

材料研究棟 精密測定室の火災における
事象・原因分析・再発防止策について
(第2報)

2024年11月8日

日本核燃料開発株式会社

はじめに

弊社の材料研究棟（非管理区域）において発生した火災事象について、先に第一報で茨城県、大洗町、水戸市、ひたちなか市、茨城町、鉾田市、原子力規制事務所へご報告しておりましたが、その後詳細調査を行い、背後要因分析を進めて参りました。この度、調査・分析の結果をもとに、再発防止策を立案しましたので、ご報告します。

地域社会の皆様にはご心配をおかけしたことを、心よりお詫び申し上げます。引き続き改善に向けて誠実に取り組んで参ります。

目 次

1. 事象

- 1.1 火災発生日時
- 1.2 火災発生場所
- 1.3 火災発生に至る経緯
- 1.4 火災発生時の時系列
- 1.5 法令報告の該非等の評価
- 1.6 作業プロセス全体の概要
- 1.7 溶解処理工程の詳細
- 1.8 緊急措置
- 1.9 環境への影響等

2. 発火・延焼原因の調査

- 2.1 発火原因と具体的な機序
- 2.2 延焼原因
- 2.3 問題点

3. 業務実態の調査

- 3.1 業務実態
- 3.2 問題点

4. 背後要因分析

5. 再発防止対策

- 5.1 背後要因分析を踏まえた業務上の対策
- 5.2 当該作業の火災防止対策

6. 水平展開調査

- 6.1 同類のアルカリ金属の使用に関する調査
- 6.2 研究業務における品質ルール of 遵守状況調査

7. 全体活動工程

1. 事象

1.1 火災発生日時

2024年3月15日（金） 15時52分頃（確認時刻）

1.2 火災発生場所

日本核燃料開発株式会社 材料研究棟 精密測定室【非管理区域】（図 1-1 参照）

1.3 火災発生に至る経緯

材料研究棟（非管理区域）精密測定室に設置している局所排気装置（フード）内において、合金化したナトリウム(Na)+非放射性セシウム(Cs)の試料（20 g）をエタノール溶液の入った金属容器に投入して溶解処理（化学反応）を行ったところ、容器上部に炎を確認した。直ちに当社社員が蓋を閉めて窒息消火を試みたが、振動とともに金属容器が転倒し、フード内の床面に延焼した。（図 1-2 参照）

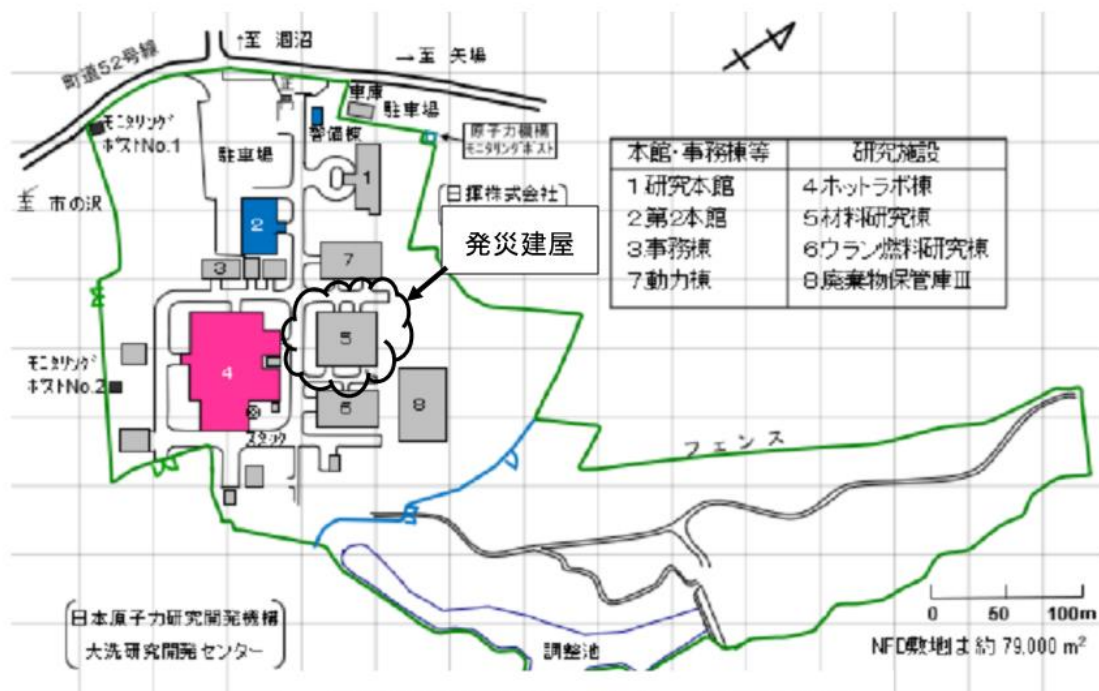
当社社員が消火器により消火を行い、併せて公設消防へ通報した。公設消防員により鎮火が確認された。

1.4 火災発生時の時系列

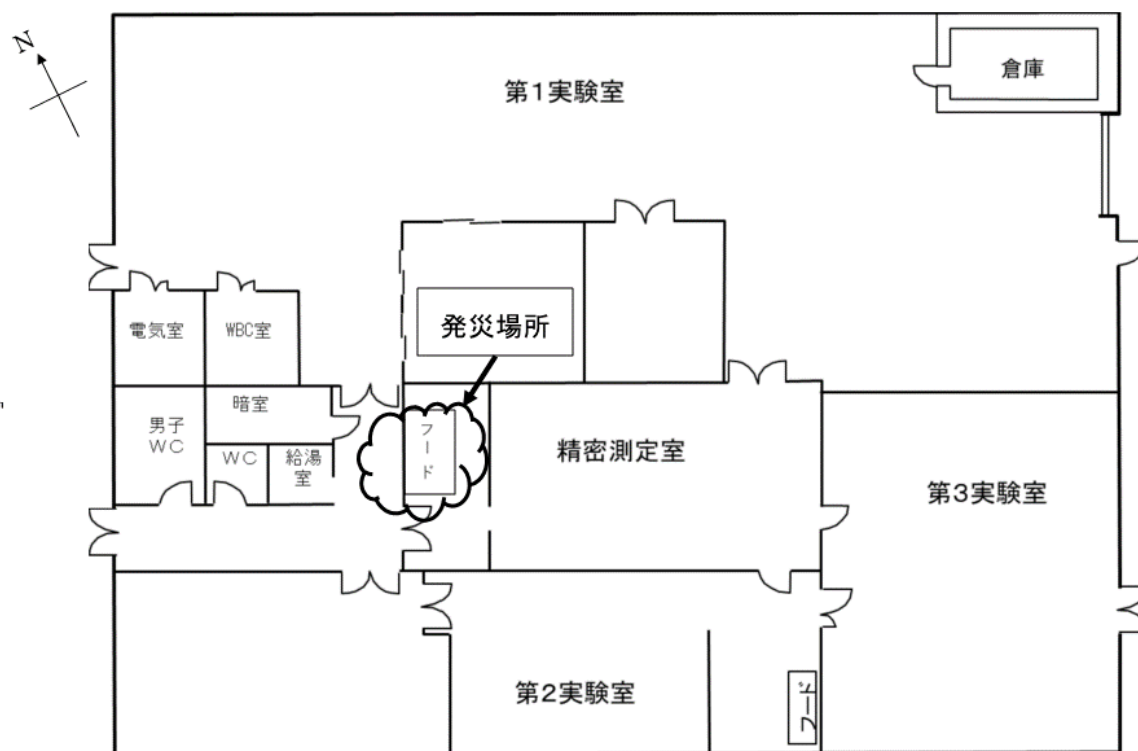
時刻	内容
15:52 頃	Na+Cs 合金試料のエタノール溶解を開始した直後に発火
15:52	緊急電話による社内連絡
15:53	当社社員による初期消火の実施
16:01	当社警備室から公設消防へ通報
16:11	公設消防員が到着（消防車両 3 台、救急車 1 台）
16:13	公設消防員による火災認定
16:17	茨城県並びに近隣市町村へ順次状況についての通報連絡開始
16:32	公設消防員による鎮火確認

1.5 法令報告の該非等の評価

本火災は、原子炉等規制法等に基づく報告事象には該当しないが、原子力事業所敷地内における火災は、茨城県原子力安全協定第 17 条（事故・故障等の連絡等）に該当する。



日本核燃料開発株式会社 施設配置図



材料研究棟 平面図

図 1-1 火災発生場所



◎フード内写真（発火場所）



◎精密測定室 フード写真

- ✓ 金属容器内のエタノールおよびNa（ナトリウム）+Cs（セシウム）合金が化学反応により発火したと推定
- ✓ 金属容器が倒れ、フード内に延焼

材料研究棟 精密測定室の発災の状況

図 1-2 火災の状況

1.6 作業プロセス全体の概要

Na 冷却高速炉の過酷事故時に Na 冷却材に移行した Cs の蒸発挙動に関する基礎研究を目的とする作業である。純 Na、及び Na に非放射性 Cs を 3.6at% 含有した合金（以下 Na+Cs と称す）を用いて、高速炉の過酷事故時の蒸発 Cs 量推定試験を実施した。以下に今回の作業プロセス全体を説明する。作業全体のフローを図 1-3 に示す。

(1) 試料溶融

試料溶融は、アルゴン雰囲気下約 200℃で、まず Na を溶融し、溶融した金属 Na に金属 Cs を加え混合する。溶融したまま、1g 試料（それぞれ約 1g の Na と Na+Cs）及び 20g 試料（それぞれ約 20g の Na と Na+Cs）を、それぞれアルミ皿、及びステンレスるつぽに分取する。

(2) 蒸発試験

蒸発試験は、Na 及び Na+Cs を約 400℃まで加熱し、Na 及び Cs を蒸発させる。試験体系①では、1g 試料の一定温度・時間での蒸発を行い、その後、加熱領域の外に出して短時間で冷却固化する。試験体系②では、20g 試料の蒸発中の試料表面を観察し、その後、加熱領域に置いたままゆっくりと冷却固化する。

(3) 溶解処理

固化した蒸発試験前後の試料を溶解する。図 1-4 に溶解処理の化学反応式を示す。処理体系①では 1g 試料の溶解、処理体系②では 20g 試料の溶解を実施する。

(処理 1)

溶解処理は、激しい反応を避けるため、一旦エタノールに溶解してアルコキシドとする。

(処理 2)

アルコキシドに水を加え、NaOH と CsOH とした分析用水溶液とする。

(4) 成分分析

溶解した水溶液に含まれる Na と Cs を分析し、蒸発試験前と蒸発後の残量の差分から蒸発量を求める。

1.7 溶解処理工程の詳細

エタノール溶解処理工程の詳細について以下に説明する。(図 1-5 参照)

(1) 1g 試料の溶解処理工程の詳細

図 1-5 の処理体系①に 1g 試料の溶解処理工程の詳細を示す。エタノール約 0.3 リットルを入れたステンレスビーカーを、約 5 リットルの冷却水を入れた金属容器中央のステンレス台に設置する。試料は、蒸発試験前後の Na と蒸発試験前の Na+Cs である。試料の入ったアルミ皿をピンセットで掴んでエタノール内に挿入する。

(2) 20g 試料の溶解処理工程の詳細

図 1-5 の処理体系②に 20g 試料の溶解処理工程の詳細を示す。エタノール約 1 リットルを入れたステンレスビーカーを、約 5 リットルの冷却水を入れた金属容器に設置している。試料は、蒸発試験後の Na と Na+Cs である。試料が残留したステンレスるつぼをピンセットで掴んでエタノール内に挿入し、るつぼ内にエタノールを流入させて沈める。

(3) 熱反応のリスクを考慮した段階的な溶解処理（安全対策）と実際の反応

Cs は Na よりも反応性の高い物質として知られており、一定量以上の Cs がエタノールと接触すると激しく反応するリスクがあるため、Na+Cs に含まれる Cs の割合は 3.6at%と計測可能な少量に抑えた。

溶解処理は、Na の 1g 試料、20g 試料、Na+Cs の 1g 試料、20g 試料の順に段階的に反応状況を確認し、安全性を検証して進めるよう作業工程を計画した。作業工程における溶解処理の試験ケースを表 1-1 に示す。

表 1-1 に示す試験ケースの Na1g 及び Na20g 試料の溶解処理を実施し、穏やかな反応を確認した。次に、Na+Cs の 1g 試料の溶解処理を実施し、溶解反応が Na と同様に、穏やかな反応であることを確認した。

段階的に反応状況を確認した結果、Na+Cs の 20g 試料の溶解処理も安全に行えると判断し、作業を進めることとした。

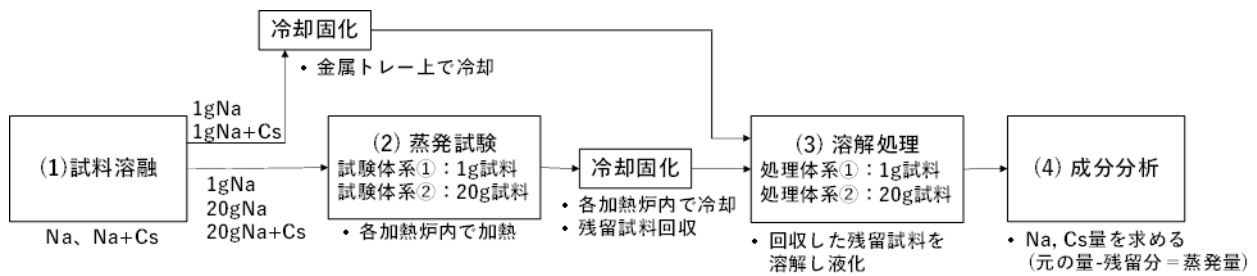


図 1-3 作業全体のフロー（高速炉の過酷事故時の蒸発 Cs 量推定試験）

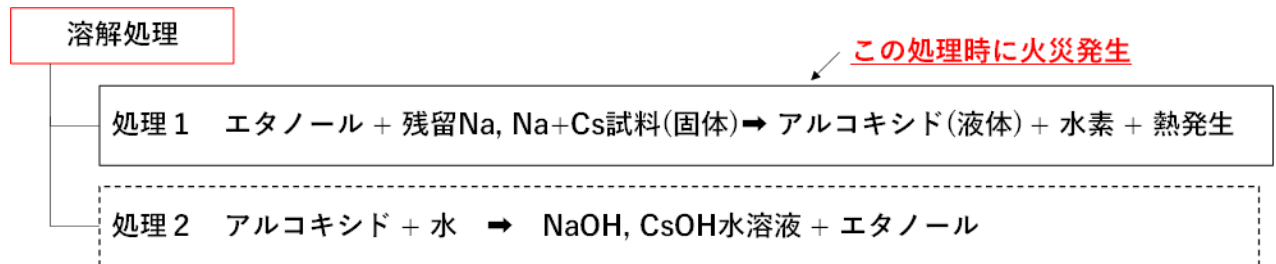


図 1-4 溶解処理の化学反応式

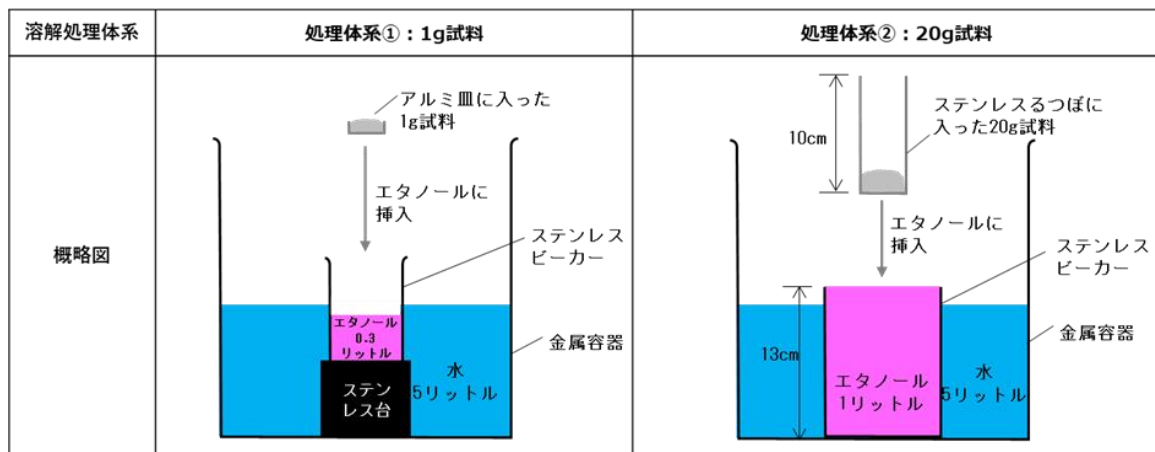


図 1-5 溶解処理工程の詳細図

表 1-1 溶解処理の試験ケース

試験No.	N1	N2	N3	N4	N5	N6
実施日	3月13日	3月14日		3月15日		
試料	ナトリウム (Na)	ナトリウム (Na)	ナトリウム (Na)	ナトリウム (Na) + セシウム (Cs)	ナトリウム (Na)	ナトリウム (Na) + セシウム (Cs)
試料重量	約1g	約1g	約20g	約1g	約1g	約20g
溶解処理体系	①	①	②	①	①	②

火災発生

1.8 緊急措置

1.8.1 消火後の安全処置（3月15日（金） 発災当日）

- (1) 処理に使用した容器内に Na+Cs 合金が残留していないことを目視で確認した。
- (2) Na+Cs 合金とエタノールの反応で生成したアルコキシドは危険物保管庫に保管した。また、フード内に溶解処理前の試料が密閉された容器に残留していたため、それを回収し、空気から遮断されたアルゴングローブボックス内に保管した。
- (3) 鎮火確認から約 4 時間後に発災場所における再発火の有無を確認し、その後翌日午前 7 時まで巡回して監視を継続した。
- (4) 当該作業は、原因究明及び対策が完了するまで中止させた。

1.8.2 緊急安全対策の周知（3月18日（月）朝）

作業開始前の火災ならびに人身災害などのリスク評価と安全対策の実施を再徹底すること、日々の作業開始前において、作業する担当者が管理者（グループ長）に対策したことを報告の上、作業することについて、社員及び構内協力会社員を集めて社長より周知した。

1.9 環境への影響等

非管理区域の火災であり、放射能の漏洩等はない。環境への影響等の評価として、モニタリングポスト No.1、No.2 及びスタックモニタの指示値を確認した。モニタリングポスト No.1 については、定期検査中のため、一部時間帯についてはサーベイメータによる代替測定を行った。

測定結果に異常はなく、環境への影響はないと判断した。（図 1-6、図 1-7、図 1-8 参照）
また、作業ならびに消火活動においては、けがや被ばくもなかった。

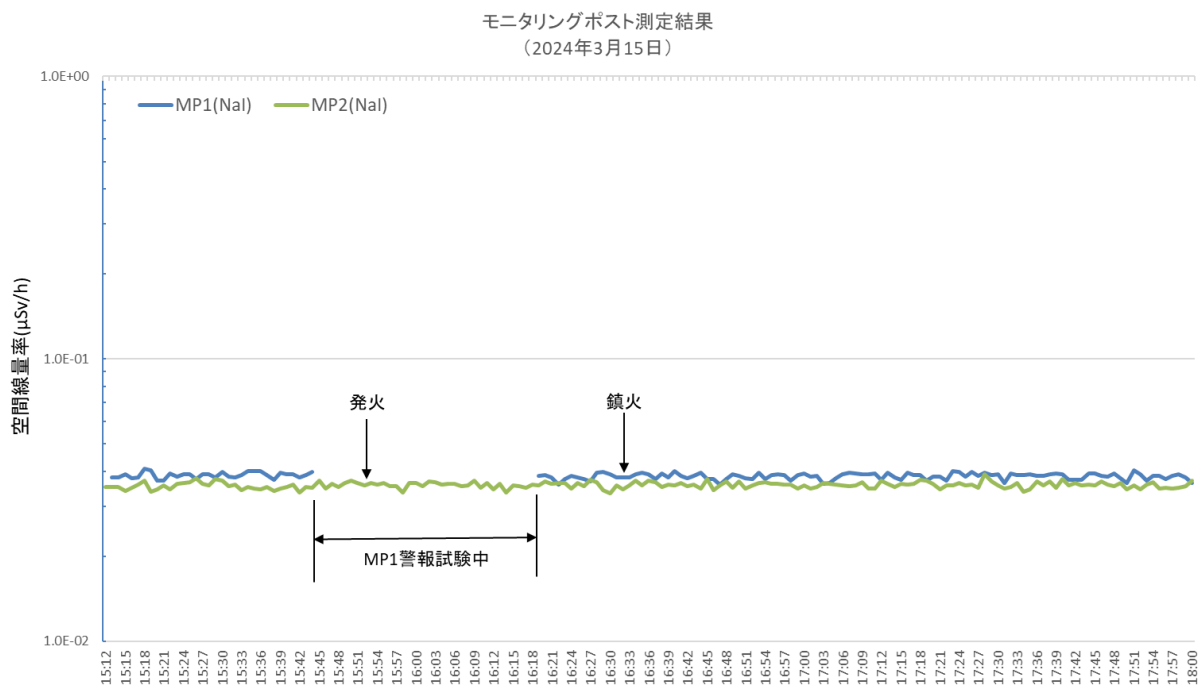


図 1-6 モニタリングポストの測定記録

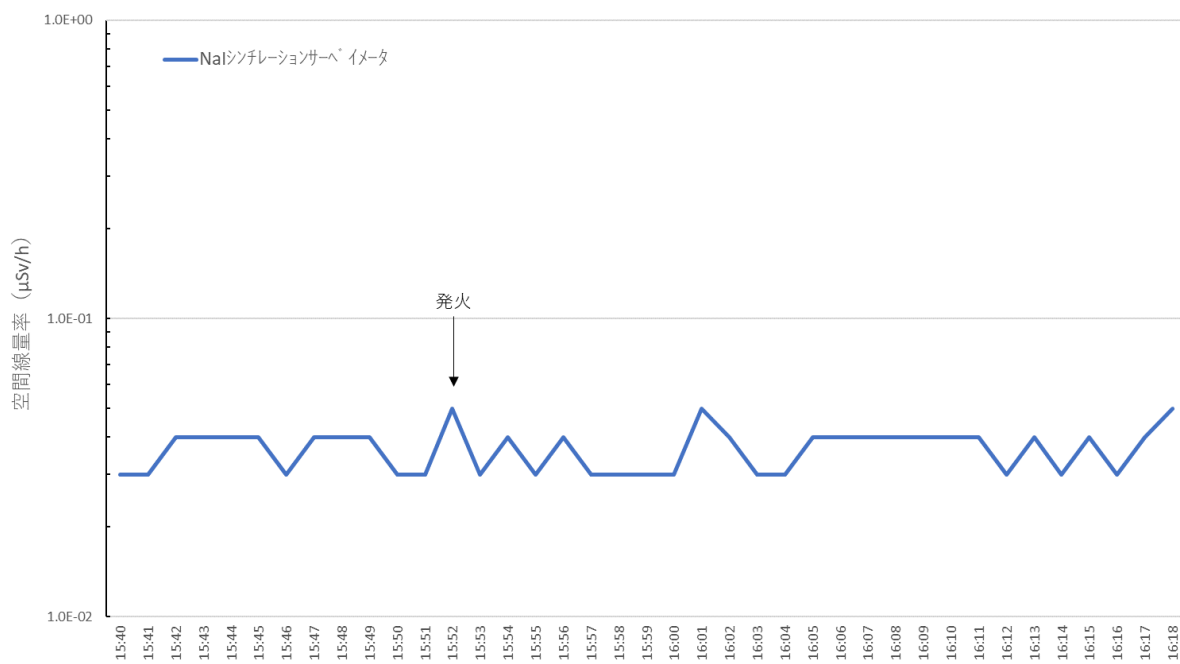


図 1-7 サーベイメータの測定記録 (MP1 警報試験中の代替)

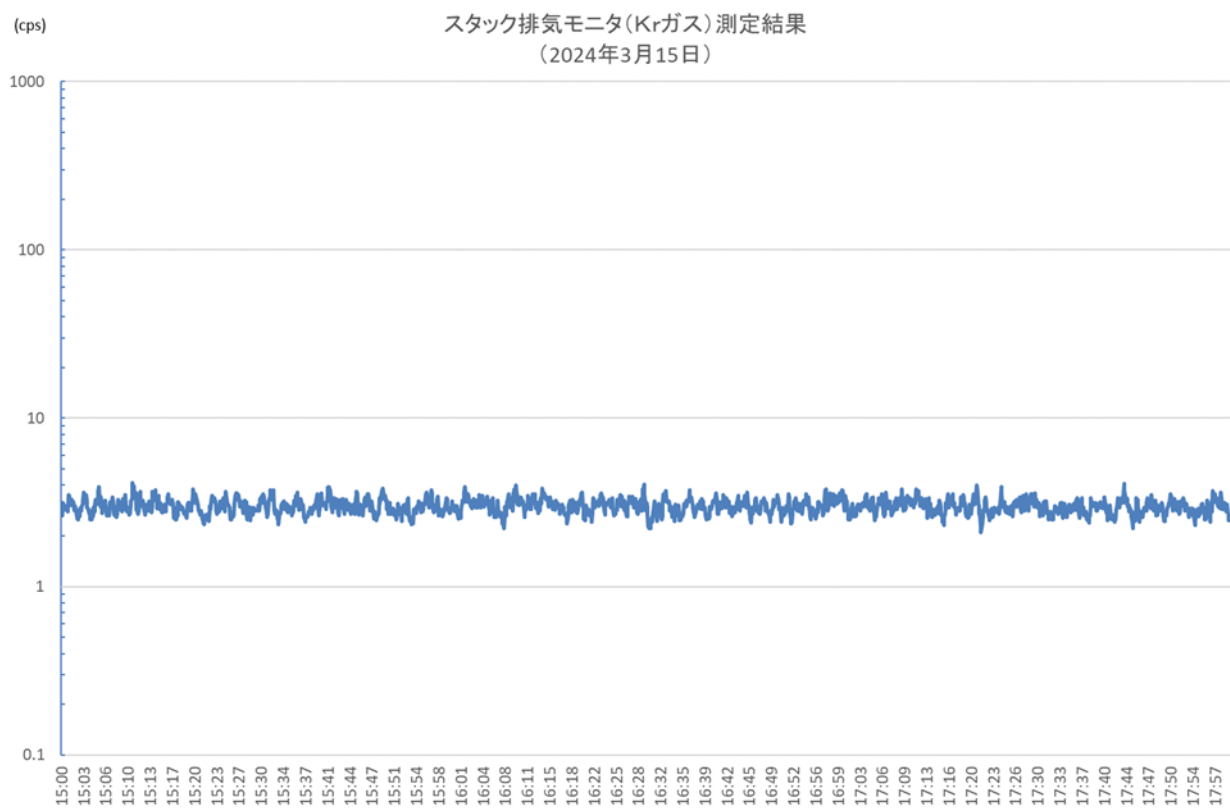


図 1-8 スタックモニタの測定記録

2. 発火・延焼原因の調査

2.1 発火原因と具体的な機序

図 1-5 に示した溶解処理工程において、1g 試料と 20g 試料の溶解処理を実施したところ、1g 試料ではエタノールに入れても穏やかな反応で発火しなかったが、20g 試料ではエタノールに入れると激しく反応して発火に至った。この発火の推定原因と具体的な機序について以下の調査、検討を行った。

一般的に、Na はエタノールと穏やかに反応するが、Cs はエタノールと激しく反応することが知られており、今回の事象では、Na+Cs に含まれる Cs とエタノールの反応が発火の原因の可能性が高いと考えられる。

次に実際の処理において、1g 試料の反応は穏やかであったが、20g 試料では激しい反応となった。その現象の差について前段の作業プロセスを調査したところ、1g と 20g とでは冷却固化の方法（速度）に差があることが確認された。図 2-1 に示すように、1g 試料は電気炉から出して急冷しているが、20g 試料は電気炉の中で余熱を受けながらゆっくり冷却していた。2 種類の金属をゆっくり冷却すると物質によっては均一に混ざりあわずに、一方の金属が濃縮偏在することが知られている。つまり、20g 試料では Cs の濃縮偏在が生じ、これがエタノールと激しく反応して発火に至ったと推定した。

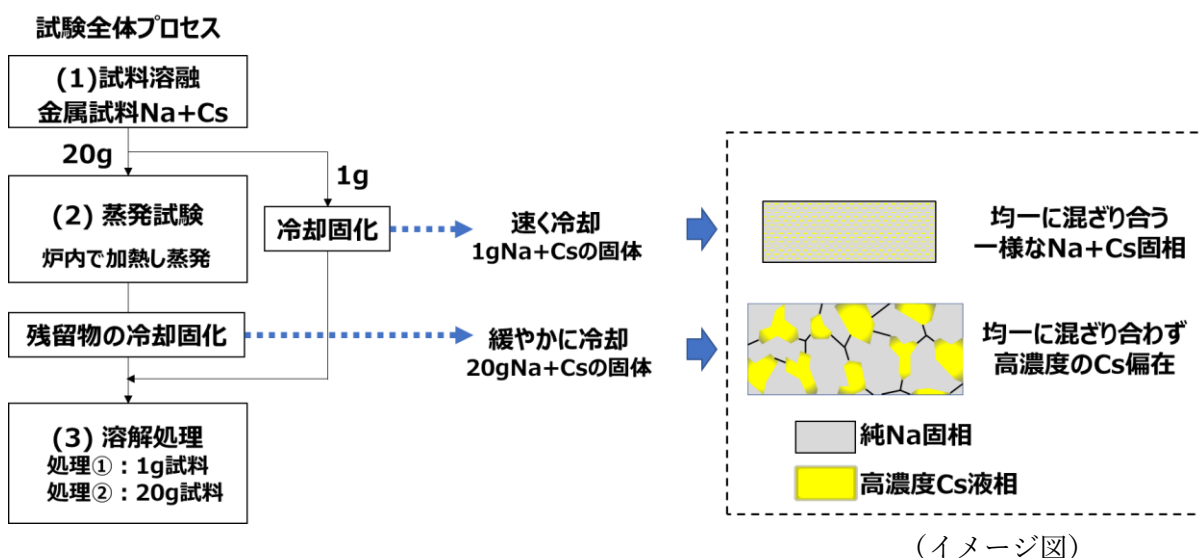


図 2-1 発火の推定原因

推定した原因を基に発火に至った具体的な機序を検討した。図 2-2 に機序の流れを示す。20g 試料に偏在する高濃度 Cs 液相とエタノールが激しく反応して水素を発生する。その際、液相 Cs の表層から微小粒（金属液滴）が脱離して水素の泡とともにエタノール表面まで上昇する。さらに、エタノール表面で水素と高温の微小粒が、空気に触れて発火に至ったという機序を検討した。

以上の検討結果について、反応性の高いアルカリ金属(Na など)を専門的に取り扱う第三者機関に見解を求めたところ、発火の推定原因は Cs とエタノールの反応による可能性が高いとの意見が得られたが、同反応に関する正確な知見やデータが少ないため、Cs の濃縮偏在の推定や発火の具体的な機序については、実験による確認が必要との見解であった。

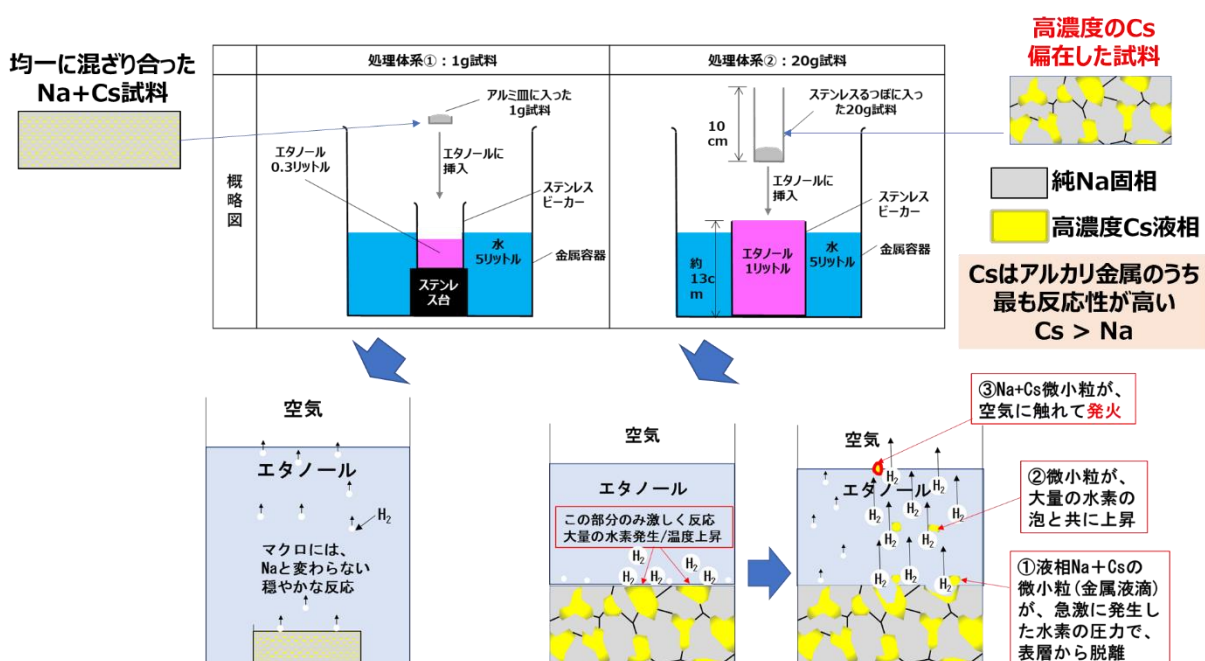


図 2-2 発火に至った具体的な機序（仮説）

2.2 延焼原因

発火後、振動とともに金属容器が転倒し、フード内の床面に延焼したが、これはステンレスビーカー内のエタノールが、フード内の床面にこぼれたため燃え広がったものとする。金属容器の転倒は、Cs とエタノールが激しく反応したことにより、ステンレスビーカーが水の入った金属容器内で倒れ、水と Na+Cs が直接接触して、激しい反応を発生し、それによって発生した振動によるものと考えられる。(図 1-5 の処理体系②を参照)

さらに消火後の作業実態の調査において、フード内には図 2-3 のように、延焼の原因となりうるものが散在していることが確認された。予備の補充用エタノールのビンが倒れており、エタノールがこぼれていたことから、これにも延焼した可能性がある。また、金属 Na 試薬入り密閉瓶(禁水性の危険物)と紙ウエス(可燃物)には、延焼した形跡はなかったものの、延焼リスクが高い状況の中、当該作業を行っていたことが判った。

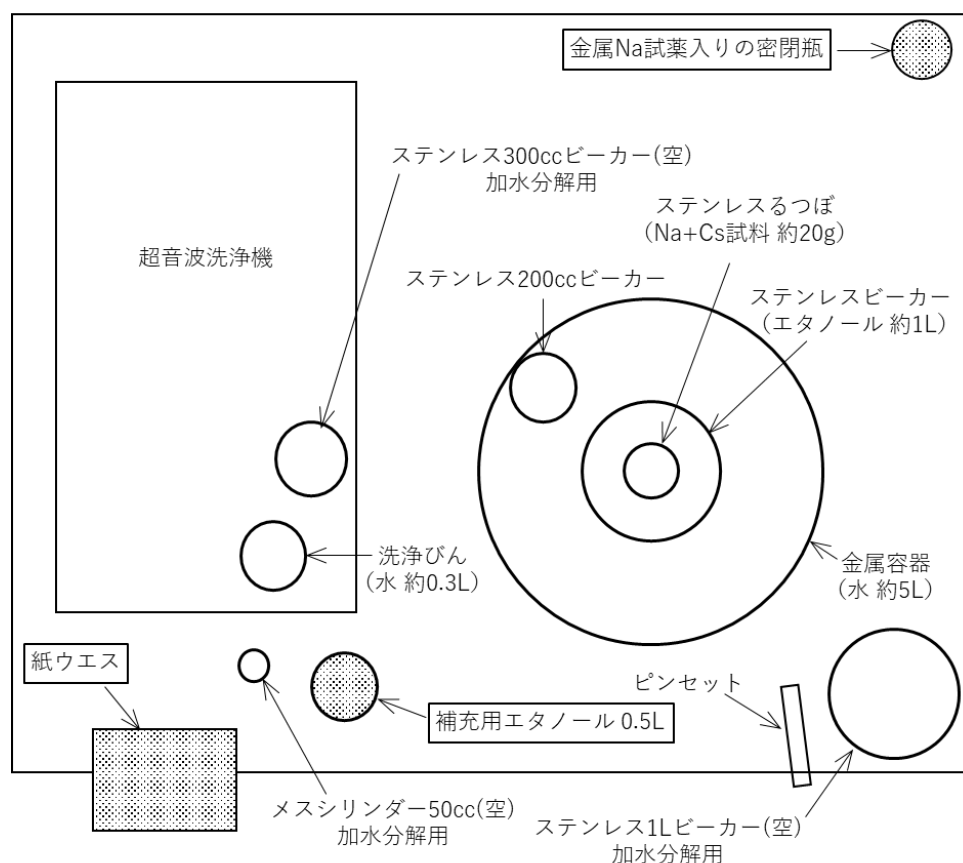


図 2-3 火災発生した溶解処理時における機器等のフード内の備品配置

2.3 問題点

2.1 及び 2.2 項の調査結果から、以下の問題点(1)、(2)を把握した。

問題点(1) 発火に対するリスク検討の不十分さ

今回、反応性の高い Cs を Na に混合するにあたり、その冷却速度に伴う高濃度 Cs の偏在のリスク検討が不十分であったこと、また未知の反応性に関する検証を計画的かつ慎重に確認しなかったことが問題点として挙げられる。段階的な溶解処理のリスク配慮はあるものの、発火の機序の推定を踏まえると、危険性の高い物質に対してリスク検討が不十分だった。

問題点(2) 延焼のリスク対策の不十分さ

Na+Cs(禁水性の危険物)の近傍に冷却水を配置したこと、また、金属容器の近傍に予備のエタノール(引火・延焼性の高い危険物)、金属 Na(禁水性の危険物)及びふき取り用の紙ウエス(可燃物)が点火源の近くに置かれており、点火源から距離を置くなどの延焼のリスク対策が不十分であったと考えられる。

3. 業務実態の調査

3.1 業務実態

本業務に関わる実態について以下に説明する。本業務の体制と工程の概略図を図 3-1 に示す。業務体制の通り、発災した業務の担当者 C は、作業責任者 A による本業務と、作業責任者 B による別業務 1 を兼務しており、また、作業責任者 A は本業務の責任者と別業務 2 の担当者となっていた。

当初計画では、担当者 C と作業責任者 A は、別業務 1 と別業務 2 をそれぞれ終えた後に本業務に工程余裕をもって全面移行する計画であった。しかしながら、別業務 1 で新たに導入する装置の安全対策に予想以上に時間（約 3 か月の遅れ）を要したことから、担当者 C は本業務の試験装置組立を別業務 1 と並行して対応したものの、本業務への全面移行ができず、最終的に試験実施要領書作成等*の準備期間が取れない時期に移行せざるを得なかった。作業責任者 A の別業務 2 においても追加作業などがあり、約 1 週間の遅れを生じた。これらの前工程の遅れから、本業務は納期遅延リスクの高い事態となった。

作業責任者 A は、納期に間に合わせるため、試験実施要領書作成等*を省略して（自身の思考のみでリスク評価し手順を決めて）作業を行った。

*：試験実施要領書の作成とそのデザインレビュー(DR)

作業計画書における作業手順とそのリスク評価、安全対策の文書化、上長審査

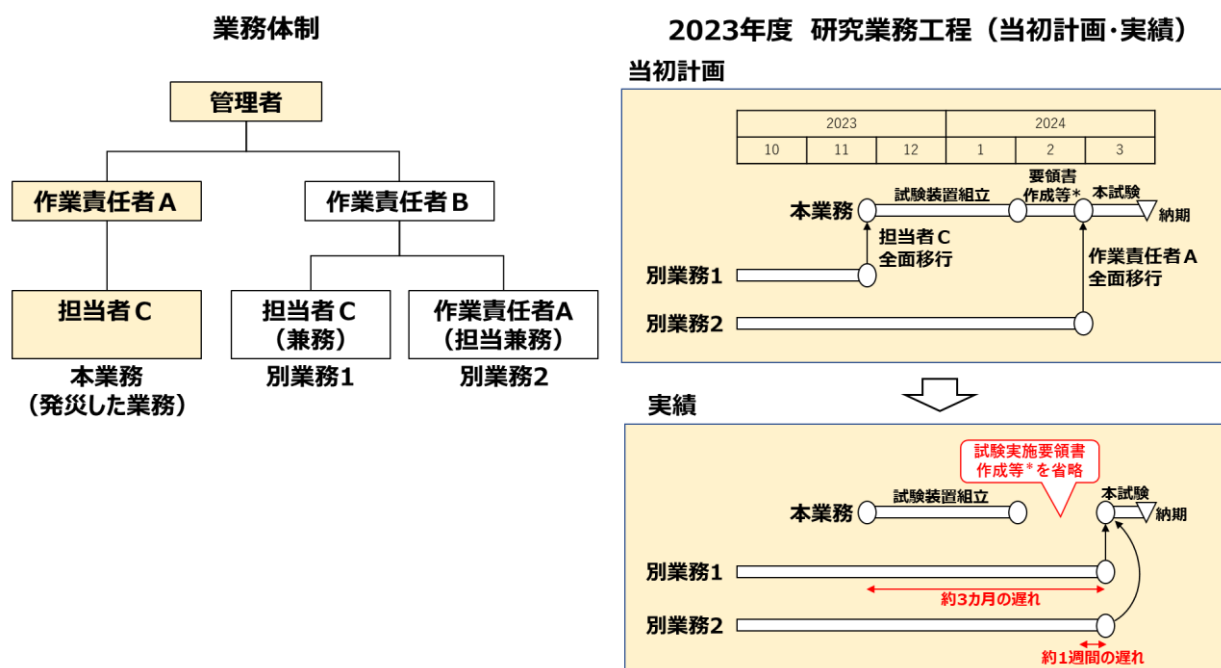


図 3-1 本業務の体制と工程

3.2 問題点

3.1 項の業務実態調査から、以下の品質管理上の問題（問題点(3)）を把握した。

問題点(3) 社内ルールで定めた品質管理の工程の省略

研究業務については、品質管理や作業場の安全確保を目的に、事前に試験実施要領を策定し、その後、作業手順や作業上のリスク対策を検討した作業計画書を作成してから行うことが社内ルールで定められている。今回、当該研究業務が他の作業の影響で開始時期が遅れ、納期に間に合わせるため、以下の品質管理の工程を省略して（自身の思考のみでリスク評価し手順を決めて）作業を行っていたことが判った。

- ・試験実施要領書の作成と DR 実施
- ・作業計画書における作業手順、リスク評価、安全対策の文書化と上長審査

4. 背後要因分析

2章及び3章にて把握した問題点(1)～(3)について背後要因分析を実施した結果を以下にまとめる。

(1) 発火に対するリスク検討の不十分さの分析

- (i) 反応性の高いアルカリ金属である Na+Cs 合金を用いる試験を計画したが、事前にその作製過程で注意すべき二元合金の状態変化（液体から固体）に精通した有識者による第三者レビューを受けていなかった。

（原因① リスク評価結果レビューの不備）

- (ii) Cs は反応性に定量的な知見がないことから、異常な発火を懸念して 1g→20 g の段階的な検証ステップを踏んでいたものの、反応性の高さを考慮すれば、より少量の試料を用いたステップで検証すべきであった。検証方法の検討に慎重さが欠けていた。

また、調査の結果、分析試料として必要以上の Cs を使用していることが判ったが、事前検討段階で量的軽減の配慮が足りなかった点も把握された。

これらの背後要因として、定量的知見の少ないリスク要因に対する検証方法を検討する際に、組織的なサポートの仕組みが不足していたと考える。

（原因② 定量的知見の少ないリスク要因の検証における慎重さ不足）

(2) 延焼のリスク対策の不十分さの分析

- (i) 作業責任者は、

- ・エタノールを大量に持ち込むこと
- ・禁水性の危険物の近傍に冷却水を配置していたこと
- ・予備エタノール、紙ウェスなどを点火源の近傍に置いていたこと

など、延焼リスクの高い作業を行っていた。また、管理者は作業責任者に対し危険物取扱作業に関する安全対策の指導が不十分であった。背後要因として、作業責任者、管理者ともにエタノールなどの危険物取扱において延焼を予防する対策スキルが不足していたと考えられる。

（原因③ 延焼リスクに対する安全対策のスキル不足）

- (ii) 上記のリスクは、原子力他サイトの危険物取扱作業における延焼リスクとして知られており、対策についての予見可能性があった。したがって、背後要因として、他サイトの延焼リスク対策の知見を自社ルールに十分反映できていなかったと考えられる。

（原因④ 延焼のリスク対策の他サイト知見の反映不足）

(3) 社内ルールで定めた品質管理の工程を省略したことの分析

品質上の問題点に関わる背後要因分析は以下の（i）～（iv）の観点で検討した。

- (i) 担当者Cは、別業務1から本業務に移行する計画であったが、作業責任者Aは、担当者Cが本業務に本格着手する時期（納期1ヵ月前）を見誤ったと考えられる。

- ・ 担当者Cは、別業務1の度重なる作業追加に対応せざるを得ず、別業務1から離れることができない状況であった。一方、作業責任者Aは、本業務の納期1ヵ月前時点で、担当者Cが本業務に着手していない状況を把握したため、管理者に、「納期遅延リスクがあることと、担当者Cの本業務への注力」を要求した。このとき、管理者は、担当者Cに本業務への注力を指示するにとどまり、別業務1の作業責任者Bへ担当者Cの移行調整をするに至らず、担当者Cは、本業務の本格着手ができなかった。

この背後要因として、管理者は、人的リソースの調整については、作業責任者間で実施するものと捉えており、管理者の役割と考えていなかったこと、逆に、作業責任者Aは、管理者が行う役割であるとの認識であったことが判り、双方の認識に不一致があった。この認識の不一致により、本格着手がさらに遅れ、納期遅延リスクの高い事態となった。

（原因⑤ 管理者と作業責任者の人的資源管理責任範囲の認識不一致）

- ・ 作業責任者Aは、本業務の工程が圧迫されているにもかかわらず、やり遂げることを優先した行動をとり続けた。納期1ヵ月前の時期で間に合うのか、担当者Cの業務実態や能力を踏まえて業務完了の実現性について確認しようとしなかった。

背後要因として、作業責任者Aは、担当者Cの実態を把握した上で工程的なリスクを管理する責任者の役割があることの認識が不足していたと考えられる。

（原因⑥ 作業責任者の管理に関する役割の認識不足）

- ・ 作業責任者Aは、別業務1の作業追加や完了時期が延びたことを正確に知ることができなかった。部門全体のプロジェクト進捗を共有するための手段がなかったことも背後要因と考えられる。

（原因⑦ 部門全体の工程進捗管理及び人的資源管理の不備）

- (ii) 管理者は、担当者Cの別業務1の度重なる遅れを認識していたが、本業務にいつ本格着手すれば間に合うか、どれだけの準備作業が残っているか、業務工程のデッドラインの実態を把握していなかった。

- ・ 管理者は、作業責任者Aの口頭報告により進捗状況を把握していたが、やり遂げられるという主観的な報告を鵜呑みにし、工程表や業務量から客観的に確認することを作業責任者Aに要求していなかったという背後要因が考えられる。

（原因⑧ 管理者のプロジェクト毎の工程遅延把握と指導の不備）

- ・ 管理者自身がいくつかの業務の作業責任者を兼務しており管理に集中できなかったがその背後要因として、作業責任者クラスの人員が不足していたことがあった。
(原因⑨ 作業責任者クラスのリソース不足)
- (iii) 管理者は第三者レビューや審査を受けていない作業があることに気づかず、作業責任者 A の作業開始を止められなかった。
 - ・ 品質管理のホールドポイントを設けていなかった。つまり、管理者がレビュー結果や安全対策を確認した上で、作業を許可する仕組みになっていなかったという背後要因が考えられる。
(原因⑩a 試験業務の品質に関わる実行管理の不備)
 - ・ 試験業務の品質管理プロセスの工程毎にアウトプットを確認するなど、研究業務の品質管理プロセスフローに基づく、プロジェクト毎の実行管理がされていなかったといった背後要因が考えられる。
(原因⑩b 試験業務の品質に関わる実行管理の不備)
- (iv) 作業責任者 A と担当者 C が研究業務の品質マネジメント計画に基づいた業務全体の管理プロセスの重要性を理解していなかった。
 - ・ 今回の作業責任者 A と担当者 C はキャリア採用者で、一定の品質管理教育を実施しているものの、研究業務の品質管理プロセスのルールや重要性を十分に教育できていない背後要因があったと考えられる。
(原因⑪ キャリア採用者への教育不備)

以上、問題点(1)～(3)に対する背後要因分析結果を表 4-1 にまとめる。

表 4-1 問題点に対する背後要因分析結果

問題点		背後要因分析結果	
問題点 (1)	発火に対するリスク検討 の不十分さ	原因①	リスク評価結果レビューの不備
		原因②	定量的知見の少ないリスク要因の検証における 慎重さ不足
問題点 (2)	延焼のリスク対策の不十 分さ	原因③	延焼リスクに対する安全対策のスキル不足
		原因④	延焼のリスク対策の他サイト知見の反映不足
問題点 (3)	社内ルールで定めた品質 管理の工程の省略	原因⑤	管理者と作業責任者の人的資源管理責任範囲の認識 不一致
		原因⑥	作業責任者の管理に関する役割の認識不足
		原因⑦	部門全体の工程進捗管理及び人的資源管理の不備
		原因⑧	管理者のプロジェクト毎の工程遅延把握と指導の 不備
		原因⑨	作業責任者クラスのリソース不足
		原因⑩	試験業務の品質に関わる実行管理の不備
		原因⑪	キャリア採用者への教育不備

5. 再発防止対策

5.1 背後要因分析を踏まえた業務上の対策

4章の背後要因分析で抽出された原因に対して再発防止対策を立案した。

対応を表5-1に示す。

表 5-1 原因と再発防止対策の対応表

背後要因分析結果		再発防止対策	
原因①	リスク評価結果レビューの不備	5.1.1	リスク評価プロセスの改善
原因②	定量的知見の少ないリスク要因の検証における慎重さ不足		
原因③	延焼リスクに対する安全対策のスキル不足	5.1.2	延焼リスクの安全対策の改善
原因④	延焼のリスク対策の他サイト知見の反映不足		
原因⑤	管理者と作業責任者の人的資源管理責任範囲の認識不一致	5.1.3	研究業務におけるプロジェクト管理の改善
原因⑥	作業責任者の管理に関する役割の認識不足		
原因⑦	部門全体の工程進捗管理及び人的資源管理の不備		
原因⑧	管理者のプロジェクト毎の工程遅延把握と指導の不備		
原因⑨	作業責任者クラスのリソース不足	5.1.4	作業責任者クラスの人材補強
原因⑩	試験業務の品質に関わる実行管理の不備	5.1.5	研究業務の品質管理の改善
原因⑪	キャリア採用者への教育不備		

5.1.1 リスク評価プロセスの改善

原因①②の対策として、図 5-1 に示すようにリスク評価と安全対策プロセスを改善する。従来のリスク評価プロセスは、図 5-1 の左側に示すように担当者が作業手順書の作成、リスク評価、安全対策を策定し、結果を上長が審査して作業を開始していた。

原因①のリスク評価結果のレビュー不備の対策として、以下の(1)、(2)のステップにてリスク評価・対策を行う。原因②の定量的知見の少ない高リスク要因の検証における慎重さ不足は、(3)のステップで対策する。

- (1) リスク評価において、抽出されたリスクを以下の判断基準に従って、リスクを高 1、高 2 及び低に分類する。

判断基準

1. リスク高 1：定量的知見の少なく机上検討では予測が困難であり、
検証した上でリスクが判明する作業
 2. リスク高 2：安全対策が講じられていない未経験の作業、
あるいは経験はあっても久しぶり・変更のある作業
(3H：初めて、久しぶり、変更)
 3. リスク低：安全対策が講じられており、繰り返し実施している既存作業
- (2) リスクの高い作業（高 1、高 2）については、作業開始前にリスク評価結果及び安全対策について社内の有識者を含めたレビューを受けることとする。
 - (3) リスク高 1 の作業については、リスクの程度を見積り、作業実施可能な安全な条件を明らかにする検証計画を策定し、有識者レビューを受け、本作業開始前に検証することとする。

以上、原因①、②については、一連のプロセスの改善を図り、リスク対策を図った上で安全に作業を開始することとする。これらの対策を 11 月末までに社内規程化する。

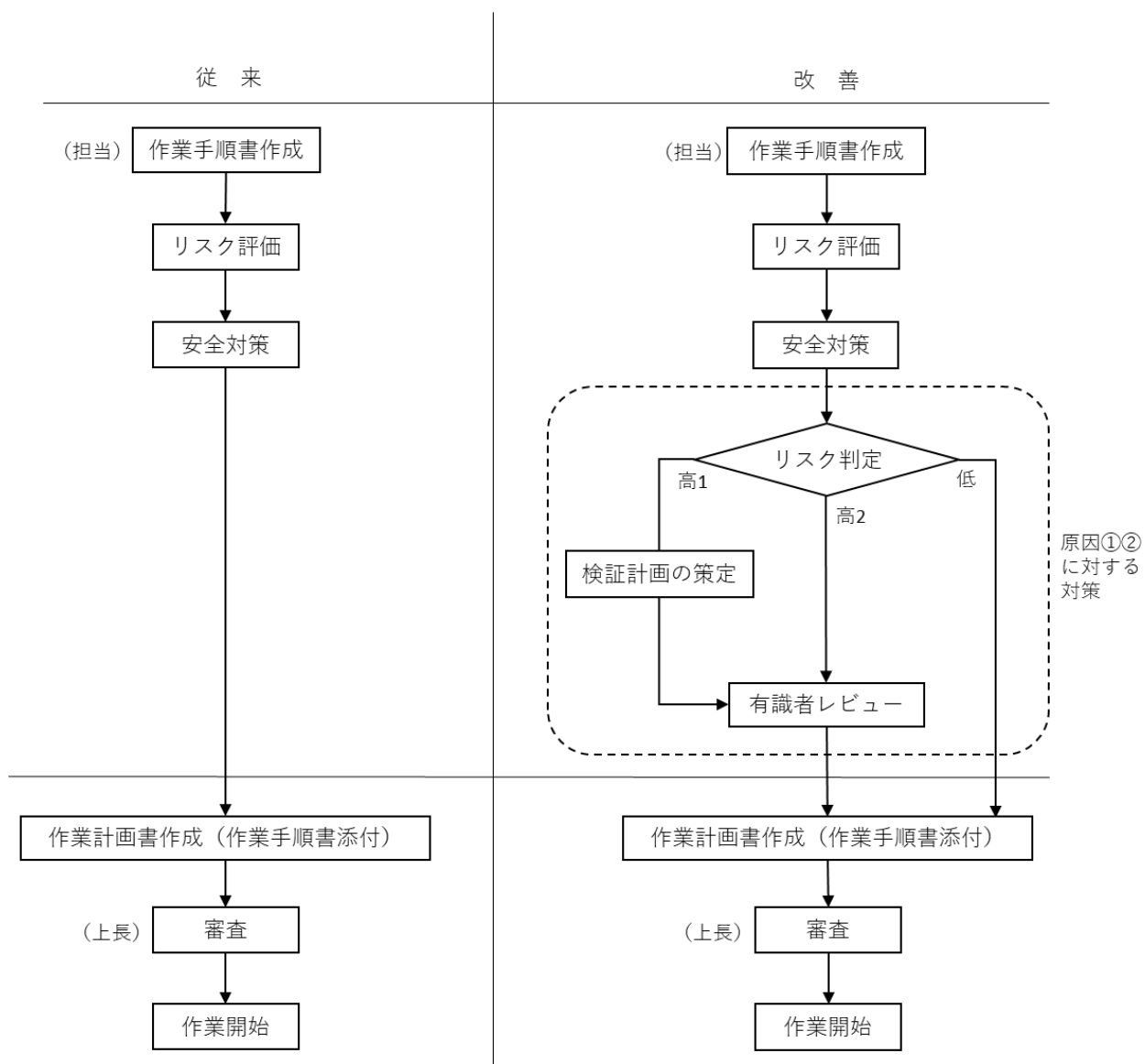


図 5-1 リスク評価と安全対策プロセスの改善

5.1.2 延焼リスクの安全対策の改善

(1) 危険物取扱スキルの向上

原因③では、作業責任者が延焼リスクの高い作業を行っていたこと、管理者の、作業責任者への危険物取扱作業に関する安全対策の指導が不十分であったこと、及び作業責任者、管理者ともに、危険物取扱において延焼を予防する対策スキルが不足していたことが背後要因となっていた。

対策として、危険物取扱者、有機溶剤作業主任者の資格取得を進め、スキルを向上させる。具体的には、部門毎の業務特性を踏まえた資格所持者数の目標設定を11月末までに行い、以後、段階的に目標に向けて資格者を増員する。

(2) 他サイトの危険物取扱作業における延焼リスク対策の知見反映

原因④では、原子力他サイトの危険物取扱作業における公知の延焼リスク対策について、自社ルールに反映しきれていない面があった。対策として、他サイトの対策知見を改めて調査し、12月末までに自社の危険物取扱要領規程に反映し、徹底する。

5.1.3 研究業務におけるプロジェクト管理の改善

(1) 管理者と作業責任者の人的資源・管理責任の明確化

原因⑤については、管理者と作業責任者の間で人的資源管理の責任範囲において齟齬が生じていた。また、原因⑥については、作業責任者が作業者の実態を把握した上で工程のリスクを管理する責務があるという認識が不足していたことが背後要因となっていた。

原因⑤、⑥の対策として、管理者及び作業責任者の役割と責任を明確化して、試験業務の品質マネジメントに関する社内規程に明記し、それに基づいて、複数の業務プロジェクトを兼務する担当者の人的資源配分とプロジェクト間の移行調整を行うこととする。(9月末に社内規程発行)

(2) 部門全体の工程進捗及び人的資源管理の改善

原因⑦については、作業責任者間で他の業務プロジェクトにおける計画変更を共有できていなかった。また、原因⑧については、管理者が業務プロジェクトの進捗を作業責任者の報告によって確認し、客観的に把握できていないことが背後要因となっていた。

原因⑦、⑧の対策として、管理者・作業責任者間でプロジェクトの状況、遅延リスク及び工程変更が他のプロジェクトへ及ぼす影響を共有できる仕組みを構築する。具体的には、作業毎に作成したES（エンジニアリングスケジュール）をもとに、部門全体の統合工程表を作成し、管理者及び作業責任者がプロジェクトの進捗と人的資源の配分状況を定期的に共有することとする。(2024年度は、統合工程表の試運用を行い、その結果を踏まえて2025年度に社内規程へ反映する)

5.1.4 作業責任者クラスの人材補強

原因⑨については、管理者自身がいくつかの業務の作業責任者を兼務していたため、管理に集中できていなかったことが背後要因となっていた。対策として、研究業務の管理者となるグループ長が管理業務に専念できる環境を整備するため、作業責任者クラスのさらなる増員を図る。(2024年4月時点 1名増員済)

5.1.5 研究業務の品質管理の改善

(1) 研究業務の品質に関わる実行管理の改善

原因⑩の対策として、リスク評価+安全対策の審査を受けないまま作業を開始することのないように、作業開始を許可するホールドポイントを設け、品質管理の個々のアウトプットを管理者が作業開始前に確認するなど実行管理を改善する。

- (i) 試験業務の品質プロセスのアウトプットを管理するため、所定のプロセスフローに品質ステップ毎の完了が確認できるチェックシート様式を新たに作成し、担当者が自己管理する。
- (ii) 試験開始許可の審査については、プロセスフローにホールドポイントを設け、試験開始までに必要となるアウトプットが全て発行されていることを管理者が確認し、試験開始の許可を出すこととする。
- (iii) (i)(ii)の内容について社内規程の改訂を行い、周知を図る。(9月末に社内規程発行)

(2) 研究業務の品質導入教育の改善と繰り返し教育の実施

原因⑪の対策として、採用時の受入教育にて研究業務に関わる品質管理ルールの詳細とその重要性を教育する。

具体的には、試験業務の品質マネジメントに関する社内規程のプロセスフローを主軸として、本規程ならびにこれに関連する規程、及び研究員として、研究作業を実施するために必要となる規程を一式まとめ、12月末までに導入教育資料として発行する。これらの教育は採用時だけでなく、全研究員を対象に年1回の繰り返し教育を行うこととする。

5.2 当該作業の火災防止対策

2 章の発火・延焼原因調査、4 章の背後要因分析（原因①～④）及び 5.1 項の対策（リスク評価プロセスの改善、延焼リスクの安全対策の改善）を踏まえ、当該作業を改めて実施する場合の対策を検討した。

5.2.1 リスク評価と検証計画

作業開始前に作業手順書を作成する。反応性が高いアルカリ金属である Na と Cs を取り扱うことから、本作業をリスク高 1 と判定し、安全に作業するための検証計画を担当が策定する。検証計画に対する社内有識者のレビューを受け、安全対策の妥当性を確認した上で、レビュー結果を反映した作業手順書を作業計画書に添付し、上長審査を受けて発行する。作業計画書に沿って以下の検証試験を実施する。

5.2.2 Na +Cs 反応性を確認するための検証試験の実施

固化時の冷却速度が緩やかであると高濃度の Cs が偏在し、エタノールと激しく反応することを発火の推定原因としたが、実験で偏在を直接確認することは、試料が大気中で発火する恐れがあるため困難である。このため、実績のある少量の試料を用いるなど以下の安全対策を行い、エタノールとの反応性を検証することによって、当該作業の安全な条件(Cs の量など)を確認する。

- (1) Na+Cs の固化冷却を急速に行う。このために試料の量に応じた冷却シンク（金属板等）を用意して、冷却を行う。
- (2) 冷却のばらつきによる不確実性まで考慮して、少量の試料から徐々に量を増やした反応性を確認し、目標量の反応性を最終的に確認する。
- (3) 当該作業の溶解処理における目標量の反応を可能な限り低減するため、溶解する試料の量を前回の 20g から 1 g へと変更するよう見直す。前回は成分分析と処分を兼ねて溶解したが、成分分析のみであれば、1g を分取して溶解すれば十分であった。なお、他の残量処分は専門の処分業者に委託する。
- (4) 少量の具体的な検証量については、反応が穏やかであった 1 g 試料よりもさらに少量の 0.5 g の試料から始め、溶解に要する時間及びエタノール温度上昇を計測し、試料の反応性を確認する。
- (5) 同一量で複数回の試験を繰り返す。反応性を確認した上で、激しい反応の兆候が見られない場合は、安全と判断し試料の量を増加させ、目標量（1g）の試料の反応性を評価する。

- (6) 試料が 0.5～1 g であっても、量的な反応性が未知である不確実性まで考慮し、完全に発火リスクをなくすため、以下の試験環境を整備し対策を行った上で反応性を確認する。
- ・すべての試験は空気を遮断した環境下で行う。具体的には、グローブボックス（内張り金属製）または金属製の容器などの中で不活性ガス雰囲気下の試験を行い、空気侵入がないことを常時モニターする。
 - ・反応熱を除去するための溶解処理装置の冷却に水を使用しない。
- (7) 発火したとしても、金属製のグローブボックス内で燃焼をとどめることができる構造とする。配慮事項として、グローブは難燃性につき燃焼するが、発火時にグローブごと金属蓋で隔離する。
- (8) 延焼防止対策として、装置周辺には、不要な可燃物・危険物を持ち込まないことを徹底する。

5.2.3 本試験の実施

上記の検証試験の結果を踏まえ、目標量の反応が安全と確認された後、検証試験と同様の安全対策を行った上で本試験を実施する。

尚、本試験は、2025 年度以降になるため、それまでに具体的要領を作成した上で実施する。

6. 水平展開調査

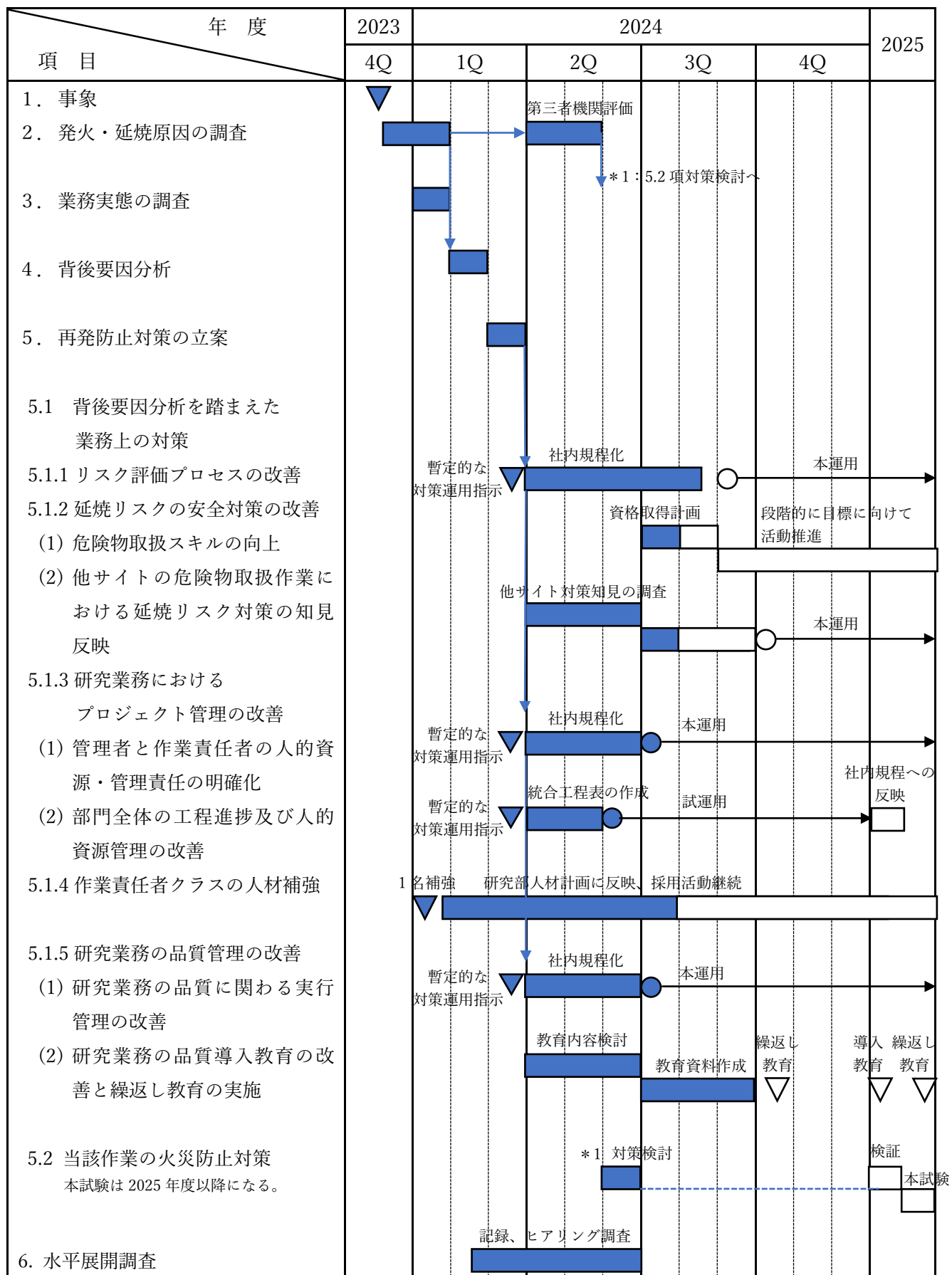
6.1 同類のアルカリ金属の使用に関する調査

発火原因となった Cs 金属及び Na 金属等のアルカリ金属が、他の研究作業において使用され、発火リスクがないか調査を行った。当該年度（2023 年度）の他の全ての研究業務（56 件）について、試験要領書の内容を確認し、物質の洗い出しと反応性を評価した。その結果、同様な物質の取扱いがないことを確認し、他の研究業務では発火リスクはないと判断した。

6.2 研究業務における品質ルールの遵守状況調査

3 章の業務実態の調査において、当該試験業務で社内ルールに定めた品質管理の工程を省略するという問題を把握したことから、他の研究業務において同様なことがないか水平展開調査を行った。当該年度（2023 年度）の他の全ての研究業務（56 件）について、管理者と作業責任者に対し、試験実施要領書、作業計画書の作成状況について、ヒアリングによる実態調査を実施した。その結果、今回の研究業務以外は、社内の品質ルートを省略することなく実施されていることを確認した。

7. 全体活動工程



以上