

【公開版】

提出年月日	令和2年2月25日 R7
日本原燃株式会社	

M O X 燃 料 加 工 施 設 に お け る
新 規 制 基 準 に 対 す る 適 合 性

安全審査 整理資料

第9条：外部からの衝撃による損傷の防止
(外部火災)

目 次

1 章 基準適合性

1. 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. 設計対処施設

4. 森林火災

- 4. 1 概 要
- 4. 2 森林火災の想定
- 4. 3 評価対象範囲
- 4. 4 入力データ
- 4. 5 延焼速度及び火線強度の算出
- 4. 6 火炎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及び設計基準事故との組合せ

5. 近隣工場等の火災及び爆発

- 5. 1 概 要
- 5. 2 石油備蓄基地火災
- 5. 3 敷地内のMOX燃料加工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

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敷地内の危険物タンク等の火災 又は爆発の重畳について

7. 危険物タンク等への熱影響

7. 1 概 要

7. 2 評価対象

7. 3 熱影響について

7. 4 近隣工場等の爆発の影響について

8. 二次的影響評価

8. 1 ばい煙の影響

8. 2 有毒ガスの影響

9. 消火体制

10. 火災防護計画を策定するための方針

11. 手順等

2章 補足説明資料

令和2年2月25日 R7

1章 基準適合性

1. 基本方針

1. 1 要求事項の整理

外部からの衝撃による損傷の防止について、加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「事業許可基準規則」という。）とウラン・プルトニウム混合酸化物燃料加工施設安全審査指針（以下「MOX指針」という。）の比較により、事業許可基準規則第九条において追加された要求事項を整理する。（第1-1表）

第1-1表 事業許可基準規則第九条とMOX指針 比較表 (1 / 5)

事業許可基準規則 第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	MOX指針	備考
<p>1 安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第9条は、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な措置を含む。</p> <p>2 第1項に規定する「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等から適用されるものをいう。</p> <p>3 第1項に規定する「想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないもの」とは、設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものがもたらす環境条件及びその結果として当該施設で生じ得る環境条件において、その設備が有する安全機能が達成されることをいう。</p>	<p>指針1. 基本的条件</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、MOX燃料加工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>追加要求事項</p>

第1-1表 事業許可基準規則第九条とMOX指針 比較表 (2/5)

事業許可基準規則 第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	MOX指針	備考
	<p>指針14. 地震以外の自然現象に対する考慮</p> <p>1. MOX燃料加工施設における安全上重要な施設は、MOX燃料加工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。</p> <p>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。</p> <p>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>	<p>前記のとおり</p>

第1-1表 事業許可基準規則第九条とMOX指針 比較表 (3/5)

事業許可基準規則 第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	MOX指針	備考
<p>2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。</p> <p>(解釈)</p> <p>4 第2項に規定する「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」とは、対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。なお、過去の記録、現地調査の結果、最新知見等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。</p> <p>5 第2項に規定する「適切に考慮したもの」とは、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故が発生した場合に生じる応力を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組み合わせた場合をいう。</p>	<p>指針14. 地震以外の自然現象に対する考慮</p> <p>1. MOX燃料加工施設における安全上重要な施設は、MOX燃料加工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、豪雪のうち予想されるものを設計基礎とすること。</p> <p>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。</p> <p>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>	<p>追加要求事項</p>

第1-1表 事業許可基準規則第九条とMOX指針 比較表 (4/5)

事業許可基準規則 第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	MOX指針	備考
<p>3 安全機能を有する施設は、工場等内又はその周辺において想定される加工施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第9条は、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な措置を含む。</p> <p>6 第3項は、設計基準において想定される加工施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な重大事故等対処設備への措置を含む。</p>	<p>指針1 基本的条件 事故の誘因を排除し、災害の拡大を防止する観点から、MOX燃料加工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 (1) 近接工場における火災・爆発等 (2) 航空機事故等による飛来物等 (3) 農業、畜産業、漁業等食物に関する土地利用及び人口分布</p> <p>(解説) 社会環境に関する事象として注目すべき点は、近接工場における事故及び航空機に係る事故である。 近接工場における事故については、事故の種類と施設までの距離との関連においてその影響を評価した上で、必要な場合、安全上重要な施設が適切に保護されていることを確認すること。 航空機に係る事故については、航空機に係る施設の事故防止対策として、航空機の施設上空の飛行制限等を勘案の上、その発生の可能性について評価した上で、必要な場合は、安全上重要な施設のうち特に重要と判断される施設が、適切に保護されていることを確認すること。</p>	<p>追加要求事項</p>

第1-1表 事業許可基準規則第九条とMOX指針 比較表 (5 / 5)

事業許可基準規則 第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	MOX指針	備考
<p>7 第3項に規定する「加工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。）」とは、敷地及び敷地周辺の状況を基に選択されるものであり、飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等をいう。なお、上記の「航空機落下」については、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」（平成14・07・29原院第4号（平成14年7月30日原子力安全・保安院制定））等に基づき、防護設計の要否について確認する。</p>		<p>前記のとおり</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

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

なお，MOX燃料加工施設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。

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

また，安全機能を有する施設は，MOX燃料加工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MOX燃料加工施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為事象」という。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

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

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

（2） 外部火災の影響

安全機能を有する施設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、その安全機能を損なわない設計とする。その他の安全機能を有する施設については、外部火災に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を組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

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。

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、MOX燃料加工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(9128kW/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、設計対処施設とする外部火災防護対象施設を収容する建屋等の温度を許容温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

人為事象(故意によるものを除く。)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等の温度を許容温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設

計とする。

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、火炎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、換気設備等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機能を損なわない設計とする。また、有毒ガスによる影響については、必要に応じて全工程停止、気体廃棄物の廃棄設備のグローブボックス排風機を除く建屋排風機、工程室排風機、送風機及び窒素循環ファン並びに燃料加工建屋の非管理区域の換気・空調を行う設備（以下「送排風機」という。）の停止及び系統上の手動ダンパの閉止を実施し、運転員の退避を講ずるものとする。なお、防護具を着用した運転員により、必要に応じて巡視を行う。

1. 3 規則への適合性

(外部からの衝撃による損傷の防止)

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

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

3 安全機能を有する施設は、工場等内又はその周辺において想定される加工施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

第1項及び第2項について

安全機能を有する施設に対しては、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対してMOX燃料加工施設の安全性を損なわない設計とする。また、安全上重要な施設は、想定される自然現象により作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮する設計とする。

(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、火災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等の温度を許容温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

その他の安全機能を有する施設については、外部火災によ

り損傷した場合を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障が生じない期間に補修を行うこと又はそれらを組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

森林火災により発生するばい煙の発生に伴う影響に対して、外部火災防護対象施設を収容する燃料加工建屋は、換気設備の給気設備のフィルタ及び手動ダンパによりばい煙の侵入を防止する設計とする。外気を設備内に取り込む外部火災防護対象施設の非常用所内電源設備の非常用発電機については、フィルタによりばい煙の侵入を防止する設計とする。

また、有毒ガスの影響については、必要に応じて全工程停止、送排風機の停止及び系統上の手動ダンパの閉止を実施し、運転員の退避を講ずるものとする。なお、防護具を着用した運転員により、必要に応じて巡視を行う。

第3項について

安全機能を有する施設は、人為事象に対して安全性を損なわない設計とする。

想定される人為事象は、国内外の文献を参考に人為事象を抽出し、MOX燃料加工施設の立地及び周辺環境を踏まえてMOX燃料加工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 10km 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 10km 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還元ガス製造建屋の水素ボンベ及び低レベル廃棄物処理建屋のプロパンボンベ庫のプロパンボンベ並びにMOX燃料加工施設の高圧ガス貯蔵施設である高圧ガストレーラ庫及びLPG ボンベ庫を爆発の影響評価の対象とする。

再処理施設の還元ガス製造建屋の水素ボンベ及び低レベル廃棄物処理建屋のプロパンボンベ庫のプロパンボンベは、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、外部火災防護対象施設を収容する建屋に対して影響を与えないことから、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない。

MOX燃料加工施設の高圧ガス貯蔵施設は、高圧ガストレーラ庫及びLPG ボンベ庫を爆発の影響評価の対象とする。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でも滞留しない構造とすることから、爆発に至らない。なお、爆発したときに発生する爆風が上方向に解放されることを妨げない構造とする。また、LPG ボンベ庫は、屋内に設置しており、着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造としていることから、爆発に至らない。なお、設計対処施設は、高圧ガストレーラ庫及びLPG ボンベ庫の爆発源から危険限界距

離以上の離隔距離を確保する。

(2) 近隣工場等の火災及び航空機墜落による火災

① 近隣工場等の火災

敷地周辺 10km の範囲内に存在する石油コンビナートとしては、MOX燃料加工施設に与える影響が大きい石油備蓄基地（敷地西方向約 0.9km）を近隣工場等の火災の影響評価の対象とする。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、離隔距離の確保により、外部火災防護対象施設を収容する建屋等の温度を許容温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。また、敷地内に存在する危険物タンク等の火災による輻射強度を考慮した場合においても、外部火災防護対象施設を収容する建屋の外壁温度を許容温度以下とすることにより外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

② 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、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への墜落を想定し、火災からの輻射強度の影響により、建屋外壁等の温度上昇を考慮した場合においても、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

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

③ 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、外気を取り込む施設について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機能を損なわない設計とする。外気を取り込む設備である燃料加工建屋の換気設備の給気設備については、フィルタ及び手動ダンパを設置する。外気を取り込む外部火災防護対象施設である非常用所内電源設備の非常用発電機については、フィルタを設置する。

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有毒ガスの影響は、必要に応じて全工程停止、送排風機の停止及び系統上の手動ダンパの閉止の措置を講じ、運転員の退避を講ずるものとする。なお、防護具を着用した運転員により、必要に応じて巡視を行う。

2. 安全設計方針

原子力規制委員会の定める「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年12月6日原子力規制委員会規則第十七号）」第九条において、外部からの衝撃による損傷防止として、安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）又は人為事象（故意によるものを除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしている。

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

その上で、外部火災によってその安全機能が損なわれないことを確認する施設を、全ての安全機能を有する構築物及び設備・機器とする。外部火災防護対象施設は、安全評価上その機能を期待する構築物及び設備・機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な構築物及び設備・機器を抽出し、外部火災により臨界防止及び閉じ込め等の安全機能を損なわないよう機械的強度を有すること等により、安全機能を損なわない設計とする。また、外部火災の二次的影響（ばい煙及び有毒ガス）により、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

安全上重要な構築物及び設備・機器以外の安全機能を有する施設については、防火帯によって防護すること、外部火災により損傷した場合を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障が生じない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

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

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

外部火災の影響評価は、外部火災ガイドを参考として実施する。

外部火災にて想定する火災及び爆発を添5第30表に、評価内容を第2-1表に示す。また、危険物タンク等を添5第31表に、危険物タンク等の配置を添5第23図に示す。

【補足説明資料2-1】

添5第30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 10km の範囲内に発火点を設定したMOX燃料加工施設に迫る火災
近隣工場等の火災及び爆発	敷地周辺 10km の範囲内に存在する石油備蓄基地の火災
	敷地内に存在する屋外の危険物タンク等の火災
	敷地内の危険物タンク等の水素ガス及びプロパンガスの爆発
	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及びLPGボンベ庫の爆発
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

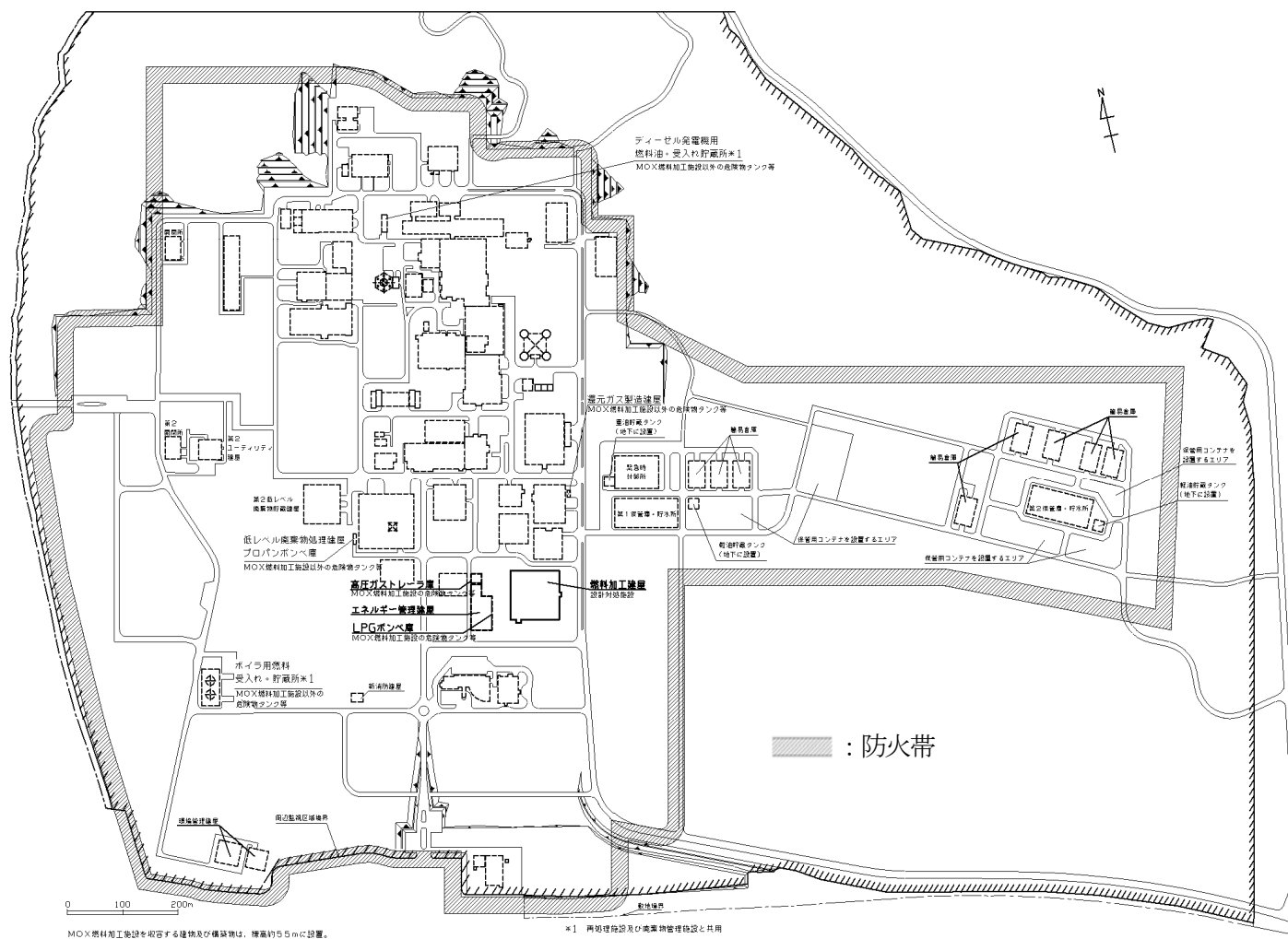
種別	考慮すべき火災及び爆発	評価内容	評価項目
森林火災	敷地周辺 10km の範囲内に 発火点を設定したMOX 燃料加工施設に迫る火災	<ul style="list-style-type: none"> ・FARSITE を用いた森林火災評価 ・森林火災評価に基づき設計対処施設への影響評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・火炎の到達時間 ・防火帯幅 ・熱影響 ・危険距離 ・二次的影響 (ばい煙及び有毒ガス)
近隣工場等の 火災及び爆発	敷地周辺 10km の範囲内に 存在する石油備蓄基地の 火災	<ul style="list-style-type: 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 (ばい煙及び有毒ガス)
	敷地内に存在する屋外の 危険物タンク等の火災	<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 (ばい煙及び有毒ガス)
	敷地内の危険物タンク等 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
	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及びLPG ボンベ庫の爆発	<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"> ・航空機墜下の発生確率が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 (ばい煙及び有毒ガス)
	航空機墜落火災と危険物 タンク等の火災又は爆発 との重畳	<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

添5第31表 敷地内の危険物タンク等及び貯蔵物

敷地内の危険物タンク等	貯蔵物
高圧ガストレーラ庫	水素ガス
LPG ボンベ庫	LP ガス
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所 ^{*1}	重油
ボイラ用燃料貯蔵所 ^{*2}	重油
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所 ^{*1}	重油
技術開発研究所重油貯槽 ^{*2}	重油
精製建屋ボンベ庫 ^{*2}	水素
還元ガス製造建屋 ^{*2}	水素
ボイラ建屋 ボンベ置場 ^{*2}	プロパン
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫 ^{*2}	プロパン

^{*1} 再処理施設及び廃棄物管理施設と共用

^{*2} 再処理施設の危険物タンク等



添5第23図 設計対処施設、危険物タンク等を設置する施設及び防火帯の配置図

3. 設計対処施設【補足説明資料3-1, 補足説明資料3-2】

MOX燃料加工施設において、屋外に設置する外部火災防護対象施設はないことから、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。また、火災に伴い発生するばい煙による二次的影響を考慮し、安全機能を有する施設のうち外気を取り込むことにより外部火災防護対象施設の安全機能が損なわれるおそれがある設備についても選定する。

外部火災防護対象施設は、全て燃料加工建屋（外壁厚さ 1.3m）内に設置されるため、燃料加工建屋を設計対処施設として選定する。設計対処施設の配置を添5第23図に示す。

二次的影響として、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) 換気設備の給気設備及び非管理区域換気空調設備
- (2) 非常用所内電源設備の非常用発電機

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、MOX燃料加工施設への影響が厳しい評価となるように設定し、FARSITE を用いて影響評価を実施する。

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

4. 2 森林火災の想定

想定する森林火災については、外部火災ガイドを参考として、初期条件（可燃物量（植生）、気象条件（湿度、温度、風速、風向）及び発火点）を、工学的判断に基づいてMOX燃料加工施設への影響が厳しい評価となるように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、MOX燃料加工施設から直線距離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MOX燃料加工施設への影響評価の観点で、FARSITE 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。発火点の位置を添5第24図に示す。

- ① 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9.5km）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。
 - ② 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7km）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。
 - ③ 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MOX燃料加工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0.9km）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。
- (5) 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10km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12km及び東西12kmとする。

4. 4 入力データ

FARSITE の入力データは、外部火災ガイドを参考に、以下のとおりとする。

(1) 地形データ

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

(2) 土地利用データ

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

(3) 植生データ

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

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

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

(4) 気象データ

気象条件については、外部火災ガイドを参考とし、過去10年間を調査し、森林火災の発生件数が多い3月から8月の最高気温、最小湿度及び最大風速の組合せを考慮し、風向は卓越方向を考慮する。MOX

燃料加工施設の最寄りの気象官署としては、気候的に敷地に比較的類似している八戸特別地域気象観測所及びむつ特別地域気象観測所があり、敷地近傍には六ヶ所地域気象観測所がある。最高気温、最小湿度及び最大風速については、気象条件が最も厳しい値となる八戸特別地域気象観測所の気象データを設定する。風向については、MOX燃料加工施設の風上に発火点を設定することから、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）について、添3-I第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、添3-I第19表に示す。

FARSITE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。

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 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、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））を算出する。敷地内には、消火活動に必要な消火栓等の消火設備の設置及び大型化学消防車等を配備することで、森林火災が防火帯に到達するまでの間に敷地内に常駐する自衛消防隊の消火班による消火活動が可能であり、万一の飛び火等による火災の延焼を防止することで設計対処施設への影響を防止し、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。各発火点からの火炎の到達時間を第4-1表に示す。また、火炎到達時間が最短となる発火点3の火炎の到達時間分布を第4-1図に示す。

【補足説明資料4-3】

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

【補足説明資料4-4】

4. 7 防火帯幅の設定

FARSITEによる影響評価により算出される最大火線強度（9128kW/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10000kW/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

を確保することにより、設計対処施設への延焼を防止し、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

各発火点からの最大火線強度を第4-1表に示す。また、最大火線強度となる発火点2の火線強度の分布を第4-2図及び設置する防火帯の位置を添5第23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。

- ① 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。
- ② 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、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。
- ③ 円筒火炎モデル数は、火炎最前線のセル毎に設定する。
- ④ 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

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

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

【補足説明資料4－5】

(3) 設計対処施設への熱影響について

外部火災ガイドを参考として、熱影響評価を実施する。

① 外部火災防護対象施設を収納する建屋

設計対処施設である燃料加工建屋（防火帯外側からの離隔距離 約226m）が受ける輻射強度（ 910W/m^2 （発火点3））については、外部火災ガイドを参考とし、設計対処施設への輻射強度の影響が最大となる発火点3の森林火災に基づき算出する。この輻射強度に基づき算出する燃料加工建屋の外壁表面温度を、コンクリートの許容温度 200°C 以下とすることで、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。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】

② 非常用所内電源設備の非常用発電機への影響

非常用所内電源設備の非常用発電機は、建屋内に設置し、建屋の外気取入口から空気を取り込み、その空気を非常用発電機に取り込む設計としている。

そのため、非常用所内電源設備の非常用発電機を収容する設計対処施設の外気取入口から流入する空気の温度が森林火災の熱影響によって上昇したとしても、空気温度を許容温度以下とすることで、非常用所内電源設備の非常用発電機の安全機能を損なわない設計とする。

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

4. 9 異種の自然現象の重畳及び設計基準事故との組合せ

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

安全上重要な施設は、想定される外部からの衝撃である自然現象又は自然現象の組合せにより安全機能を損なわない設計とすることから、森林火災と設計基準事故の因果関係及び時間的变化を考慮しても設計基準事故への進展は考えられない。また、MOX燃料加工施設は大きな事故の誘因となり得る自然現象に対して、全工程及び送排風機を停止し施設を安定な状態に移行する措置を行うことから、森林火災と設計基準事故の因果関係及び時間的变化を考慮しても設計基準事故への進展は考えられない。さらに、設計基準事故発生時に森林火災が発生したとしても、設計基準事故時に期待する影響緩和機能は、森林火災による影響を受けない設計とすることから、時間的变化による設計基準事故への影響を考慮する必要はない。したがって、森林火災と設計基準事故時荷重の組合せは考慮しない。

添3-イ第18表 青森県の森林火災発生状況（2003年～2012年）及び
 気象データ（最高気温、最小湿度及び最大風速）（2003年～2012年）

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

添3-イ第19表 気象データ（卓越風向）（2003年～2012年3月～8月）

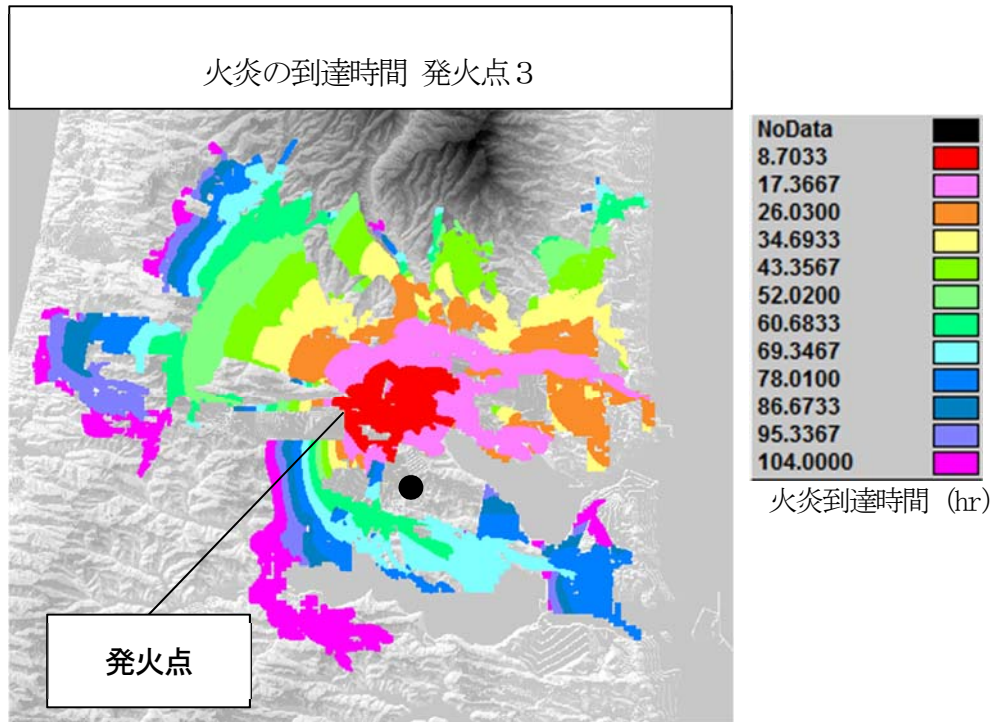
六ヶ所地域気象観測所		
風向	最大風速における風向の出現回数	最多風向の出現回数
北	17	6
北北東	15	1
北東	18	2
東北東	149	100
東	77	357
東南東	534	384
南東	177	96
南南東	16	21
南	27	29
南南西	0	6
南西	5	4
西南西	39	31
西	231	208
西北西	343	363
北西	152	216
北北西	40	15

第4-1表 FARSITE による結果

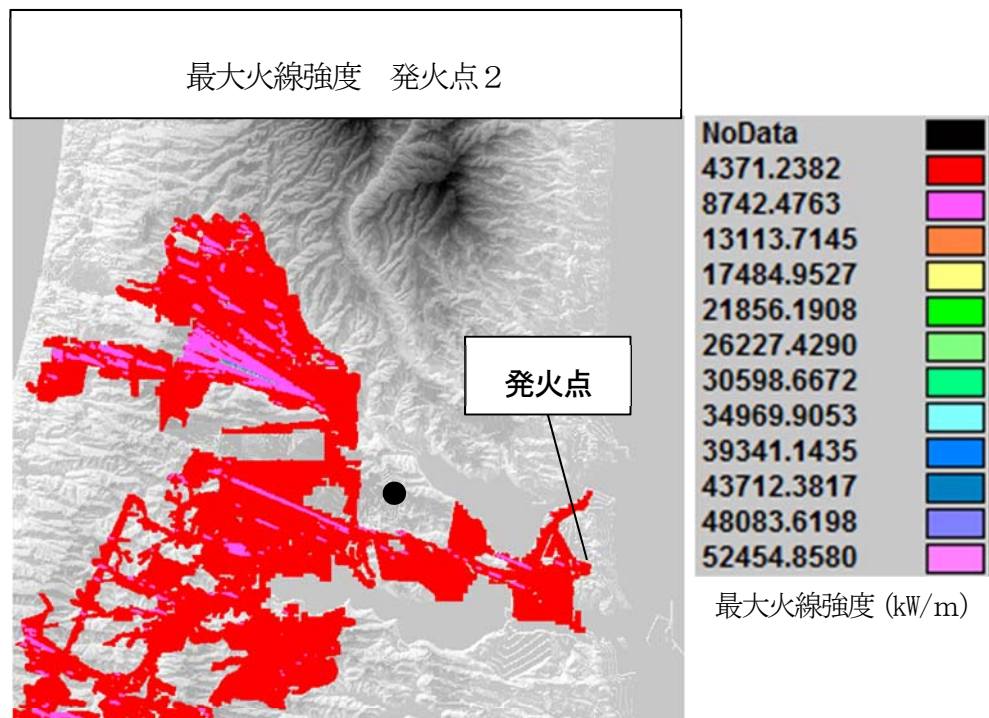
項目	内容	解析結果
延焼速度	全燃焼セルにおける延焼速度	発火点1：最大 4.7m/s 平均 0.07m/s 発火点2：最大 5.3m/s 平均 0.08m/s 発火点3：最大 3.5m/s 平均 0.04m/s
最大火線強度	火線最前線の最大火線強度（防火帯幅算出に用いる）	発火点1：1527kW/m 発火点2：9128kW/m 発火点3：2325kW/m
火炎の到達時間	発火から敷地内に最も早く到達する時間	発火点1：30時間1分 発火点2：18時間37分 発火点3：5時間1分
輻射強度	防火帯から任意の位置（170m）における輻射強度（熱影響評価に用いる発火点の選定）	発火点1：0.53kW/m ² 発火点2：0.82kW/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

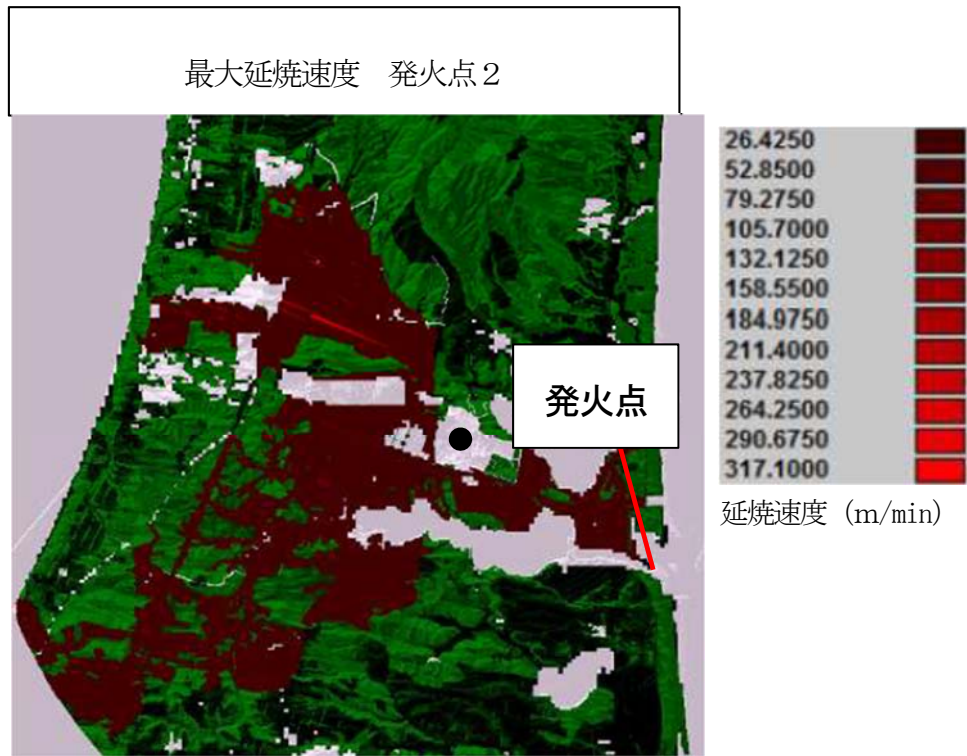
対象施設	外壁表面温度 (°C)	コンクリート許容温度 (°C)
燃料加工建屋	58	200



第4-1図 発火点3の火炎到達時間分布

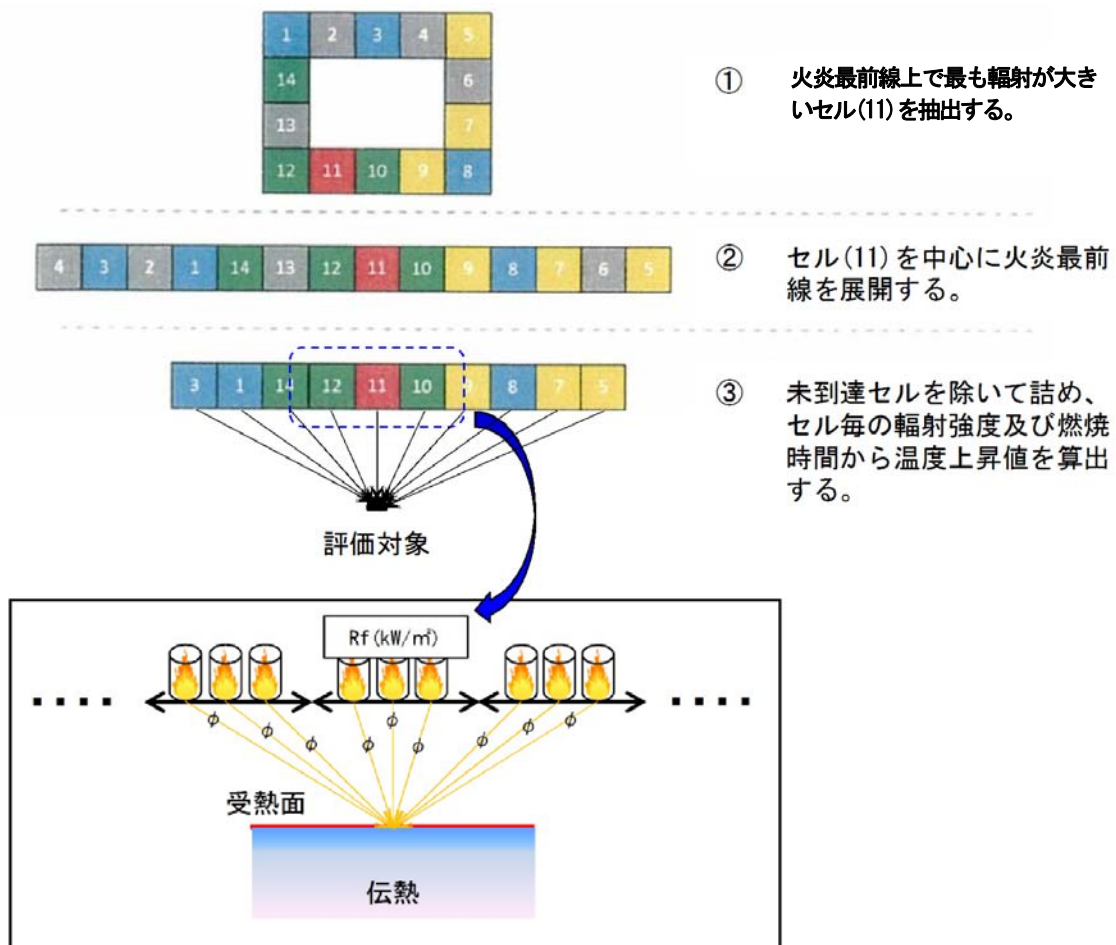


第4-2図 発火点2の火線強度の分布



● : MOX燃料加工施設

第4-3図 発火点2の延焼速度



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 10km 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 0.9km）の火災、敷地内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 10km 範囲内に存在する石油コンビナート等特別防災区域、危険物貯蔵所及び高圧ガス貯蔵施設の位置を第 5-1 図～5-3 図に示す。

また、敷地周辺に国道 338 号線及び県道 180 号線があることから、燃料輸送車両の火災による影響が想定される。燃料輸送車両は、消防法令において移動タンク貯蔵所の上限が定められており、公道を通行可能な上限のガソリンが積載された状況を想定した場合でも、貯蔵量が多く設計対処施設までの距離が近い敷地内に存在する危険物タンク等の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 km 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燃料加工建屋については、外部火災ガイドを参考として、燃料加工建屋の外壁で受ける火災からの輻射強度を考慮した場合においても、離隔距離の確保等により、コンクリートの許容温度となる輻射強度（以下「危険輻射強度」という。）以下とすることで、危険距離以上の離隔を確保する設計とし、

屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。また、設計対処施設の建屋の外気取入口から流入する空気の温度が火災からの熱影響によって上昇したとしても、空気温度を許容温度以下とすることで、外気を取り込む外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

近隣工場等の火災により周辺の森林へ飛び火することによる、近隣工場等の火災と森林火災の重畳評価においては、外部火災ガイドを参考として、影響評価により算出される輻射強度に基づき、設計対処施設の温度を許容温度以下とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

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

MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫、LPG ボンベ庫及び敷地内に存在するMOX燃料加工施設以外の危険物タンク等の爆発については、設計対処施設への影響がなく外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認する。

5. 2 石油備蓄基地火災【補足説明資料5－2】

石油備蓄基地火災については、外部火災ガイドを参考として、以下のとおり石油備蓄基地火災を想定し、設計対処施設への熱影響評価を実施する。

(1) 石油備蓄基地火災の想定

① 気象条件は無風状態とする。

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

① 外部火災防護対象施設を収納する建屋 (燃料加工建屋)

外部火災防護対象施設を収納する燃料加工建屋 (石油備蓄基地からの距離 (約 1970m)) は、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/m²) 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°C 以下とし、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。評価結果を第 5 - 1 表に示す。

② 非常用所内電源設備の非常用発電機

非常用所内電源設備の非常用発電機は、建屋内に設置し、建屋の外気取入口から空気を取り込み、その空気を非常用発電機に取り込む設計としている。

そのため、非常用所内電源設備の非常用発電機を収容する設計対処施設の外気取入口から流入する空気の温度が石油備蓄基地火災の熱影

響によって上昇したとしても、空気温度を許容温度以下とすることで、非常用所内電源設備の非常用発電機の安全機能を損なわない設計とする。

評価対象は、石油備蓄基地からの距離が約 1970mとなる非常用所内電源設備の非常用発電機を収容する燃料加工建屋を対象とする。評価については、想定される石油備蓄基地火災により、建屋外壁等がコンクリートの許容温度 200°Cに上昇した状態を想定し、建屋外壁等からの熱伝達により、燃料加工建屋の外気取入口から流入する空気の温度を算出する。この空気温度を許容温度以下とすることで、非常用所内電源設備の非常用発電機の安全機能を損なわない設計とする。評価結果を第5－6表に示す。

5. 3 敷地内の危険物タンク等の火災及び爆発

敷地内の危険物タンク等を添5第31表に示す。敷地内に存在する危険物タンク等の火災については、外部火災ガイドを参考として、敷地内の屋外に設置する重油タンクの火災を想定する。外部火災防護対象施設を収容する燃料加工建屋は、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°C以下とすることで、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、敷地内に存在する危険物タンク等の爆発については、MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫及びLPGボンベ庫並びにMOX燃料加工施設以外の危険物タンク等として、建屋から最も近い貯蔵容器である還元ガス製造建屋における水素ボンベ及び貯蔵量の最も多い貯蔵容器である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を対象とする。

MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫は、高圧ガス保安法に基づき、着火源を排除するとともに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、爆発を防止する設計とする。また、爆発した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。MOX燃料加工施設のLPGボンベ庫は、屋内に設置しており、着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造としていることから、爆発を防止する設計とする。

また、高圧ガストレーラ庫及びLPGボンベ庫は、外部火災ガイドを参考に危険限界距離を算出する。設計対処施設である燃料加工建屋は、高圧ガストレーラ庫及びLPGボンベ庫から危険限界距離以上の離隔を確保することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。評価結果を第5-4表に示す。

【補足説明資料5-4】

再処理施設の還元ガス製造建屋の水素ボンベ及び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は屋内に設置し、着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とすることで爆発を防止し、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。なお、設計対処施設は、第5-5表のとおり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。

【補足説明資料5-3】

敷地内に存在する危険物タンク等の火災による熱影響評価は、貯蔵量が最も多く、燃料加工建屋から近い、ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所（以下「貯蔵所」という。）に設置する重油タンクの火災を対象とする。

(1) 貯蔵所火災の想定

貯蔵所の火災は、外部火災ガイドを参考とし以下のとおり想定する。

- ① 気象条件は無風状態とする。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 輻射発散度の低減は考慮しない。

(2) 評価対象施設

評価対象施設は、設計対処施設である燃料加工建屋を対象とする。

(3) 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。

貯蔵所から約550m離れている燃料加工建屋は、建屋外壁が受ける火炎からの輻射強度 (0.098kW/m^2) を外部火災ガイドを参考として算出する。この輻射強度に基づき算出する外壁表面温度を、コンクリートの許容温度 200°C 以下とすることで、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。評価結果を第5-2表に示す。

【補足説明資料5-2】

5. 4 近隣工場等の火災と森林火災の重畳評価【補足説明資料5-2】

石油備蓄基地火災においては、防油堤外部へ延焼する可能性は低いが、外部火災ガイドを参考として、石油備蓄基地周辺の森林へ飛び火することによりMOX燃料加工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。

燃料加工建屋は、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℃以下とすることで、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。評価結果を第5-3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)
燃料加工建屋	1970	1.1	2.3

第5-2表 貯蔵所火災による設計対処施設への熱影響評価結果

(外壁表面温度評価)

評価対象	貯蔵所からの離隔距離 (m)	評価結果 (°C)	許容温度 (°C)
燃料加工建屋	550	66	200

第5-3表 石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳における熱影響評価結果

評価対象	石油備蓄基地 からの離隔距離 (m)	外壁表面 温度 (°C)	コンクリート 許容温度 (°C)
燃料加工建屋	1970	130	200

添5第31表 敷地内の危険物タンク等及び貯蔵物

敷地内の危険物タンク等	貯蔵物
高圧ガストレーラ庫	水素ガス
LPG ボンベ庫	LP ガス
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所 ^{*1}	重油
ボイラ用燃料貯蔵所 ^{*2}	重油
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所 ^{*1}	重油
技術開発研究所重油貯槽 ^{*2}	重油
精製建屋ボンベ庫 ^{*2}	水素
還元ガス製造建屋 ^{*2}	水素
ボイラ建屋 ボンベ置場 ^{*2}	プロパン
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫 ^{*2}	プロパン

*1 再処理施設及び廃棄物管理施設と共用

*2 再処理施設の危険物タンク等

第5-4表 危険限界距離の評価結果

危険物タンク等	設計対処施設	危険限界距離 (m)	離隔距離 (m)
高圧ガストレーラ庫	燃料加工建屋	55	62
LPG ボンベ庫		26	33

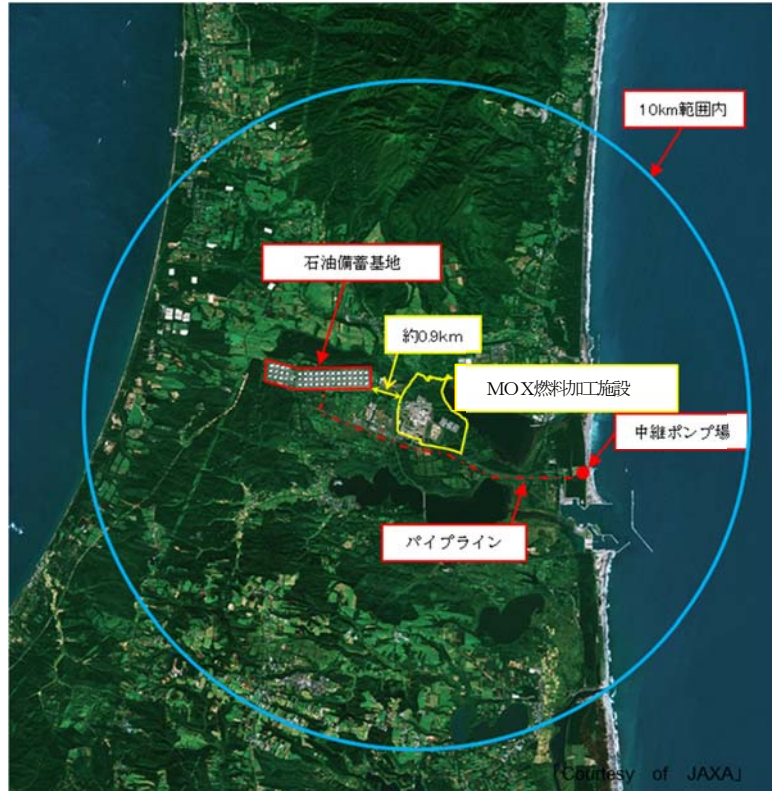
第5-5表 危険限界距離の評価結果

危険物タンク等	設計対処施設	危険限界距離 (m)	離隔距離 (m)
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	燃料加工建屋	67	280
還元ガス製造建屋		24	130

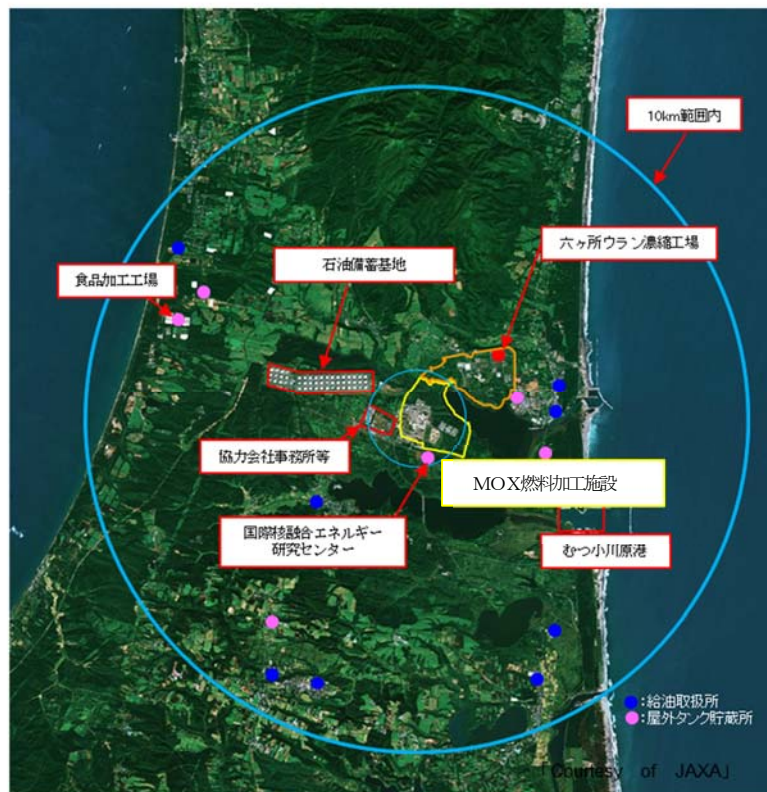
第5-6表 非常用所内電源設備の非常用発電機の流入空気の温度評価
(石油備蓄基地火災)

評価対象	評価結果 (°C)	許容温度 (°C) *
燃料加工建屋 外気取入口の流入空気	30	35

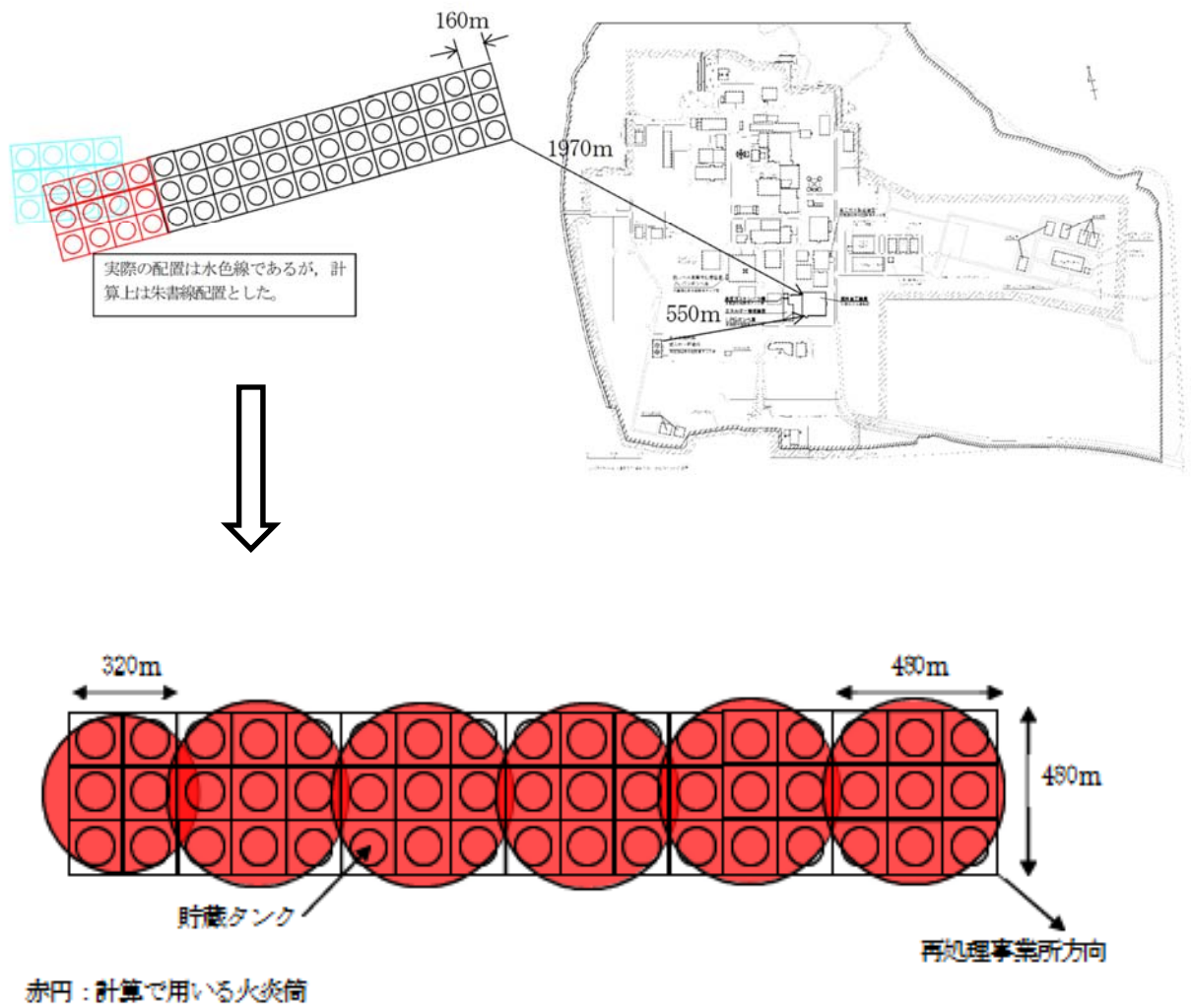
* : 空気が流入する温度 (設備設計上の最高温度より設定)



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5-4図 円筒火災モデルのイメージ

6. 航空機墜落による火災

6.1 概 要

航空機墜落による火災については、外部火災ガイド及び「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価について(平成21年6月30日 原子力安全・保安院)」(以下「航空機落下確率評価ガイド」という。)を参考として、航空機墜落による火災の条件となる航空機の選定及び航空機墜落地点を設定し、これらの条件を用いて算出される航空機墜落による火災の輻射強度を考慮した場合において、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

6.2 航空機墜落による火災の想定【補足説明資料6-1】

航空機墜落による火災の想定は、以下のとおりとする。

- (1) 航空機は、対象航空機のうち、燃料積載量が最大の機種とする。
- (2) 航空機は、燃料を満載した状態を想定する。
- (3) 航空機落下の発生確率が 10^{-7} 回/年以上になる範囲のうち、設計対象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、航空機の落下事故における航空機を選定する。

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

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

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

- (2) 計器飛行方式民間航空機の空路を巡航中の落下事故の航空機

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

敷地外における外部火災については、「5. 近隣工場等の火災及び爆発」で、石油備蓄基地に配置している51基の原油タンク（約11.1万 m^3 /基）の原油全てが防油堤内に流出した全面火災を想定している。計器飛行方式民間航空機の墜落による火災について、厳しい条件となる最大の燃料積載量（約240 m^3 ）を対象としても、石油備蓄基地の原油量と比較すると火災源となる可燃物量が少ないことから、計器飛行方式民間航空機の墜落による火災は、近隣工場等の火災影響評価に包含される。

6.4 航空機墜落地点の設定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。また、航空機墜落事故として単独事象を想定する。

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】

(1) 外部火災防護対象施設を収納する建屋

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

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

航空機墜落を起因として、MOX燃料加工施設の危険物タンク等内に貯蔵する可燃物が火災源又は爆発源となる場合は、航空機が直接墜落す

ることにより火災又は爆発に至る場合と航空機墜落による火災の熱影響により火災又は爆発に至る場合がある。これらの場合について、MOX燃料加工施設の危険物タンク等内に貯蔵する可燃物が火災源又は爆発源となるかを確認する。

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

さらに、設計対処施設は、航空機墜落による火災とMOX燃料加工施設の可燃性ガスを貯蔵するボンベの爆発が重畳した場合の爆風圧に対して、外部火災ガイドを参考として危険限界距離を算出し、可燃性ガスを貯蔵するボンベまでの離隔距離を確保することで外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないように設計する。

(1) 火災の重畳

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

貯蔵量が最も多く、離隔距離が短いボイラ用燃料受入れ・貯蔵所に航空機が直撃し、危険物および航空機燃料による重畳火災を想定し、設計対処施設である燃料加工建屋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燃料加工建屋の外壁表面温度を、コンクリートの許容温度 200℃以下とすることで、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

(2) 爆発の重畳

航空機墜落火災に対する高圧ガストレーラ庫及びLPGボンベ庫の爆発については、外部火災ガイドを参考として、航空機墜落火災による温度上昇を考慮した可燃性ガスによる危険限界距離を算出し、外部火災防護対象施設を収納する燃料加工建屋までの離隔距離を危険限界距離以上とすることで外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないように設計する。危険限界距離の評価結果を第6-1表に示す。

第6-1表 危険限界距離の評価結果

危険物タンク等	設計対処施設	危険限界距離 (m)	離隔距離 (m)
高圧ガストレーラ庫	燃料加工建屋	55	62
<u>LPG ボンベ庫</u>		<u>26</u>	<u>33</u>

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

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

7. 2 評価対象

評価対象は、「2. 安全設計方針」の添5第31表に示すMOX燃料加工施設の危険物タンク等を対象とし、防火帯及び石油備蓄基地からの距離が最短となるMOX燃料加工施設の危険物タンク等を選定する。ただし、森林火災又は石油備蓄基地火災の発生を想定しても、建物及び構築物により火災の輻射の受熱面がない場合には、その危険物タンク等は、当該火災評価の際の評価対象としない。

森林火災及び近隣工場等の火災における評価対象を添5第33表に示す。

7. 3 熱影響について

(1) 森林火災

森林火災においては、ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所、高圧ガストレーラ庫の水素ガスの貯蔵容器及びLPGボンベ庫のLPガスの貯蔵容器に対し、火災の燃焼時間を考慮し、一定の輻射強度でこれらの貯蔵容器が加熱されるものとして、内部温度を算出する。算出される内部温度を貯蔵物の許容温度以下とすることで、危険物タンク等の火災及び爆発を防止し、設計対処施設への影響を与えない設計とする。評価結果を第7-1表に示す。

(2) 近隣工場等の火災

石油備蓄基地火災においては、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所及び高圧ガストレーラ庫の水素ガスの貯蔵容器が受ける火炎からの輻射強度に基づき、重油タンク及び水素ガスの貯蔵容器の表面での放熱量と入熱量の関係から、表面温度を算出する。算出した表面温度を貯蔵物の許容温度以下とすることで、危険物タンク等の火災及び爆発を防止し、設計対処施設への影響を与えない設計とする。評価結果を第7-1表に示す。

7. 4 近隣工場等の爆発の影響について

敷地内に存在するMOX燃料加工施設以外の危険物タンク等として選定した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ため、爆発に至ることはなく、MOX燃料加工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。よって、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機能を損なわない。

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。

添5第33表 森林火災及び近隣工場等の火災における影響評価の対象となる
危険物タンク等

種別	危険物タンク等	貯蔵物	離隔距離 (m)
森林火災	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所*1	重油	206
	高圧ガストレーラ庫 水素ガスの貯蔵容器	水素	366
	LPG ボンベ庫 LP ガスの貯蔵容器	LP ガス	347
近隣工場等 の火災*2	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所*1	重油	1570
	高圧ガストレーラ庫	水素	1910

*1 MOX燃料加工施設の重油タンクのうち、防火帯又は石油備蓄基地から最短となる重油タンクを選定している。

*2 LPG ボンベ庫は、石油備蓄基地との間にエネルギー管理建屋があり、石油備蓄基地火災に対して受熱面を有していないため、評価対象にしない。

第7-1表 評価結果

事象	評価対象	貯蔵物	表面温度又は内部温度	許容温度
森林火災	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	重油	80℃	200℃
	高圧ガストレーラ庫 水素ガスの貯蔵容器	水素	40℃	571.2℃
	LPG ボンベ庫 LP ガスの貯蔵容器	LP ガス	47℃	405℃
近隣工場等の火災	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	重油	180℃	200℃
	高圧ガストレーラ庫 水素ガスの貯蔵容器	水素	140℃	571.2℃

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添5第34表の設備を対象とし、ばい煙及び有毒ガスの侵入に対して、適切な対策を講ずることで外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

8. 1 ばい煙の影響

(1) 換気設備の給気設備

外気を取り込む設備・機器である燃料加工建屋の換気設備の給気設備及び非管理区域換気空調設備については、ばい煙の侵入に対して、フィルタ及び手動ダンパを設置する。外部火災によりばい煙及び有毒ガスが発生し、MOX燃料加工施設に影響があると判断される場合は、全工程停止の措置を講ずる。また、給気設備及び非管理区域換気空調設備の送風機の停止及び手動ダンパの閉止の措置を講ずる。

(2) 非常用所内電源設備の非常用発電機

非常用所内電源設備の非常用発電機については、ばい煙の侵入に対して、フィルタを設置することで、安全機能を損なわない設計とする。

8. 2 有毒ガスの影響【補足説明資料8－4】

燃料加工建屋は、必要に応じて全工程停止、全送排風機の停止及び系統上の手動ダンパの閉止を実施し、運転員の退避を講ずるものとする。なお、防護具を着用した運転員により、必要に応じて巡視を行う。

添5第34表 ばい煙及び有毒ガスによる影響評価の

対象となる設備

	分類	影響評価対象設備
機器への 影響	外気を取り込む 空調系統	<ul style="list-style-type: none"> ・換気設備の給気設備 ・非管理区域換気空調設備
	外気を取り込む 機器	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用所内電源設備の非常用発電機

9. 消火体制

MOX燃料加工施設は、再処理施設と同じ自衛消防組織として消火活動にあたる。

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、MOX燃料加工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。

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) MOX燃料加工施設が影響を受けるおそれがある場合の工程停止等の措置
- (6) 計画を遂行するための体制の整備（責任の所在，責任者の権限，体制の運営管理，必要な要員の確保に係る事項を含む）並びに教育及び訓練
- (7) 外部火災発生時の対応，防火帯の維持及び管理並びにばい煙及び有毒ガス発生時の対応に係る手順
- (8) 外部火災発生時におけるMOX燃料加工施設の保全のための活動を行う体制の整備

11. 手順等【補足説明資料 11-1】

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

以下に外部火災に対する必要な手順等を示す。

- (1) 防火帯の維持及び管理に係る手順並びに可燃物を設置する場合には、延焼防止機能を損なわないよう不燃性シートで覆う等の対策を実施する手順を整備する。
- (2) 設計対処施設及び危険物タンク等の設計変更に当たっては、外部火災によって、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことがないよう影響評価を行い確認する手順を整備する。
- (3) 外部火災によるばい煙及び有毒ガス発生時には、必要に応じて全工程停止、送排風機の停止及びMOX燃料加工施設の運転員の退避の措置を講ずるものとする。また、防護具の着用により、MOX燃料加工施設の巡視ができるよう手順を整備する。さらに、対策に必要な資機材を整備する。
- (4) 敷地外の外部火災に対する事前散水を含む消火活動及び敷地内の外部火災に対する消火活動については、敷地内に常駐する自衛消防隊の消火班が実施する手順を整備する。また、消火活動に必要な消火栓等の消火設備の設置並びに大型化学高所放水車、消防ポンプ付水槽車、化学粉末消防車及びその他資機材の配備を実施する。
- (5) 外部火災の対応に必要な設備の維持管理に係る手順を整備する。
- (6) 外部火災発生時の連絡体制、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。

- (7) 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、FARSITE 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】

- (8) 外部火災の評価の条件に変更があった場合は、外部火災防護対象施設の安全機能への影響評価を実施する手順を定める。
- (9) 敷地内の外部火災が発生した場合は、MOX燃料加工施設の全工程停止等の措置を講ずる手順を整備する。また、敷地外の外部火災が発生した場合は、火災の状況に応じて、MOX燃料加工施設が影響を受ける場合には全工程停止の措置を講ずる手順を整備する。ただし、核燃料物質の入った容器を貯蔵設備に戻すなどの対応は状況に応じて実施する。さらに、運転員が必要に応じて消火活動の支援を行う手順を整備する。

2 章 補足説明資料

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料リスト
第9条:外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料2-1	外部火災ガイドへの適合性	2/25	4	
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	2/17	3	
補足説明資料3-2	熱影響評価建屋の選定について	2/7	3	
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	1/23	1	
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	1/23	2	
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	1/23	1	
別紙1	防火帯エリアに係る設計方針について	2/7	2	
別紙2	防火帯内側の植生による評価対象施設への火災影響について	2/7	2	
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	12/13	0	
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	12/13	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	12/13	0	
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	2/25	4	
別紙1	森林火災評価における火炎最前線のセルの配置設定の概要	12/13	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	12/13	0	
別紙3	天井スラブへの影響	12/13	0	
別紙4	設計対処施設以外の施設への影響について	2/7	3	
別紙5	可搬型重大事故等対処設備及びアクセスルートへの影響について	12/13	0	
補足説明資料4-6	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	2/7	1	

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料リスト
第9条:外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
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	2/7	3	
別紙1	燃料輸送車両の火災・爆発について	1/23	1	
別紙2	漂流船舶の火災・爆発について	12/13	0	
別紙3	敷地内における危険物貯蔵施設等の火災・爆発	2/7	2	
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	1/23	1	
別紙5	重油タンク等の地下化について	12/13	0	
別紙6	受電変圧器の防火対策	12/13	0	
補足説明資料5-2	近隣工場等の火災に係るMOX燃料加工施設への熱影響評価について	<u>2/25</u>	<u>5</u>	
別紙1	天井スラブへの影響	12/13	0	
別紙2	熱影響評価における制限値について	12/26	0	
補足説明資料5-3	再処理施設の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の爆発に対する影響について	2/7	1	
補足説明資料5-4	敷地内の危険物タンク等の爆発に対する影響について	2/7	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>2/25</u>	<u>4</u>	
別紙1	対象航空機の選定について	<u>2/25</u>	<u>2</u>	
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	12/13	0	
別紙3	評価対象とする訓練空域周辺を飛行中の落下事故	<u>2/25</u>	<u>1</u>	
別紙4	評価対象とする航空機落下事故の選定結果	2/17	1	
補足説明資料6-2	航空機落下による熱影響評価について	<u>2/25</u>	<u>3</u>	

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料リスト
第9条:外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料6-3	航空機墜落による火災と敷地内の危険物タンク等の重量について	<u>2/25</u>	4	
補足説明資料6-4	評価対象とする航空機落下事故の選定結果	<u>2/7</u>	0	記載内容を踏まえて補足説明資料6-1の別紙4に移動する。
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>2/25</u>	5	
補足説明資料8-1	ばい煙の影響について	<u>2/25</u>	2	
補足説明資料8-2	二次的影響(ばい煙及び有毒ガス)について(中央監視室への影響)	12/13	0	MOX燃料加工施設は、居住性の維持が不要のため。
補足説明資料8-3	緊急時対策所の居住性について	12/13	0	MOX燃料加工施設は、居住性の維持が不要のため。
補足説明資料8-4	外部事象に対する加工運転の停止について	<u>2/25</u>	2	
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)	<u>2/25</u>	1	
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	12/13	0	

補足説明資料2-1 (9条 外部火災)

外部火災ガイドへの適合性

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
<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>安全機能を有する施設は、敷地及び敷地周辺で想定される外部火災の影響を受ける場合においてもその安全機能を確保するために、防火帯の設置、離隔距離の確保、建屋による防護等により、外部火災に対して安全機能を損なわないことを確認する。</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、火炎の強度・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炎、輻射熱の影響及び発生ばい煙の原子炉施設の換気設備への影響が考えられる。近隣の産業施設等の火災・爆発については森林火災と同様の火炎、輻射熱の影響、発生ばい煙の影響の他に燃料タンク爆発等による飛来物の影響が考えられる。</p> <p>航空機墜落に対する影響は大量の燃料放出・発火にともなう火炎、輻射熱の影響及び発生ばい煙の影響が考えられる。</p> <p>3. 外部火災の防護</p> <p>3. 1 設計目標・確認事項</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、MOX燃料加工施設敷地に到達する火災の設計対処施設に対する火炎、輻射熱の影響及び火災により発生するばい煙の換気設備等への影響について検討している。</p> <p>近隣の産業施設等の火災・爆発については、MOX燃料加工施設敷地外の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、MOX燃料加工施設敷地内には再処理施設の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、建屋外壁等への影響が厳しい地点に墜落した場合を想定し、発火にともなう火炎、輻射熱の影響及び発生ばい煙の影響について検討している。</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機能を行わないことを確認している。</p> <p><u>非常用所内電源設備の非常用発電機を収容する設計対処施設の外気取入口の空気の温度を最高温度以下とすることで、空気を取り込む非常用所内電源設備の非常用発電機の安全機能を損なわないことを確認している。</u></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

3. 2 防護手段

- (1) 外部火災に対する原子炉施設の防護は、外部火災による発電所内における火災の発生可能性の最小化、及び火災に対する障壁を強化することによって実現される。
安全系の多重性、隔離、耐火区画、固有の障壁による物理的分離、さらには火災感知および消火設備の使用など、その他の設計特性も備える。
- (2) 構造物固有の耐性が十分でない場合、障壁の追加や距離による隔離を行う。曝露される構造物コンクリートの厚さを増加することが、想定負荷に対する耐性向上に寄与する場合は、これを検討してもよい。
- (3) 換気系統は、ダンパを用いて外気から系統を隔離すること等によって外部火災から防護する。
- (4) 煙や埃に対して脆弱な安全保護系の設備等について適切な防護対策を講じる。

4. 外部火災の影響評価

4. 1 考慮すべき発電所敷地外の火災

考慮すべき発電所敷地外の火災として以下を検討すること。ただし、航空機墜落による火災について、発電所敷地内に航空機墜落が想定される場合には、その発火点は敷地内とする。

(1) 森林火災

発電所敷地外の 10km 以内を発火点とした森林火災が発電所に迫った場合でも、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。(解説-1)

(2) 近隣の産業施設の火災・爆発

近隣の産業施設で発生した火災・爆発により、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。なお、発電所敷地外の 10km 以内を発火点とし、森林等に延焼することによって発電所に迫る場合は (1) の森林火災として評価する。(ただし、発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジンなどの危険物タンク火災については、(3) の

3. 2 防護手段

- 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機能を行わないことを確認している。
設計対処施設である建屋内に設置する換気設備の給気系統にはフィルタを設置し、ばい煙の侵入を防止する。また、中央監視室における運転員の居住性を損なうおそれがある場合は、送排風機の停止及び手動ダンパの閉止を行い、外気を遮断する措置を講ずる。

4. 外部火災の影響評価

4. 1 考慮すべき発電所敷地外の火災

(1) 森林火災

MOX燃料加工施設敷地外の 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MOX燃料加工施設敷地に迫った場合でも、外部火災防護対象施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施され、二次的な影響も含めて、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計としている。

(2) 近隣の産業施設の火災・爆発

近隣の産業施設等の火災については、MOX燃料加工施設敷地外の 10km 以内に存在する石油備蓄基地の火災が発生したとしても、外部火災防護対象施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施され、二次的な影響も含めて、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計としている。また、石油備蓄基地周辺の森林へ飛び火することによりMOX燃料加工施設敷地へ迫る場合を想定し、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうこと

外部火災ガイドへの適合性

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
<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</p>	<p>のない設計とする。</p> <p>さらに、MOX燃料加工施設敷地内に存在する危険物タンク等の火災又は爆発に対して、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計としている。</p> <p>なお、地下に設置する危険物タンク等については、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、対象航空機が外部火災防護対象施設を収容する建屋の近傍に墜落する火災を想定しても、外部火災防護対象施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施され、二次的な影響を含めて、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計としている。</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MOX燃料加工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>MOX燃料加工施設敷地外の10km以内に存在する石油備蓄基地の火災については、工</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>施設への影響を保守的に評価するよう設定する。</p> <p>(3) 航空機墜落による火災</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>学的判断に基づいて設計対処施設への影響を保守的に評価するよう設定している。</p> <p>また、敷地内の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設計対処施設への影響を保守的に評価するよう設定している。</p> <p>また、MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫、LPGボンベ庫及びMOX燃料加工施設以外の危険物タンク等の爆発については、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設計対処施設への影響を保守的に評価するよう設定している。</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、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を対象航空機の墜落する火災を想定し、航空機搭載の燃料の全部が発火した場合の火災を、工学的判断に基づいて設計対処施設への影響を保守的に評価するよう設定している。</p> <p>4. 2. 2 二次的影響の検討</p> <p>(1) 森林火災</p> <p>火災により発生するばい煙及び有毒ガスに対しては、外部火災防護対象施設の安全機能への影響を考慮している。</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) 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>(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"> ・輻射強度 (想定火災の輻射熱に対する原子炉施設の熱影響評価) ・防火帯幅 (延焼防止に必要な防火帯の幅)、危険距離 (延焼防止に必要な距離) ・延焼速度及び発火点から発電所までの到達時間 ・ばい煙等への対策 <p>森林火災の評価 (ばい煙等への対策を除く。) については附属書Aに示す。</p> <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p>	<p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <p>敷地内の危険物タンク等の爆風等に対して、外部火災防護対象施設の安全機能への影響を考慮している。</p> <p>火災により発生するばい煙及び有毒ガスに対して、外部火災防護対象施設の安全機能への影響を考慮している。</p> <p>(3) 航空機墜落による火災</p> <p>火災により発生するばい煙及び有毒ガスに対しては、外部火災防護対象施設の安全機能への影響を考慮している。</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MOX燃料加工施設の防火帯幅評価) <p>MOX燃料加工施設敷地外の 10km 以内を発火点とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・輻射強度 (想定火災の輻射熱に対するMOX燃料加工施設の熱影響評価) ・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MOX燃料加工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>

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

評価パラメータとして以下を評価する。

- ・ 輻射強度（想定火災の輻射熱に対する原子炉施設の危険距離評価）。ただし、発電所敷地外の 10km 以内を発火点とし、森林等に延焼することによって発電所に迫る場合は森林火災として評価する。

- ・ 危険距離（延焼防止に必要な距離）、危険限界距離（ガス爆発の爆風圧が 0.01MPa 以下になる距離）

- ・ ばい煙等への対策

- ・ 爆発規模から想定される爆風と飛来物への対策

石油コンビナート等火災・爆発の評価（ばい煙等への対策を除く。）については附属書 B に示す。

(3) 航空機墜落による火災

評価パラメータとして以下を評価すること。

- ・ 輻射強度（想定火災の輻射熱に対する原子炉施設の熱影響評価）

- ・ ばい煙等への対策

航空機墜落による火災の評価（ばい煙等への対策を除く。）については附属書 C に示す。

4. 4 火災の影響評価判断の考え方

(1) 森林火災

- ・ 原子炉施設の外壁、天井スラブが想定される森林火災の熱影響に対して許容限界温度以下である。

- ・ 想定される森林火災に対して、火災の到達時間を考慮して発電所の自衛消防隊による対

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。

- ・ 輻射強度。また、MOX燃料加工施設敷地外の 10km 以内を発火点とし、森林等に延焼することによってMOX燃料加工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。

- ・ 輻射熱に対する設計対処施設の建物の危険輻射強度を評価し、設計対処施設が受ける輻射強度が危険輻射強度以下となり、必要な離隔距離を確保していることを評価している。

- ・ 設計対処施設は、再処理施設の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に対する危険限界距離以上の離隔距離を確保していること及び爆発による飛来物の影響を確認している。

- ・ MOX燃料加工施設の所有する高圧ガストレーラ庫及び LPG ボンベ庫の爆発に対しては、危険限界距離以上の離隔距離を確保することを評価している。

- ・ ばい煙等への対策

(3) 航空機墜落による火災

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。

- ・ 輻射強度（想定火災の輻射熱に対する原子炉施設の熱影響評価）

- ・ ばい煙等への対策

4. 4 火災の影響評価判断の考え方

(1) 森林火災

- ・ 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し、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないこと。

- ・ 想定される森林火災に対して、発火点からMOX燃料加工施設敷地までの到達時間を考

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>応が可能である。</p> <ul style="list-style-type: none"> 防火帯幅が想定される森林火災に対して、評価上必要とされる防火帯幅以上である。 発電所に設置される防火帯の外縁（火災側）から原子炉施設間の離隔距離が、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パの設置等により考慮されていること。 有毒ガスの発生が想定される場合、居住空間へ影響を及ぼさないように対策が考慮されている。 <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <ul style="list-style-type: none"> 想定される石油コンビナート等の火災に対して、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が評価上必要とされる危険距離以上である。 想定される石油コンビナート等のガス爆発に対して、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が評価上必要とされる危険限界距離以上である。 火災とガス爆発が同時に起こると想定される場合には、より長い方の離隔距離が確保されているかどうかにより判断する。 原子炉施設の換気系統へのばい煙の影響がダンパの設置等により考慮されていること。 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>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> 森林火災に対して、評価上必要とされる防火帯幅以上である。 防火帯の外縁（火災側）から設計対処施設間の離隔距離が、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。 安全機能を有する施設のうち、外気を取り込むことにより、外部火災防護対象施設の安全機能が損なわれるおそれがある換気設備等を抽出し、ばい煙の影響がフィルタの設置等により考慮されていること。 有毒ガスの発生が想定される場合、中央監視室の居住性への影響を踏まえた対策が考慮されていること。 <p>(2) 近隣の産業施設の火災・爆発</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計対処施設の建物については、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、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないこと。 再処理施設の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の爆発に対して、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、爆発に至らないことを確認している。さらに、再処理施設の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設計対処施設までの離隔距離が危険限界距離以上であること。 MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫及びLPGボンベ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、高圧ガストレーラ庫及びLPGボンベ庫から設計対処施設までの離隔距離が危険限界距離以上であること。 安全機能を有する施設のうち、外気を取り込むことにより、外部火災防護対象施設の安全機能が損なわれるおそれがある換気設備等を抽出し、ばい煙の影響がフィルタの設置等により考慮されていること。

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> <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>	<ul style="list-style-type: none"> 有毒ガスの発生が想定される場合、中央監視室の居住性への影響を踏まえた対策が考慮されていること。 <p>(3) 航空機墜落による火災</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計対処施設の建屋については、熱影響評価により、外壁の温度上昇により屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないこと、建屋外壁が要求される機能を損なわないこと。

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発火点を考え評価する。</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>MOX燃料加工施設敷地外で発生する森林火災がMOX燃料加工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、MOX燃料加工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並びに卓越方向を考え、発火点 1～3 を設定した。</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

(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
火線強度 [kW/m]	・発電所に到達し得る火災の規模はどの程度か ・必要となる消火活動の能力や防火帯の規模はどの程度か
火炎長 [m]	
単位面積当たり熱量 [kJ/m ²]	
火炎輻射強度 [kW/m ²]	
火炎到達幅 [m]	

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

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

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

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、地形等評価に必要な対象範囲は、発火点の距離に余裕をみて南北 12km、東西 12km とする。

2. 2. 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MOX燃料加工施設敷地周辺の 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

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、以下のとおり設定している。

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。

・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、MOX燃料加工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

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. 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 FARSITE 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

2. 2. 5 火炎の到達時間の算出

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

2. 2. 5 火炎の到達時間の算出

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評価している。

2. 2. 6 防火帯幅の算出

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

2. 2. 6 防火帯幅の算出

FARSITEによる影響評価により算出される最大火線強度（9128kW/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、10000 kW/mの火線強度に必要とされる最小防火帯幅 24.9 mを上回る幅 25m以上の防火帯を確保することとした。

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

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

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

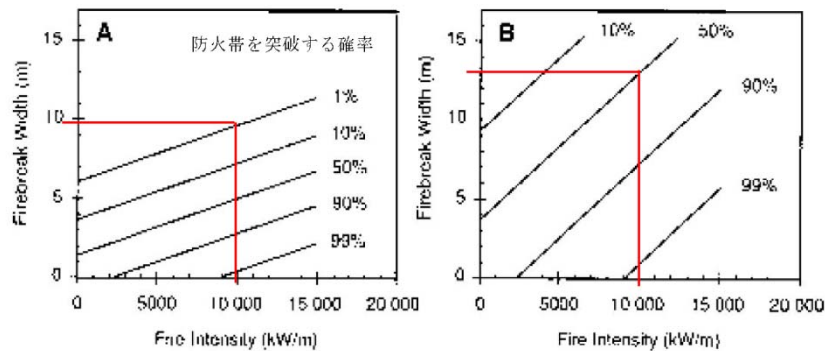


図1 火線強度に対する防火帯の相関図

防火帯幅の評価には風上の樹木の有無によって異なる表を用いる。火炎の防火帯突破確率

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（9128kW/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、10000kW/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

3. 危険距離の評価

3. 1 森林火災の想定

前述の2. 1 森林火災の想定と同じ。

3. 2 森林火災による影響の有無の評価

3. 2. 1 評価手法の概要

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

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

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

森林火災の火炎形態については、土地の利用状況（森林、農地、居住地等の分布）、地形（標高、傾斜角度等）、気象条件（風向・風速、気温、湿度等）に大きく依存することから、これらをすべて反映した火炎モデル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。

3. 危険距離の評価

3. 1 森林火災の想定

前述の2. 1 森林火災の想定と同じ。

3. 2 森林火災による影響の有無の評価

3. 2. 1 評価手法の概要

外部火災ガイドに基づき、FARSITE による解析結果を用い、設計対処施設への輻射強度を算出し、森林火災の影響の有無を評価している。

外部火災ガイドに基づき受熱面が輻射帯の底部と同一平面上にあると仮定して評価している。森林火災の火炎は円筒火災をモデルとし、燃焼半径は火炎長の3分の1としている。また、MOX燃料加工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。

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. 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、MOX燃料加工施設敷地に迫る森林火災としている。

3. 2. 3 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

3. 2. 3 必要データ

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

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

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

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

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

MOX燃料加工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)
燃料加工建屋	226	23

(2) 設計対処施設への影響の有無

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

対象施設	外壁表面温度(°C)	コンクリート許容温度(°C)
燃料加工建屋	58	200

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>1. 総則</p> <p>MOX燃料加工施設敷地周辺で石油コンビナート等の火災やガス爆発が起こったとしても外部火災防護対象施設に影響を及ぼさないことを評価している。</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、評価指標の影響を評価している。

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

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

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. 3 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

データ種類	整備要領
輻射発散度* [W/m ²] *参考資料 (3)	燃焼する可燃物によって決まる定数 (代表的な可燃物は附録 B に記載) 文献等に無い場合には実測すること
防油堤規模	防油堤の縦及び横の大きさ

危険輻射強度 [W/m ²]	原子炉施設の外壁、天井スラブの輻射熱に対する耐熱性を輻射強度で示したもの (文献等で無い場合には実測すること)
----------------------------	---

ガイドへの適合性の確認結果

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。

2. 2. 2 評価対象範囲

外部火災ガイドに基づき、MOX燃料加工施設敷地周辺 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

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。

- ・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。

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. 4 燃焼半径の算出</p> <p>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。</p> $R = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \times \sqrt{w \times d}$ <p>R:燃焼半径[m]、w:防油堤幅[m]、d:防油堤奥行き[m]</p> <p>2. 2. 5 危険距離の算出</p> <p>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。</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>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。</p> $\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{A(n-1)}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\frac{(n-1)}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$ <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:危険距離[m]、H:炎の高さ[m]、R:燃焼半径[m]</p>	<p>2. 2. 4 燃焼半径の算出</p> <p>外部火災ガイドに基づき、燃焼半径を算出している。</p> <p>2. 2. 5 危険距離の算出</p> <p>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。</p> <p>また、コンクリートの許容温度となる危険輻射強度を算出し、上記で算出した輻射強度が危険輻射強度以下となることを評価することで必要な離隔距離が確保されていること、建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認している。</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

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. 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 (kW/m ²)	危険輻射強度 (kW/m ²)
燃料加工建屋	1970	1.1	2.3

(2) 石油備蓄基地火災と森林火災の重量評価

石油備蓄基地火災と森林火災の輻射熱量及び離隔距離を考慮し、石油備蓄基地火災と森林火災から受ける輻射強度が大きくなる外部火災防護対象施設への評価を実施している。

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

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)
燃料加工建屋	1970	130	200

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

(3) 危険物タンク火災の影響評価

敷地内の屋外に設置する重油タンク火災の評価を実施している。

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

重油タンク	評価対象	評価結果 (°C)	コンクリート許容温度 (°C)
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	燃料加工建屋	66	200

3. 発電所周辺における石油コンビナート等のガス爆発影響評価

3. 1 石油コンビナート等のガス爆発想定 (高圧ガス漏洩による爆発)

再処理施設の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

再処理施設の還元ガス製造建屋の水素ボンベ及び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は屋内に設置し、着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とすることから、爆発に至らない設計であることを確認している。また、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設計対処施設までの離隔距離が危険限界距離以上であることを確認している。

MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫及びLPGボンベ庫の爆発については、着火源

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。

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
評価指標	内容	<p>を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造であり爆発に至らない設計とする。また、高圧ガストレーラ庫は、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とする。さらに、高圧ガストレーラ庫及びLPGボンベ庫から設計対処施設までの離隔距離を危険限界距離以上確保する設計とする。</p>
危険限界距離 [m]	<p>ガス爆発の爆風圧が0.01MPa以下になる距離</p> <p>(人体に対して影響を与えない爆風圧)</p>	
<p>3. 2. 2 評価対象範囲</p> <p>評価対象範囲は発電所の南北10km、東西10kmとする。</p>		<p>3. 2. 2 評価対象範囲</p> <p>外部火災ガイドに基づき、MOX燃料加工施設敷地10km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、評価対象を選定している。</p>
<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>		<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>

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド

ガイドへの適合性の確認結果

データ種類	整備要領
石油類のK値	コンビナート等保安規定第5条別表第二に掲げる数値 (代表的な可燃物は附録Bに記載)
貯蔵設備又は 処理設備のW値	コンビナート等保安規定第5条貯蔵設備又は処理設備の区分に応じて次に掲げる数値
	<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>

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

3. 2. 4 危険限界距離の算出

次の式から危険限界距離を算出する。ここで算出した危険限界距離が石油コンビナート等

3. 2. 4 危険限界距離の算出

外部火災ガイドに基づき、危険限界距離を算出している。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド	ガイドへの適合性の確認結果
<p>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. 3 石油コンビナート等のガス爆発影響評価</p> <p>再処理施設の還元ガス製造建屋の水素ボンベ及び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は屋内に設置し、着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とすることから、爆発に至ることはなく、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機能を損なうことはないことを確認している。また、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設計対処施設までの離隔距離が危険限界距離以上であることを確認している。</p> <p>以上より外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認している。</p> <p>MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫及びLPG ボンベ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であり爆発に至らない設計としている。また、高圧ガストレーラ庫は、爆発時に発生する爆風が上方に開放されることを妨げない設計としている。さらに、MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫及びLPG ボンベ庫の爆発については、設計対処施設までの離隔距離が危険限界距離以上であること設計としている。</p> <p>以上より外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認している。</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>1. 総則</p> <p>MOX燃料加工施設敷地への航空機の墜落が発生したとしても、外部火災防護対象施設に影響を及ぼさないことを評価している。</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</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

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

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

2.2.2 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。

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド

ガイドへの適合性の確認結果

2. 2. 4 燃焼半径の算出

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

2. 2. 5 形態係数の算出

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

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

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

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

2. 2. 6 輻射強度の算出

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

$$E = Rf \cdot \phi$$

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

2. 2. 7 燃焼継続時間の算出

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。

2. 2. 5 形態係数の算出

外部火災ガイドに基づき、形態係数を算出している。

2. 2. 6 輻射強度の算出

外部火災ガイドに基づき、輻射強度を算出している。

2. 2. 7 燃焼継続時間の算出

外部火災ガイドへの適合性

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>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. 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>外部火災ガイドに基づき、燃焼時間を算出している。</p> <p>2. 3 判断の考え方</p> <p><u>設計対処施設の建屋については、輻射強度に基づき算出される外壁の温度上昇により建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないこと及び建屋外壁が要求される機能を損なわないことを確認している。</u></p>

補足説明資料4-5 (9条 外部火災)

森林火災による設計対処施設への熱影響評価について

1. 森林火災に係る設計対処施設への熱影響評価の概要

外部火災ガイドを参考として、FARSITE 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、FARSITEによる解析結果を用い、設計対処施設への輻射強度を算出し、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。

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

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。

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

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

ϕ_i : 形態係数

L_i : 離隔距離 (m)

H : 火炎長 (m)

R : 燃焼半径 (m)

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

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

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

(3) 危険距離の評価

- ① 受熱面の輻射強度を(4)式により算出する。

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

ここで、

E : 受熱面輻射強度 (W/m²)

$R f$: 火炎輻射発散度 (W/m²)

ϕ_t : 形態係数

- ② 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。

- ③ 外壁表面温度がコンクリートの許容温度 200°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

設計対処施設である燃料加工建屋に対する森林火災による危険距離の算出結果を第1表に示す。

防火帯外側から燃料加工建屋の離隔距離は、危険距離を上回ることから、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことはない。

3. 外部火災防護対象施設を収納する建屋の熱影響評価

設計対処施設の燃料加工建屋に対し森林火災からの火炎輻射による、外壁の温度上昇を算出する。

(1) 外壁温度の算出方法

受熱面の輻射強度及び燃焼時間に基づき、燃料加工建屋の外壁表面における燃焼時間及び燃焼時間内で一定の輻射強度を設定する。

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

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

ここで、

T : 外壁表面温度 ($^{\circ}\text{C}$)

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⁾
 $\text{erfc}(x) = 1 - \text{erf}(x)$ ($\text{erf}(x)$: 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

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

また、天井スラブへの影響は外壁の評価に包含される。(別紙3)

4. 非常用所内電源設備の非常用発電機の外気取入口の流入空気温度の評価

非常用所内電源設備の非常用発電機は、建屋内に設置し、建屋の外気取入口から空気を取り込み、その空気を非常用発電機に取り込む設計とする。

そのため、非常用所内電源設備の非常用発電機を収容する設計対処施設の外気取入口から流入する空気の温度が森林火災の熱影響によって上昇したとしても空気温度を許容温度以下とすることで、非常用所内電源設備の非常用発電機の安全機能を損なわない設計とする。

非常用所内電源設備の非常用発電機の流入空気温度に対する熱影響評価方法は、以下のとおりとする。

外部火災の輻射熱により、非常用所内電源設備の非常用発電機を収容する設計対処施設の外気取入口付近の壁温度が上昇し、温度上昇した壁からの熱により外気取入口から流入する空気温度を算出する。算出した空気温度を許容温度以下とすることで、非常用所内電源設備の非常用発電機に影響を与えないことを確認する。

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

参考文献

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

第1表 危険距離の算出結果

対象施設	防火帯外側からの離隔距離 (m)	危険距離 (m)
燃料加工建屋	226	23

第2表 燃料加工建屋を対象とした熱影響評価の計算条件

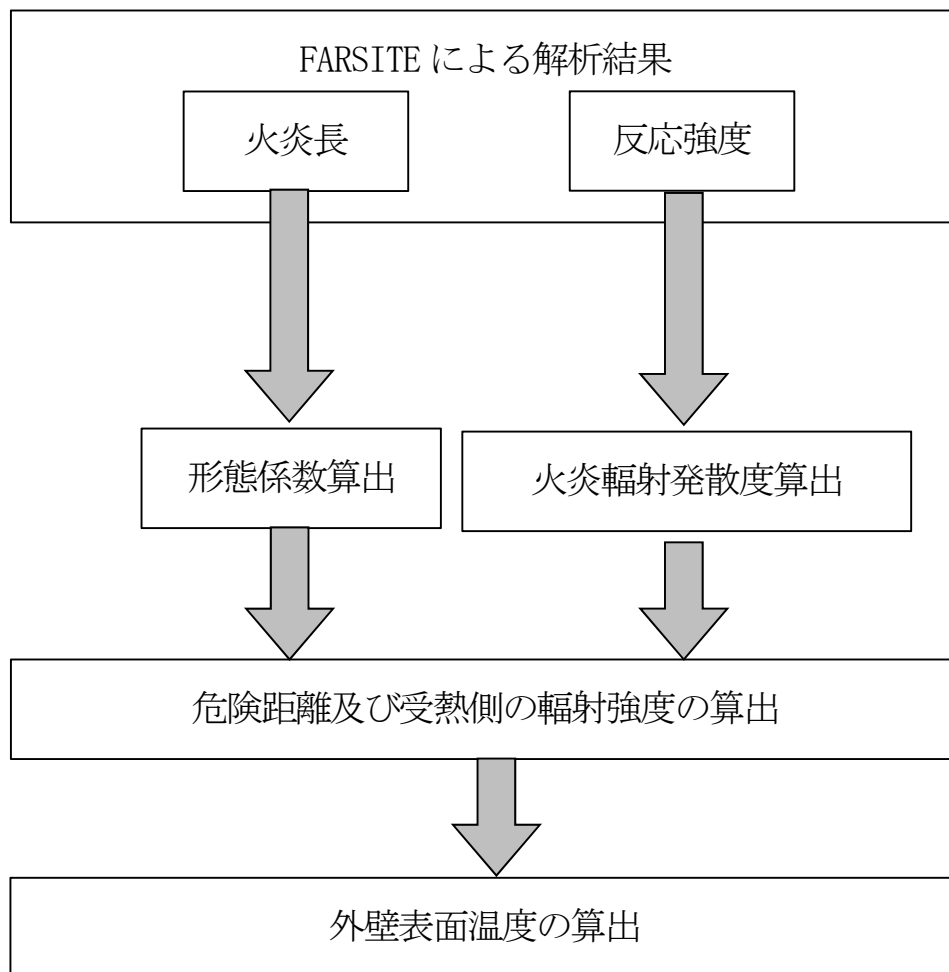
項目	記号	数値	単位
初期温度	T_0	50 ^{*1}	°C
コンクリート熱伝導率	λ	1.74	W/mK
コンクリート密度	ρ	2150 ^{*2}	kg/m ³
コンクリート比熱	c	963	J/kgK

* 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。

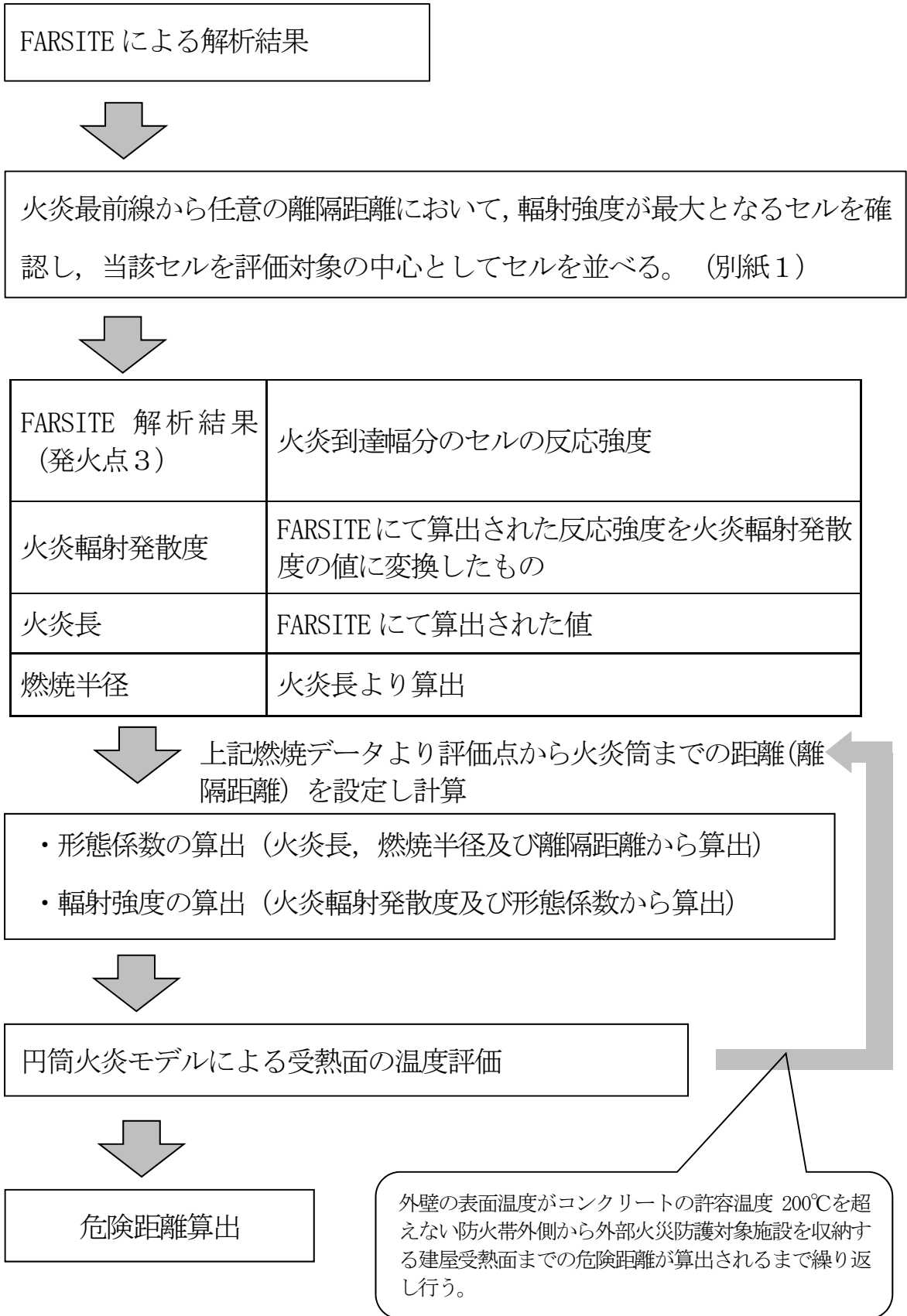
* 2 : 遮蔽設計の最小値

第3表 森林火災による外壁の熱影響評価の結果

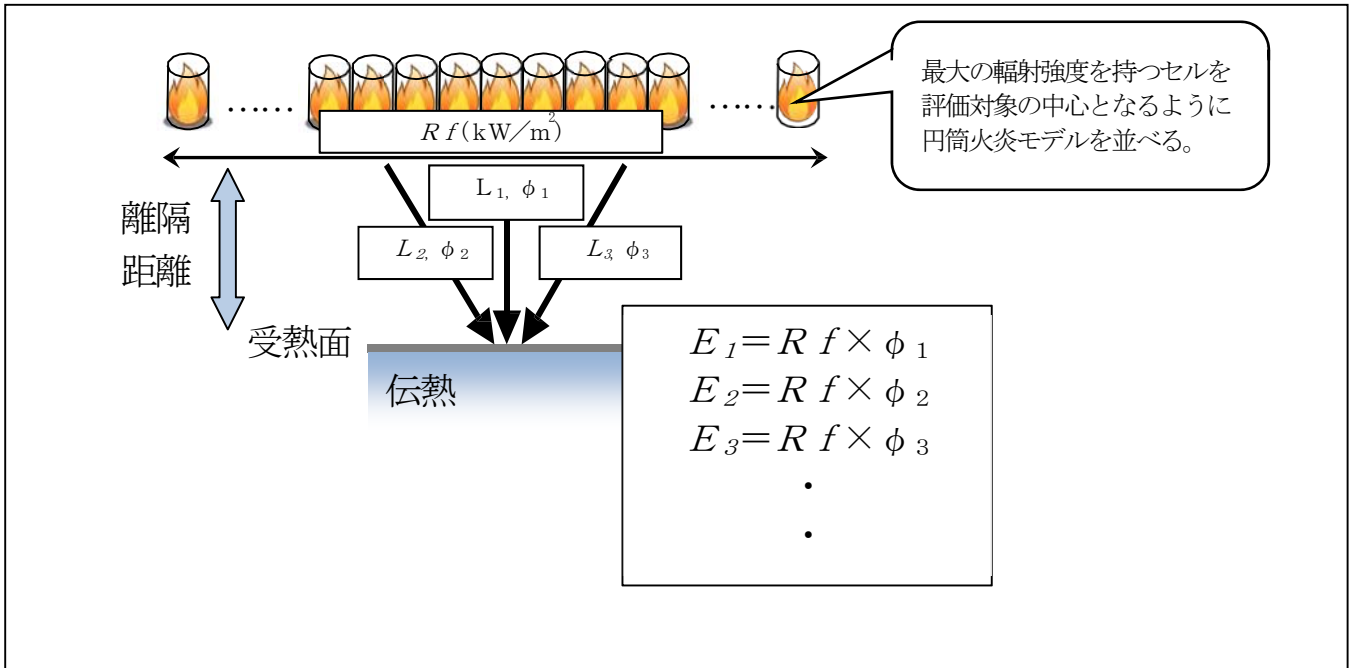
対象施設	外壁表面温度 (°C)	コンクリート許容温度 (°C)
燃料加工建屋	58	200



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

補足説明資料5－2（9条 外部火災）

近隣工場等の火災に係るMOX燃料加工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MOX燃料加工施設への熱影響評価について

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

2. 石油コンビナート及び危険物貯蔵所の火災による影響評価

評価対象は、敷地周辺の10km以内にある石油備蓄基地及びボイラ用燃料受入れ・貯蔵所（以下「貯蔵所」という。）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、敷地内に存在するMOX燃料加工施設以外の危険物タンク等のうち、貯蔵量が最も多く、燃料加工建屋から近い位置にある貯蔵所に対して、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。

貯蔵所火災について、燃焼時間の算出においては、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。

外部火災防護対象施設を収納する建屋外壁の熱影響評価においては、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し、熱影響を確認する。

(3) 評価対象及び評価基準

評価の対象は、設計対処施設である燃料加工建屋とする。

石油備蓄基地又は貯蔵所から燃料加工建屋までの離隔距離を第1表に、燃料加工建屋と石油備蓄基地及び貯蔵所の位置関係を第2図に示す。第1表は第2図に示す位置からの距離を示す。

燃料加工建屋の評価基準については、建屋の外壁で受ける火炎からの輻射強度が、コンクリートの許容温度 $200^{\circ}\text{C}^{(1)}$ となる輻射強度(以下「危険輻射強度」という。)以下とすることで、石油備蓄基地からMOX燃料加工施設までの離隔距離が危険距離以上であること、また、屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認する。(別紙2)

(4) 火炎のモデル化

石油備蓄基地火災の円筒火災モデルは、石油備蓄基地の防油堤の大きさ、配置を踏まえて設定する。航空写真から見た防油堤の配置概要を第4図に示す。原油タンクについては、3行13列及び3行4列で配置され、

防油堤については、原油タンクが3行1列、2行2列又は2行1列の単位で設置されている。

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

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

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

円筒火災モデルを第3図に示す。

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

R : 燃焼半径 (m)

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

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

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

また、貯蔵所火災における火炎については2基の貯蔵タンクが防油堤内に流出する場合を想定し、(1)式を用いて円筒にモデル化を行った。貯蔵所の貯蔵量は最大となる4327m³、防油堤の寸法は幅31.6m、奥行65mとした。

(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。

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

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

ϕ : 形態係数 (—)

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

H : 火炎の高さ (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。

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

E : 輻射強度 (W/m²)

ϕ_i : 各円筒火災の形態係数

j : 石油備蓄基地火災の場合 $j=6$

貯蔵所火災の場合 $j=1$

Rf : 輻射発散度 (W/m²)

ここで、輻射発散度 Rf は油種により決まるものであり、石油備蓄基地火災評価の油種は外部火災ガイドを参考として、カフジ原油に対応する値を採用し、41 kW/m² と設定する。また、貯蔵所火災評価の油種は重油を取扱うことから、外部火災ガイドを参考とし、 Rf を 23 kW/m² と設定した。

ただし、外部火災ガイドでは「保守的な判断を行うために、火災規模による輻射熱発散度の低減がないものとする」と記載されているが、本評価では、文献⁽²⁾に基づき、輻射発散度の低減率 ($r=0.3$) を考慮する。

輻射強度の計算結果を第2表に示す。

(6) 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} : 火炎からの輻射 (危険輻射強度) (W/m²)

Q_{ro} : 大気への輻射放熱 (W/m²)

Q_h : 熱伝達による大気への放熱 (W/m²)

Q_{sun} : 太陽光入射 (W/m²)

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 : ステファーン-ボルツマン定数 (W/m² K⁴)

T_c : 壁面温度 (許容温度) (K)

T_a : 大気側温度 (K)

ε_c : 壁面の輻射率

F_{ca} : 壁面からの大気への形態係数

熱伝達による放熱量は (6) から (12) 式により計算する。

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

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

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

(参考文献(4)に記載する鉛直平板まわりの自然対流熱伝達とする。)

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

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

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

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

(熱伝導率, プラントル数及び動粘性係数算出のための代表温度とする。)

ここで,

h : 熱伝達係数 (W/m²K)

T_c : 壁面温度 (許容温度) (K)

T_{amb} : 外気温度 (K)

Nu : ヌセルト数

$R a$: レイリー数	
$G r$: グラスホフ数	
$P r$: プラントル数	} (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。)
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 ($1/K$)	
L	: 評価対象壁面高さ (m)	
g	: 重力加速度 (m/s^2)	

第3表に評価対象の危険輻射強度計算に関する計算条件を示す。

(7) 貯蔵所火災の評価 (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。

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

ここで、

- T : 外壁表面温度 (°C)
- χ : 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/(m・K))
 ρ : コンクリート密度 (kg/m³)
 C_p : コンクリート比熱 (J/(kg・K))
 $erfc(x) = 1 - erf(x)$ ($erf(x)$: 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。燃焼時間は重油の燃焼速度と最大貯蔵量 (4327m³) から求める。計算条件を第4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)

(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。

燃料加工建屋は、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MOX燃料加工施設までの離隔距離が危険距離以上確保され、また、外壁表面温度は、コンクリートの

許容温度 200℃以下となることから、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことはない。

貯蔵所火災による設計対処施設への熱影響評価結果を第7表に示す。設計対処施設の外壁表面は、コンクリートの許容温度 200℃以下となり、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことはない。

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、設計対処施設である燃料加工建屋とする。

(1) 石油蓄基地火災及び森林火災の重畳による影響評価

燃料加工建屋は、火炎からの輻射強度によって外壁表面温度がコンクリート許容温度 200℃以下となり、建屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認する。

i. 石油備蓄基地火災

評価は、上記の「(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。重畳評価における石油備蓄基地火災の評価条件を第5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8表に示す。

外壁表面温度は、コンクリートの許容温度200℃以下となることから、建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なうことはない。

4. 非常用所内電源設備の非常用発電機の外気取入口の流入空気温度

(1) 非常用所内電源設備の非常用発電機の外気取入口の流入空気温度の

計算方法

非常用所内電源設備の非常用発電機は、建屋内に設置し、建屋の外気取入口から空気を取り込み、その空気を非常用発電機に取り込む設計とする。

そのため、非常用所内電源設備の非常用発電機を収容する設計対処施設の外気取入口から流入する空気の温度が石油備蓄基地火災の熱影響によって上昇したとしても、空気温度を許容温度以下とすることで、非常用所内電源設備の非常用発電機の安全機能を損なわないことを確認する。

評価対象は、石油備蓄基地からの距離が約 1970mとなる非常用所内電源設備の非常用発電機を収容する燃料加工建屋を対象とする。第6図に、外気取入口から流入する空気温度の計算モデルを示す。

火災からの輻射により建屋外壁の温度がコンクリートの許容温度の 200℃まで上昇した一番厳しい状態を想定し、建屋外壁からの熱伝達による流入空気温度の上昇を(14)式により計算する。また、外気取入口から流入する空気温度の計算条件を第9表に示す。

$$TI = T_a + \Delta T \quad \dots (14)$$

$$\Delta T = \frac{Q}{G \times Cp} \quad \dots (15)$$

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

ここで、

$T I$: 火炎からの輻射による出口温度上昇 (°C)

ΔT : 熱伝達による上昇温度 (°C)

Q : 熱伝達熱流 (W)

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

A : 伝熱面積 (m²)

h : 熱伝達率 (W/m²K)

T_w : 建屋外壁の温度 (°C)

T_a : 外気温度 (°C)

建屋外壁から空気への熱伝達率は (14) から (22) 式により計算する。

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

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

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

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

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

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

ここで,

Nu :ヌセルト数

Re :レイノズル数

U :空気平均流速 (m/s)

ρ :空気密度 (kg/m³)

T :膜温度 (°C)

G :空気量 (kg/s)

λ :空気熱伝導率 (W/mK)

Pr :プラントル数

ν :動粘性係数 (m²/s)

(参考文献(4)の記載値
に基づく T_f における値に
線形補間する。)

(2) 評価結果

石油備蓄基地火災における熱影響評価結果を第10表に示す。

燃料加工建屋の外気取入口から流入する空気の温度上昇はわずかで
あり、空気温度は許容温度以下となることから、非常用所内電源設備
の非常用発電機の安全機能を損なうことはない。

参考文献

- (1) 安部武雄ほか. “高温度における高強度コンクリートの力学特性に関する基礎的研究”. 日本建築学会構造系論文集 第515号. 日本建築学会, 1999.
- (2) 消防庁特殊災害室. 石油コンビナートの防災アセスメント指針. 2013.
- (3) 日本機械学会. 伝熱工学資料 改訂第5版. 2009.
- (4) 日本機械学会. 伝熱工学資料 改訂第4版. 1986.
- (5) 国立天文台. 平成26年 理科年表 第87冊 (2013-11-30)
- (6) IAEA. IAEA安全基準 IAEA放射性物質安全輸送規則のための助言文書 (No. TS-G-1. 1) . 改訂1. 2008.
- (7) 日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.

第1表 燃料加工建屋に対する評価対象との離隔距離

評価対象	燃料加工建屋との距離 (m)
石油備蓄基地	1970
貯蔵所	550

第2表 輻射強度の計算結果

評価対象	燃料加工建屋との距離 (m)	輻射強度 (kW/m ²)
石油備蓄基地	1970	1.1
貯蔵所	550	0.0972

第3表 評価対象の危険輻射強度計算に関する計算条件

項目	記号	数値	単位	備考
ステファン-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	—
壁面温度 (許容温度)	T_c	200 ⁽¹⁾	°C ¹⁾	—
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}	400 ⁽⁶⁾	W/m ²	—
壁面から大気への 形態係数	F_{ca}	0.8	—	石油備蓄基地火災において算出される形態係数から厳しい評価となるように0.8とする。
壁面の輻射率	ϵ_c	0.9 ⁽⁴⁾	—	壁面に関してはコンクリートに関する記載値0.94に対し厳しい評価となるように0.9とする。
評価対象 壁面高さ	L	6.6	m	建屋増床に伴い、 L は高くなる見込みであるが、低い方が壁面温度が高くなることから、厳しい評価となるように従来と同じ6.6mの値とする。

1) 計算においては、(K)に換算

第4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
燃焼時間	t	75237	s
コンクリート熱伝導率	λ	1.74 ⁽⁷⁾	W/(m・K)
コンクリート密度	ρ	2150	kg/m ³
コンクリート比熱	C_p	963 ⁽⁷⁾	J/(kg・K)

第5表 重畳評価における石油備蓄基地火災の評価条件

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	—
壁面温度 (許容温度)	T_c	200 ⁽¹⁾	°C ¹⁾	—
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	W/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	6.6	m	建屋増床に伴い、 L は高くなる見込みであるが、低い方が壁面温度が高くなることから、厳しい評価となるように従来と同じ6.6mの値とする。

1) 計算においては、(K)に換算

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)
燃料加工建屋	1970	1.1	2.3

第7表 貯蔵所火災による設計対処施設への熱影響評価結果

(外壁表面温度評価)

評価対象	貯蔵所からの離隔距離 (m)	評価結果 (°C)	許容温度 (°C)
燃料加工建屋	550	66	200

第8表 石油備蓄基地火災と森林火災の重畳における熱影響評価結果

(外壁表面温度評価)

評価対象	石油備蓄基地からの離隔距離 (m)	評価結果 (°C)	許容温度 (°C)
燃料加工建屋	1970	130	200

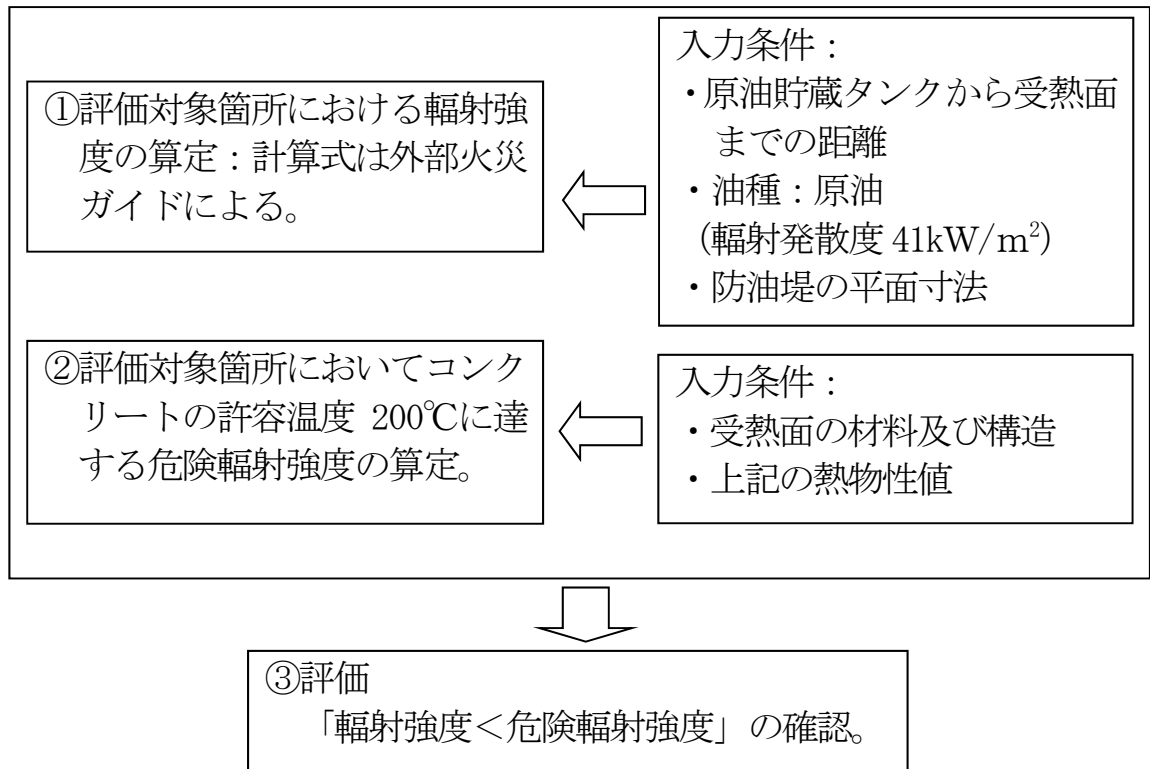
第9表 外気取入口の流入空気温度の熱影響評価条件

項目	記号	数値	単位	備考
建屋外壁の温度	T_w	200	℃	コンクリートの許容温度
外気温度	T_a	29	℃	昭和41年～平成21年の夏季（6月～9月）の3時間ごとの温度の超過確率1%に相当する値とする。
伝熱部の長さ	H	2.5	m	設計値より設定。
伝熱面積	A	21.5	m ²	設計値より設定。
空気量	G	14.28	kg/s	

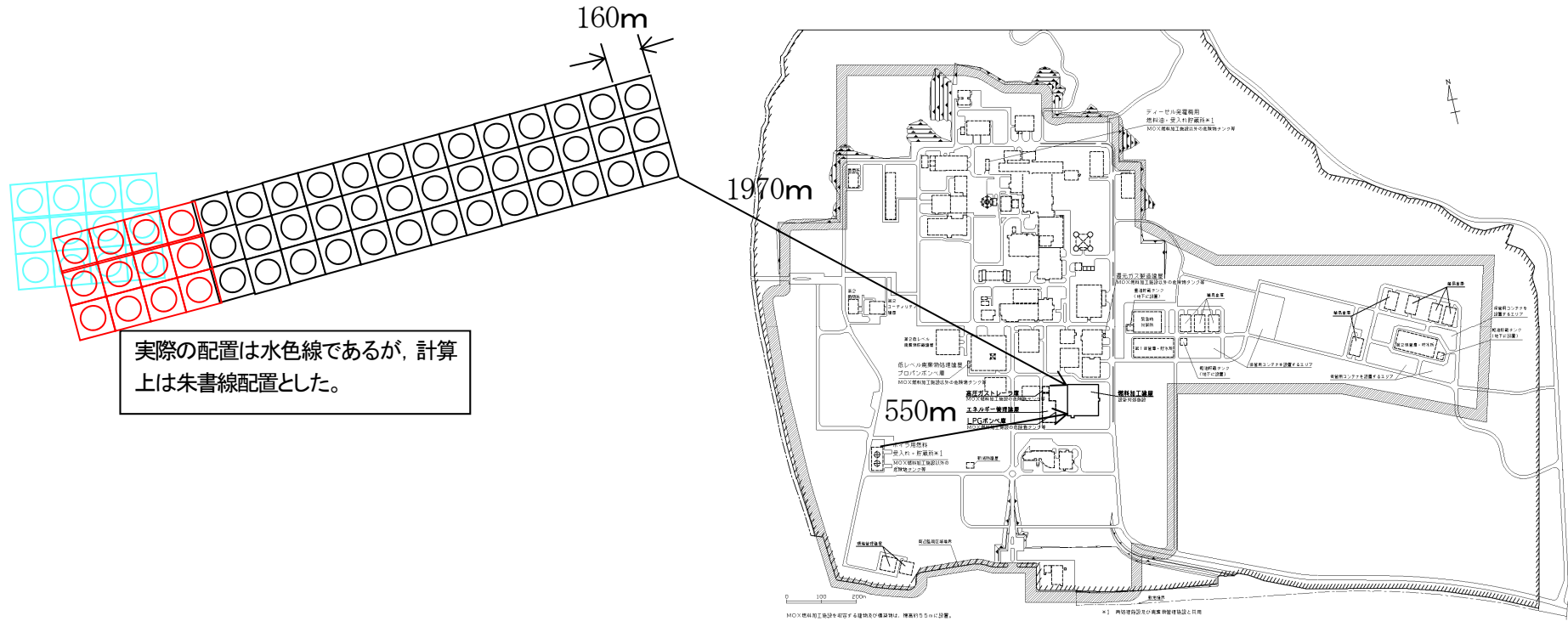
第10表 外気取入口の流入空気の温度評価

評価対象	評価結果 (℃)	許容温度 (℃) *
燃料加工建屋 外気取入口の流入空気	30	35

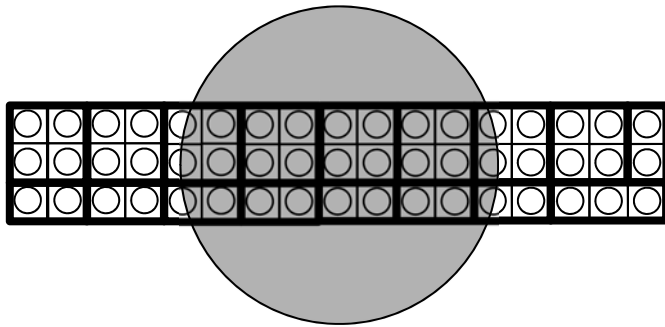
* : 空気が流入する温度 (設備設計上の最高温度より設定)



第1図 石油備蓄基地火災に関する検討手順

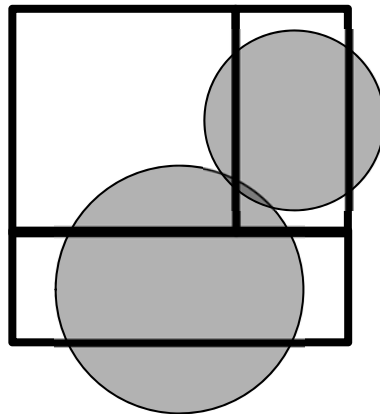


第2図 燃料加工建屋と石油備蓄基地及び貯蔵所の位置関係



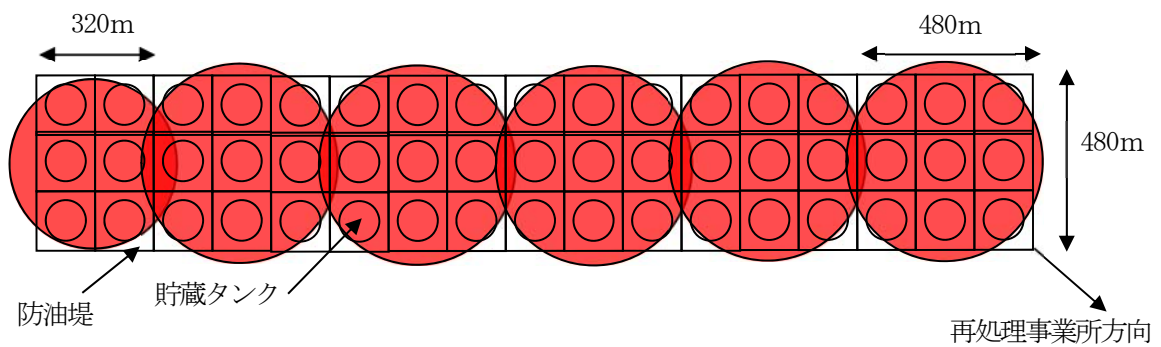
想定する防油堤内火災の燃焼形態とモデルの燃焼形態の乖離が大きく、非現実的な円筒火災モデルとなる。

<全防油堤の面積を一つの円筒火災モデルとする場合>



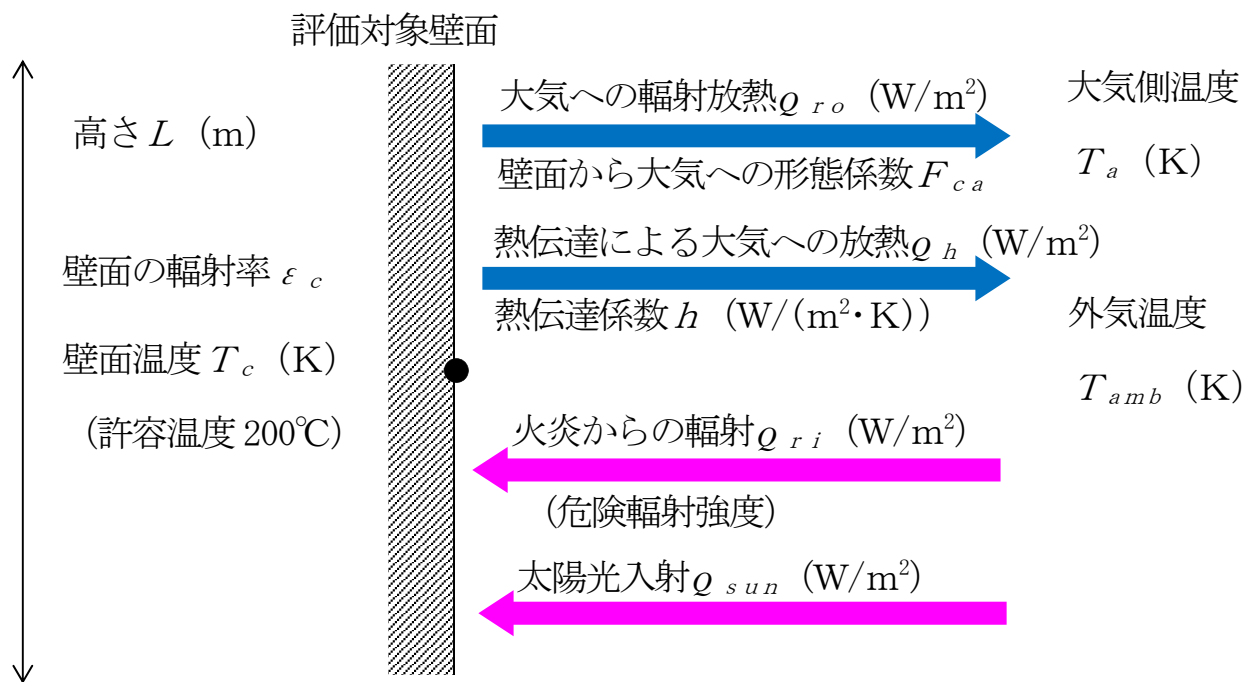
3列1行や2行1列で設置された防油堤については、想定する防油堤内火災の燃焼形態との間に乖離がある。

<防油堤単位で円筒火災モデルとする場合>

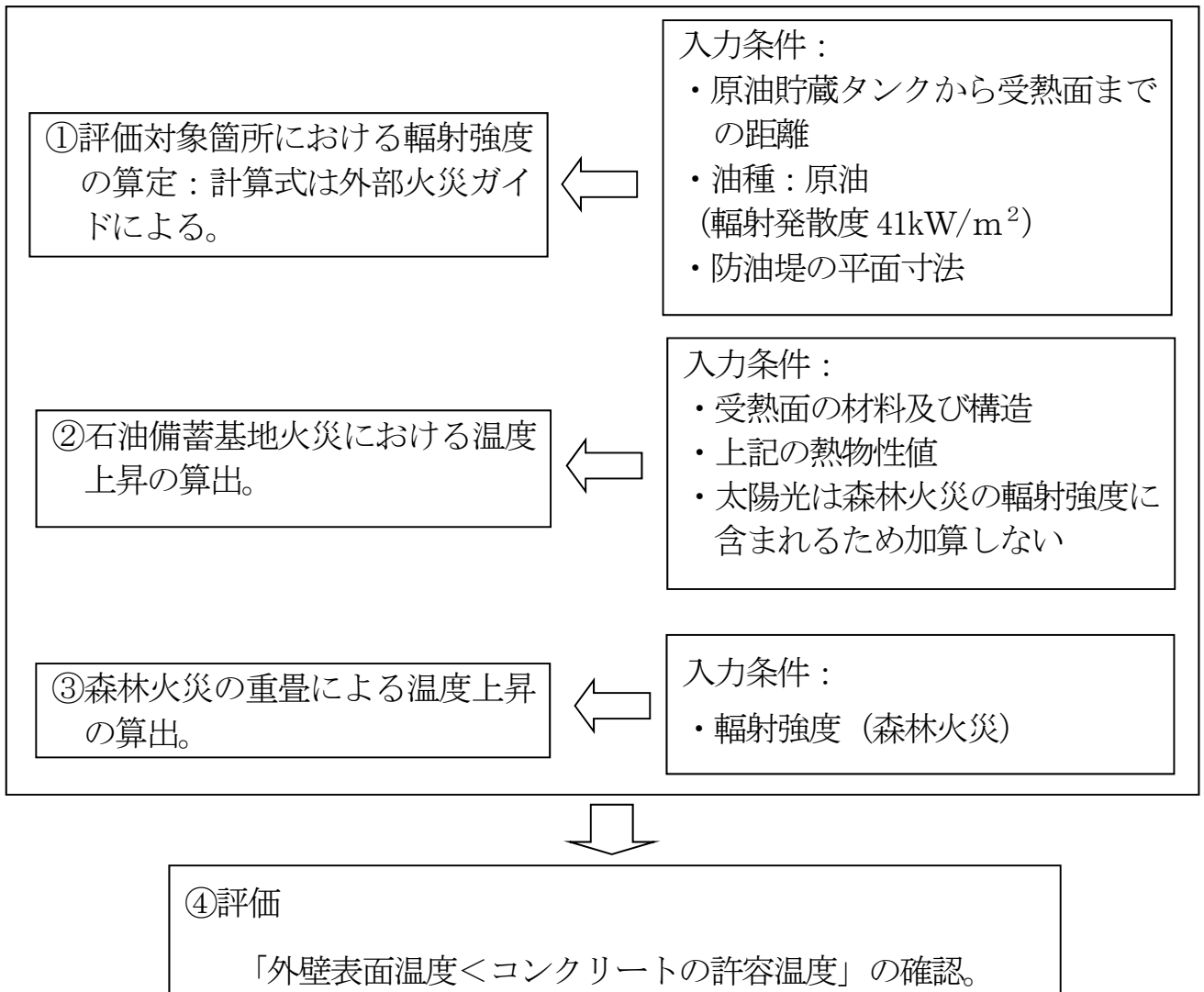


<評価で使用する円筒火災モデル>

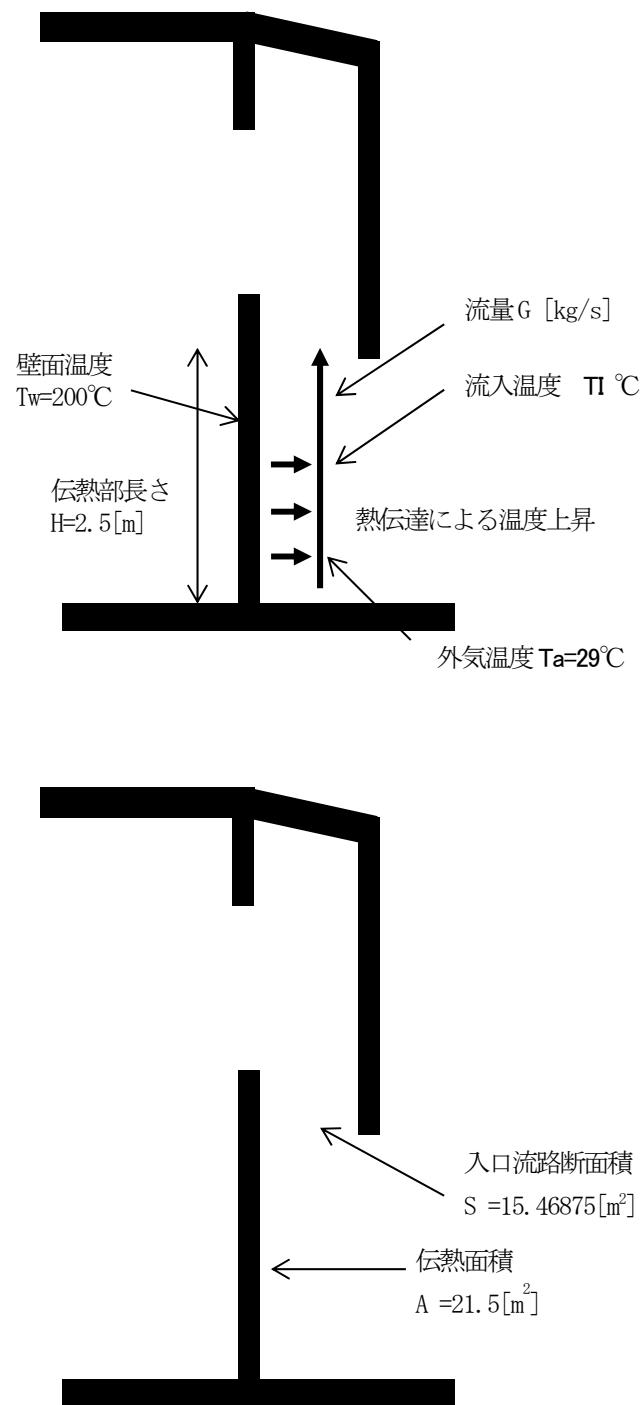
第3図 円筒火災モデルの概要



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



第6図 非常用所内電源設備の非常用発電機の外気取入口の流入空気温度の計算モデル

補足説明資料6－1（9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

本評価で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、MOX燃料加工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、外部火災防護対象施設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

航空機落下による火災の想定は外部火災ガイド及び航空機落下評価ガイドを参考として、以下のとおりとする。

- ① 航空機は、対象航空機のうち、燃料積載量が最大の機種とする。
- ② 航空機は、燃料を満載した状態を想定する。
- ③ 航空機墜落の発生確率が 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際は、

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、航空機の落下事故における航空機を選定する（別紙4）。

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

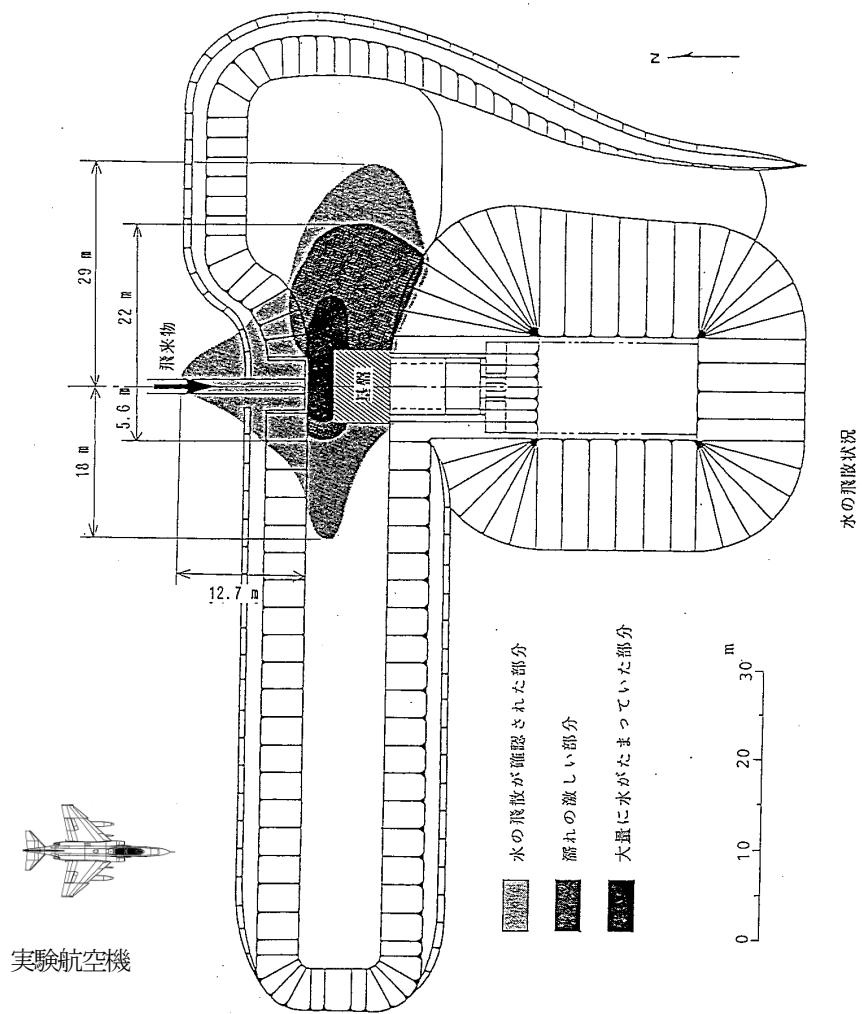
各航空機の燃料積載量を第1表に示す。

第1表 航空機の燃料積載量

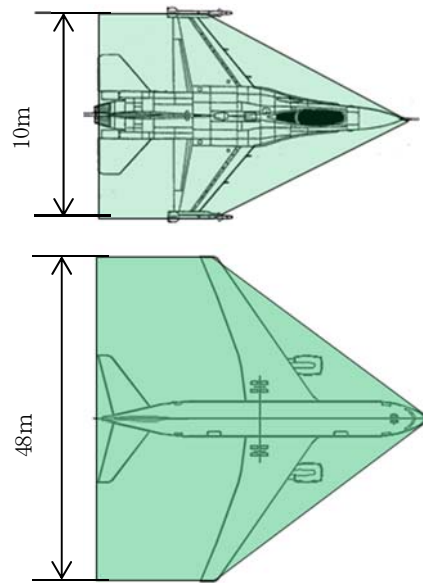
対象航空機	燃料積載量 (m ³)
KC-767	145.1 ⁽¹⁾
F-2	10.4 ⁽²⁾⁽³⁾
F-16	9.8 ⁽¹⁾⁽³⁾
F-35	10.8 ⁽³⁾⁽⁴⁾

② 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図に示す機体投影面積とする。



第1図 実物航空機の衝突実験時の模擬燃料(水)の飛散状況



第2図 航空機の機体投影面積（上図：F-16，下図：KC-767）

③ 計器飛行方式民間航空機の墜落による火災の想定について

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

$$P_c = \frac{f_c \times N_c \times A}{W} \quad \dots(1)$$

A : 標的面積 (km²)

P_c : MOX燃料加工施設への巡航中の航空機落下確率; 1×10^{-7} (回/年)

N_c : 評価対象とする直行経路の年間飛行回数(1825(飛行回/年)(注1))

W : 航空路幅 (14.816 (km))⁽⁵⁾

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

G_c : 巡航中事故件数 (0.5(回)(注2))

H_c : 延べ飛行距離 (11256599138 (飛行回・km)⁽⁶⁾⁽⁷⁾ (注3))

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

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

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

敷地外における外部火災については、石油備蓄基地に配置している51
基の原油タンク (約11.1万m³/基) の原油全てが防油堤内に流出した全
面火災を想定している。計器飛行方式民間航空機の墜落による火災につい
て、最大の燃料積載量 (約240m³) である機種⁽⁶⁾の火災を想定しても、石油
備蓄基地火災の規模を踏まえると、計器飛行方式民間航空機の墜落による
火災は、近隣工場等の火災影響評価に包含される。

3. 熱影響評価の共通データ

(1) 航空機墜落地点について

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、設計対処施設への航空機落下事故ごとに発生確率が 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。また、航空機墜落事故として単独事象を想定する。

(2) 離隔距離の設定

① 航空機墜落確率が 10^{-7} 回/年になる範囲の面積の算出

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0.0476km²となる。

$$P_{SO} = \left(\frac{f_{SO}}{S_0} \right) \times A \dots (1)$$

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

米軍機 : 3/20=0.15 回/年

S_0 : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積
(km²)

(自衛隊機 : 294881km²) (6)

(米軍機 : 372472km²) ⁽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。(別紙3)

② 離隔距離の設定

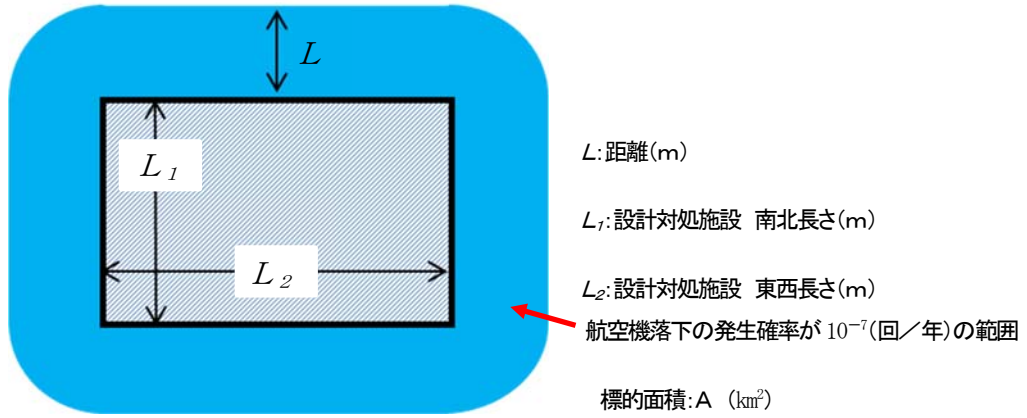
航空機落下の発生確率が 10⁻⁷回/年に相当する標的面積から、航空機落下地点と設計対処施設の距離を算出する。標的面積と設計対処施設の距離の概念図を第3図に示す。

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2表に示す。

第2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	長さ (m)		離隔距離 (m) <i>L</i>
	<i>L</i> ₁	<i>L</i> ₂	
燃料加工建屋	87.3	88.3	<u>69</u>



第3図 標的面積と設計対処施設の距離のイメージ図

(3) 火災源から受熱面への輻射強度の算出

① 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) 式により算出する。

a. 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。

b. 燃焼面積は、航空機の投影面積と等価な円を仮定する。

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

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

$$B = (1 - n)^2 + m^2$$

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)

② 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表より物性値の近いガソリン・ナフサの値を用いる。

また、輻射強度は太陽光の入射を考慮し、 400W/m^2 ⁽⁹⁾ を加算する。

$$E = Rf \cdot \phi \quad \dots (3)$$

ここで,

E : 輻射強度 (W/m²)

Rf : 輻射発散度 (W/m²)

ϕ : 形態係数

第3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/m², 括弧内はkcal/m²・h)

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

燃焼範囲は航空機の投影面積を文献⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾⁽¹²⁾の図面から設定し、KC-767 は 1500 m^2 、F-2 は 110 m^2 、F-16 は 90 m^2 及び F-35 は 110 m^2 となる。

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

上記データ及び(4)式より、燃焼時間は KC-767 及び F-2 が約 1200 秒、F-16 が約 1400 秒及び F-35 が約 1300 秒である。

$$t = \frac{V}{A \times v} \quad \dots (4)$$

ここで

t : 燃焼時間 (s)

V : 燃料量 (m^3)

A : 燃料範囲 (m^2)

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

(5) 熱影響評価の対象航空機

上記(1)から(4)を踏まえ、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燃焼面積が最大である 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. 2019, NTEN-2019-2001.
- (7) 国土交通省. 航空輸送統計調査 年報 (平成 25 年-29 年) .
- (8) 国土交通省. 運輸安全委員会. 報告書検索結果.
<http://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/air-kensaku-list.php?sort=asc&by=o> (参照 2018-05-10)
- (9) IAEA. IAEA 安全基準 IAEA 放射性物質安全輸送規則のための助言文書 (No. TS-G-1. 1) . 改訂 1, 2008.
- (10) 日本火災学会編. 火災便覧 新版, 共立出版, 1984.
- (11) 佐瀬亨, 航空情報 特別編集 世界航空年鑑 2018-2019 年版, せきれい社, 2019.
- (12) ボーイング社ホームページ資料. 767 Airplane Characteristics for Airport Planning.

補足説明資料6－1（9条 外部火災）
別紙1

対象航空機の選定について

外部火災ガイドでは、「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。」とされていることから、自衛隊が保有する機種を代表として用途別に燃料積載量等の諸元を調査した。結果を第1表に示す。

第1表より燃料積載量が最大となる KC-767 を選定した。

第1表 主要航空機の保有数・性能諸元

所属	形式	機種	用途	全長 (m)	全幅 (m)	燃料積載量 (ℓ)
陸上自衛隊	固定翼	LR-2	連絡偵察	14	18	2040
	回転翼	AH-1S	対戦車	14	3	980
		OH-6D	観測	7	2	242
		OH-1	観測	12	3	953
		UH-1J	多用途	13	3	833
		CH-47J/JA	輸送	16	4/5	7828 ^{※4}
		UH-60JA	多用途	16	3	2722
		AH-64D	戦闘	18	6	1421
海上自衛隊	固定翼	P-1	哨戒	38	35	≦KC-767 ^{※1}
		P-3C	哨戒	36	30	34820
	回転翼	SH-60J	哨戒	20	16	1361
		SH-60K	哨戒	20	16	1361
		MCH-101	掃海・輸送	23	19	5250
航空自衛隊	固定翼	F-15J/DJ	戦闘	19	13	6100
		F-4EJ/EJ改	戦闘	19	12	12100 ^{※5}
		F-2A/B	戦闘	16	11	10400 ^{※5}
		F-35A	戦闘	16	11	10800
		RF-4E/EJ	偵察	19	12	7569
		C-1	輸送	29	31	15709
		C-2	輸送	44	44	≦KC-767 ^{※1}
		C-130H	輸送	30	40	26344
		KC-767	空中給油・輸送	49	48	145100
		KC-130H	空中給油・輸送	30	40	≦KC-767 ^{※2}
		E-2C	早期警戒	18	25	7002
		E-2D	早期警戒	18	25	7002
		E-767	早期警戒管制	49	48	55963 ^{※3}
	回転翼	CH-47J	輸送	16	5	3899

出展：令和元年度 防衛白書等

※1 P-1及びC-2の燃料量は不明であるが、両機種共にKC-767より寸法が小さく空中給油機能を備えていないことから、KC-767に比べて燃料量は少ないと想定される。

※2 KC-130Hの燃料量は不明であるが、ベースとなっているC-130Hの最大離陸重量等から推定した結果、KC-767に比べて燃料量は少ないと想定される。

※3 E-767のベースとなったボーイング767-200ERを参考に

燃料積載量を推定した。(Paul Jackson, Jane' s all the World' s Aircraft. 1997-98.)

※4 CH-47JAの燃料積載量を示す。

※5 外部燃料タンクも付加した場合の値。

以 上

補足説明資料6－1（9条 外部火災）
別紙3

評価対象とする訓練空域周辺を飛行中の落下事故

評価対象とする訓練空域周辺を飛行中の落下事故を第1表に示す。

評価対象とする航空機落下事故は、自衛隊機 10回、米軍機 3回である。

No.	発生日	機 種
自衛隊機		
1	平成13年2月14日	AH1S (回転翼機) OH-6D (回転翼機)
2	平成14年3月7日	OH-6D (回転翼機)
3	平成16年2月23日	AH1S (回転翼機)
4	平成17年4月14日	MU-2 (固定翼機)
5	平成17年9月18日	AH1S (回転翼機)
6	平成19年3月30日	CH-47JA (回転翼機)
7	平成27年2月12日	OH-6DA (回転翼機)
8	平成28年4月6日	U-125 (固定翼機)
9	平成29年5月15日	LR-2 (固定翼機)
10	平成30年2月5日	AH-64D (回転翼機)
米軍機		
1	平成16年8月10日	S-3 (固定翼機)
2	平成16年8月13日	CH-53D (回転翼機)
3	平成20年10月24日	セスナ機 (固定翼機)

補足説明資料6－2（9条 外部火災）

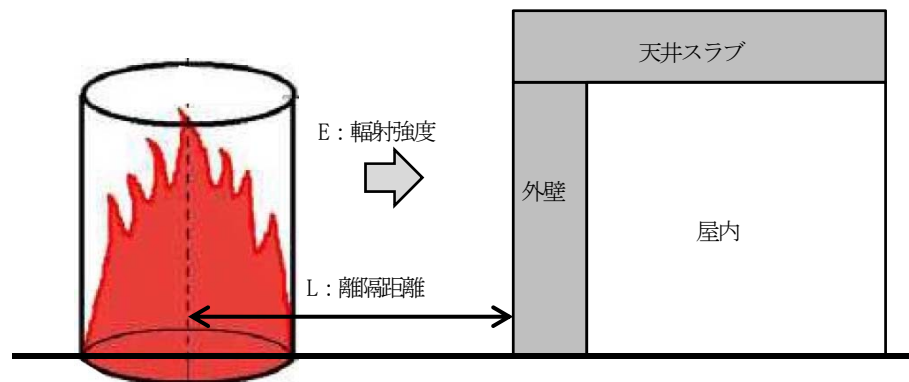
航空機落下による火災熱影響評価について

1. 航空機墜落による設計対処施設への熱影響評価

(1) 外部火災防護対象施設を収納する建屋の熱影響評価

① 熱影響評価について

設計対処施設のうち外部火災防護対象施設を収納する建屋(以下「対象建屋」という。)については、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図に示す。



第1図 対象建屋の計算モデル

熱影響評価の結果から、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機能を損なわないこと、建屋外壁が要求される機能を

損なわないことを確認する。

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

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

ここで、

T : 外壁表面温度 (°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)

ρ : コンクリート密度 (kg/m³)

c : コンクリート比熱 (J/kg・K)

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

燃料加工建屋外壁に対する熱影響評価の計算条件を第1表に示す。

第1表 設計対処施設の外壁を対象とした影響評価の計算条件

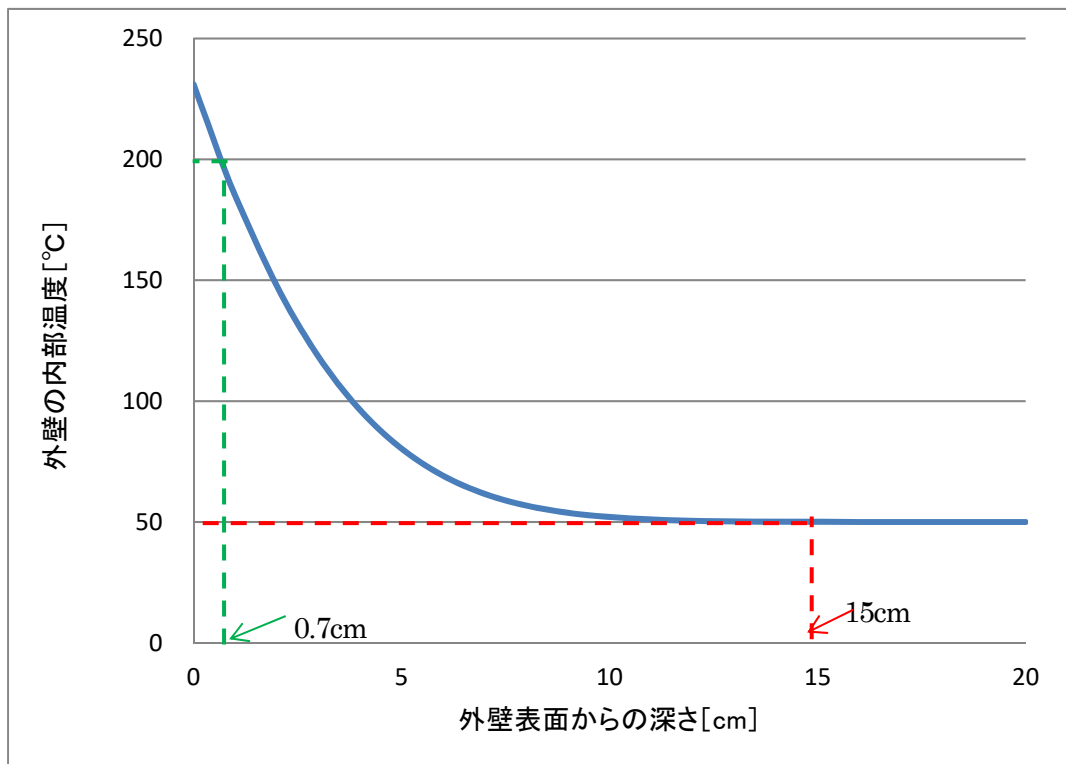
項目	記号	数値	単位
初期温度	T_0	50	°C
燃焼時間	t	1200	s
輻射強度	E	$8.84^{(1)}$	kW/m^2
コンクリート熱伝導率	λ	$1.74^{(2)}$	$\text{W/m}\cdot\text{K}$
コンクリート密度	ρ	$2150^{(2)}$	kg/m^3
コンクリート比熱	c	$963^{(2)}$	$\text{J/kg}\cdot\text{K}$

1) : 太陽光の入射を考慮し, 0.4kW/m^2 を加算。

2) : 遮蔽設計の最小値

② 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2図に示す。



第2図 建屋外壁を対象とした熱影響評価結果

評価の結果，外壁表面より約15cmで初期温度（50℃）となり，入熱による影響がなくなることが分かる。これに対し，燃料加工建屋の最小外壁厚は15cm以上であることから，屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能は損なわれない。

また，内部温度は外壁表面から深さ約1cmの領域においてはコンクリートの許容温度200℃⁽³⁾以上となる。

日本建築学会「建物の火害診断および補修・補強方法指針・同解説」及び「構造材料の耐火性ガイドブック」を参考に鉄筋コンクリートの影響を想定すると，外壁の表層部分のコンクリートひび割れ，外壁表面から深さ約1cm未満までのコンクリート強度低下が想定される。また，鉄筋では受熱温度が500～600℃以下であれば加熱冷却後の残存強度は受熱前強度と同等であるとされていることに対し，鉄筋位置は表面から1cm以上内側（設計かぶり厚さ：外壁6cm，屋根5cm）にあることから，鉄筋に影響を及ぼすことはない想定される。

これらを踏まえ，建屋外壁に要求される機能と想定される損傷を考慮した影響評価を実施した結果を第2表に示すとおりであり，建屋外壁が要求される機能を損なわない。

また，想定される損傷を考慮した場合においても，燃料加工建屋の躯体厚さ130cmと比べると損傷範囲は1cm程度であり，建屋全体の支持機能が損なわれることはない。

参考文献

- (1) 日本機械学会. 伝熱工学資料 改訂第4版. 1986.
- (2) 日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.

補足説明資料6－3（9条 外部火災）

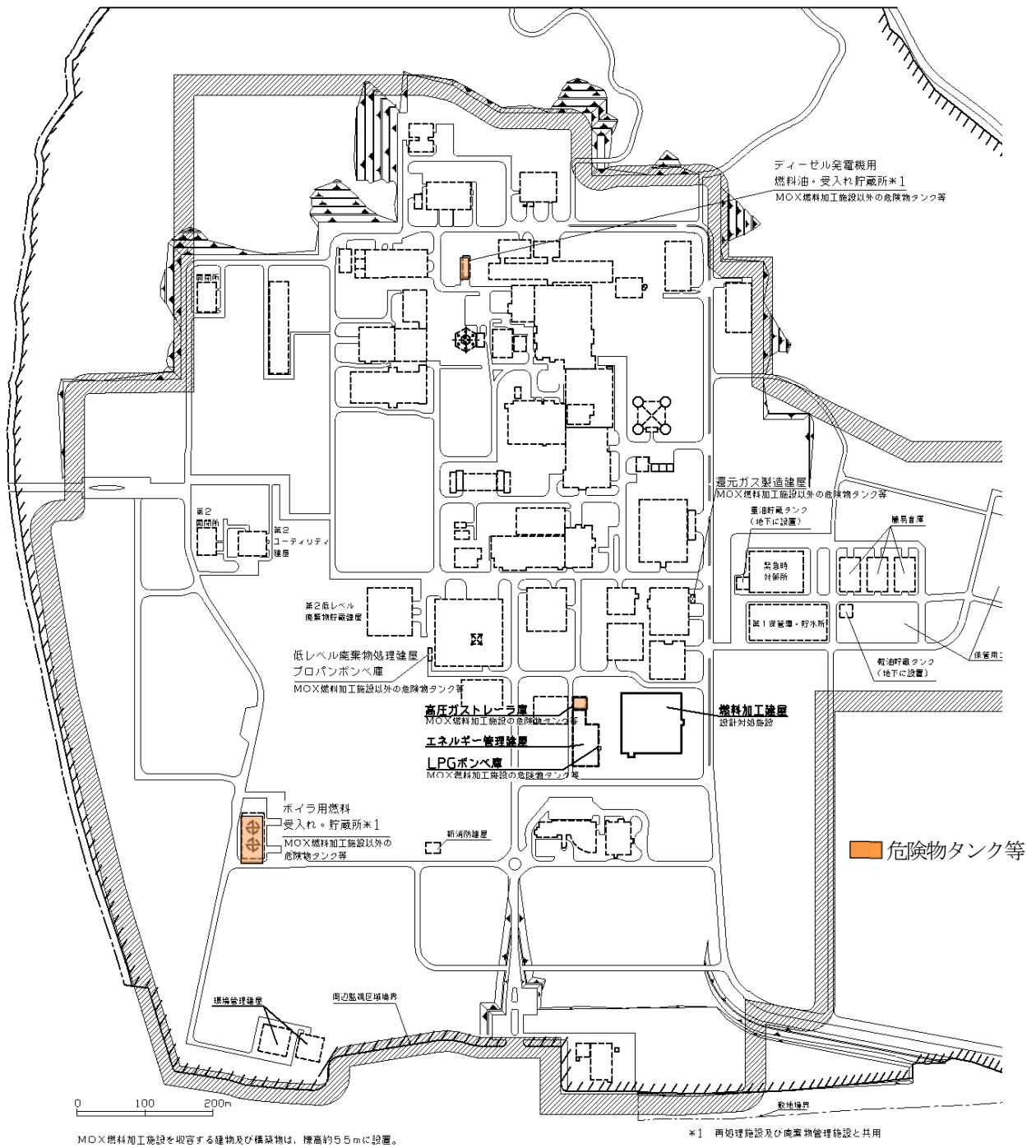
航空機墜落による火災と敷地内の危険物タンク等の重畳について

1. 航空機墜落による火災と敷地内の危険物タンク等の重畳について

敷地内に存在するMOX燃料加工施設の危険物タンク等の対象を第1表に、敷地内の配置を第1図に示す。

第1表 敷地内に存在するMOX燃料加工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	貯蔵物
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	重油
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	重油
高圧ガストレーラ庫	水素
LPG ボンベ庫	LP ガス

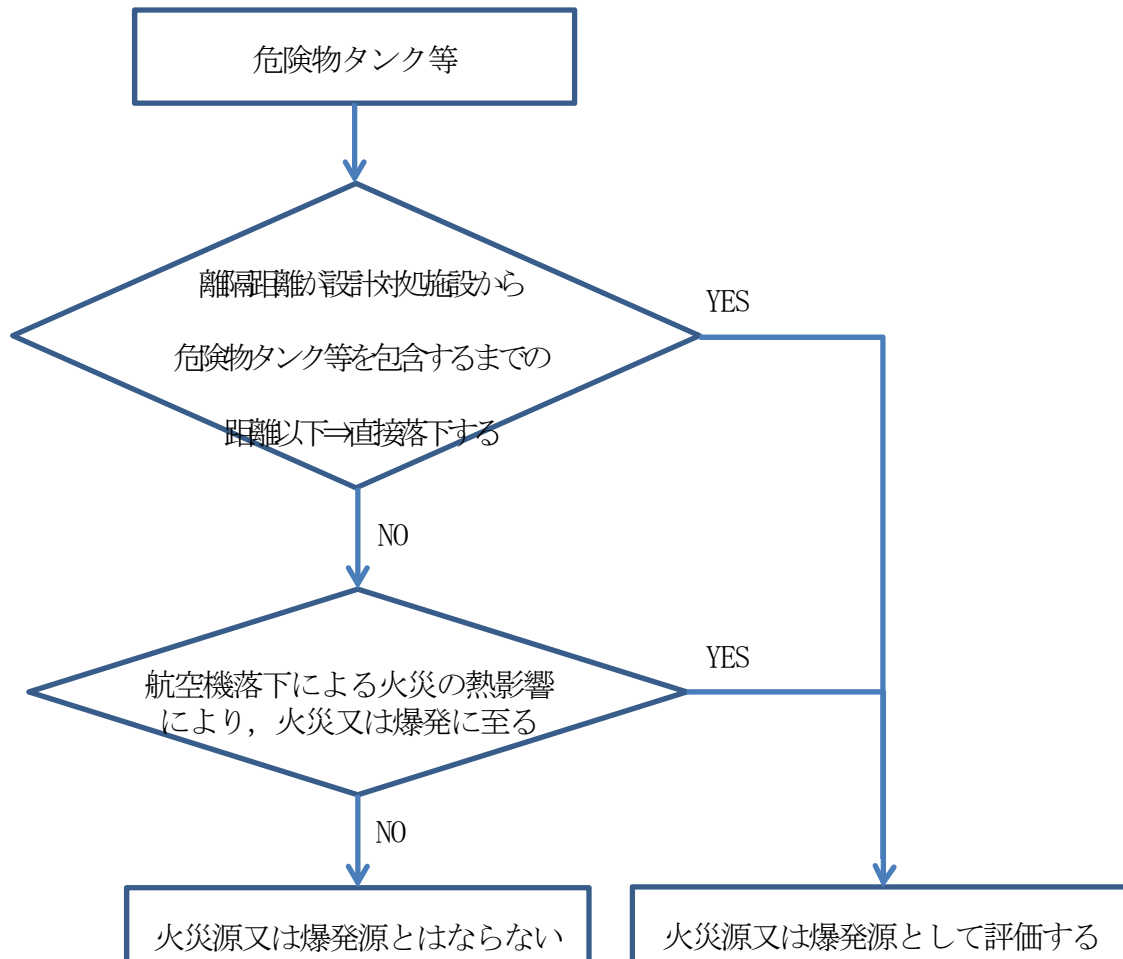


第1図 敷地内に存在する危険物タンク等の配置

(1) 火災源又は爆発源となる場合の想定

航空機墜落を起因として、MOX燃料加工施設の危険物タンク等内に貯蔵する可燃物が火災源又は爆発源となる場合は、航空機が直接墜落することにより火災又は爆発に至る場合と航空機落下による火災の熱影響により火災又は爆発に至る場合がある。

MOX燃料加工施設の危険物タンク等内に貯蔵する可燃物が火災源又は爆発源となるか否かについては、以下のとおり確認する。また、MOX燃料加工施設の危険物タンク等内に貯蔵する可燃物が火災源又は爆発源となるか否かの判定フローを第2図に示す。



第2図 MOX燃料加工施設の危険物タンク等が火災源又は爆発源となるか否かの判定フロー

① MOX燃料加工施設の危険物タンク等への航空機の直接落下

a. 判定方法

離隔距離が設計対処施設から危険物タンク等を包含するまでの距離以下となる場合に航空機の直接落下を想定する。

b. 評価結果

航空機の直接落下の判定結果を第2表に示す。設計対処施設からボイラ用燃料受入れ・貯蔵所，ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所及び高压ガストレーラ庫までの距離は離隔距離以上となることから直接落下を想定する火災源又は爆発源として想定する。

第2表 航空機の直接落下の判定結果

MOX燃料加工施設の 危険物タンク等	離隔距離 (m) L	設計対処施設から 危険物タンク等を 包含するまでの距離 (m)	評価結果
ボイラ用燃料受入れ ・貯蔵所	69	580	直撃を想定
ディーゼル発電機用燃 料油受入れ・貯蔵所		690	直撃を想定
高压ガストレーラ庫		71	直撃を想定
LPG ボンベ庫		34	直撃しない

② 航空機墜落による火災におけるMOX燃料加工施設の危険物タンク等への熱影響

上記「① b. 評価結果」より、LPGボンベ庫は航空機の直接落下を想定しないことから、航空機墜落地点からMOX燃料加工施設の危険物タンク等までの距離に基づき、MOX燃料加工施設の危険物タンク等に対する航空機墜落による火災の熱影響を評価し、爆発源となるか確認する。

航空機墜落による火災におけるMOX燃料加工施設の危険物タンク等への熱影響評価及び爆発源との重畳評価については、「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」に示す。評価の結果、航空機墜落による火災により、LPGボンベ庫のLPガスの貯蔵容器が爆発に至るおそれがあるため、爆発源として考慮する。

(2) 重油タンク火災の影響について

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MOX燃料加工施設の危険物タンクであるボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の重油火災の重畳火災を想定する。重畳火災を想定する航空機は、燃料積載量が最大の自衛隊機であるKC-767とする。ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所及び航空機墜落位置と外部火災防護設備を収納する建屋である燃料加工建屋との離隔距離は550mとする。

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、航空機墜落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。

(a) 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。

(b) 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、

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

ここで、

ϕ : 形態係数

L : 離隔距離 (m)

H : 火炎の高さ (m)

R : 燃焼半径 (m)

b. 受熱面における輻射強度の算出

輻射強度は外部火災ガイドを参考として、(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3表のガソリン・ナフサの値を用いる。ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所における重油の輻射発散度は、第3表の重油の値とする。

また、燃料加工建屋については、太陽光の入射として $0.4\text{kW/m}^{2(1)}$ を加算する。

$$E = Rf \cdot \phi \quad \dots (2)$$

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

航空機墜落火災の輻射強度は、 0.19 kW/m^2 、ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所における火災の輻射強度は、 0.10 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、 0.69 kW/m^2 となる。

第3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/m², かつこ内はkcal/m²h)

「外部火災ガイド」より抜粋

③ 燃焼時間

燃焼時間は、(3)式より算出する。

$$t = \frac{V}{A \times v} \dots (3)$$

ここで、

t : 燃焼時間 (s)

V : 燃料量 (m³)

A : 燃焼範囲 (m²)

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 8.0×10⁻⁵m/s とする。重油の燃焼速度については、文献⁽³⁾から 0.28×10⁻⁴m/s とする。

ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の重油量は 4327m³, 燃焼面積は防

油堤面積 2054m² とする。

KC-767 の航空機燃料の燃焼時間は 1200 秒, ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の燃焼時間は 75300 秒となる。

④ 外壁温度評価

燃料加工建屋に対する熱影響評価は, 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 a. から c. 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 1200 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 0.69 kW/m² 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 (太陽光の入射を含む。) 0.50 kW/m² を受けることを想定する。

a. 火炎から外壁への輻射

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

A : 面積 (m²) (= 1)

b. 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 から n-1 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)

c. コンクリート内の熱伝導

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

λ : コンクリートの熱伝導率 (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4表に示す。

第4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)

⑤ 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、燃料加工建屋の外壁温度の最大値の評価結果を第5表に示す。

第5表 外壁温度評価結果

施設名称	外壁表面最大温度 (°C)	許容温度 (°C)
燃料加工建屋	130	200

ここで、外壁表面温度の最大値は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対象施設の安全性を損なわない。

(3) 可燃性ガスを貯蔵するボンベ庫の爆発の影響について

MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫の水素ガスの貯蔵容器及びLPG ボンベ庫のLP ガスの貯蔵容器については、設計対処施設からの離隔距離が十分あることを踏まえ、外部火災ガイドを参考とし危険限界距離を算出し、設計対処施設である燃料加工建屋までの離隔距離が確保され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及びLPG ボンベ庫の危険限界距離の評価については、「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」に示す。評価の結果、危険限界距離に対して設計対処施設である燃料加工建屋までの離隔距離が十分確保されていることから、屋内に設置する外部火災防護対象施設の安全機能は損なわれない。

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.

補足説明資料7-1 (9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

MOX燃料加工施設の危険物タンク等の重油タンク、高圧ガストレーラ庫に設置する水素ガスの貯蔵容器及びLPGボンベ庫に設置するLPガスの貯蔵容器は、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又は爆発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、近隣工場等の火災及び航空機墜落による火災の熱影響を確認する。

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、森林火災及び航空機墜落による火災については、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 森林火災及び航空機墜落による火災の影響評価方法

森林火災による火災において、重油タンク、高圧ガストレーラ庫内に設置される水素ガスの貯蔵容器及びLPGボンベ庫内に設置されるLPガスの貯蔵容器に対する熱影響評価を実施する。

航空機落下による火災においては、LPGボンベ庫内に設置されるLPガスの貯蔵容器に対して設計対処施設に対する航空機落下地点からMOX燃料加工施設の危険物タンク等までの離隔距離を算出し、その離隔距離に基づき、熱影響評価を実施する。

ここで、重油タンクについては、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。

また、水素ガスの貯蔵容器及びLPガスの貯蔵容器は、厳しい評価となるように高圧ガストレーラ庫及びLPGボンベ庫の外壁を考慮せず、一定の熱流束を与えた容器内の温度評価を実施する。

2. 1. 1 重油タンクへの影響評価方法

重油タンクは、屋外に設置され、一方向から熱影響を受ける。ここでは、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。なお、評価対象は、MOX燃料加工施設の重油タンクのうち、防火帯からの離隔距離が最も短いボイラ用燃料受入れ・貯蔵所とする。

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

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 (m^2/s) ($\alpha = \lambda / (\rho \times c)$)

λ : 重油の熱伝導率 (W/mK)

ρ : 重油の密度 (kg/m^3)

c : 重油の比熱 (J/kgK)

$\text{erfc}(x) = 1 - \text{erf}(x)$ ($\text{erf}(x)$: 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 ($x=0\text{m}$) 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。

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

ここで、

T_s : タンク内表面に位置する重油の温度 ($^{\circ}\text{C}$)

t : 燃焼時間 (s)

2. 1. 2 航空機落下地点から危険物タンク等までの離隔距離

航空機落下による火災における航空機落下地点からMOX燃料加工施設の危険物タンク等までの距離については、「補足説明資料6-1 航空機落下による火災影響評価について」と同様に設定する。

航空機落下の発生確率が 10^{-7} 回/年となる範囲とMOX燃料加工施設の危険物タンク等の距離のイメージを第1図に、航空機落下地点とMOX燃料加工施設の危険物タンク等の離隔距離を第1表に示す。

2. 1. 3 水素ガスの貯蔵容器及びLPガスの貯蔵容器への影響評価方法

LPガスの貯蔵容器については、LPGボンベ庫の外壁があり、屋外に面していないため、外壁から熱影響を受ける。また、水素ガスの貯蔵容器については、高圧ガストレーラ庫に外壁がない箇所があり、その箇所は屋外に面しており、火災から直接熱影響を受ける。したがって、評価に際しては、厳しい評価となるように外壁を考慮せず、一定の熱流束を与え、容器内部温度を評価し、貯蔵物の温度が許容温度以下となることを確認する。

一定の熱流束を与えた容器内の温度評価については、以下（3）式を使用して実施する。

$$T = T_0 + \frac{E \cdot t \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_0 \cdot h}{2} + \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} \right)}{\rho_p \cdot C_{pp} \cdot V + \rho_s \cdot C_{ps} \cdot \left\{ \frac{(D_0^2 - D_i^2) \cdot \pi \cdot h}{4} + 2 \cdot \pi \cdot \frac{D_0^2}{4} \cdot e \right\}} \quad \dots (3)$$

ここで、

T : 容器内温度 (°C)

T_0 : 初期温度 (°C)

E : 輻射強度 (W/m²)

ρ_p : 密度 (kg/m³)

C_{pp} : 比熱 (J/(kg·K))

V : 体積 (m³)

ρ_s : 容器材密度 (kg/m³)

C_{ps} : 容器材比熱 (J/(kg·K))

D_i : 容器内径 (m)

D_0 : 容器外径 (m)

e : 容器最小板厚 (m)

h : 容器円筒長さ (m)

t : 燃焼時間 (s)

(3) 計算条件

森林火災及び航空機墜落による火災における計算条件を第2表から第4表に示す。

なお、水素ガスの貯蔵容器及びLPガスの貯蔵容器は購入先により仕様が異なるため、用いる予定の一例を用いて計算することとする。

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水素ガスの貯蔵容器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 重油タンク表面温度評価方法

重油タンクは、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2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(4)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。なお評価対象は、MOX燃料加工施設の重油タンクのうち石油備蓄基地からの距離が最も短いディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所とする。

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

ここで,

Q_{ri} : 火炎からの輻射 (W/m²)

Q_{ro} : 大気への輻射放熱 (W/m²)

Q_h : 熱伝達による大気への放熱 (W/m²)

Q_{sun} : 太陽光入射 (W/m²)

大気への輻射放熱は (5) 式⁽¹⁾により計算した。

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

ここで,

σ : ステファーン-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 (6) から (12) 式により計算した。

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

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

(鉛直平板まわりの自然対流熱伝達とする⁽²⁾。)

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

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

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

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

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

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

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

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)

(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。)

第5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。

2. 2. 2 水素ガスの貯蔵容器表面温度評価方法

水素ガスの貯蔵容器は、石油備蓄基地火災によって熱を受ける面は高圧ガストレーラ庫の壁があるため、容器の設置される建屋外面まで及び建屋内面から容器表面までの2段階の定常計算を実施する。厳しい評価となるように外壁での熱伝導を考慮せず、建屋外面温度と建屋内面温度が同じであるとして、定常計算を実施する。温度上昇の計算モデルを第3図に示す。ここで、容器についても、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。

以下に、具体的な計算式を示す。

(1) 建屋外面までの評価

建屋外面までの評価については、「補足説明資料5-2 近隣工場等の火災に係るMOX燃料加工施設への熱影響評価について」の評価と同一の評価式を用いる。

(2) 建屋内面から容器表面までの評価

入熱と放熱の関係は、以下(2)式のとおり。

$$Q_{rad} - Q_{cnv} = 0 \quad \cdots (2)$$

ここで、

Q_{rad} : 建屋内面から容器表面への輻射 (W/m²)

Q_{cnv} : 熱伝達による放熱 (W/m²)

建屋内面から容器表面までの輻射は、以下(3)式により計算する。

$$Q_{rad} = \varepsilon_w \sigma (T_c^4 - T_w^4) \quad \cdots (3)$$

ここで、

σ : ステファン-ボルツマン定数 (W/(m²·K⁴))

T_c : 建屋内面温度 (K)

T_w : 容器表面温度 (K)

ε_w : 容器表面の輻射率

熱伝達による放熱量は(4)～(12)式により計算する。

$$Q_{cnv} = h(T_w - T_b) \quad \dots (4)$$

$$h = \frac{Nu \times \lambda}{L_w} \quad \dots (5)$$

$$Nu = (0.0185 - 0.0035)Ra^{2/5} \quad 10^{10} \leq Ra \quad \dots (6)$$

$$Nu = \frac{4}{3}C_1 \times Ra^{1/4} \quad 10^4 \leq Ra \leq 4 \times 10^9 \sim 3 \times 10^{10} \quad \dots (7)$$

$$C_1 = \frac{3}{4} \left(\frac{Pr}{2.4 + 4.9\sqrt{Pr} + 5Pr} \right)^{1/4} \quad \dots (8)$$

$$Ra = Pr \times Gr \quad \dots (9)$$

$$Gr = g \beta (T_w - T_b) L_w^3 / \nu^2 \quad \dots (10)$$

$$\beta = 1/T_b \quad \dots (11)$$

$$T_r = T_w - 0.38 \times (T_w - T_b) \quad \dots (12)$$

※1 (鉛直平板まわりの自然対流熱伝達とする⁽²⁾。
 $Ra < 10^{10}$ では、層流の式を使用。
 $3 \times 10^{10} < Ra$ では、乱流の式を使用。 $10^{10} \leq Ra \leq 3 \times 10^{10}$ では、厳しい評価となるように小さい側を使用する。)

(熱伝導率, プラントル数, 動粘性係数算出時の代表温度とする。)⁽¹⁾

ここで,

h : 熱伝達係数 (W/(m²·K))

T_w : 容器表面温度 (K)

T_b : 室内温度 (K)

Nu : ヌセルト数

Ra : レイリー数

Gr : グラスホフ数

Pr : プラントル数

ν : 大気の動粘性係数 (m²/s)

λ : 大気の熱伝導率 (W/(m·K))

T_r : 代表温度 (K)

(参考文献(2) 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_w : 評価対象表面高さ (m)
- g : 重力加速度 (m/s²)

第6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

MOX燃料加工施設の危険物タンク等内に設置する貯蔵容器に対して評価を行った結果を第7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、貯蔵容器内部温度は許容温度以下となる。

ただし、航空機の墜落火災による熱影響又は直撃により、LPGボンベ庫に設置するLPガスの貯蔵容器及び高圧ガストレーラ庫に設置する水素ガスの貯蔵容器が爆発源となり得る。

爆発源との重畳評価については、LPGボンベ庫に設置するLPガスの貯蔵容器 (LPガス最大貯蔵量：100kg) 又は高圧ガストレーラ庫に設置する水素ガスの貯蔵容器 (水素ガス最大貯蔵量：3400Nm³)を爆発源とした場合に、外部火災ガイドを参考とし、(13)式より危険限界距離を算出した。その結果、危険限界距離は第8表となり、爆発源から設計対処施設までの離隔距離未満であるため、設計対処施設が受ける爆風圧は0.01MPa未満となることを確認した。

$$X = 0.04\lambda\sqrt[3]{K \times W} \quad \dots (13)$$

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

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) 長倉三郎, 井口洋夫, 江沢洋, 岩村秀, 佐藤文隆, 久保亮五編. 理化学時点. 第5番, 岩波書店, 1998.
- (6) 日本機械学会編. 機械工学便覧 基礎編 α 5 熱工学. 2006.
- (7) 鈴商総合ガスセンター. 液化石油ガス. 製品安全データシート. 2000-12-3.
- (8) 日本LPガス協会. “LPガスの概要 LPガスの性質”. 日本LPガス協会 ホームページ.
<http://www.j-lpgas.gr.jp/intr/seishitsu.html>.
(参照 2014-09-16) .
- (9) 国立天文台. 平成26年 理科年表 第87冊. 2013-11-30.
- (10) 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 航空機落下地点とMOX燃料加工施設の危険物タンク等との離隔
距離

MOX燃料加工施設の危険物タンク等	航空機落下地点との離隔距離 L_3 (m)
LPG ボンベ庫 (LP ガスの貯蔵容器)	<u>35</u>

第2表 計算条件 (ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所)

項 目	記号	数 値	単 位
初期温度	T_o	36.7 ^{*1}	°C
輻射強度	E	1.04 (森林火災)	kW/m ²
重油密度	ρ	820 ⁽³⁾	kg/m ³
重油比熱	c	1,700 ⁽⁴⁾	J/kgK
重油熱伝導率	λ	0.109 ^{*2}	W/mK

* 1 : FARSITE 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3表 計算条件 (水素ガスの貯蔵容器)

項目	記号	数値等	単位
初期温度	T_0	36.7 ¹⁾	°C
輻射強度	E	450 (森林火災)	W/m ²
水素密度	ρ_p	0.0899 ⁽⁵⁾	kg/m ³
水素比熱	C_{pp}	10160 ⁽⁶⁾	J/(kg·K)
水素体積	V	0.047	m ³
貯蔵容器材	—	クロムモリブデン	—
容器材密度	ρ_s	7780 ⁽²⁾	kg/m ³
容器材比熱	C_{ps}	406 ⁽²⁾	J/(kg·K)
容器最小板厚	e	0.0087	m
容器円筒長さ	h	1.38	m
容器内径	D_i	0.2146	m
容器外径	D_o	0.2320	m

1) FARSITE入力と同じ。

第4表 計算条件 (LPガスの貯蔵容器)

項目	記号	数値等	単位
初期温度	T_o	36.7 ¹⁾	℃
輻射強度	E	490 (森林火災)	W/m ²
		<u>18859</u> ²⁾ (航空機落下による火災)	
LPガス密度	ρ_p	1.895 ⁽⁷⁾	kg/m ³
LPガス比熱	C_{pp}	1667 ⁽⁸⁾	J/(kg・K)
LPガス体積	V	0.1175	m ³
貯蔵容器材	—	クロムモリブデン	—
容器材密度	ρ_s	7780 ⁽²⁾	kg/m ³
容器材比熱	C_{ps}	406 ⁽²⁾	J/(kg・K)
容器最小板厚	e	0.00245	m
容器円筒長さ	h	1.391	m
容器内径	D_i	0.368	m
容器外径	D_o	0.3729	m

1) FARSITE入力と同じ。

2) 太陽光の入射を考慮し、400W/m²を加算。

第5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} ⁽⁹⁾	W/m ² K ⁴	—
重力加速度	g	9.807 ⁽⁹⁾	m/s ²	—
大気側温度	T_a	29	℃ 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 ⁽¹⁰⁾	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}	1.4	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6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} ⁽⁹⁾	W/(m ² ・K ⁴)	—
重力加速度	g	9.807 ⁽⁹⁾	m/s ²	—
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}	400 ⁽¹⁰⁾	W/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。
高圧ガストレーラ庫が受ける火炎放射強度	Q_{ri}	1.11	kW/m ²	—
高圧ガストレーラ庫の建屋外面高さ	L	6.3	m	—
室内温度	T_b	36.7	°C ¹⁾	—
容器の評価対象表面高さ	L_w	7.94	m	高圧ガストレーラ庫に設置する水素ガスの貯蔵容器は2種類あるが、厳しい評価となるように L_w が低い方を用いる。
建屋内外面の放射率	ε_c	0.7 ⁽²⁾	—	塗料の場合の0.7～0.9に対し最小とする。
容器表面の放射率	ε_w	0.9 ⁽²⁾	—	塗料の場合の0.7～0.9に対し最大とする。

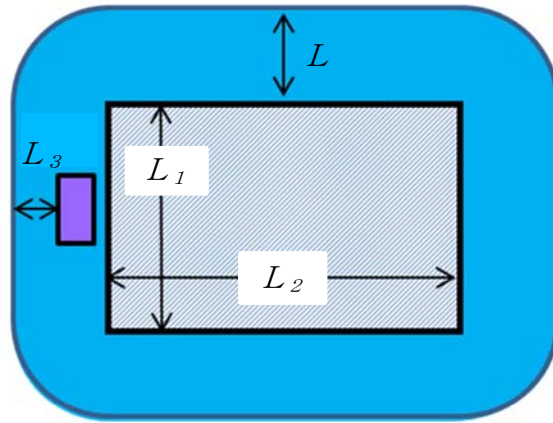
1) 計算においては、絶対温度に換算。

第7表 評価結果

事 象	評価対象	貯 蔵 物	容器表面温度又は 内部温度 (°C)	許容温度 (°C)
森林火災	ボイラ用燃料油受入れ・貯蔵所	重油	80°C	200°C
	水素ガスの貯蔵容器	水素	40°C	571.2°C
	LPガスの貯蔵容器	LPガス	47°C	405°C
石油備蓄基地 の火災	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	重油	180°C	200°C
	水素ガスの貯蔵容器	水素	140°C	571.2°C
航空機落下 による火災	LPガスの貯蔵容器	LPガス	<u>1500</u> °C	405°C

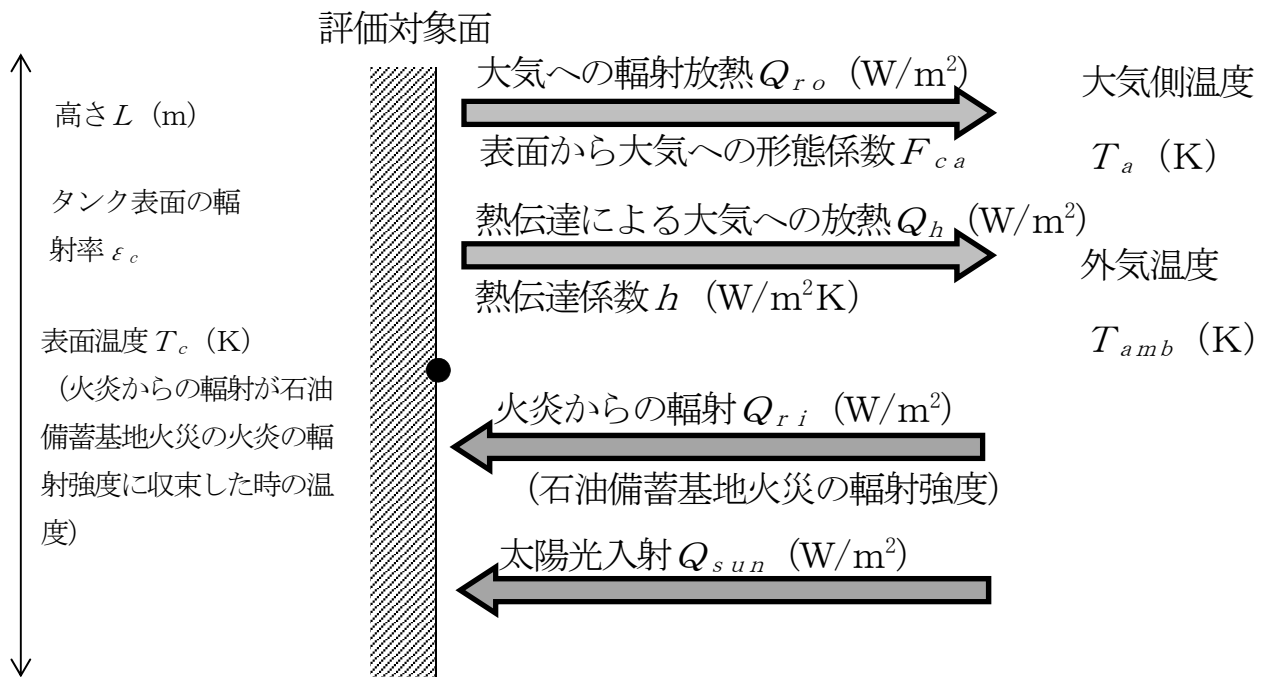
第8表 危険限界距離の評価結果

評価対象	貯蔵物	危険限界距離 (m)	設計対処施設まで の離隔距離 (m)
水素ガスの貯蔵容器	水素	55	62
	<u>LPガス</u>	<u>26</u>	<u>33</u>



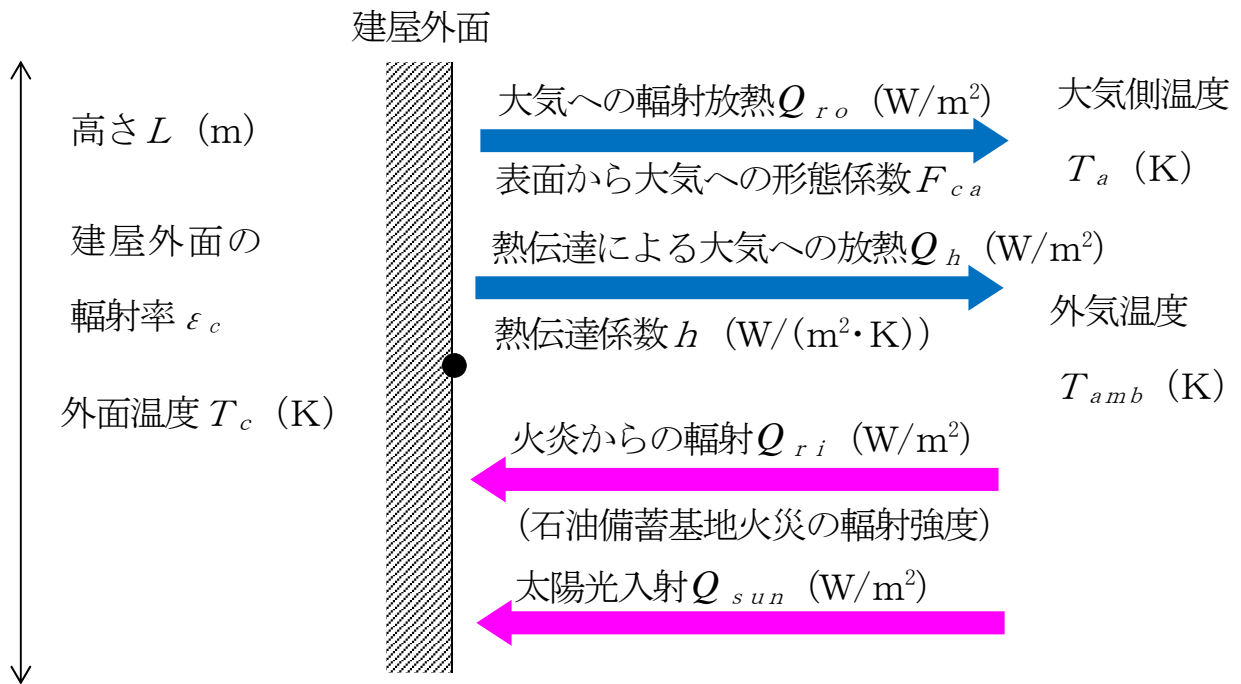
- : 航空機落下の発生確率が 10^{-7} (回/年) の範囲
- L : 航空機落下地点と設計対処施設との離隔距離 (m)
- L_1 : 設計対処施設 南北長さ (m)
- L_2 : 設計対処施設 東西長さ (m)
- L_3 : 航空機落下地点と危険物タンク等の距離 (m)

第1図 航空機落下の発生確率が 10^{-7} 回/年となる範囲とMOX燃料加工施設の危険物タンク等の距離のイメージ

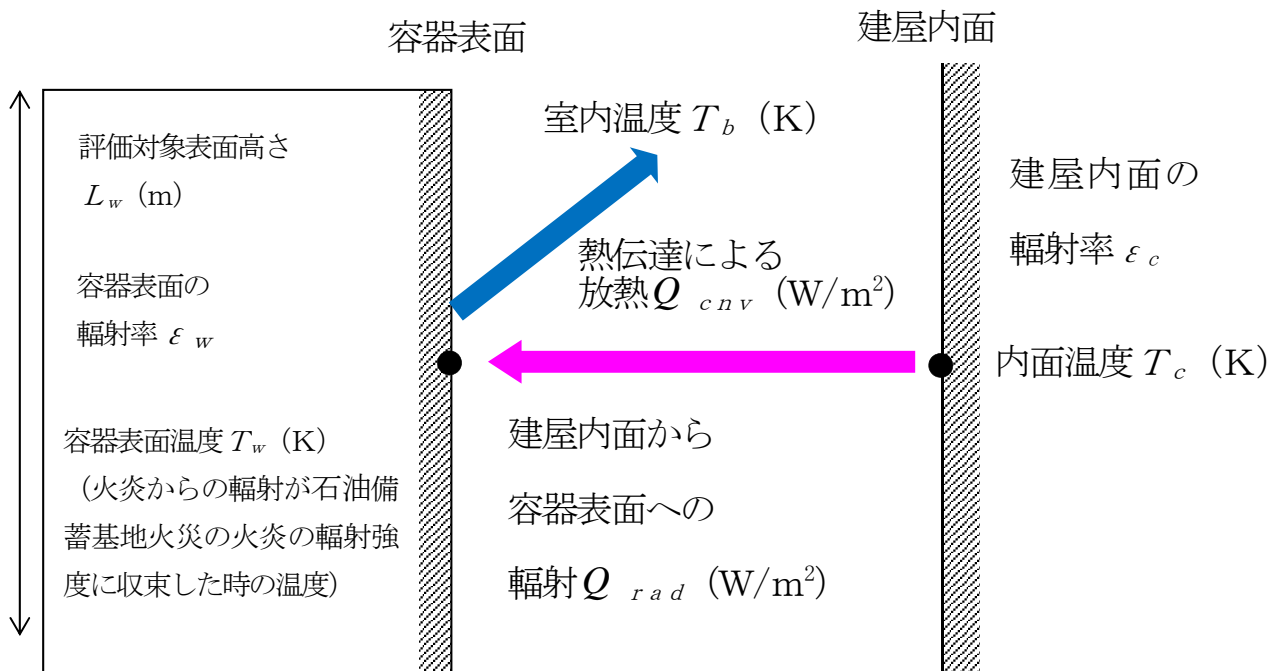


第2図 温度上昇の計算モデル (重油タンク)

(1) 建屋外面までの評価



(2) 建屋内面から容器表面までの評価



第3図 温度上昇の計算モデル (高压ガストレーラ庫)

補足説明資料8－1（9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」及び「外気を取り込む空調系統」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	非常用所内電源設備の 非常用発電機
	外気を取り込む 空調系統	換気設備の給気設備 非管理区域換気空調設備

3. 評価結果

(1) 外気を取り込む機器

① 非常用所内電源設備の非常用発電機

非常用所内電源設備の非常用発電機内に大量のばい煙が流入し、燃焼を阻害することが考えられるが、非常用所内電源設備の非常用発電機の給気系統に付属するフィルタで比較的大粒径のばい煙粒子が捕獲され、

粒径数 μm ～ $10\mu\text{m}$ 程度のばい煙の大半は、非常用発電機の燃焼器内へ送気される。

なお、ばい煙は通常運転においても燃焼器内の燃料油（重油）の燃焼に伴い発生している。

以上のことから、ばい煙が非常用発電機の機能に影響を与えることはないと判断した。

(2) 外気を取り込む空調系統

① 換気設備の給気設備及び非管理区域換気空調設備

設計対処施設である燃料加工建屋の換気設備の給気設備及び非管理区域換気空調設備には、フィルタを設置しているため、一定以上の粒径のばい煙については、侵入を阻止可能である。このため、フィルタにより一定のばい煙侵入阻止が図られている。

なお、フィルタ差圧は、運転員の巡視等により確認しており、交換目安値に達した場合はフィルタの交換を行う手順を整備する。

補足説明資料8－4（9条 外部火災）

外部事象に対する加工運転の停止について

1. MOX燃料加工施設の特徴を踏まえた異常時の措置

MOX燃料加工施設は、以下に示す特徴を有することから、加工運転を停止することで設備や核燃料物質は停止前の状態が維持され、焼結炉等の熱的制限値を設けている設備も過熱が停止することから、施設が安定な状態となる。

- (1) MOX燃料加工施設で取扱うMOXは化学的に安定な酸化物であり、焼結処理、焙焼処理及び一部の分析作業を除いて過渡的変化を伴う化学プロセスはない。
- (2) MOX燃料加工工程は、単位操作毎に処理（バッチ処理）するため、各処理は独立しており、異常が発生したとしても、事象の範囲は当該処理単位に限定される。
- (3) 非密封のMOXは、地下階に気密性の高いグローブボックス等に閉じ込めている。
- (4) 設計基準事故の選定事象である露出したMOX粉末を取り扱うグローブボックス内における火災及び焼結炉等の水素爆発は、加工運転を停止し、動力電源を遮断することにより、それぞれの発生原因であるケーブルの過電流による発火可能性の低減及び焼結炉の異常な温度上昇を防止することができる。

また、通常運転時における核燃料物質の閉じ込めについては、燃料加工建屋、工程室、グローブボックスの順に気圧を低くすることで、放射性物質の漏えいの拡大を防止する設計としているが、大きな事故に進展するおそれのある事象に対しては、送風機及び排風機を停止し、地下階において、気密性の高いグローブボックス等の中にMOX粉末を静置させることで、

建屋外への放射性物質の放出のリスクを低減することができる。

また、事業許可基準規則において、加工施設は制御室等に対し、設計基準事故が発生した場合にMOX燃料加工施設の安全性を確保するための措置をとるため、従事者が支障なく制御室に入り、又は一定期間とどまり、かつ、当該措置をとるための操作を行うことができるための防護措置は求められていない。

このため、大きな事故に進展するおそれのある外部事象及び居住性に影響を与える恐れのある外部事象が発生した際は、加工運転の停止及び送排風機の停止の措置を講ずることで、制御室及び中央監視室においてMOX燃料加工施設の安全機能を維持するために常時監視・操作を必要としない安定な状態に移行し、運転員は退避することが可能となる。

本資料では、加工運転の停止、送排風機の停止措置及びを段階的に行い、安定な状態に移行する状態において、事故の起因となる異常事象が進展し事故に至ることがないことを以下のとおり整理した。

2. 加工運転の停止の種類について

加工運転の停止の種類については、通常操作による設備停止及び非常停止操作による設備停止がある。また、加工運転の停止の停止範囲として、各制御室における各設備又は各工程単位での停止と中央監視室において行うことができる全工程の一括停止がある。送風機及び排風機の停止については、管理区域の送排風機の停止と非管理区域も含めた送排風機の停止がある。第1表に工程停止及び送排風機の停止の用語の種類と停止範囲を示す。

第1表 工程停止及び送排風機の停止の用語の種類と停止範囲について

用語	停止範囲	通常停止 操作場所	非常停止 操作場所
工程停止	換気設備等のユーティリティの停止を含まないの加工工程のうち任意の工程の停止を指す。 なお、加工工程とは、燃料製造、スクラップ処理、試験・分析、核燃料物質の貯蔵、その他作業(ただし、廃棄のうち、気体廃棄を除く)を示し、その工程に所属する設備全体を示す。	制御第1室 から 制御第6室	制御第1室 から 制御第6室
全工程停止	換気設備等のユーティリティの停止を含まない全ての加工工程の停止を指す。	制御第1室 から 制御第6室	中央監視室
送排風機の 停止	気体廃棄物の廃棄設備の建屋排風機、工程室排風機、グローブボックス排風機、送風機及び窒素循環ファン並びに燃料加工建屋の非管理区域の換気・空調を行う設備の手動停止を指す。	中央監視室	中央監視室
全送排風機 の停止	上記に加え気体廃棄物の廃棄設備のグローブボックス排風機の手動停止を指す。	中央監視室	中央監視室

3. 加工運転の停止等によるMOX燃料加工施設の安全性について

MOX燃料加工施設において、放射性物質を燃料加工建屋内に閉じ込めることが最も重要な安全機能であり、この閉じ込め機能の不全が発生する主要因として、下記a. からd. に分類される。この閉じ込め機能の不全に至るおそれのある異常事象に対し、事業許可基準規則の「第四条 閉じ込めの機能」、「第五条 火災等による損傷の防止」及び「第十四条 安全機能を有する施設」において、発生防止対策を講じる設計としている。

a. 機械的破損

グローブボックス等、混合酸化物貯蔵容器及び燃料棒が、物理的衝撃を受けて損傷することにより閉じ込め機能の不全に至るおそれのある事象を、機械的破損に分類する。

b. 熱的破損

グローブボックスが火災又は崩壊熱による温度変化により損傷することにより閉じ込め機能の不全に至るおそれのある事象を、熱的破損に分類する。

c. 爆発

水素ガスを取り扱う設備で水素爆発が発生することにより閉じ込め機能の不全に至るおそれのある事象を、爆発に分類する。

d. 負圧維持機能の喪失

グローブボックス等内の負圧を維持する機能が喪失することにより閉じ込め機能の不全に至るおそれのある事象を、負圧維持機能の喪失に分類する。

また、核燃料物質による臨界防止については、「第二条 核燃料物質による臨界の防止」において、核燃料物質による臨界の発生防止対策として

核的制限値の設定及び設備・機器の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作を想定した場合においても核燃料物質が臨界に達するおそれがないよう設計とする。

その他の安全機能として、工場等周辺及び工場等内における線量を低減できるように、遮蔽の措置を講じている。

大きな事故に進展するおそれのある外部事象及び居住性に影響を与える恐れのある外部事象が発生した際に講ずる、加工運転の停止及び送排風機の停止の措置について、それぞれの措置により想定される異常事象が事故へ進展することはないことを以下に示す。

(1) 工程停止による閉じ込め、臨界及び遮蔽の安全機能への影響

MOX燃料加工施設の閉じ込め、臨界及び遮蔽等に係る安全機能のうち、設計基準事故の選定において検討した閉じ込め機能の不全及び臨界の発生の可能性に対し、事故の要因となる異常事象を抽出し、工程停止の措置によって、それぞれの異常事象がどのような状態に至るかを整理した。

その結果、第2表に示すとおり、閉じ込め機能の不全及び臨界の発生の要因となる異常事象は、工程停止すると、工程の状態が変化しない、又は、異常事象の発生防止対策が機能を損なうことはないため、閉じ込め機能の不全及び臨界の発生の要因となる異常事象は発生しない。よって、工程停止の措置により施設を安定な状態に移行することができ、MOX燃料加工施設の安全性は損なわれない。

なお、放射線の線量を低減するために設ける遮蔽機能についても、工程停止することで、停止前の状態から変化することはないため、安全機能が損なわれることはない。

第2表 工程停止による閉じ込め機能及び臨界防止機能への影響

(閉じ込め機能の不全に係る異常事象)

閉じ込め機能を有するもの	閉じ込め機能の不全の要因となる異常事象	閉じ込め機能の不全に至る事象	工程停止措置による異常事象への進展
グローブボックス、焼結炉、小規模焼結処理装置及びスタック乾燥装置	a. 内部発生飛散物の飛散（回転羽根の損壊）	グローブボックス、焼結炉、小規模焼結処理装置及びスタック乾燥装置の機械的破損（機械的破損によるグローブボックス等の閉じ込め機能の不全）	状態が変化しないことから想定される異常事象へ進展しない
	b. 内部発生飛散物の飛散（重量物落下）		
	c. 機器の逸走		
	d. 崩壊熱による温度上昇	グローブボックスの熱的破損（熱的破損によるグローブボックスの閉じ込め機能の不全）	発生防止対策が機能を損なうことはないため異常事象は発生しない
	e. 火災		
	f. グローブボックス及びスタック乾燥装置の負圧維持機能の喪失	グローブボックス及びスタック乾燥装置の負圧維持機能の喪失（負圧維持機能の喪失による閉じ込め機能の不全）	発生防止対策が機能を損なうことはないため異常事象は発生しない
	g. 焼結炉及び小規模焼結処理装置への空気混入	焼結炉及び小規模焼結処理装置の水素爆発（水素爆発起因の焼結炉及び小規模焼結処理装置の閉じ込め機能の不全）	状態が変化しないことから想定される異常事象へ進展しない
	h. 焼結炉及び小規模焼結処理装置の負圧維持機能の喪失	焼結炉及び小規模焼結処理装置の負圧維持機能の喪失（負圧維持機能の喪失による閉じ込め機能の不全）	発生防止対策が機能を損なうことはないため異常事象は発生しない
混合酸化物貯蔵容器及び燃料棒	i. 内部発生飛散物の飛散（回転羽根の損壊）	混合酸化物貯蔵容器及び燃料棒の機械的破損（機械的破損による混合酸化物貯蔵容器及び燃料棒の閉じ込め機能の不全）	状態が変化しないことから想定される異常事象へ進展しない
	j. 内部発生飛散物の飛散（重量物落下）		
	k. 燃料棒と機器の干渉		
	l. 混合酸化物貯蔵容器及び燃料棒の落下		

(臨界の発生の可能性として検討する異常事象)

臨界管理	臨界の要因となる異常事象	臨界に至る事象	工程停止措置による異常事象への進展
形状寸法管理又は質量管理する臨界管理ユニット（グローブボックス又は密封形態の核燃料物質を扱う設備）	複数の設備・機器の誤動作 複数の運転員の誤操作	質量管理 複数の運転員の誤操作により単一ユニット内に核物質を誤搬入する。	状態が変化しないことから想定される異常事象へ進展しない
		形状寸法管理 物理的に発生しない。	発生防止対策が機能を損なうことはないため異常事象は発生しない

(2) 送排風機の停止による閉じ込め機能への影響

前項（1）において、工程停止措置すると、異常事象の多くについては状態が変化しないことから想定される事故へ進展しないことを確認した。その他の異常事象のうち、工程停止した際に発生防止対策が機能を損なうことはないため異常事象は発生しないと整理した異常事象としては、崩壊熱による温度上昇、火災及び負圧維持機能の喪失がある。工程停止していることを前提に、グローブボックス排風機以外の送排風機を停止した場合、閉じ込め機

能の不全に至る事故に進展するかを確認した。

その結果、第3表に示すとおり、送排風機の停止措置を講じた場合であっても、火災の感知及び消火機能が維持されること、放射性物質をグローブボックス等によって限定した区域に閉じ込めることができることから、MOX燃料加工施設の安全性は損なわれない。

第3表 送排風機の停止による閉じ込め機能への影響

閉じ込め機能を有するもの	閉じ込め機能の不全の要因となる異常事象	閉じ込め機能の不全に至る事象	送排風機停止による異常事象への進展
グローブボックス排風機、排ガス処理装置の補助排風機、小規模焼結炉排ガス処理装置の補助排風機、窒素循環ファン。	d. 崩壊熱による温度上昇	崩壊熱除去機能の喪失によるグローブボックスの熱的破損（熱的破損によるグローブボックスの閉じ込め機能の不全）	・換気による崩壊熱除去機能は停止するが、崩壊熱影響は緩慢であり、グローブボックス等によって放射性物質を限定した区域に閉じ込めることができる。
	e. 火災	グローブボックスの熱的破損（熱的破損によるグローブボックスの閉じ込め機能の不全）	工程設備の動力電源を遮断することで、着火源は排除され火災の発生の可能性は十分に低減できる。 また、火災の感知、消火機能については、機能維持されるため、火災の発生は感知できる。
	f. グローブボックス及びスタック乾燥装置の負圧維持機能の喪失	グローブボックス及びスタック乾燥装置の負圧維持機能の喪失（負圧維持機能の喪失による閉じ込め機能の不全）	・グローブボックス排風機以外の送排風機を停止したとしても、グローブボックス排風機及びグローブボックス等によって放射性物質を限定した区域に閉じ込めることができる。 ・工程停止により、グローブボックス等が破損するような閉じ込め機能の不全には至らない。
	h. 焼結炉及び小規模焼結処理装置の負圧維持機能の喪失	焼結炉及び小規模焼結処理装置の負圧維持機能の喪失（負圧維持機能の喪失による閉じ込め機能の不全）	

4. 外部事象に対する加工運転の停止に係る基本的な考え方

前項において、MOX燃料加工施設は、全工程停止及び送排風機停止の措置を講ずることで施設を安定な状態に移行することができ、想定される異常事象についても進展または発生することがないことを確認した。

(1) 外部事象が発生した際の措置

事業許可基準規則において、加工施設は、制御室等に対し、設計基準事故が発生した場合にMOX燃料加工施設の安全性を確保するための措置をとるため、従事者が支障なく制御室に入り、又は一定期間とどまり、かつ、当該措置をとるための操作を行うことができるための防護措置は求められていない。さらに、事業許可基準規則第九条の解釈では、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な措置を含む、とされていることを受け、MOX燃料加工施設については、上記の措置を含めて施設の安全性を確保する方針とする。

このため、大きな事故に進展するおそれのある外部事象及び居住性に影響を与えるおそれのある外部事象が発生した際は、加工運転停止等の措置を講ずることで、制御室及び中央監視室においてMOX燃料加工施設の安全機能を維持するために常時監視・操作を必要としない安定な状態とし、運転員が退避可能な状態に移行する。

(2) 異常事象ごとの対処方針

(1)の考え方に基づいた、異常事象ごとの対処方針を第4表に示す。
なお、施設への影響及び事象の進展の度合い等状況に応じて、それぞれに通常停止操作又は非常停止操作を選択するものとする。また、第

1 図に示す通常運転の停止操作と非常時の停止操作に要する時間の目安を踏まえ、時間猶予及び復旧作業時の運転員の安全性を考慮して運転停止の方法を適切に選択する。

任意の工程の通常停止又は非常停止操作については、各制御室において、運転員により制御盤の操作によって実施する。また、施設全体への影響が大きい事象が発生していることを確認した場合は、中央監視室において、全工程を一括で停止する非常停止操作を実施する。時間猶予がない場合は、設備停止したうえで事象が収束した後に、状況に応じて核燃料物質を貯蔵設備に貯蔵する等の必要な措置を講ずる。

第4表 異常事象ごとの対処方針

異常事象		運転停止の判断（目安）	時間猶予	対処
予測可能	竜巻	竜巻発生確度ナウキャストの発生確度2かつ雷ナウキャストの雷活動度3を確認した場合	10数min	・竜巻の気圧差による施設への影響を限定するため、全工程停止、送排風機の停止、工程室排風機後の手動ダンパ及びグローブボックス排風機後の手動ダンパの閉止を行う。
	外部火災（森林火災）	MOX燃料加工施設の敷地に森林火災が迫ってくる状態を確認した場合	数h	・森林火災で発生したばい煙・有毒ガスの建屋内への侵入による設備・機器への影響を防止するため全工程停止、送排風機の停止及び系統上のダンパの閉止を実施する。
	火山（降灰）	気象庁が発表する降灰予報で敷地内に「やや多量」以上の降灰が予想された場合	数10min	・降下火砕物の建屋内への侵入による設備・機器への影響を防止するため、全工程停止、送排風機の停止及び系統上のダンパの閉止を実施する。
予測不可能 (注1)	地震	中央監視室に表示される加速度計の指示値が、水素・アルゴン混合ガス及び水配管の遮断弁作動の設定加速度以上（耐震Cクラスの設備・機器に適用する静的震度（1.2Ci）程度）を確認した場合	—	・施設の安全性を確保するため、全工程停止を行う。
	外部火災（敷地内タンク火災）	敷地内の重油タンクの炎上を確認した場合		・敷地内の重油タンクの火災で発生したばい煙・有毒ガスの建屋内への侵入による設備・機器への影響を低減するため全工程停止、送排風機の停止及び系統上のダンパの閉止を実施する。
	外部火災（航空機墜落火災）	敷地内に航空機の墜落を確認した場合		・敷地内の航空機墜落火災で発生したばい煙・有毒ガスの建屋内への侵入による設備・機器への影響を低減するため全工程停止、送排風機の停止及び系統上のダンパの閉止を実施する。
	有毒ガス	有毒ガスの発生等運転員へ影響を及ぼす兆候が見られた場合		・有毒ガスの建屋内への侵入による運転員への影響を低減するため、全工程停止を行い、不要な運転員を退避させる。また、送排風機停止及び手動ダンパの閉止を行う。

(注1) 異常事象の影響範囲を考慮して通常の設備停止と非常停止を選択する

停止操作	状態	安定度	停止作業の内訳	完了までの時間(目安)
非常停止操作	操作直後の状態を維持。 (容器等昇降動作の途中であっても途中の状態での強制停止。)		中央監視室において非常停止ボタンを操作して全工程を停止させる。 <ul style="list-style-type: none"> ・所内へ非常停止操作を行うことをアナウンス ・非常停止ボタン操作 ・設備は停止前の状況(把持)を維持したまま直ちに停止 ・工程が停止したことを中央監視室で確認 	数sec～数min
通常停止操作(全工程 or 当該設備)	操作後、搬送等一定の動作を完了して停止。 (容器等昇降動作の途中であれば昇降完了してから停止。)		制御第1室から制御第6室において、各設備の制御盤を操作して設備の運転を停止させる。 <ul style="list-style-type: none"> ・所内へ通常停止操作を指示 ・制御室において各設備の制御盤から停止の操作 ・設備は、動作中に制御盤からの停止信号を受け停止(停止前の状況を維持) ・設備の運転が停止したことを各制御室で確認 	10数min
各工程通常停止操作後に貯蔵(※)	貯蔵施設に安定した状態で貯蔵している状態。		制御第1室から制御第6室において、バッチ処理完了後、各設備の制御盤を操作して設備の運転を停止させる。また、核燃料物質が貯蔵施設に入庫されたことを確認した上で、搬送設備の制御盤を操作して設備の運転を停止させる。 <ul style="list-style-type: none"> ・所内へ通常停止操作を指示 ・制御室において各設備の制御盤からバッチ処理終了を確認した後停止の操作 ・設備は、加工運転終了後制御盤からの停止信号を受け停止 ・設備の運転が停止したことを現場で確認 ・設備内に核燃料物質がないことを現場で確認 ・核燃料物質が貯蔵施設へ入庫された後に搬送設備の運転を停止 	数10min～10数h

※バッチ処理完了までの時間猶予がある場合は、処理完了後に停止する。なお、新たな加工運転は行わない。

第1図 非常停止操作と通常停止操作の完了までに要する時間について

補足説明資料 11-1 (9条 外部火災)

運用, 手順説明資料 外部からの衝撃による損傷の防止 (外部火災)

表 設計基準に係る運用対策等 (1/2)

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

表 設計基準に係る運用対策等（2/2）

事業許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
<p>第九条 外部からの衝撃による損傷の防止 (外部火災)</p>	<p>初期消火活動要員による初期消火活動</p>	<p>運用・手順</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・火災発生現場の確認，当直長への連絡 ・消火器，消火栓を用いた消火活動及び化学消防自動車，水槽付消防ポンプ自動車を用いた消火活動
		<p>体制</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・自衛消防隊
		<p>保守・点検</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・化学消防自動車及び水槽付消防ポンプ自動車の点検 ・消火設備（消火器，消火栓等）の点検 ・消防用資機材（防火服，空気呼吸器等）の点検 ・故障時の補修
	<p>教育・訓練</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・初期消火対応要員の力量を維持するための教育，訓練 ・自衛消防隊に対する消火訓練，資機材取扱訓練 ・外部機関（海上災害防止センター等）での消火訓練 等 	
	<p>自衛消防隊への連絡</p>	<p>運用・手順</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・通報連絡責任者等による自衛消防隊への連絡
		<p>体制</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・自衛消防隊への連絡
		<p>保守・点検</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・通報設備の点検
		<p>教育・訓練</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・火災防護に関する教育 ・消防要員等による総合的な初期消火訓練
	<p>公的消防への通報</p>	<p>運用・手順</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・火災発見者，当直長による公的消防への通報
		<p>体制</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・自衛消防隊
		<p>保守・点検</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・通報設備の点検
		<p>教育・訓練</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・火災防護に関する教育（公的消防への通報）
	<p>全送排風機停止，手動ダンパ閉止</p>	<p>運用・手順</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・送排風機停止，手動ダンパ閉止の手順
		<p>体制</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・運転員による運転操作
		<p>保守・点検</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・換気空調設備の点検
		<p>教育・訓練</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・操作手順の教育（運転員による外部火災発生時の送排風機停止，手動ダンパ閉止） ・補修に関する教育・訓練（換気空調設備）