

【公開版】

提出年月日	令和2年3月11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25条：地震による損傷の防止

目 次

1 章 基準適合性

1. 概要

1. 1 設計の基本方針

2. 重大事故等対処施設の耐震設計

2. 1 重大事故等対処施設の耐震設計の基本方針

2. 2 重大事故等対処施設の設備分類

2. 3 地震力の算定方法

2. 4 荷重の組合せと許容限界

2 章 補足説明資料

1章 基準適合性

1. 概要

1. 1 設計の基本方針

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。）第二十五条では，以下の要求がされている。

（地震による損傷の防止）

第二十五条 重大事故等対処施設は，次に掲げる施設の区分に応じ，それぞれ次に定める要件を満たすものでなければならない。

一 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設 基準地震動による地震力に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること。

二 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設 第七条第二項の規定により算定する地震力に十分に耐えることができるものであること。

2 前項第一号の重大事故等対処施設は，第七条第三項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

(解釈)

- 1 第25条の適用に当たっては、本規程別記3に準ずるものとする。
- 2 第1項第2号に規定する「第7条第2項の規定により算定する地震力」とは、本規程第7条2, 3及び4において、当該常設重大事故等対処設備が代替する機能を有する設計基準事故に対処するための設備が属する耐震重要度分類のクラスに適用される地震力と同等のものをいう。

適合のための設計方針

第1項について

重大事故等対処施設について、施設の各設備が有する重大事故等に対処するために必要な機能及び設置状態を踏まえて「1. 設備分類」のとおり分類し、設備分類に応じて「2. 設計方針」に示す設計方針に従って耐震設計を行う。耐震設計において適用する地震動及び当該地震動による地震力等については、安全機能を有する施設のもので設備分類に応じて適用する。

なお、「2. 設計方針」の(1)及び(2)に示す設計方針が、それぞれ第1項の第一号及び第二号の要求事項に対応するものである。

1. 設備分類

(1) 常設重大事故等対処設備

重大事故に至るおそれがある事故及び重大事故が発

生した場合において、対処するために必要な機能を有する設備であって常設のもの。

a. 常設耐震重要重大事故等対処設備

常設重大事故等対処設備であって、耐震重要施設(Sクラスに属する施設)に属する安全機能を有する施設が有する機能を代替するもの。

b. 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備

常設重大事故等対処設備であって、a.以外のもの。

2. 設計方針

(1) 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設

基準地震動による地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。

(2) 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設

代替する機能を有する安全機能を有する施設の耐震重要度分類のクラスに適用される弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力に対し十分に耐えることができるように設計する。

代替する安全機能を有する施設がない常設重大事故等対処設備は、安全機能を有する施設の耐震設計における耐震重要度の分類方針に基づき、重大事故等対

処時の使用条件を踏まえて、当該設備の機能喪失により放射線による公衆への影響の程度に応じて分類し、その地震力に対し十分に耐えることができるように設計する。

上記設計において適用する動的地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせたものとして算定する。

また、常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設は、Bクラス及びCクラスの施設、常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設、可搬型重大事故等対処設備の波及的影響によって、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。

【補足説明資料1-1】

【補足説明資料1-2】

第2項について

重大事故等対処施設周辺においては、基準地震動による地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能に影響を与えるような崩壊を起こすおそれのある斜面はない。

2. 重大事故等対処施設の耐震設計

2. 1 重大事故等対処施設の耐震設計の基本方針

重大事故等対処施設について、安全機能を有する施設の耐震設計における動的地震力又は静的地震力に対する設計方針を踏襲し、重大事故等対処施設の構造上の特徴、重大事故等の状態で施設に作用する荷重を考慮し、適用する地震力に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを目的として、以下のとおり耐震設計を行う。

(1) 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設は、基準地震動による地震力に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。

(2) 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設は、代替する機能を有する安全機能を有する施設が属する耐震重要度分類のクラスに適用される弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力に対し十分に耐えることができるように設計する。

また、代替する安全機能を有する施設がない常設重大事故等対処設備は、安全機能を有する施設の耐震設計における耐震重要度の分類方針に基づき、重大事故等対処時の使用条件を踏まえて、当該設備の機能喪失により放射線による公衆への影響の程度に応じて分類し、その地震力に対し十分に耐えることができるように設計する。

(3) 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設については、基準地震動による地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

また、常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設については、(2)に示す常設重大事故等対処設備に適用される地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

- (4) 重大事故等対処施設に適用する動的地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。
- (5) 重大事故等対処施設の周辺斜面は、基準地震動による地震力に対して、重大事故等の対処に必要な機能へ影響を及ぼすような崩壊を起こすおそれがないものとする。
- (6) 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設は、Bクラス及びCクラスの施設、常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設、可搬型重大事故等対処設備の波及的影響によって、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。

2. 2 重大事故等対処施設の設備分類

重大事故等対処施設について、施設の各設備が有する重大事故等に対処するために必要な機能及び設置状態を踏まえて、以下の区分に分類する。

(1) 常設重大事故等対処設備

重大事故に至るおそれがある事故及び重大事故が発生した場合において、対処するために必要な機能を有する設備であって常設のもの。

a. 常設耐震重要重大事故等対処設備

常設重大事故等対処設備であって、耐震重要施設（Sクラスに属する施設）に属する安全機能を有する施設が有する機能を代替するもの。

b. 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備

常設重大事故等対処設備であって、a. 以外のもの。

【補足説明資料2-2】

2. 3 地震力の算定方法

重大事故等対処施設の耐震設計に用いる地震力の算定方法は、以下のとおり適用する。

【補足説明資料2-4】

2. 3. 1 静的地震力

常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設について、整理資料「第7条：地震による損傷の防止」に示すBクラス又はCクラスの施設に適用する地震力を適用する。

2. 3. 2 動的地震力

常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設について、整理資料「第7条：地震による損傷の防止」に示す基準地震動による地震力を適用する。

常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設のうち、Bクラス施設の機能を代

替する施設であって共振のおそれのある施設については、整理資料「第7条：地震による損傷の防止」に示す、共振のおそれのあるBクラス施設に適用する地震力を適用する。

なお、重大事故等対処施設のうち、安全機能を有する施設の基本構造と異なる施設については、適用する地震力に対して、要求される機能及び構造健全性が維持されることを確認するため、当該施設の構造を適切にモデル化した上での地震応答解析、加振試験等を実施する。

【補足説明資料2-3】

2. 4 荷重の組合せと許容限界

重大事故等対処施設に適用する荷重の組合せと許容限界は、以下によるものとする。

2. 4. 1 耐震設計上考慮する状態

地震以外に設計上考慮する状態を以下に示す。

(1) 建物・構築物

a. 通常時の状態

MOX燃料加工施設が運転している状態。

b. 重大事故等の状態

重大事故に至るおそれがある事故又は重大事故の状態で、重大事故等対処施設の機能を必要とする状態。

c. 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件(積雪，風)。

(2) 設備・機器

a. 通常時の状態

MOX燃料加工施設の運転が計画的に行われた場合であって、インターロック又は警報が設置されている場合は、圧力及び温度がインターロック又は警報の設定値以内にある状態。

b. 重大事故等の状態

重大事故に至るおそれがある事故又は重大事故の状態、重大事故等対処施設の機能を必要とする状態。

2. 4. 2 荷重の種類

(1) 建物・構築物

- a. MOX燃料加工施設のおかれている状態にかかわらず通常時に作用している固定荷重、積載荷重及び土圧
- b. 通常時に作用している荷重
- c. 重大事故等の状態で施設に作用する荷重
- d. 積雪荷重及び風荷重

ただし、通常時に作用している荷重には、設備・機器から作用する荷重が含まれるものとし、地震力には、地震時土圧及び設備・機器からの反力が含まれるものとする。

(2) 設備・機器

- a. 通常時に作用している荷重
- b. 重大事故等の状態で施設に作用する荷重

2. 4. 3 荷重の組合せ

地震力と他の荷重との組合せは以下による。

(1) 建物・構築物

- a. 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物については、通常時に作用している荷重（固定荷重，積載荷重及び土圧）及び重大事故等の状態で施設に作用する荷重並びに積雪荷重及び風荷重と基準地震動による地震力を組み合わせる。
- b. 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物については、通常時に作用している荷重並びに積雪荷重及び風荷重と弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組み合わせる。

(2) 設備・機器

- a. 常設耐震重要重大事故等対処設備に係る設備・機器については、通常時に作用している荷重及び重大事故等の状態で施設に作用する荷重と基準地震動による地震力を組み合わせる。なお、屋外に設置される施設については、建物・構築物に準ずる。
- b. 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備に係る設備・機器については、通常時に作用している荷重と弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組み合わせる。

(3) 荷重の組合せ上の留意事項

- a. ある荷重の組合せ状態での評価が、その他の荷重の組合せ状態と比較して明らかに厳しいことが判明している場合には、その他の荷重の組合せ状態での評価は行わないことがある。
- b. 重大事故等で生ずる荷重については、地震によって引き起こされるおそれのある事象によって作用する荷重及び地震によっ

て引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん重大事故等が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事象の発生確率、継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力（基準地震動又は弾性設計用地震動による地震力）と組み合わせて考慮する。

以上を踏まえ、重大事故等の状態で作作用する荷重と地震力（基準地震動又は弾性設計用地震動による地震力）との組合せについては、以下を基本設計とする。

常設耐震重要重大事故等対処設備については、いったん重大事故等が発生した場合、長時間継続する事象による荷重と弾性設計用地震動による地震力とを組み合わせ、その状態からさらに長期的に継続する事象による荷重と基準地震動による地震力を組み合わせる。

【補足説明資料2-5】

- c. 設備分類の異なる重大事故等対処施設を支持する建物・構築物の当該部分の支持機能を確認する場合には、支持される施設の設備分類に応じた地震力と通常時に作用している荷重（固定荷重、積載荷重及び土圧）、重大事故等の状態では施設に作用する荷重並びに積雪荷重及び風荷重を組み合わせる。
- d. 積雪荷重については、屋外に設置されている施設のうち、積雪による受圧面積が小さい施設や、通常時に作用している荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設を除き、地震力との組合せを考慮する。
- e. 風荷重については、屋外の直接風を受ける場所に設置されて

いる施設のうち，風荷重の影響が地震荷重と比べて相対的に無視できないような構造，形状及び仕様の施設においては，地震力との組合せを考慮する。

f. 重大事故等の状態で施設に作用する荷重は，「第27条：重大事故等対処設備」に示す第2－2表及び第2－3表を適用する。

g. 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備で，代替する安全機能を有する施設がない常設重大事故等対処設備のうち，Sクラスの施設は常設耐震重要重大事故等対処設備に係る設備・機器の荷重の組合せを適用する。

2. 4. 4 許容限界

各施設の地震力と他の荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は以下のとおりとし，安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている許容応力等を用いる。

(1) 建物・構築物

a. 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される建物・構築物は，基準地震動による地震力に対し，建物・構築物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し，建物・構築物の終局耐力に対して適切な安全余裕を持たせることとする。

なお，終局耐力は，建物・構築物に対する荷重を漸次増大していくとき，その変形又はひずみが著しく増加するに至る限界の最大耐力とし，既往の実験式に基づき適切に定めるものとする。

b. 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処

設備が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物は、整理資料「第7条：地震による損傷の防止」に示すBクラス施設及びCクラス施設を有する建物・構築物の許容限界を適用する。

- c. 設備分類の異なる重大事故等対処施設を支持する建物・構築物は、設備分類に応じた地震動による地震力に対し、建物・構築物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対して妥当な安全余裕を持たせることとする。
- d. 建物・構築物（屋外重要土木構造物である洞道を除く）の保有水平耐力は、当該建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して、重大事故等対処施設が代替する機能を有する設備が属する耐震重要度分類のクラスに応じた適切な安全余裕を有していることを確認する。

(2) 設備・機器

- a. 常設耐震重要重大事故等対処設備に係る設備・機器は、基準地震動による地震力に対し、塑性ひずみが生ずる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって延性破壊限界に十分な余裕を有し、施設に要求される機能に影響を及ぼすことがないものとする。
- b. 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備に係る設備・機器は、整理資料「第7条：地震による損傷の防止」に示すBクラス及びCクラスの設備・機器の許容限界を適用する。

また、常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備で、代替する安全機能を有する施設がない常設重大

事故等対処設備のうち，Sクラスの施設は常設耐震重要重大事故等対処設備に係る設備・機器の許容限界を適用する。

- c. 動的機器は，地震時及び地震後に動作を要求される設備・機器については，実証試験等により確認されている機能維持加速度等を許容限界とする。

(3) 基礎地盤の支持性能

建物・構築物が設置する地盤の支持性能については，基準地震動による地震力又は静的地震力により生ずる施設の基礎地盤の接地圧が，安全上適切と認められる規格及び基準に基づく許容限界に対して，妥当な余裕を有するよう設計する。

2. 4. 5 設計における留意事項

2. 4. 5. 1 波及的影響

常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設は，Bクラス及びCクラスの施設，常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設，可搬型重大事故等対処設備の波及的影響によって，重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。

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25条:地震による損傷の防止

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1-1	上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討について (重大事故等対処施設)	12/20	0	
補足説明資料1-2	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針(重大事故等対処施設)	12/20	0	
補足説明資料2-1	重大事故等対処設備の設備分類	12/26	0	考え方・サンプルのみを示す
補足説明資料2-2	重大事故等対処施設の網羅的な整理について	3/11	1	考え方・サンプルのみを示す
補足説明資料2-3	重大事故等対処施設の基本構造等に基づく既往の耐震評価手法の適用性と評価方針について	12/26	0	考え方・サンプルのみを示す
補足説明資料2-4	設計用地震力	12/26	0	
補足説明資料2-5	重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せについて	3/11	1	

補足説明資料 2-2 (25条)

重大事故等対処施設の網羅的な整理について

1. 重大事故等対処設備について、以下に該当する設備を網羅的に抽出して、重大事故等対処設備を条文毎に整理する。

■事業許可基準規則第三章にて定められている以下の重大事故等対処設備

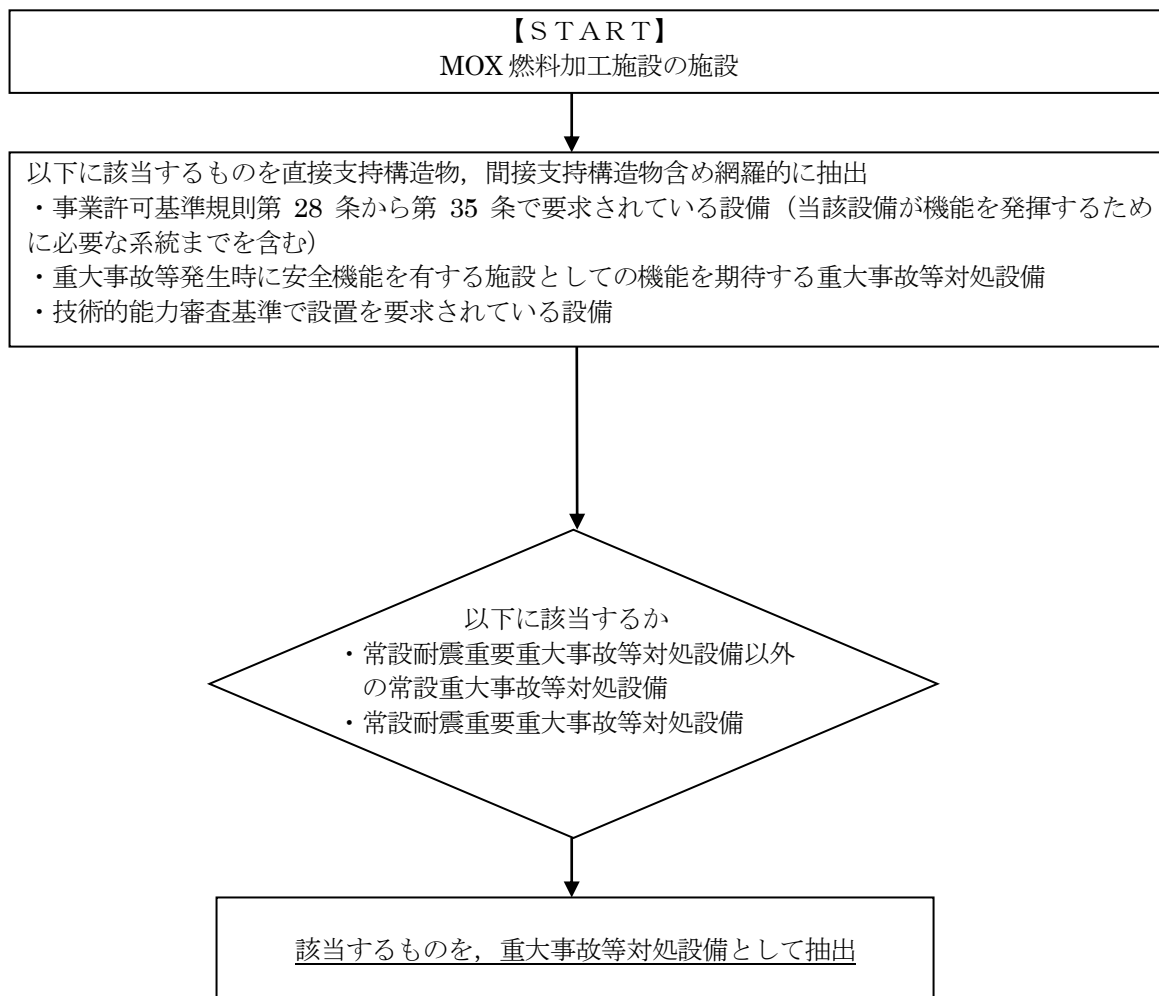
- ・ 第28条 臨界事故の拡大を防止するための設備
- ・ 第29条 閉じ込める機能の喪失に対処するための設備
- ・ 第30条 工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備
- ・ 第31条 重大事故等への対処に必要なとなる水の供給設備
- ・ 第32条 電源設備
- ・ 第33条 監視測定設備
- ・ 第34条 緊急時対策所
- ・ 第35条 通信連絡を行うために必要な設備

■重大事故等発生時に安全機能を有する施設としての機能を期待する重大事故等対処設備

■技術的能力審査基準で設置を要求されている設備

■事業許可基準規則第28条から第35条で要求されている設備が機能を発揮するために必要な系統及び間接支持構造物，直接支持構造物

2. 重大事故等対処設備について、以下のフローにて抽出する。



補足説明資料 2-5 (25条)

重大事故等対処施設の耐震設計における
重大事故と地震の組合せについて

目 次

1. はじめに
2. 規定内容の整理
3. 荷重の組合せに係る検討
 3. 1 MOX燃料加工施設の重大事故等の発生確率
 3. 2 MOX燃料加工施設の基準地震動の年超過確率
 3. 3 荷重の組合せの検討
 3. 4 荷重の組合せの検討結果
4. 荷重の履歴による耐震評価への影響

1. はじめに

重大事故等の状態で必要となる常設耐震重要重大事故等対処設備及び常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備（以下「SA設備」という。）については、待機状態において地震により必要な機能が損なわれず、さらに重大事故等が長期にわたり継続することを念頭に、重大事故等における運転状態と地震との組合せに対して必要な機能が損なわれない設計として、整理するものである。

実用発電用原子炉は確率論的リスク評価手法が確立されており、重大事故等の発生確率と基準地震動の年超過確率の兼ね合いにより、各運転状態及び重大事故時に組み合わせるべき地震力を検討している。

しかし、MOX燃料加工施設では、確率論的リスク評価手法が確立しておらず重大事故等の発生確率を明確に算定したものはない。

そこで、MOX燃料加工施設の重大事故等における運転状態と地震との組合せに対しては、JEAG等の規定に基づく実用発電用原子炉の運転状態に対応する確率と地震力の組合せの考え方及び当社の基準地震動の年超過確率を踏まえて設定することとする。

2. 規定内容の整理

「耐震設計に係る工認審査ガイド（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定）」の「4.2 荷重及び荷重の組合せ」において、「規制基準の要求事項に留意して、JEAG4601 の規定を参考に」組み合わせることとされていることから、JEAG4601 補-1984 重要度分類・許容応力編における、荷重の組合せに関する記載について、以下のとおり整理した。

- ・「その発生確率が 10^{-7} 回/炉・年」を下回ると判断される事象は、運転状態 I ～ IV に含めない。」とされている。
- ・地震の従属事象については、「地震時の状態と、それによって引き起こされるおそれのあるプラントの状態とは、組合せなければならない。」とされている。
- ・地震の独立事象については、「地震と、地震の独立事象の組合せは、これを確率的に考慮することが妥当であろう。地震の発生確率が低く、継続時間が短いことを考えれば、これと組み合わせるべき状態は、その原因となる事象の発生頻度及びその状態の継続時間との関連で決まることになる。」とされている。

以上の規定内容に基づき、JEAG4601 において組み合わせるべき荷重を整理したものを第 2-1 表に示す。第 2-1 表では、事象の発生確率、継続時間、地震動の発生確率を踏まえ、その確率が 10^{-7} 回/炉・年以下となるものは組合せが不要となっている。

第2-1表 運転状態と地震動との組合せの確率的評価

発生確率		1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
運転状態の発生確率 (1/年)		I	II	III	IV						
基準地震動の発生確率 (1/年)					S_1	S_2					
基準地震動 S_1 との 組合せ	従属事象	S_1 従属									
	独立										
	1分以内										
	1時間以内										
	1日以内										
1年以内											
基準地震動 S_2 との 組合せ	従属事象	S_2 従属									
	独立	($S_2 + II$ は 10^{-9} 以下となる)									
	1分以内										
	1時間以内										
	1日以内										
1年以内											

- 注：(1) 発生確率から見て
 ← 組合せが必要なもの。
 ←···· 発生確率が 10^{-7} 以下となり組合せが不要となるもの。
- (2) 基準地震動 S_2 の発生確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ / サイト・年と推定されるが、ここでは $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ / サイト・年を用いた。
- (3) 表に示す発生確率は現在の知見によるものである。

3. 荷重の組合せに係る検討

3. 1 MOX燃料加工施設の重大事故等の発生確率

第2-1表に示すとおり、JEAG4601 補-1984 重要度分類・許容応力編において、原子炉プラントの運転状態とその発生確率に関する記載がなされており、原子炉プラントの運転状態Ⅰ～Ⅳに対応する許容応力状態が定義されている。

一方、MOX燃料加工施設においては、確率論的リスク評価手法が確立しておらず重大事故等の発生確率を明確に算定したものはない。そこで以下のとおり設定する。

(1) 地震の従属事象（外部事象）

事業許可基準規則の解釈別記3における「地震によって引き起こされるおそれのある事象（地震の従属事象）」とは、重大事故の事象選定における外部事象の地震により発生するおそれのある事象が対象となる。

事象選定においては、基準地震動を超える地震動を想定し、重大事故の発生有無を評価していることから、発生確率は地震ハザード評価結果に基づく基準地震動 S_s の年超過確率に対応すると定義する。

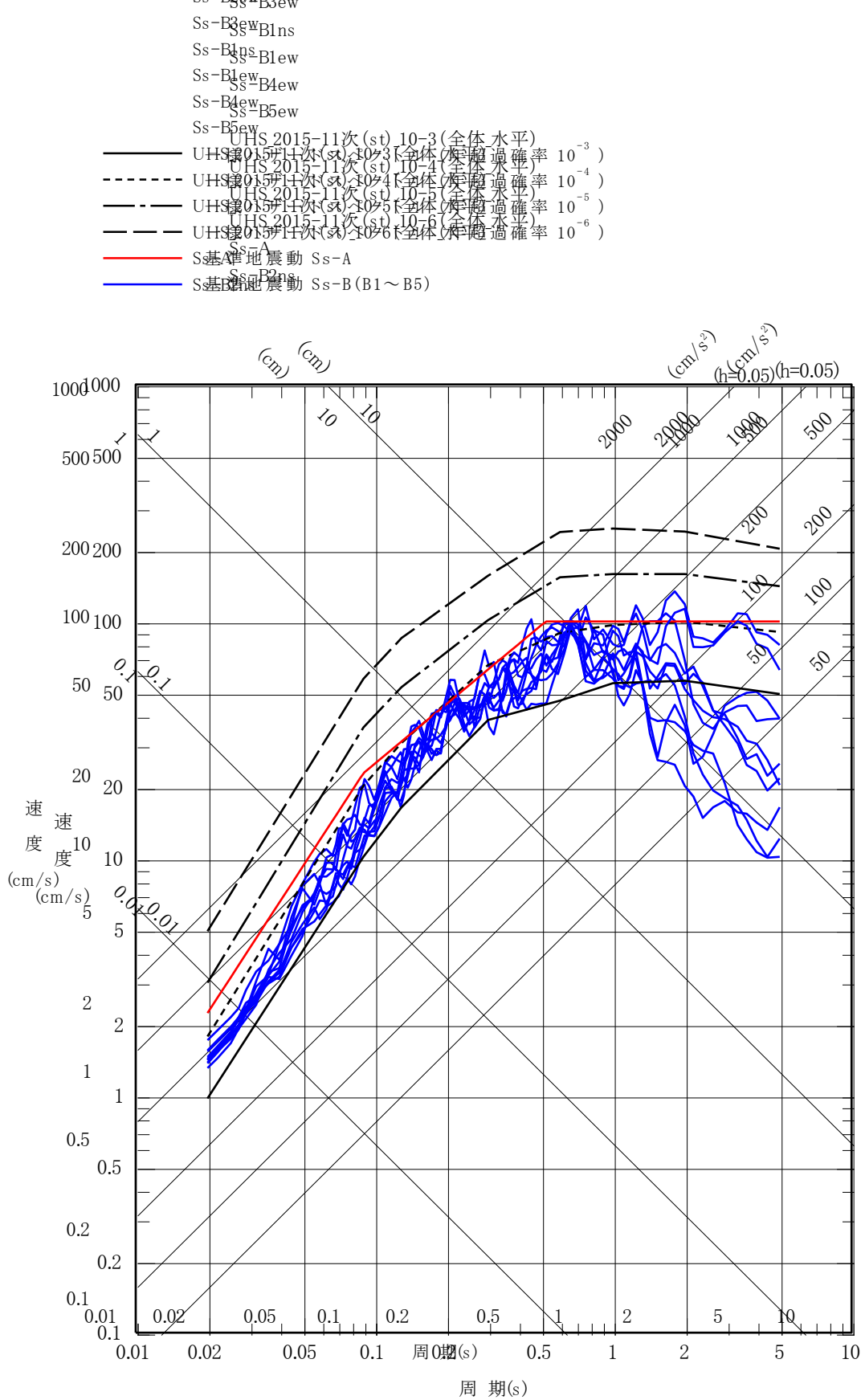
(2) 地震の独立事象（内部事象）

事業許可基準規則の解釈別記3における「地震によって引き起こされるおそれのない事象（地震の独立事象）」とは、重大事故の事象選定における内部事象によって発生するおそれのある事象が対象となる。

前述のとおり、MOX燃料加工施設では確率論的リスク評価手法が確立していないことから、内部事象による重大事故等の発生確率は、1/年とする。

3. 2 MOX燃料加工施設の基準地震動の年超過確率

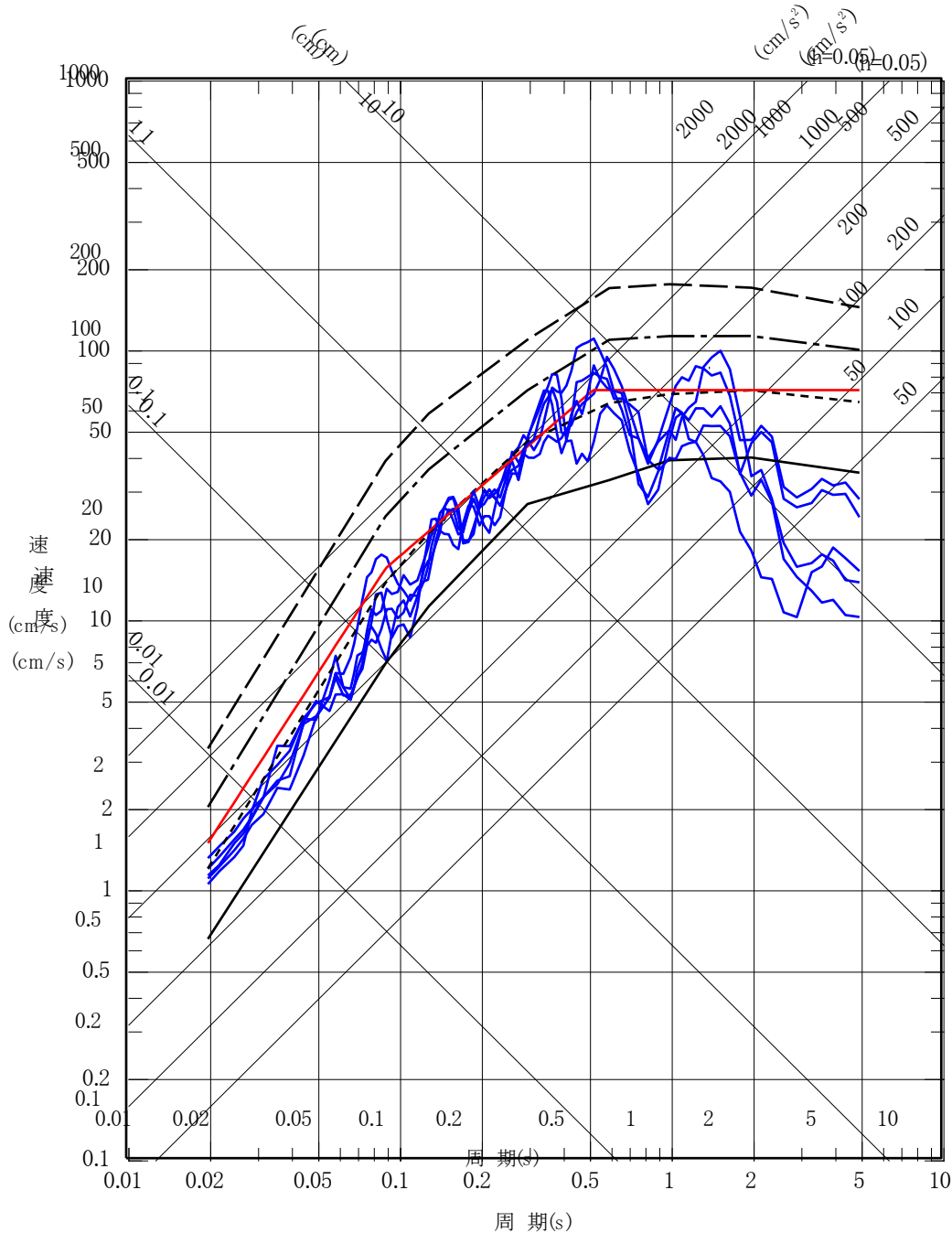
第3-2-1図に、MOX燃料加工施設の地震ハザード評価結果を示す。地震ハザード評価による一様ハザードスペクトルと基準地震動 S_s の応答スペクトルを比較すると、その年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ / 年程度である。また、第3-2-2図に示すとおり、弾性設計用地震動 S_d との比較によれば、その年超過確率は、 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ / 年程度である。



第 3 - 2 - 1 図(1) 地震ハザード評価結果

(一様ハザードスペクトルと基準地震動 Ss-A, B1~B5 の比較)

- Ss-B2ud
- Ss-B2ud
- Ss-B3ud
- Ss-B4ud
- Ss-B4ud
- Ss-B5ud
- Ss-B5ud
- UHS-30+5+11次(s)10-3(全体鉛直S_s係数).waz
- UHS-30+5+11次(s)10-4(全体鉛直S_s係数).waz
- UHS-30+5+11次(s)10-5(全体鉛直S_s係数).waz
- UHS-30+5+11次(s)10-6(全体鉛直S_s係数).waz
- 標準地震動 Ss-A
- 標準地震動 Ss-B (B1~B5)

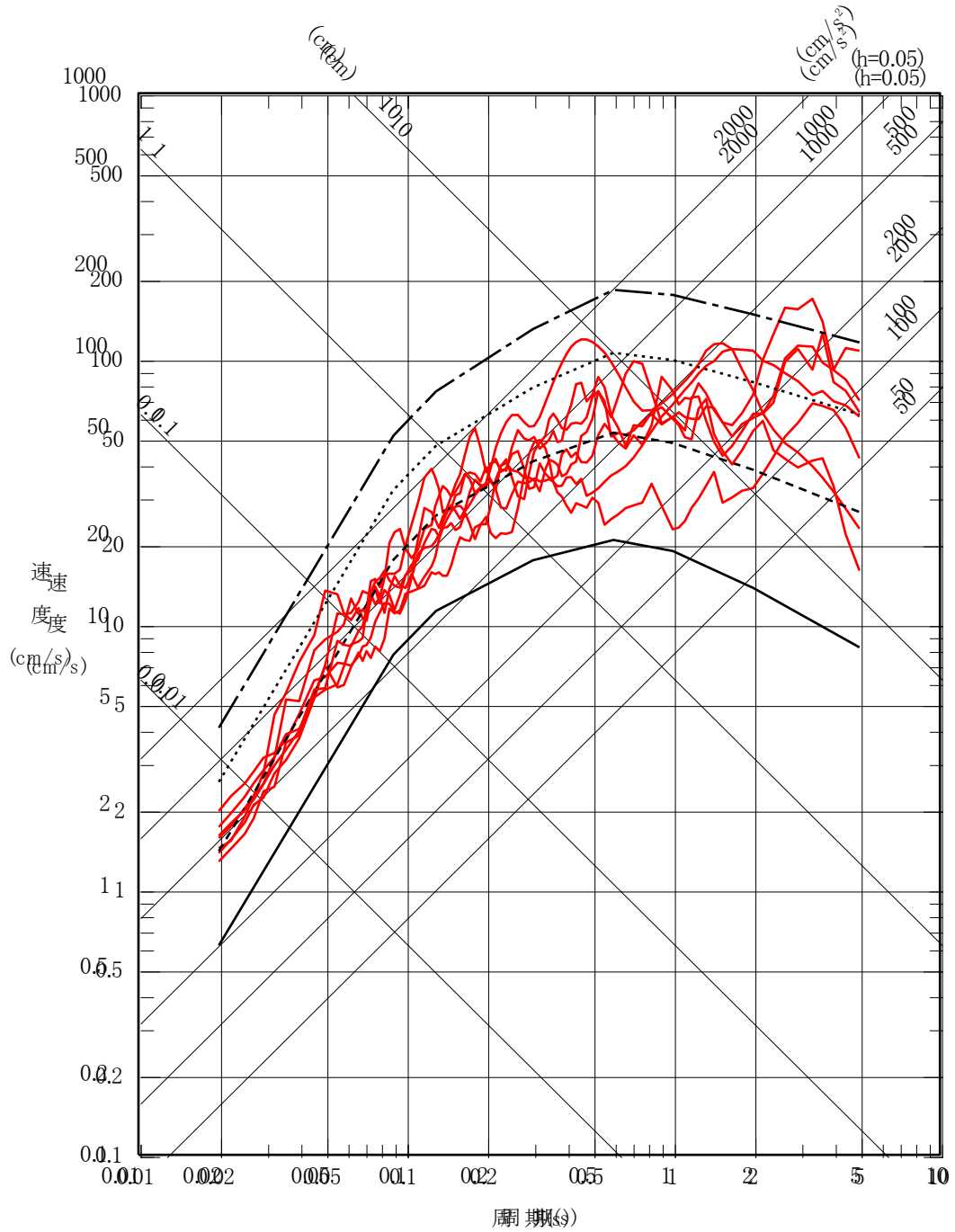


(鉛直方向)

第 3 - 2 - 1 図(2) 地震ハザード評価結果

(一様ハザードスペクトルと標準地震動 Ss-A, B1~B5 の比較)

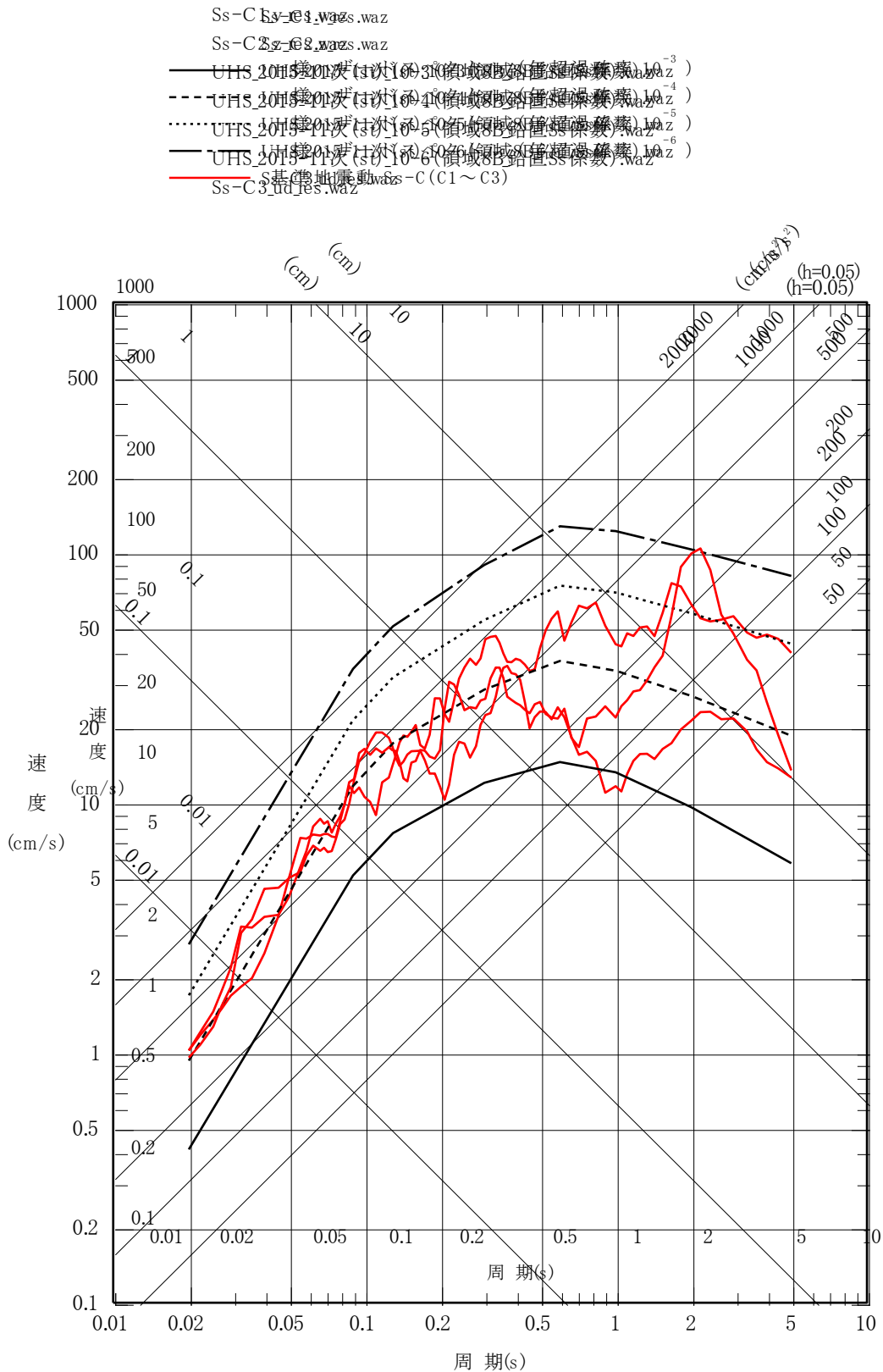
- Ss-C2_res.waz
- Ss-C2_ew_res.waz
- Ss-C3_res.waz
- Ss-C3_ew_res.waz
- Ss-C4_res.waz
- Ss-C4_ew_res.waz
- UHS2015-11次(s) 10^{-3} (領域8B水準) 10^{-3}
- UHS2015-11次(s) 10^{-4} (領域8B水準) 10^{-4}
- UHS2015-11次(s) 10^{-5} (領域8B水準) 10^{-5}
- UHS2015-11次(s) 10^{-6} (領域8B水準) 10^{-6}
- UHS2015-11次(s) 10^{-7} (領域8B水準)
- 基本地震動 (s) 10^{-6} (領域8B水準)



(水平方向)

第3-2-1 図(3) 地震ハザード評価結果

(一様ハザードスペクトルと基準地震動 Ss-C1~C4 の比較)

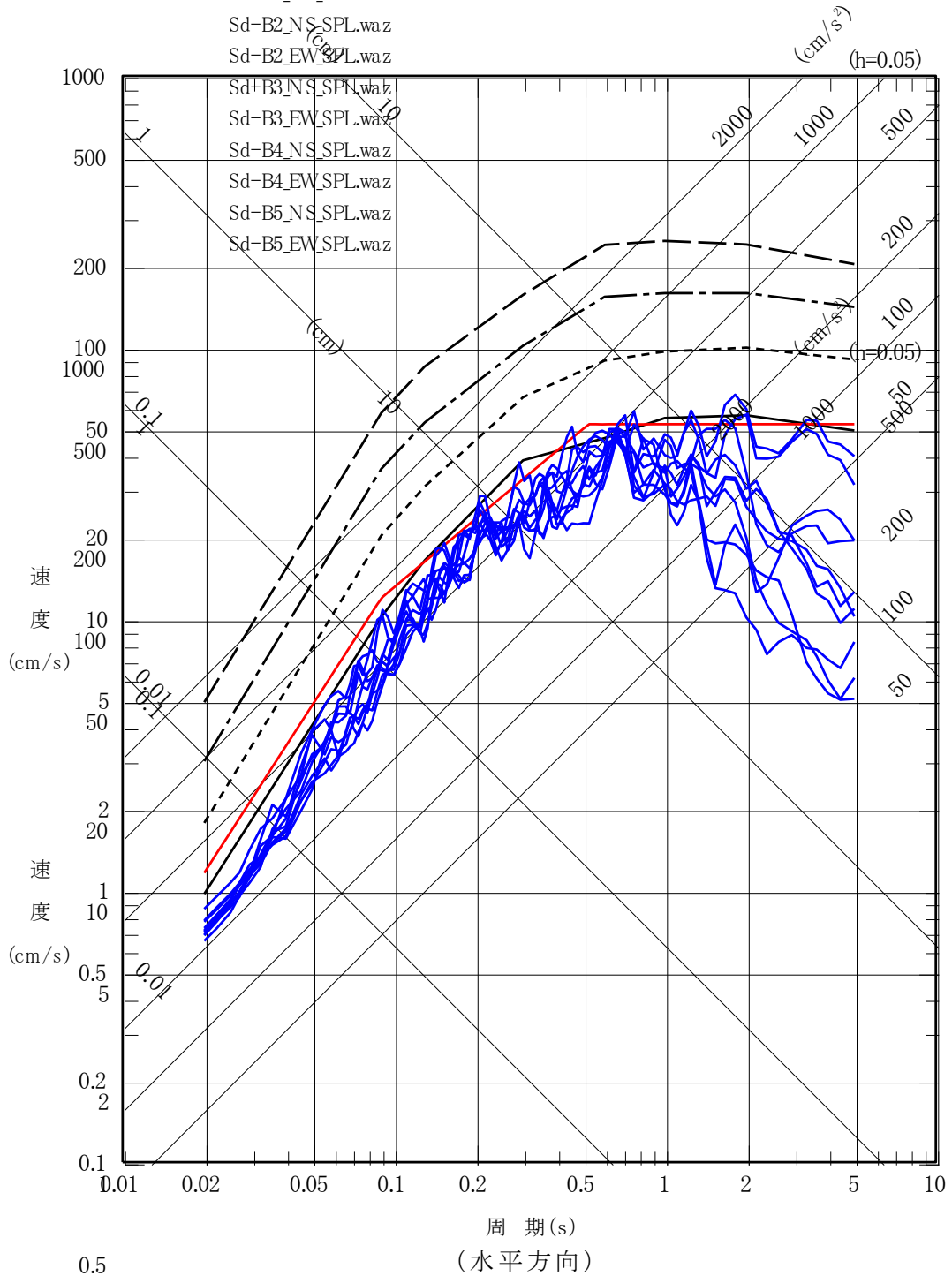


(鉛直方向)

第 3 - 2 - 1 図(4) 地震ハザード評価結果

(一様ハザードスペクトルと基準地震動 Ss-C1~Ss-C3 の比較)

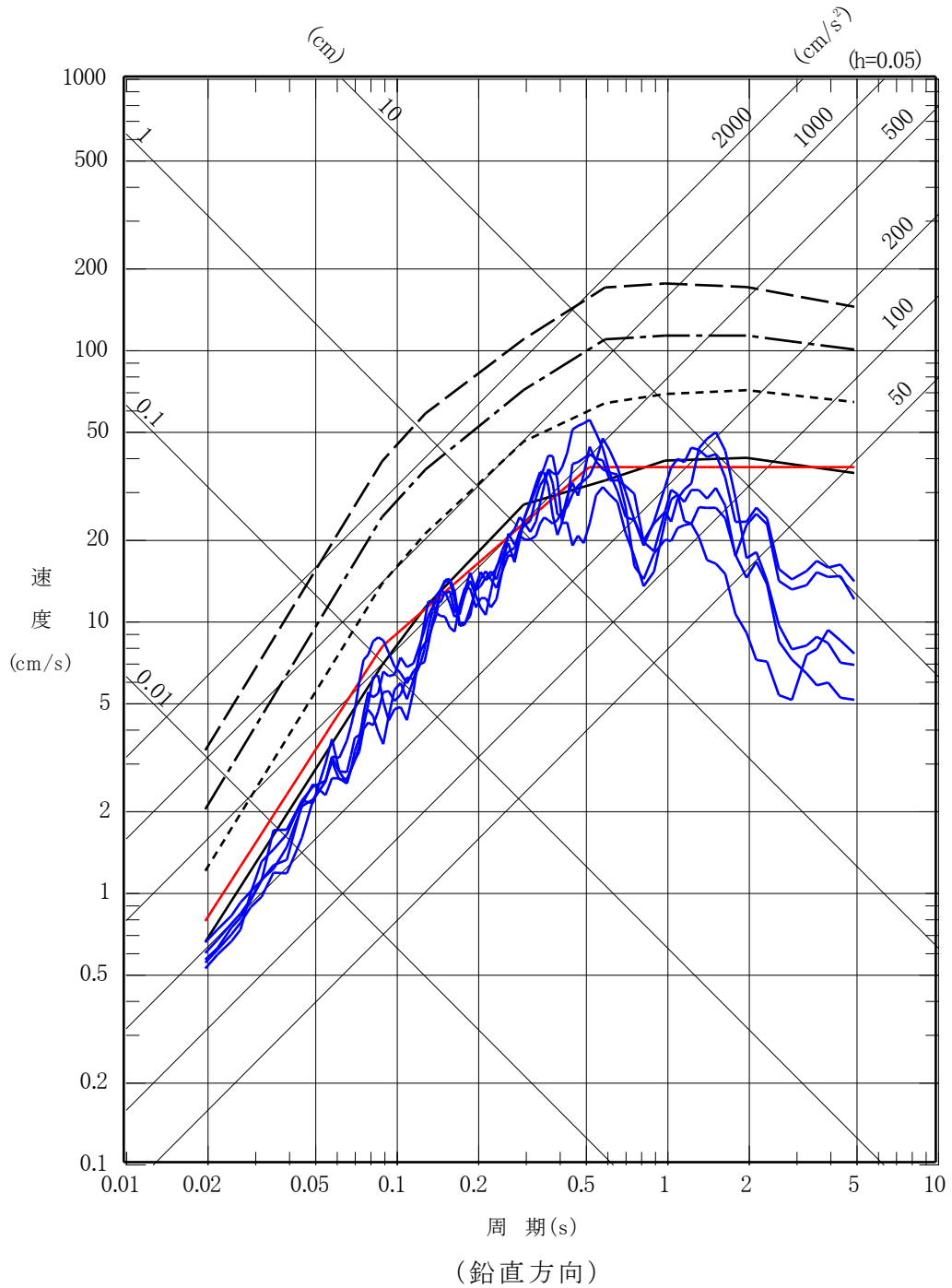
- Sd-B1_EW_SPL.waz
- Sd-B2_NS_SPL.waz
- Sd-B2_EW_SPL.waz
- 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-3})
- - - 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-4})
- · - 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-5})
- - - 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-6})
- 弾性設計用地震動 Sd-A
- 弾性設計用地震動 Sd-B (B1 ~ B5)



第 3 - 2 - 2 図(1) 地震ハザード評価結果

(一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 Sd-A, B₁ ~ B₅ の比較)

- 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-3})
- - - 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-4})
- · - 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-5})
- - - 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-6})
- 弾性設計用地震動 S d - A
- 弾性設計用地震動 S d - B (B 1 ~ B 5)

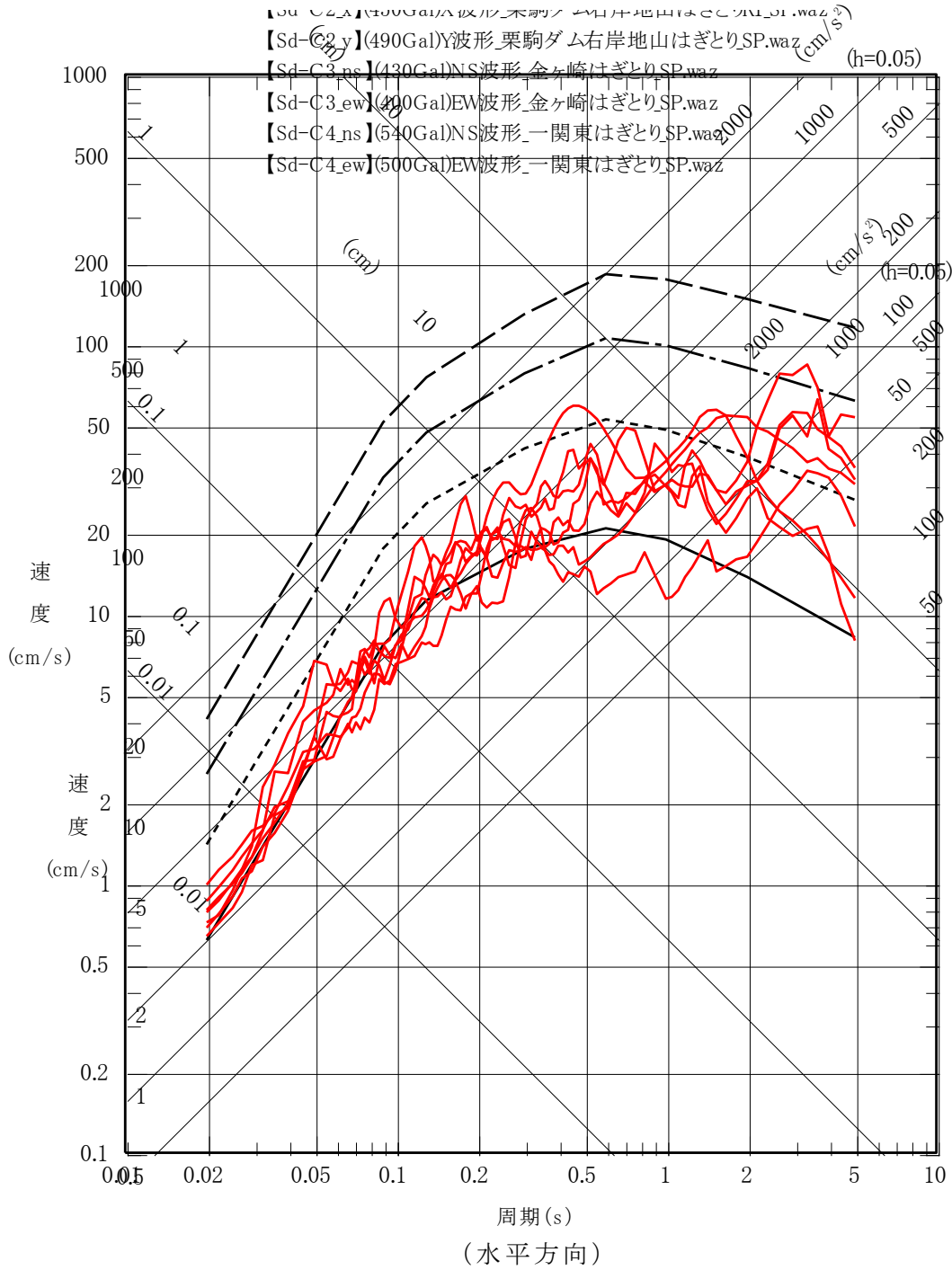


第 3 - 2 - 2 図(2) 地震ハザード評価結果

(一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 Sd-A, B1~B5 の比較)

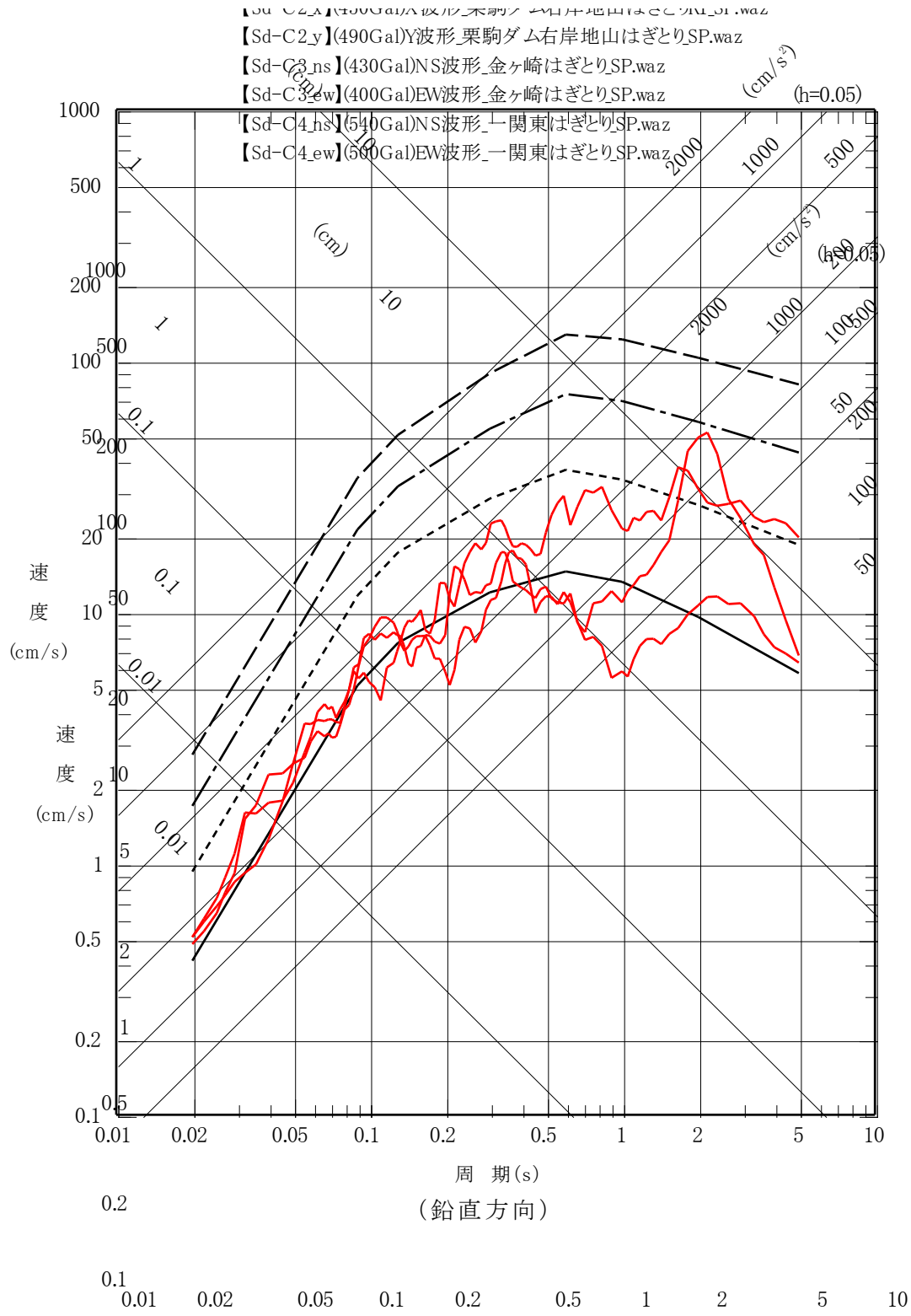
UHS_2015-11次(st)_10-3(領域8B水平)
 UHS_2015-11次(st)_10-5(領域8B水平)
 UHS_2015-11次(st)_10-6(領域8B水平)
 0.5 2004年北海道留萌支庁南部地震(水平方向)
 0.5 IWIH24(金ヶ崎)(NS方向)
 0.5 IWIH24(金ヶ崎)(EW方向)

— 0.5 IWIH24(一関東)(NS方向)トル (年超過確率 10^{-3})
 - - - 0.5 IWIH24(一関東)(EW方向)トル (年超過確率 10^{-4})
 - · - 0.5 栗駒ダム右岸地山の上下流向(年超過確率 10^{-5})
 — 0.5 栗駒ダム右岸地山のダム軸方向(年超過確率 10^{-6})
 — 弾性設計用地震動 Sd-C (C1~C4)



第03 - 2 0.052 図(3) 地震ハザード評価結果 2 5 10
 周期(秒)
 (一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 Sd-C1~C4 の比較)

- 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-3})
- - - 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-4})
- · - 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-5})
- - - 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-6})
- (Red) 弾性設計用地震動 Sd-C (C1~C3)



第3-2-2図(4) 地震動ハザード評価結果

(一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 Sd-C1~Ss-C3 の比較)

3. 3 荷重の組合せの検討

(1) 地震の従属事象（外部事象）に係る荷重の組合せ

「3. 1 MOX燃料加工施設の重大事故等の発生確率」及び「3. 2 MOX燃料加工施設の基準地震動の年超過確率」を踏まえ、本検討においては、地震要因の重大事故等の発生確率を $10^{-4} \sim 10^{-5}$ /年程度と設定する。

この確率は、第2-1表に示した、JEAG4601の考え方における原子炉プラントの運転状態IV程度の発生確率に対応しており、重大事故等の発生確率としては保守的な値となっているほか、参考に、「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について」（平成18年3月28日 原子力安全委員会決定）における原子炉施設の炉心損傷頻度（CDF）に対する性能目標として 10^{-4} /年との値が示されているが、上記にて設定した発生確率と同等となっている。

また、「2. 規定内容の整理」に示したとおり、JEAG4601において、事象の発生確率、継続時間、地震動の発生確率を踏まえ、その確率が 10^{-7} 回/炉・年以下となるものは組合せが不要となっている。

重大事故時の荷重の組合せの検討にあたっては、以上の設定に対して一定の保守性を考慮し、以下の条件を考慮する。

- ① MOX燃料加工施設の外部事象の発生確率としては、地震ハザード評価結果より $10^{-4} \sim 10^{-5}$ /年程度と考えられるが、原子炉施設の性能目標値を参考とし、保守的に 10^{-4} /年とする。
- ② 荷重の組合せの判断は、①と重大事故の継続時間との積で行うこととし、その判断に用いるスクリーニング基準は、JEAG4601において示されている 10^{-7} /年に保守性を考慮し、 10^{-8} /年の状態とする。
- ③ 考慮する地震動レベルは、基準地震動 Ss レベルの地震動（以下「Ss 地震動」という。）及び弾性設計用地震動 Sd レベルの地震動（以下「Sd 地震動」とい

う。)とする。それぞれの地震動の発生確率は、地震ハザード評価結果を踏まえた保守的な値として、Ss地震動は 10^{-4} /年、Sd地震動は 10^{-3} /年とする。

- ④ ①～③を踏まえ、考慮する地震動ごとに、組み合わせるべき地震動に対応する重大事故等の継続時間を設定する。
- ⑤ 規則別記3によると機能が損なわれないものは「荷重により塑性ひずみが生ずる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないこと」となっている。

上記に基づき地震要因の重大事故時に組み合わせる必要のある地震力を検討した結果を第3-3-1表及び第3-3-1図に示す。

本結果に基づき事故経過に応じた重大事故時荷重及び地震力を組み合わせる。

(2) 地震の独立事象（内部事象）に係る荷重の組合せ

「3.1 MOX燃料加工施設の重大事故等の発生確率」に示すとおり、内部事象の重大事故等の発生確率は1/年となるが、「(1) 地震の従属事象（外部事象）に係る荷重の組合せ」と同様の検討を行うと、弾性設計用地震動との組合せによる事象の継続時間は極僅かであることから、基準地震動による地震力と内部事象による重大事故時荷重を組み合わせる。

3.4 荷重の組合せの検討結果

常設耐震重要重大事故等対処設備については、いったん重大事故等が発生した場合、長時間継続する事象による荷重と弾性設計用地震動による地震力とを組み合わせ、その状態からさらに長期的に継続する事象による荷重と基準地震動による地震力を組み合わせることとなるが、事故等の継続期間を考慮すると各事象は長期的に継続することから、基準地震動による地震力と重大事故時荷重を組み合わせる。第3-3-2表に荷重の組合せを示す。

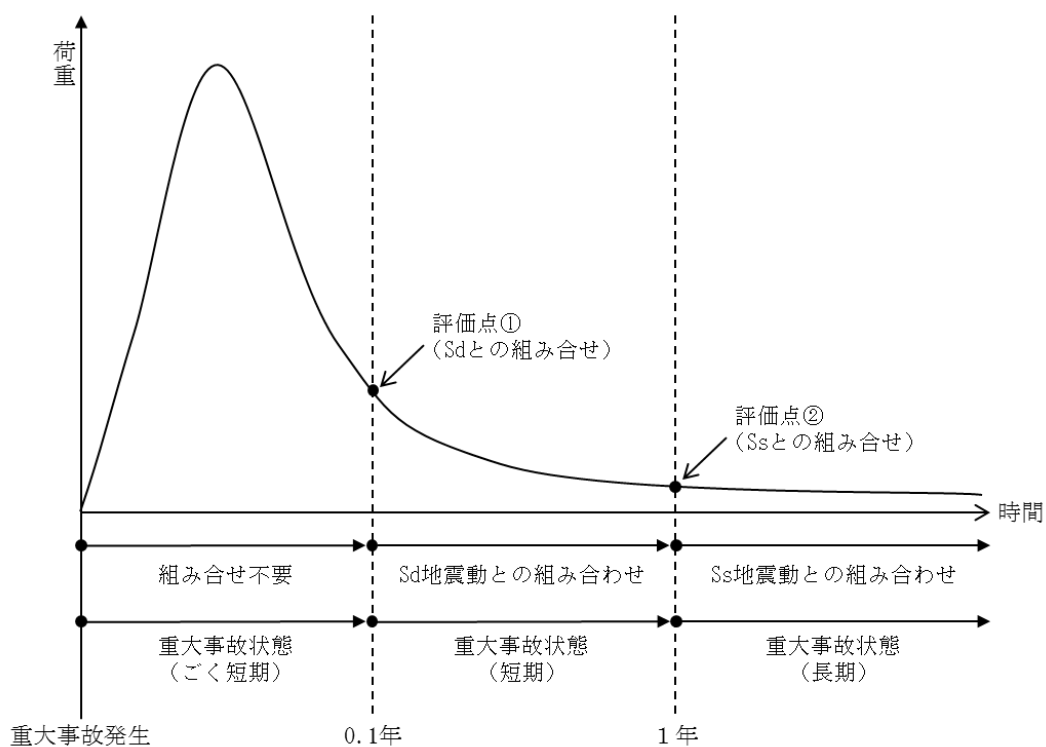
第3-3-1表 組合せの目安となる継続時間（外部事象）

荷重の組合せを考慮する判断基準（※1）	重大事故の発生確率（※2）	地震動の発生確率（※3）		組合せの目安となる継続時間
		Sd地震動	10 ⁻³ /年	
10 ⁻⁸ /年以上	10 ⁻⁴ /年	Ss地震動	10 ⁻⁴ /年	0.1年以上
		Ss地震動	10 ⁻⁴ /年	1年以上

※1：JEAG4601に示される判断基準 10⁻⁷を踏まえ、保守的に設定。

※2：MOX燃料加工施設における重大事故等の発生確率 10⁻⁴~10⁻⁵を踏まえ、保守的に設定。

※3：MOX燃料加工施設における地震動の発生確率（Ss地震動：10⁻⁴~10⁻⁵，Sd地震動：10⁻³~10⁻⁴）を踏まえ、保守的に設定。



第3-3-1図 荷重の組合せと継続時間の関係（イメージ）

第3-3-2表 重大事故等対処施設に係る荷重の組合せ

対象	設備分類	地震力	通常時に作用している荷重	設計用自然条件 (積雪荷重・風荷重)	重大事故等の状態で施設に作用する荷重 ^(注1)
建物・構築物	常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される建物・構築物	S_s	○	○	○
	常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される建物・構築物	B, Cクラスに適用される地震力	○	○	—
設備・機器	常設耐震重要重大事故等対処設備	S_s	/	/	○
	常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備	S, B, Cクラスに適用される地震力	/	/	— (注2)

注1 重大事故等の状態で施設に作用する荷重は、「第27条:重大事故等対処設備」に示す第2-2表及び第2-3表を適用する。
ただし、事象発生後の瞬間的な荷重については、地震との組合せは考慮しない。

注2 Sクラス設備は常設耐震重要重大事故等対処設備に準ずる。

4. 荷重の履歴による耐震評価への影響

常設耐震重要重大事故等対処設備は、安全機能を有する施設の耐震設計における許容限界である JEAG4601 に規定の IV_{AS} を適用する。

JEAG4601 に規定される IV_{AS} は、材料の塑性域にわずかに入ることを許容した許容応力状態であり、 IV_{AS} における許容応力は、設計引張強さ S_u 又は設計降伏点 S_y に一定の係数を乗じて設定するものである。

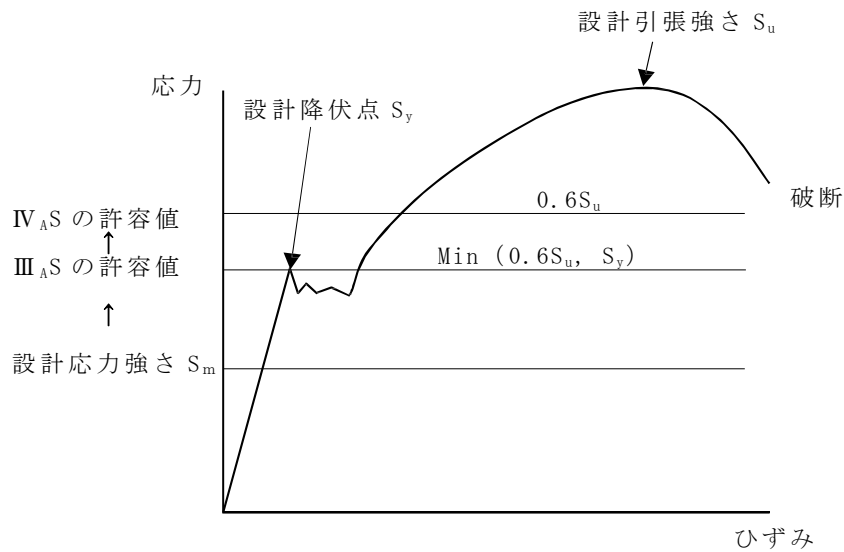
例として、Sクラス容器に適用する許容応力を第4-1表に、応力-ひずみ線図と許容応力の関係を第4-1図にそれぞれ示す。

第4-1表及び第4-1図より、 IV_{AS} は、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、 S_s に対する安全機能を損なうおそれのない用件を十分満足できるものである。

第4-1表 Sクラス（容器）の許容応力

重要度 分類	荷重の組合せ	許 容 限 界	
		一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力
S	$D + P_d + M_d + S_d$	S_y と $0.6 S_u$ の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については $1.2 S$ との大きい方。	左欄の 1.5 倍の値
	$D + P_d + M_d + S_s$	$0.6 S_u$	左欄の 1.5 倍の値

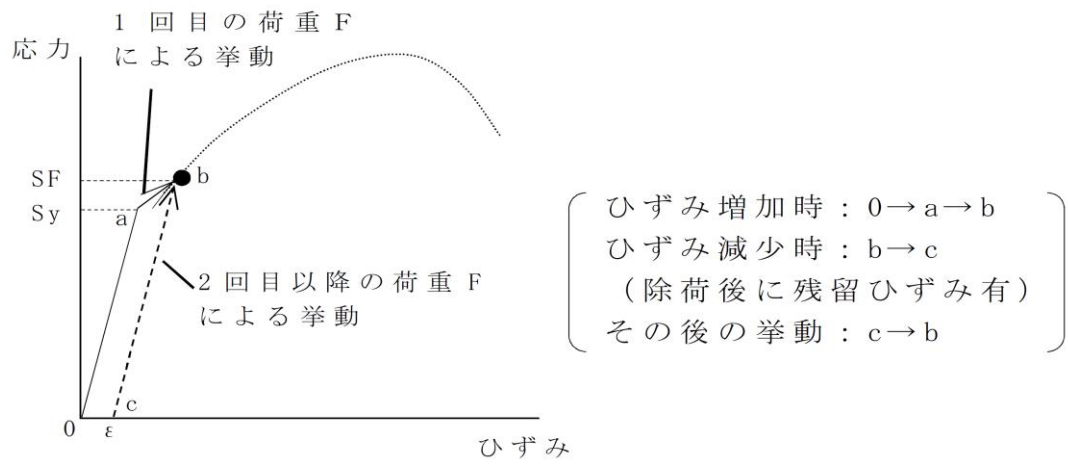
(安全審査 整理資料 第7条：地震による損傷の防止 補足説明資料 2-5 より一部抜粋)



第 4 - 1 図 応力-ひずみ線図と許容応力の関係

次に、 IV_{AS} 相当の応力を生じさせる荷重が繰り返し作用した場合の耐震性への影響について、発生応力（一次応力）が S_y を超える場合に生じるひずみ履歴（イメージ図）を第 4 - 2 図に示し、以下のとおり検討する。

- (1) IV_{AS} は、材料の塑性域にわずかに入ることを許容した許容応力状態である。
- (2) 発生応力が設計降伏点 S_y 以下なら残留ひずみは生じない。 $(0 \rightarrow a \rightarrow 0)$
- (3) 発生応力 SF (荷重 F による応力) が S_y を超える場合は、除荷後に残留ひずみ ϵ_r が生じる。 $(0 \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c)$
- (4) 2 回目以降、荷重 F と同等の荷重が生じた場合、1 回目と同様の弾性的挙動を示し、 SF が発生する。 $(c \rightarrow b)$
- (5) (1)により、 IV_{AS} 相当の応力に対して、材料はわずかに塑性域に入る程度であり、 IV_{AS} 相当の応力を生じる荷重が生じた場合、(3)と同様の挙動を示す。
- (6) 2 回目以降、同様の荷重が発生したとしても、(4)の挙動を示すことから、耐震設計において IV_{AS} を許容応力状態として適用することにより耐震性は確保される。



第 4 - 2 図 降伏点を越える場合のひずみ履歴イメージ(一次応力)