

ガドリニア焼結炉 B 号機の
過加熱防止インターロックの作動について

平成 23 年 3 月 1 日

(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン

目 次

1. 事象概要	1
2. 事象の説明	3
3. 事象に係る調査	6
4. 問題点の抽出と原因分析	10
5. 過去の事象の対策に関する評価	16
6. 対策	18
7. 今後の対応	22
添付資料 1	ガドリニア焼結炉の配置図
添付資料 2	事象時系列
添付資料 3	温度記録紙の抜粋
添付資料 4	警報履歴
添付資料 5	火災・爆発防止に対する影響評価
添付資料 6	排気監視用ダストモニタ及びモニタリングポストの測定結果
添付資料 7	焼結炉の熱的制限値の変遷
添付資料 8	ガドリニア焼結炉 B 号機の温度制御系
添付資料 9	設備状態時系列
添付資料 1 0	温度調節器の故障状況
添付資料 1 1	温度調節器交換時の過加熱防止インターロック作動について
添付資料 1 2	降温中にヒータ電源が投入された場合の昇温挙動
添付資料 1 3	温度調節器の故障原因調査結果
添付資料 1 4	温度調節器及び変換器の交換実績について
添付資料 1 5	更新前後の温度調節器の相違点について
添付資料 1 6	温度制御系の設計の考え方
添付資料 1 7	保安組織の業務及び役職とその責務
添付資料 1 8	問題点の抽出と整理
添付資料 1 9	問題点の抽出と原因分析における引用資料
添付資料 2 0	過去の事象の対策に関する評価
添付資料 2 1	問題点・原因・対策の整理
添付資料 2 2	過去の事象の対策評価から今回の対策への整理
添付資料 2 3	設備及び業務改善に関する水平展開
添付資料 2 4	対策のアクションプラン

1. 事象概要

1.1 事象発生の日時

(1) 平成 22 年 12 月 11 日（土）

4 時 19 分、37 分及び 41 分 過加熱防止インターロック作動

(2) 平成 22 年 12 月 13 日（月）

21 時頃 警報履歴の分析等から、上記時刻に過加熱防止インターロックが作動していたことを確認

(3) 平成 22 年 12 月 14 日（火）

14 時 55 分 法令報告事象として連絡

1.2 事象発生の場所

第 1 加工棟第 1 ガドリニア炉室（添付資料 1 参照）

1.3 概要

(1) 事象の発生

平成 22 年 12 月 11 日（土）3 時 51 分、株式会社グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン（GNF-J）内の 第 1 加工棟第 1 ガドリニア炉室において、操業中のガドリニア焼結炉 B 号機加熱ゾーン 1 の温度調節器に故障が発生し、故障警報が発報した。この故障警報を当該焼結炉の監視業務中であった製造 1 課の作業員 A が確認した。

当該焼結炉の操作資格を持つ作業員 B は、故障警報を確認し、温度制御盤のリセットボタンを押したが正常状態に復帰しなかった。このため同室に設置されている停止中のガドリニア焼結炉 A 号機から同型の温度調節器を取り外して、4 時 19 分頃 B 号機に取り付けたところ、警報発報とともに当該焼結炉ヒータの電源が遮断した。その後、復旧のためにヒータ電源の投入操作を行ったが再度遮断する事象が 4 回繰り返され、4 時 57 分に警報が全て解除されるまでの間、最初の 1 回と合わせて計 5 回のヒータ電源遮断及び投入が繰り返された。その後、7 時 30 分頃までに焼結炉内の温度は、正常値に復帰した。

本作業の間、作業員 B は 4 時 23 分頃から約 10 分間、温度記録の誤打点を防止するために温度記録計を停止した。

(2) 事象の判断及び連絡

作業員 B は、当日の勤務終了時（6 時 4 分）、温度調節器の故障と交換実施を製造 1 課の焼結炉担当スペシャリスト他関係者に社内メールで連絡した。本メールを確認した担当スペシャリストは 8 時 50 分頃、現場を確認し、製造 1 課長へ連絡した。製造 1 課長は、温度調節器交換作業に係る社内手順からの逸脱の懸念等に関して関係者に確認する必要があると考え、核燃料取扱主任者、第 1 事象判断者及び製造部長へ電話連絡した。

また、焼結炉への酸化ウランペレットの搬入停止を担当スペシャリストに指示した。

第1事象判断者は、通報事象未満（通常と異なる事象ではあるが安全上の問題がないもの）として原子力保安検査官への連絡を判断したが、より重大な事象が発生していないかとの観点で確認をしなかった。11時頃から核燃料取扱主任者、設備技術者らは現場調査を行ったが、この時点では過加熱防止インターロック作動を確認できなかった。12時40分頃、シフトマネージャ（夜間休日の連絡責任者）から原子力保安検査官へ、通報事象未満として連絡した。13時50分頃、製造1課長は製造部長らと協議して、ガドリニア焼結炉B号機を炉内にあるペレット搬出後に停止することを決定し、その後12月13日（月）7時12分頃に当該焼結炉は停止した。

12月13日（月）午後より社内関係者で温度記録紙や警報履歴などに基づく事象の分析を行っていたところ、15時頃に過加熱防止インターロック作動の懸念があることが分かった。設備技術者の検討により18時30分に作動の可能性が確認され、21時頃に、前記5回のヒータ電源遮断の内3回は過加熱防止インターロックの作動によるものであることを確認した（ゾーン1において1回、ゾーン2・3・4において2回作動）。またゾーン2・3・4における2回の過加熱防止インターロック作動時には、炉内温度は熱的制限値（1800℃）に到達していた。

以上の確認に基づき、12月14日（火）9時20分に原子力保安検査官へ事象を説明し、その後14時55分に、核燃料物質の加工の事業に関する規則第9条の16に基づく法令報告事象として原子力安全・保安院へ連絡した。

以上の時系列詳細を添付資料2に示す。また、事象発生時の温度記録を添付資料3、警報履歴を添付資料4に示す。

1.4 事象の影響評価

本事象では炉内温度が熱的制限値に到達したため、焼結炉の安全性について評価した。焼結炉の熱的制限値は1800℃となっているが、これは焼結炉を設置した時点での耐火レンガの最高使用温度（1815℃）を基に設定したものであり、事象発生時の温度記録より、炉内温度は現在使用している耐火レンガの最高使用温度（1870℃）にまでは至っていない。また、熱的制限値設定の趣旨である火災・爆発の防止の観点で、耐火レンガの他、冷却用循環水の沸騰の可能性、シール材の耐熱性などの評価を行い、本事象においては、焼結炉内の水素の漏えいしないし焼結炉内への大気の侵入のおそれはなく、安全性に影響を及ぼすものではないことを確認した。なお、ガドリニア焼結炉B号機は、手順書に従いペレット搬出後に温度を監視しながら降温が行われ、安全に停止した。

また、本事象による作業者のけが・被ばくはなく、排気監視用ダストモニタ及び空間線量率監視モニタリングポストに変動はないことから、周辺環境への影響はなかった。

以上の評価の詳細を添付資料5に示す。また、排気監視用ダストモニタ及び空間線量率監視モニタリングポストの記録を添付資料6に示す。

2. 事象の説明

今回の事象はガドリニア焼結炉 B 号機の加熱ゾーン 1 の温度調節器の故障がその発端であった。そこで、まず、ガドリニア焼結炉 B 号機について、温度制御系の機構と過加熱防止インターロックの作動機構を中心に整理を行った。

また、今回の事象の発生経緯に関する設備の状態の推移について、温度調節器に故障が発生した際の焼結炉の状況、温度調節器を交換した際に発生した 1 回目のヒータ電源遮断時の状況、引き続いて発生した炉内雰囲気排出装置^(注)の温度上昇によるヒータ電源遮断時の状況、並びに、ヒータ電源再投入に伴い実際に炉内温度が急昇してヒータ電源が遮断した状況等について整理した。

(注) ペレットの焼結促進用に添加している焼結助剤は、焼結中に蒸発して焼結雰囲気ガスとともに排気されるが、これを焼結雰囲気ガスから分離捕集するために焼結雰囲気ガス排気系に設置してある装置で、焼結炉から捕集部までの間の排気加熱部と捕集部で構成される。

2.1 焼結炉の概要

第 1 加工棟には 2 台のガドリニア焼結炉（A 号機、B 号機）が設置されており、ガドリニア添加ウランペレットの焼結を実施している。また、第 2 加工棟にはウランペレットの焼結を行うために 3 台のウラン焼結炉（2 1 号機、2 2 号機、2 3 号機）がある。

焼結炉の熱的制限値については、事業開始以降、加工事業許可及び保安規定において 1800℃としていたが、焼結性の低い二酸化ウラン粉末の使用に対応するため、耐火レンガを更新して運転温度を変更することとして、加工事業変更許可（平成 15 年 4 月 21 日付け許可）において 1850℃に変更している。保安規定の熱的制限値は、運転温度の変更に対応するために、全ての焼結炉の耐火レンガを耐熱性の高いもの（最高使用温度 1870℃）に更新完了後に変更することとしていたが、平成 22 年 11 月に全ての焼結炉の耐火レンガの更新が完了したばかりであったため、従前の 1800℃となっている。熱的制限値の変遷を添付資料 7 に示す。

ガドリニア焼結炉 B 号機は、炉内をバーンオフゾーン、プレヒートゾーン、ゾーン 1、ゾーン 2・3・4、ゾーン 5 の 5 ゾーンに分けている。各ゾーンの温度は熱電対及び放射温度計（バーンオフゾーンは 2 本の熱電対）で監視するとともに、ゾーン毎に温度調節器を設置して運転設定温度（最高温度部で 1780℃）で運転している。この温度調節のための制御は、PID 方式で行っており、また、運転モードを手動から自動に切り替えた時に、ヒータ出力や炉内温度の急変を抑制する機能であるバランスレスバンプレス機能を有している。

さらに、各ゾーンで異常な温度上昇があった場合に炉内温度が熱的制限値に至らないように、各ゾーンの温度があらかじめ設定した温度（以下、過加熱防止設定値と呼ぶ。炉内温度が最も高くなるゾーン 2・3・4 及びゾーン 5 では 1795℃。）に達する

と警報が発報する。また、各ゾーンの熱電対及び放射温度計の両方が過加熱防止設定値に達すると、全ゾーンへつながる焼結炉ヒータ電源を遮断する過加熱防止インターロックが作動する。

一方、炉内雰囲気排出装置においても、排気加熱部を焼結助剤が析出しない温度（1680℃）に維持するために温度調節器が設置されており、温度調節は本体部と同様に、PID方式で制御を行うとともに、バランスレスバンプレス機能も有している。

また、あらかじめ設定した温度（以下、過昇温防止設定値と呼ぶ。排気加熱部の運転温度よりも 50℃高い 1730℃。）に達すると警報が発報するとともに、排気加熱部電源を遮断する過昇温防止電源遮断回路が作動する。

なお、過加熱防止インターロックと過昇温防止電源遮断回路は接続されており、どちらか一方のヒータ電源遮断信号によって、両方のヒータ電源が遮断される。ガドリニア焼結炉 B 号機の温度制御系について、詳細を添付資料 8 に示す。

2.2 設備状態の推移

ガドリニア焼結炉 B 号機ゾーン 1 の温度調節器が故障し、焼結炉の運転中に交換したことにより、過加熱防止インターロックが作動し、その後の操作の過程で炉内温度が熱的制限値に到達していた。ここでは、温度記録及び警報履歴、事象発生時に当該設備での作業に従事していた作業等への聞き取り調査の結果等より、事象発生時の設備状態の推移について調査した結果について整理した。設備状態の推移を時系列として整理したものを添付資料 9 に示す。

(1) 温度調節器故障の際の状況

ガドリニア焼結炉 B 号機の温度調節器の故障は、温度調節器の表示部に「AL70」という警報が表示されており、熱電対からのアナログ入力信号をデジタル変換する温度調節器内の A/D コンバータ 1 の故障であった。この時点においてゾーン 1 の二入力切換器においては放射温度計からの信号が選択されていたため、温度記録は通常運転温度を示しており、炉内温度調節は通常と同様に行われていたと考えられる。また、1 時間毎に監視用パソコンに記録されている熱電対の温度は、「AL70」が表示されてから 9 分後の 4 時 0 分の値も、それまでの 1 週間の平均温度である 1513℃とほぼ一致する 1515℃であった。ただし、過加熱防止インターロックは、熱電対系統と放射温度計系統の両方の過加熱防止設定値超過信号で作動するものであり、故障状況によっては、万一、焼結炉に温度上昇があった場合には、熱電対系統の過加熱防止設定値超過信号が発生しない可能性があり、手順書においては、焼結炉の停止操作を行うこととしている状況であった。故障状況の詳細を添付資料 10 に示す。

(2) 1 回目の過加熱防止インターロック作動時の状況

停止中のガドリニア焼結炉A号機のゾーン1から同機種の温度調節器を取り外し、ガドリニア焼結炉B号機運転中の状態で故障した温度調節器との交換を実施したところ、過加熱防止インターロックが作動して焼結炉のヒータ電源が遮断された。温度調節器の取り付け時に温度表示が2200℃となったことを作業者が確認しており、温度調節器の取り付け時に、電源や出力の端子は接触したものの、温度信号の入力端子が未接触の状態が発生し、熱電対及び放射温度計双方からの入力途絶えた形となったため、入力信号が途絶した場合に出力信号値を振り切らせるバーンアウト機能によるバーンアウト信号が出力されていたものと考えられる。

この温度調節器交換時のバーンアウト信号出力については、ガドリニア焼結炉A号機の正常な温度調節器を用いた再現試験により、過加熱防止インターロック作動条件が成立することを確認した。

なお、温度記録では取り外し時まで通常温度を示しており、取り外し中は温度記録は欠測となるが、当該ゾーンのヒータ電源は切れて炉内温度は低下しており、取り付け直後から通常温度よりも低い値が記録されていること、また、その他のゾーンの温度記録も通常温度を示していることから、温度調節器の取り付け時にバーンアウト信号によって2200℃という表示は出たが、実際には炉内温度は上昇していないものと考えられる。温度調節器の取り付け時、取り外し時の再現試験の詳細を添付資料1-1に示す。

(3) 炉内雰囲気排出装置温度高によるヒータ電源遮断時の状況

1回目の過加熱防止インターロック作動後、復旧のため焼結炉ヒータ電源と排気加熱部電源を投入したが、再度遮断されるという事象を2回繰り返した。この間、警報履歴では、過加熱防止設定値に達した際の警報は記録されていない。そのため、この電源再遮断については、電源が遮断されて排気加熱部温度が設定温度から低下していく間、排気加熱部の温度調節器が排気加熱部のヒータ電流の要求信号を増加させ続けていたため、電源を再投入した際に排気加熱部のヒータ出力が最大となって急昇温させることになった。さらに、急昇温に対して温度調節器の制御が追従できず、排気加熱部温度が運転設定値の1680℃を超過して過昇温防止設定値(1730℃)に到達したことにより過昇温防止電源遮断回路が作動したと考えられる。

焼結炉ヒータ電源投入後、炉内温度も急昇したが、炉内温度が過加熱防止設定値に到達する前に、排気加熱部の過昇温防止電源遮断回路が作動し、連動して焼結炉ヒータ電源も遮断されたため、この時には過加熱防止インターロックは作動しなかったと考えられる。

なお、この間は作業者が温度記録計の電源を落としていたため温度記録がなく、警報履歴にも炉内雰囲気排出装置については記録されないため、以上は、警報履歴からの推定と、作業者に対する聞き取りを踏まえた整理結果である。降温中にヒータ電源

が投入された場合の昇温挙動を添付資料 1 2 に示す。

(4) 2、3 回目の過加熱防止インターロック作動時の状況

その後も復旧のためガドリニア焼結炉 B 号機のヒータ電源を投入したが、再度遮断されるという事象を 2 回繰り返した。この際には排気加熱部の電源は投入しなかったため、焼結炉の温度だけが急昇して温度調節器の制御が追従できず、ゾーン 2・3・4 の温度が過加熱防止設定値に到達して過加熱防止インターロックが作動し、焼結炉ヒータ電源が遮断された。また、過加熱防止インターロックの作動には時間遅れは設定していないが、熱的制限値を有する設備の温度として管理対象としている温度記録計に記録される放射温度計温度は、運転設定値の 1780℃よりも高い温度に至り、熱的制限値（1800℃）に達していた。

3 回目の過加熱防止インターロック作動後、再度焼結炉ヒータ電源を投入し、再びヒータ出力が最大となって急昇温する過程において、過加熱防止インターロックが作動する前に、温度調節器の運転モードを手動に切り替えてヒータ出力を絞ったため、温度は低下した。その後、温度調節器の運転モードを手動から自動に切り替えることにより、バランスレスバンプレス機能が作動して、急昇温をせずに通常運転状態に復帰した。バランスレスバンプレス機能が作動した場合の昇温挙動を添付資料 1 2 に示す。

3. 事象に係る調査

事象発生につながった問題点と原因の摘出のために、発生事象の時系列的事実関係の調査に加えて、背景となる事実関係や実態を調査確認した。まず、故障した温度調節器の故障原因が、偶発的なものであったのか、設備の操作や保全等の管理上の問題であったのかを特定するための調査を行った。また、温度制御機構の設計の考え方や変遷を調査し、設備設計上の問題点や原因の有無等を検討した。さらに、過去からの温度調節器の交換実績を調査し、今回の事象との相違の有無等を検討した。加えて、人的な問題点を把握するため、本事象に関係した保安管理体制について整理した。

3.1 故障した温度調節器の調査

ガドリニア焼結炉 B 号機の温度記録を平成17年4月1日までさかのぼって調査した結果、焼結炉立上げ途中の約950℃の段階^(注)で、熱電対断線に伴うバーンアウト信号によって過加熱防止インターロックが作動して焼結炉ヒータ電源が遮断した事象が平成17年6月にあることが分かった。しかし、熱電対の断線によるもので温度調節器の故障が原因となるものではなく、また、今回故障した温度調節器は平成18年8月に更新されたものであることから、この事象の影響で温度調節器が故障したものでもない。また、ガドリニア焼結炉 B 号機の警報履歴を平成21年4月1日までさかのぼって

調査した結果からも、故障の予兆を示す警報信号は発生していないことが分かった。

また、ガドリニア焼結炉A号機用の温度調節器を取り付けた後には温度調節器に係わる異常は発生していないことから、熱電対からの入力異常によるものでもないと考えられる。

さらに、温度調節器のメーカー推奨更新周期は5～10年となっており、当該温度調節器の使用期間は4年であることと、当社での使用状況がメーカーの許容使用環境の範囲にあることを考慮すると、老朽化、製造起因の初期不良、使用条件が原因の故障の可能性は低く、また、メーカーで当該温度調節器を調査した際には、温度調節器の故障を示す「AL70」という警報が発報しなかったことから、故障は、部品、特に水晶振動子の不具合による可能性が確率的に高いとの見解がメーカーから示された。

以上から、今回の温度調節器の故障は、温度調節器内部品の偶発的な不具合が原因の、A/Dコンバータ1単体の一過性の故障と考えられる。なお、当該温度調節器は、その後故障状態から復帰しているが、今後は使用しないこととする。故障原因の調査結果詳細を添付資料13に示す。

(注)現在のガドリニア焼結炉B号機の二入力切換器の切換温度は800℃であるが、更新前は1300℃であった。

3.2 温度調節器の交換実績

焼結炉の温度調節器及び放射温度計変換器の交換実績を平成12年から平成22年までの期間について調査した。この間に温度調節器または放射温度計変換器を単品で交換した回数は、焼結炉稼働中の交換が温度調節器10回、放射温度計変換器14回、焼結炉停止中の交換が温度調節器10回、放射温度計変換器4回であった。なお、一部の交換に際して後継機種への変更により、機能の統合を行っている。交換実績の詳細を添付資料14に示す。

ガドリニア焼結炉（A号機及びB号機）は平成18年の温度制御系の更新時に温度調節器も更新されている。更新前は熱電対からの温度信号が温度調節器を経由せずに過加熱防止インターロック回路に入力されていたのに対し、更新後は熱電対の温度信号と放射温度計の温度信号が共に温度調節器を経由していたため、温度調節器の交換時に両方のバーンアウト信号が同時に出力されるようになった。すなわち、更新前は焼結炉運転中に温度調節器を交換しても過加熱防止インターロックは作動しなかったが、更新後は過加熱防止インターロックが作動する回路構成であった。更新前後の温度制御計の相違点を添付資料15に示す。

3.3 温度制御系の設計の考え方

今回の事象で最初に過加熱防止インターロックが作動したのは、温度調節器の交換の際に、熱電対と放射温度計の両系統のバーンアウト信号が同時に発生したことによ

るが、過去のガドリニア焼結炉B号機では両系統のバーンアウト信号の同時発生はなかった。そこで、ガドリニア焼結炉B号機の温度制御系の設計に留意すべき点がなかったかを検討するため、温度制御系の設計の考え方について整理した。

焼結炉には以前から熱電対と放射温度計という2系統の温度計測系と過加熱防止警報設備は施設されていたが、昭和62年3月に施行された加工施設の技術基準の要求事項を満たすため、炉内温度が過加熱防止設定値に到達したら、過加熱防止インターロックを施設することにした。

過加熱防止インターロックの導入に関係した設備技術者への聞き取りを行ったところ、過加熱防止インターロックの施設にあたっては、高温にさらされる熱電対の断線は考慮に入れることとし、次の(a)の考え方で設計を行ったことが分かった。また、計測器の故障が発生した場合の対応については、設備技術者の記憶が細部では不鮮明なことから、手順書の記載とも併せて(b)の考え方であったものと考えている。

- (a) 熱電対の断線だけではヒータ電源を遮断させず、また、熱電対の断線時には、過加熱防止設定値を超えるバーンアウト信号の発生を利用して、放射温度計の温度だけで過加熱防止インターロックを作動させることが可能な回路として、熱電対と放射温度計の両温度が過加熱防止設定値に到達したら過加熱防止インターロックを作動させる回路とする。
- (b) 熱電対断線以外で、計測器の故障により警報が発報した場合において、炉内温度が過加熱防止設定値に達しておらず、また温度調節器の操作による通常停止が行える場合は、通常停止操作で焼結炉を降温させる。また、炉内温度が過加熱防止設定値に達する場合、あるいは温度調節器の操作による通常停止ができない場合には、ヒータ電源遮断を行い焼結炉を降温させる。

平成18年8月に焼結炉B号機を現行の温度制御系に更新する際、温度調節器の機能が拡充して、A/Dコンバータ機能や二入力切換機能を持たせることが可能になり、機器モジュールの統合を図った。このため熱電対と放射温度計の信号が一つの温度調節器を通過することとなったが、設備設計審査では、警報設備は、熱電対と放射温度計それぞれの温度で作動するという点と、過加熱防止インターロックはそれら2系統の温度の重量で作動する点において、従来の設計の考え方から変更のないことを確認している。しかし当初設計時の設計の考え方が系統的に整理されていなかったため、機器の故障が安全機能に及ぼす影響についての審議は行われなかった。温度制御系の設計の考え方の詳細を添付資料16に示す。

3.4 作業体制及び教育、力量管理

当社の保安全管理組織、関連部課の業務及び役職とその責務を添付資料17に示す。

(1) 製造に関わる保安管理体制

ウランの加工に携わる製造部は、製造 1 課、製造 2 課、製造 3 課、工務課、廃棄物管理課及び施設技術課からなるが、この内、燃料体用部品の加工を行う製造 3 課は、保安管理組織には含まれない。各課は、担当する各工程の設備・機器の管理元であり保安管理の一環として日常の点検・保守を実施する。ただし設備の新設、更新及び技術的な支援は、生産技術部・生産技術課が担当する。

環境安全部・放射線管理課は、放射線管理、被ばく管理並びに夜間・休日における社長以下の管理者の代行（シフトマネージャ）を担当している。また、保安管理部は保安品質マネジメント管理、施設許認可等を担当している。

異常事象が発生した場合の体制は、社内手順書「異常・非常事象措置規程」に従って、事象が発生した管理元の課長が、事象判断者、核燃料取扱主任者、担当部長及び必要に応じて関係部課長に連絡し召集することにより、運用される。

(2) 焼結工程の作業体制

今回の事象が発生した焼結炉は、製造 1 課が担当する焼結工程の設備・機器である。製造 1 課は、ウラン粉末の入荷後実施する粉末処理工程、成形工程、焼結工程、研削工程、ウラン回収工程を担当している。

焼結設備（焼結炉）の作業体制は社内手順書「核燃料加工施設操作規程」にて定められている。製造 1 課長は上記規程に定められた加工施設操作（日常の巡視等の監視業務を含む）に関する要求及び当年度の生産計画に基づき、操作人員を決定する。焼結炉は 24 時間稼働であるため、5 人体制のチームで 3 交代勤務制をとり、研削工程と乾式回収工程を兼務している。

担当課長は、加工施設を認定作業員に操作させ、夜間・休日はシフトリーダーを配置している。特に管理を必要とする設備等を操作する場合は管理責任者を置く。この管理責任者は平日においては課長、夜間・休日においてはシフトマネージャであり、不在の場合はあらかじめ定めた順位の者が代行する。

(3) 教育及び力量管理

核燃料物質の加工の事業に係る保安規定第 23 条（力量、教育・訓練及び認識）にて、全社教育・訓練及び操作員の教育・訓練を実施することが定められている。

全社教育・訓練は、社内手順書「保安教育実施規程」に基づき、環境安全部・放射線管理課が、従業員に対する保安教育を年 1 回以上実施している。操作員の教育・訓練は、「保安教育実施規程」により担当部長が自部門の操作員に対して実施すると定めており、製造部門（製造部及び生産技術部）では「製造部・生産技術部作業員教育・訓練・認定プログラム」に基づき実施している。

焼結工程の作業員教育・訓練は、前記プログラムに基づいた「焼結作業員の教育及

び認定」に従い実施し、既認定取得者については年1回の更新教育（筆記試験）と当該規程に定める訓練指導者による力量評価を実施している。また、管理者の力量評価については、「部門内教育管理手順」により、部門長が実施している。

4. 問題点の抽出と原因分析

本章ではまず、発生事象に係る事象時系列及び設備状態時系列において問題点を抽出した。それぞれの問題点を添付資料2及び添付資料9の最右欄に示す。また、2.2項の設備状態の推移についての調査結果及び3章の事象に係る調査の結果見出された問題点も合わせて抽出した。これらの問題点には重複や類似のものがあるため、絞込みを行い本事象における重要な問題点及びその原因を特定することとした。絞込みの結果を添付資料18に示すとおり、問題点は以下の4項目に区分された。ここで、(1)及び(2)は過加熱防止インターロックの作動事象に直接的に関連する問題点である。一方、(3)は一連の事象の中で見出された保安品質マネジメントに関する問題点であり、過加熱防止インターロックの作動事象に間接的に影響したものである。また、(4)は一連の事象の中で見出された、過加熱防止インターロックの作動事象とは直接的には関係しない保安管理上の問題点である。

(1) 焼結炉運転中の温度調節器の交換

(1回目の過加熱防止インターロック作動に係る問題点)

(2) ヒータ電源の不適切な投入

(2、3回目の過加熱防止インターロック作動に係る問題点)

(3) 保安品質マネジメントにおける不適切な対応

(異常時の対応・不適合処置、異常時における役割分担に係る問題点)

(4) 温度記録計の一時停止

(連続して記録すべき記録計操作に係る問題点)

4.1 焼結炉運転中の温度調節器の交換に係る問題点と原因

題記事項に関して問題点の絞込みを行い、以下の点に整理した上で、それぞれの問題に対する原因の特定を以下のとおり行った。

①手順書遵守に係る問題

(手順書に記載されていない作業を行った)

②設備仕様の周知に係る問題

(温度調節器を構成する機器の変更による影響が反映されなかった)

[問題点1-1]手順書に記載されていない作業を行った。

作業者は、故障した温度調節器を交換する場合には、社内手順書「焼結作業」に従い不適合事象として焼結炉を停止すべきであったが、焼結炉運転中に故障した温度調節器の交換を行った。社内手順書の抜粋を添付資料 1 9 - 1 に示す。

[原因1-1-1] 手順を確認しながら作業しなかった。

通常作業時において現場で手順書を確認することが少なく、これが要因となり、3.2項で述べたように、過去にも手順書に記載のない焼結炉運転中の温度調節器交換作業が行われており、不適合として処置していなかった。

また、他の要因としては、焼結工程の手順書が複雑であったこと及び作業現場でも電子システムによる手順書の確認を行っているため、作業時の確認には手間であったことが挙げられる。焼結工程の手順書を添付資料 1 9 - 2 に示す。

[問題点1-2] 温度調節器を構成する機器の変更による影響が反映されなかった。

3.2項で述べたように、過去は、温度調節器の交換により熱電対と放射温度計の両系統のバーンアウト信号が同時に発生しなかったが、平成18年に温度調節器を更新した際、両系統のバーンアウト信号が同時発生することとなり、この変更による温度調節器交換への影響が手順書に反映されなかった。

[原因1-2-1] 故障時における影響に関する検討が不足していた。

今回の事象において、温度調節器の故障が過加熱防止インターロック機能にどのような影響を及ぼすかが整理されておらず、手順書の記載内容が十分ではなかった。この一因として、温度調節器更新時の設備設計審査において、当初設計時の設計の考え方が系統的に整理されていなかったため、機器の故障が安全機能に及ぼす影響についての審議が行われなかったことが挙げられる。また、運転中の交換について設備管理側での認識がなかったため、手順書への反映や、交換時への影響について作業者との情報交換ができていなかった。

以上のように、焼結炉運転中の温度調節器の交換に係る問題に対し以下の原因が特定された。

- 1) 手順を確認しながら作業しなかったこと。(主要因)
- 2) 故障時における影響に関する検討が不足していたこと。(主要因)

4.2 ヒータ電源の不適切な投入に係る問題点と原因

題記事項に関して問題点の絞込みを行い、以下の点に整理した上で、それぞれの問題に対する原因の特定を以下のとおり行った。

① 異常事象の認識に係る問題

(ヒータ電源遮断を異常事象と認識できなかった)

②温度調節器の操作に係る問題

(ヒータ電源再投入時に手動モードへの切り替えが十分でなかった)

③不適切な操作に係る問題

(ヒータ電源の再投入を繰り返した)

[問題点2-1] ヒータ電源遮断を異常事象と認識できなかった。

過昇温防止電源遮断回路及び過加熱防止インターロックの作動によりヒータ電源が遮断された際、ヒータ電源遮断を通常ではない状態と認識できなかった。

[原因2-1-1] ヒータ電源遮断の原因を確認しづらかった。

ヒータ電源遮断時に、過昇温防止電源遮断回路及び過加熱防止インターロックが作動し警報が発報したが、以下の要因のため警報内容の詳細まで確認することなく、電源投入が継続された。

①警報発報時の対応方法の整理が不十分であり、過昇温防止電源遮断回路及び過加熱防止インターロック作動時の確認内容が十分に周知されていなかった。

②過加熱防止インターロック作動時は、熱電対及び放射温度計両方の温度高警報が発報するが、インターロックが作動したことが直接的には表示されない仕様であったため、警報表示及び警報履歴が分かりづらかった。なお、過昇温防止電源遮断回路については、焼結炉本体用とは独立した制御盤に警報が表示されるため、作業者は警報を認識することができた。

③作業の監視体制が適切ではなく、事象発生時に現場で設備状態を適切に判断できなかった。

[問題点2-2] ヒータ電源再投入時に手動モードへの切り替えが十分でなかった。

焼結炉立上げ時の手順に準拠し、電源を再投入する場合は、2.2 (4) で述べたようにバランスレスバンプレス機能を作動させることとしていたが、ゾーン1以外のゾーンの温度調節器を自動モードにしたままでヒータ電源を投入した。

[原因2-2-1] 設備の状態に応じた対応手順の整備が不十分であった。

今回の事象と同様に、炉内温度が低下した状態からのヒータ電源投入といった通常ではない操作としては、停電後の復旧作業を想定している。しかし、停電時の処置に関する手順書において、復旧の手順は詳細には定められておらず、手順を確立していなかった。また停電のような不適合事象と、今回の事象のような過加熱防止インターロック作動に伴う電源遮断の区別も明確にはしていなかった。

[原因2-2-2]温度調節器の電源投入時に作業者が手動モードにする機構であった。

温度調節器の仕様上、バランスレスバンプレス機能を作動させるためには、作業者が一旦手動モードにしてから自動モードに切り替えるという操作が必要であった。

[問題点2-3] ヒータ電源の再投入を繰り返した。

過昇温防止電源遮断回路及び過加熱防止インターロックの作動によるヒータ電源遮断と再投入が合計5回繰り返された。

[原因2-3-1]影響の大きい操作が容易に可能な状態だった。

ヒータ電源遮断が発生した場合は原因の確認等が優先であり、設備への影響が大きいヒータ電源再投入の操作は慎重に行うべきであったが、設備上、容易に再投入可能であった。同様に、運転中の温度調節器の交換及び運転中の過加熱防止設定値の変更も影響の大きな操作であるが設備上は容易に可能な状態であった。

[原因2-3-2]通常状態への復帰に注力した。

作業者は原因2-1-1に挙げたとおり設備状態を適切に判断できなかったこともあり、焼結炉の温度を安定させることが重要と考え、焼結炉を通常の運転状態に復帰させることに注力した。

以上のように、ヒータ電源の不適切な投入に係る問題に対して以下の原因が特定された。このうち、3)から5)については、1)及び2)の原因に対応する手順が整備されていれば発生しなかったものであるため、二次的要因である。

- 1) ヒータ電源遮断の原因を確認しづらかったこと。(主要因)
- 2) 設備の状態に応じた対応手順の整備が不十分であったこと。(主要因)
- 3) 温度調節器の電源投入時に作業者が手動モードにする機構であったこと。
(二次的要因)
- 4) 影響の大きい操作が容易に可能な状態だったこと。(二次的要因)
- 5) 通常状態への復帰に注力したこと。(二次的要因)

4.3 保安品質マネジメントにおける不適切な対応に係る問題点と原因

題記事項に関して問題点の絞込みを行い、以下の点に整理した上で、それぞれの問題に対する原因の特定を以下のとおり行った。

- ①異常時の対応及び不適合処置に係る問題
(異常時の対応・不適合処置が不十分だった)

②異常時における役割分担の問題

(異常時における役割分担が適切に運用されなかった)

[問題点3-1] 異常時の対応・不適合処置が不十分だった。

温度調節器の故障を確認した際、作業者がシフトマネージャへの連絡をしなかったことや、事象の連絡を受けた関係者が、過加熱防止インターロック作動及び熱的制限値到達についての判断及び社内外への連絡を適切に行うことができなかったことは、異常時・不適合時の対応として不十分であった。

[原因3-1-1] 異常事象及び不適合との認識が不十分だった。

原因1-1-1で述べたように手順を確認しながら作業しなかったこと、また原因2-1-1の②で述べたように警報履歴で過加熱防止インターロックの作動が分かりづらかったことから、発生した事象を異常事象及び不適合事象として捉えることができず、十分な対応ができなかった。また、社内手順書「製造1課における異常発生時の措置手順」でも過加熱防止インターロック作動について整備されていなかった。社内手順書の抜粋を添付資料19-3に示す。

[原因3-1-2] 熱的制限値到達に対して的確な判断ができなかった。

現場で温度記録紙を見て、熱的制限値（1800℃）のライン上に打点があることを確認したが、測定器である放射温度計の指示値は社内手順書「放射温度計の放射率（ε 値）調整手順」に従い、安全側に真の温度に対してプラス側に裕度を持つように調整されていることが意識にあったため、実際の温度は熱的制限値に到達していないと判断した。社内手順書の抜粋を添付資料19-4に示す。

[問題点3-2] 異常時における役割分担が適切に運用されなかった。

作業者は本事象を設備技術者等には伝えたもののシフトマネージャに連絡しておらず、また、その後に事象の連絡を受けた関係者も社内手順書「異常・非常事象措置規程」に定める職務に応じた対応を適切に運用できなかった。社内手順書の抜粋を添付資料19-5に示す。

[原因3-2-1] 異常時に至るまでの段階に応じた体制が構築されていなかった。

現場とシフトマネージャとの間において、日常の情報交換及び意思疎通が不十分であったため、通常と異なる事象が発生した際の第一報を受けられず、現行体制ではシフトマネージャが有効に機能しなかった。現行体制におけるシフトマネージャの教育・訓練項目を添付資料19-6に示す。

また、異常事象が発生した場合における初動体制の整備が十分ではなかった

め、確認すべき項目や役割分担等が不明確となり、担当課長、事象判断者、連絡責任者及び核燃料取扱主任者のとるべき行動・意識が不十分であった。

以上のように、保安品質マネジメントにおける不適切な対応に係る問題に対して以下の主要な原因が特定された。

- 1) 異常事象及び不適合との認識が不十分だったこと。(主要因)
- 2) 熱的制限値到達に対して的確な判断ができなかったこと。(主要因)
- 3) 異常時に至るまでの段階に応じた体制が構築されていなかったこと。(主要因)

4.4 温度記録計の一時停止に係る問題点と原因

温度調節器の交換後、復旧作業中に、保安上重要な記録である焼結炉の温度記録計を一時停止した問題に対する原因の特定を以下のとおり行った。

〔問題点4-1〕 保安上重要な記録に対する連続記録の運用が徹底されていなかった。

作業者は、温度調節器の交換後、復旧作業中に、温度記録紙に誤打点が発生することを避けるために、温度記録計を一時停止した。

〔原因4-1-1〕 一時停止を許容する手順書を準用した。

放射温度計の覗き窓の清掃作業を行う際の社内手順書「パイロスコープ覗窓のクリーンアップ」では、覗窓に付着した焼結炉内の析出物等を除去する際、誤打点を防止するため、温度記録計を一時停止することが記載されていた。作業者は、温度調節器の交換後、バーンアウトによる温度表示（2200℃）を確認したため、当該手順書において誤打点を防止するために前もって温度記録計を停止することとしていることを思い出し、交換後ではあったが、当該手順書に準じて温度記録計を一時停止した。社内手順書の抜粋を添付資料19-7に示す。

以上のように、温度記録計の一時停止に係る問題に対する主要な原因として、次のことが特定された。

- 1) 一時停止を許容する手順を準用したこと。(主要因)

4.5 問題点と原因のまとめ

前述した問題点と原因をまとめると、温度調節器の操作及び故障時に関する設備・業務に関する問題、作業者の手順書遵守に関する問題及び一連の事象の中で見出された組織・体制に関する問題、さらに、これら全般に関する安全意識に関する問題の4つに集約された。

①設備・業務に関する問題

今回の事象において、温度調節器の故障時における警報の識別及びこの対応に係る手順上の問題^(注1)、異常時の対応及び不適合処置に係る問題^(注2)、さらに、これらに付随して温度記録計の一時停止に係る問題^(注3)が発生したことは、焼結炉の操作に係る管理に不十分な面があったことによるものである。

また、上記の二次的な要因として、温度調節器等の操作に係る設備上の問題^(注4)もあった。

(注1)原因：[1-2-1], [2-1-1], [2-2-1], [2-3-2]、(注2)原因：[3-1-1], [3-1-2]、

(注3)原因：[4-1-1]、(注4)原因：[2-2-2], [2-3-1]

②手順書遵守に関する問題

手順を確認しながら作業しなかったという問題^(注)が発生したことは、手順書を中心とした作業のあり方が浸透していなかったことによるものである。

(注)原因：[1-1-1]

③組織・体制に関する問題

手順書の遵守の問題^(注1)、作業の監視体制の問題^(注2)、異常事象及び不適合の認識の問題^(注3)及び異常時における役割分担の問題^(注4)が発生したことは、これまで実施してきた保安品質マネジメントが十分に機能していなかったことによるものである。

(注1)原因：[1-1-1]、(注2)原因：[1-2-1], [2-1-1]

(注3)原因：[3-1-1], [2-3-2] (注4)原因：[3-2-1]

④安全意識に関する問題

上記3つの問題の根底には、安全第一の意識が全社員に十分浸透していなかったことが背後要因として挙げられる。

5. 過去の事象の対策に関する評価

当社では、平成20年7月に第2加工棟第2成型室においてウラン飛散事象、同年8月に第2加工棟第2ウラン回収室においてウランを含む飛沫の飛散事象が発生しており、平成22年5月には第2加工棟第2炉室において水素漏れ確認作業中に着火事象が発生している。過去の事象は、未熟練作業員の一人作業、非定常作業の事前検討不足、コミュニケーション不足や、力量管理及び通報連絡における問題などが原因であり、今回の事象での原因と共通するところが多いことから、過去の事象に対する再発防止対策として行ってきた対策との関係について整理し、今後対策を再考すべき事項を抽出した。評価の結果を

添付資料 20に示す。

- (1) 対策「作業管理の改善」及び対策「不適合管理（情報の共有とミス防止）」について
当日の定常作業、非定常作業の進め方、その作業で発生する可能性のある危険について、始業前ミーティングにおいて現場の監督者と作業者が確認するとともに、非定常事象が起こった時には作業者が課長に連絡することを徹底してきた。また、非定常作業の手順書には詳細な手順を記載するように改善した。しかしながら、今回の事象では運転中の温度調節器の交換が非定常作業であることを作業者に認識させることができず、非定常作業に関する対策や教育が十分ではなかった。
- (2) 対策「組織体制、人材育成の強化」について
コミュニケーション不足や力量管理に起因する過去の事象に対応するために、設備技術者、班長の配置をした。しかしながら、設備技術者は昼間のみに配置しており、今回の温度調節器の異常発生が設備技術者のいない早朝であったため、作業者は即座に設備技術者に確認するという判断ができなかった。また、設備の安全機能や異常時の措置に対する教育及び力量評価は十分ではなかった。
- (3) 対策「通報連絡の徹底」について
過去の事象で明らかになった通報連絡の問題への対策として、通報判断が明確でない事象についても通報することとしていた。しかしながら、今回の事象では異常時における役割分担が適切でなかったため、過加熱防止インターロックの作動の認識が遅れ、即時通報ができなかった。
- (4) 対策「不適合管理（不適合管理の考え方）」について
不適合管理に関しては、設備の試験・調整も対象となることを含め、考え方の改善を進めてきた。しかしながら、今回の事象では不適合に対する認識が十分ではなかった。
- (5) 対策「安全文化の醸成と定着」について
社長直属のウラン安全対策強化本部（平成 21 年 11 月まで）及び安全推進部（平成 22 年 12 月まで）で安全文化醸成活動を進めてきた。しかしながら、今回の事象では安全第一の意識が十分浸透していなかったと評価され、安全文化醸成活動は今後さらなる改善が必要である。

以上のように、今回の対策を検討する上で、過去の対策からも課題があることが明確となった。これらの課題も鑑みた上で、今回事象の対策を検討する。

6. 対策

4章に示した今回の事象に関する問題点と原因の分析結果を受け、次の4つの項目について対策を検討した。問題点と原因に対する対策の整理の詳細を添付資料2-1に示す。

- ① 設備・業務に関する対策（設備システムと業務システムの整備・改善）
- ② 手順書遵守に関する対策（手順書遵守の体制確立）
- ③ 組織・体制に関する対策（保安品質マネジメント体制の充実）
- ④ 安全意識に関する対策（安全文化の醸成）

さらに、5章に示した過去の事象の対策に関する評価結果を踏まえ、追加対策の評価を検討したところ、今回の対策の実施に包含されていることを確認した。過去の事象の対策評価から今回の対策への整理の詳細を添付資料2-2に示す。

上記対策は、その内容により次の2つに区分した。

- ・ 再発防止対策：今回の事象を発生させた原因に対し再発防止のためにとる対策
- ・ 改善事項：再発防止対策を補強するためにとる対策

6.1 設備・業務に関する対策（設備システムと業務システムの整備・改善）

原因分析において、故障時における警報識別の確認しづらさや、異常時の対応及び不適合処置の不十分さが見出されたため、重要警報発報時処置手順の整備と表示改善や異常事象に対する判断基準の整備など、以下の6項目を対策として挙げ実施することとした。設備及び業務改善に関する対象設備及び対象工程の考え方の詳細を添付資料2-3に示す。

(1) 重要警報発報時処置手順の整備と表示改善

過加熱防止インターロック動作状態を認識できなかったことに鑑み、警報が発報した場合の確認事項と対処方法を分かりやすく示した手順書を整備し、これを関係者に教育・周知することにより発生事象に応じた的確な対応がとれるようにする。

【再発防止対策（短期）】

また、上記の対策で当面の対応が可能であるがさらに設備的に、より確実な対策を行うため、過加熱防止インターロック作動等の重要な警報を、信号灯の色分け/警報音及び表示の区別等で容易に識別できるように改善する。【改善】

(2) 異常事象に対する判断基準の整備【再発防止対策（短期）】

過加熱防止インターロックの作動及び熱的制限値への到達等、重要な事象の判断に時間を要したことから、通報連絡に関して、管理者、事象判断者等の関係者が発生した事象を的確に判断できるよう、分かりやすく迷わない判断基準の見直しと判断フローを作成し、これを関係者に教育・周知することにより事象発生から原則1

時間以内に通報連絡するという「1時間ルール」を徹底する。

(3) 連続記録の欠落防止手順の整備と設備改善

保安上重要な記録の欠落を発生させたことに鑑み、手順書において誤打点防止のために記録計を一時停止するとの記載は削除し、誤信号等が記録された場合には、その状態を記録紙上に正確に記録するという手順に見直す。また、連続記録する保安記録について、欠落する可能性のある場合の欠落防止対策が手順書に含まれているかを点検し、欠落防止対策がない場合には手順を見直す。これらの手順を関係者に教育・周知することにより、連続して記録することを確実にする。また、連続記録する保安記録の記録計に、連続して記録すべきであること及び停止の禁止をラベル等により明確に表示する。【再発防止対策(短期)】

上記対策に加え、万が一の保安記録の欠落を考慮し、これを補完する手段として追加装置を付加する。【改善】

(4) 故障時対応手順の整備【再発防止対策(短期)】

温度調節器が故障した際の過加熱防止インターロックへの影響に係る確認等、故障時の対応手順に不十分な面があったため、保安上重要な自動作動機能を有する機器が故障した時等、予想される不適合が発生した時の対応内容を適切に文書化し、関係者に教育・周知することにより故障時の対応を確実にする。

(5) 誤操作に対する設備改善【改善】

上記(4)の故障対応手順の整備により作業者が的確に対処できるように対策を講じるが、さらに、作業者による誤操作が発生した際にもこれを防止し、もしくは誤操作後の事象の進展を防止するため、次の設備対策の改善を行う。

①設備自体に対する誤操作防止対策

- ・運転中の温度調節器交換を防止する改善
- ・過加熱防止インターロック作動後のヒータ電源の再投入を防止する改善

②温度調節器に対する誤操作防止対策

- ・ヒータ電源投入時の温度調節器の手動モード切り替えにより急昇温を防止する改善
- ・運転中の過加熱防止設定値の変更を防止する改善

③誤操作後の進展防止対策

- ・過加熱防止設定値近傍でヒータ電流を制限する回路の改善

(6) 設備設計審査での影響範囲の審査【改善】

上記(4)の故障対応手順の整備により故障時の対応が的確に実施されるように

対策を講じるが、さらに、設備設計時における対応として、設備が故障した場合における影響の検討等が不十分であったことに鑑み、保安品質マネジメントシステムを基盤とする加工施設全工程に対して、安全機能に対する要求事項に立ち返った検討や設備が故障した場合の施設に及ぼす影響についても審議を行うよう、「設備設計審査規程」の第7項「設計審査基準・チェックリスト及び設計審査の着眼点」にこれを規定し運用する。

6.2 手順書遵守に関する対策（手順書遵守の体制確立）

原因分析において、作業者が手順を確認しながら作業をしなかった状況が見出され、また、5章 過去の事象の対策に関する評価の(1)対策「作業管理の改善」及び「不適合管理（情報の共有とミス防止）」について、手順書に関連する非定常作業の問題が見出されたため、手順書遵守の体制確立と遵守状況の確認など、以下の2項目を対策として挙げ製造及び検査部門の各工程に実施することとした。

(1) 手順書遵守の体制確立と遵守状況の確認

作業者が手順書に則り実施できるような方法（手順書へのチェックシートの取り込み等）を明確にし、手順書遵守の確認体制を確立する。【再発防止対策（短期）】

また、これを確実に実行するため、シフトマネージャの巡視時に作業者との情報交換を行うことで意思疎通を図りながら、手順書の遵守状況の確認を行う。【再発防止対策（中長期）】

(2) 手順書の見直しと現場への配置【改善】

上記(1)による手順書の遵守活動を円滑に進めるため、煩雑で分かりづらかった従来の手順書の内容を見直して再構成し、作業手順を確実に反映した現場に即した分かりやすい手順書を作業者自らが参画して作成する。また、本手順書を作業者に教育・周知後、印刷して現場に配置し、手順書を確認しながら作業を行うよう改善する。なお、印刷した手順書については、常に最新版であるよう文書管理上の規定を定めて実施する。

6.3 組織・体制に関する対策（保安品質マネジメント体制の充実）

原因分析において、これまで実施してきた保安教育、力量管理、異常時の対応及び不適合処置に関する保安品質マネジメントが有効に機能していなかった状況が見出され、また、5章 過去の事象の対策に関する評価における(2)対策「組織体制、人材育成の強化」の設備の安全機能や異常時の措置に対する教育及び力量評価、(3)対策「通報連絡の徹底」の通報遅れ及び(4)対策「不適合管理（不適合管理の考え方）」の不適合に対する認識に関する課題が見出されたため、異常時の対応につながる一連の体制確立や保安再

教育など、保安全管理組織について以下の3項目を対策として挙げ実施することとした。

(1) 異常時の対応につながる一連の体制確立【再発防止対策(短期)】

異常時の対応のための体制が十分でなかったことに鑑み、事象発生段階から進展に応じた一連の体制を確立するため、以下の対策を実施する。

通常時の現場の体制として、24時間体制で設備技術者2名/シフト(4直3交代で計8名)を配置し、異常発生時に現場での確な設備状態の判断を行えるようにする。また、シフトマネージャの人員を強化し(現行1名/シフトを2名/シフト)、異常時の対応体制を充実させる。これと同時に、作業者と上長(夜間・休日にはシフトマネージャ)との意思疎通を深めることで、通常と異なる事象が発生した場合に、上長への第一報が円滑に行われるようにする。

また、異常事象が発生した場合における初動体制を整備するとともに、事象の進展に応じた対応がとれるような体制を確立する。この体制においては、発見者、担当課長、事象判断者、連絡責任者及び核燃料取扱主任者の責務を明確にし、異常時において本来の職務を遂行できるよう改善する。

確立した初動体制が有効に機能するよう、環境安全部が中心となり、施設再開までに担当者全員が参加する訓練を実施し、その後、四半期に1度の訓練を継続していくこととする。訓練においては、異常事象に関する認識を高めるため、種々の異常事象の状況に対応できるよう訓練想定に工夫を加える。

(2) 保安品質会議の設置と内部監査の充実

不適合管理の実施状況とともに現場の活動状況を十分把握できていなかったことに鑑み、保安全管理部が保安品質会議(議長:社長、会議メンバ:保安全管理責任者、核燃料取扱主任者及び保安全管理組織の各部長)を開催し、予防的改善活動を推進する体制を確立する。【再発防止対策(短期)】

本会議は、不適合管理の実施状況及び手順書の遵守状況等に関する業務改善活動の推進状況を監視するため、毎月開催していく。また、保安品質監査(内部監査)では、現場の記録類についてチェック方法を明確にして確認していくことで、現場の活動状況を把握できるようにしていく。【再発防止対策(中長期)】

(3) 保安再教育と力量管理の充実【改善】

上記(2)の再発防止策に加え、施設の保安全管理向上のための改善事項として、管理者及び作業者に対して今回の事象を受けた保安教育の実施と力量管理の充実を図る。特に、保安全管理組織の管理者全員に対しては、異常事象及び不適合管理の観点に重点をおき、社内関連規程(特に、「異常・非常事象措置規程」、「保安不適合管理及び是正・予防処置規程」)の周知に関する教育を実施するほか、上記(1)の訓

練において、異常事象に関する認識を高めるため、種々の異常事象の状況に対応できるように訓練想定に工夫を加える。また、原子炉等規制法、加工規則、保安規定、保安品質保証計画書の内容について、保安管理部が保安管理組織の管理者に対して、課題実習等、力量向上につながる工夫を加えた教育を行う。さらに、現場設備技術の知識習得のため、社外講師による講習も実施する。

一方、保安管理組織の作業員に対しては、設備の安全機能に対する知識不足や故障時の対応の不十分さが問題として見出されたため、現在、管理元が実施している作業員の教育・認定の1項目である「機器の操作手順及び性能に関する理解」に、設備の安全機能に関する仕組みを追加し、警報発報時の対応を含む異常時の措置の対応を充実させる教育を早期に実施する。また、管理元の認定に加え、保安管理部が保安に関する認定を実施する。

6.4 安全意識に関する対策（安全文化の醸成）

原因分析において、今回の事象の根底には、安全第一の意識が十分浸透していなかったことが背後要因として挙げられるため、安全意識に関する対策として、安全第一への意識改革を実施することとした。

（1）安全第一への意識改革

組織内の意識改革を図るため、品質方針に安全への意識を改めて反映させ、社長から安全第一のメッセージを全社員に伝え続ける。これとともに、社内の風通しを良くするため、社長と従業員との直接対話の場を設置し、組織内の円滑なコミュニケーションを図る。また、社長を議長とする保安品質会議を新たに発足し業務改善活動の推進状況を毎月監視する体制とする。本会議では、株式会社 日立製作所から改善活動に対するレビューも受ける。【再発防止対策（短期）】

さらに、保安管理部を強化し、業務改善活動に加え安全文化醸成活動を推進していく。このため、外部（日立製作所、日本原子力技術協会）からの定期的なレビューを受ける。その評価に基づき、保安品質マネジメント体制や安全文化醸成活動の実施内容について、マネジメントレビュー会議で確実にPDCAを回すことにより、継続的に改善していく。【再発防止対策（中長期）】

7. 今後の対応

今後実施する対策のアクションプランを添付資料2-4に示す。アクションプランの内、安全第一への意識改革、保安再教育と力量管理の充実及び手順書の見直しと現場への配置他6項目については、既にその活動を開始しているが、基本方針として、平成23年3月末までに再発防止対策（短期）を完了させ、平成24年3月末を目途に再発防止対策（中

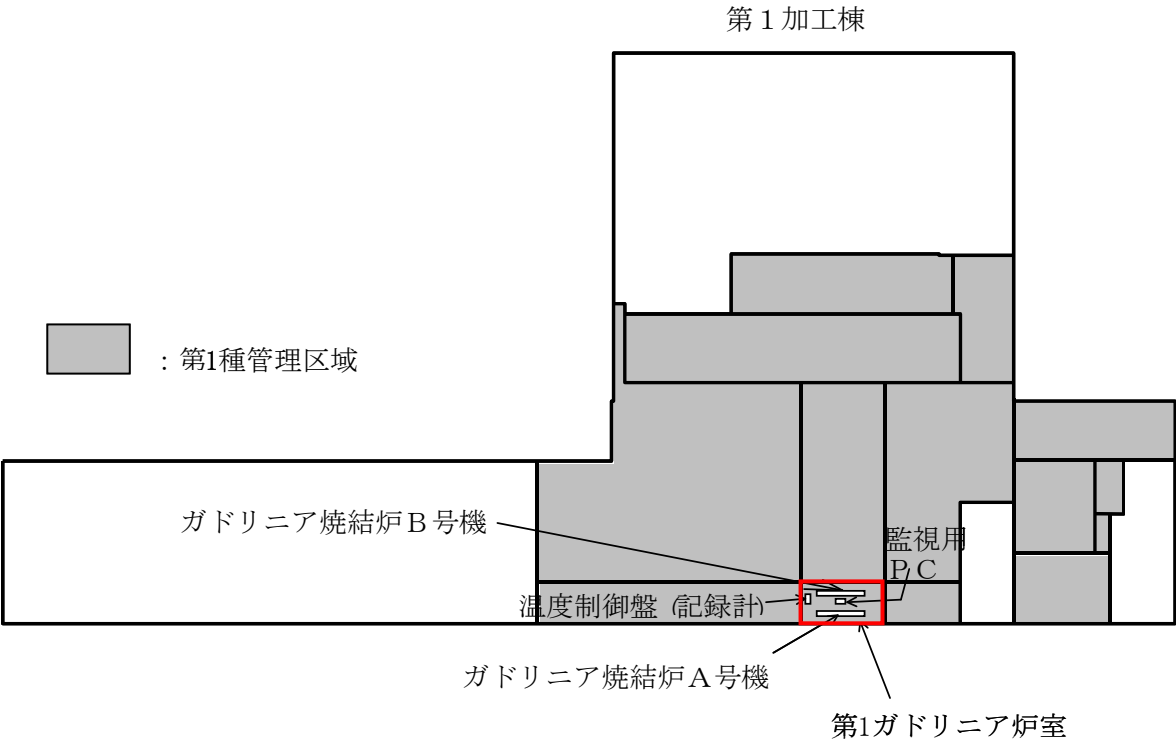
長期）及び改善事項を順次実施していく予定である。本対策については、保安管理部が開催する保安品質会議が進捗を確認し、その有効性を検証して確実に実施していく。

また、4章に示した本事象の直接原因の分析結果（特に組織及び意識等）及び5章に示した過去の対策に関する評価結果については、今後根本原因分析によって詳細な検討を行い、より有効性の高い対策を検討していく。

なお、今回の事象において故障したガドリニア焼結炉B号機ゾーン1の温度調節器については同一型式の新品に交換し、取り外したA号機の温度調節器については元に戻して安全機能の確認を行う。また、熱的制限値に係る保安規定の変更申請（1800℃から1850℃）は速やかにこれを実施する。

添付資料 1

ガドリニア焼結炉の配置図



事象時系列																
日時		No.	状況	温度推移 (記録紙読み値)	設備の状態						製造部		シフトマネージャ	問題点		
					焼結炉監視PC (警報履歴)	内容	B号炉 温度制御盤		温度 調節器	炉内雰囲気排出 装置温度制御盤		作業者A	作業者B		(A、B、C、D)	
							表示	ブザー		表示	ブザー					
平成22年 10月23日		1	ガドリニア焼結炉B号機の運 転を開始								-	-	-	-		
12/11 (土)	3:51		警報「ゾーン1 温度調節器 異常」発報	Z1:1500℃ Z3:1780℃ Z5:1780℃	(3:51) Zone1調節計異常	ゾーン1の温度調 節器の異常	「温度異常」 点灯	鳴動	「AL70」 (内容:A/Dコン バータ1(熱電対 側)異常)	警報なし	鳴動 なし	作業者Aは、当日研削工程の担当であり、作 業者Bが食事休憩の間、B号機の監視及びペ レット搬出入業務に従事していた※。 作業者AはB号機の入口付近でペレット搬入 操作中に警報が鳴ったことに気付き焼結炉監 視PC前に移動した。焼結炉監視PC画面により B号機の警報「ゾーン1温度調節器異常」の発 報を確認した。同PC画面により焼結炉内温 度、ヒータに異常がなかったこと、計器類確認 でガス流量等に異常がないことを確認した。	(休憩中:～4:00)	シフトマネージャA は、前日12月10日 22時00分から勤務 を開始した。勤務 終了時間は12月 11日9時00分まで である。	-	
		ゾーン1温度調節器の表示 「アラーム70 (AL70)」を確認														
								停止						温度調節器に初めて見る「アラーム70」という表 示が出ていたが、焼結炉監視PC画面で焼結 炉内温度、ヒータに異常がなかったこと、計器 類確認でガス流量等に異常がなかったことから 直ちに上長へ報告が必要な事象とは考えな かった。B号機の運転状態が正常であり自身 の資格が監視のみであることから、間もなく食 事休憩から復帰する操作資格を持つ作業者B を待つことにした。作業者Aは警報について は、水温低下や炉内圧変動等で多いときは日 に数回発報することもあるので異常とは思わな かった。		
	4:05頃 ～4:14頃	3	停止中のA号機のゾーン1温 度調節器を取り外して交換す ることを判断									作業者Aは作業者Bに、「ゾーン1温度調節器 異常」の発報、ゾーン1温度調節器の表示「ア ラーム70」、及びB号機は正常に稼動中である ことを伝え対応を任せた。その後作業者Aは、 作業者Bの作業を支援するためB号機の監視 作業を継続した。	休憩から戻った作業者Bは、ゾーン1温度調節器の表示 「アラーム70」を確認すると共に警報の原因が制御盤内 の配線等でないことを確認した。 作業者Aと同じく、作業者Bは、この時点では警報を特に 異常と思っていなかった。 温度調節器と焼結炉監視PCの通信エラーを解除する方 法と同様に温度制御盤の異常リセットボタンを押した。 温度調節器は正常状態に復帰しなかった。 取扱説明書にて「アラーム70」は「内容:A/Dコンバータ 故障※、対処方法:修理を依頼してください」と記載され ていることを確認した。 ※出力信号の信頼性が損なわ れた状態		シフトマネージャA (第2安全計測室 →事務所)	(1) 作業者Bは温度調節器の警報を確認し たため、焼結炉の運転状態を確認した。そ の結果、異常がなかったため製造1課長(夜 間・休日はシフトマネージャ)へ報告しな かった。
															(2) 作業者Bは、温度調節器の警報を確認 した際に焼結炉の運転状態を確認した。その 結果、異常が見つからなかったため手順書 の確認までは行わず、温度調節器異常を不 適合とした対応手順を実施しなかった。	

事象時系列

日時		No.	状況	温度推移 (記録紙読み値)	設備の状態						製造部		シフトマネージャ	問題点	
					焼結炉監視PC (警報履歴)	内容	B号炉 温度制御盤		温度 調節器	炉内雰囲気排出 装置温度制御盤		作業者A	作業者B		(A、B、C、D)
							表示	ブザー		表示	ブザー				
12/11 (土)	4:15頃	4	A号機のゾーン1温度調節器を取り外し			「温度異常」 点灯中	停止 中	警報なし	警報なし	鳴動 なし	作業者Aは、B号機の監視ならびにペレットの搬出入作業を継続しながら、作業者Bの温度調節器交換作業支援に備えた。	作業者Bは、ゾーン1の温度調節器を取り外した。 作業者Bは、停止中であったA号機の温度調節器はB号機と同型であるためそのまま使用できると考えた。	シフトマネージャA (執務中:事務所)		
	4:18頃	5	B号機のゾーン1の温度調節器の運転モードを「自動」から「手動」に変更								(同上)	作業者Bは、温度調節器のメンテナンスを行う場合に必要な運転モードの「自動」から「手動」への変更を、焼結炉監視PCの操作により行った。	シフトマネージャA (執務中:事務所)		
	4:19	6	B号機のゾーン1温度調節器を取り外し、A号機のゾーン1から取り外した温度調節器をB号機に取り付け	取り外した時 1)(4:19) Zone1温度H 2)(4:19) Zone1偏差異常 3)(4:19) Zone1ヒータ左断線 4)(4:19) Zone1ヒータ右断線 取り付けた時 5)(4:19) Zone1温度H 6)(4:19) Zone1TC上限 7)(4:19) Zone1偏差異常 8)(4:19) Zone1T/C断線	1)ゾーン1の温度が運転設定値1500℃の+50℃である1550℃を超えた 2)ゾーン1の放射温度計と熱電対の計測温度の差が50℃を超えた 3)、4)ゾーン1の左右のヒータに対してヒータ制御出力が50%以上だったにも関わらず電流値が1A以下であった状態が10秒以上継続した 5)ゾーン1の温度が運転設定値1500℃の+50℃である1550℃を超えた 6)ゾーン1の熱電対温度が過加熱防止設定値の1700℃を超えた 7)ゾーン1の放射温度計と熱電対の計測温度の差が50℃を超えた 8)ゾーン1の熱電対からの入力信号が途絶えた						鳴動	停止	(同上)	作業者Bは、B号機のゾーン1温度調節器を取り外し、A号機のゾーン1から取り外した温度調節器をB号機に取り付けた。 作業者Bは、同じゾーンの温度調節器なら設定変更せずに使用できると思った。	シフトマネージャA (執務中:事務所)
		<過加熱防止インターロック作動①> 1. ゾーン1温度調節器を取り付け 2. 過加熱防止インターロックが作動して警報が発報 ^{※1} 3. B号機全ヒータの電源が遮断 4. 焼結炉内温度が低下開始 ※1 放射温度計及び熱電対の信号を検出する前に温度調節器が通電されたため、バーンアウト ^{※2} 状態となり、過加熱防止インターロックが作動した。 ※2 温度調節器には、温度調節範囲上限の110%値である2200℃を示すバーンアウト機能(測定信号が検出されない場合に温度表示をプラス側に振り切らせる機能)を有する。	(全ゾーン降温) Z1:1500→1420℃ Z3:1780→1720℃ Z5:1780→1690℃	1)(4:20) B. Oヒータ右断線 2)(4:20) B. Oヒータ左断線 3)(4:20) Zone5ヒータ左断線 4)(4:20) Zone3ヒータ左断線 5)(4:20) Zone4ヒータ右断線 6)(4:20) Zone2ヒータ左断線 7)(4:20) P. Hヒータ左断線 8)(4:20) Zone5温度L 9)(4:20) Zone1温度L 10)(4:20) Zone2ヒータ左断線 11)(4:21) Zone3温度L 12)(4:21) B. オン温度L 13)(4:21) P. H温度L 14)(4:22) Zone2ヒータ左断線 15)(4:22) Zone1ヒータ右断線 16)(4:22) Zone1ヒータ左断線	1)、2)、3)、4)、5)、6)、7)、10)、14)、15)、16) 各ゾーンのヒータに対してヒータ制御出力が50%以上だったにも関わらず電流値が1A以下であった状態が10秒以上継続した 8)ヒータ電源の遮断によりゾーン5の温度が運手設定値 1775℃の-30℃である1745℃を下回った 9)ヒータ電源の遮断によりゾーン1の温度が運転設定値 1500℃の-50℃である1450℃を下回った 11)ヒータ電源の遮断によりゾーン2・3・4の温度が運転設定値 1780℃の-30℃である1750℃を下回った 12)ヒータ電源の遮断にバーンオフゾーンの温度が運転設定値 750℃の-50℃である700℃を下回った 13)ヒータ電源の遮断によりプレヒートゾーンの温度が運転設定値 950℃の-50℃である900℃を下回った	鳴動	停止	作業者Aは、作業者Bの作業でヒータ電源が遮断されることは想定していなかったが、装置の調整作業ではありうることだと思い異常という認識はなかった。過加熱防止インターロックが作動したという意識は無かった。	作業者Bは、温度調節器を取付けた際、温度が2200℃と一時的に表示されたこと、及び警報の発報を確認した。作業者Bは、以下の認識から警報音を停止させて温度調節器の交換作業を続行した。 作業者Bは、取付け時の接触不良による誤信号で2200℃の表示やヒータ電源の遮断が引き起こされ、警報が発報したと考えた。再立ち上げ作業を完了させれば正常状態に復帰すると考え、警報の内容を正確に確認しなくてもよいと思った。異常とは考えず、また過加熱防止インターロックが作動したという意識もなかった。	シフトマネージャA (執務中:事務所)	(4) 過加熱防止インターロック作動等の重要警報は、焼結炉監視PCで警報ログを確認する必要があり、容易に認識できない警報だった。 (5) 作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考え、それ以上の検討をしなかったため、ヒータ電源遮断を過加熱防止インターロック作動であると認識できなかった。 (6) 作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考えたため、製造1課長(夜間・休日はシフトマネージャ)へ報告しなかった。				

事象時系列

日時		No.	状況	温度推移 (記録紙読み値)	設備の状態						製造部		シフトマネージャ	問題点	
					焼結炉監視PC (警報履歴)	内容	B号炉 温度制御盤		温度 調節器	炉内雰囲気排出 装置温度制御盤		作業者A	作業者B		(A、B、C、D)
							表示	ブザー		表示	ブザー				
12/11 (土)	4:23頃	7	B号機のヒータ電源を投入	(ゾーン2・3・4、 ゾーン5昇温) Z1:1420℃ Z3:1720℃ Z5:1690℃	(4:23) Zone5ヒータ左電流	ヒータ電源を投入した時にゾーン5の左側ヒータに流れた突入電流が400Aの上限を超えた	「温度異常」 点灯中	鳴動	警報なし	警報なし	鳴動なし	作業者Aは、B号機の監視ならびにペレットの搬出入作業を継続しながら、作業者Bの焼結炉B号機調整作業支援に備えた。	作業者Bは、再立ち上げ作業の一環として、ヒータ電源を投入した。	シフトマネージャA (執務中:事務所)	(7) 作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考えたため、それ以上の検討をせずヒータ電源を再投入した。
		8	温度制御盤の異常リセット								(同上)	作業者Bは、再立ち上げ作業の一環として、異常リセットボタン※を押した。 ※焼結炉監視PCと温度調節器間の通信エラー解除に使用されるボタンであるが、温度調節器を手動モードで設定変更等を行った後、一括して自動モードに戻す際にも使用される。	シフトマネージャA (執務中:事務所)		
		9	温度記録計を停止		記録なし	1)(4:23) P. H偏差異常 2)(4:24) P. H偏差異常 3)(4:24) P. H温度H	1)プレヒートゾーンにおいて、昇温過程における放射温度計と熱電対の計測温度の差が50℃を超えた 2)温度差50℃近傍でふらつきのため再発 3)急昇温によりプレヒートゾーンの温度が運転設定値 950℃の+50℃である1000℃を超えた					(同上)	作業者Bは、バーンアウトによる温度表示(2200℃)を確認したため、放射温度計の覗き窓の清掃時の誤打点を防止する手順※において誤打点を防止するために前もって温度記録計を停止することとしていることを思い出し、交換後ではあったが当該手順書に準じて温度記録計を一時停止した。 ※ 放射温度計の覗き窓の清掃作業では、作業中の異常打点防止のため、作業準備として温度記録計を停止する。 作業者Bは、どの時点で温度記録計を停止したかは良く覚えていない、と話している。	シフトマネージャA (執務中:事務所)	(8) 作業者Bは、誤打点を防止するために、放射温度計の覗き窓清掃作業手順を準用して温度記録計を一時的に停止した。
	4:24頃	10	B号機の炉内雰囲気排出装置ヒータ電源を投入	記録なし			「温度異常」 消灯 (4:25)		「調節計温度下限」 点灯 消灯	鳴動 停止	(同上)	作業者Bは、B号機の炉内雰囲気排出装置の制御盤で「調節計温度下限」の警報を確認したため、No.6で同装置のヒータ電源も遮断され温度が低下していたことに気付き、同装置のヒータ電源を投入した。	シフトマネージャA (執務中:事務所)		
	4:27	11	1. 炉内雰囲気排出装置内の温度が1730℃に到達 2. 同装置の温度調節器の過昇温警報が発報※ 3. 再びB号機全ヒータの電源が遮断 ※ 停電等でヒータ電源が遮断され降温した後の昇温においては、温度調節器の運転モードをリセットする必要がある。運転モードを一旦「待機」にしてから「運転」に戻すことでリセットされ、一定の昇温速度となるようヒータ出力がコントロールされるが、これをしないと運転設定値に到達するためにヒータが最大出力で昇温を開始する。その結果、過昇温防止設定値に到達し、電源遮断回路が作動した。	記録なし	1)(4:27) Zone4ヒータ右断線 2)(4:27) B. Oヒータ右断線 3)(4:27) B. Oヒータ左断線 4)(4:27) Zone2ヒータ左断線 5)(4:27) Zone3ヒータ左断線 6)(4:27) Zone5ヒータ左断線 7)(4:27) P. Hヒータ左断線 8)(4:27) Zone5温度L 9)(4:27) Zone3温度L 10)(4:28) B. オン温度L 11)(4:29) P. H温度L	1),2),3),4),5),6),7) 各ゾーンのヒータに対してヒータ制御出力が50%以上だったにも関わらず電流値が1A以下であった状態が10秒以上継続した 8)ヒータ電源の遮断によりゾーン5の温度が運転設定値 1775℃の-30℃である1745℃を下回った 9)ヒータ電源の遮断によりゾーン2・3・4の温度が運転設定値 1780℃の-30℃である1750℃を下回った 10)ヒータ電源の遮断によりバーンオフゾーンの温度が運転設定値 750℃の-50℃である700℃を下回った 11)ヒータ電源の遮断によりプレヒートゾーンの温度が運転設定値 950℃の-50℃である900℃を下回った	「温度異常」 点灯 (4:27)	鳴動	警報なし	「調節計温度上限」 点灯	鳴動 停止	(同上)	作業者Bは、炉内雰囲気排出装置の制御盤で「調節計温度上限」の警報を確認した。 このときの記憶は明確でないが、後のヒアリングでは、同装置のヒータ電源遮断は初めてだった、と話している。	シフトマネージャA (執務中:事務所)	(4) 過加熱防止インターロック作動等の重要警報は、焼結炉監視PCで警報ログを確認する必要があり、容易に認識できない警報だった。 (6) 作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考えたため、製造1課長(夜間・休日はシフトマネージャ)へ報告しなかった。
	4:29 ～4:30頃	12	B号機のヒータ電源を再投入、前事象(No.11)の繰り返し	記録なし	1)(4:29) Zone5ヒータ左電流 2)(4:30) Zone2ヒータ左断線 3)(4:30) Zone3ヒータ左断線 4)(4:30) Zone4ヒータ右断線 5)(4:30) B. Oヒータ右断線 6)(4:30) B. Oヒータ左断線 7)(4:30) Zone5ヒータ左断線 8)(4:30) Zone5温度L	1)ヒータ電源を投入した時にゾーン5の左側ヒータに流れた突入電流が400Aの上限を超えた 2),3),4),5),6),7) 各ゾーンのヒータに対してヒータ制御出力が50%以上だったにも関わらず電流値が1A以下であった状態が10秒以上継続した 8)ヒータ電源の遮断によりゾーン5の温度が運転設定値 1775℃の-30℃である1745℃を下回った		鳴動 停止 鳴動 停止	「調節計温度上限」 点灯 消灯	鳴動 停止	(同上)	作業者Bは再びヒータ電源を投入したが、間もなく遮断された。 このヒータ電源再投入及び遮断は警報履歴から明らかになったものである。作業者Bは、ヒータ電源を投入しようとした際、ヒータ電源のレバーが入れられなかったかも知れないが良く覚えていないと話しており、これが繰返し遮断された履歴となった可能性がある。記憶では、これが4時19分のヒータ電源遮断に続く2度目のヒータ電源遮断であったと話している。 作業者Bは、停電等でヒータ電源が切れた場合には、炉内雰囲気排出装置の温度調節器の運転モードを一旦「待機」にする※ことを思い出した。 ※ No.11の※「状況」参照	シフトマネージャA (執務中:事務所)		

事象時系列																
日時		No.	状況	温度推移 (記録紙読み値)	設備の状態						製造部		シフトマネージャ	問題点		
					焼結炉監視PC (警報履歴)	内容	B号炉 温度制御盤		温度 調節器	炉内雰囲気排出 装置温度制御盤	作業者A	作業者B	(A、B、C、D)			
							表示	ブザー							表示	ブザー
12/11 (土)	4:30頃	13	炉内雰囲気排出装置の温度調節器のモードを「運転」から「待機」に変更	記録なし									作業者Aは、B号機の監視ならびにペレットの搬出入作業を継続しながら、作業者Bの焼結炉B号機調整作業支援に備えた。	作業者Bは、温度調節器の運転モードを一旦「待機」にした。	シフトマネージャA (執務中:事務所)	
		14	B号機のヒータ電源を投入、温度制御盤の異常リセット	記録なし	(4:30) Zone5ヒータ左電流	ヒータ電源を投入した時にゾーン5の左側ヒータに流れた突入電流が400Aの上限を超えた	「温度異常」 消灯 (4:31)	鳴動				(同上)	作業者Bは、B号機のヒータ電源を投入し、温度制御盤の異常リセットボタンを押した。 一連の作業なので個々の操作についての記憶は特にないと話している。	シフトマネージャA (執務中:事務所)	(7) 作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考えたため、それ以上の検討をせずヒータ電源を再投入した。	
	4:33頃	15	温度記録計の始動	Z1:1420℃ Z3:1790℃ Z5:1790℃							(同上)	作業者Bは、この時点で復帰作業が完了したと考え、温度記録計を動作させた。	シフトマネージャA (執務中:事務所)	－		
	4:37	16	<過加熱防止インターロック作動②> 再びヒータが最大出力で昇温を始め、ゾーン2・3・4が1795℃に到達したところで過加熱防止インターロックが作動し、再び全ヒータの電源が遮断	(全ゾーン降温) Z1:1420→1410℃ Z3:1800→1770℃ Z5:1780→1740℃	1)(4:35) Zone3温度H 2)(4:37) Zone3TC上限 3)(4:37) Zone2ヒータ左断線 4)(4:37) Zone4ヒータ右断線 5)(4:37) B. Oヒータ右断線 6)(4:37) B. Oヒータ左断線 7)(4:37) Zone3ヒータ左断線 8)(4:37) Zone5ヒータ左断線 9)(4:38) Zone5温度L	1)ゾーン2・3・4の温度が運転設定値 1780℃の+15℃である1795℃を超えた 2)ゾーン2・3・4の熱電対温度が過加熱防止設定値の1795℃を超えた 3),4),5),6),7),8)各ゾーンのヒータに対してヒータ制御出力が50%以上だったにも関わらず電流値が1A以下であった状態が10秒以上継続した 9)ヒータ電源の遮断によりゾーン5の温度が運転設定値 1775℃の-30℃である1745℃を下回った	「温度異常」 点灯 (4:37)	鳴動				作業者Aは、作業者Bの作業でヒータ電源が遮断されることは想定していなかったが、装置の調整作業ではありうることだと思い異常という認識はなかった。過加熱防止インターロックが作動したという意識は無かった。 作業者Bはこの時点では温度記録を確認していなかった。温度記録計の打点部分は記録計の印字部分で隠れており、30分ほど経過して記録紙が紙送りされないと視認できないことから、と話している。	作業者Bは、ヒータ電源が遮断されたが、過加熱防止インターロックが1800℃を超えないようにリミッターとして守ってくれているという認識なので、1800℃は超えていないと思った。リミッターという認識なので過加熱防止インターロックが作動したかどうかは深く意識していなかった。過加熱防止インターロック作動が報告事象であるということも知らなかった、と話している。 作業者Bはこの時点では温度記録を確認していなかった。温度記録計の印字部分で隠れており、30分ほど経過して記録紙が紙送りされないと視認できないことから、と話している。	シフトマネージャA (執務中:事務所)	(9) 温度調節器の運転モードを自動でヒータ電源を投入すると、急昇温して運転設定値を一時的に超過し、過加熱防止インターロックが作動した。 (10) 温度調節器の運転モードを自動でヒータ電源を投入すると、急昇温して運転設定値を一時的に超過し、過加熱防止インターロックが作動した。これによりヒータ電源が遮断されたにも関わらず、焼結炉内温度は熱的制限値まで到達した。 (4) 過加熱防止インターロック作動等の重要警報は、焼結炉監視PCで警報ログを確認する必要がある、容易に認識できない警報だった。 (5) 作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源の遮断が引き起こされたと考え、それ以上の検討をしなかったため、ヒータ電源遮断を過加熱防止インターロック作動であると認識できなかった。 (6) 作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考えたため、製造1課長(夜間・休日はシフトマネージャ)へ報告しなかった。	
4:38頃 ～4:41	17	<過加熱防止インターロック作動③> B号機のヒータ電源を投入して温度制御盤の異常リセット、前事象(No. 16)の繰り返し	(全ゾーン昇温後に降温) Z1:1410→1430→1410℃ Z3:1770→1800→1780℃ Z5:1740→1790→1750℃	1)(4:39) Zone3温度H 2)(4:41) Zone3TC上限 3)(4:41) Zone2ヒータ左断線 4)(4:41) B. Oヒータ右断線 5)(4:41) B. Oヒータ左断線 6)(4:41) Zone1温度L 7)(4:41) Zone3ヒータ左断線 8)(4:41) Zone4ヒータ右断線 9)(4:41) Zone5ヒータ左断線	1)ゾーン2・3・4の温度が運転設定値 1780℃の+15℃である1795℃を超えた 2)ゾーン2・3・4の熱電対温度が過加熱防止設定値の1795℃を超えた 3),4),5),7),8),9)各ゾーンのヒータに対してヒータ制御出力が50%以上だったにも関わらず電流値が1A以下であった状態が10秒以上継続した 6)ヒータ電源の遮断によりゾーン1の温度が運転設定値 1500℃の-50℃である1450℃を下回った		鳴動				作業者Aは、B号機の監視ならびにペレットの搬出入作業を継続しながら、作業者Bの焼結炉B号機調整作業支援に備えた。 作業者Bは、この場面でヒータ電源遮断が繰り返されたことを覚えていない。ヒータ電源が何度も(本人の記憶では合計3回)遮断されたのは、自分の作業のやり方の問題(温度調節器取り付け時の接触不良や運転モード設定の誤り)であると思っていた、と話している。	作業者Bは、B号機のヒータ電源を投入して温度制御盤の異常リセットボタンを押したが、間もなくヒータ電源が遮断された。	シフトマネージャA (執務中:事務所)	(7) 作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考えたため、それ以上の検討をせずヒータ電源を再投入した。		

事象時系列

日時		No.	状況	温度推移 (記録紙読み値)	設備の状態						製造部		シフトマネージャ	問題点	
					焼結炉監視PC (警報履歴)	内容	B号炉 温度制御盤		温度 調節器	炉内雰囲気排出 装置温度制御盤		作業者A	作業者B		(A、B、C、D)
							表示	ブザー		表示	ブザー				
12/11 (土)	6:04頃	25	製造1課主任、設備技術者、製造1課スペシャリストに温度調節器交換完了をメールで連絡、内容は以下の通り。 ・B号機ゾーン1温度調節器の故障(「アラーム70」、A／Dコンバータ故障、要修理) ・A号機ゾーン1温度調節器との交換実施 ・ヒータ電源の遮断(ただし複数回あったとの記述はなし) ・設定温度から約100℃の低下 ・品質確認のためのペレット密度測定頻度の増加 ・現在のB号機の運転状態は正常であること				警報なし	鳴動なし	警報なし	警報なし	鳴動なし	作業者Aは、当日の担当業務である研削作業を実施した。 作業者Bは、当該事象は通常の引継ぎ事項の認識として報告した。温度記録紙で打点を確認した際、1800℃線上なので問題はない(過加熱防止インターロックがリミッターとして働くので超過することはない)と考えていた。ただし、どの時点で確認したかは記憶していない。 また、ヒータ電源が遮断されたことについては、リミッターという認識なので過加熱防止インターロックだとは深く意識していなかったため、回数についてまでは報告する必要はないと考えていた、と話している。 (参考: 報告メール原文) Subject: B号炉、Z－1、温調計不良 03:51分、B号炉　Z－1の温度調節計故障(制御パソコンの警報はZ-1調節異常発報) 温調計本体はAL70が表示(取り説によると、アラーム名称がA／D1故障・内容は、A／Dコンバーターが故障している。対処方法は修理依頼して下さい。) A号炉の、Z－1の温調計に急遽交換しました。(抜き挿しで交換可) ヒーター電源が遮断された為、Z－234・5が100℃程度下がってしまった。(位置表有り) ポート連番、ブレイクーリング・ポストNO34、173よりバーンオフ・ポストNO7の200まで全ポート密度測定します。 6:00現在、交換品のZ-1、温調計異常ありません。 以上　作業者B	シフトマネージャA (執務中: 事務所)	(12) 焼結炉は温度調節器交換後、全ての警報が解消して通常の運転温度に復帰した。このため、作業者Bは一連の事象を異常と認識せず、通常の連絡事項として設備の故障修理の主な点のみをメールで伝えた。	
	7:30頃	26	B号機が、設定温度に復帰	Z1:1500℃ Z3:1780℃ Z5:1780℃							(研削作業)	－	シフトマネージャA (執務中: 事務所)	－	
		7:41頃	27	製造1課主任、設備技術者、製造1課スペシャリストに一時的に温度表示が2200℃になったこと、約100℃の温度低下があることをメールで連絡									(研削作業)	作業者Bは、ヒータ電源が遮断したのは温度調節器の表示が2200℃を指したこと、その理由として挿入時の接触不良であることを推察したことを追伸として報告した。 (参考: 報告メール原文) Subject: RE: B号炉、Z－1、温調計不良 追伸 ヒーター電源が遮断したのは、温調計の挿入の際(A号炉の) 一時的に、温度表示が2200℃になった為(挿入時の接触不良で、ネジを締めこまないと完全接触しない。) 訂正で、Z-1も100℃下がりました。 尚、100℃位下がったのは、10分程度で、ヒーター電源復帰と温調計(Z－1・3・5)のAUTO復帰で、－60℃位から25℃/Hrで昇温開始。 7:30分現在、各ZONE共、規定温度に復帰。 以上　作業者B その後、作業者Bは第1ガドリニア炉室の引継ぎノートに温度調節器交換の旨を記入し、7:45に勤務を開始した次のシフトの作業者Cに対して詳細はメールを見るように引継ぎを行い、作業者Aとともに定時の8時に勤務を終了した。	シフトマネージャA (執務中: 事務所)

事象時系列

日時		No.	状況	製造部			シフトマネージャ	生産技術部		核燃料 取扱主任者	環境安全部長 (第1事象判断者)	保安管理部			連絡 責任者	社長	問題点
				製造1課スペシャリスト	製造1課長	製造 部長	(A、B、C、D)	設備技術者	生産技術 課長			保安管理部長 (第2事象判断者)	チーフスペ シャリストA	チーフスペ シャリストB			
12/11 (土)	8:36頃	28	製造1課スペシャリストは作業者Bからのメールを確認した。	(事務所) 製造1課スペシャリストは、温度調節器の故障による交換は定常作業ではないため、上長へ報告の上で実施するべき非定常作業である認識を持っていた。まずは現場で確認しようと思った。	(社外)	(社外)	シフトマネージャA (事務所)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	
	8:50頃	29	製造1課スペシャリストは現場を確認した。	(第1ガドリニア炉室) 製造1課スペシャリストは、現場で温度調節器の故障及び交換の事実を確認し、併せてB号機の運転状態に異常がないことを確認した。温度記録紙に打点の乱れと熱的制限値近辺に打点があることを確認したが、超過していないことの判断ができなかったので、温度調節器の故障、交換の件と併せて課長に報告し指示を仰ぐことにした。 ヒータ電源遮断についてメールにも記載されていたが、複数回との記載はないためそれ以上は印象に残らなかった。過加熱防止インターロックが頭をよぎったかどうかの記憶は明確ではないが、過加熱防止インターロックは熱的制限値から守るリミッターの役割と普段から思っており、この時も作動したかどうかを特に意識しなかったとのことである。また、過加熱防止インターロックの作動が報告事象とは知らなかった。	(社外)	(社外)	8:45～9:00、シフトマネージャAからBに勤務交代	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(13) 製造1課スペシャリストは、温度調節器の故障・交換及び温度記録紙における熱的制限値付近の打点を通常と異なる事象と判断したが、過加熱防止インターロックが通報事象であることの認識がなかったため、現場からのメール連絡にあったヒータ電源遮断の記述を異常と捉えず、この後の報告内容に含まれなかった。	
	9:00頃	30	製造1課スペシャリストは製造1課長に電話で状況報告した。	(第1ガドリニア炉室) 【製造1課長へ報告】 製造1課スペシャリストは、製造1課長に電話で下記内容の事象報告を行った。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ③温度記録の打点の乱れと熱的制限値近辺の打点 ④B号機の通常運転への復帰	(社外) 【製造1課スペシャリストから報告受け】 製造1課長は、製造1課スペシャリストから電話により下記内容の報告を受けた。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ③温度記録の打点の乱れと熱的制限値近辺の打点 ④B号機の通常運転への復帰 温度調節器を自主判断で交換することは焼結作業手順からの逸脱であること、設工認上の取扱いの懸念があることを認識していたことから、まずは設備技術者に連絡し詳細な事実調査をする必要があると考え、製造1課スペシャリストに電話連絡するよう指示した。また、自ら出社して詳細を確認しようと考えた。	(社外)	シフトマネージャB (事務所)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(14) 製造1課スペシャリストは、温度調節器の故障・交換及び温度記録紙における熱的制限値付近の打点を通常と異なる事象として製造1課長に報告したので、夜間・休日の課長代行であるシフトマネージャへ報告しなかった。	
	9:11頃	31	製造1課スペシャリストは設備技術者に電話で状況報告した。	(第1ガドリニア炉室) 【設備技術者へ報告】 製造1課スペシャリストは、設備技術者に電話で下記内容の事象報告を行った。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ③温度記録の打点の乱れと熱的制限値近辺の打点 ④B号機の通常運転への復帰	(社外)	(社外)	シフトマネージャB (事務所)	(社外) 【製造1課スペシャリストから連絡受け】 設備技術者は、製造1課スペシャリストからの電話により下記内容の連絡を受けた。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が一時低下 ③温度記録の打点の乱れと熱的制限値近辺の打点 ④B号機の通常運転への復帰 温度調節器を自主判断で交換することは焼結作業手順からの逸脱であること、設工認上の取扱いの懸念があることを認識していたことから、まずはB号機を停止させて調査すべきと考え、準備としてB号機へのペレット搬入停止を行うよう製造1課スペシャリストに提言した。	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	

事象時系列

日時		No.	状況	製造部			シフトマネージャ	生産技術部		核燃料 取扱主任者	環境安全部長 (第1事象判断者)	保安管理部			連絡 責任者	社長	問題点
				製造1課スペシャリスト	製造1課長	製造 部長	(A、B、C、D)	設備技術者	生産技術 課長			保安管理部長 (第2事象判断者)	チーフスペ シャリストA	チーフスペ シャリストB			
12/11 (土)	9:19頃	32	製造1課長は、製造1課スペシャリストに電話し、ペレットの搬入中止を指示した。	(第1ガドリニア炉室) 【製造1課長から指示受け】 製造1課スペシャリストは、課長からB号機へのペレット搬入停止の指示を受けた。その際、設備技術者からも同様の提言があったことを課長に報告した。	(社外) 【製造1課スペシャリストへ指示】 9:00頃の製造1課スペシャリストとの電話の後、製造1課長は、温度調節器の故障及び交換の是非及び対応を事象判断者へ連絡して指示を仰ぐ必要があると考え、まずはB号機へのペレットの搬入停止を製造1課スペシャリストに指示した。その際、設備技術者も同様の判断であることを製造1課スペシャリストから聞いた。	(社外)	シフトマネージャB (事務所)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)		
	9:25 ～9:45頃	33	製造1課スペシャリストが、口頭にて作業者Cに搬入作業停止を指示、作業者Cは9時45分頃に作業を完了した。この間、製造1課長も会社に到着し、現場を確認した。	(第1ガドリニア炉室) 【作業者Cへ指示】 製造1課スペシャリストは、作業者Cに、B号機へのペレット搬入作業停止を指示した。	(9:40頃、第1ガドリニア炉室到着) 【製造1課スペシャリストから報告受け】 製造1課長は、製造1課スペシャリストからの報告及び、現場でのB号機の状態や記録から、下記の状況を確認した。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ③温度記録の打点の乱れと熱的制限値近辺の打点 ④B号機の通常運転への復帰 ⑤温度調節器の故障内容(アラーム70) ⑥作業者Bからのメール報告 ⑦社内手順書「焼結作業手順」からの当該作業の逸脱 ⑧B号機へのペレット搬入停止 温度記録紙の熱的制限値近傍にある打点を確認したが、1800℃線上で制限値は超過してはいないと思った。当該事象及び作業が焼結作業手順からの逸脱であることと、設工認上の取扱いへの懸念の方が強く、まずはこの2点を核燃料取扱主任者へ報告しようと考えた。 ヒータ電源遮断について現場で見たメールに記載があったが、複数回との記述がないことと、過加熱防止インターロックは熱的制限値を守るリミッターの役割と思っていたので作動したかどうかを特に重視する意識がなく、ヒータ電源遮断についてはそれ以上深く考えなかった。また、過加熱防止インターロック作動が報告事象であることを認識していなかった。	(社外)	シフトマネージャB (巡視中:第1種管理区域)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(出社) 休日出勤	(社外)	(社外)		
	9:56頃 10:01頃	34	製造1課長は核燃料取扱主任者に電話連絡した。	(第1ガドリニア炉室) 焼結作業手順書の確認、善後策の検討。	(第1ガドリニア炉室) 【核燃料取扱主任者へ報告】 製造1課長は、核燃料取扱主任者に電話で下記内容の事象報告を行った。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ④B号機の通常運転への復帰 ⑧B号機へのペレット搬入停止開始 上記以外の内容については、優先度が高いとは思わなかったため、報告したという明確な記憶はない。 尚、9:56発信の際は核燃料取扱主任者が自動車運転中であったため、10:01にかけ直された際に上記報告をしている。	(社外)	シフトマネージャB (巡視中:第1種管理区域)	(社外)	(社外)	(社外) 【製造1課長から報告受け】 核燃料取扱主任者は、製造1課長から電話で下記の報告を受けた。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ④焼結炉の通常運転への復帰 ⑧ペレットのB号機搬入停止開始 故障部品を課長及び設備技術者の判断なしで交換したことは、9月に保安検査官から問題指摘を受けたペレット成型機変位計交換と類似の事象であり、問題であると考えた。 現況を製造1課長と設備技術者が確認した上で当該焼結炉は停止する方向と考えた。また、第1事象判断者に報告するよう製造1課長に指示した。	(社外)	(社外)	(社外)	(事務所)	(社外)	(社外)	(15) 製造1課長は、温度調節器故障及び交換の件を核燃料取扱主任者へ相談したが、異常事象とは捉えていなかったため、事象判断者への連絡が直ちに必要だとの判断ができなかった。

事象時系列																	
日時		No.	状況	製造部			シフト マネージャ	生産技術部		核燃料 取扱主任者	環境安全部長 (第1事象判断者)	保安管理部			連絡 責任者	社長	問題点
				製造1課 スペシャリスト	製造1課長	製造部長	(A、B、C、D)	設備技術者	生産技術課長			保安管理部長 (第2事象判断者)	チーフスペ シャリストA	チーフスペ シャリストB			
12/11 (土)	10:04頃	35	設備技術者は生産技術課長に電話連絡した。	(第1ガドリニア炉室) 焼結作業手順書の確認、善後策の検討。	(第1ガドリニア炉室) 焼結作業手順書の確認、善後策の検討。	(社外)	シフトマネージャB (巡視中:第1種管理区域)	(社外) 【生産技術課長に報告】 設備技術者は、生産技術課長に電話で、下記内容を報告した。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ④B号機の通常運転への復帰 ⑧B号機へのペレット搬入停止 提言 温度調節器を自主判断で交換することは焼結作業手順からの逸脱であること、設工認上の取扱いの懸念があることを認識していたことから、まずはB号機を停止させて調査すべきと考え、準備としてB号機へのペレット搬入停止を行うよう製造1課スペシャリストに提言したことを併せて報告した。	(社外) 【設備技術者から報告受け】 生産技術課長は、設備技術者から電話で、下記内容の報告を受けた。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ④B号機の通常運転への復帰 ⑧B号機へのペレット搬入停止 上記の付属情報として、B号機運転中に停止中のA号機の温度調整器と交換してしまったこと、ペレット搬出後にB号機を停止する予定との報告を受けた。 運転中の交換は不適切な作業であること、手順書違反であること、ペレット品質の確認を品質保証部と行う必要があることなどからB号機は停止するべきであると考えた。その時点でB号機の搬入停止が開始されとの理解から追加の指示はしなかった。	(出勤途上)	(社外)	(社外)	(社外)	(事務所)	(社外)	(社外)	
	10:12	36	製造1課長は第1事象判断者に電話連絡した。	(第1ガドリニア炉室) 焼結作業手順書の確認、善後策の検討。	(第1ガドリニア炉室) 【第1事象判断者に報告】 製造1課長は、第1事象判断者に電話で下記内容の事象報告を行った。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ④B号機の通常運転への復帰 上記以外の内容については、優先度が高いとは思わなかったため、報告したという明確な記憶はない。	(社外)	シフトマネージャB (巡視中:第1種管理区域)	(社外)	(社外)	(出勤途上)	(社外) 【製造1課長から報告受け】 第1事象判断者は、製造1課長から電話で下記内容の報告を受けた。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ④B号機の通常運転への復帰 通報事象未満と判断して保安検査官への連絡要と考え、製造1課長には「保安検査官への連絡が必要、そちらへ向かっている核燃料取扱主任者と相談するように」と指示した。	(社外)	(社外)	(事務所)	(社外)	(社外)	(16) 第1及び第2事象判断者は、関係者からの連絡で温度調節器の交換が通常と異なる事象であることを理解したが、より重大な事象が発生していないかとの観点で質問や追求をしなかった。 (17) 第1事象判断者は、現場へ向かっている核燃料取扱主任者に事象の確認をしてもらえばよいと考えたので、製造1課長には夜間・休日の連絡責任者であるシフトマネージャへ連絡するよう指示しなかった。
	10:16頃	37	製造1課長は製造部長に電話連絡した。	(第1ガドリニア炉室) 焼結作業手順書の確認、善後策の検討。	(第1ガドリニア炉室) 【製造部長へ報告】 製造1課長は、製造部長に電話にて下記の状況を報告した。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ④B号機の通常運転への復帰 ⑧B号機へのペレット搬入停止 ⑨第1事象判断者に報告し、保安検査官への報告指示を受けたこと 上記以外の内容については、優先度が高いとは思わなかったため、報告したという明確な記憶はない。	(社外) 【製造1課長から社外で報告受け】 製造部長は、製造1課長から電話にて下記の報告を受けた。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ④B号機の通常運転への復帰 ⑧B号機へのペレット搬入停止 ⑨第1事象判断者に報告し、保安検査官への報告指示を受けたこと 温度調節器交換が、非正常作業手順に沿って行われていないことから搬入停止措置は妥当で、B号機の運転は停止しなければならないと判断した。この打合せと保安検査官連絡後の状況を確認するため会社に出勤することにした。	シフトマネージャB (巡視中:第1種管理区域)	(社外)	(社外)	(出勤途上)	(社外)	(社外)	(社外)	(事務所)	(社外)	(社外)	

事象時系列																	
日時		No.	状況	製造部			シフトマネージャ	生産技術部		核燃料 取扱主任者	環境安全部長 (第1事象判断者)	保安管理部			連絡 責任者	社長	問題点
				製造1課 スペシャリスト	製造1課長	製造部長	(A、B、C、D)	設備技術者	生産技術課長			保安管理部長 (第2事象判断者)	チーフスペ シャリストA	チーフスペ シャリストB			
12/11 (土)	10:41頃	38	生産技術課長は核燃料取扱主任者に電話連絡した。	(第1ガドリニア炉室) 焼結作業手順書の確認、善後策の検討。	(第1ガドリニア炉室) 焼結作業手順書の確認、善後策の検討。	(出勤途上)	シフトマネージャB (巡視中:第1種管理区域)	(社外)	(社外) 【核燃料取扱主任者に連絡】 設備技術者からの報告(10:04)を受けた後、B号機を直ちに停止する必要があるのか、核燃料取扱主任者の意見を聞きたいと思い電話連絡した。その時点でB号機は通常運転に復帰していることから、核燃料取扱主任者の見解はペレット搬出後に停止することでよいとのことであったが、現場確認を行った上で判断する必要があると感じ、設備技術者にその旨指示することにした。	(出勤途上) 【生産技術課長から受信】 核燃料取扱主任者は、生産技術課長からB号機の停止方法について相談を受けた。その時点でB号機は通常運転に復帰していることから、基本的にペレット搬出後で構わないとの見解を回答したが、最終判断は、現場確認により行う必要があるため、設備技術者あるいは生産技術課長が必ず出社して自分と一緒に状況確認するよう要請した。	(社外)	(社外)	(社外)	(事務所)	(社外)	(社外)	(14) 製造1課スペシャリストは、温度調節器の故障・交換及び温度記録紙における熱的制限値付近の打点を通常と異なる事象として製造1課長に報告したので、夜間・休日の課長代行であるシフトマネージャへ報告しなかった。
			シフトマネージャが第1ガドリニア炉室を巡視した。					第1ガドリニア炉室を巡視したが、製造1課長および製造1課スペシャリストから事象の報告は受けなかった。									
	10:45頃	39	生産技術課長は設備技術者に電話して現場確認を指示した。	(第1ガドリニア炉室) 焼結作業手順書の確認、善後策の検討。	(第1ガドリニア炉室) 焼結作業手順書の確認、善後策の検討。	(出勤途上)	シフトマネージャB (巡視中:第1種管理区域)	(社外) 【生産技術課長から指示受け】 設備技術者は、生産技術課長から出勤及び核燃料取扱主任者との現場確認の指示を受け、社外を出発した。	(社外) 【設備技術者に指示】 生産技術課長は、核燃料取扱主任者との電話協議の結果を受け、ペレット搬出後の焼結炉停止方針は基本的に問題はないが、出社して核燃料取扱者と一緒に現場確認を行った上で協議、判断するように指示した。	(出社)	(社外)	(社外)	(社外)	(事務所) 核燃料取扱主任者が出社し、事象の連絡を受けた。	(社外)	(社外)	
	11:00頃	40	核燃料取扱主任者が第1ガドリニア炉室に到着し、製造1課長及び製造1課スペシャリストから事象の説明を受けた。	(第1ガドリニア炉室) 【11:07頃 核燃料取扱主任者に説明】 製造1課スペシャリストは、製造1課長と共に実際のB号機の前で、到着した核燃料取扱主任者に事象の説明を行った。 ①温度調節器異常による交換実施 ②炉内温度の約100℃低下 ③温度記録の打点の乱れと熱的制限値近辺の打点 ④B号機の通常運転への復帰 ⑧B号機へのペレット搬入停止	(第1ガドリニア炉室) 【11:07頃 核燃料取扱主任者に説明】 製造1課長は、製造1課スペシャリストと共に実際のB号機の前で、到着した核燃料取扱主任者に事象の説明を行った。 ①温度調節器異常による交換実施 ②炉内温度の約100℃低下 ③温度記録の打点の乱れと熱的制限値近辺の打点 ④B号機の通常運転への復帰 ⑧B号機へのペレット搬入停止	(出勤途上)	シフトマネージャB (事務所)	(11:10出勤、11:12管理区域入域)	(社外)	(第1ガドリニア炉室) 【11:07頃 製造1課長、同課スペシャリストから説明受け】 核燃料取扱主任者は、製造1課長及び製造1課スペシャリストから実際のB号機の前で事象の説明を受けた。 ①温度調節器異常による交換実施(故障し取り外されたB号機用温度調節器の現物確認) ②炉内温度の約100℃低下(温度記録紙の温度履歴の目視) ③温度記録の打点の乱れと熱的制限値近辺の打点(温度記録紙の温度記録の目視) ④B号機の通常運転への復帰(運転状態の目視) ⑧B号機へのペレット搬入停止(運転状態の目視) 以上の確認で、電話連絡を受けた時から懸念していた下記の点を再認識するところとなった。 (1)現場の自主判断に基づく部品交換は手順違反である (2)温度調節器交換は、設工認上の取扱いの是非を保安管理部に確認させる必要がある この時点で熱的制限値付近の打点を温度記録紙で確認したが、間もなく到着予定の設備を良く知る設備技術者に詳細確認させようと考えた。打点がぎざぎざと上下しているのは見たが、理由については分からなかった。この時点では運転状態は安定していることもあり、特に問題とは捉えず、それ以上深くは追究しなかった。過加熱防止インターロックについては考えつかなかった。	(社外)	(社外)	(社外)	(事務所) (11:11管理区域入域)	(社外)	(社外)	

事象時系列																	
日時		No.	状況	製造部			シフト マネージャ	生産技術部		核燃料 取扱主任者	環境安全部長 (第1事象判断者)	保安管理部			連絡 責任 者	社長	問題点
				製造1課 スペシャリスト	製造1課長	製造 部長	(A、B、C、D)	設備技術者	生産技 術課長			保安管理部長 (第2事象判断者)	チーフスペ シャリストA	チーフスペシャリストB			
12/11 (土)			設備技術者、保安管理部チーフスペシャリストBが第1ガドリニア炉室に到着し、製造1課スペシャリスト、製造1課長、核燃料取扱主任者と共に12:00頃まで現場の状況を確認した。	【11:15頃～ 設備技術者及び保安管理部チーフスペシャリストBに説明】 製造1課スペシャリストは、製造1課長と共に実際のB号機の前で、到着した設備技術者に事象の説明を行った。	【11:15頃～ 設備技術者及び保安管理部チーフスペシャリストBに説明】 製造1課長は、製造1課スペシャリストと共に実際のB号機の前で、到着した設備技術者に事象の説明を行った。	(社外)	シフトマネージャB (事務所)	(第1ガドリニア炉室) 【11:15頃～ 製造1課長、製造1課スペシャリストから説明受け、核燃料取扱主任者、保安管理部チーフスペシャリストBと協議】 設備技術者は、製造1課長及び製造1課スペシャリストから実際のB号機の前で事象の説明を受けた。 ①温度調節器異常による交換実施(故障し取り外されたB号機用温度調節器現物、取り付けられたA号機用温度調節器設定が正しいことの確認) ②炉内温度の約100℃低下(温度記録紙の温度履歴の目視) ③温度記録の打点の乱れと熱的制限値近辺の打点(温度記録紙の温度記録の目視) ④B号機の通常運転への復帰(運転状態の目視) ⑤B号機へのペレット搬入停止(運転状態の目視)	(社外)	(第1ガドリニア炉室) 【11:15頃 第1事象判断者から連絡受け】 第1事象判断者には、温度調節器の故障・交換が終了し、現時点でB号機が安定していることを伝えた。第1事象判断者からは状況の分かる人から昼ごろに保安検査官へ連絡するよう依頼を受けた。	(社外) 【11:15頃 核燃料取扱主任者へ連絡】 第1事象判断者は、現場に到着(11:07過ぎ)した核燃料取扱主任者から、下記の内容をあらためて聞いて通報事象未済(通常と異なる事象)であると判断したが、昼頃までに保安検査官へは連絡すべきと考え、現場の状況がわかる人から連絡するように核燃料取扱主任者へ依頼した。 ①温度調節器の故障・交換の終了 ④B号機の通常運転への復帰 尚、本通話は、最初に核燃料取扱主任者から発信されたものだが、不在着信履歴を見た第1事象判断者からかけ直す形で会話されたものである。	(社外)	(社外)	(第1ガドリニア炉室) 【11:15頃～ 製造1課長、同課スペシャリストから説明受け、設備技術者、核燃料取扱主任者と協議】 保安管理部チーフスペシャリストBは、設備技術者と共に製造1課長及び製造1課スペシャリストから実際のB号機の前で事象の説明を受けた。 ①温度調節器異常による交換実施 ②炉内温度の約100℃低下 ③温度記録の打点の乱れ ④B号機の通常運転への復帰 ⑤温度調節器の故障内容(アラーム70) ⑦社内手順書「焼結作業手順」からの当該作業の逸脱 ⑧B号機へのペレット搬入停止	(社外)	(社外)	(18) 核燃料取扱主任者は、設備技術者との協議を踏まえて熱的制限値は超過していないと判断したため、手順書の不遵守および設工認上の取扱についてのみ第1及び第2事象判断者に連絡した。 (19) 設備技術者は、焼結炉が通常通り運転され温度調節器も機能していることを確認し、また技術的見地から熱的制限値は超過していないと判断したので、詳細確認は行わず事象発生時の作業者へは後日聞き取りすることにした。 (16) 第1及び第2事象判断者は、関係者からの連絡で温度調節器の交換が通常と異なる事象であることを理解したが、より重大な事象が発生していないかとの観点で質問や追求をしなかった。 (17) 第1事象判断者は、現場へ向かっている核燃料取扱主任者に事象の確認をしてもらえばよいと考えたので、製造1課長には夜間・休日の連絡責任者であるシフトマネージャへ連絡するよう指示しなかった。
	11:15頃 ～11:30頃	41	第1事象判断者が着信記録を見て、核燃料取扱主任者へ掛け直し(核燃料取扱主任者が第1事象判断者へ電話したが不通であった)、状況のわかる人から昼頃を目処に保安検査官への連絡を依頼した。 核燃料取扱主任者は、念のため第1事象判断者へ状況を連絡した。第1事象判断者は、シフトマネージャから保安検査官へ連絡することが妥当と回答した。	①温度調節器異常による交換実施 ②炉内温度の約100℃低下 ③温度記録の打点の乱れと熱的制限値近辺の打点 ④B号機の通常運転への復帰 ⑤B号機へのペレット搬入停止	①温度調節器異常による交換実施 ②炉内温度の約100℃低下 ③温度記録の打点の乱れと熱的制限値近辺の打点 ④B号機の通常運転への復帰 ⑤B号機へのペレット搬入停止			以上の確認から、温度調節器交換プロセスに問題があったものの、その時点では焼結炉は正常運転され温度調節器も正しく機能していると判断し、以下認識を核燃料取扱主任者と共有した。 (1)自主判断による温度調節器交換は不適合であるため、B号機は停止させ機能確認等の是正措置を行う必要がある。 (2)但し、B号機の運転は正常であり、A号機から取り取り付けられた温度調節器も正しく機能しているため、停止を急ぐ必要はない。 (3)熱的制限値近辺の打点が1800℃線上にあるが、測定器である放射温度計は安全側に校正されているため、実際の温度は熱的制限値を超過していない。 温度記録が上下に大きく乱れていることについては、焼結作業手順におけるヒータ高温警報発報時の対応に従って、温度調節器の運転モードを手動にしてヒータ出力を「0」にする操作を実施した可能性があると考えたため、作業者に聞かないと分からないと感じた。過加熱防止インターロックのことを意識したかどうかの記憶は明確にはないが、背景には作業者が手動操作を行えば今回の温度記録のような打点の上下は起こり得るとの意識が強かったようである。 すでに出力されてあった警報履歴から事象発生時に作業者が行ったことを推定しようかとも考えたが、ヒータ出力の調整はログに残らないことと、様々な警報が同時に発生していたのが一見して分かったので直ちに推定不能と判断した。よって詳細な分析には踏み込まず、既に帰宅している作業者Bに後日聞き取り調査をすれば良いと考えた。 この時点では特に以下(a)(b)の問題を大きく捉え、意識が集中していたことから、熱的制限値及び過加熱防止インターロックの件についてこの後関係者との議論に浮かぶことは無かった。 (a)自主判断によるペレット成型機における基盤交換(9月)の類似事象の再発 (b)温度調節器交換の設工認申請要否を規制当局と調整している最中の交換		(第1ガドリニア炉室) 【11:30頃 第2事象判断者へ連絡】 核燃料取扱主任者は、第1事象判断者から依頼を受けた保安検査官への連絡について、適切な連絡者を相談するため、第2事象判断者へ現場から次の内容を電話連絡した。 ①温度調節器異常による交換実施 ②保安検査官への連絡者として誰が適切か(保安管理部チーフスペシャリストまたはシフトマネージャ) この結果、当日のシフトマネージャが適当との結論になった。	(社外) 【11:30頃 核燃料取扱主任者から連絡受け】 第2事象判断者は、核燃料取扱主任者から下記の連絡を受け、保安検査官への連絡者として誰が適切かについて照会を受けた。 ①温度調節器異常による交換実施 ②保安検査官への連絡者として誰が適切か(保安管理部チーフスペシャリストまたはシフトマネージャ) 今回の事象の連絡者としては、保安管理部チーフスペシャリストよりは、夜間・休日の連絡責任者であるシフトマネージャが適切であると考えたため、「保安検査官へは早めに連絡をした方がよいこと及び連絡者としては休日はシフトマネージャが連絡責任者となっているので、シフトマネージャから連絡するのが適当である。」と伝えた。	(社外)	(社外)	チーフスペシャリストBは、許認可担当者であり、昨今の部品交換に関する設工認要否の加工3社協議に自ら参画していたため、下記の点に意識が集中していた。 (1)現場の自主判断に基づく部品交換は手順違反である (2)温度調節器交換は、設工認上の取扱いの懸念がある			

事象時系列																	
日時		No.	状況	製造部			シフトマネージャ	生産技術部		核燃料 取扱主任者	環境安全部長 (第1事象判断者)	保安管理部			連絡 責任者	社長	問題点
				製造1課 スペシャリスト	製造1課長	製造 部長	(A、B、C、D)	設備技術者	生産技 術課長			保安管理部長 (第2事象判断者)	チーフスペ シャリストA	チーフスペシャリストB			
12/11 (土)	11:35頃 ～12:00頃	42	現場での事象確認後、 核燃料取扱主任者らは シフトマネージャBを現 場に呼び、事象につい て説明し、保安検査官 への報告を指示した。	(第1ガドリニア炉室)	(第1ガドリニア炉室)	(出勤 途上)	(第1ガドリニア炉室) 【11:35頃 核燃料取扱主任者か ら指示受け】 シフトマネージャBは、核燃料取 扱主任者から下記の通り保安検 査官へ電話連絡するように指示 を受けた。 (1)3時51分、ガドリニア焼結炉B 号機のゾーン1(1500℃部分)の 温度調節器が故障し、温度降下 (2)4時19分、運転継続のままA号 機の温度調節器と交換し正常復 帰 (3)B号機は調査、確認のために ペレット搬出後(約12Hr後)に停 止し、A号機立上げ予定 (4)12/14の定期巡視時に現場確 認を依頼	(第1ガドリニア炉室)	(社外)	(第1ガドリニア炉室) 【11:35頃 シフトマネージャへ指示】 核燃料取扱主任者は、シフトマネージャBを第1ガ ドリニア炉室に呼び、設備技術者、製造1課長と共 に下記の通り保安検査官へ電話連絡するように指 示した。 (1)3時51分、ガドリニア焼結炉B号機のゾーン1 (1500℃部分)の温度調節器が故障し、温度降下 (2)4時19分、運転継続のままA号機の温度調節器と 交換し正常復帰 (3)B号機は調査、確認のためにペレット搬出後(約 12Hr後)に停止し、A号機立上げ予定 (4)12/14の定期巡視時に現場確認を依頼 詳細な内容については定期巡視で保安検査官が 確認されるので、この時点では要点を連絡すれば 良いと考えたため、下記の点が電話連絡からもれ た。 ②炉内温度が約100℃低下 ③温度記録の打点の乱れと熱的制限値近辺の打 点 ⑦社内手順書「焼結作業手順」からの当該作業の 逸脱 また、その後、設備技術者および保安管理部チー フスペシャリストBと温度調節器交換に関し、設工 認上の取扱いについて話した。	(社外)	(社外)	(社外)	(第1ガドリニア炉室)	(社外)	(社外)	
				(第1ガドリニア炉室⇄第 2炉室) 【今後の対応準備開始】 製造1課スペシャリスト は、製造1課長と共に設 備技術者の助言を受け ながらA号機立上げ準 備のために下記の作業 に着手した。 (1)温度調節器予備品の 在庫確認 (2)B号機降温、A号機 立上げによる生産計画 影響確認	(第1ガドリニア炉室⇄第 2炉室) 【今後の対応準備開始】 製造1課長は、製造1課 スペシャリストと共に設 備技術者の助言を受け ながらA号機立上げ準 備のために下記の作業 に着手した。 (1)温度調節器予備品の 在庫確認 (2)B号機降温、A号機 立上げによる生産計画 影響確認		設備技術者は、製造1課長と 製造1課スペシャリストとB号機 の降温およびA号機の立上げ について話し合い、技術的支 援を行った。 また、保安管理部チーフスペ シャリストB及び核燃料取扱主 任者と保安品質上の問題に対 する対応について協議した。	核燃料取扱主任者は、設備技術者及び保安管理 部チーフスペシャリストBと保安品質上の問題に対 する対応について協議した。		保安管理部チーフスペ シャリストBは、設備技 術者と温度調節器交換 の設工認上の取扱いに ついて話した。							
				(12:22 管理区域退域)	(12:22 管理区域退域)			(12:01 管理区域退域)		(12:22 管理区域退域)							

事象時系列

日時		No.	状況	製造部			シフトマネージャ	生産技術部		核燃料 取扱主任者	環境安全部長 (第1事象判断者)	保安管理部			連絡 責任者	社長	問題点
				製造1課 スペシャリスト	製造1課長	製造部長	(A、B、C、D)	設備技術者	生産技 術課長			保安管理部長 (第2事象判断者)	チーフスペ シャリストA	チーフスペ シャリストB			
12/11 (土)	12:05頃	43	シフトマネージャが、オフサイトセンター固定電話に連絡したが、不通(留守電)。再度、電話したが不通であったため、12時40分頃再度連絡する旨の伝言メッセージを入れた。	(事務所)	(事務所)	(出勤途上)	(事務所) 【保安検査官へ連絡】 シフトマネージャBは、事象について保安検査官に電話連絡を行おうとしたが、留守番電話であったので再度連絡する旨の伝言メッセージを吹き込んだ。	(事務所)	(社外)	(事務所)	(社外)	(社外)	(社外)	(事務所)	(社外)	(社外)	
	12:20頃	44	製造部長が会社に到着し、製造1課長から状況(B号機の運転状態は安定していること、ペレットの搬入は停止していること)の報告を受けた。	(事務所)	(事務所) 【製造部長に報告】 製造1課長は会議室で、出勤してきた製造部長に下記内容の報告をした。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ④B号機の通常運転への復帰 ⑧B号機へのペレット搬入停止開始 ⑨保安検査官への報告	(事務所) 【出勤、製造1課長から報告受け】 会社に到着した製造部長は、製造1課長から下記の内容について報告を受けた。 ①温度調節器故障による交換実施 ②炉内温度が約100℃低下 ④B号機の通常運転への復帰 ⑧B号機へのペレット搬入停止開始 ⑨保安検査官への報告 B号機の温度は安定していることから手順に問題はあったが交換自体は異常なく行われたものと判断した。また搬入停止措置を行ったことも再確認したのでこれ以上の措置は必要ないと判断し、現場確認は行わなかった。	シフトマネージャB (事務所)	(事務所)	(社外)	(事務所)	(社外)	(社外)	(社外)	(事務所)	(社外)	(社外)	
	12:40頃	45	シフトマネージャBは保安検査官に電話連絡した。内容は以下の通り。「ガドリニア焼結炉B号機のゾーン1の温度調節器が故障し、警報が発報しました。4時19分にA号機の温度調節器と交換し、正常復帰しました。」	(事務所)	(事務所)	(事務所)	(事務所) 【保安検査官に電話連絡】 シフトマネージャBは保安検査官に電話し、下記の内容を口頭報告した。 (1)3時51分、ガドリニア焼結炉B号機のゾーン1(1500℃部分)の温度調節器が故障し、温度降下 (2)4時19分、運転継続のままA号機の温度調節器と交換し正常復帰 (3)B号機は調査、確認のためにペレット搬出後(約12Hr後)に停止し、A号機立上げ予定 (4)12/14の定期巡視時に現場確認を依頼	(事務所)	(社外)	(事務所)	(社外)	(社外)	(社外)	(事務所)	(社外)	(社外)	
	12:40 ～13:50頃	46	製造部長、製造1課長、製造1課スペシャリストは設備技術者及び核燃料取扱主任者と共にB号機の降温方法を検討した。 核燃料取扱主任者は製造1課長に対し、本事象を保安改善報告システムに登録するよう指示した。	(会議室) 【製造1課長から指示受け】 製造1課スペシャリストは、製造部長、製造1課長との協議の結果として、焼結炉B号機の停止はペレット搬出後とする指示を受け、作業者Cにその旨を指示した。	(会議室) 【製造部長から指示受け】 製造1課長は、製造部長、製造1課スペシャリストとの協議の結果として、焼結炉B号機の停止はペレット搬出後とする指示を受けた。	(会議室) 【製造1課長に指示】 製造部長は、B号機内に入っているペレットをどのように処理するのかについて、製造1課長及び製造1課スペシャリストと会議室で協議し、主に安全上の判断からB号機の運転停止はペレット搬出後に行うことを製造1課長に指示した。 (1)高温度のまま停止措置を取るとボートを運ぶスキッド同士の固着が発生して再運転時に搬送トラブルが発生する可能性あり。 (2)即時停止にすると焼結炉内にペレットが残留するため、冬休み中に貯蔵施設で貯蔵できなくなる。 B号機に取り付けたA号機の温度調節器は校正済みであり年1回の施設定期検査に合格しているものであること、現在B号機の運転状況は安定していることから上記の判断に至った。	シフトマネージャB (事務所)	(会議室) 【製造部長らと共に検討】 設備技術者は製造部長、製造1課長、製造1課スペシャリスト、及び核燃料取扱主任者とB号機の降温方法を検討した。	(社外)	(会議室) 【製造部長らと共に検討】 核燃料取扱主任者は製造部長、製造1課長、製造1課スペシャリスト、及び設備技術者とB号機の降温方法を検討した。 製造1課長には、本事象を保安改善報告システムに登録するよう指示した。	(社外)	(社外)	(出社)	(事務所)	(社外)	(社外)	(20) 製造1課長は、本事象を直ちに保安改善報告システムへ登録しなかった。登録は週明け2日後に行ったが、その時点で確認されていた過加熱防止インターロックの件が記述から漏れた。

事象時系列

日時		No.	状況	製造部			シフトマネージャ	生産技術部		核燃料 取扱主任者	環境安全部長 (第1事象判断者)	保安管理部			連絡 責任者	社長	問題点
				製造1課 スペシャリスト	製造1課長	製造部長	(A、B、C、D)	設備技術者	生産技 術課長			保安管理部長 (第2事象判断者)	チーフスペシャリストA	チーフスペシャリストB			
12/11 (土)	13:00過	47	シフトマネージャBは、第1事象判断者及び第1事象判断者に保安検査官へ連絡したことを電話にて報告(第1事象判断者へは不通)した。	(事務所)	(事務所)	(事務所)	(事務所) 【第2事象判断者に報告】 シフトマネージャBは、第2事象判断者に下記内容を保安検査官に連絡完了及び特にコメントは無かったことの報告を行った。 (1)3時51分、ガドリニア焼結炉B号機のゾーン1(1500℃部分)の温度調節器が故障し、温度降下 (2)4時19分、運転継続のままA号機の温度調節器と交換し正常復帰 (3)B号機は調査、確認のためにペレット搬出後(約12Hr後)に停止し、A号機立上げ予定 (4)12/14の定期巡視時に現場確認を依頼	(事務所) 設備技術者は、この頃自席で作業者Bからのメールを確認した。ヒータ電源遮断についても記載されていたが、温度調節器交換の際に発生したものと思ったため、過加熱防止インターロックについては意識しなかった。	(社外)	(事務所)	(社外) 【シフトマネージャBから報告受け】 第1事象判断者は、シフトマネージャから電話連絡を受けたが、外出中のため出られなかった。	(社外) 【シフトマネージャBから報告受け】 第2事象判断者は、シフトマネージャから、「保安検査官に事象の電話連絡をし、特に保安検査官からコメントはなかったこと」との連絡を受けた。	(事務所) 【保安管理部チーフスペシャリストBから連絡受け】 保安管理部チーフスペシャリストAは、同部チーフスペシャリストBから焼結炉B号機の温度調節器が故障し、A号機の温度調節器に取り替えられた旨の連絡を受けた。低温部であること、既に事象収束、保安検査官へも連絡済み(特にコメントなし)で、関係者も順次帰宅すると聞いたので異常とは考えなかったが、温度調節器交換作業は、不適合であり手順通りの処理・手続きがとられていないのではないかと懸念を抱いた。	(事務所) 【保安管理部チーフスペシャリストAに連絡】 保安管理部チーフスペシャリストBは、同部チーフスペシャリストAに焼結炉B号機の温度調節器が故障し、A号機の温度調節器に取り替えられた旨の連絡を行った。	(社外)	(社外)	
	13:38頃	48	第1事象判断者がシフトマネージャに電話し、保安検査官に電話連絡したことを確認した。	(事務所)	(事務所)	(事務所)	(事務所) 【第1事象判断者に報告】 シフトマネージャBは、第1事象判断者に保安検査官への連絡完了及び特にコメントは無かったことの報告を行った。	(事務所)	(社外)	(事務所)	(社外) 【シフトマネージャBに確認連絡】 第1事象判断者は、不在で電話を受けられなかったことから、シフトマネージャに電話して、保安検査官に事象の電話連絡をしたこと、この時点で特に保安検査官からコメントはなかったことを確認した。	(社外)	(事務所)	(事務所)	(社外)	(社外)	
	15:23頃	49	保安管理部チーフスペシャリストAが保安検査官からメールを受信した。	(事務所) 通常業務	(退社)	(退社)	14:45～15:00、シフトマネージャBからCに勤務交代	(退社)	(社外)	(退社)	(社外)	(社外)	(事務所) 【保安検査官からメール受信】 保安管理部チーフスペシャリストAは、保安検査官から下記に示す内容について次回巡視の際に説明するようメールで指示を受けた。 (1)事象の時系列説明 (2)温度推移と温度調節器故障中の品質面、安全面の影響 (3)温度調節器故障後の製造継続可とした判断根拠 (4)温度調節器交換作業の手順と承認手続き (5)温度調節器の定期事業者検査内容 (6)復旧作業中の安全対策 (7)A号機温度調節器を使用した理由 (8)A号機の立ち上げ時の健全性確認方法	(事務所)	(社外)	(社外)	

事象時系列

日時		No.	状況	製造部			シフト マネージャ	生産技術部		核燃料 取扱主任者	環境安全部長 (第1事象判断者)	保安管理部			連絡 責任者	社長	問題点
				製造1課 スペシャリスト	製造1課長	製造部長	(A、B、C、D)	設備技術者	生産技 術課長			保安管理部長 (第2事象判断者)	チーフスペシャリストA	チーフスペシャリス トB			
12/11 (土)	15:33頃	50	保安管理部チーフスペシャリストAが保安検査官からのメールを確認し、関係者へ送付。また、同チーフスペシャリストAが製造1課スペシャリストへ直接、時系列の整理を依頼。また、製造部長へ電話し、時系列の確認は、月曜日に実施することにした。	(事務所) 【保安管理部チーフスペシャリストAから連絡受け】 製造1課スペシャリストは、保安管理部チーフスペシャリストAから、保安検査官から事象の調査及び整理を指示されたため、月曜日に確認を行うことの連絡を受けた。	(退社)	(帰宅中) 【保安管理部チーフスペシャリストAから電話受け】 製造部長は、保安管理部チーフスペシャリストAから、保安検査官から事象の調査及び整理を指示されたため、月曜日に確認を行うことの連絡を受けた。	シフトマネージャC (事務所)	(退社)	(社外)	(退社)	(社外)	(社外)	(事務所) 【関係者に保安検査官メールを転送】 保安管理部チーフスペシャリストAは、製造部長、製造1課長を含めた関係者に保安検査官からの質問を転送し、12/13に資料準備が必要であることを連絡した。	(事務所)	(社外)	(社外)	
	20:30頃	51	作業者DはB号機のペレット搬出が完了したため降温作業を開始した。	(社外)	(社外)	(社外)	シフトマネージャC (通常業務)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	
12/12 (日)	8:38頃	52	作業者CはB号機のヒータ電源をOFFにした。	(社外)	(社外)	(社外)	シフトマネージャC (通常業務)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	
	21:00頃	53	作業者EはB号機へ窒素注入を開始した。	(社外)	(社外)	(社外)	シフトマネージャC (通常業務)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	
12/13 (月)	7:12頃	54	作業者Bは降温作業完了を確認し、B号機を完全停止させた。	(社外)	(社外)	(社外)	シフトマネージャC (通常業務)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	(社外)	

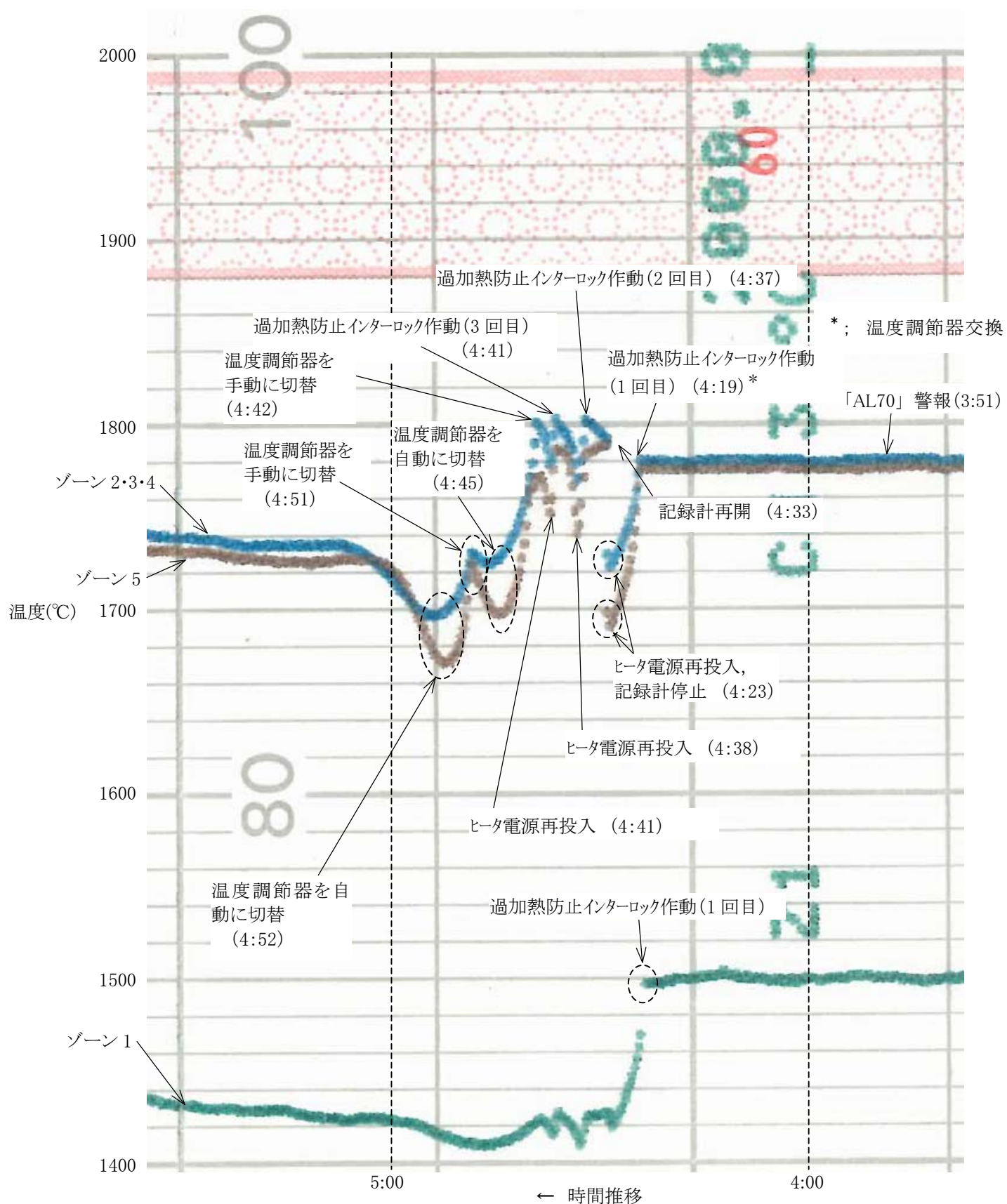
事象時系列																	
日時		No.	状況	製造部			シフト マネージャ	生産技術部		核燃料 取扱主任者	環境安全部長 (第1事象判断者)	保安管理部			連絡 責任者	社長	問題点
				製造1課 スペシャリスト	製造1課長	製造部長	(A、B、C、D)	設備技術者	生産技術課長			保安管理部長 (第2事象判断者)	チーフスペ シャリストA	チーフスペ シャリストB			
12/13 (月)	8:45頃 ～9:30頃	55	製造部長は、毎週月曜日朝に行われる社長出席の部長会で、焼結炉B号機の温度調節器が故障し交換されたこと、当日中に保安検査官に連絡されたことを報告した。	(通常業務)	(通常業務)	(会議室) 【部長会で報告】 12/11(土)にガドリニア焼結炉B号機で温度調節器が故障。事象判断者、核燃料取扱主任者、保安検査官へ連絡済み。ベレットが搬出した後、B号機を停止させA号機を立ち上げる予定。12/14(火)の保安巡視時に保安検査官へ説明の予定。	8:45～9:00、シフトマネージャCからBに勤務交代	(出張)	(会議室)	(会議室) 製造部長の報告を確認した。	(会議室) 製造部長の報告を確認した。	(会議室) 製造部長の報告を確認した。	(事務所)	(事務所)	(通常業務)	(会議室) 製造部長の報告を確認した。	
	11:00頃	56	生産技術課長は、12/11(土)に起きた事象の調査として、製造1課主任の事務所に届けられていた温度記録紙で熱的制限値付近の打点を確認した。時刻は11:00頃だったと記憶しているが、10:00前だったかもしれず確証はない。	(事務所)	(事務所)	(事務所)	(事務所)	(出張)	(事務所) 生産技術課長は、温度記録紙で熱的制限値付近の打点を確認したが1800℃を超過しているのか判断できなかった。打点を見て過加熱防止インターロックが頭をよぎったとの記憶は明確にないが、午後には翌日の保安検査官への質問回答のための関係者による準備会議が予定されていたことから、詳細については事象時系列とも照合し、その場で確認していくべきと考えた。 ヒータ電源遮断については、転送された作業者Bからのメールをこの頃に読んだと記憶しているが、過加熱防止インターロックとは結びつかなかった。	(事務所)	(事務所)	(事務所) 保安管理部長は、ヒータ電源遮断を転送されてきたメールで認識した(12/11もしくは12)が、過加熱防止インターロックとは結びつかなかった。	(事務所)	(事務所)	(事務所)	(事務所)	
	13:15 ～16:00頃	57	保安管理部長、保安管理部チーフスペシャリストA、同部チーフスペシャリストB、生産技術課長、製造部長、製造1課長、同課スペシャリスト、核燃料取扱主任者は、保安検査官からの質問の回答として、製造1課スペシャリストが作成した事象の時系列表確認を開始した。その後15:00頃、温度推移の影響を含む質問の回答作成にあたり、温度記録紙の確認を開始した。この時に初めて温度記録紙を見たのは保安管理部長、保安管理部チーフスペシャリストA、製造部長であったが、その際に保安管理部長から過加熱防止インターロック作動の懸念が出された。 生産技術課長は出張中の設備技術者へ電話し、過加熱防止インターロック作動の有無について問い合わせ、過加熱防止インターロック作動が作動する条件とその可能性を伝えられたが、警報履歴を確認しないと分からないという回答であったので、すぐ帰社することを指示した。 また、保安管理部長は、技術的な検討を実施すべく、生産技術課長、製造1課スペシャリストを伴い、別会議室に移動した。保安管理部チーフスペシャリストA、同部チーフスペシャリストB、製造部長、製造1課長、核燃料取扱主任者は、引き続き、保安検査官への回答を実施した。	(会議室) 【～15:00頃 事象時系列の説明】 製造1課スペシャリストは、製造1課長とともに同日午前に作成した事象時系列について説明した。 作業者Bは12/13(月)は夜勤にあたるため、製造1課スペシャリストは12/11(土)の夕方にあらかじめ作業者Bへメールで事象発生時の作業内容を連絡するよう指示を出しておいた。 12/13(月)朝までに作業者Bから送られてきた返信をもとに、製造1課スペシャリストは時系列表を作成した。	(会議室) 【～15:00頃 事象時系列の説明】 製造1課長は、製造1課スペシャリストとともに事象時系列について説明した。	(会議室) 【～15:00頃 事象時系列の説明受け】 製造部長は、事象時系列について説明を受け、保安検査官への回答案の検討を行った。	(事務所)	(出張中)	【～15:00頃 事象時系列の説明受け】 生産技術課長は、事象時系列について説明を受け、保安検査官への回答案の検討を行った。 【15:00前 温度記録紙到着】 生産技術課長は、部下に温度記録紙を会議室へ届けさせた。	(会議室) 【～15:00頃 事象時系列の説明受け】 14日に保安検査官質問への回答を行うにあたり、核燃料取扱主任者保安検査官への回答時に立会うこと、また13日の打合せ時点までに11日の時系列が報告されておらず今回の事象全般の詳細を入手する必要があることから、回答作成の打合せに出席した。回答作成打合せの最初の部分は時系列の説明であった。これらの時系列の確認だけでなくかなりの時間を要したと記憶している。 なお、保安管理部長及び保安管理部チーフスペシャリストAが中心となり、製造1課長及び製造1課スペシャリストの説明を聞きながら、保安管理部チーフスペシャリストがPCに入力して回答案を作成した。 ヒータ電源遮断については、会議資料の時系列表で認識したが、過加熱防止インターロックとは結びつかなかった。	(事務所)	(会議室) 【～15:00頃 事象時系列の説明受け】 保安管理部長は、事象時系列について説明を受け、保安検査官への回答案の検討を行った。 【15:00前 生産技術課長に温度記録紙準備を要請】 温度記録紙を要請した場面の明確な記憶はないが、保安検査官からの質問「ゾーン1の温度の推移(故障発生前から停止完了まで)と温度調節器故障発生中に焼結した製品の品質面を含めて、原子力安全に与えた影響について」の回答作成にあたり必要になったものと考ええる。	(会議室) 【～15:00頃 事象時系列の説明受け】 保安管理部チーフスペシャリストAは、事象時系列について説明を受け、保安検査官への回答案の検討を行った。	(事務所)	(事務所)	(事務所)	(21) 第2事象判断者は、温度記録の波形を見て過加熱防止インターロック作動の懸念を抱き、関係者との調査を開始したが、この段階では保安検査官に通報する必要があるとの判断に至らなかった。 (22) 過加熱防止インターロック作動の判断は、出張中であった設備技術者が帰社して警報履歴を解説するまで待たなければならなかった。

事象時系列																		
日時		No.	状況	製造部			シフト マネージャ	生産技術部		核燃料 取扱主任者	環境安全部長 (第1事象判断者)	保安管理部			連絡 責任者	社長	問題点	
				製造1課 スペシャリスト	製造1課長	製造部長	(A、B、C、D)	設備技術者	生産技術課長			保安管理部長 (第2事象判断者)	チーフスペ シャリストA	チーフスペ シャリストB				
12/13 (月)	16:00頃 ～21:00頃	58	保安管理部長、生産技術課長、製造1課スペシャリストは別の会議室に移動し、温度記録紙及び警報履歴の内容の検討を開始したが、警報履歴のひとつひとつの意味を把握することができなかったため、設備技術者から、過加熱防止インターロックが作動する作動する条件は聞いていたが、判断することは出来なかった。その後、18:00頃出張から帰社した設備技術者を加えて警報履歴を詳細に調査した結果、過加熱防止インターロック作動の可能性があったことを18:30頃に確認した。事象の進展がないこと、及び翌日に保安検査官への説明があることから、保安管理部長は保安検査官への報告は翌日に行うことを決定し、環境安全部長へ連絡した。環境安全部長は18:30過ぎに会社幹部宛へメールを送信し、過加熱防止インターロックが作動した可能性があるため翌朝8:00に参集する旨伝えた。保安管理部長、生産技術課長、製造1課スペシャリスト、及び設備技術者はその後引き続き、警報ログを解読して誤信号やノイズ等による誤作動の可能性を検討したが、それらの可能性は低いとの結論を得て、21:00頃、過加熱防止インターロック作動を関係者の共通認識として確信するに至った。21時過ぎ、製造1課長は本事象を保安改善報告システムに登録した。	(別の会議室に移動) 【16:00頃 インターロック作動調査開始】 製造1課スペシャリストは、保安管理部長、生産技術課長及び製造部長(途中退席)と共に温度記録と警報履歴及び時系列との照合を開始した。過加熱防止インターロックのログかと推定される警報はあったが、その他に自分たちでは解読不能なログが数多くあり、温度調節器の抜き差しの影響かとも思われたが詳細は分らなかった。そこで、それ以上の調査はやめて帰社する設備技術者を待つことにした。	(別の会議室に移動) 【16:00頃 インターロック作動調査開始】 製造部長は、保安管理部長、生産技術課長及び製造1課スペシャリストと共に温度記録と警報履歴及び時系列との照合を開始した。温度調節器交換によるノイズの影響もあるのではないかと考えていたが判別できなかった。その後、途中で別件のため退席した。	(事務所)	(出張帰社中)	(別の会議室に移動) 【16:00頃 過加熱防止インターロック作動調査開始】 生産技術課長は、保安管理部長、製造1課スペシャリスト、及び製造部長(途中退席)と共に温度記録と警報履歴及び時系列との照合を開始した。警報履歴の1つ1つの意味を把握することができなかったため、過加熱防止インターロックのログかと推定される警報はあったものの、その他にも解読不能な警報が数多くあり、また、温度調節器の抜き差しの影響により発生したものもあると推定されたため、正確なことを理解することは困難と思われた。そこで、それ以上の調査はやめて帰社する設備技術者を待つことにした。	(会議室) 核燃料取扱主任者は、製造1課長、保安管理部チーフスペシャリストAと、温度記録や警報履歴の検討以外の回答についても作成が必要であり、これにはまだ時間を要する状態であったため、温度記録に関わらない部分の回答作成に立ち会うこととした。なお、保安検査官の質問は全8項目であり、温度記録等の確認を除く7項目の検討を行っていた。	(事務所)	(別の会議室に移動) 【16:00頃 過加熱防止インターロック作動調査開始】 保安管理部長は、生産技術課長、製造1課スペシャリスト、及び製造部長(途中退席)と共に温度記録と警報履歴及び時系列との照合を開始した。警報履歴のひとつひとつの意味を把握することができなかったため、過加熱防止インターロックのログかと推定される警報はあったものの、その他にも解読不能な警報が数多くあり、また、温度調節器の抜き差しの影響により発生したものもあると推定されたため、正確なことを理解することは困難と思われた。そこで、それ以上の調査はやめて帰社する設備技術者を待つことにした。	(会議室) 保安管理部チーフスペシャリストAは、核燃料取扱主任者、製造1課長と、保安検査官質問のうち温度記録に関わらない部分の回答作成を行った。	(事務所)	(事務所)	(事務所)	(23) 第1及び第2事象判断者は、過加熱防止インターロック作動を確認したがその時点で事象の進展がないことから通常業務時間内に通報すればよいと考え、翌日に予定されていた保安検査官への説明の際に連絡すれば良いと考えた。		
				(18:00頃会社到着) 【～18:30頃 生産技術課長、保安管理部長らと検討】 設備技術者は警報履歴全てを詳細に確認した結果、放射温度計及び熱電対温度上限が連続して発生していた履歴ならびに事象時系列との照合から、当該事象は過加熱防止インターロック作動の可能性のあることを18:30頃までに確認した。	【～18:30頃 設備技術者、保安管理部長らと検討】 生産技術課長は、設備技術者と共に警報履歴全てを詳細に確認した結果、放射温度計及び熱電対温度上限が連続して発生していた履歴ならびに事象時系列との照合から、当該事象が過加熱防止インターロック作動の可能性のあることを18:30時頃までに確認した。	核燃料取扱主任者は、過加熱防止インターロックが作動した可能性があることを、保安管理部長から報告を受け、また、当該事象は加工3社の基準によると即時通報事象であるが翌14日に報告しても差し支えない事象(事象が収まっていること、焼結炉B号機は停止していること及び焼結炉A号機は立上前の状態であることから、事象の進展性のない報告事象)との判断であるとの報告を受けた。即時報告事象であっても進展しないものについては翌日報告でも良いため、14日保安検査官への回答と同時に報告しても特に問題はないと考えた。	【保安管理部長から連絡受け】 環境安全部長は、18:30頃に過加熱防止インターロックが作動した可能性があることを保安管理部長から報告を受けた。事象の進展がないことから、翌日に保安検査官に報告することとよいと考えた。	【18:30頃 生産技術課長、設備技術者らと検討し、環境安全部長に連絡】 保安管理部長は、帰社した設備技術者、生産技術課長らと過加熱防止インターロック作動の可能性を確認したため、環境安全部長に連絡した。尚、事象の進展がないこと、及び翌日保安検査官への説明があることから、報告は翌日で良いとの認識を合せて伝えた。その後、核燃料取扱主任者への同様のことを連絡した。この時点では、過加熱防止インターロックが作動する2つの警報が確認されたという事実により作動の可能性を確認したが、誤信号による可能性も残されているため、作動を確信するまでには至らなかった。社外へ報告する場合、正確な根拠が必要になると考え、推定で判断することは出来るだけ避けたかった。										
			【～21:00頃】 製造1課スペシャリストは、設備技術者らと共に警報履歴のログをひとつひとつ解読し、過加熱防止インターロック作動が誤信号等でないことの確認を継続した。その結果、誤信号等の可能性はないことを21:00頃までに確信した。	【21:00過ぎ】 製造1課長は、保安改善報告システムに本事象を登録した。ただし同日午前に入力し一時保存した内容を、この時刻にそのまま登録したため、過加熱防止インターロック作動の記述を失念していた。	【～21:00頃】 設備技術者は、生産技術課長らと共に警報履歴のログをひとつひとつ解読し、過加熱防止インターロック作動が誤信号等でないことの確認を継続した。その結果、誤信号等の可能性はないことを21:00頃までに確信した。	【～21:00頃】 生産技術課長は、設備技術者らと共に警報履歴のログをひとつひとつ解読し、過加熱防止インターロック作動が誤信号等でないことの確認を継続した。その結果、誤信号等の可能性はないことを21:00頃までに確信した。				【～21:00頃】 保安管理部長は、設備技術者らと共に警報履歴のログをひとつひとつ解読し、過加熱防止インターロック作動が誤信号等でないことの確認を継続した。その結果、誤信号等の可能性はないことを21:00頃までに確信した。								

事象時系列																	
日時		No.	状況	製造部			シフト マネージャ (A、B、C、D)	生産技術部		核燃料 取扱主任者	環境安全部長 (第1事象判断者)	保安管理部			連絡 責任者	社長	問題点
				製造1課 スペシャリスト	製造1課長	製造部長		設備技術者	生産技術課長			保安管理部長 (第2事象判断者)	チーフスペ シャリストA	チーフスペ シャリストB			
12/14 (火)	8:00 ～9:00頃	59	保安管理部長が、社長、保安管理責任者、核燃料取扱主任者、製造部長、環境安全部長他幹部に今回の事象を説明し、即時通報事象に該当することを報告した。	(通常業務)	(通常業務)	(会議室)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(会議室)	(会議室) 【社長はじめ幹部に報告】 第1事象判断者(環境安全部長)は、過加熱防止インターロック作動は、即時報告事象に該当することを報告した。	(会議室) 【社長はじめ幹部に報告】 保安管理部長は、社長他幹部に、事象時系列、警報履歴及び温度記録を見せて過加熱防止インターロックが作動したことを報告した。	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(会議室) 【環境安全部長、保安管理部長から説明受け】 社長は、保安管理部長の説明及び環境安全部長の判断から即時報告事象であることを確認した。	
	9:20 ～10:00頃	60	GNF-J会議室において、12/11の発生事象を原子力保安検査官に説明した。	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(会議室) 同席	(会議室) 同席	(会議室) 【保安検査官へ報告】 保安管理部長は、保安検査官に、質問回答書の中で過加熱防止インターロックが作動したことを説明。この後、防災課へ連絡することを伝えた。	(会議室) 同席	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	
	10:00 ～12:15頃	61	原子力保安検査官が、第2安全管理室及び会議室において、排気筒ダストモニタ及びモニタリングポストの値に異常がないことを確認した。	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(保安検査官に同行)	(通常業務)	(通常業務)	(保安検査官に同行)		(通常業務)	(通常業務)	
	11:38頃	62	連絡責任者が、原子力防災課に即時通報(第1報)のFAX送信した。	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(保安検査官に同行)	(通常業務)	(通常業務)	(保安検査官に同行)	(通常業務)	(事務所) 【連絡責任者から原子力防災課へ連絡】	(通常業務)	(24) 第1及び第2事象判断者は、熱的制限値に係る法令報告の判断に時間を要したため、原子力防災課への通報が遅れた。
	14:55頃	63	第2事象判断者が、本事象が法令報告に該当すると確認したことを原子力防災課へ連絡した。	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(保安検査官に同行)	(通常業務)	(事務所) 【原子力防災課へ連絡】	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	
	15:24頃	64	連絡責任者が、原子力防災課に法令報告(第2報)のFAX送信した。	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(保安検査官に同行)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(通常業務)	(事務所) 【連絡責任者から原子力防災課へ連絡】	(通常業務)	

添付資料 3

温度記録紙の抜粋



状態	発生時間	復帰時間	名称	警報継続時間
OFF	2010/12/11 04:27	2010/12/11 04:29	B 炉 Zone3 温度 L	0000:02
OFF	2010/12/11 04:27	2010/12/11 04:30	B 炉 Zone5 温度 L	0000:03
OFF	2010/12/11 04:27	2010/12/11 04:29	B 炉 P.H ヒータ左断線	0000:02
OFF	2010/12/11 04:27	2010/12/11 04:29	B 炉 Zone5 ヒータ左断線	0000:02
OFF	2010/12/11 04:27	2010/12/11 04:29	B 炉 Zone3 ヒータ左断線	0000:02
OFF	2010/12/11 04:27	2010/12/11 04:29	B 炉 Zone2 ヒータ左断線	0000:02
OFF	2010/12/11 04:27	2010/12/11 04:29	B 炉 B.O ヒータ左断線	0000:02
OFF	2010/12/11 04:27	2010/12/11 04:29	B 炉 B.O ヒータ右断線	0000:02
OFF	2010/12/11 04:27	2010/12/11 04:29	B 炉 Zone4 ヒータ右断線	0000:02
OFF	2010/12/11 04:24	2010/12/11 04:25	B 炉 P.H 温度 H	0000:01
OFF	2010/12/11 04:24	2010/12/11 04:24	B 炉 P.H 偏差異常	0000:00
OFF	2010/12/11 04:23	2010/12/11 04:24	B 炉 P.H 偏差異常	0000:01
OFF	2010/12/11 04:23	2010/12/11 04:23	B 炉 Zone5 ヒータ電流	0000:00
OFF	2010/12/11 04:22	2010/12/11 04:23	B 炉 Zone1 ヒータ左断線	0000:01
OFF	2010/12/11 04:22	2010/12/11 04:23	B 炉 Zone1 ヒータ右断線	0000:01
OFF	2010/12/11 04:22	2010/12/11 04:23	B 炉 Zone2 ヒータ左断線	0000:01
OFF	2010/12/11 04:21	2010/12/11 04:23	B 炉 P.H 温度 L	0000:02
OFF	2010/12/11 04:21	2010/12/11 04:24	B 炉 B.O 温度 L	0000:03
OFF	2010/12/11 04:21	2010/12/11 04:24	B 炉 Zone3 温度 L	0000:03
OFF	2010/12/11 04:20	2010/12/11 04:21	B 炉 Zone2 ヒータ左断線	0000:01
OFF	2010/12/11 04:20	2010/12/11 04:23	B 炉 Zone1 温度 L	0000:03
OFF	2010/12/11 04:20	2010/12/11 04:24	B 炉 Zone5 温度 L	0000:04
OFF	2010/12/11 04:20	2010/12/11 04:23	B 炉 P.H ヒータ左断線	0000:03
OFF	2010/12/11 04:20	2010/12/11 04:20	B 炉 Zone2 ヒータ左断線	0000:00
OFF	2010/12/11 04:20	2010/12/11 04:23	B 炉 Zone4 ヒータ右断線	0000:03
OFF	2010/12/11 04:20	2010/12/11 04:23	B 炉 Zone3 ヒータ左断線	0000:03
OFF	2010/12/11 04:20	2010/12/11 04:23	B 炉 Zone5 ヒータ左断線	0000:03
OFF	2010/12/11 04:20	2010/12/11 04:23	B 炉 B.O ヒータ左断線	0000:03
OFF	2010/12/11 04:20	2010/12/11 04:23	B 炉 B.O ヒータ右断線	0000:03
OFF	2010/12/11 04:19	2010/12/11 04:19	B 炉 Zone1 T/C 断線	0000:00
OFF	2010/12/11 04:19	2010/12/11 04:19	B 炉 Zone1 偏差異常	0000:00
OFF	2010/12/11 04:19	2010/12/11 04:19	B 炉 Zone1 TC 上限	0000:00
OFF	2010/12/11 04:19	2010/12/11 04:20	B 炉 Zone1 温度 H	0000:01
OFF	2010/12/11 04:19	2010/12/11 04:20	B 炉 Zone1 ヒータ右断線	0000:01
OFF	2010/12/11 04:19	2010/12/11 04:20	B 炉 Zone1 ヒータ左断線	0000:01
OFF	2010/12/11 04:19	2010/12/11 04:19	B 炉 Zone1 偏差異常	0000:00
OFF	2010/12/11 04:19	2010/12/11 04:19	B 炉 Zone1 温度 H	0000:00
正常	2010/12/11 03:51	2010/12/11 04:21	B 炉 Zone1 調節計異常	0000:30

ヒータ電源投入 (4時29分)

注3

炉内雰囲気排出装置

ヒータ電源遮断 (4時27分)

注4

ヒータ電源投入 (4時23分)

注3, 注8

 過加熱防止インターロック作動
(1回目) (4時19分)

注2

「AL70」警報 注1

警報種類	警報内容
調節計異常	温度調節器本体に異常発生
温度 H	放射温度計温度が過加熱防止設定値以上
温度 L	放射温度計温度が管理温度の下限以下
TC 上限	熱電対温度が過加熱防止設定値以上
T/C 断線	熱電対が断線状態
ヒータ断線	ヒータ電流が 1A 以下
偏差異常	熱電対と放射温度計の温度差が温度管理値以上
昇降温 SP 下	昇降温中において、管理温度の下限以下
電流	ヒータ電流値が管理値以上

警報履歴 (2/2)

警報履歴	状態	発生時間	復帰時間	名称	警報継続時間	1 頁
	OFF	2010/12/11 04:55	2010/12/11 04:56	B炉 Zone3昇降温SP下	0000:01	
	OFF	2010/12/11 04:54	2010/12/11 04:57	B炉 Zone3温度L		
	OFF	2010/12/11 04:52	2010/12/11 04:57	B炉 Zone5昇降温SP下	0000:05	温度調節器を自動に切替 (4時52分) 注6
	OFF	2010/12/11 04:50	2010/12/11 04:51	B炉 Zone5温度L		温度調節器を手動に切替 (4時51分) 注7
	OFF	2010/12/11 04:47	2010/12/11 04:50	B炉 Zone3昇降温SP下		温度調節器を自動に切替 (4時45分) 注6
	OFF	2010/12/11 04:47	2010/12/11 04:51	B炉 Zone3温度L		
	OFF	2010/12/11 04:45	2010/12/11 04:50	B炉 Zone5昇降温SP下	0000:05	温度調節器を手動に切替 (4時42分) 注5
	OFF	2010/12/11 04:45	2010/12/11 04:50	B炉 Zone5温度L		
	OFF	2010/12/11 04:43	2010/12/11 04:43	B炉 Zone5温度H	0000:00	
	OFF	2010/12/11 04:42	2010/12/11 04:43	B炉 Zone3温度H	0000:01	
	OFF	2010/12/11 04:41	2010/12/11 04:41	B炉 Zone5ヒータ左断線	0000:00	ヒータ電源投入 (4時41分)
	OFF	2010/12/11 04:41	2010/12/11 04:41	B炉 Zone4ヒータ右断線	0000:00	注3
	OFF	2010/12/11 04:41	2010/12/11 04:41	B炉 Zone3ヒータ左断線	0000:00	
	OFF	2010/12/11 04:41	2010/12/11 04:41	B炉 Zone1温度L	0000:00	過加熱防止インターロック作動
	OFF	2010/12/11 04:41	2010/12/11 04:41	B炉 B.Oヒータ左断線	0000:00	(3回目) (4時41分)
	OFF	2010/12/11 04:41	2010/12/11 04:41	B炉 B.Oヒータ右断線	0000:00	
	OFF	2010/12/11 04:41	2010/12/11 04:41	B炉 Zone2ヒータ左断線	0000:00	
	OFF	2010/12/11 04:41	2010/12/11 04:41	B炉 Zone3TC上限	0000:00	
	OFF	2010/12/11 04:39	2010/12/11 04:41	B炉 Zone3温度H	0000:02	ヒータ電源投入 (4時38分)
	OFF	2010/12/11 04:38	2010/12/11 04:38	B炉 Zone5温度L	0000:00	注3
	OFF	2010/12/11 04:37	2010/12/11 04:38	B炉 Zone5ヒータ左断線	0000:01	
	OFF	2010/12/11 04:37	2010/12/11 04:38	B炉 Zone3ヒータ左断線	0000:01	
	OFF	2010/12/11 04:37	2010/12/11 04:38	B炉 B.Oヒータ左断線	0000:01	過加熱防止インターロック作動
	OFF	2010/12/11 04:37	2010/12/11 04:38	B炉 B.Oヒータ右断線	0000:01	(2回目) (4時37分)
	OFF	2010/12/11 04:37	2010/12/11 04:38	B炉 Zone4ヒータ右断線	0000:01	注2
	OFF	2010/12/11 04:37	2010/12/11 04:37	B炉 Zone2ヒータ左断線	0000:01	
	OFF	2010/12/11 04:37	2010/12/11 04:37	B炉 Zone3TC上限	0000:00	
	OFF	2010/12/11 04:35	2010/12/11 04:37	B炉 Zone3温度H	0000:02	
	OFF	2010/12/11 04:30	2010/12/11 04:31	B炉 Zone5ヒータ左電流	0000:01	ヒータ電源投入 (4時30分)
	OFF	2010/12/11 04:30	2010/12/11 04:31	B炉 Zone5温度L	0000:01	注3、注8
	OFF	2010/12/11 04:30	2010/12/11 04:30	B炉 Zone5ヒータ左断線	0000:00	
	OFF	2010/12/11 04:30	2010/12/11 04:30	B炉 B.Oヒータ左断線	0000:00	炉内雰囲気排出装置
	OFF	2010/12/11 04:30	2010/12/11 04:30	B炉 B.Oヒータ右断線	0000:00	ヒータ電源遮断 (4時30分)
	OFF	2010/12/11 04:30	2010/12/11 04:30	B炉 Zone4ヒータ右断線	0000:00	注4
	OFF	2010/12/11 04:30	2010/12/11 04:30	B炉 Zone3ヒータ左断線	0000:00	
	OFF	2010/12/11 04:30	2010/12/11 04:30	B炉 Zone2ヒータ左断線	0000:00	
	OFF	2010/12/11 04:29	2010/12/11 04:29	B炉 Zone5ヒータ左電流	0000:00	ヒータ電源投入 (4時29分)
	OFF	2010/12/11 04:29	2010/12/11 04:29	B炉 P.H温度L	0000:00	注8
	OFF	2010/12/11 04:28	2010/12/11 04:29	B炉 B.ON温度L	0000:01	

注1：AL70は温度調節器の故障警報の一種であり、警報履歴には「調節計異常」と表示される
注2：「温度H」と「TC上限」の警報の重畳は過加熱防止インターロック作動を意味するので、ヒータ電源が遮断されたことがわかる
注3：「ヒータ断線」警報が復帰したことはヒータに電流が流れ出したことを意味するため、ヒータ電源が投入されたことがわかる
注4：「ヒータ断線」は電源が遮断したことを意味するが、注2の過加熱防止インターロック作動警報が発生していないので、電源が遮断された原因は炉内雰囲気排出装置の過昇温防止電源遮断回路が作動したことがわかる
注5：「温度H」警報の復帰は電流の停止を意味し、過加熱防止インターロック等の作動がないことから、手動切換で出力を下げたことがわかる
注6：「昇降温SP下」は自動モード中の警報であることと、「温度L」等の警報が発生後復帰していることから自動昇温過程に入ったことがわかる
注7：4時45分と4時52分に自動モードに切り替えていることから、その間に手動モードに切り替えられたことが推定できる
注8：「電流」警報の発生は、ヒータ電源投入時に警報設定値以上の大電流が流れたことを傍証している

添付資料 5

火災・爆発防止に対する影響評価

ガドリニア焼結炉 B 号機の炉内温度が、保安規定における熱的制限値である 1800℃を超過した場合に、焼結炉の安全性に影響を与える可能性がある次の 5 項目について評価する。なお、本評価では、別紙 5-1 に記載するように、過加熱防止インターロック作動時の炉内温度は、熱電対の使用前の誤差温度や計器誤差等を踏まえても、熱的制限値を有する設備の管理対象温度である放射温度計温度の過加熱防止インターロック作動時の推定値である約 1805℃を超えないことから、これを包含する評価として、1810℃まで焼結炉が昇温された場合の焼結炉の健全性について評価する。参考のためガドリニア焼結炉 B 号機の側面図と断面図を図 1 に示す。

①耐火レンガに与える影響

ガドリニア焼結炉 B 号機の内部に使用している耐火レンガは、最高使用温度 1870℃のものであるため、耐火レンガが損傷する等の影響はない。

また、焼結炉内の耐火レンガは加熱ヒータ直近に配置されているため、急激な温度変化を受けることになる。温度記録紙上の打点から、温度調節器交換後の最大の温度変動幅は約 1690℃から約 1790℃（温度幅は約 100℃）である。これに対し、耐火レンガの材質であるアルミナの耐熱衝撃性は、急冷強度測定結果から 170℃～330℃とされており^{注1)}、仮に上記温度変化が瞬時に発生していた場合であってもアルミナ製の耐火レンガに破損は生じなかったと言える。

注 1) “ファインセラミックスの構造と物性”、荒井康夫、他、技報堂出版（2004）p. 126

②循環水への影響

ガドリニア焼結炉 B 号機は、焼結炉本体を冷却するため、外側に冷却水が循環する構造（側壁に水冷ジャケットを有する構造）となっている。この温度は、入口側では約 20℃及び冷却水ジャケット内で水温は 60℃以下になるよう管理されている。当該焼結炉の運転温度である 1780℃時の水温が 60℃であると仮定すると、1780℃と 1810℃の伝熱量の比が約 1.02 であることから、1810℃時の出口側の冷却水温度は、約 60.8℃（ $40℃ \times 0.02 + 60℃$ ）となり、沸点より十分低い。また、水温上昇は $40℃ \times 0.02 = 0.8℃$ と軽微な上昇であるため、水冷ジャケットに設置されているヒータ端子部のシール材（耐熱温度：180℃）も健全である。

③天井蓋等シール材への影響

ガドリニア焼結炉 B 号機は②に記載したとおり水冷ジャケットを有する構造であるが、

焼結炉加熱部本体と天井蓋はシール材を介して直接接続されている。焼結炉内温度の上昇に伴う焼結炉天井蓋の温度上昇は、焼結炉内部に使用されている耐火レンガの断熱効果により、焼結炉内の上昇よりも緩やかである。この温度勾配は、焼結炉B号機における過去の実測値（焼結炉の天井部外表面）から、焼結炉内温度の1℃上昇により水冷ジャケットが無い部分の外表面は0.21℃上昇するという結果が得られている。この結果から、焼結炉内温度が1810℃まで上昇する場合、約7℃（ $(1810-1780^{\circ}\text{C}) \times 0.21 \div 7^{\circ}\text{C}$ ）上昇することになり、水冷ジャケットが無い部分の外表面温度は、305℃（1780℃での最高温度である298℃から7℃の上昇）となる。当該焼結炉の天井蓋に使用されているシール材や天井蓋に挿入されている熱電対のソケットのシール材耐熱温度（400℃）は、外表面温度に比べ十分高いため、温度上昇によるシール材の熱的劣化の影響はない。

④焼結炉本体への影響

ガドリニア焼結炉B号機は、焼結炉本体とこれにフランジ接続されている予備加熱部及び除冷部から構成されている（いずれもアンカーボルトにて据付されている）。温度上昇に伴い、焼結炉本体が膨張した場合における、フランジ接続部に使用されているシール材（シリコンゴム）への影響を評価する。

焼結炉本体は炭素鋼製であり、長さ約3100mmのうち水冷ジャケットが無い部分の長さは約680mmである。通常の運転温度（1780℃）から1810℃まで上昇した場合、水冷ジャケットが無い部分の温度上昇は、③より最大で約7℃である。また、炭素鋼の線熱膨張係数は $10.8 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ であるため、水冷ジャケットが無い部分全域が7℃温度上昇したとしても、焼結炉本体の伸びは、約0.05mm（ $680\text{mm} \times 10.8 \times 10^{-6} \text{K}^{-1} \times 7$ ）である。2箇所のフランジに使用されているシリコンゴムは、各々締め付け前8mmの厚さが締め付け後は約6mm（1780℃における実測値）になっており、約0.05mmの膨張の影響は無視できる。

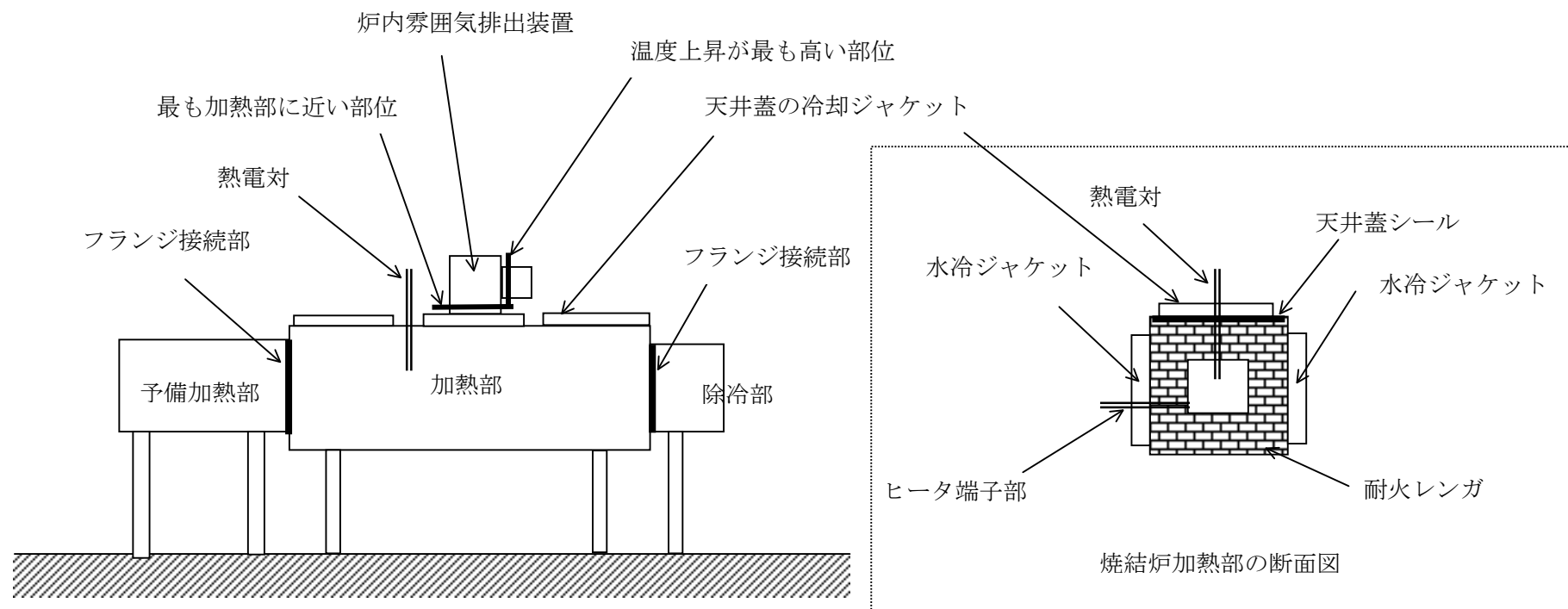
⑤排ガス温度の上昇

焼結炉本体から水素を排出しているため、焼結炉内の温度が上昇すると排出部（炉内雰囲気排出装置）の水素温度が上昇し、そこに使用されているシール材への影響がある。

当該焼結炉の排出部温度の実測値により、焼結炉内の温度を950℃から1780℃に昇温した場合は、最も焼結炉本体の加熱部に近い部分で約22℃（39℃から61℃）の上昇、最も温度上昇が高かった部分で63℃（41℃から104℃）であったため、これを1810℃まで外挿するとそれぞれ約62℃、107℃まで上昇することとなる。ここに使用されているシール材の耐熱温度は、それぞれ180℃及び650℃であるため、温度上昇によるシール材の熱的劣化の影響はない。

また、ガドリニア焼結炉B号機の停止操作においては、停止を判断する時点でガドリニア焼結炉B号機の運転状況は安定しており即時停止する緊急性はないこと、即時停止を行

った場合には急激な温度低下による耐火レンガへの熱負荷が大きいこと、炉内に残存するペレットの保管上の問題が生じること及び再立上げ時に搬送トラブルの懸念があることから、社内手順書「焼結手順」に従って、ペレット搬出後に12月11日(土)20時30分頃から温度を監視しながら降温が行われ、12月13日(月)7時12分頃に安全に停止(通常停止)させている。



焼結炉の側面図

— : シール材

図 1. ガドリニア焼結炉 B 号機の側面図及び断面図

熱電対と放射温度計の管理並びに過加熱防止インターロック作動時の炉内温度

(1) タングステン・レニウム熱電対の管理方法

ガドリニア焼結炉 B 号機のゾーン 2・3・4 は、運転設定値が 1780℃であり、また、焼結炉の雰囲気は水素ガスという還元雰囲気であるため、そのような条件下での使用が可能な、タングステン・レニウム熱電対 (W-5%Re/W-26%Re : W を 5%含む Re 合金線と、W を 26%含む Re 合金線を接合した熱電対。以下、W-Re 熱電対と呼ぶ。) という米国材料試験協会 (ASTM) 規格の熱電対を使用している。

この W-Re 熱電対の品質は、メーカーにおいて、同一ロットの熱電対の製造に使用された W-Re 素線 (試験サンプル) を使用し、米国標準研究所 (NIST) から提供される標準器で校正された参照標準熱電対と同一ロットの常用参照標準熱電対とともに校正炉で加熱して、常用参照標準熱電対の示す温度からのずれ (誤差温度) が許容値 (測定温度の ± 1 %) 以内であることを確認している。

当社では熱電対の校正有効期間を 1 年として管理しているが、W-Re 熱電対については、社内に校正用設備が無く、また、高温下で使用した W-Re 熱電対は脆弱となり、社外に搬送して再校正を行なうことが困難であるため、1 年毎にメーカーの校正証明書付きの熱電対を新規に購入して交換するという管理を行っている。

(2) 放射温度計の管理方法

焼結炉は低温ゾーンを除いて、各ゾーンの炉内温度を熱電対と放射温度計で計測している。放射温度計は、物体の表面温度と物体が放射する光のエネルギーとの間に一定の関係があることを利用して、物体が放射する光のエネルギーを測定して温度を求めるものであり、非接触式であることから経年劣化が少ないという特徴を有する。物体からの光の放射率は、物体の材質や表面状態にも依存するため、通常は信頼性の高い別の温度計で物体の温度を測定して、その温度と放射温度計が同じ値を示すように、放射温度計の放射率の調整を行なう。この調整は添付資料 19 - 4 に示す手順書で規定しており、以下の内容となっている。

- ①新規購入時の熱電対で炉内温度を計測し、当該熱電対の校正証明書に記載された誤差温度を差し引いた温度を求める。
- ②当該熱電対近傍の焼結炉内の耐火レンガの表面を放射温度計で観測し、その値が
 - ①で求めた温度の +10℃～-0℃の範囲にあることを確認し、必要ならばその範囲内となるように放射率を調整する。

なお、放射温度計の校正有効期間は、熱電対と同様に 1 年として管理しており、放射温度計の放射率は、熱電対の交換の都度確認・調整を行なっている。なお、焼結炉内の耐火レンガの表面状態は、着色を含めて耐火レンガの交換周期である 2～3 年の間には殆ど変化がなく、放射温度計用視窓は、年 3 回清掃を行っている。

(3) ガドリニア焼結炉B号機のゾーン2・3・4に装着されていた熱電対と放射温度計

ガドリニア焼結炉B号機のゾーン2・3・4で今回使用していた熱電対は、平成22年5月に購入して保管していたものを、7月30日に社内で計測器として登録してからゾーン2・3・4に装着したものであり、7月31日から昇温を開始して、炉内温度が運転設定値に到達した8月2日に、(2)で述べた手順で放射温度計の放射率確認を行った。その時点での熱電対と放射温度計の指示値等は次の通りであった。

①メーカーから提出された校正証明書に記載された、1800℃における熱電対の誤差温度は9.62℃であった。

②熱電対の指示値は約1782℃であり、放射温度計の指示値は約1780℃であった。

これらのことから、上述のNISTの標準器で校正計測を行なったとした場合の仮想的温度を校正温度と呼ぶと、この放射率確認を行った時の炉内校正温度は、約1772℃であったと推定され、放射温度計の指示値はこの時の校正温度よりも約8℃高めに指示していたことになる。

(4) 過加熱防止インターロック作動時の炉内温度の状況

ガドリニア焼結炉B号機のゾーン2・3・4の熱電対と放射温度計の温度のデジタル値は、1時間毎に監視用パソコンに記録されており、急昇温事象の直近の平成22年12月11日4時00分の温度値は、熱電対が1769℃で放射温度計が1779℃であり、熱電対は放射温度計温度よりも10℃低い値を示す状態となっていた。これは、熱電対の合金成分の蒸発による成分比率の変化によって、8月に装着された時よりも約12℃温度を低く示すようになっていたことによるものと考えられる。従って、4時37分頃に過加熱防止インターロックが作動した後、ヒータ電源が再投入されて炉内温度が急昇した際、まず放射温度計の温度が過加熱防止設定値(1795℃)に到達し、次に熱電対温度が過加熱防止設定値に到達したと考えられ、熱電対温度が過加熱防止設定値に到達した時には、熱的制限値を有する設備の管理対象温度としている放射温度計温度は約1805℃に到達していたと推定される。

なお、温度記録計に記録されている放射温度計の温度打点は、1800℃の線かその少し上側に打点されているのが最も高い打点であるが、これは、温度記録計の打点記録ペンが1本で各ゾーンの温度を順に約15秒間隔で打点するため、過加熱防止インターロック作動直前のゾーン2・3・4の温度打点が1800℃あるいはそれより少し高い温度であった時に打点され、次の打点が行われる前にヒータ電源が遮断されて温度が低下したためと考えられる。

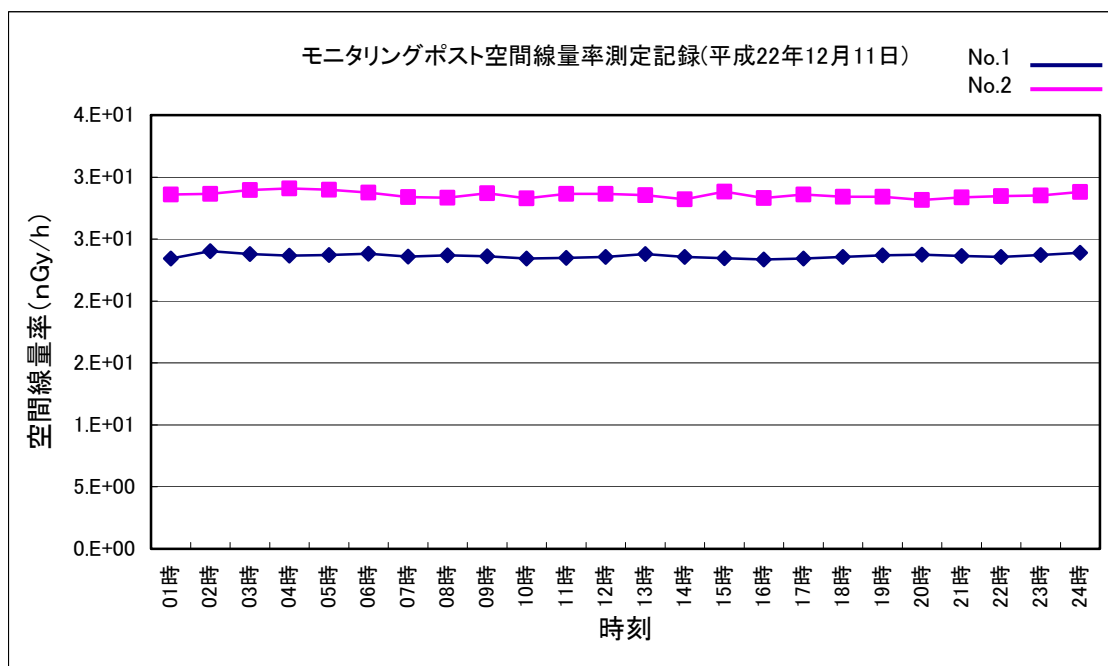
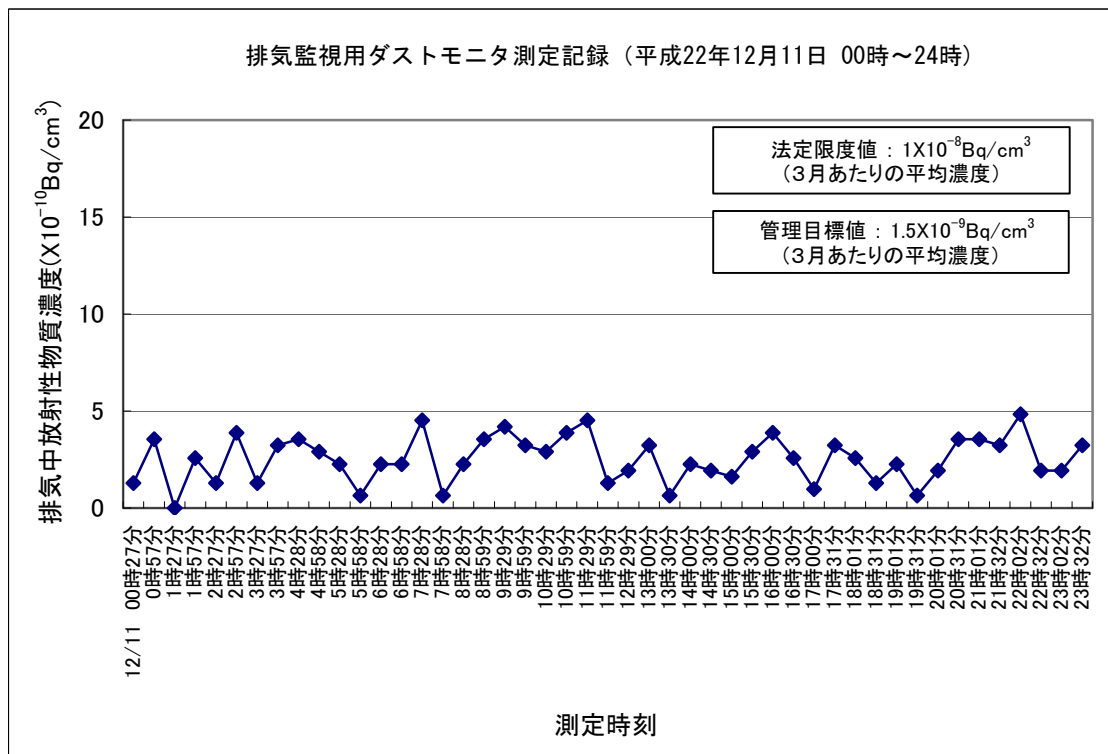
計測器の信号変換処理精度を含めた放射温度計指示値の不確かさは、1800℃において±約7℃であり、通常運転時には温度調節機能が放射温度計の指示値を1780℃に保つようにヒータ出力制御を行なって炉内温度を調整していることを考慮すると、放射

温度計指示値よりも約 8℃低いと推定した実際の炉内温度が±約 7℃の不確かさを有していることになる。従って、過加熱防止インターロック作動後の急昇温で、放射温度計の指示値が 1805℃に到達した時の炉内温度は、 $1797^{\circ}\text{C} \pm 7^{\circ}\text{C}$ の範囲（約 1790℃～約 1804℃）にあったと推定される。

以上から、過加熱防止インターロック作動時の炉内温度は、熱電対の使用前の誤差温度や計器誤差等を踏まえても、熱的制限値を有する設備の管理対象温度である放射温度計温度の過加熱防止インターロック作動時の推定値である約 1805℃を超えていないと考えられる。

排気監視用ダストモニタ及びモニタリングポストの測定結果

事象発生日（平成 22 年 12 月 11 日 0 時～24 時）の周辺環境への影響に関する測定結果を示す。排気中放射性物質濃度を連続測定、監視を行っている排気監視用ダストモニタの測定記録、及び屋外の敷地境界付近で空間線量率を監視しているモニタリングポスト（2ヶ所、No. 1 及び No. 2）の測定記録に有意な変動はなかった。



注) 温度調節器の故障警報発報は 3 時 51 分、警報解除は 4 時 57 分。

添付資料 7

焼結炉の熱的制限値の変遷

焼結炉内はペレットの酸化防止のために水素雰囲気としており、水素による火災・爆発防止のため、焼結炉内で使用する耐火レンガの最高使用温度を下回る温度に熱的制限値を設定している。

現在の保安規定における熱的制限値である 1800℃は、耐火レンガの最高使用温度が 1815℃であり、焼結炉の運転温度が約 1750℃であった創業時の事業許可（昭和 43 年 8 月 30 日付け許可）において設定された値である。

従来、当社で燃料体の製造に使用してきた二酸化ウラン粉末は、その焼結性が高いため、目標焼結密度を持つペレットを製造するためには、1750℃程度で焼結すれば十分であった。しかし、焼結性が低い二酸化ウラン粉末を近年使用し始めたこと、並びに原子力発電所での燃焼効率向上を目的とした燃料仕様変更によるペレット密度増加に伴い、より高温での焼結炉の運転が必要となった。

一方、耐火レンガの最高使用温度は、近年では技術の進歩で 1870℃まで向上している。次頁に耐火レンガの製造元の仕様書を示す。当社においても平成 14 年の事業許可変更許可申請（平成 15 年 4 月 21 日付け許可）にて、上記の焼結炉運転温度の高温化の可能性に対応し、熱的制限値と運転温度の間に裕度を持たせるため、熱的制限値を 1850℃に変更した。

これに伴い、当社の焼結炉に使用している耐火レンガは、定期交換または設備の更新により最高使用温度が 1870℃のものに順次交換されてきた。ガドリニア焼結炉 B 号機の耐火レンガも、平成 20 年 5 月に最高使用温度が 1870℃のものに交換されていた。

しかし、全ての焼結炉について耐火レンガの最高使用温度が 1870℃となったのは、平成 22 年 11 月（ウラン焼結炉 2 3 号機）であり、その後、保安規定の変更により熱的制限値を 1850℃とする予定であったが、熱的制限値は、従前の 1800℃となっている。

耐火レンガの仕様

TECHNICAL BULLETIN

The Alundum 199 composition was formulated for use as structural members in Hydrogen atmosphere furnaces. "199" has excellent strength and contains only traces of tramp oxides which can pollute dry, high temperature furnaces.

Alundum 199 is used to manufacture brick and kiln furniture shapes with sections typically greater than 3/4" thick. For thinner sections, please refer to the AN/AH/AS199 data sheet.

	AN199	AH199	AS199
Typical Chemical Analysis (%)			
Al ₂ O ₃	99.55	99.55	99.55
SiO ₂	0.07	0.07	0.07
Fe ₂ O ₃	0.09	0.09	0.09
K ₂ O & Na ₂ O	0.25	0.25	0.25
Other Oxides	0.04	0.04	0.04
Maximum Use Temperature			
°C	1870	1870	1870
°F	3400	3400	3400
Bulk Density (g/cc)	3.2	3.2	3.2
Apparent Porosity (%)	20	20	20
Modulus of Elasticity (GPa)	96	117	128
Modulus of Rupture (psi)			
20°C (68°F)	2100	3500	4500
1250°C (2280°F)	1400	2600	3000
1450°C (2640°F)	400	1000	1100
Crushing Strength (psi)	7,800	10,000	14,000
Linear Thermal Expansion per °C (30-1500°C)	8.4 x 10 ⁻⁶	8.4 x 10 ⁻⁶	8.4 x 10 ⁻⁶
Thermal Conductivity			
1200°C (2200°F) Btu-in/F ² -h-°F	16	16	16
Compressive Creep From ASTM C832			
1700°C (3100°F) 0.35 MPa (50psi)	--	135 μm/hr (0.005 in/hr)	--

添付資料 8

ガドリニア焼結炉 B 号機の温度制御系

ガドリニア焼結炉 B 号機において、温度制御に関わる機器、及び温度制御機能、警報機能、電源遮断機能は以下のとおりである。

1. 機器

ガドリニア焼結炉 B 号機の加熱ゾーンの構成を図 1 に、温度制御系ブロック図を図 2 に示す。温度制御に関わる機器は以下のとおりである。

(1) 熱電対

熱電対を炉内に差し込んで温度を測定しており、熱電対の信号を過加熱温度設定器Ⅰへの入力信号としている。また、焼結炉立上げ時と立ち下げ時の放射温度計に切り替わる温度（800℃）より低温度においては、温度調節器内の過加熱温度設定器Ⅱ、温度調節部及び温度記録計への入力信号としている。

(2) 放射温度計

放射温度計により炉内の温度を非接触で測定しており、炉内温度が熱電対温度と切り替わる温度（800℃）より高温においては、この放射温度計の温度信号が温度調節器内の過加熱温度設定器Ⅱ、温度調節部及び温度記録計への入力信号としている。

(3) 温度調節器

温度調節器はヒータ温度を 0～2000℃の範囲で調節する機能があり、ゾーン毎に設定温度を指定して動作させる。

熱電対及び放射温度計で計測した炉内温度を取り込んで温度調節部への入力信号としている。温度調節器の運転モードは「自動」/「手動」の切り替えができ、「自動」では設定した温度になるように、2. (1)項で述べる PID 制御方式でヒータ出力制御を行っており、制御信号を各ゾーンのヒータ電流を制御するサイリスタユニットに送ってヒータ電流を制御して炉内温度を調節する。また、温度調節器は、2. (2)項で述べるように、ヒータ出力と炉内温度の急変を防止するバランスレスバンプレス機能も有している。ガドリニア焼結炉 B 号機の温度制御盤を写真 1 に示す。なお、焼結雰囲気ガスを加湿するために、ガス供給部に加湿器（ヒューミディファイア）を装備しているが、その温度調節用の温度調節器も温度制御盤に設置されている。

焼結炉本体に付属している炉内雰囲気排出装置も温度調節器を備えている。炉内

雰囲気排出装置の温度調節器の運転モードは「運転」/「待機」の切り替えができ、焼結炉本体と同様に、熱電対で計測した排気加熱部温度を取り込んで温度調節部への入力信号として PID 制御方式でヒータ出力制御を行っており、また、バランスレスバンプレス機能も有している。

(4) サイリスタユニット

温度調節部からのヒータ出力制御信号をサイリスタユニット（半導体整流素子ユニット）が受けて、ヒータの電流を制御している。

(5) PLC（プログラマブル・ロジック・コントローラ）

機器の連続した運転動作を制御する装置。フォトセンサーやリミットスイッチ、温度センサーなどの信号を入力して状態を演算、判断し、制御信号を出力する機能があり、電気回路を記号化した形式でプログラムする。

ガドリニア焼結炉 B 号機の PLC には、温度信号（熱電対温度及び放射温度計温度）、に関する監視データが入力され、監視データに異常が生じた場合に、監視用パソコン及び温度制御盤に警報信号を出力し、監視用パソコン画面に警報を表示させ、温度制御盤のブザーを吹鳴させる。また、熱電対と放射温度計の両者の過加熱防止設定値超過信号によってヒータ電源の遮断信号を出力する。なお、PLC を経由しない信号としては、温度調節器の二入力切換器を通して出力される記録計への温度信号、温度調節器からサイリスタユニットへ出力されるヒータ出力制御信号がある。

(6) A/D コンバータ

A/D コンバータはアナログ信号をデジタルデータに変換する装置である。ガドリニア焼結炉 B 号機の温度調節器内に内蔵されており、熱電対及び放射温度計から出力されるアナログ温度信号をデジタルデータに変換する機能を持つ。

(7) ヒータ電源遮断器

ヒータの電源は、電源遮断器の 2 次側で分岐され全ゾーンに配線されている。いずれかのゾーンでヒータ電源遮断機能が働いた場合、ヒータ電源遮断器に遮断信号が出力されて全ゾーンのヒータ電源が遮断される。また、この遮断信号は、炉内雰囲気排出装置の排気加熱部電源遮断器にも出力されるので、排気加熱部電源も同時に遮断される。なお、排気加熱部電源を遮断する過昇温防止電源遮断回路が働いた場合にも、排気加熱部電源遮断器と焼結炉のヒータ電源遮断器に遮断信号が出力されるので、排気加熱部電源とヒータ電源は同時に遮断される。ヒータ電源盤並びにヒータ電源遮断器を写真 2 に示す。

(8) 監視用パソコン (PC)

ガドリニア焼結炉 B 号機の炉内温度、冷却水、炉内雰囲気ガス等の運転状態を監視することを目的として、監視用パソコンが使われている。本監視用パソコンは、焼結炉の炉内現在温度及び目標温度、冷却水温度、炉内へ導入しているガスの圧力等、焼結炉の安全性に係るデータを一括監視できるように、PLC から情報を収集して画面に表示し、監視データに異常が生じた場合には、警報を表示して作業員へ異常内容を知らせる。ガドリニア焼結炉 B 号機の監視用パソコンの画面の例を写真 3 に示す。

(9) 温度記録計

温度調節部に入力される炉内温度は並行して温度記録計に入力される。温度記録計は紙チャート打点式の記録計で、一つのチャートに一本の打点ペンで各ゾーンの温度が循環的に記録されるので、各ゾーンの温度は約 15 秒間隔で記録されることになる。ガドリニア焼結炉 B 号機の温度制御盤の写真写真 1 に示す。

2. 温度制御機能

(1) PID 制御

ガドリニア焼結炉 B 号機を停止状態から立上げ、目標運転温度で保持した後に降温して停止させる手順と温度制御方法は次の通りである。なお、説明を簡明にするため、温度制御以外の雰囲気ガスや冷却水等の操作に関する手順は省略する。

立上げにあたっては、まず、温度制御盤の電源を投入し、温度記録計の電源を投入し、各ゾーンの温度調節器が手動モードであることとヒータ出力制御信号が 0 であることを確認してから、ヒータ電源を投入する。次に、温度調節器の設定温度（目標到達温度）と昇温速度を、ゾーン 2・3・4 の場合、それぞれ 950℃と 70℃/時に設定してから、自動モードに切り替えると、焼結炉の昇温が開始される。

温度制御方式は、温度をはじめとした各種制御に一般的に用いられる制御方式である PID 制御である。この PID 制御では、現在温度と設定温度との差（偏差）に比例した出力制御信号を出す比例動作（P）と、偏差の積分に比例した出力制御信号を出す積分動作（I）と、偏差の微分に比例した出力制御信号を出す微分動作（D）の和で、設定温度に向かって昇温するように出力を制御する。PID 制御は、P、I、D の各成分に重みを付けた和で制御する方式なので、制御対象の熱容量や制御すべき温度プロファイル（温度勾配や保持温度等の運転開始から停止までの間の目標温度）を考慮して、各成分の寄与度を適切に設定する必要がある。焼結炉では、焼結温度を一定に保つことが大切であり、一定温度保持運転時には設定温度と現在温度との偏差及び偏差積分値が小さいので、細かな変動に対する応答を抑えるため微分制御

(D) の寄与を小さくし、偏差を積分して得られる平均的な現在温度を設定温度に近づけるため積分制御 (I) の寄与を大きめにしている。

現在温度と設定温度との偏差が小さい場合は、PID 制御によって細かい揺らぎの範囲内で温度制御が可能であるが、温度偏差が大きい状態で PID 制御すると、ヒータ出力が急変し、設定された温度勾配から大きく外れる可能性がある。これを避けるために、昇温過程においては、設定温度に到達するまでの時間を短く区切るとともに、区切った時間経過後の目標到達温度を仮の設定温度として制御を行う。これを本来の設定温度になるまで繰り返すことにより、ヒータ出力の急変と設定された温度勾配からの逸脱を抑えて昇温することができる。図 3 にこの方法による昇温カーブを図示する。入力された昇温速度から、時間 (Δt) 当たりの上昇温度 (ΔT) を決め、(Δt) 経過後の温度 (現在温度 + ΔT) を仮の設定温度として PID 制御で炉内温度を昇温させる。時間 (Δt) 経過後には、炉内実温度 (T_1) が仮の設定温度に近づくが、僅かな偏差 (Δr_1) が生じるので、次の昇温時間 (Δt) での仮の設定温度を ($T_1 + \Delta T + \Delta r_1$) として炉内温度を昇温させる。以降、同じ過程を繰り返して本来の設定温度まで昇温する。ガドリニア焼結炉 B 号機の温度調節器では、この (Δt) を 0.1 秒としている。

このようにして温度制御を行い、70℃/時の昇温速度で設定温度の 950℃に炉内温度が到達すると、自動的に 950℃で温度を保持する状態となる。次にこの状態で、運転モードは自動のまま、温度調節器の設定温度と昇温速度をそれぞれ、1780℃と 25℃/時に設定変更すると、それからは 25℃/時の昇温速度で 1780℃に向かって再び昇温過程に入るが、この過程での温度制御方式も、950℃までの昇温過程と同じである。

炉内温度が 1780℃に到達すると、自動的に 1780℃で温度を保持する状態となり、ペレットの焼結を開始する。

次に焼結炉を停止させる場合は、1780℃で保持されている状態で、運転モードは自動のまま、温度調節器の設定温度を 1000℃と降温速度を 70℃/時に設定変更すると、70℃/時の降温速度での降温過程に入るが、この過程での温度制御方式も、昇温過程と同じである。炉内温度が約 1000℃になったら、運転モードを手動に切り替えてヒータ出力制御信号を 0 にするとともに設定温度も 0℃に設定した後、ヒータ電源遮断器を遮断して、室温まで降温させる。室温まで降温したら、温度記録計の電源を停止するとともに、温度制御盤の電源を停止する。

なお、炉内雰囲気排出装置については、焼結炉の炉内温度が、1000～1200℃に到達したら、炉内雰囲気排出装置の排気加熱部の昇温操作を行う。排気加熱部の温度制御盤の電源を投入し、温度調節器が待機モードであることとヒータ出力制御信号が 0 であることを確認してから、ヒータ電源を投入する。次に、温度調節器の設定温度と昇温速度がそれぞれ 1680℃と 70℃/時であることを確認してから、運転モードに切り替えて排気加熱部を昇温させる。排気加熱部の降温は、焼結炉の加熱ゾー

ンの降温過程移行時に合わせて開始する。

(2) バランスレスバンプレス機能

温度調節器の運転モードを「手動」から「自動」に切り替える際に^(注)、切り替え直後のヒータ出力制御信号を切り替え直前のヒータ出力制御信号に自動的に合わせるとともに、切り替え時点での温度をその後の昇温制御を行うための基点温度として、ヒータ出力や炉内温度の急変を抑制する機能をバランスレスバンプレス機能といい、ガドリニア焼結炉B号機の温度調節器に付加されている。

温度調節器は電源を遮断しても遮断前の設定を記憶しているため、焼結炉の降温時に「自動」から「手動」に切り替えてヒータ出力制御信号を0に設定しておく、次回焼結炉を立上げる際、バランスレスバンプレス機能によって温度調節器を自動運転モードにした際にヒータ出力制御信号は0から開始される。

また、焼結炉運転中に停電が発生するとヒータ電流が0となるため炉内温度は低下するが、この際、温度調節器の運転モードを手動に切り替えてヒータ出力制御信号を0に設定しておく。復電してヒータ電源を投入する際には、温度調節器の運転モードが手動の状態からヒータ電源を投入してから、運転モードを手動から自動に切り替えると、バランスレスバンプレス機能により、ヒータ出力制御信号は0から増加を開始するとともに、切り替えた時の炉内温度を基点温度として、PID制御で炉内温度を設定温度まで上昇させることになり、ヒータ出力や炉内温度の急変を防止できる。

(注)「自動」から「手動」に切り替える際も同様の機能が作動する。

3. 警報機能

(1) 過加熱防止警報

熱電対からの温度が過加熱防止設定値を超過すると過加熱温度設定器Ⅰが過加熱防止警報を発する。また、放射温度計（バーンオフゾーンは熱電対）からの温度が過加熱温度設定器Ⅱの過加熱防止設定値を超過すると過加熱防止警報を発する。これらの過加熱防止警報機能は、各ゾーンに備えられており、例えばゾーン2・3・4で過加熱防止警報が発せられると、警報ブザーが吹鳴して写真1の温度制御盤中の「温度異常」ランプ^(注)が点灯する。また、それぞれ「Zone 3TC 上限」並びに「Zone 3 温度H」が監視用パソコン画面に表示される。なお、これらの過加熱防止警報の組合せは過加熱防止インターロックに係わるものである。

(注)「温度異常」ランプは、温度制御に関する警報のいずれかが発せられた場合に点灯する。

(2) バーンアウト警報

熱電対の断線や放射温度計の故障等によって熱電対や放射温度計の出力信号が途

絶した場合、それらの出力信号を受けてデジタル信号に変換する A/D コンバータは、フルスケールの 110%に相当する模擬信号（バーンアウト信号）を出力させるバーンアウト機能を有している。本機能は、温度制御中に熱電対や放射温度計の出力信号途絶により、温度調節部が炉内温度が低下したと判断して出力を増加させる制御を行うことを防止している。バーンアウト信号が発せられた場合には、警報ブザーが吹鳴して写真 1 の温度制御盤中の「温度異常」ランプが点灯する。また、各ゾーン毎に「調節計異常」と「Zone 3TC 上限」又は「Zone 3 温度 H」が監視用パソコン画面に表示される。

(3) プロセス管理警報

炉内温度やヒータ電流がプロセス管理値から外れた場合には、警報ブザーが吹鳴して写真 1 の温度制御盤中の「温度異常」ランプが点灯する。また、各ゾーン毎に監視用パソコン画面に以下の警報が表示される。

- ・放射温度計と熱電対の温度差が管理値以上となった場合の「偏差異常」警報
- ・放射温度計の温度が設定値の下限以下となった場合の「温度 L」警報
- ・ヒータ電流信号が出ているのにヒータ電流が 1 A 以下となった場合の「ヒータ断線」警報
- ・自動モードでの昇温或いは降温中に、炉内温度が昇降温目標温度の下限以下となった場合の「昇降温 SP 下」警報
- ・ヒータに管理値以上の電流が流れた場合の「電流」警報

(4) 温度制御機器の故障警報

温度制御系の機器が故障した場合には、警報ブザーが吹鳴して写真 1 の温度制御盤中の「温度異常」ランプが点灯する。また各ゾーンにおいて監視用パソコン画面に、温度調節器が故障した場合には「調節計異常」が、PLC が故障した場合には「温度監視用 MA 異常」が表示される。温度調節器の故障の詳細は、温度調節器本体の表示部のみに表示される。また、PLC の CPU 機能喪失時には、監視用パソコン画面がロック状態となるとともに、PLC のパイロットランプが消灯する。

温度制御系の機器に故障が発生すると、故障状況によっては温度制御系の機能の健全性に影響を及ぼす場合がある。いずれの故障の場合においても、手順書においては、焼結炉の停止操作を行うこととしている状況となるが、この状況となる故障警報と各警報に応じた現状の対応方法を表 1 に示す。また、これらの警報発生に関係する機器を図 4 に示す。

4. 電源遮断機能

各ゾーンにおいて、熱電対系統の過加熱防止警報と放射温度計系統の過加熱防止警

報の両方が同時に検知された場合は、過加熱防止インターロックが作動して全ゾーンのヒータ電源が遮断される。ここで、焼結炉の過加熱防止インターロックは、炉内雰囲気排出装置の過昇温防止電源遮断回路と接続されており、どちらか一方のヒータ電源遮断信号によって、両方のヒータ電源がともに遮断される。

過加熱防止インターロック作動の他に、下記の事象発生時においても焼結炉の全ゾーンのヒータ電源が遮断される回路となっている。

- ①熱電対系統の過加熱防止警報と放射温度計系統の「温度 L」警報が同時に発報した時
- ②焼結炉内の水素ガスを置換するための窒素ガスの供給圧力が管理値以下に低下した場合の窒素ガス圧力低下警報が発報した時

以上のヒータ電源の自動遮断機能の他に、下記の操作により、ヒータ電源を手動遮断できる。

③緊急停止 1 スwitch の操作

温度制御盤または PC 画面上の緊急停止 1 のス switch 投入で作動し、ヒータ電源が遮断されるとともに、窒素ガスの切り替え機構も実行される。

④緊急停止 2 スwitch の操作

温度制御盤または PC 画面上の緊急停止 2 のス switch 投入で作動し、70℃／時で 1000℃まで降温後、ヒータ電源が遮断される。

⑤ヒータ電源遮断ス switch の操作

温度制御盤または PC 画面上のヒータ電源遮断ス switch の投入で作動し、ヒータ電源が遮断される。

⑥ヒータ電源遮断器を作動させた（ヒータ電源ブレーカを直接落とした）場合

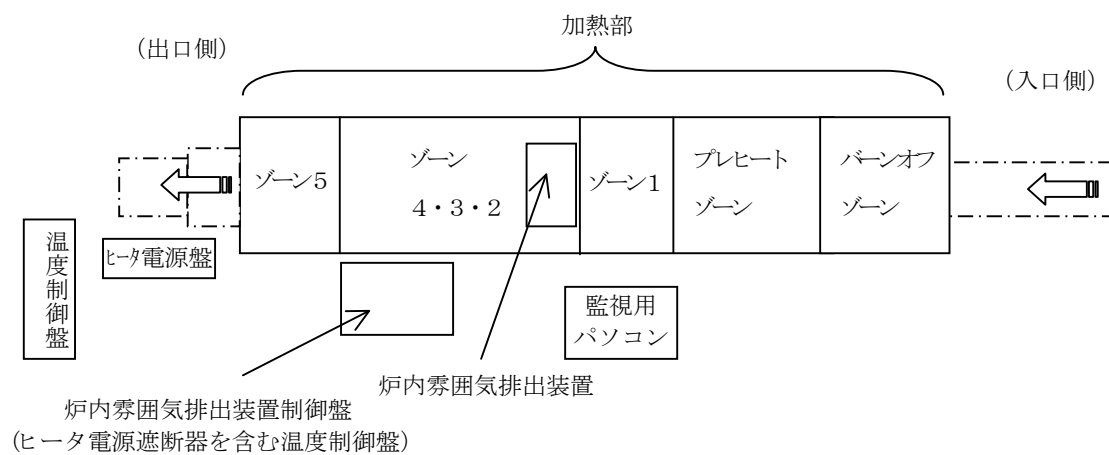
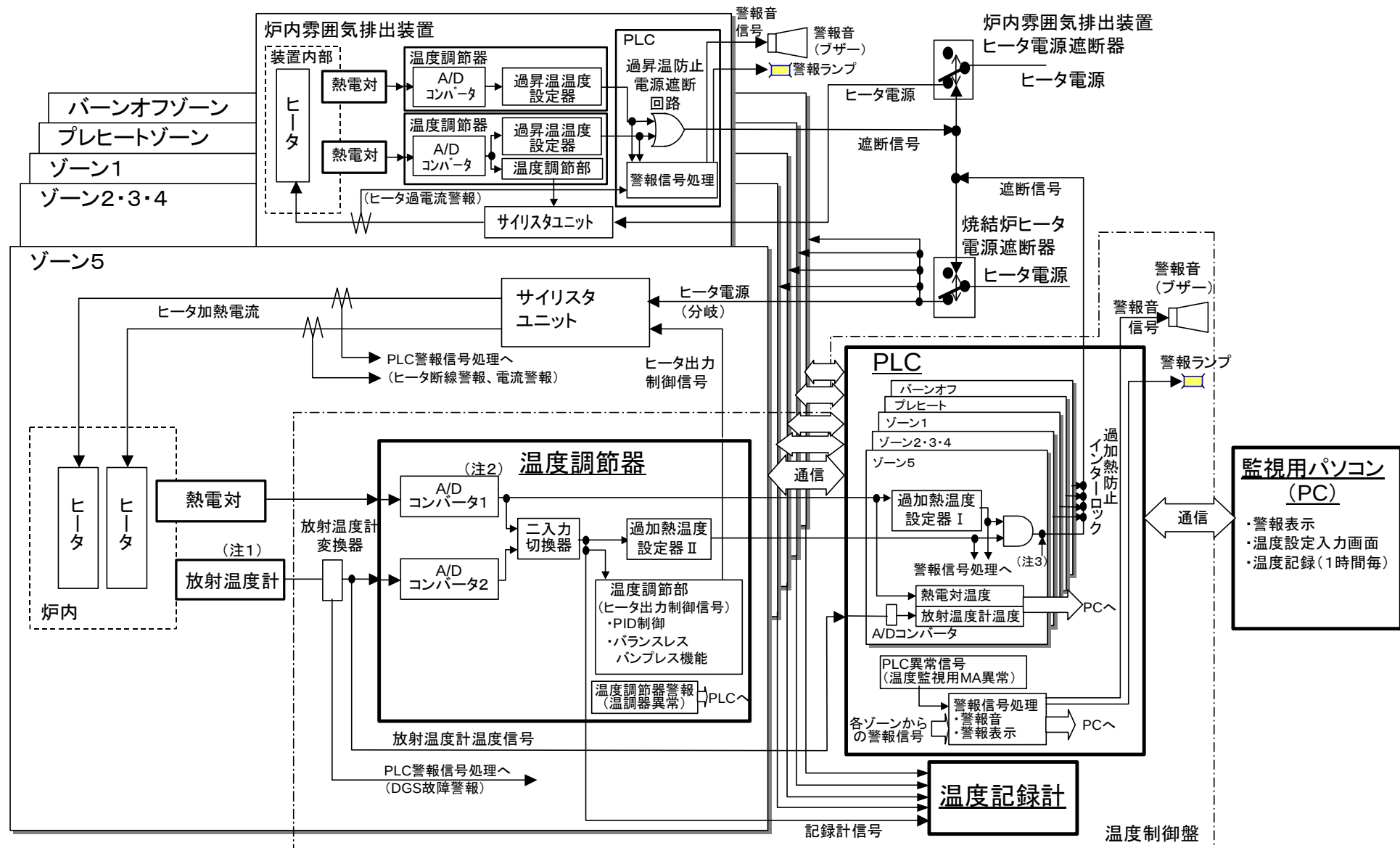
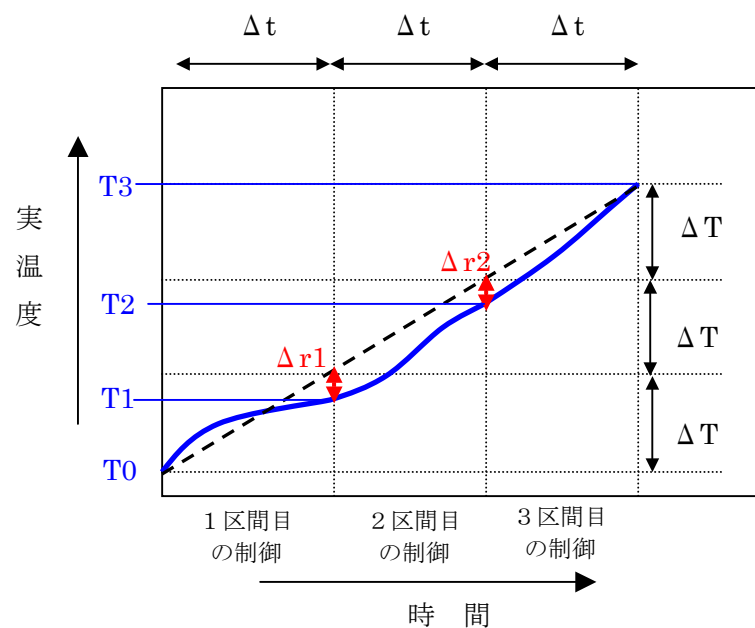


図1 ガドリニア焼結炉B号機の加熱ゾーン構成図（平面図）



- (注1) バーンオフゾーンでは1000℃以下のため放射温度計ではなく熱電対を使用している。
 (注2) バーンオフゾーンのA/Dコンバータ1は温度調節器とは別になっている。
 (注3) ヒータ電源の遮断信号は次の場合も出る。①緊急停止1スイッチ投入 ②緊急停止2スイッチ投入
 ③電源遮断スイッチ投入 ④窒素ガス圧力低下警報信号発報

図2. ガドリニア焼結炉B号機の温度制御系ブロック図



1 区間目の制御動作で実温度 T_1 が ΔT よりも Δr_1 低くなった場合は、2 区間目の制御動作において、目標上昇幅が $\Delta T + \Delta r_1$ となる。同様に、3 区間目の制御動作では、目標上昇幅が $\Delta T + \Delta r_2$ となる。

図 3. PID制御による昇温カーブ

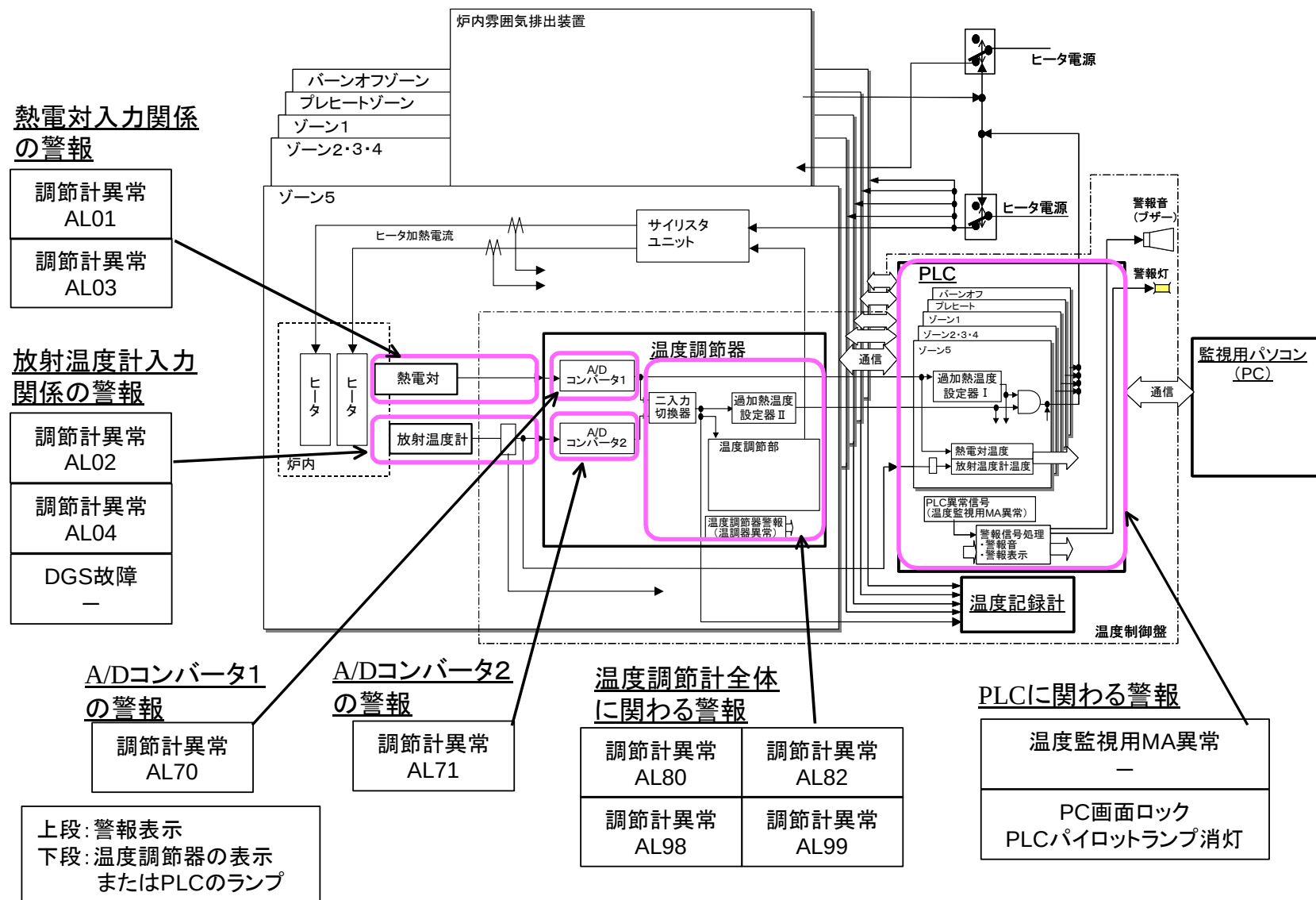


図4 温度制御系の構成機器の故障警報

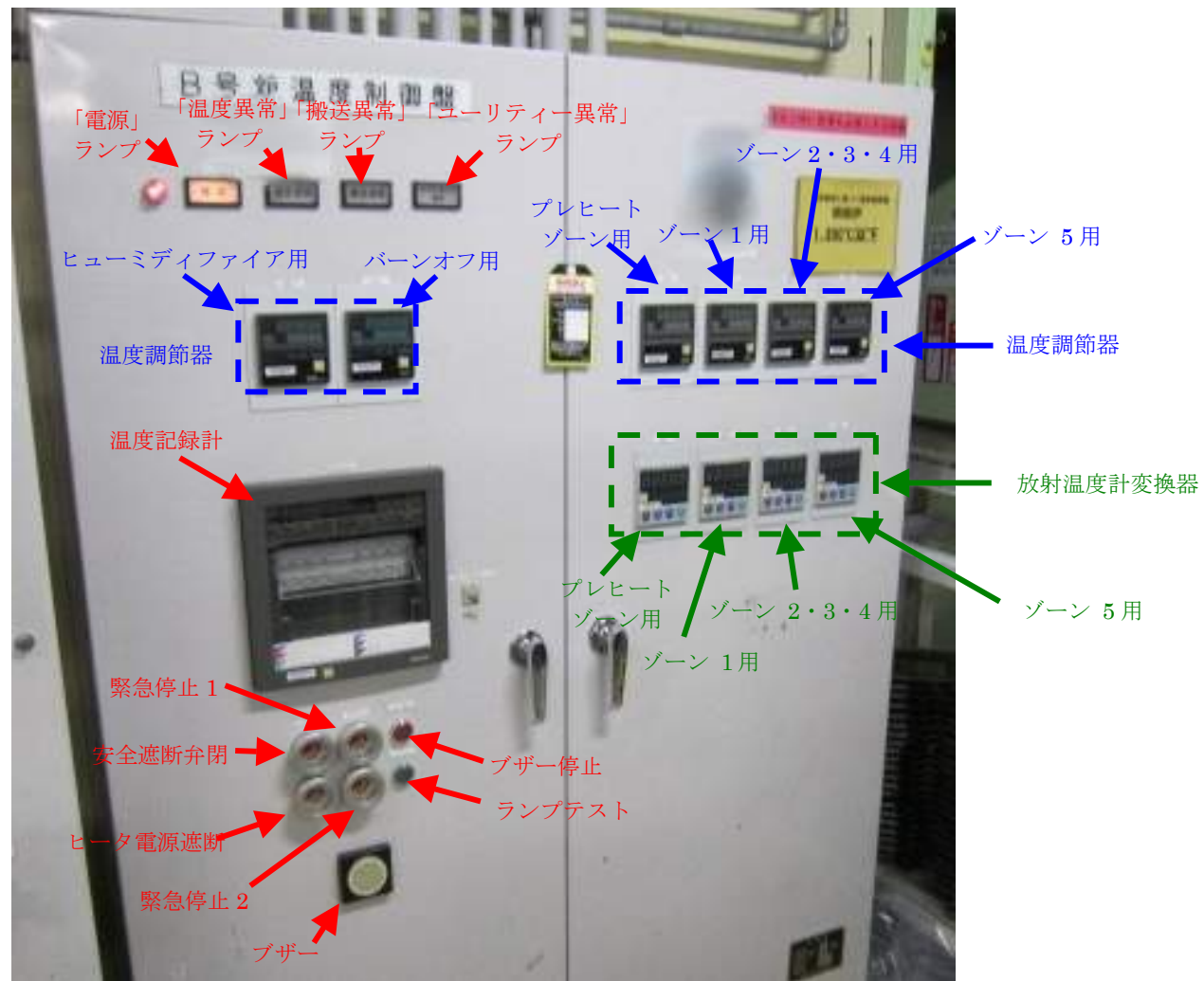
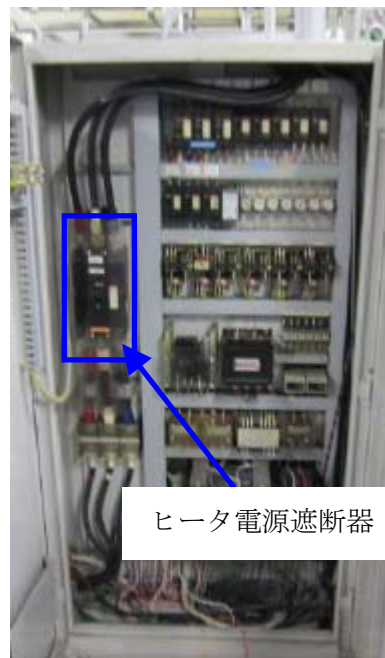
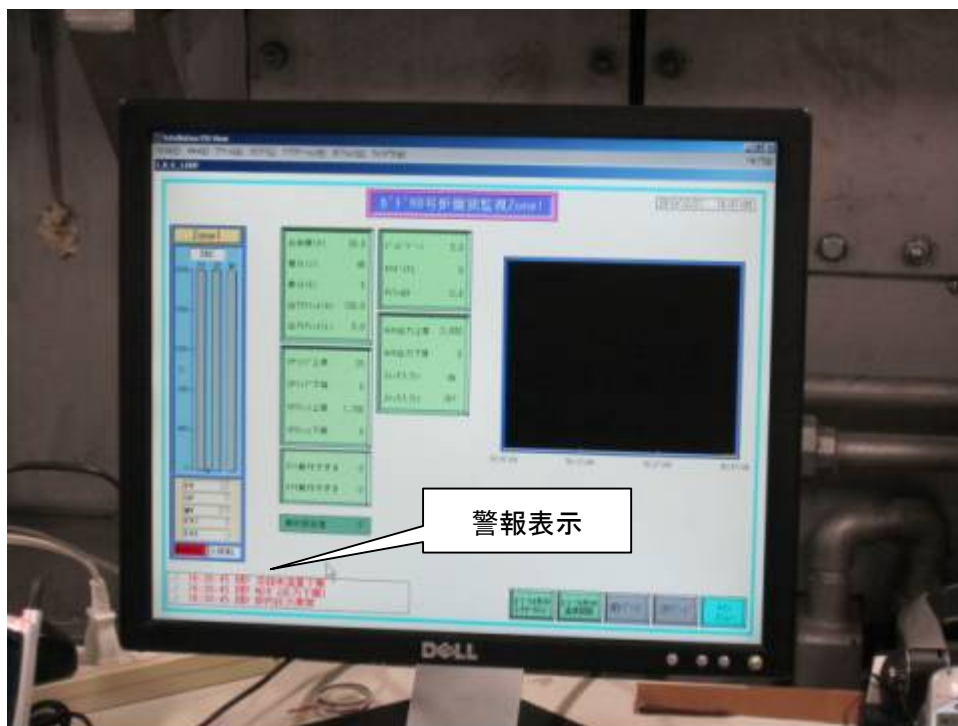


写真1 ガドリニア焼結炉B号機の温度制御盤



ヒータ電源遮断器

写真2 ガドリニア焼結炉B号機のヒータ電源盤



警報表示

写真3 ガドリニア焼結炉B号機の監視用パソコン画面例

表 1 温度制御系の構成機器が故障した場合の警報およびその対応手順

警報発生機器	パソコン画面の警報表示	温度調節器本体の表示	警報の意味	温度制御系に与える影響	現状対応手順
温度調節器	調節計異常	AL01	温度調節器への熱電対温度の入力値がフルスケールの 110%を上回った	熱電対温度のバーンアウト信号が発生（アップスケール）。熱電対の断線時にも発生	通常停止操作で焼結炉停止
		AL02	温度調節器への熱電対の入力値がフルスケールの-10%を下回った	熱電対温度のバーンアウト信号が発生（ダウンスケール）	通常停止操作で焼結炉停止
		AL03	温度調節器への放射温度計の入力値がフルスケールの 110%を上回った	放射温度計温度のバーンアウト信号が発生（アップスケール）。放射温度計の信号が途絶えたときも発生。	自動的にヒータ出力が 0 になるので焼結炉を停止
		AL04	温度調節器への放射温度計の入力値がフルスケールの-10%を下回った	放射温度計温度のバーンアウト信号が発生（ダウンスケール）	自動的にヒータ出力が 0 になるので焼結炉を停止
		AL70	A/D コンバータ 1 が故障している	熱電対温度の出力が正しくない可能性有り	通常停止操作で焼結炉停止
		AL71	A/D コンバータ 2 が故障している	放射温度計温度の出力が正しくない可能性有り	手順 1
		AL80	出力の設定が正しくない	温度調節器内部の故障で熱電対か放射温度計の片方または両方の温度出力が正しくない可能性有り。	手順 1
		AL82	使用できないレンジ番号を設定 PV1 と PV2 のレンジが重複	温度調節器内部の故障で熱電対か放射温度計の片方または両方の温度出力が正しくない可能性有り	手順 1
		AL98	アナログ入力またはアナログ出力の調整データが壊れている	温度調節器内部の故障で熱電対か放射温度計の片方または両方の温度出力が正しくない可能性有り	手順 1
		AL99	システムプログラムが壊れている	温度調節器の中のコンピュータプログラムが壊れており、熱電対か放射温度計の片方または両方の温度出力が正しくない可能性有り	手順 1
放射温度計変換器	DGS 故障	—	放射温度計変換器が故障している	放射温度計温度が正常ではない可能性有り	手順 1
PLC	温度監視用 MA 異常	—	PLC の入出力ユニットエラー、バッテリー低下異常	温度信号や制御信号の入出力が健全に行なわれなくなる可能性有り	手順 1
	画面ロック	PLC パイロットランプ消灯	PLC の CPU の機能停止	温度信号の処理や監視用パソコンとの情報通信が確保されない可能性有り	手順 1

（手順 1）温度調節が可能な場合には通常停止操作で焼結炉を停止するが、温度調節が不可能な場合はヒータ電源を遮断して焼結炉を停止する

設備状態時系列

(No.は添付資料2と同じとした。)

No	時間	作業内容と状況	トリガー	警報履歴	温度推移 (記録紙読み値)	B号機 温度制御盤		炉内雰囲気排出 装置温度制御盤		即時挙動	設備挙動／影響	問題点
						表示	ブザー	表示	ブザー			
2	03:51	警報「ゾーン1 温度調節器異常」発報 ゾーン1温度調節器の表示「アラーム70(AL70)」を確認	温度調節器内の熱電対信号A/Dコンバータ1の故障発生	Zone1調節計異常	Z1:1500℃ Z3:1780℃ Z5:1780℃	「温度異常」点灯	鳴動	警報なし	鳴動なし	・温度調節器に「AL70」表示(AL70:A/Dコンバータ1(熱電対側)異常) (「AL70」以外の故障詳細内容に関する警報はでなかった。) ・PCに「Zone1調節計異常」表示	・放射温度計で焼結炉温度が制御されていたため、焼結炉温度は安定していた。 ・熱電対温度が正常に出力されない状態となった可能性がある。 ・温度制御系の機器の故障によって、手順書においては焼結炉の停止操作を行なうこととしている状況にあった。 [焼結炉温度記録] (1)温度記録の温度は4:19まで安定 (2)PC(1時間に1点)に記録されている4:00時点での放射温度計温度と熱電対温度は過去5日間の温度と同等	
	03:52頃						停止				・警報信号が解除されることはない(ブザー音停止のみ)。	
3	04:05頃 ～ 04:14頃	(・警報AL70をリセットするためにゾーン1の温度調節器の運転モードを「自動」から「手動」に切替え、その後制御盤内の異常リセットボタンを押して「自動」にしたが、復帰に至らなかったことを確認) 停止中のA号機のゾーン1温度調節器を取外して交換することを判断	・ゾーン1の温度調節器の運転モードを「自動」から「手動」に切替 ・制御盤内の「異常リセットボタン」ON (異常リセットボタン:予めプログラムされていた運転モード(自動運転、昇温速度や保持温度等の設定温度パラメータ)以外の運転モードからの復帰ボタン)							・ゾーン1の温度調節器の運転モードが、自動から手動に切り替わった。 ・温度調節器のバランスレスバンプレス機能が働き、切替直前のヒータ制御出力が保持された。 ・ゾーン1の温度調節器の運転モードが手動から自動に切り替わった。 ・温度調節器の「AL70」表示は消えず、PCの警報表示「Zone1調節計異常」も解除されなかった。	・自動運転時の制御(PID制御)は停止されたがヒータ出力は維持されていたため、焼結炉温度に変動はなかった。 ・自動運転に戻った。 ・焼結炉温度に変動はなかった。	
	04:15頃	A号機のゾーン1温度調節器を取外し										
5	04:18頃	B号機のゾーン1の温度調節器の運転モードを「自動」から「手動」に変更	・ゾーン1の温度調節器を「自動」から「手動」に切替							・ゾーン1の温度調節器の運転モードが、自動から手動に切り替わった。 ・温度調節器のバランスレスバンプレス機能が働き、切替直前のヒータ制御出力が保持された。 ・PC画面上のゾーン1の温度調節器の運転モード表示がAUTOからMANUALに切り替わった。	・自動運転時の制御(PID制御)は停止されたがヒータ出力は維持されていたため、焼結炉の温度に変動はなかった。	

設備状態時系列

(No.は添付資料2と同じとした。)

No	時間	作業内容と状況	トリガー	警報履歴	温度推移 (記録紙読み値)	B号機 温度制御盤		炉内雰囲気排出 装置温度制御盤		即時挙動	設備挙動／影響	問題点
						表示	ブザー	表示	ブザー			
6	04:19	B号機のゾーン1温度調節器を取外し、A号機のゾーン1から取外した温度調節器をB号機に取り付け	・温度調節器取外し途中で放射温度計からの入力信号途絶	Zone1温度H Zone1偏差異常		「温度異常」点灯中	鳴動	警報なし	鳴動なし	・放射温度計温度信号断によりバーンアウト信号(2200℃)が発生し、「Zone1温度H」の警報が発生した。 ・放射温度計バーンアウト信号により、熱電対温度との偏差が50℃以上になり、「Zone1偏差異常」の警報が発生した。 (・熱電対温度信号断によるバーンアウト信号は発生しなかった。・・・過加熱温度設定器Ⅰにはバーンアウト信号発生機能は無いため、A/Dコンバータ1からバーンアウト信号が出力されないとバーンアウトとは見做さないので、温度調節器への熱電対入力が途絶する前に過加熱温度設定器Ⅰへの信号が途絶したと推定される。)		(3) 作業者Bは、温度調節器交換を過去に実施したことがあった。また交換に際し、特別な工具の使用や電気配線に関わる作業も必要としないことから、今回も非定常作業だと考えずに交換作業を実施した。
			・温度調節器取外しによる温度調節器からの出力信号途絶	Zone1ヒータ左断線 Zone1ヒータ右断線							・ゾーン1のヒータ制御出力の喪失 ・過加熱設定器Ⅰへの熱電対温度出力の喪失 ・過加熱設定器Ⅱの温度超過イベント信号出力の喪失 ・温度記録計への出力の喪失 ・ヒータ出力50%以上であった時にヒータ出力が0になり、ヒータ電流が1A以下になった状態が10秒継続したため、Zone1ヒータ断線警報が発生した。	
	04:19	<過加熱防止インターロック作動①> 1. ゾーン1温度調節器を取付け 2. 過加熱防止インターロックが作動して警報が発報※1 3. B号機全ヒータの電源が遮断 4. 焼結炉内温度が低下開始 ※1 放射温度計及び熱電対の信号を検出する前に温度調節器が通電されたため、バーンアウト※2状態となり、過加熱防止インターロックが作動した。 ※2 温度調節器には、温度調節範囲上限の110%の値を示すバーンアウト機能(測定信号が検出されない場合に温度表示をプラス側に振り切らせる機能)を有する。	・AC100V電源が供給された状態でゾーン1に温度調節器取付け	Zone1温度H Zone1TC上限 Zone1偏差異常 Zone1T/C断線		停止	・放射温度計系統のバーンアウト信号が発生した。(温度調節器の出力側端子が入力側端子よりも先につながったため、放射温度計温度信号が入力される前に、A/Dコンバータ2からバーンアウト信号が出力されたと推定される。) ・熱電対温度系統のバーンアウト信号が発生した。(温度調節器の出力側端子が入力側端子よりも先につながったため、熱電対温度信号が入力される前に、A/Dコンバータ1からバーンアウト信号が出力されたと推定される。)	・ヒータ電源遮断のインターロック作動のAND条件である「Zone1温度H」と「Zone1TC上限」が成立したため全ゾーンのヒータ電源力が遮断され、全ゾーンの温度が低下した。 ・炉内雰囲気排出装置のヒータ電源も遮断され、炉内雰囲気排出装置の温度も低下した。	(4) 過加熱防止インターロック作動等の重要警報は、焼結炉監視PCで警報ログを確認する必要があり、容易に認識できない警報だった。 (5) 作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源の遮断が引き起こされたと考え、それ以上の検討をしなかったため、ヒータ電源遮断を過加熱防止インターロック作動であると認識できなかった。 (9) 温度調節器の運転モードを自動でヒータ電源を投入すると、急昇温して運転設定値を一時的に超過し、過加熱防止インターロックが作動した。			

設備状態時系列

(No.は添付資料2と同じとした。)

No	時間	作業内容と状況	トリガー	警報履歴	温度推移 (記録紙読み値)	B号機 温度制御盤		炉内雰囲気排出 装置温度制御盤		即時挙動	設備挙動／影響	問題点			
						表示	ブザー	表示	ブザー						
6	04:20			B. ヒータ右断線 B. ヒータ左断線 Zone5ヒータ左断線 Zone3ヒータ左断線 Zone4ヒータ右断線 Zone2ヒータ左断線 P. ヒータ左断線 Zone5温度L Zone1温度L Zone2ヒータ左断線	(全ゾーン降温) Z1:1500→1420℃ Z3:1780→1720℃ Z5:1780→1690℃	「温度異常」 点灯中	鳴動	警報なし	鳴動 なし						
	04:21			Zone3温度L B. オン温度L P. H温度L											
	04:22			Zone2ヒータ左断線 Zone1ヒータ右断線 Zone1ヒータ左断線											
7	04:23頃	B号機のヒータ電源を投入 (電源盤)	・ヒータ電源の投入	Zone5ヒータ左電流	(ゾーン2・3・4、5 昇温) Z1:1420℃ Z3:1720℃ Z5:1690℃		鳴動			・ゾーン1以外のゾーンの温度調節器は自動モードであり、実温度が設定温度の1780℃よりも低下していたため、ゾーン1以外のヒータに大電流が流れた。 ・特にゾーン5の左ヒータの電流値は管理上限を超えたため、「Zone5ヒータ左電流」警報が発生した。	ゾーン1以外のゾーンの温度が急昇を始めた。	(7) 作業者Bは、温度調節器交換時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考えたため、それ以上の検討をせずヒータ電源を再投入した。			
8	04:23頃	温度制御盤の異常リセット	・異常リセットボタンON							・ゾーン1の温度調節器の運転モードが、手動から自動に切り替わった。	・ゾーン1は運転設定値の1500℃に25℃/hの昇温勾配で昇温を開始した。 (自動に切替わってからヒータ出力制御が働くまでに温度が低下するので、昇温開始後しばらくは25℃/hよりも急勾配で昇温する。)				
9	04:23頃	温度記録計を停止	・温度記録計の電源スイッチOFF		記録なし					・温度記録計の紙送り及び温度の打点が停止した。	・温度記録が取れない状態が約10分間続いた。	(8) 作業者Bは、誤打点を防止するために、放射温度計の覗き窓清掃作業手順を準用して温度記録計を一時的に停止した。			
	04:23			P. H偏差異常											
	04:24			P. H偏差異常											
	04:24			P. H温度H											

設備状態時系列

(No.は添付資料2と同じとした。)

No	時間	作業内容と状況	トリガー	警報履歴	温度推移 (記録紙読み値)	B号機 温度制御盤		炉内雰囲気排出 装置温度制御盤		即時挙動	設備挙動／影響	問題点
						表示	ブザー	表示	ブザー			
10	04:24頃	B号機の炉内雰囲気排出装置ヒータ電源を投入 (炉内雰囲気排出装置制御盤)	・炉内雰囲気排出装置ヒータ電源投入		記録なし	「温度異常」 消灯 (4:25)		「調節計 温度下限」 点灯 消灯	鳴動 停止	・炉内雰囲気排出装置ヒータの温度調節器は実行モードであり、実温度が設定温度の1680℃よりも低下していたため、炉内雰囲気排出装置ヒータに大電流が流れた。	炉内雰囲気排出装置の温度が急昇を始めた。 (・炉内雰囲気排出装置の温度記録計が故障したままであったため炉内雰囲気排出装置の実温度は記録されていない。また炉内雰囲気排出装置の警報は履歴が残らない設計であり、警報記録はない。)	
11	04:27	1. 炉内雰囲気排出装置内の温度が1730℃に到達 2. 同装置の温度調節器の上限警報が作動※ 3. 再びB号機全ヒータの電源が遮断 ※ 停電等でヒータ電源が遮断され降温した後の昇温においては、運転モードをリセットする必要がある。運転モードを一旦「待機」にしてから「運転」に戻すことでリセットされ、一定の昇温速度となるようヒータ出力がコントロールされるが、これをしないと設定温度に到達するためにヒータが最大出力で昇温を開始する。その結果、設定温度上限に到達し、上限警報が作動した。	・炉内雰囲気排出装置の温度が上限を超過	Zone4ヒータ右断線 B. Oヒータ右断線 B. Oヒータ左断線 Zone2ヒータ左断線 Zone3ヒータ左断線 Zone5ヒータ左断線 P. Hヒータ左断線 Zone5温度L Zone3温度L	記録なし		鳴動	「調節計 温度上限」 点灯	鳴動 停止	・炉内雰囲気排出装置のヒータ電源遮断器に炉内雰囲気排出装置ヒータ電源遮断信号入力 ・ヒータ電源遮断器に遮断信号入力	・炉内雰囲気排出装置のヒータ電源が遮断して炉内雰囲気排出装置の温度が低下した。 ・全ゾーンのヒータ電源も遮断され、全ゾーンの温度が低下した。	
	04:28			B. ON温度L			停止	消灯				
	04:29			P. H温度L								
12	04:29頃	B号機のヒータ電源を再投入、前事象(No.11)の繰り返し	・B号機ヒータ電源投入 ・炉内雰囲気排出装置ヒータ電源投入	Zone5ヒータ左電流	記録なし		鳴動			・ゾーン1はバランスレスバンプレスモードでそれ以外のゾーンと炉内雰囲気排出装置の温度調節器は自動モードであり、実温度が設定温度の1780℃よりも低下していたため、ゾーン1以外の各ゾーンのヒータとトラップ(炉内雰囲気排出装置)ヒータに大電流が流れた。 ・特にゾーン5の左ヒータの電流値は管理上限を超えたため、「Zone5ヒータ左電流」警報が発生した。 ・ゾーン1の温度調節器は25℃/hの温度勾配で昇温するモードであったため、ゾーン1のヒータには25℃/hの温度勾配で昇温するための電流が流れた。	・ゾーン1以外の各ゾーン及び炉内雰囲気排出装置が急昇を始めた。 ・ゾーン1は緩やかに昇温を始めた。	(7) 作業者Bは、温度調節器交換時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考えたため、それ以上の検討をせずヒータ電源を再投入した。
	04:30	(B号機ヒータ電源断) (炉内雰囲気排出装置ヒータ電源断)	・炉内雰囲気排出装置の温度が上限を超過	Zone2ヒータ左断線 Zone3ヒータ左断線 Zone4ヒータ右断線 B. Oヒータ右断線 B. Oヒータ左断線 Zone5ヒータ左断線 Zone5温度L			停止	「調節計 温度上限」 点灯 消灯	鳴動 停止	・炉内雰囲気排出装置のヒータ電源遮断器に炉内雰囲気排出装置ヒータ電源遮断信号入力 ・ヒータ電源遮断器に遮断信号入力	・炉内雰囲気排出装置のヒータ電源が遮断して炉内雰囲気排出装置の温度が低下した。 ・全ゾーンのヒータ電源も遮断され、全ゾーンの温度が低下した。	

添付資料9

設備状態時系列

(No.は添付資料2と同じとした。)

No	時間	作業内容と状況	トリガー	警報履歴	温度推移 (記録紙読み値)	B号機 温度制御盤		炉内雰囲気排出 装置温度制御盤		即時挙動	設備挙動／影響	問題点		
						表示	ブザー	表示	ブザー					
13	04:30頃	炉内雰囲気排出装置の温度調節器の運転モードを「運転」から「待機」に変更	・炉内雰囲気排出装置の温度調節器の運転モードを「運転」から「待機」に切替。(待機モード:炉内雰囲気排出装置ヒータへのヒータ制御出力を出さないモード)		記録なし	「温度異常」 消灯 (4:31)	鳴動			・炉内雰囲気排出装置ヒータへのヒータ制御出力が停止された。	・炉内雰囲気排出装置ヒータへの出力が0となり炉内雰囲気排出装置の温度が低下した。			
14	04:30頃	B号機のヒータ電源を投入、温度制御盤の異常リセット	・ヒータ電源投入	Zone5ヒータ左電流	記録なし							・ゾーン1はバランスレスバンプレスモードでそれ以外のゾーン温度調節器は自動モードであり、実温度が設定温度の1780℃よりも低下していたため、ゾーン1以外の各ゾーンのヒータに大電流が流れた。 ・特にゾーン5の左ヒータの電流値は管理上限を超えたため、「Zone5ヒータ左電流」警報が発生した。 ・ゾーン1の温度調節器は25℃/hの温度勾配で昇温するモードであったため、ゾーン1のヒータには25℃/hの温度勾配で昇温するための電流が流れた。	・ゾーン1以外の各ゾーンが急昇を始めた。 ・ゾーン1は緩やかに昇温を始めた。	
15	04:33頃	温度記録計の始動	・温度記録計の電源スイッチON		Z1:1420℃ Z3:1790℃ Z5:1790℃							温度記録計の紙送り及び温度の打点を開始した。	・温度記録が再開された。	
16	04:35		・ゾーン2・3・4の放射温度計温度が上限値を超過	Zone3 温度H		「温度異常」 点灯 (4:37)	鳴動			・Zone3温度Hの警報が発生した。				
	04:37	<過加熱防止インターロック作動②> 再びヒータが最大出力で昇温を始め、ゾーン3が1795℃に到達したところで過加熱防止インターロックが作動し、再び全ヒータの電源が遮断 (・温度記録紙1個目の山(インターロック))	・ゾーン2・3・4の熱電対温度が上限値を超過	Zone3 TC上限 Zone2ヒータ左断線 Zone4ヒータ右断線 B. Oヒータ右断線 B. Oヒータ左断線 Zone3ヒータ左断線 Zone5ヒータ左断線	(全ゾーン降温) Z1:1420→1410℃ Z3:1800→1770℃ Z5:1780→1740℃					・Zone3TC上限の警報が発生した。	・ヒータ電源遮断のインターロック作動のAND条件である「Zone3温度H」と「Zone3TC上限」が成立したため全ゾーンのヒータ電源が遮断され、全ゾーンの温度が低下した。	(4) 過加熱防止インターロック作動等の重要警報は、焼結炉監視PCで警報ログを確認する必要があり、容易に認識できない警報だった。 (5) 作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源の遮断が引き起こされたと考え、それ以上の検討をしなかったため、ヒータ電源遮断を過加熱防止インターロック作動であると認識できなかった。 (9) 温度調節器の運転モードを自動でヒータ電源を投入すると、急昇温して運転設定値を一時的に超過し、過加熱防止インターロックが作動した。 (10) 温度調節器の運転モードを自動でヒータ電源を投入すると、急昇温して運転設定値を一時的に超過し、過加熱防止インターロックが作動した。これによりヒータ電源が遮断されたにも関わらず、焼結炉内温度は熱的制限値まで到達した。		
	04:38			Zone5温度L										

設備状態時系列

(No.は添付資料2と同じとした。)

No	時間	作業内容と状況	トリガー	警報履歴	温度推移 (記録紙読み値)	B号機 温度制御盤		炉内雰囲気排出 装置温度制御盤		即時挙動	設備挙動／影響	問題点			
						表示	ブザー	表示	ブザー						
17	04:38頃	<過加熱防止インターロック作動③> B号機のヒータ電源を投入して温度制御盤の異常リセット、前事象(No. 16)の繰り返し (・温度記録紙2個目の山(インターロック))	・ヒータ電源投入		(全ゾーン昇温後に降温) Z1:1410→1430→1410℃ Z3:1770→1800→1780℃ Z5:1740→1790→1750℃	「温度異常」点灯中			警報なし	鳴動なし	・ゾーン1はバランスレスバンプレスモードでそれ以外のゾーン温度調節器は自動モードであり、実温度が設定温度の1780℃よりも低下していたため、ゾーン1以外の各ゾーンのヒータに大電流が流れた。 ・ゾーン1の温度調節器は25℃/hの温度勾配で昇温するモードであったため、ゾーン1のヒータには25℃/hの温度勾配で昇温するための電流が流れた。	・ゾーン1以外の各ゾーンが急昇を始めた。 ・ゾーン1は緩やかに昇温を始めた。	(7) 作業者Bは、温度調節器交換時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考えたため、それ以上の検討をせずヒータ電源を再投入した。		
														・Zone3温度Hの警報が発生した。	
	04:39		・ゾーン2・3・4の放射温度計温度が上限値を超過	Zone3温度H											
	04:41		・ゾーン2・3・4の熱電対温度が上限値を超過	Zone3TC上限 Zone2ヒータ左断線 B. Oヒータ右断線 B. Oヒータ左断線 Zone1温度L Zone3ヒータ左断線 Zone4ヒータ右断線 Zone5ヒータ左断線						・Zone3TC上限の警報が発生した。	・ヒータ電源遮断のインターロック作動のAND条件である「Zone3温度H」と「Zone3TC上限」が成立したため全ゾーンのヒータ電源が遮断され、全ゾーンの温度が低下した。	(4) 過加熱防止インターロック作動等の重要警報は、焼結炉監視PCで警報ログを確認する必要がある、容易に認識できない警報だった。 (5) 作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源の遮断が引き起こされたと考え、それ以上の検討をしなかったため、ヒータ電源遮断を過加熱防止インターロック作動であると認識できなかった。 (9) 温度調節器の運転モードを自動でヒータ電源を投入すると、急昇温して運転設定値を一時的に超過し、過加熱防止インターロックが作動した。 (10) 温度調節器の運転モードを自動でヒータ電源を投入すると、急昇温して運転設定値を一時的に超過し、過加熱防止インターロックが作動した。これによりヒータ電源が遮断されたにも関わらず、焼結炉内温度は熱的制限値まで到達した。			
18	04:41頃	B号機のヒータ電源及び炉内雰囲気排出装置ヒータ電源を投入	・B号機ヒータ電源投入 ・炉内雰囲気排出装置ヒータ電源投入		Z1:1410→1430℃ Z3:1780→1800℃ Z5:1750→1770℃					・ゾーン1はバランスレスバンプレスモードでそれ以外のゾーンと炉内雰囲気排出装置の温度調節器は自動モードであり、実温度が設定温度の1780℃よりも低下していたため、ゾーン1以外の各ゾーンのヒータに大電流が流れた。 ・ゾーン1の温度調節器は25℃/hの温度勾配で昇温するモードであったため、ゾーン1のヒータには25℃/hの温度勾配で昇温するための電流が流れた。	・ゾーン1以外の各ゾーンが急昇を始めた。 ・ゾーン1は緩やかに昇温を始めた。 ・炉内雰囲気排出装置は待機モードであったため、温度低下を続けた。	(7) 作業者Bは、温度調節器交換時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考えたため、それ以上の検討をせずヒータ電源を再投入した。			

設備状態時系列

(No.は添付資料2と同じとした。)

No	時間	作業内容と状況	トリガー	警報履歴	温度推移 (記録紙読み値)	B号機 温度制御盤		炉内雰囲気排出 装置温度制御盤		即時挙動	設備挙動／影響	問題点						
						表示	ブザー	表示	ブザー									
19	04:42			Zone3温度H		「温度異常」 点灯中	鳴動	警報なし	鳴動 なし		・ゾーン2・3・4のヒータ制御出力が0にな った。	・ゾーン2・3・4の温度が低下した。						
	04:42頃	ゾーン2・3・4、5の温度調節器の運転 モードを「自動」から「手動」に変更し、 ヒータの出力を低下させたため降温開 始 (温度記録紙3個目の山はインター ロックではない)	・ゾーン2・3・4とゾーン5 の温度調節器の運転 モードを「手動」に切替 ・ゾーン2・3・4のヒータ制 御出力を0に設定		(全ゾーン降温) Z1:1430→1410℃ Z3:1800→1720℃ Z5:1770→1700℃													
	04:43頃	(誤操作(作業者聞き取り情報) PC画面上でZone5の出力設定値を0 にしようと操作したら、間違っ て上限設定値(運転設定値に対して)を+20か ら0に書き換えてしまったために1775℃ で発報した。すぐに気がついて、上限 設定値を元に戻した。それによって警 報が復帰している。)	・ゾーン5の上限設定値が 1775℃になった。	Zone5温度H										・Zone5温度Hの警報が発生した。	・ゾーン5におけるヒータ電源遮断のイン ターロック作動のAND条件である 「Zone5温度H」と「Zone5TC上限」のう ち、「Zone5温度H」しか発生しなかつ たので、インターロックは作動しなかつ た。	(11) 作業者Bが温度制御PCへの入力 値を間違えたため、実際は正常温度で あったが高温警報が発報した。		
	04:43頃	(Zone5の出力を0にした。)	・ゾーン5のヒータ制御出 力を0に設定											・ゾーン5のヒータ制御出力が0にな った。	・ゾーン5の温度が低下した。			
20	04:44頃	炉内雰囲気排出装置の運転モードを 「待機」から「運転」へ変更	・炉内雰囲気排出装置の 温度調節器の運転モード を「待機」モードから「運 転」モードに切替				停止				・炉内雰囲気排出装置の温度調節器の 運転モードが、待機から運転に切り替 わった。	・炉内雰囲気排出装置は運転設定値の 1680℃に25℃/hの昇温勾配で昇温を 開始した。						
21	04:45頃	ゾーン2・3・4、5の温度調節器の運転 モードを「手動」から「自動」に変更	・ゾーン2・3・4とゾーン5 の温度調節器の運転 モードを「自動」に切替		(ゾーン2・3・4、5 昇温) Z1:1410℃ Z3:1720→1730℃ Z5:1700→1720℃						「温度異常」 点灯 (4:45)	鳴動			・ゾーン2・3・4と5温度調節器は25℃/h の温度勾配で昇温するモードになり、 ゾーン2～5のヒータには25℃/hの温度 勾配で昇温するための電流が流れた。	・ゾーン2・3・4は運転設定値の1780℃ に、また、ゾーン5は運転設定値の 1775℃に25℃/hの昇温勾配で昇温を 開始した。(自動に切替わってからヒ ータ出力制御が働くまでに温度が低下す るので、昇温開始後しばらくは25℃/hよ りも急勾配で昇温する。)(添付資料11 の図1)		
	04:45				Zone5温度L Zone5昇降温SP下													
	04:47				Zone3温度L Zone3昇降温SP下													
	04:50				Zone5温度L			停止										

設備状態時系列

(No.は添付資料2と同じとした。)

No	時間	作業内容と状況	トリガー	警報履歴	温度推移 (記録紙読み値)	B号機 温度制御盤		炉内雰囲気排出 装置温度制御盤		即時挙動	設備挙動／影響	問題点
						表示	ブザー	表示	ブザー			
22	04:51頃	ゾーン2・3・4、5の温度調節器の運転モードを「自動」から「手動」にし出力を低下させたため炉内温度が低下	・ゾーン2・3・4とゾーン5の温度調節器の運転モードを「手動」に切替。 ・ゾーン2・3・4とゾーン5のヒータ制御出力を0に設定		(ゾーン2・3・4、5 降温) Z1:1410℃ Z3:1730→1700℃ Z5:1720→1670℃	「温度異常」 点灯中		警報なし	鳴動 なし	・ゾーン2・3・4とゾーン5のヒータ制御出力が0になった。	・ゾーン2・3・4とゾーン5の温度が低下した。	
23	04:52頃	ゾーン2・3・4、5の温度調節器の運転モードを「手動」から「自動」に変更、その後は25℃/Hrで昇温が継続	・ゾーン2・3・4とゾーン5の温度調節器の運転モードを「自動」に切替		(全ゾーン昇温開始) Z1:1410℃→昇温 (25℃/Hr) Z3:1700℃→昇温 (25℃/Hr) Z5:1670℃→昇温 (25℃/Hr)					・ゾーン2・3・4と5の温度調節器は25℃/hの温度勾配で昇温するモードになり、ゾーン2～5のヒータには25℃/hの温度勾配で昇温するための電流が流れた。	・ゾーン2・3・4は運転設定値の1780℃に、また、ゾーン5は運転設定値の1775℃に25℃/hの昇温勾配で昇温を開始した。(自動に切替わってからヒータ出力制御が働くまでに温度が低下するので、昇温開始後しばらくは25℃/hよりも急勾配で昇温する。)(添付資料11の図1)	
	04:52			Zone5温度L Zone5昇降温SP下								
	04:54			Zone3温度L								
	04:55			Zone3昇降温SP下			停止					
24	04:57	全ての警報が解消		-		「温度異常」 消灯 (4:57)						

添付資料 10

温度調節器の故障状況

1. 試験の目的

ガドリニア焼結炉 B 号機のゾーン 1 で故障した温度調節器について、故障状況を確認するための再現試験として、B 号機への取付け試験と温度調節器メーカーでの試験を実施した。

2. 故障の状態

温度調節器の故障発生時、当該温度調節器にはアラームコード「AL70」が表示されており、これは A/D コンバータ 1 が故障していることを示している。

焼結炉の温度が 1780℃の場合には放射温度計入力である A/D コンバータ 2 の信号を使って温度調節部からヒータ制御信号が出るので、温度制御に異常はなかった。なお、A/D コンバータ 1 の出力である熱電対温度の記録は、監視用パソコンに 1 時間毎の記録が保存しており、故障発生直後の 4 時 00 分の記録は、それまでの 1 週間の平均温度である 1513℃とほぼ一致する 1515℃であった。

3. 再現試験とその結果

3.1 B 号機での取付け試験

温度調節器の故障状況を確認するため、平成 22 年 12 月 29 日に当社ガドリニア炉室 B 号機において、故障した当該温度調節器を用いて再現試験を試みた。B 号機のゾーン 1 の温度調節器取付け位置に当該温度調節器を戻し、通電したところ、「AL70」（A/D コンバータ 1 の故障）と「AL02」（A/D コンバータ 1 への入力信号が入力許容範囲を外れる値であるため、A/D コンバータ 1 とその下流側の機器への悪影響を防止するために、A/D コンバータ 1 への入力を遮断した際に表示される警報）が発生した。「AL70」は再現したが、「AL02」も発生しており、故障発生時点と全く同じ状態は再現されなかったが、「AL70」の表示は再現したことから、A/D コンバータ 1 に異常が生じたことは確認できた。

3.2 温度調節器メーカーでの再現試験

平成 23 年 1 月 20 日に当該温度調節器をメーカーに送り、再現試験として次の試験を実施した。

- ① 当該温度調節器の最高使用温度での連続通電試験（50℃、3 日間）
- ② 温度サイクル試験（0℃で 2 時間と 50℃で 2 時間の繰り返し試験、2.5 日間）

上記試験の範囲では、「AL70」は再現せず、他の異常もみられなかった。

メーカーの見解としては、本故障（「AL70」表示による A/D コンバータ 1 の故障）は

再現しなかったが、添付資料 1 3 に記載のとおり偶発的に発生した故障であり、本故障の発生によって A/D コンバータ 1 からの熱電対温度の出力値は信頼性が失われた可能性があるとしている。

3.3 メーカーから返送された当該温度調節器に対する再試験

温度調節器メーカーでの再現試験で「AL70」が再現しなかったことから、平成 23 年 2 月 15 日に再度当社において再現試験を行った。その結果、「AL70」を表示する A/D コンバータ 1 の故障は再現されなかった。また、当社の計測器室において模擬入力（入力 1 に熱電対の起電力、入力 2 に放射温度計の出力電流）を与えた試験も実施したが、入力値に対応する出力値が得られ、また故障警報は発生しなかった。

4. 結論

平成 22 年 12 月 29 日に当社ガドリニア炉室 B 号機で実施した再現試験において「AL70」が再現したが、その後に実施した温度調節器メーカーでの再現試験及び当社で再度実施した再現試験では、「AL70」の故障表示は再現せず異常は観察されなかった。

A/D コンバータ 1 は熱電対出力を温度信号に変換する機器であるため、故障により A/D コンバータ 1 からの熱電対温度の出力値は信頼性が失われる可能性がある。従って、A/D コンバータ 1 の故障の状況下で、万一、焼結炉に温度上昇があった場合には、熱電対系統の過加熱防止設定値超過信号が発生しない可能性があり、手順書においては、焼結炉の停止操作を行うこととしている状況であった。

添付資料 1 1

温度調節器交換時の過加熱防止インターロック作動について

1. 試験の目的

通電した状態で温度調節器の取付け及び取外しを行った際の警報発生についての再現試験を実施し、温度調節器交換時の過加熱防止インターロック作動の可能性について確認した。

2. 温度調節器の入出力

温度調節器は表面に表示器、操作キーがあり、表示器に組み付けた4枚の回路基板で本体部分が構成され、ケースから取付けネジを緩めて取外す構造となっている。各回路基板は以下に示す通信端子を持つ。

① 電源：AC100V、及び

過加熱防止設定値超過信号出力（過加熱温度設定器ⅡからPLCへ）

② 補助出力：記録計出力、ヒータ制御出力、

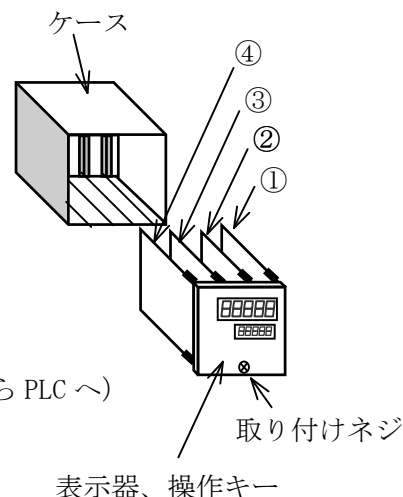
熱電対出力（過加熱温度設定器Ⅰへ）

③ コンピュータ通信入出力（警報履歴、運転設定値）

④ 入力：入力1＝熱電対から、

入力2＝放射温度計変換器から

なお、入出力ケーブルはケースに取付けてあり、本体の回路基板の端にある端子がケースに収納されてケース奥のコネクターに差し込まれると入出力ケーブルとつながる構造となっている。



3. 取付け時、取外し時の再現試験結果

平成22年12月22日に当該事象の発生したガドリニア焼結炉B号機において、ガドリニア焼結炉A号機から取外した温度調節器を用いて、ガドリニア焼結炉B号機ゾーン1の制御盤に固定された温度調節器のケースへの取付け及び取外し試験を実施した。本試験では、室温の状態でヒータ電源は立ち上げないで制御系の電源のみを投入し、温度調節器の取付け、取外しを4回実施し、温度調節器の表示と警報履歴を確認した。ここで、過加熱防止インターロックが作動する条件としては、熱電対温度と放射温度計温度がそれぞれ過加熱防止設定値を超えたときに警報表示される「B炉 Zone1TC 上限」警報及び「B炉 Zone1 温度H」警報の両方が表示されることとした。

試験の結果、条件が成立したのは、次表のとおり、取付け時3回、取外し時4回であった。

時点	過加熱防止インターロック作動条件 成立・不成立回数	
	条件成立	不成立
取付け時	3 回	1 回
取外し時	4 回	なし

4. 考察

温度調節器の取付け又は取外し時に、「B 炉 Zone1TC 上限」警報や「B 炉 Zone1 温度 H」警報が発報するのは、電源や出力の端子はコネクタに接触したものの、温度信号の入力端子がまだ接触していない状態が発生し、熱電対及び放射温度計からの入力途絶えた形となったため、バーンアウト信号が発生するからと考えられる。今回の再現試験では、そのような条件が成立する場合は確認できた。

しかし、取外し時の引抜き具合や取付け時の押込み具合によっては、「電源と出力の端子がコネクタに接触するとともに入力端子が未接触」という状態が常に成立するとは限らないと考えられる。

今回の事象で、4 時 19 分の取外し時には、放射温度計の信号にバーンアウト信号が出たが熱電対の信号にはバーンアウト信号が出ておらず、過加熱防止インターロック条件が成立しなかった。これは、上記の取外し時の引抜き具合か、あるいは A/D コンバータ 1 の故障のいずれかがその理由と考えられる。

5. 結論

温度制御系の電源を投入した状態で温度調節器の取付け及び取外し試験を実施した結果、全 8 回中 7 回、過加熱防止インターロック作動条件が成立し、取付け時には 4 回中 3 回成立することが確認できたことから、今回の事象における、温度調節器を取付けた際の最初の過加熱防止インターロック作動は、現実的な確率で発生しうるものであると考えられる。

添付資料 1 2

降温中にヒータ電源が投入された場合の昇温挙動

今回の事象中に、ヒータ電源遮断あるいは手動モードでのヒータ電流の 0 設定による降温中に、ヒータ電源を再投入して昇温に転じた際、急昇温したケースと緩やかに昇温したケースがある。この二つの昇温挙動の違いは、以下の通り、バランスレスバンプレス機能の作動有無によって生じたと考えられる。

1. バランスレスバンプレス機能が作動しない場合

4 時 37 分頃にヒータ電源が遮断されたことによる降温中に、ヒータ電源が再投入された際には、炉内温度が急昇し、ゾーン 2・3・4 の温度が運転設定値の 1780℃を超過して過加熱防止設定値に到達し、過加熱防止インターロックが作動した。また、過加熱防止インターロックの作動には時間遅れは設定していないが、温度記録においては熱的制限値（1800℃）に到達していた。

このような昇温挙動は、温度調節器が自動モードのままでバランスレスバンプレス機能が作動しない状態であったため、ヒータ電源遮断中にヒータ電流要求信号が過度に増加したことと、その後の制御応答特性に起因すると考えられる。

図 1 に、一定温度で運転されていた焼結炉のヒータ電源が遮断され、その後ヒータ電源が再投入された場合の、炉内温度とヒータ電流要求信号並びにヒータ電流の変化を模式的に示す。

時刻 t1 でヒータ電源遮断によりヒータ電流が 0 となった後も、電源が遮断されていない温度調節器はヒータ電流要求信号を出し続けるが、炉内温度の低下によって運転設定値との差が拡大していくので、ヒータ電流要求信号は増大していく。

時刻 t2 でヒータ電源を投入する際には、ヒータ電流要求信号は、運転設定値を維持するために必要な電流量よりも過大な電流量を要求しており、ヒータ電源投入と同時に、炉内温度は急昇することになる。

温度調節器の PID 制御設定は、このような急昇温状況を想定した設定となっていないため、炉内温度が時刻 t3 で運転設定値に到達しても制御が追従できず、運転設定値を超過することになる。そして、運転設定値と過加熱防止設定値の差が小さい場合は、時刻 t4 で炉内温度が過加熱防止設定値に到達し、過加熱防止インターロックが作動してヒータ電源が遮断される。なお、添付資料 5 の別紙 5-1 に記載したように、放射温度計温度は熱電対温度より約 10℃高いことから、過加熱防止インターロックが作動した時点で、熱的制限値を有する設備の管理対象温度として温度記録計に記録されている放射温度計温度は、熱的制限値まで到達したと考えられる。

2. バランスレスバンプレス機能が作動する場合

4 時 51 分頃に温度調節器の運転モードが自動から手動に切り替えられてヒータ電流が 0 に設定されたことによる降温中に、運転モードが再度自動に切り替えられた後、炉内温度が一旦急昇してから緩やかな昇温に移行した。

このような昇温挙動は、温度調節器の運転モードが手動から自動に切り替えられてバランスレスバンプレス機能が作動し、ヒータ電流が 0 から増加を始めるために、実温度と目標温度の差が拡大し、その差を縮めるために一旦はヒータ電流要求信号が急速に増加するためであるが、実温度が目標温度に追いついた後はあらかじめ設定された温度勾配（25℃/時）で昇温するような制御で運転されたことに起因する。

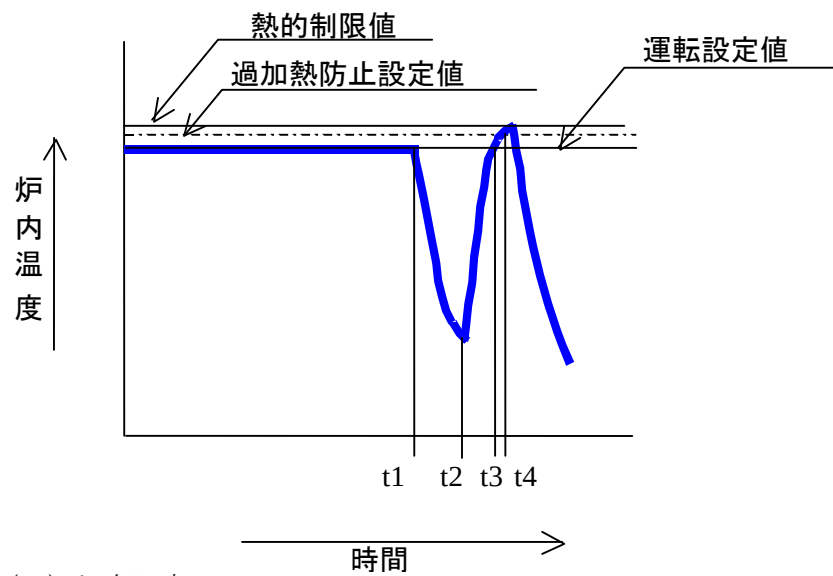
図 2 に、バランスレスバンプレス機能が作動した場合の、炉内温度とヒータ電流要求信号並びにヒータ電流の変化を模式的に示す。

時刻 t_1 で手動でヒータ電流を 0 とした後は、ヒータ電流要求信号は 0 のままである。

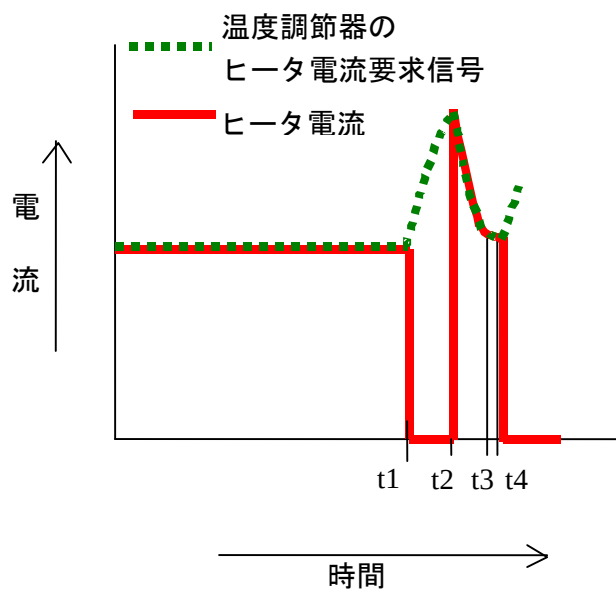
時刻 t_2 で自動モードに切り替えられた際には、バランスレスバンプレス機能によって自動モードに切り替えられた時の炉内温度を基点として、25℃/時の温度（時刻 t_2 からの経過時間が t の時に T_2+25*t ℃）を目標温度としてヒータ電流要求信号を 0 から増加させていく。

ヒータ電流要求信号は 0 から増加していくため、当初はヒータ出力が少なく炉内温度は低下していくが、炉内温度に釣り合うまでヒータ出力が増加した時刻 t_3 以降は上昇に転じる。しかし、時刻 t_3 における実温度 T_3 と目標温度 TT_3 との間には差があるため、25℃/時の温度勾配で昇温させるよりも大きなヒータ電流要求信号が発せられ、炉内温度は 25℃/時の温度勾配よりも急峻に立ち上がる。

目標温度の上昇勾配は、温度調節器の PID 制御設定で想定されている勾配であるため、時刻 t_4 で目標温度 $T_4 (=T_2+25*(t_4-t_2))$ に到達した後は、目標温度からの大きな超過はなく、25℃/時の温度勾配で昇温していく。

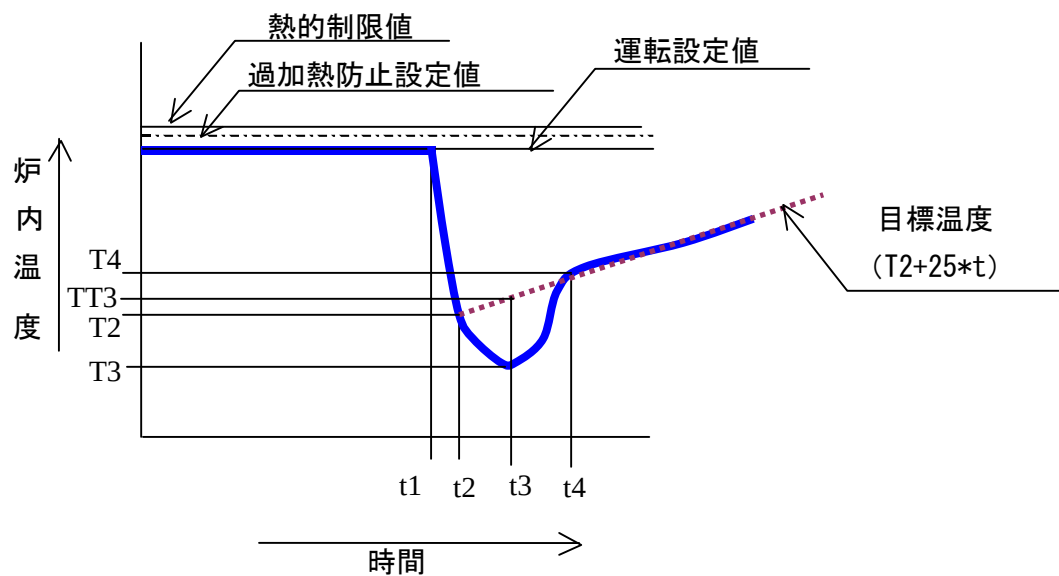


(1) 炉内温度

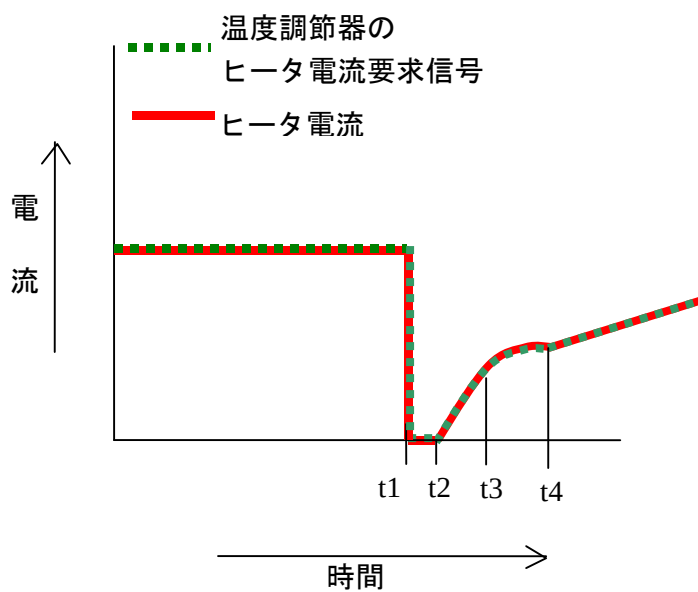


(2) ヒータ電流要求信号とヒータ電流

図1 炉内温度とヒータ電流要求信号とヒータ電流の挙動
(バランスレスバンプレス機能の作動なしの場合)



(1) 炉内温度とt2以降の目標温度



(2) ヒータ電流要求信号とヒータ電流

図2 炉内温度とヒータ電流要求信号とヒータ電流の挙動
(バランスレスバンプレス機能の作動ありの場合)

温度調節器の故障原因調査結果

ガドリニア焼結炉 B 号機のゾーン 1 に使っていたもので故障した温度調節器について、故障原因を調査した。

故障した温度調節器は、平成 18 年にガドリニア焼結炉 A 号機と B 号機の温度調節器を更新した際に、当該と同型のものを焼結炉ごとに 4 台合計 8 台設置しており、今回が更新後初めての故障であった。温度調節器の故障発生時、当該温度調節器にはアラームコード「AL70」が表示されており、これは A/D コンバータ 1 が故障していることを示している。

故障の原因としては、A/D コンバータ 1 自体が原因の場合あるいは A/D コンバータ 1 への過大な入力信号による場合が考えられる。ここで A/D コンバータ 1 への入力は熱電対からの入力であるが、

- ・ A 号機に取り付けられていた温度調節器に交換した後には「AL70」は表示されず、異常なく動作したこと
- ・ ノイズ発生源として影響の可能性がある溶接機などを近くで使用していなかったことから、A/D コンバータ 1 への入力が原因とは考えにくく、A/D コンバータ 1 自体の故障であると推定される。

温度調節器製造メーカへ問合せたところ、「AL70」の発生時は A/D コンバータ部、または接続を含むその前後の部位の故障が考えられ、その要因として次のものが挙げられた。

- (1) 製造時の要因：半田付け不良、半田カスの付着
- (2) 部品の要因：部品の故障（A/D コンバータ、水晶振動子、水晶発信器など）
- (3) 使用環境の要因：過大電圧の印加、水分付着による腐食

製造メーカの見解では、温度調節器の推奨更新周期を 5 ～ 10 年としており、老朽化が原因ではない。また、要因(1)であれば使用開始後比較的早期に故障に至ることから、更新から 4 年が経過した当該品では要因であった可能性は低いとのことであった。

また要因(3)に関しては、温度調節器の設置場所である第 1 ガドリニア炉室は室温、湿度ともにメーカの定めた許容使用環境（室温は 0℃～50℃、相対湿度は 10%～90%で結露が無いこと）を満足しており、粉じんの発生や化学物質の取り扱いはなく、また供給電源には絶縁トランスとノイズフィルターを付けて電源ノイズを防ぐ対策をとっていたため、使用環境が要因となった可能性は低い。

従って、要因(2)、すなわち部品の故障の可能性が高い。製造メーカの実績調査によると、上記(2)の 3 部品の中では水晶振動子の故障が多く、他のユーザでも同じ故障事象の発生を確認しているとのことであった。

以上のことから、本事象における温度調節器の故障は、温度調節器内部品の偶発的な不具合が原因の、A/D コンバータ 1 単体の故障と考えられる。

温度調節器及び変換器の交換実績について

1. 概要

過去 10 年間における焼結炉の温度調節器及び変換器の交換実績を調査した結果を記す。

2. 調査方法

平成 12 年から平成 22 年の期間について、焼結炉の計測器である温度調節器及び変換器の交換実績を調査した。

本調査は、社内手順書「計測機器精度管理規程」に定められた計測機器登録依頼書、「構内工事管理規程」に定められた工事計画書、設備設計審査記録、放射線安全委員会記録等の資料を用いて実施した。

3. 調査結果

表 1 に、調査対象期間内に実施した計測器の後継機種への交換、機能の統合及び回路設計の変更についてまとめた。

平成 13 年頃から、放射温度計変換器や温度調節器の故障が増えてきたことやメーカーによる保守対応が困難になってきたため、計画的に計測器の交換を実施してきた。この計画的な交換作業は、焼結炉を完全に停止状態にしてメーカーにより実施したものである。平成 18 年までは工事計画書を発行し、平成 18 年以降は、さらに設備設計審査、放射線安全委員会審議等を経て交換工事を実施した。なお、5 台の焼結炉（ガドリニア焼結炉（A 号機、B 号機）、及びウラン焼結炉（2 1 号機、2 2 号機、2 3 号機））の計測器を一度に更新することはせずに順次更新し、取外された計測器は、再校正した上で更新していない焼結炉の予備品として使用していた。

放射温度計変換器及び温度調節器単品の交換回数を表 2 に、またその詳細を表 3 に示す。放射温度計変換器または温度調節器の故障等に伴い、これらを単品で交換した回数は、焼結炉稼働中の交換が温度調節器 1 0 回、放射温度計変換器 1 4 回、停止中の交換が温度調節器 1 0 回、放射温度計変換器 4 回であった。

表 1 計測器の後継機種への交換及び機能の統合(平成 12 年～平成 22 年)

No	時期	焼結炉	変更内容	備考
5 6	平成 13 年 10 月	22 号機	放射温度計変換器後継機種への交換 (R-1→C-3* ¹) 温度調節器後継機種への交換 (C-1→C-2)	工事計画書
20 21	平成 15 年 9 月	23 号機	同上の交換	
30	平成 16 年 12 月	B 号機	温度調節器後継機種への交換 (C-1→C-2)	工事計画書
33	平成 17 年 10 月	B 号機	放射温度計変換器後継機種への交換 (R-1→R-2)	
38 39	平成 18 年 8 月	A 号機	放射温度計変換器後継機種への交換 (R-1→R-2) 温度調節器への機能統合 温度調節器(C-1)、熱電対温度変換器(A/D コンバータ)、二入力切換器→温度調節器(C-3) バーンオフゾーンは、温度調節器(C-1) →温度調節器(C-2) PLC 交換	工事計画書 設備設計審査 放射線安全委員会審議
		B 号機	温度調節器への機能統合 温度調節器(C-2)、熱電対温度変換器(A/D コンバータ)、二入力切換器→温度調節器(C-3) (バーンオフゾーンは C-2 のまま) PLC 交換	
46 47	平成 21 年 5 月	21 号機	放射温度計変換器後継機種への交換 (R-1→R-2) 過加熱温度設定器 I への機能統合 熱電対温度変換器(A/D コンバータ)、PLC 内過加熱 温度設定器 I→過加熱温度設定器 I (外付け型) 温度調節器への機能統合(ゾーン 3, 4, 5, 6) 温度調節器(C-1)、熱電対温度変換器(A/D コンバータ)、 二入力切換器→温度調節器(C-4) ゾーン 1, 2 は、温度調節器(C-1)→温度調節器(C-5) 温度制御盤全面更新・PLC 交換	工事計画書 設備設計審査 放射線安全委員会審議 使用前検査
48 49	平成 21 年 8 月	23 号機	同上	
50 51	平成 22 年 2 月	22 号機	全面更新(制御盤含む)	工事計画書 設備設計審査 放射線安全委員会審議 使用前検査

No.は、表 3 の番号と一致

記号の説明：R-1；旧型放射温度計変換器 R-2；後継放射温度計変換器

C-1；旧型温度調節器、C-2；後継温度調節器、C-3；2 入力型温度調節器(A, B 号機用)

C-4；2 入力型温度調節器(21～23 号機用)、C-5；新温度調節器(21～23 号機用)

* 1；C-3 の一部機能を用いて放射温度計変換器として使用

表 2 放射温度計変換器や温度調節器単品の交換(平成 12 年～平成 22 年)

稼動／停止の区別	放射温度計変換器	温度調節器
稼動中	1 4 回	1 0 回
停止中	4 回	1 0 回

表3 温度調節器及び変換器の交換実績(平成12年～平成22年)

No	年	工事期間	種類 ^(注1)	機種	炉No. (号機)	ゾーン	交換者	交換理由	交換品	運転状態
								計画 故障	○ ● ◎ ^(注8)	
1	平成12年	5月9日	変換器	R-1	21	3	炉室作業	●	△	昇温中
2		11月29日	温調器	C-1	23	3	炉室作業	●	△	焼結中
3		12月4日	温調器	C-1	22	3	炉室作業	○	○	停止中
4	平成13年	8月5日	温調器	C-1	21	1	炉室作業	●	△	焼結中
5		10月29日～11月1日	温調器	C-2	22	全1 ^(注2)	業者	○	◎	停止中
6		10月29日～11月1日	変換器	C-3	22	全2 ^(注6)	業者	○	◎	停止中
7	平成14年	3月29日	温調器	C-1	B	2・3・4	炉室作業	○	○	停止中
8		5月6日	変換器	R-1	B	1	炉室作業	●	○	昇温中
9		6月23日	変換器	R-1	21	3	炉室作業	●	○	焼結中
10		6月23日	温調器	C-1	21	3	炉室作業	●	○	焼結中
11		8月26日	温調器	C-1	21	5	炉室作業	●	△	焼結中
12	平成15年	8月26日	温調器	C-1	23	5	炉室作業	○	○	停止中
13		10月16日	変換器	R-1	B	2・3・4	業者	●	○	昇温中
14		5月7日	温調器	C-1	B	PH ^(注3)	炉室作業	●	△	停止中
15		5月10日	温調器	C-1	23	3	炉室作業	○	△	停止中
16		8月1日	温調器	C-1	21	3	炉室作業	○	△	停止中
17		8月23日	温調器	C-1	23	3	炉室作業	○	○	停止中
18		8月25日	変換器	R-1	B	1	炉室作業	●	△	昇温中
19		8月27日	温調器	C-1	21	3	炉室作業	○	△	停止中
20		9月4日～9日	温調器	C-2	23	全1 ^(注2)	業者	○	◎	停止中
21		9月4日～9日	変換器	C-3	23	全2 ^(注6)	業者	○	◎	停止中
22	平成16年	9月5日	変換器	R-1	A	1	炉室作業	○	△	停止中
23		9月5日	温調器	C-1	A	5	炉室作業	○	△	停止中
24		11月17日	変換器	R-1	21	5	炉室作業	●	○	焼結中
25		1月7日	変換器	R-1	B	5	炉室作業	●	○	昇温中
26		2月11日	温調器	C-1	B	BO ^(注4)	炉室作業	●	△	焼結中
27		2月16日	温調器	C-1	A	BO ^(注4)	炉室作業	○	○	停止中
28		4月5日	温調器	C-1	B	1	炉室作業 ^(注5)	●	○	昇温中
29		12月1日	変換器	R-1	21	6	炉室作業	●	△	焼結中
30	平成17年	12月28日、29日	温調器	C-2	B	全1 ^(注2)	業者	○	◎	停止中
31		4月11日	変換器	R-1	A	5	炉室作業	○	△	停止中
32		6月20日	変換器	R-1	B	5	炉室作業	●	△	昇温中
33		10月27日、28日	変換器	R-2	B	全3 ^(注7)	業者	○	◎	停止中
34		10月28日	変換器	R-1	21	5	炉室作業	○	△	停止中
35	平成18年	10月28日	変換器	R-1	21	6	炉室作業	○	△	停止中
36		2月18日	変換器	R-1	21	4	炉室作業	●	○	昇温中
37		5月11日	温調器	C-1	A	1	炉室作業	●	○	空運転中
38		8月7日～9月7日	温調器	C-3 C-2	A,B A	全3 ^(注7) BO ^(注4)	業者	○	◎	停止中
39	平成19年	8月7日～9月7日	変換器	R-2	A	全3 ^(注7)	業者	○	◎	停止中
40		11月5日	変換器	R-1	21	6	炉室作業	●	○	昇温中
41		12月25日	温調器	C-1	21	6	炉室作業	●	不明	昇温中
42	平成20年	2月11日	温調器	C-1	21	2	炉室作業	●	○	空運転中
43		4月9日	変換器	R-1	21	4	炉室作業	●	○	空運転中
44		5月6日	変換器	R-1	21	5	炉室作業	●	○	昇温中
45		5月6日	変換器	R-1	21	3	炉室作業	●	○	昇温中
46	平成21年	5月7日～6月30日	温調器	C-4 C-5	21	全2 ^(注6) 1,2	業者	○	◎	停止中
47		5月7日～6月30日	変換器	R-2	21	全2 ^(注6)	業者	○	◎	停止中
48		8月13日～9月15日	温調器	C-4 C-5	23	全2 ^(注6) 1,2	業者	○	◎	停止中
49		8月13日～9月15日	変換器	R-2	23	全2 ^(注6)	業者	○	◎	停止中
50	平成22年	2月2日～3月17日	温調器	C-4 C-5	22	全2 ^(注6) 1,2	業者	○	◎	停止中
51		2月2日～3月17日	変換器	R-2	22	全2 ^(注6)	業者	○	◎	停止中
52		12月11日	温調器	C-3	B	1	炉室作業 ^(注5)	●	△	焼結中

(注1) 温度調節器を温調器、放射温度計変換器を交換器と記す。

(注2) 全1: 炉内雰囲気排出装置を除くすべてのゾーンの交換

(注3) PH: プレヒートゾーンの交換

(注4) BO: バンオフゾーンの交換

(注5) 今回交換した作業

(注6) 全2: ゾーン3、4、5、6の交換

(注7) 全3: プレヒートゾーン、ゾーン1、ゾーン3、ゾーン5の交換

(注8) 転用とは、停止中の焼結炉から取外したもの

停止中: 室温で停止状態

昇温中: 立上げ時で焼結炉内に製品無し	} 稼動中
空運転中: 生産温度到達後で焼結炉内に製品無し	
焼結中: 生産温度で焼結炉内に製品有り	

添付資料 15

更新前後の温度調節器の相違点について

1. 概要

カドリニア焼結炉 B 号機の現在の温度調節器は平成 18 年 8 月に更新されている。更新前後の温度調節器を含む温度制御系を調査し、その相違点を記載する。

2. 温度計測系の構成と更新前後の相違点

焼結炉 B 号機の温度測定と制御に係わる機能の構成と過加熱防止インターロックのロジックは、温度調節器の更新の前後で基本的に変わらない。更新前後の構成を図 1 と図 2 に示す。

熱電対からの信号は、A/D コンバータ 1 を経由して過熱温度設定器 I と二入力切換器に送られる。一方、放射温度計の信号は、A/D コンバータ 2 を経由して二入力切換器に送られる。炉内の温度が 800℃で二入力切換器は熱電対信号から放射温度計信号に切り替える^(注1)。二入力切換器からは 3 つに出力され、①過加熱温度設定器 II を経て PLC へ、②温度調節部からヒータ制御へ、そして③記録計へ送られる。PLC では過加熱温度設定器 I からと過加熱温度設定器 II からのそれぞれの過加熱防止設定値超過信号で警報を発報し、2 つの信号の AND 条件でヒータ電源を遮断する。

更新前では、A/D コンバータ 1、A/D コンバータ 2、二入力切換器、および温度調節器（過加熱温度設定器 II と温度調節部）がそれぞれ個別の計測器に分かれていた。

更新後は、これらの機能が組み込まれた一体の温度調節器となっている。本更新は、複数の計測器を統合することによって、それまで複数の計測器を経由（入出力）することで繰り返される増幅と信号変換による、系統的な誤差を極力少なくするように配慮したものである。なお、放射温度計については、この温度調節器には放射温度計の信号を直接変換する機能がないので、放射温度計変換器を通して入力されている。

(注1) 通常の 1780℃での運転中は、放射温度計からの温度を温度調節部への入力温度としている。ただし、放射温度計の温度計測範囲が 600℃～2000℃であるため、焼結炉の立上げ時の昇温過程では、焼結炉内温度が 800℃より低温の間は熱電対からの温度を使い、800℃より高温では放射温度計に切り替えて温度調節器への入力温度としている。この切り替えのために二入力切換器が使われている。なお、更新後の切換温度は 800℃であるが、更新前は 1300℃であった。

3. 更新前後での温度調節器の交換時における温度制御挙動の相違点

更新前において、焼結炉の 1780℃の定常運転中に温度調節器を交換したとすると、温度調節器の入力は放射温度計の信号となっているので、放射温度計系統のバーンアウト信号が過加熱温度設定器 II に送られ過加熱防止設定値超過信号として PLC に出力される。一方、熱電対の温度出力は温度調節器を経由せずに PLC の過加熱温度設定器 I に出力されているため、温度調節器の交換の影響を受けることはない。これらのことから、定常運転中に温度調節器

を交換した時には、PLC には放射温度計の過加熱防止設定値超過信号だけが入り、熱電対からは入らないので AND 条件が成立せず、過加熱防止インターロックは作動しない。

また、温度調節器を取外すと当該ゾーンのヒータ制御信号が失われるが、この場合にはヒータ電流が流れなくなり、当該ゾーンの温度は低下する。（更新前の平成 18 年 5 月に焼結炉 A 号機の温度調節器を交換した際の温度チャートを図 3 に示す。）

従って、更新前のガドリニア焼結炉 B 号機において運転中に温度調節器を交換しても、当該ゾーンの温度が一時的に低下するだけで、過加熱防止インターロックは作動しなかった。

これに対し、温度調節器の更新後は、定常運転中に温度調節器を交換したとすると、熱電対と放射温度計の両者の信号が温度調節器に入力される構成であるため、熱電対のバーンアウト信号が過加熱温度設定器Ⅰで過加熱防止設定値超過信号となり、同じく放射温度計のバーンアウト信号が過加熱温度設定器Ⅱで過加熱防止設定値超過信号となり PLC に出力される。熱電対と放射温度計の両方から過加熱防止設定値超過信号が発生するため、AND 条件が成立して過加熱防止インターロックが作動し、全てのゾーンのヒータ電源が遮断される。

4. まとめ

温度調節器の更新前は、熱電対からの温度信号は独立した計測器である A/D コンバータ 1 を経由して PLC に送られ、一方、放射温度計の信号は別の計測器である温度調節器を経由して PLC に送られていた。運転中に温度調節器を交換すると放射温度計のバーンアウト信号が発生するが、温度調節器から独立した計測器を経由する熱電対温度についてはバーンアウト信号が発生しないため、過加熱防止インターロックが作動することはなかった。

温度調節器の更新後（現在）は、熱電対と放射温度計の温度信号はともに同じ温度調節器を経由していることから、運転中に温度調節器を交換すると熱電対と放射温度計の両方のバーンアウト信号が出力されるため、過加熱防止インターロックが作動する。

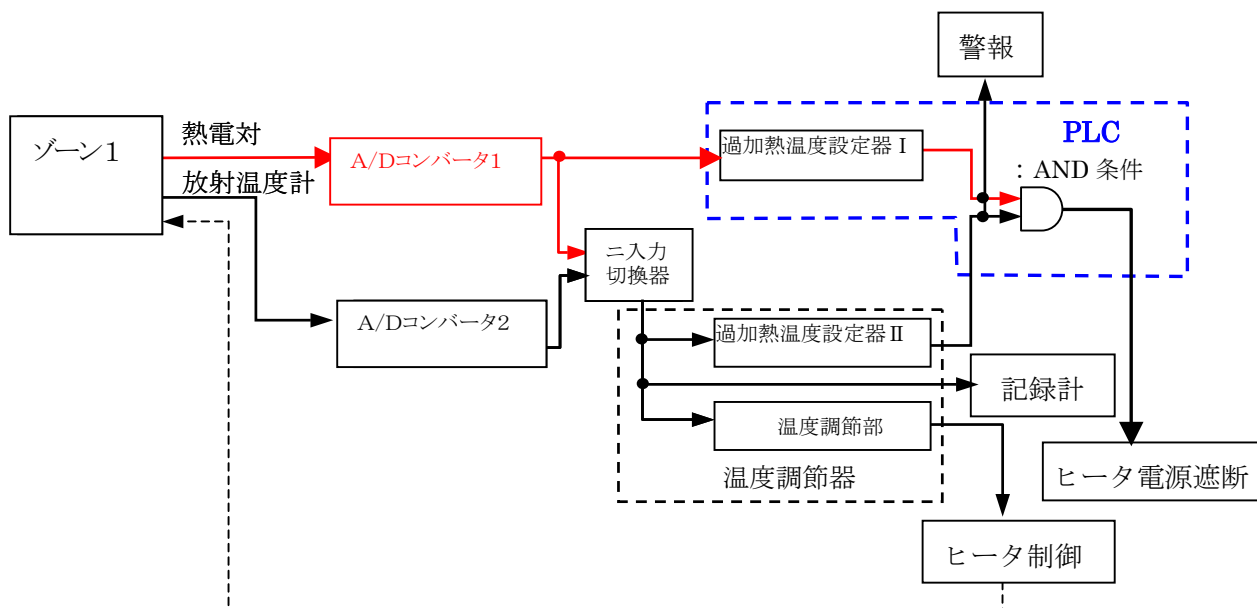


図1 ガドリニア焼結炉B号機の更新前の温度制御系の構成

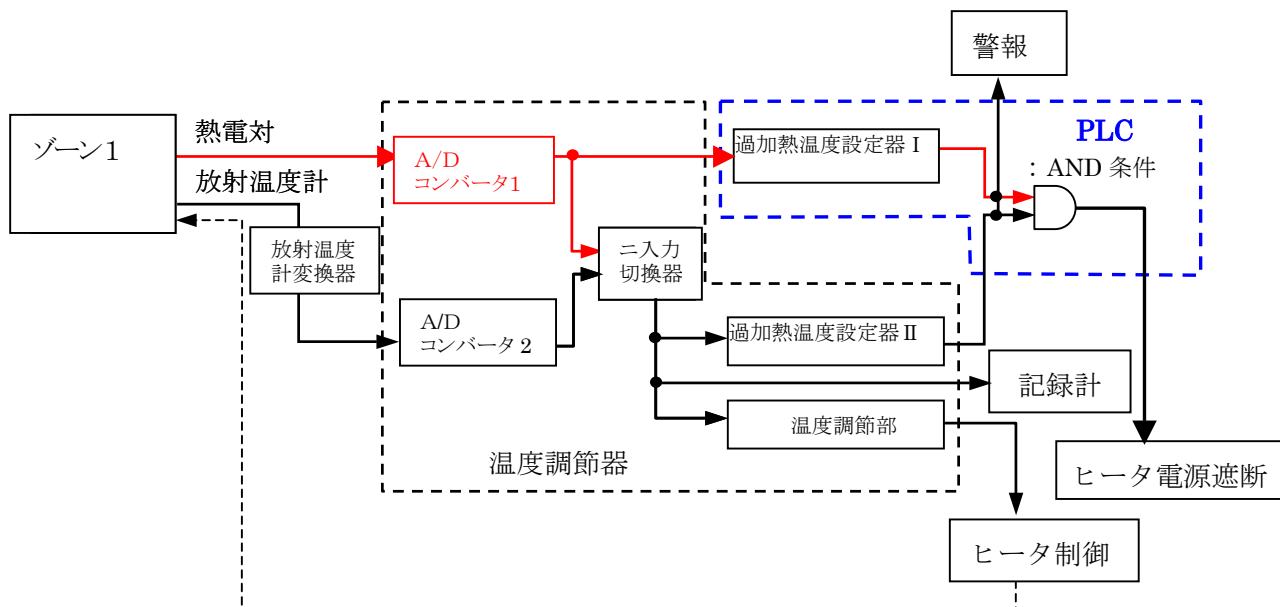


図2 ガドリニア焼結炉B号機の更新後の温度制御系の構成

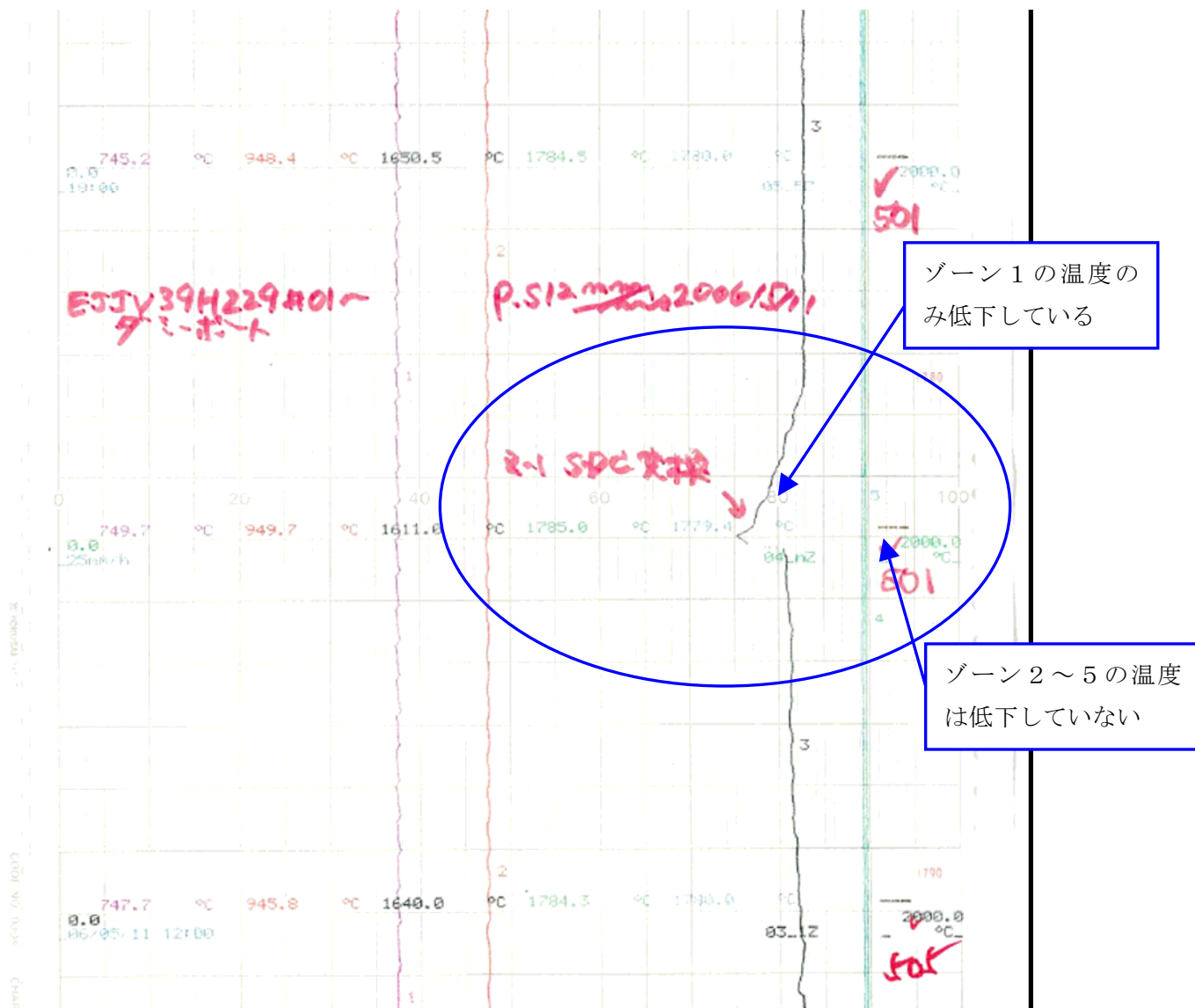


図3 更新前のガドリニア焼結炉A号機の温度調節器を平成18年に交換した際の温度チャート

温度制御系の設計の考え方

1. 焼結炉の温度制御系の設計の考え方

自動的にヒータ電源を遮断する機能（過加熱防止インターロック）は、昭和 62 年 3 月の加工施設の技術基準の施行を受けて、昭和 63 年 12 月に新設した第 2 炉室の 2 2 号機から導入された。それ以前の焼結炉には過加熱防止インターロックは施設されていなかったが、当時焼結炉を担当していた設備技術者への聞き取りを行ったところ、その温度制御系の設計の考え方は以下の通りであった。

- ①ペレットの焼結に必要な温度条件を得るため、焼結炉内を複数の領域（ゾーン）に分けてゾーン毎に温度調節を行えるようにする。
- ②温度計測器故障の可能性を想定し、各ゾーンは 2 系統で温度計測する。
- ③一方の温度計測器は全温度領域を計測できる熱電対とし、他方は高温にさらされて断線の可能性のある熱電対よりも機能を喪失しにくい放射温度計とする。^(注 1)
- ④ゾーン毎の温度調節を行う温度調節器は、機能を喪失しにくい放射温度計の温度を利用することとする。^(注 2)
- ⑤温度調節機能の故障により、焼結炉の温度が運転設定温度を超えて上昇する可能性を考慮に入れ、焼結炉の熱的制限値と運転温度との間に過加熱防止温度を設定し、放射温度計の温度或いは熱電対の温度が過加熱防止設定温度に到達した場合には、到達と同時に過加熱警報を発報させる。
- ⑥熱電対の断線時のバーンアウト信号によって過加熱警報が発報した場合は、作業者がもう一方の温度計の温度を監視しながら、ヒータ電流を絞って焼結炉を降温させる。^(注 3)
- ⑦熱電対断線以外の温度調節器等の機器の故障により警報が発報した場合は、過加熱警報が発報しない間に操作が可能な場合は、作業者がヒータ電流を絞って焼結炉を降温させ、過加熱警報も発報した場合には、緊急的にヒータ電源遮断を行い焼結炉を降温させる。

（注 1）運転設定温度が約 750℃と低いゾーンでは、放射温度計での計測が困難なため、2 系統とも熱電対とする。

（注 2）焼結炉の立上げ時の昇温過程において温度が低い間は、放射温度計での計測が困難なため、熱電対の温度で温度調節を行う。

（注 3）高温状態の焼結炉を急冷させると、急激な温度低下による耐火レンガへの熱負荷が大きいことから不必要な急降温は行わないことが望ましい。

昭和 62 年 3 月に施行された技術基準は次のとおりであった。

「加工施設には、その設備の機能の喪失、誤操作その他の要因により加工施設の安全を著しく損なうおそれが生じたとき、第十五条第一号の放射性物質の濃度が著しく上昇したとき又は液体状の放射性廃棄物の廃棄施設から液体状の放射性物質が著しく漏えいするおそれが生じたときに、これらを確実に検知して速やかに警報する設備を施設しなければならない。」

「加工施設には、その設備の機能の喪失、誤操作その他の要因により加工施設の安全を著しく損なうおそれが生じたときに、核燃料物質等を限定された区域に閉じ込める能力の維持、熱的、化学的若しくは核的制限値の維持又は火災若しくは爆発の防止のための設備を速やかに作動させる必要がある場合には、当該設備の作動を速やかに、かつ、自動的に開始させる回路を施設しなければならない。」

この技術基準の要求事項を満足させるために、既に施設されていた警報設備に加えて、過加熱防止インターロックを導入することとしたが、当時過加熱防止インターロックの導入に関係した設備技術者によると、その際に、前記温度制御設計の考え方の中の⑥を次の⑧に変更することとしたことがわかった。また、計測器の故障が発生した場合の対応については、設備技術者の記憶が細部では不鮮明なことから、手順書の記載とも併せて⑦を次の⑨に変更することとしたものと考えている。

- ⑧高温にさらされる熱電対の断線は考慮に入れ、熱電対の断線だけではヒータ電源を遮断させず、また、熱電対の断線時には、過加熱防止設定値を超えるバーンアウト信号の発生を利用して、放射温度計の温度だけで過加熱防止インターロックを作動させることが可能な回路として、熱電対と放射温度計の両温度が過加熱防止設定値に到達したら過加熱防止インターロックを作動させる回路とする。
- ⑨熱電対断線以外で、計測器の故障により警報が発報した場合において、炉内温度が過加熱防止設定値に達しておらず、また温度調節器の操作による通常停止が行える場合は、通常停止操作で焼結炉を降温させる。また、炉内温度が過加熱防止設定値に達する場合、あるいは温度調節器の操作による通常停止ができない場合には、ヒータ電源遮断を行い焼結炉を降温させる。

2. ウラン焼結炉 2 2 号機以降に導入した過加熱防止インターロック設計と設備設計審査

ウラン焼結炉 2 2 号機に過加熱防止インターロックを施設した後、平成 4 年までに、ウラン焼結炉（2 1 号機及び 2 3 号機）、ガドリニア焼結炉（A 号機及び B 号機）に、ウラン焼結炉 2 2 号機の回路と同じ過加熱防止インターロックを施設した。この設計に基づく温度制御系の例を、添付資料 1 5 の図 1 に示す。

その後、平成 18 年 8 月にガドリニア焼結炉（A 号機及び B 号機）の温度調節系を現行の温度調節系に更新した際、温度調節器の機能が拡充して、A/D コンバータ機能や二

入力切換機能を持たせることが可能になり、機器モジュールの統合を図り、添付資料 15 の図 2 に示す回路とした。この回路は、今回の事象で最初のヒータ電源遮断につながったように、焼結炉運転中の温度調節器の交換といった作業を行った場合は、熱電対系統と放射温度計系統の両方に同時にバーンアウト信号が発生してインターロックが作動する機器構成となっていた。

設備の設計は、まず設備導入担当部門で、設備に対する安全機能を含めて十分な設計検討を行う必要があるが、さらにその設計が要求事項を満足していることを検証する必要がある。この検証は設備設計審査委員会を実施することが社内規程で定められている。ガドリニア焼結炉（A 号機及び B 号機）の温度調節系の更新にあたっては、平成 18 年 6 月に設備設計審査を行った。この際には機器モジュールの統合を図ったことにより熱電対と放射温度計の信号が一つの温度調節器を通過する回路構成となっていたが、警報設備は、熱電対と放射温度計それぞれの温度で作動するという点と、過加熱防止インターロックはそれら 2 系統の温度の重畳で作動する点において、従来の設計の考え方から変更のないことを確認している。しかし当初設計時の設計の考え方が系統的に整理されていなかったため、機器の故障が安全機能に及ぼす影響についての審議はできなかった。

添付資料 17

保安管理組織の業務及び役職とその責務

1. 当社の保安組織

当社の保安管理組織を図 1 に示す。

2. 主たる部・課の保安上の業務

① 製造部

製造 1 課、製造 2 課、廃棄物管理課、工務課及び施設技術課からなり、以下の業務を行う。

- (a) 核燃料物質の製造に関する保安管理の業務
- (b) 給排気設備の運転及び用役の供給に係る業務
- (c) 建屋及び建屋付帯設備の保守に係る業務
- (d) 放射性固体廃棄物の処理及び保管廃棄に係る業務
- (e) 放射性気体廃棄物の処理及び廃棄に係る業務、放射性液体廃棄物の廃棄施設への移送、処理及び廃棄に係る業務
- (f) 周辺監視区域内における核燃料物質の運搬に関する保安管理の業務
- (g) 貯蔵専用区域における核燃料物質の貯蔵に関する保安管理の業務
- (h) 核燃料物質の梱包に関する保安管理の業務

この内、製造 1 課は、次の業務を行う。

- (a) 核燃料物質の化学処理作業に関する保安管理の業務
- (b) 核燃料物質の粉末取扱作業に関する保安管理の業務
- (c) 核燃料物質の成型加工作業に関する保安管理の業務
- (d) 化学処理作業、粉末取扱作業及び成型加工作業に係る核燃料物質の貯蔵に関する保安管理の業務
- (e) (a)～(c)の業務に伴い発生する放射性液体廃棄物の廃棄施設への移送に関する業務

なお、今回の事象が発生した焼結炉は、(c) 核燃料物質の成型加工作業に関する保安管理の業務に該当する。

② 生産技術部

生産技術課において、以下の業務を行う。

- (a) 核燃料物質の加工に係る生産技術開発に関する保安管理の業務
- (b) 加工施設の操作及び保守管理に関する技術支援に係る業務

③ 環境安全部は、放射線管理課及び防災課からなり、初期消火活動に関する業務及び以下の業務を行う。

- (a) 核燃料物質の加工に関する放射線管理に係る業務
- (b) 臨界安全管理に係る業務
- (c) 放射性廃棄物中の放射性物質濃度の監視・測定に係る業務
- (d) 保安教育に係る業務
- (e) 環境試料中の放射性物質濃度測定と放射線業務従事者の健康診断に係る業務
- (f) 建屋の施錠に係る業務
- (g) 管理区域及び周辺監視区域の出入りに係る業務

④ 保安全管理部は、保安品質マネジメントシステム及び内部監査に係る事務局並びに保安検査等に関する業務を行う。また、核燃料取扱主任者の指揮監督を受け、核燃料取扱主任者の業務を円滑に処理するため、資料の調査及び記録類の管理等の補佐業務を行う。

⑤ 安全推進部は、社長の指示を受け、関係法令及び保安規定の遵守並びに安全文化醸成のための全社的な活動を主導し、その活動の評価を行う。なお、当該部は、平成 23 年 1 月 1 日に、保安全管理部と合併した。

3. 主たる部・課の役職とその責務

保安全管理組織の内、今回の事象に関わる部・課の役職とその責務は、次のとおりである。

○製造部・製造 1 課

部長：製造部の統括

課長：製造 1 課の統括（製造 1 課全工程の管理）

主任：複数の工程の取り纏め

スペシャリスト：製造 1 課全工程の技能支援、主任相当職

ショップリーダー：担当工程の取り纏め

一般作業員：担当工程の作業

○生産技術部・生産技術課

部長：生産技術部の統括

課長：生産技術課の統括（設備の操作及び保守に関する技術支援）

チーフスペシャリスト：担当設備の取り纏め技術者で課長相当職

スペシャリスト：担当設備の技術者で主任相当職

一般技術者：担当設備の技術者

○環境安全部・放射線管理課

部長：環境安全部の統括

課長：放射線管理課の統括（放射線管理）

チーフスペシャリスト：放射線管理業務全般の取り纏め技術者で課長相当職

シフトマネージャ：夜間・休日における社長以下の管理者の代行で課長相当職

スペシャリスト：放射線管理業務の技術者で主任相当職

一般技術者：放射線管理業務の技術者

○保安全管理部

部長：保安全管理部の統括

チーフスペシャリスト：保安全管理業務全般の取り纏め技術者で課長相当職

スペシャリスト：保安全管理業務の技術者で主任相当職

一般技術者：保安全管理業務の技術者

4. 異常時における対応者とその職責

異常等が発生した際の対応者の職責は次のとおりである。

・核燃料取扱主任者

社内手順書「異常・非常事象の措置規程」の 6.5 項において、担当課長からの報告を受けた後、「異常等の状況、措置に関し、必要と判断した場合は、社長へ報告する。」と定めている。また、保安上必要な場合には、核燃料物質等の取扱いに従事する者への指示、従業員等への指導・助言を行う。

・災害事象判断者（事象判断者）

社内手順書「異常・非常事象の措置規程」の 6.3 項において、次の事項を行うと定めている。

①災害事象を判断し、社外へ通報を要する事象と判断した場合は、連絡責任者に指示し、社外関係機関へ通報させる。

②災害事象に応じた連絡のタイミングを判断する。

③社外報告と判断した場合は、社長に報告する。

④同手順書の「通報事象連絡確認表」に通報事象を記載し、事象判断者全員が確認できるようにし、後日放射線安全委員会で審議を受ける。

・シフトマネージャ

夜間・休日において、社長以下の管理者の代行を行う。この内、担当課長の代行としては、社内手順書「異常・非常事象の措置規程」の 6.2 項において、異常等

状況の把握に努め、必要な応急措置を講ずると共に、災害事象に係らず、直ちに第1位の事象判断者、核燃料取扱主任者、担当部長及び必要に応じ関係する部課長に通報すると定めている。また、連絡責任者として、同手順書の6.4項において、事象判断者の指示により「災害発生時社内外連絡体制」に基づき社外関係機関へ通報することを定めている。

5. 製造部・製造1課の組織

製造部・製造1課の生産及び保安に関する組織体制を図2に示す。

製造1課長の下に3名の主任及び2名のスペシャリストが配置され、各主任はそれぞれ1～2の工程を受け持っている。各工程に配置された作業員を、ショップリーダーが取り纏めることにより、日々の生産及び保安に関する業務を実施している。

6. 焼結工程の作業体制

焼結工程の作業体制（人員配置）を図3に示す。

焼結工程は5人編成で3工程勤務制（A勤務、B勤務、C勤務）をとっている。1名はKF1（第1加工棟）の炉室専従、1名はKF2（第2加工棟）の炉室専従、残り3名は研削工程、乾式回収工程も兼務している。

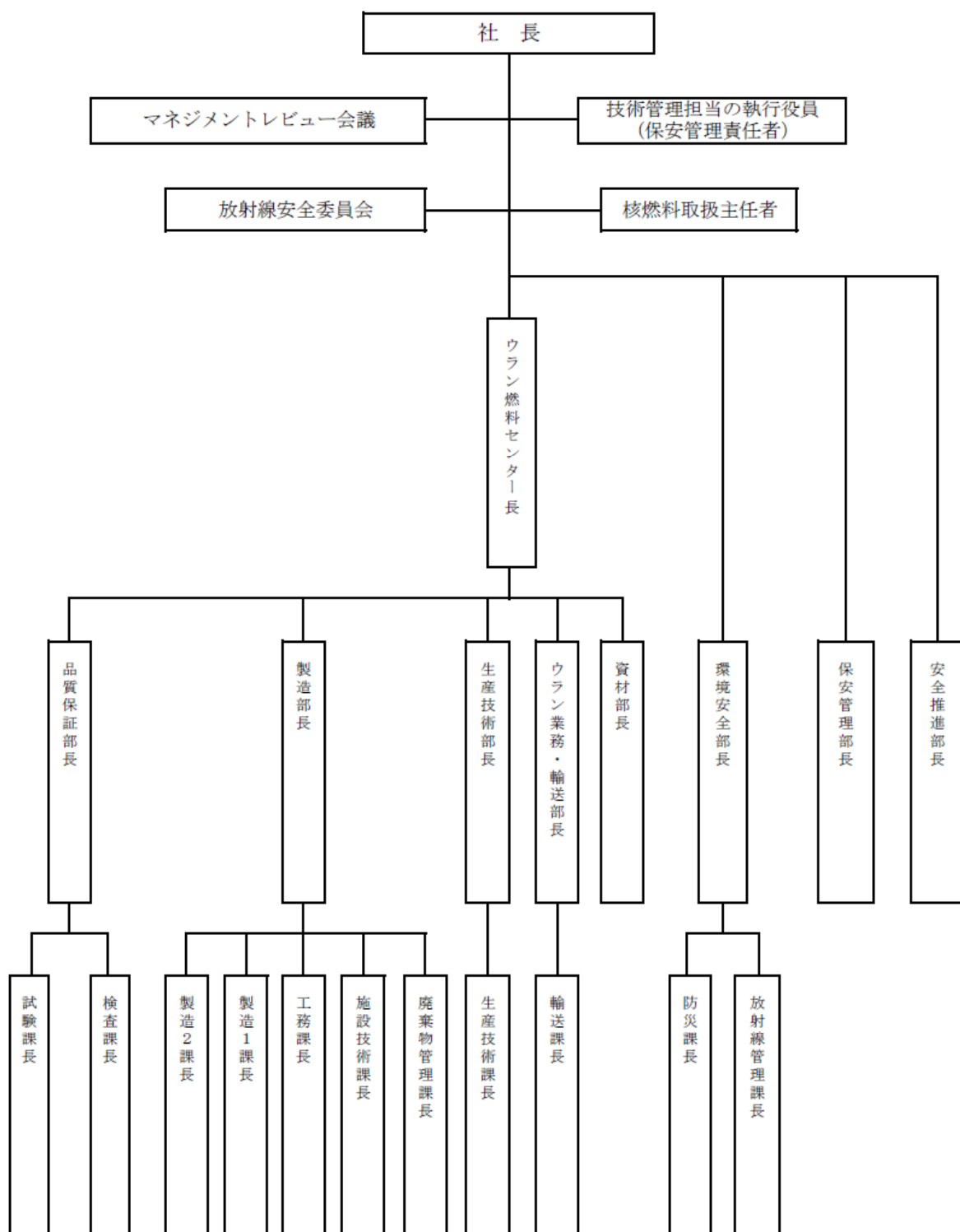


図1 保安管理組織（平成22年12月11日時点）

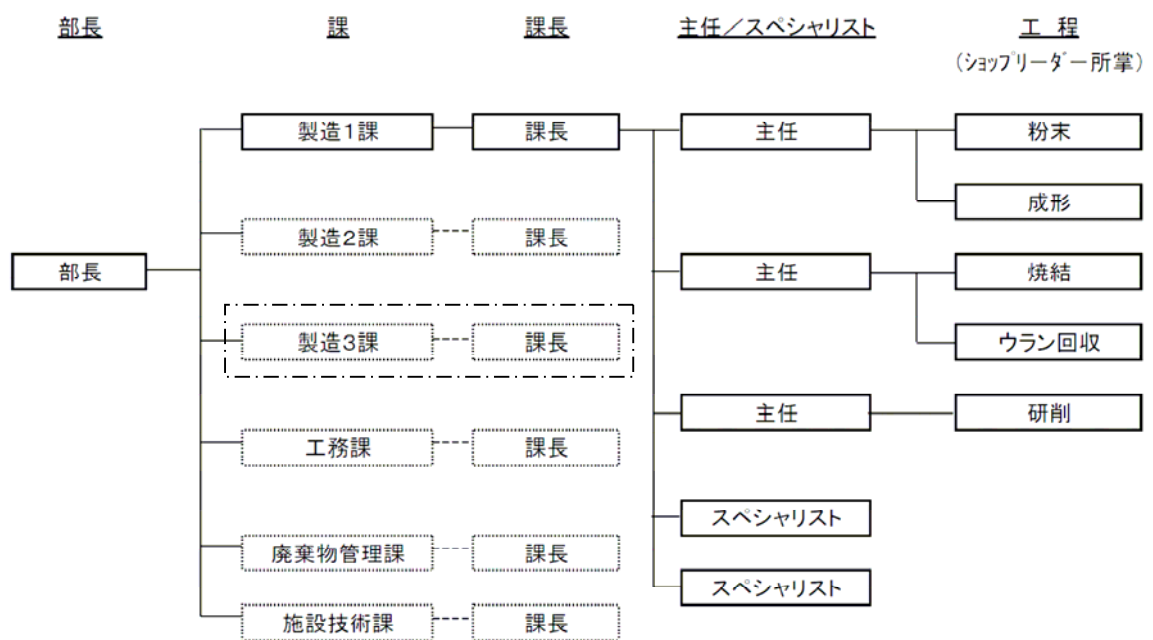
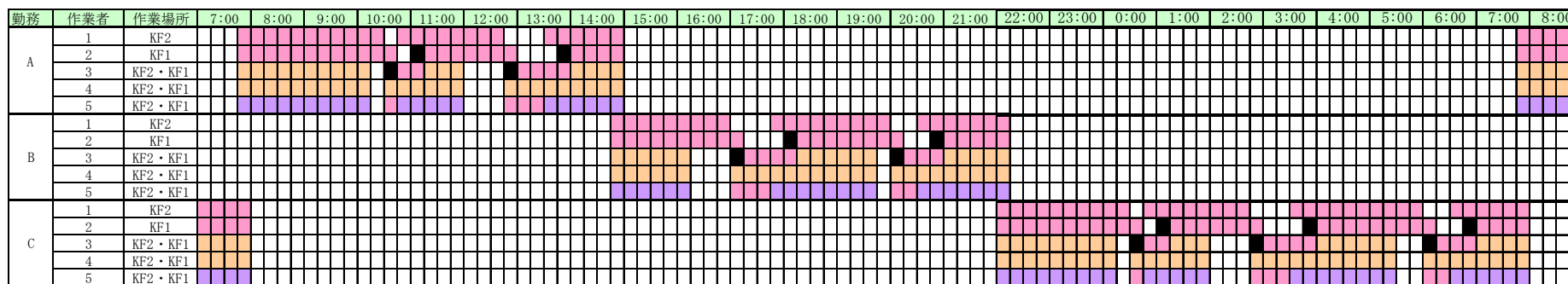


図2 製造部・製造1課組織体制

燃料体用部品の加工を行う製造3課は、保安全管理組織には含まれない。



注) K F 1 : 第 1 加工棟 (ガドリニア焼結炉) K F 2 : 第 2 加工棟 (ウラン焼結炉)

今回の事象で、作業者 A は C 勤務作業者 3、作業者 B は C 勤務作業者 2 に該当する。

図 3 焼結工程の作業体制 (人員配置)

区分	No.	問題点	問題点	大項目
設備状態の推移及び事象に係る調査の問題点	1	温度調節器の故障時に、熱電対系統の過加熱防止設定値超過信号が発生しない可能性がある状況であった。	報告書2.2(1)項	1. 焼結炉運転中の温度調節器の交換 (1回目の過加熱防止インターロック作動に係る問題点)
	2	制御系更新後の温度調節器は、焼結炉運転中に交換すると熱電対及び放射温度計からバーンアウト信号が同時に出力される可能性があった。	2.2(2)	
	3	ヒータ遮断後に温度調節器の運転モードを自動のままヒータ電源を再投入すると、急昇温するものであった。	2.2(3) 2.2(4)	
	4	温度調節器の運転モードが自動のまま焼結炉のヒータ電源が投入されたため、焼結炉の温度が急昇して温度調節器の制御が追従できず、ゾーン2・3・4の温度が過加熱防止設定値に到達した。	2.2(4)	
	5	放射温度計温度と熱電対温度には約10℃の差があることから、過加熱防止インターロックが作動した時点で、熱的制限値を有する設備の温度として管理対象としている温度記録計に記録されている放射温度計の温度は、熱的制限値まで到達した。	2.2(4)	
	6	焼結炉稼動中の温度調節器交換が、過去に行われていた。	3.2	
	7	更新後は温度調節器の交換時に両方のバーンアウト信号が同時に出力されるようになり、過加熱防止インターロックが作動する回路となった。	3.2	
	8	温度制御系更新の際、機器の故障や誤操作が安全機能に及ぼす影響についての審議がなされなかった。	3.3	
時系列の問題点	1	作業者A、Bは温度調節器の警報を確認したため、焼結炉の運転状態を確認した。その結果、異常がなかったため製造1課長(夜間・休日はシフトマネージャ)へ報告しなかった。		2. ヒータ電源の不適切な投入 (2, 3回目の過加熱防止インターロック作動に係る問題点)
	2	作業者A、Bは、温度調節器の警報を確認した際に焼結炉の運転状態を確認した。その結果、異常が見つけられなかったため手順書の確認までは行わず、温度調節器異常を不適合とした対応手順を実施しなかった。		
	3	作業者Bは、温度調節器交換を過去に実施したことがあった。また交換に際し、特別な工具の使用や電気配線に関わる作業も必要としないことから、今回も非正常作業だと考えずに交換作業を実施した。		
	4	過加熱防止インターロック作動等の重要警報は、焼結炉監視PCで警報ログを確認する必要がある、容易に認識できない警報だった。		
	5	作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源の遮断が引き起こされたと考え、それ以上の検討をしなかったため、ヒータ電源遮断を過加熱防止インターロック作動であると認識できなかった。		
	6	作業者Bは、温度調節器取付け時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考えたため、製造1課長(夜間・休日はシフトマネージャ)へ報告しなかった。		
	7	作業者Bは、温度調節器交換時の誤信号や設定の誤りでヒータ電源遮断が引き起こされたと考えたため、それ以上の検討をせずヒータ電源を再投入した。		
	8	作業者Bは、誤打点を防止するために、放射温度計の覗き窓清掃作業手順を準用して温度記録計を一時的に停止した。		
	9	温度調節器の運転モードを自動でヒータ電源を投入すると、急昇温して運転設定値を一時的に超過し、過加熱防止インターロックが作動した。		
	10	温度調節器の運転モードを自動でヒータ電源を投入すると、急昇温して運転設定値を一時的に超過し、過加熱防止インターロックが作動した。これによりヒータ電源が遮断されたにも関わらず、焼結炉内温度は熱的制限値まで到達した。		
	11	作業者Bが温度制御PCへの入力値を間違えたため、実際は正常温度であったが高温警報が発報した。		
	12	焼結炉は温度調節器交換後、全ての警報が解消して通常の運転温度に復帰した。このため、作業者Bは一連の事象を異常と認識せず、通常の連絡事項として設備の故障修理の主な点のみをメールで伝えた。		
	13	製造1課スペシャリストは、温度調節器の故障・交換及び温度記録紙における熱的制限値付近の打点を通常と異なる事象と判断したが、過加熱防止インターロックが通報事象であることの認識がなかったため、現場からのメール連絡にあったヒータ電源遮断の記述を異常と捉えず、この後の報告内容に含まれなかった。		
	14	製造1課スペシャリストは、温度調節器の故障・交換及び温度記録紙における熱的制限値付近の打点を通常と異なる事象として製造1課長に報告したので、夜間・休日の課長代行であるシフトマネージャへ報告しなかった。		
	15	製造1課長は、温度調節器故障及び交換の件を核燃料取扱主任者へ相談したが、異常事象とは捉えていなかったため、事象判断者への連絡が直ちに必要だと判断ができなかった。		
	16	第1及び第2事象判断者は、関係者からの連絡で温度調節器の交換が通常と異なる事象であることを理解したが、より重大な事象が発生していないかとの観点で質問や追求をしなかった。		
	17	第1事象判断者は、現場へ向かっている核燃料取扱主任者に事象の確認をしてもらえばよいと考えたので、製造1課長には夜間・休日の連絡責任者であるシフトマネージャへ連絡するよう指示しなかった。		
	18	核燃料取扱主任者は、設備技術者との協議を踏まえて熱的制限値は超過していないと判断したため、手順書の不遵守および設工認上の取扱についての第1及び第2事象判断者に連絡した。		
	19	設備技術者は、焼結炉が通常通り運転され温度調節器も機能していることを確認し、また技術の見地から熱的制限値は超過していないと判断したので、詳細確認は行わず事象発生時の作業者へは後日聞き取りすることにした。		
	20	製造1課長は、本事象を直ちに保安改善報告システムへ登録しなかった。登録は週明け2日後に行ったが、その時点で確認されていた過加熱防止インターロックの件が記述から漏れた。		
	21	第2事象判断者は、温度記録の波形を見て過加熱防止インターロック作動の懸念を抱き、関係者との調査を開始したが、この段階では保安検査官に通報する必要があるとの判断に至らなかった。		
	22	過加熱防止インターロック作動の判断は、出張中であった設備技術者が帰社して警報履歴を解説するまで待たなければならなかった。		
	23	第1及び第2事象判断者は、過加熱防止インターロック作動を確認したがその時点で事象の進展がないことから通常業務時間内に通報すればよいと考え、翌日に予定されていた保安検査官への説明の際に連絡すればよいと考えた。		
	24	第1及び第2事象判断者は、熱的制限値に係る法令報告の判断に時間を要したため、原子力防災課への通報が遅れた。		
		[1-2] 設備仕様の周知に係る問題 (温度調節器を構成する機器の変更による影響が反映されなかった。)		
		[2-1] 異常事象の認識に係る問題 (ヒータ電源遮断を異常事象と認識できなかった。)		
		[2-2] 温度調節器の操作に係る問題 (ヒータ電源再投入時に手動モードへの切り替えが十分でなかった。)		
		[2-3] 不適切な操作に係る問題 (ヒータ電源の再投入を繰り返した。)		
		[3-1] 異常時の対応及び不適合措置に係る問題 (異常時の対応・不適合措置が不十分だった。)		
		[3-2] 異常時における役割分担の問題 (異常時における役割分担が適切に運用されなかった。)		
		[4-1] 連続して記録すべき記録計操作に係る問題 (保安上重要な記録に対する連続記録の運用が徹底されていなかった。)		
			3. 保安品質マネジメントにおける不適切な対応 (異常時の対応・不適合処置、異常時における役割分担に係る問題点)	
			4. 温度記録計の一時停止 (連続して記録すべき記録計操作に係る問題点)	

添付資料 1 9 問題点の抽出と原因分析における引用資料

添付資料 1 9 - 1

焼結作業

当該手順書抜粋

4.特記事項

4.2 安全に係わる事項

- (1) 炉運転にかかわる保守及び、炉運転中のヒーター断線等の不適合事象が発生した場合は、添付資料 1 「事象別対応」に従う。

添付資料1 事象別対応

不適合事象

定義		事例	対応手順
装置等の故障により焼結炉の運転を安全な状態で停止できる場合	1	計測器の故障	①製造 1 課長・核燃料取扱主任者に連絡する ②焼結炉通常停止操作を行う ③生産技術課に連絡し予備品（ゲージ登録完了のもの）と交換する ④機能確認を実施する ⑤確認結果を製造 1 課長→製造部長に報告する
	2	熱電対の断線	(省略)

焼結工程の手順書

No.	手順書	種別	作成部署
1	異常・非常事象措置規程	異常・非常事象措置手順	環境安全部
2	製造 1 課における異常発生時の措置手順	異常時の措置手順	製造部
3	パイロスコープ視窓のクリーンアップ	設備の保守・点検手順	製造部
4	焼結炉における異常時の N2 切り替え作業	設備の操作手順 異常時の措置	製造部
5	焼結炉緊急 N2 ラインの定期作動点検	設備の保守・点検手順	製造部
6	ガスパネルの操作作業	設備の操作手順	製造部
7	焼結作業	製品加工の操作手順 不適合対応	製造部
8	焼結密度測定作業（焼結工程）	製品加工の操作手順	製造部
9	イグナイタ交換作業手順	補修・修理手順	製造部
10	熱電対取扱手順	補修・修理手順	製造部
11	焼結炉定期点検手順	設備の保守・点検手順	生産技術部
12	放射温度計の放射率（ ϵ 値）調整手順	設備の保守・点検手順	生産技術部
13	焼結炉の運転に関する操作手順書	設備の操作手順	生産技術部

製造 1 課における異常発生時の措置手順

当該手順書抜粋

4. 対象事象

4. 1 製造 1 課工程の共件事象

- 1) 火災の発生時（消火器の使用を含む）
- 2) 地震発生時
- 3) 停電発生時
- 4) 給排気停止発生時
- 5) エアーモニタ警報吹鳴時
- 6) 漏水

4. 2 工程別の特有事象

1) ウラン回収工程

（省略）

2) 粉末処理工程

（省略）

3) 成形工程

（省略）

4) 焼結工程

水素ガスの漏えい（高感度及び低感度警報）

冷却水の供給量の減少

窒素ガスの自動切換不可の場合の手動切換

停電時の給排気停止

炉内でのペレット入り容器の詰まり

ペレット等の飛散

外部電源・工場電源喪失（全停電時）の焼結炉冷却水ポンプ及びバルブ停止

5) 研削工程

（省略）

放射温度計の放射率（ ε 値）調整手順

当該手順書抜粋

1. 目的

この手順書は焼結炉で使用している放射温度計の放射率（ ε 値）を熱電対の起電力を基準にして行う調整手順について記述する。

（中略）

4. 調整手順

- 4) K F 1 ; 温度制御盤の熱電対出力端子に室温補正器を接続したデジタル・ボルト・メーターで起電力を測定する。起電力換算表で得られた測定値を温度換算し、熱電対温度 A とする。（以下省略）
- 5) 真の校正温度 C を下式より算出する。
真の校正温度 C = 熱電対温度 A - 誤差温度 B （交換した熱電対の成績表から求める）
- 6) 真の校正温度 C に対し放射温度計の温度が + 1.0 °C、- 0 °C 以内の調整範囲内であるか確認する。

異常・非常事象措置規程

当該手順書抜粋

6. 通報及び報告

通報連絡体制の概要を添付図 1 に示す。

連絡体制の詳細は、別途定める「災害発生時社内外連絡体制」(SSP0390000-00025)に従う。

6.1 発見者

異常等を発見した者は、直ちに担当課長（夜間、休日はシフトマネージャーが代行）及び警備室（軽微な異常は除く）に通報する。（以下省略）

6.2 担当課長

通報を受けた担当課長（夜間、休日はシフトマネージャーが代行）は、異常等状況の把握に努め、必要な応急措置を講ずると共に、災害事象に係らず、直ちに第 1 位の災害事象判断者、核燃料取扱主任者、担当部長及び必要に応じ関係する部課長に通報する。但し、通報事象未満である軽微な異常事象については、夜間・休日の場合は翌勤務時間内の通報で良いものとする。（以下省略）

6.3 災害事象判断者

- ① 表 1 「新トラブル情報等連絡要項」を参考に、災害事象を判断する。判定が微妙であるものについては、より速やかに連絡する即時通報事象（法令報告含む）として取り扱う。

判断に迷った場合や事象の確認に時間のかかる場合であっても、まずは 30 分を目処に判断し、原則 1 時間以内に第 1 報通報を行う。

通報を受けた災害事象判断者は、社外へ通報を要する事象と判断した場合は、連絡責任者（夜間、休日はシフトマネージャーが代行）に指示し、「災害発生時社内外連絡体制」に基づき社外関係機関へ通報させる。

- ② 災害事象区分が明らかな場合の社外への連絡のタイミングは下記のとおりとする。
- ・法令報告事象：夜間、休日を問わず関係機関へ直ちに
 - ・保安上及び社会的影響事象：夜間、休日を問わず関係機関へ直ちに
 - ・明らかに進展のおそれのない保安上及び社会的影響事象：関係機関へ原則通常の勤務時間内に
（夜間・休日にあつては翌勤務時間内に）
 - ・通報事象未満：現地原子力保安検査官へ適時
- （以下省略）

6.4 連絡責任者

連絡責任者は、災害事象判断者の指示により「災害発生時社内外連絡体制」に基づき社外関係機関へ通報する。（以下省略）

6.5 核燃料取扱主任者

核燃料取扱主任者は、異常等の状況、措置に関し、必要と判断した場合は、社長へ報告する。

シフトマネージャ業務の教育・訓練・認定プログラム

当該手順書抜粋

学科

No	教育項目	教育内容	時間
1	作業安全規定、核安全規定（特に臨界安全管理）に関する理解	核燃料物質の加工の事業に係る保安規定 (SGP0200000-00001) 保安品質保証計画書 (SGP0200000-00002) 放射線障害予防規程 (SBP0300000-00001) 原子力事業者防災業務計画 (SBP0390000-00015) 放射線管理規程 (SBP0300000-00002) 保安管理組織職務規程 (SBP0200000-00032) 臨界安全管理規程 (SBP0500000-00001)	10
2	工程、材料及び管理手順に関する理解	核燃料加工施設操作規程 (SBP0200000-00030) シフトマネージャの業務手順 (SSP0200000-00009)	3
3	非常時に採るべき措置	異常・非常事象措置規程 (SBP0280000-00004) 保安に係る記録・報告規程 (SBP0200000-00033) 防災本部実施規程 (SBP0390000-00022) 火災対応規程 (SBP0390000-00037) 第1種管理区域内傷病者対応手順 (SSP0320000-00007) 災害発生時社内外連絡体制 (SSP0390000-00025) 地震発生時の社内外初期連絡対応手順 (SSP0390000-00030) 異常・非常事象発生時の社外通報様式 (SSP0390000-00032) 消防機関等の至急時構内入構及び管理区域入域管理手順 (SSP0390000-00035) 夜間休日の異常時等初期対応手順 (SSP0390000-00052) 一人作業時の作業管理手順 (SSP0600000-00068)	5
4	過去の作業ミスに関する知識	保安不適合管理及び是正・予防処置規程 (SBP0200000-00024) 保安及び核安全改善報告書 (改善報告システムサーバー内資料) 過去のトラブル事例 (トラブル事例集)	2
5	品質記録に対する認識	品質記録管理規程 (QBP0110000-00001) 保安に係る記録・報告規程 (SBP0200000-00033)	1

訓練（実習）

No	実習項目	時間
1	保安巡視・点検記録表に基づく巡視ルートの確認 （放射線管理課長、若しくは既任命シフトマネージャによる現場巡視随行）	12
2	各工程の操作・保守記録の確認と操作責任者欄への押印	
3	各工程の作業者への確認事項	
4	社外情報作成訓練	1
5	安全管理室放射線測定監視盤の理解	3

パイロスコープ視窓のクリーンアップ
(放射温度計の覗き窓の清掃作業を行う際の手順書)

当該手順書の抜粋

6. 点検手順

順番	作業手順	注意事項
1	(省略)	
2		
3	各ゾーンをオートからマニュアルに切り替える。	各ゾーンの温度・出力を確認する。
4	温度記録計を停止する。	誤打点防止のため。
5	放射温度計のカメラを取り外す。	カメラを落とさないよう注意して取り扱う。
6	視窓の点検を行う。	視窓の炉内析出物、覗き穴の状態、石英ガラスの曇り・割れ等の点検を行う。 ＊ 析出物等が確認された場合は、本手順書 7 項 クリーンアップ手順に従い作業を行う。 クリーンアップとなった場合 ＊ 析出物等が確認されたゾーンは、クリーンアップ手順に従い作業を行う。(本手順書 7 項 順番 6 へ) ＊ 異常のないゾーンは、点検手順 順番 7. 8 へ進む。
7	放射温度計カメラを取り付ける。	カメラを落とさないよう注意して取り扱う。 カメラの焦点位置確認。
8	(省略)	
9		
10		

ウランの飛散事象について	大項目	過去の対策	対策の詳細	対策の目的	実施状況	今回の事象との関係
	の1 改善作業管理	(1) 現場の監督者（主任）と作業者とのミーティング改善	現場の監督者が、作業者へ、日々の作業計画・内容を、項目が記載された「KY（危険予知）ボード」を用いて確認する。また、懸案事項を報告するよう徹底する。	日々の非定常作業を確認し、危険因子に気づくように安全意識を喚起し、報告・連絡・相談が適切に行われるようにする。	計画的な非定常作業に対しては、事前の確認作業が定着している。	計画されていない非定常作業が発生した場合の対策や教育が不足しており、温度調節器の故障・交換は非定常作業であることが認識されなかった。【本文5章(1)】
出2 し課題対応やする危険因子をの継続的に抽出		(1) 危険要因に着目した工程確認の強化	ウラン飛散・作業者の被ばくを防止する観点から「安全リスクアセスメント（SRA）」を実施した。また、着目すべき危険要因については安全リスクアセスメント(SRA)規程に記載した。	工程の危険要因をSRAで洗い出し、対策する（本体策以前は、SRAは主に作業者の安全に着目して実施されていた）。	新たに危険要因を抽出した工程に関しては、専門部署による工程の見直しが実施され、作業安全に関するリスクの低減が図られた。SRAで抽出された各危険要因の対策は完了した。	直接の関連はない。
		(2) 安全に関する社内チェック・レビューの強化	職場の特徴、SRAの結果に基づき、チェック項目を強化し、安全巡視を実施する。	安全巡視時のチェック項目の強化により、巡視の有効性を向上させる。	チェック項目を強化し、月1回の安全巡視を実施した。	直接の関連はない。
		(3) 設備管理のチェック機能強化	専用ウェブサイト（「気付き報告」掲示板）を活用し、設備の異常、異常の兆候を、課長へ迅速に報告することを徹底し、処置をする。	現場で認識された設備の異常や、異常の兆候を吸い上げてフォローアップするシステムを作り、設備保全を強化する。	報告された設備の異常に対しては、適切な処置を行っている。	直接の関連はない。
成3 の組織強化体制、人材育		(1) 現場組織の見直し	班長・主任の配置を適正化した。ウラン粉末から研削工程までを担当する部門に設備技術者を配置した。	班長の配置の見直しにより管理責任意識の向上を図り、指示命令系統をシンプルにする。作業員と技術者のコミュニケーション改善による技術力の向上を図り、主任の技術的負担軽減により現場管理業務を強化する。	指示命令系統がシンプルになった。技術者の適正配置により、班長への技術支援体制が整った。	当該対策では設備技術者の現場への配置は作業員の技術的向上を主目的としていたため、夜間の常駐の必要性については検討しておらず、早朝の事象発生に対する対応体制の強化には結びつかなかった。【本文5章(2)】
		(2) 作業者認定制度の見直し	作業認定範囲を見直し、認定の種類を難易度や重要度別に適切に区分する。また、教育内容を充実させる。	作業者の力量を適切に評価し向上させる。	変更された認定制度により、従来方式と比較して、力量が適切に評価できるようになった。	設備の安全機能に関するしくみや、異常時の措置に対する教育および認定要件は、当該対策では十分でなかった。【本文5章(2)】
4 安全文化の醸成と定着		(1) 全従業員に対する意識改革	全従業員に対する、安全意識向上の周知、啓蒙活動、現場管理者教育などを実施する。また、（社）日本原子力技術協会によるピアレビューを受ける。	全社員の安全意識を高め、自社と社会との関わりを認識させて社会的責任を果たす。	（社）日本原子力技術協会によるピアレビュー（平成20年）、安全文化アセスメント（平成21年）を受け、改善を継続している。	今後さらなる改善が必要である。【本文5章(5)】
		(2) トップマネジメントによる再発防止策のフォローアップと安全文化の周知	社長直属の「ウラン安全対策強化本部」を設立し、安全トップマネジメントにより安全文化醸成活動を推進する。	安全文化醸成活動をトップマネジメントで推進し、活動の定着と意識改革を実現する。	ウラン安全対策強化本部（平成21年11月まで）、安全推進部（平成22年12月まで）が社長直属で活動を推進し、社長が実施状況をレビューしてきた。平成23年1月からは社長直属の保安管理部が活動を推進する。	今後さらなる改善が必要である。【本文5章(5)】

過去の事象の対策に関する評価 (2/2)

大項目		過去の対策	対策の詳細	対策の目的	実施状況	今回の事象との関係
焼結炉における着火事象について	5 通報連絡の観点について	(1) 通報連絡の意識再徹底	通報連絡の重要性について、社内関係者に再教育と定期的な訓練を実施する。事象判断者に連絡が入った事象に関しては、全て保安検査官事務所へ連絡することを徹底する。	消火器を使用した場合の通報連絡を徹底する。また、原子燃料を加工する事業者として通報連絡すべき事象をより幅広く考え、判断が明確でない事象を通報連絡することに加え、社会通念上、疑義をもたれる可能性がある事象についても通報連絡対象となることを社内関係者に認識させる。	訓練を実施し、事象の判断と通報に関する意識を社内関係者で共有した。	当該対策を講じたものの異常時における役割分担が適切でなかったため、今回の事象においては過加熱防止インターロック作動の認識が遅れ、即時通報ができなかった。【本文5章(3)】
		(2) 通報連絡判断の妥当性確認と情報蓄積	事象判断者に通報連絡された事象に対しては、処置後に通報連絡の妥当性を事象判断者全員で確認する。さらに、通報判断を下した事例に関しては、放射線安全委員会で審議し記録する。	事象判断者の判断結果を関係者で共有し、情報の蓄積を図る。	通報連絡判断事例として関係者で情報を共有し、事例として蓄積されている。 (事例は社内ホームページで公開している)	活動継続中。
		(3) 外部機関（規制当局）とのコミュニケーション改善	保安検査官事務所と通報連絡の判断の妥当性について、定例の施設巡視の場等を利用し、定期的に議論が出来る場を設けることを提案していく。	通報連絡の基準は、不適合管理に密接に関係しているため重要であり、社内手順書「異常・非常事象措置規程」の「新トラブル情報等連絡要項」で判断基準等が定められている。しかしながら、事例全てが網羅されているわけでない。通報連絡基準を適正化するために、規制当局とのコミュニケーション改善を図り、相互の理解を深める。	保安検査官との会合を設け、意見交換を実施した。	活動継続中。
6 不適合管理について		(1) 設計管理と調達管理に関する改善	設備設計審査規定に必須検討項目と、検討方法を追加する。 調達先の施工記録を検証し、監査を実施する。	設備更新の際に、不適切なガスケットやコーキング等のシール材を使用してしまうことなどを避けるために、据え付け前の品質管理を強化する。	設備設計審査委員会での審査方法を改訂した。	直接の関連はない。 (なお、インターロック機能など設計上の審査方法について検討の余地があった点は今回の対策に挙げた。)
		(2) 水素ガス封入性確認方法に関する改善	水素ガス封入性の確認を、焼結炉立上げ時と運転中に、定期的に確認できる手順とする。	社内手順書「炉の始動と停止」を改訂し、より頻度を高めて安全性の確認を行う。	焼結炉作業手順を改訂し、焼結炉立ち上げ時と運転中に、定期的に水素ガス封入性確認を行う運用を開始した。	直接の関連はない。
		(3) 情報の共有とミス防止に関する改善	社内手順書「炉の始動と停止」にチェックシートを追加し、焼結炉の立ち上げ時と停止時に使用する。また、引継ぎミスを防止するため統一的な引継ぎ簿を適用する。 非定常作業時に発行する作業手順書へ、詳細な手順を記載するように設備技術者に教育する。	焼結炉の立上げ時と停止時に実施すべき事項に抜けがないようにする。作業員間、引継ぎ時の情報の共有化を図る。 非定常作業のための手順書には、詳細な手順を記載し、作業ミスを防止する。	焼結炉作業手順、非定常作業手順書を改定し運用を開始した。各部門で統一したフォームの引継ぎ簿の運用を開始した。	非定常作業に関する対策や教育が十分ではなかった。【本文5章(1)】
		(4) 不適合管理の考え方に 関する改善	社内手順書「保安不適合管理及び是正・予防処置規程」を改訂して、不適合管理の対象には設備の試験・調整が含まれることを明記する。	生産開始前に実施する種々の調整作業に対する不適合管理が不十分であったことに対応する。	社内手順書「保安不適合管理及び是正・予防処置規程」に、不適合管理の対象には設備の試験・調整が含まれることを明記し、不適合管理を実施するよう改めた。	不適合管理に対する意識を高めることが十分ではなかった。【本文5章(4)】
7 火災防止の観点について		(1) フレームチェックに替わる検査方法の適用	焼結炉の水素リーク検査方法として、フレームチェックを廃止し、水素ガス検知器を用いた水素リーク検査方法を導入する。	新しい技術を導入することで、より安全な検査方法に置き換えリスクを低減する。	水素検知器を導入し、フレームチェックを廃止した。	直接の関連はない。
		(2) 水素を取り扱う設備への水平展開	他の水素を取り扱う設備における水素のリークに対する適切な措置が実施されているかを確認する。	同様な事象の発生を防止する。	確認の上必要な処置を実施した。	直接の関連はない。
		(3) 火災防止に対する意識の高揚	全社員に対する防火教育や防火巡視、改善活動など、火災防止に係わる啓蒙活動を強化し継続的に取組む。	全従業員に火災防止に対する意識を植え付け、防火活動の強化を図る。	各種防火教育、啓蒙活動を実施した。	直接の関連はない。
		(4) 消火器使用管理	社内手順書「消火器の管理要領」を改訂し各室に設置する消火器の使用・交換に関する記録を明確化する。	個々の消火器の履歴が確実に管理できるように改善する。	手順を改訂し履歴を管理するように改めた。	直接の関連はない。
		(5) より安全な技術への取り組み	新しい技術の導入により、安全性向上が可能な作業の抽出を各工程に水平展開する。	作業のリスク低減により原子力安全を向上する。	新技術への置き換え方針、スケジュールの検討中である。	直接の関連はない。

大項目	問題点	原因【区分】	対策【区分】	大項目
1. 焼結炉運転中の温度調節器の交換 (1回目の過加熱防止インターロック作動に係る問題点)	1-1 手順書遵守に係る問題 (手順書に記載されていない作業を行った)	1-1-1 手順を確認しながら作業しなかった。 【主要因】 ・通常作業時において現場で手順書を確認することが少なく、過去にも手順書に記載のない焼結炉運転中の温度調節器交換作業が行われており、また、不適合として処置していなかった。 ・焼結工程の手順書が複雑であったこと及び作業現場でも電子システムによる手順書の確認を行っているため、作業時の確認には手間であった。	1-(1) 重要警報発報時処置手順の整備と表示改善 ・重要警報発報時処置手順の整備【再発防止対策(短期)】 ・重要警報の表示改善【改善】	1. 設備・業務に関する対策 (設備システムと業務システムの整備・改善)
	1-2 設備仕様の周知に係る問題 (温度調節器を構成する機器の変更による影響が反映されなかった)	1-2-1 故障時における影響に関する検討が不足していた。【主要因】 ・温度調節器の故障が過加熱防止インターロック機能にどのような影響を及ぼすかが整理されておらず、手順書の記載内容が十分ではなかった。 ・温度調節器更新時の設備設計審査において、当初設計時の設計の考え方が系統的に整理されていなかったため、機器の故障が安全機能に及ぼす影響についての審議はできなかった。 ・運転中の交換について設備管理側での認識がなかったため、手順書への反映や、交換時への影響について作業者との情報交換ができていなかった。	1-(2) 異常事象に対する判断基準の整備 【再発防止対策(短期)】 1-(3) 連続記録の欠落防止手順の整備と設備改善 ・連続記録の欠落防止手順整備【再発防止対策(短期)】 ・連続記録の欠落防止設備改善検討【改善】	
2. ヒータ電源の不適切な投入 (2, 3回目の過加熱防止インターロック作動に係る問題点)	2-1 異常事象の認識に係る問題 (ヒータ電源遮断を異常事象と認識できなかった)	2-1-1 ヒータ電源遮断の原因を確認しづらかった。【主要因】 ・警報発報時の対応方法の整理が不十分だった。 ・警報表示及び警報履歴が分かりづらかった。 ・作業の監視体制が適切ではなく、事象発生時に現場で設備状態を適切に判断できなかった。	1-(4) 故障時対応手順の整備 【再発防止対策(短期)】 1-(5) 誤操作に対する設備改善【改善】 1-(6) 設備設計審査での影響範囲の審査【改善】	2. 手順書遵守に関する対策 (手順書遵守の体制確立)
	2-2 温度調節器の操作に係る問題 (ヒータ電源再投入時に手動モードへの切り替えが十分でなかった)	2-2-1 設備の状態に応じた対応手順の整備が不十分であった。【主要因】 2-2-2 温度調節器の電源投入時に作業者が手動モードにする機構であった。 【二次的要因】	2-(1) 手順書遵守の体制確立と遵守状況の確認 ・手順書遵守の体制確立【再発防止対策(短期)】 ・手順書遵守状況の確認【再発防止対策(中長期)】	
	2-3 不適切な操作に係る問題 (ヒータ電源の再投入を繰り返した)	2-3-1 影響の大きい操作が容易に可能な状態だった。【二次的要因】 2-3-2 通常状態への復帰に注力した。 【二次的要因】 ・作業者は設備状態を適切に判断できなかったこともあり、焼結炉の温度を安定させることが重要と考え、焼結炉を通常の運転状態に復帰させることに注力した。		
	3. 保安品質マネジメントにおける不適切な対応 (異常時の対応・不適合処置、異常時における役割分担に係る問題点)	3-1 異常時の対応及び不適合処置に係る問題 (異常時の対応・不適合処置が不十分だった)	3-1-1 異常事象及び不適合との認識が不十分だった。【主要因】 ・手順を確認しながら作業しなかったこと、また警報履歴で過加熱防止インターロックの作動を容易に確認できなかったことから、発生した事象を異常事象及び不適合事象として捉えることができず、対応ができなかった。 ・社内手順書でも過加熱防止インターロック作動について整備されていなかった。	
4. 温度記録計の一時停止	3-2 異常時における役割分担の問題 (異常時における役割分担が適切に運用されなかった)	3-1-2 熱的制限値到達に対して的確な判断ができなかった。【主要因】 3-2-1 異常時に至るまでの段階に応じた体制が構築されていなかった。【主要因】 ・現場とシフトマネージャとの間において、日常の情報交換及び意思疎通が不十分であったため、通常と異なる事象が発生した際の第一報を受られず、現行体制ではシフトマネージャが有効に機能しなかった。 ・異常事象が発生した場合における初動体制の整備が十分ではなかったため、確認すべき項目や役割分担等が不明確となり、担当課長、事象判断者、連絡責任者及び核燃料取扱主任者の実施すべき行動・意識が不十分であった。	4-(1) 安全第一への意識改革 ・社長からのメッセージ発信他【再発防止対策(短期)】 ・外部レビューによる継続的改善【再発防止対策(中長期)】	
	4-1 連続して記録すべき記録計操作に係る問題 (保安上重要な記録に対する連続記録の運用が徹底されていなかった)	4-1-1 一時停止を許容する手順書を準用した。【主要因】		

実線は、再発防止対策
破線は、改善

全ての
原因に
関係

今回の対策	大項目
1-(1) 重要警報発報時処置手順の整備と表示改善 ・重要警報発報時処置手順の整備 【再発防止対策(短期)】 ・重要警報の表示改善 【改善】	1. 設備・業務に関する対策（設備システムと業務システムの整備・改善）
1-(2) 異常事象に対する判断基準の整備 【再発防止対策(短期)】	
1-(3) 連続記録の欠落防止手順の整備と設備改善 ・連続記録の欠落防止手順整備 【再発防止対策(短期)】 ・連続記録の欠落防止設備改善検討 【改善】	
1-(4) 故障時対応手順の整備 【再発防止対策(短期)】	
1-(5) 誤操作に対する設備改善 【改善】	
1-(6) 設備設計審査での影響範囲の審査 【改善】	
2-(1) 手順書遵守の体制確立と遵守状況の確認 ・手順書遵守の体制確立 【再発防止対策(短期)】 ・手順書遵守状況の確認 【再発防止対策(中長期)】	2. 手順書遵守に関する対策（手順書遵守の体制確立）
2-(2) 手順書の見直しと現場への配置 【改善】	
3-(1) 異常時の対応につながる一連の体制確立 【再発防止対策(短期)】	3. 組織・体制に関する対策（保安品質マネジメント体制の充実）
3-(2) 保安品質会議の設置と内部監査の充実 ・推進体制の確立 【再発防止対策(短期)】 ・改善活動の実行 【再発防止対策(中長期)】	
3-(3) 保安再教育と力量管理の充実 【改善】	
4-(1) 安全第一への意識改革 ・社長からのメッセージ発信他 【再発防止対策(短期)】 ・外部レビューによる継続的改善 【再発防止対策(中長期)】	4. 安全意識に関する対策（安全文化の醸成）

添22 - 1

設備及び業務改善に関する水平展開

1. 概要

6.2、6.3 及び 6.4 項に示す対策については、特定の設備に限定して実施されるものではなく、保安品質マネジメントシステムを基盤とする加工施設全工程に対して実施されるものであることから、本資料では、6.1 項に示す設備及び業務改善に関する対策について、水平展開の対象設備及び工程を記す。

2. 対象設備及び工程

以下に、設備及び業務改善に関する水平展開の対象設備及び工程を項目毎に記す。

(1) 重要警報発報時処置手順の整備と表示改善

重要警報の表示改善と手順書の整備については、過加熱防止インターロックに関する警報に限定せず、保安上重要なすべての警報について検討する必要がある。そこで、表 1 に示す保安上特に管理を必要とする設備及び施設定期自主検査対象設備で警報を持つ設備を水平展開の対象とし、警報作動時の対応に関して手順化されていない設備について手順書を整備するとともに、重要警報表示については、警報が明確に識別化されていない設備に対して対策を講じる。

(2) 異常事象に対する判断基準の整備

異常事象の判断基準の整備と、事象判断者、核燃料取扱主任者、管理者、及び作業者への教育、周知については、対象設備あるいは工程を限定するものではなく、保安品質マネジメントシステムを基盤とする加工施設全工程を対象とした手順書「異常・非常事象措置規程」に判断基準、判断フローを明記し、上記対象者に教育・周知することとする。ここで、作業者への教育は、保安品質マネジメントシステムを基盤とする保安管理組織員に実施する。

(3) 連続記録の欠落防止手順の整備と設備改善

焼結炉の温度と同様に、表 2 に示す保安規定にて連続して記録することが定められている設備を対象として、連続記録欠落の防止について手順化されていない設備について手順書を整備する。また、保安記録を補完するための設備を有していない設備に対しては、保安記録を補完する手段としての追加装置を付加する。

(4) 故障時対応手順の整備

構成機器が故障した時等の手順の整備については、過加熱防止インターロックに限定せず、保安上重要なすべての自動作動機能を有する設備について検討する必要がある。

る。そこで、表 1 に示す全設備のうち自動作動機能を有する設備（重要インターロックを持つ設備並びに給・排気用送風機、無停電電源装置、及びガスタービン発電機）を水平展開の対象とし、自動作動機能を作動させるために構成された機器が故障したときの対応手順が適切に文書化されていることを点検し、文書化されていない場合は手順書を整備する。

（５）誤操作に対する設備改善

① 設備自体に対する誤操作防止対策

運転中の温度調節器交換を防止する改善については、すべての焼結炉を対象として、作業者が温度調節器を交換できないように固定方法を改善するとともに、上記（４）で水平展開の対象とした設備について、自動作動機能に係る構成機器の運転中の交換を防止するための注意喚起を表示する。

過加熱防止インターロック作動後のヒータ電源の再投入を防止する改善についても、上記（４）で対象とした設備に水平展開する。すなわち、自動作動機能の作動後に作業者の判断によって再稼動できる設備の有無を調査し、再稼動を防止するための施錠管理、あるいは注意喚起の表示を実施する。

② 温度調節器に対する誤操作防止対策

ヒータ電源投入時に温度調節器の運転モードを手動に切り替えることにより急昇温を防止する改善については、焼結炉内温度の自動制御方式の改善によって熱的制限値の逸脱を防止する対策である。そこで、表 1 に示す全設備の中で、保安上定められた制限値の逸脱を防止するために流量、圧力、濃度等の物理量を管理する必要のある設備を調査した。その結果、制限値を自動制御によって管理しているのは熱的制限値を有する設備の温度のみであったため、制限値逸脱を防止するための自動制御方式の改善については熱的制限値を有する設備を水平展開の対象とする。

また、運転中の過加熱防止設定値の変更入力を防止する改善についても、上記と同様に熱的制限値を有する設備を水平展開の対象とし、作業者による変更が可能なパラメータについて、パスワード管理等の変更防止策を講じる。

③ 誤操作後の進展防止対策

過加熱防止設定値近傍でのヒータ電流制限に関する対策は、焼結炉内温度の自動制御方式の改善によって熱的制限値の逸脱を防止する対策である。そこで、上記②と同様に、熱的制限値を有する設備を水平展開の対象とする。

（６）設備設計審査での影響範囲の審査

設備の安全機能に関連した変更を行う場合の設備設計審査方法の改善については、

保安品質マネジメントシステムを基盤とする加工施設全工程に対して、安全機能に対する要求事項に立ち返った検討や設備が故障した場合の施設に及ぼす影響についても審議を行うよう、「設備設計審査規程」の第7項「設計審査基準・チェックリスト及び設計審査の着眼点」にこれを規定し運用する。

表1 保安規定で定めた保安上特に管理を必要とする設備及び施設定期自主検査対象設備で警報を持つ設備

対象設備・装置	施設定期自主検査項目	保安上特に管理を必要とする設備（内訳）	重要インターロックを持つ設備	設置場所
酸化炉	過加熱防止のインターロック作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備、 熱的制限値を有する設備	○	第1ガドリニア成型室
フード	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1－1階粉末取扱室、第1ガドリニア装填室
汎用フード	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア成型室、第1ガドリニア粉末取扱室 第2ウラン回収室第1区域、第2成型室、 第2-2階酸化ウラン取扱室、第2-3階酸化ウラン取扱室 第2装填室、第2開発実験室
圧縮造粒装置のうち造粒装置	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア成型室、第2-2階酸化ウラン取扱室
混合装置	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア成型室、第1ガドリニア粉末取扱室 第2-2階酸化ウラン取扱室
粒度調整機	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア成型室
添加用フード	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア粉末取扱室
ペレット検査台	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア装填室、第2装填室
粉末処理用フード	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア粉末取扱室
粉末投下装置	臨界安全管理のインターロック作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	○	第1ガドリニア粉末取扱室、第2-2階酸化ウラン取扱室 第2-3階酸化ウラン取扱室
粉末受入装置	臨界安全管理のインターロック作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	○	第1ガドリニア粉末取扱室
粉碎実験機	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア粉末取扱室
溶解槽用フード	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2ウラン回収室第1区域
粉碎装置	臨界安全管理のインターロック作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	○	第2-3階酸化ウラン取扱室
粉碎装置	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2ウラン回収室第1区域
粉末供給装置用フード （酸化還元炉の付属設備）	臨界安全管理のインターロック作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	○	第2ウラン回収室第1区域
粉末取り出し用フード （酸化還元炉の付属設備）	臨界安全管理のインターロック作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	○	第2ウラン回収室第1区域
粉末篩機	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2ウラン回収室第1区域
乾燥機（B）	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2ウラン回収室第1区域
粗粉碎機（用フード）	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2ウラン回収室第1区域
スクラップ計量用フード	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2ウラン回収室第1区域
ペレット取り出し装置	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2成型室
ペレットプレス（油圧式）	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア成型室、第2成型室
混合装置（平板型）の粉末取出部	臨界安全管理のインターロック作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	○	第2-2階酸化ウラン取扱室
混合装置	臨界安全管理のインターロック作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	○	第2-3階酸化ウラン取扱室
粉末供給用フード	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2-3階酸化ウラン取扱室
粉末重量調整用フード	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2-3階酸化ウラン取扱室
粉末移し替え用フード	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2-3階酸化ウラン取扱室
粉末移し替え用フード （搬送コンベヤ含む）	臨界安全管理のインターロック作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	○	第2-3階酸化ウラン取扱室
添加剤添加装置	臨界安全管理のインターロック作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	○	第2-3階酸化ウラン取扱室
粉末輸送容器用収納ガイド	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2-3階酸化ウラン取扱室
酸化ウラン貯蔵棚	－	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2酸化ウラン貯蔵場
搬送コンベヤ （酸化ウラン貯蔵棚の付属設備）	臨界安全管理のインターロック作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	○	第2-3階酸化ウラン取扱室
焼結炉	過加熱防止のインターロック作動検査、 自動窒素ガス切り替え機構のインターロック作動検査、 焼結炉の冷却水圧力低下の警報作動検査	熱的制限値を有する設備	○	第1ガドリニア炉室、第2炉室
酸化還元炉（1）	過加熱防止のインターロック作動検査、 自動窒素ガス切り替え機構のインターロック作動検査	熱的制限値を有する設備	○	第2ウラン回収室第1区域
酸化還元炉（2）	過加熱防止のインターロック作動検査	熱的制限値を有する設備	○	第2ウラン回収室第1区域

表1 保安規定で定めた保安上特に管理を必要とする設備及び施設定期自主検査対象設備で警報を持つ設備（続き）

対象設備・装置	施設定期自主検査項目	保安上特に管理を必要とする設備（内訳）	重要インターロックを持つ設備	設置場所
研削・研削屑分離装置	核的制限値維持警報装置の警報作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア装填室、第2装填室
ペレット検査装置のスクラップ収納部	核的制限値維持警報装置の警報作動検査	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2装填室
ペレット装填装置 付属コンベア部	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア装填室
ペレット装填装置の装填部 付属コンベア	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2装填室
第2端栓溶接機	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア装填室、第2装填室
燃料棒切断機	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1ガドリニア装填室
燃料棒切断機付属コンベア	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2装填室
燃料棒溶接部検査装置／ 燃料棒濃縮度測定装置	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2組立室
燃料棒収集装置	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2組立室
X線検査装置	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1燃料棒検査室
燃料棒検査台	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第1燃料棒検査室、第2組立室
V型混合機	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2開発実験室
粉砕器（バンタムミル）	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2開発実験室
粉砕器（ボールミル）	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2開発実験室
パイロミル	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2開発実験室
小型加熱炉	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2開発実験室
試験篩器	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2開発実験室
粉末混合試験装置	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2開発実験室
粉末特性測定器	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2開発実験室
恒温恒湿器	-	核的制限値を有するもののうち運転制限値を有する設備	-	第2開発実験室
排気用送風機	給・排気用送風機の起動停止シーケンスの作動検査	閉じ込め機能を有する設備	-	第1-1フィルタ室 第1-2フィルタ室、第2フィルタ室
ガスタービン発電機	非常用発電機・無停電電源の作動検査	非常用電源設備	-	非常用電源設備（特高変電所）
無停電電源装置	非常用発電機・無停電電源の作動検査	非常用電源設備	-	非常用電源設備（動力棟）
排気監視用ダストモニタ	排気／環気モニタの警報作動検査	監視用放射線測定器	-	第1-1フィルタ室、第1-2フィルタ室 第2フィルタ室
リサイクル監視用ダストモニタ	排気／環気モニタの警報作動検査	-	-	第1-1フィルタ室、第1-2フィルタ室 第2フィルタ室
給気用送風機	給・排気用送風機の起動停止シーケンスの作動検査	-	-	第1加工棟の第1-1フィルタ室 第1-2フィルタ室、第2加工棟の第2フィルタ室
ホールドアップタンク	放射性液体廃棄物施設の液面高検知器の警報作動検査	-	-	第1廃棄物処理室、第2廃棄物処理室 第1-3分析室
サンプ	放射性液体廃棄物施設の液面高検知器の警報作動検査	-	-	第1加工棟、第2加工棟
サブタンク	放射性液体廃棄物施設の液面高検知器の警報作動検査	-	-	第2廃棄物処理室
凝集沈殿槽	放射性液体廃棄物施設の液面高検知器の警報作動検査	-	-	第2廃棄物処理室
自動火災報知設備	自動火災報知設備の警報作動検査	-	-	第1加工棟、第2加工棟、第2貯蔵棟 廃棄物貯蔵棟第2棟、動力棟
排液貯槽	放射性液体廃棄物施設の液面高検知器の警報作動検査	-	-	第2廃棄物処理室
可燃性ガス漏えい検知設備	可燃性ガス漏えい検知設備の警報作動検査	-	-	第2ウラン回収室第1区域、第2炉室 第1ガドリニア炉室
廃油処理装置	廃油処理装置の警報作動検査	-	-	第2廃棄物処理室
操作・監視モニタ	負圧警報設備の警報作動検査	-	-	動力棟
ガンマモニタ	ガンマモニタの警報作動検査	-	-	第1加工棟、第2加工棟

表 2. 保安規定で定めた連続して記録する設備

保安に関する記録	記録事項	対象設備
操作記録	保安上特に管理を必要とする設備の温度、 圧力、流量の値	焼結炉（温度）
		酸化炉（温度）
		酸化還元炉（温度）
気象記録	風向及び風速	風向風速計
	降雨量	雨量計
	大気温度	温度計

添付資料24		対策のアクションプラン		対象	担当部署	平成23年					平成24年
項目		アクションプラン				2月	3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月
1. 設備・業務に関する対策（設備システムと業務システムの整備・改善）											
(1)	重要警報発報時処置手順の整備と表示改善	＜重要警報発報時処置手順の整備＞ 過加熱防止インターロック動作状態を認識できなかったことに鑑み、警報が発報した場合の確認事項と対処方法を分かりやすく示した手順書を整備し、これを関係者に教育・周知することにより発生事象に応じた的確な対応がとれるようにする。		再発防止対策（短期）	保安上特に管理を必要とする設備及び施設定期自主検査対象設備で警報を持つ設備	製造部 品質保証部 環境安全部 生産技術部					
		＜重要警報の表示改善＞ 設備的により確実な対策を行うため、過加熱防止インターロック作動等の重要な警報を、信号灯の色分け/警報音及び表示の区別等で容易に識別できるように改善する。		改善							
(2)	異常事象に対する判断基準の整備	過加熱防止インターロックの作動及び熱的制限値への到達等、重要な事象の判断に時間を要したことから、通報連絡に関して、管理者、事象判断者等の関係者が発生した事象を的確に判断できるよう、分かりやすく迷わない判断基準の見直しと判断フローを作成し、これを関係者に教育・周知することにより事象発生から原則1時間以内に通報連絡するという「1時間ルール」を徹底する。		再発防止対策（短期）	通報手順と保安管理組織員	環境安全部					
(3)	連続記録の欠落防止手順の整備と設備改善	＜連続記録の欠落防止手順整備＞ 手順書において誤打点防止のために記録計を一時停止すると記載は削除し、誤信号等が記録された場合には、その状態を記録紙上に正確に記録するという手順に見直す。また、連続記録する保安記録について、欠落する可能性のある場合の欠落防止対策が手順書に含まれているかを点検し、欠落防止対策がない場合には手順を見直す。これらの手順を関係者に教育・周知することにより、連続して記録することを確実にする。 また、連続記録する保安記録の記録計に、連続して記録すべきであること及び停止の禁止をラベル等により明確に表示する。		再発防止対策（短期）	保安規定にて連続して記録することが定められている設備	製造部 環境安全部					
		＜連続記録の欠落防止設備改善＞ 万が一の保安記録の欠落を考慮し、これを補完する手段として追加装置を付加する。		改善							
(4)	故障時対応手順の整備	温度調節器が故障した際の過加熱防止インターロックへの影響に係る確認等、故障時の対応手順に不十分な面があったため、保安上重要な自動作動機能を有する機器が故障した時等、予想される不適合が発生した時の対応内容を適切に文書化し、関係者に教育・周知することにより故障時の対応を確実にする。		再発防止対策（短期）	保安上特に管理を必要とする設備及び施設定期自主検査対象設備のうち、自動作動機能を有する設備（添付資料23の表1に示す、重要インターロックを持つ設備並びに給・排気用送風機、無停電電源装置、及びガスタービン発電機）	製造部					
(5)	誤操作に対する設備改善	上記(4)の故障対応手順の整備により作業者が的確に対処できるように対策を講じるが、さらに、作業者による誤操作が発生した際にもこれを防止し、もしくは誤操作後の事象の進展を防止するため、次の設備対策の改善を行う。 ①設備自体に対する誤操作防止対策 ・運転中の温度調節器交換を防止する改善 ・過加熱防止インターロック作動後のヒータ電源の再投入を防止する改善 ②温度調節器に対する誤操作防止対策 ・ヒータ電源投入時の温度調節器の手動モード切り替えにより急昇温を防止する改善 ・運転中の過加熱防止設定値の変更を防止する改善 ③誤操作後の進展防止対策 ・過加熱防止設定値近傍でヒータ電流を制限する回路の改善		改善	「保安上特に管理を必要とする設備」の中で「熱的制限値を有する設備」	生産技術部					
(6)	設備設計審査での影響範囲の審査	設備設計時における対応として、設備が故障した場合における影響の検討等が不十分であったことに鑑み、保安品質マネジメントシステムを基盤とする加工施設全工程に対して、安全機能に対する要求事項に立ち返った検討や設備が故障した場合の施設に及ぼす影響についても審議を行うよう、「設備設計審査規程」の第7項「設計審査基準・チェックリスト及び設計審査の着眼点」にこれを規定し運用する。		改善	加工施設全工程	生産技術部					
2. 手順書遵守に関する対策（手順書遵守の体制確立）											
(1)	手順書遵守の体制確立と遵守状況の確認	＜手順書遵守の体制確立＞ 作業者が手順書に則り実施できるような方法（手順書へのチェックシートの取り込み等）を明確にし、手順書遵守の確認体制を確立する。		再発防止対策（短期）	製造部、品質保証部員	製造部 品質保証部					
		＜手順書遵守状況の確認＞ シフトマネージャの巡視時に作業者との情報交換を行うことで意思疎通を図りながら、手順書の遵守状況の確認を行う。		再発防止対策（中長期）	製造部、品質保証部員及びシフトマネージャ	製造部 品質保証部 環境安全部					
(2)	手順書の見直しと現場への配置	従来の手順書の内容を見直して再構成し、作業手順を確実に反映した現場に即した分かりやすい手順書を作業者自らが参画して作成する。 また、本手順書を作業者に教育・周知後、印刷して現場に配置し、手順書を確認しながら作業を行うよう改善する。なお、印刷した手順書については、常に最新版であるよう文書管理上の規定を定めて実施する。		改善	工程毎の手順書	製造部 品質保証部					
3. 組織・体制に関する対策（保安品質マネジメント体制の充実）											
(1)	異常時の対応につながる一連の体制確立	異常時の対応のための体制が十分でなかったことに鑑み、事象発生段階から進展に応じた一連の体制を確立するため、以下の対策を実施する。 通常時の現場の体制として、24時間体制で設備技術者2名／シフト（4直3交代で計8名）を配置し、異常発生時に現場で的確な設備状態の判断を行えるようにする。また、シフトマネージャの人員を強化し（現行1名／シフトを2名／シフト）、異常時の対応体制を充実させる。これと同時に、作業者と上長（夜間・休日にはシフトマネージャ）との意思疎通を深めることで、通常と異なる事象が発生した場合に、上長への第一報が円滑に行われるようにする。 また、異常事象が発生した場合における初動体制を整備するとともに、事象の進展に応じた対応がとれるような体制を確立する。この体制においては、発見者、担当課長、事象判断者、連絡責任者及び核燃料取扱主任者の責務を明確にし、異常時において本来の職務を遂行できるよう改善する。 確立した初動体制が有効に機能するよう、環境安全部が中心となり、施設再開までに担当者全員が参加する訓練を実施し、その後、四半期に1度の訓練を継続していくこととする。訓練においては、異常事象に関する認識を高めるため、種々の異常事象の状況に対応できるよう訓練想定に工夫を加える。		再発防止対策（短期）	保安管理組織	環境安全部 製造部 品質保証部 生産技術部					
(2)	保安品質会議の設置と内部監査の充実	＜保安品質会議の設置＞ 保安管理部が保安品質会議（議長：社長、会議メンバー：保安管理責任者、核燃料取扱主任者及び保安管理組織の各部長）を開催し、予防的改善活動を推進する体制を確立する。		再発防止対策（短期）	保安管理組織	保安管理部					
		＜保安品質会議の月次開催と内部監査の充実＞ 本会議は、不適合管理の実施状況及び手順書の遵守状況等に関する業務改善活動の推進状況を監視するため、毎月開催していく。また、保安品質監査（内部監査）では、現場の記録類についてチェック方法を明確にして確認していくことで、現場の活動状況を把握できるようにしていく。		再発防止対策（中長期）							
(3)	保安再教育と力量管理の充実	施設の保安管理向上のための改善事項として、管理者及び作業者に対して今回の事象を受けた保安教育の実施と力量管理の充実を図る。特に、保安管理組織の管理者全員に対しては、異常事象及び不適合管理の観点に重点をおき、社内関連規程（特に、「異常・非常事象措置規程」、「保安不適合管理及び是正・予防処置規程」）の周知に関する教育を実施するほか、上記(1)の訓練において、異常事象に関する認識を高めるため、種々の異常事象の状況に対応できるよう訓練想定に工夫を加える。 また、原子炉等規制法、加工規則、保安規定、保安品質保証計画書の内容について、保安管理部が保安管理組織の管理者に対して、課題実習等、力量向上につながる工夫を加えた教育を行う。さらに、現場設備技術の知識習得のため、社外講師による講習も実施する。 一方、保安管理組織の作業者に対しては、設備の安全機能に対する知識不足や故障時の対応の不十分さが問題として見出されたため、現在、管理元が実施している作業者の教育・認定の1項目である「機器の操作手順及び性能に関する理解」に、設備の安全機能に関する仕組みを追加し、警報発報時の対応を含む異常時の措置の対応を充実させる教育を早期に実施する。また、管理元の認定に加え、保安管理部が保安に関する認定を実施する。		改善	保安管理組織	保安管理部 製造部 品質保証部 環境安全部					
4. 安全意識に関する対策（安全文化の醸成）											
(1)	安全第一への意識改革	組織内の意識改革を図るため、品質方針に安全への意識を改めて反映させ、社長から安全第一のメッセージを全社員に伝え続ける。これとともに、社内の風通しを良くするため、社長と従業員との直接対話の場を設置し、組織内の円滑なコミュニケーションを図る。また、社長を議長とする保安品質会議を新たに発足し業務改善活動の推進状況を毎月監視する体制とする。本会議では、株式会社 日立製作所から改善活動に対するレビューも受ける。 保安管理部を強化し、業務改善活動に加え安全文化醸成活動を推進していく。このため、外部（日立製作所、日本原子力技術協会）からの定期的なレビューを受ける。その評価に基づき、保安品質マネジメント体制や安全文化醸成活動の実施内容について、マネジメントレビュー会議で確実にPDCAを回すことにより、継続的に改善していく。		再発防止対策（短期）	全社員	社長 保安管理部					
				再発防止対策（中長期）							