

【公開版】

提出年月日	令和2年2月27日	R3
日本原燃株式会社		

六ヶ所廃棄物管理施設における
新規制基準に対する適合性

安全審査 整理資料

第8条：外部からの衝撃による損傷の防止
(外部火災)

1章 基準適合性

目 次

1 章 基準適合性

1. 基本方針

- 1. 1 要求事項の整理
- 1. 2 要求事項に対する適合性
- 1. 3 規則への適合性

2. 安全設計方針

3. 外部火災防護施設

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 危険距離の確保及び熱影響評価について
- 4. 9 異種の自然現象の重畳との組合せ

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 敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等の火災及び爆
発
- 5. 4 近隣工場等の火災と森林火災の重畳評価
- 5. 5 敷地内に存在する廃棄物管理施設の危険物タンク等の火災

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及び離隔距離の設定

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廃棄物管理施設の危険物タンク等の 火災の重畳について

7. 危険物タンク等への熱影響

7. 1 概 要

7. 2 熱影響について

7. 3 近隣工場等の爆発の影響について

8. 二次的影響評価

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. 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、事業許可基準規則第八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、事業許可基準規則第八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 事業許可基準規則第八条と再処理施設安全審査指針 比較表 (1/3)

事業許可基準規則 第八条 (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
<p>1 廃棄物管理施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全性を損なわないものでなければならぬ。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第1項に規定する「想定される自然現象」とは、廃棄物管理施設の敷地及びその周辺の自然環境を基に、最新の科学的知見に基づき、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、森林火災等から適用されるものをいう。なお、必要のある場合には、異種の自然現象の重量を考慮すること。</p> <p>2 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。）が発生した場合においても安全性を損なわないもの」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廃棄物管理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性が達成されることをいう。</p>	<p>再処理施設安全審査指針</p> <p>指針1. 基本的立地条件</p> <p>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。</p> <p>1. 自然環境</p> <p>(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</p> <p>(2) 地盤、地耐力、断層等の地質及び地形等</p> <p>(3) 風向、風速、降雨量等の気象</p> <p>(4) 河川、地下水等の水象及び水理</p> <p>(解説)</p> <p>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。</p>	<p>追加要求事項</p>

第1-1表 事業許可基準規則第八条と再処理施設安全審査指針 比較表 (2/3)

<p>事業許可基準規則 第八条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p>	<p>再処理施設安全審査指針</p>	<p>備考</p>
	<p>指針14 地震以外の自然現象に対する考慮</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 	<p>前記のとおり</p>

第1-1表 事業許可基準規則第八条と再処理施設安全審査指針 比較表 (3/3)

事業許可基準規則	再処理施設安全審査指針	備考
<p>第八条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>2 廃棄物管理施設は、事業所又はその周辺において想定される当該廃棄物管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。)に対して安全性を損なわないものでなければならぬ。</p> <p>(解釈)</p> <p>3 第2項に規定する「想定される当該廃棄物管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選択されるものであり、飛来物(航空機落下等)、ダム崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突又は電磁的障害等をいう。なお、「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))等を参考にし、防護設計の要否について確認すること。近隣工場における事故については、事故の種類と施設までの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、廃棄物管理施設の安全性を確保する上で必要な施設が適切に保護されていることを確認すること。</p>	<p>再処理施設安全審査指針</p> <p>指針1 基本的立地条件</p> <p>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。</p> <p>2 社会環境</p> <p>(1) 近接工場における火災、爆発等</p> <p>(2) 航空機事故等による飛来物等</p> <p>(3) 水の利用状況、飲食物の生産・流通状況、人口分布状況等</p> <p>(解説)</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>追加要求事項</p>

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

廃棄物管理施設は、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性を損なわない設計とする。

なお、廃棄物管理施設の敷地で想定される自然現象のうち、洪水、地滑りについては、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

また、廃棄物管理施設は、廃棄物管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廃棄物管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。）に対して安全性を損なわない設計とする。

なお、廃棄物管理施設の敷地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性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、廃棄物管理施設が安全性を損なわないために必要な安全上重要な施設以外の施設又は設備等への措置を含める。

(2) 外部火災

廃棄物管理施設のうち安全上重要な施設は、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防護する施設（以下「外部火災防護対象施設」という。）とし、その安全性を損なわない設計とする。その他の安全性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を組み合わせることにより、安全性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）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。）の火災又は爆発及び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、廃棄物管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、外部火災防護対象施設を収容する建屋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性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、外部火災防護対象施設を収容する建屋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性を損なわない設計とする。

航空機墜落による火災については、落下確率が 10^{-7} （回/年）以上になる範囲のうち設計対処施設への影響が最も厳しくなる地点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、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。

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、外気を直接設備内に取り込む外部火災防護対象施設に適切な防護対策を講じることで、外部火災防護対象施設の安全性を損なわない設計とする。なお、有毒ガスによる影響をうける外部火災防護設備はないことから考慮の対象としない。

1. 3 規則への適合性

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第八条 廃棄物管理施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全性を損なわないものでなければならない。

2 廃棄物管理施設は、事業所又はその周辺において想定される当該廃棄物管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。）に対して安全性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項について

廃棄物管理施設は、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。）に対して廃棄物管理施設の安全性を損なわない設計とする。

(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「FARSITE」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、外部火災防護対象施設を収容する建屋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性を損なわない設計とする。

その他の安全性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補修を行うこと又はそれらを組み合わせることにより、安全性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、外気を直接設備内に取り込む外部火災防護対象施設は、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性を損なわない設計とする。

第3項について

安全性を有する施設は、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、廃棄物管理施設の立地及び周辺環境を踏まえて廃棄物管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、再処理施設のボイラ建屋 ボンベ置場及び低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫及び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を対象とする。

再処理施設のボイラ建屋 ボンベ置場及び低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫は、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ため、爆発に至ることはなく、設計対処施設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性を損なわない。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、設計対処施設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性を損なわない。

また、設計対処施設は、対象とした高圧ガス貯蔵施設からの爆発に対する危険限界距離以上の離隔距離を確保し、外部火災防護対象施設の安全性を損なわない設計とする。

(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 km 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 km）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容する建屋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性を損なわない設計とする。

また、敷地内に存在する廃棄物管理施設の危険物タンク等及び廃棄物管理施設以外の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容する建屋の外壁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性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、設計対処施設への影響が最も厳しくなる航空機落下の発生確率が 10^{-7} 回/年となる地点に航空機落下による火災が発生することを想定し、火炎からの輻射強度の影響により、外部火災防護対象施設を収容する建屋の外壁における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性を損なわない設計とする。

また、航空機墜落による火災と廃棄物管理施設の危険物タンク等の火災との重畳を想定し、火炎からの輻射強度の影響により、外部火災防護対象施設を収容する建屋の外壁における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性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、外気を直接設備内に取り込む外部火災防護対象施設は、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性を損なわない設計とする。また、ばい煙及び有毒ガスが制御室の居住性に影響を及ぼすおそれがある場合には、必要に応じて制御室内の運転員の退避の措置を講ずる。

2. 安全設計方針

原子力規制委員会の定める「廃棄物管理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年11月27日原子力規制委員会規則第三十一号）」第八条では、外部からの衝撃による損傷防止として、廃棄物管理施設は、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性を損なわないものでなければならないとしている。

廃棄物管理施設は、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性を確保するために、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性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性が損なわれないことを確認する施設を、全ての廃棄物管理施設の構築物、系統及び機器とする。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。）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及び遮蔽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、安全性を損なわない設計とする。また、外部火災の二次的影響（ばい煙）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。

上記に含まれない廃棄物管理施設については、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、安全性を損なわない設計とす

る。

なお、ガラス固化体輸送容器（以下、「キャスク」という。）にガラス固化体が収納されたガラス固化体収納キャスクは廃棄物管理施設内に一時的に保管されることを踏まえ、降下火砕物によりガラス固化体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】

ここでの外部火災としては、「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。

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廃棄物管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。

【補足説明資料 2-2】

外部火災にて想定する火災及び爆発を第1.6-12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1.6-13表及び第1.6-14表に、

危険物タンク等の配置を第2-1図に示す。

第 1.6-12 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廃棄物管理施設に迫る火災
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
	敷地内に存在する廃棄物管理施設の危険物タンク等の火災
	敷地内に存在する廃棄物管理施設以外の危険物タンク等の火災
	敷地内に存在する廃棄物管理施設以外の危険物タンク等の水素ガス及びプロパンガスの爆発
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 発火点を設定した廃棄物 管理施設に迫る火災	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 火炎の到達時間 ・ 防火帯幅 ・ 熱影響 ・ 危険距離 ・ 二次的影響 (ばい煙)
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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 危険輻射強度 ・ 熱影響 ・ 二次的影響 (ばい煙)
	敷地内に存在する廃棄物 管理施設の危険物タンク 等の火災	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱影響 ・ 二次的影響 (ばい煙)
	敷地内に存在する廃棄物 管理施設以外の危険物タ ンク等の火災		
	敷地内に存在する廃棄物 管理施設以外の危険物タ ンク等の水素ガス及びプ ロパンガスの爆発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 航空機落下の発生確率が 10^{-7} 回/年となる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 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱影響 ・ 二次的影響 (ばい煙)
	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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱影響 ・ 危険限界距離

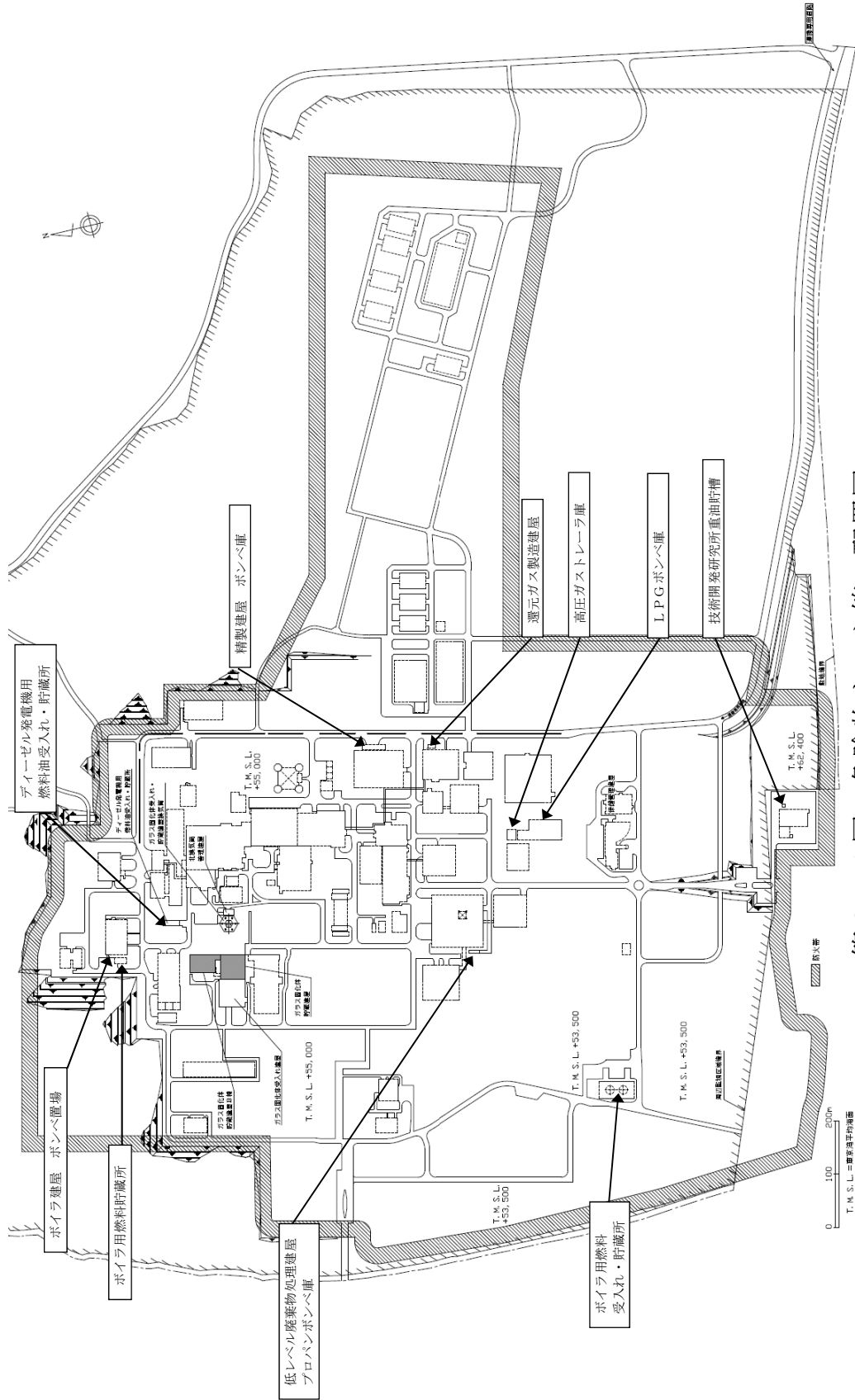
第 1.6-13 表 敷地内に存在する廃棄物管理施設の危険物タンク等

危険物タンク等	貯蔵物
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所*	重油

*：再処理施設及びMOX燃料加工施設と共用

第 1.6-14 表 敷地内に存在する廃棄物管理施設以外の危険物タンク等

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
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
高圧ガストレーラ庫	水素
LPG ボンベ庫	LP



第2-1図 危険物タンク等の配置図

3. 設計対処施設

外部火災防護対象施設である収納管，通風管，貯蔵区域しゃへい及びガラス固化体検査室しゃへいは地下階に設置し熱影響を受けない設計，貯蔵建屋床面走行クレーンのしゃへい容器は，不燃性及び難燃性材料で構成し建屋により防護する設計とする。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であることから，外部火災防護対象施設を収納する建屋を設計対処施設とする。

【補足説明資料 3－1，補足説明資料 3－2】

上記方針に基づき，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) ガラス固化体貯蔵建屋
- (2) ガラス固化体貯蔵建屋B棟

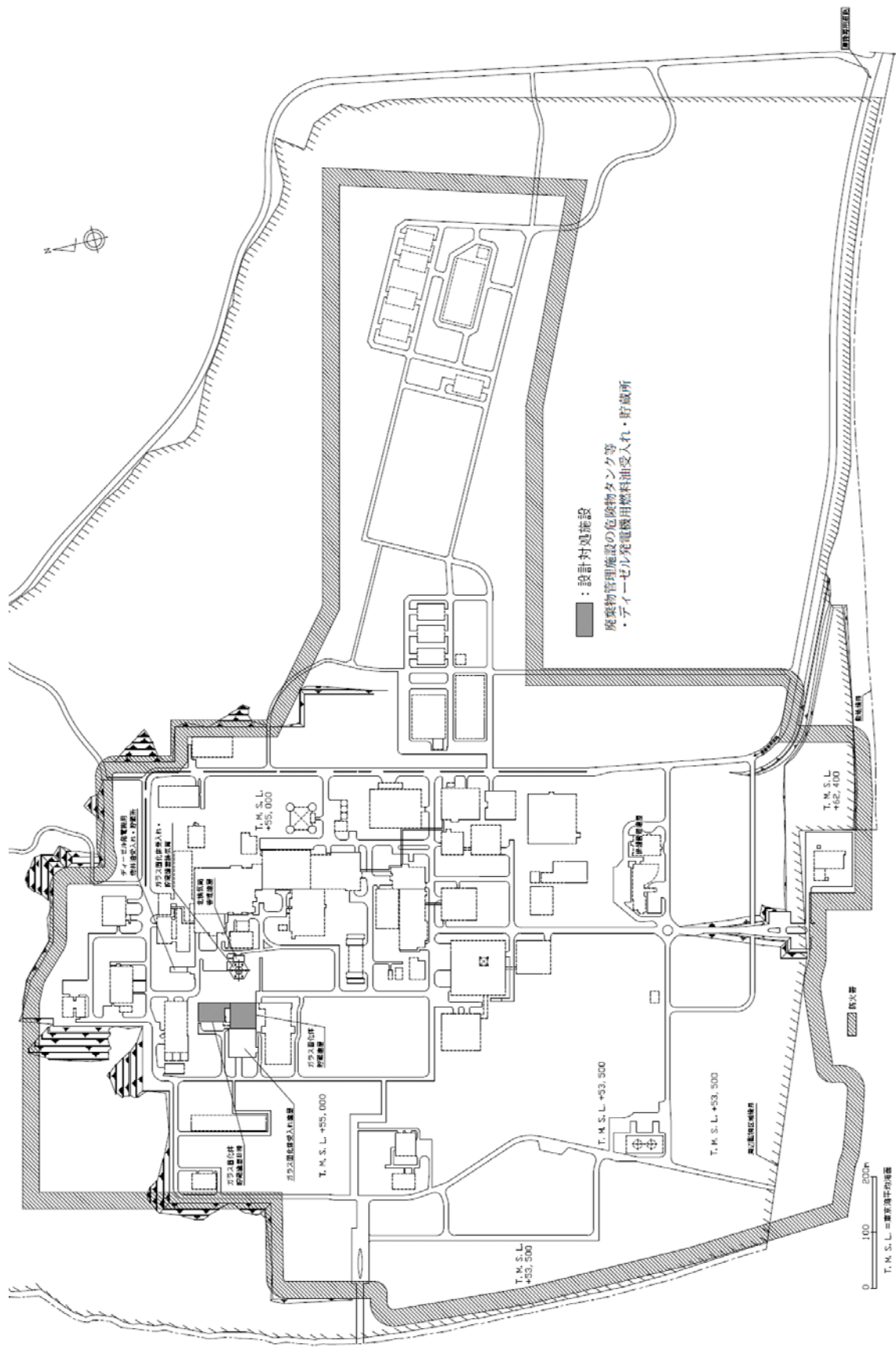
設計対処施設の配置を第 1.6-9 図に示す。また，設計対処施設の熱影響評価で考慮する外壁厚さを第 1.6-15 表に示す。

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，廃棄物管理施設のうち，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) ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管

第 1.6-15 表 外部火災防護施設の熱影響評価で考慮する壁厚

設計対処施設	壁厚 (m)
ガラス固体貯蔵建屋	約 0.45
ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟	約 0.45



第 1.6-9 図 防火帯，設計対応施設等の配置図

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、廃棄物管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性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廃棄物管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、廃棄物管理施設から直線距離10km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廃棄物管理施設への影響評価の観点で、FARSIITE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1.6-10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 km）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 km）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」及び廃棄物管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 km）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年間で調査し、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。廃棄物管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に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、廃棄物管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性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】

廃棄物管理施設のうち防火帯の外側に位置する環境モニタリング設備については、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、その安全性を確保する設計とする。

【補足説明資料 4-4】

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 kW/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 kW/m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性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1.6-9図に示す。

【補足説明資料4-3】

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

廃棄物管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性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289m）にあるガラス固化体貯蔵建屋B棟とする。ガラス固化体貯蔵建屋B棟が受ける輻射強度（ 0.64 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ガラス固化体貯蔵建屋B棟の外壁表面温度を、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性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】

4. 9 異種の自然現象の重畳との組合せ

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年間に調査し、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。

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(°C)	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）

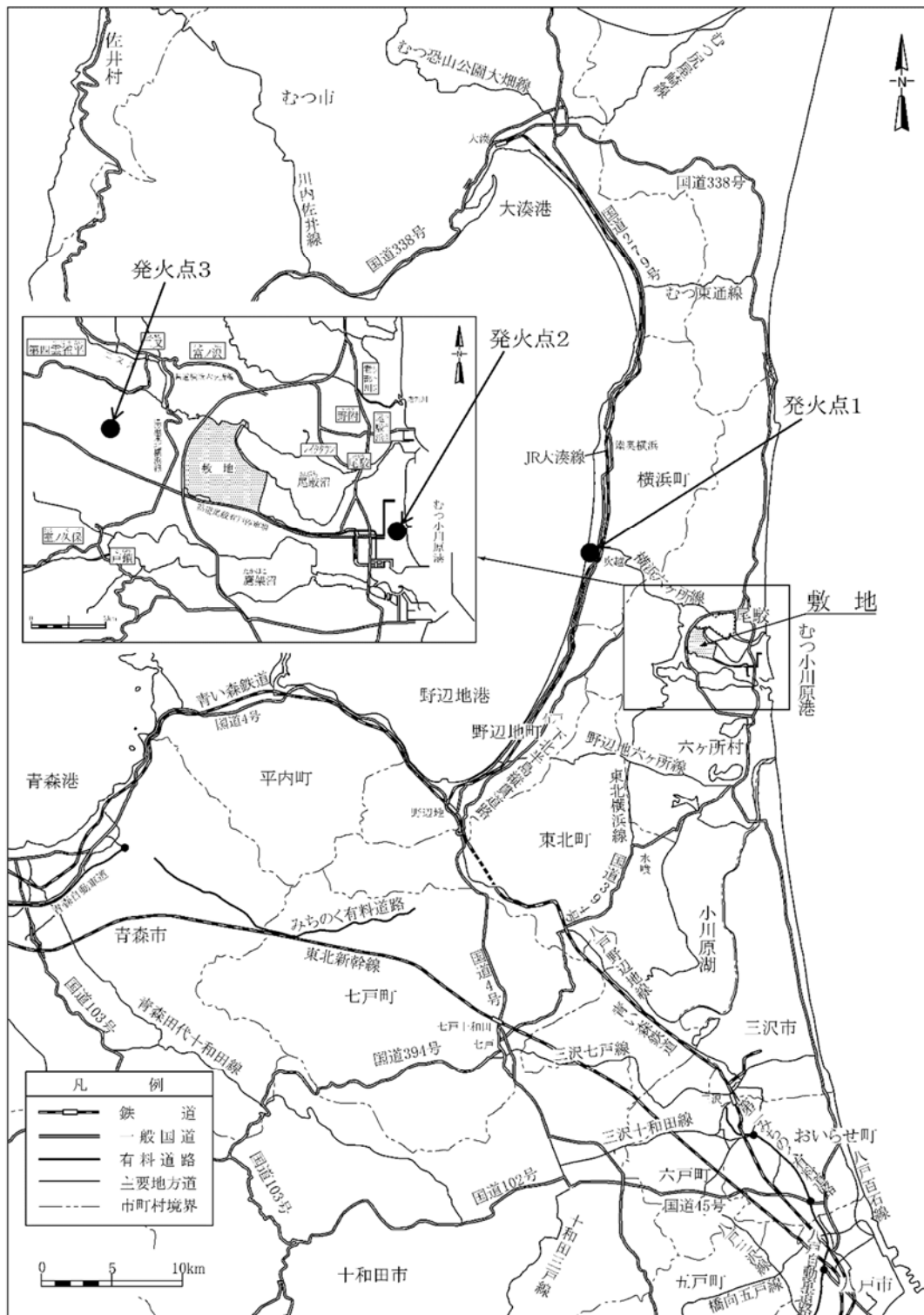
六ヶ所地域気象観測所		
風向	最大風速における風向 の出現回数	最多風向の出現回数
北	17	6
北北東	15	1
北東	18	2
東北東	149	100
東	77	357
東南東	534	384
南東	177	96
南南東	16	21
南	27	29
南南西	0	6
南西	5	4
西南西	39	31
西	231	208
西北西	343	363
北西	152	216
北北西	40	15

第4-1表 FARSITEによる結果

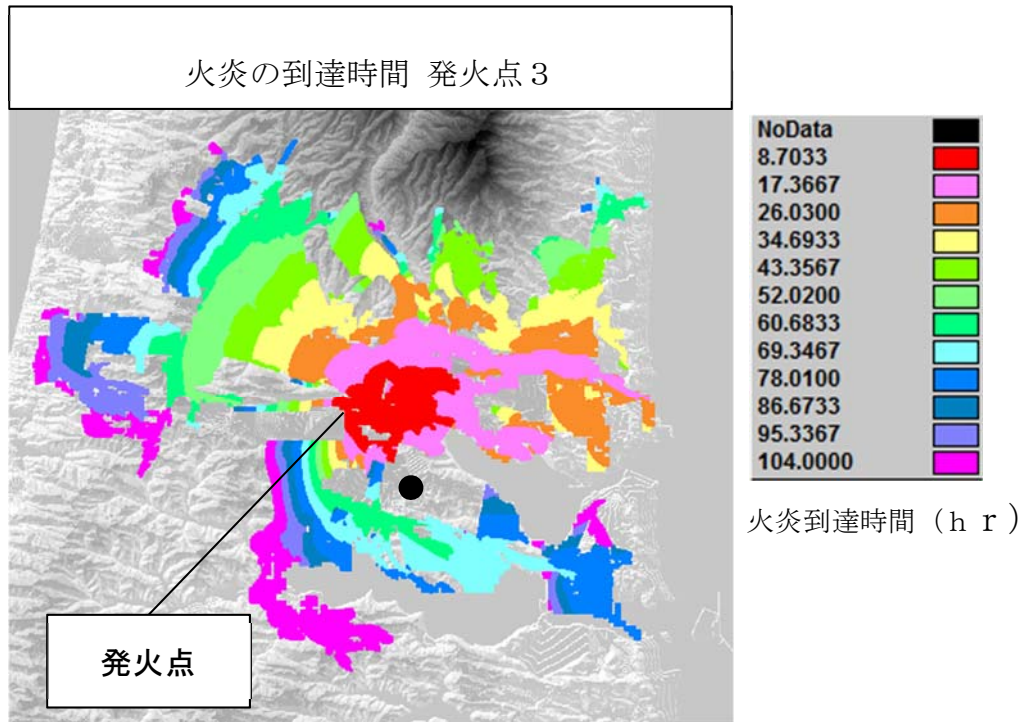
項目	内容	解析結果
延焼速度	全燃焼セルにおける延焼速度	発火点1 : 最大 4.7m/s 平均 0.07m/s 発火点2 : 最大 5.3m/s 平均 0.08m/s 発火点3 : 最大 3.5m/s 平均 0.04m/s
最大火線強度	火線最前線の最大火線強度 (防火帯幅算出に用いる)	発火点1 : 1,527 kW/m 発火点2 : 9,128 kW/m 発火点3 : 2,325 kW/m
火炎の到達時間	発火から敷地内に最も早く到達する時間	発火点1 : 30 時間 1 分 発火点2 : 18 時間 37 分 発火点3 : 5 時間 1 分
輻射強度	防火帯から任意の位置 (170m)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

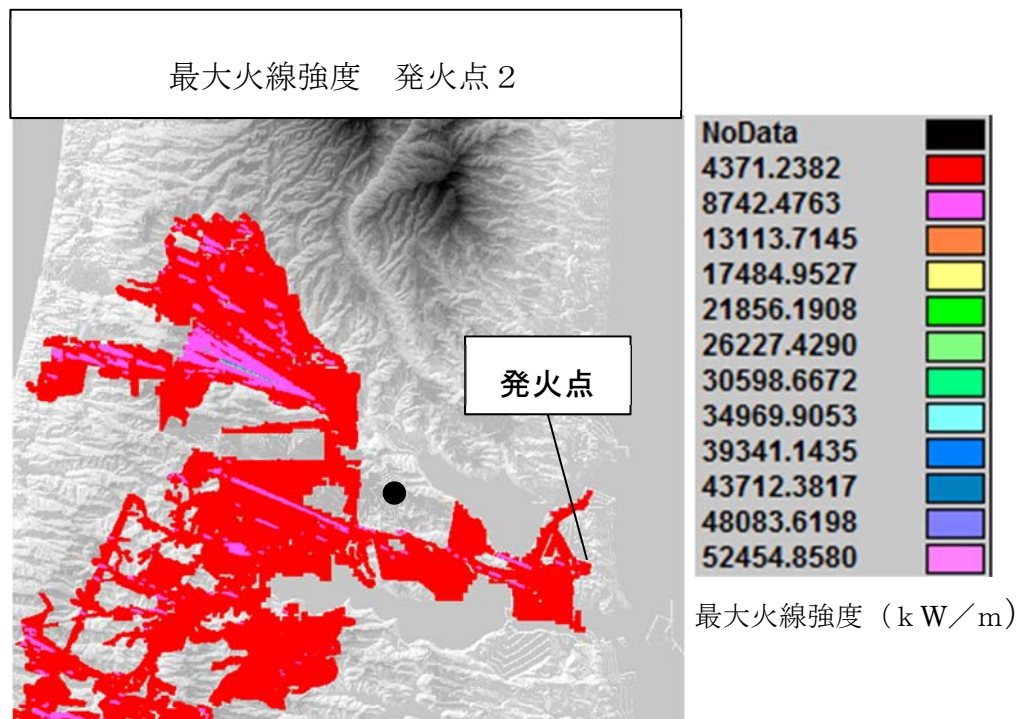
対象施設	外壁表面温度 (°C)	コンクリート許容温度 (°C)
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	56	200



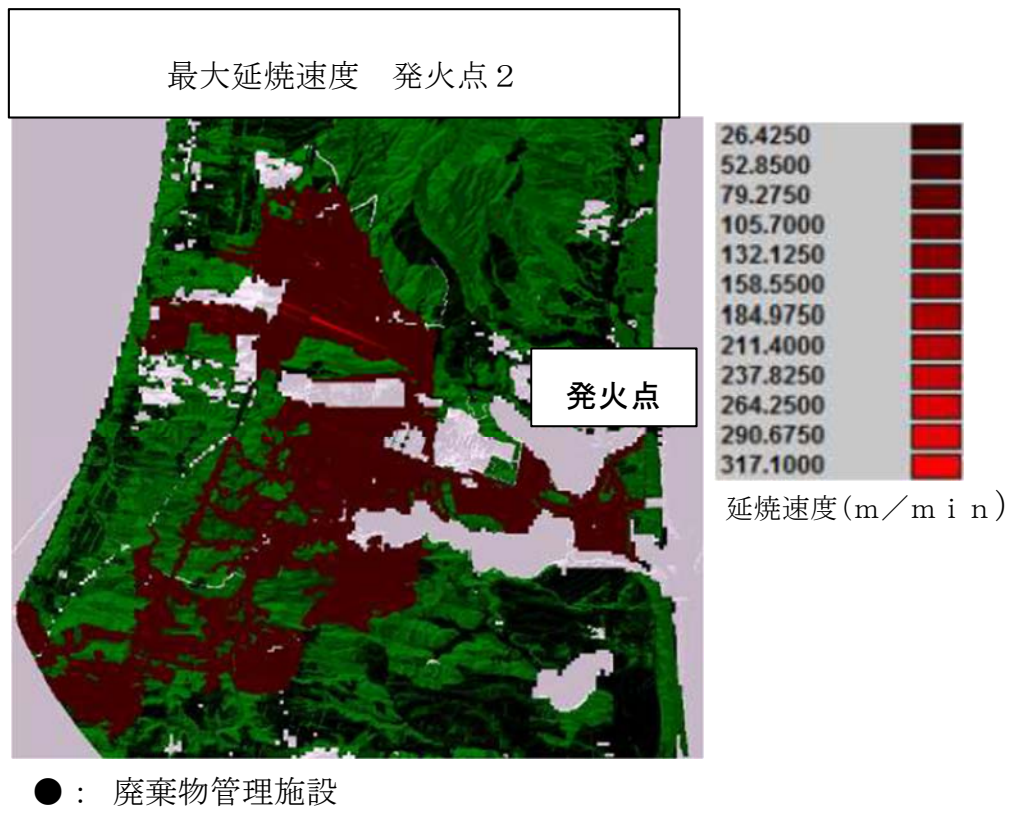
第 1.6-10 図 発火点の位置図



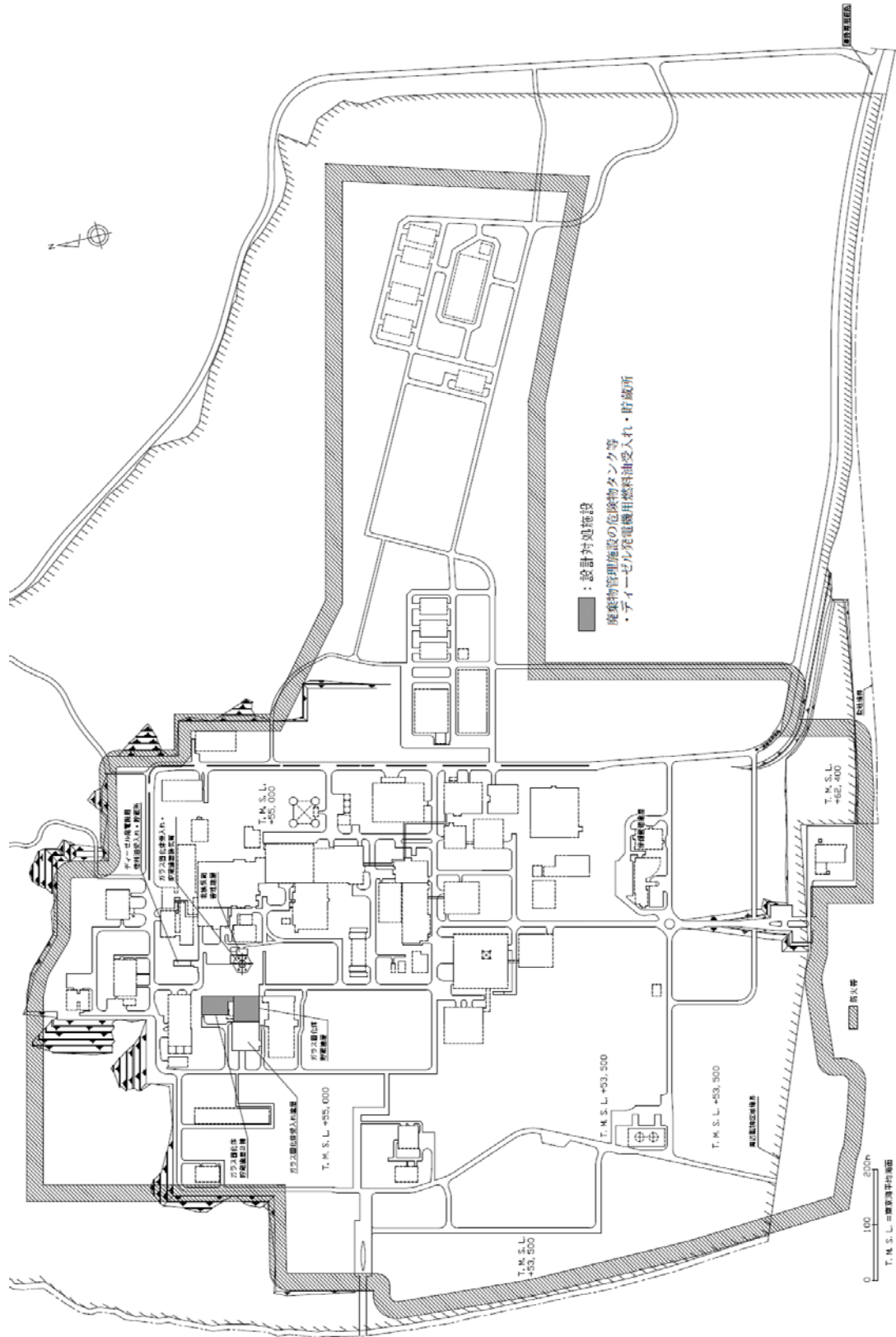
第 4 - 1 図 発火点 3 の火炎到達時間分布



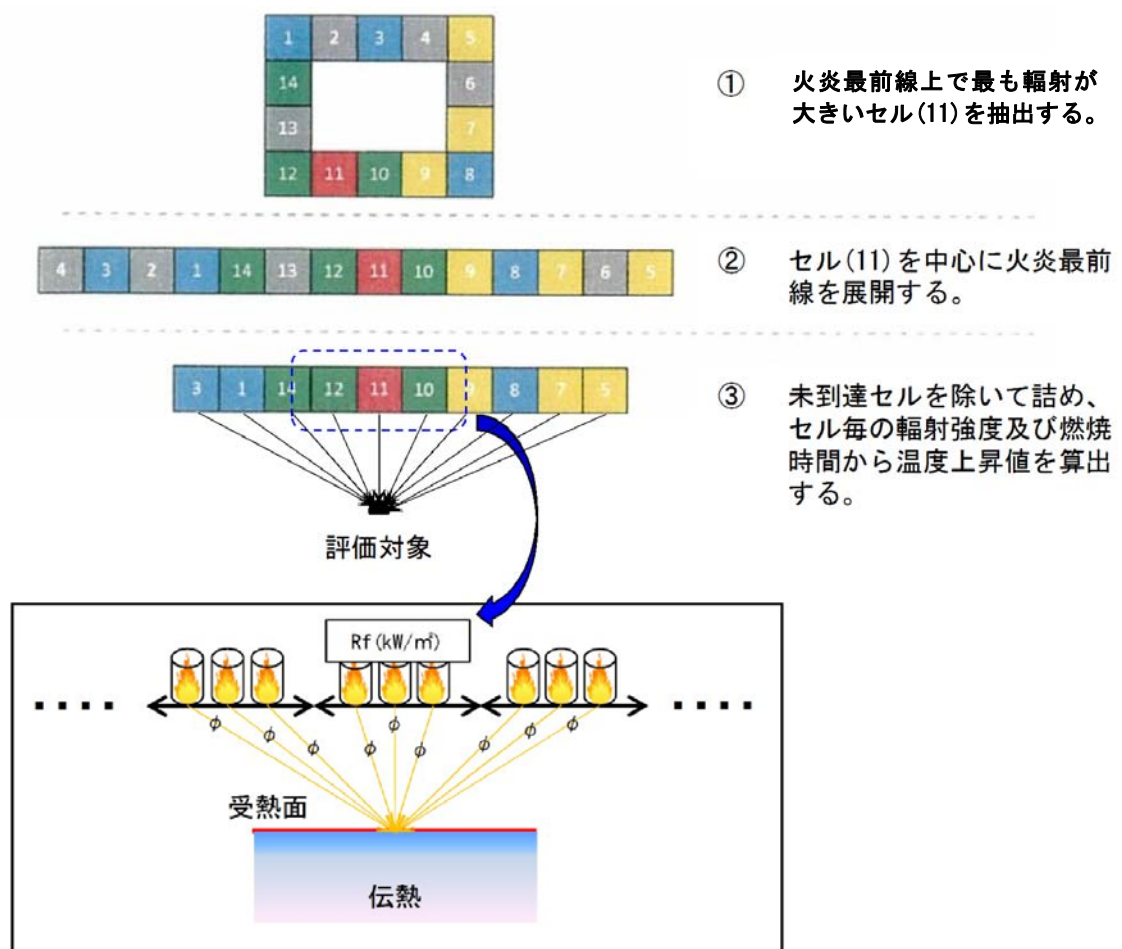
第 4 - 2 図 発火点 2 の火線強度の分布



第 4 - 3 図 発火点 2 の延焼速度



第 1.6-9 図 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、敷地内の廃棄物管理施設の危険物タンク等及び廃棄物管理施設以外の危険物タンク等の火災及び爆発を対象とする。

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並びに敷地内の危険物タンク等の配置を第5-1図～5-4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性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性を損なわない設計とする。

廃棄物管理施設の危険物タンク及び廃棄物管理施設以外の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性を損なわない設計とする。

廃棄物管理施設以外の危険物タンク等の爆発の爆発については、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性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5－5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となるガラス固化体貯蔵建屋（約1,470m）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（2.3kW/ 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性を損なわない設計とする。

評価結果を第5－1表に示す。

5. 3 敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等の火災及び爆発

敷地内の廃棄物管理施設以外の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，敷地内の屋外に設置する重油タンクの火災の熱影響を評価し，設計対処施設の外壁表面温度が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性を損なわない設計とする。

火災源として考慮する敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等については、設計対処施設との離隔距離が最短となるボイラ用燃料貯蔵所及び可燃物の貯蔵量が最も多いボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の火災を対象とする。

敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等の爆発については、設計対処施設から最も近い再処理施設のボイラ建屋 ボンベ置場のプロパンボンベを対象とする。また、可燃物の貯蔵量が最も多い再処理施設の低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫のプロパンボンベ及びウラン・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の水素ボンベについても対象とする。

再処理施設のボイラ建屋 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おけるプロパンボンベは屋内に設置し、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しているため、爆発に至ることはなく、設計対処施設へ影響がなく、外部火災防護対象施設の安全性を損なわないことを確認する。なお、設計対処施設は、対象とした危険物タンク等の爆発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を確認する。

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り、設計対処施設へ影響がなく、外部火

災防護対象施設の安全性を損なうことはないことを確認する。なお、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（55m）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】

(1) ボイラ用燃料貯蔵所の火災及びボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の火災の想定

火災は、外部火災ガイドを参考として、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。

(2) 設計対処施設への熱影響

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ガラス固化体貯蔵建屋B棟（約130m）を対象とする。

ガラス固化体貯蔵建屋B棟については、建屋外壁が受ける火炎からの輻射強度（ 0.21 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、建屋内の設置する外部火災防護対象施設の安全性を損なわない設計とする。

評価結果を第5-2表に示す。

b. 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ガラス固化体貯蔵建屋（約728m）を対象とする。

ガラス固化体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（ 0.055 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、建屋内の設置する外部火災防護対象施設の安全性を損なわない設計とする。

評価結果を第5-3に示す。

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ですが、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廃棄物管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ガラス固化体貯蔵建屋B棟を重畳評価の対象とする。

ガラス固化体貯蔵建屋B棟については、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性を損なわない設計とする。評価結果を第5-4表に示す。

5. 5 敷地内に存在する廃棄物管理施設の危険物タンク等の火災

廃棄物管理施設の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、敷地内のディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災を対象とする。

外部火災防護対象施設を収納する建屋は、火災からの輻射強度による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性を損なわない設計とする。

【補足説明資料5-3】

(1) ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災の想定

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。

(2) 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。

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ガラス固化体貯蔵建屋B棟（約68m）とする。

ガラス固化体貯蔵建屋B棟については、建屋外壁が受ける火炎からの輻射強度（ 0.94 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性を損なわない設計とする。

評価結果を第5－5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)
ガラス固化体貯蔵建屋	1,470	1.5	2.3

第5-2表 ボイラ用燃料貯蔵所の火災における熱影響評価結果

評価対象	ボイラ用燃料貯蔵所からの離隔距離 (m)	評価結果 (°C)	許容温度 (°C)
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	130	76	200

第5-3表 ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の火災における熱影響評価結果

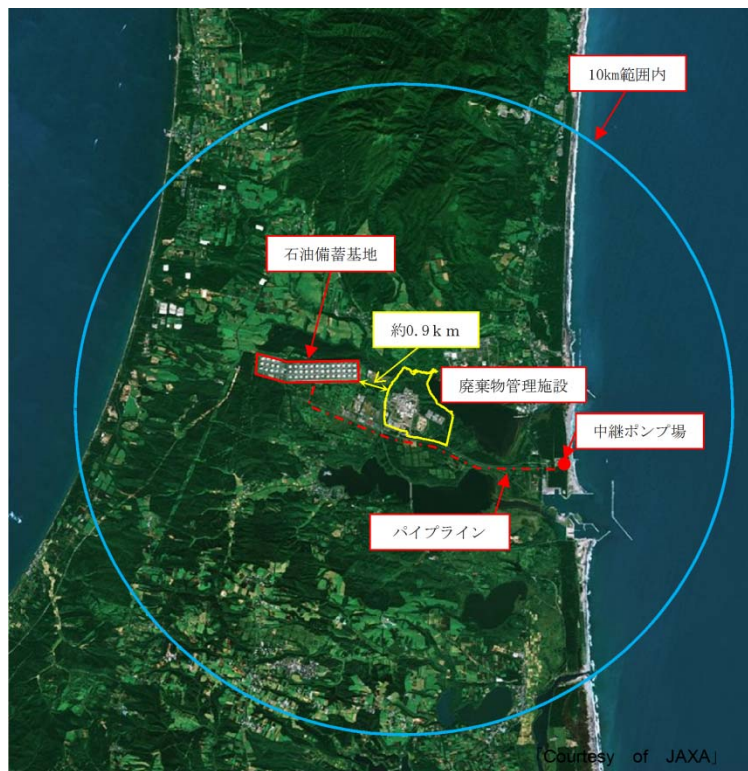
評価対象	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所からの離隔距離 (m)	評価結果 (°C)	許容温度 (°C)
ガラス固化体貯蔵建屋	728	59	200

第5-4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 (°C)	コンクリート許容温度 (°C)
ガラス固化体 貯蔵建屋B棟	1,500	150	200

第5-5表 ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災における熱
影響評価結果

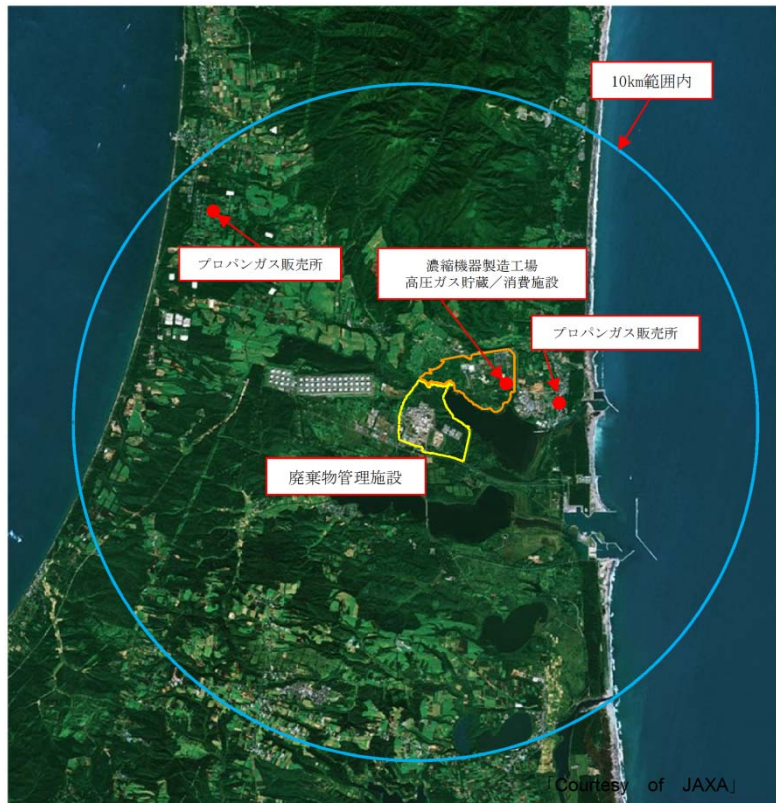
評価対象	ディーゼル発電機用 燃料油受入れ・貯蔵所 からの離隔距離 (m)	評価結果 (°C)	許容温度 (°C)
ガラス固化体 貯蔵建屋	68	140	200



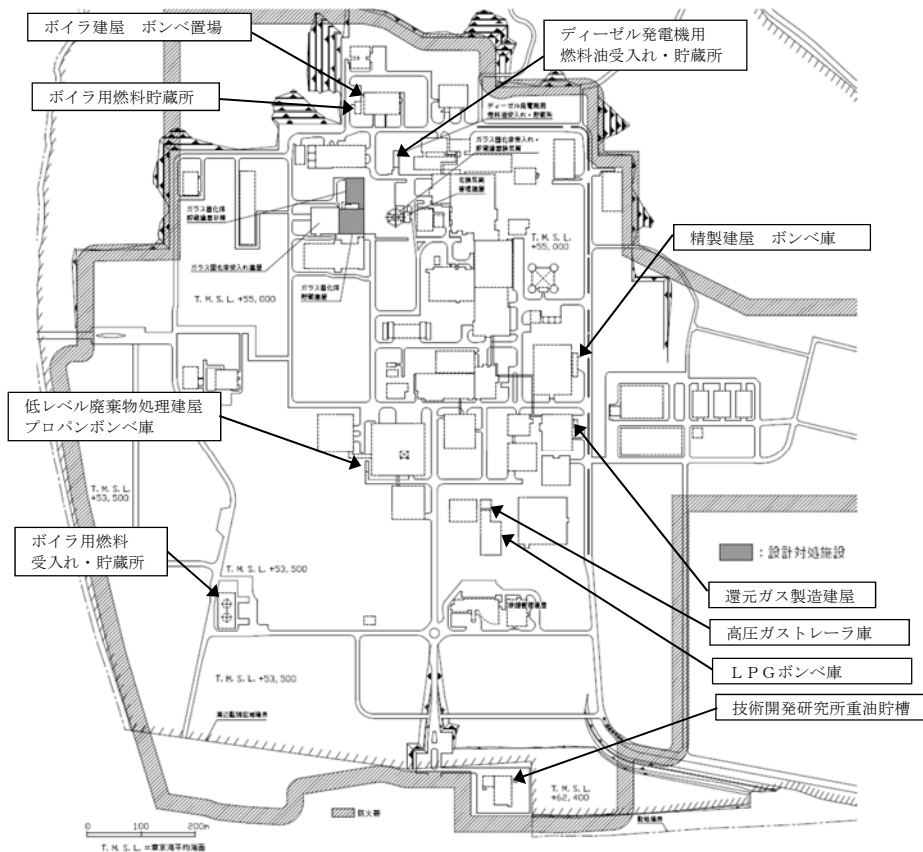
第5-1図 石油コンビナート等特別防災区域内の配置概要図



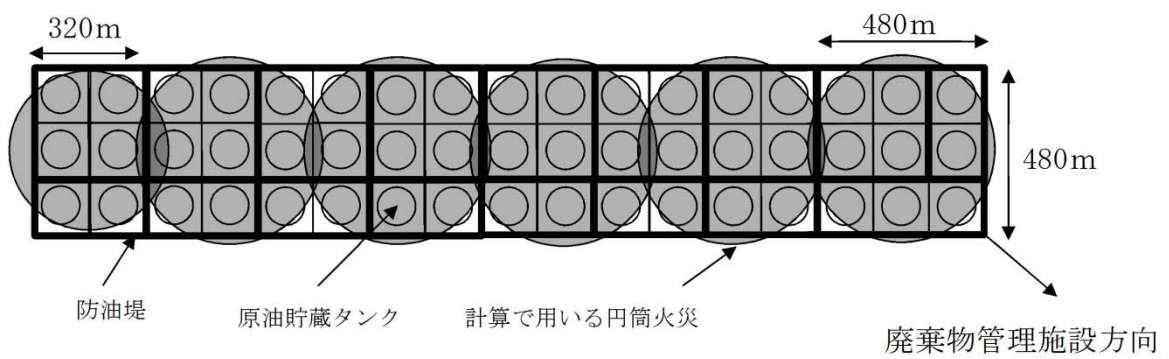
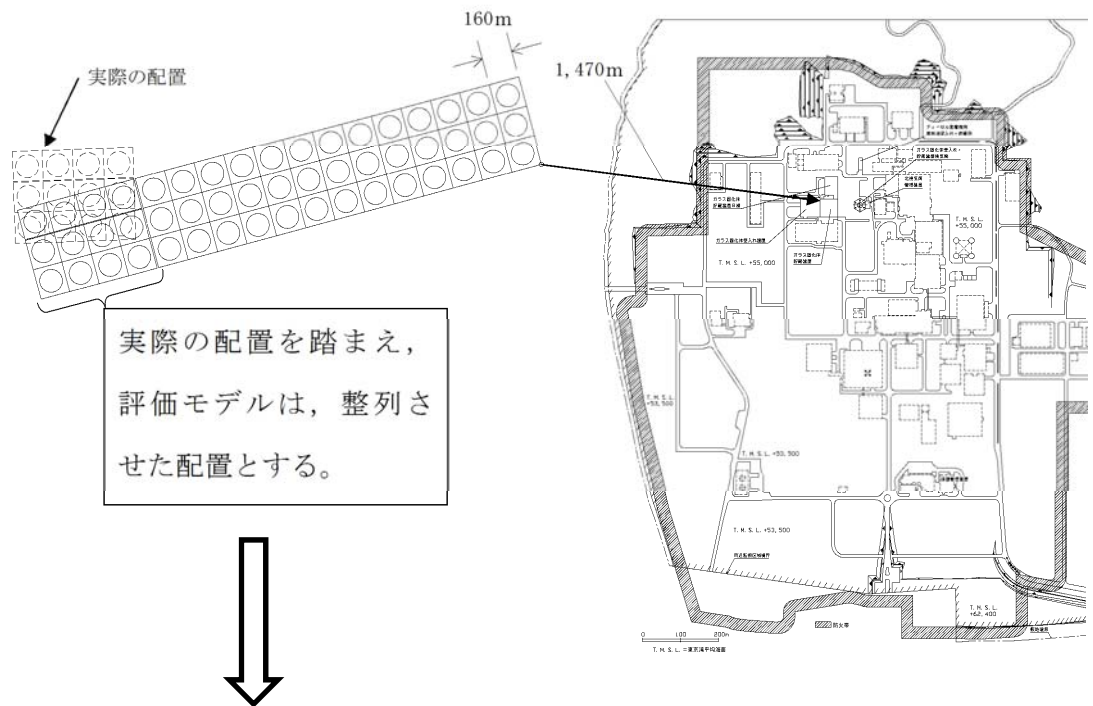
第5-2図 石油備蓄基地以外の産業施設の配置概要図



第5-3図 高圧ガス貯蔵施設の配置概要図



第5-4図 敷地内の危険物タンク等の配置図



第5-5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性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) 航空機落下の発生確率が 10^{-7} 回／年以上になる範囲のうち、設計対処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。
- (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。

6. 4 航空機墜落地点の設定及び離隔距離の設定【補足説明資料6-1】

航空機墜落地点は、外部火災ガイド及び航空機落下確率評価ガイドを参考として、設計対処施設に対して、航空機落下の発生確率が 10^{-7} 回/年以上になる範囲のうち、設計対処施設への影響が最も厳しくなる地点とする。この地点は、設計対処施設と航空機墜落地点の距離が最短となる地点であるため、航空機墜落地点は航空機落下の発生確率が 10^{-7} 回/年となる地点に設定する。

離隔距離は、航空機墜落地点と設計対処施設との距離とする。

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、外壁から離隔距離離れた位置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。

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】

外部火災防護対象施設を収納する建屋は、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外壁表面温度を算出し、外壁表面温度がコンクリートの許容温度200℃に至らない設計とし、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全性を損なわない設計とする。

6. 6 航空機墜落による火災と廃棄物管理施設の危険物タンク等の火災の重畳について【補足説明資料6-3】

設計対処施設の建屋については、航空機墜落による火災と敷地内の廃棄物管理施設の危険物タンク等による火災が重畳した場合の熱影響に対して、建屋外壁温度が上昇しても、建屋内の外部火災防護対象施設の安全性を損なわない設計とする。

(1) 火災の重畳

航空機墜落火災に対する危険物タンク等の火災の影響については、航空機墜落により発生する航空機燃料による火災及び廃棄物管理施設の危険物タンク等であるディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の重油火災の重畳火災を想定し、設計対処施設であるガラス固化体貯蔵建屋B棟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の温度上昇により、建屋内に設置される外部火災防護対象施設の安全性を損なわない設計とする。

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、廃棄物管理施設の危険物タンク等であるディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所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 熱影響について

(1) 森林火災

森林火災においては、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の重油タンクに対し、火災の燃焼時間を考慮し、一定の輻射強度でこれらの重油タンク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、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の重油タンクが受ける火災からの輻射強度に基づき、重油タンク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. 3 近隣工場等の爆発の影響について

敷地内の廃棄物管理施設以外の水素ボンベ及びプロパンボンベは、再処理施設の精製建屋ボンベ庫、ボイラ建屋 ボンベ置場、低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫及びMOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫に設置している。

精製建屋ボンベ庫、ボイラ建屋 ボンベ置場及び低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫は、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

においても滞留しない構造としているため、爆発に至ることはなく、廃棄物管理施設の危険物タンク等に対して影響を与えることはないことから、設計対処施設への影響はなく、外部火災防護対象施設の安全性を損なわない。なお、廃棄物管理施設の危険物タンク等は、再処理施設の危険物タンク等の爆発に対する危険限界距離以上の離隔距離を確保する。

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り、廃棄物管理施設の危険物タンク等に対して影響を与えることはないことから、設計対処施設への影響はなく、外部火災防護対象施設の安全性を損なわない。なお、廃棄物管理施設の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 (°C)	許容温度 (°C)
森林火災	ディーゼル発電機用 燃料油受入れ・貯蔵 所	重油	77	200
石油備蓄基地 火災			180	

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、外気を直接取り込むガラス固化体貯蔵設備のうち収納管及び通風管を対象とする。

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、収納管と通風管で形成する円環流路を上昇し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、安全性を損なわない設計とする。

また、ばい煙及び有毒ガスが制御室の居住性に影響を及ぼすおそれがある場合には、必要に応じて制御室内の運転員の退避の措置を講ずるものとする。

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、廃棄物管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1.6-11 図に示す。

組織	構成	任務	組織	任務
消防隊長	再処理事業部長	指揮、命令、監督	総括班	事務局，公設消防対応
消防副隊長	再処理工場長	隊長の補佐，統括	総務班	避難誘導，社員の安否確認
本部付要員	防火・防災管理者	消防計画の作成及び実行	厚生班	食料，水及び被服の確保
			救護班	救助活動，医療機関への搬送
			資材班	応急機材の手配
			広報班	報道機関・渉外対応
			消火班	消火活動，救助活動
			運転管理班	運転状況把握，影響緩和における措置
			設備志急班	被害状況の確認，応急・復旧対策の策定・実施
			放射線管理班	放射線状況の把握，作業に係る放射線管理

第1.6-11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) 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
- (6) 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

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へ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) 外部火災防護対象施設及び廃棄物管理施設の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、廃棄物管理施設の安全性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) 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。
- (4) 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。
- (5) 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。
- (6) 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】

- (7) 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性を損なわないことの影響評価を実施する手順を定める。
- (8) 外部火災により、ばい煙及び有毒ガスが制御室の居住性に影響を及ぼすおそれがある場合には、必要に応じて制御室内の運転員の退避の措置を講ずる手順を定める。

2 章 補足説明資料

第8条:外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)

廃棄物管理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料			
資料No.	名称	提出日	Rev
補足説明資料2-1	ガラス固化体収納キャスクへの波及的破損について	<u>2/27</u>	1
補足説明資料2-2	外部火災ガイドへの適合性	<u>2/27</u>	2
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	<u>2/27</u>	1
補足説明資料3-2	熱影響評価建屋の選定について	<u>2/27</u>	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	12/9	0
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	12/9	0
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	<u>2/27</u>	1
別紙1	防火帯エリアに係る設計方針について	<u>2/27</u>	1
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	<u>2/27</u>	1
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	<u>2/27</u>	1
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	12/9	0
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	12/9	0
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	<u>2/27</u>	1
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	12/9	0
別紙2	建屋外壁表面温度の許容温度200℃の根拠について	12/9	0
別紙3	天井スラブへの影響	12/9	0
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>2/27</u>	1
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>2/27</u>	1
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>2/27</u>	2

第8条:外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)

廃棄物管理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				
資料No.	名称	提出日	Rev	
別紙1	燃料輸送車両の火災・爆発について	<u>2/27</u>	1	
別紙2	漂流船舶の火災・爆発について	12/9	0	
別紙3	敷地内における危険物貯蔵施設等の火災・爆発	<u>2/27</u>	1	
別紙4	敷地内危険物タンク等における延焼の危険性について	12/9	0	
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>2/27</u>	1	
別紙1	熱影響評価における制限値について	12/9	0	
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))	<u>2/27</u>	1	
別紙1	天井スラブへの影響	12/9	0	
補足説明資料5-4	廃棄物管理施設以外の危険物タンク等における爆発時の飛来物の影響について	<u>2/27</u>	2	
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>2/27</u>	2	
別紙1	対象航空機の選定について	12/9	0	
別紙2	三沢対地訓練区域での訓練回数の調査方法について	12/9	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	<u>2/27</u>	2	
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火災の重畳について	<u>2/27</u>	2	
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	<u>2/27</u>	1	
補足説明資料8-1	ばい煙の影響について	<u>2/27</u>	1	
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)	12/9	0	
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	12/9	0	

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 2 - 1 (8 条 外部火災)

ガラス固化体収納キャスクへの波及的破損について

ガラス固化体収納キャスクは廃棄物管理施設内に一時的に保管されることを踏まえ、外部火災によるガラス固化体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、ガラス固化体収納キャスクを一時保管するガラス固化体受入れ建屋が外部火災の熱影響により、破損することがなく、ガラス固化体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。ガラス固化体受入れ建屋の配置を第1図に示す。

1. 森林火災による影響

ガラス固化体受入れ建屋は、防火内側への設置しており防火帯からの離隔距離は272m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、火災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、ガラス固化体受入れ建屋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、ガラス固化体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

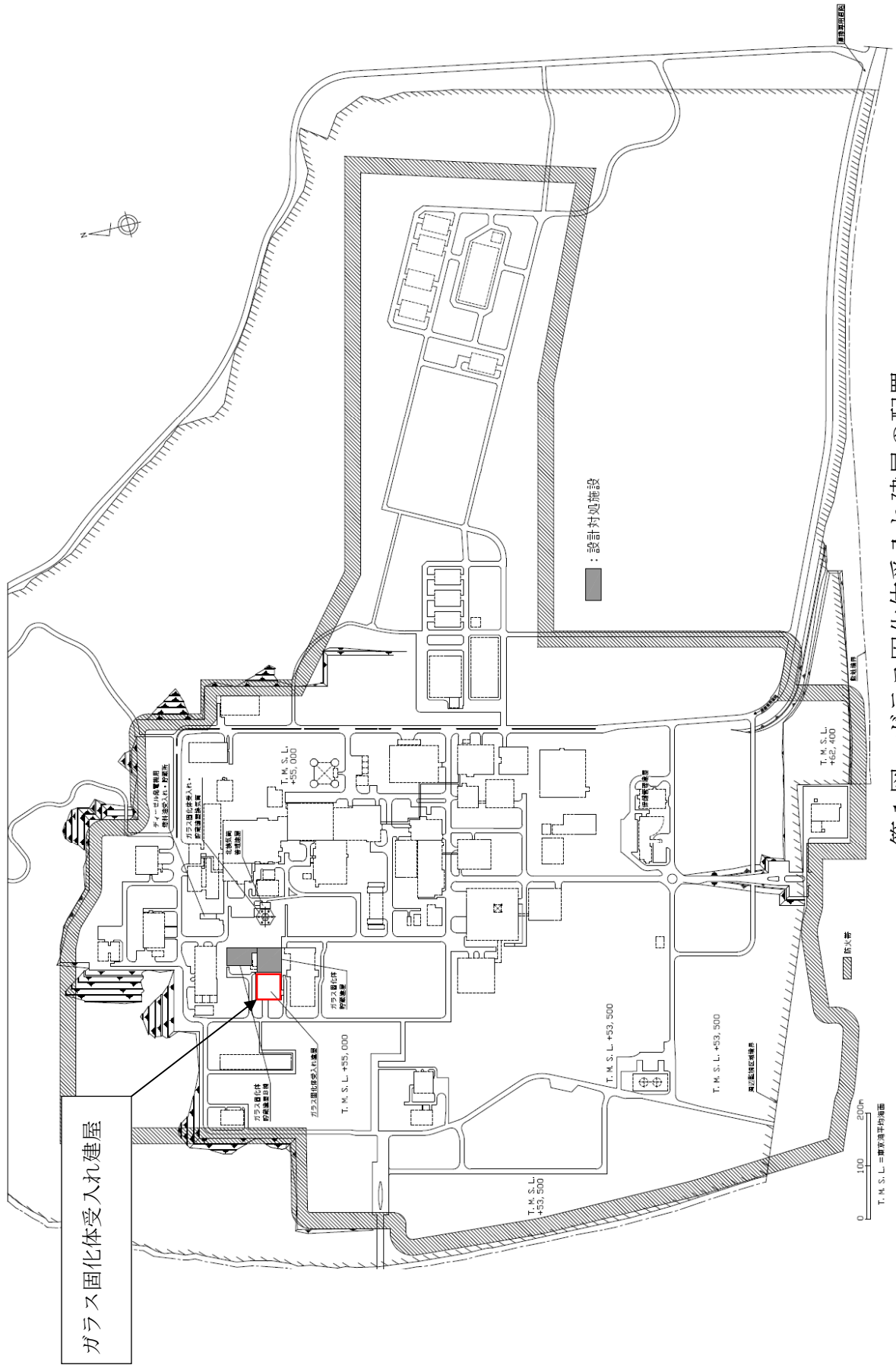
ガラス固化体受入れ建屋は、石油備蓄基地からの離隔距離は1,420mである。石油備蓄基地火災の評価対象は、離隔距離が1,450mとなるガラス固化体貯蔵建屋であり、外壁表面温度がコンクリートの許容温度200℃以下となることを確認している。そのため、石油備蓄基地からの離隔距離が同程度であるガラス固化体受入れ建屋の外壁はコンクリートの許容温度

200℃以下となるため、建屋の強度が維持され、ガラス固化体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ガラス固化体貯蔵建屋及びガラス固化体貯蔵建屋B棟への外壁温度評価においては、コンクリートの許容温度 200℃であることを確認している。

ここで、ガラス固化体受入れ建屋は、評価対象であるガラス固化体貯蔵建屋及びガラス固化体貯蔵建屋B棟の面積よりも小さく離隔距離を算出した場合には長くなる。よって、外壁はコンクリートの許容温度 200℃以下となることから、建屋の強度が維持され、ガラス固化体収納キャスクへの波及的破損を与えない。



第1図 ガラス固体化受入れ建屋の配置

令和 2 年 2 月 27 日 R 2

補足説明資料 2 - 2 (8 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
<p>1. 序文</p> <p>1. 1 外部火災とは</p> <p>外部火災とは、原子力発電所（以下「発電所」という。）敷地外で発生する火災であり、地震以外の自然現象として森林火災、また、外部人為事象（偶発事象）として近隣の産業施設（工場・コンビナート等）の火災・爆発、航空機墜落による火災等がその代表的なものである。</p> <p>原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第6条において、外部からの衝撃による損傷の防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）又は人為事象（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地及び敷地周辺から想定される自然現象又は人為事象として森林火災、近隣産業施設の火災・爆発等の影響を挙げている。外部火災影響評価（以下「本評価」という。）ガイドは、要求される外部火災防護に関連して、発電所敷地外で発生する火災が原子炉施設（本評価ガイドにおける「原子炉施設」は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を内包するものに限る。）へ影響を与えないこと及び発電所敷地外で発生する火災の二次的影響に対する適切な防護対策が施されていることについて評価するための手順の一例を示すものである。また、本評価ガイドは、外部火災影響評価の妥当性を審査官が判断する際に、参考とするものである。</p>	<p>1. はじめに</p> <p>考慮すべき外部火災として、森林火災、近隣工場等の火災又は爆発、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、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。</p> <p>廃棄物管理施設は、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性を確保するために、防火帯の設置、離隔距離の確保、建屋による防護等により、外部火災により安全性を損なわないことを確認する。</p>

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
<p>2. 外部火災による影響</p> <p>2. 1 外部火災負荷とその特性</p> <p>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。</p> <p>(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）</p> <p>(2) 二次的影響の有無（煙、ガス、爆発による飛来物等）</p> <p>2. 2 施設への影響形態</p> <p>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災、輻射熱の影響及び発生ばい煙の原子炉施設の換気設備への影響が考えられる。近隣の産業施設等の火災・爆発については森林火災と同様の火災、輻射熱の影響、発生ばい煙の影響の他に燃料タンク爆発等による飛来物の影響が考えられる。</p> <p>航空機墜落に対する影響は大量の燃料放出・発火にともなう火災、輻射熱の影響及び発生ばい煙の影響が考えられる。</p> <p>3. 外部火災の防護</p> <p>3. 1 設計目標・確認事項</p> <p>(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。</p> <p>(2) 施設の所要の安全機能を発揮するために必要なすべてのディーゼル発電機への適切な空気の供給を確保できることを確認する。</p>	<p>2. 外部火災による影響</p> <p>2. 1 外部火災負荷とその特性</p> <p>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。</p> <p>2. 2 施設への影響形態</p> <p>森林火災については、廃棄物管理施設敷地に到達する火災の設計対処施設に対する火災、輻射熱の影響及び火災により発生するばい煙の影響について検討している。</p> <p>近隣の産業施設等の火災・爆発については、廃棄物管理施設敷地外の10km以内に存在する石油コンビナート、危険物貯蔵所等の調査を行い、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、設計対処施設への火災の影響について検討している。</p> <p>また、廃棄物管理施設敷地内には、再処理施設及びウラン・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。）の危険物タンク等並びに廃棄物管理施設が所有する危険物タンク等が存在するため、これらの火災又は爆発の影響について検討している。</p> <p>航空機墜落による火災は、航空機落下の発生確率が10^{-7}回/年以上になる範囲のうち、設計対処施設への影響が最も厳しくなる地点に墜落した場合を想定し、発火にともなう火災、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。</p> <p>3. 外部火災の防護</p> <p>3. 1 設計目標・確認事項</p> <p>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性を損なわないことを確認している。</p>

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
<p>3. 2 防護手段</p> <p>(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。</p> <p>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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(4) 煙や埃に対して脆弱な安全保護系の設備等について適切な防護対策を講じる。</p> <p>4. 外部火災の影響評価</p> <p>4. 1 考慮すべき発電所敷地外の火災</p> <p>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。</p> <p>(1) 森林火災</p> <p>発電所敷地外の 10km 以内を発火点とした森林火災が発電所に迫った場合でも、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。(解説-1)</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <p>近隣の産業施設で発生した火災・爆発により、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。なお、発電所敷地外の 10km 以内を発火点とし、森林等に延焼することによって発電所に迫る場合は(1)の森林火災として評価する。(ただし、発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジンなどの危険物タンク火災については、(3)の</p>	<p>3. 2 防護手段</p> <p><u>設計対処施設</u>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とすることで、建屋内に設置する<u>外部火災防護対象施設</u>の安全機能を行わないことを確認している。</p> <p>外気を直接取り込むガラス固化体貯蔵設備のうち収納管及び通風管は、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、安全性を損なわない設計とする。また、ばい煙及び有毒ガスが制御室の居住性に影響を及ぼすおそれがある場合には、必要に応じて制御室内の運転員の退避の措置を講ずるものとする。</p> <p>4. 外部火災の影響評価</p> <p>4. 1 考慮すべき発電所敷地外の火災</p> <p>(1) 森林火災</p> <p>廃棄物管理施設敷地外の 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廃棄物管理施設敷地に迫った場合でも、<u>外部火災防護対象施設</u>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>外部火災防護対象施設</u>の安全機能を損なうことのない設計とする。</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <p>近隣の産業施設等の火災については、廃棄物管理施設敷地外の 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、<u>外部火災防護対象施設</u>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>外部火災防護対象施設</u>の安全機能を損なうことのない設計としている。また、石油備蓄基地周辺の森林へ飛び火することにより廃棄物管理施設敷地へ迫る場合を想定し、<u>外部火災防護対象施設</u>の安全機能を損なうことのない設</p>

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
<p>航空機墜落と同様に原子炉施設への熱影響評価等を行う。)</p> <p>(3) 航空機墜落による火災</p> <p>航空機の墜落に伴う火災により、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。(解説-2)</p> <p>(解説-1) 発火点の設定について米国外部火災基準(NUREG-1407)において、発電所から5マイル以内の火災の影響を評価するとしていることを参考として設定。</p> <p>(解説-2) 航空機墜落の評価について旧原子力安全・保安院が平成14年7月30日付で定め、平成21年6月30日付で改正した「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について」(平成21・06・25 原院第1号(平成21年6月30日原子力安全・保安院制定))等に基づき、原子炉施設の敷地広さを考慮して、評価の要否について判断する。</p> <p>4. 2 発電所敷地外での火災影響の検討</p> <p>4. 2. 1 火災の規模</p> <p>火災の規模として、輻射熱、火炎の強度・面積・形状、伝播速度を考慮する。</p> <p>(1) 森林火災</p> <p>可燃物の量(植生)、気象条件、風向き、発火点等の初期条件を、工学的判断に基づいて原子炉施設への影響を保守的に評価するよう設定する。</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <p>発電所近隣の産業施設の特徴から、火災・爆発の規模を工学的判断に基づいて、原子炉施設への影響を保守的に評価するよう設定する。</p>	<p>計とする。</p> <p>さらに、廃棄物管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、再処理施設が所有する危険物タンク等及び廃棄物管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</u>の安全性を損なうことのない設計としている。</p> <p>なお、地下に設置する重油タンクについては、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。</p> <p>(3) 航空機墜落による火災</p> <p>航空機落下による火災については、対象航空機が航空機落下の発生確率が10⁻⁷回/年以上になる範囲のうち、<u>設計対処施設</u>への影響が最も厳しくなる地点に墜落する火災を想定しても、<u>外部火災防護対象施設</u>が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施され、二次的な影響を含めて、<u>外部火災防護対象施設</u>の安全性を損なうことのない設計としている。</p> <p>4. 2 発電所敷地外での火災影響の検討</p> <p>4. 2. 1 火災の規模</p> <p>(1) 森林火災</p> <p>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廃棄物管理施設への影響を保守的に評価するよう設定している。</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <p>廃棄物管理施設敷地外の10km以内に存在する石油備蓄基地の火災については、工学的判断に基づいて<u>設計対処施設</u>への影響を保守的に評価するよう設定している。</p>

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
<p>(3) 航空機墜落による火災</p> <p>発電所の敷地内であって航空機墜落の可能性を無視できない範囲の最も厳しい場所に航空機搭載の燃料の全部が発火した場合の火災を、工学的判断に基づいて原子炉施設への影響を保守的に評価するよう設定する。</p> <p>4. 2. 2 二次的影響の検討</p> <p>(1) 森林火災</p> <p>火災の二次的影響として以下を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等 <p>(燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障、非常用ディーゼル発電機の故障、有毒ガスによる影響等)</p> <p>注) 飛び火等による発電所敷地内への延焼対策については、別途火災防護計画に定める。</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <p>火災の二次的影響として以下を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 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 <p>(燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障、非常用ディーゼル発電機の故障、有毒ガスによる影響等)</p>	<p>また、廃棄物管理施設が所有する危険物タンク等及び再処理施設が所有する危険物タンク等の火災については、工学的判断に基づいて<u>設計対処施設</u>への影響を保守的に評価するよう設定している。廃棄物管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外部火災防護対象施設及び廃棄物管理施設敷地内に存在す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、爆発に対する設計方針を確認するとともに、工学的判断に基づいて<u>設計対処施設</u>への影響を保守的に評価するよう設定している。</p> <p>(3) 航空機墜落による火災</p> <p>航空機落下による火災については、対象航空機が航空機落下の発生確率が 10⁻⁷回/年以上になる範囲のうち、<u>設計対処施設</u>への影響が最も厳しくなる地点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<u>設計対処施設</u>への影響を保守的に評価するよう設定している。</p> <p>4. 2. 2 二次的影響の検討</p> <p>(1) 森林火災</p> <p>火災による発生するばい煙及び有毒ガスに対しては、<u>外部火災防護対象施設</u>の安全機能への影響を考慮している。</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <p>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は爆発に至らない設計とすること及び十分な離隔距離があることから、爆風による<u>外部火災防護対象施設</u>への影響はない。</p> <p>火災による発生するばい煙及び有毒ガスに対して、<u>外部火災防護対象施設</u>の安全機能への影響を考慮している。</p>

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
<p>(3) 航空機墜落による火災</p> <p>火災の二次的影響として以下を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響等 <p>(燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障、非常用ディーゼル発電機の故障、有毒ガスによる影響等)</p> <p>4. 3 火災の影響評価</p> <p>火災の影響評価では以下を評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火災の規模に対する原子炉施設の十分な防火機能 ・想定される二次的影響に対する防護対策 <p>(1) 森林火災</p> <p>評価パラメータとして以下を評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火線強度 (想定火災の火炎強度に対する原子炉施設の防火帯幅評価) <p>発電所敷地外の 10km 以内を発火点とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放射強度 (想定火災の放射熱に対する原子炉施設の熱影響評価) ・防火帯幅 (延焼防止に必要な防火帯の幅)、危険距離 (延焼防止に必要な距離) ・延焼速度及び発火点から発電所までの到達時間 ・ばい煙等への対策 <p>森林火災の評価 (ばい煙等への対策を除く。) については附属書Aに示す。</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <p>評価パラメータとして以下を評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放射強度 (想定火災の放射熱に対する原子炉施設の危険距離評価)。ただし、発電所敷地外の 10km 以内を発火点とし、森林等に延焼することによって発電所に迫る場合は森林火災として評価する。 ・危険距離 (延焼防止に必要な距離)、危険限界距離 (ガス爆発の爆風圧が 0.01MPa 以下になる距離) ・ばい煙等への対策 	<p>(3) 航空機墜落による火災</p> <p>火災による発生するばい煙及び有毒ガスに対しては、<u>外部火災防護対象施設</u>の安全機能への影響を考慮している。</p> <p>4. 3 火災の影響評価</p> <p>(1) 森林火災</p> <p>外部火災ガイドに基づき、評価パラメータとして以下を評価している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火線強度 (想定火災の火炎強度に対する廃棄物管理施設の防火帯幅評価) <p>廃棄物管理施設敷地外の 10km 以内を発火点とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放射強度 (想定火災の放射熱に対する廃棄物管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廃棄物管理施設敷地までの到達時間 ・ばい煙等への対策 <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <p>外部火災ガイドに基づき、評価パラメータとして以下を評価している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放射強度。また、廃棄物管理施設敷地外の 10km 以内を発火点とし、森林等に延焼することによって廃棄物管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畳を評価している。 ・<u>設計対処施設</u>の建物の危険放射強度を評価し、<u>設計対処施設</u>が受ける放射強度が危険放射強度以下となり、必要な離隔距離を確保していることを評価している。 ・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

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
<p>・爆発規模から想定される爆風と飛来物への対策</p> <p>石油コンビナート等火災・爆発の評価（ばい煙等への対策を除く。）については附属書Bに示す。</p> <p>(3) 航空機墜落による火災</p> <p>評価パラメータとして以下を評価すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 輻射強度（想定火災の輻射熱に対する原子炉施設の熱影響評価） ・ ばい煙等への対策 <p>航空機墜落による火災の評価（ばい煙等への対策を除く。）については附属書Cに示す。</p> <p>4. 4 火災の影響評価判断の考え方</p> <p>(1) 森林火災</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉施設の外壁、天井スラブが想定される森林火災の熱影響に対して許容限界温度以下である。 ・ 想定される森林火災に対して、火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（火炎側）から原子炉施設間の離隔距離が、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れている。 	<p>爆発に対しては、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、爆発に至らない設計であることを確認している。また、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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ばい煙等への対策 <p>(3) 航空機墜落による火災</p> <p>外部火災ガイドに基づき、評価パラメータとして以下を評価している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 輻射強度（想定火災の輻射熱に対する廃棄物管理施設の熱影響評価） ・ ばい煙等への対策 <p>4. 4 火災の影響評価判断の考え方</p> <p>(1) 森林火災</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>設計対処施設</u>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とし、建屋内に設置する<u>外部火災防護対象施設</u>の安全性を損なわないこと。 ・ 想定される森林火災に対して、発火点から廃棄物管理施設敷地までの到達時間を考慮して、自衛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（火炎側）から<u>設計対処施設</u>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。 ・ 廃棄物管理施設のうち、外気を取り込むことにより、<u>外部火災防護対象施設</u>の安全性が損なわれるおそれがある設備等を抽出し、ばい煙の影響が設備構造等により考慮されていること。 ・ ばい煙及び有毒ガスが制御室の居住性に影響を及ぼすおそれがある場合には、必要に応じて制御室内の運転員の退避の措置を講ずるものとする。

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
<p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・想定される石油コンビナート等の火災に対して、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が評価上必要とされる危険距離以上である。 ・想定される石油コンビナート等のガス爆発に対して、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が評価上必要とされる危険限界距離以上である。 ・火災とガス爆発が同時に起こると想定される場合には、より長い方の離隔距離が確保されているかどうかにより判断する。 ・原子炉施設の換気系統へのばい煙の影響がダンパの設置等により考慮されていること。 ・有毒ガスの発生が想定される場合、居住空間へ影響を及ぼさないように対策が考慮されている。 <p>(3) 航空機墜落による火災</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉施設の外壁、天井スラブが想定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。 <p>5. 附則</p> <p>この規定は、平成25年7月8日より施行する。</p> <p>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。</p>	<p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>設計対処施設</u>の建物については、必要な離隔距離を確保するため、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、建屋内に設置する<u>外部火災防護対象施設</u>の安全性を損なわないこと。 ・MOX 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫及び再処理施設の危険物タンク等の爆発については、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いたらない設計であること。また、高圧ガストレーラ庫については、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、MOX 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫及び再処理施設の危険物タンク等から<u>設計対処施設</u>までの離隔距離が危険限界距離以上であること。 ・廃棄物管理施設のうち、外気を取り込むことにより、<u>外部火災防護対象施設</u>の安全機能が損なわれるおそれがある設備等を抽出し、ばい煙の影響が設備構造等により考慮されていること。 ・ばい煙及び有毒ガスが制御室の居住性に影響を及ぼすおそれがある場合には、必要に応じて制御室内の運転員の退避の措置を講ずるものとする。 <p>(3) 航空機墜落による火災</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>設計対処施設</u>の建屋については、熱影響評価により、外壁の温度上昇により屋内の<u>外部火災防護対象施設</u>の安全性を損なわないこと、建屋外壁が要求される機能を損なわないこと。 ・ばい煙及び有毒ガスが制御室の居住性に影響を及ぼすおそれがある場合には、必要に応じて制御室内の運転員の退避の措置を講ずるものとする。

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
<p>附属書A</p> <p>森林火災の原子力発電所への影響評価について</p> <p>1. 総則</p> <p>原子力発電所（以下「発電所」という。）における安全上重要な設備は、多重性、多様性を確保するとともに、適切な裕度をもって設計され、適切に維持管理されるなど損傷防止上の配慮がなされている。</p> <p>本評価ガイドは、発電所敷地外で発生する火災に対して安全性向上の観点から、森林火災が発電所へ迫った場合でも原子炉施設（本評価ガイドにおける「原子炉施設」は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を内包するものに限る。）に影響を及ぼさないことを評価するものである。</p> <p>1. 1 一般</p> <p>本評価ガイドは、発電所敷地へ森林火災が迫った場合でも設置されている原子炉施設が、外部火災の影響を受けないよう、適切な防護措置が施されていることについて評価するための手順を示すものである。なお、本評価ガイドでは、放水などによる消火活動の影響については評価の対象外とする。</p> <p>2. 火災の到達時間及び防火帯幅の評価</p> <p>2. 1 森林火災の想定</p> <p>森林火災の想定は以下のとおりである。</p> <p>(1) 森林火災における各樹種の可燃物量は現地植生から求める。</p> <p>(2) 気象条件は過去 10 年間に調査し、森林火災の発生件数の多い月の最小湿度、最高気温、及び最大風速の組合せとする。</p> <p>(3) 風向は卓越方向とし、発電所の風上に発火点を設定する。ただし、発火源と発電所の位置関係から風向きを卓越方向に設定することが困難な場合は、風向データ等から適切に設定できるものとする。</p> <p>(4) 発電所からの直線距離 10km の間で設定する。(解説-1)</p> <p>(5) 発火源は最初に人為的行為を考え、道路沿いを発火点とする。さらに必要に応じて想定</p>	<p>附属書A</p> <p>森林火災の原子力発電所への影響評価について</p> <p>1. 総則</p> <p>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。</p> <p>2. 火災の到達時間及び防火帯幅の評価</p> <p>2. 1 森林火災の想定</p> <p>外部火災ガイドに基づき、森林火災の想定は以下のとおりとしている。</p> <p>(1) 森林火災における各樹種の可燃物量は、自治体から入手した森林簿データ等による現地植生から求めた。</p> <p>(2) 気象条件は過去 10 年間に調査し、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。</p> <p>(3) 卓越方向は過去 10 年間に調査し、東南東及び西北西とした。</p> <p>(4) 発火点は、廃棄物管理施設からの直線距離 10km の間に設定した。</p> <p>(5) 発火源は、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</p>

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

発火点を考え評価する。

(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。

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 ・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
火線強度 [kW/m]	
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]	

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

並びに卓越方向を考え、発火点1～3を設定とした。

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。

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

価を行うことが可能である。

2. 2. 2 評価対象範囲

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

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。森林簿の情報を用いて、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢によりさらに細分化する。
地形データ	現地の状況をできるだけ模擬するため、公開情報の中でも高い空間解像度である 10m メッシュの標高データを用いる。傾斜度、傾斜方向については標高データから計算する。 (基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュ)
気象データ	現地にて起こり得る最悪の条件を検討するため、発生件数の多い月の過去 10 年間の最大風速、最高気温、最小湿度の条件を採用する。

2. 2. 4 延焼速度及び火線強度の算出

ホイヘンスの原理*に基づく火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

2. 2. 2 評価対象範囲

外部火災ガイドに基づき、森林火災の発火想定地点を廃棄物管理施設敷地周辺の 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。

2. 2. 3 必要データ

外部火災ガイドに基づき、以下のとおり設定している。

・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」を使用している。

・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している。また、廃棄物管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。

・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」を使用している。

・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、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。

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、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。

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
<p>2. 2. 5 火炎の到達時間の算出</p> <p>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。</p> <p>2. 2. 6 防火帯幅の算出</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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)。</p> <p>図 1 火線強度に対する防火帯の相関図</p> <p>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</p>	<p>2. 2. 5 火炎の到達時間の算出</p> <p>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)) を算出し、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。</p> <p>2. 2. 6 防火帯幅の算出</p> <p>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 kW/m (発火点 2)) に対し、外部火災ガイドに基づき、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、10,000 kW/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。</p>

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%となる最小防火帯幅を下記に示す。

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

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

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

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

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

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。

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。

2. 3 判断の考え方

2. 3. 1 火炎の到達時間

FARSITE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））を算出し、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

FARSITEによる影響評価により算出される最大火線強度（9,128 kW/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、10,000 kW/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。

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												
<p>3. 危険距離の評価</p> <p>3. 1 森林火災の想定</p> <p>前述の2. 1 森林火災の想定と同じ。</p> <p>3. 2 森林火災による影響の有無の評価</p> <p>3. 2. 1 評価手法の概要</p> <p>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。</p> <table border="1" data-bbox="159 582 985 1069"> <thead> <tr> <th>評価指標</th> <th>内容</th> </tr> </thead> <tbody> <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> </tbody> </table> <p>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。</p> <p>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。</p>	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	<p>3. 危険距離の評価</p> <p>3. 1 森林火災の想定</p> <p>前述の2. 1 森林火災の想定と同じ。</p> <p>3. 2 森林火災による影響の有無の評価</p> <p>3. 2. 1 評価手法の概要</p> <p>外部火災ガイドに基づき、FARSITEによる解析結果を用い、<u>設計対処施設</u>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。</p> <p>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、廃棄物管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。</p>
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。

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. 4 燃焼半径の算出

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

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

R:燃焼半径[m]、H:火炎長[m]

3. 2. 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、廃棄物管理施設敷地に迫る森林火災としている。

3. 2. 3 必要データ

外部火災ガイドに基づき、F A R S I T Eによる解析を行い、評価に必要なデータを評価している。

3. 2. 4 燃焼半径の算出

外部火災ガイドに基づき、燃焼半径を算出している。

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
<p>3. 2. 5 円筒火炎モデル数の算出</p> <p>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。</p> $F = \frac{W}{2R}$ <p>F:円筒火炎モデル数[-]、W:火炎到達幅 [m]、R:燃焼半径[m]</p> <p>3. 2. 6 形態係数の算出</p> <p>次の式から各円筒火炎モデルの形態係数を算出する。</p> $\phi_F = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$ <p>ただし $m = \frac{H}{R} \div 3$, $n = \frac{L}{R}$, $A = (1+n)^2 + m^2$, $B = (1-n)^2 + m^2$</p> <p>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]</p> <p>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。</p> $\phi_t = (\phi_i + \phi_{i+1} + \phi_{i+2} \dots)$ <p>ϕ_t:各円筒火炎モデルの形態係数を合計した値</p> <p>なお、$i+(i+1)+(i+2)\dots+(i+X)$の火炎モデル数の合計は F 個となる。</p> <p>3. 2. 7 危険距離の算出</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>3. 2. 5 円筒火炎モデル数の算出</p> <p>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。</p> <p>3. 2. 6 形態係数の算出</p> <p>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。</p> <p>3. 2. 7 危険距離の算出</p> <p>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。</p>

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 > φ_t となるように危険距離を算出する。

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

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

φ_t: 各火災モデルの形態係数を合計した値、Lt: 危険距離[m]、H: 火災長[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（火災側）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

廃棄物管理施設周辺に設置される防火帯の外縁（火災側）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)
ガラス固化体貯蔵建屋B棟*	289	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、外壁表面温度が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。

対象施設	外壁表面温度(°C)	コンクリート許容温度(°C)
ガラス固化体貯蔵建屋B棟*	56	200

*: 防火帯から最短となる設計対処施設

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
<p>附属書B</p> <p>石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について</p> <p>1. 総則</p> <p>原子力発電所（以下「発電所」という。）における安全上重要な設備は、多重性、多様性を確保するとともに、適切な裕度をもって設計され、適切に維持管理されるなど損傷防止上の配慮がなされている。</p> <p>本評価ガイドは、発電所敷地外で発生する石油コンビナート等の火災やガス爆発に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災やガス爆発が発電所に隣接する地域で起こったとしても原子炉施設（本評価ガイドにおける「原子炉施設」は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を内包するものに限る。）に影響を及ぼさないことを評価するものである。</p> <p>1. 1 一般</p> <p>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。</p> <p>なお、本評価ガイドでは、放水などによる消火活動の影響については評価の対象外とする。</p> <p>1. 5 判断の考え方</p> <p>石油コンビナート等の火災やガス爆発の評価は、それらの影響を受けない（飛来物も含む）危険距離及び危険限界距離が確保されているかどうかにより判断する。火災とガス爆発が同時に起こると想定される場合には、より長い方の離隔距離が確保されているかどうかにより判断する。</p> <p>2. 発電所周辺における石油コンビナート等の火災影響評価</p> <p>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）</p> <p>石油コンビナート等の火災想定は以下のとおりである。</p>	<p>附属書B</p> <p>石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について</p> <p>1. 総則</p> <p>廃棄物管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<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。</p> <p>1. 5 判断の考え方</p> <p>2. 発電所周辺における石油コンビナート等の火災影響評価</p> <p>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）</p> <p>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。</p>

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1.5 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 石油コンビナート等の火災による影響の有無の評価

2. 2. 1 評価手法の概要

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

評価指標	内容
輻射強度 [W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数 [-]	火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

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

- ・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。

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 km に存在する石油コンビナート等とする。

2. 2. 2 評価対象範囲

外部火災ガイドに基づき、廃棄物管理施設敷地周辺 10km 以内に存在する石油コンビナート、危険物貯蔵所等の調査を行い、評価対象を選定している。

2. 2. 3 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

2. 2. 3 必要データ

外部火災ガイドに基づき、評価に必要なデータは以下のとおりとしている。

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

・輻射発散度

外部火災ガイドに基づき、カフジ原油に対応する値を採用し、41 kW/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、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

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

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

R:燃焼半径[m]、w:防油堤幅[m]、d:防油堤奥行き[m]

2. 2. 4 燃焼半径の算出

外部火災ガイドに基づき、燃焼半径を算出している。

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

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。

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

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

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性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影響評価結果

(1) 石油備蓄火災の評価結果

- 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。

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)
ガラス固化体貯蔵建屋*	1,470	1.5	2.3

* : 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

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

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、外壁表面温度が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。

評価対象	石油備蓄基地からの離隔 距離(m)	外壁表面温度 (°C)	コンクリート許容温度 (°C)
ガラス固化体貯蔵建屋B棟*	1,500	150	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

(3) 廃棄物管理施設及び再処理施設が所有する危険物タンク火災の影響評価

廃棄物管理施設敷地内の屋外に設置する廃棄物管理施設及び再処理施設が所有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、外壁表面温度が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性を損なわないことを確認している。

(廃棄物管理施設が所有する重油タンク火災)

重油タンク	評価対象*	評価結果 (°C)	コンクリート クリーン許容 温度 (°C)
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	ガラス固化体貯蔵建屋	140	200

*：重油タンクから最短となる設計対処施設

(再処理施設が所有する重油タンク火災)

重油タンク	評価対象*	評価結果 (°C)	コンクリート クリーン許容 温度 (°C)
ボイラ用燃料貯蔵所	ガラス固化体貯蔵建屋B棟	76	200
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	ガラス固化体貯蔵建屋	59	200

*：重油タンク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

3. 発電所周辺における石油コンビナート等のガス爆発影響評価
3. 1 石油コンビナート等のガス爆発想定（高圧ガス漏洩による爆発）
- 石油コンビナート等のガス爆発想定は以下のとおりである。
- (1) 野外貯蔵タンクのガス爆発想定
- A. 想定条件
- 気象条件は無風状態とする。
- B. ガス爆発の形態
- 高圧ガス漏洩、引火によるガス爆発とする。
3. 2 石油コンビナート等のガス爆発による影響の有無の評価
3. 2. 1 評価手法の概要
- 本評価は、発電所に対する石油コンビナート等のガス爆発による影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

評価指標	内容
危険限界距離 [m]	ガス爆発の爆風圧が 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. 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. 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）
- 廃棄物管理施設に隣接する、設計対処施設から最も近い再処理施設のボイラ建屋 ボンベ置場のプロパンボンベ、可燃物の貯蔵量が最も多い再処理施設の低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫のプロパンボンベ及び MOX 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫を選定している
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
- 再処理施設のボイラ建屋 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おけるプロパンボンベは屋内に設置し、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しているため、爆発に至ることはなく、設計対処施設へ影響がなく、外部火災防護対象施設の安全性を損なわないことを確認している。さらに、設計対処施設は、対象とした危険物タンク等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を確認している。
- 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り、設計対処施設へ影響がなく、外部火災防護対象施設の安全性を損なうことはないことを確認している。また、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、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（55m）以上の離隔距離を確保していることを確認している。
3. 2. 2 評価対象範囲
- 廃棄物管理施設敷地周辺 10 km 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、設計対処施設から最も近い再処理施設のボイラ建屋 ボンベ置場のプロパンボンベ、可燃物の貯蔵量が最も多い再処理施設の低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫のプロパンボンベ及び MOX 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫を選定している。

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								
<p>3. 2. 3 必要データ</p> <p>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。</p> <table border="1" data-bbox="147 261 972 1184"> <thead> <tr> <th data-bbox="147 261 360 331">データ種類</th> <th data-bbox="360 261 972 331">整備要領</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="147 331 360 475">石油類のK値</td> <td data-bbox="360 331 972 475">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)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="147 475 360 619">貯蔵設備又は 処理設備のW値</td> <td data-bbox="360 475 972 619">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</td> </tr> <tr> <td data-bbox="147 619 360 1184"></td> <td data-bbox="360 619 972 1184"> <p>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）</p> <p>処理設備：処理設備内にあるガスの質量（単位 トン）の数値</p> </td> </tr> </tbody> </table> <p>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。</p>	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		<p>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）</p> <p>処理設備：処理設備内にあるガスの質量（単位 トン）の数値</p>	<p>3. 2. 3 必要データ</p> <p>外部火災ガイドに基づき、評価に必要なデータを考慮している。</p>
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								
	<p>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）</p> <p>処理設備：処理設備内にあるガスの質量（単位 トン）の数値</p>								

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
<p>3. 2. 4 危険限界距離の算出</p> <p>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。</p> $X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W}$ <p>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]</p> <p>3. 3 判断の考え方</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>3. 2. 4 危険限界距離の算出</p> <p>外部火災ガイドの基づき、再処理施設のボイラ建屋 ボンベ置場のプロパンボンベ、可燃物の貯蔵量が最も多い再処理施設の低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫のプロパンボンベ及び MOX 燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫に設置する水素ガスの貯蔵容器の危険限界距離を算出している。</p> <p>3. 3 石油コンビナート等のガス爆発影響評</p> <p>再処理施設のボイラ建屋 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おけるプロパンボンベは屋内に設置し、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しているため、爆発に至ることはなく、<u>設計対処施設</u>へ影響がなく、<u>外部火災防護対象施設</u>の安全性を損なわないことを確認している。また、対象とした危険物タンク等から<u>設計対処施設</u>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。</p> <p>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、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、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、高圧ガストレーラ庫から<u>設計対処施設</u>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。</p> <p>以上より、<u>外部火災防護対象施設</u>の安全性を損なわないことを確認している。</p>

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
<p>附属書C</p> <p>原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について</p> <p>1. 総則</p> <p>原子力発電所（以下「発電所」という。）における安全上重要な設備は、多重性、多様性を確保するとともに、適切な裕度をもって設計され、適切に維持管理されるなど損傷防止上の配慮がなされている。</p> <p>本評価ガイドは、発電所敷地への航空機の墜落で発生する火災に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災が発電所の敷地内で起こったとしても原子炉施設（本評価ガイドにおける「原子炉施設」は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を内包するものに限る。）に影響を及ぼさないことを評価するものである。</p> <p>1. 1 一般</p> <p>本評価ガイドは、発電所敷地への航空機の墜落で発生する火災が起こった場合でも、設置されている原子炉施設が、火災の影響を受けないよう、適切な防護措置が施されていることについて評価するための手順を示すものである。</p> <p>なお、本評価ガイドでは、放水などによる消火活動の影響については評価の対象外とする。</p> <p>2. 発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価</p> <p>2. 1 航空機墜落による火災の想定</p> <p>航空機墜落による火災の想定は以下のとおりである。</p> <p>（1）航空機墜落による火災の想定</p> <p>A. 想定条件</p> <p>A-1 航空機は、当該発電所における航空機墜落評価の対象航空機のうち燃料積載量が最大の機種とする。</p> <p>A-2 航空機は燃料を満載した状態を想定する。</p> <p>A-3 航空機の墜落は発電所敷地内であって墜落確率が 10⁻⁷（回／炉・年）以上になる範囲のうち原子炉施設への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定する。</p>	<p>附属書C</p> <p>原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について</p> <p>1. 総則</p> <p>廃棄物管理施設敷地への航空機の墜落で発生したとしても、<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。</p> <p>2. 廃棄物管理施設敷地内への航空機墜落による火災の影響評価</p> <p>2. 1 航空機墜落による火災の想定</p> <p>航空機墜落による火災の想定は以下のとおりとしている。</p> <p>（1）航空機墜落による火災の想定</p> <p>A. 想定条件</p> <p>A-1 航空機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。</p> <p>また、敷地周辺の三沢対地訓練空域における主要な航空機（F-2, F-16, F-35）を選定している。</p> <p>A-2 航空機は燃料を満載した状態を想定する。</p> <p>A-3 航空機落下の発生確率が 10⁻⁷回／年以上になる範囲のうち、<u>設計対処施設</u>への影響が最も</p>

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

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。

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
 外部火災ガイドに基づき、評価を実施している。

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、火炎面積の半径が3mを超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価ガイドでは保守的な判断を行うために、火災規模による輻射熱発散度の低減が無いものとする。

2. 2. 2 評価対象範囲

評価対象範囲は、発電所敷地内であって墜落確率が 10^{-7} （回/炉・年）以上になる範囲のうち原子炉施設への影響が最も厳しくなる区域とする。

2. 2. 3 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

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

2. 2. 4 燃焼半径の算出

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

2. 2. 2 評価対象範囲

外部火災ガイドに基づき航空機墜落の発生確率が 10^{-7} 回/年以上になる範囲のうち、設計対処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。

2. 2. 3 必要データ

外部火災ガイドに基づき、必要データを考慮している。

熱影響評価の対象航空機は、航空機墜落評価の対象航空機（KC-767, F-2, F-16, F-35）のうち、熱影響が厳しいKC-767を対象としている。

2. 2. 4 燃焼半径の算出

外部火災ガイドに基づき、円筒火災を想定している。ただし、燃焼面積については、実物航空機の衝突実験を参考とし、機体の投影面積とする。

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
<p>る。</p> <p>2. 2. 5 形態係数の算出</p> <p>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。</p> $\phi = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\frac{(n-1)}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$ <p>ただし $m = \frac{H}{R} \div 3$, $n = \frac{L}{R}$, $A = (1+n)^2 + m^2$, $B = (1-n)^2 + m^2$</p> <p>ϕ: 形態係数、L: 離隔距離 [m]、H: 火炎の高さ [m]、R: 燃焼半径 [m]</p> <p>2. 2. 6 輻射強度の算出</p> <p>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。</p> $E = Rf \cdot \phi$ <p>E: 輻射強度 [W/m²]、Rf: 輻射発散度 [W/m²]、ϕ: 形態係数</p> <p>2. 2. 7 燃焼継続時間の算出</p> <p>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。</p> $t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$ <p>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]</p>	<p>2. 2. 5 形態係数の算出</p> <p>外部火災ガイドに基づき、形態係数を算出している。</p> <p>2. 2. 6 輻射強度の算出</p> <p>外部火災ガイドに基づき、輻射強度を算出している。</p> <p>2. 2. 7 燃焼継続時間の算出</p> <p>外部火災ガイドに基づき、燃焼時間を算出している。</p>

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
<p>2. 3 判断の考え方</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>2. 3 判断の考え方</p> <p><u>設計対処施設</u>の建屋は、外壁表面温度がコンクリートの許容温度以下であり、建屋内の<u>外部火災防護対象施設</u>の安全性を損なわないことを確認している。</p>

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 3 - 1 (8 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

廃棄物管理施設は，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

外部火災によって廃棄物管理施設の安全性が損なわれないことを確認する施設を，全ての廃棄物管理施設の構築物，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及び遮蔽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。

上記に含まれない廃棄物管理施設については，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補修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。

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表に外部火災防護対象施設の選定結果を示す。

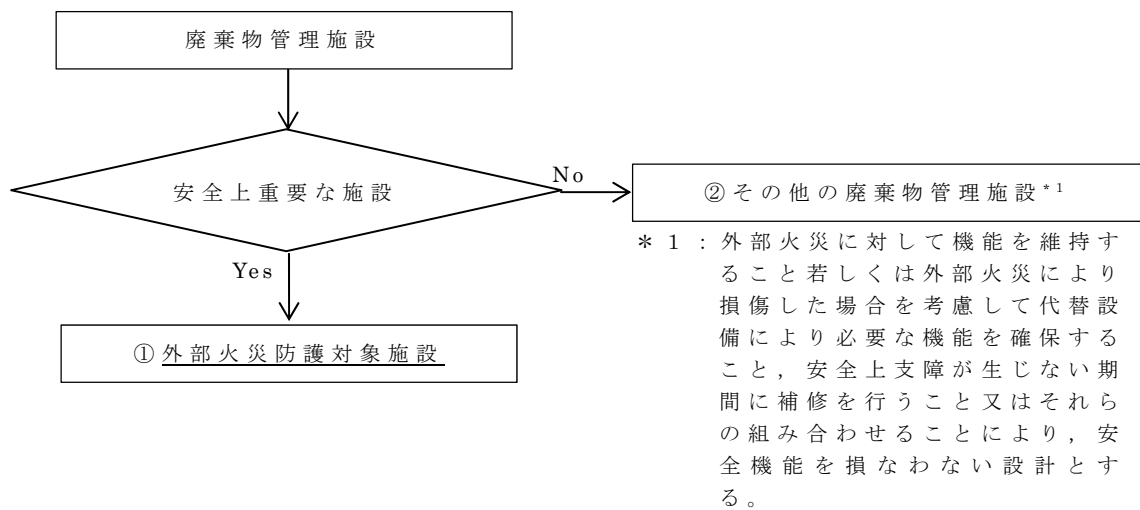
3. 設計対処施設の抽出

外部火災防護対象施設である収納管，通風管，貯蔵区域しゃ

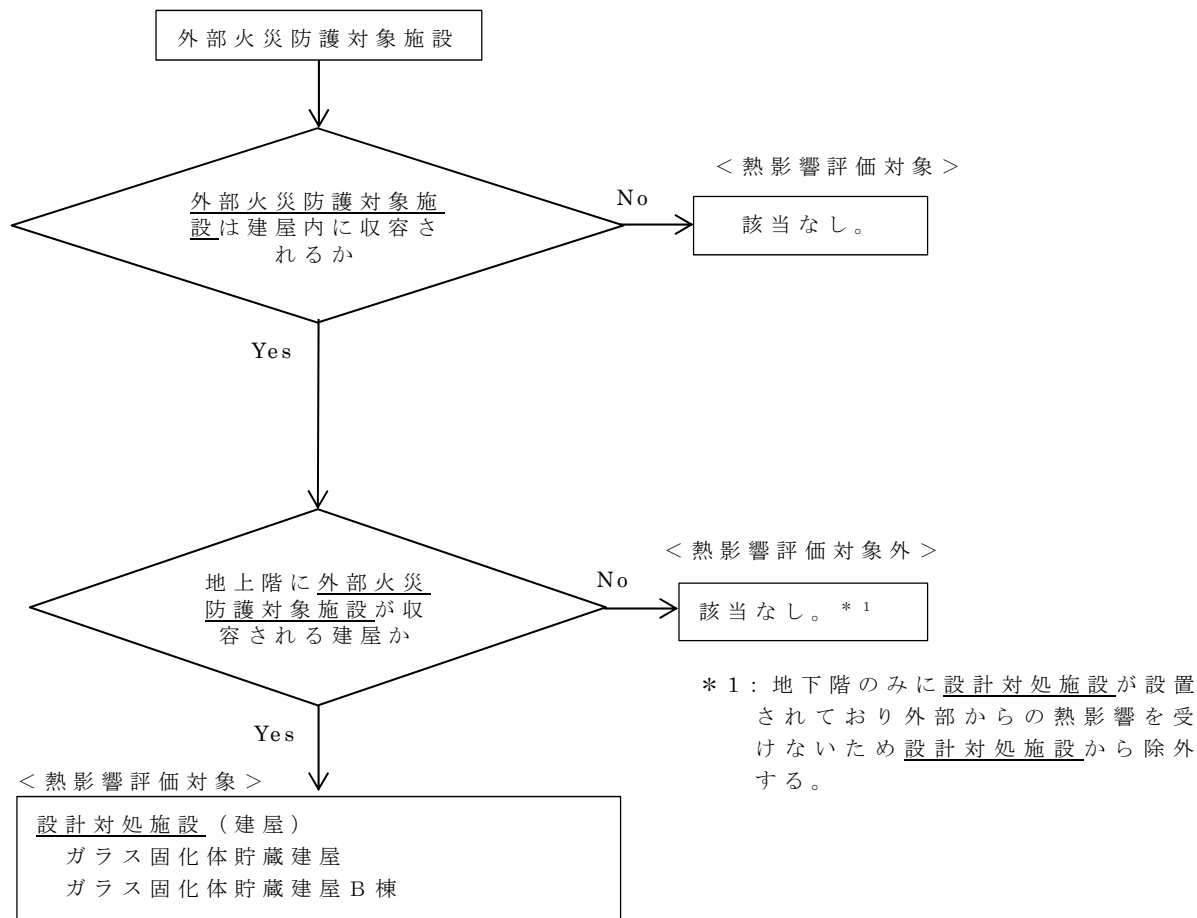
へい及びガラス固化体検査室しゃへいは地下階に設置し熱影響を受けない設計，貯蔵建屋床面走行クレーンのしゃへい容器は，不燃性及び難燃性材料で構成し建屋により防護する設計とする。外部火災防護対象施設は建物内に収納され防護される設備であることから，外部火災防護対象施設を収納する建屋を熱影響評価対象の設計対処施設とする。設計対処施設の抽出フローを第2図に示す。また、設計対処施設の配置図を第3図に示す。

4. 影響評価内容

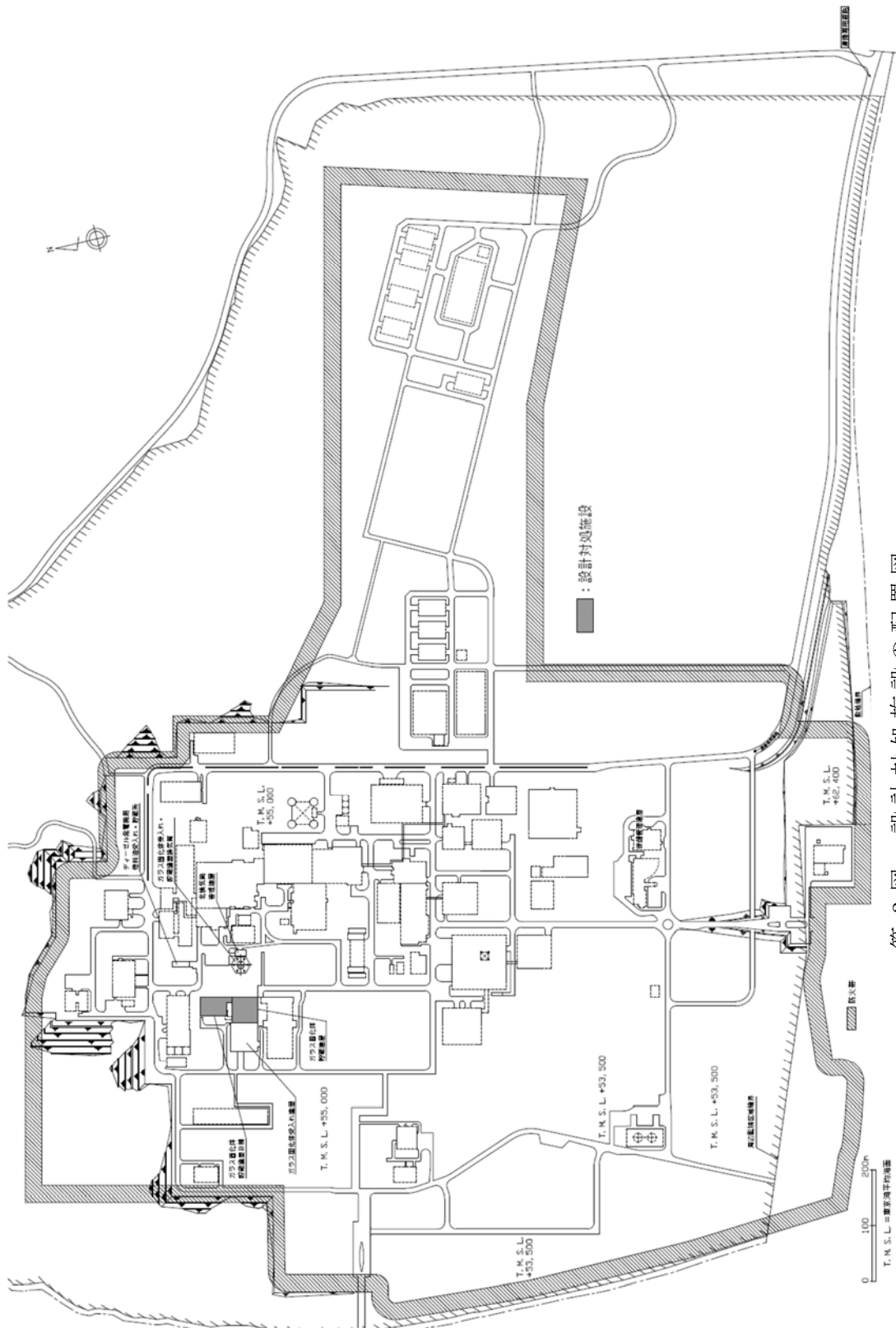
設計対処施設については，外壁温度の評価を実施し、コンクリートの強度が維持できる温度以下であり，建屋内の外部火災防護対象施設の安全性を損なわないことを確認する。



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



第3図 設計外施設の配置図

第 1 表 外部火災防護対象施設の選定一覧

建屋	安全上重要な施設	設計対応	
		熱影響	二次的影響
ガラス固化体貯 槽建屋	収納管，通風管	×	○
	貯蔵区域しゃへい	×	—
	ガラス固化体検査室 しゃへい	×	—
	貯蔵建屋床面走行ク レーンのしゃへい容 器	×	—
ガラス固化体貯 蔵管理建屋 B 棟	収納管，通風管	×	○
	貯蔵区域しゃへい	×	—

○：評価対象

×：評価対象外（ただし，当該設備を設置する建屋が評価対象）

—：評価対象外

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 3 - 2 (8 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，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する。

また，敷地内に存在する廃棄物管理施設の危険物タンク等において，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を行う設計対処施設及び危険物タンク等の熱影響評価対象選定フローを第1図に示す。

防火帯，設計対処施設及び敷地内の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，石油備蓄基地及び敷地内の危険物タンク等からの離隔距離を第1表に示す。

また，熱影響評価対象である敷地内の廃棄物管理施設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，石油備蓄基地及び敷地内の危険物タンク等からの離隔距離

設計対処施設	防火帯からの 離隔距離	石油備蓄基地からの 離隔距離	廃棄物管理施設の 危険物タンク等	廃棄物管理施設以外の 危険物タンク等	
			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	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所
ガラス固化体 貯蔵建屋	324m	1,470m ^{*2}	108m	187m	728m ^{*3}
ガラス固化体 貯蔵建屋B棟	289m ^{*1, *4}	1,500m	68m ^{*3}	130m ^{*3}	783m

*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：危険物タンク等の重油タンク火災の評価対象。

*4：石油備蓄基地火災と森林火災の重畳の評価対象。

第2表 熱影響評価対象である敷地内の廃棄物管理施設の危険物タンク等

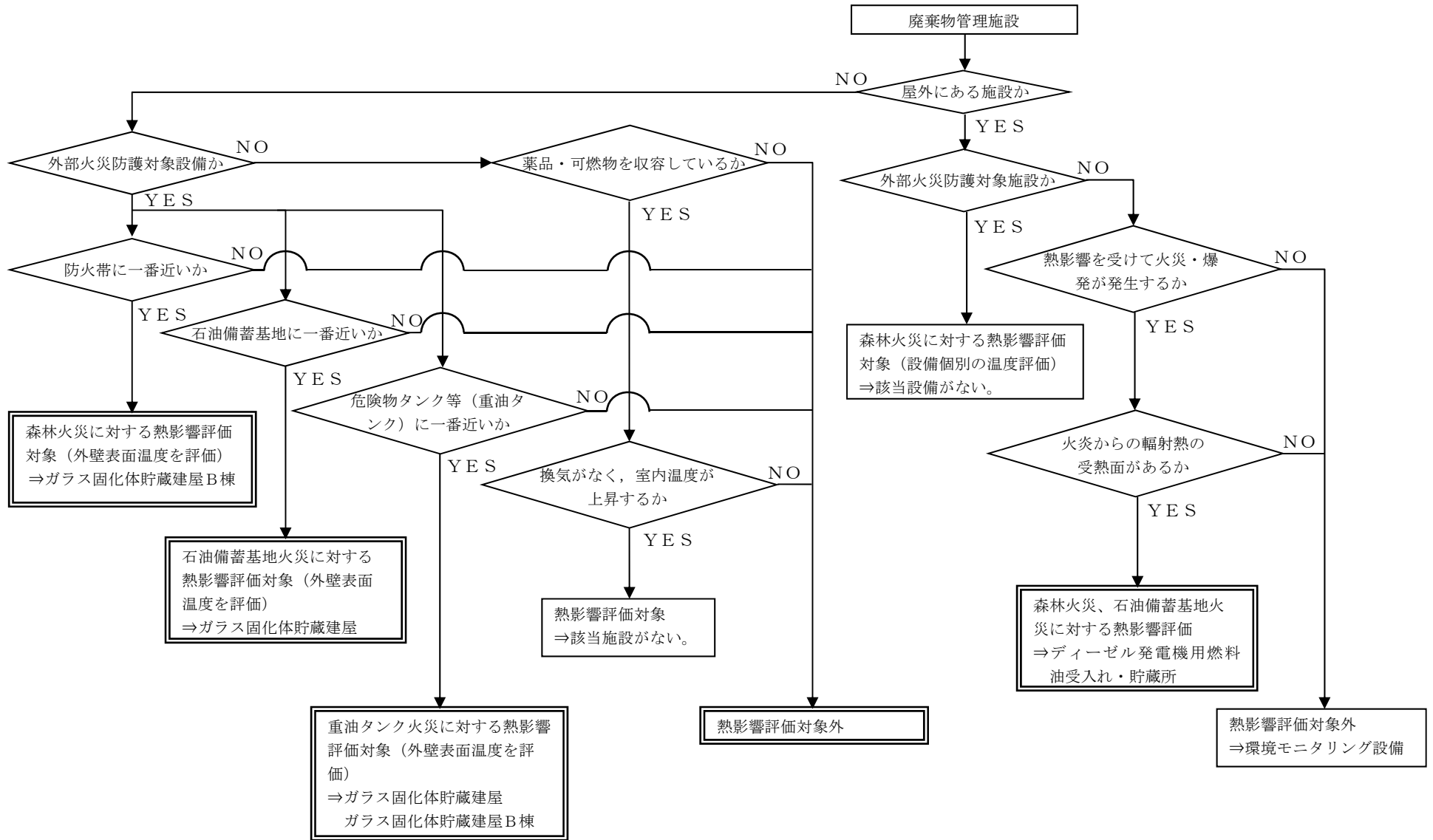
熱影響評価対象	貯蔵物	許容温度
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所* ¹	重油	200 ⁽¹⁾ ℃ * ²

* 1 : 森林火災及び石油備蓄基地火災の評価対象。

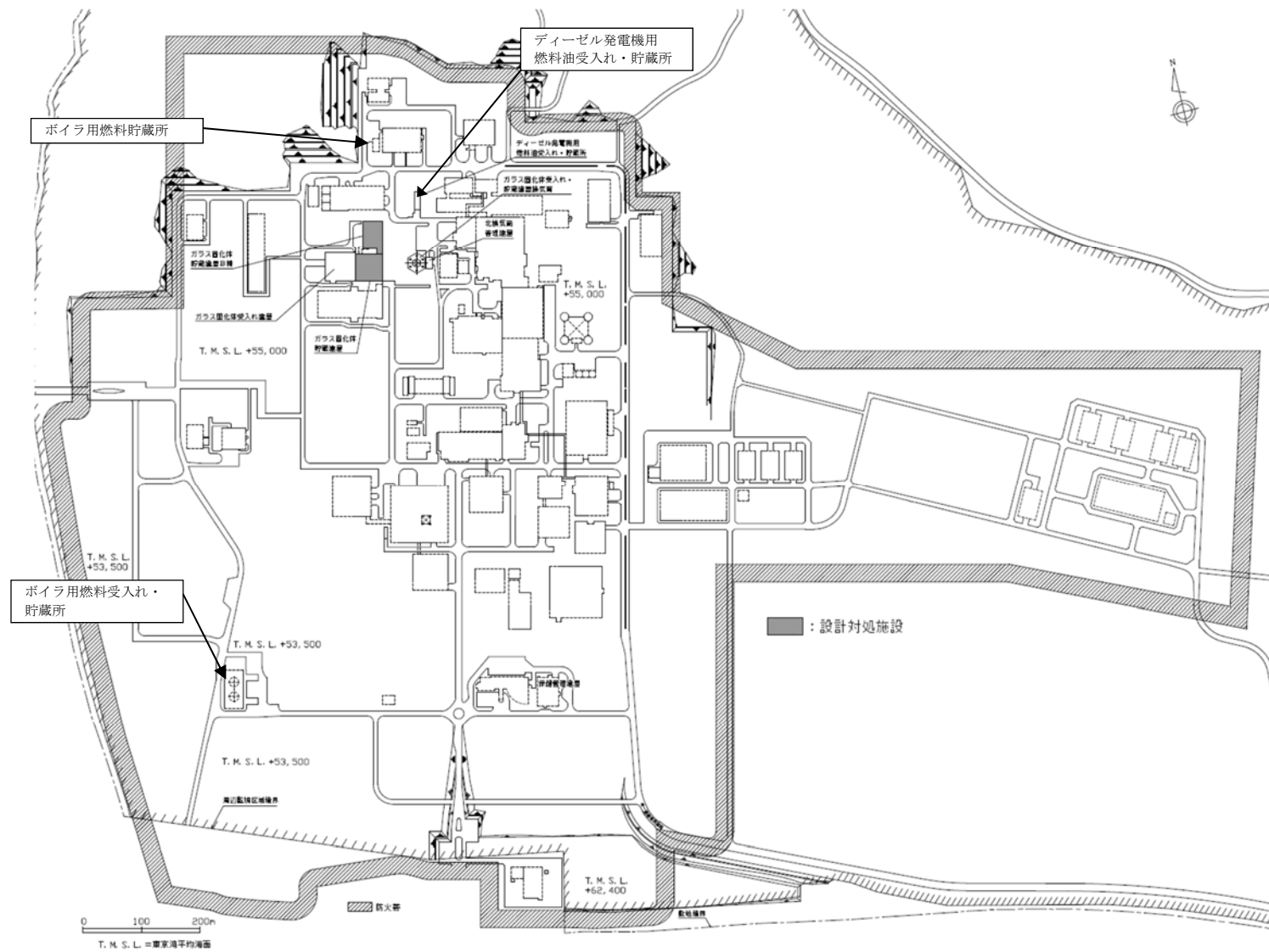
* 2 : 参考文献(1)に基づく発火点約240℃を切り下げ200℃とする。

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.



第 1 図 熱影響評価対象選定フロー



防火帯，設計対処施設及び敷地内の危険物タンク等の配置

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 4 - 3 (8 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の火線強度に必要な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、廃棄物管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

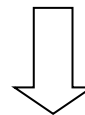
項目	内容	解析結果
延焼速度	全燃焼セルにおける延焼速度	発火点1 : 最大 4.7m / s 平均 0.07m / s 発火点2 : 最大 5.3m / s 平均 0.08m / s 発火点3 : 最大 3.5m / s 平均 0.04m / s
最大火線強度	火線最前線の最大火線強度 (防火帯幅算出に用いる)	発火点1 : 1,527 kW / m 発火点2 : 9,128 kW / m 発火点3 : 2,325 kW / m
火炎の到達時間	発火から敷地内に最も早く到達する時間	発火点1 : 30時間1分 発火点2 : 18時間37分 発火点3 : 5時間1分
輻射強度	防火帯から任意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

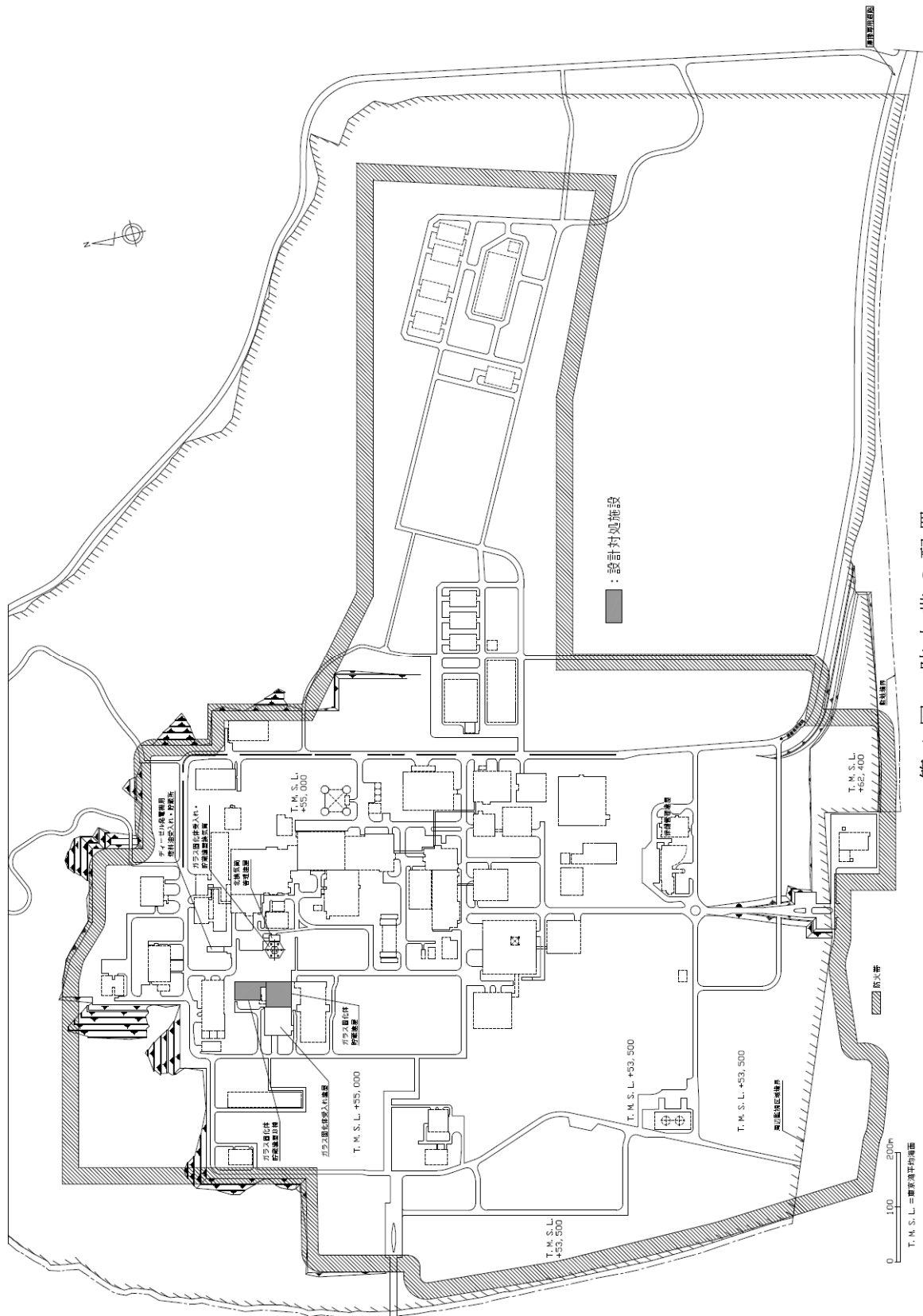
(火炎の防火帯突破確率1%)

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 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 4 - 3 (8 条 外部火災)

別紙 1

防火帯エリアに係る設計方針について

1. はじめに

新規制基準第9条の森林火災による設計対処施設への延焼防止対策としては、廃棄物管理施設周辺に幅25m以上の防火帯（可燃物が無い帯状のエリア）を設定する。

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、防火帯の延焼防止機能に支障をきたすことがないように手順を定める。

以上より、防火帯エリアは原則として、不燃性領域として維持・管理する必要があることから、防火帯エリアに設置している機器、構築物の設計方針を以下に示す。

*：作業における短時間の停車・仮置きは許容する方向で手順を整備する。

2. 防火帯エリアに設置している機器、構築物の設計方針

防火帯の延焼防止機能を維持するために、防火帯と干渉する機器、構築物の対応については、以下のとおりとする。

① 防火帯エリアにおいて草木が生えないように、防火帯内はモルタル吹付け、砂利、簡易舗装等の表面処理を行う。

② 防火帯エリアは可燃物となるものを設置しないようにするため、原則として可燃物となる資機材、機器、建物等の

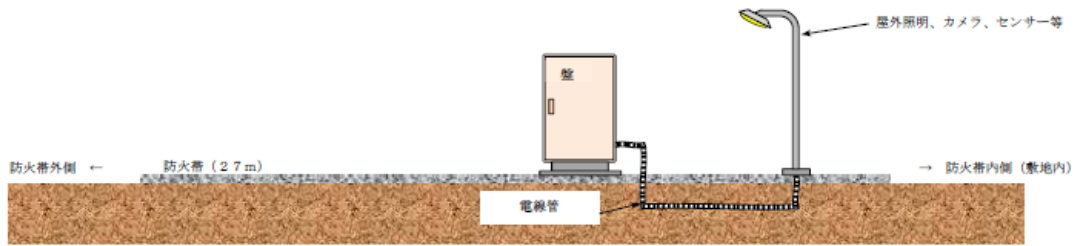
構造物は撤去又は移設する。

- ③ ただし、既存の設備・機器等で撤去又は移設の対応が困難なものは、第1表の対応方針とする。

第1表 防火帯に設置する設備・機器等の対応方針

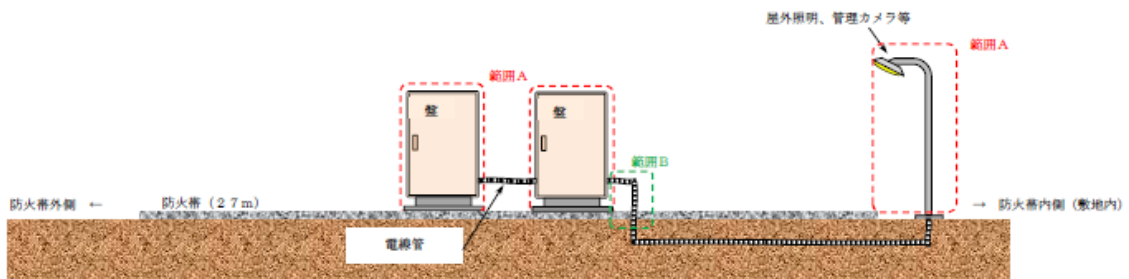
分類		設備・機器等の例	対応方針	備考
不燃性の設備・機器等		鉄塔、送電線、フェンス、電柱等	火災により延焼しないため、防火帯の延焼防止効果に影響を与えないことから対策は不要	
可燃物を含む設備・機器等	防火帯内に設置する設備・機器等	屋外照明、カメラ、センサー、分電盤、デリネータ等	<ul style="list-style-type: none"> ・局所的な火災となるため、防火帯の延焼防止効果に影響を与えないことから対策は不要 ・デリネータ等のように、可燃物量が明らかに少量であり、局所的な火災となるものは、防火帯の延焼防止効果に影響を与えないことから対策は不要 	図1参照
	防火帯を横断して設置する設備・機器等	ケーブル、電線管、センサー、トラフ等	<p>防火帯の延焼防止機能に影響を及ぼすことが想定されるため、横断して設置される設備・機器等は以下の対策をとる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ケーブルは不燃シート等で養生するか、不燃性の電線管とする。これらの対処が実施できない場合は、延焼防止塗料の塗布や防火テープ等の巻付けなどの延焼防止処置を実施する。 ・ケーブル、電線管を埋設化する。 ・地表面にある可燃性のトラフ等は、不燃シート等で養生する。 ・核物質防護設備で上記対策により、設備そのものの機能を阻害するような場合は、対策は実施せず消火活動で対処する。 	図2参照 図3参照

- ・防火帯内だけに設置する設備・機器等*については、局所的な火災となるため、防火帯の延焼防止効果に影響を与えないことから対策は不要（*防火帯のみに設置し、防火帯と並行して設置している設備・機器も該当）



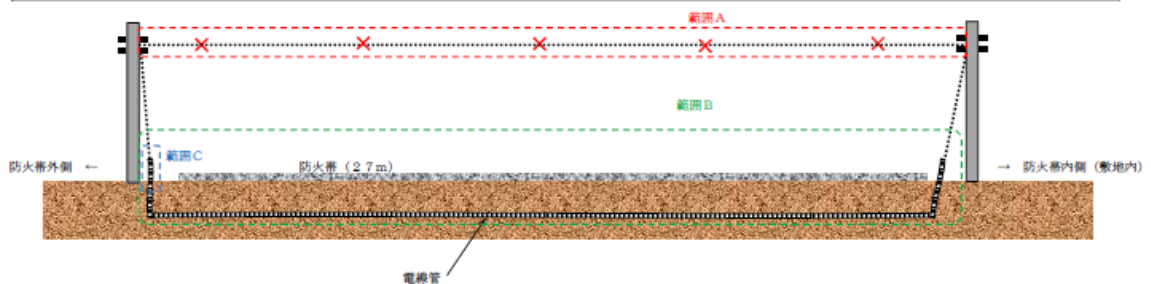
第1図 防火帯内に設置されている設備・機器等の例

- ・**範囲A**は、不燃性の筐体に収納されており場合は、対策は不要とする。
- ・**範囲B**は、電線管、ケーブルの火災による延焼を防止するため、不燃シート等で養生するか、不燃性の電線管とする。これらの対策が実施できない場合は、延焼防止塗料の塗布や防火テープの巻付けなどの延焼防止処置を実施する。



第2図 防火帯を横断している設備・機器等の例

- ・**範囲A**は、ケーブル火災により防火帯内側（敷地内）に火災が到達し、防火帯の延焼防止機能を損なうおそれがあるため対策を実施する。
- ・対策としては**範囲B**のとおり、防火帯を横断するケーブルは電線管に収納して地中埋設とする。
- ・**範囲C**は、電線管、ケーブルの火災による敷地内への延焼を防止するため、不燃シート等で養生するか、不燃性の電線管とする。これらの対策が実施できない場合は、延焼防止塗料の塗布や防火テープ等の巻付けなどの延焼防止処置を実施する。



第3図 防火帯を横断しているケーブルの例

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 4 - 3 (8 条 外部火災)

別紙 2

防火帯内側の植生による設計対処施設への火災影響について

廃棄物管理施設の敷地内で、現場作業に伴い「屋外の危険物保管」や「火気の使用」をする場合は、社内文書に基づき危険物や火気を管理した状態で行うことから、敷地内植生に火が延焼することはない。火災が発生することはない。万が一火災が発生した場合でも、防火帯内側は道路や非植生のエリアが多くあることに加え、常駐する自衛消防隊の消火班（消火専門隊）による迅速な消火対応が可能であるため設計対処施設への影響はない。

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

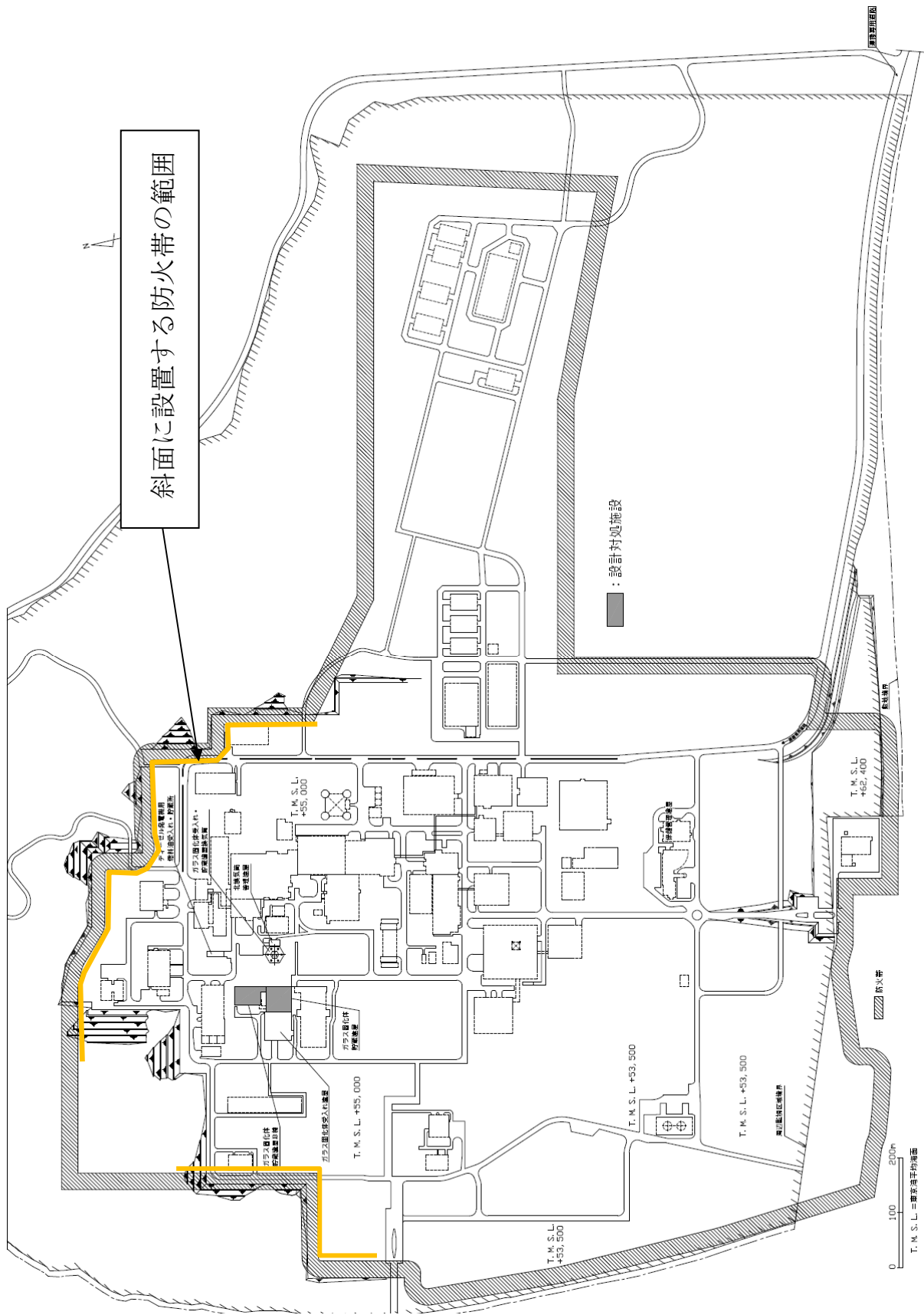
補足説明資料 4 - 3 (8 条 外部火災)

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外部火災防護対象施設への影響はない。



第1図 防火帯の配置図

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 4 - 5 (8 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。

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

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

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。

$$\phi_t = (\phi_i + \phi_{i+1} + \phi_{i+2} \dots + \phi_X) \dots (3)$$

ただし、 $i + (i + 1) + (i + 2) \dots (i + X)$ 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。

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

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ガラス固化体貯蔵建屋B棟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ガラス固化体貯蔵建屋B棟の離隔距離は、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ガラス固化体貯蔵建屋B棟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、ガラス固化体貯蔵建屋B棟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_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)⁽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。

$$T_s = T_0 + \frac{2 \times E \times \sqrt{\alpha \times t}}{\sqrt{\pi \lambda}} \quad \dots (6)$$

ここで、

T_s : 外壁表面温度 (°C)

t : 燃焼時間 (s)

(2) 評価結果

ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟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)

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)
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	289	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

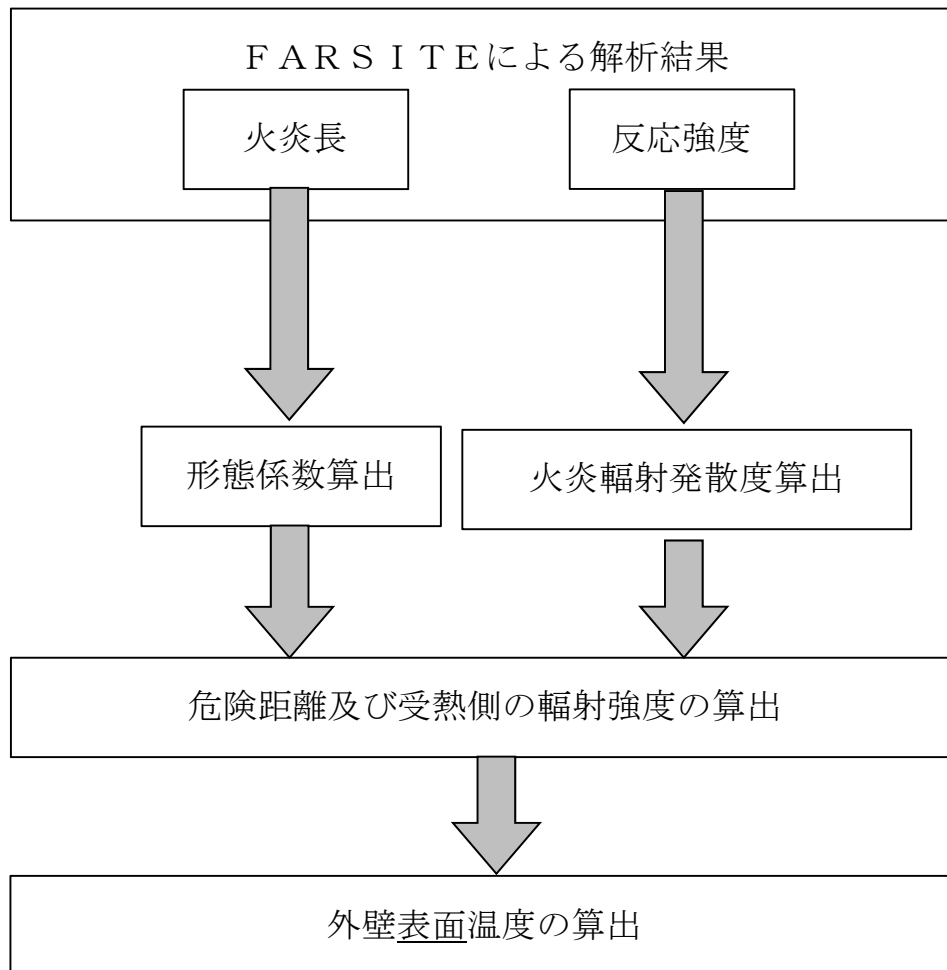
項目	記号	数値	単位
初期温度	T_0	50 ^{*1}	°C
コンクリート熱伝導率	λ	1.74 ⁽³⁾	W/mK
コンクリート密度	ρ	2,150 ^{*2}	kg/m ³
コンクリート比熱	c	963 ⁽³⁾	J/kgK

*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。

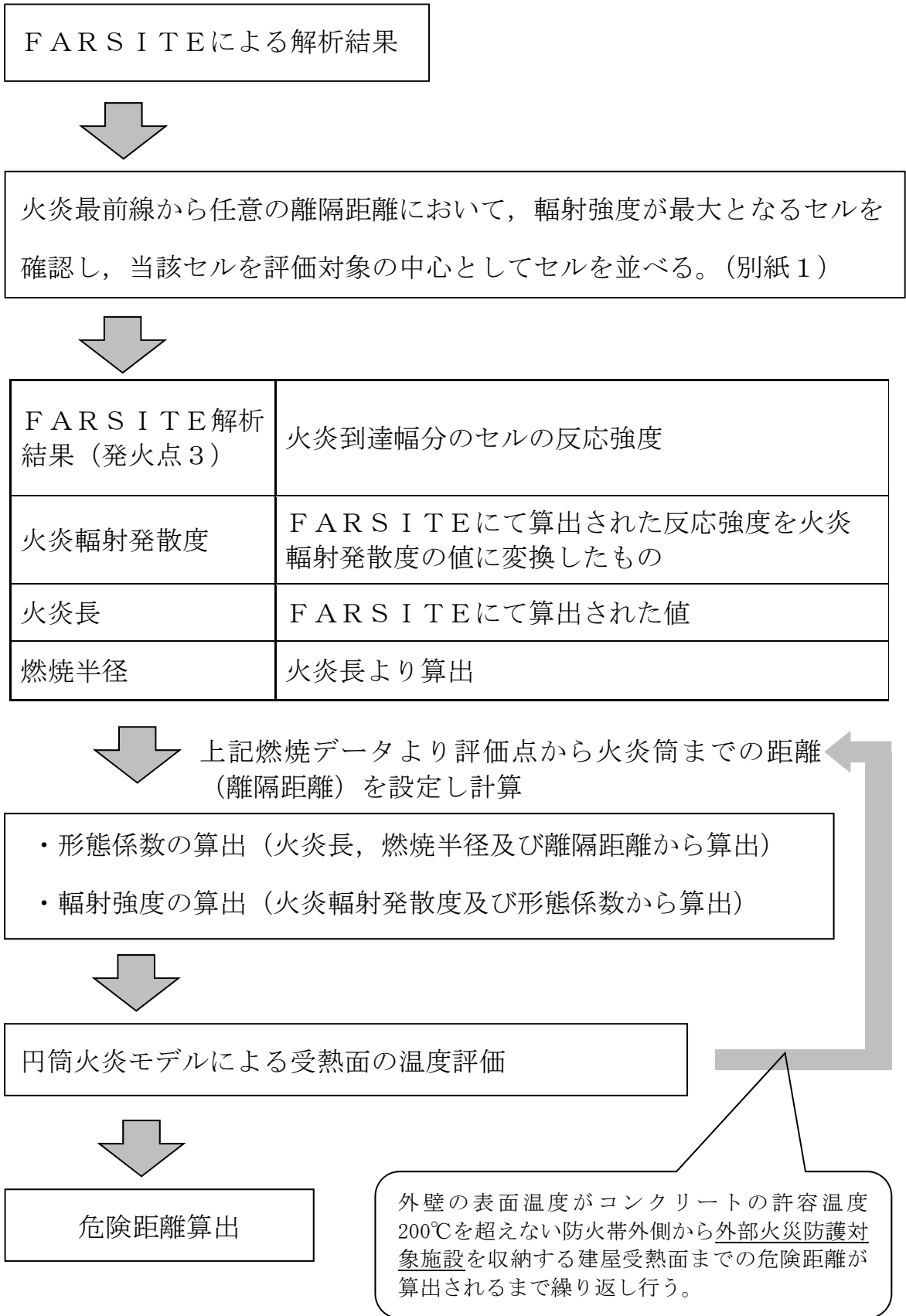
*2：遮蔽設計の最小値

第3表 森林火災による外壁の熱影響評価の結果

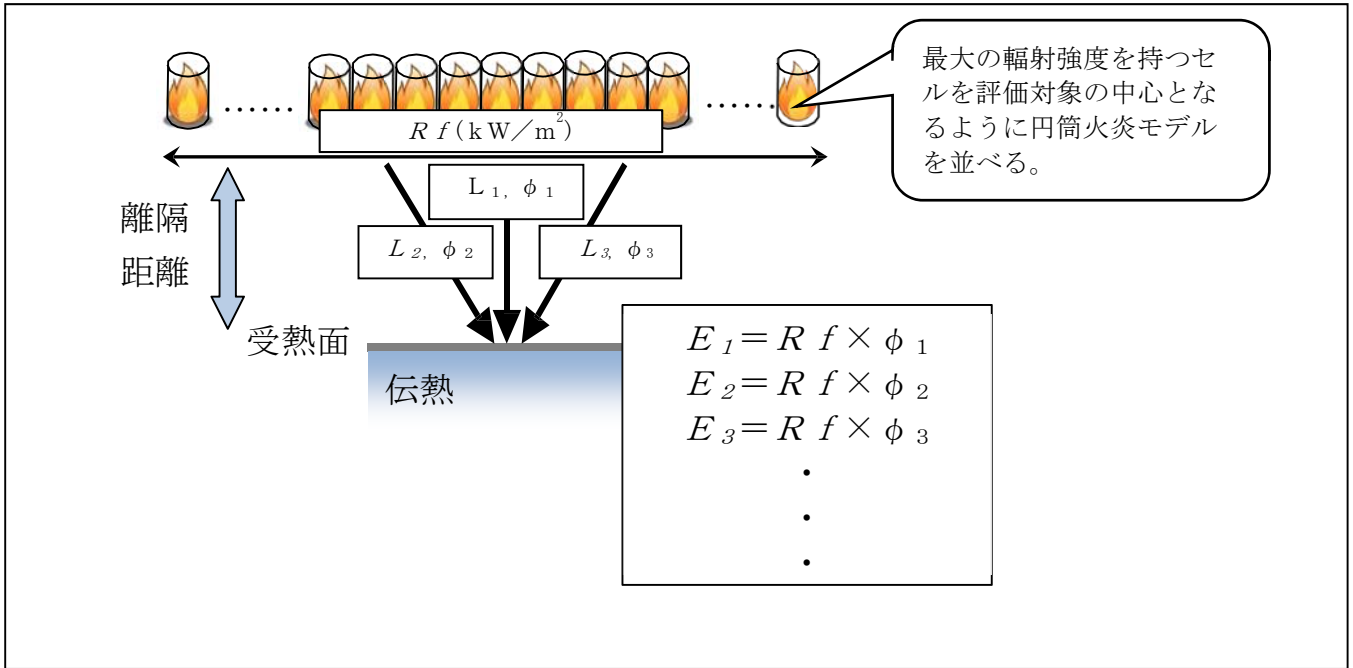
対象施設	外壁表面温度 (°C)	コンクリート許容温度 (°C)
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	56	200



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

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 4 - 5 (8 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廃棄物管理施設であるガラス固化体受入れ建屋については、防火帯内側への設置している。防火帯は幅 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廃棄物管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を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廃棄物管理施設への影響を抑えることができる。

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 4 - 6 (8 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性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。

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 0.45m 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。

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

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

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

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

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

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/m^2)

R : 外壁表面と室内空気のための熱抵抗 ($m^2 K/W$)

R_c : 外壁表面と外壁内面のための熱抵抗 ($m^2 K/W$)

R_h : 外壁内面と室内空気のための熱抵抗 ($m^2 K/W$)

D : 外壁厚さ (m)

λ : 外壁の熱伝導率⁽²⁾ (W/mK)

h : 外壁内面から室内空気への熱伝達率 ($W/m^2 K$)

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。

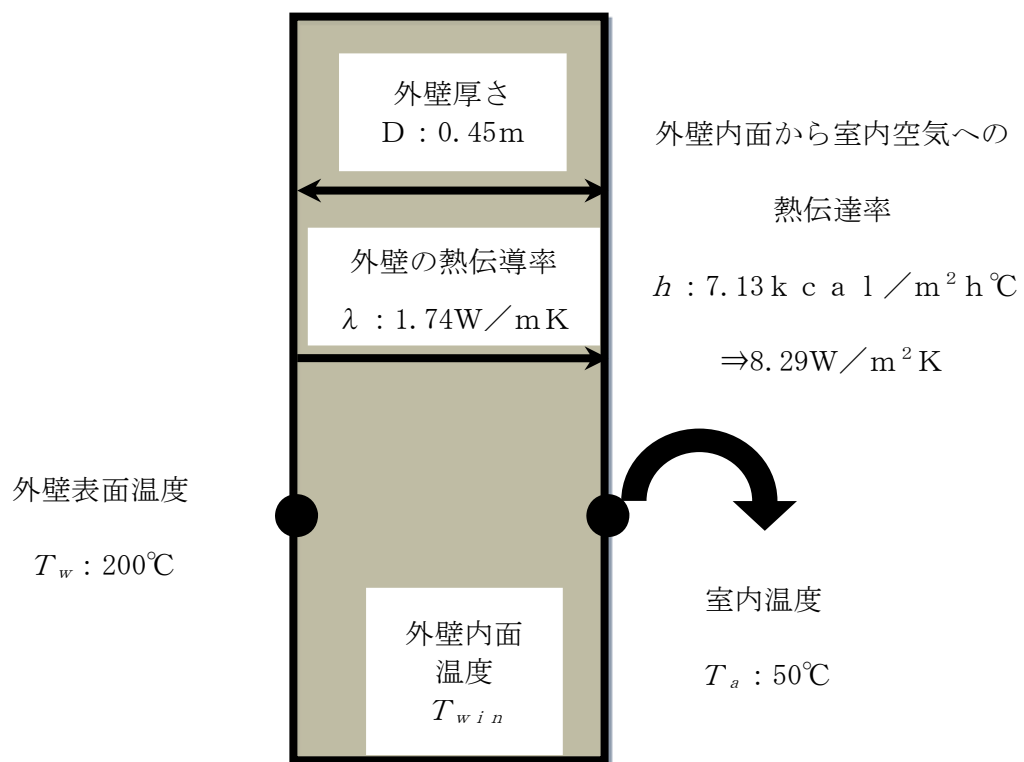
以上から、外壁内面温度は約98°Cとなるが、外壁に直接接触れる外部火災防護対象施設がないこと及び厳しい計算条件を考慮すると屋内に設置する外部火災防護対象施設への影響はない。

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	°C	
室内温度	T_a	50	°C	
外壁の熱伝導率	λ	1.74	W/mK	
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	0.45	m	



第 1 図 外壁内面温度の計算モデル

令和 2 年 2 月 27 日 R 2

補足説明資料 5 - 1 (8 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，廃棄物管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，廃棄物管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，廃棄物管理施設から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，廃棄物管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，廃棄物管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，廃棄物管理施設に近いこと。

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，廃棄物管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図及び第4図に示す敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等の配置より、石油備蓄基地よりも近い位置にある危険物貯蔵所は、敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等となる。

ただし、廃棄物管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、廃棄物管理施設に与える影響が大きいこと。

- (a) 第4図に示す、敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等は、いずれも石油備蓄基地と比較して貯蔵量は少ないが、廃棄物管理施設との距離が近いことから、廃棄物管理施設への離隔距離が最短となるボイラ用燃料貯蔵所及び最も重油の貯蔵量が多いボイラ用燃料受入れ・貯蔵所を評価対象とする。
- (b) 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、ボイラ用燃料貯蔵所及びボイラ用燃料受入れ・貯蔵所を評価対象とする。

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、廃棄物管理施設への影響が厳しい評価となる対象を選定する。第5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 10 km の範囲内に存在する高圧ガス貯蔵施設となる施設を第6図に示す。

第4図及び第6図に示すとおり、敷地周辺 10 km の範囲内には、敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等、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、廃棄物管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. 廃棄物管理施設に一番近く影響を与えること。
 - (a) 敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等のうち、廃棄物管理施設に最も近いのはボイラ建屋 ボンベ置場である。
 - (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 km 離れている。
- b. ボイラ建屋 ボンベ置場と比較して、影響が大きいか。
 - (a) 敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等のうち、低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫は、敷地内で最もプロパンガスの貯蔵量が多い。
 - (b) 敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等のうち、高圧ガストレーラ庫は、敷地内で最も水素の貯蔵量が多い。

以上より、ボイラ建屋 ボンベ置場、低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫及び高圧ガストレーラ庫を爆発の評価対象とする。

5. 廃棄物管理施設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、敷地内の廃棄物管理施設の危険物タンク等の火災の影響評価を行う。第7図に示すとおり

り，廃棄物管理施設の危険物タンク等は，ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所のみであり，当該貯蔵所を評価対象とする。

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

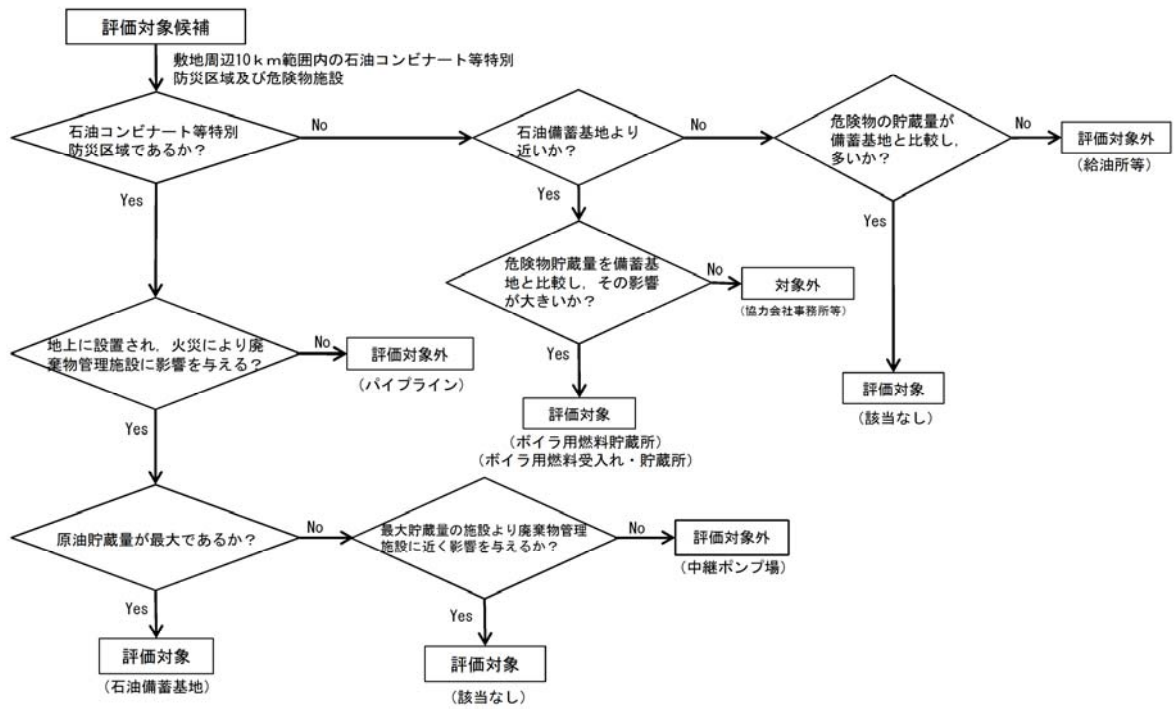
石油コンビナート等特別防災区域内の施設	むつ小川原地区石油コンビナート等特別防災区域 ・石油備蓄基地 ・中継ポンプ場 ・パイプライン
危険物貯蔵所	敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等 ・ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所 ・ボイラ用燃料貯蔵所 ・技術開発研究所重油貯槽
	六ヶ所ウラン濃縮工場
	給油取扱所* ¹
	周辺企業屋外タンク貯蔵所* ¹
高圧ガス貯蔵施設	濃縮機器製造工場
	敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等 ・低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫 ・精製建屋ボンベ庫 ・還元ガス製造建屋 ・ボイラ建屋 ボンベ置場 ・高圧ガストレーラ庫 ・LPGボンベ庫
	周辺企業高圧ガス施設* 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

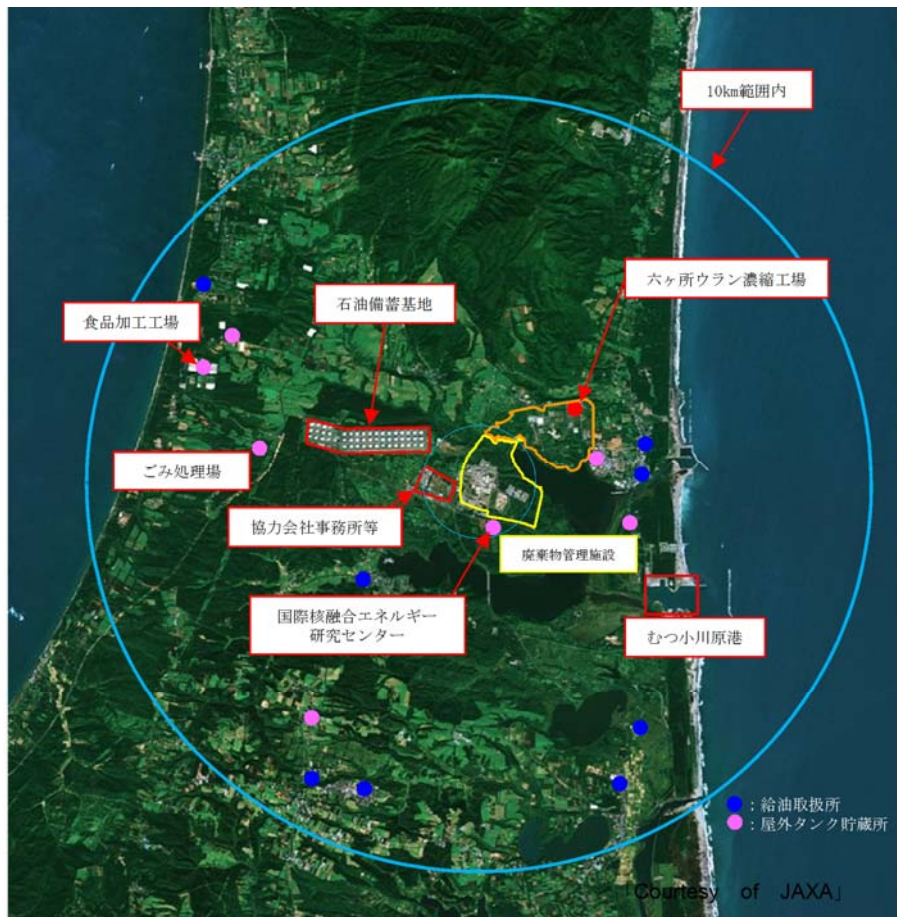
近隣工場等の火災	<ul style="list-style-type: none"> ・石油備蓄基地 ・ボイラ用燃料貯蔵所 ・ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所
近隣工場等の爆発	<ul style="list-style-type: none"> ・ボイラ建屋 ボンベ置場 ・低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫 ・高圧ガストレーラ庫
廃棄物管理施設の危険物タンク等の火災	<ul style="list-style-type: none"> ・ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所



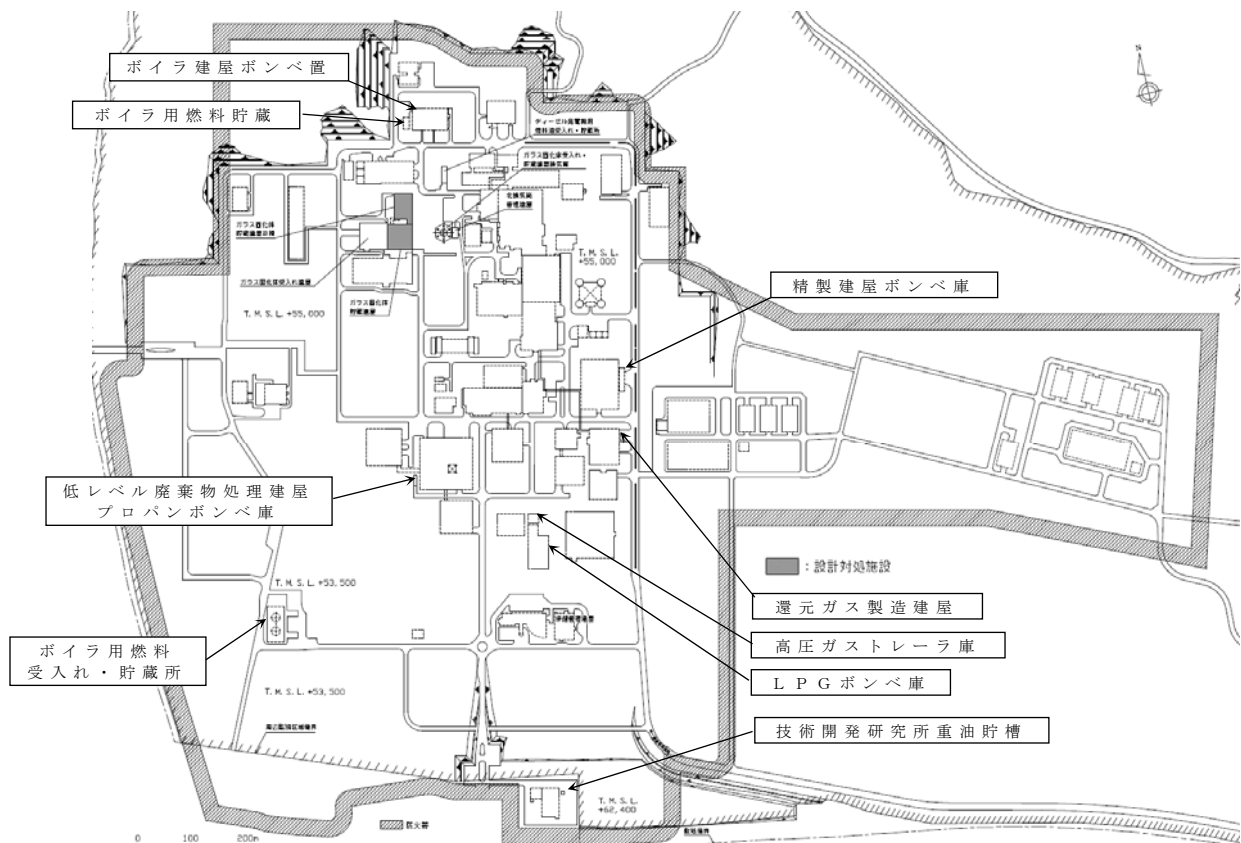
第 1 図 近隣工場等の火災影響評価対象選定フロー図



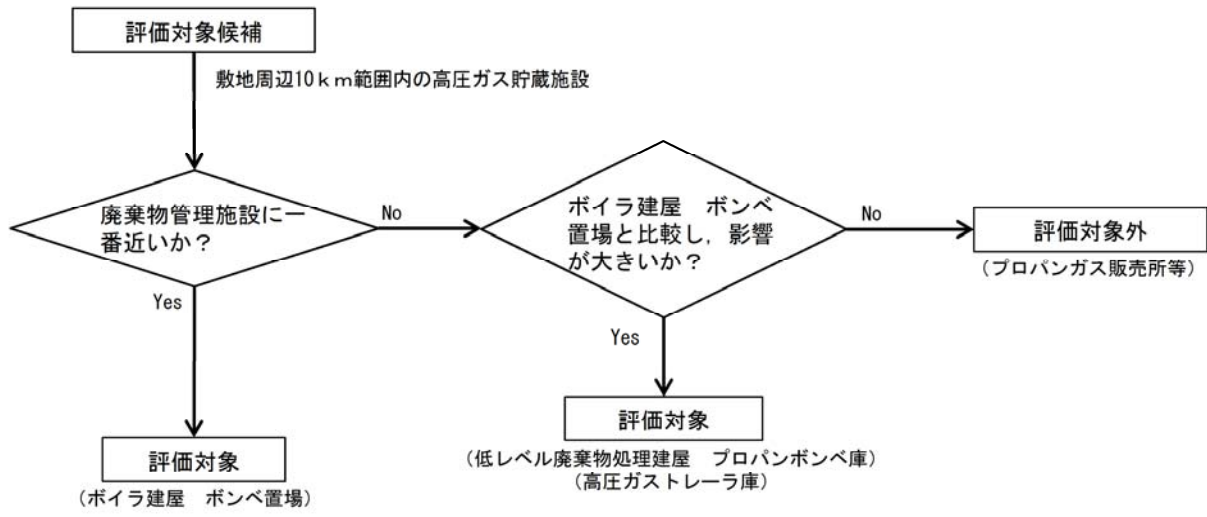
第 2 図 石油コンビナート等特別防災区域内となる施設の配



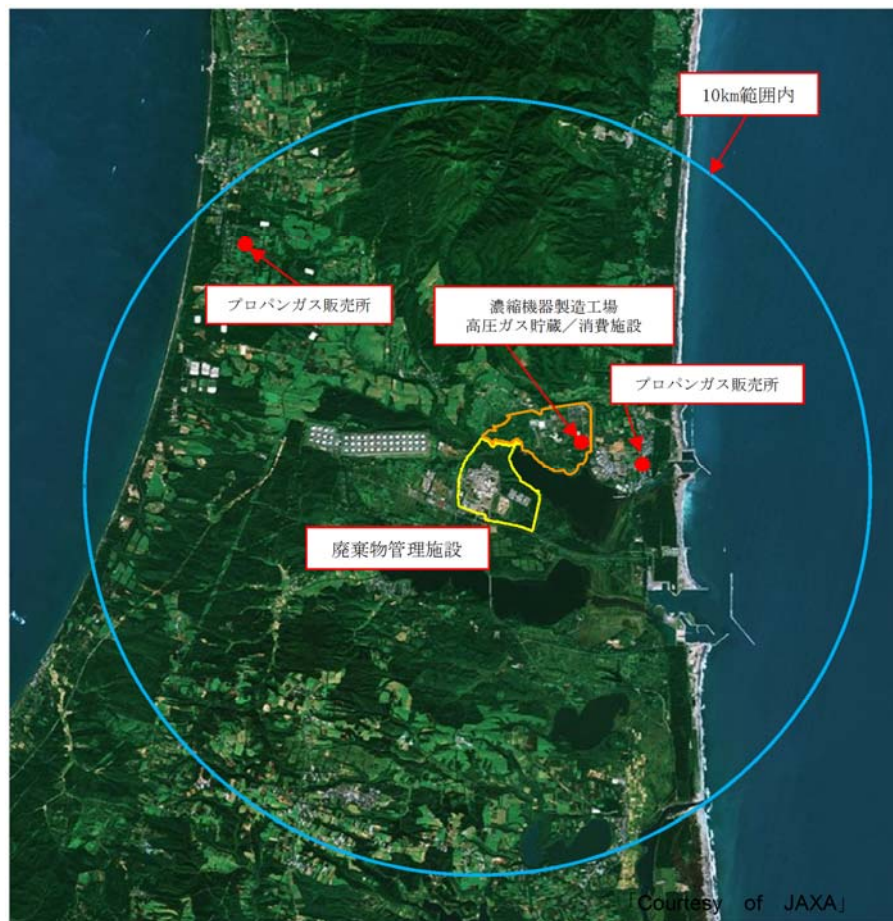
第3図 石油備蓄基地以外の産業施設の配置概要図



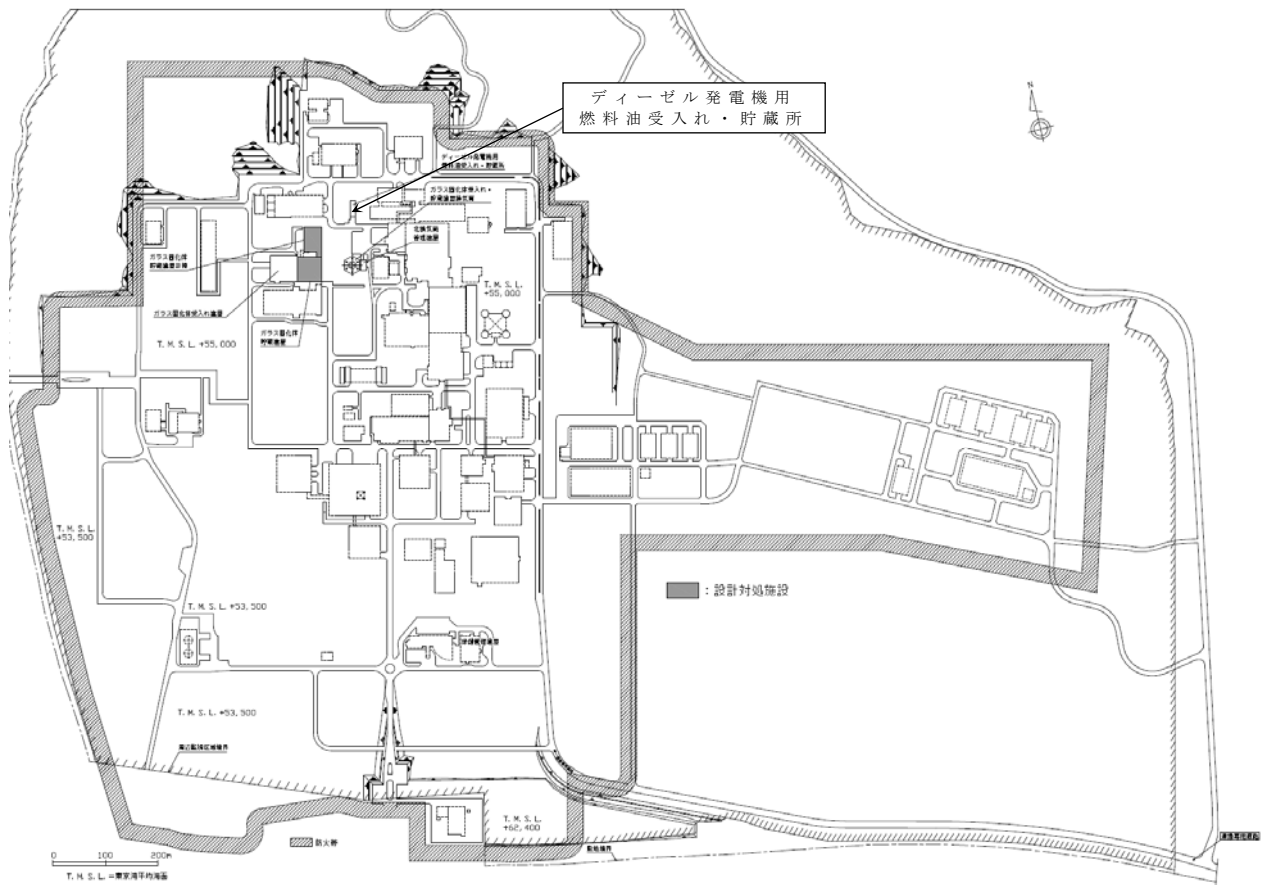
第4図 敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等の配置図



第5図 近隣工場等の爆発影響評価対象選定フロー図



第6図 高圧ガス貯蔵施設の配置概要図



第7図 廃棄物管理施設の危険物タンク等の配置図

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 5 - 1 (8 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。

敷地内には廃棄物管理施設及び廃棄物管理施設以外の危険物タンク（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、設計対処施設への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に評価に包含される。

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

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 5 - 1 (8 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

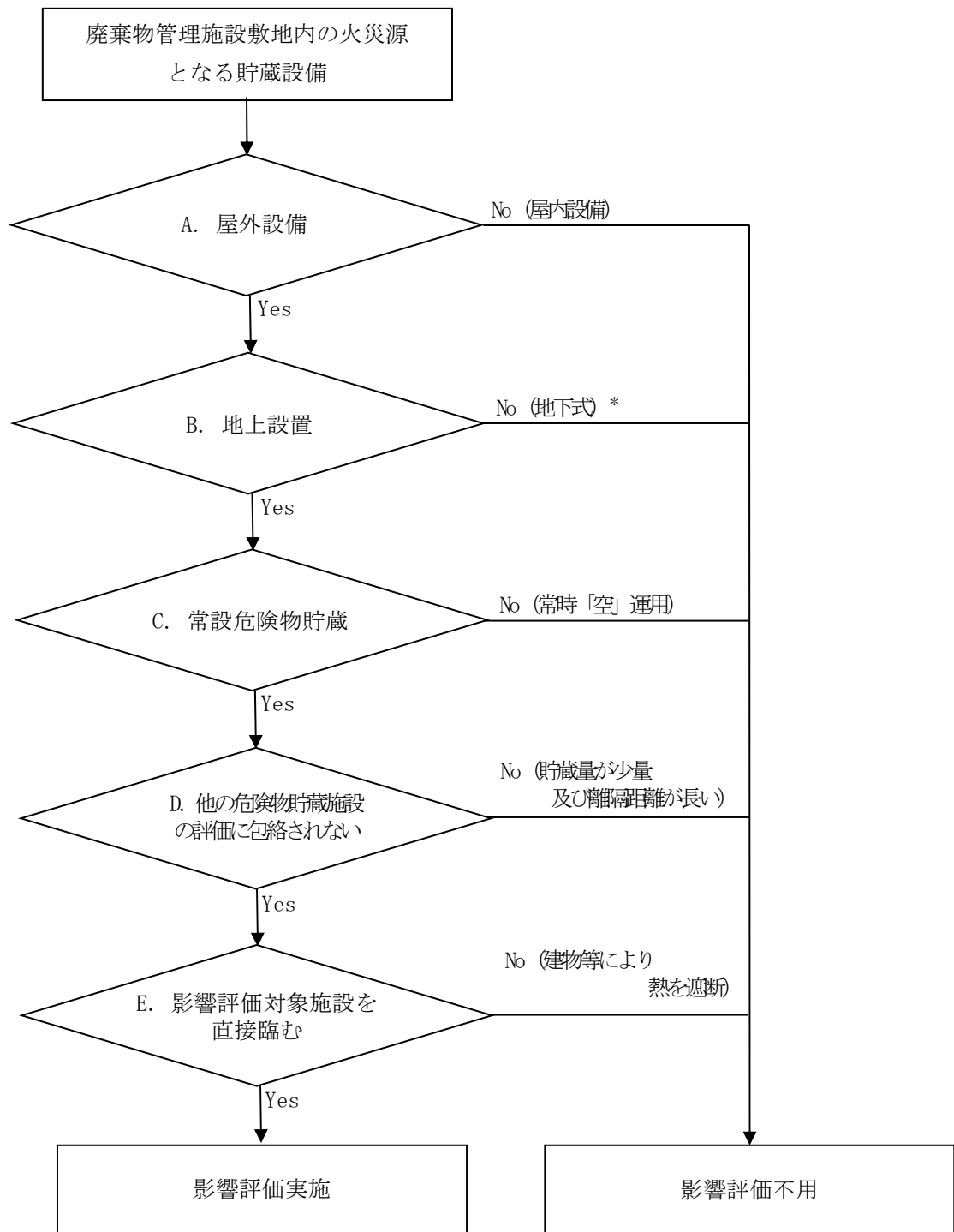
廃棄物管理施設敷地内の危険物貯蔵設備の火災・爆発が、設計対処施設に影響を及ぼさないことについて、「原子力発電所の外部火災評価ガイド付属書B石油コンビナート火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」（以下「外部火災ガイド」という。）に基づき、評価を実施する。

2. 評価対象

外部火災ガイドに基づき、廃棄物管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。

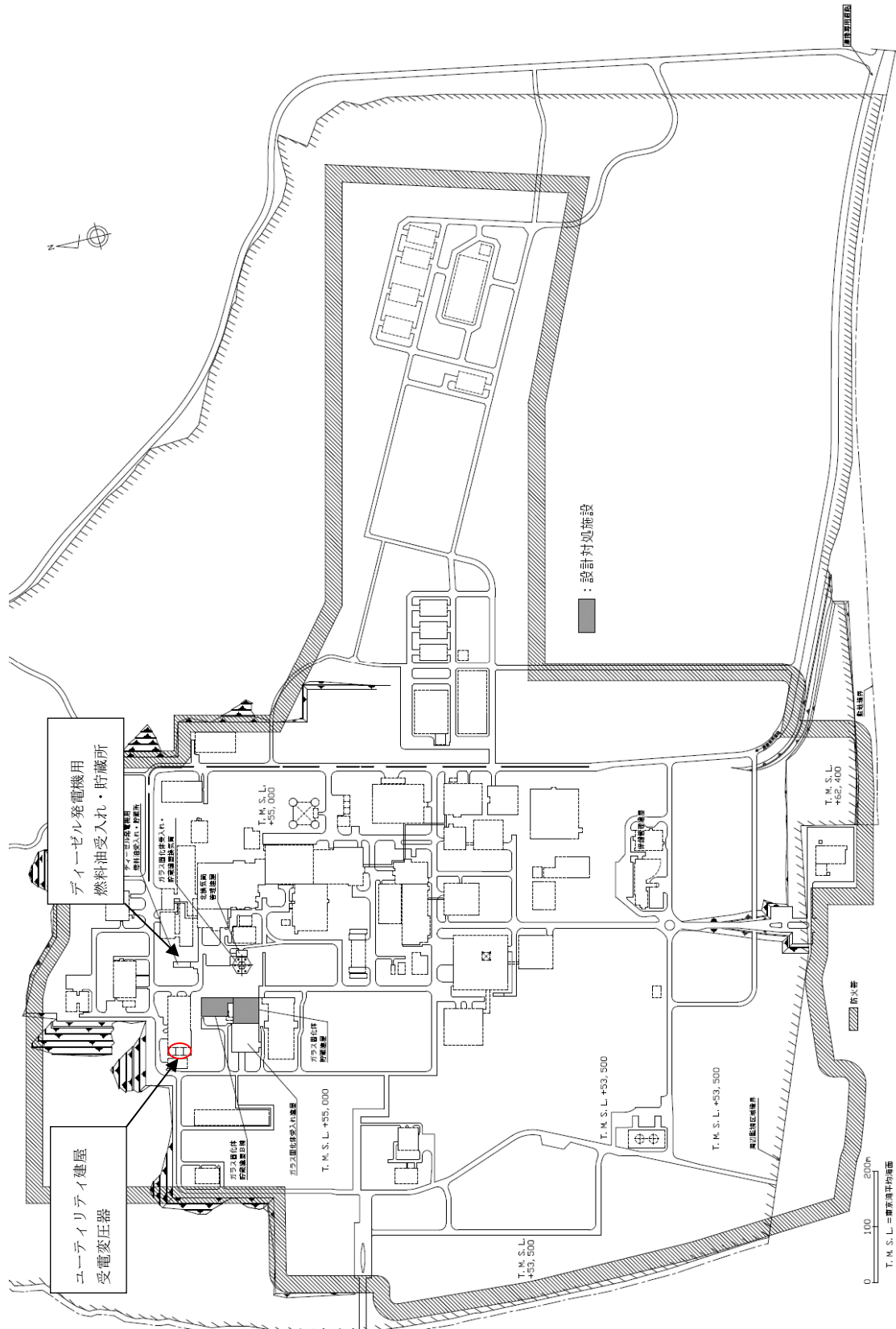
- ・屋内貯蔵所は評価対象外とした。
- ・地下タンク貯蔵所については、地表面で火災が発生する可能性は低いことから、評価対象外とした。
- ・危険物貯蔵量が少なくかつ評価対象施設までの離隔距離が長い設備は、貯蔵量が多くかつ評価対象施設までの離隔距離が短い他設備に包絡されるため、評価対象外とした。
- ・火災源となる設備から評価対象施設を直接臨まないものについては、当該危険物貯蔵設備において火災が発生しても、その影響が及ばないため、評価対象外とした。
- ・敷地郊外より入構してくるタンクローリーについては、燃料補給時は監視人が立会いを実施し、万が一の火災発生時は速やかに消火活動が可能であることから、評価対象外とした。
- ・構内の受電変圧器では絶縁油を使用している。評価対象とした危険物貯

蔵施設と可燃物の貯蔵量と設計対処施設までの離隔距離を比較すると、貯蔵量は小さく、離隔距離は同程度である。そのため、受電変圧器の火災の影響は、評価対象とした危険物貯蔵施設に包絡されるため、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設計対処施設までの離隔距離の比較を第2表に、離隔距離の位置関係を第2図に示す。



* : 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位置関係

第1表 敷地内の廃棄物管理施設の火災源となる貯蔵所等一覧

名称	貯蔵所又は取扱所の区分	危険物の類, 品名		最大数量	評価要否
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	○
E 先行用燃料油貯蔵所	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)

第2表 評価対象施設及び受電変圧器の危険物貯蔵量と設計対処施設との離隔距離の比較

	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)	ディーゼル発電機用燃料受入れ・貯蔵所	150,000L	68m
受電変圧器	ユーティリティ建屋 受電変圧器	39,000L	67m

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 5 - 2 (8 条 外部火災)

近隣工場等の火災に係る廃棄物管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廃棄物管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性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及び敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等を対象とする。

(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、燃焼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。

また、敷地内の廃棄物管理施設以外の危険物タンク等で、廃棄物管理施設への離隔距離が最短となるボイラ用燃料貯蔵所及び可燃物の貯蔵量が最も多いボイラ用燃料受入れ・貯蔵所（以下「ボイラ用燃料貯蔵所等」という。）に対して、タンク容量の全量の重油が防油堤内に流出し、防油堤内で火災が発生することを想定する。

(2) 手順

石油備蓄基地火災に関する検討手順を第1図に示す。

ボイラ用燃料貯蔵所等の火災については、重油の燃焼速度を用い、防油堤内における重油の燃焼時間を設定する。設計対処施設の外壁への熱影響評価については、一定の熱流束を与えたコンクリートの評価として、森林火災における評価方法を適用する。

(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ガラス固化体貯蔵建屋を評価対象とする。

ボイラ用燃料貯蔵所等の火災の評価対象は、ボイラ用燃料貯蔵所等から最短となる設計対処施設を選定する。

石油備蓄基地及びボイラ用燃料貯蔵所等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2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。

石油備蓄基地火災については、建屋の外壁で受ける火炎からの輻射強度を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、石油備蓄基地から廃棄物管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性を損なわないことを確認する。（別紙1）

ボイラ用燃料貯蔵所等の火災については、外壁表面温度が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性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炎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。また、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3図に示す。

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

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 2 図に示す位置関係から算定した。

また、ボイラ用燃料貯蔵所等の火災における火炎は、第 3 表に示す評価条件から (1) 式により円筒形にモデル化を行う。

(5) 輻射強度の算定

火炎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。

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

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

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 : 火炎の高さ (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。

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

E : 輻射強度 (W/m^2)

ϕ_i ($i=1 \sim 6$) : 第3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 Rf 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、 $41 \text{ kW}/\text{m}^2$ と設定する。また、ボイラ用燃料貯蔵所等の油種は重油であることから、外部火災ガイドを参考として、輻射発散度を $23 \text{ kW}/\text{m}^2$ 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、石油備蓄基地火災では、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) 石油備蓄基地火災の評価 (危険輻射強度の算出方法)

第4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} : 火災からの輻射 (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 ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}^4$)

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_{c_a} : 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。

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

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

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

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

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

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

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

(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。)

(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 ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$)

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 (m^2/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4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) ボイラ用燃料貯蔵所等の火災の評価 (外壁表面温度の算出方法)

火炎輻射発散度及び燃焼時間に基づき、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。

外壁表面温度の時間変化は、表面熱流束一定の半無限固体の熱伝導に関する以下の (13) 式⁽⁴⁾に基づき算出する。

$$T = T_0 + \frac{2 \times E \times \sqrt{\alpha \times t}}{\lambda} \times \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \times \exp\left(-\frac{x^2}{4 \times \alpha \times t}\right) - \frac{x}{2 \times \sqrt{\alpha \times t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2 \times \sqrt{\alpha \times t}}\right) \right] \quad (13)$$

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_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 / m K)⁽⁵⁾

ρ : コンクリート密度 (k g / m³)

c : コンクリート比熱 (J / k g K)⁽⁵⁾

$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x)$ ($\operatorname{erf}(x)$: 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(13)式の x をゼロとして，外壁の最高温度を以下の(14)式により算出する。なお，燃焼時間は燃焼速度及び重油の貯蔵量から求める。計算条件を第5表に示す。

$$T_s = T_0 + \frac{2 \times E \times \sqrt{\alpha \times t}}{\sqrt{\pi \lambda}} \quad \dots (14)$$

ここで，

T_s : 外壁表面温度 (°C)

t : 燃焼時間 (s)

(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6表に示す。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，石油備蓄基地から廃棄物管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°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性を損なうことはない。

ボイラ用燃料貯蔵所等の火災における熱影響評価結果を第7表及び第8表に示す。ガラス固化体貯蔵建屋及びガラス固化体貯蔵建屋B棟は，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，建屋内の外部火災防護対象施設の安全性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5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ガラス固化体貯蔵建屋（輻射強度 1.5 kW/m^2 ，離隔距離 $1,470 \text{ m}$ ）と森林火災における評価対象であるガラス固化体貯蔵建屋B棟（輻射強度 0.64 kW/m^2 ，離隔距離 289 m ）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熱影響が大きいガラス固化体貯蔵建屋B棟を重畳の評価対象とする。

(1) 石油蓄基地火災及び森林火災の重畳による影響評価

ガラス固化体貯蔵建屋B棟については、火炎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°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性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「(6) 石油備蓄基地火災の評価（危険輻射強度の算出方法）」に示す評価方法と同様に、火炎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。ガラス固化体貯蔵建屋B棟の評価条件を第9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。

(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6表に示す。

ガラス固化体貯蔵建屋B棟は、外壁表面温度が 150°C 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性を損なわない。

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) 日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.
- (6) 国立天文台. 平成26年 理科年表 第87冊. 2013-11-30.
- (7) 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 石油備蓄基地及びボイラ用燃料貯蔵所等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)	ボイラ用燃料貯蔵所からの離隔距離 (m)	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所からの離隔距離 (m)
ガラス固化体貯蔵建屋	1,470*	187	728*
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	1,500	130*	783

*：評価対象。

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輻射強度 (kW/m ²)	ボイラ用燃料貯蔵所からの輻射強度 (kW/m ²)	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所からの輻射強度 (kW/m ²)
ガラス固化体貯蔵建屋	1.5	—	—
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	—	0.21	—

第3表 重油タンクの火災における評価条件

重油タンク	防油堤幅 (m)	防油堤奥行 (m)	貯蔵量 (m ³)
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	31.6	65	4,327
ボイラ用燃料貯蔵所	11	22	300

第4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
ステファーン-ボルツマン定数	σ	5.670×10^{-8} ⁽⁶⁾	W/m ² K ⁴	
重力加速度	g	9.807 ⁽⁶⁾	m/s ²	
壁面温度 (許容温度)	T_c	200 ⁽¹⁾	°C	
大気側温度	T_a	29*1	°C	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 ⁽⁷⁾	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	7.285	m	設計値より設定

*1：計算においては、絶対温度に換算。

第5表 外壁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	°C
コンクリート熱伝導率	λ	1.74	W/mK
コンクリート密度	ρ	2,150	kg/m ³
コンクリート比熱	C_p	963	J/kgK

第6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)
ガラス固化体貯蔵建屋	1,470	1.5	2.3

第7表 ボイラ用燃料貯蔵所の火災における熱影響評価結果

評価対象	ボイラ用燃料貯蔵所からの離隔距離 (m)	評価結果 (°C)	許容温度 (°C)
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	130	76	200

第8表 ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の火災における熱影響評価結果

評価対象	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所からの離隔距離 (m)	評価結果 (°C)	許容温度 (°C)
ガラス固化体貯蔵建屋	728	59	200

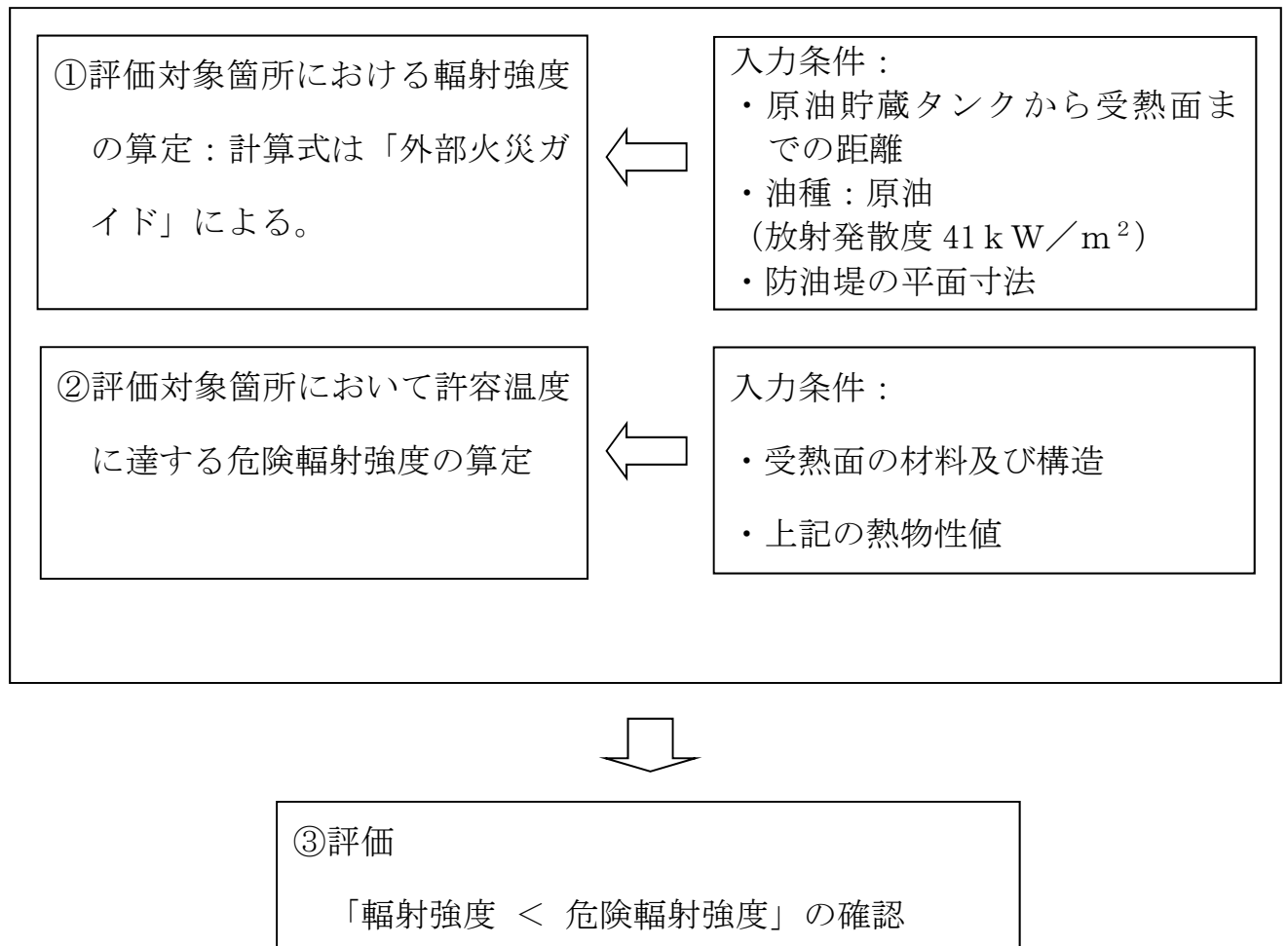
第9表 ガラス固化体貯蔵建屋B棟の重畳評価における熱影響評価条件

項目	記号	数値	単位	備考
ステファーン-ボルツマン定数	σ	5.670×10^{-8} ⁽⁶⁾	$W/m^2 K^4$	
重力加速度	g	9.807 ⁽⁶⁾	m/s^2	
壁面温度 (許容温度)	T_c	200 ⁽¹⁾	°C	
大気側温度	T_a	29	°C*1	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	7.285	m	設計値より設定

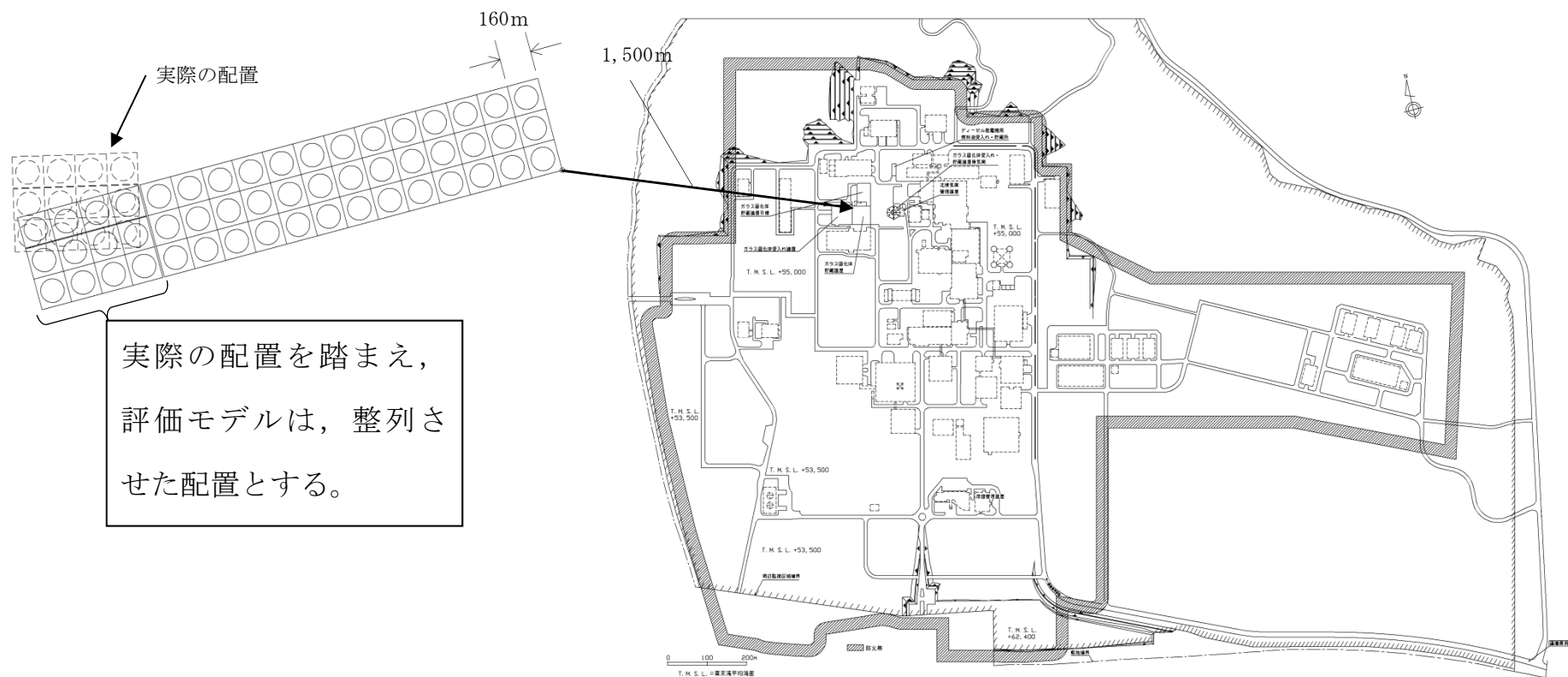
* 1 : 計算においては、絶対温度に換算。

第 10 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

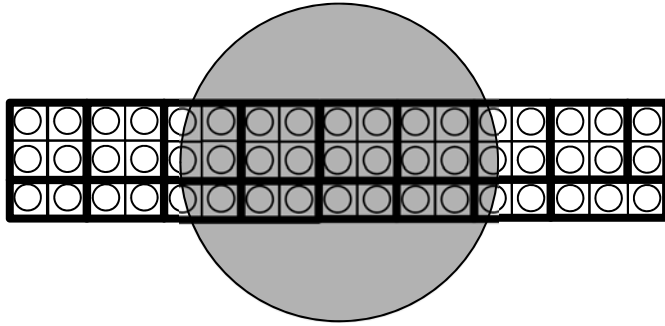
評価対象	石油備蓄基地からの離隔距離 (m)	外壁表面温度 (°C)	コンクリート許容温度 (°C)
ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟	1,500	150	200



第1図 石油備蓄基地火災に関する検討手順

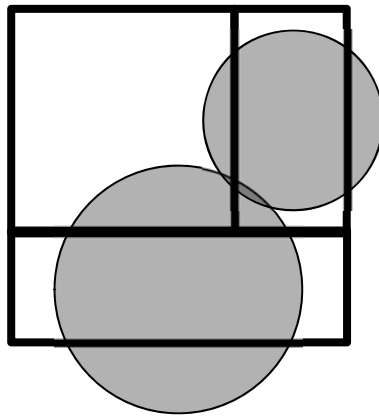


第2図 評価対象及び石油備蓄基地の位置関係



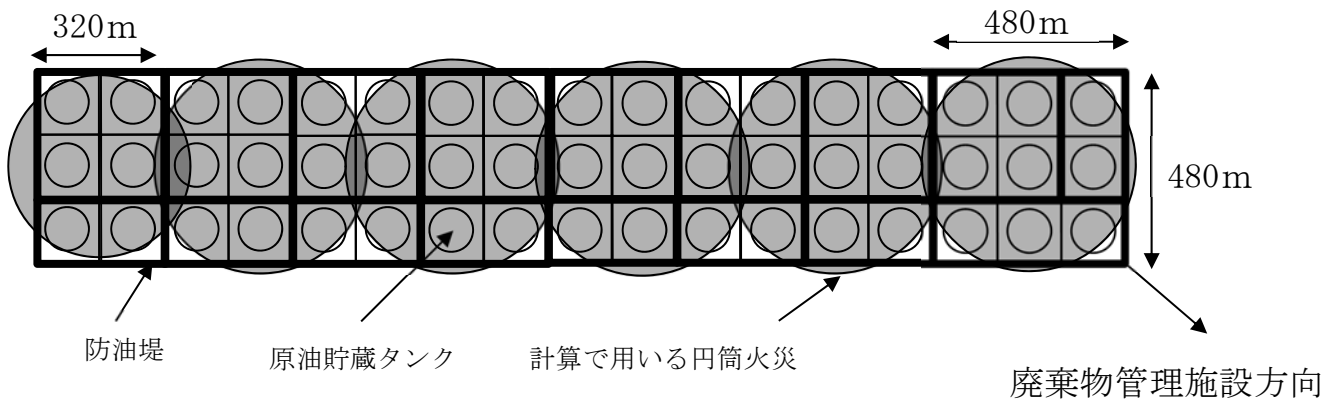
想定する防油堤内火災の燃焼形態とモデルの燃焼形態の乖離が大きく、非現実的な円筒火災モデルとなる。

<全防油堤の面積を一つの円筒火災モデルとする場合>



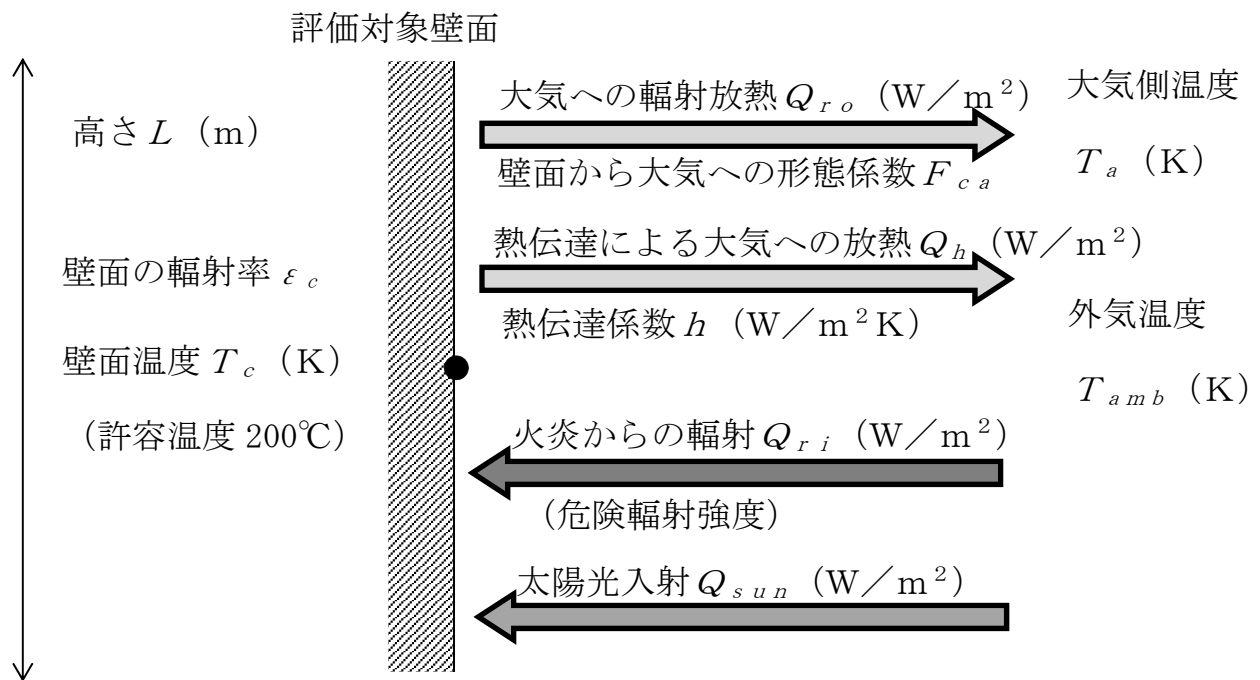
3列1行や2行1列で設置された防油堤については、想定する防油堤内火災の燃焼形態との間に乖離がある。

<防油堤単位で円筒火災モデルとする場合>

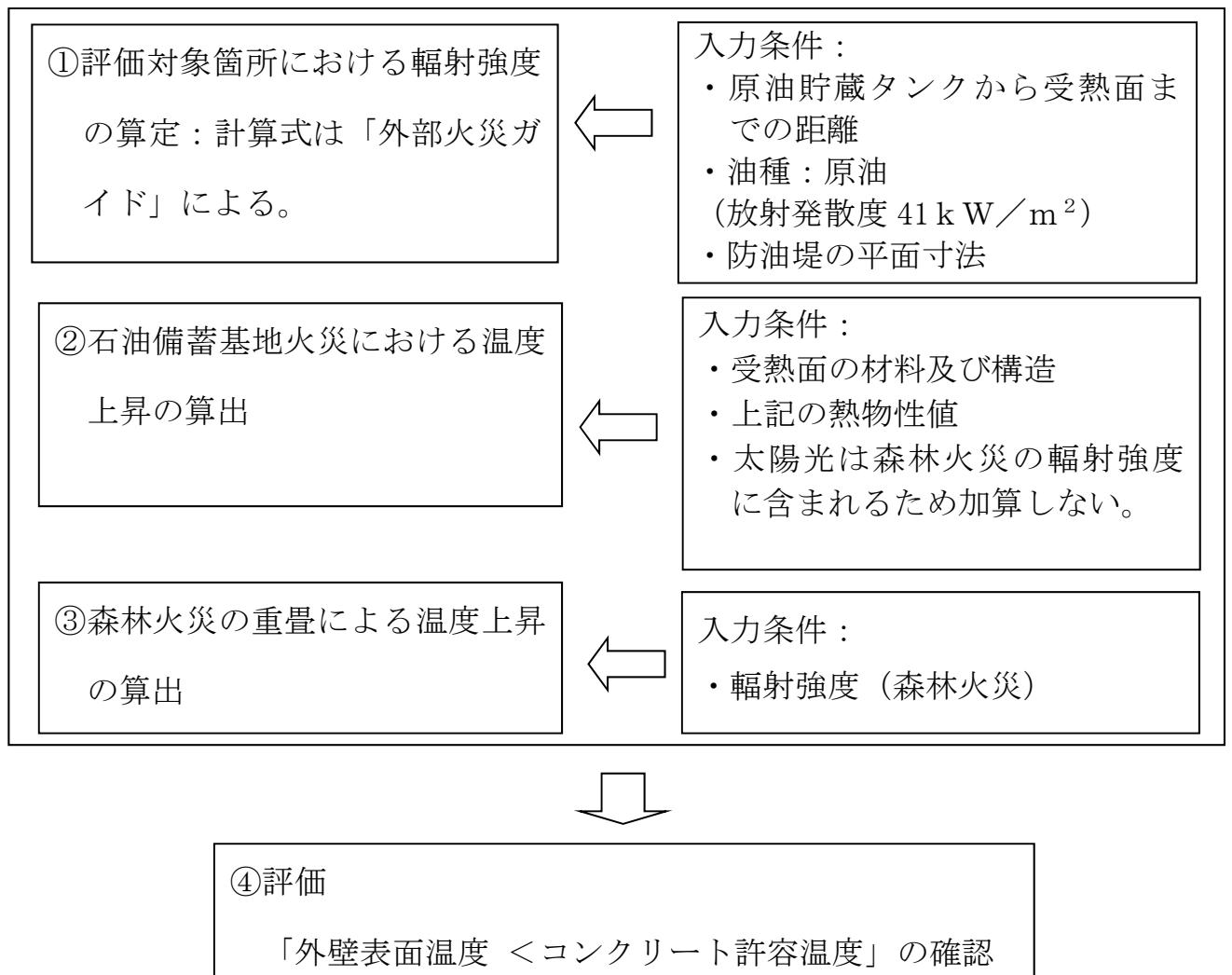


<評価で使用する円筒火災モデル>

第3図 円筒火災モデル



第4図 危険輻射強度の計算モデル



第5図 石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳評価に関する検討手順

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 5 - 3 (8 条 外部火災)

近隣工場等の火災に係る廃棄物管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）)

1. 目的

廃棄物管理施設の危険物タンクであるディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所は、内包される物質が火災を発生させる可能性があるため、設計対処施設に影響を及ぼすことが考えられる。したがって、外部火災ガイドを参考として、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災が発生した場合に設計対処施設へ与える熱影響を評価し、設計対処施設に影響がないことを確認する。

2. ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災の評価概要

ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災の熱影響評価対象は、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所から最短となる外部火災防護施設とする。評価対象となる設計対処施設は、ガラス固化体貯蔵建屋B棟とする。

ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災では、重油タンク容量の全量の重油が防油堤内に流出し、防油堤内で火災が発生することを想定する。燃焼時間は、重油の燃焼速度を用い、防油堤内での重油の燃焼の継続時間を算出し、設定する。

ガラス固化体貯蔵建屋B棟の外壁表面の熱影響評価は、一定の熱流束を与えたコンクリートの評価として、森林火災における評価方法を適用し、許容温度は、森林火災と同様にコンクリートの許容温度 200⁽¹⁾℃とする。ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所及びガラス固化体貯蔵建屋B棟の離隔距離を第1表に示す。

3. ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災の評価条件

(1) ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災の評価条件

ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災における評価条件を第2表に示す。

(2) 火災のモデル化

ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災の円筒火災モデルは、外部火災ガイドを参考として、タンク内及び防油堤内の全面火災を想定する。燃焼半径 R は (1) 式より算出し、火炎の高さ H は燃焼半径 R の3倍とする。

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

ここで、

R : 燃焼半径 (m)

w : 防油堤の幅 (m)

d : 防油堤の奥行 (m)

(3) 輻射強度の算定

火炎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、最初に円筒火災モデルからの形態係数を以下の (2) 式により求める。

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

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

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)

ここで、求めた円筒火災モデルの形態係数から、外部火災ガイドを参考として、輻射強度 E を以下の (3) 式により求める。

$$E = Rf \times \phi \cdots (3)$$

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

輻射発散度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、重油の $23 \text{ kW}/\text{m}^2$ と設定する。

4. ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災の評価結果

(1) 外壁表面温度の算出方法

ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災の火炎輻射発散度及び燃焼時間に基づき、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。

外壁表面温度の時間変化は、表面熱流束一定の半無限固体の熱伝導に関する以下の (4) 式⁽²⁾に基づき算出する。

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

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_0 : 初期温度 (°C)

E : 輻射強度 (W/m²)

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

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_p : コンクリート比熱 (J/kgK)⁽³⁾

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

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(4)式の x をゼロとして、外壁の最高温度を以下の(5)式により算出する。燃焼時間は重油の貯蔵量を燃焼面積と重油の燃焼速度⁽⁴⁾(0.28×10^{-4} m/s)で割った値とする。計算条件を第3表に示す。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1)

$$T_s = T_0 + \frac{2 \times E \times \sqrt{\alpha \times t}}{\sqrt{\pi} \lambda} \quad \dots (5)$$

ここで、

T_s : 外壁表面温度 (°C)

t : 燃焼時間 (s)

(2) 熱影響評価結果

ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所から最短となるガラス固化体貯蔵建屋B棟への熱影響評価結果を、第5表に示す。

評価の結果、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災が発生したとしても、評価対象建屋の外壁表面温度は、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性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) 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.
- (4) 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

第1表 重油タンク及び影響評価対象の設計対処施設の離隔距離

重油タンク	設計対処施設	離隔距離 (m)
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	ガラス固化体貯蔵建屋B棟	68

第2表 重油タンクの火災における評価条件

重油タンク	防油堤幅 (m)	防油堤奥行 (m)	貯蔵量 (m ³)
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	10	31	200

第3表 外壁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}	°C
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_p	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

第5表 外壁表面温度評価結果

重油タンク	評価対象	評価結果 (°C)	許容温度 (°C)
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	ガラス固化体貯蔵建屋B棟	140	200

令和 2 年 2 月 27 日 R 2

補足説明資料 5 - 4 (8 条 外部火災)

廃棄物管理施設以外の危険物タンク等における爆発時の飛来物の影響について

1. 再処理施設の危険物タンク等の設計方針

再処理施設の精製建屋 ボンベ庫，還元ガス製造建屋，ボイラ建屋 ボンベ置場及び低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫は，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を確認している。

2. MOX燃料加工施設の危険物タンク等の設計方針

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。

3. 設計対処施設への影響について

再処理施設及びMOX燃料加工施設の危険物タンク等に対する設計方針を踏まえると，再処理施設及びMOX燃料加工施設の危険物タンク等は爆発にいたることはなく，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，再処理施設及びMOX燃料加工施設の危険物タンク等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

再処理施設及びMOX燃料加工施設の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1表から第5表に示す。評価の結果を第6表に示す。

設計対処施設は、還元ガス製造建屋及び低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫から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・kg^{-1/3})
- K : 水素ガスの定数 (2860000)
プロパンガスの定数 (888000 (100℃以上))
- W : 設備定数

第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°C以上の値)	—
設備定数	W	<u>0.15</u>	<u>—</u>

第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°C以上の値)	—
設備定数	W	<u>(2,975)^{0.5*1}</u>	<u>—</u>

* 1 : ガス質量が1 t以上のため, 平方根の値を用いる。

第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	$\text{m} \cdot \text{k g}^{-1/3}$
水素の定数	K	2,860,000	—
設備定数	W	0.056	<u>—</u>

第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	$\text{m} \cdot \text{k g}^{-1/3}$
水素の定数	K	2,860,000	—
設備定数	W	0.025	<u>—</u>

第5表 高圧ガストレーラ庫の計算条件

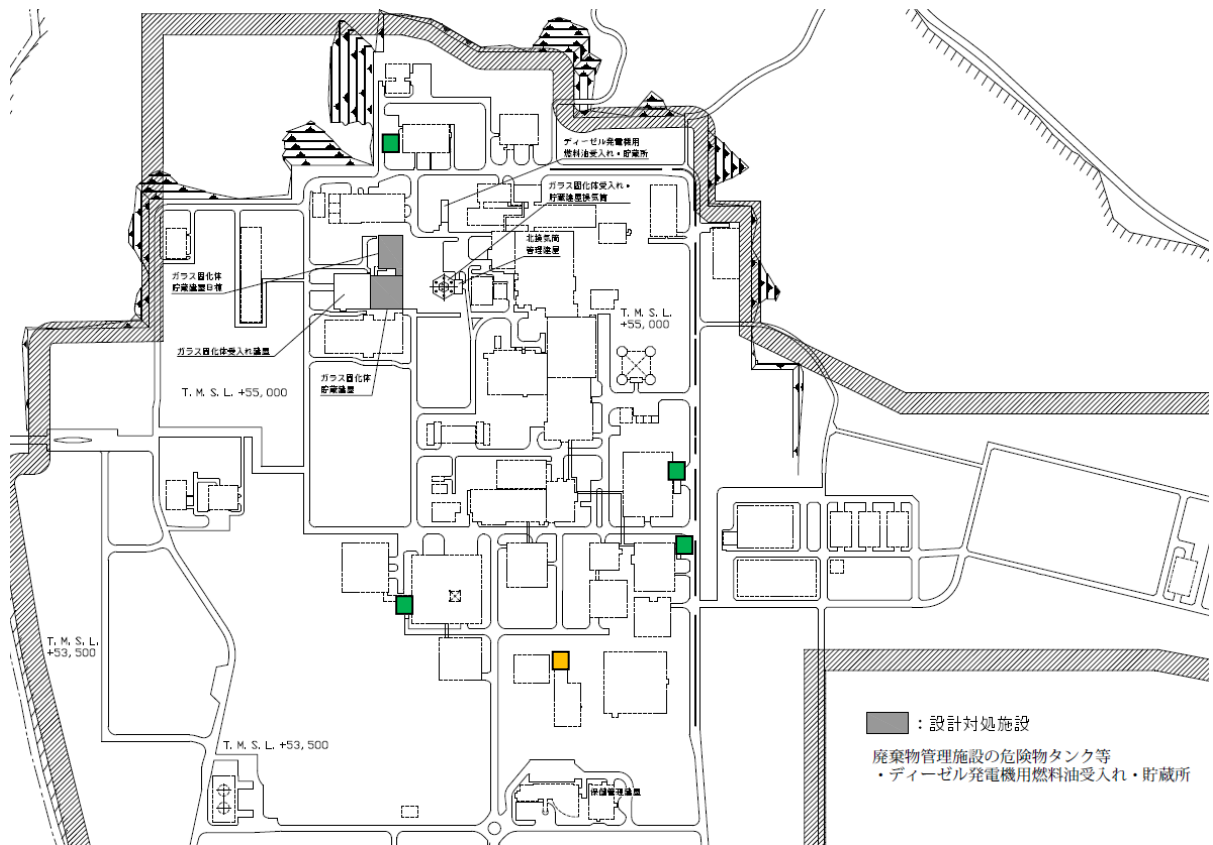
項目	記号	数値	単位
換算距離	λ	14.4	$\text{m} \cdot \text{k g}^{-1/3}$
水素の定数	K	2860000	—
設備定数	W	0.304	—

第6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	ガラス固化体貯蔵建屋B棟	30	157
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	ガラス固化体貯蔵建屋	67	421
精製建屋ボンベ庫		32	443
還元ガス製造建屋		24	518
高圧ガストレーラ庫		55	538

(2) 爆発時の飛来物の影響について

再処理施設及びMOX燃料加工施設の危険物タンク等の爆発を想定したとしても、第1図に示す設計対処施設と危険物タンク等の位置関係を踏まえると、危険物タンク等から直線的に空間が開けていないことから、飛散した破片の影響を受けることはない。



- : 再処理施設の危険物タンク等
- : MOX 燃料加工施設の危険物タンク等 (高压ガストレーラ庫)
- : 設計対処施設

第 1 図 設計対処施設と危険物タンク等 (爆発源) の位置関係

令和 2 年 2 月 27 日 R 2

補足説明資料 6 - 1 (8 条 外部火災)

航空機落下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、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））（以下、「航空機落下確率評価ガイド」という。）を参考として、航空機落下による火災の影響評価を実施し、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する。また、航空機落下を起因として、廃棄物管理施設の危険物タンク等に貯蔵する可燃物が爆発源となるか確認し、爆発源となり得る場合はその影響評価を実施し、防護対象設備の安全機能に影響が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外部火災ガイドを参考として、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. 航空機墜落の発生確率が 10^{-7} 回／年以上になる範囲のうち、設計対処施設への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定する。
- d. 航空機の墜落によって燃料に着火し、火災が起こることを想定する。
- e. 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、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。

- 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。

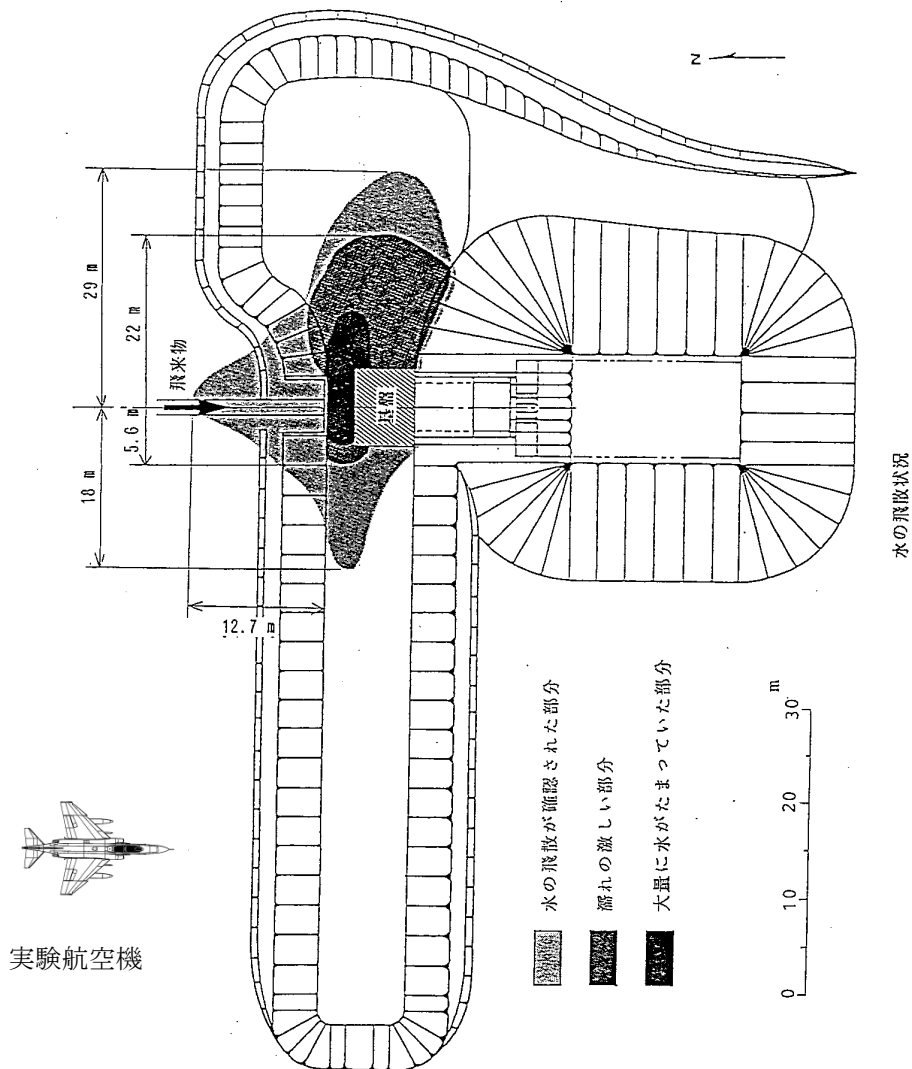
また、廃棄物管理施設の南方向約 10 km に三沢対地訓練区域があり、自衛隊機及び米軍機が訓練を行っている。このため、三沢対地訓練区域を訓練飛行中の自衛隊機又は米軍機のうち、当社による調査結果から、自衛隊機の F-2 及び米軍機の F-16 を選定する。さらに、今後、訓練飛行を行う主要な航空機となる可能性のある F-35 についても選定する。各航空機の燃料積載量を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 航空機の燃料積載量

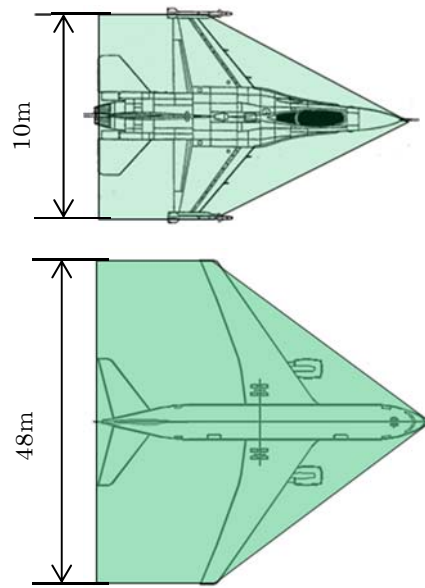
対象航空機	燃料積載量 (m ³)
KC-767	145.1 ⁽⁹⁾
F-2	10.4 ⁽²⁾⁽³⁾
F-16	9.8 ⁽¹⁾⁽³⁾
F-35	10.8 ⁽³⁾⁽⁴⁾

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)

3. 熱影響評価の共通データ

(1) 航空機墜落地点について

航空機墜落地点は、外部火災ガイド及び航空機落下確率評価ガイドを参考として、設計対処施設に対して、航空機落下の発生確率が 10^{-7} 回/年以上になる範囲のうち、設計対処施設への影響が最も厳しくなる地点とする。この地点は、設計対処施設と航空機墜落地点の距離が最短となる地点であるため、航空機墜落地点は航空機落下の発生確率が 10^{-7} 回/年となる地点に設定する。

(2) 離隔距離の設定

a. 航空機墜落確率が 10^{-7} 回/年になる範囲の面積

対象となる落下事故に対し、航空機落下確率評価ガイドを参考として、航空機落下の発生確率(P_{so})が 10^{-7} 回/年になる範囲の面積を[1]式から算出すると、面積Aは 0.0477km^2 となる。

$$P_{so} = \left(\frac{f_{so}}{S_o} \right) \times A \dots [1]$$

ここで、

P_{so} : 訓練空域外での対象施設への航空機落下発生確率 (回/年)

(= 10^{-7} 回/年)

f_{so} : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率 (回/年) (注1)

(自衛隊機 : $10/20=0.50$ 回/年) (6)

(米軍機 : $3/20=0.15$ 回/年) (6)

S_o : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積

(km^2)

(自衛隊機 : 295,675km²)⁽⁶⁾

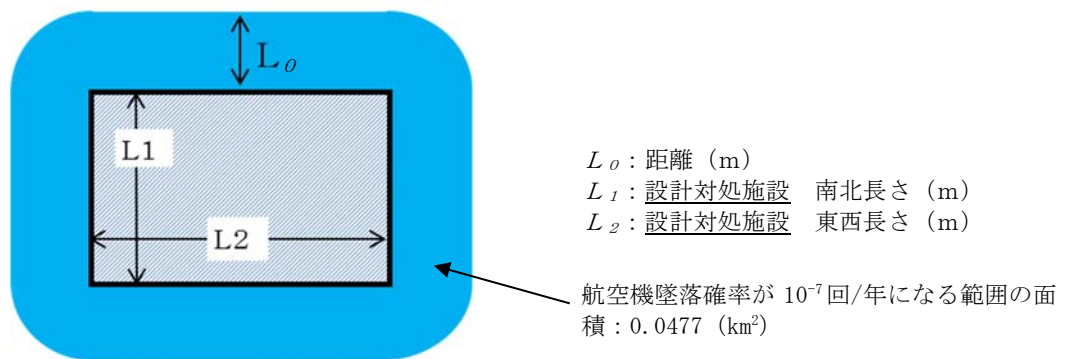
(米軍機 : 372,410km²)⁽⁶⁾

A : 航空機墜落確率が 10^{-7} 回/年になる範囲の面積 (km²)

(注1) 平成11年4月から平成31年3月の間における事故件数による。

b. 離隔距離の設定

航空機墜落確率が 10^{-7} 回/年になる範囲の面積から、航空機落下地点と設計対処施設の距離を算出する。航空機墜落確率が 10^{-7} 回/年になる範囲の面積と設計対処施設の距離の概念図を第3-1図に示す。



第3-1図 航空機墜落確率が 10^{-7} 回/年になる範囲の面積と設計対処施設の距離の概念図

離隔距離は、航空機落下地点と設計対処施設との距離のうち、最短となる距離とする。

航空機落下地点と設計対処施設の距離及び離隔距離を第3-1表に示す。

第3-1表 航空機落下地点と設計対処施設の距離及び離隔距離

設計対処 施設	施設名称	長さ (m)		距離 (m) L_o	離隔距離 (m) L
		L_1	L_2		
外部火災防護対象施設を収納する建屋	ガラス固体貯蔵建屋及びガラス固化体貯蔵建屋B棟	104	46.75	78.3	78

(3) 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。

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

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

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3-2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 ⁽⁷⁾を加算する。

選定した航空機のうち、燃焼面積が最大となるKC-767のを対象とした場合に受熱面が受ける輻射強度は約 7.53 kW/m^2 となる。

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

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3-2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 $kcal/m^2h$)
「外部火災ガイド」より抜粋

(4) 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⁽⁸⁾から油面降下速度 $8.0 \times 10^{-5} m/s$ とする。

燃焼範囲は航空機の投影面積を文献⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾⁽¹⁰⁾の図面から設定し, KC-767は $1,500m^2$, F-2は $110m^2$, F-16は $90m^2$ 及びF-35は $110m^2$ となる。

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

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

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 $4.8mm/min$ より算出)

(5) 熱影響評価の対象航空機

上記(1)から(4)を踏まえ, 選定した墜落火災を想定する航空

機については、熱影響が厳しくなる燃料積載量及び投影面積が最大であるKC-767を選定する。

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) 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.
- (8) 日本火災学会編. 火災便覧 新版, 共立出版, 1984.
- (9) 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.
- (10) ボーイング社ホームページ資料. 767 Airplane Characteristics for Airport Planning.

令和 2 年 2 月 27 日 R 2

補足説明資料 6 - 2 (8 条 外部火災)

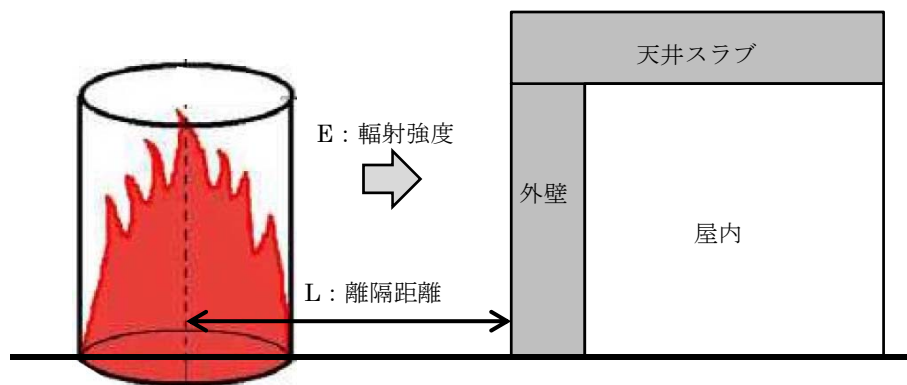
航空機落下による火災熱影響評価について

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容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容する建屋(以下、「対象建屋」という。)については、航空機の墜落地点(補足説明資料6-1 離隔距離参照。)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

熱影響評価結果から、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性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、輻射強度に対するコンクリートの一次元熱伝導を熱移動として設定し(1)から(3)に基づき、燃焼時間（1200 秒）経過後の外壁温度を算出して確認した。

(1) 火炎から外壁への輻射

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

A : 面積 (m²) (= 1)

(2) コンクリート温度の時間変化

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

$$(n=2 \text{ から } n-1 \text{ コンクリート内}) : \rho cV \frac{d}{dt} T_{cn}(t) = Q_c(T_{cn-1}) - Q_c(T_{cn})$$

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

ρ : コンクリート密度 (kg/m³)

c : コンクリート比熱 (J/kgK)

V : コンクリート体積 (m³)

n : 節点番号

$T_{cn}(t)$: 節点 n でのコンクリート温度 (°C)

$Q_c(T_{cn})$: コンクリート内の熱伝導 (W)

(3) コンクリート内の熱伝導

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

λ : コンクリートの熱伝達率 (W/mK)

L : コンクリートの区分厚さ (m)

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}	°C
輻射強度	E	7.48 ^{*1}	kW/m ²
コンクリート熱伝導率	λ	1.74 ⁽¹⁾	W/mK
コンクリート密度	ρ	2,150 ^{*3}	kg/m ³
コンクリート比熱	c	963 ⁽¹⁾	J/kgK

*1 : 太陽光の入射を考慮し, 0.4kW/m²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KC-767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表に示す。

第 1 - 2 表 外壁温度評価結果

設計対処 施設	施設名称	離隔距離 (m) L	外壁温度 (°C)
外部火災防護対象施設 を収納する 建屋	ガラス固体貯蔵建屋 及び ガラス固化体貯蔵建 屋B棟	78	196

評価の結果, 外壁表面温度がコンクリートの制限温度である 200°C を超えないことから, 屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全性は損なわれない。

参考文献

- (1) 日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.

令和 2 年 2 月 27 日 R 2

補足説明資料 6 - 3 (8 条 外部火災)

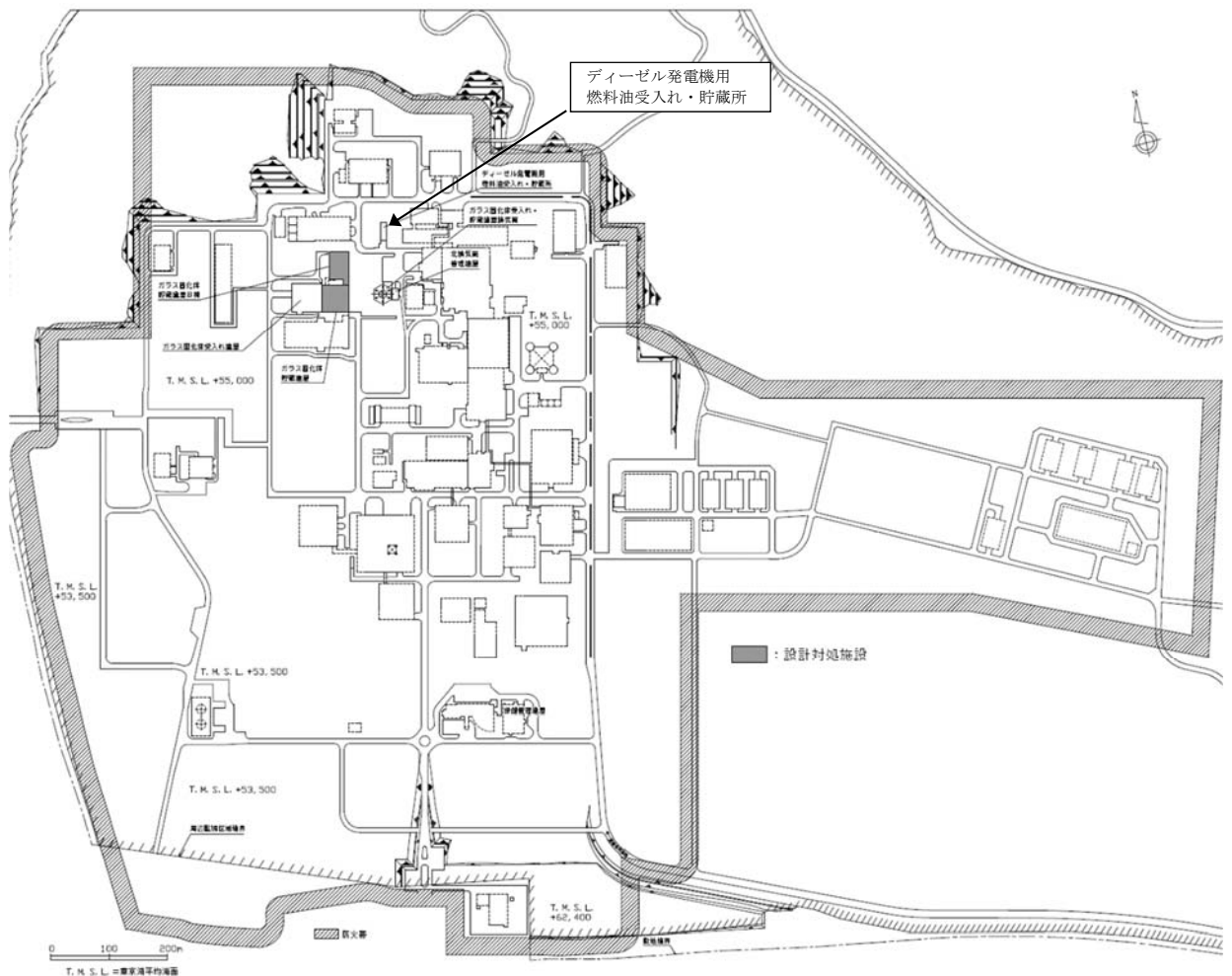
航空機墜落による火災との危険物タンクの火災の重畳について

1. 廃棄物管理施設の危険物タンク火災との重畳

廃棄物管理施設の危険物タンクを第1-1表に、敷地内の配置を第1-1図に示す。

第1-1表 廃棄物管理施設の危険物タンク

危険物タンク等	貯蔵物
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	重油



第1-1図 敷地内に存在する危険物タンク等の配置

(1) 離隔距離

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、航空機墜落により発生する航空機燃料による火災及び廃棄物管理施設の危険物タンクであるディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の重油火災の重畳火災を想定する。第1-2表に、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所及び航空機墜落位置と外部火災防護対象施設を収納する建屋との離隔距離を示す。

第1-2表 火災源と設計対処施設の離隔距離

	火災源	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	航空機墜落火災	ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟	78
	ディーゼル発電機用燃料油受 入れ・貯蔵所	ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟	68

(2) 火災源から受熱面への輻射強度の算出

輻射強度の算出にあたっては、航空機落下火災及び危険物タンク火災の輻射強度を算出し、さらに太陽光の入射分を含めて合計する。

以下に輻射強度の算出の詳細を示す。

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[1]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。

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

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

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、[2]式より算出する。航空機燃料の輻射発散度については、第1-2表のガソリン・ナフサの値を用いる。ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所における重油の輻射発散度は、第1-2表の重油の値とする。

また、ガラス固化体貯蔵建屋B棟については、太陽光の入射として 0.4 kW/m^2 ⁽¹⁾ を加算する。

$$E = Rf \cdot \phi \cdots [2]$$

ここで、

E : 輻射強度 (W/m²)

Rf : 輻射発散度 (W/m²)

ϕ : 形態係数

航空機墜落火災の輻射強度は、 7.13 kW/m^2 、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所における火災の輻射強度は、 0.94 kW/m^2 、

建屋外壁への合計の輻射強度（太陽光の入射を含む。）は、 8.47 kW/m^2 となる。

第 1 - 2 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

c. 燃焼時間

燃焼時間は，[3] 式より算出する。

$$t = \frac{V}{A \times v} \quad \dots [3]$$

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)

航空機燃料の燃焼速度については、文献⁽²⁾から油面降下速度 8.0×10^{-5} m/s とする。重油の燃焼速度については、文献⁽³⁾から 0.28×10^{-4} m/s とする。

ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の重油量は 200m^3 、燃焼面積は防油堤面積 310m^2 とする。

KC-767 の航空機燃料の燃焼時間は 1,200 秒、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の燃焼時間は 23,100 秒となる。

d. 外壁温度評価

ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟に対する熱影響評価は、補足説明資料 6-2 と同様に、外壁の内部温度の時間変化は、輻射強度に対するコンクリートの一次元熱伝導を熱移動として設定し(1)から(3)に基づき、燃焼時間経過後の外壁温度を算出して確認した。

ここで、燃焼開始から 1,200 秒間については、航空機墜落火災及び危険物タンク火災合算分の総輻射強度 8.47 kW/m^2 を受けることとし、その後は航空機燃料が燃え尽きることから、危険物タンク火災のみの輻射強度 1.34 kW/m^2 を受けることを想定する。

(1) 火炎から外壁への輻射

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

A : 面積 (m^2) (= 1)

(2) コンクリート温度の時間変化

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

$$(n=2 \text{ から } n-1 \text{ コンクリート内}) : \rho cV \frac{d}{dt} T_{cn}(t) = Q_c(T_{cn-1}) - Q_c(T_{cn})$$

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

ρ : コンクリート密度 (kg/m³)

c : コンクリート比熱 (J/kgK)

V : コンクリート体積 (m³)

n : 節点番号

$T_{cn}(t)$: 節点 n でのコンクリート温度 (°C)

$Q_c(T_{cn})$: コンクリート内の熱伝導 (W)

(3) コンクリート内の熱伝導

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

λ : コンクリートの熱伝達率 (W/mK)

L : コンクリートの区分厚さ (m)

対象建屋外壁に対する熱影響評価の計算条件を第1-3表に示す。

第 1 - 3 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 ^{*1}	°C
コンクリート熱伝導率	λ	1.74 ⁽⁴⁾	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 ⁽⁴⁾	J/kgK

* 1 : 初期温度は、室内の最高温度を踏まえ設定。

* 2 : 遮蔽設計の最小値（使用前検査確認項目）

e. 熱影響評価結果

航空機墜落火災及び危険物タンク火災の重畳による、ガラス固化体貯蔵建屋B棟の外壁温度の最大値の評価結果を第 1 - 3 表に示す。

第 1 - 3 表 外壁温度評価結果

施設名称	外壁表面最大温度 (°C)	外壁表面から 1 cm 深さの 最大温度 (°C)
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	214	180

ここで、外壁表面温度の最大値は 200°C を超えているが、表面から深さ 1 cm の位置において 200°C を下回ることから、建屋内に収納される外部火災防護設備の安全性を損なわない。

参考文献

- (1) 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.
- (2) 日本火災学会編. 火災便覧 新版, 共立出版, 1984.
- (3) 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.
- (4) 日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 7 - 1 (8 条 外部火災)

危険物タンク等における熱影響評価について

1. 目的

廃棄物管理施設の危険物タンクは、それ自体が設計対処施設ではないが、設備に内包される物質が火災を発生させる可能性があり、それにより外部火災防護対象施設に影響を及ぼすことが考えられる。そのため、森林火災及び近隣工場等の火災による熱影響を確認する。なお、廃棄物管理施設の危険物タンクは、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所のみであることからこれを評価対象とする。

2. 影響評価方法

各外部火災における熱影響評価において、森林火災については、燃焼時間を考慮した非定常計算を実施する。一方、近隣工場等の火災（以下「石油備蓄基地火災」という。）については、貯蔵される原油の性状が不明確であり、燃焼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. 1 森林火災による影響評価方法

森林火災において、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の評価を実施する。ここで、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所については、屋外に設置されることから、一方向から直接的に熱影響を受けタンク内温度分布が発生する可能性があるため、その構造材を無視した半無限固体の熱伝導を計算し、タンク内表面に位置する重油の温度評価を実施する。

2. 1. 1 ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所への影響評価方法

厳しい評価となるようにタンクの構造材を無視し、大気への放熱を考慮しない貯蔵物への熱計算を実施し、その温度が許容温度以下であることを確認する。温度評価は、熱流束一定の半無限固体の熱伝導に関する以下の(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 : 重油の温度 (°C)

x : タンク内表面の重油の深さ (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 : 重油の熱伝導率 (W/mK)

ρ : 重油の密度 (kg/m³)

c : 重油の比熱 (J/kgK)

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

タンク外面からの放熱を仮定していないため、最高温度の位置は燃焼時間経過時点のタンク内面 ($x = 0$ m) となる。そこで(1)式の x をゼロとして、重油の最高温度を以下の(2)式により算出する。

$$T_s = T_0 + \frac{2 \times E \times \sqrt{\alpha \times t}}{\sqrt{\pi} \lambda} \cdots (2)$$

ここで、

T_s : タンク内表面に位置する重油の温度 (°C)

t : 燃焼時間 (s)

2. 1. 2 計算条件

森林火災における計算条件を、第1表に示す。

2. 2 石油備蓄基地火災による影響評価方法

石油備蓄基地の火災においては、火災源の時間的变化が設定できない。そのため一定の熱流束を与えたディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の外表面の定常計算を実施する。以下に評価方法を示す。

2. 2. 1 ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所表面温度評価方法

ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所は、屋外に設置されるため、建屋外壁と同様に、火災の影響を直接受けることとなる。したがって、建屋外壁と同様の定常計算を実施する。第1図に、温度上昇の計算モデルを示す。具体的には、石油備蓄基地火災における火炎からの輻射入熱及び(3)式を基に放熱量と入熱量の関係が成立する際の評価対象表面温度を算出する。算出された評価対象表面温度が、貯蔵物の許容温度以下であることを確認する。

$$Q_{sun} + Q_{ri} = Q_{ro} + Q_h \quad \cdots (3)$$

ここで、

Q_{ri} : 火炎からの輻射 (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(4)式⁽¹⁾により計算した。

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

ここで、

σ : ステファン-ボルツマン定数 (W/m²K⁴)

T_c : 表面温度 (K)

T_a : 大気側温度 (K)

ε_c : タンク表面の輻射率

F_{ca} : 表面から大気への形態係数

熱伝達による大気への放熱量は (5) から (11) 式により計算した。

$$Q_h = h(T_c - T_{amb}) \cdots (5)$$

$$h = \frac{Nu \times \lambda}{L} \cdots (6)$$

$$Nu = (0.0185 - 0.0035)Ra^{2/5} \quad 10^{10} \leq Ra \cdots (7)$$

(鉛直平板まわりの
自然対流熱伝達と
する。⁽²⁾)

$$Ra = Pr \times Gr \cdots (8)$$

$$Gr = g\beta(T_c - T_{amb})L^3/\nu^2 \cdots (9)$$

$$\beta = 1/T_{amb} \cdots (10)$$

$$T_r = T_c - 0.38 \times (T_c - T_{amb}) \cdots (11)$$

(熱伝導率, プラントル数, 動粘
性係数算出時の代表温度⁽²⁾とす
る。)

ここで、

h : 熱伝達係数 (W/m²K)

T_c : 表面温度 (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	}	(参考文献(2)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。)
ν	: 大気の動粘性係数 (m^2/s)		
λ	: 大気の熱伝導率 (W/mK)		
T_r	: 代表温度 (K)		
β	: 体膨張係数 (K^{-1})		
L	: 評価対象表面高さ (m)		
g	: 重力加速度 (m/s^2)		

第2表に評価対象の温度上昇の計算に関する計算条件を示す。

3. 評価結果

ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所への評価結果を第3表に示す。

評価の結果、森林火災及び石油備蓄基地火災の熱影響を受けたとしても、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の表面温度又は内部温度は貯蔵物の許容温度以下となる。

以上より、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことはない。

参考文献

- (1) 日本機械学会. 伝熱工学資料 改訂第5版. 2009.
- (2) 日本機械学会. 伝熱工学資料 改訂第4版. 1986.
- (3) 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.
- (4) JX 日鉱日石エネルギー. “第4編第1章第3節 石油の性質”. JX 日鉱日石エネルギー株式会社ホームページ.
<http://www.noe.jx-group.co.jp/binran/part04/chapter01/section03.html>. (参照 2014-09-18).
- (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 計算条件 (ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所)

項目	記号	数値	単位
初期温度	T_0	36.7* ¹	°C
輻射強度	E	0.94 (森林火災)	k W / m ²
重油密度	ρ	820 ⁽³⁾	k g / m ³
重油比熱	c	1,700 ⁽⁴⁾	J / k g K
重油熱伝導率	λ	0.109* ²	W / m K

* 1 : F A R S I T E 入力と同じ。

* 2 : 参考文献 (2) に記載の潤滑油, スピンドル油及び変圧器油の値から各油について, 200°C に外挿した値の最小値。

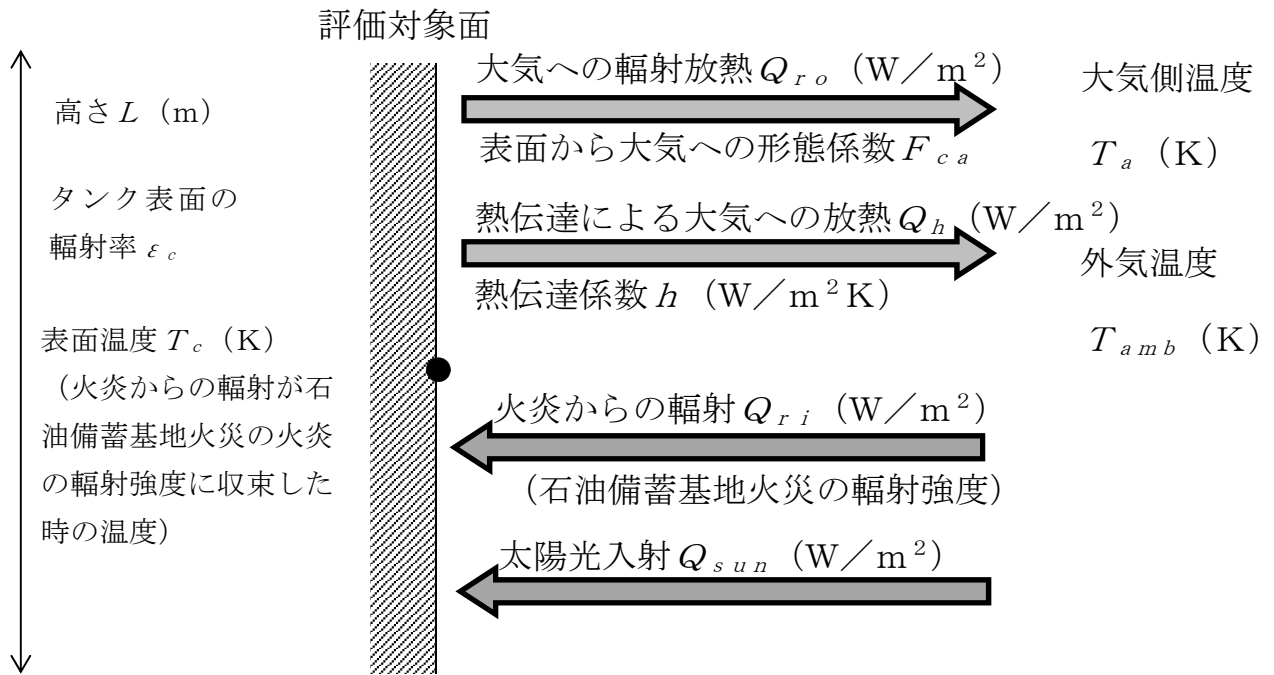
第2表 評価対象の温度上昇の計算に関する計算条件

項目	記号	数値	単位	備考
ステファン-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	—
大気側温度	T_a	29	$^{\circ}C^{*1}$	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	—
表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。
タンク表面の輻射率	ϵ_c	0.7 ⁽²⁾	—	塗料の場合の0.7～0.9に対し最小とする。
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所が受ける輻射強度	Q_{ri}	1.5	kW/m^2	—
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の評価対象表面高さ	L	5.6	m	—

* 1 : 計算においては、絶対温度に換算。

第3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	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	重油	77℃	200℃
石油備蓄基地火災	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	重油	180℃	200℃



第1図 温度上昇の計算モデル (重油タンク)

令和 2 年 2 月 27 日 R 1

補足説明資料 8 - 1 (8 条 外部火災)

ばい煙の影響について

1. 目的

外部火災により発生するばい煙については、火炎による上昇気流により上空に運ばれるため、ばい煙が外部火災防護対象施設の周辺に滞留する可能性は低いと考えられるが、ばい煙が設備に与える影響について、評価を実施する。

2. 評価対象

外部火災ガイドを参考に、ばい煙の影響が想定される設備として、「外気を取り込む機器」について評価を実施する。

影響評価対象設備は次表のとおり。

	分類	対象設備
機器への影響	外気を取り込む機器	ガラス固化体貯蔵設備

3. 評価結果

(1) ガラス固化体貯蔵設備

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。

外気とともに流路にばい煙が流入するが、流路の最小間隙（貯蔵区域内）は50mm以上あり、ばい煙の粒径はこれに比べ十分小さいことから閉塞に至ることはなく、ガラス固化体

貯蔵設備に影響を与えることはないと判断した。(図 1 参照)

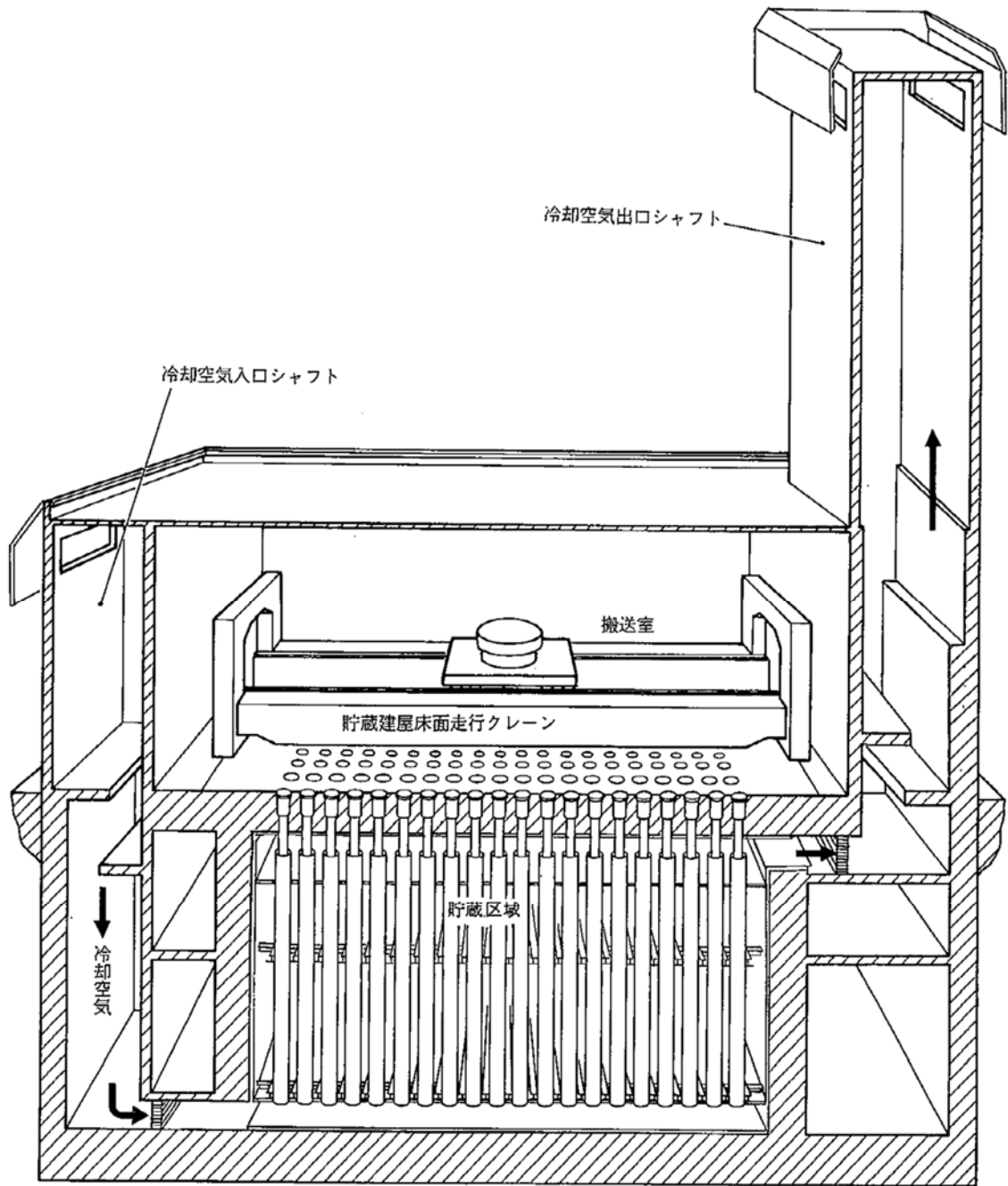


図1 ガラス固化体貯蔵設備概要図