

令和3年3月12日判決言渡 同日原本領収 裁判所書記官

平成23年(ワ)第812号 九州電力玄海原子力発電所運転差止請求事件(以下「甲事件」という。)

平成24年(ワ)第23号 九州電力玄海原子力発電所運転差止請求事件(以下「乙事件」という。)

平成27年(ワ)第374号 玄海原子力発電所3号機運転差止請求事件(以下「丙事件」という。)

令和元年(ワ)第281号 玄海原子力発電所3号機運転差止請求事件(以下「丁事件」という。)

口頭弁論の終結の日 令和2年8月28日

判 決

当事者の表示 別紙当事者目録記載のとおり

主 文

- 1 甲事件原告らの甲事件請求, 乙事件原告らの乙事件請求, 丙事件原告らの丙事件請求及び丁事件原告らの丁事件請求をいずれも棄却する。
- 2 甲事件の訴訟費用は甲事件原告らの負担とし, 乙事件の訴訟費用は乙事件原告らの負担とし, 丙事件の訴訟費用は丙事件原告らの負担とし, 丁事件の訴訟費用は丁事件原告らの負担とする。

事 実 及 び 理 由

[目次]

第1 請求.....	- 3 -
第2 事案の概要.....	- 4 -
1 前提事実.....	- 4 -
(1) 当事者等.....	- 4 -
(2) 玄海原子力発電所.....	- 5 -

(3) 原子力発電所の仕組み等.....	- 6 -
(4) 本件各号機の概要.....	- 8 -
(5) 玄海原子力発電所 2 号機における配管のひび割れ	- 14 -
(6) 福島第一原発事故後の法整備.....	- 16 -
(7) 本件各号機の福島第一原発事故後の手続及び運転の再開等	- 22 -
2 争点及びこれに関する当事者の主張.....	- 24 -
(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	- 24 -
(原告らの主張)	- 24 -
(被告の主張)	- 32 -
(2) 本件各号機の配管の安全性の欠如の有無	- 52 -
(原告らの主張)	- 52 -
(被告の主張)	- 60 -
(3) 本件各号機に係る火山事象の危険性の有無	- 75 -
(原告らの主張)	- 75 -
(被告の主張)	- 86 -
(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 の運転の可否.....	- 101 -
(原告らの主張)	- 101 -
(被告の主張)	- 102 -
第 3 当裁判所の判断.....	- 102 -
1 主張立証責任について.....	- 102 -
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	- 106 -
(1) 認定事実.....	- 106 -
(2) 検討.....	- 127 -
(3) 原告らの主張について.....	- 129 -

(4) まとめ.....	- 141 -
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	- 142 -
(1) 認定した事実.....	- 142 -
(2) 検討.....	- 159 -
(3) 原告らの主張について.....	- 164 -
(4) まとめ.....	- 166 -
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 ...	- 166 -
(1) 認定事実等.....	- 167 -
(2) 検討.....	- 210 -
(3) 原告らの主張について.....	- 219 -
(4) まとめ.....	- 226 -
5 争点(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 発電所の運転の可否) について.....	- 227 -
6 まとめ.....	- 227 -
第4 結論.....	- 228 -

第1 請求

1 甲事件

甲事件被告は、甲事件原告らに対し、甲事件被告が佐賀県東松浦郡玄海町大字今村に設置している玄海原子力発電所4号機の運転をしてはならない。

2 乙事件

乙事件被告は、乙事件原告らに対し、乙事件被告が佐賀県東松浦郡玄海町大字今村に設置している玄海原子力発電所3号機の運転をしてはならない。

3 丙事件

丙事件被告は、丙事件原告らに対し、丙事件被告が佐賀県東松浦郡玄海町大

字今村に設置している玄海原子力発電所3号機の運転をしてはならない。

4 丁事件

丁事件被告は、丁事件原告らに対し、丁事件被告が佐賀県東松浦郡玄海町大字今村に設置している玄海原子力発電所3号機の運転をしてはならない。

(以下、この判決においては、別紙「略称表」及び別紙「関係省令及び関係規則等の定め」記載の略称又は定義等を用いる。ただし、正式の用語等を用いることもある。)

第2 事案の概要

甲事件は、甲事件原告らが、本件4号機の安全性が保証されていないなどとして、被告に対し、人格権に基づき、被告が設置している本件4号機の運転（原子炉を稼働して発電すること）の差止めを求める事案である。

乙事件、丙事件及び丁事件は、乙事件原告ら、丙事件原告ら及び丁事件原告らが、本件3号機の安全性が保証されていないなどとして、被告に対し、人格権に基づき、本件3号機の運転（原子炉を稼働して発電すること）の差止めを求める事案である。

1 前提事実（争いのない事実、後掲の証拠及び弁論の全趣旨により容易に認められる事実並びに当裁判所に顕著な事実）

(1) 当事者等

ア 原告ら

原告らは、別紙当事者目録記載の肩書住所地に居住する者である。

イ 被告

被告は、福岡県、佐賀県、長崎県、大分県、熊本県、宮崎県及び鹿児島県において、一般の需要に応じて電気を供給する事業を営む株式会社である。

被告は、佐賀県東松浦郡玄海町大字今村に玄海原子力発電所を設置している。

- (2) 玄海原子力発電所（乙3，8～10，38，50，51，53，54，124，241）

ア 概要

玄海原子力発電所は，上記のとおり被告が設置する原子力発電所であり，1号機から4号機までの4基の原子炉がある。被告は，1号機については平成27年4月27日をもって，2号機については平成31年4月9日をもってそれぞれ廃止の決定をし，これに伴い，経済産業大臣に電気事業法所定の届出をした。なお，甲事件において，訴えの提起時には，1号機及び2号機の運転の差止めの請求もされていたが，上記廃止の決定及び届出を受けて，甲事件の訴えのうち1号機の運転の差止めの請求に係る部分は平成27年5月15日に，2号機の運転の差止めの請求に係る部分は令和元年9月27日にそれぞれ訴えの取下げにより終局した。

本件各号機は，いずれも，加圧水型軽水炉（PWR）である。電気出力は118万kWであり，原子炉の熱出力は342万3000kWであり，燃料の装荷量は約89トンである。本件3号機は，低濃縮（約4%）二酸化ウラン及びウラン・プルトニウム混合酸化物を燃料とし，本件4号機は，低濃縮（約4%）二酸化ウランを燃料とする。

イ 運転の開始

被告は，昭和57年10月19日付けで玄海原子力発電所について本件各号機増設に係る原子炉設置変更許可の申請をし，通商産業大臣は，昭和59年10月12日付けで，被告に対し，原子炉設置変更許可をした。

本件3号機について，通商産業大臣は，昭和60年3月8日付けから平成5年10月1日付けまで，複数回にわたって工事計画の認可及び工事計画の変更の認可をし，被告は，平成6年3月18日付けで使用前検査

に合格した。

本件4号機について、通商産業大臣は、昭和60年3月8日付けから平成7年5月15日付けまで、複数回にわたって工事計画の認可及び工事計画の変更の認可をし、被告は、平成9年7月25日付けで使用前検査に合格した。

被告は、平成6年3月に本件3号機の営業運転を開始し、平成9年7月に本件4号機の営業運転を開始した。

(3) 原子力発電所の仕組み等（甲1）

ア 原子力発電

原子力発電所では、原子炉でウラン235等を核分裂させ、その際に生じるエネルギーを蒸気の形で取り出し、蒸気でタービンを回し、タービンにより駆動される発電機で発電を行っている。この原子力発電の仕組みは、原理的には、火力発電におけるボイラーを原子炉に置き換えたものと考えることができる。

イ 核分裂の仕組み

全ての物質は、原子から成り立っており、原子は、原子核とその周りを周回する電子から構成されている。ウランのように重い原子核は、分裂して軽い原子核に変化しやすい傾向を有しており、原子核が中性子を吸収すると、原子核は不安定な状態となり、分裂して二つないし三つの異なる原子核に変化する。これを核分裂と呼び、核分裂が起きると大きなエネルギーが発生する。核分裂を起こす物質としては、ウラン及びプルトニウムがよく知られている。天然ウランには、核分裂しやすい性質を有するウラン235が0.7%しか含まれておらず、残りの99.3%は核分裂しにくい性質を有するウラン238である。我が国の商業用原子力発電所で使用されるウラン燃料は、ウラン235の含有率を3～5%に高めた低濃縮ウランである。

ウラン235等の原子核が中性子を吸収して核分裂すると、大きなエネルギーを発生するとともに、核分裂生成物と2～3個の速度の速い中性子（高速中性子）が生じる。この中性子の一部が他のウラン235等の原子核に吸収されて次の核分裂を起こし、連鎖的に核分裂が維持される現象を核分裂連鎖反応といい、1回のウラン235等の核分裂によって生じる中性子の一部が再度ウラン235等に吸収され、その結果1回の核分裂が起き、核分裂が安定的に継続する状態を臨界状態という。

ウラン235等の原子核が中性子を吸収して核分裂する確率は、中性子の速度が遅い場合に大きくなる。このため、核分裂を継続させるためには、高速中性子の速度を、速度が遅い中性子すなわち熱中性子の速度まで減速させる必要があり、原子炉では減速材が用いられる。また、核分裂連鎖反応を安定した状態に制御するためには、核分裂を起こす中性子の数を調整する必要があり、原子炉では中性子を吸収する物質である制御棒及び制御材が用いられる。

ウ 原子炉の種類

原子炉には、減速材及び冷却材の組合せによっていくつかの種類がある。このうち、減速材及び冷却材の両者の役割を果たすものとして軽水（普通の水）を用いるものを軽水型原子炉という。

軽水型原子炉を用いた原子力発電所には、大きく分けて2種類がある。一つは、原子炉の中で冷却材を沸騰させ、そこで発生した蒸気を直接タービンに送る沸騰水型原子炉（BWR）を使用する原子力発電所である。もう一つは、高圧を掛けて沸騰を抑えつつ、一次冷却材を原子炉で高温水とし、これを蒸気発生器に導き、蒸気発生器で高温水の持つ熱エネルギーを、二次冷却設備を流れている二次冷却材に伝えてこれを蒸気に変え、この蒸気をタービンに送る加圧水型原子炉（PWR）を使用する原子力発電所である。本件各号機では、いずれも加圧水型原子炉（P

WR) が使用されている。

エ 原子力発電所の安全の確保

原子力発電所は、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いる。また、原子炉が停止しても、内包する放射性物質の発熱のため、冷却手段を確保し、炉心の損傷ないし溶融を防止する必要がある。

このような原子力発電所の安全確保の観点から、被告は、本件各号機について、多重防護の考え方を取り入れている。多重防護の考え方は、①まず、異常の発生を未然に防止し、②次に、異常の拡大及び事故への進展を防止し、③さらに、放射性物質の異常な放出を防止するという三つの段階で、後続の段階の対策に期待することなく、各段階において十分な対策を講じるというものである。そして、上記②の段階においては、原子炉を確実に「止める」ことができ、上記③の段階においては、原子炉を「冷やす」こと、放射性物質を「閉じ込める」ことができる必要があるとされている。被告は、放射性物質を「閉じ込める」設計として、五重の障壁、すなわち、第1の障壁としてペレットが、第2の障壁として燃料被覆管が、第3の障壁として原子炉容器が、第4の障壁として原子炉格納容器の鋼板が、第5の障壁として原子炉格納容器の外側のコンクリート構造物があるとする。

(4) 本件各号機の概要（乙124）

本件各号機の構造等を図示すると、別紙「原子力発電のしくみ」記載のとおりである。

本件各号機は、

- ・原子炉を中心とする一次冷却設備
- ・一次冷却設備を格納する原子炉格納容器

- ・タービンを中心とする二次冷却設備
- ・電気設備
- ・工学的安全施設
- ・使用済燃料貯蔵設備

等から構成されており、その概要は、次のとおりである。

ア 一次冷却設備

一次冷却設備は、(ア)原子炉、(イ)加圧器、(ウ)蒸気発生器、(エ)一次冷却材ポンプ及び(オ)一次冷却材管から構成されており、原子炉内で生じた熱エネルギーで一次冷却材を高温水とした上で、これを蒸気発生器に導き、蒸気発生器内において二次冷却材を蒸気にする役割を果たしている。なお、蒸気発生器内で温度が下がった一次冷却材は、再び原子炉に戻される。

(ア) 原子炉

原子炉は、①核分裂を起こして熱エネルギーを発生させる燃料集合体、②原子炉内の中性子の数を調整し、核分裂を制御する制御棒及び制御材、③核分裂で発生する熱エネルギーを外部に取り出し、かつ、核分裂によって発生する高速中性子を、核分裂を起こしやすい熱中性子の速度まで減速させるための一次冷却材及び④これらを取り囲む原子炉容器から構成される。

④の原子炉容器は、底部と上蓋が半球形となっている円筒型の容器であり、本件各号機の原子炉容器は、いずれも高さ約13m、内径約4.4mである。

①の燃料集合体は、ペレット（ウランやプルトニウムの酸化物を焼き固めたもので、直径約8mm、高さ約10mmの小さな円柱形のものを）、長さ約4mのジルコニウム合金製の燃料被覆管の中に約300個入れ、両端に端栓を溶接して密封した燃料棒を束ねたものである。本件各号機では、燃料棒を264本束ねた燃料集合体193体が炉心に装荷されて

いる。

②の制御棒は、中性子を吸収する能力を有しており、これを原子炉内の燃料集合体に出し入れすることにより中性子の数を調整し、核分裂の数を調整することで、原子炉の出力を制御する設備である。制御棒には、銀・インジウム・カドミウム合金が用いられており、燃料棒とほぼ同じ長さ、径のステンレス鋼製被覆材で被覆されている。本件各号機では、24本の制御棒を束ねて作られた制御棒クラスタが、原子炉内の特定の位置の燃料集合体に挿入又は引抜きをすることができるように設置されており、制御棒クラスタが挿入される燃料集合体は、53体である。制御棒クラスタは、電動の駆動装置により挿入又は引抜きをすることができ、通常運転時には、ほぼ全部が引き抜かれた状態であるが、緊急時等には、自重により自動的に挿入され、速やかに原子炉を停止させる構造となっている。

原子炉容器の内部は、③の一次冷却材で満たされており、一次冷却材は、熱エネルギー伝達と中性子を減速する役割を果たしている。

中性子を吸収する性質を持つほう素（ほう酸）を②の制御材として一次冷却材に添加し、この濃度を調整することにより中性子の数を調整し、原子炉の出力制御を行っている。

(イ) 加圧器

加圧器は、一次冷却材が沸騰しないようにするために一次冷却材を高い圧力で一定に制御するための機器である。本件各号機には、それぞれ1台の加圧器が設置されている。

(ウ) 蒸気発生器

蒸気発生器は、熱交換器であり、一次冷却材と二次冷却材の境界を形成している。蒸気発生器の伝熱管内を流れている一次冷却材から、伝熱管の外側を流れている二次冷却材に熱が伝わり、二次冷却材が蒸気とな

り、タービンに導かれる。本件各号機には、それぞれ4基の蒸気発生器が設置されている。

(エ) 一次冷却材ポンプ

一次冷却材ポンプは、一次冷却材を循環させる機器であり、蒸気発生器の一次冷却材出口側に設置されている。蒸気発生器で二次冷却材に熱を伝え終えた一次冷却材は、このポンプにより再び原子炉に送られる。本件各号機には、それぞれ4基の一次冷却材ポンプが設置されている。

(オ) 一次冷却材管

一次冷却材管は、原子炉で発生した熱を蒸気発生器に運ぶための一次冷却材が通るステンレス鋼製配管であり、原子炉容器、蒸気発生器及び一次冷却材ポンプ相互を連絡し、循環ループを形成している。

イ 原子炉格納容器

原子炉格納容器は、一次冷却設備を格納する容器であり、気密性が確保されている。本件各号機の原子炉格納容器は、いずれも鋼板及びコンクリート構造物で構成されている。

ウ 二次冷却設備

二次冷却設備は、蒸気系統、タービン、復水器、主給水ポンプ、主蒸気管等から構成されており、主蒸気管を通して蒸気発生器で発生した蒸気をタービンに導き、タービンを回転させる。タービンを回転させた蒸気は、復水器において海水で冷却されて水となり、ポンプで再び二次冷却材として蒸気発生器へ送られる。

エ 電気設備

電気設備において、タービンの回転により発電機において電気が発生し、変圧器を通じて送電線に送られる。

原子力発電所内の機器を運転するのに必要な電気は、通常時においては、発電機から所内変圧器を通じて供給するが、発電機の起動又は停止時に

は、送電線（外部電源）から主変圧器，所内変圧器を通じて供給することができ，別系統の送電線（外部電源）から予備変圧器を通じて供給することもできる。発電機が停止し，かつ，外部電源が喪失した場合に備え，原子力発電所内に非常用ディーゼル発電機が設けられている。そして，原子炉等を監視，制御するために必要な機器に電気を供給する計装用電源設備に対しては，上記の機器を運転するのに必要な電気と同じく，発電機，外部電源及び非常用ディーゼル発電機から供給することができるが，これらが全て喪失した場合に備え，更に蓄電池が設けられている。

非常用ディーゼル発電機は，外部電源が完全に喪失した場合に，原子力発電所の保安を確保し，原子炉を安全に停止するために必要な電源を供給し，さらに，工学的安全施設の作動のための電源を供給することとなっている。本件各号機には，各号機ごとに2台が備えられ，それぞれ独立した部屋に設けられている。

オ 工学的安全施設

工学的安全施設は，一次冷却設備及び二次冷却設備の故障等により，燃料の重大な損傷及びこれに伴う多量の放射性物質の放散の可能性がある場合に，これらを抑制又は防止するために設置されるものであり，(ア)非常用炉心冷却設備（ECCS），(イ)原子炉格納施設，(ウ)原子炉格納容器スプレイ設備及び(エ)アニュラス空気浄化設備等から構成される。

(ア) 非常用炉心冷却設備（ECCS）

非常用炉心冷却設備（ECCS）は，高圧注入系，低圧注入系及び蓄圧注入系から構成され，一次冷却材喪失等の事故時に，原子炉を冷却するとともに，安全に停止するため，ほう酸水（中性子を吸収する物質であるほう素を溶かした水）を一次冷却設備に注入する設備である。

高圧注入系及び低圧注入系は，それぞれ高圧注入ポンプ及び余熱除去ポンプで構成され，事故時に，本件3号機においては燃料取替用水タン

クに貯蔵するほう酸水が、本件4号機においては燃料取替用水ピットに貯蔵するほう酸水が、一次冷却設備（原子炉）に注入される構造となっている。

蓄圧注入系は、窒素ガスで加圧されたほう酸水を蓄える蓄圧タンクが一次冷却設備と配管で接続されており、一次冷却設備の圧力が下がると自動的にほう酸水が注入される構造となっている。

(イ) 原子炉格納施設

原子炉格納施設は、原子炉格納容器とアニュラスで構成されている。原子炉格納容器は、事故時に、圧力障壁となり、かつ、放射性物質の放散に対する最終の障壁となる。アニュラスは、原子炉格納容器に設けられた配管等の貫通部等から漏えいした空気を、アニュラス空気浄化設備で処理するために設けられた密閉した空間である。

(ウ) 原子炉格納容器スプレイ設備

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及びスプレイリング等で構成されており、一次冷却材が原子炉格納容器内に放出された場合に、核分裂により生成した放射能を持つよう素（放射性よう素）を吸収する性質を持つ苛性ソーダを、本件3号機においては燃料取替用水タンクに、本件4号機においては燃料取替用水ピットにそれぞれ貯蔵するほう酸水に添加しながら、原子炉格納容器内にスプレイし、圧力を下げるとともに、空気中の放射性よう素を除去する機能を有する。

(エ) アニュラス空気浄化設備

アニュラス空気浄化設備は、一次冷却材が原子炉格納容器内に放出された場合に、環境に放出される放射性物質の濃度を減少させるための設備であり、原子炉格納容器を取り巻くアニュラス部を負圧に保つとともに、原子炉格納容器からアニュラス部に漏えいした放射性物質を含む空気を浄化、再循環し、環境に放出される放射性物質の濃度を減少させる

機能を有する。

カ 使用済燃料貯蔵設備

原子力発電所は、原子炉から使用済燃料を取り出した後、それを燃料集合体の形のままで貯蔵するための使用済燃料貯蔵設備を備える。使用済燃料貯蔵設備は、ほう酸水を満たしたステンレス鋼内張りの使用済燃料ピット、水温を保つための冷却器、ピット水中の異物を分離するためのフィルタ、溶け込んだ化学物質を吸着するための脱塩塔等から構成される浄化・冷却系設備を備えており、使用済燃料は、使用済燃料ピットに貯蔵される。使用済燃料ピットでは、貯蔵した使用済燃料の上方に、使用済燃料からの放射線を遮へいするのに十分な水深を確保している。また、必要に応じて運転員が水を補給するなどの速やかな対処ができるようにするため、水位を監視する設備が設けられ、水位が通常範囲を外れると警報が発信する構造になっている。

- (5) 玄海原子力発電所2号機における配管のひび割れ（甲60（枝番号を含む。以下、枝番号がある書証について、特に明記しない限り、同じ。）、乙33、34、46、62～69）

被告は、平成18年11月14日から玄海原子力発電所2号機について第20回定期検査を実施した。その際、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余剰抽出配管の超音波探傷検査を実施したところ、平成19年1月16日、欠陥を示す有意な信号指示が認められたため、外部の調査機関にて詳細調査を実施した。その結果、同月24日、同配管エルボ部の曲がり部の内面（背面）に長さが約90mm、深さが最大で約8.1mm（配管残厚さ約1.5mm）のひび割れ及びこれとほぼ直角方向に長さが約20mmのひび割れが確認された（2号機配管ひび割れ）。

上記の超音波探傷検査を実施した経緯は、被告は、保全計画では、上記の余剰抽出配管のひび割れが生じた部位が当該余剰抽出配管のうち溶接部以外

の耐圧部分であることから、同部位について漏えい検査のみの対象としていたが、他社の事故事例等を踏まえ、念のため、複数の配管について超音波探傷検査を実施し、その中で上記の余剰抽出配管の超音波探傷検査を実施したというものである。

上記余剰抽出配管は、省令62号6条（当時）の「一次冷却系統に係る施設に属する（中略）管」、同省令9条の2第1項の「使用中のクラス1機器」、技術基準規則18条1項の「使用中のクラス1機器」及び同規則19条の「一次冷却系統に係る（中略）管」にそれぞれ該当する。なお、省令62号6条、9条の2（当時）は、それぞれ技術基準規則19条、18条に相当する。

上記余剰抽出配管は、外径60.5mm（公称値）であり、また、肉厚は8.7mm（公称値）、必要最小肉厚は5mmであったところ、上記のとおり、同配管エルボ部の内面に深さが最大で約8.1mm（配管残厚さ約1.5mm）のひび割れがあったことは、省令62号9条の2第1項（当時）（使用中のクラス1機器（中略）には、その破壊を引き起こすき裂その他の欠陥があつてはならない。）で定める技術基準に適合しないものであった。

2号機配管ひび割れの発生原因は、余剰抽出配管エルボ部の曲がり部にキャビティフロー（液体の混合部において、高温の主管流れに誘起され、低温の閉塞分岐管内に高温水が渦の形態をもって流入する流れ）の先端が存在しているところ、平成13年に実施した蒸気発生器取替え前において、短周期かつ大きな温度変動の条件下で、原子炉の運転に伴い発生する局所的な温度変動による繰返し応力が疲労限を超え、疲労亀裂が発生し、その後、これが進展したと推定された。

被告は、2号機配管ひび割れに対する対策として、一次冷却材配管管台との接続部から余剰抽出配管エルボ部を含む下流側配管の一部を取り替え、キャビティフローの先端が余剰抽出配管の水平部に位置するように設計を変

更し、これに応じた工事を実施した。

被告は、平成19年2月、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則19条の17（当時）に基づき、経済産業大臣に2号機配管ひび割れについて報告した。また、上記工事の実施等に当たり、同月16日、電気事業法（当時）に基づき、経済産業大臣に対し、工事計画の認可（同法47条1項）の申請をし、同年3月12日、同認可を受け、同月19日、同法に基づき、経済産業大臣に対し、使用前検査（同法49条1項）の申請をし、同年4月19日、同検査に合格した。そして、玄海原子力発電所2号機は、第20回定期検査が終了し、同年5月16日、経済産業大臣から同定期検査が終了したと認められ、通常運転に復帰した。

本件に係る省令62号（当時）、技術基準規則及び技術基準規則解釈の定めのうち主なものは、別紙「関係省令及び関係規則等の定め」第1、第2の1及び第3の1記載のとおりである。

(6) 福島第一原発事故後の法整備

ア 福島第一原発事故の発生（甲30、37）

平成23年3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生し、福島第一原発において、同地震及びこれに伴う津波に起因する事故（福島第一原発事故）が発生した。福島第一原発事故では、福島第一原発1号機から3号機までが炉心損傷・溶融に至るなどし、大量の放射性物質が環境中に放出された。

原子力安全・保安院は、福島第一原発事故について、国際原子力事象評価尺度で「レベル7」に相当すると暫定評価した。また、福島第一原発事故で大気中に放出された放射性物質の量について、原子力安全・保安院は77万テラベクレルと推定し、原子力安全委員会は63万テラベクレルと推定した。

イ 原子力規制委員会設置法（平成24年法律第47号）の成立等

福島第一原発事故を契機として、平成24年6月27日、原子力規制委員会設置法が成立した。同法は、原子力規制委員会の設置等に関する新たな法規の定立をするとともに、附則において原子炉等規制法等の一部改正をするものである。

(ア) 原子力規制委員会設置法（既存の法律の一部改正に係る部分を除く。）

の概要

原子力規制委員会設置法は、福島第一原発事故を契機に明らかとなった原子力利用に関する政策に係る縦割り行政の弊害を除去し、並びに一の行政組織が原子力利用の推進及び規制の両方の機能を担うことにより生ずる問題を解消するため、原子力利用における事故の発生を常に想定し、その防止に最善かつ最大の努力をしなければならないという認識に立って、確立された国際的な基準を踏まえて原子力利用における安全の確保を図るため必要な施策を策定し、又は実施する事務を一元的につかさどるとともに、その委員長及び委員が専門的知見に基づき中立公正な立場で独立して職権を行使する原子力規制委員会を設置し、もって国民の生命、健康及び財産の保護、環境の保全並びに我が国の安全保障に資することを目的とする（1条）。同法は、規制と利用の分離の観点から、原子力規制委員会を、経済産業省及び文部科学省等ではなく、環境省の外局として設置し（2条）、かつて経済産業省及び文部科学省等において所掌されていた原子力利用における安全の確保に係る事務を、原子力規制委員会に一元的に担わせている（3条、4条1項）。また、原子力規制委員会の委員長及び委員が専門的知見に基づき中立公正な立場で独立して職権を行うとし（1条、5条）、その独立性や中立性を担保するため、国家行政組織法3条2項の規定に基づき、いわゆる3条委員会として、原子力規制委員会を設置するとする（2条）。また、原子力規制委員会を、委員長及び委員4人をもって組織する合議制の機関とし（6

条，10条），委員長及び委員は，人格が高潔であつて，原子力利用における安全の確保に関して専門的知識及び経験並びに高い識見を有する者のうちから，両議院の同意を得て，内閣総理大臣が任命するとする（7条1項）。さらに，原子力規制委員会に，原子力規制委員会の指示があつた場合に原子炉に係る安全性に関する事項を調査審議する原子炉安全専門審査会等の審議会等を置き，その審査委員は，学識経験のある者のうちから，原子力規制委員会が任命する（13条から15条まで）ほか，原子力規制委員会は，その所掌事務について，法律若しくは政令を実施するため，又は法律若しくは政令の特別の委任に基づいて，原子力規制委員会規則を制定することができるとする（26条）。そして，原子力規制委員会の事務局として原子力規制庁を置く（27条）。

原子力規制委員会は，平成24年9月19日，原子力規制委員会設置法2条により，国家行政組織法3条2項に基づいて環境省の外局として設置された。

なお，原子力規制委員会の設置に伴い，原子力安全委員会及び原子力安全・保安院は廃止された。

(イ) 原子炉等規制法の一部改正（原子力規制委員会設置法附則15条から18条まで）の概要

目的規定について，①核原料物質，核燃料物質及び原子炉の利用が計画的に行われることを確保することが削られ，②防止する災害について，核原料物質，核燃料物質及び原子炉による災害とされていたのを，原子力施設において重大な事故が生じた場合に放射性物質が異常な水準で当該原子力施設を設置する工場又は事業所の外へ放出されることその他の核原料物質，核燃料物質及び原子炉による災害と改められ，原子力施設において重大な事故が生じた場合に放射性物質が異常な水準で当該原子力施設を設置する工場又は事業所の外へ放出されることの防止を同法の

目的に含むこととされ、③必要な規制について、大規模な自然災害及びテロリズムその他の犯罪行為の発生も想定したものにするとし、④究極的な目的として、もって国民の生命、健康及び財産の保護、環境の保全並びに我が国の安全保障に資することが加えられた（１条）。

経済産業省及び文部科学省等が所管していた原子力利用の安全の確保のための規制及び国際約束に基づく保障措置の実施のための規制その他の原子力の平和的利用の確保のための規制について、原子力規制委員会が一元的に行うものとされた。

重大事故対策が強化され、発電用原子炉の設置の許可の基準の一つである発電用原子炉の運転を適確に遂行するに足る技術的能力に、重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力が含まれることとされる（４３条の３の６第１項３号）など、いわゆるアクシデントマネジメント能力についても、原子力規制委員会で審査することとなり、また、発電用原子炉設置者が講じるべき保安のための必要な措置に重大事故が生じた場合における措置に関する事項が含まれるとされた（４３条の３の２第１項）。

新たな科学的・技術的知見が得られたことにより発電用原子炉の設置の許可の基準が変更され、既に許可を受けている発電用原子炉施設が新たな基準に適合しなくなった場合や、許可の基準は変更されていないものの発電用原子炉施設が同基準に適合しなくなった場合等において、原子力規制委員会は、発電用原子炉設置者に対し、発電用原子炉施設の使用の停止等の保安のために必要な措置を命ずること（バックフィット命令）ができるとされた（４３条の３の２３）。これは、バックフィット命令を行う権限を原子力規制委員会に与え、発電用原子炉設置者の基準適合義務の履行を確保することを目的とする制度（バックフィット制度）である。

発電用原子炉を運転することができる期間を、原則として、最初に使用前検査に合格した日から起算して40年とするとされた（43条の3の32）。

以上のほか、加工施設等について重大事故対策の強化やバックフィット制度の導入がされ、原子力事業者等が核原料物質、核燃料物質及び原子炉による災害の防止に関し必要な措置を講ずる責務を有することが明確化され、核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は原子炉による災害が発生した原子力施設について、当該施設の状況に応じた適切な方法による管理を行い、原子力利用の安全を確保するための規制が導入され、発電用原子炉施設に対する原子力安全規制体系の整理が行われ、発電用原子炉設置者等が、発電用原子炉施設等の安全性について自ら評価し、その結果等を原子力規制委員会に届け出た上、評価の結果等について公表する制度が導入されるなどした。

なお、上記の原子炉等規制法の一部改正は、その施行の時期に応じ、原子力規制委員会設置法附則15条から18条までの4条に分けて行われた。

一方、上記改正後の原子炉等規制法においても、分野別規制及び段階的規制の体系の採用は維持された。分野別規制の体系は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の利用について、各種分野に区分し、分野ごとに規制を行うというものであり、段階的規制の体系は、発電用原子炉施設についていえば、発電用原子炉施設の設計から運転に至るまでの過程を段階的に区分し、それぞれの段階に対応した許認可等の規制を行うというものである。

ウ 改正後の原子炉等規制法の規定及び新規規制基準の策定等（甲75，89，98，乙39，40，59，174）

前記イ(イ)の改正後の原子炉等規制法（以下、特に明記しない限り、同改



正後の原子炉等規制法を、単に「原子炉等規制法」という。)は、発電用原子炉設置者すなわち43条の3の5第1項の許可(発電用原子炉設置許可)を受けた者は、同条2項2号から5号まで又は8号から10号までに掲げる事項を変更しようとするときは、原子力規制委員会の許可(発電用原子炉設置変更許可)を受けなければならないとし(43条の3の8第1項)、原子力規制委員会は、同許可の申請が43条の3の6第1項各号に適合していると認めるときでなければ許可をしてはならないとし(43条の3の8第2項、43条の3の6第1項)、43条の3の6第1項所定の許可基準のうち、4号は、発電用原子炉施設(発電用原子炉及びその附属施設をいう(43条の3の5第2項5号)。)の位置、構造及び設備が核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は発電用原子炉による災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであることを求めている。原子力規制委員会は、この原子力規制委員会規則として実用発電用原子炉については設置許可基準規則を制定し、これとともに内規である設置許可基準規則解釈を制定した。

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する(43条の3の14本文)。原子力規制委員会は、この原子力規制委員会規則として技術基準規則を制定し、これとともに内規である技術基準規則解釈を制定した。

上記に加え、原子力規制委員会は、内規である①地質審査ガイド、②地震動審査ガイド及び③火山ガイドを制定した。①地質審査ガイドは、発電用軽水型原子炉施設の設置許可段階の審査において、審査官等が設置許可基準規則及び設置許可基準規則解釈の趣旨を十分踏まえ、基準地震動及び基準津波の策定並びに地盤の安定性評価等に必要な調査及びその

評価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る。②地震動審査ガイドは、発電用軽水型原子炉施設の設置許可段階の耐震設計方針に関わる審査において、審査官等が設置許可基準規則及び設置許可基準規則解釈の趣旨を十分踏まえ、基準地震動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る。③火山ガイドは、原子力発電所への火山影響を適切に評価するため、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出、抽出された火山の火山活動に関する個別評価、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出及びその影響評価のための方法と確認事項を取りまとめたものである。

前記イの原子炉等規制法等の改正等に伴い、上記のものを含め、原子力規制委員会規則及び内規等が制定又は改正されており、このように制定又は改正された規制基準を総称して「新規制基準」と呼ばれることがある。

新規制基準のうち本件に係る技術基準規則、設置許可基準規則、技術基準規則解釈、設置許可基準規則解釈、地震動審査ガイド及び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2及び第3記載のとおりである。

- (7) 本件各号機の福島第一原発事故後の手続及び運転の再開等（乙11, 12, 86, 99, 125～145, 149～163, 252）

ア 福島第一原発事故前後の本件各号機の運転状況

被告は、平成22年11月22日付けで経済産業大臣に対し本件3号機の定期検査を受けたい旨申請し、同年12月、本件3号機について第13回定期検査のため運転を停止した。そのため、本件3号機は、福島第一原発事故の発生時において、運転停止中であった。

被告は、福島第一原発事故後の平成23年11月24日付けで経済産業大臣に対し本件4号機の定期検査を受けたい旨申請し、同年12月、本

件4号機について第11回定期検査のため運転を停止した。

イ 福島第一原発事故後の安全対策の実施

福島第一原発事故を踏まえ、経済産業大臣は、平成23年3月30日、被告を含む電気事業者等に対し、原子力発電所について緊急安全対策の実施及びその報告を指示し、被告は、同年4月、経済産業大臣に対し、玄海原子力発電所等における緊急安全対策の実施に係る報告書を提出した。経済産業大臣は、同年6月7日、被告を含む電気事業者等に対し、各電気事業者等において緊急安全対策が適切に実施されていることを確認して炉心損傷等の発生防止に必要な安全性は確保されていると判断した旨通知するとともに、原子力発電所におけるシビアアクシデントへの対応に関する措置の実施及びその報告を指示し、これを受けて、被告を含む各電気事業者等は、同月14日、上記措置の実施状況に係る報告をした。原子力安全・保安院は、各電気事業者等から報告のあったシビアアクシデントへの対応に関する措置が適切に実施されていると評価した。また、原子力安全・保安院は、同年7月22日、被告に対し、発電用原子炉施設の安全性に関する総合評価の実施及びその報告を指示し、被告は、本件各号機について発電用原子炉施設の安全性に関する総合評価（一次評価）を実施し、原子力安全・保安院に対し、平成24年5月10日に本件4号機について、同月25日に本件3号機について、それぞれ上記総合評価（一次評価）の結果についての報告書を提出した。

ウ 通常運転の再開

原子力規制委員会は、平成25年3月、新規制基準を満たしていない原子力発電所について運転再開の前提条件を満たしていないと判断する旨、新規制基準の適合性について、ハード・ソフトを一体的に確認することが合理的であることから、事業者設置変更許可、工事計画認可及び保安規定認可といった関連する申請を同時期に提出させ、並行して審査を

実施する旨の方針を示した。そして、平成24年法律第47号による改正後の原子炉等規制法（一部）が平成25年7月8日から施行された。

被告は、同月12日、原子力規制委員会に対し、原子炉等規制法に基づき、本件各号機に係る発電用原子炉設置変更許可の申請（本件申請）、工事計画認可の申請及び保安規定変更認可の申請をした。

原子力規制委員会は、平成29年1月18日、本件各号機に係る発電用原子炉設置変更許可（原子炉等規制法43条の3の8第1項に基づく許可）（本件処分）をし、同年8月25日、本件3号機に係る工事計画認可（原子炉等規制法43条の3の9第1項に基づく認可）をし、同年9月14日、本件4号機に係る工事計画認可（原子炉等規制法43条の3の9第1項に基づく認可）及び本件各号機に係る保安規定変更認可（原子炉等規制法43条の3の24第1項に基づく認可）をした。

被告は、本件3号機について、同年8月28日、使用前検査の申請をし、平成30年5月16日、使用前検査に合格する（電気事業法49条1項及び原子炉等規制法43条の3の11第1項に基づく使用前検査の合格）とともに、施設定期検査を終了した（原子炉等規制法43条の3の15に基づく施設定期検査の終了）と認められ、通常運転を再開した。また、被告は、本件4号機について、平成29年9月15日、使用前検査の申請をし、平成30年7月19日、使用前検査に合格する（電気事業法49条1項及び原子炉等規制法43条の3の11第1項に基づく使用前検査の合格）とともに、施設定期検査を終了した（原子炉等規制法43条の3の15に基づく施設定期検査の終了）と認められ、通常運転を再開した。

2 争点及びこれに関する当事者の主張

- (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
(原告らの主張)

次のア～エのとおり、本件各号機の耐震重要施設について策定された基準地震動は、過小評価されたものであって、設置許可基準規則4条3項に違反しているし、次のオのとおり、2016年熊本地震が提起した地震動評価の問題も未検討であるから、本件各号機の運転は認められない。

ア 被告の基準地震動の策定の問題点

被告は、基準地震動の策定に当たり、本件各号機について、断層モデルでは、竹木場断層が最大加速度524ガル（基準地震動Ss-3）をもたらすとし、その地震動の策定では、まず、断層面積から「入倉・三宅式」によって地震モーメントを算出し、次に、その地震モーメントから「壇ほか式」を用いて短周期レベルを算出している。なお、地震モーメントは地下の震源の規模を表す概念であり、短周期レベルは地表面（岩盤）における地震動に関する概念であって最大加速度に比例している。

しかし、次のイのとおり、地震モーメントを算出する際は「入倉・三宅式」でなく「武村式」を用いるべきであり、次のウのとおり、地震モーメントを算出する際にばらつきが考慮されておらず、次のエのとおり、短周期レベルを算出する際は「壇ほか式」でなく「片岡ほか式」を用いるべきであるから、被告による上記の算出結果は不合理である。「武村式」と「片岡ほか式」を用いれば、竹木場断層については、最大加速度が2273ガルとなり、本件各号機は、この地震動に耐えられる耐震性を有していない。

イ 「入倉・三宅式」ではなく「武村式」を用いるべきであること

(ア) 被告が津波評価に当たり「武村式」を用いていること

被告は、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。基準地震動の評価は、津波評価の場合と同様、「武村式」を用いて評価すべきである。

(イ) 「武村式」が適切なデータを用いていること

「入倉・三宅式」のデータは世界中の強震動から得られたものであり、日本の地震は1948年福井地震しか含まれていない。これに対し、「武村式」のデータは全て日本国内だけから集められたものである。日本の地震は、世界的にみたらつきの中で最も大きい地震動を起こす位置にあり、それを反映した「武村式」は、日本の地震の地域的特性を表しているといえる。

(ウ) 「入倉・三宅式」を用いると過小評価になること

元原子力規制委員会委員長代理の島崎邦彦は、委員を退いた後の平成27年の地震関係の複数の学会において、「入倉・三宅式」は過小評価をもたらすと発表している。また、2016年熊本地震を受け、岩波「科学」2016年7月号において、「（「入倉・三宅式」を用いた場合）‘震源の大きさ’（地震モーメント）が1/3.5程度の大きさに過小評価されている。日本列島の垂直、あるいは垂直に近い断層で発生する大地震の‘震源の大きさ’（地震モーメント）の推定には、入倉・三宅式を用いてはならない。」「この式を津波や強い揺れの推定に用いれば、「想定外」の災害や事故が繰り返される恐れがある。」と、より明確な主張を展開した提言をしている。2016年熊本地震について、地震発生層の厚みを14km、傾斜角を60度とする島崎邦彦の想定を基に、「入倉・三宅式」と「武村式」で地震モーメントを算出すると、「入倉・三宅式」による算定結果は実測値の1/3.4の過小評価となる一方、「武村式」による算定結果は実測値と整合的である。

また、上記の島崎邦彦の提言を受け、原子力規制庁が、関西電力株式会社大飯発電所について、震源断層モデルを変えずに「武村式」を用いると、「入倉・三宅式」を用いた場合に比べて、地震モーメントは3.49倍、短周期レベルは1.51倍（後に1.52倍に修正）となり、「入倉・三宅式」の過小評価が明らかになった。

入倉孝次郎は、島崎邦彦による2016年熊本地震の断層想定が誤っており、震源インバージョンで求めた不均一な断層モデルを用いるべきであるとしている。しかし、インバージョン解析を行えば、決まった結果が得られるというほど単純ではなく、最初に想定する断層面を大きく取れば、「入倉・三宅式」に近い結果を導くことは容易にできる。また、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。そして、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。したがって、震源インバージョンの持つ不確定性の処理が明確にならない限り、2016年熊本地震の解析結果の状況や、上記の島崎邦彦の提言を尊重し、安全側の立場に立って基準地震動を見直すべきである。

しかも、「入倉・三宅式」のデータセット53個のうち震源インバージョンに基づくものは12個(22.6%)にすぎず、「入倉・三宅式」そのものを震源インバージョンによる経験式ということはできない。また、「入倉・三宅式」を検証する場合、震源インバージョンによるデータの場合とそうでないデータの場合とでは、区別して検証する必要がある。

「武村式」を用いて適正に地震規模を推定すれば、 $S_s - 3$ の最大加速度は、 880 cm/s^2 (880ガル)となる。

(エ) 被告の主張に対し

「武村式」は、断層面積 S と地震モーメント M_0 の関係式で地震規模が大きい場合のもの($\log S (\text{km}^2) = 1/2.1 \log M_0 (\text{dyne} \cdot \text{cm}) - 10.71$)であるから、「武村式」は断層長さ L を不当に小さく評価している旨の被告の主張は的外れである。「武村式」には、断層長さ L と地震モーメント M_0 の関係式と、断層面積 S と地震モーメント M_0 の関係式の二つの式があり、後者の関係式は、前者の関係式に $L = S/1$

3を代入して得られた式であるが、武村（1998）のデータ集には断層面積 S の値も含まれているので、断層面積 S と地震モーメント M_0 の関係式を直接導くことができ、その結果は、上記の断層長さ L を触媒にして得られた断層面積 S と地震モーメント M_0 の関係式と完全に一致する。

「入倉・三宅式」が前提とするインバージョン解析は、最初に想定する断層面の想定の方の基準が明らかでないし、また、インバージョン解析において行われる、断層面の端の小断層の列又は行を取り出してその平均すべり量を計算し、その値が断層面全体の平均すべり量の0.3倍未満であれば、その列または行を削除するというトリミング（Somerville ほか規範）は、0.3倍未満とする理由が分からないなど、様々な面で不確定性がある。

被告は、「入倉・三宅式」について、入倉ほか（2014）において、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との整合性が論文において確認された合理的なものであると主張する。しかし、これらの地震のうち「入倉・三宅式」の適用範囲である $M_0 > 7.5 \times 10^{18} \text{ Nm}$ を満たす13地震について、すべり量の読み取りが可能な11論文では、いずれも Somerville ほか規範によるトリミングができないものであり、これらの論文で示された破壊域（断層面積）は、上記のトリミングをしたものではなく、研究者の仮定にすぎず、これを用いて「入倉・三宅式」を検証しても何の意味もない。

被告は、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が「入倉・三宅式」と整合的であることが確認されていると主張する。しかし、これは10個の地震データのうち6個を震源インバージョン解析で見直したとするものであるが、6個のうち Somerville ほか規範によ

るトリミングをしたものは2個だけであり、トリミングがされていない残りの4個は過大に評価された可能性がある。そして、この6個のうち面積の記載がある5個が「武村式」の基となった10個の地震データの中で入れ替わったとしても、当該データは、基本的には「武村式」の位置にとどまっており、震源インバージョン解析結果によるデータが「入倉・三宅式」と整合的であるとは到底いえない。また、「武村式」を導き出すのに用いたデータを修正したデータについては、入倉ほか(2014)自体において、破壊面積の評価がされていないことが指摘されており、上記の修正データの信頼性は乏しいなどし、「武村式」を否定する根拠に乏しい。

また、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、解として導かれたすべり量には相当な不確かさがある。強震動予測レシピを使用すると、前記の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においても、1948年福井地震の地震モーメントの実測値を基にした場合も、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のであって、強震動予測レシピはこのような矛盾が生じる原因を含んでいる。

さらに、被告は、本件各号機の敷地周辺の地域的な特性に照らしても、「入倉・三宅式」を含む強震動予測レシピを地震動評価に用いることが妥当であることが確認されたと主張するが、実際には、観測記録を相当に大きく上回っている周期の領域があることが確認できる。

ウ ばらつきを考慮していないこと

(ア) ばらつきの考慮の仕方について

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。」と規定している。

上記規定は、経験式を用いて地震規模を設定する場合、経験式が平均値であることを踏まえて、起き得る地震の規模について、ばらつきを考慮せよというものである。なお、ここでいうばらつきは、平均値からのばらつきであり、乖離といってもよい。

「経験式が有するばらつきも考慮」するためには、ばらつき点と平均値との乖離の平均値（標準偏差）を出して、これを考慮することも一つの方法であるが、それでも過小評価となる可能性があるので、地震動データのうち最も安全な数値となる点をとって耐震安全基準とすべきである。

(イ) 「武村式」を用いた場合のばらつきの考慮

断層面積 S を固定した上で、「武村式」を用い、ばらつきを考慮して、最大加速度を算定すると、「入倉・三宅式」を用いた場合の1.15倍となる。本件申請では、最大加速度を与える短周期レベルの算定に「壇ほか式」が用いられ、短周期レベルが地震モーメントの $1/3$ 乗に比例しているから、最大加速度は、1.15倍の $1/3$ 乗で2.26倍となる。本件申請における震源を特定した断層モデルでの最大加速度は524ガルであるから、「武村式」を用いた場合の最大加速度は2.26倍の1184ガルとなり、本件各号機の耐震重要施設は、設置許可基準規則4条3項に定める耐震性を有していないこととなる。

(ウ) 被告がばらつきを考慮していないこと

被告は、経験式に上記のばらつきがあることを踏まえ、評価対象地域における地震の地域的な特性を十分に考慮した上で、基準地震動が過小とならないように多方面に安全側に評価を行ったと主張する。

しかし、被告は、「不確かさ」を考慮しているが、「ばらつき」については一切考慮しておらず、地震動審査ガイドが求める「経験式が有するばらつき」の考慮を怠っている。

エ 「壇ほか式」ではなく「片岡ほか式」を用いるべきであること

本件各号機に係る断層モデルにおいて、地震モーメントから地表面（岩盤）における地震動を示す短周期レベル（最大加速度に比例）を算出するに当たって、短周期レベルは地震モーメントの $1/3$ 乗に比例するという「壇ほか式」が用いられている。

壇ほか（2001）の3乗根説は、主に北米大陸北西部の地震データを用いている。そして、関係式の傾きを $1/3$ に仮定している。すなわち、 $M_0^{1/3}$ の形で仮定して、残りの一つのパラメータを最小二乗法で決めている。他方、片岡ほか（2006）は、日本の内陸地震について、地震モーメントと短周期レベルのデータを基に、 $M_0^{1/3}$ のスケールリングを仮定せずに何乗根かも含めて最小二乗法でパラメータを決めているところ、ほぼ $1/2$ 乗に比例するという結果が得られた。

また、前記の原子力規制庁の試算は、関西電力株式会社大飯発電所の場合に、「入倉・三宅式」の代わりに「武村式」を用いると、アスペリティ面積が断層面積より著しく大きくなるという矛盾が生じることを示したが、「壇ほか式」ではなく「片岡ほか式」を用いると、そのような矛盾は生じない。前記の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も、「壇ほか式」ではなく「片岡ほか式」を用いれば生じない。強震動予測レシピが含む矛盾の根源は「壇ほか式」にある。

以上によれば、基準地震動の評価において、「壇ほか式」を用いると、地震動が過小評価されるので、「壇ほか式」ではなく「片岡ほか式」で評価すべきである。

本件申請において、竹木場断層がもたらす最大加速度は、「入倉・三宅式」と「壇ほか式」を用いて5.24ガルと計算されているが、「武村式」と「片岡ほか式」を用いれば、4.337倍の22.73ガルになる。

オ 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

2016年熊本地震では、震度7の地震が間を置かずに2回起こり、震度4以上の地震は10回を超えている。このような態様の地震が本件各号機の近傍で起こった場合、1回目の地震で塑性変形を起こした設備が2回目の地震に耐えきれず破損するという問題や、繰り返しの地震動による配管等の疲労が震動の数に応じて累積していき、ついには疲労限度を超えてしまうという問題があるにもかかわらず、これらの問題が未検討である。

また、現行の避難計画では、原子力施設から30km圏内は、屋内退避することになっているが、繰り返し地震があれば、屋内退避が成り立たず、避難計画は抜本的に再検討される必要がある。

(被告の主張)

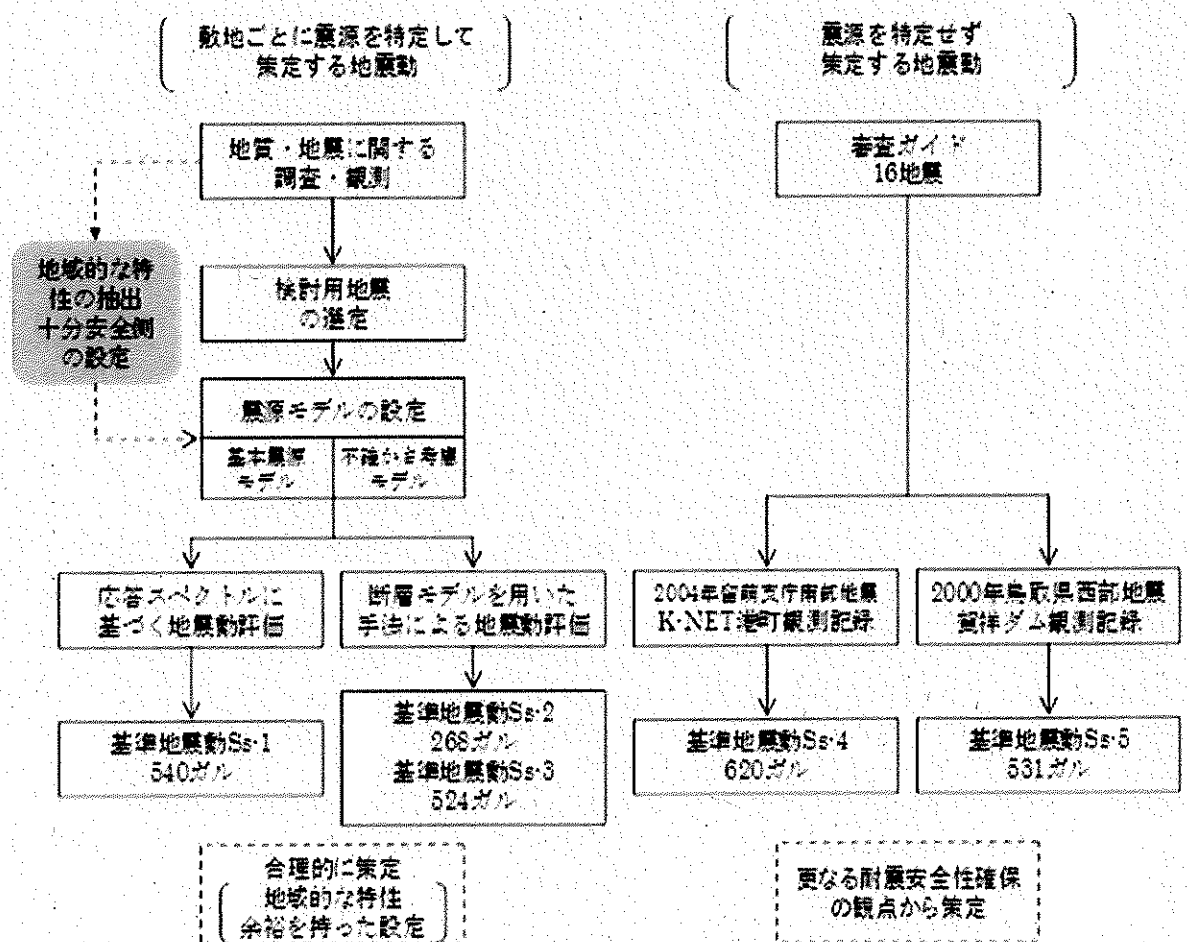
ア 本件各号機に係る基準地震動 S_s の策定及びその妥当性

本件各号機に係る基準地震動は、詳細な調査等に基づき地域的な特性を把握した上で、最新の知見を反映した強震動予測レシピに従い、不確かさを考慮し、安全側の評価を行って策定された合理的なものであり、本件各号機の耐震安全性は確保されている。

基準地震動を評価するに当たっての被告の基本的な考え方は、強震動予測レシピ等の汎用的に用いることができるように標準化された評価手法を基に、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というものであり、地震動審査ガイドが定める評価手法における考え方と同じである。被告は、次の図（基準地震動 S_s の策定フロー）に従

い、詳細な調査・観測結果に基づき地域的な特性（震源特性、伝播経路特性及びサイト特性）を把握した上で十分に余裕を持って策定する「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」を評価して基準地震動を策定した。

図 基準地震動 S_s の策定フロー



(ア) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

被告は、地質・地震に関する詳細な調査・観測結果を踏まえ、本件各号機の敷地に大きな影響を与えると予想される地震（検討用地震）を複数選定し、それぞれ震源モデル（「基本震源モデル」及び「不確かさ考慮モデル」）の設定を行った。震源モデルの設定に当たっては、詳細な

調査・観測結果に基づき把握した地域的な特性を反映させ、安全側となるような設定を行っている。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による地震動を考慮した上で、次のa～fのとおり、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動を策定した。

なお、後記のとおり合理性を有する「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」を評価体系に含む強震動予測レシビは、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断層のパラメータ設定（震源の各種パラメータの設定）の際に用いられる代表的な手法であり、地震動審査ガイドに例示されている。

a 地域的な特性の把握

本件各号機に係る基準地震動 S_s の策定に当たり、敷地周辺で発生する地震の地域的な特性（震源特性、伝播経路特性及びサイト特性）を把握するため、地震調査、地質調査、地下構造調査及び地震観測を実施した。その検討を踏まえ、被告が把握した敷地周辺の地域的な特性は、次のとおりである。

【震源特性】

- ①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。
- ②海側のプレートに起因す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程度以上離れており、敷地に大きな影響を与えることはない。
- ③敷地周辺で発生する内陸地殻内地震は、逆断層型よりも揺れの大きさが小さい横ずれ断層型が多い。
- ④敷地周辺は、ひずみがほとんど確認されず、逆断層型の地震が起こりやすい「ひずみ集中帯」には位置していない。

⑤敷地及び敷地から半径5kmの範囲に活断層はない。

【伝播経路特性及びサイト特性】

①基盤（硬い岩盤）がある程度の広がりをもって比較的浅所に分布しているため、敷地は揺れ難い。

②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ない。

【敷地の観測記録の傾向】

敷地周辺で発生する地震による揺れは「関東・東北地方の過去の地震動の平均像」（Noda et al. (2002)）に比べて小さい。

b 検討用地震の選定

2005年福岡県西方沖地震、1700年壱岐・対馬の地震及び敷地周辺の主な活断層による地震の18地震全てをNoda et al. (2002)の方法により応答スペクトルを算定してこれらを比較し、応答スペクトルの大小関係から、全周期帯において敷地に及ぼす影響が大きい「竹木場断層による地震」及び「城山南断層による地震」の二つを検討用地震として選定した。

c 検討用地震の地震動評価における震源モデルの設定

【基本震源モデル】

二つの検討用地震について、前記aのとおり十分に把握された地域的な特性を踏まえ、基本震源モデルを十分安全側に構築した。基本震源モデルのパラメータは、強震動予測レシピに基づき設定した（地震モーメント M_0 は断層面積から「入倉・三宅式」に基づき設定し、短周期レベルAは「壇ほか式」に基づき設定した。）。被告は、強震動予測レシピ（「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」を含む。）に基づいて、主な断層パラメータを設定し、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

方沖地震で得られた本件各号機の敷地の観測記録をよく再現できた。このことは、強震動予測レシピが本件各号機の敷地周辺を含む北部九州地域に適合することを意味する。そして、本件各号機に係る基準地震動の策定に当たっては、二つの検討用地震がいずれも断層幅が飽和した地震を想定しており、「入倉・三宅式」の適用範囲内であることを確認している。

また、基本震源モデルを、次のとおり十分安全側に設定した。

- ①「断層長さ」については、調査により、活断層の存在の可能性が否定できない箇所まで「延ばす」ことにより長くなるように評価し、また、孤立した長さの短い竹木場断層（約5 km）については、震源幅と同じ断層長さ（約17 km）まで拡がるものとして、より長く「断層長さ」を設定した。
- ②「断層幅」については、二つの検討用地震で想定される断層幅は、2005年福岡県西方沖地震震源と比べて小さい傾向にあるが、安全側評価となるように同地震に合わせて大きく設定した。
- ③「断層傾斜角」については、北部九州地域では、東西圧縮の応力場により、横ずれ主体の活断層が分布していること等を踏まえ、強震動予測レシピに基づき、断層傾斜角を鉛直（90度）に設定したところ、竹木場断層については、本件各号機から最も近くに位置し、地質調査結果により、断層露頭では傾斜の傾向がみられること等を踏まえ、安全側に敷地への影響の度合いが大きくなるように西側傾斜（80度）と設定した。
- ④「アスペリティ位置」については、調査により活断層の存在の可能性を認定した範囲で、敷地に最も近い位置に設定した。
- ⑤「破壊開始点」については、巨視的断層面（断層面全体）下端で、本件各号機の敷地に破壊が向かうように設定した。

【不確かさ考慮モデル】

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を念頭に置き、前記 a の調査結果及び地震観測記録に基づく分析等によっても、十分に把握し切れないものについては、不確かさとして考慮し、不確かさを考慮した震源モデル（不確かさ考慮モデル）を構築した。

不確かさを考慮するパラメータは、前記 a の調査結果及び地震観測記録の分析から考慮する必要がないと判断したパラメータを除き、①断層長さ及び震源断層の広がり、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。このうち、①から③までは、地震発生前におおよそ把握できるものであるため、それぞれ独立して考慮し、④及び⑤は、地震発生前に把握が困難なものであるため、重畳させて考慮した。そして、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た。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）と設定した。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た。④については、敷地に近い位置に設定した。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。

d 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では、関東・東北地方の平均像を導き出す手法である Noda et al. (2002) による方法を用いて評価した。前記 a のとおり、観測記録によれば、本件各号機の敷地周辺について、関東・東北地方の過去の地震動の平均像より小さな揺れとなる地域的な特性が確認されているが、地震動評価がより安全側となるべく、実際の観測記録を上回る関東・東北地方の平均像を応答スペク

トルに基づく地震動評価による地震動とした。

e 断層モデルを用いた手法による地震動評価

基本震源モデルを基に、伝播経路特性やサイト特性を精度良く反映できる経験的グリーン関数法及び経験的グリーン関数法と理論的手法によるハイブリッド合成法を用いて精緻な評価を行い、本件各号機の敷地周辺の地域的な特性を反映した地震動を、断層モデルを用いた手法による地震動評価による地震動とした。その際、経験的グリーン関数法で用いる要素地震は、敷地までの地震波の伝わり方の地域的な特性が反映されている適切な観測記録が敷地で得られていたため、これを用いた。また、理論的手法で用いる地下構造モデルは、試掘坑内弾性波試験の調査結果、微動アレイ探査から推定されたせん断波速度構造及び既往の知見を参考に設定した。

f 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
【応答スペクトルに基づく地震動評価】

二つの検討用地震（竹木場断層による地震及び城山南断層による地震）それぞれについて、基本震源モデル及び不確かさ考慮モデルの応答スペクトルに基づく地震動評価による地震動を求め、これらの地震動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。

【断層モデルを用いた手法による地震動評価】

二つの検討用地震それぞれについて、基本震源モデル及び不確かさ考慮モデルの断層モデルを用いた手法による地震動評価による応答スペクトルを求め、基準地震動 $S_s - 1$ （設計用応答スペクトル）と比較を行った。その結果、城山南断層による地震の断層傾斜角の不確かさ考慮モデル及び竹木場断層による地震の断層傾斜角の不確かさ考慮モデルの断層モデルを用いた手法による地震動評価結果が、一部の周

期帯において、基準地震動 $S_s - 1$ による応答スペクトルを上回ったため、前者を $S_s - 2$ （最大加速度 268ガル）、後者を基準地震動 $S_s - 3$ （最大加速度 524ガル）とした。

(イ) 震源を特定せず策定する地震動

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こと」とされている（設置許可基準規則解釈別記2の5三）。被告は、地震動審査ガイドも踏まえ、次のa及びbのとおり、震源を特定せず策定する地震動を策定した。

a 地震動審査ガイドに例示された地震の検討

被告は、震源を特定せず策定する地震動において考慮すべき地震として地震動審査ガイドに例示された16地震のうちMw 6.5以上の2地震（2008年岩手・宮城内陸地震及び2000年鳥取県西部地震）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、ひずみ集中帯であり、主に逆断層型の地震が発生する地域であるが、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、主に横ずれ断層型の地震が発生する地域であり、両地域は地質学的、地震学的背景が異なるため、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、地震学的背景が異なるものの、いずれも横ずれ断層型が主体であり、相対的にひずみ速度が小さいこと等の共通性もみられるため、同地震を、震源を特定せず策定する地震動の検討対象地震として選定した。同地震の震源近傍の記録としては、震源

断層のほぼ直下に位置し、かつ、硬い岩盤上に設置されたダム基礎上の観測記録である賀祥ダムの観測記録を選定した。

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112地点における観測記録を収集し、そのうち地盤が著しく軟らかいと考えられる観測点を除外した46地点における観測記録を抽出し、これらの観測記録のうち本件各号機の敷地に大きな影響を与える可能性のある地震を抽出するため、加藤ほか（2004）による応答スペクトルと比較検討をした。その結果、2011年長野県北部地震のK-NET津南、2011年茨城県北部地震のKiK-net高萩、2013年栃木県北部地震のKiK-net栗山西、2004年北海道留萌支庁南部地震のK-NET港町、2011年和歌山県北部地震のKiK-net広川の五つの観測記録を抽出した。五つの観測記録が得られた観測点において、精度の高い地盤情報が得られている観測点は、2004年北海道留萌支庁南部地震のK-NET港町観測点のみであったため、その観測記録を選定した。被告は、佐藤ほか（2013）の知見を基に、地盤の減衰定数のばらつき等を考慮し、解放基盤波（620ガル）を策定し、これを、震源を特定せず策定する地震動として策定した。

b 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

震源を特定せず策定する地震動は、震源近傍の観測記録を収集して策定するものであり、その波形には、実際に発生した地震の地震動の諸特性が含まれるものであるため、2000年鳥取県西部地震の賀祥ダムの観測記録及び2004年北海道留萌支庁南部地震のK-NET港町観測点のはざとり解析によって求めた地震動をそのまま採用した。

これらについて、前記の敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の基準地震動 $S_s-1 \sim 3$ と比較した結果、一部の周期帯で基準地震



動 $S_s - 1 \sim 3$ を上回ったため、基準地震動 $S_s - 1 \sim 3$ とは別個に取り扱うこととし、2004年北海道留萌支庁南部地震のK-NET港町観測点のはぎとり解析によって求めた地震動を基準地震動 $S_s - 4$ （最大加速度620ガル）とし、2000年鳥取県西部地震の賀祥ダムの観測記録を基に策定した地震動を基準地震動 $S_s - 5$ （最大加速度531ガル）として策定した。

(ウ) 基準地震動 S_s の年超過確率

被告は、地震動審査ガイド（I. 6. 1）を踏まえ、基準地震動の超過確率を評価したところ、 $S_s - 1 \sim 5$ の超過確率は 10^{-5} /年程度（10万年に1回）となっている。

(エ) 小括

以上のとおり、被告は、前記基準地震動 S_s の策定フローに従い、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の評価結果に基づき、基準地震動として、 $S_s - 1$ （最大加速度540ガル）、 $S_s - 2$ （最大加速度268ガル）、 $S_s - 3$ （最大加速度524ガル）、 $S_s - 4$ （最大加速度620ガル）及び $S_s - 5$ （最大加速度531ガル）を策定した。これらの基準地震動は、詳細な調査・観測結果に基づき地域的な特性（震源特性、伝播経路特性及びサイト特性）を把握した上で、安全側の評価となるように十分な余裕を持たせた上で策定されたものであり、合理的なものである。

イ 原告らの主張に対し

次のとおり、「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」は、現在の科学技術水準に照らして合理的なものである上、被告は、安全側となるような評価をしており、当該経験式を用いたことにより、被告の策定した基準地震動 S_s が過小であるという原告らの主張は理由がない。

(ア) 「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」の採用について

a 「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」を用いることが合理的であること

(a) 強震動予測レシピが合理的であること

強震動予測レシピは、地震調査研究推進本部の下部組織である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り、震源モデルの設定（震源の各種パラメータの設定）に際し一般的に用いられる代表的な手法である。強震動予測レシピは、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おり、策定以降も強震動予測手法の検証・高度化を目的に地震動評価の知見の進展を踏まえ、随時、修正、改訂がされてきた。

強震動予測を行うためには、地質・地形学的アプローチだけではなく、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あって、精緻な調査や観測、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なる。「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」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、微視的断層パラメータ及びその他のパラメータにより決定論的に与えられる。震源を特性化することの有効性は、1995年兵庫県南部地震の震源化モデル及びこれに基づいた経験的グリーン関数法、並びにハイブリッドグリーン関数法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。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、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であり、また、上記の巨視的断層パラメータの一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；地震モーメント M_0 と短周期レベル A （地震動の強さ）とのスケーリング則について「壇ほか式」を用いることも合理的である。

また、地震調査委員会は、強震動予測レシピ策定以降に発生した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。これにより強震動予測レシピの強震動予測手法の信頼性が実証されている。

しかも、強震動予測レシピは、地震動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ているところ、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。

以上によれば、「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」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、合理的なものであることは明らかである。

(b) 「入倉・三宅式」の信頼性

「入倉・三宅式」は、入倉・三宅（2001）において、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に基づくデータと同等のデータを基に作成された経験式である。震源インバージョ

ンとは、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ところ、地震学においては、確立した手法である。震源インバージョンについては、Somerville et al. (1999) において、その成果が取りまとめられており、震源インバージョンによる断層パラメータは最も精度が高いとされている。

入倉ほか(2014)において、平成7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既往の震源インバージョン結果が「入倉・三宅式」と調和的であることが確認されており、最新かつ国内のデータによっても「入倉・三宅式」の信頼性は損なわれないことが実証されている。そして、Somerville et al. (1999) において、震源インバージョンの結果、断層面を碁盤の目に分けたとき、端の行又は列におけるすべり量の平均値が全体のすべり量の平均値 $\times 0.3$ 未満であれば、その行又は列を削除する(トリミング)という考え方(Somerville ほか規範)が示されているところ、入倉ほか(2014)において、上記の18個の内陸地殻内地震のうち「入倉・三宅式」が対象とする $M_w 6.5$ 以上の地震について、Somerville et al. (1999) において示された上記の考え方に従い、断層破壊面積(破壊領域)の抽出を試みた結果、いずれもすべり量が 0.3 以上であったため、トリミングが不要であること、すなわち、震源インバージョンにおける仮定断層面がそのまま破壊領域として適用可能であることが確認された結果、「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。近年では、地震観測網の充実により余震分布の情報等から地震の際の震源の動き(すべり量が大きい領域)が精度高く想定できるようになり、震源インバージョンにおいて仮定した断層面が、上記の Somerville et

al. (1999) において示された考え方によるトリミングを経ることなく、そのまま破壊領域として適用できる場合が多い。

原告らは、2016年熊本地震の震源インバージョンに基づく震源断層面積の数値が研究者によって異なることを理由として、震源インバージョンは信用性を欠く旨主張する。しかし、同地震に関する震源インバージョンの知見を調査すると、震源断層の長さはおおむね40～50km、断層幅はおおむね20kmと類似の結果となっており、原告らが主張する研究者による解析結果の数値の違いは、その使用した地震観測記録等のデータ等の違いによるものと考えられる。原子力規制委員会は、原告らが主張する解析結果を含む五つの解析結果を用いて、2016年熊本地震の震源インバージョンによる震源断層面積と地震モーメント M_0 との関係が「入倉・三宅式」と整合するか否かを検討した結果、それぞれの解析結果は「入倉・三宅式」とほぼ整合すると判断している。したがって、研究者ないし解析者により2016年熊本地震の震源インバージョン結果が異なることをもって、震源インバージョンの信用性が損なわれるものではない。

以上によれば、断層面積 S から地震モーメント M_0 を設定するに当たり、「入倉・三宅式」を適用することは、現在の科学技術水準に照らし、合理的である。

(c) 「壇ほか式」の信頼性

壇ほか(2001)は、比較的規模の大きい M_w 6.5以上の地震を対象に、短周期レベルAが地震モーメント M_0 の $1/3$ 乗に比例するという関係性を仮定した上で、観測記録の回帰分析を行っているところ、この仮定については、過去の内陸地殻内地震の観測記録等から合理的であることが確認されている。

また、「壇ほか式」は、「入倉・三宅式」と同様、強震動予測レシピに体系的に組み込まれているところ、前記(a)のとおり、地震調査委員会により、強震動予測レシピによる2000年鳥取県西部地震及び2005年福岡県西方沖地震の地震観測記録の再現性が確認されている。

さらに、「壇ほか式」や「片岡ほか式」が示された後の知見である佐藤(2010)及び佐藤・堤(2012)においても、特に大規模な地震についての短周期レベルAと地震モーメント M_0 との関係を表す場合は、「片岡ほか式」ではなく「壇ほか式」が用いられている。また、2016年熊本地震に関しても、同地震の短周期レベルAと地震モーメント M_0 の関係が「壇ほか式」に整合することが佐藤(2016)により示されている。このように、短周期レベルAを設定するに当たり、「壇ほか式」を適用することは、現在の科学技術水準に照らし、合理的である。

なお、原告らは、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に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ころ、これは「壇ほか式」を用いたからであって、「片岡ほか式」を用いれば、そのような矛盾は生じない旨主張する。しかし、原告らがその根拠として主張する計算式を検討すると、強震動予測レシピでは、地震モーメント M_0 について「入倉・三宅式」を用いて導き出すものとされているにもかかわらず、原告らは地震モーメント M_0 について実測値を用いており、一連の地震動評価手法である強震動予測レシピに基づいて算出した結果とはいえない。強震動予測レシピに従わずにアスペリティ面積が断層面積を超える矛盾が生じたとしても「壇ほか式」が不合理であることの根拠とならない。

(d) 小括

以上のとおり、「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」はいずれも信頼性が高く、これらの式を含む強震動予測レシピは、専門家から構成された地震調査委員会に取りまとめられたものであって、2000年以降に我が国で発生した地震に係る地震観測記録を精度良く再現できるものと評価されている。したがって、「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」を含む強震動予測レシピは、現在の科学技術水準に照らし、合理的であり、これに組み込まれている「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」も合理的である。

b 強震動予測レシピの一部の関係式を他の式に置き換えるべきではないこと

強震動予測レシピが採用する「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」は、前記のとおり、観測記録とも整合する信頼性の高い関係式であって、これらの関係式を採用した強震動予測レシピは合理的であり、「武村式」及び「片岡ほか式」に置き換える必要はない。

強震動予測レシピは、前記のとおり、多くの震源特性パラメータが一連の体系・フローに従って順次算定されるものであり、この体系全体をもって観測記録との整合性も確認された合理性を有する地震動評価手法である。一部の関係式を他の式に置き換えた場合、観測記録との整合性の確認等の検証が行われていないなどし、そのような置換えをすることは、科学的な裏付けがなく合理性に欠ける。

「入倉・三宅式」及び「壇ほか式」を用いた強震動予測レシピによる地震動評価は、地震動評価体系として確立したものであるが、原告らが主張する「武村式」や「片岡ほか式」を用いた地震動評価は、地震動評価体系として確立していない。

c 地下の震源断層に基づく地震動評価を行う強震動予測レシピでは

「入倉・三宅式」を用いるのが合理的であること

「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 、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となる。しかるところ、日本国内では、1995年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場合が多く、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。「武村式」を導き出すのに用いたデータは、同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る。なお、武村（1998）は、断層面積 S と地震モーメント M_0 の関係式を策定するに当たり、「断層面積 S ＝断層長さ L ×断層幅 W 」の式を用いているところ、地震規模の大きい地震については、断層幅 W を13kmに固定しており、断層面積 S は断層長さ L に依拠するものである。これに対し、前記a(b)のとおり、「入倉・三宅式」は、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に基づくデータと同等のデータを基に作成された経験式である上、入倉ほか（2014）において、平成7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」と調和的であることが確認されている。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関する震源インバージョン解析結果によるデータについても、「入倉・三宅式」と整合的であることが確認されている。

また、「武村式」は、「入倉・三宅式」とは異なり、地下の震源断

層長さではなく、地表の断層長さに近い長さ地震モーメント M_0 とのスケーリング則を表すものであることが確認されている。被告が実施した地震動評価は、地下の震源断層を想定して地震動評価を実施する方法であり、地下の震源断層から地震モーメント M_0 を導き出す「入倉・三宅式」による方が合理的であることは明らかである。

d 基準津波の策定における「武村式」の採用について

被告は、内陸地殻内地震に起因する津波の観測データが少なく、その検証が十分にされていない現状に鑑み、津波評価においては、すべり量すなわち海底面の変動が大きくなる「武村式」をあえて用いている。

(イ) ばらつきの考慮について

経験式は、実際に発生した事象の各データを基に、最小二乗法によって求められるものであるため、経験式とその基となったデータとの間には乖離（ばらつき）が存在する。地震動評価に用いる経験式は、地震の平均像を示すものであり、各データにおける経験式との乖離（ばらつき）は、当該地震が発生した地域の地域的な特性を示すものである。そこで、地震動評価において経験式を用いるに当たっては、経験式に上記のばらつきがあることを踏まえ、評価対象地域における地震の地域的な特性を十分に考慮した上で評価する必要がある。これが地震動審査ガイドⅠ、3. 2. 3 (2) にいう「ばらつき」を考慮することの意味である。

被告が用いた評価手法は、前記ア) a (a) のとおりの性格を有する強震動予測レシピである上、前記ア) c のとおり、被告は、強震動予測レシピに基づく地震動評価により、2005年福岡県西方沖地震の本件各号機の敷地の観測記録を再現できること等を確認している。そして、被告は、経験式を用いる際には、震源断層の規模が経験式の適用範囲を満たしていることについても確認している。

また、被告は、本件各号機の敷地周辺で発生する地震の地域的な特性として、本件各号機の敷地を含む北部九州地域は、東西方向の圧縮応力場にあり、主に横ずれ断層型の内陸地殻内地震が発生する地域であることを把握している。実際、北部九州地域で発生した2005年福岡西方沖地震も横ずれ断層型の内陸地殻内地震であるところ、同地震の震源の特性を表すパラメータの一つである短周期レベルは、強震動予測レシピで用いられている短周期レベルを求める「壇ほか式」すなわち内陸地殻内地震の平均的なレベルよりやや小さいレベルであった。観測記録を用いて断層型ごとに揺れの大きさを整理した佐藤（2010）の知見によると、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いとされている。

そして、被告は、強震動予測レシピを用いるに当たり、詳細な活断層調査等の結果及び観測記録に基づく分析により把握した地域的な特性を踏まえ、前記ア(ア)cのとおり、基本震源モデルを十分安全側に設定し、さらに、上記分析等によっても十分に把握し切れないものについては、不確かさとして考慮し、不確かさ考慮モデルを設定している。

このように、被告は、地震動評価に用いる経験式にばらつきが存在することを踏まえ、本件各号機の敷地周辺の地域的な特性を十分に考慮した上で、策定する基準地震動が過小とならないよう十分安全側に評価しているのであって、ばらつきを考慮していないとの原告らの主張は理由がない。原告らが主張するように、経験式の基となったデータのうちばらつきが最大となるものをもって安全基準とするとしたら、評価対象地域とは異なった地域の特性が反映されたデータを基準とすることになるばかりでなく、そもそも経験式を求める意味がないことになるのであって、明らかに不合理である。

(ウ) 2016年熊本地震について

2016年熊本地震において、震度7の地震が連続して発生した要因は、震源とされる複数の活動区間から成る長大な布田川・日奈久断層帯（長さ約93km）の異なる一部の区間が前震・本震としてそれぞれ動いたこと、震度7を観測した地点（熊本県上益城郡益城町）の地盤条件が軟らかい地盤（S波速度約110m/s）であったことが重なったためである。一方、本件各号機の敷地周辺に及ぼす影響が最も大きい活断層（城山南断層、竹木場断層）の長さはそれぞれ20km程度と想定しており、2016年熊本地震の震源断層に比べて短く、また、本件各号機は、硬い岩盤上（S波速度約1350m/s）に設置されているため、これらの断層の一部の異なる領域が別々に動いたとしても、本件各号機の敷地において、2016年熊本地震の際に熊本県上益城郡益城町で観測されたような大きな揺れが2回続けて発生する可能性は極めて低い。

また、被告は、本件各号機に係る基準地震動を策定するに当たり、検討地震の震源モデルの設定において、断層長さを調査結果及び不確かさを考慮して安全側に長く設定した上で、一度に全てがずれ動く想定を行うなどしている。地震は、長期間にわたって岩盤に蓄えられたひずみが限界に達して、断層面を境にしてずれ動くことによって生じるものであるため、一度地震（検討地震の断層が一度に全てずれ動く地震）が発生すると、ひずみとして蓄えられたエネルギーが解放されることから、次にひずみが限界に達するまでには長期間を要する。このような被告の設定及び地震発生メカニズムからすれば、2016年熊本地震で観測されたような大きな揺れが2回続けて発生する可能性は極めて低い。

そして、本件各号機は、十分安全側に策定された基準地震動に対する耐震安全性を確保している。

さらに、本件各号機は、耐震設計上の余裕をもって設計されるなどしており、耐震安全上の余裕を有している。

以上からすれば、2016年熊本地震を踏まえても、本件各号機の地震に対する安全性は十分に確保されている。

(2) 本件各号機の配管の安全性の欠如の有無

(原告らの主張)

ア 2号機配管ひび割れ及び地震により余剰抽出配管が破断した場合の事故の様相等について

(ア) 2号機配管ひび割れの問題の重大性

2号機配管ひび割れの問題が深刻であるのは、技術基準を割り込む深い傷が発生しても長期にわたって発見されなかったことである。たまたま発見された2号機配管ひび割れについて、取替えにより改修したとしても、定期検査の対象となっていない他の中小の配管において、同程度の技術基準を割り込む深い傷が存在している可能性がある。被告において、この可能性を否定する立証はしていないし、例えば、関西電力株式会社大飯発電所3号機で原子炉容器出口管台溶接部における深い傷が発見されたという事実からも、一般的に配管等の傷の管理は杜撰であることが示されており、玄海原子力発電所2号機において隠された配管において「傷」があり得ることは否定し難い。

ひび割れがあるとひび割れ先端に応力が集中する効果が生じる。また、被告において、実際の配管の耐震解析では、主給水管を除いて劣化が想定されておらず新品同然として扱われており、実際にひび割れがある場合にその影響がどうなるかが問題である。

2号機配管ひび割れの場合、ひび割れの深さは約8.1mmで、配管残厚さが約1.5mmとなり、技術基準で定める計算必要厚さ4.5mmを大きく割り込んでいた。そして、主給水管では、技術基準までの亀裂を仮定して耐震安全性を確かめているが、それ以上に深い亀裂が生じた場合は、耐震安全性が保証されないと考えるべきであり、計算必要厚さの1/3

しかない厚さでは、基準地震動規模の地震動であっても、応力集中によって配管は破断に至る危険性があったことは明らかである。

(イ) 小破断 L O C A の発生の可能性

2号機配管ひび割れに係る余剰抽出配管は、一次冷却材管に接続されており、弁は2号機配管ひび割れの場所より下流側にあるので、この小口径配管が破断すれば、一次冷却材流出事故、すなわち小破断 L O C A となる。

このような場合について、被告が本件申請において提出した重大事故シナリオによる解析では、一次冷却材管の低温側に口径 10 cm や 5 cm 等の孔が開いた場合が想定されているところ、この想定は、口径の違いを除けば、上記の余剰抽出配管からの流出と基本的に変わりはない。小破断 L O C A 類似の事故における想定では、必ず二次側の補助給水系統が働くことになっており、上記の重大事故シナリオでは、制御棒は下りており、タービンも自動トリップして主給水系統－蒸気発生器による原子炉の冷却は停止しているため、補助給水系統からの水を、蒸気発生器を通して主蒸気逃し弁から大気中に蒸気として放出するという経路を働かせて原子炉を冷却することとなっている。しかし、補助給水系統の配管が地震動により破損すれば、補助給水系統－蒸気発生器による一次冷却材及び原子炉の冷却ができないので、小破断 L O C A 事故は収束するとは限らず、崩壊熱により炉心溶融に至る可能性が極めて高くなる。

(ウ) 燃料溶融による原子炉格納容器の破損と放射性物質の放出の可能性

燃料溶融が起きると、原子炉容器の下部に溶融燃料が溜まり、原子炉容器の底を破損し、さらに、その外側の原子炉格納容器のコンクリート製底部を破損するおそれがある。原子炉格納容器が破損すれば、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。

設置許可基準規則 37 条 2 項は、重大事故が起きた場合の原子炉格納

容器の破損の防止を求めているところ、これは、溶融炉心が、まず原子炉（圧力）容器を破損し、さらに、その外側にある原子炉格納容器を破損するおそれがあることから、原子炉格納容器の破損を防止するため、まず原子炉（圧力）容器の冷却を求めているものである。また、設置許可基準規則 55 条は、炉心溶融から原子炉格納容器破損に至った場合、放射性物質が施設外に拡散することを想定している。

しかし、被告が実際に想定している対策は、重大事故である炉心溶融が始まると炉心に注入していた冷却水を、原子炉容器の下にある原子炉格納容器下部キャビティに水を溜めるように切り替え、炉心は溶けるに任せている。被告が想定している対策は、重大事故の場合、原子炉（圧力）容器内の炉心の冷却によって原子炉格納容器の破損防止を求める設置許可基準規則 37 条 2 項に違反している。また、原子炉格納容器が破損した場合の被告の対策は、原子炉格納容器からは気体状の放射性物質しか放出されないと決め込み、それを放水砲で撃ち落とし、その汚染水が海洋に流出するのを防ぐためにシルトフェンスを張ることしかない。しかし、福島第一原発事故後の福島第一原発では、現に溶融炉心を冷却するために原子炉圧力容器内に注入している 1 日 400 トンもの冷却水に溶融炉心の放射性物質が溶け込んで汚染水となり、その全てが原子炉格納容器の外部に流出しているという事実がある。福島第一原発事故後の実態からみても、一度炉心溶融が起これば、放射性物質が原子炉格納容器から様々なルートで外部に出て、広範な汚染を引き起こす可能性が極めて高い。

(エ) 水素の爆轟による原子炉格納容器破損の可能性

燃料被覆管のジルコニウムは 900℃以上になると、水の酸素を奪って酸化し、残った水素が水素ガスとなり、この発熱反応によりますます酸化が進む。この水素ガスは、加圧器逃し弁や LOCA の場合は破断口

から原子炉格納容器内に放出される。また、溶融燃料が原子炉容器を破損して更に落下し（メルトスルー）、原子炉格納容器内の下部キャビティに落ちると、原子炉容器内にあった水素が原子炉格納容器内に放出される。また、原子炉格納容器内に存在する水蒸気の放射線分解によっても水素が発生する。原子炉格納容器内の水素濃度がドライ換算で体積比4%を超えると水素爆発（爆燃）が発生し得る。これが13%を超えると水素の爆轟が発生し得るところ、水素の爆轟による衝撃波によって原子炉格納容器が破損するおそれがある。設置許可基準規則解釈37条2-3(f)は、「原子炉格納容器が破損する可能性のある水素の爆轟を防止すること」を求めており、同条2-4では、「上記2-3(f)の「原子炉格納容器が破損する可能性のある水素の爆轟を防止すること」とは、以下の要件を満たすこと (a) 原子炉格納容器内の水素濃度がドライ条件に換算して13 vol%以下又は酸素濃度が5 vol%以下であること」としている。

しかるところ、被告の評価によれば、水素濃度は13 vol%にほぼ達することになっている。この評価の計算で用いられたMAAPコードには不確定性があることが知られているので、そのような不確定性を考慮に入れると、水素濃度は13 vol%に達して水素爆轟が起こり、原子炉格納容器が破損する可能性がある。

(オ) 小括

以上のとおり、2号機配管ひび割れは、余剰抽出配管の技術基準を大きく割り込むほどに深く、かつ長いひび割れが生じ、それが長年検出されずに放置され、「念のため」の検査によって偶然発見されたという事実があり、この事実は、検査制度の在り方に重大な疑問を呈しているが、検査制度自体が改善されたということは示されていない。同様の配管の劣化が、補助給水系統の配管等にも起こっている可能性が高い。配管が

劣化していないという保証が具体的に示されない限り、配管には劣化があると安全側に考えるべきである。また、耐震解析では、配管は新品同然であると仮定して耐震余裕が確かめられているにすぎず、劣化によるひび割れが生じていれば、応力集中によって耐震余裕がなくなっている可能性がある。このような状況において、地震により余剰抽出配管等において小破断LOCAが起これば、その地震により補助給水系統の配管の破断も生じる可能性があり、その場合、補助給水系統を用いた原子炉の冷却が不可能となり、炉心溶融が起こる蓋然性がある。炉心溶融によりメルトスルーによって溶融炉心は原子炉（圧力）容器の底を突き抜け、原子炉格納容器の下部キャビティ内に落下し、さらに、放射性物質は汚染水等の状態で様々なルートから原子炉格納容器外に放出されることになりかねず、この場合、原告らを含む住民が重大な被害を受けることは避けられない。

(カ) 被告の主張に対し

a 配管の保全について

被告は、原子力発電所の配管は、運転開始後においては、配管の使用状況等に応じて、点検、補修等の必要な保全を行っており、①保全プログラムにおいて保全を行うべき対象範囲を定める、②保全重要度に応じて保全計画を立てる、③保全計画に従って点検、補修等を実施していると主張する。

被告による配管の保全により事故を防止できるというためには、保全計画の立案の適切性と保全方法の適切性が求められる。しかし、2号機配管ひび割れは、被告が行っているという配管の保全が行われていたにもかかわらず発生したものであり、かつ、定期的な検査では発見されず、他事業者の事例を踏まえた臨時の検査によって偶然発見された。このことは、被告による配管の保全計画、保全方法に瑕疵があ

ることを意味し、被告による配管の保全によっては安全性が確保できているとはいえないことを意味する。

b 余剰抽出配管及び補助給水設備配管の破断防止策について

被告は、余剰抽出配管のうち配管溶接部については、非破壊試験を、溶接部以外の耐圧部分については、漏えい試験をそれぞれ行っているとする。しかし、漏えい試験は、配管に液体や気体を注入して圧力を掛けて漏えいの有無を検出するものであるから、損傷が貫通して初めてその存在が判明するというにとどまる。また、非溶接部については損傷の有無自体を検査していない。

被告は、補助給水設備配管のうち炭素鋼の配管については、肉厚測定による減肉管理、漏えい試験、外観検査を行っているにとどまり、オーステナイト系ステンレス鋼の配管については、外観検査を行っているだけである。一部については肉厚測定をしているが、亀裂のような損傷の有無については一切検査をしていない。また、補助給水設備配管のうち補助給水管については、二次冷却水が流れる主給水管と接続されているため、弁の手前までは二次冷却水が入り込むので、2号機配管ひび割れで余剰抽出配管に亀裂を生じさせたキャビティフローが発生し得る。したがって、亀裂を探る超音波探傷検査のような非破壊検査を行わないのは、保全計画、保全方法の適切性を欠くというべきである。

イ 本件各号機の配管の技術基準規則18条1項及び19条違反について

以下のとおり、被告は、本件各号機の配管の損傷に関し、本件各号機の一次冷却系統に係る管であるクラス1管の技術基準規則18条1項及び19条への適合性を立証できておらず、本件各号機の安全性に欠けることのないことについて相当の根拠をもって立証できているとはいえないため、本件各号機の安全性に欠ける点があり、住民の生命、身体、健康

が侵害される具体的危険性があることが事実上推認されることになる。
したがって、本件各号機の運転を差し止める必要がある。

(ア) 技術基準規則 18 条 1 項違反について

2 号機配管ひび割れは、使用中のクラス 1 機器の破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥に該当し、これがあってはならないとする省令 62 号 9 条の 2 第 1 項（当時）（現在の技術基準規則 18 条 1 項）に違反する。

前提事実(5)のとおり、2 号機配管ひび割れは、通常行われる定期検査によって発見されたのではなく、他事業者における同種事例の発生を受けて臨時に超音波探傷検査を行ったことにより発見された。このことは、被告が実施している定期検査では、法令に不適合な状態が発見されず、見逃されていることがあり得るということを示すものである。

被告は、2 号機配管ひび割れが発見された以降も、本件各号機について、余剰抽出配管を含む呼び径 100 A 未満のクラス 1 配管については、検査方法として浸透探傷検査を行っているにすぎず、一次冷却系統等の耐圧部を構成する設備については漏えい検査を行うにとどまっている。浸透探傷検査は、管の表面に発生した損傷を発見する方法であり、漏えい検査は損傷が貫通して漏えいがなければ発見することができない。そのため、2 号機配管ひび割れのような配管の内側から進展する損傷が発生した場合、その損傷が配管の表面に達しない段階では、被告の現行の検査態勢ではその損傷を発見することができない。被告は、2 号機配管ひび割れを踏まえても、超音波探傷検査のような配管の内側から進展する損傷を発見できる方法に検査方法を変更していない。

被告は、技術基準規則 18 条 1 項にいう「その破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥」の発生を許してはならず、そのためには、それに至るまでの「亀裂その他の欠陥」を発見し、これが「その破壊を引き起こす」亀裂等に至る前にその存在を検査によって確認し、交換補修等をして対

処しなければならない。被告において、「その破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥」の発生を防止し得る検査及び対処方法を取っていることを主張立証できなければ、技術基準規則18条1項に適合するとはいえない。

(イ) 技術基準規則19条違反について

2号機配管ひび割れは、一次冷却系統に係る管の一次冷却材又は二次冷却材の挙動により生ずる温度変動による損傷であり、その損傷を受けないように施設しなければならないとする省令62号6条（当時）（現在の技術基準規則19条）に違反する。

技術基準規則19条にいう「損傷を受けないように施設しなければならない」というのは、基本的には設計時に対応することを求めるものであるが、事後に設計変更を行うことによって対応することも考えられる。つまり、損傷が現に発生すれば、結論として「損傷を受けないように施設」できていたとはいえず、この場合、技術基準規則19条違反となり、その損傷の発生によって得られた新たな知見に即して速やかに事後の設計変更を行うのであれば、その違反状態が継続することとなるというべきである。被告は、玄海原子力発電所2号機について、2号機配管ひび割れの発見時に至るまで、省令62号6条（当時）（現在の技術基準規則19条）で求められる施設をすることを怠ったといえる。

前記(ア)のとおり、被告による現行の検査態勢では、2号機配管ひび割れのような損傷を事前に発見することはできず、本件各号機において、一次冷却系統に係る施設に属する管において、未知の損傷が発生していることを否定できない。超音波探傷検査のような損傷を発見するのに十分な性能を持った検査方法によって、損傷が発生し得る配管を全て検査して、損傷がないことが確認されて初めて「損傷を受けないように施設」できていたといえるのである。

(被告の主張)

ア 2号機配管ひび割れへの対応

被告は、2号機配管ひび割れについて、次のとおり、その原因を究明し、対策を実施しただけでなく、玄海原子力発電所の他の部位について、同様の事象が発生するおそれがなく、以前は省令62号に、現在は技術基準規則に適合していることを確認するとともに、定期検査において、その健全性を継続して確認している。

(ア) 原因の究明

2号機配管ひび割れの原因は、①一次冷却材管からL字型に伸びた一次系余剰抽出配管内に滞留している低温水に、一次冷却材管からの高温水（原子炉運転中は約300℃）が渦を巻いて流入すること（キャビティフロー）により熱成層が発生し、②その渦の先端が一次系余剰抽出配管のL字状に曲がった部分に達し、当該部分において、熱成層の境界面が上下に変動するときに、接触している配管に高・低温水が交互に接触し、加熱・冷却され、③この局所的な温度変動による繰返し応力が発生したため、疲労亀裂が発生し、進展したこと、すなわち、キャビティフロー型熱成層による高サイクル熱疲労割れにある。

(イ) 対策の実施

玄海原子力発電所2号機については、ひび割れが生じた配管を直ちに新しいものに取り換えるとともに、キャビティフローの先端が一次系余剰抽出配管のL字状に曲がった部分より下流側の水平部に位置するように、一次系余剰抽出配管のルートを変更することにより、局所的な温度変動が生じず、キャビティフロー型熱成層による高サイクル熱疲労割れが発生しない設計に変更した。この設計変更については、工事計画認可及び使用前検査において、経済産業大臣により、省令62号6条に適合していることが確認されている。



また、本件各号機については、2号機配管ひび割れが発覚する前の平成17年12月及び発覚した後の平成19年2月に発出された原子力安全・保安院の指示により、一次冷却材系、化学体積制御系及び余熱除去系を対象に、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）」に基づき評価し、抽出した全配管の健全性を確認した。その上で、一次系余剰抽出配管のL字状に曲がった部分に該当する箇所については、設備の信頼性の維持、向上を図るため、それぞれ直後の定期検査期間中に、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い、配管の取替えを実施した。なお、玄海原子力発電所2号機においても、本件各号機と同様、上記の原子力安全・保安院の指示により同様の評価を実施していたが、一次系余剰抽出配管のL字状に曲がった部分に関する温度測定データについて適切なデータを用いて評価しなかったため、その時点では、2号機配管ひび割れを確認できなかった。被告は、この事実を踏まえ、機器取替え等による影響が考えられる場合には、データの妥当性を評価した上で、適切なデータを用いて評価を行うこととするよう、平成19年2月に社内マニュアルを改正し、再発防止を図っている。

(ウ) 配管の高サイクル熱疲労割れの再発防止に向けた恒久対策

原子力発電所の配管については、その機能上の要求から、分岐や合流の箇所が存在することは避けられず、そのような箇所で温度の異なる二つの流体が混合し、成層化する現象に伴い、2号機配管ひび割れのように配管に高サイクル熱疲労が生じる場合がある。配管の高サイクル熱疲労割れについては、2号機配管ひび割れの原因であるキャビティフロー型熱成層による高サイクル熱疲労割れのほか、高温水と低温水が合流する箇所において温度変動による熱応力の変動が繰り返され、熱疲労が生

じる事象である高低温水合流による熱疲労等によるものがあるところ、平成11年7月に他社で発生した再生熱交換器連絡配管の損傷（高サイクル熱疲労が破損の主な原因）を契機に、高サイクル熱疲労に対する評価基準の整備の必要性が再認識された。このような状況の中、高サイクル熱疲労割れの再発防止のため、定期検査の充実や、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、流体の混合等の温度変動による損傷防止に関する省令62号6条の改正等が行われるとともに、軽水型原子力発電所の設置者に対し、原子力安全・保安院から前記指示が発出されるなどした。これにより、現在は、2号機配管ひび割れの原因である高サイクル熱疲労割れについては、恒常的な再発防止策が行われ、設計段階で防止することができることとなっている。

本件各号機においては、その後の改造等は、上記改正後の省令及び民間規格等に基づき、実施している。

イ 余剰抽出配管及び補助給水設備配管の破断防止に向けた取組

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、安全が確保されるよう、材料の選定や設計を行っている。また、配管の据付けの際には、上記の設計に基づき、配管メーカーの厳格な品質管理の下で製造された配管を、厳格な品質管理の下で施工を行い、あらかじめ配管に問題がないことを確認している。

原子力発電所の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、取替え及び改造等の必要な保全を行っている。オーステナイト系ステンレス鋼や炭素鋼といった配管の材料と、一次冷却材や二次冷却材といった内包流体の種類等の組合せから、当該配管に発生し得る経年劣化事象が存在し得るところ、この経年劣化事象には、設計において適切な考慮をすることにより発生を防止することができるものとできな

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。

具体的には、保全プログラムにおいて、保全を行うべき対象範囲を定め、保全重要度に応じて点検計画、補修・取替え・改造計画といった保全計画を立て、その保全計画に従って、点検、補修、取替え及び改造等を実施している。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、必要に応じて、事故事例や科学的知見も考慮することとしており、事故事例や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。

余剰抽出配管及び補助給水設備配管の破断防止策は、次のとおりである。

(ア) 余剰抽出配管の破断防止策

a 余剰抽出配管の役割

余剰抽出配管は、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。化学体積制御設備は、一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、一次冷却設備中の一次冷却材保有量の調整等を目的とし、一次冷却材の一部を一次冷却設備から抽出、処理し、再び一次冷却設備に充填する機能を持つ。一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に用いられるものであり、通常運転中は用いられない。余剰抽出配管を流れる一次冷却材は、一次冷却材管を流れる一次冷却材と同様、最大の圧力は約1.7 MPa（設計値）、最高の温度は約340℃（設計値）である。

b 余剰抽出配管の材料選定

余剰抽出配管の材料は、内包流体である一次冷却材が放射性物質を

含んでいること及び上記 a の運転時の条件を踏まえ、オーステナイト系ステンレス鋼を使用している。オーステナイト系ステンレス鋼を使用するのは、耐食性に優れているからである。この材質は、法令等が定める基準（技術基準規則 17 条）に適合するものである。

c 余剰抽出配管の設計

被告は、余剰抽出配管の設計に当たり、配管の口径については、限界流速を考慮し、配管の板厚については、仕様圧力、管の外径等から求めた計算結果に基づき決定し、配管ルートについては、応力解析の結果等を考慮して決定している。そして、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。

また、本件各号機の敷地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。被告は、配管を含む各施設が基準地震動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。

余剰抽出配管に関する上記構造は、法令等が定める基準（技術基準規則 17 条、5 条）に適合するものである。

d 運転の際の劣化防止策

被告は、オーステナイト系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の原因を引き起こさないよう、一次冷却材の溶存酸素濃度を 5 ppb 以下と極めて低く制限するなどの一次冷却材の水質管理を実施している。

e 余剰抽出配管に対する点検及び補修等

被告は、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を、溶接部以外の耐圧部分については漏えい検査をそれぞれ実施している。

浸透探傷検査は、定点サンプリング方式を採用しており、各定点に

について10年間に1回の頻度で検査を実施している。漏えい検査は、定期検査の都度実施している。

これらとは別に、他社における余剰抽出配管のひび割れ発生事象を踏まえ、玄海原子力発電所2号機と同様、本件3号機について、平成18年12月17日から平成19年3月16日までの第10回定期検査において超音波探傷検査を実施し、問題がないことを確認した。また、より抜本的な対策として、本件3号機については平成20年5月2日から同年7月6日までの第11回定期検査において、本件4号機については同年1月5日から同年3月22日までの第8回定期検査において、それぞれ配管の取替えを実施した。

f 2号機配管ひび割れに係る検査について

2号機配管ひび割れに係る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、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不合理ではない。

また、当該部位で小規模漏えいや破断が発生したとしても、本件各号機の安全性に問題がないことは、後記オのとおりであり、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、配管の保全計画及び保全方法の瑕疵には当たらない。

(イ) 補助給水設備配管の破断防止策

a 補助給水設備の役割

補助給水設備は、加圧水型原子炉において、一次系配管の破断等により緊急停止した場合等に起動する設備である。原子炉が緊急停止した場合、二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、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（本件3号機）又は復水ピット（本件4号機）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。

補助給水設備配管には、主給水管と補助給水ポンプをつなぐ補助給水管、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補助給水ポンプ吸込管がある。補助給水管を流れる二次冷却材の最大の圧力は約 7.8 MPa、最高の温度は約 290℃であり、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 7.8 MPa、最高の温度は約 290℃であり、補助給水ポンプ吸込管を流れる二次冷却材の最大の圧力は約 0 MPa（大気圧）、最高の温度は約 40℃である。

b 補助給水設備配管の材料選定

補助給水設備配管の材料は、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及び上記 a 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オーステナイト系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。この材質は、余剰抽出配管と同様、法令等が定める基準に適合するものである。

c 補助給水設備配管の設計

被告は、補助給水設備配管の設計に当たり、各配管の使用条件を考慮し、配管の口径、板厚、ルート等を決定している。

また、前記(ア)c のとおり、本件各号機の敷地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。

補助給水設備配管に関する上記構造は、余剰抽出配管と同様、法令等が定める基準に適合するものである。

d 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、二次冷却材のpHを8.5以上に保つなどの二次冷却材の水質管理を実施している。

e 補助給水設備配管に対する点検及び補修等

被告は、保全計画に従って、補助給水設備配管のうち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ついては配管の肉厚測定（減肉管理）、漏えい試験及び外観試験を、補助給水ポンプ吸込管については外観検査をそれぞれ実施している。

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。漏えい検査及び外観検査は、定期検査の都度実施している。

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、法令上も減肉管理は求められていない。

ウ 本件各号機における配管の健全性確保の取組及び技術基準規則等適合性の確認

原子炉等規制法は、段階的規制の体系を採用しているところ、省令62号ないし技術基準規則適合性については、いわゆる後段規制の工事計画認可、使用前検査及び施設定期検査において確認される。

被告は、本件各号機の配管について、次のとおり、設計から運転までの過程の各段階において、関係法令及び民間規格にのっとり、省令62号又は技術基準規則に適合していることを確認している。その結果は、通商産業大臣ないし経済産業大臣又は原子力規制委員会により確認されて

いる。また、被告は、本件各号機の配管について、基準地震動による地震力に対する耐震安全性を確認している。したがって、本件各号機の配管に関する安全性は確保されている。

(ア) 運転開始前における配管の健全性の確認（省令６２号ないし技術基準規則適合性の確認）

a 工事計画における配管の健全性の確認（省令６２号ないし技術基準規則適合性の確認）

(a) 被告による配管の健全性の確認

被告は、本件各号機で使用する配管について、各配管内を流れる内包流体の条件等を踏まえ、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、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て決定するほか、配管の設計に当たっては、上記条件を考慮し、寸法や配管ルートを決定している。

被告は、内包流体の圧力及び温度等や基準地震動による地震力等に対し、配管の健全性が確保できることについて、強度計算を行うことにより、配管が必要な強度を有していることを確認している。

以上の取組により、被告は、本件各号機が、以前は省令６２号に、現在は技術基準規則に適合していることを確認している。そして、上記取組について、工事計画にその内容を記載している。

(b) 国による省令６２号ないし技術基準規則適合性の確認

工事計画については、以前は通商産業大臣ないし経済産業大臣により、現在は原子力規制委員会により、原子力発電所施設の詳細設計が設置許可と整合しているか、以前は省令６２号に、現在は技術基準規則に適合しているかが確認されている。

前提事実(2)イのとおり、被告は、本件各号機の建設に係る工事計

画について、それぞれ通商産業大臣から認可を受け、省令62号に適合していることが確認された。

また、前提事実(7)ウのとおり、本件3号機については平成29年8月25日に、本件4号機については同年9月14日にそれぞれ原子力規制委員会から工事計画認可を受け、技術基準規則に適合することが確認された。

b. 使用前検査における配管の健全性の確認（省令62号ないし技術基準規則適合性の確認）

(a) 被告による配管の健全性の確認

被告は、本件各号機について、配管の据付けの際には、上記の工事計画に基づき、配管メーカーの厳格な品質管理の下で製造された配管を使用し、厳格な品質管理の下で施工を行い、運転開始前に全ての配管に問題がないことを検査で確認している。検査については、工事の工程ごとに材料、寸法、外観、組立て、据付け、耐圧、漏えい及び総合的な機能を確認する検査を実施している。被告は、このような取組の中で、本件各号機が、以前は省令62号に、現在は技術基準規則に適合していることを確認している。

(b) 国による省令62号ないし技術基準規則適合性の確認

以前は通商産業大臣ないし経済産業大臣が、現在は原子力規制委員会が、上記工事に関し、既に認可を受けた工事計画に従って工事が行われたものであること及び以前は省令62号に、現在は技術基準規則に適合するものであることについて、使用前検査において確認する。

前提事実(2)イのとおり、被告は、本件各号機の建設に係る通商産業大臣による使用前検査に合格しており、省令62号に適合していることが確認された。

前提事実(7)ウのとおり、被告は、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日にそれぞれ原子力規制委員会による使用前検査に合格し、技術基準規則に適合していることが確認された。

(イ) 運転開始後における配管の健全性の確認（省令62号ないし技術基準規則適合性の確認）

a 被告による配管の健全性の確認

(a) 被告の取組

被告は、運転開始後において、配管の使用状況等に応じ、点検、補修、取替え及び改造等の必要な保全を行っている。

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、取替え及び改造等を実施している。

具体的には、保全プログラムにおいて、保全を行うべき対象範囲を定め、保全重要度に応じて点検計画、補修・取替え・改造計画といった保全計画を立て、その保全計画に従って、点検、補修、取替え及び改造等を実施している。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、必要に応じて、事故事例や科学的知見も考慮することとしており、事故事例や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。

こうした運転開始後の保全において、被告は、本件各号機が、以前は省令62号に、現在は技術基準規則に適合していることを確認している。

(b) 定期事業者検査による配管の健全性確認

上記の定期的な点検及び補修等のうち、運転経験や工学的知見を考慮し、省令62号ないし技術基準規則に適合していることを定期

的に確認する必要があるものについては、設備の分解、開放、非破壊検査その他の各部の損傷、変形、磨耗及び異常の発生状況を確認するために十分な方法等で、以前は省令62号に、現在は技術基準規則に適合していることを定期的に確認している（定期事業者検査）。

定期事業者検査における具体的な検査方法については、以前は電気事業法施行規則94条の3及び「原子力発電工作物の保安のための点検、検査等に関する電気事業法施行規則の規定の解釈（内規）」において、現在は実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則56条1項及び「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、用いるべき民間規格を含め、定められており、これらに基づき、被告は、施設ごとに検査方法を要領書に定めた上、設備の健全性を確認している。

b 国による省令62号ないし技術基準規則適合性の確認

定期事業者検査の結果については、以前は通商産業大臣ないし経済産業大臣による定期検査、現在は原子力規制委員会による施設定期検査において検査され、以前は省令62号に、現在は技術基準規則に適合していることが確認されている。

被告は、福島第一原発事故前の定期検査において、いずれも経済産業大臣から定期検査終了証を受領し、省令62号に適合していることが確認された。福島第一原発事故後は、原子力規制委員会から、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終了証を受領し、技術基準規則に適合していることが確認された。さらに、被告は、前提事実(7)ウのとおり本件各号機の通常運転を再開した後、定期事業者検査をそれぞ

れ行い、いずれも技術基準規則に適合していることが確認され、原子力規制委員会から施設定期検査終了証を受領した。

エ 原告らの技術基準規則 18 条 1 項及び 19 条違反の主張に対し

被告は、2 号機配管ひび割れについて、法令に基づき適切に対応するとともに、ひび割れが発見された配管の取替えを行い、使用前検査を受け、省令 62 号 9 条の 2（技術基準規則 18 条 1 項に相当する規定）に適合することを確認している。また、本件各号機の配管については、省令 62 号 9 条の 2 ないし技術基準規則 18 条 1 項に適合することを確認している。

また、省令 62 号 6 条ないし技術基準規則 19 条は、省令 62 号 6 条、技術基準規則 19 条及び「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令と解釈に対する解説」等の規定内容からすると、設計（施工）段階における要求であり、その後の運転段階においてまで求められるものではない。

オ 一次系配管の破断時等における安全性の確保

次のとおり、一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、本件各号機においては、速やかに当該事象を検知し、運転中の原子炉を緊急停止し、非常用炉心冷却設備（ECCS）や補助給水設備により原子炉を冷却することができるため、原子炉の安全性を確保できる。

(ア) 一次系配管のひび割れが貫通しても原子炉を安全に停止できること

本件各号機において、仮に一次系配管に生じたひび割れが当該発生部を貫通し、一次冷却材の漏えいが発生したとしても、原子炉格納容器モニタの数値上昇、凝縮液量測定装置における凝縮液量の増加、格納容器サンプ水位の上昇率増加等により漏えいを早期に検知することができる。したがって、一次系配管が破断に至る前に原子炉停止等の適切な対応を

取ることができる。

(イ) 一次系配管が破断に至っても原子炉を安全に冷却できること

仮に一次系配管が破断し、一次冷却材が流失するような事故に至ったとしても、次のとおり、原子炉が緊急停止し、非常用炉心冷却設備（ECCS）及び補助給水設備により原子炉を安全に冷却できる。

a 原子炉の緊急停止

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、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。

b 非常用炉心冷却設備（ECCS）等の作動

【非常用炉心冷却設備（ECCS）の作動】

非常用炉心冷却設備（ECCS）は、一次系配管の破断等により燃料や原子炉容器等に損傷のおそれがある場合、原子炉内にほう酸水を注入する設備である。高圧注入系、低圧注入系及び蓄圧注入系の三つの注水系統から構成されており、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圧力の上昇等の異常を検知した際に自動的に作動し、原子炉への注水を開始する。

【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、一次系配管が破断し、高圧、高温の一次冷却材が蒸気の状態では原子炉格納容器に充満した場合、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ため、冷却水をスプレイリングから原子炉格納容器内に噴霧することにより、蒸気を凝縮して水に変え（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、また、冷却水に苛性ソーダを添加し噴霧することにより、一次系配管の破断等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の設備である。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上昇等の異常を検知した際に自動的に作動する。

【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で構成された設備である。アニュ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。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。

c 補助給水設備による冷却

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）が作動した場合などにおいて、復水タンク（本件3号機）又は復水ピット（本件4号機）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（原子炉停止後の崩壊熱を除去する）設備である。一次系配管の破断等により非常用炉心冷却設備（ECCS）が作動した際、自動的に作動し、原子炉の冷却を開始する。

カ まとめ

被告による配管の破断防止に向けた取組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。また、配管破断等が発生したときに備えて、

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、仮に配管に異常が生じたとしても本件各号機の安全性は十分に確保されており、原告らが主張するような重大事故（一次系配管の破断、炉心溶融から水素爆轟による原子炉格納容器の破損）に至ることはない。

(3) 本件各号機に係る火山事象の危険性の有無

(原告らの主張)

ア 立地評価

(ア) 立地評価に関する火山ガイドの不合理性

現在の科学的技術的知見をもってしても、原子力発電所の運用期間中に検討対象火山が噴火する可能性やその時期及び規模を的確に予測することは困難であるといわざるを得ないから、立地評価に関する火山ガイドの定めは、少なくとも地球物理学的及び地球化学的調査等によって、検討対象火山の噴火の時期及び規模が相当前の時点での確に予測できることを前提としている点において、その内容が不合理であるといわざるを得ない。また、発電用原子炉施設の安全性確保のために立地評価を行う趣旨からすれば、火山噴火の時期及び規模を的確に予測することが困難であるという現在の科学技術水準の下においては、少なくとも過去の最大規模の噴火により設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達したと考えられる火山が当該発電用原子炉施設の地理的領域に存在する場合には、原則として立地不適とすべきである。つまり、検討対象火山が噴火する可能性やその時期及び規模を的確に予測することができない以上、設計対応が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いえるか否かを検討するまでもなく、立

地不適と判断すべきこととなる。

(イ) 運用期間中の火山活動可能性の評価

被告は、本件申請において、本件各号機に影響を及ぼし得る火山として、完新世に活動があった火山及び完新世に活動がないが将来の活動可能性がある火山の双方が存在することを認めているから、将来の活動可能性が否定できない火山があることを認めている。

火山ガイドは、将来の活動可能性があると評価した火山について、将来の活動可能性を評価する際に用いた調査結果、必要に応じて実施する地球物理学的調査の結果、必要に応じて実施する地球化学的調査の結果を基に、原子力発電所の運用期間中における検討対象火山の活動の可能性を総合的に評価し、検討対象火山の活動の可能性が十分小さいかどうかを判断すべきものとしている。

しかし、現時点での火山学の知見を前提とした場合、上記の調査により原子力発電所の運用期間中における検討対象火山の活動の可能性が十分小さいかどうかを判断できると認めるに足りる証拠はない。

被告は、火山の評価方法について、①プリニー式噴火ステージ（破局的噴火に先行してプリニー式噴火が間欠的に発生）、②破局的噴火ステージ（破局的噴火が発生）、③中規模火砕流噴火ステージ（破局的噴火時の残存マグマによる火砕流が発生）、④後カルデラ火山噴火ステージ（多様な噴火様式の小規模噴火が発生）の順をたどるという Nagaoka (1988) によるステージの区分を参考に検討し、阿蘇カルデラについては、現在のマグマ溜まりは破局的噴火直前の状態ではなく、今後も現在の④の噴火ステージが継続すると判断している。しかし、被告の主張によっても、①の噴火ステージから②の噴火ステージに移行するまでの時間的間隔は不明であり、現時点が破局的噴火直前の状態でないことが認められるにとどまり、本件各号機の運用期間中における活動可能性が十

分小さいとまで判断することはできない。

被告は、Druitt et al. (2012) を論拠にして運用期間中のVEI (火山爆発指数) 7以上の噴火の活動可能性は十分に小さいと評価しているが、Druitt et al. (2012) は日本における火山予知が可能であるという論拠にはならないから、これを論拠として火山噴火を事前に予測することは不可能であり、上記のような評価をすることはできない。

現時点での噴火予測についての火山学の一般的知見は、火山学者緊急アンケート及び藤井(2016)のとおり、火山噴火の予知はできないというものである。

超巨大噴火が発生するのは、6000年から1万年に一度ともいわれているところ、原子力発電所の運用期間という短期間の間の火山活動可能性が十分小さいかを予測できるという根拠はどこにも示されていない。立地評価に関する火山ガイドの定めは、検討対象火山の噴火時期及び規模が相当以前の時点での確に予測できることを前提としており、不合理である。

(ウ) 設計対応不可能な火山事象の到達可能性の評価

前記(イ)によれば、本件各号機についていえば、検討対象火山の活動の可能性が十分小さいとは判断できないから、火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の到達可能性を評価することとなる。検討対象火山の調査結果からは原子力発電所の運用期間中に発生する噴火規模を推定することはできないから、検討対象火山の過去最大の噴火規模を想定し、これにより設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達する可能性が十分小さいかどうかを検討する必要がある。本件各号機についていえば、上記の検討対象火山の過去最大の噴火規模は、阿蘇4噴火である。

火山ガイドにおいて、半径160kmの範囲が地理的領域とされているのは、国内の最大規模の噴火である阿蘇4噴火において、火砕物密度流

が到達した距離が160kmであると考えられているためである。阿蘇カルデラにおいて阿蘇4噴火と同規模の噴火が起きた場合、阿蘇カルデラから約120kmの距離にある本件各号機の敷地に火砕流が到達する可能性が十分小さいと評価するためには、相当程度確かな立証が必要であるところ、阿蘇4噴火の火砕流が本件各号機の敷地に到達していたことが高度に推認される。

火砕流が原子力発電所に到達する場合、設計対応は到底できない。

(エ) 小括

以上によれば、阿蘇4噴火と同規模の噴火により設計対応不可能な火山事象である火砕物密度流が本件各号機の敷地に到達する可能性が十分小さいとはいえないので、本件各号機について、立地は不適となる。

したがって、影響評価の判断をするまでもなく、本件処分は設置許可基準規則6条1項に反し違法であり、本件各号機の安全性に欠ける点があり、住民の生命、身体、健康が侵害される具体的危険性があることが推認される。

イ 影響評価

(ア) 降下火砕物の最大層厚及び密度の過小評価

【地理的領域外の火山による降下火砕物について】

被告は、約3万年前にVEI7の破局的噴火を起こした始良カルデラ及び約0.7万年前にVEI7の破局的噴火を起こした鬼界アカホヤの噴火による降下火砕物を想定しておらず、火山ガイドに反し不合理である。始良カルデラの破局的噴火は、近畿地方ですら20cm以上の火山灰堆積が認められており、同規模の噴火が起これば、本件各号機の敷地に20cm以上の火山灰が堆積することは確実である。被告は、降下火砕物の最大層厚を10cmと設定しているが、10cmで足りることが証明されていない。

【地理的領域内の火山による降下火砕物について】

阿蘇カルデラの地下には、少なくとも体積 $14.1 \sim 33.5 \text{ km}^3$ のマグマ溜まりが存在する。この体積は、須藤ほか（2006）が存在を指摘する直径 $3 \sim 4 \text{ km}$ のマグマ溜まりを $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ の計算式で計算したものである。現在の火山学の知見を前提とすると、被告が依拠する噴火ステージ論や現在判明している上記のマグマ溜まりの状況からみて、本件各号機の運用期間中に阿蘇山においてVEI 6（噴出量 10 km^3 以上）以上の噴火が生じる可能性が十分に小さいと評価することはできない。VEI 6（巨大噴火）の最小噴火規模（噴出量 10 km^3 ）を前提にしたとしても、噴出量は、被告が想定した九重第1噴火の噴出量（ 6.2 km^3 ）の2倍近くになるから、最大層厚を 2.2 cm と評価するのは過小評価である。上記のとおり、地理的領域外の火山の噴火ですら、本件各号機の敷地には、 20 cm 以上の火山灰堆積が認められるのであるから、阿蘇カルデラにおいて阿蘇4噴火（噴出量 600 km^3 以上のVEI 7噴火）と同規模の破局的噴火が起これば、本件各号機の敷地での火山灰堆積は 20 cm を超えることは十分に考えられる。そうすると、最大層厚を 10 cm 、降下火砕物の乾燥密度を 1.0 g/cm^3 、湿潤密度を 1.7 g/cm^3 とすることも過小評価である。

(イ) 設計対応及び運転対応の妥当性

火山ガイドは、「降下火砕物は、最も広範囲に及ぶ火山事象で、ごくわずかな火山灰の堆積でも、原子力発電所の通常運転を妨げる可能性がある」とする。そして、降下火砕物の直接的影響の確認事項として、特に「③ 外気取入口からの火山灰の侵入により、換気空調系統のフィルタの目詰まり、非常用ディーゼル発電機の損傷等による系統・機器の機能喪失がなく、加えて中央制御室における居住環境を維持すること。」

(6.1(3)(a)③)を求めている。

フィルタの目詰まりや発電機の損傷については、降下火砕物の量が大きく関わる場所、被告の設定する10cmの層厚は過小評価であり、20cm以上の層厚に対して、設計対応及び運転対応が可能であることが示されなければならない。本件各号機については、20cmの層厚の降下火砕物に対して上記③の求める系統・機器の機能喪失がないことの確認がされていない。

このように「非常用ディーゼル発電機の損傷等による系統・機器の機能喪失」がないことの証明がされていないということは、全電源喪失に至って冷却機能を維持できなくなる可能性が否定できないということである。

被告の主張を前提としても、非常用ディーゼル発電機について、実際の降下火砕物とは質的にも量的にも異なる状況下で、僅か「7日間の連続運転」しか確認されておらず、「原子力発電所外での影響（長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶）を考慮し、燃料油等の備蓄又は外部からの支援等により、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」（火山ガイド6.1(3)(b)）とは到底いえない。7日以内に外部電源が復旧する保証はどこにもない。

(ウ) 小括

したがって、本件各号機への火山事象の影響評価について、被告による基準適合判断の合理性の証明がされたとはいえないため、本件処分は、設置許可基準規則6条1項に反し違法であり、本件各号機の安全性に欠ける点があり、住民の生命、身体、健康が侵害される具体的危険性があることが推認される。

ウ 被告の破局的噴火に関する評価等について

(ア) 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」の立地評価の④の判断手法について



被告は、破局的噴火は、日本列島のカルデラ火山において数万年から十数万年に1回程度の極めて低い頻度で発生する火山事象であると主張した上で、破局的噴火が運用期間中に発生する可能性について、総合的に評価し、運用期間中における破局的噴火の可能性が十分小さいことを確認したとする。しかし、火山ガイドは、火山ガイドの図1の「④設計対応不可能な火山事象が、原子力発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいか」の評価を求めているところ、上記の被告の「数万年から十数万年に1回程度の極めて低い頻度」という評価は、火山ガイドの図1の「②完新世に活動があったか」及び「③将来の活動可能性はあるか」という評価すなわち「将来の活動可能性が否定できない火山」についての評価をしているだけであり、上記の④の評価をしたとはいえない。

また、被告は、火山ガイドの定めに反し、破局的噴火の発生確率が極めて低く、無視し得るような主張をする。しかし、破局的噴火は、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り、かつ、その発生の可能性は防災の観点からは十分な頻度の事象である。したがって、破局的噴火によるリスクは、社会通念上容認できないものであることは明らかである。

(イ) 対象火山の活動の可能性が十分に低いといえるのかについて

現時点の火山学の知見を前提とした場合、原子力発電所の運用期間中における検討対象火山の活動の可能性が十分小さいかどうかを判断できると認めるに足りる証拠はない。被告は、噴火間隔、噴火ステージ及びマグマ溜まりの状況等から火山活動の可能性が十分小さいと評価できるとするが、次のとおり、阿蘇カルデラの活動可能性が十分小さいとは判断できず、前記のとおり、阿蘇4噴火の火砕流が本件各号機の敷地に到達していたことが高度に推認される。

a 噴火間隔について

被告は、噴火間隔を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の経過という観点で捉え、運用期間中に破局的噴火が発生する可能性が十分小さいことを確認した旨主張する。

しかし、巽好幸は、「まず指摘すべきは、巨大噴火の活動間隔は「周期」という概念が適用できないほどに不揃いであり、最後のイベントからの経過時間が将来の噴火の切迫度を示す指標として使えない点である。日本列島で最も頻繁に巨大噴火を繰り返してきた阿蘇火山の事例を眺めてみよう。この火山では9万年前、12万年前、14万年前、そして26万年前に巨大噴火が起きている。つまり過去4回の巨大噴火の活動間隔は2万年から12万年と極めて幅が大きい。巨大噴火のサイクルには、一定のマグマ生成率の下でマグマ溜りがある大きさ（臨界サイズ）に達すると巨大噴火が発生する、というようなシンプルなモデルは適用できないのだ。」（巽（2018））とし、噴火間隔に基づく予測はできないことを明言している。

b 噴火ステージについて

各噴火ステージの間隔は全く明らかでなく、プリニー式噴火ステージから破局的噴火ステージに移行するまでの時間的間隔は不明である。また、VEI7クラスの破局的噴火の直前にプリニー式噴火等の爆発的噴火が先行することが多いことを指摘する文献（小林ほか（2010）、前野（2014））もあり、被告の主張を前提にしたとしても、現時点が破局的噴火直前の状態でないことが認められるにとどまり、本件各号機の運用期間中における活動可能性が十分小さいとまで判断することはできない。

c マグマ溜まりについて

マグマ溜まりによる噴火の予測には限界がある。また、マグマ溜ま

りの状況の把握は困難であり、現在の火山学の水準では、「大規模なマグマ溜まりは存在せず、破局的噴火直前の状態ではない」と断言することはできない。

東宮（2016）によれば、噴火に当たって、マグマ溜まりの状況の変化（マッシュの再流動化）は比較的短期間（数箇月から数十年）に起こるということであるから、運用期間中に巨大噴火が発生するという点についてマグマ溜まりの状況等から一定程度確認できるという考え方に相応の科学的根拠があるとはいえない。

d 小林（2017）について

被告は、小林（2017）を根拠として、カルデラ噴火の前兆現象に関する最新の知見からも、阿蘇カルデラが本件各号機の運用期間中に破局的噴火を起こす可能性は十分低いとする被告の評価が合理的であることが裏付けられていると主張する。

しかし、小林（2017）は、原子力規制庁からの請負により、カルデラ噴火のモデルと今後の研究すべき方向性についての考えを述べたものであり、作成者である小林哲夫は、小林（2017）を論文として位置付けておらず、仮説を示したにすぎない。被告が小林（2017）を引用する部分は、飽くまで仮説にすぎないモデルからの推定であり、九州のカルデラ噴火の予知、予測をしたものではない。

小林（2017）においても、全てのカルデラ噴火に前兆現象が起きるとしているわけではなく、小林（2017）の記載に従っても、前兆現象からカルデラ噴火までの期間が数百年あると判断することはできない。そうすると、小林哲夫のモデルから導かれる結論としての、鬼界カルデラ以外の九州のカルデラでは現在まで前兆現象がないから「今後数100年以内にカルデラ噴火が発生することはないであろう」という記述は誤りである。石原和広京都大学名誉教授は、原子力施設

における火山活動のモニタリングに関する検討チーム第1回会合において、「巨大噴火は何らかの前駆現象が数カ月、あるいは数年前に発生する可能性が高い」としている。

したがって、小林（2017）を基に阿蘇カルデラが本件各号機の運用期間中に破局的噴火を起こす可能性が十分小さいとはいえない。

エ 本件5カルデラのモニタリングについて

被告は、本件5カルデラについて、引き続きモニタリングを行い、破局的噴火に発展する可能性が僅かでも存するような事象が確認された時点で、直ちに適切な対処を行うとする。

しかし、上記ウのとおり、「巨大噴火は何らかの前駆現象が数カ月、あるいは数年前に発生する可能性が高い」し、何か異常があったとしても、それが巨大噴火に結びつくかどうかはわからないというのが現状であり、モニタリングで異常が認められたとしても、どの程度の規模の噴火に至るのか、あるいは定常状態からの「ゆらぎ」の範囲なのか識別できないおそれがあるとされている。使用済燃料を安全圏に運び出す作業を完了させるためには10年以上を要するところ、巨大噴火の10年前に原子力発電所の運転を停止し使用済燃料を運び出すという判断をなし得る前駆現象を探知し得るという根拠は示されていない。

オ 原子力発電所の安全確保の上で破局的噴火を想定しなくても安全性に欠けるところはないとの社会通念について

被告は、破局的噴火は、桁外れに大規模な自然現象であり、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、極めて低頻度な事象であり、多くの裁判例において、破局的噴火が発生する可能性が相応の根拠をもって示されない限り、原子力発電所の安全確保の上で自然災害として想定しなくても安全性に欠けるところはないとするのが、現時点における我が国の社会通念であるなどと判断されているところであ

ると主張する。

しかし、「設計対応不可能な火山事象が、原子力発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいか」の判断ができなければ、立地不適とするというのが火山ガイドの考え方である。設計対応不可能な火山事象について、何万年に一度の発生頻度であっても、将来の活動可能性が否定できない場合には、その火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分に小さいといえなければ、立地不適となるのである。「社会通念」なる概念を用いて、火山ガイドを無視して立地不適としないことは誤りである。

また、巨大噴火のリスクは発生確率が低いから容認するという社会通念は存在しない。巨大噴火の予測や火山の監視は、重要な社会的課題となりつつある。立法府及び行政府が火山噴火に対する具体的政策を怠っているだけである。国民の破局的噴火ないし巨大噴火に対する社会通念とは、その脅威を正しく理解し、適切な措置を取りたいというものである。破局的噴火のリスクは発生確率が低いから容認すべきだというのは日本の社会通念ではなく、むしろ、専門的技術的に策定された火山ガイドに従って、危険性が確認されたのであれば、原子力発電所の安全性が欠けていると考えるのが社会通念である。

カ 「基本的な考え方について」について

「基本的な考え方について」は、「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」としているが、前記のとおり、社会通念を持ち込むことは誤りである。そもそも「基本的な考え方について」は、火山事象の発生可能性という判断が可能であるという前提が誤っている。また、火山ガイドには、巨大噴火の可能性評価について、巨大噴火を下回る噴火と別扱いにするなどの記載はないにもかかわらず、「基本的な考え方について」は、巨大噴火について緩やかな基準を定立

している。巨大噴火の発生頻度が低いからといって、基準を緩和して「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」という要件を新たに設定することは火山ガイドに反する。

(被告の主張)

ア 被告による評価の結果

被告は、本件各号機の火山影響評価として、文献調査、地形・地質調査及び地球物理学的調査を行い、将来の活動可能性を否定できない火山として、五つのカルデラ火山（阿蘇、加久藤・小林、始良、阿多、鬼界）（本件5カルデラ）を含む21火山（本件5カルデラ並びに壱岐火山群、多良岳、小値賀島火山群、雲仙岳、南島原、金峰山、万年山火山群、船野山、涌蓋火山群、福江火山群、九重山、立石火山群、野稻火山群、由布岳、高平火山群及び鶴見岳の16火山）を抽出した上で、各火山の火山活動に関する個別評価、すなわち設計対応不可能な火山事象が運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を行った。

本件5カルデラについては、運用期間中における破局的噴火の可能性が十分小さいことを確認したため、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、また、その他の16火山については、各火山の既往最大規模の噴火を考慮して評価した結果、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ことを確認した。

また、本件5カルデラについては火山活動のモニタリングを実施し、破局的噴火が発生する可能性が十分小さいことを継続的に確認している。モニタリングにおいて破局的噴火に発展する可能性が僅かでも存するような事象が確認された時点で、直ちに適切な対処を行うこととしている。

イ 破局的噴火及び破局的噴火に関する評価について

破局的噴火は、VEI（火山爆発指数）7以上の噴火であり、100km³

以上の噴出物を伴う噴火のことをいう。破局的噴火では、直径10kmを超える大規模なマグマ溜まりが地殻内に形成され、マグマ溜まりの圧力の上昇などにより噴火が発生、継続し、大量のマグマを噴出すると、マグマ溜まりに空洞が生じ、天井部が破壊され、巨大なカルデラが生じる。破局的噴火は、一般の火山噴火と比較すると、より広範囲かつ大規模な地殻変動や地震などが観測されると考えられる。

破局的噴火は、桁外れに大規模な自然現象であり、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、極めて低頻度な事象であり、有史以来、人類が経験したことのない自然現象であるため、資料やデータが乏しく、発生に至るまでの原理や機序について完全に解明されているものではない。そのように現在の火山学自体に限界がある中で、被告は、国内に限らず海外の知見も含めた最新の知見を可能な限り収集して検討した上で、これらを踏まえた評価を行った。被告の評価は、現在の科学技術水準に照らして十分な合理性を有する。

ウ 運用期間中の本件5カルデラの破局的噴火の発生可能性の評価方法について

以下の(ア)～(ウ)のとおり、被告は、運用期間中の本件5カルデラの破局的噴火の発生可能性について、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評価を行った。これは、最新の知見に照らしても合理的なものである。

(ア) 破局的噴火の噴火間隔について

破局的噴火は極めて大規模な噴火であり、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。被告は、各カルデラ火山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。

なお、原告らは、巽教授の見解（巽（2018））を基に、巨大噴火の噴火間隔は「周期」という概念が適用できないほど不ぞろいであり、一定のマグマ生成率の下でマグマ溜まりがある大きさに達すると巨大噴火が発生するというようなシンプルなモデルは適用できない旨主張するが、噴火間隔により将来の噴火可能性を評価する手法については、火山学において一般的に一定の有用性が認められており、本件5カルデラの破局的噴火の噴火間隔から、将来の破局的噴火の噴火可能性を評価し、一つの考慮要素とすることは、合理的である。

また、被告は、鹿児島地溝にある3カルデラ（加久藤・小林、始良、阿多）全体としての噴火間隔についても検討したところ、階段ダイヤグラムにおける過去60万年間の破局的噴火の噴火間隔は、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Tn噴火であり、始良Tn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、被告は、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して考慮した。

（イ）噴火ステージについて

噴火ステージは、過去の噴火活動から活動期を分類するものであり、ハザードマップの作成に際しても用いられるなど、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。

Nagaoka（1988）は、詳細な地質調査（テフラの対比等）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り、①鹿児島地溝における噴火サイクルについて、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、②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5～8万年続く「噴火マルチサイクル」を構成すること、③鬼界カルデラは、この一般的パターンの例外であり、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、④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が述べられている。

被告は、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することに一定の合理性があると考えた。また、Nagaoka (1988) に示された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考え、加久藤・小林カルデラ及び阿蘇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は確認できず、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、被告は、本件5カルデラについて、各カルデラ火山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。

(ウ) マグマ溜まりの状況について

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。

マグマは、珪素 (SiO_2) の量が少ない順番に、玄武岩質、安山岩質、デイサイト質及び流紋岩質の四つに分類され、珪素 (SiO_2) の量が少ないほど密度が高く粘り気が低いところ、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 (SiO_2) の量が多い珪長質の大規模なマグマ溜まりである。

マグマ溜まりは、時間とともにマグマの密度に応じた浮力中立点 (珪長質マグマは地下深さ 7 km 以浅) へと移っていく傾向があるとされる。そして、破局的噴火を発生させるためには、深さ 10 km 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。

そこで、被告は、本件 5 カルデラについて、深さ 10 km 以浅における大規模なマグマ溜まりの有無を検討した。

この点、原告らは、現在の科学技術水準では、地下のマグマ溜まりを精度良く把握することは困難である旨主張するが、被告は、地下のマグマ溜まりの位置及び規模を正確に把握できることを主張するものではない。前記のとおり、破局的噴火は、有史以来、人類が経験したことのない自然現象であるため、資料やデータが乏しいものの、桁外れに大規模な自然現象であって、一般の火山噴火と比較すると、より広範囲かつ大規模な地殻変動や地震などが観測されることが考えられることから、運用期間中に破局的噴火を起こし得るような大規模なマグマ溜まりの有無を評価することは可能であると考えられる。

また、Druitt et al. (2012) は、ミノア噴火に関する結晶の成長に関する分析から、破局的噴火直前の 100 年程度の間に急激にマグマが供給されたと推定しているなどし、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から推定することができる。

そこで、被告は、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、その結果を考慮した。

エ 本件5カルデラの個別評価

(ア) 阿蘇カルデラについて

a 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。このことのみからすると、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があり、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。

b 噴火ステージについて

現在の阿蘇カルデラにおける噴火活動は、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り、破局的噴火ステージにあると評価すべき事情が存しないことから、後カルデラ火山噴火ステージにあると考えられ、阿蘇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一つの事情として考慮した。

c マグマ溜まりの状況について

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。この点、阿蘇カルデラに関しては、カルデラ中央部の地下深さ6km付近にマグマ溜まりがあると考えられているが、これは、破局的噴火を起こし得る大規模な珪長質マグマ溜まりではない。

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、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、被告は、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として考慮した。

d 小括

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

e 前兆現象に関する最新の知見である小林（2017）について

小林（2017）は、地質学的な見地からカルデラ噴火のモデル（前兆現象）を提示し、阿蘇カルデラを含む九州のカルデラ火山について考察を加えたものであるところ、阿蘇カルデラを含む国内及び国外のカルデラ火山において、過去のカルデラ噴火の100年から数百年以上前に溶岩を噴出する形式の噴火が発生していること等から、カルデラ噴火の前兆現象として珪長質マグマの流出的噴火が発生すると考えられること、しかし、阿蘇カルデラを含む本件5カルデラについては、鬼界カルデラ以外では過去数百年以内に珪長質マグマの噴火が発生していないこと、鬼界カルデラにおける1934年から1935年にかけての流紋岩質マグマの噴出がカルデラ噴火の前兆現象であれば、急激な地盤の上昇などが観測されるはずであるが、そのような兆候は全く観測されていないことから、今後数百年以内にカルデラ噴火が発生することはない旨の見解を明らかにしている。このように、カルデラ噴火の前兆現象に関する最新の知見からも、阿蘇カルデラが本件各号機の運用期間中に破局的噴火を起こす可能性は十分低いとする被告の評価が合理的であることが裏付けられている。

(イ) 加久藤・小林カルデラについて

a 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。このことのみからすると、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が、前記ウ(ア)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については、加久藤・小林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一つの事情といえる。

b 噴火ステージについて

現在の加久藤・小林カルデラにおける噴火活動は、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り、破局的噴火ステージにあると評価すべき事情が存しないことから、後カルデラ火山噴火ステージにあると考えられ、加久藤・小林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一つの事情として考慮した。

c マグマ溜まりの状況について

加久藤・小林カルデラにおいて、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。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。

d 小括

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

(ウ) 始良カルデラについて

a 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 n 噴火）から約 3 万年経過しているが、始良 T n 噴火の前の破局的噴火は約 6 万年以上前であるから、経過時間は、破局的噴火の噴火間隔に比べて十分に短い。ため、運用期間中に始良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として考慮した。また、前記ウ(ア)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についても、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として考慮した。

b 噴火ステージについて

現在の始良カルデラにおける噴火活動は、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、運用期間中に始良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として考慮した。

c マグマ溜まりの状況について

始良カルデラにおいて、地下深さ 10 km 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。①始良カルデラ中央部下約 10 ～ 12 km に主マグマ溜まり、②桜島南岳下 4 km、③桜島北岳下 3 ～

6 kmに副マグマ溜まりがあるとの知見があるが、いずれも破局的噴火を起こし得る大規模な珪長質マグマ溜まりではない。

また、国土地理院による電子基準点の解析結果によると、基線長に若干の変化はみられるものの、既往の研究に基づくとマグマ供給率は $0.01 \text{ km}^3/\text{年}$ 程度であり、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、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として考慮した。

d 小括

被告は、前記 a から c までを総合的に考慮して、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は極めて低いと評価した。

(エ) 阿多カルデラについて

a 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、経過時間は、破局的噴火の噴火間隔に比べて十分に短いため、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として考慮した。前記ウ(ア)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についても、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として考慮した。

b 噴火ステージについて

現在の阿多カルデラにおける噴火活動は、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ところ、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ものの、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は低い。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、池田噴火からの経過時間（約0.6万年）は十分短い。また、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ないし初期のプリニー式噴火ステージにあることが示されていることから、運用期間中に阿多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して考慮した。

c マグマ溜まりの状況について

阿多カルデラにおいて、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。なお、阿多カルデラの地下浅所における大規模なマグマ溜まりの存否について検討した知見は見当たらない。

d 小括

被告は、前記aからcまでを総合的に考慮して、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は極めて低いと評価した。

(オ) 鬼界カルデラについて

a 破局的噴火の噴火間隔について

鬼界カルデラは、最後の破局的噴火（鬼界アカホヤ噴火）から約7300年が経過しているが、鬼界アカホヤ噴火とその前の破局的噴火である鬼界葛原噴火との間隔は約9万年、鬼界葛原噴火とその前の破局的噴火である小アビ山噴火との間隔は約5万年であり、経過時間は、破局的噴火の噴火間隔に比べて十分に短いため、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として考慮し

た。

b 噴火ステージについて

現在の鬼界カルデラにおける噴火活動は、薩摩硫黄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、破局的噴火ステージにあると評価すべき事情が存しない上に、Nagaoka (1988) においても、現在、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、運用期間中に鬼界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として考慮した。

c マグマ溜まりの状況について

鬼界カルデラにおいて、地下深さ10kmよりも十分浅い位置に、大規模な珪長質マグマ溜まりは存在しない。

鬼界カルデラにおいて、約7300年前の鬼界アカホヤ噴火の時に蓄積されていた流紋岩質マグマについては出尽くしたと考えられる。その後、破局的噴火を起こし得るような大規模な珪長質マグマ溜まりが形成されるような時間は経過しておらず、現時点でそのような大規模な珪長質マグマ溜まりが形成されている可能性は低い。

マグマ溜まりの顕著な増大は認められないことから、破局的噴火が起こるような状態ではないと考えられる。

d 小括

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

オ 火山活動のモニタリングについて

前記のとおり、本件5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、被告は、本件5カルデラにおいて破局的噴火が発生する可能性が十分に小さいことを継続的に確認

するため、本件5カルデラについて地殻変動や地震活動等の火山活動のモニタリングを実施している。

本件5カルデラの直近のモニタリングの評価は、いずれも「活動状況に変化なし」という結果であり、原子力規制庁から妥当と判断されている。

被告は、本件5カルデラについて、引き続きモニタリングを行い、破局的噴火に発展する可能性が僅かでも存するような事象が確認された時点で、直ちに適切な対処を行うものである。

カ 火山事象の影響評価について

(ア) 評価の概要

被告は、本件5カルデラについて、前記の評価を行い、本件5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ことを確認した。これを踏まえ、本件5カルデラの火山事象による本件各号機への影響について、現在の噴火ステージにおける既往最大規模の噴火（阿蘇カルデラにつき約3万年前の阿蘇草千里ヶ浜噴火（VEI5）、加久藤・小林カルデラにつき約4.5～4.0万年前の霧島イワオコシ噴火（VEI5）、始良カルデラにつき約1.3万年前の桜島薩摩噴火（VEI6）、阿多カルデラにつき約0.6万年前の池田噴火（VEI5）、鬼界カルデラにつき約0.6万年前以降の薩摩硫黄島での噴火（VEI4））を考慮して評価した。

その他の16火山（壱岐火山群、多良岳、小値賀島火山群、雲仙岳、南島原、金峰山、万年山火山群、船野山、涌蓋火山群、福江火山群、九重山、立石火山群、野稻火山群、由布岳、高平火山群及び鶴見岳）については、各火山の既往最大規模の噴火（VEI5以下の噴火）を考慮して、本件各号機への火山事象の影響を評価した。

その結果、21火山（本件5カルデラ及び上記16火山）の噴火規模と本件各号機までの距離との関係等から、降下火砕物（火山灰等）を除

く火山事象（火砕物密度流，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，地殻変動等）については，いずれも本件各号機の敷地には影響がないことを確認した。

降下火砕物（火山灰等）については，後記(イ)のとおり影響評価を行い，安全性を確認した。

(イ) 降下火砕物の影響評価

a 想定した噴火

(a) 九重第1噴火の選定

降下火砕物につき，安全上重要な建物・機器等に影響を及ぼし得る火山事象として，抽出した噴火（本件5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の噴火，その他の16火山については既往最大規模の噴火）の中で本件各号機付近に最も影響が大きい約5万年前の九重第1噴火を選定した。

(b) 原告らの主張に対し

原告らは，被告の行った影響評価について，始良カルデラ及び鬼界カルデラにおける破局的噴火による降灰を想定していないため，火山ガイドに反し不合理である旨主張する。しかし，被告は，前記のとおり，これらのカルデラ火山において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上で，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を想定したのであって，火山ガイドに反するものではない。

また，原告らは，阿蘇カルデラについて，現在，30km³程度のマグマ溜まりが存在し，VEI6規模の噴火が発生した場合の噴出量は，被告の評価の2倍近くになるため，被告の評価は，過小評価である旨主張する。しかし，噴出可能なマグマは，マグマ溜まりのうち結晶量が低く溶融体が大部分を占める部分であるところ，上記の

マグマ溜まりの熔融率は、数%以上とされており、そもそも噴出可能なマグマは数㎥程度にすぎない上、マグマの噴出に必要な圧力の観点からは噴出できるマグマの量はマグマ溜まり全体の体積のうちごく少量であるのであって、上記の原告らの主張は不合理である。

b 想定した降下火砕物の層厚

文献調査及び地質調査として、町田・新井（２０１１）においては、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。シミュレーション調査として、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での降灰量について、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も２．２ｃｍであり影響が小さいことを確認した。

以上の文献調査、地質調査及び数値シミュレーションの結果を踏まえ、降下火砕物の層厚について更に安全側に評価して１０ｃｍに設定した。

c 設備に対する影響評価

降下火砕物によって安全機能を失うおそれのある安全上重要な建物・機器等を評価対象施設として抽出し、各評価対象施設の特徴（形状、機能、外気吸入や海水の通水の有無等）を考慮した上で、降下火砕物による直接的影響（堆積荷重、閉塞、磨耗、腐食等）及び間接的影響（外部電源の喪失及び交通の途絶）を評価した。評価の結果、降下火砕物の直接的影響により、本件各号機の安全性が損なわれることはないことを確認するとともに、間接的影響として、降下火砕物による外部電源の喪失及び交通の途絶を想定しても、非常用ディーゼル発電機の７日間連続運転により、原子炉及び使用済燃料ピットの安全性を確保できることを確認している。



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可否

(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。

もっとも、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。

④内陸地殻内地震に関し、

⑧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、

⑨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。

⑤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変化等の地震動
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
え方及び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㉗～㉝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年壱岐・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、対馬南方冲断層、対馬南西冲断層群、厳原東方冲断層群、宇久島北西冲断層群、沖ノ島東方冲断層、 F_{TW-3} 、 F_{TW-4} 、中通島西方冲断層群及び 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 年壱岐・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 (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 (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 (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 (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 (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 (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－ＮＥＴ津南、２０１１年茨城県北部地震のＫｉＫ－ｎｅｔ高萩、２０１３年栃木県北部地震のＫｉＫ－ｎｅｔ栗山西、２００４年北海道留萌支庁南部地震のＫ－ＮＥＴ港町及び２０１１年和歌山県北部地震のＫｉＫ－ｎｅｔ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－ＮＥＴ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 s - 1 から S s - 3 まで及び「震源を特定せず策定する地震動」である S s - 4 及び S s - 5 の年超過確率を $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 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 (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リング則が変わるため、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 (km²) 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/s²) 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えることができる。

(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、不確定性があること、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（ M_w 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、 M_w 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、 M_w 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 7.5×10^{25} 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(2.1×10^{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ル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ル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9.3、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めている。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

	の部分に限る)。 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。 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。
クラス3	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 37mBq/cm^3（流体が液体の場合には、37kBq/cm^3）以上の管または最高使用圧力 0MPa を超える管に限る）をいう。

図 クラス区分ごとの配管のイメージ

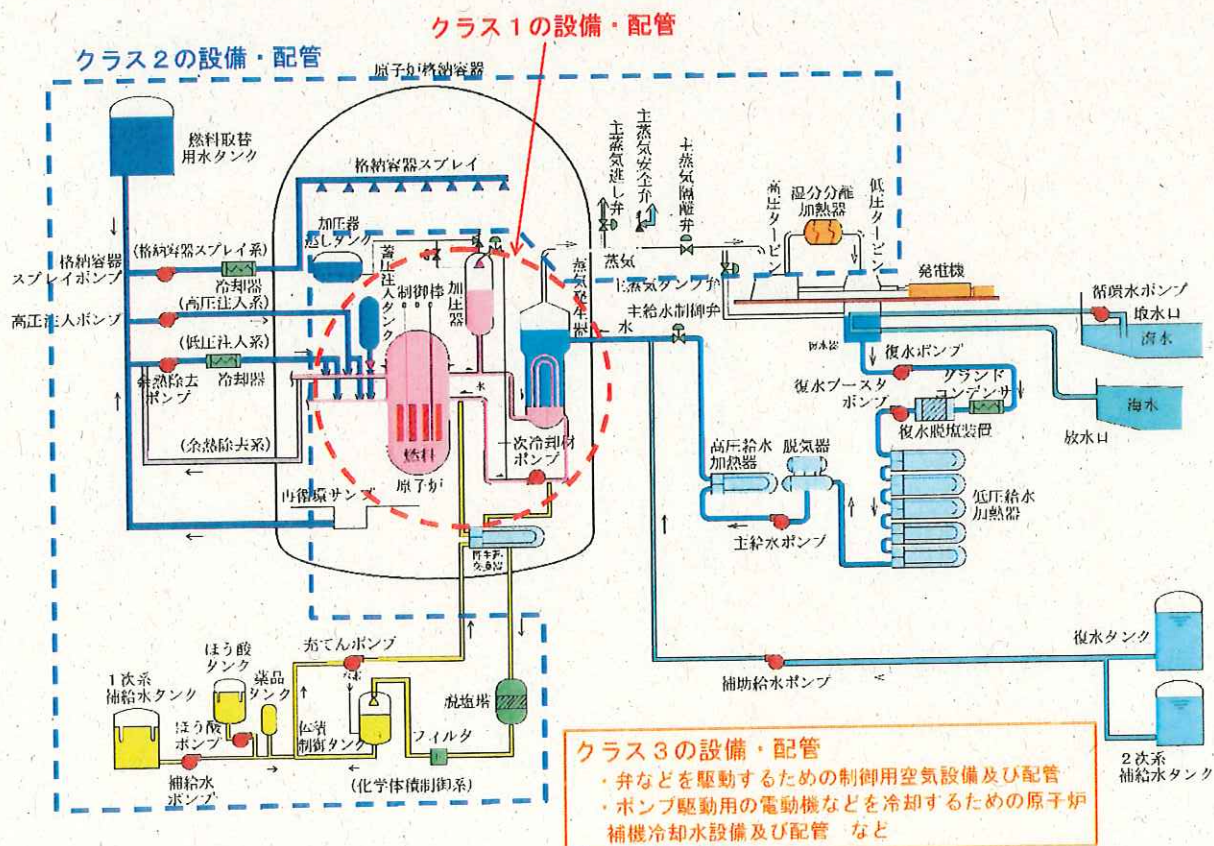


表2 本件各号機における配管の点検計画の概要

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 (10年間の 試験程度)
クラス 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 2	下記のいずれかに該当し, かつ呼び径100Aを超えるもの (※高圧注入系は呼び径40A を超えるもの) ・工学的安全施設のうち直 接系に属する機器 ・原子炉緊急停止系に属す る機器 ・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 (※高圧注入系は呼び径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 (※高圧注入系は呼び径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 (※高圧注入系は呼び径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 3	下記のいずれかに該当する もの ・工学的安全施設の間接系 に属する機器 ・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 (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ぬとし（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ぬなどとする（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ぬ」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は、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発指数（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、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年程度の間に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V E I 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V E I 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で確認されるものの、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V E I 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V E I 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^3 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^3 、湿潤密度を 1.7 g/cm^3 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^3 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。

- (d) 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、構造物への静的負荷、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ことがある。

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 km³未満

VEI 1 0.00001 km³以上0.001 km³未満

VEI 2 0.001 km³以上0.01 km³未満

VEI 3 0.01 km³以上0.1 km³未満

VEI 4 0.1 km³以上1 km³未満

VEI 5 1 km³以上10 km³未満

VEI 6 10 km³以上100 km³未満

VEI 7 100 km³以上1000 km³未満

VEI 8 1000 km³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 km³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ＶＥＩ ７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（ＶＥＩ ５）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（ＶＥＩ ５）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（ＶＥＩ ６）を、阿多カルデラについては約６４００年前の池田噴火（ＶＥＩ ５）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（ＶＥＩ ４）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ＶＥＩ ５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６．２㎥）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 g/cm^3 、湿潤密度を 1.7 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㉗～㉜を述べている。

㉗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

㉘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

㉙鬼界カルデラは、この一般的パターンの例外であり、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

㉚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す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（ 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10km³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200km³と考えられ、阿蘇4噴火の噴出量は約600km³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2km³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

421m)、高千穂峰(標高1573m)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30km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、その噴出量は約1 km³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_n噴火であり、始良T_n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10 km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）等では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_n噴火が認められる。始良T_n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_n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_n噴火に関する活動について、始良T_n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_n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 km³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 n 噴火）から約 3 万年経過しているが、始良 T n 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, ⑦中央部下約10~12kmに主マグマ溜まり, ④桜島南岳下4kmと⑤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⑦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④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⑤については, 上記④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５㎥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