

川内原子力発電所 1 号機及び 2 号機

玄海原子力発電所 3 号機及び 4 号機

弾性設計用地震動 S_d の設定根拠について

1. 概要

弾性設計用地震動 S_d の規制要求については、設置許可基準規則解釈 別記 2 及び審査ガイドにおいて、「基準地震動との応答スペクトルとの比率の値が、目安として 0.5 を下回らないような値で、工学的判断に基づいて設定すること。」とされている。

今回、弾性設計用地震動 S_d の設定にあたっては、弾性設計用地震動 S_d の役割等について考察し、既許可において係数 0.6 を設定した経緯も踏まえた上で、標準応答スペクトルに基づく地震動に対して係数 0.5 を設定することとした。

本資料は、今回申請において係数 0.5 を設定した理由、既許可において係数 0.6 を設定した経緯、及び弾性設計用地震動 S_d の追加に伴う地震発生後の点検等に関する運用への影響について補足説明するものである。

2. 今回申請において係数 0.5 を設定した理由

今回追加する弾性設計用地震動 S_d の係数設定にあたっては、弾性設計用地震動 S_d の役割 (2.1) 及びその他の配慮事項 (2.2) 考察し、既許可において係数 0.6 を設定した経緯 (3.) も踏まえた上で、係数 0.5 を設定することとした。

なお、係数設定に関する検討内容は、川内 1,2 号機及び玄海 3,4 号機において基本的に同じであることから、具体的な考察 (2.1、2.2) については、川内 1,2 号機を代表として記載する。

2.1 弾性設計用地震動 S_d の役割に対する考察

弾性設計用地震動 S_d の役割については、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針 平成 18 年 9 月 19 日 原子力安全委員会決定」において、以下のとおり記載されている。弾性設計用地震動 S_d の役割を踏まえると、基準地震動 S_s に乗じる係数の設定によっては、**基準地震動 S_s を上回る地震力により弾性設計を行うこととなり、基準地震動 S_s による地震力に対する施設の安全機能保持の把握を確実なものとするという弾性設計用地震動 S_d の役割に照らして、合理的な設計ができないと考えられる。**

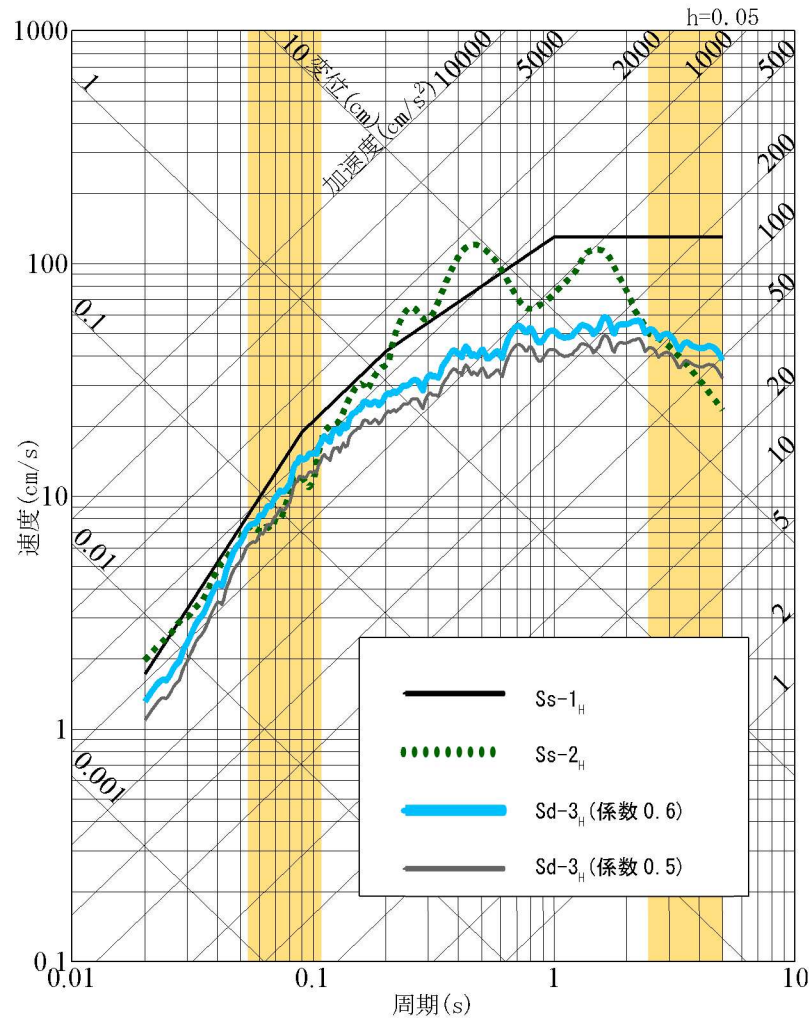
弾性限界状態は、地震動が施設に及ぼす影響及び施設の状態を明確に評価することが可能な状態であり、施設が全体的に弾性設計用地震動 S_d による地震力に対して概ね弾性限界状態に留まることを把握することによって、**基準地震動 S_s による地震力に対する施設の安全機能保持の把握を確実なものとする。**すなわち、弾性設計用地震動 S_d は、旧指針における基準地震動 S_1 が耐震設計上果たしてきた役割の一部を担うことになる。

そこで、今回追加する弾性設計用地震動 S_d -3 (以下「 S_d -3」という。) について、係数 0.5 とした場合及び係数 0.6 とした場合の応答スペクトルを作成し、**現行の基準地震動 S_s -2 (※2004 年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動。玄海 3,4 号機に**

においては $S_s\cdot 4$ がこれに該当する。) の応答スペクトルとそれぞれ比較した。今回追加する弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトルと、2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した基準地震動 S_s の応答スペクトルとの比較を第1図に示す。

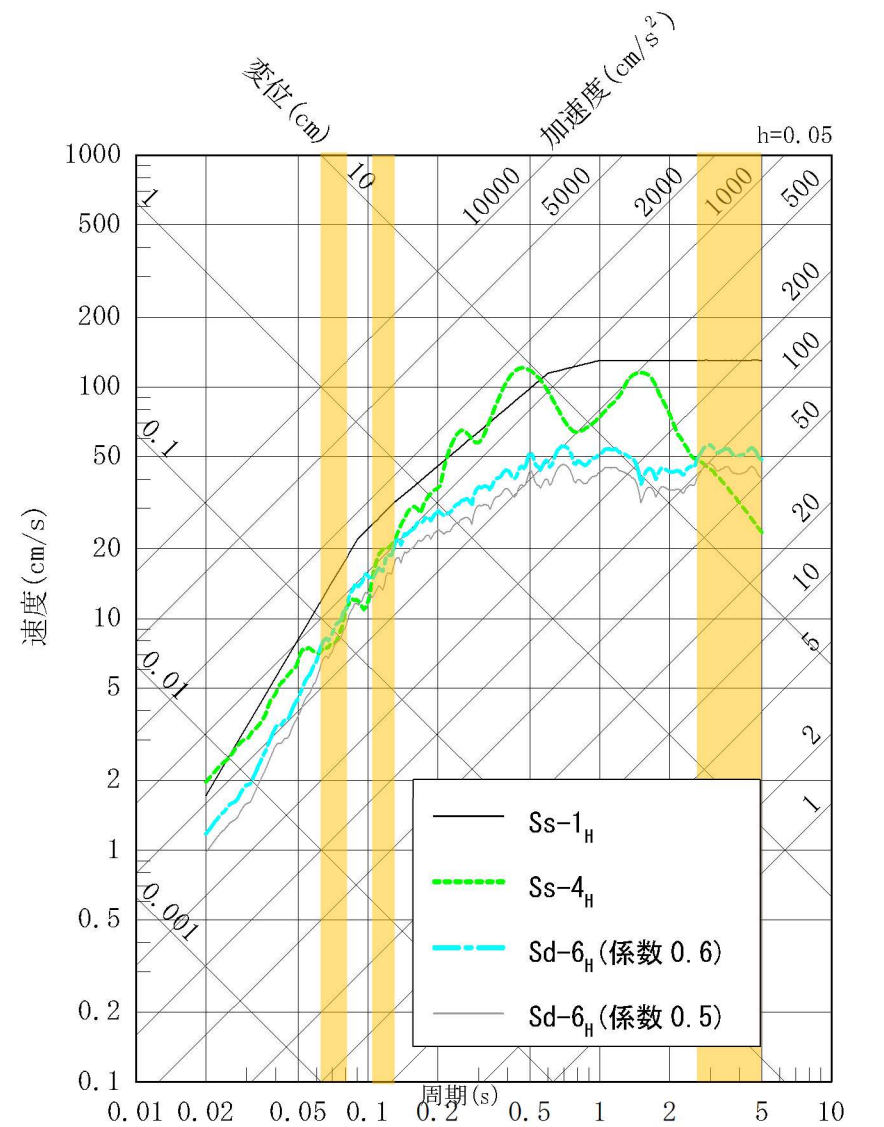
- 係数 0.6 とした場合の $S_d\cdot 3$ の応答スペクトルは、0.1 秒付近において、基準地震動 $S_s\cdot 2$ を上回る。0.1 秒付近には、機器・配管系や建物・構築物の固有周期が多く存在するが、これらの施設に対して、基準地震動 $S_s\cdot 2$ を上回る地震力を用いて弾性設計を行うことは、耐震設計上の合理性に欠けると考えられる。
- 係数 0.5 とした場合の $S_d\cdot 3$ の応答スペクトルは、0.1 秒付近において、基準地震動 $S_s\cdot 2$ を若干上回るものの、その範囲及び超過割合は限定的である。

係数設定に関して、設置許可基準規則の解釈別記2には、「基準地震動との応答スペクトルの比率の値が、目安として 0.5 を下回らないような値で、工学的判断に基づいて設定すること」が要求されていることから、係数 0.5 を設定することとした。



※黄ハッチング箇所は Sd-3_H (係数 0.6) > Ss-2_H となる周期帯を示す

(a)川内 1,2 号機



※黄ハッチング箇所は Sd-6_H (係数 0.6) > Ss-4_H となる周期帯を示す

(b)玄海 3,4 号機

第 1 図 今回追加する弾性設計用地震動 Sd と、2004 年北海道留萌支庁南部地震を考慮した基準地震動 Ss との比較

2.2 その他の配慮事項に対する考察

Sd-3 の設定にあたっては、「2.1 弾性設計用地震動 Sd の役割に対する考察」を踏まえ係数 0.5 を設定することとしたが、その他の配慮事項として、「基準地震動 S₁ が果たしてきた役割」及び「JEAG4601 における地震の発生確率」について、それぞれ考察した。考察の結果、以下のとおり、係数 0.6 及び係数 0.5 の場合における耐震設計の合理性に関する差異はなく、いずれも要求事項を満足することを確認した。

(1) 基準地震動 S₁ が果たしてきた役割に対する考察

基準地震動 S₁ は、弾性設計用地震動 Sd が規定される以前、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針 昭和 56 年 7 月 20 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂」において、As 及び A クラス施設の耐震性（基準地震動 S₁ による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に耐えること）を担保する役割であった。基準地震動 S₁ の役割を踏まえると、弾性設計用地震動 Sd の設定にあたっては、基準地震動 S₁ の応答スペクトルを概ね下回らないよう係数設定を行う必要がある。

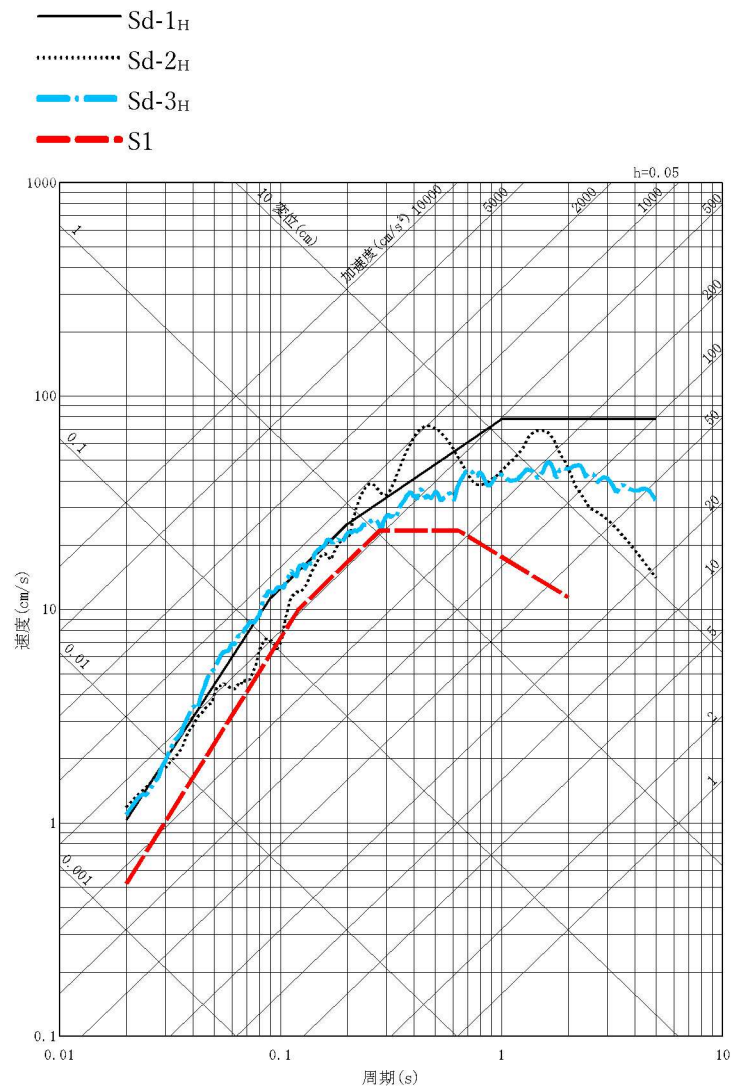
係数 0.6 とした場合の Sd-3 及び係数 0.5 とした場合の Sd-3 は、第 2 図に示すとおり、いずれも基準地震動 S₁ の応答スペクトルを包絡することから、要求事項である「基準地震動 S₁ の応答スペクトルを概ね下回らないこと」を満足する。

(2) JEAG4601 における地震の発生確率に対する考察

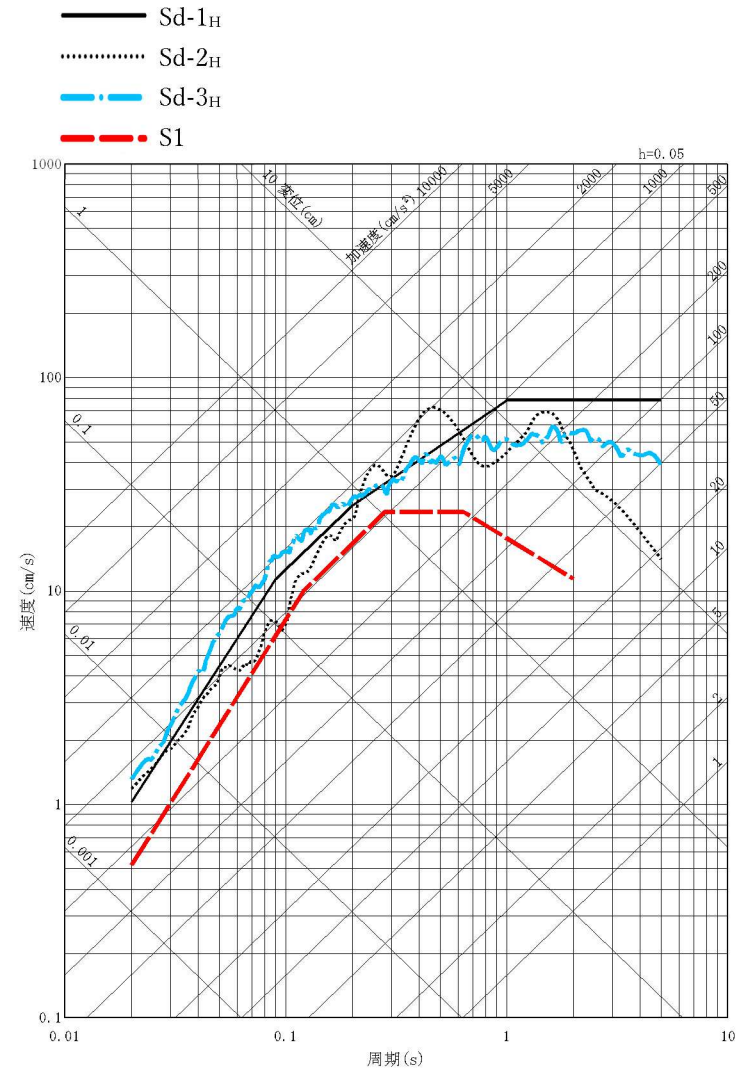
JEAG4601 において、基準地震動 S₁（弾性設計用地震動 Sd に相当する地震動）の発生確率は $10^{-2} \sim 5 \times 10^{-4}$ / 炉・年とされており、この発生確率に基づいて、地震と荷重の組合せに関する確率的な考慮（事象の発生確率、事象の継続時間、地震の発生確率を踏まえた組合せ要否判断）がなされている。

原子力発電所における耐震設計では、JEAG4601 における地震と荷重の組合せを適用していることを踏まえると、弾性設計用地震動 Sd の設定にあたっては、JEAG4601 における基準地震動 S₁ の発生確率に対して保守的となるよう係数設定を行う必要がある。

係数 0.6 とした場合の Sd-3 及び係数 0.5 とした場合の Sd-3 は、第 3 図に示すとおり、いずれも発生確率が $10^{-3} \sim 10^{-4}$ / 炉・年程度であることから、要求事項である「JEAG4601 における基準地震動 S₁ の発生確率に対して保守的であること」を満足する。

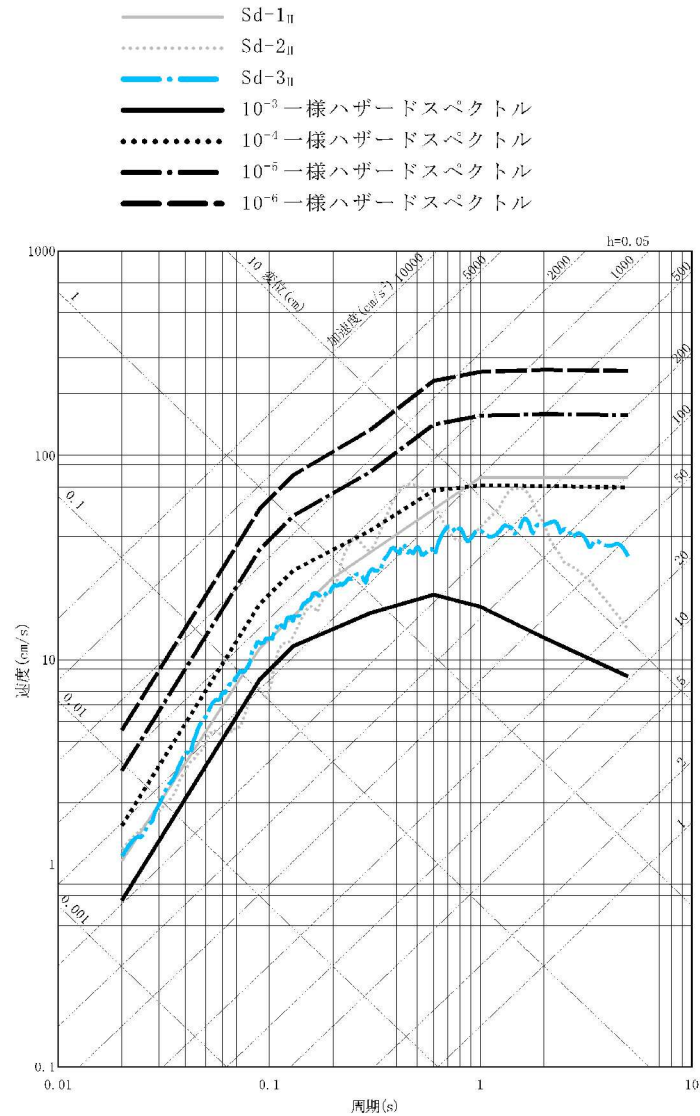


(a)係数 0.5 を設定した場合

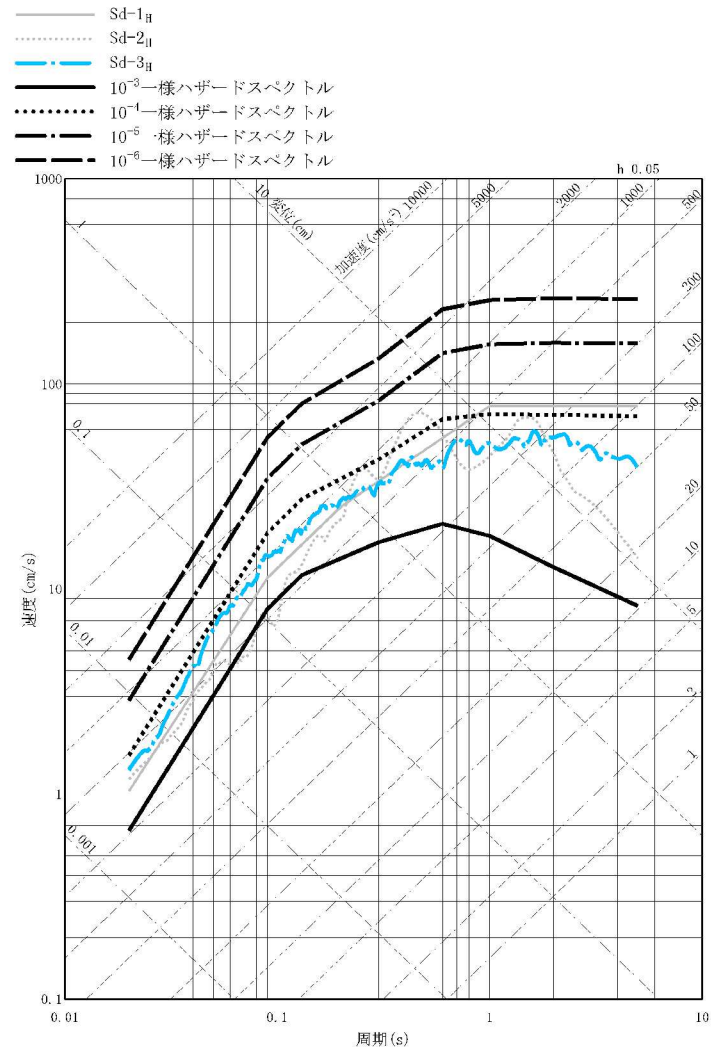


(b)係数 0.6 を設定した場合

第2図 Sd-3 の応答スペクトルと基準地震動 S₁ の応答スペクトルの比較



(a)係数 0.5 を設定した場合（水平方向）



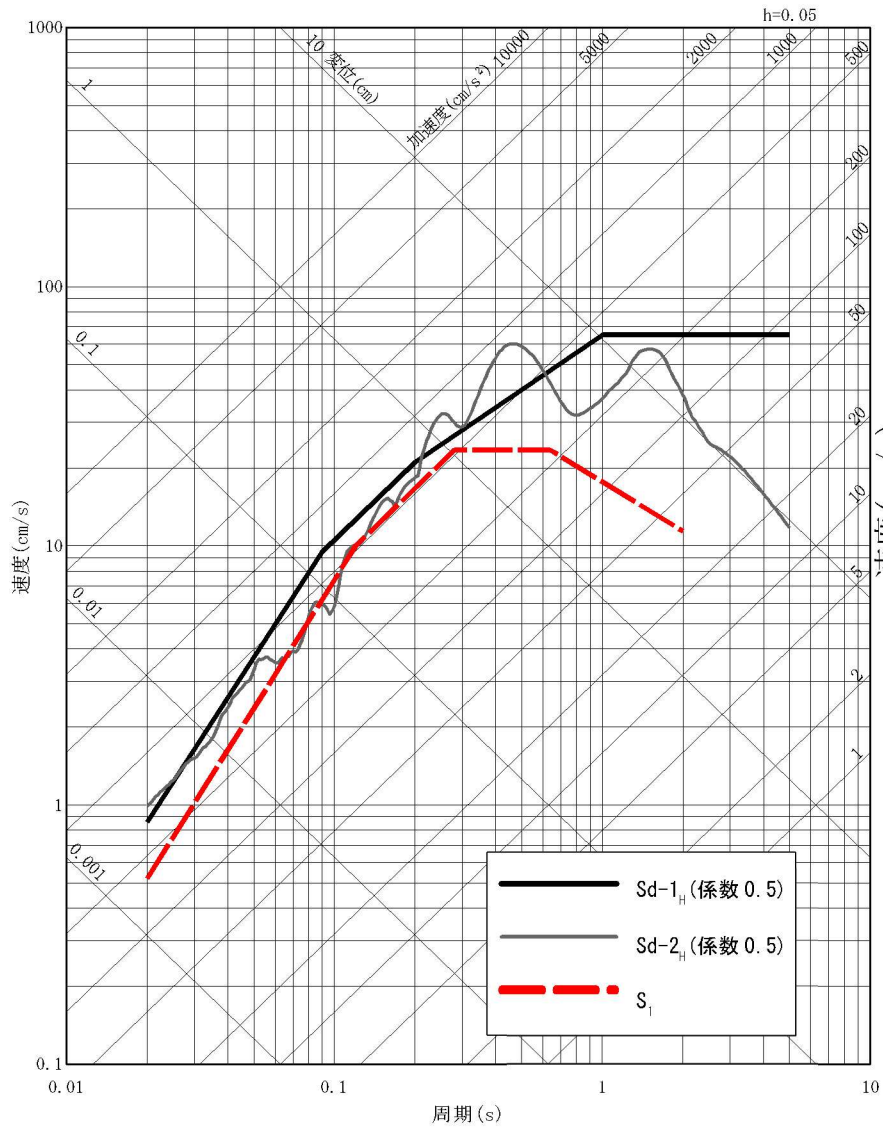
(b)係数 0.6 を設定した場合（水平方向）

第3図 Sd-3の応答スペクトルと一様ハザードスペクトルとの比較

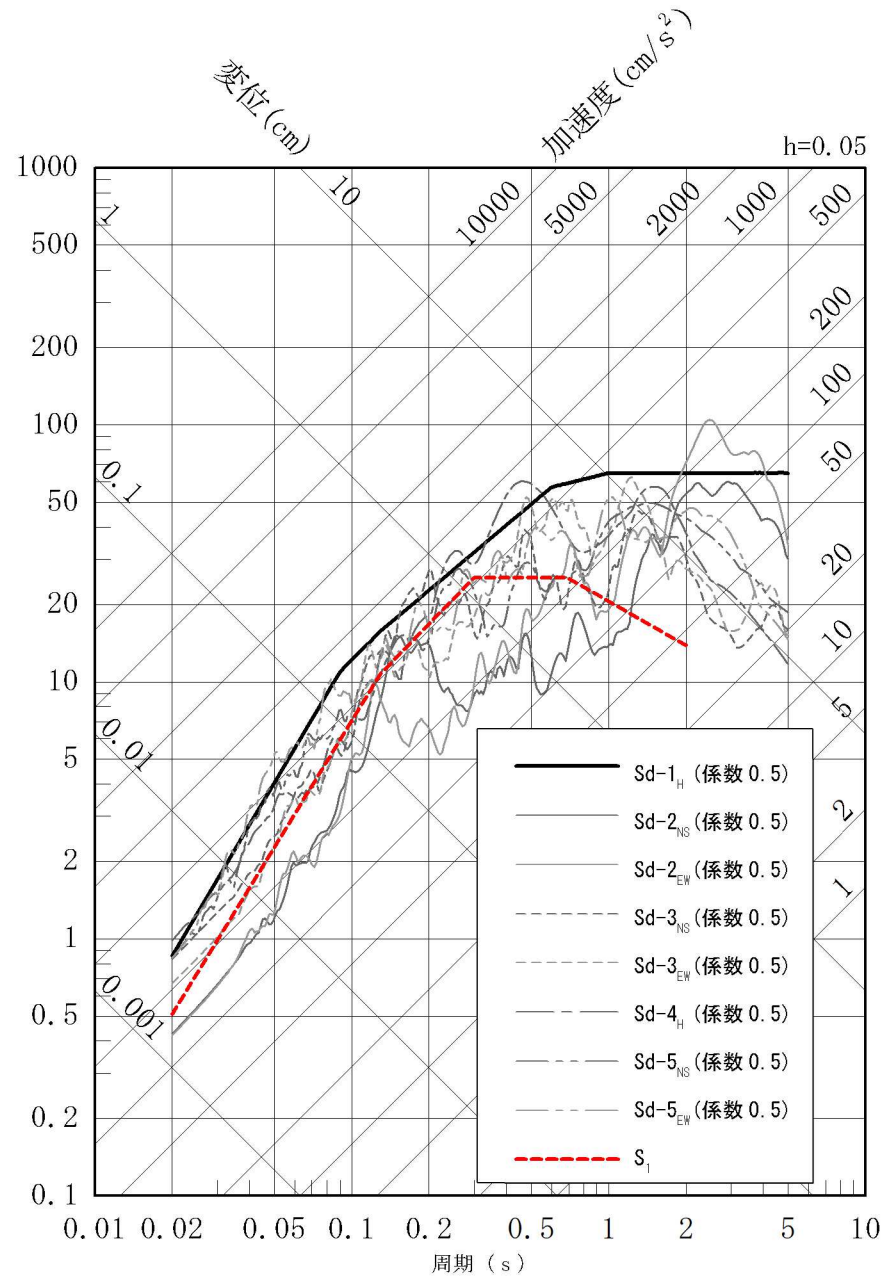
3. 既許可において係数 0.6 を設定した経緯

現行の弾性設計用地震動については、第 4 図に示すとおり、仮に係数 0.5 を設定した場合でも、弾性設計用地震動 $S_d \cdot 1$ が基準地震動 S_1 を包絡する。このため、現行の弾性設計用地震動については、係数 0.5 を設定した場合でも、耐震設計上合理的であったと考えられる。

一方で、現行の S_d を設定した新規制基準対応時においては、設置許可審査及び設工認審査が並行して進められており、玄海 3,4 号機及び川内 1,2 号機を合わせて 7 波の検討を並行して実施する必要があったこと、及び詳細設計の検討段階において、暫定的な係数 0.6 を使用していたことから、係数誤認による不適合の防止及び評価の効率化の観点より、係数 0.6 を設定することとした。



(a)川内 1,2号機



(b)玄海 3,4号機

第4図 係数0.5とした場合のSd-1の応答スペクトルと基準地震動S₁の応答スペクトルの比較

4. 地震発生後の点検等に関する運用への影響

地震発生後の点検等に関する運用への影響に関して、「総合点検の実施判断基準」及び「原子炉トリップ信号の設定値」について確認した結果、以下のとおり、いずれも弾性設計用地震動 S_d の追加に伴う運用への影響はないことを確認した。

- 地震発生後の総合点検については、川内 1,2 号機及び玄海 3,4 号機ともに、社内規定に基づき、最寄りの気象庁観測点（※発電所の敷地外）において震度 5 弱以上が観測された場合等に、チェックシートを用いて点検を実施することとしている。総合点検の実施判断基準は、気象庁が発表する震度に基づいており、弾性設計用地震動 S_d に基づいていないため、運用を変更する必要はない。
- 原子炉トリップ信号は、弾性設計用地震動 S_d よりも十分低い値（川内 160 ガル、玄海 170 ガル）に設定しており、既許可申請書における記載「弾性設計用地震動の加速度レベルに余裕を持たせた値」を変更する必要はない。

5. まとめ

今回追加する弾性設計用地震動 S_d の設定にあたり、弾性設計用地震動 S_d の役割等について考察した結果、係数 0.6 を設定した場合、0.1 秒付近において現行の基準地震動 S_s を上回る大きさとなり、基準地震動 S_s を上回る地震力を用いて弾性設計を行うことは耐震設計上の合理性に欠けることから、係数 0.5 を設定することとした。

既許可において係数 0.6 を設定した経緯については、新規制基準対応時において、設置許可審査及び設工認審査が並行して進められており、川内 1,2 号機及び玄海 3,4 号機合わせて 7 波の検討を並行して行う必要があったこと、及び詳細設計の検討段階において、暫定的な係数 0.6 を使用していたことから、係数誤認による不適合の防止及び評価の効率化の観点より、係数 0.6 を設定することとした。なお、現行の弾性設計用地震動 S_d については、仮に係数 0.5 を設定した場合であっても、弾性設計用地震動 S_{d-1} が基準地震動 S_1 を包絡することから、現行の弾性設計用地震動 S_d に対し係数 0.5 を設定することは、耐震設計上合理的であったと考えられる。

地震発生後の点検等に関する運用への影響に関して、「総合点検の実施判断基準」及び「原子炉トリップ信号の設定値」について確認した結果、弾性設計用地震動 S_d の追加に伴う運用への影響が無いことを確認した。

以 上