

高 温 度 ト ン ネ ル 内 の 發 破

會 員 南 坊 平 造*
會 員 吉 川 英 吉**

目 次

- | | |
|----------------|-------------------|
| I. 序 言 | IV. ダイナマイトの取扱制限温度 |
| II. 災害とその前後の事情 | V. ダイナマイトの高温耐熱試験 |
| III. 災害の豫防に就て | |

I. 序 言

阿曾原から人見平までの第 2 トンネル工事は夢想だにしなかつた温泉地帯の高熱岩盤にぶつつかつた。5°C の第 1 トンネル内をぶるぶる震へながら 1 時間もかかつて阿曾原に出て見上げると名瀑が白雪をいただいた峯からドウドウ地響をたてて残雪の中に落下し瀧壺も第 1 トンネルの出口もまだ丈餘の積雪に埋もれてゐる。ところがその雪溪を背景にして別府の地獄よりも凄い湯気が地鳴りを伴つて中天高く噴出してゐるではないか。「あれが第 2 すなはち高熱トンネルから噴出する湯気です。湯が頭に落ちると大火傷をしますよ」と案内の澤崎信義氏に脅された記者は防水帽や防水マントで身を固めて、高熱トンネルに入つた。夏なほ寒い第 1 トンネルとくらべてここは一體どうしたといふのだ。凄い蒸し風呂トンネルで眞つ裸の工夫がキャンバス製のマントを頭からかぶつて、トロを押してゐる。天井も側壁もトンネルの周囲は熱湯の噴出で湯気は濛々と立ちこめ気温は奥に進むにしたがつて急速に上昇する。「このあたりは 60°C くらゐですか」と現場の人の聲も耳は鳴り心臓は動悸を打つてとても聞いて居れない、さらに奥へ進むと、一群の工夫が消防手そのままにホースの尖を揃へて岩盤に水をぶつけてゐる。岩盤の熱度は 130°C、雪解水も忽ち湯氣となつてゆく。「水をかけないとトンネル内の温度は 70°C 以上になり労働などとてもできません。水で岩を冷やし、雪で冷した冷風をファンで送り込んでやつと 60°C に下るのです。どんな頑丈な労働者でも一時間とはつゞけて仕事はできません。ちよつと働いては残雪のうへに飛出し雪解け水で汗をふいて休養してまた少し働くのです。かうして 1 日の労働時間は正味 3 時間くらゐでせう」といふ。鑿岩機の錐が水脈に達した途端 熱湯が噴出して胸腹部に大火傷を負ふもの、ダイナマイトが岩盤の高温のため縮火薬とニトログリセリンに分解、点火せぬうちに爆發するなど、恐しい惨事もつぎつぎに起つた。しかし「今冬の渇水期には何とかして發電しなければ死んでも死にきれない」と負けじ魂の権化みたいな現場の人々は迹二無二高熱地獄に飛び込んだ。特殊のダイナマイトを考へ出し、これを熱の不導體で包んで装填する新案も發明された。1 日 1 尺、2 尺僅かながら刻々に征服して行つた。ここで熱岩と取組み合ふ人間の偉大な努力は酬いられ遂に去る 6 月 13 日誘導水路と運搬軌道の 2 本のトンネル貫通に成功したのである。全員嬉し泣きの涙のうちに萬歳を唱へたといふがそれほどこの高熱トンネルは難工事であつた。(昭和 15 年 7 月 17 日大阪朝日新聞電源を拓く=水力の巻 (2) 世界に稀な高熱トンネルより。)

* ** 日本火薬製造株式会社技師

II. 災害とその前後の事情

昭和13年8月28日午前1時 富山縣下新川郡黒部奥山阿曾原第12號隧道(佐藤工業現場)で、發破準備中に裝填藥が穿孔内の高温度の爲に自然爆發を起し現場に居合はせた従業員中即死5、重傷死1、重傷3名を生じたと云ふ大事故が起つた。爆發したのはチタ甲櫻ダイナマイト藥徑32mm 75gであつたが同工事場には當社山櫻ダイナマイトを納入し同一目的に使はれた關係上現場の希望で當社からも筆者等は災害現場の調査を行つた。

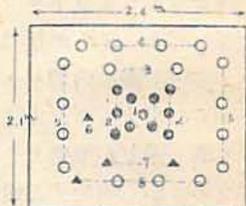
12號隧道は延長317m 断面は高さ2.1m、幅2.4mで災害當時には入口より100m迄掘り進んでゐた。坑口から約60m入つた所では40~60°Cで長時間留まつて作業する事が困難で穿孔内の温度は96~115°C(後に精確に調べた結果130°Cある事が判つた)その状況は序言に持つて來たジャーナリストの現地報告に良く書いてある通り通風と切羽の冷却に意を用ひて居た。

穿孔配置と裝藥は右圖の様である。孔深は何れも1.5m。

- | | | | |
|--------|----|--------|----|
| 1. 中心抜 | 5本 | 5. 拂 | 8本 |
| 2. 外心抜 | 6本 | 6. 拂助 | 1本 |
| 3. 天磐助 | 2本 | 7. 踏前助 | 2本 |
| 4. 天磐 | 4本 | 8. 踏前 | 4本 |

▲ 8月29日午前4時迄に爆發せしもの

● この孔の裝藥は爆發せず分解す。



●及▲印の14孔にチタ甲櫻藥徑32mm 75g 29本を裝填(雷管附藥包は未裝填)した時爆藥の不足に氣付き、小頭は火藥庫へ取りに出掛けられた留守中(裝填開始後30分位経過)爆發が起つた。裝填孔14の中11孔は27時間内に順次に爆發し、残りの3孔は孔外へ褐色液體が流れ出してゐた。高温度による自然爆發と考へられる。

III. 災害の豫防に就て

坑道掘進して行く中孔内温度が昇つて50~60°Cとなり、切羽温度は120°Cに達した。そこへ裝填藥をその儘に置くとダイナマイトが徐々に分解してドロドロした液が孔から流れ出す事があつた。責任者は製造者の一つである武豊火藥製造所に対して

1. ダイナマイトの融點は攝氏何度であるか。
2. 坑内温度50°C乃至60°Cの箇所で使用して危険が無いか。
3. ダイナマイトの爆發温度如何。

と言ふ質問を出した。製造所には初めに書いた様な自然分解の事情が判らないので、文字通り之を解釋して次の返事を送つた。

1. 普通ダイナマイトの融點は測定不能だから確答出来ない。何となればダイナマイトは180°Cで爆發するから。
2. 坑内温度50~60°Cの箇所に長時間貯蔵する事は不可であるが、發破の爲短時間取扱ふ際には取扱が粗暴でない限り危険でない。
3. ダイナマイトの爆發温度は180°Cである。

質問者はダイナマイトが分解して穿孔から流れ出す温度を融點とし、解答者は眞正の融點を

以つてしたので間違が起きた。そこで質問者は解答書を読んでダイナマイトは 180°C 以上にならぬと爆發しない。従つて孔の温度 120°C 位であれば何等危険が無いと考へた。この時製造所の技師を現場へ招致して検討されたとすればこの災害は起さずに済んだかも知れない。

IV. ダイナマイトの取扱制限温度

取締法規を調べて見ても使用の限界温度は書いてない。銃砲火薬類取締法施行細則 29 條には「火薬類貯蔵所に爆薬を貯蔵する場合に於て 9°C 以上 36°C 以下を保つことに注意すべし」とあり、同施行細則 27 條 10 に「ダイナマイトの凍結品の融解は温湯に浸して融解せしむべし」とありこの温湯は 45°C~50°C と考へられる。

細則 26 條の 6 のダイナマイト製造所の規定には温度の制限が記されてゐないが細則 26 條の 9 の硝化纖維素とナイトログリセリンとの結合物(コルダイト類)の製造所の規定 22 には乾燥工場内の温度は 50°C を超えしむることを得ずとある。然し時間の制限が無く普通 1~6 日間乾燥温度が保持せられてゐる。

細則 46 條の耐熱試験では膠質ダイナマイトは米粒大に細断し滑石粉を倍量加へ軽く混ぜたものを 65°C に加熱して 30 分以下でその分解の徴候を検査することになつてゐる。製造業者の行ふダイナマイトの耐熱試験は通常 72°C で行はれる。その使用に際しては何等温度制限が行なはれてゐない。ダイナマイトの製造中特に加温の行はれる膠化(豫和)和作業の制限温度は文献によると 45~50°C になつてゐる。

V. ダイナマイトの高温度耐熱試験(その 1)(後記實驗報告参照)

A. トーマス式 95°C 加熱試験

蘭領東印度へ輸出するダイナマイトは先方の規定によつて 95°C の加熱試験を行つた。即山櫻ダイナマイト試料(アベル試験 72°C で 2~21 分のもの 6 種)各 10 g を湯浴中 95°C で 8 晝夜密閉加熱したが試料は原形(徑 20 mm, 高 20 mm)が高さ 13 mm に崩れたが赤色瓦斯を認めず僅に酸化窒素瓦斯の臭氣があり減耗量は 2~2.8% に過ぎなかつた。

B. 銅製圓筒發火點試験

内徑 16 mm, 深 160 mm の(25 cc 容)試験管に試料 0.5 又は 1 g を容れたるを銅製圓筒に挿入し分解又は爆發状況を試験した。

試料 0.5 g の時 山櫻は 150°C で 18 分で爆發。山桐、3 號山桐は 8~9 分で爆發。2 號山櫻、3 號山櫻、紅梅は發火しその時間は後の物程長く 30~50 分である。硝ダイは極めて微弱である。

試料 1.0 g の時 山櫻、山桐何れも 140°C で爆發した。其他のものは一般に時間を短縮したが紅梅だけは分解時間が延びた。

この實驗では藥量が増加すれば爆發温度が下降する事は判つたから實際裝藥量に近い裝藥量で成るべく實際に近い填塞を施す必要を認めた。

C. 試料 10 g による高温度耐熱試験(後記實驗報告 A. 参照)

内徑 21 mm, 深 110 mm の銃力筒の底に 10 g の爆薬を裝填し豫め所定沸點に調整したグリセリン浴に浸し。

(イ) 各種ダイナマイトの不爆發温度

	山松	山櫻	山桐	紅梅	硝安ダイ ナマイト	2 號硝安ダイナマイト
不爆温度	130°C	135°C	110°C	155°C	125°C	125°C (5 時間以上)
爆発温度	135°C	140°C	115°C	170°C	130°C	130°C
爆発時間	28~40分	43~48分	40~62分	10~14分	42~61分	16~31分

これに依つて薬量の増加に依つて爆発温度が大分低くなり、山桐、硝ダイの如き硝酸アンモンを含むものは著しく低く、紅梅ダイナマイトは意外に安定であつた。

(ロ) 山櫻及紅梅の試験

アベル耐熱度の異なる 4 種の山櫻及紅梅ダイナマイトに就き試験の結果

山櫻	不爆温度	136°C (24 時間以上)
紅梅	〃	146°C (5 時間以上)

製品のアベル耐熱度は大なる影響は無かつた。又紅梅ダイナマイトの耐熱度は山櫻と大差が無い。之はダイナマイトの高温度の分解はニトログリセリンと綿薬との膠化物の分解によつて起る事を示してゐる。又爆否は 2 時間以内に決るからそれ以上の長時間加熱は結果に差異を生じない。

D. 試料 100 g 及 250 g による高温度耐熱試験 (實驗報告 B 参照)

内徑 40 mm, 深 310 mm の鋳力筒に装薬シロ許を粘土で填塞し豫め一定の沸點を保つ如く調節せるグリセリン浴に挿入し、10 時間宛加熱した。その結果連続 5 回不爆発の温度は下の如く

山櫻	100 g	118°C	250 g	116°C
紅梅	100 g	122°C		

となり、100 g 以上では薬徑を同一にしたから温度差は極めて少なかつた。又紅梅と山櫻との差も殆んど僅少である。

不爆物を分析した結果原ニトログリセリンの 5%, 綿薬の 88% が分解してゐる事が判つた。即綿薬の分解速度が耐熱度を左右してゐるのだ。

E. 雷管の高温度耐熱試験 (實驗報告 C 参照)

雷管に導火線を挿入して (密閉状態にしたものを) 鋳力管に入れ周圍に砂を填めて之を一定沸點としたグリセリン浴に浸し爆発温度を試験した。

雷管雷管なれば 110°C が不爆温度であるに對してテトリール雷管 (櫻印 6 號等) は 126°C が不爆温度である。即テトリール雷管は雷管の分解によつて爆発する。その程度は雷管の量が多い程烈しい事が判つた。

以上の諸實驗に依つて雷管を挿入した爆薬はダイナマイト、カーリットの何れたるを問はず 110°C 以上になれば爆発の公算がある事が實驗的に證明せられた。實際には之に加へてどんな原因があるかも知ないから 100°C 以上に加熱する事は危険と考へるべきである。

一般的には更に安全率を見込んで例へば 70°C 以下とでも制限すべきであらう。

そこで次に來る問題は切羽の温度 130°C の所でも填薬から點火迄の間に藥温を制限温度例へば 70°C 以上に上げない工夫する事が必要である。その爲に次の實驗を行つた。

F. 構造ダイナマイトの昇温防止實驗 (研究報告 D 参照)

構造ダイナマイトを鋳力筒に填めその外側に冷却水を環流し得る様にした装置を 150°C の熱湯中に浸した。結果は流水量によつて差異はあるが満足し得べき結果が得られた。

G. 黒部高温度隧道にて災害後採用せる發破法

1. 換氣装置を完備し坑内温度の低下を計る.
2. 岩盤に冷水をぶっかけ岩面を冷却す.
3. 鑿孔内に鐵管にて冷水を注入し孔内の温度を 40°C 以下に冷却す.
4. 冷却後鑿孔内の温度が漸次元の高温度に復する時間を點檢し, 40°C より 60°C までに上昇する時間を確かめ其の程度の時間内に於て裝藥, 點火までの作業を完結する. 之の時間短く操作に所要の時間を得難き時は第 3 項の孔内冷却限度 40°C を 30°C 或は 20°C に下げて調節する.
5. 一孔内の裝藥量は 600~700 g に制限する.
6. 裝填の操作を早からしめ且つ藥包を直接岩盤に接觸するを防ぎ感温遲延を幾分なりとも効果的ならしめるため藥包は之を長さ 1 本の紙筒 (ボール紙製) に納め之を鑿孔内に挿入して裝藥す.

上記方法を勵行する事により再び災害を繰り返す事なく掘鑿を進め本年 6 月 13 日災害後約 2 年にしてさしもの難工事を完成した.

最後にこの實驗を擔當して文字通り晝夜兼行以て實驗計畫を完遂して入替した實驗工具吉田敏雄君の努力に感謝の意を表するものである.

以上

A. ダイナマイトの高温度耐熱試験 (その 2)

I. 概 要

目的 高温度に於ける工業爆藥の爆發温度に関する文献少く實用最高温を測定したるもの無き爲不慮の災害を被むる恐れあるを以て, ダイナマイト藥量 10 g につき最低完全爆發温度, 最高完全不爆發温度を求めんとす. (試験期日 自昭和 13 年 11 月 2 日 至昭和 14 年 5 月 28 日)

II. 試 料

(イ) 日火製品各種ダイナマイト

符號	名 稱	製造年月日	N/g	NaCl	Borax	Abel Test (72°C)
M	山 松	13. 12. 9	90.0			18'
S	山 櫻	"	58.0			20'
C	山 桐	"	40.0			19'
K	紅 梅	13. 12. 11	50.0		26.0	18'
D 1	硝 ダ イ	"	15.0	23.0		30' 以上
D. 2	二號硝ダイ	"	8.0	20.0		30' 以上

(ロ) 耐熱度異なる 4 種 (17 分, 20 分, 23 分, 25 分) のニトログリセリンを用ひて各 4 種の山櫻及び紅梅ダイナマイトを試製したるもの.

符號	名 稱	製造年月日	N/g	Borax	耐熱分數 72°C	
					N/g	ダイナマイト
S-1	試製山櫻	13. 10. 9	58.0		17'	16'
S-2	"	13. 10. 10	"		20'	18'
S-3	"	"	"		23'	21'
S-4	"	13. 10. 12			25'	24'

而して藥筒をグリセリン浴に裝備したる時より爆發に至るまでの時間を測定し、其の温度に於ける爆發點とす。爆發せざる場合は藥筒裝備より 5 時間又は 24 時間連続加熱す。

注意事項

(1) 試験前、加熱罐及び藥筒に水漏無き事を充分検査する必要あり、萬一水漏のする場合は加熱試験中グリセリン流出し引火し危険なり。

(2) 藥筒は試験前熱湯にて清掃し銹汚物、粘土等は筆先にて充分拂ひ落す事、有機物、硝酸アンモン等附着せる場合は爆發温度に著しい差位を生ず。

(3) 填塞に使用する粘土は有機物少なく水分一定なる物たる必要あり、填塞の水分有機物により爆發温度に著しい差位を生ず。

(4) グリセリン浴は藥筒裝備前冬季なれば 1 時間、夏季なれば 40 分以上の沸點検査を必要とす、之を怠る場合は加熱試験温度に差位を生じ實驗誤差甚し。特に 156°C 以上の場合は嚴重に行ふ必要あり。

沸點検査は藥筒の代りに、ゴム栓に温度計を挿入せる物を裝備して行ひ沸點高き場合は 10% 以下のグリセリン水を徐々に加へ、沸點低き場合は沸騰グリセリンを追加して ±0.2°C 以内に補正すべし。

(5) 藥筒裝備の際使用するバテはやゝ硬化せるものを良とし、新しく軟らかき物には珪藻土を加へて使用すべし。

(6) 加熱罐は試験温度 150°C 以上なる場合は電気又はガス熔接により製作せる物を使用しハンダ付けの物を使用すべからず、ハンダ付けの物は高温度に於てはハンダ熔融し、グリセリン流出し發火し危険なり。

(7) 5 時間若くは 24 時間加熱したるも爆發せざる場合は藥筒を取り出し沸點検査を執行すべし、萬一沸點の誤差 ±1°C を超える場合は成績に加へざる事。

(8) 12 時間以上加熱せるグリセリンはそのまゝ使用すべからず、加熱中沸點上昇の度大なれば新しきグリセリンに混入して使用すべし。

(9) 凝縮管は試験前充分水洗し前回の爆發の際附着せるグリセリンを除去し水漏の有無を検すべし。

(10) 凝縮管中の水は冬季夜間試験を行ふ場合は凍結せる事有るを以つて気温 0°C を下る場合は 10% 内外の食鹽水を使用すべし。

(11) 強風、降雨、降雪の際は保温非常に困難なれば防風、防雨の設備をなし、保温鐵筒の外部に石棉板を巻く等適當なる處置を取るべし。

(以上の注意事項は實驗者が試験中行ひし所なり)

試験結果

其の 1 各種ダイナマイドの爆發温度と爆發時間

アーベル			試 験 温 度														
名稱	耐熱	符號	100°C	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	170		
山 松	18分	M					×	×	32分								
									×	28							
										×	40						
											×	43分					
山 櫻	20	S						×	×	45							
									×	×	48						

名稱	アール	耐熱	符號	試 驗 温 度													
				100°C	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	170	
山 桐	19	分	C	×	×	62分	77										
						43	40										
紅 梅	18		K								×	×	○	×	○	×	●
																	●14
																	●10
																	●32 ●12
硝 灰			D-1				×	×	42分								
								×	50								
								×	61								
2 號 硝 灰			D-2				×	×	23分								
								×	16								
								×	31								

× 5 時間経過せるも爆發せざるもの

● 試験保温装置不完全にして成績に疑問あるもの

摘 要

- (1) 山桐ダイナマイトの爆發温度は 135°C と 140°C との中間ならん。
- (2) 硝安系ダイナマイトは 1g 高温耐熱試験の成績より爆發温度著しく低下せり、故に硝安系ダイナマイトは量の増加と共に爆發温度低下す。
- (3) 紅梅ダイナマイトは少くとも 140°C 以上の爆發温度ならん。
- (4) 山松ダイナマイトは 130°C と 135°C の間に爆發温度あり。

其の 2. 試製山桐及び試製紅梅につき詳細に試験す

(イ) 山桐ダイナマイト

試料	アール	耐熱(分)	試 驗 温 度						
			130°C	135	136	137	138	139	140
S-1	13~19	×	×	⊗	⊗	82'22''	63'30''	42'32''	
		×	×	⊗	⊗	39'28''	65'—	46'05''	
		×	⊗	⊗	⊗	⊗	50'42''	29'09''	
		×	⊗	⊗	63'—	57'10''	46'19''	50'39''	
		×	⊗	⊗	⊗	63'31''	37'53''	32'33''	
					⊗		62'19''		
S-2	15~20				⊗	29'—	96'11''	48'55''	
					⊗	42'08''	63'27''	40'02''	
					⊗	⊗	45'25''		
					⊗	40'—	32'33''		
					⊗	32'—	37'02''		
S-3	19~23			⊗	60'—	8'30''	18'02''	65'42''	
				⊗	78'—	29'52''	19'13''	53'05''	
				⊗	×	40'05''	38'42''	40'—	
				⊗	×	32'32''	29'17''		
				⊗	×	23'10''	46'57''		
S-4	22~26			⊗	×	79'50''	50'30''	32'05''	
				⊗	×	⊗	63'54''	82'49''	
				⊗	×	49'40''	42'08''	55'08''	
				⊗	×	69'24''	70'22''		
				⊗	51'02''	⊗	34'46''		

× 5 時間加熱せるも爆發せず 5 時間にて試験打ち切り。

⊗ 24 時間加熱せるも爆發せず

(ロ) 紅梅ダイナマイト

試料	アーベル 耐熱(分)	試 験 温 度											
		146°C	147	148	149	150	152	153	154	156	158	160	170
K-1	13~15	×	×	×	×	×	×	23'	28'	30'	19'	9'	14'
		×	×	×	×	23'	6'	31'				13'	
		×	36'	×	19'			29'					
		×		29'				12'					
		×						24'					
K-2	15~18					×	19'					32'	10'
						×							
K-3	16~18					×	8'					8'	12'
						10'							
						13'							
K-4	16~20	×	×					16'				21'	75'
		×	×					7'					
		×	×					20'					
		×	19'					12'					
		×						11'					

摘 要

- (1) 山櫻ダイナマイトの完全爆發温度は 139°C なり而して完全不爆發温度は 136°C なり。
- (2) 紅梅ダイナマイトの完全爆發温度は 153°C なり而して完全不爆發温度は 146°C なり。
- (3) (イ)(ロ)より見るに山櫻及び紅梅ダイナマイトの高温度に於ける耐熱は原料ニトログリセリン及び製品のアーベル耐熱時間によりて大なる影響を受けざるものゝ如し。
- (4) 然れども製造直後のもの(S-4)及製造後3ヶ月を経過せるもの(S-3)の間には爆發温度及び爆發時間に相當の差異あり。
- (5) 再担和を行ひたるダイナマイトは新品と殆んど同等の耐熱度なり。
- (例 139°C 山櫻ダイナマイト S-2 は S-1 の製造と同時に然れど試験執行は製造後3ヶ月後にして再担和を行ひたるものなり。)
- (6) 山櫻ダイナマイトに比し紅梅ダイナマイトの完爆温度、不完爆温度の差大なるは主として結晶水が填塞物を通じて外部に逸出する程度が一定ならざるによる。(昭和14年5月)

B. ダイナマイトの高温度耐熱試験(その3)

I. 概 要

(イ) 目的 10g 高温度耐熱試験に依り求めたる山櫻ダイナマイト及び紅梅ダイナマイトの完全不爆發温度(不爆點)が試料を 100g 及び 250g に増大したる場合如何に變化するか否かにつき試験し實用最高不爆發温度を求めんとす。

(ロ) 試験期日 自昭和14年6月24日 至昭和14年7月15日

II. 試料 日火製品山櫻ダイナマイト及紅梅ダイナマイトにして Abel Hest Test 72°C に於て中位以上の成績をおさめたるもの。

製造年月日	名 稱	配 合 成 分			耐熱分数 72°C
		N/g	KNO ₃	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O (平均)	
昭 14. 6. 15	山櫻 A	58.0	31.7		21'
14. 7. 6	〃 B	58.0	31.7	—	20'
〃	紅 梅	59.0	17.2	23.0	18'

III. 試験方法 日火式高温度耐熱試験装置に依る、即ち試料 100g 又は 250g を亜鉛引鐵板製藥筒の底部に裝備し、之に約 5% の水分を含有する粘土の填塞を施したるものを豫め一

定の沸點を保つ如く加熱中のグリセリン浴に裝備し 10 時間連続加熱す。而して加熱開始後 10 時間以内に爆發したる時は温度を低下し 10 時間加熱を 5 回行ふも爆發せざる温度を求む。而してこの温度を完全不爆發温度（不爆發點）とす。

(註)

(イ) 加熱開始後 5 時間以内に爆發せざる場合は 10 時間加熱するも爆發することなし。

(ロ) 加熱中發散する vapour 又は gas により薬筒破裂したる時は爆發及び爆燃と見做さず。

IV. 試験装置 日火式高温耐熱試験装置に依る。但し加熱罐及び薬筒は圖 6 の如き物を使用し凝縮器は全長 3 m の物を使用し保温鐵筒は使用せず。

V. 試験結果

(イ) 山櫻ダイナイト 100 g 試験

試料	回数	加熱温度						
		136°C	132	128	122	120	119	118
山櫻 A	(1)	38'	51'	53'	△43'	87'	×10h	×10h
"	(2)				△50'		△?	×10h
"	(3)				66'		△?	△?
"	(4)						192'	△?
"	(5)							△?
"	(6)							×10h 数字は爆發時間
"	(7)							×10h △は試験中薬筒破裂を示す
"	(8)							×10h ×は爆發

(ロ) 山櫻ダイナイト 250 g 試験

試料	回数	加熱温度				
		118°C	117	116	115	110
山櫻 B	(1)	×10h	△69'	×10h	×10h	×10h
"	(2)		195'	×10h	△?	
"	(3)			△75'	×10h	
"	(4)			206'	×10h	
"	(5)				×10h	
"	(6)				×10h	

(ハ) 紅梅ダイナイト 100 g 試験

試料	回数	加熱温度							
		147°C	140	135	130	125	123	122	120
紅梅	(1)	△30'	89'	△150'	△?	△?	×10h	×10h	△?
"	(2)	46'		126'	×10h	△?	×10h	△?	×10h
"	(3)				186'	206'	△?	△?	
"	(4)						△10h	×10h	
"	(5)						256'	×10h	
"	(6)							△?	
"	(7)							×10h	
"	(8)							×10h	

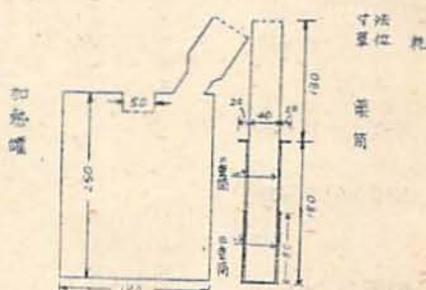


図 6.

摘要

(イ) 不爆點 山櫻 100g 118°C 山櫻 250g 116°C 紅海 100g 122°C

(ロ) 試験殘査 山櫻を 118°C にて 10 時間加熱したるものを検査係分析の結果次の如き結果を得たり即ち

名稱	N/g	CC	W/M (& Flour)	KNO ₃	
山櫻ダイナマイト	58.0%	2.3%	8.0%	31.7%	に對して
殘査山櫻	40.45	0.42	11.94	47.19	の結果を得たり、之を元の % に換算すれば
	27.1	0.98	8.0	31.7	となる。故に加熱のため loss は
	30.9	2.02	0	0	となる。

依つて加熱による分解は原ダイナマイトの Nitro-glycerin の 53%、Colloïd-cotton の 88% が分解するものにして Wood meal, KNO₃ は殆んど分解せずと察知し得。

(ハ) 紅梅ダイナマイト及び山櫻ダイナマイト 250g の場合の分解度は分析中なれば次回にゆずる。

(ロ) 實用不爆發温度は不爆點に α を乗じて次の如きものと思はる。

山櫻ダイナマイト 110°C 以下 紅梅ダイナマイト 115°C 以下

(ホ) 試料多量なれども試験装置良好にして加熱温度は ±25°C 以内の誤差にして 10 時間加熱し得られたり。(昭和 14 年 7 月)

C. 高温耐熱試験に依るテトリール雷管の安定度 (その 4)

I. 摘要

雷管の高温度に於ける試験は一般に行なはれた事は少く文献も比較的少ない爲、工業用爆薬と共に高温地層に於いて爆破作業に使用する際不慮の災害を被る恐れあるを以つて、筆者等はグリセリソバス中にて之を加熱し之れが耐熱安定度を求めた。

試験期日 自昭和 14 年 12 月 1 日 至昭和 15 年 2 月 23 日

II. 参考文献

(1) 雷汞を 90°C で 100 時間程熱すると非爆發性物質を生ずる、この事は元の雷汞の乾濕に關係はない。分解生成物は黄褐色で其の結晶は雷汞の時と何等變つてゐない、かような分解作用は白色雷汞の時でも灰色雷汞の時でも同様に進行するもので、其の變化の過程は該物質中の水銀量を時々——電氣的に——測定する事に依つて知る事が出来る。即ち最初の純雷汞中の水銀量 70.42% からピロフルミンと稱する非爆發性物質中の水銀量 74~76.6% に移つて行くのである。雷管の内容物中には雷汞が含まれてゐるが今この内容物を 90°C にて 150~200 時間熱して見るに常に雷汞の分解を見るのである。雷管は加熱後 40~60 時間、雷汞は 60 時間を経たる後は發火の能力が無くなる。

雷汞の一定量に對して鹽素酸加里 (KClO₃) の量を順次増加混入したものを 90°C で 200 時間處理した結果に依れば KClO₃ を入れる程加熱に依る爆發威力の減少が少くなる。

A. Langhans: Z. ges. Schies & Sprengstoff —1922— より

(2) 空氣中で細い雷汞雷管を點火せるに爆轟せず比較的遅々として燃えたが、窒化鉛は爆轟した。135°C 或は之れ以上の温度に加熱した水銀浴中に置いた場合に雷汞は 135°C では 35 分の後、227°C では直に燃えた。133°C 又は之れ以下で雷汞を加熱すると徐々に分解して其の後高温度に熱しても燃えない。この熱分解は連続加熱試験に依つて得られた可燃温度の不合理を説明する。

P. Laffitte M. Party, Compt. rend 193, 171-4 —1931— より

(3) テトリールを溶解してブクブク言ふ迄に熱すると或る温度に於て爆發する。但此の温度は燃燒温度以下にある。密閉しないで沸騰させた平行試験に於ては爆發は起らなかつた。之れは其の物質の眞の Explosion であつて熱分解の爲に蓄積した瓦斯に因る Sprengung でない事が特別の實驗に依つて知る事が出来た。

一定沸騰容積 (2.5 cc) と重量 0.97 g 乃至 0.6 g のテトリールの際には爆發温度は 150°C と 170°C の間に在り、使用せられたテトリールの量が多ければ多い丈小さい。

A. Lukin & S. Roginsky Actaphysics chemica U.R.S.S. 2 385-96 —1935—に依る。

(4) 點爆藥の發火點 Martin は Wohler 及 Malter と同じ装置でウツの可融金浴を用ひ少量の點爆藥を薄い銅管に填めたのを約 30 秒間浴に漬けて爆否を検し發火しない時に 5°C 宛昇げて次の結果を得た。

雷汞 186°C 窒化鉛 327°C 窒化銀 297°C

(5) Kast 及 Metz によれば雷汞は 50°C で長時間加熱すれば分解を始め 100°C では稍著し、150~165°C で發火す。

III. 試験試料

試料番號	名稱	内管	藥量	藥高	製造年月日	製造所
試料 A	櫻印 6 號雷管	上位	0.85	18.5	14. 3. 26	折尾
〃 B	城印 〃	〃	—	—	?	姫路
〃 C	〃	ナシ	—	—	?	〃
〃 D	試製 6 號雷汞雷管	〃	—	—	?	〃
〃 E	〃 爆粉 〃	上位	1.1	19.0	14. 11. 21	折尾
〃 F	〃	ナシ	1.1	19.0	〃	〃
〃 G	試製テトリールのみ	上位	0.7	19.2	〃	〃

IV. 試験方法

試験装置 ダイナマイトの高温度に於ける耐熱試験と同一装置。

試験準備 平坦なる地上に鐵板を敷き其の上に爆發試験用電氣七輪を乗せ、其の上に 1/4" 厚さ距離間隔 50 mm 毎に小孔を有する鐵板を乗せ、鐵筒 (6 吋鐵管、長さ 150 mm) を置き其の中央に豫め一定の沸點を有する如く調節したグリセリンを入れた加熱罐を置き之を凝縮器に連絡せしめる。而して加熱を開始し一定沸點にて沸騰するをたしかめる後雷管を裝備したる藥筒を挿入す。

藥筒に雷管を裝備するには試料雷管に長さ 100 mm の導火線を締め付け之を乾燥せる砂 (563 目/平方寸~139 目/平方寸の篩の間にあるもの) にて藥筒の中央にある如くせしめる。

而して加熱罐に藥筒挿入後より爆發する迄の時間を測定し、爆發せざる時は 24 時間連続加熱す。以上の如くして 5 回試験せるも爆發せざる温度を以つて不爆點とし 5 回完爆せる温度を以つて完爆點とす。

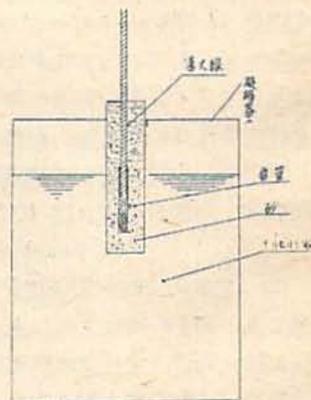


圖 7.

V. 試験結果

(A) 普通テトリール雷管の部

備考 ○108'40'' 試験開始後 108 分 40 秒にて爆發

×24h 試験開始後 24 時間加熱するも爆發せず

試料番號	回数	試 験 温 度							
		150°C	140°C	130°C	128°C	127°C	126°C	125°C	110°C
試料 A (櫻印 6 號)	1	○38'56''	○29'38''	○108'40''	○129'08''	○133'35''	×10h	×10h	×10h
	2				○119'32''	○103'26''	×24h		
	3				○69'55''	○102'00''	×24h		
	4				○126'32''	○130'00''	×24h		
	5				○150'20''		×24h		
	6						×24h		
試料 B (城印 6 號)	1			○64'39''	○82'12''	×10h	×10h	×10h	×10h
	2				○120'03''	×24h	×24h		
	3				○109'30''	○83'05''	×24h		
	4				○115'23''	○70'55''	×24h		
	5				○93'38''		×24h		
	6				○86'52''		×24h		
試料 C (城印 6 號) 内管なし	1		○140'05''	○102'00''	○93'28''	○89'50''	×10h	×10h	
	2				○105'30''	○82'44''	×24h		
	3				○113'00''	×10h	×14h		
	4				○121'00''		×24h		
	5				○82'30''		×24h		
	6				○95'00''		×24h		

(註) 本試験中電力統制令により送電を停止せられたる爲に 24 時間加熱を 10 時間に切り上げたものあり。

(B) 雷汞雷管, 爆粉雷管の部

試料番號	回数	試 験 温 度							
		120°C	117°C	115°C	114°C	113°C	112°C	111°C	110°C
試料 D (雷汞)	1			○138'50''	○150'00''	○188'30''	○165'29''	×10h	×5h
	2					○190'22''	×5h	×10h	
	3					○172'20''		×10h	
試料 E (爆粉)	1	○158'10''	○175'20''	○210'20''	×10h	×10h	×10h		×5h
	2			○180'44''	×10h	○220'05''	×10h		
	3			○195'47''	○182'20''		×10h		
	4			○200'29''			×10h		
	5			○168'11''			×10h		
	6			○ ?					
試料 F (爆粉内管なし)	1			○192'21''	○213'03''	×10h	×15h	×15h	
	2			○165'37''	×10h	×10h	×10h		
	3			○170'00''	×10h	×10h	×10h		
	4			○166'00''		×10h	×10h		
	5			○169'00''		○230'05''	×10h		
	6			○183'00''					

(C) テトリールのみ雷管 (?)

試料番號	回数	試 験 温 度						
		200°C	195°C	190°C	180°C	170°C	150°C	130°C
試料 G	1	○69'53''	○130'20''	○142'20''	×10h	×10h	×10h	×10h
	2		○85'03''	×5h	×5h			
	3				×5h			

摘 要

(1)	内管	乘量	完爆點 (5回)		不爆點 (5回)	
			温度	回数	温度	回数
テトリール 6 號雷管	A 櫻印	上位	0.85	128°C 5回	126°C	24h 5回
	B 城印	〃	—	〃 6回	〃	〃 〃
	C 〃	なし	—	〃 6回	〃	〃 〃
試製雷汞 6 號雷管	D 〃	〃	—	113 3回	110	〃 3回
	E 櫻印	上位	1.1	115 4回	112	〃 5回
試製爆粉 6 號雷管	F 〃	なし	1.1	〃 6回	〃	〃 〃
	G 〃	上位	0.7	195 2回	180	10h 1回
試料テトリール	H 〃	中位	0.7	試験せず		5h 2回

(2) 試験 A; B; C より普通テトリール雷管の爆発温度低きは爆粉中の雷汞に起因す、而して雷汞の含有%低き物程、即ち爆粉中に酸素酸加里多く、全装薬に雷汞含量少き物程耐熱安定度は高い。

(3) P. Laffitte の文献に比較して本実験の雷汞の爆発温度低きは彼の場合は恐らく開放して試験したる爲であらう。而し工事、鑛業の爲に雷管を使用する際は本実験の如く密閉中なる故この試験結果の方が事實に適する物と言へよう。

(4) 試験後の試料に導火線により点火すれども爆発せざる點より考察して試料雷管は加熱により非爆発性物質に變化したるものと——少くとも導火線による点火には爆発せざる物質に——變化したるものと言へよう。

(5) 加熱により爆発せる場合の使用加熱罐の破壊状態を見るに、短時間で爆発せる場合も、長時間で爆発せる場合も大した差位を認められない。

(6) 内管の有無に依る加熱分解瓦斯の蓄積は爆発温度に變化をあたへない。

(7) 雷汞を成分とする雷管は密閉中に於ては 110°C 乃至 130°C の間に於て爆発し、その爆発温度は雷汞の含量の増加と共に低下す、而して長時間加熱分解せる雷管は導火線により点火すると爆発しない。

(昭和 15 年 2 月)

D. 模造ダイナマイトの昇温防止実験 (その 5)

I. 概要

(イ) 目的 高温度耐熱試験によりて山櫻、紅梅ダイナマイトは 110°C 以上に於て爆発の可能性ある事を明にせり、本実験に於ては外部温度を 150°C に保ち外套内に通水したる時内部模造薬の温度上昇がどの程度に防止されるかを測定せり。

(ロ) 試験期日 昭和 12 年 8 月 27 日, 28 日

II. 試料 ダイナマイトを試料とし之れを試験することは本試験の理想とする所なれど、萬一の場合を考慮し模造ダイナマイトにて試験す。

模造ダイナマイトの配合

グリセリン	200 g	52.5%	木粉	50 g	13.2%
珪藻土	50	13.2	硝石	80	21.1
			Σ80 g		100.0%

模造ダイナマイトの色及び硬度は山櫻ダイナマイトに類似し比重は 1.52 なり。

III. 試験方法 加熱試験用装置——亜鉛引き鉄板製にして詳細圖 8 参照——の中央に模造ダイナマイトを装備し両面より粘土填塞を施し温度計を両側より挿入し、グリセリンを一定温度 150°C に加熱しつつ外套に冷却水を通し試験す、而して其の冷却水の流量の變化に従ひ薬温が如何に變化するか冷却後の水温が如何に變化するかを記録す。

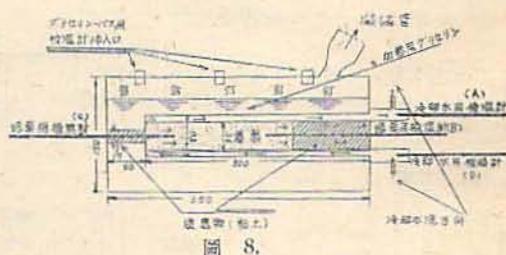


圖 8.

IV. 試験装置 加熱試験罐の全長 350 mm 幅 150 mm 高さ 150 mm にして詳細圖 8 の如し、而して之を加熱するには電気七輪 2 基を使用す。

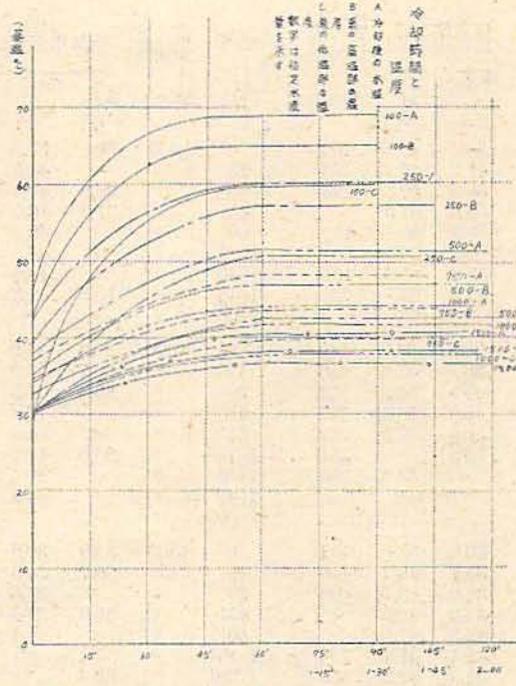
装薬部容積 300 cc. 外套部容積 270 cc. プリキ板の厚さ 0.40~0.45 mm.

Y. 試驗結果

時間 (分)	指 定 水流量 cc/min	冷却水温度		模造薬温度		實 際 水流量 cc/min	時間 (分)	指 定 水流量 cc/min	冷却水温度		模造薬温度		實 際 水流量 cc/min
		入口 °C	(温度計 A)出口 °C	温度計 C °C	温度計 B °C				入口 °C	(温度計 A)出口 °C	温度計 C °C	温度計 B °C	
0'	100	30.2	46.2	30.5	42.5	100	0'	750	30.8	37.0	30.9	34.8	746
15'	"	30.3	61.9	47.3	57.1	105	15'	"	"	41.5	34.0	37.9	748
30'	"	"	67.2	55.2	62.5	125	30'	"	30.9	44.9	36.7	40.8	752
45'	"	"	68.6	58.9	64.3	"	45'	"	31.2	46.7	33.6	42.8	755
60'	"	30.4	68.7	59.5	65.5	112	60'	"	"	48.0	39.5	43.5	750
時間							1-15'	"	"	48.5	40.0	43.6	"
1-15'	"	"	"	59.6	65.6	105	1-30'	"	"	48.6	"	"	753
1-30'	"	30.5	"	59.7	65.7	125	1-45'	"	30.5	48.8	"	43.7	754
							2-00'	"	"	"	"	"	"
0'	250	30.5	41.8	30.8	39.0	248	0'	1000	30.9	34.0	30.9	32.6	998
15'	"	"	51.0	38.7	47.5	250	15'	"	30.7	37.9	33.5	36.3	985
30'	"	"	56.8	45.4	53.2	252	30'	"	30.8	41.5	36.0	39.0	900
45'	"	30.6	58.7	48.9	56.8	247	45'	"	"	42.8	37.4	40.3	1100
60'	"	"	60.1	50.4	57.5	249	60'	"	"	44.0	38.0	41.2	1000
1-15'	"	"	"	50.5	"	251	1-15'	"	30.0	44.2	38.1	41.3	1000
1-30'	"	"	60.2	"	57.7	250	1-30'	"	"	"	38.0	"	1015
1-45'	"	30.5	"	"	"	"	1-45'	"	"	44.3	38.1	"	"
2-00'	"	"	"	"	"	"	2-00'	"	"	"	"	"	1000
0'	500	30.8	37.6	30.8	35.3	496	0'	1500	30.9	30.9	30.7	30.7	1450
15'	"	"	43.2	35.2	40.3	498	15'	"	30.7	34.5	33.0	33.5	"
30'	"	"	47.6	38.6	43.7	499	30'	"	"	37.5	35.0	36.2	1530
45'	"	30.6	50.1	41.2	46.5	"	45'	"	30.9	39.6	36.2	37.6	1550
60'	"	"	51.2	42.3	47.0	"	60'	"	"	41.1	36.8	38.5	1500
1-15'	"	"	"	42.4	47.1	"	1-15'	"	"	"	36.9	"	1480
1-30'	"	"	51.3	42.5	47.2	500	1-30'	"	30.6	"	"	38.6	"
1-45'	"	"	"	"	47.3	"	1-45'	"	"	40.2	40.0	38.7	1500
2-00'	"	"	"	"	"	505	2-00'	"	"	"	"	"	1550

摘 要

- (1) 冷却水流の調節困難にして 200 cc/min 以下及び 1500 cc/min 以上は殆んど不可能なり、即ち 200 cc/min 以下に於てはゴムパイプに塵埃を填らし 1500 cc/min 以上に於てはゴムパイプ破裂す、爲に 1500 cc/min 以上は試験せず。
- (2) 本試験の模造薬をダイナマイトに換へて試験したる場合はダイナマイトの分解熱が多少加はる爲薬温に 2~3°C の變化ありと假定したとしても薬温が 50°C を越えざる程度 即ち水流 500 cc/min 程度の冷却を行なへばダイナマイトも自然爆發及び燃焼を起す事なしと斷定出來得べし。
- (3) 水流量と温度、冷却時間と温度の關係は圖 9 の如し。
- (4) 本試験の結果を参照すれば穿孔内温度 150°C を超ゆる場合に於ても二重筒を作成し内筒に爆薬を入れ外套の低部より水を入れ上部に流出する如きものを穿孔に挿入し最後に全體を粘土填塞して發破に移る事とせば通水量の加減によりて爆發温度に達せしむる事無き薬温に導く事を得、この場合排水温度を測定する事により薬温(排水より低し)を推知する事を得べし。(昭和 12 年 8 月)



(時間)
圖 9

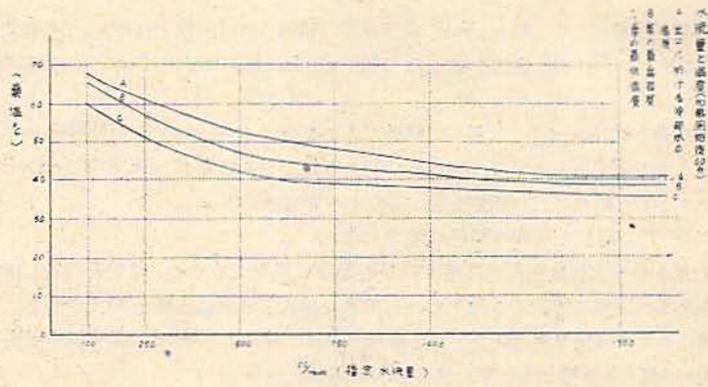


圖 10