

密封梱包棟

鑑定棟 2

鑑定棟 1

砲弾仮置棟

図3.4 回収地域内施設鳥瞰図

### 3.1.2 技術の検証

発掘、鑑定、仕分、梱包及び保管のための装置は既に一般に使われているか、または要素技術としては既に確立されたものであり、全くの新規開発を必要とする装置はない。しかし、安全のための遠隔自動化、発掘・回収事業の早期立ち上げ、短期間内での発掘・回収作業の完了、そのための効率化が要請されており、また遺棄化学砲弾を取り扱う特殊性から判断して、下記に関する技術検証試験が必要と考えている。

#### (1) 発掘装置の検証

埋設砲弾を安全にかつ効率的に発掘するために、遠隔・自動操作で砲弾を把持する把持装置、砲弾回りの土砂の除去装置及び発掘装置全体システムの検証が必要と考えている。把持装置の実証試験は 2001 年度に実施済であるが、土砂の除去のための基本実験は 2002 年度に、また全体システムの実証試験は 2003 年度に計画している。

#### (2) 砲弾の位置同定の検証

遠隔・自動操作ではセンサにより把持対象砲弾の正確な位置同定を行う必要がある。錆による変色、経年による形状変化、土砂に埋もれた状態など、通常の視覚認識では対応できない課題があり、これらに対応できる技術の検証は砲弾発掘作業の自動化と効率化に不可欠である。

#### (3) 操作者による例外処理作業の検証

非常時や例外処理を行う場合は、作業者が防護服を着用して作業を行うことになる。着用時には、作業時間が制約されるとともに、視界が制約されるため作業者の機器操作性も極度に低下することが予想される。防護服着用による機器の操作性等の検証実験を行い、着用時の問題点を明らかにし、対応策を検討する必要がある。

#### (4) 搬送システムの検証

各施設間および施設内の砲弾搬送手段として無人搬送車 (AGV、Automatic Guided Vehicle) の採用を計画しているが、搬送シミュレーションによる制御ロジックの確認、各機器の能力、台数の検証、及び発掘砲弾種類の変化に伴う発掘・回収装置全体の追従性の確認が必要と考えている。

#### (5) 鑑定装置の検証

##### 1) X線鑑定装置

化学剤の種類毎に特有の形状をもつ砲弾内部の構造を X線画像により把握し、画像処理技術により砲弾を鑑定することを計画している。鮮明な X線画像の入手方法の確立及び入手画面の画像処理による自動鑑定ロジック、精度、所要時間の検証が必要と考えている。

## 2) 中性子鑑定装置

自動鑑定結果の二重チェックと、砲弾形状だけでは同定できない化学剤の種類を鑑定するために中性子鑑定装置の導入を計画している。線源として放射性物質を使用したものではなく、安全のために重水素(D)、三重水素(T)を使用した中性子鑑定装置の採用を考えている。所定期間内に発掘・回収作業を完了するためには1発/分の鑑定速度が必要であるが、このため化学剤の量、鑑定時間(中性子の照射時間)及び鑑定精度の関係を把握し、中性子鑑定装置の基本能力を確認することが必要と考えている。

## 3) その他の検証項目

その他の検証として、砲弾の洗浄方法の確認実験、洗浄排水処理に関する実験、化学剤が漏洩した場合の室内の拡散シミュレーションが必要と考えている。

### 3.1.3 今後の課題

前節で述べた発掘・回収に係る技術検証項目は発掘装置のシステム検証を除き2002年度に実施され、完了する予定でいる。発掘・回収装置の基本計画は上記の実証試験と並行して実施されるが、実証試験結果は最終基本計画書に織り込まれ、その内容は発掘・回収装置の発注仕様書に反映される。

従って、今後実施される実証試験では問題点の把握、分析、整理および技術検証を十分に行い、新たな問題が現地で顕在化することのないように慎重に行うことが必要である。

## 第3.2節 実処理プラント

実処理施設の設計の現状に関して、処理技術の選定、および選定に必要な技術の検証状況を以下に記述する。但し、プラントの立地場所は現在、中国政府と協議されている環境基準、及び以下に記述する実処理設備の技術選定に関する日中合意が得られた後で決定される予定となっている。

### 3.2.1 実処理施設の構成

実処理施設は砲弾の大半(90%以上)を占めると想定している定形弾(損傷の少ない砲弾)を処理するメインプラント、並びに、非定形弾(変形、損傷により化学剤漏洩している砲弾等)を処理するサブプラントで構成される。

#### (1) メインプラントの候補技術

このプラントでは約70万発の大半の砲弾類を運転期間3年程度で処理することを想定して、設計処理能力として1時間に約120発を処理する設備を計画する。

第一次技術評価では、このような要件を満足し、日本側で現時点において採用可能性を持つ複数の処理技術を比較評価した。有力な候補技術とし選定した技術は以下の2つの方式である。

## 1) 冷凍破碎と燃焼方式の組み合わせ方式

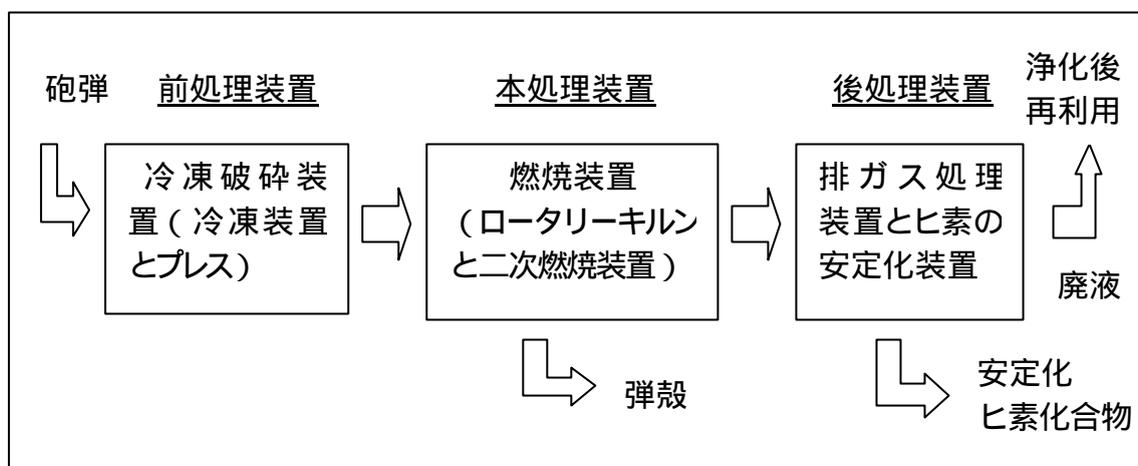


図3.5 冷凍破碎 + 燃焼方式設備構成図

この方式を概略説明すると以下のとおりである。

### a. 前処理装置

砲弾を受け入れ液体窒素により砲弾の金属部分を脆性破壊領域（-160℃以下）まで冷却後、500トン規模の大型プレスで砲弾及び内部の爆薬が装填されている金属製の炸薬筒を破壊する。この操作により冷凍された化学剤及び爆薬は砲弾とともに粉碎される。

### b. 本処理装置

前処理装置で粉碎された化学剤、爆薬及び砲弾の破碎金属を受け入れ約750℃に加熱されたロータリーキルン内部で有機物は加熱分解される。このとき化学剤、爆薬等の有機物が燃焼することによりロータリーキルンの金属材料表面温度が耐熱温度を超えないよう酸素濃度をコントロールする必要がある。ロータリーキルンからの熱分解ガスは、さらに1200℃程度に加熱された二次燃焼炉を通過することで完全に無機化される。一方、加熱処理された弾殻は、再度1000℃以上での再加熱により無害化处理される。

### c. 後処理装置

二次燃焼炉から排出される排ガスは、スクラバーにより急冷することによりダイオキシン類の生成を防止しながら同伴する無機ヒ素を除去する。さらに完全な排ガス処理を実現するために、湿式電気集塵機、HEPA（HEPA）フィルター、脱硝装置、及び活性炭塔を設けた排ガス処理装置の設置を計画している。

一方、スクラバー、湿式電気集塵機等で捕捉され、水とともに排出される無機ヒ素化合物は、収集槽に集められ化学的な不溶化処理がなされる。これらの不溶化処理が施されたヒ素化合物はろ過装置などの固液分離装置で分離され、廃液は浄化処理

され再利用する。一方、分離された無機化ヒ素化合物はセメント固化等の安定化処理を施した後に処分する必要があるが、これらの安定化方法及び処分方法は今後日中協議を経て決定される。

## 2) 水ジェット切断と化学中和（加水分解/湿式酸化分解）の組み合わせ方式

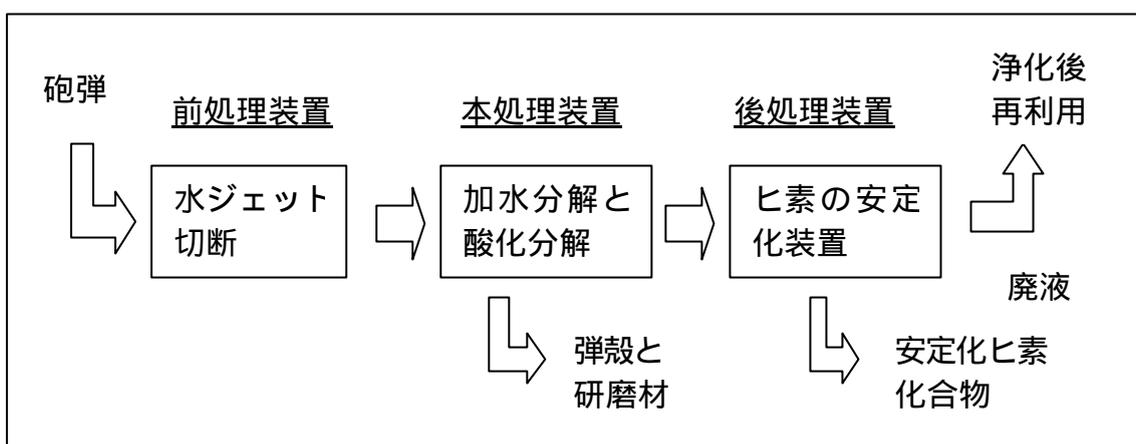


図3.6 水ジェット切断+化学中和方式設備構成図

この方式を概略説明すると以下のとおりである。

### a. 前処理装置

砲弾類は研磨剤を使用した水ジェット切断装置により爆薬、化学剤と金属部分に解体される。

### b. 本処理装置

爆薬、化学剤、弾殻は一旦加水分解槽に受け入れ苛性ソーダにより加水分解した後、加水分解液は酸化分解槽に送り爆薬、化学剤を完全分解する。一方、弾殻、使用済み研磨剤は脱水された後、処分の為に 1000℃ 以上で加熱され無害化処理される。

### c. 後処理装置

燃烧方式と異なり本方式では多量の酸化分解ガスが発生することはないが本処理工程の加水分解、酸化分解工程で発生するアセチレンガス、一酸化炭素等は排ガス処理設備により処理される。一方、酸化分解槽から発生するヒ素の酸化物、及び反応過程で二次的に発生する無機塩類は燃烧方式のヒ素安定化処理装置と同様の不溶化処理、及び処分のための安定化処理等が施される。

## (2) サブプラントにおける候補技術

サブプラントとは上記メインプラントで処理しにくい非定形弾 並びに、メインプラ

ト/サブプラント/発掘・回収施設で発生する汚染作業着等の汚染廃棄物を処理するプラントである。また、中国各地に散在する化学兵器類で輸送リスクが高く運搬が困難な砲弾類を保管場所近傍で処理する移動式処理装置もサブプラントの一種として計画中である。

現在、これらの非定形弾及び汚染廃棄物の処理方法について検討中である。

### 3.2.2 技術の検証

欧米諸国では化学兵器に対して様々な処理技術が開発されており、すでに実用化されている技術も多い。しかし、中国の遺棄化学兵器には下記の特異性があるため、諸国で実証された技術をそのまま利用できない。このため、本事業を安全かつ確実に遂行するには多くの検証作業が必要となる。

爆薬に金属塩を生成し易いピクリン酸が使用されておりピクリン酸及びその金属塩類の爆発リスクを正確に評価する必要がある。

あか剤、きい剤などヒ素を含む化学剤が多用されており、複雑とされるヒ素系化学剤の分解過程の解明、並びに、分解後のヒ素化合物の安定化技術を確立する必要がある。

大半の化学兵器は 50 年以上も地中に埋設されたため、その間に爆薬及び化学剤の変質が予想され、変質度と変成物質を判定する必要がある。

以下には、これら特異性を考慮して現在計画している検証作業の概要を記述する。

#### (1) 爆発リスク対策

化学砲弾は、発掘・回収したあと、メインプラント、サブプラントの前処理工程として遠隔操作による冷凍破砕、水ジェット切断等で解体される。しかし、埋設されていた砲弾の中には、ピクリン酸が砲弾金属材料と接触して、爆発感度の高いといわれているピクリン酸塩（特に鉄塩）を形成している可能性がある。これらのピクリン酸及びピクリン酸金属塩が冷凍破砕、水ジェット切断の作業工程で、機械的な衝撃等により爆発するリスクがあり、これを適正に評価しなければならない。

これら前処理工程では万一の砲弾の爆発に対して、人的被害が発生しないような設備計画、爆発による機械的損傷を最小化する対策、短期間に復旧可能な設備計画、が必要である。これらの対策を施すことは必要条件であるが、プラントの健全な運転計画を立案するには前処理工程での爆発の可能性、頻度を評価する必要がある。

以上の観点から、下記の実験が計画または実行されている。

#### 1) ピクリン酸及びその金属塩の基礎物性試験

物理的または化学的な基礎的物性に関してはこれまで文献調査を主体に追跡してきたが、情報が少なく、かつ古いため一部の基礎物性確認試験（ピクリン酸及び鉄塩

の火薬としての感度試験)を実施する必要があることが判明した。また、結晶水の影響も評価の対象とすることとした。

## 2) 処理工程での爆発リスク評価試験

冷凍破砕、水ジェット切断時の爆発可能性についてテストピースを用いた模擬試験にて確認する。

## 3) 火薬の燃焼試験

ピクリン酸及び TNT 火薬の燃焼特性を確認する。また、冷凍破砕を想定して冷凍火薬の爆発リスクを評価するための試験も実施する計画である。

## (2) 化学剤の分解試験

化学剤を燃焼法、湿式酸化法それぞれを用いて処理した場合を想定し、実験により基礎データを取得する。代表的な実験としては次のようなものがある。

### 1) 化学剤の分解試験

あか剤、きい剤を合成してそれらを燃焼法、湿式酸化法で処理した場合の各々の分解性能を実験により確認する。

### 2) 爆薬と化学剤の混合処理試験

前処理方法の選定結果によっては化学剤と火薬を同時に分解する必要があるためこれらを混合した条件下で爆薬、化学剤の分解性能を確認する。

### 3) 実剤の分解試験

長期保管していた化学兵器においては、化学剤が変質して一部分解や重合成分を形成している可能性がある。これらの物性と分解特性を確認する。

## (3) ヒ素化合物の安定化処理

後処理工程で発生する無機ヒ素化合物を大量の廃液より分離するため、ヒ素の不溶化、分離処理技術に関する実験を行う。

また、分離されたヒ素化合物を処分に適した形態に安定化する実験を行う。セメント固化はその候補技術のひとつであるが、今後の日中協議での処分に係る動向を見ながら最適な処分方式を選定する。

## (4) 廃棄物の無害化処理

廃棄物には上記のヒ素化合物の廃液以外に、処理された砲弾の弾殻が数千トン規模で発生する。欧米における処理の先行国でも実績はあるが、米国の場合はヒ素を含む化学剤での無害化実績がほとんどなく、本事業で直接参考にすることはやや無理がある。ドイツのMunsterではヒ素を含む多種類の汚染廃棄物の無害化にトンネル炉と呼ばれている加熱炉が採用され、実績をあげているが、詳細データは現時点で入手できていない。今後これらの詳細実績調査を行うとともに基礎的な実験を計画している。

水ジェット切断の場合は使用済み研磨剤も同時に発生するため、この処理方法の検討が必要となる。また、汚染廃棄物を焼却処理した場合の焼却灰の無害化技術も併せて検討する必要がある。

### (5) 分離処理の検討

メインプラントの前処理工程では冷凍破碎方式または研磨剤を使用した水ジェット方式が検討されているが、他方、爆発リスクを可能な限り低減する手段のひとつとして分離処理を検討している。分離処理とは、ピクリン酸及びその塩類をあらかじめ除去した上で化学剤を処理する方法である。この方法で安全にピクリン酸を砲弾より取り除ければその後の工程での爆発リスクは極めて低減され、プロセス上の安全対策を軽減できる。

あか弾の場合は、ピクリン酸を除去した後にさらに炸薬筒に装填されている TNT までの工程で除去できれば、前処理工程での爆発リスクは皆無となる。以上の目的でピクリン酸の除去方法とその爆発リスクの評価を実施している。

### 3.2.3 今後の課題

#### (1) 実処理技術の選定

##### 1) メインプラントの技術選定

メインプラントとしては「冷凍破碎と燃焼法の組み合わせ方式」か「水ジェットと加水分解/湿式酸化組み合わせ方式」の二つの方法が第一次評価（前述）で高い評価を得た。

メインプラントの選定にあたっては現在進捗中の平成13年度の各種検証実験及び調査結果と2002年度の補足調査及び実験結果を反映して各々の技術評価を実施することとしている。

##### 2) サブプラントの技術選定

サブプラントについては対象化学兵器の性状と量、及び汚染廃棄物の性状と発生量、及びそれらの候補処理技術を検討中であるが、2002年度以降技術選定に必要な調査、実験を行い各候補技術を決定する予定である。

#### (2) 日中の合意

メインプラントに関してはその技術評価（日中協議の場合には二次評価と呼んでいる）と技術の選定については選定手順、評価項目等の評価手法を含めて日中合意の下で実施することとしている。

現在、上記のごとく各種実験及び調査が進捗しているが平成14年度末にはこれら完了してメインプラントの日本側の技術評価を終了し、平成15年度前半には日中合意の下にメインプラントの技術選定を完了する事を目指している。

#### (3) 立地場所の決定

立地場所に関する日中協議では、中国側より2~3の候補地が提示され、その中から最適な立地場所を日中で評価して選定することになっている。立地場所は上記の二次評価による実処理技術の選定と環境影響評価とも関連する。現在、日中間で鋭意検討を進めており、2003年度前半での決定を目指している。

#### (4) 基本設計の着手

以上の手順を踏んで実処理技術の選定と立地場所の決定が日中合意した後、正

式な基本設計に着手する予定である。