

日露戦争と下瀬火薬システム

小 池 重 喜

The Russo-Japanese War and the system of SHIMOSE gunpowder

Koike Shigeki

一 始めに

本稿は、日露海戦において連合艦隊圧勝の重要因をなした、下瀬火薬、下瀬火薬装填砲弾〔以下、下瀬火薬システムと呼称〕の開発の経緯、歴史的な位置について、若干の検討を行うことを主題としている。これは拙著*¹⁾において残した課題の一つである。

日露海戦では、先進国水準の軍艦＝火砲システムの上に、日本は下瀬火薬＝単純ピクリン酸を炸薬とする鍛鋼榴弾システム、ロシアは綿火薬を炸薬とする徹甲榴弾システムと、後進国的条件に制約されつつも力を入れたシステムを主装備した。先進諸国が、ピクリン酸系炸薬の徹甲榴弾システムの開発にしのぎを削っていた中での現象であった。

下瀬火薬システムが徹甲榴弾システムと対照的なシステムであったこと、ピクリン酸への適合性の高いシステムであったことについては、多くの指摘がなされている。

例えば島田謹二は「この新式火薬（システム・・筆者）は、純粹なピクリン酸を主用して、鉄鋼板をつらぬく力を主にせず、弾片が無数に散らばって、兵員を殺傷するおそろしい力をもっていた」と述べ*²⁾、また林克也は、「装甲貫通に重点が置かれる傾向」があった中で、日本海軍は、「ピクリン酸特性の高圧爆発ガスと高温度の効果を十分に利用した」と述べている*³⁾。

しかし、日露戦争中だけでなく戦後においても、徹甲榴弾にも下瀬火薬を装填して異としない状況が長く続いた。ピクリン酸の認識レベルにおける限界を示す事態であった。

そもそも下瀬火薬については、下瀬雅允が独自に開発したものか、フランスのチュルパンによって発明された（1885年）メリニットからの模倣によるものかという論点がある。

雅允自身は自己の発明と主張したのに対し、林、富岡、黛等は、何れも第二次大戦後の文献で模倣説を採っている。林によると、下瀬は、入手されたメリニット試料を分析して「メリニットがピ

クリン酸そのものの単体使用であることが判明した・・チュルパンの資料分析によって一切が明らかになった」もので、「メリニットの模倣以外の何物でもなかった」のであり、それにも関わらず自分の発明と偽ったと批判し、富岡、黛もほぼ同様の見解を採っている*⁴⁾。

模倣説は一半の根拠を持つと言って良いが、メリニットも下瀬火薬も同じく単純ピクリン酸であるということを自明の前提としている点に特徴がある。しかし、そこには、徹甲榴弾にも下瀬火薬を装填して異としなかったのと共通の問題があるのではあるまいか。

二 下瀬火薬の開発と製造

1 メリニットの発明と下瀬火薬開発開始

下瀬火薬は、メリニット輸入を巡るミス・マッチを経由しつつ開発が開始・推進されていった。メリニット発明（1885年）を知った海軍省〔樺山次官〕は、褐色六稜火薬の諸契約をドイツで締結しつつあった海軍大臣〔西郷従道〕に、「仏国ニ於テ発明シタル爆発薬メリニートヲ購求スルヲ得ルヤ」、問い合わせ電報で知らせるよう依頼した。87年（明治20年）2月16日のことである*⁵⁾。

これに対し、4月11日付で海軍大臣から、メリニットは（フランス）政府シークレットになっているから輸入できない旨の電文が届けられる。

その直後とも言える5月に、若い化学技術者下瀬雅允*⁶⁾が海軍3等技手として雇用され、メリニットに対抗できる高爆薬の開発に着手した。

ところが、同年12月23日付で、チュルパンから海軍大臣宛書簡が届けられる*⁷⁾。

その趣旨は、フランス政府との秘密契約がこのほど終了し、メリニット販売に関するあらゆる権利を所有するに至ったので「御注文」に応じること、契約はチュルパン本人に対してのみなされるべきことというものであった。同文書は、ベルタン氏（海軍顧問）を通じ本国に問い合わせ中との注を付して、翌年2月21日付で大臣に提出されている。

2 下瀬火薬開発とメリニット試料入手

しかるに1888年3月、下瀬は下瀬火薬試製第1号を製造した。「二三ノ薬品ヲ配合シテ」製造したピクリン酸爆薬の一種であった。高爆発性で大変有望な試験結果が得られたとし、下瀬火薬創製と位置づけているが、斉一な製品を量産・貯蔵するのは至難と自己評価している*⁸⁾。

前年の87年6月22日に、英国マンチェスター近くの工場〔かつて、染料を製造し、同用ピクリン酸を貯蔵していた〕で未曾有の大爆発事故があり、ピクリン酸が、知られている最も猛烈な爆発物の一つであることが、世界的に知らしめられた*⁹⁾。また、メリニットに関しても、当時のフランスの新聞記事などを丹念に押さえていれば、かなりの情報を入手することは可能であった。ただ、下瀬等がこの様な情報を入手する体制をどの程度持っていたかは不明である。

ところで88年4月26日付で、フランス在の伊東義五郎大尉から、「秘密火薬メリニートノ小量入手ニ付現品相添」、フランス軍における活用状況報告と共に海軍参謀本部に届けられる*¹⁰⁾。

それによると、メリニットは水雷の外、16拇（センチ）・24拇砲用弾丸に装填されているのだが、これらの砲弾は、陸軍の攻城砲用、海軍の海岸砲台用に使用され、軍艦用には未搭載だった。

参謀本部長は6月26日付、海軍大臣に同メリニット試料を兵器会議で分析するよう依頼した。なおその際、「右品三分ノ一程陸軍へ分配候筈」と付記された*11)。

大臣は同月30日付で、兵器製造所長及び兵器会議に試料を分析し報告するよう指示した。

又、同年4月には、富岡定恭少佐が、チュルパン邸でのメリニット実験の概況、及びメリニット細片若干を譲り受けたこと、等を艦政局に報告した。前年のチュルパン書簡に対応して海軍が使節を派遣し、立ち会い実験がなされたもので、4月に2回、2回目は海軍次官も参加した。このメリニット試料は7月に兵器会議に届けられたとされている*12)。

一方、下瀬は同88年12月に、下瀬火薬試製第2号の試験が大変満足すべき結果が得られた旨、兵器製造所長に報告すると共に、早急に採用試験を実施するよう要請している。

その経緯について、下瀬自身は、試製第1号薬製造に使用した「二三ノ薬品」の内、「試（ミ）ニ其原料ノ一ナル某薬品（従ってピクリン酸）」を取り出して実験してみた所、爆裂力は試製第1号を大きく上回り、且つ国内製原料で容易に製造できるとし、「小官ノ発明」と主張した*13)。

これに対し、既述のように林らがメリニットからの模倣説を採っているのである。

第2号試製迄の間に下瀬がメリニット試料を分析できたことは否定できないから、同2号がその影響なしに実現されたとは言い難い状況があることは確かである*14)。むしろ、爆薬開発の先頭に立っていた技術者として、積極的に研究・撰取を図ったのではないかと推察される。

しかし、そのことは兵器製造所長や兵器会議のメンバーには周知であろうから、にもかかわらず下瀬が自己の発明と主張し、採用試験をするよう要請している点が疑問として残る。下瀬自身はメリニットとは若干異なるものと認識していたことを示すのではないかと考えられる。

3 下瀬火薬の製造

(1) 下瀬火薬規格と試製

下瀬火薬は、下瀬によって開発されたピクリン酸爆薬という意味と同時に、下瀬火薬規格で製造されたピクリン酸爆薬という意味を含んでいる。軍の爆薬として採用する以上、同品質製品の生産の確保が不可欠のためである。

ちなみに1930年代（昭和6年2月現在）における規格〔領収規格〕は次の如くで、窒素以外は極力残留物を微少化しようとし、特に水分→灰分→硫酸分の含有率の微少化を図ったことが分かる。逆に、これらを絶無にすることは至難だったことを示唆している*15)。

水分	0.05%以下
灰分	0.02%以下
無機酸	微量
有機夾雑物	微量

窒素量	18.0%以上
硫酸分	0.01%程度
鉛溶解率	微量
外貌	固有の外貌（淡黄色結晶状細末）を有し夾雑物を含有すべからず
凝固点	120度以上

技術導入でなければ、純粋ピクリン酸の微細な規格が同じと云うことはほぼあり得ないから、仮に各国で純粋ピクリン酸を作っていたとしても、微細にはそれぞれに異なっていたと考えられる^{*16)}。ただ、純粋度があるレベル以上であれば爆薬としての基本的性格は変わらないであろう。

ピクリン酸の合成自体は「簡単」であるとされ（林、富岡）、下瀬自身、それを強調している。

日中戦争開始期に下瀬火薬の応急大量生産のため下瀬火薬2号の領取規格が制定される（それに伴い従来の下瀬火薬は下瀬火薬1号と命名された）。その際、艦政本部から「水分0.1%以下、灰分0.05%以下」と規定（緩和）することについて意見を求められた火薬廠（爆薬部）は「水分規格低下ハ品質トシテ別ニ考慮スル点ナク……灰分及硫酸分ハ規格ニ拘泥セズ製造能力ニ特ニ影響ナキ限り含有量ノナルベク少キヲ肝要ト」と答えているから、中でも灰分、硫酸分を重視したことが分かる^{*17)}。しかし、実際には、火薬廠（爆薬部）自身の技術的障碍のため、2号規格は水分・灰分とも「0.1%以下」と規定することとし大臣決裁されている^{*18)}。

また硫酸分については2号規格でも規定は緩められなかったが、爆薬部の製品は洗浄2回の後にも硫酸分0.04%含有する場合があるとしている。規定の4倍である。

下瀬火薬規格の歴史的変遷については不明であるが、純粋ピクリン酸の斉一な製造は必ずしも容易でなかったと見られる。

1899年8月19日付、「下瀬火薬製造材料検査ニ要スル薬品……アセトン外式百参拾九廉本年度内購入（独逸シュハルト会社製）」の件が下瀬火薬製造所長より海軍大臣に上申されている^{*19)}。

下瀬火薬製造所設置—機械制工業化に対応したものと推察されるが、検査が極めて緻密になされたことが示されている。

1900年3月には（12日付）、海軍造兵廠において「下瀬火薬製造材料試験用」に使用された器具材料など31廉の製造所への「保管転換」が同様に上申されている^{*20)}。これは海軍造兵廠での試製段階の材料試験の状況を反映しているが、やはりきめ細かいものであったことを示している。

燃焼管100kg・硝子管50kg

カトミュウム布100枚

酸化銅 5 kg・銅箔 2 kg・銅屑 2 kg・金剛砂 2 kg、雲母板10枚、白金箔91.65kg

標紙30函・半皮紙 1 kg・標筆60個

護謄板200 g・護謄栓 6 kg・赤色護謄管 3 kg・護謄管 9 kg・赤護謄管930 g

赤色試験紙等各種試験紙 5 種類

アルミニウム線100 g・鉄線10巻・マグネシウム線100 g・ニッケル線 1 kg・白金線158.9 g

錫管 6 m、ニッケル鋼 1 m

濾紙32,400枚

分光器用標本 1 本

同様に同 3 月には（26日付）、「当所必要品」として道具類54廉の造兵廠→製造所への「保管転換」が上申されされているが、これは試製段階での生産状況を反映している。各種の鑿（ノミ）、鑿（ヤスリ）の大量使用など、手工的な生産状況の一旦が示されている。（尹=吋）

3 噸ウエストンブロック 1 組、キサゲ 1 挺、焼小手 大小 2 挺、平鑿（ノミ）大小 10 挺

鞆（ふいご）大 2 個

平鑿（ヤスリ） 7 種類（6 尹～18 尹） 52 本、角鑿 5 種類（6 尹～12 尹） 24 本、三角鑿 5 種類（6 尹～14 尹） 16 本、半丸鑿 5 種類 20 本、丸鑿 5 種類 19 本

金槌小 1 挺、大鉄槌ポンコツ 2 挺、大万力 3 個・手万力 1 個、火作箸 2 個・金切箸 1 挺・仕上箸 1 挺、穴パッスル 1 個・丸パッスル 1 個、舶来金舗大小 3 個

金手挺 1 本、キロ秤 6 台・化学天秤 3 個

曲定規 1 個・雲形定規 10 個・T 定規 2 個・三角定規 5 個・直定規 1 個

図引道具 1 組、写真器 1 組、グローブ電池 5 個

ちなみに所長の大臣への要請（「火薬材料保管転換ノ義ニ付上申」）により、「下瀬火薬製造材料ニシテ曾テ東京海軍造兵廠ニ於テ購入ノ上貯蓄相成居候」フェノール〔石炭酸〕 壱万五千キロ＝15 噸の海軍造兵廠から製造所への「保管転換」の訓令が 1900 年 2 月 1 日付、出されている。石炭酸 537 疋からピクリン酸 1 噸が製造されるので、石炭酸 15 噸ではピクリン酸 28 噸前後に相当する*²¹）。手工的生産においてもそれなりの生産が確保されていたという側面と、生産規模の根本的限界とを示している。ピクリン酸を装填した大規模な実験の継続は困難だったと見られる。

ところで、チュルバンは 1894 年 9 月 1 日付、日本の陸軍大臣宛に書簡を送り、88 年に海軍将官一行が実験に立ち会ったにも関わらず、その後何の連絡もないこと、確かな情報に因ると海軍は、フランスのカネー氏から、砲弾に装填された形でメリニットを輸入しているが、自分以外には誰も輸出することは出来ないもので、特許違反であり、賠償金を要求するとの趣旨であった*²²）。

二度目には海軍次官まで立ち会い、しかも兵器商高田商会からも随行する等、購入への積極性を示しながら、その後何の連絡もしなかったことは、下瀬火薬開発の微妙な経緯を示唆している。

なお、カネー氏から海軍は各種の火薬等を輸入しているが、メリニットは含まれていない。

(2) 機械制工場生産開始と公害問題

パーニッケとの契約^{*23)}でようやく機械・技術の導入なった下瀬火薬製造所は1901年に操業開始し、02年はじめ頃から全力運転に入ったと見られる。1902年1月15日付、下瀬火薬製造所長から海軍大臣山本権兵衛に提出された「職工定時間外増服業報告」は、「下瀬火薬装填ニハ火薬ノ熔解ヲ要シ然シテ各職工起業時マテニ熔解セシメンニハ是非其以前ヨリ熔解罐ニ温熱ヲ加フルノ必要有之為メニ本月七日ヨリ来ル三月三十一日マテ始業時前特ニ弐時間亦火薬鑄造ノタメ停業時刻後三時間合計五時間ノ増服業ヲ致候此段報告候也」と述べている^{*24)}。

しかし操業もない1901年8月には公害問題が発生していた。

工事中の1900年8月に前種物商清水由右衛門宅脇に埋設した土管から漏れた薬液が同人の井戸に浸入。この時はまだ工事中で、補修し、以後別状はなかったが、01年8月、井戸が前年同様に変色し使用できなくなった旨訴えられた^{*25)}。

日本製最良の土管を使用した、技術未熟で土質が緻密性を欠き浸水を防げないためだった。

本工事ニ用ヒタル土管ハ下瀬技師ノ選択ニ係ル本邦製造品中最モ良質ノモノヲ撰ビ採用シタルモノナレドモ……其製作猶善良ナラスシテ土質ノ緻密ヲ欠キ随テ絶対的ニ膿液ノ滲透ナシトセス

これに対しかなり抜本的な計画が立てられたが、工事の大変さや費用が高つくなどを理由に遷延され、02年7月現在なお検討中で、公害問題未解決のまま全力操業に入ったのである^{*26)}。

その後の経緯は不明であるが、何らかの応急的措置がなされたと見られる。

何れにしても、創業期に、排水土管製造・敷設技術の未熟、それへの根本的対応の欠如により公害問題が発生し長引いたわけであるが、その問題が構造的であったことは、後、昭和初年に同製造所は、付近井戸水に苦みを生じ舞鶴への移転を余儀なくされること等によって示される^{*27)}。

三 下瀬火薬システムの歴史的位置

1 欧米：混合ピクリン酸と徹甲榴弾システム

Sprengel “The Discovery of Picric Acid” (1902年、第2版)、同著に一部引用されている“Engineering” 1902年5月2日号掲載“THE EVOLUTION OF SMOKELESS POWDER AND OTHER HIGH EXPLOSIVES”等を中心に、欧米でのピクリン酸爆薬システムの開発過程について概観する。

① フランス

欧米においては殊に1880年代に入って装甲板と徹甲弾との開発のせめぎ合いが強まっていたとされ^{*28)}、メリニットの応用においても最も重視されたのは、装甲板や要塞防御壁を貫徹し内部を爆破する事を眼目とする徹甲榴弾炸薬であった。

前記、88年4月の伊東報告は、メリニットが、火砲用としては攻城砲用・海岸砲台用に使用されていたとしているが、これらは主として徹甲榴弾が担当する分野である*29)。

同報告での、ツーロン付近の海岸砲台に設置した16吋砲による海上千メートルの所に浮かべた標的船ベルキウス号へのメリニット装填弾発射実験についての記述*30)も、徹甲榴弾システムの特徴を示している。

又、ドイツを初めとするヨーロッパ諸国へのメリニットの売込みには、実際に要塞を爆破して効果を証明してみせる必要があった。このため、例えばセレド・リヴィエールにマルメゾン要塞を新設し、1886-7年に爆破実験を行った。一回目の実験では、1.5mの地層の上に厚さ0.8~1mのレンガ製のドームで防御した穴倉に対する150ミリ、210ミリ砲弾による弾孔の深さを計測する等がなされたのである*31)。

*撃針の運動発射：運動信管

ところで徹甲榴弾システムにおいては、弾丸が装甲板を貫徹した後に炸薬を爆発させること、つまり爆発を衝突よりも若干遅延させることが肝要となる。

チュルパンは特許において、「貫通の後で砲弾の確実な、遅れた爆発」を実現するための原理を示した。着発信管を前提とした、雷管を中心とする起爆装置についての細かい説明であった*32)。

『フランスにおける砲弾—魚雷の危機』は、この頃、チュルパンは一種の運動信管を開発したとしている*33)。

つまり、メリニットは運動信管と対で装填されるべき爆薬であることが特許において明記されていたのである。

また『75ミリ砲 (LE CANON DE 75)』によると、フランスでは同火砲は1900年モデルにおいてメリニットを採用し、これに伴い信管を、砲弾が地面に浸透した後に爆発する運動式信管に革新した。中小口径砲弾でもメリニット採用—運動信管の開発が推進されていたのである。

*感度鋭敏性の緩和

チュルパンはまた、特許(85年)において、メリニットがピクリン酸とコロジオンによって構成されること、及びその用法について規定した。また彼は、コロジオンは硫化エーテルであることを確認している*34)。

これは87年1月22日付「ル・マタン」の記事：フランスがドイツから、メリニットの生産に必要なピクリン酸及び硫化エーテルを巨額に購入した(ある工場は月2万kgのピクリン酸の注文を受けた)との報道：の硫化エーテルに関するコメント(1907年)の中で確認したものである。

ただ、コロジオン添加の理由は同コメントでも説明していない。

前掲 Engineering 記事は、ピクリン酸の炸薬化に成功したチュルパンは、単純ピクリン酸が、その感度鋭敏性のために装甲板に衝突すると同時に自爆してしまうことを発見し、これへの対策として、ピクリン酸の爆発反応を遅延させるため、若干の薬品(重油系油分)を配合することとしたとし、こうして「修正」されたピクリン酸(the picric acid thus modified)がフランス政府に採用さ

れたとしている。

コロジオンがこの「修正」薬剤と見られる。大正11年刊行の日本陸軍文献、KM生訳『爆薬概論』（原典不明）も次のように、コロジオンが鋭敏度の緩和、すなわち爆発反応の遅延のために添加された薬剤であったと述べている。

黄色薬ハ「メリニット」ノ名称ノ許ニ仏国政府ニ於テ採用セリ最初ノ時期ニ在リテハ其ノ鋭敏度ヲ減少セシムル目的ヲ以テ「コロジオン」ヲ添加セリ然シ其ノ後一般ニ黄色薬ノミヲ圧填スルカ若ハ榴弾中ニ直接融填シ使用スルニ至レリ

以上、メリニットは、徹甲弾炸薬として貫徹の後の爆発を実現するため、遅鈍性の信管と対に装填されるべきものであり、しかも感度鋭敏性の遅鈍化のためコロジオンと合成された「修正」ピクリン酸として開発されたのである。

下瀬火薬とメリニットの関係に関する謎を解く一材料がここにある。私見は次のごとくである。

88年4月に日本海軍に入手されたメリニット試料は、若干のコロジオンが添加された「修正」ピクリン酸であった。

一方、下瀬火薬にはコロジオンは添加されない。単純＝純粹ピクリン酸である。

コロジオン添加は爆発力を若干弱める作用があった。下瀬が、下瀬火薬の爆発力は「メリニット・の上」と考えたのは、これと符合する*³⁵）。

従ってまた、下瀬がメリニット分析でピクリン酸に関するヒントを得たとしても、その完全な模倣とは言えない。

下瀬及び日本海軍にとっては、メリニットと匹敵しむしろ上回る爆発力のピクリン酸爆薬を製造したことで満足し、そこで研究は事実上ストップした。

*混合メリニット（混合ピクリン酸）

ところで前記引用文のうち、「その後一般に黄色薬のみ」を装填することになったとしているのは不正確である。

むしろフランスでは、第一次大戦前後以降、特に大口径砲用において、メリニットと比較的安全な薬剤とを大胆に混合することによって溶融点を下げ、安定性を増す方向での爆薬開発＝混合メリニットの開発が推進されていった。

即ち、メリニット88%とパラフィン12%との混合爆薬であるメリニット・パラフィン（MP）、メリニット80%とジ・ニトロナフタリン20%を混合したM、D、Nやメリニット70%、モノニトロナフタリン30%を混合したM、H、Nあるいはメリニット40%とクレゾール60%を混合したクレジリット等が開発される。もっとも、これらの内には、第一次大戦期にメリニット不足を補うために開発されたものもあった。なお、クレジリットは大戦前に制式爆薬となっていたことが確認される*³⁶）。

これらのことは、コロジオンに依る「修正」では特に大口径砲の場合、鋭敏性緩和は不十分であったことを示唆している。

逆に、混合メリニット方式の開発に伴い、コロジオン添加は廃止されていったと見られる。

1930年代に黒田麗がフランスから持ち帰った「メリニット製造方法書」は、メリニット・パラフィン等が開発された後のものだが、メリニットは純粋ピクリン酸とされている*37)。

②イギリス

前掲 Engineering 記事によると、1887年6月のマンチェスター事故*38)、フランス当局者の、メリニットの有効性と安定性についての執拗な自慢、[フランスによる]イギリスからの極めて大量のフェノール（石炭酸）の購入を目の辺りにして、イギリスの爆薬委員会は、ピクリン酸が高爆薬の基礎であるに違いないと考え、88年9月20日に主題として取り上げることを決めた。

そして単純ピクリン酸について実験した結果、一点を除いて総て、フランスの主張を裏付けていた。一点とは、装甲板に衝突する直前に、空気が圧縮して砲弾が爆発〔自爆〕してしまうことであった。（フランスが自爆、コロジオン添加等を極力秘密にしたことが伺われる）

この現象に対応するため、委員会は炸薬の融点を引き下げることとし、若干の薬品を配合することとした。実験の結果、デイ・ニトロ・ベンゾールが最適と判明した。更に、純粋ワセリン若干を加えると遅鈍性が著しく高められることを発見した。

こうして、イギリスのピクリン酸爆薬は、やはり徹甲弾用の（for armour-piercing projectile）装填炸薬として開発され、ピクリン酸87%、デイ・ニトロ・ベンゾール10%、ワセリン3%の構成に修正された。

この独自のピクリン酸合成薬品がリッダイトといわれるもので、1889年創製とされている。

ちなみに、後に日本海軍の火薬爆薬のテキストとして作成されたと見られる一文献は、リッダイトについて、第一次大戦期にピクリン酸の鋭敏性緩和～遅鈍化のため、上の構成になったとしているが、これは誤謬で、むしろ Engineering 記事の信憑性を裏付けているとあって良い。

更にイギリス爆薬委員会は、撃針作用を1/1000秒運動させる運動式信管の開発を焦眉の問題とした。この安全な運動式信管の問題は、ハイラム・マキシムにより打開された。彼は既に85年と87年に特許を取得していた*39)。

なお、ピクリン酸系砲弾の実戦での初の適用は、1898年9月のスーダン戦争〔ナイル川マンクスの戦い〕で、イギリス陸軍は、オムドゥール砦〔厚さ4フィート、高さ10フィートの固い石の構造〕の破壊にリッダイト榴弾砲を使用し、徹底的に破壊した*40)。

③アメリカ

アメリカでは、1901年にピクリン酸爆薬の開発実験が世論をにぎわすまでに至った。

アメリカで最も優秀なピクリン酸合成薬品はキャプテン・ダンによるD火薬で、ピクリン酸の鋭敏性を緩和するため、アンモニアを加えたピクリン酸アンモニウムであった。同爆薬を装填した砲弾が12時のプレート貫徹した後に爆発することを根拠に、アメリカで得られたものはイギリスに

勝ると主張された。これにはイギリスが開発した信管も預かっていた。

以上はやはり前掲 Engineering によるのであるが、『近世米国軍用爆薬小史*41』によると、威力充分で鈍感なピクリン酸アンモニウムを抽出したダンは、そのような「鈍感爆薬を十分に轟爆せしむる如き強力にして而も衝撃に対して充分鈍感なる轟爆信管を完成」し、「此組合せに依り最初の実地試験は1901年……行われ……12吋徹甲 Gathman 式榴弾を以て12吋の鋼板を穿貫せしめたるに穿貫後轟爆せり」と、ほぼ同記事を裏付けている。

以上、欧米では、ピクリン酸は、最初から、少なくとも初期の段階から、装甲板あるいは要塞防壁等を貫徹した後に爆発する徹甲弾炸薬への適用に向けて開発が推進され、これと関連してピクリン酸の感度鋭敏性問題が認識され、一定の薬品を加えて遅鈍性を増す等の「修正」・混合ピクリン酸が開発されていった。そして信管についても、運動式信管が開発されたのである。

別言すると、欧米では、ピクリン酸が安定的な爆薬である半面、衝撃などに対しかなり鋭敏であるという他の一面を認識し、その化学的制御を行う次の段階へ短期間に移行したのである。

ただ、この新たな徹甲弾システムの軍艦への搭載は、それほど早く進まなかった。

ドイツは、メリニットの要塞実験に積極的に協力し、1891年に野戦砲兵隊の弾薬にメリニットの一般的採用を決定したのを始め、広く輸入したと見られている*42)。

1904年2月7日付、川原袈裟太郎→齋藤総務長官宛「川原少佐報告」によると、03年12月、ドイツ・ウィルヘルムセブン軍港視察の際、海軍弾庫に「メリニット」が貯蔵されていたが、それは15擲砲及び10擲半砲用弾丸に使用されるものであった。その理由を聞いた所、ドイツ海軍では、それ以上の口径についてはなお試験中と答えたという*43)。このことから、日露戦争前には、徹甲弾システムの軍艦搭載が、特に大口径砲でそれ程進捗していなかったと考えられる。

露国ノ弾丸ノ高爆発薬ニハ綿火薬ヲ用ヒ其綿火薬ハ英国ヨリ購入スト

……小官昨年十二月独国ウィルヘルムセブン軍港視察ノトキ兵器庫ノ弾薬庫十二棟ヲ見タルノ内ノ一棟ノ弾庫ニ各種ノ弾丸アリシ内二十五擲及十擲半ノ「メリニット」アリ他弾ト区別スル為メニ赤色ニ塗レリ同庫士官曰ク独国海軍ニテ現在使用スル「メリニット」弾ハ十五擲及十擲半ニ限レリ其以上ノ口径ハ何故ニ使用セザルカト問ヘバ尚ホ試験中ニ属スト答ヘタリ

なお、この報告で、開戦直前のロシア軍が高爆薬に綿火薬を使用し、イギリスから輸入しているとの情報も注目される場所である。

2 下瀬火薬システム：単純ピクリン酸と鍛鋼榴弾システム

(1) システム開発過程

日本海軍における弾薬システムの開発は、欧米とは非常に異なった形で展開した。

①欧米が単純ピクリン酸の徹甲榴弾炸薬への適用→混合ピクリン酸開発に努力を傾注したのに対し、日本海軍は、単純ピクリン酸の通常砲弾への炸薬化と制御に傾注し、かつ相当時間を要した。

ようやく1893年1月に先ず魚雷及び12センチ以下砲弾の炸薬として制式採用される。

②その前後から信管の開発が始められる。開発方針は、欧米とは全く対照的に超鋭敏信管の開発となり、下瀬火薬システムの性格を確定する。同信管は約6年をかけて全口径用に1900年に成立する。

③これを前提に弾丸開発が全口径について推進される。この間には軍艦の装甲が著しく進んでいたが、超鋭敏信管に対応して、衝突と同時に爆発し弾片を多量に激しく飛ばすことに傾注して開発され、鍛鋼榴弾に結実し、その改良が図られた*44)。

④こうして単純ピクリン酸に対応する弾薬システムが独自に開発された。ピクリン酸の感度鋭敏性に関わる自爆問題は認識されなかった。

(2) 信管開発

1) 開発方針

下瀬火薬は1893年1月によりやく一部の砲弾及び魚雷への採用が決まるのであるが、その過程で信管開発方針が問題として浮上した。

従来、海軍の信管は鋭敏性を専らとしてきたのであるが、遅鈍性も必要ではないかとの議論が技術会議で起り、(海軍)大臣の許可を得て爾後の開発方向について検討することとなった。一つのきっかけは、山内弾底着発信管の発明と、その審査であった。

同信管は輸入弾丸に対応して弾底への螺入を簡易化したものであったが、同時に、やや遅鈍性の信管であったことから、鋭敏性を専らとしてきた信管のあり方に一石を投じたのである*45)。

審査の結果、技術会議は、92年7月21日に、「鋭、鈍、兩種ヲ用フルコトヲ利アリトス」との決議を採択し大臣に上申した。海軍信管のあり方を一般的に問題とし、審決したものであった。

ところがその直後に某人物から、主として次の2点を根拠として、「海軍ニ於テハ着発信管ハ従前ノ如ク鋭敏ナルモノヲ採用アリテ然ルベシ」と、これを覆す上申〔「弾底着発信管制式ニ関スル件」〕が大臣に対してなされ、大臣はこれを直ぐに(8月5日)裁可した。

①二種類の信管があると「戦時急激ノ際……其用ヲ誤スル」可能性があり、平時も貯蔵供給が煩雑となる。

②遅鈍信管は砲弾を「艦船ノ甲板面ニ落下セシムル射法」では最も必要だが、「艦船ノ如キ直射ヲ良トスル砲ニ於テハ」遅鈍信管は余り必要でなく、遅鈍の程度を決めるのも容易でない。

軍艦搭載砲弾信管に絞って問題としているが、その枠内で、やはり信管の一般的なあり方を論じたものであった。その裁可により、従来通り鋭敏信管で行くという枠組みが確定されたのである。

2) 伊集院信管：超鋭敏信管

1893年から94年初めにかけて、下瀬雅允発明(92年)の弾底着発信管の採用試験が伊集院委員会の下で実施され、94年1月(23日)に否決された。同時に、「信管着発部の装置」が「殆ど同一物」である肥後信管についても、改良がなければ将来における採用不可と決議された。注意を引くのは後者の理由中に、「発火点ヲ調査スルニ……概ネ遅延ス」る点を問題とし、「舷側ノ如ク四分ノ一尹

位ノ鉄板ニ対シテハ或ハ不発尚ホ多カラムト思惟ス」と断定して、鋭敏性を絶対視する視点から遅延性を改めて払拭している点である。実験用炸薬には黒色火薬しか使用していない。下瀬火薬を装填した本格的な標的発射実験によることなく、当該信管の鋭敏信管としての適性を測る実験レベルで判定が下されたのである。

下瀬信管を否決した伊集院委員会は海軍全体に意匠を募り、自ら信管の開発に当ることになる。

その際、「下瀬火薬用信管」の要件として次の2点を挙げている（1月23日、委員長海軍少佐伊集院五郎から海軍技術会議議長諸岡頼行への「下瀬発明弾底着発信管ノ件上答「意見」」）。

- ①「弾丸、砲膛中ニアル間ハ如何ナル衝撃ニ遭フモ発火スルコト無ク、
- ②「膛中ヲ出テ数十米突飛行後ハ極メテ抵抗弱キ物体ニ対シテモ直ニ発火スルコトヲ要ス」

ここで初めて明確に下瀬火薬に適する信管の条件が提起された。そして、単なる鋭敏性ではなく、超鋭敏性信管の開発が図られることになるのである。その直接的理由は示されていないが、下瀬火薬の感度鋭敏性への現実的対応が図られたと見られる。

これらの要求が「伊集院信管」として実現されたことは周知のところである*46)。

開発過程での一特徴は、爆管に管帽をかぶせて鋭敏性強化を図ったことで、「下瀬火薬信管管帽及ビ砲底着発信管」という様に、信管と管帽の開発実験は一体的に推進された。

1900年2月頃、大口徑用において好結果が得られるようになり、中小口径用への適用実験を開始、同年7月頃には成功を見るようになり、次いで中小口径用にも管帽が付されることになり、大口徑：「伊集院信管1号」、中小口径：「伊集院信管2号」の呼称に至る。

(3) 弾丸、弾丸への装填

1) 鍛鋼榴弾

砲弾の開発は、鍛鋼榴弾に帰着していったのであるが、それに止まらず、鋼の強度・金質の改良、肉厚等のきめ細かい検討・開発が推進された*47)。幾つかの実験例を見ると次の通り。

膛圧対策の視点から、㉑12拇・15拇鍛鋼榴弾の「弾丸地金稍々柔軟ニ失シ」たとし、「尚ホ硬質ノ地金ヲ使用シ」再試験。又、紐状火薬に対応し、「更ニ弾壁ヲ厚クシテ高圧力ヲ以テ発射シ其安全ノ度ヲ試験」。㉒8尹鍛鋼榴弾は既成の弾丸では不可とし、「弾壁ヲ10ミリ厚ク改造シ」て砲弾を設計し直し、再試験。

炸薬量拡大の視点から、㉓肉厚を思い切って薄くし「十二尹砲薄壁鍛鋼榴弾」を製造、「多量（約四十一キロ）ノ下瀬火薬ヲ装填シ安全ニ発射シ得ルヤ否ヤヲ定ムルヲ以テ目的トシタル試験ハ・・・頗ル良好ノ結果」を得*48)、弾片拡大の視点から、㉔8尹鍛鋼榴弾及び15拇砲用弾丸に「焼入ヲ施」したが、むしろ弊害が大で「チナシ」(粘り強さ)ノ強キ鋼材が最適と判定等。

一方、徹甲弾の実験は簡単なものが多く、例えば8尹徹甲弾の実験は1900年8月に合計4回、うち12ミリ鋼板標的3回、最新の装甲板であるハーバー式五吋四分の三鋼板標的に対する発射実験は1回だけで、「爆発良好」だったことを根拠に、その使用を同月中に大臣裁可を得ている。

何れも下瀬火薬、伊集院信管を装填したもので、本来の徹甲榴弾システムではない。また、一号

徹甲弾（下瀬炸薬4kg入り）と二号徹甲弾（下瀬炸薬1.258kg入り）のうち、炸薬量の遙かに少ない二号だけの試験で合格としており、感度鋭敏性、自爆問題の認識は生まれなかった。

戦争に使用された徹甲弾はほぼ総て外国製で、これに伊集院信管装填などの改造を施したものであった。呉工廠は、開戦初期にかけて12斤徹甲弾をかなり製造したが、実戦では全く使用されていない。又、8尹徹甲弾についてある程度製造していたが、総て半製に終わっている。

2) 弾丸への装填

弾丸への装填においては、①東京海軍造兵廠において炸薬を予め紙筒に鑄填・成型しておいて、呉工廠その他の造兵部において弾丸へ装填する分業的方法を開発したが*49)、紙筒も、薬室に合わせた鑄型の作成→それに併せてアルミ製の張り型を作成→それに合わせて紙筒を作るという方法が採られた。②紙筒によって炸薬と弾壁とは遮断されるが、更に、弾壁に緻密な漆塗装を行って万全を期した。1900年7月設計の「安式八尹鍛鋼榴弾」の設計図によると、①「炸薬室ノ壁面及ビ底螺ノ内面ハ特ニ丁寧ニ磨キ」、②「炸薬室及ビ底螺ノ内面ハ漆塗ヲ施ス」—㊦「良質ノ「セシメ漆」ヲ吉野紙三枚以上ヲ重ねタルモノヲ以テ三回以上濾過シ」、④「「セシメ漆」ヲ塗り其乾キタル上ニ「クルメ（黒目）漆」ヲ塗り其乾キタル上ニ尚ホ同漆ヲ以テ上塗りヲ施ス」、という手厚さであった*50)。金属に激しく反応する下瀬火薬を最大限詰め込むため、日本的なきめ細かい補強が施された。

(4) 日露戦争期における伊集院信管の改造と徹甲榴弾

1904年8月の海戦で信管底螺の故障を基因としてかなりの臆発事故が起き、特に徹甲榴弾1号は回収、2号についても危険があるので使用を控えるよう指示された。

検査委員会が設置され、結局、呉工廠の信管改造案=底螺を複底螺に改造する部分的改造案=が採用され、1905年2月から改造が開始された*51)。

12種以上の全ての砲弾が対象とされ、「十二尹砲八尹砲徹甲榴弾」も含められたので、実質的に徹甲榴弾使用にゴーサインが出たに等しかった。但し、鋭敏性の確保が改造の要件をなした。

即ち、1904年10月15日付艦政本部から「改正ノ試製弾底信管複底螺信管試験ハ好結果ナルガ如キモ打針ノ重量ヲ減シタル結果発火鋭敏ノ度ヲ減スルナキカ今一度再試験ヲ得度旨」の照会があり、この懸念払拭を経て改造が実施された。従って徹甲弾についても引き続き超鋭敏性信管を適用する方針には何等変更がなかったのであり、下瀬火薬の装填についても不変であった。

五 終わりに～日露戦争後の展望

日露戦争を教訓として、欧米ではドレッドノート級→超ドレッドノート級に象徴される、大艦巨砲主義・徹甲榴弾システムの開発競争が熾烈化し、第一次大戦において英独戦艦はまさに徹甲榴弾システムで対決した。（但し、独軍はTNTを主炸薬とした。）

日本海軍も、巡洋戦艦金剛輸入を機として大艦巨砲主義の再編強化を推進し、徹甲榴弾の自給化も1914年迄に大きく進んだ*52)。しかし炸薬は依然、下瀬火薬であった。

第一次大戦を契機に、ピクリン酸の感度鋭敏性が認識されるようになり、代用爆薬の開発等と共に、混合ピクリン酸の研究も開始される*53)。しかし、研究は進捗せず、1920年代には炸薬が全て下瀬火薬（純粋ピクリン酸）であることは変わらなかった*54)。

ワシントン軍縮後、1924年に、①戦艦薩摩を標的とする徹甲弾等での海上砲撃と、②戦艦土佐を標的とする水中爆弾（徹甲弾）による砲撃との注目すべき二つの実験が実施された*55)。

①は、自爆その他のため徹甲性はほとんど無く失敗したのに対し、②は成功した。水中爆弾だったので下瀬火薬の感度鋭敏性は緩和されたこと、非装甲部を射撃したこと等が重要因とみられる。以後、後者の方向で開発が推進される。装甲部を真正面から貫徹し、内部を爆破する本来的な徹甲榴弾システムは容易に開発されなかったのである。

後記。本稿執筆の過程で、一部を日露戦争研究会「日露戦争・ポーツマス条約締結百周年記念国際シンポジウム」（2005年5月）で報告した。懇切なコメントをいただいた防衛研究所小野圭司氏はじめ研究会関係者に感謝の意を表明する。

（こいけ しげき・本学経済学部教授）

注

* 1) 『日本海軍火薬工業史の研究』（2003年3月刊）。なお、同書34頁で日本爆発物株式会社買収費を213万8,579円とし、注79)で「『海軍省年報』その他による」とした点について、奈倉文二「イギリス兵器産業の対日投資と技術移転」（『日英兵器産業とゾーメンス事件』第2章、2003年7月刊）は、「典拠は定かでない（注記されている『海軍省年報』には、「買収費」の記載はない）」と批判し、通説の380万円説を採っている。同書79頁、113-114頁の注（64）参照。小生の典拠は次の通り。大正七年度『海軍省年報』第六編会計、「第八 歳出予算決定額増減比較」の款「火薬廠設備費」一目「買収費」に大正七年度予算決定額215万円、「第九 歳出決算額」で款「火薬廠設備費」一目「買収費」に予算決定額215万円、予算現額215万円、大正七年度支払命令済額213万8,579円31銭、不用額1万1,400円69銭とある。なお大正八年度『海軍省年報』「第九 歳出決算額」の款「火薬廠設備費」一目「買収費」に大正七年度支払命令済額213万8,579円31銭、大正八年度支払命令済額0とある。

なお、火薬廠長に任命された楠瀬熊治は、買収一引き継ぎに際し、技師長1名を雇用して指導させる予定であったが、「今回日本爆発物株式会社ヨリ工場全部ノ引渡ヲ受クルニ際シ其引継ギ懇切ニシテ彼等多年ノ研究セシ成績其他有益ナル記録ニ至ル迄一切引渡ヲ受ケタルヲメ技師長一名ヲ傭聘シ残留セシムル予定ヲ以テ予算ニ計上セラレタルモ今ヤ不用ニ帰スルニ至レリ之レ全く総支配人ピース以下ノ好意ニ基クモノ」として、総支配人以下に物品を贈与する（予算2,135円）旨、海軍大臣に上申している。（大正八年『公文備考 会計二』）。奈倉論文記載の契約条項をに照応している。

* 2) 『ロシヤ戦争前夜の秋山真之（一九〇〇年二月—一九〇二年七月）』406頁。

* 3) 林克也『日本軍事技術史』143-144頁。

* 4) 前掲『日本軍事技術史』139-140頁。富岡定俊『開戦と終戦』23頁、黛治夫『海軍砲戦史談』103-104頁参照。

* 5) 『公文雑輯 M20-11』参照。

* 6) 1884年、25才で工部大学校化学科を首席で卒業（この年、単著論文1～卒業後発表、共著論文3を発表）、内閣印刷局に就職しインキ等研究。松原宏遠編『下瀬火薬考』年譜。

* 7) 『公文備考 M21-5』。

* 8) 前掲『下瀬火薬考』83頁参照。

* 9) “The Discovery of Picric Acid” 19-22頁、“Engineering” MAY 2ND, 1902, ‘BURSTING CHARGES’（同記事は、前掲“THE EVOLUTION OF SMOKELESS...”に所収）。

- *10) 以下、「秘密火薬メリニット分析の件」（『公文備考 M-21』所収）等参照。
- *11) その後の経緯は不明。陸軍は明治20年後後にピクリン酸爆薬の開発を図ったが、他の薬品との混合を図って失敗し、27年まで開発を中止している。『明治工業史 造兵編』。
- *12) 前掲『下瀬火薬考』273頁、『日本軍事技術史』139頁参照。
- *13) 前掲『下瀬火薬考』73頁参照。
- *14) 『下瀬火薬考』年譜の明治21年にメリニットやリッダイト等の比較勘案を行ったとしている。
- *15) 海軍火薬廠『昭和九年十月 火薬製造検査規則（案）』。
- *16) 例えば陸軍科学研究所訳『米国軍用爆薬』（米国陸軍兵器局“Military Explosive”1924年）19頁によると、ピクリン酸の兵器局規格は、硫酸分0.1%以下、灰分0.2%以下、可溶性鉛0.0004%等。
- *17) 艦本機密第一二五二一號（1937年8月6日付）。『日本海軍火薬工業史』78-79頁参照。
- *18) 官房機密第三五四三號（1937年9月3日付）。
- *19) 『公文雑輯 M32-12』参照。
- *20) 以下、『公文雑輯 M33-8』参照。
- *21) 『各種爆薬一砲製造ニ対スル所要材料表』参照。
- *22) 『公文雑輯 M27-6』参照。同文書は、10月22日付、海軍省へ照会される。
- *23) 『下瀬火薬考』222-223頁参照。
- *24) 海下第壹五号（1月20日進達）。
- *25) 『公文備考 明治35-43 土木三』8月14日付、「海下第一八五号」。
- *26) 明治35年7月9日付、臨時海軍建築部長齊藤実から海軍大臣男爵山本権兵衛へ「報告」（臨建 第四三五号ノ四）。「井戸ヲ中心トシテ其左右三間ノ間土管ノ外部ヲ厚ク土澀青タールノ式混和物ヲ塗り更ニ粘土ヲ以テ其外部三面ヲ包被シ而シテ地水ト土管ノ外面トヲ隔離スル」計画だった。
- *27) 『日本海軍火薬工業史の研究』46-47頁参照。
- *28) 諸田実『クルップ』238-242頁参照。
- *29) 例えば、日本陸軍が所轄し日露戦争で203高地攻略や旅順口攻撃に動員した海岸砲台用28糎榴弾砲は制式の炸薬は黒色火薬だが、運動式信管を備える徹甲弾だった。『陸軍政史』。
- *30) 「弾丸命中ノ際厚サ十五「ミリメートル」ノ側板ヲ通シ艦内ニテ破裂シ其「コンパルチメント」中凡ソ百立方「メートル」中ニ存在スル甲板ノ強梁鉄器木具等悉ク大害ヲ蒙リ……又弾丸ノ貫通シタル鉄板ハ凡ソ二「メートル」四方ノ間ハ折裂シタリ」と述べられている。注10) 参照。
- *31) Colonel (er) Pierre Rocolle “LA CRISE DE L’OBUS-TORPILLE EN FRANCE” 参照。
- *32) EUGENE TURPIN “DEMANDE EN REVISION OU ANNULATION OU PROCES ET TRAITE” PRIS 1907, p45参照。102頁では、「爆発する前に砲弾を貫かせる原理、思想は、1885年2月7日の私の特許の中で明瞭に説明されている」と述べられている。
- *33) 注30) 参照。
- *34) 前掲“DEMANDE EN REVISION OU ANNULATION OU PROCES ET TRAITE” PRIS 1907, p45。この記事はまた、メリニットを巡るフランス・ドイツの特殊に緊密な関係を示している。
- *35) 『下瀬火薬考』80頁。
- *36) 陸軍科学研究所『戦時中の経験ヨリ得タル仏国炸薬填実法並ニ炸薬爆発理論』（仏国兵器製造省編纂『仏国軍用爆薬』1918年12月の炸薬に関する部分の抄訳）6-13頁。
- *37) その領収規格は、水分・灰分とも0.1%だが、硫酸分の残留は絶無としている。
- *38) The Times, JUNE 23th, 1887 “FATAL EXPLOSION AT MANCHESTER” 等参照。
- *39) 以上、前掲 Engineering による。
- *40) THE Times, SEPTEMBER 9th, 1898（前掲“The Discovery of Picric Acid”, p13）参照。
- *41) History of Explosives Industry in America, 1927の陸軍科学研究所訳、2頁。
- *42) 注31) 参照。
- *43) 『㊦日露戦書 卷百三 M37-103』。
- *44) 小野圭司「六六艦隊構想の経済的側面」（『戦略研究』第3号）70-71頁によると、秋山真之軍務局長は米西戦争の教訓から下瀬火薬システムの開発方向を支持している。
- *45) 以下、『㊦公文雑輯 M27-6』参照。1891年10月25日付、有馬新一試験委員長から相浦技術会議議長に提出された「山内大尉改良弾底着発信管試験成績報告」は「概シテ至極鋭敏ナルモノニアラズ稍々

鈍キ方ト言ハザルヲ得ズ然レドモ鋭鈍ノ点ニ付利害得失ヲ判明セシコトハ一問題ニシテ委員等ノ決議シ得ル能ハザル所ナリ此ノ問題ヲ鮮明ナラシメント瀬ハ該信管ノ制式ヲ定ムルコトハ最モ必要ニ付尚本会議ニ付シ審議セラレンコトヲ要ス」と述べている。

- *46) 以下、『㊦公文雑輯 M33-7』参照。
- *47) 以下、『㊦公文雑輯 M33-8』参照。
- *48) 前掲『日本軍事技術史』143頁は、「風呂敷爆弾」と呼んでいる。但し、本論で見たように12種・15種・8吋砲弾は肉厚を厚くしており、薄壁化は一部と見られる。
- *49) 1891年12月25日付、父徳之助宛書簡で「何分是迄は小口径の大砲のみにて試験致居り、俄に大口径に移り候事故自然炸薬装填の方法も変更致し……候」としている『下瀬火薬考』211頁。
- *50) 寺田晃、大藪泰、小田圭昭、浅見徹『漆—その科学と実技』（1999年刊）によると、漆は、①乾くと硬く、熱アルカリ性以外のあらゆる化学薬品に堪えることができ、②高温弾性率が強く、漆膜の耐久性は200℃で10時間加熱しても膜に変化がない等、強靱な塗膜性を持つ。セシメ漆は掻き取ったばかりの生漆の最後の方の、粘りけの強い漆。加工漆の黒目漆は動的粘弾性が生漆より強い。
- *51) 以下、「呉工廠戦時日誌」（『㊦日露 M37-68』）による。
- *52) 1911年には12吋徹甲弾1900個、10吋同900個の全てを英国に発注。14年は14吋徹甲弾430個輸入、3,160個を呉に発注、12吋同弾は輸入600個、呉300個（『公文備考』）。
- *53) アンモンピクレートの研究（1920年4月開始）、ニトロナフタリン及びその混合爆薬の研究（21年9月開始）、ピクリン酸を主剤とする各種混合爆薬の研究（21年1月開始）、蜜蠟の研究（自爆防止弾炸薬充填剤）（25年9月現在計画中）等。波多野海軍火薬廠長『海軍火薬廠ノ経営ニツイテ』1925年に依る。
- *54) 呉海軍工廠砲塹実験部「火薬火工品取扱ノ要義・受検注意・受検便覧」（1927年）によると、「徹甲弾・通常弾・爆弾」の全てについて、炸薬は下瀬火薬のみとなっている。
- *55) 前掲『海軍砲戦史談』187-188頁、239-240頁参照。