

原 第 55 号

令和6年1月30日

原子力規制委員会 殿

富山市牛島町15番1号

北陸電力株式会社

代表取締役社長

社長執行役員 松田 光司

「志賀原子力発電所 令和6年能登半島地震に伴う原子力発電
工作物に係る電気関係報告規則第3条に基づく報告」の提出について

原子力発電工作物に係る電気関係報告規則第3条の規定により、別紙の電気
事故について報告（中間報告）いたします。

別紙

- ・電気関係事故報告

以 上

電気関係事故報告

| |
|---|
| 1. 件名：志賀原子力発電所 令和6年能登半島地震に伴う原子力発電工作物に係る電気関係報告規則 第3条に基づく報告 |
| 2. 報告事業者： 1) 事業者名（原子力発電工作物の設置者名）：北陸電力株式会社 2) 住所：富山県富山市牛島町15番1号 |
| 3. 発生日時：2024年1月1日16時10分（地震発生） |
| 4. 事故発生の原子力発電工作物（設置場所、使用電圧）： 1) 志賀原子力発電所1号機起動変圧器 設置場所：志賀原子力発電所（石川県羽咋郡志賀町赤住1番地） 使用電圧：一次 295.0/275.0/255.0 kV、二次 6.9 kV 2) 志賀原子力発電所2号機主変圧器 設置場所：志賀原子力発電所（石川県羽咋郡志賀町赤住1番地） 使用電圧：一次 23.7 kV、二次 525.0/515.0/505.0 kV |
| 5. 状況： 志賀原子力発電所1号機（以下「志賀1号機」という。）及び志賀原子力発電所2号機（以下「志賀2号機」という。）は定期検査により停止中のところ、2024年1月1日16時10分に令和6年能登半島地震（以下「地震」という。）により、志賀1号機起動変圧器からの絶縁油の漏えいを確認したため、また志賀2号機主変圧器からの絶縁油の漏えいに伴い比率差動継電器が動作したため、それぞれ使用不可能と判断した。 これらの事象は、原子力発電工作物に係る電気関係報告規則第3条第1項第4号に基づく報告事象であり、状況は以下のとおり。 なお、今回の地震による外部への放射能の影響はなかった。 1) 志賀1号機起動変圧器からの絶縁油漏えい 2024年1月1日16時10分、地震に伴い起動変圧器に関する警報が発生したため現場確認を行ったところ、起動変圧器のNo. 4放熱器から絶縁油の漏えいを確認したことから、使用不可能と判断し、外部電源を受電する変圧器を手動で志賀1号機予備電源変圧器に切り替えた。 同日、絶縁油が漏えいしているNo. 4放熱器の隔離のために仕切弁（上部、下部）の閉止を行うとともに、No. 4放熱器下部に油吸着マットを設置した。また、翌2日に他の放熱器についても余震による損傷で絶縁油が漏えいすることを防止するために仕切弁（下部）の閉止措置を行うとともに、損傷したNo. 4放熱器への雨水浸入を防止するための養生を実施した。 絶縁油の漏えいはNo. 4放熱器上部配管接続部が損傷したことにより発生し、漏えい量は当該損傷箇所より上部に位置するコンサベータ内の約3,600lと推定した。 なお、絶縁油は堰内に漏えいしていることを確認した。 漏えいした絶縁油は、翌2日に地下ピット内の水分も含め約4,200lを回収した。 |

志賀原子力発電所 1 号機起動変圧器及び
志賀原子力発電所 2 号機主変圧器の
破損事故（使用不可能）について
（中間報告）

2024年 1 月
北陸電力株式会社

目 次

| | |
|-------------------------|---|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 地震及び津波のデータ | 1 |
| 3. 原子力発電所の状況 | 1 |
| (1) 地震発生前後のプラント運転状況 | 1 |
| a. 地震発生前 | 1 |
| b. 地震発生後 | 1 |
| (2) 地震発生後のプラント状況 | 1 |
| a. 外部電源 | 1 |
| b. 志賀1号機 | 2 |
| c. 志賀2号機 | 3 |
| 4. 法令に基づく報告事象の状況 | 3 |
| (1) 志賀1号機起動変圧器からの絶縁油漏えい | 3 |
| a. 概要 | 3 |
| b. 実施した処置 | 4 |
| c. 事象分析 | 4 |
| d. 分析結果から推定されるメカニズム | 5 |
| (2) 志賀2号機主変圧器からの絶縁油漏えい | 5 |
| a. 概要 | 5 |
| b. 実施した処置 | 5 |
| c. 事象分析 | 6 |
| d. 分析結果から推定されるメカニズム | 7 |
| 5. 今後の点検・復旧工程 | 7 |
| (1) 志賀1号機起動変圧器 | 7 |
| (2) 志賀2号機主変圧器 | 7 |

- 添付資料－1 志賀原子力発電所 モニタリングポストデータ (チャート)
- 添付資料－2 志賀1号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
- 添付資料－3 志賀2号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
- 添付資料－4 志賀原子力発電所 電源系統状況
- 添付資料－5 志賀1号機 使用済燃料貯蔵プール温度データ (チャート)
- 添付資料－6 志賀1号機 使用済燃料貯蔵プール水位
- 添付資料－7 志賀2号機 使用済燃料貯蔵プール温度データ (チャート)
- 添付資料－8 志賀2号機 使用済燃料貯蔵プール水位データ (トレンド)
- 添付資料－9 志賀1号機起動変圧器 概要
- 添付資料－10 変圧器の絶縁油漏えいに対する影響拡大防止措置
- 添付資料－11 志賀1号機起動変圧器 点検結果
- 添付資料－12 志賀1号機起動変圧器に関する事象分析
- 添付資料－13 志賀1号機起動変圧器 放圧板動作原理
- 添付資料－14 事象のメカニズム (志賀1号機起動変圧器)
- 添付資料－15 志賀2号機主変圧器 概要
- 添付資料－16 志賀2号機主変圧器 点検結果
- 添付資料－17 志賀2号機主変圧器に関する事象分析
- 添付資料－18 志賀2号機主変圧器 放圧板動作原理
- 添付資料－19 事象のメカニズム (志賀2号機主変圧器)
- 添付資料－20 志賀1号機起動変圧器及び志賀2号機主変圧器の点検・復旧工程

1. 概要

志賀原子力発電所1号機（以下「志賀1号機」という。）及び志賀原子力発電所2号機（以下「志賀2号機」という。）は定期検査により停止中のところ、2024年1月1日16時10分に令和6年能登半島地震（以下「地震」という。）により、志賀1号機起動変圧器からの絶縁油の漏えいを確認したため、また、志賀2号機主変圧器からの絶縁油の漏えいに伴い比率差動継電器が動作したため、それぞれ使用不可能と判断した。

これらの事象は、原子力発電工作物に係る電気関係報告規則第3条第1項第4号に基づく報告事象である。

なお、今回の地震による外部への放射能の影響はなかった。

（添付資料－1、2、3）

2. 地震及び津波のデータ

発 生 日 時：2024年1月1日 16時10分

震 源：石川県能登地方（震源深さ16 k m）

マグニチュード：7.6

震 度：志賀町震度7（志賀1号機原子炉建屋地下2階の震度計震度5強）

最大加速度：399.3gal（志賀1号機原子炉建屋地下2階の震度計（合成方向））
（水平方向：336.4gal／鉛直方向：329.9gal）

発電所との距離：震央距離68 k m、震源距離70 k m

観測された津波：志賀原子力発電所前面海域において、約3 mの水位上昇
（2024年1月1日 17時46分）

3. 原子力発電所の状況

(1) 地震発生前後のプラント運転状況

a. 地震発生前

志賀1号機：原子炉停止中（第13回定期検査）

志賀2号機：原子炉停止中（第3回定期検査）

b. 地震発生後

a. のプラント運転状況と同じ

(2) 地震発生後のプラント状況

a. 外部電源

志賀原子力発電所には、外部電源として5回線（志賀中能登線2回線（500 k V）、志賀原子力線2回線（275 k V）及び赤住線1回線（66 k V））が接続していた。

地震の影響により、志賀1号機では起動変圧器で絶縁油の漏えいが確認されたこと

から、外部電源を受電する変圧器を切り替えるため、志賀原子力線（275 k V）から赤住線（66 k V）へ受電回線を手動で切り替え、受電を継続した。志賀2号機では主変圧器からの絶縁油の漏えいに伴い比率差動継電器が動作し、受電回線が志賀中能登線（500 k V）から志賀原子力線（275 k V）に自動で切り替わり、受電を継続した。

これらにより、外部電源3回線（志賀原子力線2回線（275 k V）及び赤住線1回線（66 k V））が受電可能な状態を維持した。

（添付資料－4）

b. 志賀1号機

(a) 核分裂反応の停止機能（止める）

全燃料が使用済燃料貯蔵プール（以下「SFP」という。）に取り出し済み（原子炉ウェルとSFPを仕切るプールゲートは閉状態）であり、地震発生以降も使用済燃料貯蔵ラックに適切に貯蔵されていたことから、核分裂反応の停止機能に問題はなかった。

(b) 燃料の冷却機能（冷やす）

地震により燃料プール冷却浄化ポンプ（以下「FPCポンプ」という。）が停止したが、系統に異常のないことを確認後にFPCポンプを起動した。FPCポンプが停止している期間においても、SFPのプール水位及び温度に異常はなかったことから、地震発生以降も燃料の冷却機能に問題はなかった。

（添付資料－5、6）

(c) 放射性物質の隔離機能（閉じ込める）

地震発生前後において原子炉建屋原子炉棟に有意な損傷等がないことを確認した。また、放射性物質の放出に関連するプロセス放射線モニタ及びモニタリングポストの値に有意な変化がないことから、外部への放射能の影響はなく、放射性物質の隔離機能に問題はなかった。

（添付資料－1、2）

(d) 所内電源

所内電源は志賀原子力線（275 k V）から起動変圧器を介して受電していたが、起動変圧器にて絶縁油の漏えいが確認されたことから、志賀原子力線（275 k V）から赤住線（66 k V）に手動切替を実施した。また、非常用ディーゼル発電機（以下「DG」という。）（2台）及び高圧炉心スプレイディーゼル発電機（以下「HPCS-DG」という。）（1台）は全台とも健全*であり非常用電源は確保されていた。更に大容量電源車及び高圧電源車が確保されていた。

以上のとおり、原子力安全の確保に必要な外部電源及び非常用電源は確保されていたことから、所内電源に問題はなかった。

※：2024年1月17日17時13分に、H P C S - D Gが試運転中に停止したことで待機除外となった。この場合においても保安規定で定める運転上の制限を満足している。

(添付資料-4)

c. 志賀2号機

(a) 核分裂反応の停止機能（止める）

全燃料がS F Pに取り出し済み（原子炉ウェルとS F Pを仕切るプールゲートは閉状態）であり、地震発生以降も使用済燃料貯蔵ラックに適切に貯蔵されていたことから、核分裂反応の停止機能に問題はなかった。

(b) 燃料の冷却機能（冷やす）

F P Cポンプは運転を継続しており、燃料の冷却機能に問題はなかった。

(添付資料-7、8)

(c) 放射性物質の隔離機能（閉じ込める）

地震発生前後において原子炉建屋原子炉棟に有意な損傷等がないことを確認した。また、放射性物質の放出に関連するプロセス放射線モニタ及びモニタリングポストの値に有意な変化がないことから、外部への放射能の影響はなく、放射性物質の隔離機能に問題はなかった。

(添付資料-1、3)

(d) 所内電源

所内電源は志賀中能登線（500 k V）から主変圧器を介して受電していたが、主変圧器からの絶縁油の漏えいに伴い比率差動継電器が動作し、志賀中能登線（500 k V）から志賀原子力線（275 k V）に自動で切り替わった。また、D G（2台）は健全であり非常用電源は確保されていた（1台は地震発生前から点検中）。更に大容量電源車及び高圧電源車が確保されていた。

以上のとおり、原子力安全の確保に必要な外部電源及び非常用電源は確保されていたことから、所内電源に問題はなかった。

(添付資料-4)

4. 法令に基づく報告事象の状況

地震により発生した法令に基づく報告事象の状況は以下のとおりである。

(1) 志賀1号機起動変圧器からの絶縁油漏えい

a. 概要

2024年1月1日16時10分、地震に伴い起動変圧器に関する警報が発生したため現場確認を行ったところ、起動変圧器のN o. 4放熱器から絶縁油の漏えいを確認したこ

とから、使用不可能と判断し、外部電源を受電する変圧器を手動で志賀1号機予備電源変圧器に切り替えた。

(添付資料-9)

b. 実施した処置

(a) 絶縁油の回収

2024年1月1日、絶縁油が漏えいしているNo. 4放熱器の隔離のために仕切弁（上部、下部）の閉止を行うとともに、No. 4放熱器下部に油吸着マットを設置した。また、翌2日に他の放熱器についても余震による損傷で絶縁油が漏えいすることを防止するために仕切弁（下部）の閉止措置を行うとともに、損傷したNo. 4放熱器への雨水浸入を防止するための養生を実施した。

絶縁油の漏えいはNo. 4放熱器上部配管接続部が損傷したことにより発生し、漏えい量は当該損傷箇所より上部に位置するコンサベータ内の約3,600lと推定した。なお、絶縁油は堰内に漏えいしていることを確認した。

漏えいした絶縁油は、翌2日に地下ピット内の水分も含め約4,200lを回収した。

(添付資料-10)

(b) 外観点検

2024年1月11日に外観点検を行った結果、No. 4放熱器について上部配管接続部の損傷を確認した。

また、放圧板の動作及び変圧器本体にてコンサベータ内のゴム袋が損傷した可能性があることを確認した。

(添付資料-11)

(c) 油中ガス分析

起動変圧器は内部故障の兆候は確認されていないが、念のため油中ガス分析を実施した結果、有意な異常は確認されなかった。

(添付資料-11)

c. 事象分析

地震後に起動変圧器にて発生した警報、インターロック動作及び確認された状況のうち、機器の異常の兆候を示す「放圧板の動作」、「本体ガス検出器の動作」及び「No. 4放熱器上部配管接続部の損傷」を抽出し、各々が発生した過程について分析した結果は以下のとおりである。

(a) 放圧板の動作

地震による絶縁油の揺れに伴う力により放圧板が動作したと推定した。

(b) 本体ガス検出器の動作

放圧板の動作に伴い負圧域の放圧管内に空気が流入し、本体ガス検出器が動作し

たと推定した。

(c) No. 4放熱器上部配管接続部の損傷

地震の揺れに伴う力が作用し、No. 4放熱器上部配管接続部が損傷したと推定した。

(添付資料-12、13)

d. 分析結果から推定されるメカニズム

c. の事象分析を行った結果、事象進展のメカニズムとして、起動変圧器において地震の発生に伴いNo. 4放熱器上部配管接続部が損傷したことにより絶縁油が漏えいしたものと推定した。また、地震による絶縁油の揺れに伴う力により放圧板が動作したと推定した。

(添付資料-14)

(2) 志賀2号機主変圧器からの絶縁油漏えい

a. 概要

2024年1月1日16時43分、主変圧器の絶縁油面の低下を示す警報が発生するとともに、同日16時52分に比率差動継電器が動作し、外部電源を受電する変圧器が主変圧器から自動で志賀2号機予備電源変圧器に切り替わったことから、主変圧器を使用不可能と判断した。

その後、現場確認をしたところ、No. 11冷却器上部配管接続部から絶縁油が漏えいしていることを確認した。

(添付資料-15)

b. 実施した処置

(a) 絶縁油の回収

2024年1月1日、絶縁油が漏えいしているNo. 11冷却器下部に油吸着マットを設置した。また、翌2日にNo. 11冷却器の損傷により絶縁油が漏えいした箇所の隔離のために仕切弁（上部、下部）の閉止を行った。他の冷却器についても余震による損傷で絶縁油が漏えいすることを防止するために仕切弁（下部）の閉止措置を行うとともに、損傷したNo. 11冷却器への雨水の浸入を防止するための養生を実施した。

絶縁油の漏えいは、No. 11冷却器上部配管接続部が損傷したことにより発生し、漏えい量は当該箇所よりも上部に位置するコンサベータ、配管及び変圧器本体内の約19,800ℓと推定した。なお、絶縁油は堰内に漏えいしていることを確認した。

漏えいした絶縁油は、2024年1月2日から5日にかけて地下ピット内の水分も含め約24,600ℓを回収した。

(添付資料-10、15)

(b) 外観点検

2024年1月15日に外観点検を行った結果、N o. 11冷却器について上部配管接続部の損傷を確認した。

また、放圧板の動作、N o. 1～N o. 10冷却器について上部配管接続部の塗装ひび割れ及びコンサベータと放圧管を接続する配管の損傷を確認した。

なお、絶縁油の燃焼等の火災発生を示す形跡は認められなかった。

(添付資料-16)

(c) 油中ガス分析

主変圧器の比率差動継電器が動作しており、内部故障も想定されたことから油中ガス分析を実施した結果、変圧器の内部故障の兆候を示すガスが検出された。

(添付資料-16)

c. 事象分析

地震後に主変圧器にて発生した警報、インターロック動作及び確認された状況のうち、機器の異常の兆候を示す「N o. 11冷却器上部配管接続部の損傷」、「本体ガス検出器の動作」、「油面計（本体油面低下）の動作」、「比率差動継電器の動作」、「衝撃油圧継電器の動作」及び「放圧板の動作」を抽出し、各々が発生した過程について分析した結果は以下のとおりである。

(a) N o. 11冷却器上部配管接続部の損傷

地震の揺れに伴う力が作用し、N o. 11冷却器上部配管接続部が損傷したと推定した。

(b) 本体ガス検出器の動作

コンサベータと放圧管を接続する配管の損傷に伴い損傷箇所から空気が流入し、本体ガス検出器が動作したと推定した。

(c) 油面計（本体油面低下）の動作

N o. 11冷却器上部配管接続部の損傷箇所から絶縁油が漏えいして油面が低下し、油面計（本体油面低下）が動作したと推定した。

(d) 比率差動継電器の動作

主変圧器の内部故障に伴う差電流を検知し、比率差動継電器が動作したと推定した。

(e) 衝撃油圧継電器の動作

主変圧器の内部故障に伴い絶縁油が熱分解を起こしてガスが発生することで油圧が上昇し、衝撃油圧継電器が動作したと推定した。

(f) 放圧板の動作

主変圧器の内部故障に伴い絶縁油が熱分解を起こしてガスが発生することで変圧

器内部の圧力が上昇し、放圧板が動作したと推定した。

(添付資料-17、18)

d. 分析結果から推定されるメカニズム

c. の事象分析を行った結果、事象進展のメカニズムとして、主変圧器において地震の発生に伴いN o. 11冷却器上部配管接続部が損傷したことにより絶縁油の漏えいが始まり、その後、油面がコンサベータ下限を下回ったことで本体油面低下の警報が発生し、以降も油面低下が継続した結果、主変圧器の充電部において絶縁性能低下に至るレベルまで油面が低下したことで短絡等の内部故障が発生し、比率差動継電器等が動作したものと推定した。

(添付資料-19)

5. 今後の点検・復旧工程

(1) 志賀1号機起動変圧器

低圧電気試験を2024年1月末に実施するとともに、放圧板及びコンサベータ内のゴム袋について、同年2月末までに取替を実施する。

N o. 4放熱器については、放熱器を切離して出力抑制したうえでの起動変圧器の仮復旧の可否について検討を行うとともに、今後、取替を実施する。

また、N o. 4放熱器上部配管接続部の損傷に関して更なる調査を行う。

(2) 志賀2号機主変圧器

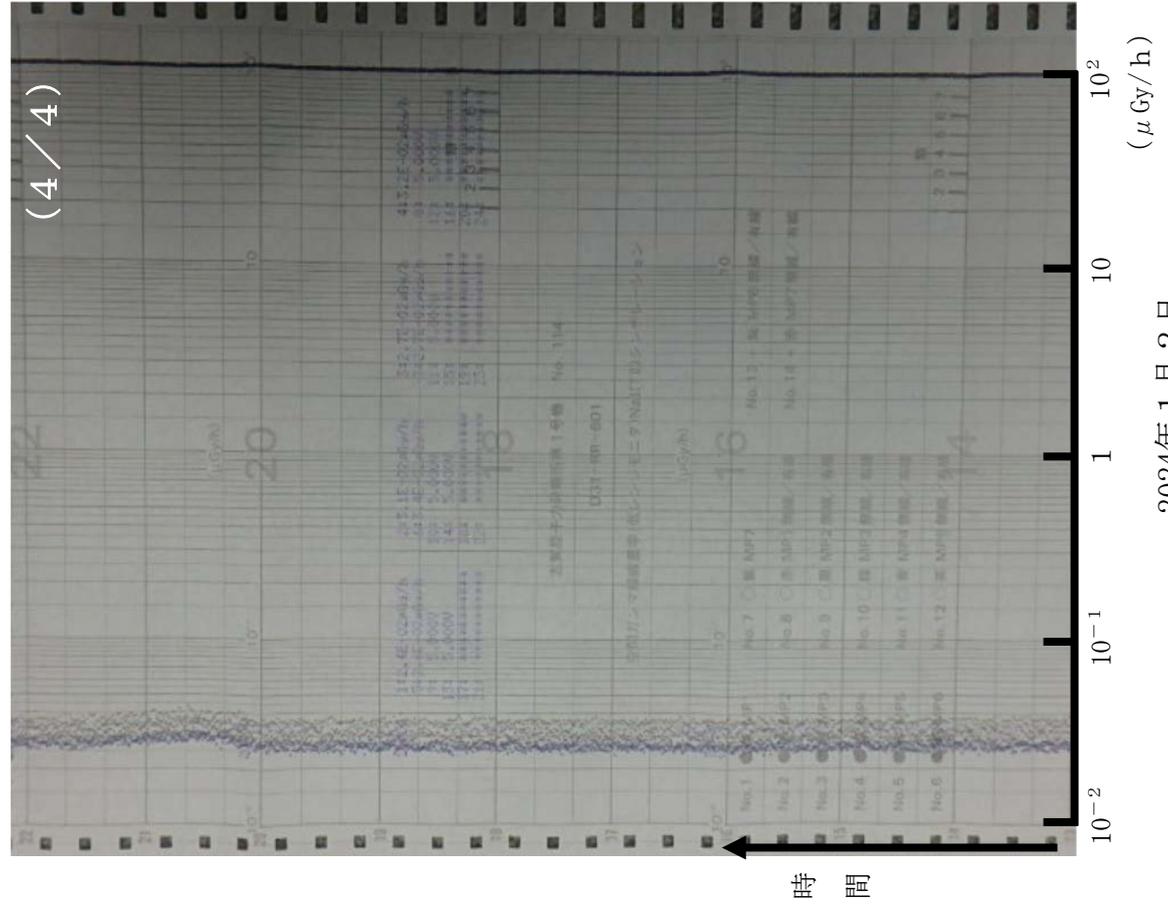
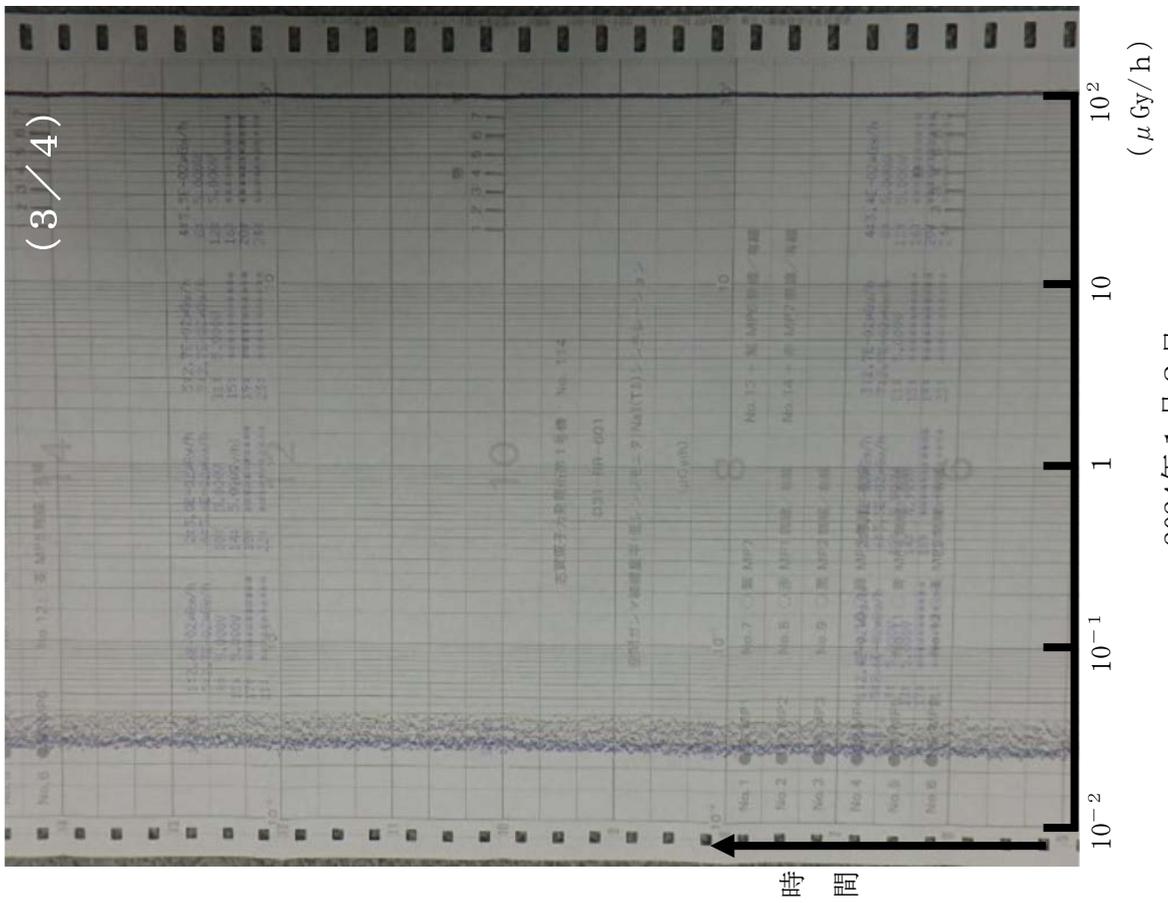
主変圧器は比率差動継電器が動作していることに加え、油中ガス分析にて変圧器の内部故障の兆候を確認したことから、2024年1月末に低圧電気試験を行うとともに、同年2月中旬から内部点検を実施する。内部点検に合わせてN o. 1～N o. 10冷却器上部配管接続部の非破壊検査を実施する。内部点検の結果を踏まえて、放圧板を含め変圧器の修理方法について検討する。

また、N o. 11冷却器上部配管接続部の損傷に関して更なる調査を行う。

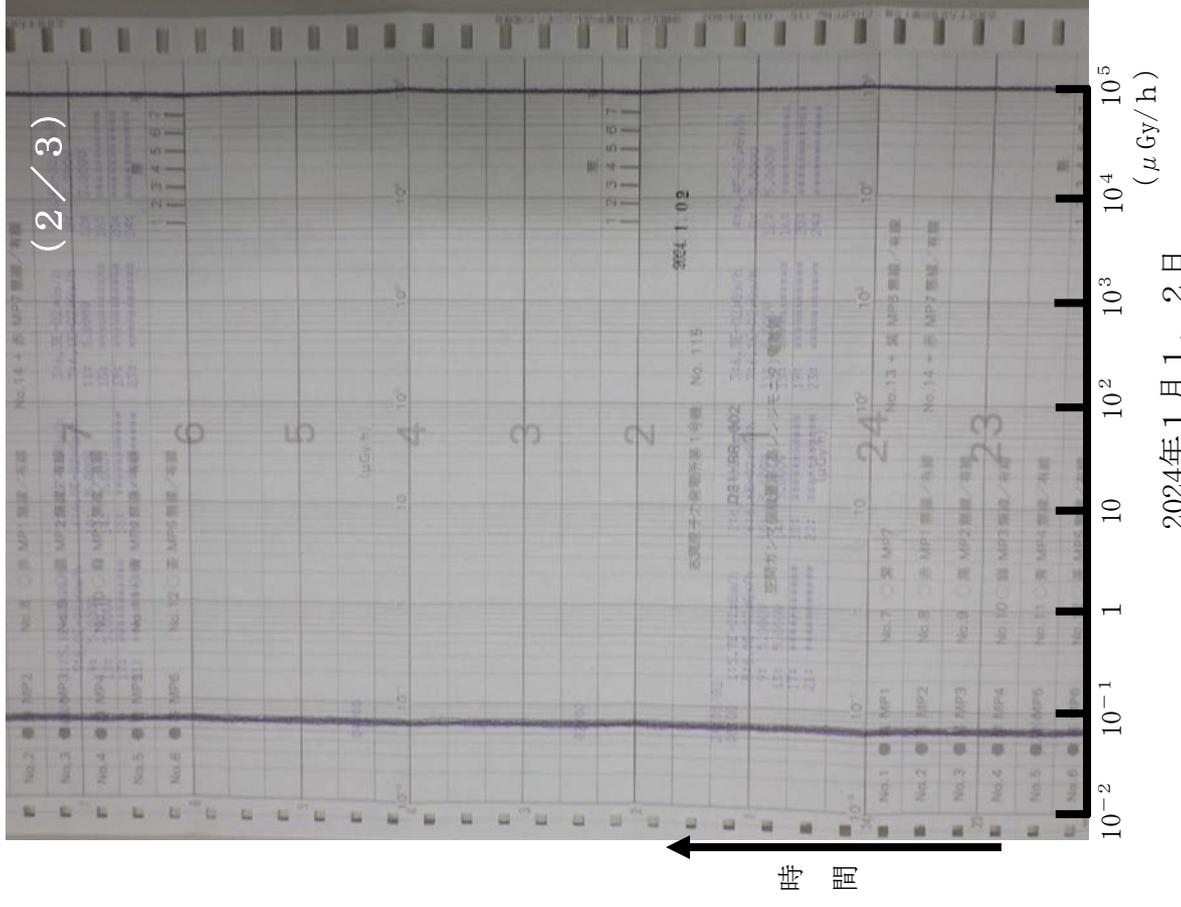
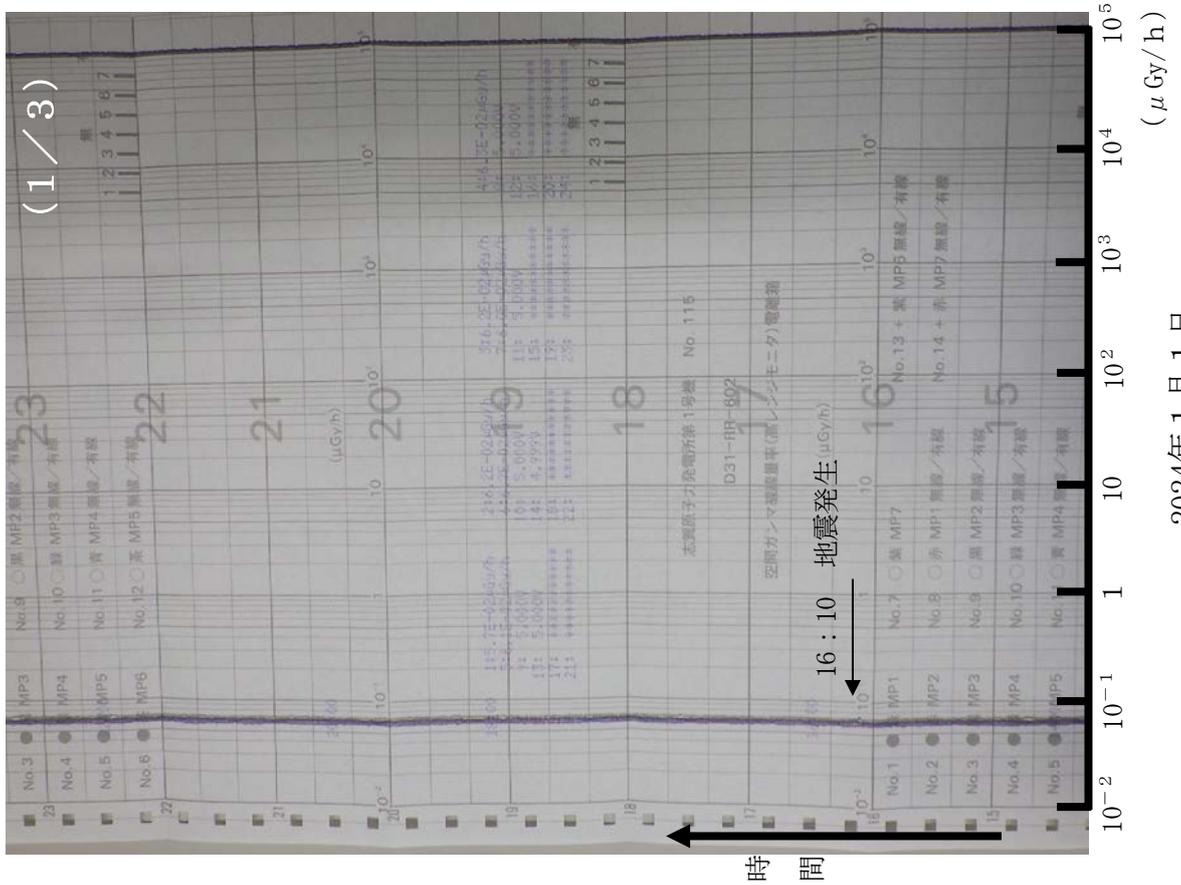
(添付資料-20)

以 上

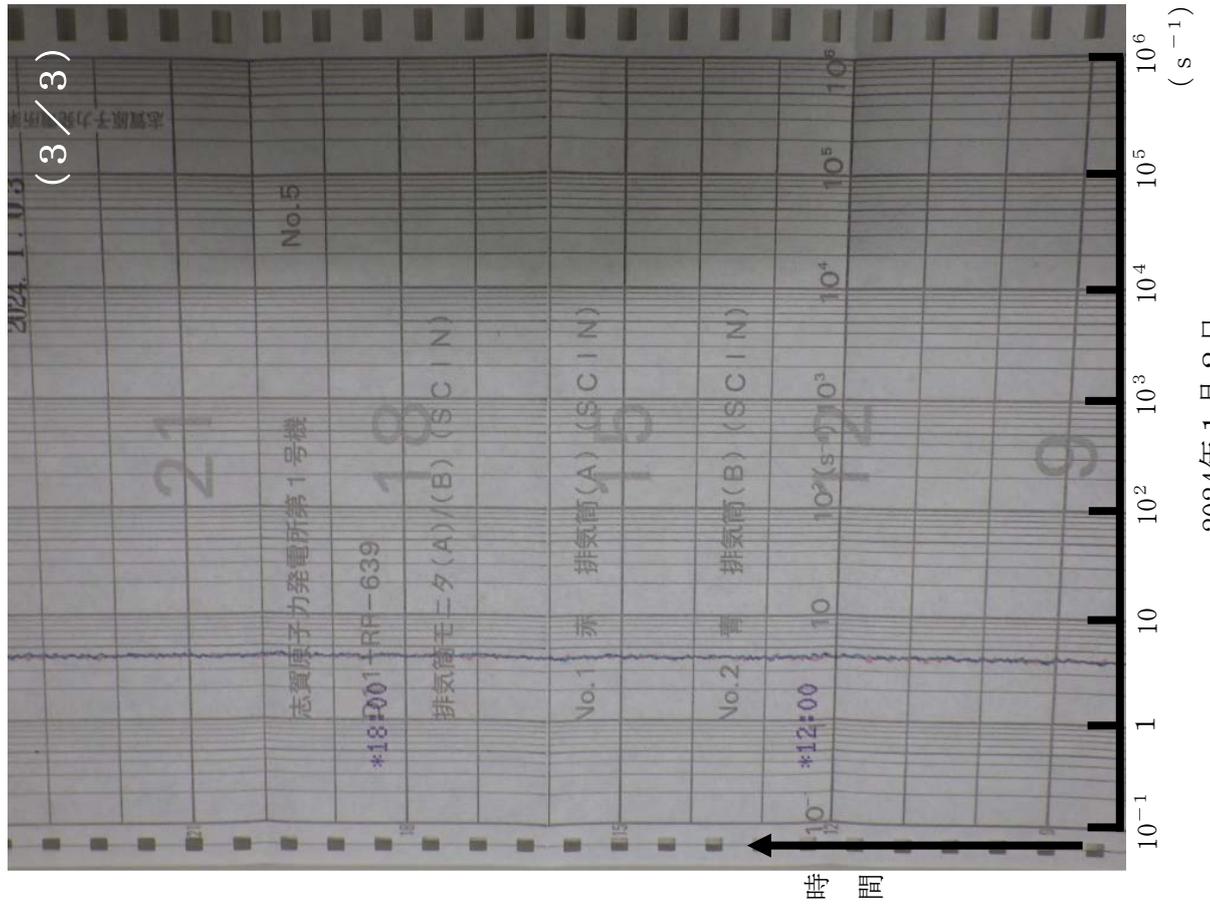
志賀原子力発電所 モニタリングポストデータ (チャート)
(低レンジ)



志賀原子力発電所 モニタリングポストデータ (チャート)
(高レンジ)

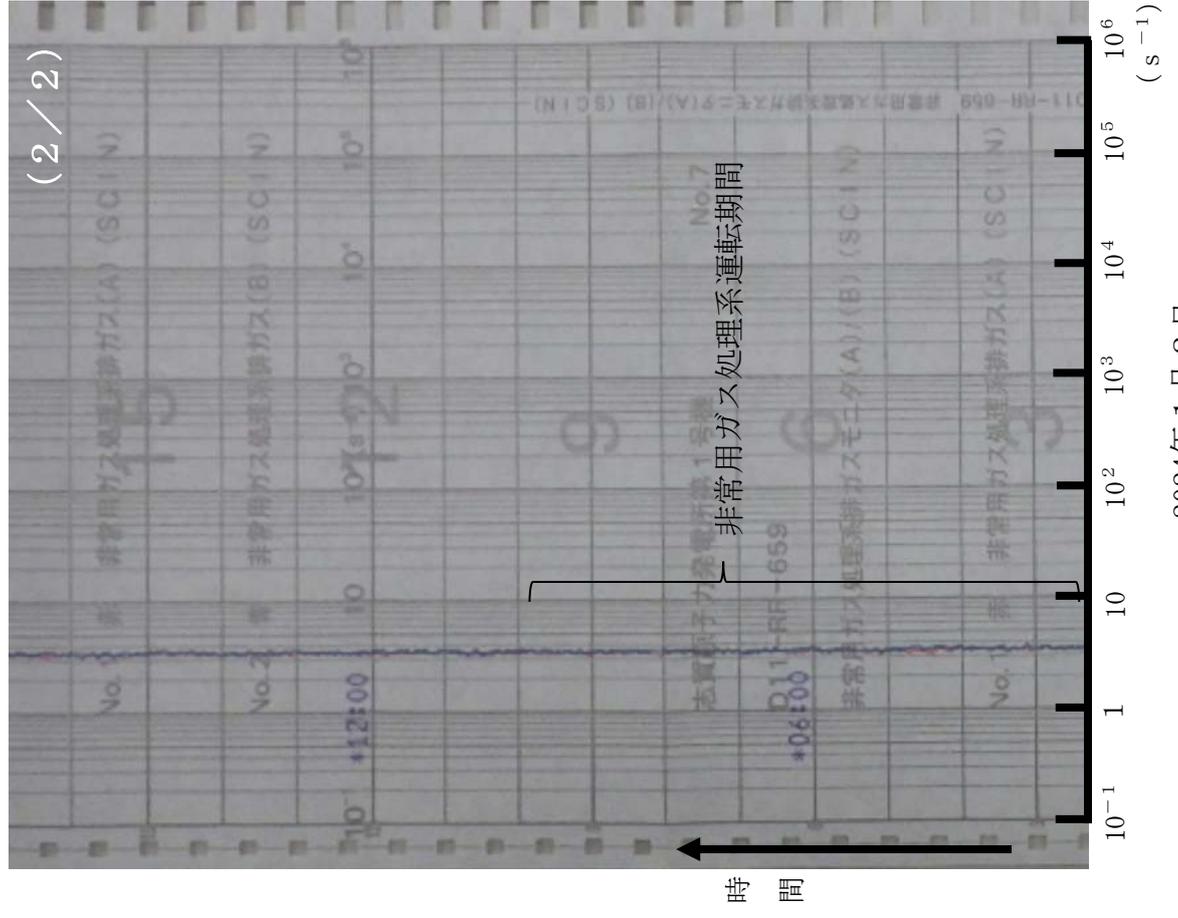
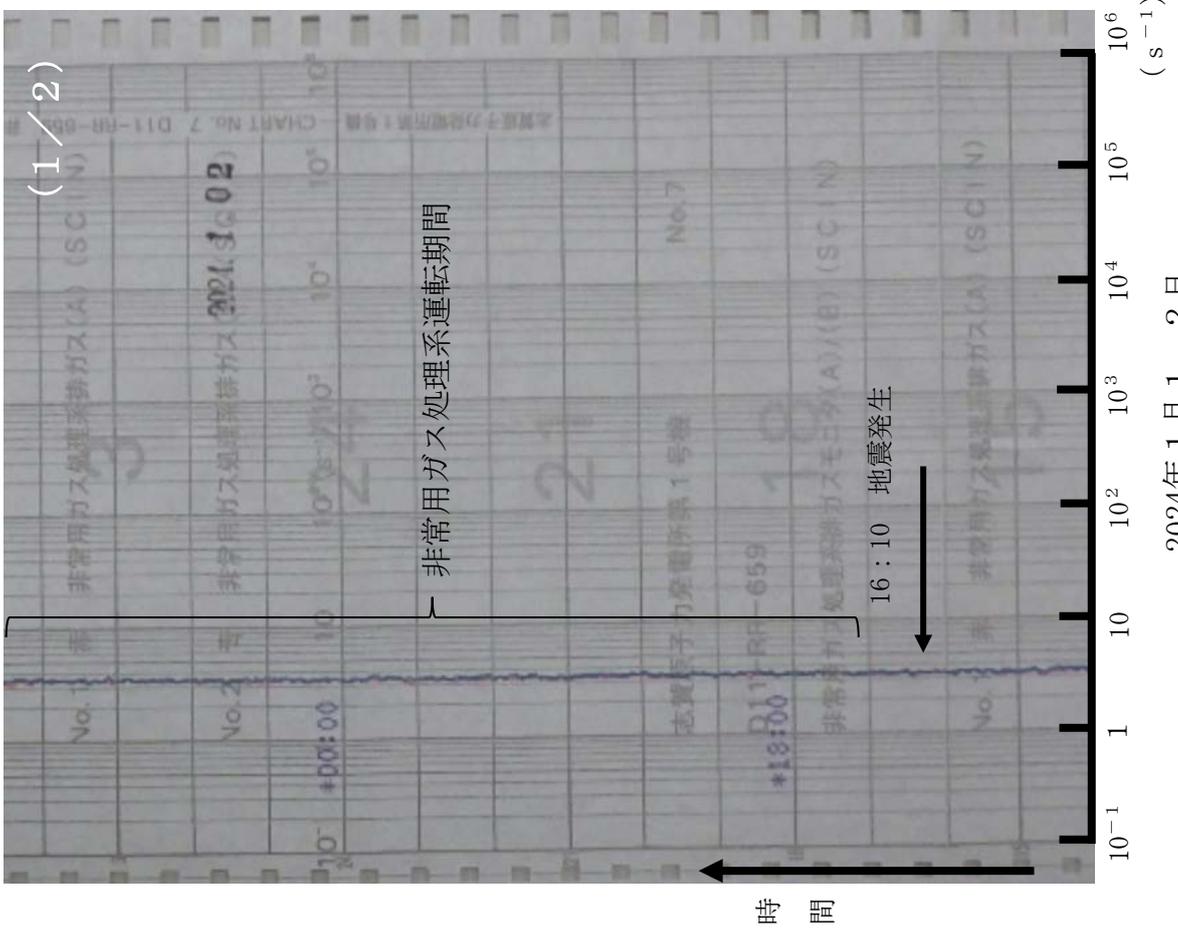


志賀1号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
排気筒モニタデータ (低レンジ)

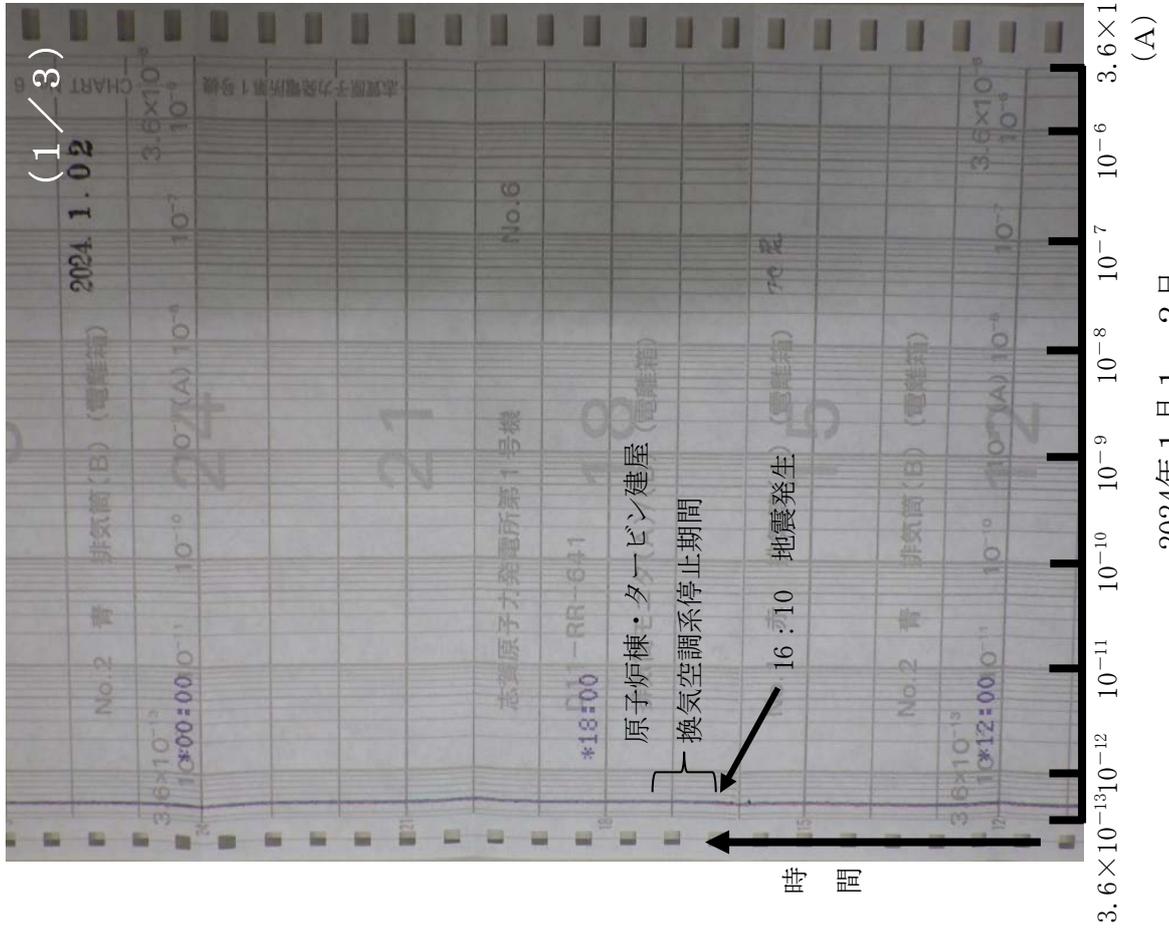


2024年1月2日

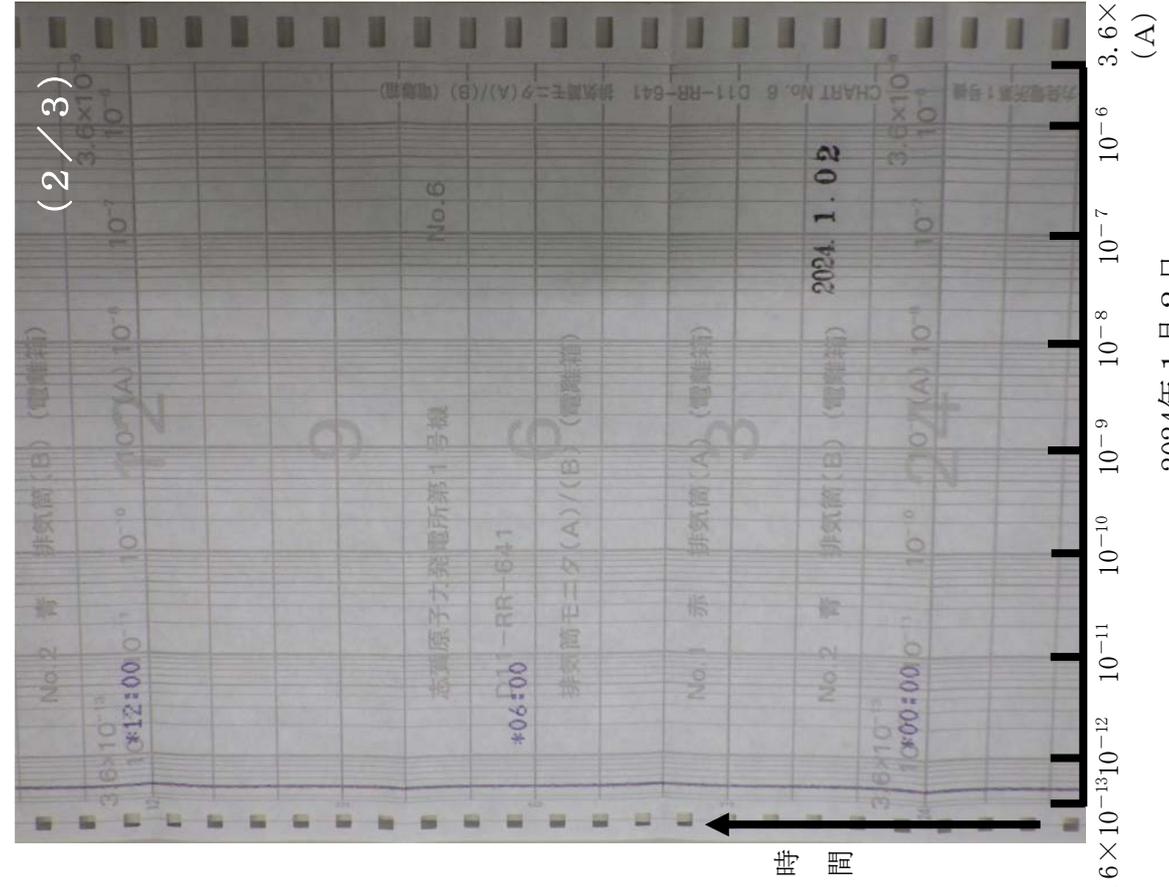
志賀1号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
 非常用ガス処理系排ガスモニタデータ (低レンジ)



志賀1号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
排気筒モニタデータ (高レンジ)

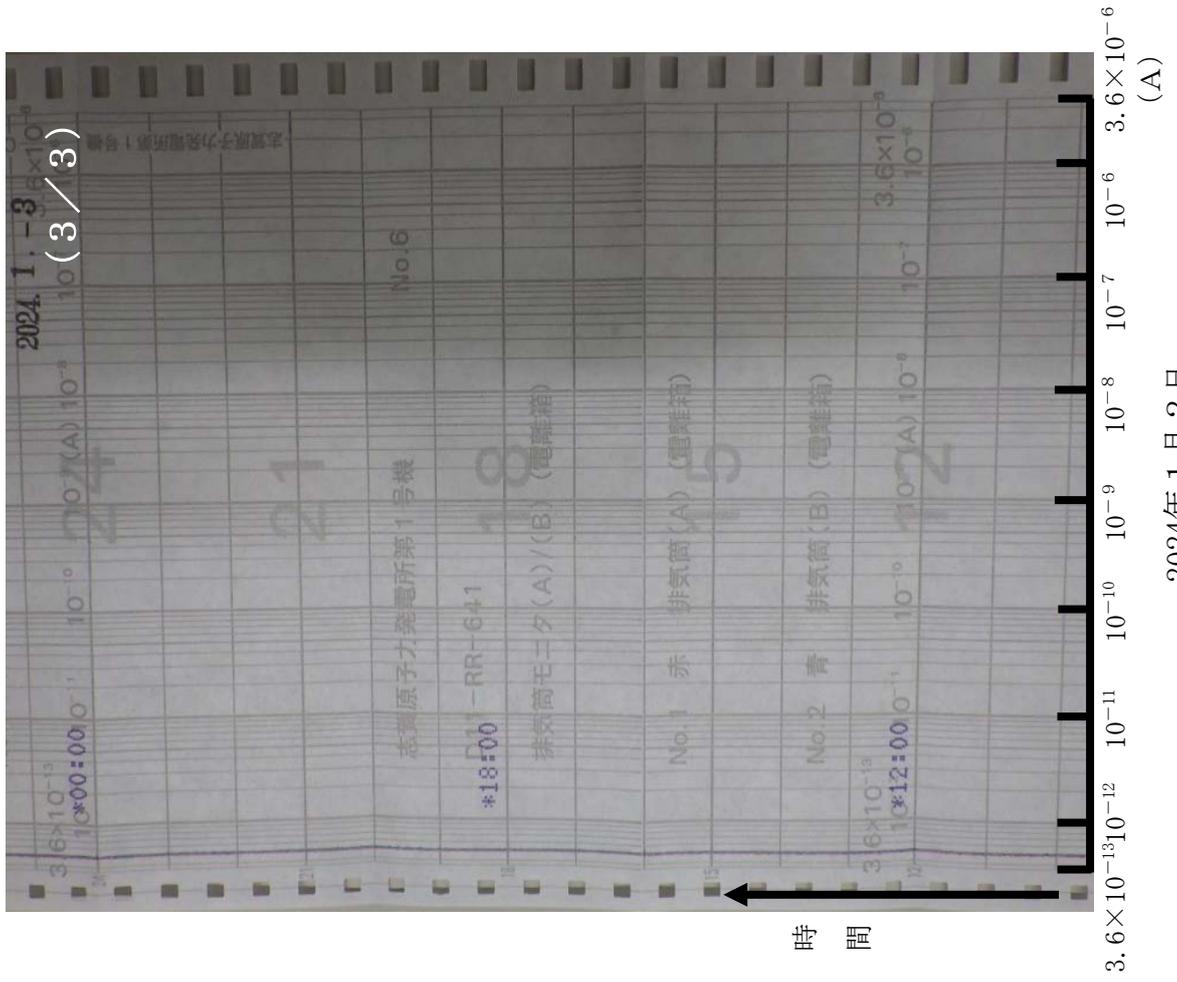


2024年1月1、2日



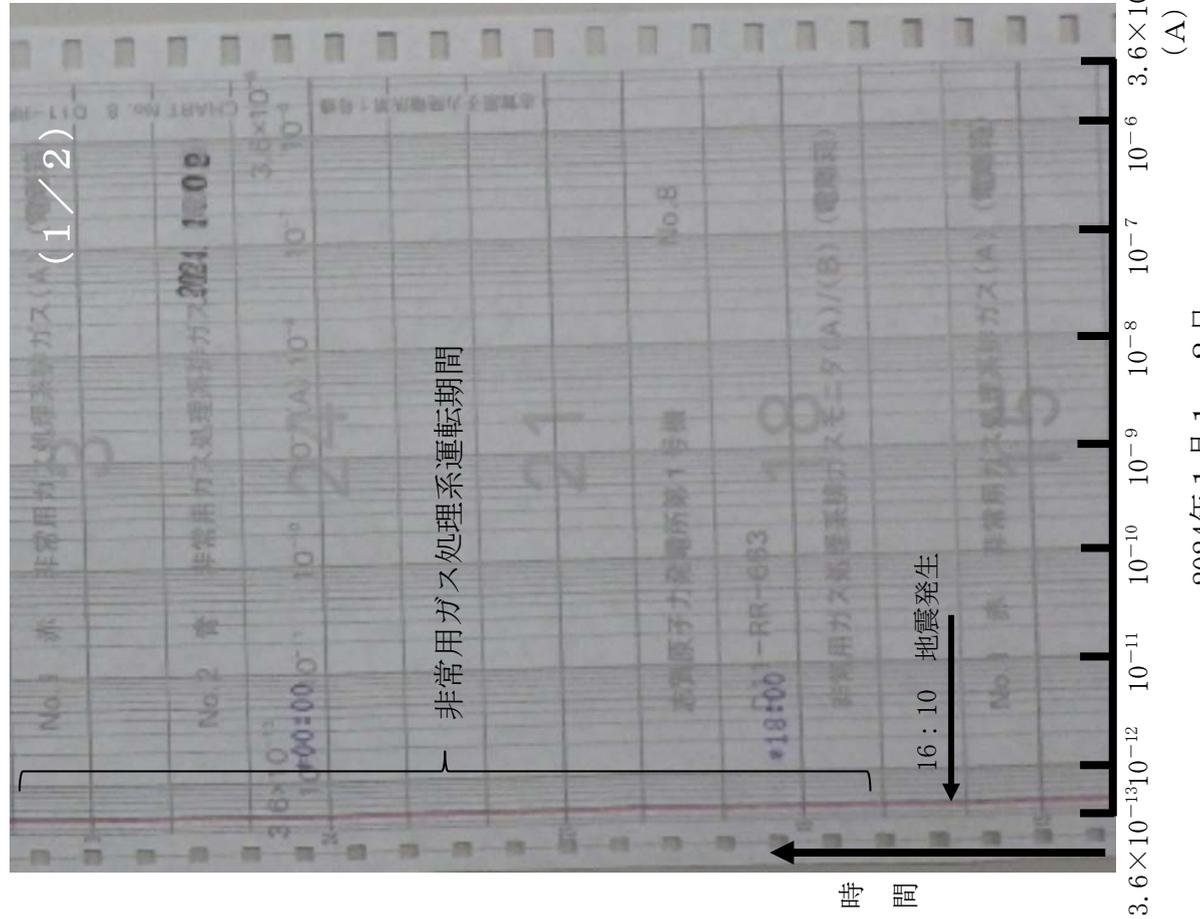
2024年1月2日

志賀1号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
排気筒モニタデータ (高レンジ)

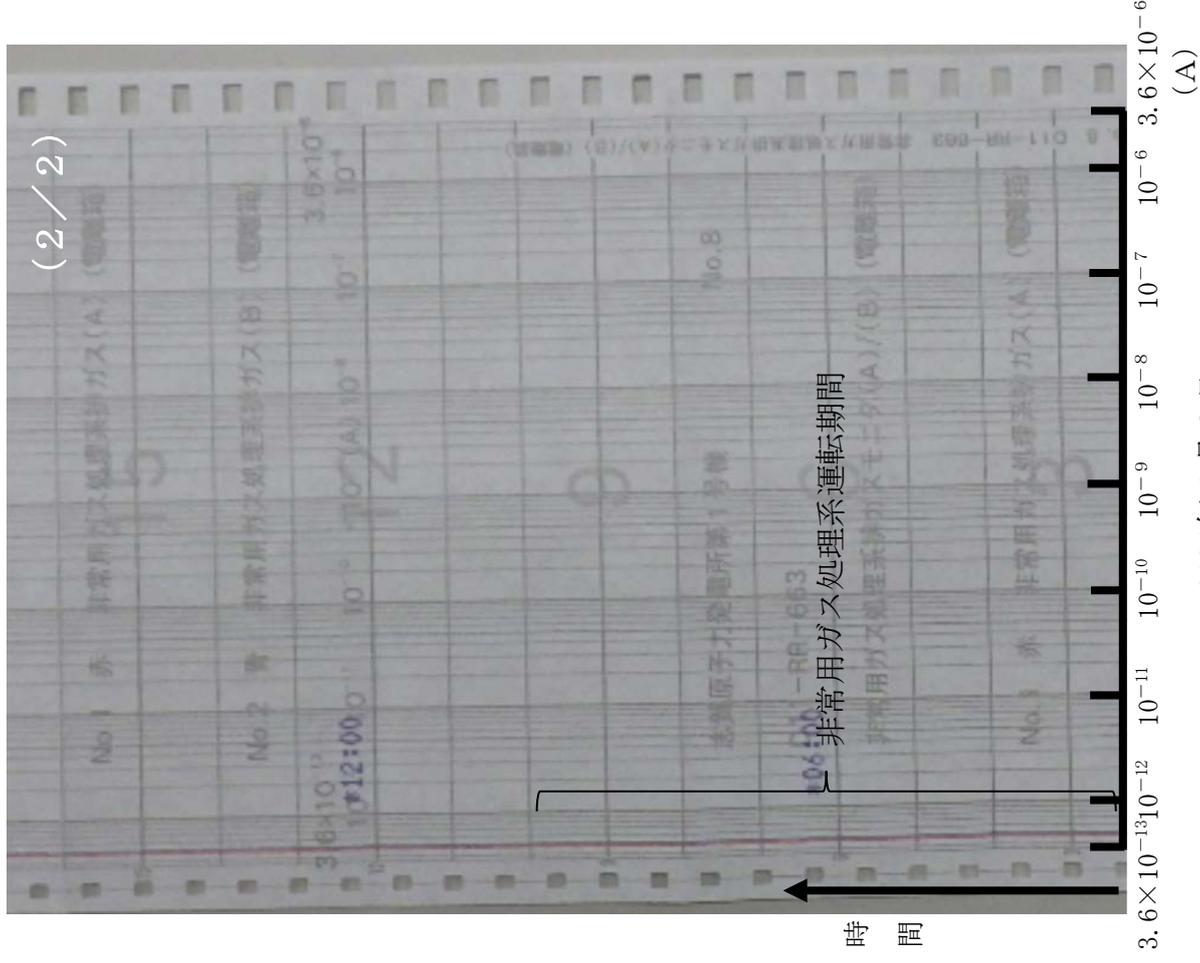


2024年1月2日

志賀1号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
 非常用ガス処理系排ガスモニタデータ (高レンジ)

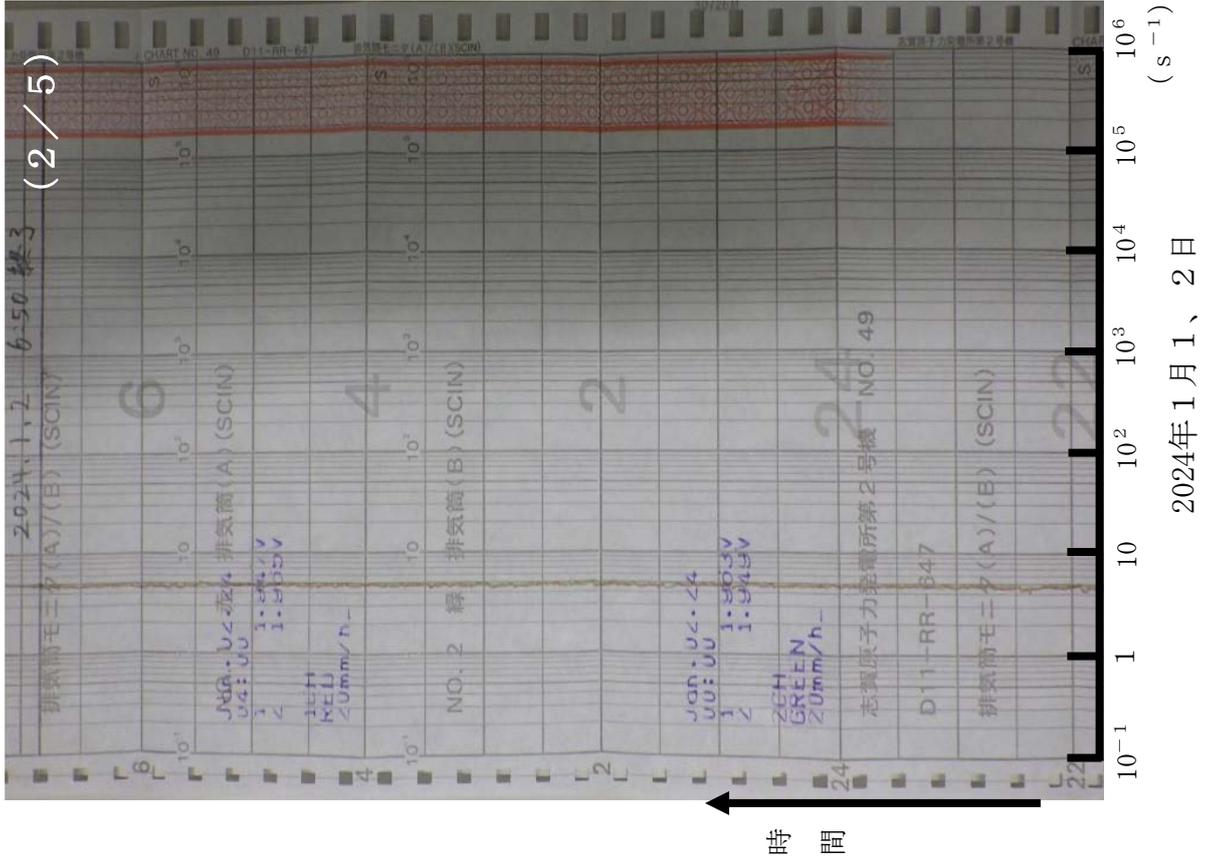
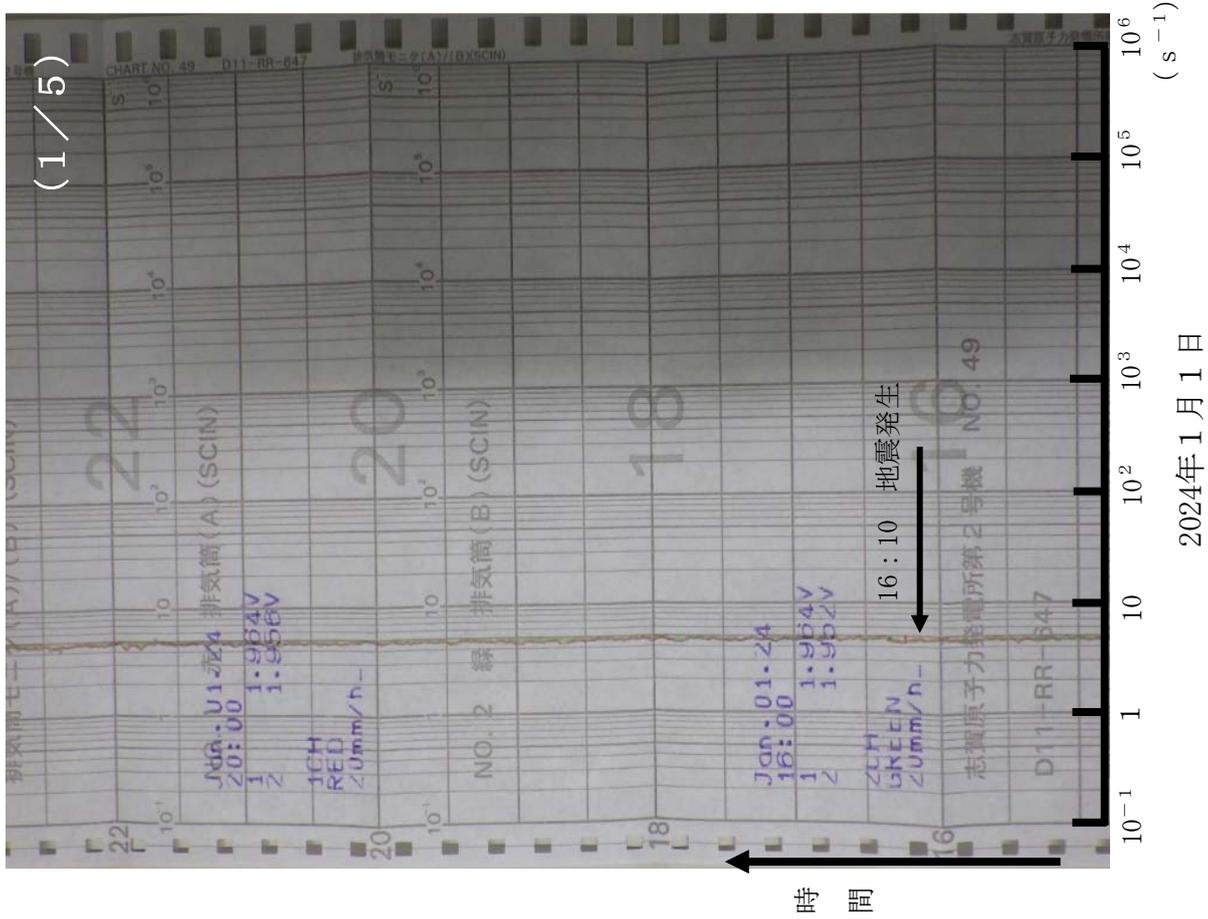


2024年1月1、2日

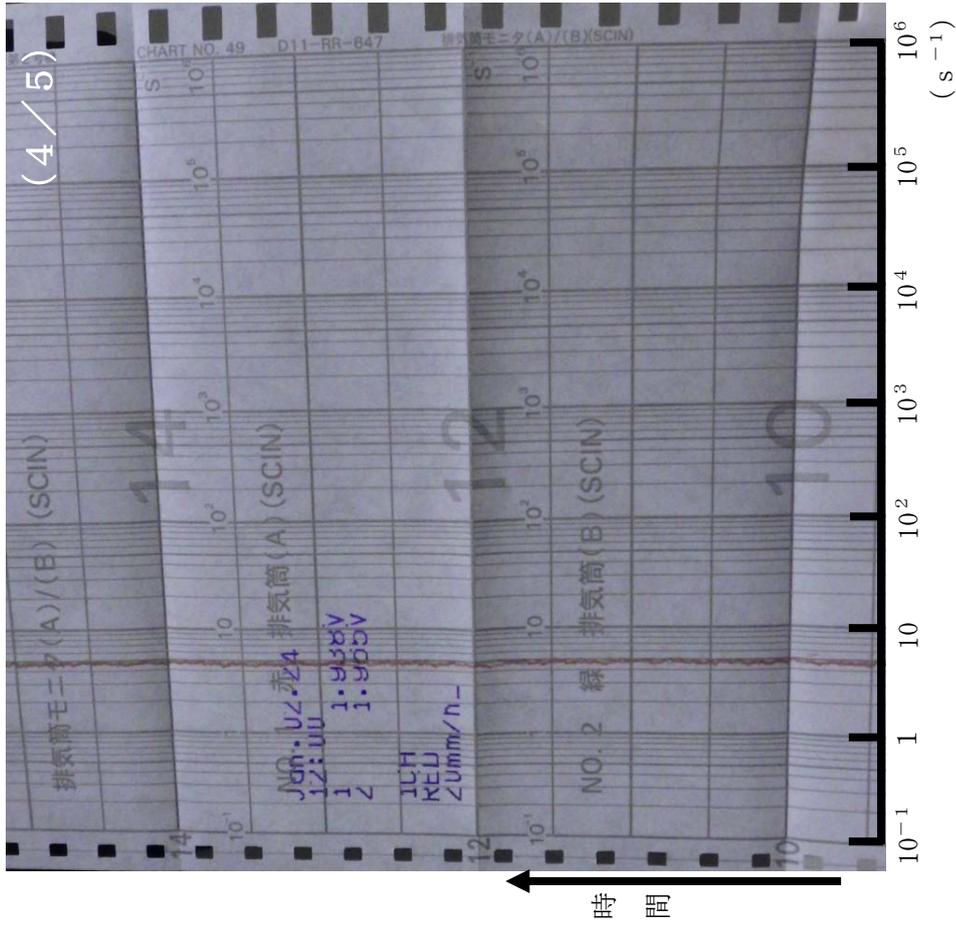
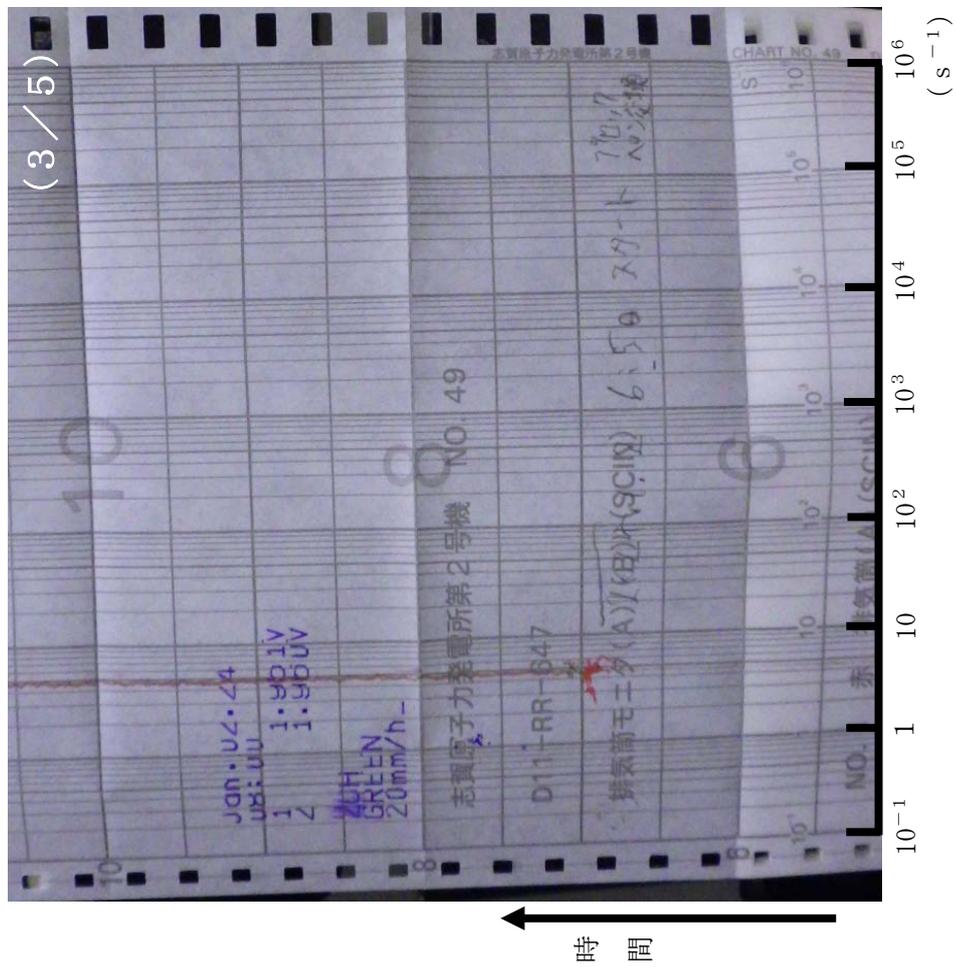


2024年1月2日

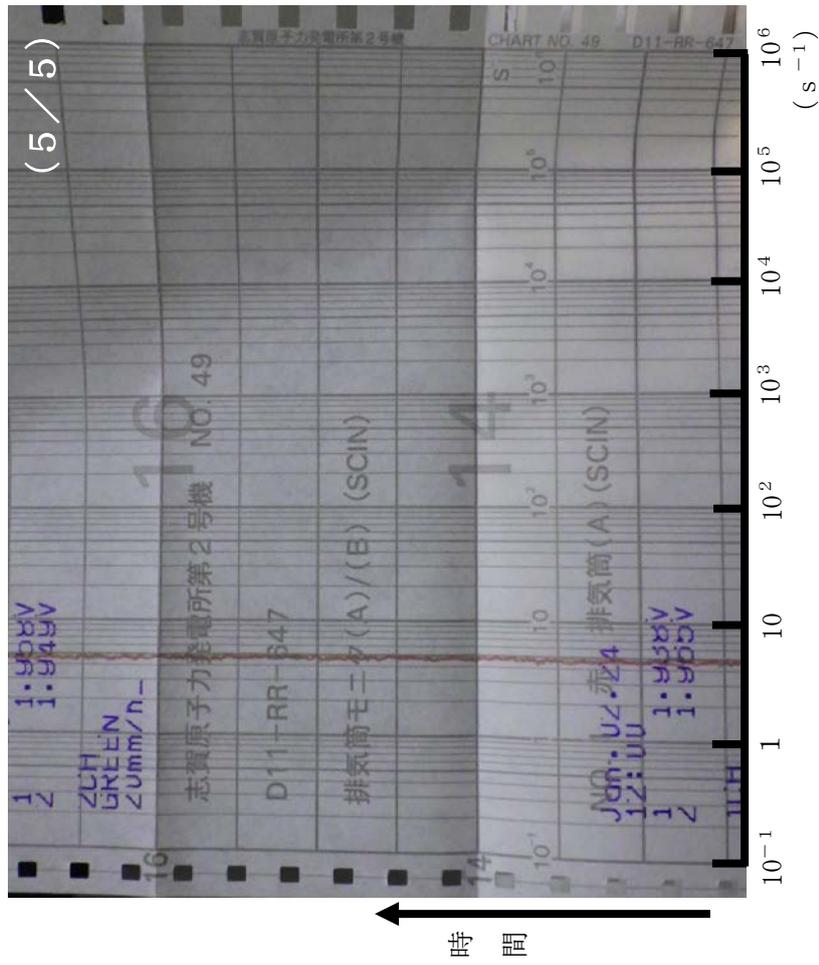
志賀2号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
排気筒モニタデータ (低レンジ)



志賀2号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
排気筒モニタデータ (低レンジ)

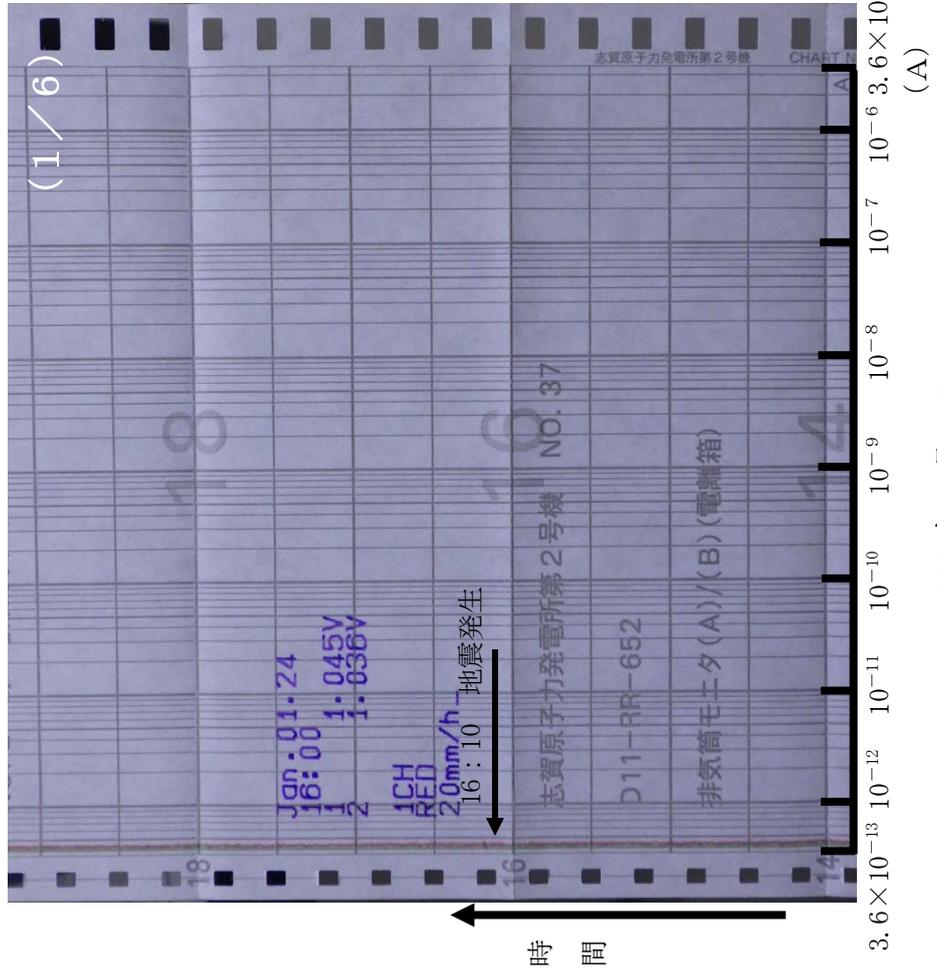
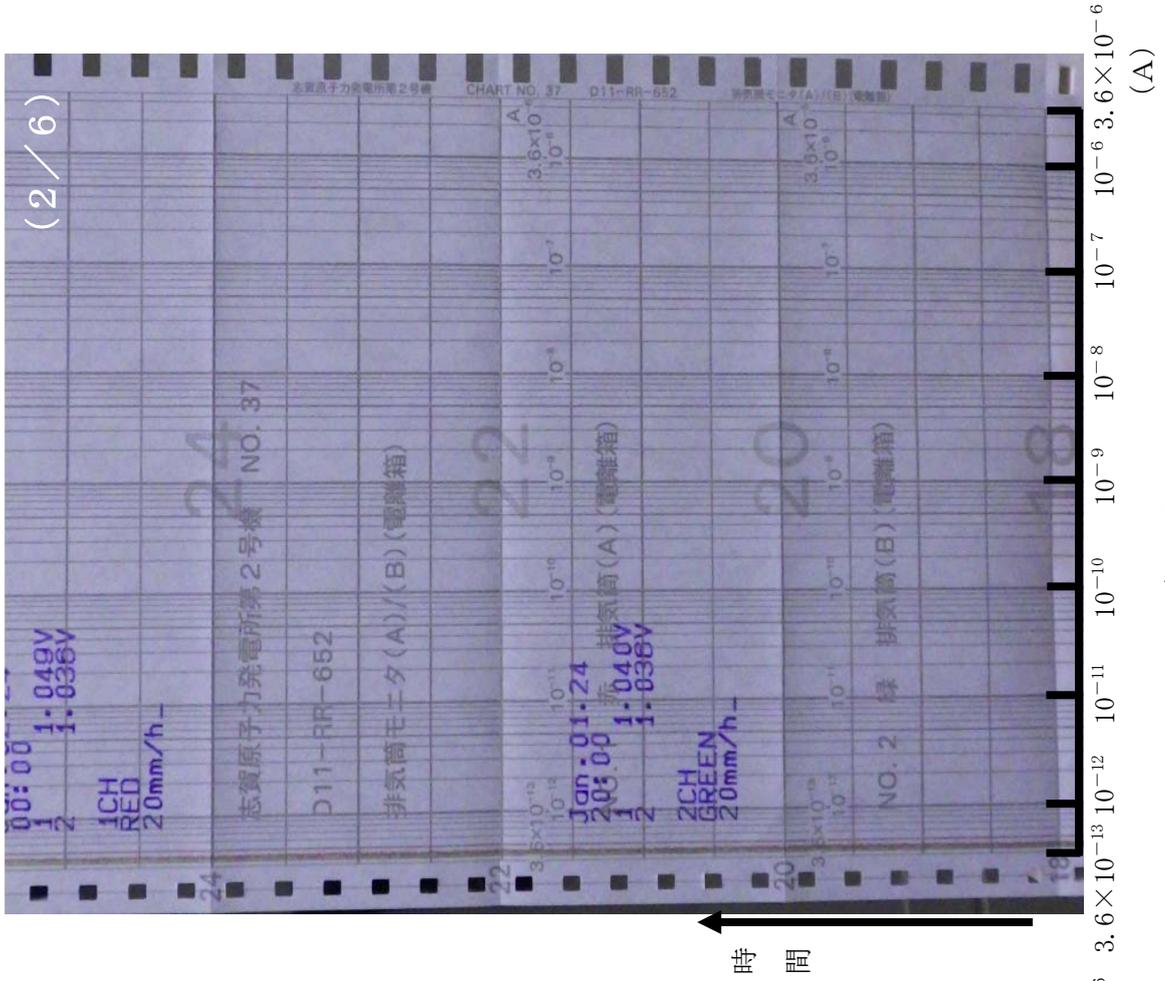


志賀2号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
排気筒モニタデータ (低レンジ)



2024年1月2日

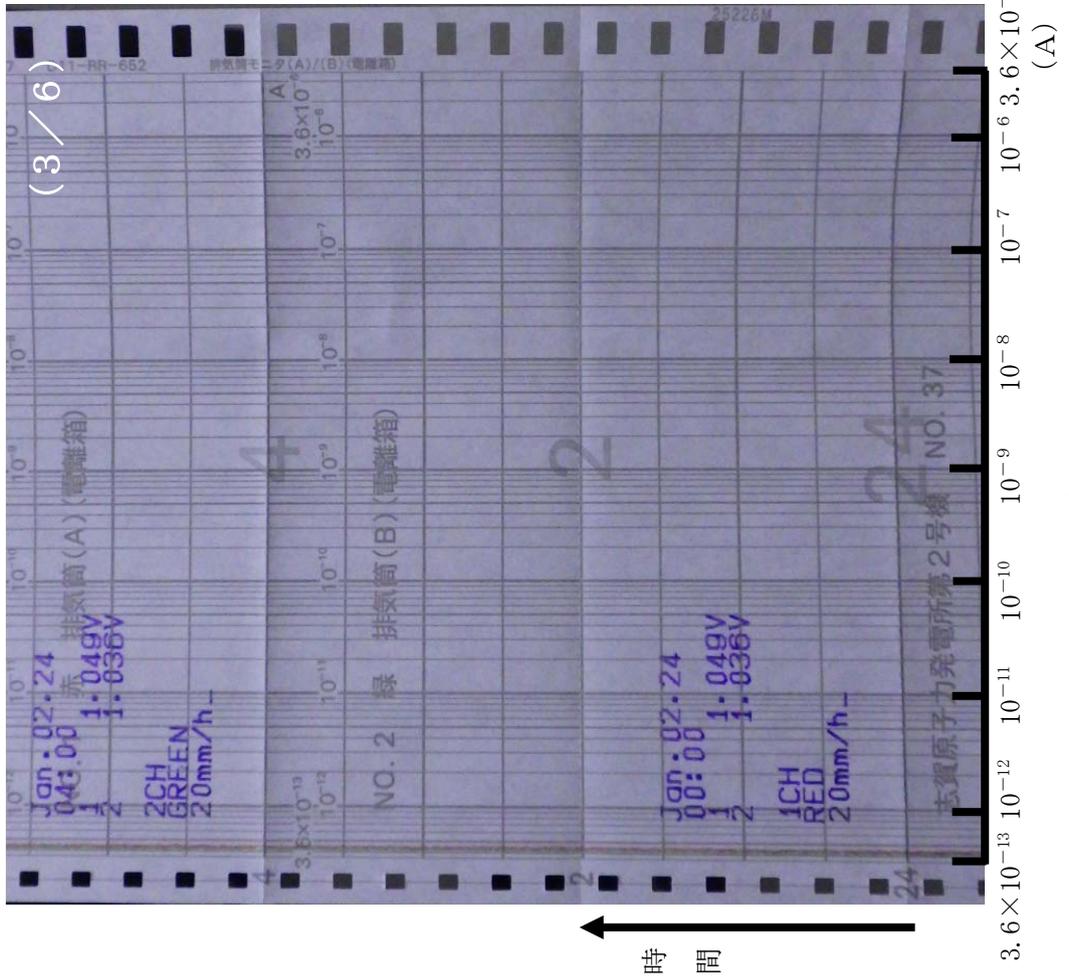
志賀2号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
排気筒モニタデータ (高レンジ)



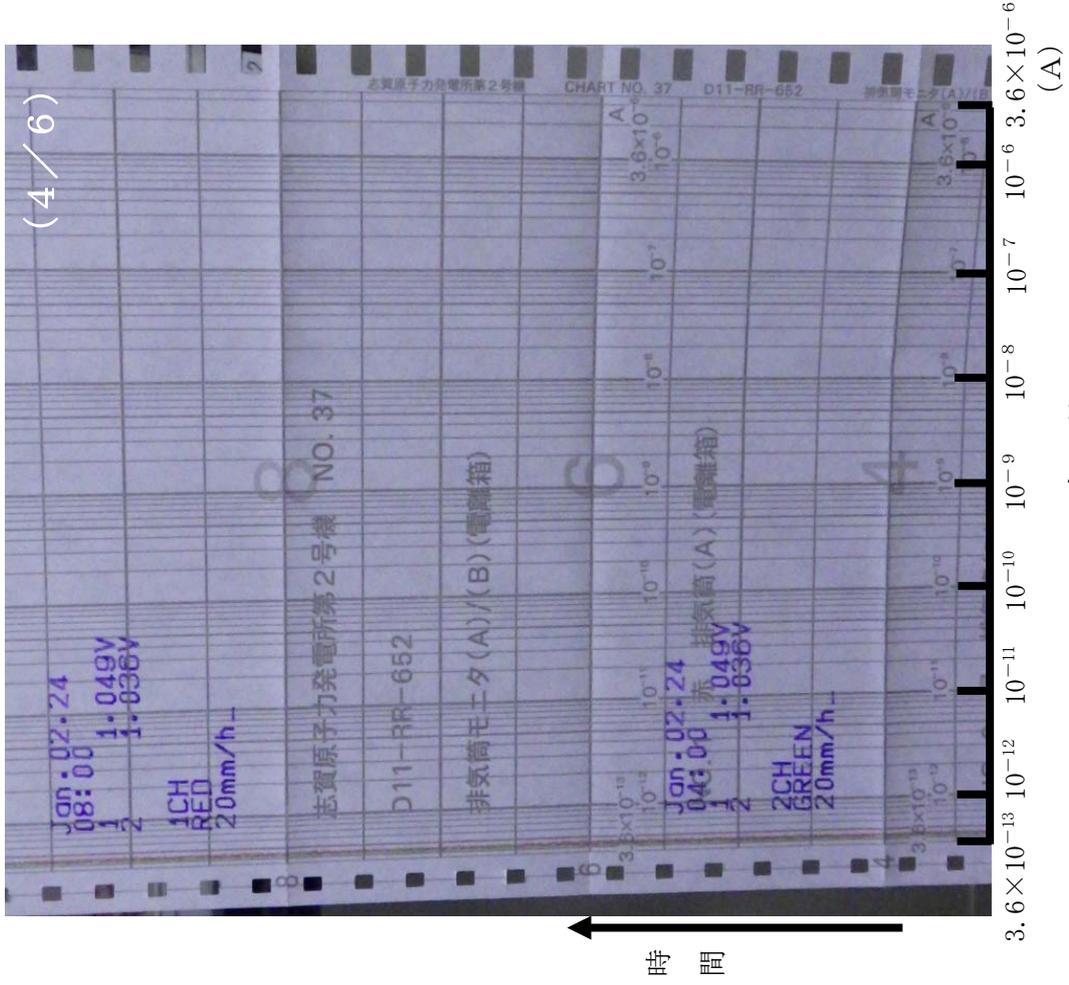
2024年1月1、2日

2024年1月1日

志賀2号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
 排気筒モニタデータ (高レンジ)

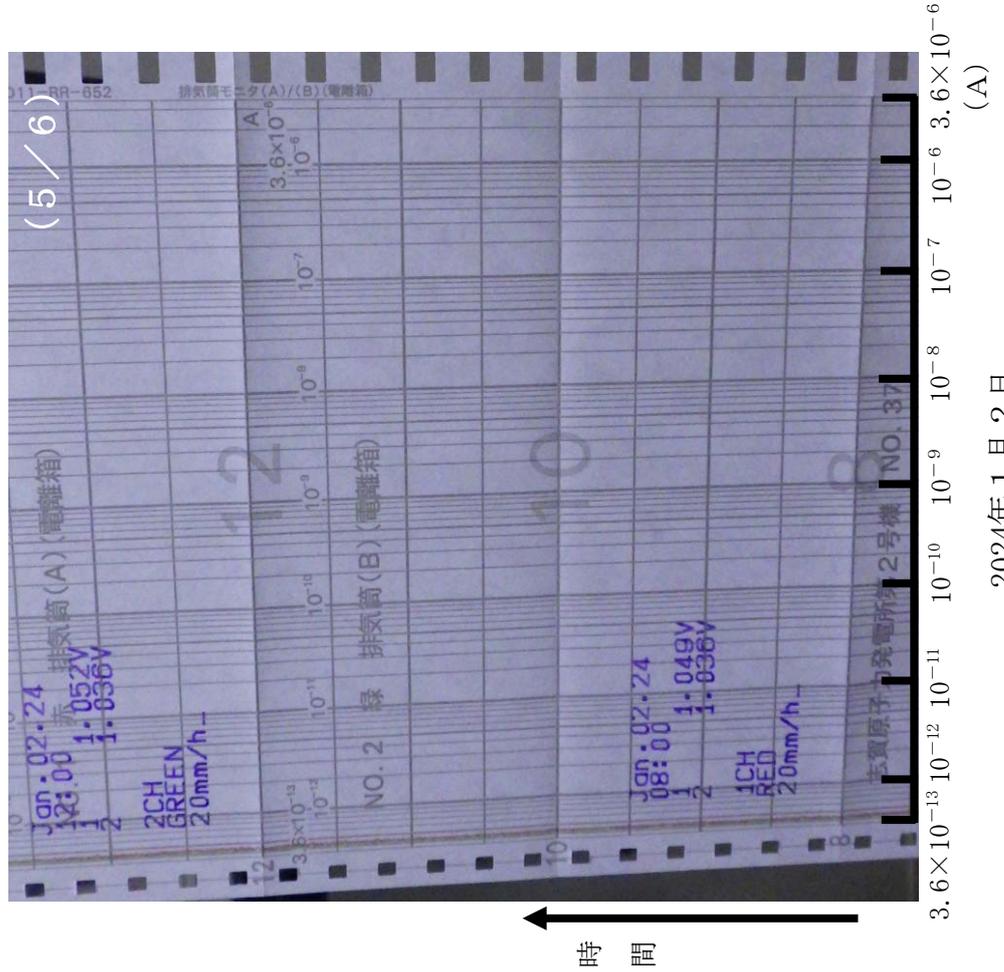
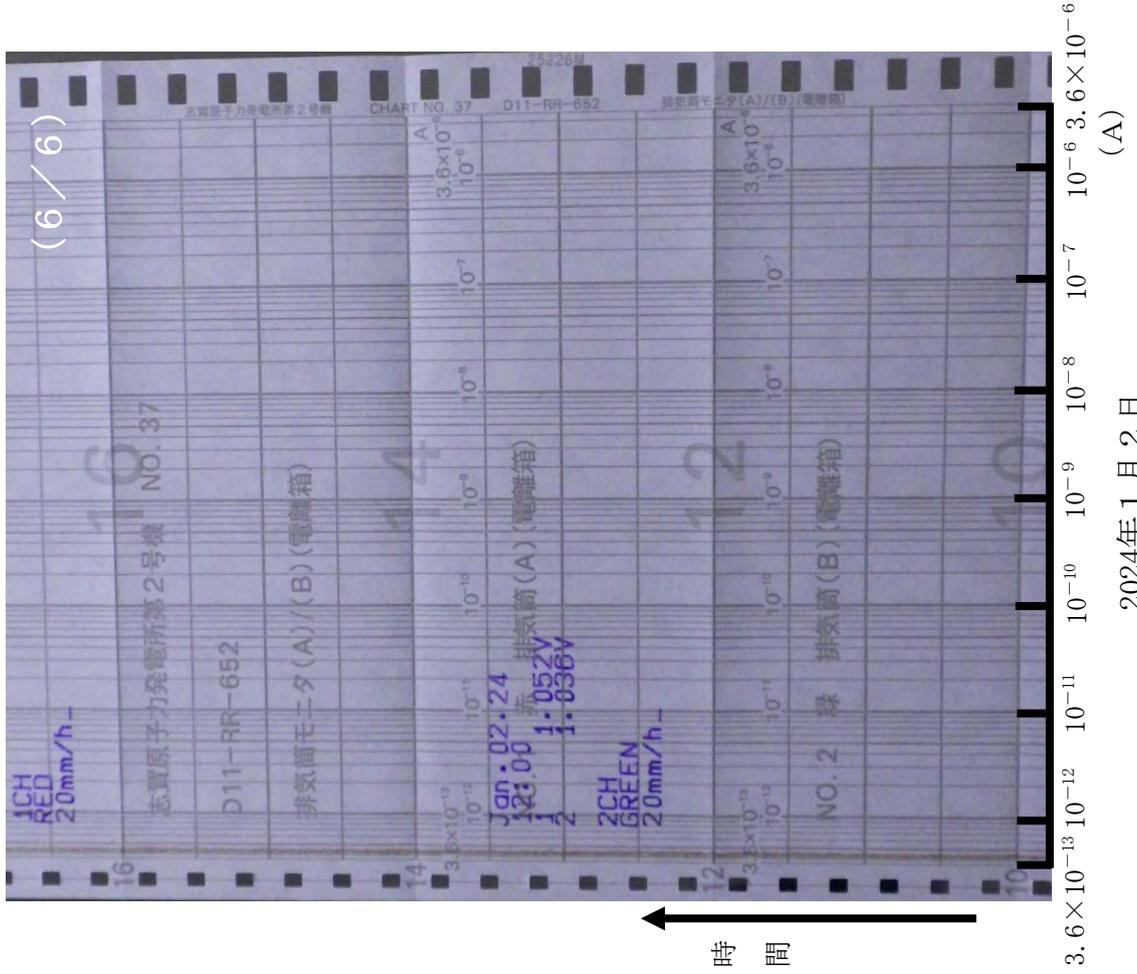


2024年1月2日



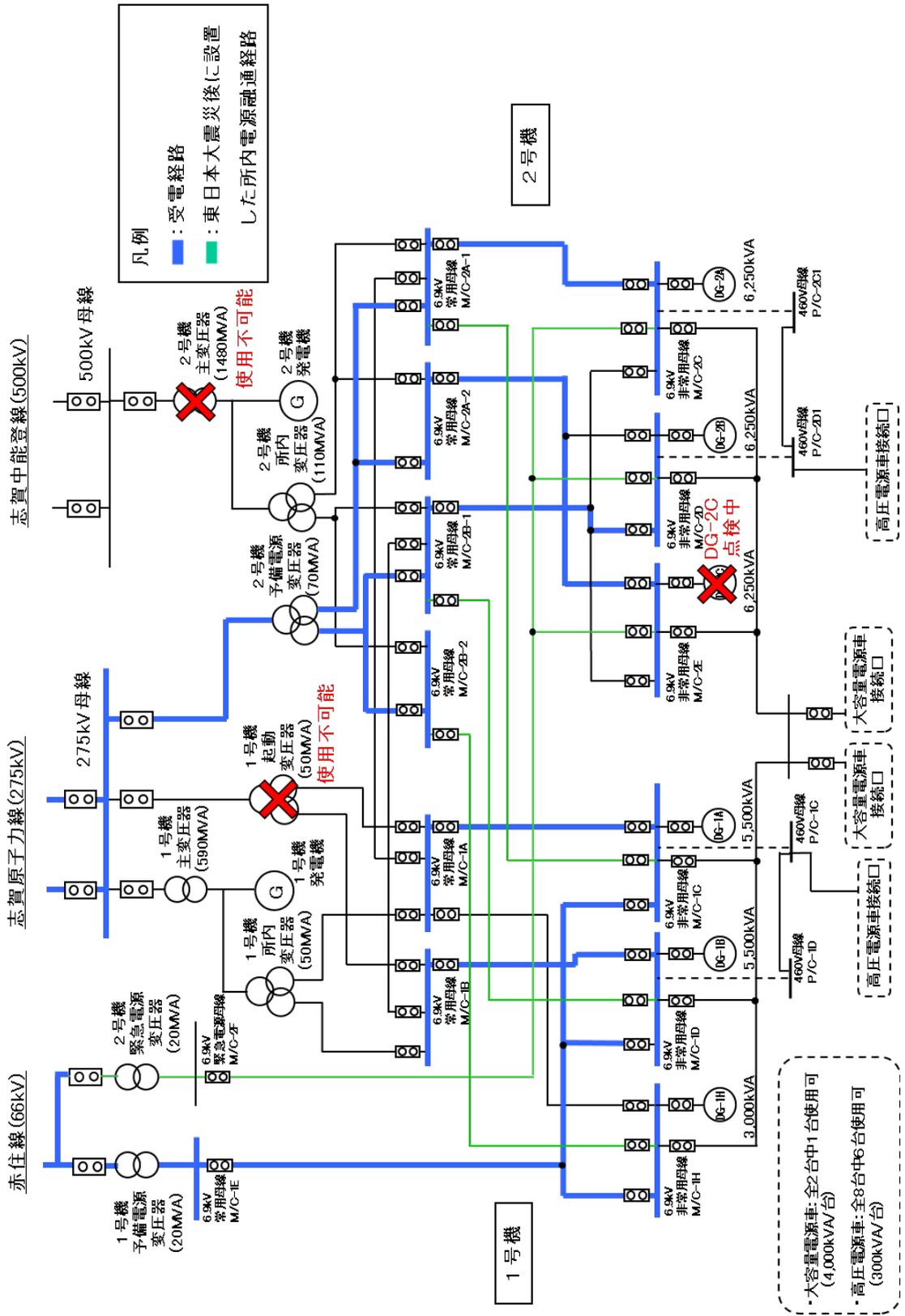
2024年1月2日

志賀2号機 プロセス放射線モニタデータ (チャート)
 排気筒モニタデータ (高レンジ)

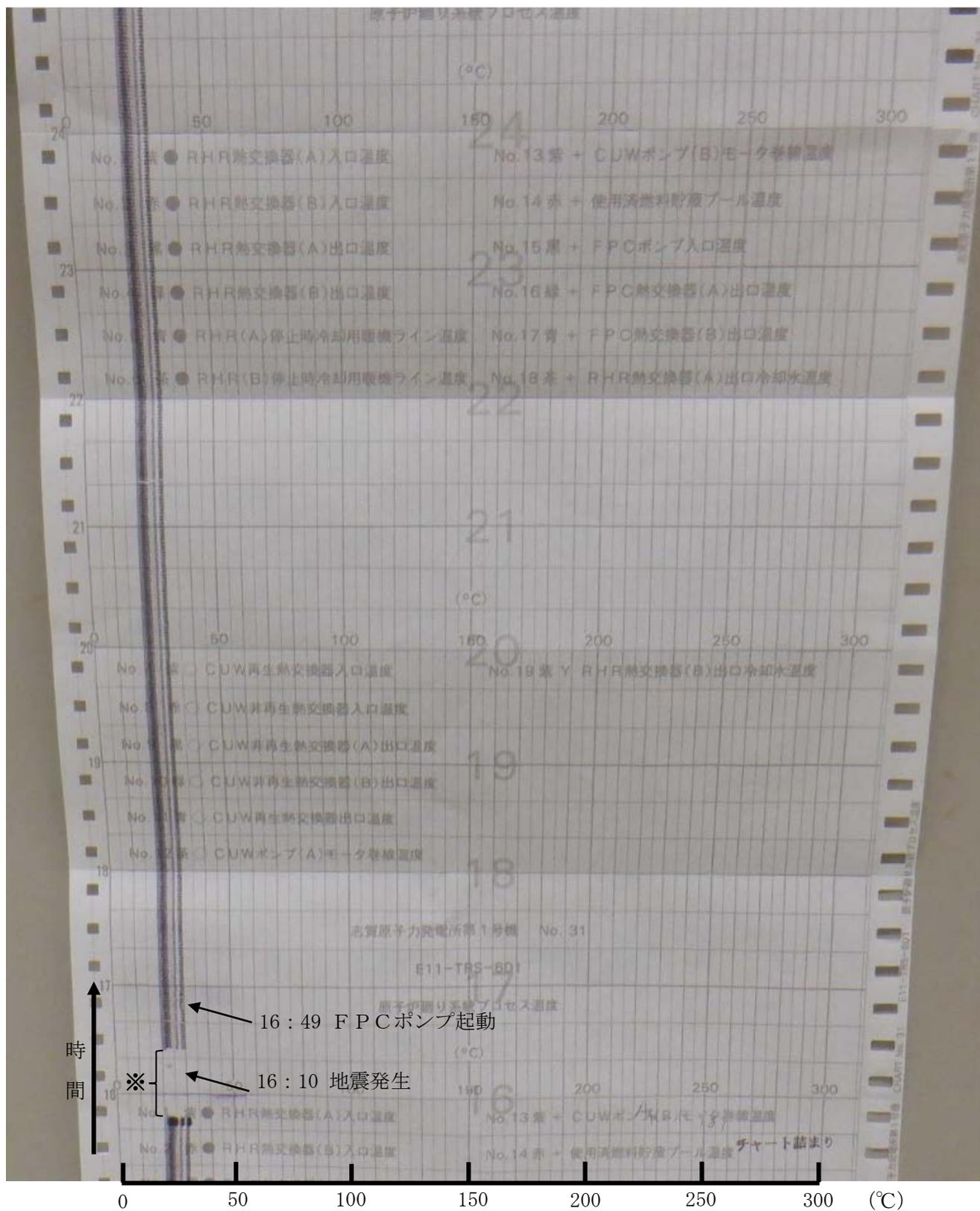


志賀原子力発電所 電源系統状況

地震発生後 (志賀1号機及び2号機の予備電源変圧器切替直後)



志賀1号機 使用済燃料貯蔵プール温度データ (チャート)



チャート詰まり発生期間におけるSFP温度

志賀1号機のSFP温度のチャートでは、地震発生前からチャート詰まりが発生しており、SFP温度を確認できない期間があった。しかしながら、チャート詰まり発生時点のSFP温度とFPCポンプ起動時点の温度が一致していることから、FPCポンプが停止中にSFP温度が上昇していないことを確認した。

チャート詰まり発生期間におけるSFP温度

| 時間 | 事象 | SFP温度[°C] |
|-------|--------------------|-----------|
| 15:50 | チャート詰まり発生 | 29.5 |
| 16:10 | 地震発生 (FPCポンプ停止) | — |
| 16:30 | チャート詰まり解消 | 29.5 |
| 16:49 | FPCポンプ起動 | 29.5 |

以上

志賀1号機 使用済燃料貯蔵プール水位

1. 経緯

志賀1号機のSFPの水位は定期的な監視をしているものの、SFP水位としてチャートに記録していない。しかしながら、SFPの水位はSFP内の水が常にスキマサージタンクへオーバーフローしていることから、スキマサージタンクの水にてSFPが通常水位であることを間接的に監視可能である。

このため、地震時にSFPが通常水位であったことをスキマサージタンクの水位等から確認した。

2. スキマサージタンクとSFPの関係

スキマサージタンク内の水はFPCポンプに供給され、FPCポンプによりSFPに注水される。更に、SFP内の水は一定水位を超えるとスキマ堰からスキマサージタンクへオーバーフローし、再びFPCポンプに供給される（図1参照）。

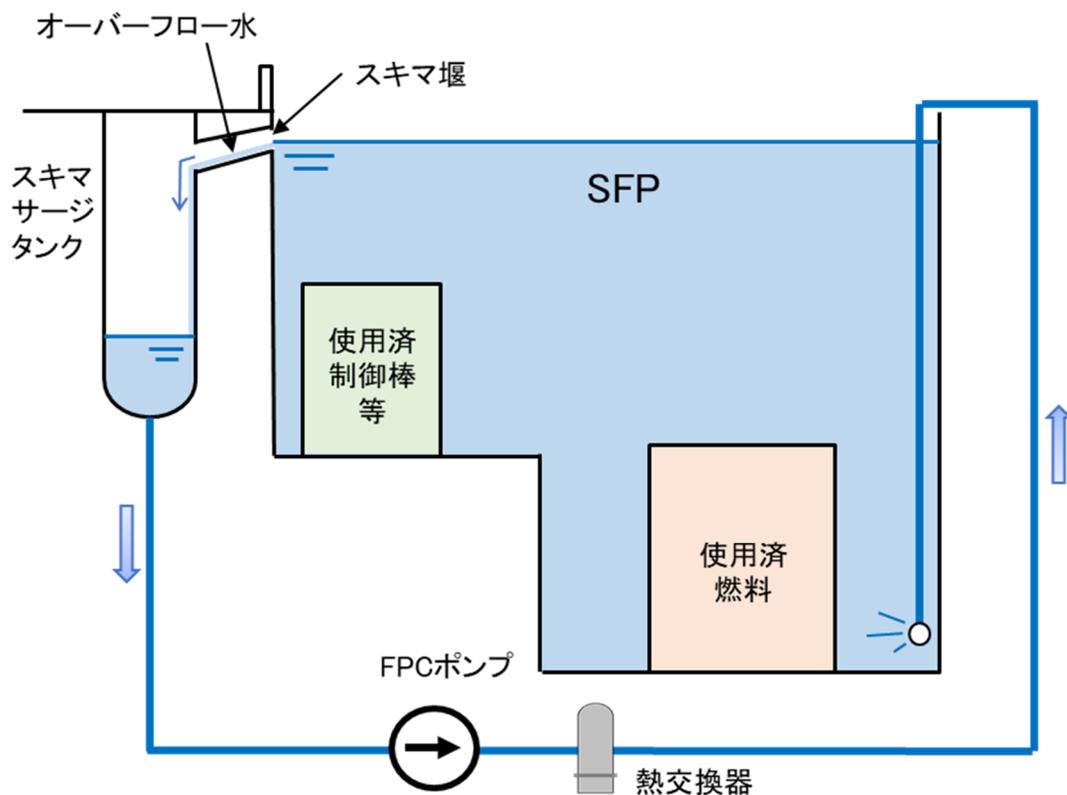


図1 スキマサージタンクとSFPの関係

3. 地震時の状況

2024年1月1日16時10分発生地震時に、スキマサージタンクの水位は「①F P Cポンプ停止と同時に上昇」及び「②F P Cポンプ起動と同時に下降」の挙動を示している（図2参照）。

①F P Cポンプ停止と同時に上昇

- ・F P Cポンプの停止に伴いスキマサージタンクからF P Cポンプへの水の供給が停止。F P Cポンプ停止後もS F P内の水がオーバーフローし、スキマサージタンクに流入し続け、スキマサージタンクの水位は上昇。

②F P Cポンプ起動と同時に下降

- ・F P Cポンプの起動に伴いスキマサージタンク内の水がF P Cポンプに供給。S F P内の水がオーバーフローし、スキマサージタンクに流入する量よりも多くF P Cポンプに供給されるため水位は低下。

上記①及び②はF P Cポンプの起動停止に伴う正常な挙動である（図3参照）。

F P Cポンプ停止からF P Cポンプ起動までの期間、スキマサージタンクの水位は上昇し続けている。これは、S F P内の水がオーバーフローしスキマサージタンクに流入し続けていることを示していることから、当該期間においてもS F P水位は通常水位であったことを確認した。



図2 志賀1号機のスキマサージタンクの水位挙動

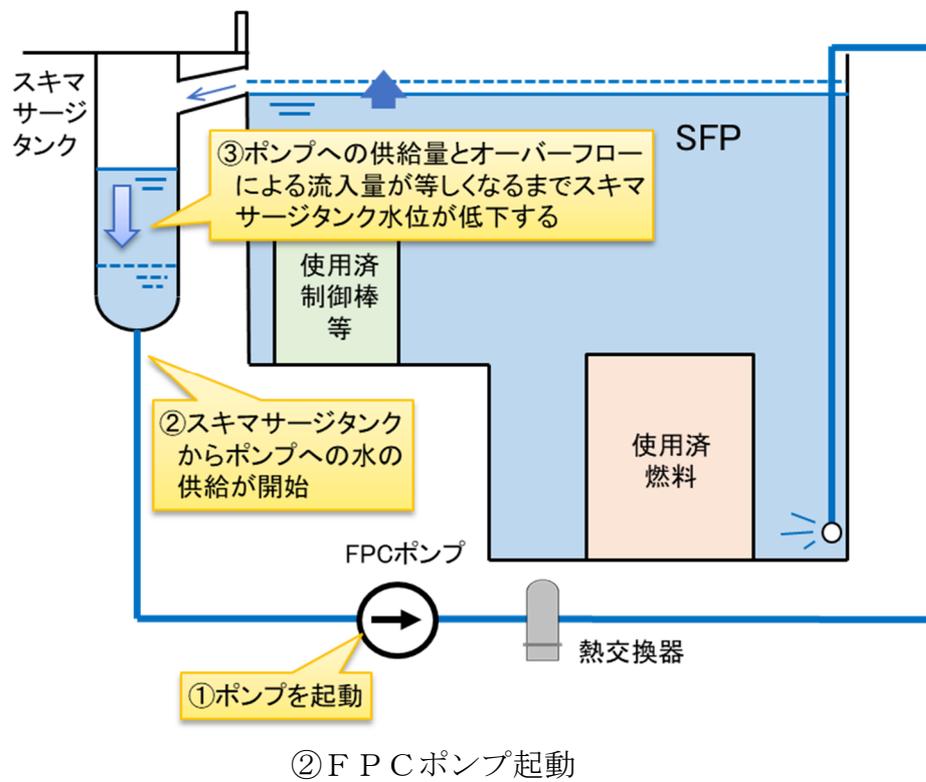
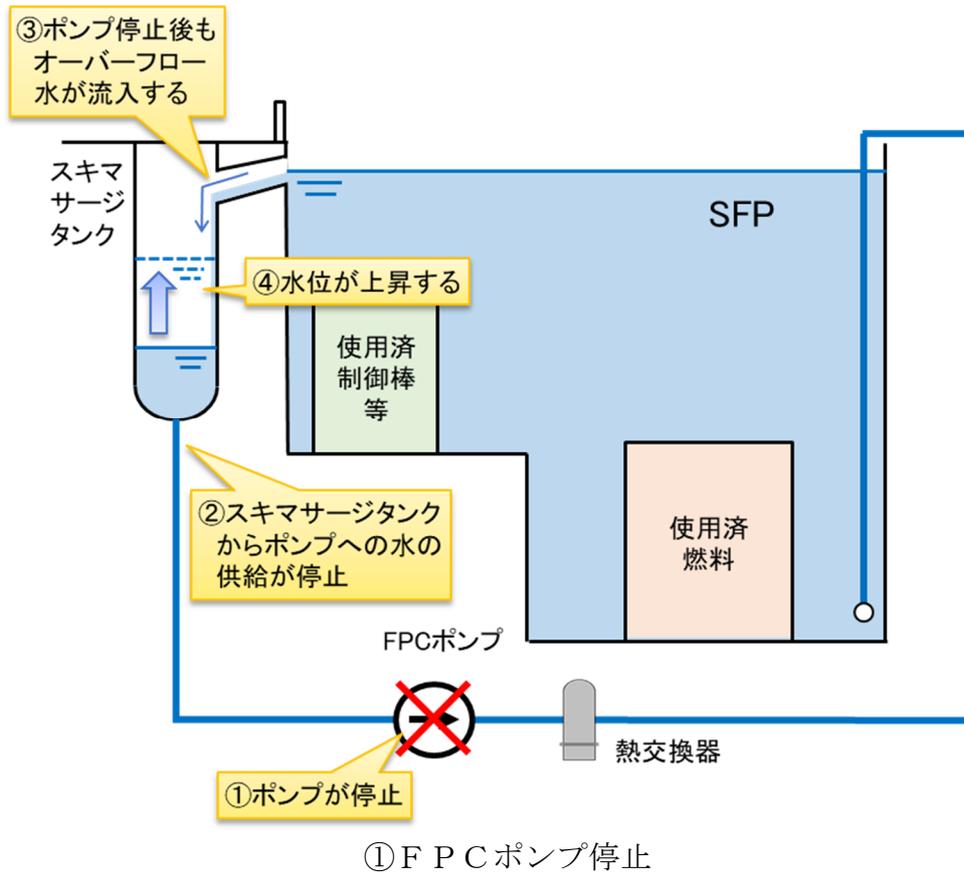
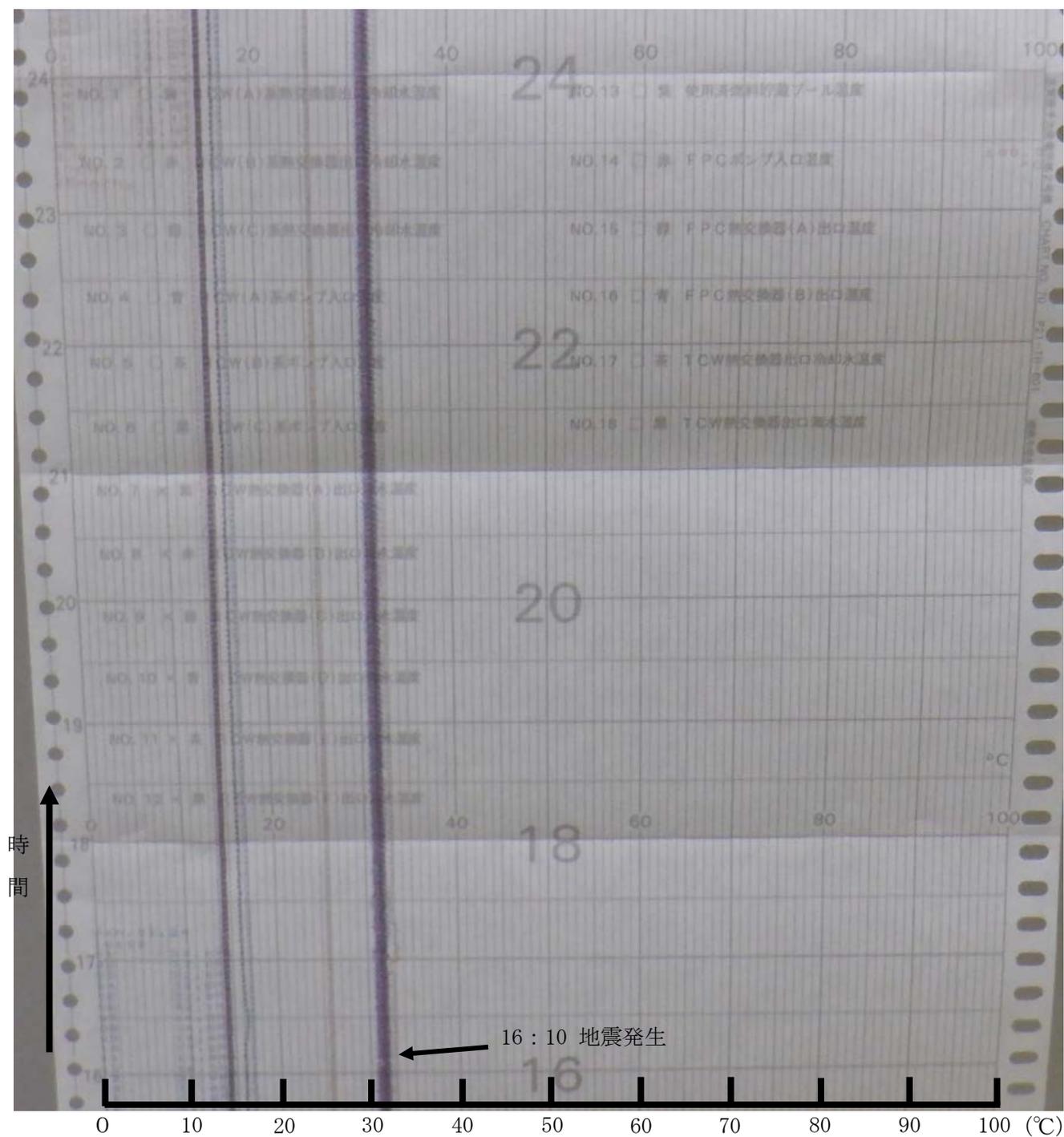


図3 F P C ポンプ起動停止時におけるS F P 水位挙動の概要

以 上

志賀2号機 使用済燃料貯蔵プール温度データ (チャート)



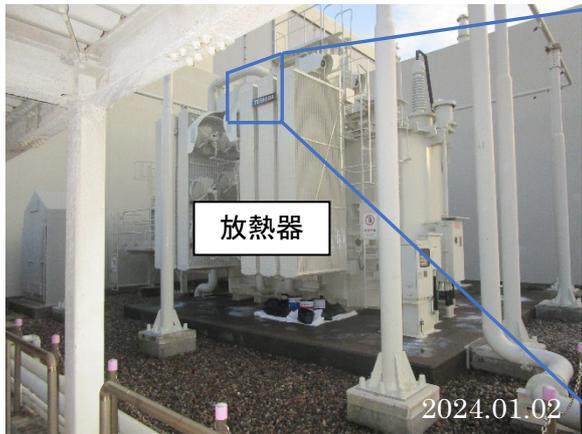
2024年1月1日

志賀1号機起動変圧器 概要

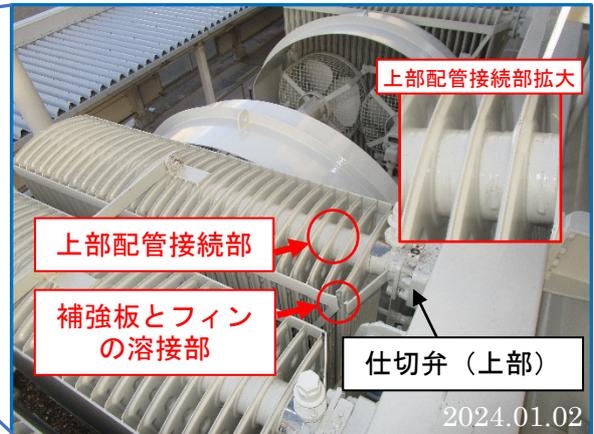
起動変圧器 仕様

| 項目 | | 仕様 |
|-----|----|---------------------------|
| 容量 | | 50,000 k V A |
| 電圧 | 一次 | 295.0 / 275.0 / 255.0 k V |
| | 二次 | 6.9 k V |
| 相 | | 3 |
| 周波数 | | 60Hz |
| 冷却法 | | 油入風冷式 |
| 個数 | | 1 |

志賀1号機起動変圧器 概要



起動変圧器（西面）



№. 4 放熱器損傷箇所

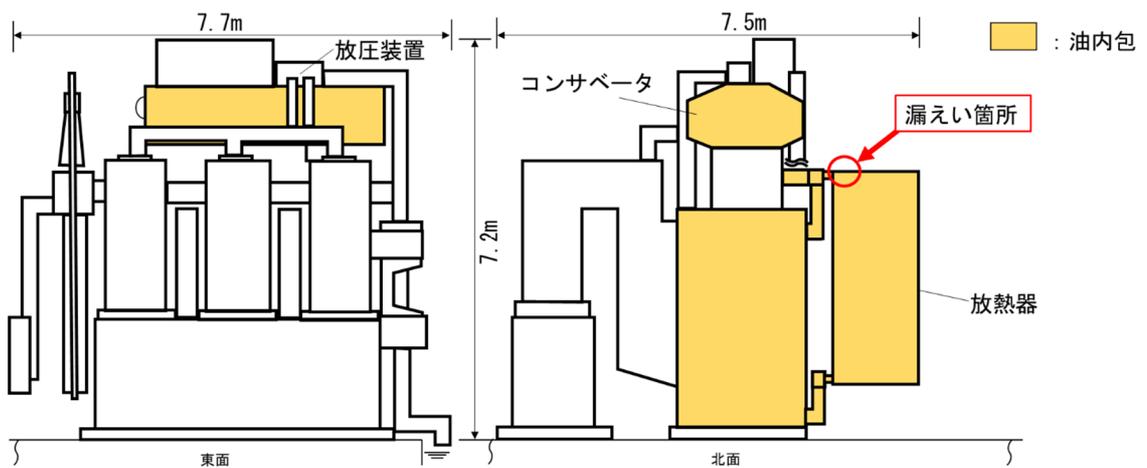


放圧装置



放圧板動作状況

起動変圧器 外観写真



起動変圧器 概要図

志賀 1 号機起動変圧器 概要

起動変圧器に関連する事象の時系列

| 時系列 | |
|----------|---------------------------------------|
| 1 月 1 日 | |
| 16時10分 | 「起動変圧器制御盤異常」警報発生。 |
| 17時42分 | 現場制御盤にて「放圧装置動作」「ガス検出」の警報及び絶縁油の漏えいを確認。 |
| 17時48分 | 絶縁油の漏えいについて公設消防へ119番通報。 |
| 18時47分 | 噴霧消火設備を手動起動（出火を確認していないが、念のため起動したもの）。 |
| 18時52分 | 噴霧消火設備を手動停止。 |
| 19時13分 | 外部電源を275 k Vから66 k Vへ手動で切替。 |
| 22時20分 | 絶縁油の漏えいの停止を確認（絶縁油が約3,600ℓ漏えいしたものと推定）。 |
| 1 月 2 日 | |
| | 雨水等を含め約4,200ℓ回収。 |
| | 以降、変圧器の点検方法、復旧方法等についてメーカーと検討中。 |
| 1 月 3 日 | |
| | 油中ガス分析により、変圧器にて内部故障が発生していないことを確認。 |
| 1 月 11 日 | |
| | 変圧器の外観点検を実施。 |

変圧器の絶縁油漏えいに対する影響拡大防止措置

1. 事象概要

2024年1月1日16時10分発生地震により、志賀1号機起動変圧器の放熱器上部配管接続部及び志賀2号機主変圧器の冷却器上部配管接続部に損傷が生じており、損傷箇所より絶縁油が漏えいしていることを確認した。なお、漏えいした絶縁油については地下ピットにて貯留され、その後、絶縁油は回収した。

損傷箇所の復旧前の更なる絶縁油の漏えいを防止するために放熱器又は冷却器（以下「放熱器」という。）に対し影響拡大防止措置を実施している。

2. 絶縁油漏えいに対する影響拡大防止措置

絶縁油漏えいに対する影響拡大防止措置は、「損傷が生じた放熱器」とそれ以外の「損傷が確認されなかった放熱器」に対して以下の措置を実施している。なお、至近の現場確認においても新たな変圧器内部からの絶縁油漏えいは確認されていない。

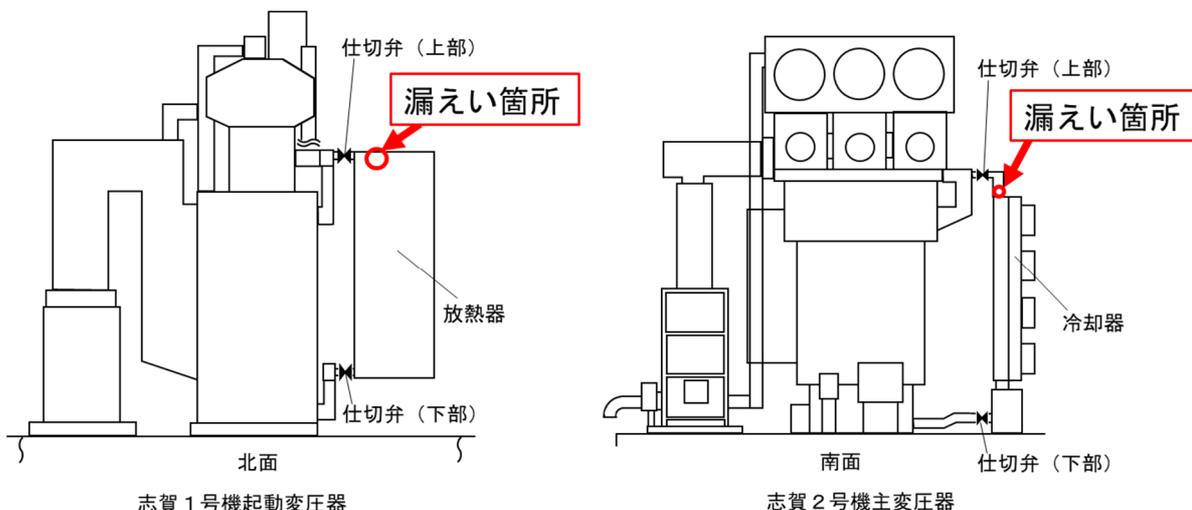
(1) 「損傷が生じた放熱器」に対する措置

損傷箇所を変圧器本体等の絶縁油が残存している範囲から隔離するために、放熱器仕切弁（上部、下部）の閉止操作を実施した。また、損傷箇所からの雨水等の流入防止のため、損傷した放熱器の上面に養生を実施した。

(2) 「損傷が確認されなかった放熱器」に対する措置

今後の余震にて新たな損傷が発生した場合に変圧器本体側の絶縁油漏えいを防止するため、放熱器仕切弁（下部）の閉止操作※を実施した。

※：仕切弁（下部）のみを閉止することにより、放熱器が封じ込め状態になることによる放熱器の損傷を防止。



漏えい拡大防止措置

以上

志賀1号機起動変圧器 点検結果
 (外観点検結果 (2024年1月11日点検実施))

| 対象部位 | 地震による影響 | |
|---------|----------------|---|
| 変圧器本体 | 無 | — |
| ブッシング | 無 | — |
| タップ切替器 | 無 | — |
| 放熱器 | 有 | 【No. 4】 ・上部配管接続部の損傷 ・補強板とフィンの溶接部に割れ 【No. 1～3、No. 5、6】 ・補強板とフィンの溶接部に一部ひび割れ |
| コンサベータ | 有 | コンサベータ内のゴム袋が損傷した可能性あり |
| 放圧装置 | 有 | 放圧板の動作 |
| 吸湿呼吸器 | 無 [※] | ※絶縁油混入(コンサベータ内のゴム袋が損傷したことによる混入と想定) |
| 温度計 | 無 | — |
| 油面計 | 無 | — |
| 衝撃油圧継電器 | 無 | — |
| ガス検出器 | 無 [※] | ※ガス滞留(放圧板の動作あるいはコンサベータ内のゴム袋が損傷したことによる混入と想定) |
| 弁 | 無 | — |
| 配管 | 無 | — |

志賀 1 号機起動変圧器 点検結果
(油中ガス分析)

1. 目的

絶縁油に含まれるガスを分析することにより、変圧器内部での異常を示すガスの有無を診断する。

2. 結果

以下のとおりガスが検出され、異常兆候は確認されなかった。

(単位 : ppm)

| | | 判定基準 | 分析結果 ^{※2} |
|----------|---------------------|--------|--------------------|
| ガス 総量 | 油中ガス総量 | — | 40,002 |
| | 酸素 | — | 2,371 |
| | 窒素 | — | 36,745 |
| | 二酸化炭素 | — | 779.6 |
| | 一酸化炭素 ^{※1} | 300 以下 | 65.5 |
| | 水素 ^{※1} | 400 以下 | 11.3 |
| | メタン ^{※1} | 100 以下 | 11.4 |
| | アセチレン ^{※1} | 0.5 以下 | 検出されず |
| | エチレン ^{※1} | 10 以下 | 1.4 |
| | エタン ^{※1} | 150 以下 | 16.8 |
| | 可燃性ガス総量 (※1 総量) | 500 以下 | 106.4 |

※2 : 2024 年 1 月 2 日油採取

以 上

志賀1号機起動変圧器に関する事象分析

地震発生後における志賀1号機起動変圧器の時系列

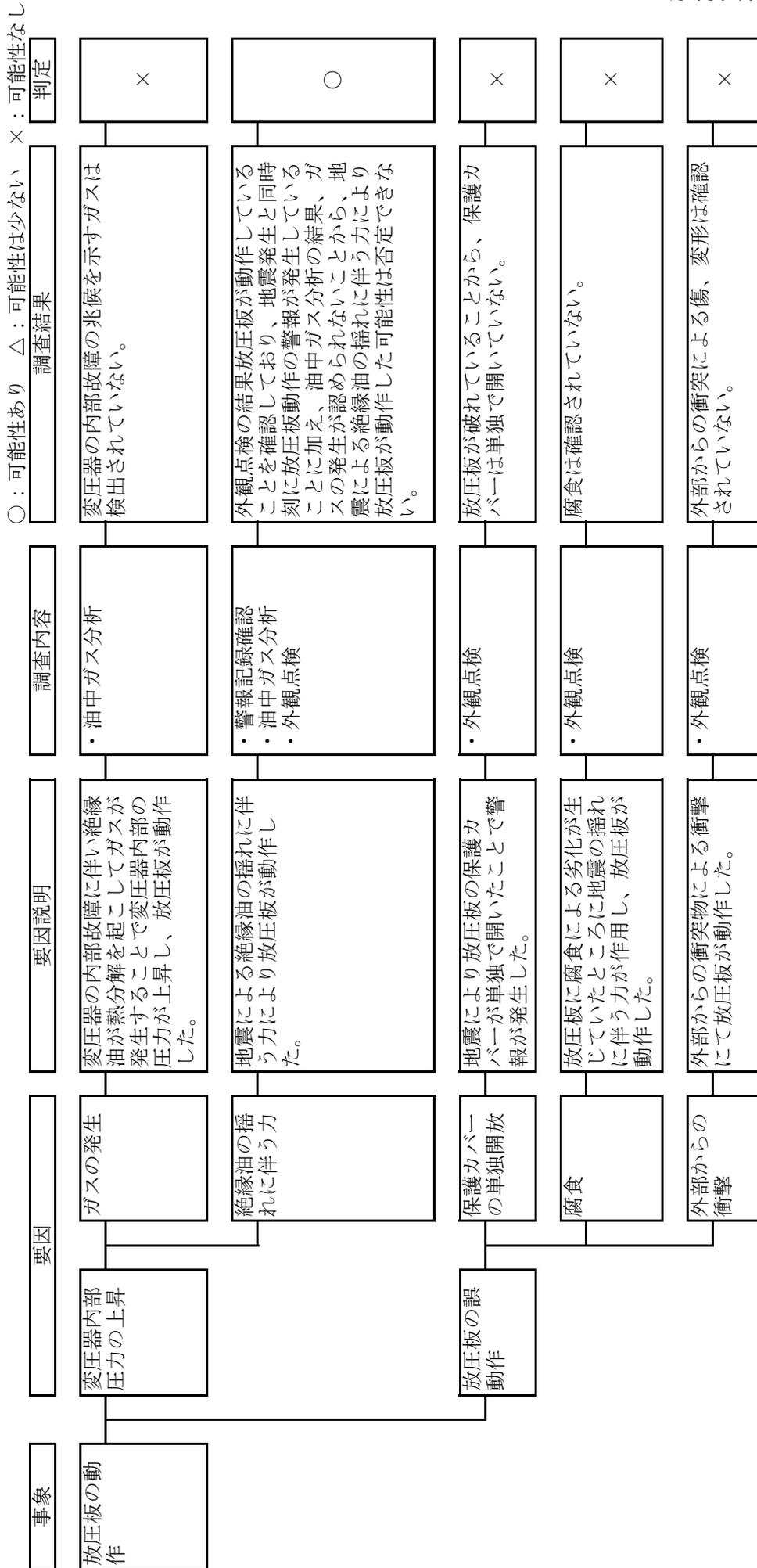
1月1日16時10分 志賀町で震度7の地震発生

[警報]: 警報発報 [INT]: インターロック動作 [状況]: 確認された状況 MCR: 中央制御室制御盤 現場: 現場盤

| 時刻 (2024年1月1日) | 警報発報/インターロック動作/状況 | | 事象分析 |
|-------------------|--|---|-----------------------------|
| | 事象分析の対象 | 事象分析の対象外 | |
| 16時10分 | [警報] MCR 起動変圧器制御盤異常 (現場 放圧装置動作) | — | 【事象分析1-①】放圧板の動作 |
| | [警報] MCR 起動変圧器制御盤異常 (現場 ガス検出) | — | 【事象分析1-②】本体ガス検出器の動作 |
| | — | [警報] MCR 起動変圧器制御盤異常 (現場 地震計動作) ※ | — |
| 17時42分 | [状況] No. 4放熱器上部配管接続部からの絶縁油漏えいを確認 | — | 【事象分析1-③】No. 4放熱器上部配管接続部の損傷 |
| 17時48分 | — | [状況] 絶縁油漏えいについて公設消防へ119番通報 | — |
| 18時47分 | — | [状況] 起動変圧器噴霧消火設備を手動起動 | — |
| 18時52分 | — | [状況] 起動変圧器噴霧消火設備を手動停止 | — |
| 19時13分 | — | [状況] 外部電源を手動切替 (275kV ⇒ 66kV) | — |
| 22時20分 | — | [状況] 絶縁油の漏えい停止を確認 | — |

※: 以降の余震に伴う地震計動作は省略

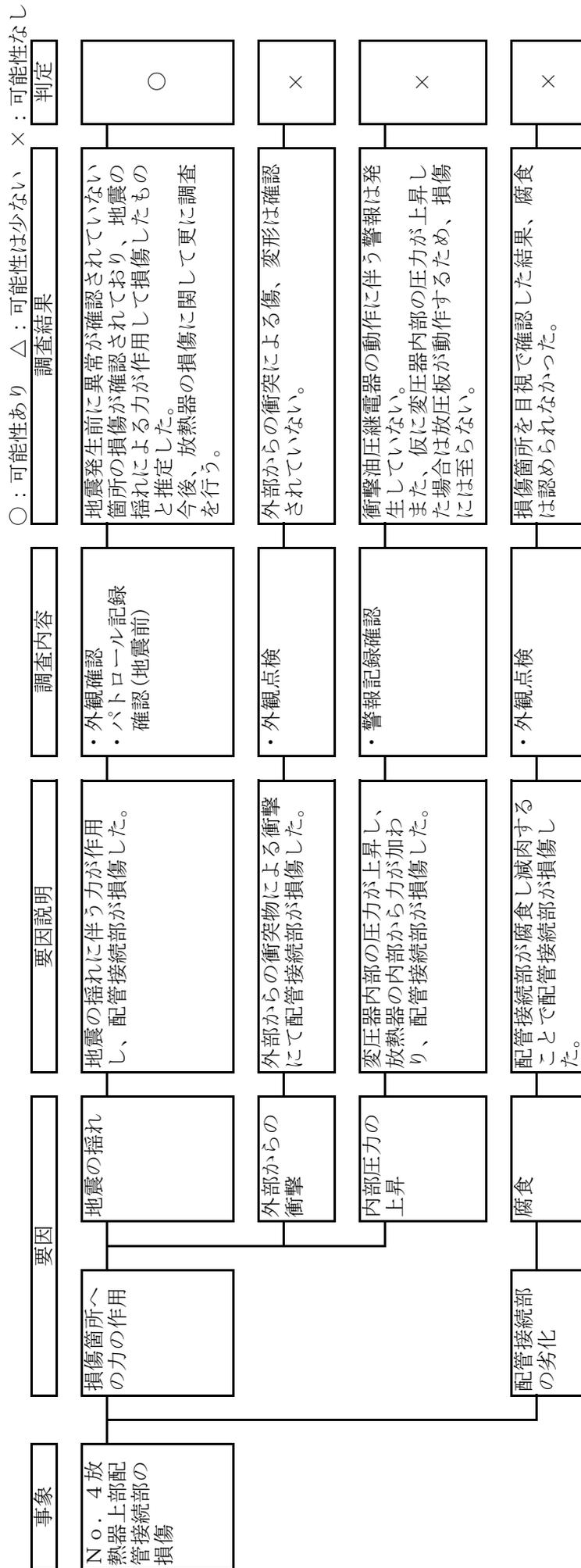
【事象分析 1－①】志賀 1 号機起動変圧器放圧板の動作に関する事象分析図



【事象分析 1－②】志賀 1 号機起動変圧器本体ガス検出器の動作に関する事象分析図



【事象分析 1－③】志賀 1 号機起動変圧器 No. 4 放熱器上部配管接続部の損傷に関する事象分析図



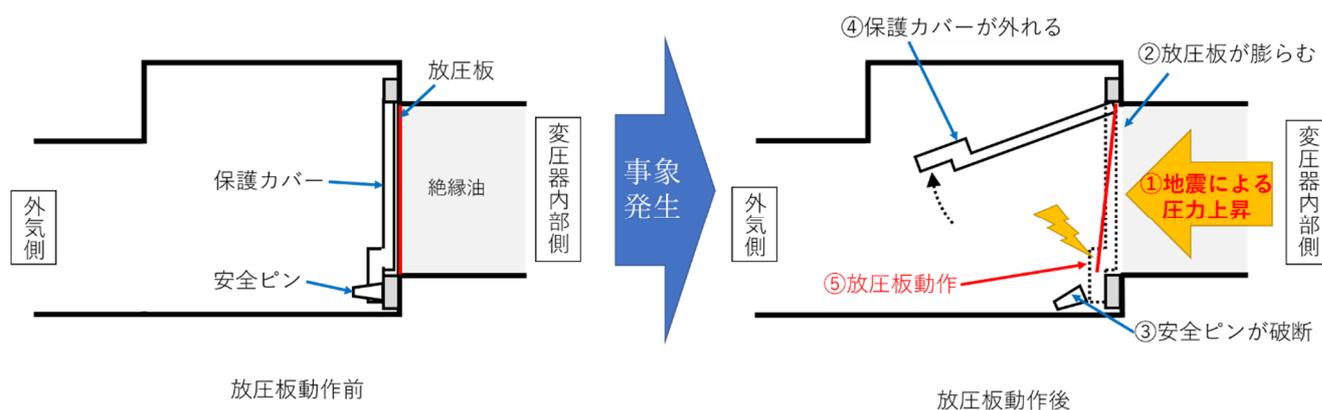
○：可能性あり △：可能性は少ない ×：可能性なし

志賀1号機起動変圧器 放圧板動作原理

放圧板^{*}は、変圧器の内部故障によるガスなどでタンク内の圧力が規定圧力以上に上昇したときに、絶縁油を排出することで事故の拡大を防止する目的の装置である。

放圧板はその仕組み上、地震により \square 程度の加速度が加わった場合に絶縁油の揺れに伴う力により動作する可能性がある。具体的には、変圧器内に満たされた絶縁油が地震に伴い揺れることで放圧板に力が加わり、放圧板が膨らみ保護カバーを押し上げる。保護カバーを押し上げる力が一定程度を超過すると、安全ピンが破断することで保護カバーが開き、放圧板の動作に至る。

今回の地震（志賀1号機原子炉建屋地下2階 399.3gal（合成方向））に伴い、上記の理由により放圧板が動作したと推定している。

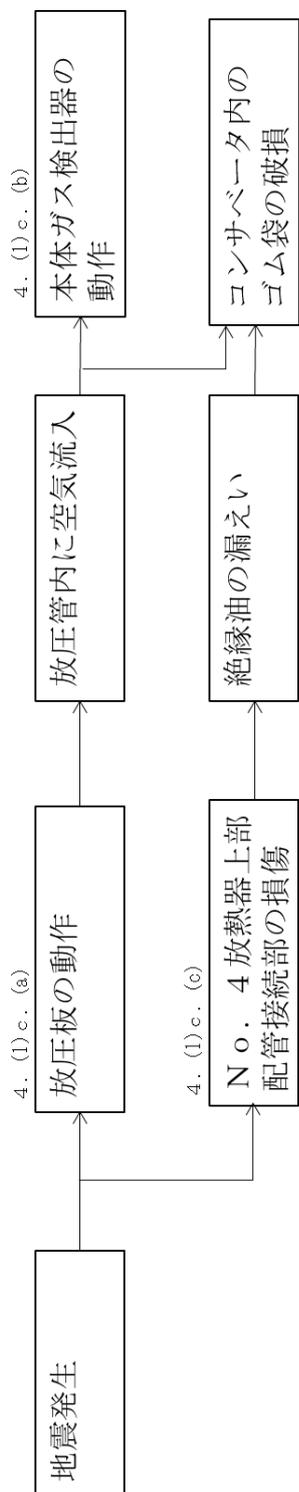


放圧板動作概要図

以上

枠囲みの内容は機密事項の観点から公開できません。

事象のメカニズム (志賀1号機起動変圧器)



志賀 2 号機主変圧器 概要

主変圧器 仕様

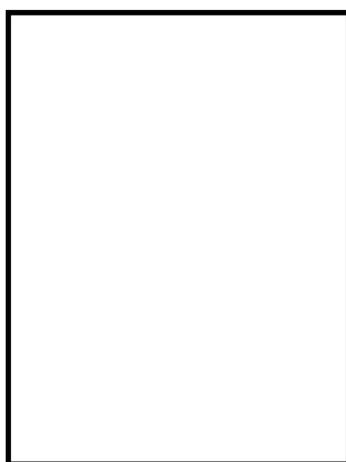
| 項目 | | 仕様 |
|-----|----|---------------------------|
| 容量 | | 1,480,000 k V A |
| 電圧 | 一次 | 23.7 k V |
| | 二次 | 525.0 / 515.0 / 505.0 k V |
| 相 | | 3 |
| 周波数 | | 60Hz |
| 冷却法 | | 導油風冷式 |
| 個数 | | 1 |

志賀 2 号機主変圧器 概要



主変圧器 (東面)

No. 11 冷却器上部配管接続部損傷箇所

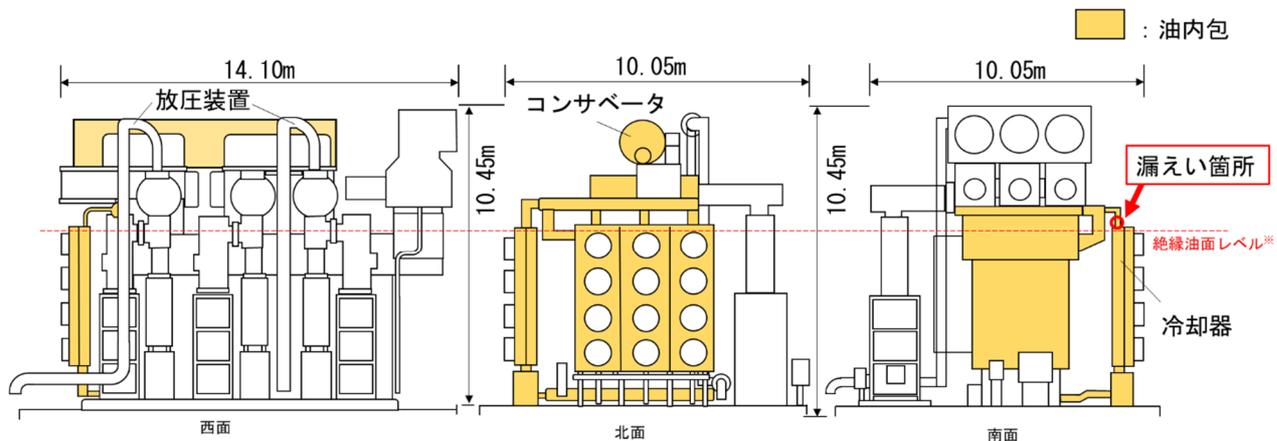


放圧装置



放圧板動作状況

主変圧器 外観写真



※：気温の変化に伴い絶縁油が膨張した場合においても損傷箇所からの絶縁油の漏えいを防止するため、変圧器本体から絶縁油の抜油（約1,800ℓ）を実施。

主変圧器 概要図

枠囲みの内容は機密事項の観点から公開できません。

志賀2号機主変圧器 概要

主変圧器に関連する事象の時系列

| 時系列 | |
|--------|--|
| 1月1日 | |
| 16時10分 | 「主変圧器本体ガス検出」警報が発生。 |
| 16時43分 | 「主変圧器本体油面低下」警報が発生。 |
| 16時44分 | 「主変圧器本体油面低下」信号により噴霧消火設備が自動起動。 |
| 16時45分 | 現場にて油の匂いを焦げ臭いと感じ、その旨、中央制御室に報告。当直長は、噴霧消火設備が起動していることもあり火災の可能性がある と判断し、公設消防へ火災発生と119番通報。 |
| 16時52分 | 「主変圧器本体放圧装置動作」警報、「主変圧器比率差動継電器トリ ップ」警報及び「主変圧器衝撃油圧継電器トリップ」警報が発生。 |
| 16時52分 | 現場にて主変圧器の放圧板が動作したことを確認。 |
| 16時52分 | 志賀2号機の外部電源が500kVから275kVへ自動切替。 |
| 16時52分 | 「115V常用（B）直流地絡」警報が発生。 |
| 17時24分 | 噴霧消火設備を手動停止。 |
| 17時29分 | 化学消防隊と共に現場再確認の結果、焦げ臭いと感じた匂いは油の匂 いであり、火災の発生がないと判断。 |
| 18時20分 | 現場にて、主変圧器からの絶縁油の漏えいを確認。 |
| 18時30分 | 公設消防へ火災ではないことを直通電話で通報。 |
| 19時48分 | 現場にて、主変圧器のNo. 11冷却器より約2cm幅の連続的な絶縁油 の漏えい及び放圧板動作に伴う導油管からの絶縁油の漏えいを確認。 |
| 20時00分 | 当直長が絶縁油の漏えいについて119番通報。 |
| 20時08分 | 115V常用直流分電盤（B3）にて主変圧器冷却器制御盤の電源を切と し、「115V常用（B）直流地絡」警報がクリア。 |
| 21時30分 | 現場にて絶縁油の漏えいの停止を確認（絶縁油が約3,500ℓ漏えいした ものと推定）。 |
| 1月2日 | |
| 14時00分 | 主変圧器の本体から絶縁油の回収を開始。 |
| 14時15分 | 主変圧器の地下ピットからの絶縁油の回収を開始。 |
| 16時30分 | 主変圧器の本体から絶縁油の回収を完了（約1,800ℓ）。 以降、変圧器の点検方法、復旧方法等についてメーカーと検討中。 |

志賀 2 号機主変圧器 概要

時系列

1 月 3 日

油中ガス分析により、変圧器内部故障の兆候を確認。

1 月 5 日

11時55分 主変圧器の地下ピットの絶縁油回収完了（それまでの雨水等を含め回収量は約24,600ℓ、そのうち主変圧器からの絶縁油の量は約19,800ℓと推定）。

回収した絶縁油が入っているドラム缶を発電所敷地内に保管。

1 月 15 日

変圧器の外観点検を実施。

志賀2号機主変圧器 点検結果
 (外観点検結果 (2024年1月15日点検実施))

| 対象部位 | 地震による影響 | |
|---------|----------------|--|
| 変圧器本体 | 無 | — |
| ブッシング | 無 | — |
| 避雷器 | 無 | — |
| タップ切替器 | 無 | — |
| 冷却器 | 有 | 【No. 11】 ・冷却器上部配管接続部の損傷 【No. 1~10】 ・冷却器上部配管接続部に塗装ひび割れ |
| コンサベータ | 無 | — |
| 放圧装置 | 有 | 放圧板の動作 |
| 吸湿呼吸器 | 無 | — |
| 温度計 | 無 | — |
| 油面計 | 無 | — |
| 衝撃油圧継電器 | 無 | — |
| ガス検出器 | 無 [※] | ※ガス滞留 (コンサベータと放圧管を接続する配管の損傷による正常動作) |
| 弁 | 無 | — |
| 配管 | 有 | コンサベータと放圧管を接続する配管の損傷 |

志賀 2 号機主変圧器 点検結果
(油中ガス分析)

1. 目的

絶縁油に含まれるガスを分析することにより、変圧器内部での異常を示すガスの有無を診断する。

2. 結果

以下のとおりガスが検出され、判定基準を逸脱する等、異常兆候が確認された。

(単位 : ppm)

| | | 判定基準 | 分析結果 ^{※2} |
|------|---------------------|--------|--------------------|
| ガス総量 | 油中ガス総量 | — | 28,576 |
| | 酸素 | — | 2,309 |
| | 窒素 | — | 25,260 |
| | 二酸化炭素 | — | 681.1 |
| | 一酸化炭素 ^{※1} | 300 以下 | 59.7 |
| | 水素 ^{※1} | 400 以下 | 20.8 |
| | メタン ^{※1} | 100 以下 | 53.6 |
| | アセチレン ^{※1} | 0.5 以下 | 21.8 |
| | エチレン ^{※1} | 10 以下 | 54.4 |
| | エタン ^{※1} | 150 以下 | 115.6 |
| | 可燃性ガス総量 (※1 総量) | 500 以下 | 325.9 |

※2 : 2024 年 1 月 2 日油採取

以 上

志賀2号機主変圧器に関する事象分析

地震発生後における志賀2号機主変圧器の時系列

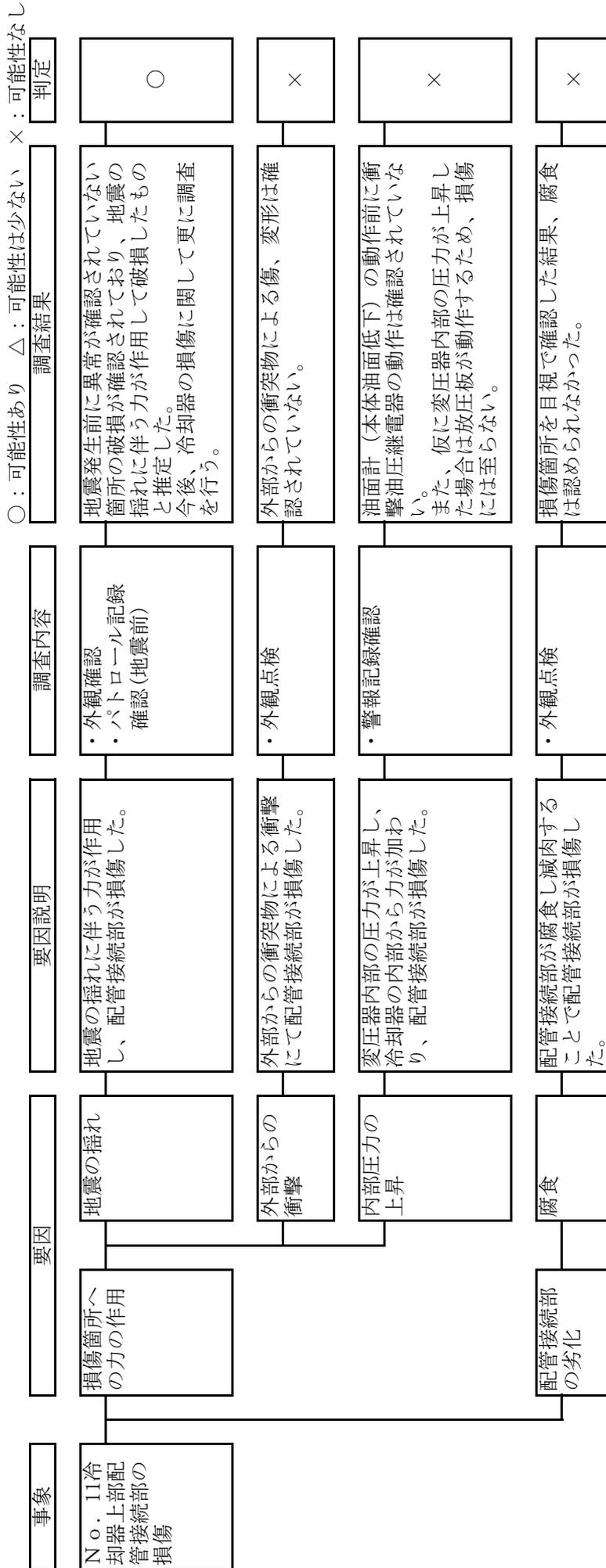
1月1日16時10分 志賀町で震度7の地震発生

[警報]: 警報発報 [INT]: インターロック動作 [状況]: 確認された状況 [MCR]: 中央制御室制御盤 [現場]: 現場盤

| 時刻 (2024年1月1日) | 警報発報/インターロック動作/状況 | | 事象分析 |
|-------------------|---|--------------------------------|-----------------------------|
| | 事象分析の対象 | 事象分析の対象外 | |
| 16時10分 | — | [警報][MCR]主変圧器地震計動作※ | — |
| | [警報][MCR]主変圧器本体ガス検出 | — | 【事象分析2-②】本体ガス検出器の動作 |
| 16時43分 | [警報][MCR]主変圧器本体油面低下 | — | 【事象分析2-③】油面計(本体油面低下)の動作 |
| 16時44分 | — | [INT]噴霧消火設備自動起動 | — |
| 16時45分 | — | [状況]公設消防へ火災発生と119番通報 | — |
| 16時52分 | [警報][MCR]主変圧器比率差動継電器動作 [INT]主変圧器用遮断器 5572 開 [INT]予備電源変圧器受電遮断器 52E 閉 | — | 【事象分析2-④】比率差動継電器の動作 |
| | [警報][MCR]主変圧器衝撃油圧継電器動作 | — | 【事象分析2-⑤】衝撃油圧継電器の動作 |
| | [警報][MCR]主変圧器本体放圧装置動作 | — | 【事象分析2-⑥】放圧板の動作 |
| 17時24分 | — | [状況]噴霧消火設備を停止 | — |
| 17時29分 | — | [状況]化学消防隊と共に現場確認を行い、火災発生がないと判断 | — |
| 18時30分 | — | [状況]公設消防へ火災ではないことを直通電話で通報 | — |
| 19時48分 | [状況]No.11冷却器上部配管接続部からの絶縁油の漏えいを確認 | [状況]放圧板動作に伴う導油管からの絶縁油の漏えいを確認 | 【事象分析2-①】No.11冷却器上部配管接続部の損傷 |
| 20時00分 | — | [状況]絶縁油の漏えいについて公設消防へ119番通報 | — |
| 21時30分 | — | [状況]絶縁油の漏えい停止を確認 | — |

※: 以降の余震に伴う地震計動作は省略

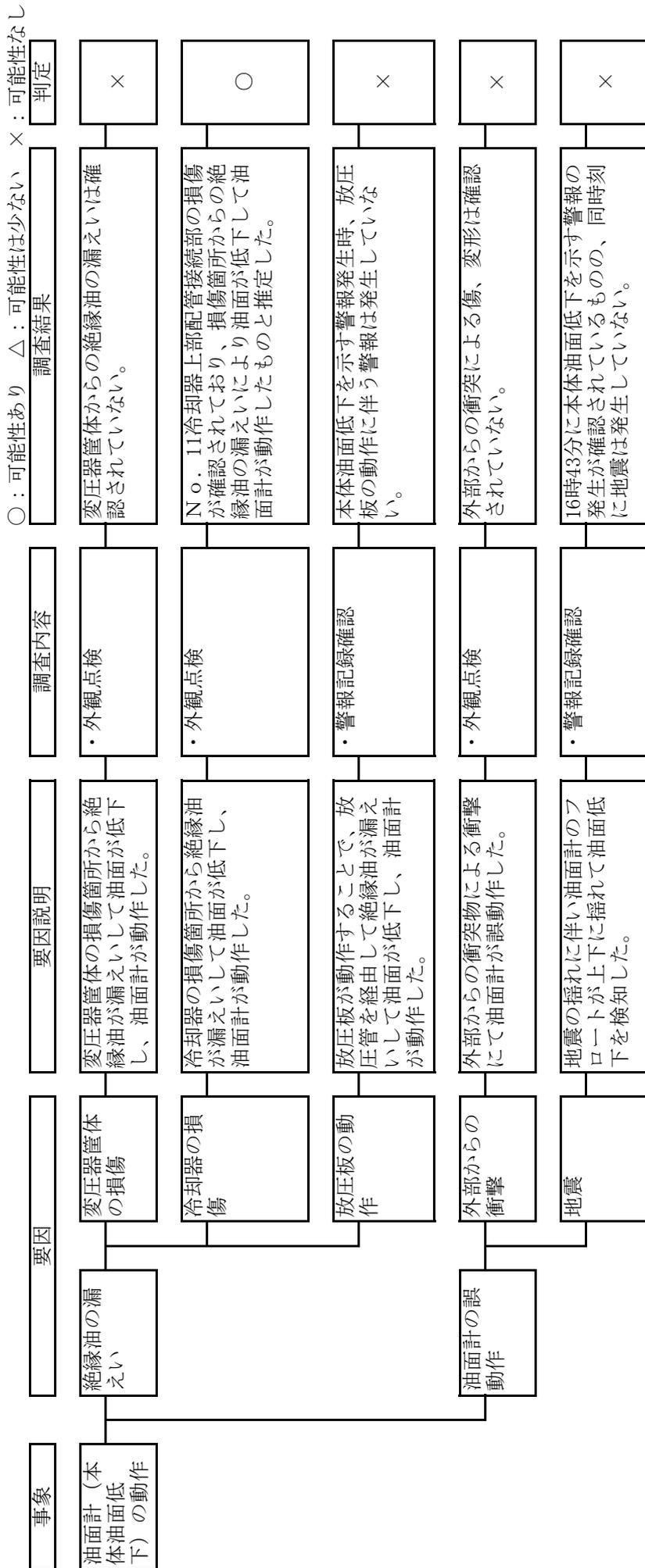
【事象分析 2－①】志賀 2 号機主変圧器 No. 11 冷却器上部配管接続部の損傷に関する事象分析図



【事象分析 2－②】志賀 2 号機主変圧器本体ガス検出器の動作に関する事象分析図

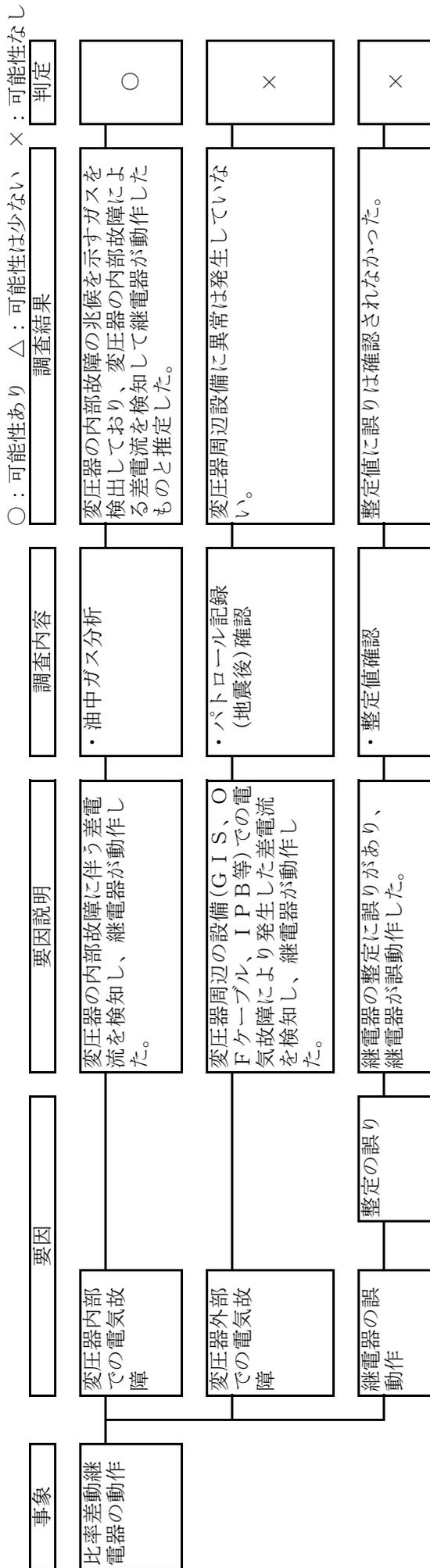


【事象分析 2－③】志賀 2 号機主変圧器油面計（本体油面低下）の動作に関する事象分析図



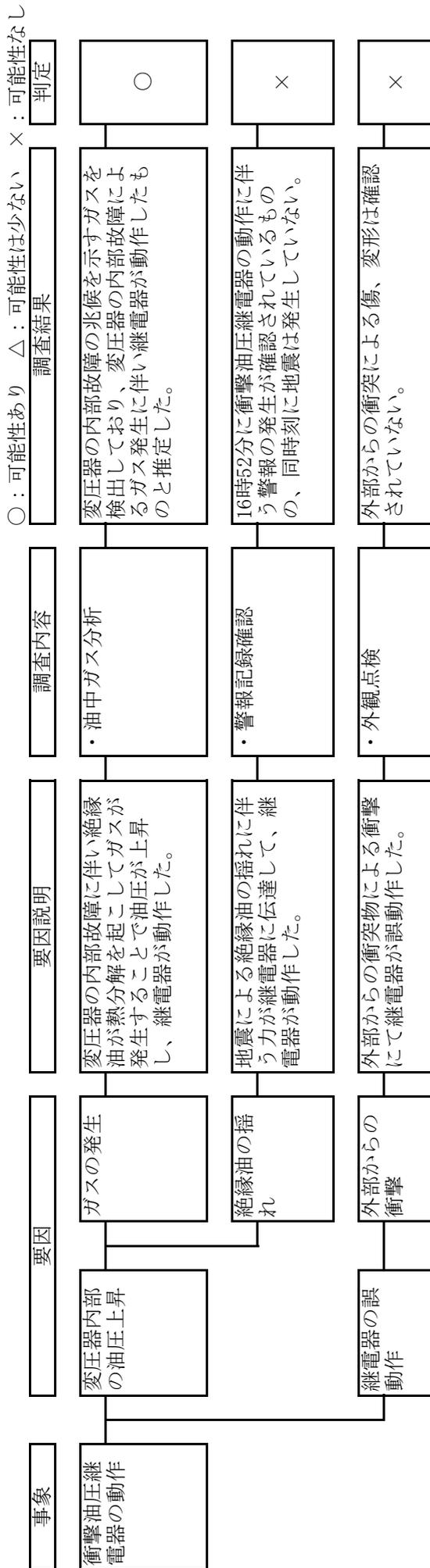
○：可能性あり △：可能性は少ない ×：可能性なし

【事象分析 2－④】 志賀 2 号機主変圧器比率差動継電器の動作に関する事象分析図



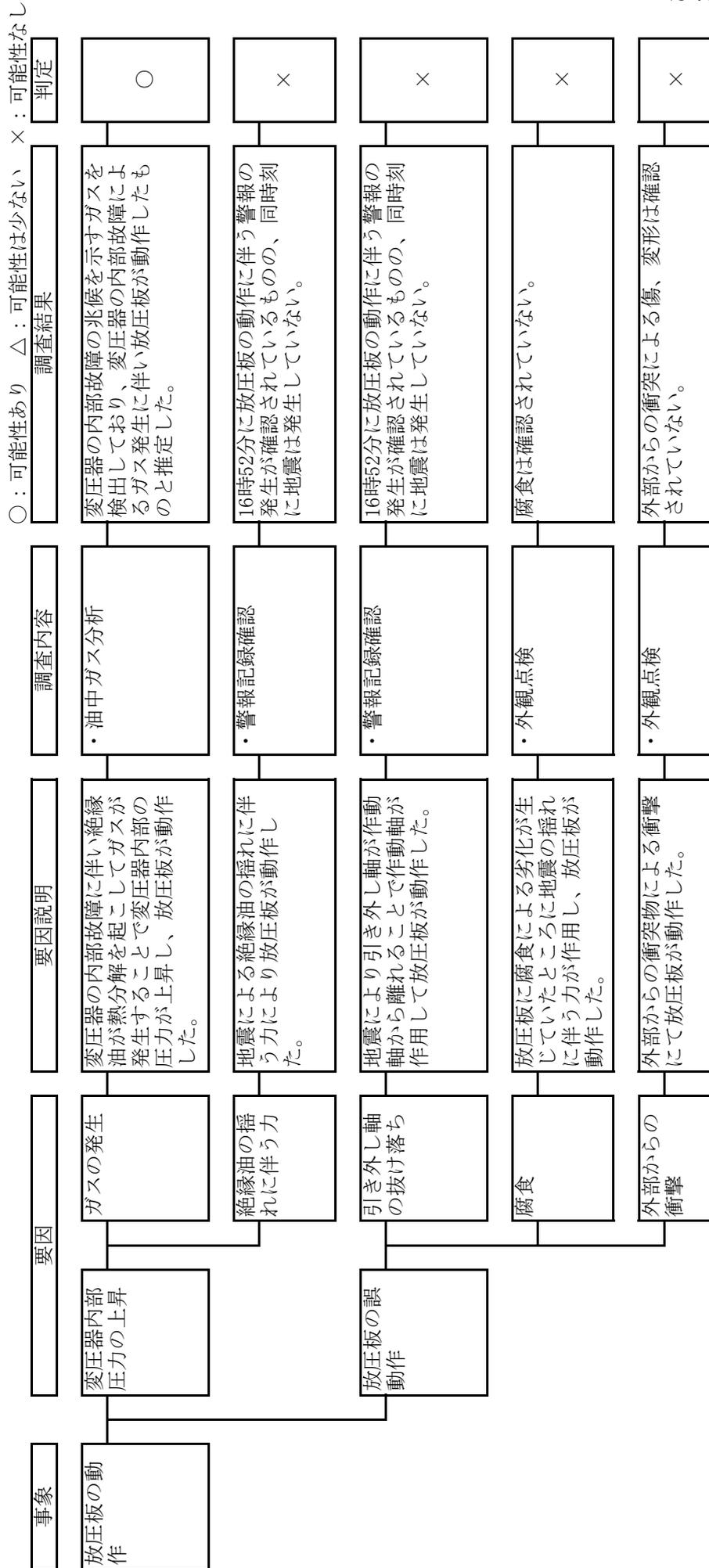
○：可能性あり △：可能性は少ない ×：可能性なし

【事象分析 2－⑤】 志賀 2 号機主変圧器衝撃油圧継電器の動作に関する事象分析図



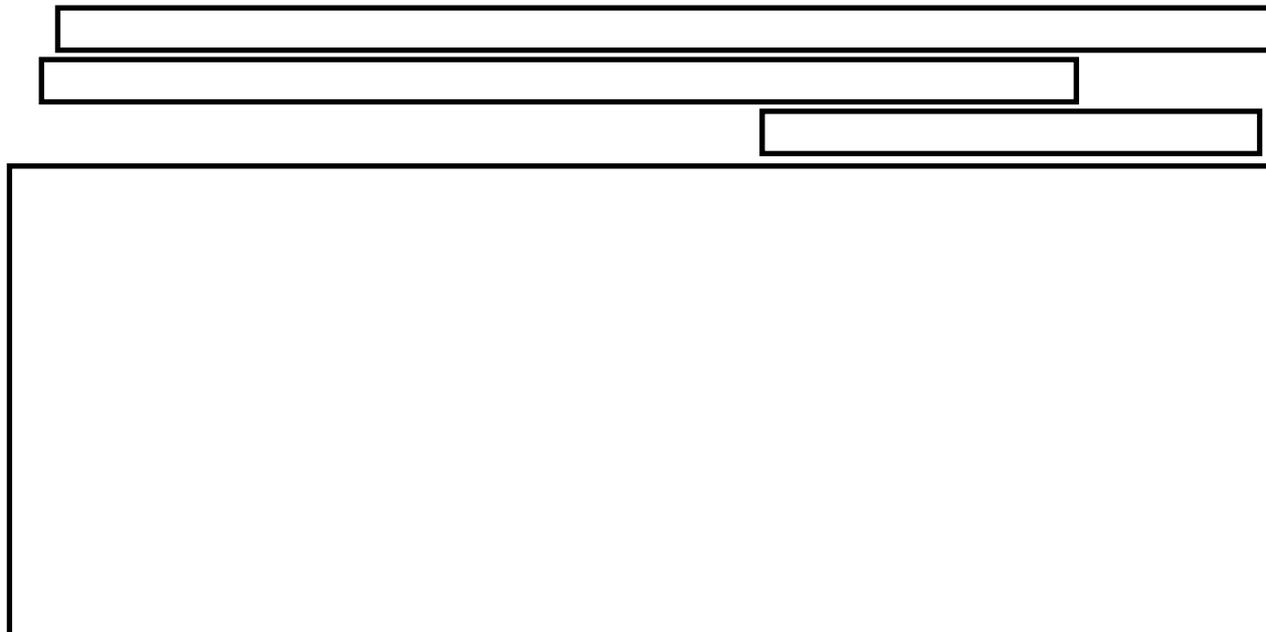
○：可能性あり △：可能性は少ない ×：可能性なし

【事象分析2-⑥】志賀2号機主変圧器放圧板の動作に関する事象分析図

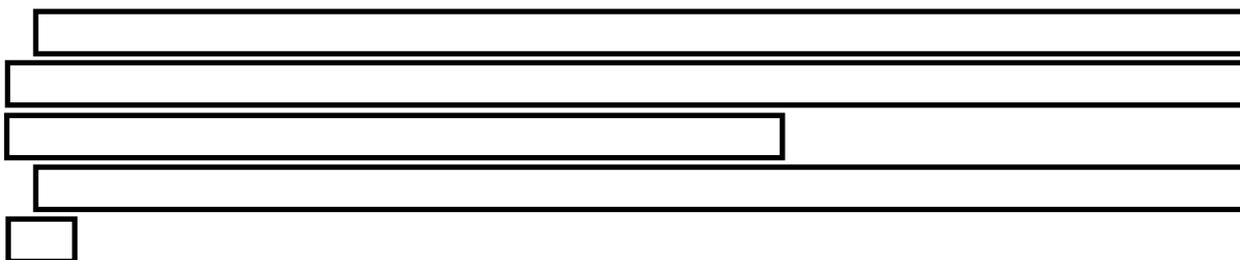


志賀2号機主変圧器 放圧板動作原理

変圧器の内部故障を示す継電器（比率差動継電器、衝撃油圧継電器）の動作及び油中ガス分析にて変圧器内部故障の兆候を示すガスが検出されたことから、変圧器内部故障に伴い絶縁油が熱分解を起こしてガスが発生し、変圧器内部の圧力が上昇したため放圧板*が動作した。



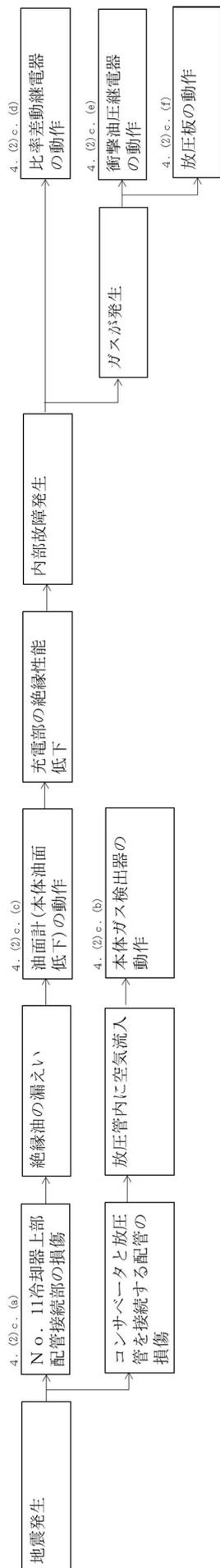
放圧板動作概要図



以上

枠囲みの内容は機密事項の観点から公開できません。

事象のメカニズム (志賀2号機主変圧器)



志賀1号機起動変圧器及び志賀2号機主変圧器の点検・復旧工程

| 件名 | 点検、修理項目 | | 復旧工程 | | | |
|----------------|--|----------------|------------------------|-----------|----|--|
| | | | 2024年 | | | |
| | | | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 |
| 志賀1号機 起動変圧器 | 低圧電気試験 | 対地間の異常有無を確認 | | 絶縁抵抗測定 | | |
| | | 巻線の巻き数の異常有無を確認 | | 変圧比測定 | | |
| | | 巻線内での短絡の有無を確認 | | 低電圧励磁電流測定 | | |
| | 放圧板取替/コンサバータ内のゴム袋取替 | | 放圧板取替/コンサバータ内のゴム袋取替 | | | |
| | 放熱器取替 | | | | | 取替時期調整のため工程未定 放熱器取替 |
| 志賀2号機 主変圧器 | 低圧電気試験 | 対地間の異常有無を確認 | | 絶縁抵抗測定 | | |
| | | 巻線の巻き数の異常有無を確認 | | 変圧比測定 | | |
| | | 巻線内での短絡の有無を確認 | | 低電圧励磁電流測定 | | |
| | 内部点検(変圧器本体) / 非破壊検査(冷却器上部配管接続部の塗装ひび割れ箇所) | | 点検用資機材準備 内部点検/非破壊検査 | | | |
| | 変圧器の修理もしくは取替 | | | | | 内部点検結果を踏まえて修理方法を検討するため工程未定 変圧器の修理もしくは取替 |