

副
本

平成 23 年 (ワ) 第 812 号, 平成 24 年 (ワ) 第 23 号, 平成 27 年 (ワ) 第 374 号
九州電力玄海原子力発電所運転差止請求事件

原 告 石丸ハツミ 外
被 告 九州電力株式会社

準 備 書 面 7

平成 28 年 1 月 22 日

佐賀地方裁判所 民事部 合議 2 係 御中

被告訴訟代理人弁護士	堤	克	彦
同	山	内	喜
同	松	崎	隆
同	斉	藤	芳
同	永	原	豪
同	熊	谷	善
同	家	永	由
同	池	田	早



目 次

第 1 章	原告らの主張	4
第 2 章	被告の地震動評価が合理的であること	4
第 1	はじめに	4
第 2	新規制基準に基づく基準地震動策定の概要	4
1	基準地震動の策定に係る設置許可基準規則等	4
2	「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の概念	6
3	「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に係る審査ガイドの定め	8
4	基準地震動の策定	10
第 3	「入倉・三宅式」を含む強震動予測レシピが合理的であること	10
1	推本及び強震動予測レシピの概要	10
2	強震動予測レシピにおける「入倉・三宅式」の位置づけ	11
3	「入倉・三宅式」を含む強震動予測レシピの合理性	13
4	小括	15
第 4	武村式を用いるべきとする原告らの主張が不合理であること	16
1	武村式の意義	16
2	武村式は不十分なデータを基に構築された手法であること	16
3	原告らの主張は観測事実との整合性を無視したものであること	22
4	小括	23
第 5	まとめ	23
第 3 章	本件原子力発電所における配管の安全性の確保	23
第 1	はじめに	23
第 2	配管の破断防止に向けた取り組み	24
1	配管の管理の概要	24
2	余剰抽出配管の破断防止策	26

3	補助給水設備の配管の破断防止策.....	30
4	小括	34
第3	1次系配管の破断時等における安全性の確保.....	35
1	仮にひび割れが貫通したとしても原子炉を安全に停止できること	35
2	万一本件L字部分が破断に至っても原子炉を安全に冷却できること..	35
3	小括.....	40
第4	まとめ	41
第4章	まとめ	41

被告は、本書面をもって、原告らの平成27年11月5日付請求原因の整理申立書に対する反論を行う。

第1章 原告らの主張

原告らは、本件原子力発電所に関して、①被告が基準地震動の設定において「武村式」ではなく「入倉・三宅式」を採用したことにより、基準地震動の評価が過小評価となっている、②玄海2号機の余剰抽出配管にひび割れが確認されたことに関して、他の配管において「傷」があることは否定できず、配管の破断から重大事故が引き起こされる可能性がある、などと主張する。

以下、①及び②に関して、順次反論する。

第2章 被告の地震動評価が合理的であること

第1 はじめに

原告らは、被告が基準地震動の設定において「武村式」ではなく「入倉・三宅式」を採用したことにより、基準地震動の評価が過小評価となっている旨を主張するが、「入倉・三宅式」の採用は合理性があり、被告の基準地震動の評価は妥当である。

以下では、新規制基準に基づく基準地震動策定の概要について述べた上で、基準地震動の策定において被告が「入倉・三宅式」を採用したことが合理的であること、「武村式」を採用すべきとの原告らの主張が不合理であることについて述べる。

第2 新規制基準に基づく基準地震動策定の概要

1 基準地震動の策定に係る設置許可基準規則等

設置許可基準規則4条3項は、発電用原子炉施設の地震による損傷の防止に関して、「耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力（以下「基準

地震動による地震力」という。) に対して安全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。」と定めている【乙39 (11頁)】。同項にいう「基準地震動」は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切なものとして策定することとされている【乙39 (126頁)】。

基準地震動の策定過程は、図1に示したとおりであり、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面¹における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することとされている【乙39 (126頁)】。

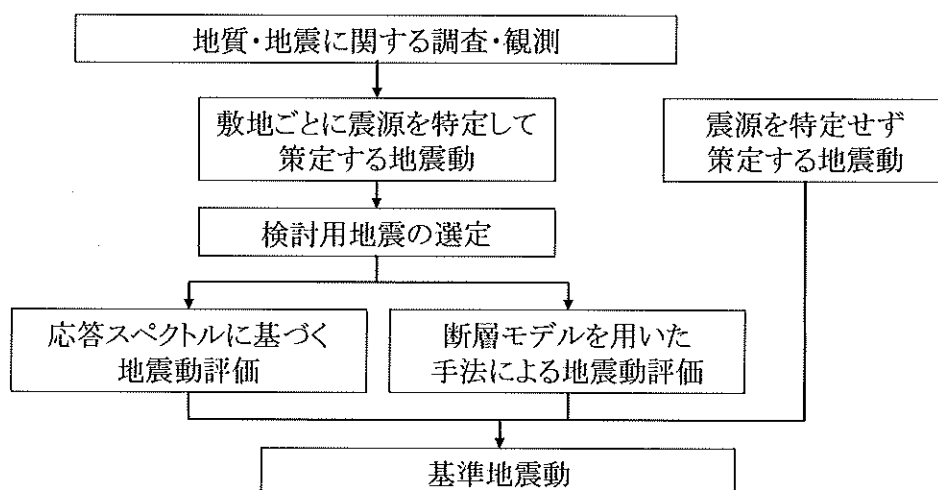


図1 基準地震動策定過程

そして、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の策定に当たっては、(i) 内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震につい

¹ 解放基盤表面：基盤（概ね第三紀層及びそれ以前の堅牢な岩盤で、著しい風化を受けていないもの）面上に表層や構築物がないものと仮定した上で、基盤面に著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拡がりのある基盤の表面をいう。

て、活断層の性質や地震発生状況を精査し、中・小・微小地震の分布、応力場²及び地震発生様式（プレートの形状・運動・相互作用を含む。）に関する既往の研究成果等を総合的に検討し、「検討用地震」を複数選定し、(ii) 選定した検討用地震ごとに不確かさを考慮して、①「応答スペクトルに基づく地震動評価」及び②「断層モデルを用いた手法による地震動評価」を解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して策定することが要求されている。【乙39（126～128頁）】

本件において、原告らが問題視する「入倉・三宅式」は、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に関する内容であるため、以下では、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」について詳述する。

2 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の概念

(1) 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」とは、活断層調査を実施することにより、「将来活動する可能性のある断層等」を認定した結果を踏まえ、震源断層面を設定し、ある一点の破壊開始点から、これが次第に破壊し、揺れが伝わっていく様子を解析することにより地震動を計算する評価手法である。

具体的には、図2に記載するように、①震源断層面を設定し、細かい要素面に分割し、②ある特定の要素面から破壊が始まるものとして破壊開始点を設定し、③破壊開始点から破壊が各要素面に伝播し、分割された各要素面からの地震波が次々に評価地点に伝わることにより評価地点に生じる地震動を足し合わせ、④足し合わせの結果、評価地点での地震動（地盤

² 応力場：応力場とは、地下にどのような力が加わっているかを示すもので、水平方向を基準にして押されていれば、圧縮応力場、引っ張られていれば引張応力場という。応力場の変化は、プレートの運動に関係している。この地下にかかっている力を直接測定することは難しく、代わりに、力がかかった結果、大地がどのようにひずんで変形したかを観測して、それから逆に広い範囲での地下にかかる力の様子を推定するという方法（GPS（全地球測位システム）による地殻変動の測定）がとられる。近年、宇宙測地技術が発達し、広範囲の大地の変形を高精度に効率的かつ連続的に測定することができるようになった。その代表的なものとして、人工衛星を用いた測量技術（GPS）がある。

の揺れを表す時刻歴波形³や応答スペクトル⁴など)が求められる。

(2) 断層モデルを用いた手法は、地震の発生メカニズムを反映した手法である。すなわち、そもそも内陸地殻内に生じる地震は、プレート運動などにより地中に蓄積されたひずみが限界に達し、断層を破壊する現象である。断層の面(震源断層面)は、同時に全範囲が破壊されるのではなく、最初破壊された断層が地震波を発生し、次第に破壊の範囲が広がっていくものであることから、大きな地震は、小さな地震が次々に発生してそれが集まったものと分析することができる。このように、断層モデルを用いた手法は、震源を面として評価している点が特徴であり、震源近傍における地震動特性を詳細に表すことができる。

³ 時刻歴波形：地震波の到達によって起こされた評価地点での地震動が時間の経過とともに生じる変化を表したもの。変化の指標として、加速度、速度、変位があるが、強震動予測においては、加速度の時間変化を指すことが多い。

⁴ 応答スペクトル：評価地点における地震動の周期ごとの最大応答値を算出し、周期と最大応答値をグラフ化したもの。応答値としては、加速度、速度、変位があるが、強震動予測においては加速度の応答スペクトルを指すことが多い。

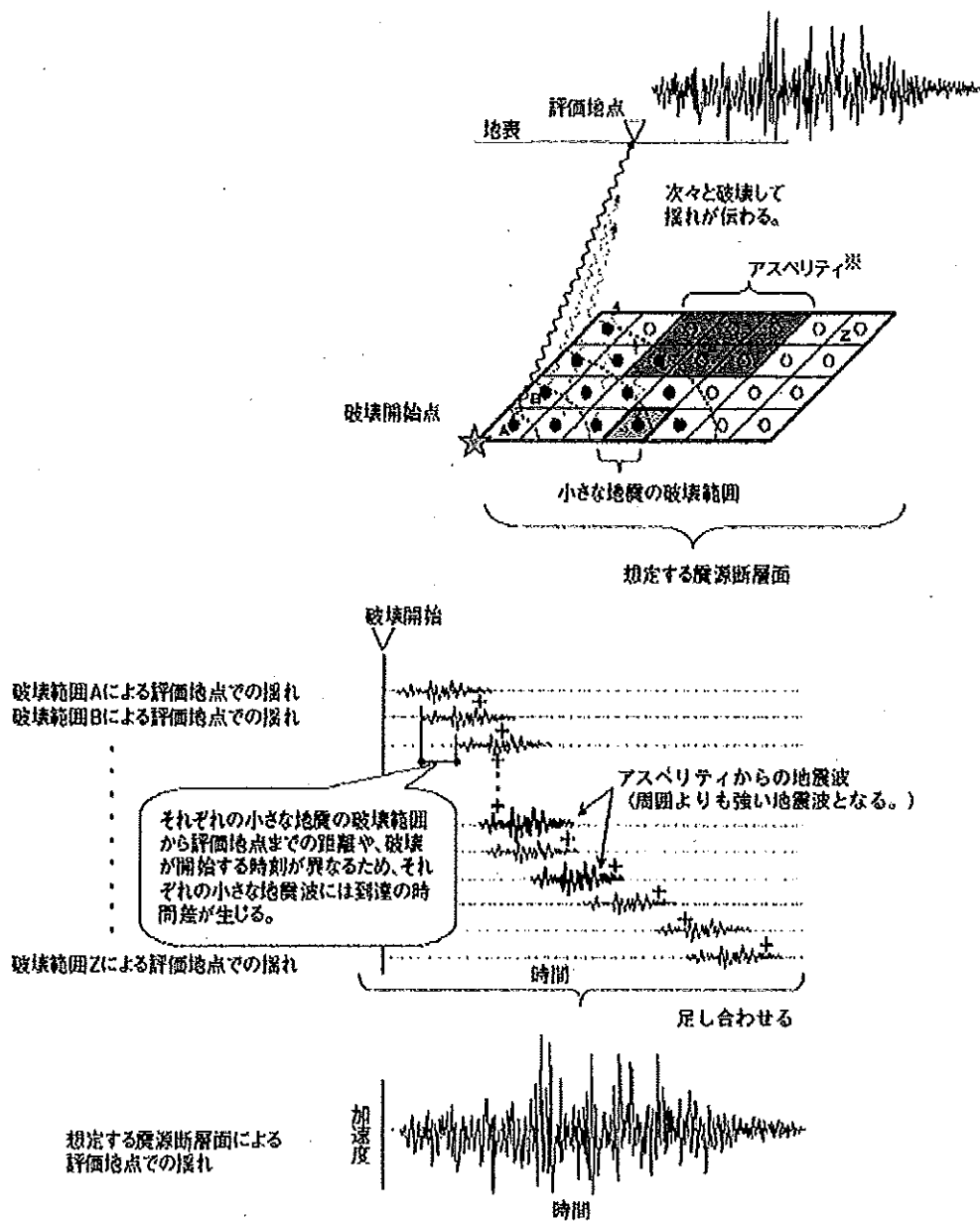


図2 「(参考)断層モデルの手法の概念について」(原子力安全委員会)

3 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に係る審査ガイドの定め

(1) 基準地震動策定に係る審査ガイド

基準地震動策定に係る審査ガイドとして、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」(以下「審査ガイド」という。)が制定されている。

同ガイドは、発電用軽水型原子炉施設の設置(変更)許可段階の審査にお

いて審査官等が設置許可基準規則4条3項を含む同規則及び同規則の解釈の趣旨を十分踏まえ基準地震動策定の妥当性を厳格に確認するために活用することを目的とするものであり【乙40（1頁）】、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に関する専門家を含めた「発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる規制基準に関する検討チーム」（以下「地震・津波検討チーム」という。）における検討を踏まえて、原子力規制委員会において策定されたものである。

（2）審査ガイドにおける「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に係る定め

ア 基本震源モデルの策定

設置許可基準規則4条3項に関する解釈において、断層モデルを用いた手法による地震動評価をするに当たっては、検討用地震ごとに適切な手法を用いて震源特性パラメータを設定したモデル（以下「基本震源モデル」という。）を策定し、地震動評価を行うこととされている【乙39（128頁）】。

これを受けて、審査ガイドでは、断層モデルを用いた手法による地震動評価を行う際の震源特性パラメータについては、活断層調査結果等に基づき、地震調査研究推進本部（以下「推本」という。組織の概要については後述する。）による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」（以下「強震動予測レシピ」という。）等の最新の研究成果を考慮し、設定されていることを確認することとされている【乙40（4・5頁）】。

イ 不確かさの考慮

審査ガイドでは、基本震源モデルを前提として、評価の過程に伴う不確かさ（震源断層の形状（長さ、傾斜角）、アスペリティの応力降下量（短周期レベル）、破壊開始点等の不確かさ）について、適切に分析して地震動評価に反映させることとされている【乙40（6・7頁）】。

ウ 断層モデルを用いた手法による基準地震動

検討用地震ごとに各種の不確かさを考慮して評価した応答スペクトル

を比較し、施設に与える影響の観点から地震動特性（周波数特性、位相特性、継続時間等）を考慮して、別途評価した応答スペクトルとの関係を踏まえつつ、複数の地震動評価結果から適切なものを基準地震動として策定することとされている【乙40（9頁）】。

4 基準地震動の策定

前記2及び3で述べた「断層モデルを用いた手法による基準地震動」に加え、「応答スペクトルに基づく手法による基準地震動」を策定し、これらに基づき「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動」を策定することとされている。さらに、別途策定した「震源を特定せず策定する地震動による基準地震動」と併せ、基準地震動を策定することとされている【乙40（9頁）】。

第3 「入倉・三宅式」を含む強震動予測レシピが合理的であること

1 推本及び強震動予測レシピの概要

(1) 推本について

推本は、1995年1月に発生した兵庫県南部地震を契機に明らかになった我が国の地震防災対策に関する課題を踏まえ、同年7月に全国にわたる総合的な地震防災対策を推進するために制定された地震防災対策特別措置法（平成7年法律第111号）7条の規定に基づき総理府（当時）に設置されたものである。推本は、現在文部科学省に設置されている。

そして、推本の下部組織として、同法10条の規定に基づき地震に関する観測、測量、調査又は研究を行う関係行政機関、大学等の調査結果等を収集し、整理し、及び分析し、並びにこれに基づき総合的な評価を行うため、専門家から構成される地震調査委員会が設置されている。

(2) 強震動予測レシピについて

強震動予測レシピは、地震調査委員会において実施してきた強震動評価に関する検討結果から、強震動予測手法の構成要素となる震源特性、地下構造

モデル，強震動計算，予測結果の検証の現状における手法や震源特性パラメータの設定に当たっての考え方についてとりまとめたものであり，震源断層を特定した地震を想定した場合の強震動を高精度に予測するための「誰がやっても同じ答えが得られる標準的な方法論」を確立することを目的としている【乙24（付録3-1頁）】。

後述するように，強震動予測レシピは，現実が発生した地震観測記録を精度よく再現できることが確認されており，上述したように，基準地震動策定に関する審査ガイドにおいて，「断層モデルを用いた手法による地震動評価」を行う際の震源特性パラメータの設定に関する代表的な手法として例示されるに至ったものである。

2 強震動予測レシピにおける「入倉・三宅式」の位置づけ

強震動予測レシピにおいては，図3に示すフローのように，震源断層面の形状（断層長さ L ，断層幅 W ）から震源特性を表す様々なパラメータを設定する方法が体系的に整理されている。

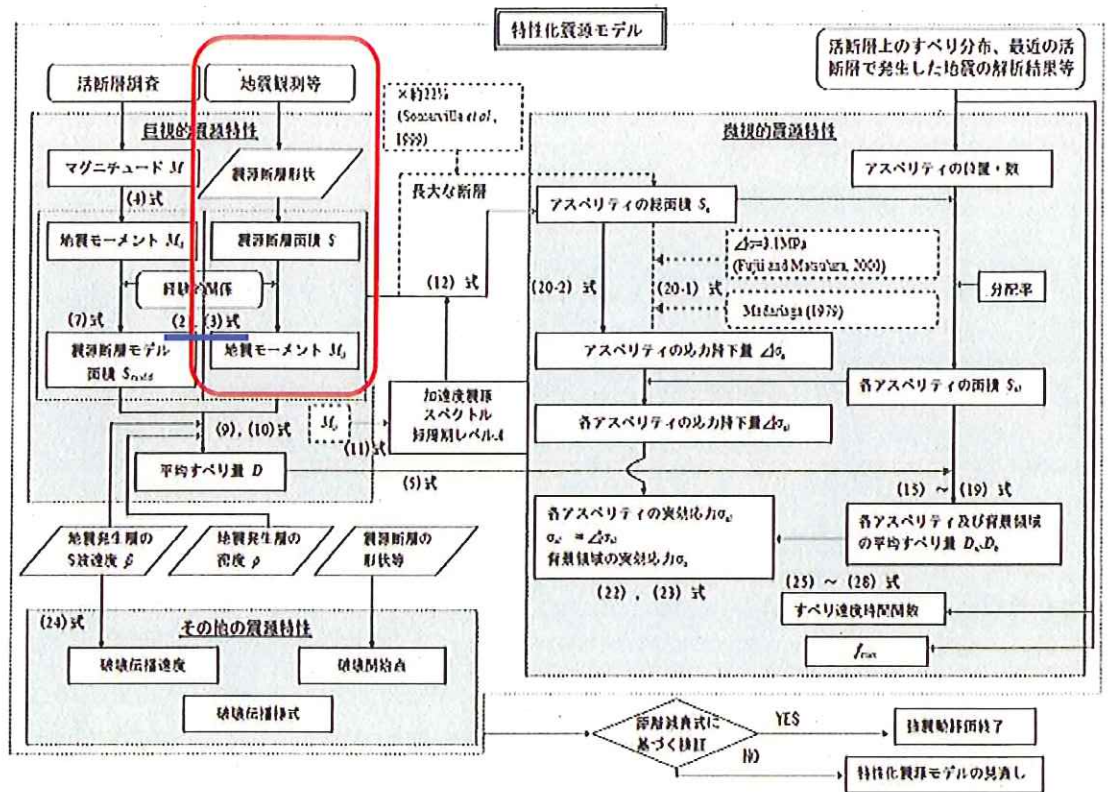


図3 強震動予測レシピにおける震源パラメータの設定フロー

【乙24 付図2】に一部加筆（本書面に関係の深い箇所を赤線にて囲んだ）

そして、強震動予測レシピにおいて、「過去の地震記録などに基づき震源断層を推定する場合や詳細な調査結果に基づき震源断層を推定する場合」に、断層面積 S と地震モーメント M_0 の関係式（上記図3の(2)式及び(3)式）として採用されているのが、次の式である【乙24（付録3-4頁）】。

$$\begin{cases} M_0 = (S/2.23 \times 10^{15})^{3/2} \times 10^{-7} & (M_0 < 7.5 \times 10^{18} \text{ (Nm)}) & \text{(2) 式} \\ M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7} & (M_0 \geq 7.5 \times 10^{18} \text{ (Nm)}) & \text{(3) 式} \end{cases}$$

上記(2)式は、Somerville et al. (1999)により提案された関係式であり、モーメントマグニチュード⁵ Mw 6.5相当未満の地震について適用される関係式である。

他方(3)式は、上記以上の地震について適用される関係式であり、論文「シナリオ地震の強震動予測」(入倉・三宅(2001)【乙22】)により提案された関係式である。この(3)式が「入倉・三宅式」と呼ばれるものである。

3 「入倉・三宅式」を含む強震動予測レシピの合理性

(1) 地震による揺れ(強震動)は、震源となる断層の性質と震源から観測点に至る地下構造により地域的に異なり、結果として構造物に対する破壊力の強い地震動が生じた地域で大きな被害が引き起こされることになる。それぞれの構造物に対する地震動の破壊力を1つの指標で表すのは困難であり、それぞれの構造物・施設の動的な耐震性を知るためには地震動の時刻歴波形あるいは応答スペクトルの評価が必要となる。そのためには、震源断層の破壊過程及び震源から対象地点までの地下構造による伝播特性に基づいた強震動の予測がなされなければならない。

強震動予測を行うには、上記の地質・地形学的アプローチだけでなく、地下にある断層の動きを知るために地震記録や測地記録⁶から断層運動を推定する地震学的アプローチとの連携が重要で、精緻な調査や観測、そしてそれらのデータ解析から得られる震源や波動伝播に関する高精度の情報が必要とされる。すなわち、活断層や地震活動の調査に基づく活断層ごとの地震危険度評価、これまでの地震動記録のインバージョン(逆解析)に基づく震源のモデル化、さらには地下構造調査や地震動観測によるグリ

⁵ モーメントマグニチュード：地震は地下の岩盤がずれて起こるが、この岩盤のずれの規模(ずれ動いた部分の面積×ずれた量×岩石の硬さ)をもとにして計算したマグニチュードを、モーメントマグニチュード(Mw)という。

⁶ 測地記録：断層運動による地殻の変動等を把握するために、三角・三辺測量、水準測量、験潮、GPS連続観測等により地球上の任意の点の位置や変化を測定した記録。

ーン関数⁷の評価などを総合して、各地の地震動を推定する。このようにして予測された地震動は、これまでに得られている強震動の関係式や過去の大地震の被害分布などとの比較により、その有効性を検証している。【乙22 (850・851頁)】

(2) 「入倉・三宅 (2001)」を採用した強震動予測レシピによれば、強震動予測のための震源モデルは、巨視的断層パラメータ⁸、微視的断層パラメータ⁹及びその他のパラメータ¹⁰により、以下のとおり与えられる【乙22 (873~874頁)】【乙24 (付録3-2~3-14)】。

巨視的断層パラメータとしては、活断層調査により同時に活動する可能性の高い断層セグメントの総和から断層長さ及び地震発生の深さ限界から断層幅が推定され、長さとの積から断層面積、そして断層面積と地震モーメントとの経験的關係から地震モーメントが推定される。断層の走向と傾斜角は地質・地形・地理的調査、さらには反射法探査¹¹などから推定される。次に、微視的断層パラメータは、断層面上のすべり不均質性をモデル化するものであって、地震モーメントとアスペリティ面積の総和、最大アスペリティ面積、アスペリティの面積及びそこでの応力降下量が与えられる(前記図3参照)。

(3) このように震源を特性化する有効性は、1995年兵庫県南部地震の震源モ

⁷ グリーン関数：ある地点に入力された情報が伝播し、評価地点で確認される応答を求めるもの。

⁸ 巨視的断層パラメータ：巨視的パラメータとは、震源断層面の形状や規模等、その全体的なパラメータを示すもので、その諸元には震源断層の位置や走向・長さ・幅・深さ・傾斜角、地震規模、平均すべり量等がある。

⁹ 微視的断層パラメータ：微視的パラメータとは、震源断層面での細かな特徴を表すもので、その諸元にはアスペリティの位置・個数・面積、アスペリティと背景領域の応力降下量等がある。

¹⁰ その他のパラメータ：その他のパラメータとは、巨視的パラメータ及び微視的パラメータ以外のパラメータであり、岩盤のずれ破壊に関する特性として破壊伝播速度、破壊開始点等がある。

¹¹ 反射法探査：反射法地震探査とは、地表又は海面付近で人工的に弾性波(P波又はS波)を発生させ、地下の音響インピーダンス(弾性波速度と密度とを掛けた量)の異なる境界で反射して戻ってきた反射波を、地表又は海面付近に設置した受振器で観測し、その結果を解析して地下の地質構造等を求める探査法をいう。

デル化及びそれに基づいた経験的グリーン関数法¹²、並びにハイブリッドグリーン関数法¹³を用いて合成された強震動が観測記録とよく一致することで確認されている【乙43（33頁，図4ないし図7）】。

そのため、強震動予測レシピは、現在の科学技術水準に照らして特定の活断層を想定した強震動の予測手法として合理的なものであり、また上記巨視的断層パラメータの1つである地震モーメント M_0 と断層面積 S とのスケーリング則（関係式）について、「入倉・三宅式」を用いることも合理的である。

さらに、地震調査委員会は、強震動予測レシピ策定以降に実際に発生した2000年鳥取県西部地震及び2005年福岡県西方沖地震等の各観測波形と、これらの地震の震源像を基に強震動予測レシピを用いて行ったシミュレーション解析により得られる理論波形とを比較検討した結果、整合的であったことを確認している【乙24（付録3-1頁）】。

つまり、「入倉・三宅式」を含む強震動予測レシピに基づくシミュレーション解析によって現実に発生した地震観測記録を精度よく再現できることを確認しているのであり、これによって「入倉・三宅式」を含む強震動予測レシピの合理性が裏付けられている。

4 小括

以上のとおり、入倉・三宅式を含む強震動予測レシピは、専門家から構成される地震調査委員会において取りまとめられたものであり、2000年以降に我が

¹² 経験的グリーン関数法：経験的グリーン関数法とは、実際に発生した小さな地震の観測記録のうち、地震動評価に用いるのに適切な観測記録（要素地震）を足し合わせて大きな地震による揺れを計算する方法をいう。この方法には、評価する活断層付近で発生した小さな地震による評価地点での適切な観測記録が必要となる。経験的グリーン関数法に用いる要素地震には、観測記録を用いるため、震源から敷地までの地震波の伝わり方が適切に反映されている。

¹³ ハイブリッドグリーン関数法：ハイブリッドグリーン関数法（ハイブリッド合成法）とは、短周期領域の評価に適している経験的グリーン関数法又は統計的グリーン関数法により計算した地震動と、長周期帯の評価に適している理論的手法により計算した地震動を組み合わせ、広い周期帯で精度よく地震動を評価する手法をいう。

国において発生した地震に係る地震観測記録を精度よく再現できるとともに、基準地震動策定に関する審査ガイドにおいても最新の知見を反映するものとして評価されているのであり、入倉・三宅式を含む強震動予測レシピが現在の科学技術水準に照らして合理的なものであることは明らかである。

第4 武村式を用いるべきとする原告らの主張が不合理であること

1 武村式の意義

武村(1998)¹⁴【乙23】は、断層長さ L と地震モーメント M_0 の関係式として式(3)及び式(4)を、断層面積 S と地震モーメント M_0 の関係式として式(5)及び式(6)を、それぞれ提案している（総称して「武村式」という）【乙23（215～216頁）】。

$$\begin{cases} \log L(\text{km}) = 1/3 \log M_0(\text{dyne} \cdot \text{cm}) - 7.28 & (M_0 < 7.5 \times 10^{25}(\text{dyne} \cdot \text{cm})) \text{ 式(3)} \\ \log L(\text{km}) = 1/2 \log M_0(\text{dyne} \cdot \text{cm}) - 11.82 & (M_0 \geq 7.5 \times 10^{25}(\text{dyne} \cdot \text{cm})) \text{ 式(4)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \log S(\text{km}^2) = 2/3 \log M_0(\text{dyne} \cdot \text{cm}) - 14.74 & (M_0 < 7.5 \times 10^{25}(\text{dyne} \cdot \text{cm})) \text{ 式(5)} \\ \log S(\text{km}^2) = 1/2 \log M_0(\text{dyne} \cdot \text{cm}) - 10.71 & (M_0 \geq 7.5 \times 10^{25}(\text{dyne} \cdot \text{cm})) \text{ 式(6)} \end{cases}$$

2 武村式は不十分なデータを基に構築された手法であること

(1) 武村式と入倉・三宅式は、いずれも過去の地震のデータを基にして、各パラメータ（断層長さ L 、断層面積 S 及び地震モーメント M_0 ）の関係式を導き出したものであり、その関係式としての正確性は、基にするデータの信頼性に依存することになる【乙26（1526頁）】。

前述のとおり、実際の地震動は、地下の断層運動（断層面での動き）により生成されるものであるため、断層長さ L については、地下にある震源

¹⁴ 武村(1998): 武村雅之「日本列島における地殻内地震のスケーリング則—地震断層の影響および地震被害との関連—」, 地震, 第2輯, 第51巻, pp.211-228.

断層の長さを把握する必要がある。

この点、日本国内では、1995年の兵庫県南部地震以前においては、強震観測網（K-NET, KiK-net等）が貧弱であり、地震学的情報が必ずしも十分には取得できなかったため、地震直後の地表断層調査や測地学的な情報から震源パラメータを間接的に推定するケースが多く、断層長さ L についても地表断層長さに近い不十分なデータしか取得できないことが多かった【乙26（1526頁）】。

これに対して、1995年の兵庫県南部地震以降においては、強震観測網（K-NET, KiK-net等）が整備され、強震動記録を用いた震源イメージング解析結果が数多く蓄積され、地下の震源断層の長さが把握できるようになり、より信頼性の高いデータが集積された【乙26（1526～1527頁）】。

(2) 以上に関し、武村式で用いられたデータは、表1のとおり、1995年兵庫県南部地震以前に国内で発生した地震の測地学的データが大半であった。

表1 武村式の基となった震源パラメータ及び解析データ

(入倉ほか(2014)【乙26(1532頁)】の表4に加筆)

No.	Name	Mech.	Reference	地震モーメント		断層長さ L(km)	断層幅 W(km)	断層面積 S(km ²)	すべり量 D(m)	測地学データ Geodetic data	地震動記録 Seismological data
				M ₀ (Nm)	M _w						
1	1891年濃尾地震	SS	Mikumo and Ando(1976)	1.5E+20	7.38	85	15	1275	3.8	○	○
2	1927年北丹後地震	SS	Kenemori(1973)	4.6E+19	7.04	33	19	627	3.7	○	○
3	1943年鳥取地震	SS	Kenemori(1972)	3.6E+19	6.97	33	13	429	2.5	○	○
4	1948年福井地震	SS	Kenemori(1973)	3.3E+19	6.95	30	13	390	2.0	○	○
5	1930年北伊豆地震	SS	Abe(1978)	2.7E+19	6.89	22	12	264	3.0	○	○
6	1995年兵庫県南部地震	SS	武村(1998)	2.5E+19	6.87	25	15	375	2.2		○
7	1939年男鹿地震	SS	吉岡(1974)	1.7E+19	6.75	16	12	192	2.0	○	
8	1978年伊豆大島地震	SS	Shimazaki and Somerville(1978)	1.1E+19	6.63	17	10	170	1.9		○
9	1961年北美濃地震	OB	Kawasaki(1975)	9.0E+18	6.57	12	10	120	2.5	○	○
10	1945年三河地震	RV	Ando(1974)	8.7E+18	6.56	12	11	132	2.3	○	

【表1の説明】: 表1は、武村式の基となった10地震のデータがどのような手法によって決定されたかを示した表である。表1には、各地震の発生年・地震名、その震源パラメータが示されている文献(Reference)、震源パラメータ(地震モーメントM₀、モーメントマグニチュードM_w、断層長さL、断層幅W、断層面積S、すべり量D)及びその決定方法(測地学データ(Geodetic data)、地震動記録(Seismological data))が示されている。

これに対して、武村式で用いられたデータについて、入倉ほか(2014)により、既往の震源インバージョン結果を整理したもの(つまり「地下の震源断層の長さ」)【乙26(1532~1533)頁】が、表2である。

表2 武村式の基となった地震のうち震源インバージョン解析による震源パラメータ (入倉ほか(2014)【乙26(1532頁)】の表5に加筆)

No.	Name	Mech.	Reference	地震モーメント		断層長さ L _{sub} (km)	断層幅 W(km)	断層面積 S(km ²)	すべり量 D(m)	断層破壊領域の抽出
				M ₀ (Nm)	M _w					
1	1891年濃尾地震	SS	Murotani et al.(2014) ⁴⁾	1.8E+20	7.44	122	15*	1830	3.3	×
2	1927年北丹後地震	SS	×	-	-	-	-	-	-	-
3	1943年鳥取地震	SS	×	-	-	-	-	-	-	-
4	1948年福井地震	SS	菊池・他(1989) ³⁾	2.1E+19	6.81	30	10	300	2.3	×
5	1930年北伊豆地震	SS	×	-	-	-	-	-	-	-
6	1995年兵庫県南部地震	SS	Sekiguchi et al.(2002) ¹⁾	3.8E+19	6.98	64	21	1303	1.7	○
7	1939年男鹿地震	SS	×	-	-	-	-	-	-	-
8	1978年伊豆大島地震	SS	Kikuchi and Sudo(1984) ³⁾	1.9E+19	6.78	35*	-	-	-	-
9	1961年北美濃地震	OB	Takeo(1990) ³⁾	6.8E+18	6.44	16	12	192	0.9	○
10	1945年三河地震	RV	Kikuchi et al.(2003) ³⁾	1.0E+19	6.60	20	15	300	1.1	×

*Estimated value in this study

【表2の説明】: 表2は、武村式の基となった10地震のうち6地震について、既往の震源インバージョン解析結果の震源パラメータを整理した表である。表2には、各地震の発生年・地震名、その震源インバージョン結果が実施されている文献(Reference)及び震源パラメータ(地震モーメントM₀、モーメントマグニチュードM_w、断層長さL_{sub}、断層幅W、断層面積S、すべり量D)が示されている。

表1及び表2から明らかなように、表2の断層長さLは、表1の断層長さLよりも、大幅に長くなっている【乙26(1533頁)】。これは、武村式が用いた表1のデータが「地表断層長さ」に近い不十分なデータであったことを示している。

- (3) 以上に対して、入倉・三宅式については、入倉・三宅(2001)において、元々主として海外で発生した地震について震源インバージョン解析に基づくデータと同等のデータを基に提案されていたものであるが、上述したとおり、入倉ほか(2014)において、1995年以降に国内で発生した最新の18個の内陸地殻内地震に関する震源インバージョン結果についても、入倉・三宅式による計算結果と調和的であることが確認されている【乙26(1527~1529頁)】。

また、入倉ほか(2014)において、武村式に用いられた地震データについて、既往の震源インバージョン解析結果によるデータ(表2)が、入倉・三宅式と整合的であることが確認されている【乙26(1532~1533頁)】(図4)。

このように、入倉・三宅式は、地下の震源断層長さLと地震モーメント M_0 の関係を適切に表す関係式となっている。

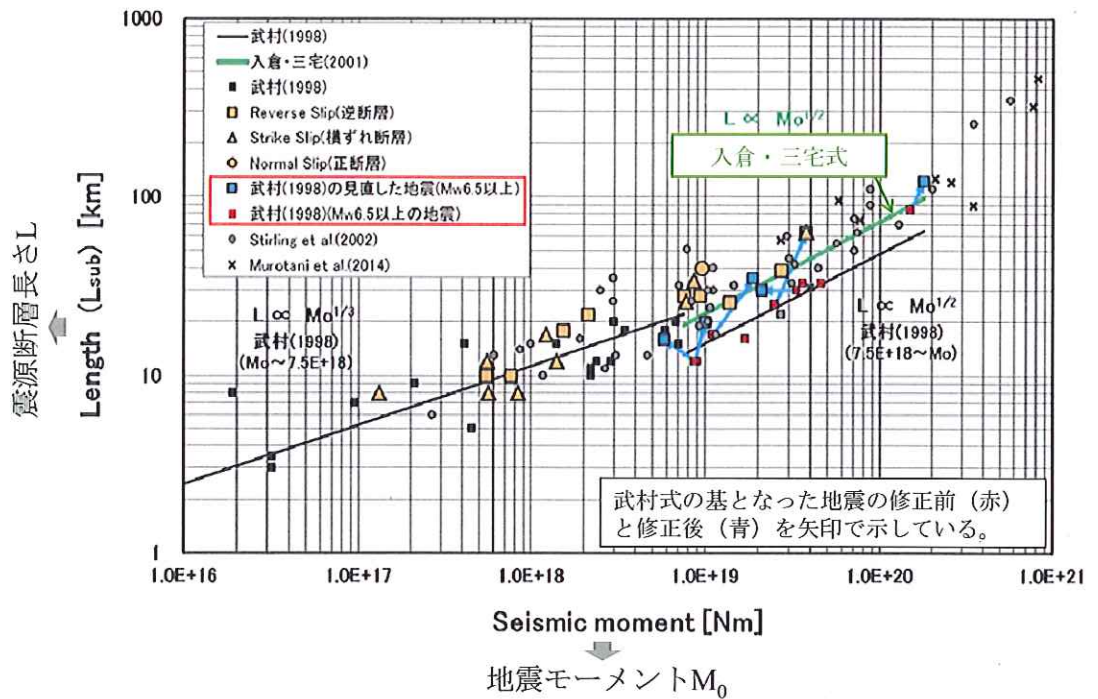


図4 震源断層長さと地震モーメントの関係

(入倉ほか(2014)【乙26(1532頁)】の図5に加筆)

【図4の説明】：図4は縦軸に震源断層長さ L ，横軸に地震モーメント M_0 を示したものである。図4には，入倉・三宅式及び武村式が示されているとともに，1995年以降に国内で発生した18個の内陸地殻内地震のデータ及び武村式の基となったデータ(表1)と震源インバージョンによる見直し結果のデータ(表2)が示されている。

(4) なお，入倉ほか(2014)による図4において，武村式と入倉・三宅式を比較すると，同じ断層長さ L では，地震モーメント M_0 は武村式の方が大きくなる(言い換えると，同じ地震モーメント M_0 では，断層長さ L は武村式の方が短くなる。また，断層長さ L が短くなることで，断層長さ L に依拠する断層面積 S も武村式の方が小さくなる。【乙23(215・216頁)】)。

これは，上述したように，武村式においては，本来「地下の震源断層長さ」であるべき断層長さ L について，「地表断層長さ」に近い不十分なデータ(「地下の震源断層長さ」よりも短い長さ)を基にして，地震モーメント M_0 との関係式を導いているためである(図5)。

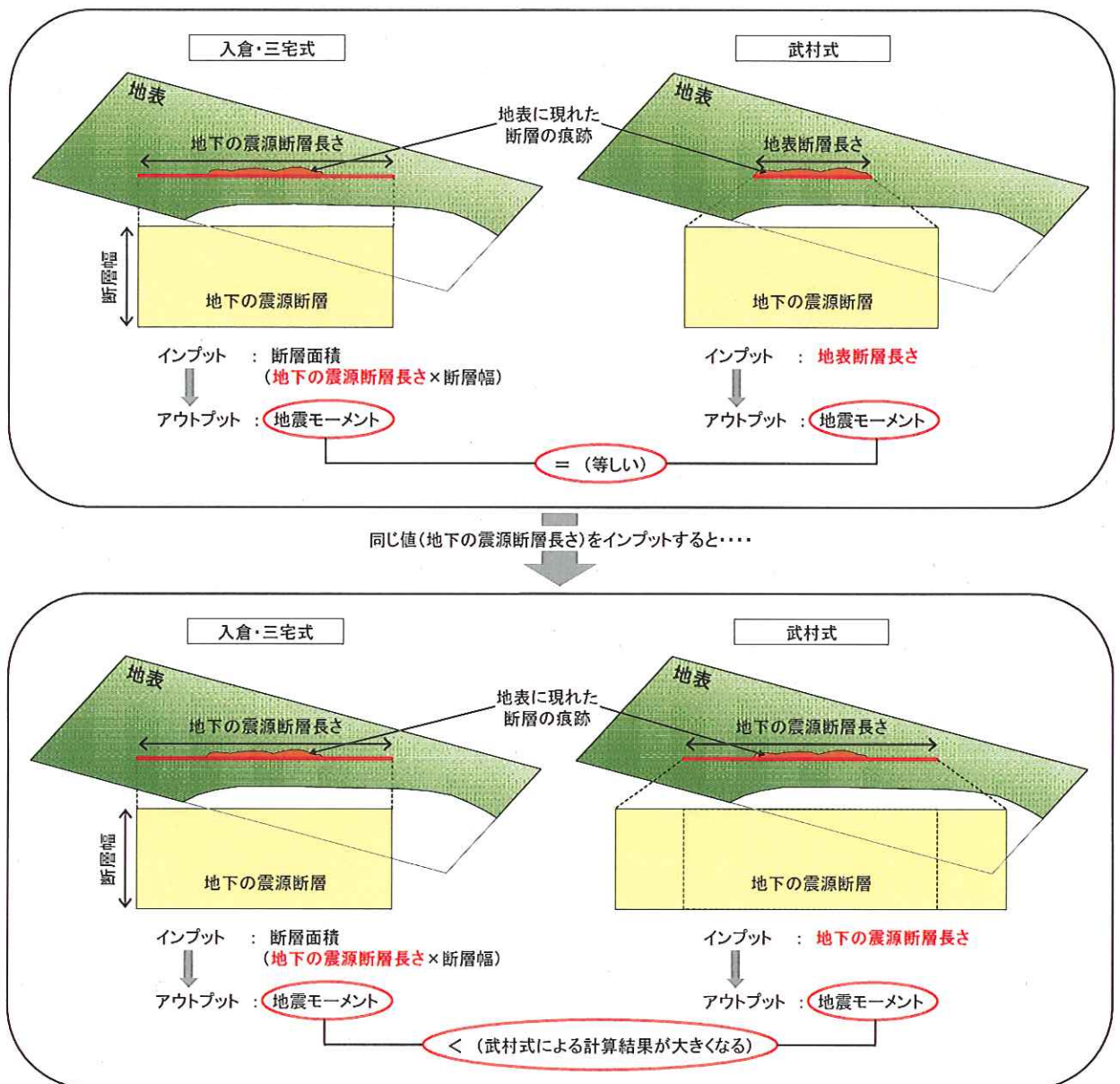


図5 入倉・三宅式と武村式の違いのイメージ

(5) 以上のおおり，入倉・三宅式は，断層長さ L について，震源インバージョン解析による「地下の震源断層長さ」として信頼性の高いデータとの整合性が確認されている手法であるのに対して，武村式は，「地表断層長さ」に近い不十分なデータを基に構築された手法であり，入倉・三宅式よりも信頼性に劣ることは明らかである。

3 原告らの主張は観測事実との整合性を無視したものであること

(1) 上述したとおり、審査ガイドが定める地震動評価手法の考え方は、調査や観測事実等に基づき汎用的に用いることが出来るよう標準化された評価手法（強震動予測レシピ）を基に、調査や観測事実等から得られる地域的な特性を安全側に配慮する（上記「不確かさの考慮」というものである（図6）。

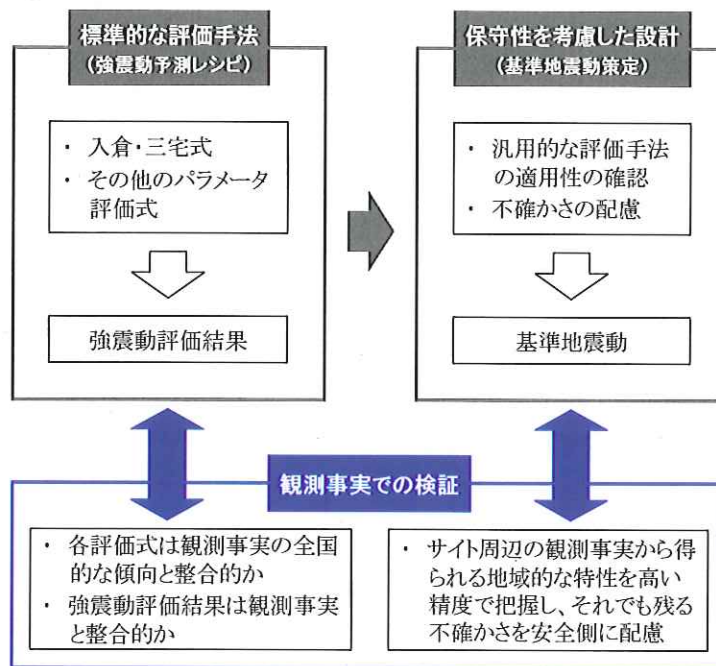


図6 自然現象（地震）の評価の考え方

(2) これは、地震に限らず、自然現象を評価するに当たって一般的に共通する考え方であり、各地域毎あるいは対象となる構造物の種類毎に多種多様な評価手法を定めるのではなく、一定の共通的な評価手法をベースに、地域や構造物毎にその特性に応じて考慮が必要な事項を適宜付加していくという極めて合理的な体系である。

例えば、建築基準法に従った建物の設計においても、全国共通の地震力を定めた上で、それに地域係数を乗じて地域毎の地震力を求めること

が定められている。

- (3) 標準的な評価手法については、観測事実との整合性を検証し、手法の汎用性（標準的な傾向を見て取ることができること）が確認されていることが重要である。

被告が用いた地震動評価手法（強震動予測レシピ）は、各パラメータの評価式を基に体系的に評価した結果としての強震動が観測事実と整合することが検証され、手法の汎用性が確認されている。

- (4) 原告らは、標準的な評価手法であるべき強震動予測レシピについて、観測事実との整合性を無視してただやみくもに「安全側」の評価をすべきと主張するものであり、その主張は、事実の蓄積と検証に基づく経験工学である地震動評価の枠組みを逸脱したものであって合理性を有しない。

4 小括

以上より、基準地震動の策定にあたって「武村式」を用いるべきとする原告らの主張が不合理であることは明らかである。

第5 まとめ

以上述べたとおり、被告が基準地震動の策定にあたって「入倉・三宅式」を含む強震動予測レシピを用いたことは合理的であり、被告が策定した基準地震動の評価は妥当である。

第3章 本件原子力発電所における配管の安全性の確保

第1 はじめに

被告は、本件原子力発電所の配管について、材料の選定から設計、据付時の品質管理及び運転開始後の保全（点検、補修、取替え、改造）によって配管が破断しないよう管理するとともに、地震に対する耐震安全性を確保して

いる。また、万一1次系配管（1次冷却設備）が破断等したとしても、運転中原子炉を安全に停止、冷却するための様々な安全確保対策を講じており、放射性物質の大量放出等に至る現実的危険は存在しない。

以下において、配管の破断防止に向けた取り組み、1次系配管の破断時等における安全性の確保について述べる。

第2 配管の破断防止に向けた取り組み

1 配管の管理の概要

(1) 原子力発電所で使用される配管については、各々の配管を流れる内包流体の条件等を踏まえた上で安全が確保されるよう、材料の選定や設計を行っている。

具体的には、配管の材料の選定については、内包流体の種類、性質、圧力、温度、配管の使用環境等の条件を考慮し決定する【乙28(21頁)】ほか、配管の設計にあたっては、上記の条件を考慮し、寸法（配管の内径、厚さ等）や配管ルート（配管の接続や曲げ角度、直管部の長さ等のレイアウト）を決定している。

また、配管の据付の際には、上記の設計に基づき、配管メーカーの厳格な品質管理のもとで製造された配管を、厳格な品質管理のもと施工を行い、あらかじめ配管に問題がないことを確認している¹⁵。

(2) 運転開始後においては、配管の使用状況等に応じて、点検、補修、取替え及び改造（以下「点検・補修等」という。）等の必要な保全¹⁶を行っている。

すなわち、オーステナイト系ステンレス鋼（以下「ステンレス鋼」と

¹⁵ なお、同時に、後述の保全における経年変化の状況と比較するため、運転開始前の基本データを採取している。

¹⁶ 保全：原子力発電所の運転に関わる設備の機能を確認、維持又は向上させる活動。原子力発電所の安全確保を前提に、電力の供給信頼性を維持するとの観点から設備の重要さ度合いに応じて、効率性、経済性を考慮しながら行われる【乙29(1頁)】。

いう。)や炭素鋼といった配管の材料と、1次冷却材や2次冷却材といった配管の内包流体の種類等の組み合わせから、当該配管に発生しうる経年劣化事象が存在する¹⁷ところ、これらの経年劣化事象には、設計において適切に考慮することにより発生を防止することができるもの¹⁸とできないものがあるため、主に設計で防止できないものについて運転開始後の保全で対応している。

運転開始後の保全では、配管の使用状況や部品・部材等の劣化状況に応じ、定期的に点検・補修等を実施している。具体的には、保全プログラム¹⁹において保全を行うべき対象範囲を定め【乙 29 (5~6 頁, 15~16 頁)】、保全重要度²⁰に応じて点検計画、補修・取替え・改造計画といった保全計画を立て【乙 29 (6 頁)】、その保全計画に従って点検・補修等を実施している【乙 29 (9 頁)】。

また、保全計画においては、設備が関係法令、関係規格、基準に適合していることを確認するとともに、設備の重要性を勘案して、必要に応じて事故事例・科学的知見も考慮することとされており【乙 29 (6 頁, 19 頁)】、被告も、事故事例・科学的知見等を入手した場合には、随時、必要な点検・補修等を実施している。

(3) 以下、原告らが地震によって破損する可能性があるとして主張する余剰抽出配管及び補助給水設備配管の各配管における、材料の選定・設計及び保全など具体的な破断防止策について述べる²¹。

¹⁷ 例えば、1次冷却材を内包する配管の多くは、耐食性に優れたステンレス鋼が使用されているが、ステンレス鋼管に想定される経年劣化事象としては、疲労割れ、応力腐食割れ、減肉(エロージョン)がある。

¹⁸ 例えば、ステンレス鋼管の疲労割れには、適切に配管ルートを設計することにより、発生を防止できるものがある。

¹⁹ 保全プログラム：保全の計画、実施、評価及び改善の活動を行うために必要なプロセス及びその内容を適切な単位ごとに具体的に定めたもの【乙 29 (1~2 頁)】。

²⁰ 保全重要度：安全機能、リスク情報、供給信頼性及び運転経験等を勘案して保全プログラムを実行する際における構築物、系統及び機器の重要さ度合い【乙 29 (2 頁)】。

²¹ なお、被告は新規制基準を踏まえ、平成 25 年 7 月 12 日に、玄海 3, 4 号機について、原子炉設置変更許可、工事計画認可及び保安規定変更認可をそれぞれ原子力規制委員会に申

2 余剰抽出配管の破断防止策

(1) 余剰抽出配管の役割

余剰抽出配管とは、化学体積制御設備の一部である余剰抽出系統を構成する配管である（図7）。化学体積制御設備は、1次冷却材中の腐食生成物等の不純物の除去等の水質調整、1次冷却設備中の1次冷却材保有量の調整等を目的として、1次冷却材の一部を1次冷却設備から抽出・処理し、再度1次冷却設備に充てんする機能を持つ。1次冷却材の抽出のための系統は、抽出系統及び余剰抽出系統の2系統があるが、通常運転中の抽出は抽出系統を用いて行われ、余剰抽出系統は、抽出系統に加えて抽出を行う場合（主にプラント起動時）に用いられ、通常運転中は用いられない。

余剰抽出配管を流れる1次冷却材は、1次冷却材管を流れる1次冷却材と同様、最大の圧力は約17MPa、最高の温度は約340℃²²である。

請しており、現在、当該各申請に対する審査が進められているところであるが、配管の材料選定・設計及び保全に関しては、従前の考え方から大きく変更となったものはない。

²² 最大の圧力及び温度はいずれも設計値であり、実際はこれよりも低い（以下同様）。

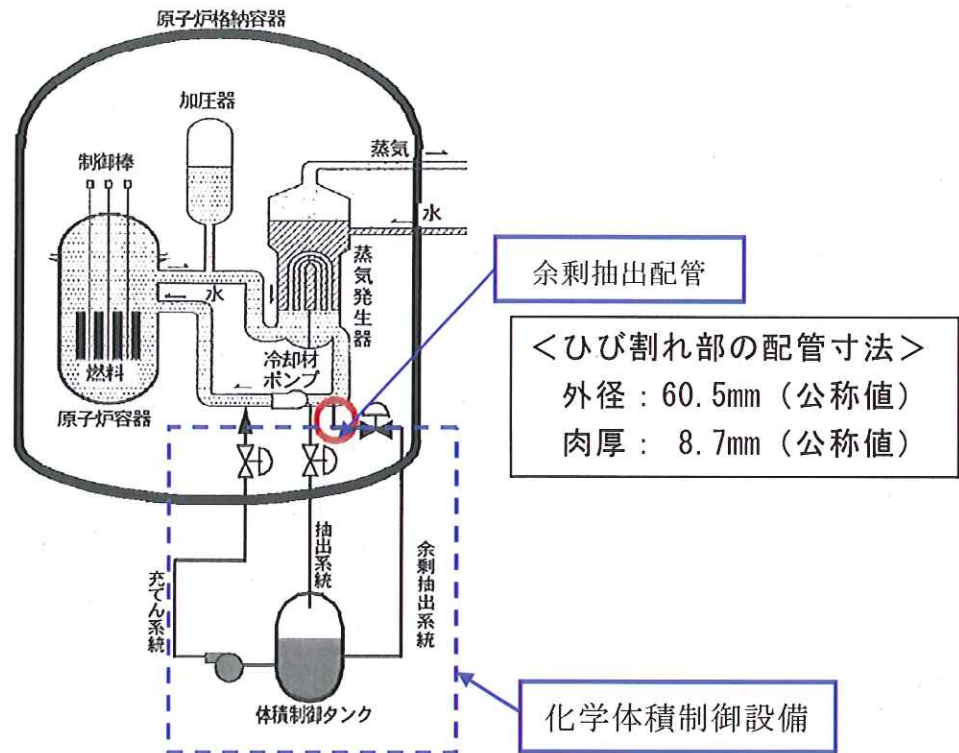


図7 余剰抽出系統の概要図（玄海2号機）
 （赤〇は、ひび割れが発生した箇所）

(2) 余剰抽出配管の材料選定

ア 余剰抽出配管の材料は、内包流体である1次冷却材が放射性物質を含んでいること及び上記の運転時の条件から、ステンレス鋼を使用している。ステンレス鋼を使用するのは、耐食性に優れている（劣化が生じにくい）からである【乙28（22頁）、乙31（232頁）、乙32（131頁）】。

イ なお、余剰抽出配管に使用する上記の材質は、法令等が定める基準（実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則17条）にも適合するものである。

(3) 余剰抽出配管の設計

ア 被告は余剰抽出配管の設計にあたり、①配管の口径については、限界流速（配管の中を流れる流体の抵抗、振動等を考慮し、配管に影響を与

えないような速度)を考慮し、②配管の板厚については、使用圧力、管の外径等から求めた計算結果に基づき決定し、③配管ルートについては、応力解析(配管の内圧、自重、熱等により配管に加わる力の分析)の結果等を考慮して決定している【乙 31 (235~237 頁)】。また、配管ルートについては、疲労割れ(高サイクル熱疲労割れ)を防ぐため、その原因を排除するよう考慮している²³【乙 33】。

イ また、本件原子力発電所周辺で発生することが予測される地震に対しても十分な安全性を確保している。すなわち、被告は、配管を含む各設備が、基準地震動(最大加速度 540 ガル)による地震力に耐えることができることを確認している【乙 13-6 (7-1~2, 7-4~10, 7-29, 7-35~36 頁), 乙 14-6 (7-1~2, 7-4~9, 7-20, 7-26~27, 7-29, 7-35~36 頁), 乙 16-5 (3/30, 9/30, 10/30 頁), 乙 17-5 (3/23, 9/23, 10/23 頁)】。

ウ 余剰抽出配管に関する上記構造については、法令等が定める基準(実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則 17 条, 5 条)にも適合するものである。

(4) 運転の際の劣化防止策

被告は、ステンレス鋼を使用した配管に想定される経年劣化事象の一つである応力腐食割れ(金属が酸素と反応して生じる錆の一種であり、金属の粒界に沿って割れが進む形態)の原因を引き起さないよう、1次冷却材の溶存酸素濃度を 5ppb²⁴以下と極めて低く制限するなどの1次冷却材の水質管理を実施している【乙 28 (22 頁)】。

²³ 高サイクル熱疲労割れは、高温の熱水が流れる主配管からL字型に伸びた閉塞分岐管内に滞留している低温水に、主配管からの高温の熱水が渦を巻いて流入し、その渦の先端がL字型のエルボ部付近にある場合に発生する現象である。対策として、渦の先端がエルボ部にこないように、配管ルート(エルボ部までの距離)を適切に設計する【乙 34 (A13~A14 頁)】。

²⁴ ppb : 10 億分率。

(5) 余剰抽出配管に対する点検・補修等

ア 被告は、前述の保全計画に従って、余剰抽出配管のうち、配管の溶接部については「浸透探傷検査（PT 検査）²⁵」を、溶接部以外の耐圧部分（圧力保持範囲）については「漏えい検査²⁶」をそれぞれ実施している。

イ 「浸透探傷検査（PT 検査）」は、定点サンプリング方式²⁷を採用しており、類似箇所を取り纏め、全検査対象箇所に対し維持規格に基づき機器と配管との溶接継手等の構造不連続部位、使用環境条件の厳しい部位、過去の損傷発生部位等を、当該機器の重要性、接近性等の検査性、過去の検査実績等を勘案して「定点」（全検査対象箇所の 25%）を選定し、各定点について 10 年間に 1 回の頻度で検査を実施している。なお、検査箇所で異常が発見された場合には、定点に限らず、全検査対象箇所に水平展開する。

直近、玄海 2 号機においては第 23 回定期検査（平成 23 年 1 月 29 日～）、玄海 3 号機においては第 10 回定期検査（平成 18 年 12 月 17 日～平成 19 年 3 月 16 日）、玄海 4 号機においては第 9 回定期検査（平成 21 年 5 月 15 日～平成 21 年 7 月 13 日）において実施している。

ウ 「漏えい検査」は、定期検査の都度実施しており、直近、玄海 2 号機においては第 22 回定期検査（平成 21 年 9 月 12 日～平成 21 年 12 月 10 日）、玄海 3 号機においては第 12 回定期検査（平成 21 年 8 月 30 日～平成 21 年 11 月 9 日）、玄海 4 号機においては第 10 回定期検査（平成 22 年 9 月 4 日～平成 22 年 11 月 1 日）において実施している。

エ さらに、これらとは別に、他電力における余剰抽出配管のひび割れ発

²⁵ 浸透探傷検査：検査物の表面に浸透液を塗布し、その後表面に付着している余剰浸透液を洗浄、乾燥後表面に現象剤を吹き付けることによって、亀裂等に浸透した浸透液が表面に染み出てくることにより、亀裂等を検出する検査のこと。

²⁶ 漏えい検査：検査物の内部に流体又は空気等の気体を注入し圧力をかけて、漏えいの有無を検出する試験のこと。

²⁷ 経年劣化の有無を確認することが、重要であるとの観点から、同一部位を繰り返し検査すること。

生事象を踏まえて、玄海 2 号機と同様に、玄海 3 号機についても「超音波探傷検査（UT 検査）」を第 10 回定期検査（平成 18 年 12 月 17 日～平成 19 年 3 月 16 日）で実施し、問題がないことを確認している。

また、玄海 3 号機及び玄海 4 号機については、設備の信頼性維持・向上を図るため、より抜本的な対策として、玄海 3 号機については第 11 回定期検査（平成 20 年 5 月 2 日～平成 20 年 7 月 6 日）において、玄海 4 号機については第 8 回定期検査（平成 20 年 1 月 5 日～平成 20 年 3 月 22 日）において、それぞれ配管の取替えを実施した。

（6）玄海 2 号機のひび割れ事象について

玄海 2 号機においてひび割れが生じた部位は、余剰抽出配管のうち溶接部以外の耐圧部分であり、保全計画では「漏えい検査」のみの対象としているところ、他社の事故事例を踏まえて「超音波探傷検査（UT 検査）²⁸」を実施したことによって発見されたものであるが、当該部位は、溶接等がなく、過去のトラブル事例等もなかったため、保全計画において「漏えい検査」のみの対象としていること自体は何ら不合理なことではない。

また、万一当該部位で小規模漏えいや破断が発生しても、本件原子力発電所の安全性に問題がないことは、後述のとおりであり、他社の事故事例を踏まえた臨時の検査によって当該部位のひび割れが発見されたことは、何ら配管の保全計画・保全方法の瑕疵にはあたらない。

3 補助給水設備の配管の破断防止策

（1）補助給水設備の役割

補助給水設備は、加圧水型（PWR 型）原子力発電所において、原子炉が 1 次系配管の破断等により緊急停止した場合などに起動する設備である。すなわち、原子炉が緊急停止した場合、2 次冷却材の循環に通常用いてい

²⁸ 超音波探傷検査：検査物に超音波をあて、その反射波（エコー）の大きさ、ひろがり等から内部のきず等を検出する検査のこと。

る主給水ポンプ²⁹に代わり、補助給水ポンプが起動することによって、別途設けている復水タンク（玄海4号機においては復水ピット）等から補助給水管及び主給水管を経由して蒸気発生器へ2次冷却材を供給し、1次冷却材と熱交換することにより、原子炉を冷却（原子炉停止後の崩壊熱を除去）する。

補助給水設備の配管には、主給水管と補助給水ポンプをつなぐ「a 補助給水管」、主蒸気管とタービン動補助給水ポンプをつなぐ「b タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気管」、復水タンク等と補助給水ポンプをつなぐ「c 補助給水ポンプ吸込管」がある（図8）。「a 補助給水管」を流れる2次冷却材の最大の圧力は約7.8MPa、最高の温度は約290℃であり、「b タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気管」を流れる蒸気の最大の圧力は約7.8MPa、最高の温度は約290℃、「c 補助給水ポンプ吸込管」を流れる2次冷却材の最大の圧力は約0MPa（大気圧）、最高の温度は約40℃である。

²⁹ 主給水ポンプ：所定の電気出力を生むために必要な蒸気を発生させるための水を蒸気発生器に送ることを主な役割とする設備であり、発電所の通常運転に不可欠な設備。

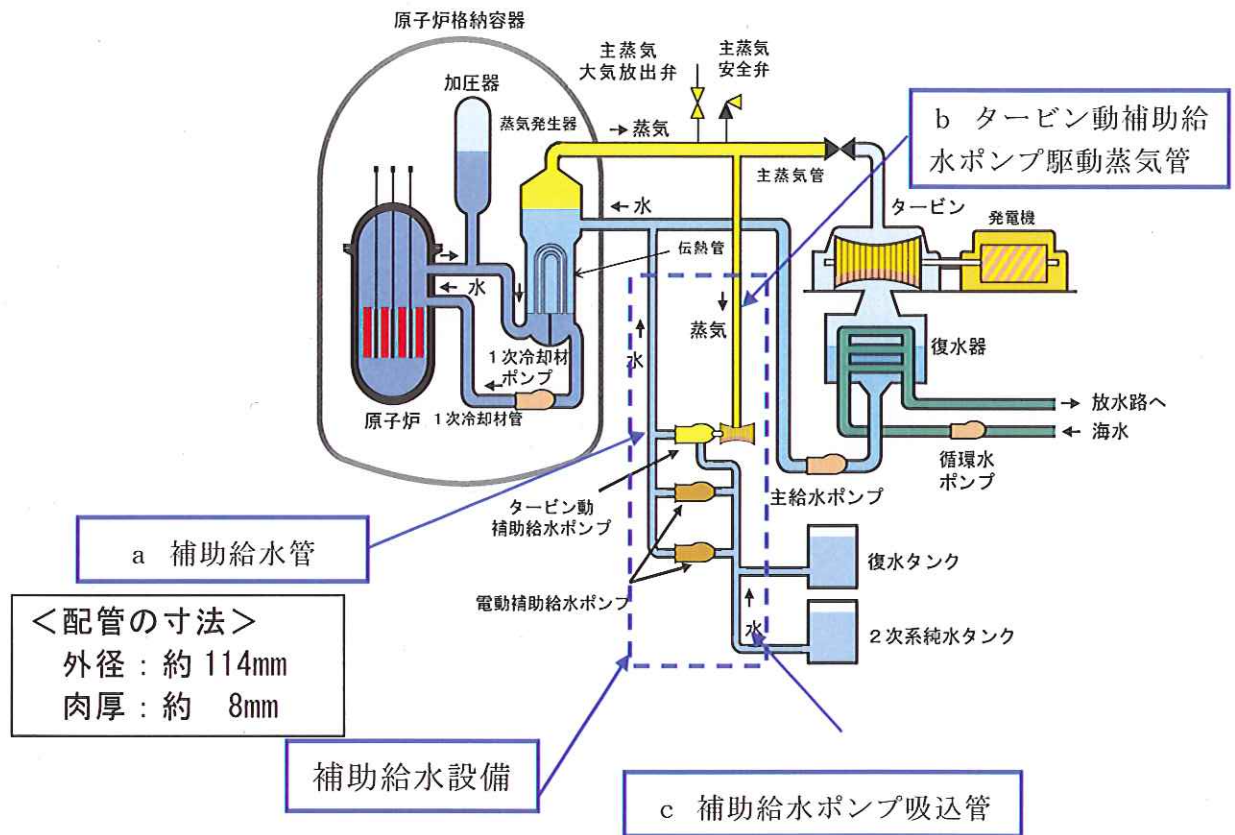


図8 補助給水設備による原子炉の冷却の概要図（玄海2号機の例）

(2) 補助給水設備の配管の材料選定

ア 補助給水設備の配管の材料については、内包流体である2次冷却材が放射性物質を含んでいないこと及び上記の運転時の条件を踏まえ、補助給水管及びタービン動補助給水ポンプ駆動蒸気管には炭素鋼を使用し、補助給水ポンプ吸込管については、ステンレス鋼を使用している。補助給水管及びタービン動補助給水ポンプ駆動蒸気管に炭素鋼を使用するのは、火力プラント等で多数の使用実績があり安全性が確立されているためである【乙28(23頁)、乙31(235頁)、乙32(131~132頁)】。

イ 補助給水設備配管に使用する上記の材質については、余剰抽出配管と同様、法令等が定める基準にも適合するものである。

(3) 補助給水設備の配管の設計

ア 被告は、補助給水設備の配管の設計にあたり、各配管の使用条件を考慮し、①配管の口径、②配管の板厚、③配管ルート等を決定している【乙 31 (235～237 頁)】。

イ また、前述のとおり、本件原子力発電所周辺で発生することが予測される地震に対しても十分な安全性を確保している。すなわち、被告は、配管を含む各設備が基準地震動（最大加速度 540 ガル）による地震力に耐えることができることを確認している【乙 13-6 (7-1～2, 7-4～10, 7-29, 7-35～36 頁), 乙 14-6 (7-1～2, 7-4～9, 7-20, 7-26～27, 7-29, 7-35～36 頁), 乙 16-5 (3/30, 9/30, 10/30 頁), 乙 17-5 (3/23, 9/23, 10/23 頁)】。

ウ 補助給水設備の配管に関する上記構造については、法令等が定める基準にも適合するものである。

(4) 運転の際の劣化防止策

被告は、炭素鋼を使用した配管に想定される経年劣化対策の一つとして、全面腐食が生じにくいようにするため、2次冷却材の pH を 8.5 以上に保つ（冷却材をアルカリ性に保つことによって、鉄と反応して錆を発生させる酸の活動を抑えている）などの2次冷却材の水質管理を実施している【乙 28 (23 頁)】。

(5) 補助給水設備の配管に対する点検・補修等

ア 被告は、前述の保全計画に従って、補助給水設備の配管のうち、①補助給水管及びタービン動補助給水ポンプ駆動蒸気管（炭素鋼管）に対しては配管の「肉厚測定（減肉管理）」、「漏えい試験」及び「外観検査」を、②補助給水ポンプ吸込管に対しては「外観検査」をそれぞれ実施している【①に関して乙 35 (IC-2, IC-9 頁)】。

イ 「肉厚測定（減肉管理）」は、定期検査の際に実施しているが、測定対象部位全てについて定期検査の都度実施しているわけではなく、測定対象部位ごとに測定結果から配管肉厚の余寿命を評価し、それに基づき次

回測定時期を設定している。

- ウ 「漏えい検査」及び「外観検査」については、定期検査の都度実施しており、直近、玄海2号機においては第22回定期検査（平成21年9月12日～平成21年12月10日）、玄海3号機においては第12回定期検査（平成21年8月30日～平成21年11月9日）、玄海4号機においては第10回定期検査（平成22年9月4日～平成22年11月1日）において実施している。
- エ なお、補助給水設備配管は事故時に備えるものであり、常に水の流れがあるわけではないため、減肉管理の必要性は低く、法令上も減肉管理が求められていない。

なぜなら、配管の減肉は、水や蒸気が流れることにより発生するため、主に事故時に使用する系統など使用時間が短く（流れが発生する時間が短く）減肉の発生が無視できる配管や流れのない配管については、減肉管理の対象から除外することができるからである。

この点、原子力規制委員会が制定した「発電用原子炉施設の使用前検査、施設定期検査及び定期事業者検査に係る実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則のガイド」においても、「技術基準第17条及び第55条への適合性を確認するために行う検査のうち、配管の摩耗を確認するための十分な方法」が定められており、本件原子力発電所の型式であるPWRにおいては日本機械学会「発電用原子力設備規格 加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（2006年版）」に規定する方法で試験を行うこととされている【乙37（3頁）】ところ、同技術規格においても、使用時間が短く減肉の発生が無視できる配管や流れのない配管については、減肉管理の対象から除外することができることが明記されている【乙36（16頁）】。

4 小括

以上述べたとおり、本件原子力発電所の配管については、想定される経年

劣化事象に対して、設計の段階で適切に考慮するとともに、運転開始後においても適切に保全を行うことによって、配管が破断しないよう管理しており、配管の安全性について問題はない。

第3 1次系配管の破断時等における安全性の確保

1 仮にひび割れが貫通したとしても原子炉を安全に停止できること

玄海2号機の余剰抽出配管のひび割れ事象については、保全（点検）の結果、ひび割れが発生当該部（以下「本件 L 字部分」という。）を貫通する前に発見したものであるが、仮にひび割れが本件 L 字部分を貫通していたとしても、1次冷却材が喪失するような事故に至る前に原子炉を安全に停止・冷却することができる。

すなわち、仮にひび割れが進行して本件 L 字部分を貫通した場合、ひび割れの貫通部から1次冷却材のわずかな漏えいが生じ、原子炉格納容器モニタの数値上昇³⁰や、凝縮液量測定装置の凝縮液量の増加³¹、格納容器サンプ水位の上昇率増加³²等によって漏えいの徴候を早期に検知することができるため、本件 L 字部分が破断に至る前に、原子炉停止等の適切な対応が取れる【乙 2-1-8 (8-4-5 頁), 乙 3-1-8 (8-4-17~18 頁)】。

2 万一本件 L 字部分が破断に至っても原子炉を安全に冷却できること

また、万一本件 L 字部分が破断し、1次冷却材が喪失するような事故に至ったと仮定しても、本件 L 字部分が属する配管の口径は小さく、1次冷

³⁰ 漏えいした1次冷却材の一部は蒸気となり原子炉格納容器内に循環している空気流に混合するため、原子炉格納容器モニタにより原子炉格納容器内空気の放射能を測定することにより漏えいを検知する。

³¹ 漏えい蒸気が原子炉格納容器内の冷却装置で凝縮されることを利用して、その凝縮液量を測定することにより漏えいを検知する。

³² 漏えいした1次冷却材が最終的に原子炉格納容器内の底部に設置された格納容器サンプ（水槽、玄海3、4号機においては格納容器再循環サンプ）に集まることから、その水位上昇を測定することにより漏えいを検知する。

却材の漏えい量は小さい³³ので、非常用炉心冷却設備(ECCS³⁴)及び補助給水設備により安全に原子炉を冷却することができるため、原告らが主張する炉心溶融のような重大事故に至る可能性はない。

以下、万一1次系配管が破断した場合における、(1)原子炉の緊急停止、(2)非常用炉心冷却設備(ECCS)等の作動及び(3)補助給水設備による冷却について述べる。

(1) 原子炉の緊急停止

1次系配管の破断により原子炉格納容器内に1次冷却材が漏えいした場合、1次冷却材の流量等の異常を検出器が検知し、中央制御室へ警報が発せられる。あわせて、燃料や原子炉容器等の損傷を防止するため、検出器があらかじめ定めた許容値を超える異常を検知した時点で「原子炉トリップ信号」により、制御棒が急速に挿入され、原子炉は自動的に緊急停止する³⁵(制御棒が中性子を吸収し核分裂反応が停止)。

(2) 非常用炉心冷却設備(ECCS)等の作動

ア 非常用炉心冷却設備(ECCS)の作動

非常用炉心冷却設備(ECCS)とは、1次系配管の破断等により燃料や原子炉容器等に損傷の恐れがある場合、原子炉内にほう酸水を注水する設備である。以下の3つの注水系統から構成されており、検出器が1次冷却材圧力の著しい低下や原子炉格納容器圧力の上昇等の異常を検知した際に自動作動し、原子炉への注水を開始する(図9)。

³³ なお、被告は、本件L字部分が属する配管よりも口径が大きく、したがって破断時の1次冷却材の漏えい量がより大きい1次冷却材管が破断した場合にも、原子炉は安全に停止できることを確認している。

³⁴ 非常用炉心冷却設備(ECCS) : Emergency Core Cooling System

³⁵ 具体的には、運転時には、制御棒は制御棒駆動装置により燃料集合体からほぼ全部を引き抜いた状態で保持されているが、原子炉トリップ信号によって原子炉トリップ遮断器が自動的に開放され(制御棒を保持している制御棒駆動装置への電源が遮断され)、制御棒駆動装置による保持力が失われて制御棒が自重で炉心に落下することで、原子炉を緊急停止できる。

① 高圧注入系

高圧注入系は、高圧注入ポンプにより、燃料取替用水タンク³⁶に貯蔵するほう酸水を原子炉に注水する系統である³⁷。高圧注入ポンプは、1台のみで十分に炉心の冷却が可能であるが、2台を分離して設置し(2系列)、ポンプの電動機は各々独立した非常用母線に接続している。また、外部電源が喪失した場合でも、非常用ディーゼル発電機により電源供給が可能である。さらに、燃料取替用水タンク内の水量が減少した場合には、水源を格納容器再循環サンプに切り替え、原子炉格納容器の底に溜まった水を再循環して注水することができる³⁸。

② 低圧注入系

低圧注入系は、1台で十分に炉心の冷却が可能である容量の余熱除去ポンプを2台備え(2系列)、燃料取替用水タンクに貯蔵するほう酸水を原子炉に注水する系統である。低圧注入系も、非常用ディーゼル発電機の利用、格納容器再循環サンプからの給水の利用ができることは高圧注入系と同じである。

③ 蓄圧注入系

蓄圧注入系は、ほう酸水を貯える蓄圧タンクという窒素ガスで加圧されたタンクと1次冷却設備とを配管で接続した装置であり、1次冷却材の圧力が一定程度低下した場合に、外部駆動源を必要とせず、逆止弁の自動開放によってほう酸水を原子炉に自動的に注水する。

³⁶ 燃料取替用水タンク：ほう酸水を貯えるタンク（玄海4号機においては燃料取替用水ピット）。事故等発生時には、非常用炉心冷却設備、原子炉格納容器スプレイ設備の水源となる。

³⁷ 1次系配管の破断により、高圧注入系の高圧注入ポンプ及び低圧注入系の余熱除去ポンプが直ちに自動作動し、原子炉容器の圧力が高い際には高圧注入系が、その後原子炉容器の圧力が低下すると低圧注入系が、それぞれ有効に働きほう酸水を注水する。

³⁸ 注水され原子炉格納容器の底に溜まったほう酸水は、燃料の崩壊熱を奪って自身の温度が上昇しているが、再循環する場合は、低圧注入系の冷却器、または後述する原子炉格納容器スプレイ設備の冷却器を通じてそれぞれ冷却され、再び注水される。

イ 原子炉格納容器スプレイ設備の作動

原子炉格納容器スプレイ設備は、格納容器スプレイポンプ（2台）及びスプレイリング等で構成された設備で、燃料取替用水タンク内のほう酸水に苛性ソーダを混ぜた冷却水を原子炉格納容器内に噴霧する設備であり、1次系配管の破断等による原子炉格納容器内の圧力上昇が検知された時点で自動作動する（図9）。

このような設備が具備されているのは、第一に、1次系配管が破断し、高温・高圧の1次冷却材が蒸気の状態では原子炉格納容器内に充満した場合、原子炉格納容器内の圧力・温度が上昇し、原子炉格納容器が破損するおそれがある。このため、スプレイリングから冷却水を原子炉格納容器内に噴霧することによって、蒸気を凝縮し水に変え（体積を減少させ）、原子炉格納容器内の圧力・温度を低下させるためである。第二には、苛性ソーダ³⁹を噴霧することによって、1次系配管の破断により原子炉格納容器内に漏えいした放射性よう素と苛性ソーダとを反応させ、放射性よう素を除去するためである。また、燃料取替用水タンクの水量が減少した場合には、水源を格納容器再循環サンプに切り替え注水を継続できる。

ウ アニュラス空気浄化設備の作動

アニュラス空気浄化設備は、アニュラス部という原子炉格納容器を取り巻く密閉された空間に設置された設備であり、非常用炉心冷却設備（ECCS）の作動と同時に自動作動する（図9）。

アニュラス空気浄化設備（2台）は、アニュラス空気浄化ファン、アニュラス空気浄化フィルタユニット等により構成された設備⁴⁰で、アニ

³⁹ 苛性ソーダ：原子炉格納容器内に漏えいした1次冷却材（蒸気）に含まれる気体状の放射性よう素と反応し、よう素イオンを生成する。よう素イオンは噴霧された冷却水に取り込まれるため、周辺環境への放出を防ぐことができる。

⁴⁰ 玄海2号機においては、アニュラス排気ファン、アニュラス排気粒子用フィルタユニット及びアニュラス排気よう素用フィルタユニット。

ユラス空気浄化ファンの作動によりアニュラス部の圧力を原子炉格納容器より負圧にし、アニュラス部に漏れ出た原子炉格納容器の空気（蒸気）に含まれる放射性物質をアニュラス空気浄化フィルタユニットにより除去する。

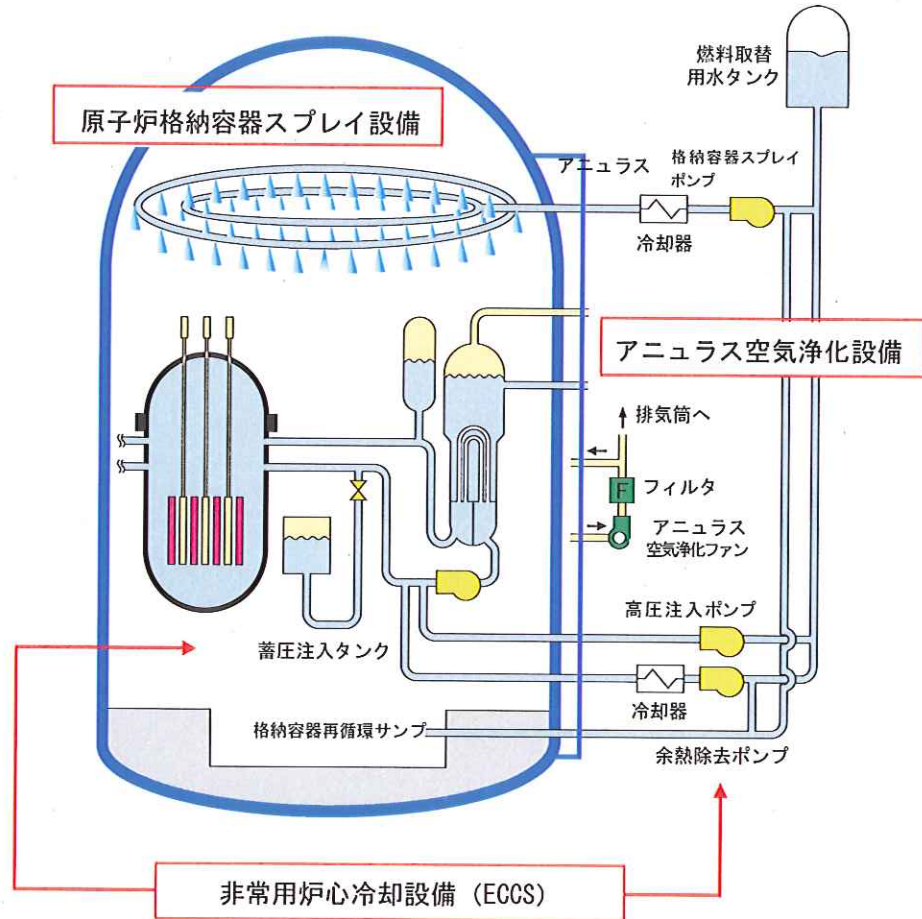


図9 非常用炉心冷却設備（ECCS）等の概略図

(3) 補助給水設備による冷却

補助給水設備は「第3章第2の3」で述べたとおり、1次系配管の破断等により原子炉が緊急停止した場合などに、2次冷却材の循環に通常用いている主給水ポンプに代わり、別途設けている復水タンク等から蒸気発生器へ2次冷却材を供給し、1次冷却材と熱交換することにより、

原子炉を冷却（原子炉停止後の崩壊熱を除去）する設備である（32頁，図8）。

補助給水設備⁴¹は，1次系配管の破断により非常用炉心冷却設備（ECCS）が作動した際に自動作動し，速やかに原子炉の冷却を開始する。

補助給水設備には，電動機により駆動する電動補助給水ポンプと，動力源として電力を必要とせず蒸気タービンにより駆動するタービン動補助給水ポンプとがあり，本件原子力発電所の各号機に前者は2台，後者は1台ずつ設置されている。電動補助給水ポンプの電動機は，外部電源が失われた場合でも，非常用ディーゼル発電機により電源供給を受ける。タービン動補助給水ポンプは，動力源として電力を必要とせず，主蒸気管から分岐した蒸気で駆動するため，外部電源及び非常用ディーゼル発電機からの電源が失われた場合にも運転が可能である。また，原子炉停止後の崩壊熱除去のために，余剰な蒸気を逃がす（1次冷却材で除去した原子炉の崩壊熱を蒸気発生器で2次冷却材へ伝え，蒸気（放射性物質を含まない）として大気へ逃がす）必要が生じた場合には，大気に蒸気を直接放出する主蒸気逃がし弁（玄海2号機においては主蒸気大気放出弁）を手動で開ける等の操作ができ，仮に主蒸気逃がし弁が動作不能となった場合にも，主蒸気安全弁により大気に蒸気を直接放出できる。

3 小括

本件原子力発電所においては，万一1次系配管にひび割れによる貫通や破断が発生した場合においても，運転中の原子炉が緊急停止し，非常用炉心冷却設備（ECCS）及び補助給水設備等が作動することによって冷却することができ，原子炉の安全性は確保される。

⁴¹ 補助給水設備による蒸気発生器を通じた崩壊熱の除去は，ECCSで1次冷却設備（蒸気発生器）が水で満たされており，1次冷却材の自然循環が期待できる場合に効果的である。

第4 まとめ

被告は、前述のとおり、配管の破断防止に向けた取り組みにより配管破断等が生じること自体がまず考えられないところ、万一の配管破断等の発生時に、炉心の著しい損傷や周辺環境への放射性物質の異常な放出を防止する対策として非常用炉心冷却設備(ECCS)等の安全確保対策を講じている。

したがって、配管の安全性は確保されており、また、仮に配管に異常が生じたとしても本件原子力発電所の安全性は十分に確保されており、原告らの主張するような重大事故（1次系配管の破断、炉心溶融から水素爆轟による原子炉格納容器等の破損）に至ることはない。

第4章 まとめ

以上のとおり、原告らの請求に理由はなく、速やかに棄却されたい。

以 上