

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、基準地震動 S_1 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 を乗じることが妥当であると判断した。

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 を追加すること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)、基準地震動 S_1 が果たしてきた役割 (2.2)、及び JEAG4601 における地震の発生確率 (2.3) について考察し、新規制設工認当時の設定経緯 (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 (2.1~2.3) については、川内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

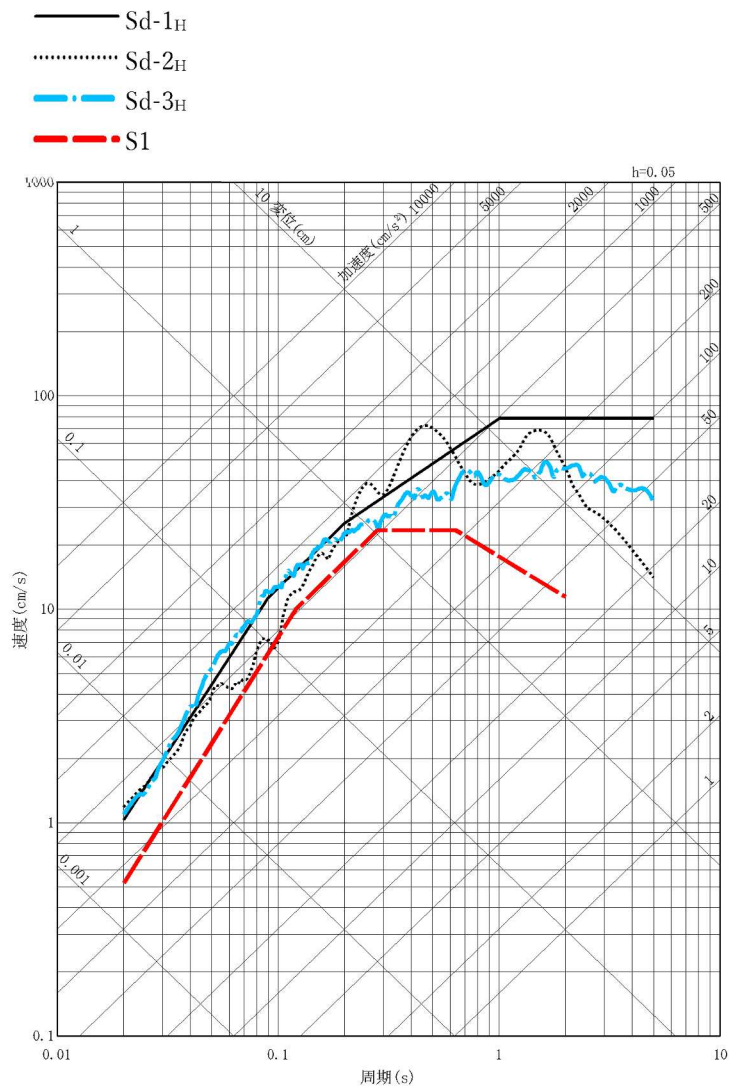
弾性設計用地震動 S_d の役割については、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針 平成 18 年 9 月 19 日 原子力安全委員会決定」において、以下のとおり記載されている。弾性設計用地震動 S_d の役割を踏まえると、基準地震動 S_s に乗じる係数の設定によっては、基準地震動 S_s による地震力に対する施設の安全機能保持の把握を確実なものとするという弾性設計用地震動 S_d の役割から乖離すると考えられる。

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。

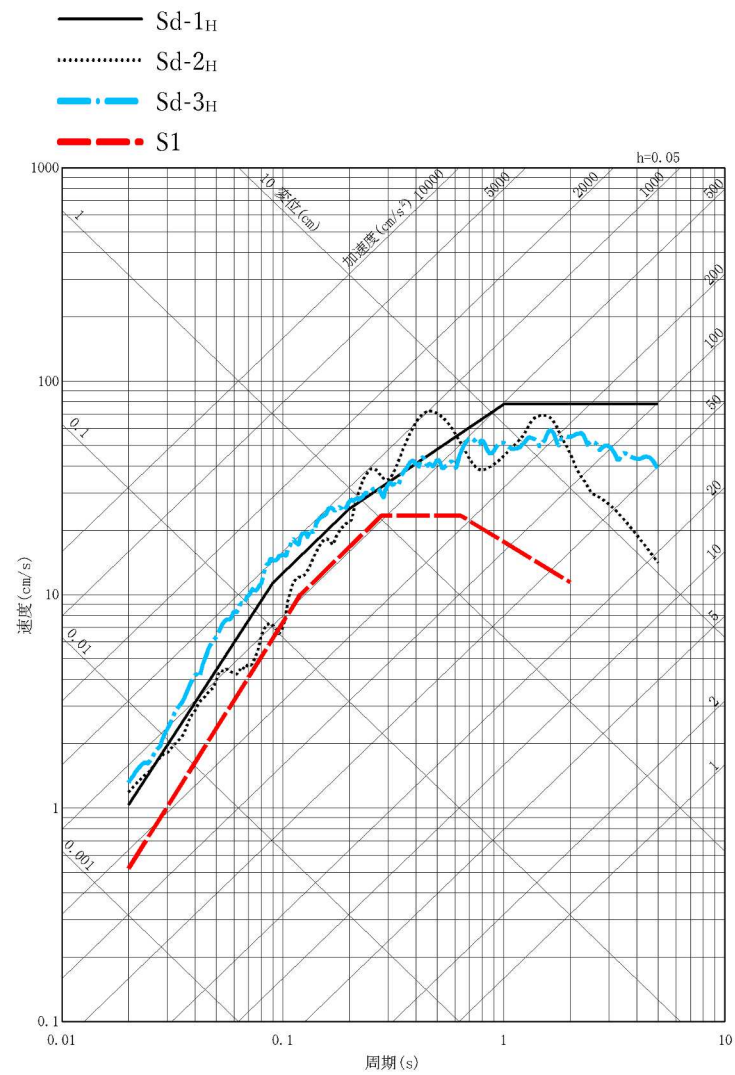
そこで、今回追加する弾性設計用地震動 S_d -3 (以下「 S_d -3」という。) について、係数 0.5 とした場合及び係数 0.6 とした場合の応答スペクトルを作成し、既往の S_d -1,2 の応答スペクトルとそれぞれ比較することで、係数設定の妥当性について考察し

た。係数 0.5 とした場合及び係数 0.6 とした場合の Sd-3 の応答スペクトルと、既往の Sd-1,2 の応答スペクトルの比較を第 1 図に示す。

- 係数 0.5 とした場合の Sd-3 の応答スペクトルは、既往の Sd-1,2 と同程度の大きさとなる。Sd-1,2 に対しては、既設工認において、施設全体が概ね弾性限界状態に留まることを把握しているため、係数 0.5 とした場合の Sd-3 については、弾性設計用地震動 Sd の役割を満たすものと考えられる
- 係数 0.6 とした場合の Sd-3 の応答スペクトルは、既往の Sd-1,2 を上回る大きさとなる。このため、係数 0.6 とした場合の Sd-3 を既設設備に適用する場合、弾性範囲ではなく、「概ね弾性範囲に留まる」との評価を多用せざるを得なくなる可能性があり、弾性設計の意味を失う可能性がある。



(a)係数設定を 0.5 とした場合 (水平方向)



(b)係数設定を 0.6 とした場合 (水平方向)

第 1 図 Sd-3 の応答スペクトルと既往の Sd-1,2 の応答スペクトルの比較

2.2 基準地震動 S_1 が果たしてきた役割に対する考察

基準地震動 S_1 は、弾性設計用地震動 S_d 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 S_1 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 S_1 の役割を踏まえると、弾性設計用地震動 S_d の設定にあたっては、基準地震動 S_1 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0.5とした場合の S_d -3の応答スペクトルは、第1図に示すとおり、基準地震動 S_1 の応答スペクトルを包絡することから、基準地震動 S_1 が果たしてきた役割を十分満足すると考える。

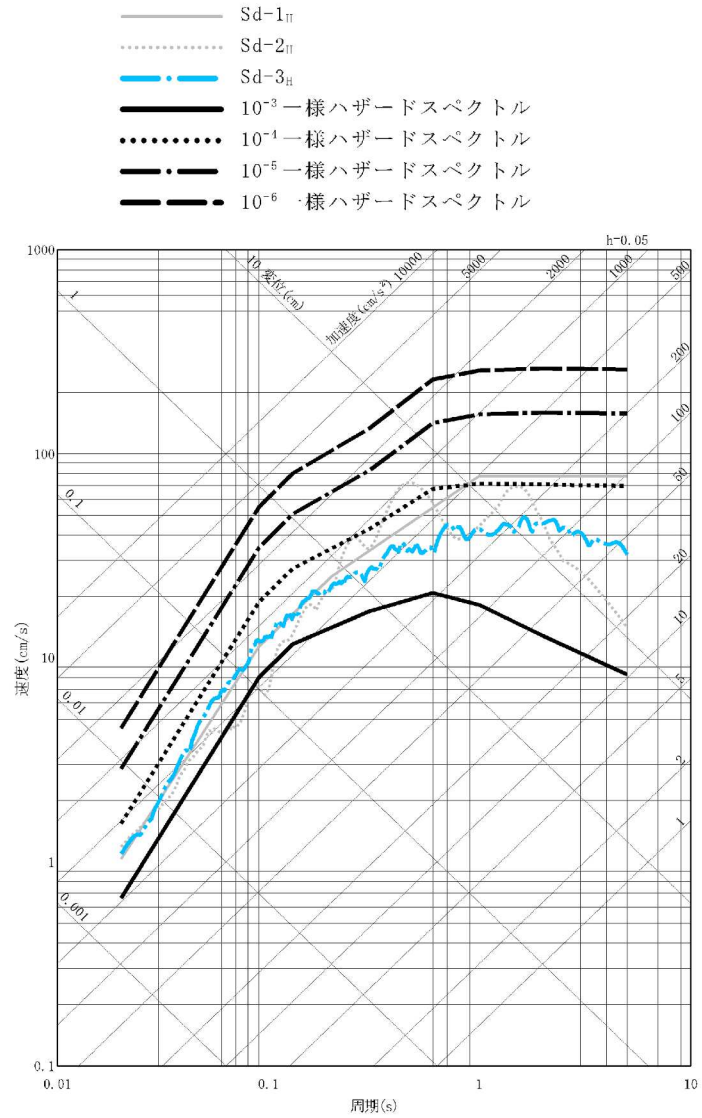
2.3 JEAG4601における地震の発生確率に対する考察

耐震設計における荷重の組合せについては、JEAG4601に基づき、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。このうち基準地震動 S_1 （弾性設計用地震動 S_d に相当する地震動）の発生確率は、JEAG4601において、 $10^{-2} \sim 5 \times 10^{-4}$ /炉・年されている。

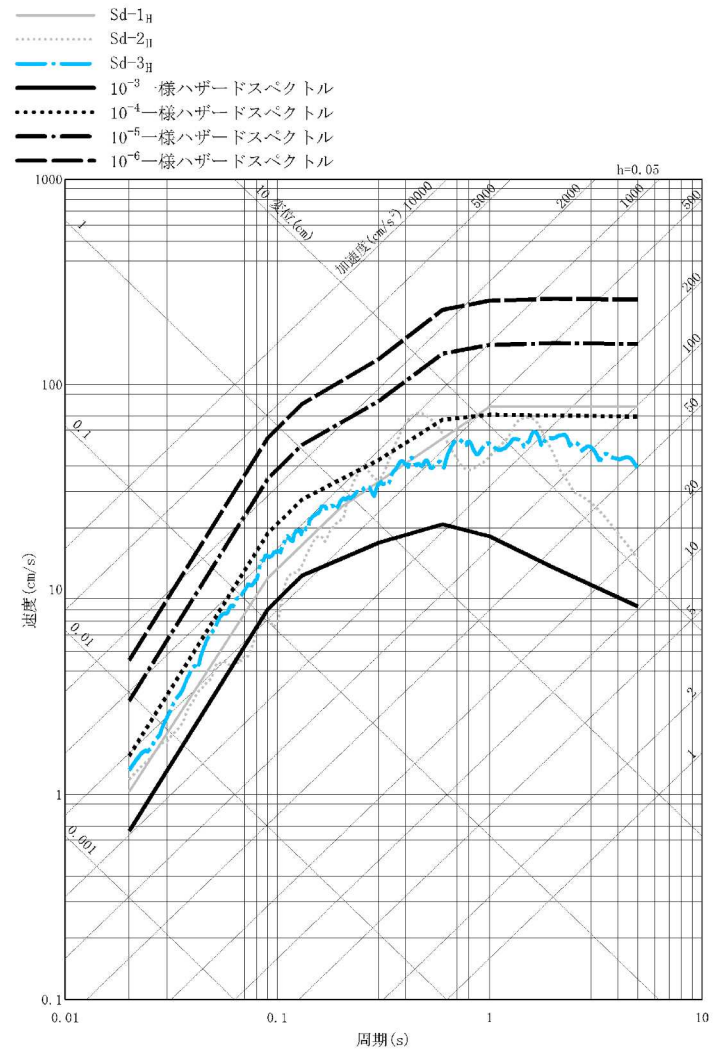
川内1,2号機において、既往の S_d -1,2の発生確率は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ /炉・年程度であり、JEAG4601における基準地震動 S_1 の発生確率より十分小さいものの、設計基準対象施設における荷重の組合せにあたっては、保守的にJEAG4601における基準地震動 S_1 の発生確率を適用している。

ここで、係数0.5とした場合及び係数0.6とした場合の S_d -3の応答スペクトルと、一様ハザードスペクトルの比較を第2図に示す。

係数0.5とした場合の S_d -3の発生確率は、 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ /炉・年程度であり、JEAG4601における基準地震動 S_1 の発生確率に対して十分保守的な考慮がなされている。



(a)係数設定を 0.5 とした場合 (水平方向)



(b)係数設定を 0.6 とした場合 (水平方向)

第 2 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

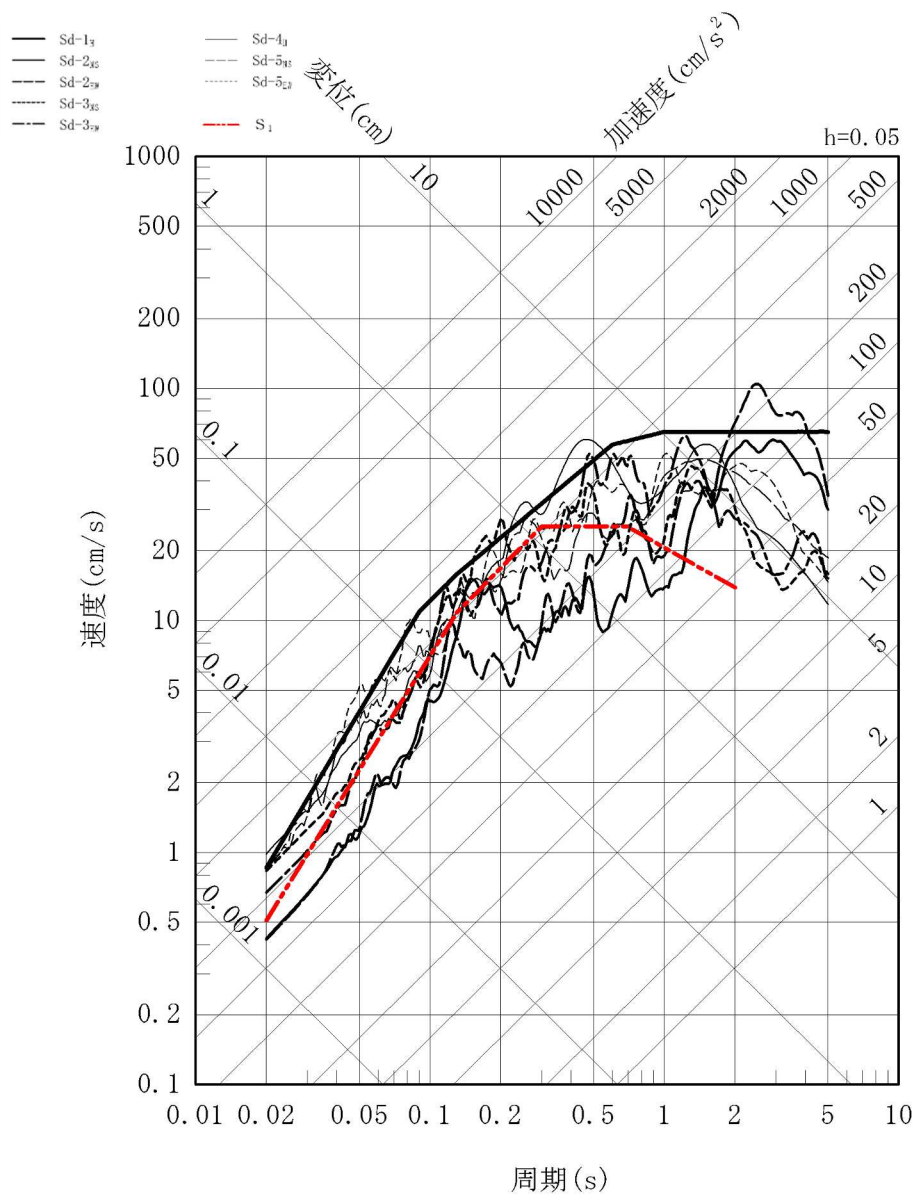
3. 既許可において係数 0.6 を設定した経緯

既往の弾性設計用地震動 Sd（以下「既往の Sd」という。）の係数設定については、弾性設計用地震動 Sd の役割等に対する考察だけでなく、新規制設工認当時の対応状況を踏まえた上で、川内 1,2 号機及び玄海 3,4 号機ともに、一律の係数 0.6 を設定することとした。

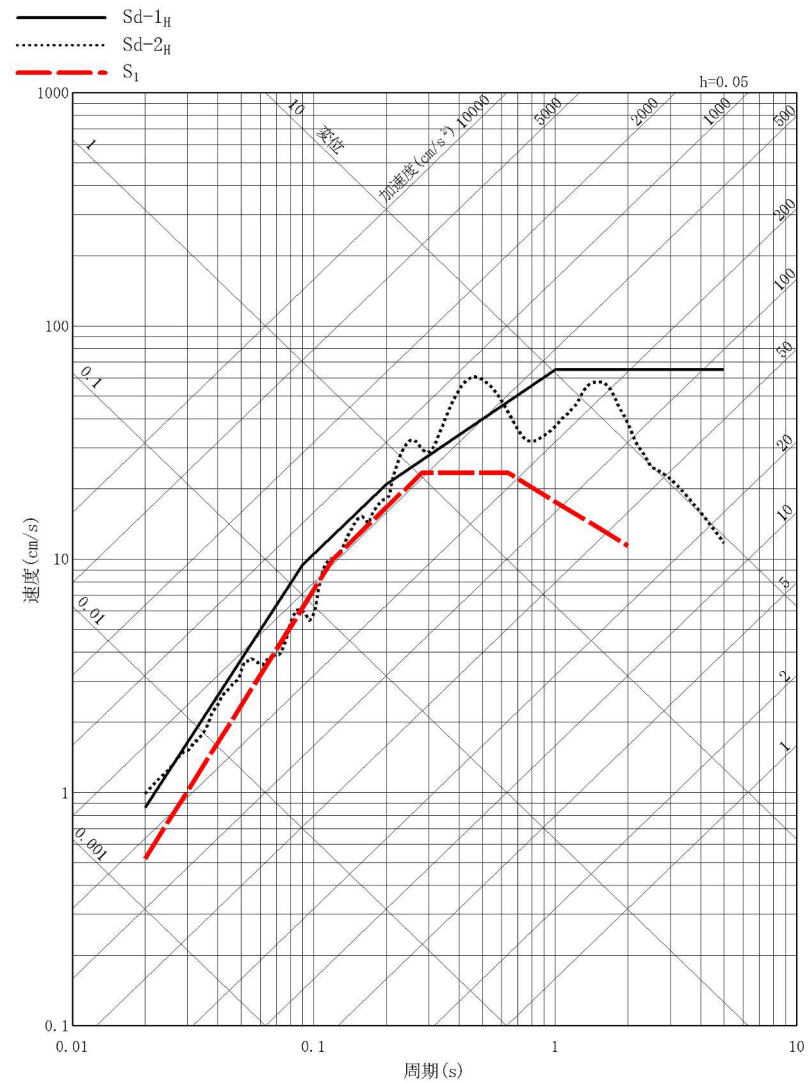
ここで、既往の Sd に対して、仮に係数 0.5 を設定した場合の応答スペクトルについて考察する。既往の Sd に対して係数 0.5 を設定した場合の応答スペクトルと、基準地震動 S₁ の応答スペクトルの比較を第 3 図に示す。

- 川内 1,2 号機については、既往の Sd に対して係数 0.5 を設定した場合、Sd-1 については基準地震動 S₁ を包絡し、Sd-2 については基準地震動 S₁ を概ね包絡する。このため、サイト一律の係数としては、0.5 でも設定可能であると考えられる。
- 玄海 3,4 号機については、既往の Sd に対して係数 0.5 を設定した場合、Sd-1 については基準地震動 S₁ を包絡し、Sd-4 については基準地震動 S₁ を概ね包絡するものの、Sd-2、Sd-3 及び Sd-5 については基準地震動 S₁ を下回る周期帯がある。このため、サイト一律の係数としては、0.6 が適切であると考えられる。

上記のとおり、既往の Sd については、サイト毎に異なる係数設定を行うことも可能であったが、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、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ため、係数の誤認防止や評価の効率化の観点から、川内 1,2 号機及び玄海 3,4 号機ともに、一律の係数 0.6 を設定することとした。



(a) 玄海 3,4 号機 (既往の Sd-1~Sd-5)



(b) 川内 1,2 号機 (既往の Sd-1,2)

第 3 図 既往の Sd に対して係数 0.5 を設定した場合の応答スペクトルと基準地震動 S_1 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

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を確認するため、総合点検の実施判断基準および原子炉トリップ信号の設定値について確認した結果、いずれも弾性設計用地震動 S_d に基づいていないことから、今回申請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いるため、弾性設計用地震動 S_d の追加による影響はない。
- 地震時に原子炉を安全に停止するための原子炉トリップ信号については、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）に設定されているため、弾性設計用地震動 S_d の追加による影響はない。

5. まとめ

今回追加する弾性設計用地震動 S_d の設定にあたっては、弾性設計用地震動 S_d の役割、基準地震動 S_1 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考察し、新規制設工認当時の経緯を踏まえた上で、標準応答スペクトルに基づく地震動に対して係数 0.5 を設定することが妥当であると判断した。

また、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ため、係数の誤認防止や評価の効率化の観点から、一律の係数 0.6 を設定することとした。

なお、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は、総合点検の実施判断基準および原子炉トリップ信号の設定値について確認した結果、いずれも弾性設計用地震動 S_d に基づいていないことから、今回申請に伴う運用への影響はないことを確認した。

以 上