

災害調査報告書

産業廃棄物工場で発生した爆発災害

(要約版)

労働安全衛生総合研究所

2. 2 焼却炉

焼却炉の寸法と仕様については省略。

(1) 制御について

制御のため、必ず1名は制御室に控えている。制御室では温度表示、モニター画面、異常を知らせるアラームを監視している。燃焼温度はダイオキシンの発生抑制と炉の損傷を抑える観点から、900℃程度にしている。医療系廃棄物は熱量が大きいプラスチック類を多く含むため、木くずや紙くずといった一般廃棄物も混ぜて燃やすことで温度の上昇を防いでいる。燃焼温度が高くなったときは廃棄物の投入を中止する。しかし、投入を停止しても炉内の温度はすぐには低下しない。時間をかけながらゆっくり低下していくが、下がり始めるまでの時間は長いときで30分程度かかる。燃焼用空気の吹き込みについて、空気の吹き込みは3箇所（投入側、排出側、二次燃焼室入口付近）ある。通常動いているのは投入側の1箇所のみで、災害発生時も排出側と二次燃焼室付近の2箇所は停止していた。

助燃バーナーは3箇所（投入側、排出側、二次燃焼室付近）に設置され、燃料は都市ガス100%である。バーナーそれぞれの付近の温度センサーの温度が設定温度以下になると自動で点火し、設定温度になると自動で消えるようになっている。

炉内の圧力について、二次燃焼室への燃焼ガスが流れるため、炉内は負圧となっていて空気の吸い込み（吹きこみ）がある。

(2) 炉内の温度分布と形成される炎

推定する温度分布によると、焼却炉の入口で300℃、投入側から8分目付近で1,000℃、排出口で800℃以上と思われる。クリンカー*)は物質が熔融しやすい1,000℃以上で生成しやすくなるといわれており、メンテナンスの際、クリンカーの塊が付着しているのは焼却炉内の8分目から排出側に集中している。焼却炉が排出側に向かい傾斜がつけられていることにより、クリンカーは排出側に流れるためと推測される。

*)クリンカーとは、ごみや汚泥焼却時に灰や不燃物が高温で熔融し、炉壁などに付着して固まった塊で、燃焼効率を低下させるので定期的な除去が必要である(4.2(2))。

炎の形成状況は焼却炉出口側の監視カメラで観察できる。焼却炉が回転しているため、炉の側面から中心に吹いている炎が回転しているように見える。炎の色は、燃焼状態の良い場合はほぼ透明で、投入口まで見渡すことができる。逆に燃焼状態が悪い場合は、すすが出ているようで黒くなり、投入口まで見渡すことができなくなる。

2. 3 作業体制、点検等

運転は24時間連続で、2週間ごとに停止し、熱交換器内の掃除を行う。その際、炉内に入って点検、炉壁に付着したクリンカーの撤去を行う。1か月ごとの停止では、フルメンテナンスの実施。クリンカーの撤去、清掃、全体保守点検を行う。炉壁は耐火材（キャスト）とクリンカーから成るが、クリンカーの撤去にははつり作業を行う。

クリンカーを完全に撤去すると、耐火材もはがしてしまうため、ほどほどに（状況を見て）作業を行う。

3. 被害状況と爆発前後の様子

3. 1 被害状況

建物には被害がなかった。焼却炉本体，扉，ほか焼却設備にも損傷はなかった。破砕物用投入スクリーコンベヤの羽根（刃）に修理した溶接跡が見られた。

3. 2 爆発前の作業

爆発発生当時は破砕物用投入スクリーコンベヤの修理を行っていた。

(1) 修理作業の経過

【発災2日前】

破砕物投入用のスクリーコンベヤの刃が摩耗したため，その修理作業のため，現場事業場と修理業者が作業の打ち合わせを実施。

【発災前日】

8 時頃：スクリー部の刃のかさ上げ作業を開始した。作業場所が狭いため，作業員 A（以後 A とする）の 1 名だけが点検口から中に入り，作業員 B（以後 B とする）は必要な工具，資材の受け渡しを担当した。

11 時頃：かさ上げ作業が終了した。その後，スクリーコンベヤを稼働させてみたが，不具合が解消されず，翌日あらためて作業を行うことにした。

【発災日】

3 時間前：B が自社の加工場へ行き，かさ上げ用の鋼板を切り出し，修理現場へ向かう。

2 時間半前：作業再開，昨日と同じ。焼却炉は運転中であり，破砕廃棄物用のコンベヤは停止していたが，医療系廃棄物のコンベヤは稼働していた。刃を少しずつ回して作業を行っていた。

爆発発生時：B によると，「ヴォーヴォー」と音がしたのと共に，黒い粉に近い煙が点検口から勢いよく噴き出し，同時に A が「熱い」という声が聞こえたことから，A を引き出した。このときに高温の熱風を浴びた A が全身を，B が顔面及び両手に火傷を負った。

注）当時はアーク溶接ではなく，（アセチレン）ガス溶接を行っていた。

(2) 監視カメラの記録

現場には 4 台の監視カメラが設置してあった。

(3) 温度記録

監視カメラの爆発が発生した表示時刻（計時記録）と温度記録紙上での温度上昇の開始時刻がほぼ一致していることが確認できた。

図 3-1 に爆発前後の温度記録を示す．記録紙上の基準時間（便宜的なもの） t について，0.5 h 以降が修理作業中であった．排出側温度について， $t=1$ h までは温度の変動（830～920 °C）見られ，以降の時間では上昇し印字が振り切れ，爆発発生まで温度が高い状態にあった．投入側温度は $t=2$ h では 253 °C であったが，爆発発生以降は温度が上昇し，最高で 328 °C に達している．

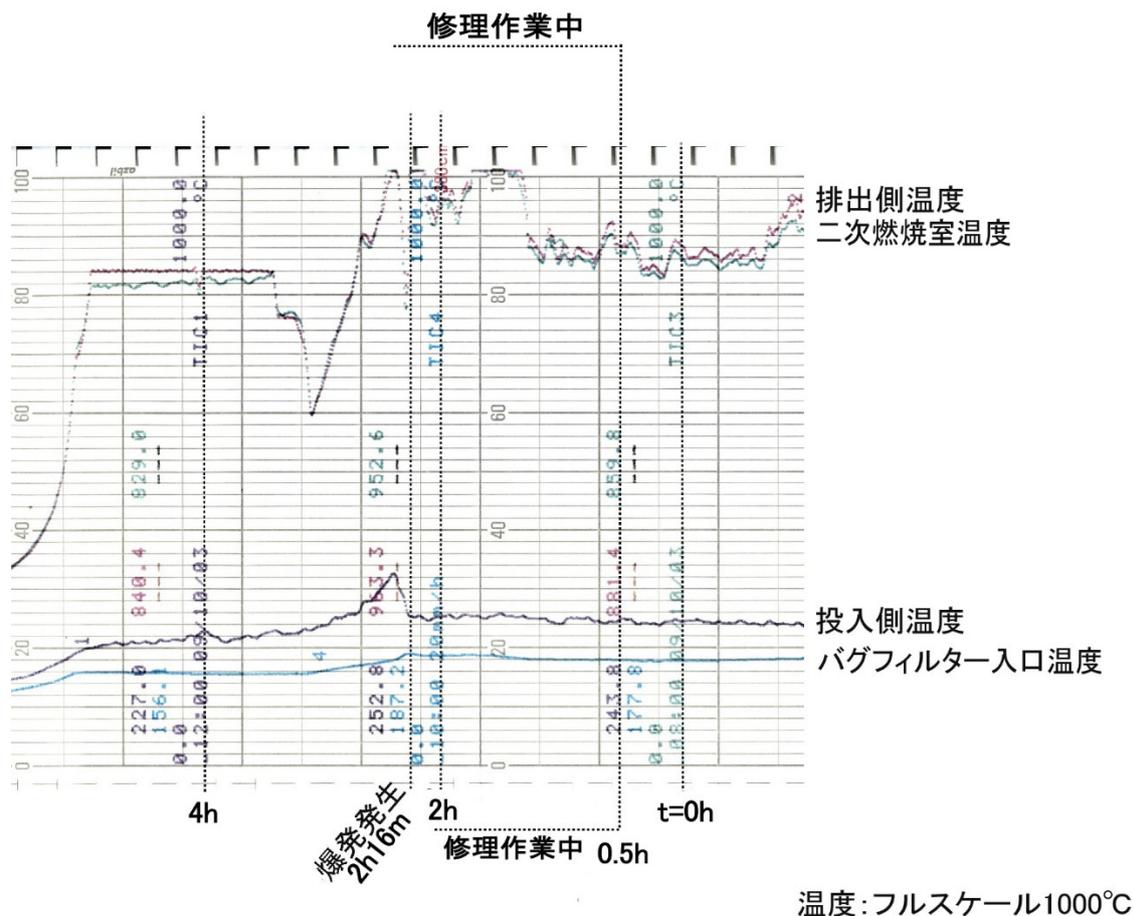


図 3-1 爆発前後の温度記録
（ペンレコーダーの紙による記録で時間経過は画面右から左）

3. 3 焼却施設の運転記録

発災 1 ヶ月前から発災後の「焼却施設運転チェックリスト」(昼勤・夜勤)を調べた。温度変化，CO 濃度，助燃ガスバーナーの燃料量，ダンパー開度（空気取り入れ），医療系廃棄物と破砕廃棄物の投入時間，停止時刻などを調べ，修理作業による影響など焼却施設での炉の運転の特徴を明らかにした。

3. 4 破棄物の搬入記録

災害発生までの15日間に搬入された「産業廃棄物管理票(マニフェスト)」を調べ、事業者、荷姿、数量など詳細な情報を調べた。

4. 関連情報

4.1 爆発の種類

爆発の種類には、ガス爆発、粉じん爆発、凝縮相の爆発、分解爆発、蒸気爆発、BLEVE (Boiled Liquid Expanding Vapor Explosions: ブレビー)、蒸気雲爆発などがある。

蒸気爆発は燃焼によらず、物理的な状態変化による爆発である。いくつかの種類があり、水蒸気爆発¹⁾がよく知られている(表4-1)¹⁾。

表4-1 蒸気爆発現象の分類と発生環境¹⁾

現象の分類と呼称	発生環境の分類	関連分野																				
蒸気爆発 (通常の意味での蒸気爆発: 熱移動形蒸気爆発)	<table border="0"> <tr> <td><高温液></td> <td><低温液></td> </tr> <tr> <td>鉄鋼, 銅</td> <td>水</td> </tr> <tr> <td>アルミニウム</td> <td>水</td> </tr> <tr> <td>スメルト</td> <td>水</td> </tr> <tr> <td>水, 海水</td> <td>LNG</td> </tr> <tr> <td>水, 油</td> <td>冷媒</td> </tr> <tr> <td>アルミニウム</td> <td>水</td> </tr> <tr> <td>溶融燃料</td> <td>水</td> </tr> <tr> <td>溶融燃料</td> <td>ナトリウム</td> </tr> <tr> <td>高温マグマ</td> <td>地下水, 湖水, 海水</td> </tr> </table>	<高温液>	<低温液>	鉄鋼, 銅	水	アルミニウム	水	スメルト	水	水, 海水	LNG	水, 油	冷媒	アルミニウム	水	溶融燃料	水	溶融燃料	ナトリウム	高温マグマ	地下水, 湖水, 海水	鉄鋼金属業 アルミ工業 製紙工業 LNG工業 原子力工業 原子力工業 原子力工業 自然界
	<高温液>	<低温液>																				
	鉄鋼, 銅	水																				
	アルミニウム	水																				
	スメルト	水																				
	水, 海水	LNG																				
	水, 油	冷媒																				
	アルミニウム	水																				
	溶融燃料	水																				
	溶融燃料	ナトリウム																				
高温マグマ	地下水, 湖水, 海水																					
平衡破綻形蒸気爆発	高压容器の破壊に起因する爆発, 火山の水蒸気爆発	化学工業, 他自然界																				

このほかの爆発には、液タンクで生じる平衡破綻型の蒸気爆発がある。

4. 2 焼却設備

(1) ロータリーキルン

ロータリーキルンには大きく分けて焼却を行うもの（炉）と乾燥を行うもの（熱風による乾燥設備）がある。廃棄物焼却炉には、ストーカ、ロータリーキルン、流動床などがあり、ストーカは都市ごみや繊維系廃棄物、ロータリーキルンはプラスチック系ごみや汚泥ほかの廃棄物、流動床は、汚泥などの高含水廃棄物の焼却に使用されている²⁾。ロータリーキルンは廃棄物の性状によって二つの燃焼方式がある。図4-1に一例として積極燃焼方式とガス化燃焼方式を示す。積極燃焼方式は水を含み乾燥を必要とする燃焼速度の小さい廃棄物に向き、ガス化燃焼方式はプラスチックなど気化しやすく燃焼速度が大きい廃棄物に向く。ガス化燃焼方式では、主燃焼領域は炉の後半であり、前半で気化する。当該事業場の方式はガス化燃焼方式であり、投入側に空気を供給していた。ただし、図4-2に示す後燃焼ストーカは設置されておらず、二次燃焼室に送られるようになっていた。

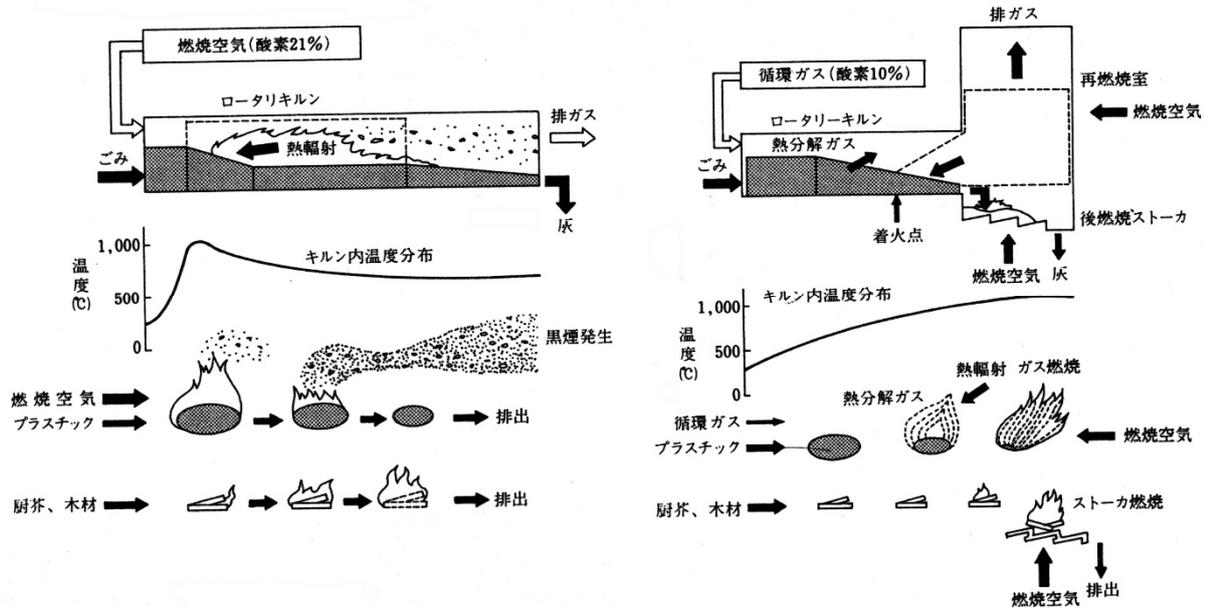


図 4-1 積極燃焼方式（左）とガス化燃焼方式（右）の一例²⁾

(2) クリンカーと溶融スラグ

炉におけるクリンカーとは焼却灰が壁面に付着したもので、金属、ケイ素、カルシウムなどの酸化物である。燃焼ガスとともに流動する粒子状の焼却灰を飛灰ともいう。溶融スラグとは、クリンカーをより高温で溶融し、固化したもので黒色を程している。近年、溶融スラグはリサイクル建築資材などに使われている。高温溶融炉とは、燃焼温度が 1600℃程度でクリンカーなどの焼却灰を溶融スラグ化できるものである。

4. 3 爆発に関与したと考えられるものと事象の抽出

被害状況と爆発事例から類推し、仮説を立てるために考えられる事柄、着火源と爆発に関与したものを次に列挙する。

①爆発の種類

- ・ガス爆発

可燃性の熱分解ガス（医療系廃棄物に含む消毒液，気化しやすいプラスチック等），助燃ガス（都市ガス），アセチレン

- ・水蒸気爆発

熔融したクリンカー

- ・粉じん爆発

可燃性の破砕粉じん（医療系廃棄物に含む粉末，破砕廃棄物の粉じん）

②ガス爆発あるいは粉じん爆発の着火源として考えられるもの

- ・裸火

炉の燃焼炎，ガス溶断の炎

- ・高温，摩擦熱

炉のふく射

③爆発に関与したと考えられる事柄

- ・機械，炉を止めずに作業を実施したこと。

- ・投入された廃棄物の性状がいつもと異なる可能性があったこと。

- ・助燃バーナー，空気吹き込み，廃棄物投入量などの焼却装置の制御がいつもと異なる可能性があったこと（いつもと炉内の環境，状態が異なる可能性があったこと）。

- ・修理後，処理量を増やしたこと。

5. 実験

5. 1 現場からの試料（クリンカー）の採取

現地調査において焼却炉内からクリンカーを採取した。写真 5-1 と 5-2 にその様子を示す。

5. 2 クリンカー加熱時の変化

焼却炉内の温度でのクリンカーの変化を調べるため，本実験では写真 5-3 に示す電気炉を用い，クリンカーが加熱した際の色の変化，熔融の有無を調べた。さらに，試料小片を熔融した状態で水を入れたビーカーに投入し，どのような変化が生じるのか観察した。使用した電気炉は出し入れがしやすい管状電気炉（炉内寸法：直径 30 mm×長さ 300 mm）で，温度設定範囲 100～1,200℃，常用最高温度は 1,200℃である。

・実験1 (写真 5-4~5-7)



写真 5-1 クリンカー



写真 5-2 5-1 の背面



写真 5-3 管状電気炉

電気炉を段階的に昇温させ、試料の熔融の有無を調べる。電気炉の設定温度に対して炉内壁の温度が必ずしも一致しないため、炉内の壁面付近、燃焼ポート（試料皿）付近に熱電対を設置し、その周囲の雰囲気温度を代表温度とした。

①回目 クリンカーを砕き、黄土色のところの試料量 0.53 g を使用。設定温度に達してから燃焼ポートを取り出してみる。

980℃：試料は少し赤熱する。熔融なし。

1,105℃：試料は少し赤熱する。熔融なし。

1,180℃：試料は黒く光沢になる。熔融し、燃焼ポートに付着する。黒い光沢のあるのはスラグである。

②回目 クリンカーを砕き、黄土色のところの試料量 0.48 g を使用。

1,000℃：試料は少し赤熱する。熔融なし。

1,050℃：試料は少し赤熱する。熔融なし。

1,100℃：試料は少し赤熱する。試料をスプーンで接触させてみると粘りがみられる。融けてはいない。

1,150℃：試料は黒く光沢になる。熔融し、燃焼ポートに付着する。



写真 5-4 試料を燃焼ボートに載せた状況

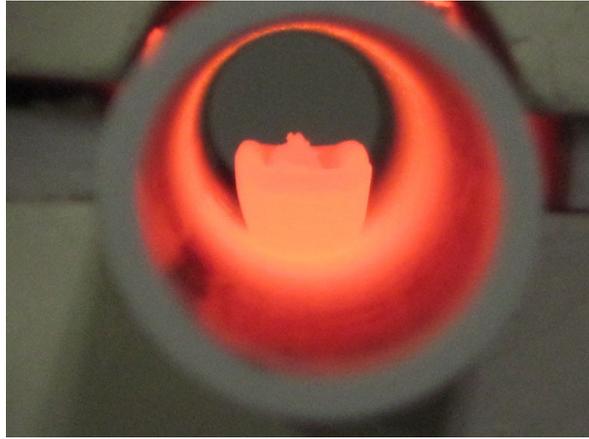


写真 5-5 管状炉内を外から見たところ

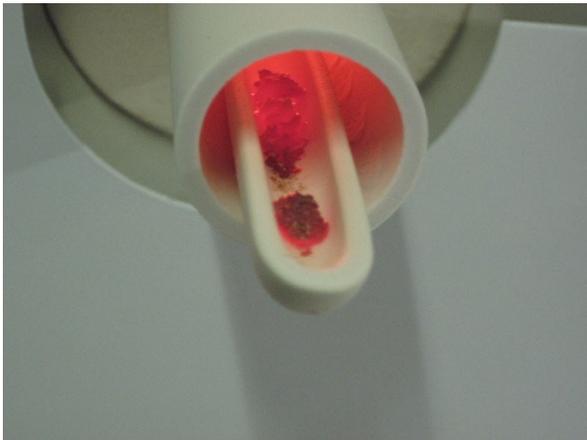


写真 5-6 赤熱した様子

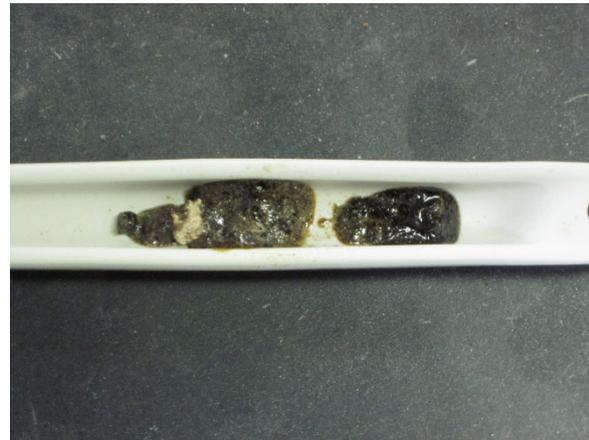


写真 5-7 熔融スラグ化した様子

③回目 クリンカーを砕き、灰色のところの試料量 0.45 g を使用。

1,100℃：試料は少し赤熱する。試料をスプーンで擦ってみると粘りが感じられた。しかし、熔融していない。

1,172℃：試料は熔融し、光沢のある黒色になる。赤熱していない。

以上より、クリンカーは 1,150℃程度で熔融し、黒い光沢のあるスラグになることがわかった。本実験で電気炉内の温度が 840～900℃でもクリンカーが赤熱することから、被災現場の監視カメラのモニター映像で見られた赤熱したオレンジ色のものは熔融していないが赤熱しているクリンカーであることがわかる。

・実験 2

水蒸気爆発の可能性について 炉内温度 1,189℃で熔融させ、水を張ったビーカーに落下させてみた。

実験の結果、燃焼ボートから落下中に試料が冷却するためか、水蒸気爆発のような現象は生じなかった。水中に入ると”ズー”というこもった音がした。水蒸気爆発は金属などが高温で熔融状態にある状況で、水が接触することで生じる¹⁾。

本実験の結果、クリンカーが 1,150℃以上であれば、熔融状態にあるが、黒く光沢のあるスラグ状態に変化する。クリンカーが 1,150℃よりも低い温度であれば、赤熱状態にあ

るが溶融していない。すなわち、被災現場ではクリンカーは溶融していないため、クリンカーによる水蒸気爆発は生じない。

5. 3 アルミニウム片の燃焼性

アルミニウムの融点は 660°C ³⁾であるため、焼却炉内温度が $840\sim 900^{\circ}\text{C}$ 程度にあったとすれば、廃棄物中のアルミニウムは溶融した状態にあったと推測される。アルミニウムが粉じんの場合は、高温雰囲気($600\sim 800^{\circ}\text{C}$:粒子径による)で発火することが知られている⁴⁾。そこで、本実験では電気炉を使い、 $1,200^{\circ}\text{C}$ までに着火するかどうかを調べた。

・燃焼性について

試料：アルミニウム片

①回目 $10\times 10\times 1\text{ mm}$

800°C ：試料は溶融している。

以降、 $1,200^{\circ}\text{C}$ まで昇温させたが、燃焼しない。

②回目 $6\times 3\times 1\text{ mm}$

①回目と同様の結果。

・水蒸気爆発の可能性について

5.2の実験2と同じ実験を試みるが、溶融した試料の粘度が高いため燃焼ボートにはり付き、うまく落下しなかった。

水蒸気爆発の発生を検証するには専用の実験装置が必要である。おそらく炉内温度が 840°C であれば、アルミニウムは溶融した状態にあり、水中に落下すれば、水蒸気爆発の可能性はあると推測される。実験装置の製作にコストがかかるため、本実験ではこれ以上の検証実験は行わなかった。

6. 発生原因の推定

6. 1 爆発形態の検討

①水蒸気爆発の可能性について

次の理由で、本件事故災害は水蒸気爆発ではなかったと考えられる。本実験によると、採取したクリンカーは $1,150^{\circ}\text{C}$ 程度以上にならないと溶融しないため、災害発生直前の測定記録による排出側温度 940°C では溶融せず、それが炉壁からはがれ落ちても水蒸気爆発には至らない。一般に炉壁の温度は気相の温度よりもはるかに低いと推測されるため、当時クリンカーが溶融していたとは考えられない。

廃棄物にアルミニウムを含んでいれば、それは炉内では溶融し、燃えずに液状のまま排出口から排出しコンベヤ水槽に落下する可能性がある。溶融した金属によって水蒸気爆発が生じることは過去の災害事例からも良く知られている。当該事業場の連続運転中には常に起こり得る現象であるが、少量であるために爆発に至る規模にはならなかったと考えられる。

聞き取りによると、爆発音は一回だけとのことである。複数のクリンカーが落下し、その都度水蒸気爆発があったとすれば、複数回爆発があってもおかしくはなかった。

②アセチレンガス溶断の炎がガス爆発の着火源となる可能性について

作業は被災前日も当日も行われていた。作業者の持つ吹管（バーナー炎）が着火源となってスクリーコンベヤ内に残っていた破碎廃棄物に着火し、開いていた点検口からの新鮮な空気によって燃焼が維持していたとすれば、炉内方向に燃え拡がり**）が進む。そして、燃え拡がりの際の火炎あるいは燃焼領域が炉内に達したとき、たまたま医療系廃棄物の気化による爆発範囲の予混合気が形成していれば、それに引火したという爆発過程も考えうる。しかし、この過程は次の理由で否定的である。

ガス溶断のアセチレン-酸素の火炎の平均温度は $2,500\sim 2,700^{\circ}\text{C}$ ⁴⁾といわれ、その熱は有力な火源になり得るもので、熱は鉄鋼製のスクリーを伝導で伝わり、それは予熱の相乗効果を生み、燃え拡がりはかなり速く進行することが予想される。おそらく、残っていた破碎廃棄物は、前日の作業で既に燃え尽きて炭化しており、当日は燃え拡がらなかったものと考えられる。すなわち、アセチレン溶断による炎が着火源となったガス爆発ではなかったと推定される。

**）燃え拡がり速度は、粉じんの大きさ、充てん率、堆積した層の中を進むのか、層の上を進むのか、空気の流入方向等の多くの因子によって異なるが、くすぶって燃え拡がる場合は 1 mm/min 程度である。

③ガス爆発の可能性について

次の理由で、本事故災害では焼却炉内での異常燃焼が生じたと推定される。本件事故災害では炉内での急激な燃焼（異常燃焼）、ガス爆発が生じた。

修理中、点検口を開いていたため、炉内には装置外から新鮮な空気が吸引されていた。また、前日回収された医療系廃棄物の中には消毒液、廃液など引火性液体を含んでいた。

本件災害で鍵になった事象は点検口の開放であると考えられる。炉内には投入側から燃焼用の空気が常に供給されている。ここでは、点検口が開いていたため、新鮮な空気が過剰に吸引されていた。このような過剰な空気が流入した状況で、おそらく、アルコール系の消毒液など気化しやすいものが投入されたことで一気に気化し、可燃範囲（爆発範囲）が広がり、本来は炉の排出側に近いほうに形成されている火炎が急激に大きくなったため、爆発的に燃焼したものと考えられる。

爆発的な燃焼で、急激な燃焼量の増加に伴う体積膨張によって燃焼ガス（煙を含む）が排出側から押し出され、その際の衝撃で壁面のクリンカーや溶融した物が水槽に落下した。炉の投入側では、燃焼ガスに押されてスクリーコンベヤに付着していた炭化物が一緒に噴き出してきた。焼却炉は開口を持ち、完全な密閉構造ではないため、焼却炉本体の破壊は免れた。

④粉じん爆発の可能性について

一般廃棄物は 10 cm 以下に破碎され、これよりもかなり小さい粉が炉内に投入されたとすれば、粉じん爆発が発生する可能性がある。当時、スクリーコンベヤは停止しており、修理の際に刃を少しずつ回すことで、スクリーコンベヤ内に残った破碎物が炉内に押し出される可能性はある。しかし、その粉じんの量は医療系廃棄物の投入量に比べれば無視できるものと考えられる。

一方、医療系廃棄物には粉状の物を含んでいた可能性は否定できず、粉じん爆発の可能性は排除できない。ただし、医薬品や食品に用いられる有機物の粉体は、固体からガス状になって燃焼するもので、消毒液などの液状の物よりも気化しにくいいため、粉じん爆発よりもガス爆発のほうが起こりやすい。従って、本件事故災害は粉じん爆発の可能性は低いと推定される。

6. 2 爆発の推定

以上の結果から、本件事故災害の概要、爆発の機構を次の通り推定する。

ロータリーキルン焼却炉の運転中、破碎廃棄物の点検口に入ってスクリーンコンベヤの刃を修理していたところ、炉に投入された医療系廃棄物に引火性の液体を含み、気化による可燃性ガス・蒸気が増加したこと、開いていた点検口から新鮮な空気が流入していたため炉内で可燃範囲の領域を広げたため、炉内全体で爆発的に燃焼が進行した。

現象としては炉内の異常燃焼ともいえるが、実際、炉外に被害をもたらし、本来の運転を停止、逸脱する事態となったことから、これは事故であり、災害の形態はガス爆発である。ガス爆発に伴う衝撃とガスの体積膨張により、すすや焼却灰を含む燃焼ガスが排出側の灰出しコンベヤから噴き出るとともに炉のクリンカーが落下し、破碎物投入コンベヤの点検口から噴出した。

仮に、爆発直前に医療系廃棄物に引火性の液体を含んでいなかったとしてもプラスチックが熱分解し、気化した可燃性ガス・蒸気が同様に開いていた点検口から新鮮な空気の流入によって爆発した可能性がある。被災当日は前日と同じ作業を行っていたながら、爆発が発生したのは、アルコール消毒液など引火性液体が入っていたためと推定される。

6. 3 聞き取り内容との整合性

修理を行っていた作業員 B と発災事業場の作業員 C の聞き取り内容(省略)に対して、ここで述べた爆発の機構とは矛盾しない。

6. 4 当日爆発に至った理由

(a)炉の運転を停止せずに修理作業を行っていたこと。

(b)医療系廃棄物という、内部に引火性液体を含む危険性があるものを投入していたこと。

(c)修理のために点検口を開けて作業を行っていたこと。

炉を止めて、燃焼状態を絶ってから作業を行うべきであった。炉の運転を停止してから修理を行ったとしても、炉内に廃棄物が残っている状況では余熱の程度によっては熱分解が進み、可燃性ガス・蒸気が発生することもあり得る。この状態では炉内に可燃範囲(爆発範囲)の混合気が滞留し、アセチレン-酸素の溶断の際の炎が着火源になって爆発することがあったかもしれない。

7. 再発防止対策

被災した事業場並びに同種設備を持つ事業場について、次の火災・爆発防止対策を実施すべきである。

- (a)医療系廃棄物の内容物の把握に努めること。
- (b)廃棄物、破砕した廃棄物の貯留中の発火防止対策を講じること。
- (c)廃棄物の破砕工程での爆発防止対策を講じること。火災・爆発の例：スプレー缶等の破砕機投入による爆発，家電製品やOA機器等が原因のガスあるいは粉じんの爆発，集じん機での爆発，破砕物のベルトコンベヤに固着することでのくすぶり等。
- (d)焼却施設における燃焼制御法を理解し，火災爆発の危険性を把握すること。
- (e)修理，清掃などの非定常作業では，当該機械とそれに関連する機械を停止，主電源（電路）を切ってから行うこと。
- (f)炉の運転を停止してから修理を行う際，炉内に廃棄物が残っている状況では余熱の程度によって熱分解が進み，可燃性ガス・蒸気が発生，滞留する場合があることに留意する。そのためには，設備の停止前には炉内に廃棄物を残さないこと，十分な空気の吹き込みを行うことが必要である。
- (g)乾燥設備やボイラー等で熱源に燃料を使用している場合には，主バーナーの着火に失敗し，燃料が漏えいし，再点火の際に爆発する場合があることに留意する。爆発防止のため，点火前には炉の容積の4倍の新鮮な空気の吹き込みでプレパージを行う必要がある。危険物乾燥設備⁵⁾では，爆発下限濃度の30%以下になるように空気を吹き込み，換気してから作業を行うこと。
- (h)トラブルの原因究明，並びに安全対策が施されないうちは機械の運転を行わないこと。

参考文献

- 1) 安全工学協会編，新安全工学便覧，pp.299-303 コロナ社，（1999）
- 2) 廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック編集委員会編，編集委員長 中山哲男，廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック，（株）建設産業調査会，pp.197-199，（1993）
- 3) 理科年表，p.393，丸善，（2003）
- 4) 労働省安全課編，新/ガス溶接作業の安全，中央労働災害防止協会，p.14，（1997）
- 5) 旧労働省通達，危険物乾燥設備における爆発災害の防止について，昭 52.12.27 基発第 695 号