

立コミ本第405号

2025年12月24日

佐賀県知事

山口祥義様

九州電力株式会社
代表取締役
社長執行役員

西山 朋

玄海原子力発電所3号機 主蒸気系統の圧力計の点検に伴う
運転上の制限の逸脱に係る原因と対策について

拝啓 時下ますますご清栄のこととお喜び申し上げます。

かねてから当社事業につきましては、格別のご高配を賜り厚くお礼申し上げます。

さて、「原子力発電所の安全確保に関する協定書」第6条第7号に基づき、2025年7月4日付け立コミ本第150号にてご連絡いたしました玄海原子力発電所3号機の主蒸気系統の圧力計の点検に伴う運転上の制限の逸脱につきまして、原因と対策について取りまとめました。

つきましては、別紙のとおりご報告申し上げます。

今後とも、原子力発電所の安全確保に万全を期してまいる所存でございますので、よろしくご指導を賜りますようお願い申し上げます。

敬 具

玄海原子力発電所3号機 3C主蒸気系統圧力計 不具合に係る原因と対策について (1/3)

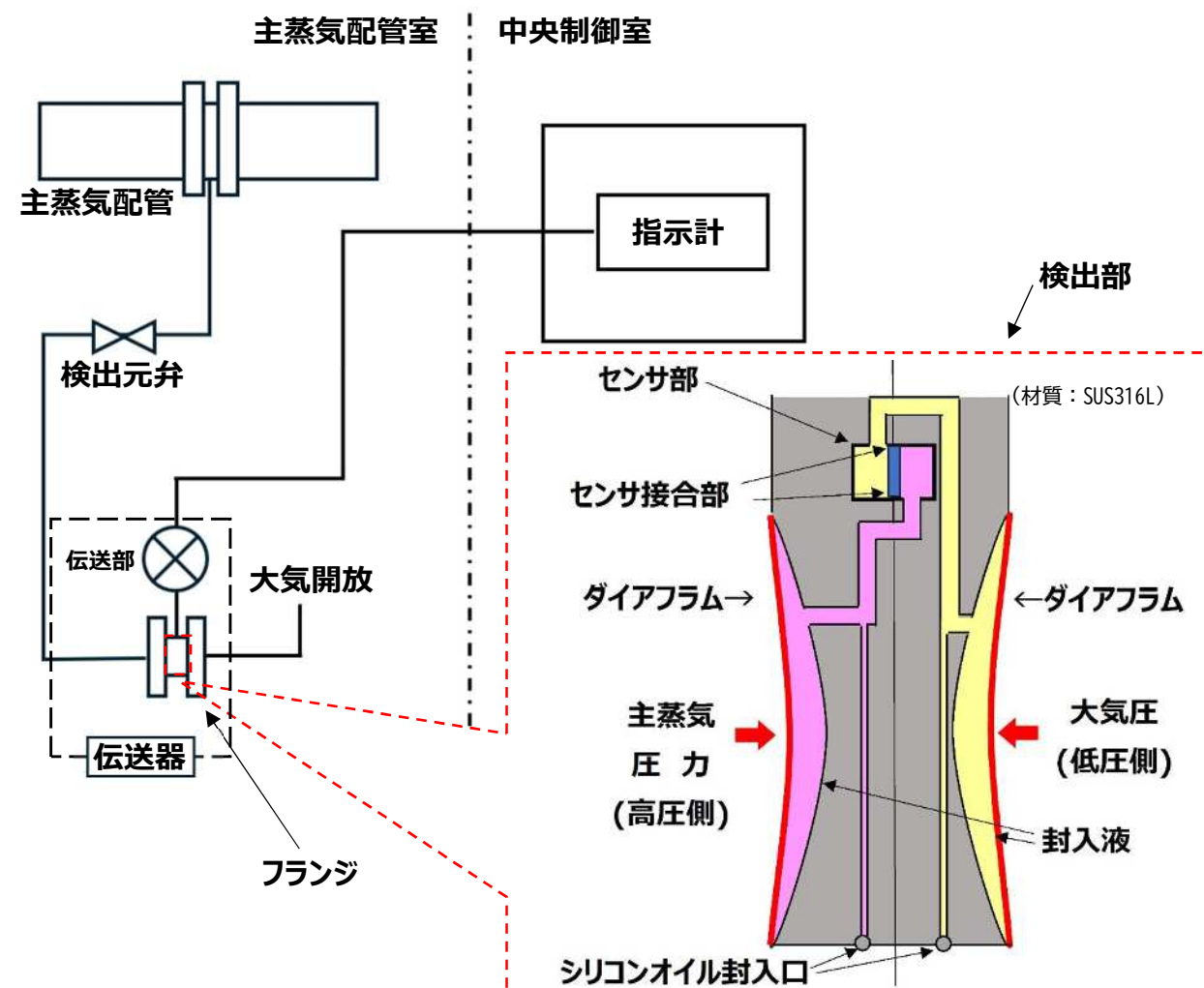
1. 事象概要について

第18回定期検査中の玄海原子力発電所3号機（加圧水型軽水炉、定格電気出力118万キロワット、定格熱出力342.3万キロワット）において、調整運転をしていたところ、2025年6月27日に事故時監視計器に関連する警報が発信し、3C主蒸気圧力計4台のうち1台（3ch（事故時監視計器））の指示値が、その他3台の指示値と比較して低下していることを確認したため、6月28日6時40分に当該計器（以下、「伝送器」という。）の点検を実施するために計測を停止し、保安規定に定める運転上の制限を逸脱した。点検において、当該伝送器が圧力を正しく計測できていないことを確認したため、予備の伝送器に取替えを行った。

その後、6月29日12時00分に圧力が正常に計測されていることを確認し、保安規定に定める運転上の制限の逸脱から復帰したと判断した。

2. 圧力計の検出原理について

主蒸気配管内の圧力が高圧側のダイヤフラムに加わり、封入液を通してセンサ部に圧力が伝達される。また、低圧側のダイヤフラムには大気圧が加わっており、封入液を通してセンサ部に伝達される。センサ部にて主蒸気配管内の圧力と大気圧の差を主蒸気系統の圧力として計測し、その後電気信号に変換し、中央制御室の指示計等に伝送する。【図－1】



図－1：圧力計検出原理図（概念図）

3. メーカー工場における調査結果

(1) 分解前調査結果

a. 外観検査

目視確認で伝送器の外観に損傷がないか、シリコンオイル封入口からオイル漏れがないか等確認した結果、異常は見られなかった。

b. 伝送器のエラー履歴等の確認

伝送器は自己診断機能を有しており、伝送部がセンサ部から受け取った信号の異常（設定された測定範囲外の信号等）を検知し、エラー履歴として記録するため、異常の記録が残っていないか確認した結果、異常は見られなかった。

c. 絶縁状態確認

絶縁抵抗測定により伝送器の電気回路の絶縁低下による出力変動の有無を確認した結果、異常は見られなかった。

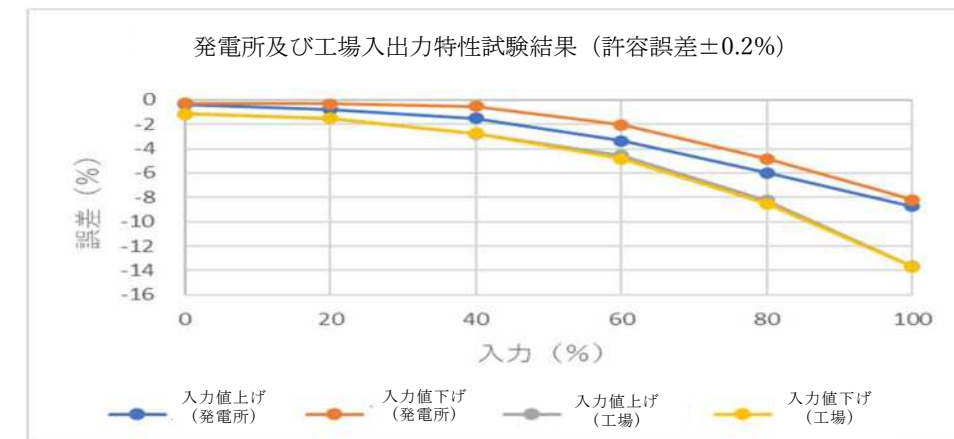
d. 入出力特性試験

ダイヤフラムに所定の圧力を加えた時の出力を確認した結果、発電所で確認された事象（入力値に対し低い値を出力する傾向）が再現された。また、入出力特性の更なる悪化が確認されたことから、検出部に異常があると推測した。【図－2】

e. 電源電圧変動試験

伝送器に供給する電源電圧を通常範囲外まで変動させ、電圧の変動が伝送器の出力信号へ影響を及ぼすか確認した結果、異常は見られなかった。

上記調査の結果から検出部の詳細調査が必要と判断した。



図－2：発電所及び工場入出力特性試験結果

3. メーカー工場における調査結果 (続き)

(2) 検出部の詳細調査結果

a. 外観調査

フランジを取り外し、検出部のダイアフラムの形状を確認した結果、低圧側ダイアフラムの変形（微小な膨らみ）及び高圧側の変形（微小な凹み）が確認された。【図－3】

なお、目視確認を実施した結果、系統配管と伝送器の接続部（フランジ）に異常はなく、封入液の外部への漏えいは見られなかった。

また、センサ溶接部（検出部にセンサ部を固定させるための溶接部）についても偏心や溶接位置の異常は見られなかった。

b. 分解調査

入出力特性悪化の要因としては、高圧側から低圧側への封入液の移動が考えられたことから、高圧側と低圧側の封入液が近接するセンサ接合部及びセンサ溶接部を含む検出部を切断し以下の確認を行った。

①センサ接合部の確認

センサの接合部について、目視確認及び漏えい試験（水没）を実施した結果、異常は見られなかった。

②センサ溶接部の確認

センサ溶接部を水没させ、低圧側からヘリウムガスで12時間以上加圧し漏えい確認した結果、センサ溶接部からの気泡（漏えい）を確認した。【図－4】

このため、センサ溶接部の詳細調査を実施した。

(3) センサ溶接部の詳細調査結果

a. 溶接部の状態確認

センサ溶接部の状態を確認するため、溶接部を切断し目視確認及び浸透探傷試験^{※1}を実施した結果、当該部に微小なボイド（空孔）が見られた【図－5】ものの、リークパス（漏れの経路）となるような連続したボイドや割れは確認できなかった。

なお、当該部の溶接に用いられる自動溶接工法^{※2}においては、母材内部の溶存ガスにより微小なボイドの発生が一般的にみられるものの、溶接部にボイドが連続して発生する可能性は低い。

b. 溶接プロセスの確認

自動溶接工法は、他の溶接工法と比べて熱的影響範囲が狭く、精密な溶接が可能であるため、センサ部への熱影響を抑制できる精密機器の製造に適した工法である。溶接機材についても定期的な点検で異常がないことを確認しており、溶接手順の変更等もない。

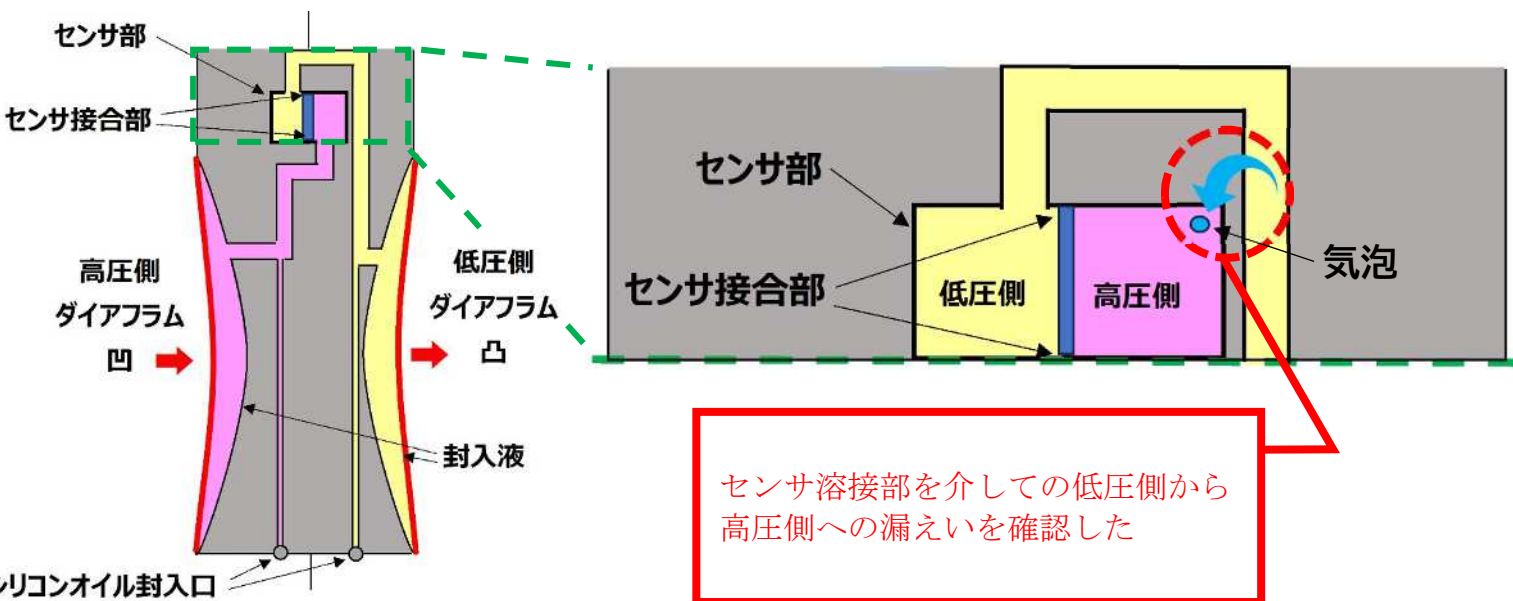
当該溶接を担当した作業員は十分経験がある熟練作業員が実施しており、これらを踏まえ溶接プロセスに問題は無かったと判断する。

※1 浸透探傷試験

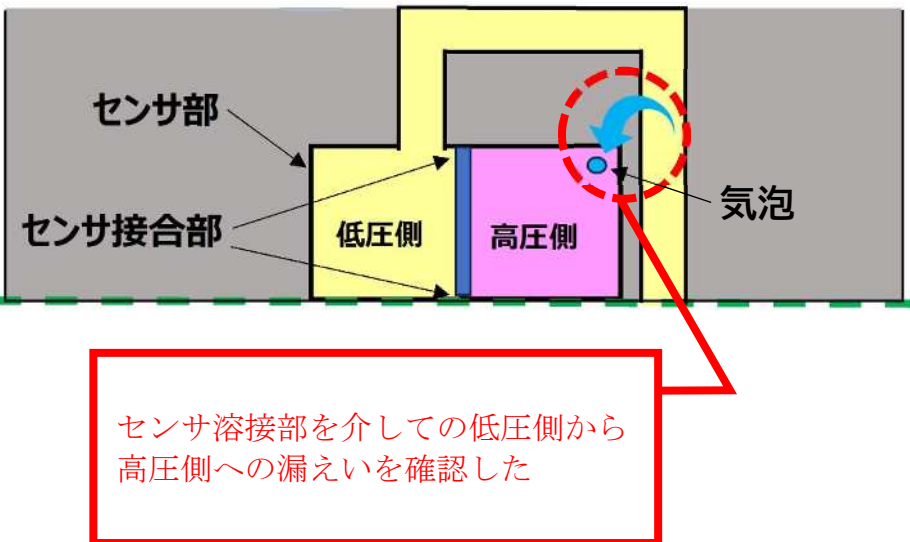
浸透液と現像剤を用いて、金属表面の微細な割れ等の欠陥を可視化して発見する検査方法。

※2 自動溶接工法

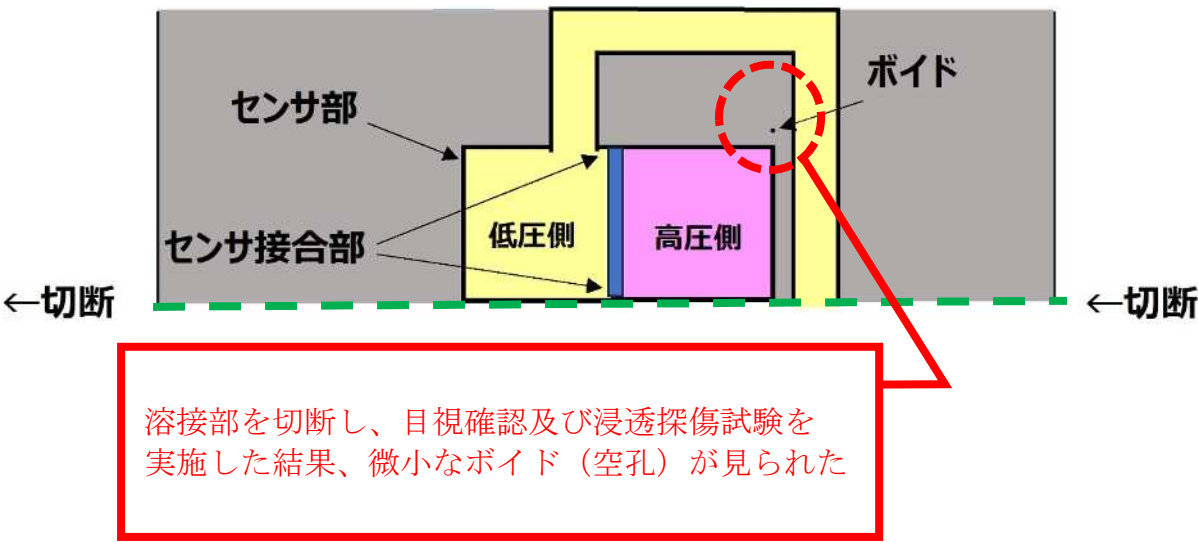
機械による精密な溶接を自動で行う工法



図－3：外観調査結果（概念図）



図－4：センサ溶接部漏えい試験結果（概念図）



図－5：センサ溶接部断面観察結果（概念図）

4. 調査結果を踏まえた発生原因について

(1) 指示値低下事象発生 の 推定原因

今回の指示値低下事象の発生原因は、センサ溶接部の詳細調査ではリークパスとなるような連続したボイドや割れは確認できなかったものの、センサ溶接部の漏えい試験において、センサ溶接部から気泡（漏えい）が確認されたことから、溶接部に極微細なリークパスが発生し、高圧側の封入液が低圧側に漏れ、センサ部に正しい圧力が伝えられなくなったことが指示値低下の原因と推定される。

(2) リークパス発生 の 推定原因

当該リークパスは、工場製造時のヘリウムガスを用いた漏えい試験では検知されていないことから、伝送器の製造段階で偶発的に発生した極微細なボイドや割れ等が、事象発生時までの起動操作等における圧力変動の繰り返しによって連結し、リークパスとなったものと推定している。

5. 対策について

今回の指示値低下事象については、伝送器のセンサ溶接部に極微細なリークパスが発生したことが原因であると推定している。また、センサ溶接部の溶接工法・溶接機材・溶接プロセスに問題は認められていないことから、製造段階において異常はなく、現地据付後にリークパスが発生した可能性が高いと考えている。

なお、これまでに今回と同様のセンサ溶接部が原因となる不具合が確認された事例は僅かであり、現在実施している各種検査等により、0.01%以下と非常に低い不具合発生確率に抑えられていることから、製品として十分な信頼性が確保されていると考えている。

主蒸気圧力計は、定期検査の都度、外観や入出力特性等の確認により健全性を確認することに加え、故障や点検等を想定し多重化（4台の圧力計を設置）していることから、万が一、同様の事象が発生した場合でも、発電所の運転に影響を与えることはない。

以上を踏まえ、今後の対策としては、万が一同様の事象が発生した場合にも速やかに取替えが行えるよう、予備品を確保することとする。さらに、同様の事象が発生する可能性を低減させるために、保安規定に係る安全上重要な同構造の伝送器の取替時には、据付前までに圧力変動を与え、入出力特性に変化がないことを確認したうえで使用することとする。

また、市場における同型式の伝送器に対して、センサ溶接部の不具合が発生した場合には、その情報を随時提供するようメーカーに依頼し、今回の事象との関連性を確認したうえで対応を検討する。

なお、現在運用中の同構造の伝送器については、指示値変動等の異常は確認されておらず、今回と同様のセンサ溶接部が原因となる不具合の発生確率は極めて低く、十分な信頼性が確保されていることから、継続使用に問題はないと判断している。