



加えて、被告は、火山影響等発生時に備え、非常用ディーゼル発電機の機能維持のためにフィルタコンテナを平成29年11月に新設するなど、降下火砕物に対する本件各号機の安全性を一層高めている。

原告らは、非常用ディーゼル発電機の連続運転期間に関して、7日以内に外部電源が復旧する保証はないなどと主張するが、被告は、福島第一原発事故において発電機の燃料供給に3日程度を要したことを踏まえて、新規制基準に基づき、7日間の連続運転について評価したのであり、十分に保守性を有する。

(ウ) 小括

したがって、火山事象が本件各号機の安全性に影響を及ぼす可能性は、極めて低い。

キ 結論

以上のとおり、本件各号機の運用期間中に、火山事象が本件各号機の安全性に影響を及ぼす可能性は極めて低く、本件各号機の火山事象に対する安全性は確保されている。

(4) 核燃料サイクルの破綻及び使用済燃料等の処理の不能による原子力発電所の運転の許否

(原告らの主張)

核燃料サイクルは、軽水炉サイクルと高速増殖炉サイクルの両方を含む意味で構想されている。前者は、建前としては、使用済ウラン燃料が、再処理工場で再処理され、抽出されるプルトニウムを用いてMOX燃料を製造し、これをプルサーマル発電に使用することが見込まれている。後者は、使用済MOX燃料や、軽水炉サイクルで再処理可能な量を超える使用済ウラン燃料について、第2再処理工場（高速増殖炉用再処理工場）で再処理し、高速増殖炉での発電に使用するという構想である。しかし、国内の再処理工場（六ヶ所再処理工場）や高速増殖炉の現状に照らすと、高速増殖炉サイクル

のみならず、軽水炉サイクルも破綻しており、核燃料サイクルは明らかに破綻している。

また、核燃料サイクルが破綻している現状では、使用済ウラン燃料は、六ヶ所再処理工場の使用済燃料受入れ貯蔵プールに運ぶか、各原子力発電所内のサイトに保管するしかないが、六ヶ所再処理工場も既に保管可能量の上限に来ており、各原子力発電所内のサイトも、例えば、玄海原子力発電所では、あと3回程度使用済燃料を取り出せば、つまり約4年後には、保管量の限界に至るなどする。原子力発電所を運転する限り、使用済ウラン燃料が排出されるが、これを保管、処理するところがないのが現状である。

国内のどの地域でも、使用済ウラン燃料の保管、処理の施設及び放射性廃棄物の処分場を受け入れるところはない。現在、既に存在している使用済ウラン燃料の保管、処理についてさえ、今後の科学技術の発達を待ちながら、何とか安全を確保して永久管理していくしかない。このように課題が山積する中で、なお、原子力発電所を運転することは許されない。

#### (被告の主張)

核燃料サイクルが軽水炉サイクルと高速増殖炉サイクルの両方を含むこと、使用済ウラン燃料が、再処理工場で再処理され、抽出されるプルトニウムを用いてMOX燃料を製造し、これをプルサーマル発電に使用すること、使用済MOX燃料や、軽水炉サイクルで再処理可能な量を超える使用済ウラン燃料について、第2再処理工場で再処理し、高速増殖炉での発電に用いる高速増殖炉サイクルが構想されていることは認め、その余は、不知又は否認ないし争う。

被告は、使用済燃料を発電所内に設置された使用済燃料貯蔵施設で適切に貯蔵、管理しており、原告らが主張するような被害が発生することはない。

### 第3 当裁判所の判断

#### 1 主張立証責任について

原告らは、人格権に基づく妨害予防請求として、本件各号機の運転（原子炉を稼働して発電すること）の差止めを求めていると解されるところ、その主張立証責任の所在について、その他の人格権に基づく妨害予防請求としての差止請求と別異に解する理由はない。したがって、上記差止請求をする原告らにおいて、本件各号機の安全性に欠けるところがあるため、本件各号機を運転すると、本件各号機から放射性物質が異常な水準で外部に放出されるなどの事故が発生し、その結果、原告らの生命及び身体等に係る人格権が侵害される具体的危険性があることについて主張立証責任を負うと解される。

そうすると、まず、本件各号機の安全性に欠けるところがあるため、本件各号機を運転すると、本件各号機から放射性物質が異常な水準で外部に放出されるなどの事故が発生する蓋然性が高く、そのために原告らの生命及び身体等に係る人格権が侵害される具体的危険性があることについて、原告らが主張立証責任を負う。また、上記のような事故が発生した場合には、本件各号機の近くに居住等をする者は、生命及び身体等に被害を受ける蓋然性が高く、その被害の程度もより直接的かつ重大であると想定され、逆に、本件各号機から遠くに居住等をする者は、そのような被害を受ける蓋然性が低くなるものと想定される。したがって、上記のような事故が発生した場合に原告らの生命及び身体等に係る人格権が侵害される具体的危険性があるといえる場所に原告らが居住等をしていることについて、原告らが主張立証責任を負うというべきである。

もともと、原子力発電所ないし発電用原子炉施設は、その運転により原子炉内に放射性物質が生成され蓄積されるため、その放射性物質が異常に漏えいするなどした場合、周辺公衆に影響を及ぼしかねないという潜在的な危険性を有しており、原子力発電所ないし発電用原子炉施設の安全性に欠けるところがあれば、その潜在的な危険性が顕在化する可能性を有している。そして、福島第一原発事故を契機に改めて認識されたとおり、一旦、原子力発電所ないし発電用原子炉施設に係る重大事故が発生した場合には、深刻な被害を広範囲に長期

間にわたって発生させることとなり、しかも、その被害の発生や規模等を事前に予測することは、科学技術の不確実性や将来の予測に係る事項もあることから著しく困難である。一方、原子力発電所ないし発電用原子炉施設の安全性の確保の方法等については、個々の原子力発電所ないし発電用原子炉施設や、当該原子力発電所ないし発電用原子炉施設に係る事業者ないし発電用原子炉設置者により異なる上、原子力発電所ないし発電用原子炉施設が最新の高度な科学技術及び知見を動員して作られた複雑な技術体系を有するものであること、原子炉等規制法等において、事業者ないし発電用原子炉設置者が原子力規制委員会の許認可等を受けることとされていること等からすると、原子力発電所ないし発電用原子炉施設の安全性の確保に関する資料は、科学技術的知見等の専門的知見も含め、全て事業者側が保有している。これらの事情に照らすと、本件各号機の運転の差止めを求める原告らにおいて、本件各号機の安全性に欠けるところがあることについて具体的な指摘ないし主張立証をした場合には、公平の観点から、事業者ないし発電用原子炉設置者である被告において、上記の原告らの指摘ないし主張立証に対し、相当な根拠、資料に基づき、本件各号機の安全性に欠けるところがないことを、明らかにするないし主張立証する必要がある、被告がこれを行わない場合には、本件各号機の安全性に欠けるところがあると事実上推認されると解するのが相当である。

一方、原子炉等規制法等において、福島第一原発事故を契機としてされた平成24年法律第47号による改正後においても、発電用原子炉又は発電用原子炉施設について段階的規制の体系の採用は維持されている。具体的には、原子炉等規制法は、発電用原子炉について原子力規制委員会の設置許可又は設置変更許可を受けなければならない（43条の3の5、43条の3の8）、その後、発電用原子炉施設の設置又は変更の工事に着手する前に原子力規制委員会の工事計画認可を受けなければならない（43条の3の9）、工事完成後に当該工事について原子力規制委員会の使用前検査を受けてこれに合格しなければならない

(43条の3の11), 発電用原子炉の運転開始前に保安規定の制定又は変更について原子力規制委員会の認可を受けなければならない(43条の3の24), 運転開始後の一定期間経過後に原子力規制委員会が行う施設定期検査を受けなければならない(43条の3の15)とし, そして, 事業者自身による定期事業者検査を義務付けている(43条の3の16)。また, 同法は, 発電用原子炉設置者は, 発電用原子炉施設を原子力規制委員会規則(技術基準規則)で定める技術上の基準に適合するように維持しなければならないとし(43条の3の14), 上記の工事計画認可を受け又は使用前検査に合格するには, 発電用原子炉施設が43条の3の14の技術上の基準(技術基準規則で定める技術上の基準)に適合するものであることを求め(43条の3の9第3項2号, 43条の3の11第2項2号), 上記の定期事業者検査において, 当該特定発電用原子炉施設が43条の3の14の技術上の基準(技術基準規則で定める技術上の基準)に適合していることを確認することを義務付けている(43条の3の16第2項)。そして, 原子力規制委員会は, 前提事実(6)イ(ア)に照らすと, 福島第一原発事故を契機として, 福島第一原発事故で得られた教訓を踏まえ, 原子力利用における安全の確保に係る事務を一元的に担う, 専門性, 中立性, 独立性, 組織性等を備えた合議制の機関として, 原子力規制委員会設置法という法律により設置された相応の権限を有する国の行政機関である。原子炉等規制法は, 福島第一原発事故を契機として, 福島第一原発事故で得られた教訓を踏まえ, 上記のような原子力規制委員会に上記の許可, 認可, 使用前検査及び施設定期検査等の権限を与えている。これらに照らすと, 被告が上記の許可や認可を受けたり, 使用前検査を受けてこれに合格したり, 施設定期検査を受けてこれを終了したと認められたりしたことは, 原子力規制委員会の審査, 判断又は検査に不合理な点があると認められない限り, 相当な根拠, 資料に基づき本件各号機の安全性に欠けるところがないことを明らかにする, すなわち, 相当な根拠, 資料に基づき本件各号機の安全性に欠けるところがないことを主張立

証するという点において、重要かつ積極的な事情として十分にしんしゃくするのが相当である。

- 2 争点(1) (本件各号機に係る基準地震動の策定等の不合理性の有無) について
- 設置許可基準規則は、実用発電用原子炉及びその附属施設の地震による損傷の防止に関し、耐震重要施設は、基準地震動による地震力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し(4条3項)、重大事故等対処施設は、施設の区分に応じ、基準地震動による地震力に対して重大事故に至るおそれがある事故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などとする(39条1項)。

しかるところ、基準地震動の策定が不合理で、過小な基準地震動が策定された場合には、上記の地震による損傷の防止の観点から問題が生じることとなり、ひいては、本件各号機の安全性に欠けるところがあるおそれが生じることとなる。

そこで、以下、当事者の主張を踏まえつつ、本件各号機に係る基準地震動の策定の不合理性の有無を検討することとする。

#### (1) 認定事実

前提事実に加え、後掲の証拠及び弁論の全趣旨によれば、以下の事実が認められる。

ア 新規制基準(設置許可基準規則解釈及び地震動審査ガイド)における基準地震動の策定(特に断層モデルを用いた手法による地震動評価)に係る規定の概要(乙39, 40, 248, 251)

#### 【設置許可基準規則解釈】

設置許可基準規則解釈は、基準地震動について、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、次の方針で策定すると定める(4条, 別記2の5, 39条)。

- ①基準地震動は、「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。
- ②上記の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、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て、検討用地震を複数選定し、選定した検討用地震ごとに、不確かさを考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価及び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。その際、
- ⑦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、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する。
- ⑧内陸地殻内地震に関し、
- ①震源として考慮する活断層の評価に当たっては、調査地域の地形・地質条件に応じ、既存文献の調査、変動地形学的調査、地質調査、地球物理学的調査等の特性を活かし、これらを適切に組み合わせた調査を実施した上で、その結果を総合的に評価し活断層の位置・形状・活動性等を明らかにし、
- ②震源モデルの形状及び震源特性パラメータ等の評価に当たっては、孤立した短い活断層の扱いに留意するとともに、複数の活断層の連動を考慮する。
- ③選定した検討用地震ごとに、敷地における地震観測記録を踏まえて、地震発生様式及び地震波の伝播経路等に応じた諸特性（その地域における特性を含む。）を十分に考慮して、応答スペクトルに基づく地震

動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施して策定するところ、

㊶ 応答スペクトルに基づく地震動評価は、検討用地震ごとに、適切な手法を用いて応答スペクトルを評価のうえ、それらを基に設計用応答スペクトルを設定し、これに対して、地震の規模及び震源距離等に基づき地震動の継続時間及び振幅包絡線の経時的变化等の地震動特性を適切に考慮して地震動評価を行い、

㊷ 断層モデルを用いた手法に基づく地震動評価は、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、地震動評価を行う。

㊸ 基準地震動の策定過程に伴う各種の不確かさ（震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等の不確かさ、並びにそれらに係る考え方や解釈の違いによる不確かさ）については、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータについて分析した上で、必要に応じて不確かさを組み合わせるなど適切な手法を用いて考慮する。

③ 上記の「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定する。

#### 【地震動審査ガイド】

地震動審査ガイドは、次のように定める。

- ・ 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の策定における断層モデルを用いた手法による地震動評価における震源モデルの設定に当たり、震源断層のパラメータは、活断層調査結果等に基づき、地震調査研究



推進本部による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」（強震動予測レシピ）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（I. 3. 3. 2①1）。

- ・震源モデルの不確かさ（震源断層の長さ，地震発生層の上端深さ・下端深さ，断層傾斜角，アスペリティの位置・大きさ，応力降下量，破壊開始点等の不確かさ，並びにそれらに係る考え方，解釈の違いによる不確かさ）を考慮する場合には，敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータについて分析し，その結果を地震動評価に反映させることが必要であり，特に，アスペリティの位置・応力降下量や破壊開始点の設定等が重要であり，震源モデルの不確かさとして適切に評価されていることを確認する（I. 3. 3. 3①1）。
- ・断層モデルを用いた手法による基準地震動は，施設に与える影響の観点から地震動の諸特性（周波数特性，継続時間，位相特性等）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策定されていることを確認し，なお，応答スペクトルに基づく基準地震動が全周期帯にわたって断層モデルを用いた基準地震動を有意に上回る場合には，応答スペクトルに基づく基準地震動で代表させることができる（I. 5. 2（2））。
- ・敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の策定における検討用地震の選定における震源特性パラメータの設定について，震源モデルの長さ又は面積，あるいは1回の活動による変位量と地震規模を関連づける経験式を用いて地震規模を設定する場合には，経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する。その際，経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから，経験式が有するばらつきも考慮されている必要がある（I. 3. 2. 3（2））。

イ 被告による本件各号機に係る基準地震動の策定（甲75，乙24，39，40，58，77，99，146，147，166～168，173～175，246，248～252，255）

被告は，本件申請において，新規制基準である設置許可基準規則，設置許可基準規則解釈，地質審査ガイド及び地震動審査ガイド等を踏まえ，以下のとおり，本件各号機に係る基準地震動を策定した。

(ア) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

a. 地域的な特性の把握等

地震の揺れの大きさは，震源特性（震源の大きさ・マグニチュード等。震源が大きいほど揺れが大きくなるなど），伝播経路特性（震源からの距離等。震源からの距離が遠いほど揺れが小さくなるなど）及びサイト特性（地盤の硬さ等。地盤が硬いほど揺れが小さくなるなど）という三つの特性で決まるところ，この三つの特性には地域的な特性が存在する。

【調査の実施】

被告は，本件各号機に係る基準地震動の策定に当たり，上記三つの特性の地域的な特性を把握するため，震源特性については，次のとおり，①地震調査，②地質調査，③地震観測を実施し，伝播経路特性及びサイト特性については，地下構造調査（文献調査，試掘坑内の弾性波試験，微動アレイ探査及び単点微動観測等）及び地震観測（次の③の76地震の観測記録の分析）を実施した。

①地震調査については，敷地周辺で発生する地震に関する地震発生様式，地震発生状況，被害地震並びに断層型及び応力場に関する調査を実施した。

②地質調査については，次の㉗～㉜のとおり実施した。

㉗敷地周辺の調査として，陸域については文献調査，変動地形学的

調査、地表地質調査及び地球物理学的調査を実施し、海域については文献調査、海上音波探査及び既往音波探査記録の解析等を実施した。

④敷地近傍の調査として、陸域については文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査及びボーリング調査を実施し、海域については海上音波探査及び既往音波探査記録の解析等を実施した。

⑤敷地の調査として、文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査、ボーリング調査、試掘坑調査、トレンチ調査及び基礎掘削面の地質観察等を実施した。

⑥本件各号機設置位置付近の調査として、ボーリング調査及び試掘坑調査等を実施するとともに、試掘坑、ボーリングコア等から採取した供試体による室内試験及び試掘坑内、ボーリング孔内等において原位置試験を実施した。

⑦地震観測については、観測開始時から平成25年7月（本件申請時）までに敷地内で観測された76地震の観測記録の分析を実施した。

上記の地震調査のうち被害地震に関する調査の結果、1700年老岐・対馬の地震及び2005年福岡県西方沖地震が、敷地において、震度5弱程度以上と推定されることから、後記cのとおり、これらの2地震を検討用地震の選定対象とした。

#### 【活断層の抽出】

被告は、地質審査ガイドを踏まえつつ、上記の敷地周辺及び敷地近傍の地質調査を実施し、その結果、敷地周辺の主な活断層として、半径約30km以内のものとして、竹木場断層、今福断層、城山南断層、楠久断層、国見断層、真名子－荒谷峠断層、銚ノ木山リニアメント、F－h断層及び糸島半島沖断層群を抽出し、半径約30km以遠のもの

として、警固断層帯、佐賀平野北縁断層帯、日向峠一小笠木峠断層帯、宇美断層、西山断層帯、水縄断層帯、雲仙断層群、杵岐北東部断層群、対馬南方沖断層、対馬南西沖断層群、巖原東方沖断層群、宇久島北西沖断層群、沖ノ島東方沖断層、 $F_{TW-3}$ 、 $F_{TW-4}$ 、中通島西方沖断層群及び $F_{TW-1}$ を抽出した。

#### 【地域的な特性の把握】

被告は、上記の調査及び観測を踏まえ、敷地周辺の地域的な特性として、次のように把握した。

震源特性として、敷地周辺で発生する地震のうち敷地に大きな影響を与える地震は、内陸地殻内地震である。プレート間地震及び海洋プレート内地震は、敷地から海側のプレートまでの距離が200km以上あり、その発生位置から敷地までの距離が十分離れているため、敷地に大きな影響を及ぼすものではない。佐藤（2010）は、断層型ごとに揺れの大きさを整理したものであり、逆断層型の地震に比べ、横ずれ断層型の地震は相対的に揺れが小さくなるとしているところ、独立行政法人防災科学技術研究所の広帯域地震観測網F-netのデータを用いた発震機構解によれば、敷地周辺で発生する内陸地殻内地震は、逆断層型より横ずれ断層型が多く、敷地周辺は東西方向の圧縮場における横ずれ断層を主体とする地域である。GPS観測結果によると、敷地周辺ではひずみがほとんど確認されず、「ひずみ集中帯」には位置していない。敷地及び敷地から半径5km以内の範囲に活断層がない。

伝播経路特性及びサイト特性として、敷地について、硬い岩盤（原子炉基礎岩盤のせん断波速度（S波速度）は約1.35km/sである。）が相当な広範囲にわたり基盤を構成しているため、敷地が揺れ難いこと、上記の76地震の観測記録の分析によれば、敷地における

揺れは、地震動の到来方向又は周期帯によって特異な増幅はみられず、敷地周辺で発生する地震の揺れはNoda et al. (2002) の「関東・東北地方の過去の地震動の平均像」に比べて小さいことを把握した。

#### 【震源特性の分析】

被告は、上記のとおり、敷地内で76地震の観測記録を得ていたところ、最も揺れが大きかった2005年福岡県西方沖地震の観測記録を用いて、震源特性を分析した。具体的には、強震動予測レシピ（平成21年12月21日改訂のもの。乙24）に基づき主な断層パラメータを設定して震源モデルを構築し、経験的グリーン関数法による地震動評価を実施した結果、2005年福岡県西方沖地震の観測記録をおおむね再現できることを確認した。上記の強震動予測レシピに基づき主な断層パラメータを設定して震源モデルを構築するに当たり、強震動予測レシピで示されている「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」を用いた。

#### b 解放基盤表面の設定

被告は、本件各号機の敷地の地質調査及び試掘坑内弾性波試験の結果により、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋基礎底板位置の標高（E.L.）-15.0mの位置に解放基盤表面を設定し、解放基盤表面におけるせん断波速度（S波速度）を1.35km/sと設定した。

#### c 検討用地震の選定

被告は、前記aで抽出した活断層による地震のうち活断層からの距離やマグニチュードから想定される敷地における地震の揺れが震度5弱程度以上と推定されるもの、すなわち、竹木場断層、今福断層、城山南断層、楠久断層、国見断層、真名子-荒谷峠断層、鉾ノ木山リニアメント、F-h断層、糸島半島沖断層群、警固断層帯、佐賀平野北縁断層帯、日向峠-小笠木峠断層帯、西山断層帯、壱岐北東部断層群、

対馬南方沖断層及び対馬南西沖断層群による地震並びに前記 a の被害地震に関する調査の結果，敷地における地震の揺れが震度 5 弱程度以上となると推定された 1700 年老岐・対馬の地震及び 2005 年福岡県西方沖地震の合計 18 地震を，敷地に大きな影響を及ぼすと想定される震度 5 弱程度以上の地震と推定されるとして，検討用地震の選定対象とした。その上で，上記 18 地震について，Noda et al. (2002) の方法により求めた応答スペクトルの比較を行うなどし，検討用地震として，竹木場断層による地震及び城山南断層による地震を選定した。

d 検討用地震の地震動評価における震源モデルの設定

(a) 基本震源モデルの設定

被告は，前記 a で把握した地域的な特性を踏まえ，検討用地震として選定した竹木場断層による地震及び城山南断層による地震について，それぞれ基本震源モデルを設定した。その際，前記 a のとおり 2005 年福岡県西方沖地震の観測記録をおおむね再現できることを確認した強震動予測レシピ（平成 21 年 12 月 21 日改訂のもの）に基づき，基本震源モデルの断層パラメータを設定した。強震動予測レシピにおいて，後記エのとおり，震源断層 S から地震モーメント  $M_0$  を算出する経験式として「入倉・三宅式」が採用され，地震モーメント  $M_0$  から短周期レベル A を算出する経験式として「壇ほか式」が採用されていることから，被告は，基本震源モデルの断層パラメータのうち，地震モーメント  $M_0$  を「入倉・三宅式」に基づき設定し，短周期レベル A を「壇ほか式」に基づき設定した。

具体的には，竹木場断層に関する主なパラメータとして，地震発生層上下端深さを，2005 年福岡県西方沖地震の余震観測等を踏まえ，上端 3 km，下端 20 km と設定し，断層長さを，地質調査の結

果として4.9 kmと評価したが、「孤立した短い活断層」として断層幅と同様に17.3 kmと設定し、断層傾斜角を、断層露頭及び発生地震の傾斜角を参考に80度と設定し、応力降下量を、強震動予測レシピに基づき設定し、安全側に評価するため、アスペリティ位置を、調査で得られた地表トレースの範囲内で敷地に最も近い位置に設置し、破壊開始点を、巨視的断層面の下端で破壊が敷地に向かうような位置に設定した。また、城山南断層に関する主なパラメータとして、地震発生層上下端深さを、上記と同じく、上端3 km、下端20 kmと設定し、断層長さを、地質調査の結果に基づき19.5 kmと設定し、断層傾斜角を、地質調査結果等に基づき90度と設定し、応力降下量を、上記と同様に設定し、アスペリティ位置及び破壊開始点を、上記と同様の位置に設定した。

(b) 不確かさ考慮モデルの設定

被告は、基準地震動の策定過程において、不確かさが存在することから、前記調査結果及び観測記録に基づく分析等によっても、十分に把握できないものについて、不確かさを考慮した震源モデルすなわち不確かさ考慮モデルを構築した。

被告は、不確かさを考慮すべきパラメータとして、①断層長さ及び震源断層の拡がり、②断層傾斜角、③応力降下量、④アスペリティの位置及び⑤破壊開始点の五つとした。そして、①から③までは地震発生前に地質調査、敷地周辺の地震発生状況及び地震に関する過去のデータによる経験則からおおよそ把握できるものであるとして、それぞれ独立して考慮し、④及び⑤については、地震発生前に把握が困難であるものとして、①から③までの不確かさを重畳させることとした。

次表のとおり、二つの検討用地震それぞれについて、①について

は, Stirling et al. (2002) による知見を踏まえ, 断層長さを 20 km とし, 地表トレースを含む範囲内で敷地に近づく方向に震源断層面を設定し, ②については, 強震動予測レシピ等を参考として 60 度 (敷地側に傾斜) と設定し, ③については, 2007 年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ, 短周期レベル A に関する既往の経験式の 1.5 倍相当の値を設定し, ④については, 敷地に近い位置に設定し, ⑤については, 破壊が敷地に向かうような位置に複数設定した。

表 不確かさ考慮モデルの検討ケース (竹木場断層による地震)

| 検討ケース                              | 断層長さ及び震源断層の拡がり | 断層傾斜角 | 応力降下量                         | アスペリティの位置               | 破壊開始点                    |
|------------------------------------|----------------|-------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 基本震源モデル                            | 17.3km         | 80度   | 強震動予測レシピにより設定                 | 地表トレースの範囲内で敷地に最も近い位置に設定 | 巨視的断層面の端部で破壊が敷地に向かう位置に設定 |
| 不確かさ考慮モデル<br>(断層長さ及び震源断層の拡がりの不確かさ) | 20.0km         | 80度   | 強震動予測レシピにより設定                 | 敷地に近い位置に設定              | 複数設定                     |
| 不確かさ考慮モデル<br>(断層傾斜角の不確かさ)          | 19.7km         | 60度   | 強震動予測レシピにより設定                 | 敷地に近い位置に設定              | 複数設定                     |
| 不確かさ考慮モデル<br>(応力降下量の不確かさ)          | 17.3km         | 80度   | 新潟県中越沖地震を踏まえ、強震動予測レシピの1.5倍に設定 | 敷地に近い位置に設定              | 複数設定                     |

不確かさを考慮して設定するパラメータ  
 不確かさを重畳するパラメータ



表 不確かさ考慮モデルの検討ケース（城山南断層による地震）

| 検討ケース                              | 断層長さ及び震源断層の拡がり | 断層傾斜角 | 応力降下量                         | アスペリティの位置               | 破壊開始点                    |
|------------------------------------|----------------|-------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 基本震源モデル                            | 19.5km         | 90度   | 強震動予測レシビにより設定                 | 地表トレースの範囲内で敷地に最も近い位置に設定 | 巨視的断層面の端部で破壊が敷地に向かう位置に設定 |
| 不確かさ考慮モデル<br>(断層長さ及び震源断層の拡がりの不確かさ) | 20km           | 90度   | 強震動予測レシビにより設定                 | 敷地に近い位置に設定              | 複数設定                     |
| 不確かさ考慮モデル<br>(断層傾斜角の不確かさ)          | 19.7           | 60度   | 強震動予測レシビにより設定                 | 敷地に近い位置に設定              | 複数設定                     |
| 不確かさ考慮モデル<br>(応力降下量の不確かさ)          | 19.5           | 90度   | 新潟県中越沖地震を踏まえ、強震動予測レシビの1.5倍に設定 | 敷地に近い位置に設定              | 複数設定                     |

不確かさを考慮して設定するパラメータ  
 不確かさを重畳するパラメータ

e 応答スペクトルに基づく地震動評価

応答スペクトルに基づく地震動評価は、マグニチュードや等価震源距離等の数少ないパラメータから地震による揺れを応答スペクトルにより評価するものである。

被告は、応答スペクトルに基づく地震動評価については、二つの検討用地震に関して設定した震源モデルを基にして、岩盤における観測記録に基づいて提案された距離減衰式で、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動の応答スペクトルを評価することができる Noda et al. (2002) の方法を用いて評価を実施した。

なお、前記 a のとおり、被告としては、敷地周辺で発生する地震の揺れは Noda et al. (2002) の「関東・東北地方の過去の地震動の平均像」に比べて小さいことを把握しており、このような場合、敷地の観測記録に基づいて補正すること、すなわち、実際の観測記録が小さいことを踏まえて下方修正することも可能とされているが、安全側に評価するためこのような補正を実施しなかった。

f 断層モデルを用いた手法による地震動評価

断層モデルを用いた手法による地震動は、活断層調査により将来活動する可能性のある断層等を認定した上で、震源断層面を設定し、ある1点の破壊開始点から、これが次第に破壊伝播し、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。断層モデルを用いた手法による地震動は、時刻歴波形により評価するもので、地域的な特性を詳細に反映させることが可能である。設置許可基準規則解釈は、断層モデルを用いた手法による地震動について、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、地震動評価を行うことを求めている（別記2の5二④ii））。

被告は、断層モデルを用いた手法による地震動評価については、二つの検討用地震に関して設定した震源モデルを基にして、経験的グリーン関数法及びハイブリッド合成法を用いて評価を実施した。経験的グリーン関数法で用いる要素地震については、2005年福岡県西方沖地震の余震の敷地での観測記録が適切なものと評価した上で、これを用いた。

g 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の策定

被告は、応答スペクトルに基づく地震動評価結果を全て包絡する設計用応答スペクトルを設定し、これを基準地震動 $S_s - 1$ （最大加速度540ガル）とした。

被告は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のうち一部の周期帯で基準地震動 $S_s - 1$ の応答スペクトルを上回る二つのケースの地震動すなわち城山南断層による地震の断層傾斜角の不確かさを考慮した断層モデルを用いたもの及び竹木場断層による地震の断層傾斜角の不確かさを考慮した断層モデルを用いたものについて、前者を基準地震動 $S_s - 2$ （最大加速度268ガル）とし、後者を基準地震

動 S s - 3 (最大加速度 5 2 4 ガル) とした。

(イ) 震源を特定せず策定する地震動

a 震源を特定せず策定する地震動についての規定

設置許可基準規則解釈は、震源を特定せず策定する地震動について、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定することを求めている(別記2の5三)。

地震動審査ガイドは、震源を特定せず策定する地震動の評価において、収集対象となる内陸地殻内の地震の例として16地震を挙げている(I. 4. 2. 1 [解説] (3))。

b 上記16地震の検討

被告は、上記16地震のうちMw 6.5以上の2地震に関し、その発生した地震の震源域周辺と本件各号機の敷地周辺との地質、地質構造等について比較検討した。その結果、2008年岩手・宮城内陸地震の震源域周辺は、ひずみ集中帯に位置しており、逆断層を主体とする地域であるなどするが、本件各号機の敷地周辺は、ひずみが集中する地域ではなく、横ずれ断層を主体とする地域であるなどし、両地域は地質学的、地震学的背景が異なるとして、検討対象から外した。一方、2000年鳥取県西部地震の震源域周辺と本件各号機の敷地周辺は、地質学的、地震学的背景に差があるものの、いずれも横ずれ断層を主体とし、相対的にひずみ速度が小さいなどし、明確な差異が認められないため、観測記録を収集し、地盤特性等を評価し、震源近傍に位置する賀祥ダムの観測記録を、地盤補正を行わず、震源を特定せず策定する地震動として策定した。

被告は、上記16地震のうちMw 6.5未満の14地震に関し、ま

ず、震源近傍の観測点における観測記録を収集し、これらの観測記録を加藤ほか（2004）の地震動レベルと比較するなどし、敷地に及ぼす影響が大きいものを抽出した結果、2011年長野県北部地震のK-NE T津南、2011年茨城県北部地震のK i K-n e t高萩、2013年栃木県北部地震のK i K-n e t栗山西、2004年北海道留萌支庁南部地震のK-NE T港町及び2011年和歌山県北部地震のK i K-n e t広川の観測記録を抽出した。これらの五つの観測記録が得られた観測点のうち、佐藤ほか（2013）でボーリング調査等による精度の高い地盤情報が得られている2004年北海道留萌支庁南部地震のK-NE T港町観測点での観測を選定し、佐藤ほか（2013）の知見を基に、不確かさを考慮するなどした地震動を、震源を特定せず策定する地震動として策定した。

c. 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動の策定

被告は、上記のとおり策定した震源を特定せず策定する地震動である2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動及び2000年鳥取県西部地震における賀祥ダムの観測記録による地震動の応答スペクトルが、一部の周期帯で基準地震動 $S_s-1$ から $S_s-3$ までを上回ったため、前者の地震動を基準地震動 $S_s-4$ （最大加速度620ガル）とし、後者の地震動を基準地震動 $S_s-5$ （最大加速度531ガル）とした。

(ウ) 策定結果のまとめ

以上のとおり、被告は、基準地震動 $S_s-1$ （最大加速度540ガル）、基準地震動 $S_s-2$ （最大加速度268ガル）、基準地震動 $S_s-3$ （最大加速度524ガル）、基準地震動 $S_s-4$ （最大加速度620ガル）及び基準地震動 $S_s-5$ （最大加速度531ガル）を策定した。

なお、被告は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」である



S<sub>s</sub>-1からS<sub>s</sub>-3まで及び「震源を特定せず策定する地震動」であるS<sub>s</sub>-4及びS<sub>s</sub>-5の年超過確率を $10^{-4}$ ～ $10^{-6}$ 程度とした。

ウ 本件申請のうち本件各号機に係る基準地震動の策定に関する部分に係る原子力規制委員会の審査及び判断（乙99，252）

(ア) 基準地震動全体について

原子力規制委員会は、被告が行った地震動評価の内容について審査した結果、本件申請における基準地震動は、各種の不確かさを考慮して、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適切に策定されていることから、設置許可基準規則解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

(イ) 個々の点について

原子力規制委員会による基準地震動の個々の点に関する審査及び判断は、以下のとおりである。

a 地下構造モデルの解放基盤表面の設定について

原子力規制委員会は、被告が設定している解放基盤表面は、必要な特性を有し、要求されるせん断波速度（S波速度）を持つ硬質地盤の表面に設定されていることから、設置許可基準規則解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

b 地下構造モデルの敷地地盤の地下構造の評価について

原子力規制委員会は、本件各号機の敷地及び敷地周辺の地下構造の評価に関して、被告が行った調査の手法は、地質審査ガイドを踏まえているとともに、調査結果に基づき地下構造を水平成層かつ均質と評価し、一次元地下構造モデルを設定しており、当該地下構造モデルは地震波の伝播特性に与える影響を評価するに当たって適切なものであることから、設置許可基準規則解釈別記2の規定に適合していること

を確認した。

c 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動全体について

原子力規制委員会は、被告が実施した「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価については、複数選定した検討用地震ごとに、不確かさを考慮して「応答スペクトルに基づく地震動評価」及び「断層モデルを用いた手法による地震動評価」を適切な手法で行っていることから、設置許可基準規則解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

d 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の震源として考慮する活断層について

原子力規制委員会は、審査の過程において、被告が当初、壱岐北東部に複数の断層が分布するが、震源として考慮する活断層ではないと評価していたため、断層評価を再検討するよう求めた。

これに対して、被告は、壱岐北東部に分布する断層群を一連の断層とし、震源として考慮する活断層として評価を見直した。

原子力規制委員会は、被告が実施した震源として考慮する活断層の評価は、調査地域の地形・地質条件に応じて適切な手法、範囲及び密度で調査を実施した上で、その結果を総合的に評価し、活断層の位置、形状、活動性等を明らかにしていることから、設置許可基準規則解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

e 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討用地震の選定について

原子力規制委員会は、審査の過程において、被告が当初、対馬南西沖断層群と宇久島北西沖断層群の同時活動を考慮する必要はないと評価していたため、それぞれの断層の位置や走向・傾斜を踏まえ、検討用地震の選定に際しては、これらの断層が連動する場合を考慮して評

価することを求めた。

これに対して、被告は、これらを反映して検討用地震の選定に係る評価を示した。

原子力規制委員会は、被告が実施した検討用地震の選定に係る評価は、活断層の性質や地震発生状況を精査し、既往の研究成果等を総合的に検討することにより検討用地震を複数選定するとともに、評価に当たっては複数の活断層の連動も考慮していることから、設置許可基準規則解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

f 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の地震動評価について

原子力規制委員会は、審査の過程において、竹木場断層の震源特性パラメータのうち基本ケースの傾斜角については、被告が当初90°に設定していたため、地質調査結果を考慮して検討するよう求めた。

これに対して、被告は、断層露頭での傾斜角の傾向や、近年、日本で発生した大規模な地震のうち横ずれタイプの地震の震源メカニズム解を踏まえ、基本ケースの傾斜角を西傾斜80°に設定した。

原子力規制委員会は、被告が実施した「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価については、検討用地震ごとに、不確かさを考慮して「応答スペクトルに基づく地震動評価」及び「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に基づき策定していることから、設置許可基準規則解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

g 震源を特定せず策定する地震動について

原子力規制委員会は、審査の過程において、震源を特定せず策定する地震動の評価で収集対象となる内陸地殻内の地震の例として地震動審査ガイドに示している16地震について観測記録等を収集していなかったことから、これら全ての地震について観測記録等の分析・評価を実施することを被告に求めた。このうち、2000年鳥取県西部地

震については、鳥取県西部地震震源域と本件各号機周辺地域との間に地質学的背景に大きな地域差が認められないことを指摘した。また、2004年北海道留萌支庁南部地震については、その地震観測記録について、既往の知見である微動探査等に基づく地盤モデルによるはざとり解析のみならず、適切な地質調査データに基づく地盤モデルによるはざとり解析等を求めた。

これに対して、被告は、2000年鳥取県西部地震の観測記録を収集し、その地震動レベル及び地盤特性を評価し、震源近傍の観測記録を「震源を特定せず策定する地震動」として採用した。また、2004年北海道留萌支庁南部地震については、佐藤ほか(2013)で推定された基盤地震動に不確かさを考慮した地震動を、「震源を特定せず策定する地震動」として採用した。

原子力規制委員会は、被告が実施した「震源を特定せず策定する地震動」の評価については、過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を精査し、各種の不確かさ及び敷地の地盤物性を考慮して策定していることから、設置許可基準規則解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

#### h 基準地震動の策定について

原子力規制委員会は、被告が、「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」に関し、敷地の解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動として基準地震動を策定していることから、設置許可基準規則解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

#### エ 強震動予測レシピ(甲95, 乙24, 176)

地震動審査ガイドは、前記アのとおり、断層モデルを用いた手法による地震動評価に関し、震源断層のパラメータは、活断層調査結果等に基づ



き、強震動予測レシピ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とする。

強震動予測レシピは、地震調査研究推進本部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を取りまとめたものである。また、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指しており、今後も強震動評価における検討により、修正を加え、改訂されていくことを前提としている。同委員会は、2000年鳥取県西部地震、2003年十勝沖地震及び2005年福岡県西方沖地震のK-NET及びKiK-net観測網や気象庁及び自治体震度計観測網などの観測記録を用いた強震動予測手法の検証を実施した。

強震動予測レシピは、地震調査研究推進本部地震調査委員会が作成したものである。地震調査研究推進本部は、平成7年1月に発生した兵庫県南部地震を契機として、地震防災対策に関する課題を踏まえ、同年6月に成立した地震防災対策特別措置法に基づき、同年7月に総理府（当時）に設置されたものであり、現在は、文部科学省に設置されている（同法7条）。そして、地震調査研究推進本部の下部組織として、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に設置されているのが、専門家から構成される地震調査委員会である（同法10条）。

被告が検討用地震の震源モデルの断層パラメータを設定する際に用いた強震動予測レシピ（平成21年12月21日改訂のもの）は、特性化震

源モデルの設定では、断層全体の形状や規模を示す巨視的震源特性，主として震源断層の不均質性を示す微視的震源特性，破壊過程を示すその他の震源特性，という三つの震源特性を考慮して，震源特性パラメータを設定する。その設定方法は，想定した震源断層で発生する地震に対して，特性化震源モデルを構築するための基本的な方針を示したものであり，強震動予測における震源断層パラメータの標準的な値の設定が，再現性をもってなされることを目指したものである。そして，地震のタイプ（活断層で発生する地震と海溝型地震）ごとに説明した上で，活断層で発生する地震の特性化震源モデルについて，過去の地震記録などに基づく震源断層を用い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と，地表の活断層の情報をもとに簡便化した方法で震源断層を推定する場合とで，異なる巨視的震源特性の設定方法を解説し，付図2（別紙「付図2 活断層で発生する地震の震源特性パラメータ設定の流れ」）に，活断層で発生する地震に対する震源特性パラメータの設定の流れを示している。

その上で，巨視的震源特性について，過去の地震記録などに基づく震源断層を用い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の地震規模（地震モーメント $M_0$ ）の設定に関し，震源断層面積 $S$  ( $\text{km}^2$ )と地震モーメント $M_0$  ( $\text{N} \cdot \text{m}$ )の関係式ないし経験式として，次の(2)式及び(3)式を採用している（別紙「付図2 活断層で発生する地震の震源特性パラメータ設定の流れ」の(2)，(3)式参照）。この(2)式がSomerville et al. (1999)で提案された関係式ないし経験式であり，(3)式が「入倉・三宅式」である。

$$M_0 = (S / 2.23 \times 10^{15})^{3/2} \times 10^{-7} \dots \dots \dots (2)$$

$$M_0 = (S / 4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7} \dots \dots \dots (3)$$

そして，(2)式は，過去の大地震の強震記録を用いた震源インバー

ジョン結果を基にしており、この中にはM8クラスの巨大地震のデータが含まれていないなどとして、震源断層の面積が大きい地震については、(3)式を用いるとし、また、(3)式を適用するのは、 $M_0 = 7.5 \times 10^{18}$  (N・m) (モーメントマグニチュードMw 6.5相当)以上の地震とし、(3)式の基になったデータの分布より $M_0 = 1.0 \times 10^{21}$  (N・m)を上限とする必要があるとする。そして、上記のとおり、利便性に配慮して機械的に値が求められるように、両式の使い分けの閾値を決めているが、原理的には断層幅が飽和しているかどうかでスケール則が変わるため、断層幅が飽和していない場合は(2)式を、飽和している場合は(3)式を用いるのが合理的であるとする。

また、微視的震源特性について、円形破壊面を仮定することができる場合と仮定することができない場合とに分け、前者の場合において、アスペリティの総面積 $S_a$  (km<sup>2</sup>)が、強震動予測に直接影響を与える短周期領域における加速度震源スペクトルのレベル(短周期レベル)と密接な関係があるので、震源断層モデルの短周期レベルを設定した上で、アスペリティの総面積 $S_a$ を求めることとし、短周期レベルの算出に当たって、地震モーメント $M_0$  (N・m)と短周期レベル $A$  (N・m/s<sup>2</sup>)の関係式ないし経験式として、次の(11)式を採用している(別紙「付図2 活断層で発生する地震の震源特性パラメータ設定の流れ」の(11)式参照)。この(11)式が「壇ほか式」である。

$$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3} \dots \dots \dots (11)$$

強震動予測レシピは、平成21年12月21日改訂の後も、複数回にわたって改訂や修正等がされている。

## (2) 検討

被告は、新規制基準である設置許可基準規則、設置許可基準規則解釈、地質審査ガイド及び地震動審査ガイド等を踏まえ、本件各号機に係る基準地震

動を策定した。上記の新規制基準は、いずれも前記1で述べたような性格及び権限を有する原子力規制委員会が、専門的知見を踏まえ、所要の手續を経て、制定したものである。また、上記の新規制基準のうち設置許可基準規則解釈及び地震動審査ガイドの内容は、認定事実アのとおり、①基準地震動について、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、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動と震源を特定せず策定する地震動の二つの異なる種類の地震動の策定することを求め、②敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について、検討用地震を複数選定すること、各種の不確かさを考慮すること、応答スペクトルに基づく地震動評価と断層モデルを用いた手法による地震動評価の二つの異なる手法による地震動評価をすること、その前提として各種の調査を実施すること等を求め、③震源を特定せず策定する地震動について、前提として観測記録を収集すること、各種の不確かさを考慮すること等を求めるなどしているのであって、最新の科学的・技術的知見を踏まえた厳格で合理的なものとなっているといえる。そして、地震動審査ガイドは、断層モデルを用いた手法による地震動評価における震源モデルの設定に当たり、震源断層のパラメータは、活断層調査結果等に基づき、強震動予測レシピ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としており、強震動予測レシピを最新の研究成果の例として挙げているのは、認定事実エの強震動予測レシピの性格、作成主体、内容等に照らすと合理的である。

被告は、上記のような新規制基準を踏まえ、本件各号機に係る基準地震動を策定している。その策定の過程及び内容をみると、認定事実イのとおり、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について、地域的な特性を把握するため、詳細な各種の調査及び観測を実施した上で、これを基に検討用地震を選定し、検討用地震について震源モデルを設定し、その際に不確かさを考

慮した震源モデルも設定し、その上で、応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を適切な方法で実施しており、また、震源を特定せず策定する地震動について、相当の根拠をもってこれを策定し、その結果として、基準地震動  $S_s - 1$  から  $S_s - 5$  までを策定しているのであって、その過程及び内容に不合理な点は見当たらない。なお、被告が用いた強震動予測レシピ（平成21年12月21日改訂のもの）は、その後、複数回にわたって改訂や修正等がされているが、その改訂や修正等の内容（甲95、乙24、176参照）等に照らすと、被告が震源モデルの断層パラメータを設定する際に用いた部分は、実質的に大きな変更があるわけではなく、被告が震源モデルの断層パラメータを設定した方法は、上記の改訂や修正等がされた後の強震動予測レシピが提案する手法にも反しないといえる。

そして、認定事実ウのとおり、原子力規制委員会は、本件各号機に係る基準地震動の策定に関し、本件申請に係る審査の過程で、壱岐北東部に分布する複数の断層について断層評価の再検討を求めるなどの複数の指摘をし、被告にこれに応じさせるなどして厳格に審査するとともに、詳細に審査し、その結果として、いずれの点についても、設置許可基準規則解釈別記2の規定に適合することを確認する旨の判断をしている。この点に関する原子力規制委員会の審査及び判断に不合理な点は見当たらない。

以上に加え、後記(3)を踏まえれば、本件各号機に係る基準地震動の策定等は合理的なものといえるから、これに不合理な点があり、基準地震動が過小評価されるなどし、そのために本件各号機の安全性に欠けるところがある旨の原告らの指摘ないし主張立証に対し、被告において、本件各号機の安全性に欠けるところがないことについて、相当な根拠、資料に基づき明らかにしなないし主張立証したということが出来る。

### (3) 原告らの主張について

ア 「入倉・三宅式」の採用について

原告らは、地震モーメントを算出するに当たり、「入倉・三宅式」では過小評価になるので「武村式」を用いるべきである旨主張し、その理由として、①被告が、本件申請において、津波評価に当たっては、津波を起こす地震動評価に「武村式」を適用していること、②「武村式」は、日本国内だけから集められたデータの平均値として導かれており、日本の地震の地域的特性を表していること、③元原子力規制委員会委員長代理の島崎邦彦が、「入倉・三宅式」は過小評価をもたらす旨の発表や提言をしていること、④「入倉・三宅式」には、その前提となる震源インバージョンによる断層評価等に問題があり、不確実性があること、⑤強震動予測レシピは、観測記録と整合しているとはいえず、確立した見解として評価されるべき段階になく、アスペリティ面積が断層面積を超えするという矛盾が生じる原因を含んでいること等を挙げている。以下、原告らの主張について検討する。

(ア) 原告らの主張①（津波評価における「武村式」の採用）について

被告は、本件申請に係る本件各号機に係る基準津波の策定における津波評価において「武村式」を用いて評価している（甲52、弁論の全趣旨）。これは、社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会作成の原子力発電所の津波評価技術（平成14年2月）において、海域活断層に想定される地震に伴う津波の波源の設定に関し、「武村式」を用いることが示されていること等を踏まえたものと認められる（甲52、乙27、弁論の全趣旨）。一方、被告は、認定事実イ(ア)dのとおり強震動予測レシピが「入倉・三宅式」を採用していたことから、基準地震動の策定において震源モデルの断層パラメータを設定するに当たり、「入倉・三宅式」を用いて地震モーメント $M_0$ を設定した。そうすると、被告は、恣意的に異なる式を採用したのではなく、それぞれの場面においてふさ

わしい式を採用したといえるから、基準津波の策定における津波評価において「武村式」を用いているからといって、基準地震動の策定において震源モデルの断層パラメータを設定するに当たり、「入倉・三宅式」ではなく「武村式」を用いるべきであるとはいえない。

(イ) 原告らの主張② (データセット) について

「入倉・三宅式」の基となるデータは、主に海外で発生した地震のデータである(甲57, 乙22, 弁論の全趣旨)。しかし、入倉ほか(2014)では、1995年兵庫県南部地震以降、国内で強震観測網(K-NET, KiK-net等)が整備され、強震動記録を用いた震源インバージョン解析による断層面の不均質すべり分布の結果が数多く蓄積されてきたとした上、平成7年(1995年)以降に国内で発生した18個の内陸地殻内地震(Mw 5.4~6.9)を対象に震源インバージョン結果を収集して整理し、Somervilleほか規範に従い、断層破壊面積を抽出したところ、断層破壊面積(S)と地震モーメント( $M_0$ )の関係は、Mw 6.5以下でSomerville et al. (1999)で提案された関係式ないし経験式とよく一致し、Mw 6.5以上で「入倉・三宅式」とよく一致することを確認したとされていることが認められる(甲93, 乙26)。そして、宮腰ほか(2015)でも同様のことが確認されたことが認められる(甲129)。したがって、「入倉・三宅式」は、上記の国内の内陸地殻内地震のデータによってもその妥当性が検証されたといえるのであって、「入倉・三宅式」の基となるデータが主に海外で発生した地震のデータであるからといって、「入倉・三宅式」の信頼性は損なわれない。

なお、原告らは、入倉ほか(2014)では、実際には、Somervilleほか規範によるトリミングがほとんどできていないと主張する(甲94参照)。しかし、上記のとおり、入倉ほか(2014)では、Somervil

le ほか規範に従い、断層破壊面積を抽出したとされており、これに反する的確な証拠はない。また、Somerville ほか規範は「すべりモデルの端の列又は行は、その列又は行全体の要素断層当たりのすべり量が、断層全体の平均すべり量の0.3倍未満であれば、除去（トリミング）する」という規範であり、トリミングは全ての場合において必要となるものではない。原告らは、Somerville ほか規範が上記のとおり0.3倍未満とする理由が分からず、不確定性がある旨主張するが、Somerville ほか規範は、専門家による研究の結果として示されたものであり、その後もこれに基づいて研究等がされていることが認められる（甲85, 92, 93, 乙26, 71）のであって、科学的根拠を有するものといえ、不合理とはいえない。

原告らは、1948年福井地震に係る「入倉・三宅式」による評価値は、実測値の1/4.2しかない旨主張する。しかし、「入倉・三宅式」は経験式であるところ、その基となるデータにはばらつきが存在し、当該経験式と一定の乖離が生じ得るものであるから、1948年福井地震のデータのみを取り上げて、「入倉・三宅式」を用いて算定した数値が過小評価になるということとはできない。

(ウ) 原告らの主張③（島崎邦彦の見解）について

元原子力規制委員会委員長代理の島崎邦彦は、平成27年度の日本地震学会秋季大会での発表等や、2016年熊本地震を受けて発表された「最大クラスではない日本海「最大クラス」の津波」と題する論文（岩波「科学」2016年7月号）等において、「入倉・三宅式」が過小評価になる旨の言及ないし論述をしている。また、島崎邦彦の指摘を受け、原子力規制庁が、関西電力株式会社大飯発電所に係る地震動について、同社が設定した基本ケースを基にして「入倉・三宅式」を「武村式」に置き換えて試算したところ、地震モーメントが基本ケースの3.49倍



に、短周期レベルAが1.52倍になったことが認められる（甲80～84，128，乙74）。

しかし、入倉・三宅（2001）の著者の一人である入倉孝次郎は、上記論文に対し、「岩波科学2016年7月号の島崎邦彦氏の「最大クラスではない日本海『最大クラス』の津波一過ちを糺さないままでは『想定外』の災害が再生産される」へのコメント」と題する書面で、島崎邦彦の上記論文の「根拠として、熊本地震について国土地理院が測地データによる均質すべり震源モデルを仮定して推定した暫定解を使用している。入倉・三宅（2001）は強震動記録や遠地記録など seismic data（地震学的データ）に基づいて震源断層の断層すべりが不均質であることを前提に、震源断層の大きさや強震動を出す領域の大きさを評価している。このことは、島崎論文が入倉・三宅（2001）で取り扱っている地震学的データに基づく不均質震源モデルを無視した議論と結論を導いている、ことになる。即ち、岩波科学2016年7月号の島崎論文は、2016年熊本地震の震源モデルについて、入倉・三宅（2001）のスケーリング則と比較するには不適切な解析結果のみを引用して、恣意的な結論を誘導している可能性があり、入倉・三宅（2001）のスケーリング則ないし経験的關係式は、その後の研究によって、その有効性が検証されており、2016年熊本地震も「入倉・三宅式」と調和的であるなどと、根拠を示して反論している（甲85，乙71）。この反論は、Irikura et al. (2017) という論文（甲130）でも裏付けられているといえる。一方で、この反論に対して島崎邦彦が的確かつ有効な再反論をしたことを認めるに足る証拠はない。また、原子力規制庁は、島崎邦彦の指摘を受けて上記試算を行うなどの検討をしたが、上記試算において、アスペリティ総面積が震源断層の総面積より大きくなり、アスペリティは震源断層の一部であることとの矛盾が発生し、結

果として背景領域の応力降下量が通常の約3倍という非現実的なものとなったため、この試算結果をもって、関西電力株式会社大飯発電所に係る基準地震動の妥当性を議論することは適切ではないなどという結論に至り、原子力規制委員会も同様の考え方を取ったことが認められる（甲84、乙73、74、248、251、弁論の全趣旨）。

さらに、島崎邦彦は、名古屋高等裁判所金沢支部平成26年（ネ）第126号事件で実施された証人尋問において、「入倉・三宅式」は、経験式そのものとしては、問題があるわけではない旨証言したことが認められる（甲120）。そして、「入倉・三宅式」が地震モーメントを過小評価する可能性については、断層の長さや幅等に係る保守性の考慮が適切にされているかという観点で検討ないし確認すべきものである（甲84、乙74参照）。これらの事情からすると、島崎邦彦の上記発表及び論文等を踏まえても、「入倉・三宅式」を用いることが不合理であるとはいえない。

(エ) 原告らの主張④（震源インバージョンの信頼性）について

震源インバージョン（波形インバージョン）は、地震観測記録を用いて、実際に起きた地震における地下の断層面の動きを把握する手法の一つである。強震動に関係する最も精度の良い断層パラメータは強震動記録を用いた震源インバージョンによるものとされ、地震学において確立された手法であると認められる（甲57、乙22、41、255）。また、入倉・三宅（2001）において、震源インバージョンによらないデータの使用については「信頼性あるものに限定するため $7.5 \times 10^2$  <sup>5</sup>dyne-cm以上の大きさの地震でかつ信頼できる（reliable）と記述されているもののみ用いる」とされており（甲57、乙22）、専門家から見て震源インバージョンによるデータと同様の信頼性があるデータが用いられているといえる。

原告らは、2016年熊本地震に係る震源インバージョン解析の方法や結果が、研究者により異なることを指摘する（甲86, 87, 124～127, 147, 149, 150参照）。しかし、原告らが指摘する複数の2016年熊本地震のインバージョン解析の結果は、いずれも震源断層の長さがおおむね40～50km, 幅がおおむね20kmとなっており、この点では類似する結果となっている（乙177）。また、原子力規制庁技術基盤グループが、2016年熊本地震の分析を行い、その中で、原告らが指摘するインバージョン解析結果を含む五つのデータを基にして、震源断層面積と地震モーメントの関係を「入倉・三宅式」と比較した結果、それぞれの震源断層面積と地震モーメントの関係が「入倉・三宅式」とほぼ整合したと判断したことが認められる（乙178）。

以上によれば、「入倉・三宅式」の前提となる震源インバージョンによる断層評価等に問題があるとはいえない。

(オ) 原告らの主張⑤（強震動予測レシピの信頼性）について

前記(2)のとおり、地震動審査ガイドが強震動予測レシピを最新の研究成果の例として挙げているのは、強震動予測レシピの性格、作成主体、内容等に照らして合理的である。また、地震動審査ガイドは、原子力規制委員会が専門的知見を踏まえて制定したものであり、この点でも、最新の研究成果として強震動予測レシピを用いて震源モデルの設定をすることは合理的である。強震動予測レシピは、認定事実エのとおり、現段階の最新の検討や研究の結果から得られた考え方を取りまとめたものであるから、今後も修正や改訂がされることを前提としているからといって、強震動予測レシピを用いて地震動評価を行うことができないような未確立なものとはいえない。さらに、強震動予測レシピの有効性は、地震調査研究推進本部地震調査委員会において、2000年鳥取県西部地震及び2005年福岡県西方沖地震の観測記録とこれらの地震を基に強

震動予測レシピを用いて行ったシミュレーション結果との比較により検証されていることが認められる（甲56, 69, 70, 乙75）。しかも、被告は、認定事実イ(ア)aのとおり、本件各号機の敷地内で得られた2005年福岡県西方沖地震の観測記録を用いて、強震動予測レシピに基づき地震動評価を実施した結果、同地震の観測記録をおおむね再現できることを確認している。したがって、被告が、本件各号機に係る基準地震動の策定に当たり、強震動予測レシピに基づき震源モデルの断層パラメータを設定することは合理的であるといえる。

以上のとおり、「入倉・三宅式」を採用する強震動予測レシピは合理的であるといえる。なお、強震動予測レシピは、認定事実エのとおり、活断層で発生する地震に対する震源特性パラメータの設定についてフローが示されるなど、一連の体系的なものであるから、強震動予測レシピで採用されている「入倉・三宅式」を、「武村式」に置き換えることは、許容されないというべきである。

原告らは、1948年福井地震の地震モーメントの実測値を基に強震動予測レシピを適用すると、アスペリティ面積が断層面積を超えるという矛盾が生じると主張する。しかし、原告らが用いている1948年福井地震の地震モーメントの数値は、入倉ほか(2014)（甲93, 乙26）の表5の1948年福井地震の $M_0$  (Nm)の数値(2.1E+19)であるところ、この数値は、強震動予測レシピの手法を用いて算出されたものではなく、上記のような一連の体系的なものである強震動予測レシピを適用したものとはいえない。

また、入倉ほか(2014)は、「武村(武村(1998))が整理した震源パラメータは、表4に示したように測地学データや地震動データを用いて評価されているが、当時は強震観測点が少ないため、実際には解析手法として測地学データが主として用いられたと考えられる。測

地学データは地表付近のすべりにより感度が高いため、結果として、武村（武村（1998））による断層長さは地表断層長さ（ $L_{surf}$ ）に近いことが推察される。」と指摘するとともに、内陸地殻内地震の震源パラメータのスケーリング則の信頼性は、用いているデータセットに大きく依存するところ、国内では、平成7年以前の地震については、強震観測網が貧弱で地震学的情報が必ずしも十分には取得できなかったこと、地中の震源断層に比べて地表断層は短い傾向が認められるところ、強震動予測レシピの基礎となっている震源のスケーリング則を考える上では、震源インバージョン解析から求められる震源断層長さ（ $L_{sub}$ ）が重要であると指摘している（甲93、乙26）。これらの指摘により、入倉ほか（2014）は、「武村式」のデータセットは、強震観測網が貧弱であった当時のデータであるため、主として、震源断層長さより短い地表断層長さに係る測地学的データであって、本来必要とされる震源断層長さに係るデータではなかった点で、「武村式」に問題があることを示唆しているといえる。

以上によれば、原告らが「入倉・三宅式」ではなく「武村式」を用いるべきであるとする理由については、いずれも首肯することができないから、同主張は採用できない。

#### イ ばらつきの考慮について

原告らは、地震動審査ガイドI. 3. 2. 3（2）が、経験式が有するばらつきを考慮することを求めているにもかかわらず、被告がばらつきを考慮しておらず、また、経験式が有するばらつきを考慮するためには、最も安全側となる地震動データ点をとって耐震安全基準とすべきであるなどと主張するので検討する。

地震動審査ガイドI. 3. 2. 3（2）は、「震源モデルの長さ又は面積、あるいは1回の活動による変位量と地震規模を関連づける経験式を

用いて地震規模を設定する場合には、経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する。その際、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、経験式が有するばらつきも考慮されている必要がある。」と定めている。この規定の第2文は、その文理からして、経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する際に、経験式とその基となったデータのばらつき（乖離）も考慮されている必要があるという趣旨であると理解されるのであり、経験式そのものや経験式から算出された数値を修正することを求めているとは理解されない。実際、地震動審査ガイドを制定した原子力規制委員会は、本件申請に係る審査の過程において、被告に対し、原告らが主張するような手法でばらつきを考慮する必要があることを指摘するなどしていない。

なお、経験式が平均値として地震規模を与えるものであることから、基準地震動を策定するに当たり、各種の不確かさを考慮するなどして安全側に評価する必要があるところ、被告は、本件各号機に係る基準地震動の策定に当たり、各種の不確かさを考慮しており、原子力規制委員会も、被告が各種の不確かさを考慮していることを確認している。

以上によれば、上記の原告らの主張は採用できない。

#### ウ 「壇ほか式」の採用について

原告らは、地震モーメントから短周期レベルを算出するに当たり、「壇ほか式」では過小評価になるので「片岡ほか式」を用いるべきである旨主張し、その理由として、①壇ほか（2001）は、主に北米大陸北西部の地震データを用いており、関係式の傾きを1/3に仮定しているのに対し、片岡ほか（2006）は、日本の内陸地震について、スケールリングを仮定せずに最小二乗法でパラメータを決めていること、②原子力規制庁による関西電力株式会社大飯発電所に係る試算で生じた矛盾や、1948年福井地震の実測値を基に強震動予測レシピを適用した場合の

矛盾は、「壇ほか式」ではなく「片岡ほか式」を用いれば生じないものであること等を挙げるので検討する。

(ア) 原告らの主張①（データセット及び関係式の傾き）について

壇ほか（2001）は、短周期レベルが地震モーメントの立方根 $M_0^{1/3}$ に比例することを前提として「壇ほか式」を求めている。これは、以前の研究の結果を踏まえるとともに、既に行われた過去の地震の記録の解析結果と整合していることから、そのようにしたことが認められる（乙42）のであって、不合理なものではない。また、前記ア(オ)のとおり、被告が、強震動予測レシピに基づき震源モデルの断層パラメータを設定することは合理的であるといえるから、強震動予測レシピが地震モーメント $M_0$ と短周期レベルAの関係式ないし経験式として採用している「壇ほか式」を用いることも合理的である。さらに、壇ほか（2001）で「壇ほか式」が示され、片岡ほか（2006）で「片岡ほか式」が示された後の知見である佐藤（2010）、佐藤・堤（2012）及び佐藤（2016）においても、「片岡ほか式」ではなく「壇ほか式」を用いた検討がされていることが認められるから（甲71, 88, 乙42, 58, 72, 76, 77）、最新の知見に照らしても、「壇ほか式」が合理的であるとされていると認められる。

(イ) 原告らの主張②（矛盾の発生）について

強震動予測レシピは、前記ア(オ)のとおり、一連の体系的なものであるから、強震動予測レシピで採用されている「壇ほか式」を、「片岡ほか式」に置き換えることは、許容されないというべきである。また、原子力規制庁は、前記ア(ウ)のとおり、関西電力株式会社大飯発電所に係る試算で生じた矛盾等を理由に、その試算結果をもって、関西電力株式会社大飯発電所に係る基準地震動の妥当性を議論することは適切ではないなどという結論に至り、原子力規制委員会も同様の考え方を取ったことが

認められる一方、その過程で、上記矛盾を解消するために「壇ほか式」を「片岡ほか式」に置き換えるなどの検討がされたとは認められない。さらに、原告らが主張する1948年福井地震の実測値を基に強震動予測レシピを適用した場合の矛盾というのは、前記ア(イ)のとおり、強震動予測レシピの手法を用いて算出されたものではない数値を用いた計算をした場合に生じており、強震動予測レシピを適用した結果生じるものとはいえない。

以上によれば、原告らの「壇ほか式」ではなく「片岡ほか式」を用いるべきであるという主張は採用できない。

#### エ 2016年熊本地震について

原告らは、2016年熊本地震が新たに提起した地震動評価の問題が未検討であることを挙げ、この問題が検討されるまで、本件各号機の運転は許されない旨主張するので検討する。

2016年熊本地震は、最大前震とその翌々日に発生した本震とでいずれも震度7が観測されており、1995年兵庫県南部地震以降観測された国内最大規模の内陸地殻内地震である(乙177, 178)。

しかし、認定事実イ(ア)aのとおり、地震の揺れの大きさは、震源特性、伝播経路特性及びサイト特性という三つの特性で決まり、この三つの特性には地域的な特性が存在するところ、被告は、詳細な調査及び観測を実施した結果、本件各号機の敷地について、硬い岩盤(原子炉基礎岩盤のせん断波速度(S波速度)は約1.35km/sである。)が相当な広範囲にわたり基盤を構成しているため、敷地が揺れ難いことを把握している。しかも、本件各号機は、上記の硬い岩盤上に直接設置されている(認定事実イ(ア)bに加え、乙146の4, 246)。また、本件各号機の敷地周辺で想定されている断層面積と2016年熊本地震で分析された震源断層面積とは相当異なっていることが認められる(乙147, 1





77, 178)。さらに、本件各号機は、耐震安全上の余裕を有していることが認められる（乙80, 81, 246, 249, 255, 弁論の全趣旨）。

そして、原子力規制委員会ないし原子力規制庁において、平成29年4月までに、2016年熊本地震について相応の専門的な分析をし、現行の断層モデルによる基準地震動策定手法への影響の有無について検討していることが認められる（乙178）。しかし、それ以降の時期に、原子力規制委員会が、基準地震動の策定について、新規制基準を改正したり、被告に対し再検討を求めたりしたとは認められないから、原子力規制委員会において、上記検討を踏まえても、新規制基準の改正等は不要であると判断したものと考えられる。

これらの事情に照らすと、上記の原告らの2016年熊本地震に係る主張を踏まえても、本件各号機の運転が許されないとはいえず、また、本件各号機に係る基準地震動の策定を含め、地震による損傷の防止の点について、本件申請に係る原子力規制委員会の審査及び判断に不合理な点があるとはいえない。

オ 丙事件原告小山英之の見解について

丙事件原告小山英之は、地震動の過小評価を引き起こさない安全側の立場に立って Fujii and Matsu'ura (2000) が提案する関係式すなわち「Fujii-Matsu'ura 式」（平成29年4月27日改訂の強震動予測レシピ（乙176）の（22-1）式）等を用いて地震動を評価すべきである旨の陳述等をする（甲147, 149, 150）。しかし、その妥当性を裏付ける科学的知見は見当たらないから、上記の同丙事件原告の陳述等は採用できない。

(4) まとめ

以上によれば、本件各号機について、地震による損傷の防止という点で、

本件各号機に係る基準地震動の策定等に不合理な点があるために本件各号機の安全性に欠けるところがあるとは認められず、原告らの生命及び身体等に係る人格権が侵害される具体的危険性があるとは認められない。

3 争点(2) (本件各号機の配管の安全性の欠如の有無) について

(1) 認定した事実

後掲の証拠及び弁論の全趣旨により認められる事実並びに当裁判所に顕著な事実は、以下のとおりである。

ア 2号機配管ひび割れの発生及び発見の経緯並びに被告の対策等 (甲60, 乙33, 34, 46~48, 62, 63, 244, 245)

(ア) 高サイクル熱疲労による配管の損傷の発生

被告以外の電気事業者において、平成11年7月、高サイクル熱疲労を主な原因として化学体積制御系再生熱交換器連絡配管が損傷するという事例が発生し、また、平成15年9月、高サイクル熱疲労により再生熱交換器胴側出口配管が損傷するという事例が発生した。

これらの事例等を契機として、高サイクル熱疲労割れの再発防止のため、平成11年11月、定期検査の充実(超音波探傷検査の充実)が図られ、平成15年11月、日本機械学会「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針」(JSME S017)が制定された。平成17年7月には、省令62号6条が改正され(平成18年1月施行)、同条に、一次冷却系統に係る施設に属する容器、管、ポンプ及び弁は、温度差のある流体の混合等により生ずる温度変動により損傷を受けないように施設しなければならないことが追加された。また、原子力安全・保安院は、平成17年12月及び平成19年2月に高サイクル熱疲労に係る検査に関する指示文書(平成17年12月27日付け「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の改正に伴う電気事業法に基づく定期事業者検査の実施について」(平成17・12・22原院第6号)及び平成19年2月

16日付け「高サイクル熱疲労に係る評価及び検査に対する要求事項について」（平成19・02・15原院第2号）を発出するなどした。なお、平成19年2月の指示文書は、2号機配管ひび割れの発見を受けて発出されたものである。

(イ) 2号機配管ひび割れの発見

被告は、上記の他事業者の事例を踏まえ、平成12年、玄海原子力発電所2号機の第15回定期検査において、余剰抽出配管エルボ部（2号機配管ひび割れが生じた部位）について、温度測定を実施し、同エルボ部の曲がり部にキャビティフローの先端があることを確認し、超音波探傷検査を実施したが、欠陥を示す有意な信号指示がなく、問題がないと判断した。

被告は、平成13年、第16回定期検査において、蒸気発生器取替工事を実施し、蒸気発生器取替えによる流れの変化状況を把握するため、温度測定を再度実施したところ、平成12年に確認したときと同じく、キャビティフローの先端が同エルボ部の曲がり部にあることを確認した。また、被告は、温度測定データは、蒸気発生器取替えの前後で変化がないと判断し、蒸気発生器取替え後の温度測定データを用いて熱疲労評価を実施し、問題がないと判断した。

被告は、平成18年、上記(ア)のとおり平成17年12月に原子力安全・保安院から発出された指示文書を受け、蒸気発生器取替え後の温度測定データを用いて、同エルボ部における熱疲労評価を実施し、問題がないと再確認した。

ところが、実際には、蒸気発生器取替え前の厳しい熱成層条件下でひび割れが発生し、その後の繰り返し応力の作用により既に発生ないし進展していたところ、前提事実(5)の第20回定期検査の際に、そのひび割れが幅方向に拡大していたことにより、超音波探傷検査で有意な信号指

示として検出され、2号機配管ひび割れの発見に至った。

被告による2号機配管ひび割れの発生の原因調査の中で、同エルボ部について、蒸気発生器取替え前の温度測定データを用いて熱疲労調査を実施したところ、以前の評価結果と異なり、発生応力が疲労限を超えることが判明した。被告は、上記のとおり、蒸気発生器取替えの前後で、同エルボ部の曲がり部の温度の変化がないと考え、蒸気発生器取替え後の温度測定データを用いて評価していたが、改めて温度測定データを調査したところ、蒸気発生器取替え前は、取替え後に比べ、同エルボ部の曲がり部の温度変化が大きく、かつ、短周期で発生していたことが判明した。

2号機配管ひび割れのようなひび割れは、平成12年当時の超音波探傷検査では発見できなかった可能性が高いが、超音波探傷検査技術の改善が行われた平成13年以降の方法であれば、検出が可能になっていた。しかし、被告は、上記のとおり、蒸気発生器取替え後の温度測定データを用いて熱疲労評価を実施し、問題がないと判断していたことから、平成13年以降、前提事実(5)の第20回定期検査の実施まで、超音波探傷検査を実施しなかった。

なお、2号機配管ひび割れにより、環境への放射能の影響はなかった。

(ウ) 2号機に係る対策の実施

被告は、玄海原子力発電所2号機について、前提事実(5)のとおり、2号機配管ひび割れに対する対策を取った。被告によるこの対策及びその前提となる原因の推定について、原子力安全・保安院は、妥当であると判断した。また、対策に係る工事の実施等に当たっては、同2号機について、前提事実(5)のとおり、工事計画の認可を受けるとともに、使用前検査に合格しており、その中で、被告は、省令62号で定める技術基準に適合していることを確認し、その上で、経済産業大臣により省令62

号で定める技術基準に適合しないものではないことが確認された。

(エ) 本件各号機に係る対策の実施

被告は、本件各号機について、上記(ア)のとおり平成17年12月及び平成19年2月に原子力安全・保安院から発出された指示文書を受け、一次冷却材系、化学体積制御系及び余熱除去系を対象として、配管の高サイクル熱疲労割れが発生する可能性が高い部位を抽出し、日本機械学会「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針」(JSME S017)に基づき高サイクル熱疲労割れに関する評価を実施し、問題がないことを確認した。

また、被告は、平成20年の定期検査において、本件各号機の一次系余剰抽出配管エルボ部の曲がり部について、前提事実(5)の玄海原子力発電所2号機の設計変更と同様の設計変更を行い、配管の取替えを実施した。

イ 本件各号機における配管の健全性確保の取組(乙244, 245)

(ア) 設計及び施工時における配管の健全性確保の取組(乙28, 31, 32)

被告は、本件各号機で使用する配管の材料の選定に当たり、内包流体の種類、性質、圧力、温度、配管が使用される環境等を考慮して決定している。具体的には、一次系冷却材等が循環する一次系配管については、耐食性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼を素材とするものを使用し、一次系配管以外の配管については、火力発電所等で多数の使用実績がある炭素鋼を素材とするものを多く使用している。補助給水設備配管については、その材料について、内包流体である二次冷却材が放射性物質を含んでいないことや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はオーステナイト系ステンレス鋼を使用している。

配管の設計に当たり、内包流体の種類や性質、圧力、温度及び配管が使用される環境等を考慮し、また、これまでの火力発電所や原子力発電所における運転実績やトラブル実績を踏まえ、同様のトラブルが発生しないように定められた省令62号ないし技術基準規則で定める技術基準ないし技術上の基準に適合するように、配管の口径、厚さ及び配管ルートを決している。具体的には、配管口径については限界流速を、配管板厚については使用圧力や管の外径等から求めた計算結果を、配管ルートについては配管の内圧、自重、熱等により配管に加わる力を分析した結果（応力解析）等をそれぞれ考慮した上で決定している。

配管の据付け時には、配管メーカーが厳格な品質管理の下に製造した配管について、日本機械学会「発電用原子力設備規格 溶接規格（2007年版）JSME S NB1-2007」等に従って据付けを行うとともに、配管の受入れ時や溶接等の各過程において、社内検査（材料検査、非破壊検査及び漏えい検査等）を行っている。

さらに、配管のひび割れ事象の一つである応力腐食割れを防止するため、オーステナイト系ステンレス鋼の内包流体である一次冷却材については腐食の原因となり得る溶存酸素濃度を5ppb以下と低く制限するように、また、炭素鋼配管の主な内包流体である二次冷却材についてはアルカリ性（pH8.5以上）に保つように、それぞれ設備を設置し、管理している。

(イ) 運転開始後における配管の健全性確保の取組（甲78、乙29、35～37、59、60）

被告は、本件各号機の運転開始後、配管を含めた設備について、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則等に基づき、点検、補修及び取替え等の保全を行い、日本電気協会原子力規格委員会「原子力発電所の保守管理規程 JEAC 4209-2007」に準拠し、保全プログラムを策定し、

保全を行っている。配管に発生し得る経年劣化事象（ひび割れ事象等）には、配管の材料と配管の内包流体等との組合せや、配管の構造等から、様々な原因が考えられるところ、被告は、火力発電所や原子力発電所におけるこれまでの運転実績から、設計する際に配管ルートを考慮することによりその発生を防止することができるもの（応力腐食割れや高サイクル熱疲労等によるひび割れ事象等）については、設計段階で対応することとし、主に設計によってその発生を防止できないもの（減肉事象等によるひび割れ事象等）について、上記の保全プログラムに基づく保全を行っている。その内容は、次の a～d のとおりである。

a 保全対象範囲の策定及び保全重要度の設定

原子力発電所には様々な配管があるため、まず、設備の安全上の重要度や技術基準規則等の適用状況等を勘案し、保全を行う対象範囲を設定する。基本的には、原子力発電所におけるほとんどの設備がその対象となる。次に、設備の安全上の重要度に応じて、保全対象範囲の設備を系統ごとに、保全重要度として「高」又は「低」の二つに分類し、これを設定する。

b 保全計画の策定

配管については、上記 a で設定した保全重要度に応じて系統（例えば、化学体積制御設備系統など）ごとに保全方式を選定する。

配管の保全を行うに当たっては、供用期間中、ひび割れの有無の確認を含めてその健全性を確認するとともに、設計では防止できない配管の主な経年劣化事象である減肉事象を管理する必要がある。配管の健全性の確認については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格（2008年版）（JSME S NA1-2008）」が、配管の減肉事象については、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）（JSME S NG1-200

6) 」が、それぞれ定めている。前者の規格は、技術基準規則解釈、実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈（原規技発第1408063号（平成26年8月6日原子力規制委員会決定））において、後者の規格は、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（原規技発第13061923号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））において、それぞれそれを用いて保全等を行うことが記載されている。そのため、これらの規格に準拠して保全計画を策定している。

(a) 日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格（2008年版）（JSME S NA1-2008）」に基づく保全計画の策定

上記規格は、原子力発電所の安全上重要な設備（設備を構成する配管を含む。）についてその重要度に応じてクラス1機器からクラス3機器まで等に分類し、クラスごとに各種設備の維持のための点検方法、欠陥評価、補修等に関する事項を定めている。

被告は、本件各号機について、上記規格に基づき、次の表1（次の図も参照）のクラス区分のクラスごとに、次の表2のとおり、配管の点検計画を定めている。

表1 クラス1～3の対象設備・配管

| クラス区分 | 対 象   |
|-------|---|
| クラス1  | 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器の耐圧部分及びその支持部材取付け部分をいう。  |
| クラス2  | a. 原子炉を安全に停止させるために必要な設備または非常時に安全を確保するために必要な設備であって、その故障・損壊等により公衆に放射線障害を及ぼす恐れを間接的に生じさせるものに属する機器（放射線管理設備に属するダクトにあつては原子炉格納容器の貫通部から外側隔離弁まで |



|      |  |
|------|--|
|      | <p>の部分に限る)。</p> <p>b. タービンを駆動させることを主たる目的とする流体が循環する回路に係わる設備に属する機器であって、クラス1機器からこれに最も近い弁までのもの。</p> <p>c. a.及び b.に掲げる機器以外の機器であって、原子炉格納容器の貫通部から内側隔離弁または外側隔離弁までのもの。</p>                                    |
| クラス3 | <p>クラス1機器、原子炉格納容器、クラス2機器及び放射線管理設備に属するダクト以外の容器または管（内包する流体の放射性物質の濃度が <math>37\text{mBq/cm}^3</math>（流体が液体の場合には、<math>37\text{kBq/cm}^3</math>）以上の管または最高使用圧力 <math>0\text{MPa}</math> を超える管に限る）をいう。</p> |

図 クラス区分ごとの配管のイメージ

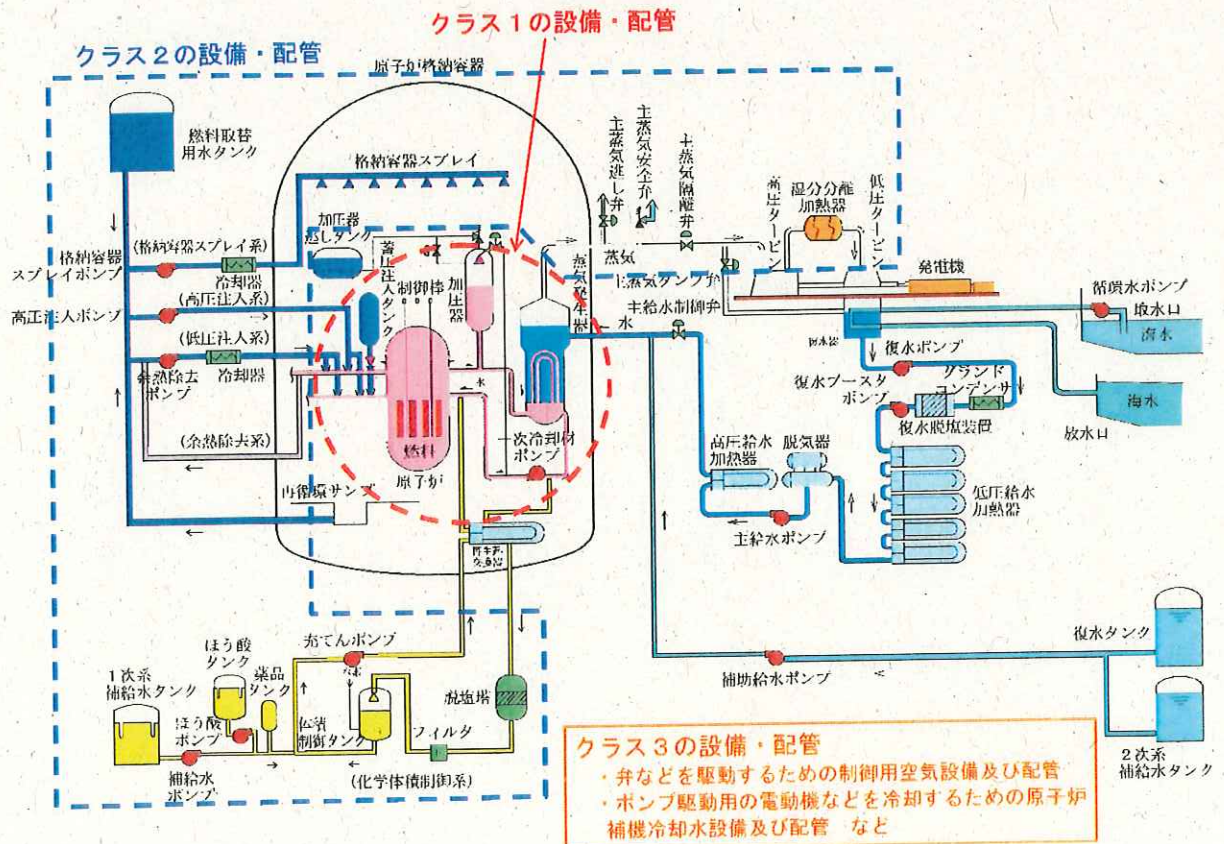


表2 本件各号機における配管の点検計画の概要

| クラス区分    | 点検範囲の考え方  | ① 点検箇所   | ② 点検方法                      | ③点検頻度<br>(10年間の<br>試験程度) |
|----------|---|--|-----------------------------|--------------------------|
| クラス<br>1 | 原子炉冷却材圧力バウンダリに属する機器かつ呼び径25A以上の配管  | 呼び径100A以上の配管, 管台溶接継手                                     | 超音波探傷試験                     | 25%                      |
|          |   | 呼び径100A未満の配管, 管台溶接継手                                     | 浸透探傷試験                      | 25%                      |
|          |   | ソケット溶接継手   | 浸透探傷試験                      | 25%                      |
|          |   | 配管支持部材溶接継手   | 浸透探傷試験                      | 7.5%                     |
| クラス<br>2 | 下記のいずれかに該当し、かつ呼び径100Aを超えるもの<br>(※高压注入系は呼び径40Aを超えるもの)<br>・工学的安全施設のうち直接系に属する機器<br>・原子炉緊急停止系に属する機器<br>・原子炉の停止に直接必要な冷却系に属する機器 | 呼び径100Aを超えかつ公称板厚9.5mmを超える配管溶接継手<br>(※高压注入系は呼び径40Aを超えるもの) | 超音波探傷試験及び浸透探傷試験、または浸透探傷試験のみ | 7.5%                     |
|          |   | 呼び径50Aを超えかつ公称板厚5.0mmを超える配管溶接継手<br>(※高压注入系は呼び径40Aを超えるもの)  | 浸透探傷試験                      | 7.5%                     |
|          |   | 呼び径50Aを超える管台溶接継手<br>(※高压注入系は呼び径40Aを超えるもの)                | 浸透探傷試験                      | 7.5%                     |
|          |   | 呼び径50A以上100A以下かつ公称板厚5mmを超えるソケット溶接継手                      | 浸透探傷試験                      | 7.5%                     |
|          |   | 配管支持部材溶接継手   | 浸透探傷試験                      | 7.5%                     |
| クラス<br>3 | 下記のいずれかに該当するもの<br>・工学的安全施設の間接系に属する機器<br>・使用済み燃料貯蔵設備およびその冷却系設備に属する機器   | 配管支持部材溶接継手<br>(耐震クラスSの配管)                                | 目視試験                        | 7.5%                     |

注) 呼び径：配管の外径寸法を表現するために用いる方法であり、呼び径には、寸法体系によりミリメートルを用いる「A呼称」とインチを用いる「B呼称」の二通りがある。A呼称における100Aの配管の外径は、114.3mmとなる。

超音波探傷試験：検査物内部の欠陥を検出する試験（体積試験）の一種であり、検査物に超音波を当て、そのエコー（反射波）の大きさや拡がり等を分析して検査物内部の欠陥を検出する試験である。

浸透探傷試験：検査物表面の欠陥を検出する試験（表面試験）の一種であり、検査物表面に浸透液を塗布し、余剰浸透液を洗浄、乾燥した後現象剤を吹き付け、亀裂等に浸透した浸透液が表面

に染み出てくる状況を分析し、検査物表面の欠陥を検出する試験である。

目視試験：検査物における表面の磨耗、亀裂、変形、心合わせ不良、ボルト締め付け部の緩み及び耐圧部からの漏えい等の異常を検出（確認）するための試験である。

上記の表2のとおり、①点検箇所については、これまでの火力発電所及び原子力発電所の運転経験において、ひび割れ事象の多くが配管の溶接継手又はその近傍で発生していることから、いずれのクラスの配管についても、原則として、点検可能な溶接継手部及びその近傍の母材部は点検箇所としている。②点検方法については、クラス1及び2の配管について超音波探傷試験又は浸透探傷試験を実施し、クラス3の配管について目視試験を行うこととしている。③点検頻度については、超音波探傷試験、浸透探傷試験及び目視試験のいずれについても、供用開始後の運転期間を10年間ごとに分割し、10年間を一つの検査間隔として設定し、10年目までにそれぞれの試験で実施すべき全ての検査（試験程度）を行うこととし、10年間の試験程度を、クラスごとに定めている。例えば、クラス1の配管の超音波探傷試験及び浸透探傷試験については、設備の重要度、構造健全性が損なわれる可能性及び構造健全性が損なわれた場合の発電所への影響度を考慮し、全体の25%又は7.5%に相当する部分を10年間で検査することとしている。

検査対象箇所の選定については、経年劣化事象の顕在化が懸念される同一部位に対して繰り返し検査を行う定点サンプリング方式を採用している。加えて、一次冷却系統等の耐圧部を構成する設備（設備を構成する配管を含む。）に対し、クラス1の配管については定期検査ごとに、クラス2及び3の配管については、各検査間隔中に1回（10年に1回）、漏えい試験（検査物に液体又は気体を

注入し、圧力を掛け、漏えいの有無を確認する試験)を行っている。

被告は、点検箇所ごとの点検方法及び点検頻度について、10年を基本とする「供用期間中検査10年計画表」を作成し、これに基づき検査管理を行っている。

- (b) 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)(JSME S NG1-2006)」に基づく保全計画の策定

上記規格は、加圧水型発電用原子力発電所における流体の流れによる配管減肉事象に対する厚さ測定による配管減肉管理の方法(試験計画、試験方法、評価、措置)について定めるものである。適用範囲については、流れ加速型腐食(水単相流又は配管管壁に液膜が形成されるような二相流の流体条件において配管壁面近傍の流れにより物質移動が促進されて腐食が加速する減肉事象)及び液滴衝撃エロージョン(高速二相流の系統で液滴が配管壁面に衝突し、発生する衝撃力により配管材料が減肉する事象。フラッシング・エロージョン(減圧弁等で水が減圧沸騰することにより局所的に高速二相流が生じ、液滴が配管壁面に高速で衝突して発生する事象)を含む。)に対して厚さ測定により配管減肉管理を行う場合に適用するとされている。

被告は、本件各号機について、上記規格に基づき、流れ加速型腐食及び液滴衝撃エロージョンによる配管減肉事象について、これらの事象が発生する可能性のある配管(系統)を対象として、試験計画に基づき配管の肉厚測定を行い、その評価結果に基づき必要に応じて配管の取替え等を実施している。

上記規格は、流れ加速型腐食については、ステンレス鋼等配管の減肉事象が炭素鋼配管のそれと比べて極めて小さいことから、炭素

鋼配管のみを試験対象に選定している。また、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計装用配管等は試験対象系統から除外することができるとしている。そして、選定された試験対象系統において、偏流が発生するオリフィス（配管（内径）を絞り流量を測定するため、配管の途中等に取り付けるドーナツ状の板）やエルボ（L字型の曲がり部）等の部位や機器の出口管を試験対象部位としている。

また、液滴衝撃エロージョンについては、炭素鋼配管に限らず、ステンレス鋼等配管においても、その発生が知られていることから、材料にかかわらず、試験対象配管として選定している。そして、負圧機器に接続され連続的に高速二相流が流れる系統において液滴衝撃エロージョンが発生する可能性があることから、負圧機器である復水器、第1給水加熱器、第2給水加熱器、低圧ドレンタンクに接続され連続的に高速二相流が流れる系統、具体的には、第1給水加熱器空気抜き系統、第2給水加熱器空気抜き系統、第3給水加熱器空気抜き系統、第4給水加熱器空気抜き系統（復水器接続配管）、第5給水加熱器空気抜き系統（復水器接続配管）、蒸気発生器ブローダウン系統、高圧排気管ドレン系統、湿分分離器ドレンタンクドレンウォーミング系統を、試験対象系統として選定している。負圧機器に接続され常時流れがある系統については、オリフィスや制御弁下流部など急激に減圧されフラッシングが発生する部位の下流管及びその下流で高速流れが発生する範囲のうち液滴の衝突により比較的損傷しやすいエルボ、曲管等を、試験対象部位として選定している。

被告は、流れ加速型腐食及び液滴衝撃エロージョンによる配管減肉の管理のため、保全プログラムに基づき、本件各号機の累積運転

時間、各定期検査における計測予定箇所数、配管個別の点検計画表等を記載した「配管肉厚管理中期計画表」を定めた上で、定期検査時における肉厚測定結果に基づき、配管の減肉率及び余寿命（必要な肉厚を下回るまでの期間）を評価し、これを踏まえ、配管の取替え等を行うなどの管理をしている。

c 保全の実施

被告は、配管の管理について、前記 b(a)の供用期間中検査10年計画表及び前記 b(b)の配管肉厚管理中期計画表に基づき、検査を行い、必要に応じ配管の取替え等を行うなどの管理をしている。

d 点検・補修等の結果の評価・確認

被告は、本件各号機に係るこれまでの定期検査において、前記 bの保全計画に従い、各箇所について浸透探傷試験及び漏えい試験等を実施してきた。その結果、これまで、配管に関し、ひび割れ等は発見されていない。また、配管の肉厚測定において、配管の減肉事象は発生したが、配管の取替えを行っており、現在まで、技術基準規則で定める技術上の基準等で要求されている肉厚を下回るような配管は発見されていない。

ウ 技術基準規則適合性に係る原子力規制委員会の認可、使用前検査の合格及び施設定期検査の終了等（前提事実(7)ウに加え、乙150、151、153、154、157～159、161～163、253、254）

被告は、平成25年7月12日、原子力規制委員会に対し、本件各号機に係る工事計画認可の申請をした。原子力規制委員会は、平成29年8月25日、本件3号機に係る工事計画認可をし、同年9月14日、本件4号機に係る工事計画認可をした。この際、原子力規制委員会は、本件各号機が技術基準規則で定める技術上の基準に適合するものであることを認めた。

被告は、原子力規制委員会に対し、本件3号機については同年8月28日に、本件4号機については同年9月15日にそれぞれ使用前検査の申請をし、本件3号機については平成30年5月16日に、本件4号機については同年7月19日にそれぞれ原子力規制委員会の使用前検査に合格した。この際、原子力規制委員会は、本件各号機が技術基準規則で定める技術上の基準に適合するものであることを確認した。

被告は、定期事業者検査として、本件3号機については平成22年12月11日から平成30年5月16日までに第13回定期検査を、本件4号機については平成23年12月25日から平成30年7月19日までに第11回定期検査をそれぞれ行った。原子力規制委員会は、本件3号機については平成30年5月16日に、本件4号機については同年7月19日にそれぞれ施設定期検査を終了したと認めた。この際、被告は、本件各号機が技術基準規則で定める技術上の基準に適合するものであることを確認し、原子力規制委員会は、その結果を確認した。

被告は、平成30年に本件各号機の通常運転を再開した後、定期事業者検査として、本件3号機については令和元年5月13日から同年8月20日までに第14回定期検査を、本件4号機については同年8月16日から同年11月20日までに第12回定期検査をそれぞれ行った。原子力規制委員会は、本件3号機については同年8月20日に、本件4号機については同年11月20日にそれぞれ施設定期検査を終了したと認めた。この際、被告は、本件各号機が技術基準規則で定める技術上の基準に適合するものであることを確認し、原子力規制委員会は、その結果を確認した。

エ 耐震設計方針及び基準地震動による地震力に対する耐震安全性の確保  
(乙78, 79, 99, 125, 252, 255)

設置許可基準規則は、実用発電用原子炉及びその附属施設の地震による

損傷の防止に関し、耐震重要施設は、基準地震動による地震力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し（4条3項）、重大事故等対処施設は、施設の区分に応じ、基準地震動による地震力に対して重大事故に至るおそれがある事故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などとする（39条1項）。

設置許可基準規則解釈別記2の6は、設置許可基準規則4条3項に規定する「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」ことを満たすために、基準地震動に対する設計基準対象施設の設計に当たっては、建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力との組合せに対して、当該建物・構築物が構造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妥当な安全余裕を有していること、機器・配管系については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件に対して、その施設に要求される機能を保持すること等の方針によることとする。

被告は、安全上重要な建物・構築物や機器・配管系について、運転時に作用する荷重等と基準地震動による地震力との組合せによる評価値（応力値）を求め、それが評価基準値（許容応力）を下回ると評価（耐震安全性評価）した。すなわち、被告は、評価基準値を日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）」及び「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（JEAG4601-補-1984）」等に基づき定め、この評価基準値を用いて、基準地震動に対する耐震安全性評価を実施し、その結果、本件各号機の安全上重要な建物・構築物や機器・配管系に係る評価値が評価基準値を下回ることを確認した。



そして、原子力規制委員会は、本件申請に係る審査において、被告が策定した耐震設計方針について設置許可基準規則解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

オ 一次系配管の破断等の場合における安全性確保のための設備や仕組み  
(甲61, 乙3の1の8, 124, 125, 244, 245)

前提事実(3)エ及び(4)に加え、本件各号機には、次のような安全性確保のための設備や仕組みが設けられている。

(ア) 一次系配管のひび割れの貫通の場合の原子炉の停止等

本件各号機において、2号機配管ひび割れでひび割れが確認された余剰抽出配管のような一次系配管のひび割れが進展して貫通し、そのひび割れの貫通部から一次冷却材の漏えいが生じた場合には、原子炉格納容器モニタ、凝縮液量測定装置、格納容器サンプル水位上昇率測定装置等により、漏えいの兆候を早期に検知することができるようになっている。そのため、一次系配管が破断に至る前に原子炉停止等の対応を取ることができるようになっている。

(イ) 一次系配管の破断の場合の原子炉の停止及び冷却等

本件各号機において、2号機配管ひび割れでひび割れが確認された余剰抽出配管のような一次系配管が破断し、一次冷却材が流出するような事故に至ったとしても、原子炉を緊急に停止させ、非常用炉心冷却設備(ECCS)及び補助給水設備により原子炉を安全に冷却するなどすることができるようになっている。

具体的には、一次系配管の破断等により原子炉格納容器内に一次冷却材が漏えいした場合には、検出器が一次冷却材の流量等の異常を検知し、中央制御室へ警報が発せられ、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る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

炉が自動的に緊急停止するようになっている。

また、検出器が一次冷却材圧力の著しい低下や原子炉格納容器内の圧力の上昇等の異常を検知した場合には、前提事実(4)オ(ア)の非常用炉心冷却設備（ECCS）が自動的に作動し、原子炉への注水を開始することとなっている。なお、本件各号機では、高圧注水系及び低圧注入系について、1台で炉心の損傷を防止するのに十分な量のほう酸水を原子炉に注入できる容量の高圧注入ポンプ及び余熱除去ポンプをそれぞれ2台ずつ設置しているほか、外部電源が喪失した場合には非常用ディーゼル発電機から受電でき、また、燃料取替用水タンク（本件3号機）又は燃料取替用水ピット（本件4号機）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ようになっている。

そして、検出器が一次系配管の破断等による原子炉格納容器内の圧力の上昇等の異常を検知した場合には、前提事実(4)オ(ウ)の原子炉格納容器スプレイ設備が自動的に作動することとなっている。なお、本件各号機では、燃料取替用水タンク又は燃料取替用水ピット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、注水を継続できるようになっている。

さらに、前提事実(4)オ(エ)のアニュラス空気浄化設備が、非常用炉心冷却設備（ECCS）の作動と同時に自動的に作動することとなっている。

加えて、補助給水設備が、非常用炉心冷却設備（ECCS）の作動と同時に自動的に作動し、原子炉の冷却を開始することとなっている。補助給水設備は、二次冷却材の循環に通常用いている主給水ポンプが使用できない場合や一次系配管の破断等により非常用炉心冷却設備（ECCS）が作動した場合等において、復水タンク（本件3号機）又は復水ピット（本件4号機）等から蒸気発生器へ二次冷却材を供給し、一次冷

却材と熱交換することにより、原子炉を冷却する設備である。本件各号機では、電動機により駆動する電動補助給水ポンプ2台と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1台がそれぞれ設置されている。

## (2) 検討

ア 本件各号機の一次冷却系統に係る管であるクラス1管の安全性の欠如の有無について

### (ア) 本件各号機の配管の損傷等の可能性

前提事実(5)及び認定した事実ア(イ)によれば、平成19年1月に玄海原子力発電所2号機において2号機配管ひび割れが発見された当時、当該ひび割れが生じた余剰抽出配管は、省令62号(当時)にいう「クラス1管」(原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器の一つ(同省令2条16号))という重要度の高い配管であるにもかかわらず、同省令9条の2第1項で定める技術基準に適合しない状態となっていた。また、少なくとも2号機配管ひび割れの一部は、遅くとも平成13年に実施された蒸気発生器取替工事前には発生したと認められるところ、被告は、平成12年、平成13年及び平成18年の3回にわたって検査や評価を実施したにもかかわらず、2号機配管ひび割れの生じた部位のひび割れの存在を把握することができなかった。被告が2号機配管ひび割れを発見したのは、そのひび割れの一部が発生してから少なくとも約6年間が経過した平成19年1月になってからであるから、比較的長期間にわたって発見できなかったことになる。しかも、その原因の一つとして、被告において、実際は、蒸気発生器取替えの前後で余剰抽出配管エルボ部に関する温度測定データに変化があったにもかかわらず、そのような変化がないと誤って判断し、蒸気発生器取替え後の温度測定データを用いて熱疲労評価を実施したことが挙げられる。これらの事情に照らすと、

玄海原子力発電所2号機については、配管自体の安全性のみならず、その保守管理による安全性の確保という点でも相当深刻な問題があったといえる。

また、被告は、本件各号機の一次冷却系統に係る管であるクラス1管についても、認定した事実イ(イ)のとおり、運転開始後においては、検査の都度、全ての配管の全ての部位について全ての点検方法による検査を実施して欠陥の有無を確認しているわけではない。前提事実(5)のとおり、2号機配管ひび割れの発見につながった第20回定期検査における超音波探傷検査は、保全計画で実施することとなっていたわけではなく、念のため、実施したものである。仮に同検査を実施していなければ、2号機配管ひび割れの発見が更に遅れたか、他の事業者の例と同様に、発見されないまま配管の破断に至った可能性もある。そうすると、認定した事実イの本件各号機における配管の健全性確保の取組によっても、配管自体の安全性及びその保守管理による安全性の確保が万全であるとはいえない。

以上によれば、本件各号機の一次冷却系統に係る管であるクラス1管において、ひび割れ等の損傷が既に生じている可能性やこれから生じる可能性を完全に否定することは困難である。

(イ) 本件各号機の配管の安全性の確認状況

前提事実(5)並びに認定した事実ア(ア)及びウのとおり、被告は、2号機配管ひび割れを発見した後、速やかに関係法令に基づき経済産業大臣に報告し、前提事実(5)のとおり設計を変更するなどの対策を講じ、原子力安全・保安院は、この対策について、妥当であると判断した。さらに、被告は、上記の対策のための工事の実施等に関し、経済産業大臣から工事計画の認可を受けるとともに、経済産業大臣の使用前検査を受けてこれに合格しており、その中で、被告自らが省令62号(当時)で定める



技術基準に適合していることを確認し、その上で、経済産業大臣により同省令で定める技術基準に適合しないものではないことが確認された。本件各号機については、認定した事実ア(エ)のとおり、原子力安全・保安院の指示文書を受けた高サイクル熱疲労割れに関する評価を実施して問題がないことを確認し、一次系余剰抽出配管エルボ部の曲がり部について、上記の玄海原子力発電所2号機の設計変更と同様の設計変更を行って配管の取替えを実施した。これらの事情からすると、2号機配管ひび割れを受けての被告の対応ないし対策は、玄海原子力発電所2号機及び本件各号機のいずれについても適切にされたといえる。また、認定した事実ア(ア)のとおり、高サイクル熱疲労による配管の損傷の事例が発生したことを受け、定期検査の充実、日本機械学会「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針」(JSME S017)の制定、省令62号6条の改正、原子力安全・保安院による指示文書の発出等がされ、国による規制において、事業者に対して配管の損傷について更なる対策を講じることを求めるものとなり、被告は、一事業者として、これに対応したことが推認できる。

また、被告は、認定した事実イのとおり、原子力規制委員会の内規で参照すべきものとして記載される日本機械学会及び日本電気協会等の民間規格に準拠するなどして、本件各号機の配管について、設計及び施工を行うとともに、保全プログラムを策定してこれに基づき保全を実施している。省令62号(平成19年当時)で定める技術基準や技術基準規則で定める技術上の基準は、実施方法を詳細に規定する仕様規定ではなく、要求性能水準を規定する性能規定であるから、信頼できる民間規格を活用することは合理的な方法であるといえる。したがって、被告の本件各号機に係る配管の設計及び施工時並びに運転開始後における健全性確保の取組は合理的なものといえる。この保全の方法等について適切性

を欠くという原告らの主張は、採用できない。

そして、認定した事実ウのとおり、原子力規制委員会は、平成29年の本件各号機に係る工事計画認可の際、本件各号機が技術基準規則で定める技術上の基準に適合するものであることを認め、平成30年の本件各号機に係る使用前検査の合格の際、本件各号機が技術基準規則で定める技術上の基準に適合するものであることを確認した。また、直近の検査でいえば、被告は、令和元年の本件各号機に係る定期事業者検査において、本件各号機が技術基準規則で定める技術上の基準に適合するものであることを確認し、原子力規制委員会は、同年の本件各号機に係る施設定期検査において、その結果を確認した。そうすると、この中で、本件各号機の配管についても、技術基準規則で定める技術上の基準に適合することが確認されたと推認できる。

(ウ) 耐震安全性

前記2(2)のとおり、本件各号機に係る基準地震動の策定は合理的なものといえる。そして、認定した事実エのとおり、被告は、本件各号機に関する基準地震動に対する耐震安全性評価を実施し、その結果、本件各号機の安全上重要な建物・構築物や機器・配管系について、運転時に作用する荷重等と基準地震動による地震力との組合せによる評価値が、評価基準値を下回ることを確認している。また、認定した事実エのとおり、原子力規制委員会は、本件申請に係る審査において、被告が策定した耐震設計方針について設置許可基準規則解釈別記2の規定に適合していることを確認しており、この審査及び判断に不合理な点は見当たらない。

したがって、本件各号機の安全上重要な建物・構築物や機器・配管系について、基準地震動による地震力に対する耐震安全性に問題があるとはいえない。

(エ) 小括

以上のとおり、本件各号機について、2号機配管ひび割れと同様の事象については、その防止のための適切な対策が実施されており、保全プログラムの策定・実施を含む保守管理による配管の健全性の確保も継続して行われている。また、直近の定期検査である令和元年の定期検査において、原子力規制委員会は、本件各号機が技術基準規則で定める技術上の基準に適合するものであることを確認している。耐震安全性について問題があるということもできない。

配管の使用に伴う損傷については、配管の材料がステンレス鋼、炭素鋼などの金属である以上、使用による疲労・腐食・劣化等が生じることは避けられないから、保守管理により対応していくほかはない。しかるところ、2号機配管ひび割れの発覚の経緯からしても、本件各号機の配管に係る点検の程度（箇所・方法・頻度）からしても、検査によって配管の損傷が漏れなく発見されるとは限らないし、判断の誤りなどによる見逃しも生じ得るといえる。しかし、原告らは、本件各号機の一次冷却系統に係る管であるクラス1管に既に損傷が生じていること又はこれから損傷が生じる蓋然性があることについて個別具体的に指摘ないし主張立証しているわけではない。他方、上記配管が損傷し、そのために本件各号機の安全性に欠けるところがある旨の原告らの指摘ないし主張立証に対しては、上記のとおり、被告において、原子力規制委員会による適合性の判断も含め、上記配管の健全性が確保されることを主張立証するなどしている。したがって、被告は、原告らが指摘する点に関し、本件各号機の安全性に欠けるところがないことについて、相当な根拠、資料に基づき明らかにしたないし主張立証したといえることができる。

イ 一次系配管の破断等の場合における本件各号機の設備等

前提事実(3)エのとおり、本件各号機は、多重防護の考え方の下、原子炉を「止める」「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」ように設計され

ている。また、前提事実(4)及び認定した事実オのとおり、本件各号機の一次系配管のひび割れの貫通や破断が生じ、一次冷却材が漏えいしないし流出する事故が発生した場合には、各種装置が一次冷却材の漏えい等の異常を検知し、所定の異常が検知されれば、原子炉を緊急に停止し、さらに、非常用炉心冷却設備（ECCS）、原子炉格納容器スプレイ設備、アニュラス空気浄化設備及び補助給水設備が自動的に作動するように設計されている。

このような本件各号機の設備や仕組みに照らすと、本件各号機の一次系配管が損傷し、一次冷却材が漏えいしないし流出する事故が発生したとしても、外部に放射性物質が異常に漏えいするなどして周辺公衆に影響を及ぼしかねないという原子力発電所の有する潜在的な危険性が、直ちに顕在化するとは認められない。

したがって、本件各号機の一次冷却系統に係る管であるクラス1管の健全性が確保されず、当該配管の安全性に欠けるところがあったとしても、このことから直ちに原告らの生命及び身体等に係る人格権が侵害される具体的危険性があると認めることは困難である。

### (3) 原告らの主張について

#### ア 設置許可基準規則37条2項及び55条並びに設置許可基準規則解釈37条2-3(f)、2-4の規定に違反するとの主張について

原告らは、本件各号機に2号機配管ひび割れのようなひび割れがあれば、基準地震動規模の地震動により小破断LOCAとなり、炉心溶融に至り、原子炉格納容器を破損し、大量の放射性物質が発電用原子炉施設外に流出することとなると主張するとともに、このような事故が発生した場合に、被告が本件申請において想定している対策は、設置許可基準規則37条2項及び55条並びに設置許可基準規則解釈37条2-3(f)、2-4の規定に違反する内容である旨主張する。



しかし、前記(2)ア(イ)のとおり、2号機配管ひび割れを受けての被告の対応ないし対策は、玄海原子力発電所2号機及び本件各号機のいずれについても適切にされたといえる。また、認定した事実イ及び前記(2)ア(イ)によれば、補助給水設備配管を含め、被告の本件各号機に係る配管の健全性確保の取組は合理的なものであるといえる。しかも、前記(2)ア(イ)のとおり、本件各号機の配管が技術基準規則で定める技術上の基準に適合することについて、被告自らが確認するとともに、原子力規制委員会がこれを確認している。さらに、本件各号機について、基準地震動による地震力に対する耐震安全性に問題があるとはいえない。また、前記(2)イのとおり、本件各号機の一次系配管が損傷し、一次冷却材が漏えいするなどの事故が発生したとしても、外部に放射性物質が異常に漏えいするなどして周辺公衆に影響を及ぼしかねないという原子力発電所の有する潜在的な危険性が、直ちに顕在化するとは認められない。

以上によれば、本件各号機において、原告らが主張するような事実経過で放射性物質が発電用原子炉施設外に流出することとなるような重大な事故が発生する蓋然性を認めることができず、上記の原告らの主張は、採用できない。

なお、原告らは、被告が本件申請において想定している対策が、設置許可基準規則37条2項及び55条並びに設置許可基準規則37条2-3(f)、2-4に違反する内容である旨主張するが、原子力規制委員会は、本件申請に係る審査の中で、本件各号機について、設置許可基準規則解釈37条の規定も踏まえつつ、設置許可基準規則37条及び55条の規定に適合する旨判断しており(乙99, 252)、この判断に不合理な点は見当たらない。したがって、この点に関する原告らの主張は、理由がない。

イ 技術基準規則18条1項及び19条に違反するとの主張について

前提事実(5)のとおり、平成19年1月に2号機配管ひび割れが発見された当時、当該ひび割れが生じた余剰抽出配管は、省令62号9条の2第1項(当時)(技術基準規則18条1項に相当する規定)の定める技術基準に適合しない状態であった。

しかし、前提事実(5)、認定した事実ア(ウ)及び(エ)並びに前記(2)ア(イ)によれば、その後、被告が玄海原子力発電所2号機及び本件各号機の配管について対策を講じるなどした結果、上記の技術基準に適合しない状態は解消されたと認められる。

また、前記(2)ア(イ)のとおり、被告の本件各号機に係る配管の設計及び施工時並びに運転開始後における健全性確保の取組は合理的なものであり、適切性を欠くとはいえず、また、本件各号機の配管が技術基準規則で定める技術上の基準に適合することについて、被告自らが確認するとともに、原子力規制委員会がこれを確認している。他に、本件各号機の配管について、技術基準規則18条1項、19条で定める技術上の基準(以前の省令62号9条の2第1項及び6条で定める技術基準)に適合しないことを認めるに足りる証拠はない。

したがって、上記の原告らの主張は、採用できない。

#### (4) まとめ

以上によれば、本件各号機の配管の安全性に欠けるところがあるために原告らの生命及び身体等に係る人格権が侵害される具体的危険性があるとは認められない。

#### 4 争点(3)(本件各号機に係る火山事象の危険性の有無)について

設置許可基準規則は、安全施設について、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない(6条1項)とし、設置許可基準規則解釈は、上記の「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風(台風)、竜巻、凍結、降水、

積雪，落雷，地滑り，火山の影響，生物学的事象又は森林火災等から適用されるものをいう（6条2）とし，安全施設の安全機能に影響を及ぼし得る自然現象の一つとして火山の影響を挙げている。

このように，設置許可基準規則及び設置許可基準規則解釈は，外部からの衝撃による損傷の防止に関し，火山の影響により安全施設の安全機能が損なわれないようにすることを求めている。しかるところ，本件各号機について，火山影響評価が不合理である場合には，火山の影響による損傷の防止の観点から問題が生じることとなり，ひいては，火山事象の危険性の点で本件各号機の安全性に欠けるところがあるおそれが生じることとなる。

そこで，以下，本件各号機に係る火山影響評価の不合理性の有無を検討する。

#### (1) 認定事実等

前提事実に加え，後掲の証拠及び弁論の全趣旨によれば，以下の事実等が認められる。

##### ア 火山ガイドの概要（甲98）

原子力規制委員会は，前提事実(6)ウのとおり，火山影響評価に係る新規制基準として火山ガイドを制定した。本件に係る火山ガイドの主な定めは，別紙「関係省令及び関係規則等の定め」第3の4のとおりである。

火山ガイドにおける原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の流れは，次のとおりである（火山ガイド2.）。

火山影響評価は，火山ガイドの図1「原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー」に従い，立地評価と影響評価の2段階で行う。

立地評価では，まず原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行い，影響を及ぼし得る火山が抽出された場合には，抽出された火山の火山活動に関する個別評価を行う。すなわち，設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を行う。

上記の影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された場合は、火山活動のモニタリングと火山活動の兆候把握時の対応を適切に行うことを条件として、個々の火山事象に対する影響評価を行う。一方、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価されない場合は、原子力発電所の立地は不適と考えられる。

影響評価では、個々の火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行う。

なお、火山ガイドは、原子力発電所の運用期間を、原子力発電所に核燃料物質が存在する期間とし（1. 4（4））、設計対応不可能な火山事象を、①火砕物密度流、②溶岩流、③岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊、④新しい火口の開口、⑤地殻変動の5事象とする（2. 解説-1, 4. 1（1））。

#### イ 「基本的な考え方について」（甲114, 乙266）

原子力規制委員会の更田委員長は、平成30年2月21日に開催された第67回原子力規制委員会において、原子力規制庁に対し、火山の巨大噴火に関する基本的な考え方について改めて分かりやすくまとめるように指示した。これを受けて、原子力規制庁は、火山ガイドにおける考え方を整理し、同年3月7日付け「原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける「設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価」に関する基本的な考え方について」（「基本的な考え方について」）を作成した。

「基本的な考え方について」の内容は、次の(ア)~(エ)のとおりであり、「巨大噴火」とは、地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流によって広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こすような噴火であり、噴火規模としては、数十km程度を超えるような噴火を指している。

#### (ア) 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価について

火山影響評価は、火山ガイドの図1に従って行っており、このうち、

設計対応不可能な火山事象については、当該事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいかどうかを評価する。過去に巨大噴火が発生した火山については、「巨大噴火の可能性評価」を行った上で、「巨大噴火以外の火山活動の評価」を行う。

(イ) 巨大噴火の可能性評価の考え方について

巨大噴火の可能性評価に当たっては、火山学上の各種の知見を参照しつつ、巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、現在のマグマ溜まりの状況、地殻変動の観測データ等から総合的に評価を行い、火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態にあるかどうか、及び運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的な根拠があるかどうかを確認する。

巨大噴火は、広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こすものである一方、その発生の可能性は低頻度な事象である。現在の火山学の知見に照らし合わせて考えた場合には運用期間中に巨大噴火が発生する可能性が全くないとはいえないものの、これを想定した法規制や防災対策が原子力安全規制以外の分野においては行われていない。したがって、巨大噴火によるリスクは、社会通念上容認される水準であると判断できる。

したがって、上記を考慮すれば、巨大噴火の可能性の評価については、現在の火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った上で、火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないことが確認でき、かつ、運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的な根拠があるとはいえない場合は、少なくとも運用期間中は、「巨大噴火の可能性が十分に小さい」と判断できる。

(ウ) 巨大噴火以外の火山活動の評価の考え方について

巨大噴火以外の火山活動について、その活動の可能性が十分小さいと

判断できない場合には、火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価を行うこととなる。噴火の規模を特定することは一般に困難であるため、火山ガイドに従い、「検討対象火山の過去最大の噴火規模」について火山事象の評価を行うこととなる。「検討対象火山の過去最大の噴火規模」には、当該検討対象火山の最後の巨大噴火以降の最大の噴火規模を用いる。

(エ) (参考) 火山活動のモニタリングについて

火山活動のモニタリングは、「運用期間中の巨大噴火の可能性が十分小さい」と評価して許可を行った場合にあっても、この評価とは別に、評価の根拠が継続していることを確認するため、評価時からの状態の変化を検知しようとするものである。また、火山ガイドでは、モニタリングにより火山活動の兆候を把握した場合には、当然のこととして、原子炉の停止を含めた対処方針を事業者が事前に定めておくこととされている。事業者の火山活動のモニタリング評価結果については、原子炉安全専門審査会に設置されている原子炉火山部会において少なくとも年一回評価することとしている。

また、原子力規制委員会が策定する原子炉の停止等に係る判断の目安についても原子炉火山部会において検討中である。

ウ 本件申請のうち火山の影響による損傷の防止ないし火山の影響に対する設計方針に関する部分に係る原子力規制委員会の審査及び判断（甲101、乙95、98、99、103、107、108、112、114、252、257）

設置許可基準規則6条1項及び2項は、想定される火山事象が発生した場合においても安全施設の安全機能が損なわれないように設計することを要求している。

このため、原子力規制委員会は、①原子力発電所に影響を及ぼし得る火

山の抽出，②原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価，③火山活動のモニタリング，④原子力発電所への火山事象の影響評価，⑤火山活動に対する防護に関して，設計対象施設を抽出するための方針，⑥降下火砕物による影響の選定，⑦設計荷重の設定，⑧降下火砕物の直接的影響に対する設計方針，⑨降下火砕物の間接的影響に関する設計方針の各項目について，次の(ア)～(ケ)のとおり審査を行った。

(ア) 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

火山ガイドは，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出について，地理的領域にある第四紀火山の完新世における活動の有無を確認するとともに，完新世に活動を行っていない火山については過去の活動を示す階段ダイヤグラムを作成し，将来の火山活動可能性が否定できない場合は，個別評価対象とすることを示している。

被告は，本件各号機に影響を及ぼし得る火山の抽出について，以下のとおりとしている。

- a 文献調査等の結果より本件各号機の敷地から半径160kmの地理的領域内にある49の第四紀火山のうち，完新世に活動を行った火山として雲仙岳，阿蘇カルデラ，福江火山群，九重山，由布岳及び鶴見岳の6火山を抽出した。なお，地理的領域外についても，九州において過去に火山爆發指数（VEI）7以上の噴火が発生した加久藤・小林カルデラ，始良カルデラ，阿多カルデラ及び鬼界カルデラの4火山を抽出した。
- b 完新世に活動を行っていない火山について，階段ダイヤグラムを作成し，最後の活動からの経過期間等から32火山を将来の活動可能性がないと評価し，他方で，将来の活動可能性が否定できない火山として11火山（壱岐火山群，多良岳，小値賀島火山群，南島原，金峰山，万年山火山群，船野山，涌蓋火山群，立石火山群，野稻火山群及び高

平火山群)を抽出した。

原子力規制委員会は、被告が実施した本件各号機に影響を及ぼし得る火山の抽出は、階段ダイヤグラムの作成等により過去の火山活動履歴を評価して行われていることから、火山ガイドを踏まえていることを確認した。

(イ) 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

火山ガイドは、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山について、原子力発電所の運用期間における火山活動の可能性を総合的に評価し、可能性が十分小さいと判断できない場合は、火山活動の規模及びその火山事象の影響評価を実施することを示している。

被告は、本件各号機の運用期間における火山活動に関する個別評価について、以下のとおりとしている。

a 鹿児島地溝(加久藤・小林カルデラ、始良カルデラ及び阿多カルデラが含まれる地帯)全体としてのVEI 7以上の噴火の平均発生間隔は約9万年であり、当該地域における最新のVEI 7以上の噴火は約3.0万年前ないし約2.8万年前であることから、鹿児島地溝についてはVEI 7以上の噴火の活動間隔は、最新のVEI 7以上の噴火からの経過時間に比べて十分長く、運用期間中におけるVEI 7以上の噴火の活動可能性は十分低いと評価した。

b Nagaoka (1988) による噴火ステージ、鍵山編(2003)、東宮(1997)などによるマグマ溜まりの浮力中立点に関する検討及びRoche and Druitt (2001)、篠原ほか(2008)などによるメルト包有物・鉱物組成等に関する分析結果などに基づくと、VEI 7以上の噴火時のマグマ溜まりは少なくとも地下10km以浅にあると考えられること、Druitt et al. (2012)がVEI 7以上の噴火直前の100年程度の間急激にマグマが供給されたと推定している知見、及び



地球物理学的調査の情報からカルデラの地下構造を推定した知見等に基づき、国土地理院の電子基準点間基線距離の変化率からマグマ供給の状態を推定し、また、階段ダイヤグラムに基づく噴火ステージの評価を行うことで、現在のマグマ溜まりがVEI 7以上の噴火直前の状態ではないと評価し、阿蘇カルデラ、鹿児島地溝のカルデラ（加久藤・小林カルデラ、始良カルデラ及び阿多カルデラ）及び鬼界カルデラ（本件5カルデラ）における運用期間中のVEI 7以上の噴火の活動可能性は十分に小さいと評価した。

- c 運用期間中の噴火規模について、阿蘇カルデラ、鹿児島地溝のカルデラ及び鬼界カルデラについては現在の噴火ステージにおける既往最大規模を、その他の16火山については各火山の既往最大規模をそれぞれ考慮した。これらの火山と敷地は十分に離隔距離があること等から、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口並びに地殻変動については、本件各号機に影響を及ぼさないと評価した。
- d 火砕物密度流に関しては、阿蘇カルデラ以外の火山については、敷地までの離隔距離から評価すると考慮する必要がない。阿蘇カルデラは、地質調査の結果、敷地から半径30kmの範囲には阿蘇4火砕流堆積物が複数箇所を確認されるものの、敷地では認められない。
- e このように、本件各号機の運用期間における火山活動に関する個別評価を行った結果、阿蘇カルデラ、鹿児島地溝のカルデラ及び鬼界カルデラについては現在の噴火ステージにおける既往最大規模、それ以外の火山については既往最大規模の噴火を考慮しても、本件各号機に影響を及ぼさないと評価した。

原子力規制委員会は、被告が実施した本件各号機の運用期間中の検討対象火山の活動の評価は、過去の活動履歴の把握や地球物理学的調査に基づいており、これらの手法が火山ガイドを踏まえていることを確認し

た。また、被告が本件各号機の運用期間中に設計対応不可能な火山事象が本件各号機に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価していることは妥当であると判断した。

(ウ) 火山活動のモニタリング

火山ガイドは、火山活動のモニタリングに関して、個別評価により運用期間中に火山活動の可能性が十分小さいと評価した火山であっても、設計対応不可能な火山事象が敷地に到達したと考えられる火山に対しては、噴火可能性が十分小さいことを継続的に確認することを目的として運用期間中のモニタリングを行い、噴火可能性につながるモニタリング結果が観測された場合には、必要な判断・対応をとることを示している。

被告は、過去にVEI 7以上の噴火を発生させた阿蘇カルデラ、加久藤・小林カルデラ、始良カルデラ、阿多カルデラ及び鬼界カルデラ（本件5カルデラ）については、運用期間中のVEI 7以上の噴火の可能性が十分低いものの、自然現象における不確かさ及び敷地への影響を考慮した上で、これらの火山を対象に、運用期間中のモニタリングについて、以下のとおり方針を示した。

- a VEI 7以上の噴火の早期の段階であるマグマの供給時に変化が現れる地殻変動及び地震活動について、既存観測網等による地殻変動及び地震活動の観測データ、公的機関による発表情報等の収集・分析を行い、第三者の火山専門家の助言を得た評価を定期的にかつ警戒時には臨時で行うことで火山活動状況に変化がないことを定期的を確認する計画とする。
- b 対象火山の状態に変化が生じた場合は、設計対応不可能な火山事象を伴うVEI 7以上の噴火への発展の可能性を評価し、その可能性がある場合には、原子炉の運転の停止、燃料体等の搬出等を実施する方針とする。

原子力規制委員会は、被告が、設計対応不可能な火山事象が敷地に到達することはないと評価し、自然現象における不確かさ及び敷地への影響を考慮した上で、九州において過去にVEI 7以上の噴火が発生した火山を対象に噴火可能性が十分小さいことを継続的に確認することを目的として運用期間中のモニタリングを計画していることについては、監視対象、監視項目及び監視の方法、定期的評価の方針並びに火山活動の兆候を把握した場合の対処方針を示していること等から、火山ガイドを踏まえていることを確認した。

(エ) 原子力発電所への火山事象の影響評価

火山ガイドは、原子力発電所の運用期間中において設計対応不可能な火山事象によって、安全性に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された火山について、それが噴火した場合、原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象を原子力発電所との位置関係から抽出し、その影響評価を行うことを示している。

被告は、設計対応不可能な火山事象以外の火山事象の影響評価について、以下のとおりとしている。

- a 火山性土石流、火山泥流及び洪水、火山から発生する飛来物（噴石）、火山ガス、津波及び静振、大気現象、火山性地震とこれに関連する事象並びに熱水系及び地下水の異常の影響については、文献調査、地質調査等の結果から、本件各号機に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。
- b 降下火砕物については、文献調査及び地質調査の結果、九州においてVEI 7以上の噴火の可能性を否定した火山による広域テフラ以外の降下火砕物は敷地及び敷地付近には認められない。敷地に対して最も影響が大きい降下火砕物は、敷地からの距離と噴出物量との関係から九重山における約5万年前の九重第1噴火によるものであり、噴出

量6.2 km<sup>3</sup>規模の噴火を考慮し、移流拡散モデルを用いたシミュレーションを実施した結果、最大層厚としては、2.2 cmであった。

- c 以上の検討から、敷地における降下火砕物の最大層厚を10 cmと設定した。降下火砕物の粒径及び密度は、文献調査結果を踏まえ、粒径を2 mm以下、乾燥密度を1.0 g/cm<sup>3</sup>、湿潤密度を1.7 g/cm<sup>3</sup>と設定した。

原子力規制委員会は、審査の過程において、九重山を対象とした降下火山灰シミュレーションにおいて、既往文献を踏まえ、噴出量を6.2 km<sup>3</sup>とし、風向きの不確かさも考慮して評価することを求めた。

これに対して、被告は、これらを反映したケースでも降下火山灰シミュレーションを行い、降下火砕物の影響評価を示した。

原子力規制委員会は、被告が実施した設計対応不可能な火山事象以外の火山事象の影響評価については、文献調査、地質調査等により、本件各号機への影響を評価するとともに、数値シミュレーションによる降下火砕物の検討も行っていることから、火山ガイドを踏まえていることを確認した。

- (オ) 火山活動に対する防護に関して、設計対象施設を抽出するための方針  
降下火砕物によって安全施設の安全機能が損なわれないようにするために必要な設備を設計上防護すべき施設すなわち設計対象施設として抽出する方針が示されることが必要である。

被告は、降下火砕物の影響を設計に考慮する施設として、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器を抽出する方針としている。このうち、クラス1及びクラス2に属する施設で建屋に内包される構築物、系統及び機器については、これらの施設を内包する建屋、屋外に設置されている施設、降下火砕物を含む海水

及び空気の経路が存在する施設並びに外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設を設計対象施設としている。また、クラス3に属する施設及びその他の施設のうち、降下火砕物の影響によりクラス1及びクラス2に属する施設に影響を及ぼす可能性がある施設を設計対象施設としている。それ以外のクラス3に属する施設にあつては、降下火砕物による影響を受ける場合であっても、代替設備があることなどにより安全機能が損なわれないことから設計対象施設として抽出しない方針としている。

原子力規制委員会は、被告による設計対象施設を抽出するための方針が、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に従って、降下火砕物によって安全機能が損なわれるおそれがある構築物、系統及び機器並びに上位クラスへ影響を及ぼし得る施設について、火山ガイドを踏まえて降下火砕物の特徴を考慮した上で、適切に抽出するものとしていることを確認した。

(カ) 降下火砕物による影響の選定

降下火砕物に対する防護設計を行うためには、設計対象施設の安全機能に及ぼす影響を選定することが必要である。この選定に当たっては、火山ガイドにおいて、降下火砕物が直接及ぼす影響（直接的影響）とそれ以外の影響（間接的影響）をそれぞれ選定することを示している。

a 直接的影響

被告は、降下火砕物の特徴から、荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を設定した上で、外気吸入の有無等の特徴を踏まえ、直接的影響の主な因子として、構築物への静的負荷、建屋等への粒子の衝突、化学的影響（腐食）、水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）、換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（摩耗、閉塞）、化学的影響（腐食）、発電所周辺

の大気汚染及び計装盤の絶縁低下を選定している。

b 間接的影響

被告は、降下火砕物が原子力発電所に間接的に与える影響について、外部電源の喪失及び本件各号機へのアクセスの制限といった本件各号機外で生じる影響を選定している。

原子力規制委員会は、被告による降下火砕物の直接的影響及び間接的影響の選定が、火山ガイドを踏まえたものであり、降下火砕物の特徴及び設計対象施設の特徴を考慮していることを確認した。

(キ) 設計荷重の設定

降下火砕物に対する防護設計を行うためには、その堆積荷重に加え、火山事象以外の自然事象や設計基準事故時の荷重との組合せを設定する必要がある。

被告は、降下火砕物に対する防護設計を行うために、個々の設計対象施設に応じて常時作用する荷重、運転時荷重を適切に組み合わせるとしている。火山事象以外の自然事象による荷重との組合せについては、同時発生の可能性のある風（台風）及び積雪を対象としている。さらに、設計基準事故時の荷重との組合せを適切に考慮する設計としている。

原子力規制委員会は、被告による設計荷重の設定が、設計対象施設ごとに常時作用する荷重及び運転時荷重を考慮するものとしていることを確認した。

(ク) 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針

降下火砕物の直接的影響によって安全機能が損なわれない設計方針とする必要がある。

a 構築物等の健全性の維持（荷重）に対する設計方針

被告は、設計対象施設のうち降下火砕物が堆積する建屋及び屋外施設について、建屋等の許容荷重が設計荷重に対して安全裕度を有する

ことにより構造健全性を失わず、安全機能を損なわない設計方針としている。また、降下火砕物の粒子の衝突の影響が考えられるが、竜巻における砂等の飛来物の評価に包絡されるとしている。

原子力規制委員会は、被告の設計について、建屋等の許容荷重が設計荷重に対して余裕を有することにより構造健全性を失わず、安全機能が損なわれない方針としていることを確認した。

b 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計方針

被告は、屋外に連通する開口部を有する設計対象施設については、降下火砕物が侵入しにくい設計方針とするとともに、腐食により安全機能が損なわれないように塗装を行うとしている。中央制御室は、降下火砕物により大気汚染が本件各号機で発生した場合、外気を遮断するため中央制御室空調装置の閉回路循環運転等を実施できる設計とした上で、酸素濃度及び二酸化炭素濃度について評価を行い、24時間閉回路循環運転を実施した場合においても居住性を確保できる設計方針としている。また、摺動部を有する施設については、耐摩耗性のある材料を使用することで機械的影響（摩耗）を受けないように設計するとしている。

原子力規制委員会は、被告の設計が降下火砕物や設計対象施設の特徴を踏まえて、降下火砕物の侵入による機械的影響（閉塞、摩耗）に対する対策として、平型フィルタ等の設置や換気空調系の停止により、安全施設の安全機能が損なわれないようにするとともに、原子炉制御室にあっては閉回路循環運転等により居住性を確保する方針としていることを確認した。

c その他の降下火砕物が及ぼす影響に対する設計方針

被告は、降下火砕物による構造物への化学的影響（腐食）、水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）、電気系及び計

装制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）等によって、以下のとおり安全機能が損なわれないように設計としている。

① 構造物への化学的影響（腐食）

設計対象施設である建屋及び屋外施設は、外装塗装等を実施し、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによる化学的影響（腐食）に対して、安全機能が損なわれないように設計としている。

② 水循環系の閉塞，内部における摩耗及び化学的影響（腐食）

設計対象施設である水循環系を有する施設は、降下火砕物の粒径に対して、その施設の狭あい部に十分な流路幅を設け閉塞しないように設計としている。降下火砕物の性状の変化による閉塞については、降下火砕物が粘土質でないため考慮する必要はないとしている。また、降下火砕物から海水に溶出した腐食性成分による腐食に対しては、塗装又は耐食性を有する材料の使用等により影響を及ぼさないように設計としている。摩耗については、降下火砕物の硬度が砂よりも低くもろいことから、日常保守管理等により補修が可能としている。

③ 電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）

電気系及び計装制御系の設計対象施設は、外気と遮断された全閉構造等により機械的影響（閉塞）を受けず、また、塗装等により化学的影響（腐食）を受けないように設計としている。

④ その他の影響

設計対象施設への直接的影響としては、上記の①から③までの他に、水質汚染の影響が考えられるが、この影響については、設計対象施設の構造上、有意な影響を受ける可能性がないとしている。





また、電気系及び計装制御系の計装盤は、絶縁低下しないように外気取入口にフィルタを設置する等の空調管理された場所に設置するとしている。

原子力規制委員会は、被告の設計が降下火砕物の特徴を踏まえ、設計対象施設に与える化学的影響、機械的影響その他の影響に対して、安全機能が損なわれない方針としていることを確認した。

d 降下火砕物の除去等の対策

被告は、設計対象施設に、長期にわたり静的荷重がかかることや化学的影響（腐食）が発生することを避け、安全機能を維持するために、降下火砕物の降灰時の特別点検、除灰等の対応を適切に実施する方針としている。

原子力規制委員会は、被告が降下火砕物の除去等について、除灰作業等に必要な資機材を確保するとともに、手順等を整備する方針としていることを確認した。

以上のとおり、原子力規制委員会は、被告が降下火砕物の直接的影響により安全機能が損なわれないとしており、この設計方針が火山ガイドを踏まえていることを確認した。

(ウ) 降下火砕物の間接的影響に関する設計方針

火山ガイドは、降下火砕物による間接的影響として長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶を想定し、外部からの支援がなくても、原子炉及び使用済燃料プールの安全性を損なわないように対応が取れることを示している。

被告は、原子炉及び使用済燃料ピット（使用済燃料貯蔵槽、使用済燃料貯蔵プールに対して被告が用いている名称）の安全性を損なわないようにディーゼル発電機及びタンクローリを備えたとし、7日間の連続運転により、電力の供給を可能とする方針としている。

原子力規制委員会は、被告の設計が降下火砕物の間接的影響として外部電源喪失及び交通の途絶を想定し、ディーゼル発電機及びタンクローリを備え、7日間の連続運転を可能とする方針であり、この方針が火山ガイドを踏まえたものであることを確認した。

エ 火山爆発指数（VEI）と破局的噴火（乙97，247，250，256）

火山爆発指数（VEI）は、噴火規模を噴出物量に応じて次のとおり0から8までに分類する指標である。

VEI 0 0.00001 km<sup>3</sup>未満

VEI 1 0.00001 km<sup>3</sup>以上0.001 km<sup>3</sup>未満

VEI 2 0.001 km<sup>3</sup>以上0.01 km<sup>3</sup>未満

VEI 3 0.01 km<sup>3</sup>以上0.1 km<sup>3</sup>未満

VEI 4 0.1 km<sup>3</sup>以上1 km<sup>3</sup>未満

VEI 5 1 km<sup>3</sup>以上10 km<sup>3</sup>未満

VEI 6 10 km<sup>3</sup>以上100 km<sup>3</sup>未満

VEI 7 100 km<sup>3</sup>以上1000 km<sup>3</sup>未満

VEI 8 1000 km<sup>3</sup>以上

破局的噴火は、火山爆発指数（VEI）7以上の噴火であり、100 km<sup>3</sup>以上の噴出物を伴う噴火のことをいい、非常に大規模な噴火である。

オ 被告による本件5カルデラの本件各号機の運用期間中における破局的噴火の発生可能性の評価（甲107，乙95～99，101，103，105，107～121，182～235，247，250，252，256，257，267，268）

被告は、本件申請に当たり、本件各号機の敷地に影響を及ぼす可能性がある火山について、その活動性及び影響範囲を把握するため、文献調査（地質調査総合センター「日本の火山（第3版）」（2013）及び町

田・新井（2011）等の文献の調査），地形・地質調査及び地球物理学的研究を実施した。

被告は、本件申請において、前記ウ(ア)のとおり、本件各号機に影響を及ぼし得る火山として、過去に破局的噴火が発生した本件5カルデラを含む21火山を抽出し、前記ウ(イ)のとおり、本件5カルデラについては、本件各号機の運用期間中におけるVEI7以上の噴火（破局的噴火）の活動可能性が十分低いと評価した上で、現在の噴火ステージにおける既往最大規模の噴火を考慮して本件各号機への影響を評価し、その他の16火山については、既往最大規模の噴火を考慮して本件各号機への影響を評価した。被告は、本件5カルデラの現在の噴火ステージにおける既往最大規模の噴火として、阿蘇カルデラについては約3万年前の阿蘇草千里ヶ浜噴火（VEI5）を、加久藤・小林カルデラについては約4.5万年前から約4万年前の霧島イワオコシ噴火（VEI5）を、始良カルデラについては約1.3万年前の桜島薩摩噴火（VEI6）を、阿多カルデラについては約6400年前の池田噴火（VEI5）を、鬼界カルデラについては約6000年前以降の薩摩硫黄島での噴火（VEI4）をそれぞれ考慮し、その他の16火山の既往最大規模の噴火として考慮したものは、いずれもVEI5以下のものであった。

被告は、上記の影響評価の結果、前記ウ(イ)及び(エ)のとおり、火山ガイドの表1「原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係」記載の火山事象について、降下火砕物（火山灰等）を除き、いずれも本件各号機に影響を及ぼさないなどと評価するとともに、本件各号機の敷地に対して最も影響が大きい降下火砕物については、同敷地からの距離と噴出物量との関係から九重山における約5万年前の九重第1噴火（噴出量6.2km<sup>3</sup>）によるものを選定した。また、被告は、町田・新井（2011）により、九重第1噴火における降下火砕物は、給源である

九重山の主に東側に分布し、九重山の西側に位置する本件各号機周辺には堆積していないことを確認した。その上で、九重第1噴火と同規模の噴火が起こった場合の本件各号機の敷地における降灰量について、風や噴煙柱高さのパラメータを変化させてシミュレーションした結果、想定される層厚は最大で2.2 cmであることを確認した。さらに、被告は、自然現象における不確かさを踏まえ、本件各号機の敷地における降下火砕物の最大層厚を10 cmと設定し、また、降下火砕物の粒径及び密度は、文献調査結果等を踏まえ、粒径を2 mm以下、乾燥密度を $1.0 \text{ g/cm}^3$ 、湿潤密度を $1.7 \text{ g/cm}^3$ と設定した。

被告は、本件申請において、上記のとおり、本件5カルデラについて、本件各号機の運用期間中の破局的噴火の活動可能性が十分低いと評価し、現段階においても、同様の評価をしているところ、その評価の方法は、後記(ア)のとおりであり、本件5カルデラの個別の評価等は、後記(イ)から(カ)までのとおりである。

#### (ア) 評価の方法

被告は、本件5カルデラについて、次のとおり、①破局的噴火の噴火間隔、②噴火ステージ、③マグマ溜まりの状況の三つの観点を総合的に考慮して、本件各号機の運用期間中の破局的噴火の発生可能性を評価した。

##### a ①破局的噴火の噴火間隔

破局的噴火は極めて大規模な噴火であり、後記cのとおり、地下のマグマ溜まりに大量のマグマが蓄積されることが必要である。そのため、被告は、本件5カルデラにおける破局的噴火の噴火間隔と最新の破局的噴火からの経過時間との比較により、破局的噴火に必要な大量のマグマが蓄積されるために必要な時間が経過しているかを検討した。

##### b ②噴火ステージ

噴火ステージは、対象とすべき火山の活動時期、噴火規模等を想定する考え方の一つである。被告は、Nagaoka (1988) の噴火ステージに関する知見等を踏まえ、本件5カルデラの噴火ステージを検討し、運用期間中の破局的噴火の可能性に関する一つの考慮要素とした。

Nagaoka (1988) は、詳細な地質調査（テフラ層の調査及びその対比等）に基づき、始良カルデラ、阿多カルデラ及び鬼界カルデラの噴火史を明らかにし、噴火ステージに関する総合的な検討を行った論文であるところ、次の㉠～㉣を述べている。

㉠鹿児島地溝における噴火サイクルは、噴火フェーズの考えに基づく  
と、プリニー式噴火サイクル、大規模火砕流噴火サイクル、中規模  
火砕流噴火サイクル及び小規模噴火サイクルに分類されること

㉡始良カルデラ及び阿多カルデラでは、10万年間に複数回のプリ  
ニー式噴火サイクルが、それぞれ大規模火砕流噴火サイクルの前に  
断続的に発生し、数万年間に及び、大規模火砕流噴火サイクルに続  
いて、中規模火砕流噴火サイクルが1万年間続き、次いで、後カル  
デラ火山で小規模噴火サイクルが発生し、これらのサイクルは5～  
8万年間続く噴火マルチサイクルを構成すること

㉢鬼界カルデラは、この一般的パターン例外であり、噴火口にかか  
る高い水圧のため、プリニー式噴火サイクルと中規模火砕流噴火サ  
イクルが存在しないこと

㉣鹿児島地溝のカルデラは、1回の大規模火砕流噴火サイクルで生じ  
たのではなく、複数の噴火サイクル及びマルチサイクルで形成され  
たこと

被告は、上記のNagaoka (1988) の知見から、始良カルデラ及び阿  
多カルデラにおいては、プリニー式噴火ステージ、破局的噴火ステー  
ジ、中規模火砕流噴火ステージ及び後カルデラ火山噴火ステージから

成る噴火マルチサイクルを繰り返し、鬼界カルデラにおいては、破局的噴火ステージ及び後カルデラ火山噴火ステージから成る噴火マルチサイクルを繰り返すと考えることに一定の合理性があると判断した。そして、この噴火ステージの考え方は、他のカルデラ火山についても、一定の参考になると判断し、阿蘇カルデラ及び加久藤・小林カルデラにおける過去の噴火履歴を基に噴火ステージについて評価したところ、いずれもプリニー式噴火ステージ及び中規模火砕流噴火ステージが確認できず、破局的噴火ステージ及び後カルデラ火山噴火ステージのみが確認できた。そこで、本件5カルデラの噴火ステージを検討し、運用期間中の破局的噴火の発生可能性に関する一つの考慮要素とした。なお、プリニー式噴火ステージは、破局的噴火に先行してプリニー式噴火が間欠的に発生するステージであり、破局的噴火ステージは、破局的噴火が発生するステージであり、中規模火砕流噴火ステージは、破局的噴火時の残存マグマによる火砕流噴火が発生するステージであり、後カルデラ火山噴火ステージは、多様な噴火様式の小規模噴火が発生するステージである。

c ③マグマ溜まりの状況

マグマ溜まりとは、地下深部から上昇してきたマグマが地殻浅所で一時的に蓄えられたものである。破局的噴火を発生させるのは、デイサイト質及び流紋岩質のような珪素（ $\text{SiO}_2$ ）の量が多い珪長質の大規模なマグマ溜まりであり、また、破局的噴火を発生させるためには、深さ10kmよりも十分浅い位置に、破局的噴火を発生させ得るほど多量の珪長質マグマが蓄積されている必要があるとされている。そのため、被告は、本件5カルデラについて、深さ10km以浅における大規模なマグマ溜まりの有無を検討した。また、多くのカルデラ噴火の前にはマグマ溜まりの膨張があったと考えられるところ、マグマ溜

まりの規模の変化は、カルデラ火山の基線長の変化等から推定することができると判断し、基線長の変化からマグマ溜まりの増大の有無について検討した。

なお、破局的噴火を発生させるには地下10km以浅に珪長質の大規模なマグマ溜まりが形成されることが必要であるという点を裏付ける専門的知見として、荒牧(2003a)、下司(2016)、下司(2018)、東宮(1997)、吉田ほか(2017)、荒牧(2003b)、鍵山編(2003)、小林(2017)、安田ほか(2015)、篠原ほか(2008)及び高橋(2014)がある。カルデラ噴火ないし破局的噴火の前にマグマ溜まりの膨張があったと考えられるという点等を裏付ける専門的知見として、Druitt et al. (2012)、大倉(2017)及び小林(2017)等がある。

#### (イ) 阿蘇カルデラについて

##### a 概要

阿蘇カルデラは、本件各号機の敷地の東南東約130kmに位置する東西約17km、南北約25kmのカルデラである。阿蘇カルデラ周辺の火山としては、カルデラの中央部に阿蘇山が、東側に根子岳がそれぞれ位置し、縁辺部には先阿蘇の火山岩類が分布する。阿蘇山は、高岳(標高1592m)、中岳(標高1506m)等の東西方向に連なる成層火山から成る火山群であり、根子岳(標高1433m)は、開析の進んだ成層火山である。なお、気象庁編(2013)では、阿蘇山は活火山に指定されている。

##### b 噴火履歴

小野・渡辺(1983)、松本ほか(1991)、町田・新井(2011)、小野ほか(1977)、小野・渡辺(1985)、宮縁ほか(2003)、三好ほか(2009)、地質調査総合センター「日

本の火山（第3版）」（2013）及び須藤ほか（2007）によると、阿蘇カルデラにおける過去の噴火の状況は、次のとおりである。

阿蘇カルデラでは、約27万年前から約25万年前に阿蘇1噴火が、約14万年前に阿蘇2噴火が、約12万年前に阿蘇3噴火が、約9万年前から約8.5万年前に阿蘇4噴火がそれぞれ認められ、いずれも火砕流及び降下火砕物を噴出した噴火とされている。そして、約10万年前に阿蘇ABCD噴火（噴出量10㎥未満）が認められる。阿蘇1噴火の際に噴出した阿蘇1火砕流堆積物及び阿蘇2噴火の際に噴出した阿蘇2火砕流堆積物は、大分県西部並びに熊本県北部及び中部の広い範囲に、阿蘇3噴火の際に噴出した阿蘇3火砕流堆積物は、大分県西部及び中部並びに熊本県北部及び中部の広い範囲に、阿蘇4噴火の際に噴出した阿蘇4火砕流堆積物は、九州北部及び中部並びに山口県南部の広い範囲に分布する。阿蘇3噴火及び阿蘇4噴火の噴火規模は、破局的噴火とされており、阿蘇1噴火及び阿蘇2噴火についても、火砕流堆積物の分布範囲等から、その噴火規模は破局的噴火と考えられる。阿蘇3噴火の噴出量は約200㎥と考えられ、阿蘇4噴火の噴出量は約600㎥と考えられる。

地質調査結果によると、本件各号機の敷地を中心とする半径30kmの範囲に、阿蘇4火砕流堆積物は認められるものの、同敷地に、同火砕流堆積物は認められない。

阿蘇4噴火に関する活動について、阿蘇4噴火以前の活動としては、阿蘇3噴火及び阿蘇4噴火の間に、降下軽石又は降下火山灰を主体とする噴火が複数回発生した阿蘇4／3噴火期が認められる。阿蘇4噴火以降の活動としては、約9万年前以降に阿蘇山が噴火活動を開始し、溶岩や火砕物を噴出する小規模噴火の繰り返しにより形成された火山体とともに、降下軽石を主体とする噴火が複数回認められる。なお、



約80万年前から約40万年前の間に先阿蘇の火山岩類の活動が認められ、約14万年前から約12万年前の間に根子岳の火山岩類の活動が認められる。

阿蘇山での既往最大噴火は阿蘇草千里ヶ浜噴火であり、その噴出物量は約2km<sup>3</sup>とされている。

c ①破局的噴火の噴火間隔について

阿蘇カルデラは、破局的噴火の最短の噴火間隔が約2万年、平均発生間隔が約5.3万年であるのに対して、最後の破局的噴火からは約9万年が経過している。このことからすると、既に破局的噴火のマグマ溜まりを形成している可能性又はもはや破局的噴火を発生させる供給系ではなくなっている可能性等が考えられ、さらに、破局的噴火が切迫している可能性があるとの評価もあり得る。

d ②噴火ステージについて

阿蘇カルデラにおける現在の噴火活動は、最新の破局的噴火以降、阿蘇山において草千里ヶ浜軽石等の多様な噴火様式の小規模噴火が発生しているのみであることから、後カルデラ火山噴火ステージにあると考えられる。

なお、阿蘇カルデラは、一般的に、現在、後カルデラ期にあると考えられている。

e ③マグマ溜まりの状況について

Sudo and Kong (2001) 及び須藤ほか (2006) 等によれば、地下深さ6km付近にマグマ溜まりがあると考えられているが、三好ほか (2005)、三好 (2012)、高倉ほか (2000) 及び大倉 (2017) によれば、これは、珪長質ではなく玄武岩質のマグマ溜まりであり、大規模なものではなく、しかも全体として縮小傾向にあり、破局的噴火を起こし得る珪長質のマグマ溜まりではなく、また、

阿蘇カルデラの地下10km以浅にマグマと予想される低比抵抗域は認められない。

また、国土地理院による電子基準点の解析結果によると、大きな基線長の変化はなく、マグマ溜まりの顕著な増大は認められない。

したがって、阿蘇カルデラにおいて、地下深さ10kmより十分浅い位置に、大規模な珪長質マグマ溜まりは存在しないと判断できるため、阿蘇カルデラにおいて、破局的噴火を起こし得るようなマグマ溜まりが存在する可能性は低いと考えられる。

#### f 評価結果

被告は、前記cからeまでを総合的に考慮して、阿蘇カルデラにおいて本件各号機の運用期間中に破局的噴火が発生する可能性は極めて低いと評価した。

#### g 評価結果の信頼性

前記fの阿蘇カルデラの破局的噴火の可能性に関する被告の評価結果は、三好(2018)、榊原正幸愛媛大学社会共創学部教授及びDr. Brittain E. Hillの各意見書(乙233~235)で示されている専門的知見と整合的であるといえる。また、地質学的な見地からカルデラ噴火の前兆現象を考察した小林(2017)で示されている専門的知見に裏付けられているといえる。

### (ウ) 加久藤・小林カルデラについて

#### a 概要

加久藤カルデラは、本件各号機の敷地の南南東約180kmに、小林カルデラは、同敷地の南南東約200kmにそれぞれ位置し、両カルデラは隣接しており、いずれもカルデラ地形が不明瞭である。加久藤・小林カルデラ周辺の火山としては、加久藤カルデラ南縁付近に霧島山が位置する。霧島山は、韓国岳(標高1700m)、新燃岳(標高1

421 m), 高千穂峰(標高1573 m)等の北西-南東方向に連なる複数の成層火山及び火砕丘から成る火山群であり, その山麓の一部には先霧島の火山岩類が分布する。なお, 気象庁編(2013)では, 霧島山は活火山に指定されている。

b 噴火履歴

町田・新井(2011), 長岡ほか(2010), 井村・小林(2001)及び地質調査総合センター「日本の火山(第3版)」(2013)によると, 加久藤・小林カルデラにおける過去の噴火の状況は, 次のとおりである。

加久藤・小林カルデラでは, 約53万年前から約52万年前に小林笠森噴火が, 約33万年前から約32万年前に加久藤噴火がそれぞれ認められ, いずれも火砕流及び降下火砕物を噴出した噴火とされている。小林笠森噴火の際に噴出した小林火砕流堆積物及び加久藤噴火の際に噴出した加久藤火砕流堆積物は, 鹿児島県北部及び中部, 宮崎県中部及び南部並びに熊本県南部の広い範囲に分布する。加久藤噴火の噴火規模は破局的噴火とされており, 小林笠森噴火についても, 火砕流堆積物の分布範囲等から, 噴火規模は破局的噴火と考えられる。

地質調査結果によると, 本件各号機の敷地を中心とする半径30 kmの範囲に, 小林火砕流堆積物及び加久藤火砕流堆積物は認められない。

加久藤噴火に関する活動について, 加久藤噴火以前の活動としては, 約52万年前から約34万年前の間に降下軽石を主体とする噴火が複数回発生した境別府噴火期が認められる。加久藤噴火以降の活動としては, 約30万年前に先霧島の火山岩類の活動が認められる。また, 約30万年前以降に霧島山が活動を開始し, 溶岩や火砕物を噴出する小規模噴火の繰り返しにより形成された火山体とともに, 降下火山灰, 降下軽石又は降下スコリアを主体とする噴火が複数回認められる。

霧島山での既往最大噴火は霧島イワオコシ噴火であり、その噴出物量は約1 km<sup>3</sup>とされている。

c. ①破局的噴火の噴火間隔について

加久藤・小林カルデラは、最後の破局的噴火（加久藤噴火）から約33万年が経過しているが、加久藤噴火とその前の破局的噴火（小林笠森噴火）は約20万年の間隔である。このことからすると、既に破局的噴火のマグマ溜まりを形成している可能性又はもはや破局的噴火を発生させる供給系ではなくなっている可能性等が考えられ、さらに、破局的噴火が切迫している可能性があるとの評価もあり得る。

一方、鹿児島地溝にある3カルデラ（加久藤・小林、始良、阿多）全体としての破局的噴火の噴火間隔について検討したところ、階段ダイヤグラムにおける過去60万年間の破局的噴火間隔は、約9万年の周期性を有していることが分かった。上記3カルデラにおける最新の破局的噴火は、約3万年前の始良T<sub>n</sub>噴火であり、始良T<sub>n</sub>噴火からの経過期間は約9万年よりも十分短いことから、運用期間中に上記3カルデラで破局的噴火が発生する可能性が低いことに関する積極的な事情の一つとなる。

d. ②噴火ステージについて

加久藤・小林カルデラにおける現在の噴火活動は、最新の破局的噴火以降、霧島山においてイワオコシ軽石等の多様な噴火様式の小規模噴火が発生しているのみであることから、後カルデラ火山噴火ステージにあると考えられる。

e. ③マグマ溜まりの状況について

井村・小林（2001）、鍵山ほか（1997）、鍵山（2003）、Goto et al.（1997）及び大倉（2017）等を踏まえると、加久藤・小林カルデラにおいて、地下10kmより十分浅い位置に、大

規模な珪長質マグマ溜まりは存在しないと考えられる。加久藤カルデラの南東縁に位置する霧島火山群に関し、北西部の火山（硫黄山、新燃岳、中岳）の地下深さ10km付近にマグマ溜まりがあると考えられているが、硫黄山や新燃岳における噴出物が安山岩質であることから、浅い位置に大規模な珪長質のマグマ溜まりが存在する可能性は低い。また、マグマ溜まりが水平方向に広がっているのは約10km以深であって、10kmより十分浅い位置には広がっていないことから、破局的噴火を起こし得るような大規模な珪長質のマグマ溜まりではないと考えられる。

また、国土地理院による電子基準点の解析結果によると、マグマ溜まりの顕著な増大を示唆する基線長の変化は認められない。

したがって、加久藤・小林カルデラにおいて、破局的噴火を起こし得るようなマグマ溜まりが存在する可能性は低いと考えられる。

#### f 評価結果

被告は、前記cからeまでを総合的に考慮して、加久藤・小林カルデラにおいて本件各号機の運用期間中に破局的噴火が発生する可能性は極めて低いと評価した。

#### g 評価結果の信頼性

前記cの鹿児島地溝にある3カルデラ全体の破局的噴火の噴火間隔に関する被告の考え方は、小林・矢野（2007）、中田（2015）及び中田（2014）等で示されている専門的知見に裏付けられているといえる。

また、前記fの加久藤・小林カルデラの破局的噴火の可能性に関する被告の評価結果は、小林（2017）で示されている専門的知見に裏付けられているといえる。

#### (エ) 始良カルデラについて

#### a 概要

始良カルデラは、本件各号機の敷地の南南東約220kmに位置する東西約17km、南北約23kmのカルデラである。始良カルデラ周辺の火山としては、カルデラの北東側に若尊カルデラが、南西縁に桜島がそれぞれ位置し、縁辺部に先始良の火山岩類が分布する。若尊カルデラは、直径約10kmのカルデラであり、桜島は、北岳（標高1117m）及び北岳の山腹に生じた南岳（標高1060m）から成る成層火山である。なお、気象庁編（2013）では、若尊カルデラ及び桜島は活火山に指定されている。

#### b 噴火履歴

町田・新井（2011）、長岡ほか（2001）、西村・小林（2012）、奥野（2002）、小林ほか（2013）、小林・溜池（2002）、須藤ほか（2007）及び地質調査総合センター「日本の火山（第3版）」（2013）によると、始良カルデラにおける過去の噴火の状況は、次のとおりである。

始良カルデラでは、約3万年前から約2.8万年前に火砕流及び降下火砕物を噴出した始良T<sub>n</sub>噴火が認められる。始良T<sub>n</sub>噴火の際に噴出した入戸火砕流堆積物は九州南部の広い範囲に分布し、始良T<sub>n</sub>噴火の噴火規模は破局的噴火とされている。

地質調査結果によると、本件各号機の敷地を中心とする半径30kmの範囲に、入戸火砕流堆積物は認められない。

始良T<sub>n</sub>噴火に関する活動について、始良T<sub>n</sub>噴火以前の活動としては、約9万年前に福山噴火が、約5万年前から約4.5万年前に岩戸噴火が、約3.3万年前に大塚噴火が、約3.1万年前に深港噴火が、約3万年前に毛梨野噴火がそれぞれ認められ、いずれも降下軽石を主体とする噴火とされている。始良T<sub>n</sub>噴火以降の活動としては、約1.

9 万年前に火砕サージを噴出した高野噴火が、約 1.6 万年前に火砕流を噴出した新島噴火がそれぞれ認められる。約 2.6 万年前以降に桜島が活動を開始し、溶岩や火砕物を噴出する小規模噴火の繰り返しにより形成された火山体とともに、降下軽石を主体とする噴火が複数回認められる。なお、約 120 万年前から約 10 万年前の間に先始良の火山岩類の活動が認められる。

桜島での既往最大噴火は桜島薩摩噴火であり、その噴出物量は約 11 ~ 14 km<sup>3</sup>とされている。

c ①破局的噴火の噴火間隔について

始良カルデラは、最後の破局的噴火（始良 T<sub>n</sub> 噴火）から約 3 万年が経過しているが、始良 T<sub>n</sub> 噴火の前の破局的噴火は約 6 年以上前であるから、最後の破局的噴火からの経過時間は、破局的噴火の噴火間隔に比べて十分に短い。

また、前記(ウ)c のとおり、鹿児島地溝の 3 カルデラにおける破局的噴火の噴火間隔も、始良カルデラにおいて運用期間中に破局的噴火が発生する可能性が低いことに関する積極的な事情の一つとなる。

d ②噴火ステージについて

始良カルデラにおける現在の噴火活動は、桜島において多様な噴火様式の小規模噴火が発生しているのみであり、プリニー式噴火が間欠的に発生しているものではなく、Nagaoka (1988) においても、現在、始良カルデラが後カルデラ火山噴火ステージにあることが示されていることから、後カルデラ火山噴火ステージにあると考えられる。

なお、始良カルデラは、一般的に、現在、後カルデラ期にあると考えられている。

e ③マグマ溜まりの状況について

井口ほか (2011), 京都大学防災研究所 (2013), 安田ほ

か(2015), 井口(2015)及び小林ほか(2013)等を踏まえると, 始良カルデラにおいて, 地下10km以浅に大規模な珪長質マグマ溜まりは存在しないと考えられる。始良カルデラに関し, ㊦中央部下約10~12kmに主マグマ溜まり, ㊧桜島南岳下4kmと㊨桜島北岳下3~6kmに副マグマ溜まりがあるとの知見がある。しかし, 上記㊦については, 破局的噴火を起こすような大規模な珪長質マグマ溜まりは深さ10kmよりも十分浅い位置に定置すると考えられる上, 始良カルデラでの過去の破局的噴火時のマグマ溜まりの上部は深さ4~5km程度の地殻浅部にまで広がっていたとされていることからすると, 破局的噴火を起こすような大規模な珪長質のマグマ溜まりである可能性は低い。上記㊧については, 桜島南岳における噴出物が安山岩質であり, このマグマ溜まりが大規模であることを示す知見がないことから, 破局的噴火を起こすような大規模な珪長質のマグマ溜まりではないと考えられる。上記㊨については, 上記㊧と連動していることから安山岩質であると考えられ, このマグマ溜まりが大規模であることを示す知見がないことから, 破局的噴火を起こすような大規模な珪長質のマグマ溜まりではないと考えられる。

また, 国土地理院による電子基準点の解析結果によると, 基線長に若干の変化がみられ, マグマ溜まりの増大を示唆する基線の伸張傾向が認められるが, 加茂・石原(1980), 江頭(1989), 山本ほか(2013), 井口ほか(2013)及びDruitt et al. (2012)等を踏まえると, マグマ供給率は $0.01 \text{ km}^3/\text{年}$ 程度にすぎず, マグマ溜まりの顕著な増大はない。

したがって, 始良カルデラにおいて, 破局的噴火を起こし得るようなマグマ溜まりが存在する可能性は低いと考えられる。

#### f 評価結果



被告は、前記 c から e までを総合的に考慮して、始良カルデラにおいて本件各号機の運用期間中に破局的噴火が発生する可能性は極めて低いと評価した。

g 評価結果の信頼性

前記 e の始良カルデラのマグマ溜まりの状況に関する被告の評価は、関口ほか（2014）、小林（2017）、宮町ほか（2018）及び井口（2018）で示されている専門的知見と整合するといえる。

また、前記 f の始良カルデラの破局的噴火の可能性に関する被告の評価結果は、小林（2017）で示されている専門的知見に裏付けられているといえる。

(オ) 阿多カルデラについて

a 概要

阿多カルデラは、北側に位置するカルデラ及び南側に位置するカルデラから成る。北側のカルデラは、本件各号機の敷地の南南東約 250 km に位置する東西約 11 km、南北約 10 km のカルデラであり、南側のカルデラは、同敷地の南南東約 270 km に位置する東西約 20 km、南北約 10 km のカルデラである。阿多カルデラ周辺の火山としては、南側のカルデラの西側に指宿火山群及び池田が、南西縁に開聞岳がそれぞれ位置する。指宿火山群は複数の成層火山や溶岩円頂丘から成り、池田は直径約 4 km の池田カルデラ、マール群等から成る。開聞岳（標高 924 m）は、おおむね円錐形を成す成層火山である。なお、気象庁編（2013）では、池田及び開聞岳は活火山に指定されている。

b 噴火履歴

町田・新井（2011）、Nagaoka（1988）、川辺・阪口（2005）、藤野・小林（1997）、奥野（2002）、地質調査総合センター「日本の火山（第3版）」（2013）、奥野ほか（1995）

及び第四紀火山カタログ委員会編（1999）によると、阿多カルデラにおける過去の噴火の状況は、次のとおりである。

阿多カルデラでは、約24万年前に阿多鳥浜噴火が、約10.5万年前に阿多噴火がそれぞれ認められ、いずれも火砕流及び降下火砕物を噴出した噴火とされている。阿多鳥浜噴火の際に噴出した鳥浜火砕流堆積物及び阿多噴火の際に噴出した阿多火砕流堆積物は九州南部の広い範囲及び鹿児島県の屋久島、種子島に分布し、いずれの噴火規模も破局的噴火とされている。

地質調査結果によると、本件各号機の敷地を中心とする半径30kmの範囲に、鳥浜火砕流堆積物及び阿多火砕流堆積物は認められない。

阿多噴火に関する活動について、阿多噴火以前の活動として、阿多噴火以前の数万年前に上ノ宇都噴火、塩屋噴火及び阿多丸峰噴火がそれぞれ認められ、いずれも降下軽石を主体とする噴火とされている。阿多噴火以降の活動としては、約10万年前に今和泉噴火が、約8万年前に田代噴火がそれぞれ認められ、いずれも火砕流を主体とする噴火とされている。約10.5万年前以降に指宿火山群が新期指宿火山群の活動を開始し、溶岩や火砕物を噴出する小規模噴火の繰り返しにより形成された火山体とともに、降下火山灰、降下軽石又は降下スコリアを主体とする噴火が複数回認められる。池田では、約6400年前に主に降下軽石を噴出した池田噴火が認められる。約4400年前以降に開聞岳が活動を開始し、溶岩や火砕物を噴出する小規模噴火の繰り返しにより形成された火山体が認められる。なお、約110万年前から約10.5万年前の間に、指宿火山群において、古期指宿火山群及び中期指宿火山群の火山岩類の活動が認められる。

池田、開聞岳及び指宿火山群での既往最大噴火は池田噴火であり、その噴出物量は約5km<sup>3</sup>とされている。

c ①破局的噴火の噴火間隔について

阿多カルデラは、最後の破局的噴火（阿多噴火）から約10.5万年が経過しているが、阿多噴火とその前の破局的噴火（阿多鳥浜噴火）は約14万年の間隔があったことから、最後の破局的噴火からの経過時間は、破局的噴火の噴火間隔に比べて十分に短い。

また、前記(ウ)cのとおり、鹿児島地溝の3カルデラにおける破局的噴火の噴火間隔も、阿多カルデラにおいて運用期間中に破局的噴火が発生する可能性が低いことに関する積極的な事情の一つとなる。

d ②噴火ステージについて

阿多カルデラにおける現在の噴火活動に関し、開聞岳においては多様な噴火様式の小規模噴火が発生していること、池田噴火についてはプリニー式噴火ステージの兆候である可能性があるが、随所で間欠的なプリニー式噴火が発生しているわけではなく、プリニー式噴火ステージである可能性が低い上に、仮にプリニー式噴火ステージにあるとしても、過去のプリニー式噴火ステージの継続期間は数万年であり、これに比べると、池田噴火からの経過時間（約0.6万年）は十分短いこと、Nagaoka（1988）においても、現在、阿多カルデラが後カルデラ火山噴火ステージ又はプリニー式噴火ステージの初期段階にあることが示されていることから、破局的噴火までには、十分な時間的余裕があると考えられる。

なお、阿多カルデラは、一般的に、現在、後カルデラ期にあると考えられている。

e ③マグマ溜まりの状況について

西ほか（2001）及び大倉（2017）を踏まえると、地下10km以浅に大規模な珪長質マグマ溜まりは存在しないと考えられる。

また、国土地理院による電子基準点の解析結果によると、大きな基

線長の変化はなく、マグマ溜まりの顕著な増大は認められない。

したがって、阿多カルデラにおいて、破局的噴火を起こし得るようなマグマ溜まりが存在する可能性は低いと考えられる。

f 評価結果

被告は、前記cからeまでを総合的に考慮して、阿多カルデラにおいて本件各号機の運用期間中に破局的噴火が発生する可能性は極めて低いと評価した。

g 評価結果の信頼性

前記fの阿多カルデラの破局的噴火の可能性に関する被告の評価結果は、小林（2017）で示されている専門的知見に裏付けられているといえる。

(カ) 鬼界カルデラについて

a 概要

鬼界カルデラは、本件各号機の敷地の南方約310kmの海域に位置する東西約23km、南北約16kmのカルデラである。鬼界カルデラ周辺の火山としては、カルデラの北西縁に薩摩硫黄島が位置し、薩摩硫黄島は、硫黄岳（標高704m）及び稲村岳（標高236m）の成層火山から成る火山島である。なお、気象庁編（2013）では、薩摩硫黄島は活火山に指定されている。

b 噴火履歴

町田・新井（2011）、小野ほか（1982）、小林ほか（2010）、奥野（2002）及び前野・谷口（2005）によると、鬼界カルデラにおける過去の噴火の状況は、次のとおりである。

鬼界カルデラでは、約14万年前に火砕流を噴出した小アビ山噴火が、約9.5万年前に火砕流及び降下火砕物を噴出した鬼界葛原噴火が、約7300年前に火砕流及び降下火砕物を噴出した鬼界アカホヤ