

# 廃棄の技術基準等の見直し の方向性について

平成31年2月28日

鉦山・火薬類監理官付

# 目次

- I. 廃棄等の技術基準の見直しの方向性
  - (1) 廃棄に関する技術基準の見直し
  - (2) 安定度試験の見直し
  
- II. 消費の技術基準の見直しの方向性
  - (1) 坑内発破における装填設備による火薬類の装填
    - ① 爆薬を装填した際の込物の要否に関する基準の見直し
    - ② 装填設備に対する技術基準の見直し
  
- III. 規則における日本工業規格（JIS）の引用

# I. (1) 廃棄に関する技術基準の見直し

## (1) 現行の基準（規則第67条第1項）

廃棄処理時の災害を防止するため、火薬・爆薬、凍結したダイナマイト又は工業雷管など、火薬類の種類に応じて具体的な方法が定められている。

【現行の基準】

	火薬又は爆薬	工業雷管、電気雷管又は信号雷管（工業雷管等）	導爆線及び制御発破用コード	導火管付き雷管	銃用雷管
省令で規定されている仕様（抜粋）	少量ずつ爆発又は焼却すること。	孔を掘って入れ、雷管を使用して爆発処理すること。	雷管を使用して爆発処理すること。	雷管部は工業雷管等と同じ方法により爆発処理し、導火管部は燃焼処理すること。	孔を掘って入れ、雷管を使用して爆発処理し、又は燃焼炉を使用して燃焼処理すること。

**課題：**他の安全な処理方法であっても、技術基準で規定された方法以外は実施できない。

## (2) 見直しの方向性

廃棄方法の選択肢が広がるよう、性能規定化してはどうか。

（見直し後の規制イメージ）

・火薬類（不発弾等を除く。）の廃棄は、廃棄しようとする火薬類の性状に応じて、爆発処理、燃焼処理、分解処理、その他の安全な方法により行わなければならない。

# I. (2) 安定度試験の見直し (規則第57～62条)

## (1) 安定度試験の目的

- 硝酸エステル及びこれを含有する火薬又は爆薬は、その化学構造から、自然発火に至る危険性あり。
- 安定度試験により、火薬類の経時変化を確認し、自然発火（※1）による災害を未然に防止。

（※1）本資料では、火薬庫内に火薬類が貯蔵される場合に想定される環境下において、火薬類が自然分解を開始し、反応熱の蓄積により火薬類内部の温度が上昇し発火に至るものを「自然発火」と定義する。

### 【安定度試験と実施すべき火薬類の種類（現行の基準）】

		耐熱試験	遊離酸試験	加熱試験	実施時期
硝酸エステルおよびこれを含有する火薬または爆薬	製造後1年以上を経過	○(※2)	○(※2)		年に1回
	製造後2年以上を経過	◎			2年を経過した月から3ヶ月毎
	製造年月日不明	◎			入手直後、及び、その後3ヶ月毎
硝酸エステルを含有しない爆薬	製造後3年以上を経過		◎		年に1回
	製造年月日不明		◎		入手直後、及び、その後1年毎
	上2つの遊離酸試験において4時間以内に青色リトマス紙が赤変するもの			◎	

(※2) 表中「○」はいずれかの試験を実施することで良い。

## (2) 安定度試験の課題

**課題①**：「硝酸エステルを含有しない爆薬」は、自然発火に至る化学構造を持たないにもかかわらず安定度試験の対象となっており、製造業者等の負担になっている。

**課題②**：耐熱試験に使用する試薬（ヨウ化カリウムデンプン試験紙）は、一般に販売されておらず入手が困難。また、試験の判定に熟練を要する。

# I. (2) 安定度試験の見直し

## (3) 見直しの方向性

### 課題①について

- 硝酸エステルを含有しない爆薬は、その化学構造から自然発火することではなく、保安上支障がないと考えられることから、安定度試験の対象から外してはどうか。

#### <硝酸エステルを含有しない爆薬が安定度試験対象となった経緯>

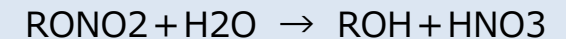
火取法の制定当時においては、ニトロ化合物のような爆薬は、製造工程で使用した強酸が残存すると酸による分解が起こることがあり得るとの懸念から、爆薬の本質に悪影響を与える不純分の安全検査として、硝酸エステルを含有しない爆薬も安定度試験を実施することとなった。

#### <硝酸エステルを含有しない火薬・爆薬の自然発火の可能性>

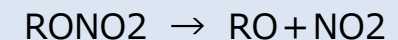
- 「硝酸エステルを含有する火薬・爆薬」の場合、自然界の水分や温度を契機として、右の2つの反応が自触媒的に進行。
- 徐々に反応熱が蓄積して温度が上昇し、自然発火に至るもの。
- この反応生成物である窒素酸化物量を安定度試験で測定。
- しかしながら、「硝酸エステルを含有しない爆薬」は、強酸が残存していたとしても、その量は限定的。このため、強酸により爆薬が分解されたとしても、局部的であり、自然発熱によって自然発火に至るまでに温度が上昇することは考えがたい。

#### [参考] 硝酸エステルの自然分解

- ① 空気中の水分による加水分解の開始。生成したHNO<sub>3</sub>を触媒とした更なる加水分解反応の促進。



- ② 熱分解により生成したNO<sub>2</sub>が、硝酸エステルを酸化。生成した硝酸等を触媒とした更なる酸化反応の促進。



### 課題②について

- 耐熱試験の方法に、検知管式ガス測定器を用いる方法を追加してはどうか。
- 検知管式ガス測定器を用いる方法の場合、合格基準を「110ppm未満」としてはどうか。

# 補足：火薬類の耐熱試験について①（耐熱試験の課題）

## 火薬類の安定度試験の概要

- 火薬類は経時劣化することがあるため、「安定度試験」の実施が必要（法第36条）。具体的には、遊離酸試験、耐熱試験、加熱試験を一定期間ごとに行い、不合格の場合は廃棄することとされている。（施行規則第59～61条）
- このうち「耐熱試験」は「アーベル試験」を採用。アーベル試験は、65℃に加熱した試料から発生するNOxにより、よう化カリウムデンプン試験紙の湿潤／乾燥の界面に発色が現われるまでの所要時間を目視で測定し、火薬の劣化状態を判定するもの。8分以上を合格としている。

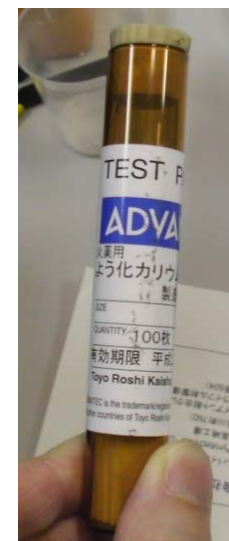
## 耐熱試験（アーベル試験）の機器等



65℃恒温槽



専用試験管と試験紙(内部)

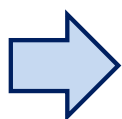
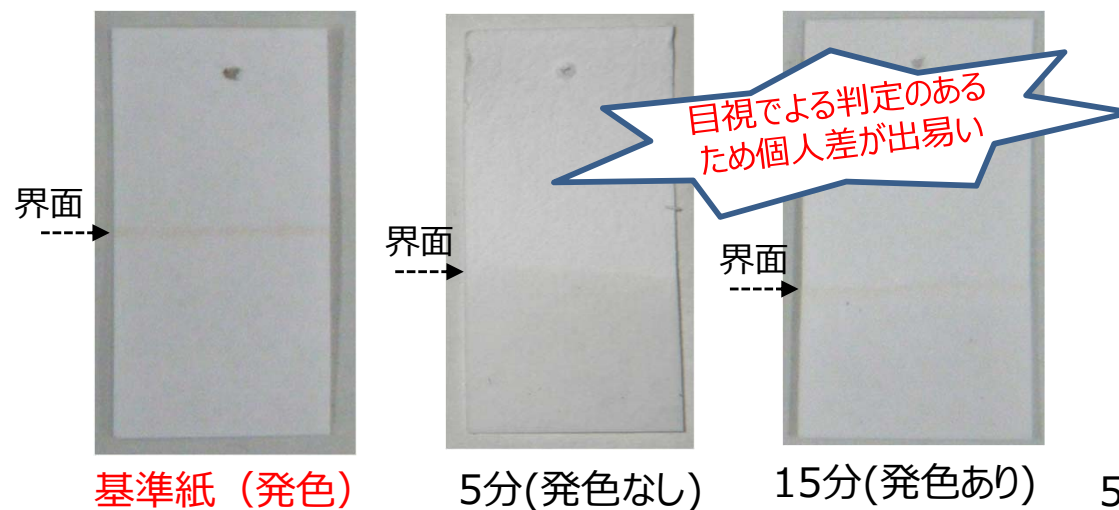


試験紙

## 耐熱試験（アーベル試験）の課題

- よう化カリウムデンプン試験紙の入手が困難（2年毎の注文生産）。
- 発色の判定は目視で行うため、①個人差が出る、②判断に熟練を要する、③熟練者の高齢化に伴う伝承が必要。

## 無煙火薬（15分変色）の測定例



**簡便で、より客観性のある試験方法の検討が急務。**



# 補足：火薬類の耐熱試験について②（検知管試験の開発）

## 検知管試験の概要

3ステップによる試験法を新たに開発（JIS K4810 への反映）※

※平成28～29年度 経済産業省「工業標準化推進事業」により産業技術総合研究所（安全科学研究部門）において開発。現在、JIS K4810へ反映手続き中。

①65℃加熱（8分）



②発生ガスの攪拌



③検知管によるガス濃度の測定



ガス濃度で安定性を評価  
（新たに濃度閾値を決める必要あり）

## アーベル試験と検知管試験の違い

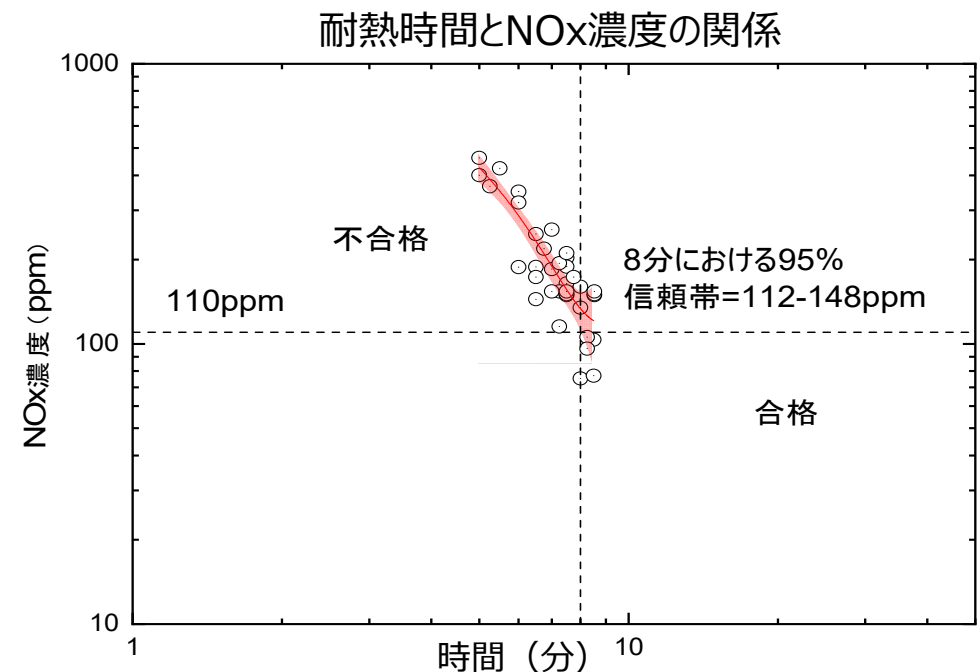
	アーベル試験	検知管試験
機材等の入手	試験紙の入手が困難	市販品での試験が可能
属人性	目視判定のため属人性あり	ガス濃度（数値）での判定のため属人性なし
誤差	±20%。中心値が8分では±1.6分	±10%。アーベル試験の中心値8分で±0.8分に相当。 （アーベル試験に比べて一般的に誤差は小さい）
測定効率	複数の試料の同時測定が可能	複数の試料の同時測定が困難

## 補足：火薬類の耐熱試験について③（検知管試験の閾値の決定）

アーベル試験におけるヨウ化カリウムデンプン試験紙の変色時間 8 分に相当する濃度閾値を決定する。

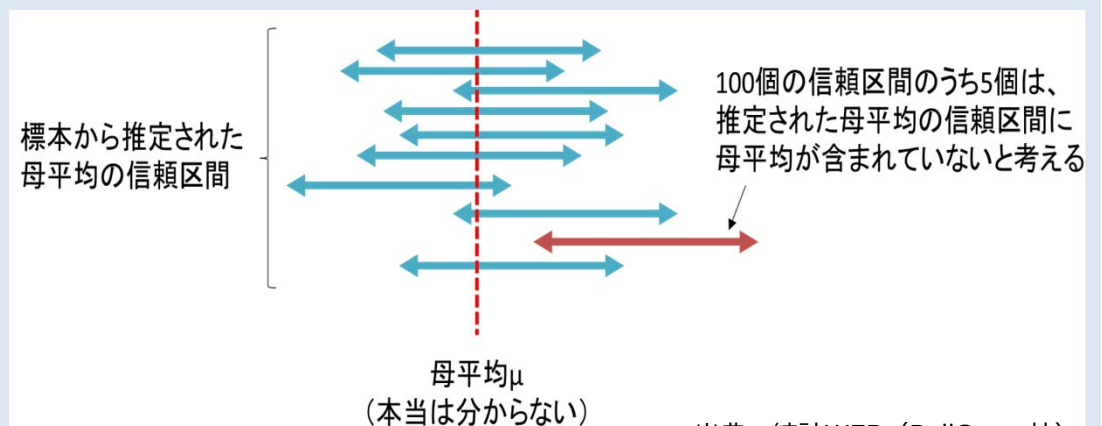
- ① 模擬劣化火薬を合成し、アーベル試験と検知管試験を同時に実施する。(n=40)
- ② 試験紙が発色した時間とその時のNOx濃度を測定する。
- ③ 発色時間とNOx濃度の関係の相関グラフを作成し、回帰分析を実施。
- ④ 発色時間8分において、**平均値=130ppm、95%信頼区間112~148ppmと算定され、同区間の下限值を閾値とする。**

➡ **閾値は110ppmとなる。**



### <参考>95%信頼区間について

- 「95%**信頼区間**」とは、**母平均**が95%の確率でその範囲にあることを表している。
- 母平均は決まった値であり、確率的に変化することはない。つまり、算出された信頼区間に母平均が「含まれる」か「含まれない」かのどちらか
- 正しくは、「**母集団から標本を取ってきて、その平均から95%信頼区間を求め、という作業を100回やったときに、95回はその区間の中に母平均が含まれる**」という意味



出典：統計WEB (BellCurve社)



## Ⅱ. (1) 坑内発破における装填設備による火薬類の装填

### ① 爆薬を装填した際の込物の要否に関する基準の見直し

#### (1) 現行の技術基準（規則第53条第1項第9号）

- 発破の際、飛石等の危害予防の観点から、発破孔に砂その他の発火性又は引火性のない込物を使用する必要あり。
- ただし、坑内において、特定硝酸アンモニウム系爆薬※を発破孔に装填するための装填設備（移動式製造設備を除く。以下本資料で同じ。）を使用して、同爆薬を発破孔の間に空隙が生じないように密に装填し、発破孔の奥から起爆する場合は込物を使用しなくても良い。

#### ※ 特定硝酸アンモニウム系爆薬

（平成16年告示第122号）

- 硝安油剤爆薬
- 含水爆薬であって、酸化剤として過塩素酸塩類又は塩素酸塩類、気泡剤としてガラス中空体、樹脂バルーン等の微小中空粒子及び金属粉等の鋭感剤※を含まないもの

※本資料では「鋭感剤等」と表記する。

#### ○現行の技術基準の整理表

＜前提＞ 坑内における発破 発破孔の間に空隙が生じないように密に装填 発破孔の奥から起爆			装填設備	
			移動式製造設備なし	移動式製造設備あり
爆薬の 種類	特定硝酸 アンモニウム系 爆薬	硝安油剤爆薬	込物不要	要込物
		鋭感剤等を含まない含水爆薬		
	鋭感剤等を含む含水爆薬		要込物	

## Ⅱ. (1) 坑内発破における装填設備による火薬類の装填

### ① 爆薬を装填した際の込物の要否に関する基準の見直し

## (2) 現行の技術基準の課題

坑内において発破を行う場合、落石・剥落等による労災を避けるため、装填作業時間を短縮したいが、以下の理由から、込物をする作業に要する時間の短縮の妨げとなっている。

### ① 込物を不要とする装填設備が限定されている

装填ができる移動式製造設備で装填する場合は込物が必要。

### ② 込物が不要な爆薬が限定されている

込物が不要なのは、「特定硝酸アンモニウム系爆薬」を装填設備により装填した場合のみ。

「鋭感剤等を含む含水爆薬」を装填設備により装填した場合は、込物が必要となる。

## ○技術基準の見直しの方向性

<前提> 坑内における発破 発破孔の間に空隙が生じないように密に装填 発破孔の奥から起爆		装填設備	
		移動式製造設備なし	移動式製造設備あり
爆薬の種類	特定硝酸アンモニウム系爆薬	込物不要	要込物 → 込物を不要に
	硝安油剤爆薬 鋭感剤等を含まない含水爆薬		
	鋭感剤等を含む含水爆薬	要込物 ↓ 込物を不要に	

## Ⅱ. (1) 坑内発破における装填設備による火薬類の装填

### ① 爆薬を装填した際の込物の要否に関する基準の見直し

## (3) 見直しの方向性

### ① 込物が不要な爆薬の種類の見直しについて

- 特定硝酸アンモニウム系爆薬については、
  - a) 硝安油剤爆薬は、現場の移動式製造設備で製造した爆薬を発破孔内に流し込むものと、工場で製造された粒状のものを装填設備で装填するものがある。
  - b) 鋭感材等を含まない含水爆薬は、現場の移動式製造設備で製造した爆薬を発破孔内に流し込むもの。
  - c) aもbも（紙巻状のものと異なり）穿孔内に機械装填した場合は空隙が発生しにくい。
- 鋭感剤等を含む含水爆薬は、工場で製造された紙巻状のものもあるため、装填設備によって装填しても、粒状やゲル状の爆薬に比べれば、発破孔との間に空隙が生じる可能性がある。
- このため、鋭感剤等を含む含水爆薬を込物なしで使用した場合の飛石距離への影響等について、実験事例等を精査した結果、込物ありで使用した場合と飛距離において著しい差は無く、また防護措置等により安全性は十分確保され得ると判断できる。
- よって、鋭感剤等を含む含水爆薬についても、込物を不要としても良いのではないか。

### ② 込物を不要とする装填設備の見直しについて

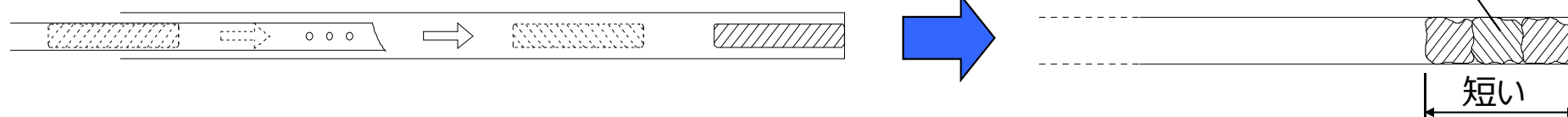
- 爆薬と発破孔との間に生じる空隙の発生が発破の効果や飛石の状態等に影響を及ぼすとされており、装填設備に移動式製造設備があるか否かは、発破の効果や飛石に影響は及ぼさない。
- よって、移動式製造設備がある装填設備を用いて装填する場合であっても、込物を不要としても良いのではないか。

# 参考：爆薬の装填方法と穿孔内での爆薬の状態・発破の効果等への影響について

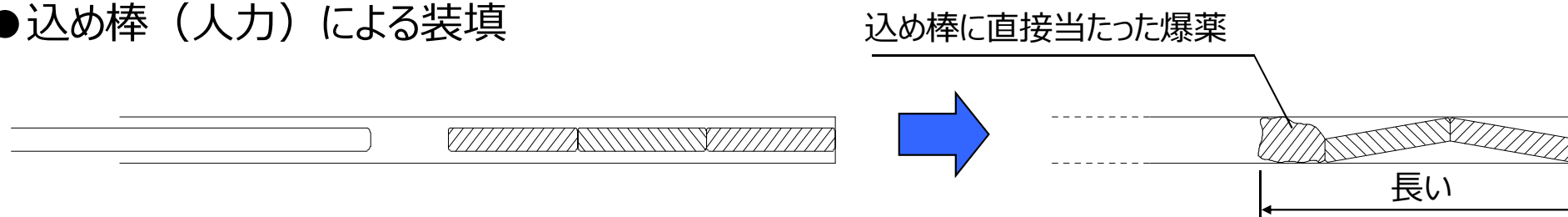
- ▶ 同じ性状の爆薬であっても、装填方法に応じて発破孔内の空隙の状況は異なる。例えば、紙巻状の爆薬について、装填機で装填した場合は、込め棒による場合より、空隙の少ない密な充填をすることができる。
- ▶ 穿孔内の空隙の発生状況は、発破の効果や発生する飛石の状態に影響することが知られている。

## 孔内での充填状況模式図

### ● 装填機による装填



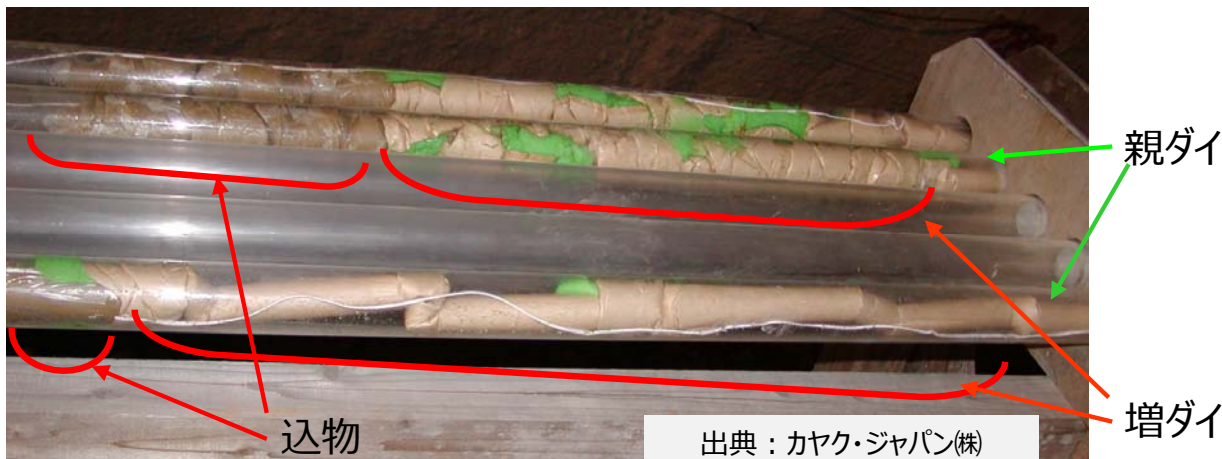
### ● 込め棒（人力）による装填



## 塩ビパイプへの充填試験結果

装填機による装填

込め棒（人力）による装填



# 補足：鋭感剤等を含む含水爆薬の発破における込物の効果（実験事例からの考察）①

➤ 鋭感剤等を含む含水爆薬を込物なしで使用した場合の飛石距離への影響等について、実験事例を基に検討。

## トンネル発破における込物なし発破の安全性評価報告書（平成31年2月 日本火薬工業会）（参考資料2）

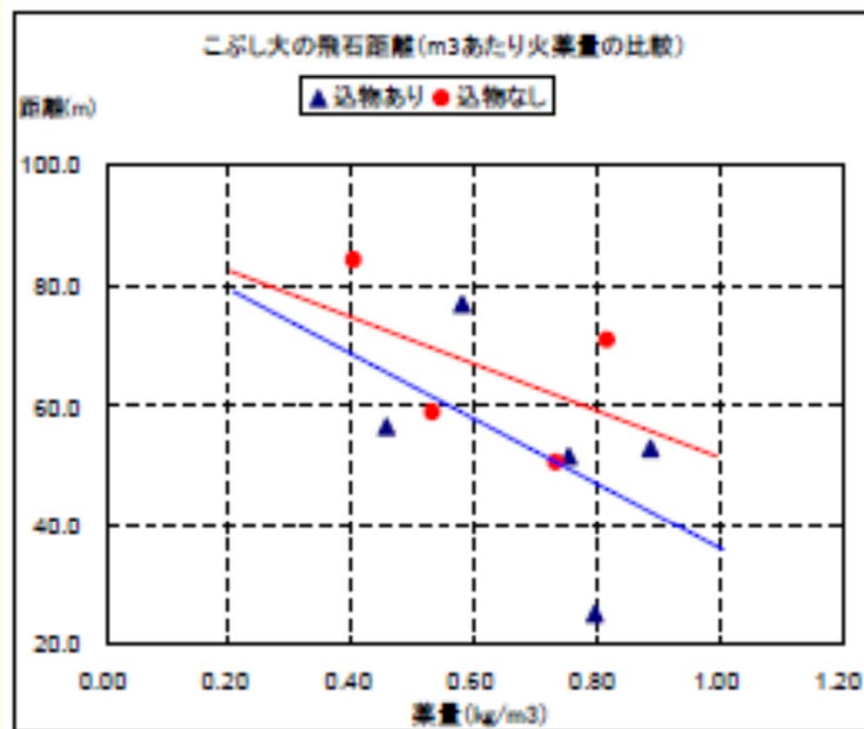
### ① 実験条件

トンネル工事現場において以下の爆薬・条件により飛石確認試験を実施。

- (a) 込物あり／機械装填／増ダイ：紙巻含水爆薬
- (b) 込物なし／機械装填／増ダイ：紙巻含水爆薬

### ② 結果

- 飛石距離は「込物なし」が約13m（約26%）長いという結果（右表）であったが、統計的に検証しても有意な差はない（右図）。
- 「込物なし」でも不発残留爆薬は確認されなかった。



	込物あり	込物なし
回帰式	$-53.8x + 90.0$	$-39.0x + 90.2$
重相関	0.51	0.50
標準誤差	18.3	15.6

表：こぶし大の飛石の距離

試験No.	込物	飛石距離(m)
1	あり	52.8
2	あり	51.6
3	あり	25.2
6	あり	76.8
8	あり	-
9	あり	56.4
4	なし	58.8
5	なし	70.8
7	なし	50.4
10	なし	84.2

(単純平均) 込物あり 52.6m  
込物なし 66.1m

図：m<sup>3</sup>あたりの火薬量と飛石距離の関係



## 補足：鋭感剤等を含む含水爆薬の発破における込物の効果（実験事例からの考察）②

### 考察

- 「トンネル発破における込物なし発破の安全性評価報告書（平成31年2月 日本火薬工業会）」によれば、込物なしの場合の飛石距離の伸びは有意な差ではない（ばらつきの範囲）との評価。
- しかしながら、データとしては、込物がない場合は飛石距離に伸び（約13m（約26%））が測定されている。
- 実際の現場では、発破の際には十分な距離の退避や、避難所の活用等により安全確保をとることとしている。（規則第53号第1項第5号に基づき、発破の際には、十分な距離の退避や点火小屋の設置等により作業員の安全確保を実施。）
- したがって、込物をしないことにより仮に上記のような飛石距離の伸びがあったとしても、坑内発破においては安全性は十分確保され得る。

### 規則第53条第1項（発破）

火薬類の発破を行う場合には、次の各号の規定（坑道式発破については、第六号、第七号から第九号までの規定を除く。）を守らなければならない。

一～四（略）

五 発破による飛散物により人畜、建物等に損傷が生じるおそれのある場合には、損傷を防ぎ得る防護措置を講ずること。

六～十六（略）



出典：カヤク・ジャパン(株)

トンネル内の点火小屋の例

## Ⅱ. (1) 坑内発破における装填設備による火薬類の装填

### ② 装填設備に対する技術基準の見直し（規則第53条第1項10号～15号）

#### (1) 現行の技術基準

- 「特定硝酸アンモニウム系爆薬」を装填する装填設備には技術基準が設けられているが、「鋭感剤等の入った含水爆薬」を装填する装填設備は、技術基準の遵守を求められていない。

#### 【特定硝酸アンモニウム系爆薬を装填する装填設備に求められる技術基準の概要】

##### 省令で規定 されている 仕様

装填中に異常が発生した場合に、直ちに装填を中止することができる構造とすること。

装填設備に備え付ける装填するためのホースは十分な強度を有し、摩擦、衝撃及び静電気に対して安全な措置を講ずること。

内面は腐食し難く、かつ、特定硝酸アンモニウム系爆薬の分解を促進させない材質を用いたものとする。

使用するときは、金属部は接地しておくこと。

装填設備は常に掃除し、鉄又は砂れき等が特定硝酸アンモニウム系爆薬に混入することを防止し、強風による砂塵の飛揚がある場合には、装てん設備の付近に散水する等の適切な措置を講ずること。

装填設備により特定硝酸アンモニウム系爆薬を装てんする場合は、適切な圧力により装てんを行うこと。

#### (2) 見直しの方向性

- 鋭感剤等の入った含水爆薬を装填するための装填機にも、当該技術基準を適用されるべきではないか。

(見直し後の規制イメージ)

- ・内面は腐食し難く、かつ、硝安油剤爆薬又は含水爆薬の分解を促進させない材質を用いたものとする。
- ・装填設備は常に掃除し、鉄又は砂れき等が硝安油剤爆薬又は含水爆薬に混入することを防止し、～（略）～。
- ・装填設備により硝安油剤爆薬又は含水爆薬を装てんする場合は、適切な圧力により装てんを行うこと。

### Ⅲ.規則における日本工業規格（JIS）の引用（規則第59条、規則第60条）

- 現状では、安定度試験の試験方法は、規則において具体的に定められている。
- ①規則の規定ぶりをスリム化するとともに、②将来のJISの見直し等にも柔軟に対応できるよう、JISを引用する形に修正する。

#### 【引用するJIS】

	番号	名称	項目
遊離酸試験	JIS K 4810	火薬類性能試験方法	5.1.2 遊離酸試験
耐熱試験	JIS K 4810	火薬類性能試験方法	5.1.1 耐熱試験

#### （見直し後の規制イメージ）

- 遊離酸試験は、日本工業規格K4810の5.1.2に適合する方法によらなければならない。
- 耐熱試験は、日本工業規格K4810の5.1.1に適合する方法によらなければならない。