

粗大ごみ破碎処理施設における爆発防護に関する現地調査

八島正明

Field Study on Explosion Protection in the Bulk Refuse Crushing Process Facilities

*by*

Masaaki YASHIMA

産業安全研究所特別研究報告 別冊

Specific Research Reports of the National Institute of Industrial Safety

NIIS-SRR-NO.29(2004) pp.31～40

## 5. 粗大ごみ破碎処理施設における爆発防護に関する現地調査

八島正明\*

### 5. Field Study on Explosion Protection in the Bulk Refuse Crushing Process Facilities

by Masaaki YASHIMA\*

**Abstract:** In a daily life, the disposal of garbage and industrial waste is a serious problem. The legal system for proper disposal of refuse and promotion of the recycling has been enforced in order to promote the formation of a recycling society in Japan. Though explosion or fire has often occurred in the bulk refuse crushing process facilities, the problem is caused by the stop of the machine which causes further accidents for the smooth citizen life. In addition, there can be the accidents involving a new type of explosion and fire which is related to the development of the new refuse resource recycling technology. The final objective of this study will be made to develop a practical explosion protection/suppression system, which can be applied to the bulk refuse crushing process facilities. In order to obtain a useful knowledge for the prevention of explosion and fire in the process facilities, a field study was carried out in 7 municipal facilities in the different district ( Yamagata, Miyagi, Saitama, Tokyo, Gifu, Mie, and Nara ) and 2 recycling facilities for household electric appliances( Tokyo and Chiba ). Gas explosion and fire are, in the most cases, caused by spray can, gas cartridge, and small cylinder including liquefied petroleum gas. Hot surfaces in the crusher and sparks by the impact, etc. seem to be the ignition source. In most investigated facilities, injection systems of air or steam are adopted in order to prevent the explosion in the crusher. Attention is necessary for not only gas explosions but also dust explosions. These dangerous objects should be directly removed by visual observation and camera monitoring, so that dangerous objects such as the LP gas cylinder as a cause of the explosion may not enter the crusher. Automatic explosion suppression systems as an explosion protective measure have not introduced, since installation and maintenance costs are expensive, until it widely installed. To begin with, an appropriate explosion pressure relief vent should be installed, as an explosion protection system.

**Keywords;** Gas explosions, Explosion suppression, Explosion protection, LPG, Crushing process, Pressure relief vent, Resource recycling.

---

\*化学安全研究グループ Chemical Safety Research Group

## 1. はじめに

廃棄物は法令で定められる事業系の20品目と特別管理産業廃棄物を含む産業廃棄物とそれ以外の一般廃棄物とに大きく分けられ、それぞれ地方公共団体と事業者の責任によって処理されている<sup>1)</sup>。効率的に廃棄物の再資源化を行うためには、廃棄された物を種類別に分離する必要があるが、そのために減容化を兼ねて廃棄物を適当な大きさに破碎し、機械的分離により選別が行われている。回収された廃棄物の破碎と選別は粗大ごみ処理施設で行われているが、施設を中心となる破碎機とその周囲では爆発や火災事故がしばしば発生しており、運用に支障をきたしている<sup>2)</sup>。家庭や事業場からは毎日のように廃棄物が出され、機械の運転停止が長期に及んだり、多額の補修費用がかかったりすると、ごみの収集に支障をきたし、市民生活に影響を及ぼすことになる。そのため、粗大ごみ処理施設においては、爆発・火災の予防(未然防止)とともに、仮に爆発・火災が発生したとしても被害の拡大を最小限にする方策が必要とされている。粗大ごみの破碎処理施設における爆発や火災の事故災害では、設備や機器自体の爆発・火災のほか、一時保管されたものや長期間不法投棄され野積みされたものがくすぶり始め、火災に至る事例もある。

国内では循環型社会の形成を推進するため、廃棄物の適正処理とリサイクルの推進のための法体系が整備されてきた<sup>1,3)</sup>。最近では、可燃ごみを固形化したもの(RDF: Refuse Derived Fuel, ごみ固形化燃料, という。)を発電用の燃料として利用する技術も確立しようとしている<sup>4)</sup>。これは可燃ごみを破碎し、それに石灰などを混ぜてさらに破碎を行ない、円筒形のペレット(クレヨン形状)に圧縮成形されるものである。このような新しいごみ再資源化技術の開発に伴い、これまで無かったRDFに関わる爆発や火災の事故災害が見られるようになってきた。よりいっそう廃棄物のリサイクルが進めば、不燃ごみ、粗大ごみ、可燃ごみに拘わらず廃棄される物の破碎処理を行う種類と量が増加し、それに伴い爆発や火災の事故災害の増加が懸念される。このような状況からすると、破碎処理施設における爆発・火災の防止対策を講じることが急務といえる。

本研究課題は粗大ごみ施設に適用できる実用的な爆発抑制技術の開発を目標とするが、平成15年度は実施初年度にあたり、施設の現状と現場の意見を聞き、問題点を抽出するとともに、実態を把握する目的で粗大ごみ破碎処理施設を実態調査し、爆発抑制技術の現状を調べた。

## 2. 爆発・火災の発生状況

### 2.1 事故の発生状況

粗大ごみ破碎処理施設で最近発生した爆発・火災事故について、平成14と15年の2年間について新聞等に報道された事例を表1に示す。この表には示さなかったが、ごみ収集作業中にパッカー車が火災となりくすぶったという事例も多い。表中の起因物(物質)はスプレー缶やカセットボンベに入っているLPガスと推定されている。着火源は不明なことが多い。幸い、破碎機まわりは立ち入り禁止で運転されているため人的被害は少ないが、復旧期間と復旧費用(被害額ではなく、設備の改善と消火装置等を追加した費用)を見ると、その損害は大きい。

(社)全国市有物件災害共済会では、平成9年度、全国669市と263の一部事務組合の計932団体に対してアンケートを実施し、715団体から回答を得た<sup>2)</sup>。そのうち、破碎処理施設は463団体が所有しているが、その保有数は616施設となっている(1団体平均1.33施設)。平成4年から平成8年の5年間に63施設97件の火災が発生しているが、平成8年度は平成4年度に比べ年間件数が2.2倍も増加しているという。火災・爆発の発生場所としては受入貯留ピットが多いが、44%は破碎機とその後続の振動コンベアと破碎物搬送コンベアとなっている。

### 2.2 社会背景

かつてはスプレー缶の噴射剤としてフロンが使われていたが、いわゆるオゾン層保護法が1988年(昭和63年)に施行されたことによりフロンの使用が規制され、1990年(平成2年)から特殊用途を除きスプレー缶へのフロンの使用量が急減した。フロンは不燃性であるが、それ以後、一部は不燃性の炭酸ガスや窒素が使われているものの、噴射剤として可燃性のLPガスやDME(ジメチルエーテル)が代替物質として多く使われるようになった<sup>5)</sup>。このことでスプレー缶に関する爆発や火災事故が増加するようになったと言われる。

ごみの問題は日々の暮らしの中では最重要課題の一つに挙げられる。廃棄物の処理を適正に実施するとともに限りある資源を有効利用しようという循環型社会の形成のためにはリサイクルの促進が不可欠であるが、個別物品の特性に応じた以下の規制が平成12年から現在までに施行されている。

粗大ごみ破碎処理施設における爆発防護に関する現地調査

表 1 粗大ごみ破碎処理施設における爆発・火災事故の事例

Table 1 The case of explosion and fire accident in the bulk refuse crushing process facilities.

日 時	場 所	概 要	起因物あるいは物質	着火源	死傷者	復旧期間、費用など
2003年／ 11月24日 (9:50)	茨城県	市のクリーンセンターの粗大ごみ処理施設の破碎機内で爆発があり、処理施設の窓ガラス約20枚が割れ、破碎機のベルトコンベア部分が破損したほか、破碎機内のごみが燃えた。	不明	不明	なし	1週間
10月1日 (14:50)	青森県	市のゴミ処理場の破碎施設で出火、施設のベルトコンベア室の床と天井を焼いた。	灯油？(石油ストーブ)	不明	なし	不明
8月17日 (9:00)	愛知県	リサイクル会社の不燃ごみの選別機から出火、選別機の内部を焼いた。	不明	不明	重傷1名	不明
6月11日 (13:40)	群馬県	市のゴミ処理施設の回転式破碎機内で爆発事故が起きた。	LPガスボンベ	不明	なし	13日 1830万円
5月16日	東京都	市の不燃ごみ処理施設において爆発が発生し、装置が焼損した。	LPガスボンベ、スプレー缶など	不明	なし	不明
1月30日 (8:50)	東京都	市中間処理場で大きな爆発音がし、機械の一部を破損した。煙が出た。	LPガス(スプレー缶)	不明	なし	不明
2002年／ 12月27日 (13:35)	滋賀県	市の産業廃棄物処理公社の大型ごみを処理する破碎機内で爆発があった。	不明	不明	1名負傷	不明
12月25日	広島県	不燃物を破碎して再資源化できる鉄やアルミを選別する設備付近で火災が発生し、ベルトコンベアや選別機の一部を焼損した。	スプレー缶か灯油などから発生した可燃性ガス	破碎物の過熱	なし	約5ヶ月 3億6千万円
12月3日 (11:30)	群馬県	市清掃リサイクルセンターの高速回転式破碎機から出火し、破碎機とゴム製のベルトコンベアの一部を焼いた。	スプレー缶かボンベ	不明	なし	不明
11月21日 (10:00)	長崎県	町のクリーンセンターで、金属不燃物を裁断中に破碎機で爆発が発生した。	不明	不明	なし	不明
9月12日	三重県	市の不燃物リサイクルセンターで破碎処理中に爆発が発生し、破碎機振動コンベアなどの一部が壊れた。	家庭用プロパンガスボンベ(2キロ)	不明	なし	被害額 2000万円
8月8日	三重県	市の不燃物リサイクルセンターで破碎処理中に爆発が発生した。	大量のカセットボンベ	不明	なし	18日 4000万円
7月30日 (19:15)	山形県	市リサイクルセンターで破碎処理設備で火災が発生した。火元はコンベア付近と推定される。	不明	不明	なし	6ヶ月 4億8千万円
6月18日 (15:40)	岐阜県	市北清掃センターの粗大ごみ処理施設において爆発が発生し、破碎機の一部、ベルトコンベアや集じん機が壊れた。	カセットボンベの可能性が高い	不明	なし	約1500万円 約1ヵ月半
5月7日 (16:10)	東京都	区清掃工場の不燃ごみ処理センターの破碎物選別室付近から出火した。	不明	不明	死傷者5名うち1名死亡(消防士)	不明

- 1) 容器包装リサイクル法（容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律）：平成 12 年 4 月施行
- 2) 家電リサイクル法（特定家庭用機器再商品化法）：平成 13 年 4 月施行
- 3) 食品リサイクル法（食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律）：平成 13 年 5 月施行
- 4) 建設リサイクル法（建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律）：平成 12 年 11 月施行：平成 14 年 5 月完全施行
- 5) 自動車リサイクル法（使用済自動車の再資源化等に関する法律）：平成 15 年 1 月 11 日第 1 次 施行（定義、責務等の一部の規定）：平成 16 年 7 月 1 日第 2 次施行（解体業等の許可開始等）：平成 17 年 1 月 1 日完全施行予定

これらの規制とは関係なく、破碎処理施設では爆発・火災が増加しているが、各リサイクル法の施行前後から廃棄物処理関係の爆発・火災の事故災害が多く見られることも否定できない。RDF 製造事業所、自動車解体事業場、建設廃木材チップなど廃棄物を扱う処理施設や再生工場での爆発や火災が顕著化しつつある。

### 3. 現地調査

#### 3.1 調査見学先

調査は、地方自治体・広域組合の粗大ごみ処理施設 7ヶ所（山形、宮城、埼玉、東京、岐阜、三重、奈良）と、家電リサイクル品に関わる民間の処理施設 2ヶ所（東京と千葉）の計 9ヶ所について行なった。調査先のうち、地方自治体・広域組合の施設のいくつかは、過去に爆発や火災が公表にされたところを選定した。

#### 3.2 不燃・粗大ごみの処理の概要

粗大ごみの処理施設は焼却施設とは切り離されて別の工程で燃やせないごみ（不燃ごみ）とともに処理されるが、リサイクルセンターやリサイクルプラザと併設されているところが多い。不燃・粗大ごみ処理施設で高速型と低速型（二軸せん断式）の破碎機を持つところでは布団類や伐採された枝など大きな可燃ごみを後者の破碎機にかけて粗破碎し、焼却施設に送るようにしている。主な破碎処理工程は次の通りである。

- 1) パッカー車や平ボディ車により回収され不燃ごみや粗大ごみは、ピット、コンベアに投入される。選別をかねて平屋の一時保管場に溜められることもある。
- 2) 危険物は、予め手選別やコンベア上でモニターされ、機械を止めて取り除かれる。

3) 破碎機へ投入する。

4) 破碎物は磁選機や風力選別機により、鉄金属、非鉄金属、プラスチック、不燃物、可燃物に分けられる。鉄・非鉄金属は資源回収（有価物回収）へ、プラスチックと不燃物は最終処分場や埋立地に運ばれる。

パッカー車はスプレー缶やライターなどを押しつぶすことで火災を引き起こす危険性があるため、平ボディ車に変更した地方自治体・広域組合もみられる。

高速回転式の破碎機にはロータの回転軸によって横型と堅型のものがあり、ロータに取り付けるハンマの形状によってリングハンマ式、スイングハンマ式、リンググライダ式に分けられる<sup>6)</sup>。周速度は 40~60m/s である<sup>7)</sup>。図 1 に供給フィーダ付き横型スイングハンマ式破碎機の概略図を示す<sup>8)</sup>。

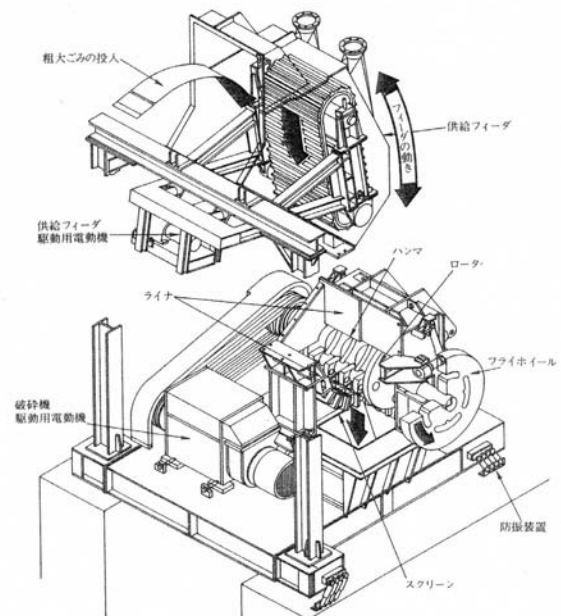


図 1 供給フィーダ付き横型スイングハンマ式破碎機の概略<sup>8)</sup>

Fig.1 Horizontal swing hammer crusher with the supply feeder<sup>8)</sup>.

#### 3.3 各施設の処理の流れと爆発・火災の防止対策の状況

3ヶ所の施設を例に挙げて以下に述べる。表 2 に整理したものを示す。

##### (1) 三重県内のある施設

図 2 に三重県内のある施設の処理工程を示す。不燃・粗大ごみは受入れホッパから供給コンベアを上がり、回転式破碎機に送られる。破碎機の回転数は他の



施設のものに比べて大きい。破碎物は振動コンベアに排出され、No.1 破碎物搬送コンベアに載せられ、磁力選別機、回転式ふるいによって鉄分、不燃物、可燃物、アルミニウム、プラスチックに分けられる。破碎機の下部には爆発雰囲気にならないように強制的な送風を行い、雰囲気気を希釈している。破碎室の上部には放散ベントを介して爆発圧力放散口が設置されている。破碎機は半地下に設置してあるため、天井に続く放散ベントが長い。当初、破碎機の爆発圧力放散口（放散扉）の面積は小さかったが、爆発を何度も繰り返すうちに

その面積が大きくなったという。圧力放散口の一部分は金網格子となっており完全には閉じていない。これは爆風を逃す工夫である。放散扉にはスイッチが取り付けられており、爆発で扉が開くことで爆発の有無を検知している。

この施設は、平成9年以降6回の爆発・火災事故に遭っている。スプレー缶（エアゾール缶）やボンベ（LPガス小型ボンベやカセットボンベ）の混入が原因とされ、現在では手選別を徹底するようになった。具体的には搬送車のごみをグラウンド（手選別場）に広げ、作

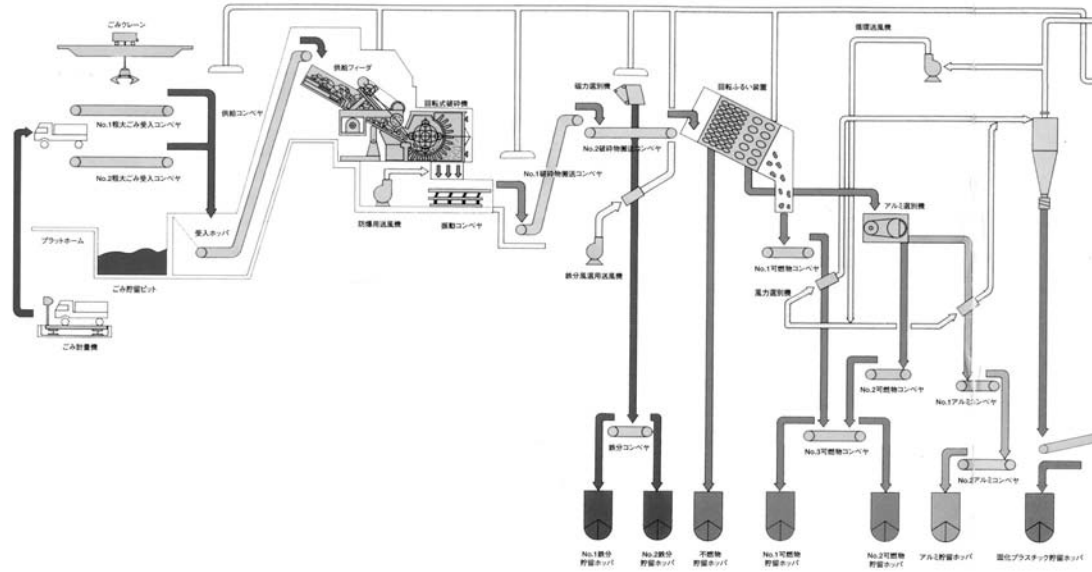


図2 三重県内のある施設  
Fig.2 A certain facility in Mie prefecture.

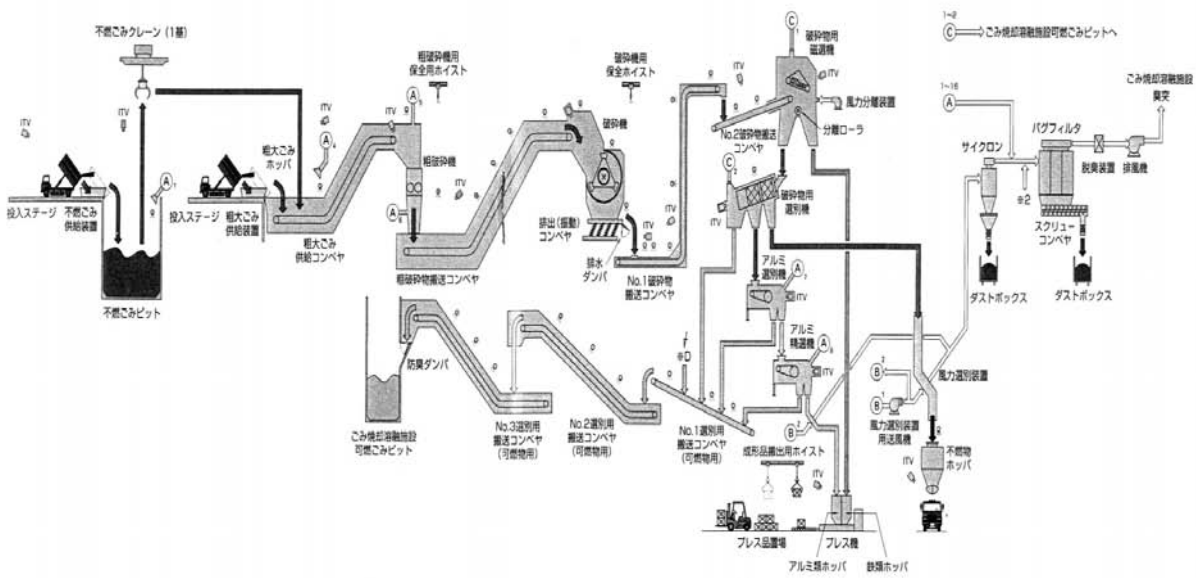


図3 埼玉県内のある施設  
Fig.3 A certain facility in Saitama prefecture

業員が目視で選別し、それから投入ホップに運び破碎にかけられるように変更した。

破碎機への送風は可燃性雰囲気希釈という防爆の目的のほか、可燃性予混合気の混合促進にも寄与する。従って、ひとたび大量のスプレー缶を破碎し、ガスが拡散すると混合促進につながるため、十分な送風量を確保しなければならない。

#### (2) 埼玉県内のある施設

図3に埼玉県内のある施設の不燃・粗大ごみの処理の流れを示す。この施設では、図の中央付近の破碎機（横型高速ハンマ式）の前に粗破碎機（2軸低速せん断式）を設けている。破碎機内は水蒸気吹込みによって不活性化を図り、爆発範囲に入らないように制御されている。図中には、破碎機内とその前後のコンベアには監視カメラと消火用散水装置が取り付けられている（それぞれ、ITVと○印で示す）。このような安全装置は後から増設されたもので、きっかけは、試運転期間中に破碎物搬送コンベアにおいて出火したためである。コンベアはゴム製からスチール製に替えられた。改良の後、現在までのところ、爆発、火災の発生は報告されていないようである。

#### (3) 東京都内のある家電品リサイクル処理施設

持ち込まれた家電製品（4品目）は一台ごとにバーコードに登録されてから前処理で手分解し、破碎機に投入する。冷媒のフロンは回収し、ポリウレタンは圧縮し、減容化を図られる。搬入される製品はまちまちであるため、前処理の機械化は難しく、一人の作業員が1台を担当してカバーや部品を取り外している。作業手順、使うべき工具などは効率化を図るよう試行錯誤が繰り返され、現在の方法に決められたという。1台ごとに管理することで、何をいつどのくらい処理したのか、そしてどのくらい再資源化がなされたのか正確に把握できる。

不燃・粗大ごみ処理場と異なり搬入される廃棄物の種類が限定されるため爆発や火災の防止を行いやすいように思われたが、伺ってみると、この施設でも一度火災に遭い、消防署へ消火の要請をしているようである。海外の製品には製造年月が不明で部品として使われている物質が不明のものがあ、処理を行う際に緊張を強いられているという。温度管理では放射温度計により100℃で警報とスプリンクラーの放水を行っている。しかし、実際に爆発する場合はおそらく間に合わないであろうとのことであった。爆発抑制装置は設置されていない。

### 3.4 調査先の爆発・火災の防止

調査先の災害事例では、ガス爆発（さらには粉じん爆発）が発生したところもあれば、火災のみが発生したところもあった。原因とされた物としては、カセットボンベ、小型ボンベ、塗料缶などが挙げられたが、そのほかはどのようなものが初めに燃えたのかが特定できなかったようである。着火源としては、破碎機内の高温部分（熱面）や衝撃による火花などが推定された。現地で監視モニターを見る機会があったが、破碎機内では、火花はひっきりなしに発生し続けており、施設案内の方に伺ったところによると、特にベッドのスプリングに代表されるピアノ線（鋼鉄製）を破碎するときに長い火花がよく出るとのことであった。ある施設では飲食店の改装で廃棄された店名の記された大量のマッチが段ボールに入れられ、粗大ごみに出され、発火のトラブルがあったという。事業系のごみでは同種のもので可燃ごみと不燃ごみをきちんと分けられず大量に廃棄されることが多い。

一度爆発や火災に遭うと、破碎機投入前の選別を慎重に行なうようである。破碎機においては、爆発圧力放散設備、温度検知器、散水装置が取り付けられている施設がほとんどで、発火の予防としては爆発範囲に入らないように強制的に通風を行ったり、酸素濃度を減少させるため、水蒸気の吹き込みを行ったり、家電リサイクル品の破碎施設では投入量を厳密に管理している施設があった。窒素などによる不活性化は酸欠の危険性があり、いずれも採用されていなかった。

（社）全国市有物件災害共済会のマニュアル<sup>2)</sup>を参考として防止対策を立てている施設が多いように推察された。

初期火災を短時間で検知し消火剤を噴射する爆発抑制装置の設置<sup>9)</sup>は家電リサイクル工場の1ヶ所だけであった。そのほか、爆発圧力放散扉に開閉スイッチを設けておき、それが作動した場合や火災温度の変化で爆発を検知している。

爆発や火災の危険性を知りつつも予算に限りがあるため、高度の爆発火災防止対策が立てられないというのが現実のようであった。

粗大ごみ破碎処理施設における爆発防護に関する現地調査

表 2 調査先の爆発・火災の防止対策

Table 2 Prevention measures of explosion and fire of investigated facilities.

施設	処理能力 運転時間	破碎設備	設置年	爆発・火災対策				備考
				雰囲気制御	監視	爆発圧力放散	その他	
山形県	100 t / 5h 9～15時(休憩1時間)	横形回転式破碎機  2軸せん断式切断機	平成7年	<ul style="list-style-type: none"> <li>水蒸気吹き込み</li> <li>酸素濃度11.5%以下に制御、13%になると、装置が自動停止</li> <li>ブタンガス換算で8000ppm、爆発下限界の約1/2で管理</li> </ul>	温度センサー100℃警報 150℃で散水 破碎機内、出口コンベアの監視カメラ 放水銃(ごみピット)	有り キャンバス地	<ul style="list-style-type: none"> <li>爆発抑制装置なし</li> <li>自動散水装置有り</li> <li>破碎機内は蒸気でくもっているため、監視カメラは実質上機能していない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>平成14年7月30日爆発</li> <li>難燃性のコンベアベルトに取替え、温度センサー、放水ノズルなどの増設</li> <li>パッカー車を改め平ボディ車を使うようにした</li> <li>投入されたピットにおいて、LPガスボンベやカセットボンベなど爆発の原因になりそうなものを目視で監視</li> <li>しかし量が多いため、100%は把握できない</li> </ul>
宮城県	70t/5h	横形回転式破碎機(ハンマ)式 575rpm、せん断式破碎機	平成7年	<ul style="list-style-type: none"> <li>水蒸気吹き込み：破碎機の酸素濃度を11%以下に制御</li> <li>可燃性ガスの警報機の濃度は爆発下限界の1/3に設定</li> </ul>	破碎機入口・出口側のコンベアに監視カメラ 温度測定(火災検知)	有り キャンバス地	爆発抑制装置なし 自動散水装置あり	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去の爆発火災の事故なし</li> <li>市内には3工場があるが、別の工場では10年ほど前に爆発事故あり</li> </ul>
埼玉県	43t/5h 8時30分～17時	<ul style="list-style-type: none"> <li>粗破碎機</li> <li>低速2軸せん断式破碎機</li> <li>横形高速回転式(ハンマ式)</li> </ul>	平成14年	水蒸気吹き込み	破碎機入口・内部・出口側に監視カメラ 温度測定(火災検知)	有り	爆発抑止装置なし 自動散水装置あり	<ul style="list-style-type: none"> <li>試運転中に小規模な火災が発生した</li> <li>火災当時はコンベアがゴム製であったため、スチール製に取替え、監視カメラ、消火器の設置を行った</li> </ul>
東京都	50t/5h 8～17時操業	堅型リングライダ式	昭和58年、59年改造	なし	破碎機入口と内部のカメラによる監視 温度測定	有り	<ul style="list-style-type: none"> <li>散水装置(投入ホッパ)</li> <li>爆発抑制装置なし</li> <li>手選別の徹底</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>爆発火災の防止対策が不十分と思っているが、予算上、安全装置を設置するまでには至っていない</li> <li>運転中につき内部を見学できず</li> </ul>



表2 (つづき)  
Table 2 (continue)

施設	処理能力 運転時間	破碎設備	設置年	爆発・火災対策				備考
				雰囲気制御	監視	爆発圧力放散	その他	
岐阜県	50t/5h 9～16時	横型スイングハンマ式 575rpm	昭和53年	水蒸気吹き込み、強制通風なし	ガス濃度なし 破碎機前後の監視カメラ	有り	スプレー缶の混入対策 散水装置はコンベア入り口で主に粉じんが舞うのを防止	・マットレスのスプリング(鋼鉄)では火花が出やすい ・蒸気による不燃化は行っていない。予算的に無理 ・モニターが白黒で古いものであるため写りが悪い
三重県	75t/5h 9～16時	横型 900rpm	平成5年	通風希釈 ガス濃度検知	破碎機入口と出口の監視カメラ 温度センサー 70℃, 本体60℃ 温度センサー 70℃	有り 放散ダクトが長い	手瀬別の徹底 自動散水装置あり 爆発抑制装置なし	・平成9年以降14年まで6回の爆発火災を経験している ・放散口の増設, 散水装置の設置, 手選別を徹底するようにしてきた
奈良県	30t/5h	二軸せん断式低速2軸式, (21rpm, 18rpm) 高速回転式(横型スイングハンマ式)	平成14年 12月	水蒸気吹き込みなし ガス濃度が基準値を超えると強制通風	監視モニター 温度センサー 火災検知 爆発検知	有り	・爆発抑制装置なし ・スプレー缶の穴あけの徹底	・旧施設において平成12年6月爆発 ・水にかかると破碎物が壁に着くので蒸気の吹き込みは行っていない ・投入口寸法: 1.3m, 長さ1.7m (低速2軸) ・投入口寸法: 径1.4m, 幅1.6m (高速回転)
東京都(家電品処理)	60万台/年 12時間/日	堅型破碎機	平成11年	未調査	破碎機入口と内部に監視カメラ 放射温度計により平均温度100℃で警報と放水	未調査	・爆発抑制装置なし ・10分に一度の散水	・平成14年火災発生 ・スチールの破碎で高温になる ・モニターで発火したことがわかっても爆発は速いので次の瞬間画面が真っ白になってしまうだろう
千葉県(家電品処理)	家電製品75万台/年 OA機器40万台/年	堅型破碎機 300rpm	平成10年	常時散水(ただし、雰囲気不活性化の目的ではなく冷却目的)	監視カメラ 放射温度計	有り	・爆発抑制装置あり ・投入量の制御 ・散水	・平成13年爆発事故 ・2ヶ月停止で3億5000万円の損失 ・平成13年発火事故

## 4. 考察

### 4.1 爆発・火災の原因

#### (1) 起因物質

爆発と火災は異なる形態の事故災害であるが、現地調査、新聞報道、災害共済会、化学プロセスのデータベース<sup>10)</sup>からすると、両形態とも推定される起因物質としてまず挙げられるのはLPガス（ブタンやプロパン）あるいはDMEである。油類や塗料に入った有機溶剤も起因物質として挙げられる。しかし、十分に調査されずに原因不明として取り扱われてきたことも多い。ここではLPガスの他に挙げられる起因物質を検討する。

これまで焼却設備にシュレッダーダストとして回収された紙粉が段ボールに入った状態で投入され、粉じん爆発が発生した事故（粉じん爆発）がある<sup>11)</sup>。このような可燃性の粉じんが誤って破碎機に投入された場合、着火源が周囲にあれば粉じん爆発が発生する可能性がある。一般的に金属は不燃と思われているが、破碎により細くなった金属粉じんには可燃性を有するものが多い<sup>12)</sup>。森らの調査ではリチウム電池を金属のこぎりで切断を行ったり、ハンマで強くたたくなどにより火花が生じ、火炎を上げて燃え始めたという<sup>13)</sup>。携帯型の小型家電製品の筐（きょう）体には、プラスチックのほかマグネシウム合金やアルミニウムなどの軽金属が使われるようになってきた。工業材料としてチタンもよく利用されている。これらの金属が細かくなると粉じん爆発を起こしやすいことが知られている。

一般的に廃棄されるプラスチックの多くはある温度に達すると熔融し、さらに温度が高くなると解重合や熱分解により可燃性ガスを発生する。清掃工場の爆発事故には水素が起因物質と推定された事例もある。

#### (2) 火花の発生

不燃・粗大ごみの中で火花が生じる可能性があるものは金属類である。ごみの中に鉱物など硬いものが含まれていると、それが破碎機壁と擦られ、破碎機側が削られ、金属（鉄鋼）の粉じんが赤熱しながら飛び散る。炭素鋼は炭素の含有によって火花の発生具合が異なる<sup>14)</sup>。炭素鋼の場合の赤熱は、それが摩擦により微粒化して飛び散る際の燃焼を伴わない高温による発光（熱）が多いが、チタンやマグネシウムなどの火花はそれ自体の燃焼によるものである。チタンの燃焼における粒子の温度は約2500℃にも達する。アルミニウム、真ちゅうは火花が生じないが、鉄鋼、赤さびのある鉄、チタン、マグネシウム、タンタルなど火花を生じやすい。

#### (3) 高温熱面

高温熱面となる部分は破碎部分のほか、回転軸、動

力機械、コンベアなどが挙げられる。ある施設の堅型破碎機内の温度は、赤外線放射温度計によると常時160℃程度（破碎機上部）であり、火花がひっきりなしに出続けているとのことであった。しかし多くの施設では100℃を警報温度に設定している。

スクリーン上に載った被破碎物はハンマの衝突により衝撃的な圧縮とせん断により碎かれる（図1）。このとき加わる破碎エネルギーは変形の仕事に費やされる。機械加工における金属切削では変形仕事の90%以上が熱となり消費され、切削条件によってかなり異なるものの鉄鋼（炭素鋼）を切削する場合には局所的には数百度の高温になることが予想される<sup>15)</sup>。微細な切削粉（鉄、炭素鋼など）は赤熱し、火花となる。（社）全国市有物件災害共済会の調べ<sup>2)</sup>では、破碎機出口の破碎金属の推定最高温度は267℃であったという。

### 4.2 爆発防止対策としての爆発抑制装置

爆発や火災の防止対策の考え方としては予防と抑制（被害の拡大防止）があるが、両方を講じる必要がある。すなわち、発火させないことと、万が一発火しても爆発の局限化をはかり爆発を拡大させない対策が必要である<sup>2,16)</sup>。予防については、スプレー缶や小型ボンベ等の危険物を破碎機前で除去することが鉄則である。段ボールや袋に入った危険物を見つけ出すために破袋機が必要であり、目視で行う場合には、コンベアの搬送速度を適切にし、コンベア上に平たく薄く被破碎物を載せる工夫が必要かもしれない。

爆発抑制対策としての消火剤噴射式の爆発抑制装置の設置と保守費用は高価であり、広く普及しているとは言いがたい。特に対象となる火炎がLPガスと特定できれば良いが、そうではない場合には、消火剤の選定に注意が必要である。現状の爆発抑制装置としては、まずは爆発圧力放散設備の設置が原則となろう。圧力放散設備の技術指針としては文献がある<sup>17)</sup>。ただし、対象となる破碎機の破壊は免れるが、ほかの設備に火炎や爆風が拡がり、火災が拡大する可能性があるため、爆発や火災の拡大を防止するため火炎や爆風の伝ば経路を予め予測し、対策を講じなければならない。爆発の検知応答時間を早くすれば散水装置の設置も有効である。

## 5. まとめ

不燃・粗大ごみ破碎処理施設は破碎機の刃の交換と保守により長期間使用されることが前提となっている。全国的にみて、現状の施設では古い設備と新しい設備が混在しており、爆発・火災に対する対策には違いが見られる。特に予算の都合で、安全装置を十分に備えられずに運用を続けなければならないという施設もある。どこの施設でも聞かれたことだが、機械の運転を

停止することが一番困るという。一度爆発や火災事故が発生すると、市民生活に支障が出るため復旧を急ぎ、費用を捻出しなければならない。特に事故防止に対する費用対効果が不明瞭でリスクを減らす投資をしにくいように思われる。最先端の消火剤噴射式の爆発抑制装置を設置した施設では、安全を担保するための投資と位置づけているが、作動そのものの実績がないという。

爆発・火災による損害の低減、災害撲滅を図るためユーザー、メーカー挙げて取り組みがなされているが、公表された事故だけでも6件あった。軽微なトラブルは公になっておらず、実際、宮城県のある施設を除いていずれの施設も火災あるいは爆発が発生していることがわかった。多くの施設を回ることはできなかったが、文献情報を参考にしながら、施設の爆発・火災の防止の現状と現場の意見を直接聞き、問題点を抽出し、有益な知見を得ることができた。

### 謝辞

本調査研究を実施するにあたり施設見学を快諾し、爆発・火災の発生状況と防止対策などについてお話頂き、また資料を提供頂いた各施設の方々に感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 東京都環境局編，東京リサイクルハンドブック 2002，東京都環境局。
- 2) 破砕物処理施設の火災と爆発事故防止対策マニュアル，(社)全国市有物件災害共済会，平成10年度。
- 3) 環境白書，環境省。
- 4) 循環型社会白書（平成13年度～15年度），環境省。

- 5) 「スプレー缶の破裂・爆発に気をつけて」，消費者被害注意情報 No. 33，(2000年11月21日)国民生活センター。
- 6) 中山哲男編，廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック，(1993)建設産業調査会，第7章。
- 7) 柳田博明，微粒子工学大系 第1巻 基本技術，フジ・テクノシステム，(2001)，pp. 805-815。
- 8) 日立造船，横型回転式破砕機資料。
- 9) 那須貴司，“爆発抑制装置”，高压ガス，22，(1985)，pp. 16-24。
- 10) 板垣晴彦，“化学プロセスにおける爆発災害防止支援システムの開発”，産業安全研究所特別研究報告，NIIS-SRR-NO. 27，pp. 97-102。
- 11) 朝霞市ごみ処理施設爆発火災事故原因報告書，平成7年11月朝霞市環境部。
- 12) 松田東栄，“金属系素材物資の粉じん爆発危険性”，火災，209，(1994)，pp. 45-50。
- 13) 森 美由紀，岩本聡浩，相原利雄，豊田素子，占部武生，“破砕処理施設での事故原因調査，-1. リチウム電池による火災発生の可能性調査，-2. インキ状廃棄物による爆発発生の可能性調査”，東京都清掃研究所研究報告（平成10年度），28，pp. 125-137。
- 14) JIS G 0566-1980，“鋼の火花試験の方法”。
- 15) 日本機械学会編，機械工学便覧 B2 加工学・加工機器，(1984)，丸善，pp. 121-122。
- 16) 板垣晴彦，“廃棄物破砕設備での火災・爆発の現状と防止対策”，火災，Vol. 46，No. 6，(1996)，pp. 13-17。
- 17) 爆発圧力放散設備技術指針，NIIS-TR-NO. 34 (1998)，産業安全研究所。

(平成16年7月13日受理)