

【公開版】

提出年月日	令和2年1月23日	R2
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  
(落雷)

# 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. 概要

### 3. 環境等

#### 3. 1 落雷

- 3. 1. 1 日本における雷日数の地理的分布
- 3. 1. 2 MOX燃料加工施設周辺における落雷の観測データ
- 3. 1. 3 参考文献一覧

### 4. 安全設計

#### 4. 1 落雷に関する設計

- 4. 1. 1 落雷に関する設計方針
- 4. 1. 2 防護対象施設
  - 4. 1. 2. 1 落雷の特徴
  - 4. 1. 2. 2 耐雷設計上考慮するMOX燃料加工施設の特徴
  - 4. 1. 2. 3 直撃雷に対する防護対象施設
  - 4. 1. 2. 4 間接雷に対する防護対象施設
- 4. 1. 3 耐雷設計
  - 4. 1. 3. 1 想定する落雷の規模

- 4. 1. 3. 2 異種の自然現象の重畳及び設計基準事故との組合せ
- 4. 1. 3. 3 直撃雷の防止設計
- 4. 1. 3. 4 間接雷による雷サージ抑制設計

## 2章 補足説明資料

## 1章 基準適合性

## 1. 基本方針

### 1. 1 要求事項の整理

外部からの衝撃による損傷の防止について、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の比較並びに当該指針を踏まえたこれまでの許認可実績により、事業許可基準規則第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)

<p>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)</p>	<p>MOX指針</p>	<p>備 考</p>
<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)

<p>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)</p>	<p>MOX指針</p>	<p>備 考</p>
<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>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)

<p>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)</p>	<p>MOX指針</p>	<p>備 考</p>
<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)</p> <p>2 社会環境に関する事象として注目すべき点は、近接工場における事故及び航空機に係る事故である。</p> <p>近接工場における事故については、事故の種類と施設までの距離との関連においてその影響を評価した上で、必要な場合、安全上重要な施設が適切に保護されていることを確認すること。</p> <p>航空機に係る事故については、航空機に係る施設の事故防止対策として、航空機の施設上空の飛行制限等を勘案の上、その発生の可能性について評価した上で、必要な場合は、安全上重要な施設のうち特に重要と判断される施設が、適切に保護されていることを確認すること。</p>	<p>追加要求事項</p>

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
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。		前記のとおり

## 1. 2 要求事項に対する適合性

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

また，安全機能を有する施設は，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。）の組合せについて

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

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

#### (b) 落雷

安全機能を有する施設は、想定される落雷に対して安全機能を損なわない方針とする。また、落雷によってもたらされる影響及びMOX燃料加工施設の特徴を考慮し、直撃雷に対する防護対象施設及び間接雷に対する防護対象施設を選定して耐雷設計を行う。

その上で、落雷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。落雷に対する防護対象施設としては、安全評価上その機能を期待する構築物及び設備・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、落雷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設計とする。

安全上重要な施設以外の防護対象施設は、落雷に対して機能を維持すること若しくは落雷による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。

## 1) 防護対象施設

直撃雷による安全機能を有する施設への影響及び間接雷による雷サージによる影響のそれぞれを考慮して、防護対象施設を選定する。

直撃雷は外気にさらされた建屋及び屋外施設に影響を及ぼすことから、建築基準法又は消防法の適用を受ける施設又は建屋及び安全上重要な施設を直撃雷に対する防護対象施設として選定する。安全上重要な施設を収納する建屋としては、燃料加工建屋が該当し、建築基準法又は消防法の適用を受ける屋外施設としては、排気筒及び窒素ガス発生装置が該当する。

間接雷は、雷サージによって建屋間に電位差を生じさせ、建屋間を取り合う設備に過電圧による影響を及ぼすことから、建屋間で計測制御ケーブル又は電力ケーブルを取り合う設備を間接雷に対する防護対象施設として選定する。

以上を踏まえ、直撃雷に対する防護対象施設は、燃料加工建屋、排気筒及び窒素ガス発生装置とする。また、間接雷に対する防護対象施設は、安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設のうち、燃料加工建屋及びエネルギー管理建屋と再処理施設のウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋等の建屋間で計測制御信号をケーブルで取り合う設備及び電力ケーブルを取り合う設備とする。

## 2) 想定する落雷の規模

MOX燃料加工施設が立地する地域の気候並びに敷地及び敷地周辺で過去に観測された落雷データを踏まえ、設計上考慮する最大の落雷規模を想定する。また、敷地及び敷地周辺で観測された過去最大の落雷規模は、全国雷観測ネットワーク（JLDN：Japanese Lightning

Detection Network) の観測記録によると 211kAである。JLDN によって観測される雷撃電流値の精度については、夏季雷と冬季雷で違いがあること、ほぼ正確との見解がある一方で 15 から 20%程度低く算出されとの見解もあること及び観測データは過去 15 年間のものであることを考慮し、観測値に安全余裕を見込んで、想定する落雷の規模を 270kAとする。

### 3) 異種の自然現象の重畳及び設計基準事故との組合せ

落雷と同時に発生することが想定される自然現象については、その衝撃の組合せを適切に考慮する。また、設計基準事故については、落雷の影響との因果関係及び時間的变化を考慮した上で、その応力を適切に組み合わせる。

### 4) 耐雷設計

直撃雷に対する防護設計として、防護対象施設には、原子力発電所の耐雷指針 (JEAG4608-2007) , 建築基準法及び消防法に基づき、日本産業規格に準拠した避雷設備を設置するとともに、避雷設備を接地系と接続することで、接地抵抗の低減及び雷撃に伴う接地系の電位分布の平坦化を図る。

また、間接雷による雷サージを抑制する設計として、防護対象施設のうち安全機能の重要度を踏まえ、安全上重要な施設に関しては、270kAの雷撃電流の落雷に対して、安全機能を損なわない設計とする。具体的には、以下の対策を講ずる。

- i) MOX燃料加工施設は、安全上重要な施設を燃料加工建屋内に全て設置する設計とする。また、安全上重要な施設は、エネルギー

一管理建屋，再処理施設のウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋等のその他の施設で，計測制御ケーブル及び電力ケーブルを取り合わない設計とすることから，安全上重要な施設は想定雷撃電流 270kA の落雷によって生ずる接地系の電位上昇による建屋間の電位差の影響を受けることはない。さらに，安全上重要な施設はその他の施設からの電磁的障害を防止するため，電氣的又は物理的な独立性を持たせる設計であることから，間接雷による影響を受けることはない。

- ii) 安全上重要な施設のうち，燃料加工建屋内に設置する焼結炉等については，落雷により異常が発生した場合，焼結炉等のヒータ電源を遮断する設計とすることで，熱的制限値（1800℃）を超えることのない設計とする。
- iii) 受電開閉設備及び受電変圧器には，避雷器を設置する設計とする。

### 1.3 規則への適合性

(外部からの衝撃による損傷の防止)

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

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

3 安全機能を有する施設は、工場等内又はその周辺において想定される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つて人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全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。



## (1) 落雷

MOX燃料加工施設は、落雷によってもたらされる影響及びMOX燃料加工施設の特徴を考慮し、直撃雷及び間接雷に対する防護対象施設を選定して耐雷設計を行う。

安全機能を有する施設について、想定される落雷が発生した場合においても、臨界防止及び閉じ込め等の機能を維持するために必要な設備を、防護対象施設として抽出する方針とし、当該設備が有する安全機能の重要度に応じて、落雷に対する防護設計を講ずる。

直撃雷に対する防護設計として、防護対象施設には、原子力発電所の耐雷指針（JEAG4608-2007）、建築基準法及び消防法に基づき、日本産業規格に準拠した避雷設備を設置するとともに、避雷設備を接地系と接続することで、接地抵抗の低減及び雷撃に伴う接地系の電位分布の平坦化を図る。

また、間接雷による雷サージを抑制する設計として、防護対象施設のうち安全機能の重要度を踏まえ、安全上重要な施設に関しては、270kAの雷撃電流の落雷に対して、安全機能を損なわない設計とする。

また、耐雷設計において想定する落雷の規模は、敷地における過去15年間の観測データであることを考慮し、更なる安全性の向上のため、落雷に係る新たな知見の調査に継続的に取り組み、必要に応じて耐雷設計及び運用上の対策の強化を図る。

## 2. 概要

### (イ) 落雷

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 28 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。）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おり、敷地の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、落雷を挙げている。

したがって、MOX燃料加工施設の設計においては、落雷によってもたらされる影響及びMOX燃料加工施設の特徴を考慮し、直撃雷に対する防護対象施設及び間接雷に対する防護対象施設を選定して耐雷設計を行う。

安全機能を有する施設について、想定される落雷が発生した場合においても、臨界防止及び閉じ込め等の機能を維持するために必要な設備を、防護対象施設として抽出する方針とし、当該設備が有する安全機能の重要度に応じて、落雷に対する防護設計を講ずる。

### 3. 環境等

#### 3.1 落雷

##### 3.1.1 日本における雷日数の地理的分布

日本における雷日数の地理的分布については、全国の気象官署における雷日（雷鳴と電光を観測したか、ある程度以上の強度の雷鳴を観測した日）を基に平均年間雷日数について報告されているものがある<sup>(1)</sup>。これに示される全国96箇所の観測点における平均年間雷日数及び全国約1300箇所の観測点のデータを基にした年間雷日数の等値線を第3-1図に示す。

これによると、北関東、北陸、近畿及び九州北部・南部では落雷が多く、オホーツク沿岸、北海道東部・内陸部及び三陸沿岸では落雷が少ない。

一方、日本国内で全国規模の落雷の観測を行っているシステムに、全国雷観測ネットワーク（JLDN：Japanese Lightning Detection Network）がある。JLDNは文献でも精度が確かめられている落雷の観測システムであり<sup>(2)</sup>、本システムにて得られた雷統計データ<sup>(3)</sup>においても、日本における雷日数の地理的分布とよく一致していることが確認できる。

【補足説明資料3-1, 3-2】

### 3.1.2 MOX燃料加工施設周辺における落雷の観測データ

JLDNによって観測された落雷データに基づいて青森県周辺の落雷密度を調査した結果を第3-2図に示す。

MOX燃料加工施設の立地地点周辺は、青森県の他の地域と比較しても落雷が少ない地域であることから、敷地及び敷地周辺において過去に観測された落雷のデータの調査を行い、落雷に対する設計の基礎とすることとした。

JLDNの観測記録において、敷地及び敷地周辺で観測された雷撃電流の順位を第3-1表に、雷撃電流の分布を第3-3図に示す。MOX燃料加工施設の敷地周辺で過去に観測された落雷の雷撃電流の最大値は211kAである。

なお、MOX燃料加工施設の設計の基礎としては、MOX燃料加工施設の立地地点が属する吉野の気候区分Ⅲbにおける落雷データを用いることも考えられるが、敷地及び敷地周辺において観測された大きな落雷が夏季雷である一方、気候区分Ⅲbで観測された大きな落雷は冬季雷であること、一般的に夏季雷よりも冬季雷の方が雷撃のエネルギーが大きいこと、気候区分Ⅲbで観測された大きな落雷はMOX燃料加工施設から離れた西側の地域で発生しており、冬季雷の多い日本海側の気候の影響を受けていると考えられることから、気候区分Ⅲbと敷地及び敷地周辺では、落雷現象の様相が大きく異なる。したがって、MOX燃料加工施設の設計の基礎として、MOX燃料加工施設の敷地周辺の観測データを用いることは妥当と考えられる。

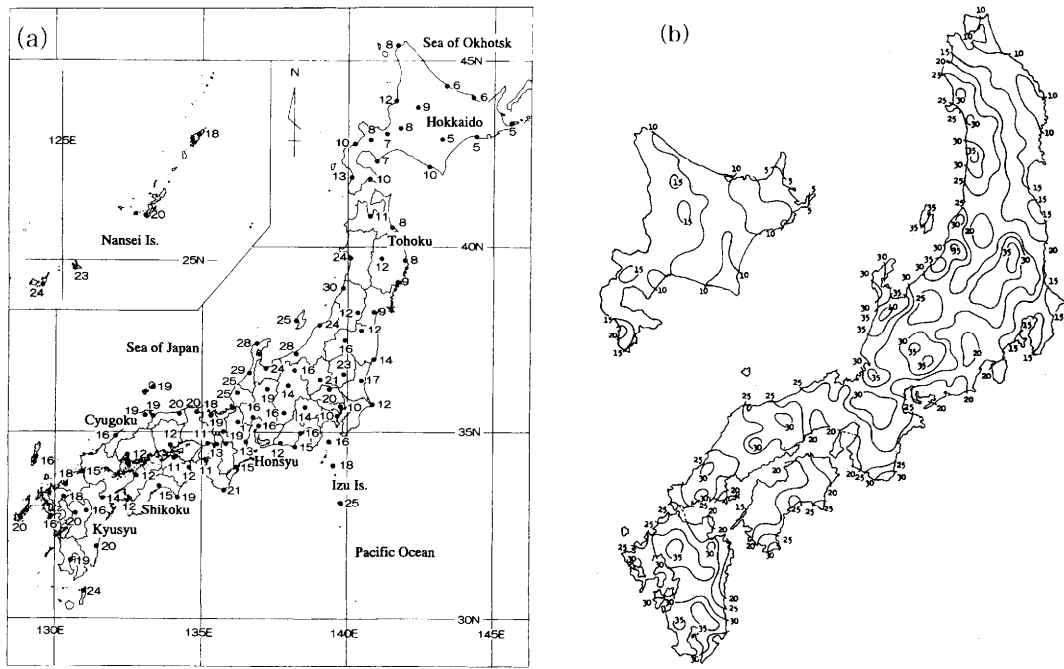
【補足説明資料3-1, 3-2】

### 3.1.3 参考文献一覧

- (1) 吉田弘. “日本列島における雷日数の地理的分布とその長期的傾向”. 日本気象学会, 2002
- (2) 株式会社フランクリン・ジャパン. “JLDNについて”. 株式会社フランクリン・ジャパンホームページ,  
<http://www.franklinjapan.jp/contents/observation/jldn/>,  
(参照 2016-6-30) .
- (3) 株式会社フランクリン・ジャパン. “雷統計データ”. 株式会社フランクリン・ジャパンホームページ,  
<http://www.franklinjapan.jp/contents/lightning/data/>,  
(参照 2016-11-14)

第 3 - 1 表 敷地及び敷地周辺で観測された雷撃の順位

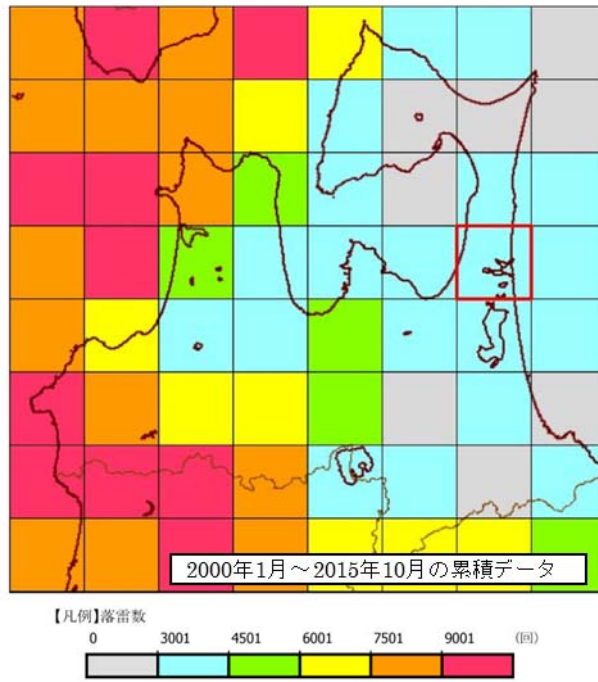
順位	雷撃電流 (kA)	観測年月日	観測時刻	観測場所 (緯度/経度)	
1	211	2000 年 7 月 25 日	15 時 04 分	40.962	141.307
2	-196	2015 年 8 月 2 日	18 時 52 分	40.959	141.333
3	-183	2015 年 8 月 2 日	18 時 55 分	40.973	141.339



第3-1図 (a) 平均年間雷日数 (b) 平均年間雷日数等値線

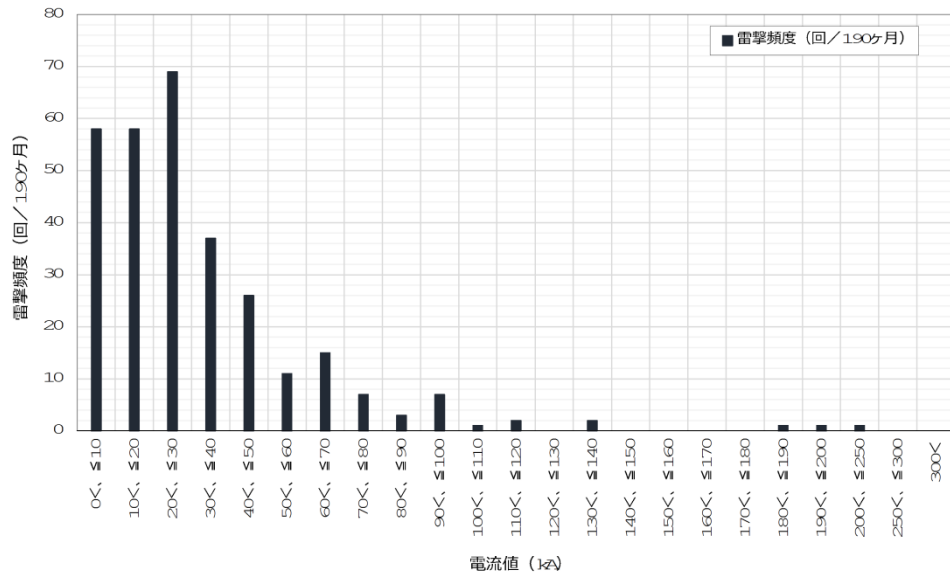
(吉田弘. “日本列島における雷日数の地理的分布とその長期的傾向” .

日本気象学会, 2002.)



第3-2図 青森県周辺の落雷密度の調査結果





第 3 - 3 図 MOX燃料加工施設の敷地周辺で観測された落雷の雷撃  
電流の分布

## 4. 安全設計

### 4.1 落雷に関する設計

#### 4.1.1 落雷に関する設計方針

安全機能を有する施設は、想定される落雷に対して安全機能を損なわない方針とする。また、落雷によってもたらされる影響及びM O X燃料加工施設の特徴を考慮し、直撃雷に対する防護対象施設及び間接雷に対する防護対象施設を選定して耐雷設計を行う。

その上で、落雷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。落雷に対する防護対象施設としては、安全評価上その機能を期待する構築物及び設備・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、落雷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設計とする。

安全上重要な施設以外の防護対象施設は、落雷に対して機能を維持すること若しくは落雷による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。

#### 4.1.2 防護対象施設

##### 4.1.2.1 落雷の特徴

落雷による影響としては、直撃雷による影響及び間接雷による影響がある。

直撃雷は、外気にさらされた建屋及び屋外施設に対して影響を及ぼし、これらに設置する避雷設備及び送電線から侵入することが考

えられる。一方、建屋内及び洞道内に設置されている設備は、影響を受けることはない。一般的に落雷は高い建物・構築物に対して発生しやすい。

間接雷は、建物及び屋外施設への落雷により、避雷設備を介して雷撃電流が大地へ拡散及び分流する過程で、雷サージとなって接地系統から侵入し、屋内に設置される設備に対して影響を及ぼし得る。ただし、建屋内にのみ設置され、建屋外との取合いのない設備については、建屋と同一の接地系に接続されているため、接地電位の上昇の影響を受けない。

#### 4.1.2.2 耐雷設計上考慮するMOX燃料加工施設の特徴

MOX燃料加工施設の特徴から、設計において想定する規模を超える落雷によって、雷サージの伝播による機器への影響は想定されるが、建屋の破損に至ることは想定されない。また、安全上重要な施設の動的な機能が喪失した場合を想定しても、公衆又は従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすことはない。

MOX燃料加工施設の建屋間には、配管及びケーブルを収納する洞道を設置し、安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設については、建屋間で計測制御信号をケーブルで取り合う設備及び電力ケーブルを取り合う設備がある。これらの設備については、間接雷による雷サージの影響を受けやすい。

#### 4.1.2.3 直撃雷に対する防護対象施設

直撃雷は、外気にさらされた建屋及び屋外施設に対して影響を及ぼし得る。一方、建築基準法、消防法では、建物、構築物及び所定の

数量の危険物を貯蔵する施設に適切な避雷設備を設けることが要求されている。したがって、外気にさらされた建物及び屋外施設のうち建築基準法又は消防法の適用を受ける高さ20mを超える建物・構築物又は一定容量以上の危険物貯蔵タンクを有する建物・構築物については、直撃雷に対する防護対象施設とするとともに、安全上重要な施設は、これらの適用を受けないものであっても、その機能の重要度の観点から、直撃雷に対する防護対象施設とする。また、屋外の安全上重要な施設及び安全上重要な施設を収納する建屋は、これらの適用を受けないものであっても、その機能の重要度の観点から、直撃雷に対する防護対象施設とする。直撃雷に対する防護対象施設の選定フローを第4-1図に、直撃雷に対する防護対象施設の一覧を第4-1表に示す。

#### 4.1.2.4 間接雷に対する防護対象施設

建屋内に設置された設備の接地電位は、落雷による影響を受けたとしても、均等に上昇する。一方で、「4.1.2.2 耐雷設計上考慮するMOX燃料加工施設の特徴」に示すとおり、建屋間には配管、ケーブルを収納する洞道を設置する設計とすることから、安全機能を有する施設のうち、建屋間で計測制御信号をケーブルで取り合う設備及び電力ケーブルを取り合う設備は、間接雷による雷サージの影響で各建屋に接地電位上昇の差が生じ、過電圧の影響を受けるおそれがある。したがって、建屋間で計測制御ケーブル又は電力ケーブルを取り合う設備を間接雷に対する防護対象施設とする。間接雷に対する防護対象施設の一覧を第4-2表に示す。

### 4.1.3 耐雷設計

#### 4.1.3.1 想定する落雷の規模

安全上重要な施設の耐雷設計においては、敷地及び敷地周辺で過去に観測された最大のものを参考として落雷の規模を想定する。

敷地及び敷地周辺で過去に観測された最大の落雷の雷撃電流は、全国雷観測ネットワーク（JLDN：Japanese Lightning Detection Network）の観測記録によると211kAである。JLDNによって観測される雷撃電流値の精度については、夏季雷と冬季雷で違いがあること、ほぼ正確との見解がある一方で15～20%程度低く算出されることの見解もあること及び観測データは過去15年間のものであることを考慮し、観測値に安全余裕を見込んで、過去に観測された最大規模の落雷を270kAとする。

【補足説明資料3-1, 3-2】

#### 4.1.3.2 異種の自然現象の重畳及び設計基準事故との組合せ

落雷と同時に発生することが想定される自然現象については、その衝撃の組合せを適切に考慮する。また、設計基準事故については、落雷の影響との因果関係及び時間的变化を考慮した上で、その応力を適切に組み合わせる。

##### (1) 異種の自然現象の重畳

落雷と同時に発生する可能性がある自然現象としては、竜巻、積雪、降雹及び降水が考えられる。これらの自然現象の組合せの考慮は、以下のとおりとする。

##### a. 竜巻

落雷及び竜巻が同時に発生する場合においても、竜巻によ

る影響は風圧力による荷重，飛来物の衝突荷重及び気圧差による荷重であり，落雷による雷撃とは影響が異なるため，落雷と竜巻の組合せは考慮しない。

b. 積雪

落雷と積雪の組合せを想定しても，積雪による影響は建屋及び屋外施設に対する堆積荷重であり，落雷による雷撃とは影響が異なるため，落雷と積雪の組合せは考慮しない。

c. 降雹

落雷と降雹の組合せを考慮しても，降雹の影響は建屋及び屋外施設に対する衝撃荷重であり，落雷による雷撃とは影響が異なるため，落雷と降雹の組合せは考慮しない。

d. 降水

落雷と降水が同時に発生する場合においても，降水による影響は浸水であり，落雷による雷撃とは影響が異なるため，落雷と降水の組合せは考慮しない。

(2) 設計基準事故時荷重の組合せ

安全上重要な施設は，想定される落雷に対して安全機能を損なわない設計とすることに加え，万一，落雷により設備・機器の故障による停止又は安全上重要な施設の機能が喪失した場合においても，落雷の影響によって事象が進展し設計基準事故へ発展することはない。また，設計基準事故は内部事象を起因とするものであり，自然現象との因果関係は考えられないこと，また，自然現象の影響及び時間的变化による設計基準事故への発展も考えられないことから，落雷と設計基準事故時荷重の組合せは考慮しない。

#### 4.1.3.3 直撃雷の防止設計

直撃雷の影響により，臨界防止及び閉じ込め等の安全機能が損なわれないよう，安全機能の重要度に応じて，防護設計を講ずる。

直撃雷に対する防護対象施設に対しては，「原子力発電所の耐雷指針」（JEAG4608-2007），建築基準法及び消防法に基づき，日本産業規格に準拠した避雷設備を設置する設計とする。安全上重要な施設を収納する建屋は，建築基準法及び消防法の適用を受けないものであっても，避雷設備を設ける設計とする。各々の防護対象施設に設置する避雷設備は，MOX燃料加工施設の接地系と接続することにより，接地抵抗の低減及び雷撃に伴う接地系の電位分布の平坦化を図る設計とする。

避雷設備の設置対象を第4-3表に示す。

【補足説明資料 3-1, 4-1】

#### 4.1.3.4 間接雷による雷サージ抑制設計

間接雷の影響により，臨界防止及び閉じ込め等の安全機能が損なわれないよう，安全機能の重要度に応じて，防護設計を講ずる。間接雷による雷サージ抑制設計としては，MOX燃料加工施設の避雷設備への落雷を想定し，接地系の接地抵抗値に基づいて，落雷によって発生する接地電位の上昇を考慮する。また，間接雷に対する防護対象施設への雷サージの侵入経路及び伝播経路を考慮し，防護対象施設は，落雷の影響に対して安全機能を損なわない設計とする。

##### (1) 接地設計

接地系の接地抵抗値を，最大故障電流による最大接地電位上昇値，歩幅電圧及び歩幅電圧の制限によって定められる所定の

目標値（JIS A 4201 による標準設計値  $10\ \Omega$ ）を下回る設計とし、 $3\ \Omega$  以下とする。なお、燃料加工建屋及びエネルギー管理建屋の接地系を接続することで接地系の電位分布の平坦化を図る。

## (2) 雷サージの影響阻止設計

### a. 計測制御信号を取り合う設備

間接雷に対する防護対象施設は、想定雷撃電流によって生ずる接地系の電位上昇に対して、安全機能を損なわない設計とする。

MOX燃料加工施設は、安全上重要な施設を燃料加工建屋内に全て設置する。また、安全上重要な施設は、エネルギー管理建屋、再処理施設のウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋等のその他の施設で、計測制御ケーブル及び電力ケーブルを取り合わない設計とすることから、安全上重要な施設は想定雷撃電流 $270\text{kA}$ の落雷によって生じた接地系の電位上昇による建屋間の電位差の影響を受けることはない。さらに、安全上重要な施設は、その他の施設からの電磁的障害を防止するため、電氣的又は物理的に独立性を持たせる設計であることから、安全上重要な施設は間接雷の影響を受けることはない。ただし、安全上重要な施設のうち、燃料加工建屋内に設置する焼結炉等については、過加熱防止回路がヒータ電源を遮断できない状態と温度が制御不能に陥る状態が同時に発生した場合、温度が異常に上昇するおそれがある。したがって、万一、落雷により異常が発生し、温度が制御不能に陥る場合を想定し、過加熱防止回路については、雷サージの侵入



が想定され、機能喪失するおそれのある箇所にサージ対策を施すことで、過加熱防止回路が確実にヒータ電源を遮断する設計とする。さらに、過加熱防止回路については多重化し、過加熱を検知すればヒータ電源を遮断する設計とすることに加え、電源が喪失した場合は、ヒータ電源を遮断する設計とする。

【補足説明資料3-1, 4-1】

第4-1表 直撃雷に対する防護対象施設一覧

建物・構築物	対象		
	安	建	消
燃料加工建屋	○	○	—
エネルギー管理建屋	—	—	—
排気筒	—	○	—
窒素ガス発生装置	—	○	—

- <凡例> 安：安全上重要な施設を収納するため対象となるもの  
 建：建築基準法の適用を受けるため対象となるもの  
 消：消防法の適用を受けるため対象となるもの  
 ○：対象施設に該当  
 —：対象施設に該当しない

第4-2表 間接雷に対する防護対象施設一覧

建物・構築物	対象	
	建屋間 取合い	安重の 有無
燃料加工建屋	○	—
エネルギー管理建屋	○	—

<凡例> 建屋間取合い

- ： 建屋間で制御信号等を取り合う設備があるもの
- ： 建屋間で制御信号等を取り合う設備がないもの

安重の有無

- ： 建屋間で制御信号等を取り合う安全上重要な施設があるもの
- ： 建屋間で制御信号等を取り合う安全上重要な施設がないもの

第4-3表 避雷設備の設置対象一覧

建屋・構築物	避雷設備 (突針又は棟上導 体)	接地系統
燃料加工建屋	○	○
エネルギー管理建屋	×	○
排気筒	○※ <sup>1</sup>	○※ <sup>2</sup>
窒素ガス発生装置	○※ <sup>1</sup>	○※ <sup>2</sup>

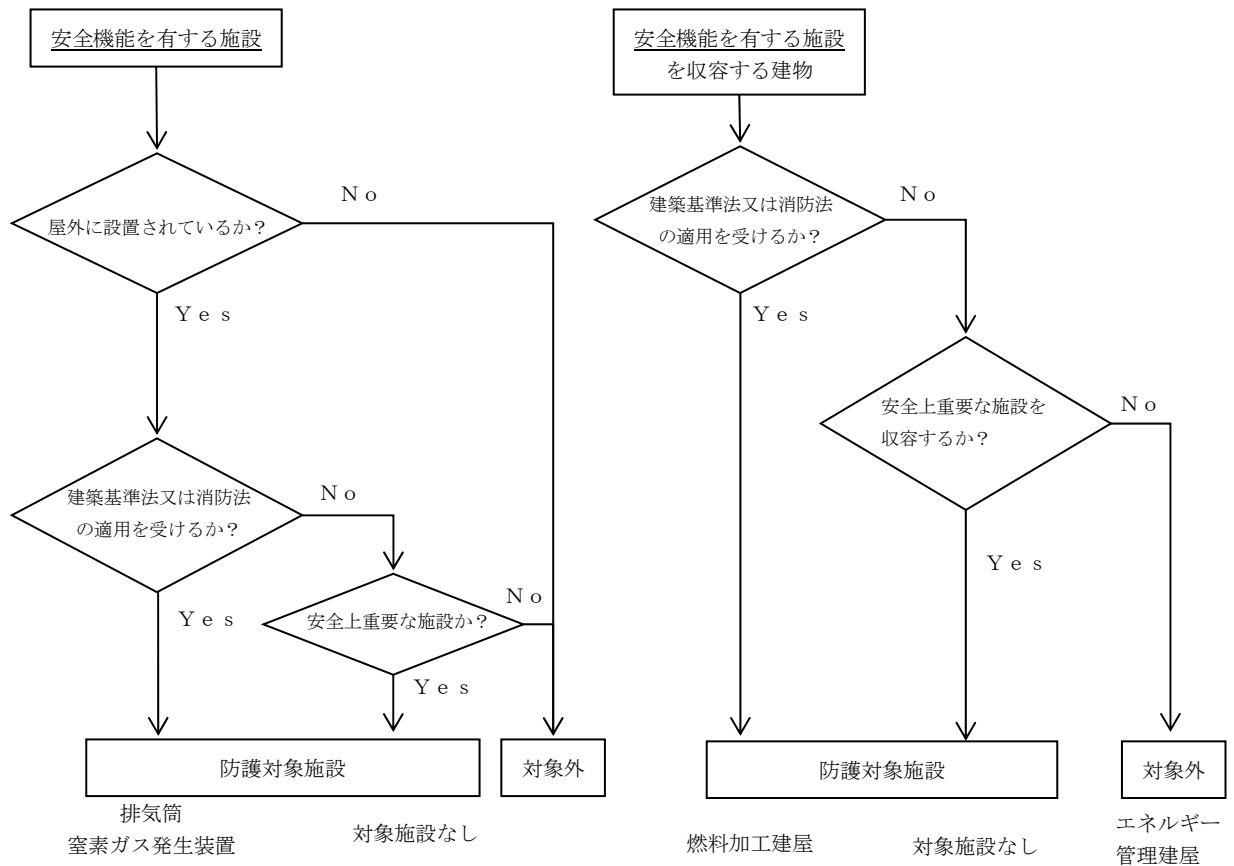
※1：構築物自体に避雷設備としての機能を有する設計とする。

※2：MOX燃料加工施設の接地系統に接続する。

<凡例>

○：避雷設備（突針又は棟上導体）若しくは接地系統を設置

×：避雷設備（突針又は棟上導体）若しくは接地系統の設置対象外



第4-1図 直撃雷に対する防護対象施設の選定フロー

## 2 章 補足説明資料

## 第9条:外部からの衝撃による損傷の防止(落雷)

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3-1	落雷影響評価について	<u>1/23</u>	1	
補足説明資料3-2	再処理事業所 主排気筒への年超過率による雷撃電流評価	<u>1/23</u>	1	
補足説明資料4-1	雷撃電流を150kAとしていた設計経緯について	<u>1/23</u>	1	

令和2年1月23日 R1

補足説明資料3-1 (9条 落雷)



## 落雷影響評価について

### (1) 基本方針

予想される最も過酷と考えられる条件を設計基準として設定の上、安全機能を有する施設のうち防護対象施設は、落雷による雷撃電流に対して安全機能を損なわない設計とする。

### (2) 基準雷撃電流値の設定

基準雷撃電流値の設定は、以下の a. 規格・基準類を参照するとともに、参考として b. 観測記録による極値を評価・確認のうえ設定する。

#### a. 規格・基準類

原子力発電所における耐雷設計の規格・基準には電気技術指針 J E A G 4608 (2007) 「原子力発電所の耐雷指針」<sup>(1)</sup>があり、以下のように規定している。MOX燃料加工施設もこれに基づいている。

a) 電力設備の避雷設備の設計について、電力中央研究所報告 T 40 (1996) 「発変電所および地中送電線の耐雷設計ガイド」<sup>(2)</sup>を参照している。同ガイドでは、500 k V 発変電所における送電線及び電力設備に対し、150kA を想定雷撃電流として推奨している。

b) 建築物等の避雷設備に関して、日本産業規格 J I S A 4201 (2003) 「建築物等の雷保護」を参照している。J I S A 4201 (2003) では、保護レベル (I ~ IV) に応じて雷保護システムを規定している。J E A G 4608 (2007) で

は、原子力発電所の危険物施設に対する保護レベルを I E C / T S 61662 (1995) 「Assessment of the risk of damage due to lightning」<sup>(3)</sup> に基づく選定手法により保護レベルⅣと評価している。一方、消防庁通知<sup>(4)</sup> に基づき、原子力発電所の危険物施設では保護レベルⅡを採用すると規定している。日本産業規格 J I S Z 9290-4 (2009) 「建築物内の電気及び電子システム」<sup>(5)</sup> においては、最大雷撃電流値が建築物の保護レベル (Ⅰ～Ⅳ) に応じて定められているが、保護レベルⅡの場合の最大雷撃電流値は、150kA と規定されている。

また、J E A G 4608 (2007) において参照している I E C / T S 61662 (1995) 「Assessment of the risk of damage due to lightning」においては、確率によりリスク評価を行っていることを踏まえ、MOX燃料加工施設では、年超過頻度が $10^{-4}$ /年値となる雷撃電流値を観測値から算出した。雷撃電流の観測記録として、発生した雷放電の発生時刻・位置を標定し、雷撃電流の大きさを推定できる株式会社フランクリンジャパンの運用する全国雷観測ネットワーク (J L D N\*) により観測された落雷データを用いた。補足説明資料 3-2 より、雷撃頻度解析として、MOX燃料加工施設の敷地周辺を中心とした評価地域 $400\text{km}^2$ において2000年1月から2015年10月にかけて実施された観測記録により求めた再処理事業所を中心とした標的面積 $36\text{km}^2$ の範囲の雷撃密度は $0.53$ 回/年・ $\text{km}^2$ である。また、観測記録により求めた雷撃電流値に対する累積頻度を使用し

算出した結果,再処理事業所において落雷の可能性が最も高い主排気筒に対する年超過頻度が $10^{-4}$  / 年値となる雷撃電流値は約210kAとなる。

※ J L D N (Japan Lightning Detection Network)

落雷時に放出される電磁波を全国に設置された落雷位置標的システムを用いて落雷位置や雷撃電流の大きさを観測するネットワーク。全米雷観測ネットワーク (N L D N : National Lightning Detection Network) と同様のシステム及びネットワーク方式を採用している。

b. 観測記録による極値

雷撃電流の観測記録は全国雷観測ネットワーク (J L D N) により観測された落雷データを用いた。MOX燃料加工施設敷地面積を包絡する標的面積 $36\text{km}^2$ の範囲において2000年1月から2015年10月(約15年間)で観測された,最大雷撃電流値は211kAである。

上記 a , b を踏まえると, MOX燃料加工施設に対して想定される雷撃電流が最も大きくなるのは b の2000年1月から2015年10月(約15年間)で観測された,最大雷撃電流値は211kAであることから,安全上重要な施設の設計にあたってはこれを参考に,設計余裕を考慮し,270kAの雷撃電流を想定とする。

### (3) 評価対象施設等の健全性評価

評価対象施設等が，設計基準の雷撃電流値（270kAの雷撃電流）によって安全機能を損なうことがない設計であることの評価・確認を実施した。

#### a. 建屋

MOX燃料加工施設の建築基準法に定められる高さ20mを超える建築物等には避雷設備を設けている。また，避雷設備の接地極を接地系と接続し接地抵抗を下げる等の対策を実施しており，影響を受けにくい設計としている。

#### b. MOX燃料加工施設に内包される設備

直撃雷に対しては，aで記載した雷害対策によって防護される。雷サージに対しては，建屋に内包される電気・計装設備が，大地電位上昇により接地系間に生じる電位差や，雷電流の拡散による誘導電流により計装・制御ケーブル等に生じる雷サージ電圧によって，機器が絶縁破壊に至る可能性が有るが，安全上重要な施設について，燃料加工建屋内に全て設置すること，また，エネルギー管理建屋，再処理施設のウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋等のその他の施設で，計測制御ケーブル及び電力ケーブルを取り合わない設計とすることから，想定雷撃電流270kAの落雷によって生じた接地系の電位上昇による建屋間の電位差の影響を受けることはない。さらに，安全上重要な施設はその他の施設からの電磁的障害を防止するため，電氣的又は物理的な独立性を持たせる

設計であることから、間接雷による影響を受けることはない。

安全上重要な施設のうち、燃料加工建屋内に設置する焼結炉等については、落雷により異常が発生した場合、焼結炉等のヒータ電源を遮断する設計とすることで、熱的制限値(1800℃)を超えることのない設計とする。

また、安全上重要な施設は、J E C 210 (1981) 「低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準」<sup>(6)</sup>に基づいた耐力を有している。計器、制御装置、計算機等で適切な雷インパルス絶縁耐力を持たせることが、技術的に困難である場合には、当該設備への雷サージの侵入を阻止するため、フィルタ、サージ吸収素子の適用、保安器の設置、光伝送化等の対策を施す。

#### (4) 参考文献

- (1) 日本電気協会 (2007) : 原子力発電所の耐雷指針, 電気技術指針, J E A G 4608 (2007)
- (2) 電力中央研究所 (1996) : 発電変電所および地中送電線の耐雷設計ガイド, 電力中央研究所報告, T 40
- (3) International Electrotechnical Commission  
(1995) : Assessment of the risk of damage due to lightning, I E C / T S 61662 (1995)
- (4) 消防庁 (2005) : 危険物の規則に関する規則の一部を改正する省令等の施行について, 消防危第14号, 平成17年1月14日
- (5) 日本規格協会 (2009) : 建築物内の電気及び電子システム, J I S Z 9290-4, 雷保護第4部, 日本産業規格

- (6) 電気学会（1981）：低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準，J E C 210，電気規格調査会標準規格

令和2年1月23日 R1

補足説明資料3-2 (9条 落雷)

## 再処理事業所 主排気筒への年超過率による雷撃電流評価

### 1. 再処理事業所への年超過確率による雷撃電流計算

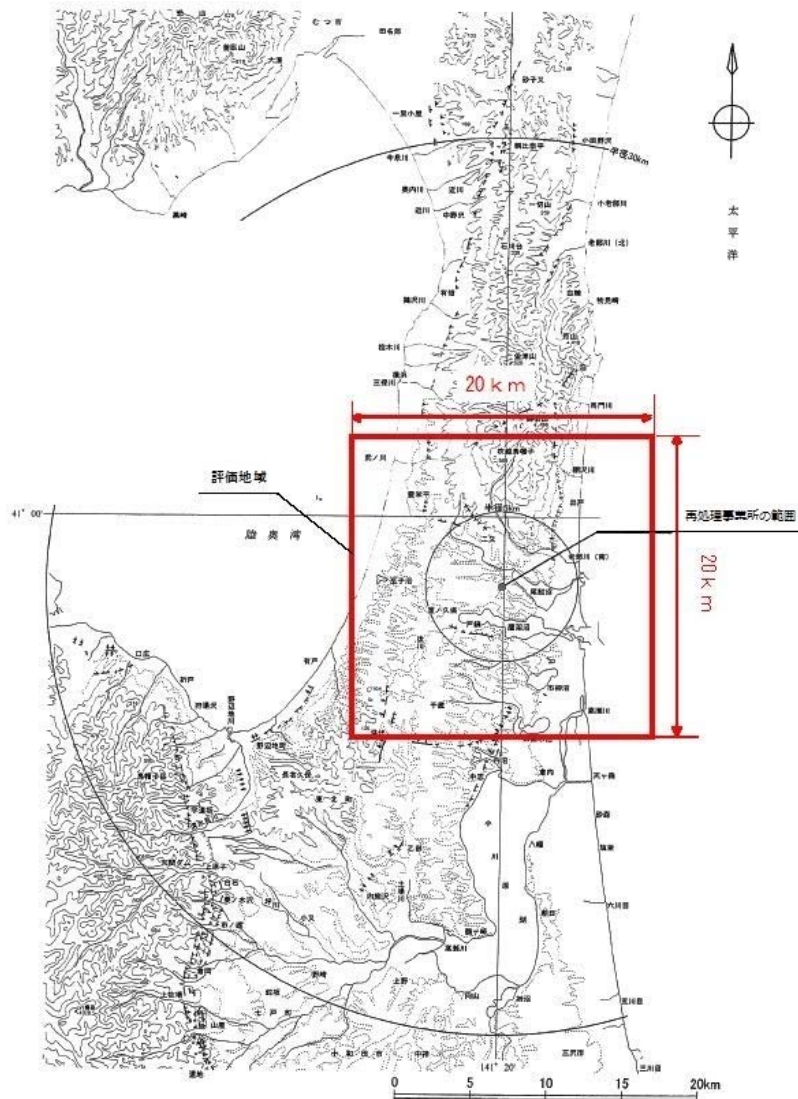
J E A G 4608 (2007) 「原子力発電所の耐雷指針」<sup>(1)</sup>に基づく I E C / T S 61662 (1995) 「Assessment of the risk of damage due to lightning」<sup>(2)</sup>の計算手法により想定落雷数を算出し、MOX燃料加工施設の敷地周辺の年超過確率による雷撃電流計算を実施した。雷撃電流の算出にあたっては、厳しい結果が得られるように、等価受雷面積が最も大きい構築物を選定する必要があることから、MOX燃料加工施設敷地内で最も高い構築物を代表として選定する。

想定雷撃電流は、過去に再処理事業所の敷地で観測された落雷の最大雷撃電流を参考に、安全余裕を考慮し設定しているが、年超過確率による評価を用いて、他の外部衝撃と同様の評価を追加で実施する。

### 2. 計算手法

第3-2-1図に示す再処理事業所を中心とした評価地域400km<sup>2</sup>の範囲で観測された落雷観測データ(2000年1月から2015年10月の期間)を基に再処理事業所の範囲における雷撃数から I E C / T S 61662 (1995) による再処理事業所の主排気筒への想定落雷数  $N_d$  回/年を算出後、最も高い構築物への年超過頻度  $10^{-4}$ /年値となる雷撃電流値を算出する。





第 3 - 2 - 1 図 評価地域及び標的面積

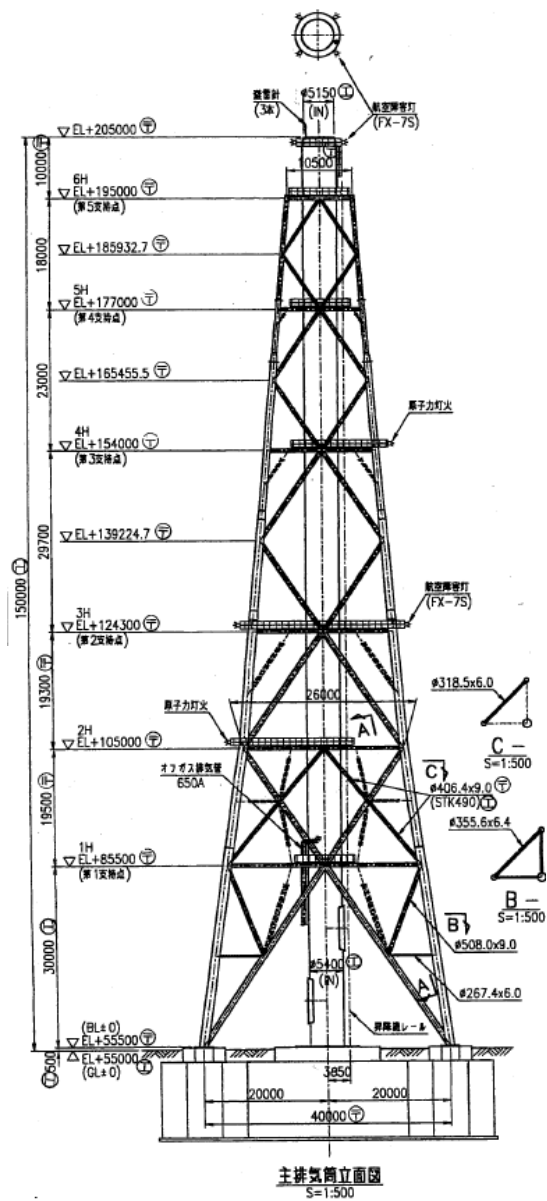
### 3. 雷撃対象と想定落雷数

#### (1) 雷撃対象

等価受雷面積<sup>※1</sup>が最大となる再処理施設の主排気筒を代表建物として想定し，雷撃頻度を評価する。第 3 - 2 - 2 図参照。

※1 等価受雷面積…落雷の収集面積。構造物の高さを3倍とした水平離隔距離の領域を等価な受雷面積としている。第 3 - 2 - 3 図参照。

評価対象：再処理施設 主排気筒



第 3 - 2 - 2 図 再処理事業所における等価受雷面積

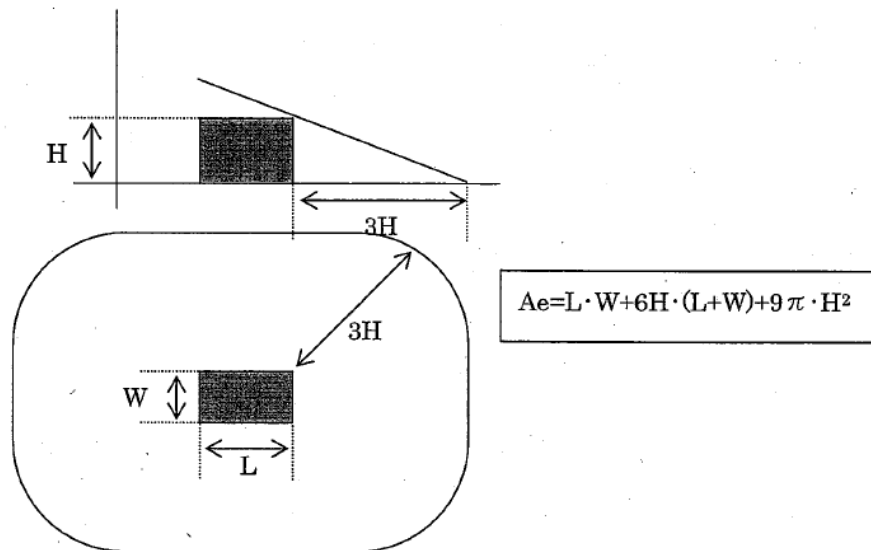


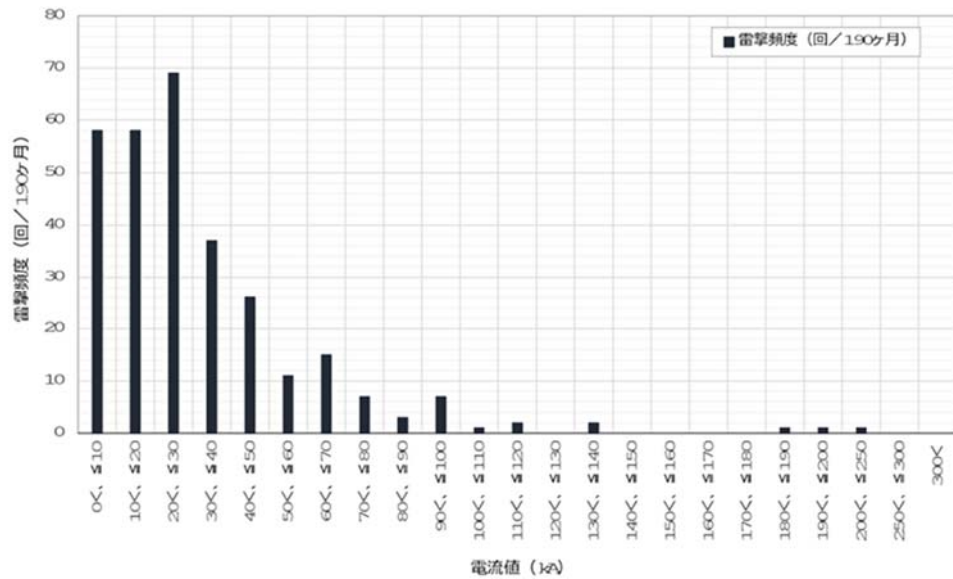
図 要素  $A_e$  (構造物の等価受雷面積)

第 3 - 2 - 3 図 構造物の等価受雷面積

( J E A G 4608 (2007) 「原子力発電所の耐雷指針」 )

(2) 想定落雷数

再処理事業所を包絡した標的面積  $36\text{km}^2$  への 2000 年 1 月から 2015 年 10 月の期間における雷撃数は、再処理事業所への落雷観測記録に基づき、299 件である。第 3 - 2 - 4 図に雷撃観測の雷撃回数結果を示す。



第 3 - 2 - 4 図 再処理事業所の雷撃観測の雷撃回数結果  
(2000年1月から2015年10月)

再処理事業所の観測記録を基に落雷密度  $N_g$  回/年・ $\text{km}^2$  を算出する。I E C 62858 (2015) 「Lightning density based on lightning location systems (LLS) - General principles」<sup>(3)</sup>においては、落雷密度  $N_g$  と雷撃密度  $N_{sg}$  回/年・ $\text{km}^2$  の関係については、下式とされている。

$$N_{sg} = 2 N_g$$

$N_{sg}$  : 単位時間及び単位面積当たりの対地雷撃数

$N_g$  : 単位時間及び単位面積当たりの対地落雷数。落雷は通常、複数の雷撃からなり、これらの一連の現象をまとめて落雷として取り扱われている。

したがって、落雷密度  $N_g$  は、

$$N_{sg} = \frac{299\text{回}}{36\text{km}^2} \times \frac{1}{15.75\text{年}} = 0.53 \text{ (回/年・km}^2\text{)}$$

$$N_g = \frac{N_{sg}}{2} = \frac{0.53}{2} = 0.27 \text{ (回/年・km}^2\text{)}$$

となる。

上記により算出した再処理事業所の観測記録による落雷密度の妥当性を確認するため、①年間雷雨日数分布図<sup>※2</sup>及び②標的面積20km四方での観測記録から算出した落雷密度との比較を行った。

#### ① 年間雷雨日数分布図

従来より電力設備の耐雷設計において標準的に用いられている第3-2-5図に示す昭和29年度から昭和38年度の10年間の雷雨日数統計結果である年間雷雨日数分布図<sup>※2</sup>より落雷密度を算出し、観測時期の違いにより落雷密度が有意に変わらないことを確認する。

年間雷雨日数分布図と落雷密度  $N_g$  の関係については、下式とされている。したがって、年間雷雨日数分布図から算出される落雷密度  $N_g$  は、

$$N_g = 0.1 \times I K L = 0.1 \times 6 = (0.6 \text{回/年} \cdot \text{km}^2)$$

となり、再処理事業所の観測記録の方が、十分低い値となっている。

#### ② 標的面積20km四方での観測記録

年間雷雨日数分布図と同等の標的面積となる再処理事業所を中心とした20km四方における2000年1月から2015年10月の期間における観測記録から落雷密度を算出し、標的面積の違いにより落雷密度が有意に変わらないことを確認する。落雷密度  $N_g$  は、

$$N_{s g} = \frac{3121 \text{回}}{400 \text{km}^2} \times \frac{1}{15.75 \text{年}} = 0.5 \text{ (回/年} \cdot \text{km}^2)$$

$$N_g = \frac{N_{s g}}{2} = \frac{0.5}{2} = 0.25 \text{ (回/年} \cdot \text{km}^2)$$

となり、再処理事業所の観測記録を基に算出した落雷密

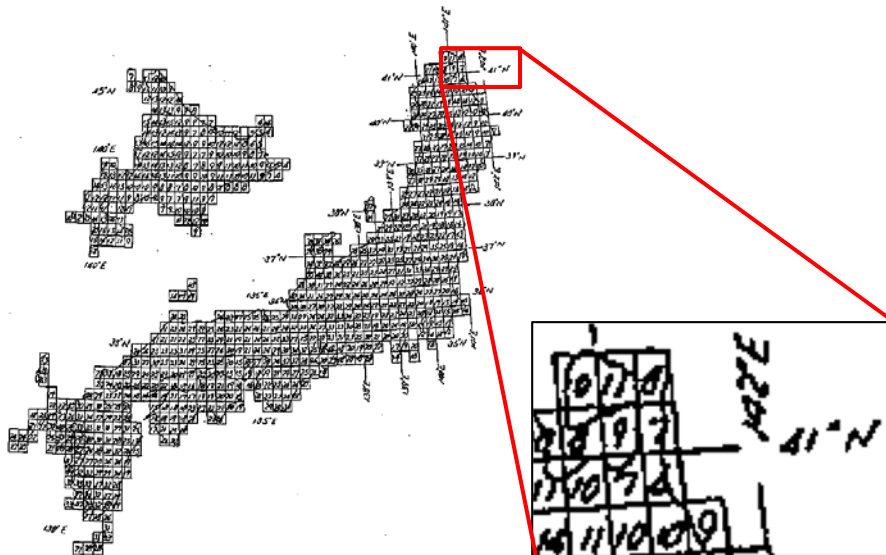
度とほぼ同じ値となる。

したがって、①年間雷雨日数分布図及び②標的面積20km四方での観測記録から算出する落雷密度については同等であり、雷活動に対し有意な経年変化はなく、再処理事業所での観測記録を耐雷設計として適用することは妥当である。

以上から、雷活動に対し有意な経年変化や標的面積による違いはないことを確認した。年超過頻度 $10^{-4}$ /年値の設定にあっては、雷撃密度から落雷密度の換算において、想定雷撃数は多いほど安全側評価となることから、1/2とはせずに保守性を確保する。

$$N_g = \frac{299\text{回}}{36\text{km}^2} \times \frac{1}{15.75\text{年}} = 0.53 \text{ (回/年} \cdot \text{km}^2)$$

※2 I K L マップ (Isokeraunic Level Map)。気象庁と電力中央研究所と共同して観測結果をもとに作成されたもの。従来より耐雷設計では雷撃密度 $N_g$ は当該年間雷雨日数分布図を用いられてきた。



再処理事業所周辺は 6

### 第 3 - 2 - 5 図 年間雷雨日数分布図

(昭和29年度から昭和38年度の10年間平均)

再処理事業所の主排気筒の等価受雷面積  $A_e$   $\text{km}^2$  を算出する。等価受電面積  $A_e$  は、

$$\begin{aligned}
 & \text{主排気筒} : 5.15\text{m (L)} \times 5.15\text{m (W)} \times 150\text{m (H)} \\
 A_e &= L \times W + 6 H \times (L + W) + 9 \pi \times H^2 \\
 &= 5.15 \times 5.15 + 6 \times 150 \times (5.15 + 5.15) + 9 \times \pi \times 150^2 \\
 &= 650000 (\text{m}^2) = 0.65 (\text{km}^2)
 \end{aligned}$$

となる。

構造物の設置された環境条件により定まる環境係数  $C_e$  は、第 3 - 2 - 1 表より 1.0 とする。

第 3 - 2 - 1 表 環境係数  $C_e$

環境条件	$C_e$ の値
同じ様な高さ，又は塔や森林の様に高い建設群や樹木のある広い範囲に位置する建物	0.2
小さな建物群に囲まれた建物	0.5
建物の高さの3倍の範囲に建物がない独立した建物	1.0
丘の上や塚の上に位置する建物	2.0

( J E A G 4608(2007)「原子力発電所の耐雷指針」)

以上より，想定落雷数  $N_d$  回/年を算出する。

$$N_d = N_g \times A_e \times C_e = 0.53 \times 0.65 \times 1.0 = 0.35 \text{ (回/年)}$$

上記より，主排気筒への年間雷撃数は0.35回/年と算出される。

以上を考慮すると，再現期間を  $y$  として主排気筒への雷撃数  $N_t$  回は以下のようなになる。

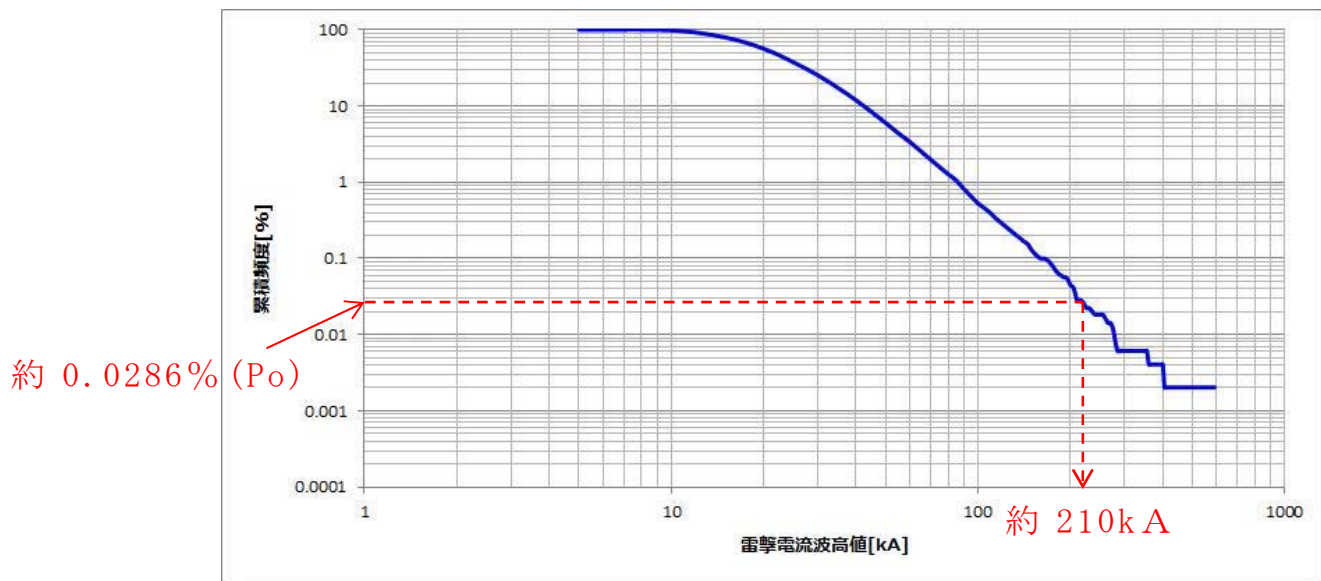
$$N_t = N_d \times y$$

これらの雷撃について，発生する電流最大値を雷撃電流分布での確率  $P = 1 / (N_t)$  の点で評価する。雷撃電流分布に関しては，株式会社フランクリンジャパンの運用する全国雷観測ネットワーク ( J L D N ) により観測された落雷データに基づき評価する ( 第 3 - 2 - 6 図 ) 。なお，再現期間は  $10^4$  年とする。

$$N_t = 0.35 \times 10^4 = 3500 \text{ 回}$$

確率  $P_o = 1 / (3500)$  に対する電流値は約 210kA となる。





第 3 - 2 - 6 図

全国雷観測ネットワーク（JLDN）観測の電流分布

#### 4. まとめ

本評価によって得られた、年超過頻度 $10^{-4}$ /年値となる想定最大雷撃電流210kAは、過去に再処理事業所の敷地で観測された落雷の最大雷撃電流211kAと同等である。

#### 5. 参考文献

- (1) 日本電気協会（2007）：原子力発電所の耐雷指針，電気技術指針，J E A G 4608（2007）
- (2) International Electrotechnical Commission（1995）：Assessment of the risk of damage due to lightning，I E C / T S 61662（1995）
- (3) International Electrotechnical Commission（2015）：Lightning density based on lightning location systems(LLS)-General principles，I E C 62858(2015)

令和2年1月23日 R1

補足説明資料4-1 (9条 落雷)

## 雷撃電流を 150 k A としていた設計経緯について

### 1. これまでの耐雷設計の基本方針

MOX燃料加工施設の耐雷設計は、設計管理基準として、「耐雷設計基準」および「接地基準」を定め、「原子力発電所の耐雷指針（1998年）」（以下「J E A G 4608(1998)」という）及び「建築物等の雷保護」（以下「J I S A 4201(2003)」という）に準拠した避雷設備の設置と雷サージ対策を行っている。

J E A G 4608(1998)では、解説において、具体的な設計は、電力中央研究所報告（T 40）「発電所および地中送電線の耐雷設計ガイド」（平成7年12月）（以下「T 40」とする。）によるとしており、T 40では、過酷な雷過電圧が発生するのは、発電所近傍で発生する逆フラッシュオーバー時であり、雷撃を想定する区間は第一鉄塔1基を含む経間で十分とされている。また、雷撃電流については、送電線の公称電圧に応じた想定雷撃電流が設定されている。

## 2. 従来 of 想定雷撃電流

T40において、公称電圧に対し想定している雷撃電流は、下表第4-1-1表のとおり。

第4-1-1表 想定雷撃電流

公称電圧	想定雷撃電流	想定区間	
500kV	150kA	150m	原子力施設
275kV	100kA	150m	
220kV	80kA	150m	
187kV	80kA	150m	
154kV	60kA	150m	<u>MOX燃料加工施設</u>
110kV	60kA	150m	
77kV	40kA 又は 30kA	150m	
66kV	40kA 又は 30kA	150m	

MOX燃料加工施設が連携している電力系統は、公称電圧が154kVである鷹架線（1号，2号）であり，T40によると，想定雷撃電流は60kAとなる。しかし，施設の重要性から，500kV送受電を行っている原子力施設と同等とみなし，想定雷撃電流を150kAと設定し耐雷設計を行っている。また，開閉所については，T40を踏襲し，60kAにより耐雷設計を行っている。

### 3. J E A G 4608(2007)に対する考え方

J E A G 4608(2007)における避雷設備は，雷直撃の防止の中で，電力設備の避雷設備と建築物等の避雷設備に大別され，そのうち，建築物等の避雷設備については，一般建築物の避雷設備と危険物施設の避雷設備に分けられており，それぞれに対し，解説が記されている。

電力設備の避雷設備は，これまでの J E A G 4608(1998)と同様に，具体的な設計は T 40によるとされている。

一方，建築物等の避雷設備については，J I S A 4201(2003)に基づく避雷設備とされ，保護レベル I ～ IV の 4 段階のいずれかを任意に決定できるとしている。

第 4 - 1 - 2 表 保護レベルと保護効率

保護レベル	保護効率	最大雷撃電流	最小雷撃電流	雷撃距離
I	98%	200kA	2.9kA	20m
II	95%	150kA	5.4kA	30m
III	90%	100kA	10.1kA	45m
IV	80%	100kA	15.7kA	60m

J E A G 4608(2007)では，危険物施設の避雷設備について，一定容量以上の危険物施設には保護レベル I に基づいた避雷設備（ただし，保護効率を考慮した場合，保護レベルは II とできる）とし，さらに危険物施設を考慮した際の原子力発電所の危険物施設における避雷設備の保護レベルについては保護レベル IV と評価している。

#### 4. J E A G 4608(1998)の想定雷撃電流に対する保護レベル

これまでの J E A G 4608(1998)に基づく想定雷撃電流150 k Aは， J I S A 4201(2003)において，保護レベルⅡの最大雷撃電流150 k Aに相当し，保護効率95%の避雷設備を設けることとなるが， J E A G 4608(2007)では， I E C / T S 61662:1995「Assessment of damage due to lightning」による保護レベルの選定について計算例が補足説明として掲載されており，この手法を用いて保護レベルを評価する。

評価にあたっては，以下の条件を基とし，等価受雷面積は M O X 燃料加工施設 への落雷を想定する。

第 4 - 1 - 3 表 前提条件の比較

	<u>M O X 燃料加工施設</u>	J E A G 4608(2007)
雷雨日数	10日	38日
保護効率	保護レベルⅣ (80%)	保護レベルⅣ (80%)
大地固有抵抗値	133.3 Ω -m	100 Ω -m
最大許容落雷頻度	$Ra = 10^{-5}$	$Ra = 10^{-5}$

第 4 - 1 - 4 表 建屋規模の比較

建屋名称	<u>MOX 燃料加工施設</u>	J E A G 4608(2007)
燃料加工建屋	88.3m × 87.3m × 22.5m	60m × 60m × 75m

MOX 燃料加工施設における建屋の評価は、第 4 - 1 - 5 表に示すとおりとなり、保護レベルⅣの保護効率80%で十分な構築物であることを確認した。

第 4 - 1 - 5 表

保護レベルⅣとした場合の年間の雷撃による損害の発生確率と

許容落雷損害発生確率の比較

建屋名称	<u>MOX 燃料加工施設</u>	J E A G 4608(2007)
	年間の雷撃による 損害の発生確率	許容落雷損害 発生確率
燃料加工建屋	F = 0.00036	Fa = 0.00100