

火砲弾薬の環境（温度・湿度）試験方法

制定 平成 7. 2. 10

1. 適用範囲 この規格は、火砲弾薬の環境（温度・湿度）試験方法について規定する。ただし、信管及びロケットモータについては、それぞれの規格による。

備考 1. この規格の引用規格を、次に示す。引用規格のうち、特に版を指定するもの（引用規格の前に＊印を付して示す。）のほかは、最新版とする。

N D S Y 0 0 0 1 弾薬用語

火薬類取締法 （昭和 2 5 年法律第 1 4 9 号）

火薬類取締法施行規則 （昭和 2 5 年通商産業省令第 8 8 号）

2. 用語の定義 この規格で用いる主な用語の定義は、N D S Y 0 0 0 1（弾薬用語）によるほか、次による。

- (1) 標準状態 試料を試験環境に制御されている試験槽から槽外に取り出して、検査などを行う場合の検査場所の環境条件。
- (2) 制御点 試験槽の制御用センサの設置されている位置。
- (3) 温度（¹） 制御点の周囲近傍の空気の温度。
- (4) 湿度（¹） 制御点の周囲近傍の空気の相対湿度。
- (5) デイリーサイクル 2 4 時間を周期とする温度及び湿度の変動パターン。
- (6) 乾燥温度 試料の条件を一定にするため、前処理として試料を乾燥させる温度。
- (7) 試験統制者 試験工程を統制する者。

注（¹） 試験条件としての温度及び湿度をいう場合に適用する。

3. 種類・目的 種類及び目的は、次による。

- (1) 高温試験 定常的な高温環境が、弾薬に及ぼす影響のデータを得る。
- (2) 高温デイリーサイクル試験 2 4 時間を周期として変動する高温環境が、弾薬に及ぼす影響のデータを得る。
- (3) 低温試験 定常的な低温環境が、弾薬に及ぼす影響のデータを得る。
- (4) 低温デイリーサイクル試験 2 4 時間を周期として変動する低温環境が、弾薬に及ぼす影響のデータを得る。
- (5) 温度衝撃試験 環境温度の急変が弾薬に及ぼす影響のデータを得る。
- (6) 高湿度試験 加速試験であり、定常的な湿度に起因する腐食性に関するデータを得る。
- (7) 高湿度サイクル試験 自然の高湿度環境が、焼尽薬きょうなどに用いられる多孔質材料その他、湿度の影響を受け易いと考えられる材料に及ぼす影響のデータを得る。

- (8) 高温・乾燥デیلیーサイクル試験 24時間を周期として変動する高温・低湿度環境が装薬などの性能に及ぼす影響のデータを得る。
- (9) 高温・高湿度デیلیーサイクル試験 24時間を周期として変動する高温及び極端でない高湿度が、焼尽薬きょうのケースのような多孔質の湿度に敏感な材料、又は高温に敏感な材料に及ぼす影響のデータを得る。

4. 試験条件

4.1 試験計画 試験計画は、次による。

- (1) 試験の日程は、試験の規模、試験装置の能力などを考慮し、準備、試験、予備、撤収などを明記する。
- (2) 試験場所は、試験の規模などを考慮し、4.2（試験場所）の条件を具備する場所を選定する。
- (3) 安全管理事項について明確にする。必要な書類の提出及び報告は、4.3（安全管理）による。
- (4) 試験の目的を明確にすると共に、試料は、試験目的に合った数量を準備する。
- (5) 試験の種類・条件及び試料の形態は、仕様書などに規定がある場合はその規定による。
その他の場合は、試験目的に合わせて選定し、試験計画において明確にする。
- (6) 試験装置及び測定装置の諸元を明確にする。
なお、長期にわたる試験を円滑に行うため必要に応じて保守点検基準を明確にする。
- (7) 試験統制者は、試験計画担当者又は試験実施担当者が試験の経験を考慮して指名した者とする。
- (8) 試験隊は、試験を効率的に実施するため及び安全管理を徹底するため編成する。

4.2 試験場所 試験場所は、次による。

必要な試験装置が設置されているか又は設置することが可能な場所で、火薬類取締法（昭和25年法律第149号）その他の関連法規に準拠して、必要な火薬類を保管できる施設を選定する。この施設は、不慮の事故の際、被害を最小限にするよう人員器材に適切な防護方法が講じられていなければならない。

4.3 安全管理 火薬の入った試料の試験は、火薬類取締法（昭和25年法律第149号）同法施行規則（昭和25年通商産業省令第88号）に基づいて、人員及び器材に適切な防護措置を講じた上で実施しなければならない。

- (1) 各試験場所を管理している機関などで規定している安全規則を順守する。
- (2) 安全管理の実施計画を作成し、試験に先立って安全管理責任者に提出して許可を受ける。
- (3) 試料の取扱いは、関連法令等に従う。
- (4) 試験で消耗した試料は、関連法令等に従い、必要な事項を安全管理責任者に報告する。
- (5) 放射線透過撮影装置など、放射線応用器材を使用する場合の操作員は、有資格者とする。
- (6) 重量物の取扱いは、安全に留意して行う。

4.4 試験環境の条件 試験環境の条件は、仕様書などに規定された場合を除き、次による。

- (1) 温度の許容差は、 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ とする。

- (2) 2個以上の試料を同時に試験する場合の、試料相互の温度差は、4℃以下を標準とする。
- (3) 湿度の許容差は、±5%とする。
- (4) 一定環境を保持する場合の保持時間は、規定の時間を下回らないこと。
- (5) 試験槽の温度及び湿度の変化速度は、特に規定がない限り任意とする。ただし、温度の変化速度は、毎分10℃を超えないこと。

5. 装置・器具 装置及び器具は、次による。

なお、装置及び器具は、規定に従って校正されたもので、使用前に機能の良否、誤差などを予め確認する。

5.1 試験槽 試験槽は、槽内空気の温度及び湿度を制御することによって試料に所要の試験環境を与え、かつ試験環境を連続的⁽¹⁾に記録できる恒温槽又は恒温・恒湿槽とする。その構造は、内部に圧力が蓄積せず、天井などに凝結した水が試料に滴下しないものとする。

なお、温度を階段状に変化させる試験の場合は、試験槽2台を異なる温度に調整し、試料をこの間で移動させる方式によることができる（以下2槽式という）。

また、温度又は湿度を長時間にわたり変化させ、又は同じ形状の変化を繰り返す試験では、プログラム制御の機能を持つ試験槽の使用が望ましい。

注(1) 測定周期2分以下のサンプリング方式の記録は、連続的な記録であるとする。

5.2 試料支持具 試料支持具は、試験槽内で試料を支持するもので、十分な強度を持ち、試料の温度変化の速度に著しい影響を与えることのない構造のものとする。

5.3 その他の装置・器具 その他の装置・器具は、必要に応じ、下記を参考に選定する。

(1) 温度測定装置

- (a) 温度センサ 試料温度などを測定するセンサで、JIS C1602（熱電対）など。
- (b) 温度測定器 センサの検出する温度を槽外で連続的に指示・記録できるもの。

なお、測定周期2分以下のサンプリング方式の記録は、連続的な記録であるとする。

(2) 放射線透過撮影装置 判定可能な分解能をもって試料内部の撮影ができるものとする。

(3) 試料の検査などに必要な装置及び器具

- (a) 寸法測定具
- (b) 撮影装置

6. 試料 試料は、4.1(4)及び(5)によるほか、次による。

- (1) 試料は、原則としてすべての火薬部品を含み、完全に組み立てられたものとする。
- (2) 必要に応じて、判定のために基準試料を用いることができる。この場合基準試料は、原則として供試試料と同数とし、試料と同時に試験に供するものとする。

7. 試験方法 試験方法は、試験の種類に従い仕様書などに規定されるものを除き、次による。

7.1 高温試験

7.1.1 試験準備 試験準備は次による。

(1) 試料の準備

- (a) 試料を、試験計画に従って準備する。
- (b) 試料は、試験計画に規定された形態とする。

(2) 試験槽の準備

- (a) この試験では、試験槽は湿度の測定及び制御の機能を要しない。
- (b) 試験槽を点検し、5.1の要求を満たすものであることを確認する。
- (c) 必要に応じて、試験槽内に温度センサを設置する。
- (d) 必要に応じて、試験槽内に試料支持具を設置する。

(3) 試料の配列

- (a) 試料を試験槽内に配列する。この場合、試料相互間及び試料と試験槽内面との間に十分な空間を設けなければならない。
- (b) 試料用温度センサを設置する場合は、代表的な試料の中央部の表面にセンサを密着させて固定する。

(4) 温度測定装置の準備

- (a) 温度センサの種類及び測定点数に適合した温度測定器を準備する。
- (b) 各温度センサを接続し、温度が記録できることを確認する。

7.1.2 試験実施 試験の実施は、次による（付図1参照）。

- (1) 測定装置を作動させ、異常がないことを確認する。
- (2) 試験槽の槽内温度を、試験計画に規定された温度に上昇させ、規定された時間、（規定されていない場合は72時間）この温度に保持する。
- (3) 試料を標準状態に戻し、温度を安定させる。ただし、引き続き射撃試験を行う場合は射撃試験の試験計画による。
- (4) 試験中に試料の不具合が発見されたとき及び試験装置の故障、停電などのため試験条件が維持できなくなったときは、直ちに試験を中断する。中断した場合の、その後の処置は、次による。

- (a) 試料の不具合が発見されたときは、その試料のその項目について不合格と判定する。

なお、試験を続行する場合は、中断の時点から再開する。

- (b) 試験条件が維持できなくなったときは、中断以前の環境が、試料の仕様上の限界を越えていない場合は、修復の上、試験条件を外れた時点に戻って、試験を再開する。

- (c) 中断以前の環境が、試料の仕様上の限界を越えた場合は、試料を交換の上、再試験を行う。
ただし、試料に異常がなく試験結果に影響がないと判断されるときは、中断の時点から再開することができる。

なお、この場合、試験後に試料の不具合が発見されたときは、試験は不成立とする。

7.1.3 測定 測定は次による。

- (1) 試験の前後に目視検査を行い、異常の有無及び異常がある場合は、その内容などを確認する。

必要に応じて写真撮影を行う。

- (2) 試験計画に規定された場合は、放射線透過撮影、分解又は切断検査を行い、異常の有無及び異常がある場合はその内容などを確認する。必要に応じて写真撮影を行う。
- (3) 射撃後、必要に応じて射撃試験を行い環境試験の有無による差異のデータを得る。

7.2 高温デイリーサイクル試験

7.2.1 試験準備 試験準備は、7.1.1によるほか、試験槽としてプログラム制御の機能を有するものを用いる場合は、プログラムの設定を行う。

7.2.2 試験実施 試験の実施は、次による（付図2参照）。

- (1) 測定装置を作動させ、異常がないことを確認する。
- (2) 試験槽の槽内温度を、試験計画に規定された初期条件にし、規定された時間又は試料の温度が安定するまで保持する。
- (3) 試験槽を試験計画に規定されたデイリーサイクルに従って運転し、試料を規定の環境に、規定の回数（規定されていない場合は7サイクル）だけ繰り返し暴露する。
- (4) 試料を標準状態に戻し、温度を安定させる。ただし、引き続き射撃試験を行う場合は射撃試験の試験計画による。
- (5) 試験の中断及びその後の処置は7.1.2(4)による。

7.2.3 測定 測定は7.1.3による。

7.3 低温試験

7.3.1 試験準備 試験準備は7.1.1による。

7.3.2 試験実施 試験の実施は、次による（付図3参照）。

- (1) 測定装置を作動させ、異常がないことを確認する。
- (2) 試験槽の槽内温度を、試験計画に規定された温度に下降させ、試料の温度がこの温度に安定してから、試験計画に規定された時間（規定されていない場合は72時間）保持する。
- (3) 試料を標準状態に戻し、温度を安定させる。ただし、引き続き射撃試験を行う場合は射撃試験の試験計画による。
- (4) 試験の中断及びその後の処置は7.1.2(4)による。

7.3.3 測定 測定は、7.1.3による。

7.4 低温デイリーサイクル試験

7.4.1 試験準備 試験準備は、7.2.1による。

7.4.2 試験実施 試験の実施は、7.2.2による（付図4参照）。

7.4.3 測定 測定は、7.1.3による。

7.5 温度衝撃試験

7.5.1 試験準備 試験準備は、7.2.1による。

7.5.2 試験実施 試験の実施は、次による（付図5参照）。

- (1) 測定装置を作動させ、異常がないことを確認する。
- (2) 試験槽の槽内温度を、5分以内に試験計画に規定された低温に下降させ、規定された時間又

は試料の温度が安定するまで保持する。ただし、保持時間は1時間を下回らないこと。

- (3) 試験槽の槽内温度を、上記(2)が終了してから5分以内に、試験計画に規定された温度に上昇させ規定された時間又は試料の温度が安定するまで保持する。ただし、保持時間は1時間を下回らないこと。
- (4) 上記(2)～(3)を繰り返す。試験のサイクル数は、試験計画に規定された場合を除き、合計3サイクルとする。
- (5) 試料を標準状態に戻し、温度を安定させる。ただし、引き続き射撃試験を行う場合は射撃試験の試験計画による。
- (6) 試験の中断及びその後の処置は7.1.2(4)による。

備考 2槽式の場合、上記(2)及び(3)の時間は、試料の寸法・質量に応じた実際的な最短時間とすることができる。

7.5.3 測定 測定は、7.1.3による。

7.6 高湿度試験

7.6.1 試験準備 試験準備は、次による。

- (1) 試料の準備 試料の準備は、7.1.1(1)による。
- (2) 試験槽の準備

- (a) この試験では、試験槽は温度のほか湿度の測定及び制御の機能を要する。
- (b) 試験槽を点検し、5.1の要求を満たすものであることを確認する。
- (c) 必要に応じて、試験槽内に温度センサを設置する。
- (d) 必要に応じて、試験槽内に試料支持具を設置する。

(3) 試料の配列 試料の配列は、7.1.1(3)による。

(4) 温度測定器の準備 温度測定器の準備は、7.1.1(4)による。

7.6.2 試験実施 試験の実施は、次による（付図6参照）。

- (1) 測定装置を作動させ、異常がないことを確認する。
- (2) 試験槽の温度を試験計画に規定された乾燥温度に設定し、加湿せずに24時間保持して、試料を乾燥させる。
- (3) 試験槽の温度及び湿度を2時間の間に徐々に変化させ、温度を試験計画に規定された温度に、湿度を95%にする。この状態を、試験計画に規定された時間（規定されていない場合は360時間）保持する。
- (4) 試料を標準状態に戻し、温度を安定させる。ただし、引き続き射撃試験を行う場合は射撃試験の試験計画による。
- (5) 試験の中断及びその後の処置は7.1.2(4)による。

7.6.3 測定 測定は、7.1.3による。

7.7 高湿度サイクル試験

7.7.1 試験準備 試験準備は、7.6.1によるほか、次による。

試験槽として、プログラム制御の機能を有するものを用いる場合は、プログラムの設定を行う。

7.7.2 試験実施 試験の実施は、次による（付図7-1及び付図7-2参照）。

- (1) 測定装置を作動させ、異常がないことを確認する。
- (2) 試験槽の温度を、試験計画に規定された乾燥温度に設定し、加湿せずに24時間保持して、試料を乾燥させる。
- (3) 試験槽内の条件を、2時間の間に徐々に変化させて、温度を試験計画に規定された高温に、かつ湿度を90%とし、この状態を16時間保持する。
- (4) 試験槽内の条件を、2時間の間に徐々に変化させ、温度を21℃に、かつ湿度を95%とし、この状態を4時間保持する。
- (5) 上記(3)及び(4)を繰り返す。試験のサイクル数は、試験計画に規定された場合を除き、10サイクル、240時間とする。
- (6) 試料を標準状態に戻し、温度を安定させる。ただし、引き続き射撃試験を行う場合は射撃試験の試験計画による。
- (7) 試験の中断及びその後の処置は7.1.2(4)による。

7.7.3 測定 測定は、7.1.3による。

7.8 高温・乾燥デیلیーサイクル試験

7.8.1 試験準備 試験準備は、7.7.1による。

7.8.2 試験実施 試験の実施は、次による（付図8及び付図9参照）。

- (1) 測定装置を作動させ、異常がないことを確認する。
- (2) 試験槽の温度を、試験計画に規定された乾燥温度に設定し、加湿せずに24時間保持して、試料を乾燥させる。
- (3) 試験槽の条件を、2時間の間に徐々に変化させて、試験計画に規定された初期条件とする。
- (4) 試験槽を試験計画に規定されたデیلیーサイクルに従って運転し、試料を規定の環境に、規定の回数（規定されていない場合は7サイクル）だけ繰り返し暴露する。
- (5) 試料を標準状態に戻し、温度を安定させる。ただし、引き続き射撃試験を行う場合は射撃試験の試験計画による。
- (6) 試験の中断及びその後の処置は7.1.2(4)による。

7.8.3 測定 測定は、7.1.3による。

7.9 高温・高湿度デیلیーサイクル試験

7.9.1 試験準備 試験準備は7.7.1による。

7.9.2 試験実施 試験の実施は、7.8.2による（付図8及び付図10参照）。

7.9.3 測定 測定は、7.1.3による。

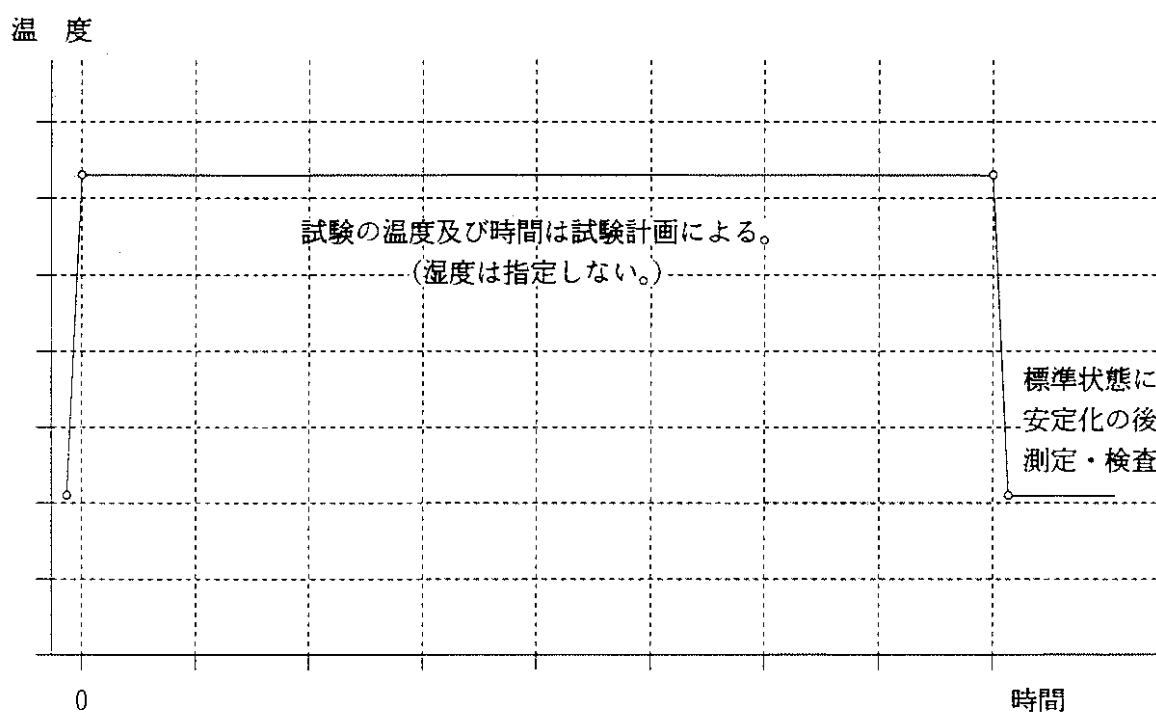
8. 記録 記録は、次による。

温度・湿度試験の記録様式の一例を、付表1に示す。

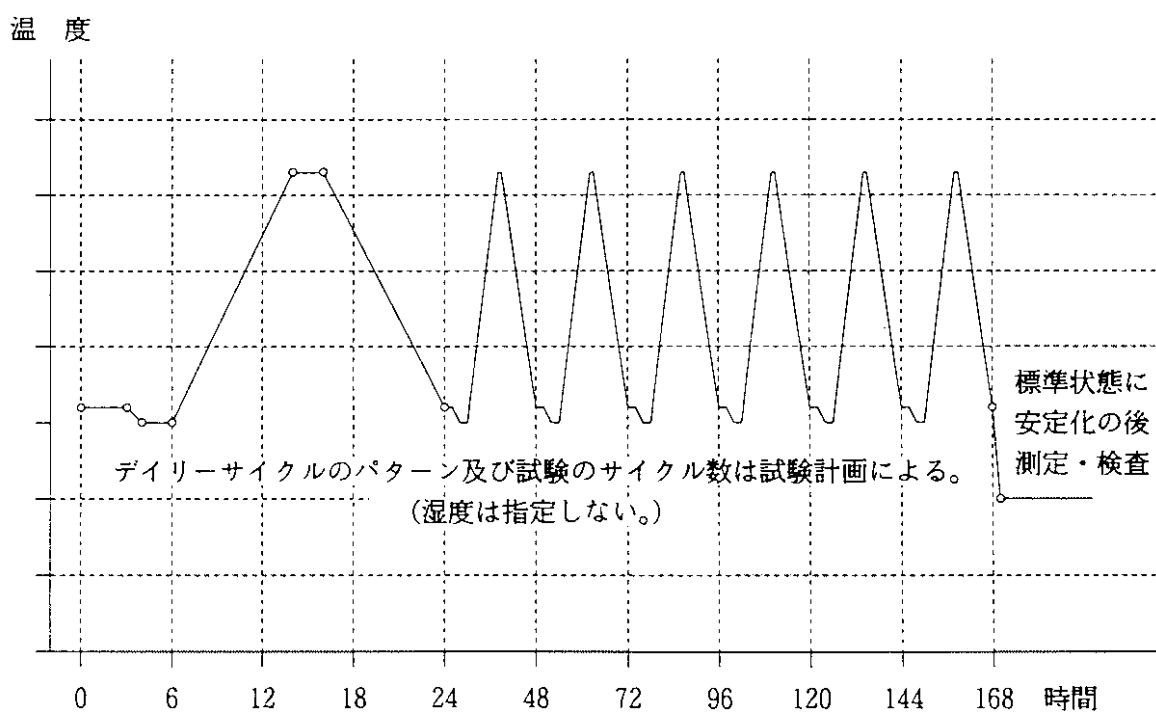
付表1 温度・湿度試験記録表（例）

試験の名称		試験年月日		年 月 日～ 年 月 日	
試 料	弾 種			試験場所	
	ロット番号			試験規格	
	履 歴			試験器材 ⁽¹⁾	定格・諸元など
	形 態			試験槽	
試 験 条 件	時 間 ⁽¹⁾	設定条件 ⁽²⁾			
	(試験条件の測定値は、添付記録紙を参照)		制御用センサ 及び測定器		
			温度センサ 及び測定器		
			その他の器材		
			測 定 者		
試験データ ⁽¹⁾					
検査・試験項目		試験前		試験後	
目視検査		年 月 日 場所：		年 月 日 場所：	
透過検査		年 月 日 場所：		年 月 日 場所：	
切断・分解検査		年 月 日 場所：		年 月 日 場所：	
射撃試験 ⁽⁶⁾		年 月 日 場所：		年 月 日 場所：	
火砲：					
装薬：					
射程：					
注⁽¹⁾ 試験槽の設定を保持した時間の初めと終わりを記載する。書き切れない場合は別紙とする。 ⁽²⁾ 上記⁽¹⁾に対応する温度・湿度の設定値を記載する。試験条件の記録紙を添付する。 ⁽³⁾ 試験器材の主要諸元概略を記載し、詳細は別紙とする。 ⁽⁴⁾ 試験データは概略を記載し、詳細は別紙とする。必要に応じて写真、スケッチなどを添付する。 ⁽⁵⁾ 結論を簡略に記載し、書き切れない場合は別紙とする。 ⁽⁶⁾ 主要な射撃諸元を記載し、詳細は別紙とする。					

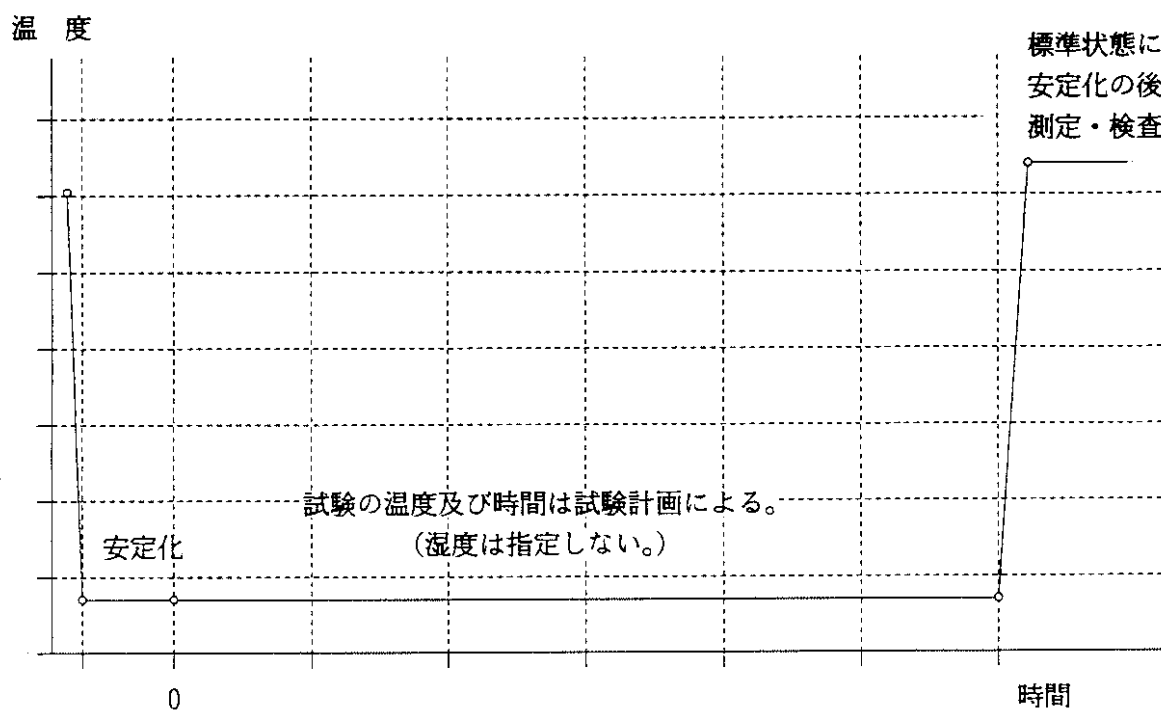
付図1 高温試験



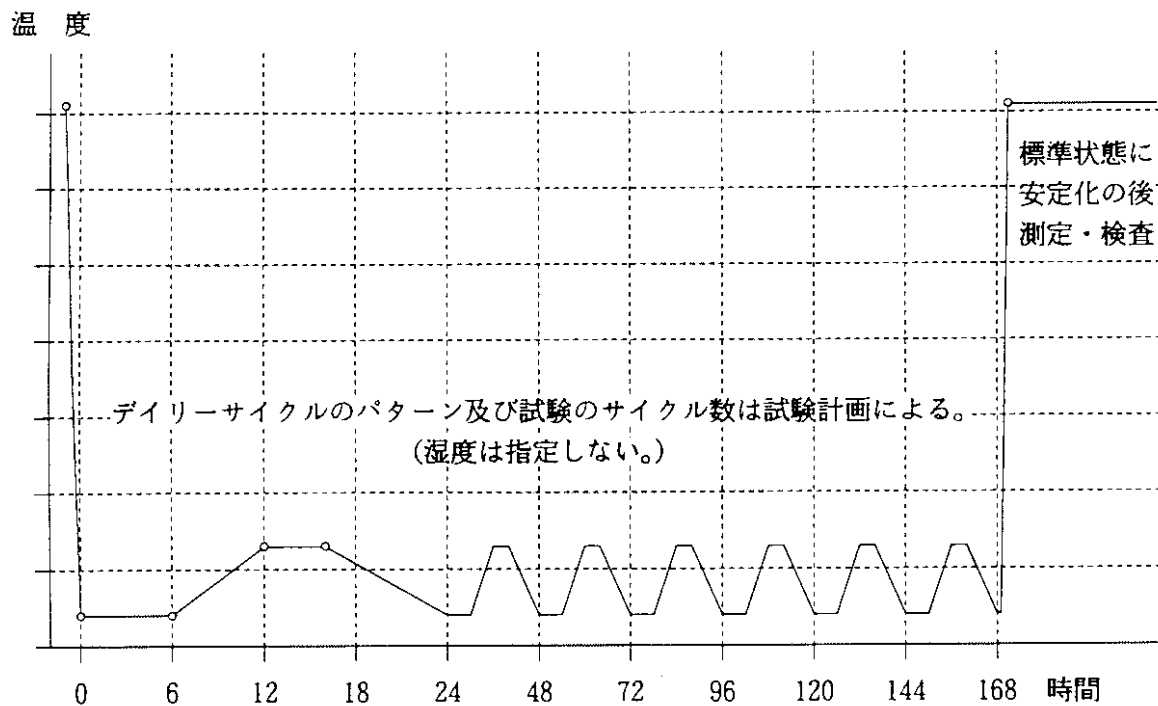
付図2 高温デイリーサイクル試験



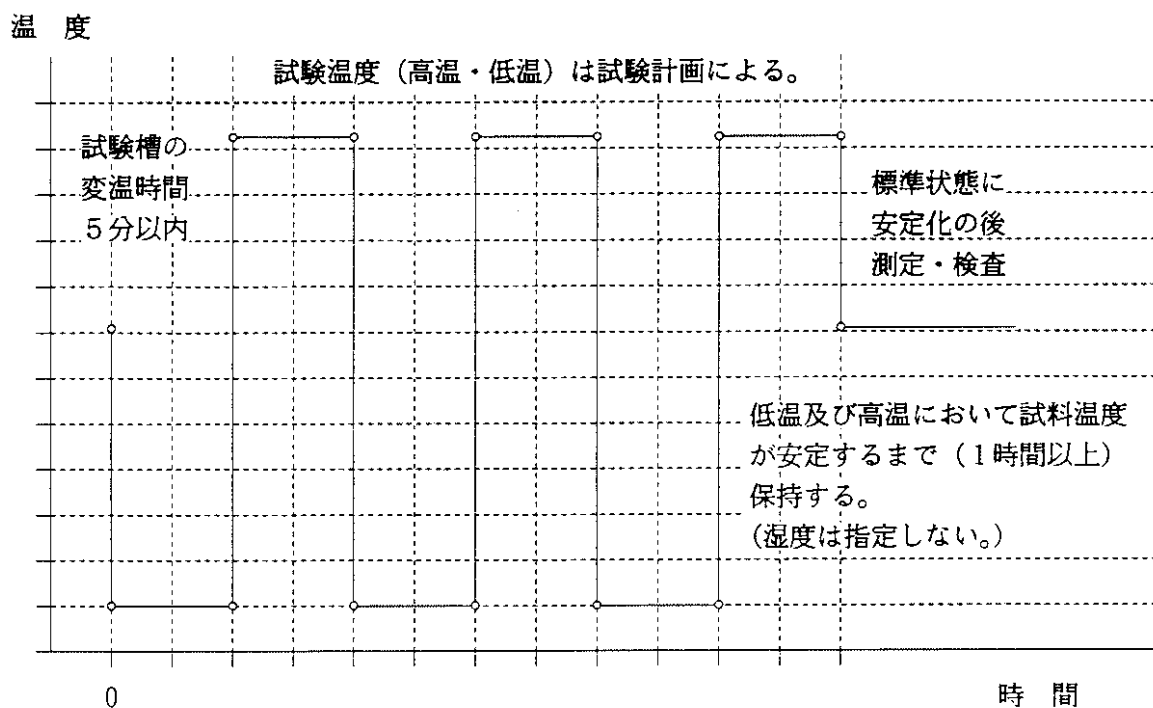
付図3 低温試験



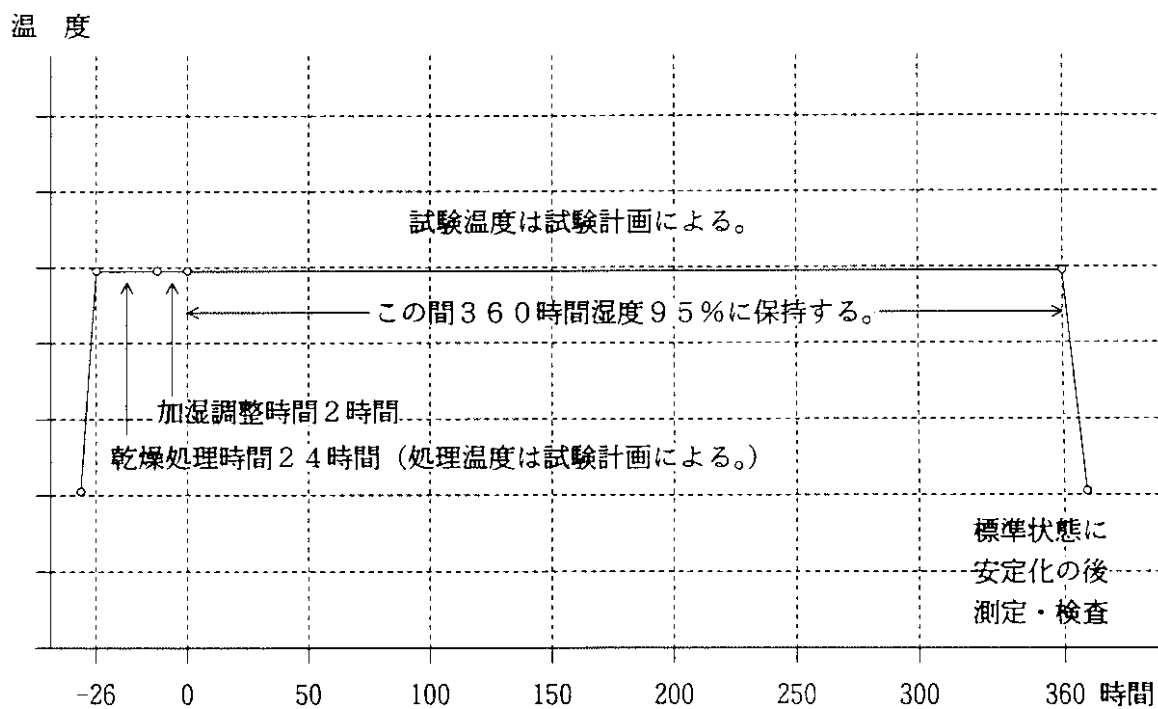
付図4 低温ディリーサイクル試験



付図5 温度衝撃試験

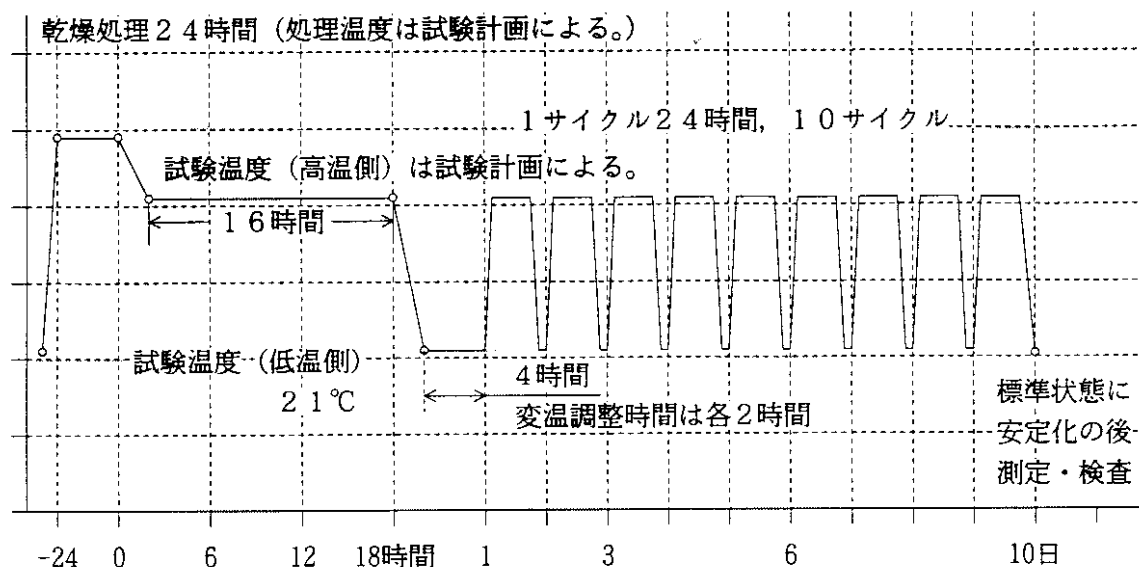


付図6 高湿度試験



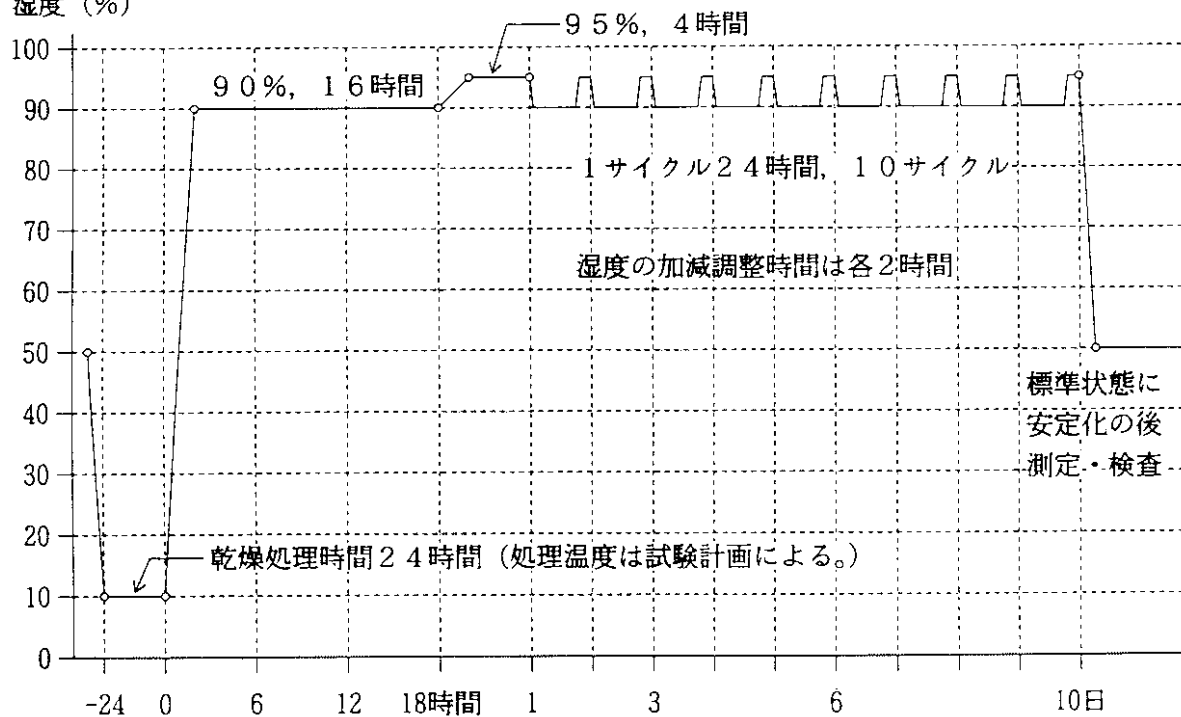
付図7-1 高湿度サイクル試験（温度）

温 度

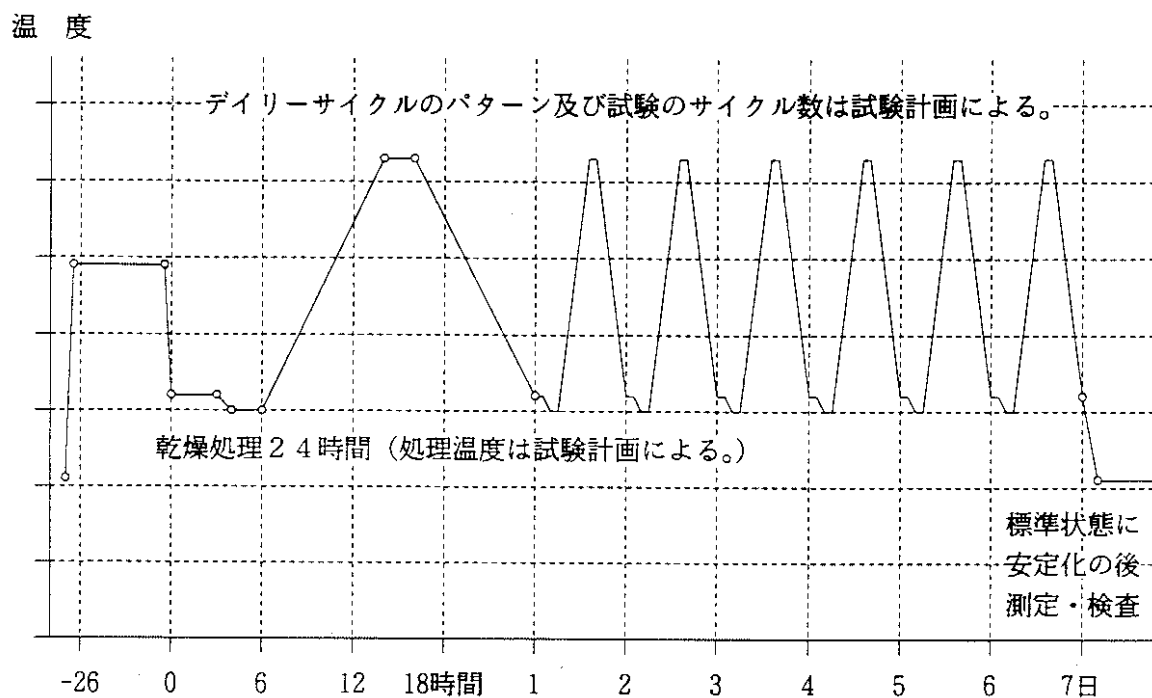


付図7-2 高湿度サイクル試験（湿度）

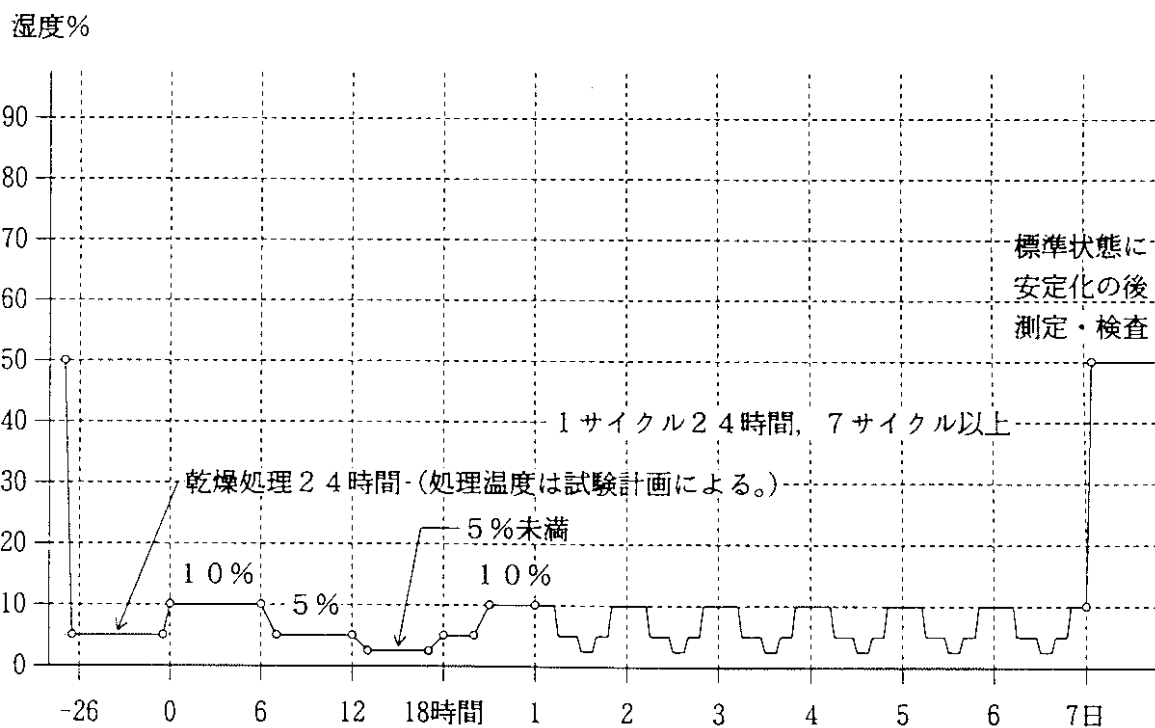
湿度 (%)



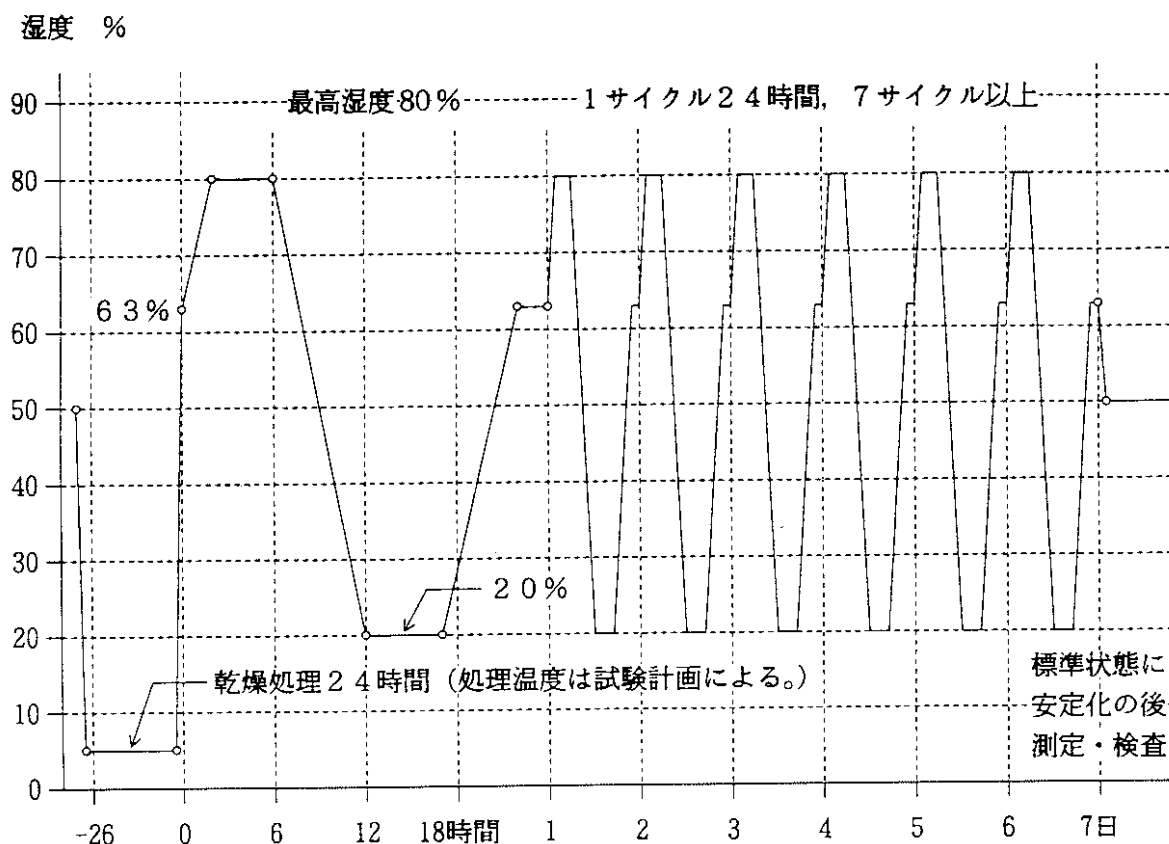
付図8 高温・乾燥及び高温・高湿デリーサイクル試験（温度）



付図9 高温・乾燥デリーサイクル試験（湿度）



付図10 高温・高湿デیلیーサイクル試験（湿度）



関連文書等： 関連文書等は，最新版とする。

MIL-STD-810	ENVIRONMENTAL TEST METHODS AND ENGINEERING GUIDELINES
ITOP 4-2-504 (1)	SAFETY TESTING OF FIELD ARTILLERY AMMUNITION
ITOP 4-2-504 (2)	FR/GE/US SAFETY TESTING OF TANK AMMUNITION
ITOP 4-2-820	HUMIDITY TEST OF AMMUNITION

N D S Y 7 4 1 3

火砲弾薬の環境（温度・湿度）試験方法 解説

1. 作成の経緯 この規格は、火砲弾薬の環境（温度・湿度）試験方法について、規定したものであり、評価方法、評価基準及び試験結果の解析方法について規定するものではない。

なお、作成に当たっては、昭和63年度から平成元年度にわたって（社）日本防衛装備工業会に火砲弾薬試験方法の調査を委託し、平成5年度は火砲弾薬試験方法（その3）防衛庁規格原案作成を委託したもので、工業会は、関係者による委員会（委員長 森口博之）を組織し、規格原案を作成した。

2. 審議経過 火砲弾薬の環境（温度・湿度）試験方法には、定常状態での試験、サイクリング試験、温度衝撃試験などがあり、防衛庁においても弾薬の特性及び試験の目的に応じて、各種の試験が行われている。審議に当たっては、現在行われている試験方法を踏まえ、米国のITOP（International Test Operation Procedure, 国際試験実施手順書）、MIL-STD（Military Standard, 軍標準）及び防衛庁規格（NDS）を参考に審議した。

3. 適用範囲 火砲弾薬の構成部品たる信管及びロケットモータについては既にNDS Y 7002（信管試験方法通則）、NDS Y 8101（ロケットモータの環境試験方法通則）が作成されているので適用除外とした。ただし、ベースブリード弾については適用除外していない。

4. 試験の種類・目的 火砲弾薬は、製造から射撃までの間に、さまざまな環境にさらされる。従って、火砲弾薬は、これらの環境に耐え、安全性及び信頼性が確保されなければならない。この規格は、温度及び湿度に関わる環境試験の方法について規定するものである。試験の種類は大別して温度試験とこれに湿度を加味した温湿度試験がある。試験方法としては、試料を一定の環境におく方法と、試料の環境を周期的に変化させる方法が行われている。周期的環境を用いる試験では変化のパターンに色々なものがある。従って、試験の種類は多くなるが、目的に応じて選択できるように次の9種類を採用した。採用に当たっては、今後必要となると思われる試験を主とし、既存の弾薬仕様書に記載されている試験も考慮した。必要となる試験として、ITOP 4-2-820（以下ITOPという。）及びMIL-STD-810E（以下MILという。）に記載され試験のうちから選択した。

(1) 高温試験 高温は、構成材料の寸法、その他の物理化学的特性を変化させることによって、弾薬の性能、信頼性、安全性などに影響する可能性がある。この試験は、定常的な高温環境が弾薬に及ぼす影響のデータを得ることを目的とする。この目的のため必要に応じて、高温

試験後に射撃試験その他の性能試験を実施する。

- (2) 高温デیلیーサイクル試験 高温環境の影響は、温度が変動する場合大きくなることもある。一方、自然の環境は太陽の動きに伴って1日24時間を周期として変動〔このサイクルをデیلیーサイクル(Daily Cycle)という。MIL-STD-210C。〕している。試験試料を夏期の1日の温度変化を模擬した環境におき、その弾薬に及ぼす影響のデータを得ることを目的とする試験であり、主に、夏期の貯蔵試験として行う。
- (3) 低温試験 低温は、構成材料の寸法、その他の物理化学的特性を変化させることによって、弾薬の性能、信頼性、安全性などに影響する可能性がある。この試験は、定常的な低温環境が弾薬に及ぼす影響のデータを得ることを目的とする。この目的のため必要に応じて、低温試験後に射撃試験その他の性能試験を実施する。
- (4) 低温デیلیーサイクル試験 低温環境の影響は、温度が変動する場合大きくなることもある。一方、自然環境は高緯度地方を除き、冬期でも太陽の動きに伴って1日周期で変動している。この試験は、試料を冬期の1日の温度変化を模擬した環境におき、その弾薬に及ぼす影響のデータを得ることを目的とする試験であり、主に、冬期の貯蔵試験として行う。
- (5) 温度衝撃試験 環境温度の急変は弾薬を搭載した航空機の離着陸、弾薬の空中投下、空調された屋内への弾薬の搬入又は屋外への搬出の場合などに見られる。温度衝撃試験は環境温度の急変が、弾薬に及ぼす影響のデータを得ることを目的とする試験であり、主に、開発段階における技術的な試験として実施する。
- (6) 高湿度試験 高湿度は、材料の物理的、化学的な劣化をもたらす、又は、促進し、弾薬の性能、信頼性、安全性などに影響する可能性がある。この試験は、高湿度に起因する材料の腐食などのデータを得ることを目的とする加速試験であり、主に開発段階における技術的な試験として実施する。
- (7) 高湿度サイクル試験 梅雨期などに遭遇する可能性のある自然の高湿度環境が、焼尽薬きょうに用いられる多孔質材料など、湿度の影響を受け易い材料に及ぼす影響のデータを得ることを目的とする。この試験は、耐湿封止などの耐湿装置、耐湿処理の評価データを得るためにも有用である。主に開発段階における技術的な試験として実施する。
- (8) 高温・乾燥デیلیーサイクル試験 高温・低湿度環境が、装薬などの性能に影響する原因となるか、判定するためのデータを得ることを目的とする。この種の環境は、砂漠性気候の特徴であるが、国内ではフェーン現象などに伴って過渡的に遭遇する可能性がある。高温・乾燥条件を伴う人工的環境において運用される弾薬に対しては、この試験は不可欠であり、主に開発段階における技術的な試験として実施する。
- (9) 高温・高湿デیلیーサイクル試験 高温及び極端でない高湿度が、焼尽薬きょうケースなど、高湿度又は高温に敏感な材料に及ぼす影響のデータを得ることを目的とする。この試験環境は、国内において、現実遭遇する可能性の大きい環境を意図したものであり、射撃試験その他の性能試験と併用することによって、品質の確認のために実施する。

5. 試験条件 温度その他の試験条件は、個々の弾薬に想定される貯蔵及び運用の環境条件を基礎として決定されるものであるから、試験計画では仕様書に従って試験条件を定めることを原則とした。試験目的によって仕様書と異なった条件による試験を必要とする場合は、予め試験計画で定めておくことが必要である。試験計画作成の便宜のために、試験条件の具体的な例を挙げる。

5.1 温度 特定の地域で運用（移動、保管などを含む。）される装備品の運用環境の温度範囲は、地域によって定まる。M I Lは、装備品の設計及び試験のために、南極大陸を除く全世界の気候を、夏期の気温によって2種、冬期の気温によって4種のカテゴリーに分類し、それぞれのカテゴリーに属する地域及び設計上考慮すべき環境条件を与えている。M I Lの要求する温度範囲を解説表1に示す。

解説表1 気候カテゴリー別デیلیーサイクルの温度範囲

気候カテゴリー	カテゴリー地域の例	気温の範囲	誘起温度の範囲
高温 (A1) Hot	アメリカ合衆国南西部, 北アフリカ, 中東, パキスタン, インドネシア, メキシコ北部	32~49℃	33~71℃
基本的高温 (A2) Basic Hot	アメリカ合衆国, 南アメリカ, 日本, アジア, オーストラリア, メ キシコ, アフリカ, アフリカ南部, スペイン南部, 南西アジアの高温 地域の外側に展開する部分	30~43℃	30~63℃
温和な低温 (C0) Mild Cold	西ヨーロッパの沿岸地域 オーストラリア南東部 ニュージーランド (低地)	-2~-19℃	-10~-21℃
基本的低温 (C1) Basic Cold	日本, ヨーロッパ (大部分) アメリカ合衆国北部, カナダ南部 高緯度の沿岸地域, 低緯度の高地	-21~-31℃	-25~-33℃
寒冷 (C2) Cold	カナダ北部, アラスカ (除内陸) グリーンランド (除氷冠) スカンジナビア北部 アジア北部 (一部), チベット アルプス, ヒマラヤ, アンデス	-37~-46℃	-37~-46℃
酷寒 (C3) Sever Cold	アラスカ内陸, ユーコン (カナダ) アジア北部, 北方の島 (内陸) グリーンランド (氷冠)	-51℃	-51℃

この表に記載されているカテゴリーごとの気温の限界は、地域内で最も過酷な場所の最も過酷な（暦上の）月において、気温がこの限界を超える時間的頻度が平年（気象要素の30年間の平均で定義する。）で1%（1カ月約720時間のうち7.2時間）となる温度と定義している。ただし、カテゴリー（C3）の限界-51℃は時間的頻度20%に対応する値（頻度1%, 5%, 及び10%に対応する値は、それぞれ-61℃, -57℃及び-54℃）である。表中の気温の範囲は、該当するカテゴリー地域で限界の気温が出現する日の、典型的なデیلیーサイクルにお

ける気温の変動幅を表わしている。運用上、弾薬が暴露される温度環境、すなわち、弾薬に実際に接する空気の温度は、置き場所の日照、通風などの条件の影響を受け、必ずしも気温と一致しないが、MILは、実際の環境を誘起条件（Induced Condition）と定義し、モデルによる値を与えているので、これを表1に示す。表で、誘起温度の範囲は、気温のサイクルに対応する、誘起温度のサイクルの変動幅を表わしている。一般に環境試験条件は、誘起条件を満たさなければならないが、必要な限度を越えた厳しい試験条件を設定する不経済を避けるために、MILは仕様書などのデータから（要すれば野外試験を行う。）誘起条件を求め、これを考慮して試験条件を定めることを要求している。この表では、日本の属するカテゴリー、基本的高温（A2）では、無通風状態での日照による温度上昇を最高20℃と見積もり、同じく基本的高温（C1）では、夜間の放射冷却の効果を2～4℃の温度降下（低温では放射冷却効果は小さい。）と見なしている。

1992年までの国内の気象官署で観測された気温の極値は解説表2のとおりである。

解説表2 日本国内における気温の極値（理科年表1994年版）

順位	地点	極値と起日			統計 初年	地点	極値と起日			統計 初年
		最高気温(℃)					最低気温(℃)			
1	山形	40.8	1933. 7. 25	1891	旭川*	-41.0	1902. 1. 25	1888		
2	宇和島	40.2	1927. 7. 22	1922	富士山*	-38.0	1981. 2. 27	1932		
3	酒田	40.1	1978. 8. 3	1937	倶知安*	-35.7	1945. 1. 27	1944		
4	名古屋*	39.9	1942. 8. 2	1923	帯広*	-34.9	1922. 1. 31	1915		
5	岐阜	39.4	1983. 8. 15	1883	網走*	-29.2	1902. 1. 25	1890		
6	伏木	39.4	1978. 8. 2	1909	釧路*	-28.3	1922. 1. 28	1910		
7	甲府	39.3	1990. 7. 19	1895	雄武*	-27.5	1978. 2. 18	1942		
8	熊谷	39.1	1987. 7. 24	1897	北見枝幸	-26.4	1947. 2. 12	1942		
9	前橋	39.1	1987. 7. 24	1897	羽幌*	-26.4	1923. 1. 27	1921		
10	福島	39.1	1942. 8. 15	1928	高山	-25.5	1939. 2. 11	1899		

注* この地点では10位の値より上位の値が他にあることを示す。

解説表2その他の資料から、国内で平年に遭遇する気温の高温側の限界は、39℃程度と考えられる。従って、MILのカテゴリー（A1）の限界気温43℃は、国内の環境としては、やや過酷な環境と考えられる。一方、気温の最低記録-41℃は非常に稀な現象（旭川の最近30年の年間最低気温は-17.7～-29.0℃、年間最低気温の平均は-24.5℃である。）でありMILのカテゴリー（C1）の限界気温-31℃及びこれに対する誘起条件-33℃は、国内で運用される弾薬の環境試験条件としてはほぼ妥当な数値であると考えられる。ただし、ITOP 4-2

－504(1)も言及しているが、安全性試験においては、統計的に必要とされるよりも少ない試料数で安全性を確認するために完全な性能を要求しない替りに、実際よりも過酷な条件で実施することがある。

5.2 湿度 湿度試験については、前出のMILは、METHOD 507.3, “HUMIDITY”において一般的な湿度試験手順を規定しているが、一方、弾薬に関して専門化した手順として、ITOPがある。これを比較して解説表3に示す。

解説表3 ITOPとMILの温度・湿度試験の概要

ITOP 4-2-820			ML-STD-810E		
試験条件	温度	湿度	温度	湿度	備考(出現の典型例)
定常高湿度・加速	49℃	95%	24℃	95-100%	熱帯ジャングル
サイクリング・加速	21-41℃	90-95%	30-60℃	85-95%	過酷試験
デイリーサイクル乾燥	33-71℃	<5-10%	高温試験として実施		熱帯の砂漠での誘起条件
デイリーサイクル高湿	33-71℃	14-80%	33-71℃	14-80%	ベルシャ湾岸の誘起条件
デイリーサイクル基本	31-63℃	5-44%	31-63℃	19-75%	開けた熱帯の誘起条件
			26-35℃	74-100%	開けた熱帯
			31-41℃	59-88%	ベルシャ湾沿岸

解説表3から、ITOPは高湿度の影響については勿論、装薬などの乾燥による劣化にも配慮しており、一方、MILでは、専ら現実に関わり得る高湿度に対する耐湿性に重点をおいていることがうかがえる。この規格は、基本的にITOPに従っているが、試験の性質は試験条件の設定に依存する。この規格の具体的な試験条件は、すべて仕様書に従って試験計画で決定されている。試験計画を策定する上での参考として、ITOP及び上記MILの規定している温度及び湿度のデイリーサイクルを解説付表1に示す。

5.3 標準状態 標準状態は検査環境であり、検査は試験槽外で行われることが多いが、そのための温度及び湿度のばらつきによって支障が生じる例は少ない。従って、多くの規格が普通の室内環境を標準状態と認めている。標準状態は各々の規格によって伝統的に異なった定義がなされている。この試験では、温度の中心値は、従来から弾薬関係に多く用いられている21℃とし許容範囲は15～31℃とすれば、絶対値及び誤差ともITOPの許容する範囲を越えない。

また、相対湿度については、MIL、ITOPとも $50 \pm 30\%$ としている。ただし、検査環境によって判定結果に問題を生じる場合は、試験計画において環境及び許容差を定義しておかなければならない。

6. 試験場所 火砲弾薬の温度・湿度試験は、すでに試験設備が設置されている実験室的な施設を利用して行われることが多いが、射場内で温湿度試験が行われる場合を考慮して、必要な試験

装置を設置することが可能な場所を加えた。

7. 安全管理 規格本文中で関連法令等とした、安全上不可欠な安全規則などを次に示す。試験計画の立案や試験の実施に当たっては、これらを理解しておくことが必要である。

7.1 自衛隊の行う火薬類の製造貯蔵消費その他の取り扱いに関する法令

- (1) 自衛隊法 (昭和29年法律第165号)
- (2) 自衛隊法施行令 (昭和29年政令第412号)
- (3) 火薬類の取り扱いに関する訓令 (昭和54年防衛庁訓令第36号)

7.2 各自衛隊の火薬類の取り扱いに関する達

- (1) 火薬類の取り扱いに関する達 (昭和55年陸上自衛隊達第95-4号)
- (2) 海上自衛隊の火薬類の取り扱いに関する達 (昭和57年海上自衛隊達第13号)
- (3) 火薬類の取り扱いに関する達 (昭和56年航空自衛隊達第41号)

7.3 技術研究本部の火薬類の取り扱いに関する達等

- (1) 火薬類の取り扱いに関する達 (昭和63年技術研究本部達第2号)
- (2) 職員の安全管理に関する達 (昭和49年技術研究本部達第2号)
- (3) 職員の安全管理に関する達 (昭和49年技術研究本部達第2号) 中の法令等及び本部の定める事項について (通達) (総第39号)
- (4) 下北試験場における試験等の実施に関する安全細則 (昭和47年技術研究本部達第5号)
- (5) 下北試験場における試験等の実施に関する安全規則 (昭和47年技術研究本部達第5号, 第21条)
- (6) 装備品等の技術研究開発に関する達 (昭和51年技術研究本部達第1号)

8. 試料 試料数については、4.1 試験計画(4)項で試験の目的を明確にすると共に、試料は、試験目的に合った数量を準備するとした。温湿度試験は、一連の環境試験の一環として落下試験、振動試験、射撃試験などと組み合わせて実施されることが多く、この場合、温湿度試験の試料数は、それらの試験の試料数によって決まる。すなわち、試料数は試験の種類、目的、費用などの条件により異なるため、本規格では規定しなかった。例として、ITOP 4-2-504シリーズの要求している試料数を解説付表2に示す。参考までに、母集団の良品率を統計的に推定するために必要とされる試料数を解説付表3に示す。試料の形態は、試験の目的に応じて、運用上に近い形態とする。すなわち、貯蔵試験として包装を含めて評価する目的ならば包装した状態、その他の場合は包装なしを原則とする。いずれにしても試験計画に明記する。

9. 試験方法

9.1 高温試験 この試験は、基本的に前出のMILのMETHOD 501.3, "HIGH TEMPERATURE", PROCEDURE II, Operation of Constant temperature exposureに準拠している。このMILは次の高温デイリーサ

イクル試験と同様なサイクルを3～7回繰り返す、試料が最高温度にあるとき又は、定常的な高温環境において動作試験を行う方法とを規定している。定常的な高温の試験温度は仕様書に規定された温度、野外試験などを基礎にして得られた温度又はこれらが利用できない場合は、解説付表2に示す温度サイクルを3～7サイクル印加して試料の到達する最高温度を求め、この温度に保持して動作試験を行うことを要求している。しかし、弾薬の動作試験は、一般に試験槽内で行うことはほとんどできないので本規格では規定していない。必要な場合は個別仕様書において要求しなければならない。本規格の主眼は、高温の環境によって弾薬に何らかの異常が生じないかのデータを得ることである。試験温度は、試験計画に規定された温度としているが、前出のMIL, METHOD 501.3に規定する方法によって設定することも可能である。試験時間は、試験計画に規定された時間としているが、仕様書に規定があれば仕様書に従い、その他の場合は試験目的に合わせて設定する。開発段階では、基本的な問題を早期に確認するために、十分な試験時間を取ることが重要である。例として、MIL-STD-810C, Procedure Iでは、71℃において48時間の要求であった。MIL-STD-331Bでは28日間の高温試験を要求している。射撃試料の調温の場合は、試料の質量（熱容量）によって12～24時間が一般に用いられている。

9.2 高温デイリーサイクル試験 この試験は、基本的には前出のMILのMETHOD 501.3, “HIGH TEMPERATURE” PROCEDURE I, Storageに準拠している。貯蔵される地域の気温、日射、その他の熱源及び通風などの条件から適当な高温サイクルを選択する。必要とする試験時間すなわち、暴露するサイクル数は、設計上の要求による。この試験時間を短縮する方法は知られていないので、試料が最高温度にある述べ時間（通常1時間／サイクルである。）が、少なくとも予期される最も過酷な貯蔵場所で平年の最悪月に、気温が限界を超える延べ時間（限界の定義から約7時間）に等しくなるように、試験のサイクル数は最小7サイクル以上と設定する。長期にわたる貯蔵が予想される品目及び非常に重要であるか又は高温の影響を受け易い品目の試験の時は設計要求に合致することを確証するためにサイクル数を増加させなければならない。例えばITOP 4-2-504(1)は28日間のカテゴリー（A1）による高温デイリーサイクル試験を実施することを規定している。

9.3 低温試験 この試験は、基本的にMILのMETHOD 502.3, “LOW TEMPERATURE”に準拠している。前出のMILでは、試験温度は仕様書に規定された温度、又はこれが利用できない場合は、運用地域の気候カテゴリー別デイリーサイクルの温度範囲（解説表1参照）から決定（最低値を推奨している。）し、この温度において目視検査、動作試験及び操作試験を要求している。この規格では、試験温度は試験計画に規定された温度とし、高温試験と同様に動作試験及び操作試験については規定していない。必要な場合は、仕様書又は試験計画に規定しておくことが必要である。試験時間は、同様に試験計画に規定された時間としているが、前出のMILは弾薬については、低温において劣化が進行する可能性が考えられること、及び自然の低温状態が少なくとも3日間は継続するという理由で72時間以上を推奨している。試験目的によって、さらに長時間の試験を要する場合は、高温試験と同様である。

例えばITOP 4-2-504 (1)は14日間、MIL-STD-331Bでは28日間を要求している。一方、射撃前の調温としては、12～24時間が一般的である。

9.4 低温デイリーサイクル試験 この試験は、ITOP 4-2-504 (1)の4.TEST PROCEDURE, 4.7, Sequential Environmental Tests.

4.7.1 (f)を根拠として、これを具体化したものである。このITOPは、野戦砲用弾薬の安全性試験における一連の環境試験の中で、低温試験14日間を要求しているが、変動する低温の影響を受ける疑いのある弾薬に対してはMILのカテゴリー (C2) による-37～-46℃の低温デイリーサイクル試験が要求されている。この場合に用いられるデイリーサイクルを解説付表1に挙げる。この表は、MIL-STD-210C⁽¹⁾のTableXII “Daily Cycle of Temperature, Relative Humidity and Solar Radiation for the Cold Regional Type.”からの引用である。

注 (1) CLIMATIC INFORMATION TO DETERMINE DESIGN AND TEST REQUIREMENTS FOR MILITARY SYSTEM

9.5 温度衝撃試験 この試験は、基本的には、MILのMETHOD 503.3の“TEMPERATURE SHOCK”に準拠している。試験温度の設定については、高温試験及び低温試験と同じである。ただし、空中投下又は航空輸送を模擬した試験を実施する場合は、高度によって温度が異なるので投下高度などの運用条件を考慮して決定しなければならない。

9.6 高湿度試験 この試験は、前出のITOPの“High Humidity Steady State Test”に準拠している。ただし、試験条件の時間及び湿度はITOPと同一としているが、温度については試験目的に合わせて、試験計画で規定するとしている。

なお、前出のITOPが規定している温度は乾燥温度、試験温度共に49℃である。

9.7 高湿度サイクル試験 この試験は、前出のITOP “High Humidity Temperature Cycling Test”に準拠している。温度については常温の値 (21℃) 及び温度の時間的変化の形状のみを規定し、高温側の試験温度は目的に応じて試験計画で規定するとしている。ITOPでは、乾燥温度は、49℃、試験温度の高温は41℃である。

また、MILは、METHOD 507.3, “HUMIDITY”, Procedure III “Aggravated” (過酷試験)として類似の試験手順を推奨している。さらに、試験品が火工品など、湿気の影響を受け易い材料をシールすることによって保護する構造の場合は、より長期の試験が必要であると注意している。

9.8 高温・乾燥デイリーサイクル試験 この試験は、基本的には前出のITOPの“Hot-Dry Cycling Test”による。ただし、デイリーサイクルの温度パターンとしてITOPでは、低緯度の砂漠地域において誘起条件として出現する33～71℃の温度サイクルを1時間ごとに規定しているが、この規格では、すべて試験計画によるとしている。湿度につい

ては、実用的に可能な最も乾燥した条件という意味でITOPと同じ値を採用している。この試験と類似の試験は、現用弾薬に適用されている。(155H, L15A2りゅう弾, ただし, 試験条件は温度34~60℃及び湿度5~15%である)。

9.9 高温・高湿度デイリーサイクル試験 この試験は、基本的にはITOPの“Hot-Humid Cycling Test”による。ただし、デイリーサイクルの温度パターンについては、上記9.6と同じである。湿度については、国内において現実に可能性のある高温・高湿度条件という意味で、MILのMETHOD 507.3にCycle 4, “Hot-Humid”に対する近似として与えられているものを採用した。これは、近似誤差を除いてITOPの与える湿度パターン“Hot-Humid”と等価なものである。試験の期間について、このMILでは、弾薬など未知の物理的な劣化が潜在している試験品を使用した場合、重大な結果を引き起こす危険がある場合は、温湿度試験の期間を通常の2倍とすることを規定している。具体的な期間として、誘起条件による高温・高湿デイリーサイクル試験の場合30サイクルを挙げている。ITOP 4-2-504(1)も28日間の高湿サイクルまたは温湿度サイクル試験を要求している。

10. 測定 測定項目には多くのものがあるが、すべての項目を測定しなければならないものではなく、試験計画に規定された測定項目によるとした。したがって、試験目的に合致した測定項目を選定することが必要である。

11. 記録 各試験の記録様式の一例を付表1に示したが、試験の実施に当たり、記入すべき項目の主要なものを記述した。したがって記録項目の内、細部については別様式、又は写真、フィルム、スケッチなどによることが多い。

解説付表1 種々のデリーサイクルの例

時 間	気 温 ℃				誘 起 温 度 ℃				大 気 湿 度 %			誘 起 湿 度 %				
	高 温 A1	基 本 A2	基 本 C1	寒 冷 C2	高 温 A1		基 本 A2		乾 燥	基 本	高 湿	乾 燥		基 本	高 湿	
0	37	33	-31	-45	35	34	33	32	6	33	88	6	10	33	63	63
1	35	33	-31	-46	35	34	33	32	6	36	88	6	10	36	67	↓
2	34	32	-32	-46	34	34	32	32	7	38	88	7	10	38	72	80
3	34	32	-32	-46	34	34	32	32	7	41	88	7	10	41	75	80
4	33	31	-32	-46	33	34	31	30	8	44	88	7	10	44	77	80
5	33	30	-32	-46	33	34	30	30	8	44	88	7	10	44	79	80
6	32	30	-32	-46	33	34	31	30	8	44	85	7	10	43	80	80
7	33	31	-30	-45	36		34		8	41	80	5	5	37	70	
8	35	34	-28	-44	40		38		6	34	76	4	5	30	54	
9	38	37	-26	-43	44		42		6	29	73	4	5	23	42	
10	41	39	-24	-41	51		45		5	24	69	3	5	17	31	
11	43	41	-22	-39	56		51		4	21	65	2	5	14	24	↓
12	44	42	-21	-37	63		57		4	18	62	2	5	8	17	20
13	47	43	-21	-37	69	↓	61	↓	3	16	59	1	< 5	6	16	20
14	48	43	-21	-37	70	71	63	63	3	15	59	1	< 5	6	15	20
15	48	43	-21	-37	71	71	63	63	3	14	59	1	< 5	5	14	20
16	49	43	-22	-38	70	71	62	63	3	14	59	1	< 5	6	16	20
17	48	43	-24	-39	67		60		3	14	65	1	< 5	6	18	20
18	48	42	-25	-39	63		57		3	15	69	2	5	6	21	
19	46	40	-26	-41	55		50		3	17	73	2	5	10	29	
20	42	38	-27	-42	48		44		4	20	79	3	5	14	41	
21	41	36	-28	-43	41		38		5	22	85	5	10	19	53	↓
22	39	35	-29	-44	39		35		6	25	85	6	10	25	58	63
23	38	34	-30	-44	37	↓	34	↓	6	28	88	6	10	28	62	63
24	37	33	-31	-45	35	34	33	32	6	33	88	6	10	33	63	63

備考1. ↓印は、時間に対してほぼ直線的に変化させることを表わす。

2. < 5 は、湿度5%未満を表わす

3. 数値は、MIL-STD-810E、MIL-STD-210C及びITOP-4-2-820による。

解説付表2 ITOP 4-2-504シリーズに規定されている試料数

(1) 野戦砲用弾薬〔ITOP 4-2-504 (1)〕

初期安全試験		分離装てん弾		半固定弾
		弾丸	装薬	完成弾
保温	高温		35	40
	低温		35	40
B3(1) サイクル7日間		60		30
C2サイクル7日間				30

連続環境試験	さく薬入り弾丸	無さく薬弾丸	装薬	完成
A1/B3(1) サイクル試験28日間	60	30	60	60
C3浸漬/C2サイクル試験14日間	60	30	60	60

注(1) B3サイクルは高温高湿サイクル

(2) 戦車砲用弾薬〔TOP 4-2-504 (2)〕

試験種類	弾薬の種類	さく薬入り弾丸			無さく薬弾丸			装薬		
	試験実施国	米	独	仏	米	独	仏	米	独	仏
高温貯蔵試験		50	10	7	10	10	7	50	25	7
低温貯蔵試験		25	10	7	10	10	7	50	25	7
高温/高湿サイクリング試験		25	10	7	10	10	7	50	25	7

解説付表3 試料母集団の良品率を評価するための最小試料数

試料結果の 不具合数	推定良品率	推定の信頼度					
		95 %	90 %	85 %	80 %	70 %	60 %
0	95 %	59	45	37	32	24	18
0	90 %	29	22	19	16	12	9
0	85 %	19	15	12	10	8	6
0	80 %	14	11	9	8	6	5
1	95 %	93	77	67	59	49	40
1	90 %	46	38	33	29	24	20
1	85 %	30	25	22	19	16	13
1	80 %	22	18	16	14	12	10
2	95 %	124	105	94	85	72	62
2	90 %	61	52	46	42	36	31
2	85 %	40	34	31	28	24	21
2	80 %	30	25	23	21	18	15
3	95 %	153	132	119	110	95	83
3	90 %	76	65	59	54	47	42
3	85 %	50	43	39	36	31	28
3	80 %	37	32	29	27	23	21
4	95 %	181	158	144	134	117	105
4	90 %	89	78	72	66	58	52
4	85 %	59	52	47	44	39	35
4	80 %	44	38	35	33	29	26
5	95 %	208	184	169	157	140	126
5	90 %	103	91	84	78	70	63
5	85 %	68	60	55	52	46	42
5	80 %	50	45	41	39	34	31

備考：平成2年4月防衛技術協会防衛システム研究会編「火器弾薬技術ハンドブック」による。