

C B兵器の歴史的・技術的考察について

草野 晋子¹⁾

1) 日本物理探鑛株式会社 技術顧問

1. はじめに

生物・化学兵器(Chemical, Biological weapon, 以下C B兵器)は,核兵器とともに「大量破壊兵器」あるいは「非人道的兵器」と呼ばれ,冷戦時代には米ソを中心に開発合戦が過熱し,未検証ですが代理戦争と言われる内戦の各地やイラン・イラク戦争で使用されましたが,日本では,話題にされない時代が冷戦中以降も長く続きました.

日本人にとって異次元世界の産物だった化学兵器が一気に身近なものになったのは,1994年6月27日「松本サリン事件」,1995年3月20日「地下鉄サリン事件」でしょう.世界初の化学テロが日本で起きたことによって,自衛隊のなかでも陸上自衛隊の「特殊武器防護」の分野でしか語られなかった「サリン」が連日紙面トップを占める存在に急変しました.事件直後は公共の場のごみ箱が撤去され,電車の網棚に物を置かない時期がありました,事件の年に生まれた世代も成人し,今では過去の話になってしまいました.

海外では,2001年9月11日「アメリカ同時多発テロ事件」,イスラムテロ組織がハイジャックによりアメリカ本土を攻撃する事態の直後,兵器級の炭疽菌がマスコミや行政機関に送られる事件が起こり,生物テロの脅威に世界が震撼しました.その後,テロや事件ではありませんが,SARS,鳥インフルエンザ,最近ではエボラ出血熱の拡散報道が生物兵器の脅威を忘れさせないかのように世界を巡っています.日本でもO-157やデング熱報道など「パンデミック(pandemic,世界流行)」と誤解するような過剰反応でマスコミが大きく取り扱う事態が繰り返されてきました.

このような事態の直後は,新たな脅威に関する知見が様々なメディアで発表され,議論され,管理態勢も改善されますが,暫くすると人々の緊張が解けて話題にならなくなります.

バイオテクノロジーなどの科学技術の進歩とイ

ンターネットなど情報インフラの発達が新たな脅威をより現実的で身近なものにしている昨今,「CB兵器とは何か?どう規制するのか?」という疑問の原点に立ち返るとともに,様々なメディアで公表される情報を元に,C B兵器を歴史的・技術的に考察しました.

2. C B兵器の定義

定義にあたっては,現在,日本を含む多数の国が締結しているC B兵器を規制することを目的とした国際条約に謳われる内容を紹介します.

化学兵器と生物兵器は異なる条約で規制されています.化学兵器は,化学兵器禁止条約(Chemical Weapons Convention: CWC,正式名称は「化学兵器の開発,生産,貯蔵及び使用の禁止並びに廃棄に関する条約」)が,サリンなどの化学兵器の開発,生産,保有などを包括的に禁止し,同時に,第二次世界大戦,あるいはそれ以前の老朽化化学兵器を含むすべての化学兵器を一定期間内(原則として10年以内)に全廃することを定めています.1993年1月13日にパリで署名式が開催され,1997年4月29日発効しました.

本条約第2条「定義及び基準」に「化学兵器」とは,「毒性化学物質及びその前駆物質」(「化学物質に関する附属書」で規定:表1参照)と使用の結果放出されることとなる毒性化学物質の毒性によって死その他の害を引き起こすように設計された「弾薬類及び装置」を組み合わせたものまたは個別にいうとあります.

生物兵器は,1975年に発効した生物兵器禁止条約(Biological Weapons Convention: BWC,「細菌兵器(生物兵器)及び毒素兵器の開発,生産及び貯蔵の禁止並びに廃棄に関する条約」)の第1条が,「防疫の目的,身体防護の目的その他の平和的目的による正当化ができない種類及び量の微生物剤その他の生物剤又はこのような種類及び量の

毒素」,及び「微生物剤その他の生物剤又は毒素を敵対目的のために又は武力紛争において使用するために設計された兵器,装置又は運搬手段」と規定しています。こちらは具体的に生物剤を特定していませんが,2004年WHOが,アメリカの炭疽菌事件を契機に見直した表2に示す微生物11種,毒素6種を生物兵器に使われる恐れのある感染症として発表しています。

表1 化学物質に関する附属書の概要

表1	A	サリン, ソマン, 他
		タブン, 他
		VX, 他
		硫黄マスタード類
		ルイサイト類
		窒素マスタード類
		サキシトキシン
		リシン
B	表1Aの前駆物質	
表2	A	アミトン
		PFIB
		BZ
	B	表2Aの前駆物質
表3	A	ホスゲン
		塩化シアン
		シアン化水素
		クロロピクリン, 他
	B	表3Aの前駆物質

表2 生物兵器に使われる恐れのある感染症

細菌:炭疽, ペスト, 野兔病, ブルセラ病, 鼻疽, 類鼻疽
リケッチア:発疹チフス, Q熱
真菌:コクシジオイデス症
毒素:ボツリヌス, リシン, 黄色ブドウ球菌エンテロトキシンB, アフラトキシン, T2マイコトキシン, サキシトキシン

一般的に,化学剤・生物剤と言われるもの,散布・投射手段,それらを合わせた兵器の形をしているもの三つのタイプすべてが条約ではCB兵器となります。以下については,化学剤・生物剤にあたるCB兵器に注目して述べます。

3. CB兵器の歴史

化学兵器が使用された最古の記録は,紀元前5世紀のギリシャが舞台となったペロポネソス戦争にあります。古代ギリシャでは,銀や鉛の精錬の際に発生する二酸化硫黄が有害で兵器として効果があることに着目し,ナフサ,硫黄,樹脂,松脂,石灰などを混ぜ合わせものを戦いに使用し,後に「ギリシャの火」と呼ばれました。

その後の戦争では,このような火や煙が頻繁に使用されるようになり,十字軍の遠征の際のイスラム軍,15世紀コンスタンチノーブル攻防戦でのビザンチン帝国軍などが戦果を上げています。

生物兵器も,化学兵器と同時期の紀元前4世紀頃,ギリシャ人が動物の死体を敵の水源地に投げ込むことが有効であることを認識しており,ローマ人やペルシャ人が同様の行為を行いました。12世紀,神聖ローマ帝国はイタリア遠征の際に兵士の死体を井戸に投げる戦法をとりました。その結果,ベネチアとジェノヴァの戦いでは伝染病が蔓延し,ベネチア艦隊が撤退しています。14世紀になると,ヨーロッパでペストが大流行し,死体を兵器にする戦法が流行に拍車をかけて敵味方両方に多くの被害が出ました。

ギリシャ時代から続く「ギリシャの火」と死体戦法が大きく変化する契機となったのは産業革命です。18世紀後半から第一次世界大戦までの間に,飛躍的に進んだ民間技術は徐々に軍事転移されました。19世紀末から20世紀初頭のドイツでは発展した有機化学の産物である有毒な化学物質を兵器として開発する動きが起きました。

一方で,1899年第1回万国平和会議で採択された「ハーグ陸戦条約」の第23条に挙げる禁止事項に「毒,または毒を施した兵器の使用」及び「不必要な苦痛を与える兵器,投射物,その他の物質を使用すること」が含まれるなど倫理的な議

論も台頭することとなりました。

研究開発と規制の二つの流れの中、化学兵器が戦争で大規模に使用されたのは、第一次世界大戦でした。フランス軍が使用したクロロアセトンなどのガス弾（催涙剤）を皮切りに、世界最大の化学工業国となったドイツが塩素ガス（窒息剤）で戦果を上げると、両軍ともにホスゲン（窒息剤）や様々な化学物質へとエスカレートしました。1917年、ドイツ軍はイーブルの戦いでマスタード（びらん剤）を使用し、当時は地名にちなんで、「イペリット」と呼称されました。後に、連合軍もマスタードを合成、大戦末期にはルイサイトやアダムサイト（嘔吐剤）が開発されました。現在も高い脅威（化学兵器禁止条約の附属書中の「表1A」）として位置づけられる化学剤の登場に第一次世界大戦時の防護装備では歯が立たず、多くの死傷者を出しました。第一次世界大戦では、窒息剤15種、血液剤3種、びらん剤4種、くしゃみ剤4種、催涙剤12種が使用され、死者約85万人の内、10%を超える約10万人は化学兵器によると言われています。



Bundesarchiv, BArch

図1 西部戦線でドイツ軍の化学弾投射器（迫撃砲を簡易にしたような構造で、敵陣に化学剤を詰めた容器を飛ばしました。1916年）

生物兵器については、第一次世界大戦における

使用記録は取立ててありませんが、18世紀の植民地戦争やアメリカ独立戦争において、それ以前の死体戦法ではなく贈り物などに天然痘を仕込む方法が、主に、感染症の知識や対処手段を持たない先住民に対して用いられました。微生物学の発展とともに、病原体が選別され培養される基礎が築かれ、1796年イギリス人医師ジェンナーによって種痘法が確立されると、使用側は免疫力をつけて被害を受けない態勢を整備できるようになり、近代的兵器としての要件が徐々に整いつつありました。

「化学戦争」と言われた第一次世界大戦を経て1925年、ジュネーブ議定書（正式名称は、「窒息性ガス、毒性ガスまたはこれらに類するガスおよび細菌学的手段の戦争における使用の禁止に関する議定書」）が締結されました。この議定書は、明確に細菌学的手段（生物兵器）の禁止を取り上げた点ではハーグ陸戦条約よりも前進していましたが、生産や保管については触れておらず、開発の流れを止めるには至りませんでした。

ヨーロッパが主戦場となった第一次世界大戦に遅れて化学兵器の研究に取り組むと同時に世界に先駆けて本格的に生物兵器の研究に取り組んだのが日本軍でした。日本はジュネーブ議定書に調印しましたが、批准することなくCB兵器開発を進めました。そして第一次世界大戦後、最大のCB兵器攻撃を実施したという汚点を日中戦争で残すこととなりました。化学兵器は五一六部隊、生物兵器は七三一部隊が専門部隊として関東軍に編制され、新宿にある陸軍軍医学校と連携して満州で人体実験と実戦的使用を行いました。実戦には、化学兵器はびらん剤と嘔吐剤、生物兵器は腸チフス、ペスト、コレラ、炭疽が、主に用いられました。

第二次世界大戦中のヨーロッパ正面のCB兵器の状況については、連合軍（アメリカ）は大量のマスタードを備蓄し、ドイツはタブン、サリン、ソマン（神経剤）を開発し、降伏の時、連合軍によって、ホスゲン、タブン、マスタードの大量保有が確認されていますが、いずれも、使用しないままに終戦を迎えました。

終戦後、日本とドイツのCB兵器に関する資料は戦勝国の手に渡り、米ソ冷戦間に更なる研究開発が進みました。1950年代前半にイギリスの化学メーカーがV剤（神経剤）を開発しました。

投射手段も爆弾や砲弾、航空機からの雨下タンクに加えて、ミサイルなど長距離・高精度・大型化し、いずれの側も報復攻撃のリスクなどから動きのとれない緊張が続くこととなりました。

このような状態から脱する緊張緩和の方策として、生物兵器禁止条約、及び、化学兵器禁止条約が発効しました。冷戦以降は、宗教や民族間で対立する組織・テロリストや条約を批准しない国家などに拡散する流れに変化するとともに、アメリカの炭疽菌事件のように犯罪に使われる事例も発生し、冷戦以前と異なる新たな脅威に曝されることになりました。

以上のように、古代ギリシャの戦いで歴史に登場し、18世紀後半の産業革命に始まる科学技術の発展を変換点として大きく進歩しているという点においてCB兵器の歩みが同じであると言えます。また、CB兵器の使用目的からみると古代ギリシャの戦いから第二次世界大戦まで、直接的に見えないもので奇襲し敵に大きなダメージを与えることを狙いにしており、成功した場合、勝敗を決することに繋がった事例が数多くあります。これらから、大きな流れで捉えた時の時間軸と戦略的な意義においてCB兵器は同じであると言えます。

4. CB兵器の技術面からの考察

これまで別々に扱われることの多かったCB兵器を大きく捉えると開発速度が同じという見方で考察するために、前述の「歴史」では化学兵器と生物兵器を敢えて同じ時間軸で記述しましたが、技術面で、まず、最初に思い浮かぶのは、化学か、生物かで研究開発分野及び有効な投射手段などに差異があることでしょう。戦術的にも、使用後の時間的影響、効果範囲、ダメージの内容がそれぞれ違い、更には被曝側の防護態勢によって被曝後の被害状況にも大きな差があります。

これらを専門的に解説したものは多くあります

が、ここでは「CB兵器は技術面において一体」という視点で考察してみます。

最初に、化学兵器開発の動向をみます。冷戦時代、化学兵器は、材料が揃い一定の技術があれば生産出来ることから「貧者の核兵器」と言われてきました。近年、テロや犯罪などに使用されることへの警戒感が高まっている一因です。図2に、19世紀半ばから冷戦終了までの化学兵器開発の推移を示します。縦軸は半数致死量などを指標とする青酸の毒性を1とした場合の対数表示で、第一次世界大戦以降、致死性化学兵器の毒性が高くなる傾向と非致死性の毒性が弱くなる傾向の二極化の動きが確認できます。CB兵器とともに開発された防護装備品の性能及び投射手段とのバランスを考慮すると半数致死量などの指標で評価される毒性の強さはV剤などの神経剤を頂点として飽和状態にあります。

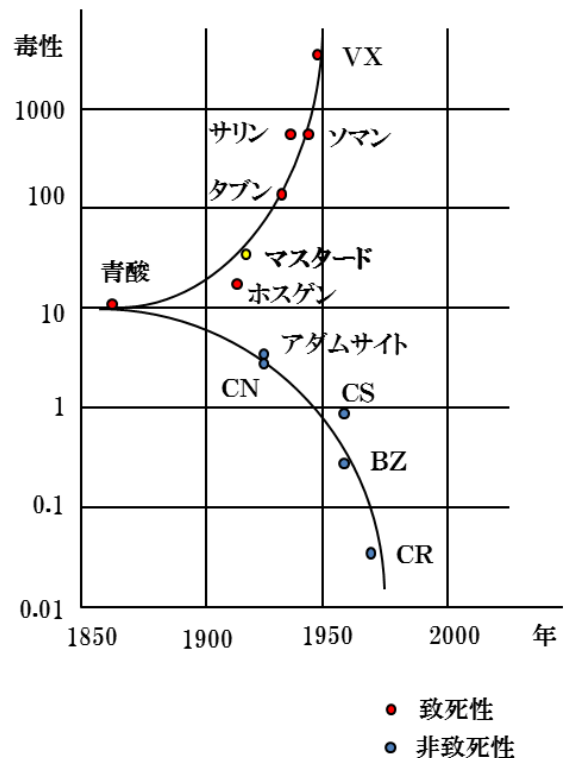


図2 毒性を指標とする化学兵器開発の推移

現在、規制が進み、新たな開発の動きは確認できませんが、水面下では検知・防護手段を無効にする物質や非致死性で痕跡を残さない物質など多

様な方向に向かっているものと思われます。

次に、生物兵器は、遺伝子工学やウイルス学などの進歩からデザインできる可能性が高いと評されることもあります。人がコントロールできるかについては、現状ではかなり疑問があります。

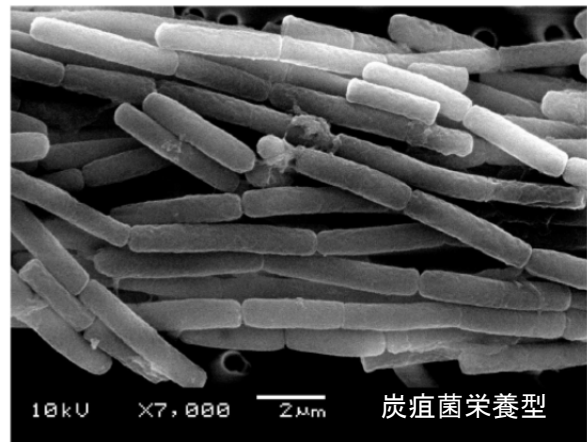
生物兵器として注目されていないものの鳥インフルエンザや SARS, MERS のパンデミック報道に曝される度にその拡散力に驚かされ、これらと例えば天然痘が合わさったキメラウイルスがデザインされたら、最恐の生物兵器が誕生するのではないかという懸念が起きます。2014 年には、ウイルス自体のバイオセーフティレベルは最高でもこれまで地域性が高く兵器使用でなければ脅威は限定的とされていたエボラ出血熱が世界に拡散した事例が発生しました。

第二次世界大戦以降、開発・使用の実績があるにもかかわらず著しい戦果がきかれなかったように、戦場では生物兵器として想定する成果を出せない難しさがある一方で、ウイルスは変異が起こりやすく兵器級でなくても大きな被害をもたらす事例もあります。生物兵器は、SF 映画などで目にするように使用側も想定外の脅威に曝される可能性のある「諸刃の剣」です。

現在、化学兵器と同様な運用手段で拡散でき、化学兵器のように特定の場所、期間だけの効果に限定できるなど比較的コントロールし易いと評価されている生物兵器は図 3 に示す炭疽菌です。傷口や呼吸器から侵入し、感染すると病変部が炭のような黒色に変色することにちなんで名付けられました。

世界中の土壤中に常在する大型細菌である炭疽菌（写真上）は、3 種類の毒素タンパク質（防御抗原、浮腫因子、致死因子）を菌体外に分泌し、これらが宿主の細胞を攻撃して、炭疽菌によって起こる諸症状の直接の原因になっています。生育環境が悪化すると菌体の中央付近に卵円形の芽胞（写真中）を形成します。図 3（写真下）は、家畜やヒトの体内に取り込まれるなどして芽胞から有害な栄養型に発芽している様子です。芽胞は熱や化学物質などに対して非常に高い耐久性を持つ構造体で、ミサイルの弾頭部に搭載して攻撃さ

れる可能性もあり、一度、炭疽菌が形成された環境から菌を完全に除去することは極めて難しいといわれています。



東京都健康安全研究センター病原細菌研究科提供

図14 炭疽菌芽胞，長さ約1マイクロメートル（天児和暢『写真で語る細菌学』九州大学出版会，1998より，天児和暢教授のご好意による）



バイオテロと戦争マルコム・ダンドー へるす出版

図 3 炭疽菌の発芽（写真上）

第二次世界大戦以前から兵器として注目を集めていましたが、冷戦時代のソ連が製造工場の事故で多数の被害者を出し、2001年のアメリカ炭疽菌事件でも使用されました。ただし、ヒトからヒトへの感染は起こらず、世界中に存在する炭疽菌で兵器級として有効なものはごく一部であり、更に人工的に改良された種類に限られます。

最後に、「定義」の表1と表2を比べるとサキシトキシンとリシンが両方で挙げられていることに気がきます。化学兵器は化学物質、生物兵器は生き物というザックリとした分け方では、生物が生産した毒素など化学物質としても扱えるグレーゾーンが存在するのです。

共通に挙げられたサキシトキシンは麻痺性貝毒と呼ばれ、赤潮の原因である渦鞭毛藻が生産する毒素ですが、マガキ、ホタテガイ、ムラサキガイ、アサリなど、主に二枚貝がこれを摂食し、体内に濃縮することによって有毒化されます。症

状は、口唇の知覚麻痺と四肢の弛緩性麻痺が特徴的で、食後30分～1時間後に、口唇・両手足のしびれ感、ピリピリ感が始まり四肢の弛緩性麻痺がみられ、2時間後には呼吸麻痺により死亡することがあります。

米国陸軍が1969年までにサキシトキシンを生産する原生生物 *Alexandrium catenella* の培養に成功し、この毒素を大量に製造・保持していたことをスウェーデンのストックホルム国際平和研究所(SIPRI)が発表しています。最先端の科学技術で、デザインしたアミノ酸を組み合わせたペプチドなど複雑な高分子化合物が人工的に生産できるようになっていることを考慮すると、これまでの培養・抽出製法から合成法での生産に変化する可能性もあります。

兵器の使用法としては、毒素を含む貝を直接媒介とする方法に加えて、生成した毒素を化学兵器的手法で直接的に投与することもできます。

表3 CB兵器の分類 vs 禁止条約

古典的 化学兵器	工業物質 ・薬品 他	生体制御作用 ペプチド	毒 素	遺伝子改変 生物兵器	古典的 生物兵器
(例) シアン化合物 ホスゲン マスタード 神経剤	エアロゾル 様新物質	サブスタンスP ニューロキニンA	サキシトキシン リシン ボツリヌス毒素	改変または テラーメイドの細菌・ ウイルス	細菌 ウイルス リケッチア 炭疽菌 ペスト菌 野兔病菌
		【感染力無】		【感染力有】	
← 化学兵器禁止条約 (CWC) 規制範囲 →				← 生物兵器禁止条約 (BTWC) 規制範囲 →	

神経系や内分泌系をはじめとして各器官や組織に内在する自律性など体の内部に自然にそなわっている働き(生体の調節)を人為的に外部から生体にある作用を与えて制御するもので、アミノ酸とアミノ酸がペプチド結合(-CONH-)して、2個以上つながった構造のものを『ペプチド』といいます。

以上のように、C B兵器の使用は様々な面でハードルが上がっている一方で、新たな脅威出現の可能性は未知数です。このような状況を整理して、対象となるC B兵器と禁止条約の関係を示したのが表3です。左右両端列の「古典的」と表現したジャンルに分類するのは主に第二次世界大戦終了時までにはC B兵器として存在していたもので、その中間列は、近年、注目されるようになった代表的名称を用いて、新たな脅威と思われるものを仮置きした区分です。C B兵器の両禁止条約が重複する領域を含む中間列も、今後更に生み出される脅威を反映して枠組み変更の余地があることから、「一体」とは言え、表3も過渡期的なものであると言わざるをえません。

5. おわりに

C B兵器の経緯と現状について簡単に紹介し、C B兵器を歴史的及び技術的な面から類似・一体化して捉えられる面を考察しました。今後、拡散が予想されるC B兵器については、奇襲を受けないための備えが必要で、日本でも防衛省だけでなく様々な組織が平素から防護態勢作りに取り組んでいます。

日本物理探鑛株式会社は不発弾等危険物の調査を行います。この中に、戦争が生み出した負の遺産である老朽化化学兵器が含まれます。

第二次世界大戦期に製造された不発弾及び老朽化化学兵器を扱う業務で使用する防護・検知製品もC B兵器の進化及び科学技術の進歩に伴って同時並行的に開発され、主に軍事分野で製品化されてきました。私たちはこれらを正しく使用する訓練と培った技術によって安全管理を行っています。より高性能、小型・軽量化、高い操作性などとニーズに対応する防護装備品市場を適切に評価・導入し、正しい知識と技術で安全な社会の発展に貢献してまいりたいと思います。



図4 A事案地区の土地改変時の安全確認調査

参考文献

- 井上尚英, 2008, 図解雑学, 生物・化学兵器, ナツメ社, pp.223
 マルコム・ダンドー, 2011, バイオテロと戦争, へるす出版, pp.202