

- (23) Defense Link (U.S.Department of Defense)
 (<http://www.defenselink.mil/>)
 ・ Countering Terrorism and Protecting Our Forces
 (http://www.defenselink.mil/other_info/terrorism.html)
- (24) First Annual Report to the President and Congress on the
 Advisory Panel to Assess Domestic Response Capabilities for
 Terrorism involving Weapons of Mass Destruction. (15 Dec 1999)
 (<http://www.rand.org/organization/nsrd/terrpanel/terror.pdf>)
- (25) Modem MMST Decon System
 (<http://www.massdecon.com/>)
- (26) Emergency Net
 (<http://www.emergency.com/index.htm>)
- (27) New Scientist --- Bioterrorism Special Report
 (<http://www.newscientist.com/nsplus/insight/bioterrorism/insideout.html>)
- (28) 「遺棄化学兵器処理技術検討部会」最終報告書
 (平成11年5月遺棄化学兵器処理技術検討部会)
 (<http://www.kantei.go.jp/jp/cw-study/990705report.html>)

(3) データベース

- (1) HSDB Hazardous Substances Data Bank (US National Library of Medicine)
- (2) RTECS : Registry of Toxic Effects of Chemical Substances
 (US National Institute for Occupational Safety and Health)
- (3) MEDITEXT : Medical Management (Micromedex)
- (4) HAZARDTEXT - Hazard Management (Micromedex)
- (5) OHM/TADS : Oil and Hazardous Materials/Technical Assistance Data
 System (US EPA)

(4) 文献

(個々についての学術文献ではなく全体を対象としたもの。)

- (1) Macintyre, A.G. et al., Weapons of Mass Destruction Events With
 Contaminated Casualties, Effective Planning for Health Care Facilities.
 JAMA, 283, 242-249, 2000.
- (2) Waeckerle, J.F., Domestic Preparedness for Events Involving Weapons of
 Mass Destruction, JAMA, 283, Editorial, 2000.
- (3) Ferguson J.R. JD., Biological Weapons and US Law, JAMA, 278, 357-360, 1997.
- (4) Tucker, J.B. PhD., National Health and Medical Services to Incidents of
 Chemical and Biological Terrorism, JAMA, 278, 362-368, 1997.
- (5) Christopher G W., et al., Biological Warfare A Historical Perspective,
 JAMA, 278, 412-417, 1997.
- (6) Tu, A T., 化学兵器の毒作用と治療、日救急医学会誌、8, 91-102, 1997
- (7) Tu, A T., 生物兵器 (総説)、中毒研究、10, 13-23, 1997

国外の参考書や資料などは、検索の結果たとえ所在がわかっても入手に時間がかかる場合も多い。またデータベースは必要になった時にすぐに購入することは予算面などから困難な場合が多い。表1に収載されている参考書、データベースのほとんどは、国立医薬品食品衛生研究所化学物質情報部で入手しており、必要に応じて関係機関に提供できる体制を整えている。

(2) 主な化学剤の種類および前駆物質

一般に化学剤として資料に出てくる主なものは、以下のとおりである。また、別名、CAS番号の一覧表を表2（化学剤の種類）、構造を図1に示した。各物質名のうしろのカッコ内は、米軍で用いられるコード名である(US code)。

(1) 神経剤 (Nerve Agents)

サリン(GB)、タブン(GA)、ソマン(GD)、VX

(2) びらん剤 (Blister Agents, Vesicants)

マスタード類 (硫黄マスタード(H, HD)、窒素マスタード(HN))、

ルイサイト(L)、ホスゲンオキシム(CX)

フェニルジクロロアルシン(PD)、エチルジクロロアルシン(ED)

(3) 窒息剤 (Choking Agents, Pulmonary Agents)

ホスゲン(CG)、塩素(CL)、クロルピクリン、ジホスゲン(CG)

(4) シアン化物 (Cyanides)

シアン化水素(AC)、塩化シアン(CK)

(5) 無能力化剤 (Incapacitants, Incapacitating agents)

3-キヌクリジニルベンジラート(BZ)、リゼルグ酸ジエチルアミド(LSD)

(6) 暴動鎮圧剤 (Riot Control Agents)

・ 刺激剤、催涙剤 (Irritants, Tear agent)

クロロベンジリデンマロノニトリル(CS)

ジベンゾ-1,4-オキサゼピン(CR)、クロロアセトフェノン(CN)

・ 嘔吐剤 (Vomiting Agents)、くしゃみ剤(Sternutators)

アダムサイト(DM)、ジフェニルクロロアルシン(DA)

ジフェニルシアノアルシン(DC)

化学兵器禁止条約では、表3に掲げた表1剤、表2剤、表3剤及び有機化学物質が規制対象として規定されており、それぞれ目的、量、貿易、申告などが規制されている。わが国の化学兵器禁止法では、特定物質、第1種指定物質、第2種指定物質及び有機化学物質として規制されており、それぞれ、表3の表1剤、表2剤、表3剤等に相当する。表1剤、表2剤などそれぞれのグループには、毒性化学物質及び前駆物質が含まれている。

表2 化学剤の種類

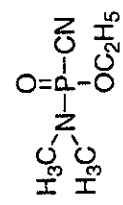
	化学物質名	英語名	US Code	CAS登録番号	化学式	日本語別名	英語別名
神経剤 (Nerve Agents)	タブン	Tabun	GA	77-81-6	C ₂ H ₅ OP(O)(CN)N(C ₂ H ₅) ₂		Ethyl N,N-dimethylphosphoramidocyanidate
	サリン	Sarin	GB	107-44-8	CH ₃ P(O)(F)OCH(CH ₃) ₂		Isopropyl methylphosphonofluoridate
	ソマン	Soman	GD	96-64-0	CH ₃ P(O)(F)OCH(CH ₃) ₂		1,2,2-Trimethylpropyl methylphosphonofluoridate
	VX	VX	VX	50782-69-9	CH ₃ P(O)(OCH ₂ CH ₃)SCH ₂ CH ₂ N-[CH(CH ₃) ₂] ₂		S-(2-Diisopropylaminoethyl) O-ethyl methyl phosphonothiolate
	シクロヘキシルメチルホスホニルオリデート	cyclohexyl methylphosphonofluoridate, Cyclosarin	GF	329-99-7	CH ₃ P(O)(F)OC ₆ H ₁₁		Methyl cyclohexylfluorophosphonate
びらん剤 (Vesicant, Blister Agents)	硫黄マスタード	Sulfur Mustard	HD (蒸留マスタード)	505-60-2	(CH ₂ CH ₂ Cl) ₂ S	サルファーマスタード、イペリット	Sulfide, bis(2-chloroethyl), Ypent
	硫黄マスタード	Sulfur Mustard	HN-1 (精製されないもの)		(CH ₂ CH ₂ Cl) ₂ S		
	窒素マスタード	Nitrogen Mustard	HN-1		(CH ₂ CH ₂ Cl) ₂ N-C ₂ H ₅	ナイトロジェンマスタード	N-ethyl-2,2-dichloroethylamine
	窒素マスタード	Nitrogen Mustard	HN-2		(CH ₂ CH ₂ Cl) ₂ N-CH ₃	ナイトロジェンマスタード	N-methyl-2,2-dichloroethylamine
	窒素マスタード	Nitrogen Mustard	HN-3	555-77-1	N(CH ₂ CH ₂ Cl) ₃	ナイトロジェンマスタード	Tri-(2-chloroethyl)amine
	ルイサイト	Lewisite 1	L	541-25-3	CHCl=CHAsCl ₂	ルイサイト1	2-chlorovinylchloroarsine
	ホスゲンオキシム	Phosgene oxime	CX	1794-86-1	Cl ₂ C=NOH		Dichloroformoxime
	フェニルジクロロアルシン	Phenyldichloroarsine	PD	696-28-6	C ₆ H ₅ AsCl ₂		Phenylarsonous dichloride
	エチルジクロロアルシン	Ethylidichloroarsine	ED	598-14-1	C ₂ H ₅ AsCl ₂		Ethylarsonous dichloride

表2 化学剤の種類

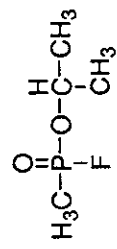
	化学物質名	英語名	US Code	CAS登録番号	化学式	日本語別名	英語別名
窒息剤 (Choking Agents)	ホスゲン	Phosgene	CG	75-44-5	COCl ₂	塩化カルボニル	Carbonyl chloride, Carbonyl dichloride
	塩素	Chlorine	CL	7782-50-5	Cl ₂		
	クロルピクリン	Chloropicrin	PS	76-06-2	CCl ₃ NO ₂	トリクロロニトロメタン	Trichloronitromethane, Nitrochloroform
	ジホスゲン	Diphosgene	DP	503-38-8	ClCOCCl ₃		Trichloromethyl chloroformate
	PFIB	Perfluoroisobutylene		382-21-8	(CF ₃) ₂ C=CF ₂	パーフルオロイソブチレン	Octafluoroisobutylene
シアン化物 (Cyanides)	シアンガス	Hydrogen cyanide	AC	74-90-8	HCN	シアン化水素	Hydrocyanic acid
	塩化シアン	Cyanogen chloride	CK	506-77-4	CNCl		Chlorocyanogen
無力化剤	3-キヌクリジンニルベンジラート	3-Quinuclidinyl benzilate	BZ (NATO code)	13004-56-3	C ₂₁ H ₂₃ NO ₃		
	リゼルグ酸ジエチルアミド	D-Lysergic acid diethylamide (LSD)		50-37-3	C ₂₀ H ₂₅ N ₃ O		N,N-Diethyllysergamide
暴動鎮圧剤 (Riot Control Agents)							
刺激剤、催涙剤	クロロベンジリデンマロノニトリル	o-Chlorobenzylidene malononitrile	CS	2698-41-1	C ₁₀ H ₆ ClCH=C(CN) ₂		2-chlorobenzylidene malononitrile
	ジベンゾ-1,4-オキサゼピン	Dibenz(b,f)(1,4)oxazepine	CR	257-07-8	C ₆ H ₄ (O)(N=CH) ₂ C ₆ H ₄		dlbenz(b,f)-oxazepine
	クロロアセトフェノン	2-Chloroacetophenone	CN	532-27-4	C ₆ H ₅ COCH ₂ Cl		Chloromethyl phenyl ketone
嘔吐剤、くしゃみ剤	アダムサイト	Adamsite	DM	578-94-9	C ₆ H ₄ (NH)(AsCl) ₂ C ₆ H ₄		Diphenylaminechlorarsine
	ジフェニルクロロアルシン	Diphenylchloroarsine	DA	712-48-1	(C ₆ H ₅) ₂ AsCl		Diphenylarsinous chloride
	ジフェニルシアノアルシン	Diphenylcyanoarsine	DC	23525-22-6	(C ₆ H ₅) ₂ AsCN		

図1 化学剤の構造

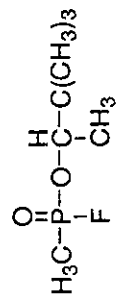
神経剤



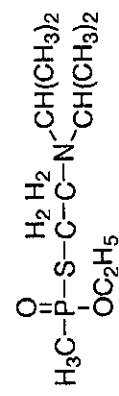
タブン(GA)



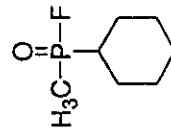
サリン(GB)



ソマン(GD)

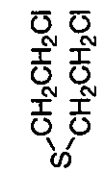


VX

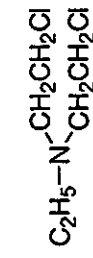


シクロヘキシルメチルホスホノフルオリデート (GF)

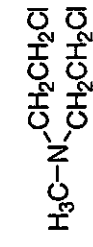
びらん剤



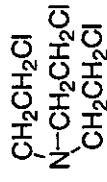
硫黄マスタード
(HD)



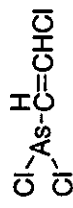
窒素マスタード
(HN-1)



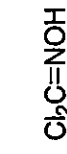
窒素マスタード
(HN-2)



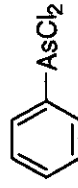
窒素マスタード
(HN-3)



ルイサイト1
(L)



ホスゲンオキシム
(CX)

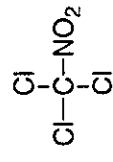


フェニルジクロロアルシン
(PD)



エチルジクロロアルシン
(ED)

窒息剤



ホスゲン(GG)

塩素 (CL)

クロルピクリン (PS)

ジホスゲン (DP)

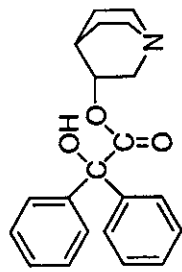
シアン化物



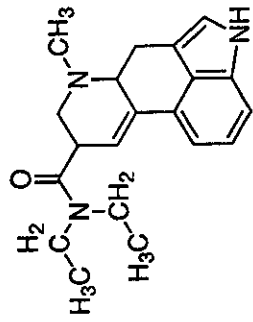
シアンガス(AC)

塩化シアン(CK)

無力化剤

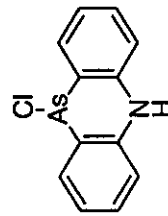


3-キヌクリジニルベンジラート (BZ)

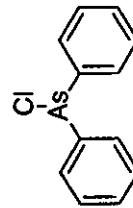


リゼルグ酸ジエチルアミド
(LSD)

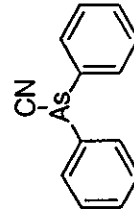
嘔吐剤、くしゃみ剤



アダムサイト (DM)

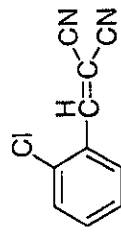


ジフェニルクロルアルシン
(DA)

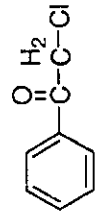


ジフェニルシアノアルシン
(DC)

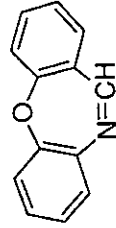
刺激剤、催涙剤



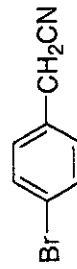
クロロベンジリテンマロノニトリル(CS)



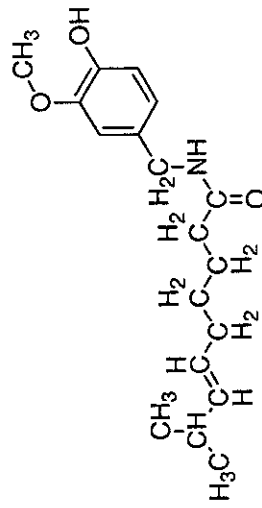
クロロアセトフェノン(CN)



ジヘンゾ-1,4-オキサセピン(CR)



フロモベンジルシアニド(CA)



カプサイシン

表3 化学兵器禁止条約で規定されている規制対象化学物質

表1 剤	表2 剤	表3 剤
毒 性 化 学 物 質		
サリン、ソマン タブン VX 硫黄マスタード 窒素マスタード ルイサイト サキシトキシシン リシン	アミトン PFIB	塩化シアン 青酸 クロロピクリン
前 駆 物 質		
クロロサリン クロロソマン メチルホスホン酸ジフルオリド QL	メチルホスホン酸ジクロリド メチルホスホン酸ジメチル 三塩化砒素 ベンジル酸 N,N-ジアルキルアミノエチル-2-クロリド N,N-ジアルキルアミノエタン-2-オール N,N-ジアルキルアミノエタン-2-チオール チオジグリコール ピナコリルアルコール	オキシ塩化リン 三塩化リン 五塩化リン 亜リン酸トリメチル 亜リン酸トリエチル 亜リン酸ジメチル 亜リン酸ジエチル 一塩化硫黄 二塩化硫黄 塩化チオニル エチルジエタノールアミン メチルエタノールアミン トリエタノールアミン

この他に、有機化学物質（りん・硫黄・ふっ素含有物質(PSF 物質)）(但し、火薬・炭化水素類等を除く)が規制対象になっている。

前駆物質

化学兵器の前駆物質として用いられる化学物質は、同時に一般の化学工業用にも用いられるものが多く、例えば、タブンの原料となるオキシ塩化リンは、プラスチック可塑剤、ガソリン添加物、油圧油、殺虫剤、難燃剤などに広く用いられている。化学兵器原料およびその工業的用途については、参考資料5 (First Responder Chem-Bio Handbook) に表として収載されている。

イラン・イラク戦争における化学兵器使用を契機として、1984年、化学兵器・生物兵器の拡散防止を目的にオーストラリアグループが結成され、1985年に第1回会合が開かれた。オーストラリアが議長国をつとめており、毎年会合が開かれている。ここでは化学兵器や生物兵器の開発・製造に用いられる物質や製造設備(反応器、蒸留塔など)に関して輸出管理のハーモナイズについて議論されている。オーストラリアグループは非公式でボランティアな会合とされており、法的拘束力を持つものではないが、参加国はここで合意された品目について輸出管理を実施している。日本も参加国になっている。現在、規制対象品目としては、化学兵器原材料54品目、化学兵器製造設備10品目と関連技術、生物兵器に関連する生物剤(人、動物、植物に対するウイルスや毒素等)72種、生物兵器製造設備7品目がリストアップされている。

バイナリ兵器システム (二次元式)

毒ガス弾等で二つの前駆物質を別々の容器に詰め、ミサイル弾や砲弾が飛び出した時などに二つの前駆物質が自動的に混合して反応し、着弾時には化学兵器が生成するようになっている。最初から化学兵器が詰められている毒ガス弾等(一次元式)と異なり、バイナリ兵器システムは貯蔵や運搬時に安全であることと廃棄の時に取り扱いが容易であるという長所がある。米国はサリン及びVXについてバイナリ兵器を開発した。

(3) 各化学剤の概要

(1) 神経剤(Nerve Agents)

神経剤は化学兵器の中では最も毒性が強い。構造的には有機リン酸エステルであり、有機リン系農薬に近い。主なものは、タブン、サリン、ソマン、VXである。

神経剤は、第二次世界大戦の直前にドイツで開発されたが、戦争では使用されなかった。戦後米国や連合国側が発見し、開発を進めた。

神経剤の戦場における使用は、イラン-イラク戦争時のみが知られているが、多くの国が神経剤の製造技術を持っていると言われている。戦場以外では、オウム真理教が松本および東京地下鉄でサリンを使用した。最強の毒ガスであるVXは実戦では使用されたことがないが、1994年にオウム真理教が一般市民に対して使用した。

(2) びらん剤 (Blister Agents, Vesicants)

びらん剤は皮膚に水疱を起こす。びらん剤は、殺傷力はあるが、殺す目的より戦闘能力を削ぐ目的で使われる。代表的なものはマスタードガスであり、実戦でもしばしば使われている。通常、マスタードガスといわれているものは、硫黄マスタードである。液体、蒸気ともびらん性があり、水泡等を生じる。硫黄マスタードは1822年に合成され、1800年代半ばにそのびらん性が発見された。化学兵器として用いられたのは1917年ベルギーのイーブル(Ypres)であり、その名前からイペリット(Yperit)とも呼ばれている。

マスタードガス以外にも多くのマスタード類が化学兵器としての能力があるかどうか試されてきており、これらの中で、窒素マスタードおよびセスキマスタードが注目を集めた。窒素マスタードは1930年代に合成され、HN-1、HN-2、HN-3があるが、戦争用に大量に製造されたことはない。HN-2はがん化学療法のために平和利用されている。

びらん剤としてはマスタード類の他に、ルイサイトがよく知られている。これは、第一次世界大戦後期(1918年)に米国で合成された。ルイサイトの解毒剤であるBALは、現在、重金属キレート剤として医療に用いられている。

この他に、びらん剤としてはハロゲン化オキシムがある。ハロゲン化オキシムの搔痒性は第二次大戦のずっと以前から知られており、ジヨードホルムオキシム、ジプロモホルムオキシム、モノクロロホルムオキシム、ジクロロホルムオキシムなどがある。この最後の物質が通常ホスゲンオキシム(CX)として知られており、もっとも刺激性が強い。ホスゲンオキシムは腐食性搔痒性物質で、この物質の性質や効果は他のびらん剤とは非常に異なる。ホスゲンオキシムは戦場で使用されたことはない。

(3) 窒息剤 (Choking Agents, Pulmonary Agents)

肺組織を冒し、主に肺水腫を起こす。主な窒息剤としてはホスゲン(CG)、ジホスゲン(DP)、塩素(CL)、クロルピクリン(PS)がある。この中でもホスゲンはもっとも危険な物質である。この他に、外国の軍用資料にはPulmonary Agentsとして、テフロンの有毒熱分解物であるパーフルオロイソブチレン(PFIB)も記載されているものがある。PFIBは表2剤の毒性化学物質としてリストアップされている(表3参照)。

(4) シアン化物 (Cyanide Agents)

化学剤としての主なものはシアン化水素とハロゲン化シアンである。ハロゲン化シアンには、塩化シアン、臭化シアン、ヨウ化シアン等があるが、このうち最も重要なものは塩化シアンであり、その他のハロゲン化シアンの使用はきわめて限られている。

シアン化水素は非常に揮発性が高く拡散しやすいため、化学兵器として第一次世界大戦ではさほど使用されなかった

シアン化物は細胞レベルでの酸素利用を阻害（チトクロームオキシダーゼと結合）し中毒を起こす。

シアン化物（もしくはシアン化剤・Cyanide agents）は、軍隊もしくは化学剤の資料等でしばしば血液剤（Blood Agents）として記載されているが、この用語はシアン化物の効果が血液によって運搬されると考えられていたことによるものであり、多少時代遅れである。

ハロゲン化シアンの毒性はシアノ基（-CN）によるものであり、したがってシアン化物はどの化合物も同じような毒性を有するが、ハロゲン部分は呼吸器系等への刺激性がある。

(5) 無能力化剤（無力化剤）（Incapacitants、Incapacitating Agent）

戦闘用ではなく、少数の人間を一時的に動けなくするのを目的とする。暴動鎮圧剤とは異なる。該当する条件としては、通常使用される濃度では永久的な損傷は起こさず、また生命への危険もない物質であることがあげられる。いろいろな種類があるが公表されていないものが多い。関連資料に収載されている主なものとしては、3-キヌクリジニルベンジラート（BZ）、リゼルグ酸ジエチルアミド（LSD）がある。

(6) 暴動鎮圧剤（Riot Control Agents）

暴動鎮圧剤は、殺傷を目的とせず、被害者が戦ったり抵抗するのを一時的に不可能にするもので、一般に毒性は低いが、ごく低濃度で強い刺激性を有し、短時間のうちに効果を示す。暴徒鎮圧や護身用などに使用される。刺激剤（催涙剤）、嘔吐剤（くしゃみ剤）がある。主な作用は粘膜や皮膚の激しい痛み、灼熱感、不快感などである。

パリ警察は第一次世界大戦以前（1912年）に暴動鎮圧のために催涙剤（エチルプロモアセテート）を使用していた。第一次世界大戦後、クロロアセトフェノン（CN）が主に用いられていたが、その後、より強力で毒性の少ないクロロベンジリデンマロノニトリル（CS）が開発され使用されるようになった。CSは多くの国の警察や軍で暴動の鎮圧や、化学剤に関する演習の訓練、防護マスクのテスト等に使用されている。クロロアセトフェノン（CN）も毒性が強いがいくつかの国では使われている。また、新しく開発されたものに英国製のジベンゾ-1,4-オキサゼピン（CR）があるが、使用経験はほとんどない。

この他に、古い催涙剤として、プロモベンジルシアニド（Bromobenzyl cyanide：CA）、プロモアセトン（Bromoacetone：BA）があるが、暴動鎮圧剤として用いるには毒性が高い。

嘔吐剤は、上部気道や目を刺激し、催涙効果も示すが、激しい制御不能のくしゃみ、咳、吐き気、嘔吐、不快感を引き起こす。主な物質としては、アダムサイト（DM）、ジフェニルクロロアルシン（DA）、ジフェニルシアノアルシン（DC）がある。これらはくしゃみ剤としても分類される。米国ではアダムサイトは使用も貯蔵もされていない。

国外の資料にはほとんど出てこないが、催涙作用をもつ物質としては、日本では護身用

スプレーとして、カプサイシン（トウガラシエキス）がよく知られている。

（４）歴史

近代の戦争で最初に化学兵器を使用したのはドイツである。第一次世界大戦中の 1915 年にドイツ軍はベルギーのイーブルで連合国側に対し大量の塩素ガスを放った。この後イギリス軍も塩素による報復準備を整え、さらに連合国および枢軸国側双方共、ホスゲンやクロルピクリンを化学兵器として加えていった。またこれらの物質による呼吸器障害を防護するために防護マスク（毒ガスマスク）の開発も進められた。1917年、ドイツ軍は同じくベルギーのイーブルで硫黄マスタード（イペリット）を使用した。マスタードは揮発性が低いので、これまで使用された物質に比べて持続性であり、空気の吸入だけでなく皮膚への接触による毒性も大きかった。したがって防護マスクだけでなく化学防護服が必要になり、兵士にとっては戦闘がより困難になった。第一次大戦では化学兵器による死傷者が相当数にのぼり、化学戦の側面もあった。

神経剤として代表的なタブン、サリン、ソマンは第二次世界大戦直前から戦争中にかけてドイツで合成された。最初の神経剤はタブンであり、1936年にドイツの Schrader 博士が殺虫剤の開発を目的とした研究の中で協力的な生理活性を持つ本物質を発見した。次いでサリンが合成され、戦争末期にソマンが合成されたが、これらは戦争中には使用されなかった。戦後、米国や旧ソ連などはこれら神経剤の製造技術を手に入れ、米国ではその後 VX が開発された。

第二次世界大戦では、戦場における化学兵器の大規模使用はなかった。しかし、1943年に、イタリアのバリ港でマスタード爆弾を積載していた米国船をドイツ軍が爆撃したことにより多くの軍人と民間人が死傷した。死亡者の多くは、爆撃後に港に浮かんだ水兵達がマスタード汚染された水を飲み込んだり皮膚に触れることによって全身中毒を生じたものだった。民間人の場合はマスタードが燃え上がる際の煙を吸入したことによる被害が多かった。

1960年代に起きたイエメン内戦においては、エジプト軍はマスタード爆弾を使用したと言われている。1980年代にイラクがイランに対して化学兵器を使用したと公表され、国連のイラク査察が実施されてマスタードやタブンの使用が確認された。後にはサリンも使用されたと言われており、1980年代末にはクルド人の虐殺にシアンが使用された可能性も報道されている。1991年の湾岸戦争終結後、国連のイラク査察団はイラクで神経剤とマスタードを発見し、査察は今も続けられている。

1-2 各論

(1) 神経剤 (Nerve Agent)

構造的には有機リン酸エステルであり、化学兵器の中で最も毒性が強い。有機リン系農薬に近いが、神経剤がP=O結合を持つのに対し、有機リン系農薬の場合は、P=S結合に置換されているものが多く、神経剤に比べて毒性が低い。

神経剤は一般に、G剤(タブン、サリン、ソマン)とV剤(VX)に分けられる。G剤は揮発性液体であり、非持続性である。タブンはサリンやソマンより揮発性が低い。V剤は揮発性の低い液体で、持続性がある。

神経剤は、ガス、エアロゾル、液体等の形で皮膚や眼から体内に吸収され、急速に毒性を発揮する。毒性はいずれの神経剤もほぼ同じであるので、一括して記載する。

(1) - 1 神経剤の物理的・化学的性質

一般に神経剤は水への溶解性は中程度であり、徐々に分解する。脂溶性であり、強アルカリや塩素化物によって急速に不活性化する。

(1) タブン

Tabun

Ethyl N,N-dimethylphosphoramidocyanidate

Dimethylamidoethoxyphosphoryl cyanide

US code. G A

CAS 番号：77-81-6

分子量：162.1

化学式：C₂H₅OP(O)(CN)N(CH₃)₂; C₅H₁₁N₂O₂P

性状：無色～茶色液体。

臭気：純物質は無臭、

不純物がある場合、果実または苦いアーモンドの臭いを有することがある。

融点：-50℃

沸点：240℃

比重/密度：1.07 (25℃)

蒸気密度：5.6 (空気=1)

蒸気圧：0.07 mmHg (25℃)

揮発性：90 mg/m³ (0℃); 610 mg/m³ (25℃); 858 mg/m³ (30℃)

溶解性：水への溶解度 7.2% : 有機溶媒に容易に溶ける。

反応性：水中で徐々に加水分解 (蒸留水での半減期 9 時間)。

強酸性および強アルカリ性下では速やかに加水分解される。

持続性：通常の天候状態では液体は1～2日間持続する。

(2) サリン

Sarin

Isopropyl methylphosphonofluoridate

Isopropoxymethylphosphoryl fluoride

US code: G B

CAS 番号：107-44-8

分子量：140.1

化学式：CH₃P(O)(F)OCH(CH₃)₂; C₄H₁₀F₂O₂P

性状：無色液体。

臭気：純物質は無臭

融点：-57℃

沸点：147℃

比重/密度：1.1 (20℃)

蒸気密度：4.86 (空気=1)

蒸気圧：2.9 mmHg (25℃)

揮発性：4,100 mg/m³ (0℃); 22,000 mg/m³ (25℃); 29,000 mg/m³ (30℃)

溶解性：水と混合する。極性および非極性溶媒両方と混合する。

反応性：中性～弱酸性で徐々に加水分解 (pH4～6.5 で半減期 175 時間)、
強酸性およびアルカリ性では加水分解は速い。

150℃、2.5 時間で完全に分解する。

持続性：揮発性が高く、風の強い日や雨の日には効果が持続しにくい。

(3) ソマン

Soman

1,2,2-Trimethylpropyl methylphosphonofluoridate

Pinacolyl methylphosphonofluoridate

US code: G D

CAS 番号：96-64-0

分子量：182.2

化学式：CH₃P(O)(F)OCH(CH₃)C(CH₃)₃; C₇H₁₆F₂O₂P

性状：無色液体。不純物がある場合は黄～茶色液体。

臭気：無臭～果実臭。不純な場合、樟脳臭

融点：-42℃

沸点：198℃ ; 167℃

比重/密度：1.02 (25℃)
蒸気密度：6.33 (空気=1)
蒸気圧：0.40 mmHg(25℃)
揮発性：531 mg/m³ (0℃), 3,900 mg/m³ (25℃); 5,570 mg/m³ (30℃)
溶解性：水への溶解度 2.1%
反応性：酸及びアルカリ溶液中で速やかに加水分解する。
 タブンやサリンより安定性は低い。
持続性：速やかに揮発する。

(4) VX

S-(2-Diisopropylaminoethyl) O-ethyl methyl phosphonothiolate
Ethyl-S-diisopropylaminoethyl methylthiophosphonate

US code: VX

CAS 番号：50782-69-9

分子量：267.4

化学式：CH₃P(O)(OCH₂CH₃)SCH₂CH₂N-[CH(CH₃)₂]₂

性状：無臭～コハク色油状液体。高濃度の場合蜂蜜のように粘着性がある。
 低濃度では色、臭いに変化することがある。

臭気：無臭

融点：-51℃

沸点：298℃

比重/密度：1.01 (25℃)

蒸気密度：9.2 (空気=1)

蒸気圧：0.0007 mmHg(25℃)

揮発性：10.5 mg/m³(25℃)

溶解性：水への溶解度：3%

反応性：加水分解速度はpH 2-3で100日間；pH 14で1.3分 (25℃)

持続性：揮発性が低いので毒ガスとしての効果が持続。液体は地上に数週間(寒い場合はより長期)残存する。

備考：タブン、サリン、ソマンなどのG剤より揮発性が低く、主に液体の状態で用いられる。

(5)その他

・シクロヘキシルメチルホスホノフルオリデート

Cyclohexyl methylphosphonofluoridate

Methyl cyclohexylfluorophosphonate

Cyclosarin

US code: G F

CAS 番号：329-99-7

分子量：180.2

化学式：CH₃P(O)(F)OC₆H₁₁

性状：無臭澄明な液体。

臭気：無臭

融点：-12.2℃

沸点：239℃

比重/密度：1.13

蒸気密度：6.2（空気=1）

蒸気圧：0.07 mmHg（25℃）

溶解性：水への溶解度：3.7%

（1）－2 神経剤の毒性および症状

（1）作用機序

神経剤の毒性作用は、主にアセチルコリンエステラーゼの阻害によるものである。この酵素が阻害されると、コリン作動性受容体部位での神経伝達物質であるアセチルコリンは加水分解されず、体内のさまざまな部位において過剰のアセチルコリンが蓄積して毒性作用をもたらす。コリン作動性受容体部位がある組織としては平滑筋、骨格筋、中枢神経系、多くの外分泌腺がある。また、頭蓋遠心性および求心性神経節はコリン作動性神経である。発現する主な毒性作用としては、ムスカリン様作用、ニコチン様作用、中枢神経系作用がある。

酵素と神経剤との結合は、治療により取り除かない限り結合したままであるが、神経剤を酵素から取り除くと、酵素はいくつかの化学物質によって再活性化される。これらの物質の中で最も有用なのはオキシムである。もし神経剤－酵素複合体がエージング（経時変化）していなければ、オキシムは治療上有用である。しかし例えば、ソマン（GD）と酵素の複合体のエージング時間はおおよそ2分であり、ソマン中毒でのオキシムの有用性はこの時間の後には大きく減少する。

（2）毒性

暴露経路：吸入、皮膚吸収（液体、蒸気）、経口摂取

神経剤は体表のどこからも吸収される。スプレーやエアロゾルで拡散すると小滴が皮膚、目、気道から吸収される。実戦で用いられる濃度の蒸気の場合は主に気道から吸収される。十分量の薬剤が吸収されると局所作用に続いて全身作用が現れる。

神経剤は一般に皮膚より眼から吸収した場合の方が毒性が高い。身体所見は暴露の経路

と量に依存する。少量～中等量の蒸気に暴露すると、通常は縮腫や結膜充血、鼻汁、肺症状が生じる。さらに大量に暴露されると、これらの症状に加えて鼻や口から多量の分泌物が生じ全身の筋攣縮、痙攣、意識消失、無呼吸が生じる。死亡する前にチアノーゼ、血圧低下、徐脈が生じることもある。

ごく小滴の液体に皮膚が暴露されても身体所見がほとんど変わらないこともあるが、暴露部位で発汗、蒼白、また時には攣縮が生じることもある。大量に暴露した場合は、蒸気に暴露した時と同じ症状が生じることがある。縮腫は蒸気に暴露された時の有用な徴候である。しかし大量暴露や目に近いところで暴露されたのでない限り、液体に暴露した場合には縮腫は生じない。

作用の時間経過としては、神経剤は暴露後数分以内に作用が現れる。Ctが高ければ、意識消失や痙攣は1分以内に生じる。Ctが非常に低い場合は、縮腫や他の作用が暴露後数分経ても始まらず、また、蒸気を除去して15～30分経てもおさまらないことがある。皮膚に大量の液剤が触れた場合は数分以内に作用が生じるが、通常は1～30分は症状が現れず、その後次々に、意識消失、痙攣、無呼吸、筋弛緩などを発症する。死に至るまでに1～2時間かかることがある。皮膚に少量の液剤が付着した場合は発症まで18時間位かかる。これらの作用は最初消化管系に現れるが、生命を脅かすものではない。期間が長くなるほど症状の程度は低くなる。

神経剤の長期作用として国外の資料に記載されている記述としては、以下のようなものがある。殺虫剤曝露後、神経精神的变化が数週間から数ヶ月間認められている。多発神経炎は有機リン系殺虫剤中毒では報告されているが、神経剤曝露後の場合は人ではこれまで報告されておらず、動物では生存が難しいほど多量の神経剤投与でのみ生じている。高濃度の神経剤曝露で動物に筋壊死が報告されているが、数週間で回復する。これは人では報告されていない。

(3) 徴候、症状

縮腫、唾液の過多、鼻水、呼吸系での分泌物による呼吸困難、発汗、嘔吐、下痢、痙攣などの症状を示す。もっとも危険な症状は、中枢神経系の呼吸中枢への作用による呼吸筋の麻痺であり、呼吸麻痺により死に至る。

・蒸気に暴露した場合（発症：暴露後秒～分単位）

軽症・縮腫、夜盲症、頭痛、鼻汁、唾液過多、呼吸困難（胸部圧迫感）

重症：上の症状の他に、下痢、強い呼吸困難、筋攣縮、麻痺、痙攣、意識消失、膀胱直腸障害

・液体が皮膚に付いた場合：

軽症～中程度（発症：暴露後10分～18時間）：

暴露部位の筋攣縮、発汗、吐き気、嘔吐、気分不快

重症（発症：暴露後、分～時間単位）：

上の症状の他に、下痢、強い呼吸困難、筋攣縮、麻痺、痙攣、意識消失、膀胱直腸障害

神経剤に関する症状、診断、治療法等については、以下の資料に詳細に記載されている。

- ・ NATO Handbook on the Medical Aspects of NBC Defensive Operations AMedP-6(B), Army Field Manual 8-9, Navy Medical Publication 5059 Air Force Joint Manual 44-151
- ・ Medical Management of Chemical Casualties Handbook, 3rd ed., August 1999. Chemical Casualty Care Division, MCMR-UV-ZM, USAMRICD (United States Army Medical Research Institute of Chemical Defense)

また地下鉄サリン事件後、毒性や症状について数多くの文献が発表されており、現在もサリンに暴露した被害者の健康状態についての調査が行われている。神経剤の毒性に関しては、これらの情報をフォローしていく必要がある。

[参考資料]

- 1) NATO Handbook on the Medical Aspects of NBC Defensive Operations AMedP-6(B), Army Field Manual 8-9, Navy Medical Publication 5059 Air Force Joint Manual 44-151
- 2) Medical Management of Chemical Casualties Handbook, 3rd ed., August 1999. Chemical Casualty Care Division, MCMR-UV-ZM, USAMRICD (United States Army Medical Research Institute of Chemical Defense)
- 3) Chemical Warfare Agents : Toxicology and Treatment by Timothy C. Marrs, Frederick R. Sidell, R. Maynard (Contributor) (May 1996) , John Wiley & Sons
- 4) Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents by D. Hank Ellison (August 1999)
- 5) First Responder Chem-Bio Handbook : Practical Manual for First Responders (National Security Chem-Bio Product Line Series) by Ben N. Venzke (Editor) (February 1998), Tempest Pub
- 6) 化学兵器禁止条約対応分析手順マニュアル、平成8年2月 中小企業事業団
- 7) HSDB : Hazardous Substances Data Bank (US National Library of Medicine)
- 8) RTECS : Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (US National Institute for Occupational Safety and Health)
- 9) MEDITEXT : Medical Management (Micromedex)
- 10)HAZARDTEXT - Hazard Management (Micromedex)