

玄海原子力発電所 2 号機の廃止措置計画に係る確認結果について

令和 2 年 6 月
原子力安全対策課

1 経緯

玄海原子力発電所 2 号機の廃止措置について、九州電力株式会社（以下「九州電力」という。）は原子力規制委員会に対し、令和元年 9 月 3 日に廃止措置計画の認可申請（令和 2 年 2 月 27 日に一部補正）を行った。

原子力規制委員会では、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下「原子炉等規制法」という。）第 43 条の 3 の 34 第 3 項において準用する同法第 12 条の 6 第 4 項の規定に基づく実用発電用原子炉の設置、運転に関する規則第 119 条各号に規定する廃止措置計画の認可の基準に適合しているかどうかの審査について、ヒアリング 7 回、審査会合を 3 回実施し、基準に適合していることを確認したため、令和 2 年 3 月 18 日に開催した原子力規制委員会において「九州電力株式会社玄海原子力発電所 2 号炉に係る廃止措置計画認可申請書に関する審査書」（以下「審査書」という。）をとりまとめ、同日、九州電力に対して廃止措置計画を認可した。

県としては、令和元年 9 月 3 日に九州電力から「原子力発電所の安全確保に関する協定」第 4 条に基づく事前了解願（令和 2 年 2 月 27 日に一部補正）が提出されたため、周辺地域住民の安全確保と周辺環境の保全の観点から、廃止措置計画の内容について九州電力から聴取するとともに、審査書の内容を確認してきた。

2 廃止措置計画の概要等

(1) 廃止措置計画の全体概要

廃止措置対象施設は、原子炉設置許可を受けた 2 号機の発電用原子炉及びその付属施設である。

施設の解体は、廃止措置対象施設のうち、3 号機又は 4 号機との共用施設部分や放射性物質による汚染がない地下建屋、地下構造物及び建屋基礎を除いた施設を対象としている。

なお、1 号機との共用施設の廃止措置は 2 号機の申請書に記載されている。

廃止措置の工程は、全体を 4 段階に区分して令和 36 年度（2054 年度）までの 35 年間で実施する計画としている（図 1、図 2）。

- ・ 解体工事準備期間（第 1 段階） 2020～2025 年度（6 年間）
- ・ 原子炉周辺設備等解体撤去期間（第 2 段階） 2026～2040 年度（15 年間）
- ・ 原子炉等解体撤去期間（第 3 段階） 2041～2047 年度（7 年間）
- ・ 建屋等解体撤去期間（第 4 段階） 2048～2054 年度（7 年間）

九州電力は、今回は主に解体工事準備期間（第1段階）における具体的な方法について申請し、認可を受けている。原子炉周辺設備等解体撤去期間（第2段階）以降については、第2段階に入るまでに廃止措置計画の変更認可を受けることになっている。

第1段階では、放射性物質による汚染のない2次系設備の解体撤去及び1次系設備の汚染状況の調査及び汚染の除去を行うこととしている。

（2）解体工事準備期間（第1段階）に実施する主な内容

解体工事準備期間（第1段階）は、次の内容を実施するとしている。

- ・ 汚染のない設備（2次系設備）の解体撤去
- ・ 炉心への燃料集合体の再装荷を不可にする措置
- ・ 核燃料物質の2号機燃料貯蔵設備外への搬出
- ・ 汚染状況の調査、汚染の除去及び汚染された物質の廃棄
- ・ 放射能レベルが比較的高い原子炉本体等の安全貯蔵

2. 2号炉廃止措置計画の概要

○2号炉の廃止措置は、完了までの35年間で大きく4つの期間に分けて実施します。

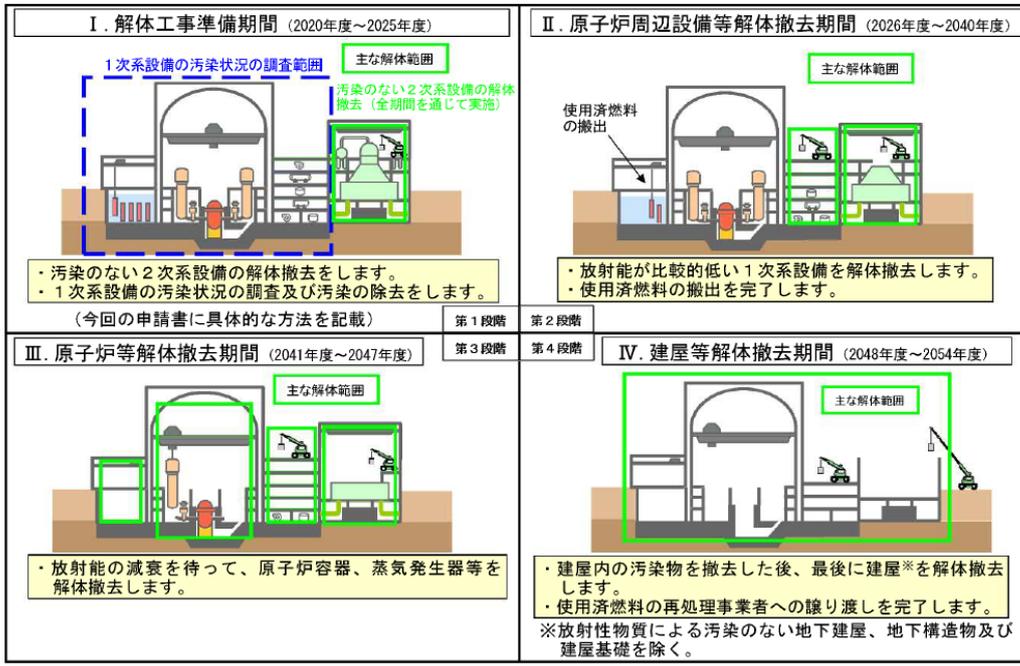


図1 2号機廃止措置計画の概要 (九州電力)

(第10回実用発電用原子炉施設の廃止措置計画に係る審査会合資料1-1より)

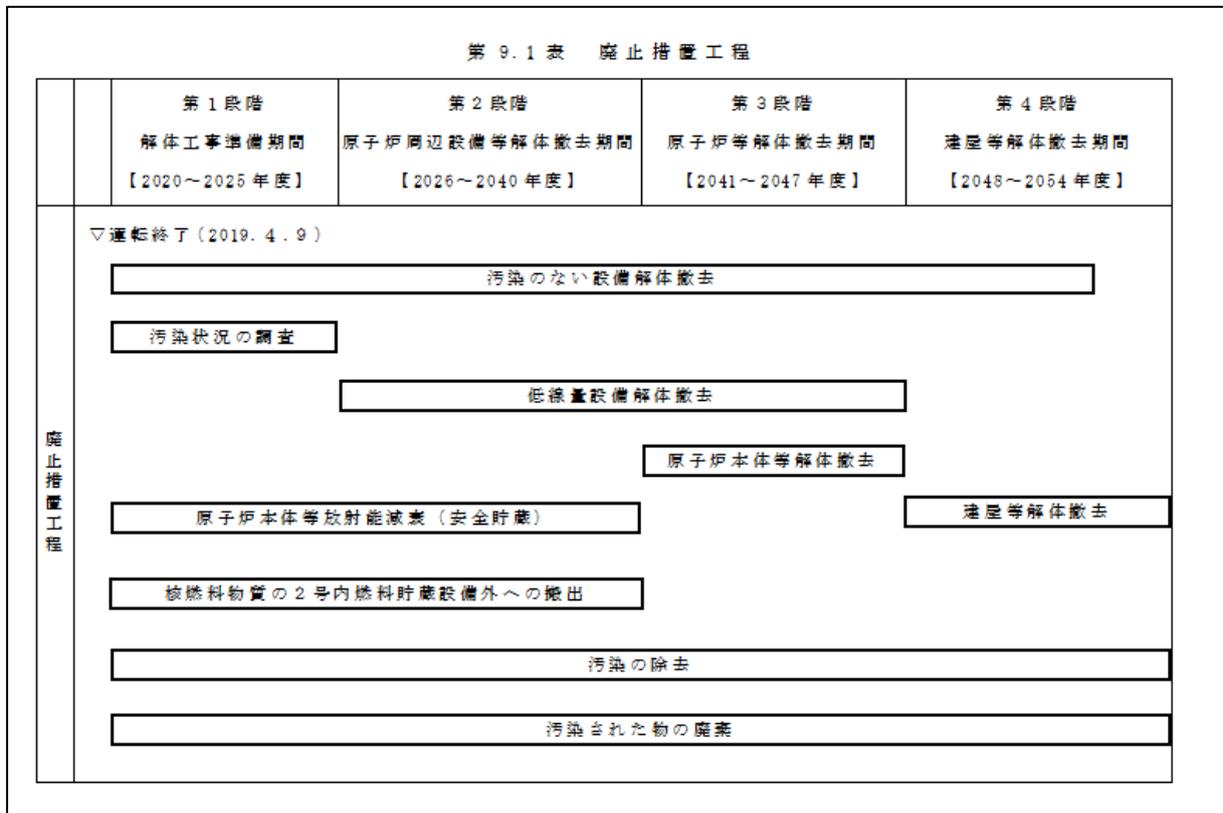


図2 廃止措置工程 (九州電力)

(令和元年9月3日 玄海原子力発電所2号機の廃止措置事前了解願ひ 添付9より)

3 原子力規制委員会の審査内容

原子力規制委員会では、九州電力が令和元年9月3日に申請した「玄海原子力発電所2号炉廃止措置計画認可申請書」（令和2年2月27日に一部補正）（以下「申請書」という。）を以下のとおり審査した結果、廃止措置計画の認可の基準に適合しているものと認められるとしている。

3-1. 申請書本文に対する審査の内容

(1) 廃止措置対象施設のうち解体の対象となる施設及び解体工事の方法

原子力規制委員会は、以下の内容を確認し、審査基準に適合していると判断している。

- ・廃止措置対象施設は、2号機の発電用原子炉及びその附属設備であり、そのうち解体の対象となる施設は、3号機及び4号機との共用施設並びに放射性物質による汚染のないことが確認された地下建屋、地下構造物及び建屋基礎を除く全てとしている。
- ・解体の方法について、以下の事項を確認している。
 - 令和36年度(2054年度)までの工程を4段階に分け、各段階で解体撤去等の講じる措置を定めている。
 - 2号機の炉心からは既に燃料集合体の取り出しが完了しており、炉心への再装荷をできなくする措置を行うとしている。また、核燃料物質は核燃料物質貯蔵設備に貯蔵し、当該設備の解体前までに解体対象施設から搬出するとしている。
 - 解体工事準備期間（第1段階）においては、2（2）に記載した内容を実施することとしており、原子炉周辺設備等解体撤去期間（第2段階）以降は、第1段階に実施する汚染状況の調査等を踏まえ第2段階に入るまでに、廃止措置計画の変更認可を受けるとしている。
 - 廃止措置期間中の保安活動及び品質保証に必要な事項については、玄海原子力発電所原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）に定めて実施するとしている。
 - 2号機の廃止措置の実施にあたって、3号機及び4号機の運転に必要な施設(可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルートを含む)の機能に影響を及ぼさないことを確認した上で工事を実施するとしている。

(2) 核燃料物質の管理及び譲渡し

原子力規制委員会は、既に九州電力玄海原子力発電所2号機の炉心から核燃料物質が取り出されていること及び、以下の内容を確認し、審査基準に適合していると判断している。

① 新燃料

- ・2号機の新燃料については、2号機原子炉補助建屋内の使用済燃料貯蔵設

備に 28 体、2 号機原子炉補助建屋内の新燃料貯蔵設備に 84 体貯蔵しており、原子炉周辺設備等解体撤去期間（第 2 段階）終了までに加工事業者に譲り渡すとしている。（図 3）

- ・使用済燃料貯蔵設備の新燃料（28 体）については、表面に放射性物質が付着しているため、気中で燃料集合体の水洗浄を行った後に、輸送容器に収納する等の措置を講ずるとしている。
- ・輸送容器に収納する際、燃料の表面汚染により、使用する輸送容器の基準を満足しない場合は、気中で燃料集合体 1 体ごとに燃料棒を引き抜き、燃料棒表面を除染し、燃料集合体と同じ形状への再組立てを行った後に、輸送容器に収納するとしている。
- ・当該燃料の取扱いにおいては、専用の作業台を使用し、燃料棒の変形及び損傷を防止すると共に、取り扱う数量を燃料集合体 1 体ごと、かつ、その 1 体分の燃料棒に限定し、臨界を防止するとしている。

② 使用済燃料

- ・2 号機の使用済燃料は、2 号機原子炉補助建屋内の使用済燃料貯蔵設備に 254 体、4 号機燃料取扱棟内の使用済燃料貯蔵設備に 168 体貯蔵されている。（図 3）
- ・2 号機原子炉補助建屋内の使用済燃料貯蔵設備に保存されている使用済燃料（254 体）は、原子炉等解体撤去期間（第 3 段階）の開始までに再処理事業者に譲り渡すか又は 4 号機燃料取扱棟内の使用済燃料貯蔵設備に搬出し貯蔵するとしている。
- ・これらの使用済燃料は、廃止措置終了前までに再処理事業者に譲り渡すこととしているが、令和 36 年度（2054 年度）までの可能な限り早い時期に搬出するよう努めるものとしている。（図 3）

なお、核燃料物質の運搬は、関係法令を遵守して実施するとともに、保安のために必要な措置を保安規定に定めて実施するとしている。

（3）核燃料物質による汚染の除去

原子力規制委員会は、以下の内容を確認し、審査基準に適合していると判断している。

なお、原子炉周辺設備等解体撤去期間（第 2 段階）以降について、九州電力は、第 2 段階に入るまでに除染の要否及び除染の方法等について検討し、廃止措置計画の変更認可を受けている。

- ・解体工事準備期間（第 1 段階）においては原子炉運転中の経験及び実績を踏まえ、二次的な汚染が多く残存していると推定される範囲のうち、放射線業

務事業者の被ばくを低減するため有効とされる範囲の機械的方法（ブラスト法、研磨法など）又は化学的方法による除染を行うとしている。

- ・また、安全管理上の措置として、線量当量率を考慮し、放射線遮蔽、遠隔操作装置の導入、マスク等の防護具の着用などの措置を講じるとしている。

（４）核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の廃棄

原子力規制委員会は、以下の内容を確認し、解体工事準備期間（第１段階）の当該廃止措置計画が審査基準に適合していると判断している。

なお、原子炉周辺設備等解体撤去期間（第２段階）以降について九州電力は、第１段階に行う汚染状況の調査結果を踏まえ、第２段階に入るまでに除染の要否及び除染の方法等について検討し、廃止措置計画の変更認可を受けるとしている。

① 放射性気体廃棄物

- ・解体工事準備期間（第１段階）においては、原子炉運転中と同様に、排気中の放射性物質濃度を排気筒ガスモニタ等によって監視しながら、排気筒から放出するとしている。
- ・周辺環境に対する放射線モニタリングを行うとしている。
- ・処理及び管理に係る必要な措置は保安規定に定め管理するとしている。

② 放射性液体廃棄物

- ・解体工事準備期間（第１段階）においては、原子炉運転中と同様に、あらかじめ放出前のタンクにおいてサンプリングし、放射性物質の濃度を測定、確認後放出するとしている。
- ・排水中の放射性物質の濃度は、廃棄物処理設備排水モニタによって監視するとしている。
- ・処理及び管理に係る必要な措置は保安規定に定め管理するとしている。

③ 放射性固体廃棄物

- ・放射能レベルの比較的高いもの（L1）、放射能レベルの比較的低いもの（L2）、放射能レベルの極めて低いもの（L3）に区分し、それぞれ廃止措置終了までに廃棄事業者の廃棄施設に廃棄するとしている。
- ・放射性物質として扱う必要のないもの（CL）は、原子炉等規制法に定める手続及び確認を経て、可能な限り再生利用に供するとしている。
- ・解体工事準備期間（第１段階）においては、廃棄物の種類、性状に応じて、原子炉運転中と同様に、圧縮減容、焼却、固化等の処理を行うとしており、また廃棄事業者の廃棄施設に廃棄するまでの間、固体廃棄物貯蔵庫等の貯蔵容量を超えないように貯蔵又は保管するとしている。

（５）廃止措置の工程

原子力規制委員会は、2（1）に記載した各段階の工程が以下の通り年度単位として定められ、令和36年度（2054年度）に完了する予定であることを確認、審査基準に適合していると判断している。

- ・ 解体工事準備期間（第1段階） 2020～2025年度（6年間）
- ・ 原子炉周辺設備等解体撤去期間（第2段階） 2026～2040年度（15年間）
- ・ 原子炉等解体撤去期間（第3段階） 2041～2047年度（7年間）
- ・ 建屋等解体撤去期間（第4段階） 2048～2054年度（7年間）

3-2. 申請書に添付する書類に対する審査の内容

（1）既に使用済燃料を発電用原子炉から取り出していることを明らかにする資料

原子力規制委員会は、九州電力玄海原子力発電所の当直課長引継簿が平成25年4月25日に作成され、発電用原子炉の炉心から使用済燃料を取り出す作業を完了したとしていることを確認、審査基準に適合していると判断している。

（2）廃止措置対象施設の敷地に係る図面上及び廃止措置に係る工事作業区域

原子力規制委員会は、解体工事準備期間（第1段階）における廃止措置に係る工事作業区域（建屋、施設等）を定めていることを確認、審査基準に適合していると判断している。

なお、原子炉周辺設備等解体撤去期間（第2段階）以降の工事作業区域について九州電力は、第2段階に入るまでに廃止措置計画の変更認可を受けるとしている。

（3）廃止措置に伴う放射線被ばくの管理

原子力規制委員会は、以下の内容を確認し、審査基準に適合していると判断している。

- ① 放射線管理に係る基本的考え方、具体的方法及び核燃料物質による汚染の除去、放射性廃棄物の廃棄に係る安全対策
 - ・ 周辺的一般公衆及び放射線業務従事者の放射線被ばくを合理的に達成可能な限り低くするため、遮蔽設備、換気設備、放射線管理設備及び放射性廃棄物の廃棄施設は必要な期間、必要な機能を維持管理し、管理区域を設定し、放射線業務従事者に対し、線量を測定評価し線量の低減に努めるとしている。
 - ・ 放射性気体廃棄物及び放射性液体廃棄物の放出については放出管理目標値を定め、当該目標値を超えないように努めるとしている。
 - ・ 汚染の拡散防止のため、汚染拡大防止囲い、局所フィルタを使用する等の措置を講じ、換気設備の換気機能は管理区域の解除までの間、維持するとしている。
 - ・ 除染に当たって、外部被ばくの軽減のため、放射線遮蔽及び遠隔操作施設の導入や内部被ばく防止のためマスク等の防護具の着用等の措置を講じるとし

ている。

② 廃止措置に伴う放射性固体廃棄物の分類毎の発生量の評価

廃止措置期間中に 3-1.(3) で記載した放射性固体廃棄物の発生量は、L1:約 90 t、L2:約 800 t、L3:約 2,040 t、CL:約 3,990 t と評価している。

③ 平常時における周辺公衆の被ばく線量の評価

解体工事準備期間（第1段階）における具体的な評価内容は以下のとおりであり、原子炉周辺設備等解体撤去期間（第2段階）以降については、施設の汚染状況の調査結果、解体工法等についての検討結果を踏まえ、第2段階に入るまでに評価し、廃止措置計画の変更認可を受けている。

- ・第1段階は、管理区域内設備の解体撤去は行わず、原子炉施設は定期検査時（燃料取り出し後）と同様の状態であることから、原子炉設置許可申請書の添付書類九に示す方法を参考に線量評価を実施していること。その際、放射性気体廃棄物及び放射性よう素は、1号機及び2号機が運転を終了していることなどから無視できるとしている。
- ・放出放射性物質に起因する周辺公衆の受ける被ばく線量は1号機から4号機の合計で年間約 $4.2 \mu\text{Sv}$ と評価しており、線量目標値指針に規定される年間 $50 \mu\text{Sv}$ を下回るとしている。（図4）
- ・敷地等境界外における直接線及びスカイシャイン線による被ばく線量は、1号機から4号機が運転中の状態から1、2号機からの被ばく線量を引いた状態であり、年間 $50 \mu\text{Gy}$ を下回るとしている。

④ 放射線業務従事者の総被ばく線量の低減

- ・解体工事準備期間（第1段階）における放射線業務従事者の総被ばく線量は、約 $0.2 \text{人} \cdot \text{Sv}$ と算出している。
- ・また、廃止措置の作業にあたっては、3-1.(3) のとおり安全管理上の措置を講じることにより、措置期間中の放射線業務従事者の被ばく線量の低減を図るとしている。

(4) 過失、故障、地震等があった場合に想定される事故の影響等

原子力規制委員会は、以下の内容を確認し、審査基準に適合していると判断している。

- ・解体工事準備期間（第1段階）では汚染された設備の解体を行わず、原子炉運転段階における定期検査時と同等の状態であることから、想定する事故として「燃料集合体の落下」を選定している。
- ・事故時における周辺公衆への影響評価として、第1段階における具体的な評価内容は以下のとおりであり、原子炉周辺設備等解体撤去期間（第2段階）

以降については、施設の汚染状況の調査結果、解体工法等についての検討結果を踏まえ、第2段階に入るまでに評価し、廃止措置計画の変更認可を受けるとしている。

- ・設置許可申請書の添付書類十に示す方法を参考に、「燃料集合体の落下」事故における敷地境界外における最大被ばく線量を、約 5.1×10^{-5} mSv と評価し、周辺公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないとしている。(図5)

(5) 核燃料物質による汚染の分布とその評価方法

原子力規制委員会は、九州電力が実効運転期間 30 年（運転期間 40 年、稼働率 75%）、運転停止後の安全貯蔵期間（6 年）等を条件として、加圧水型原子炉施設のモデルプラントにおける評価結果に基づき評価していることを確認し、審査基準に適合していると判断している。

なお、九州電力は、今後、解体工事準備期間（第1段階）に実施する解体対象施設の汚染状況の調査結果を踏まえ、廃止措置計画の変更認可を受けるとしている。

(6) 廃止措置期間中に機能を維持すべき発電用原子炉施設及びその性能並びにその機能を維持すべき期間

原子力規制委員会は、解体工事準備期間（第1段階）においては、以下の内容を確認し、審査基準に適合していると判断している。

なお、原子炉周辺設備等解体撤去期間（第2段階）以降においては、第1段階に検討する解体撤去の手順及び工法を踏まえ、解体撤去の状況に応じた維持管理対象設備、維持機能及び性能並びに維持期間を原子炉周辺設備の解体撤去に着手するまでに定め、廃止措置計画の変更認可を受けるとしている。

① 放射性物質を内包する系統及び機器を収納する建屋等

系統及び機器を撤去するまでの間、放射性物質漏えい防止、放射線遮蔽に係る機能及び性能を維持管理するとしている。

② 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設

- ・新燃料貯蔵設備は、新燃料を貯蔵している間、臨界防止機能及び性能を維持管理するとしている。
- ・使用済燃料貯蔵設備は、使用済燃料又は新燃料を貯蔵している間、臨界防止に係る機能及び性能、使用済燃料を貯蔵している間、水位監視、漏洩監視、浄化・冷却、給水に係る機能及び性能を維持管理するとしている。
- ・核燃料物質取扱設備は、臨界防止及び燃料落下防止に係る機能及び性能を維持管理するとしている。
- ・使用済燃料の著しい損傷を緩和し、臨界を防止するために必要な設備は、使用済燃料貯蔵設備から冷却水が大量に漏えいする事象を考慮しても、燃料の

健全性に影響はなく、臨界にならないと評価していることから重大事故等対処施設は不要としている。

➤ 使用済燃料の健全性評価

使用済燃料貯蔵設備には 254 体の使用済燃料が貯蔵されており、同設備の水が全て喪失した場合における燃料被覆管表面温度の評価を行った結果、最高でも約 294℃であるとしている。この温度においては空気中の酸化減肉を考慮したとしても、燃料被覆管のクリープ歪は 1 年後においても約 0.04% であり、クリープ変形による破断は発生せず、使用済燃料の健全性は保たれるとしている。(図 6)

➤ 未臨界性の評価

使用済燃料貯蔵設備には新燃料 28 体を含め 282 体の燃料が貯蔵されており、同設備から冷却水が大量に漏れいする事象を考慮し、水密度を 0.0 ~ 1.0g/cm³ の条件での実行増倍率の評価を行った結果、最大で 0.914 となり、臨界を防止できるとしている。(図 7)

③ 放射性廃棄物の廃棄施設

廃棄物の処理が完了するまでの間、放射性廃棄物処理又は放射性廃棄物貯蔵に係る機能及び性能を維持管理するとしている。

④ 放射線管理施設

原子炉施設内外の放射線監視、環境への放射性物質の放出管理及び管理区域内作業に係る放射線業務従事者の被ばく管理のため、放射線監視及び放出管理に係る機能及び性能を維持管理するとしている。

⑤ 解体中に必要なその他の施設

- ・換気設備は、使用済燃料の貯蔵管理、放射性廃棄物の処理、放射線業務従事者の被ばく低減等を考慮して、各管理区域を解除するまで、換気機能及び性能を維持管理するとしている。
- ・非常用電源設備のうち、ディーゼル発電機については使用済燃料貯蔵設備内の使用済燃料の搬出が完了するまで、蓄電池については建屋解体前まで、原子炉施設の安全確保上必要な場合に適切な容量を確保し、それぞれの設備に要求される電源供給に係る機能及び性能を維持管理するとしている。
- ・原子炉補機冷却水設備等は、使用済燃料貯蔵設備内の使用済燃料の搬出が完了するまで、冷却機能及び性能を維持管理するとしている。
- ・照明設備は、各建屋を解体する前まで、照明機能及び性能を維持管理するとしている。

⑥ 必要な期間、維持管理対象設備の機能が維持できるよう、定期的に点検及

び校正を保安規定に従い実施するとしている。

⑦ 保安のため必要な措置

- ・管理区域の区分、立入制限、保安のために必要な措置を講じるとしている。
- ・原子炉施設からの放出管理に係る放射線モニタリング及び周辺環境に対する放射線モニタリングを行うとしている。
- ・原子炉施設への第三者の不法な接近を防止する措置を講じるとともに、火災防護のために必要な措置を講じるとしている。
- ・消火設備について、消火機能及び性能を維持管理するとともに、火災防護のために必要な措置を講じるとしている。

(7) 廃止措置の実施体制

原子力規制委員会は、九州電力が保安規定において本店及び玄海原子力発電所の組織において廃止措置の業務に係る各職位の及びその職務内容、廃止措置における保安の監督を行う者の任命に関する事項及びその職務を定めるとしていることを確認し、審査基準に適合していると判断している。

(8) 品質保証計画

原子力規制委員会は、以下の九州電力の当該廃止措置計画の内容等を確認し、審査基準に適合していると判断している。

- ・保安規定において、社長をトップマネジメントとする品質保証計画を定めるとしている。
- ・保安規定及び関連文書に基づき、廃止措置に関する保安活動の計画、実施、評価及び改善の一連のプロセスを明確にし、これらを効果的に運用することにより、原子力安全の達成及び維持向上を図るとしている。
- ・廃止措置期間中に機能を維持すべき原子炉施設及びその他の設備の保守管理等の廃止措置に係る業務は、品質保証計画のもとで実施するとしている。

1. 玄海原子力発電所2号炉 廃止措置計画認可申請書について【本文六】

3. 核燃料物質の譲渡し

【使用済燃料】

- ・使用済燃料は、廃止措置終了前までに再処理事業者に譲り渡すが、2054年度までの可能な限り早い時期に搬出するように努める。

【新燃料】

- ・新燃料は、解体工事準備期間から原子炉周辺設備等解体撤去期間の中で加工業者に譲り渡す。
- ・2号炉原子炉補助建屋内の使用済燃料貯蔵設備に貯蔵している新燃料の表面には放射性物質が付着しているため、気中で燃料集合体の水洗浄を行った後に、輸送容器に収納する。
- ・輸送容器に収納する際、燃料の表面汚染により、使用する輸送容器の基準を満足しない場合は、汚染の拡大防止措置を講じた上で、気中で燃料集合体1体ごとに燃料棒を引き抜き、燃料棒表面を除染し、燃料集合体形状への再組立てを行った後に、輸送容器に収納する。
- ・燃料棒を安全に取り扱うために専用の作業台を使用し、燃料棒の変形及び損傷を防止すると共に、取り扱う数量を燃料集合体1体ごと、かつ、その1体分の燃料棒に限定し、臨界を防止する。
- ・新燃料及び使用済燃料の運搬は、関係法令を遵守して実施すると共に、保安のために必要な措置を「保安規定」に定めて実施する。

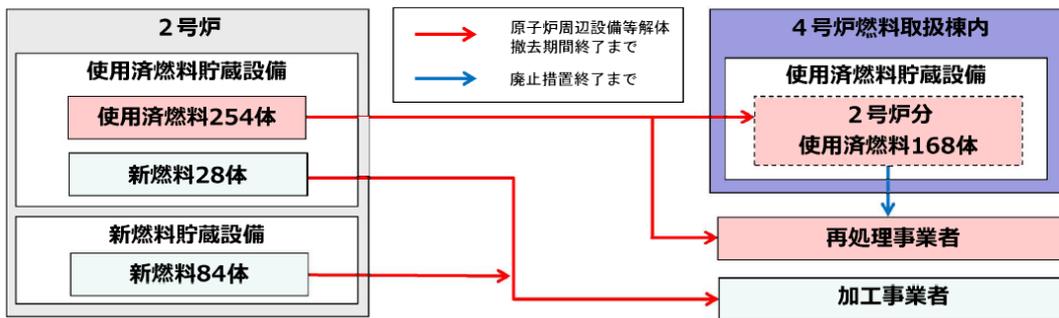


図3 核燃料物質の譲渡し (九州電力)

(第13回実用発電用原子炉施設の廃止措置計画に係る審査会合資料2-1より)

1. 玄海原子力発電所2号炉 廃止措置計画認可申請書について【添付書類三】

- ・解体工事準備期間中の敷地等境界外における1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉からの放射性気体廃棄物中の希ガスのγ線からの外部被ばくによる実効線量、放射性液体廃棄物中の放射性物質(よう素を除く)の摂取に伴う内部被ばくによる実効線量及びよう素の摂取に伴う内部被ばくによる実効線量は、それぞれ約 $0.7\mu\text{Sv}/\text{y}$ 、約 $2.8\mu\text{Sv}/\text{y}$ 及び約 $0.8\mu\text{Sv}/\text{y}$ となり、合計は約 $4.2\mu\text{Sv}/\text{y}$ である。この値は、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」に示される線量目標値の $50\mu\text{Sv}/\text{y}$ を下回る。

評価項目	評価結果		
	1号炉：運転 2号炉：運転 3、4号炉：運転	1号炉：廃止 (解体工事準備期間) 2号炉：運転 3、4号炉：運転	1号炉：廃止 (解体工事準備期間) 2号炉：廃止 (解体工事準備期間) 3、4号炉：運転
放射性気体廃棄物中の希ガスのγ線からの外部被ばくによる実効線量	約 $2.5\mu\text{Sv}/\text{y}$	約 $1.8\mu\text{Sv}/\text{y}$	約 $0.7\mu\text{Sv}/\text{y}$
放射性液体廃棄物中の放射性物質(よう素を除く)の摂取に伴う内部被ばくによる実効線量	約 $2.8\mu\text{Sv}/\text{y}$	約 $2.8\mu\text{Sv}/\text{y}$	約 $2.8\mu\text{Sv}/\text{y}$
よう素の摂取に伴う内部被ばくによる実効線量	約 $2.5\mu\text{Sv}/\text{y}$	約 $1.8\mu\text{Sv}/\text{y}$	約 $0.8\mu\text{Sv}/\text{y}$
合計	約 $7.8\mu\text{Sv}/\text{y}$	約 $6.4\mu\text{Sv}/\text{y}$	約 $4.2\mu\text{Sv}/\text{y}$

図4 周辺公衆の被ばく線量の評価 (九州電力)

(第13回実用発電用原子炉施設の廃止措置計画に係る審査会合資料2-1より)

1. 玄海原子力発電所2号炉 廃止措置計画認可申請書について【添付書類四】

1. 2 放射性物質の放出量及び線量の評価（燃料集合体の落下）

<評価概要>

- 燃料取扱作業中に何らかの理由によって、燃料集合体1体が操作上の最高の位置から落下して破損し、放射性物質が環境に放出される事象を想定。
- 実効線量は「原子炉設置許可申請書 添付書類十」と同様な方法で評価し、平成23年1月から平成23年12月の1年間における気象データを使用する。また、評価に使用する気象データは近年の気象データによる異常年検定を行い、異常がないことを確認している。

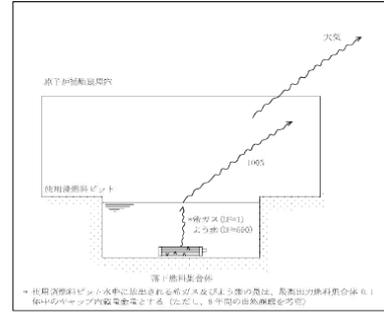
【運転中プラントの評価と廃止措置プラントの評価との主な違い】

- 放出量は原子炉停止時点（平成23年1月29日）からの減衰期間（8年）を考慮して評価。

<評価条件>

項目	廃止措置プラント (廃止措置計画記載値)	運転中プラント (設置許可記載値)	備考
燃料集合体の破損割合	燃料集合体の10%	同左	指針※に準じ、実験に基づき評価された値
燃料集合体出力	21.2MWt	同左	原子炉が定格出力の102%で運転された最大出力の燃料集合体の熱出力
燃料集合体運転時間	40,000時間	同左	平衡炉心の最高運転時間を下回らない値
事故の発生時期 (考慮する減衰期間)	停止後8年	停止後100時間	停止後8年以上経過 (平成23年1月29日より定期検査中)
破損燃料棒から使用済燃料ピット 水中に放出される放射線量	燃料ギャップに蓄積した 核分裂生成物全量	同左	指針※に準じる
原子炉補助建屋内に 放出される希ガス量	使用済燃料ピット水中に 放出された全量	同左	指針※に準じる
よう素の水中の除染係数	500	同左	指針※に準じる

※ 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針



<評価結果>

環境へ放出される放射性物質の放出量は少なく、周辺公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。(事象発生時の敷地等境界外における最大の実効線量評価値が「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」に記載の5mSvを超えないことを確認。)

評価項目		評価結果	
		運転中プラント (設置許可記載値)	廃止措置プラント (廃止措置計画記載値)
放出量	よう素 (I-131等価量-小児実効線量係数換算)	約 1.1×10^{11} Bq	~0Bq
	希ガス (γ線エネルギー0.5MeV換算)	約 8.4×10^{12} Bq	約 5.6×10^{10} Bq
実効線量		約 7.8×10^{-2} mSv	約 5.1×10^{-5} mSv

- 原子炉周辺設備等解体撤去期間以降の事故時における周辺公衆の受ける線量評価
原子炉周辺設備等解体撤去期間に入るまでに廃止措置計画の変更の認可を受ける。

図5 燃料集合体落下時の評価（九州電力）

(第13回実用発電用原子炉施設の廃止措置計画に係る審査会合資料2-1より)

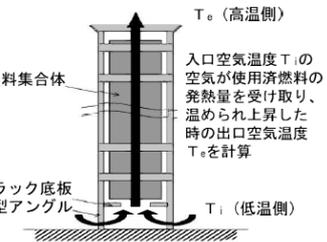
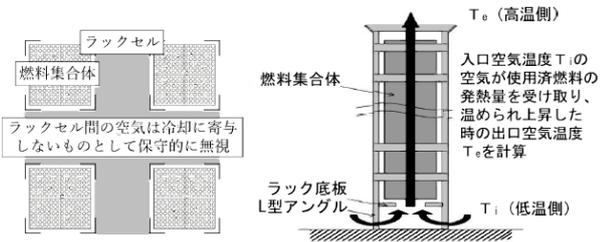
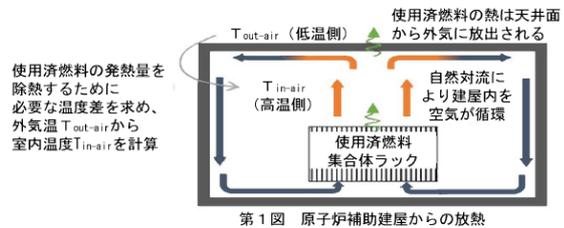
1. 玄海原子力発電所2号炉 廃止措置計画認可申請書について【添付書類六：追補】

II. 使用済燃料ピット水大規模漏えい時の使用済燃料の健全性について

【評価の概要】

- 2号炉の使用済燃料ピット(以下「SFP」という。)には、貯蔵容量400体に対して使用済燃料254体が貯蔵されている。これら使用済燃料の総発熱量は、196kWであり、貯蔵中の使用済燃料1体当たりの最大発熱量は、1.08kWである。
- 2号炉のSFPの冷却水が全て喪失した場合において、燃料被覆管表面温度及び燃料被覆管のクリープ歪を評価し、燃料被覆管表面温度の上昇による燃料の健全性に影響はないことを確認した。

燃料被覆管表面温度評価	
評価概要・評価条件	<p><評価概要></p> <p>①SFP水が全て喪失し、使用済燃料の発熱による原子炉補助建屋内の空気温度が定常状態となる場合の原子炉補助建屋内空気温度を算出</p> <p>②自然対流熱伝達の計算により、燃料集合体の入口空気温度(原子炉補助建屋内空気温度)と使用済燃料の発熱による温度上昇から燃料集合体の出口空気温度を算出</p> <p>③燃料被覆管表面の熱伝達率と燃料集合体の出口空気温度から燃料被覆管表面温度を算出</p> <p><評価条件></p> <p>○使用済燃料からの発熱は建屋天井からのみ除熱</p> <p>○燃料ラックセル間の領域での冷却効果は無視し、ラックセルの正方形断面内の流路を実効的な流路として評価</p> <p>○空気の流れ現象を保守的に無視し、燃料集合体の冷却は、全てが燃料集合体下部から流入するとして評価</p>
	<p>結果</p> <p>○燃料被覆管表面温度：294℃</p>



16

燃料被覆管のクリープ歪評価	
評価概要・評価条件	<p><評価概要></p> <p>○SFP水が全て喪失し燃料被覆管温度が上昇した状態が1年間継続したとして燃料被覆管のクリープ歪を評価※</p> <p><評価条件></p> <p>○文献[1]、[2]、[3]で示されるPWRの使用済燃料被覆管クリープ式を用いてクリープ歪を評価</p> <p>○原子炉運転中の酸化減肉及びSFP水が全て喪失した後の空気中での酸化減肉を考慮して評価</p>
	<p>結果</p> <p>○1年後における燃料被覆管のクリープ歪：約0.04% (クリープ歪制限値1%^[1])</p>

※使用済燃料ピットに貯蔵している使用済燃料の被覆管材料は以下のとおり

- 39GWd/t燃料及び48GWd/t燃料：ジルカロイ-4
- 55GWd/t燃料：
 - Sn-Fe-Cr-Nb系ジルコニウム基合金
 - Sn-Fe-Cr-Nb-Ni系ジルコニウム基合金
 - Sn-Fe-Nb系ジルコニウム基合金

[1]「使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全設計及び検査基準：2010」(2010年7月 一般社団法人 日本原子力学会)

[2]「04-基炉報-0001 平成15年度 リサイクル燃料資源貯蔵施設安全解析コード改良試験(燃料の長期安全性に関する試験最終成果報告書)」(平成16年6月 独立行政法人原子力安全基盤機構)

[3]「06-基炉報-0006 平成18年度 リサイクル燃料資源貯蔵施設技術調査等(貯蔵燃料長期健全性等確認試験に関する試験最終成果報告書)」(平成19年3月 独立行政法人原子力安全基盤機構)

図6 使用済燃料ピット水大規模漏えい時の使用済燃料の健全性 (九州電力)

(第13回実用発電用原子炉施設の廃止措置計画に係る審査会合資料2-1より)

1. 玄海原子力発電所2号炉 廃止措置計画認可申請書について【添付書類六：追補】

Ⅲ. 使用済燃料ピット水大規模漏えい時の未臨界性評価について

【評価の概要】

- 燃料体等を使用済燃料ピットに貯蔵している間において、使用済燃料ピットから冷却水が大量に漏えいする事象を考慮しても、燃料体等の臨界を防止できることを評価
- ラック仕様や燃料仕様等をインプットとして、SCALEコードで実効増倍率を計算し、臨界が防止できることを確認
- 計算コードに係る不確定性については、使用済燃料ピット仕様及び燃料仕様等を考慮して選定した147ケースの臨界実験に対して、ベンチマーク解析を実施した上で、臨界計算に考慮すべき平均誤差及び標準偏差を評価し、不確定性として考慮している。

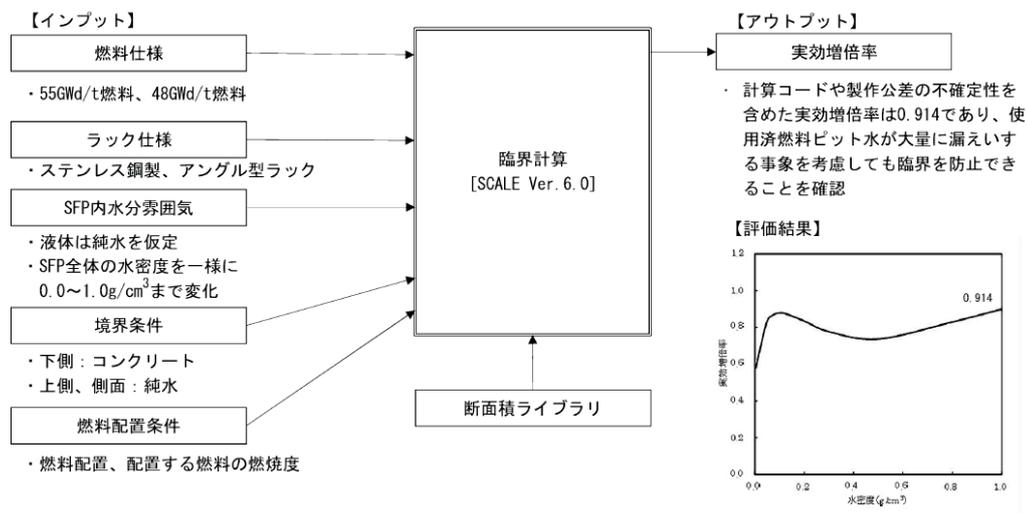


図7 使用済燃料ピット水大規模漏えい時の使用済燃料の未臨界性評価（九州電力）
（第13回実用発電用原子炉施設の廃止措置計画に係る審査会合資料2-1より）

4 九州電力等への確認

県としては、九州電力が原子力規制委員会に提出した申請書、原子力規制委員会の審査の内容及びその審査結果を確認するにあたり、九州電力や原子力規制庁に直接聞き取りなどを行った。

主な確認内容については、以下のとおりである。

4-1. 九州電力への確認

(1) 廃止措置全体工程

九州電力によると現時点での廃止措置計画の詳細な全体工程は、図8のとおりで、事前了解している1号機と同様の工程である。

また、2号機の廃止措置と同時並行で実施するとしていることから、原子炉周辺設備等解体撤去期間（第2段階）以降は、スケジュールも1号機と同様である。

(2) 解体工事準備期間（第1段階）工程

九州電力によると現時点での解体工事準備期間（第1段階）の工程は、図9のとおりである。

- ・第1段階の工程は、汚染のない設備（2次系設備）の解体撤去及び汚染状況の調査のみとしている。
- ・2号機の設備の線量当量率は、表1のとおり1号機より低く、時間減衰により系統除染と概ね同等の線量になるものと推定されることから、2号機の設備解体にあたっては、1号機の廃止措置で実施した系統除染は実施しないとしている。
- ・第1段階において使用済燃料の搬出は、計画されておらず、また、新燃料の2号機原子炉補助建屋内からの搬出開始は、2021年度から計画している。

(表1) 2号機（第1段階前後）と1号機系統除染前後の線量当量率比較（単位：mSv/h）

	2号機		1号機	
	第1段階開始時 (計算)	第1段階終了時 (計算)	系統除染前 (実績)	系統除染後 (実績)
蒸気発生器（ハットホール内部）	3.3	1.50	6.6	0.09
加圧機（スプレィ配管）	0.03	0.01	0.21	<0.01
余熱除去ポンプ（入口配管）	0.03	0.01	0.16	<0.01
余熱除去冷却器（パイプスライ）	0.03	0.01	0.14	<0.01
再生熱交換器（胴部）	0.36	0.16	1.30	0.18

(3) 1号機と2号機の作業スペースの共用について

九州電力によると、1号機と2号機の廃止措置を同時並行で行い、また、作業スペース及び廃棄物の仮置き場所を号機間で共有することとしている。

なお、作業スペースにおいて、解体する廃棄物の発生場所、解体設備及び放射能区分等について、明確に識別管理を行うことで、廃棄物の混在等を防止している。

4-2. 原子力規制庁への確認

(1) 原子炉炉心への燃料集合体の再装荷について

原子力規制庁によると、2号機の炉心内の燃料集合体について、九州電力が平成25年4月25日に原子炉から燃料を取り出していることを記録した当直課長引継簿を確認するとともに、審査の過程で実施した現地確認において、燃料への再装荷を不可とする措置として、燃料移送管仕切弁の閉止について施錠管理を行っていることを確認したとしている。

5 まとめ

県としては、原子力規制委員会の審査内容及びその審査結果について、審査書を確認するとともに九州電力や原子力規制庁への聞き取りなどを行った結果、以下のことを確認した。

- ・原子力規制委員会により、以下の点の法令上の要求事項に適合していることが確認されていること
 - 廃止措置計画に係る発電用原子炉の炉心から使用済燃料が取り出されていること
 - 核燃料物質の管理及び譲渡しが適切なものであること
 - 核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された者の管理、処理及び廃棄が適切なものであること
 - 廃止措置の実施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適切なものであること
- ・廃止措置期間を令和36年度（2054年度）までとし、当該期間を解体工事準備期間（第1段階）から建屋等解体撤去期間（第4段階）までの4つの段階に分け、今回、第1段階に行う具体的事項について審査がなされていること
- ・原子炉周辺設備等解体撤去期間（第2段階）以降の具体的事項については、第1段階に行う調査結果等を踏まえて計画を策定し、第2段階に入る前に変更認可を受けるとされていること
- ・解体工事準備期間（第1段階）においては放射性汚染物質に汚染された施設・設備の解体は行わないこと

【参考】

九州電力が計画している玄海原子力発電所 2 号機の廃止措置計画に関する主な経緯は、以下のとおり。

年月日	経緯
H31. 2. 13	九州電力は、玄海 2 号機の廃止を決定
H31. 4. 9	玄海 2 号機の運転終了
R 1. 9. 3	九州電力は県に対し、安全協定に基づく事前了解願いを提出 (原子力規制委員会へは廃止措置計画認可申請)
R 2. 2. 27	九州電力は県に対し、安全協定に基づく事前了解願いの一部 補正を提出 (原子力規制委員会へは廃止措置計画認可申請書の一部補 正)
R 2. 3. 18	原子力規制委員会は、玄海 2 号機の廃止措置計画を認可

《参考資料》

九州電力株式会社玄海原子力発電所 2 号炉に係る廃止措置計画の実用炉規則第 119 条に規定する認可の基準への適合性に関する審査結果

＜令和 2 年 3 月 18 日令和元年度第 72 回原子力規制委員会決定＞