

【公開版】

提出年月日	令和元年 12 月 26 日 R1
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

検討中／精査中

- ・ 第 1 表 重大事故等対処施設（主要設備）の
設備分類
- ・ 補足説明資料

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

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	<u>12/26</u>	<u>0</u>	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	<u>12/26</u>	<u>0</u>	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	<u>12/26</u>	<u>0</u>	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	<u>12/26</u>	<u>0</u>	
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	<u>12/26</u>	<u>0</u>	

補足説明資料 2-1 (25条)

重大事故等対処設備の設備分類

申請対象重大事故等対処設備の耐震設計上の設備分類を示す。

重大事故等対処設備については、第二十五条第1項にて設備分類及び施設区分毎に耐震要求が規定されている。

重大事故等対処設備の設備分類（例）

設備名称	施設区分	耐震重要度分類 設備分類	備考
閉じ込める機能の喪失に対処するための設備 飛散防止設備			
グローブボックス局所消火装置	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
遠隔消火装置	重大事故等対処設備	・ 常設重大事故等対処設備	
グローブボックス火災対処配管	重大事故等対処設備	・ 常設重大事故等対処設備	
火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）	重大事故等対処設備	・ 常設重大事故等対処設備	
火災状況確認用カメラ	重大事故等対処設備	・ 常設重大事故等対処設備	
混合ガス緊急遮断弁	重大事故等対処設備	・ 常設重大事故等対処設備	
混合ガス隔離弁	重大事故等対処設備	・ 常設重大事故等対処設備	
可搬型消火ガスボンベ	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
可搬型工程室監視カメラ	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
可搬型火災状況監視端末	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
窒素濃縮空気供給配管	重大事故等対処設備	・ 常設重大事故等対処設備	
可搬型窒素濃縮空気供給装置	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
閉じ込める機能の喪失に対処するための設備 漏えい防止設備			
グローブボックス排気閉止ダンパ	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
工程室排気閉止ダンパ	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
建屋排気閉止ダンパ	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
給気閉止ダンパ	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Cクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
グローブボックス排風機入口 手動ダンパ	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	

設備名称	施設区分	耐震重要度分類 設備分類	備考
工程室排風機入口手動ダンパ	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
建屋排風機入口手動ダンパ	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
送風機入口手動ダンパ	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Cクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
グローブボックス排気ダクト	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
グローブボックス排風機	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
工程室排気ダクト	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
工程室排風機	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
建屋排気ダクト	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
建屋排風機	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
給気ダクト	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Cクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
閉じ込める機能の喪失に対処するための設備 回収設備			
可搬型集塵機	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
閉じ込める機能の喪失に対処するための設備 閉じ込め機能回復設備			
グローブボックス排気フィルタ	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
グローブボックス排気フィルタユニット	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
工程室排気フィルタユニット	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
グローブボックス排気ダクト	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
グローブボックス排風機	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
工程室排気ダクト	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	

設備名称	施設区分	耐震重要度分類 設備分類	備考
工程室排風機	安全機能を有する施設 重大事故等対処設備	・ Sクラス ・ 常設重大事故等対処設備	
可搬型排風機	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
可搬型排気フィルタ	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
可搬型ダクト（可搬型排風機 用）	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
可搬型排気温度計	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
可搬型排気流量計	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
可搬型差圧計	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
可搬型排気洗浄装置	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
動力ポンプ付水槽車	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
可搬型動力ポンプ	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	
可搬型ダクト（常設排風機 用）	重大事故等対処設備	・ 可搬型重大事故等対処設備	

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した。

■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

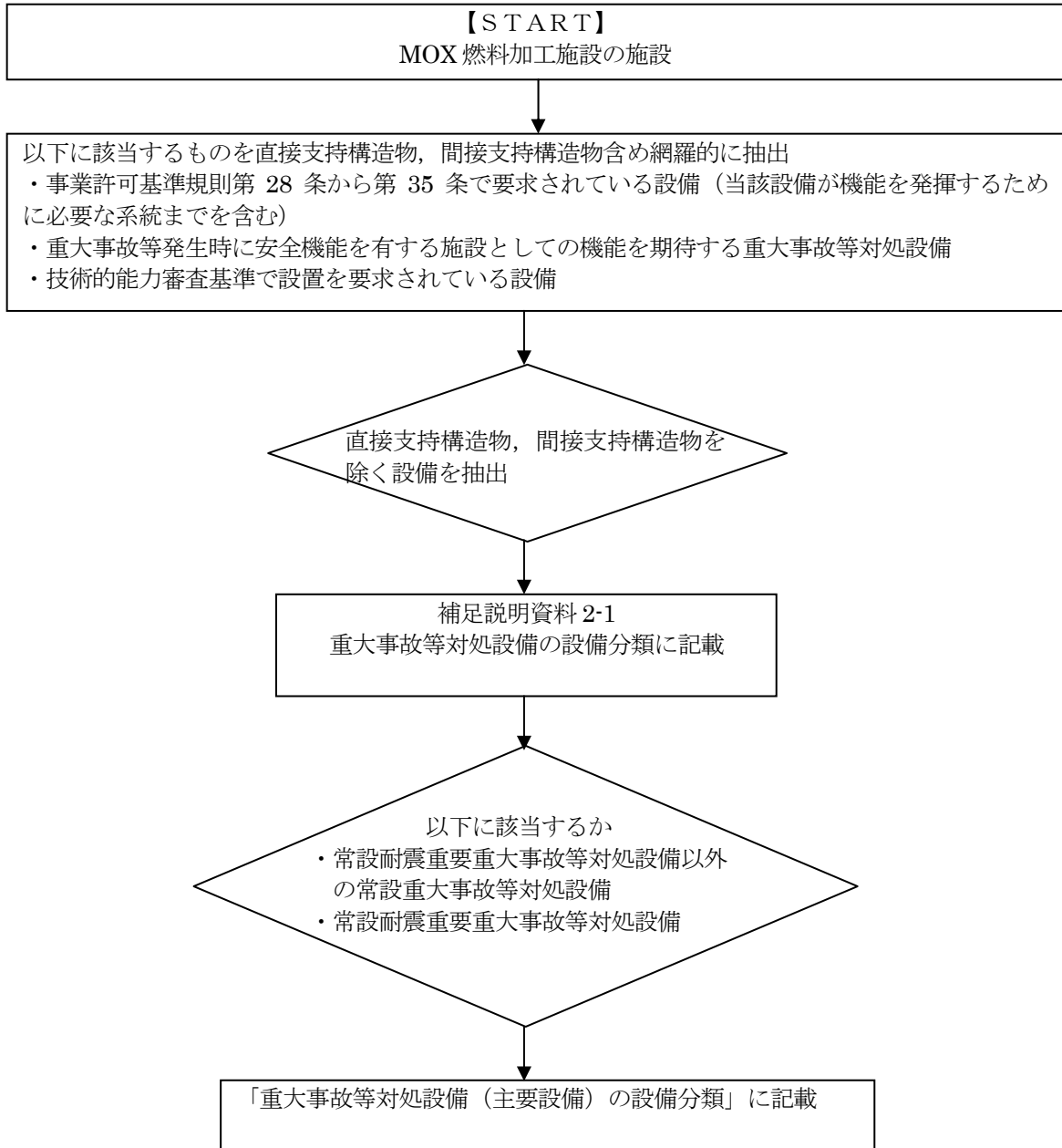
- ・第28条 臨界事故の拡大を防止するための設備
- ・第29条 閉じ込める機能の喪失に対処するための設備
- ・第30条 工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備
- ・第31条 重大事故等への対処に必要なとなる水の供給設備
- ・第32条 電源設備
- ・第33条 監視測定設備
- ・第34条 緊急時対策所
- ・第35条 通信連絡を行うために必要な設備

■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. 第25条本文「第1表 重大事故等対処設備（主要設備）の設備分類」，第25条補足説明資料2-1「重大事故等対処設備の設備分類」について，以下のフローにて抽出する。



令和元年 12 月 26 日 R0

補足説明資料 2-3 (25条)

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

重大事故等対処施設の耐震評価方針を定めるにあたり、重大事故等対処施設について、実績のある安全機能を有する施設に適用する従前の評価方針・手法が準用可能であるかを確認する。

重大事故等対処施設については、型式、設置場所、設置方式及び安全機能を有する施設との基本構造の差異を整理し、安全機能を有する施設と基本構造等が同等のものは、安全機能を有する施設に適用する従前の評価方針・手法を適用するが、基本構造等が異なる設備については、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、適切にモデル化する等した上での地震応答解析、または加振試験等を実施する。

上記検討結果を表(1)に示す。

ただし、配管系については基本構造等の差異はなく評価方針・手法は従前のとおりであることから検討結果より省略する。

(以下の表は基本検討段階のものであり，詳細検討の進捗状況により変更となる可能性がある。)

1. 重大事故等対処施設

(1) 常設耐震重要重大事故等対処設備 (例)

設備名称		耐震重要度分類	設置場所	①型式	②設置方式	基本構造の差異		備考
						①	②	
閉じ込める機能の喪失に対処するための設備 飛散防止設備	グローブボックス 局所消火装置	S	燃料加工 建屋	—	ボルト 固定	無	無	
閉じ込める機能の喪失に対処するための設備 飛散防止設備	遠隔消火装置	—	燃料加工 建屋	—	ボルト 固定	無	無	
閉じ込める機能の喪失に対処するための設備 飛散防止設備	グローブボックス 火災対処配管	—	燃料加工 建屋	鋼管	サポ ート固定	無	無	
閉じ込める機能の喪失に対処するための設備 飛散防止設備	火災状況確認用温度計 (グローブボックス内火災用)	—	燃料加工 建屋	—	ボルト 固定	無	無	
閉じ込める機能の喪失に対処するための設備 飛散防止設備	火災状況確認用カメラ	—	燃料加工 建屋	—	ボルト 固定	無	無	

令和元年 12 月 26 日 R0

補足説明資料 2-4 (25条)

設計用地震力

重大事故等対処施設に適用する設計用地震力（動的地震力，静的地震力）について，施設区分に応じて以下のとおり示す。

1. 静的地震力

静的地震力は，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適用するものとし，以下の地震層せん断力係数及び震度に基づき算定する。

種別	(注1)	(注2)	(注3)	鉛直震度
	施設区分	耐震クラス	地震層せん断力係数及び水平震度	
設備・機器	①	B	1.8C _i	—
	①	C	1.2C _i	—

(注1) 重大事故等対処施設の施設区分

①：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

(注2) 常設重大事故等対処設備の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

(注3) C_i：標準せん断力係数を0.2とし，建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

$$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_o$$

R_t：振動特性係数

A_i：C_iの分布係数

C_o：標準せん断力係数

(備考) 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ついては，安全機能を有する施設として設定されている耐震重要度分類のクラスに従って地震力を分類する。

2. 動的地震力

動的地震力は、重大事故等対処施設の施設区分に応じて、以下の入力地震動に基づき算定する。

種別	(注1) 施設 区分	(注2) 耐震 クラス	(注3) 入力地震動	
			水平	鉛直
建物・構築物	③, ④	S	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s
設備・機器	②	S	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s
	①	B	設計用床応答 ^(注4) 地震動 $S_d \times 1/2$	設計用床応答 ^(注4) 地震動 $S_d \times 1/2$

(注1) 重大事故等対処施設の施設区分

- ①：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
- ②：常設耐震重要重大事故等対処設備
- ③：①, ②が属する重大事故等対処施設が設置される建物・構築物
- ④：緊急時対策所

(注2) 常設重大事故等対処設備の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を標記する。

(注3) 設計用床応答曲線は、基準地震動 S_s に基づき作成した設計用床応答曲線とする。

(注4) 水平及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。

(備考) 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ついては、安全機能を有する施設として設定されている耐震重要度分類のクラスに従って地震力を分類する。

3. 設計用地震力

設計用地震力について、下表に整理した。

種別	(注1) 施設 区分	(注2) 耐震 クラス	水平	鉛直	摘要
建物・ 構築物	③, ④	S	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	(注3) 荷重の組合せは、組 合せ係数法による。
設備・ 機器	①	B	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	設計用床応答曲線 S_s 又は 基準地震動 S_s	(注5)(注6) 荷重の組合せは、二 乗和平方根 (SRSS) 法による。
			設計用床応答 (注4) 地震動 $S_d \times 1/2$	設計用床応答 (注4) 地震動 $S_d \times 1/2$	(注5)(注6) 荷重の組合せは、二 乗和平方根 (SRSS) 法による。
			静的震度 $1.8C_i$	—	静的地震力とする。
		C	静的震度 $1.2C_i$	—	静的地震力とする。

(注1) 重大事故等対処施設の施設区分

- ①：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
- ②：常設耐震重要重大事故等対処設備
- ③：①，②が属する重大事故等対処施設が設置される建物・構築物
- ④：緊急時対策所建屋

(注2) 常設重大事故等対処設備の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を標記する。

(注3) 水平地震動と鉛直地震動を同時に考慮した解析結果を用いてもよいものとする。

(注4) 水平及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。

(注5) 絶対値和法で組み合せてもよいものとする。

(注6) 水平における動的と静的の大きい方の地震力と、鉛直における動的と静的の大きい方の地震力とを、絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

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
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									
	独立事象										
	1分以内	$S_1 + II$									
	1時間以内	$S_1 + II$ $S_1 + III$									
	1日以内	$S_1 + II$ $S_1 + III$ $S_1 + IV$									
1年以内	$S_1 + II$ $S_1 + III$ $S_1 + IV$										
基準地震動 S_2 との 組合せ	従属事象	S_2 従属									
	独立事象										
	1分以内	($S_2 + II$ は 10^{-9} 以下となる)									
	1時間以内	$S_2 + II$ $S_2 + III$									
	1日以内	$S_2 + II$ $S_2 + III$									
1年以内	$S_2 + II$ $S_2 + III$ $S_2 + IV$										

- 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（地震起因）

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）

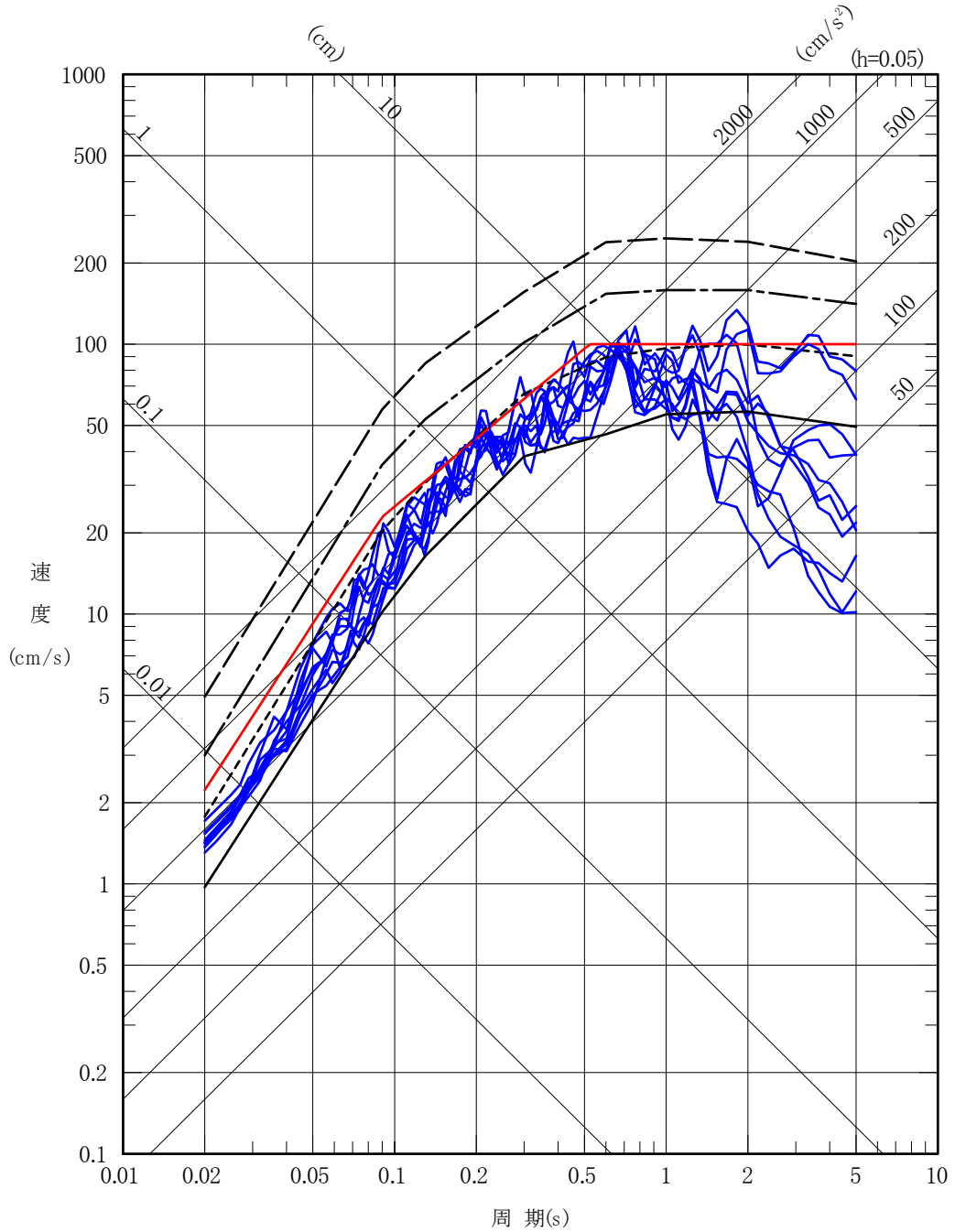
事業許可基準規則の解釈別記3における「地震によって引き起こされるおそれのない事象（地震の独立事象）」とは、重大事故の事象選定における内部事象によって発生するおそれのある事象が対象となる。

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。

- 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})
- 基準地震動 Ss-A
- 基準地震動 Ss-B (B1~B5)

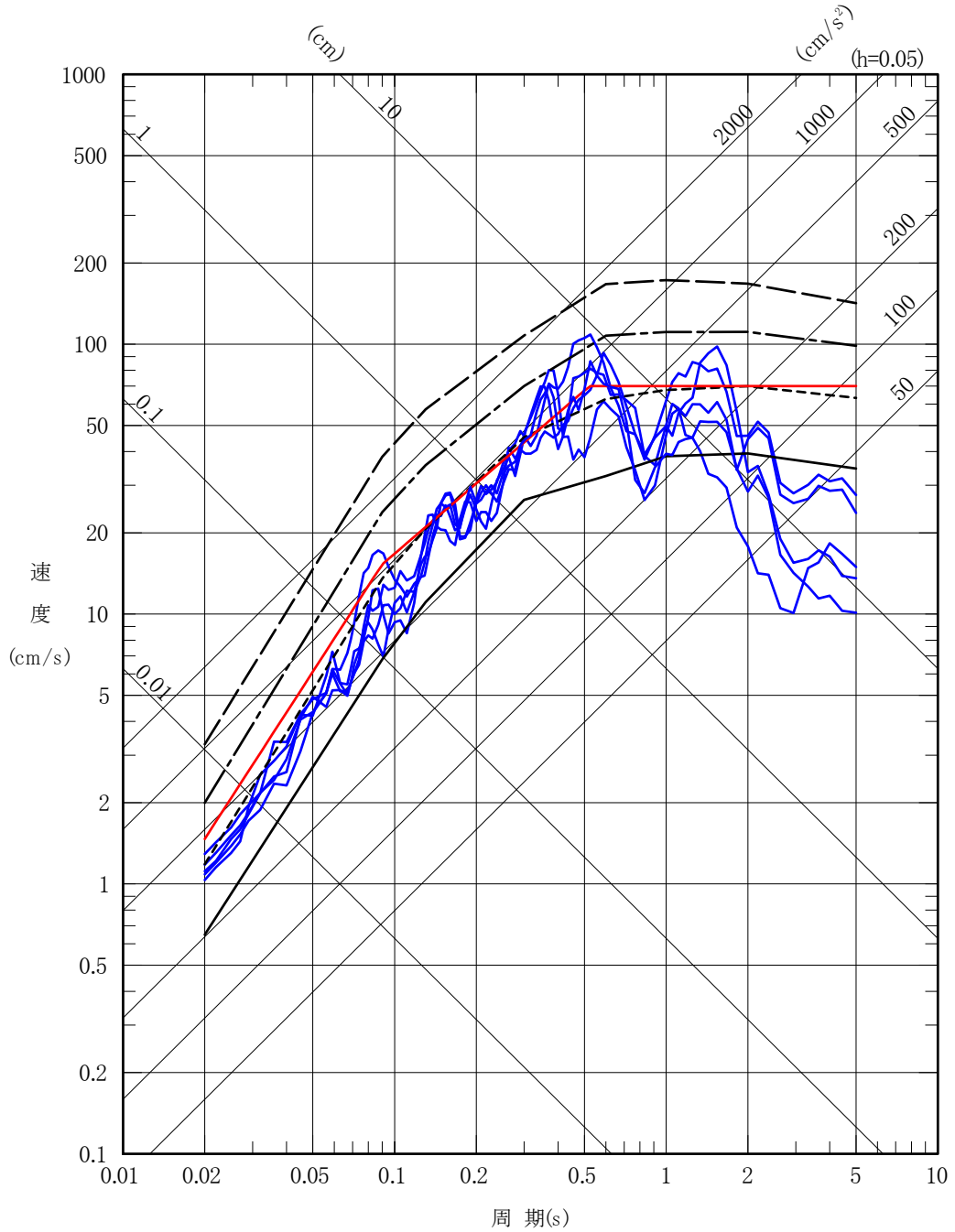


(水平方向)

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)

- 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})
- 基準地震動 Ss-A
- 基準地震動 Ss-B (B1~B5)

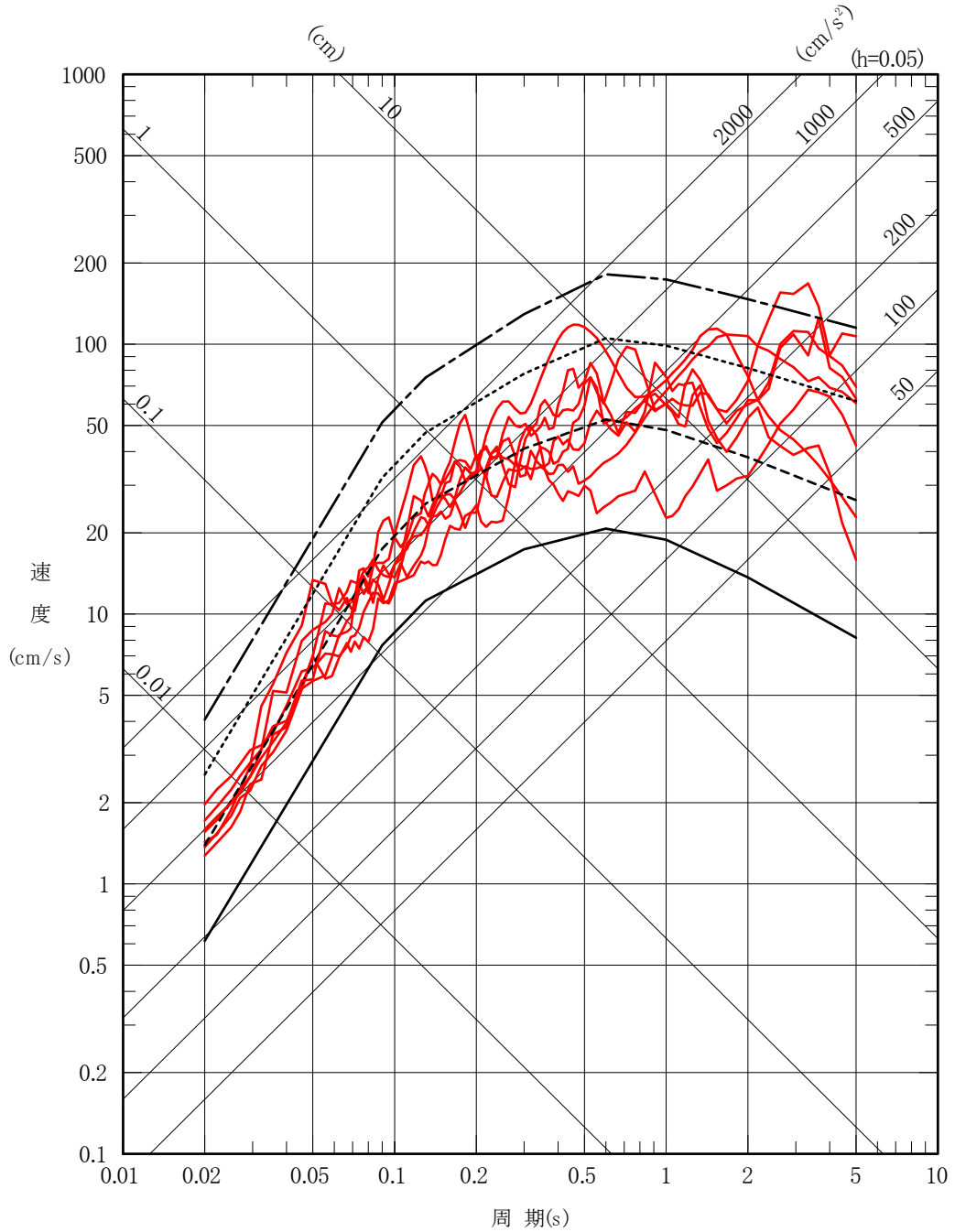


(鉛直方向)

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基準地震動 Ss-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})
- 基準地震動 Ss-C(C1~C4)

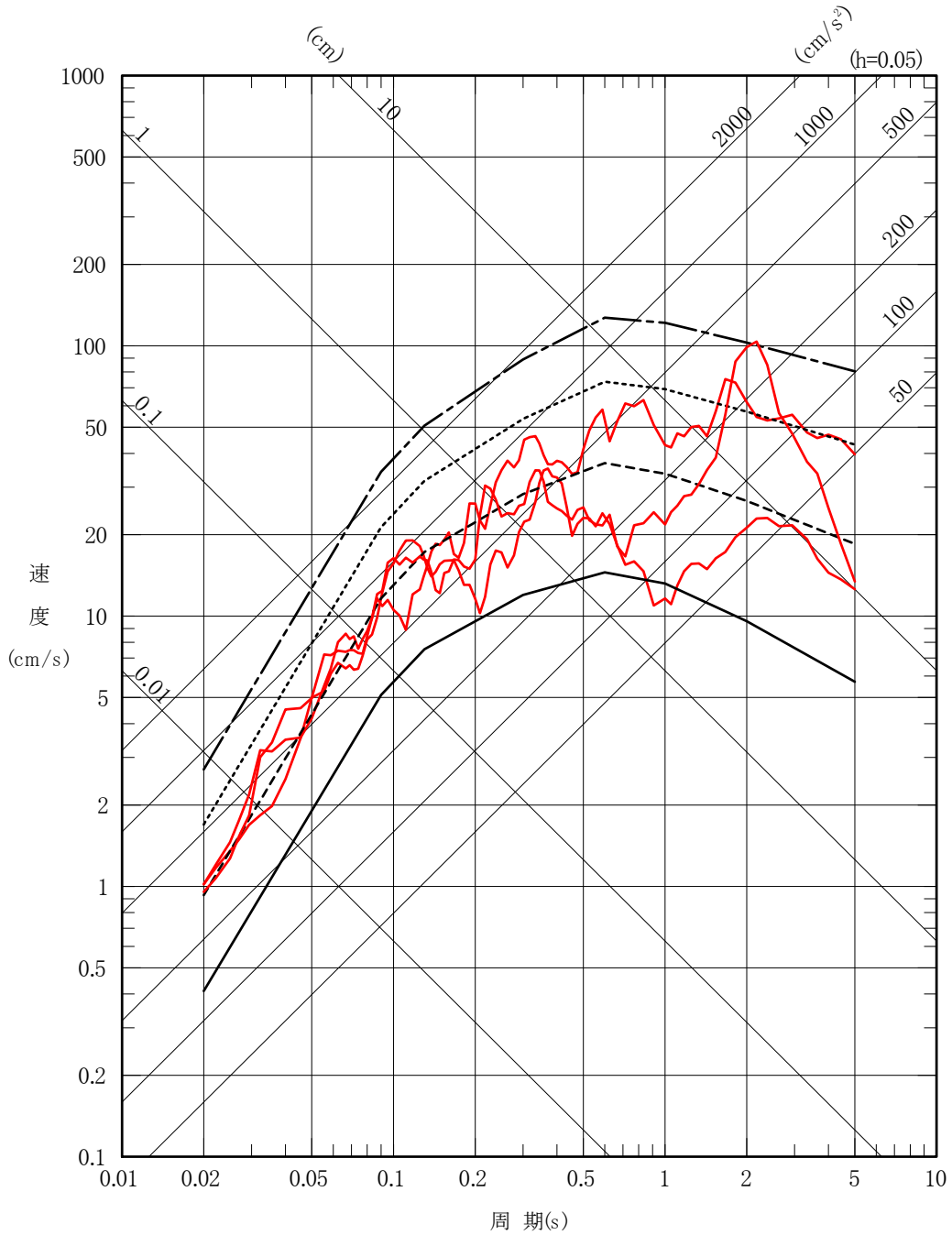


(水平方向)

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)

- 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})
- 基準地震動 Ss-C (C1~C3)

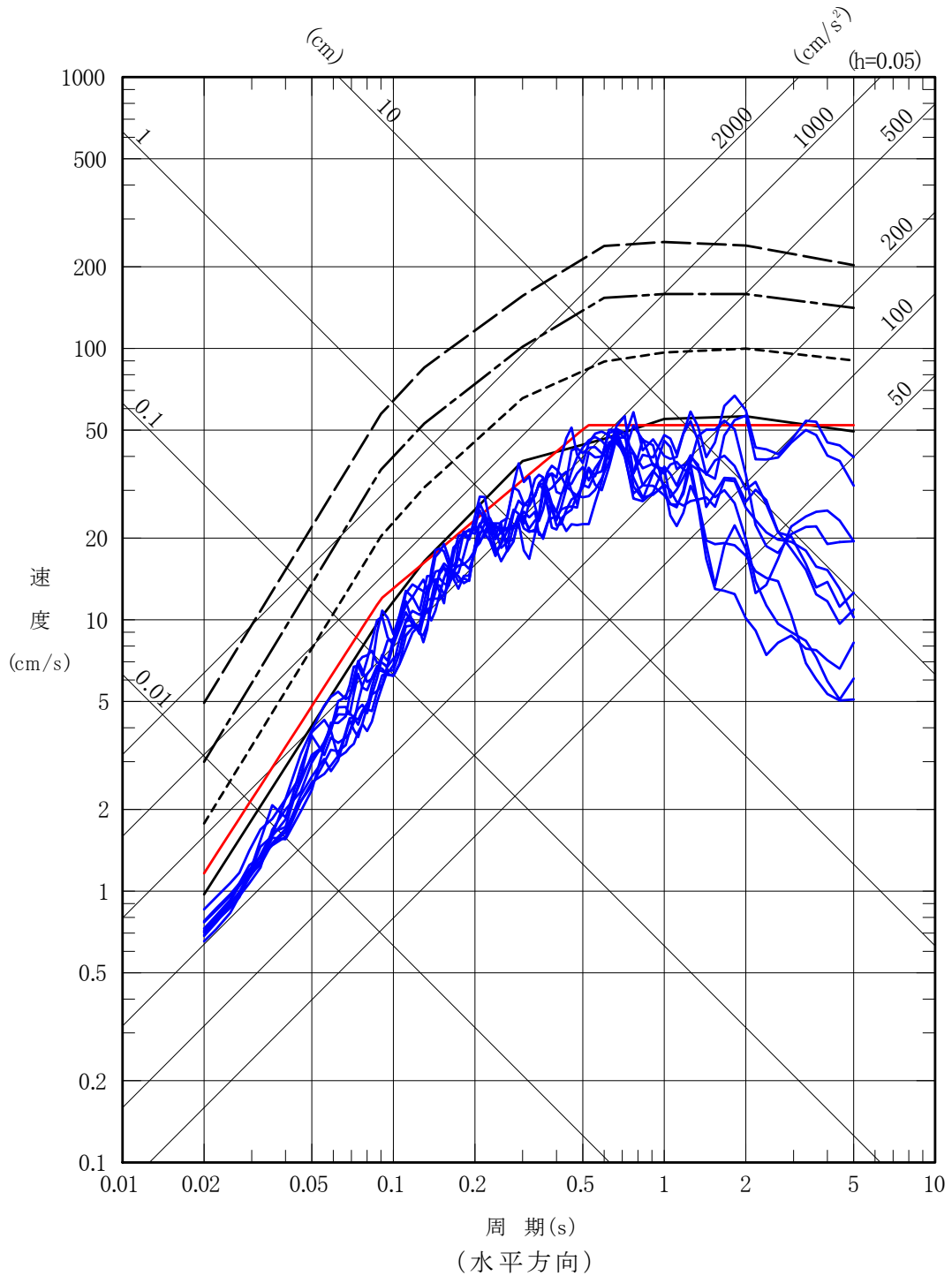


(鉛直方向)

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)

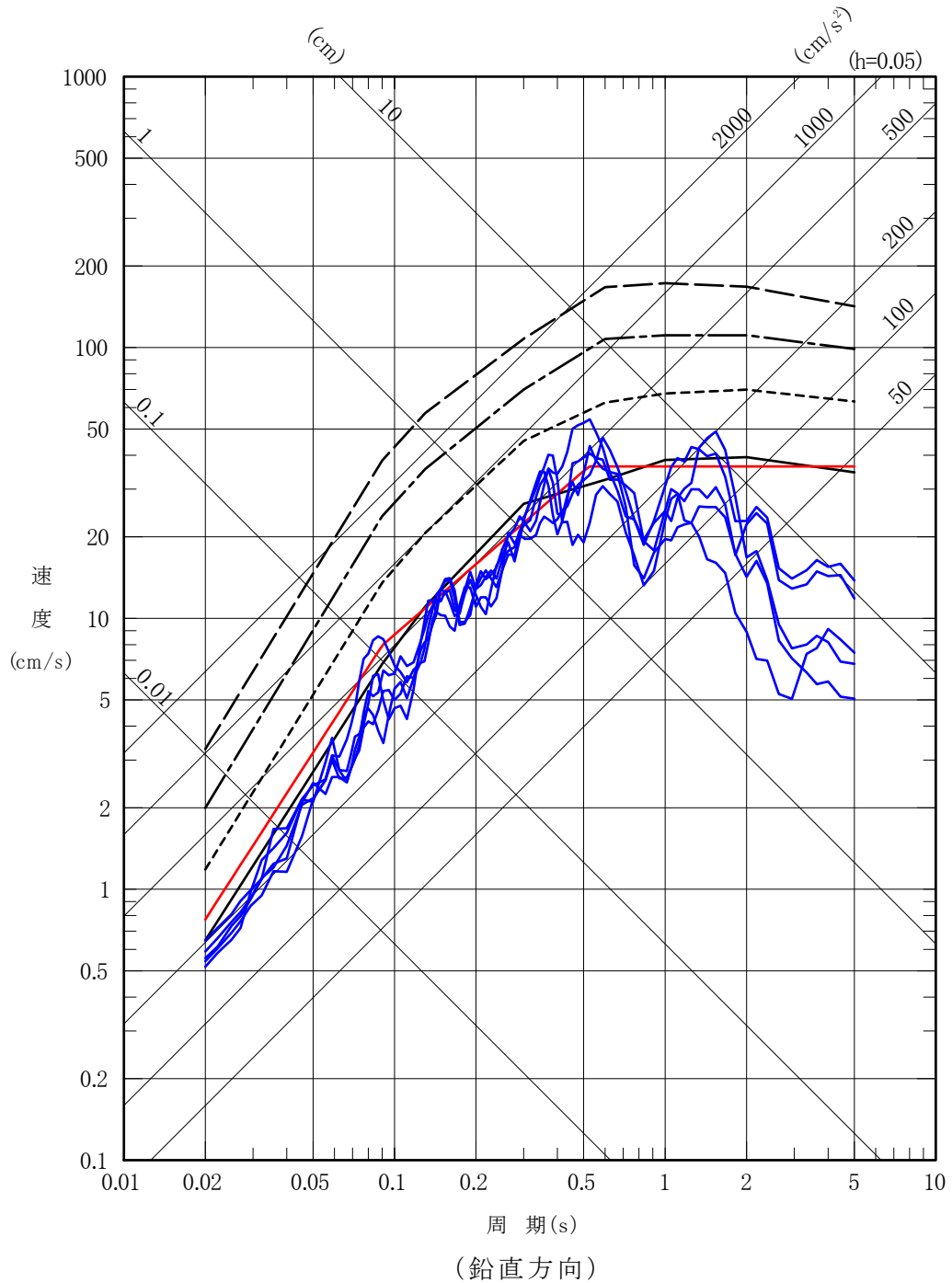
- 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-3})
- - - 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-4})
- 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-5})
- - - 一様ハザードスペクトル (年超過確率 10^{-6})
- 弾性設計用地震動 Sd-A
- 弾性設計用地震動 Sd-B (B1 ~ B5)



第3-2-2図(1) 地震ハザード評価結果

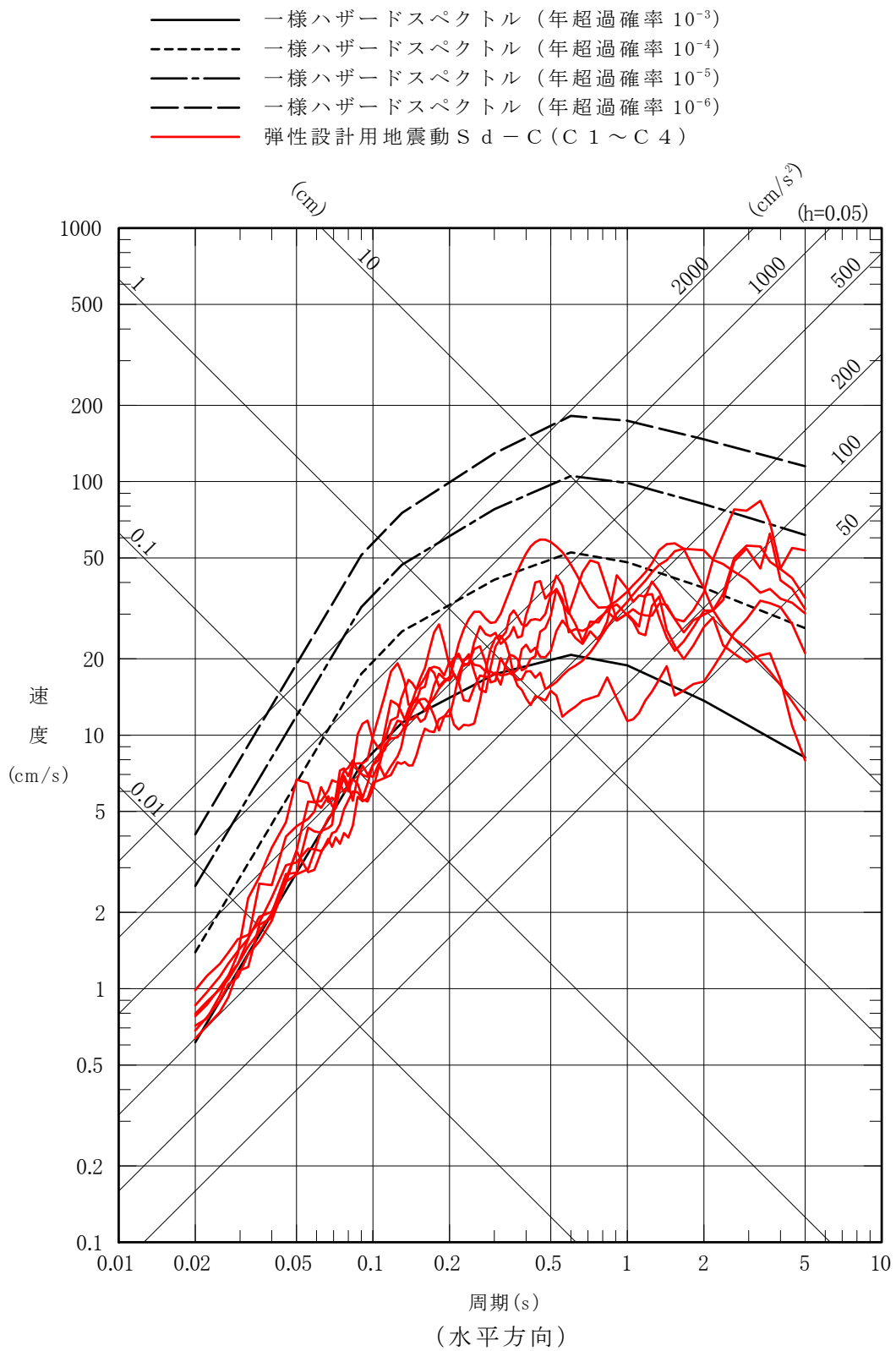
(一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 Sd-A, B1~B5 の比較)

- 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

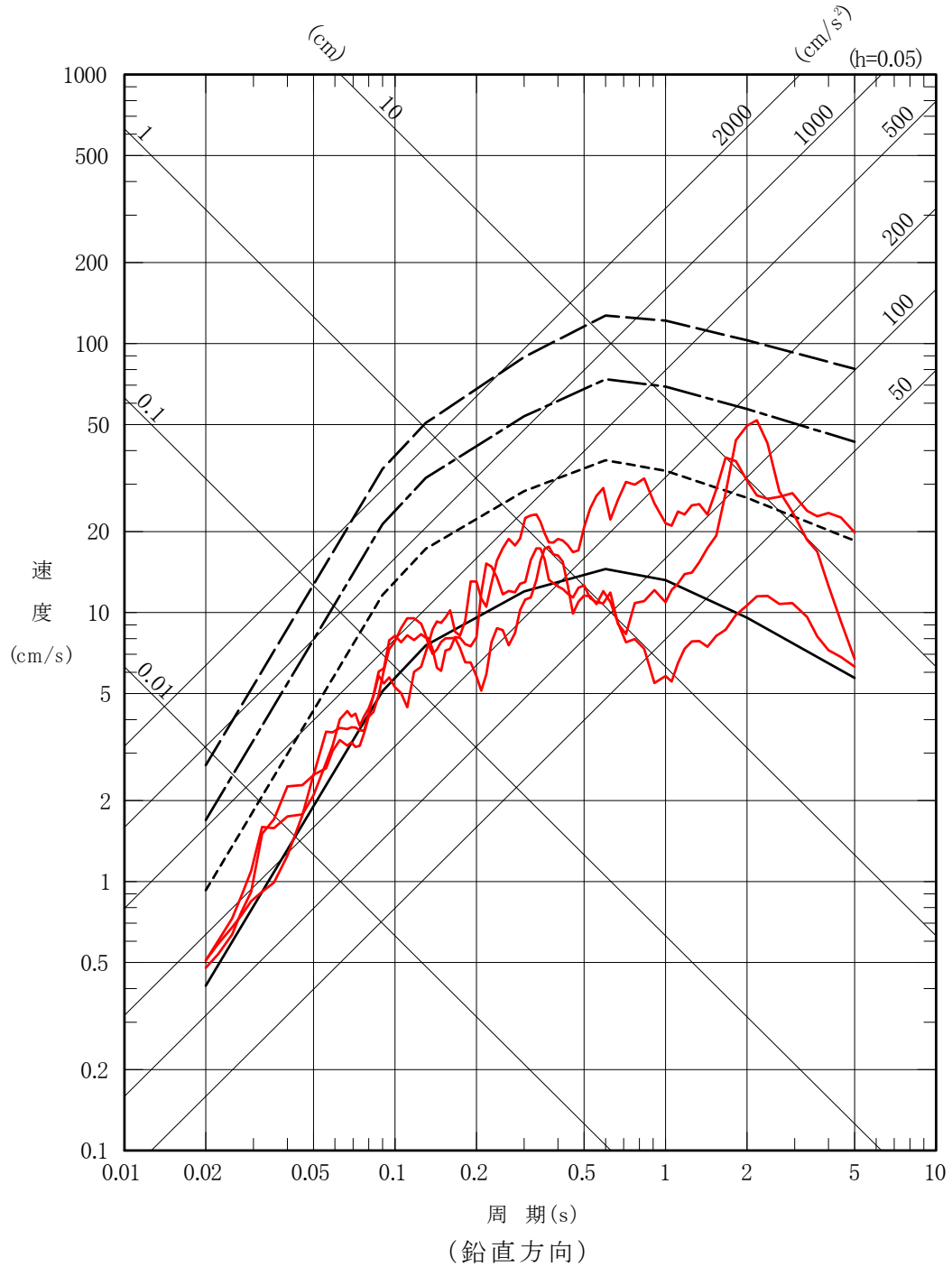
(一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 Sd-A, B1~B5 の比較)



第 3 - 2 - 2 図(3) 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-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})
- 弾性設計用地震動 S d - C (C 1 ~ C 3)



第 3 - 2 - 2 図(4) 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-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（地震起因）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、地震起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燃料加工施設の地震起因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。

上記に基づき地震起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（地震起因）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。

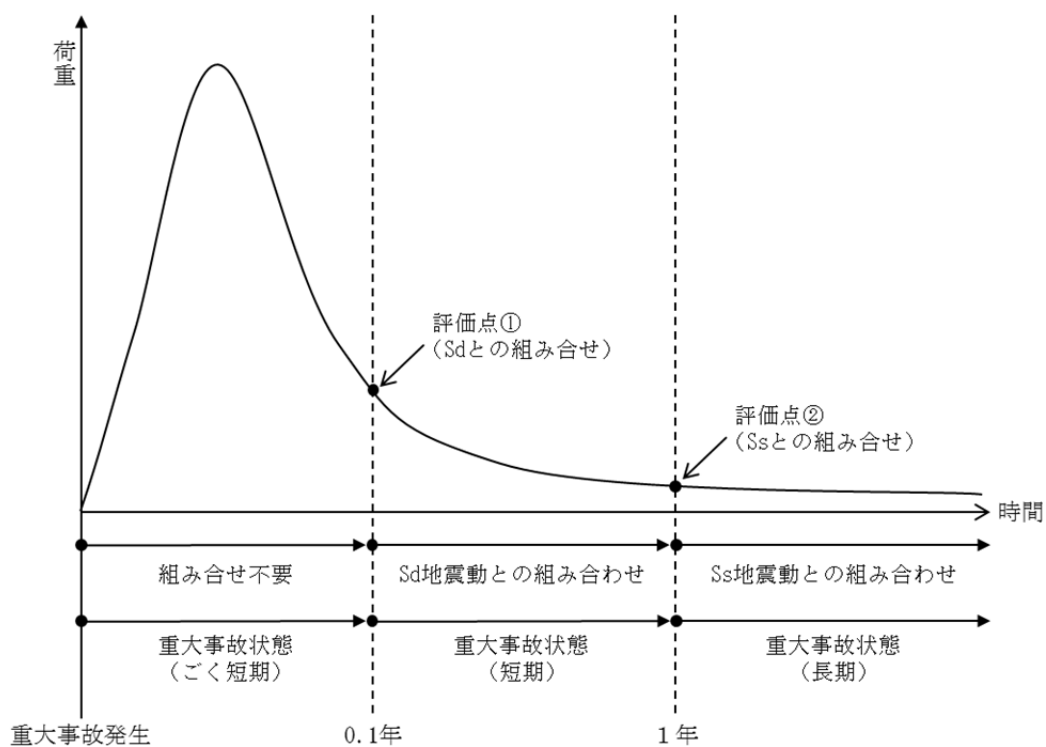
第3-3-1表 組合せの目安となる継続時間（地震起因）

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）

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 $IV_A S$ を適用する。

JEAG4601 に規定される $IV_A S$ 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、 $IV_A S$ 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。

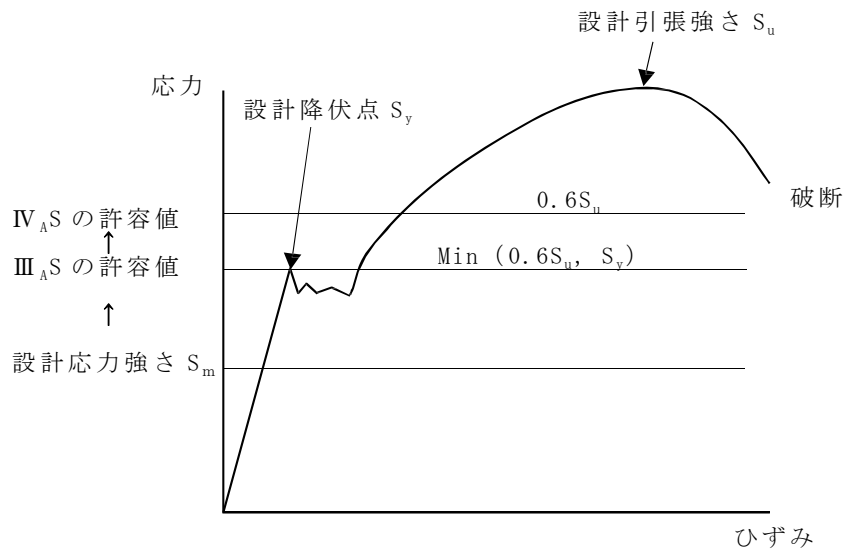
例として、Sクラス容器に適用する許容応力を第4-1表に、応力-ひずみ線図と許容応力の関係を第4-1図にそれぞれ示す。

第4-1表及び第4-1図より、 $IV_A S$ 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

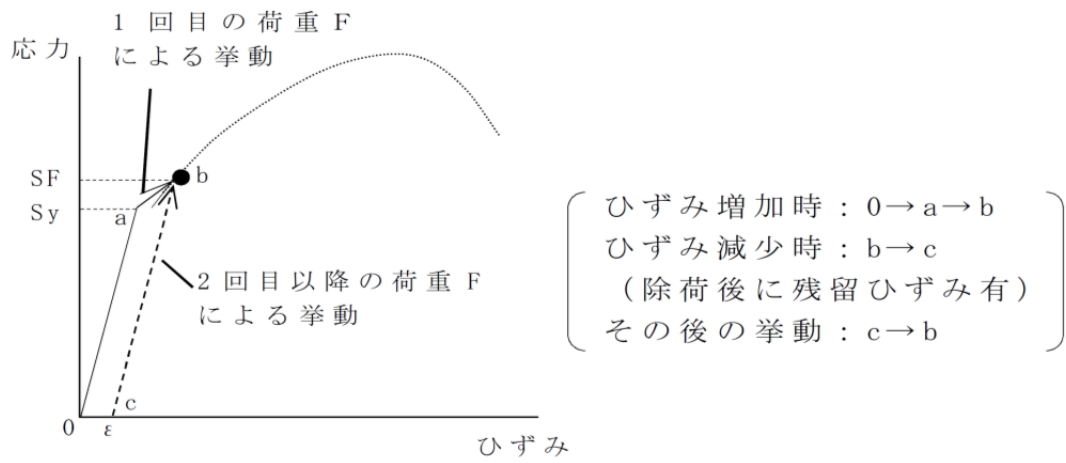
(安全審査 整理資料 第7条：地震による損傷の防止 補足説明資料 2-5 より一部抜粋)



第 4 - 1 図 応力-ひずみ線図と許容応力の関係

次に、 $IV_A S$ 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) $IV_A S$ 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、 $IV_A S$ 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、 $IV_A S$ 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 $IV_A S$ 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)