

令和7年度
一般社団法人
沖縄県磁気探査協会

火薬学の基礎

講習会の目的

- *講習では、「磁気探査技師試験」受験者を対象に、火薬学の基礎を学習する。

参考書籍

「火薬類取締法令集」

「火薬学」(第2版)

発行；日本火薬工業会資料編集部

1. 火薬類の定義

* 火薬類の定義には次の二通りの考え方がある。

学術的 定義

- 火薬類とは、**利用価値のある爆発物**で、**通常固体または液体**である。
- **外部から刺激を受けると急激な化学反応**を起こす。

法的 定義

- 火薬類取締法では火薬類を**火薬**、**爆薬**、**火工品**に分類して規定されている。

1.1 爆発と爆発物

(1) 爆発とは：急激な圧力の発生または開放によって、爆発音を伴ってガス膨張する現象

(2) 爆発物（爆発性物質）とは：

外的刺激によって爆発反応を起こす物質

* 火薬類の特徴：火薬類は成分中に、酸素を供給する成分と酸素によって酸化される成分を併せ持っている。(OCHN)

1.2 爆燃と爆轟 (爆発反応)

(1) 爆燃

- 爆発的な燃焼を**爆燃**という。
- 爆燃の伝播速度は**音速以下**。
- 爆燃の伝播する速度を**燃速**という。
- **ガス膨張による推進力**(静的効果、推進効果)が生ずる。
- **衝撃波は伴わない**。

1.2 爆燃と爆轟 (爆発反応)

(2) 爆轟

- 爆発性物質中を爆発反応が音速より早く伝わる燃焼を爆轟という。
- 衝撃波を伴う。
- 爆轟の伝播速度を爆速という。
- その作用は大きな破壊力 (動的効果、破壊作用) を伴う。
- 爆速 $2,000 \sim 8,000 \text{ m/s}$ に達する。

爆燃と爆轟の特徴を比較

	爆発反応の 伝播速度	衝撃波	発生する力	備考
爆燃	音速以下 (燃速)	伴わない	ガス膨張による推進力	主として 火薬
爆轟	超音速 (爆速)	伴う	爆轟衝撃による破壊力	主として 爆薬

1.3 火薬類の分類

(1) 組成による分類

化合火薬類	爆薬
混合火薬類	火薬
	爆薬

(2) 火薬類取締法令による分類

火薬
爆薬
火工品

第1.1表 火薬類の組成による分類

大分類	中分類	小分類	具 体 例
化合火薬類	爆 薬	硝酸エステル	ニトログリセリン ニトログリコール ニトロセルロース ペンスリット
		ニトロ化合物	TNT、テトリル RDX、HMX
		起爆薬に属するもの	DDNP、アジ化鉛 テトラセン トリシネート
混合火薬類	火 薬	硝酸塩を主とする火薬	黒色火薬
		硝酸エステルを主とする火薬	無煙火薬
		過塩素酸塩を主とする火薬	過塩素酸アンモニウム系 コンボジット推進薬
		酸化鉛、過酸化バリウム、臭素酸塩 またはクロム酸鉛を主とする火薬	コンクリート破碎器の破 碎薬
	爆 薬	硝酸塩を主とする爆薬	アンモン爆薬、硝安爆薬、 硝安油剤爆薬、含水爆薬
		塩素酸塩または過塩素酸塩を主とす る爆薬	カーリット
		硝酸エステルを主とする爆薬	ダイナマイト
		ニトロ化合物を主とする爆薬	TNT系爆薬

第1.2表 火薬類の火薬類取締法令による分類

分 類	種 類
1. 火 薬	イ. 黒色火薬その他硝酸塩を主とする火薬 ロ. 無煙火薬その他硝酸エステルを主とする火薬 ハ. その他推進的爆発の用途に供せられる火薬 (過塩素酸塩を主とする火薬) (酸化鉛、過酸化バリウム、臭素酸塩またはクロム酸鉛を主とする火薬)
2. 爆 薬	イ. 雷こう(汞)、アジ化鉛その他の起爆薬 ロ. 硝安爆薬、塩素酸カリ爆薬、カーリットその他硝酸塩、塩素酸塩または過塩素酸塩を主とする爆薬 ハ. ニトログリセリン、ニトログリコールおよび爆発の用途に供せられるその他の硝酸エステル ニ. ダイナマイトその他の硝酸エステルを主とする爆薬 ホ. 爆発の用途に供せられるトリニトロベンゼン、トリニトロトルエン、ピクリン酸、トリニトロクロルベンゼン、テトリル、トリニトロアニソール、ヘキサニトロジフェニルアミン、トリメチレントリニトロアミン、ニトロ基を3以上含むその他のニトロ化合物およびこれらを主とする爆薬 ヘ. 液体酸素爆薬その他の液体爆薬 ト. その他破壊的爆発の用途に供せられる爆薬 (爆発の用途に供せられる硝酸尿素およびこれを主とする爆薬) (ジアゾジニトロフェノールを含み、かつ、無水けい(珪)酸を75%以上含む爆薬) (亜塩素酸ナトリウムを主とする爆薬)
3. 火工品	イ. 工業雷管、電気雷管、銃用雷管および信号雷管 ロ. 実包および空包 ハ. 信管および火管 ニ. 導爆線、導火線および電気導火線 ホ. 信号えん(焰)管および信号火せん(箭) ヘ. 煙火その他火薬または爆薬を使用した火工品

(注)表中、()で示された火薬および爆薬は経済産業省令で定められたものを示す。

2. 砲弾、爆弾等に使われる火薬類

2.1 発射薬(推進薬)

(1) 黒色火薬：かつては発射薬に使われていた

成分：硝石(硝酸カリウム)＋硫黄＋木炭

特性：化学的に安定、火炎、打撃、摩擦に鋭敏、
吸湿性なし、煙が多い

(2) 無煙火薬

成分：ニトロセルロース、ニトログリセリン、
ニトログアニジン

これらは硝酸エステルに属する

特性：自然分解に注意、¹²安定剤を添加

無煙火薬の種類及び主成分

種 類	主 成 分
シングルベース 無煙火薬	ニトロセルロース
ダブルベース 無煙火薬	ニトロセルロース・ニトログリセリン
トリプルベース 無煙火薬	ニトロセルロース・ニトログリセリン ニトログアニジン

無煙火薬には、以上の3種類がある。

2. 砲弾、爆弾等に使われる火薬類

2.2 炸薬類(爆破薬)

* 炸薬の種類

P/A(ピクリン酸): 日本軍の炸薬の主力

TNT(トリニトロトルエン): 先の大戦では、各国で多用された

RDX(ヘキソゲン: 第2次大戦で使われた炸薬
可塑性、)

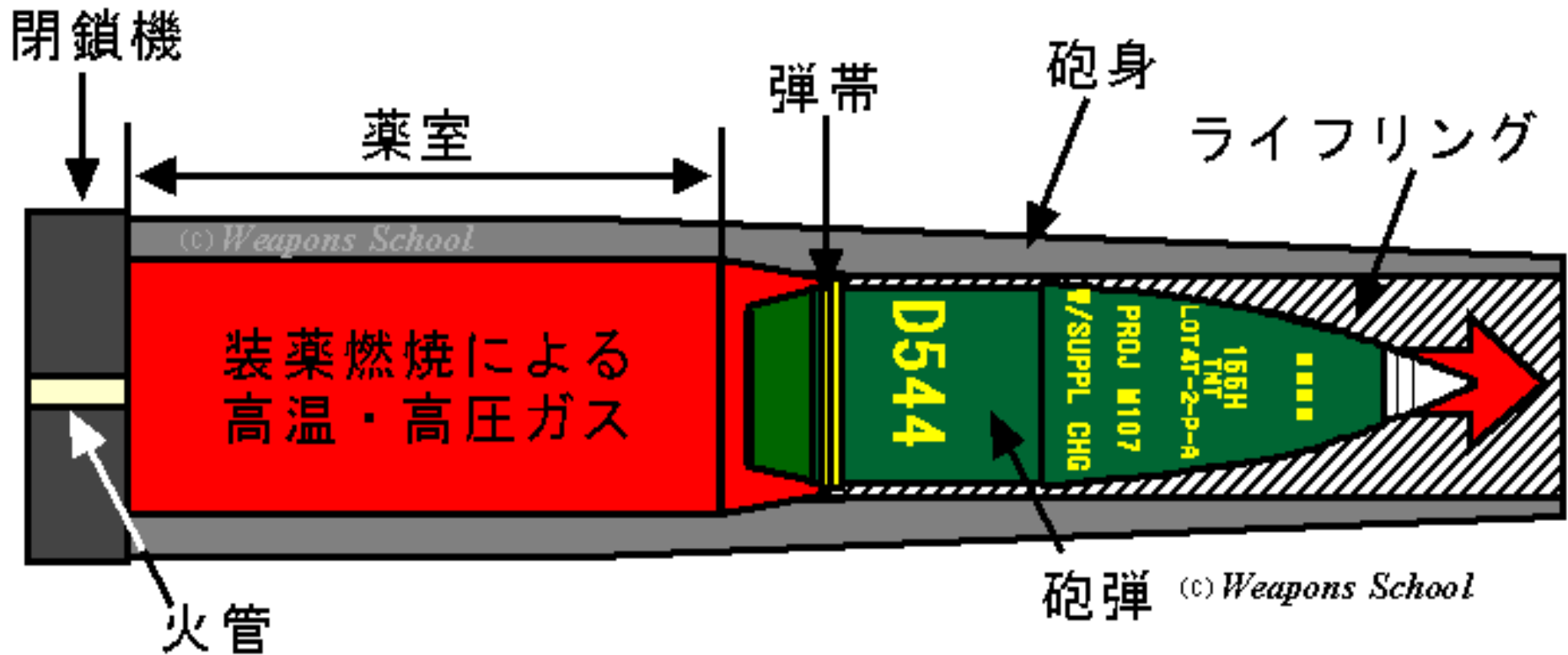
HBX(ハイブラスティング・エクスプローシブス)

PBX(プラスティックボンデット・エクスプローシブス)
可塑性爆薬

2.3 火工品類

ネットより引用

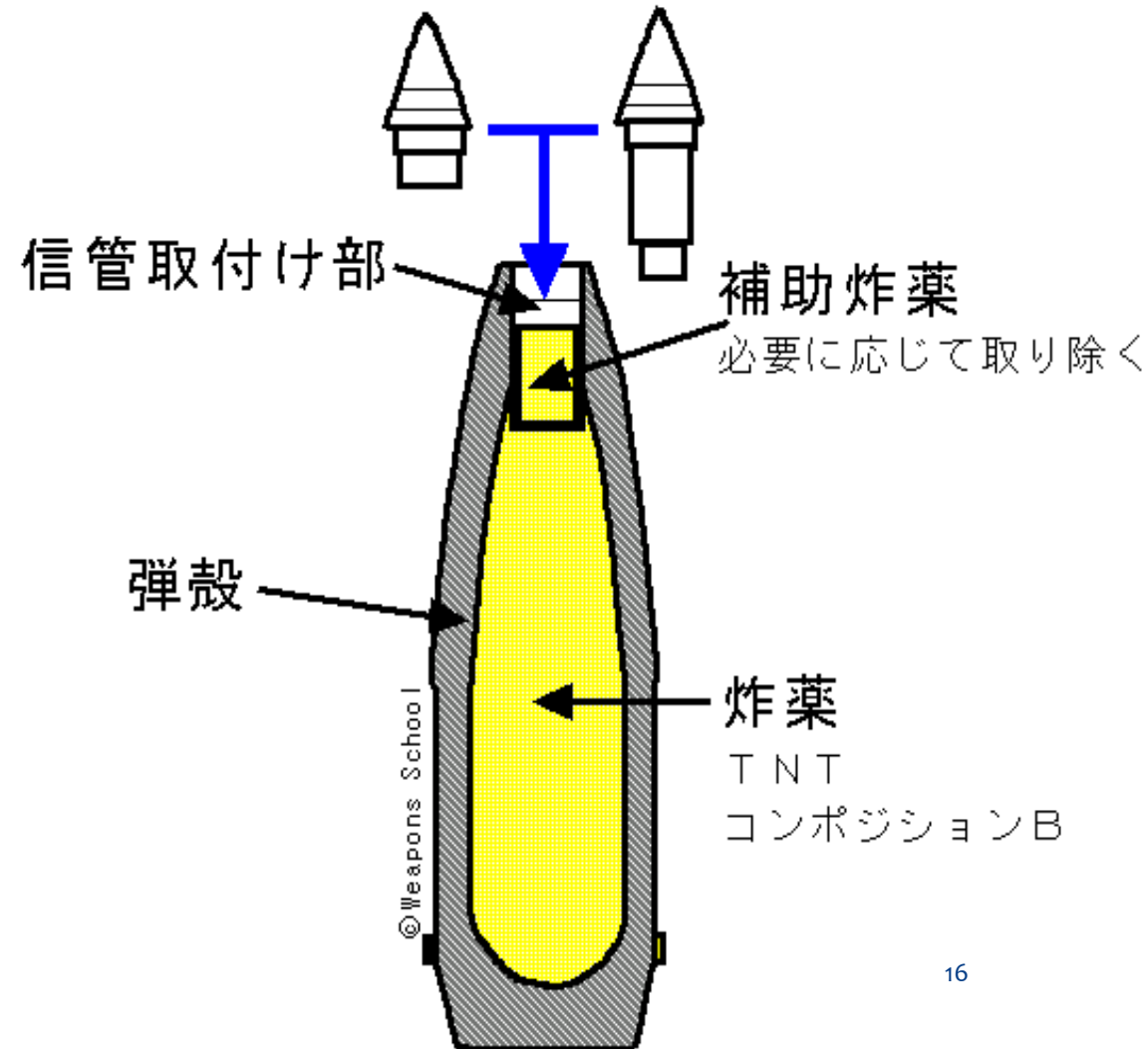
砲弾発射時、砲身内部略図



火管は、砲弾の発射薬に点火するために装着

M107 砲弾断面略図

信管 首下の長い信管は、
補助炸薬を取り除いて装着



信管部分は、僅かな外力で容易に爆発しやすい危険な部分である。
伝爆薬にテトリル等が使われている。

3. 軍用火薬類の性能

火薬類の性能	感度 (静的効果)	衝撃 打撃 摩擦 熱 火炎 安定度	* 外的刺激による発火・ 起爆の起こりやすさの 尺度 (感度)
	爆発効果 (威力)	仕事効果 (動的効果) 破壊効果	* 爆発時の威力

* 火薬類を効率的・安全に取り扱うための必須知識

3.2 砲弾・爆弾の爆発効果

- * 砲弾及び爆弾の爆発によって生ずる破壊力は、同じ種類の火薬類であっても、砲爆弾への装填方法や、弾殻の材質、構造等によって大きく異なるので、砲爆弾の外観からの予測は困難です。
- * 従って、不発の砲弾や爆弾の取扱いに当たっては、当然ながら、常に最悪の状態を想定しながら、慎重に対応しなければなりません。

4. 不発弾によくみられる火薬類

- * TNT (トリニトロトルエン、炸薬)
- * ピクリン酸 (下瀬火薬 炸薬)
- * テトリル (テトラニトロメチルアニリン、伝爆薬として信管に使用)
- * ペンスリット (ペンタエリスリトールテトラナイトレート、PENT、自然分解しにくい・伝爆薬として信管に使用)
- * ヘキソーゲン (RDX, シクロトリメチレントリニトロアミン、)
- * 起爆薬、点火薬 (信管等に使用)

産業火薬類

火薬(黒色火薬)

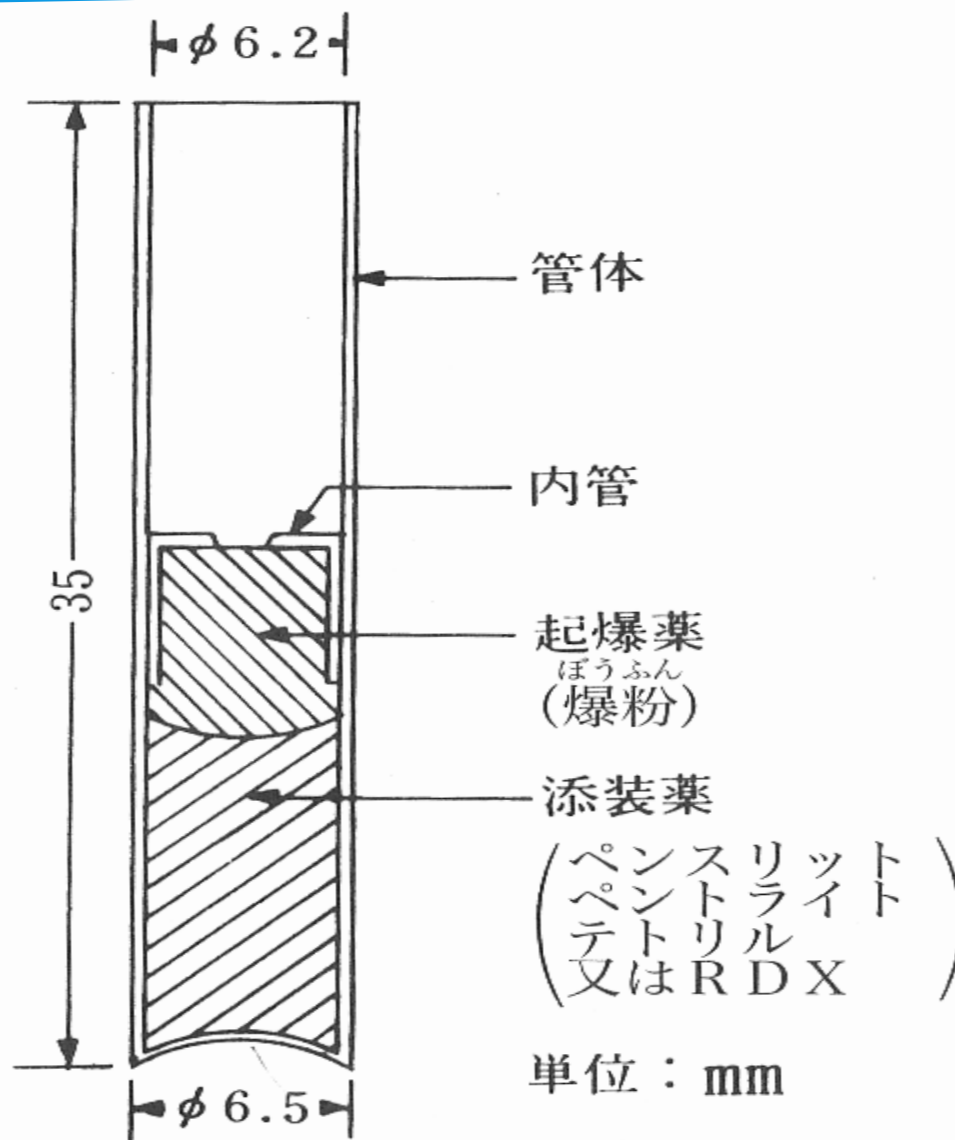
種 類	特 徴
黒色粉火薬	導火線の心薬に用いられる。粉末状、粒度0.1mm以下
黒色鋳山火薬	石材採取など、黒鉛で光沢をつける。径2～6mmの球状
散弾銃用(猟用)火薬	黒鉛で光沢をつけた猟銃の発射薬。径0.4～1.2mmの粒状
黒色小粒火薬	煙火の打揚げ(発射薬)。径0.4～1.2mmの粒状

爆薬

- * ダイナマイト：ニトログリセリン・ニトログリコール
ニトロセルロース・硝酸アンモニウム
- * 含水爆薬：水・硝酸アンモニウム・油剤
- * 硝安油剤爆薬：硝酸アンモニウム・軽油

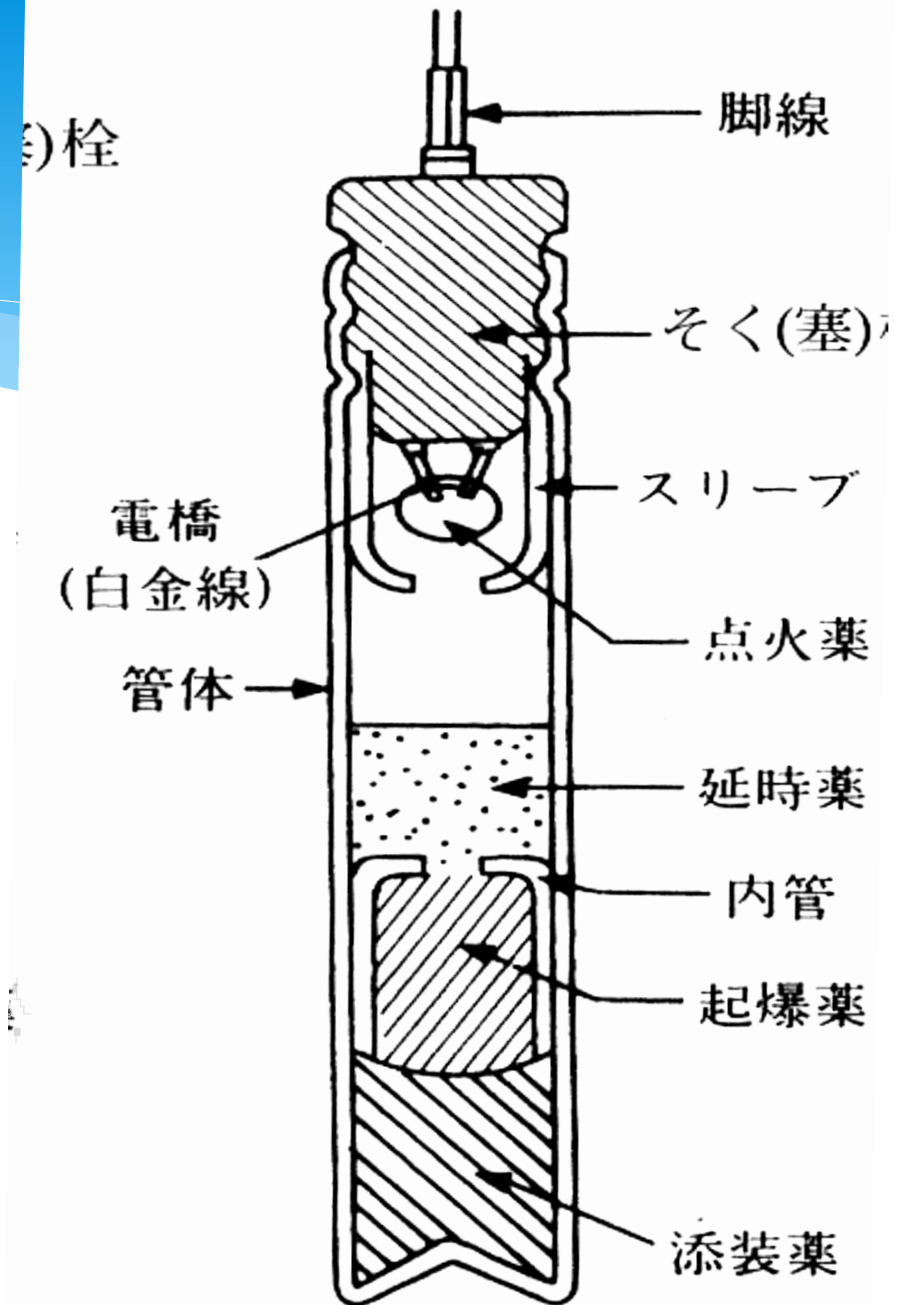
火工品

- * 工業雷管(起爆薬 + 添装薬)
- * 電気雷管(点火薬 + 延時薬 + 起爆薬 + 添装薬)
- * 導爆線(ペンスリット)
- * 導火線(黒色火薬)



第 4.2 図 工業雷管断面図

段発電気雷管の構造



導火線の容姿



* 径	燃焼秒時	内装	総重量
5mm	130s/m	10m×50巻×2袋	22kg
* 心薬に黒色粉火薬を使う			

導爆線の容姿



薬量	径	爆速	耐水性	内装
10g/m	5mm	6,000m/s	水深3m・3時間	250m×2巻

総重量
16kg

一端を起爆すると発生した爆轟を末端まで完全に伝達する。

化合火薬類の特徴

- * 化合火薬類をさらに小分類すると、「硝酸エステル」「ニトロ化合物」「起爆薬に属するもの」に分類される。

硝酸エステルは、酸素とニトロ基(二酸化窒素)が結合 ($-O-NO_2$)

ニトロ化合物は、炭素とニトロ基(二酸化窒素)が結合 ($-C-NO_2$)

起爆薬などは、窒素とニトロ基(二酸化窒素)が結合 ($-N-NO_2$)

- * 火薬・爆薬の主成分は、その分子内にニトロ基 ($-NO_2$) を持っているものがほとんどである。

化合火薬類の組成の一例

硝酸エステル

ニトログリセリン $\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$

ニトログリコール $\text{C}_2\text{H}_4(\text{ONO}_2)_2$

ニトロセルローズ $(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2)_n(\text{OH})_{3n-x}(\text{ONO}_2)_x$

ペンスリット $\text{C}(\text{CH}_2\text{ONO}_2)_4$

混合火薬類の特徴

- * 混合火薬類は、2つ以上の物質や化合物を混合したもので、元の物質や化合物の性質を有し、元の物質や化合物に分離できる。
- * 産業火薬のほとんどは、鋭感剤や酸化剤、可燃剤などを配合して作った混合物で、混合火薬類を中分類すると火薬と爆薬に分けられる。
- * 黒色火薬(硝石、硫黄、木炭)のように各成分は非爆発性であるが混合することにより爆発性を示すものもある。