び字勇払の区域のうち主務大臣の定める区域

二の二 石狩地区

北海道石狩市新港中央四丁目の区域のうち主務大臣の定める区域

三 室蘭地区

北海道室蘭市陣屋町一丁目、陣屋町三丁目、幌崩町、本輪西町一丁目、港北町一丁目、仲町、御崎町一丁目、茶津町及び入江町の区域のうち主務大臣の定める区域

四 北斗地区

北海道北斗市、七重浜一丁目、七重浜六丁目及び七重浜七丁目の区域のうち主務大臣の定める区域

四の二 知内地区

北海道上磯郡知内町字元町の区域のうち主務大臣の定める区域

[以下、略]

8. 発電所敷地内の危険物タンクの抽出について

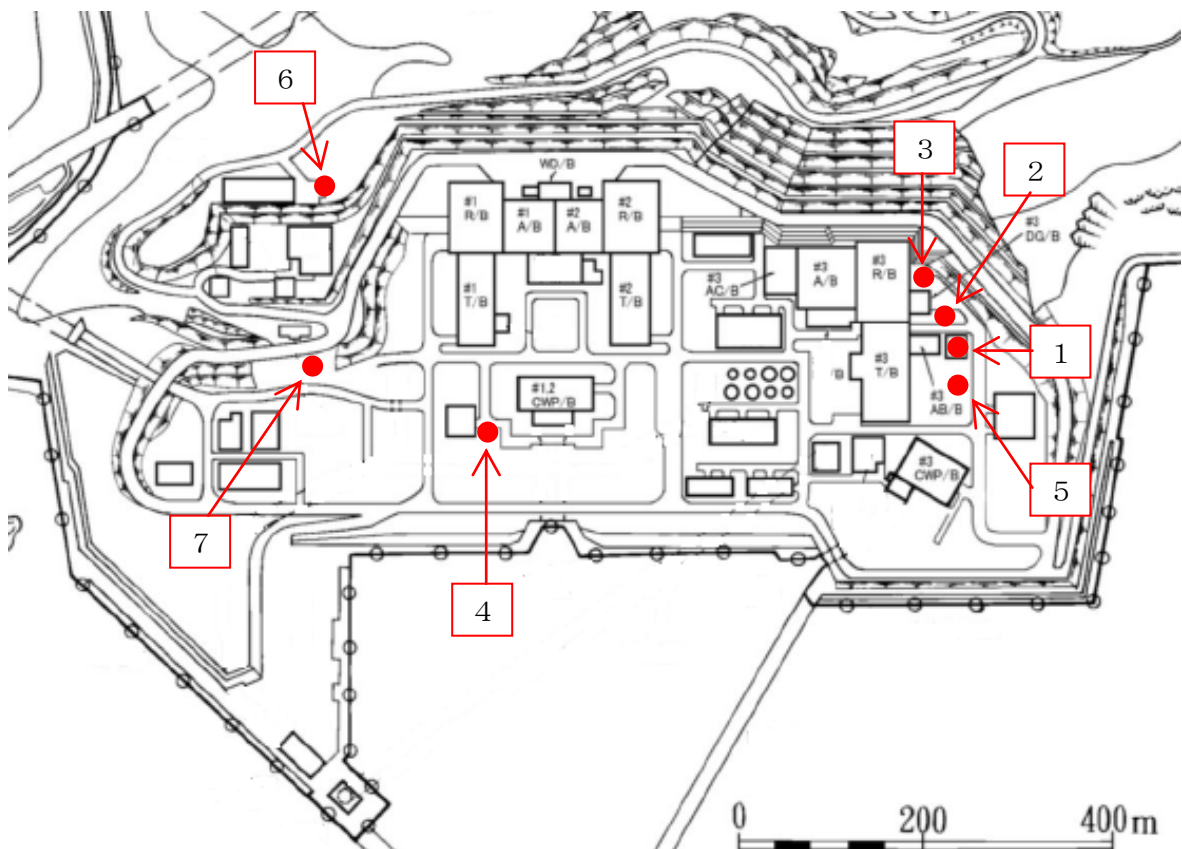
発電所敷地内のうち屋外には以下の危険物施設がある。

これらの危険物施設のうち、「補助ボイラー燃料タンク」は、屋外タンク貯蔵所であり、危険物の最大数量も大きいことから、火災影響評価の対象とした。

「補助ボイラー燃料タンク」の外形図、仕様について、それぞれ添付1に示す。

また、「油計量タンク」は、航空機落下とタンク火災の重畳による評価を踏まえ、運用を停止することとし、評価対象外とした（添付2参照）。

No	施設名称	製造所等の 区別	危険物の品名	最大数量	評価対象
1	3号機補助ボイラー燃料タンク	屋外タンク貯蔵所	A重油	720kl	○
2	3号機油計量タンク	屋外タンク貯蔵所	潤滑油	110kl	×
3	3号機ディーゼル発電機設備燃料油貯油槽	地下タンク貯蔵所	軽油	295.88kl	×※1
4	油倉庫	屋内貯蔵所	潤滑油、軽油	28kl	×※2
5	3号油倉庫	屋内貯蔵所	潤滑油、軽油	29.02kl	×※2
6	危険物倉庫	屋内貯蔵所	塗料など	10.1kl	×※2
7	第2危険物倉庫	屋内貯蔵所	塗料など	3.6kl	×※2



※1：ディーゼル発電機設備燃料油貯油槽について

「ディーゼル発電機設備燃料油貯油槽」は、消防法に基づきコンクリート構造物に収納された地下埋設タンクであり、構造物とタンクの間には乾燥砂をつめて、不燃物に囲われた状態で埋設し設置している。また、燃料補給時にはアース線の取り付けを行っているが、消火器の設置も義務付けられているため、万が一火災が発生しても、即座に消火活動が可能となっている。

さらに熱感知器とCO₂消火設備も設置しており、100℃を検知すると消火設備が自動で動作し、DG室1室、サービスタンク室1室、燃料油貯油槽1室が同時に火災発生した場合でも対処可能なCO₂量を確保している。

このため、地表面で火災が発生するような火災になる可能性は極めて低いと考えられる。

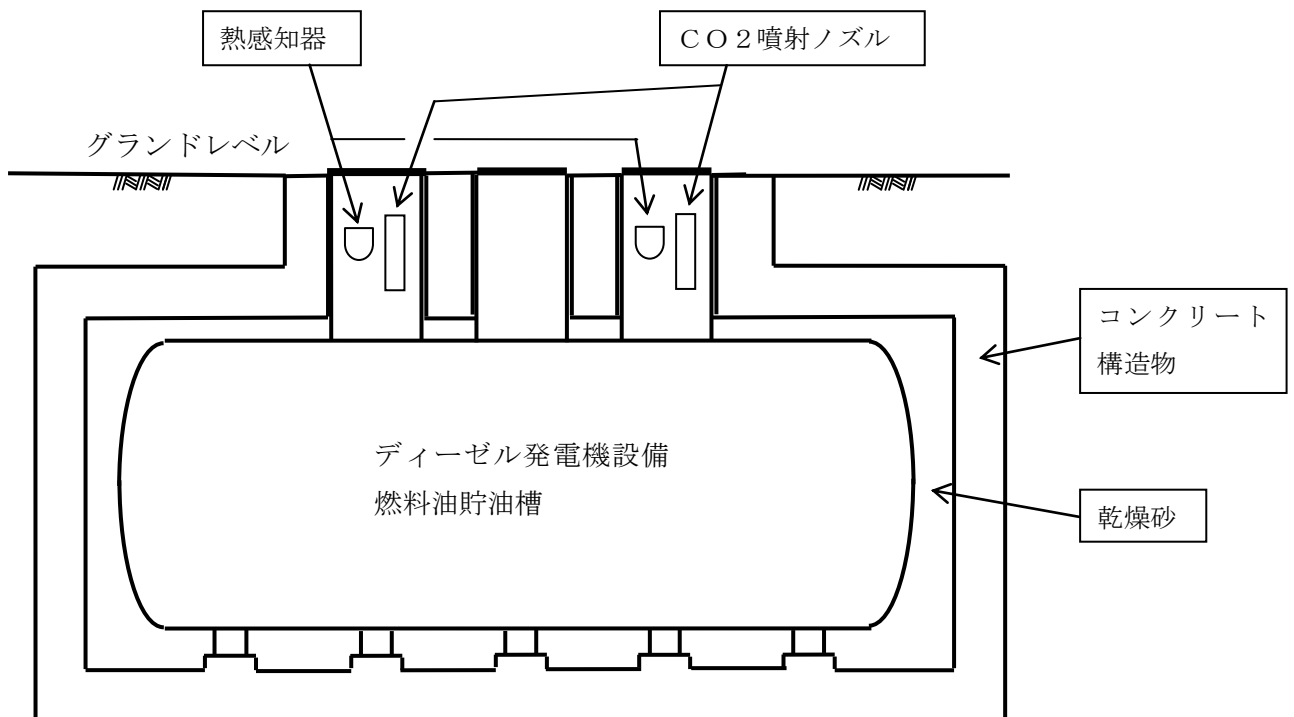
添付3に消防法に基づく法令（一部抜粋）を示す。

《3号機ディーゼル発電機設備燃料油貯油槽の消火設備について》

危険物として軽油を貯蔵し、「危険物の規則に関する政令第13条第1項第1条」より、その他の製造所等に該当する地下タンク貯蔵所としている。

「危険物の規則に関する規則第35条第1項1号」より、第5種の消火設備を2個設けている。

また、「原子力施設の火災防護指針（JEAG4607-1999）」より、二酸化炭素消火設備を自主設置している。



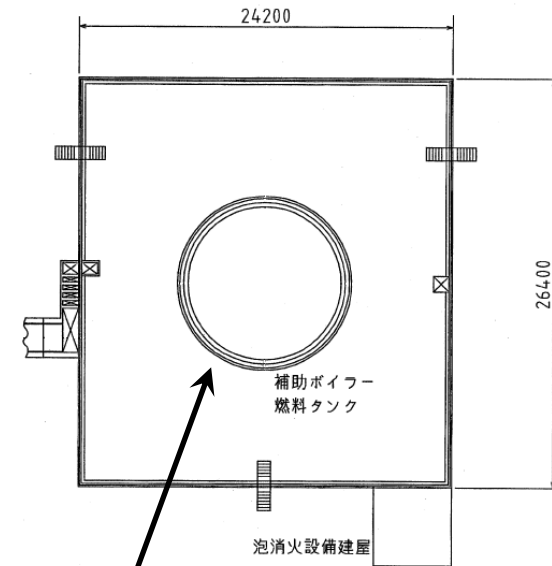
※2：その他油倉庫等について

上記のうち「油倉庫」、「3号油倉庫」、「危険物倉庫」および「第2危険物倉庫」は、消防法に基づき、建物構造は耐火構造とし、屋根は不燃材料で造られており、火災が発生したとしても、即座に建物の外へ火炎が及ぶ可能性は低いと考えられる。

なお、3号油倉庫（No5）の火災影響評価（建物が無い状態での評価）を行ったところ、原子炉施設より近い場所にある3号機補助ボイラー燃料タンク（No1）表面で約2℃程度の温度上昇であったことから、原子炉施設に熱影響を与えることはない。また、その他の油倉庫は、さらに離隔距離が確保されていること、および危険物の最大数量も少ないことから、同様に原子炉施設に熱影響を与えることはない。

添付4に消防法に基づく法令（一部抜粋）を示す。

補助ボイラー燃料タンク外形図（防油堤含む） および仕様について

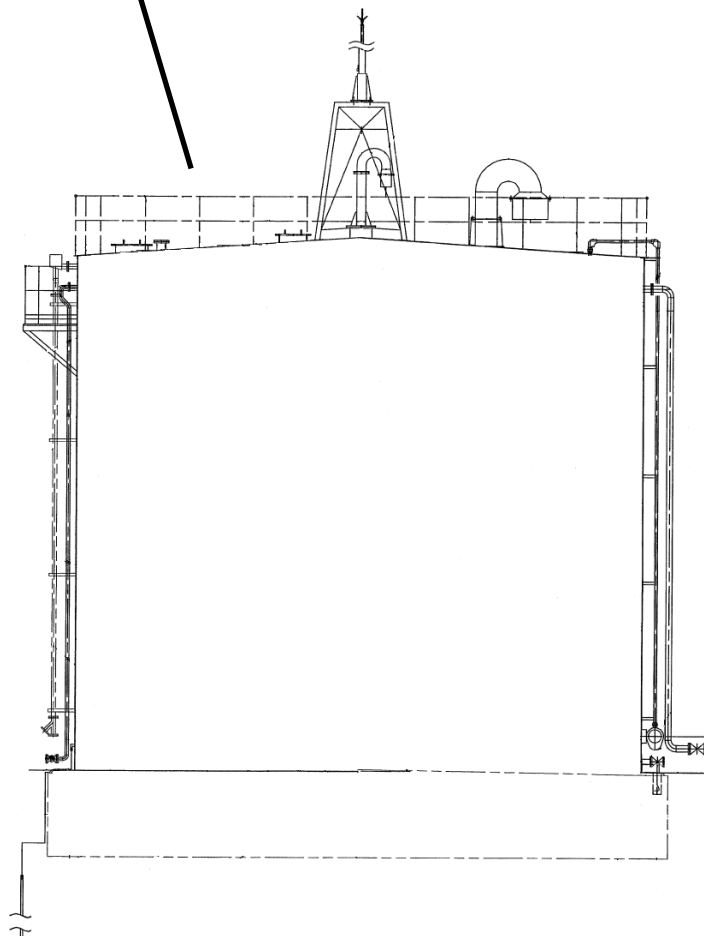


堰 : 24.2m × 26.4m

堰厚 : 0.4m

堰面積 :

$$(24.2 - 0.4 \times 2) \times (26.4 - 0.4 \times 2) = 599.04 \text{m}^2$$



高 さ : 9.5m

内 径 : 10.5m

容 量 : 720m³

管理容量 : 410 m³

《補助ボイラー燃料タンクの管理容量について》

ストレステストにて、以下の報告をしている。

泊発電所構内 T.P.10m エリアには、A重油を貯蔵している3号補助ボイラー燃料タンクがあるが、このタンクは危険物貯蔵施設（屋外タンク貯蔵所）であり、周囲に火気が存在していないことから重油（引火点 60℃以上）による火災が発生する可能性は低い。

また、防油堤は補助ボイラー燃料タンクの容量に比べ十分な容量を有しているが地震および津波の発生による万一の重油の漏えいを想定し、平時より重油火災に対して有効な泡消火機材および泡消火剤を準備していること、ならびに火災負荷低減のため、プラント運転中の使用頻度が少ない1, 2号機用と3号機用補助ボイラー燃料タンクの総貯蔵量を 1/2 程度とした。

3号機補助ボイラー燃料タンクは、冬季期間中、燃料油補給までに必要な燃料使用量について、これまでの運用状況を踏まえ 192.96kℓ（蒸気量：10t/h、冬季間）とし、補助ボイラー燃料タンク油面低警報レベルである 214.96kℓ（タンク底面より 2.5m：ポンプ NPSH2.4m に余裕を見込んだ値）を考慮して、補助ボイラー燃料タンク容量の約 57% にあたる 410 kℓで運用している。

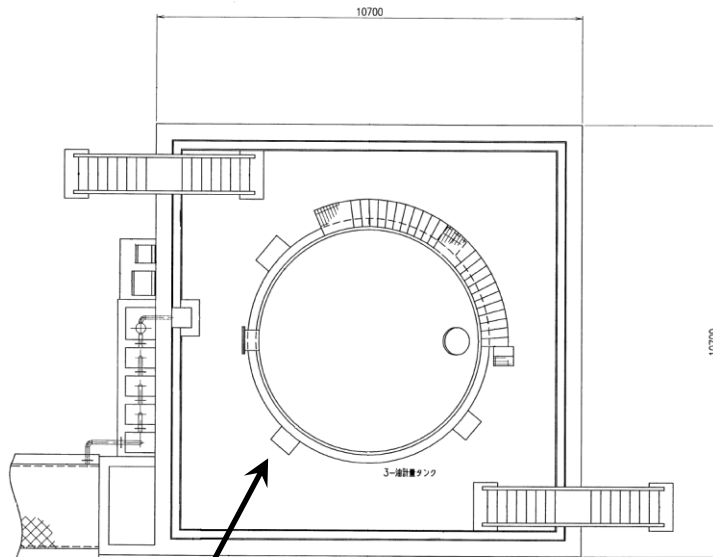
補助ボイラー燃料タンクの最大容量は 720kℓであるが、タンク火災の熱影響評価は、410 kℓを使用して評価を行うことから、410 kℓ以下となるように原子炉施設保安規定で管理する。

なお、運用値については、計器誤差(約±0.2 kℓ)を考慮して検討する。

燃料給油時には、必ずアースを取る手順となっており、給油時の火災防止に万全を期している。

添付 2

油計量タンク外形図（防油堤含む） および仕様について

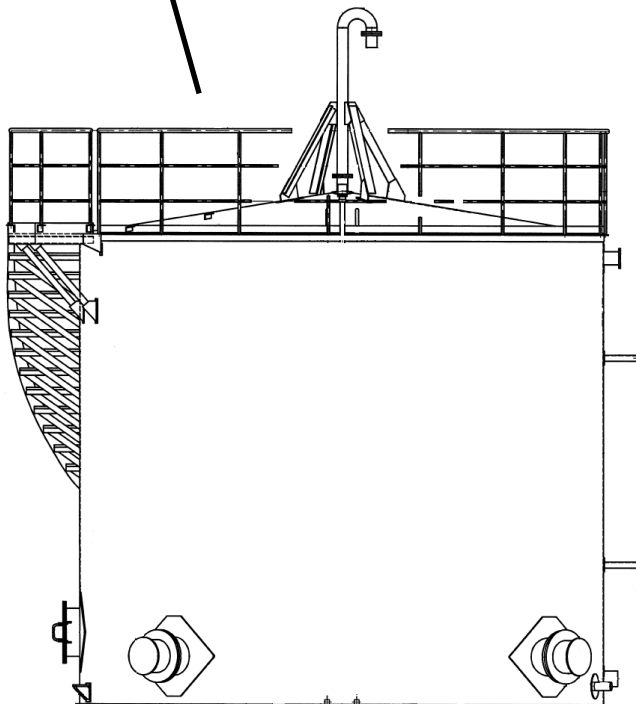


堰 : 10.7m × 10.7m

堰厚 : 0.4m

堰面積 :

$$(10.7 - 0.4 \times 2) \times (10.7 - 0.4 \times 2) \\ = 98.01 \text{m}^2$$



高 さ : 5.0m

内 径 : 5.5m

容 量 : 110m³

《油計量タンクの管理について》

油計量タンクは、タービン本体の点検を実施するため、定期検査毎にタービン潤滑油を移送するために設置したものである。

ここで、油計量タンクの使用期間は、定期検査中に限られ、通常運転中は空の状態になっているが、航空機落下との重畳火災による影響評価を踏まえ、今後は定期検査中も含めて使用せず、タンクローリーにより油を受け入れ敷地外に搬出するなど、当該タンクを外部火災の発生源から排除できる運用とする。

このため、油計量タンクは評価対象から除外する。

また、油計量タンクが空の状態となるように原子炉施設保安規定で管理する。

消防法に基づく法令（抜粋）〔ディーゼル発電機燃料油貯油槽関連〕

【危険物の規則に関する政令】

（地下タンク貯蔵所の基準）

第十三条 地下タンク貯蔵所（次項及び第三項に定めるものを除く。）の位置、構造及び設備の技術上の基準は、次のとおりとする。

- 一 危険物を貯蔵し、又は取り扱う地下タンク（以下この条、第十七条及び第二十六条において「地下貯蔵タンク」という。）は、地盤面下に設けられたタンク室に設置すること。
- 二 地下貯蔵タンクとタンク室の内側との間は、〇・一メートル以上の間隔を保つものとし、かつ、当該タンクの周囲に乾燥砂をつめること。

〔以下、略〕

【危険物の規則に関する規則】

（その他の製造所等の消火設備）

第三十五条 令第二十条第一項第三号の規定により、第三十三条第一項及び前条第一項に掲げるもの以外の製造所等の消火設備の設置の基準は、次のとおりとする。

- 一 地下タンク貯蔵所にあつては、第五種の消火設備を二個以上設けること。

〔以下、略〕

消防法に基づく法令（抜粋）〔油倉庫等関連〕

【危険物の規制に関する政令】

（屋内貯蔵所の基準）

第十条 屋内貯蔵所（次項及び第三項に定めるものを除く。）の位置、構造及び設備の技術上の基準は、次のとおりとする。

- 一 屋内貯蔵所の位置は、前条第一項第一号に掲げる製造所の位置の例によるものであること。
- 二 危険物を貯蔵し、又は取り扱う建築物（以下この条において「貯蔵倉庫」という。）の周囲に、次の表に掲げる区分に応じそれぞれ同表に定める幅の空地を保有すること。ただし、二以上の屋内貯蔵所を隣接して設置するときは、総務省令で定めるところにより、その空地の幅を減ずることができる。

〔中略〕

三の二 貯蔵倉庫は、独立した専用の建築物とすること。

六 貯蔵倉庫は、壁、柱及び床を耐火構造とし、かつ、はりを不燃材料で造るとともに、延焼のおそれのある外壁を出入口以外の開口部を有しない壁とすること。ただし、指定数量の十倍以下の危険物の貯蔵倉庫又は第二類若しくは第四類の危険物（引火性固体及び引火点が七十度未満の第四類の危険物を除く。）のみの貯蔵倉庫にあつては、延焼のおそれのない外壁、柱及び床を不燃材料で造ることができる。

七 貯蔵倉庫は、屋根を不燃材料で造るとともに、金属板その他の軽量な不燃材料でふき、かつ、天井を設けないこと。ただし、第二類の危険物（粉状のもの及び引火性固体を除く。）のみの貯蔵倉庫にあつては屋根を耐火構造とすることができ、第五類の危険物のみの貯蔵倉庫にあつては当該貯蔵倉庫内の温度を適温に保つため、難燃性の材料又は不燃材料で造つた天井を設けることができる。

〔以下、略〕

9. 建屋外壁温度評価におけるPC板および防水押さえコンクリートについて

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屋外壁が昇温されるものとして、建屋の構造体となる躯体コンクリートの温度上昇を求め、その躯体コンクリートの温度が許容温度以下であるかの評価を実施している。

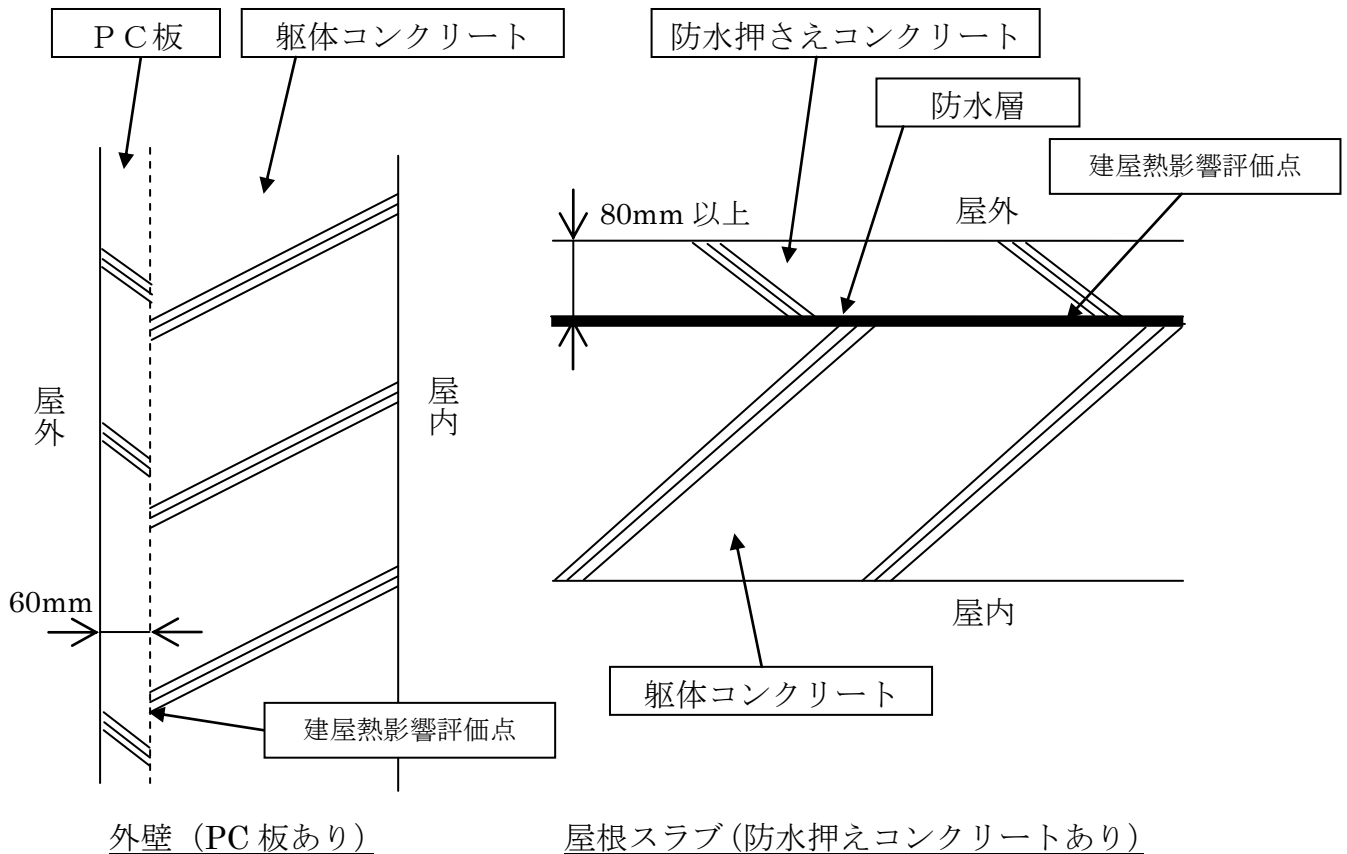
なお、原子炉建屋外壁は、厚さ 60mm のPC板（プレキャスト・コンクリート板）を外壁コンクリート打設時の型枠および外装材としており、建屋構造体としての強度を期待していないことを考慮して、その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。

また、原子炉建屋およびディーゼル発電機建屋の屋根スラブは、厚さ 80mm の防水押さえコンクリートを設置しており、建屋構造体としての強度を期待していないことを考慮して、その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。

各建屋の外壁と屋根スラブの構成を以下に示す。

	外壁	屋根スラブ
原子炉建屋	PC板あり	防水押さえコンクリートあり
ディーゼル発電機建屋	PC板なし	防水押さえコンクリートあり
原子炉補助建屋	PC板あり	防水押さえコンクリートあり
循環水ポンプ建屋 ^注	PC板なし	——

注：地表面から約 2.8m までの鉄筋コンクリート造の壁



(1) PC板および防水押さえコンクリートの熱的性質について

コンクリートは、水、セメント、細骨材（砂）、粗骨材（砂利）、その他混和材料を練混ぜ、これらが一体的に硬化した複合材料であり、コンクリートの種類は、使用骨材の違いにより、普通コンクリート、軽量コンクリート、重量コンクリートに区分される。

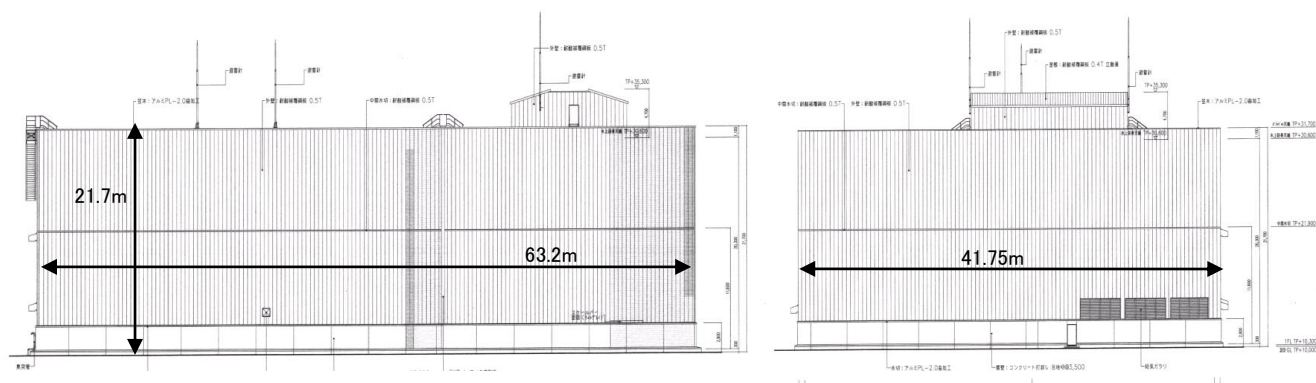
今回、建屋外壁温度評価に用いた主要建屋の躯体、PC板、防水押さえコンクリート、保温材設置の模擬試験体に用いたコンクリートは、いずれも普通コンクリートであり、日本工業規格（JIS）の「普通コンクリート」に準拠して製造されたものである。

JISでは、コンクリート材料の品質（骨材の寸法・密度、セメントの密度・圧縮強さ等）について規定しており、JISに準拠して製造された普通コンクリートの熱的性質は同等と考えられることから、主要建屋の躯体、PC板、防水押さえコンクリート、保温材設置の模擬試験体に用いたコンクリートについて、同様の熱的性質の物性値を適用できるものとする。

なお、この熱的性質の物性値については、JISに記載が無いことから、適切と考えられる日本建築学会規準から引用した。（「4. 建屋外壁コンクリートの熱評価について」参照）

(2) 循環水ポンプ建屋および原子炉補機冷却海水ポンプの影響評価について

3号機循環水ポンプ建屋は、鉄骨造であり、地表面から約2.8mが鉄筋コンクリート造の壁、上部の壁が鋼板で構成している。



上部の壁については、外部火災の輻射熱が鋼板に照射されるため、ヒートシンクを考慮する壁厚のあるコンクリート壁とは異なり照射を受ける面と反対側の面より放熱されるため、コンクリート壁よりも高温となることはなく、建屋のコンクリート壁が許容温度以下ならば、鋼板が損傷を受けることはない。このため、下部の壁（コンクリート）の温度が許容温度以下であることを確認することで健全性を確認する。

また、原子炉補機冷却海水ポンプは循環水ポンプ建屋内に収納されており、外部火災による輻射熱が原子炉補機冷却海水ポンプに直接作用することはないが、循環水ポンプ建屋の上部外壁は鋼板であることから、外部火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気へ移動し、建屋内雰囲気の温度が上昇する。

原子炉補機冷却海水ポンプの評価としては、モーター下部軸受部を限界温度以下とす

るために必要な吸い込み外気温度 80.9℃を原子炉補機冷却海水ポンプの許容温度とし、循環水ポンプ建屋内の許容温度として評価する。

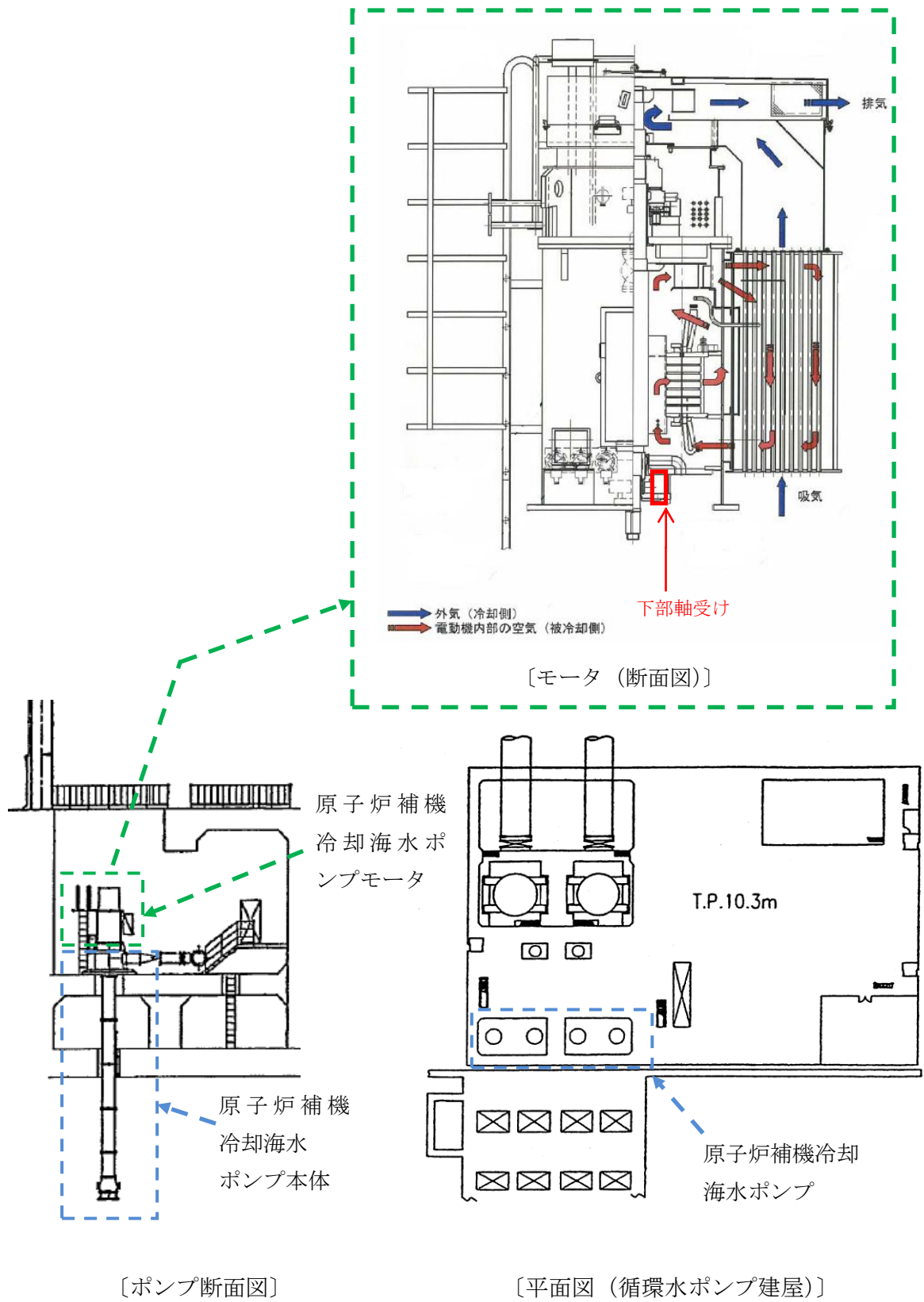


図9-1 原子炉補機冷却海水ポンプモータ冷却方式

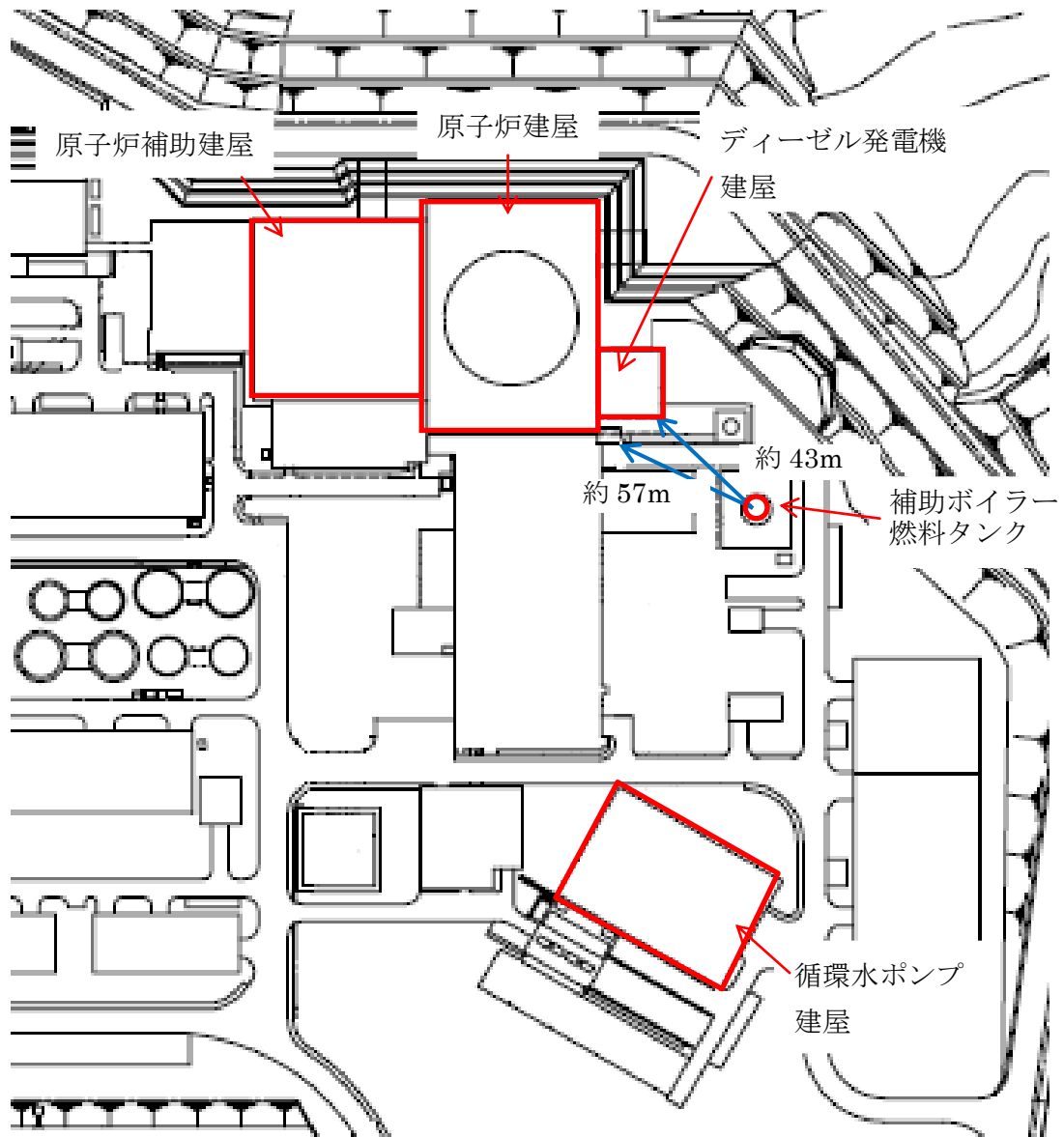
10. 敷地内におけるタンク火災による影響評価結果について

1. 建屋外壁および屋根スラブの影響評価結果について

補助ボイラー燃料タンクの火災による各建屋の外壁および屋根スラブの影響評価を行った。

この結果、原子炉建屋は、外壁および屋根スラブについて許容温度 200℃を下回ることを確認した。また、ディーゼル発電機建屋は外壁一部に断熱材を設置することで、外壁および屋根スラブについて許容温度 200℃を下回ることを確認した。

また、原子炉補助建屋および循環水ポンプ建屋は原子炉建屋より離隔距離が長くなるため、200℃を下回ることを確認した。



4. 原子炉建屋の影響評価結果

(1) 補助ボイラー燃料タンクによる影響評価について

補助ボイラー燃料タンク火災による影響評価を行った結果、外壁（躯体コンクリート）にて約 159℃、屋根（躯体コンクリート）にて約 141℃となり、許容温度 200℃を下回ることを確認した。

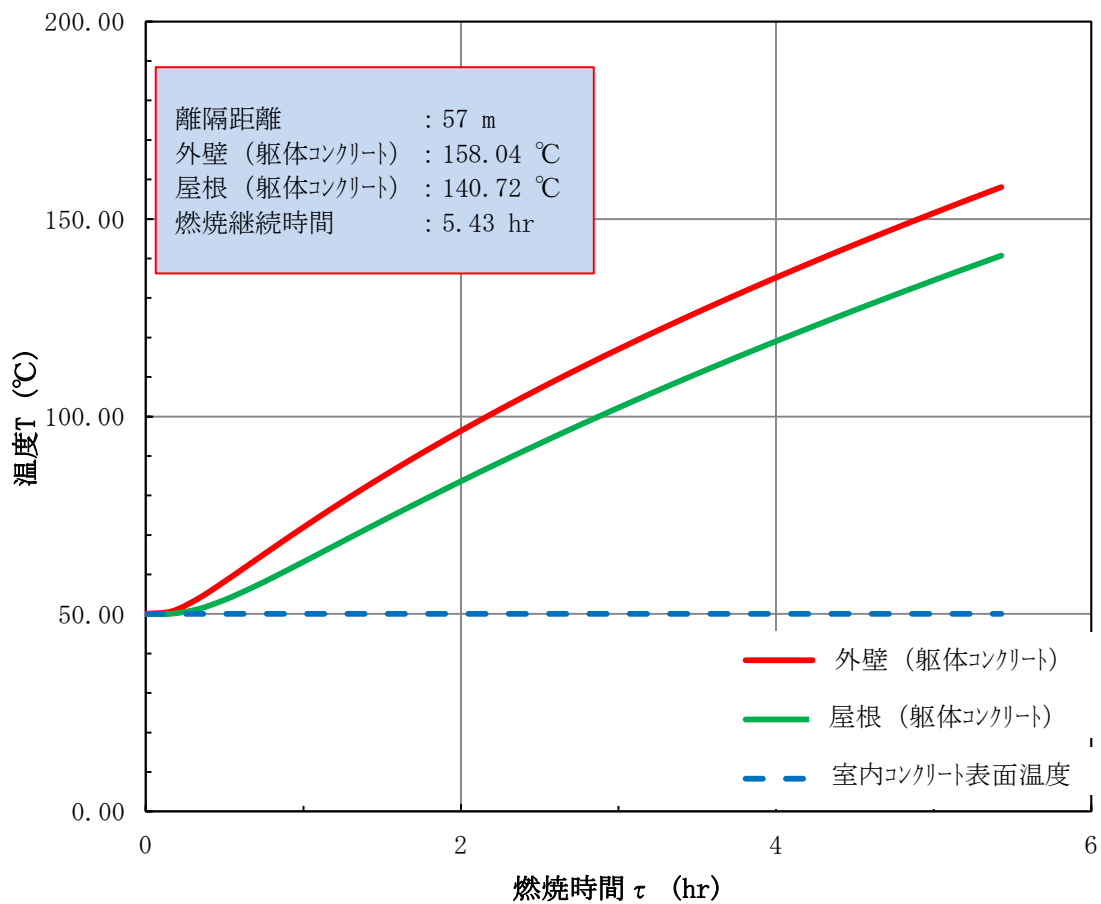


図 10-1 原子炉建屋における影響評価結果（補助ボイラー燃料タンク）

5. ディーゼル発電機建屋の影響評価結果

(1) 補助ボイラー燃料タンクによる影響評価について

ディーゼル発電機建屋外壁に断熱材を設置した状態で補助ボイラー燃料タンク火災における影響評価を行い、建屋躯体コンクリート表面が約 94℃（周囲温度 50℃）となり、許容温度 200℃を下回ることを確認した。

算出方法を添付－1に示す。

また、屋根スラブは、建屋躯体コンクリート表面が約 192℃となり、許容温度 200℃を下回ることを確認した。

なお、補足説明資料「4. 建屋外壁コンクリートの熱評価について」の文献において「圧縮強度は、200℃程度までは常温と殆ど変わらないかむしろ上昇する」との記載があること、および火災影響評価が保守的な評価であることから、許容温度を超えないことで健全性は確保される。

(2) 断熱材設置による模擬試験について

コンクリート板に断熱材を設置した状態を模擬し、加温試験を行った。

外気温度 30～35℃の状況において、約 410℃で加温したところ、断熱材内側のコンクリート板表面温度が 50℃以下となることを確認した。

コンクリート板厚が実機との相違はあるものの、許容温度 200℃を下回ると考えられる。

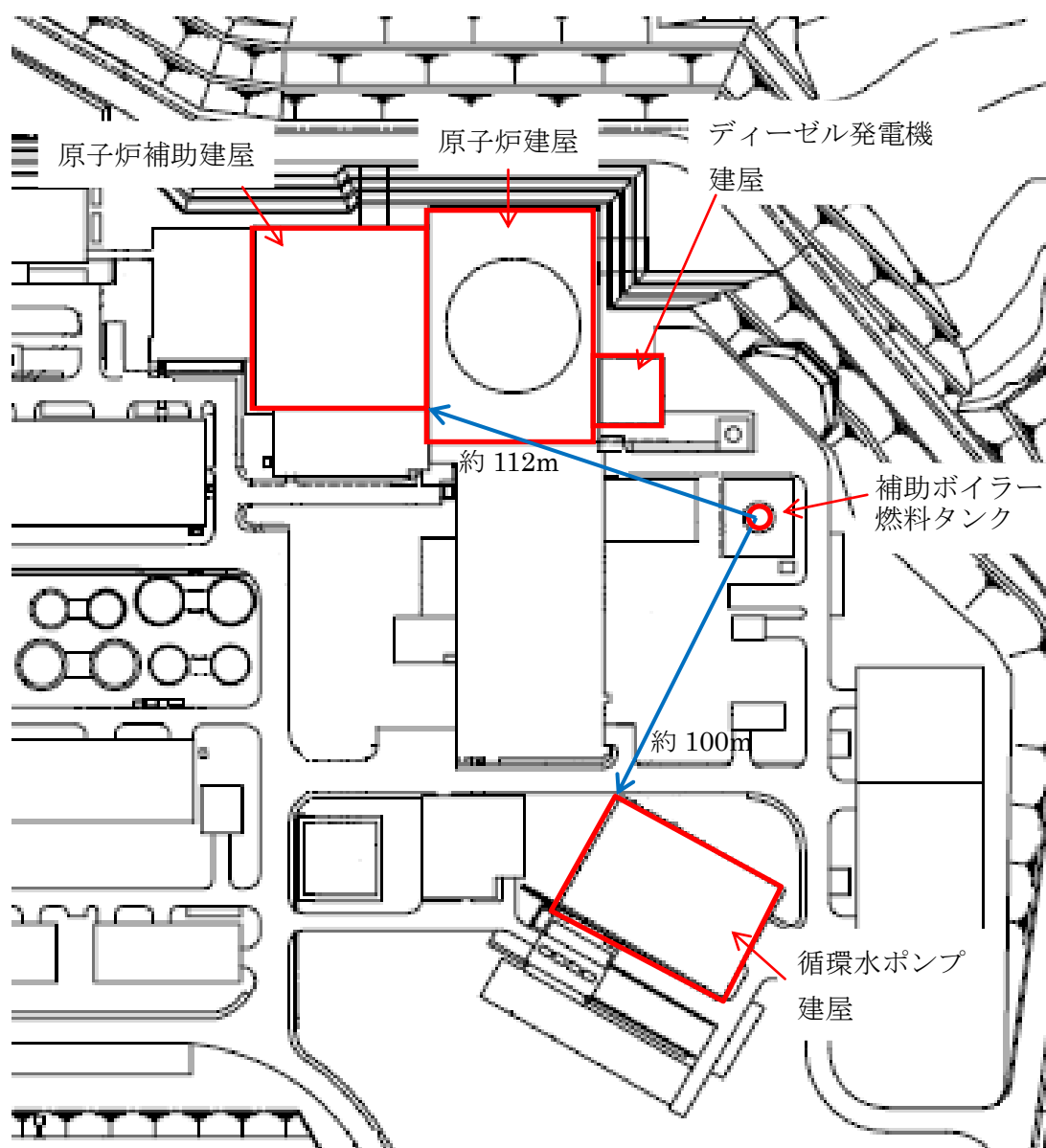
試験状況などを添付－2に示す。

6. 原子炉補助建屋の影響評価結果

原子炉補助建屋は、補助ボイラー燃料タンクから約 112m 離れており、200℃を下回ることを確認した原子炉建屋より、さらに離隔距離が確保されていることから、許容温度を下回ることとなり、建屋の健全性は確保される。

7. 循環水ポンプ建屋の影響評価結果

循環水ポンプ建屋は、補助ボイラー燃料タンクから約 100m 離れており、200℃を下回ることを確認した原子炉建屋より、さらに離隔距離が確保されていることから、許容温度を下回ることとなり、建屋の健全性は確保される。



8. 原子炉補機冷却海水ポンプの影響評価について

原子炉補機冷却海水ポンプを設置している循環水ポンプ建屋の評価の結果、建屋内空気の最高到達温度が約 53℃となり、許容温度 80.9℃以下であることを確認した。

9. 防護措置について

建屋外壁および屋根スラブの防護措置は、200℃を超える範囲について実施するものとし、防護措置実施範囲および断熱材設置イメージを添付-3に示す。

10. 耐震性に与える影響について

ディーゼル発電機建屋の上部構造物の重量に対して、設置する断熱材およびコンクリート板の重量は約 0.2%程度であることから、防護措置に伴う重量増加を考慮しても建屋の耐震性に殆ど影響はない。

以 上

断熱材設置における影響評価について

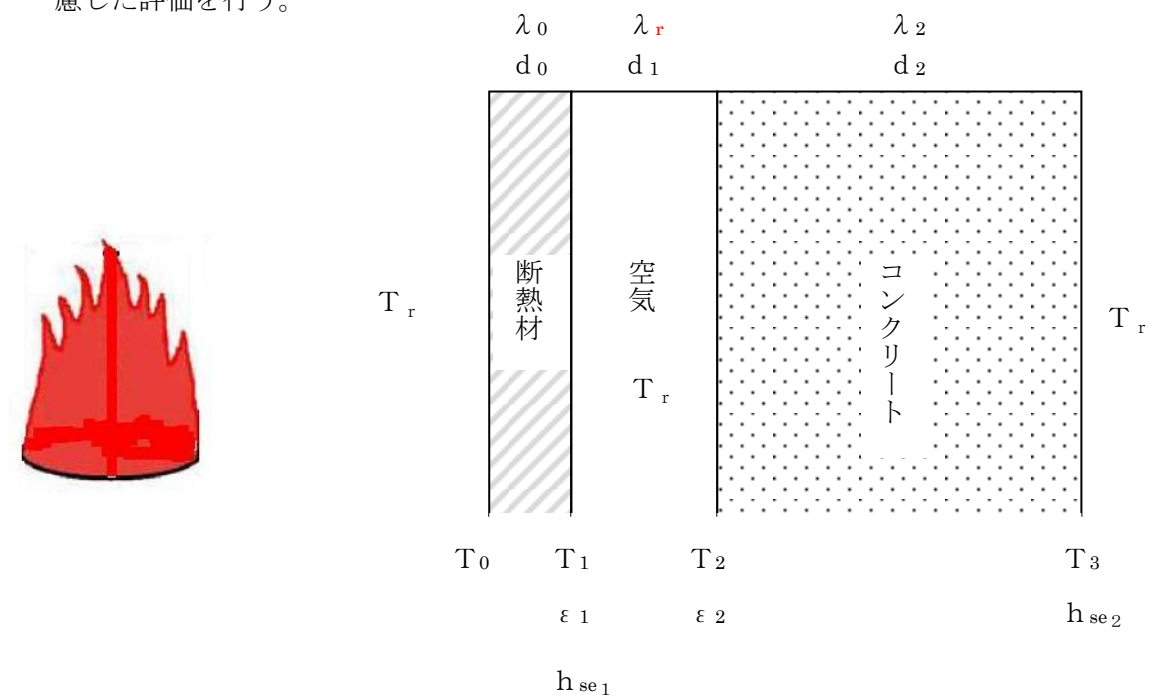
1. 評価項目

断熱材の設置により、躯体コンクリート表面が 200℃以下になることを確認する。

2. 評価条件

- ・断熱材外側の温度は、最大の評価値 339℃（航空機落下+補助ボイラ燃料タンク火災、ディーゼル発電機建屋外壁）とする。
- ・空気温度は 50℃とする。（ T_r ）*¹
- ・冷却の観点から厳しい無風とする。
- ・モデル図に示すように多層断熱と考える。

なお、固体による多層断熱とは異なり、空気層を含んだ断熱となるため、これらを考慮した評価を行う。



¹ 空気温度 50℃は以下の理由から設定している。

- ・外気温は 50℃を上回ると考えられない。また、空気は火災源からの輻射の影響をほとんど受けない。
- ・断熱材表面からの伝熱で温められた断熱材とコンクリート間の空気は、密度が低下して対流により上昇し、熱量を外気に放出するとともに、下部より外気を取り込むことより、空気温度の上昇は制限される。また評価上コンクリート外表面から空気の伝熱は考慮していない。

なお、空気温度を上昇させて評価した場合、コンクリート温度評価値がかさ上げされるが、温度評価値は判断基準に対して十分余裕を有している。

3. 評価

(1) $T_0 - T_1$ (空気層を含む) 間

断熱材から空気層への放熱量 Q_1 は、次式により表される。

$$Q_1 = \frac{1}{R} (T_0 - T_r)$$

Q_1 : 断熱材からの放熱量、 R : 熱抵抗、

T_0 : 断熱材外側温度 (339°C)、 T_r : 周囲気温 (50°C)

$$R = \frac{d_0}{\lambda_0} + \frac{1}{h_{se1}}$$

d_0 : 断熱材厚さ (0.01m)、 λ_0 : 断熱材の熱伝導率 (メーカー計算式で算出)、

h_{se1} : 断熱材裏面 (カラー鉄板) の表面熱伝達率 (12 [W/m²K])

また、断熱材内側温度 T_1 は次式により表される。

$$T_1 = \frac{Q_1}{h_{se1}} + T_r$$

(2) $T_1 - T_3$ (室内空間を含む) 間

コンクリート壁の温度上昇は輻射による伝熱量によるものとする、空気層 ($T_1 - T_2$ 間) の輻射伝熱量 Q_{12} は次式で表される。

$$Q_{12} = \frac{\delta (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$

δ : ステファン・ボルツマン定数、 T_2 : コンクリート外側表面温度、

ε_1 : カラー鉄板の放射率 (0.5)、 ε_2 : コンクリートの放射率 (0.94)

また、輻射による相当熱伝導率を λ_r とすると Q_{12} は次式でも表される。

$$Q_{12} = \frac{\lambda_r (T_1 - T_2)}{d_1}$$

λ_r : 空気層の輻射相当熱伝導率、 d_1 : 空気層の厚さ (0.075 [m])

両者の伝熱量は等しいため、 λ_r は次式で表される。

$$\lambda_r = \frac{d_1 \times \delta \times (T_1^4 - T_2^4)}{\left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) \times (T_1 - T_2)}$$

また、コンクリート壁から放熱量 Q_2 は、空気層とコンクリート壁の多層断熱構造と考えると

$$Q_2 = \frac{(T_1 - T_r)}{R_T}$$

$$R_T = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + 1/h_{se2}$$

R_T : 全体の熱抵抗 (空気層、コンクリート壁、コンクリート壁と室内空間の間の熱抵抗)

d_2 : ディーゼル発電機建屋壁厚さ (600mm、400mm)

h_{se2} : コンクリート壁 (室内側) の表面熱伝達率 (12 [W/m²K])

T_3 の温度は次式で表される。

$$T_3 = \frac{Q_2}{h_{se2}} + T_r$$

また、 T_2 は断熱材と空気層の多層断熱構造と考えると

$$T_2 = \frac{R_T - R_1}{R_T} (T_1 - T_r) + T_r$$

R_1 : 空気層の熱抵抗 (= d_1/λ_r)

(3) 評価結果

ディーゼル発電機建屋の躯体コンクリート表面温度 T_2 は約 94℃となる。

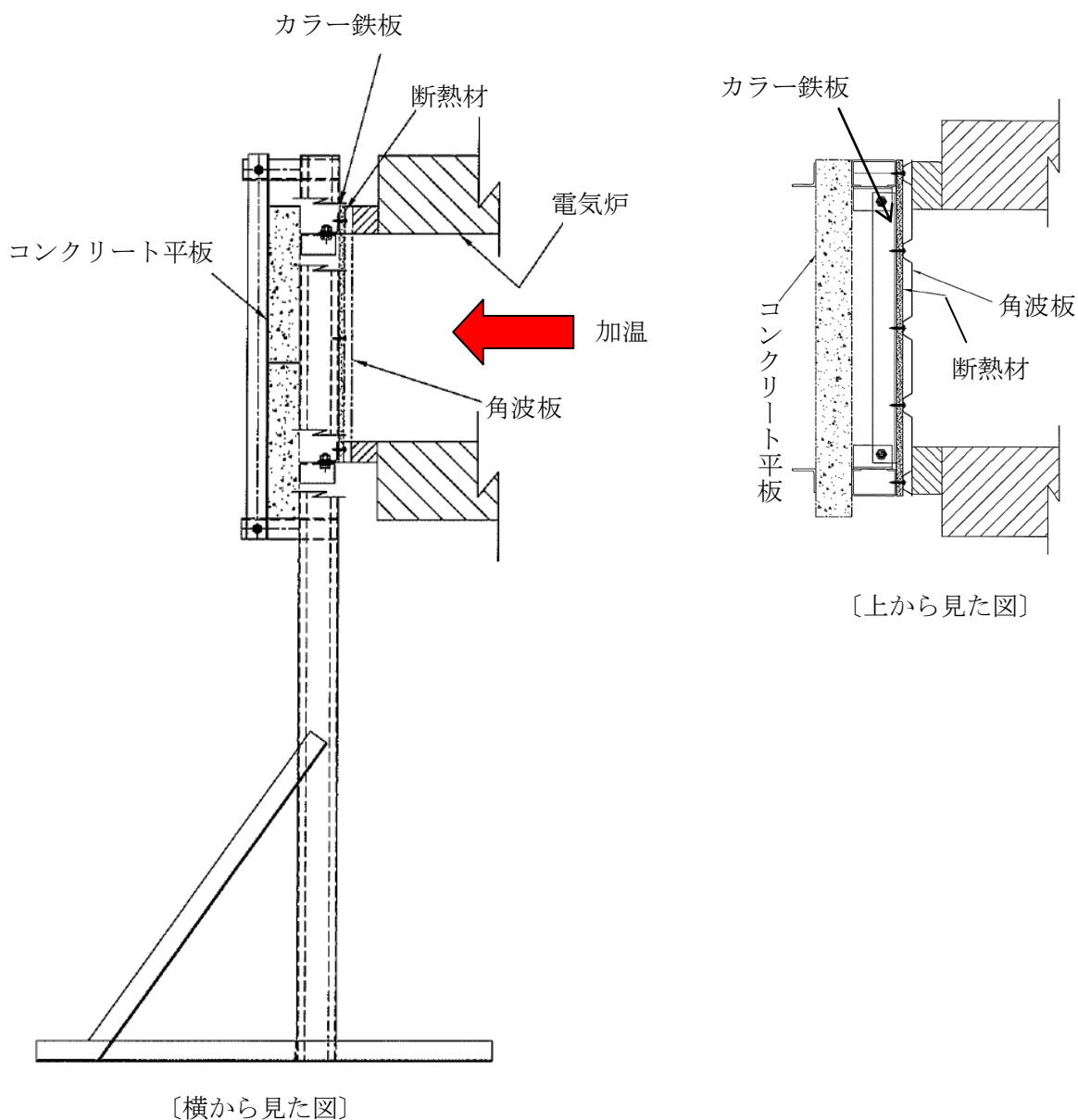
なお、添付-2「断熱材設置の模擬試験について」において、コンクリート表面温度が 50℃以下となった結果に比較すると高い評価値となっているが、これは上記の評価方法が空気層の対流によるコンクリート外表面からの除熱を考慮していないことによると考えられる。

以 上

断熱材設置の模擬試験について

試験は以下のように実施した。

- ・ 実際の設置状況を模擬した角波板および断熱材を電気炉に設置
- ・ 断熱材（約 10mm 厚）から約 75mm の空間をあけて模擬壁（コンクリート平板、約 60mm 厚）を設置
- ・ 角波板表面が 386°C（試験実施時点でタンク火災による影響評価で最も高い温度）以上となるように加温し、模擬壁表面などの温度を計測する。

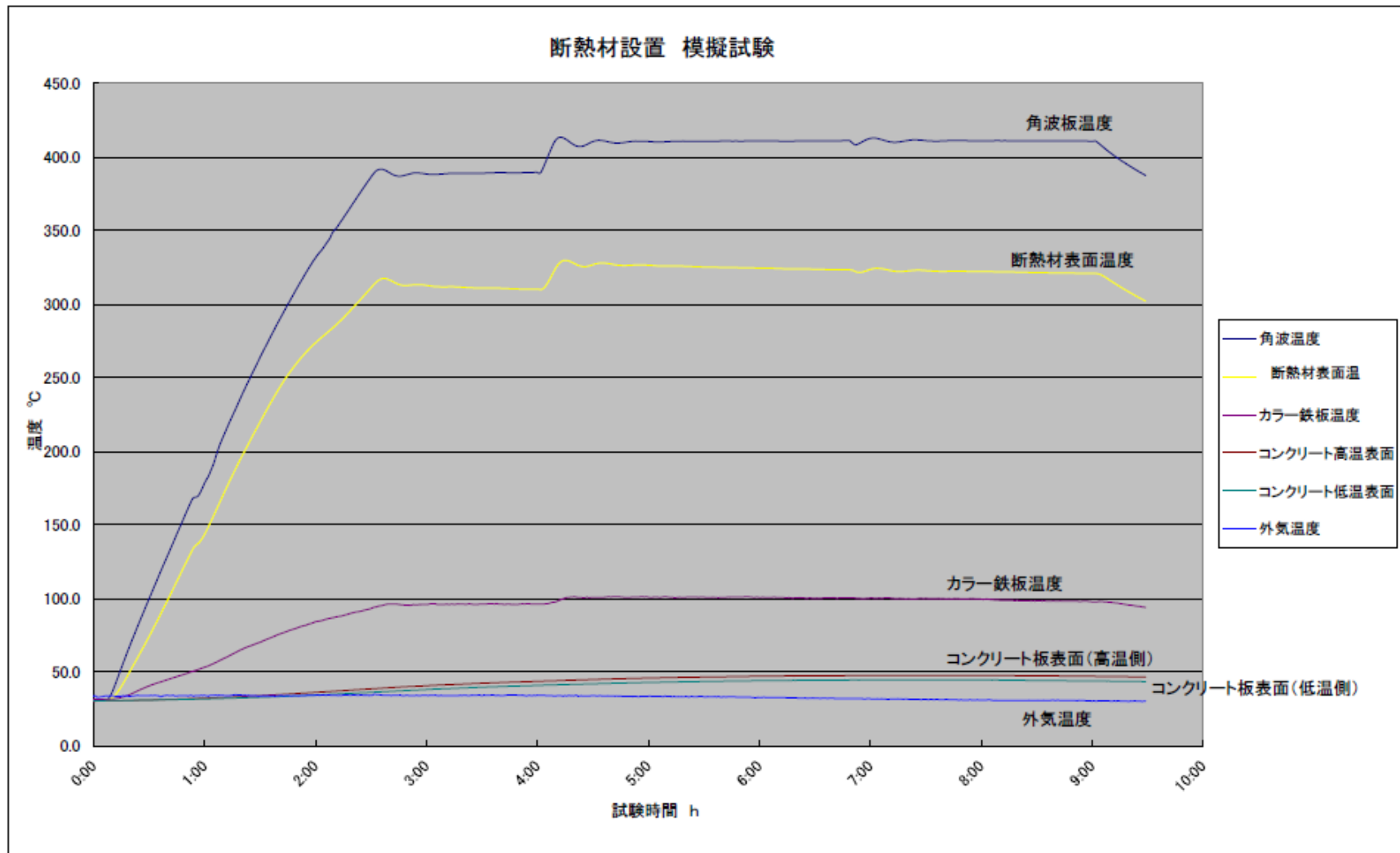


試験結果は以下のとおり（別添グラフ参照）。

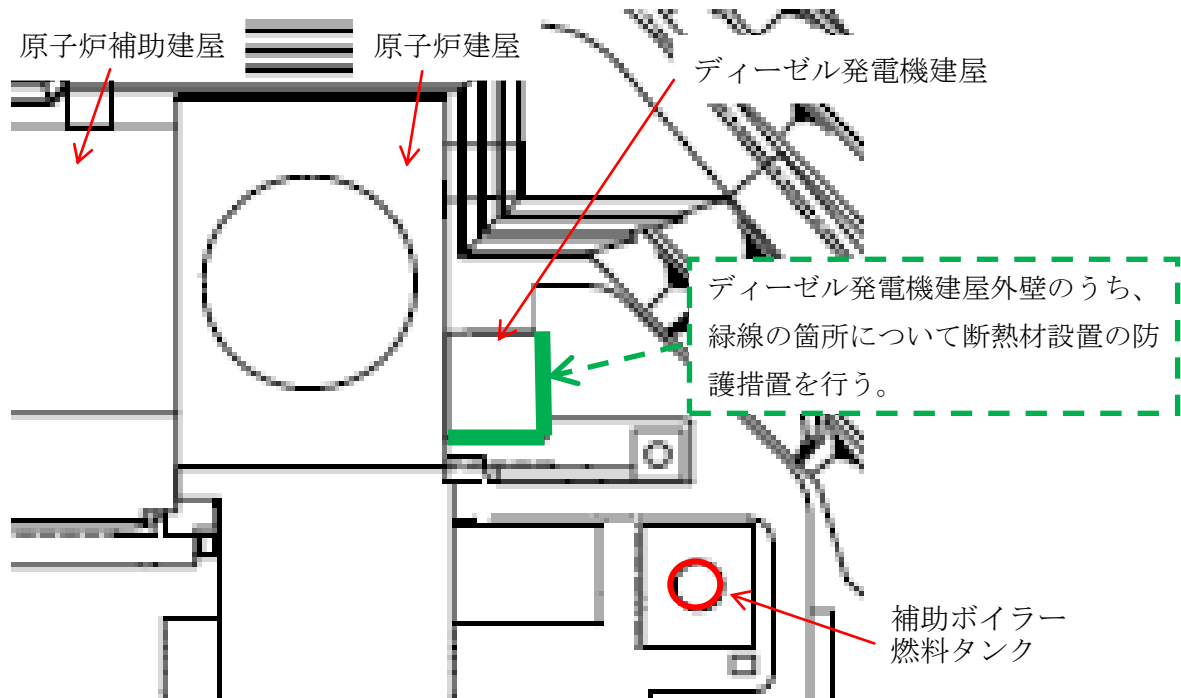
- ・昇温開始後 2 時間 40 分頃に角波板表面が約 386℃になったものの、念のため、さらに昇温し、4 時間 20 分頃に約 410℃となり、9 時間頃まで維持した。
- ・この間、コンクリート板表面は 50℃を下回る状況であった（外気温度は 30～35℃）。

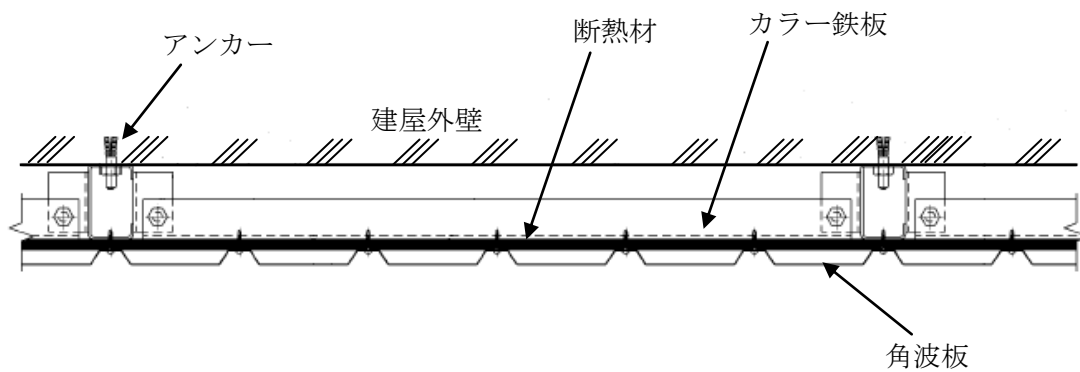
試験結果から、コンクリート板表面が 50℃以下となることが確認され、コンクリート板厚が実機と相違があるものの、断熱材の設置により許容温度を下回ると考えられる。

別添 断熱材設置 模擬試験 (グラフ)

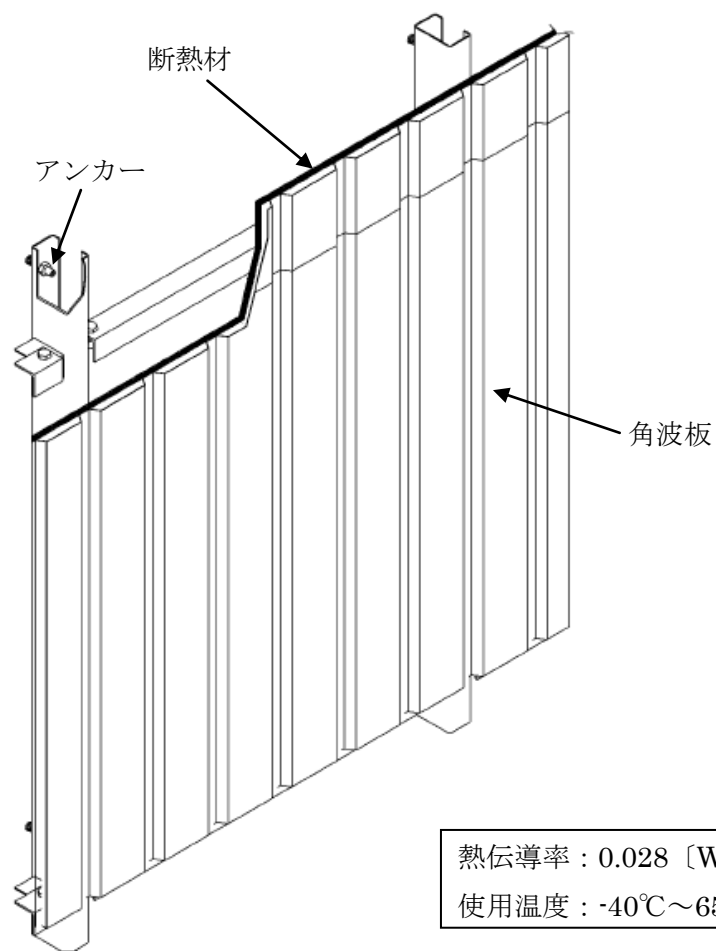


ディーゼル発電機建屋の防護措置実施範囲および断熱材設置イメージ





断熱材設置イメージ図 (断面図)



断熱材設置イメージ図 (鳥瞰図)

1 1. 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（森林火災、近隣の産業施設の火災・爆発および航空機墜落）により発生するばい煙および有毒ガスについては、火災による上昇気流により上空に運ばれることを考慮すると、ばい煙および有毒ガスが防護対象設備の周辺に滞留する可能性は小さいと考えられるが、ばい煙および有毒ガスが設備および居住性に与える影響について、評価を実施する。

2. 評価対象設備

(1) 評価対象設備

評価対象設備は、「外部火災防護対象の選定について」において、評価対象としている設備とするが、ばい煙などの影響評価としては、系統ごとの評価ではなく、これらを構成する機器ごとに評価を行う。

なお、換気空調設備で給気されるエリアに設置しているが、当該機器内へ大量に空気を取り込む構成となっている機器（非常用ディーゼル発電機および制御用空気圧縮機）は、個別に評価を行う。

分類		評価対象機器
機器への影響	換気空調設備で給気されるエリアの設置機器	非常用ディーゼル発電機※
		電気盤、計装盤
		制御用空気圧縮設備
	外気に直接接触れる機器	ポンプ、ファン、モータ、弁、計器
		原子炉補機冷却海水ポンプ
		主蒸気逃がし弁（消音器）など
	モニタリングポスト	
居住性への影響		中央制御室、緊急時対策所

※：非常用ディーゼル発電機は換気空調設備により給気されるエリアに設置しているが、機関燃焼に必要な空気は、外気から吸気している。

(2) 想定される影響

ばい煙および有毒ガスにより、機器および居住性へ影響を与えると想定される事項は、以下のとおり。

- ・換気空調設備などのフィルタへのばい煙の付着による目詰まり
- ・電気盤などに設置している開閉器などの接点へのばい煙の付着による接触不良（動作不良）
- ・計装盤などに設置している電子部品へのばい煙の付着による短絡
- ・中央制御室などへのばい煙および有毒ガスの侵入による居住性の悪化

3. 評価結果

(1) 換気空調設備で給気されるエリアの設置機器

空調設備外気取入口には、平型フィルタを設置しているため、一定以上の粒径のばい煙については、侵入を阻止可能である。

このため、既存設備のフィルタにより一定のばい煙侵入阻止が図られているが、外気取入ダンパを閉止、または空調ファンを停止して、建屋内へのばい煙の侵入を阻止することが可能である。

(添付資料－1)

a. 非常用ディーゼル発電機機関

非常用ディーゼル発電機設備は、換気空調設備で給気されるエリアに設置していることから、空調ファンを停止して、ばい煙の侵入を阻止することが可能である。

なお、非常用ディーゼル発電機は吸気系統から外気を取り入れているため、機関内に大量のばい煙が流入し、機関燃焼を阻害することが考えられるが、ディーゼル発電機機関吸気系統の吸気消音器に付属するフィルタで比較的大粒径のばい煙粒子が捕獲され、粒径数 μm ～ $10\mu\text{m}$ 程度のばい煙の大半は、機関シリンダ内へ送気されるが、シリンダまでの通気経路（過給機、空気冷却器等）の間隙より小さいことから閉塞に至ることはない。

また、シリンダ内に侵入したばい煙は、シリンダ／ピストンの硬度より軟らかいと考えられることから、シリンダ／ピストンの摩擦が発生することはなく、運転を阻害するには至らない。なお、通常運転においてもシリンダ内には燃料油（軽油）の燃焼に伴うばい煙が発生しているが、定期的なシリンダの分解点検においても異常は認められていない。

したがって、ばい煙が非常用ディーゼル発電機機関の機能に影響を及ぼすことはない。

(添付資料－2)

b. 電気盤、計装盤

電気盤（非常用所内電源設備、直流電源設備、計測制御用電源設備）および計装盤（安全保護系設備）が設置された部屋は、安全補機開閉器室空調系にて空調管理されており、外気取入口には平型フィルタおよび下流には粗フィルタが設置されていることから、他の空調系に比べて、ばい煙に対してより高い防護性能を有している。

また、既存設備のフィルタにより一定のばい煙侵入阻止が図られているが、外気取入ダンパを閉止して、建屋内へのばい煙の侵入を阻止することが可能である。

(添付資料－3)

c. 制御用空気圧縮設備

制御用空気圧縮機は室内の空気を吸入して、圧縮空気を供給しているが、制御用空気圧縮機室空調系の外気取入口には、平型フィルタが設置されていること、および制御用空気圧縮機には吸入フィルタ消音器が設置されており、制御用空気圧縮機は、ば

い煙に対して必要な防護性能を有している。

(添付資料－ 4)

d. ポンプ、ファン、モータ、弁、計器

評価対象設備のこれらの機器は、換気空調設備で給気されるエリアに設置されている。また、ばい煙などが侵入しない構造となっており、機器の周辺にばい煙が侵入しても、影響は非常に小さいと考えられる。

(2) 外気に直接接触れる機器

a. 原子炉補機冷却海水ポンプモータ

原子炉補機冷却海水ポンプモータは、循環水ポンプ建屋に設置されているが自然換気による外気の流入があることから、ばい煙の影響を受けることが想定されるが、ばい煙が内部に侵入しない構造となっている。また、外気が通気される空気冷却器冷却管内径は、ばい煙粒子より十分大きいことから、閉塞することはない。

したがって、ばい煙が原子炉補機冷却海水ポンプモータの機能に影響を及ぼすことはない。

(添付資料－ 5)

b. 主蒸気逃がし弁等

建屋外部に開口部を有する主蒸気逃がし弁、主蒸気安全弁、排気筒および排気ガラリ（ディーゼル発電機建屋）については、仮にばい煙が内部に侵入した場合でも、動作時の吹出力が十分大きいため、その機能に影響を及ぼすことはない。

(添付資料－ 6)

c. モニタリングポスト

モニタリングポストは屋外に設置されており、検出器と信号処理部（建物内に設置）から構成されている。

検出器はばい煙などが侵入しない構造になっている。また、信号処理部を設置している建物は、換気を行わず閉ざされた構造となっており、ばい煙などが侵入しづらいことから、周辺にばい煙が落下したとしても、影響は非常に小さいと考えられる。

(3) 中央制御室および緊急時対策所

中央制御室について、運転操作環境の維持の観点から、外部火災に伴う燃焼ガスからの防護について評価した。

中央制御室換気空調設備は、外気からしゃ断する閉回路循環運転とすることができるとともに、外気とのしゃ断が長期にわたり室内の空気が悪くなった場合は、通常モードに切り替え、外気を取り入れることができる。

酸素濃度および炭酸ガスの濃度について、評価を実施した結果、30時間外気取入をしゃ断したままでも、中央制御室内の運転員の作業環境に影響を与えない。

また、緊急時対策所は1, 2号機中央制御室バウンダリと接続して設置されるため、同様の評価を実施した。その結果中央制御室同様、13時間外気取入をしゃ断したままでも、中央制御室内の運転員の作業環境に影響を与えない。

(添付資料-7)



換気空調設備のばい煙影響評価について

外気を取り入れている空調系統として、安全補機開閉器室（安全補機開閉器室、安全系計装盤室、安全系蓄電池室、制御棒駆動装置電源室他）、中央制御室、原子炉補助建屋、格納容器、試料採取室、制御用空気圧縮機室、ディーゼル発電機室、電動補助給水ポンプ室、タービン動補助給水ポンプ室、主蒸気配管室の空調系統がある。

これらの外気取入口には平型フィルタ（ $5\mu\text{m}$ ～ $10\mu\text{m}$ の粒子に対して平均捕集効率85%）を設置しているため、ばい煙が外気取入口に到達した場合であっても、一定以上の粒径のばい煙については、平型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、外気取入用ダンパが設置されており閉循環運転が可能である中央制御室、安全補機開閉器室の空調系については、中央制御室外気取入煙感知警報が発信するなど、ばい煙の侵入が想定される場合には、外気取入ダンパを閉止し、閉循環運転を行うことにより、ばい煙の侵入を阻止可能である。

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、ばい煙の侵入を阻止可能である。

なお、中央制御室外気取入煙感知警報が発信するなど、ばい煙の侵入が想定される場合には、フィルタ差圧計の監視強化を行い、指示値が上昇した場合、平型フィルタは、取替部品を有していることから、数時間程度で交換可能である。

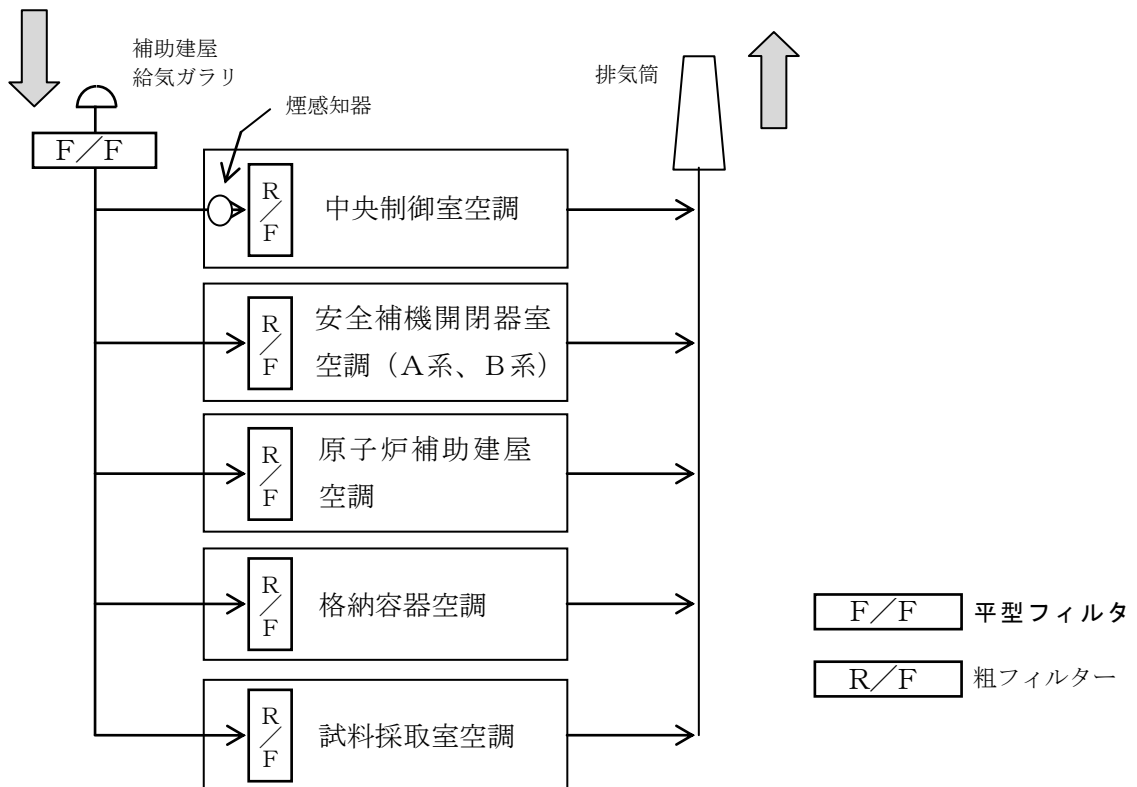


図 1 1 - 1 原子炉補助建屋換気空調設備全体概略図

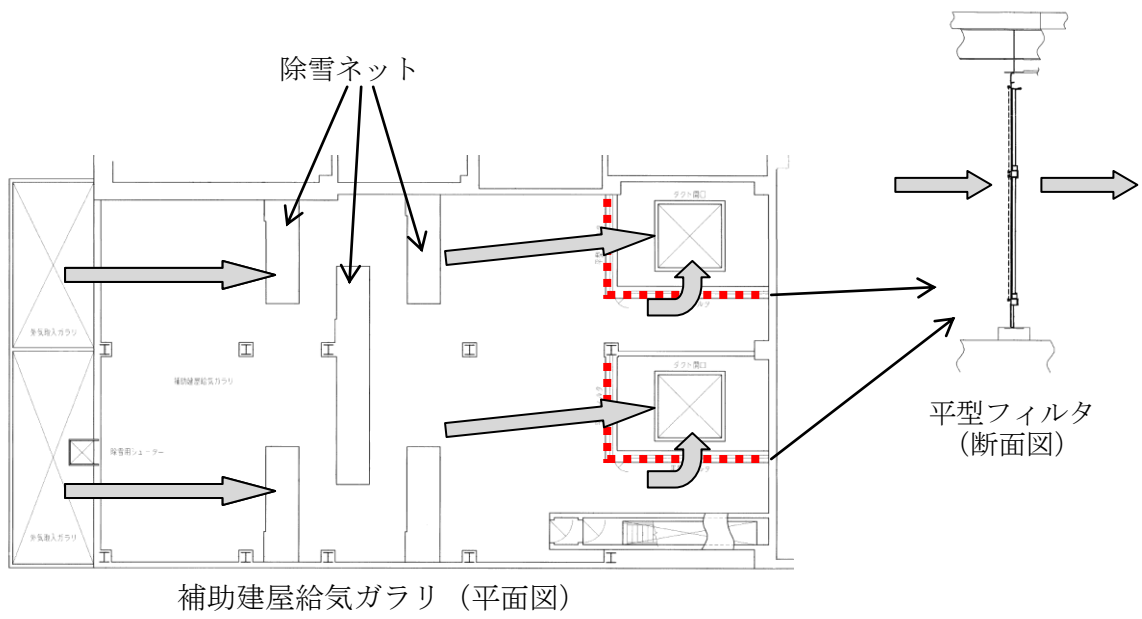


図 1 1 - 2 安全補機開閉器室など外気取入口（補助建屋給気ガラリ）の空気の流れ

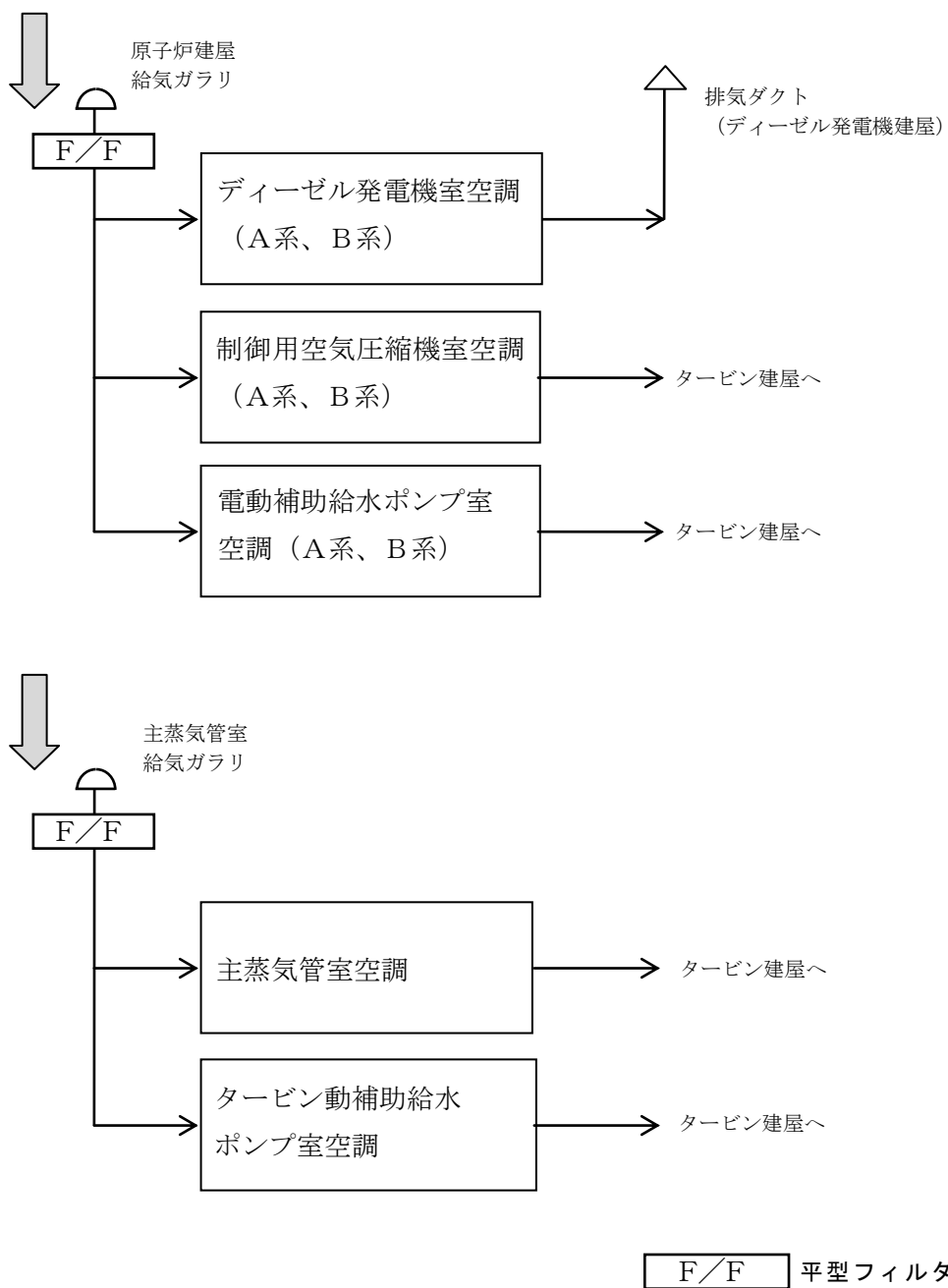


図 1 1 - 3 原子炉建屋換気空調設備全体概略図

非常用ディーゼル発電機へのばい煙影響評価について

非常用ディーゼル発電機設備は、換気空調設備で給気されるエリアに設置していることから、空調ファンを停止して、ばい煙の侵入を阻止することが可能である。

なお、非常用ディーゼル発電機は吸気系統から外気を取り入れているが、この吸気系統には、吸気消音器が設置されており、吸気消音器に付属するフィルタ（粒径 $120\mu\text{m}$ 以上において約 90% 捕獲）で比較的大粒径のばい煙粒子が捕獲されるが、一般的なばい煙粒子^{※1}（粒径数 μm ～ $10\mu\text{m}$ 程度）については、過給機、空気冷却器に進入するものの、いずれも機器の間隙はばい煙粒子に比べて十分大きいことから、ばい煙により閉塞に至る可能性はない。

また、吸入されたばい煙の大半は、機関シリンダ内へ送気される。送気されたばい煙について、粒径がシリンダ／ピストン間隙（数 μm ～ 十数 μm ）と同程度のものは、当該間隙内に侵入しシリンダ／ピストンの摩擦発生が懸念されるが、ばい煙粒子の硬度はシリンダ／ピストンの硬度より軟らかいと考えられることから、当該間隙内に侵入したばい煙粒子により摩擦が発生することはないと判断される。なお、通常運転においてもシリンダ内には燃料油（軽油）の燃焼に伴うばい煙が発生しており、定期的なシリンダの分解点検においても異常は認められない。

なお、中央制御室外気取入煙感知警報が発信するなど、ばい煙の侵入が想定される場合には、機器の運転状況の監視強化を行い、吸気消音器に付属するフィルタの清掃が必要になった場合、数時間程度で対応可能である。

以上のことから、非常用ディーゼル発電機機関にばい煙が侵入した場合においても、運転を阻害するに至らない。

※1：「火災と消火の理論と応用」（日本火災学会 監修）において「煙の粒径について、光学顕微鏡を用いた測定によれば、発炎燃焼による煙の粒径は、 $1\mu\text{m}$ 前後の球形のものと、数 μm 以上の不定形のもの混在し、燻焼による煙は球形状で粒径は $0.5\sim 1.5\mu\text{m}$ であった。また、ブラウンホーファー回折法を用いた粒径分布の測定では、綿布の燻焼濃煙の場合、 $1.6\sim 1.9\mu\text{m}$ 近傍にピークを有するものであった。」

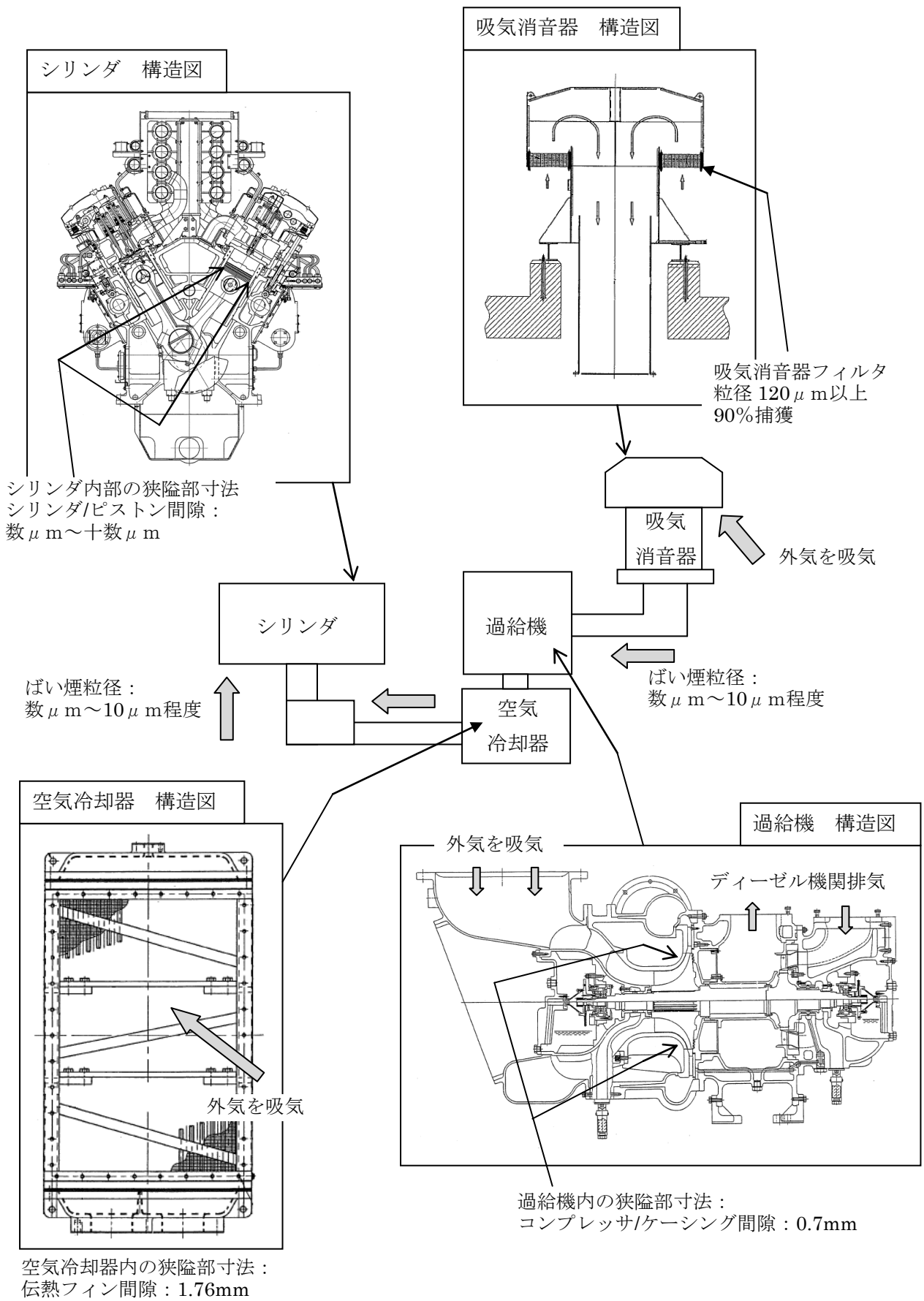


図 1 1 - 4 3号機ディーゼル機関吸気系統構造図

電気盤および計装盤について

電気盤（非常用所内電源設備、直流電源設備、計測制御用電源設備）および計装盤（安全保護系設備）が設置されている部屋は、安全補機開閉器室空調系にて空調管理されており、本空調系の外気取入口には平型フィルタ※¹が設置されているが、これに加えて下流にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタ※²が設置されているため、他の空調系に比べてばい煙に対して高い防護性能を有している。また、必要な場合は、外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転を行うことによりばい煙の侵入を阻止可能である。

万が一、ばい煙が室内に侵入した場合、粒径はほぼ $5\mu\text{m}$ 以下の細かな粒子であると推定され、安全保護系盤等において、数 μm 程度の線間距離となるのは、集積回路（IC など）の内部であり、これら部品はモールド（樹脂）で保護されているため、ばい煙が侵入することはない。また、端子台等の充電部が露出している箇所は、端子間の距離は数 mm 程度あることから、ばい煙が付着しても、直ちに短絡等を発生させることはない。

また、電源盤内などに設置している開閉器は、接点に微量のばい煙が付着しても、接触不良が生じることはないと考えられる。

したがって、細かな粒子のばい煙が盤内に侵入した場合にも、ばい煙の付着等により短絡等を発生させる可能性は小さいと考えられる。

なお、粗フィルタについても取替部品を有していることから、中央制御室外気取入煙感知警報が発信するなど、ばい煙の侵入が想定される場合には、フィルタ差圧計監視強化を行い、指示値が上昇した場合、数時間程度で交換可能である。

※ 1：主として粒径が $5\mu\text{m}$ より大きい粒子を除去

※ 2：主として粒径が $5\mu\text{m}$ より小さい粒子を除去

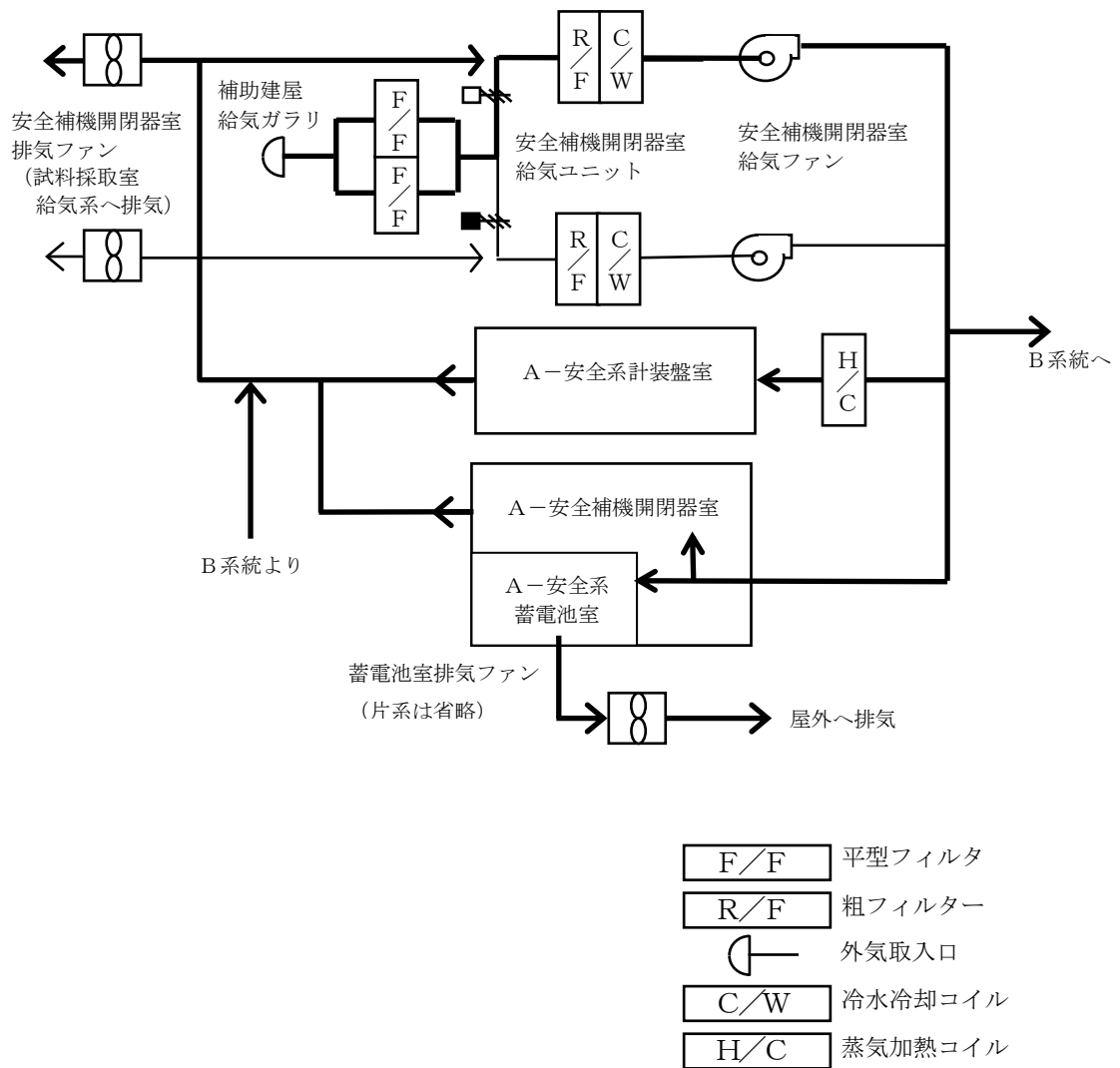


図 1 1 - 5 安全補機開閉器室空調系統図

制御用空気圧縮機設備について

制御用空気圧縮機が設置された部屋は、制御用空気圧縮機室空調系にて空調管理されており、本空調系の外気取入口には、平型フィルタ^{※1}が設置されている。また、制御用空気圧縮機室給気ファンの停止により、ばい煙の侵入を阻止可能である

なお、万が一、室内にばい煙が侵入した場合、制御用空気圧縮機には吸入フィルタ消音器^{※1}が設置されているため、制御用空気圧縮機内に侵入するばい煙の粒径はほぼ $5\mu\text{m}$ 以下の細かな粒子であると推定される。

制御用空気圧縮機のシリンダライナ内面とピストンリングは直接、接触摺動している状態であり、機器内に吸入されたばい煙が、シリンダライナ内面とピストンリングの間に入った場合には摩擦発生が懸念される。シリンダライナは内面を硬質クロムメッキ処理、ピストンリングは材質がカーボンであり、ばい煙粒子はこれらより軟らかいと考えることから、摩擦が発生し、機器内の損傷を発生させる可能性は小さい。

また、定期的なシリンダの分解点検においても異常は認められていない。

なお、中央制御室外気取入煙感知警報が発信するなど、ばい煙の侵入が想定される場合、機器の運転状況の監視強化を行い、吸入フィルタ消音器のフィルタの清掃が必要になった場合、数時間程度で対応可能である。

※1：主として粒径が $5\mu\text{m}$ より大きい粒子を除去

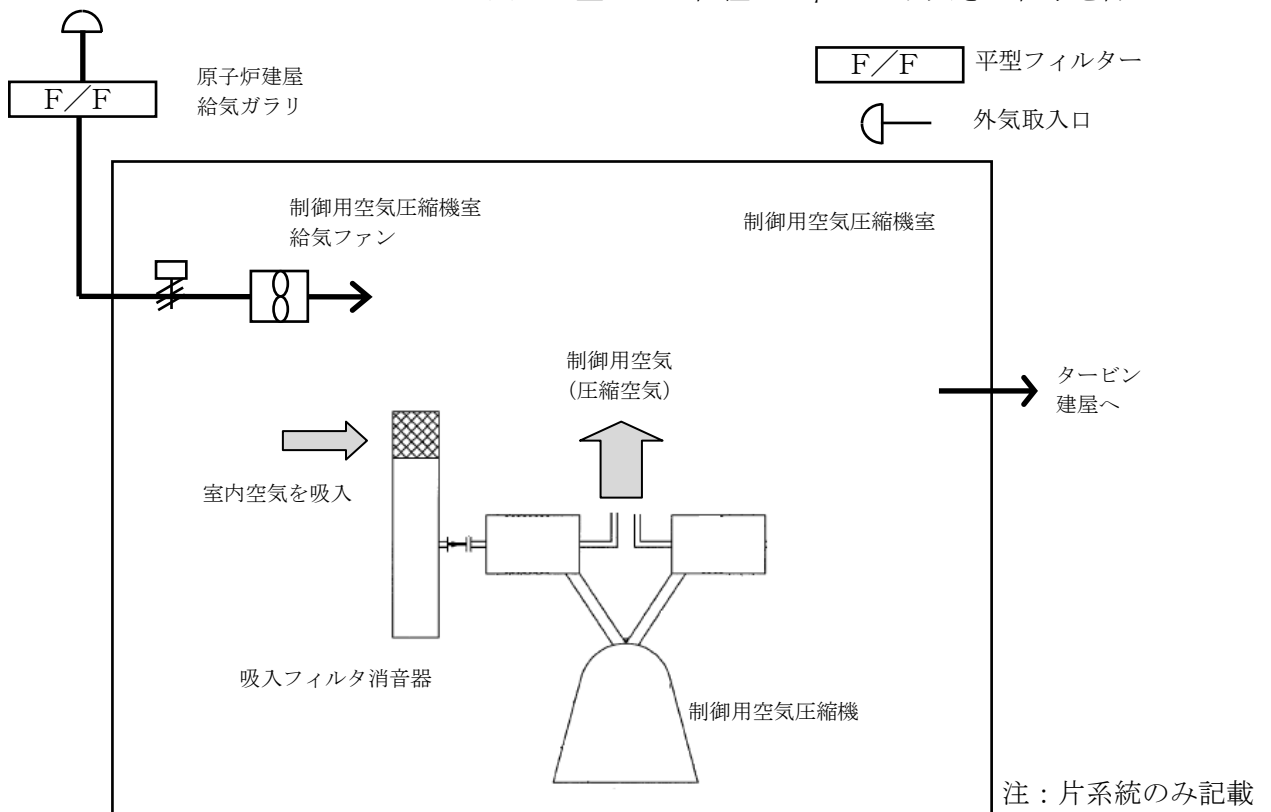


図 1 1 - 6 制御用空気圧縮機室空調系統図

原子炉補機冷却海水ポンプモータへのばい煙影響評価について

原子炉補機冷却海水ポンプモータは循環水ポンプ建屋に設置されており、自然換気による外気の流入があることから、ばい煙の影響を受けることが考えられるが、電動機本体を全閉構造とし、空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機内部に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であるため、ばい煙が電動機内部に侵入することはない。

また、空気冷却器冷却管の内径は約 24 mm であるが、ばい煙の粒径はこれに比べて十分に小さいことから、閉塞することはない。

以上のことから、ばい煙が原子炉補機冷却海水ポンプモータの機能に影響を及ぼすことはないと考えられる。

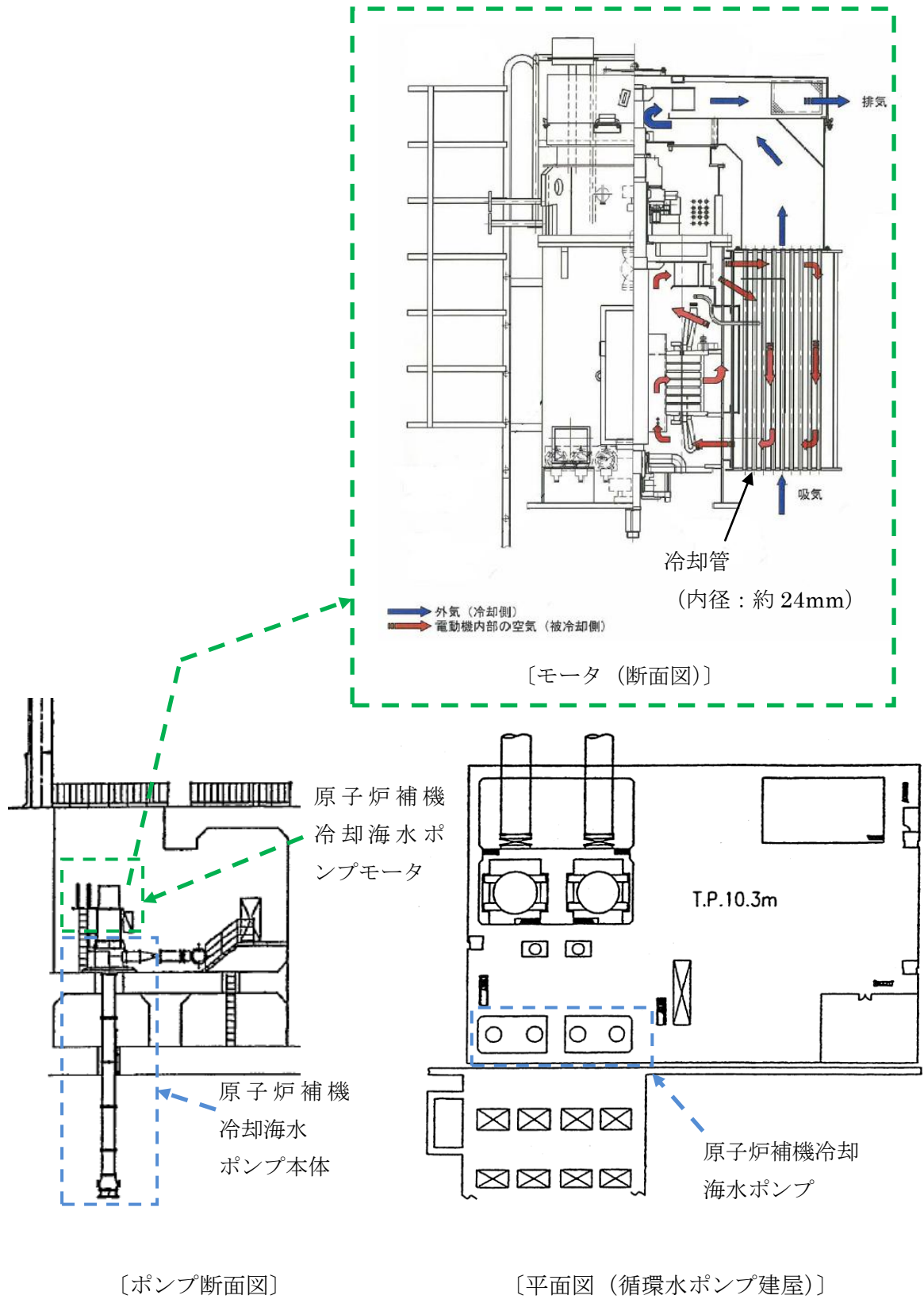


図 1 1 - 7 原子炉補機冷却海水ポンプモータ冷却方式

主蒸気逃がし弁等へのばい煙影響評価について

建屋外部に開口部を有する設備として、主蒸気逃がし弁があるが、弁から大気開放部までの下流配管構成は以下のとおりである。

仮にばい煙が直接配管内に侵入した場合でも、主蒸気逃がし弁の吹出力が十分大きいため、微小なばい煙粒子は吹き飛ばされることから、主蒸気逃がし弁の機能に影響を及ぼすことはないと考えられる。

また、同様に建屋外部に開口部を有する主蒸気安全弁、排気筒および排気ガラリ（ディーゼル発電機建屋）についても主蒸気逃がし弁と同様に、仮にばい煙が配管等の内部に侵入した場合においても、その動作時には侵入したばい煙は吹き出されることから、その機能に影響を及ぼすことはないと考えられる。

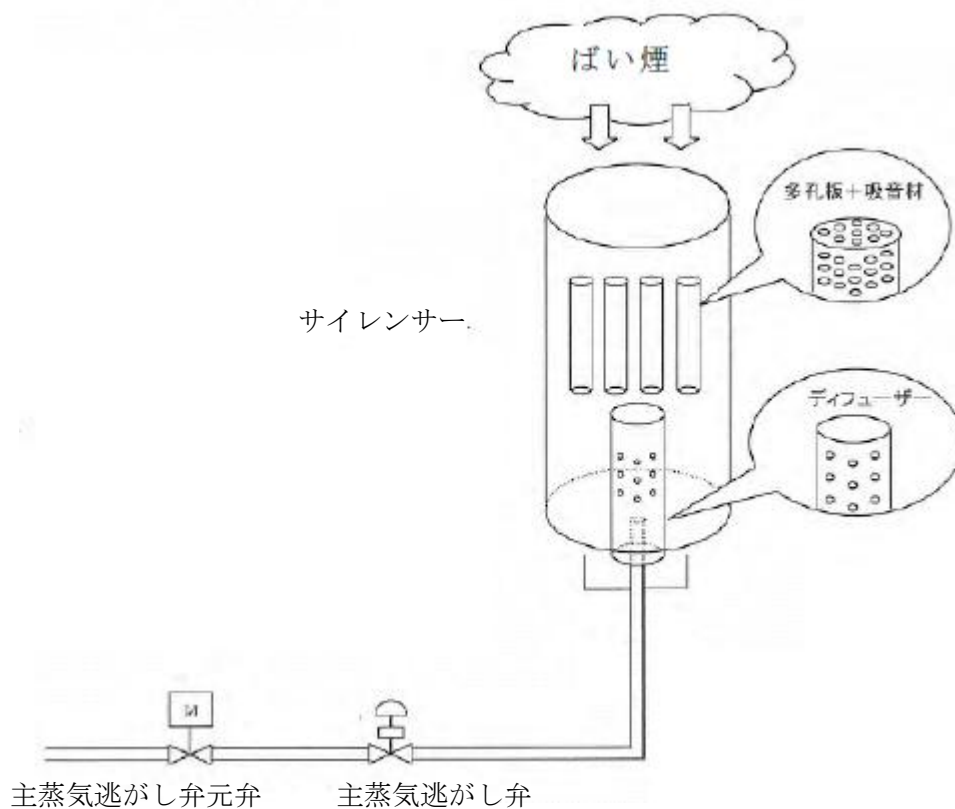


図 1 1 - 8 主蒸気逃がし弁出口配管形状および消音器の構造

中央制御室および緊急時対策所の外部火災による
燃焼ガスからの防護について

1. 概要

「実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下、「技術基準規則の解釈」という。）第38条第5項に規定する「原子炉制御室外の火災により発生する燃焼ガスに対する換気設備の隔離その他の適切な防護措置」として、中央制御室換気空調設備は、外気からしゃ断する閉回路循環運転とすることができる。

外気とのしゃ断が長期にわたり室内の空気が悪くなった場合は、通常モードに切り換え、外気を取り入れることができる。また、外気を取り込みを一時的に停止した場合に、活動に支障のない酸素濃度の範囲にあることを正確に把握するため、酸素濃度計を配備する。

(図1)

以下では外部火災時の3号機中央制御室と緊急時対策所の評価を行う。評価の期間は、森林火災（～11時間）およびタンク火災（～6時間）の燃焼継続を上回る期間とした。

2. 中央制御室の評価

外気取入しゃ断時の中央制御室内に滞在する運転員の操作環境の劣化防止のため、酸素濃度および炭酸ガス濃度について評価を行った。

(1) 酸素濃度

以下のとおり、酸素濃度について評価した。

a. 評価条件

- ・在室人員 18人
- ・中央制御室バウンダリ内体積 3,500m³
- ・空気流入はないものとして評価する。
- ・初期酸素濃度 20.95%
(「空気調和・衛生工学便覧」の成人の呼吸気・肺胞気の組成の値を使用)
- ・酸素消費量 1.25ℓ/min/人
(「空気調和・衛生工学便覧」の作業強度分類の中くらいの作業強度に対する酸素消費量の中央値を使用)
- ・評価期間 12、24、36時間
- ・許容酸素濃度 18%以上
(酸素欠乏症等防止規則)

b. 評価結果

- ・中央制御室の酸素量 733,250ℓ = 3,500,000ℓ × 20.95%
- ・12時間後の酸素濃度 20.49%
= (733,250(ℓ) - 1.25(ℓ/min/人) × 18(人) × 60(min/h) × 12(h)) / 3,500,000(ℓ)

- ・ 24時間後の酸素濃度 20.02%

$$= (733,250 (\ell) - 1.25(\ell/\text{min}/\text{人}) \times 18(\text{人}) \times 60(\text{min}/\text{h}) \times 24(\text{h})) / 3,500,000 (\ell)$$
- ・ 36時間後の酸素濃度 19.56%

$$= (733,250 (\ell) - 1.25(\ell/\text{min}/\text{人}) \times 18(\text{人}) \times 60(\text{min}/\text{h}) \times 36(\text{h})) / 3,500,000 (\ell)$$

上記評価条件から求めた酸素濃度は、以下のとおりであり、36時間外気取入れをしゃ断したままでも、対策要員の作業環境に影響を与えない。

時間	12時間	24時間	36時間
酸素濃度	20.48%	20.02%	19.56%

(2) 炭酸ガス濃度

「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程 (JEAC4622-2009)」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 18人
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積 3,500m³
- ・ 初期炭酸ガス濃度 0.03%
 (「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程 (JEAC4622-2009)」)
- ・ 許容炭酸ガス濃度 0.5%
 (事務所衛生基準規則 (昭和47年労働省令第43号、最終改正平成16年3月30日厚生労働省令第70号) による。)
- ・ 呼吸による排出する炭酸ガス濃度 0.046m³/h/人
- ・ 空気流入率測定試験結果 0.13回/h以上
 (実績)

b. 評価結果

- ・ 最低必要空気流入率
 平衡状態の炭酸ガス濃度

$$C_{\infty} < 0.005$$

$$0.0003 + M / (NV) < 0.005$$

M : 室内発生炭酸ガス量 (m³/h)
 N : 空気流入率 (回/h)
 V : 中央制御室バウンダリ内体積 (m³)
- ・ $0.03\% + 0.046 (\text{m}^3/\text{h}/\text{人}) / (N(\text{回}/\text{h}) \times 3,500(\text{m}^3)) < 0.005$

$$N > 9.8 \times 18(\text{人}) / 3,500(\text{m}^3)$$

$$N > 0.050(\text{回}/\text{h})$$

上記評価条件から求めた最低必要空気流入率0.034回/hに対し、空気流入率測定試験結果は、0.13回/h以上であることから、外気取入しや断時の炭酸ガス濃度については、運転員の操作環境に影響を与えない。

3. 緊急時対策所の評価

(1) 酸素濃度

以下のとおり、酸素濃度について評価した。

a. 評価条件

以下を除き、「2. 中央制御室の評価」と同じ条件とした。

- ・ 在室人員 36人 (対策本部要員 (31人)並びに1,2号機運転員(5人))
- ・ 緊急時対策所体積 1,065m³
- ・ 空気流入率測定試験結果 0.06回/h以上

(中央制御室に対する実績である。緊急時対策所はこれより大きい空気流入率であると考えられる。)

b. 評価結果

O₂濃度は、次式を解き求めた。

$$V \times dO/dt = O_0 \times N \times V - M - O \times N \times V$$

O : 緊急時対策所O₂濃度 (m³/m³)

M : 室内減少酸素量 (=0.075 m³/h/人×36人 (m³/h))

N : 空気流入率 (=0.06回/h)

V : 緊急時対策所体積 (=1,065m³)

O₀ : 外部空気O₂濃度 (=0.2095m³/m³)

初期条件t=0でO= O₀とすると、以下のとおりの結果が導出できる。

時間	5時間	10時間	13時間
酸素濃度	19.85%	19.04%	18.66%

(2) 炭酸ガス濃度

「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程 (JEAC4622-2009)」に基づき、炭酸ガス濃度について評価した。

a. 評価条件

以下を除き、「2. 中央制御室の評価」と同じ条件とした。

- ・ 在室人員 36人
- ・ 緊急時対策所体積 1,065m³
- ・ 許容炭酸ガス濃度 1.5% (労働安全衛生規則)
- ・ 空気流入率測定試験結果 0.06回/h以上

(中央制御室に対する実績である。緊急時対策所はこれより大きい空気流入率であると考えられる。)

b. 評価結果

CO₂濃度は、次式をとき求めた。

$$V \times dC/dt = C_0 \times N \times V + M - C \times N \times V$$

C : 中央制御室CO₂濃度 (m³/m³)

M : 室内発生炭酸ガス量 (=0.046 m³/h/人×36人 (m³/h))

N : 空気流入率 (=0.06回/h)

V : 中央制御室バウンダリ内体積 (=1,065m³)

C₀ : 外部空気CO₂濃度 (=0.0003m³/m³)

初期条件t=0でC=C₀とすると、以下のとおりの結果が導出できる。

時間	5時間	10時間	13時間
二酸化炭素濃度	0.702%	1.20%	1.43%

二酸化炭素濃度は、上記のとおりであり、13時間後においても、対策要員の作業環境に影響を与えない。

(3) 重大事故時の評価との違いについて

緊急時対策所の重大事故時の評価との入力条件の違いについて以下に整理し、外部火災の評価について見直しを実施した。

項目		外部火災	重大事故	備考
収容人数		36人	86人	ブルームの通過を必要人員全員で待つ重大事故に対し、外部火災は要員のうち一部は現場での消火活動を実施することを考慮した。
緊急時対策所 評価用体積	1,2号機中央 制御室体積	—	3,500m ³	重大事故時はファンを使用して中央制御室と連結することより、中央制御室体積も考慮している。
	緊急時対策所 体積	1,065m ³	1,065m ³	外部火災時には保守的に中央制御室内体積を見込んでいない。
酸素消費量		1.25(l/min/人)	←	
CO ₂ 排出量		0.046m ³ /h・人	0.030 m ³ /h・人	外部火災評価時はJEAC4622に基づき保守的な評価を実施した。重大事故時の評価では保守性を排し現実的な値（軽作業）を設定した。ただし、重大事故の評価においてはボンベの必要本数に対して余裕を有している。

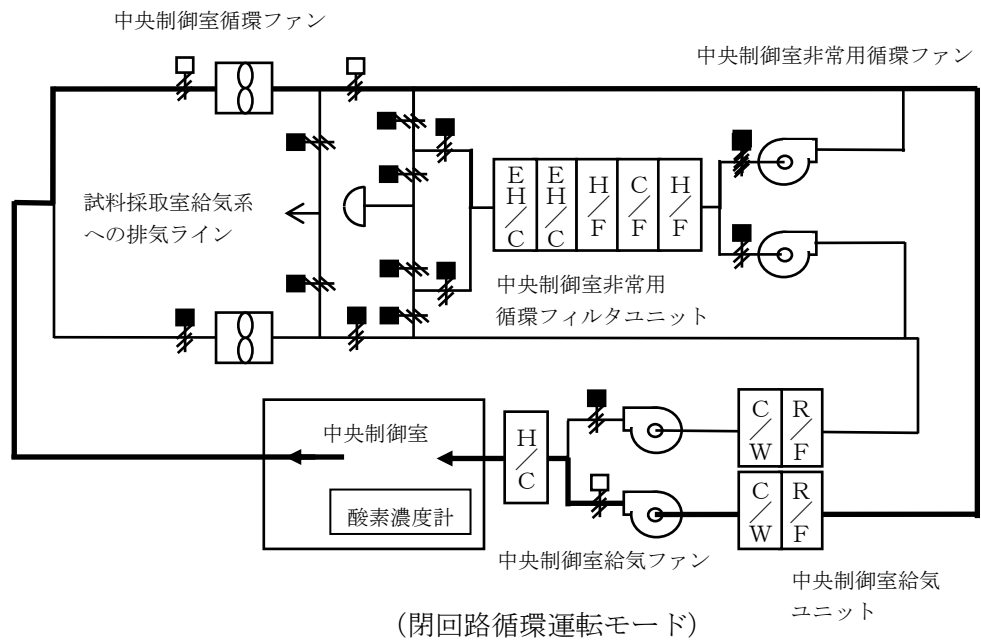
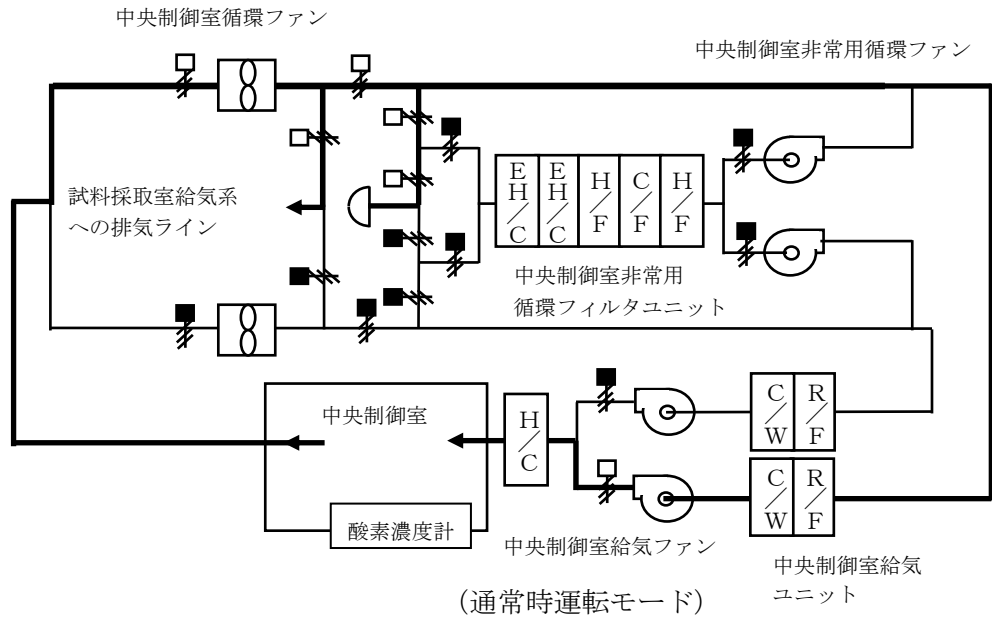
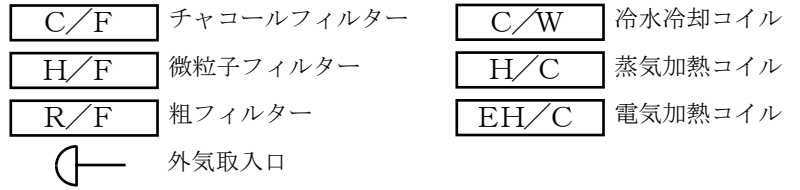


図 1 1 - 9 中央制御室換気空調設備系統図

12. 中央制御室バウンダリ体積等について

(1) バウンダリ体積について

中央制御室バウンダリ体積については、下記のうち中央制御室等の 3,530[m³]を切り捨て、3,500[m³]を使用した。

なお、被ばく評価においては、相対的に空調設備の能力が低下するため、中央制御室バウンダリ体積を大きめに見積もった方が保守的になるが、酸素濃度の評価については、体積を小さめに見積もった方が保守的な評価となる。

中央制御室制御室空調エリア体積

名称	体積[m ³]	備考
フロアケーブルダクト	173	中央制御室
フリーアクセスフロア	37	通路, 運転員控室, 定検班作業室
中央制御室, 通路, 定検班作業室, 運転員控室	3,530	
ダクト及びファン体積	91	
合計	3,831	

また、3号機の緊急時対策所は1, 2号機中央制御室バウンダリと接続されるが、評価では保守的に1, 2号機中央制御室制御室の体積は見込まず、緊急時対策所体積で評価する。

3号機緊急時対策所の体積(1, 2号機中央制御室制御室空調エリア体積)

名称	体積[m ³]	備考
中央制御室	3,500	
緊急時対策所	1,065	
合計	4,565	

[原子力発電所中央制御室運転員事故時ばくに関する規定 JEAC 4622-2009]

中央制御室エンベロープ外に中央制御室換気空調設備を設置している場合は、中央制御室エンベロープ及び中央制御室換気空調設備と、中央制御室換気空調設備以外の空調設備により空調されている部屋又は屋外との境界部分がバウンダリとなる。

なお、他系統ダクト(排煙ダクト, ケーブルダクト配管系を含む。)が中央制御室バウンダリを貫通している場合、そのダクトそのものが中央制御室バウンダリとなる。

(2) 在室する運転員等について

	3号機中央制御室
運転員	6名(3号機)
社員(当番(指揮、通報))	3名(1~3号機共通)
社員 (運転支援、電源、給水等)	3名(3号機)
協力会社 (運転支援、電源、給水等)	4名(3号機)
協力会社(瓦礫撤去他)	2名(1~3号機共通)
協力会社消防	0名 *
計	18名

*現場で消火活動に携わるものとし、評価には見込まない。

(3) 評価に使用した酸素消費量について

酸素消費量の評価については、空気調和・衛生工学便覧の以下の作業分類から中くらいの中央値1.25[l/min]を用いた。

作業強度分類

分類	肺換気量[l/min]	酸素消費量[l/min]	心拍数[回/min]
非常に軽い	10	0.5	80
軽い	10~20	0.5~1.0	80~100
中くらい	20~35	1.0~1.5	100~120
重い	35~50	1.5~2.0	120~140
非常に重い	50~65	2.0~2.5	140~160
過度に重い	65~85	2.5~3.0	160~180
疲はいる	85以上	3.0以上	180以上

(4) 原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規定

二酸化炭素の濃度評価にあたって参照した「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規定」を次頁以降に示す。

以上

13. 泊発電所3号機に対する航空機落下確率評価の結果について

「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」（平成21・06・25原院第1号）に基づき評価を行った結果、約 4.8×10^{-8} 回/炉・年となり、 10^{-7} （回/炉・年）を下回ることを確認した。

評価対象事故、評価に用いた数値および評価結果について、以下に示す。

1. 評価対象事故

号炉	1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故		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 飛行場での離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－訓練空域間を往復時の落下事故
3号炉	× ^{注1}	× ^{注2}	○	○ ^{注3} 自衛隊機については訓練空域内で訓練中、米軍機については訓練空域外を飛行中の落下事故	× ^{注3}

○：対象、×：対象外

注1：最大離着陸距離は発電所から空港までの距離より小さい。（添付資料－1）

注2：発電所上空に航空路は存在しない。（添付資料－2）

注3：発電所周辺上空は自衛隊機の訓練空域である。また、発電所は米軍機の基地－訓練空域間の往復の想定範囲内にはない。（添付資料－2）

2. 評価に用いた数値

(1) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = \frac{f_v}{S_v}(A \cdot \alpha)$$

P_v : 対象施設への航空機落下確率 (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)

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	号炉 3号炉
f_v 注1	大型固定翼機 0.5/20=0.025 小型固定翼機 39/20=1.95 大型回転翼機 2/20=0.10 小型回転翼機 37/20=1.85
S_v 注1	37.2万
A 注2	0.0116
α 注3	大型固定翼機、大型回転翼機 : 1 小型固定翼機、小型回転翼機 : 0.1
P_v	1.57×10^{-8}

注1 : 「平成20年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成21年8月 独立行政法人 原子力安全基盤機構)による。なお、大型固定翼機については昭和63年～平成19年の間に事故は発生していないため、保守的に0.5件として評価した。

注2 : 原子炉建屋、循環水ポンプ建屋及び原子炉補助建屋の一部(他号炉に係わる部分を除く)等の合計値(添付資料-3)

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(内規)」による。

(2) 自衛隊機又は米軍機の落下事故（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）

$$P_{si} = \left(\frac{f_{si}}{S_i}\right) \cdot A$$

P_{si} : 訓練空域内での対象施設への航空機落下確率（回／年）

f_{si} : 単位年当たりの訓練空域内落下事故率（回／年）

S_i : 全国の陸上の訓練空域の面積（km²）

A : 原子炉施設の標的面積（km²）

$$P_{so} = \left(\frac{f_{so}}{S_o}\right) \cdot A$$

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} : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）

S_o : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積（km²）

A : 原子炉施設の標的面積（km²）

号炉	3号炉
パラメータ	
f_{si} 又は f_{so} 注1	自衛隊機 (f_{si}) 3/20=0.15 米軍機 (f_{so}) 6/20=0.30
S_i 又は S_o 注1	自衛隊機 (S_i) 7.72万 米軍機 (S_o) 37.2万
A	0.0116
P_{si} 及び P_{so}	$2.25 \times 10^{-8} (P_{si}) + 9.35 \times 10^{-9} (P_{so})$ $= 3.19 \times 10^{-8}$

注1 : 「平成20年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成21年8月 独立行政法人 原子力安全基盤機構)による。

3. 落下確率値の合計値

泊発電所

号炉	1) 計器飛行方式民間航空機の 落下事故		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		合 計
	①飛行場での離 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 域間往復時の 落下事故	
3号炉	—	—	1.57×10^{-8}	3.19×10^{-8}	—	約 4.8×10^{-8}

以上

発電所付近の空港と発電所との距離について

発電所名称	空港名	発電所と空港の距離 ^{注1}	空港と空港の最大離着陸地点までの距離 ^{注2}	判定	備考
泊発電所	札幌空港	約 70km	約 27km (14.4nm)	対象外	添付資料－ 1 (1)
	新千歳空港	約 100km	約 33km (17.7nm)	対象外	添付資料－ 1 (2)

注 1 : 発電所と空港の緯度、経度より計測した。

注 2 : 航空路誌(AIP)を参照した。

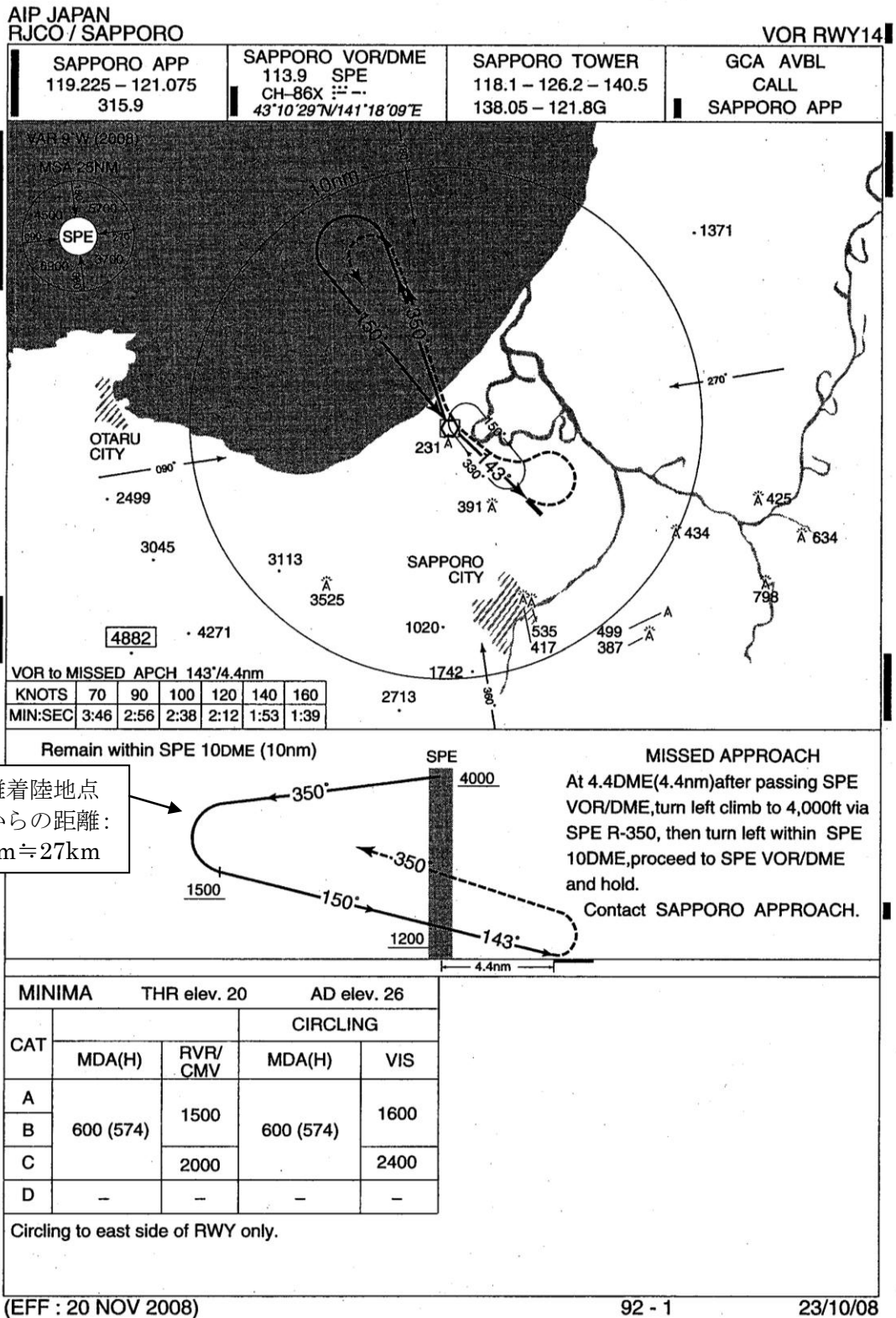
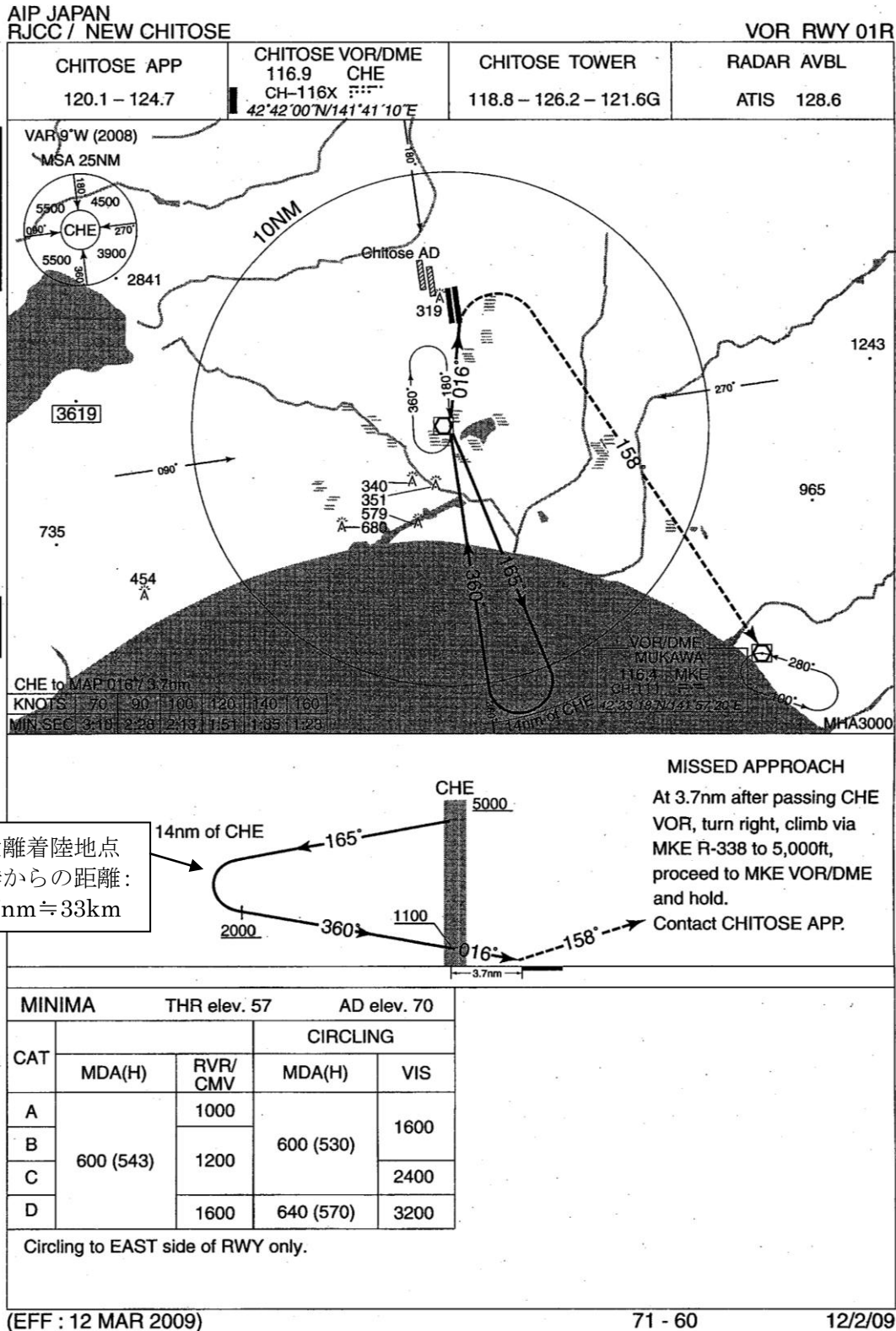
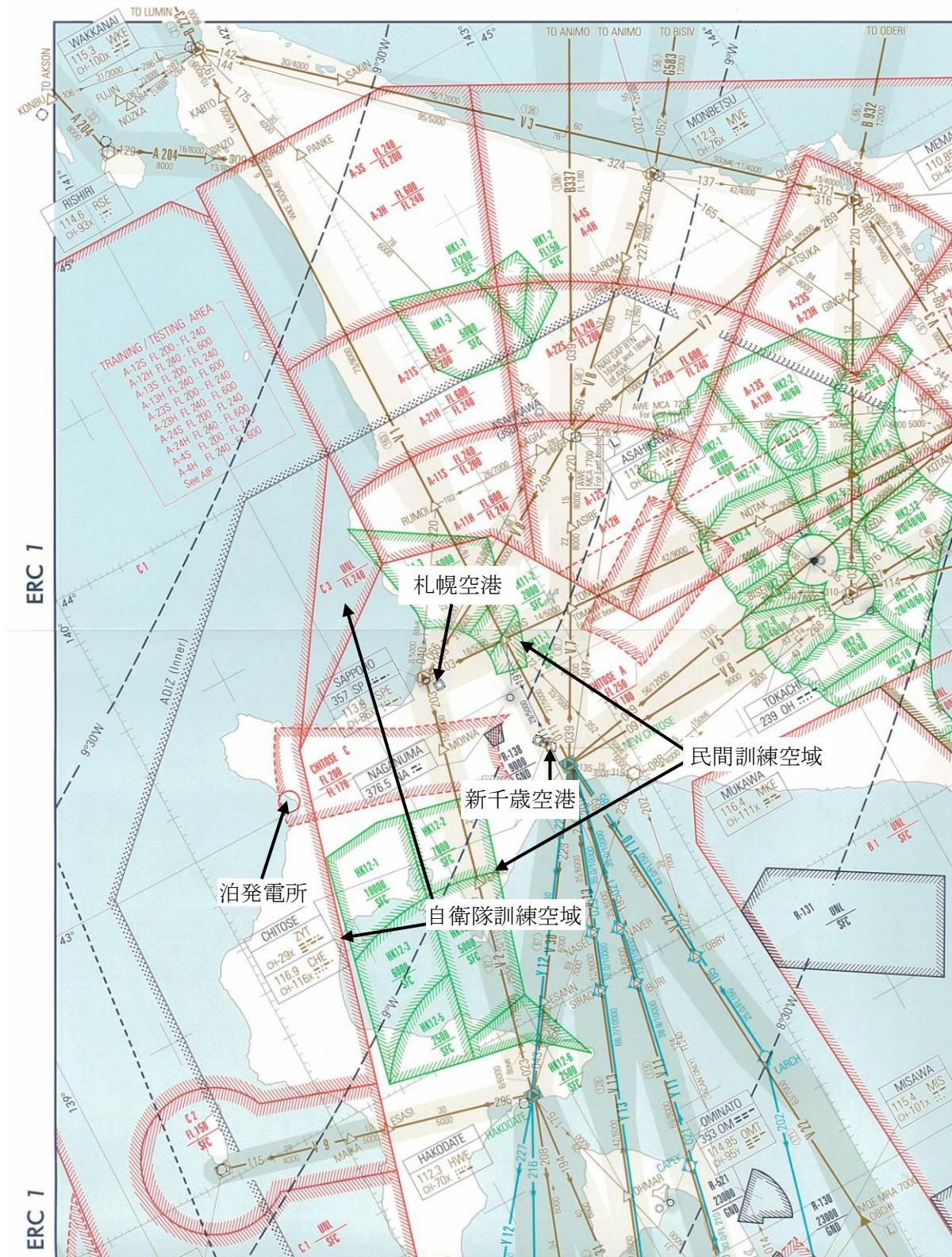


図-1 札幌空港の最大離着陸地点



最大離着陸地点
空港からの距離:
17.7nm ≒ 33km

図-2 新千歳空港の最大離着陸地点



図－ 1 泊発電所周辺の航空路等
 「出典： ENROUTE CHART (ERC-1/2)(鹿児島一稚内) 27 AUG 2009」

航空機落下確率評価に係わる標的面積

単位：k m²

発電所	号炉	原子炉建屋 ^{注1}	原子炉補助 建屋 ^{注2}	燃料取替用水 タンク建屋	ディーゼル 発電機	中央制御室	循環水ポンプ 建屋 ^{注5}	合計	標的面積 ^{注6}
泊発電所	3号炉	0.004582	0.003720	— ^{注3}	0.000420	— ^{注4}	0.002795	0.011517	0.0116

注1：炉心、安全系の機器及び使用済燃料ピットを含む

注2：安全系の機器を含む

注3：燃料取替用水ピットは原子炉建屋内に設置

注4：中央制御室は原子炉補助建屋内に設置

注5：海水ポンプを含む

注6：落下確率の算定にあたっては、合計を切り上げて0.0116(3号炉)を使用する

1 4 . 航空機落下による火災影響評価に用いる燃料タンクの投影面積について

航空機落下による火災影響を評価するにあたり、燃焼面積は燃料タンクの投影面積と等しいとしている。評価対象航空機として選定している B747-400 の燃料タンクの寸法については公開されていないため、ボーイング社が公開している B747-400 の機体平面図^{*1}の寸法から、以下のとおり推定している。

燃料タンクの投影面積から、700m²とした。

《尾翼部》

$$a' : (4+15) \times 14 \div 2 = 133 \text{ mm}^2$$

$$b' : 15 \times 4 \div 2 = 30 \text{ mm}^2$$

$$\text{尾翼面積} : (a' + b') \times 2 = 326 \text{ mm}^2$$

《主翼部》

$$a : (6+13) \times 32 \div 2 = 304 \text{ mm}^2$$

$$b : (13+24) \times 16 \div 2 = 296 \text{ mm}^2$$

$$c : 11 \times 24 = 264 \text{ mm}^2$$

$$\text{主翼面積} : (a + b) \times 2 + c = 1464 \text{ mm}^2$$

$$\text{合計} : 1790 \text{ mm}^2$$

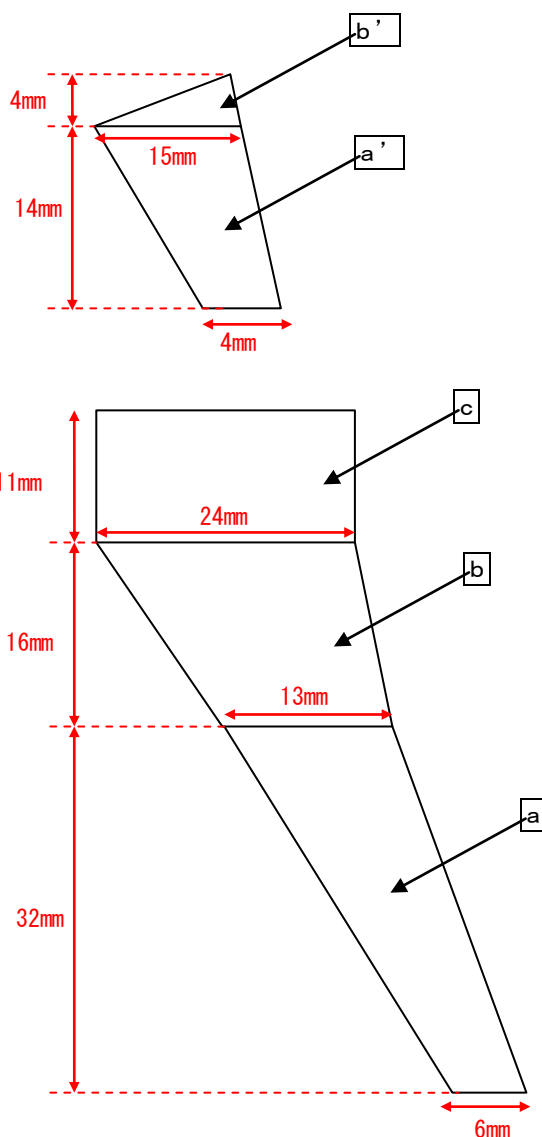
図面より

$$16 \text{ mm} = 10 \text{ m}$$

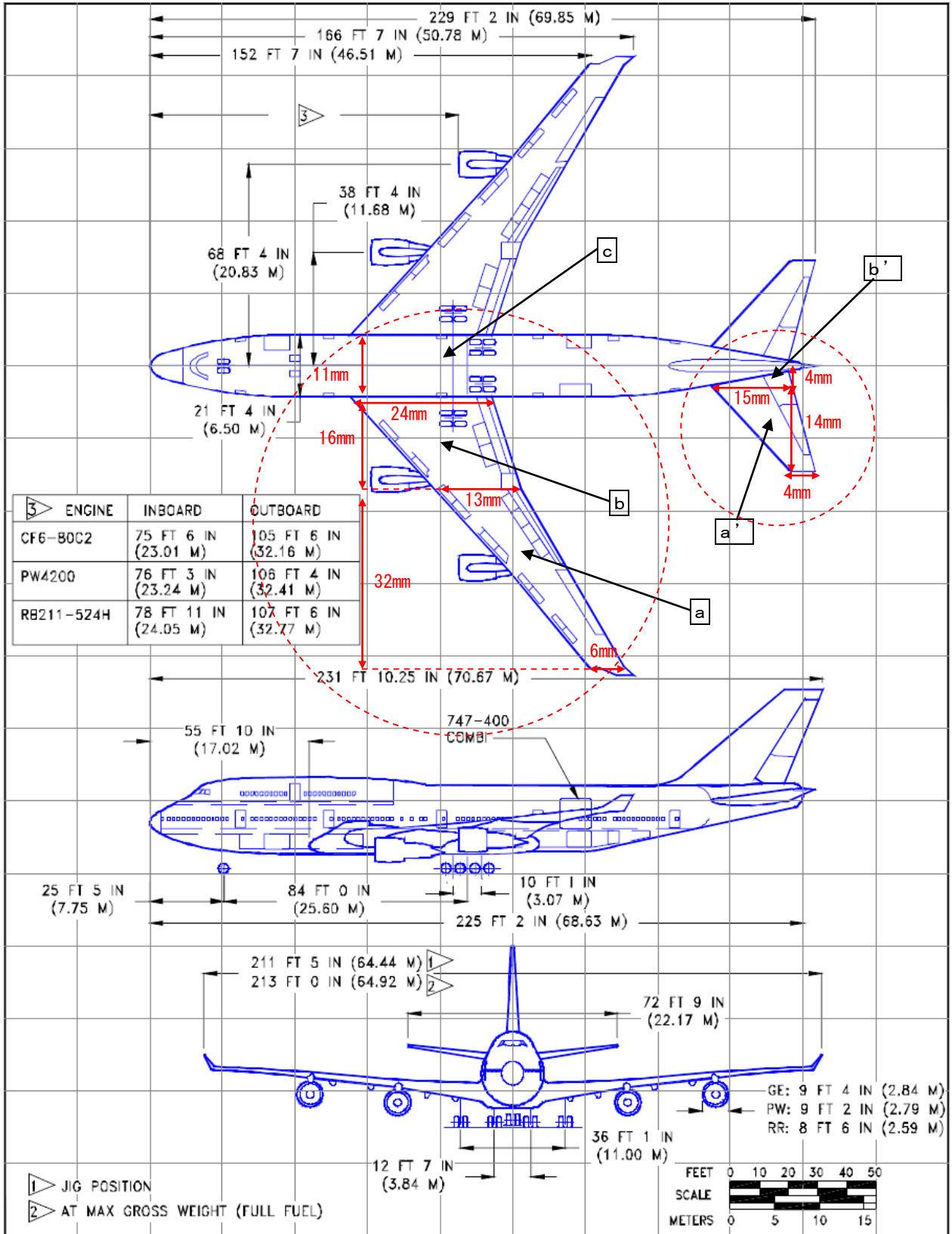
$$256 \text{ mm}^2 = 100 \text{ m}^2$$

$$\text{対象面積} : 699.21 \text{ m}^2$$

評価面積は、700 m²とする。



※ 1 : ボーイング社ホームページ資料「747-400 Airplane Characteristics for Airport Planning」



2.2.1 GENERAL DIMENSIONS

MODEL 747-400, -400 COMBI, -400ER

D6-58326-1

DECEMBER 2002 21

「747-400 Airplane Characteristics for Airport Planning」

15. 航空機落下による火災影響評価時の燃料物性値について

1. 火災影響評価時に使用する燃料

航空機墜落による火災影響を評価するにあたり、対象航空機としてボーイング 747-400 型機を選定しており、当該機が使用する燃料の種類は、Jet A-1 燃料である。

2. 火災影響評価時に必要な燃料物性値

火災影響評価時に必要な燃料物性値は、燃焼する燃料によって決まる定数である輻射発散度 (R_f 、単位： W/m^2)、質量低下速度 (M 、単位： $kg/m^2 \cdot s$) および密度 (ρ 、単位： kg/m^3) の3項目である。

(1) 輻射発散度 (R_f 、単位： W/m^2)

Jet A-1 燃料に関する輻射発散度については、以下のとおり附属書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」に記載されている灯油の値 ($50 \times 10^3 W/m^2$) としている。

なお、石油元売り株式会社へ聞き取り調査を行い、石油連盟の規格における項目として輻射発散度がないこと、商品の特徴としては JET 燃料が灯油に分類されていることを確認した。

- ASTM D1655-12a 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、物性値は灯油に極めて近い」との記載があること。

(2) 質量低下速度 (M 、単位： $kg/m^2 \cdot s$)

Jet A-1 燃料に関する質量低下速度については、明確な知見がないため、米国 MIL 規格におけるジェット燃料である JP-4 および JP-5 のうち、燃焼時間が長く燃焼速度が低い JP-4 の値 ($0.051 kg/m^2 \cdot s$) を用いている。

(3) 密度 (ρ 、単位： kg/m^3)

Jet A-1 燃料に関する密度については、ASTM D1655-12a に $15^\circ C$ の値として $775 \sim 840 kg/m^3$ と記載されているため、燃焼継続時間がより長くなる $840 kg/m^3$ とした。

3. 質量低下速度の値による影響

質量低下速度としては、米国 MIL 規格における JP-4 の値を使用しており、燃焼継続時間が約 1.42 時間、コンクリートの表面温度は約 $97^\circ C$ と評価している。

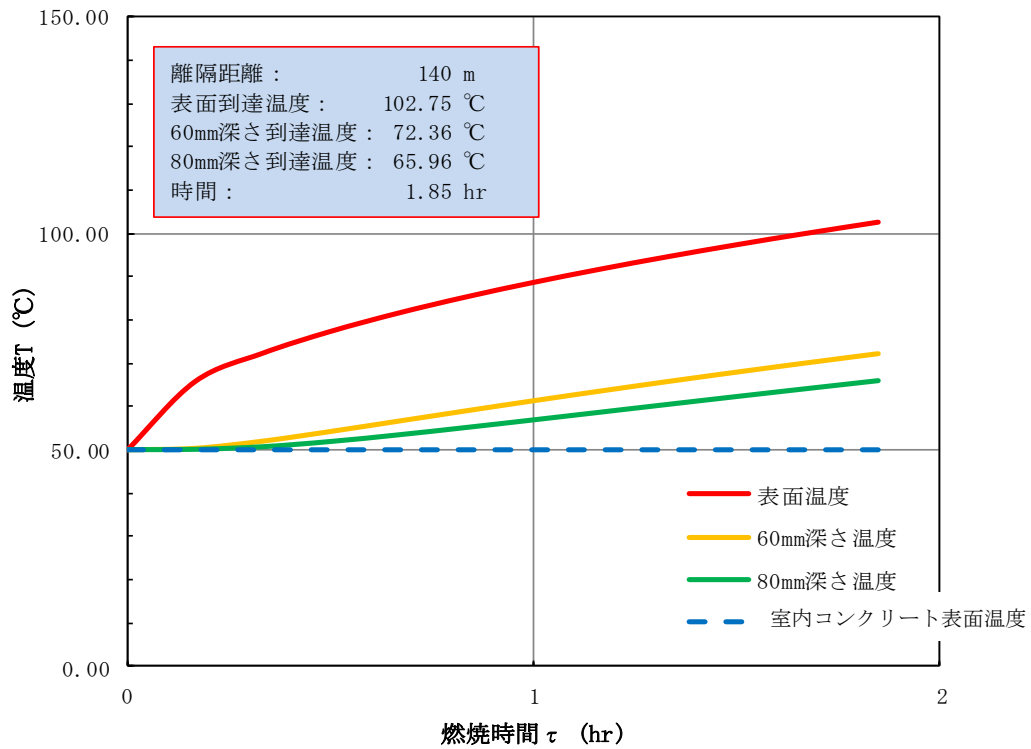
質量低下速度として灯油の値を用い評価した結果、燃焼継続時間は約 1.85 時間となった。また、図に示すとおりコンクリートの表面温度は約 $103^\circ C$ であり、許容温度 ($200^\circ C$) を大きく下回っている。

表 評価に用いた主要パラメーター一覧

項目	単位	説明値	設定根拠
輻射発散度 (Rf)	W/m ²	5.0×10 ⁴	火災ガイド附録 B おける灯油
質量低下速度 (M)	kg/m ² /s	0.051	NUREG-1805 における JP-4
密度 (ρ)	kg/m ³	840	ASTM D1655-12a における JP-4
燃焼速度 (v)	m/s	6.07×10 ⁻⁵	v=M/ρ
燃料量 (V)	m ³	216.84	B747-400 最大積載量
燃焼半径 (R)	M	14.93	R=(S/π) ^{1/2} S (底面積) =700m ²
燃焼継続時間 (t)	S	5104	t=V/(π R ² ×v)
燃焼継続時間 (t)	h	1.42	

物性値の変更

項目	単位	説明値	設定根拠
輻射発散度 (Rf)	W/m ²	5.0×10 ⁴	火災ガイド附録 B おける灯油
質量低下速度 (M)	kg/m ² /s	0.039	NUREG-1805 における灯油
密度 (ρ)	kg/m ³	840	ASTM D1655-12a における JP-4
燃焼速度 (v)	m/s	4.64×10 ⁻⁵	v=M/ρ
燃料量 (V)	m ³	216.84	B747-400 最大積載量
燃焼半径 (R)	M	14.93	R=(S/π) ^{1/2} S (底面積) =700m ²
燃焼継続時間 (t)	S	6677	t=V/(π R ² ×v)
燃焼継続時間 (t)	h	1.85	



注1：「表面温度」は、ディーゼル発電機建屋外壁

注2：「60mm深さ温度」は、原子炉建屋外壁、原子炉補助建屋外壁

注3：「80mm深さ温度」は、原子炉建屋屋根スラブ、原子炉補助建屋屋根スラブ
ディーゼル発電機建屋屋根スラブ

図 建屋外壁における温度上昇の評価結果

以上

16. 航空機落下確率のカテゴリ別の火災影響評価について

(1) 泊発電所3号機における航空機落下による火災影響評価の方針

発電所敷地への航空機の墜落で発生する火災に対して、より一層の安全性向上の観点から、その火災が発電所の敷地内で起こったとしても原子炉施設に影響を及ぼさないことを確認する。

「原子力発電所の敷地内への航空機落下墜落による火災の影響評価について」における航空機墜落による火災の想定条件として、以下のとおり記載されている。

- ・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する。(燃料は満載した状態を想定)
- ・航空機の墜落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する。

航空機落下確率評価については、評価条件の違いから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では、その発生状況が必ずしも同一ではない。

泊発電所上空は、自衛隊の訓練空域が設定されているが、米軍の訓練空域は設定されていないため、自衛隊機の訓練空域内の確率を用いて評価した。

訓練空域内に関して、発電所は近くに航空自衛隊千歳基地があり、千歳基地に配備されている自衛隊機を考慮する。

なお、米軍機に関しては、参考として評価を実施した。

民間航空機においては、大型航空機と小型航空機では事故発生件数が大きく異なる。したがって、表-1に示すカテゴリ毎に航空機落下による火災影響を評価する。

表-1 航空機落下による火災影響評価におけるカテゴリ

落下事故のカテゴリ	
1) 有視界飛行方式民間航空機	①大型航空機(固定翼機、回転翼機)
	②小型航空機(固定翼機、回転翼機)
2) 自衛隊機	③訓練空域内 航空自衛隊千歳基地に配備されている航空機

判断基準となる許容温度としては、建屋コンクリート壁を対象とする場合、一般的コンクリートの強度にほとんど影響のないとされている 200°C とする。

(2) カテゴリ別の航空機落下による火災の影響評価

a. 有視界飛行方式民間航空機

本カテゴリには、有視界飛行方式で飛行する民間航空機として、不定期便の大型固定翼機、軽飛行機などの小型固定翼機ならびに大型および小型の回転翼機を

対象としており、大型航空機（固定翼機、回転翼機）と小型航空機（固定翼機、回転翼機）に分類してそれぞれの評価を実施する。評価の詳細を別紙 1、主要な条件および評価結果を表一 2 に示す。

表一 2 主要評価条件および評価結果

カテゴリ		離隔距離 (m)	対象 航空機	燃料積載量 (m ³)	評価結果 (°C)
有視界飛行方式民間航空機	大型航空機	140	B747-400	216.84	103
	小型航空機	76	Do228-200	2.52 ※ 1	※ 2

※ 1 : 日本航空機全集 2013 より抜粋。

※ 2 : 自衛隊機 (F-15) より、離隔距離が長く、燃料積載量が少ないため、F-15 に包絡される。

b. 自衛隊機

訓練空域内に関して、発電所は近くに航空自衛隊千歳基地があり、表一 3 に千歳基地に配備されている自衛隊機を示す。発電所上空の自衛隊訓練空域は、千歳基地所属の自衛隊機と考えられ、対象機種は千歳基地所属の最大燃料容量の F-15 とする。

本カテゴリにおける評価の詳細を別紙 2、主要な条件および評価結果を表一 4 に示す。

表一 3 千歳基地に配備されている自衛隊機

所属	機種	用途	燃料積載量
航空自衛隊	F-15DJ, J	要撃戦闘機	14,869 (ℓ)
	T-4	中等練習機	2,271 (ℓ)
	U-125A	救難捜索機	5,674 (ℓ)
	UH-60J	救難ヘリコプター	2,722 (ℓ)

表一 4 主要評価条件および評価結果

カテゴリ		離隔距離 (m)	対象 航空機	燃料積載量 (m ³)	評価結果 (°C)
訓練空域内 (自衛隊機)	航空自衛隊千歳基地に配備 されている航空機	39	F-15	14.87	94

(3) まとめ

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、原子炉施設外壁の温度が許容温度を超えないことから、安全機能を有する構築物、系統および機器を内包する原子炉施設に熱影響を及ぼすことはない。

なお、本カテゴリを考慮した泊発電所 3 号炉における航空機落下確率の評価結果を添付資料 2 に示す。

有視界飛行方式民間航空機の落下による火災の影響評価

泊発電所3号機における発電所敷地内への民間航空機落下による火災の影響評価では、評価に使用した落下件数が、大型航空機（固定翼機、回転翼機）2件に対して、小型航空機（固定翼機、回転翼機）が65件となり、大部分は小型航空機が占めている。

有視界飛行方式における小型航空機の事故原因としては、運輸安全委員会の統計資料によると、人的要因または人的要因に関連する複合要因（気象条件など）が8割を占めて、死亡者も10年間（平成13年10月～平成24年10月）で大型航空機0名に対して、小型航空機は34名に達している。

大型航空機と小型航空機のそれぞれの落下確率によって、想定する落下箇所が決まる。建屋への影響評価は、対象航空機の燃料積載量に大きく左右されるため、火災影響評価は分割して行う。

大型航空機（固定翼機、回転翼機）と小型航空機（固定翼機、回転翼機）は、過去の事故の発生状況から分類することが可能で、以下の燃料積載量の最も大きい機種を対象とした。

	対象機種	燃料積載量
大型航空機（固定翼機、回転翼機）	B747-400	216.84 (m ³)
小型航空機（固定翼機、回転翼機）	Do228-200	2.52 (m ³)

(1) 落下地点の想定

a. 標的面積

「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」（平成21・06・25 原院第1号）に基づき、落下確率 10^{-7} （回/炉・年）に相当する標的面積を算出した。

(a) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$$

P_v : 対象施設への航空機落下確率（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)

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	3号炉
f_v 注1	大型固定翼機 0.5/20=0.025 小型固定翼機 35/20=1.75 大型回転翼機 2/20=0.1 小型回転翼機 30/20=1.50
S_v 注1	37.2万
A 注2	0.0116
α 注3	大型固定翼機、大型回転翼機：1 小型固定翼機、小型回転翼機：0.1

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。なお、大型固定翼機については平成3年～平成22年の間に事故は発生していないため、保守的に0.5件として評価した。

注2：原子炉建屋、循環水ポンプ建屋及び原子炉補助建屋の一部（他号炉に係わる部分を除く）等の合計値

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(内規)」による。

有視界飛行方式民間航空機の落下事故が、 10^{-7} [回/炉・年]を越えないことから、

$$P_v = 10^{-7}$$

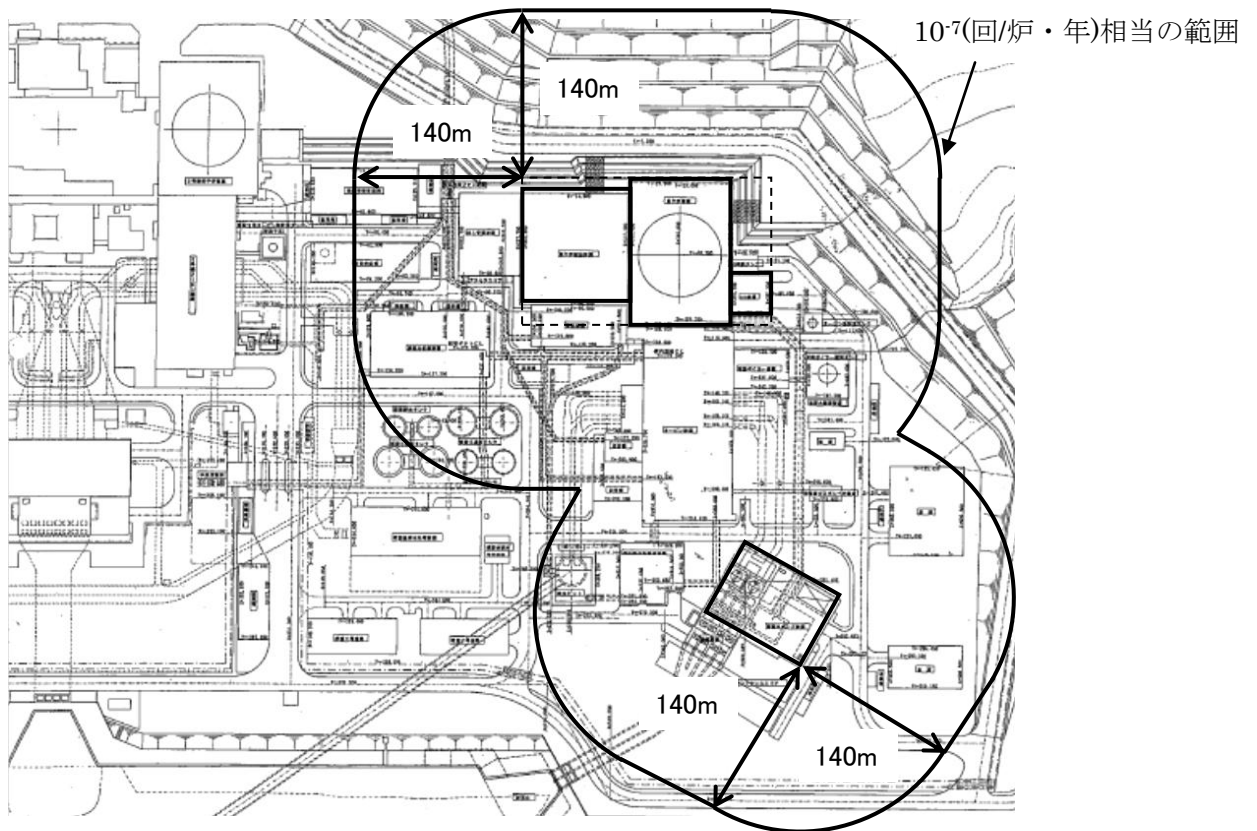
となる標的面積 (A) を求めると、以下となる。

	標的面積
大型航空機（固定翼機、回転翼機）	0.29 (km ²)
小型航空機（固定翼機、回転翼機）	0.11 (km ²)

b. 離隔距離

泊発電所3号機において、火災評価上の評価対象となる原子炉施設は、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋および循環水ポンプ建屋である。求めた標的面積より、以下の離隔距離を算出した。

	離隔距離
大型航空機（固定翼機、回転翼機）	140 (m)
小型航空機（固定翼機、回転翼機）	76 (m)



別図ー1 隔離距離 140m の算出イメージ

(2) 火災影響評価

a. 想定条件

○対象とする航空機は、燃料搭載量が最大の機種とするため、燃料積載量の大きい有視界飛行による民間航空機（固定翼機および回転翼機）として、以下を対象機種とした。

	対象機種	燃料積載量
大型航空機（固定翼機、回転翼機）	B747-400	216.84 (m ³)
小型航空機（固定翼機、回転翼機）	Do228-200	2.52 (m ³)

○原子炉施設からの離隔距離は、以下とした。

	離隔距離
大型航空機（固定翼機、回転翼機）	140 (m)
小型航空機（固定翼機、回転翼機）	76 (m)

○ただし、小型航空機は自衛隊機（F-15）より、燃料積載量が少なく、離隔距離が長いため、F-15の評価に包絡される。

- 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。
- 気象条件は無風状態とした。
- 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。
- 輻射強度の算定としては、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。

b. 必要データ

評価に用いるデータ（B747-400）は以下のとおりとした。

燃料量 [m ³]	: 216.84
輻射発散度 [W/m ²]	: 50×10 ³
燃焼速度 [m/s]	: 4.64×10 ⁻⁵
航空機墜落地点 [-]	: 原子炉施設から140 [m] 離れた地点

なお、小型航空機は最大離陸重量 5,699kgであり、「航空機落下事故に関するデータの整備」付2-3に定める大型機の定義「最大離陸重量が5,700kgを超えるもの」にあたらない航空機のうち、燃料積載量最大のものとした。その燃料積載量は4,223lb (1,916kg) でありF-15の評価に包絡される。

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。

$$R = (S / \pi)^{1/2}$$

S : 燃料タンクの投影面積（火炎円筒の底面積）= 700 [m²]

$$R = (700 / \pi)^{1/2} = 14.93 \text{ [m]}$$

d. 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

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

ここで、R = 14.93、L = 140 として形態係数 φ を求めると、φ = 2.30×10⁻²となる。

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。

$$E = R_f \times \phi$$

E : 輻射強度[W/m²]、R_f : 輻射発散度[W/m²]、φ : 形態係数

ここで、R_f=50×10³、φ=2.3×10⁻²とし、輻射強度Eを求めると、1.15×10³ [W/m²]

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。

$$t = V / (\pi R^2 \times v)$$

t : 燃焼継続時間[s]、V : 燃料量[m³]

v : 燃焼速度[m/s]=M/ρ、M : 質量低下速度[kg/m²・s]

ρ : 燃料密度[kg/m³]

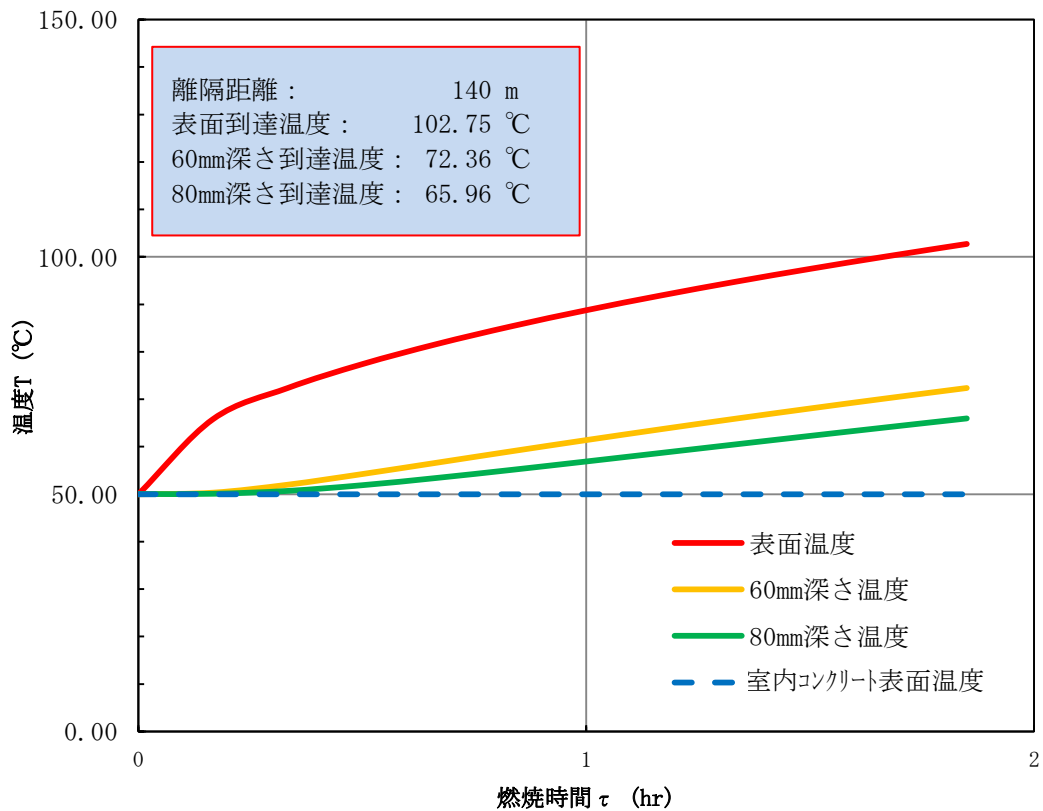
ここで、V=216.84、v=4.64×10⁻⁵、R=14.93とし、燃焼継続時間 t を求めると、

$$216.84 / (\pi \times 14.93^2 \times 4.64 \times 10^{-5}) = 6673[s] = 1.85[h]$$

g. 建屋外壁の耐火性能評価

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で原子炉施設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求め、コンクリートの表面温度が許容温度以下であるか評価を実施した。

その結果、原子炉施設外壁の表面の温度は最大で約103°Cとなり、許容温度を下回る（図1参照）。なお、燃焼継続時間以降は、熱源がなくなることから初期温度まで徐々に低下する。



- 注1 : 「表面温度」は、ディーゼル発電機建屋外壁 (断熱材なしの評価)
- 注2 : 「60mm深さ温度」は、原子炉建屋外壁、原子炉補助建屋外壁
- 注3 : 「80mm深さ温度」は、原子炉建屋屋根スラブ、原子炉補助建屋屋根スラブ
ディーゼル発電機建屋屋根スラブ

図1 建屋外壁における温度上昇の評価結果

自衛隊機の落下による火災の影響評価

(1) 落下地点の想定

a. 標的面積

「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」（平成21・06・25 原院第1号）に基づき、落下確率 10^{-7} （回/炉・年）に相当する標的面積を算出した。

(a) 訓練空域内を飛行中の落下事故

$$P_{si} = (f_{si}/S_i) \cdot A$$

P_{si} : 訓練空域内での対象施設への航空機落下確率（回/年）

f_{si} : 単位年当たりの訓練空域内落下事故率（回/年）

S_i : 全国の陸上の訓練空域の面積（ km^2 ）

A : 原子炉施設の標的面積（ km^2 ）

パラメータ	3号炉
f_{si} 注1	自衛隊機(f_{si}) 3/20=0.15
S_i 注1	自衛隊機(S_i) 7.72万

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。

自衛隊の訓練空域内での訓練中または米軍機の訓練空域外を飛行中の落下事故がこれらの式より、 $P_{si}=10^{-7}$ [回/炉・年]となる A を求めると、以下となる。

《訓練空域内（自衛隊機）》

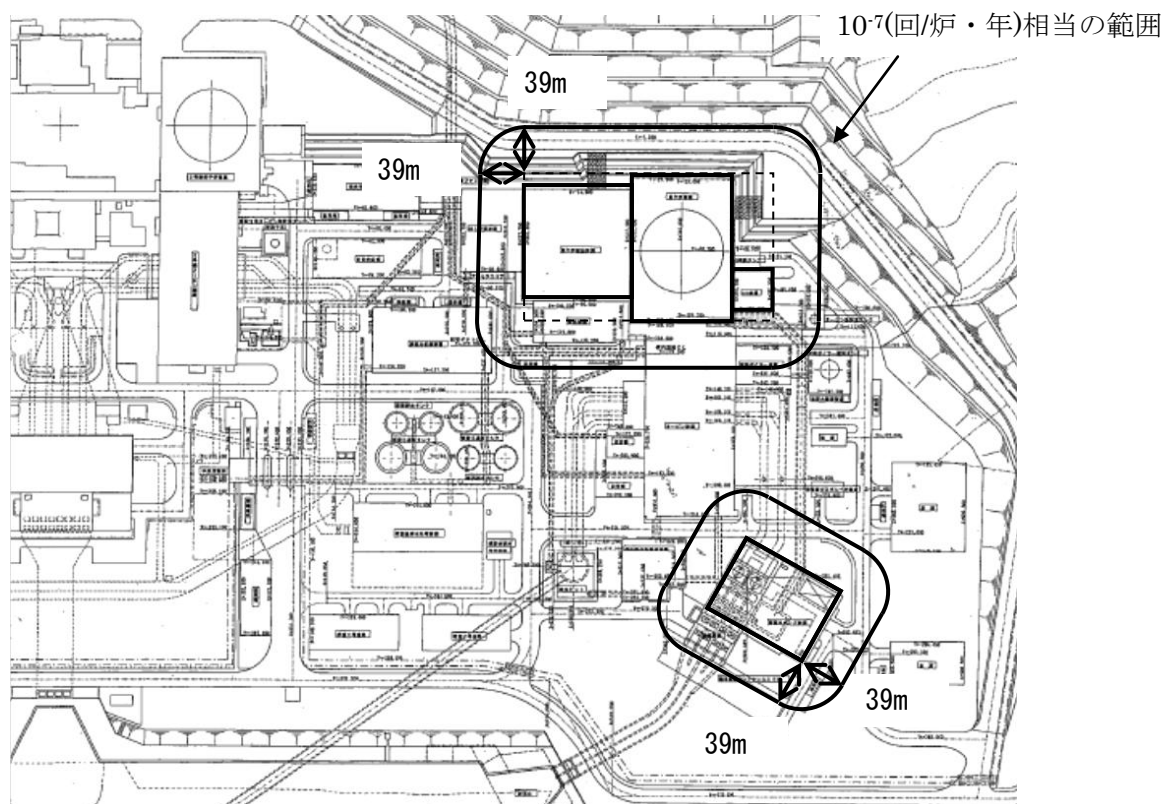
	標的面積
航空自衛隊千歳基地に配備されている航空機	0.051 (km^2)

b. 離隔距離

泊発電所3号機において、火災評価上の評価対象となる原子炉施設は、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋および循環水ポンプ建屋である。求めた標的面積に基づき、これらの施設の周囲に離隔距離を算出した。

《訓練空域内（自衛隊機）》

	離隔距離
航空自衛隊千歳基地に配備されている航空機	39 (m)



別図－1 隔離距離 39m の算出イメージ

(2) 火災影響評価

a. 想定条件

○対象とする航空機は、燃料搭載量が最大の機種とするため、燃料積載量の大きい以下を対象機種とした。

《訓練空域内（自衛隊機）》

	対象機種	燃料積載量
航空自衛隊千歳基地に配備されている航空機	F-15	14.87 (m ³)

○原子炉施設からの離隔距離は、以下とした。

《訓練空域内（自衛隊機）》

	離隔距離
その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機	39 (m)

○その他については、別紙2の有視界飛行民間航空機の落下による火災の影響評価と同じ条件とした。

b. 必要データ

評価に用いるデータ (F-15) は以下のとおりとした。

- 燃料量 [m³] : 14.87
- 輻射発散度 [W/m²] : 58×10³
- 燃焼速度 [m/s] : 6.71×10⁻⁵
- 航空機墜落地点 [-] : 原子炉施設から39 [m] 離れた地点

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。

$$R = (S / \pi)^{1/2}$$

$$S : \text{燃料タンクの投影面積 (火炎円筒の底面積)} = 44.6 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$R = (44.6 / \pi)^{1/2} = 3.77 \text{ [m]}$$

d. 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

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

ここで、R=3.77、L=39 として形態係数 ϕ を求めると、 $\phi = 1.90 \times 10^{-2}$ となる。

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。

$$E = R f \times \phi$$

E : 輻射強度[W/m²]、R f : 輻射発散度[W/m²]、 ϕ : 形態係数

ここで、 $Rf=58 \times 10^3$ 、 $\phi = 1.9 \times 10^{-2}$ とし、輻射強度Eを求めると、 1.10×10^3 [W/m²]

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。

$$t = V / (\pi R^2 \times v)$$

t : 燃焼継続時間[s]、V : 燃料量[m³]

v : 燃焼速度[m/s]=M/ρ、M : 質量低下速度[kg/m²・s]

ρ : 燃料密度[kg/m³]

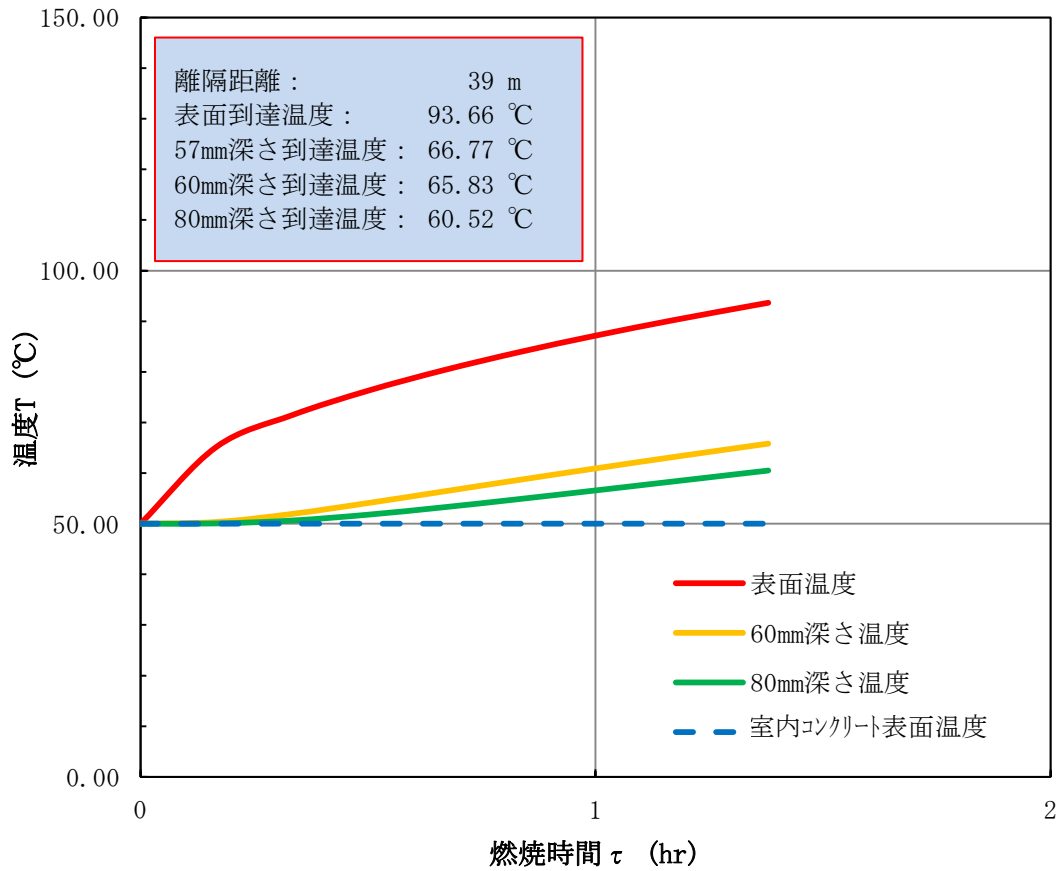
ここで、 $V=14.87$ 、 $v=6.71 \times 10^{-5}$ 、 $R=3.77$ とし、燃焼継続時間 t を求めると、

$$14.87 / (\pi \times 3.77^2 \times 6.71 \times 10^{-5}) = 4963[\text{s}] = 1.38[\text{h}]$$

g. 建屋外壁の耐火性能評価

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で原子炉施設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求め、コンクリートの表面温度が許容温度以下であるか評価を実施した。

その結果、原子炉施設外壁の表面の温度は最大で約94℃となり、許容温度を下回る(図1参照)。なお、燃焼継続時間以降は、熱源がなくなることから初期温度まで徐々に低下する。



- 注1 : 「表面温度」は、ディーゼル発電機建屋外壁（断熱材なしの評価）
 注2 : 「60mm深さ温度」は、原子炉建屋外壁、原子炉補助建屋外壁
 注3 : 「80mm深さ温度」は、原子炉建屋屋根スラブ、原子炉補助建屋屋根スラブ
 ディーゼル発電機建屋屋根スラブ

図1 建屋外壁における温度上昇の評価結果

(参考)

米軍機の落下による火災の影響評価

米軍の訓練空域は全国に一部存在するが、泊発電所は訓練空域とはなっていないため、航空機落下評価として、米軍は訓練空域外として評価する。

米軍機の機種分類としては、機密な部分が多いため、自衛隊機の代表的な機種のデータを用いることとした。

米軍機の対象機種を選定するにあたって、自衛隊の主要航空機（大型固定翼機）の用途を抽出した結果、「連絡偵察」、「哨戒」、「戦闘」、「偵察」、「輸送」、「空中給油」、「早期警戒」等があった。（平成25年度防衛白書より）

主要航空機の用途のうち、「哨戒」、「輸送」、「空中給油」および「早期警戒」を用途とする大型固定翼機については、高高度の巡航を行うものと考えられ、原子力発電所付近で低高度での飛行を行うことはない。

米軍機分類としては、上記の「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」と「戦闘」、「連絡偵察」および「偵察」を用途とする「その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機」に大きく分ける。

火災影響評価において、米軍機は、以下の燃料積載量の最も大きい機種を採用しているものとして評価した。

《訓練空域外（米軍機）》

	対象機種	燃料積載量 (m ³)
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	145.03
その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機	F-15	14.87

(1) 落下地点の想定

a. 標的面積

「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」（平成21・06・25 原院第1号）に基づき、落下確率 10^{-7} （回／炉・年）に相当する標的面積を算出した。

(a) 訓練空域外を飛行中の落下事故

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

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} : 単位年当たりの訓練空域内落下事故率（回／年）

S_o : 全国の陸上の訓練空域の面積（km²）

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

パラメータ	3号炉
f _{so} 注1	米軍機(f _{so}) 1/20=0.05 (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) 米軍機(f _{so}) 4/20=0.20 (その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機)
S _o 注1	米軍機(S _o) 37.2万

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。

米軍機の訓練空域外を飛行中の落下事故がこれらの式より、 $P_{so}=10^{-7}$ [回/炉・年]となるAを求めると、以下となる。

《訓練空域外 (米軍機)》

	標的面積
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	0.74 (km ²)
その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機	0.18 (km ²)

b. 離隔距離

泊発電所3号機において、火災評価上の評価対象となる原子炉施設は、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋および循環水ポンプ建屋である。求めた標的面積に基づき、これらの施設の周囲に離隔距離を算出した。

《訓練空域外 (米軍機)》

	離隔距離
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	263 (m)
その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機	109 (m)

(2) 火災影響評価

a. 想定条件

○対象とする航空機は、燃料搭載量が最大の機種とするため、燃料積載量の大きい以下を対象機種とした。

《訓練空域外 (米軍機)》

	対象機種	燃料積載量
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	145.03 (m ³)
その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機	F-15	14.87 (m ³)

○原子炉施設からの離隔距離は、以下とした。

《訓練空域外（米軍機）》

	離隔距離
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	263 (m)
その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機	109 (m)

○その他については、別紙2の有視界飛行民間航空機の落下による火災の影響評価と同じ条件とした。

b. 建屋外壁の耐火性能評価

米軍機の火災影響評価に関しては、「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」は、想定する機種の燃料積載量が民間大型航空機の燃料積載量より少なく、離隔距離が長いため、民間大型航空機に包絡される。「その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機」は、想定する機種が自衛隊機の想定する機種と同等で、離隔距離が自衛隊機より長いため、自衛隊機に包絡される。

評価に用いた設定値について

(1) 建屋外壁の許容温度

許容温度：200 (°C) ¹⁾

(2) 航空機の仕様

項目	民間航空機	自衛隊機	米軍機 (参考)
想定した機種	B747-400	F-15	KC-767
燃料の種類	Jet A-1+灯油	JP-4	JP-4
燃料の最大積載量 (m ³)	216.84 ²⁾	14.87 ⁴⁾	145.03 ⁶⁾
燃料タンクの投影面積 (m ²)	700 ³⁾	44.6 ⁵⁾	405.2 ⁷⁾

(3) 燃料物性値

項目	民間航空機	自衛隊機
輻射発散度 (Rf)	50×10 ³ (W/m ²) ⁸⁾	58×10 ³ (W/m ²) ¹¹⁾
質量低下速度 (M)	0.039 (kg/m ³) ⁹⁾	0.051 (kg/m ³) ¹²⁾
密度 (ρ)	840 (kg/m ³) ¹⁰⁾	760 (kg/m ³) ¹²⁾
燃焼速度 (v=M/ρ)	4.64×10 ⁻⁵ (m/s)	6.71×10 ⁻⁵ (m/s)

(注釈)

- 1) 原田和典, 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
- 2) ボーイング社ホームページ “Technical Characteristics Boeing 747-400” に記載の値
- 3) ボーイング社ホームページ資料「747-400 Airplane Characteristics for Airport Planning」の機体図面より、主翼、主翼と交差する胴体部及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
- 4) 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)
- 5) 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) 及び文献7) に記載の機体図面より、燃料タンクの配置及び大きさを想定し、これらの面積を算出した値。
- 6) 世界の航空機年鑑2012-2013に記載の値及び燃料密度から算出した値。
- 7) 航空ジャーナル世界の軍用機1986に記載の機体図面より、燃料タンクの配置及び大きさを想定し、これらの面積を算出した値
- 8) 「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
- 9) NUREG-1805における灯油の値
- 10) ASTM D1655-12aにおけるJet A-1の値
- 11) 「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
- 12) 「THE SFPE HANDBOOK OF Fire Protection Engineering FOURTH EDITION」のJP-4の値

(添付資料2)

火災影響評価でのカテゴリ等を踏まえた泊発電所3号炉における航空機落下確率評価結果

(回/炉・年)

号炉	1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故		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飛行場での離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—訓練空域間往復時の落下事故	
大型航空機 (固定翼機、 回転翼機)			小型航空機 (固定翼機、 回転翼機)	訓練空域内	訓練空域外			
					航空自衛隊千歳基地に配備されている航空機	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	その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機	
3号炉	—	—	3.90×10 ⁻⁹	1.01×10 ⁻⁸	2.25×10 ⁻⁸	1.55×10 ⁻⁹	6.24×10 ⁻⁹	—
			1.40×10 ⁻⁸		3.03×10 ⁻⁸			

※：「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)より算出。

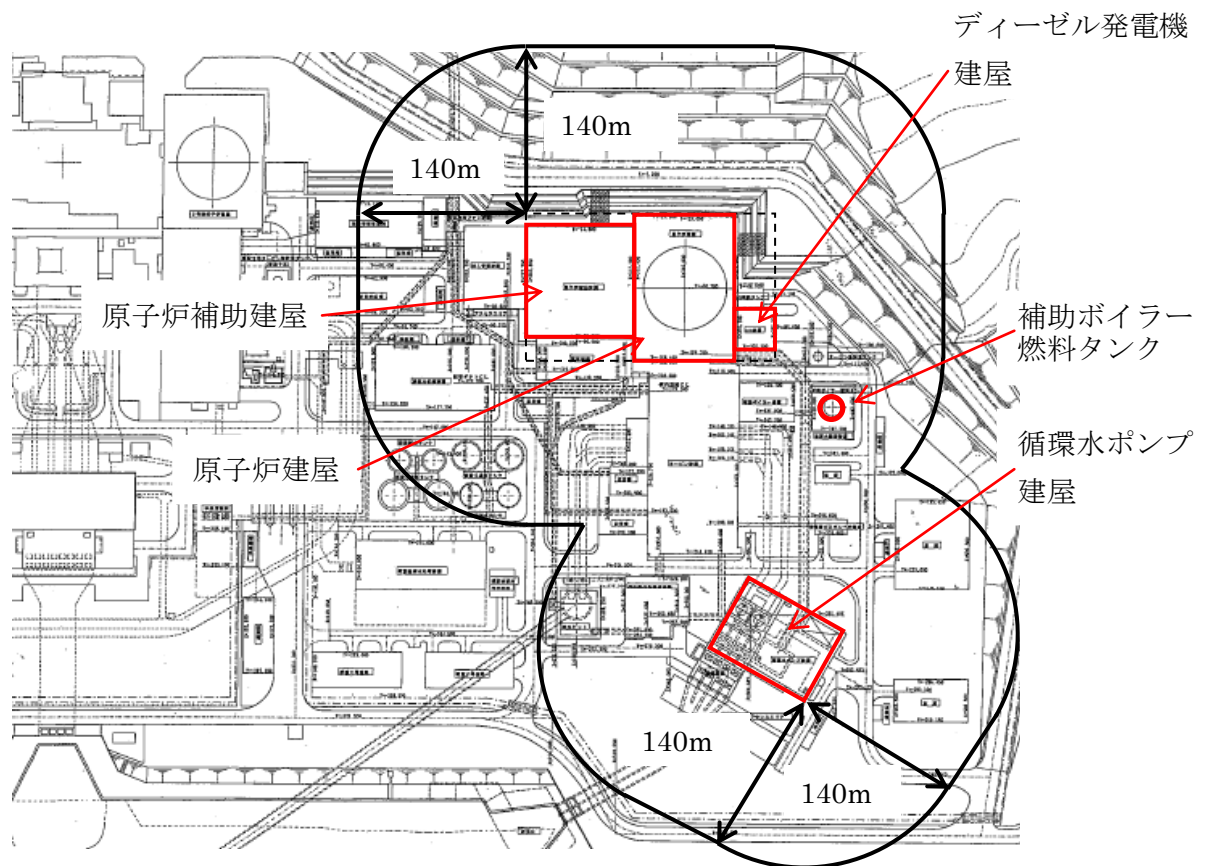
17. 航空機落下とタンク火災による影響評価結果について

1. 建屋外壁および屋根スラブの影響評価結果について

航空機落下と補助ボイラー燃料タンク火災による各建屋の外壁および屋根スラブの影響評価を行った。

この結果、原子炉建屋は、外壁および屋根スラブについて許容温度 200°C を下回ることを確認した。また、ディーゼル発電機建屋は外壁および屋根スラブの一部に、断熱材あるいはコンクリート板を設置することで、ディーゼル発電機建屋躯体コンクリートは許容温度 200°C を下回ることを確認した。

原子炉補助建屋および循環水ポンプ建屋は原子炉建屋より離隔距離が長くなるため、 200°C を下回ることを確認した。



2. 原子炉建屋の影響評価結果

航空機落下と補助ボイラー燃料タンク火災の重畳による影響評価を行った結果、外壁（躯体コンクリート）にて約 173℃、屋根（躯体コンクリート）にて約 155℃となり、許容温度 200℃を下回ることを確認した。

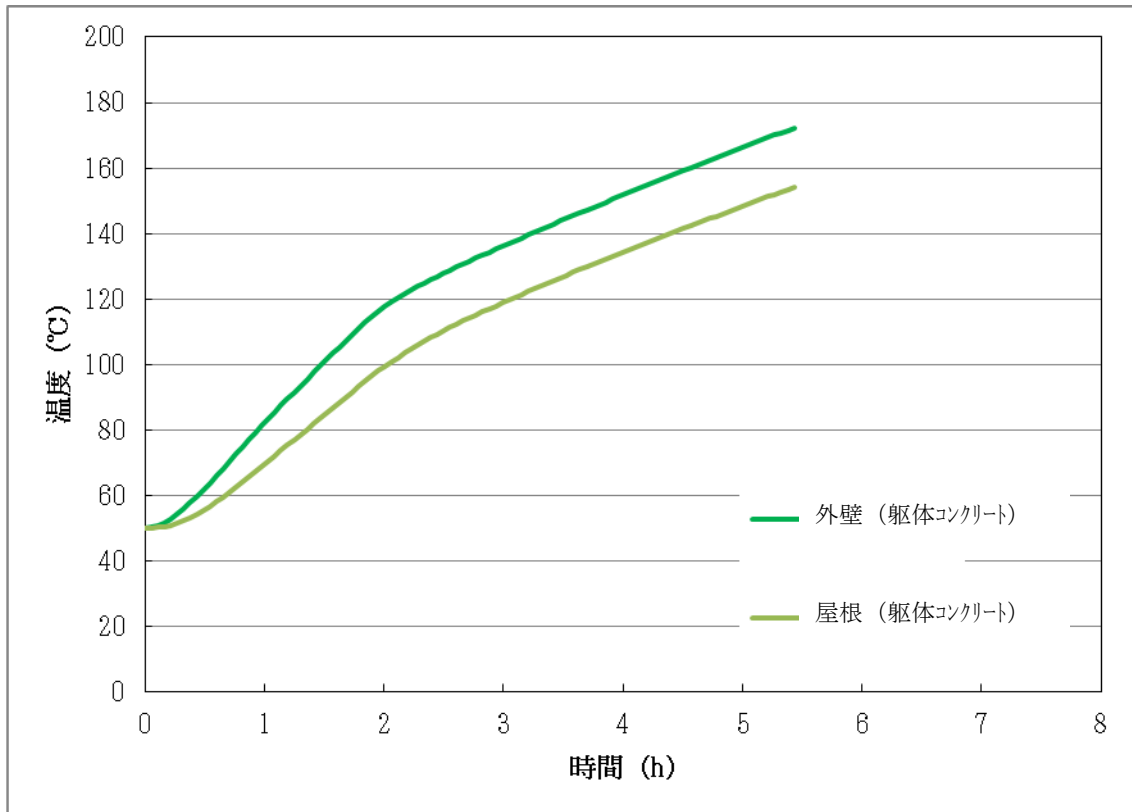


図 1 7 - 1 原子炉建屋における影響評価結果（航空機と補助ボイラー燃料タンク）

3. ディーゼル発電機建屋の影響評価結果

ディーゼル発電機建屋外壁に断熱材を設置した状態で航空機落下と補助ボイラー燃料タンク火災における影響評価を行い、建屋躯体コンクリート表面が約 94℃（周囲温度 50℃）となり、許容温度 200℃を下回ることを確認した。

屋根スラブは、既存の防水押さえコンクリート厚さが 80mm であり、30mm のコンクリート板を防水押さえコンクリート上に設置した状態で影響評価した結果、建屋躯体コンクリート表面温度が約 171℃となり、200℃以下になることを確認した。

4. 原子炉補助建屋の影響評価結果

原子炉補助建屋は、補助ボイラー燃料タンクから約 112m 離れており、200℃を下回ることを確認した原子炉建屋より、さらに離隔距離が確保されていることから、許容温度を下回ることとなり、建屋の健全性は確保される。

5. 循環水ポンプ建屋の影響評価結果

循環水ポンプ建屋は、補助ボイラー燃料タンクから約 100m 離れており、200℃を下回ることを確認した原子炉建屋より、さらに離隔距離が確保されていることから、許容温度を下回ることとなり、建屋の健全性は確保される。

6. 海水ポンプの影響評価について

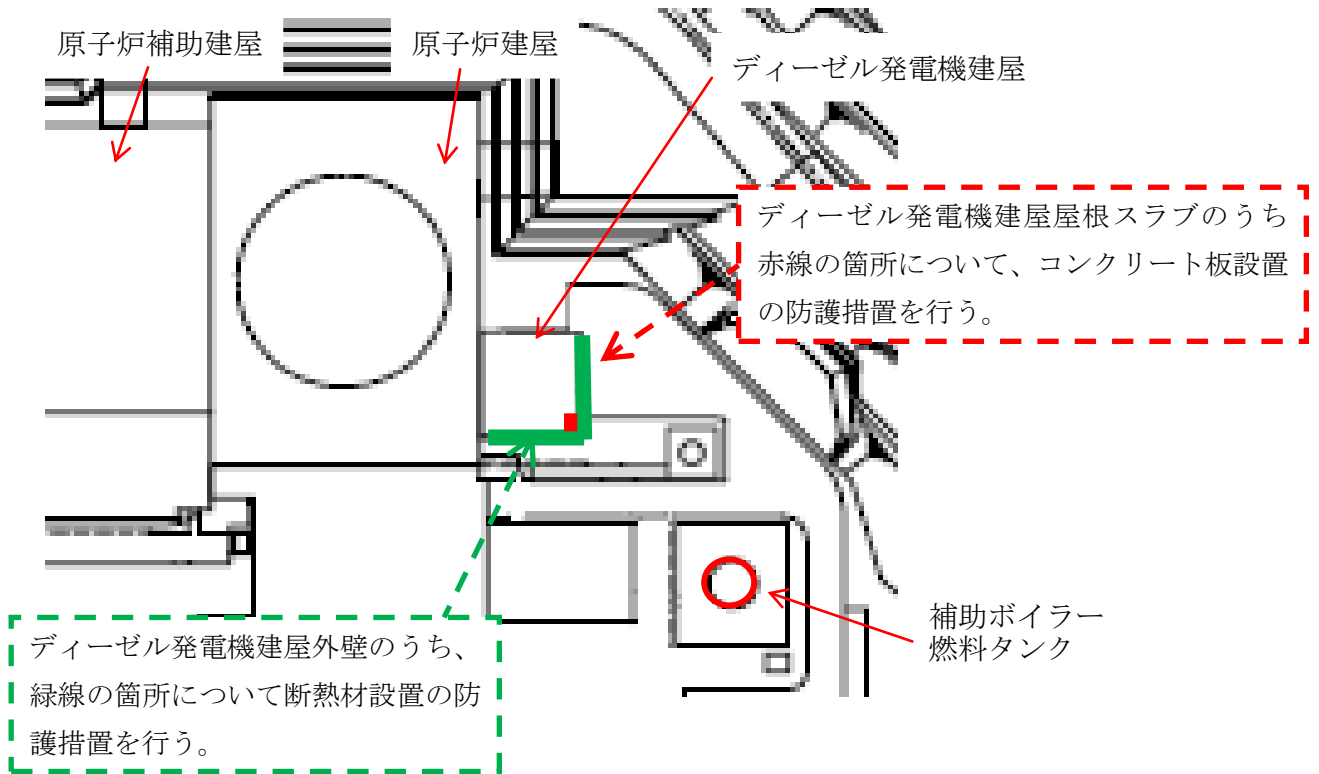
原子炉補機冷却海水ポンプを設置している循環水ポンプ建屋の評価の結果、建屋内空気の最高到達温度が約 68℃となり、許容温度 80.9℃以下であることを確認した。

7. 防護措置について

建屋外壁および屋根スラブの防護措置は、200℃を超える範囲について実施するものとし、防護措置実施範囲および断熱材設置イメージを添付 1 に示す。

以上

ディーゼル発電機建屋の防護措置実施範囲および断熱材設置イメージ



18. 評価ガイドとの整合性について

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」との解析条件等の整合性について示す。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	泊発電所3号機 外部火災影響評価について
<p>1. 序文</p> <p>1. 1 外部火災とは</p> <p>外部火災とは、原子力発電所（以下「発電所」という。）敷地外で発生する火災であり、地震以外の自然現象として森林火災、また、外部人為事象（偶発事象）として近隣の産業施設（工場・コンビナート等）の火災・爆発、航空機墜落による火災等がその代表的なものである。</p> <p>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」第6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しており、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・爆発等の影響を挙げている。外部火災影響評価（以下「本評価」という。）ガイドは、要求される外部火災防護に関連して、発電所敷地外で発生する火災が原子炉施設（本評価ガイドにおける「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。）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について評価するための手順の一例を示すものである。また、本評価ガイドは、外部火災影響評価の妥当性を審査官が判断する際に、参考とするものである。</p> <p>1. 2 適用範囲</p> <p>本評価ガイドは、実用発電用原子炉及びその附属施設に適用する。</p> <p>1. 3 関連法規</p> <p>本評価ガイドは、以下を参考としている。</p> <p>(1) 「IAEA SAFETY GUIDE NS-G-1.5 External Event Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants」</p> <p>1. 4 用語の定義</p> <p>本評価ガイドにおける用語の定義は、以下のとおりである。</p> <p>(1) 「森林火災」 森林で広範囲に発生する火災。たき火、焼き畑、たばこの不始末、及び放火などが原因で発生する。日本では自然発火は少ない。</p> <p>(2) 「近隣の産業施設の火災・爆発」 石油コンビナート、化学工場、燃料輸送車両、漂流船舶等の発火による火災・爆発。</p> <p>(3) 「航空機墜落による火災」 航空機が搭載している燃料の放出・発火にともなう火災。</p> <p>(4) 「危険距離」 コンビナート等の火災が近隣の建物等に影響を及ぼさないように、延焼防止の目的で一定の距離を定めたもの。この距離が石油コンビナート等と原子炉施設の間に必要な離隔距離となる。森林火災においては、発電所周囲に設置される防火帯の外縁（火炎側）から原子炉施設の間に必要な離隔距離のことをいう。</p> <p>(5) 「危険限界距離」 コンビナート等のガス爆発の爆風圧が0.01MPa 以下になる距離。この距離が石油コンビナート等と原子炉施設の間に必要な離隔距離となる。 (0.01MPa は人体に対して影響を与えない爆風圧の値)</p>	<p>1. 序文</p> <p>外部火災とは、原子力発電所（以下「発電所」という。）敷地外で発生する火災であり、地震以外の自然現象として森林火災、また、外部人為事象（偶発事象）として近隣の産業施設（工場・コンビナート等）の火災・爆発、航空機墜落による火災がその代表的なものである。</p> <p>「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」第6条においては、それら外部火災に対して、安全機能が損なわれないことを要求している。</p> <p>このことから、外部火災により、原子炉施設へ影響を与えないことおよ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ことを目的として、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」に基づき、外部火災影響評価を実施する。</p>

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	泊発電所3号機 外部火災影響評価について
<p>2. 外部火災による影響</p> <p>2. 1 外部火災負荷とその特性 外部火災による原子炉施設への影響については、以下を考慮する必要がある。 (1) 火災の規模（輻射エネルギー、火災の強度・面積・形状、伝播速度） (2) 二次的影響の有無（煙、ガス、爆発による飛来物等）</p> <p>2. 2 施設への影響形態 森林火災については、発電所に到達する火災の原子炉施設に対する火炎、輻射熱の影響及び発生ばい煙の原子炉施設の換気設備への影響が考えられる。近隣の産業施設等の火災・爆発については森林火災と同様の火災、輻射熱の影響、発生ばい煙の影響の他に燃料タンク爆発等による飛来物の影響が考えられる。航空機墜落に対する影響は大量の燃料放出・発火にともなう火炎、輻射熱の影響及び発生ばい煙の影響が考えられる。</p> <p>3. 外部火災の防護</p> <p>3. 1 設計目標・確認事項 (1) 想定火災発生時の安全性の評価においては、原子炉施設に対する最大熱流束を特定し、建屋の外側（コンクリート、鋼、扉、貫通部で形成される障壁）の耐性を確認する。 (2) 施設の所要の安全機能を発揮するために必要なすべてのディーゼル発電機への適切な空気の供給を確保できることを確認する。</p> <p>3. 2 防護手段 (1) 外部火災に対する原子炉施設の防護は、外部火災による発電所内における火災の発生可能性の最小化、及び火災に対する障壁を強化することによって実現される。安全系の多重性、離隔、耐火区画、固有の障壁による物理的分離、さらには火災感知および消火設備の使用など、その他の設計特性も備える。 (2) 構造物固有の耐性が十分でない場合、障壁の追加や距離による離隔を行う。曝露される構造物コンクリートの厚さを増加することが、想定負荷に対する耐性向上に寄与する場合は、これを検討してもよい。 (3) 換気系統は、ダンパ等を用いて外気から系統を隔離すること等によって外部火災から防護する。 (4) 煙や埃に対して脆弱な安全保護系の設備等について適切な防護対策を講じる。</p>	<p>2. 外部火災による影響</p> <p>2. 1 外部火災負荷とその特性 (ガイドどおり)</p> <p>2. 2 施設への影響形態 森林火災については、発電所に到達する火災の原子炉施設に対する火炎、輻射熱の影響および発生ばい煙の原子炉施設の換気設備への影響について検討する。 近隣の産業施設等の火災・爆発については、発電所の敷地外の10km以内に石油コンビナートおよび化学工場施設はない（設置変更許可申請書 添付資料六 7.8.1）が、危険物貯蔵施設の調査を行ない、発電所への火災の影響を検討する。また、発電所敷地内には危険物タンクが存在するため、危険物タンクの火災を想定し、火炎、輻射熱の影響および発生ばい煙の影響について検討する。</p> <p>3. 外部火災の防護</p> <p>3. 1 設計目標・確認事項 (ガイドどおり)</p> <p>3. 2 防護手段 (ガイドどおり)</p>

3. 3 防護対象設備および評価対象

安全施設は、設置許可基準第二条において「設計基準対象施設のうち、安全機能を有するもの」とされており、設計基準対象施設は、「発電用原子炉施設のうち、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生を防止し、又はこれらの拡大を防止するために必要となるもの」とされている。

また、設置許可基準の解釈において「重要安全施設」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、「重要度分類指針」という。）の自然現象に対する設計上の考慮に示されるものとされている。同指針はこれをクラス1及びクラス2のうち、特に自然現象の影響を受けやすく、かつ、代替手段によってその機能の維持が困難であるか、又はその修復が著しく困難な構築物、系統及び機器としている。

重要度分類指針の定義より、安全施設はPS-1, 2, 3及びMS-1, 2, 3の設備となり、これらが外部火災に対する防護対象である。また重要安全施設は安全施設のうち一部である。

外部火災の評価対象設備は、構築物、系統及び機器については可燃物を収納するタンクからの離隔を取ること、防火帯の内側に設置すること及び消火活動実施することにより、外部火災から防護を実施する。

上記の防護はすべての安全施設に対して実施するが、評価は運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生を防止し、又はこれらの拡大を防止するために必要な設備に対して実施する。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	泊発電所3号機 外部火災影響評価について
<p>4. 外部火災の影響評価</p> <p>4. 1 考慮すべき発電所敷地外の火災 考慮すべき発電所敷地外の火災として以下を検討する。ただし、航空機墜落による火災について、発電所敷地内に航空機墜落が想定される場合には、その発火点は敷地内とする。</p> <p>(1) 森林火災 発電所敷地外の10km 以内を発火点とした森林火災が発電所に迫った場合でも、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。(解説-1)</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発 近隣の産業施設で発生した火災・爆発により、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。なお、発電所敷地外の10km 以内を発火点とし、森林等に延焼することによって発電所に迫る場合は(1)の森林火災として評価する。(ただし、発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジンなどの危険物タンク火災については、(3)の航空機墜落と同様に原子炉施設への熱影響評価等を行う。)</p> <p>(3) 航空機墜落による火災 航空機の墜落に伴う火災により、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。(解説-2)</p> <p>(解説-1) 発火点の設定について 米国外部火災基準(NUREG-1407)において、発電所から5 マイル以内の火災の影響を評価するとしていることを参考として設定。</p> <p>(解説-2) 航空機墜落の評価について 旧原子力安全・保安院が平成14年7月30日付けで定め、平成21年6月30日付けで改正した「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について」(平成21・06・25 原院第1号(平成21年6月30日原子力安全・保安院制定))等に基づき、原子炉施設の敷地広さを考慮して、評価の要否について判断する。</p>	<p>4. 外部火災の影響評価</p> <p>4. 1 考慮すべき発電所敷地外の火災 考慮すべき発電所敷地外の火災として以下を検討する。</p> <p>(1) 森林火災 発電所敷地外の 10km以内でかつ地形、気象等を考慮し設定した発火点から森林火災が発電所に迫った場合でも、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施され、二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことがない設計であることを評価している。</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発 近隣の産業施設で発生した火災・爆発については、発電所敷地外の10km 以内の危険物貯蔵施設で火災・爆発が発生したとしても、原子炉施設がその影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのないことを確認している。 また、発電所敷地内に存在する危険物タンクの火災については、(3)の航空機墜落と同様な評価を行うこととし、原子炉施設が火災による影響を受けないよう適切な防護措置が施され、二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを確認している。</p> <p>(3) 航空機墜落による火災 航空機墜落による火災により、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施され、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを確認している。</p>

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	泊発電所3号機 外部火災影響評価について
<p>4. 2 発電所敷地外での火災影響の検討</p> <p>4. 2. 1 火災の規模 火災の規模として、輻射熱、火炎の強度・面積・形状、伝播速度を考慮する。</p> <p>(1) 森林火災 可燃物の量(植生)、気象条件、風向き、発火点等の初期条件を、工学的判断に基づいて原子炉施設への影響を保守的に評価するよう設定する。</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発 発電所近隣の産業施設の特徴から、火災・爆発の規模を工学的判断に基づいて、原子炉施設への影響を保守的に評価するよう設定する。</p> <p>(3) 航空機墜落による火災 発電所の敷地内であって航空機墜落の可能性を無視できない範囲の最も厳しい場所に航空機搭載の燃料の全部が発火した場合の火災を、工学的判断に基づいて原子炉施設への影響を保守的に評価するよう設定する。</p> <p>4. 2. 2 二次的影響の検討</p> <p>(1) 森林火災 火災の二次的影響として以下を考慮する。 ・ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等 (燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障、非常用ディーゼル発電機の故障、有毒ガスによる影響等) 注) 飛び火等による発電所敷地内への延焼対策については、別途火災防護計画に定める。</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発 火災の二次的影響として以下を考慮する。 ・爆風等によるプラントの安全上重要な外部機器の破損 ・ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等 (燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障、非常用ディーゼル発電機の故障、有毒ガスによる影響等)</p> <p>(3) 航空機墜落による火災 火災の二次的影響として以下を考慮する。 ・ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等 (燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障、非常用ディーゼル発電機の故障、有毒ガスによる影響等)</p>	<p>4. 2 発電所敷地外で火災影響の検討</p> <p>4. 2. 1 火災の規模 火災の規模として、輻射熱、火炎の強度・面積・形状、伝播速度を考慮した検討を行った。</p> <p>(1) 森林火災 (ガイドどおり)</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発 発電所敷地外の10km 以内の危険物貯蔵施設で火災・爆発については、危険物貯蔵施設が設置されている場所を発火点として、工学的判断に基づいて原子炉施設への影響を評価するよう設定する。 また、発電所敷地内に存在する危険物タンク火災については、危険物タンクを設置している場所を発火点とし、(3) 航空機墜落による火災と同様な評価方法を用いて、工学的判断に基づいて原子炉施設への影響を評価するよう設定する。</p> <p>(3) 航空機墜落による火災 (ガイドどおり)</p> <p>4. 2. 2 二次的影響の検討</p> <p>(1) 森林火災 火災の二次的影響として以下を検討する。 ・ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発 発電所敷地外の10km以内の危険物貯蔵施設の火災の二次的影響として以下を検討する。 ・爆風等によるプラントの安全上重要な外部機器の破損 ・ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等 発電所敷地内に存在する危険物タンクの火災については、(3) の航空機墜落と同様に、二次的な影響として以下を検討する。 ・ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等</p> <p>(3) 航空機墜落による火災 (ガイドどおり)</p>

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	泊発電所3号機 外部火災影響評価について
<p>4. 3 火災の影響評価</p> <p>火災の影響評価では以下を評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 火災の規模に対する原子炉施設の十分な防火機能 想定される二次的影響に対する防護対策 <p>(1) 森林火災</p> <p>評価パラメータとして以下を評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 火線強度 (想定火災の火炎強度に対する原子炉施設の防火帯幅評価) 発電所敷地外の10km 以内を発火点とする。 輻射強度 (想定火災の輻射熱に対する原子炉施設の熱影響評価) 防火帯幅 (延焼防止に必要な防火帯の幅)、危険距離 (延焼防止に必要な距離) 延焼速度及び発火点から発電所までの到達時間 ばい煙等への対策 <p>森林火災の評価 (ばい煙等への対策を除く。) については附属書Aに示す。</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <p>評価パラメータとして以下を評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 輻射強度 (想定火災の輻射熱に対する原子炉施設の危険距離評価)。ただし、発電所敷地外の10km 以内を発火点とし、森林等に延焼することによって発電所に迫る場合は森林火災として評価する。 危険距離 (延焼防止に必要な距離)、危険限界距離 (ガス爆発の爆風圧が0.01MPa以下になる距離) ばい煙等への対策 爆発規模から想定される爆風と飛来物への対策 <p>石油コンビナート等火災・爆発の評価 (ばい煙等への対策を除く。) については附属書Bに示す。</p> <p>(3) 航空機墜落による火災</p> <p>評価パラメータとして以下を評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 輻射強度 (想定火災の輻射熱に対する原子炉施設の熱影響評価) ばい煙等への対策 <p>航空機墜落による火災の評価 (ばい煙等への対策を除く。) については附属書C に示す。</p>	<p>4. 3 火災の影響評価 (ガイドどおり)</p> <p>(1) 森林火災 (ガイドどおり)</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <p>評価パラメータとして以下を評価する。 発電所敷地外の10km以内の危険物貯蔵施設の火災について以下を検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 想定火災の輻射熱およびガス爆発を考慮しても、隔離距離により、原子炉施設がその影響を受けないことを評価する。 ばい煙等への対策 <p>発電所敷地内に存在する危険物タンクの火災については、(3)の航空機墜落と同様な評価を行うこととし、二次的な影響も含め以下の評価をする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 輻射強度 (想定火災の輻射熱に対する原子炉施設の熱影響評価) ばい煙等への対策 <p>(3) 航空機墜落による火災 (ガイドどおり)</p>

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	泊発電所3号機 外部火災影響評価について
<p>4. 4 火災の影響評価判断の考え方</p> <p>(1) 森林火災</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉施設の外壁、天井スラブが想定される森林火災の熱影響に対して許容限界温度以下である。 想定される森林火災に対して、火炎の到達時間を考慮して発電所の自衛消防隊による対応が可能である。 防火帯幅が想定される森林火災に対して、評価上必要とされる防火帯幅以上である。 発電所に設置される防火帯の外縁（火炎側）から原子炉施設までの離隔距離が、想定される森林火災に対して、評価上必要とされる危険距離以上である。 原子炉施設の換気系統へのばい煙の影響がダンパの設置等により考慮されていること。 有毒ガスの発生が想定される場合、居住空間へ影響を及ぼさないように対策が考慮されている。 <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <ul style="list-style-type: none"> 想定される石油コンビナート等の火災に対して、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が評価上必要とされる危険距離以上である。 想定される石油コンビナート等のガス爆発に対して、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が評価上必要とされる危険限界距離以上である。 火災とガス爆発が同時に起こると想定される場合には、より長い方の離隔距離が確保されているかどうかにより判断する。 原子炉施設の換気系統へのばい煙の影響がダンパの設置等により考慮されている。 有毒ガスの発生が想定される場合、居住空間へ影響を及ぼさないように対策が考慮されている。 	<p>4. 4 火災の影響評価結果</p> <p>(1) 森林火災</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉施設の外壁が想定した森林火災の熱影響に対して許容温度以下であること。 想定した森林火災による火炎の到達時間に対して、発電所の初期消火対応要員による対応が可能であること。 想定した森林火災により評価した防火帯幅に対して、それ以上の防火帯幅を確保していること。 発電所敷地内に設置している防火帯の外縁（火炎側）から原子炉施設との間の離隔距離が、想定した森林火災より評価した危険距離以上であること。 中央制御室、安全補機開閉器室および緊急時対策所の換気系統へのばい煙の影響がダンパの設置等により考慮されていること。 有毒ガスの発生が想定される場合、中央制御室および緊急時対策所の居住空間へ影響を及ぼさないように対策が考慮されていること。 <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <ul style="list-style-type: none"> 想定される発電所敷地外の10km 以内に石油コンビナート施設および化学工場施設はないため、火災・爆発による原子炉施設への火災の影響はない。 想定される発電所敷地内の危険物タンク火災の熱影響に対して、原子炉施設の外壁が想定火災の熱影響に対して許容温度以下である。 中央制御室、安全補機開閉器室および緊急時対策所の換気系統へのばい煙の影響がダンパの設置等により考慮されている。 有毒ガスの発生が想定される場合、中央制御室および緊急時対策所の居住空間へ影響を及ぼさないように対策が考慮されている。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド

泊発電所3号機 外部火災影響評価について

(3) 航空機墜落による火災

- 原子炉施設の外壁、天井スラブが想定火災の熱影響に対して許容限界値以下であること。
- 原子炉施設の換気系統へのばい煙の影響がダンパの設置等により考慮されていること。
- 有毒ガスの発生が想定される場合、居住空間へ影響を及ぼさないように対策が考慮されていること。

(3) 航空機墜落による火災 (添付資料3)

- 原子炉施設の外壁が想定火災の熱影響に対して許容温度以下である。
- 中央制御室および緊急時対策所の換気系統へのばい煙の影響がダンパの設置等により考慮されている。
- 有毒ガスの発生が想定される場合、中央制御室および緊急時対策所の居住空間へ影響を及ぼさないように対策が考慮されている。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	泊発電所3号機 外部火災影響評価について
<p>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</p> <p>1. 総則</p> <p>原子力発電所（以下「発電所」という。）における安全上重要な設備は、多重性、多様性を確保するとともに、適切な裕度をもって設計され、適切に維持管理されるなど損傷防止上の配慮がなされている。</p> <p>本評価ガイドは、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でも原子炉施設（本評価ガイドにおける「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。）に影響を及ぼさないことを評価するものである。</p> <p>1. 1 一般</p> <p>本評価ガイドは、発電所敷地へ森林火災が迫った場合でも設置されている原子炉施設が、外部火災の影響を受けないよう、適切な防護措置が施されていることについて評価するための手順を示すものである。</p> <p>なお、本評価ガイドでは、放水などによる消火活動の影響については評価の対象外とする。</p> <p>2. 火災の到達時間及び防火帯幅の評価</p> <p>2. 1 森林火災の想定</p> <p>森林火災の想定は以下のとおりである。</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 気象条件は過去10年間を調査し、森林火災の発生件数の多い月の最小湿度、最高気温、及び最大風速の組合せとする。</p> <p>(3) 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。</p> <p>(4) 発電所からの直線距離10kmの間で設定する。（解説-1）</p> <p>(5) 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。</p> <p>(解説-1) 発火点の設定について</p> <p>米国外部火災基準(NUREG-1407)において、発電所から5マイル以内の火災の影響を評価していることを参考として設定。</p>	<p>森林火災の原子力発電所への影響評価について</p> <p>1. 総則</p> <p>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でも原子炉施設（本評価における「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。）に影響を及ぼさないことを評価したものである。</p> <p>なお、本評価では、放水などによる消火活動の影響については評価の対象外とする。</p> <p>2. 森林火災の影響評価（火災の到達時間及び防火帯幅の評価）</p> <p>2. 1 森林火災の想定</p> <p>森林火災の想定は以下のとおりである。評価条件を表1-1に示す。</p> <p>(1) 森林火災における各樹種の可燃物量は、自治体から入手した森林簿データ等による現地植生から求めた。</p> <p>(2) 気象条件は過去10年間を調査し、森林火災の発生件数の多い4月から6月の最小湿度、最高温度、および最大風速の組合せとした。</p> <p>また、気象データは敷地内の気象観測点A（発電所の東側）、気象観測点Z（発電所の北西側）の2箇所を調査した。</p> <p>(3) 風向は、風上に発火点を設定できる最大風速風向を設定した。</p> <p>(4) 発電所からの直線距離10kmの間において、発電所の東側にある道路脇畑付近（サイト東側直線距離2.5km）、発電所の北西方向にある集落端と森林の境界部付近（サイト北北西側1.1km）を設定した。</p> <p>(5) 発火源は人為的行為を考え、道路脇畑付近（発火点1）、および集落端と森林の境界部付近（発火点2）に想定発火点を設定した。発火地点を図1-1に示す。</p>

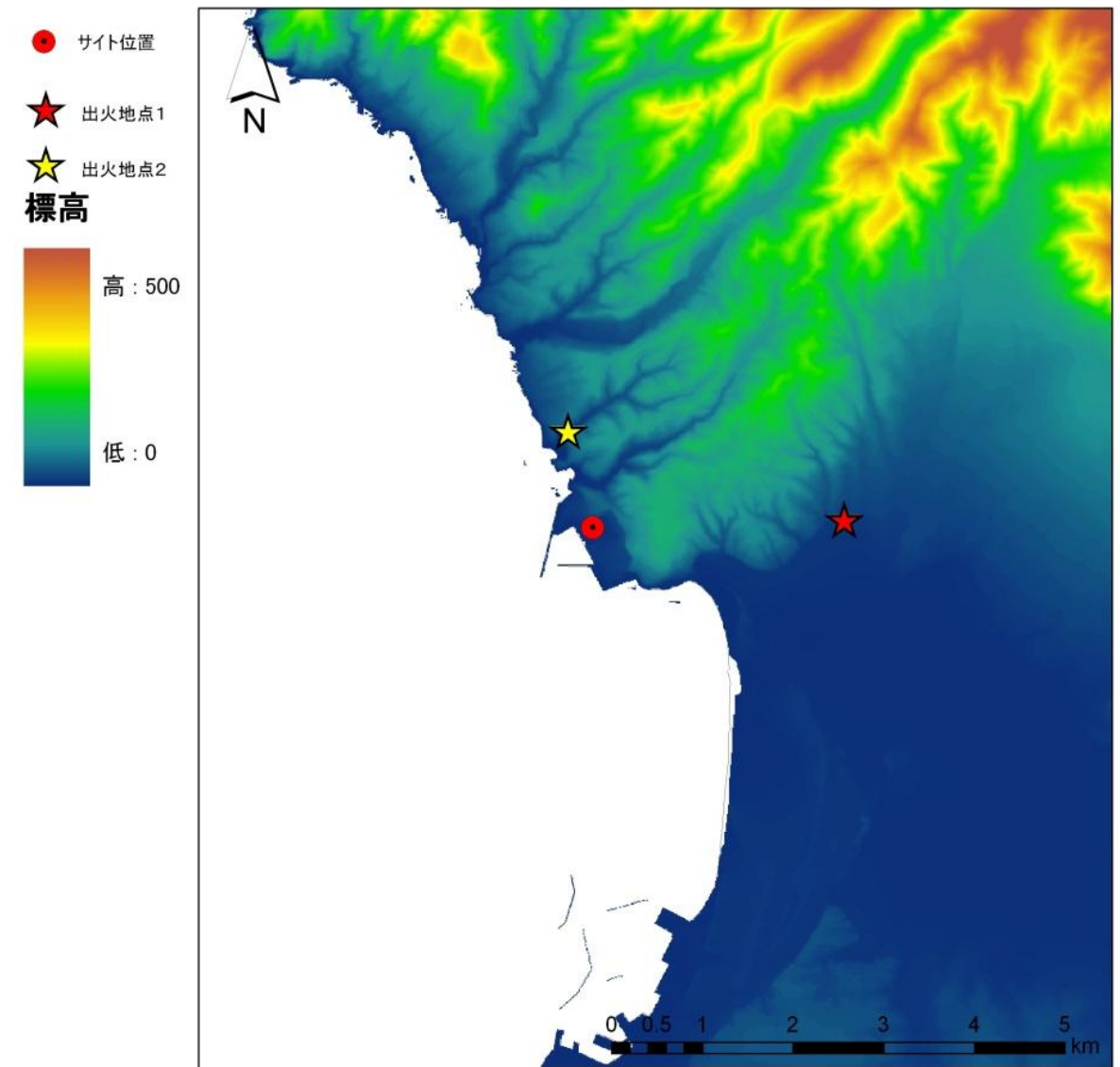


図1-1 想定発火地点

表1-1. 評価条件想定ケース

	最小 湿度[%]	最高 温度[°C]	風向/ 風速[m/s]	発火点
ケース1	13	30.0	東 ※1/ 29.2	地点1
ケース2	13	30.0	北西 ※2/ 29.2	地点2

※1 気象観測点Aにおける5月の卓越風向

※2 気象観測点Zにおける4月の2番目に多い風向

(気象観測点Zにおける卓越風向は東南東であり、サイトに対して風下となるため、2番目に多い風向を選定している。)

表 表最高気温、最低湿度及び北海道 H5-24 月別火災発生頻度

月	気温 (°C)	湿度(%)	北海道 H5-24 月別火災発生頻度*1
	最高気 温	最小湿 度	
1月	8.1	34	1
2月	11.2	27	1
3月	13.8	22	12
4月	22.2	21	227
5月	24.4	21	231
6月	28.9	22	57
7月	29.9	35	40
8月	32.1	34	11
9月	31.6	29	12
10月	26.3	21	14
11月	20.8	32	13
12月	13.6	32	3

*1: 林野火災被害統計書(平成24年度版) 北海道水産林務部

*1: 火災発生月が不明の件数3件あり

表 最大風速風向と風向別最大風速（4月及び5月）

風向	4月				5月			
	A		Z		A		Z	
	最大風速(日単位)の出現回数	最大風速(日単位)の10年間最大値(m/s)	最大風速(日単位)の出現回数	最大風速(日単位)の10年間最大値(m/s)	最大風速(日単位)の出現回数	最大風速(日単位)の10年間最大値(m/s)	最大風速(日単位)の出現回数	最大風速(日単位)の10年間最大値(m/s)
北	3	8.4	3	7.2	2	9.3	4	71
北北東	3	7.9	3	6.8	3	8.3	6	8.1
北東	5	8	3	6.1	6	10	2	6.7
東北東	4	17.2	3	8	7	20.5	0	9.6
東	87	25.2	3	11.5	102	29.2	5	10.5
東南東	16	23.3	73	14.5	22	23.4	74	14.5
南東	3	21.8	12	19.3	3	18	19	14
南南東	4	14.3	11	17	2	13.8	11	11.9
南	2	9.9	3	9.7	0	10.9	1	14.9
南南西	3	11.1	2	9.3	0	11.5	0	7.4
南西	1	23.7	2	15.8	3	24.2	3	18.9
西南西	30	29.6	18	18.1	17	25.1	11	16.3
西	56	29.7	44	18.7	43	24.8	26	14
西北西	56	23.6	32	17	54	20.2	27	17.1
北西	21	19.4	57	21.2	42	13.8	66	17.5
北北西	2	10.7	30	12.6	0	10.4	53	10.8

表 最大風速風向と風向別最大風速（6月）

風向	6月			
	A		Z	
	最大風速（日単位）の出現回数	最大風速（日単位）の10年間最大値(m/s)	最大風速（日単位）の出現回数	最大風速（日単位）の10年間最大値(m/s)
北	0	6.8	2	6.8
北北東	3	8.7	1	6.0
北東	3	7.4	1	7.5
東北東	6	12.0	3	6.0
東	109	19.5	5	9.4
東南東	15	24.4	64	12.3
南東	3	17.1	12	13.8
南南東	2	9.6	8	9.5
南	1	10.4	2	8.2
南南西	0	7.3	0	4.7
南西	0	7.7	2	5.8
西南西	8	21.2	5	10.5
西	23	21.6	15	12.1
西北西	64	15.0	29	10.2
北西	60	12.9	76	11.9
北北西	3	8.2	77	14.4

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド

泊発電所3号機 外部火災影響評価について

2. 2 森林火災による影響の有無の評価

2. 2. 1 評価手法の概要

本評価ガイドは、発電所に対する森林火災の影響の有無の評価を目的としている。
具体的な評価指標と観点を以下に示す。

評価指標	評価の観点
延焼速度 [km/h]	・火災発生後、どの程度の時間で発電所に到達するのか
火線強度 [kW/m]	
火災長 [m]	・発電所に到達し得る火災の規模はどの程度か
単位面積当たり熱量 [kJ/m ²]	
火災輻射強度 [kW/m ²]	・必要となる消火活動の能力や防火帯の規模はどの程度か
火災到達幅 [m]	

上記の評価指標は、現地の土地利用（森林、農地、居住地等の分布）、地形（標高、傾斜角度等）、気象条件（風向・風速、気温、湿度等）に大きく依存することから、これらを可能な限り考慮した評価を行う必要がある。

本評価ガイドにおいては、FARSITE (Fire Area Simulator) という森林火災シミュレーション解析コードの利用を推奨している。FARSITE は、米国農務省USDA Forest Service で開発され、世界的に広く利用されている。本モデルは、火災の4つの挙動タイプを考慮するとともに、地理空間情報を入力データとして使用することにより、現地の状況に即した評価を行うことが可能である。

2. 2. 2 評価対象範囲

評価対象範囲は発電所近傍の発火想定地点を10km以内としたことにより、植生、地形等評価上必要な対象範囲は、発火点の距離に余裕を見て南北12km、東西12kmとする。

2. 2 森林火災による影響の有無の評価（森林火災の影響評価）

2. 2. 1 評価手法

（ガイドどおり）

2. 2. 2 評価対象範囲

発火点は、2.1(4)項のとおり、発電所からの直線距離10kmの間において、発電所の東側にある道路脇畑付近（サイト東側直線距離2.5km）、発電所の北西方向にある集落端と森林の境界部付近（サイト北北西側1.1km）を設定したことから、発火点の距離に余裕を見て南北26km、東西26kmの範囲を評価対象範囲と設定した。評価対象範囲図を図1-2に示す。

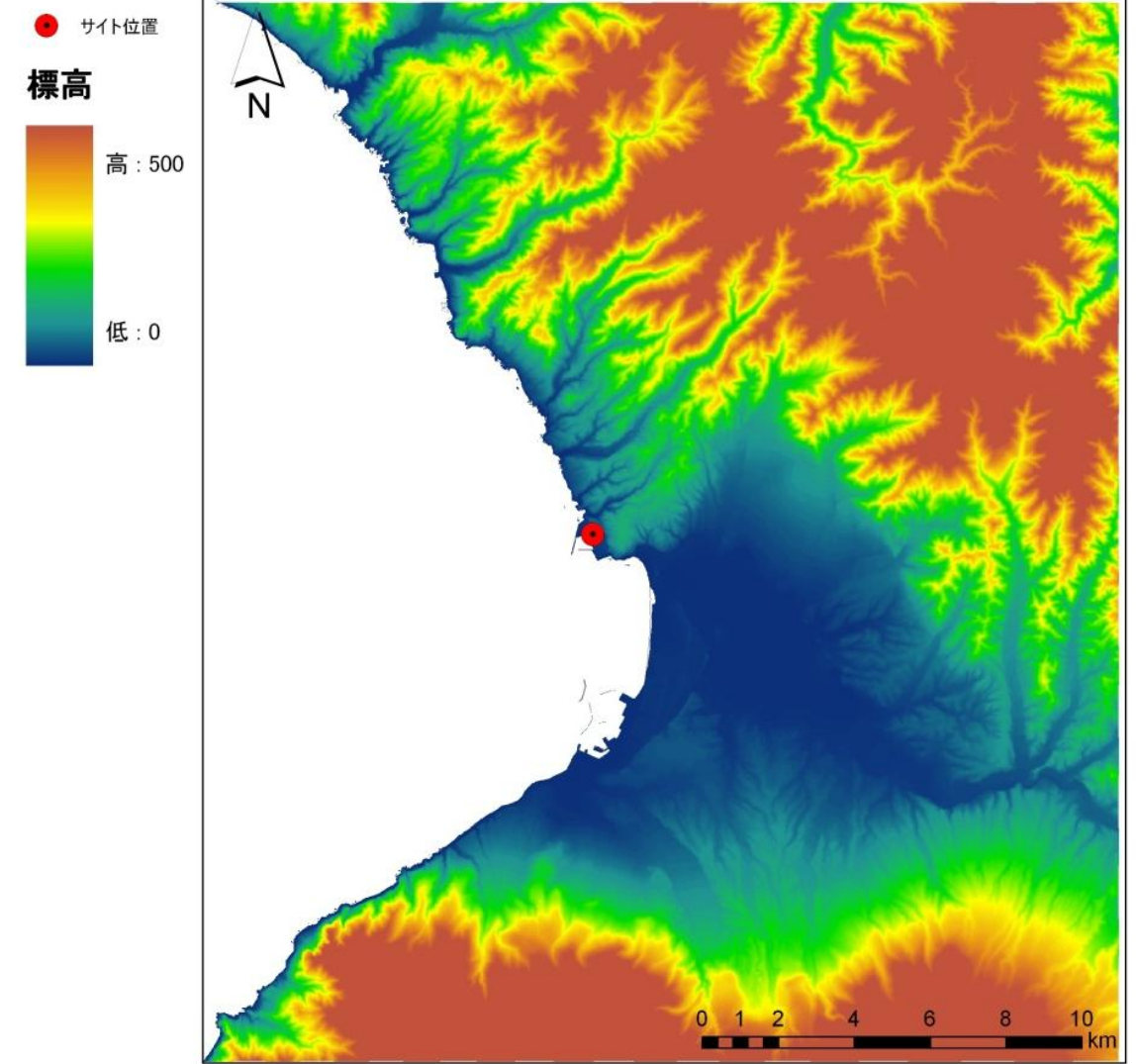


図1-2 評価対象範囲図

2. 2. 3 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

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

2. 2. 4 延焼速度及び火線強度の算出

ホイヘンスの原理*に基づく火炎の拡大モデルを用いて延焼速度や火線強度を算出する。 *附録A 参照

2. 2. 5 火炎の到達時間の算出

延焼速度より、発火点から発電所までの到達時間を算出する。また、火炎の到達時間を基に発電所の自衛消防隊が対応可能であるか否かを評価する。

2. 2. 3 必要データ

(1) 土地利用データ

土地利用データは、国土交通省より100mメッシュで提供されている「国土数値情報土地利用細分メッシュ平成21年度」を用いた。

(2) 植生データ

地方自治体より森林簿データを入手した。更に、発電所周辺については、平成24年度に調査した更に詳細な植生データを準備した。

(3) 地形データ

地形データとして、国土地理院より10mメッシュで提供されている「基盤地図情報数値標高モデル10mメッシュ」を入手した。

(4) 気象データ

FARSITEの解析結果は、気象条件の設定内容により影響が異なるため、過去10年間以上の森林火災の発生件数が比較的多い月を考慮し、気象条件が森林火災の規模に対して保守的になるよう設定した。

なお、観測地点は構内の気象観測設備の観測データを用いた。

森林火災発生件数(湿度低下が関連)や森林火災の延焼拡大を考慮して気象条件が保守的になるよう4~6月のデータを選択した。

評価条件想定ケース

最高 気温(℃)	最低 湿度(%)	風向	最大 時速(km/h)
30.0	13	東/北西	100

2. 2. 4 延焼速度及び火線強度の算出結果

ホイヘンスの原理に基づく火炎の拡大モデルを用いて延焼速度や火線強度を算出した。延焼速度および火線強度の算出結果を表1-2に示す。

表1-2 建屋外壁の耐熱性能、火炎の到達時間及び防火帯幅評価に伴う評価項目

評価項目	評価結果	
	ケース1	ケース2
延焼速度[m/s]	2.88	3.11
火線強度[kW/m]	33,687	114,908
火炎の到達時間[s]	約50分	約5時間
防火帯幅[m]	18m	46m

2. 2. 5 火炎の到達時間の算出結果

延焼速度より、発火点から発電所までの到達時間を算出した。また、火炎の到達時間を基に発電所の初期消火対応要員が対応可能であるか否かを評価する。延焼速度および到達時間の算出結果を表1-2に示す。

2. 2. 6 防火帯幅の算出

火線強度より、発電所に必要な最小防火帯幅を算出する。ここではAlexander and Fogartyの手法を用い、火炎の防火帯突破確率1%の値を発電所に最低限必要な防火帯幅とする。

Alexander の文献では、火線強度と防火帯幅との関係は相似則が成り立つとして、火線強度に対する防火帯幅の相関図を示している(図1)。以下に、それを活用した防火帯幅を求める手法を説明する。

図1は、森林火災が、火線強度の関数として防火帯を破る可能性に関する図である。

防火帯幅と防火帯の風上20m内に樹木が存在しない場合(図1A)と存在する場合(図1B)を示している。例として、図1Aの場合で、火線強度10,000kW/mの森林火災が約10m幅の防火帯を突破する確率は1%であり(図1A内赤線)、図1Bの場合で、同じく火線強度10,000kW/mの森林火災が約13m幅の防火帯を突破する確率は50%である(図1B内赤線)。

2. 2. 6 防火帯幅の算出
(ガイドどおり)

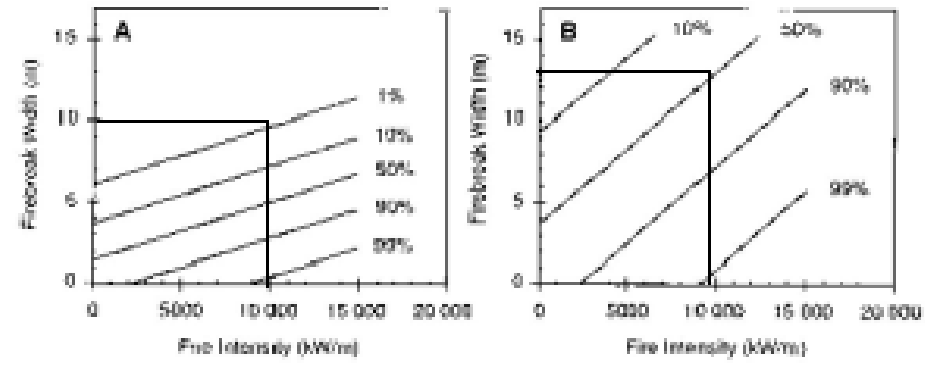


図1 火線強度に対する防火帯の相関図

防火帯幅の評価には風上の樹木の有無によって異なる表を用いる。火炎の防火帯突破確率1%となる最小防火帯幅を下記に示す。

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

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

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

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

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	泊発電所3号機 外部火災影響評価について
<p>2. 3 判断の考え方 森林火災影響評価においては、以下に示す到達時間及び防火帯幅の要求基準を満足していることを確認する。</p> <p>2. 3. 1 火炎の到達時間 想定される森林火災に対して、火炎の到達時間を考慮して発電所の自衛消防隊による対応が可能である。</p> <p>2. 3. 2 防火帯幅 防火帯幅が想定される森林火災に対して、評価上必要とされる防火帯幅以上である。</p> <p>3. 危険距離の評価 3. 1 森林火災の想定 前述の2. 1 森林火災の想定と同じ。</p>	<p>2. 3 評価結果 森林火災影響評価においては、ケース1及びケース2の結果に基づき、以下に示す建屋外壁の耐火性能、到達時間及び防火帯幅の要求基準を満足していることを確認した。</p> <p>2. 3. 1 建屋の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℃とする。 (b) 耐火性能の評価結果 原子炉建屋外壁の受熱面にて、保守的に最短距離の防火帯幅である26mの距離にある樹木が燃焼すると仮定して評価を実施したとしても、この距離は後述する危険距離を上回っていることより、原子炉建屋外壁表面の温度は200℃を上回ることはない。したがって、森林火災の熱影響に対して許容温度以下であること。</p> <p>2. 3. 2 火炎の到達時間の評価結果 発電所の初期消火要員は、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。想定される森林火災の火炎の到達時間は、最短でも約50分を要することから、発電所の初期消火対応要員による対応は十分可能である。発電所の初期消火対応要員は、原子炉施設近傍において森林火災の状況を監視し、火炎が原子炉施設に近接する場合は原子炉施設への放水を行うこととしている。</p> <p>2. 3. 3 防火帯幅の評価結果 表1-2の評価の結果火線強度が得られたことより、Alexander and Fogartyの手法を用い、必要な防火帯幅を求めこれ以上の防火帯幅20~46mを確保する。</p> <p>3. 危険距離の評価 3. 1 森林火災の想定 前述の2. 1 森林火災の想定のうち、火線強度が大きく、評価上厳しいケース1の結果と同じとする。</p>

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド

3. 2 森林火災による影響の有無の評価

3. 2. 1 評価手法の概要

本評価ガイドは、輻射強度という指標を用いて、原子炉施設に対する森林火災の影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

評価指標	内容
輻射強度 [W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
火炎到達幅 [m]	発電所に到達する火炎の横幅（2.2 森林火災で算出された値）
形態係数 [-]	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径 [m]	森林火災の火炎長より算出する値
危険距離 [m]	延焼防止に必要な距離

上記の評価指標は、受熱面が輻射帯の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。

森林火災の火炎形態については、土地の利用状況（森林、農地、居住地等の分布）、地形（標高、傾斜角度等）、気象条件（風向・風速、気温、湿度等）に大きく依存することから、これらをすべて反映した火炎モデルを仮定することは難しい。したがって、森林火災の火炎は円筒火災をモデルとし、燃焼半径は火炎長の3分の1とする。なお、原子炉施設への火炎到達幅の分だけ円筒火災モデルが横一列に並ぶものとする。

3. 2. 2 評価対象範囲

評価対象範囲は発電所に迫る森林火災とする。

泊発電所3号機 外部火災影響評価について

3. 2 森林火災による影響の有無の評価

3. 2. 1 評価手法の概要

本評価は、輻射強度という指標を用いて、原子炉施設に対する森林火災の影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

評価指標	内容
輻射強度 [W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
火炎到達幅 [m]	発電所に到達する火炎の横幅（2.2 森林火災で算出された値）
形態係数 [-]	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径 [m]	森林火災の火炎長より算出する値
危険距離 [m]	延焼防止に必要な距離

上記の評価指標は、受熱面が輻射帯の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。

森林火災の火炎形態については、土地の利用状況（森林、農地、居住地等の分布）、地形（標高、傾斜角度等）、気象条件（風向・風速、気温、湿度等）に大きく依存することから、これらをすべて反映した火炎モデルを仮定することは難しい。したがって、森林火災の火炎は円筒火災をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。なお、原子炉施設への火炎到達幅の分だけ円筒火災モデルが横一列に並ぶものとする。

3. 2. 2 評価対象範囲

評価対象範囲は発電所に迫る森林火災とした。

3. 2. 3 必要データ
評価に必要なデータを以下に示す。

データ種類	整備要領
火炎放射発散度[W/m ²]	2. 2 森林火災で算出された火炎放射強度の値を火炎放射発散度の値に変換したもの
火炎長[m]	2. 2 森林火災で算出された火炎長の値
火炎到達幅[m]	2. 2 森林火災で算出された到達火炎の横幅
危険放射強度[W/m ²]	原子炉施設の外壁、天井スラブの放射熱に対する耐熱性を放射強度で示したもの(文献等で無い場合は実測すること)

3. 2. 4 燃焼半径の算出
次の式から燃焼半径を算出する。火炎長は前述の2. 2 森林火災の影響評価で算出された値を用いる。

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

R:燃焼半径[m]、H:火炎長[m]

3. 2. 5 円筒火炎モデル数の算出
次の式から円筒火炎モデル数を算出する。火炎到達幅は前述の2. 2 森林火災の影響評価で算出された値を用いる。

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

F:円筒火炎モデル数 [-]、W:火炎到達幅 [m]、R:燃焼半径[m]

3. 2. 6 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。

3. 2. 3 必要データ
評価に必要なデータを以下に示す。なお、必要なデータについては、2. 1 森林火災の評価結果のうち、反応強度が大きく結果より得られたデータを使用する。

評価指標	2. 1 森林火災の評価結果
	ケース1
火炎放射強度[kW/m ²]	2. 2 森林火災で算出された火炎放射強度の値
火炎長[m]	2. 2 森林火災で算出された火炎長の値
火炎到達幅[m]	2. 2 森林火災で算出された到達火炎の横幅
危険放射強度[W/m ²]	原子炉施設の外壁の放射熱に対する耐熱性を放射強度で示したもの

3. 2. 4 燃焼半径の算出結果
(ガイドのとおり)

3. 2. 5 円筒火炎モデル数の算出結果
(ガイドのとおり)

3. 2. 6 形態係数の算出
(ガイドのとおり)

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

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

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、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

なお、 $i+(i+1)+(i+2)\dots+(i+x)$ の火炎モデル数の合計はF個となる。

3. 2. 7 危険距離の算出

輻射熱に対する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 :火炎輻射強度 [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。

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

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

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]

3. 2. 7 危険距離の算出

危険距離を円筒火炎モデルより算出し、危険距離以上の防火帯幅が確保されていることを確認する。

評価指標	温度評価結果
	ケース
危険輻射強度[kW/m ²]	円筒火炎モデルによる外壁の輻射熱に対する耐熱性を輻射強度で示したもの
火炎到達幅[m]	発電所に到達する火炎の横幅
形態係数[-]	隔離距離、火炎長、燃焼半径より算出
燃焼半径[m]	森林火災の火炎長より算出
危険距離[m]	円筒火炎モデルにより算出

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	泊発電所3号機 外部火災影響評価について
<p>3. 3 判断の考え方</p> <p>危険距離を指標とした森林火災の影響の有無は、次の条件を満足しているかで判断する。発電所に設置される防火帯の外縁（火炎側）から原子炉施設までの離隔距離が、想定される森林火災に対して、評価上必要とされる危険距離以上である。</p> <p>4. 森林火災に対する防火安全性評価</p> <p>2. 3. 1、2. 3. 2及び3. 3の項目を十分に満たしている場合には、森林火災に対して一定の防火安全性をもつと評価する。満たしていない場合には、別途防火安全対策を講じる必要があると考えられる。</p>	<p>3. 3 判断の考え方（危険距離の評価）</p> <p>想定される森林火災に対して、評価上必要とされる危険距離（26[m]）に対し、発電所に設置される防火帯の外縁（火炎側）から原子炉施設の間の離隔距離が200[m]以上あることを確認した。</p> <p>4. 森林火災に対する防火安全性評価（二次的影響の評価結果）</p> <p>ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等について、非常用ディーゼル発電機の吸気系統への影響等について評価し、非常用ディーゼル発電機の故障が生じないことを確認した。</p> <p>また、ばい煙に対する防護対策が必要と考えられる原子炉建屋、原子炉補助建屋の空調系統について、ダンパの切り替え等を行い、外気取入れ口を遮断することにより、ばい煙の影響から防護できる設計となっていることを確認した。</p> <p>有毒ガスに対する防護対策が必要と考えられる中央制御室、緊急時対策所の換気空調系統について、ダンパの切り替え等を行い、外気取入れ口を遮断することにより、有毒ガスの影響から防護できる設計となっていることを確認した。</p> <p>参考：評価に用いたデータについて</p> <p>1. 建屋外壁の許容温度について 許容温度：200 [°C] 1)</p> <p>1) 原田和典，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</p>

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	泊発電所3号炉 原子力発電所の外部火災影響評価について
<p>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</p> <p>1. 総則 原子力発電所（以下「発電所」という。）における安全上重要な設備は、多重性、多様性を確保するとともに、適切な裕度をもって設計され、適切に維持管理されるなど損傷防止上の配慮がなされている。 本評価ガイドは、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原子炉施設（本評価ガイドにおける「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。）に影響を及ぼさないことを評価するものである。</p> <p>1. 1 一般 本評価ガイドは、発電所敷地に隣接する石油コンビナート等で火災やガス爆発が起こった場合でも、設置されている原子炉施設が、外部火災やガス爆発の影響を受けないよう、適切な防護措置が施されていることについて評価するための手順を示すものである。 なお、本評価ガイドでは、放水などによる消火活動の影響については評価の対象外とする。</p> <p>1. 5 判断の考え方 石油コンビナート等の火災やガス爆発の評価は、それらの影響を受けない（飛来物も含む）危険距離及び危険限界距離が確保されているかどうかにより判断する。火災とガス爆発が同時に起こると想定される場合には、より長い方の離隔距離が確保されているかどうかにより判断する。</p> <p>2. 発電所周辺における石油コンビナート等の火災影響評価 2. 1 石油コンビナート等の火災想定（危険物等の流出火災） 石油コンビナート等の火災想定は以下のとおりである。 (1) 野外貯蔵タンクの火災想定 A. 想定条件 A.-1 気象条件は無風状態とする。 A.-2 タンクから石油類が流出しても、防油堤内に留まるものとする。 A.-3 火災は円筒火災をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。 B. 火災の形態 タンク内及び防油堤内の全面火災 C. 輻射熱の算定 油火災において任意の位置にある輻射熱（強度）を計算により求めるには、半径が1.5m以上の場合で火炎の高さ（輻射体）を半径の3倍にした円筒火災モデルを採用する。</p>	<p>泊発電所3号炉における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</p> <p>1. はじめに 本評価は、泊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。 また、泊発電所3号炉の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施設に影響をおよ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基づく「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。</p> <p>2. 石油コンビナート等の火災・爆発による影響評価 発電所の敷地外の10km以内に石油コンビナート施設はないが、屋外タンク貯蔵所等、消防法等に基づき設置している施設は存在することから、危険物施設等の調査を行い、発電所への火災の影響を検討する。</p> <p>2.1 評価手法の概要 評価対象施設の熱影響や爆風圧の離隔による火災影響評価を行う。</p> <p>2.2 評価対象範囲 評価対象範囲は、発電所敷地外の半径10kmに存在する危険物施設および高圧ガス施設とし、地元関係機関等に聞き取って抽出した。 また、燃料輸送車両、漂流船舶、化学工場についても評価を行った。</p> <p>2.3 火災・ガス爆発による影響評価結果 2.3.1 火災時の影響評価 発電所敷地外の危険物施設として、5km以遠、10km圏内に〔150kℓ×2（重油）〕および〔80kℓ（重油）〕の屋外タンク施設があるが、熱影響評価を行い建屋許容温度を超えないことを確認している敷地内の危険物タンクの燃料容量より少なく、隔離距離もあるため、これらの施設で火災等が発生しても原子炉施設へ影響を与えることはない。</p> <p>2.3.2 高圧ガス漏えいによる爆発の影響評価 発電所敷地外10km圏内の高圧ガス施設として、5km以遠に〔15t（純プロパン）〕の高圧ガス製造所があるが、評価の結果、危険距離が63mとなったことから、当該施設と発電所の間には十分な隔離があり、ガス爆発による爆風圧の影響を受けない。</p>

2.2 石油コンビナート等の火災による影響の有無の評価

2.2.1 評価手法の概要

本評価は、発電所に対する石油コンビナート等の火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

評価指標	内容
輻射強度 [W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数 [-]	火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径 [m]	防油堤規模より求めた燃焼半径
危険距離 [m]	延焼防止に必要な距離

上記の評価指標は、受熱面が輻射帯の底部と同一平面上にあると仮定して評価する（附録A参照）。油の液面火災では、火炎面積の半径が3mを超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価では保守的な判断を行うために、火災規模による輻射熱発散度の低減が無いものとする。

輻射熱に対する建物の危険輻射強度を調査し、輻射強度がその建物の危険輻射強度以下になるように原子炉施設は危険距離（離隔距離）を確保するものとする。

2.2.2 評価対象範囲

評価対象範囲は、発電所敷地外の半径10kmに存在する石油コンビナート等とする。

2.2.3 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

データ種類	整備要領
輻射発散度* [W/m ²] *参考資料（3）	燃焼する可燃物によって決まる定数（代表的な可燃物は附録Bに記載） 文献等に無い場合には実測すること
防油堤規模	防油堤の縦及び横の大きさ
危険輻射強度 [W/m ²]	原子炉施設の外壁、天井スラブの輻射熱に対する耐熱性を輻射強度で示したもの（文献等に無い場合には実測すること）

2.3.3 燃料輸送車両

発電所構内の移動発電機車タンクローリーを対象として、以下の条件で評価した。

燃料[m³]：18(軽油)
 燃焼半径[m]：2.95 (タンクローリー全長×全幅 27.41[m²]と同面積となる円とした)
 輻射発散量[W/m²]：42×10³
 燃焼速度[m/s]：4.8×10⁻⁵

評価の結果、建屋表面温度が許容値となる危険距離は以下のとおりとなった。
 原子炉建屋 18m (建屋表面温度188.24℃<200℃となる距離)

2.3.4 漂流船舶

専用港内に入港する最も大型の運搬船を対象として、以下の条件で評価した。

燃料[m³]：560(重油)
 燃焼半径[m]：22.6 (甲板面積 1,600[m²]と同面積となる円とした)
 輻射発散量[W/m²]：23×10³
 燃焼速度[m/s]：3.5×10⁻⁵

評価の結果、建屋内温度が許容値となる危険距離は以下のとおりとなった。
 循環水ポンプ建屋 79m (建屋内温度80.88℃<80.9℃※となる距離)

※：海水ポンプは循環水ポンプ建屋内に収納されており、外部火災による輻射熱が海水ポンプに直接作用することはない。ただし、循環水ポンプ建屋の上部外壁は鋼板であることから、外部火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気へ移動し、建屋内雰囲気の温度が上昇する。海水ポンプの評価としては、モーター下部軸受部を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気温度80.9℃を海水ポンプの許容限界温度とし、循環水ポンプ建屋内の許容温度とする。

2.3.5 化学工場

地元関係機関に確認したところ、日本標準産業分類（総務省）のうち「化学工場」あるいは「石油製品製造業」に該当する事業者が発電所敷地外10km圏内に1件存在するが、調査の結果、製品を製造しているものではないことから、原子炉施設へ影響を与えることはない。

2. 2. 4 燃焼半径の算出

防油堤には貯槽その他不燃障害物が存在し、火災面積はその面積分だけ小さくなるが、防油堤全面火災のような大規模な火災の場合は、多少の障害物も無視できる。したがって、本評価では、防油堤面積と等しい円筒火災を生ずるものと想定し、次の式から燃焼半径を算出する。

$$R = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \times \sqrt{w \times d}$$

R:燃焼半径[m]、w:防油堤幅[m]、d:防油堤奥行き[m]

2. 2. 5 危険距離の算出

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

$$E = Rf \cdot \phi$$

E: 輻射強度 [W/m²]、Rf:輻射発散度 [W/m²]、φ:形態係数

次の式から危険距離を算出する。ここで算出した危険距離が石油コンビナート等と原子炉施設の間に必要な離隔距離となる。

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

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

φ:形態係数、L:危険距離[m]、H:炎の高さ[m]、R:燃焼半径[m]

2. 3 判断の考え方

石油コンビナート等の火災による影響の有無は、次の要求基準を満足しているかで判断する。

想定される石油コンビナート等の火災に対して、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が評価上必要とされる危険距離以上であること。

3. 発電所周辺における石油コンビナート等のガス爆発影響評価

3. 1 石油コンビナート等のガス爆発想定（高圧ガス漏洩による爆発）

石油コンビナート等のガス爆発想定は以下のとおりである。

(1) 野外貯蔵タンクのガス爆発想定

A. 想定の場合

気象条件は無風状態とする。

B. ガス爆発の形態

高圧ガス漏洩、引火によるガス爆発

3. 2 石油コンビナート等のガス爆発による影響の有無の評価

3. 2. 1 評価手法の概要

本評価は、発電所に対する石油コンビナート等のガス爆発による影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

評価指標	内容
危険限界距離 [m]	ガス爆発の爆風が0.01MPa以下になる距離 (人体に対して影響を与えない爆風圧)

3. 2. 2 評価対象範囲

評価対象範囲は発電所の南北10km、東西10km とする。

3. 2. 3 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。参考資料(2)より引用すること。

データ種類	整備要領
石油類のK値	コンビナート等保安規定第5条別表第二に掲げる数値 (代表的な可燃物は附録Bに記載)
貯蔵設備又は 処理設備のW値	コンビナート等保安規定第5条貯蔵設備又は処理設備の区分に応じて次に掲げる数値 貯蔵設備：液化ガスの貯蔵設備にあつては貯蔵能力(単位 トン)の数値の平方根の数値(貯蔵能力が一トン未満のものにあつては、貯蔵能力(単位 トン)の数値)、圧縮ガスの貯蔵設備にあつては貯蔵能力(単位 立方メートル)を当該ガスの常用の温度及び圧力におけるガスの質量(単位 トン)に換算して得られた数値の平方根の数値(換算して得られた数値が一未満のものにあつては、当該換算して得られた数値) 処理設備：処理設備内にあるガスの質量(単位 トン)の数値

貯蔵設備内に2つ以上のガスがある場合においては、それぞれのガスの量(単位 トン)の合計量の平方根の数値にそれぞれのガスの量の当該合計量に対する割合を乗じて得た数値に、それぞれのガスに係るKを乗じて得た数値の合計により、危険限界距離を算出する。また、処理設備内に2以上のガスがある場合においては、それぞれのガスについてK・Wを算出し、その数値の合計により、危険限界距離を算出する。

3. 2. 4 危険限界距離の算出

次の式から危険限界距離を算出する。ここで算出した危険限界距離が石油コンビナート等と原子炉施設の間に必要な離隔距離となる。

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

X:危険限界距離[m]、λ:換算距離14.4[m・kg^{-1/3}]、K:石油類の定数[-]、W:設備定数[-]
[λ:換算距離は参考資料(3)より引用]

3. 3 判断の考え方

石油コンビナート等のガス爆発による影響の有無は、次の条件を満足しているかで判断する。

想定される石油コンビナート等のガス爆発に対して、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が評価上必要とされる危険限界距離以上であること。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	泊発電所3号炉 原子力発電所の外部火災影響評価について
<p>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</p> <p>1. 総則</p> <p>原子力発電所（以下「発電所」という。）における安全上重要な設備は、多重性、多様性を確保するとともに、適切な裕度をもって設計され、適切に維持管理されるなど損傷防止上の配慮がなされている。</p> <p>本評価ガイドは、発電所敷地への航空機の墜落で発生する火災に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災が発電所の敷地内で起こったとしても原子炉施設（本評価ガイドにおける「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。）に影響を及ぼさないことを評価するものである。</p> <p>1. 1 一般</p> <p>本評価ガイドは、発電所敷地への航空機の墜落で発生する火災が起こった場合でも、設置されている原子炉施設が、火災の影響を受けないよう、適切な防護措置が施されていることについて評価するための手順を示すものである。</p> <p>なお、本評価ガイドでは、放水などによる消火活動の影響については評価の対象外とする。</p> <p>2. 発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価</p> <p>2. 1 航空機墜落による火災の想定</p> <p>航空機墜落による火災の想定は以下のとおりである。</p> <p>(1) 航空機墜落による火災の想定</p> <p>A. 想定条件</p> <p>A.-1 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する。</p> <p>A.-2 航空機は燃料を満載した状態を想定する。</p> <p>A.-3 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する。</p> <p>A.-4 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する。</p> <p>A.-5 気象条件は無風状態とする。</p> <p>A.-6 火災は円筒火災をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。</p> <p>B. 輻射強度の算定</p> <p>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には、半径が1.5m以上の場合で火炎の高さ（輻射体）を半径の3倍にした円筒火災モデルを採用する。</p>	<p>3. 発電所の敷地内の危険物タンク火災の影響評価</p> <p>3. 1 危険物タンクの火災の想定</p> <p>火災を想定する上で以下を考慮した。</p> <p>a. 危険物タンクの貯蔵量は、危険物貯蔵施設として許可された貯蔵容量あるいは原子炉施設保安規定で管理する容量とする。</p> <p>b. 隔離距離は、評価上厳しくなるよう、タンク位置から防護対象設備までの直線距離を取ることとする。</p> <p>c. 危険物タンクの破損等による防油堤内の全面火災を想定する。</p> <p>d. 気象条件は無風状態とする。</p>

2. 2 航空機墜落による火災影響の有無の評価

2. 2. 1 評価手法の概要

本評価ガイドは、発電所に対する航空機墜落による火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

評価指標	内容
輻射強度 [W/m ²]	火災と炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数 [-]	火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径 [m]	保守的に想定した航空機の墜落火災の燃焼半径
燃焼継続時間 [s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離 [m]	原子炉施設を中心として墜落確率が10 ⁻⁷ （回/炉・年）以上になる地点とその地点から原子炉施設までの直線距離
熱許容限界値 [-]	建屋の外壁、天井スラブが想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値

上記の評価指標は、受熱面が輻射帯の底部と同一平面上にあると仮定して評価する（附録A参照）。油の液面火災では、火炎面積の半径が3mを超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価ガイドでは保守的な判断を行うために、火災規模による輻射熱発散度の低減が無いものとする。

2. 2. 2 評価対象範囲

評価対象範囲は、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区域とする。

3. 2 評価項目

3. 2. 1 防護対象設備の熱影響評価

危険物タンク火災による熱影響評価は、危険物タンクの防油堤内の面積を円筒の底面と仮定し、火炎の高さを燃焼半径（半径1.5m以上に適用）の3倍とする円筒火災モデルにより、防護対象設備への熱影響評価を行う。

熱影響評価で用いる許容温度について、高温時の圧縮強度が常温とほとんど変わらないとされている200℃とする。

3. 2. 2 危険物タンクの火災の想定

発電所敷地内に設置している屋外の危険物タンクのうち、以下の貯蔵施設について、火災を想定して熱評価を実施する。下図に配置図を示す。

a. 補助ボイラー燃料タンク

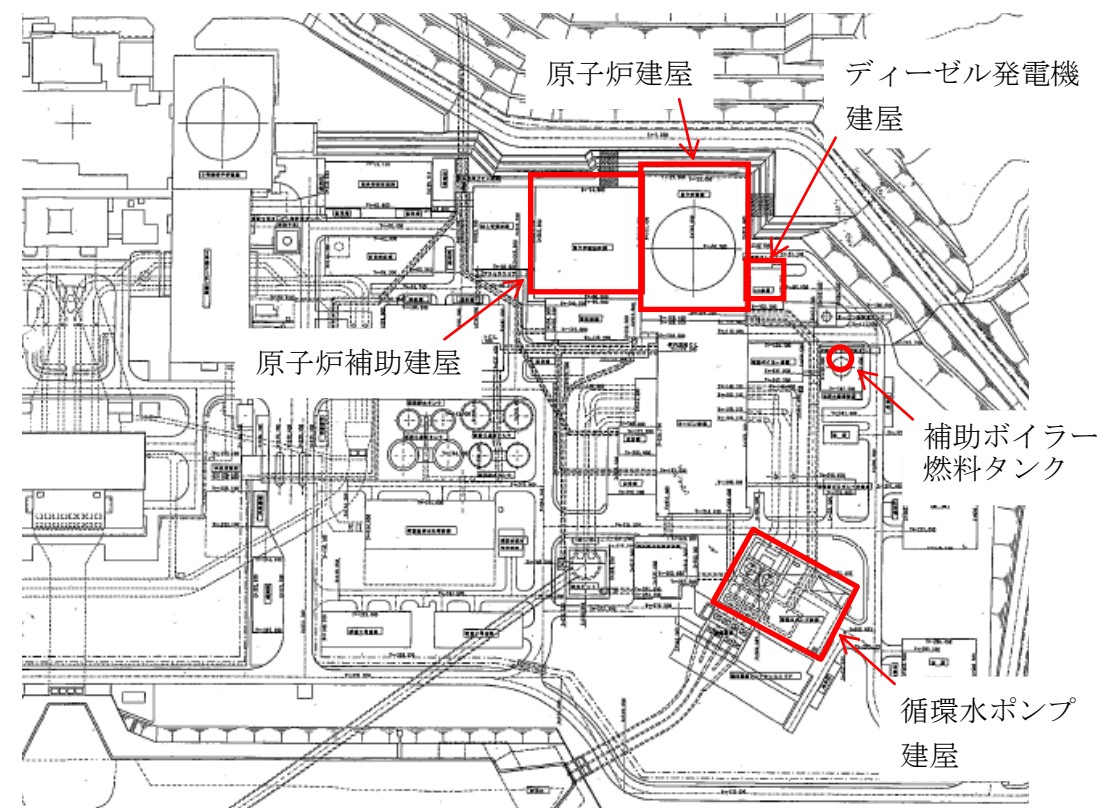


図 危険物タンク配置図

2. 2. 3 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

データ種類	整備内容
燃料量 [m ³]	最大搭載燃料量
輻射発散度 [W/m ²]	燃焼する燃料によって決まる定数
燃焼速度 [m/s]	燃料が燃焼する速度
航空機墜落地点 [-]	原子炉施設を中心にして墜落確率が10 ⁻⁷ (回/炉・年) 以上になる地点

2. 2. 4 燃焼半径の算出

航空機墜落による火災においては墜落の状況によって、様々な燃焼範囲の形状が想定されるが、円筒火災を生ずるものとする。ここでの燃焼面積は、航空機の燃料タンクの投影面積に等しいものとする。したがって、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算出する。

2. 2. 5 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出する。ここで算出した形態係数が輻射強度を求める際に必要になる。

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

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

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. 2. 6 輻射強度の算出

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

$$E = Rf \cdot \phi$$

E: 輻射強度 [W/m²]、Rf:輻射発散度 [W/m²]、φ:形態係数

3. 2. 3 必要データ

評価に必要なデータは以下のとおり。

データ種類	補助ボイラー燃料タンク
燃料量 [m ³]	410
輻射発散度 [W/m ²]	23×10 ³ (重油)
燃焼速度 [m/s]	3.50×10 ⁻⁵
防油堤面積[m ²]	599.04
離隔距離 [m]	57 [m] (原子炉建屋までの距離) 43 [m] (ディーゼル発電機建屋までの距離)

3. 2. 4 燃焼半径の算出

(ガイドのとおり)

3. 2. 5 形態係数の算出

(ガイドのとおり)

3. 2. 6 輻射強度の評価

(ガイドのとおり)

2. 2. 7 燃焼継続時間の算出

燃焼時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t: 燃焼継続時間 [s]、V: 燃料量 [m³]、R: 燃焼半径 [m]、v: 燃焼速度 [m/s]

3. 2. 7 燃焼継続時間の算出

(ガイドのとおり)

2. 3 判断の考え方

輻射強度を指標とした航空機墜落による火災の影響の有無は、次の要求基準を満足しているかで判断する。

原子炉施設の外壁、天井スラブが想定火災の熱影響に対して許容限界値以下であること。

3. 3 判断の考え方（評価結果）

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で原子炉施設が昇温されるものとして、建屋の構造体となる躯体コンクリートの温度上昇を求め、その躯体コンクリートの温度が許容温度以下であるかの評価を実施した。

なお、原子炉建屋外壁は、厚さ60mmのPC板（プレキャスト・コンクリート板）を外壁コンクリート打設時の型枠および外装材としており、建屋構造体としての強度を期待していないことを考慮して、その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価した。

また、原子炉建屋およびディーゼル発電機建屋の屋根スラブは、厚さ80mmの防水押さえコンクリートを設置しており、建屋構造体としての強度を期待していないことを考慮して、その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価した。

評価手法	補助ボイラー燃料タンク
離隔距離 [m]	57 [m] (原子炉建屋までの距離) 43 [m] (ディーゼル発電機建屋までの距離)
輻射強度 [W/m ²]	2208.00 (原子炉建屋) 3450.00 (ディーゼル発電機建屋)
形態係数 [-]	0.096 (原子炉建屋) 0.15 (ディーゼル発電機建屋)
燃焼半径 [m]	13.81
燃焼継続時間 [h]	5.43

a. 原子炉建屋

補助ボイラー燃料タンク火災による影響評価を行った結果、外壁（躯体コンクリート）にて約159℃、屋根（躯体コンクリート）にて約141℃となり、許容温度200℃を下回ることを確認した。

b. ディーゼル発電機建屋

ディーゼル発電機建屋外壁に断熱材を設置した状態で補助ボイラー燃料タンク火災による影響評価を行った結果、建屋躯体コンクリート表面が約94℃となり、許容温度200℃を下回ることを確認した。

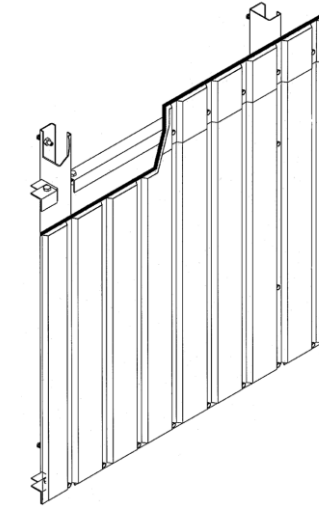
また、屋根スラブは、建屋躯体コンクリート表面が約192℃以下となり、許容温度200℃を下回ることを確認した。

[断熱材設置による模擬試験について]

コンクリート板に断熱材を設置した状態を模擬し、加温試験を行った。

外気温度30～35℃の状況において、約410℃で加温したところ、断熱材内側のコンクリート板表面温度が50℃以下となることを確認した。

コンクリート板厚が実機との相違はあるものの、許容温度200℃を下回ると考えられる。



熱伝導率：0.028 [W/m・K] (200℃)
使用温度：-40℃～650℃

図 断熱材設置イメージ図

3. ばい煙および有毒ガスの影響評価

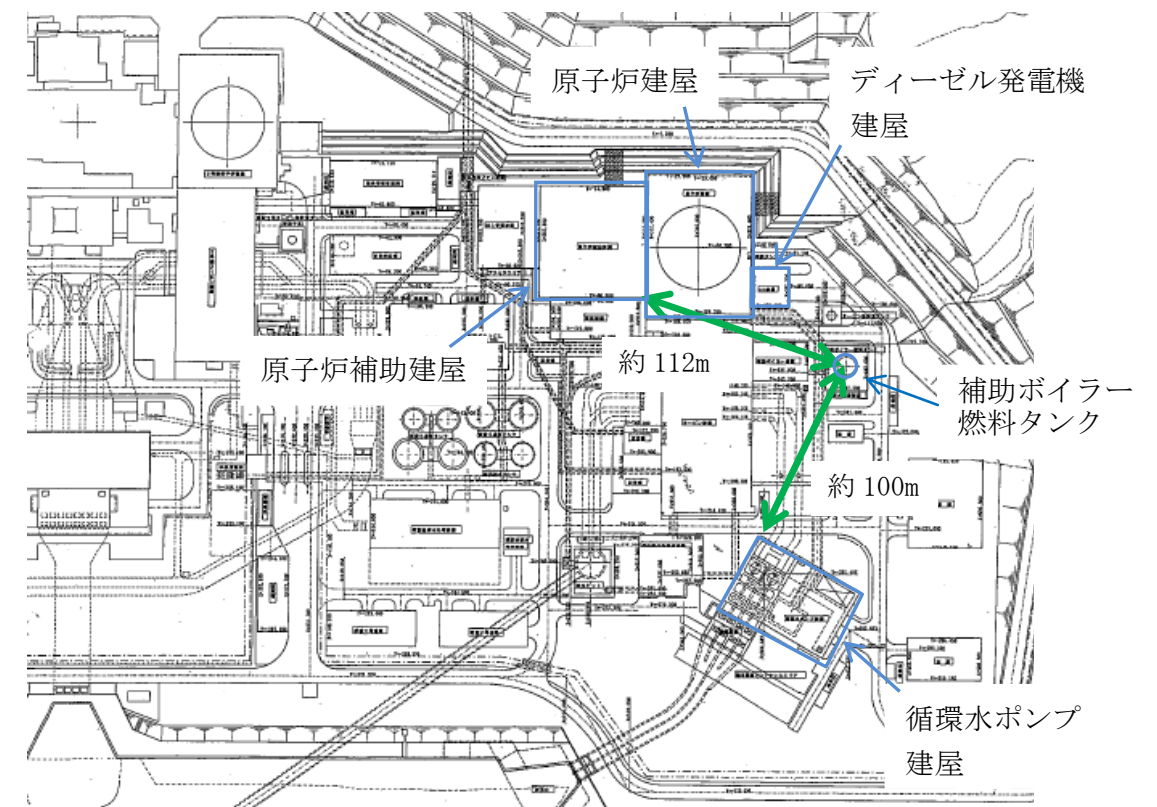
森林火災と同様、ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等についてディーゼル発電機の給気系統への影響等について評価し、非常用ディーゼル発電機の故障が生じないことを確認した。

また、ばい煙に対する防護対策が必要と考えられる原子炉建屋、原子炉補助建屋の空調系統および中央制御室、緊急時対策所の換気空調系統について、ダンパの切り替えを行い、外気取入れ口を遮断することにより、ばい煙等の影響から防護できる設計となっていることを確認した。

c. 原子炉補助建屋および循環水ポンプ建屋

原子炉補助建屋は、補助ボイラー燃料タンクから112m離れており、200℃を下回ることを確認した原子炉建屋より、さらに離隔距離が確保されていることから、許容温度を下回ることとなり、建屋の健全性は確保される。

また、循環水ポンプ建屋は、補助ボイラー燃料タンクから100m離れており、200℃を下回ることを確認した原子炉建屋より、さらに離隔距離が確保されていることから、許容温度を下回ることとなり、建屋の健全性は確保される。



d. 原子炉補機冷却海水ポンプ

原子炉補機冷却海水ポンプを設置している循環水ポンプ建屋の評価の結果、建屋内空気の高到達温度が約53℃となり、許容温度80.9℃以下であることを確認した。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	泊発電所3号炉 原子力発電所の外部火災影響評価について
	<p>e. ばい煙および有毒ガスの影響評価</p> <p>森林火災と同様、ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等について、非常用ディーゼル発電機の吸気系統への影響等について評価し、非常用ディーゼル発電機機関の機能に影響を及ぼすことはないことを確認した。</p> <p>また、ばい煙に対する防護対策が必要と考えられる原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋の空調系統について、外気取り入れダンパの閉止または空調ファンを停止して、ばい煙の影響から防護できる設計となっていることを確認した。</p> <p>有毒ガスに対する防護対策が必要と考えられる中央制御室、緊急時対策所の換気空調系統について、ダンパの切り替えを行い外気取り入れダンパを閉止することにより、有毒ガスの影響から防護できる設計となっていることを確認した。</p>

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

泊発電所3号機における発電所敷地内への航空機落下による火災の影響評価について

1. 総則

原子力発電所（以下「発電所」という。）における安全上重要な設備は、多重性、多様性を確保するとともに、適切な裕度をもって設計され、適切に維持管理されるなど損傷防止上の配慮がなされている。

本評価ガイドは、発電所敷地への航空機の墜落で発生する火災に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災が発電所の敷地内で起こったとしても原子炉施設（本評価ガイドにおける「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。）に影響を及ぼさないことを評価するものである。

発電所敷地内への航空機の墜落で発生する火災に対して、より一層の安全性向上の観点から、その火災が発電所の敷地内で起こったとしても原子炉施設に影響を及ぼさないことを確認する。

ここでは、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」に基づき、航空機落下による火災が原子炉建屋などを与える影響について評価した。

1. 1 一般

本評価ガイドは、発電所敷地への航空機の墜落で発生する火災が起こった場合でも、設置されている原子炉施設が、火災の影響を受けないよう、適切な防護措置が施されていることについて評価するための手順を示すものである。

なお、本評価ガイドでは、放水などによる消火活動の影響については評価の対象外とする。

1. 評価の方針

航空機落下確率評価については、評価手法の違いから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または米軍機では、その発生状況が必ずしも同一でない。したがって、航空機落下確率でのカテゴリ別に以下の2つに分類し、航空機落下による火災の影響評価を実施する。

- a. 有視界飛行方式民間航空機の落下事故
- b. 自衛隊機または米軍機の落下確率

2. 発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価

2. 発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価

2. 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である。

2. 1 航空機墜落による火災の想定

(1) 航空機墜落による火災の想定（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。（ガイドどおり）

項目	民間航空機		自衛隊機
	大型航空機	小型航空機	訓練空域内
航空機	B747-400	Do228-200	※1

※1：航空自衛隊千歳基地に配備されている航空機

- b. 航空機は燃料を満載した状態を想定した。（ガイドどおり）
- 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する。（ガイドどおり）
- 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。（ガイドどおり）
- e. 気象条件は無風状態とした。（ガイドどおり）
- f. 火災は円筒火災をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とした。（ガイドどおり）
- g. 輻射強度の算定としては、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には、半径が1.5m以上の場合で火炎の高さ（輻射体）を半径の3倍にした円筒火災モデルを採用した。（ガイドどおり）

(1) 航空機墜落による火災の想定

A. 想定条件

A.-1 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する。

A.-2 航空機は燃料を満載した状態を想定する。

A.-3 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する。

A.-4 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する。

A.-5 気象条件は無風状態とする。

A.-6 火災は円筒火災をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。

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には、半径が1.5m以上の場合で火炎の高さ（輻射体）を半径の3倍にした円筒火災モデルを採用する。

2. 2 航空機墜落による火災影響の有無の評価

2. 2. 1 評価手法の概要

本評価ガイドは、発電所に対する航空機墜落による火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

評価指標	内容
輻射強度 [W/m ²]	火災と炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数 [-]	火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径 [m]	保守的に想定した航空機の墜落火災の燃焼半径
燃焼継続時間 [s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離 [m]	原子炉施設を中心として墜落確率が10 ⁻⁷ （回/炉・年）以上になる地点とその地点から原子炉施設までの直線距離
熱許容限界値 [-]	建屋の外壁、天井スラブが想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値

上記の評価指標は、受熱面が輻射帯の底部と同一平面上にあると仮定して評価する（附録A参照）。油の液面火災では、火炎面積の半径が3mを超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価ガイドでは保守的な判断を行うために、火災規模による輻射熱発散度の低減が無いものとする。

2. 2. 2 評価対象範囲

評価対象範囲は、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区域とする。

2. 2 航空機墜落による火災影響の有無の評価

2. 2. 3 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

データ種類	整備内容
燃料量 [m ³]	最大搭載燃料量
輻射発散度 [W/m ²]	燃焼する燃料によって決まる定数
燃焼速度 [m/s]	燃料が燃焼する速度
航空機墜落地点 [-]	原子炉施設を中心にして墜落確率が10 ⁻⁷ (回/炉・年) 以上になる地点

2. 2. 4 燃焼半径の算出

航空機墜落による火災においては墜落の状況によって、様々な燃焼範囲の形状が想定されるが、円筒火災を生ずるものとする。ここでの燃焼面積は、航空機の燃料タンクの投影面積に等しいものとする。したがって、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算出する。

2. 2. 5 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出する。ここで算出した形態係数が輻射強度を求める際に必要になる。

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

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

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

(1) 必要データ

データ種類	民間航空機		自衛隊機
	大型航空機	小型航空機	訓練空域内
	B747-400	Do228-200 ※2	※1
燃料量 (m ³)	216.84	2.52	14.87
輻射発散度 (W/m ²)	50×10 ³	—	58×10 ³
燃焼速度 (m/s)	4.64×10 ⁻⁵	—	6.71×10 ⁻⁵
航空機墜落地点	140(m)離れた地点	76(m)離れた地点	39(m)離れた地点

※1: 航空自衛隊千歳基地に配備されている航空機

※2: Do228-200 (民間航空機) は、自衛隊機 (F-15) より、離隔距離が長く、燃料積載量が少ないため、F-15に包絡される。

(2) 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。

$$R = (S / \pi)^{1/2}$$

	民間航空機	自衛隊機
	B747-400	F-15
燃焼半径 (m)	14.93	3.77

(3) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

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

	民間航空機	自衛隊機
	B747-400	F-15
形態係数 (-)	2.3×10 ⁻²	1.9×10 ⁻²

2. 2. 6 輻射強度の算出

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

$$E = Rf \cdot \phi$$

E: 輻射強度 [W/m²]、Rf: 輻射発散度 [W/m²]、φ: 形態係数

2. 2. 7 燃焼継続時間の算出

燃焼時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t: 燃焼継続時間 [s]、V: 燃料量 [m³]、R: 燃焼半径 [m]、v: 燃焼速度 [m/s]

2. 3 判断の考え方

輻射強度を指標とした航空機墜落による火災の影響の有無は、次の要求基準を満足しているかで判断する。

原子炉施設の外壁、天井スラブが想定火災の熱影響に対して許容限界値以下であること。

(4) 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。

$$E = Rf \times \phi$$

E : 輻射強度[W/m²]、Rf : 輻射発散度[W/m²]、φ : 形態係数

	民間航空機	自衛隊機
	B747-400	F-15
輻射強度 (W/m ²)	1.15×10 ³	1.10×10 ³

(5) 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。

$$t = V / (\pi R^2 \times v)$$

t : 燃焼継続時間[s]、V : 燃料量[m³]

v : 燃焼速度[m/s]=M/ρ、M : 質量低下速度[kg/m²・s]

ρ : 燃料密度[kg/m³]

	民間航空機	自衛隊機
	B747-400	F-15
燃焼継続時間 (hr)	1.85	1.38

(6) 判断の考え方

a. 許容温度

許容温度としては、建屋コンクリート壁を対象とする場合、一般的コンクリートの強度にほとんど影響のないとされている200℃とする。

b. 耐火性脳の評価結果

	民間航空機	自衛隊機
	B747-400	F-15
外壁の表面の温度 (°C)	103	94

2. 3 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たとしても、原子炉施設外壁の温度が許容温度を超えないことから、安全機能を有する構築物、系統および機器を内包する原子炉施設に熱影響を及ぼすことはない。

参考として、米軍機 (KC-767想定) は、大型民間航空機 (B747-400) より、離隔距離が長く、燃料積載量が少ないため、B747-400に包絡され、F-15 (米軍機) は、自衛隊機 (F-15) より、離隔距離が長いため、自衛隊機に包絡される。

補足：評価に用いた設定値について

- (1) 建屋外壁の許容温度について
許容温度：200 (°C)

- (2) 航空機の仕様について

項目	民間航空機	自衛隊機
想定した機種	B747-400	F-15
燃料の種類	Jet A-1+灯油	JP-4
燃料の最大積載量 (m ³)	216.84	14.87
燃料タンクの投影面積 (m ²)	700	44.6

- (3) 燃料の物性値について

項目	民間航空機	自衛隊機
輻射発散度 (Rf)	50×10^3 (W/m ²)	58×10^3 (W/m ²)
質量低下速度 (M)	0.039 (kg/m ³)	0.051 (kg/m ³)
密度 (ρ)	840 (kg/m ³)	760 (kg/m ³)
燃焼速度 ($v=M/\rho$)	4.64×10^{-5} (m/s)	6.71×10^{-5} (m/s)