

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-1-007 改3
提出年月日	2020年 4月21日

V-1-1-3-5 外部火災への配慮に関する説明書

K7 ① V-1-1-3-5 R0

2020年 4月

東京電力ホールディングス株式会社

外部火災への配慮に関する説明書は、以下の資料により構成されている。

V-1-1-3-5-1 外部火災への配慮に関する基本方針

V-1-1-3-5-2 外部火災の影響を考慮する施設の選定

V-1-1-3-5-3 外部火災防護における評価の基本方針

V-1-1-3-5-4 外部火災防護に関する許容温度設定根拠

V-1-1-3-5-5 外部火災防護における評価方針

V-1-1-3-5-6 外部火災防護における評価条件及び評価結果

V-1-1-3-5-7 二次的影響（ばい煙）及び有毒ガスに対する設計

V-1-1-3-5-1 外部火災への配慮に関する基本方針

目 次

1. 概要	1
2. 外部火災防護に関する基本方針	1
2.1 基本方針	1
2.1.1 外部火災より防護すべき施設	1
2.1.2 外部火災より防護すべき施設の設計方針	2
2.1.3 外部事象防護対象施設の評価方針	4
2.2 適用規格及び適用基準	4

1. 概要

本資料は、発電用原子炉施設の外部火災防護設計が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第7条及びその「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）に適合することを説明し、技術基準規則第54条及びその解釈に規定される「重大事故等対処設備」を踏まえた重大事故等対処設備への配慮についても説明するものである。

2. 外部火災防護に関する基本方針

2.1 基本方針

発電用原子炉施設の外部火災防護設計は、外部事象防護対象施設について外部火災により安全機能を損なわないこと及び安全性を損なうおそれがある場合は防護措置その他の適切な措置を講じなければならないこと、重大事故等対処設備については外部火災により外部事象防護対象施設の安全機能と同時に重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを目的とし、技術基準規則に適合するように設計する。

外部事象防護対象施設は、防火帯の設置、離隔距離の確保、建屋による防護を行うことで、安全機能を損なわない設計とする。

外部火災の影響については、定期的な評価の実施を保安規定に定めて管理する。

想定される外部火災において、火災・爆発源を発電所敷地内及び敷地外に設定し、外部事象防護対象施設に係る温度や距離を算出し、これらによる影響評価を行い、最も厳しい火災・爆発が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。

外部火災による二次的影響（ばい煙）、外部火災起因を含む有毒ガスの影響、爆発による飛来物の影響についても評価を行い、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

発電所敷地内の火災源としては、森林火災、発電所敷地内に設置する屋外の危険物タンク等の火災、航空機墜落による火災及び発電所敷地内に設置する危険物タンクの火災と航空機墜落による火災が同時に発生した場合の重畳火災を想定する。

発電所敷地外の火災・爆発源としては、近隣の産業施設の火災・爆発として、石油コンビナート施設の火災・爆発、危険物貯蔵施設の火災、高圧ガス貯蔵施設の火災・爆発、燃料輸送車両の火災・爆発及び漂流船舶の火災・爆発を想定する。

建屋内に設置する外部事象防護対象施設は、建屋にて防護することから建屋の評価を行い、建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設は、当該施設を評価する。評価結果が満足しない場合は、防護措置として適切な処置を講じるものとする。

外部火災評価においては、柏崎刈羽原子力発電所第7号機に最も厳しい火災・爆発が発生した場合を想定し、評価を行う。

2.1.1 外部火災より防護すべき施設

外部火災より防護すべき施設は、V-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「2.3 外部からの衝撃より防護すべき施設」に従い、外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備とする。

2.1.2 外部火災より防護すべき施設の設計方針

(1) 外部事象防護対象施設の設計方針

森林火災については、外部事象防護対象施設を内包する建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度が許容温度（200℃）となる危険距離及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度（軽油タンク（「重大事故等時のみ 6,7 号機共用」（以下同じ。））の軽油温度 225℃、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度 100℃）となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離を確保する設計とする。

発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災及び航空機墜落による火災については、火災源ごとに輻射強度、燃焼継続時間等を求め、外部事象防護対象施設を内包する建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度を算出し、許容温度を満足する設計とする。

また、発電所敷地内において、燃料補充用のタンクローリ火災が発生した場合の影響については、燃料補充時は監視人が立会を実施することを保安規定に定めて管理し、万一の火災発生時は速やかに消火活動が可能である体制であることから、外部事象防護対象施設への影響を与えることはない。

発電所敷地内に設置する危険物タンクの火災と航空機墜落による火災が同時に発生した場合の重畳火災については、外部事象防護対象施設を内包する建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度を算出し、許容温度を満足する設計とする。

外部事象防護対象施設が外部火災に対して十分な健全性を有することを確認するための評価に用いる許容温度の設定根拠は、V-1-1-3-5-4「外部火災防護に関する許容温度設定根拠」に示す。

外部火災より防護すべき施設のうち、外部火災の影響について評価を行う施設（以下「外部火災の影響を考慮する施設」という。）の選定については、V-1-1-3-5-2「外部火災の影響を考慮する施設の選定」に示す。

森林火災については、延焼防止を目的として設置（変更）許可を受けた防火帯（約 20m）を敷地内に設ける設計とし、防火帯は延焼防止効果を損なわない設計とするため、防火帯に可燃物を含む機器等を設置する場合は必要最小限とすることを保安規定に定めて管理する。また、危険距離の算出については、設置（変更）許可を受けた防火帯の外縁（火炎側）における最大火線強度から算出される火炎輻射発散度（100kW/m²）を用いる。

発電所敷地外の火災である近隣の産業施設の火災・爆発のうち、石油コンビナート施設の火災・爆発については、発電所敷地外 10km 以内に石油コンビナート施設は存在しないため、外部事象防護対象施設の安全機能を損なうおそれがない。また、発電所敷地外半径 10km 以内の危険物貯蔵施設、高圧ガス貯蔵施設、燃料輸送車両及び漂流船舶の火災については、火災源ごとに輻射強度、燃焼継続時間等を求め、外部事象防護対象施設を内包する建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度が許容温度となる危険距離及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度

となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離を確保する設計とする。

発電所敷地外半径 10km 以内の高圧ガス貯蔵施設、燃料輸送車両及び漂流船舶の爆発については、ガス爆発の爆風圧が 0.01MPa となる危険限界距離を算出し、その危険限界距離を上回る離隔距離を確保する設計とする。また、ガス爆発による容器破裂時の破片の最大飛散距離を算出し、その最大飛散距離を上回る離隔距離を確保する設計とする。なお、漂流船舶の爆発による飛来物の影響については、柏崎刈羽原子力発電所に最も距離が近い航路でも 30km 以上の離隔距離があり、漂流した船舶が発電所周辺まで流れ着いた後に爆発を起こし、なおかつ爆発に起因した飛来物が発電用原子炉施設に衝突する可能性は非常に低いため、飛来物による外部事象防護対象施設への影響について考慮する必要はない。

外部火災による二次的影響（ばい煙）による影響については、ばい煙の侵入を防止するため適切な防護対策を講じることで、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

外部火災を起因とするばい煙が発生した場合には、外気を取り込む空調システムに対するばい煙の侵入を防止するため、バグフィルタを設置する設計とする。

外気を設備内に取り込む機器（非常用ディーゼル発電機）に対しては、ばい煙の侵入を防止するため、バグフィルタを設置する設計、又はばい煙が侵入したとしても機器の損傷、閉塞を防止するため、ばい煙が流路に溜まりにくい構造とする設計とする。

室内の空気を取り込む機器（安全保護系）に対しては、ばい煙の侵入による機器の損傷を防止するため、バグフィルタを設置する設計とする。

外部火災起因を含む有毒ガスが発生した場合には、中央制御室内に滞在する人員の環境劣化を防止するために設置した外気取入ダンパの閉止、中央制御室内の空気を循環させる再循環運転の実施及び必要に応じ中央制御室以外の空調ファンの停止により、有毒ガスの侵入を防止する設計とする。

なお、有毒ガスの侵入を防止するよう、外気取入ダンパの閉止、再循環運転の実施による外気の遮断及び空調ファンの停止による外気流入の抑制を保安規定に定めて管理する。

主要道路、鉄道路線、一般航路及び石油コンビナート施設は離隔距離を確保することで事故等による火災に伴う発電所への有毒ガスの影響がない設計とする。

なお、ばい煙及び有毒ガスに対する具体的な設計については、V-1-1-3-5-7「二次的影響（ばい煙）及び有毒ガスに対する設計」に示す。

(2) 重大事故等対処設備の設計方針

屋内の重大事故等対処設備についてはこれらを内包する建屋にて防護し、屋外の重大事故等対処設備については外部事象防護対象施設の安全機能と同時に必要な機能を損なわないよう、位置的分散を図る。具体的な位置的分散については、V-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示す。

2.1.3 外部事象防護対象施設の評価方針

屋内に設置する外部事象防護対象施設は、建屋にて防護することから建屋にて評価を行い、建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設は当該施設を評価する。

外部火災影響評価は、火災・爆発源ごとに危険距離、危険限界距離又は飛来物の最大飛散距離を算出し離隔距離と比較する方法と、建屋表面温度及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度（軽油タンクの軽油温度、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度）を算出し許容温度と比較する方法を用いる。

外部火災における評価方針をV-1-1-3-5-3「外部火災防護における評価の基本方針」に示す。

火災・爆発源ごとの森林火災をはじめとする評価方針は、V-1-1-3-5-5「外部火災防護における評価方針」に示す。

火災・爆発源ごとの森林火災をはじめとする評価条件及び評価結果は、V-1-1-3-5-6「外部火災防護における評価条件及び評価結果」に示す。

2.2 適用規格及び適用基準

適用する規格としては、最新の規格基準を含め技術的妥当性及び適用性を示した上で適用可能とする。

適用する規格を以下に示す。

- ・「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（原規技発第13061912号（平成25年6月19日原子力規制委員会制定）」（原子力規制委員会）
- ・「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」（平成2年8月30日原子力安全委員会）
- ・「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（平成21年6月30日原子力安全・保安院一部改正）」（原子力安全・保安部会，原子炉安全小委員会）
- ・「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（平成25年3月 消防庁特殊災害室）
- ・「原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計」（平成19年12月25日財団法人 日本建築センター）
- ・「伝熱工学」（2012年7月4日 第9刷 東京大学出版）
- ・日本工業規格 J I S K 6 3 8 0 ゴムパッキン材料－性能区分

V-1-1-3-5-2 外部火災の影響を考慮する施設の選定

目 次

1. 概要	1
2. 選定の基本方針	1
2.1 外部火災の影響を考慮する施設の選定	1
2.2 二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定	2
2.3 有毒ガスの影響を考慮する施設の選定	2

1. 概要

本資料は、V-1-1-3-5-1「外部火災への配慮に関する基本方針」に従い、外部火災の影響を考慮する施設の選定について説明するものである。

2. 選定の基本方針

外部火災の影響を考慮する施設としては、施設の設置場所、構造を考慮して選定する。

施設の選定にあたっては、外部火災より防護すべき施設を選定するとともに、外部火災の二次的影響（ばい煙）又は有毒ガスの影響を考慮する施設を選定する。なお、重大事故等対処設備については、V-1-1-3-5-1「外部火災への配慮に関する基本方針」に示すとおり、屋内の重大事故等対処設備についてはこれらを内包する建屋にて防護し、屋外の重大事故等対処設備については位置的分散にて対応することから、影響を考慮する施設としては選定しない。屋外に設置する具体的な重大事故等対処設備については、V-1-1-3-別添1「屋外に設置されている重大事故等対処設備の抽出」に示す。

なお、外部火災の影響を考慮する施設以外の外部火災影響について、屋内に設置する施設は、建屋にて防護するため、波及的影響を考慮する必要はない。屋外に設置する施設は、その機能が喪失しても外部火災の影響を考慮する施設へ影響を及ぼす施設はないため、外部火災の影響を考慮する施設へ波及的影響を及ぼす可能性はない。

2.1 外部火災の影響を考慮する施設の選定

屋内に設置する外部事象防護対象施設は、建屋にて防護することから、外部事象防護対象施設の代わりに外部事象防護対象施設を内包する建屋を外部火災の影響を考慮する施設として選定する。また、建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設は、外部火災の影響により安全性を損なうおそれがあるため、外部火災の影響を考慮する施設として選定する。屋外の外部事象防護対象施設の防護措置として外部火災からの防護を目的に設置する防護対策施設は、直接外部火災の影響を受けるため、外部火災の影響を考慮する施設として選定する。外部事象防護対象施設以外の施設については、屋内に設置する施設は、建屋により防護することとし、屋外施設については、防火帯の内側に設置すること又は消火活動等により防護する。

外部火災の影響を考慮する施設を以下に示す。

(1) 外部事象防護対象施設を内包する建屋

- a. 原子炉建屋
- b. タービン建屋海水熱交換器区域
- c. コントロール建屋
- d. 廃棄物処理建屋

(2) 屋外の外部事象防護対象施設（建屋を除く。）

- a. 軽油タンク
- b. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ

(3) 防護対策施設

- a. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板

2.2 二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定

外部事象防護対象施設が二次的影響（ばい煙）により安全性を損なうおそれがないよう、二次的影響（ばい煙）を考慮する施設は以下により選定する。

外気を取り込む空調系統は二次的影響（ばい煙）により人体に影響を及ぼすおそれがあるため、二次的影響（ばい煙）を考慮する設備として選定する。

外気を設備内に取り込む機器は二次的影響（ばい煙）により機器の故障が発生するおそれがあるため、二次的影響（ばい煙）を考慮する機器として選定する。

室内の空気を取り込む安全保護系の盤は二次的影響（ばい煙）により機器の故障が発生するおそれがあるため、二次的影響（ばい煙）を考慮する施設として選定する。

ばい煙を含む外気又は、室内空気を機器内に取り込む機構を有しない設備又は、取り込んだ場合でも、その影響が非常に小さいと考えられる設備（ポンプ、モータ、弁、盤内に換気ファンを有しない制御盤、計器、主排気筒等）については、対象外とする。

(1) 外気を取り込む空調系統

- a. 換気空調系

(2) 外気を設備内に取り込む機器

- a. 非常用ディーゼル発電機

(3) 室内の空気を取り込む機器

- a. 安全保護系

2.3 有毒ガスの影響を考慮する施設の選定

外部火災起因を含む有毒ガスの影響を考慮する施設については、人体に影響を及ぼすおそれがある換気空調系を選定する。

V-1-1-3-5-3 外部火災防護における評価の基本方針

目 次

1. 概要	1
2. 外部火災防護における評価の基本方針	1
2.1 評価の基本方針	1
2.1.1 発電所敷地内の火災源に対する評価の基本方針	1
2.1.2 発電所敷地外の火災・爆発源に対する評価の基本方針	2
2.2 許容温度	3

1. 概要

本資料は、V-1-1-3-5-1「外部火災への配慮に関する基本方針」に示す外部火災の影響に対する設計方針を踏まえて、外部火災の影響を考慮する施設について、外部火災により安全機能を損なうおそれがないことを確認するための評価方針について説明するものである。

2. 外部火災防護における評価の基本方針

技術基準規則のうち第7条及びその解釈に適合することを確認し、V-1-1-3-5-2「外部火災の影響を考慮する施設の選定」で選定した施設について、V-1-1-3-5-5「外部火災防護における評価方針」により評価を行う。それぞれの火災・爆発源ごとに危険距離等を算出し、その危険距離等を上回る離隔距離が確保されていること、又は算出した外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度、建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度を満足することを確認する。

2.1 評価の基本方針

評価方針は、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参照して、V-1-1-3-5-1「外部火災への配慮に関する基本方針」により実施することを基本とする。

具体的な評価方針は、V-1-1-3-5-5「外部火災防護における評価方針」に示す。

2.1.1 発電所敷地内の火災源に対する評価の基本方針

(1) 森林火災

設置（変更）許可を受けた防火帯の外縁（火災側）における最大火線強度から算出される火炎輻射発散度（ $100\text{kW}/\text{m}^2$ ）を用いて、外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度が許容温度となる危険距離及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

(2) 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災

発電所敷地内に設置する危険物タンク等の貯蔵量等を勘案して、火災源ごとに外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。

(3) 航空機墜落による火災

対象航空機の燃料積載量等を勘案して、対象航空機ごとに外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。

(4) 発電所敷地内に設置する危険物タンクの火災と航空機墜落による火災の重畳火災

敷地内の危険物タンクの火災と航空機墜落による火災の評価条件により算出した輻射強度、燃焼継続時間等により、外部事象防護対象施設の受熱面に対し、最も厳しい条件となる火災源と外部事象防護対象施設を選定し、外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。

2.1.2 発電所敷地外の火災・爆発源に対する評価の基本方針

(1) 石油コンビナート施設の火災・爆発

石油コンビナート施設の位置を特定し、発電所敷地外 10km 以内に存在しないことを確認する。

(2) 危険物貯蔵施設の火災

発電所敷地外半径 10km 以内の危険物貯蔵施設の貯蔵量等を勘案して、外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度が許容温度となる危険距離及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

(3) 高圧ガス貯蔵施設の火災・爆発

a. 高圧ガス貯蔵施設の火災

発電所敷地外半径 10km 以内の高圧ガス貯蔵施設の貯蔵量等を勘案して、外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度が許容温度となる危険距離及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

b. 高圧ガス貯蔵施設の爆発

発電所敷地外半径 10km 以内の高圧ガス貯蔵施設の貯蔵量等を勘案して、ガス爆発の爆風圧が 0.01MPa となる危険限界距離を算出し、その危険限界距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。また、ガス爆発による容器破裂時の破片の最大飛散距離を算出し、その最大飛散距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

(4) 燃料輸送車両の火災・爆発

a. 燃料輸送車両の火災

発電所敷地外半径 10km 以内の燃料輸送車両の燃料積載量等を勘案して、外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度が許容温度となる危険距離及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

b. 燃料輸送車両の爆発

発電所敷地外半径 10km 以内の燃料輸送車両の燃料積載量等を勘案して、ガス爆発の爆風圧が 0.01MPa となる危険限界距離を算出し、その危険限界距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。また、ガス爆発による容器破裂時の破片の最大飛散距離を算出し、その最大飛散距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

(5) 漂流船舶の火災・爆発

a. 漂流船舶の火災

漂流船舶の燃料積載量等を勘案して、外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度が許容温度となる危険距離及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

b. 漂流船舶の爆発

漂流船舶の燃料積載量等を勘案して、ガス爆発の爆風圧が 0.01MPa となる危険限界距離を算出し、その危険限界距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。なお、ガス爆発による飛来物の影響については、柏崎刈羽原子力発電所に最も距離が近い航路でも 30km 以上の離隔距離があり、漂流した船舶が発電所周辺まで流れ着いた後に爆発し、なおかつ爆発に起因した飛来物が発電用原子炉施設に衝突する可能性は非常に低く、飛来物による外部事象防護対象施設への影響について考慮する必要はないため評価対象外とする。

2.2 許容温度

外部火災の影響を考慮する施設が外部火災に対して十分な健全性を有することを確認するための評価に用いる許容温度を以下に示し、その設定根拠は、V-1-1-3-5-4「外部火災防護に関する許容温度設定根拠」に示す。

(1) 建屋

火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度 (200°C) を許容温度とする。

(2) 軽油タンク

軽油の発火点 (225°C) を許容温度とする。

(3) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ (非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板 (以下、屋外に設置する外部事象防護対象施設である非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプと併記して、その防護対策施設である非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板を示す場合は、単に「防護板」と記載する。))

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプは、周囲を防護対策施設である非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板で防護する設計とすることから、評価に用いる許容温度は、火災源と同防護板の位置関係、構造、想定する火災の影響度等を考慮し、火災源ごとに以下のとおり設定する。具体的な評価方針については、V-1-1-3-5-5「外部火災防護における評価方針」に示す。

a. 耐火材及び断熱材による耐火性能を考慮しない場合

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構成材（耐火材、断熱材及び鋼板の組合せ）のうち、耐火材及び断熱材の設置を考慮せず、保守的に鋼板のみの構造を仮定することとし、鋼板外面（受熱面側）の温度を評価対象として、温度制限が最も厳しい非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの端子ボックスパッキンの耐熱温度（100℃）を許容温度とする。非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の温度評価の概要（保守的な仮定）を図2-1に示す。

b. 耐火材及び断熱材による耐火性能に期待する場合

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の実際の構造による耐火性能を考慮することとし、同防護板内部の非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度を評価対象として、温度制限が最も厳しい非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの端子ボックスパッキンの耐熱温度（100℃）を許容温度とする。非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の温度評価の概要（実際の構造）を図2-2に示す。

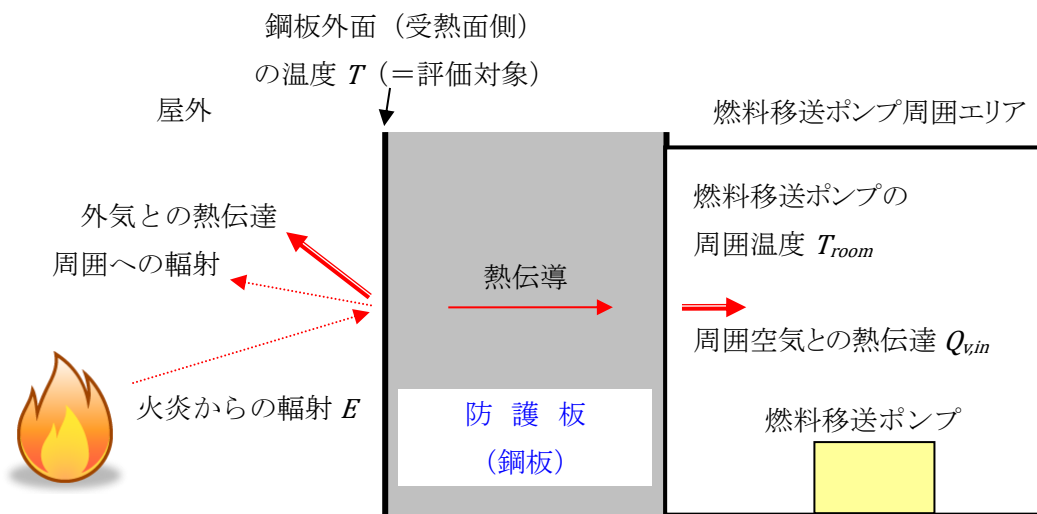


図 2-1 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の温度評価の概要
(防護板の構造:「鋼板のみ」の場合 (保守的な仮定))

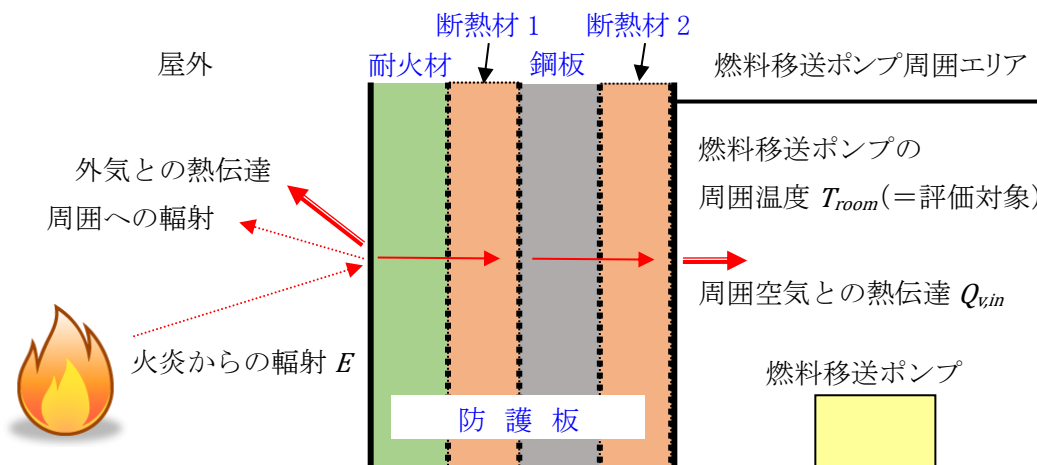


図 2-2 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の温度評価の概要
(防護板の構造:「耐火材, 断熱材及び鋼板」の場合 (実際の構造))

V-1-1-3-5-4 外部火災防護に関する許容温度設定根拠

目 次

1. 概要	1
2. 設定根拠	1
2.1 建屋コンクリート表面温度	1
2.2 軽油タンク	1
2.3 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）	1

1. 概要

本資料は、V-1-1-3-5-1「外部火災への配慮に関する基本方針」に従い、外部火災の影響を考慮する施設が外部火災に対して十分な健全性を有することを確認するための評価に用いる許容温度の設定根拠について説明するものである。

2. 設定根拠

2.1 建屋コンクリート表面温度

建屋コンクリート表面温度の許容温度は、 200°C^{*1} (火災時における短期温度上昇を考慮した場合においてコンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度)とする。

建屋の温度評価はコンクリート表面温度で実施している。建屋の表面は、太陽輻射による温度上昇を考慮し、初期温度を 50°C に設定する。また、コンクリート裏面側の排熱を考慮しない評価であるため、 200°C を下回れば建屋の機能は確保される。

2.2 軽油タンク

軽油タンクの許容温度は、貯蔵している軽油の発火点である 225°C を許容温度として設定する。

軽油タンクの温度評価は軽油タンク内の軽油の初期温度を、発電所に最も近い柏崎市の地方気象観測システムで観測した過去最高温度 37.6°C を切り上げた 38°C に設定し、また、防油堤のコンクリート壁による輻射熱の低減、及び軽油タンク底面の放熱を考慮しない評価であるため、 225°C を下回れば、軽油タンクの機能は確保される。

2.3 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）の許容温度は、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプを構成する部品のうち、温度制限が最も厳しい端子ボックスパッキンの耐熱温度 100°C^{*2} を許容温度として設定する。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）の温度評価は非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの初期温度を、発電所に最も近い柏崎市の地方気象観測システムで観測した過去最高温度 37.6°C を切り上げた 38°C に設定し、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板外面の初期温度を、太陽輻射による温度上昇を考慮し、 55°C に設定する。また、耐火材及び断熱材による耐火性能を考慮しない場合においては、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板鋼板外面（受熱面側）の温度を同ポンプの周囲温度とみなす評価、耐火材及び断熱材による耐火性能に期待する場合は、ポンプエリアからの放熱を考慮しない評価であるため、 100°C を下回れば、同ポンプの機能は確保される。

注記*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：日本工業規格 J I S K 6 3 8 0 ゴムパッキン材料-性能区分

V-1-1-3-5-5 外部火災防護における評価方針

目 次

1. 概要	1
2. 評価について	1
2.1 発電所敷地内の火災源に対する評価方針	1
2.1.1 森林火災の評価について	1
2.1.2 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災の評価について	8
2.1.3 航空機墜落による火災の評価について	21
2.1.4 発電所敷地内に設置する危険物タンクの火災と航空機墜落による重畳火災の 評価について	24
2.1.5 天井スラブの評価について	26
2.2 発電所敷地外の火災・爆発源に対する評価方針	27
2.2.1 石油コンビナート施設の火災・爆発の評価について	27
2.2.2 危険物貯蔵施設の火災の評価について	28
2.2.3 高圧ガス貯蔵施設の火災・爆発の評価について	35
2.2.4 燃料輸送車両の火災・爆発の評価について	40
2.2.5 漂流船舶の火災・爆発の評価について	45

1. 概要

本資料は、V-1-1-3-5-1「外部火災への配慮に関する基本方針」に従い、外部火災防護における評価方針について説明するものである。

2. 評価について

外部火災防護における評価として、森林火災については外部火災の影響を考慮する施設の危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災、航空機墜落による火災、発電所敷地内に設置する危険物タンクの火災と航空機墜落による火災が同時に発生した場合の重畳火災（以下「重畳火災」という。）については、外部火災の影響を考慮する施設の温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。

近隣の産業施設の火災・爆発である石油コンビナート施設の火災・爆発、危険物貯蔵施設の火災、高圧ガス貯蔵施設の火災・爆発、燃料輸送車両の火災・爆発、漂流船舶の火災・爆発については、外部火災の影響を考慮する施設の危険距離、危険限界距離又は飛来物の最大飛散距離を算出し、それらの距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

火災・爆発源ごとの評価方針を以下に示す。

2.1 発電所敷地内の火災源に対する評価方針

2.1.1 森林火災の評価について

(1) 評価方針

設置（変更）許可を受けた防火帯の外縁（火炎側）における最大火線強度から算出される火炎放射発散度（ 100kW/m^2 ）を用いて、外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度が許容温度となる危険距離及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。熱影響評価上は保守的に、火炎放射発散度（ 100kW/m^2 ）の位置を外部火災の影響を考慮する施設の最近接の森林境界として評価する。評価に用いる評価指標とその内容を表2-1、火炎放射発散度（ 100kW/m^2 ）の位置を図2-1に示す。

(2) 評価条件

- a. 森林火災による熱を受ける面と森林火災の火炎放射発散度が発する地点が同じ高さにあると仮定し最短距離にて評価を行う。
- b. 森林火災の火炎は、円筒火炎モデルを使用する。火炎の高さは燃焼半径の3倍とし、燃焼半径から円筒火炎モデルの数を算出することにより火炎到達幅の分だけ円筒火炎モデルが横一列に並ぶものとする。横一列に並んだ円筒火炎モデルの数だけ外部火災の影響を考慮する施設へ熱が伝わるものとする。
- c. 円筒火炎モデルの燃焼の考え方は、最大の火炎放射発散度を持つ円筒火炎モデルを火炎到達幅と同じ長さの直線上に並べて、外部火災の影響を考慮する施設が全円筒から同時かつ継続的に放射熱を受けるものとする。森林火災における円筒火炎モデル評価の概要を図2-2に示す。

d. 気象条件は無風状態とする。

(3) 計算方法

設置（変更）許可を受けた森林火災解析結果による火炎輻射発散度，火炎長及び火炎到達幅を用いて，輻射強度，燃焼半径，燃焼継続時間，円筒火炎モデル数，形態係数等を求め，それらから危険距離を算出する。

a. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
b. (a) 建屋の評価の場合		
T	℃	温度
T_0	℃	初期温度
t	s	燃焼継続時間
Δt	s	時間刻み
Δx	m	コンクリート座標刻み
a	m ² /s	コンクリート温度伝導率(熱拡散率)
c_p	J/(kg・K)	コンクリート比熱
ρ	kg/m ³	コンクリート密度
λ	W/(m・K)	コンクリート熱伝導率
q_s	W/m ²	コンクリート表面熱流束(伝熱速度) ここでは輻射強度 E に相当
b. (b) 軽油タンクの評価の場合		
T	℃	温度
t	s	燃焼継続時間
S_1	m ²	軽油タンク受熱面積
S_2	m ²	軽油タンク放熱面積
E	W/m ²	輻射強度
ε	—	軽油タンク表面の放射率
h	W/(m ² ・K)	軽油タンク表面熱伝達率
C	J/K	軽油タンク及び軽油の熱容量
T_0	℃	初期温度
T_{air}	℃	外気温度
b. (c) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ(防護板)の評価の場合		
T	℃	温度
t	s	燃焼継続時間
S	m ²	防護板(鋼板)放熱面積
E	W/m ²	輻射強度
ε	—	防護板(鋼板)外面の放射率
h	W/(m ² ・K)	防護板(鋼板)表面熱伝達率
C	J/K	防護板(鋼板)の熱容量
T_0	℃	初期温度
T_{air}	℃	外気温度

c. ～g. 危険距離他の算出		
R	m	燃焼半径
H	m	火炎長
F	—	円筒火炎モデル数
W	m	火炎到達幅
ϕ_i	—	各円筒火炎モデルの形態係数
L_i	m	離隔距離
E	W/m ²	輻射強度
Rf	W/m ²	火炎輻射発散度
ϕ_t	—	各火炎モデルの形態係数を合計した値
L_t	m	危険距離

b. 輻射強度の算出

(a) 建屋の評価の場合

建屋表面温度が許容温度 200℃となるときの輻射強度 (q_s) を次式のとおり算出する。

$$T_i^{n+1} = 2rT_{i+1}^n + \frac{2r\Delta x}{\lambda} q_s + (1-2r)T_i^n \quad \text{(式 1)}$$

(出典：伝熱工学，東京大学出版会)

ただし， $r = a\Delta t / \Delta x^2$

$$a = \lambda / (\rho \times c_p)$$

式 1 に輻射強度を入力して建屋表面温度を求める場合，壁面における建屋温度の時間変化を” n ” 及び” $n+1$ ” で示し，建屋コンクリート深さ方向の位置を” i ” 及び” $i+1$ ” で表示する。なお，建屋内部に位置した場合には，壁内部の計算に使用する式により建屋コンクリート深さ方向の位置変化を” $i-1$ ” ，” i ” 及び” $i+1$ ” で表示することとなる。

(b) 軽油タンクの評価の場合

軽油タンク内の軽油の温度が許容温度 225℃となるときの輻射強度 (E) を次式のとおり算出する。

$$T = \frac{\varepsilon ES_1 + hS_2 T_{air}}{hS_2} - \left(\frac{\varepsilon ES_1 + \varepsilon ES_2 T_{air}}{hS_2} - T_0 \right) e^{\left(-\frac{hS_2}{c} \right) t} \quad \text{(式 2)}$$

ただし， $S_1 = S_2$ (受熱面積と放熱面積は等しい)

火炎からの輻射受熱量と受熱側の熱容量の関係から輻射強度を算出する。

(c) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）の評価の場合

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲を防護する非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構成材（耐火材，断熱材及び鋼板の組合せ）のうち，耐火材及び断熱材の設置を考慮せず，保守的に鋼板のみの構造を仮定した場合における鋼板外面（受熱面側）の温度が許容温度 100°C となるときの輻射強度（ E ）を次式のとおり算出する。

$$T = \frac{\varepsilon E \frac{S}{2} + hST_{air}}{hS} - \left(\frac{\varepsilon E \frac{S}{2} + hST_{air}}{hS} - T_0 \right) e^{\left(\frac{hS}{C} \right) t} \quad (\text{式 3})$$

ただし， $S/2$ ：受熱面積（受熱面積は外面のみ，放熱面積×1/2）
 火炎からの輻射受熱量と受熱側の熱容量の関係から輻射強度を算出する。

c. 燃焼半径の算出

燃焼半径（ R ）を次式のとおり算出する。

$$R = \frac{H}{3} \quad (\text{式 4})$$

（出典：原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（以下「評価ガイド」という。））

d. 円筒火炎モデル数の算出

円筒火炎モデル数（ F ）を次式のとおり算出する。

$$F = \frac{W}{2R} \quad (\text{式 5})$$

（出典：評価ガイド）

e. 各円筒火炎モデルの形態係数の算出

各円筒火炎モデルの形態係数（ ϕ_i ）を次式のとおり算出する。

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

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

（出典：評価ガイド）

各円筒火炎モデルの形態係数を合計した値が，外部火災の影響を考慮する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。

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

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。

f. 形態係数の算出

形態係数 (ϕ_t) を次式のとおり算出する。

$$E = Rf \cdot \phi_t \quad (\text{式 7})$$

(出典：評価ガイド)

g. 危険距離の算出

形態係数 (ϕ_t)、火炎長 (H) 及び燃焼半径 (R) を用いて危険距離 (L_t) を次式のとおり算出する。

$$\phi_t = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \quad (\text{式 8})$$

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

(出典：評価ガイド)

表 2-1 評価指標について

評価指標	内容
輻射強度 [W/m ²]	火炎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 (F A R S I T E の解析で算出された値)
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

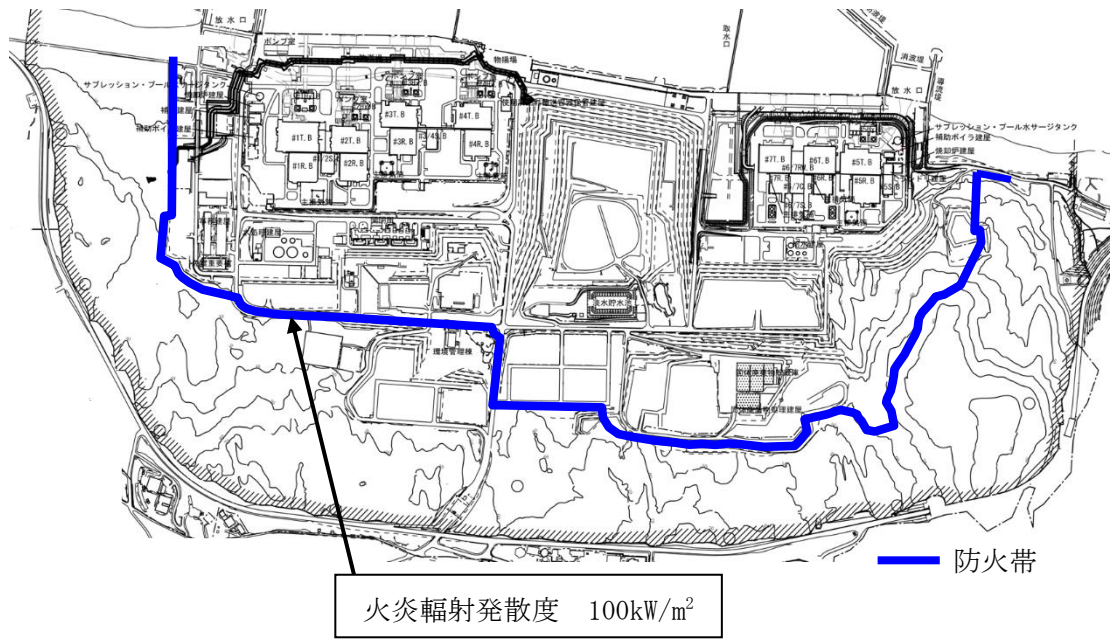


図 2-1 森林火災における火炎輻射発散度の位置図

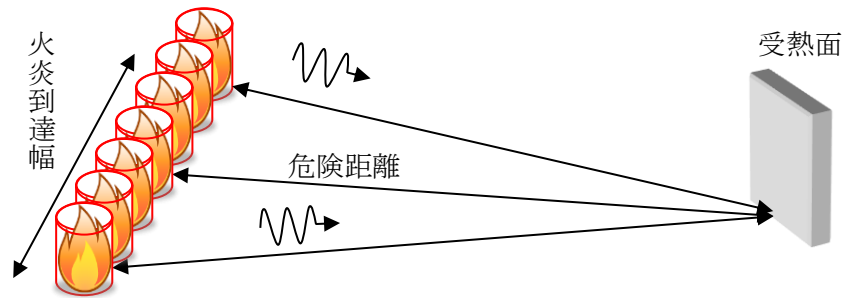


図 2-2 森林火災における円筒火炎モデル評価の概要

2.1.2 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災の評価について

(1) 評価方針

発電所敷地内に設置する危険物タンク等の貯蔵量等を勘案して、火災源ごとに外部火災の影響を考慮する施設の温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。

発電所敷地内の屋外に設置する危険物タンク等のうち、法令に基づく届出対象施設の設置状況及び配置を表 2-2 及び図 2-3 に示す。また、発電所敷地内の屋外に設置する危険物タンク等のうち、法令に基づく届出対象施設ではない施設の設置状況及び配置を表 2-3 及び図 2-4 に示す。

そのうち、直接外部火災の影響を考慮する施設を臨むことができる危険物タンク等と外部火災の影響を考慮する施設を選定し（表 2-2 及び表 2-3 参照）、火災源ごとに外部火災の影響を考慮する施設に対する温度を算出し評価する。

なお、第一ガスタービン発電機用燃料タンク及びガスタービン車他燃料供給設備のうち地下タンク貯蔵所の施設については、消防法に基づきコンクリート構造物に収納した地下埋設タンクとなっているため地表で火災が発生する可能性は低く、火災が発生しても影響は小さいことから火災源として考慮しない。

6, 7 号機以外の軽油タンク及び主変圧器については、危険物の貯蔵量又は数量が 6, 7 号機の同施設の貯蔵量又は数量以下であり、かつ 6, 7 号機の同施設よりも外部事象防護対象施設から距離が離れた配置のため、6, 7 号機の軽油タンク及び主変圧器の熱影響評価結果で代表するものとする。同様に、主変圧器以外の変圧器については、6, 7 号機の主変圧器の熱影響評価結果、及びコントロール建屋の屋上に位置し最も影響が大きいと考えられる原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器のうち油量が最大の同変圧器の熱影響評価結果で代表するものとする。なお、原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器を火災源とする評価については、コントロール建屋以外の外部事象防護対象施設への影響が軽油タンク及び主変圧器の熱影響評価結果によって代表されることから、コントロール建屋屋上（変圧器基礎・屋上床躯体境界面及び屋上床躯体表面）に対してのみ行うものとする。

第一ガスタービン発電機用燃料タンク及びガスタービン車他燃料供給設備のうち一般取扱所の施設、タンクローリ及び K3/4 少量危険物倉庫については、危険物の貯蔵量が 7 号機の軽油タンクの貯蔵量以下であり、かつ 7 号機と同タンクよりも外部事象防護対象施設から距離が離れた配置のため、7 号機と同タンクの熱影響評価結果で代表するものとする。

また、水素ガストレーラについては、直接輻射を受けない配置状況であり、危険物タンク等と比較して十分な離隔距離を確保していることから火災源として考慮しない。

このことから、軽油タンク（7 号機）、主変圧器（6, 7 号機）及び原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置（B-2）入力変圧器（6 号機）を火災源として選定し、火災源ごとに外部火災の影響を考慮する施設の温度を算出し評価する。

なお、発電所構外より入所してくる燃料補充用のタンクローリについては、燃料補充時は監視人が立会いを実施し、万一の火災発生時は速やかに消火活動が可能であることから、評価対象外とする。

(2) 評価条件

- a. 危険物タンク等の貯蔵量又は数量は，危険物施設として許可された貯蔵容量を超えない運用上の最大貯蔵量とする。
- b. 離隔距離は，評価上厳しくなるよう，タンク等の位置から外部火災の影響を考慮する施設までの直線距離とする。
- c. 軽油タンクについては破損等による防油堤内の全面火災を想定し，防油堤内の面積を円筒の底面と仮定し，火炎は円筒火炎モデルとし，火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。変圧器については，変圧器本体の全面火災を想定し，変圧器の投影面積を円筒の底面と仮定し，火炎は円筒火炎モデルとし，火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。想定する円筒火炎モデルを図2-5に示す。
- d. 気象条件は無風状態とする。

(3) 計算方法

火災源の防油堤面積等から求める燃焼半径，燃料量により燃焼継続時間を求める。その燃焼継続時間，輻射強度等を用いて，外部火災の影響を考慮する施設の温度を算出する。

a. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
b. ～e. 燃焼継続時間他の算出		
R	m	燃焼半径
w	m	防油堤幅
d	m	防油堤奥行き
$w \times d$	m^2	防油堤面積
w'	m	変圧器幅
d'	m	変圧器奥行き
$w' \times d'$	m^2	変圧器投影面積
ϕ	—	形態係数
L	m	離隔距離
H	m	火炎高さ
E	W/m^2	輻射強度
Rf	W/m^2	輻射発散度
t	s	燃焼継続時間
V	m^3	燃料量
v	m/s	燃焼速度
M	$kg/(m^2 \cdot s)$	燃料の質量低下速度
ρ	kg/m^3	密度
m	kg	燃料の質量

f. (a)イ., (b)イ. 建屋の評価の場合		
T	℃	温度
t	s	燃焼継続時間
E	W/m ²	輻射強度
ε	—	コンクリート表面の放射率
k	W/(m・K)	コンクリート熱伝導率
h	W/(m ² ・K)	コンクリート表面熱伝達率
ρ	kg/m ³	コンクリート密度
c	J/(kg・K)	コンクリート比熱
T_0	℃	初期温度
f. (a)ハ. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）の評価の場合		
T_{room}	℃	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度
T_{in}	℃	防護板（断熱）内面温度
T_0	℃	初期温度
T_{air}	℃	外気温度
Δt	s	時間刻み
h_{in}	W/(m ² ・K)	防護板（断熱）内面熱伝達率
A	m ²	防護板（断熱）内面の表面積
ρ	kg/m ³	密度
c_p	J/(kg・K)	比熱
λ	W/(m・K)	熱伝導率
V_p	m ³	ポンプエリア体積

b. 燃焼半径の算出

(a) 軽油タンクを火災源とする場合

燃焼半径(R)を次式のとおり算出する。

$$R = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \times \sqrt{w \times d} \quad \text{(式 9)}$$

(出典：評価ガイド)

(b) 主変圧器及び原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置（B-2）入力変圧器（6号機）を火災源とする場合

燃焼半径(R)を次式のとおり算出する。

$$R = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \times \sqrt{w' \times d'} \quad \text{(式 10)}$$

(出典：評価ガイド)

c. 形態係数の算出

軽油タンク及び主変圧器を火災源とする評価については、形態係数(ϕ)を次式のとおり算出する。また、原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (6号機) を火災源とする評価 (コントロール建屋屋上床躯体表面) については、受熱面が火災底面と異なる高さにあることから、図 2-6 に示す考え方に基づき形態係数(ϕ)を次式のとおり算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \quad (\text{式 11})$$

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

(出典：評価ガイド)

d. 輻射強度の算出

軽油タンク及び主変圧器を火災源とする評価並びに原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (6号機) を火災源とする評価 (コントロール建屋屋上床躯体表面) については、輻射強度(E)を次式のとおり算出する。

$$E = Rf \cdot \phi \quad (\text{式 12})$$

(出典：評価ガイド)

e. 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間(t)を次式のとおり算出する。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v} \quad (\text{式 13})$$

(出典：評価ガイド)

$$\text{ただし, } v = M/\rho, \quad m = \rho V$$

f. 温度の算出

(a) 軽油タンクを火災源とする場合

イ. 建屋の評価の場合

建屋表面温度(T)を次式のとおり算出する。

$$T = T_0 + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1 \right) \frac{h}{\epsilon E}} \quad (\text{式 14})$$

(出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，安全建設センター)

ロ. 軽油タンクの評価の場合

軽油タンク内の軽油温度(T)を式 2 のとおり算出する。

ハ. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）の評価の場合

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲を防護する非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構成材（耐火材，断熱材及び鋼板の組合せ）による耐火性能を考慮した場合における同防護板内部の非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度 T_{room} を式 1，式 15 及び式 16 から算出する。また，計算モデルを図 2-7 に示す。

なお，図 2-7 に示した非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板内面の温度上昇に伴う熱流束 $Q_{v,in}$ 及び熱流束 $Q_{v,in}$ による熱負荷が非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプエリア内に蓄熱される場合の温度上昇 ΔT_{room} は以下のとおりである。

$$Q_{v,in} = h_{in}(T_{in} - T_{room}) \quad \text{(式 15)}$$

$$\Delta T_{room} = \frac{Q_{v,in} A \Delta t}{\rho c_p V_p} \quad \text{(式 16)}$$

(b) 主変圧器を火災源とする場合

イ. 建屋の評価の場合

建屋表面温度(T)を式 14 のとおり算出する。

ロ. 軽油タンクの評価の場合

軽油タンク内の軽油の温度(T)を式 2 のとおり算出する。

ハ. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）の評価の場合

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲を防護する非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構成材（耐火材，断熱材及び鋼板の組合せ）のうち，保守的に鋼板のみの構造を仮定した場合における鋼板外面（受熱面側）の温度(T)を式 3 のとおり算出する。

(c) 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置（B-2）入力変圧器（6号機）を火災源とする場合

イ. 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置（B-2）入力変圧器（6号機）基礎・屋上床躯体境界面の評価の場合


原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置（B-2）入力変圧器（6号機）が保有する絶縁油（1種2号鉱油）が同変圧器基礎面上で燃焼を継続する間，一定の火災による入熱によって基礎面が昇温される場合における基礎面から屋上床躯体境界面までの温度(T)を式 1 のとおり算出する。また，計算モデルを図 2-8 に示す。

ロ. コントロール建屋屋上床躯体表面の評価の場合

原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (6 号機) が保有する絶縁油 (1 種 2 号鉱油) が燃焼を継続する間, 一定の輻射強度でコントロール建屋屋上床躯体表面が昇温される場合における同建屋屋上床躯体表面の温度 (T) を式 1 のとおり算出する。また, 計算モデルを図 2-9 に示す。

表 2-2 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の設置状況
(法令に基づく届出対象施設*1)

No	施設名称	区分	危険物の品名	貯蔵量	影響先との離隔距離		
					建屋	軽油タンク	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ
1	軽油タンク (1号機)	屋外 タンク 貯蔵所	第2石油類 軽油	344kL×2	—*2		
2	軽油タンク (2号機)			344kL×2			
3	軽油タンク (3号機)			344kL×2			
4	軽油タンク (4号機)			344kL×2			
5	軽油タンク (5号機)			344kL×2			
6	軽油タンク (6号機)			565kL×2			
7	軽油タンク (7号機)			565kL×2	46m	12m*3	9m*4
8	第一ガスタービン発電機用燃料タンク	地下タンク貯蔵所	107.8kL	—*5			
		一般取扱所	71.8kL	—*2			
9	ガスタービン車他燃料供給設備	地下タンク貯蔵所	144kL	—*5			
		一般取扱所	53.52kL	—*2			
10	タンクローリ	移動タンク貯蔵所	0.99kL	—*2			
11	K3/4少量危険物倉庫	—	第1石油類	0.10kL			
			第2石油類	0.45kL			
			アルコール類	0.015kL			

注：  評価対象危険物タンク

注記*1： 消防法又は柏崎市火災予防条例に基づく届出対象となる危険物タンク等を対象とする。

*2： 軽油タンク（7号機）の評価に包絡されるため、評価対象外とする。


*3： 隣接軽油タンクまでの距離を示す。

*4： 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板までの離隔距離を示す。

*5： 地下タンクのため、評価対象外とする。

表 2-3 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の設置状況
(法令に基づく届出対象ではない施設*1) (1/3)

No	施設名称	危険物の品名	数量	影響先との離隔距離		
				建屋	軽油タンク	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ
1	主変圧器 (1号機)	1種2号 鉱油	193.00kL	—*2		
2	主変圧器 (2号機)		198.00kL			
3	主変圧器 (3号機)		193.00kL			
4	主変圧器 (4号機)		190.00kL			
5	主変圧器 (5号機)		190.00kL			
6	主変圧器 (6号機)		200.00kL	13m	—*2	—*2
7	主変圧器 (7号機)		214.00kL	—*3	67m	60m*4
8	PLR-INV(A)入力変圧器(3号機)		8.20kL	—*2		
9	PLR-INV(B)入力変圧器(3号機)		8.20kL			
10	PLR-INV(A)入力変圧器(4号機)		9.70kL			
11	PLR-INV(B)入力変圧器(4号機)		9.70kL			
12	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(A-1)入力変圧器(6号機)		3.61kL			
13	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(A-2)入力変圧器(6号機)		13.70kL			
14	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(B-1)入力変圧器(6号機)		3.61kL			

注：  評価対象危険物タンク等

注記*1 : 消防法又は柏崎市火災予防条例に基づく届出対象ではない施設を対象とする。


*2 : 主変圧器 (7号機) の評価に包絡されるため、評価対象外とする。

*3 : 主変圧器 (6号機) の評価に包絡されるため、評価対象外とする。

*4 : 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板までの離隔距離を示す。

表 2-3 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の設置状況
(法令に基づく届出対象ではない施設*1) (2/3)

No	施設名称	危険物の品名	数量	影響先との離隔距離		
				建屋	軽油タンク	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ
15	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (6号機)	1種2号 鉱油	13.70kL	5m*3	—*2	—*2
16	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (A-1) 入力変圧器 (7号機)		3.70kL	—*2	—*2	—*2
17	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (A-2) 入力変圧器 (7号機)		9.50kL			
18	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-1) 入力変圧器 (7号機)		3.70kL			
19	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (7号機)		9.50kL			
20	所内変圧器 1A, 1B (1号機)		18.40kL×2			
21	所内変圧器 2A, 2B (2号機)		17.20kL×2			
22	所内変圧器 3A (3号機)		17.20kL			
23	所内変圧器 3B (3号機)		17.30kL			
24	所内変圧器 4A, 4B (4号機)		18.10kL×2			
25	所内変圧器 5A, 5B (5号機)	18.10kL×2				

注： 評価対象危険物タンク等

注記*1：消防法又は柏崎市火災予防条例に基づく届出対象ではない施設を対象とする。

*2：主変圧器 (7号機) の評価に包絡されるため、評価対象外とする。

*3：コントロール建屋屋上床躯体表面の輻射強度が最大となる離隔距離を示す。

表 2-3 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の設置状況
(法令に基づく届出対象ではない施設*1) (3/3)

No	施設名称	危険物の品名	数量	影響先との離隔距離			
				建屋	軽油タンク	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ	
26	所内変圧器 6A (6号機)	1種2号 鉱油	20.50kL				
27	所内変圧器 6B (6号機)		21.00kL				
28	所内変圧器 7A, 7B (7号機)		19.20kL×2				
29	No.1 高起動変圧器		78.30kL				
30	No.2, 3 高起動変圧器		70.00kL×2				
31	低起動変圧器 1SA, 1SB		25.90kL				
32	低起動変圧器 3SA, 3SB		25.20kL				
33	低起動変圧器 5SA, 5SB		17.05kL				
34	低起動変圧器 6SA, 6SB		24.60kL				
35	励磁変圧器 (1号機)		13.20kL				—*2
36	励磁変圧器 (2号機)		13.50kL				
37	励磁変圧器 (3号機)		13.50kL				
38	励磁変圧器 (4号機)		9.50kL				
39	励磁変圧器 (5号機)		9.50kL				
40	No.1 工事用変圧器		8.585kL				
41	No.2 工事用変圧器		11.50kL				
42	補助ボイラー用変圧器 3A		31.80kL				9.10kL×3
43	補助ボイラー用変圧器 4A, 4B, 4C						
44	水素ガストレーラ (1号機)	水素ガス (ボンベ) 濃度: 99.99%	13987m ³		—*3		
45	予備変圧器	1種2号	33.50kL			—*2	
46	補助ボイラー用変圧器 5A, 5B	鉱油	30.80kL×2				

注記*1 : 消防法又は柏崎市火災予防条例に基づく届出対象ではない施設を対象とする。

*2 : 主変圧器 (7号機) の評価に包絡されるため、評価対象外とする。

*3 : 直接輻射を受けない配置状況であり、危険物タンク等と比較して十分な離隔距離を確保しているため、評価対象外とする。

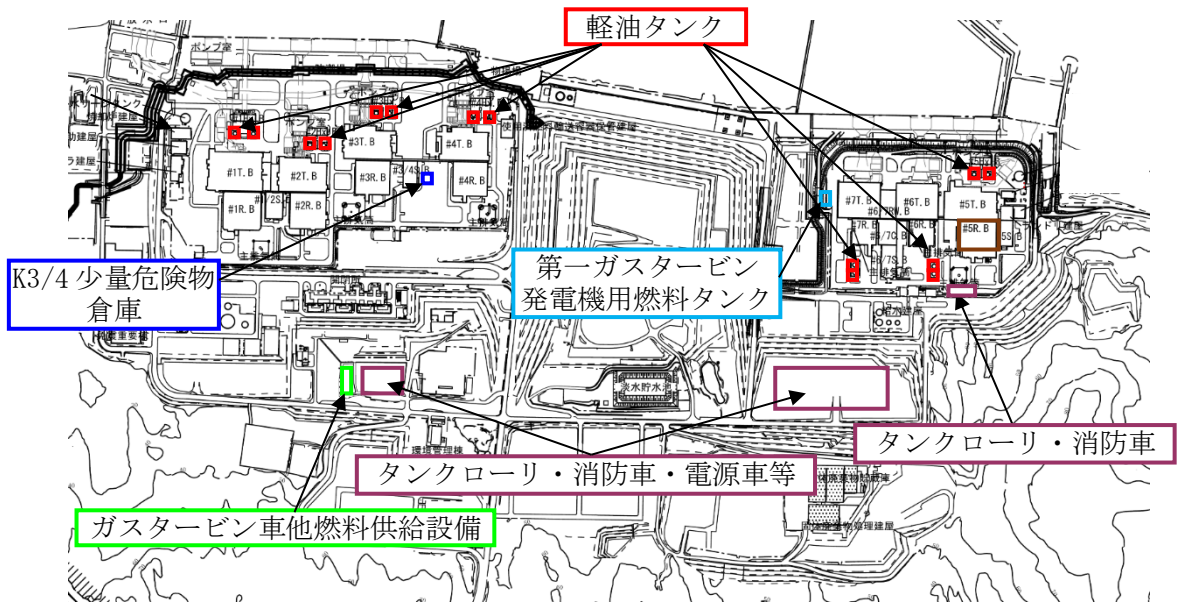


図 2-3 発電所敷地内に設置する危険物タンク等施設の配置図
(法令に基づく届出対象施設)

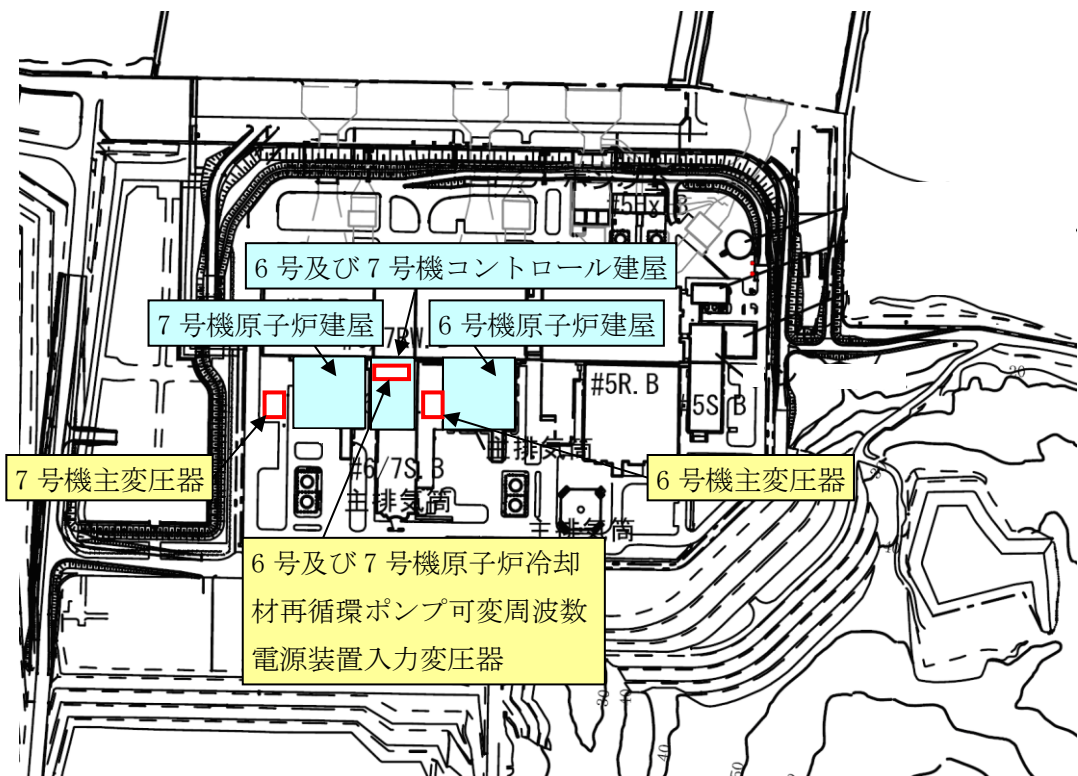


図 2-4 発電所敷地内に設置する危険物タンク等施設の配置図
(法令に基づく届出対象ではない施設)

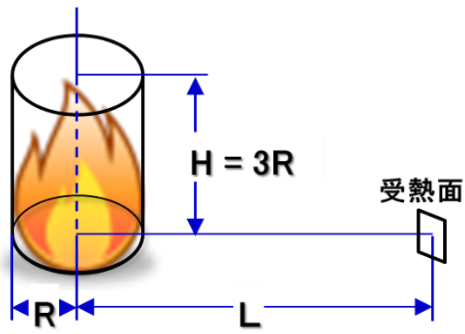


図 2-5 外部火災で想定する火炎モデル

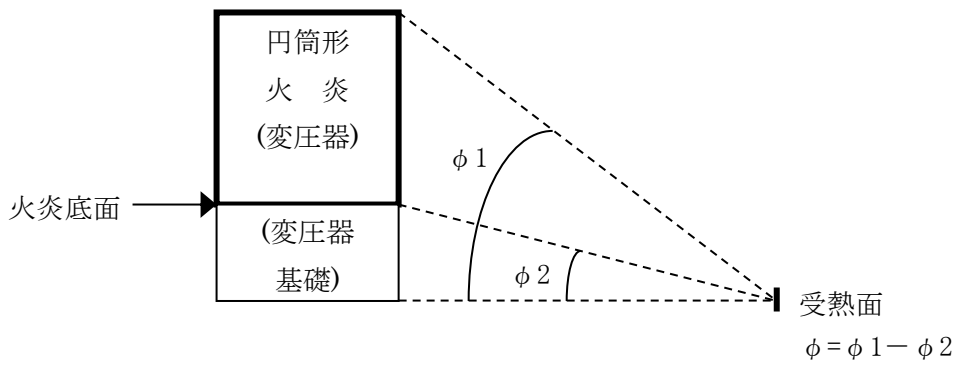


図 2-6 受熱面の高さによる形態係数の算出
(石油コンビナートの防災アセスメント指針より)

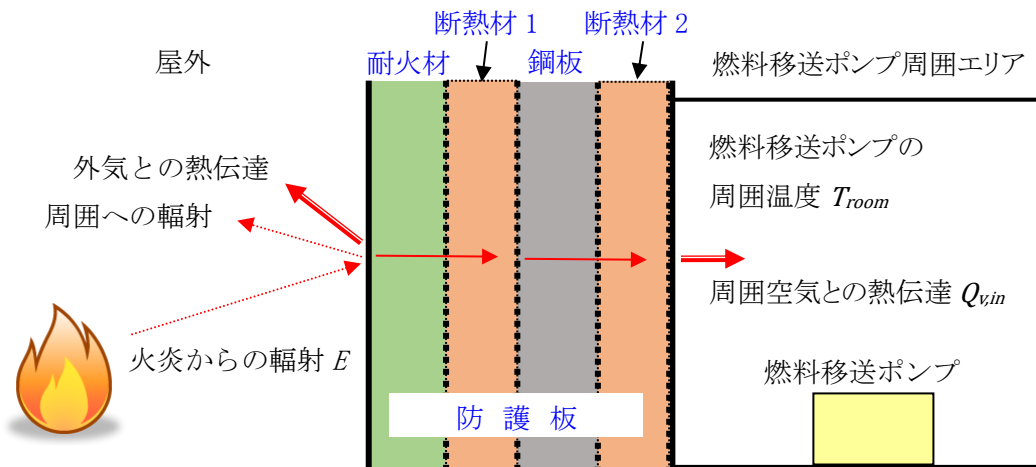


図 2-7 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の計算モデル

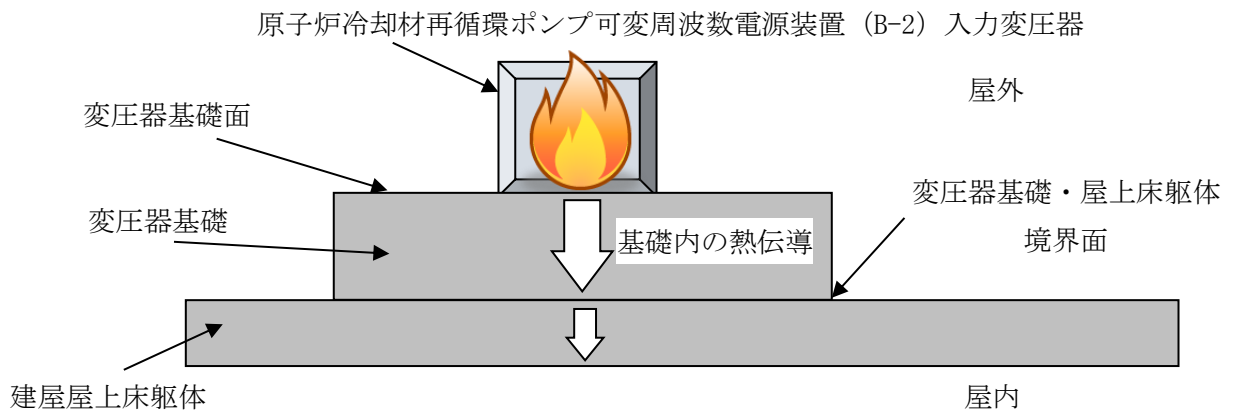


図 2-8 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (6 号機)
基礎・屋上床躯体境界面の計算モデル

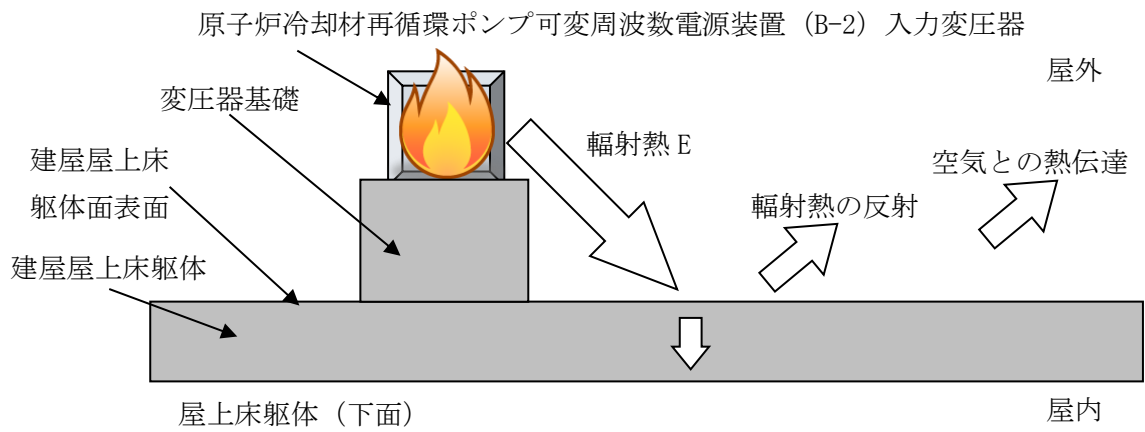


図 2-9 コントロール建屋屋上床躯体表面の計算モデル

K7 ① V-1-1-3-3-5-5 R0

2.1.3 航空機墜落による火災の評価について

(1) 評価方針

航空機落下確率の評価条件の違いから落下事故のカテゴリに分類し、各カテゴリにおいて燃料積載量が最大の機種を評価対象航空機として選定する。落下事故のカテゴリの分類を表 2-4 に示す。

「計器飛行方式民間航空機」の落下事故のうち、「飛行場での離着陸時」については、柏崎刈羽原子力発電所までの距離が最大離着陸距離より短い空港がないため、評価対象外とする。「航空路を巡航中」の落下事故については、柏崎刈羽原子力発電所上空に航空路が存在するため、評価対象とする。「有視界飛行方式民間航空機」の落下事故のうち、「小型民間航空機（固定翼，回転翼）」については、「自衛隊機又は米軍機」（KC-767）と比較すると、外部事象防護対象施設までの離隔距離が長く、燃料積載量が少ないことから、墜落による火災の影響が「自衛隊機又は米軍機」に包絡されるため、評価対象航空機の選定対象外とする。

「自衛隊機又は米軍機」の落下事故のうち、「訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中」については、柏崎刈羽原子力発電所周辺上空には、自衛隊機又は米軍機の訓練空域はないため、訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。「基地－訓練空域間往復時」については、柏崎刈羽原子力発電所は基地－訓練空域間の往復の想定範囲内にはないため評価対象外とする。

離隔距離の算出については、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」（平成 21・06・25 原院第 1 号）において、外部火災の影響を考慮する施設の標的面積をパラメータの一つとして、各カテゴリの航空機落下確率を算出する評価方法が示されており、この評価方法を参照し、各カテゴリの航空機落下確率が、 10^{-7} （回/炉・年）となる場合の標的面積を算出し、その標的面積に相当する離隔距離を求める。評価対象航空機の選定結果を表 2-5 に示す。

選定された評価対象航空機の燃料積載量等を勘案して、評価対象航空機ごとに外部火災の影響を考慮する施設の温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。

また、航空機落下確率の変更により評価結果に影響がある場合は、必要に応じて外部火災の影響を考慮する施設への影響を再評価する。

(2) 評価条件

- a. 航空機は、柏崎刈羽原子力発電所における航空機落下評価の対象航空機のうち燃料積載量が最大の機種とする。
- b. 航空機は燃料を満載した状態を想定する。
- c. 航空機の墜落は発電所敷地内であって落下確率が 10^{-7} （回/炉・年）以上になる範囲のうち外部火災の影響を考慮する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。
- 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する。
- e. 航空機のタンク投影面積を円筒の底面と仮定し、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 倍とする。

f. 気象条件は無風状態とする。

(3) 計算方法

対象航空機の燃料タンク投影面積等から求める燃焼半径，燃料量により燃焼継続時間を求め，その燃焼継続時間，輻射強度を用いて外部火災の影響を考慮する施設の温度を算出する。

a. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
R	m	燃焼半径
w'	m	航空機の燃料タンク幅
d'	m	航空機の燃料タンク奥行き
$w' \times d'$	m ²	航空機の燃料タンク投影面積
ϕ	—	形態係数
L	m	離隔距離
H	m	火炎高さ
E	W/m ²	輻射強度
Rf	W/m ²	輻射発散度
t	s	燃焼継続時間
V	m ³	燃料量
v	m/s	燃焼速度
M	kg/(m ² ・s)	燃料の質量低下速度
ρ	kg/m ³	密度

b. 建屋表面温度等の算出

(a) 建屋の評価の場合

航空機墜落による火災の建屋表面温度等の計算方法は、「2.1.2(3)計算方法」と同じである。

(b) 軽油タンク及び非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）の評価の場合

航空機墜落による火災の軽油タンク及び非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）の計算方法は、「2.1.1(3)計算方法」と同じである。

表 2-4 落下事故のカテゴリの分類

落下事故のカテゴリ		分類
(1) 計器飛行方式民間航空機	飛行場での離着陸時	—*1
	航空路を巡航中	①大型民間航空機 (固定翼, 回転翼)
(2) 有視界飛行方式民間航空機		②小型民間航空機*2 (固定翼, 回転翼)
(3) 自衛隊機又は米軍機	訓練空域内で訓練中及び 訓練空域外を飛行中	③大型軍用航空機 (固定翼, 回転翼)
		④小型軍用航空機 (固定翼, 回転翼)
	基地-訓練空域間往復時	—*3

注記*1 : 柏崎刈羽原子力発電所までの距離が最大離着陸距離より短い空港がないため
評価対象外。

*2 : 計器飛行方式民間航空機の小型機は、有視界飛行方式として評価する。

*3 : 柏崎刈羽原子力発電所は基地-訓練空域間の往復の想定範囲内にないため対象外。

表 2-5 対象航空機の選定結果

	計器 飛行 方式 民間 航空 機	有視界飛行方式民間航空機		自衛隊機又は米軍機	
				訓練空域外を飛行中	
		大型民間航空機 (固定翼, 回転翼)	小型民間航空機 (固定翼, 回転翼)	大型軍用航空機 (固定翼, 回転翼)	小型軍用航空機 (固定翼, 回転翼)
対 象 航 空 機		B747-400	—*	KC-767	AH-1S

注記* : 有視界飛行方式民間航空機のうち、小型機の評価対象航空機は、自衛隊機又は
米軍機の「訓練空域外を飛行中」に包絡される。

2.1.4 発電所敷地内に設置する危険物タンクの火災と航空機墜落による重畳火災の評価について

(1) 評価方針

重畳火災は、敷地内の危険物タンクの火災と航空機墜落による火災を想定し、外部火災の影響を考慮する施設の受熱面に対し、最も厳しい条件とする。

火災源として、航空機落下確率が 10^{-7} (回/炉・年)以上となる範囲にある危険物タンクのうち7号機に対する評価結果が最も厳しくなる6号機の軽油タンク2基及び航空機落下確率が 10^{-7} (回/炉・年)となる位置で6号機の軽油タンク2基との火災影響評価が最も厳しくなる軍用航空機のAH-1Sを選定し、外部火災の影響を考慮する施設の温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。航空機落下確率が 10^{-7} (回/炉・年)となる航空機落下位置とその周辺の危険物タンクの位置を図2-10に示す。

なお、7号機では、航空機落下確率が 10^{-7} (回/炉・年)以上となる範囲に6号機の軽油タンクの他、5号機の軽油タンクがあるが、5号機の軽油タンクと航空機墜落による火災が発生しても輻射熱は6号機のタービン建屋により遮られることから、7号機への影響はない。また、7号機の軽油タンクについては、「2.1.3 航空機墜落による火災の評価について」において、航空機落下確率が 10^{-7} (回/炉・年)となる落下位置より内側の軽油タンクが航空機墜落による火災によって発火しないことを示すことから火災源として考慮しない。

(2) 評価条件

前述の「2.1.2(2)評価条件」と「2.1.3(2)評価条件」と同じである。

(3) 計算方法

火災源の防油堤又は航空機の燃料タンクの投影面積等から燃焼半径、燃料より燃焼継続時間を求め、その燃焼継続時間、輻射強度等により外部火災の影響を考慮する施設の温度を算出する。

a. 燃焼半径の算出

それぞれの火災源に対して、燃焼半径(R)を式9又は式10のとおり算出する。

b. 形態係数の算出

それぞれの火災源に対して、形態係数(ϕ)を式11のとおり算出する。

c. 輻射強度の算出

それぞれの火災源に対して、輻射強度(E)を式12のとおり算出する。

d. 燃焼継続時間の算出

それぞれの火災源に対して、燃焼継続時間(t)を式13のとおり算出する。

e. 温度の算出

(a) 建屋の評価の場合

それぞれの火災源より得られた輻射強度(E)と燃焼継続時間(t)の合計値を、コンクリート表面熱流束(q_s)として式1に入力し、建屋表面温度を算出する。

(b) 軽油タンクの評価の場合

それぞれの火災源より得られた輻射強度(E)と燃焼継続時間(t)の合計値を式2に入力し、軽油タンク内の軽油の温度を算出する。

(c) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ(防護板)の評価の場合

それぞれの火災源より得られた輻射強度(E)と燃焼継続時間(t)の合計値を式3に入力し、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲を防護する非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構成材(耐火材、断熱材及び鋼板の組合せ)のうち、耐火材及び断熱材の設置を考慮せず、保守的に鋼板のみの構造を仮定した場合における鋼板外面(受熱面側)の温度を算出する。

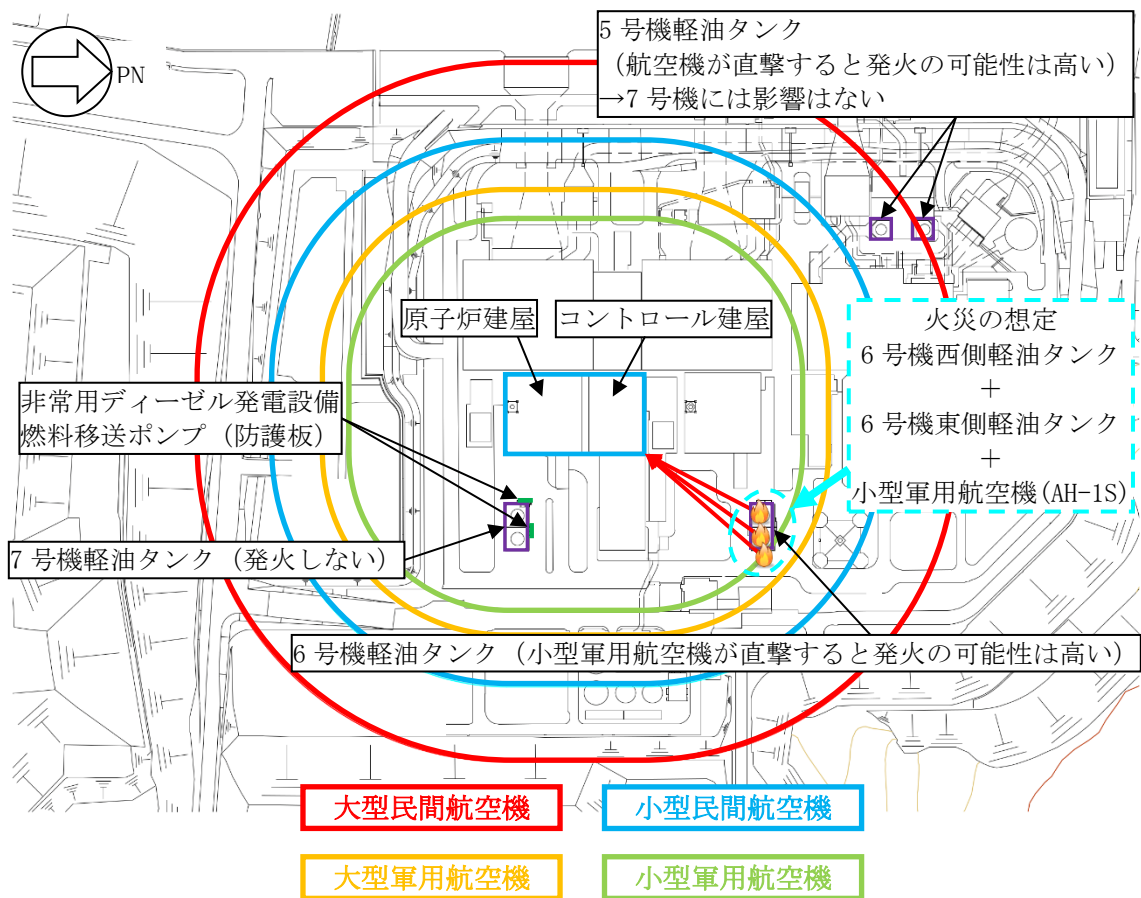


図2-10 航空機落下位置と危険物タンクの位置

2.1.5 天井スラブの評価について

天井スラブの評価については、以下の3点から垂直外壁面より温度が高くなることはなく、垂直外壁面の評価に包絡される。火災源と天井スラブの位置関係を図2-11に示す。

- ①火炎長が建屋天井面より短い場合は、天井スラブに輻射熱は届かないことから輻射熱による直接的な熱影響はない。
- ②火炎長が建屋天井面より長くなる場合は輻射熱が天井スラブに届くが、その輻射熱は側面の輻射熱より小さい。
- ③火炎からの離隔距離が等しい場合、垂直面（側面）と水平面（天井面）の形態係数は、垂直面の方が大きいことから、天井スラブの熱影響は側面に比べて小さい。垂直面と水平面の形態係数の大小関係を図2-12に示す。

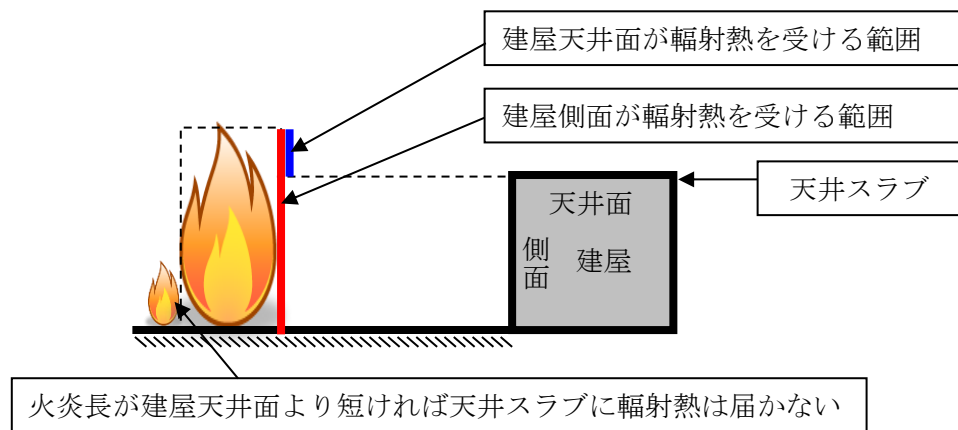


図2-11 火災源と天井スラブの位置関係図

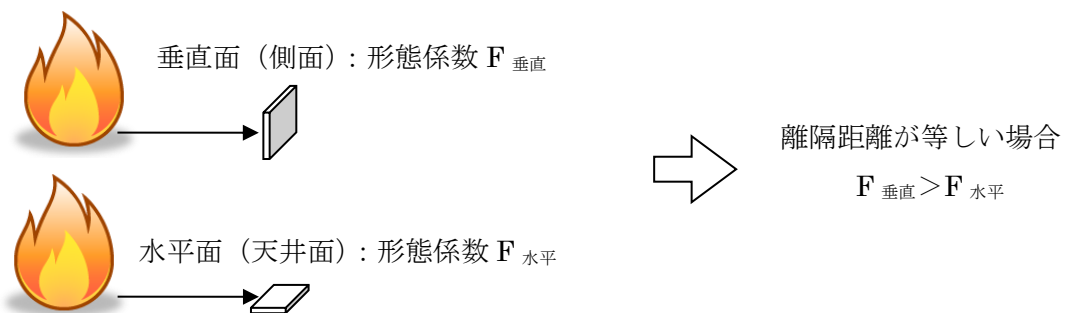


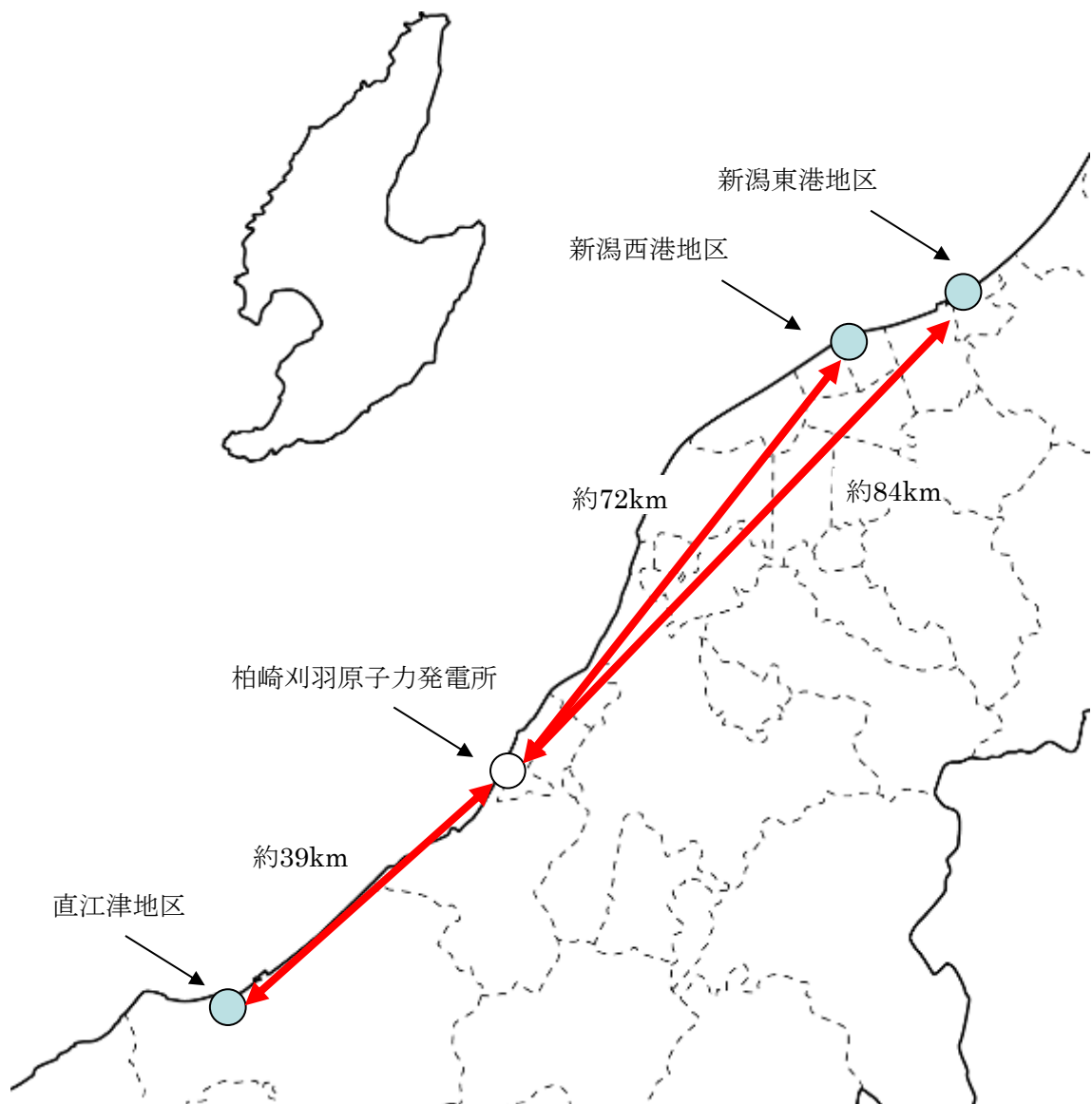
図2-12 垂直面と水平面の形態係数の大小関係

2.2 発電所敷地外の火災・爆発源に対する評価方針

2.2.1 石油コンビナート施設の火災・爆発の評価について

(1) 評価方針

近隣の産業施設の火災・爆発のうち石油コンビナート施設の火災・爆発の評価については、石油コンビナート施設の位置を特定し、発電所敷地外 10km 以内に存在しないことを確認する。石油コンビナート施設の位置を図 2-13 に示す。



注：図の位置はおおよその場所を示している。

図 2-13 石油コンビナート施設の位置

2.2.2 危険物貯蔵施設の火災の評価について

(1) 評価方針

発電所敷地外半径 10km 以内の危険物貯蔵施設の貯蔵量等を勘案して、外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度が許容温度となる危険距離及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

発電所敷地外半径 10km 以内に存在する危険物貯蔵施設の一覧を表 2-6 に示す。そのうち、柏崎刈羽原子力発電所から最短の距離に位置する危険物貯蔵施設及び最大の貯蔵量を保有する危険物貯蔵施設をそれぞれ選定した上で、最短距離の危険物貯蔵施設に最大貯蔵量を保有するものと仮定し評価する。火災源として想定する危険物貯蔵施設の選定結果を表 2-7 に、最短距離の危険物貯蔵施設及び最大貯蔵量を保有する危険物貯蔵施設の位置を図 2-14 に示す。

火災源として想定する危険物貯蔵施設の輻射発散度については、最大貯蔵量を保有するとして選定した危険物貯蔵施設の油種が二種類（原油及びメタノール）あることから、評価上厳しくなるよう、値が大きい方の原油の輻射発散度を用いて評価する。

また、燃焼継続時間の算出については、原油とメタノールが同じ防油堤の中に貯蔵されていることを踏まえて、原油とメタノールの燃焼継続時間を加算した値を用いて評価する。

(2) 評価条件

- a. 危険物貯蔵施設の貯蔵量は、最大容量を想定する。
- b. 離隔距離は、評価上厳しくなるよう、危険物貯蔵施設の位置から外部火災の影響を考慮する施設までの直線距離とする。
- c. 火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の 3 倍とする。
- d. 気象条件は無風状態とする。

(3) 計算方法

火災源の防油堤面積から求める燃焼半径、燃料量により燃焼継続時間を求め、その燃焼継続時間、外部火災の影響を考慮する施設の温度が許容温度となる輻射強度等を用いて危険距離を算出する。

a. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
R	m	燃焼半径
w	m	防油堤幅
d	m	防油堤奥行き
$w \times d$	m^2	防油堤面積
ϕ	—	形態係数
L	m	離隔距離
H	m	火炎高さ
E	W/m^2	輻射強度
Rf	W/m^2	輻射発散度
t	s	燃焼継続時間
V	m^3	燃料量
v	m/s	燃焼速度
M	$kg/(m^2 \cdot s)$	燃料の質量低下速度
ρ	kg/m^3	密度
m	kg	燃料の質量

b. 燃焼半径の算出

燃焼半径(R)を式9のとおり算出する。

c. 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間(t)を式13のとおり算出する。

d. 輻射強度の算出

(a) 建屋の評価の場合

建屋表面温度が許容温度 200℃となるときの輻射強度(E)を式14のとおり算出する。

(b) 軽油タンクの評価の場合

軽油タンク内の軽油の温度が許容温度 225℃となるときの輻射強度(E)を式2のとおり算出する。

(c) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ(防護板)の評価の場合

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲を防護する非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構成材(耐火材, 断熱材及び鋼板の組合せ)のうち, 耐火材及び断熱材の設置を考慮せず, 保守的に鋼板のみの構造を仮定した場合における

鋼板外面（受熱面側）の温度が許容温度 100°C となる時の輻射強度(E)を式 3 のとおり算出する。

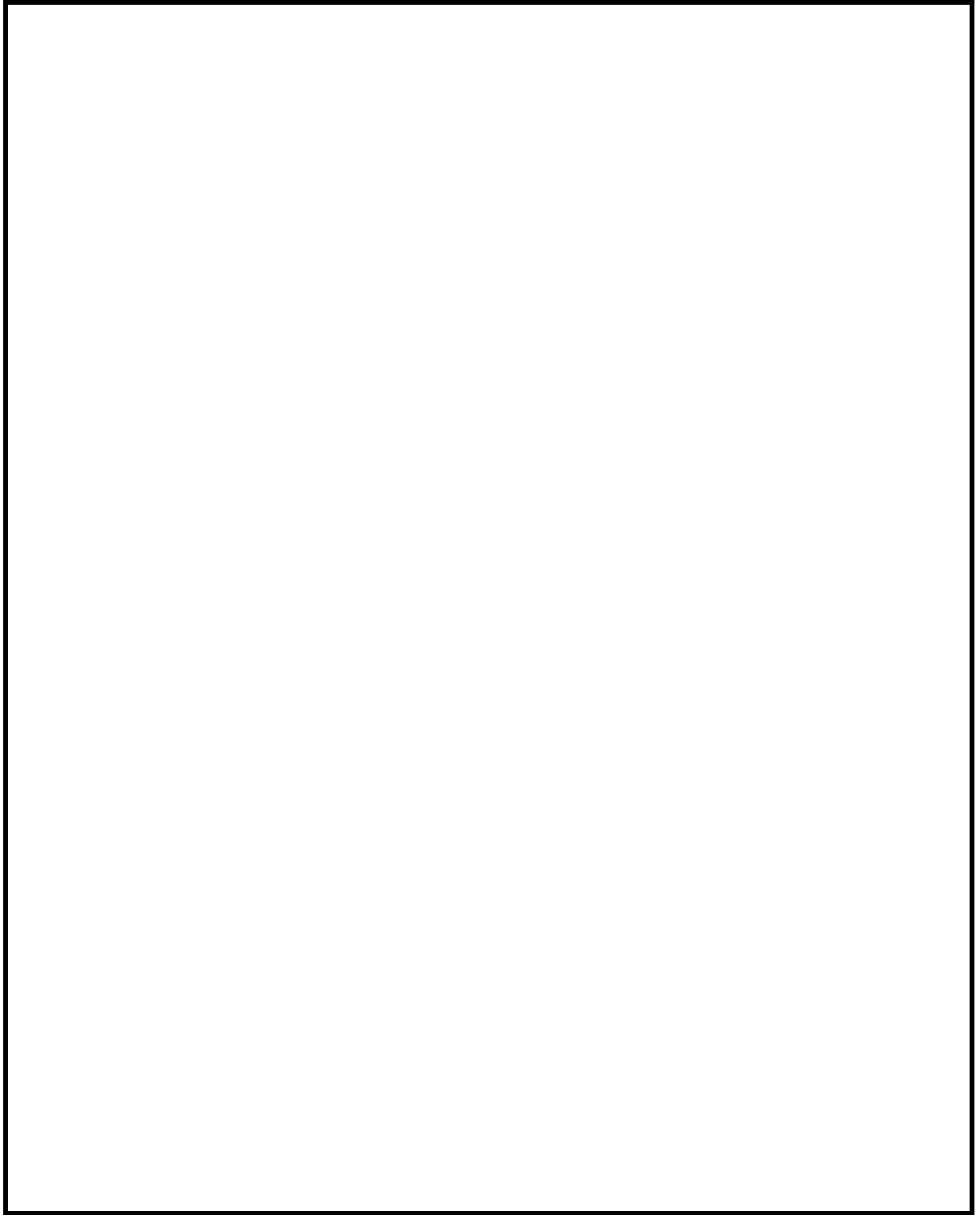
e. 形態係数の算出

形態係数(ϕ)を式 12 を用いて算出する。

f. 危険距離の算出

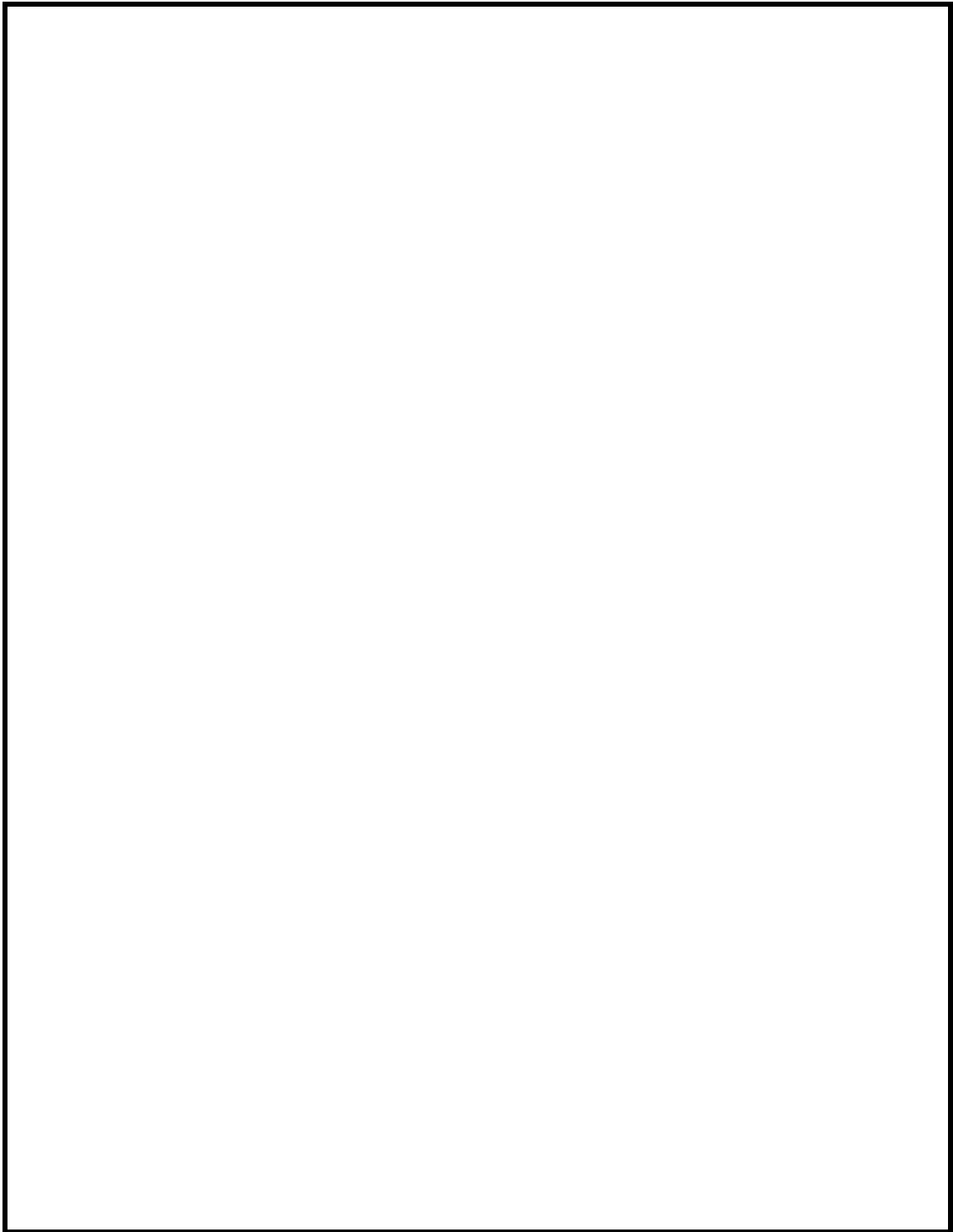
形態係数(ϕ)，火炎長(H)及び燃焼半径(R)を用いて危険距離(L)を，式 11 を用いて算出する。

表 2-6 発電所敷地外半径 10km 以内に存在する危険物貯蔵施設 (1/3)



K7 ① V-1-1-3-5-5 R0

表 2-6 発電所敷地外半径 10km 以内に存在する危険物貯蔵施設 (2/3)

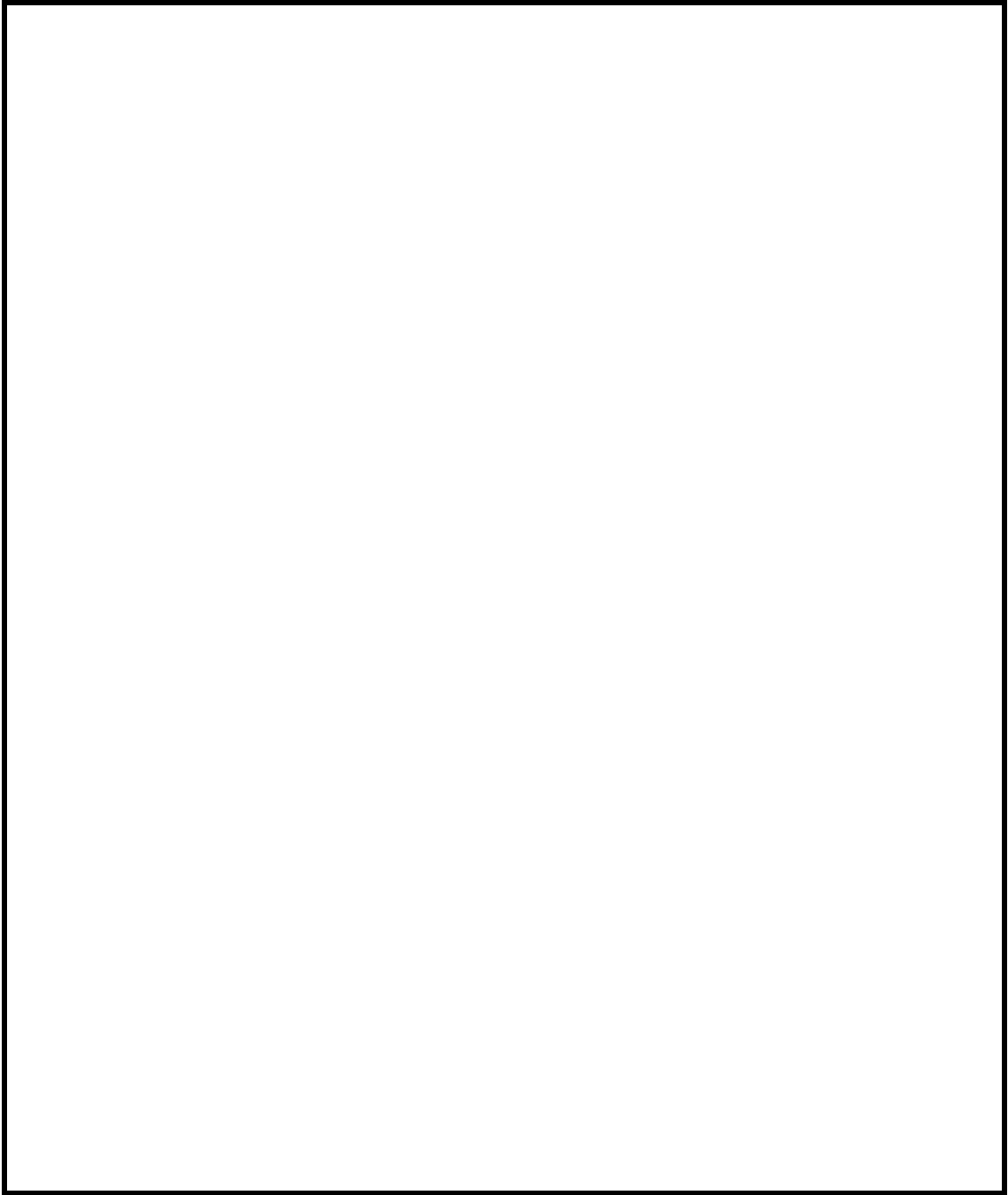


K7 ① V-1-1-3-5-5 R0

注記*1 : 最短距離に位置する危険物貯蔵施設である。

*2 : 最大貯蔵量を保有する危険物貯蔵施設である。

表 2-6 発電所敷地外半径 10km 以内に存在する危険物貯蔵施設 (3/3)



K7 ① V-1-1-3-5-5 R0

表 2-7 火災源として想定する危険物貯蔵施設の選定結果

		貯蔵量 (L)	輻射発散度 (W/m ²)	距離 (km)
油 種 名	原油	200000	41×10 ³	2.3
		300000		
		100000		
		490000		
	メタノール	18000	9.8×10 ³	
火災源として想定する危険物貯蔵施設		1108000	41×10 ³ *	

注記*：評価上厳しくなるよう、値が大きい方の原油の輻射発散度を用いて評価する。



図 2-14 最短距離の危険物貯蔵施設及び最大貯蔵量を保有する危険物貯蔵施設の位置

2.2.3 高圧ガス貯蔵施設の火災・爆発の評価について

(1) 高圧ガス貯蔵施設の火災の評価について

a. 評価方針

発電所敷地外半径 10km 以内の高圧ガス貯蔵施設の貯蔵量等を勘案して、外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度が許容温度となる危険距離及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

発電所敷地外半径 10km 以内に存在する高圧ガス貯蔵施設の一覧を表 2-8 に示す。そのうち、柏崎刈羽原子力発電所から最短の距離に位置する高圧ガス貯蔵施設及び最大の貯蔵量を保有する危険物貯蔵施設をそれぞれ選定した上で、最短距離の危険物貯蔵施設に最大貯蔵量を保有するものと仮定し評価する。火災源として想定する高圧ガス貯蔵施設の選定結果を表 2-9 に、最短距離の高圧ガス貯蔵施設及び最大貯蔵量を保有する高圧ガス貯蔵施設の位置を図 2-15 に示す。



発電所敷地外半径 10km 以内に存在するガスパイプラインの一覧を表 2-10 に示す。

b. 評価条件

- (a) 高圧ガス貯蔵施設の貯蔵量は、最大容量を想定する。
- (b) 離隔距離は、評価上厳しくなるよう、高圧ガス貯蔵施設の位置から外部火災の影響を考慮する施設までの直線距離とする。
- (c) 火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の 3 倍とする。
- (d) 気象条件は無風状態とする。

c. 計算方法

前述の「2.2.2(3)計算方法」と同じである。

(2) 高圧ガス貯蔵施設の爆発の評価について

a. 危険限界距離の評価

(a) 評価方針

発電所敷地外半径 10km 以内の高圧ガス貯蔵施設の貯蔵量等を勘案して、外部火災の影響を考慮する施設へのガス爆発の爆風圧が人体に対して影響を与えない 0.01MPa となる危険限界距離を算出し、その危険限界距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

爆発源として想定する高圧ガス貯蔵施設の選定結果及び位置は、「(1)a. 評価方針」と同じ（表 2-9、図 2-15 参照）とする。

(b) 評価条件

- イ. 高圧ガス漏えい，引火によるガス爆発とする。
- ロ. 気象条件は無風状態とする。

(c) 計算方法

爆発源のガスの種類及び貯蔵量から処理設備の設備定数を求める。その設備定数を用いて，ガス爆発の爆風圧が人体に対して影響を与えない 0.01MPa となる危険限界距離を算出する。

イ. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
λ	m/kg ^{1/3}	換算距離
K	—	石油類の定数
W	—	処理設備の設備定数
X	m	危険限界距離

ロ. 危険限界距離の算出

危険限界距離(X)を次式のとおり算出する。

$$X = 0.04\lambda \sqrt[3]{K \times W} \tag{式 17}$$

(出典：評価ガイド)

b. 容器破裂時における破片の最大飛散距離の評価

(a) 評価方針

発電所敷地外半径 10km 以内の高圧ガス貯蔵施設の貯蔵量を勘案して，ガス爆発による容器破裂時の破片の最大飛散距離を算出し，その最大飛散距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

爆発源として想定する容器の貯蔵量は，火災源として想定する高圧ガス貯蔵施設の選定結果（表 2-9 参照）のうち，貯蔵量が最大のものとし，位置については，「(1)a. 評価方針」と同じ（図 2-15 参照）とする。

(b) 評価条件

前述の「(2)a. (b)評価条件」と同じである。

(c) 計算方法

爆発源のガスの貯蔵量を用いて，ガス爆発による容器破裂時における破片の最大飛散距離を算出する。

イ. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
M	kg	破裂時の貯蔵物質質量
L	m	破片の最大飛散距離

ロ. 最大飛散距離の算出

最大飛散距離(L)を次式のとおり算出する。

$$L = 465 \times M^{0.10} \quad (\text{式 18})$$

(出典：石油コンビナートの防災アセスメント指針)

表 2-8 発電所敷地外半径 10km 以内に存在する高圧ガス貯蔵施設

--

K7 ① V-1-1-3-5-5 R0

注記*1 : 最大貯蔵量を保有する高圧ガス貯蔵施設である。

*2 : 最短距離に位置する高圧ガス貯蔵施設である。

表 2-9 火災源として想定する高圧ガス貯蔵施設の選定結果

ガス名称	最大貯蔵量 (t)		最短距離 (km)
	プロパン	15	5.0
30			
20			
合計		65	

表 2-10 発電所敷地外半径 10km 以内に存在するガスパイプライン

No.	所在地	ガス名称	貯蔵量	単位	距離 (km)

K7 ① V-1-1-3-5-5 R0



図 2-15 最短距離の高圧ガス貯蔵施設及び最大貯蔵量を保有する高圧ガス貯蔵施設の位置

2.2.4 燃料輸送車両の火災・爆発の評価について

(1) 燃料輸送車両の火災の評価について

a. 評価方針

発電所敷地外半径 10km 以内の燃料輸送車両の燃料積載量等を勘案して、外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度が許容温度となる危険距離及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

火災源として想定する燃料輸送車両は、発電所敷地外半径 10km 以内の施設において液化石油ガス輸送車両が許可申請されていることから、評価上厳しくなるよう、最大規模の液化石油ガス輸送車両が発電所敷地境界の道路で火災を起こすものとして評価する。外部火災の影響を考慮する施設と燃料輸送車両の位置を図 2-16 に示す。

b. 評価条件

- (a) 輸送燃料は液化石油ガス（プロパン）とする。
- (b) 最大規模の燃料輸送車両が発電所敷地境界の道路で火災を起こすものとする。
- (c) 燃料輸送車両は燃料を満載した状態を想定する。
- (d) 発電所敷地境界の道路での燃料輸送車両の全面火災を想定する。
- (e) 離隔距離は、評価上厳しくなるよう、燃料輸送車両の位置から外部火災の影響を考慮する施設までの直線距離とする。
- (f) 火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の 3 倍とする。
- (g) 気象条件は無風状態とする。

c. 計算方法

火災源の燃料輸送車両の投影面積から求める燃焼半径、燃料積載量により燃焼継続時間を求め、その燃焼継続時間、外部火災の影響を考慮する施設の温度が許容温度となる輻射強度等を用いて危険距離を算出する。

(a) 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
R	m	燃焼半径
w'	m	燃料輸送車両幅
d'	m	燃料輸送車両長さ
$w' \times d'$	m^2	燃料輸送車両投影面積
ϕ	—	形態係数
L	m	離隔距離
H	m	火炎高さ
E	W/m^2	輻射強度
Rf	W/m^2	輻射発散度
t	s	燃焼継続時間
V	m^3	燃料量
v	m/s	燃焼速度
M	$kg/(m^2 \cdot s)$	燃料の質量低下速度
ρ	kg/m^3	密度
m	kg	燃料の質量

(b) 危険距離の算出

燃料輸送車両の火災の危険距離の計算方法は、「2.2.2(3)計算方法」と同じである。

(2) 燃料輸送車両の爆発の評価について

a. 危険限界距離の評価

(a) 評価方針

発電所敷地外半径 10km 以内の燃料輸送車両の燃料積載量等を勘案して、外部火災の影響を考慮する施設へのガス爆発の爆風圧が人体に対して影響を与えない 0.01MPa となる危険限界距離を算出し、その危険限界距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

爆発源として想定する燃料輸送車両の位置は、「(1)a. 評価方針」と同じ（図 2-16 参照）とする。

(b) 評価条件

- イ. 輸送燃料は液化石油ガス（プロパン）とする。
- ロ. 最大規模の燃料輸送車両が発電所敷地境界の道路で爆発を起こすものとする。
- ハ. 燃料輸送車両は燃料を満載した状態を想定する。
- ニ. 高圧ガス漏えい、引火によるガス爆発とする。
- ホ. 気象条件は無風状態とする。

(c) 計算方法

前述の「2.2.3(2)a.(c)計算方法」と同じである。

b. 容器破裂時における破片の最大飛散距離の評価

(a) 評価方針

発電所敷地外半径 10km 以内の燃料輸送車両の燃料積載量等を勘案して、ガス爆発による容器破裂時の破片の最大飛散距離を算出し、その最大飛散距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

最大規模の燃料輸送車両は加圧貯蔵であるため、大規模なタンク破裂事象である BLEVE が発生する可能性があることから、車両制限令、道路法等をもとに BLEVE により発生する飛来物を設定し、飛来物ごとに最大飛散距離を算出し評価する。

爆発源として想定する燃料輸送車両の位置は、「(1)a. 評価方針」と同じ（図 2-16 参照）とする。

(b) 評価条件

前述の「(2)a.(b)評価条件」と同じである。

(c) 計算方法

飛来物が空中でランダムに回転すると仮定し、外力としては重力及び平均抗力（各方向に平均化した抗力係数と投影面積の積に比例して定義されるもの）を受けるものとして最も遠くまで到達する最大飛散距離を算出する。

イ. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
v_0	m/s	飛来物の最高速度
E	J	タンク爆発により発生するエネルギー
P_1	Pa	タンク内の圧力
P_2	Pa	大気圧力
γ	—	比熱比
A_{ke}	—	爆発エネルギーの飛来物への移行係数
m	kg	飛来物の質量
F	—	空気抵抗による外力
g	m/s ²	重力加速度
C_D	—	流体抵抗係数
A	m ²	飛来物の速度方向に対する投影面積
v	m/s	飛来物の速度
ρ	kg/m ³	空気密度
t	s	時間
L	m	飛散距離

ロ. 最大飛散距離の算出

最大飛散距離 (L) を次式のとおり算出する。

$$\text{水平方向: } m \frac{dv_x}{dt} = F \frac{v_x}{v(t)} \quad (\text{式 19})$$

$$\text{鉛直方向: } m \frac{dv_y}{dt} = F \frac{v_y}{v(t)} - mg \quad (\text{式 20})$$

$$F = -\frac{1}{2} C_D A \rho v(t)^2 \quad (\text{式 21})$$

$$v(t) = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (\text{式 22})$$

$$\left. \begin{aligned} y_0 &= -\int_0^\tau v_y dt \\ L &= \int_0^\tau v_x dt \end{aligned} \right\} \quad (\text{式 23})$$

ただし、 τ は敷地に到達するまでの時間

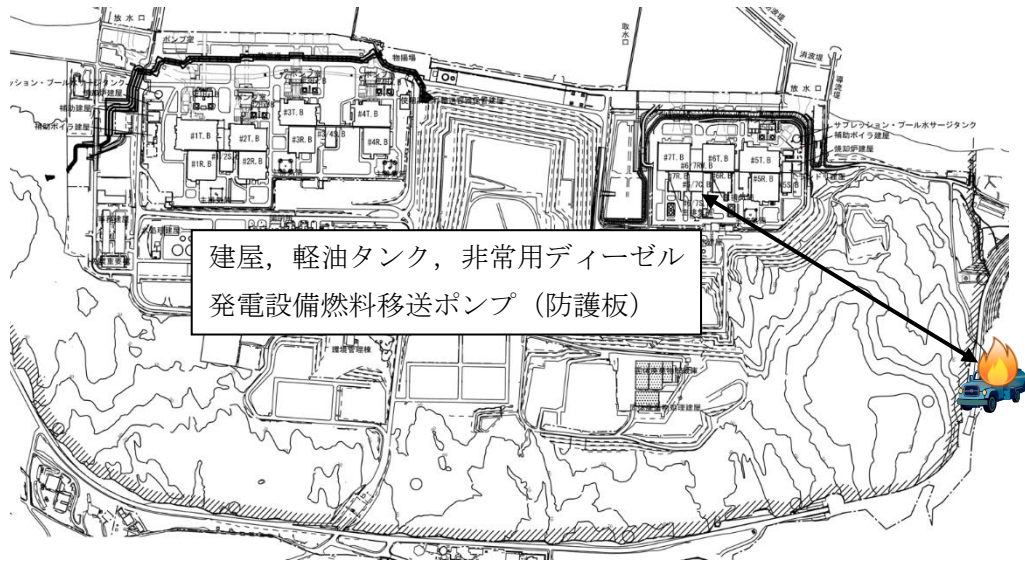


図 2-16 外部火災の影響を考慮する施設と燃料輸送車両の位置

2.2.5 漂流船舶の火災・爆発の評価について

(1) 漂流船舶の火災の評価について

a. 評価方針

漂流船舶の燃料積載量等を勘案して、外部事象防護対象施設を内包する建屋の表面温度が許容温度となる危険距離及び建屋を除く屋外の外部事象防護対象施設の温度が許容温度となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

柏崎刈羽原子力発電所では発電所構内に入構する危険物輸送船舶が存在しないことから、火災源として想定する船舶は、発電所前面の海域で航行中の船舶が漂流した上で港湾内に進入し、火災を起こすものとして評価する。外部火災の影響を考慮する施設と漂流船舶の位置を図 2-17 に示す。

b. 評価条件

- (a) 輸送燃料は液化石油ガス（プロパン）とする。
- (b) 港湾内に入港可能な大きさで実際に存在する最大の船舶とする。
- (c) 漂流船舶は燃料を満載した状態を想定する。
- (d) 発電所港湾内での漂流船舶の全面火災を想定する。
- (e) 離隔距離は、評価上厳しくなるよう、漂流船舶の位置から外部火災の影響を考慮する施設までの直線距離とする。
- (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 倍とする。
- (g) 気象条件は無風状態とする。

c. 計算方法

火災源の漂流船舶の投影面積から求める燃焼半径、燃料積載量により燃焼継続時間を求め、その燃焼継続時間、外部火災の影響を考慮する施設の温度が許容温度となる輻射強度等を用いて危険距離を算出する。

(a) 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
R	m	燃焼半径
w'	m	漂流船舶幅
d'	m	漂流船舶長さ
$w' \times d'$	m^2	漂流船舶投影面積
ϕ	—	形態係数
L	m	離隔距離
H	m	火炎高さ
E	W/m^2	輻射強度
Rf	W/m^2	輻射発散度
t	s	燃焼継続時間
V	m^3	燃料量
v	m/s	燃焼速度
M	$kg/(m^2 \cdot s)$	燃料の質量低下速度
ρ	kg/m^3	密度
m	kg	燃料の質量

(b) 危険距離の算出

漂流船舶の火災の危険距離の計算方法は、「2.2.2(3)計算方法」と同じである。

(2) 漂流船舶の爆発の評価について

a. 評価方針

漂流船舶の燃料積載量等を勘案して、外部火災の影響を考慮する施設へのガス爆発の爆風圧が人体に対して影響を与えない0.01MPaとなる危険限界距離を算出し、その危険限界距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

爆発源として想定する漂流船舶の位置は、「(1)a. 評価方針」と同じ（図2-17参照）とする。

b. 評価条件

- イ. 輸送燃料は液化石油ガス（プロパン）とする。
- ロ. 港湾内に入港可能な大きさで実際に存在する最大の船舶とする。
- ハ. 漂流船舶は燃料を満載した状態を想定する。
- ニ. 高圧ガス漏えい、引火によるガス爆発とする。
- ホ. 気象条件は無風状態とする。

c. 計算方法

前述の「2.2.3(2)a.(c)計算方法」と同じである。

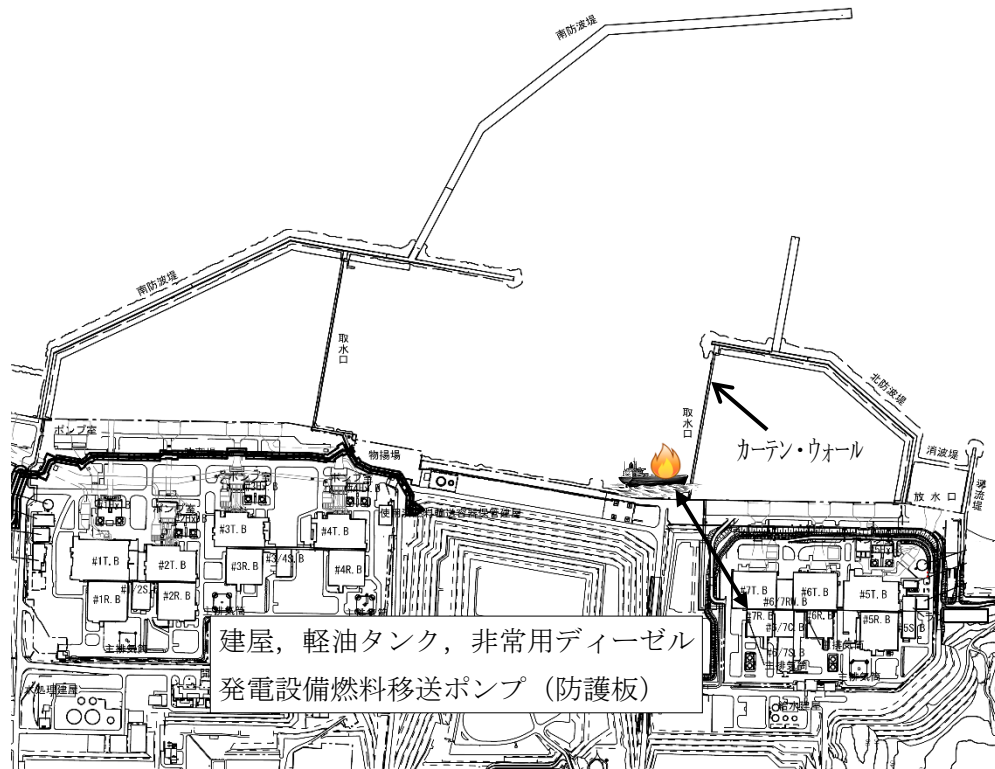


図 2-17 外部火災の影響を考慮する施設と漂流船舶の位置

V-1-1-3-5-6 外部火災防護における評価条件及び評価結果

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件及び評価結果	1
2.1 発電所敷地内の火災源に対する評価条件及び評価結果	1
2.1.1 森林火災	1
2.1.2 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災	4
2.1.3 航空機墜落による火災	12
2.1.4 発電所敷地内に設置する危険物タンクの火災と航空機墜落による重畳火災	16
2.2 発電所敷地外の火災・爆発源に対する評価条件及び評価結果	20
2.2.1 石油コンビナート施設の火災・爆発	20
2.2.2 危険物貯蔵施設の火災	20
2.2.3 高圧ガス貯蔵施設の火災・爆発	23
2.2.4 燃料輸送車両の火災・爆発	27
2.2.5 漂流船舶の火災・爆発	33

1. 概要

本資料は、外部事象防護対象施設が外部火災に対して十分な健全性を有することを確認するための評価条件及び評価結果について説明するものである。

外部事象防護対象施設の健全性を確認するための評価は、V-1-1-3-5-5「外部火災防護における評価方針」に従って行う。

2. 評価条件及び評価結果

2.1 発電所敷地内の火災源に対する評価条件及び評価結果

2.1.1 森林火災

森林火災時の外部火災の影響を考慮する施設の危険距離の評価結果を整理し、表2-1に示す。

(1) 危険距離の評価条件及び評価結果

a. 必要データ

評価指標	森林火災の評価条件
火炎輻射発散度 (kW/m ²)	最大火線強度の値を火炎輻射発散度の値に変換したもの (100kW/m ²)
火炎長(m)	火炎の高さ(3.08m)
火炎到達幅(m)	到達火炎の横幅(3730m)

b. 外部火災の影響を考慮する施設の評価条件及び評価結果

外部火災の影響を考慮する施設と防火帯の位置関係及び離隔距離を図2-1に示す。

(a) 外部事象防護対象施設を内包する建屋(以下「建屋」という。)

防火帯の外縁(火炎側)から最も近い距離にある建屋は、コントロール建屋であることから以下に危険距離の評価条件及び評価結果を示す。

H (m)	W (m)	E (kW/m ²)	Rf (kW/m ²)
3.08	3730	15.5	100

T (°C)	T_0 (°C)	c_p (J/(kg·K))	コンクリート ρ (kg/m ³)	λ (W/(m·K))
200	50	879	2200	1.63

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
21	504

結果
危険距離を評価した結果, 21m となり, その危険距離を上回る離隔距離 504m を確保していることを確認した。

(b) 軽油タンク

ε (-)	S_1 (m ²)	S_2 (m ²)	h (W/(m ² ·K))	C (J/K)
0.9	224	224	17	8.72×10^8

T_{air} (°C)	T_0 (°C)	H (m)	W (m)	Rf (kW/m ²)
38	38	3.08	3730	100

t (s)	T (°C)
3060	225

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
2	540

結果
危険距離を評価した結果, 2m となり, その危険距離を上回る離隔距離 540m を確保していることを確認した。

(c) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲を防護する非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構成材（耐火材，断熱材及び鋼板の組合せ）のうち，耐火材及び断熱材の設置を考慮せず，保守的に鋼板のみの構造を仮定した場合における鋼板外面（受熱面側）の危険距離の評価条件及び評価結果を示す。

ε (—)	S (m ²)	h (W/(m ² ·K))	C (J/K)	T_{air} (°C)
0.96	156	17	1.27×10^7	55

T_o (°C)	H (m)	W (m)	Rf (kW/m ²)	t (s)
55	3.08	3730	100	3060

T (°C)
100

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
89	539

結果
危険距離を評価した結果，89m となり，その危険距離を上回る離隔距離 539m を確保していることを確認した。

2.1.2 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災

発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災時の外部火災の影響を考慮する施設の温度の評価結果を整理し、表 2-2 に示す。

(1) 温度の評価条件及び評価結果

a. 軽油タンク火災

(a) 建屋（原子炉建屋）の評価条件及び評価結果

軽油タンクに最も近い距離にある建屋は、原子炉建屋であることから以下に建屋表面温度の評価条件及び評価結果を示す。

原子炉建屋と軽油タンクの位置関係及び離隔距離は、図 2-2 に示す。

$w \times d$ (m^2)	L (m)	H (m)	Rf (kW/m^2)	V (m^3)
289	46	28.8	42.0	565

v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)	軽油 ρ (kg/m^3)	T_0 ($^{\circ}C$)	ε ($-$)
4.79×10^{-5}	0.044	918	50	0.95

h ($W/(m^2 \cdot K)$)	c ($J/(kg \cdot K)$)	コンクリート ρ (kg/m^3)	k ($W/(m \cdot K)$)
34.9	879	2200	1.63

建屋表面温度 ($^{\circ}C$)	コンクリート 許容温度 ($^{\circ}C$)
119	200

結果
軽油タンク火災時の原子炉建屋の建屋表面温度を評価した結果、 $119^{\circ}C$ となり、コンクリート許容温度 $200^{\circ}C$ 以下であることを確認した。

(b) 軽油タンクの評価条件及び評価結果

隣接する軽油タンクの軽油温度の評価条件及び評価結果を示す。

隣接する軽油タンクと火災源の軽油タンクの位置関係及び離隔距離は、図 2-2 に示す。

$w \times d$ (m^2)	L (m)	H (m)	Rf (kW/m^2)	V (m^3)
289	12	28.8	42.0	565

v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)	軽油 ρ (kg/m^3)	T_{air} ($^{\circ}C$)	T_0 ($^{\circ}C$)
4.79×10^{-5}	0.044	918	38	38

ε (-)	S_1 (m^2)	S_2 (m^2)	h ($W/(m^2 \cdot K)$)	C (J/K)
0.9	224	224	17	8.72×10^8

軽油タンクの 軽油温度 ($^{\circ}C$)	許容温度 ($^{\circ}C$)
179	225

結果
軽油タンク火災時の隣接する軽油タンクの軽油温度を評価した結果、 $179^{\circ}C$ となり、許容温度 $225^{\circ}C$ 以下であることを確認した。

(c) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）の評価条件及び評価結果

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲を防護する非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構成材（耐火材、断熱材及び鋼板の組合せ）による耐火性能を考慮した場合における同防護板内部の非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度の評価条件及び評価結果を示す。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）と軽油タンクの位置関係及び離隔距離は、図 2-2 に示す。

$w \times d$ (m^2)	L (m)	H (m)	Rf (kW/m^2)	V (m^3)
289	9	28.8	42.0	565

v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)	軽油 ρ (kg/m^3)	T_0 ($^{\circ}C$)	T_{air} ($^{\circ}C$)
4.79×10^{-5}	0.044	918	38	55

h_{in} ($W/(m^2 \cdot K)$)	A (m^2)	V_p (m^3)	空気 c_p ($J/(kg \cdot K)$)	空気 ρ (kg/m^3)
10.2	92.1	47.5	1007	1.112

耐火材		
c_p ($J/(kg \cdot K)$)	ρ (kg/m^3)	λ ($W/(m \cdot K)$)
830	220	0.079

断熱材 1		
c_p ($J/(kg \cdot K)$)	ρ (kg/m^3)	λ ($W/(m \cdot K)$)
560	300	0.033

鋼板		
c_p ($J/(kg \cdot K)$)	ρ (kg/m^3)	λ ($W/(m \cdot K)$)
473	7860	51.6

断熱材 2		
c_p ($J/(kg \cdot K)$)	ρ (kg/m^3)	λ ($W/(m \cdot K)$)
915	127.5	0.038

非常用ディーゼル 発電設備燃料移送 ポンプの周囲温度 (°C)	許容温度 (°C)
58	100

結果
軽油タンク火災時の非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度を評価した結果、58°Cとなり、許容温度 100°C以下であることを確認した。

b. 主変圧器火災

(a) 建屋（コントロール建屋）の評価条件及び評価結果

主変圧器（6号機）は建屋に最も近く、評価上厳しくなる建屋はコントロール建屋であることから以下に建屋表面温度の評価条件及び評価結果を示す。

建屋と主変圧器（6号機）の位置関係及び離隔距離は、図2-3に示す。

$w' \times d' *$ (m ²)	L (m)	H (m)	Rf (kW/m ²)	V (m ³)
150	13	20.7	23.0	200

注記*：主変圧器の投影面積

v (m/s)	M (kg/(m ² ・s))	重油 ρ (kg/m ³)	T_0 (°C)	ϵ (-)
3.65×10^{-5}	0.035	960	50	0.95

h (W/(m ² ・K))	c (J/(kg・K))	コンクリート ρ (kg/m ³)	k (W/(m・K))
34.9	879	2200	1.63

建屋表面温度 (°C)	コンクリート 許容温度 (°C)
184	200

結果
主変圧器火災時のコントロール建屋の建屋表面温度を評価した結果、184°Cとなり、コンクリート許容温度 200°C以下であることを確認した。

(b) 軽油タンクの評価条件及び評価結果

軽油タンクの軽油温度の評価条件及び評価結果を示す。

軽油タンクと主変圧器（7号機）の位置関係及び離隔距離は、図2-3に示す。

$w' \times d' *$ (m^2)	L (m)	H (m)	Rf (kW/m^2)	V (m^3)
155	67	21.1	23.0	214

注記*：主変圧器の投影面積

v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)	重油 ρ (kg/m^3)	T_{air} ($^{\circ}C$)	T_0 ($^{\circ}C$)
3.65×10^{-5}	0.035	960	38	38

ϵ (-)	S_1 (m^2)	S_2 (m^2)	h ($W/(m^2 \cdot K)$)	C (J/K)
0.9	224	224	17	8.72×10^8

軽油タンクの 軽油温度 ($^{\circ}C$)	許容温度 ($^{\circ}C$)
42	225

結果
主変圧器火災時の軽油タンクの軽油温度を評価した結果、 $42^{\circ}C$ となり、許容温度 $225^{\circ}C$ 以下であることを確認した。

(c) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）の評価条件及び評価結果

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲を防護する非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構成材（耐火材、断熱材及び鋼板の組合せ）のうち、耐火材及び断熱材の設置を考慮せず、保守的に鋼板のみの構造を仮定した場合における鋼板外面（受熱面側）の評価条件及び評価結果を示す。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）と主変圧器（7号機）の位置関係及び離隔距離は、図2-3に示す。

$w' \times d' \text{ *1}$ (m^2)	L (m)	H (m)	Rf (kW/m^2)	V (m^3)
155	60	21.1	23.0	214

v (m/s)	M ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)	重油 ρ (kg/m^3)	T_{air} ($^{\circ}\text{C}$)	T_0 ($^{\circ}\text{C}$)
3.65×10^{-5}	0.035	960	55	55

ε (-)	S (m^2)	h ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)	C (J/K)
0.96	156	17	1.27×10^7

非常用ディーゼル 発電設備燃料移送 ポンプの周囲温度*2 ($^{\circ}\text{C}$)	許容温度 ($^{\circ}\text{C}$)
73	100

注記*1 : 主変圧器の投影面積

*2 : 評価上厳しくなるよう、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板鋼板外面（受熱面側）の温度を非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度とみなす。

結果
主変圧器火災時の非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板鋼板外面（受熱面側）の温度を非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度として評価した結果、73 $^{\circ}\text{C}$ となり、許容温度 100 $^{\circ}\text{C}$ 以下であることを確認した。

- c. 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(B-2)入力変圧器 (6号機) 火災
 (a) 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (6号機) 基礎・屋上床躯体境界面の温度の評価条件及び評価結果

$w' \times d' \text{ *1}$ (m^2)	Rf (kW/m^2)	V (m^3)	v (m/s)	M ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)
23.9	23.0	13.7	3.65×10^{-5}	0.035

重油 ρ (kg/m^3)	T_0 ($^{\circ}\text{C}$)	変圧器 基礎上面 $T_i \text{ *2}$ ($^{\circ}\text{C}$)	c_p ($\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$)	コンクリート ρ (kg/m^3)
960	50	360	879	2200

λ ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)
1.63

建屋表面温度*3 ($^{\circ}\text{C}$)	コンクリート 許容温度 ($^{\circ}\text{C}$)
45	200

注記*1 : 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (6号機) の投影面積

*2 : 絶縁油の液面火災において、絶縁油 (炎の直下の部分) の温度は沸点近傍で安定すると考えられることから、本評価では加熱温度として絶縁油の沸点 (360°C) を用いる。大規模石油タンクの燃焼に関する研究報告書 (平成 11 年、自治省消防庁消防研究所) には、直径 10m のタンクの原油を燃焼させる実験を行った際の原油の温度が掲載されており、これによると最高温度は 350°C 程度であることが示されている。

*3 : 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (6号機) 基礎・屋上床躯体境界面の温度を建屋表面温度とみなす。

結果
原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (6号機) 火災時の原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (6号機) 基礎・屋上床躯体境界面の温度をコントロール建屋の建屋表面温度として評価した結果、 45°C となり、コンクリート許容温度 200°C 以下であることを確認した。

(b) コントロール建屋屋上床躯体表面の評価条件及び評価結果

$w' \times d' \text{ *1}$ (m^2)	L (m)	H (m)	Rf (kW/m^2)	V (m^3)
23.9	5	9.07	23.0	13.7

v (m/s)	M ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)	重油 ρ (kg/m^3)	T_0 ($^{\circ}\text{C}$)	c_p ($\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$)
3.65×10^{-5}	0.035	960	50	879

コンクリート ρ (kg/m^3)	λ ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)
2200	1.63

建屋表面温度*2 ($^{\circ}\text{C}$)	コンクリート 許容温度 ($^{\circ}\text{C}$)
118	200

注記*1 : 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (6号機) の投影面積

*2 : コントロール建屋屋上床躯体表面の温度を建屋表面温度とみなす。

結果
原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器 (6号機) 火災時のコントロール建屋屋上床躯体表面の温度をコントロール建屋の建屋表面温度として評価した結果, 118°C となり, コンクリート許容温度 200°C 以下であることを確認した。

2.1.3 航空機墜落による火災

航空機墜落による火災時の外部火災の影響を考慮する施設の温度の評価結果を整理し、表2-3に示す。

(1) 標的面積と離隔距離の評価条件及び評価結果*1

		民間航空機		自衛隊機又は米軍機	
		計器 飛行方式	有視界 飛行方式	訓練空域外を飛行中	
対象航空機		大型民間航空機 (固定翼, 回転翼)		大型軍用航空機 (固定翼, 回転翼)	小型軍用航空機 (固定翼, 回転翼)
		B747-400		KC-767	AH-1S
標的面積 A (km ²)		0.247		0.109	0.087
離 隔 距 離 L^{*2} (m)	建屋 (原子炉建屋, コントロール建屋)	242		145	118
	軽油タンク	173		76	49
	非常用ディーゼル発 電設備燃料移送ポン プ (防護板)	181		84	56

注記*1 : 航空機落下確率評価で用いる最新データによる

*2 : 航空機落下位置と外部火災の影響を考慮する施設の最短距離にそれぞれの火災源の燃焼半径を足した値

(2) 温度の評価条件及び評価結果

外部火災の影響を考慮する施設と航空機落下位置の位置関係及び離隔距離を図 2-4 に示す。

a. 建屋（原子炉建屋，コントロール建屋）

	民間航空機		自衛隊機又は米軍機	
	大型民間航空機 B747-400	大型軍用航空機 KC-767	小型軍用航空機 AH-1S	
$w' \times d' \text{ *1 (m}^2\text{)}$	606	281	13	
$L \text{ *2 (m)}$	242	145	118	
$H \text{ (m)}$	41.7	28.4	6.10	
$Rf \text{ (kW/m}^2\text{)}$	50	58		
$V \text{ (m}^3\text{)}$	217	145	0.98	
$v \text{ (m/s)}$	6.66×10^{-5}	6.71×10^{-5}		
$M \text{ (kg/(m}^2 \cdot \text{s))}$	0.054	0.051		
燃料 $\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	810	760		
$T_0 \text{ (}^\circ\text{C)}$	50			
$\varepsilon \text{ (-)}$	0.95			
$h \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}$	34.9			
$c \text{ (J/(kg} \cdot \text{K))}$	879			
コンクリート $\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	2200			
$k \text{ (W/(m} \cdot \text{K))}$	1.63			

注記*1：燃料タンクの投影面積

*2：航空機落下位置と外部火災の影響を考慮する施設の最短距離にそれぞれの火災源の燃焼半径を足した値

	民間航空機		自衛隊機又は米軍機	
	大型民間航空機 B747-400	大型軍用航空機 KC-767	小型軍用航空機 AH-1S	
建屋表面温度(°C)	56	59	51	
コンクリート 許容温度(°C)	200	200	200	

結果

航空機墜落による火災時の建屋表面温度を評価した結果、コンクリート許容温度 200°C以下であることを確認した。

b. 軽油タンク

	民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
	大型民間航空機 B747-400	大型軍用航空機 KC-767	小型軍用航空機 AH-1S
$w' \times d' \text{ *1 (m}^2\text{)}$	606	281	13
$L \text{ *2 (m)}$	173	76	49
$H \text{ (m)}$	41.7	28.4	6.10
$Rf \text{ (kW/m}^2\text{)}$	50	58	
$V \text{ (m}^3\text{)}$	217	145	0.98
$v \text{ (m/s)}$	6.66×10^{-5}	6.71×10^{-5}	
$M \text{ (kg/(m}^2 \cdot \text{s))}$	0.054	0.051	
燃料 $\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	810	760	
$T_{air} \text{ (}^\circ\text{C)}$	38		
$T_0 \text{ (}^\circ\text{C)}$	38		
$\epsilon \text{ (-)}$	0.9		
$S_1 \text{ (m}^2\text{)}$	224		
$S_2 \text{ (m}^2\text{)}$	224		
$h \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}$	17		
$C \text{ (J/K)}$	8.72×10^8		

注記*1 : 燃料タンクの投影面積

*2 : 航空機落下位置と外部火災の影響を考慮する施設の最短距離にそれぞれの火災源の燃焼半径を足した値

	民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
	大型民間航空機 B747-400	大型軍用航空機 KC-767	小型軍用航空機 AH-1S
軽油タンクの 軽油温度(°C)	39	41	39
許容温度(°C)	225	225	225

結果

航空機墜落による火災時の軽油タンクの軽油温度を評価した結果, 許容温度 225°C以下であることを確認した。

c. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）

	民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
	大型民間航空機 B747-400	大型軍用航空機 KC-767	小型軍用航空機 AH-1S
$w' \times d' *1$ (m ²)	606	281	13
$L *2$ (m)	181	84	56
H (m)	41.7	28.4	6.10
Rf (kW/m ²)	50	58	
V (m ³)	217	145	0.98
v (m/s)	6.66×10^{-5}	6.71×10^{-5}	
M (kg/(m ² ·s))	0.054	0.051	
燃料 ρ (kg/m ³)	810	760	
T_{air} (°C)	55		
T_0 (°C)	55		
ε (-)	0.96		
S (m ²)	156		
h (W/(m ² ·K))	17		
C (J/K)	1.27×10^7		

注記*1：燃料タンクの投影面積

*2：航空機落下位置と外部火災の影響を考慮する施設の最短距離にそれぞれの火災源の燃焼半径を足した値

	民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
	大型民間航空機 B747-400	大型軍用航空機 KC-767	小型軍用航空機 AH-1S
非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度*3(°C)	66	87	56
許容温度(°C)	100	100	100

注記*3：評価上厳しくなるよう、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板鋼板外面（受熱面側）の温度を非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度とみなす。

結果
航空機墜落による火災時の非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板鋼板外面（受熱面側）の温度を非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度として評価した結果、許容温度 100°C 以下であることを確認した。

2.1.4 発電所敷地内に設置する危険物タンクの火災と航空機墜落による重畳火災

発電所敷地内の危険物タンク（軽油タンク（6号機））2基の火災と航空機（小型軍用航空機（AH-1S））墜落による重畳火災時の外部火災の影響を考慮する施設の温度の評価結果を整理し、表2-3に示す。

(1) 温度の評価条件及び評価結果

外部火災の影響を考慮する施設と航空機墜落による重畳火災の位置関係及び離隔距離を図2-5に示す。

a. 評価条件

(a) 軽油タンク（6号機（東側））の火災のパラメータ

$w \times d$ (m^2)	L (m)			H (m)
	建屋	軽油タンク	非常用ディーゼル発電 設備燃料移送ポンプ (防護板)	
289	109	178	172	28.8

Rf (kW/m^2)	V (m^3)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)	軽油 ρ (kg/m^3)
42.0	565	4.79×10^{-5}	0.044	918

(b) 軽油タンク（6号機（西側））の火災のパラメータ

$w \times d$ (m^2)	L (m)			H (m)
	建屋	軽油タンク	非常用ディーゼル発電 設備燃料移送ポンプ (防護板)	
289	100	179	172	28.8

Rf (kW/m^2)	V (m^3)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)	軽油 ρ (kg/m^3)
42.0	565	4.79×10^{-5}	0.044	918

(c) 航空機墜落による火災（小型軍用航空機（AH-1S））のパラメータ

$w' \times d' \text{ *1}$ (m^2)	L^{*2} (m)			H (m)
	建屋	軽油タンク	非常用ディーゼル発電 設備燃料移送ポンプ (防護板)	
13	118	182	175	6.10

Rf (kW/m^2)	V (m^3)	v (m/s)	M ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)	燃料 ρ (kg/m^3)
58.0	0.98	6.71×10^{-5}	0.051	760

注記*1：燃料タンクの投影面積

*2：航空機落下確率評価で用いる最新データによる

(d) 建屋（コントロール建屋）物性値

T_0 ($^{\circ}\text{C}$)	ϵ (—)	h ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)	c ($\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$)	コンクリート ρ (kg/m^3)
50	0.95	34.9	879	2200

k ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)
1.63

(e) 軽油タンク物性値

T_{air} ($^{\circ}\text{C}$)	T_0 ($^{\circ}\text{C}$)	ϵ (—)	S_1 (m^2)	S_2 (m^2)
38	38	0.9	224	224

h ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)	C (J/K)
17	8.72×10^8

(f) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）物性値

T_{air} (°C)	T_0 (°C)	ϵ (-)	S (m ²)	h (W/(m ² ·K))
55	55	0.96	156	17

C (J/K)
1.27×10^7

b. 評価結果

(a) 建屋（コントロール建屋）

建屋表面温度 (°C)	コンクリート 許容温度 (°C)
79	200

結果
発電所敷地内の危険物タンク（軽油タンク（6号機））2基の火災と航空機（小型軍用航空機（AH-1S））墜落による火災が同時に発生した場合の建屋表面温度を評価した結果、79°Cとなり、コンクリート許容温度200°C以下であることを確認した。

(b) 軽油タンク

軽油タンクの 軽油温度 (°C)	許容温度 (°C)
46	225

結果
発電所敷地内の危険物タンク（軽油タンク（6号機））2基の火災と航空機（小型軍用航空機（AH-1S））墜落による火災が同時に発生した場合の軽油タンクの軽油温度を評価した結果、46°Cとなり、許容温度225°C以下であることを確認した。

(c) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）

非常用ディーゼル 発電設備燃料移送 ポンプの周囲温度* (°C)	許容温度 (°C)
70	100

注記*：評価上厳しくなるよう、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板鋼板外面（受熱面側）の温度を非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度とみなす。

結果
発電所敷地内の危険物タンク（軽油タンク（6号機））2基の火災と航空機（小型軍用航空機（AH-1S））墜落による火災が同時に発生した場合の非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの周囲温度を評価した結果、70°Cとなり、許容温度100°C以下であることを確認した。

2.2 発電所敷地外の火災・爆発源に対する評価条件及び評価結果

2.2.1 石油コンビナート施設の火災・爆発

発電所敷地外 10km 以内に石油コンビナート施設は存在しないことを確認している。新潟県石油コンビナート等防災計画に定められている特別防災区域は計 3 箇所ある。そのうち柏崎刈羽原子力発電所に最も近い地区は、南西約 39km の直江津地区に存在している。新潟県内の石油コンビナート等特別防災区域の位置を図 2-6 に示す。

2.2.2 危険物貯蔵施設の火災

危険物貯蔵施設の火災時の外部火災の影響を考慮する施設の危険距離の評価結果を整理し、表 2-4 に示す。また、外部火災の影響を考慮する施設と危険物貯蔵施設の離隔距離は、図 2-7 に示す。

(1) 危険距離の評価条件及び評価結果

a. 建屋（コントロール建屋）

$w \times d$ (m^2)	H (m)
1240	59.7

原油				
Rf (kW/m^2)	V (m^3)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)	ρ (kg/m^3)
41	1090	2.50×10^{-5}	0.022	880

メタノール				
Rf (kW/m^2)	V (m^3)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)	ρ (kg/m^3)
9.8	18	2.14×10^{-5}	0.017	796

T_0 ($^{\circ}C$)	ε (—)	h ($W/(m^2 \cdot K)$)	c ($J/(kg \cdot K)$)	コンクリート ρ (kg/m^3)
50	0.95	34.9	879	2200

k ($W/(m \cdot K)$)	T ($^{\circ}C$)
1.63	200

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
56	2300

結果
危険距離を評価した結果、56m となり、その危険距離を上回る離隔距離 2300m を確保していることを確認した。

b. 軽油タンク

$w \times d$ (m ²)	H (m)
1240	59.7

原油				
Rf (kW/m ²)	V (m ³)	v (m/s)	M (kg/(m ² ·s))	ρ (kg/m ³)
41	1090	2.50×10^{-5}	0.022	880

メタノール				
Rf (kW/m ²)	V (m ³)	v (m/s)	M (kg/(m ² ·s))	ρ (kg/m ³)
9.8	18	2.14×10^{-5}	0.017	796

T_{air} (°C)	T_0 (°C)	ε (—)	S_1 (m ²)	S_2 (m ²)
38	38	0.9	224	224

h (W/(m ² ·K))	C (J/K)	T (°C)
17	8.72×10^8	225

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
20	2200

結果
危険距離を評価した結果、20m となり、その危険距離を上回る離隔距離 2200m を確保していることを確認した。

c. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（防護板）

$w \times d$ (m^2)	H (m)
1240	59.7

原油				
Rf (kW/m^2)	V (m^3)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)	ρ (kg/m^3)
41	1090	2.50×10^{-5}	0.022	880

メタノール				
Rf (kW/m^2)	V (m^3)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)	ρ (kg/m^3)
9.8	18	2.14×10^{-5}	0.017	796

T_{air} ($^{\circ}C$)	T_0 ($^{\circ}C$)	ε (—)	S (m^2)	h ($W/(m^2 \cdot K)$)
55	55	0.96	156	17

C (J/K)	T ($^{\circ}C$)
1.27×10^7	100

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
139	2200

結果
危険距離を評価した結果、139m となり、その危険距離を上回る離隔距離 2200m を確保していることを確認した。

2.2.3 高圧ガス貯蔵施設の火災・爆発

(1) 高圧ガス貯蔵施設の火災

高圧ガス貯蔵施設の火災時の外部火災の影響を考慮する施設の危険距離の評価結果を整理し、表2-4に示す。また、外部火災の影響を考慮する施設と高圧ガス貯蔵施設の離隔距離は、図2-8に示す。

a. 危険距離の評価条件及び評価結果

(a) 建屋（原子炉建屋）

$w \times d$ (m^2)	H (m)
271	27.9

プロパン			
Rf (kW/m^2)	m (kg)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)
74	65000	1.69×10^{-4}	0.099

T_0 ($^{\circ}C$)	ε (—)	h ($W/(m^2 \cdot K)$)	c ($J/(kg \cdot K)$)	コンクリート ρ (kg/m^3)
50	0.95	34.9	879	2200

k ($W/(m \cdot K)$)	T ($^{\circ}C$)
1.63	200

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
30	5000

結果
危険距離を評価した結果、30mとなり、その危険距離を上回る離隔距離5000mを確保していることを確認した。

(b) 軽油タンク

$w \times d$ (m^2)	H (m)
271	27.9

プロパン			
Rf (kW/m^2)	m (kg)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)
74	65000	1.69×10^{-4}	0.099

T_{air} ($^{\circ}C$)	T_0 ($^{\circ}C$)	ϵ (—)	S_1 (m^2)	S_2 (m^2)
38	38	0.9	224	224

h ($W/(m^2 \cdot K)$)	C (J/K)	T ($^{\circ}C$)
17	8.72×10^8	225

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
10	5000

結果
危険距離を評価した結果、10m となり、その危険距離を上回る離隔距離 5000m を確保していることを確認した。

(c) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ (防護板)

$w \times d$ (m^2)	H (m)
271	27.9

プロパン			
Rf (kW/m^2)	m (kg)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)
74	65000	1.69×10^{-4}	0.099

T_{air} (°C)	T_0 (°C)	ε (—)	S (m ²)	h (W/(m ² ·K))
55	55	0.96	156	17

C (J/K)	T (°C)
1.27×10^7	100

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
54	5000

結果
危険距離を評価した結果、54m となり、その危険距離を上回る離隔距離 5000m を確保していることを確認した。

(2) 高圧ガス貯蔵施設の爆発

高圧ガス貯蔵施設の爆発時の危険限界距離及び容器破裂時における破片の最大飛散距離の評価結果を整理し、それぞれ表 2-5 及び表 2-6 に示す。また、外部火災の影響を考慮する施設と高圧ガス貯蔵施設の離隔距離は、図 2-8 に示す。

a. 危険限界距離の評価条件及び評価結果

λ ($\text{m} \cdot \text{kg}^{-1/3}$)	K (—)	W (—)
14.4	888×10^3	65

	建屋 (原子炉建屋)	軽油タンク	非常用ディーゼル 発電設備燃料移送ポンプ (防護板)
危険限界距離 (m)	223		
離隔距離 (m)	5000	5000	5000

結果
ガス爆発の爆風圧が人体に対して影響を与えない 0.01MPa となる危険限界距離を評価した結果、223m となり、その危険限界距離を上回る離隔距離を確保していることを確認した。

b. 容器破裂時における破片の最大飛散距離の評価条件及び評価結果

M (kg)
30000

	建屋 (原子炉建屋)	軽油タンク	非常用ディーゼル 発電設備燃料移送ポンプ (防護板)
最大飛散距離 (m)	1400		
離隔距離 (m)	5000	5000	5000

結果
容器破裂時における破片の最大飛散距離を評価した結果、1400m となり、その最大飛散距離を上回る離隔距離を確保していることを確認した。

2.2.4 燃料輸送車両の火災・爆発

(1) 燃料輸送車両の火災

燃料輸送車両の火災時の外部火災の影響を考慮する施設の危険距離の評価結果を整理し、表2-4に示す。また、外部火災の影響を考慮する施設と燃料輸送車両の位置関係及び離隔距離は、図2-9に示す。

a. 危険距離の評価条件及び評価結果

(a) 建屋（コントロール建屋）

$w' \times d'$ (m^2)	H (m)
41.3	10.9

プロパン			
Rf (kW/m^2)	m (kg)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)
74	16000	1.69×10^{-4}	0.099

T_o ($^{\circ}C$)	ϵ (—)	h ($W/(m^2 \cdot K)$)	c ($J/(kg \cdot K)$)	コンクリート ρ (kg/m^3)
50	0.95	34.9	879	2200

k ($W/(m \cdot K)$)	T ($^{\circ}C$)
1.63	200

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
13	893

結果
危険距離を評価した結果、13mとなり、その危険距離を上回る離隔距離893mを確保していることを確認した。

(b) 軽油タンク

$w' \times d'$ (m^2)	H (m)
41.3	10.9

プロパン			
Rf (kW/m^2)	m (kg)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)
74	16000	1.69×10^{-4}	0.099

T_{air} ($^{\circ}C$)	T_0 ($^{\circ}C$)	ϵ (—)	S_1 (m^2)	S_2 (m^2)
38	38	0.9	224	224

h ($W/(m^2 \cdot K)$)	C (J/K)	T ($^{\circ}C$)
17	8.72×10^8	225

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
4	962

結果
危険距離を評価した結果、4m となり、その危険距離を上回る離隔距離 962m を確保していることを確認した。

(c) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ (防護板)

$w' \times d'$ (m^2)	H (m)
41.3	10.9

プロパン			
Rf (kW/m^2)	m (kg)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)
74	16000	1.69×10^{-4}	0.099

T_{air} (°C)	T_0 (°C)	ε (—)	S (m ²)	h (W/(m ² ·K))
55	55	0.96	156	17

C (J/K)	T (°C)
1.27×10^7	100

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
26	952

結果
危険距離を評価した結果、26m となり、その危険距離を上回る離隔距離 952m を確保していることを確認した。

(2) 燃料輸送車両の爆発

燃料輸送車両の爆発時の危険限界距離及び容器破裂時における破片の最大飛散距離の評価結果を整理し、それぞれ表 2-5 及び表 2-6 に示す。また、外部火災の影響を考慮する施設と燃料輸送車両の位置関係及び離隔距離は、図 2-9 に示す。

a. 危険限界距離の評価条件及び評価結果

λ ($\text{m} \cdot \text{kg}^{-1/3}$)	K (—)	W (—)
14.4	888×10^3	4

	建屋 (コントロール 建屋)	軽油タンク	非常用ディーゼル 発電設備燃料移送ポンプ (防護板)
危険限界距離 (m)	88		
離隔距離 (m)	893	962	952

結果
ガス爆発の爆風圧が人体に対して影響を与えない 0.01MPa となる危険限界距離を評価した結果、88m となり、その危険限界距離を上回る離隔距離を確保していることを確認した。

b. 容器破裂時における破片の最大飛散距離の評価条件及び評価結果

	鋼製パイプ (はしご)	鋼製材 (バンパー)	鋼板 (タンク本体)	備考
V_0 (m/s)	200	200	200	飛来物の初期速度
M (kg)	69.3	530	3240	飛来物の重量
L_1 (m)	16.5	16.5	2.5	飛来物の寸法 (車両制限令等をもと に設定)
L_2 (m)	0.05	0.3	16.5	
L_3 (m)	0.05	0.2	0.01	
ρ (kg/m ³)	1.22	1.22	1.22	空気密度
g (m/s ²)	9.81	9.81	9.81	重力加速度
θ (°)	31	30	29	感度解析により求めた 最大飛散距離となる 飛散角
A (m ²)	$A_1:0.825$ $A_2:0.002$ $A_3:0.825$	$A_1:4.95$ $A_2:0.06$ $A_3:3.3$	$A_1:41.25$ $A_2:0.165$ $A_3:0.025$	—
C_D (m ²)	$C_{D1}:0.7$ $C_{D2}:2.0$ $C_{D3}:0.7$	$C_{D1}:1.2$ $C_{D2}:2.0$ $C_{D3}:1.2$	$C_{D1}:2.0$ $C_{D2}:2.0$ $C_{D3}:2.0$	流体抗力係数
y_0 (m)	13	13	13	燃料輸送車両の爆発地 点 (EL. 25m) と評価地 点 (EL. 12m) の高低差
x (m)	556	511	409	運動方程式を用いて, $y = -13^*$ となるとき の飛散距離

注記* : 燃料輸送車両の爆発地点の高さを 0m と仮定した場合の評価地点の高さ

飛来物の種類	鋼製パイプ (はしご)	鋼製材 (バンパー)	鋼板 (タンク本体)
最大飛散距離 (m)	556	511	409
離 隔 距 離 (m)	建屋 (コントロール建屋)	893	
	軽油タンク	962	
	非常用ディーゼル 発電設備燃料移送 ポンプ (防護板)	952	

結果
容器破裂時における破片の最大飛散距離を詳細評価した結果、それぞれの飛来物の最大飛散距離を上回る離隔距離を確保していることを確認した。

2.2.5 漂流船舶の火災・爆発

(1) 漂流船舶の火災

漂流船舶の火災時の外部火災の影響を考慮する施設の危険距離の評価結果を整理し、表2-4に示す。また、外部火災の影響を考慮する施設と漂流船舶の位置関係及び離隔距離は、図2-10に示す。

a. 危険距離の評価条件及び評価結果

(a) 建屋（原子炉建屋）

$w' \times d'$ (m^2)	H (m)
881	50.2

プロパン			
Rf (kW/m^2)	m (kg)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)
74	1020000	1.69×10^{-4}	0.099

T_0 ($^{\circ}C$)	ϵ (—)	h ($W/(m^2 \cdot K)$)	c ($J/(kg \cdot K)$)	コンクリート ρ (kg/m^3)
50	0.95	34.9	879	2200

k ($W/(m \cdot K)$)	T ($^{\circ}C$)
1.63	200

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
66	273

結果
危険距離を評価した結果、66mとなり、その危険距離を上回る離隔距離273mを確保していることを確認した。

(b) 軽油タンク

$w' \times d'$ (m^2)	H (m)
881	50.2

プロパン			
Rf (kW/m^2)	m (kg)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)
74	1020000	1.69×10^{-4}	0.099

T_{air} ($^{\circ}C$)	T_0 ($^{\circ}C$)	ϵ (—)	S_1 (m^2)	S_2 (m^2)
38	38	0.9	224	224

h ($W/(m^2 \cdot K)$)	C (J/K)	T ($^{\circ}C$)
17	8.72×10^8	225

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
17	363

結果
危険距離を評価した結果、17m となり、その危険距離を上回る離隔距離 363m を確保していることを確認した。

(c) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ (防護板)

$w' \times d'$ (m^2)	H (m)
881	50.2

プロパン			
Rf (kW/m^2)	m (kg)	v (m/s)	M ($kg/(m^2 \cdot s)$)
74	1020000	1.69×10^{-4}	0.099

T_{air} (°C)	T_0 (°C)	ε (—)	S (m ²)	h (W/(m ² ·K))
55	55	0.96	156	17

C (J/K)	T (°C)
1.27×10^7	100

危険距離 (m)	離隔距離 (m)
152	349

結果
危険距離を評価した結果、152mとなり、その危険距離を上回る離隔距離 349mを確保していることを確認した。

(2) 漂流船舶の爆発

漂流船舶の爆発時の危険限界距離の評価結果を整理し、表 2-5 に示す。また、外部火災の影響を考慮する施設と漂流船舶の位置関係及び離隔距離は、図 2-10 に示す。

a. 危険限界距離の評価条件及び評価結果

λ ($\text{m} \cdot \text{kg}^{-1/3}$)	K (—)	W (—)
14.4	888×10^3	31.95

	建屋 (原子炉建屋)	軽油タンク	非常用ディーゼル 発電設備燃料移送ポンプ (防護板)
危険限界距離 (m)	176		
離隔距離 (m)	273	363	349

結果
ガス爆発の爆風圧が人体に対して影響を与えない 0.01MPa となる危険限界距離を評価した結果、176m となり、その危険限界距離を上回る離隔距離を確保していることを確認した。

表 2-1 森林火災時の危険距離評価結果

(単位：m)

	建屋	軽油タンク	非常用ディーゼル 発電設備燃料移送ポンプ (防護板)
危険距離	21	2	89
離隔距離	504	540	539

表 2-2 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災時の温度評価結果

(単位：℃)

	建屋 (許容温度 200℃)	軽油タンク (許容温度 225℃)	非常用ディーゼル 発電設備燃料移送 ポンプ (防護板) (許容温度 100℃)
軽油タンク	119	179	58
主変圧器	184	42	73
原子炉冷却 材再循環ポ ンプ可変周 波数電源装 置 (B-2) 入力変圧器	基礎・屋上床 躯体境界面	—	—
	屋上床躯体 表面	118	—

表 2-3 航空機墜落による火災及び重畳火災時の温度評価結果

(単位：℃)

	建屋 (許容温度 200℃)	軽油タンク (許容温度 225℃)	非常用ディーゼル発電 設備燃料移送ポンプ (防護板) (許容温度 100℃)
民間航空機 B747-400	56	39	66
大型軍用航空機 KC-767	59	41	87
小型軍用航空機 AH-1S	51	39	56
軽油タンク (6号機) 及び小型軍用航空機 AH-1S	79	46	70

表 2-4 敷地外の火災源に対する危険距離評価結果

(単位：m)

	建屋	軽油タンク	非常用ディーゼル発電 設備燃料移送ポンプ (防護板)
危険物貯蔵施設	56 (離隔距離 2300m)	20 (離隔距離 2200m)	139 (離隔距離 2200m)
高圧ガス貯蔵施設	30 (離隔距離 5000m)	10 (離隔距離 5000m)	54 (離隔距離 5000m)
燃料輸送車両	13 (離隔距離 893m)	4 (離隔距離 962m)	26 (離隔距離 952m)
漂流船舶	66 (離隔距離 273m)	17 (離隔距離 363m)	152 (離隔距離 349m)

表 2-5 敷地外の爆発源に対する危険限界距離評価結果

(単位：m)

	建屋	軽油タンク	非常用ディーゼル発電 設備燃料移送ポンプ (防護板)
高圧ガス貯蔵施設	223 (離隔距離 5000m)	223 (離隔距離 5000m)	223 (離隔距離 5000m)
燃料輸送車両	88 (離隔距離 893m)	88 (離隔距離 962m)	88 (離隔距離 952m)
漂流船舶	176 (離隔距離 273m)	176 (離隔距離 363m)	176 (離隔距離 349m)

表 2-6 敷地外の爆発源に対する最大飛散距離評価結果

(単位：m)

	建屋	軽油タンク	非常用ディーゼル発電 設備燃料移送ポンプ (防護板)
高圧ガス貯蔵施設	1400 (離隔距離 5000m)	1400 (離隔距離 5000m)	1400 (離隔距離 5000m)
燃料輸送車両	556 (離隔距離 893m)	556 (離隔距離 962m)	556 (離隔距離 952m)

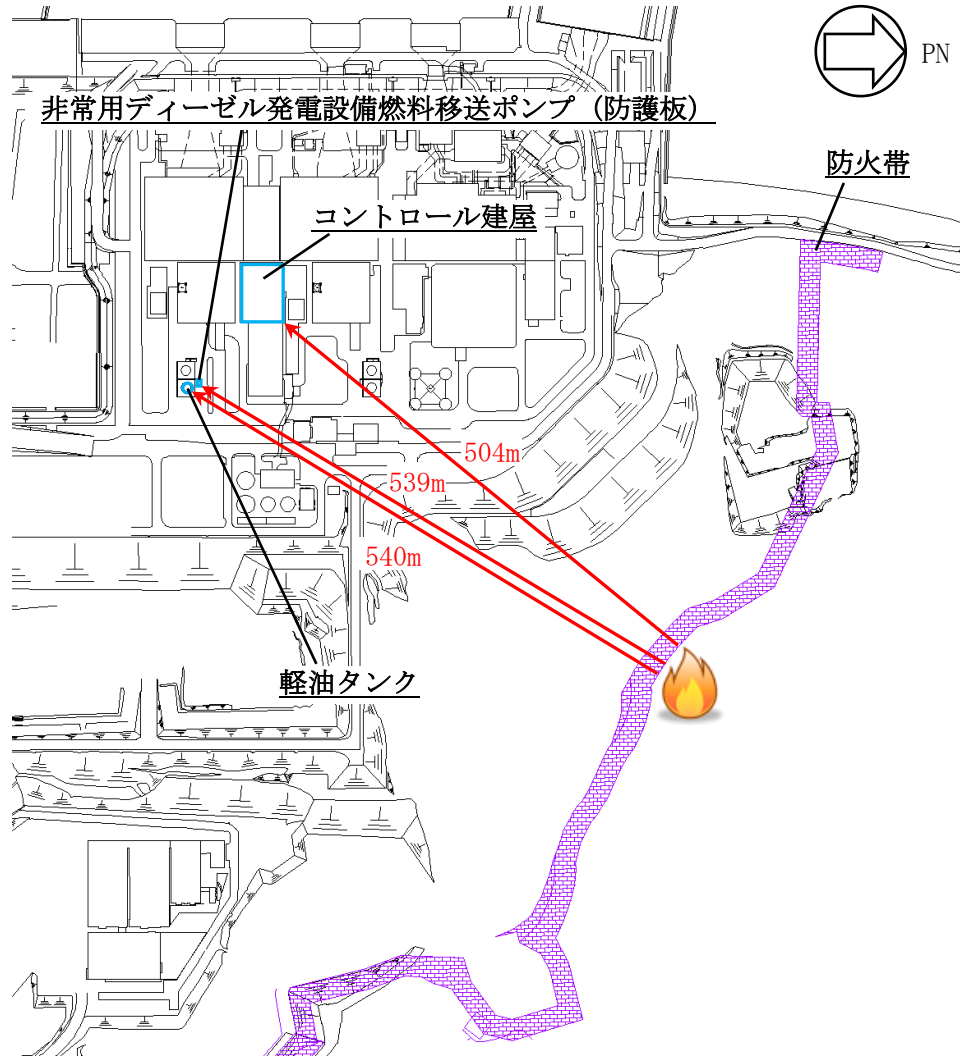


図 2-1 外部火災の影響を考慮する施設と防火帯の位置関係及び離隔距離

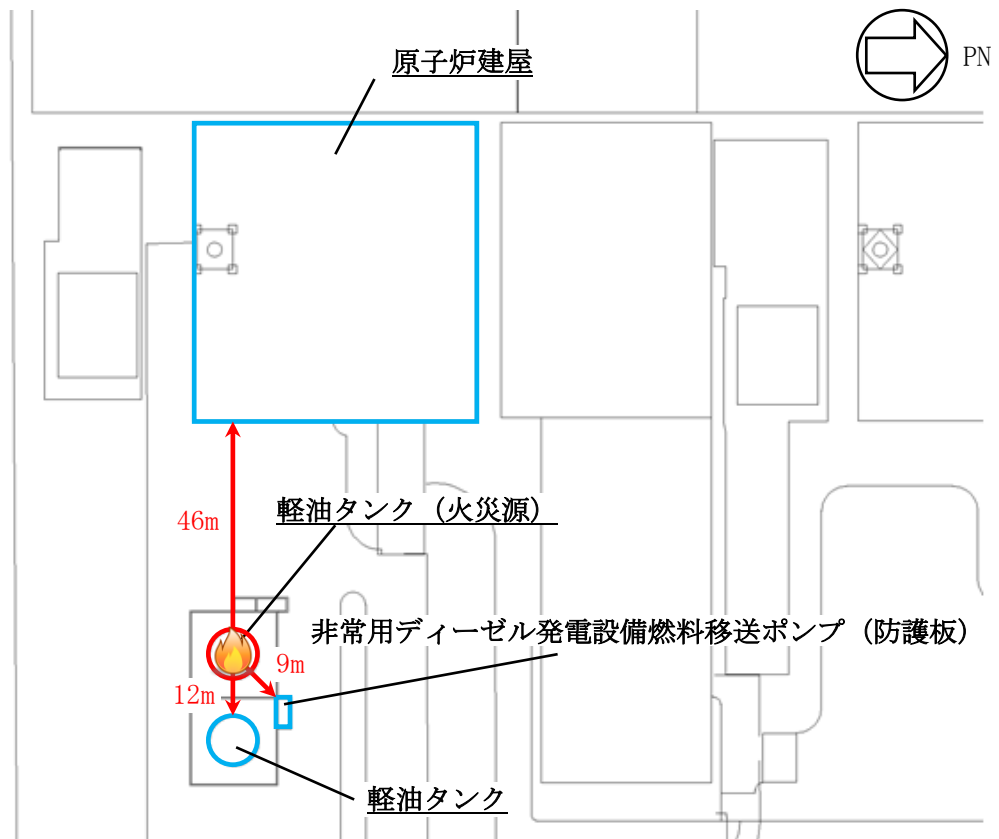


図 2-2 外部火災の影響を考慮する施設と軽油タンクの位置関係及び離隔距離

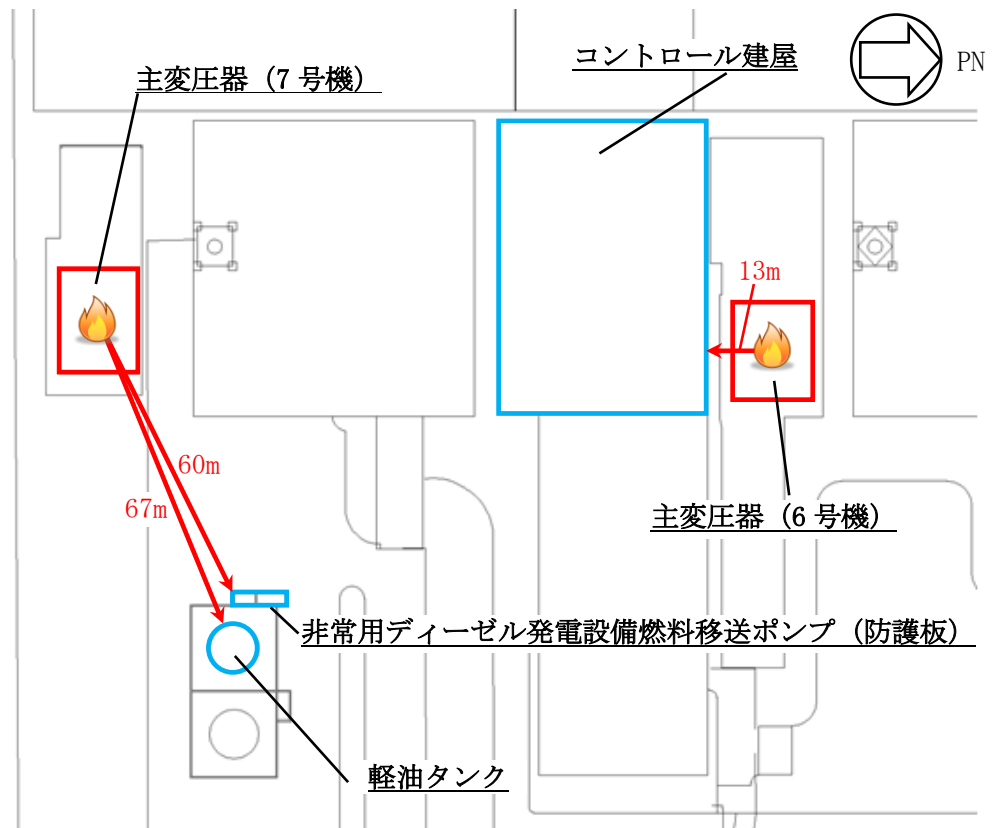


図 2-3 外部火災の影響を考慮する施設と各火災源の位置関係及び離隔距離

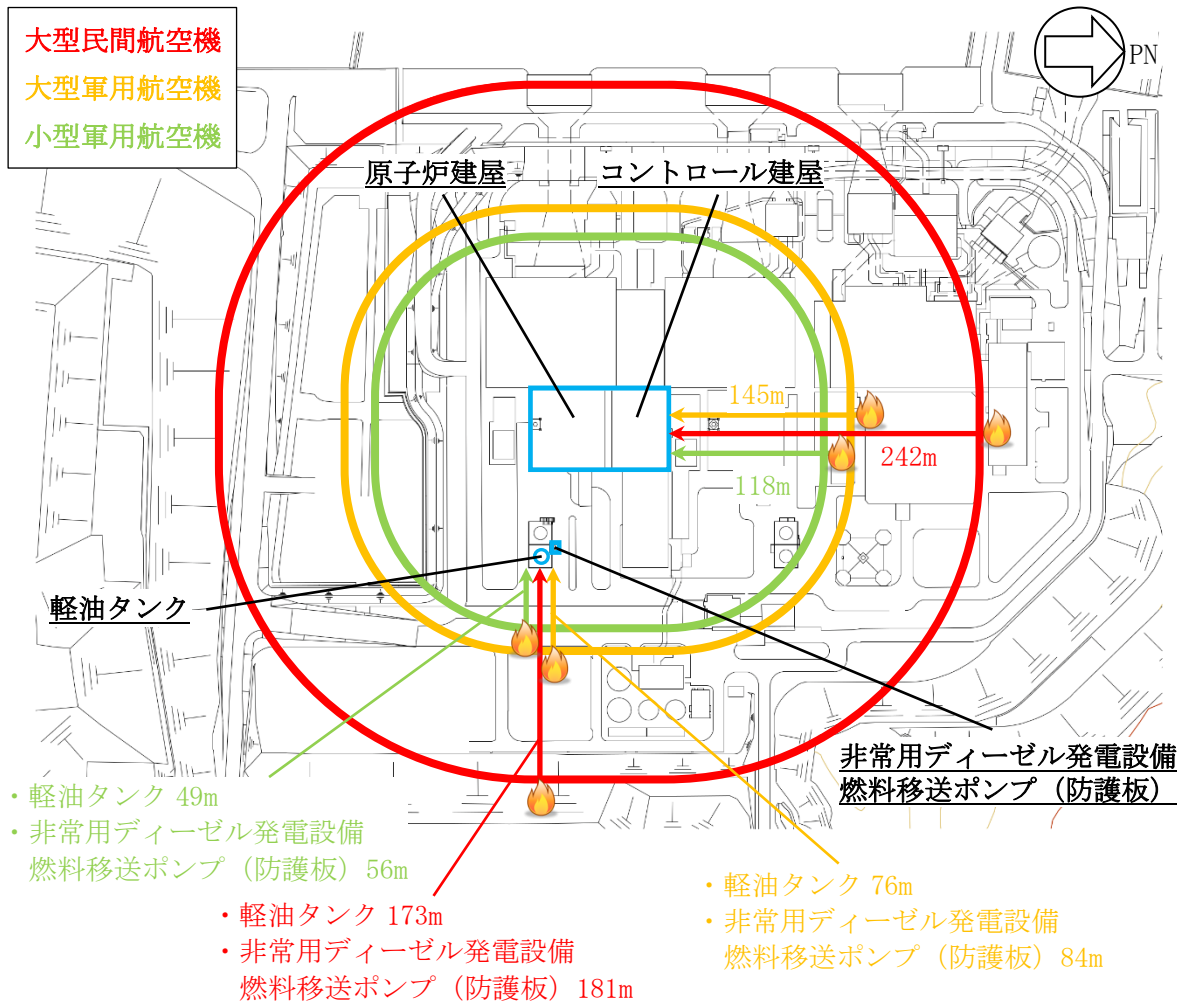


図 2-4 外部火災の影響を考慮する施設と航空機落下位置の位置関係及び離隔距離

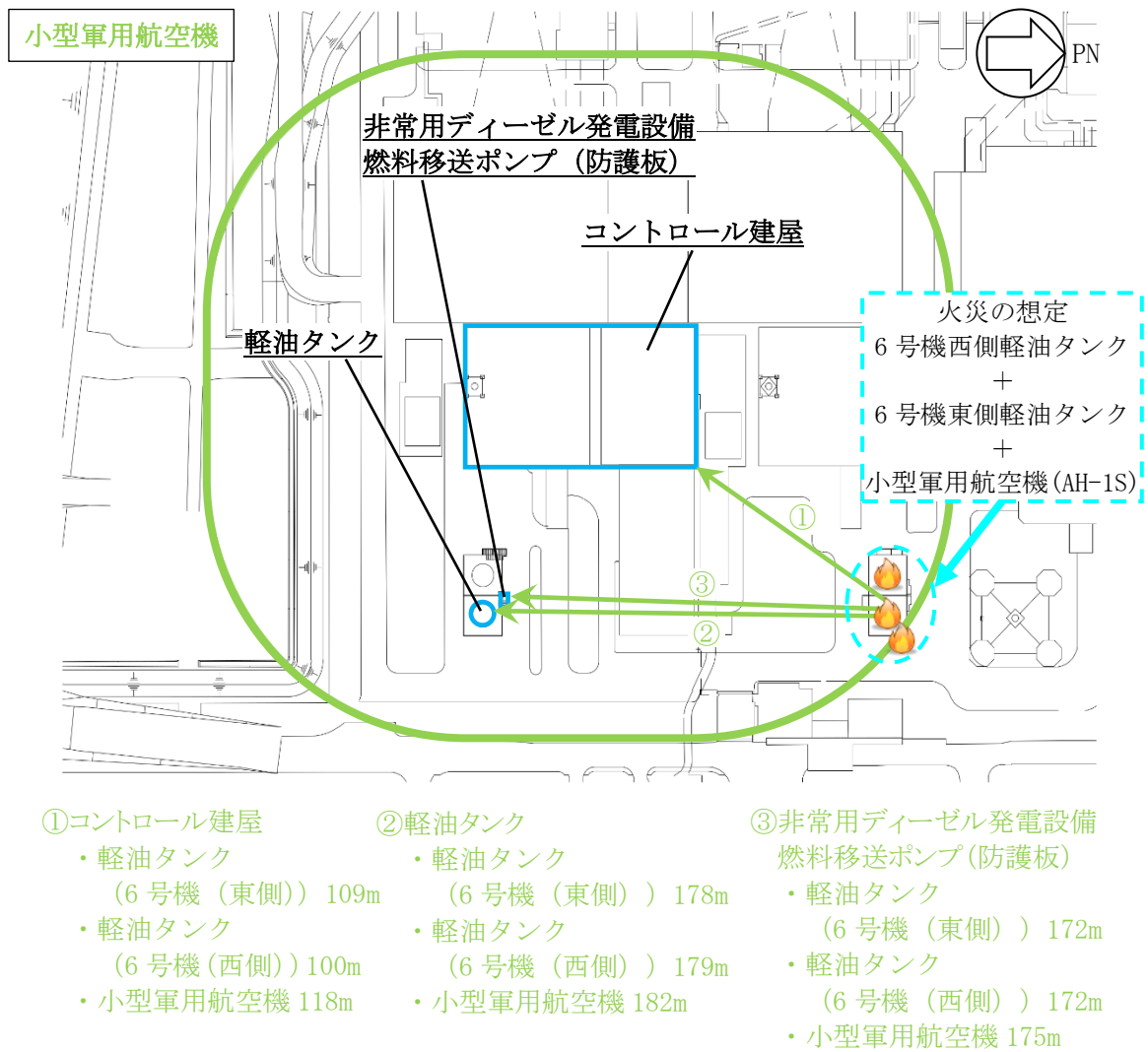


図 2-5 外部火災の影響を考慮する施設と航空機墜落による重畳火災の位置関係及び離隔距離

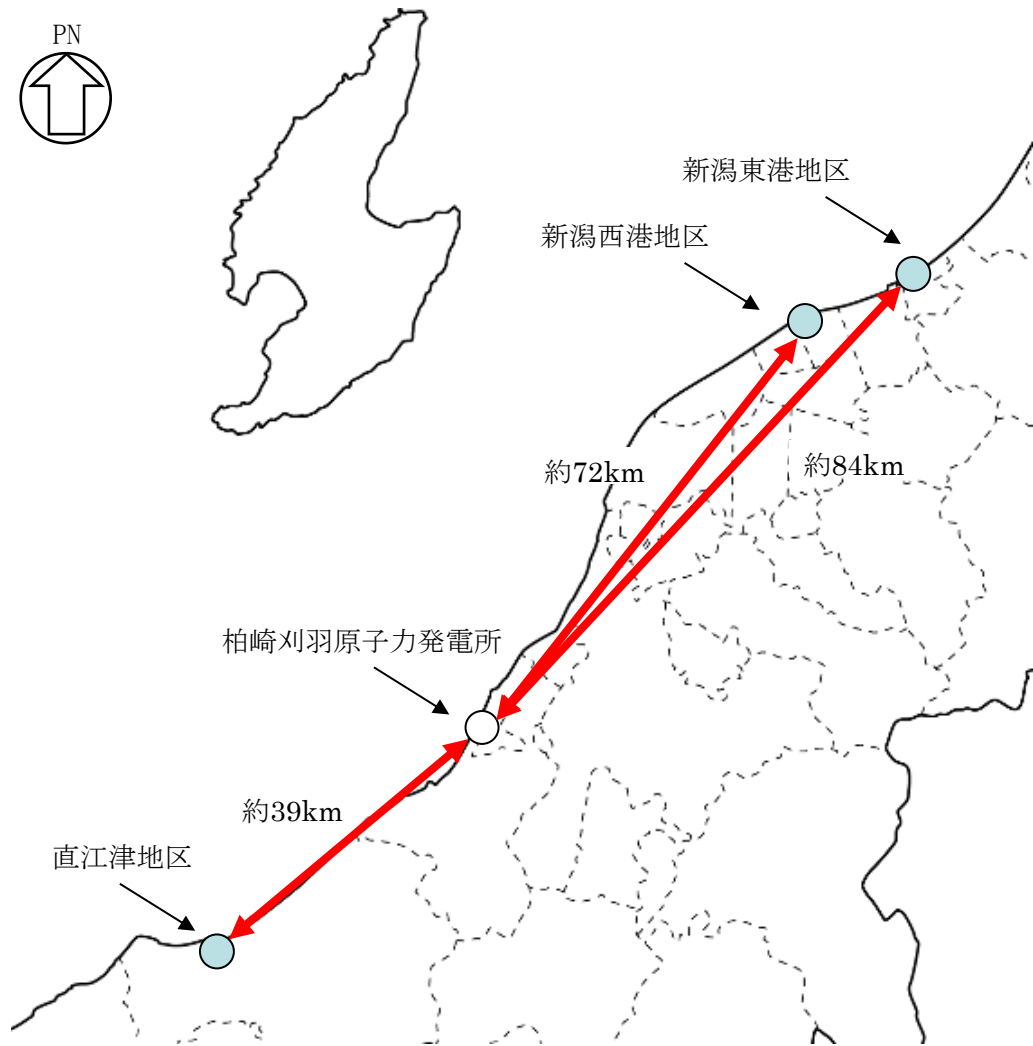


図2-6 新潟県内の石油コンビナート等特別防災区域の位置

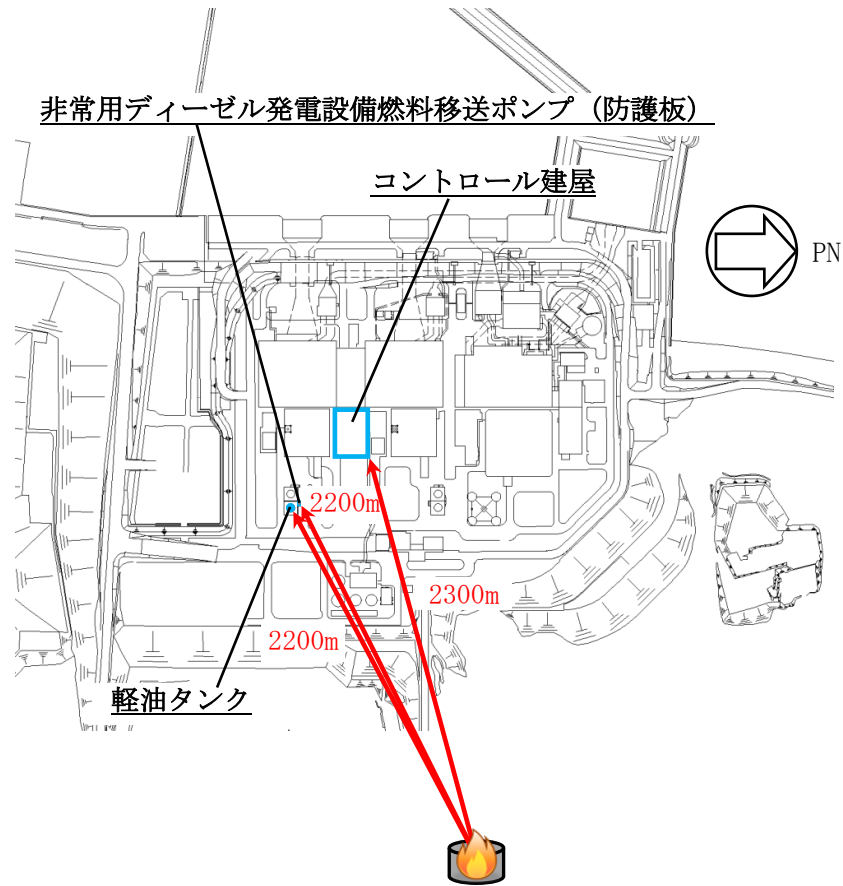


図 2-7 外部火災の影響を考慮する施設と危険物貯蔵施設の離隔距離

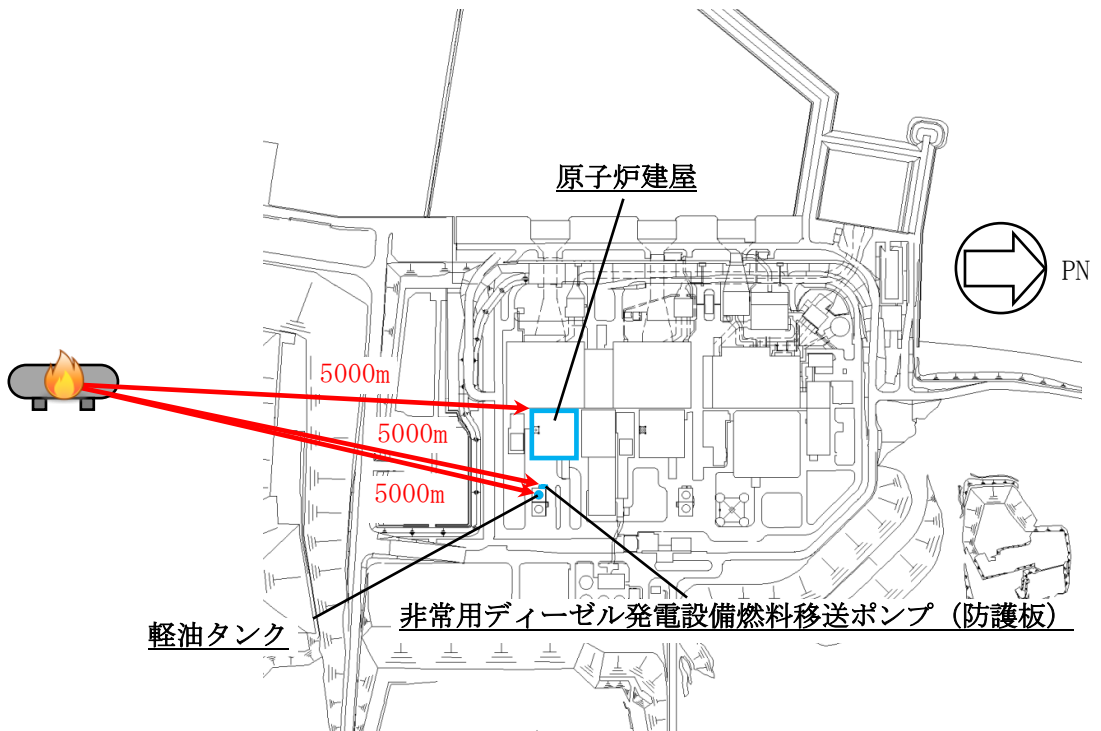


図 2-8 外部火災の影響を考慮する施設と高圧ガス貯蔵施設の離隔距離

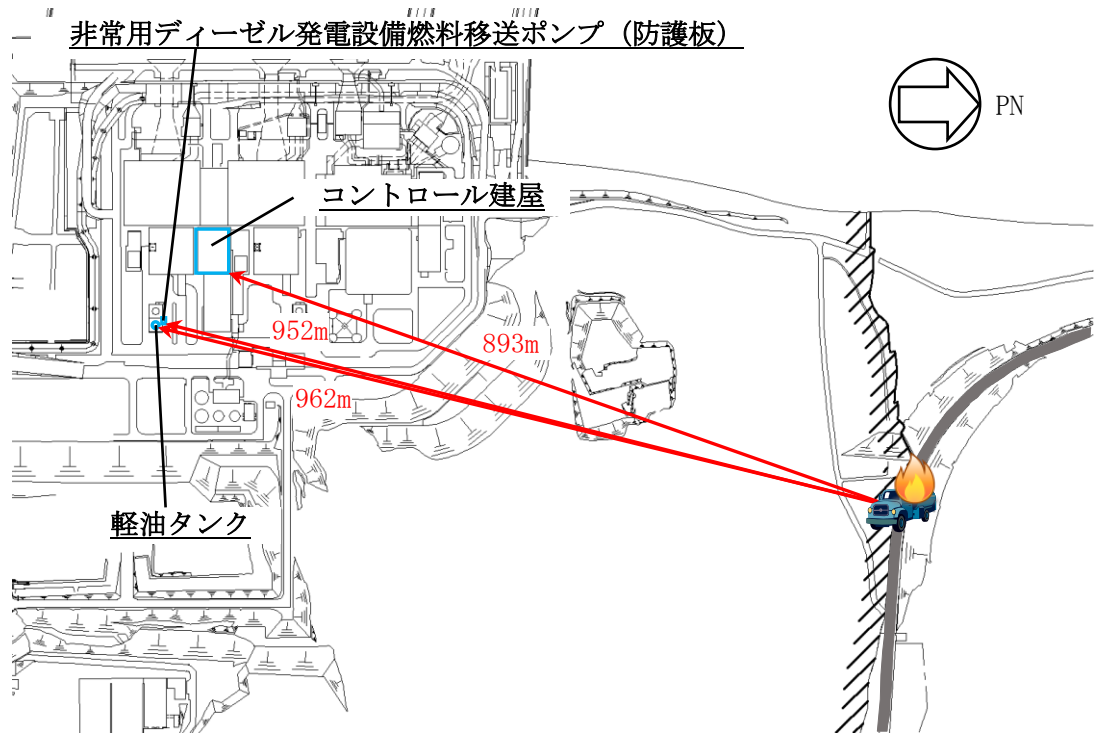


図 2-9 外部火災の影響を考慮する施設と燃料輸送車両の位置関係及び離隔距離

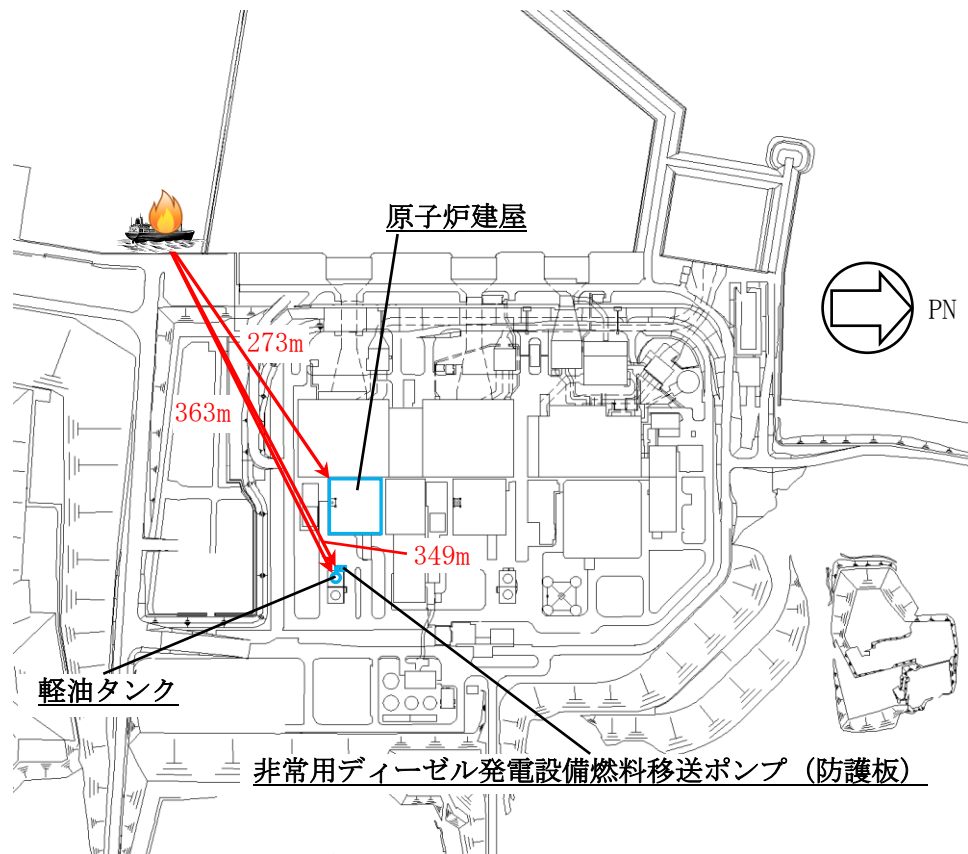


図 2-10 外部火災の影響を考慮する施設と漂流船舶の位置関係及び離隔距離

V-1-1-3-5-7 二次的影響（ばい煙）及び有毒ガスに対する設計

目 次

1. 概要	1
2. 二次的影響（ばい煙）及び有毒ガスに対する設計	1
2.1 二次的影響（ばい煙）に対する設計	1
2.2 有毒ガスに対する設計	2

1. 概要

本資料は、二次的影響（ばい煙）及び有毒ガスによる外部火災の二次的影響を考慮する施設への影響を及ぼさない設計とすることを説明するものである。

2. 二次的影響（ばい煙）及び有毒ガスに対する設計

2.1 二次的影響（ばい煙）に対する設計

(1) 外気を取り込む空調系統（換気空調系）

換気空調系（原子炉建屋換気空調系、非常用電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電設備非常用送風機含む。）、中央制御室換気空調系、コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系、海水熱交換器区域換気空調系）は、外気取入口に捕集率 80%以上（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種粒径約 $2\mu\text{m}$ ）の性能を有しているバグフィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を阻止することで、換気空調系の安全機能を損なわない設計とする。また、ばい煙によるバグフィルタの閉塞については、バグフィルタ出入口差圧又は排気ファン出口流量を監視することで検知可能である。

中央制御室換気空調系については、外気取入ダンパを閉止し再循環運転を行い、ばい煙等の侵入を阻止することで、換気空調系の安全機能を損なわない設計とする。

(2) 外気を設備内に取り込む機器（非常用ディーゼル発電機）

非常用ディーゼル発電機の吸気系統は、非常用電気品区域換気空調系を介して吸気している。

非常用電気品区域換気空調系の外気取入口に設置しているバグフィルタ（粒径 $2\mu\text{m}$ に対して 80%以上を捕獲する性能）で粒径の大きいばい煙粒子は捕獲され、バグフィルタを通過したばい煙（数 μm ）が過給機、空気冷却器に侵入するが、それぞれの機器の間隙は、ばい煙に比べて十分大きく、閉塞に至ることを防止することで、非常用ディーゼル発電機の安全機能を損なわない設計とする。

また、シリンダ／ピストン間隙まで到達したばい煙（数 μm ）は、当該間隙内において摩擦発生が懸念されるが、ばい煙粒子の主成分は炭素であり、シリンダ／ピストンをばい煙粒子に比べ硬度を硬くすることにより、ばい煙粒子による摩擦の発生を防止することで、非常用ディーゼル発電機の安全機能を損なわない設計とする。

なお、通常運転時は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、定期的な点検において、ばい煙によるシリンダへの不具合は認められない。

(3) 室内の空気を取り込む機器（安全保護系）

安全保護系盤は、非常用電気品室及び中央制御室に設置してある。非常用電気品室及び中央制御室へ外気を取り入れる換気空調系の外気取入口には、バグフィルタを設置し、粒径 $2\mu\text{m}$ 以上のばい煙粒子については侵入を阻止することで安全保護系の安全機能を損なわない設計とする。

バグフィルタにより侵入を阻止できなかったばい煙が非常用電気品室内に侵入した場合においても、空調ファンを停止することで、ばい煙の侵入を阻止する。また、ばい煙が中央制御室内に侵入した場合においては、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転を行いばい煙の侵入を阻止することで、安全保護系の安全機能を損なわない設計とする。

なお、中央制御室に侵入する可能性のあるばい煙の粒径は、概ね $2\mu\text{m}$ 以下の細かな粒子であると推定されるが、安全保護系の盤において、万が一、細かな粒子のばい煙が盤内に侵入した場合において、ばい煙の付着等により短絡を発生させる可能性は小さく、安全保護系の安全機能を損なわない設計とする。

2.2 有毒ガスに対する設計

外部火災起因を含む有毒ガスが発生した場合は、中央制御室内に滞在する人員の居住性を確保するため、中央制御室換気空調系については、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転を行うことで有毒ガスにより外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、外気を取り入れる換気空調系のうち、中央制御室換気空調系以外の換気空調系については、空調ファンを停止することで有毒ガスにより外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

なお、発電所南西 39km には石油工業関連施設（石油コンビナート等特別防災区域直江津地区）があるが、発電所周辺地域にはない。発電所周辺の危険物貯蔵施設、主要道路、鉄道路線及び一般航路と発電所の間には、十分な離隔距離がある。このため、危険物貯蔵施設、燃料輸送車両及び船舶の事故時に発生する有毒ガスは、外部事象防護対象施設に影響を及ぼすことはない。