

【公開版】

提出年月日	令和 2 年 3 月 13 日 R14
日本原燃株式会社	

六ヶ所再処理施設における
新規制基準に対する適合性

安全審査 整理資料

第 9 条：外部からの衝撃による損傷の防止
(外部火災)

目 次

1 章 基準適合性

1. 規則への適合性

2. 基本方針

3. 設計対処施設

4. 森林火災

4. 1 概 要

4. 2 森林火災の想定

4. 3 評価対象範囲

4. 4 入力データ

4. 5 延焼速度及び火線強度の算出

4. 6 火災到達時間による消火活動

4. 7 防火帯幅の設定

4. 8 危険距離の確保の確保及び熱影響評価について

4. 9 異種の自然現象の重畳及び設計基準事故との組合せ

5. 近隣工場等の火災及び爆発

5. 1 概 要

5. 2 石油備蓄基地火災

5. 3 高圧ガストレーラ庫の水素爆発

5. 4 近隣工場等の火災と森林火災の重畳評価

5. 5 敷地内に存在する危険物タンク等の火災又は爆発

6. 航空機墜落による火災

6. 1 概 要

6. 2 航空機墜落による火災の想定

6. 3 墜落による火災を想定する航空機の選定

- 6. 4 航空機墜落地点の設定
- 6. 5 設計対処施設への熱影響評価について
- 6. 6 航空機墜落による火災と敷地内の危険物タンク等の火災又は爆発の重畳について
- 7. 危険物タンク等への熱影響
 - 7. 1 概 要
 - 7. 2 熱影響の評価対象
 - 7. 3 熱影響について
 - 7. 4 近隣工場等の爆発の影響について
- 8. 二次的影響評価
 - 8. 1 ばい煙の影響
 - 8. 2 有毒ガスの影響
- 9. 消火体制
- 10. 火災防護計画を策定するための方針
- 11. 手順等

2 章 補足説明資料

1 章 基準適合性

1. 基本方針

1. 1 要求事項の整理

外部からの衝撃による損傷の防止について、事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針の比較並びに当該指針を踏まえたこれまでの許認可実績により、事業指定基準規則第九条において追加された要求事項を整理する。(第1－1表)

第 1－1 表 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表（1／5）

事業指定基準規則 第九条（外部からの衝撃による損傷の防止）	再処理施設安全審査指針	備 考
1 安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。 （解釈） 1 第9条は、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な重大事故等対処設備への措置を含む。 2 第1項に規定する「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等をいう。 3 第1項に規定する「想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないもの」とは、設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものがもたらす環境条件及びその結果として当該施設で生じ得る環境条件において、その設備が有する安全機能が達成されることをいう。	指針1.基本的立地条件 事故の誘因を排除し、災害の拡大を防止する観点から、再処理施設の立地地点及びその周辺における以下の事象を検討し、安全確保上支障がないことを確認すること。 1. 自然環境 (1)地震、津波、地すべり、陥没、台風、高潮、洪水、異常寒波、豪雪等の自然現象 (2)地盤、地耐力、断層等の地質及び地形等 (3)風向、風速、降雨量等の気象 (4)河川、地下水等の水象及び水理 （解説） 1 自然環境及び社会環境について、申請者が行った文献調査及び現地調査の結果を、建物・構築物の配置を含む設計の妥当性の判断及び各種の評価に用いることが適切であることを確認するほか、必要に応じ現地調査等を行い、申請者の行った各種の調査結果の確認を行うものとする。	追加要求事項

第 1－1 表 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表（2／5）

事業指定基準規則 第九条（外部からの衝撃による損傷の防 止）	再処理施設安全審査指針	備 考
	指針14 地震以外の自然現象に対する考慮 1 再処理施設における安全上重要な施設は、再処理施設の立地地点及びその周辺における自然環境をもとに津波、地すべり、陥没、台風、高潮、洪水、異常寒波、豪雪等のうち予想されるものを設計基礎とすること。 2 これらの設計基礎となる事象は、過去の記録の信頼性を十分考慮のうえ、少なくともこれを下回らない苛酷なものであって、妥当とみなされるものを選定すること。 3 過去の記録、現地調査の結果等を参考にして必要のある場合には、異種の自然現象を重畳して設計基礎とすること。	前記のとおり

第1－1表 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表（3／5）

事業指定基準規則 第九条（外部からの衝撃による損傷の防 止）	再処理施設安全審査指針	備 考
2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。 （解釈） 1 第9条は、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な重大事故等対処設備への措置を含む。 4 第2項に規定する「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」とは、対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。なお、過去の記録、現地調査の結果、最新知見等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。 5 第2項に規定する「適切に考慮したもの」とは、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故が発生した場合に生じる応力を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組み合わせた場合をいう。	指針14 地震以外の自然現象に対する考慮 1 再処理施設における安全上重要な施設は、再処理施設の立地地点及びその周辺における自然環境をもとに津波、地すべり、陥没、台風、高潮、洪水、異常寒波、豪雪等のうち予想されるものを設計基礎とすること。 2 これらの設計基礎となる事象は、過去の記録の信頼性を十分考慮のうえ、少なくともこれを下回らない苛酷なものであって、妥当とみなされるものを選定すること。 3 過去の記録、現地調査の結果等を参考にして必要のある場合には、異種の自然現象を重畳して設計基礎とすること。	追加要求事項

第1－1表 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表（4／5）

事業指定基準規則 第九条（外部からの衝撃による損傷の防止）	再処理施設安全審査指針	備 考
3 安全機能を有する施設は、工場等内又はその周辺において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（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。 （解釈） 1 第9条は、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な重大事故等対処設備への措置を含む。 6 第3項は、設計基準において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な重大事故等対処設備への措置を含む。	指針1 基本的立地条件 事故の誘因を排除し、災害の拡大を防止する観点から、再処理施設の立地地点及びその周辺における以下の事象を検討し、安全確保上支障がないことを確認すること。 2 社会環境 (1) 近接工場における火災、爆発等 (2) 航空機事故等による飛来物等 (3) 水の利用状況、飲食物の生産・流通状況、人口分布状況等 （解説） 2 社会環境に関する事象として注目すべき点は、近接工場における事故及び航空機に係る事故である。 近接工場における事故については、事故の種類と施設までの離隔距離との関連においてその影響を評価した上で、必要な場合、安全上重要な施設が適切に保護されていることを確認すること。 航空機に係る事故については、航空機に係る施設の事故防止対策として、航空機の施設上空の飛行制限等を勘案の上、その発生の可能性について評価した上で、必要な場合は、安全上重要な施設のうち特に重要と判断される施設が、適切に保護されていることを確認すること。	追加要求事項

第 1－1 表 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表（5／5）

事業指定基準規則 第九条（外部からの衝撃による損傷の防 止）	再処理施設安全審査指針	備 考
7 第3項に規定する「再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。）」とは、敷地及び敷地周辺の状況を基に選択されるものであり、飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等をいう。なお、上記の「航空機落下」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」（平成14・07・29原院第4号（平成14年7月30日原子力安全・保安院制定））等に基づき、防護設計の要否について確認する。 8 第3項に規定する「安全機能を損なわないもの」とは、想定される偶発的な外部人為事象に対し、冷却、水素掃気、火災・爆発の防止、臨界防止等の安全機能を損なわないことをいう。		前記のとおり

1. 2 要求事項に対する適合性

(1) 外部からの衝撃による損傷の防止

安全機能を有する施設は、再処理施設敷地の自然環境を基に想定される洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等の自然現象（地震及び津波を除く。）又は地震及び津波を含む組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として当該施設で生じ得る環境条件においても、安全機能を損なわない設計とする。

なお、再処理施設敷地で想定される自然現象のうち、洪水、地滑り及び津波については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

上記に加え、安全上重要な施設に対しては、最新の科学的技術的知見を踏まえ、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組み合わせる。

また、安全機能を有する施設は、再処理施設敷地内又はその周辺の状況を基に想定される飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等のうち再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為事象」という。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

なお、再処理施設敷地内又はその周辺において想定される人為事象のうち、ダムの崩壊、船舶の衝突については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

自然現象及び人為事象（故意によるものを除く。）の組合せについて

は、地震、津波、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、火山の影響、生物学的事象、森林火災等を考慮する。事象が単独で発生した場合の影響と比較して、複数の事象が重畳することで影響が増長される組合せを特定し、その組合せの影響に対しても安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び人為事象（故意によるものを除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な安全機能を有する施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

(2) 外部火災の影響

安全機能を有する施設は、想定される外部火災において、最も厳しい火災が発生した場合においても、その安全機能を損なわない設計とする。

外部火災としては、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 13061912 号 原子力規制委員会決定）

（以下「外部火災ガイド」という。）を参考として、森林火災、近隣の工場、石油コンビナート等特別防災区域、危険物貯蔵所及び高圧ガス貯蔵施設（以下「近隣工場等」という。）の火災及び爆発並びに航空機墜落による火災を対象とする。

自然現象として想定される森林火災については、敷地への延焼防止を目的として、再処理施設の敷地周辺の植生を確認し、作成した植生データ及び敷地の気象条件等を基に解析によって求めた最大火線強度（9,128 kW/m）から算出される防火帯（幅 25m 以上）を敷地内に設ける。

防火帯は延焼防止機能を損なわない設計とし、防火帯内には原則と

して可燃物となるものは設置しない。可燃物を設置する場合には、延焼防止機能を損なわないよう不燃性シートで覆う等の対策を実施する。

また、森林火災からの輻射強度の影響を考慮した場合においても、離隔距離の確保等により、安全機能を有する施設の安全機能を損なわない設計とする。

人為事象として想定される近隣工場等の火災及び爆発、敷地内に存在する屋外の危険物タンク及び可燃性ガスボンベ（以下「危険物タンク等」という。）の火災及び爆発の影響については、離隔距離の確保等により、安全機能を有する施設の安全機能を損なわない設計とする。

航空機落下による火災については、対象航空機が安全機能を有する施設を収容する建屋等の直近に墜落する火災を想定し、火災からの輻射強度の影響により、建屋外壁等の温度上昇を考慮した場合においても、安全機能を有する施設の安全機能を損なわない設計とする、若しくはその火災による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間で修理を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。また、熱影響により安全機能を有する施設の安全機能を損なうおそれがある場合には、耐火被覆又は遮熱板等の対策を講ずることにより安全機能を損なわない設計とする。

外部火災の二次的影響であるばい煙による影響については、建屋換気設備等に適切な防護対策を講じることで、安全機能を有する施設の安全機能を損なわない設計とする。なお、有毒ガスによる影響については、運転員の作業環境を確保するため制御建屋の中央制御室内空気を再循環する設計とし、居住性に影響を及ぼさない設計とする。

1. 3 規則への適合性

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第九条 安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

3 安全機能を有する施設は、工場等内又はその周辺において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（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。

適合のための設計方針

第1項及び第2項について

安全機能を有する施設に対しては、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して再処理施設の安全性を損なわない設計とする。また、安全上重要な施設は、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適切に考慮する。

(1) 森林火災

森林火災については、森林火災シミュレーション解析コード（以下「F A R S I T E」という。）により算出される最大火線強度に基づいた防火帯幅を敷地内に確保する設計とする。また、火炎からの離隔

距離の確保等により、外部火災から防護する施設（以下「外部火災防護対象施設」という。）を収容する建屋等の温度を許容温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

その他の安全機能を有する施設については、外部火災により損傷した場合を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障が生じない期間に修理を行うこと又はそれらを組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

森林火災により発生するばい煙の影響に対しては、外部火災防護対象施設を収納する建屋の換気設備、外気を直接設備内に取り込む外部火災防護対象施設は、フィルタによりばい煙の侵入を防止する設計とするか、ばい煙が侵入しても閉塞を防止する構造とし、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

制御建屋の中央制御室については、制御建屋中央制御室換気設備の外気との連絡口を遮断し、制御建屋の中央制御室内空気を再循環する措置を講じ運転員の作業環境を確保する設計とする。また、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の制御室については、必要に応じて外気との連絡口を遮断し、運転員への影響を防止する設計とする。

第3項について

安全機能を有する施設は、人為事象に対して安全性を損なわない設計とする。

想定される人為事象は、国内外の文献を参考に人為事象を抽出し、再処理施設の立地及び周辺環境を踏まえて再処理施設の安全性に影響を与える可能性のある事象を選定した上で、設計上の考慮が必要な人為事象を想定する。

(1) 爆 発

敷地周辺 10 k mの範囲内に存在する石油コンビナートとしては、むつ小川原国家石油備蓄基地（以下「石油備蓄基地」という。）があるが、危険物のみを有する施設であり、爆発の影響評価の対象となる高圧ガスを貯蔵していない。

敷地周辺 10 k mの範囲内に存在する高圧ガス貯蔵施設としては、敷地内に設置されるウラン・プルトニウム混合酸化物燃料加工施設（以下「MOX燃料加工施設」という。）の高圧ガストレーラ庫を対象とする。

MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫は、高圧ガス保安法に基づき、着火源を排除するとともに爆発時に発生する爆風が上方向に開放されることを妨げない設計であり、外部火災防護対象施設を収納する建屋等に対して影響を与えないことから、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない。また、外部火災防護対象施設を収納する建屋等は危険限界距離以上の離隔を確保し、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない。

(2) 近隣工場等の火災及び航空機墜落による火災

a. 近隣工場等の火災

敷地周辺 10 k mの範囲内に存在する石油コンビナートとしては、再処理施設に与える影響が大きい石油備蓄基地（敷地西方向約 0.9 k m）を対象とする。石油備蓄基地の原油タンク火災による輻射強度を考慮した場合においても、離隔距離の確保等により、外部火災防護対象施設を収納する建屋等の温度を許容温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、敷地内に存在する危険物タンク等の火災による輻射強度を考慮した場合においても、外部火災防護対象施設を収納する建屋の外壁温度等を許容温度以下とすること等により外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

b. 航空機墜落による火災

航空機墜落による火災については、建屋外壁等の外部火災防護対象施設を収納する建屋等への影響が厳しい地点に墜落した場合を想定し、火災からの輻射強度の影響により、建屋外壁等の温度上昇を考慮した場合においても、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。また、熱影響により外部火災防護対象施設の安全機能を損なうおそれがある場合には、耐火被覆又は遮熱板等の対策を講ずることにより安全機能を損なわない設計とする。

また、航空機墜落による火災と危険物タンク等の火災又は爆発との重畳を考慮した場合においても、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

c. 二次的影響（ばい煙及び有毒ガス）

近隣工場等の火災及び航空機墜落による火災により発生するばい煙の影響に対しては、外部火災防護対象施設を収納する建屋の換気設備、外気を直接設備内に取り込む外部火災防護対象施設は、フィルタによりばい煙の侵入を防止する設計とするか、ばい煙が侵入しても閉塞を防止する構造とし、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

制御建屋の中央制御室については、制御建屋中央制御室換気設備の外気との連絡口を遮断し、制御建屋の中央制御室内空気を再循環する措置を講じ運転員の作業環境を確保する設計とする。また、使用済燃

料の受入れ施設及び貯蔵施設の制御室については必要に応じて外気との連絡口を遮断し、運転員への影響を防止する設計とする。

2. 安全設計方針

原子力規制委員会の定める「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年12月6日原子力規制委員会規則第二十七号）」第九条では、外部からの衝撃による損傷防止として、安全機能を有する施設は、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。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしている。

安全機能を有する施設は、敷地及び敷地周辺で想定される自然現象並びに人為事象による火災及び爆発（以下「外部火災」という。）の影響を受ける場合においてもその安全機能を確保するために、防火帯の設置、離隔距離の確保、建屋による防護等により、外部火災に対して安全機能を損なわない設計とする。

その上で、外部火災によってその安全機能が損なわれないことを確認する施設を、全ての安全機能を有する構築物、系統及び機器とする。外部火災防護対象施設としては、安全評価上その機能を期待する構築物、系統及び機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な構築物、系統及び機器を抽出し、外部火災により冷却、水素掃気、火災・爆発の防止、臨界の防止等の安全機能を損なわないよう機械的強度を有すること等により、安全機能を損なわない設計とする。

上記に含まれない安全機能を有する施設については、外部火災に対して機能を維持すること若しくは外部火災により損傷した場合を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障が生じない期間での修理を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、使用済燃料収納キャスクは再処理施設内に一時的に保管されることを踏まえ、外部火災により使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

【補足説明資料 2－1】

また、外部火災の二次的影響（ばい煙及び有毒ガス）により、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

ここでの外部火災としては、外部火災ガイドを参考として、森林火災、近隣工場等の火災又は爆発及び航空機墜落による火災を対象とする。また、外部火災防護対象施設へ影響を与えるおそれのある敷地内に存在する危険物タンク等については、外部火災源としての影響及び外部火災による影響を考慮する。ただし、地下に設置する重油タンク、軽油タンク、硝酸ヒドラジン受入れ貯槽、T B P受入れ貯槽及びn－ドデカン受入れ貯槽については、熱影響を受けないことから危険物タンク等の対象から除外する。

さらに、近隣工場等の火災においては、外部火災ガイドを参考として、近隣工場等周辺の森林へ飛び火することにより再処理施設へ迫る場合を想定し、近隣工場等の火災と森林火災の重畳を考慮する。また、敷地内への航空機墜落火災を想定することから、航空機墜落火災と危険物タンク等の火災又は爆発との重畳を考慮する。

外部火災の影響評価は、外部火災ガイドを参考として実施する。

外部火災にて想定する火災及び爆発を第1.7.11－1表に、評価内容を第2－1表に示す。また、危険物タンク等を第1.7.11－2表に、危険物タンク等の配置を第1.7.11－1図に示す。

【補足説明資料 2－2】

第 1.7.11－1 表 外部火災にて想定する火災及び爆発

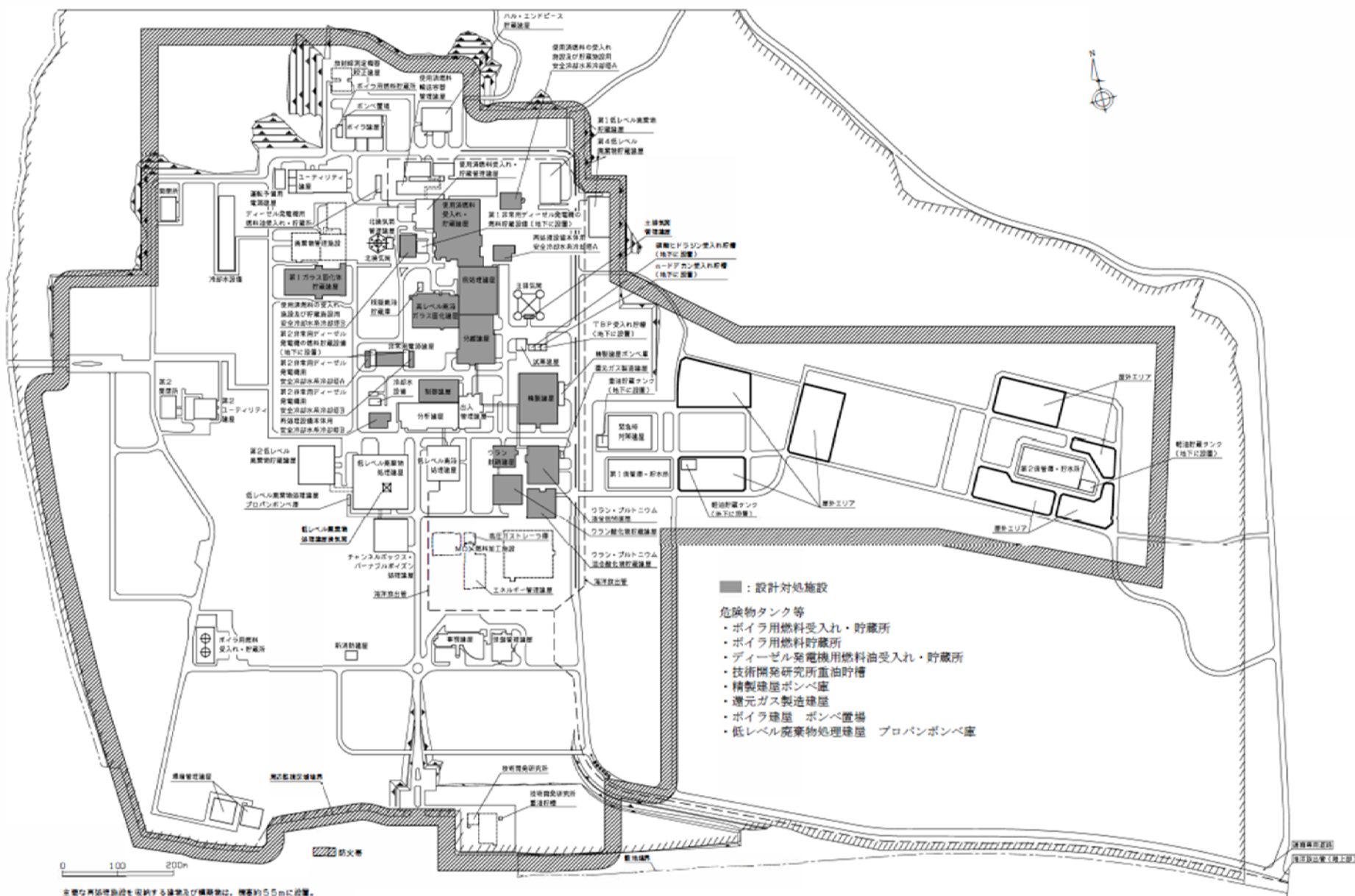
種別	考慮すべき火災及び爆発
森林火災	敷地周辺 10 k m以内に発火点を設定した再処理施設に迫る火災
近隣工場等の火災及び爆発	敷地周辺 10 k m以内に存在する石油備蓄基地の火災
	敷地内に存在する屋外の危険物タンク等の火災及び爆発
	敷地内に設置されるMOX燃料加工施設のエネルギー管理建屋に隣接する高圧ガストレーラ庫における水素の爆発
航空機墜落による火災	敷地内への航空機墜落時の火災

第 2－1 表 外部火災における影響評価概要

種別	考慮すべき火災及び爆発	評価内容	評価項目
森林火災	敷地周辺 10 k m以内に 発火点を設定した再処理 施設に迫る火災	・ F A R S I T E を用い た森林火災評価 ・ 森林火災評価に基づき 設計対処施設への影響 評価	・ 火災の到達時間 ・ 防火帯幅 ・ 熱影響 ・ 危険距離 ・ 二次的影響 (ばい煙及び有毒 ガス)
近隣工場等 の火災及び 爆発	敷地周辺 10 k m以内に 存在する石油備蓄基地の 火災	・ 設計対処施設との距離 を考慮した設計対処施 設への影響評価	・ 危険輻射強度 ・ 熱影響 ・ 二次的影響 (ばい煙及び有毒 ガス)
	敷地内に存在する屋外の 危険物タンク等の火災	・ 危険物タンク等の火災 による設計対処施設へ の影響評価	・ 熱影響 ・ 二次的影響 (ばい煙及び有毒 ガス)
	敷地内に存在する屋外の 危険物タンク等の爆発	・ 危険物タンク等の爆発 による設計対処施設へ の影響評価	・ 爆発に対する設計方針 ・ 危険限界距離
	敷地内に設置されるMO X燃料加工施設のエネル ギー管理建屋に隣接する 高圧ガストレーラ庫にお ける水素の爆発	・ 爆発に対する設計を考 慮した設計対処施設へ の影響評価	・ 爆発に対する設計方針 ・ 危険限界距離
	石油備蓄基地火災と森林 火災の重畳	・ 石油備蓄基地火災と森 林火災の重畳による設 計対処施設への影響評 価	・ 熱影響
航空機墜落 による火災	敷地内への航空機墜落時 の火災	・ 建屋外壁等の設計対処 施設への影響が厳しい 地点における航空機墜 落による火災を想定し た設計対処施設への影 響評価	・ 熱影響 ・ 二次的影響 (ばい煙及び有毒 ガス)
	航空機墜落火災と危険物 タンク等の火災又は爆発 との重畳	・ 航空機墜落火災と危険 物タンク等の火災又は 爆発との重畳による設 計対処施設への影響評 価	・ 熱影響 ・ 危険限界距離 ・ 爆風圧に対する強度評価

第 1.7.11－2 表 敷地内に存在する危険物タンク等

危険物タンク等	貯蔵物
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	重油
ボイラ用燃料貯蔵所	重油
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	重油
技術開発研究所重油貯槽	重油
精製建屋ボンベ庫	水素
還元ガス製造建屋	水素
ボイラ建屋 ボンベ置場	プロパン
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	プロパン



第 1.7.11-1 防火帯，設計対処施設等の配置図

3. 設計対処施設

外部火災防護対象施設は、建物内に収納され防護される設備及び屋外に設置される設備に分類されることから、外部火災防護対象施設を収納する建屋及び屋外に設置する外部火災防護対象施設を設計対処施設とする。ただし、地下階に設置されている外部火災防護対象施設は外部火災からの熱影響を受けないため、外部火災防護対象施設を地下階のみに収納している建屋は設計対処施設の対象外とする。

【補足説明資料 3－1，補足説明資料 3－2】

上記方針に基づき、設計対処施設のうち、外部火災防護対象施設を収納する建屋を以下のとおり選定する。

- (1) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
- (2) 前処理建屋
- (3) 分離建屋
- (4) 精製建屋
- (5) ウラン脱硝建屋
- (6) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
- (7) ウラン酸化物貯蔵建屋
- (8) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
- (9) 高レベル廃液ガラス固化建屋
- (10) 第 1 ガラス固化体貯蔵建屋
- (11) 制御建屋
- (12) 非常用電源建屋
- (13) 主排気筒管理建屋

設計対処施設のうち、屋外に設置する外部火災防護対象施設を以下のとおり選定する。

- (1) 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A, B
- (2) 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A, B
- (3) 第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B
- (4) 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔に接続する屋外設備
- (5) 主排気筒
- (6) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備
- (7) 高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備
- (8) 前処理建屋換気設備
- (9) 分離建屋換気設備
- (10) 精製建屋換気設備
- (11) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備
- (12) 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備

設計対処施設を第 1.7.11－3 表に、設計対処施設の配置を第 1.7.11－1 図に示す。また、設計対処施設のうち、外部火災防護対象施設を収納する建屋の熱影響評価で考慮する外壁厚さを第 1.7.11－4 表に示す。

また、二次的影響として、火災に伴い発生するばい煙及び有毒ガスを抽出し、その上で、安全機能を有する施設のうち、外気を取り込むことにより、外部火災防護対象施設の安全機能が損なわれるおそれがある設備を以下のとおり選定する。

- (1) 設計対処施設の各建屋の換気設備
- (2) 制御建屋中央制御室換気設備
- (3) 第1非常用ディーゼル発電機
- (4) 第2非常用ディーゼル発電機
- (5) 安全圧縮空気系の空気圧縮機
- (6) ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管

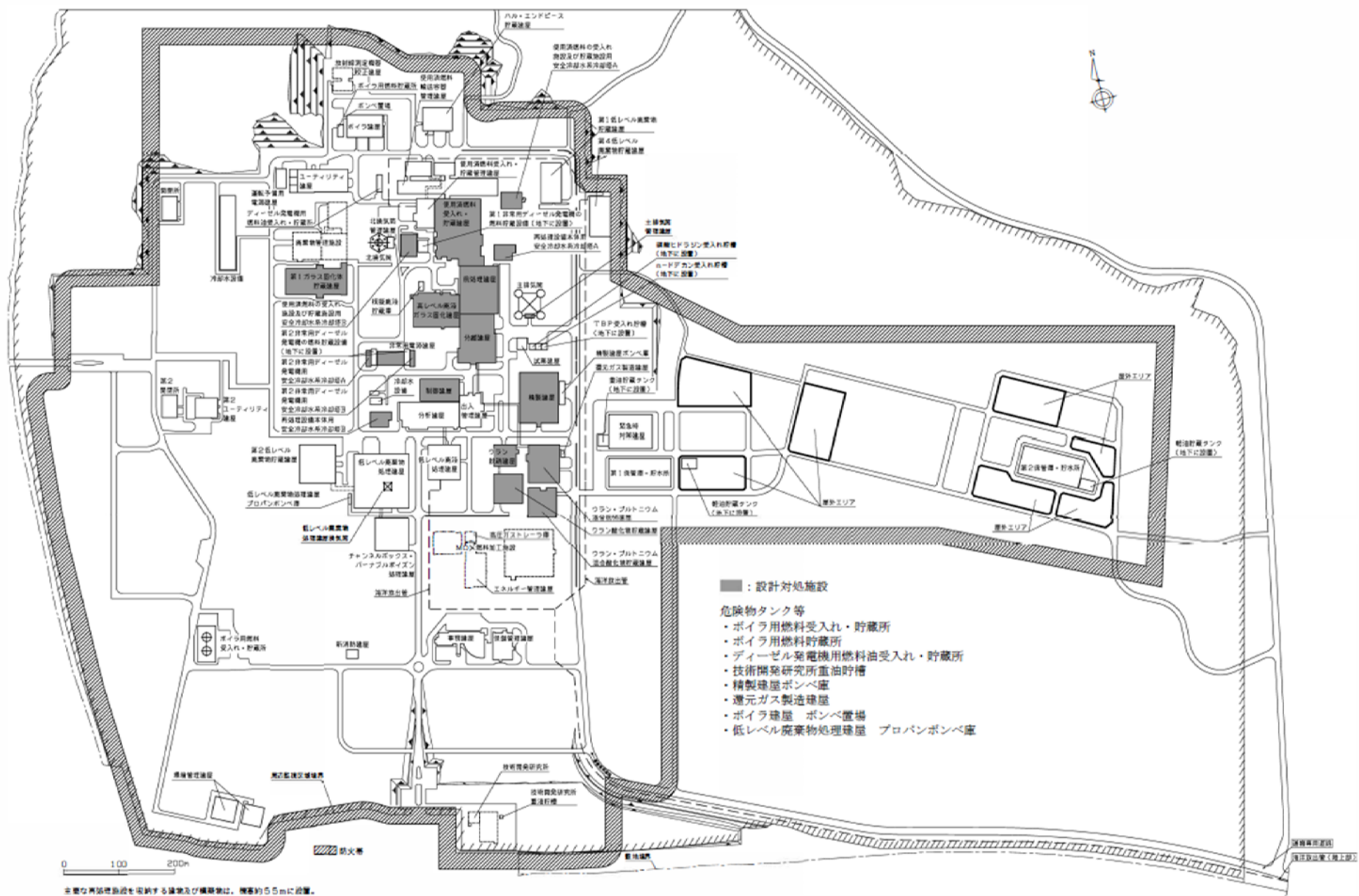
第 1.7.11－3 表 設計対処施設

防護対象	設計対処施設
外部火災防護対象施設を収納する建屋	・ 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 ・ 前処理建屋 ・ 分離建屋 ・ 精製建屋 ・ ウラン脱硝建屋 ・ ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 ・ ウラン酸化物貯蔵建屋 ・ ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋 ・ 高レベル廃液ガラス固化建屋 ・ 第 1 ガラス固化体貯蔵建屋 ・ 制御建屋 ・ 非常用電源建屋 ・ 主排気筒管理建屋
屋外に設置する外部火災防護対象施設	・ 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A, B ・ 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A, B ・ 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔に接続する屋外設備 ・ 第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B ・ 主排気筒 ・ ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備 ・ 高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 ・ 前処理建屋換気設備 ・ 分離建屋換気設備 ・ 精製建屋換気設備 ・ ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備 ・ 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備

第 1.7.11－4 表 外部火災防護対象施設を収納する建屋の熱影響評価で
考慮する壁厚

設計対処施設	壁厚 (m)
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	約 1.2
前処理建屋	約 1.2 (約 0.3) *
分離建屋	約 1.2
精製建屋	約 1.2
ウラン脱硝建屋	約 1.2
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	約 1.1
ウラン酸化物貯蔵建屋	約 1.2
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	約 1.2
高レベル廃液ガラス固化建屋	約 1.2
第 1 ガラス固化体貯蔵建屋	約 0.3
制御建屋	約 1.2
非常用電源建屋	約 0.3
主排気筒管理建屋	約 0.2

* : 括弧内は安全蒸気系の L P G ボンベユニットを収容する部屋の壁厚



第 1.7.11-1 防火帯，設計対処施設等の配置図

4. 森林火災

4. 1 概 要

想定される森林火災については、外部火災ガイドを参考として、初期条件（可燃物量（植生）、気象条件及び発火点）を、再処理施設への影響が厳しい評価となるように設定し、F A R S I T Eを用いて影響評価を実施する。

この影響評価の結果に基づき、必要な防火帯及び離隔距離を確保することにより、設計対処施設の温度を許容温度以下とし、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

4. 2 森林火災の想定

想定する森林火災については、外部火災ガイドを参考として、初期条件（可燃物量（植生）、気象条件（湿度、温度、風速、風向）及び発火点）を、工学的判断に基づいて再処理施設への影響が厳しい評価となるよう以下のとおり設定する。

- (1) 森林火災における各樹種の可燃物量は、青森県の森林簿及び森林計画図のデータによる現地の植生を用いる。また、敷地内の各樹種の可燃物量は現地調査により、現地の植生を用いる。
- (2) 気象条件は、立地地域及びその周辺地域における過去 10 年間の気象条件を調査し、青森県の森林火災の発生件数を考慮して、最小湿度、最高気温及び最大風速の組合せとする。
- (3) 風向は、最大風速記録時の風向から卓越風向を設定する。
- (4) 発火点は、青森県の森林火災の発生原因で最多となっている煙草及びたき火を踏まえて、再処理施設から直線距離 10 k m の範囲における人為的行為による火災発生の可能性が高い居住地域近傍の道路沿い及び人の

立ち入りがある作業エリアまでの道路沿いを候補とし、外部火災の発生を想定したときに再処理施設への影響評価の観点で、F A R S I T Eより出力される火線強度及び反応強度（火炎輻射強度）の影響が厳しい評価となるよう、以下のとおり設定する。発火点の位置を第 1.7.11－2 図に示す。

- a. 森林火災の発生原因として多い人為的な火災発生の可能性があり、可燃物量（植生）及び卓越風向「西北西」を考慮し、敷地西側に位置（約 9.5 k m）する横浜町吹越地区の居住区域近傍の道路沿いを「発火点 1」として設定する。
 - b. 森林火災の発生原因として多い人為的な火災発生の可能性があり、可燃物量（植生）及び卓越風向「東南東」を考慮し、敷地東側に位置（約 7 k m）するむつ小川原国家石油備蓄基地（以下「石油備蓄基地」という。）の中継ポンプ場及び中継ポンプ場までのアクセス道路沿いを「発火点 2」として設定する。
 - c. 森林火災の発生原因として多い人為的な火災発生の可能性があり、可燃物量（植生）、卓越風向「西北西」及び再処理施設までの火炎の到達時間が最短であることを考慮し、敷地西側に位置（約 0.9 k m）する石油備蓄基地及び石油備蓄基地までのアクセス道路沿いを「発火点 3」として設定する。
- (4) 太陽光の入射により、火線強度が増大することから、最も火線強度が増大する時刻を発火時刻として設定する。

【補足説明資料 4－1】

4. 3 評価対象範囲

評価対象範囲は、外部火災ガイドを参考として、森林火災の発火想定

地点を敷地周辺の10 k m以内とし、植生、地形及び土地利用データは発火点までの距離に安全余裕を考慮し、南北12 k m及び東西12 k mとする。

【補足説明資料4－2】

4. 4 入力データ

F A R S I T Eの入力データは、外部火災ガイドを参考に、以下のとおりとする。

(1) 地形データ

敷地内及び敷地周辺の土地の標高及び地形のデータについては、現地状況をできるだけ模擬するため、10mメッシュの「基盤地図情報 数値標高モデル」を用いる。

(2) 土地利用データ

敷地周辺の土地利用データについては、現地状況をできるだけ模擬するため、100mメッシュの「国土数値情報 土地利用細分メッシュ」を用いる。

(3) 植生データ

植生データについては、現地状況をできるだけ模擬するため、敷地周辺の樹種や生育状況に関する情報を有する森林簿及び森林計画図の空間データを使用する。ここで、森林簿の情報をを用いて、土地利用データにおける森林領域を、樹種及び林齢によりさらに細分化する。

また、敷地内の樹種や生育状況に関する情報は、実際の植生を調査し、その調査結果を使用する。

植生が混在する場合は、厳しい評価となるように可燃物量、可燃物の高さ及び可燃物熱量を考慮して入力する植生データを設定する。

(4) 気象データ

気象条件については、外部火災ガイドを参考とし、過去10年間を調査し、森林火災の発生件数が多い3月から8月の最高気温、最小湿度及び最大風速の組合せを考慮し、風向は卓越方向を考慮する。再処理施設の最寄りの気象官署としては、気候的に敷地に比較的類似している八戸特別地域気象観測所及びむつ特別地域気象観測所があり、敷地近傍には六ヶ所地域気象観測所がある。最高気温、最小湿度及び最大風速については、気象条件が最も厳しい値となる八戸特別地域気象観測所の気象データから設定する。風向については、再処理施設の風上に発火点を設定する必要があることから、敷地近傍にある六ヶ所地域気象観測所の気象データから、最大風速時の風向の出現回数及び風向の出現回数を調査し、卓越方向を設定する。

青森県の森林火災発生状況（2003～2012年）及び気象データ（最高気温、最小湿度及び最大風速）（2003～2012年）について、第2.2-18表に示す。

気象データ（卓越風向）（2003年～2012年における3月～8月の期間）について、第2.2-19表に示す。

F A R S I T Eによる評価に当たっては、厳しい評価となるよう以下のとおり、風向、風速、気温及び湿度による影響を考慮する。

- a. 風向及び風速については、火災の延焼性を高め、また、施設側に対する風の影響を厳しく想定するため、風速は最大風速で一定とし、風向は卓越風向とする。
- b. 気温については、可燃物の燃焼性を高めるため、最高気温で一定とする。

- c. 湿度については、可燃物が乾燥し燃えやすい状態とするため、最小湿度で一定とする。

【補足説明資料 4－2】

4. 5 延焼速度及び火線強度の算出

外部火災ガイドを参考として、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。各発火点からの延焼速度及び最大火線強度を第 4－1 表に示す。また、最大延焼速度の分布図を第 4－3 図に示す。

4. 6 火炎到達時間による消火活動

外部火災ガイドを参考として、F A R S I T Eにより、発火点から防火帯までの火炎到達時間（5 時間 1 分（発火点 3））を算出する。敷地内には、消火活動に必要な消火栓等の消火設備の設置及び大型化学消防車等を配備することで、森林火災が防火帯に到達するまでの間に敷地内に常駐する自衛消防隊の消火班による消火活動が可能であり、万一の飛び火等による火災の延焼を防止することで設計対処施設への影響を防止し、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。各発火点からの火炎の到達時間を第 4－1 表に示す。また、火炎到達時間が最短となる発火点 3 の火炎の到達時間分布を第 4－1 図に示す。

【補足説明資料 4－3】

安全機能を有する施設のうち防火帯の外側に位置する放射線管理施設の環境モニタリング設備のモニタリングポスト、ダストモニタ及び積算線量計については、森林火災発生時は、自衛消防隊の消火班による事前散水により延焼防止を図ること及び代替設備を確保することにより、その機能を維持する設計とする。

4. 7 防火帯幅の設定

F A R S I T E による影響評価により算出される最大火線強度 (9, 128 k W / m (発火点 2)) に対し, 外部火災ガイドを参考として, 風上に樹木がある場合の火線強度と最小防火帯の関係から, 火線強度 10, 000 k W / m に必要とされる最小防火帯幅 24. 9 m を上回る幅 25 m 以上の防火帯を確保することにより, 設計対処施設への延焼を防止し, 外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

各発火点からの最大火線強度を第 4－1 表に示す。また, 最大火線強度となる発火点 2 の火線強度の分布を第 4－2 図及び設置する防火帯の位置を第 1. 7. 11－1 図に示す。

4. 8 危険距離の確保及び熱影響評価について

(1) 森林火災の想定

森林火災を以下のとおり想定する。

- a. 外部火災ガイドを参考に, 森林火災による熱を受ける面と森林火災の火炎の地点は同じ高さにあると仮定する。
- b. 外部火災ガイドを参考に, 森林火災の火炎は, 円筒火炎モデルとし, 火炎の高さは燃料半径の 3 倍とする。
- c. 円筒火炎モデル数は, 火炎最前線のセル毎に設定する。
- d. 設計対処施設への熱影響が厳しくなるよう, 火炎最前線のセルから, 最大の輻射強度を与えるセルを評価対象の最短として配置し, 火炎最前線の火炎が到達したセルを横一列に並べて, 全てのセルからの輻射強度を考慮する。熱影響評価における火炎到達幅分のセルの配置概要

を第4－4図に示す。

(2) 危険距離

再処理施設周辺に設置する防火帯の外縁（火炎側）から設計対処施設までの離隔距離を、外壁表面温度がコンクリートの圧縮強度が維持できる温度である200℃となる危険距離23m以上確保することで、設計対処施設への延焼を防止し、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

危険距離については、設計対処施設への輻射強度の影響が最大となる発火点3の森林火災に基づき算出する。

【補足説明資料4－5】

(3) 設計対処施設への熱影響について

外部火災ガイドを参考として、熱影響評価を実施する。

a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋

評価対象は、防火帯から最も近い位置（約170m）にある使用済燃料受入れ・貯蔵建屋とする。使用済燃料受入れ・貯蔵建屋が受ける輻射強度（ 1.4 kW/m^2 （発火点3））については、外部火災ガイドを参考とし、設計対処施設への輻射強度の影響が最大となる発火点3の森林火災に基づき算出する。この輻射強度に基づき算出する使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の外壁表面温度を、コンクリートの許容温度200℃以下とすることで、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

評価結果を第4－2表に示す。

【補足説明資料4－5，補足説明資料4－6】

b. 屋外に設置する外部火災防護対象施設（安全冷却水系冷却塔）

評価対象は、防火帯から最も近い位置（約129m）にある設計対処施設の使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A とする。使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A が受ける輻射強度（ 2.1 kW/m^2 （発火点 3））については、外部火災ガイドを参考とし、設計対処施設への輻射強度が最大となる発火点 3 の森林火災に基づき算出する。この輻射強度に基づき算出する使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A の冷却水出口温度を最大運転温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

評価結果を第 4－3 表に示す。

【補足説明資料 4－5】

c. 屋外に設置する外部火災防護対象施設（主排気筒及び屋外ダクト）

主排気筒及び屋外ダクトについては、主要材が鋼材であり、熱に対しての許容温度が高い。また、森林火災の評価対象である使用済燃料受入れ・貯蔵建屋より距離が離れていることから、主排気筒及び屋外ダクトが火災から受ける輻射強度は、評価対象より低い。森林火災に対して、評価対象の外壁表面温度はコンクリートの許容温度 200°C 以下とすることから、主排気筒及び屋外ダクトについても安全機能を損なうことはない。

【補足説明資料 3－1】

d. 非常用ディーゼル発電機

第 1 非常用ディーゼル発電機及び第 2 非常用ディーゼル発電機は建屋内に設置し、建屋の外気取入口から室内へ空気を取り込み、その室内

空気をディーゼル発電機へ取り込む設計とする。

そのため、非常用ディーゼル発電機を収納する設計対処施設の外気取入口から室内に流入する空気の温度が森林火災の熱影響によって上昇したとしても室内温度の最高温度以下とすることで、室内から空気を取り込む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。

空気温度の評価については、可燃物量が多く、火災の燃焼時間が長く輻射熱の影響が厳しい石油備蓄基地火災の熱影響評価に包含される。

【補足説明資料 4－5】

4. 9 異種の自然現象の重畳及び設計基準事故との組合せ

森林火災と同時に発生する可能性がある自然現象としては、風（台風）及び高温が考えられる。森林火災の評価における気象条件については、外部火災ガイドを参考とし、過去10年間を調査し、森林火災の発生件数が多い月の最高気温及び最大風速の組合せを考慮している。そのため、風（台風）及び高温については、森林火災の評価条件として考慮されている。

設計対処施設への森林火災の影響については、設計基準事故時に生ずる応力の組み合わせを適切に考慮する設計とする。

設計基準事故は、設備又は系統における内部事象を起因とするものであり、外部からの荷重である森林火災との因果関係はない。また、森林火災に対して安全上重要な施設の安全機能を損なわない設計とすることから、森林火災の影響及び時間的变化による設計基準事故への進展も考えられない。したがって、森林火災の影響と設計基準事故は独立事象となる。独立事象である森林火災の影響と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいと考えられる。

仮に、設計基準事故発生時に、森林火災が発生したとしても、敷地の周辺には幅25m以上の防火帯を確保することから、設計基準事故時に期待する影響緩和機能は、森林火災による影響を受けないため、時間的变化による設計基準事故への影響はない。

以上のことから、森林火災と設計基準事故時荷重の組合せは考慮しない。

第2.2－18表 青森県の森林火災発生状況（2003年～2012年）及び
気象データ

（最高気温，最小湿度及び最大風速）（2003 年～2012 年）

月	青森県月別 森林火災 発生件数	八戸特別地域気象観測所		
		最高気温(℃)	最小湿度(%)	最大風速 (m／s)
1 月	1	10.2	32	20.3
2 月	1	19.0	21	23.6
3 月	25	20.8	16	23.2
4 月	133	25.7	12	25.9
5 月	123	31.5	11	24.0
6 月	22	33.1	17	19.6
7 月	4	35.9	30	24.0
8 月	21	36.7	30	21.7
9 月	7	35.4	19	20.4
10 月	1	26.3	27	20.4
11 月	7	24.9	25	21.4
12 月	6	16.9	28	23.5

第 2.2-19 表 気象データ（卓越風向）（2003 年～2012 年における 3 月～8 月の期間）

六ヶ所地域気象観測所		
風向	最大風速における風向 の出現回数	最多風向の出現回数
北	17	6
北北東	15	1
北東	18	2
東北東	149	100
東	77	357
東南東	534	384
南東	177	96
南南東	16	21
南	27	29
南南西	0	6
南西	5	4
西南西	39	31
西	231	208
西北西	343	363
北西	152	216
北北西	40	15

第4－1表 F A R S I T Eによる結果

項目	内容	解析結果
延焼速度	全燃焼セルにおける延焼速度	発火点1：最大 4.7m／s 平均 0.07m／s 発火点2：最大 5.3m／s 平均 0.08m／s 発火点3：最大 3.5m／s 平均 0.04m／s
最大火線強度	火線最前線の最大火線強度（防火帯幅算出に用いる）	発火点1：1,527 kW／m 発火点2：9,128 kW／m 発火点3：2,325 kW／m
火炎の到達時間	発火から敷地内に最も早く到達する時間	発火点1：30 時間 1 分 発火点2：18 時間 37 分 発火点3：5 時間 1 分
輻射強度	防火帯から任意の位置（170m）における輻射強度（熱影響評価に用いる発火点の選定）	発火点1：0.53 kW／m ² 発火点2：0.82 kW／m ² 発火点3：1.4 kW／m ²

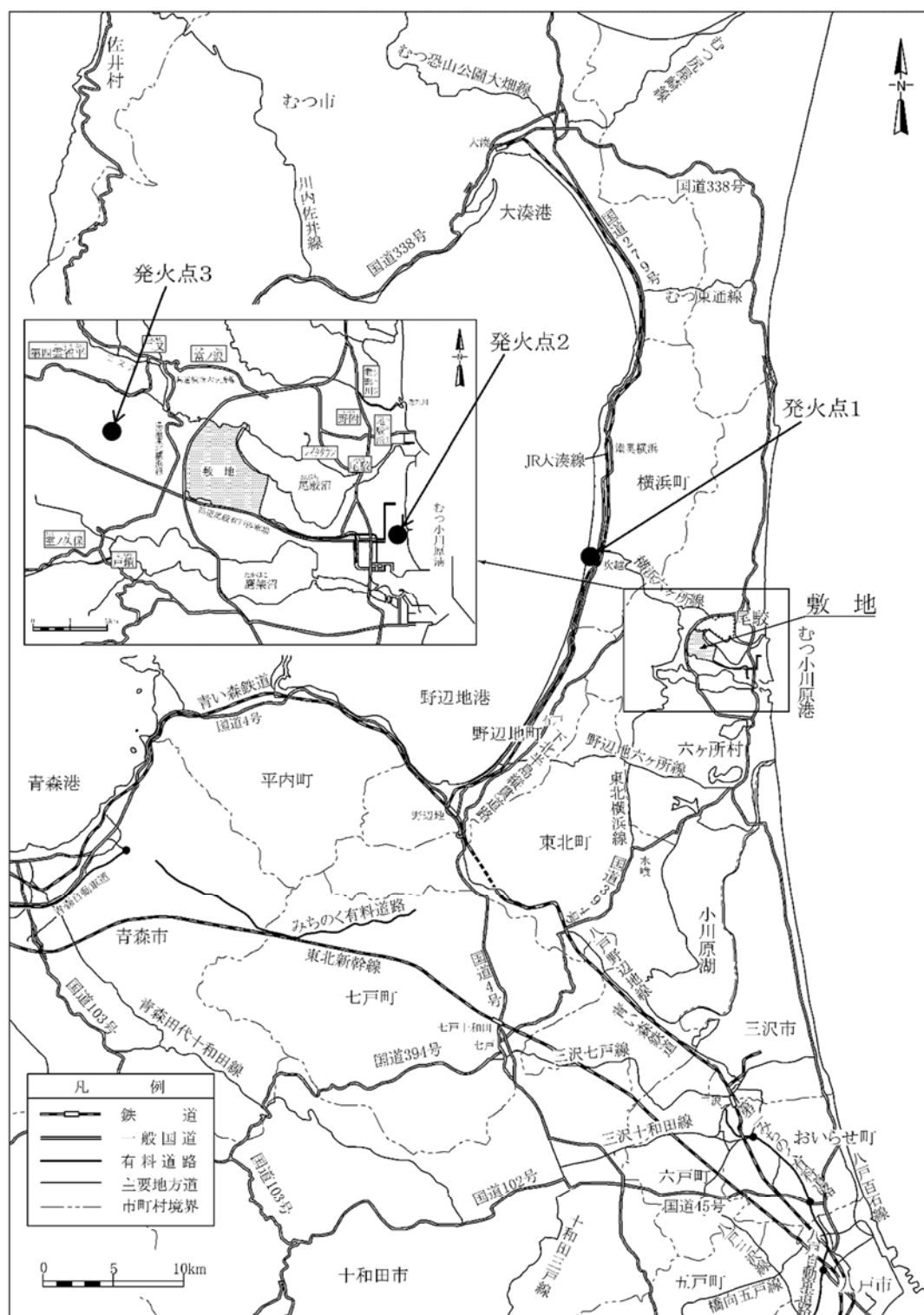
第４－２表 森林火災による外壁の熱影響評価の結果

対象施設	外壁表面温度 (℃)	コンクリート許容温度 (℃)
使用済燃料受入れ・貯蔵建 屋	62	200

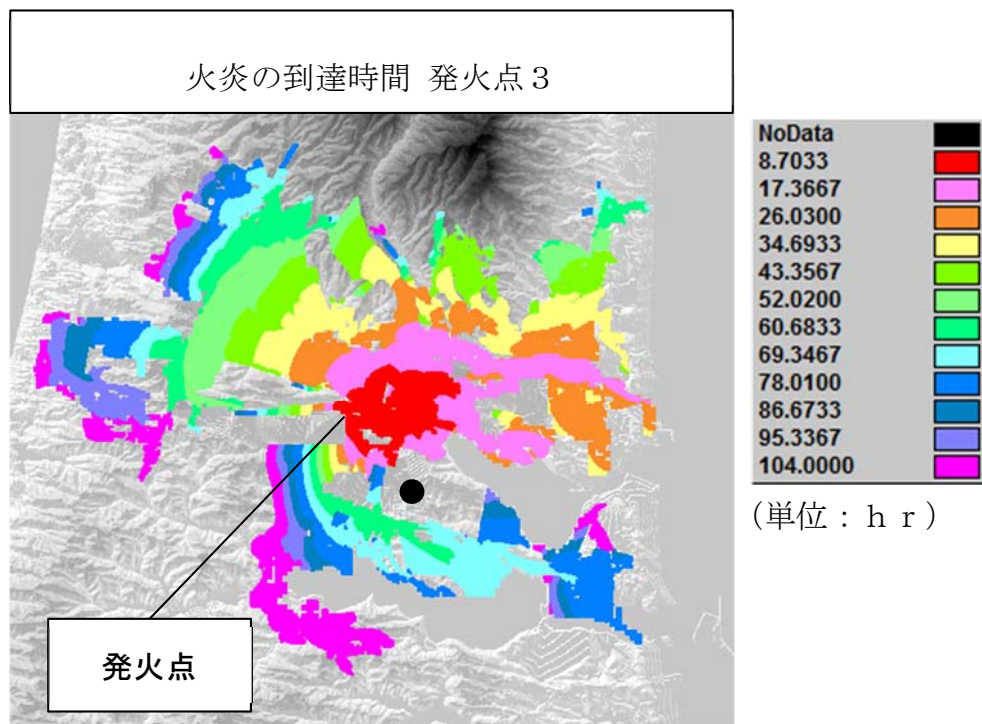
第４－３表 森林火災における安全冷却水系冷却塔の熱影響評価結果

対象施設	冷却水出口温度* (℃)	出口温度の上 昇温度 (℃)	最大運転温度* (℃)
使用済燃料の受入れ施 設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A	約 ■	0.06	■

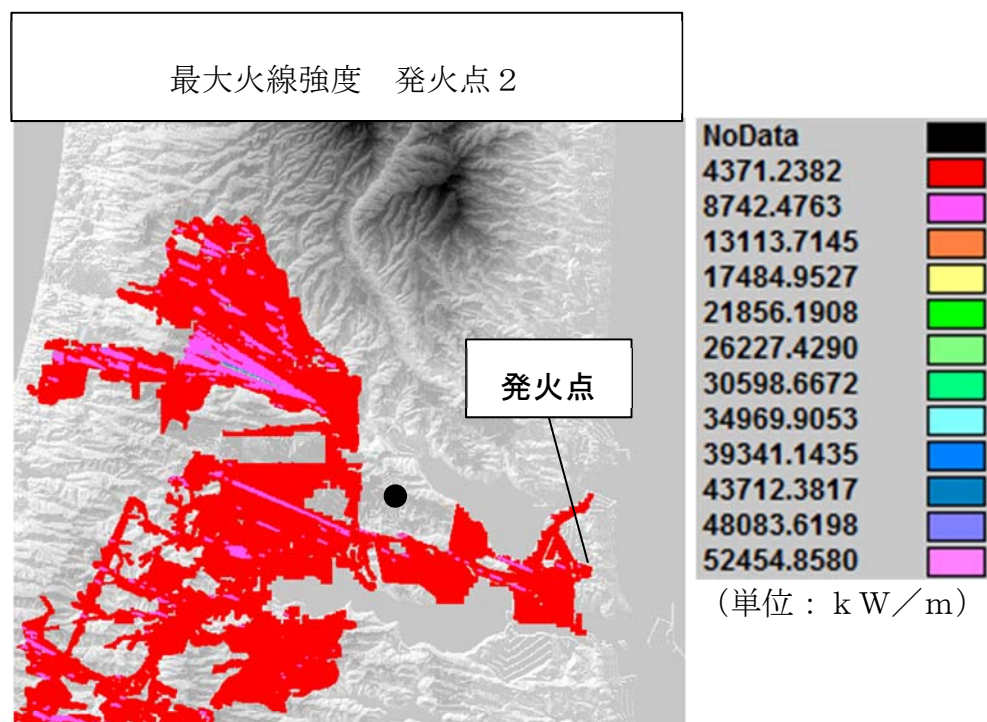
*設計値より設定



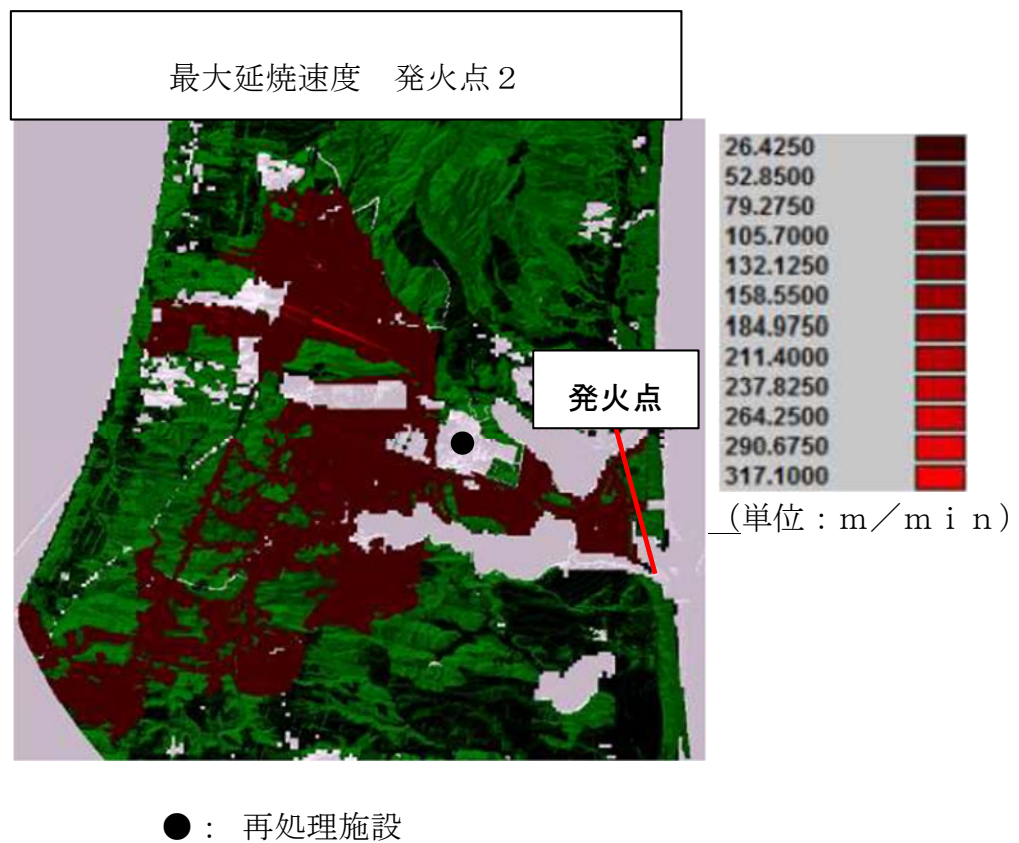
第1.7.11-2図 発火点位置図



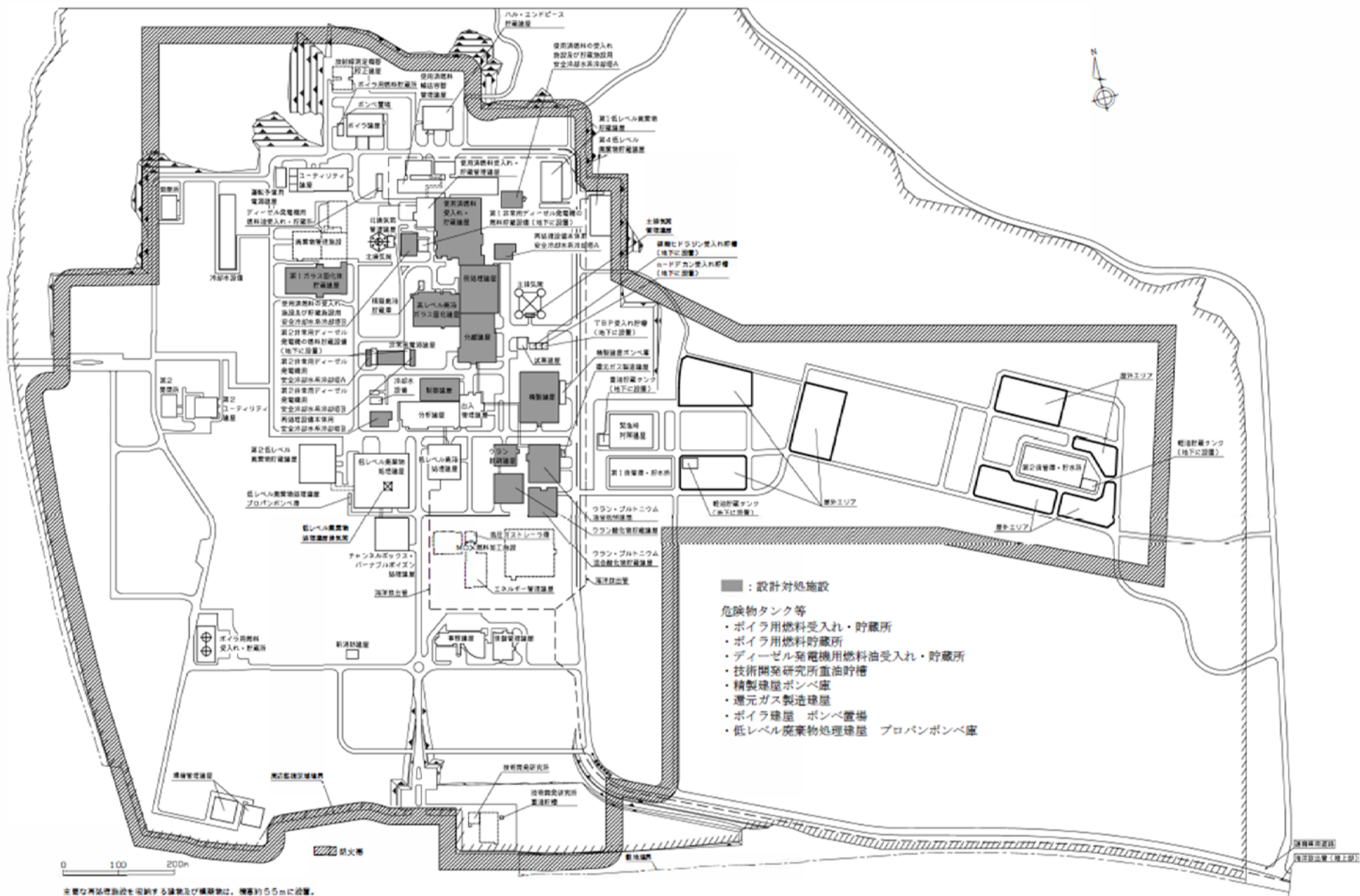
第 4 - 1 図 発火点 3 の火炎到達時間分布



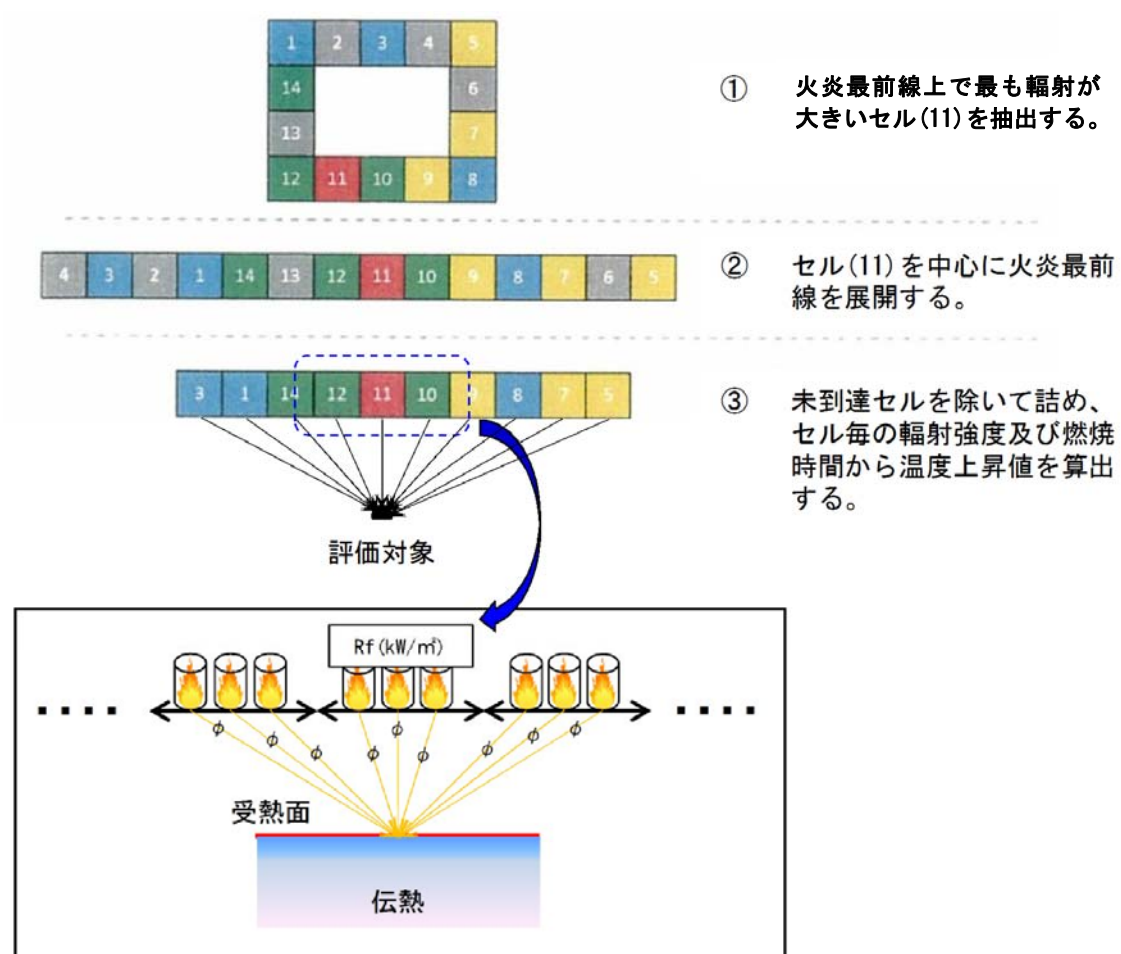
第 4 - 2 図 発火点 2 の火線強度の分布



第 4－3 図 発火点 2 の延焼速度



第 1.7.11-1 防火帯，設計対処施設等の配置図



第 4 - 4 図 熱影響評価における火炎到達幅分のセルの配置概要

5. 近隣工場等の火災及び爆発

5. 1 概 要

近隣工場等の火災及び爆発については、外部火災ガイドを参考として、敷地周辺10 k m範囲内に存在する石油コンビナート等特別防災区域、危険物貯蔵所及び高圧ガス貯蔵施設を網羅的に調査し、石油備蓄基地（敷地西方向約0.9 k m）の火災、敷地内の危険物タンク等の火災及び敷地内に設置されるMOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫の水素の爆発を対象とする。

敷地周辺10 k m範囲内に存在する石油コンビナート等特別防災区域、危険物貯蔵所及び高圧ガス貯蔵施設の位置を第5－1図～5－3図に示す。

また、敷地周辺に国道338号線及び県道180号線があることから、燃料輸送車両の火災による影響が想定される。燃料輸送車両は、消防法令において移動タンク貯蔵所の上限が定められており、公道を通行可能な上限のガソリンが積載された状況を想定した場合でも、貯蔵量が多く設計対処施設までの距離が近い敷地内に存在する危険物タンク（重油タンク）火災の評価に包含されることから、燃料輸送車両の火災による影響は評価の対象外とする。

漂流船舶の影響については、再処理事業所は海岸から約5 k m離れており、敷地近傍の石油備蓄基地火災の影響に包含されることから、評価の対象外とする。

【補足説明資料5－1】

設計対処施設である外部火災防護対象施設を収納する建屋については、外部火災ガイドを参考として、建屋の外壁で受ける火炎からの輻射

強度を考慮した場合においても、離隔距離の確保等により、コンクリートの許容温度となる輻射強度（以下「危険輻射強度」という。）以下とすることで、危険距離以上の離隔を確保する設計とし、屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

設計対処施設である屋外に設置する外部火災防護対象施設については、外部火災ガイドを参考として、影響評価により算出する輻射強度を考慮した場合においても、離隔距離の確保等により、許容温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

近隣工場等の火災により周辺の森林へ飛び火することによる、近隣工場等の火災と森林火災の重畳評価においては、石油備蓄基地火災と森林火災の輻射熱量及び離隔距離を考慮し、石油備蓄基地火災と森林火災から受ける輻射強度が大きくなる設計対処施設を重畳評価の対象に選定する。評価に当たっては、外部火災ガイドを参考として、影響評価により算出される輻射強度に基づき、設計対処施設の温度を許容温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

危険物タンク等の火災については、外部火災ガイドを参考として、影響評価により算出される輻射強度に基づき、設計対処施設の温度を許容温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

危険物タンク等及びMOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫の爆発については、設計対処施設への影響がなく外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認する。

5. 2 石油備蓄基地火災【補足説明資料5－2】

石油備蓄基地火災については、外部火災ガイドを参考として、以下の

とおり石油備蓄基地火災を想定し、設計対処施設への熱影響評価を実施する。

(1) 石油備蓄基地火災の想定

a. 気象条件は無風状態とする。

b. 石油備蓄基地に配置している51基の原油タンク（約11.1万 m^3 ／基）の原油全てが防油堤内に流出した全面火災を想定し、原油タンクから流出した石油類は全て防油堤内に留まるものとする。

c. 火災は原油タンク9基（3列×3行）又は6基（2列×3行）を1単位とした円筒火災モデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。円筒火災モデルの概念図を第5－4図に示す。

d. 原油タンクは、燃焼半径が大きく、燃焼時に空気供給が不足し、大量の黒煙が発生するため、放射発散度の低減率（0.3）を考慮する。

(2) 設計対処施設への熱影響について

a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋

評価対象は、石油備蓄基地からの距離が最短（約1,450m）となる第1ガラス固化体貯蔵建屋とする。外部火災ガイドを参考とし、想定される石油備蓄基地火災により第1ガラス固化体貯蔵建屋の建屋外壁で受ける火炎からの輻射強度を算出する。この輻射強度を危険輻射強度（2.3 kW/m^2 ）以下とすることで、危険距離以上の離隔を確保する設計とする。また、危険輻射強度以下とすることで外壁表面温度をコンクリートの許容温度200℃以下とし、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

評価結果を第5－1表に示す。

b. 屋外に設置する外部火災防護対象施設（安全冷却水系冷却塔）

評価対象は、石油備蓄基地からの距離が最短（約1,640m）となる設計対処施設の使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔Bとし、外部火災ガイドを参考とし、想定される石油備蓄基地火災から受ける火炎からの輻射強度を算出する。この輻射強度に基づき算出する冷却水出口温度を最大運転温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

評価結果を第5－1表に示す。

c. 屋外に設置する外部火災防護対象施設（主排気筒及び屋外ダクト）

主排気筒及び屋外ダクトについては、主要材が鋼材であり、熱に対しての許容温度が高い。また、石油備蓄基地火災の評価対象とした第1ガラス固化体貯蔵建屋より距離が離れていることから、主排気筒及び屋外ダクトが火炎から受ける輻射強度は、評価対象より低い。石油備蓄基地火災に対して、評価対象の外壁表面温度はコンクリートの許容温度200℃以下とすることから、主排気筒及び屋外ダクトについても安全機能を損なうことはない。【補足説明資料3－1】

d. 非常用ディーゼル発電機

第1非常用ディーゼル発電機及び第2非常用ディーゼル発電機は建屋内に設置し、建屋の外気取入口から室内へ空気を取り込み、その室内空気をディーゼル発電機へ取り込む設計とする。

そのため、非常用ディーゼル発電機を収納する設計対処施設の外気取入口から室内に流入する空気の温度が石油備蓄基地火災の熱影響によって上昇したとしても室内温度の最高温度以下とすることで、室内から空気を取り込む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。

評価対象は、石油備蓄基地からの距離が最短（約 1,660m）となる第 2 非常用ディーゼル発電機を収納する非常用電源建屋とする。評価については、想定される石油備蓄基地火災により、建屋外壁等がコンクリートの許容温度 200℃に上昇した状態を想定し、建屋外壁等からの熱伝達により、外気取入口から室内に流入する空気温度を算出する。この空気温度を室内温度の最高温度以下とすることで、室内から空気を取り込む第 2 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。評価結果を第 5 - 2 表に示す。

5. 3 高圧ガストレーラ庫の水素爆発

MOX 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫は、高圧ガス保安法に基づき、着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とすること及び爆発時に発生する爆風が上方向に開放されることを妨げない設計であることから、設計対処施設への影響がなく、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認する。

また、設計対処施設は、高圧ガストレーラ庫に対する危険限界距離(55 m)以上の離隔距離を確保していることを確認する。

【補足説明資料 5 - 4】

5. 4 近隣工場等の火災と森林火災の重畳評価【補足説明資料 5 - 2】

石油備蓄基地火災においては、防油堤外部へ延焼する可能性は低いが、外部火災ガイドを参考として、石油備蓄基地周辺の森林へ飛び火することにより再処理施設へ迫る場合を考慮し、石油備蓄基地火災と森林火災の重畳を想定する。評価に当たっては、石油備蓄基地火災と森林火災の輻射熱量及び離隔距離を考慮し、石油備蓄基地火災と森林火災から受け

る輻射強度が大きくなる使用済燃料受入れ・貯蔵建屋及び使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A を重畳評価の対象とする。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋については、建屋外壁が受ける輻射強度を外部火災ガイドを参考として算出する。この輻射強度に基づき算出する外壁表面温度をコンクリートの許容温度 200°C 以下となることで、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A については、安全冷却水系冷却塔が受ける輻射強度を外部火災ガイドを参考として算出する。この輻射強度に基づき算出した冷却水出口温度を最大運転温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。評価結果を第 5 - 3 表に示す。

【補足説明資料 4 - 4】

5. 5 敷地内に存在する危険物タンク等の火災又は爆発

敷地内に複数存在する危険物タンク等の中から、貯蔵量、配置状況を考慮し、設計対処施設に火災又は爆発の影響を及ぼすおそれがあるものを選定する。

(1) 危険物タンク等の火災 【補足説明資料 5 - 3】

火災源として考慮する危険物タンク等を第 1. 7. 11 - 4 表に示す。

a. 危険物タンク等の火災の想定

危険物タンク等の火災は、外部火災ガイドを参考とし以下のとおり想定する。

(a) 気象条件は無風状態とする。

- (b) タンク内の重油全てが防油堤内に流出した全面火災を想定し，流出した重油は全て防油堤内に留まるものとする。
- (c) 火災は円筒火災モデルとし，火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。
- (d) 輻射発散度の低減は考慮しない。

b. 評価対象施設

評価対象施設は，危険物タンク等からの距離が最短となる設計対処施設を対象とする。

危険物タンク等の火災の影響評価の対象となる設計対処施設を第1.7.11－5表に示す。

c. 設計対処施設への熱影響について

設計対処施設への熱影響は，外部火災ガイドを参考として評価を実施する。

(a) ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の火災

評価対象は，ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所からの距離が最短となるウラン酸化物貯蔵建屋（約580m）及び再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B（約490m）とする。

ウラン酸化物貯蔵建屋については，建屋外壁が受ける火炎からの輻射強度（ 0.088 kW/m^2 ）を外部火災ガイドを参考として算出する。この輻射強度に基づき算出する外壁表面温度を，コンクリートの許容温度 200°C 以下とすることで，建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔Bについては，冷却塔が受ける火炎からの輻射強度（ 0.13 kW/m^2 ）を外部火災ガイドを参考として算出する。この輻射強度に基づき算出する冷却水出口温度を最大

運転温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

評価結果を第5－6表に示す。

主排気筒及び屋外ダクトについては、主要材が鋼材であり、熱に対しての許容温度が高い。また、ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の火災の評価対象であるウラン酸化物貯蔵建屋より距離が離れていることから、主排気筒及び屋外ダクトが火災から受ける輻射強度は、評価対象より低い。ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の火災に対して、評価対象の外壁表面温度はコンクリートの許容温度 200°C 以下とすることから、主排気筒及び屋外ダクトについても安全機能を損なうことはない。

【補足説明資料3－1】

(b) ボイラ用燃料貯蔵所の火災

評価対象は、ボイラ用燃料貯蔵所からの距離が最短となる使用済燃料受入れ・貯蔵建屋（約210m）及び使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔B（約210m）とする。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋については、建屋外壁が受ける火災からの輻射強度（ 0.079 kW/m^2 ）を外部火災ガイドを参考として算出する。この輻射強度に基づき算出する外壁表面温度をコンクリートの許容温度 200°C 以下とすることで、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔Bについては、冷却塔が受ける火災からの輻射強度（ 0.079 kW/m^2 ）を外部火災ガイドを参考として算出する。この輻射強度に基づき算出す

る冷却水出口温度を最大運転温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

評価結果を第 5－6 表に示す。

主排気筒及び屋外ダクトについては、主要材が鋼材であり、熱に対しての許容温度が高い。また、ボイラ用燃料貯蔵所の火災の評価対象とした使用済燃料受入れ・貯蔵建屋より距離が離れていることから、主排気筒及び屋外ダクトが火炎から受ける輻射強度は、評価対象より低い。ボイラ用燃料貯蔵所の火災に対して、評価対象の外壁表面温度はコンクリートの許容温度 200°C 以下とすることから、主排気筒及び屋外ダクトについても安全機能を損なうことはない。

【補足説明資料 3－1】

(c) ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災

評価対象は、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所からの距離が最短となる使用済燃料受入れ・貯蔵建屋（約 100m ）及び使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B（約 100m ）とする。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋については、建屋外壁が受ける火炎からの輻射強度（ 0.45 kW/m^2 ）を外部火災ガイドを参考として算出する。この輻射強度に基づき算出する外壁表面温度をコンクリートの許容温度 200°C 以下とすることで、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B については、冷却塔が火炎から受ける輻射強度（ 0.45 kW/m^2 ）を外部火災ガイドを参考として算出する。この輻射強度に基づき算出する冷

却水出口温度を最大運転温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

評価結果を第 5 - 6 表に示す。

主排気筒及び屋外ダクトについては、主要材が鋼材であり、熱に対しての許容温度が高い。また、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災の評価対象である使用済燃料受入れ・貯蔵建屋より距離が離れていることから、主排気筒及び屋外ダクトが火炎から受ける輻射強度は、評価対象より低い。ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災に対して、評価対象の外壁表面温度はコンクリートの許容温度 200℃ 以下とすることから、主排気筒及び屋外ダクトについても安全機能を損なうことはない。

【補足説明資料 3 - 1】

(2) 危険物タンク等の爆発【補足説明資料 5 - 5】

爆発源として考慮する危険物タンク等を第 1. 7. 11 - 4 表に示す。

危険物タンク等は屋内に設置し、着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とすることで爆発を防止する設計とする。

また、危険物タンク等のうち、低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫及びボイラ建屋 ボンベ置場については、外部火災ガイドを参考に危険限界距離を算出する。設計対処施設は、低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫及びボイラ建屋 ボンベ置場から危険限界距離以上の離隔を確保することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計する。評価結果を第 5 - 7 表に示す。

精製建屋ボンベ庫及び還元ガス製造建屋については、設計対処施設

に隣接しており，危険限界距離の確保は出来ない。そのため，設計対象施設については，爆発によって発生する爆風圧に対して健全性を維持する設計とすることで，外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。評価結果を第 5－8 表に示す。

第 5 - 1 表 石油備蓄基地火災における熱影響評価結果

評価対象	石油備蓄基地 からの離隔距離 (m)	輻射強度 (kW/m ²)	危険輻射強度 (kW/m ²)	
第 1 ガラス固化体 貯蔵建屋	1,450	1.6	2.3	
評価対象	石油備蓄基地から の離隔距離 (m)	通常運転時の 出口温度* (℃)	出口温度の上 昇温度 (℃)	最大運転温 度*(℃)
使用済燃料の受入れ施設 及び貯蔵施設用 安全冷 却水系冷却塔 B	1,640	約 ■	0.04	■

* : 設計値より設定

第 5 - 2 表 第 2 非常用ディーゼル発電機の流入空気の温度評価

評価対象	評価結果 (℃)	許容温度 (℃) *
非常用電源建屋 外気取入口の流入空気	32	40

* : 空気が流入する室内温度 (設計値より設定)

第 5 - 3 表 石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳における熱影響評価結果

評価対象	石油備蓄基地からの 離隔距離 (m)	外壁表面 温度 (℃)	コンクリート許容温度 (℃)	
使用済燃料受入れ・ 貯蔵建屋	1,760	140	200	
評価対象	石油備蓄基地から の離隔距離 (m)	通常運転時の 出口温度* (℃)	出口温度の上 昇温度 (℃)	最大運転温度* (℃)
使用済燃料の受入れ施設 及び貯蔵施設用 安全冷 却水系冷却塔 A	1,810	約 ■	0.09	■

*：設計値より設定

第 1.7.11 - 4 表 火災源又爆発源として考慮する危険物タンク等

危険物タンク等	貯蔵物
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	重油
ボイラ用燃料貯蔵所	重油
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	重油
精製建屋ボンベ庫	水素
還元ガス製造建屋	水素
ボイラ建屋 ボンベ置場	プロパン
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	プロパン

第 1.7.11－5表 危険物タンク等の火災の影響評価の対象となる設計対処施設

	危険物タンク等	設計対処施設	離隔距離 (m)
外部火災防護 対象施設を収 納する建屋に 対する熱影響 評価	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	ウラン酸化物貯蔵建屋	580
	ボイラ用燃料貯蔵所	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	210
	ディーゼル発電機用燃料油受 入れ・貯蔵所	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	100
屋外に設置す る外部火災防 護対象施設に 対する熱影響 評価	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	再処理設備本体用 安全冷却水 系冷却塔 B	490
	ボイラ用燃料貯蔵所	使用済燃料の受入れ施設及び 貯蔵施設用 安全冷却水系冷却 塔 B	210
	ディーゼル発電機用燃料油受 入れ・貯蔵所	使用済燃料の受入れ施設及び 貯蔵施設用 安全冷却水系冷却 塔 B	100

第5-6表 重油タンクから最短となる設計対処施設への熱影響評価結果

<外壁表面温度評価>

重油タンク	評価対象	評価結果 (℃)	許容温度 (℃)
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	ウラン酸化物貯蔵建屋	65	200
ボイラ用燃料貯蔵所	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	61	
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	91	

<配管内の冷却水温度評価>

重油タンク	評価対象	通常運転時出口温度 (℃) *	出口温度の上昇 温度 (℃)	最大運転温度* (℃)
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B	約 ■	0	■
ボイラ用燃料貯蔵所	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B		0	■
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B		0.01	■

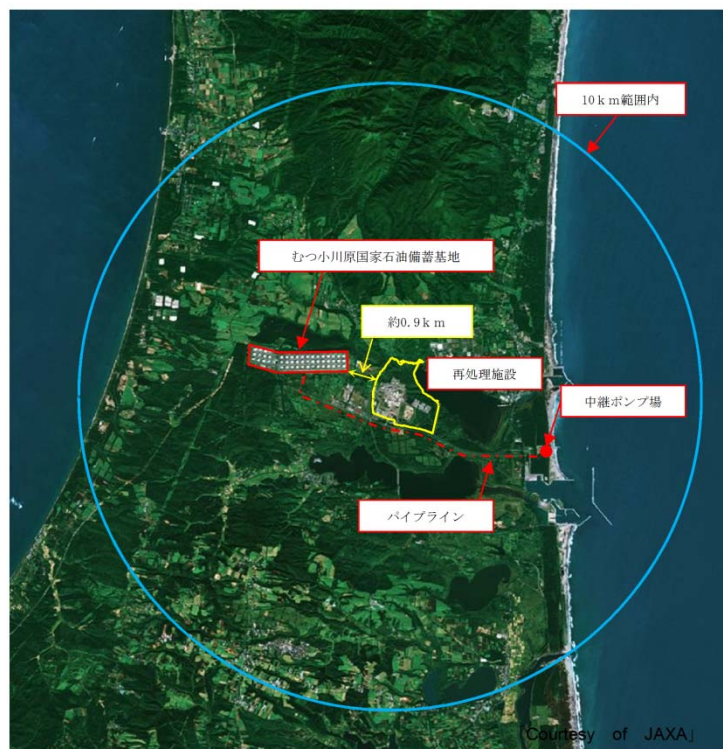
*：設計値より設定

第 5－7 表 危険限界距離の評価結果

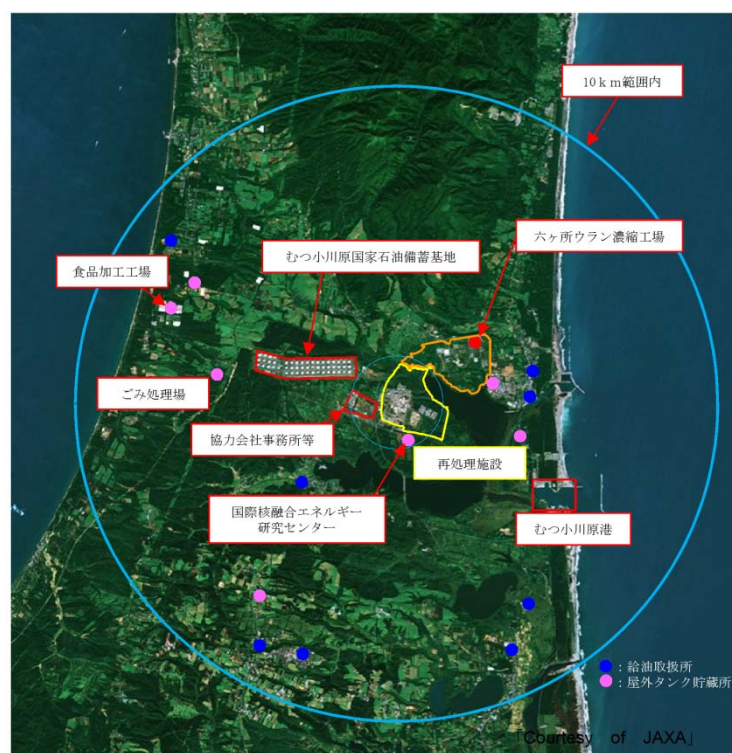
危険物タンク等	至近の設計対処施設	危険限界距離 (m)	離隔距離 (m)
ボイラ建屋 ボンベ置場	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	30	118
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B	67	132
精製建屋ボンベ庫	精製建屋	32	6
還元ガス製造建屋	ウラン・プルトニウム混合脱硝建 屋	24	5

第 5－8 表 爆風圧に対する評価結果

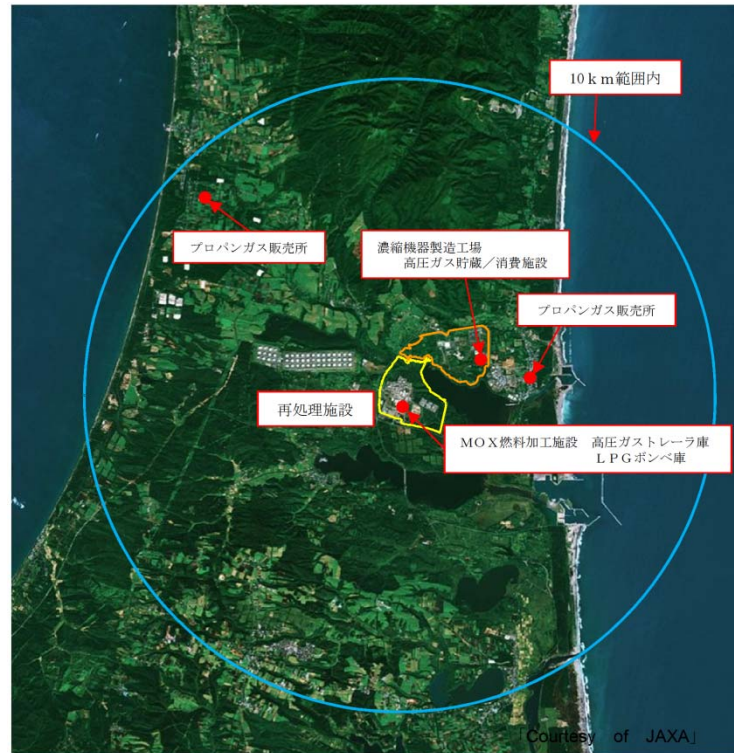
危険物タンク等	至近の建屋	爆風圧による荷重		許容応力	
		曲げモーメント (k N・m)	せん断力 (k N)	曲げモーメント (k N・m)	せん断力 (k N)
精製建屋 ボンベ庫	精製建屋	1, 200	580	1, 800	1, 100
還元ガス 製造建屋	ウラン・プ ルトニウム 混合脱硝建 屋	950	480	1, 800	1, 100



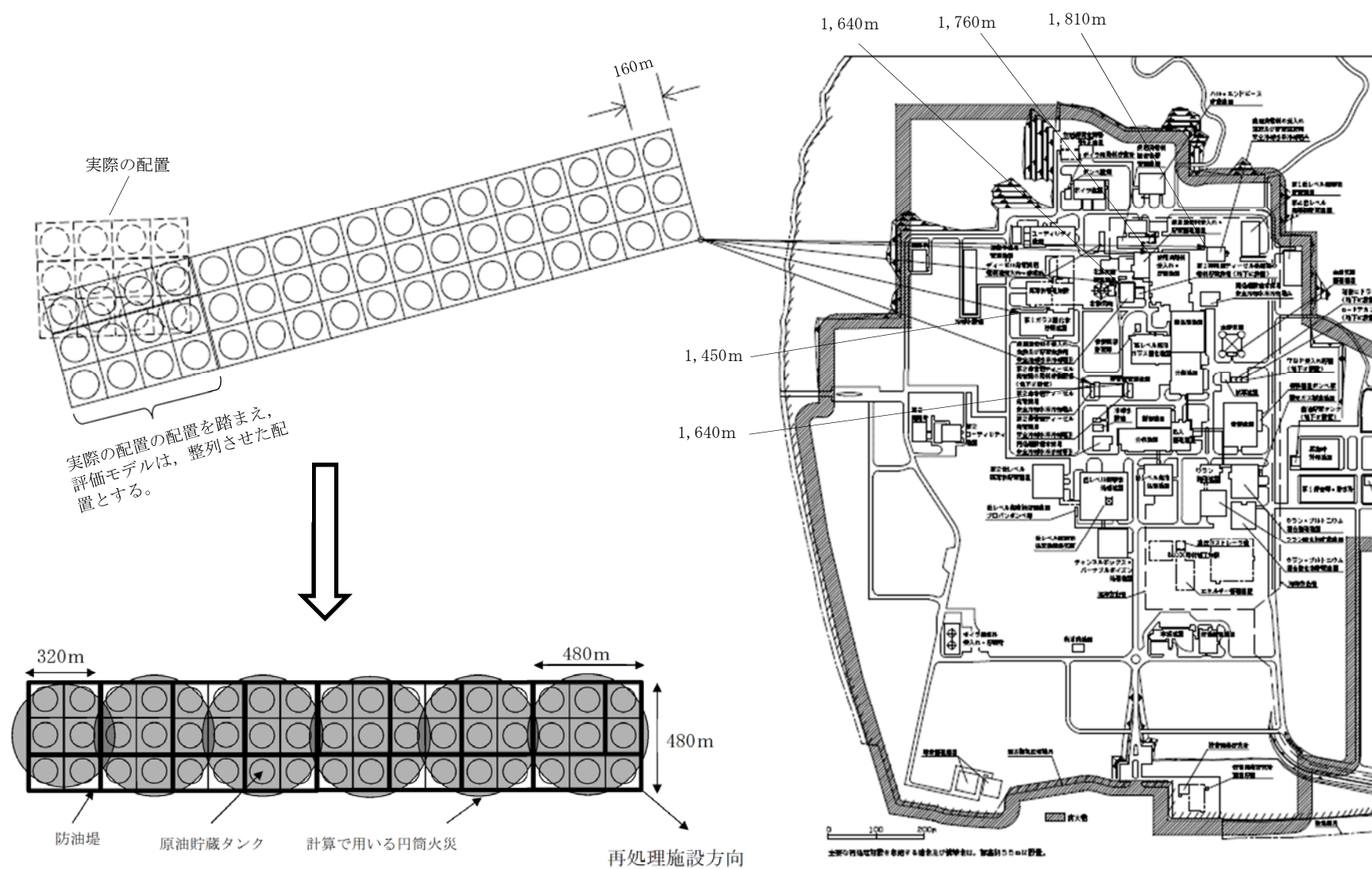
第5－1図 石油コンビナート等特別防災区域内の配置概要図



第5－2図 石油備蓄基地以外の産業施設の配置概要図



第5－3図 高圧ガス貯蔵施設の配置概要図



第5-4図 円筒火災モデルのイメージ

6. 航空機墜落による火災

6. 1 概 要

航空機墜落による火災については、外部火災ガイド及び「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価について（平成21年6月30日原子力安全・保安院）」（以下「航空機落下確率評価ガイド」という。）を参考として、航空機墜落による火災の条件となる航空機の選定を行う。また、航空機墜落地点については、建屋外壁等で火災が発生することを想定する。この航空機墜落による火災の輻射強度を考慮した場合において、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

6. 2 航空機墜落による火災の想定【補足説明資料6-1】

航空機墜落による火災の想定は、以下のとおりとする。

- (1) 航空機は、対象航空機のうち、燃料積載量が最大の機種とする。
- (2) 航空機は、燃料を満載した状態を想定する。
- (3) 航空機墜落地点は、建屋外壁等の設計対処施設への影響が厳しい地点とする。
- (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。
- (5) 気象条件は無風状態とする。
- (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。
- (7) 油火災において任意の位置にある輻射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を半径の3倍にした円筒火災モデルを採用する。

6. 3 墜落による火災を想定する航空機の選定【補足説明資料6-1】

外部火災ガイドを参考に、航空機墜落による火災の対象航空機については、航空機落下確率評価ガイドの落下事故の分類を踏まえ、以下の航空機の落下事故における航空機を選定する。

- (1) 自衛隊機又は米軍機の訓練空域内を訓練中及び訓練空域周辺を飛行中の落下事故

外部火災ガイドを参考として、燃料積載量が最大の自衛隊機であるKC-767を選定する。

また、三沢対地訓練区域を訓練飛行中の自衛隊機又は米軍機のうち、当社による調査結果から、自衛隊機のF-2又は米軍機のF-16を選定する。さらに、今後、訓練飛行を行う主要な航空機となる可能性のあるF-35についても選定する。

- (2) 計器飛行方式民間航空機の空路を巡航中の落下事故の航空機

直行経路を巡航中の計器飛行方式民間航空機の落下事故については、防護設計の要否確認における「直行経路を巡航中の計器飛行方式民間航空機の落下事故」に示す式を用いると、航空機落下の発生確率が 10^{-7} 回／年となる範囲が敷地外となる。

敷地外における外部火災については、「近隣工場等の火災及び爆発」で、石油備蓄基地に配置している51基の原油タンク（約 11.1万m^3 ／基）の原油全てが防油堤内に流出した全面火災を想定している。計器飛行方式民間航空機の墜落による火災について、厳しい条件となる最大燃料積載量の多い機種（燃料積載量約 240m^3 ）を対象としても、石油備蓄基地の原油量と比較すると火災源となる可燃物量が少ないことから、計器飛行方

式民間航空機の墜落による火災は、近隣工場等の火災影響評価に包含される。

6. 4 航空機墜落地点の設定【補足説明資料6-1】

再処理施設は敷地内に放射性物質を取り扱う建屋が多く、面的に広く分布していることを踏まえ、離隔距離を想定しない航空機墜落による火災としてとらえ、航空機墜落地点は、建屋外壁等の設計対処施設への影響が厳しい地点とする。また、航空機墜落事故として単独事象を想定する。

設計対処施設のうち外部火災防護対象施設を収納する建屋については、外壁の至近に円筒火災モデルを設定し、火災の発生から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度を与えるものとして熱影響を評価する。

屋外に設置する設計対処施設については、外部火災防護対象施設を収納する建屋への評価と同様に、設計対処施設の外殻となる竜巻防護対策設備の至近で航空機墜落による火災が発生することを想定し、設計対処施設の安全機能を損なわない設計とする。また、竜巻防護対策設備についても、屋外に設置する設計対処施設に航空機墜落による火災を起因とした波及的影響を与えることのない設計とする。

6. 5 設計対処施設への熱影響評価について【補足説明資料6-2】

(1) 外部火災防護対象施設を収納する建屋

外部火災防護対象施設を収納する建屋については、建屋外壁が受ける火炎からの輻射強度を外部火災ガイドを参考として算出する。この輻射強度に基づき算出される外壁の温度上昇により建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない及び建屋外壁が要求される機能を損なわない設計とする。

(2) 屋外に設置する外部火災防護対象施設

火炎から輻射熱を直接受熱する屋外に設置する設計対処施設及び竜巻防護対策設備については、火炎からの輻射熱を受けて高温になるため、耐火被覆、遮熱板等の防護対策を講ずることにより、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

屋外の外部火災防護対象施設は、主要部材である鋼材の強度が維持される温度 325℃以下とすることで、安全機能を損なわない設計とする。また、安全冷却水系冷却塔については、火炎からの輻射強度に基づき算出する冷却水出口温度が最大運転温度以下とすることで、安全機能を損なわない設計とする。

竜巻防護対策設備については、安全冷却水系冷却塔に波及的影響を与える場合は、支持構造物である架構等に耐火被覆、遮熱板等の防護対策を講ずる設計とする。

(3) 非常用ディーゼル発電機

第2非常用ディーゼル発電機を収納する非常用電源建屋について、飛来物防護板を設置する。外部火災ガイドを参考とし、飛来物防護板が受ける火炎からの輻射強度を算出する。この輻射強度に基づき飛来物防護板から建屋内への熱影響により算出される、第2非常用ディーゼル発電機の温度を、第2非常用ディーゼル発電機の性能維持に必要な温度以下とすることで、安全機能を損なわない設計とする。また、第2非常用ディーゼル発電機の安全機能に影響がある場合は、飛来物防護板については耐火被覆、遮熱板等の防護対策を講ずる設計とする。

6. 6 航空機墜落による火災と敷地内の危険物タンク等の火災又は爆発の重畳について【補足説明資料6-3】

設計対処施設のうち、建屋については、航空機墜落による火災と敷地内の危険物タンクによる火災が重畳した場合の熱影響に対して、建屋の外壁温度が、熱に対するコンクリートの強度が維持できる温度以下とし、かつ、建屋内の温度上昇により外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

さらに、設計対処施設は、航空機墜落による火災と敷地内の可燃性ガスを貯蔵するボンベの爆発が重畳した場合の爆風圧に対して、外部火災ガイドを参考として危険限界距離を算出し、可燃性ガスを貯蔵するボンベまでの離隔距離を確保し、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。また、危険限界距離を確保することが出来ない設計対処施設については、爆発によって発生する爆風圧に対して健全性を維持する設計とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

(1) 火災の重畳

航空機墜落による火災に対する危険物タンク等の火災の影響については、発生熱量が大きく設計対処施設に与える影響が大きい事象を想定する。発生熱量が一番大きくなる想定として、重油タンクが航空機墜落により火災を発生させることを想定する。

航空機が危険物タンク等に直撃し、危険物および航空機燃料による重畳火災を想定したとしても、離隔距離が最も短いディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の重畳火災により、設計対処施設である使用済燃料受入れ・貯蔵建屋が受ける輻射強度は 1 kW/m^2 程度であり、設計対処

施設の直近で航空機墜落による火災を想定した場合の輻射強度（ $30 \text{ kW} / \text{m}^2$ ）よりも小さく、設計対処施設の直近における航空機墜落による火災評価に包含される。

(2) 爆発の重畳

低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫及びボイラ建屋 ボンベ置場については、外部火災ガイドを参考に危険限界距離を算出する。設計対処施設は、低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫及びボイラ建屋 ボンベ置場から危険限界距離以上の離隔を確保することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

精製建屋ボンベ庫及び還元ガス製造建屋については、設計対処施設に隣接しており、危険限界距離の確保は出来ない。そのため、設計対処施設については、爆発によって発生する爆風圧に対して健全性を維持する設計とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

危険限界距離の評価結果を第6－1表に、爆風圧に対する評価結果を第6－2表に示す。

第 6－1 表 危険限界距離の評価結果

危険物タンク等	至近の設計対処施設	危険限界距離 (m)	離隔距離 (m)
ボイラ建屋 ボンベ置場	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	30	118
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B	67	132

第 6－2 表 爆風圧に対する評価結果

危険物タンク等	至近の建屋	爆風圧による荷重		許容応力	
		曲げモーメント (k N・m)	せん断力 (k N)	曲げモーメント (k N・m)	せん断力 (k N)
精製建屋 ボンベ庫	精製建屋	1,200	580	1,800	1,100
還元ガス 製造建屋	ウラン・プ ルトニウム 混合脱硝建 屋	950	480	1,800	1,100

7. 危険物タンク等への熱影響【補足説明資料 7－1】

7. 1 概 要

危険物タンク等への熱影響については、森林火災及び近隣工場等の火災又は爆発の影響を想定しても、敷地内の危険物タンク等の貯蔵物の温度を許容温度以下とすることで、危険物タンク等の火災及び爆発を防止し、設計対処施設への影響を与えない設計とする。

7. 2 熱影響の評価対象

評価対象は、防火帯及び石油備蓄基地からの距離が最短となる危険物タンク等を対象とする。ただし、森林火災又は石油備蓄基地火災の発生を想定しても、建物及び構築物により火炎の輻射の受熱面がない場合には、その危険物タンク等は、当該火災評価の際の評価対象としない。

森林火災及び近隣工場等の火災における評価対象を第1.7.11－7表に示す。

7. 3 熱影響について

(1) 森林火災

森林火災においては、重油タンク、水素ボンベ及びプロパンボンベに対し、火災の燃焼時間を考慮し、一定の輻射強度で重油タンク、水素ボンベ及びプロパンボンベが加熱されるものとして、内部温度を算出する。算出される内部温度を貯蔵物の許容温度以下とすることで、危険物タンク等の火災及び爆発を防止し、設計対処施設への影響を与えない設計とする。

評価結果を第 7－1 表に示す。

(2) 近隣工場等の火災

石油備蓄基地火災においては、重油タンク及びプロパンボンベが受ける火炎からの輻射強度に基づき、重油タンク及びプロパンボンベの表面

での放熱量と入熱量の関係から、表面温度を算出する。算出した表面温度を貯蔵物の許容温度以下とすることで、危険物タンク等の火災及び爆発を防止し、設計対処施設への影響を与えない設計とする。

評価結果を第7-1表に示す。

7. 4 近隣工場等の爆発の影響について

MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫は、高圧ガス保安法に基づき、着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とすること及び爆発時に発生する爆風が上方向に開放されることを妨げない設計であるが、危険物タンク等に対して影響を与えることはないことを確認する。

また、危険物タンク等は高圧ガストレーラ庫に対する危険限界距離(55m)以上の離隔距離を確保する。

第 1.7.11－7 表 森林火災及び近隣工場等の火災における影響評価の対象
となる危険物タンク等

種別	危険物タンク等	貯蔵物	離隔距離 (m)
森林火災	ボイラ用燃料貯蔵所	重油	168
	精製建屋ボンベ庫	水素	230
	ボイラ建屋 ボンベ置場	プロパン	151
近隣工場等の 火災	ボイラ用燃料貯蔵所	重油	1,500
	ボイラ建屋 ボンベ置場	プロパン	1,500

第 7－1 表 評価結果

事象	評価対象	貯蔵物	表面温度又は 内部温度	許容温度
森林火災	ボイラ用 燃料貯蔵所	重油	93℃	200℃
	精製建屋 ボンベ庫	水素	42℃	571.2℃
	ボイラ建屋 ボンベ置場	プロパン	62℃	405℃
石油備 蓄基地 火災	ボイラ用 燃料貯蔵所	重油	180℃	200℃
	ボイラ建屋 ボンベ置場	プロパン	170℃	405℃

8. 二次的影響評価【補足説明資料 8－1】

ばい煙及び有毒ガスによる影響については、外部火災ガイドを参考として第1.7.11－8表の設備を対象とし、ばい煙及び有毒ガスの侵入を防止するため、適切な対策を講ずることによって外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

8. 1 ばい煙の影響

(1) 換気空調系統

設計対処施設の各建屋の換気設備の給気系は、粒子フィルタ又は中性能フィルタにより、ばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

制御建屋の中央制御室は、運転員の作業環境を確保するため、制御建屋中央制御室換気設備の外気取入口に高性能粒子フィルタを設置するとともに、制御建屋中央制御室換気設備の外気との連絡口を遮断し、制御建屋の中央制御室内空気を再循環する措置を講ずる設計とする。制御建屋中央制御室換気設備系統概要図を第 8－1 図に示す。

【補足説明資料 8－2】

また、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の制御室については、必要に応じて外気との連絡口を遮断し、運転員への影響を防止する設計とする。

(2) ディーゼル発電機

外部火災防護対象施設の第 1 非常用ディーゼル発電機については中性能フィルタ及び第 2 非常用ディーゼル発電機についてはステンレス製ワイヤーネットにより、ばい煙の侵入を防止することで、安全機能を損なわない設計とする。

(3) 安全圧縮空気系の空気圧縮機

外部火災防護対象施設の空気圧縮機の吸気側については、中性能フィルタにより、ばい煙の侵入を防止することで、安全機能を損なわない設計とする。

(4) ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管

ガラス固化体貯蔵設備は、間接自然空冷貯蔵方式により、貯蔵するガラス固化体からの崩壊熱を利用して冷却空気入口シャフトから外気を取り入れ、外部火災防護対象施設である収納管と通風管で形成する円環流路を上昇しながらガラス固化体を冷却し、冷却空気出口シャフトより排出している。

外気とともに冷却空気の流路にばい煙が流入するが、流路の閉塞を防止する構造とし、安全機能を損なわない設計とする。

8. 2 有毒ガスの影響

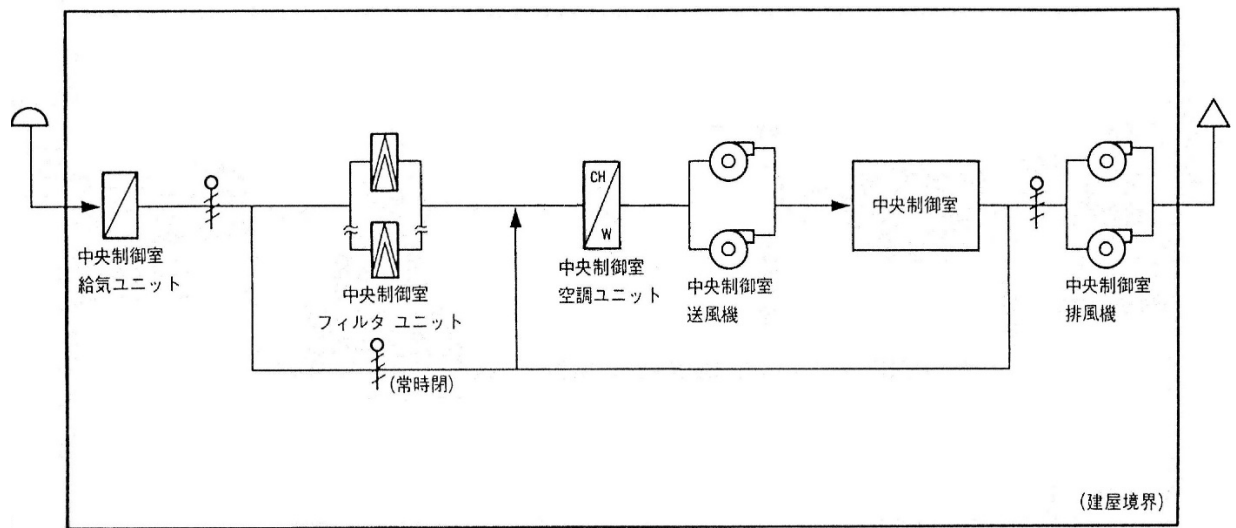
制御建屋の中央制御室は、運転員の作業環境を確保するため、有毒ガスの侵入を防止できるよう、制御建屋中央制御室換気設備の外気との連絡口を遮断し、制御建屋の中央制御室内空気を再循環する措置を講ずる設計とする。制御建屋中央制御室換気設備系統概要図を第8－1図に示す。

【補足説明資料8－2】

また、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の制御室については、必要に応じて外気との連絡口を遮断し、運転員への影響を防止する設計とする。

第 1.7.11－8 表 ばい煙及び有毒ガスによる影響評価の対象
となる設備

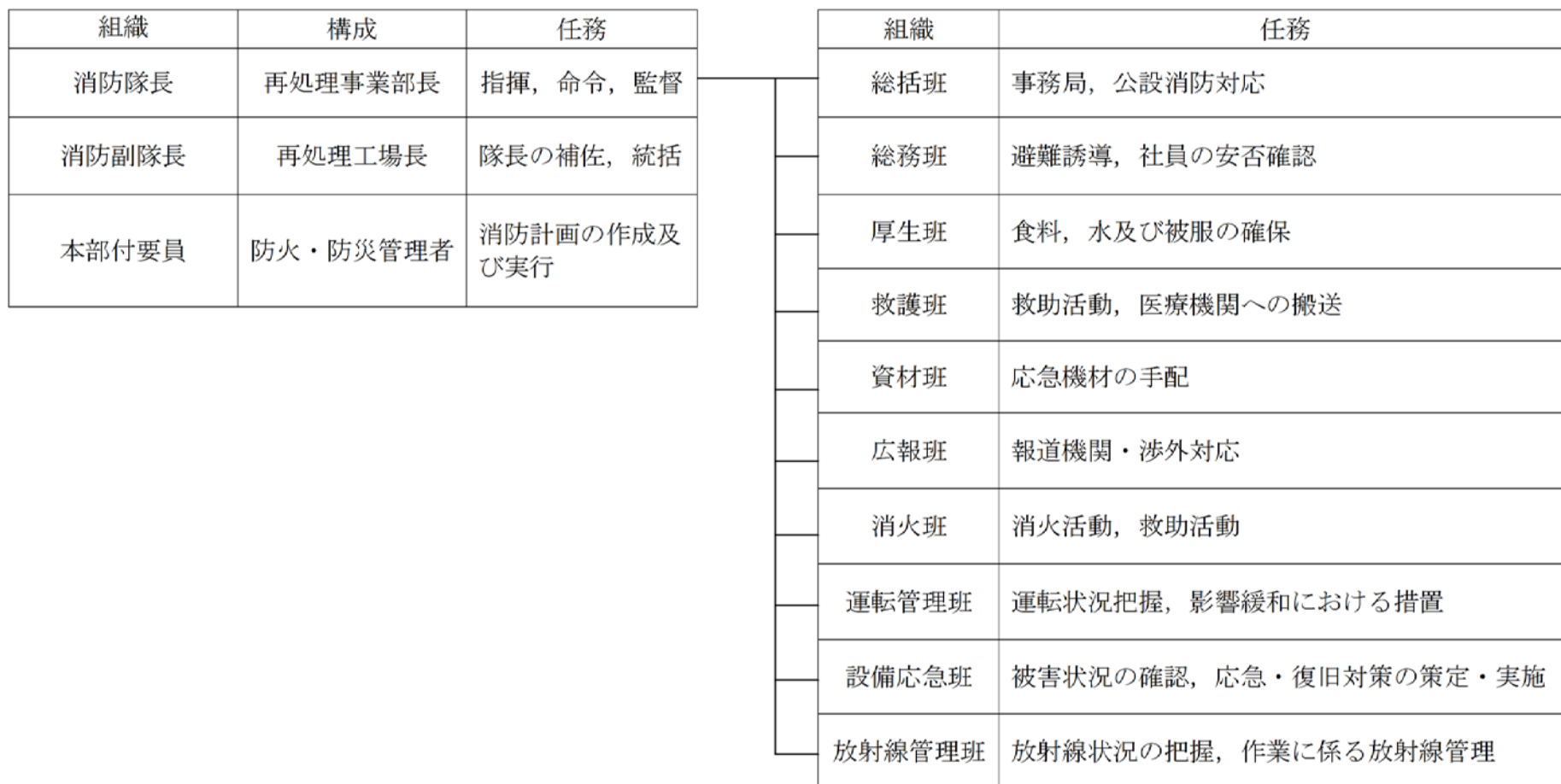
	分類	影響評価対象設備
機器への 影響	外気を取り込む 空調系統	・ 設計対処施設の各建屋の 建屋換気設備 ・ 制御建屋中央制御室換気設備
	外気を取り込む 機器	・ 第 1 非常用ディーゼル発電機 ・ 第 2 非常用ディーゼル発電機 ・ 安全圧縮空気系の空気圧縮機 ・ ガラス固化体貯蔵設備



第 8 - 1 図 制御建屋中央制御室換気設備系統概要

9. 消火体制

外部火災発生時には、再処理事業部長等により編成する自衛消防隊を設置し、再処理施設への影響を軽減するため、自衛消防隊の消火班により事前散水を含む消火活動を実施する。また、外部火災発生時に必要となる通報連絡者及び初期消火活動のための要員として自衛消防隊の消火班のうち消火専門隊は敷地内に常駐する運用とする。自衛消防隊組織図を、第 1.7.11－6 図に示す。



第 1.7.11－3 図 自衛消防隊組織図

10. 火災防護計画を策定するための方針

外部火災に対する対策を実施するため、以下の内容を含めた火災防護計画を定める。

- (1) 外部火災に対する消火設備の選定方針，設置目的及び運用方法
- (2) 外部火災に対する消火活動を実施するための消火栓等の消火設備の設置並びに大型化学高所放水車，消防ポンプ付水槽車及び化学粉末消防車の配備
- (3) 外部火災の対応に必要な設備の維持管理に係る体制及び手順
- (4) 初期消火活動及びその後の消火活動に係る体制並びに火災時の装備
- (5) 再処理施設が影響を受けるおそれがある場合の工程停止等の措置
- (6) 計画を遂行するための体制の整備（責任の所在，責任者の権限，体制の運営管理，必要な要員の確保に係る事項を含む）並びに教育及び訓練
- (7) 外部火災発生時の対応，防火帯の維持及び管理並びにばい煙及び有毒ガス発生時の対応に係る手順
- (8) 外部火災発生時における再処理施設の保全のための活動を行う体制の整備

11. 手順等【補足説明資料 11－1】

外部火災に対しては、火災発生時の対応、防火帯の維持及び管理並びにばい煙及び有毒ガス発生時の対応を適切に実施するための対策を火災防護計画に定める。火災防護計画には、計画を遂行するための体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保、教育訓練及び外部火災発生時の対策を実施するために必要な手順を定める。

以下に外部火災に対する必要な手順等を示す。

- (1) 防火帯の維持及び管理に係る手順並びに可燃物を設置する場合には、延焼防止機能を損なわないよう不燃性シートで覆う等の対策を実施する手順を整備する。
- (2) 設計対処施設及び危険物タンク等の設計変更に当たっては、外部火災によって、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことがないよう影響評価を行い確認する手順を整備する。
- (3) 外部火災によるばい煙及び有毒ガス発生時には、必要に応じてフィルタ交換の対策を実施する手順を整備する。また、対策に必要な資機材を整備する。
- (4) 敷地外の外部火災に対する事前散水を含む消火活動及び敷地内の外部火災に対する消火活動については、敷地内に常駐する自衛消防隊の消火班が実施する手順を整備する。また、消火活動に必要な消火栓等の消火設備の設置並びに大型化学高所放水車、消防ポンプ付水槽車、化学粉末消防車及びその他資機材の配備を実施する。
- (5) 外部火災の対応に必要な設備の維持管理に係る手順を整備する。
- (6) 外部火災によるばい煙及び有毒ガスの発生時には、必要に応じ制御建屋中央制御室換気設備の外気との連絡口を遮断し、制御建屋の中央制御

室内空気を再循環することにより、中央制御室内へのばい煙及び有毒ガスの侵入を防止する手順を整備する。また、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の制御室については、必要に応じて外気との連絡口を遮断し、運転員への影響を防止する手順を整備する。

- (7) 外部火災発生時の連絡体制、防護対応の内容及び手順の火災防護に関する教育並びに総合的な訓練を定期的実施する手順を整備する。
- (8) 敷地周辺及び敷地内の植生に関する定期的な現場確認を実施する手順を整備する。また、F A R S I T Eの入力条件である植生に大きな変化があった場合は、再解析を実施する手順を定める。

【補足説明資料 11－2】

- (9) 外部火災の評価の条件に変更があった場合は、外部火災防護対象施設の安全機能への影響評価を実施する手順を定める。
- (10) 敷地内の外部火災が発生した場合は、再処理施設の工程停止等の措置を講ずる手順を整備する。また、敷地外の外部火災が発生した場合は、火災の状況に応じて、再処理施設が影響を受ける場合には工程停止等の措置を講ずる手順を整備する。さらに、運転員は必要に応じて消火活動の支援を行う手順を整備する。

2 章 補足説明資料

第9条:外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)

再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考(8月提出済みの資料については、資料番号を記載)
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料1-1	事業指定基準規則第9条と許認可実績等との比較表	11/13	0	欠番
補足説明資料2-1	使用済燃料収納キャスクへの波及的破損について	3/13	4	
補足説明資料2-2	外部火災ガイドへの適合性	3/13	3	新規
補足説明資料3-1	外部火災に対する防護対象及び熱影響評価について	3/13	6	別紙-1 外部火災に対する防護対象及び熱影響評価について
別紙1	主排気筒及び屋外ダクトへの影響について (森林火災、石油備蓄基地火災及び敷地内の危険物タンク火災)	11/13	2	別紙-1 外部火災に対する防護対象及び熱影響評価について
別紙2	主排気筒等の許容温度について	10/18	1	別紙-1 外部火災に対する防護対象及び熱影響評価について
補足説明資料3-2	熱影響評価建屋の選定について	3/13	5	3章 添付資料1
補足説明資料4-1	森林火災における発火点の設定について	11/13	1	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
補足説明資料4-2	森林火災シミュレーション解析コードへの入力条件について	12/20	2	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
補足説明資料4-3	森林火災シミュレーション解析の結果及び防火帯の設定について	3/13	6	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
別紙1	防火帯エリアに係る設計方針について	2/18	1	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
別紙2	防火帯内側の植生による評価対象施設への火災影響について	2/18	1	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
別紙3	斜面に設定している防火帯の地盤安定性について	3/13	5	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
補足説明資料4-4	外部火災発生時の環境モニタリング設備への対応について	3/13	3	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
別紙1	防火帯外側のモニタリングポストへの消火活動訓練	3/13	2	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
補足説明資料4-5	森林火災による外部火災防護施設への熱影響評価について	3/13	4	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
別紙1	森林火災評価における火災最前線のセルの配置設定の概要	10/18	0	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
別紙2	建屋外壁表面温度の許容温度200℃の根拠について	10/18	0	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
別紙3	天井スラブへの影響	10/18	0	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7

第9条:外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)

再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考(8月提出済みの資料については、資料番号を記載)
資料No.	名称	提出日	Rev	
別紙4	外部火災防護施設以外の施設への影響について	<u>3/13</u>	<u>3</u>	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
別紙5	可搬型重大事故等対処設備及びアクセスルートへの影響について	2/18	1	別紙-5 3章 添付資料3, 4, 5, 6, 7
補足説明資料4-6	屋内に設置する外部火災防護対象設備に対する熱影響について	<u>3/13</u>	<u>3</u>	別紙-4 3章 添付資料2
補足説明資料5-1	近隣工場等の火災及び爆発に係る評価対象の選定について	<u>3/13</u>	<u>6</u>	別紙-2 3章 添付資料8
別紙1	燃料輸送車両の火災・爆発について	<u>3/13</u>	<u>2</u>	別紙-2 3章 添付資料8
別紙2	漂流船舶の火災・爆発について	<u>3/13</u>	<u>2</u>	別紙-2 3章 添付資料8
別紙3	敷地内における危険物貯蔵施設等の火災・爆発	<u>3/13</u>	<u>6</u>	別紙-2 3章 添付資料8
別紙4	薬品タンクの影響について	<u>3/13</u>	<u>2</u>	別紙-2 3章 添付資料8
別紙5	敷地内危険物タンク等における延焼の危険性について	10/18	1	別紙-2 3章 添付資料8
別紙6	重油タンク等の地下化について	10/18	1	別紙-2 3章 添付資料8
別紙7	受電変圧器の防火対策	10/18	1	別紙-2 3章 添付資料8
補足説明資料5-2	近隣工場等の火災に係る再処理施設への熱影響評価について	<u>3/13</u>	<u>7</u>	3章 添付資料9
別紙1	熱影響評価における制限値について	<u>3/13</u>	<u>1</u>	新規作成
補足説明資料5-3	近隣工場等の火災に係る再処理施設への熱影響評価について(危険物タンク等(重油タンク))	2/18	4	別紙-6 3章 添付資料10
別紙1	天井スラブへの影響	10/18	1	別紙-6 3章 添付資料10
補足説明資料5-4	MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラの爆発に対する影響について	<u>3/13</u>	<u>2</u>	新規作成
補足説明資料5-5	敷地内の危険物タンク等の爆発に対する影響について	<u>3/13</u>	<u>3</u>	新規作成
補足説明資料6-1	航空機落下による火災影響評価条件について	<u>3/13</u>	<u>4</u>	

第9条:外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)

再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考(8月提出済みの資料については、資料番号を記載)
資料No.	名称	提出日	Rev	
別紙1	対象航空機の選定について	11/19	1	
別紙2	航空機燃料による燃焼時間の検討	11/19	1	
別紙3	燃焼面積の設定方針について	11/13	0	欠番
別紙4	三沢対地訓練区域での訓練回数の調査方法について	11/13	0	
補足説明資料6-2	航空機落下による火災熱影響評価について	3/13	5	
別紙1	耐火被覆に対する検討	3/13	4	
補足説明資料6-3	航空機墜落による火災と敷地内の危険物タンク等の重量について	3/13	6	
補足説明資料7-1	危険物タンク等における熱影響評価について	2/18	1	3章 添付資料12
補足説明資料8-1	ばい煙の影響について	2/18	1	別紙-9 ばい煙の影響について
補足説明資料8-2	二次的影響の評価(ばい煙及び有毒ガス)について(制御建屋の中央制御室への影響)	12/20	1	3章 添付資料13
補足説明資料8-3	緊急時対策所の居住性について	3/13	2	別紙-3 緊急時対策所の居住性について
補足説明資料11-1	運用、手順説明資料 外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)	3/13	1	別紙-7 運用、手順説明資料 外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)
補足説明資料11-2	森林火災評価に係る植生確認プロセスについて	10/11	0	別紙-8 森林火災評価に係る植生確認プロセスについて

令和 2 年 3 月 13 日 R 4

補足説明資料 2－1（9 条 外部火災）

使用済燃料収納キャスクへの波及的破損について

使用済燃料収納キャスクは再処理施設内に一時的に保管されることを踏まえ、外部火災による使用済燃料収納キャスクへの波及的破損を防止する設計とする。

ここで、使用済燃料収納キャスクを一時保管する使用済燃料輸送容器管理建屋の使用済燃料収納使用済燃料輸容器保管庫が外部火災の熱影響により、破損することがなく、使用済燃料収納キャスクへの波及的破損を与えないことを確認する。使用済燃料輸送容器管理建屋の使用済燃料収納使用済燃料輸容器保管庫の配置を第1図に示す。

1. 森林火災による影響

使用済燃料収納使用済燃料輸容器保管庫は、防火内側への設置しており防火帯からの離隔距離は133mである。

敷地周辺に設ける防火帯の幅は25m以上確保する設計であり、火炎の熱影響により外壁表面温度がコンクリートの許容温度200℃となる危険距離23mを上回る。そのため、使用済燃料収納使用済燃料輸容器保管庫の外壁はコンクリートの許容温度200℃以下となるため、建屋の強度が維持されることから、使用済燃料収納キャスクへの波及的破損を与えない。

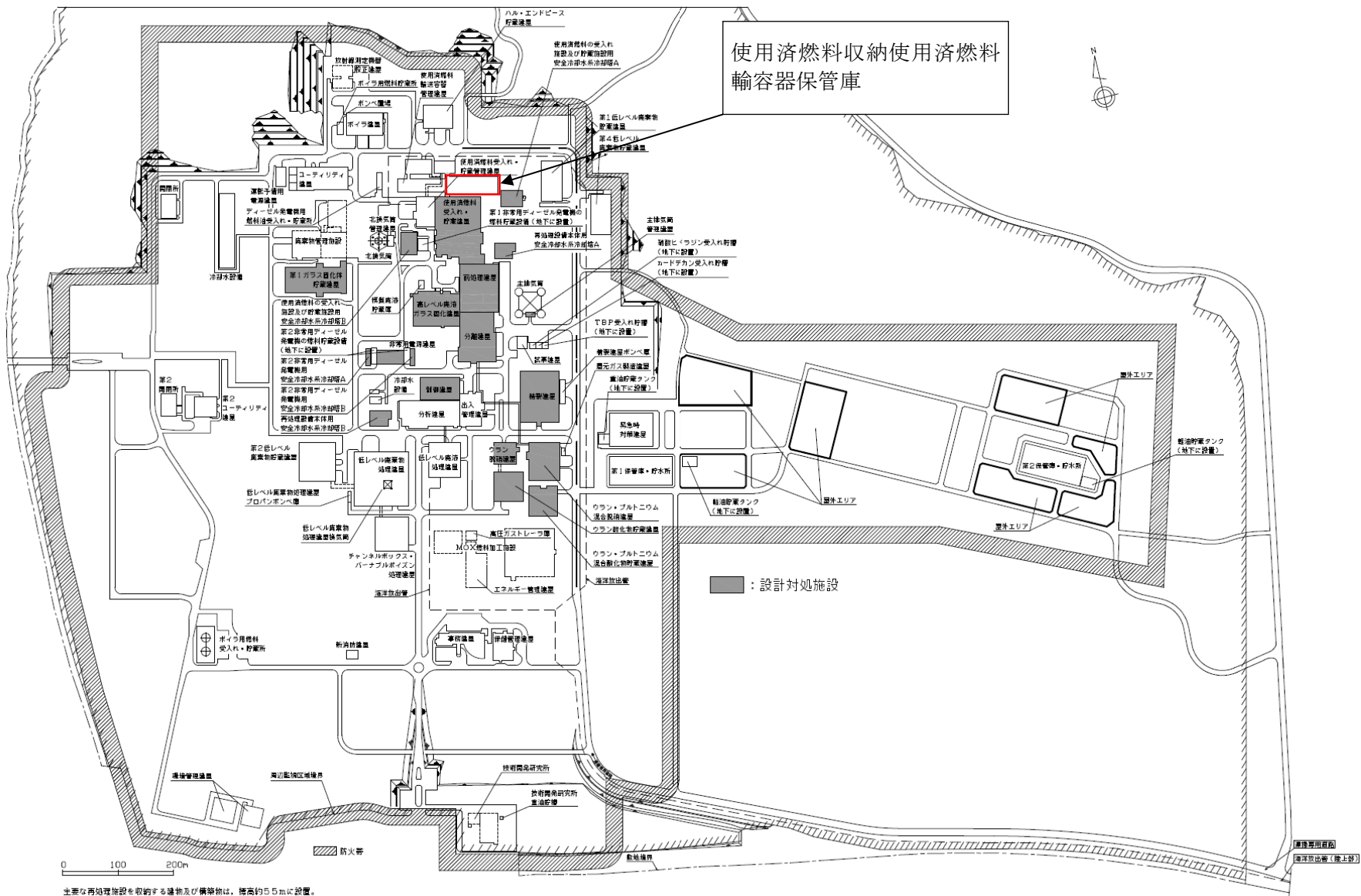
2. 石油備蓄基地火災による影響

使用済燃料収納使用済燃料輸容器保管庫は、石油備蓄基地からの離隔距離は1,710mである。石油備蓄基地火災の評価対象は、離隔距離が1,450mとなる第1ガラス固化体貯蔵建屋であり、外壁表面温度がコンクリートの許容温度200℃以下となることを確認している。そのため、石油

備蓄基地からの離隔距離がさらに離れている，使用済燃料収納使用済燃料輸容器保管庫の外壁はコンクリートの許容温度 200℃以下となるため，建屋の強度が維持され，使用済燃料収納キャスクへの波及的破損を与えない。

3. 航空機墜落火災による影響

航空機墜落火災による建屋外壁への影響結果は，外壁表面より約 17 c mで初期温度（50℃）となり，入熱による影響がなくなる。これに対し，使用済燃料収納使用済燃料輸容器保管庫の最小外壁厚さは 130 c mであり，使用済燃料収納使用済燃料輸容器保管庫内に一時的に保管される使用済燃料収納キャスクへの波及的破損を与えない。



第1図 使用済燃料輸送容器管理建屋の使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫の配置

令和 2 年 3 月 13 日 R 3

補足説明資料 2－2（9 条 外部火災）

外部火災ガイドへの適合性

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
1. 序文 1. 1 外部火災とは 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。 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。	1. はじめに 考慮すべき外部火災として、<u>森林火災</u>、<u>近隣工場等の火災又は爆発</u>、<u>航空機落下による火災及び敷地内に存在する屋外の危険物タンク及び可燃性ガスボンベ（以下「危険物タンク等」という。）の火災又は爆発を選定し</u>、<u>二次的影響としてばい煙及び有毒ガスによる影響を想定する。</u> 安全機能を有する施設は、<u>敷地及び敷地周辺で想定される外部火災の影響を受ける場合においてもその安全機能を確保するために</u>、<u>防火帯の設置</u>、<u>離隔距離の確保</u>、<u>建屋による防護等により</u>、<u>外部火災に対して安全機能を損なわないことを確認する。</u>

外部火災ガイドへの適合性

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
2. 外部火災による影響 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） 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炎、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。 3. 外部火災の防護 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。	2. 外部火災による影響 2. 1 外部火災負荷とその特性 外部火災ガイドに基づき、火災の規模及び二次的影響を考慮している。 2. 2 施設への影響形態 森林火災については、再処理施設敷地に到達する火災の設計対処施設に対する火炎、輻射熱の影響及び火災により発生するばい煙の換気設備等への影響について検討している。 近隣の産業施設等の火災・爆発については、再処理施設敷地外の 10km 以内に存在する石油コンビナート、<u> </u>危険物貯蔵所等の調査を行い、<u> </u>むつ小川原国家石油備蓄基地（以下「石油備蓄基地」という。）を対象とし、<u> </u>設計対処施設への火災の影響について検討している。 また、<u> </u>再処理施設敷地内にはウラン・プルトニウム混合酸化物燃料加工施設（以下「MOX燃料加工施設」という。）のエネルギー管理建屋に隣接する高圧ガストレーラ庫及び再処理施設が所有する危険物タンク等が存在するため、<u> </u>これらの火災又は爆発の影響について検討している。 航空機墜落による火災は、<u> </u>建屋外壁等への影響が厳しい地点に墜落した場合を想定し、<u> </u>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について検討している。 3. 外部火災の防護 3. 1 設計目標・確認事項 設計対処施設の建屋については、<u> </u>外壁表面温度をコンクリートの許容温度以下とすることで、<u> </u>建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を<u>損な</u>わないことを確認している。 設計対処施設の安全冷却水系冷却塔については、<u> </u>冷却水出口温度を最大運転温度以下とすることで、<u> </u>安全機能を損なわないことを確認している。 非常用ディーゼル発電機を<u>収納</u>する設計対処施設の外気取入口から室内に流入する空気の温度を室内温度の最高温度以下とすることで、<u> </u>室内から空気を取り込む非常用ディーゼル発電機の安全機能を損なわないことを確認している。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
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。 4. 外部火災の影響評価 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こと。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。 (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) (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)	3. 2 防護手段 設計対処施設の建屋については、<u> </u>外壁表面温度をコンクリートの許容温度以下とすることで、<u> </u>建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を行わないことを確認している。 設計対処施設の安全冷却水系冷却塔については、<u> </u>冷却水出口温度を最大運転温度以下とすることで、<u> </u>安全機能を損なわない設計としている。 設計対処施設である建屋内に設置する換気設備の給気系等にはフィルタを設置し、<u> </u>ばい煙の侵入を防止する。また、<u> </u>制御建屋の中央制御室における運転員の居住性を損なわないように、<u> </u>中央制御室換気設備の外気取入口にフィルタを設置するとともに、<u> </u>必要に応じて外気との連絡口を遮断し、<u> </u>再循環運転を実施できる設計としている。 4. 外部火災の影響評価 4. 1 考慮すべき発電所敷地外の火災 (1) 森林火災 再処理施設敷地外の 10km 以内でかつ地形、気象等を考慮し設定した発火点からの森林火災が再処理施設敷地に迫った場合でも、外部火災防護対象施設が、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、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計としている。 (2) 近隣の産業施設の火災・爆発 近隣の産業施設等の火災については、再処理施設敷地外の 10km 以内に存在する石油備蓄基地の火災が発生したとしても、外部火災防護対象施設が、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、<u> </u>外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計としている。また、<u> </u>石油備蓄基地周辺の森林へ飛び火することにより再処理施設敷地へ迫る場合を想定し、<u> </u>外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計とする。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
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。)	さらに、再処理施設敷地内に存在する MOX 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫及び再処理施設が所有する危険物タンク等の火災又は爆発に対して、<u>外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計</u>としている。 なお、<u>地下に設置する重油タンク、軽油タンク、硝酸ヒドラジン受入れ貯槽、T B P 受入れ貯槽及びn－ドデカン受入れ貯槽については、熱影響を受けないことから危険物タンク等の対象から除外している。</u>
(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) (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。 (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。 4. 2 発電所敷地外での火災影響の検討 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。 (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。	(3) 航空機墜落による火災 航空機<u>墜落</u>による火災については、<u>対象航空機が外部火災防護対象施設を収納する建屋等の直近に墜落する火災を想定しても、外部火災防護対象施設が、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、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計</u>としている。 4. 2 発電所敷地外での火災影響の検討 4. 2. 1 火災の規模 (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再処理施設への影響を保守的に評価するよう設定している。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
(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。	(2) 近隣の産業施設の火災・爆発 再処理施設敷地外の 10km 以内に存在する石油備蓄基地の火災については、<u>工学的判断</u>に基づいて設計対処施設への影響を保守的に評価するよう設定している。 また、<u>再処理施設</u>が所有する危険物タンク等の火災については、<u>工学的判断</u>に基づいて設計対処施設への影響を保守的に評価するよう設定している。 再処理施設敷地内に存在する MOX 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫及び再処理施設が所有する危険物タンク等の爆発に対して、<u>爆発</u>に対する設計方針を確認するとともに、<u>工学的判断</u>に基づいて設計対処施設への影響を保守的に評価するよう設定している。
(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。	(3) 航空機墜落による火災 航空機<u>墜落</u>による火災については、<u>対象航空機が外部火災防護対象施設を収納する建屋等の直近に墜落する火災を想定し、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設計対処施設への影響を保守的に評価するよう設定している。</u>
4. 2. 2 二次的影響の検討 (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 (燃烧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。	4. 2. 2 二次的影響の検討 (1) 森林火災 火災による発生するばい煙及び有毒ガスに対しては、外部火災防護対象施設の安全機能への影響を考慮している。
(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	(2) 近隣の産業施設の火災・爆発 MOX 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫の爆風等に対して、<u>外部火災防護対象施設の安全機能への影響を考慮している。</u> 火災による発生するばい煙及び有毒ガスに対して、外部火災防護対象施設の安全機能へ

外部火災ガイドへの適合性

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
(燃烧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) (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 (燃烧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) 4. 3 火災の影響評価 火災の影響評価では以下を評価する。 ・ 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 (1) 森林火災 評価パラメータとして以下を評価する。 ・ 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 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。 (2) 近隣の産業施設の火災・爆発 評価パラメータとして以下を評価する。 ・ 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。	の影響を考慮している。 (3) 航空機墜落による火災 火災による発生するばい煙及び有毒ガスに対しては、外部火災防護対象施設の安全機能への影響を考慮している。 4. 3 火災の影響評価 (1) 森林火災 外部火災ガイドに基づき、<u> </u> 評価パラメータとして以下を評価している。 ・ 火線強度 (想定火災の火炎強度に対する再処理施設の防火帯幅評価) 再処理施設敷地外の 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再処理施設の熱影響評価) ・ 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再処理施設敷地までの到達時間 ・ ばい煙等への対策 (2) 近隣の産業施設の火災・爆発 外部火災ガイドに基づき、<u> </u> 評価パラメータとして以下を評価している。 ・ 輻射強度。また、<u> </u> 再処理施設敷地外の 10km 以内を発火点とし、森林等に延焼することによって再処理施設敷地に迫る場合も想定し、石油備蓄基地火災と森林火災の重量を評価している。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
・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 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。	・輻射熱に対する設計対処施設の建物の危険輻射強度を評価し、設計対処施設が受ける輻射強度が危険輻射強度以下となり、<u>必要</u>な離隔距離を確保していることを評価している。 ・設計対処施設は、<u>MOX</u> 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫に対する危険限界距離以上の離隔距離を確保していること及び爆発による飛来物の影響を確認している。 ・再処理施設が所有する危険物タンク等の爆発に対しては、<u>危険</u>限界距離以上の離隔距離を確保していること、<u>若しくは</u>、<u>爆風</u>圧に対して安全機能を損なわないことを評価している。 ・ばい煙等への対策
（３）航空機墜落による火災 評価パラメータとして以下を評価すること。 ・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 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。	（３）航空機墜落による火災 外部火災ガイドに基づき、<u>評価</u>パラメータとして以下を評価している。 ・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） ・ばい煙等への対策
４． ４ 火災の影響評価判断の考え方 （１）森林火災 ・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。 ・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（火災側）から原子炉施設の間の離隔距離が、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プ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対策が考慮さ	４． ４ 火災の影響評価判断の考え方 （１）森林火災 ・設計対処施設の建屋については、<u>外壁</u>表面温度をコンクリートの許容温度以下とし、<u>建屋</u>内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないこと。設計対処施設の安全冷却水系冷却塔については、<u>冷却</u>水出口温度を最大運転温度以下とし、<u>安全</u>機能を損なわないこと。 ・想定される森林火災に対して、発火点から再処理施設敷地までの到達時間を考慮して、<u>自衛</u>消防隊の消火班による消火活動の対応が可能であること。 ・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。 ・防火帯の外縁（火災側）から設計対処施設の間の離隔距離が、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こと。

外部火災ガイドへの適合性

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
れている。 (2) 近隣の産業施設の火災・爆発 ・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。	・安全機能を有する施設のうち、<u> </u>外気を取り込むことにより、<u> </u>外部火災防護対象施設の安全機能が損なわれるおそれがある換気設備等を抽出し、<u> </u>ばい煙の影響がフィルタ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、<u> </u>制御建屋の中央制御室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。 (2) 近隣の産業施設の火災・爆発 ・設計対処施設の建物については、<u> </u>必要な離隔距離を確保するため、<u> </u>外壁で受ける輻射強度がコンクリートの許容温度となる危険輻射強度以下となること。また、<u> </u>建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないこと。 ・設計対処施設の安全冷却水系冷却塔については、<u> </u>冷却水出口温度が最大運転温度以下となり、<u> </u>安全機能を損なわないこと。 ・MOX 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫の爆発については、<u> </u>着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造であり爆発に至らない設計であること。また、<u> </u>爆発時に発生する爆風が上方向に開放されることを妨げない設計であること。さらに、<u> </u>高圧ガストレーラ庫から設計対処施設までの離隔距離が危険限界距離以上であること。 ・再処理施設が所有する危険物タンク等の爆発に対して、<u> </u>着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とし、<u> </u>爆発に至らない設計とすること。さらに、<u> </u>危険物タンク等から設計対処施設までの離隔距離が危険限界距離以上であること。若しくは、<u> </u>爆風圧に対して安全機能を損なわないこと。 ・安全機能を有する施設のうち、<u> </u>外気を取り込むことにより、<u> </u>外部火災防護対象施設の安全機能が損なわれるおそれがある換気設備等を抽出し、<u> </u>ばい煙の影響がフィルタ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、<u> </u>制御建屋の中央制御室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。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
(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。 5. 附則 この規定は、平成25年7月8日より施行する。 評価方法は、本評価ガイドに掲げるもの以外であっても、その妥当性が適切に示された場合には、その方法を用いることを妨げない。また、本評価ガイドは、今後の新たな知見と経験の蓄積に応じて、それらを適切に反映するように見直して行くものとする。	(3) 航空機墜落による火災 ・設計対処施設の建屋については、<u>熱影響評価により</u>、<u>外壁の温度上昇により屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないこと</u>、<u>建屋外壁が要求される機能を損なわないこと</u>。 ・屋外に設置する設計対処施設については、<u>耐火被覆</u>、<u>遮熱板等の防護対策を講ずることにより</u>、<u>外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とすること</u>。 ・安全機能を有する施設のうち、<u>外気を取り込むことにより</u>、<u>外部火災防護対象施設の安全機能が損なわれるおそれがある換気設備等を抽出し</u>、<u>ばい煙の影響がフィルタの設置等により考慮されていること</u>。 ・有毒ガスの発生が想定される場合、<u>制御建屋の中央制御室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</u>。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
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 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。 1. 1 一般 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。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。 2. 火災の到達時間及び防火帯幅の評価 2. 1 森林火災の想定 森林火災の想定は以下のとおりである。 （1） 森林火災における各樹種の可燃物量は現地植生から求める。 （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。 （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。 （4） 発電所からの直線距離 10km の間で設定する。（解説・1） （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。	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 1. 総則 再処理施設敷地外で発生する森林火災が再処理施設敷地へ迫った場合でも外部火災防護対象施設に影響を及ぼさないことを評価している。 2. 火災の到達時間及び防火帯幅の評価 2. 1 森林火災の想定 外部火災ガイドに基づき、<u>森林火災の想定は以下のとおりとしている。</u> （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。 （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3～8月の最小湿度、最高温度、及び最大風速の組合せとした。 （3） 卓越方向は過去 10 年間を調査し、東南東及び西北西とした。 （4） 発火点は、<u>再処理施設からの直線距離 10km の間に設定した。</u> （5） 発火源は、<u>青森県の森林火災の発生原因で最多となっている煙草とたき火を踏まえて、人為的行為による火災発生の可能性の高い居住地域及び人の立ち入りがある作業エリア並びに卓越方向を考え、発火点 1～3 を設定とした。</u>

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果										
(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。 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。 <table><tr><th>評価指標</th><th>評価の観点</th></tr><tr><td>延焼速度 [km/h]</td><td>・火災発生後、どの程度の時間で発電所に到達するのか</td></tr><tr><td>火線強度 [kW/m]</td><td rowspan="5">・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</td></tr><tr><td>火炎長 [m]</td></tr><tr><td>単位面積当たり熱量 [kJ/m²]</td></tr><tr><td>火炎輻射強度 [kW/m²]</td></tr><tr><td>火炎到達幅 [m]</td></tr></table> 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 ForestService 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。	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]	・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 [m]	単位面積当たり熱量 [kJ/m ²]	火炎輻射強度 [kW/m ²]	火炎到達幅 [m]	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 外部火災ガイドに基づき、森林火災の影響については森林火災シミュレーション解析コード（以下「FARSITE」という。）を用いて評価を実施している。
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]	・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 [m]											
単位面積当たり熱量 [kJ/m ²]											
火炎輻射強度 [kW/m ²]											
火炎到達幅 [m]											

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果										
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みて南北 12km、東西 12km 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。 <table><tr><th>データ種類</th><th>整備要領</th></tr><tr><td>土地利用データ</td><td>現地状況をできるだけ模擬するため、公開情報の中でも高い空間解像度である 100m メッシュの土地利用データを用いる。 (国土数値情報 土地利用細分メッシュ)</td></tr><tr><td>植生データ</td><td>現地状況をできるだけ模擬するため、樹種や生育状況に関する情報を有する森林簿の空間データを現地の地方自治体より入手する。森林簿の情報をを用いて、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢によりさらに細分化する。</td></tr><tr><td>地形データ</td><td>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)</td></tr><tr><td>気象データ</td><td>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。</td></tr></table> 2. 2. 4 延焼速度及び火線強度の算出 ホイヘンスの原理*に基づく火災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	データ種類	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)	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. 2 評価対象範囲 外部火災ガイドに基づき、<u>森林火災の発火想定地点を再処理施設敷地周辺の 10 km 以内とし、植生、地形及び土地利用データは発火点までの距離に安全余裕を考慮し、南北 12 km 及び東西 12 km としている。</u> 2. 2. 3 必要データ 外部火災ガイドに基づき、<u>以下のとおり設定している。</u> ・土地利用データ - 敷地周辺の土地利用データについては、<u>現地状況をできるだけ模擬するため、100m メッシュの「国土数値情報 土地利用細分メッシュ」を使用している。</u> ・植生データ - 植生データについては、<u>現地状況をできるだけ模擬するため、敷地周辺の樹種や生育状況に関する情報を有する森林簿及び森林計画図の空間データを使用している。また、再処理施設敷地内の樹種や生育状況に関する情報は、実際の植生を調査し使用している。</u> ・地形データ - 敷地内及び敷地周辺の土地の標高及び地形のデータについては、<u>現地状況をできるだけ模擬するため、10m メッシュの「基盤地図情報 数値標高モデル」を使用している。</u> ・気象データ - 現地にて起こり得る森林火災が厳しい評価となるように、<u>過去 10 年間のデータのうち、青森県で発生した森林火災の実績より、発生頻度が高い 3 月から 8 月の気象条件（風向、最大風速、最高気温及び最小湿度）の最も厳しい条件を使用している。</u> 2. 2. 4 延焼速度及び火線強度の算出 外部火災ガイドに基づき、<u>ホイヘンスの原理を採用している F A R S I T E を用いて、延焼速度及び火線強度を算出している。</u>
データ種類	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)										
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。										

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
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. 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 1 A）と存在する場合（図 1 B）を示している。例として、図 1 A 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 1 A内赤線）、図 1 B 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 1 B内赤線）。 Figure 1 consists of two graphs, A and B, showing the relationship between fire intensity (kW/m) on the x-axis and firebreak width (m) on the y-axis. Both graphs have x-axis values from 0 to 20,000 and y-axis values from 0 to 15. Graph A (left) is titled '防火帯を突破する確率' (Probability of firebreak breakthrough). It shows five diagonal lines representing different breach probabilities: 1%, 10%, 50%, 90%, and 99%. A red horizontal line at y=10 intersects the 1% probability line at x=10,000. Graph B (right) shows the same five diagonal lines. A red horizontal line at y=13 intersects the 50% probability line at x=10,000. 図 1 火線強度に対する防火帯の相関図	2. 2. 5 火炎の到達時間の算出 F A R S I T Eにより、<u> </u>発火点から防火帯までの火炎到達時間（5時間1分（発火点3））を算出し、<u> </u>森林火災が防火帯に到達するまでの間に敷地内に常駐する自衛消防隊の消火班による消火活動が可能であることを評価している。 2. 2. 6 防火帯幅の算出 F A R S I T Eによる影響評価により算出される最大火線強度（9,128kW/m（発火点2））に対し、<u> </u>外部火災ガイドに基づき、<u> </u>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%）から、<u> </u>10,000kW/mの火線強度に必要とされる最小防火帯幅 24.9mを上回る幅 25m以上の防火帯を確保することとした。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果																																												
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%） <table><tr><td>火線強度 (kW/m)</td><td>500</td><td>1000</td><td>2000</td><td>3000</td><td>4000</td><td>5000</td><td>10000</td><td>15000</td><td>20000</td><td>25000</td></tr><tr><td>防火帯幅 (m)</td><td>6.2</td><td>6.4</td><td>6.7</td><td>7.1</td><td>7.4</td><td>7.8</td><td>9.5</td><td>11.3</td><td>13.1</td><td>14.8</td></tr></table> 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%） <table><tr><td>火線強度 (kW/m)</td><td>500</td><td>1000</td><td>2000</td><td>3000</td><td>4000</td><td>5000</td><td>10000</td><td>15000</td><td>20000</td><td>25000</td></tr><tr><td>防火帯幅 (m)</td><td>16</td><td>16.4</td><td>17.4</td><td>18.3</td><td>19.3</td><td>20.2</td><td>24.9</td><td>29.7</td><td>34.4</td><td>39.1</td></tr></table>	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	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	
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																																			
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																																			
2. 3 判断の考え方	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条件を満足していることを確認する。																																													
2. 3. 1 火炎の到達時間	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。	F A R S I T Eにより、 <u> </u> 発火点から防火帯までの火炎到達時間（5 時間 1 分（発火点 3））を算出し、 <u> </u> 森林火災が防火帯に到達するまでの間に敷地内に常駐する自衛消防隊の消火班による消火活動が可能であることを確認している。																																												
2. 3. 2 防火帯幅	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。	F A R S I T Eによる影響評価により算出される最大火線強度（9, 128 k W／m（発火点 2））に対し、 <u> </u> 外部火災ガイドを参考として、 <u> </u> 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%）から、 <u> </u> 10, 000 k W／mの火線強度に必要とされる最小防火帯幅 24.9mを上回る幅 25m以上の防火帯を確保することとしている。																																												

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果												
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。 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。 <table><tr><th>評価指標</th><th>内容</th></tr><tr><td>輻射強度 [W/m²]</td><td>火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度</td></tr><tr><td>火炎到達幅 [m]</td><td>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）</td></tr><tr><td>形態係数 [-]</td><td>火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数</td></tr><tr><td>燃焼半径 [m]</td><td>森林火災の火炎長より算出する値</td></tr><tr><td>危険距離 [m]</td><td>延焼防止に必要な距離</td></tr></table> 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炎モデルが横一列に並ぶものとする。	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	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。 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 外部火災ガイドに基づき、FARSITEによる解析結果を用い、設計対処施設への輻射強度を算出し、森林火災の影響の有無を評価している。 外部火災ガイドに基づき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している。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としている。また、再処理施設への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している。
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												

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果										
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。 3. 2. 3 必要データ 評価に必要なデータを以下に示す。 <table><tr><th>データ種類</th><th>整備要領</th></tr><tr><td>火炎放射発散度 [W/m²]</td><td>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</td></tr><tr><td>火炎長 [m]</td><td>2. 2 森林火災で算出された火炎長の値</td></tr><tr><td>火炎到達幅 [m]</td><td>2. 2 森林火災で算出された到達火炎の横幅</td></tr><tr><td>危険放射強度 [W/m²]</td><td>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（文献等で無い場合には実測すること）</td></tr></table> 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]	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（文献等で無い場合には実測すること）	3. 2. 2 評価対象範囲 評価対象範囲は前述の 2. 2. 2 と同じ想定とし、<u>再処理施設敷地に迫る森林火災として</u>いる。 3. 2. 3 必要データ 外部火災ガイドに基づき、<u>F A R S I T E</u>による解析を行い、<u>評価に必要なデータを評価</u>している。 3. 2. 4 燃焼半径の算出 外部火災ガイドに基づき、<u>燃焼半径を算出</u>している。
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（文献等で無い場合には実測すること）										

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
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。 $\phi_F = \frac{1}{\pi m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$ ただし $m = \frac{H}{R} \div 3$, $n = \frac{L}{R}^i$, $A = (1+n)^2 + m^2$, $B = (1-n)^2 + m^2$ φ i:各円筒火炎モデルの形態係数、Li: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。 $\phi_t = (\phi_i + \phi_{i+1} + \phi_{i+2} \cdots)$ 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)・・・+(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。	3. 2. 5 円筒火炎モデル数の算出 外部火災ガイドの算出式に基づき、__メッシュ毎に円筒火炎モデル数を算出している。 3. 2. 6 形態係数の算出 外部火災ガイドの算出式に基づき、__各円筒火炎モデルの形態係数を算出している。 3. 2. 7 危険距離の算出 外部火災ガイドに基づき、__防火帯の外縁（火炎側）から設計対処施設の建屋との間に必要な離隔距離（危険距離）を算出している。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド

ガイドへの適合性の確認結果

$$E = Rf \cdot \phi$$

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

φ>φt となるように危険距離を算出する。

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

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

φt:各火災モデルの形態係数を合計した値、Lt:危険距離[m]、H:火炎長[m]、

R:燃焼半径[m]

3. 3 判断の考え方

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。

4. 森林火災に対する防火安全性評価

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ことが必要と考えられる。

3. 3 森林火災の影響評価結果

（1）危険距離を指標とした森林火災の影響の有無

再処理施設周辺に設置される防火帯の外縁（火炎側）から設計対処施設の建屋までの離隔距離が、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ことを確認している。

対象施設	防火帯外側からの離隔距離(m)	危険距離(m)
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋*	170	23

＊：防火帯から最短となる設計対処施設

（2）設計対処施設への影響の有無

設計対処施設の建屋については、 外壁表面温度をコンクリートの許容温度以下であり、 建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認している。

設計対処施設の安全冷却水系冷却塔については、 冷却水出口温度が最大運転温度以下であり、 安全機能を損なわないことを確認している。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果			
	対象施設		外壁表面温度(℃)	コンクリート許容温度(℃)
	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋*		62	200
	＊：防火帯から最短となる設計対処施設			
	対象施設	冷却水出口温度（℃）	出口温度の通常運転時からの上昇温(℃)	最大運転温度（℃）
	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A *	約■	0.06	■
	＊：防火帯から最短となる設計対処施設			

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
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 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造物、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。 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。 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。 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. 総則 再処理施設敷地周辺で石油コンビナート等の火災やガス爆発が起こったとしても外部火災防護対象施設に影響を及ぼさないことを評価している。 1. 5 判断の考え方 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） 外部火災ガイドに基づき、石油備蓄基地の火災を以下のとおり想定している。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果										
(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。 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。 <table><tr><th>評価指標</th><th>内容</th></tr><tr><td>輻射強度 [W/m²]</td><td>火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度</td></tr><tr><td>形態係数 [-]</td><td>火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数</td></tr><tr><td>燃焼半径 [m]</td><td>防油堤規模より求めた燃焼半径</td></tr><tr><td>危険距離 [m]</td><td>延焼防止に必要な距離</td></tr></table> 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	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]	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	・気象条件は無風状態とする。 ・石油備蓄基地に配置している51基の原油タンク（約11.1万m³/基）の原油全てが防油堤内に流出した全面火災を想定し、原油タンクから流出した石油類は全て防油堤内に留まるものとする。 ・火災は原油タンク9基（3列×3行）又は6基（2列×3行）を1単位とした円筒火災モデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。 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 外部火災ガイドに基づき、石油備蓄基地の火災影響の評価に当たっては、評価指標の影響評価している。 石油備蓄基地火災の影響評価については、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している。 なお、石油備蓄基地の原油タンク火災は、燃焼半径が大きく、燃焼時に空気供給が不足し、大量の黒煙が発生するため、放射発散度の低減率（0.3）を考慮した評価としている。 設計対処施設の建物は、輻射熱に対する建物外壁の危険輻射強度を算出し、輻射強度が危
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]	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										

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果										
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 10 k m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。 <table><tr><th>データ種類</th><th>整備要領</th></tr><tr><td>輻射発散度* [W/m²]</td><td>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）</td></tr><tr><td>*参考資料（3）</td><td>文献等が無い場合には実測すること</td></tr><tr><td>防油堤規模</td><td>防油堤の縦及び横の大きさ</td></tr><tr><td>危険輻射強度 [W/m²]</td><td>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（文献等で無い場合には実測すること）</td></tr></table> 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。	データ種類	整備要領	輻射発散度* [W/m ²]	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）	*参考資料（3）	文献等が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（文献等で無い場合には実測すること）	危険輻射強度以下となることを評価することで、<u> </u>危険距離以上の離隔距離が確保されていることを確認している。 2. 2. 2 評価対象範囲 外部火災ガイドに基づき、<u> </u>再処理施設敷地周辺 10km 以内に存在する石油コンビナート、<u> </u>危険物貯蔵所等の調査を行い、<u> </u>評価対象を選定している。 2. 2. 3 必要データ 外部火災ガイドに基づき、<u> </u>評価に必要なデータは以下のとおりとしている。 ・輻射発散度 - 外部火災ガイドに基づき、<u> </u>カフジ原油に対応する値を採用し、<u> </u>41 k W／m²と設定している。 ・防油堤規模 - 石油備蓄基地の原油貯蔵タンク 9 基（3 列×3 行）又は 6 基（2 列×3 行）を 1 単位として円筒形にモデル化し、<u> </u>防油堤の大きさは原油貯蔵タンク 1 基あたり縦幅及び横幅ともに 160mに設定している。 ・危険輻射強度 - 輻射熱により設計対処施設の建物外壁のコンクリートが許容温度（200℃）となる輻射強度を危険輻射強度と設定している。 2. 2. 4 燃焼半径の算出 外部火災ガイドに基づき、<u> </u>燃焼半径を算出している。
データ種類	整備要領										
輻射発散度* [W/m ²]	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）										
*参考資料（3）	文献等が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（文献等で無い場合には実測すること）										

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
$R = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \times \sqrt{w \times d}$ 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。 $\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$ ただし $m = \frac{H}{R} \div 3$, $n = \frac{L}{R}$, $A = (1+n)^2 + m^2$, $B = (1-n)^2 + m^2$ 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。	2. 2. 5 危険距離の算出 設計対処施設が石油備蓄基地火災から受ける輻射強度については、外部火災ガイドに基づき算出している。 また、コンクリートの許容温度となる危険輻射強度を算出し、上記で算出した輻射強度が危険輻射強度以下となることを評価することで必要な離隔距離が確保されていること、建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認している。 2. 3 石油コンビナート等の火災による影響の評価結果 (1) 石油備蓄基地火災の評価結果 - 設計対処施設の建物については、輻射熱に対する建物の危険輻射強度を算出し、輻射強度が危険輻射強度以下となることを評価することで、危険距離以上の離隔距離が確保されていることを確認している。 - 設計対処施設の安全冷却水系冷却塔については、冷却水出口温度が最大運転温度以下となり、安全機能を損なわないことを確認している。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果										
	<table><tr><td>評価対象</td><td>石油備蓄基地からの 離隔距離(m)</td><td>輻射強度 (k W／m²)</td><td>危険輻射強度 (k W／m²)</td></tr><tr><td>第 1 ガラス固化体貯蔵 建屋*</td><td>1, 450</td><td>1.6</td><td>2.3</td></tr></table>	評価対象	石油備蓄基地からの 離隔距離(m)	輻射強度 (k W／m ²)	危険輻射強度 (k W／m ²)	第 1 ガラス固化体貯蔵 建屋*	1, 450	1.6	2.3		
	評価対象	石油備蓄基地からの 離隔距離(m)	輻射強度 (k W／m ²)	危険輻射強度 (k W／m ²)							
	第 1 ガラス固化体貯蔵 建屋*	1, 450	1.6	2.3							
	＊：石油備蓄基地から最短となる設計対処施設										
	<table><tr><td>評価対象</td><td>石油備蓄基地からの 離隔距離(m)</td><td>冷却水出口 温度 (℃)</td><td>出口温度の 上昇温度 (℃)</td><td>最大運 転 温度 (℃)</td></tr><tr><td>使用済燃料の受入れ施 設及び貯蔵施設用 安 全冷却水系冷却塔 B *</td><td>1, 640</td><td>約■</td><td>0.04</td><td>■</td></tr></table>	評価対象	石油備蓄基地からの 離隔距離(m)	冷却水出口 温度 (℃)	出口温度の 上昇温度 (℃)	最大運 転 温度 (℃)	使用済燃料の受入れ施 設及び貯蔵施設用 安 全冷却水系冷却塔 B *	1, 640	約■	0.04	■
	評価対象	石油備蓄基地からの 離隔距離(m)	冷却水出口 温度 (℃)	出口温度の 上昇温度 (℃)	最大運 転 温度 (℃)						
	使用済燃料の受入れ施 設及び貯蔵施設用 安 全冷却水系冷却塔 B *	1, 640	約■	0.04	■						
	＊：石油備蓄基地から最短となる設計対処施設										
(2) 石油備蓄基地火災と森林火災の重畳評価											
石油備蓄基地火災と森林火災の輻射熱量及び離隔距離を考慮し、石油備蓄基地火災と森林火災から受ける輻射強度が大きくなる外部火災防護対象施設への評価を実施している。											
設計対処施設の建屋については、外壁表面温度をコンクリートの許容温度以下であり、建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認している。											
設計対処施設の安全冷却水系冷却塔については、冷却水出口温度が最大運転温度以下となり、安全機能を損なわないことを確認している。											
	<table><tr><td>評価対象</td><td>石油備蓄基地からの離隔 距離 (m)</td><td>外壁表面温度 (℃)</td><td>コンクリート許容温度 (℃)</td></tr><tr><td>使用済燃料受入れ・建屋*</td><td>1, 760</td><td>140</td><td>200</td></tr></table>	評価対象	石油備蓄基地からの離隔 距離 (m)	外壁表面温度 (℃)	コンクリート許容温度 (℃)	使用済燃料受入れ・建屋*	1, 760	140	200		
評価対象	石油備蓄基地からの離隔 距離 (m)	外壁表面温度 (℃)	コンクリート許容温度 (℃)								
使用済燃料受入れ・建屋*	1, 760	140	200								
＊：石油備蓄基地火災と森林火災から受ける輻射強度が大きい設計対処施設											

については商業機密の観点から公開できません。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果				
	評価対象	石油備蓄基地からの 離隔距離(m)	冷却水出口 温度（℃）	出口温度の 上昇温度 （℃）	最大運 転 温度（℃）
	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A *	1, 810	約	0.04	
	＊：石油備蓄基地火災と森林火災から受ける輻射強度が大きい設計対処施設				
	(3) 再処理施設が所有する危険物タンク火災の影響評価				
	再処理施設敷地内の屋外に設置する重油タンク火災の評価を実施している。				
	設計対処施設の建屋については、 <u>外壁表面温度が</u> コンクリートの許容温度以下であり、 <u>建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認している。</u>				
	設計対処施設の安全冷却水系冷却塔については、 <u>冷却水出口温度が最大運転温度以下であり、</u> <u>安全機能を損なわないことを確認している。</u>				
	重油タンク	評価対象*	評価結果（℃）	コンクリート クリーン許容 温度（℃）	
	ボイラ用燃料受入れ・ 貯蔵所	ウラン酸化物貯蔵建屋	65	200	
	ボイラ用燃料貯蔵所	使用済燃料輸送容器管理建屋の使用済 燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫	61		
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	91			
＊：重油タンクから最短となる設計対処施設					

については商業機密の観点から公開できません。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果				
	重油タンク	評価対象*	冷却水出口温度（℃）	出口温度の上昇温度（℃）	最大運転温度（℃）
	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B	約 	0	
	ボイラ用燃料貯蔵所	使用済燃料の受入れ 施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B		0	
	ディーゼル発電機用 燃料油受入れ・貯蔵所	使用済燃料の受入れ 施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B		0.01	
＊：重油タンクから最短となる設計対処施設					
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）					
再処理施設に隣接する、 <u>MOX</u> 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫を選定している。また、 <u>再処理施設</u> が所有する敷地内に存在する危険物タンク等を選定している。					

については商業機密の観点から公開できません。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果				
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。 <table><tr><td>評価指標</td><td>内容</td></tr><tr><td>危険限界距離 [m]</td><td>ガス爆発の爆風圧が 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)</td></tr></table> 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。	評価指標	内容	危険限界距離 [m]	ガス爆発の爆風圧が 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 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 MOX 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫の爆発については、<u> </u>着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とすることから爆発に至らない設計であることを確認している。また、<u> </u>爆発時に発生する爆風が上方向に開放されることを妨げない設計であることを確認している。さらに、<u> </u>高圧ガストレーラ庫から設計対処施設までの離隔距離が危険限界距離以上であることを確認している。 再処理施設が所有する危険物タンク等の爆発に対して、<u> </u>着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とし、<u> </u>爆発に至らない設計とする。さらに、<u> </u>危険物タンク等から設計対処施設までの離隔距離を危険限界距離以上確保する設計とするか、<u> </u>爆風圧に対して安全機能を損なわない設計とする。 3. 2. 2 評価対象範囲 外部火災ガイドに基づき、<u> </u>再処理施設敷地周辺 10 k m の範囲内に存在する高圧ガス貯蔵施設を網羅的に調査し、<u> </u>評価対象を選定している。 3. 2. 3 必要データ 外部火災ガイドに基づき、<u> </u>評価に必要なデータを考慮している。
評価指標	内容				
危険限界距離 [m]	ガス爆発の爆風圧が 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)				

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド		ガイドへの適合性の確認結果
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。		

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
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。	3. 2. 4 危険限界距離の算出 外部火災ガイドの基づき、<u> </u>危険限界距離を算出している。 3. 3 石油コンビナート等のガス爆発影響評 MOX 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫の爆発については、<u> </u>着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とすることから爆発に至らない設計であることを確認している。また、<u> </u>爆発時に発生する爆風が上方向に開放されることを妨げない設計であることを確認している。さらに、<u> </u>高圧ガストレーラ庫から設計対処施設までの離隔距離が危険限界距離（55m）以上であることを確認している。 以上より、<u> </u>外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認している。 再処理施設が所有する危険物タンク等の爆発に対して、<u> </u>着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とし、<u> </u>爆発に至らない設計とする。 危険物タンク等のうち、<u> </u>ボイラ建屋 <u> </u>ボンベ置場及び低レベル廃棄物処理建屋 <u> </u>プロパンボンベ庫に<u>収納</u>する可燃性ガスボンベの爆発に対しては、<u> </u>至近の設計対処施設との離隔距離が危険限界距離以上であることを確認している。精製建屋ボンベ庫及び還元ガス製造建屋については、<u> </u>設計対処施設が隣接しているため、<u> </u>危険限界距離を確保では出来ないことから、<u> </u>爆風圧により隣接する設計対処施設が影響を受けないことを確認している。 以上より、<u> </u>外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認している。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
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 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。 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。 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。 （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	1. 総則 再処理施設敷地への航空機の墜落で<u>火災</u>が発生したとしても、<u>外部火災防護対象施設</u>に影響を及ぼさないことを評価している。 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としている。 （1） 航空機墜落による火災の想定 A. 想定条件 A-1 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（KC-767）を選定している。 また、<u>敷地</u>周辺の三沢対地訓練空域における主要な航空機（F-2、<u>F-16</u>、<u>F-35</u>）を選定している。 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、<u>建屋外壁等</u>の設計対処施設への影響が厳しい地点

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果														
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1.5 m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。 <table><tr><th>評価指標</th><th>内容</th></tr><tr><td>輻射強度 [W/m²]</td><td>火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度</td></tr><tr><td>形態係数 [-]</td><td>火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数</td></tr></table> <table><tr><td>燃焼半径 [m]</td><td>保守的に想定した航空機の墜落火災の燃焼半径</td></tr><tr><td>燃焼継続時間 [s]</td><td>火災が終了するまでの時間</td></tr><tr><td>離隔距離 [m]</td><td>原子炉施設を中心にして墜落確率が10⁻⁷ (回/炉・年) 以上になる地点とその地点から原子炉施設までの直線距離</td></tr><tr><td>熱許容限界値 [-]</td><td>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</td></tr></table>	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]	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]	原子炉施設を中心にして墜落確率が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	とする。 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1.5 m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 外部火災ガイドに基づき、評価を実施している。ただし、離隔距離については、外部火災ガイドを適用せず、離隔距離を考慮しない評価条件としている。
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]	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]	原子炉施設を中心にして墜落確率が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														

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果										
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、火災面積の半径が3 m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. 3 必要データ 評価に必要なデータを以下に示す。 <table><tr><th>データ種類</th><th>整備要領</th></tr><tr><td>燃料量 [m³]</td><td>最大搭載燃料量</td></tr><tr><td>輻射発散度 [W/m²]</td><td>燃焼する燃料によって決まる定数</td></tr><tr><td>燃焼速度 [m/s]</td><td>燃料が燃焼する速度</td></tr><tr><td>航空機墜落地点 [-]</td><td>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</td></tr></table>	データ種類	整備要領	燃料量 [m³]	最大搭載燃料量	輻射発散度 [W/m²]	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. 2 評価対象範囲 外部火災ガイドを適用せず、<u>離隔距離</u>を考慮しない評価条件としている。 2. 2. 3 必要データ 外部火災ガイドに基づき、<u>必要データ</u>を考慮している。ただし、<u>航空機墜落地点</u>は、<u>外部火災ガイド</u>を適用せず、<u>離隔距離</u>を考慮しない評価条件としている。 熱影響評価の対象航空機は、<u>航空機墜落評価</u>の対象航空機（KC-767、<u>F-2</u>、<u>F-16</u>、<u>F-35</u>）のうち、<u>熱影響</u>が厳しい <u>F-16</u> を対象としている。
データ種類	整備要領										
燃料量 [m³]	最大搭載燃料量										
輻射発散度 [W/m²]	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										

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
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。 $\phi = \frac{1}{\pi m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$ ただし $m = \frac{H}{R} \div 3$, $n = \frac{L}{R}$, $A = (1+n)^2 + m^2$, $B = (1-n)^2 + m^2$ 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 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。	2. 2. 4 燃焼半径の算出 外部火災ガイドに基づき、<u>円筒</u>火災を想定している。ただし、<u>燃焼面積</u>については、<u>実物</u>航空機の衝突実験を参考とし、<u>機体</u>の投影面積とする。 2. 2. 5 形態係数の算出 外部火災ガイドに基づき、<u>形態係数</u>を算出している。 2. 2. 6 輻射強度の算出 外部火災ガイドに基づき、<u>輻射強度</u>を算出している。 2. 2. 7 燃焼継続時間の算出 外部火災ガイドに基づき、<u>燃焼時間</u>を算出している。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$ 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、次の条件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。	2. 3 判断の考え方 設計対処施設の建屋については、<u>外壁表面より約 17 c mで初期温度（50℃）となり、入熱による影響がなくなることを確認した。</u>設計対処施設の建屋の最小外壁厚は 17 c m以上であることから、<u>屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能は損なわれないことを確認した。</u>また、<u>外壁でコンクリートの許容温度以上となる領域は5 c m未満であり、建屋外壁に要求される機能が損なわれないことを確認した。</u> 屋外に設置する設計対処施設については、<u>火炎からの輻射熱を受けて高温になることが想定されるため、耐火被覆、遮熱板等の防護対策を講ずることにより、設計対処施設の安全機能を損なわない設計とする方針とした。</u>

令和 2 年 3 月 13 日 R 6

補足説明資料 3－1（9 条 外部火災）

外部火災に対する防護対象及び熱影響評価について

1. 外部火災に対する基本方針

安全機能を有する施設は，外部火災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。

2. 外部火災防護対象施設の抽出

外部火災によってその安全機能が損なわれないことを確認する施設を，全ての安全機能を有する構築物，系統及び機器とする。外部火災防護対象施設としては，安全評価上その機能を期待する構築物，系統及び機器を漏れなく抽出する観点から，安全上重要な構築物，系統及び機器を抽出し，外部火災により冷却，水素掃気，火災・爆発の防止，臨界の防止等の安全機能を損なわないよう機械的強度を有すること等により，安全機能を損なわない設計とする。

上記に含まれない安全機能を有する施設については，外部火災に対して機能を維持すること若しくは外部火災により損傷した場合を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障が生じない期間に修理を行うこと又はそれらの組み合わせることにより，安全機能を損なわない設計とする。

ただし，使用済燃料収納キャスクは再処理施設内に一時的に保管されることを踏まえ，外部火災により使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

外部火災防護対象施設の抽出フローを第1図に示す。第1表

に外部防護対象施設の選定結果を示す。

3. 設計対処施設の抽出

外部火災防護対象施設は、建物内に収納され防護される設備及び屋外に設置される設備に分類されることから、熱影響を受ける外部火災防護対象施設を収納する建屋及び屋外に設置する外部火災防護対象施設を熱影響評価対象の設計対処施設とする。設計対処施設の抽出フローを第2図に示す。また、設計対処施設の配置図を第3図に示す。

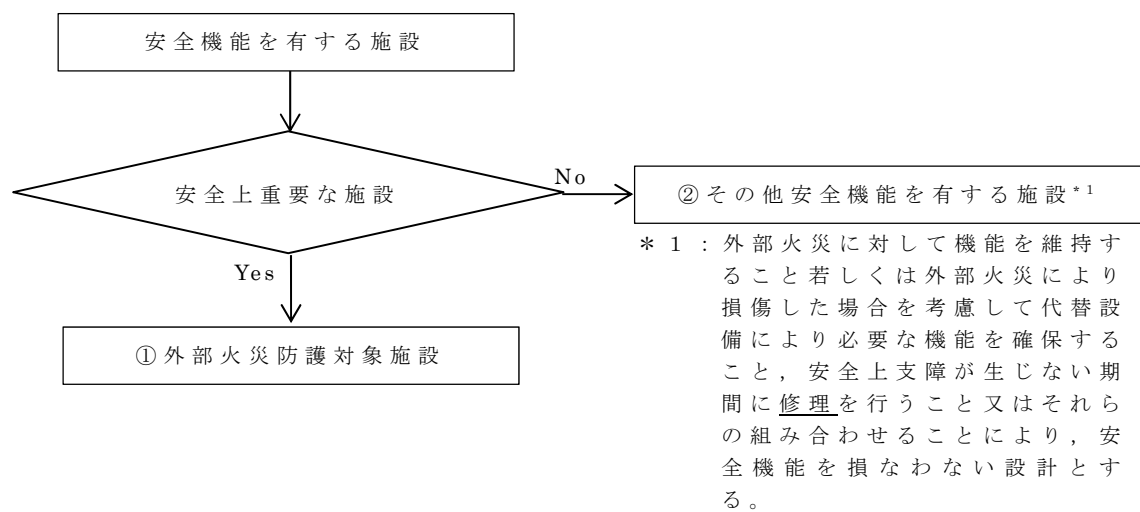
4. 影響評価内容

設計対処施設のうち建屋については、外壁温度の評価を実施し、コンクリートの強度が維持できる温度であることを確認する。設計対処施設のうち、屋外に設置される外部火災防護対象施設については、設備に対する温度評価を実施し、許容温度以下であることを確認し、設備の安全機能が損なわれないことを確認する。

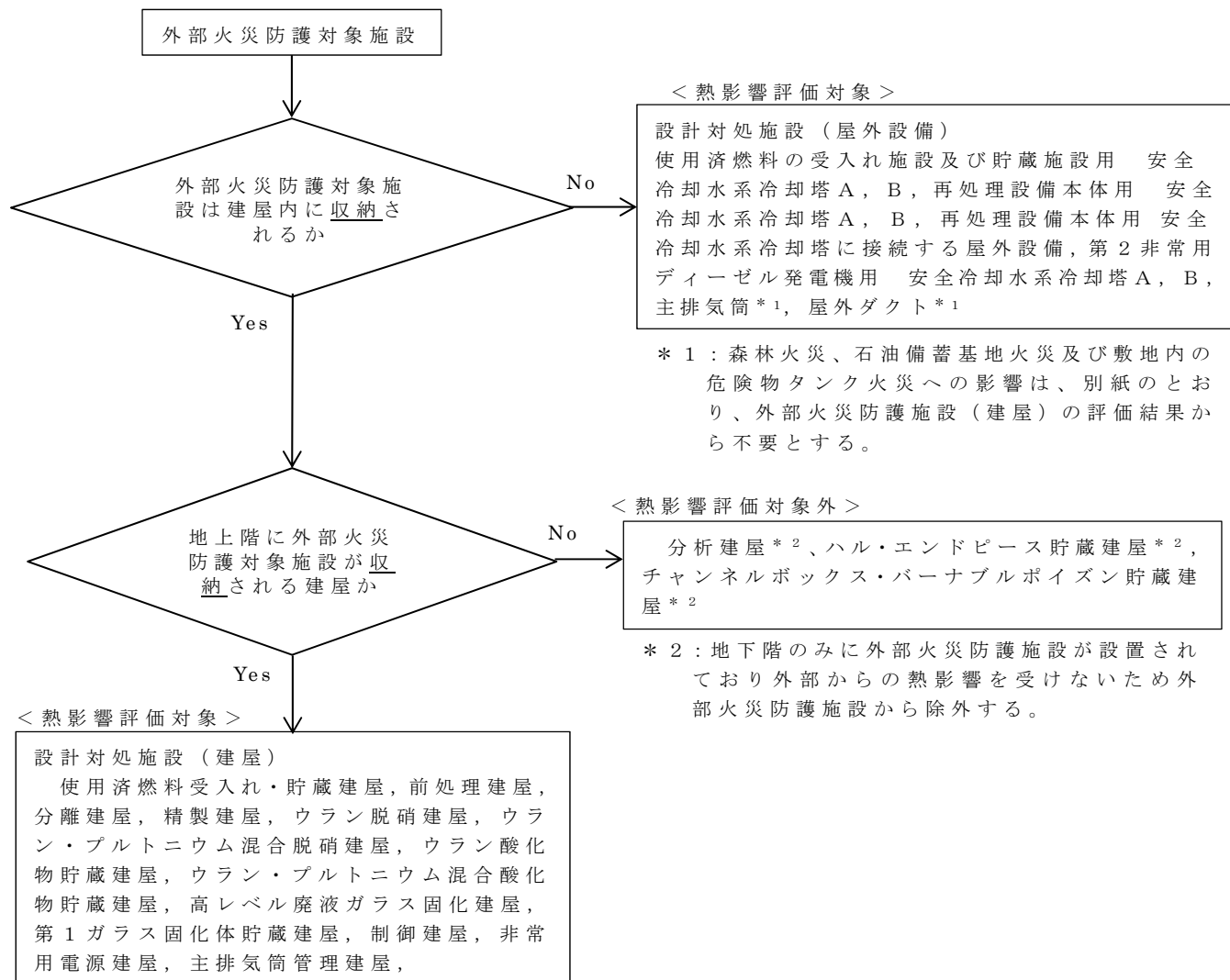
5. 可搬型重大事故等対処設備

外部火災防護対象施設を外部火災から防護するため、外部火災によって重大事故等の発生に至ることはない。

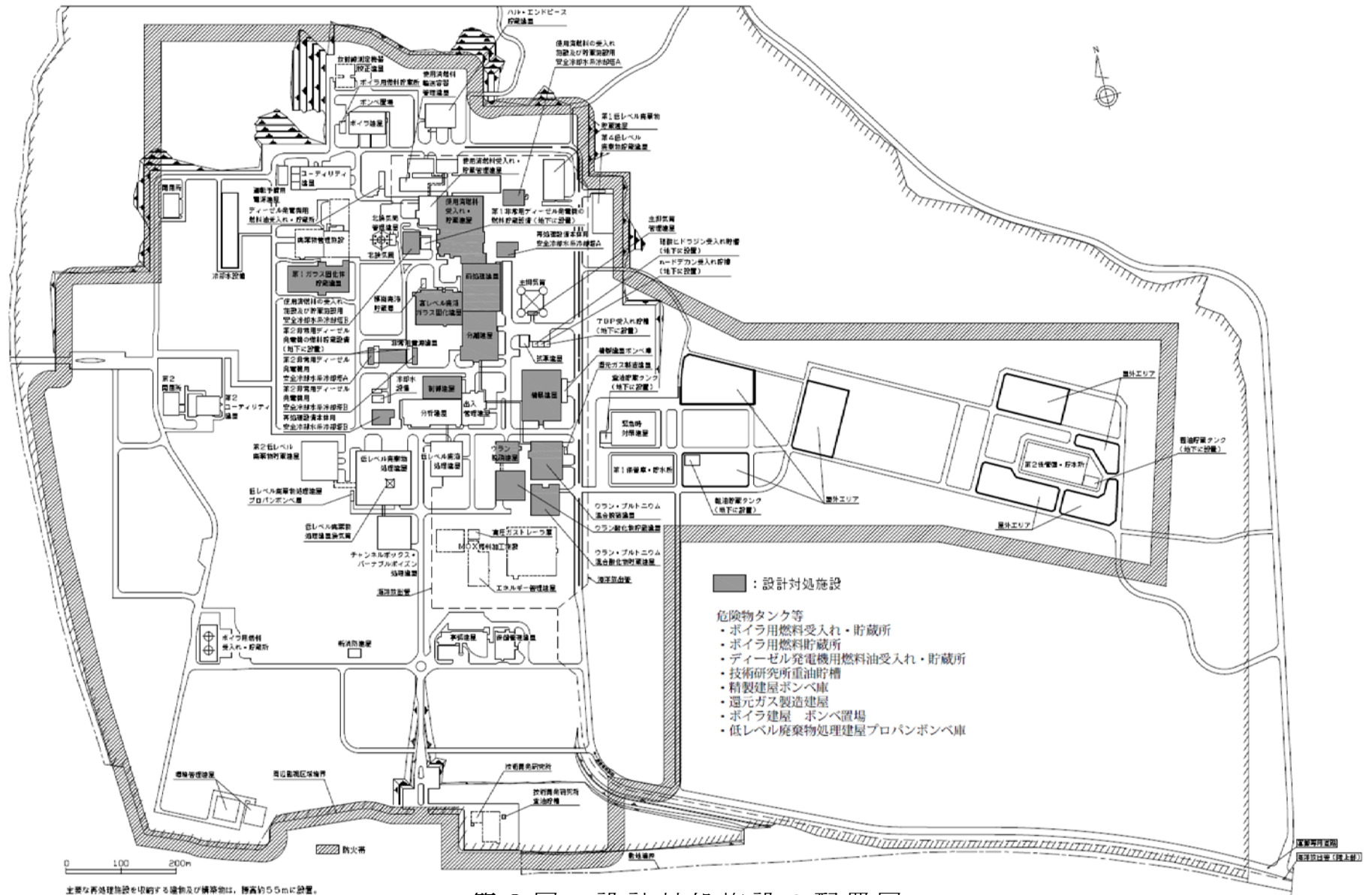
可搬型重大事故等対処設備防火帯の内側に可搬型重大事故等対処設備を保管する建物を配置し、離隔距離の確保及び消火活動により、外部火災により機能を損なわない措置を講ずる。



第 1 図 外部火災防護対象施設の抽出フロー



第 2 図 設計対処施設の抽出フロー



令和 2 年 3 月 13 日 R 5

補足説明資料 3－2（9 条 外部火災）

熱影響評価建屋の選定について

1. 森林火災及び近隣工場等の火災の熱影響評価対象の選定

設計対処施設は想定される森林火災，近隣工場等の火災に対して，防火帯の設置，建屋による防護，離隔距離の確保及び消火活動により，森林火災，近隣工場等の火災からの熱影響を防ぎ，外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

設計対処施設のうち，外部火災防護対象施設を収納する建屋については，外壁に対する熱影響評価を実施し，外壁表面がコンクリートの許容温度以下となり，外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認する。

また，設計対処施設のうち，屋外に設置する外部火災防護対象施設については，設備への熱影響評価を実施し，設備の上昇温度を考慮しても，外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認する。

さらに，敷地内に存在する屋外の危険物タンク及び可燃性ガスボンベ（以下「危険物タンク等」という。）において，森林火災，近隣工場等の火災の影響により，火災が発生した場合，設計対処施設へ影響を与える可能性のある危険物タンク等については，危険物タンク等への熱影響評価を実施し，貯蔵物が許容温度以下となることを確認する。

森林火災，近隣工場等の火災の熱影響評価については，防火帯外側及びむつ小川原国家石油備蓄基地（以下「石油備蓄基地」という。）からの離隔距離が最短となる外部火災防護対象施設を収納する建屋及び屋外に設置する外部火災防護対象施設を選定する。第1図に熱影響評価対象選定フローを示す。防火帯，設計対処施設及び危険物タンク等の配置を第2図，設計対処施設の防火帯外側，石油備蓄基地及び危険物タンク等の重油タンクからの離隔距離を第1表に示す。

また，熱影響評価対象の危険物タンク等を第2表に示す。

第 1 表 設計対処施設の防火帯外側，石油備蓄基地及び危険物タンク等の重油タンクからの離隔距離

設計対処施設 (外部火災防護対象施設を収納する建屋)	防火帯外側からの離隔距離 (m)	石油備蓄基地からの 離隔距離 (m)	重油タンクからの離隔距離 (m)		
			ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	ボイラ用燃料貯蔵所	ディーゼル発電機用燃料油 受入れ・貯蔵所
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	170 ^{*1, 5}	1,760 ^{*5}	815	211 ^{*3}	104 ^{*3}
前処理建屋	233	1,760	756	327	209
分離建屋	253	1,770	685	397	278
精製建屋	222	1,910	694	546	427
ウラン脱硝建屋	326	1,905	614	632	516
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	242	1,960	654	662	544
ウラン酸化物貯蔵建屋	291	1,920	580 ^{*3}	679	563
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	225	1,990	628	730	612
高レベル廃液ガラス固化建屋	305	1,680	687	324	210
第 1 ガラス固化体貯蔵建屋	259	1,450 ^{*2}	650	239	155
制御建屋	361	1,730	588	473	363
非常用電源建屋	429	1,660	594	406	305
主排気筒管理建屋	185	1,857	827	463	346

設計対処施設 (屋外に設置する外部火災防護対象施設)	防火帯外側からの離隔距離 (m)	石油備蓄基地からの 離隔距離 (m)	重油タンクからの離隔距離 (m)		
			ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	ボイラ用燃料貯蔵所	ディーゼル発電機用燃料油 受入れ・貯蔵所
再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A	187	1,790	870	346	235
再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B	487	1,660	494 ^{*3}	513	415
使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A	129 ^{*1, 5}	1,810 ^{*5}	954	311	221
使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B	265	1,640 ^{*2, 4}	787	217 ^{*3}	100 ^{*3}
第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A	431	1,640 ^{*4}	581	401	303
第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 B	410	1,710	625	418	308

* 1：森林火災の評価対象

* 2：石油備蓄基地火災の評価対象

* 3：重油タンク火災の評価対象

* 4：使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B は，第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A と比較して防火帯から近く，森林火災との重畳を考慮した場合に熱影響評価的に厳しいことから，評価対象として選定した。

* 5：石油備蓄基地火災と森林火災の重畳の評価対象

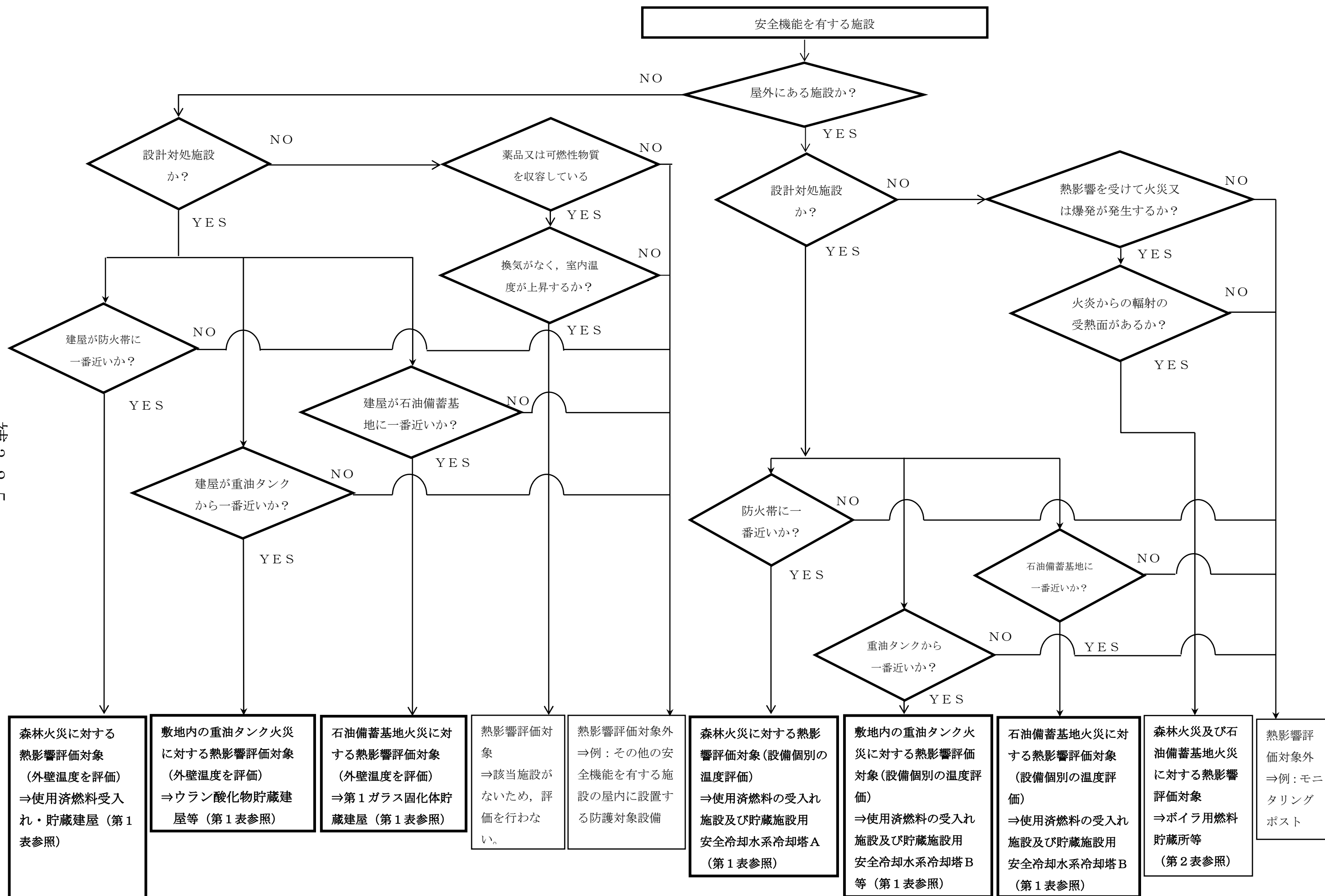
第 2 表 熱影響評価対象の危険物タンク等

熱影響確認対象	貯蔵物	許容温度	備考
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	重油	発火点：200 ⁽¹⁾ ℃	参考文献（1）に基づく発火点約 240℃を切り下げ 200℃とする。
ボイラ用燃料貯蔵所* 1， 2	重油	発火点：200 ⁽¹⁾ ℃	参考文献（1）に基づく発火点約 240℃を切り下げ 200℃とする。
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	重油	発火点：200 ⁽¹⁾ ℃	参考文献（1）に基づく発火点約 240℃を切り下げ 200℃とする。
技術開発研究所重油貯槽	重油	発火点：200 ⁽¹⁾ ℃	参考文献（1）に基づく発火点約 240℃を切り下げ 200℃とする。
精製建屋ボンベ庫* 1	水素	発火点：571.2 ⁽²⁾ ℃	
還元ガス製造建屋	水素	発火点：571.2 ⁽²⁾ ℃	
ボイラ建屋 ボンベ置場* 1， 2	プロパン	発火点：405 ⁽³⁾ ℃	
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	プロパン	発火点：405 ⁽³⁾ ℃	

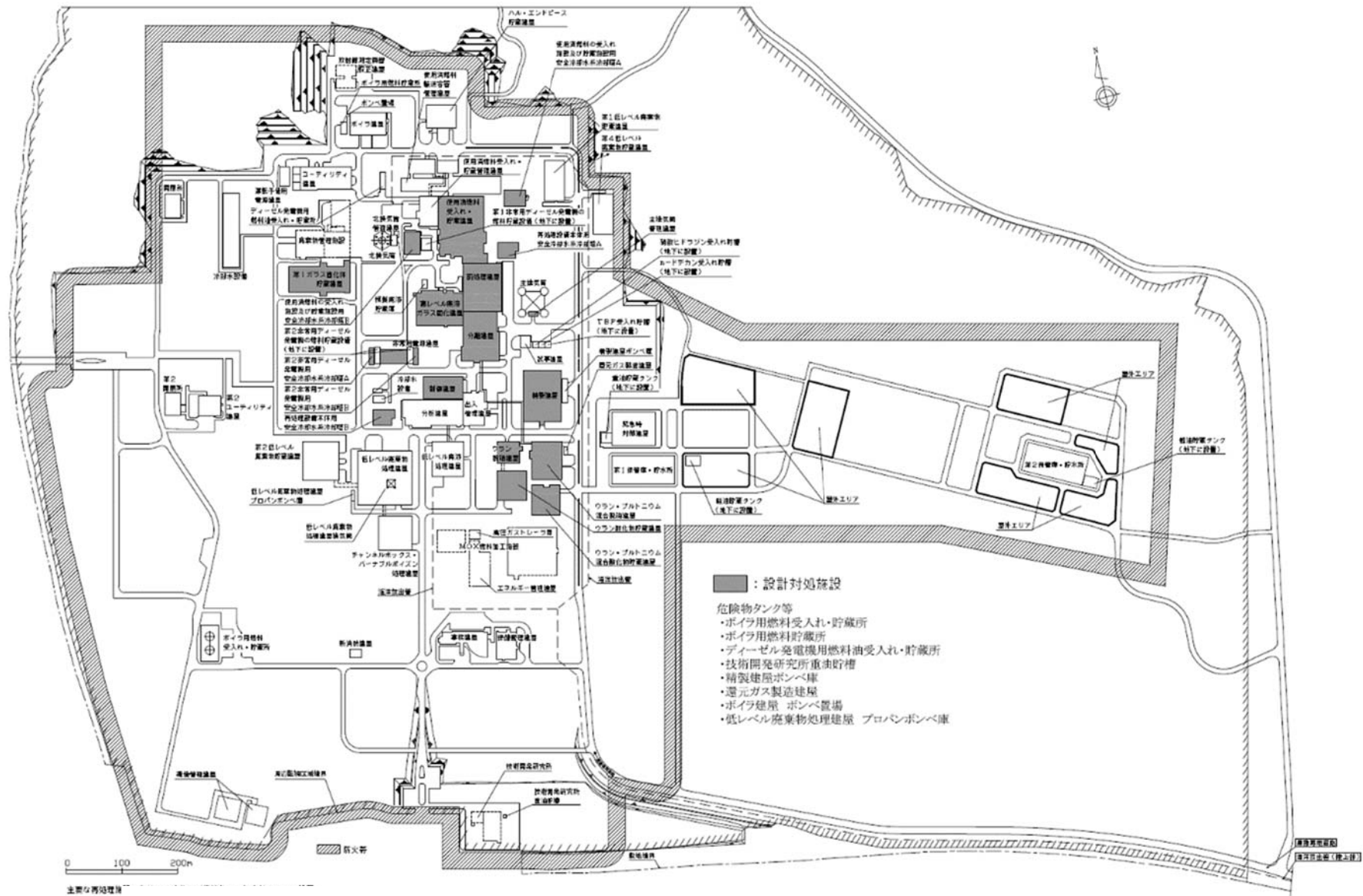
* 1：森林火災の評価対象
* 2：石油備蓄基地火災の評価対象

参考文献

- (1) JX 日鉱日石エネルギー．ENEOS A 重油．安全データシート．2012-12-10.
- (2) 東邦アセチレン．圧縮水素．化学物質等安全データシート．2013-1-1.
- (3) 鈴商総合ガスセンター．液化石油ガス．製品安全データシート．2000-12-3.



第 1 図 熱影響評価対象選定フロー



第2図 防火帯，設計対処施設及び危険物タンク等の配置

令和 2 年 3 月 13 日 R 6

補足説明資料 4－3（9 条 外部火災）

森林火災シミュレーション解析の結果及び 防火帯の設定について

1. 森林火災シミュレーション解析の結果

F A R S I T E による解析の結果，最大火線強度は発火点 2 が最大，火炎の到達時間は発火点 3 が最短，輻射強度は発火点 3 が最大となった。F A R S I T E による結果を第 1 表に示す。

2. 防火帯の設定について

F A R S I T E による解析の結果から，火線強度の最大値は発火点 2 の「9,128 k W / m」であり，外部火災ガイドを参考として，第 2 表「風上に樹林がある場合の火線強度と最小防火帯幅の関係」に示す 10,000 k W / m の火線強度に必要とされる最小防火帯幅 24.9m を上回る 25m 以上の防火帯を確保する。

防火帯の配置については，既設の設備及び駐車場についても考慮し，延焼の可能性のあるものと干渉しないように設定する。防火帯の配置を第 1 図に示す。

防火帯の維持管理については，防火帯内での車両の駐車禁止，物品の仮置き禁止，定期的な除草等，消火活動に支障をきたすことがないよう管理方法について手順を定める。

3. 消火活動について

外部火災発生時には，再処理事業部長等により編成する自

自衛消防隊を設置し，再処理施設への影響を軽減するため，自衛消防隊の消火班により事前散水を含む消火活動を実施する。また，外部火災発生時に必要となる通報連絡者及び初期消火活動のための要員として自衛消防隊の消火班のうち消火専門隊は敷地内に常駐する運用とする。

外部火災発生時の連絡体制，防護対応の内容及び手順の火災防護に関する教育並びに総合的な訓練を定期的の実施する。

第 1 表 F A R S I T E による結果

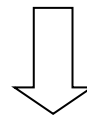
項目	内容	解析結果
延焼速度	全燃焼セルにおける延焼速度	発火点 1 : 最大 4.7m / s 平均 0.07m / s 発火点 2 : 最大 5.3m / s 平均 0.08m / s 発火点 3 : 最大 3.5m / s 平均 0.04m / s
最大火線強度	火線最前線の最大火線強度（防火帯幅算出に用いる）	発火点 1 : 1,527 kW / m 発火点 2 : 9,128 kW / m 発火点 3 : 2,325 kW / m
火炎の到達時間	発火から敷地内に最も早く到達する時間	発火点 1 : 30 時間 1 分 発火点 2 : 18 時間 37 分 発火点 3 : 5 時間 1 分
輻射強度	防火帯から任意の位置（170 m）における輻射強度（熱影響評価に用いる発火点の選定）	発火点 1 : 0.53 kW / m ² 発火点 2 : 0.82 kW / m ² 発火点 3 : 1.4 kW / m ²

第 2 表 風上に樹林がある場合の火線強度と最小防火帯幅の関係

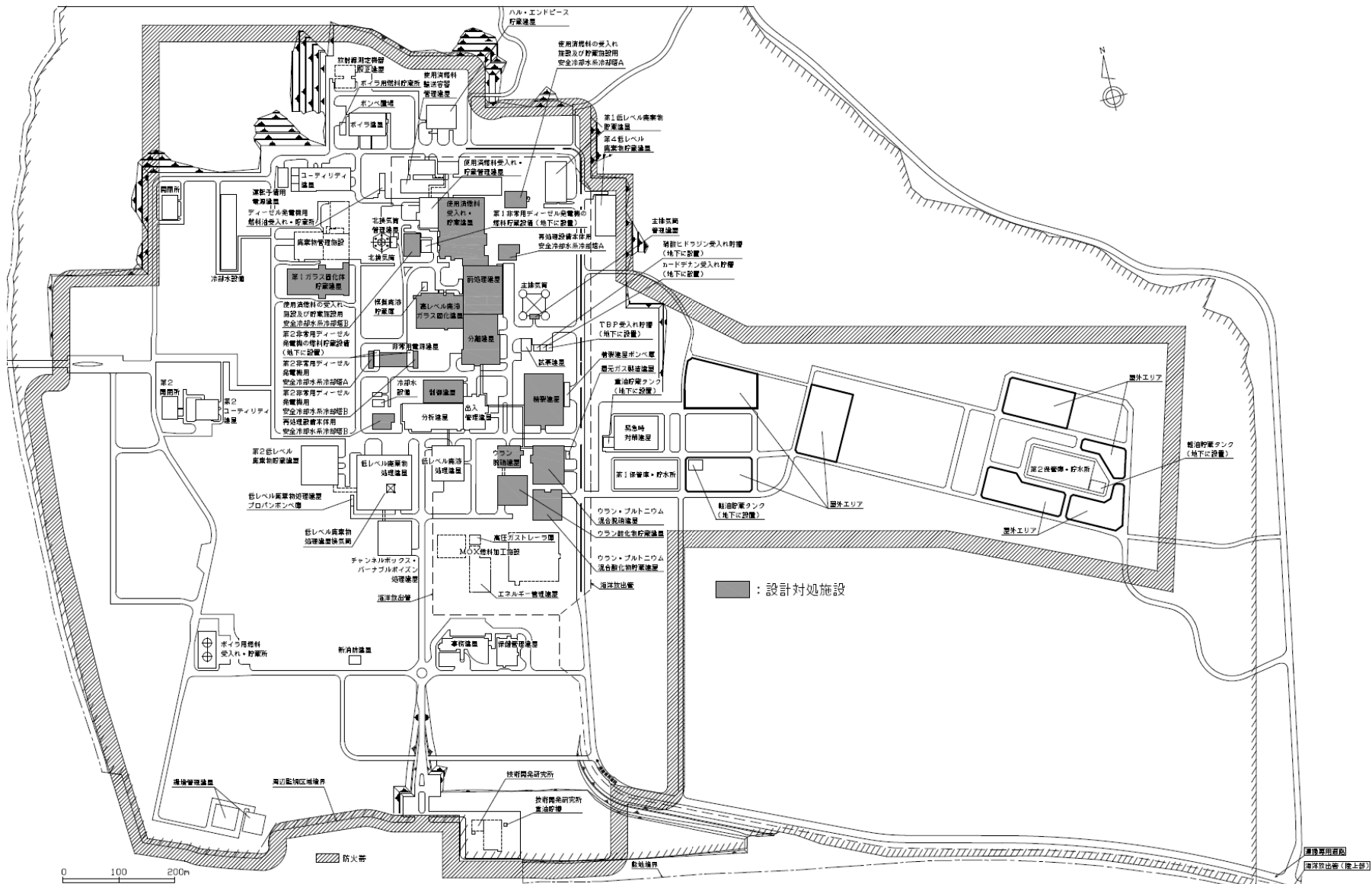
（火炎の防火帯突破確率 1 %）

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

「外部火災ガイド」より抜粋



防火帯幅：25m 以上を確保



第 1 図 防火帯の配置

令和 2 年 3 月 13 日 R 5

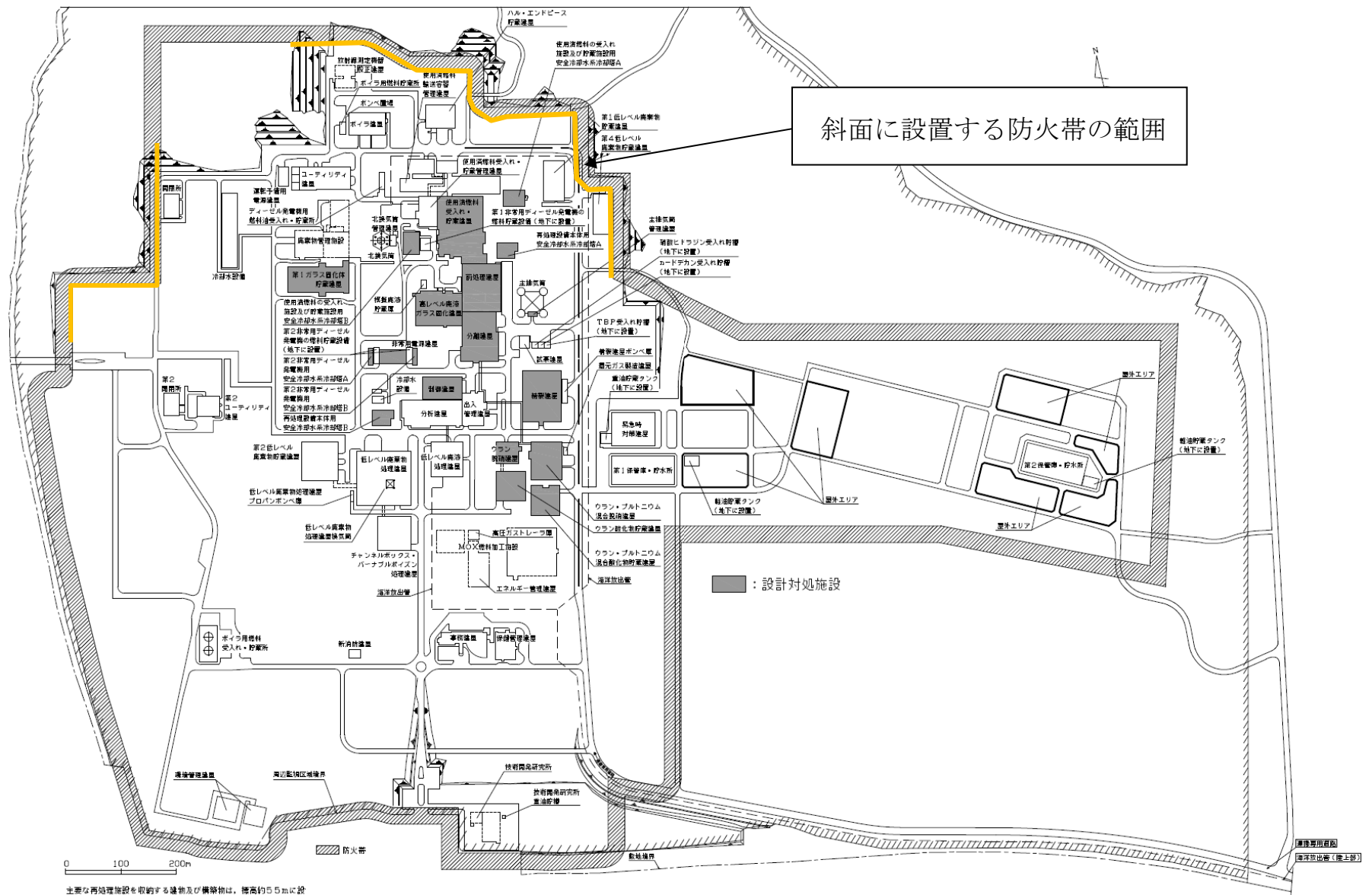
補足説明資料 4－3（9 条 外部火災）

別紙 3

斜面に設定している防火帯の地盤安定性について

斜面に設定している防火帯の範囲を第 1 図に示す。仮に地震と森林火災が重畳し、地震時による斜面の崩壊を想定しても、防火帯は外側に崩壊することから敷地内側に可燃物（森林）が流入する可能性が低い。また、防火帯内側には敷地内道路や非植生エリアが多くあることから、防火帯が崩壊しても敷地内への延焼可能は低いと考えられる。

よって、斜面に設置する防火帯が崩壊しても森林火災による設計対処施設への影響はない。



第1図 防火帯の配置図

令和 2 年 3 月 13 日 R 3

補足説明資料 4－4（9 条 外部火災）

外部火災発生時の環境モニタリング設備への対応について

1. 環境モニタリング設備への対応

環境モニタリング設備のモニタリングポスト、ダストモニタ及び積算線量計（以下「モニタリングポスト等」という。）については、周辺監視区域境界付近の 9 箇所（防火帯外：6 箇所，防火帯内：3 箇所）に位置する。モニタリングポスト等の配置を第 1 図に示す。

防火帯外に位置しているモニタリングポスト等については、外部火災が発生し延焼のおそれがあると判断した場合、その周辺に対し火炎が到達する前に敷地内に常駐する自衛消防隊の消火班による事前散水を実施し、延焼防止を図る。

森林火災時の防火帯外側のモニタリングポストへの消火活動の訓練として消防資機材（可搬型消防ポンプ、消防ホース等）を使用して実施した結果、40 分程度で消火活動を開始できることを確認している。（別紙）

上記事前散水により外部火災からモニタリングポスト等への延焼を防止するが、常設のモニタリングポスト等が外部火災により機能喪失した場合には、可搬型環境モニタリング（可搬型線量率計及び可搬型ダストモニタ又は放射能観測車を用いて監視及び測定する。

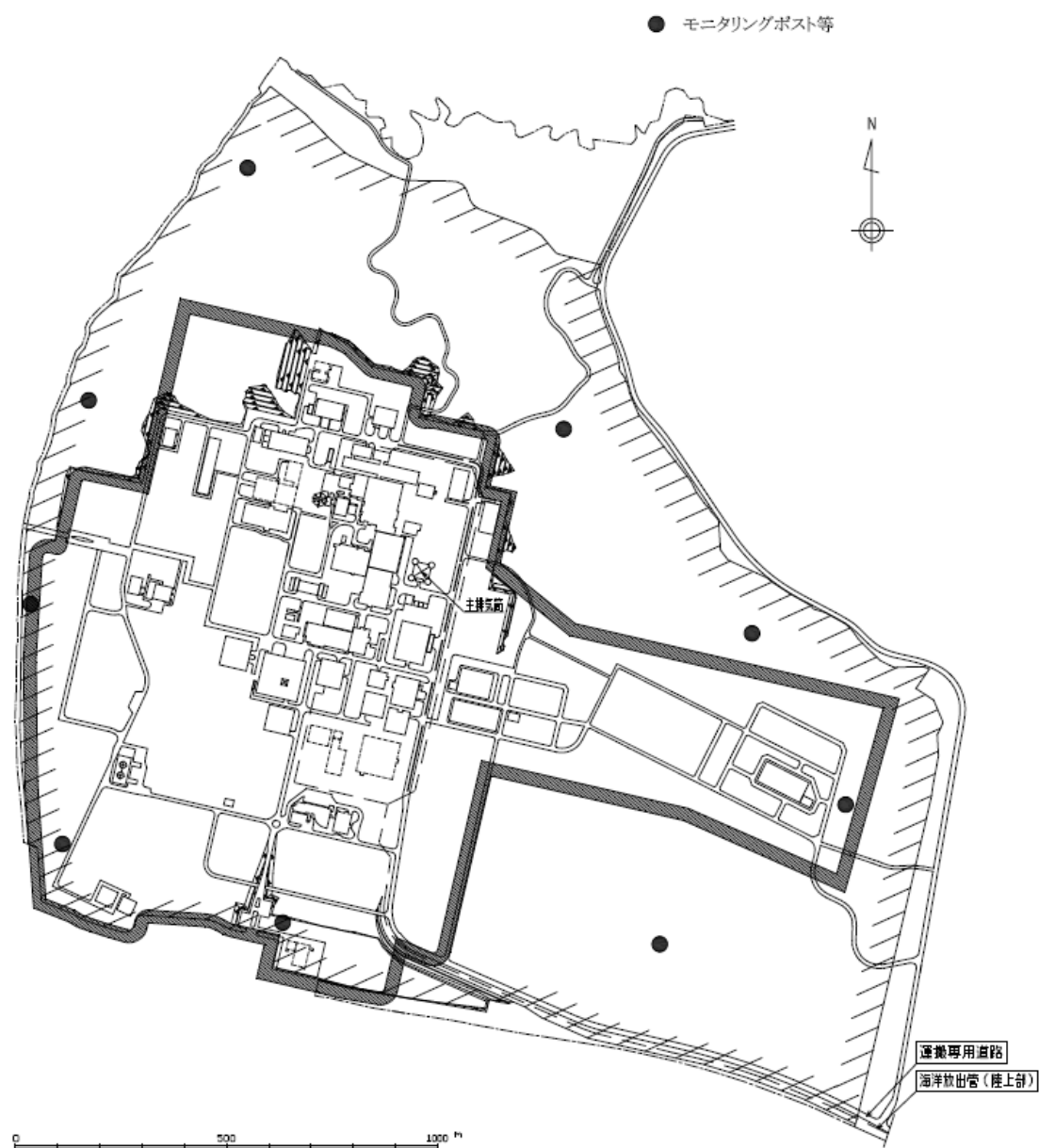
可搬型環境モニタリング設備は、合計 10 台（うち故障時のバックアップ 6 台）を保管する。

可搬型環境モニタリング設備の電源は、環境監視測定設備可搬型発電機に接続し、給電する。環境監視測定設備可搬型発電機に必要な軽油は、軽油貯蔵タンクから軽油用タンクローリにより運搬し、給油することにより、給電開始から 7 日以上稼働が可能である。

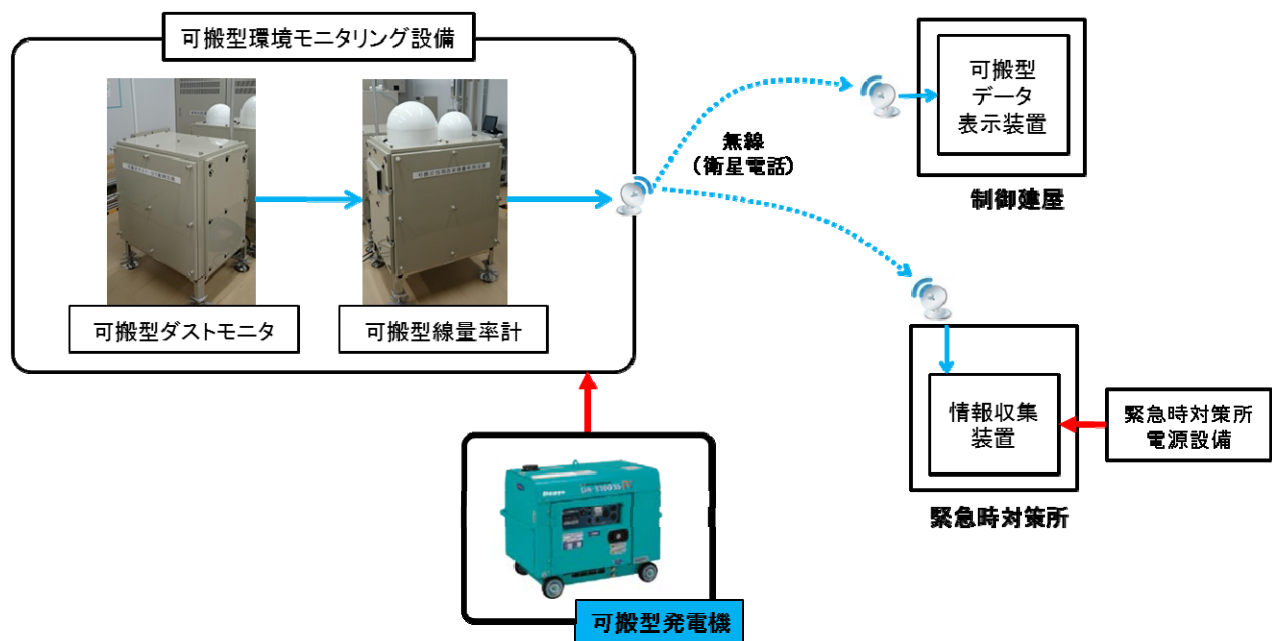
また、可搬型データ伝送装置を可搬型環境モニタリング設備に接続し、

測定データを無線により中央制御室及び緊急時対策所に伝送する。伝送した測定データは、中央制御室に設置することとしている可搬型データ表示装置により、監視及び記録するとともに、緊急時対策所においても緊急時対策所情報把握設備により監視及び記録する。

可搬型環境モニタリング設備のイメージ図を第2図に示す。



第1図 モニタリングポスト等の配置図



第2図 可搬型環境モニタリング設備のイメージ図

令和 2 年 3 月 13 日 R 2

補足説明資料 4－4（9 条 外部火災）

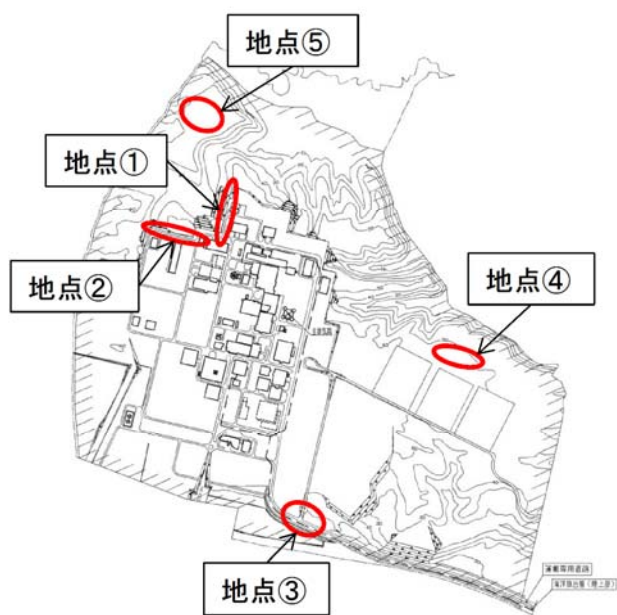
別紙 1

防火帯外側のモニタリングポストへの消火活動訓練

1. 消火活動訓練

森林火災において、当社敷地への影響がある場合、公設消防より当社へ連絡が入るよう取り決めている。

出動指示を受けてから、消防車等を使用し、事前散水・消火活動までかかる時間を確認するため、平日昼間における訓練を実施した。その結果、防火帯の外側であり、消防建屋からアクセス上敷地内で最も遠く、近くに水源のない地点⑤（モニタリングポスト No. 4 近傍）において、40分程度で散水活動を開始することが可能であり、森林火災到着までに活動を開始できることを確認した。



訓練結果

		地点 ①	地点 ②	地点 ③	地点 ④	地点 ⑤
1	出動指示	—	—	—	—	—
2	出動指示～ 出動	5分	5分	5分	5分	5分
3	消防建屋～ 現地到着	4分	4分	3分	7分	15分
4	現地到着～ 放水開始ま で	10分	9分	10分	15分	15分
合計		19分	17分	18分	27分	35分

【訓練想定】

- 石油備蓄基地火災が発生し、当社敷地への影響があるとの消防からの連絡を受け、モニタリングポストNo. 4を防護するために消火専門隊を出動させ、事前散水を行うことを想定した。
- 体制、資機材等については以下のとおり。
 - ・実施時期：2014年6月24日 PM（平日昼間）
 - ・体制：消火専門隊 5名（隊長1名＋隊員4名）
 - ・資機材：動力ポンプ付消防車、資機材運搬車、可搬式消防ポンプ、消防ホース
 - ・その他：防火水槽、屋外消火栓の水源がないため、二又川を水源とする。



2. 消防資機材について

森林火災が発生した際の消火活動と使用する消防資機材として、以下の装備を備える。

資機材名称	数量
大型化学高所放水車	1台
消防ポンプ付水槽車	1台
可搬型消防ポンプ	9台
消防ホース等	一式



上記、防資機材を使用しての消火活動として、以下のような活用を行う。

【水源が近傍にある場合】

- ・水源に大型化学高所放水車等を設置し、放水する。



【水源から火災発生場所が離れている場合】

- ・水源に大型化学高所放水車等を設置し、可搬型消防ポンプ等を連結させ、放水する。



令和 2 年 3 月 13 日 R 4

補足説明資料 4－5（9 条 外部火災）

森林火災による設計対処施設への熱影響評価について

1. 森林火災に係る設計対処施設への熱影響評価の概要

外部火災ガイドを参考として、F A R S I T E による解析結果を用い、設計対処施設への熱影響評価を行い、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことがないことを確認する。熱影響評価の流れを第 1 図に示す。

2. 危険距離及び輻射強度の評価結果

外部火災ガイドを参考として、F A R S I T E による解析結果を用い、設計対処施設への輻射強度を算出し、外壁表面温度がコンクリートの許容温度 200°C ⁽¹⁾（別紙 2）となる危険距離を算出し、防火帯外側から最短となる外部火災防護対象施設を収納する建屋までの離隔距離が危険距離以上であることを確認する。危険距離の評価の流れを第 2 図に示す。

(1) 円筒火炎モデル数の算出

以下の（1）式から、火炎が到達したセル毎に円筒火炎モデル数を算出する。

$$F = \frac{W}{2R} \cdots (1)$$

ここで、

F ：円筒火炎モデル数

W ：セル幅（m）

R ：燃焼半径（m）

(2) 形態係数の算出

以下の（2）式から円筒火炎モデルの形態係数を算出する。

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

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

ϕ_i : 形態係数

L_i : 離隔距離 (m)

H : 火炎長 (m)

R : 燃焼半径 (m)

各円筒火炎モデルの形態係数を合計した値を、設計対処施設に及ぼす影響について考慮すべき形態係数 ϕ_t とする。式を以下の (3) に、円筒形モデルを第3図に示す。

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

ただし、 $i + (i + 1) + (i + 2) \cdots (i + X)$ の円筒火炎モデル数の合計は F 個とする。

(3) 危険距離の評価

a. 受熱面の輻射強度を (4) 式により算出する。

$$E = R f \cdot \phi_t \cdots (4)$$

ここで、

E : 受熱面輻射強度 (W/m²)

$R f$: 火炎輻射発散度 (W/m²)

ϕ_t : 形態係数

b. 受熱面の輻射強度から、コンクリートの外壁表面温度を算出し積算する。外壁表面温度を算出する際は、コンクリート内部に向かう伝熱を考

慮する。

- c. 外壁表面温度がコンクリートの許容温度 $200^{\circ}\text{C}^{(1)}$ 以下となる離隔距離を危険距離として算出する。

(4) 評価結果

設計対処施設のうち、防火帯外側から最短となる使用済燃料受入れ・貯蔵建屋に対する森林火災による危険距離の算出結果を第1表に示す。

防火帯外側から最短となる使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の離隔距離は、危険距離を上回ることから、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことはない。

3. 外部火災防護対象施設を収納する建屋の熱影響評価

設計対処施設のうち、防火帯外側から最短となる使用済燃料受入れ・貯蔵建屋に対し森林火災からの火炎輻射による、外壁の温度上昇を算出する。

(1) 外壁温度の算出方法

受熱面の輻射強度及び燃焼時間に基づき、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の外壁表面における燃焼時間及び燃焼時間内で一定の輻射強度を設定する。

外壁温度の時間変化は、表面熱流束一定の半無限固体の熱伝導に関する以下の(5)式⁽²⁾に基づき算出する。

$$T = T_0 + \frac{2 \times E \times \sqrt{\alpha \times t}}{\lambda} \times \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \times \exp\left(-\frac{x^2}{4 \times \alpha \times t}\right) - \frac{x}{2 \times \sqrt{\alpha \times t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2 \times \sqrt{\alpha \times t}}\right) \right] \quad (5)$$

ここで、

T : 外壁表面温度 (°C)

x : 外壁表面からの深さ (m)

t : 燃焼時間 (s)

T_o : 初期温度 (°C)

E : 輻射強度 (W/m²)

α : 温度伝導率 (m²/s) ($\alpha = \lambda / (\rho \times c)$)

λ : コンクリート熱伝導率 (W/mK)⁽³⁾

ρ : コンクリート密度 (kg/m³)

c : コンクリート比熱 (J/kgK)⁽³⁾

$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x)$ ($\operatorname{erf}(x)$: 誤差関数)

評価に当たっては、厳しい評価となるように外壁表面からの対流及び輻射放熱は考慮せず、火炎からの輻射のエネルギーは全て建屋内面に向かう評価モデルとする。したがって、最高温度の位置は外壁表面 ($x = 0$ m) となる。そこで (5) 式の x をゼロとして、外壁表面の最高温度を以下の (6) 式により算出する。計算条件を第2表に示す。燃焼時間については、セル毎の延焼速度とセル幅より設定する。

$$T_s = T_o + \frac{2 \times E \times \sqrt{\alpha \times t}}{\sqrt{\pi} \lambda} \quad \dots (6)$$

ここで,

T_s : 外壁表面温度 (°C)

t : 燃焼時間 (s)

(2) 評価結果

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の外壁に対する森林火災の熱影響評価の結果を第3表に示す。外壁表面温度は、コンクリートの許容温度200°C以下となり、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損な

うことはない。

また、天井スラブへの影響は外壁の評価に包含される。(別紙3)

4. 屋外に設置する外部火災防護対象施設の熱影響評価(安全冷却水系冷却塔)

(1) 温度上昇の計算方法

通常運転時の出口温度に対して、森林火災からの火炎輻射による冷却水温度の上昇を(7)式により算出する。冷却水温度への熱影響評価の計算モデルを第4図に示す。

$$\Delta T_2 = \frac{Q_{ri} \times A}{C_p \times G} \cdots (7)$$

ここで、

ΔT_2 : 火炎からの輻射による出口温度上昇 (K)

Q_{ri} : 火炎からの輻射 (W/m²)

A : 評価対象部の配管側面積 (m²)

G : 流量 (kg/s)

C_p : 比熱 (J/kgK)

(参考文献(3)に記載された値を基に運転圧力及び通常時出入口平均温度における値に線形補間する。)

再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B, 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔B, 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔

塔 A 及び第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 B のうち、防火帯外側から最も近い施設である使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A の配管を対象とした熱影響評価の計算条件を第 4 表に示す。

(2) 熱影響評価結果

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A の森林火災における熱影響評価結果を第 5 表に示す。

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A は、通常時の出口温度に対して、冷却水の温度上昇はわずかであり、最大運転温度以下となるため、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことはない。

5. 非常用ディーゼル発電機の外気取入口の流入空気温度の評価

第 1 非常用ディーゼル発電機及び第 2 非常用ディーゼル発電機は建屋内に設置し、建屋の外気取入口から室内へ空気を取り込み、その室内空気をディーゼル発電機へ取り込む設計とする。

そのため、非常用ディーゼル発電機を収納する設計対処施設の外気取入口から室内に流入する空気の温度が森林火災の熱影響によって上昇したとしても室内温度の最高温度以下とすることで、室内から空気を取り込む非常用ディーゼル発電機の安全機能を損なわないことを確認する。

非常用ディーゼル発電機の流入空気温度に対する熱影響評価方法は、以下のとおりとする。

外部火災の輻射熱により、非常用ディーゼル発電機を収納する設計対処施設の外気取入口付近の壁温度が上昇し、温度上昇した壁からの熱により外気取入口から室内へ流入する空気温度を算出する。算出した空気温度

を室内温度の最高温度以下とすることで、屋内に設置する非常用ディーゼル発電機に影響を与えないことを確認する。

ここで、森林火災に対する影響は、輻射熱の厳しい石油備蓄基地火災の影響に包含されることから、石油備蓄基地火災の影響評価から非常用ディーゼル発電機の安全機能を損なわないことを確認する。

参考文献

- (1) 安部武雄ほか．“高温度における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究”．日本建築学会構造系論文集 第515号．日本建築学会，1999．
- (2) 日本機械学会．伝熱工学資料 改訂第4版．1986．
- (3) 日本建築学会．原子炉建屋構造設計指針 同解説．1988．

第1表 危険距離の算出結果

対象施設	防火帯外側からの離隔距離 (m)	危険距離 (m)
使用済燃料受入れ・貯蔵 建屋	170	23

第2表 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋を対象とした熱影響評価の計算条件

項目	記号	数値	単位
初期温度	T_0	50 ^{*1}	℃
コンクリート熱伝導率	λ	1.74 ⁽³⁾	W/mK
コンクリート密度	ρ	2,150 ^{*2}	kg/m ³
コンクリート比熱	c	963 ⁽³⁾	J/kgK

*1：初期温度は、評価が厳しくなるように、屋内最高温度及び外気温度を踏まえ設定。

*2：遮蔽設計の最小値（使用前検査項目）

第3表 森林火災による外壁の熱影響評価の結果

対象施設	外壁表面温度 (℃)	コンクリート許容温度 (℃)
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	62	200

第4表 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却

塔Aの配管を対象とした熱影響評価の計算条件

項目	記号	数値	単位
流量	G	237^{*3}	m^3/h^{*1}
通常時入口温度	T_1	42.2^{*3}	$^{\circ}\text{C}^{*2}$
通常時出口温度	T_2	34.1^{*3}	$^{\circ}\text{C}^{*2}$
運転圧力	—	0.637^{*3}	MPa
評価対象部長さ	L	11.05^{*3}	m
配管外径	ϕ	0.2163^{*3}	m
火炎からの輻射	Q_{ri}	2.1	kW/m^2

*1：計算においては、質量流量に換算。

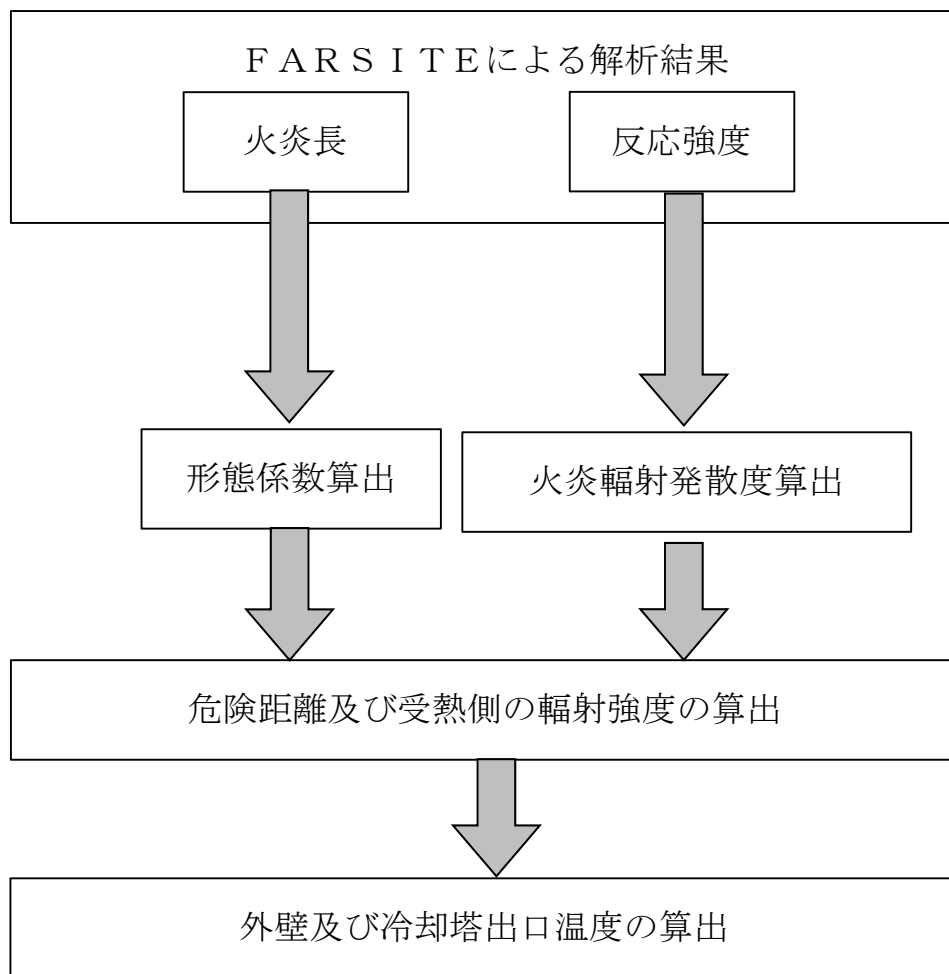
*2：計算においては、絶対温度に換算。

*3：設計値より設定。

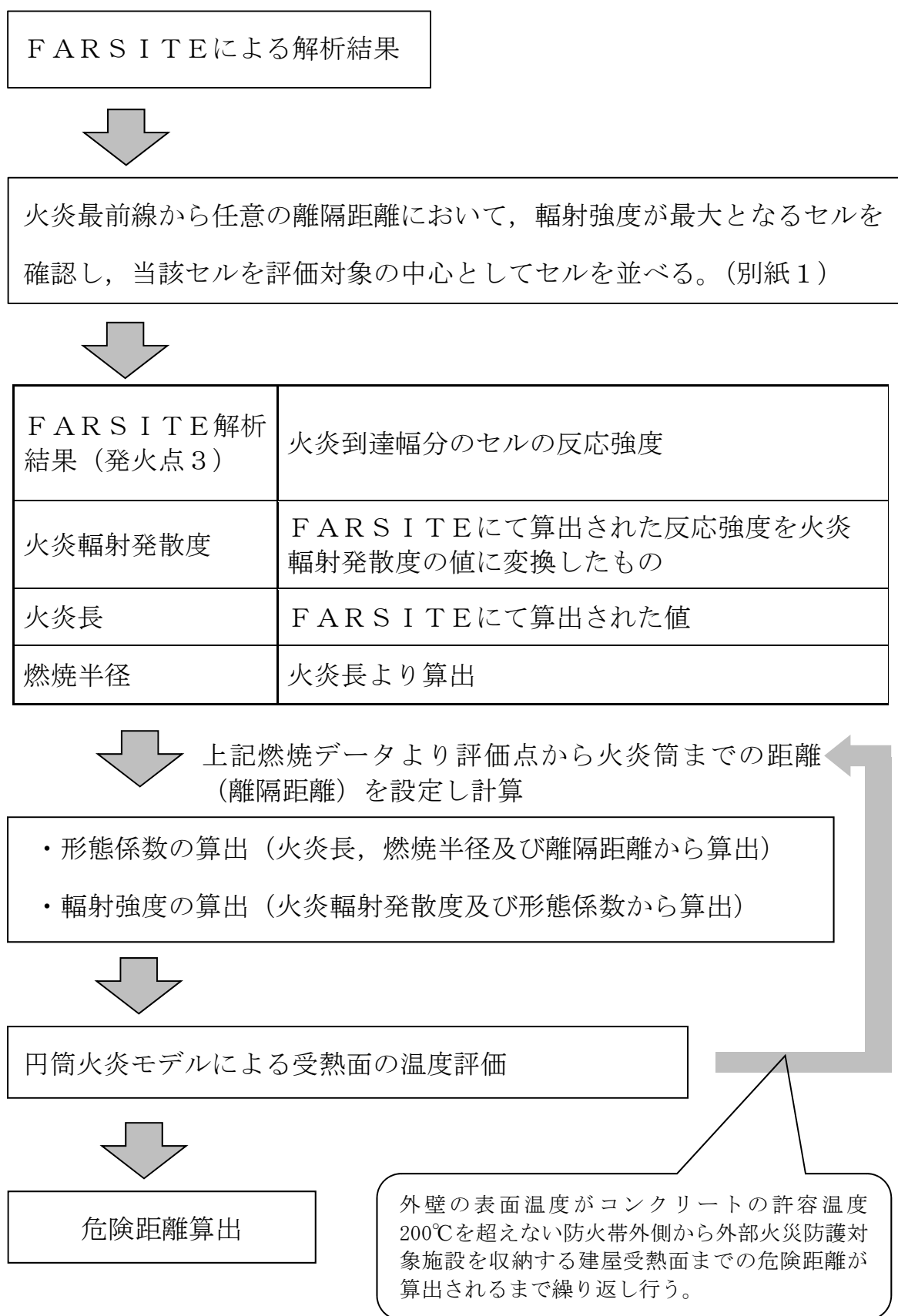
第5表 森林火災における熱影響評価結果

対象施設	通常運転時の出口温度* ($^{\circ}\text{C}$)	出口温度の 上昇温度 ($^{\circ}\text{C}$)	最大運転 温度* ($^{\circ}\text{C}$)
使用済燃料の受入れ施設及 び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A (防火帯からの離隔距離 129m)	約 ■	0.06	■

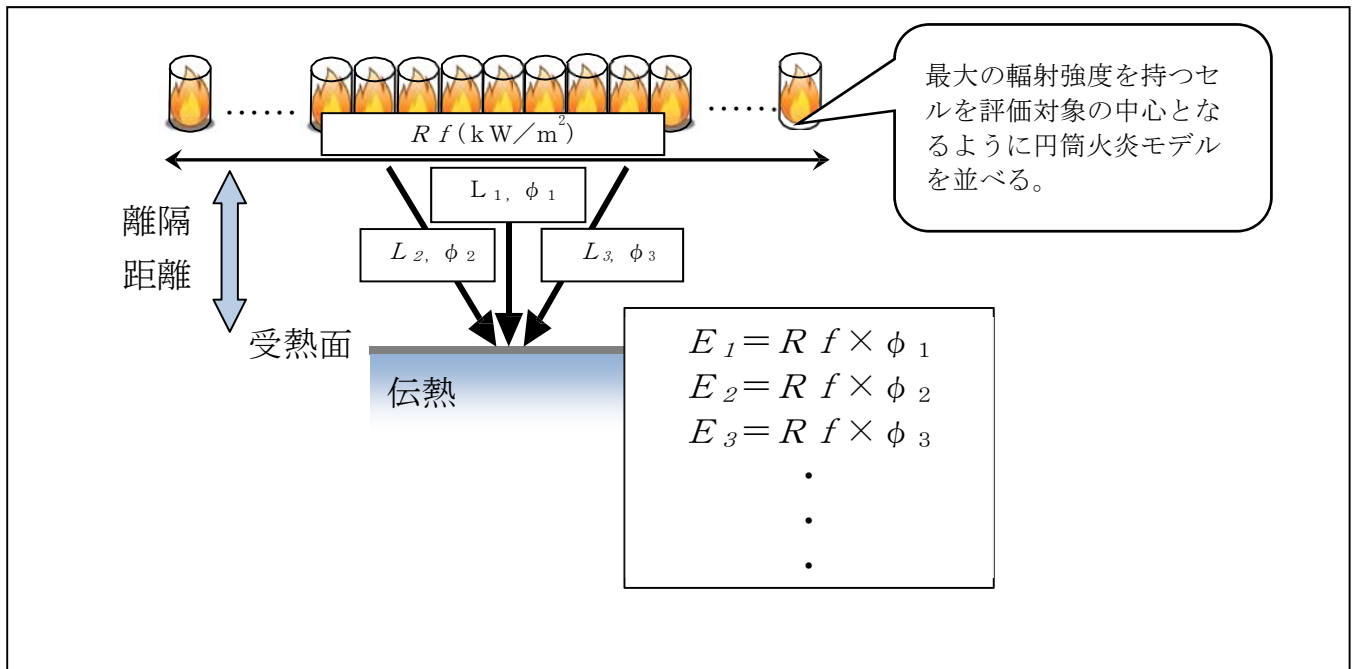
*：設計値より設定。



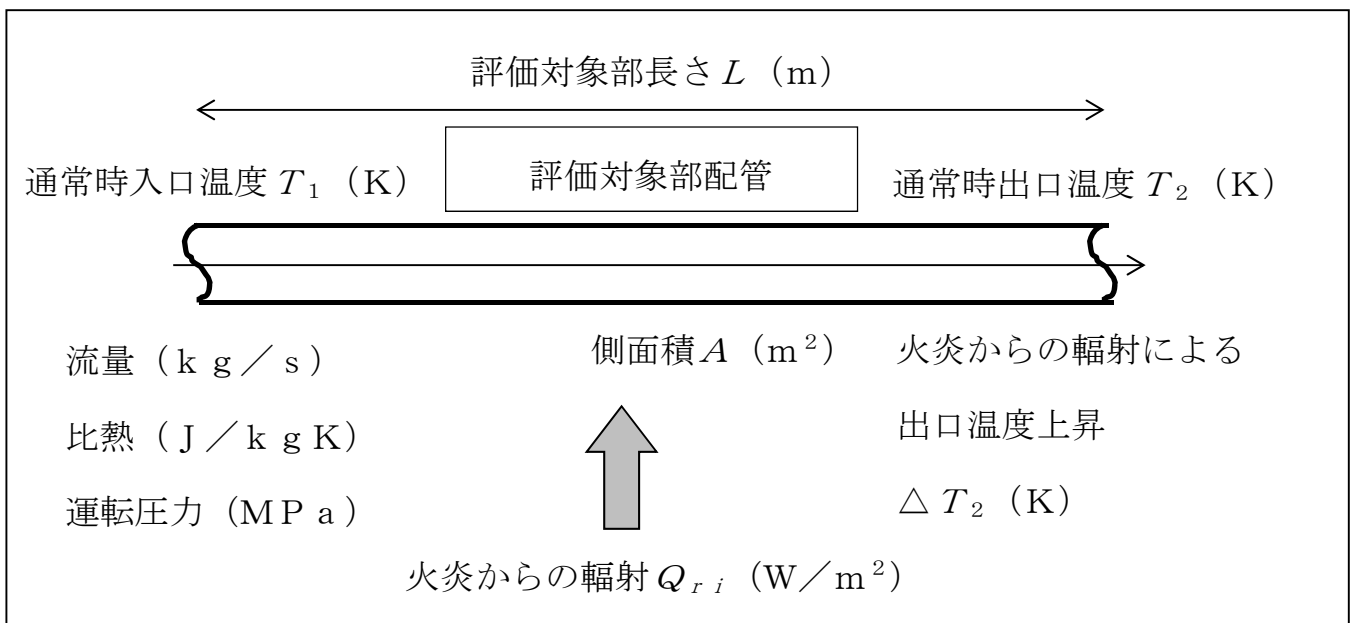
第1図 熱影響評価の流れ



第2図 危険距離の評価の流れ



第3図 円筒火炎モデル



第4図 冷却水温度への熱影響評価の計算モデル

令和 2 年 3 月 13 日 R 3

補足説明資料 4－5（9 条 外部火災）

別紙 4

設計対処施設以外の施設への影響について

熱影響評価の対象としている設計対処施設以外の再処理施設については、防火帯内側への設置している。防火帯幅 25m以上確保する設計であり、外壁表面温度がコンクリートの許容温度 200℃となる危険距離 23mを上回ることから防火帯内側に設置している設計対処施設以外の再処理施設への熱影響は小さいと想定される。

また、F A R S I T E の解析より、発火点から防火帯までの火炎到達時間は約 5 時間（発火点 3）である。森林火災時の防火帯外側のモニタリングポストへの消火活動の訓練から、40 分程度で開始できることを確認している。

そのため、防火帯に火炎が到達する前に消火活動が開始することが可能であるため、消火活動により設計対処施設以外の再処理施設への影響を抑えることができる。

令和 2 年 3 月 13 日 R 3

補足説明資料 4－6（9 条 外部火災）

屋内に設置する外部火災防護対象施設に対する熱影響について

1. 屋内に設置する外部火災防護対象施設への影響

森林火災の熱影響評価において、外部火災防護対象施設を収納する建屋は、外壁表面温度がコンクリートの許容温度 $200^{\circ}\text{C}^{(1)}$ に至らないことを判断基準とし、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認している。ここで、外壁表面温度が $200^{\circ}\text{C}^{(1)}$ 以下であれば、建屋は健全であるが、屋内に設置する外部火災防護対象施設に影響がないことは明確になっていない。そのため、外壁表面温度が $200^{\circ}\text{C}^{(1)}$ となった場合を仮定して、屋内に設置する外部火災防護対象施設に影響がないことを評価し、外壁表面温度の判断基準をコンクリートの許容温度 $200^{\circ}\text{C}^{(1)}$ として問題ないことを確認する。

また、設計対処施設のうち主排気筒管理建屋については、他の施設と異なり外壁厚さが薄いため、外壁内面への熱影響を評価し、屋内に設置する外部火災防護対象施設に影響がないことを確認する。

2. 外壁内面温度評価

外壁表面温度は、判断基準としたコンクリートの許容温度 $200^{\circ}\text{C}^{(1)}$ とし、外壁厚さは1.2mとする。外壁内面温度の計算は、定常計算を実施する。外壁内面温度の計算モデルを第1図に示す。

第1図に示す外壁内面温度の計算モデルによって、外壁内の熱伝導及び外壁内面から室内空気への熱伝達を考慮し、以下の(1)から(5)式により外壁内面温度を算出する。

$$T_{w i n}=T_w-q \times R_c \cdots (1)$$

$$q = (T_w - T_a) / R \quad \cdots (2)$$

$$R = R_c + R_h \quad \cdots (3)$$

$$R_c = D / \lambda \quad \cdots (4)$$

$$R_h = 1 / h \quad \cdots (5)$$

ここで,

$T_{w i n}$: 外壁内面温度 (°C)

T_w : 外壁表面温度 (°C)

T_a : 室内温度 (°C)

q : 熱流束 (W/m²)

R : 外壁表面と室内空気のための熱抵抗 (m² K/W)

R_c : 外壁表面と外壁内面のための熱抵抗 (m² K/W)

R_h : 外壁内面と室内空気のための熱抵抗 (m² K/W)

D : 外壁厚さ (m)

λ : 外壁の熱伝導率⁽²⁾ (W/m K)

h : 外壁内面から室内空気への熱伝達率 (W/m² K)

ここで、室内は一定温度となる換気量が維持されるものとし、室内温度は、厳しい評価となるように50°Cと設定し、外壁内面から室内空気への熱伝達率は、静止空気のものとした。計算条件を第1表に示す。

以上から、外壁内面温度は約72°Cとなるが、外壁に直接接触れる外部火災防護対象施設がないこと及び厳しい計算条件を考慮すると屋内に設置する外部火災防護対象施設への影響はない。

3. 主排気筒管理建屋における外壁温度の熱影響

設計対処施設のうち主排気筒管理建屋については、外壁厚さが 0.2mで

あり、上記 2. 項の評価に包含されないことから、森林火災における熱影響に対して、屋内に設置する外部火災防護対象施設に影響がないことを確認する。評価は、森林火災における建屋外壁の評価から、外壁内温度の評価を実施する。

(1) 森林火災

森林火災シミュレーション解析コードの解析結果において、火災最前線で輻射強度が最大となるセルの輻射強度及び燃焼時間に基づき、主排気筒管理建屋の外壁表面における燃焼時間及び燃焼時間内で一定の輻射強度を設定する。

外壁温度の時間変化は、表面熱流束一定の半無限固体の熱伝導に関する以下の (6) 式⁽⁴⁾に基づき算出する。

$$T = T_0 + \frac{2 \times E \times \sqrt{\alpha \times t}}{\lambda} \times \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \times \exp\left(-\frac{x^2}{4 \times \alpha \times t}\right) - \frac{x}{2 \times \sqrt{\alpha \times t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2 \times \sqrt{\alpha \times t}}\right) \right] \cdots (6)$$

ここで、

T : 外壁温度 (°C)

x : 外壁表面からの深さ (m)

t : 燃焼時間 (s)

T_0 : 初期温度 (°C)

E : 輻射強度 (W/m²)

α : 温度伝導率 (m²/s) ($\alpha = \lambda / (\rho \times c)$)

λ : コンクリート熱伝導率 (W/mK)⁽²⁾

ρ : コンクリート密度 (kg/m³)

c : コンクリート比熱 (J/kgK)⁽²⁾

$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x)$ ($\operatorname{erf}(x)$: 誤差関数)

評価に当たっては、厳しい評価となるように外壁表面からの対流及び輻射放熱は考慮せず、火炎からの輻射のエネルギーは全て建屋内面に向かう評価モデルとする。

ここで、森林火災の熱影響評価結果から、外壁表面温度は 61°C ($x=0$) である。ここから、外壁内面に向かって外壁深さ (x) を変化させ、外壁内面の熱影響を確認する。結果を第2表に示す。

第2表より、主排気筒管理建屋の外壁温度は、外壁深さ 0.05m において初期温度となり森林火災による熱影響を受けていない。

よって、屋内に設置する外部火災防護対象施設に影響はない。

4. 制御建屋 中央制御室の居住性について

制御建屋は、主排気筒管理建屋より防火帯から距離が離れている。そのため、主排気筒管理建屋の評価結果を踏まえると、制御建屋外壁内面への熱影響はないため、中央制御室内の居住性に影響はない。

参考文献

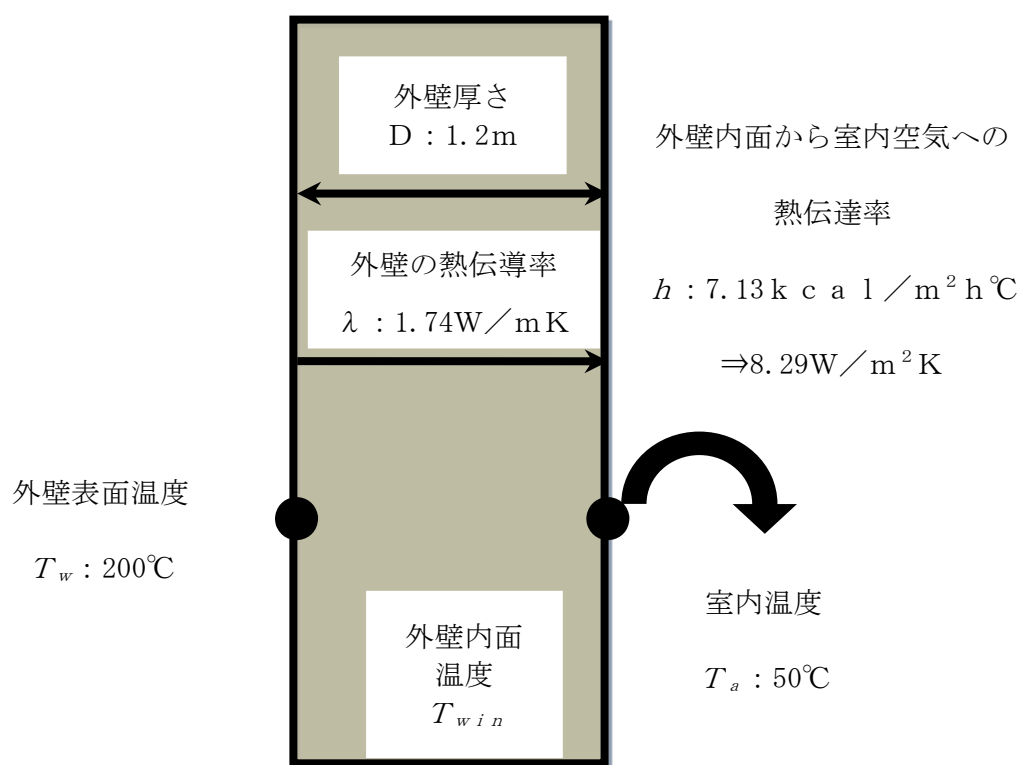
- (1) 安部武雄ほか. “高温度における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究”. 日本建築学会構造系論文集 第515号. 日本建築学会, 1999.
- (2) 日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.
- (3) 空気調和・衛生工学会. 改訂第11版 空気調和・衛生工学便覧Ⅱ 空調設備編. 1987.
- (4) 日本機械学会. 伝熱工学資料 改訂第4版. 1986.

第1表 計算条件

項目	記号	値	単位	備考
外壁 表面温度	T_w	200	℃	
室内温度	T_a	50	℃	
外壁の熱伝導率	λ	1.74	W/m K	
外壁内面から室内 空気への熱伝 達率	h	8.29 ⁽³⁾	W/m ² K	1 c a l =4.18605 J
外壁厚さ	D	1.2	m	

第2表 主排気筒管理建屋外壁の熱影響評価結果（森林火災）

外壁深さ (m)	0	0.05
外壁温度 (℃)	61	50



第 1 図 外壁内面温度の計算モデル

令和 2 年 3 月 13 日 R 6

補足説明資料 5－1（9 条 外部火災）

近隣工場等の火災及び爆発に係る評価対象の選定について

1. 近隣工場等の火災及び爆発に係る評価対象の選定の考え方

近隣工場等の火災及び爆発に係る評価対象については，外部火災ガイドを参考として，選定する。

近隣工場等の評価対象については，敷地周辺の10 k m以内に存在する石油コンビナート等特別防災区域内の施設，危険物貯蔵所及び高圧ガス貯蔵施設を網羅的に調査し，再処理施設への影響が厳しい評価となる評価対象を選定する。

2. 評価対象の候補

敷地周辺の10 k m以内に存在する石油コンビナート等特別防災区域内の施設，危険物貯蔵所及び高圧ガス貯蔵施設を網羅的に調査した結果を第1表に示す。

3. 近隣工場等の火災の評価対象の設定について

3. 1 評価対象の選定方法

評価対象の候補から，再処理施設への影響が厳しい評価となる対象を選定する。第1図に近隣工場等の火災影響評価対象選定フローを示す。

3. 2 評価対象の選定

(1) 石油コンビナート等特別防災区域内の施設

敷地周辺10 k mの範囲内に存在する石油コンビナート等特別防災区域内となる施設の配置概要図を第2図に示す。

第2図に示すとおり，再処理施設から10 k mの範囲には，

むつ小川原地区石油コンビナート等特別防災区域があり、その対象となる施設として、石油備蓄基地及び中継ポンプ場がある。また、中継ポンプ場から石油備蓄基地の間には、原油移送のためのパイプラインがある。

このむつ小川原地区石油コンビナート等特別防災区域内の施設のうち、再処理施設に与える影響が最大であるものを以下の観点により選定する。

- a. 地上に設置され、火災が発生した場合に、再処理施設に影響を与えること。
 - (a) パイプラインは、地下約1.2mに埋設されているため、対象外とする。また、パイプは溶接構造であり、漏えい検知器及び緊急遮断弁が設置されていること並びに原油移送時以外には、原油がないことから対象外とする。
 - (b) 評価対象候補は、石油備蓄基地及び中継ポンプ場とする。
- b. 地上に設置するタンクにおける原油貯蔵量が多いこと。

中継ポンプ場は、4基の中継用タンク（約3.7万 m^3 ／基）が配置されているが、石油備蓄基地には、51基（11.1万 m^3 ／基）の原油貯蔵タンクが設置されているため、石油備蓄基地を対象とする。

- c. 上記b. で選定される石油備蓄基地と比較して、再処理施設に近いこと。

中継ポンプ場は、敷地の東約7kmに位置し、石油備蓄基地は、敷地の西約0.9kmに位置することから、再処理施設に一番近い石油備蓄基地を対象とする。

以上より、むつ小川原地区石油コンビナート等特別防災区

域の石油備蓄基地を火災の評価対象とする。

(2) 危険物貯蔵所

敷地周辺10kmの範囲内において、石油コンビナート等特別防災区域以外の危険物貯蔵所に対し網羅的に抽出した結果を、第3図に示す。

ここで、危険物貯蔵所については、その影響が石油備蓄基地火災に包含されると考えられる場合には、評価対象外とする。評価対象の選定の考え方を以下に示す。

a. 石油備蓄基地と比較し、敷地近傍にあり、危険物を貯蔵すること。

(a) 第3図より、石油備蓄基地よりも近い位置にあるその他の危険物貯蔵所は、再処理施設西側に位置する協力会社事務所等及び南側に位置する国際核融合エネルギー研究センターであるが、貯蔵される危険物が多くはないため、評価の対象外とする。

(b) 上記(a)以外のその他の危険物貯蔵所である、食品加工工場、ごみ処理場、六ヶ所ウラン濃縮工場、むつ小川原港及び給油取扱所は、敷地までの距離が、石油備蓄基地より遠方となるため、評価の対象外とする。

b. 危険物の貯蔵量が多く、再処理施設に与える影響が大きいこと。

六ヶ所ウラン濃縮工場及び給油取扱所の危険物の貯蔵量は、石油備蓄基地の貯蔵量に比べ十分少なく、敷地までの距離も離れているため、評価対象外とする。

以上より，危険物貯蔵所のうち，その火災の影響が，石油備蓄基地火災に包含されない施設はないため，石油備蓄基地以外の評価対象はない。

4． 近隣工場等の爆発の評価対象の設定について

4． 1 評価対象の選定方法

評価対象の候補から，再処理施設への影響が厳しい評価となる対象を選定する。第4図に近隣工場等の爆発影響評価対象選定フローを示す。

4． 2 評価対象の選定

(1) 高圧ガス貯蔵施設

敷地周辺10kmの範囲内に存在する高圧ガス貯蔵施設となる施設を第5図に示す。

第5図に示すとおり，敷地周辺10kmの範囲内にウラン・プルトニウム混合酸化物燃料加工施設（以下「MOX燃料加工施設」という。）の高圧ガストレーラ庫，LPGボンベ庫，濃縮機器製造工場の高圧ガス貯蔵／消費施設，周辺企業の高圧ガス施設及びプロパンガス販売所がある。

この高圧ガス貯蔵施設のうち，再処理施設に与える影響が最大であるものを以下の観点により選定する。

a． 再処理施設に一番近く影響を与えること。

(a) MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫，LPGボンベ庫は，敷地内にある。このうち，再処理施設に最も近いのは高圧ガストレーラ庫である。

(b) 濃縮機器製造工場の高圧ガス貯蔵／消費施設、周辺企業の高圧ガス施設及びプロパンガス販売所は、敷地より数 k m 離れている。

b. M O X 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫と比較して、影響が大きい。

(a) M O X 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫には水素ボンベが貯蔵され、その貯蔵量は数千 m³ である。

(b) M O X 燃料加工施設の L P G ボンベ庫は、高圧ガストレーラ庫の水素ボンベの貯蔵量に比べ少ないため、その影響は小さい。

(c) 濃縮機器製造工場の高圧ガス貯蔵／消費施設は、距離が十分離れており、その影響は小さい。

(d) 周辺企業の高圧ガス施設には L N G タンクがあるが、水素と比較してその影響は小さい。

(e) プロパンガス販売所にはプロパンガスボンベがあるが、水素と比較してその影響は小さい。

以上より、M O X 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫を爆発の評価対象とする。

5. 敷地内の危険物タンク等の評価対象の設定について

外部火災ガイドを参考として、敷地内の危険物タンク等の火災又は爆発の影響評価を行う。第 6 図に、敷地内の危険物タンク等の配置を示す。これらの危険物タンク等から、再処理施設への影響が厳しい評価となる対象を選定する。

ただし、地下に設置される危険物タンクについては、その

火災又は爆発により設計対処施設に影響を与えないため評価の対象外とする。

以下に、選定の考え方を示す。

- (1) 水素ボンベ及びプロパンボンベは屋内に設置しており、着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造としているが、精製建屋ボンベ庫、還元ガス製造建屋、低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫及びボイラ建屋 ボンベ置場は評価対象とする。
- (2) 敷地の南側に配置されている技術開発研究所重油貯槽は、ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所と比較して、設計対処施設までの距離が長く、かつ、貯蔵される重油の量が少ない。よって、その影響はボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の評価に包含される。このことから、技術開発研究所重油貯槽を評価対象外とする。

敷地内の危険物施設の網羅的な調査結果を別紙 3 に示す。

以上より、敷地内の危険物タンク等のうち、評価対象とするのは、ボイラ用燃料貯蔵所、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所及びボイラ用燃料受入れ・貯蔵所、精製建屋ボンベ庫、還元ガス製造建屋、低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫及びボイラ建屋 ボンベ置場とする。

6. 近隣工場等の火災及び爆発に係る評価対象の選定結果

近隣工場等の火災及び爆発に係る評価対象の選定結果を第 2 表に示す。

第 1 表 評価対象の候補

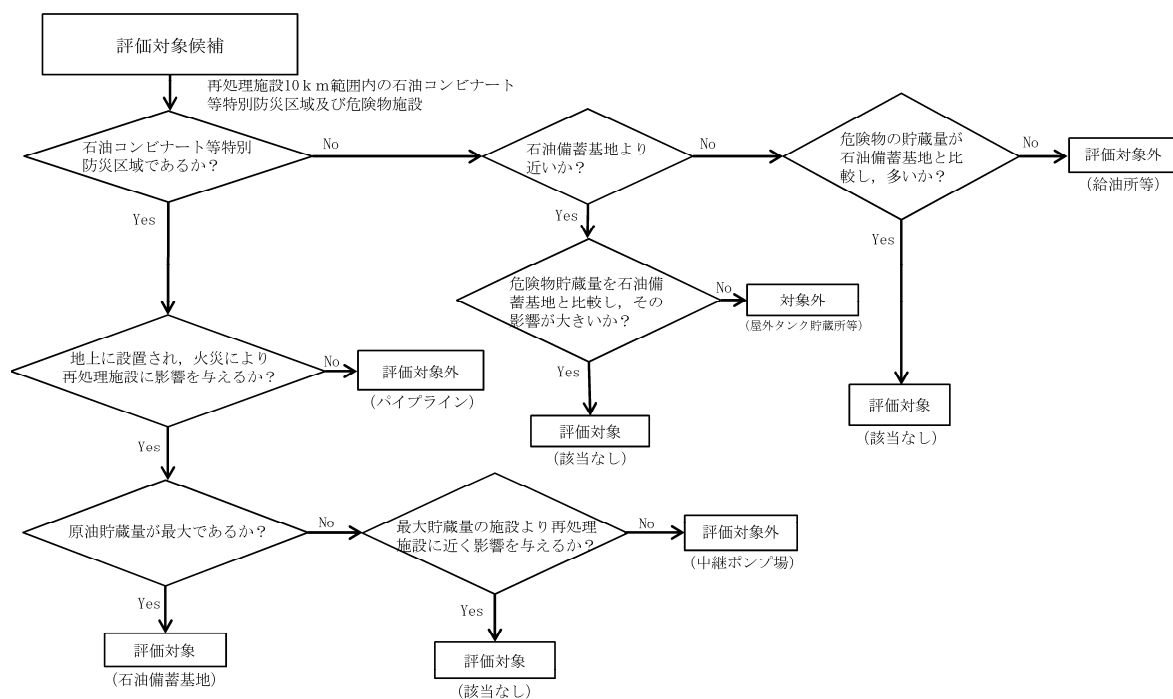
石油コンビナート等特別防災区域内の施設	むつ小川原地区石油コンビナート等特別防災区域 ・石油備蓄基地 ・中継ポンプ場 ・パイプライン
危険物貯蔵所	六ヶ所ウラン濃縮工場
	給油取扱所* ¹
	周辺企業屋外タンク貯蔵所* ¹
高圧ガス貯蔵施設	濃縮機器製造工場
	MOX燃料加工施設
	周辺企業高圧ガス施設* ²
	プロパンガス販売所* ²

* 1 : 北部上北広域事務組合消防本部からの行政情報公開通知書により確認した結果、99施設が該当。

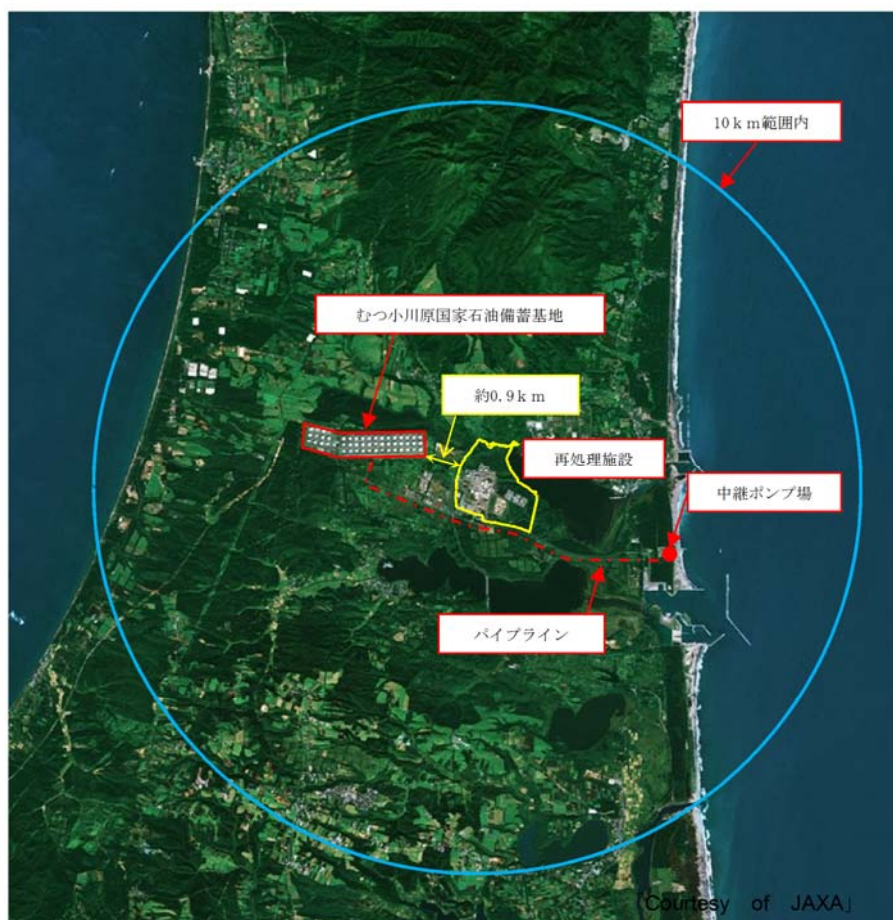
* 2 : 青森県総務部防災消防課からの回答により確認した結果、10施設が該当。

第 2 表 近隣工場等の火災及び爆発に係る評価対象の選定結果

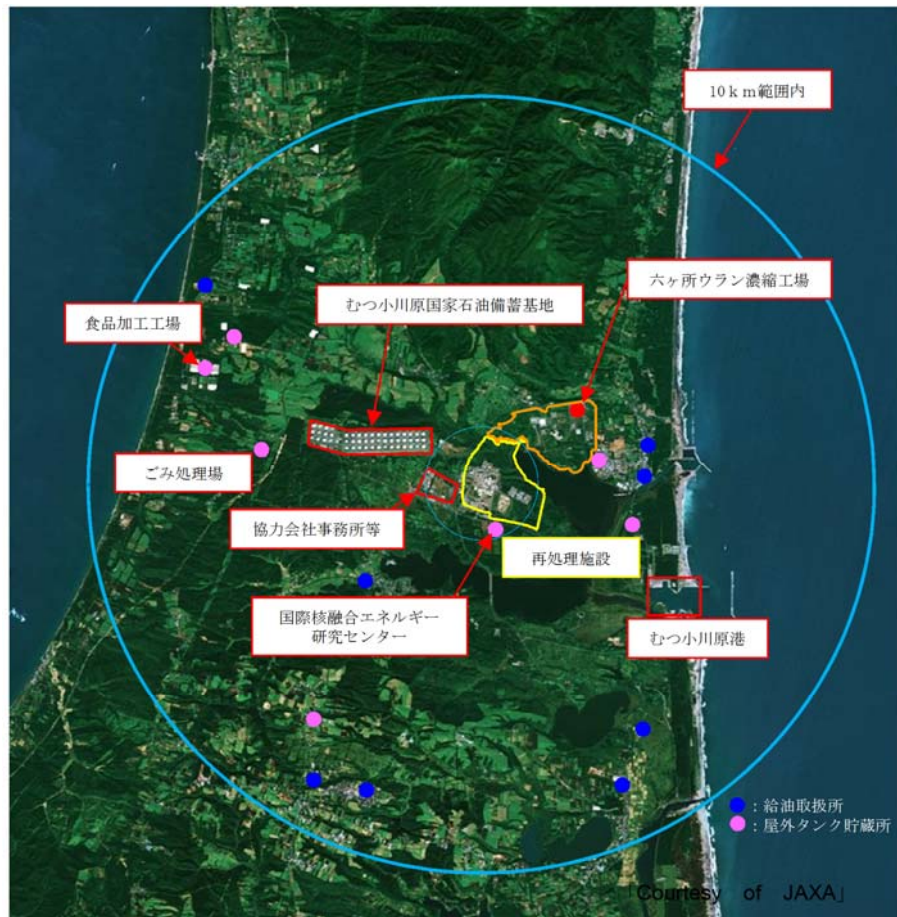
近隣工場等の火災	石油備蓄基地
近隣工場等の爆発	MOX燃料加工施設 高圧ガストレーラ庫
敷地内の火災又は爆発	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所
	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所
	ボイラ用燃料貯蔵所
	精製建屋ボンベ庫
	還元ガス製造建屋
	ボイラ建屋 ボンベ置場
	低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫



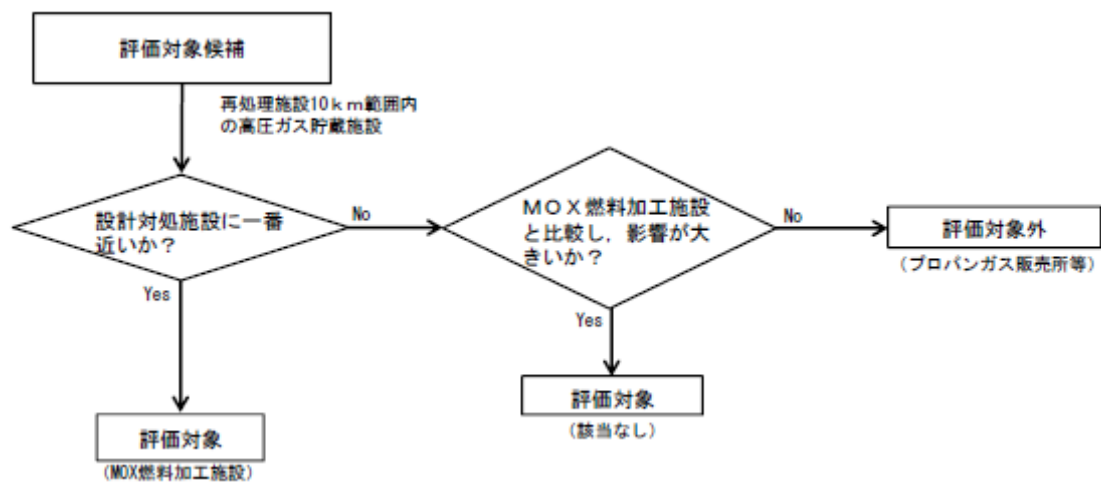
第 1 図 近隣工場等の火災影響評価対象選定フロー図



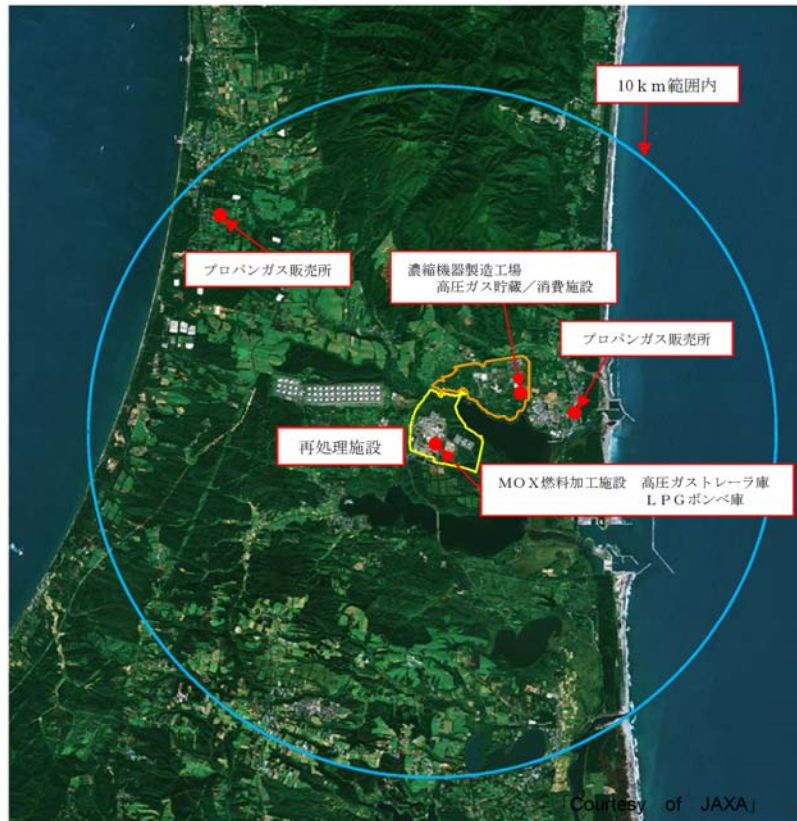
第 2 図 石油コンビナート等特別防災区域内となる施設の配



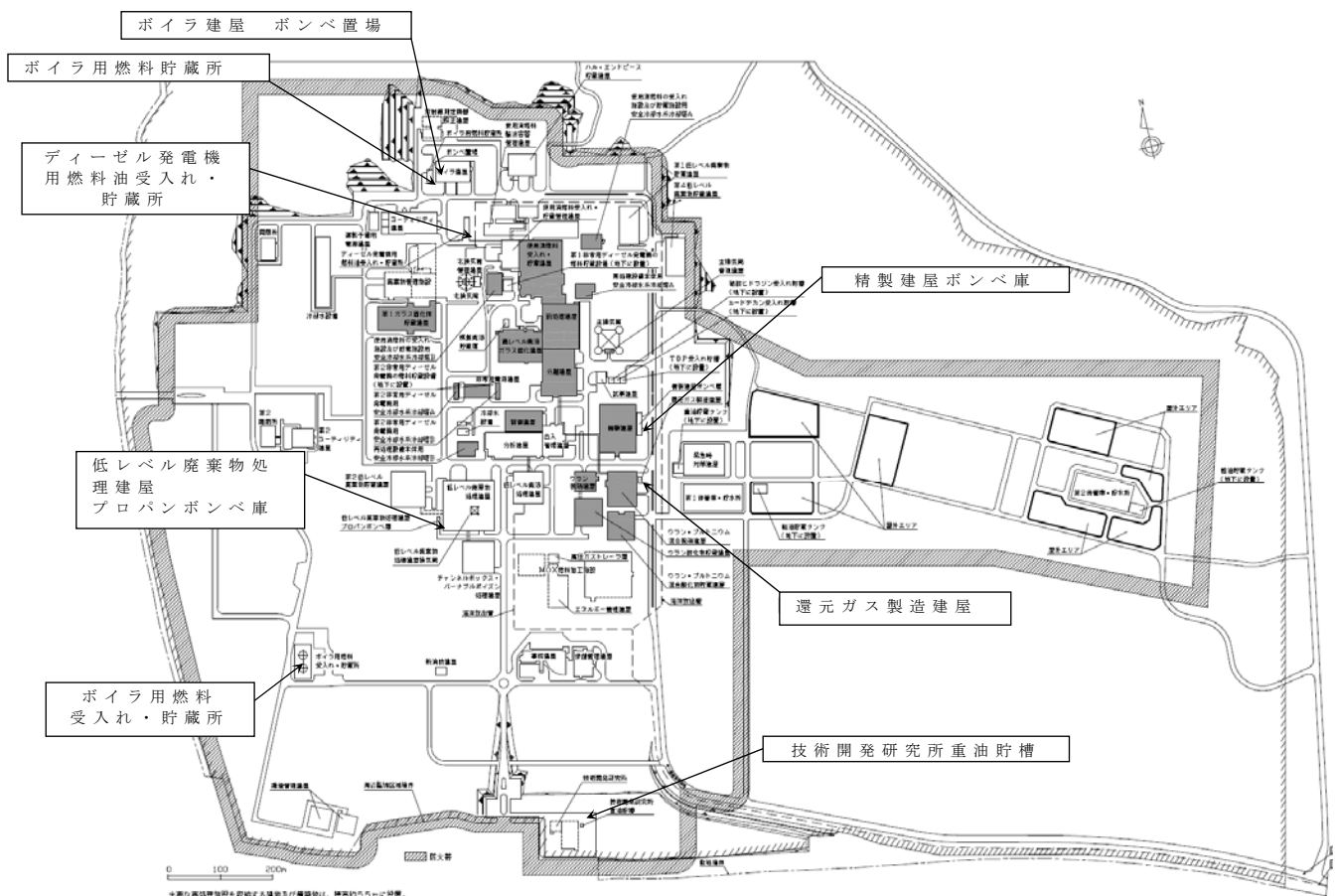
第 3 図 石油備蓄基地以外の産業施設の配置概要図



第 4 図 近隣工場等の爆発影響評価対象選定フロー図



第5図 高圧ガス貯蔵施設の配置概要図



第6図 敷地内の危険物タンク等の配置図

令和 2 年 3 月 13 日 R 2

補足説明資料 5－1（9 条 外部火災）

別紙 1

燃料輸送車両の火災・爆発について

再処理事業所は周囲には、 国道 338 号線及び県道 180 号線があることから、 燃料輸送車両の影響を確認した。

燃料輸送車両は、 消防法令（危険物の規則に関する政令第 15 条第 1 項三号）において、 移動タンク貯蔵所の上限が定められており、 公道を通行可能な上限（30 m³）のガソリンが積載された状況を想定する。

再処理敷地内には危険物タンク（重油タンク）が設置されており、 第 1 表に示す重油タンクの火災を想定し熱影響評価を実施している。

想定する重油タンクの方が、 評価対象施設までの距離が近く、 貯蔵量も多い。そのため、 燃料輸送車両の火災については、 敷地内の重油タンク火災の 評価に包含される。

第 1 表 重油タンク

重油タンク	貯蔵量（m ³ ）
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	4,327
ボイラ用燃料貯蔵所	300
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	200

漂流船舶の火災・爆発について

再処理事業所は下図に示すとおり海岸から約5km離れている。

再処理事業所の近傍には、 むつ小川原国家石油備蓄基地があり、 近隣工場等の火災源として選定している。そのため、 漂流船舶の火災・爆発については、 むつ小川原国家石油備蓄基地の火災の影響評価に包含される。



令和 2 年 3 月 13 日 R 6

補足説明資料 5－1（9 条 外部火災）

別紙 3

敷地内における危険物貯蔵施設等の火災・爆発

1. 目的

設計対処施設に影響を及ぼさないことについて、「原子力発電所の外部火災評価ガイド付属書B 石油コンビナート火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」（以下「評価ガイド」という。）に基づき、評価を実施する。

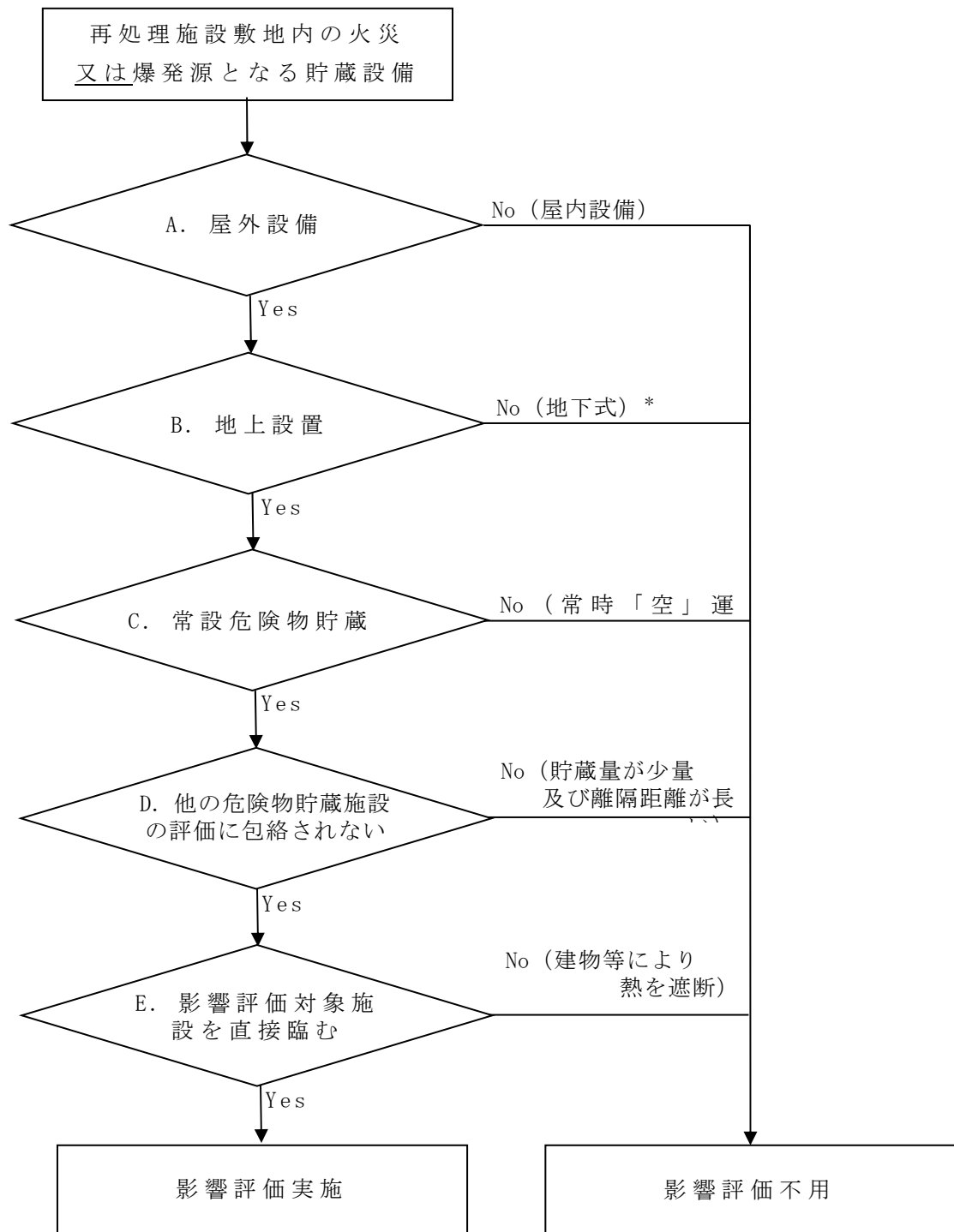
2. 評価対象

評価ガイドに基づき、再処理施設敷地内の火災源となる石油類等の危険物貯蔵施設について、火災・爆発の影響評価を実施する。第1図のフローに基づき評価対象を抽出した。火災源の抽出結果を第1表に示す。

- ・屋内貯蔵所は評価対象外とした。
- ・地下タンク貯蔵所については、地表面で火災が発生する可能性は低いことから、評価対象外とした。
- ・危険物貯蔵量が少なくかつ評価対象施設までの離隔距離が長い設備は、貯蔵量が多くかつ評価対象施設までの離隔距離が短い他設備に包絡されるため、評価対象外とした。
- ・火災源となる設備から評価対象施設を直接臨まないものについては、当該危険物貯蔵設備において火災・爆発が発生しても、その影響が及ばないため、評価対象外とした。
- ・再処理施設郊外より入構してくるタンクローリーについては、燃料補給時は監視人が立会いを実施し、万が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

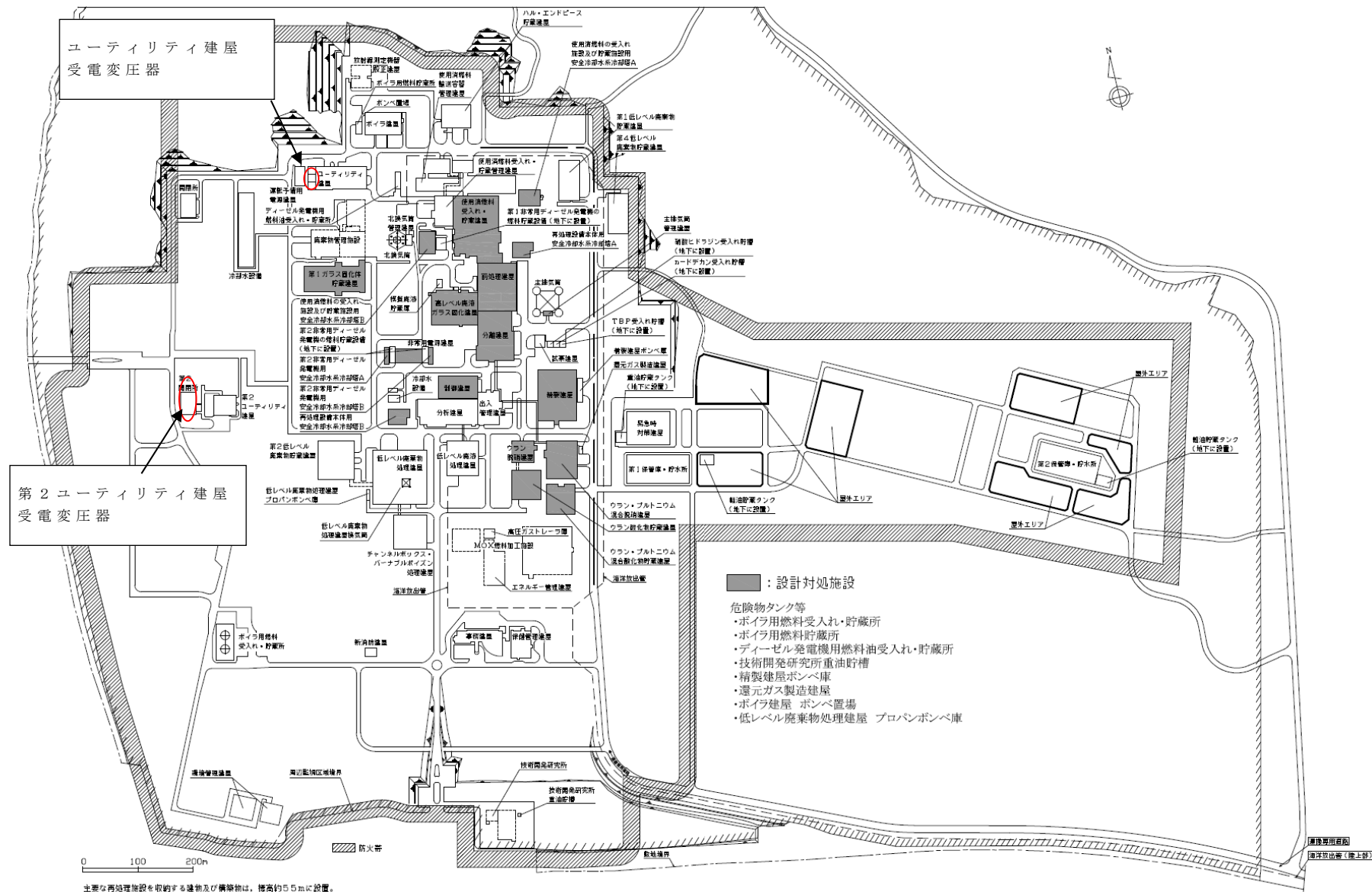
象外とした。

- ・再処理施設構内の受電変圧器では絶縁油を使用しているが、危険物の貯蔵量が多くかつ評価対象施設までの離隔距離が短い他設備に包絡されるため、評価対象外とした。評価対象施設と受電変圧器の危険物貯蔵量と離隔距離との比較を第2表に、離隔距離の位置関係を第2図に示す。
- ・火災源となり得る敷地内に保管される可搬型重大事故等対象設備については、設計対処施設の建屋外壁等の至近に墜落を想定している航空機墜落による火災の評価に包含される。



* : 地下式については，地上部で発生する火災からの輻射熱を受けない構造とする。(別紙5)

第1図 敷地内の火災及び爆発評価対象抽出フロー



第2図 危険物タンク等及び受電変圧器と設計対処施設との離隔距離の比較

第 1 表 敷地内の火災源となる設備一覧（1/3）

建屋名称	貯蔵所または取扱所の区分	危険物の類、品名		最大数量	詳細評価要否
油脂保管庫	屋内貯蔵所	第 4 類第 3 石油類	（懸濁剤）	4,986 L	× （屋内設置→A）
		第 4 類第 4 石油類	（潤滑油）	13,400 L	
低レベル廃棄物処理建屋	一般取扱所	第 1 類第 1 種酸化性固体	（硝酸塩類）	1,600 kg	× （屋内設置→A）
		第 4 類第 1 石油類	（分析廃液）	491 L	
		第 4 類第 2 石油類	（軽油）	22.5 L	
		第 4 類第 3 石油類	（n-ドデカン、TBP）	41,453 L	
		第 4 類第 3 石油類	（懸濁剤）	178 L	
		第 4 類第 4 石油類	（油圧作動油・廃油）	7,654 L	
試薬建屋	地下タンク貯蔵所	第 5 類第 2 種自己反応性物質	（硝酸ヒドラン）	32,964 kg	× （地下式→B）
		第 4 類第 3 石油類	（n-ドデカン）	17,800 L	
		第 4 類第 3 石油類	（TBP）	17,800 L	
非常用電源建屋	一般取扱所（A系）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	44,400 L	× （屋内設置→A）
		第 4 類第 4 石油類	（潤滑油）	6,420 L	
	一般取扱所（B系）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	44,400 L	× （屋内設置→A）
		第 4 類第 4 石油類	（潤滑油）	6,420 L	
	地下タンク貯蔵所（A系）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	335,600 L	× （地下式→B）
	地下タンク貯蔵所（B系）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	335,600 L	× （地下式→B）
	屋内タンク貯蔵所（A系）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	3,064 L	× （屋内設置→A）
		第 4 類第 4 石油類	（潤滑油）	1,800 L	
	屋内タンク貯蔵所（B系）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	3,064 L	× （屋内設置→A）
		第 4 類第 4 石油類	（潤滑油）	1,800 L	
	屋内タンク貯蔵所（A系）	第 4 類第 4 石油類	（潤滑油）	10,000 L	× （屋内設置→A）
	屋内タンク貯蔵所（B系）	第 4 類第 4 石油類	（潤滑油）	10,000 L	× （屋内設置→A）
ボイラ建屋	一般取扱所	第 4 類第 3 石油類	（重油）	317,000 L	× （屋内設置→A）
運転予備用電源建屋	一般取扱所	第 4 類第 3 石油類	（重油）	69,964 L	× （屋内設置→A）
		第 4 類第 4 石油類	（潤滑油）	26,312 L	
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	屋外タンク貯蔵所（A系）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	2,000,000 L	○
	屋外タンク貯蔵所（B系）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	2,000,000 L	
ボイラ用燃料貯蔵所	屋外タンク貯蔵所（A系）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	150,000 L	○
	屋外タンク貯蔵所（B系）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	150,000 L	
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	屋外タンク貯蔵所（A）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	50,000 L	○
	屋外タンク貯蔵所（B）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	50,000 L	
	屋外タンク貯蔵所（C）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	50,000 L	
	屋外タンク貯蔵所（D）	第 4 類第 3 石油類	（重油）	50,000 L	
電源車取扱所	一般取扱所	第 4 類第 3 石油類	（重油）	19,200 L	× （常時「空」→C）

網掛け箇所：評価対象となる設備

第 1 表 敷地内の火災源となる設備一覧 (2/3)

建屋名称	貯蔵所または取扱所の区分	危険物の類、品名		最大数量	詳細評価要否
移動タンク (12k1)	移動タンク貯蔵所	第4類第3石油類	(重油)	12,000 L	× (常時「空」→C)
移動タンク (6k1) 1号車	移動タンク貯蔵所	第4類第3石油類	(重油)	6,000 L	× (常時「空」→C)
移動タンク (6k1) 2号車	移動タンク貯蔵所	第4類第3石油類	(重油)	6,000 L	× (常時「空」→C)
[黒色塗り]	一般取扱所	第4類第3石油類	(重油)	34,500 L	× (屋内設置→A)
	地下タンク貯蔵所	第4類第3石油類	(重油)	90,000 L	× (地下式→B)
第2ユーティリティ建屋	屋内タンク貯蔵所	第4類第3石油類	(重油)	5,300 L	× (屋内設置→A)
	一般取扱所	第4類第3石油類	(重油)	42,936 L	× (屋内設置→A)
		第4類第4石油類	(潤滑油)	5,700 L	
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	一般取扱所 (A系)	第4類第3石油類	(重油)	29,376 L	× (屋内設置→A)
		第4類第4石油類	(潤滑油)	3,900 L	
	一般取扱所 (B系)	第4類第3石油類	(重油)	29,376 L	× (屋内設置→A)
		第4類第4石油類	(潤滑油)	3,900 L	
	屋内タンク貯蔵所 (A系)	第4類第3石油類	(重油)	4,000 L	× (屋内設置→A)
	屋内タンク貯蔵所 (B系)	第4類第3石油類	(重油)	4,000 L	
第1非常用ディーゼル発電設備重油	地下タンク貯蔵所	第4類第3石油類	(重油)	520,000 L	× (屋内設置→A)
分離建屋	一般取扱所	第4類第3石油類	(n-ドデカン、TBP)	85,000 L	× (屋内設置→A)
		第5類第2種自己反応性物質	(硝酸ヒドラジン)	2,795 kg	
精製建屋	一般取扱所	第4類第3石油類	(n-ドデカン、TBP)	150,800 L	× (屋内設置→A)
		第5類第2種自己反応性物質	(硝酸ヒドラジン)	1,950 kg	
ガラス固化体貯蔵建屋	一般取扱所	第4類第3石油類	(重油)	11,200 L	× (屋内設置→A)
		第4類第4石油類	(潤滑油)	620 L	
E先行用燃料油貯蔵設備	地下タンク貯蔵所	第4類第3石油類	(重油)	30,000 L	× (地下式→B)
再処理事務所西棟	地下タンク貯蔵所	第4類第3石油類	(重油)	60,000 L	× (地下式→B)
	一般取扱所	第4類第3石油類	(重油)	10,248 L	× (屋内設置→A)
移動タンク (3k1)	移動タンク貯蔵所	第4類第2石油類	(軽油)	3,000 L	× (常時「空」→C)
移動タンク (4k1) No.1	移動タンク貯蔵所	第4類第2石油類	(灯油・軽油)	4,000 L	× (常時「空」→C)
移動タンク (4k1) No.2	移動タンク貯蔵所	第4類第2石油類	(灯油・軽油)	4,000 L	× (常時「空」→C)
移動タンク (4k1) No.3	移動タンク貯蔵所	第4類第2石油類	(灯油・軽油)	4,000 L	× (常時「空」→C)
移動タンク (4k1) No.4	移動タンク貯蔵所	第4類第2石油類	(灯油・軽油)	4,000 L	× (常時「空」→C)
移動タンク (4k1) No.5	移動タンク貯蔵所	第4類第2石油類	(灯油・軽油)	4,000 L	× (常時「空」→C)
移動タンク (4k1) No.6	移動タンク貯蔵所	第4類第2石油類	(灯油・軽油)	4,000 L	× (常時「空」→C)
移動タンク (4k1) No.7	移動タンク貯蔵所	第4類第2石油類	(灯油・軽油)	4,000 L	× (常時「空」→C)
移動タンク (4k1) No.8	移動タンク貯蔵所	第4類第2石油類	(灯油・軽油)	4,000 L	× (常時「空」→C)
移動タンク (4k1) No.9	移動タンク貯蔵所	第4類第2石油類	(灯油・軽油)	4,000 L	× (常時「空」→C)
屋内貯蔵所	屋内貯蔵所	第4類第2石油類	(軽油)	98,800 L	× (屋内設置→A)
技術開発研究所	屋外タンク貯蔵所	第4類第3石油類	(重油)	15,000 L	× (他評価に包絡→D)

補 5-1-別 3-6

[黒色塗り] については核不拡散の観点から公開できません。

第 1 表 敷地内の火災源となる設備一覧 (3/3)

建屋名称	貯蔵所または取扱所の区分	危険物の類、品名		最大数量	詳細評価要否
ガラス固化技術開発建屋	一般取扱所	第 4 類第 3 石油類	(重油)	6,557 L	× (屋内設置→A)
	地下タンク貯蔵所	第 4 類第 3 石油類	(重油)	20,000 L	× (地下式→B)
前処理建屋	貯蔵・取扱(せん断機油圧ユニットA)	第 4 類第 4 石油類	(潤滑油)	1,700 L	× (屋内設置→A)
	貯蔵・取扱(せん断機油圧ユニットB)	第 4 類第 4 石油類	(潤滑油)	1,700 L	× (屋内設置→A)
分析建屋	貯蔵・取扱(分析廃液)	第 4 類第 1～4 石油類	(分析廃液／貯蔵)	194 L	× (屋内設置→A)
			(分析廃液／取扱)	174 L	
	貯蔵(分析試薬)	第 4 類第 1～4 石油類、アルコール類	(分析試薬)	415.9 L	× (屋内設置→A)
ウラン酸化物貯蔵建屋	取扱(油圧エレベータ)	第 4 類第 4 石油類	(潤滑油)	4,521 L	× (屋内設置→A)
ユーティリティ建屋	取扱(消火ポンプ)	第 4 類第 2 石油類	(軽油)	490 L	× (屋内設置→A)
技術開発研究所	貯蔵・取扱(温調ボイラ)試験棟南側	第 4 類第 3 石油類	(重油)	1,954 L	× (屋内設置→A)
	貯蔵・取扱(プロセスボイラ)試験棟北	第 4 類第 3 石油類	(重油)	1,692 L	
	貯蔵・取扱(油圧ユニット)	第 4 類第 3 石油類	(鉱物油)	1,700 L	
屋内貯蔵所隣接	取扱所	第 4 類第 2 石油類	(軽油)	800 L	× (常時「空」→C)

第 2 表 評価対象施設及び受電変圧器の危険物貯蔵量・離隔距離の比較

	火災源	危険物貯蔵量	設計対処施設との離隔距離
評価対象施設 (第 1 表で詳細評価「○」とした施設)	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	4,000,000L	580m
	ボイラ用燃料貯蔵所	300,000L	205m
	ディーゼル発電機用燃料受入れ・貯蔵所	200,000L	100m
受電変圧器	ユーティリティ建屋 受電変圧器	39,000L	135m
	第 2 ユーティリティ建屋 受電変圧器	90,400L	220m

令和 2 年 3 月 13 日 R 2

補足説明資料 5－1（9 条 外部火災）

別紙 4

薬品タンクの影響について

敷地内には、薬品タンクとして屋外に設置している硝酸ヒドラジン受入れ貯槽、試薬建屋に地上1階にTBP受入れ貯槽及びn-ドデカン受入れ貯槽が配置されており、外部火災の熱影響を受ける。

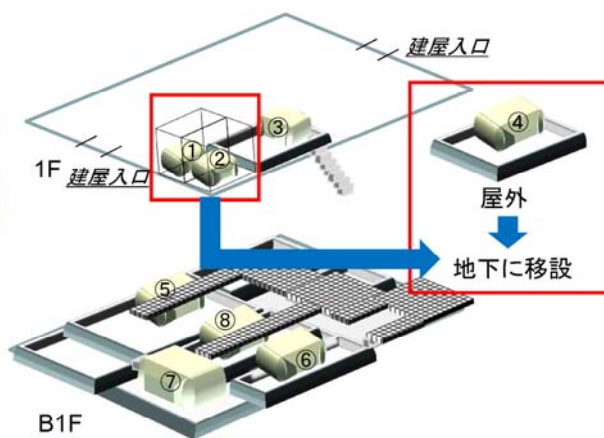
そのため、これらの薬品タンクを地下に設置することにより影響を受けない設計とする。

このため、硝酸ヒドラジン受入れ貯槽、TBP受入れ貯槽及びn-ドデカン受入れ貯槽は敷地内の危険物タンク等から除外する。

地下に移設する硝酸ヒドラジン受入れ貯槽、TBP受入れ貯槽及びn-ドデカン受入れ貯槽を表1及び図1に示す。

第1表 薬品タンクリスト

設置場所	名称	貯槽容量 (m ³)	防液堤容量 (m ³)
1F	①TBP受入れ貯槽	地下に移設	
	②n-ドデカン受入れ貯槽		
	③炭酸ナトリウム貯槽		
屋外	④硝酸ヒドラジン受入れ貯槽	地下に移設	
B1F	⑤硝酸受入れ貯槽	41.9	51.1
	⑥水酸化ナトリウム受入れ貯槽	54	68.5
	⑦亜硝酸ナトリウム受入れ貯槽	62.7	
	⑧硝酸ヒドロキシルアミン受入れ貯槽	18.1	20.6



第1図 地下に移設する薬品タンク

令和 2 年 3 月 13 日 R 7

補足説明資料 5－2（9 条 外部火災）

近隣工場等の火災に係る再処理施設への熱影響評価について

1. 近隣工場等の火災に係る再処理施設への熱影響評価について

本評価では、敷地周辺で発生する石油コンビナート及び危険物貯蔵所の火災による設計対処施設への影響評価を行い、外部火災防護対象施設の安全機能が損なわれないことを確認する。影響評価については、外部火災ガイドを参考として実施する。

2. 石油コンビナート及び危険物貯蔵所の火災による影響評価

評価対象は、敷地周辺の10 km以内にある石油備蓄基地を対象とする。

(1) 評価手法の概要

石油備蓄基地に対する想定火災は、51基の原油貯蔵タンクの原油全てが防油堤内に流出し全面火災に至ることを想定し、外部火災ガイドを参考として、評価を行う。

石油備蓄基地火災と重畳した森林火災による影響は、森林火災における熱影響評価結果をベースに評価する。ここで、石油備蓄基地火災の熱影響評価については、貯蔵される原油の性状が不明確であり、燃烧速度の設定が困難であることから、厳しい評価となるように定常計算を実施する。

(2) 手順

設計対処施設のうち、外部火災防護対象施設を収納する建屋に関する検討手順を第1図に示す。また、設計対処施設の屋外に設置する外部火災防護対象施設に関する検討手順を第2図に示す。

(3) 評価対象及び評価基準

設計対処施設のうち、外部火災防護対象施設を収納する建屋につい

ては、石油備蓄基地から最短となる第 1 ガラス固化体貯蔵建屋を評価対象とする。

一方、石油備蓄基地から最短となる屋外に設置する外部火災防護対象施設は、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B 及び第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A である。

ここで、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B は、第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A と比較して防火帯から近く、森林火災との重畳を考慮した場合に熱影響評価的に厳しいことから、評価対象として使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B を選定する。石油備蓄基地から評価対象までの離隔距離を第 1 表に示す。第 1 表の「石油備蓄基地から評価対象までの離隔距離」は「第 3 図 評価対象及び石油備蓄基地の位置関係」に示す点からの距離を示す。

第 1 ガラス固化体貯蔵建屋については、建屋の外壁で受ける火炎からの輻射強度が、コンクリートの許容温度 $200^{\circ}\text{C}^{(1)}$ となる輻射強度（以下「危険輻射強度」という。）以下とすることで、石油備蓄基地から再処理施設までの離隔距離が危険距離以上であること、また、屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認する。

（別紙 1）

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B は、通常時の出口温度が最大運転温度以下となり、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認する。

（4）火炎のモデル化

石油備蓄基地火災の円筒火災モデルは、石油備蓄基地の防油堤の大

きさ、配置を踏まえて設定する。航空写真から見た防油堤の配置概要を第4図に示す。原油タンクについては、3行13列及び3行4列で配置され、防油堤については、原油タンクが3行1列、2行2列又は2行1列の単位で設置されている。

想定する火災は、51基の原油タンクの原油全てが防油堤内に流出した全面火災とし、流出した原油は防油堤内に留まることを想定とする。

想定する火災を踏まえ火災のモデル化について、全防油堤の面積で一つの円筒火災モデルとすると、実際の燃焼形態とモデルの燃焼形態の乖離が大きく、非現実的なモデルとなる。一方、防油堤単位で円筒火災モデルを設定した場合でも、3列1行や2行1列で設置された防油堤については、実際の燃焼形態との間に乖離が大きい。

原油貯蔵タンクは、隣接するタンクと防油堤を共有しているものが複数あることから、現実的な底面積の設定として、原油貯蔵タンク9基（3列×3行）又は6基（2列×3行）を1単位として円筒形にモデル化し、円筒火災相互の輻射遮蔽効果は無視することにした。防油堤の大きさは航空写真から概算で原油貯蔵タンク1基あたり縦幅及び横幅ともに160mと設定し、燃焼半径 R は（1）式より算定し、火炎の高さ H は燃焼半径 R の3倍とした。

円筒火災モデルを第4図に示す。

$$R = \frac{l}{\sqrt{\pi}} \times \sqrt{w \times d \cdots} \quad (1)$$

R ：燃焼半径（m）

w ：防油堤3基分の縦幅（m）（ $160 \times 3 = 480\text{m}$ ）

d : 防油堤 3 基分の横幅又は 2 基分の横幅 (m) ($160 \times 3 = 480\text{m}$ 又は $160 \times 2 = 320\text{m}$)

各円筒火災から評価対象までの距離は第 1 表に示した離隔距離に加えて、第 3 図に示す位置関係から算定した。

(5) 輻射強度の算定

火災からの輻射強度を算定するに当たっては、外部火災ガイドを参考として、最初に円筒火災からの形態係数を (2) 式により求める。

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

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

ϕ : 形態係数 (—)

L : 燃焼面 (円筒火災底面) の中心から受熱面 (評価点) までの距離 (m)

H : 火災の高さ (m)

R : 燃焼半径 (m)

ここで、求めた各円筒火災の形態係数から、外部火災ガイドを参考として、輻射強度を (3) 式により求める。

$$E = \sum_{i=1}^6 \phi_i \times Rf \cdots (3)$$

E : 輻射強度 (W/m^2)

ϕ_i ($i = 1 \sim 6$) : 第 4 図に示した各円筒火災の形態係数

Rf : 輻射発散度 (W/m^2)

ここで、輻射発散度 R_f は油種により決まるものであり、外部火災ガイドを参考として、カフジ原油に対応する値を採用し、 41 kW/m^2 と設定する。

ただし、外部火災ガイドでは「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ないものとする」と記載されているが、本評価では、文献⁽²⁾に基づき、輻射発散度の低減率（ $r = 0.3$ ）を考慮する。

輻射強度の計算結果を第2表に示す。

（6）危険輻射強度の算出方法

第5図に、危険輻射強度の計算モデルを示す。評価対象建屋の外壁がコンクリートの許容温度（ 200°C ）に達する際の危険輻射強度を（4）式から放熱量と入熱量の定常計算により算出する。

$$Q_{sun} + Q_{ri} = Q_{ro} + Q_h \cdots (4)$$

ここで、

Q_{ri} : 火炎からの輻射（危険輻射強度）（ W/m^2 ）

Q_{ro} : 大気への輻射放熱（ W/m^2 ）

Q_h : 熱伝達による大気への放熱（ W/m^2 ）

Q_{sun} : 太陽光入射（ W/m^2 ）

大気への輻射放熱は（5）式⁽³⁾により計算する。

$$Q_{ro} = \sigma (T_c^4 - T_a^4) / \left(\frac{1 - \varepsilon_c}{\varepsilon_c} + \frac{1}{F_{ca}} \right) \cdots (5)$$

ここで、

σ : ステファン-ボルツマン定数（ $\text{W/m}^2 \text{K}^4$ ）

T_c : 壁面温度（許容温度）（ K ）

T_a : 大気側温度 (K)

ε_c : 壁面の輻射率

F_{ca} : 壁面からの大気への形態係数

熱伝達による放熱量は (6) から (12) 式により計算する。

$$Q_h = h(T_c - T_{amb}) \cdots (6)$$

$$h = \frac{Nu \times \lambda}{L} \cdots (7)$$

$$Nu = (0.0185 - 0.0035)Ra^{2/5} \quad 10^{10} \leq Ra \cdots (8)$$

(参考文献 (4) に記載する鉛直平板まわりの自然対流熱伝達とする。)

$$Ra = Pr \times Gr \cdots (9)$$

$$Gr = g\beta(T_c - T_{amb})L^3/\nu^2 \cdots (10)$$

$$\beta = 1/T_{amb} \cdots (11)$$

$$T_r = T_c - 0.38 \times (T_c - T_{amb}) \cdots (12)$$

(熱伝導率, プラントル数及び動粘性係数算出のための代表温度とする。)

ここで,

h : 熱伝達係数 (W/m²K)

T_c : 壁面温度 (許容温度) (K)

T_{amb} : 外気温度 (K)

Nu : ヌセルト数

Ra : レイリー数

Gr : グラスホフ数

Pr : プラントル数

ν : 大気の動粘性係数 (m²/s)

λ : 大気の熱伝導率 (W/mK)

T_r : 代表温度 (K)

(参考文献 (4) の記載値に基づく代表温度 T_r における値に線形補間する。)

β : 体膨張係数 (1 / K)

L : 評価対象壁面高さ (m)

g : 重力加速度 (m / s²)

第3表に評価対象の危険輻射強度計算に関する計算条件を示す。

(7) 配管内の冷却水温度の計算方法

第6図に、配管内の冷却水温度の計算モデルを示す。

評価対象部分の通常運転時の冷却水温度に対して、火炎からの輻射による出口温度の上昇を(13)式により計算する。また、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔B配管内の冷却水温度の計算条件を第4表に示す。

$$\Delta T_2 = \frac{Q_{ri} \times A}{C_p \times G} \cdots (13)$$

ここで、

ΔT_2 : 火炎からの輻射による出口温度上昇 (K)

Q_{ri} : 火炎からの輻射 (W / m²)

A : 評価対象部の配管側面積 (m²)

G : 流量 (kg / s)

C_p : 比熱 (J / kg K) (参考文献(4)の記載値に基づく運転圧力及び通常運転時出入口平均温度における値に線形補間する。)

(8) 熱影響評価結果

石油備蓄基地火災における熱影響評価結果を第5表に示す。

第1ガラス固化体貯蔵建屋は、建屋外壁で受ける輻射強度が危険輻射強度以下となる。そのため、石油備蓄基地から再処理施設までの離

隔距離が危険距離以上確保され、また、外壁表面温度はコンクリートの許容温度 200℃以下となることから、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことはない。

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B は、通常時の出口温度に対して、冷却水の温度上昇はわずかであり、最大運転温度以下となるため、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことはない。

3. 石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳

石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳評価に当たっては、石油備蓄基地火災の熱影響評価に森林火災の熱影響評価を加える。検討手順を第 2 図及び第 7 図に示す。

評価の対象は、石油備蓄基地火災における評価対象である第 1 ガラス固化体貯蔵建屋（輻射強度 1.6 kW/m^2 ，離隔距離 1,450m）及び使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B（輻射強度 1.4 kW/m^2 ，離隔距離 1,640m）と森林火災における評価対象である使用済燃料受入れ・貯蔵建屋（輻射強度 1.4 kW/m^2 ，離隔距離 170m）及び使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A（輻射強度 2.1 kW/m^2 ，離隔距離 129m）の輻射強度及び離隔距離を考慮し、石油備蓄基地火災と森林火災から受ける輻射強度の影響が大きい使用済燃料受入れ・貯蔵建屋及び使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A を重畳の評価対象とする。

（1）蓄基地火災及び森林火災の重畳による影響評価

a. 火災防護対象設備を収納する建屋

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋については、火災からの輻射強度によ

る外壁表面温度がコンクリートの許容温度 200℃以下となり、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認する。

i. 石油備蓄基地火災

評価は、上記の「f. 危険輻射強度の算出方法」に示す評価方法と同様に、火災からの輻射強度によるコンクリート温度を放熱量と入熱量の定常計算により実施する。使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の評価条件を第6表に示す。

ii. 森林火災

森林火災のコンクリート温度の評価は、「補足説明資料4-5 森林火災による設計対処施設への熱影響評価について」に示す。

b. 屋外に設置する外部火災防護対象施設

評価は、石油備蓄基地火災からの輻射強度に森林火災からの輻射強度を加えた輻射強度に基づき、上記の「g. 配管内の冷却水温度の計算方法」に示す評価方法で実施する。使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔Aの評価条件を第7表に示す。

(2) 評価結果

石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳における熱影響評価結果を第8表に示す。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋は、外壁表面温度が 140℃となり、コンクリートの許容温度以下となることから、建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能は損なわない。

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔Aは、通常時の出口温度に対して、冷却水の温度上昇はわずかであり、最大

運転温度以下となることから、安全機能を損なわない。

4. 非常用ディーゼル発電機の外気取入口の流入空気温度

(1) 非常用ディーゼル発電機の外気取入口の流入空気温度の計算方法

第1 非常用ディーゼル発電機及び第2 非常用ディーゼル発電機は建屋内に設置し、建屋の外気取入口から室内へ空気を取り込み、その室内空気をディーゼル発電機へ取り込む設計とする。

そのため、非常用ディーゼル発電機を収納する設計対処施設の外気取入口から室内に流入する空気の温度が石油備蓄基地火災の熱影響によって上昇したとしても室内温度の最高温度以下とすることで、室内から空気を取り込む非常用ディーゼル発電機の安全機能を損なわないことを確認する。

評価対象は、石油備蓄基地からの距離が最短（約 1,660m）となる第2 非常用ディーゼル発電機を収納する非常用電源建屋を対象とする。第8 図に、外気取入口から室内へ流入する空気温度の計算モデルを示す。

火災からの輻射により建屋外壁及びフードの温度が制限温度の 200℃まで上昇した一番厳しい状態を想定し、建屋外壁及びフードからの熱伝達による室内への流入空気温度の上昇を（14）式により計算する。また、外気取入口から室内へ流入する空気温度の計算条件を第9 表に示す。

$$T_i = T_a + \Delta T \quad \cdot \cdot \cdot (14)$$

$$\Delta T = \frac{Q}{G \times C_p} \quad \cdot \cdot \cdot (15)$$

$$Q = Ah(T_w - T_a) \quad \cdot \cdot \cdot (16)$$

ここで、

T_I : 火炎からの輻射による出口温度上昇 (°C)

ΔT : 熱伝達による上昇温度 (°C)

Q : 熱伝達熱流 (W)

C_p : 比熱 (J / k g K) (参考文献 (4) の記載値に基づく外気温度 T_a における値に線形補間する。)

A : 伝熱面積 (m²)

h : 熱伝達率 (W / m² K)

T_w : 建屋外壁及びフードの温度 (°C)

T_a : 外気温度 (°C)

建屋外壁及びフードから空気への熱伝達率は (14) から (22) 式により計算する。

$$h = \frac{Nu \times \lambda}{H} \quad \dots (17)$$

$$Nu = 0.037Pr^{2/3}Re^{4/5} \quad \dots (18)$$

$$Re = \frac{U \times H}{\nu} \quad \dots (19)$$

$$T_f = \frac{T_a + T_w}{2} \quad \dots (20)$$

$$U = \frac{G}{\rho \times S} \quad \dots (21)$$

$$\rho = \frac{p}{\frac{R}{M/1000}(T_a + 273.15)} \quad \dots (22)$$

ここで、

Nu : ヌセルト数

Re : レイノズル数

U : 空気平均流速 (m / s)

ρ : 空気密度 (kg / m³)

T : 膜温度 (°C)

G : 空気量 (kg / s)

λ : 空気熱伝導率 (W / mK)

Pr : プラントル数

ν : 動粘性係数 (m² / s)

(参考文献 (4) の記載値
に基づく T_f における値に
線形補間する。)

(2) 評価結果

石油備蓄基地火災における熱影響評価結果を第 10 表に示す。

非常用電源建屋の外気取入口から室内へ流入する空気の温度上昇はわずかであり、室内温度の最高温度以下となることから、屋内に設置する第 2 非常用ディーゼル発電機の安全機能を損なうことはない。

参考文献

- (1) 安部武雄ほか. “高温度における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究”. 日本建築学会構造系論文集 第515号. 日本建築学会, 1999.
- (2) 消防庁特殊災害室. 石油コンビナートの防災アセスメント指針. 2013.
- (3) 日本機械学会. 伝熱工学資料 改訂第5版. 2009.
- (4) 日本機械学会. 伝熱工学資料 改訂第4版. 1986.
- (5) 国立天文台. 平成26年 理科年表 第87冊. 2013-11-30.
- (6) IAEA. IAEA 安全基準 IAEA 放射性物質安全輸送規則のための助言文書 (No. TS-G-1.1). 改訂1. 2008.

第 1 表 石油備蓄基地から評価対象までの離隔距離

評価対象	石油備蓄基地からの 離隔距離 (m)
第 1 ガラス固化体貯蔵建屋	1, 450
使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B	1, 640

第 2 表 輻射強度の計算結果

評価対象	石油備蓄基地から の離隔距離 (m)	輻射強度 ($\text{k W} / \text{m}^2$)
第 1 ガラス固化体貯蔵建屋	1, 450	1. 6
使用済燃料の受入れ施設 及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B	1, 640	1. 4

第3表 評価対象の危険輻射強度計算に関する計算条件

項目	記号	数値	単位	備考
ステファノーボルツマン定数	σ	5.670×10^{-8} ⁽⁵⁾	W/m ² K ⁴	
重力加速度	g	9.807 ⁽⁵⁾	m/s ²	
壁面温度 (許容温度)	T_c	200 ⁽¹⁾	℃	
大気側温度	T_a	29	℃	昭和41年～平成21年の夏季（6月～9月）の3時間ごとの温度の超過確率1％に相当する値とする。
外気温度	T_{amb}			
太陽光入射	Q_{sun}	0.4 ⁽⁶⁾	kW/m ²	
壁面から大気への形態係数	F_{ca}	0.8	—	石油備蓄基地火災において算出される形態係数から、厳しい評価となるように0.8とする。
壁面の輻射率	ε_c	0.9 ⁽⁴⁾	—	壁面に関してはコンクリートに関する記載値0.94に対し、厳しい評価となるように0.9とする。
評価対象壁面高さ	L	6.4	m	設計値より設定

第4表 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系

冷却塔B配管内の冷却水温度の計算条件

項目	記号	数値	単位
流量	G	237^{*3}	m^3/h^{*1}
通常時入口温度	T_1	42.2^{*3}	$^{\circ}\text{C}^{*2}$
通常時出口温度	T_2	34.1^{*3}	$^{\circ}\text{C}^{*2}$
運転圧力	—	0.637^{*3}	MPa
評価対象部長さ	L	11.05^{*3}	m
配管外径	ϕ	0.2163^{*3}	m
火炎からの輻射	Q_{ri}	1.4	kW/m^2

*1：計算においては、質量流量に換算。

*2：計算においては、絶対温度に換算。

*3：設計値より設定。

第5表 石油備蓄基地火災における熱影響評価結果

評価対象	石油備蓄基地からの離隔距離 (m)	輻射強度 (kW/m ²)	危険輻射強度 (kW/m ²)	
第1 ガラス固化体貯蔵建屋	1,450	1.6	2.3	
評価対象	石油備蓄基地からの離隔距離 (m)	通常運転時の出口温度* (℃)	出口温度の上昇温度 (℃)	最大運転温度* (℃)
使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B	1,640	約 ■	0.04	■

* : 設計値より設定。

第6表 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の熱影響評価条件

項目	記号	数値	単位	備考
ステファノーボルツマン定数	σ	5.670×10^{-8} ⁽⁵⁾	W/m ² K ⁴	
重力加速度	g	9.807 ⁽⁵⁾	m/s ²	
壁面温度 (許容温度)	T_c	200 ⁽¹⁾	℃	
大気側温度	T_a	29	℃	昭和41年～平成21年の夏季（6月～9月）の3時間ごとの温度の超過確率1％に相当する値とする。
外気温度	T_{amb}			
太陽光入射	Q_{sun}	0	kW/m ²	森林火災の輻射強度に太陽光の影響が考慮されている。
壁面から大気への形態係数	F_{ca}	0.8	—	石油備蓄基地火災において算出される形態係数から、厳しい評価となるように0.8とする。
壁面の輻射率	ε_c	0.9 ⁽⁴⁾	—	壁面に関してはコンクリートに関する記載値0.94に対し、厳しい評価となるように0.9とする。
評価対象壁面高さ	L	12.4	m	設計値より設定

第7表 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系
冷却塔A配管内の冷却水温度の計算条件

項目	記号	数値	単位
流量	G	237^{*3}	m^3/h^{*1}
通常時入口温度	T_1	42.2^{*3}	$^{\circ}\text{C}^{*2}$
通常時出口温度	T_2	34.1^{*3}	$^{\circ}\text{C}^{*2}$
運転圧力	—	0.637^{*3}	MPa
評価対象部長さ	L	11.05^{*3}	m
配管外径	ϕ	0.2163^{*3}	m
火炎からの輻射 (森林火災及び石油備 蓄基地火災)	Q_{ri}	3.2	kW/m^2

- *1：計算においては、質量流量に換算。
 *2：計算においては、絶対温度に換算。
 *3：設計値より設定。

第 8 表 石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳における熱影響評価結果

評価対象	石油備蓄基地からの離隔距離 (m)	外壁表面温度 (℃)	コンクリート許容温度 (℃)	
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	1,760	140	200	
評価対象	石油備蓄基地からの離隔距離 (m)	通常運転時の出口温度* (℃)	出口温度の上昇温度 (℃)	最大運転温度* (℃)
使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A	1,810	約 ■	0.09	■

*：設計値より設定。

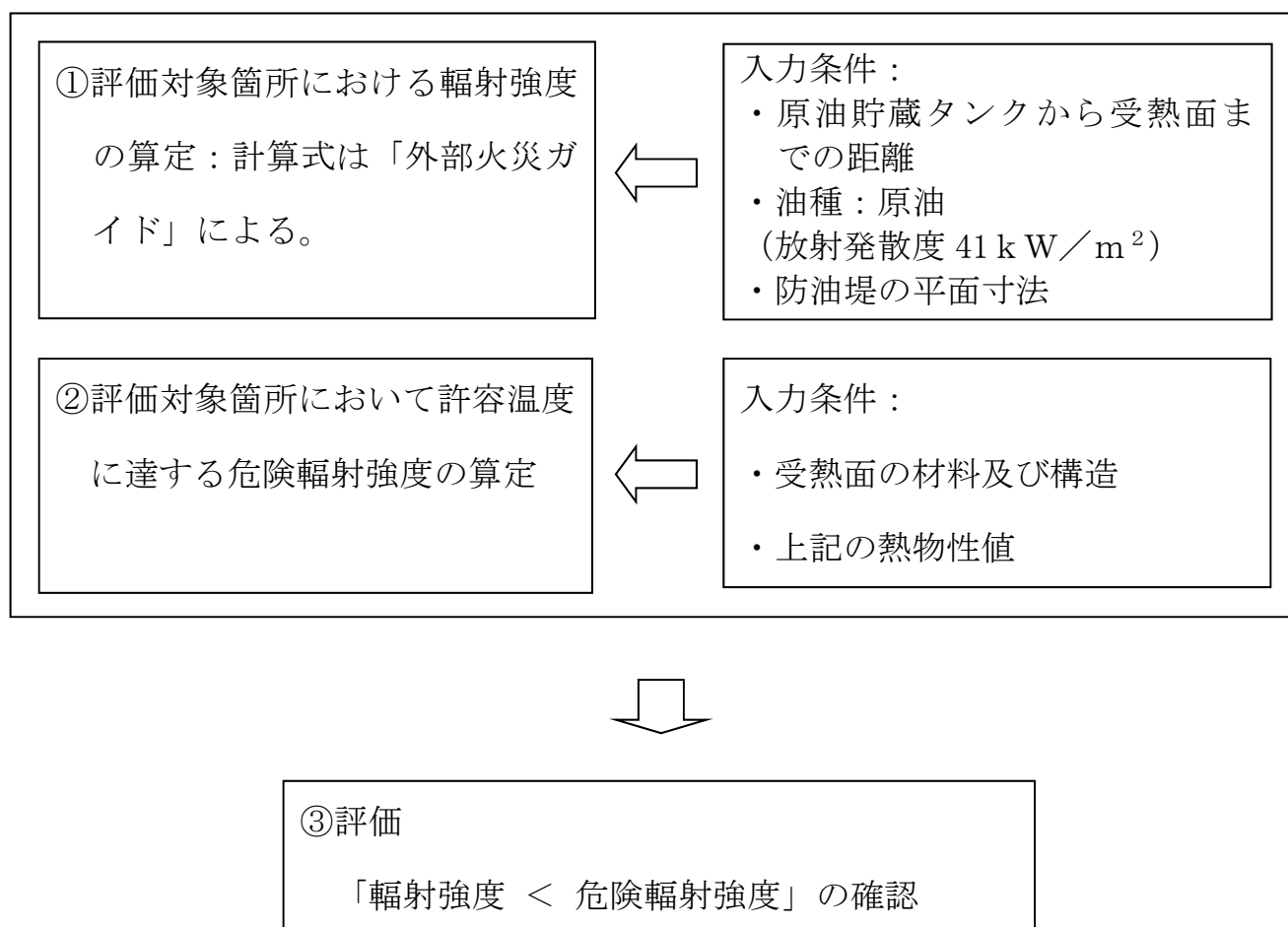
第 9 表 第 2 非常用ディーゼル発電機の外気取入口の流入空気温度の熱影響評価条件

項目	記号	数値	単位	備考
建屋外壁及びフードの温度	T_w	200	℃	コンクリートの許容温度
外気温度	T_a	29	℃	昭和41年～平成21年の夏季（6月～9月）の3時間ごとの温度の超過確率1％に相当する値とする。
伝熱部の長さ	H	2.1 (外壁) 4.2 (フード)	m	設計値より設定。
伝熱面積	A	18.6 (外壁) 9.3 (フード)	m ²	設計値より設定。
空気量	G	16.38	k g / s	

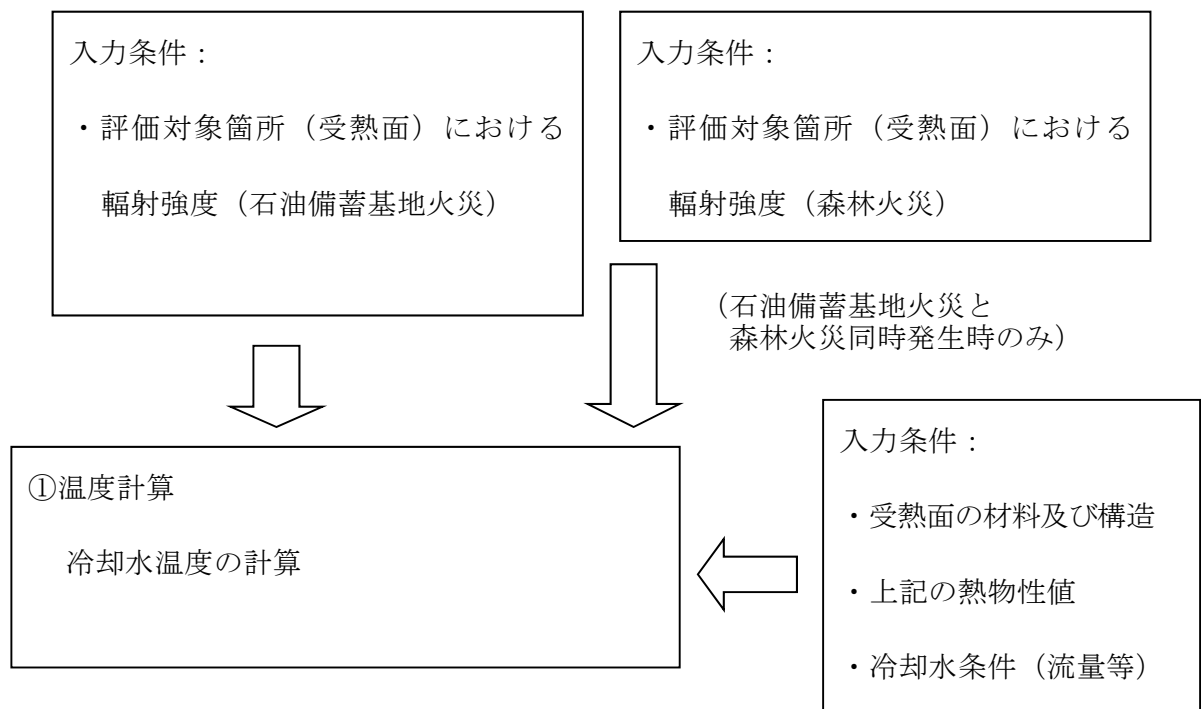
第5－4表 第2非常用ディーゼル発電機の流入空気の温度評価

評価対象	評価結果（℃）	許容温度（℃）＊
非常用電源建屋 外気取入口から室内への 流入空気	32	40

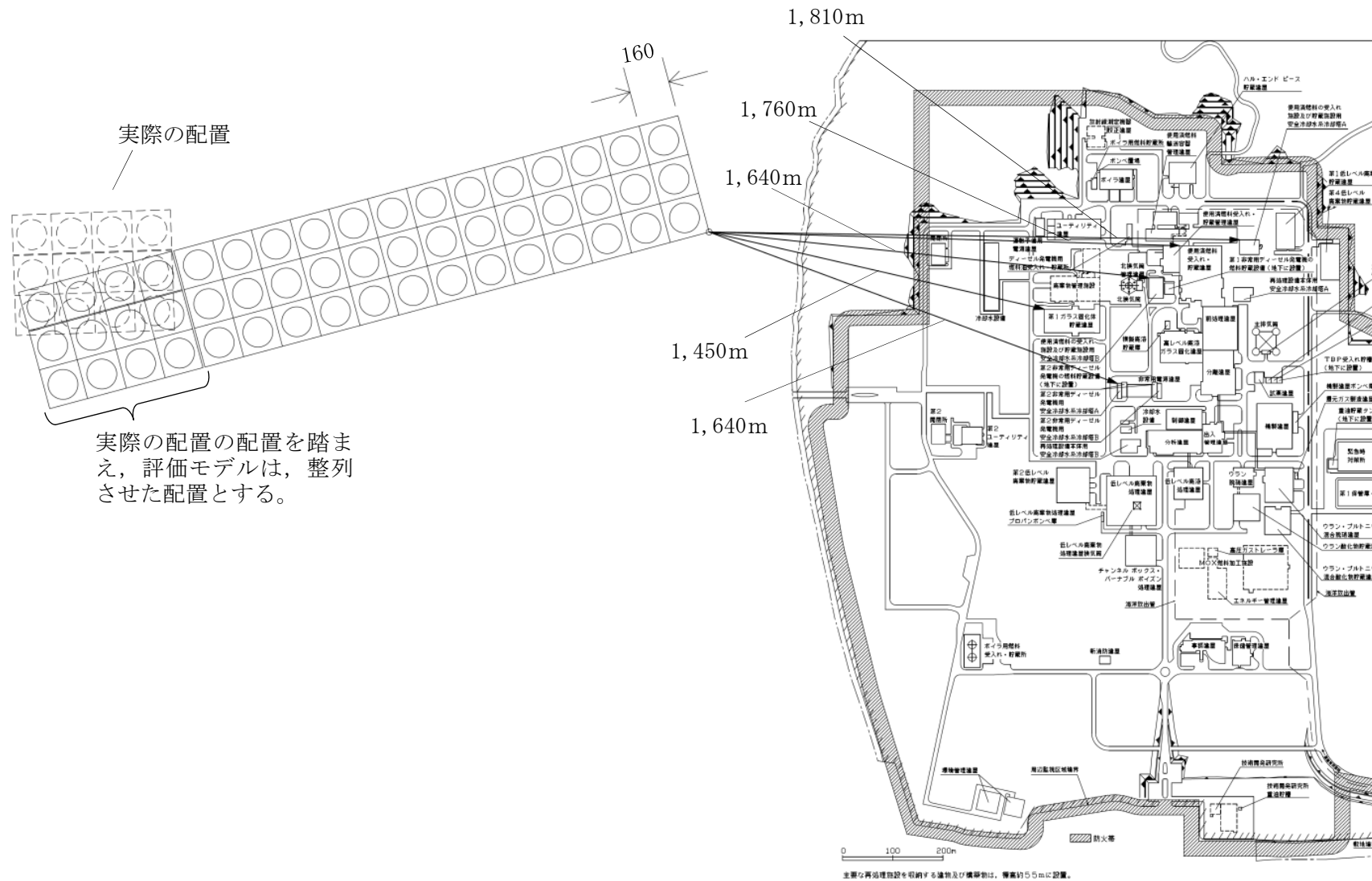
＊：空気が流入する室内温度（設計値より設定）



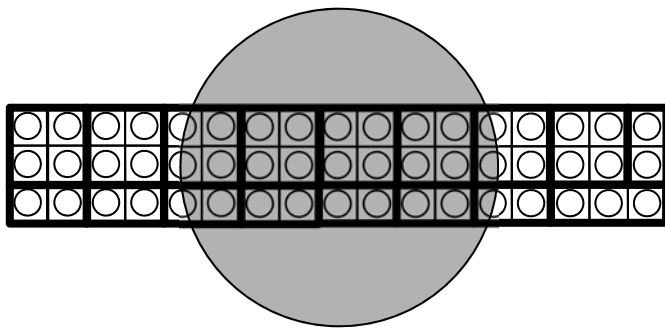
1 図 外部火災防護対象施設を収納する建屋に関する検討手順



第2図 屋外に設置する外部火災防護対象施設に関する検討手順

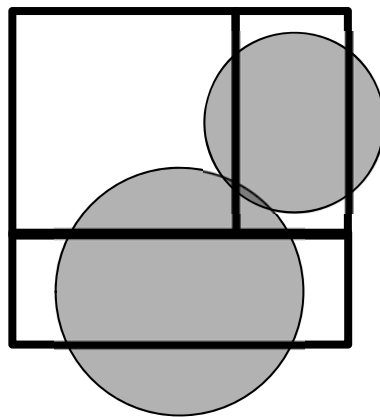


第3図 評価対象及び石油備蓄基地の位置関係



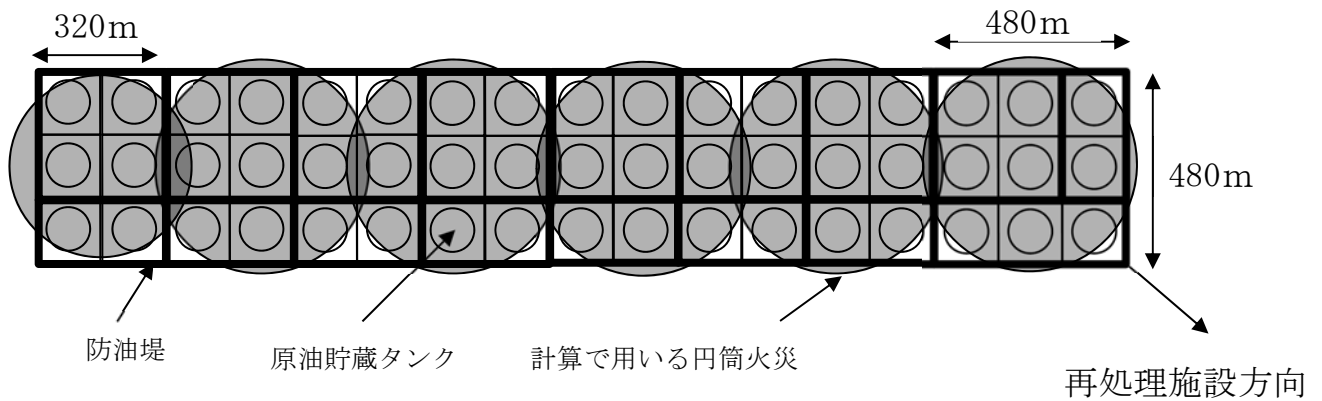
想定する防油堤内火災の燃焼形態とモデルの燃焼形態の乖離が大きく，非現実的な円筒火災モデルとなる。

<全防油堤の面積を一つの円筒火災モデルとする場合>



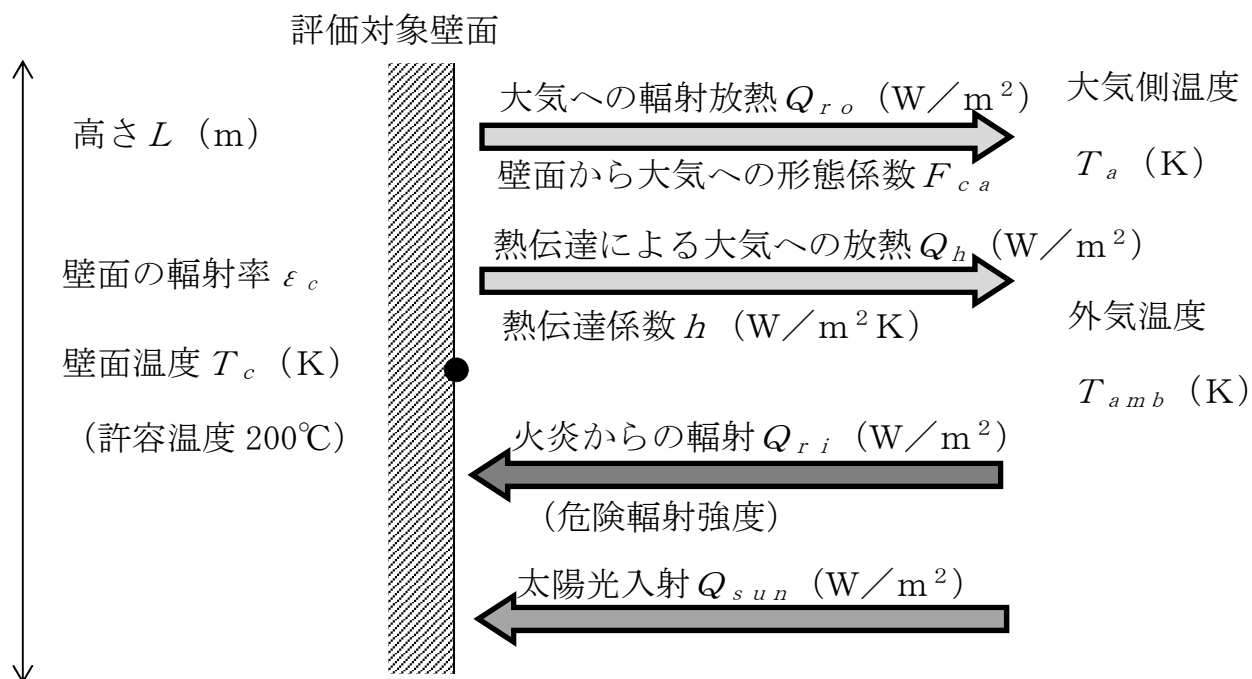
3列1行や2行1列で設置された防油堤については，想定する防油堤内火災の燃焼形態との間に乖離がある。

<防油堤単位で円筒火災モデルとする場合>

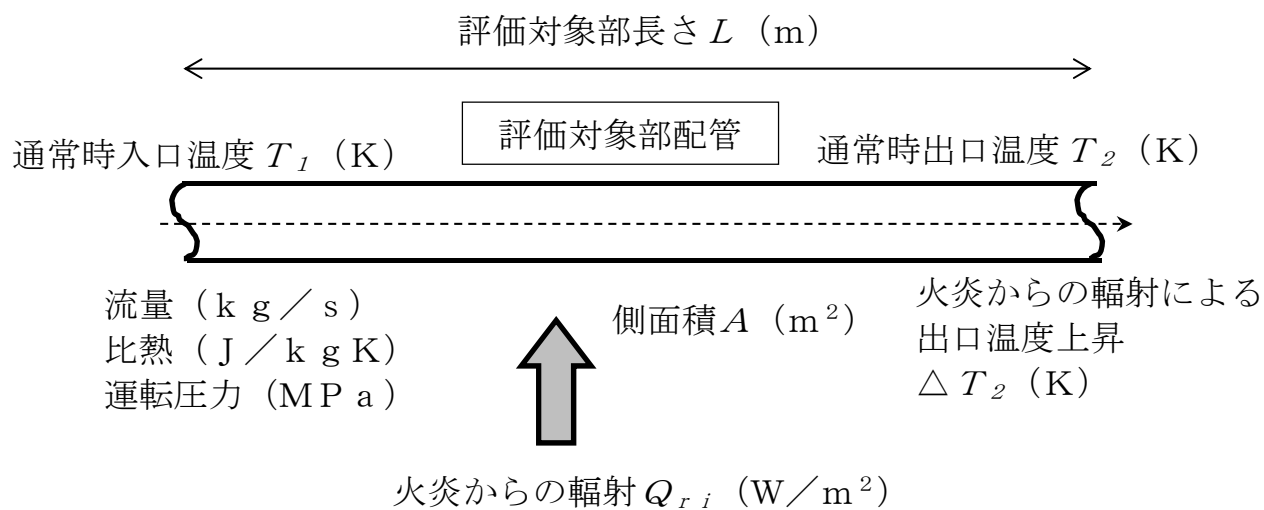


<評価で使用する円筒火災モデル>

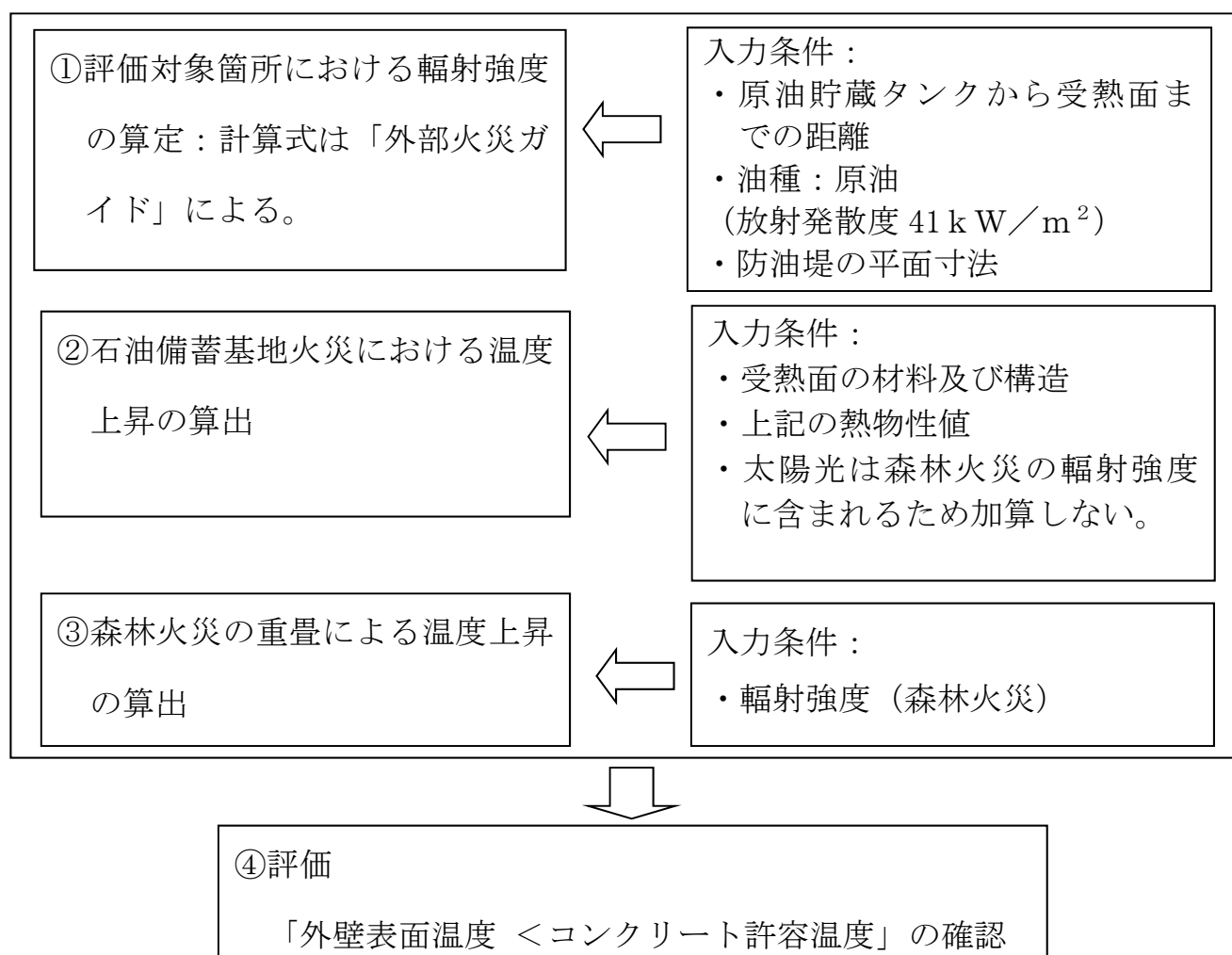
第4図 円筒火災モデルの概要



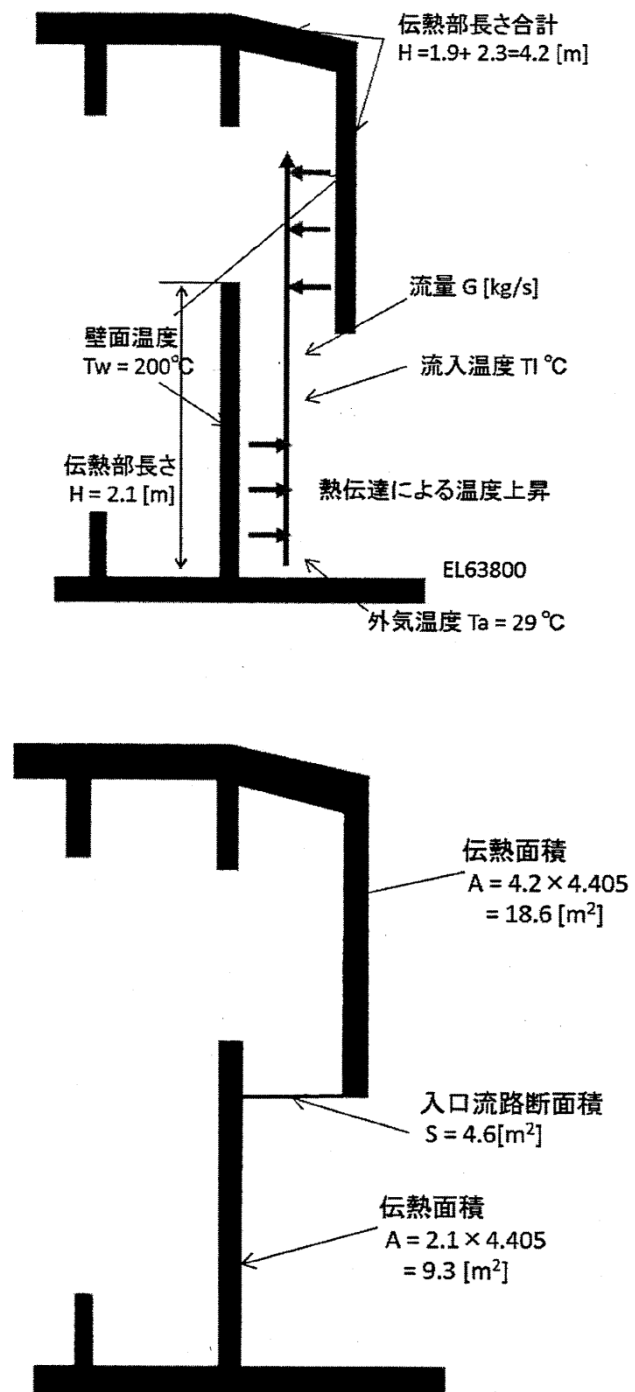
第 5 図 危険輻射強度の計算モデル



第6図 配管内の冷却水温度の計算モデル



第7図 重畳評価における外部火災防護対象施設を収納する建屋の検討手順



第 8 図 非常用ディーゼル発電機の外気取入口の流入空気温度の計算モデル

令和 2 年 3 月 13 日 R 1

補足説明資料 5－2（9 条 外部火災）

別紙 1

熱影響評価における制限値について

外部火災ガイドにおいて、石油コンビナート等の火災の評価は、火炎筒モデルからの危険距離の確保により、評価対象の健全性に対して熱影響的な問題がないことが判断される。図 1 参照。

石油コンビナート等の火災想定模式図

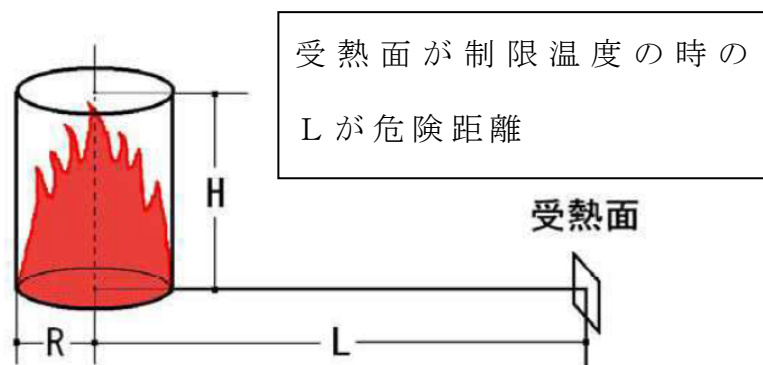


図 1 外部火災ガイド抜粋

一方、当社の実施している石油備蓄基地における火災評価については、複数の原油タンクの同時火災を想定していることから、火炎筒モデルも複数設定している。複数の火炎筒モデルから評価対象への熱影響を算出するにあたっては、各火炎筒モデルからの離隔距離からの熱影響を算出し、総輻射強度を算出することで、熱影響を確認している。(図 2 参照) また、備蓄基地からの離隔距離を代表している点から同じ距離の離隔を持つ評価位置であっても、火炎筒モデルからの離隔距離は異なることから火炎筒からの総輻射強度は異なる。(図 3 参照) よって、危険輻射強度に対する離隔距離も複数存在しており、1つの危険距離で制限温度を超えないと判断できない。

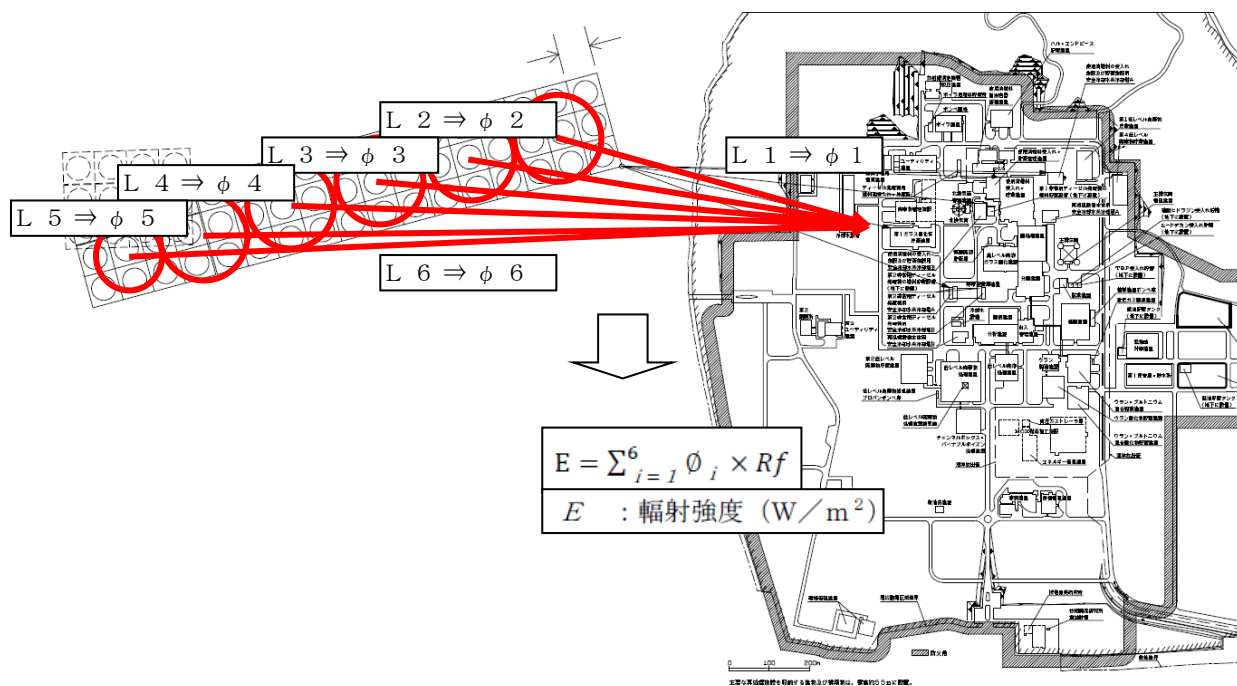


図 2 火炎筒モデルからの離隔距離及び輻射強度

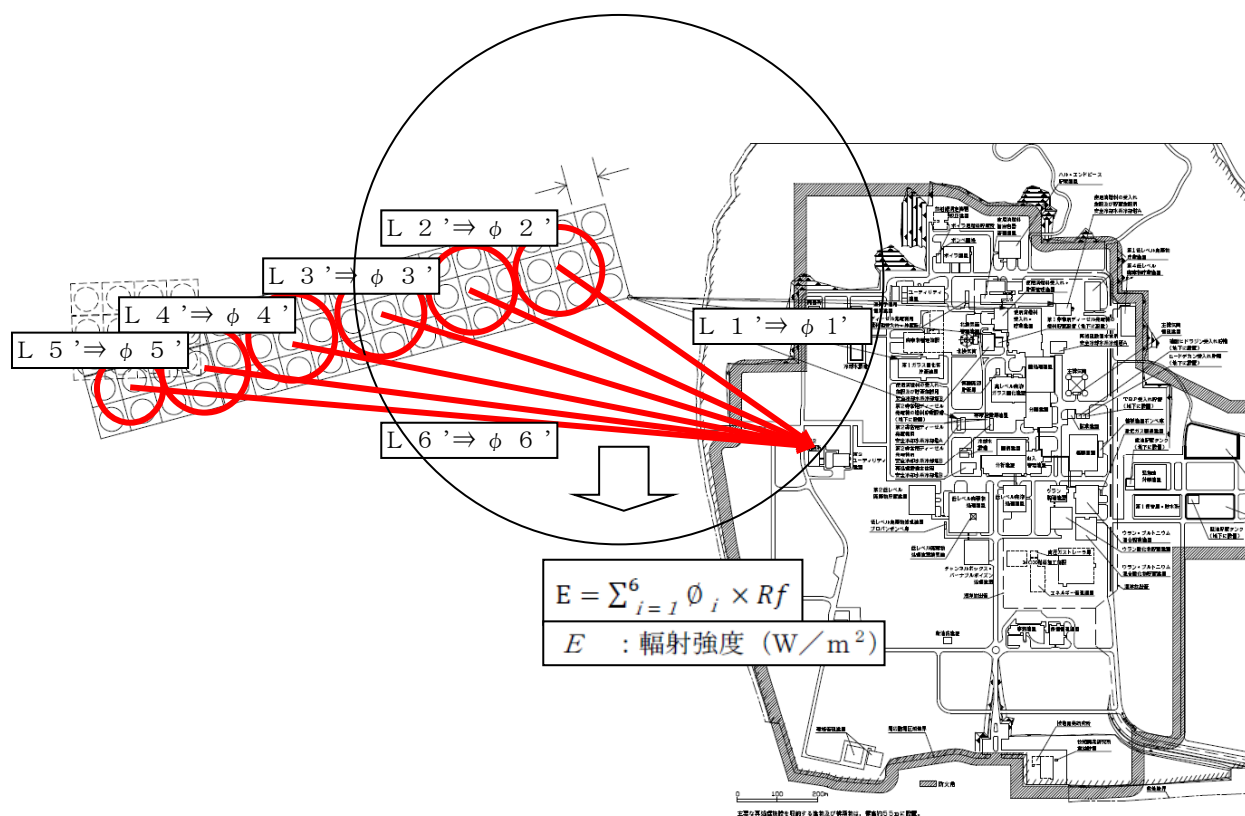


図 3 評価位置変更による離隔距離イメージ

ここで、危険距離は評価対象が制限温度に到達する危険輻射強度から算出されるため、評価対象への輻射強度が危険輻射強度以上でなければ、制限温度を超えないといえることができる。さらに、評価対象が制限温度に達する輻射強度は、評価対象への入熱として1つに定まる。

以上より、危険輻射強度を制限値として設定することで問題はない。

令和 2 年 3 月 13 日 R 2

補足説明資料 5－4（9 条 外部火災）

MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラの爆発に対する影響について

1. MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラの設計方針

MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫は、高圧ガス保安法に基づき、着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とし爆発を防止する設計とすること及び爆発時に発生する爆風が上方向に開放されることを妨げない設計とすることを確認している。

2. 設計対処施設への影響について

MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫における爆発に対する設計方針を踏まえると、高圧ガストレーラ庫が爆発に至ることはなく、設計対処施設への影響はない。

また、爆発が発生したとしても、以下に示すとおり、高圧ガストレーラ庫に対する危険限界距離以上の離隔距離を確保していることから、設計対処施設への影響はない。さらに、想定される飛来物を考慮しても、設計対処施設へ影響はない。

(1) 危険限界距離について

高圧ガストレーラ庫に設置する水素ガスの貯蔵容器（水素ガス最大貯蔵量： 3400Nm^3 ）を爆発源とした場合に、外部火災ガイドを参考とし、(1)式より危険限界距離を算出した結果、危険限界距離は55mとなる。

高圧ガストレーラ庫から最短となる設計対処施設であるウラン酸化物貯蔵建屋（約68m）は、危険限界距離以上の離隔距離を確保しているため、設計対処施設への影響はない。

$$X = 0.04\lambda\sqrt[3]{K \times W} \quad \dots (1)$$

ここで、

X : 危険限界距離 (m)

λ : 換算距離 (14.4m・k g^{-1/3})

K : 水素ガスの定数 (2,860,000)

プロパンガスの定数(888,000 (100℃以上))

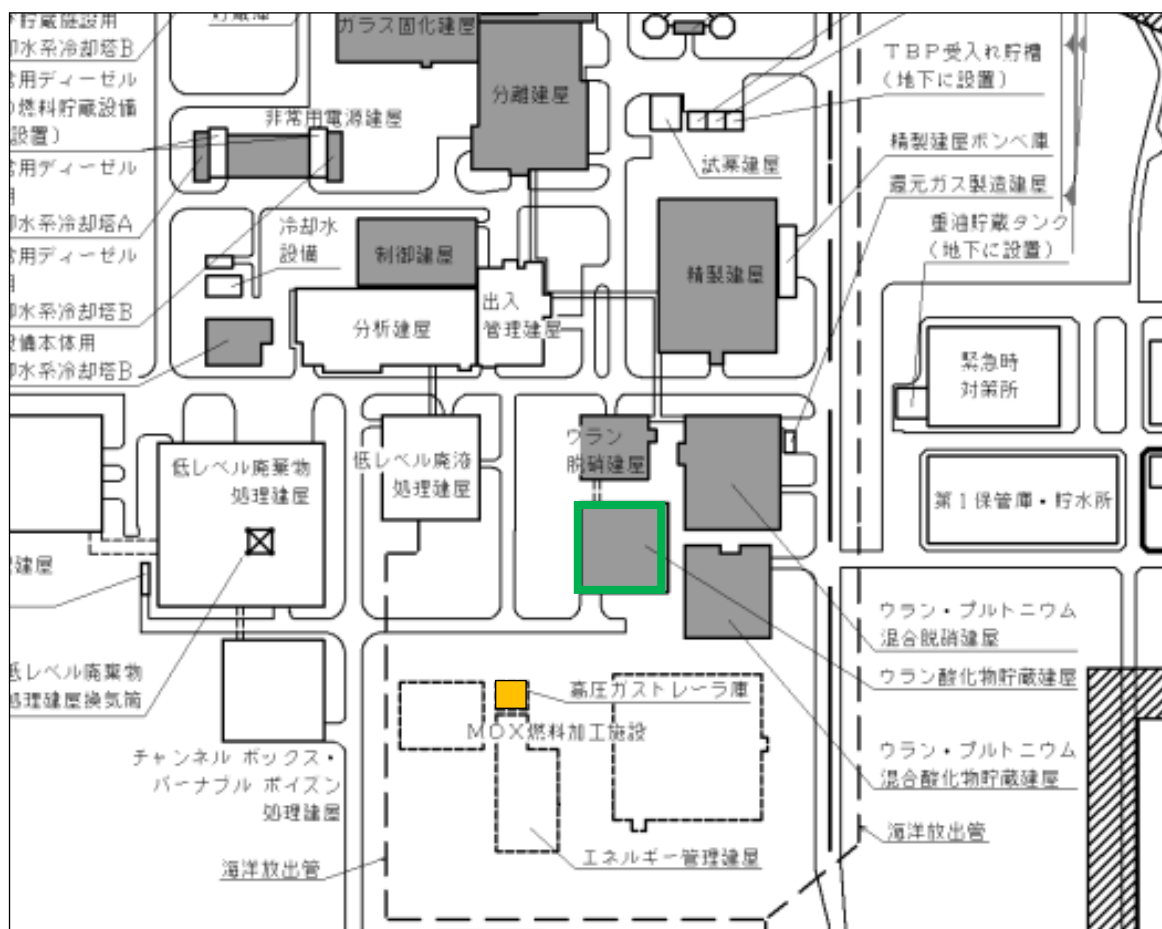
W : 設備定数

(2) 爆発時の飛来物の影響について

高圧ガストレーラ庫内に設置する水素ガスの貯蔵容器は、第2図に示すように、トレーラ荷台に固定された状態で配置する設計としている。また、高圧ガストレーラ庫は、爆風が上方向に開放されることを妨げない設計としている。

そのため、水素ガスの貯蔵容器が爆発した場合、爆風は上方向に開放される過程で高圧ガストレーラ庫の軽量屋根が爆風によって飛来物となることが想定される。

高圧ガストレーラ庫の軽量屋根は厚さ 0.8mmの鋼板であることから、爆発時に破片となって飛散したとしても、設計対処施設へ影響を与えるような飛来物とはならない。

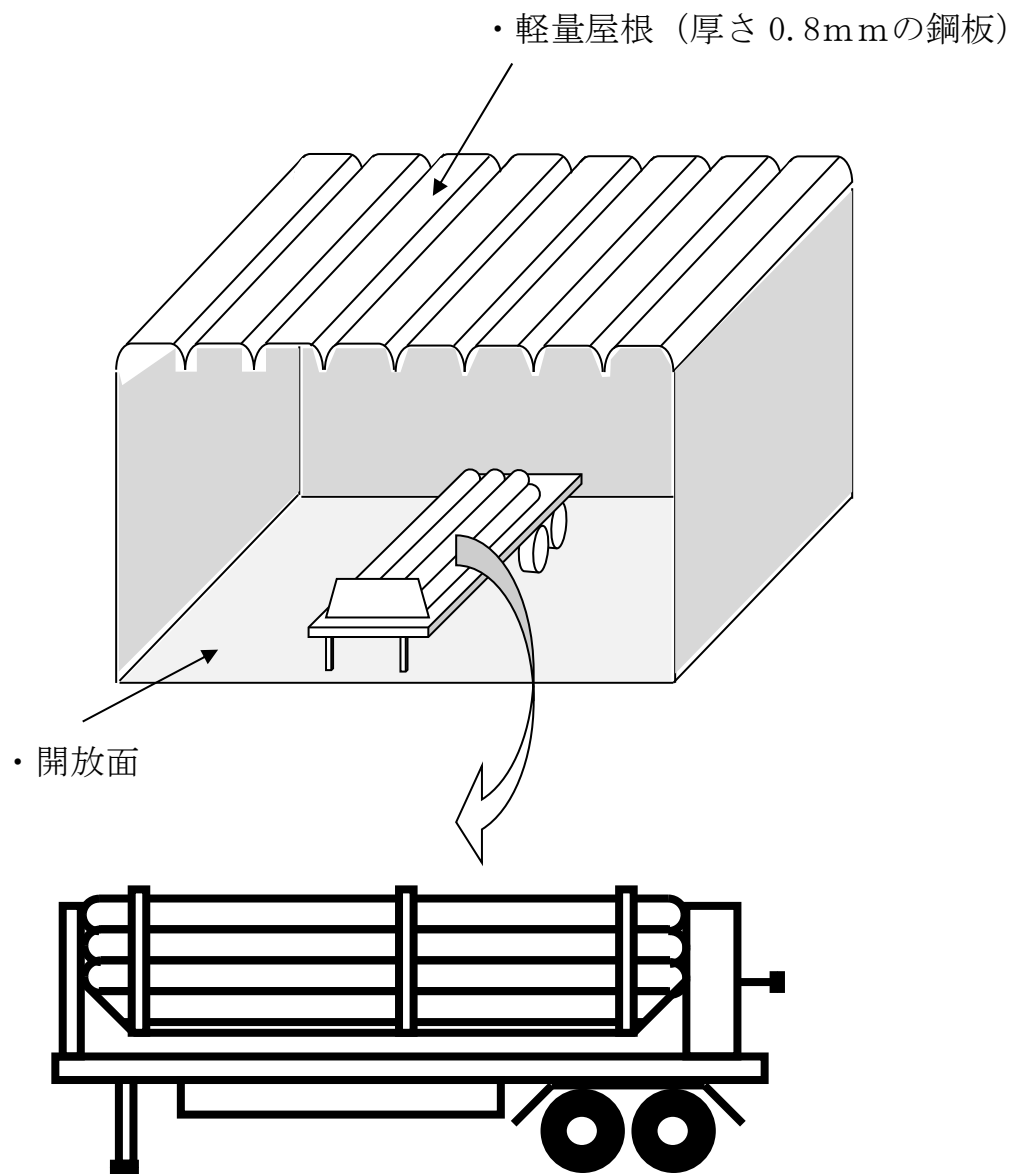


■: 高圧ガストレーラ庫

■: 設計対処施設

■: 高圧ガストレーラ庫から最短となる設計対処施設（ウラン酸化物貯蔵建屋）

第1図 設計対処施設と高圧ガストレーラ庫の位置関係



- ・ 水素ガスの貯蔵容器は、トレーラ荷台に固定された状態で配置

第2図 高圧ガストレーラ庫のイメージ図

令和 2 年 3 月 13 日 R 3

補足説明資料 5－5（9 条 外部火災）

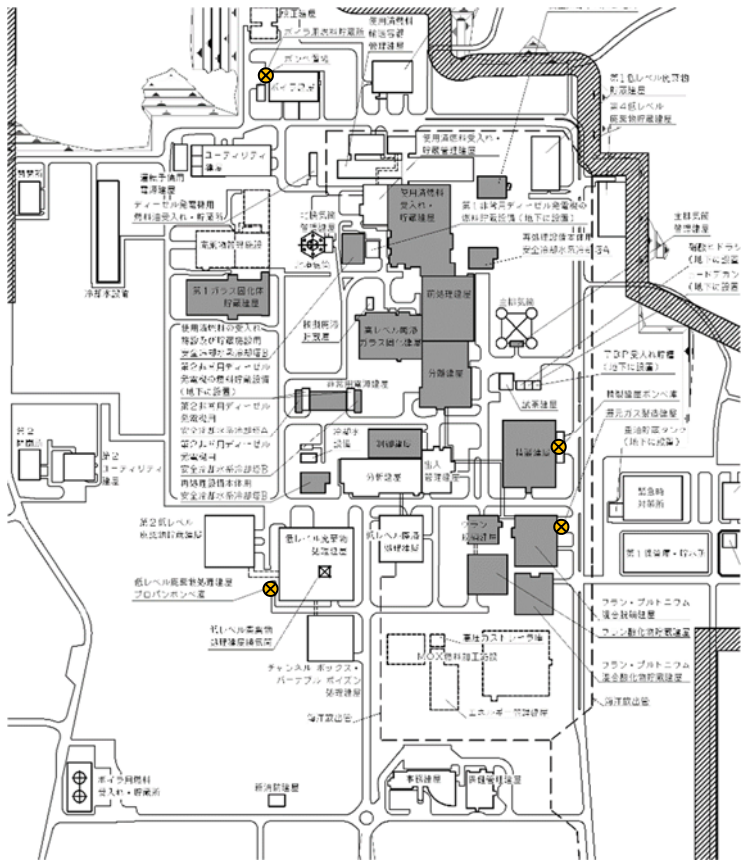
敷地内の危険物タンク等の爆発に対する影響について

1. 敷地内の危険物タンク等について

爆発源となる敷地内に存在する危険物タンク等の対象を第1－1表に、敷地内の配置を第1－1図に示す。

第1－1表 爆発源となる敷地内に存する危険物タンク等

危険物タンク等	貯蔵物
精製建屋ボンベ庫	水素
還元ガス製造建屋	水素
ボイラ建屋 ボンベ置場	プロパン
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	プロパン



第1－1図 敷地内に存在する危険物タンク等の配置

2. 設計対処施設への影響について

(1) 危険限界距離の評価

対象となる危険物タンク等について、外部火災ガイドを参考とし、
〔1〕式より危険限界距離を算出した。評価条件を第2-1表～第2-4表に示す。

評価の結果を第2-5表に示す。評価の結果、ボイラ建屋 ボンベ置場及び低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫に収納する可燃性ガスボンベの爆発に対しては、至近の設計対処施設との離隔距離が危険限界距離以上確保されており、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない。

精製建屋ボンベ庫及び還元ガス製造建屋については、設計対処施設が隣接しているため、危険限界距離を確保では出来ない。そのため、爆風圧により隣接する設計対処施設が影響を受けないことを確認する。

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W} \dots [1]$$

ここで、

X ：危険限界距離（m）

λ ：換算距離（14.4m・kg^{-1/3}）

K ：プロパンの定数，水素ガスの定数，

W ：設備定数

第 2 - 1 表 ボイラ建屋 ボンベ置場の計算条件

項目	記号	数値	単位
換算距離	λ	14.4	$\text{m} \cdot \text{k g}^{-1/3}$
プロパンの定数	K	888,000 (100℃以上の値)	—
設備定数	W	0.15	—

第 2 - 2 表 低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫の計算条件

項目	記号	数値	単位
換算距離	λ	14.4	$\text{m} \cdot \text{k g}^{-1/3}$
プロパンの定数	K	888,000 (100℃以上の値)	—
設備定数	W	$(2.975)^{0.5*1}$	—

* 1 : ガス質量が 1 t 以上のため, 平方根の値を用いる。

第 2 - 3 表 精製建屋ボンベ庫の計算条件

項目	記号	数値	単位
換算距離	λ	14.4	$\text{m} \cdot \text{k g}^{-1/3}$
プロパンの定数	K	2,860,000	—
設備定数	W	0.056	—

第 2 - 4 表 還元ガス製造建屋の計算条件

項目	記号	数値	単位
換算距離	λ	14.4	$\text{m} \cdot \text{k g}^{-1/3}$
プロパンの定数	K	2,860,000	—
設備定数	W	0.025	—

第 2－5 表 危険限界距離の評価結果

危険物タンク等	至近の設計対処施設	危険限界距離 (m)	離隔距離 (m)
ボイラ建屋 ボンベ置場	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	30	118
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B	67	132
精製建屋ボンベ庫	精製建屋	32	6
還元ガス製造建屋	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	24	5

(2) 爆風圧の評価

精製建屋ボンベ庫及び還元ガス製造建屋に収納する可燃性ガスボンベの爆発によって発生する爆風圧から隣接する建屋外壁の評価対象部にかかる曲げモーメント及びせん断力を算出し、建屋外壁の許容応力以下であることを確認する。

評価においては厳しい評価となるように対象外壁の支持状況に応じて梁部材とみなして評価を実施する。

a. 爆風圧の算出

外部火災ガイドを参考とし〔2〕式より換算距離を算出する。

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W} \quad \dots [2]$$

ここで、

X ：離隔距離 (m)

λ ：換算距離 (m・kg^{-1/3})

K ：定数

W ：設備定数

換算距離は外部火災ガイドが参考としている指針⁽¹⁾から圧力の近似式として表すことができるため、[3] 式に代入して爆風圧を算出する。

$$\lambda = 3.2781 P^{-0.48551} \dots [3]$$

ここで、

P : 爆風圧 (k g f / c m²) ただし、 $P \geq 0.65$

b. 曲げモーメントの算出

算出した爆風圧から梁部材の等分布荷重状態における最大曲げモーメントを[4]式より、また、許容曲げモーメントを[5]式より算出する。

$$M = \frac{wl^2}{8} \dots [4]$$

ここで、

M : 曲げモーメント (N・m)

w : 爆風圧による荷重 (N/m)

l : 支持スパン (m)

$$M_a = A \times ft \times j \dots [5]$$

ここで、

M_a : 許容曲げモーメント (N・m)

A : 鉄筋量 (mm²)

ft : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

j : 応力中心間距離 (mm)

c. せん断力の算出

算出した爆風圧から梁部材の等分布荷重状態における最大せん断力を[6]式より、また、許容せん断力を[7]式より算出する。

$$Q = \frac{wl}{2} \quad \cdots [6]$$

ここで,

Q : せん断力 (N)

w : 爆風圧による荷重 (N/m)

l : 支持スパン (m)

$$Q_a = fs \times b \times j \quad \cdots [7]$$

ここで,

Q_a : 許容せん断力 (N)

fs : コンクリート許容せん断応力度 (N/mm²)

b : 梁幅 (mm)

j : 応力中心間距離 (mm)

爆発源の評価に係る計算条件を第2-6表～第2-8表に示す。

d. 評価結果

評価の結果を第2-9表に示す。爆風圧による荷重は建屋外壁の許容応力未満であり、設計対処施設への影響はないため、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない。

第 2 - 6 表 爆発源の評価条件

危険物タンク等	貯蔵物	設備定数 W (m^3)	水素の 定数K	至近の建屋	離隔 距離* 1 X (m)
精製建屋 ボンベ庫	水素	626	2,860,000	精製建屋	6
還元ガス 製造建屋		280		ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋	5

* 1 : 危険物タンク等の中心から至近の建屋外壁表面までの距離。

第 2 - 7 表 評価対象部の条件 (精製建屋)

項目	記号	数値	単位
スパン	l	8.2	m
梁幅	b	1.0	m
配筋	—	S D345 D38@200	—
外壁厚さ	—	1,200	mm
鉄筋量	A	5,700	mm^2
鉄筋の許容引張応力度	f_t	345	N/mm^2
応力中心間距離	j	945	mm
コンクリート許容 せん断応力度	f_s	1.18	N/mm^2

第 2 - 8 表 評価対象部の条件（ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋）

項目	記号	数値	単位
スパン	l	8.0	m
梁幅	b	1.0	m
配筋	—	S D345 D38@200	—
外壁厚さ	—	1,200	mm
鉄筋量	A	5,700	mm ²
鉄筋の許容引張応力度	f_t	345	N/mm ²
応力中心間距離	j	945	mm
コンクリート許容せん断応力度	f_s	1.18	N/mm ²

第 2 - 9 表 爆風圧に対する評価結果

危険物タンク等	至近の建屋	爆風圧による荷重		許容応力	
		曲げモーメント (kN・m)	せん断力 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断力 (kN)
精製建屋 ボンベ庫	精製建屋	1,200	580	1,800	1,100
還元ガス 製造建屋	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	950	480	1,800	1,100

参考文献

- (1) 消防庁特殊災害室. 石油コンビナートの防災アセスメント指針. 2013.

令和 2 年 3 月 13 日 R 4

補足説明資料 6－1（9 条 外部火災）

航空機墜落による火災影響評価条件について

1. はじめに

航空機墜落による火災については、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（以下「外部火災ガイド」という。）によらず、建屋外壁等で火災が発生することを評価の前提とし、火災影響評価にあたってのモデル化の考え方については、外部火災ガイドを参考に評価を行い、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認する。

2. 航空機墜落による火災の条件

(1) 航空機墜落による火災の想定

航空機墜落による火災の想定は、以下のとおりとする。

- a. 航空機は、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. 航空機墜落地点は、建屋外壁等の設計対処施設への影響が厳しい地点とする。
- 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. 気象条件は無風状態とする。
- 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. 油火災において任意の位置にある輻射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を半径の3倍にした円筒火災モデルを採用する。

(2) 墜落による火災を想定する航空機の選定

外部火災ガイドを参考に、航空機墜落火災の対象航空機については、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価について（平成21年6月30日 原子力安全・保安院）」（以下「航空機落下確率評価ガイド」という。）の落下事故の分類を踏まえ、以下の航空機の落下事故における航空機を選定する。

a. 自衛隊機又は米軍機の訓練空域内を訓練中及び訓練空域周辺を飛行中の落下事故の航空機

外部火災ガイドを参考として、燃料積載量が最大の自衛隊機であるKC-767を選定する。

また、再処理施設の南方向約10kmに三沢対地訓練区域があり、自衛隊機及び米軍機が訓練を行っている。このため、三沢対地訓練区域を訓練飛行中の自衛隊機又は米軍機のうち、当社による調査結果から、自衛隊機のF-2及び米軍機のF-16を選定する。さらに、今後、訓練飛行を行う主要な航空機となる可能性のあるF-35についても選定する。

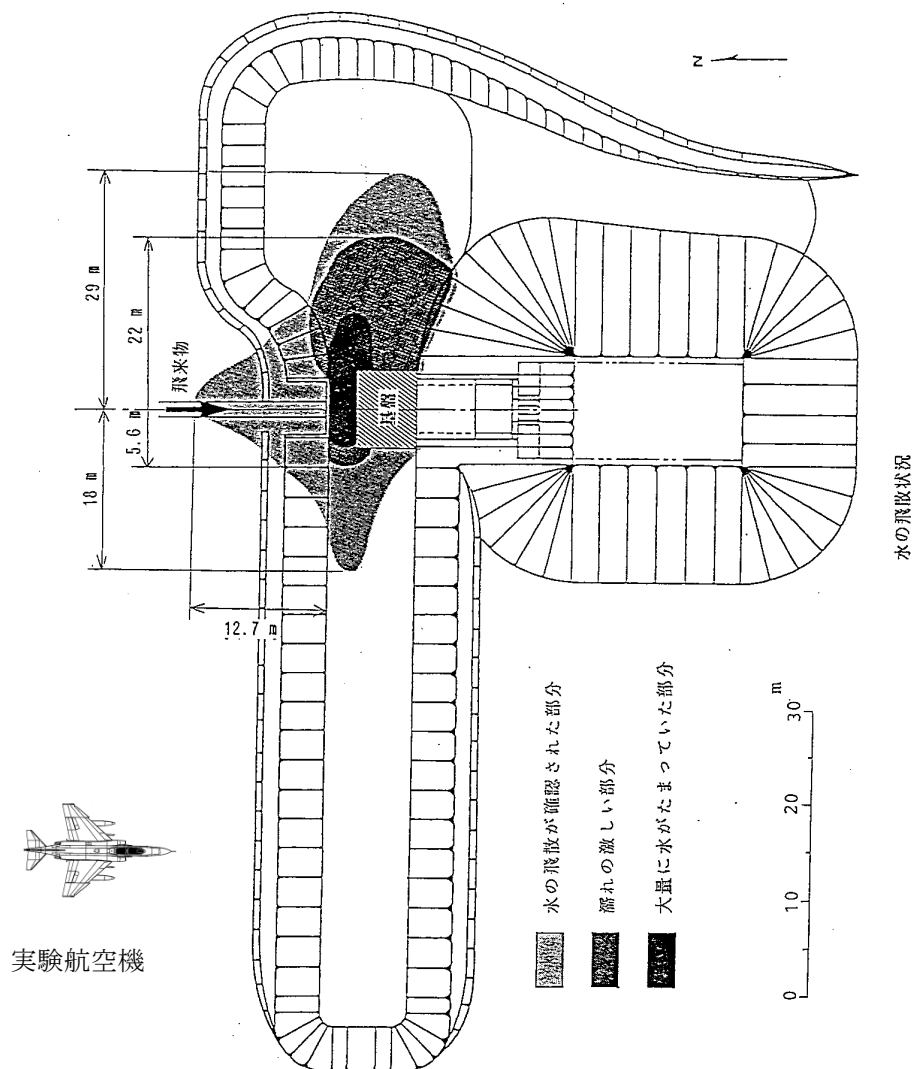
各航空機の燃料積載量を第2-1表に示す。

第2-1表 航空機の燃料積載量

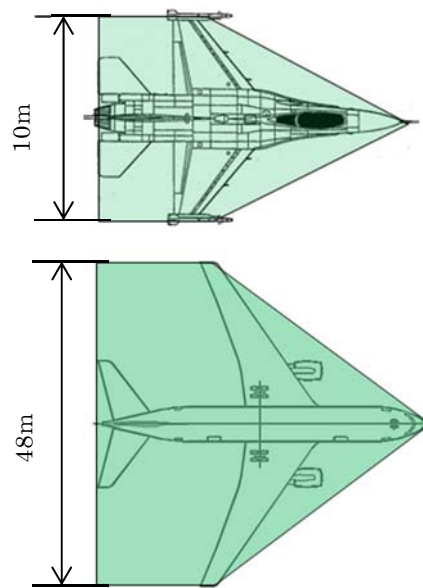
対象航空機	燃料積載量 (m ³)
KC-767	145.1 ⁽¹¹⁾
F-2	10.4 ⁽²⁾⁽³⁾
F-16	9.8 ⁽¹⁾⁽³⁾
F-35	10.8 ⁽³⁾⁽⁴⁾

b. 燃焼面積の設定について

燃焼面積については、米国サンディア研究所で実施された実物航空機の衝突実験において、搭載燃料の模擬のためタンクに充填した「水」の飛散範囲を参考とした。水は第2-1図のとおり同縮尺で併せて示す実物航空機(破線囲)の投影面積に比して広範囲に飛散しているが、大量に水がたまっていた部分と航空機の面積が同程度であることがわかる。よって、燃焼面積としては、第2-2図に示す機体投影面積とする。



第2-1図 実物航空機の衝突実験時の模擬燃料(水)



第 2 - 2 図 航空機の機体投影面積（上図：F - 16, 下図：KC-767 ）

c. 計器飛行方式民間航空機の墜落による火災の想定について

直行経路を巡航中の計器飛行方式民間航空機の落下事故については、航空機落下の発生確率評価の〔1〕式を用いると、航空機落下の発生確率が 10^{-7} 回／年となる範囲が敷地外となる。

$$P_c = \frac{f_c \times N_c \times A}{W} \cdots [1]$$

P_c ：再処理施設への巡航中の航空機落下確率； 1×10^{-7} （回／年）

A ：標的面積（ km^2 ）

W ：航空路幅；14.816（ km ）
 P_c ：再処理施設への巡航中の航空機落下確率（回／年）

N_c ：評価対象とする直行経路の年間飛行回数（1,825（飛行回／年）

（注 1））

W ：航空路幅（14.816（ km ）⁽⁵⁾）

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

G_c ：巡航中事故件数（0.5（回）（注2））

H_c ：延べ飛行距離（11,256,599,138（飛行回⁽⁶⁾・k m⁽⁷⁾）（注3））

（注1）国土交通省航空局に問い合わせた結果（平成27年の札幌管制区のピーク日の交通量）を365倍した値。

（注2）事故件数は平成10年1月から平成29年12月の間0回⁽⁶⁾⁽⁸⁾であるが、厳しい評価となるように0.5回とした。

（注3）平成10年から平成29年における各暦年別の延べ飛行距離を合算した値。

敷地外における外部火災については、石油備蓄基地に配置している51基の原油タンク（約11.1万m³/基）の原油全てが防油堤内に流出した全面火災を想定している。計器飛行方式民間航空機の墜落による火災について、最大の燃料積載量（約240m³）である機種の火災を想定しても、石油備蓄基地火災の規模を踏まえると、計器飛行方式民間航空機の墜落による火災は、近隣工場等の火災影響評価に包含される。

3. 熱影響評価の共通データ

(1) 航空機墜落地点について

再処理施設は敷地内に放射性物質を取り扱う建屋が多く、面的に広く分布していることを踏まえ、離隔距離を想定しない航空機墜落による火災としてとらえ、建屋外壁等の設計対処施設への影響が厳しい地点とする。また、航空機墜落事故として単独事象を想定する。

(2) 火災源から受熱面への輻射強度の算出

a. 形態係数の算出

形態係数は、外部火災ガイドを参考として以下の前提に基づき〔2〕式より算出する。

i. 航空機墜落による火災は、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。

ii. 燃焼面積は、航空機の投影面積と等価な円を仮定する。

iii. 以上より形態係数は 0.5 とする。

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

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

ここで,

ϕ : 形態係数

L : 離隔距離 (m)

H : 火炎の高さ (m)

R : 燃焼半径 (m)

b. 受熱面における輻射強度の算出

輻射強度は外部火災ガイドを参考として，[3] 式より算出する。航空機燃料の輻射発散度については，第 3－1 表のガソリン・ナフサの値を用いる。

また，設計対処施設のうち外部火災防護対象施設を収納する建屋及び危険物タンク等については，太陽光の入射として 0.4 kW/m^2 ⁽⁹⁾ を加算する。

以上より輻射強度は約 30 kW/m^2 とする。

$$E = Rf \cdot \phi \quad \cdots [3]$$

ここで，

E : 輻射強度 (W/m^2)

Rf : 輻射発散度 (W/m^2)

ϕ : 形態係数

第 3－1 表 物質固有の輻射発散度

物質名	輻射発散度	物質名	輻射発散度
カフジ原油	41×10^3 (35×10^3)	メタノール	9.8×10^3 (8.4×10^3)
ガソリン・ナフサ	58×10^3 (50×10^3)	エタノール	12×10^3 (10×10^3)
灯油	50×10^3 (43×10^3)	LNG (メタン)	76×10^3 (65×10^3)
軽油	42×10^3 (36×10^3)	エチレン	134×10^3 (115×10^3)
重油	23×10^3 (20×10^3)	プロパン	74×10^3 (64×10^3)
ベンゼン	62×10^3 (53×10^3)	プロピレン	73×10^3 (53×10^3)
n－ヘキサン	85×10^3 (73×10^3)	n－ブタン	83×10^3 (71×10^3)

(単位は W/m^2 ，かつこ内は $\text{kcal/m}^2\text{h}$)
「外部火災ガイド」より抜粋

(3) 燃焼時間

燃焼時間は、[4] 式より算出する。

燃焼速度については、文 献⁽¹⁰⁾ から油面降下速度 $8.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ とする。

燃焼範囲は航空機の投影面積を文 献⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾⁽¹²⁾ の図面から設定し、KC-767 は $1,500 \text{ m}^2$ 、F-2 は 110 m^2 、F-16 は 90 m^2 及び F-35 は 110 m^2 となる。

燃料量は、第2-1表からKC-767 は 145.1 m^3 、F-2 は 10.4 m^3 、F-16 は 9.8 m^3 及び F-35 は 10.8 m^3 である。

上記データ及び[4] 式より、燃焼時間はKC-767 及びF-2 が約 1,200 秒、F-16 が約 1,400 秒及びF-35 が約 1,300 秒である。

$$t = \frac{V}{A \times v} \quad \dots [4]$$

ここで、

t : 燃料時間 (s)

V : 燃料量 (m^3)

A : 燃料範囲 (m^2)

v : 燃焼速度 (m/s) (ガソリンの燃焼速度 4.8 mm/min より
算出)

(4) 熱影響評価の対象航空機

上記(1)から(3)を踏まえ、選定した墜落による火災を想定する航空機における外壁表面温度の評価結果を第3-2表に示す。第3-2表より、火災による熱影響評価の対象とする航空機については、熱影響が厳しいF-16を選定する。

第 3 - 2 表 熱影響評価の対象航空機

対象航空機	燃焼面積 (m^2)	燃料積載量 (m^3)	燃焼速度 (m/s)	燃焼時間 (s)	外壁表面温度* ($^{\circ}\text{C}$)
KC-767	約 1,500	145.1	8.0×10^{-5}	約 1,200	約 840
F-2	約 110	10.4		約 1,200	約 650
F-16	約 90	9.8		約 1,400	約 700
F-35	110	10.8		約 1,300	約 680

* : 外壁表面温度は, 補足説明資料 6 - 2 に記載する評価式により算出。

参考文献

- (1) John.W.R.Taylor. ed. Jane's All the World's Aircraft 1987-88.
Jane's Publishing Company Limited, 1987.
- (2) Paul.Jackson. ed. Jane's All the World's Aircraft 1997-98. Jane's
Information Group, 1997.
- (3) NASA. "Analysis of NASA JP-4 Fire Tests Data and Development of
a Simple Fire Model". NASA Contractor Report. 1980, CR-159209.
- (4) Paul, Jackson. Jane's All The World's Aircraft: Development &
Production 2017-2018. HIS Markit, 2017.
- (5) 国土交通省航空局. 飛行方式設定基準. 2006.
- (6) 原子力規制委員会. 航空機落下事故に関するデータ. 2016, NTEC-2016-
2002.
- (7) 国土交通省. 航空輸送統計調査 年報 (平成 25 年-29 年).
- (8) 国土交通省. 運輸安全委員会. 報告書検索結果.
[http://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/air-kensaku-list.
php?sort=asc&by=o](http://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/air-kensaku-list.php?sort=asc&by=o) (参照 2018-05-10)
- (9) IAEA. IAEA 安全基準 IAEA 放射性物質安全輸送規則のための助言文
書 (No. TS-G-1. 1). 改訂 1, 2008.
- (10) 日本火災学会編. 火災便覧 新版, 共立出版, 1984.
- (11) 佐瀬亨, 航空情報 特別編集 世界航空年鑑 2018-2019 年版, せきれ
い社, 2019.
- (12) ボーイング社ホームページ資料. 767 Airplane Characteristics for
Airport Planning.

令和 2 年 3 月 13 日 R 5

補足説明資料 6－2（9 条 外部火災）

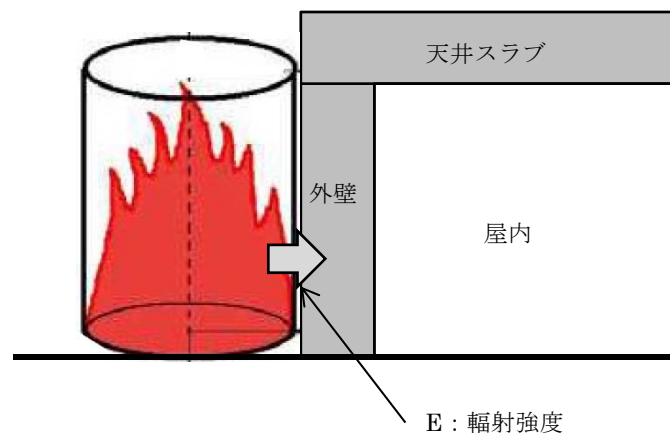
航空機落下による火災熱影響評価について

1. 航空機墜落による設計対処施設への熱影響評価

(1) 外部火災防護対象施設を収納する建屋の熱影響評価

a. 熱影響評価について

設計対処施設のうち外部火災防護対象施設を収納する建屋(以下、「対象建屋」という。)については、外壁の至近に円筒火災モデルを設定し、火災の発生から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度を与えるものとして熱影響を評価する。評価にあたっては、天井スラブ及び外壁のうち、離隔距離が小さく輻射熱による影響が厳しい外壁を代表とし、より厳しい評価となるように外壁表面からの対流及び輻射放熱は考慮せず、火災からの輻射のエネルギーは全て建屋内面に向かう評価モデルとする。円筒火災モデルの概要を第1-1図に示す。



第1-1図 対象建屋の計算モデル

熱影響評価により、外壁の温度上昇により屋内の外部火災防護対

象施設の安全機能を損なわないこと，建屋外壁が要求される機能を損なわないことを確認する。

対象建屋外壁の内部温度の時間変化は，表面熱流束一定の半無限固体の熱伝導に関する [1] ⁽¹⁾ 式に基づき算出する。

$$T = T_0 + \frac{2 \times E \times \sqrt{\alpha \times t}}{\lambda} \times \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \times \exp\left(-\frac{x^2}{4 \times \alpha \times t}\right) - \frac{x}{2 \times \sqrt{\alpha \times t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2 \times \sqrt{\alpha \times t}}\right) \right] \cdots [1]$$

ここで，

T : 外壁の内部温度 (°C)

x : 外壁表面からの深さ (m)

t : 燃焼時間 (s)

T_0 : 初期温度 (°C)

E : 輻射強度 (W/m²)

α : 温度伝導率 (m²/s) ($\alpha = \lambda / (\rho \times c)$)

λ : コンクリート熱伝導率 (W/mK)

ρ : コンクリート密度 (kg/m³)

c : コンクリート比熱 (J/kgK)

$$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x) \quad (\operatorname{erf}(x): \text{誤差関数})$$

対象建屋外壁に対する熱影響評価の計算条件を第 1 - 1 表に示す。

第 1 - 1 表 熱影響評価の計算条件

項目	記号	数値	単位
初期温度	T_0	50^{*2}	℃
燃焼時間	t	1,400	s
輻射強度	E	30^{*1}	k W / m ²
コンクリート熱伝導率	λ	$1.74^{(2)}$	W / m K
コンクリート密度	ρ	$2,150^{*3}$	k g / m ³
コンクリート比熱	c	$963^{(2)}$	J / k g K

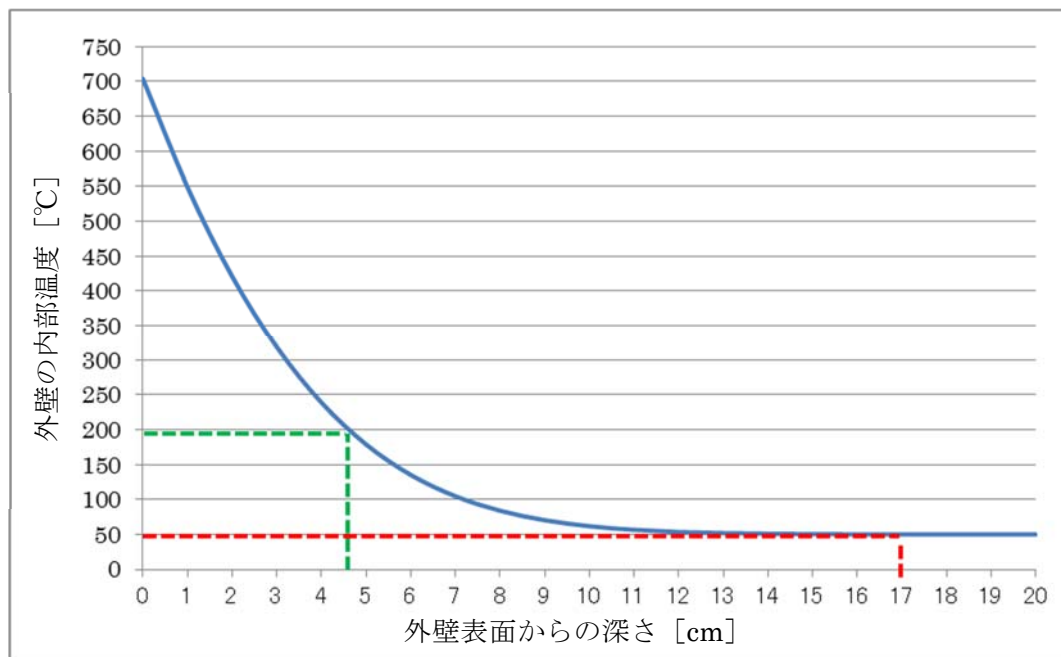
* 1 : 太陽光の入射を考慮し, 0.4 k W / m^2 を加算。

* 2 : 初期温度は, 室内の最高温度を踏まえ設定。

* 3 : 遮蔽設計の最小値 (使用前検査確認項目)

b. 熱影響評価の結果について

評価対象航空機である F-16 の墜落による火災に対して対象建屋の外壁の熱影響評価の結果を第 1 - 2 図に示す。



第 1 - 2 図 建屋外壁を対象とした熱影響評価結果

評価の結果，外壁表面より約 17 c m で初期温度（50℃）となり，入熱による影響がなくなることが分かる。これに対し，第 1－2 表に示すとおり，対象建屋の最小外壁厚は 17 c m 以上であることから，屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能は損なわれない。

さらに，別途想定した航空機については，燃焼時間が F－16 より短時間であるため，F－16 の結果に包含される。

第 1－2 表 対象建屋の最小外壁厚

建屋名	最小外壁厚
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	約 120cm
前処理建屋	約 120cm
分離建屋	約 120cm
精製建屋	約 120cm
ウラン脱硝建屋	約 120cm
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	約 110cm
ウラン酸化物貯蔵建屋	約 120cm
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	約 120cm
高レベル廃液ガラス固化建屋	約 120cm
第 1 ガラス固化体貯蔵建屋	約 30cm
制御建屋	約 120cm
非常用電源建屋	約 30cm
主排気筒管理建屋	約 20cm

また，内部温度は外壁表面から深さ約 5 c m の領域においてはコンクリートの許容温度 200⁽³⁾℃ 以上となる。

日本建築学会「建物の火害診断および補修・補強方法指針・同解説」及び「構造材料の耐火性ガイドブック」を参考に鉄筋コンクリートの影響を想定すると、外壁の表層部分のコンクリートひび割れ、外壁表面から深さ約 5 c m 未満までのコンクリート強度低下が想定される。また、鉄筋では受熱温度が 500～600℃以下であれば加熱冷却後の残存強度は受熱前強度と同等であるとされていることに対し、鉄筋位置は表面から 5 c m 以上内側（設計かぶり厚さ：外壁 6 c m, 屋根 5 c m）にあることから、鉄筋に影響を及ぼすことはない想定される。

これらを踏まえ、建屋外壁に要求される機能と想定される損傷を考慮した影響評価を実施した結果を第 1－3 表に示すとおりであり、建屋外壁が要求される機能を損なわない。

第 1－3 表 建屋外壁への要求機能と影響評価

要求機能	内容	影響評価
放出経路の維持機能	換気空調設備と合わせて建物の区画形成により放出経路を維持する機能	外壁表面の損傷のみであり、放出経路の維持機能に影響はない。
遮蔽機能	放射線量を所定レベルまで低減する機能	損傷部分（外壁表面から 5 c m）が無いとしても必要遮蔽厚が確保できること（第 1－4 表）、直線的な貫通ひび割れが発生しないことから遮蔽機能に影響はない。
支持機能	主要設備・機器を支持する機能	外壁表面の損傷のみであり、主要設備等の支持機能に影響はない。
波及的影響の防止機能	破損、落下又は転倒により、設備・機器の機能を阻害しない機能	コンクリートの表面損傷程度であり、設備・機器への物理的な波及的影響はない。

第 1－4 表 対象建屋の最小外壁厚と必要遮蔽厚

建屋名	最小外壁厚	必要遮蔽厚
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	約 120cm	100cm 以上
前処理建屋	約 120cm	100cm 以上
分離建屋	約 120cm	100cm 以上
精製建屋	約 120cm	100cm 以上
ウラン脱硝建屋	約 120cm	100cm 以上
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	約 110cm	100cm 以上
ウラン酸化物貯蔵建屋	約 120cm	100cm 以上
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	約 120cm	100cm 以上
高レベル廃液ガラス固化建屋	約 120cm	100cm 以上
第 1 ガラス固化体貯蔵建屋	約 30cm	20cm 以上
制御建屋	約 120cm	－
非常用電源建屋	約 30cm	－
主排気筒管理建屋	約 20cm	－

c. 建屋全体の支持機能について

想定される損傷を考慮した場合においても、建屋全体の支持機能が維持されることを、以下の方法にて確認する。

また、評価結果を第 1－5 表及び第 1－6 表に示す。

- ・ 代表評価として外壁厚さ及び建物平面が小さい非常用電源建屋及び主排気筒管理建屋の 2 建屋とする。
- ・ 損傷範囲は長辺方向の外壁一面の深さ 5 cm とする。
- ・ 損傷範囲を減じた軸断面積 A' にて支持重量 W を支えられることを軸応力度 σ (W/A') とコンクリートの許容圧縮応力度 f_c の比較により確認する。

第 1－5 表 非常用電源建屋の損傷後の軸応力評価結果

要素 番号	地上高さ	支持重量	軸断面積		軸 応力度	許容 応力度	断面 裕度
		W	A	A'	σ	f_c	α
	m	kN	m ²	m ²	N/mm ²	N/mm ²	$1 < \alpha$
1	9～14	18858	108.9	106.5	0.18	9.8	56
2	0～9	76772	151.8	149.4	0.51	9.8	19

第 1－6 表 主排気筒管理建屋の損傷後の軸応力評価結果

要素 番号	地上高さ	支持重量	軸断面積		軸 応力度	許容 応力度	断面 裕度
		W	A	A'	σ	f_c	α
	m	kN	m ²	m ²	N/mm ²	N/mm ²	$1 < \alpha$
1	0～4	6040	16.5	15.2	0.40	7.8	20

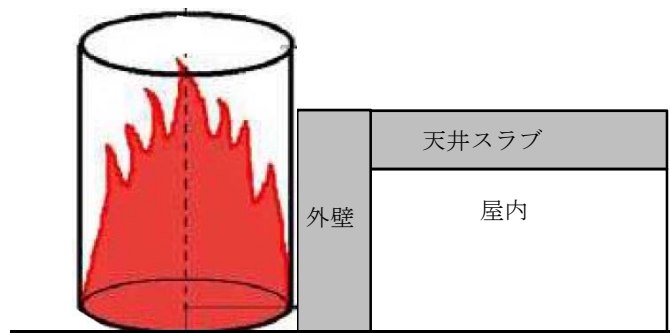
以上より、建物全体の支持機能が損なわれないことを確認した。

d. 天井スラブの評価について

天井スラブの評価は以下の理由により、外壁の評価に包含される。

- i. 火炎長が天井スラブより低い場合、天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響はない。
- ii. 火炎長が天井スラブより高い場合、天井スラブに輻射熱を与えるが、離隔距離が大きくなることから、その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。
- iii. 火炎からの離隔距離が等しいとした場合においても、垂直面（外壁）と水平面（天井スラブ）の形態係数は、垂直面の方が大きいことから、その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。

天井スラブへの熱影響概念図を第1－3図に示す。



第1－3図 天井スラブへ熱影響概念図

なお、対象建屋の最小スラブ厚は15cm以上であり、第4－2図に示すとおり初期温度（50℃）程度となること、また、上記理由

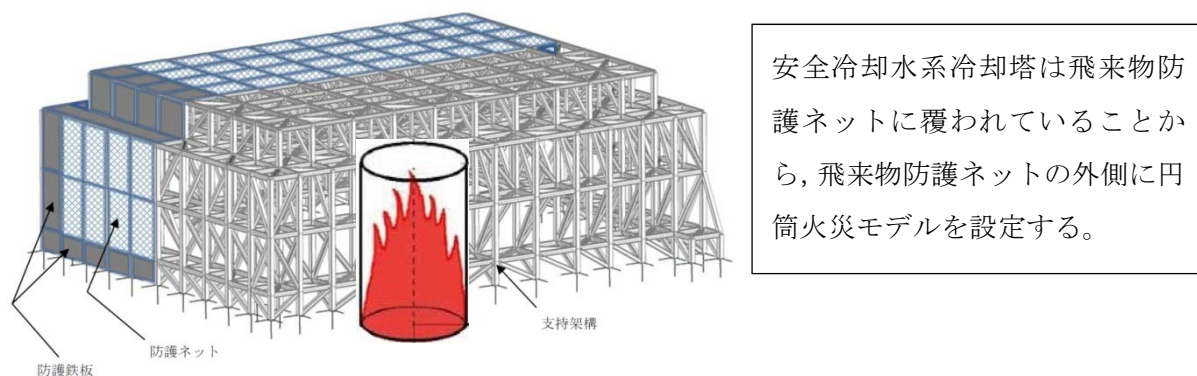
を踏まえると屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能は損なわれない。

(2) 屋外に設置する設計対処施設に対する航空機墜落地点の設定

屋外に設置する設計対処施設のうち、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A/B、再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A/B、主排気筒、屋外ダクト、第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A/B については、竜巻防護対策設備（飛来物防護板、飛来物防護ネット）により竜巻からその機能を防護する設計としている。また、竜巻防護対策設備については、防護対象設備に対して波及的影響を与えることのない設計としている。

上記の設計対処施設については、外部火災防護対象施設を収納する建屋への評価と同様に、設計対処施設の外殻となる竜巻防護対策設備の至近で航空機墜落による火災が発生することを想定し、設計対処施設の安全機能を損なわない設計とする。また、竜巻防護対策設備についても、屋外に設置する設計対処施設に航空機墜落による火災を起因とした波及的影響を与えることのない設計とする。

航空機墜落地点のイメージ図を第1－4図に示す。



第 1 - 4 図 航空機墜落地点のイメージ

(3) 屋外に設置する設計対処施設に対する防護設計

火炎から輻射熱を直接受熱する屋外に設置する設計対処施設及び金属製の飛来物防護板については、火炎からの輻射熱を受けて高温になることが想定されるため、耐火被覆、遮熱板等の防護対策を講ずることにより、設計対処施設の安全機能を損なわない設計とする。

屋外の外部火災防護対象施設は、主要部材である鋼材の強度が維持される温度 325℃以下とすることで、安全機能を損なわない設計とする。また、安全冷却水系冷却塔については、火炎からの輻射強度に基づき算出する冷却水出口温度が最大運転温度以下とすることで、安全機能を損なわない設計とする。

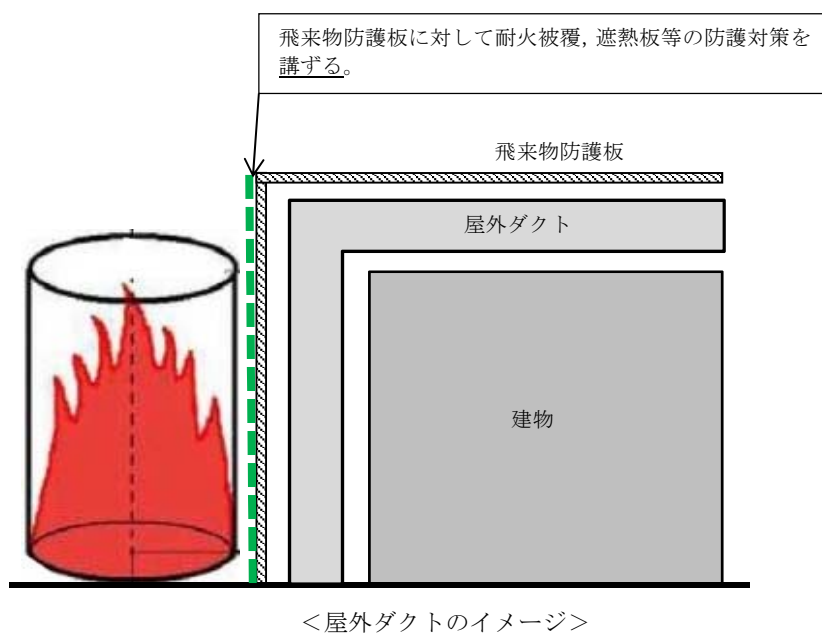
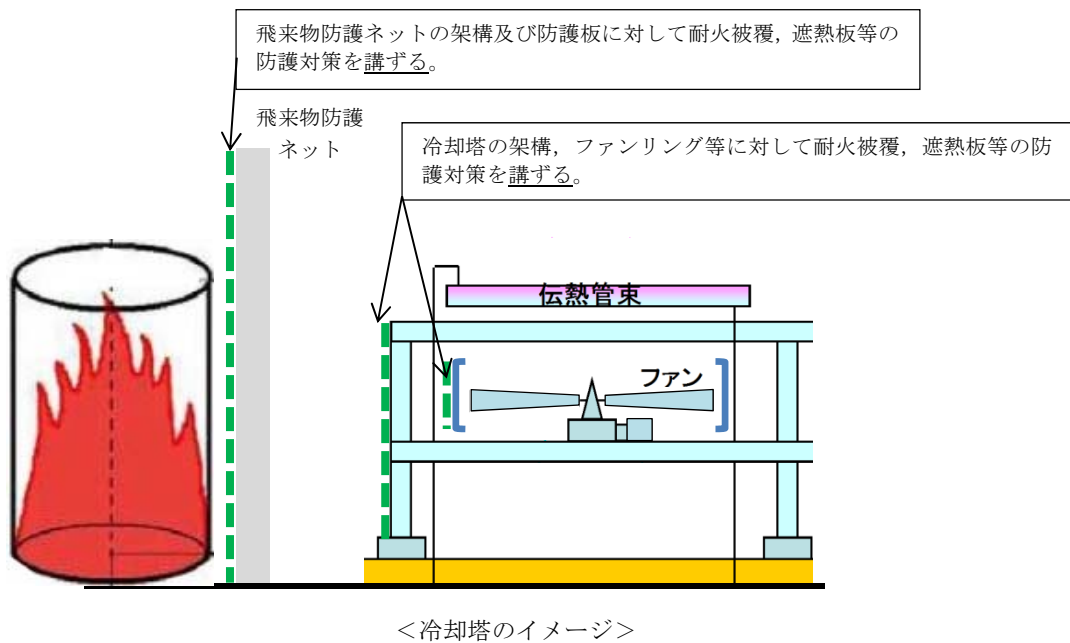
飛来物防護ネットについては、安全冷却水系冷却塔に波及的影響を与える場合は、支持構造物である架構に耐火被覆、遮熱板等の防護対策を講ずる設計とする。

また、第2非常用ディーゼル発電機を収納する非常用電源建屋についても、飛来物防護板を設置することから、上記と同様に防護対策を実施する。

(4) 非常用ディーゼル発電機

第2非常用ディーゼル発電機を収納する非常用電源建屋について、飛来物防護板を設置する。外部火災ガイドを参考とし、飛来物防護板が受ける火炎からの輻射強度を算出する。この輻射強度に基づき飛来物防護板から建屋内への熱影響により算出される、第2非常用ディーゼル発電機の温度を、第2非常用ディーゼル発電機の性能維持に必要な温度以下とすることで、安全機能を損なわない設計とする。また、第2非常用ディーゼル発電機の安全機能に影響がある場合は、飛来物

防護板については耐火被覆, 遮熱板等の防護対策を講ずる設計とする。



第1－5図 防護対策のイメージ

参考文献

- (1) 日本機械学会．伝熱工学資料 改訂第4版．1986．
- (2) 日本建築学会．原子炉建屋構造設計指針 同解説．1988．
- (3) 安部武雄ほか．“高温度における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究”．日本建築学会構造系論文集 第515号．日本建築学会，1999．
- (4) 財団法人日本建築センター．建築火災のメカニズムと火災安全設計

令和 2 年 3 月 13 日 R 4

補足説明資料 6－2（9 条 外部火災）

別紙 1

外部火災に対する耐火被覆対策の有効性確認

1. はじめに

航空機墜落による火災の影響評価結果を踏まえ、外部火災防護施設及び外部火災防護施設への波及影響を及ぼす施設（竜巻対策設備）は必要に応じて耐火被覆等による対策を行う。

対策方法は、耐火被覆，耐火塗料，断熱材，遮熱板が選択肢となる。

この中で、耐火塗料は、火災が発生し鉄骨温度が 250℃程度に上昇すると、塗厚数mmの発泡材が 25～50 倍に発泡することで断熱層を形成し、耐火被覆の機能を果たすといった材料であり、耐火試験により通常の火災における耐火性能が確認されている材料である。一方、耐火塗料は熱的物性値が明確に定まっていないことから、既往の耐火試験データ等を用いて適用確認をすることとする。

以下に、既往の耐火試験データ等を用いて耐火性能の有効性を評価した結果を示す。

2. 航空機墜落による火災の想定について

外部火災防護施設の外壳となる竜巻防護対策設備の至近で航空機墜落による火災が発生することを想定し，火災から輻射熱を直接受熱する飛来物防護板（S U S 製）を代表例として「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参考に火災による影響を確認した。

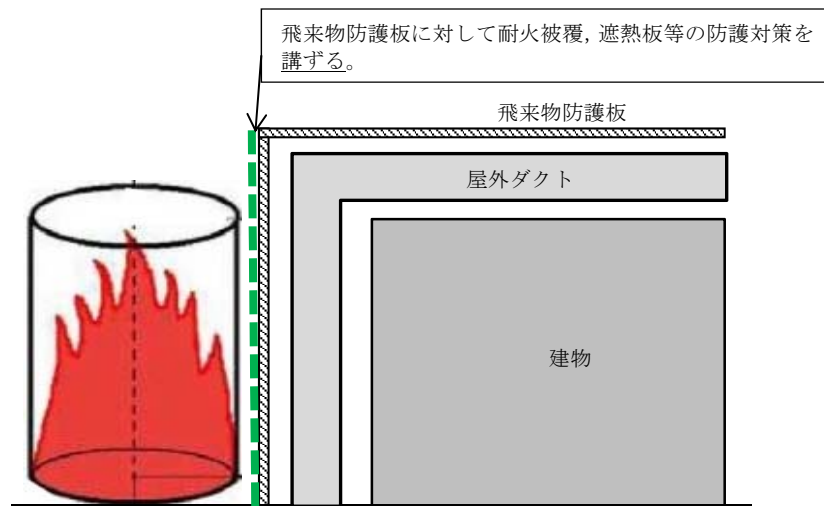


図 1 屋外ダクト火災

3. 許容温度の設定

一般的に，鋼材は温度上昇に伴い強度が低下するが，その高温強度に対する公的規格は存在していない。一方，文献⁽¹⁾⁽²⁾によると，鋼材の高温時における有効降伏応力度は以下の式により近似される。一般的な鋼材の降伏応力度については約 450℃で長期許容応力度相当となる常温時降伏応力度の 2/3 の値となる。

$$\sigma_y(T) = \begin{cases} F & T \leq 325 \\ F \cdot \left(\frac{700 - T}{375} \right) & 325 < T < 700 \end{cases}$$

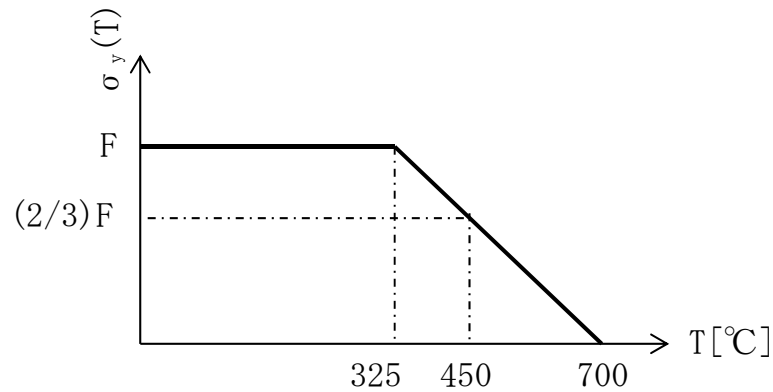


図 2 鋼材の高温時の有効降伏応力度

ただし，発電用原子力設備規格 設計・建設規格（一般社団法人日本機械学会）では，鋼材の制限温度を 350°Cとしていること，また，文献⁽¹⁾⁽²⁾では 325°C以下であれば，強度が常温時と変わらないとしていることから，安全上重要な施設については厳しい評価となるよう，鋼材の強度が常温時と変わらない 325°Cを許容温度として設定した。また，安全上重要な施設以外の評価対象である竜巻防護対策設備については，構造物が崩壊して安全上重要な施設に波及的影響を与えない設計とするため許容温度を 450°Cとする。

4. 飛来物防護板の温度評価について

4. 1 耐火被覆なしの場合

外部火災ガイドを参考として輻射強度（約 30 k W/m²）を算出し輻射強度に対する鋼材の熱伝導を熱移動の経路として設定した(1)から(3)に基づき，代表として鋼材厚さの薄い主排気筒及び屋外ダクトに対して設置する飛来物防護板（S U S 製）の温度を確認した。

評価の結果を図 3 に示す。評価対象の温度は、1,400 秒で 960℃まで温度上昇することとなった。

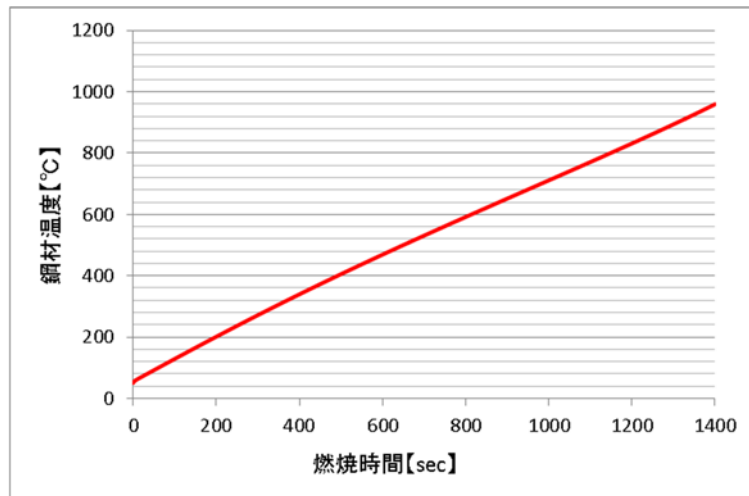


図 3 飛来物防護板（被覆材なし）の温度評価

(1) 火炎から鋼材への輻射

$$Q_{r1} = E \cdot A$$

A : 防護板面積 (m²) (= 1)

(2) 鋼材温度の時間変化

$$(n=1 \text{ 外側}) : \rho cV \frac{d}{dt} T_{c1} = Q_{r1} - Q_c(T_{c1})$$

$$(n=2 \text{ から } n-1 \text{ 鋼材内}) : \rho cV \frac{d}{dt} T_{cn}(t) = Q_c(T_{cn-1}) - Q_c(T_{cn})$$

$$(n=n \text{ 内側}) : \rho cV \frac{d}{dt} T_{cn}(t) = Q_c(T_{cn-1})$$

ρ : 鋼材密度 (kg/m³)

c : 鋼材比熱 (J/kgK)

V : 鋼材体積 (m³)

n : 節点番号

$T_{cn}(t)$: 節点nでの鋼材温度 (°C)

$Q_c(T_{cn})$: 鋼材内の熱伝導 (W)

ステンレス鋼の物性値は、伝熱工学資料改訂第 5 版の SUS304 の物性値より、近似式を作成し設定した。

(3) 鋼材内の熱伝導

$$Q_c(T_{cn}) = \frac{\lambda_c}{L} \cdot A \cdot (T_{cn} - T_{cn+1})$$

λ_c : 鋼材の熱伝達率 (W/mK)

L : 鋼材の区分厚さ (m)

4. 2 耐火塗料の性能確認

既往の知見として IS0834 にて示される標準加熱曲線による加熱を実施した 1 時間耐火試験データがある。耐火塗料を厚さ 2 mm で塗布した鋼材の表面温度及び加熱炉内の温度測定結果から、その性能を確認する。

以下の 3 種の温度データをグラフにて重ね合わせを行う。

- 炉内温度 : 1 時間耐火試験時の炉内温度
- 試験データ : 1 時間耐火試験時の鋼材温度測定結果
- 鋼材内部温度 : 断熱材を貼った鋼材に対して、1 時間耐火試験と同等の加熱を加えた場合の鋼材内部温度評価結果

ここで、断熱材の厚さは鋼材内部温度が試験データと同等の挙動を示すような厚さを繰り返し評価によって決定する。各温度を重ね合わせた結果を以下図 4 に示す。

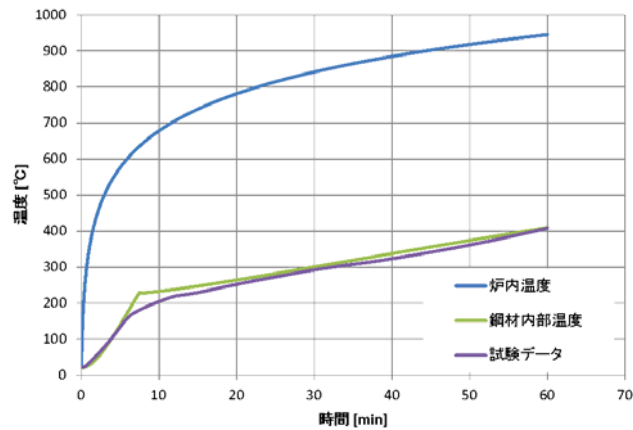


図 4 温度データ

重ね合わせの結果から、塗料の発泡が終了すると想定される 230℃を基点として、加熱開始から 230℃までが厚さ 1 mm 断熱材、230℃以降が厚さ 20mm 断熱材として評価した鋼材内部温度が試験データと同等となる。よって、発泡した耐火塗料には 20mm 断熱材と同等の性能があることが確認できた。

4. 3 耐火塗料塗布後の鋼材温度評価

耐火塗料 2 mm を塗布した鋼材に対して航空機墜落火災の輻射熱量を加えた想定の特評価を行う。耐火塗料の想定として 4. 2 項で算出した 1 mm 及び 20mm の断熱材を鋼材に貼った条件で評価を行う。さらに、熱影響評価においては輻射熱量を一定とし、全ての輻射熱量を断熱材表面で受け取ることとする。

ここで、4. 1 の評価と同様の評価を行う場合、直接輻射熱を受ける断熱材の温度は火炎温度よりも上昇するという、実現象と乖離した評価結果となる。これにより、断熱材温度が熱物性値の適用範囲外となることから、塗料の妥当性を確認することが困難となる。

そこで、受熱する輻射熱量について、熱源である火炎の温度を輻射熱量から算出し、火炎温度一定として温度差により断熱材が輻射熱の影響を受ける評価を行う。ここで、火炎の温度の設定は、航空機墜落火災の火炎の輻射熱を 58 kW/m^2 とし、評価対象の初期温度を 50°C とし、火炎と評価対象の間の温度差と輻射熱量の関係から算出した $1,232^\circ\text{C}$ を切り上げて $1,500^\circ\text{C}$ とする。

火炎の温度は、無限平行平板間のふく射熱エネルギー算出式である以下の式を用いて、算出する。

$$E = \sigma A \epsilon (T_f^4 - T_w^4)$$

E : 火炎のふく射発散 $[\text{W/m}^2]$

σ : ステファン・ボルツマン定数

A : 単位面積 (1 m^2 とする。)

ϵ : 放射率 (厳しい側として 0.2 とする。)

T_f : 火炎の温度 $[\text{K}]$

T_w : 鋼材表面の初期温度 ($50^\circ\text{C} = 323.15 \text{ K}$ とし設定する。) $[\text{K}]$

航空機墜落火災による火炎温度一定とした鋼材温度の評価結果を以下図 5 に示す。

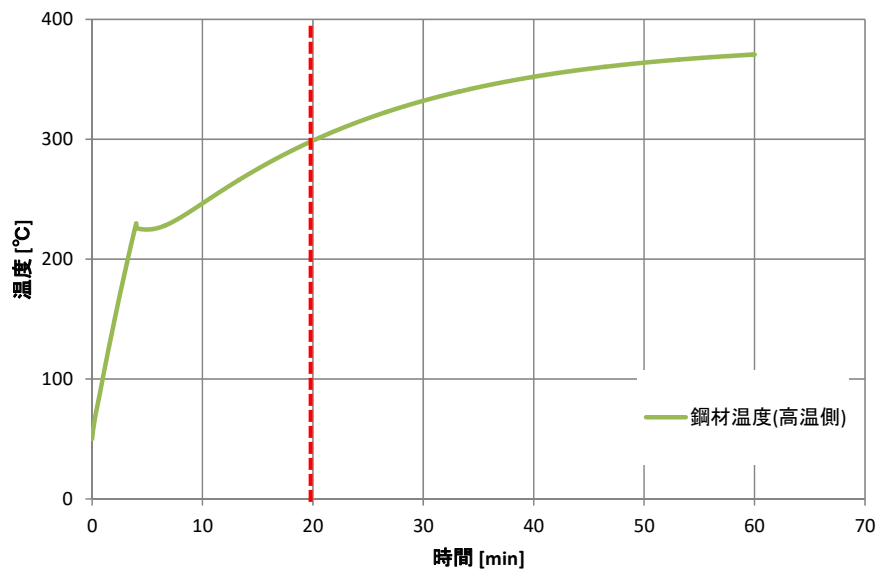


図 5 火炎温度一定評価結果

評価の結果，塗料を 2 mm 厚さで塗布することで，火災発生から 20 分後の鋼材温度が 300°C 程度となることから，耐火塗料により鋼材温度を制限温度（325°C）以下に抑えることが可能であることが評価により確認された。

なお，参考として耐火塗料 2 mm を塗布した SUS 9 mm 板に対する加熱試験も実施する。

5. 参考文献

- (1) 2001 年版 耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説，国土交通省住宅局建築指導課他
- (2) 建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター

参考：耐火塗料に対する加熱試験

1. はじめに

航空機墜落による火災の影響評価結果を踏まえ、外部火災防護施設及び外部火災防護施設への波及影響を及ぼす施設（竜巻対策設備）は必要に応じて耐火被覆等による対策を行う。

補足説明資料に記載した通り、既往の耐火試験データ等を用いて耐火性能の有効性を評価した結果から塗料に対する成立性は示された。

ここでは、参考として加熱試験を実施するため、その内容を以下に示す。

2. 加熱試験の目的

工事施工上の参考情報取得を目的として加熱試験を実施し、実際に火災の熱影響の緩和効果を確認する。

耐火試験にあたって、補足説明資料において成立性を確認した耐火塗料 2 mm を塗布した SUS 9 mm 板（以下、試験体という。）への加熱試験を実施し、実際に試験体の温度が制限温度以下となることを確認する。

3. 試験概要

試験体に対して、現実の状態を想定した耐火試験を実施し、塗料によって鋼材温度が制限温度を超えないことを示す。試験において、外部火災ガイドを参考として設定した熱評価条件と一致させる条件を以下に示す。

表 1 試験条件

項目	単位	値
火炎のふく射強度	W/m ²	29, 400
燃焼時間	s	1, 400
試験体の鋼材形状	SUS 9 mm板	

本試験にあたっては、加熱炉の前面に鉄板を設置し、一定温度の発熱面を設置し、火炎のふく射熱量が一定となる条件を模擬する。

火炎側のふく射熱は一定として試験を行うが、試験体温度が上昇するにしたがって現実には受熱量が変動するが、塗料を断熱材として想定した評価についても、温度変化による受熱量の変動を見込んでいることから試験を実施するにあたって影響は少ない。

また、試験体の周囲温度等の環境要因によって放熱が発生するが、評価結果が放熱のない安全側の評価結果であることから、評価結果を大きく超える温度上昇はないと想定される。よって、評価結果を超えない温度上昇であれば、評価の妥当性に対する参考資料としての確認できる。

試験概要図を、以下図 6 に示す。

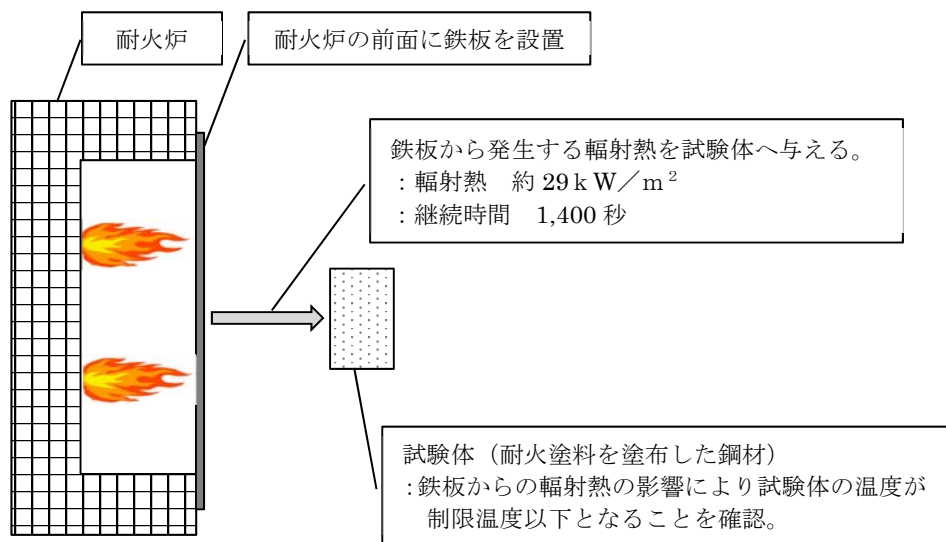


図 6 試験概要

令和 2 年 3 月 13 日 R 6

補足説明資料 6－3（9 条 外部火災）

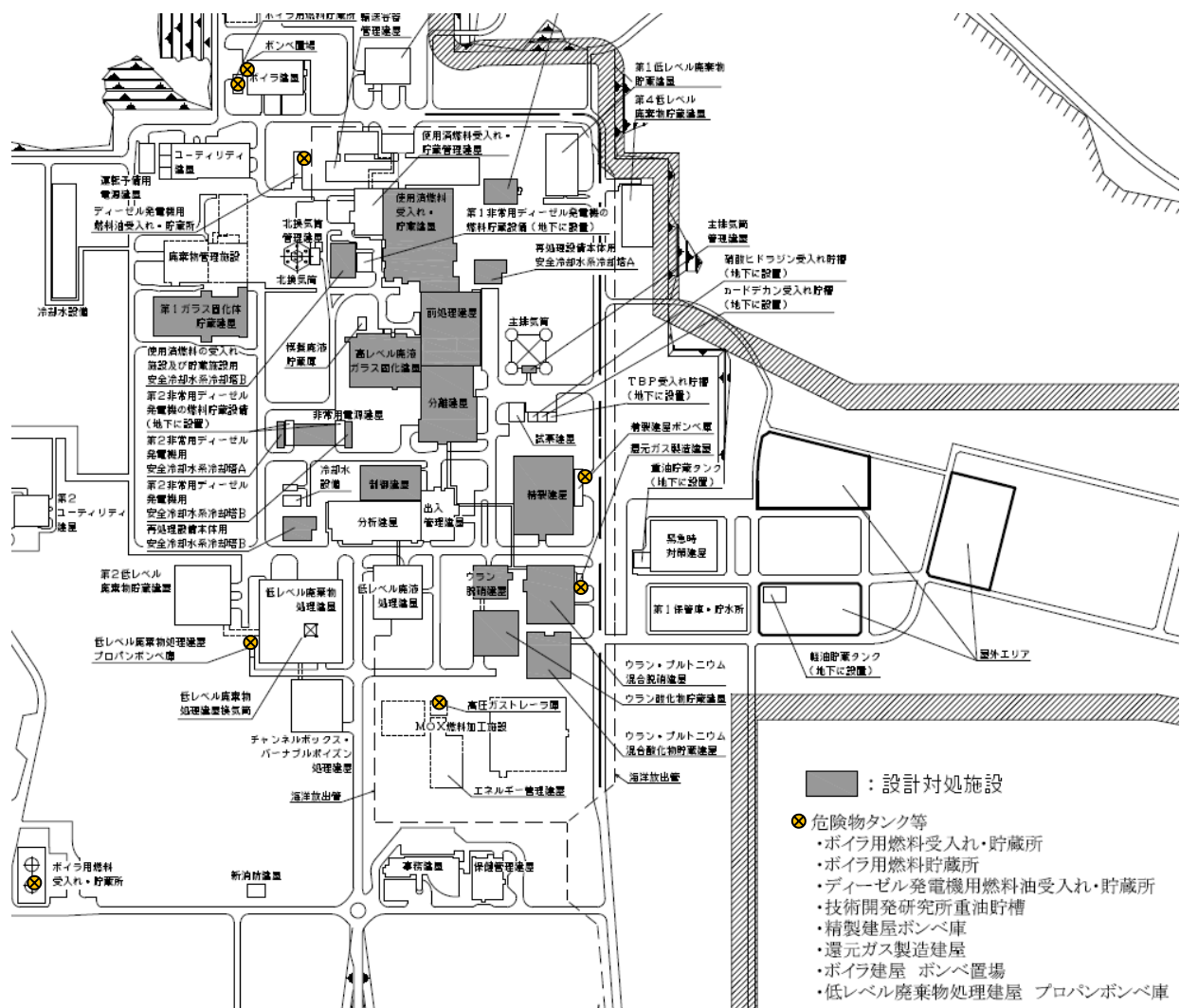
航空機墜落による火災と敷地内の危険物タンク等の重畳について

1. 航空機墜落による火災と敷地内の危険物タンク等の重畳について

敷地内に存在する危険物タンク等の対象を第1-1表に、敷地内の配置を第1-1図に示す。

第1-1表 敷地内に存する危険物タンク等

危険物タンク等	貯蔵物
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	重油
ボイラ用燃料貯蔵所	重油
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	重油
技術開発研究所重油貯槽	重油
精製建屋ボンベ庫	水素
還元ガス製造建屋	水素
ボイラ建屋 ボンベ置場	プロパン
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	プロパン



第 1 - 1 図 敷地内に存在する危険物タンク等の配置

(1) 重油タンク火災の影響について

航空機墜落火災に対する重油タンク火災の影響については、発生熱量が大きく設計対処施設に与える影響が大きい事象を想定する。発生熱量が一番大きくなる想定として、重油タンクが航空機墜落により火災を発生させることを想定する。第1－2表に、重油を貯蔵する危険物タンク等と設計対処施設との離隔距離を示す。

航空機が危険物タンク等に直撃し、危険物および航空機燃料による重畳火災を想定したとしても、設計対処施設との間には第1－2表に示す離隔距離があることから、離隔距離が最も短いディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の重畳火災により、設計対処施設である使用済燃料受入れ・貯蔵建屋が受ける輻射強度は 1 kW/m^2 程度であり、設計対処施設の直近で航空機墜落による火災を想定した場合の輻射強度(30 kW/m^2)よりも小さく、設計対処施設の直近における航空機墜落による火災評価に包含される。

第1－2表 危険物タンク等の火災の影響評価の対象となる設計対処施設

	危険物タンク等	設計対処施設	離隔距離 (m)
外部火災防護 対象施設を収 納する建屋に 対する熱影響 評価	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	ウラン酸化物貯蔵建屋	580
	ボイラ用燃料貯蔵所	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	210
	ディーゼル発電機用燃料油受 入れ・貯蔵所	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	100
屋外に設置す る設計対処施 設に対する熱 影響評価	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	再処理設備本体用 安全冷却水 系冷却塔 B	490
	ボイラ用燃料貯蔵所	使用済燃料の受入れ施設及び 貯蔵施設用 安全冷却水系冷却 塔 B	210
	ディーゼル発電機用燃料油受 入れ・貯蔵所	使用済燃料の受入れ施設及び 貯蔵施設用 安全冷却水系冷却 塔 B	100

(2) 可燃性ガスを貯蔵するボンベ庫の爆発の影響について

低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫及びボイラ建屋 ボンベ置場については、設計対処施設からの離隔距離が十分あることを踏まえ、外部火災ガイドを参考とし危険限界距離を算出し、至近の設計対処施設までの離隔距離が確保されていることを確認する。

精製建屋ボンベ庫及び還元ガス製造建屋については、設計対処施設に隣接しており、危険限界距離の確保では出来ない。そのため、爆風圧により隣接する設計対処施設が影響を受けないことを確認する。

a. 危険限界距離の評価

低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫及びボイラ建屋 ボンベ置場については、外部火災ガイドを参考とし、[1] 式より危険限界距離を算出し、至近の設計対処施設までの離隔距離が確保されていることを確認する。

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W} \dots [1]$$

ここで、

X : 危険限界距離 (m)

λ : 換算距離

K : プロパンの定数

W : 設備定数

ボイラ建屋 ボンベ置場及び低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫の計算条件を第 1 - 3 表及び第 1 - 4 表に示す。

第 1－3 表 ボイラ建屋 ボンベ置場の計算条件

項目	記号	数値	単位
換算距離	λ	14.4	$\text{m} \cdot \text{k g}^{-1/3}$
プロパンの定数	K	888,000 (100℃以上の値)	—
設備定数	W	0.15	—

第 1－4 表 低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫の計算条件

項目	記号	数値	単位
換算距離	λ	14.4	$\text{m} \cdot \text{k g}^{-1/3}$
プロパンの定数	K	888,000 (100℃以上の値)	—
設備定数	W	$(2.975)^{0.5*1}$	—

* 1 : ガス質量が 1 t 以上のため, 平方根の値を用いる。

評価の結果を第 1－5 表に示す。評価の結果，爆発源と至近の設計対
処施設の離隔距離は危険限界距離以上確保されている。

第 1－5 表 危険限界距離の評価結果

危険物タンク等	至近の設計対処施設	危険限界距離 (m)	離隔距離 (m)
ボイラ建屋 ボンベ置場	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	32	118
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B	24	132

b. 爆風圧の評価

精製建屋ボンベ庫及び還元ガス製造建屋に収容する可燃性ガスボンベの爆発によって発生する爆風圧から隣接する建屋外壁の評価対象部にかかる曲げモーメント及びせん断力を算出し、建屋外壁の許容応力以下であることを確認する。

評価においては厳しい評価となるように対象外壁の支持状況に応じて梁部材とみなして評価を実施する。

i. 爆風圧の算出

外部火災ガイドを参考とし〔2〕式より換算距離を算出する。

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W} \quad \dots [2]$$

ここで、

X ：離隔距離（m）

λ ：換算距離（m・kg^{-1/3}）

K ：定数

W ：設備定数

換算距離は外部火災ガイドが参考としている指針⁽¹⁾から圧力の近似式として表すことができるため、〔3〕式に代入して爆風圧を算出する。

$$\lambda = 3.2781 P^{-0.48551} \quad \dots [3]$$

ここで、

P ：爆風圧（kgf/cm²）　ただし、 $P \geq 0.65$

ii. 曲げモーメントの算出

算出した爆風圧から梁部材の等分布荷重状態における最大曲げモー

メントを[4]式より, また, 許容曲げモーメントを[5]式より算出する。

$$M = \frac{wl^2}{8} \quad \cdots [4]$$

ここで,

M : 曲げモーメント (N・m)

w : 爆風圧による荷重 (N/m)

l : 支持スパン (m)

$$M_a = A \times ft \times j \quad \cdots [5]$$

ここで,

M_a : 許容曲げモーメント (N・m)

A : 鉄筋量 (mm²)

$f t$: 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

j : 応力中心間距離 (mm)

iii. セン断力の算出

算出した爆風圧から梁部材の等分布荷重状態における最大せん断力を[6]式より, また, 許容せん断力を [7]式より算出する。

$$Q = \frac{wl}{2} \quad \cdots [6]$$

ここで,

Q : セン断力 (N)

w : 爆風圧による荷重 (N/m)

l : 支持スパン (m)

$$Q_a = fs \times b \times j \quad \cdots [7]$$

ここで,

Q_a : 許容せん断力 (N)

f_s : コンクリート許容せん断応力度 (N/mm^2)

b : 梁幅 (mm)

j : 応力中心間距離 (mm)

爆発源の評価に係る計算条件を第 1 - 6 表～第 1 - 8 表に示す。

iv. 評価結果

評価の結果を第 1 - 9 表に示す。爆風圧による荷重は建屋外壁の許容応力未満である。

第 1－6 表 爆発源の評価条件

危険物タンク等	貯蔵物	設備定数 W (m^3)	水素の 定数K ⁽¹⁴⁾	至近の建屋	離隔 距離*1 X (m)
精製建屋 ボンベ庫	水素	626	2,860,000	精製建屋	6
還元ガス 製造建屋		280		ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋	5

* 1 : 危険物タンク等の中心から至近の建屋外壁表面までの距離。

第 1－7 表 評価対象部の条件（精製建屋）

項目	記号	数値	単位
スパン	l	8.2	m
梁幅	b	1.0	m
配筋	—	S D345 D38@200	—
外壁厚さ	—	1,200	mm
鉄筋量	A	5,700	mm^2
鉄筋の許容引張応力度	f_t	345	N/mm^2
応力中心間距離	j	945	mm
コンクリート許容 せん断応力度	f_s	1.18	N/mm^2

第 1－8 表 評価対象部の条件（ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋）

項目	記号	数値	単位
スパン	l	8.0	m
梁幅	b	1.0	m
配筋	—	S D345 D38@200	—
外壁厚さ	—	1,200	mm
鉄筋量	A	5,700	mm ²
鉄筋の許容引張応力度	f_t	345	N/mm ²
応力中心間距離	j	945	mm
コンクリート許容せん断応力度	f_s	1.18	N/mm ²

第 1－9 表 爆風圧に対する評価結果

危険物タンク等	至近の建屋	爆風圧による荷重		許容応力	
		曲げモーメント (k N・m)	せん断力 (k N)	曲げモーメント (k N・m)	せん断力 (k N)
精製建屋 ボンベ庫	精製建屋	1,200	580	1,800	1,100
還元ガス 製造建屋	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	950	480	1,800	1,100

参考文献

- (1) 消防庁特殊災害室. 石油コンビナートの防災アセスメント指針. 2013.

令和 2 年 3 月 13 日 R 2

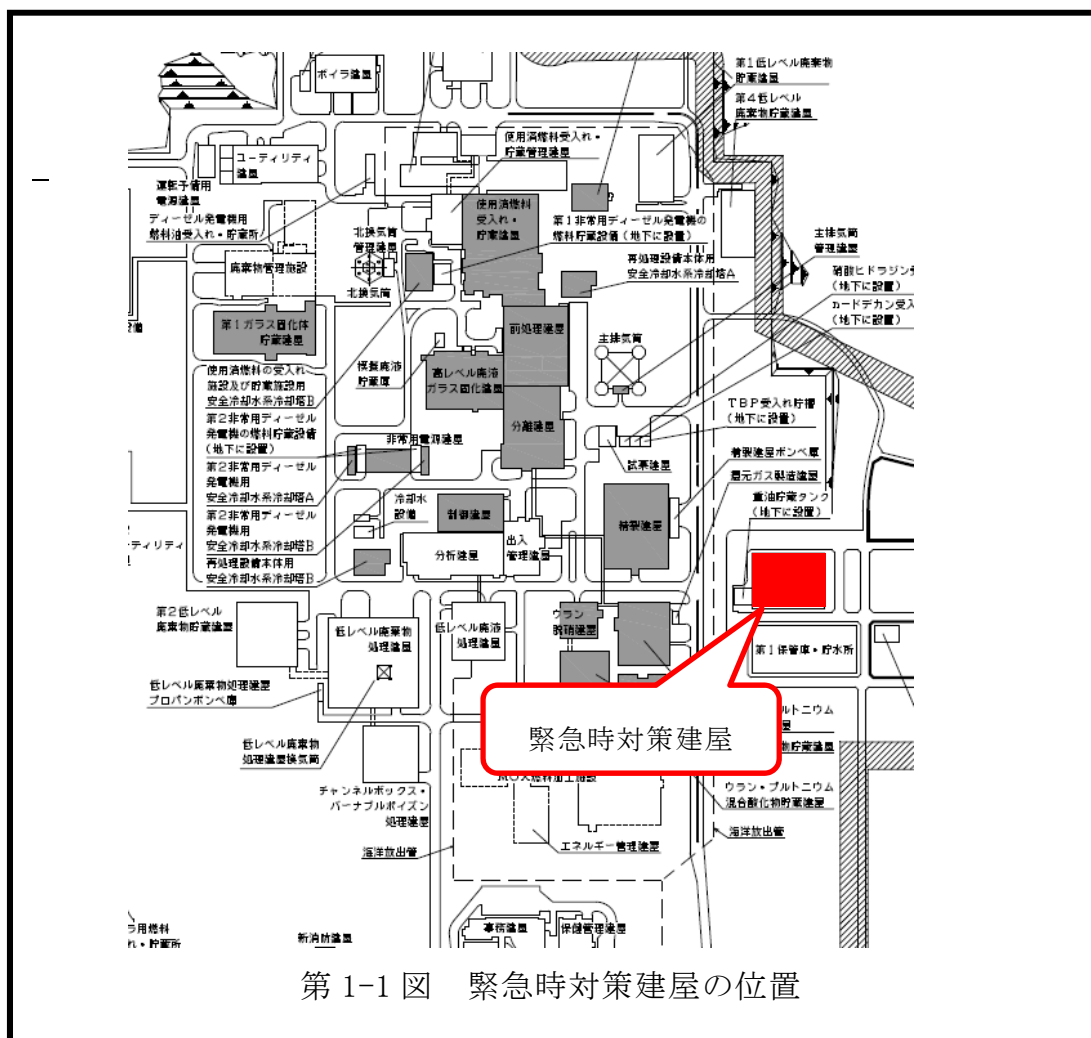
補足説明資料 8－3（9 条 外部火災）

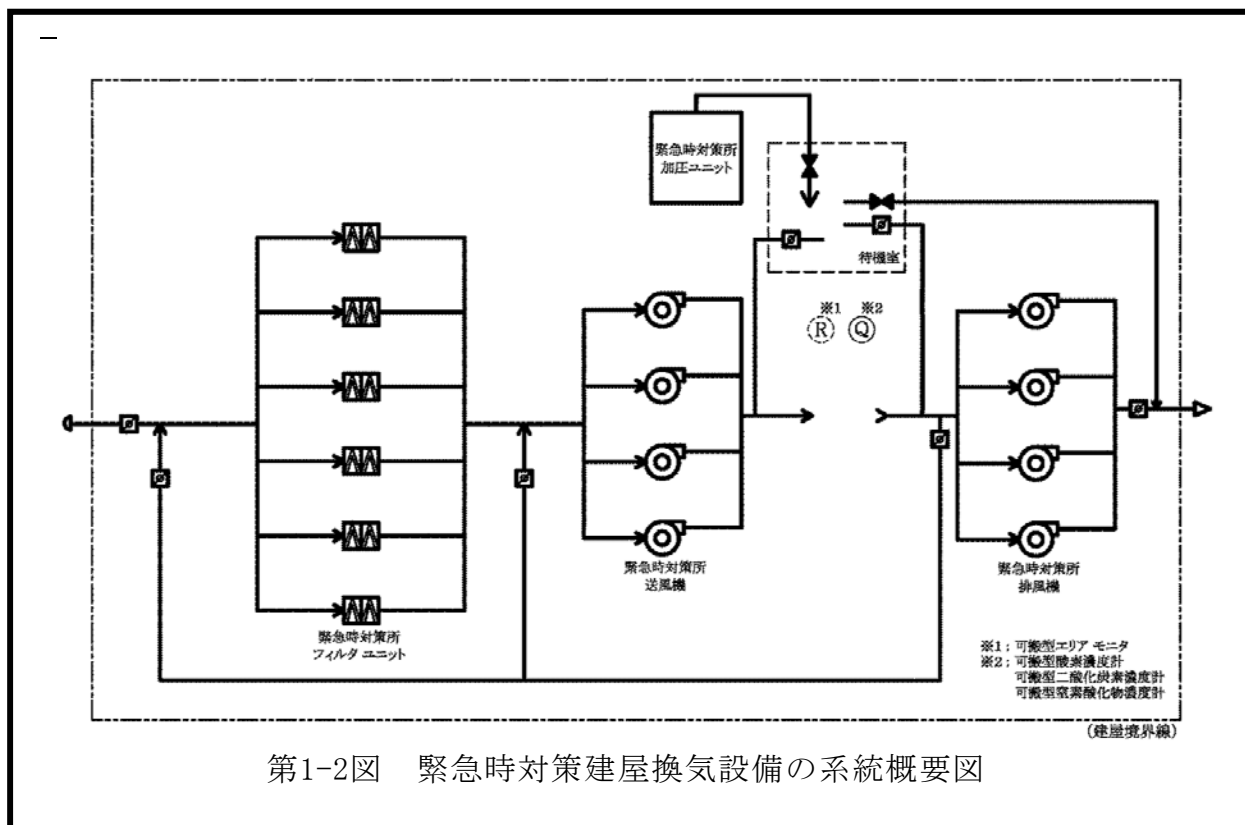
緊急時対策所の居住性について

1. 概要

外部火災時の緊急時対策所の居住性の評価として、外気取入れ遮断時の緊急時対策所内に滞在する緊急時対策要員の作業環境の劣化防止のため、二酸化炭素濃度について評価を行った。

緊急時対策所がある緊急時対策建屋の位置を第 1-1 図に示す。また、緊急時対策所換気設備の系統概要図を第 1-2 図に示す。





2. 評 価

(1) 評価条件

- ・ 在室人員 360 人（緊急時対策所に収容する最大の対策要員数）
- ・ 換気エリア内空気量 $59,300\text{m}^3$
- ・ 初期二酸化炭素濃度 0.03%
- ・ 評価結果が保守的になるよう空気流入は無いものとして評価する。
- ・ 1 人あたりの二酸化炭素吐出量は，事故時の運転操作を想定し，中等作業での吐出量^{※1}を適用して， $0.046\text{m}^3/\text{h}$ とする。
- ・ 許容濃度 1.0%未満^{※2}

※1 空気調和・衛生工学便覧 第14版 3 空気調和設備編

※2 鉱山保安法施行規則

(2) 評価結果

評価条件から求めた二酸化炭素濃度は、第 2-1 表のとおりであり、外気取入を遮断しても約 30 時間まで緊急時対策所に滞在可能である。

敷地内で発生する火災において、最も長い燃焼継続時間であるボイラ用燃料油受入れ・貯蔵所の約 20 時間に対して余裕があり、運転員の作業環境に影響を及ぼすことはない。

第 2-1 表 外気遮断時の二酸化炭素濃度

時間	10 時間	20 時間	30 時間	40 時間	50 時間	52 時間
二酸化炭素濃度	0.31%	0.59%	0.87%	1.15%	1.43%	1.48%

令和2年 3 月 13 日 R 1

補足説明資料 11－1 （9 条 外部火災）

運用, 手順説明資料 外部からの衝撃による損傷の防止 (外部火災)

表 設計基準に係る運用対策等 (1 / 2)

事業指定基準 対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第九条 外部からの衝撃による損傷の防止 (外部火災)	防火帯の維持・管理	運用・手順	・防火帯上への駐車禁止等の措置, 防火帯のパトロール
		体制	・担当課による防火帯の維持・管理
		保守・点検	・防火帯の維持・管理
		教育・訓練	・火災防護に関する教育 (防火帯の目的, 点検・維持)
	植生の維持・管理	運用・手順	・敷地内外のパトロール, 植生の維持・管理
		体制	・担当課による植生の維持・管理
		保守・点検	・解析で想定した植生の維持・管理
		教育・訓練	・火災防護に関する教育 (植生の維持・管理の目的, 点検・維持)
	知見の収集 (敷地周辺の植生及び立地条件)	運用・手順	・外部火災影響評価ガイドを参考に, 外部火災影響評価を行う。
		体制	・担当課による外部火災影響評価
		保守・点検	—
		教育・訓練	・火災防護に関する教育
	知見の収集 (石油コンビナート等の新設, 離隔距離, 貯蔵容量)	運用・手順	・外部火災影響評価ガイドを参考に, 外部火災影響評価を行う。
		体制	・担当課による外部火災影響評価
		保守・点検	—
		教育・訓練	・火災防護に関する教育
	知見の収集 (航空路等の変更)	運用・手順	・外部火災影響評価ガイドを参考に, 外部火災影響評価を行う。
		体制	・担当課による外部火災影響評価
		保守・点検	—
		教育・訓練	・火災防護に関する教育

表 設計基準に係る運用対策等（２／２）

事業指定基準 対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第九条 外部からの衝撃による損傷の防止 （外部火災）	初期消火活動要員による初期消火活動	運用・手順	・火災発生現場の確認，中央制御室への連絡 ・消火器，消火栓を用いた消火活動及び化学消防自動車，水槽付消防ポンプ自動車を用いた消火活動
		体制	・自衛消防隊
		保守・点検	・化学消防自動車及び水槽付消防ポンプ自動車の点検 ・消火設備（消火器，消火栓等）の点検 ・消防用資機材（防火服，空気呼吸器等）の点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	・初期消火対応要員の力量を維持するための教育，訓練 ・自衛消防隊に対する消火訓練，資機材取扱訓練 ・外部機関（海上災害防止センター等）での消火訓練 等
	自衛消防隊への連絡	運用・手順	・通報連絡責任者等による自衛消防隊への連絡
		体制	・自衛消防隊への連絡
		保守・点検	・通報設備の点検
		教育・訓練	・火災防護に関する教育 ・消防要員等による総合的な初期消火訓練
	公的消防への通報	運用・手順	・火災発見者，当直長による公的消防への通報
		体制	・自衛消防隊
		保守・点検	・通報設備の点検
		教育・訓練	・火災防護に関する教育（公的消防への通報）
	外気取入れダンパ閉，閉回路循環運転	運用・手順	・外気取入れダンパ閉，閉回路循環運転の手順
		体制	・運転員による運転操作
		保守・点検	・換気空調設備の点検
		教育・訓練	・操作手順の教育（運転員による外部火災発生時の外気取入れダンパ閉，閉回路循環運転） ・補修に関する教育・訓練（換気空調設備）