

※非公開情報を墨消しにしています

整理番号	
審査結果	
受理日	
許可番号	

火薬類取締法施行規則第32条による特則承認申請書

種火発 第406号
令和元年 6月21日

経済産業大臣

世耕 弘成 殿

日油株式会社

名称	日油株式会社 種子島事業所
事務所所在地（電話）	東京都渋谷区恵比寿4丁目20番3号 代表電話 03-5424-6600
製造所所在地（電話）	鹿児島県熊毛郡南種子町平山字次郎官3138番地4 代表電話 0997-26-2961
（代表者）住所 氏名	東京都品川区西大井一丁目4番15-1218号 [Redacted]
特則承認を受けようとする事項	■火薬類取締法施行規則第20条第1項の最大貯蔵量の最大貯蔵量 ■火薬類取締法施行規則第21条第1項第8号の火薬類を収納した容器包装の高さ
特則承認を受けようとする施設等の名称	第3火薬庫（一級火薬庫） [Redacted]

添 付 書 類 ： 特則承認申請明細書

特則承認申請明細書

火薬類製造保安責任者

弊社では宇宙航空研究開発機構（以下、JAXAという）種子島宇宙センター内で、基幹ロケット用固体ロケットブースタ（以下SRB-A）用推進薬を製造し、弊社が承継した第3火薬庫に貯蔵しております。SRB-AはH-IIAロケット、H-IIBロケット（以下基幹ロケット）用補助ロケットとして使用されています。

現在、開発が進んでおります、新型基幹ロケット（H3ロケット）用の固体ロケットブースタ（SRB-3）に関しても、当事業所にて製造を担当させていただくことになっております。

この度、SRB-AとSRB-3を種子島宇宙センターの第3火薬庫で最大4本貯蔵するため、貯蔵量の増及び搬入装置を用いる場合の高さに係る特則承認を申請したく、その概要について説明します。

火薬庫周辺施設配置図を図-1に、第3火薬庫の周辺地図を図-2に示します。

なお、現在の第3火薬庫の設置許可及び特則承認内容は以下のとおりです。

時期	内容
昭和63年	特則承認 63立1435号 ① 大貯蔵量（120トン） 規則第20条第1項関連 ② 火薬庫の小屋組 規則第24条第11号関連 火薬庫のスパンが18mあり、木造とするための材料の入手・加工が困難であるため、小屋組みを鉄筋造りとする。 ③ 貯水槽の省略 規則第24条第14号関連 消火活動が容易なように、屋外消火栓を設置し、貯水槽を省略する。
昭和63年10月	新設許可
平成3年1月	完成検査
平成9年4月	貯蔵火薬類の種類を「固体ロケット(コンポジット推進薬)」から「火工品(ロケット用)」に変更
平成10年3月	電源設備変更 火薬庫承継（宇宙開発事業団から日本油脂(株)へ）
平成11年8月	特則承認 平成11・06・14 立第1号 ① 最大貯蔵量（200トン） 規則第20条第1項関連 →SRB-A貯蔵（最大3本）への対応 ② 搬出入装置を使用して貯蔵する場合の高さ 1条第1項第8号関連 →SRB-A貯蔵への対応 ロケットが大型となったことに伴い、モータ保管台車に載せた際の床面からSRB-A上面までの高さが4.7mとなり、規則第21条第1項第8号における高さ「搬出入装置を使用して貯蔵する場合の高さ4m以下」を満たすことができないことによる。
平成18年9月	特則承認 平成18・08・23 原第3号 ① 入り口の扉を一重扉とする 規則第24条第4号関連 ② 暖房の設備を空調設備とする 規則第24条第9
平成25年10月	特則承認 20130722商第9号 最大貯蔵量（270トン） 規則第20条第1項関連 →SRB-A貯蔵（最大4本）への対応
平成26年1月	設備変更（モーター置台、受台増設）
平成28年11月	設備変更（空調設備の取り替え）

1. 特則承認を受けようとする事項

火薬類取締法施行規則（以下「規則」という）第32条（危険の虞のない場合の特則）に基づき、下記項目について特則承認を申請します。

- ・規則第20条（最大貯蔵量）に規定する貯蔵火薬類の数量について
- ・規則第21条（貯蔵上の取り扱い）第1項第8号に規定する火薬類を収納した容器包装の高さの制限について

2. 特則承認申請する理由

本申請に係わる、第3火薬庫（一級火薬庫）における火薬類の貯蔵量が規則第20条に規定する数量（火薬80トン）及び規則第21条第1項第8号に規定する搬入装置を使用して貯蔵する場合の高さ制限（4m）の基準を満たすことができないため、規則第32条により特則承認を申請するものです。

3. 特則承認申請の内容

弊社種子島事業所で製造するSRB-A及びSRB-3を第3火薬庫に4本貯蔵するため、最大貯蔵量として272トン※1（火薬換算）を必要とします。

特認を必要とする理由を4項に、安全性について5項に示します。法定保安距離については表-1のとおりであり、すべての保安物件に必要な距離を確保しています。保安距離の確保状況を図-3に示します。

また、図-4に示す置台はSRB-A及びSRB-3の重量に耐えるため重厚な鉄骨構造の置台となっています。この置台の上に直径約2.5mのSRB-A及びSRB-3を搭載すると、床面からSRB-Aまでの高さは約4.72m、及び床からSRB-3までの高さは、約5.3mとなります。SRB-A及びSRB-3を置台上に搭載した図を図-5に示します。

なお、これまでの火薬庫の許可、認可の経緯は4項に示すとおりです。

※1）SRB-3推進薬のノミナル値（設計値）は、1本あたり67トンです。誤差や艤装する火工品を含めた場合68トン以下となる見込みのため、68トン×4本で272トンとなります。

表－1 第3火薬庫 火薬貯蔵量272トンの場合の保安距離

火薬庫：第3火薬庫（一級火薬庫）最大貯蔵量：272トン（火薬換算） 136トン（爆薬換算）				
保安物件 ^(注)		実距離(m)	法定保安距離	
			距離 (m)	計算式
第1種	広田地区 善福寺 (社寺)	1350	827	$550 \times \sqrt[3]{136} / \sqrt[3]{40}$
第2種	広田地区 (村落の家屋)	1200	722	$480 \times \sqrt[3]{136} / \sqrt[3]{40}$
第3種	第2衛星試験棟 (工場)	420	406	$270 \times \sqrt[3]{136} / \sqrt[3]{40}$
	日油 材料準備室 (工場)	323	203 ^{*1}	$270 \times \sqrt[3]{136} / \sqrt[3]{40} / 2$
第4種	第2非破壊試験棟 (火薬類取扱所)	280	256	$170 \times \sqrt[3]{136} / \sqrt[3]{40}$

*1 通商産業省告示49通告第59号第2号のロ適用

(注) 保安物件の種類毎に当該火薬庫に距離が最も近い物件を記載

4. 特則承認申請に至った理由

4. 1 火薬庫設置から最大貯蔵量270トンの特則承認までの経緯

種子島宇宙センターの第3火薬庫は、宇宙開発事業団（現JAXA）がH-IIロケットのSRB用の火薬庫として設置しました。当初は120トン（SRB2本分）の最大貯蔵量でした。（完成検査第3火薬庫：平成3年1月24日）

1棟当たりの最大貯蔵量を120トンとした目的は、H-IIロケット1機分のSRB2本の推進薬を同じ環境で保管するためのものでした。

平成11年より後継のH-IIAロケット用SRB-Aを種子島で製造することとなり、製造業者の日本油脂（現：日油）が宇宙開発事業団（現JAXA）から第3火薬庫を承継しました。

その際、最大貯蔵量をH-IIAロケット1機分2本その他、打上日程急変時にSRB-Aを戻すことを想定し、200トン（SRB-A3本分）の貯蔵ができるよう特則承認申請を行い、許可をいただき運用を開始しました。

平成25年よりSRB-Aの搭載本数が多いH-IIBロケットが本格運用されることとなり、打ち上げ数の増加、および打ち上げ日程の急変などに対応する必要性が生じたため、第3火薬庫を最大貯蔵量270トン（SRB-A最大4本）となる特則承認申請を行いました。

4. 2 現在の運用とH3ロケット運用への移行

H3ロケットの開発は、H-IIA/Bロケットを運用しながら行い、H3ロケットの開発が完了したのちに移行する計画(図-6参照)で、一定の並行運用期間が発生します。そのため、現在の第3火薬庫にSRB-AとSRB-3を同時に貯蔵する必要があります。これに対応するため、現在の第3火薬庫を以下のような運用とします。

	現行	今回の申請
第3火薬庫	SRB-A 4本 (270トン)	SRB-A、SRB-3 合わせて4本(272トン)

SRB-3の火薬量はSRB-Aより約1トン増加しますが、本申請ではH3ロケットの運用に向けてSRB-AとSRB-3を合わせて4本貯蔵する運用が必要となり、最大貯蔵量は合計272トンとする必要があります。

SRB-A及びSRB-3を4本貯蔵時の固体モータの配置を図-7に示します。4本貯蔵時はSRB-A及びSRB-3以外の火工品は貯蔵せずに等間隔で並べる形とし、3m程度の距離をおいて保管します。固体ロケット組立棟から火薬庫へ戻す場合の固体モータは図-8に示す形態で、一部に火工品は取り付けられていますが、安全を確保した上で貯蔵します。

5. 特則承認の安全性

5. 1 SRB-A推進薬及びSRB-3推進薬の安全性

SRB-A及びSRB-3用の推進薬は、従来のSRB同様に、XXXXXXXXXX、XXXXXXXXXX、過塩素酸アンモニウム(AP)、及びアルミニウム粉(AL)からなるコンボジット推進薬です。

SRB-3用の推進薬の組成はSRB-Aと同じであり、感度特性はこれまでに運用してきたSRB、SRB-Aと同等です。

SRB-A及びSRB-3の構造はCFRPモータケースを採用した同様の構造です。SRB-A及びSRB-3における構造の差は、推進薬が約1トン増加※(SRB-Aでは66トン⇒SRB-3では67トン)した点やコア機体との結合構造を除いて同等の構造であり、モータとしての安全性はSRB-Aと同様です。

※推進薬後端部の形状の違いにより推進薬量が約1トン異なる。

(1) S R B推進薬の安全性に関する評価実験の概要

H－Ⅱ ロケットで使用していた S R B 用推進薬については、これまで、通産省主催火薬類保安技術実験、物質工学工業技術研究所での実験、宇宙開発事業団主催の衝突実験など各種の実験が実施されています。参考として、添付資料 1 にこれまでの研究経緯を示します。

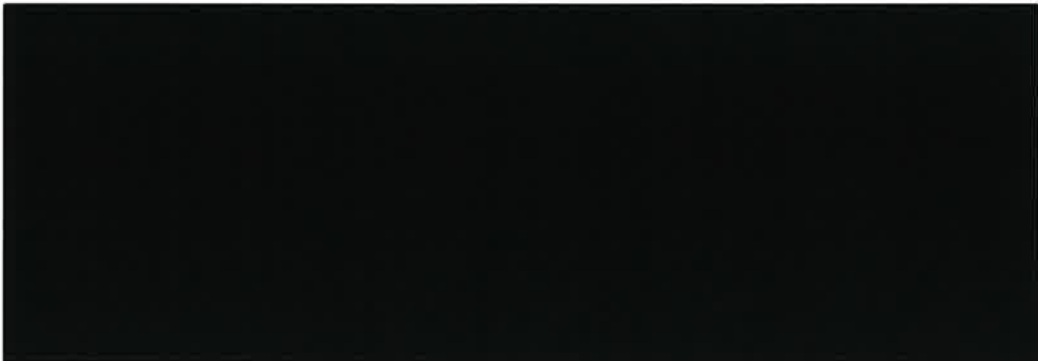
参考文献：(財)総合安全工学研究所“推進薬の威力に関する技術調査及び評価／検討（その 8）”（1999）P. 13-P. 21

これらの実験結果を要約すると以下ようになります。

① 衝撃に対する反応性



② 衝突実験結果



以上(①, ②)のデータから、貯蔵する S R B－A、S R B－3 推進薬も、爆轟する危険は非常に小さいと言えます。

(2) 硬化した推進薬の安定性

コンポジット推進薬は、熱的に安定な樹脂（バインダ）と硬化剤を混ぜて硬化させるもので、硬化した推進薬は熱的には非常に安定です。また、 コンポジット推進薬の 容易には発火しません。

火薬庫内においては局所的に加熱されることはなく、安全に貯蔵することができます。

(3) 想定されるリスクに対する安全性

① 落下に対する評価

SRB-3を貯蔵中に保管台車から落下させた場合、火薬量は約67トン、台車高さが約2mですので床面に衝突する速度は約6m/s、入射するエネルギーは 1.3×10^6 J (単位質量当たりのエネルギー約20 J/kg) となります。これは、前述に示したエネルギーより小さく、推進薬が爆轟する危険性は非常に小さいと言えます。

(SRB-Aは、SRB-3よりも火薬の量が約1トン少ないため、よりエネルギーは低くなり更に安全な評価となります。)

② 外部火災に対する評価

火災によって外部から加熱された場合に想定されるハザードとして、以下の事象が考えられます。

(a) 固体推進薬の爆轟

(b) SRB-A及びSRB-3内孔に点火し、ノズルから燃焼ガスを排出することによる飛び出し。

(a)については、SRB推進薬の安全性に関する評価実験からSRB-3推進薬は燃焼することはあっても爆轟に至る可能性は非常に小さいと考えられます。

(b)については、以下のように類推しました。

SRB-A及びSRB-3は、作動時の燃焼室となる内孔から外部に熱が伝わりにくい構造となっており、作動時のモータケース強度の低下を防止しています。

(図-10参照)

それゆえにケース外部から加熱された場合でも内孔へ熱が伝わりにくいと言えます。モータケースはCFRP製であり、外部から加熱されると、樹脂が溶けて圧力容器としての強度を保てなくなります。その後、推進薬外周部から発火しますが、CFRPケースが裂けると考えられ、圧力が保持できなくなります。

以上の点から、外部から加熱された場合、外周から発火しケースが裂けて燃焼に至ると考えられますが、内孔に点火してノズルから燃焼ガスを排出することによりロケットモータが飛び出す恐れは非常に小さいと考えられます。

参考に弾薬の安全性評価試験方法 MIL-STD-2105B「非原子力爆弾のハザード評価試験方法」で外部火災を想定した「ファーストクックオフ試験」の方法、および[]を用いたロケットモータに対してファーストクックオフ試験を実施した文献の抜粋を添付資料-2に示します。

(4) 異常を想定した場合の保安確保に関する検討

想定外の事象により推進薬が爆轟または燃焼した場合、保安の確保ができるかを検討しました。

① 爆轟の可能性について

これまでの実験結果ではSRB、SRB-A推進薬は爆轟していませんし、爆轟に至る危険性は非常に小さいと言えます（添付資料1参照）。なお、SRB-3推進薬についても、SRB及びSRB-Aと薬種配合は同じであることから、前述のように爆轟にいたる危険性は非常に低いと評価しています。

また、爆燃する恐れも小さく、火薬庫保管中に想定される燃焼事象に対して压力容器等の爆発エネルギーに対するTNT換算率は1%程度（添付資料3参照）と考えられます。

万一、爆轟又は爆燃したとしても所定の保安距離を有している為、安全を確保できると考えられます。

② 燃焼について

推進薬が燃焼した場合、図-9にありますように、火薬庫周囲近辺の樹木等が燃える可能性はありますが、4方向全てに土堤が設けられ、保安物件に対しては十分な距離を有している為、安全を確保できると考えられます。

5. 2 組立済みSRB-A及びSRB-3の安全性

H3ロケットに組み付けられたSRB-3はSRB-A同様、打上げ時次頁(a)の順で火工品が結線され、点火用デトネータ（鈍感型起爆管、以下「ID」という）の起爆で発生した爆轟を伝播することで点火されるシステムとなっています。

SRB-Aでは、セーフアーム装置（以下「SAD」という）がIDの機能を有しています。SADはロケット本体にあり、SRB-Aをロケットへ結合した後に接続されます。従って組立棟から組立済SRB-A単体を火薬庫へ戻す場合には、次頁（b）のように起爆源となるIDは無く、点火できない状態で安全です。

SRB-3では、SADにIDの機能は有しておらず、IDは取り外して別々に貯蔵します。IDは、SRB-3をロケットへ結合した後打上げに向けた作業で取り付けられます。したがって、火薬庫に貯蔵する場合には、次頁(c)のように起爆源となるIDは無く、点火できない状態で安全です。この組立済のSRB-A及びSRB-3を火薬庫へ貯蔵する場合のリスクとして、運搬台車からの落下や火災が想定されます。



(1) 想定されるリスクに対する安全性

① 落下に対する評価

リスク評価ためには、火工品装着済みの状態での落下試験が必要ですが、SRB-3は推進薬量が約67トンあり、SRB-3推進薬単体ならびに火工品を組み合わせた状態で落下試験を行うことは困難です。この点から火薬庫へ戻す場合の構造、および組付けられる火工品の安全性から、リスクの度合いを類推しました。

組立済SRB-3は以下の状況にあります。

なお、SRB-Aにつきましては平成25年10月に最大貯蔵量270トンの特則承認を受けた内容から変更はありません。

(a) IDを外して貯蔵するため、SRB-3のイグナイタに点火することができません。

(b) SRB-3に用いられる火工品で爆薬を装填したものは下記3点である。

(i) 隔壁型起爆管 (以下「TBI」という)

(ii) 密封型導爆線 (以下「CDF」という)

(iii) V型成形爆破線 (以下「LSC」という)

これらはそれぞれ[REDACTED]落下試験において発火しないことが確認されています。

SRB-3の保管時は台車高さが約2mであり、落下した場合の各火工品に付与される衝撃は落下試験に比べて小さいと言えます。

(c) 上記火工品の内、(i)は[]に(ii)、(iii)は配線カバー(システムトンネル)に覆われていることで、いずれも外面に露出しておらず、落下した場合でも火工品に直接衝撃が加わらない構造となっています。また、想定されてる落下方向は側面からの落下であり、(i)の[]に取付けられていることからモータの重量がかかることはありません。

以上の点から、落下した場合にSRB-3に点火する可能性は小さいと言えます。

② 外部火災に対する評価

SRB-A及びSRB-3の点火には火工品が爆轟を伝播することが必要です。SRB-Aでは、TBIは取り外し、代わりに保護栓(挿入部がTBIと同じ外形寸法、同じO-リングを装着した物で、TBIと同様の気密性を保持できる)を装着するため、火災により内部から加熱されるなどで点火することはありません。

また、SRB-3では、TBIを取付けた状態での貯蔵となりますが、[]により露出がない状況となっております。これにより、TBIに火災が直接到達することではなく、TBIが過熱される段階では、モータケースはCFRP製であり、外部から加熱されると、樹脂が溶けて压力容器としての強度を保てなくなります。そのため、従来SRB-Aについて行ってきた安全性の説明と差異はありません。

故に、組立済SRB-A及びSRB-3を組立棟から火薬庫へ戻す場合に、SRB-A及びSRB-3が点火されるリスクは小さく、安全に貯蔵することが出来ます。

5.3 貯蔵時の容器包装の高さ増加に対する安全性

これまで説明のとおり、置台は推進薬が落下しないように固定する機構であり、仮に落下したとしても、固体推進薬が爆轟する可能性は非常に低く、また、組立済みの推進薬に艤装された火工品が発火することではなく、これにより、SRB-Aが点火する可能性も非常に低いと評価しています。

また、既に4.72mの特則承認をいただいているSRB-Aに対する容器包装の高さについて従来からの変更はなく、SRB-3において結合構造(ガスジェネレータ及び分離スラスト等からなる)の高さが増加したためになります。なお、推進薬及び火工品(ガスジェネレータを含む)の落下高さは、SRB-Aから変更はありません。

以上より、容器包装の高さについて従来特則承認をいただいている4.72mから5.3m

に増加した場合においても、SRB-3 が爆轟することや点火することはないと評価しています。

5. 4 置台利用に対する安全性

SRB-A及びSRB-3は、図-11に示すように置台上では、鋼製の支持部により転倒・横揺れ防止が図られています。また、SRB-A及びSRB-3置台を火薬庫内で移動させる[]だけです。SRB-A及びSRB-3が落下・転倒することはありません。[]の概要を図-12に示します。なお、本置台に関する申請は、平成26年度にSRB-Aに対して許可いただいたものと同じものとなります。

SRB-A及びSRB-3の火薬庫への搬入出に当たっては、専用車両を使用します。専用車両の高さを置台と合わせて、車両と置台のレールをつなぐことで鋼鉄製の支持部（受け台）ごと水平に移動させます。

以上のことから、搬入出にあたっては、置台からSRB-A及びSRB-3が落下・転倒することはありません。

5. 5 緊急時の初動体制について

万一、第3火薬庫において災害（火災、人身事故）等が発生した場合には、[]

[]を実施いたします。

6. 資料等

- 図－1 火薬庫周辺施設配置図
- 図－2 第3火薬庫周辺地図
- 図－3 保安距離の確保状況
- 図－4 置台の概要図
- 図－5－1 SRB－Aを置台へ搭載した状態の概要図
- 図－5－2 SRB－3を置台へ搭載した状態の概要図
- 図－6 SRB－AとSRB－3の運用計画（ケーススタディの1例）
- 図－7 第3火薬庫への4本貯蔵時の配置
- 図－8（1/2）組立済みSRB－Aの貯蔵形態
- 図－8（2/2）組立済みSRB－3の貯蔵形態
- 図－9 第3火薬庫周辺地形図
- 図－10 外部火災に対する影響の検討結果
- 図－11 横揺れ・転倒防止処置の概要図
- 図－12 XXXXXXXXXXの概要

添付資料1 （財）総合安全工学研究所“推進薬の威力に関する技術調査
及び評価／検討（その8）

添付資料2 ファーストクックオフ試験を実施した文献の抜粋

添付資料3 圧力容器等の爆発エネルギーに関する資料

添付資料4 隔壁型起爆管（TBI）構造図

添付資料5 密閉型導爆線（CDF）構造図

添付資料6 V型成形爆破線（LSC）構造図

図1 火薬庫周辺施設配置図

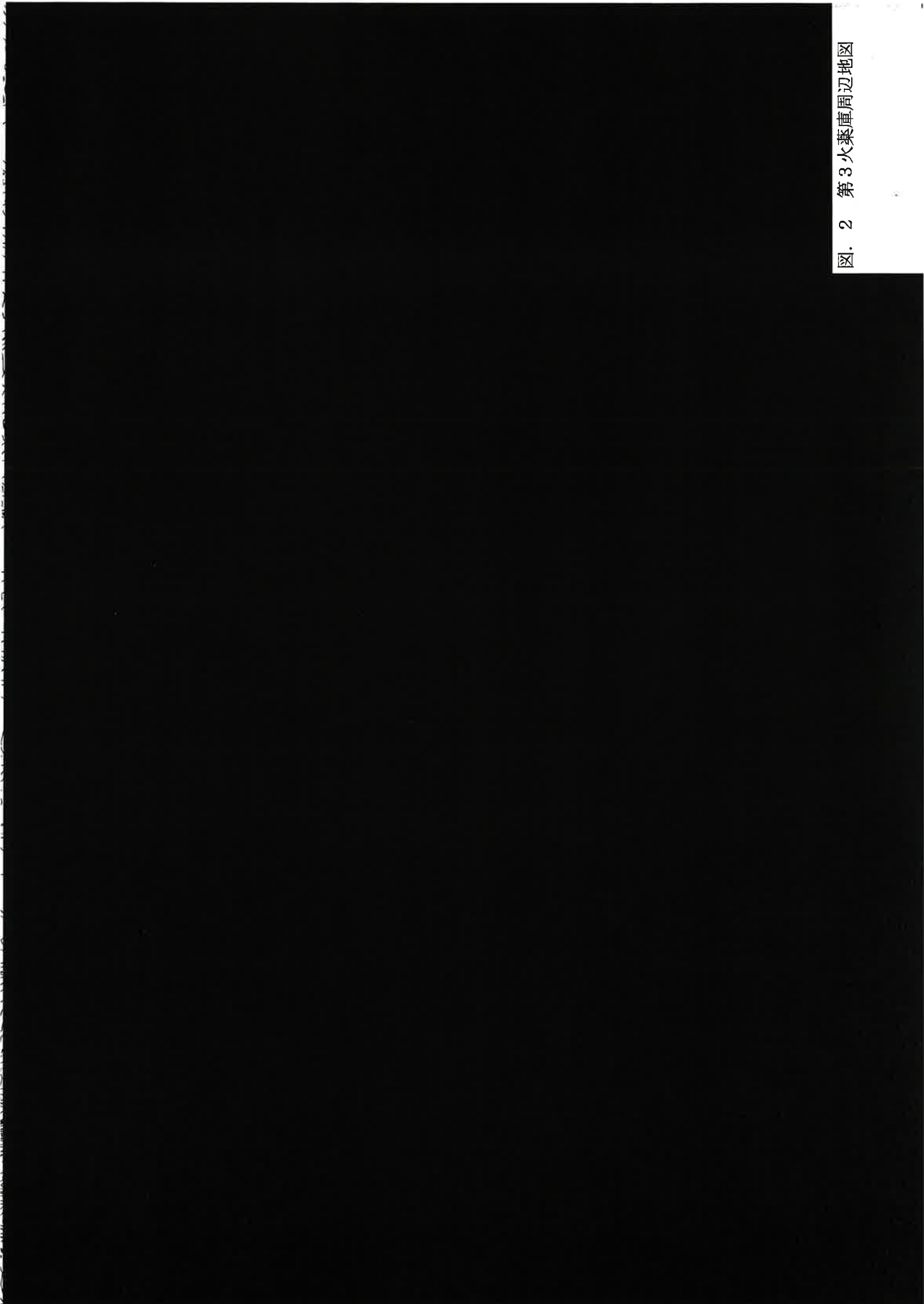
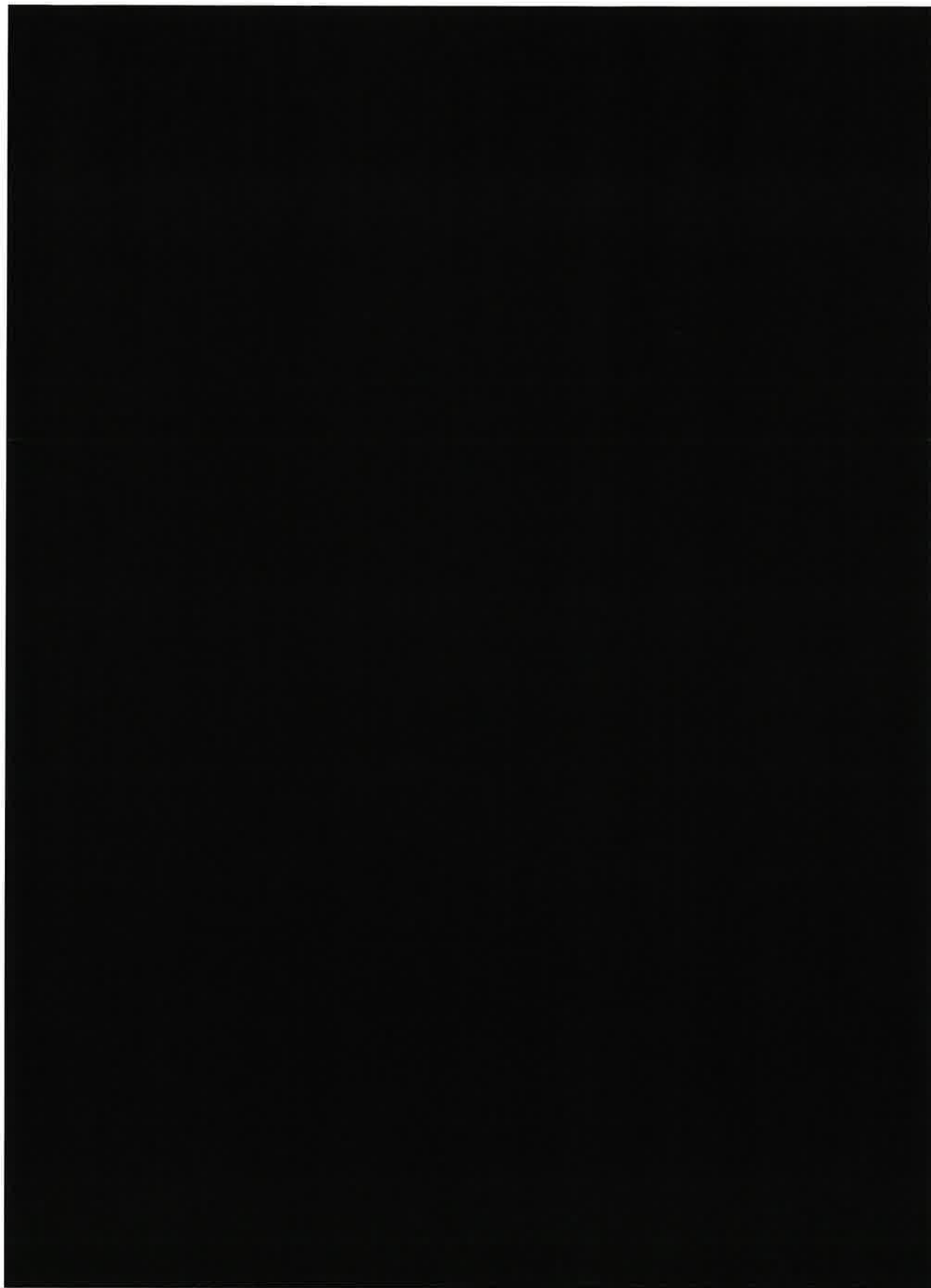


図-3 保安距離の確保状況

図-4 置台の概要図



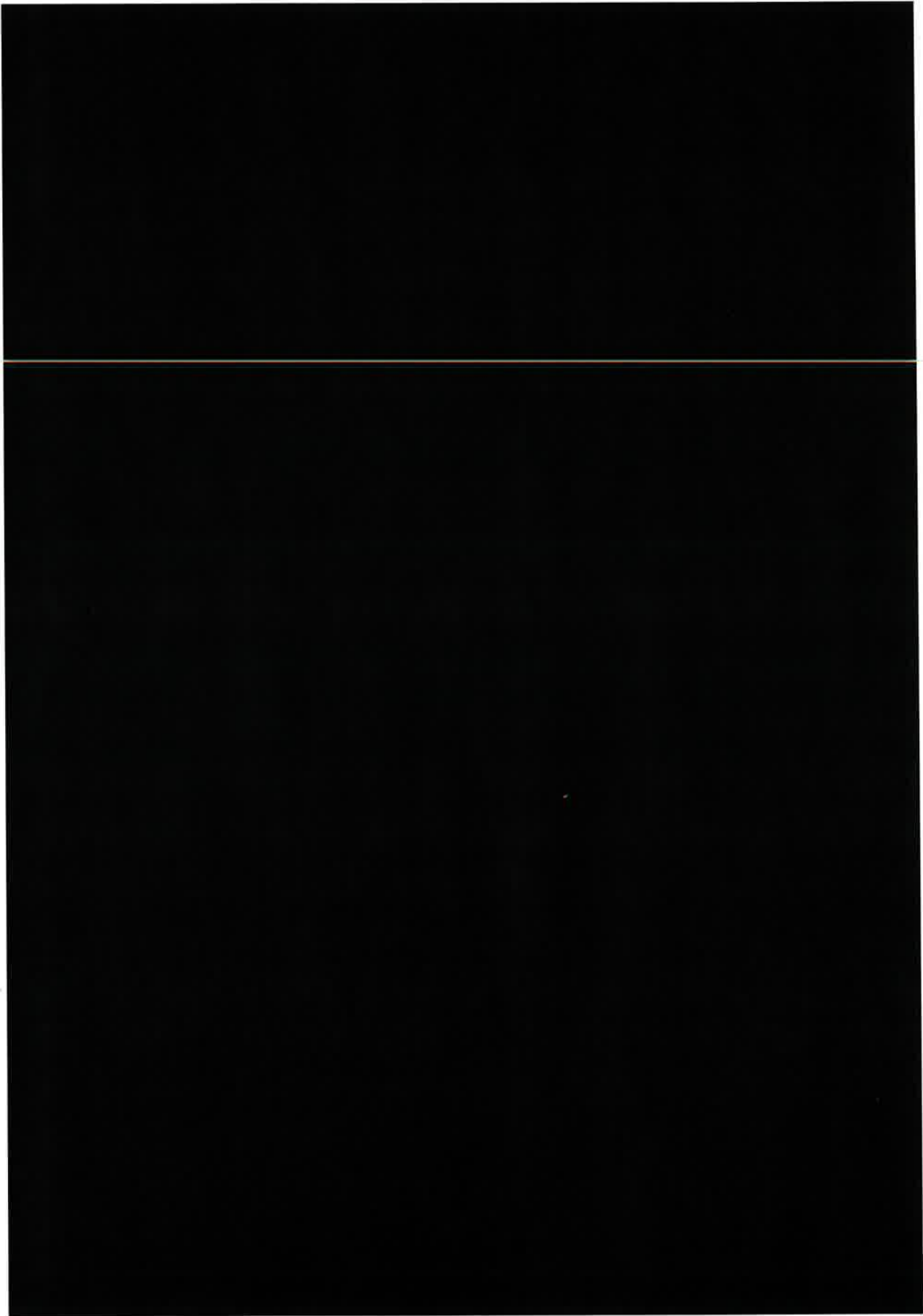


図-5-1 SRB-Aを置台へ搭載した状態の概要図

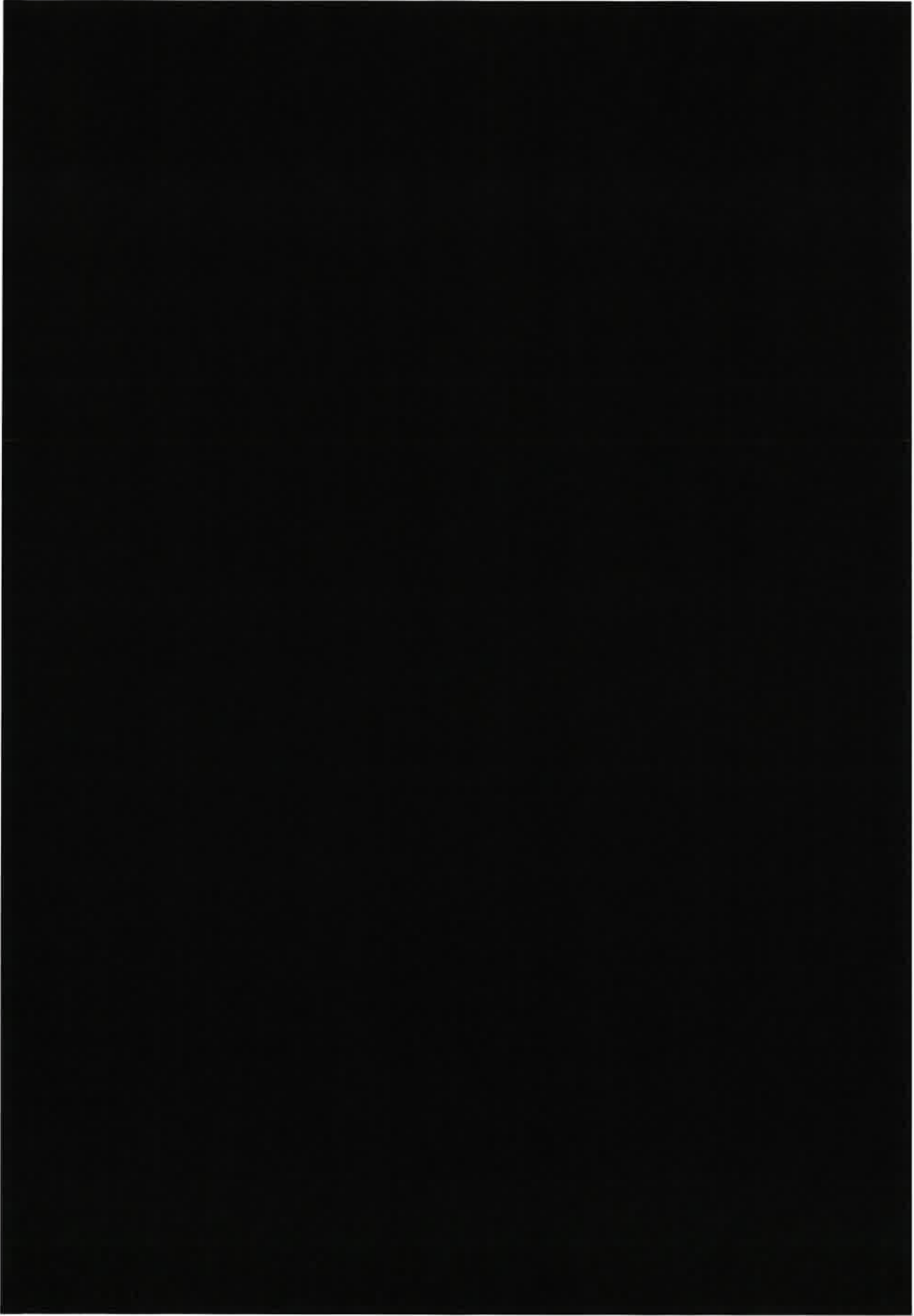
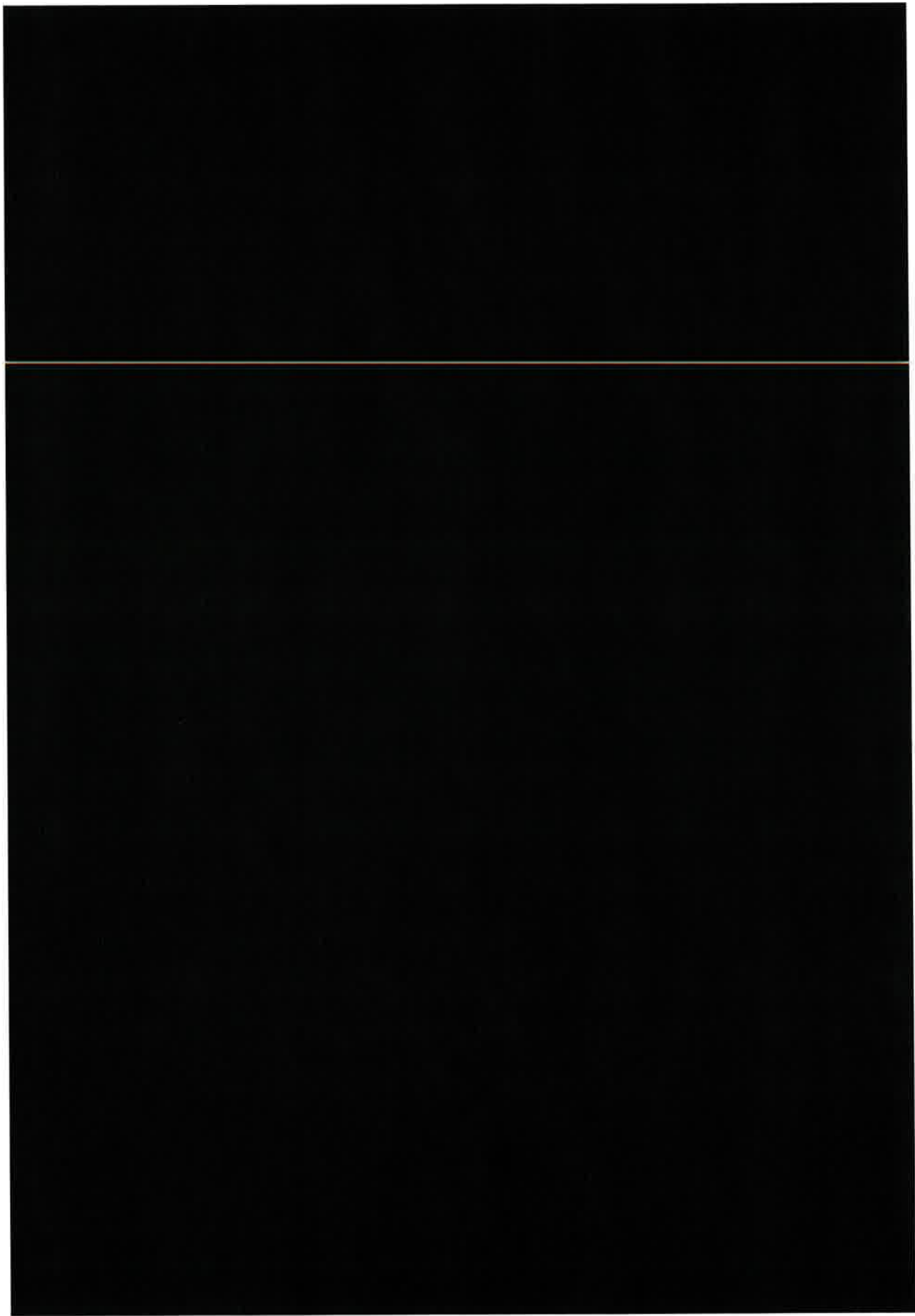


図-5-2 SRB-3を置台へ搭載した状態の概要図



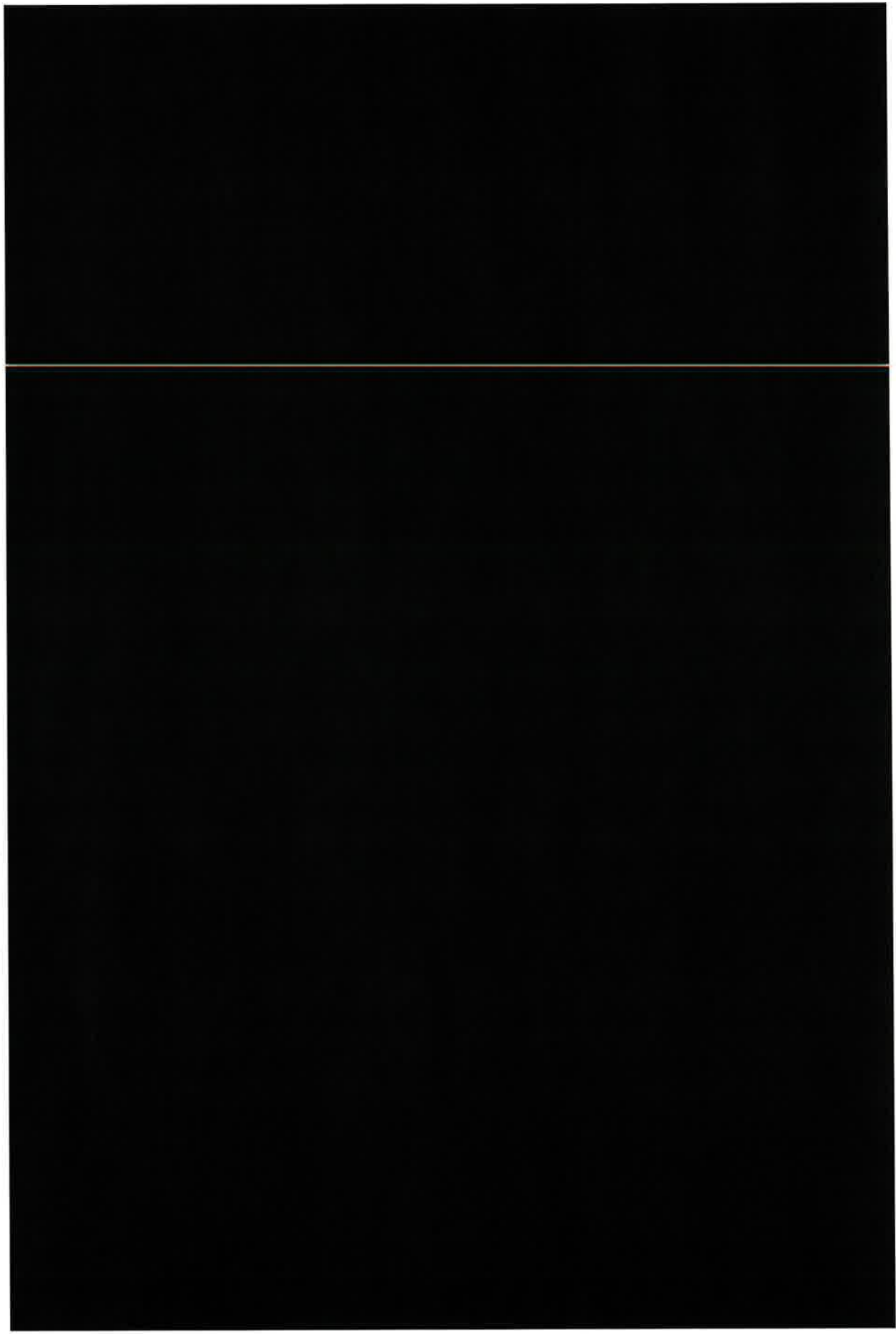
図－6 SRB－AとSRB－3の運用計画（ケーススタディの1例）



図一7 第3火薬庫への4本貯蔵時の配置

図-8(1/2) 組立済みSRB-Aの貯蔵形態

図-8(2/2) 組立済みSRB-3の貯蔵形態



図一9 第3火薬庫の周辺地形図



図－10 外部火災に対する影響の検討結果

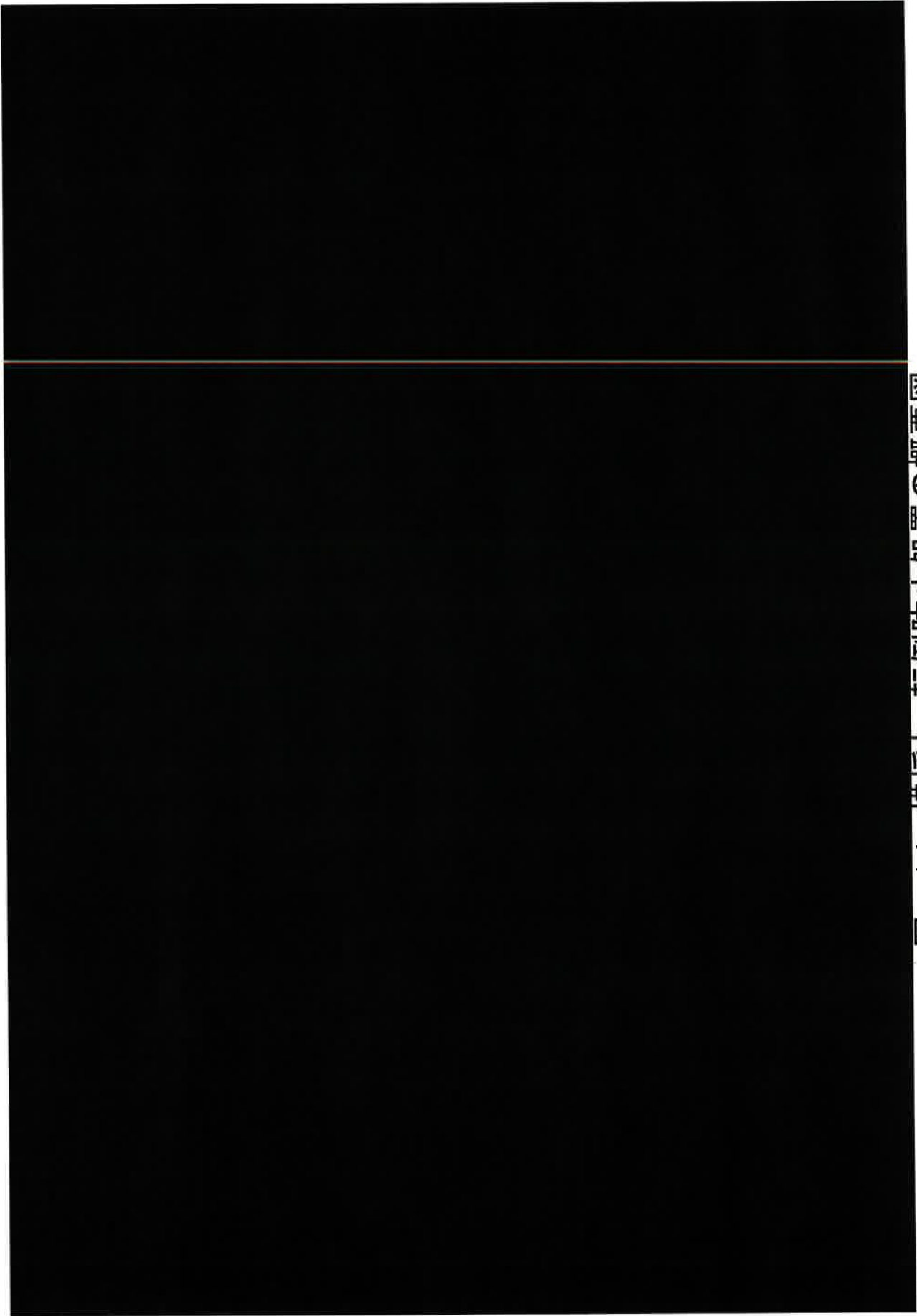
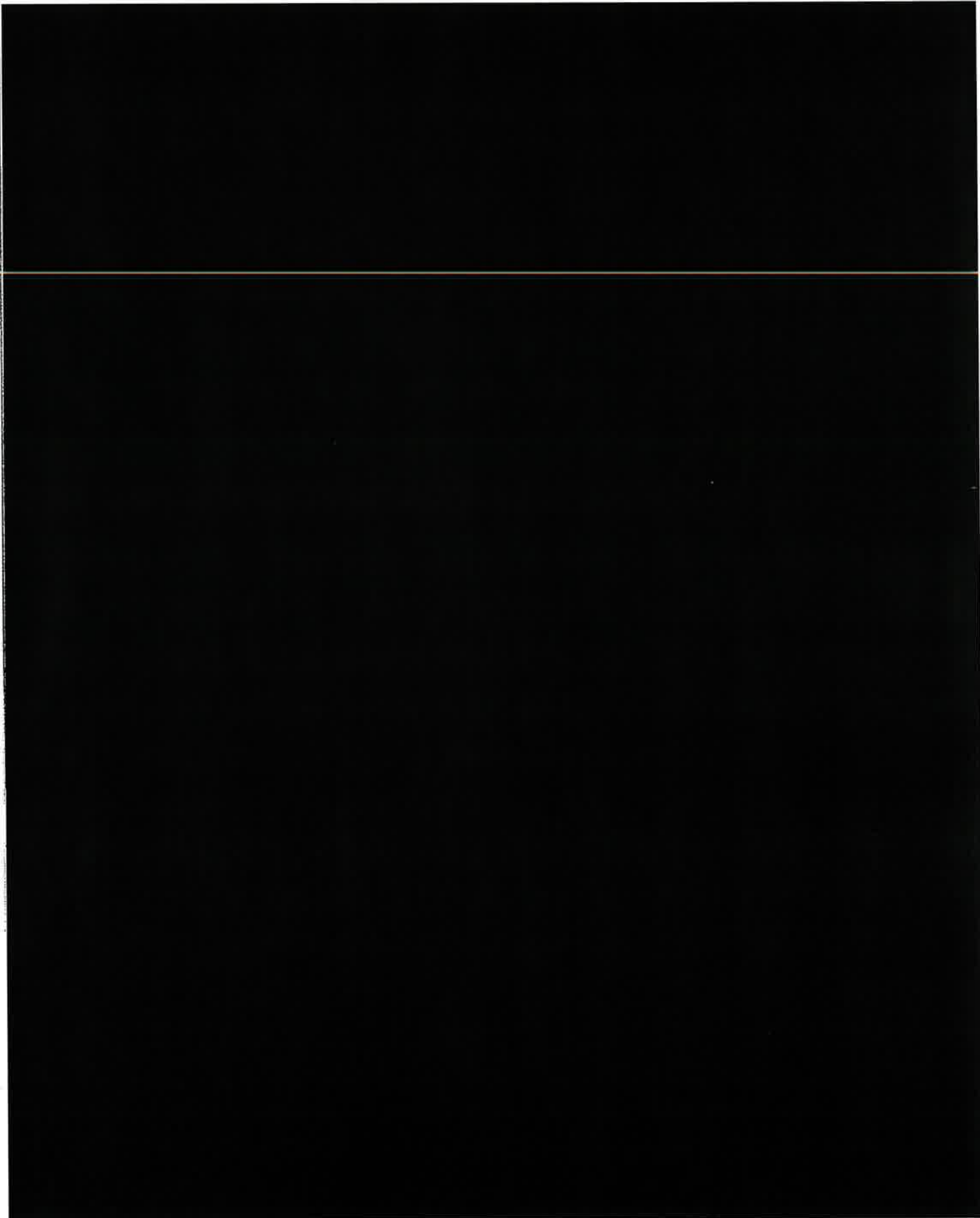
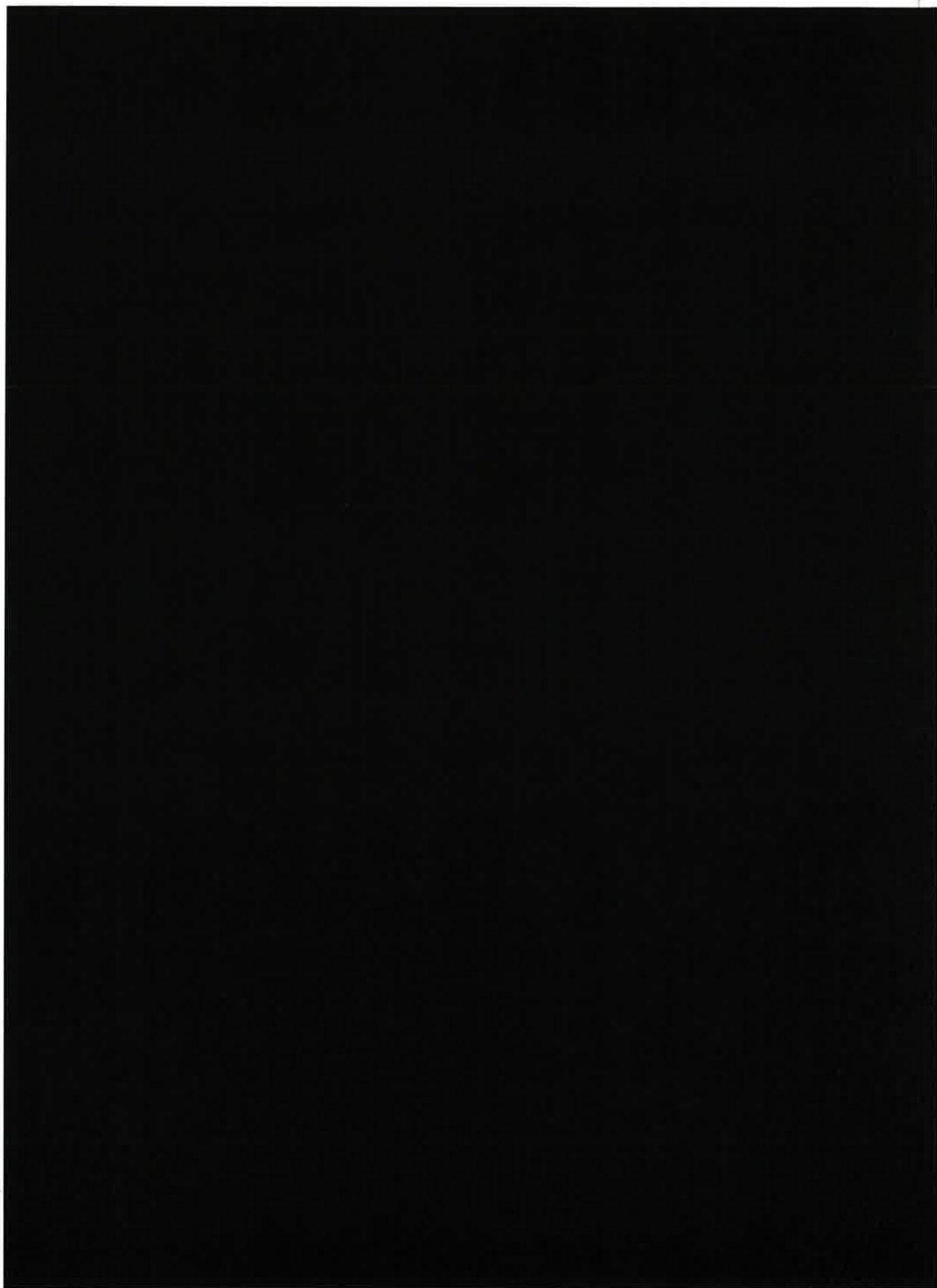


図-11 横揺れ・転倒防止処置の概要図

図-12の概要図

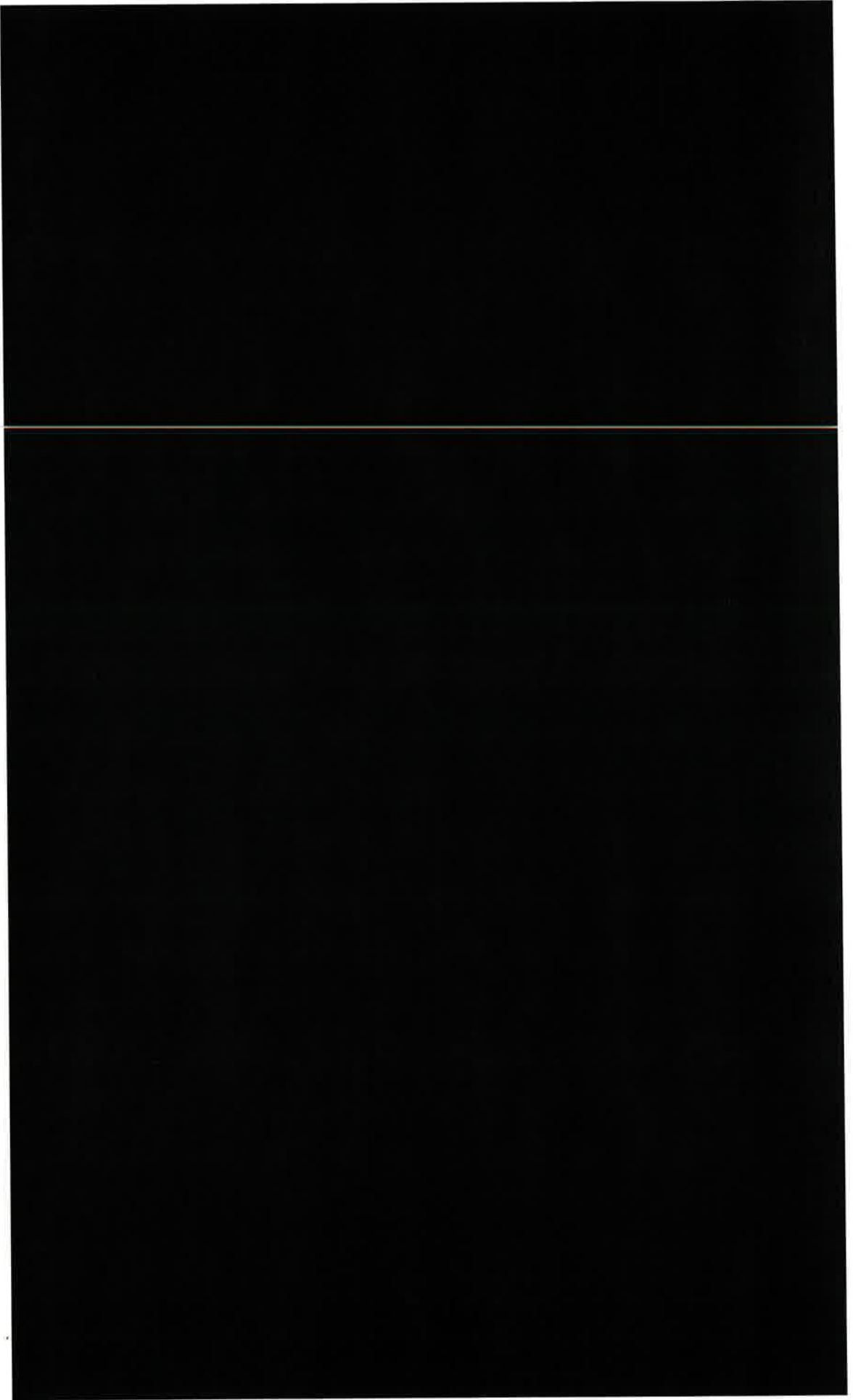
図-12

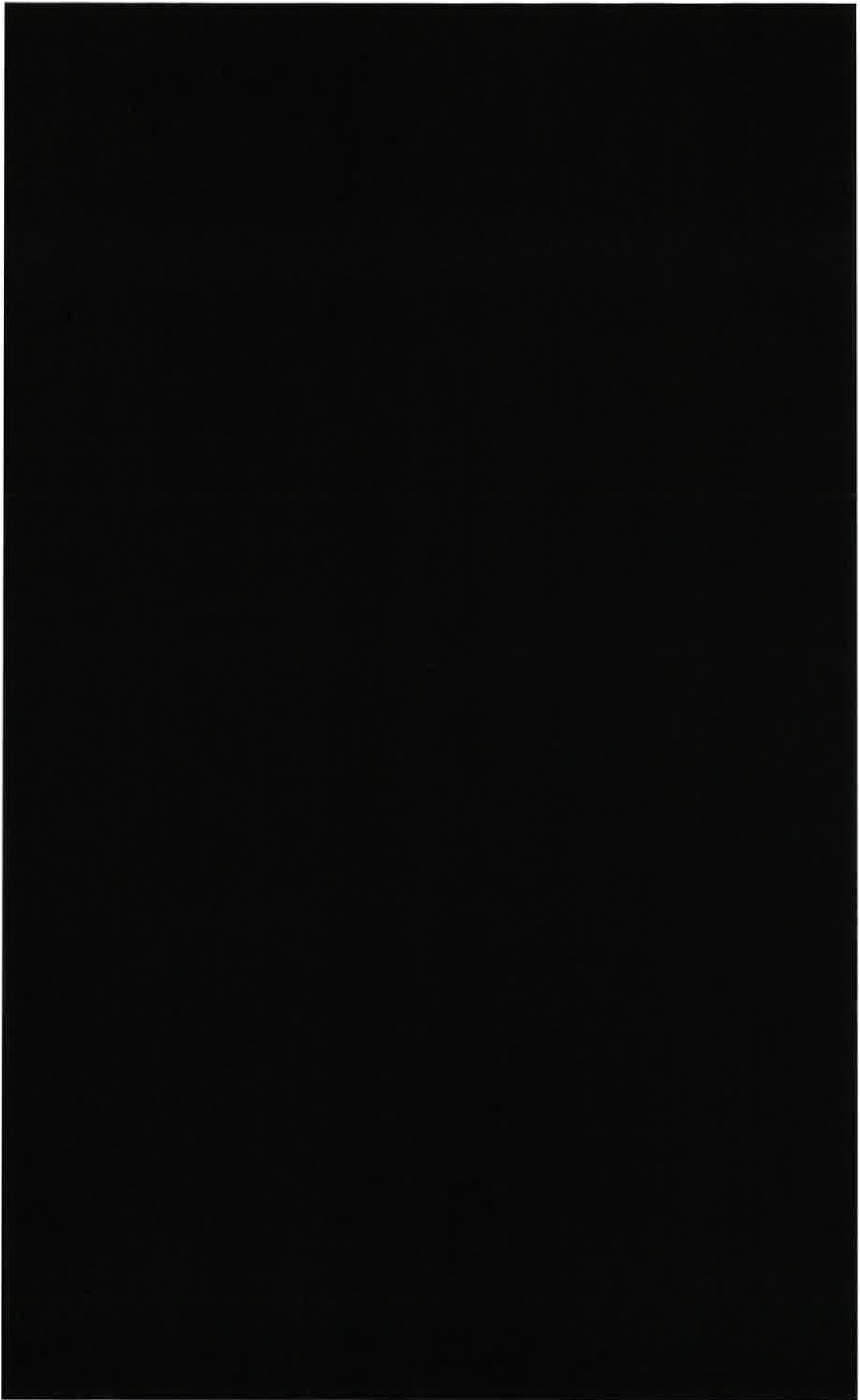


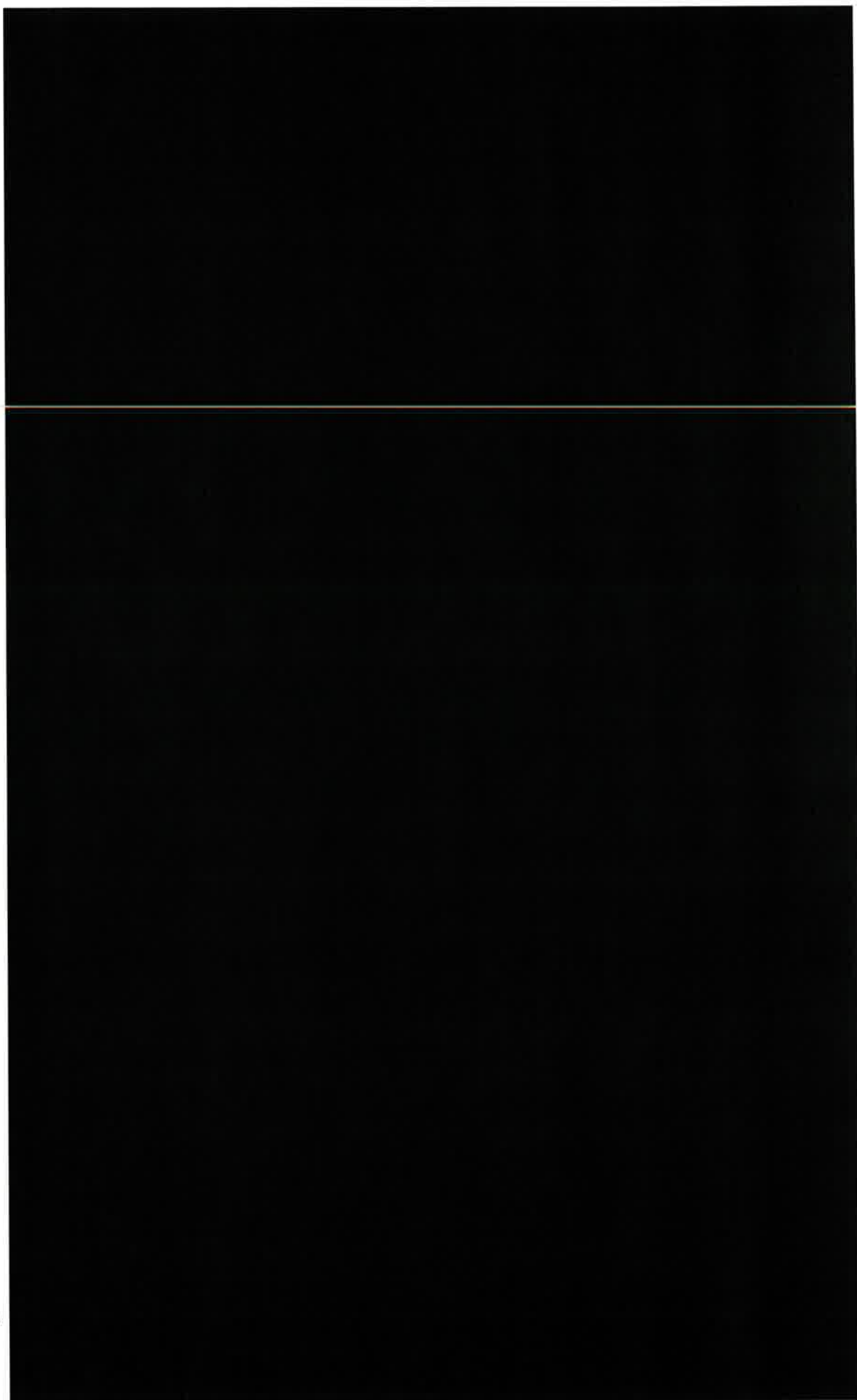






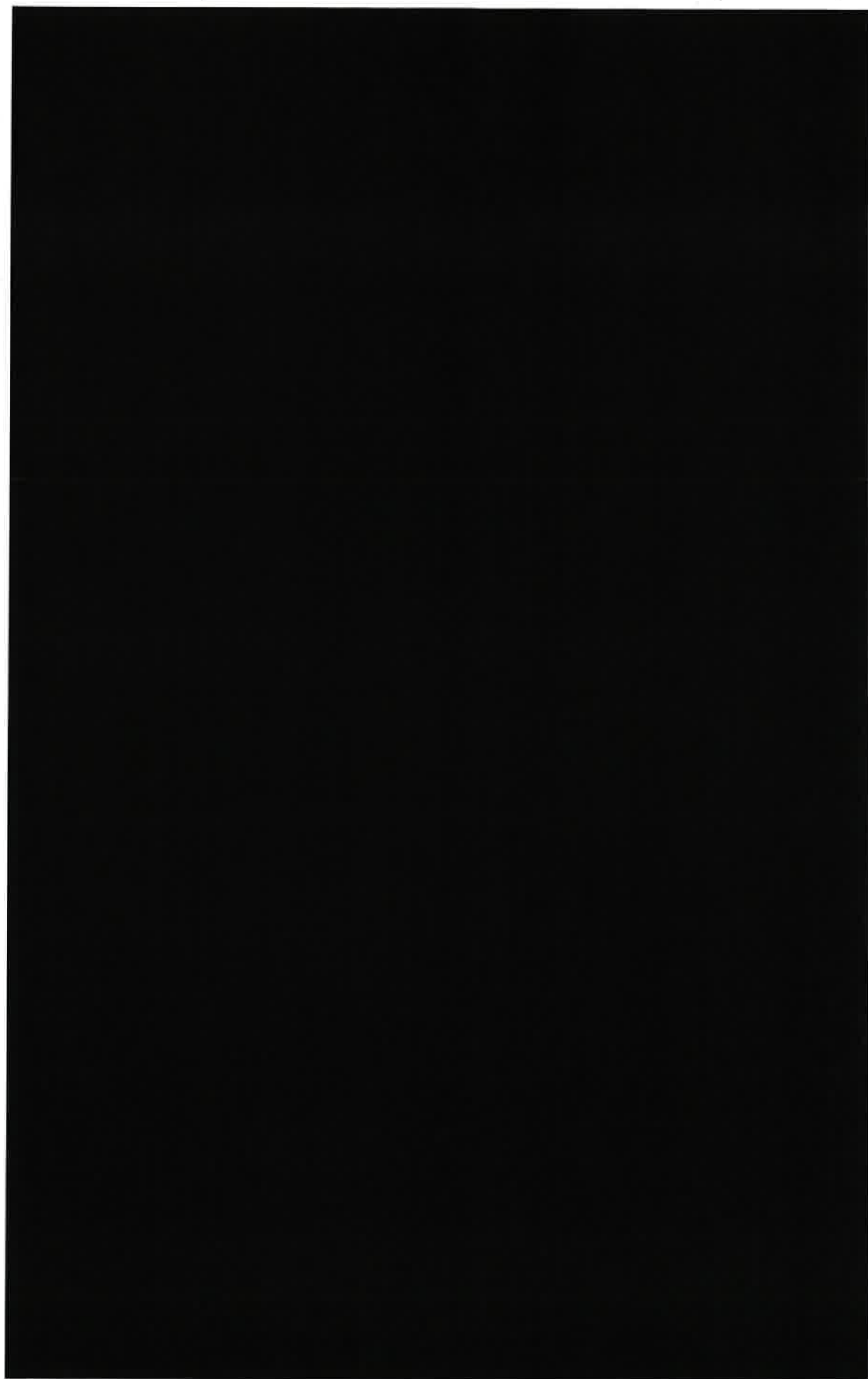


















添付資料 2 (1/6)

外部火災に対するハザードの評価

- モーターケース材質によるハザードの差



- FCOとSCOの試験方法

MIL-STD-2105B「非原子力爆弾のハザード評価試験」(1994年1月12日)抜粋

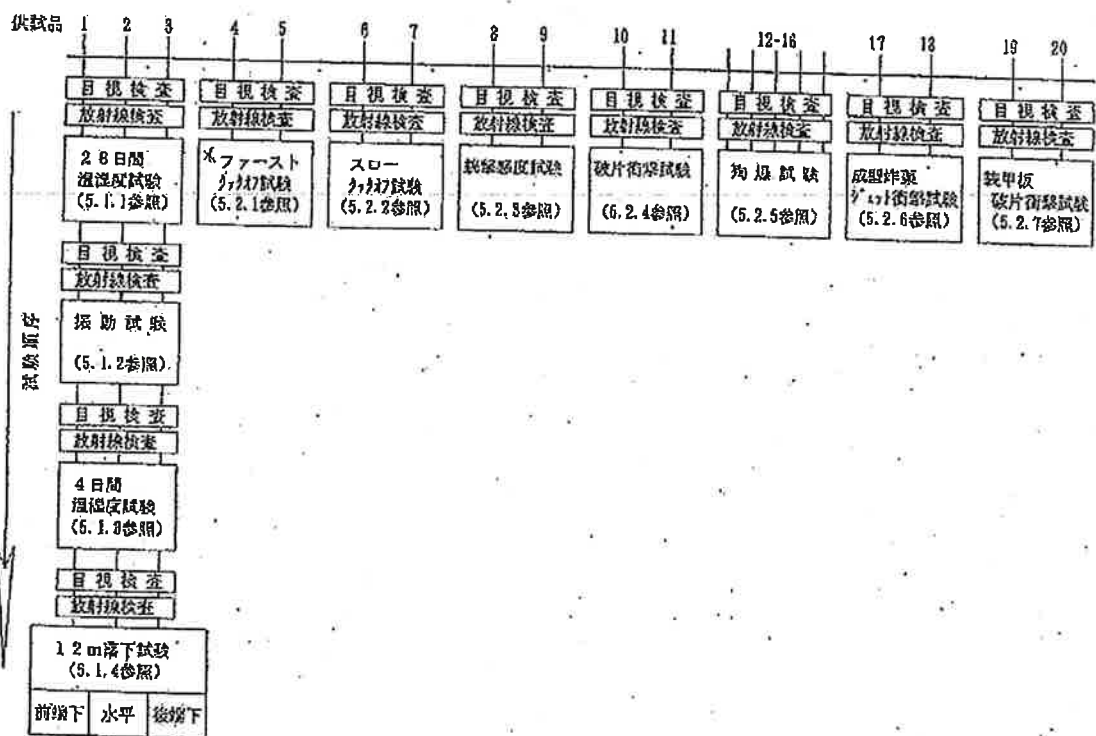


図 1. 「代表的」供試品数と試験順序

添付資料 2 (3/6)

MIL-STD-2105B

5.2.1 ファーストクックオフ試験

5.2.1.1 試験の説明

ファーストクックオフ試験は、液体燃料の炎で供試品を包み、時間の関数として供試品の反応を記録することである。

5.2.1.2 試験手順

5.2.1.2.1 燃料の容器

燃料の容器は、試験の間中、炎によって供試品が十分に包まれるような大きさの物を使用すること。容器の寸法は、供試品の寸法や形、燃料の種類によって決定されるものとする。

5.2.1.2.2 試験形態

供試品の試験形態は、T H Aによって決められる。供試品は、推進反応によって発射されないように拘束されていること。拘束または支持方法は、供試品の加熱に干渉しないようにする。最小限、2個の供試品を別々に試験すること。実行が可能な限り、試験は、I Mと危険に関する要求を満足するように設定すること。

5.2.1.2.3 供試品位置

供試品は、その主軸を水平に、または、供試品のT H Aによって定められた最も自然な姿勢で保持される。供試品表面と燃料との間隔を十分とり、完全燃焼させること。

そして、供試品を時々炎の中から引き出すようなことの無いようにする。また、供試品が炎の中で比較的低温の低い、燃料の薄い部分に位置されないように 5.2.1.2.6の温度要求を満足する位置に置くこと。空中発射される兵器に関しては、供試品の中心線は、液体燃料容器の表面上9.14 mm (3/8 in) 上方になるようにする。供試品が落下して燃料の中に入らないようにすること。

5.2.1.2.4 燃料

十分な量の木材、または、炭化水素系燃料、例えば、J P - 4、J P - 5、J P - 8、J E T A - 1を使用し、火炎に包まれたとき供試品が反応するようにする。代替え燃料、例えば、プロパンまたは天然ガスを使用する場合、上記炭化水素系燃料の、熱上昇率、供試品をまんべんなく加熱する能力、その他の能力が同じであるようにする。燃料の量は、供試品の寸法や供試品の特徴により決定されるものとする。

5.2.1.2.5 火炎温度上昇時間

5.2.1.2.1.7に規定された2個の熱電対により火炎の温度が540°C (1000°F) に到達する時間を記録する。

5.2.1.2.6 平均火炎温度

焼けている弾薬の影響無しに、5.2.1.2.7に規定された正式な熱電対による計測で、平均火炎温度は少なくとも870°C (1600°F) であること。この温度は、火炎の温度が540°C (1000°F) に達してから弾薬の反応が完了するまでの温度の平均値によって決定される。

5.2.1.2.7 熱電対

供試品には、時定数2.0秒、または、それ以下の4個の熱電対を弾薬の表皮から10.2~20.3 mm (4~8 in) の所に置く。熱電対は、弾薬のセンターラインを含む水平面上で、弾薬の端と側面に置く。熱電対の出力は少なくとも1秒毎に計測し、試験が終了するまで継続する。

5.2.1.3 計測

時間の関数としての火炎の温度計測が必要である。もし、試験にその項目が特定されている場合には、弾薬内部の温度計測が必要である。もし、内部にセンサを使用する場合は、それ等のセンサが、試験を無効にしたり、供試品を破壊したりしないようにすること。推力を決定するためには、推進ユニットの内圧 (bore pressure) を計測する。

3.1.1 反応タイプ

a. タイプI (爆轟反応)

最も激しいタイプの爆発事象。超音速の分解反応が、エネルギー物質を通して広まり、例えば空気や水といった周囲の媒体中に強烈な衝撃波を、また金属ケースに急激な塑性変形をおこし、続いて極度の破砕にいたる。全てのエネルギー物質が消費される。地表面上または地面近傍の弾薬による地表の大きな穴や、近接した金属板の穴、塑性変形、破砕や、近くの構造物への爆風圧による損傷といった影響を生じる。

b. タイプII (部分爆轟反応)

2番目に激しいタイプの爆発事象。エネルギー物質の全てではなく一部が、爆轟反応を起こす。強烈な衝撃波が生じ、ケースの一部が小さな破片に壊れる。地面に穴があき、近接した金属板が爆轟と同じように損傷を受けうるし、近くの構造物に爆風圧による損傷がある。部分爆轟はまた、激しい圧力破砕（脆性破壊）のような大きなケース破片を生じる。損傷の程度は、完全な爆轟と比較すると、爆轟した物質の割合に対応する。

c. タイプIII (爆発反応)

3番目に激しいタイプの爆発事象。閉じ込められたエネルギー物質の点火や急速燃焼が、局部の圧力を高めて、閉じ込めている構造物が激しい圧力破砕にいたる。金属ケースは大きな破片に破砕され（脆性破壊）、しばしば遠くへ飛散する。未反応の、あるいは燃焼中のエネルギー物質も飛び散る。火事や煙の危険がある。大気中に衝撃波が発生し、近くの構造物に損傷を引き起こしうる。爆風及び高速度の破片が、地面に小さな穴をあけたり、近接した金属板に損傷（破損、裂けめ、えぐれ）を起こしうる。爆風圧力は爆轟のものよりも低い。

d. タイプIV (爆燃反応)

4番目に激しいタイプの爆発事象。閉じ込められたエネルギー物質の点火や燃焼により、ケース強度が低ければ激しくなく圧力が放出されたり、あるいはケース蓋（放出孔／信管孔他）からの排気にある。ケースは、破裂するかもしれないが、破片にはならないし、蓋が放出されるかもしれない。また、未燃あるいは燃焼中のエネルギー物質が飛び散り、火事を広げるかもしれない。推進により、固定されていない供試品が射出され、さらなる危険を引き起こすかもしれない。爆風や、問題となるような破片による周囲への損傷はないが、燃焼中のエネルギー物質からの熱と煙による損傷はある。

e. タイプV (燃焼反応)

最も激しくないタイプの爆発事象。エネルギー物質が点火したり燃えたりするが、推進はない。ケースは、激しくない破裂をする程度に、開放されたり、溶けたり、弱くなり、燃焼ガスをおだやかに放出する。微細破片の大部分は、火事の範囲内にとどまる。微細破片が人に対して致命的な負傷を与えたり、1.5 m (4.9 ft) を越えて飛ぶような危険破片であることは考えられない。

添付資料 2 (4/6)

5.2.2 スロークックオフ試験

5.2.2.1 試験の説明

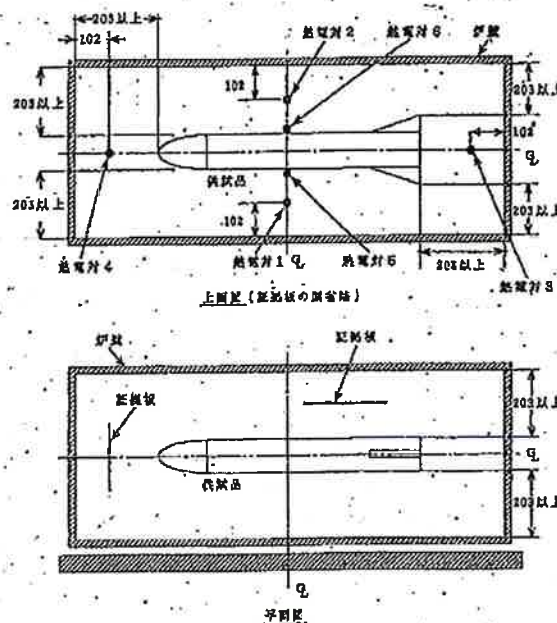
スロークックオフ試験 (SCO) は、供試品が反応を起こすまで、まずゆっくりと温度をあげるか、または、試験計画に従う。この試験の適用、不適用は T H A による。

5.2.2.2 試験手順

供試品は試験開始前 8 時間にわたって、弾薬の環境上限温度にしておく。そして温度を 1 時間に 9.3°C (6°F) の割合でゆっくりと直線的に上昇させ、反応がおきるまで上昇させる。もしも T H A によって確かな脅威とみなされた場合には、もっと早い速度で温度を上昇させても良い。温度と試験時間経過を観察し、連続して計測する。最小限 2 個の供試品を別々に試験する。

5.2.2.2.1 試験装置

試験器材は、湿度運用範囲内で 1 時間に 3.3°C (6°F) または、決められた高い比率の速度で、供試品が炉内に置かれた状態で炉の空気温度を上昇させ、熱環境を制限できるものとする。試験器材の設計はホットスポットを最少にし、供試品の熱環境を循環、または、他の方法で一定にする。炉部は渗出物が加熱エレメントに接触して発生するような 2 次的反応を最少にする設計になっていること。また、試験による炉内の空気圧の増加を軽減する手段を備えていること。炉の内部の壁と供試品の外面の最小の間隙は 20.3mm (8in) とすること。炉の材質、壁の厚さ、配置、その他は供試品の反応に対する抑制を最少にするような設計になっていること。第 2 図は上から見た熱電対の位置をふくむ典型的な炉の図を示す。



注記：全寸法単位はmm単位、測定は炉内壁寸法
設計図は ANSI Y14.3 による

図 2. 「代表例」スロークックオフ炉

5.2.2.3 計測

5.2.2.3.1 温度記録

永久に記録できるような温度記録器を温度の記録に使用すること。最少限 4 個の炉内空気温度測定用の熱電対を設置する。これらの熱電対は図 2 (熱電対 1~4) に示す位置に設定する。図 2 中の第 1 または第 2 熱電対は温度制御用として良い。図 2 に示してあるように、最少限 2 個の供試品反応温度熱電対を供試品の外面の図示の位置に設置する (熱電対 5 と 6)。熱電対の出力は少なくとも 1 分毎にサンプリングする。

添付資料 2 (5/6)

● クックオフ試験に関する文献抜粋

出典: PROPELLANT DEVELOPMENT INSENSITIVE MUNITIONS: IM TESTING

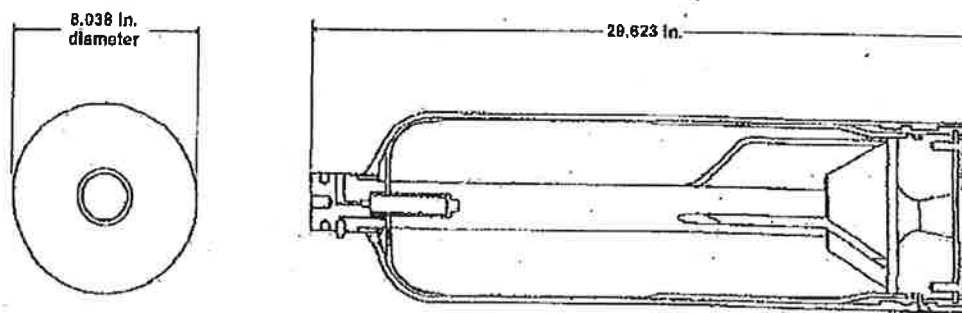


FIGURE 7. NAWCWD Standard Graphite Case Motor

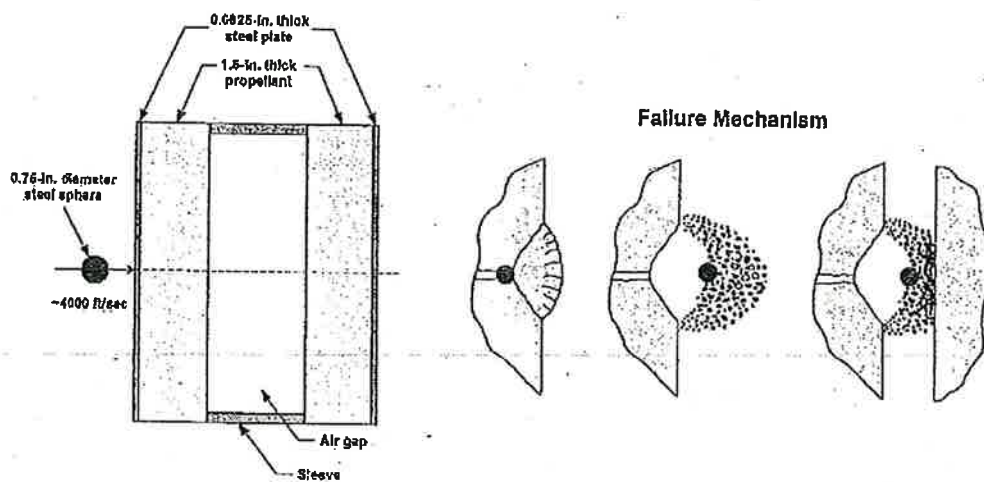


FIGURE 8. NAWCWD BVR Test

TABLE VII. Summary of IM Test Results

Propellant	IM Tests			
	BI*	FI*	FCO*	SCO*
HTPB UTP-33,000	No overpressure, no lethal debris outside test area, moderate reaction PASS	No overpressure, no lethal debris outside test area, moderate reaction PASS	No overpressure, no lethal debris outside test area, burning PASS	2.8 psi overpressure, lethal debris outside test area: 400°F cook off, partial detonation FAIL
Polyether/polyester UTP-32,070	Burn only, moderate initial reaction with no overpressure	Burn only, no overpressure, no lethal debris outside	Burn only, no overpressure, no debris outside test area	Burn only no overpressure, no lethal debris outside

添付資料 2 (6/6)

		test area,		test area: 377°F cook-off
	PASS	PASS	PASS	PASS
*The pass/fail results were officially determined by the review board of NAWCWD China Lake, CA.				

The BVR tests on both propellants resulted in no detonations (as measured by the low overpressure recorded on the gauges), and in all cases there was unburned propellant — in some cases from both the front and rear plates.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

Two propellants have been formulated, processed, and characterized. The HTPB propellant, UTP-33,000, and the polyester/polyether propellant, UTP-32,070, both exhibited the following properties:

1. Good processability (flowed into the motors to produce void-free grains)
2. Good pot lives
3. Excellent ballistic performance
4. Very good mechanical properties
5. Good IM characteristics (SCO a fail, however, for the HTPB)

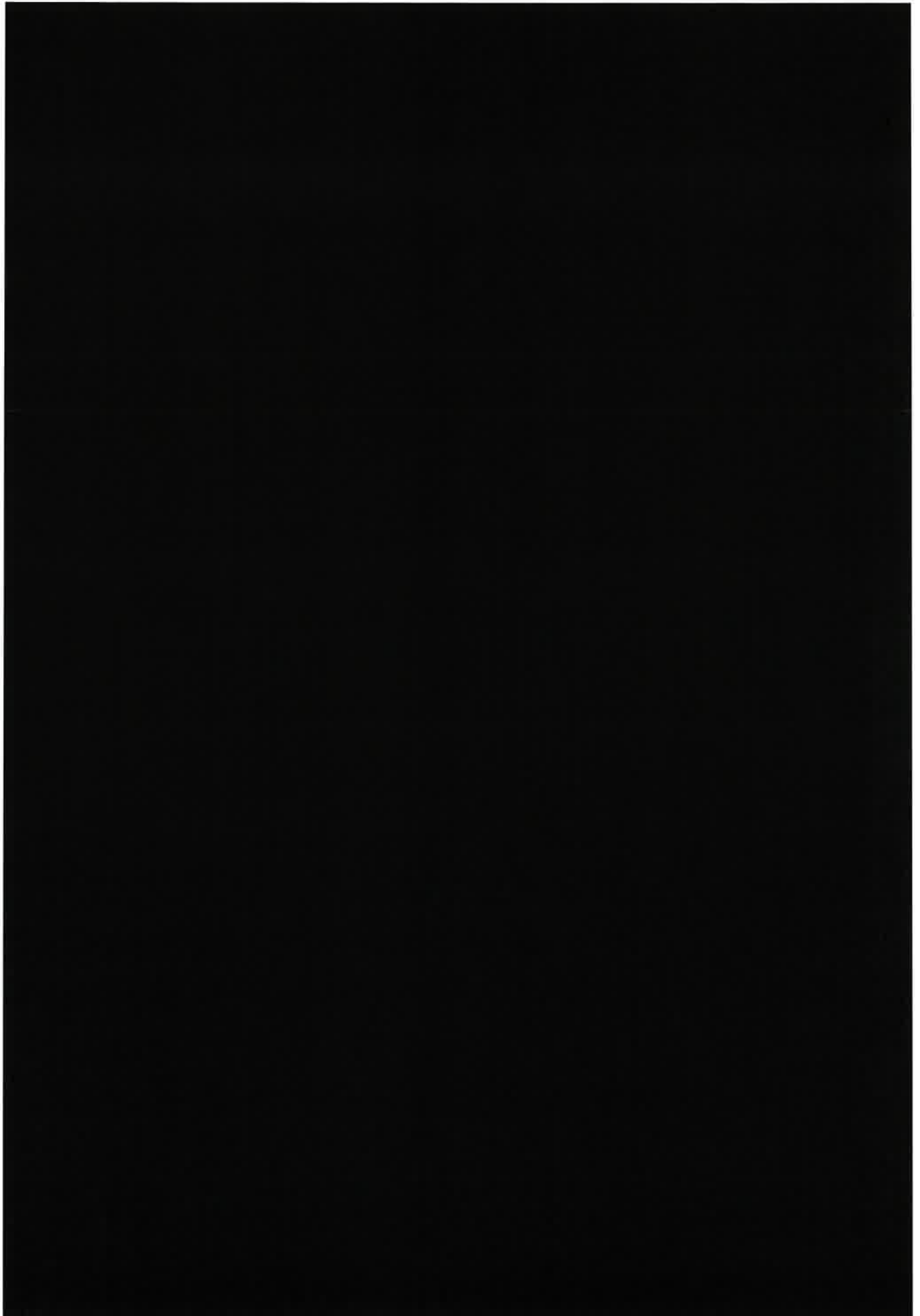
A downselect to the polyether/polyester propellant has been made and will be used in Phase II of the program. A CSD-designed and -manufactured 21-in. diameter motor will be used for IM testing of the downselected propellant.

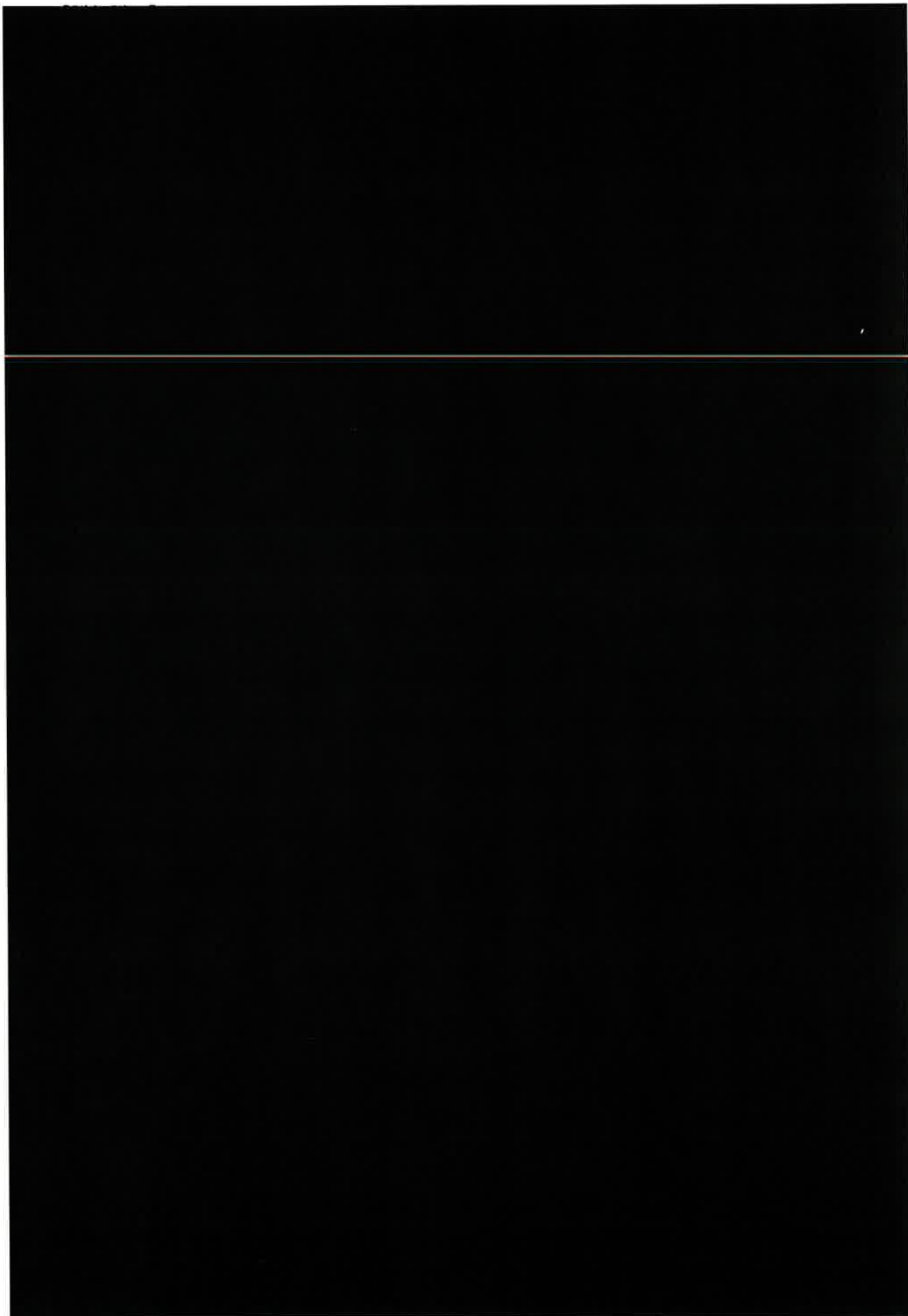
ACKNOWLEDGMENT

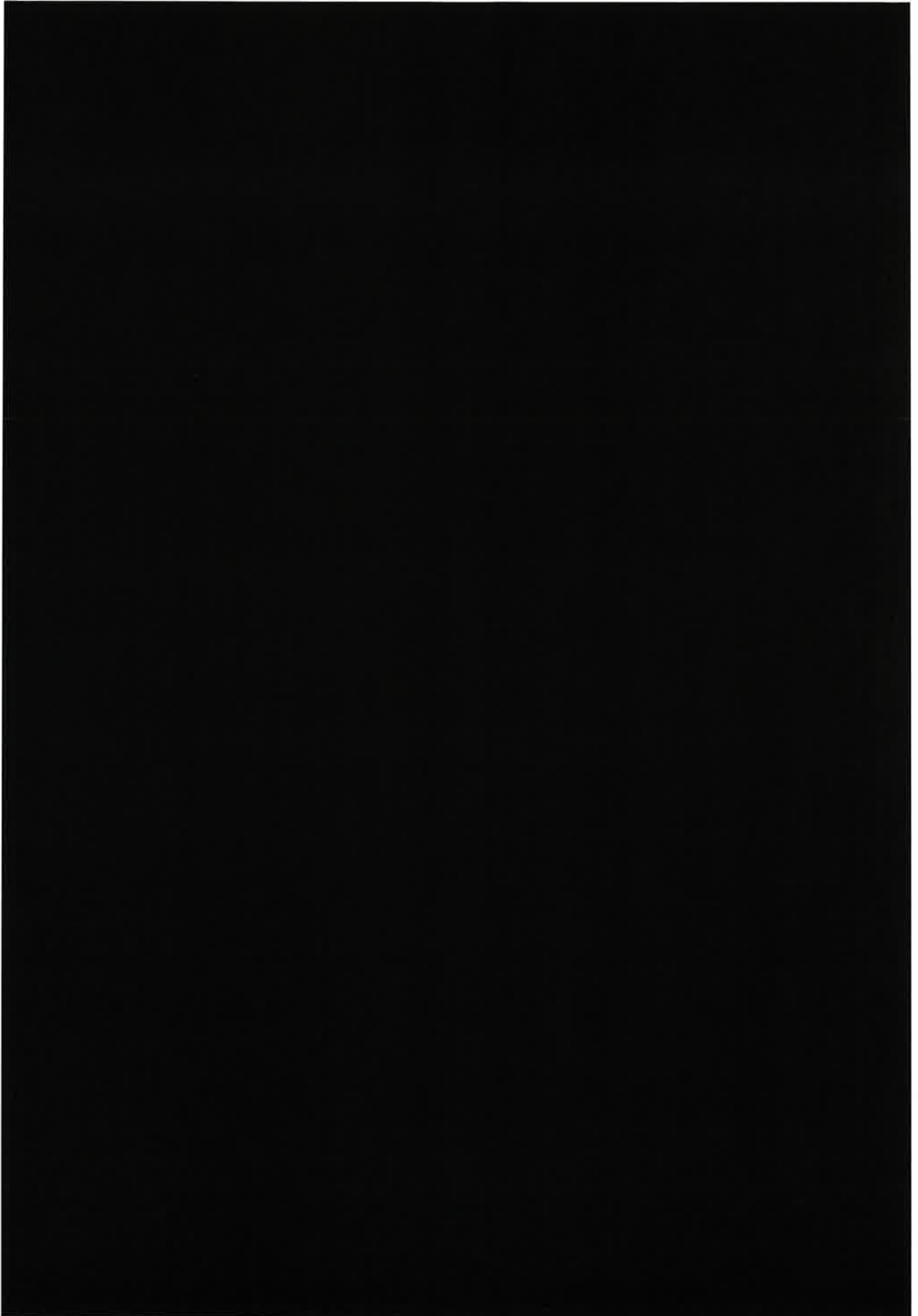
Many helpful discussions were held regarding the program's direction with Mr. Al. Smith and Mr. Duane Blue of NAWCWD, China Lake. May Chan of NAWCWD also provided guidance on the propellant effort. Marvin Jones of CSD was the project engineer.

ACRONYMS

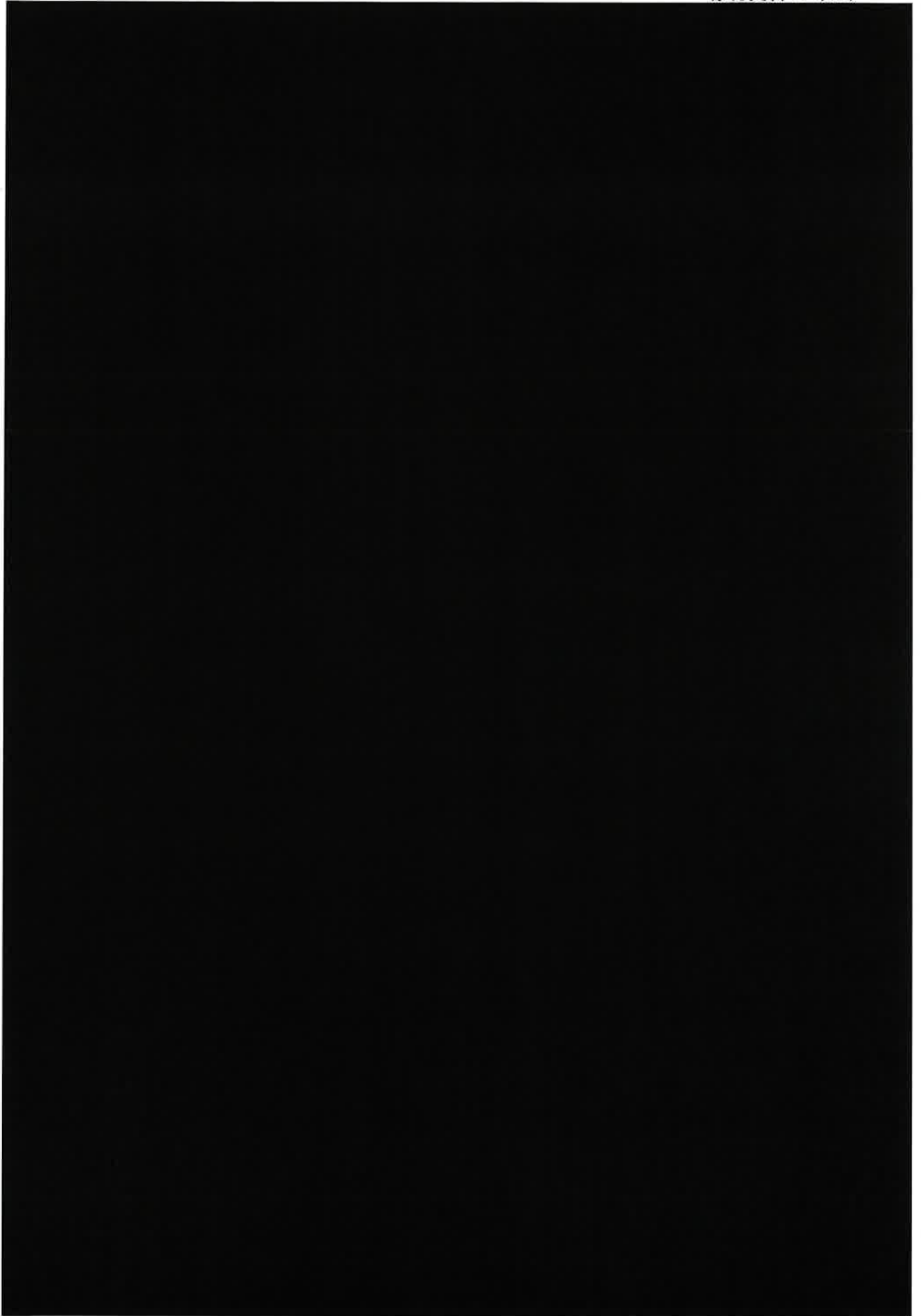
BI	bullet impact IM test
BVR	burn to violent reaction test
CSD	Chemical Systems Division
FCO	fast cookoff IM test
FI	fragment impact IM test
HTPB	hydroxy-terminated polybutadiene
IM	insensitive munitions
NAWCWD	Naval Air Warfare Center Weapons Division, China Lake, California
SCO	slow cookoff IM test



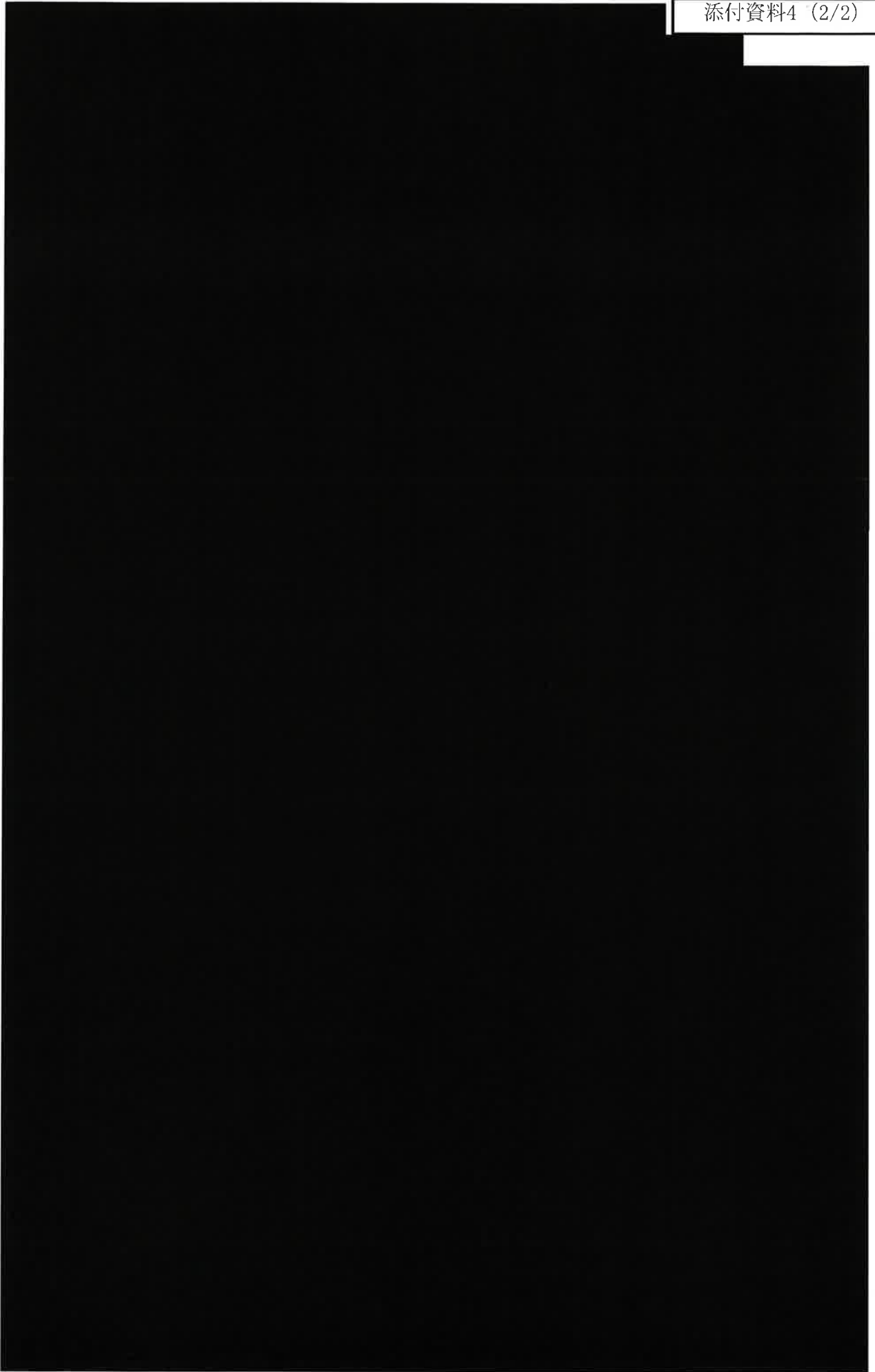




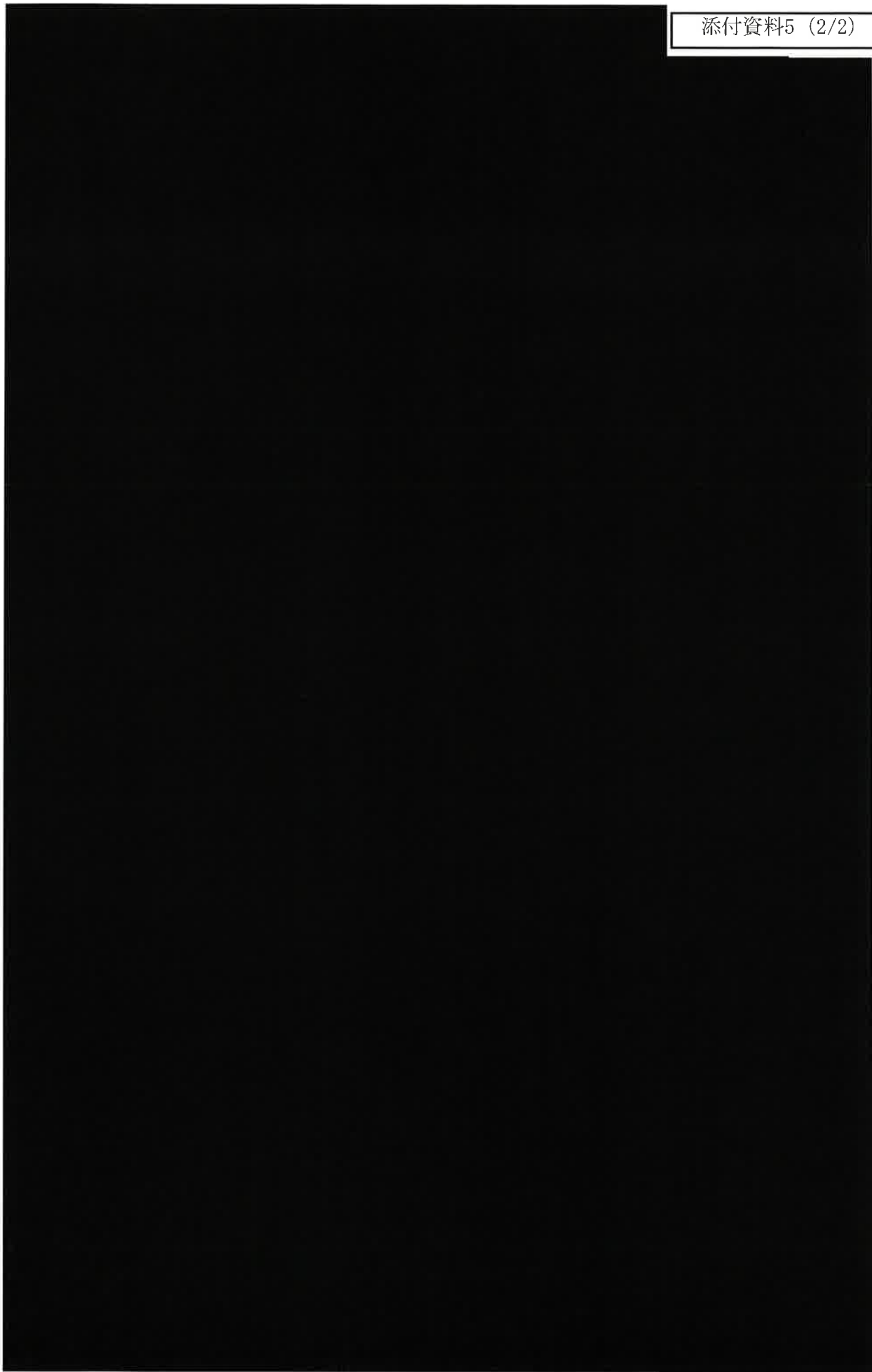




隔壁型起爆管 (TBI) 構造図



密封型導爆線 (CDF) 構造図



V型成形爆破破線 (L S C) 構造図

