

動燃アスファルト固化処理施設における火災爆発事故

【1997年3月11日、茨城県東海村】

板垣晴彦（独立行政法人産業安全研究所）

小林光夫（東京大学大学院 新領域創成科学研究科）

田村昌三（東京大学大学院 新領域創成科学研究科）

1997年3月11日10時06分頃、核燃料サイクル開発機構（旧動燃）東海再処理施設のアスファルト固化処理施設において、再処理施設から発生する比較的放射能レベルが低い放射性廃棄物の処理溶液をアスファルトとともにエクストルーダ（押出機）内で脱水、混合し、ドラム缶に充てん中、火災が発生した。水噴霧により火災は消火されたが、約10時間後の20時04分頃、充填したドラム缶を消火後そのまま保存してあったエクストルーダ室で爆発火災が発生した。消火後の冷却が不十分であったことが原因と考えられる。爆発により、建物や装置が被害を受けた他、放射性物質の漏洩があった。しかし、幸いにも公衆の放射線被曝の最大値も、作業員の被曝の最大値も法令に定める年間の線量当量を大きく下回り実害はなかった。

発災時の運転は通常の運転ではなく、アスファルト固化体の容量を減らす（減容率の向上を行う）ための技術開発を目的とした運転であった。

なお、再処理とは原子力発電所の使用済み核燃料を処理して、燃料ウランとプルトニウムを得る工程をいう。

1. 事象

アスファルト固化処理施設は、再処理施設から発生する放射性廃棄物のうち比較的放射能レベルの低い放射性廃液をアスファルトと混合し、固化処理を行う施設である。

アスファルト固化処理施設の中心部のエクストルーダ室およびドラム缶充填室の平面図を火災状況図として図1に、工程概略図を図2に示す。

同施設では、種々の放射性廃棄物を受入れるが、事故発生時の運転に使用された受入廃液は、廃棄物処理場からの蒸発後の（低放射性）濃縮廃液と廃溶媒処理技術開発施設からのリン酸廃液の2種である。このうち濃縮廃液が事故発生時の運転の当初から廃液受入貯槽に貯蔵されており、運転の途中でリン酸廃液を廃液受入貯槽に少量受入れている。

廃液受入貯槽に受入れた廃液は反応槽に移送され、水素イオン濃度の調整ならびにセシウム、ストロンチウムおよびヨウ素の不溶化処理が行われる。処理された廃液は、供給槽を経由してエクストルーダへ供給される。エクストルーダ内においては、脱水およびアスファルトとの混合の二つの処理を経る。エクストルーダの概要を図3に示す。

エクストルーダでは原料アスファルトと廃液が供給され、スクリーシャフトの回転に

より下流方向へ押し出されと同時にせん断応力により昇温され、廃液中の水分を蒸発させる。エクストルーダ上部に凝縮器が設置され、発生した水蒸気を凝縮除去させる。エクストルーダ後段では、廃液中の硝酸塩等とアスファルトの混合が行われ、最下段の排

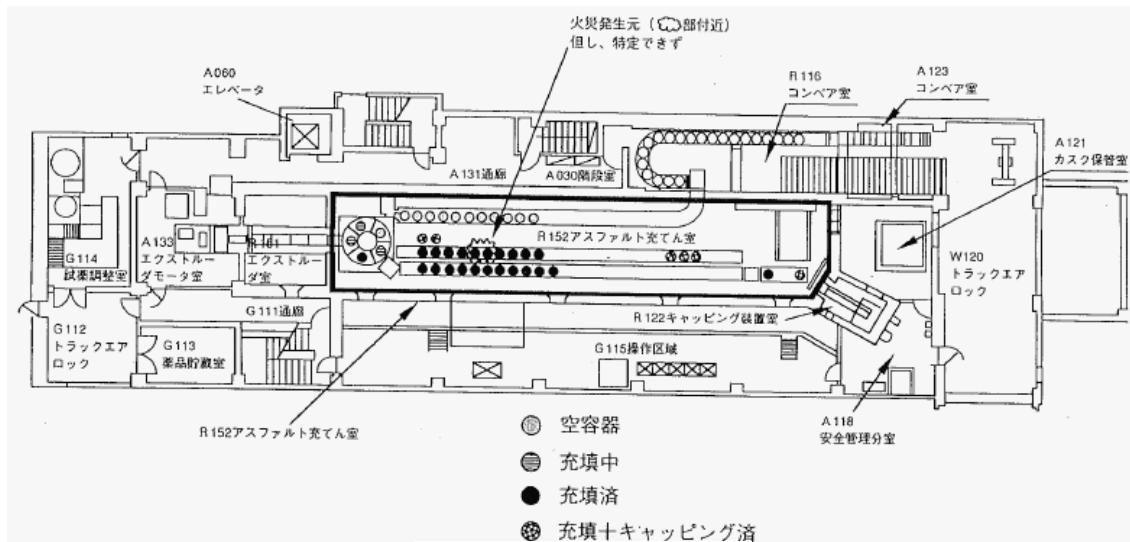


図1 火災発生状況図

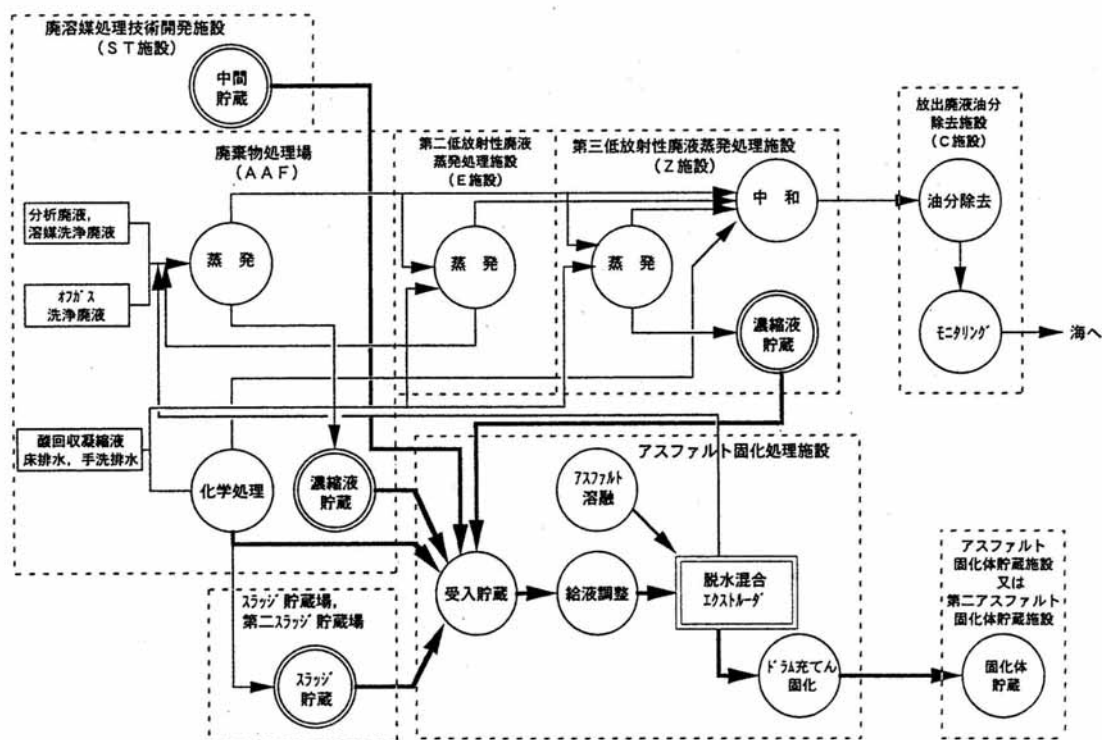


図2 アスファルト固化処理施設の工程概要図

出管から、アスファルト・硝酸亜硝酸塩混合物は、溶融状態で排出され、ターンテーブル上のドラム缶に充填される。充填されたドラム缶は、充填室において自然冷却の後、キャッピングされ、アスファルト固化体貯蔵施設の貯蔵セル内に貯蔵される。

図

3

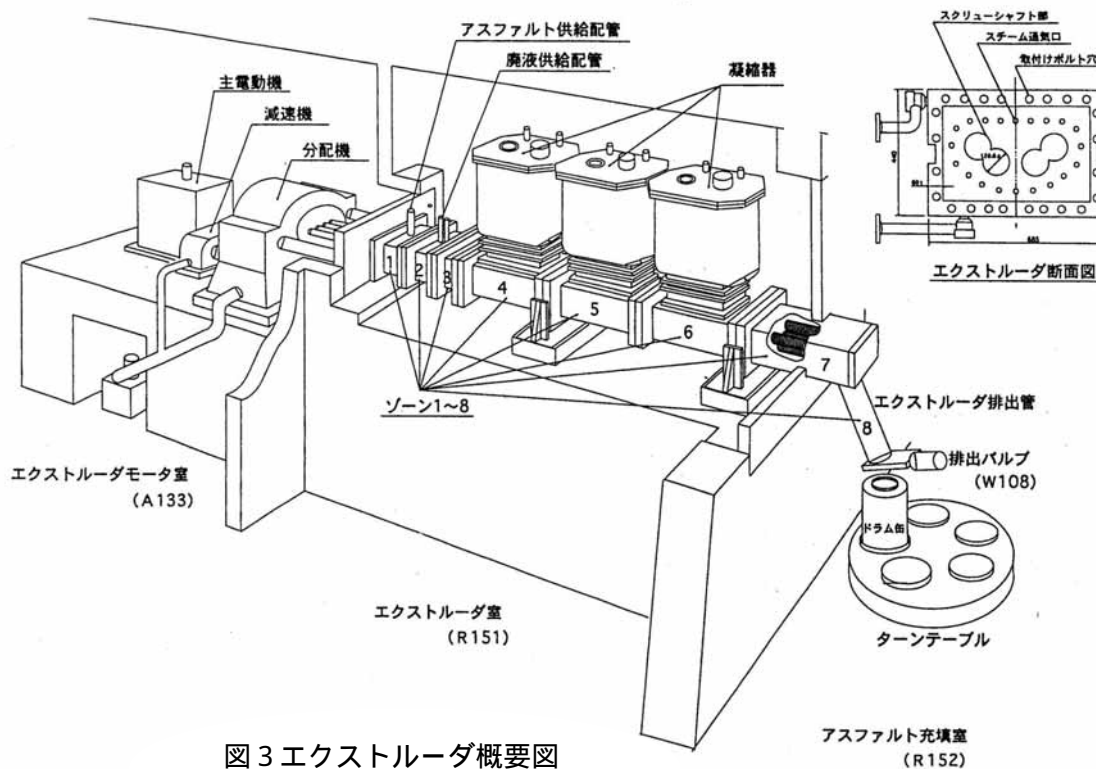


図3 エクストルーダ概要図

2月7日から4月25日までの予定で、いくつかのテストランが計画された。発災した3月11日はエクストルーダでの水の蒸発比率を増加させて、同一の廃液供給量に対して生成するアスファルト固化体の量を減らす（減容率の向上）テストが行われていた。方法としてはエクストルーダへの廃液供給量を減らすことで行われた。

テストは廃液供給量を 200l/Hr から 180l/Hr に、次いで、160l/Hr に低下し、それに比例して原料アスファルトの供給速度も低下して行われた。廃液供給量を 160l/Hr に低下させたのはリン酸廃液を含む低放射濃縮廃液では初めてであった。

テストラン中の3月11日10時06分頃、アスファルト固化処理施設において火災が発生した。アスファルト固化体充填室で固化体を充填されたドラム缶の1本から2m程度の火柱が上がり、その直後に、周辺の複数のドラム缶から火柱が上がったとされている。現場の下請け作業員は、同日10時12分頃に動燃職員から水噴霧による消火の指示を受けて、約1分間程度水噴霧を行った後、同日10時13分頃に消火したため水噴霧を停止した。

この火災により、アスファルト固化体に閉じこめられていた放射性物質が当該建家および隣接する建家内に拡散し、警報の発令、放射線レベルの上昇等が確認された。この時点においては、建家周辺の環境モニタリングの結果に通常と異なる変動は見られなかった。

火災の発生後、同施設の換気系は、不具合を生じ、同施設の換気は不可能になった。

火災の発生から約 10 時間が経過した同日 20 時 04 分頃、同施設において爆発が起こった。この爆発により、建家の窓等の開口部から環境中に放射性物質が放出された。

作業員の放射線被曝を避けるため、同施設からの待避の指示は、火災発生から約 30 分後に出され、現場の作業員全員が待避した。作業員の被曝の確認は、火災および爆発発生時に当該建家およびその近傍にいた作業員 129 名を対象に行われた。そのうち 37 名の体内から微量の¹³⁴Csおよび¹³⁷Csが検出されたが、国の基準を上回ることにはなかった。

また、放射能汚染区域への立入制限を行うため、建家内の立入規制区域および立入制限区域が設定され、建家外ではアスファルト固化処理施設周辺が一時管理区域に指定された。

2 . 経過

(主な事象が起こった時間は既に記したが、改めた主要な事象の経過を記した。)

6 日にエクストルーダへの廃液供給量を 160l/Hr に落とした。

11 日 10 時 6 分頃に、作業員が充填室での発光を見たため、覗き窓から内部を確認したところ、充填済ドラム缶 1 本から火柱が上がり、数 10 秒後に全ドラム缶が燃えだしたことを確認した。10 時 10 分に自動火災報知器が吹鳴した。

10 時 12 分頃に作業員が水噴霧による消火を開始した。10 時 13 分頃に作業員が覗き窓から内部を見たところ、火が見えなかったので水噴霧を終了した。

10 時 13 分頃から複数のダストモニターが吹鳴した。さらに 10 時 23 分頃、出口ダンパが閉止したままのため、排風機の運転ができなくなり、停止した。

20 時 4 分頃、爆発が発生した。

3 . 原因

火災に至る主要因は、エクストルーダへの廃液性状の差及び廃液とアスファルト原料の供給速度を低下させたために、結果的に出口におけるアスファルト・硝酸塩 / 亜硝酸塩との混合物温度が上昇し、自然空冷の期間にドラム缶内で遅い発熱反応の進展、蓄熱を経て、硝酸塩 / 亜硝酸塩とアスファルトとの発熱反応が活発に進行する熱暴走反応を引き起こした。発熱反応と蓄熱は、初期にはドラム缶中心部で局所的に進み、温度上昇と熱分解生成物を発生させたが、ついには空気とアスファルト分解生成物との燃焼反応を起こすに至り火災を発生させた。

アスファルト固化処理は、硝酸塩 / 亜硝酸塩等の酸化性物質を含有する放射性廃棄物の処理廃液と種々の炭化水素等の可燃性有機物質であるアスファルトとをエクストルーダにおいて高温で脱水、混合し、さらにドラム缶に充てんし、そのまま放冷してアスファルト

固化体とする方法であり、酸化性物質と可燃性物質とが高温下で放置されるが故に、発熱化学反応を起こす可能性は十分に考えられる。また、放射性廃棄物の処理廃液およびアスファルトは種々の成分の混合物という点においても熱化学反応の制御が極めて困難な系といえる。

したがって、アスファルト固化処理システムは放射能の漏洩防止という観点からは適切な方法といえるが、化学安全という視点からは潜在危険が大きく、安全確保のためには、潜在危険に関する十分な知識が必要とされる。事故発生の基本要因として、化学安全への配慮が足りなかった可能性がある。

爆発の発生原因は、火災時の消火が不十分であったことによると思われる。本来水噴霧時間8分以上と規定されているにも拘わらず、火が見えなくなったとして1分で水噴霧を停止した。そのため、ドラム内部の冷却が不十分で終わり、アスファルト固化体から可燃性物質が発生し、火災によるセル換気系の機能停止により、アスファルト固化体充填室内に可燃性物質が蓄積するとともに、隣接する部屋にも漏洩し、それが槽類換気系からの空気との混合等により可燃性混合気を形成した。ターンテーブル上のドラム缶内のアスファルト固化体の発熱による発火により発生した火炎がダクトを介してエクストルーダ室に到達し、そこで爆発が起こった可能性が高い。

4．原因解明のプロセス

火災で最初に発熱による発火を起こしたドラムは、燃焼の状態や推定される燃焼開始時期から、当該の運転期間中の特定バッチの固化体を充填したものである可能性が非常に高いことが推定された。さらに、その特定バッチの廃液またはその処理に関わる運転条件が関与していると推定された。廃液性状では、従来の廃液に比べてアスファルトの反応性が高いことが原因の一つと推定されたが、確認実験の結果、性状の影響は否定された。もう一つの原因はエクストルーダ出口温度が高いことが有力視された。作業員の観察結果、温度計の指示などから温度上昇が確度高く推定された。また、処理量の変更と性状の差からより大きな発熱が予想され、確認実験で温度が上がることが確認された。

5．対処

火災発生時の水噴霧が火災と爆発に対して取られた唯一の対処であろう。原子力関係の事故であるので、作業員の当該建物からの避難、被曝の検診等が行われた。

6．対策

- 1) 動燃の管理体制の変革：アスファルト固化体に関する技術的問題の指摘以上に、動燃の管理体制に問題がある。茨城県の調査報告書「安全管理体制の課題と改善の方向について」では事故の未然防止、拡大防止、事故発生時の情報伝達の各観点から動燃の体質そのものに多くの指摘がなされている。ここで、事故の未然防止に係わる課題から以

下にいくつか引用する。

- a. 技術情報の共有化が動燃の硬直した組織のため、不十分である。
 - b. 運転管理面では担当部署の環境施設部が現場から遊離し、問題意識が希薄化している。固化処理施設の運転管理は上記したように下請け業者任せになっており、運転状態の把握がなされていない。
 - c. 保安管理体制では協会社社員の教育・訓練に対しての関与の不足、従来と異なる運転計画を立てた場合の承認方法、運転計画の変更に対しての安全性の評価と承認などが不十分である。
- 2) 化学安全に関する理解：原因欄で記したように、アスファルト固化法は化学安全的に十分な設備とは言い難い。化学安全に関する知識を身につけて、十分な設備、運転に対する対応が必要である。

7. 教訓（知識化）

- 1) 原子力安全の確保のためには、主たる要素技術である放射能の漏洩の視点のみならず化学安全を含めた全要素技術に関する安全の配慮が必要である。
ひとたび化学物質に起因する爆発火災等が発生すれば、爆発火災等による被害のみならず、放射能漏洩による被害も発生し、大事故になる危険もある。
- 2) 原子力施設においては種々の化学物質を用いており、化学安全の基本である化学物質の潜在危険性を理解し、適切な取扱いをしなければならない。
- 3) ドラム缶程度の大きさでも表面を1分ほど冷却した程度では、内部の冷却は不可能である。中まで冷却するには時間が必要である。また、ある程度以上の大きさがあれば、内部で発熱があれば蓄熱は避けられない。発熱が体積全体で“長さの3乗”に比例し、冷却は表面支配で“長さの2乗”に比例することを考えれば理解できる。三重県の生ゴミを固形燃料として発電を行っていた RDF 燃料の大型タンクが発災したのも同じ理由による。

8. 失敗の影響

- 1) 設備の被害はアスファルト固化処理施設建物が大きくダメージを受けた。
- 2) 放射性物質の内部被曝は37名だったが、全て微量で実害はなかった。
- 3) 最も大きいのは、原子力の安全に関する社会的信用の失墜であろう。
- 4) アスファルト固化施設は中止された。

9. よもやま話

エクストルーダはポリオレフィンなど合成樹脂の造粒工程では一般的に使用されている回転機器ではあるが、かなり特殊な回転機器であり、その機械の特性から供給速度の変更は行わず、運転時間を変えることにより生産量を変えるのが一般的な手法である。供給速度を低下させるには、スクリーンの回転数を落とすのが一般的な手法であるが、エクスト

ルーダ内の流動状態が変化するのでテストを繰り返した後に運転条件を決めるのが一般的である。

もう一步踏み込むと、アスファルトと硝酸塩・硝酸塩の混合にエクストルーダを使うことは化学安全の視点から制御困難な選択だった可能性がある。

21世紀になって大きな事故が多発しているように思える。対策1)に示したようなことが動燃だけでなく、我が国の産業界一般に当てはまるのではないだろうか。

参考文献

- ・茨城県生活環境部原子力安全対策課 アスファルト固化体処理施設火災爆発事故に係わる調査結果について - 安全管理体制等の課題と改善の方向について - (1998)
- ・動力炉・核燃料開発事業団 「火災爆発の原因の検討について」(1997)
- ・東海再処理施設アスファルト固化体処理施設における火災爆発事故調査委員会 動力炉・核燃料開発事業団東海再処理施設アスファルト固化処理施設における火災爆発事故について(1997)
- ・動力炉・核燃料開発事業団 「アスファルト固化処理施設火災・爆発事故」の概要 (1997)
- ・近代消防 動燃事業団・東海再処理施設アスファルト固化処理施設火災爆発事故 2000年7月臨時増刊号 Page129-133 (2000)