

【公開版】

提出年月日	令和2年3月6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  
(航空機落下)

## 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. 航空機落下に対する防護設計の基本方針

2. 1 航空機落下に対する防護設計の要否確認の対象の選定

2. 2 評価対象とする航空機落下事故の選定

#### 3. 評価対象とする航空機落下事故

#### 4. 標的面積の設定

#### 5. MOX燃料加工施設への航空機落下確率

### 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（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> <ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ol>	<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)

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) 航空機落下

安全機能を有する施設は、その重要度に応じてその機能を確保することが要求されていること、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設はその機能の喪失により公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれがあること、並びに安全機能を有する施設は臨界防止及び閉じ込め等の安全機能を損なわないことを要求されていることから、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設を収納する建屋を対象に、航空機落下確率を評価した結果、防護設計は必要ない。

## 1. 3 規則への適合性

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第九条 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

省略。

第3項について

安全機能を有する施設は、MOX燃料加工施設内又はその周辺において想定される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) 航空機落下

安全機能を有する施設は、その重要度に応じてその機能を確保することが要求されていること、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設はその機能の喪失により公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれがあること、並びに安全機能を有する施設は臨界防止及び閉じ込め等の安全機能を損なわないことを要求されていることから、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設を収納する建屋を対象に、「実用発電原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）（平成14・07・29原院第4号）」（以下「航空機落下評価ガイド」という。）を参考に、「計器飛行方式民間航空機の航空路を巡航中の落下事故」及び「自衛隊機又は米軍機の訓練空域周辺を飛行中の落下事故」の航空機落下確率を評価した。その結果、航空機落下確率は $2.1 \times 10^{-8}$ （回/年）となり、判断基準である $10^{-7}$ （回/年）を超えないことから、防護設計は必要ない。

## 2. 航空機落下に対する防護設計の基本方針

MOX燃料加工施設の航空機落下確率評価に当たっては航空機落下評価ガイドを参考として、施設に対する防護設計の要否を確認する。

安全機能を有する施設は、その重要度に応じてその機能を確保することが要求されていること、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設はその機能の喪失により公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれがあること、並びに安全機能を有する施設は臨界防止及び閉じ込め等の安全機能を損なわないことを要求されていることから、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設を収納する建屋を航空機落下確率の評価対象とする。

【補足説明資料 2-1、2-2】

### 2. 1 航空機落下に対する防護設計の要否確認の対象の選定

航空機落下評価ガイドを参考として、航空機落下に対する防護設計の要否を確認することとし、航空機落下に対する防護設計の要否確認の対象として、安全機能を有する施設は、その重要度に応じてその機能を確保することが要求されていること、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設はその機能の喪失により公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれがあること、並びに安全機能を有する施設は臨界防止及び閉じ込め等の安全機能を損なわないことを要求されていることから、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設を選定する。

### 2. 2 評価対象とする航空機落下事故の選定

航空機落下については、航空機落下評価ガイドを参考として、航空機落下事故の分類ごとに航空機落下確率評価の要否を確認する。

【補足説明資料 2 - 3】

(1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故

- a. 飛行場での離着陸時における落下事故について、MOX燃料加工施設周辺に立地する三沢空港の滑走路端から滑走路方向に対して±60°の扇型区域から外れることから、航空機落下確率評価は不要とする。
- b. 航空路を巡航中の落下事故について、MOX燃料加工施設上空に航空法第37条に基づく航空路の指定に関する告示により指定されている航空路は存在しないが、航空路誌（AIP）に掲載された直行経路MISAWA（MIS）－CHITOSE（ZYT）が存在することから、当該直行経路を計器飛行方式民間航空機が飛行することを想定し、航空機落下確率評価を行う。

(2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

MOX燃料加工施設上空の三沢特別管制区は、航空法第94条の2により有視界飛行方式民間航空機の飛行が制限されていることから、航空機落下確率評価は不要とする。

(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

- a. 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について、MOX燃料加工施設の上空に訓練空域は存在しないことから、

訓練空域周辺を飛行中の落下事故について、航空機落下確率評価を行う。

- b. 基地－訓練空域間往復時の落下事故について、MOX燃料加工施設は、基地－訓練空域間の往復の想定飛行範囲内に位置しないことから、航空機落下確率評価は不要とする。



### 3. 評価対象とする航空機落下事故

評価対象とする航空機落下事故は、国内における落下事故とし、対象期間は計器飛行方式民間航空機については平成11年1月から平成30年12月<sup>※1</sup>までの20年間、自衛隊機又は米軍機については平成11年4月から平成31年3月<sup>※2</sup>までの20年間とする。

※1 平成11年1月から平成29年12月での期間は「航空機落下事故に関するデータ 令和元年12月 原子力規制委員会」、平成30年1月から平成30年12月までの期間は「国土交通省 運輸安全委員会 報告書」検索結果による。

※2 平成11年4月から平成29年12月での期間は「航空機落下事故に関するデータ 令和元年12月 原子力規制委員会」、平成30年1月から平成31年3月までの期間は「文林堂 航空ファン (no. 783-798)」による。

#### (1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故

対象期間において、航空路を巡航中の落下事故は発生していないが、安全側に事故件数を0.5回とする。

#### (2) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

対象期間において、評価対象とする航空機落下事故は、自衛隊機10回及び米軍機3回となる。

【補足説明資料3-1】

#### 4. 標的面積の設定

MOX燃料加工施設の標的面積の設定に当たっては、防護設計の要否確認の対象として選定した安全上重要な施設を収納する建屋及び安全上重要な施設の安全機能の維持に必要な建物・構築物の面積を合算した面積を標的面積とする。

MOX燃料加工施設において安全上重要な施設を収納する建屋は燃料加工建屋であり、燃料加工建屋の水平断面積は  $0.01\text{km}^2$  以下であるため、MOX燃料加工施設の標的面積を  $0.010\text{km}^2$  とする。

## 5. MOX燃料加工施設への航空機落下確率

MOX燃料加工施設への航空機落下確率は、「計器飛行方式民間航空機」及び「自衛隊機又は米軍機」の航空機落下確率の総和とする。

### (1) 計器飛行方式民間航空機

航空路（直行経路）を巡航中の計器飛行方式民間航空機のMOX燃料加工施設への航空機落下確率を以下に示す。

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{f_c \times N_c \times A}{W} \\ &= \frac{(0.5 / 11497450753) \times 1825 \times 0.010}{14.816} \\ &= 5.4 \times 10^{-11} \text{ (回/年)} \end{aligned}$$

$P_c$  : MOX燃料加工施設への巡航中の航空機落下確率（回/年）

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

$A$  : MOX燃料加工施設の標的面積 ; 0.010 (km<sup>2</sup>)

$W$  : 航空路幅 ; 14.816 (km)

$f_c$  : 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率

(回 / (飛行回・km))  $\frac{(G_c / H_c)}$

$G_c$  : 巡航中事故件数 ; 0.5 (回)

$H_c$  : 延べ飛行距離 ; 11497450753 (飛行回・km)（注2）

(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。

【補足説明資料5-1】

(注2) 平成11年1月から平成29年12月での期間は「航空機落下事故に関するデータ 令和元年12月 原子力規制委員会」、平成30年1月から平成30年12月までの期間は「航空輸送統計調査」による。

【補足説明資料5-2】

(2) 自衛隊機又は米軍機

訓練空域周辺を飛行中の自衛隊機又は米軍機のMOX燃料加工施設への航空機落下確率を以下に示す。

【補足説明資料5-3】

$$\begin{aligned} P_{SO} &= \frac{f_{SO}}{S_O} \times A \\ &= \left( \frac{0.5}{294881} + \frac{0.15}{372472} \right) \times 0.010 \\ &= 2.1 \times 10^{-8} \text{ (回/年)} \end{aligned}$$

$P_{SO}$  : MOX燃料加工施設への訓練空域外を飛行中の自衛隊機又は米軍機のMOX燃料加工施設への航空機落下確率 (回/年)

$f_{SO}$  : 航空機による単位年当たりの訓練空域外落下事故率 (回/年) ;

自衛隊機 :  $10/20=0.5$  (回/年), 米軍機 :  $3/20=0.15$  (回/年)

$S_O$  : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積 (km<sup>2</sup>) ;

自衛隊機 : 294881 (km<sup>2</sup>), 米軍機 : 372472 (km<sup>2</sup>) (注1)

A : MOX燃料加工施設の標的面積 ; 0.010 (km<sup>2</sup>)

(注1) 「航空機落下事故に関するデータ 令和元年 12 月 原子力規制委員会」による。

(3) MOX燃料加工施設への航空機落下確率

(1)及び(2)に示す計器飛行方式民間航空機及び自衛隊機又は米軍機のMOX燃料加工施設への航空機落下確率の総和は、 $2.1 \times 10^{-8}$  (回/年) となり、防護設計の判断基準である  $10^{-7}$  (回/年) を超えないことから、防護設計は必要ない。

【補足説明資料5-4】

## 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(航空機落下)

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	MOX燃料加工施設の防護設計について(既許可申請書)	12/13	0	
補足説明資料2-2	「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」 との整合について	2/25	4	
補足説明資料2-3	評価対象とする航空機落下事故の選定結果	1/23	1	
補足説明資料3-1	評価対象とする訓練空域周辺を飛行中の落下事故	2/7	1	
補足説明資料5-1	評価対象となる航空路等の飛行回数	12/13	0	
補足説明資料5-2	民間航空機の延べ飛行距離	2/7	1	
補足説明資料5-3	航空機落下確率の端数処理について	2/7	2	
補足説明資料5-4	係数を適用した場合の航空機落下確率	2/7	2	

令和元年12月13日 R0

## 補足説明資料2－1



MOX燃料加工施設の防護設計について（既許可申請書）

本文別添「一. 加工施設の位置, 構造及び設備 ロ. 建物の構造 (ロ) 構造 (6) その他の主要な構造」より抜粋

② 加工施設における主要な建物は, 仮に訓練飛行中の航空機が施設に墜落することを想定したときに, 安全確保上支障のない構造とする。

添付書類5「チ. その他の安全設計」より抜粋

(ハ) 航空機に対する考慮

(1) 防護設計の基本方針

三沢対地訓練区域で訓練飛行中の航空機が施設に墜落する可能性は極めて小さいが, 墜落することを想定したときに, 一般公衆に対して過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのある施設を建物・構築物で防護する等安全確保上支障のないようにする。この建物・構築物は航空機に対して貫通が防止でき, かつ, 航空機による衝撃荷重に対して健全性が確保できるように設計する。

(2) 防護対象施設

訓練飛行中の航空機が施設に墜落することを想定したときに, 一般公衆に対して過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのある施設は, 防護対象とする。安全上重要な施設については原則として防護対象とする。

防護方法としては, 安全上重要な施設とその他の施設が同じ区域に設置されている等の加工施設の特質を配慮して, 建物・構築物の外壁及び屋根により建物・構築物全体を適切に防護する方法を基本とし,

建物・構築物内部に設置されている施設の安全性を確保する。

### (3) 防護設計条件の設定

戦闘機の事故要因<sup>(14)</sup>のうち、三沢対地訓練区域での発生が考えられない要因並びに基地周辺及び訓練コース近傍でしか発生しない要因を除外し、加工施設まで到達する可能性があるものを抽出すると、エンジン推力を喪失する場合は挙げられる。なお、コックピット火災等によりパイロットが直ちに脱出した後も飛行を継続する場合も考えられるが、このような事象が生じる可能性は過去の事例からみて無視できる。エンジン推力を喪失すると、通常パイロットは安全確保のために、機体の安定に必要な操作等を行った後、最良滑空状態<sup>(14)(15)</sup>にし、基地又は海上等への到達を図る。到達が不可能と判断した場合でも、原子力関係施設等の回避を行った後、パイロット自身の安全確保等のため減速して脱出する<sup>(16)</sup>。このときの航空機の様子は最良滑空速度と失速速度の間にあると考えられる。

回避が行われずに航空機が施設まで滑空することは考えられないが、ここでは回避が行われずに最良滑空速度で滑空する場合を想定する。最良滑空速度は、(5.1)式<sup>(17)</sup>により求める。

$$V = \sqrt{\frac{2W}{\rho \cdot S \cdot C_r}} \quad C_r = \sqrt{C_L^2 + C_D^2} \dots\dots\dots (5.1)$$

ここで、

V : 飛行速度 (m/s)

W : M × g

M : 航空機の総質量 (kg)

g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

ρ : 空気密度 (kg/m<sup>3</sup>)

S : 主翼面積 (m<sup>2</sup>)

C<sub>L</sub> : 揚力係数 (—)

C<sub>D</sub> : 抗力係数 (—)

防護設計の条件設定に当たっては、三沢対地訓練区域で多く訓練飛行を行う米国空軍のF-16C/D<sup>(18)(19)</sup>、航空自衛隊のF-4EJ<sup>(20)</sup>改及びF-2<sup>(21)</sup>を考慮して、航空機による衝撃荷重及びエンジンに係る条件を設定する。

三沢対地訓練区域で訓練飛行中のF-16C/Dについて、当社が調査した結果では、搭載物は燃料タンク及び小型の模擬弾であり、総質量としては、添5第15図に示すように大部分が約16t以下である。また、F-4EJ改及びF-2については、それぞれ添5第16、添5第17図に示すようにほとんどの場合20t、14t以下である（F-1の外部搭載物調査結果による推定結果を追加説明書I（航空機質量の設定における外部搭載物について）に示す）。(5.1)式による最良滑空速度の算定においては、F-16C/D、F-4EJ改及びF-2の総質量について、それぞれ17t、22t及び16tとする。また、F-16C/D、F-4EJ改及びF-2を対象とした最良滑空速度の設定に必要な諸元を添5第12表にまとめる。

航空機による衝撃荷重の設定に用いるF-16C/D、F-4EJ改、F-2等の諸元を添5第13表にまとめる。

F-2は、F-16C/Dと航空機の総質量、衝突速度、機体長さ及び胴体部投影面積について比較すると、鉄筋コンクリート版に対し影響が小さくなる方向である。F-16C/DとF-4EJ改については、航空機の総質量、衝突速度についてF-4EJ改が影響が大きくなる方向であり、機体長さ、胴体部投影面積についてF-16C/Dが影響

が大きくなる方向である。

このため、F-16C/DとF-4EJ改を包絡する条件として航空機の総質量20t、速度150m/sとしたF-16相当の航空機による衝撃荷重を設定し、この衝撃荷重から求まる応答が、航空機の総質量22t、速度155m/sとしたF-4EJ改による衝撃荷重の応答よりも大きくなることを解析した（解析結果を追加説明書Ⅱ（F-4EJ改の衝撃荷重による応答の評価）に示す）。

また、エンジンに係る条件については、安全側の条件となるよう、F-4EJ改の2基のエンジン（質量1.745t/基、吸気口部直径0.992m）と等価な質量、断面積を有するエンジンとし、エンジンの質量3.49t、エンジン吸気口部直径1.403m、エンジンの衝突速度155m/sを用いる。F-16C/D、F-4EJ改、F-2等のエンジン諸元を添5第14表に示す。

#### （4） 建物・構築物の防護設計

航空機は、柔な機体とそれに比べて比較的硬いエンジンから構成されているという構造的特徴があり、航空機衝突時の建物・構築物の損傷の評価においては、比較的硬いエンジンの衝突による貫通等の局部的な破壊と機体全体の衝突による鉄筋コンクリート版の全体的な破壊という二つの現象を考慮する。

防護設計を行う建物・構築物は、エンジンの衝突による貫通を防止でき、航空機全体の衝撃荷重によるコンクリートの圧縮破壊及び鉄筋の破断による版の全体的な破壊を防止できる堅固な構造とする。

壁等に設けられた開口部について、開口面積の大きいものは、堅固な壁等による迷路構造により開口内部を直接見込めない構造とすることによって防護設計を行う。

また、航空機が加工施設まで滑空する場合には、東又は南方向から角度をもって施設に向かうと考えられるが、安全側の設計として、荷重はすべての方向の壁及び屋根等に対して直角に作用するものとする。

なお、防護設計を行う建物・構築物は、航空機搭載燃料の燃焼による火災を考慮した設計とする。この際の圧力影響は、無視できる程小さいため<sup>(30)</sup>考慮しない。

- ① エンジンによる鉄筋コンクリート版の防護厚さは、適合性が確認されているDegenによる剛飛来物の貫通限界厚さの評価式<sup>(31)</sup>に、実物航空機のエンジンを用いた実験<sup>(32)</sup>から得られた成果を反映した (5.2) 式により求められる貫通限界厚さを下回らないものとする。

$$e = 0.65(2.54 \times e') \dots\dots\dots (5.2)$$

ただし、

1.52 ≤ X/d ≤ 13.42 の場合

$$e' / d = 0.69 + 1.29(X/d)$$

1.52 ≥ X/d の場合

$$e' / d = 2.2(X/d) - 0.3(X/d)^2$$

貫入深さ (X) は、

X/d ≤ 2.0 の場合

$$X/d = 2 \{ (180/\sqrt{f'c'}) \times 0.72 d^{0.2} \times D (V/1000)^{1.8} \}^{0.5}$$

X/d ≥ 2.0 の場合

$$X/d = (180/\sqrt{f'c'}) \times 0.72 d^{0.2} \times D (V/1000)^{1.8} + 1$$

ここで、

e : 貫通限界厚さ (cm)

e' : Degen式による貫通限界厚さ (in)

X : 貫入深さ (in)

- d : エンジン有効直径 (in)
- fc' : コンクリート圧縮強度 (lbf/in<sup>2</sup>)
- D : W/d<sup>3</sup> (lbf/in<sup>3</sup>)
- W : エンジン重量 (lbf)
- V : 衝突速度 (ft/s)

なお、エンジン有効直径としては、エンジン吸気口部直径を用いることとする。

- ② 機体全体の衝突による建物・構築物の破壊に対しては、衝撃荷重を用いた版の応答解析を行い、コンクリートの圧縮破壊及び鉄筋の破断を生じさせない設計とする。

- a. 衝撃荷重は、Rieraが理論的に導いた評価式<sup>(33)</sup>に、実物航空機を用いた実験<sup>(32)</sup>から得られた成果を反映した (5.3) 式により求める。

$$F(t) = P_c \{x(t)\} + 0.9 \mu \{x(t)\} \times V(t)^2 \cdots \cdots (5.3)$$

ここで、

F(t) : 衝撃荷重 (N)

$P_c \{x(t)\}$  : 衝突面における航空機の破壊強度 (N)

$\mu \{x(t)\}$  : 衝突面における航空機の単位長さ当たりの質量 (kg/m)

V(t) : 衝突面における航空機の世界度 (m/s)

x(t) : 時刻 t における機体軸方向の衝突位置 (m)

$P_c \{x(t)\}$  及び  $\mu \{x(t)\}$  は、文献<sup>(32)</sup>を参考に、航空機の重量、長さに合わせて策定し、設計に用いる衝撃荷重曲線は、(5.3) 式による算定結果に対し、全体的な形状をとらえ、力積が下回らないように平滑化した。

上記により得られた衝撃荷重曲線を添5第18図に示す。

b. コンクリートの圧縮破壊及び鉄筋の破断による版の破壊防止に対する許容値は、米国土木学会等<sup>(34)</sup><sup>(35)</sup>の文献及び日本工業規格を参考に次の値とする。

コンクリートの圧縮歪み：  $6,500 \times 10^{-6}$

鉄筋の引張歪み                   :  $60,000 \times 10^{-6}$

## 参考文献

- (1) 再処理施設の設計用BWR燃料条件について. 株式会社東芝, 平成3年7月, TLR-R007.
- (2) 再処理施設の設計用BWR燃料条件について. 株式会社日立製作所, 平成3年7月, HLR-045.
- (3) 再処理施設の設計用PWR燃料条件について. 三菱原子力工業株式会社, 平成3年7月, MAPI-3008.
- (4) 再処理施設設計用の原燃工製燃料条件について. 原子燃料工業株式会社, 平成3年7月, NFK-8098.
- (5) 脱硝及び製品貯蔵施設のしゃへい設計用燃料条件について. 三菱マテリアル株式会社, 平成4年7月, MMC-9104.
- (6) Croff, A. G. A User's Manual for the ORIGEN2 Computer Code. Oak Ridge National Laboratory, 1980, TM-7175.
- (7) Oshima Hirofumi. Development of Microwave Heating Method for Co-Conversion of Plutonium-Uranium Nitrate to MOX Powder. Journal of Nuclear Science and Technology, vol. 26, No.1, 1989, p. 161-166.
- (8) Hamasaki, M. et al. "Realistic Evaluation of New Fuel Storage Criticality". International Seminar on Nuclear Criticality Safety. Tokyo, 1987-10, Atomic Energy Society of Japan, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, Japan Atomic Energy Research Institute. p. 119-127.
- (9) MOX取扱施設臨界安全ガイドブック. 動力炉・核燃料開発事業団, 1996, PNC TN1410 96-074
- (10) "SCALE-4.2: Modular Code System for Performing Standardized



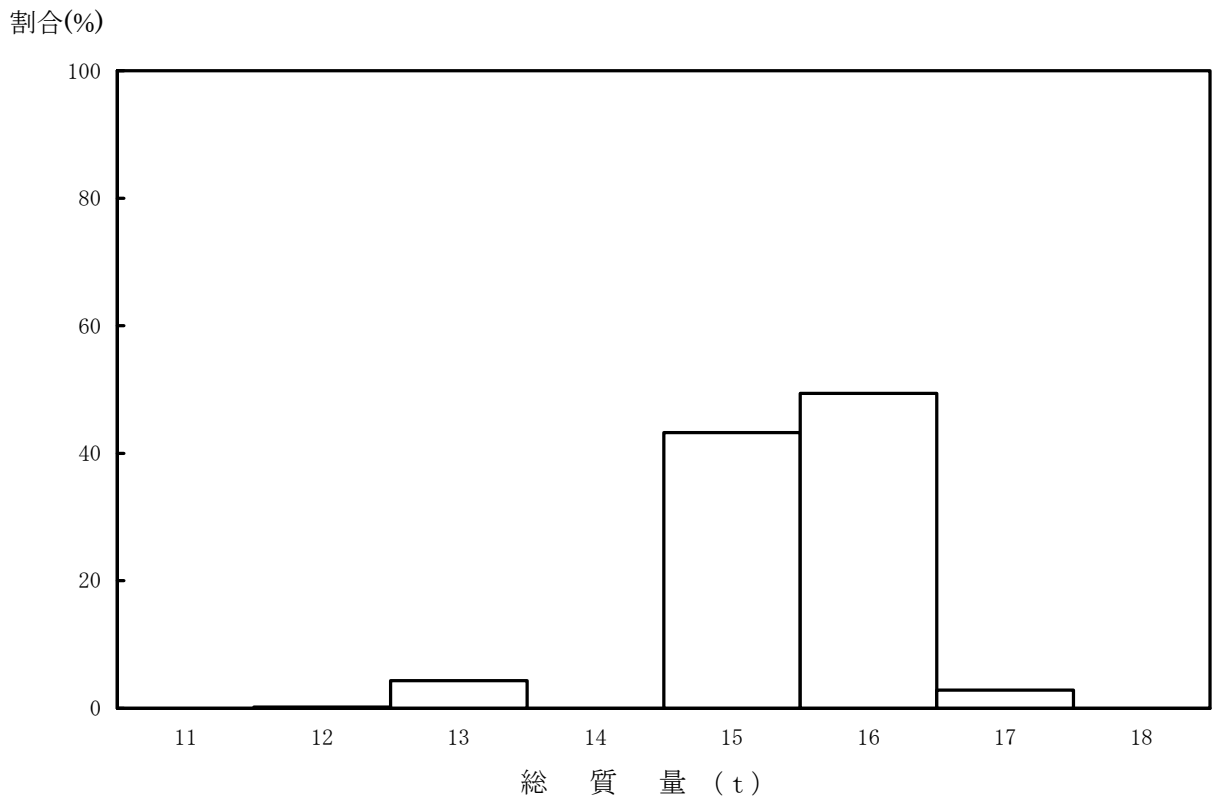
- Computer Analyses for Licensing Evaluation Vol. I” . RSIC  
COMPUTER CODE COLLECTION. Oak Ridge National Laboratory, 1990,  
CCC-545.
- (11) 燃料取扱事故時の燃料棒破損本数評価. 原子燃料工業株式会社,  
2002, NFK-8094改3.
- (12) 山手浩一ほか. MOX新燃料落下時の燃料被覆管健全性評価. 日本  
原子力学会「1996春の学会」. 大阪, 1996-03, 日本原子力学会. 日本  
原子力学会予稿集. 1996, B28, p. 86.
- (13) 秋山英俊ほか. 模擬燃料体の落下試験結果. 日本原子力学会「1994春  
の年会」. 茨城, 1994-03, 日本原子力学会. 日本原子力学会予稿集.  
1994, E48, p. 244.
- (14) 訓練中の航空機の事故について. 三菱重工業株式会社, 日本原燃株  
式会社, 1996, J/M-1001改1.
- (15) 航空大学校編. “4章 緊急操作(EMERGENCY PROCEDURES)”. 航空  
機取扱 (Beechcraft Bonanza E-33) . 財団法人航空振興財団, 1970.
- (16) “Section III T.O. 1T-33A-1” . USAF Series T-33A NAVY Model  
TV-2 Flight Handbook. USAF, Naval Aeronautics Publication,  
1957.
- (17) 比良二郎. 飛行の理論. 廣川書店.
- (18) John, W, R, Taylor. et al., ed. Jane’s All the World’s  
Aircraft 1987-88. London, Jane’s Publishing Company Limited,  
1987, p. 424. (ISBN 0-7106-0850-0)
- (19) Paul, Jackson. et al., ed. Jane’s All the World’s Aircraft  
2003-2004. Surrey, Jane’s Information Group Limited, 2003. p.  
663-671, 798. (ISBN 0-7106-2537-5)

- (20) John, W, R, Taylor. et al., ed. Jane's All the World's Aircraft 1979-1980. London, Jane's Publishing Company Limited, 1979, p. 381-383. (ISBN 0-354-00589-8)
- (21) エアワールド別冊. 1993-01, (株) エアワールド. 1993.
- (22) John, W, R, Taylor. et al., ed. Jane's All the World's Aircraft 1986-87. London, Jane's Publishing Company Limited, 1986, p. 939. (ISBN 0-7106-0835-7)
- (23) Paul, Jackson. et al., ed. Jane's All the World's Aircraft 1997-98. Surrey, Jane's Information Group Limited, 1997, p. 293-295, 805. (ISBN 0-7106-1540-X)
- (24) Luat T. Nguyen. et al., Simulator Study of Stall/Post-Stall Characteristics of a Fighter Airplane with Relaxed Longitudinal Static Stability. NASA, 1979, NASA Technical Paper 1538.
- (25) AIRCRAFT HANDLING QUALITIES DATA. NASA, 1972, NASA CR-2144.
- (26) 航空情報, 酣橙社, 11月号, 1986.
- (27) Aircraft Photo File Lock on No.2 General Dynamics F-16 Fighting Falcon. Verlinden Publications, 1984.
- (28) (欠番)
- (29) Paul, Jackson. et al., ed. Jane's All the World's Aircraft 1995-96. Surrey, Jane's Information Group Limited, 1995, p. 759. (ISBN 0-7106-1262-1)
- (30) 平野敏右. “第3章 爆発現象”. ガス爆発予防技術. 海文堂.
- (31) Peter P. Degen. Perforation of Reinforced Concrete Slabs by Rigid Missiles. Journal of the Structural Division, vol.106,

- No. ST07. ASCE, 1980, p. 1623-1642.
- (32) Muto Kiyoshi et al., Experimental Studies on Local Damage of Reinforced Concrete Structures by the Impact of Deformable Missiles and Full-Scale Aircraft Impact Test for Evaluation of Impact Force. Transactions of the 10th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Vol. J, 1989, p. 257-299.
- (33) Jorge D. Riera. A Critical Reappraisal of Nuclear Power Plant Safety against Accidental Aircraft Impact. Nuclear Engineering and Design. vol. 57, 1980, p. 193-206.
- (34) R. P. Kennedy. A Review of Procedures for the Analysis and Design of Concrete Structures to Resist Missile Impact Effects. Nuclear Engineering and Design. vol. 37, 1976, p. 183-203.
- (35) J. D. Stevenson et al., ed. "Sect. 6.2 Impulse and Impact Loads". Structural Analysis and Design of Nuclear Plant Facilities. Editing Board and Task Groups of the Committee on Nuclear Structures and Materials of the Structural Division of American Society of Civil Engineers, 1980, p. 313.
- (36) 再処理事業所 再処理事業変更許可申請書. 日本原燃株式会社, 平成16年10月21日.
- (37) プルトニウム転換技術開発施設の運転実績. 動力炉・核燃料開発事業団, 1991, PNC TN1410 91-042.
- (38) 茅野雅志. MK-III初装荷燃料ペレット製造実績と開発成果. サイクル機構技報. No. 21 別冊, 2003, p. 41-47.
- (39) "Validation of the SCALE Broad Structure 44-Group ENDF/B-V

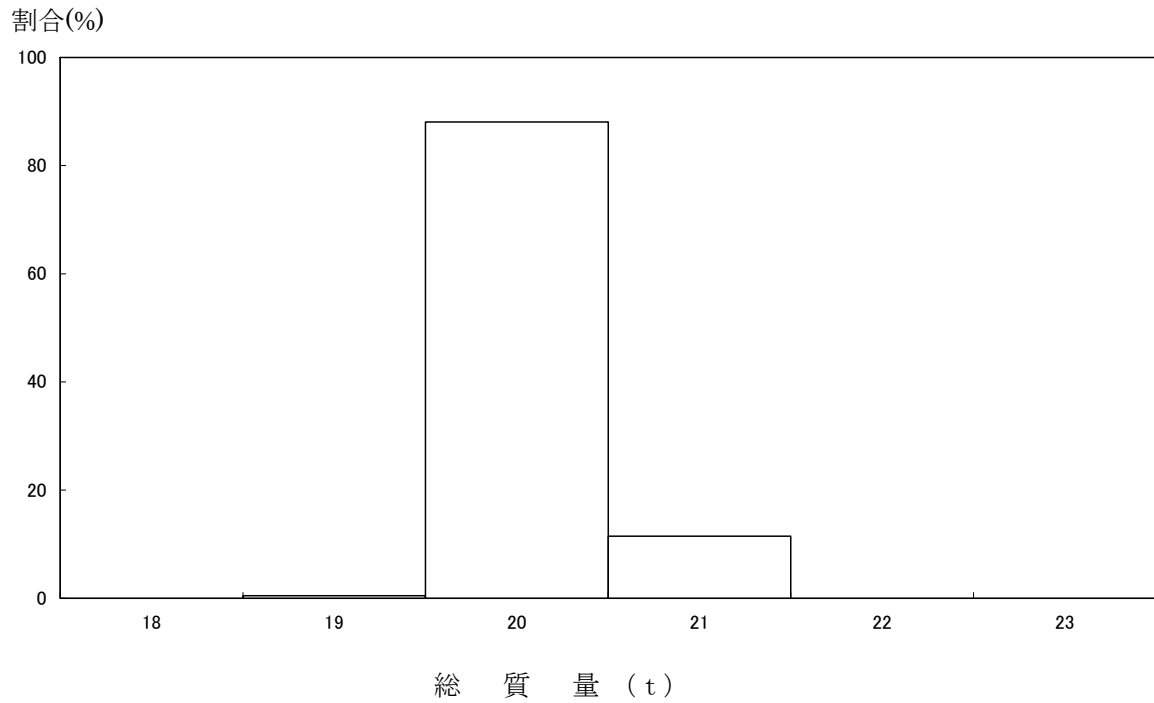
Cross-Section Library for Use in Criticality Safety Analyses” ,  
Oak Ridge National Laboratory, 1994, NUREG/CR-6102.

- (40) 改良型沸騰水型原子炉における混合酸化物燃料の全炉心装荷について. 原子力安全委員会了承, 平成 11 年 6 月 28 日.
- (41) 佃由晃ほか. 燃料集合体信頼性実証試験－BWR燃料集合体熱水力試験. 日本原子力学会和文論文誌. Vol. 1, No. 4, 2002, p384-403.
- (42) 加圧水型原子炉に用いられる 17 行 17 列型の燃料集合体について. 原子炉安全専門審査会, 昭和 51 年 2 月 16 日.
- (43) 放射性エアロゾル用高性能エアフィルタ. 日本規格協会, 1995, JIS Z 4812-1995.
- (44) 臨界安全ハンドブック. 科学技術庁原子力安全局核燃料規制課編, 1988.



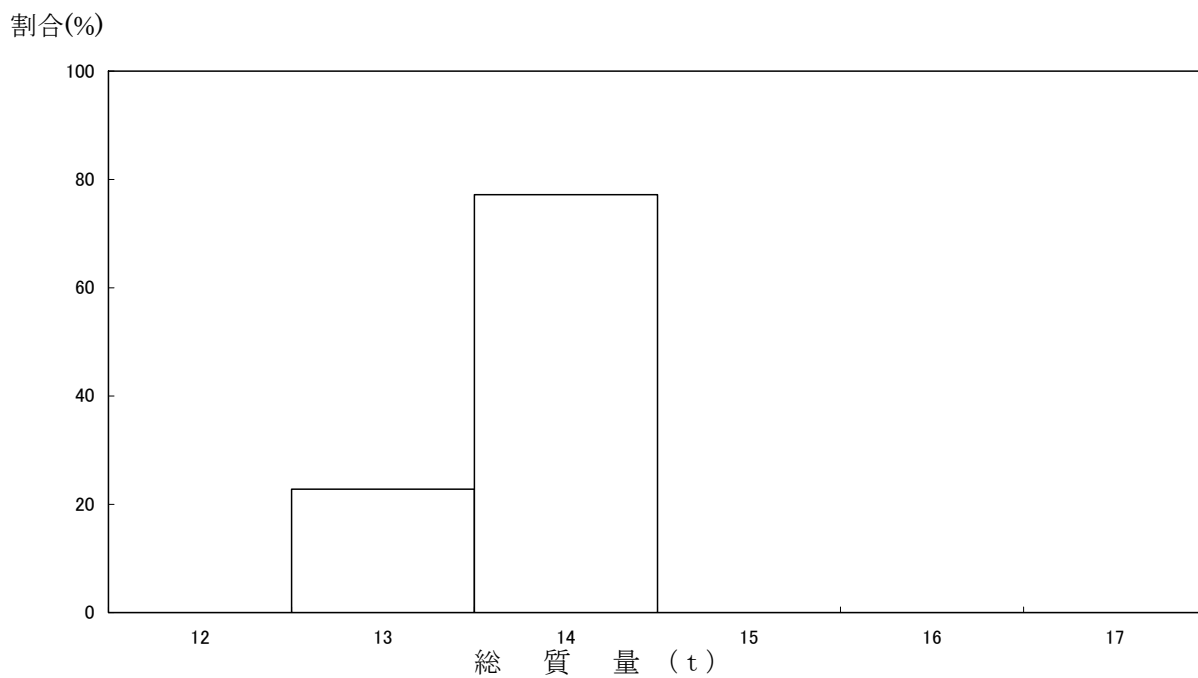
調査期間：平成7年～平成18年  
 調査件数：約560件

添5第15図 F-16C/Dの出現頻度



調査期間：平成 9 年～平成 18 年  
 調査件数：約 220 件

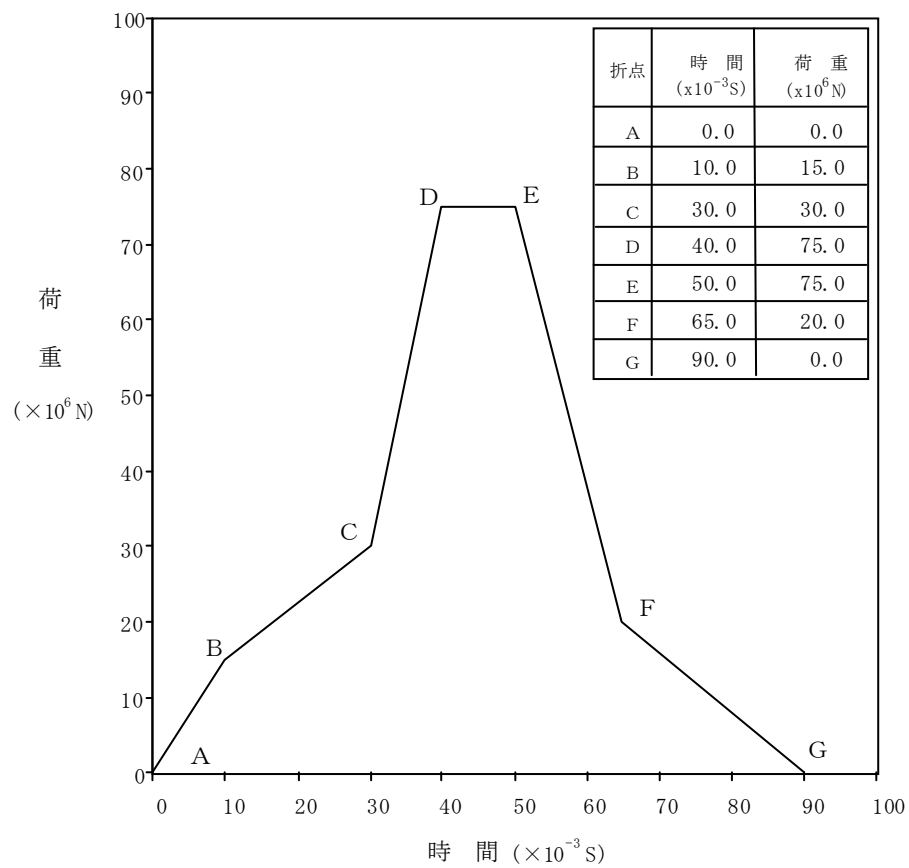
添 5 第 16 図 F-4EJ改の出現頻度



調査期間：平成 13 年～平成 18 年

調査件数：約 60 件

添5第17図 F-2の出現頻度



添 5 第 18 図 衝撃荷重曲線



添5第12表 最良滑空速度の設定に必要な諸元

	F-16C/D	F-4EJ改	F-2
航空機の総質量 (t)	17	22	16
主翼面積 (m <sup>2</sup> )	27.87 <sup>(19)</sup>	49.2 <sup>(20)</sup>	34.84 <sup>(23)</sup>
揚力係数 (-)	0.45 <sup>(17)(18)(19)(24)</sup>	0.3 <sup>(25)</sup>	0.40 <sup>(17)(18)(23)(24)</sup>
抗力係数 (-)	0.044 <sup>(24)</sup>	0.036 <sup>(25)</sup>	0.034 <sup>(17)(18)(23)(24)</sup>

添5第13表 F-16C/D, F-4EJ改, F-2等の諸元

	防護設計条件 <sup>(注1)</sup>	F-16C/D	F-4EJ改	F-2
航空機の総質量 (t)	20	17	22	16
衝突速度 (m/s)	150	150 <sup>(注2)</sup>	155	136
機体長さ (m)	15	15.03 <sup>(19)</sup>	18.53 <sup>(26)</sup>	15.52 <sup>(23)</sup>
胴体部投影面積 (m <sup>2</sup> )	2.66	2.66 <sup>(27)</sup>	4.6 <sup>(26)</sup>	2.68 <sup>(21)</sup>

注1 F-16C/Dに余裕を考慮したF-16相当の航空機

注2 最良滑空速度147m/sを基に150m/sとした。

添5第14表 F-16C/D, F-4EJ改, F-2等のエンジン諸元

	防護設計条件 <sup>(注1)</sup>	F-16C/D	F-4EJ改	F-2
エンジンの質量 (t)	3.49	1.791 <sup>(19)</sup>	1.745/基 <sup>(22)(注2)</sup>	1.791 <sup>(23)</sup>
衝突速度 (m/s)	155	150 <sup>(注3)</sup>	155	136
吸気口部直径 (m)	1.403	0.98 <sup>(29)</sup>	0.992 <sup>(22)</sup>	0.98 <sup>(29)</sup>

注1 F-4EJ改の2基のエンジンと等価な質量, 断面積を有する1基のエンジン

注2 エンジン1基当たりの質量

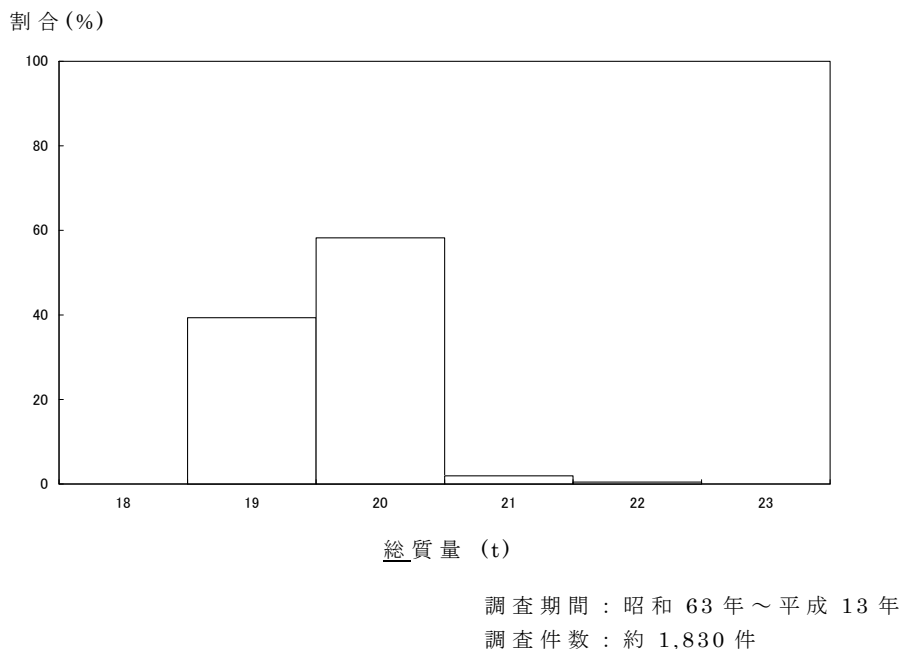
注3 最良滑空速度147m/sを基に150m/sとした。

## 追加説明書 I

### (航空機質量の設定における外部搭載物について)

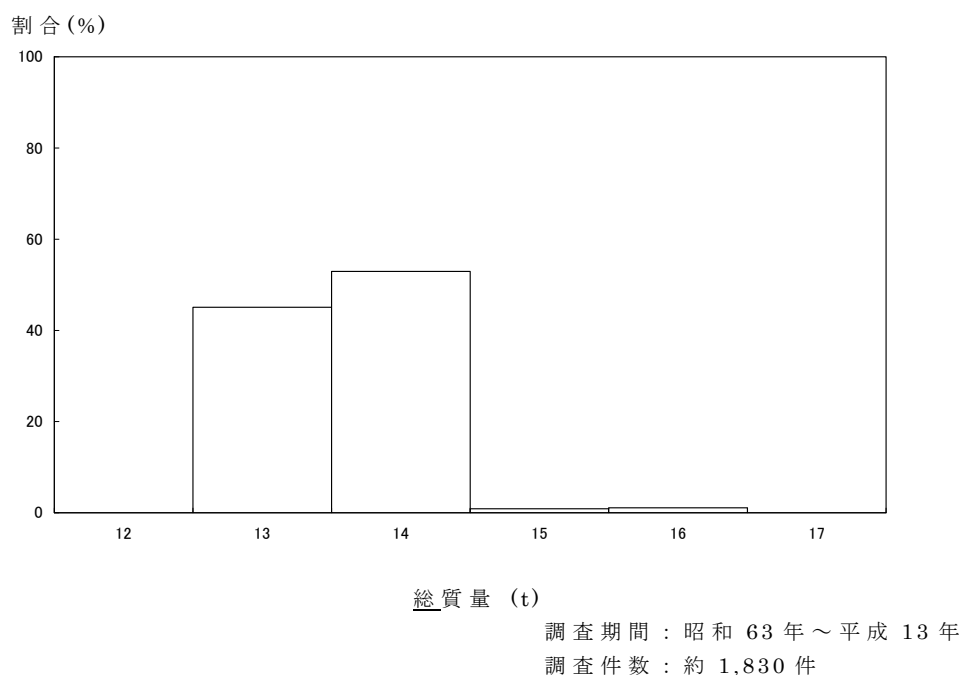
航空機の総質量は、航空機自体の質量と外部搭載物の合算値で示しているが、航空自衛隊のF-4EJ改及びF-2について、この外部搭載物の質量を航空自衛隊のF-1の調査結果を用いて推定した。

これは、F-4EJ改及びF-2が、それぞれF-1の代替機<sup>(1)</sup>、後継機<sup>(2)</sup>であることから同様の訓練を行うとの考え等によるものである。第1図及び第2図に示すとおり、ほとんどの場合20t、14t以下であり、F-4EJ改及びF-2の調査結果とほぼ同じである。また、F-4EJ改、F-2の総質量として設定した22t、16tは防衛庁データと比べても安全側に設定されている<sup>(3)(4)</sup>。



第1図 F-4EJ改の推定出現頻度

(F-1の外部搭載物調査結果等に基づきF-4EJ改の総質量を推定)



第2図 F-2の推定出現頻度

(F-1の外部搭載物調査結果等に基づきF-2の総質量を推定)

#### 参考文献

- (1) 防衛白書（平成6年版）．防衛庁．平成6年8月
- (2) 防衛白書（平成10年版）．防衛庁．平成10年8月
- (3) 日本原燃株式会社の再処理事業所再処理施設及び廃棄物管理施設における航空機に対する防護設計の再評価の結果について(報告)．科学技術庁，平成8年12月．
- (4) 日本原燃株式会社の再処理事業所再処理施設及び廃棄物管理施設における航空機に対する防護設計の評価条件の確認結果について．科学技術庁，平成12年9月．

## 追加説明書Ⅱ

### (F-4EJ改の衝撃荷重による応答の評価)

建物・構築物の防護設計においては、航空機の総質量20 t、速度150m/sとしたF-16相当の航空機による衝撃荷重（以下、ここでは「防護設計条件」という。）を用いることとした。

ここでは、第1表に示すとおり、F-16相当の航空機とF-4EJ改の諸元を比較すると、航空機の総質量、速度についてはF-4EJ改の方が建物・構築物の健全性への影響が厳しくなる方向であり、機体長さ、胴体部投影面積についてはF-16相当の航空機の方が健全性への影響が厳しくなる方向であるので、F-4EJ改の衝撃荷重による鉄筋コンクリート版の応答と、防護設計条件による鉄筋コンクリート版の応答について比較検討する。

第1表 航空機諸元の比較

諸元	F-16相当の航空機	F-4EJ改
航空機の総質量 (t)	20	22
速度 (m/s)	150	155
機体長さ (m)	15.03	18.53
胴体部投影面積 (m <sup>2</sup> )	2.66	4.6

#### 1. 検討条件

##### (1) F-4EJ改の衝撃荷重の設定

F-4EJ改の衝撃荷重は、防護設計条件と同様に、Rieraが理論的に導いた評価式<sup>(1)</sup>に、実物航空機を用いた実験<sup>(2)</sup>から得られた成果を反映した式に基づいて算定する。

なお、衝突面における航空機の破壊強度及び衝突面における航空機

の単位長さ当たりの質量は、文献<sup>(2)</sup>を参考に機体の質量、長さ<sup>(3)(4)</sup>に合わせて策定し、衝撃荷重曲線は防護設計条件の場合と同様に平滑化する。第1図にF-4EJ改による衝撃荷重曲線を防護設計条件による衝撃荷重曲線と比較して示す。

## (2) 衝撃荷重の作用範囲

衝撃荷重の作用範囲は、武藤等の実験<sup>(2)</sup>結果に基づき航空機の胴体部投影面積<sup>(4)(5)</sup>の2倍の面積を有する円とする。防護設計条件の作用範囲は直径2.6mの円、F-4EJ改の衝撃荷重の作用範囲は直径3.4mの円とし、荷重は均一に作用するものとする。

## (3) 解析方法

機体全体の衝突による鉄筋コンクリート版の全体的な破壊に関する評価においては、F-4EJ改の衝撃荷重により生じるコンクリート及び鉄筋の歪みを有限要素法を用いた版の応答解析により求め、得られた歪みと防護設計条件による歪みを比較する。解析に使用する計算機コードは、積層シェル要素を用いた「LASHET/D」である。

## (4) 解析モデル

防護版の支持条件を考慮し、屋根スラブの標準的な防護版として柱支持正方形版の解析モデルを、外壁又は壁支持屋根スラブの標準的な防護版として2辺支持一方向版の解析モデルをそれぞれ選定する。また、支持条件とともに版の応答特性に影響の大きい版の支持スパンについては、5m、10m、15m、20mの4種類を設定する。防護版の断面は、版厚1.2m（鉄筋比0.94%）の鉄筋コンクリート版とする。

## (5) 解析用諸定数

解析に用いる材料の物性値は、材料強度の動的増加率（DIF）を考慮した以下の値とする。

鉄筋コンクリートの単位容積重量	: 24kN/m <sup>3(6)</sup>
コンクリートの圧縮強度	: 37.5N/mm <sup>2</sup> (D I F = 1.25 <sup>(7)</sup> を考慮)
コンクリートのヤング係数	: 2.63×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2(6)</sup> (圧縮強度 37.5N/mm <sup>2</sup> に対するヤング係数)
コンクリートのポアソン比	: 0.2 <sup>(6)</sup>
鉄筋の材料強度	: 414N/mm <sup>2</sup> (D I F = 1.1 <sup>(8)</sup> を考慮)
鉄筋のヤング係数	: 2.05×10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2(6)</sup>

## 2. 解析結果

F-4 E J 改の衝撃荷重により生じるコンクリート及び鉄筋の歪みの最大値を防護設計条件による歪みの最大値と比較して第2図及び第3図に示す。

F-4 E J 改の衝撃荷重により生じるコンクリート及び鉄筋の歪みは、防護版の支持条件及び支持スパンによらず、F-4 E J 改の方が「機体長さ」が約1.25倍長いことにより衝撃荷重のピークが小さくなること、及び「胴体部投影面積」が大きいことにより衝撃荷重の作用範囲が約1.7倍となり単位面積当たりの衝撃荷重が小さくなることから、すべて防護設計条件による歪みを下回った。この傾向は衝撃荷重の特性そのものによるものであり、コンクリート版の版厚、種類によって変わるものではない。

## 3. まとめ

F-4 E J 改の衝撃荷重による鉄筋コンクリート版の応答と、防護設計

条件による鉄筋コンクリート版の応答について比較検討した結果、F-4 E J改の衝撃荷重により生じるコンクリート及び鉄筋の歪みは、防護設計条件による歪みを上回るものではない。このことから、建物・構築物の防護設計における鉄筋コンクリート版の全体的な破壊に対しては、防護設計条件を用いて設計することとした。

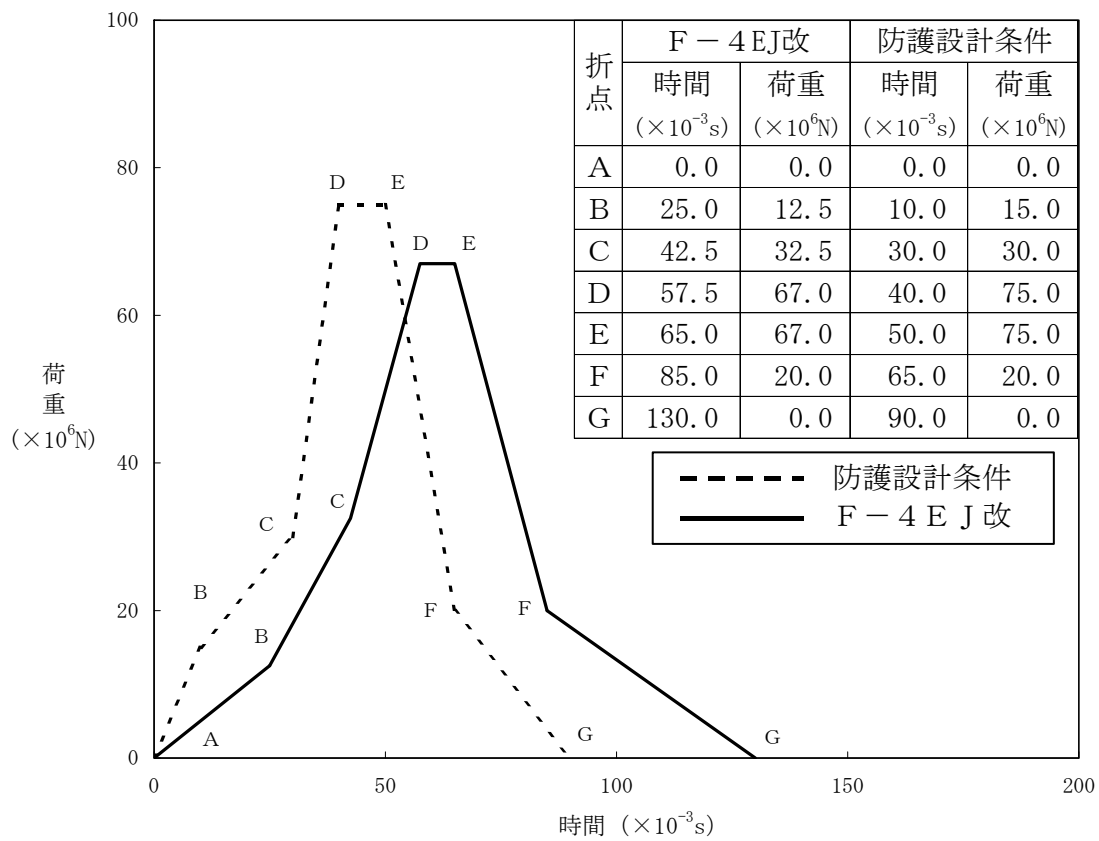
#### 参考文献

- (1) Jorge D. Riera. A Critical Reappraisal of Nuclear Power Plant Safety against Accidental Aircraft Impact. Nuclear Engineering and Design. Vol. 57, 1980, p. 193-206
- (2) Muto Kiyoshi et al., Experimental Studies on Local Damage of Reinforced Concrete Structures by the Impact of Deformable Missiles and Full-Scale Aircraft Impact Test for Evaluation of Impact Force. Transactions of the 10th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Vol. J, 1989, p. 257-299
- (3) John, W, R, Taylor. et al., ed. Jane's All the World's Aircraft 1979-1980. London, Jane's Publishing Company Limited, 1979. (ISBN 0-354-00589-8)
- (4) 航空情報, 酣橙社, 11月号, 1986.
- (5) Aircraft Photo File Lock on No.2 General Dynamics F-16 Fighting Falcon. Verlinden Publications, 1984.
- (6) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説. 日本建築学会, 1999. (ISBN 4-8189-0520-8)
- (7) J. D. Stevenson et al., ed. "Sect. 6.2 Impulse and Impact

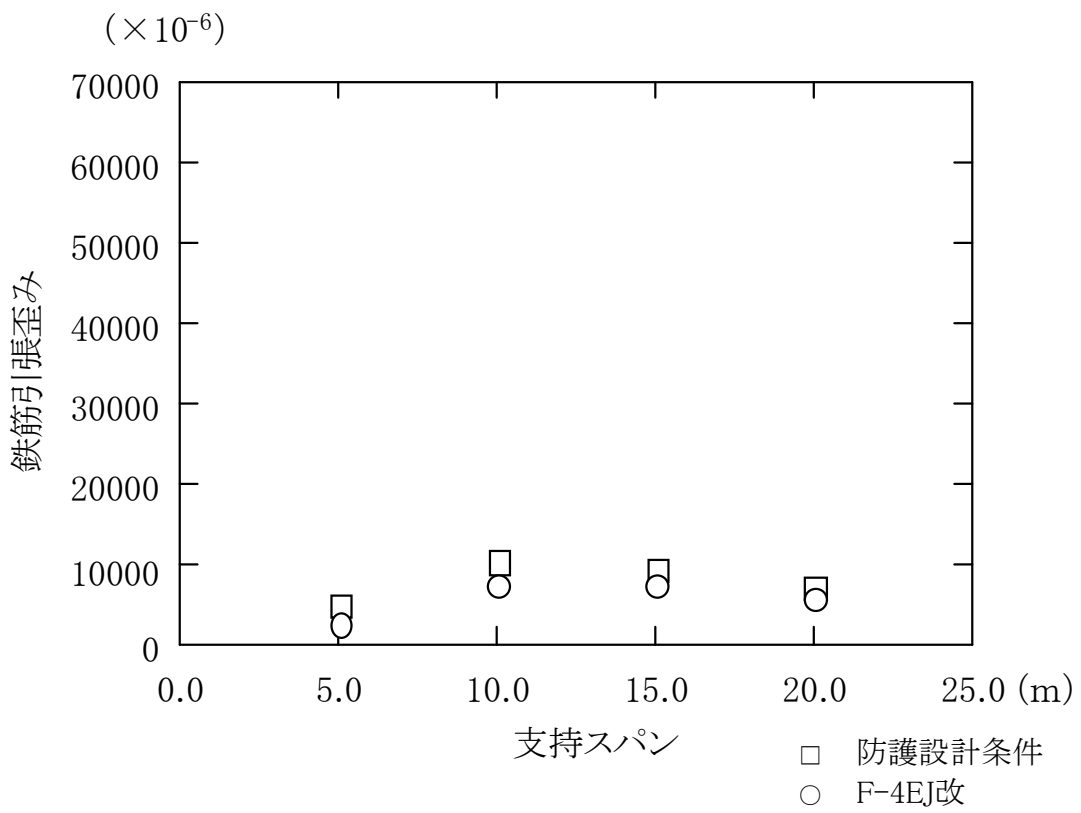
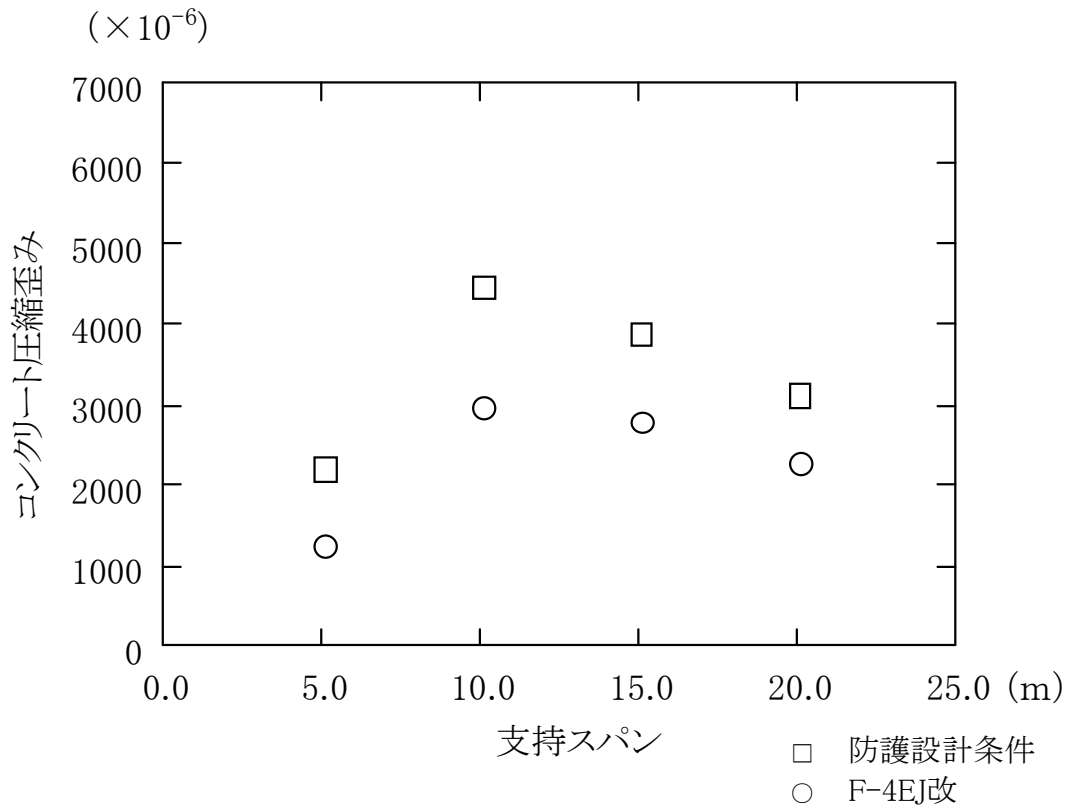
Loads” . Structural Analysis and Design of Nuclear Plant Facilities. Editing Board and Task Groups of the Committee on Nuclear Structures and Materials of the Structural Division of American Society of Civil Engineers, 1980, p.317.

- (8) 首藤誠志, 松本憲幸, 高橋芳彦, 大野友則. 高速载荷を受ける鋼材の動的応力～ひずみ関係モデル. 土木学会第45回年次学術講演会梗概集, 平成2年9月.

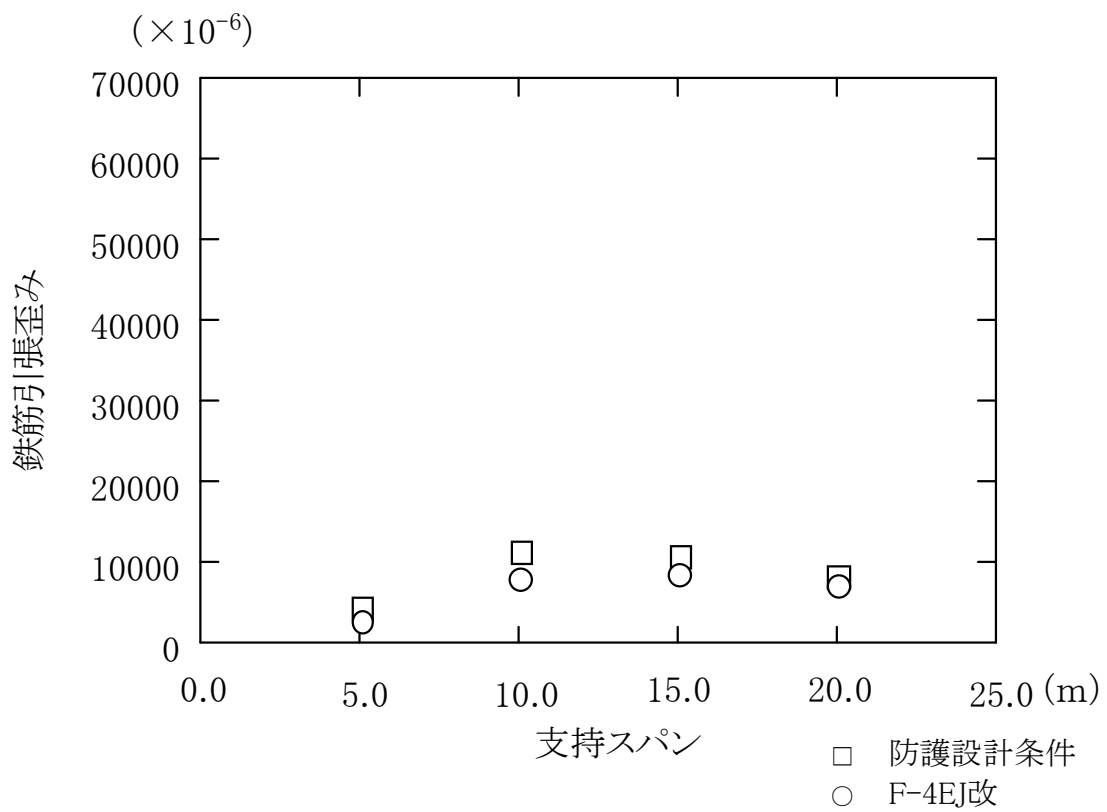
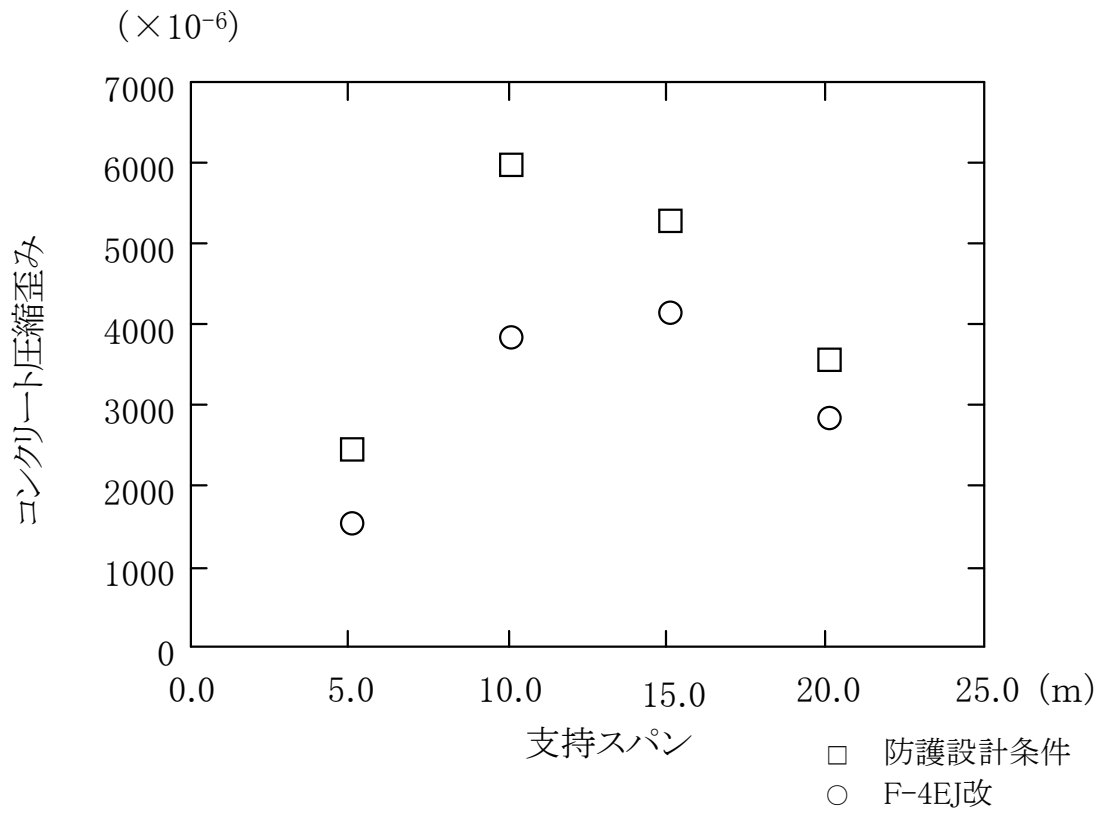




第1図 衝撃荷重曲線の比較



第2図 柱支持正方形版の最大応答歪み



第3図 2辺支持一方向版の最大応答歪み