

(2) びらん剤 (Blister Agents, Vesicants)

びらん剤には、マスタード類(硫黄マスタード、窒素マスタード)、ルイサイト、ホスゲンオキシムなどがある。通常、マスタードガスと称されるものは、硫黄マスタードであり、イペリットとも呼ばれる。第一次世界大戦では硫黄マスタードによって多くの死傷者が出た。びらん剤によるやけどの程度は、濃度と皮膚への接触時間に比例する。

(2) - 1 マスタード類

硫黄マスタードにはHD(蒸留マスタード)とH(精製されていないもの)、窒素マスタードには、HN-1、HN-2、HN-3がある。マスタード類の中ではHDとHN-3がびらん剤として最も知られている。

ルイサイトおよびホスゲンオキシムは接触すると直ちに痛むが、マスタードは暴露時には痛みはほとんどないかあってもわずかで、影響がわかりにくい。暴露後数時間は損傷の兆候が現れないこともある。したがってすぐの見かけより実際にはもっと損傷がひどいことがよくある。また効果的な治療法もない。製造の容易さや蒸気になりやすい点から、化学戦争あるいは化学テロが起こるとすれば、HN-3よりHDの方がより用いられる可能性がある。

(2) - 1 - 1 マスタード類の物理的・化学的性質

(1) 硫黄マスタード

硫黄マスタードは、約30%の硫黄化合物(ほとんどが硫酸)を含みHと命名されている。蒸留により製造されたものはほとんど不純物を含まず、HD(蒸留マスタード・Distilled Mustard)と命名されている。

硫黄マスタード：

サルファーマスタード、イペリット

Sulfur mustard, Yperit

2,2'-Dichloroethyl sulphide

Bis(2-chloroethyl)sulphide

US code : HまたはHD

CAS 番号 : 505-60-2

分子量 : 159.1

化学式 : $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_2\text{S}$

性状 : 無色～淡黄色の油状の液体。無色の蒸気を放出。

臭気 : ニンニク臭、からし臭、ネギ臭

融点 : 13-14°C

沸点 : 217°C

比重/密度：1.27 (25℃)

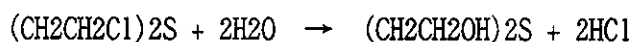
蒸気密度：5.4 (空気=1)

蒸気圧：0.032 mmHg (10℃)；0.072 mmHg (20℃)；0.112 mmHg (25℃)
0.346 mmHg (40℃)

揮発性：75 mg/m³ (0℃)；610 mg/m³ (20℃)；2860 mg/m³ (40℃)

溶解性：徐々に水に溶解する。

反応性：水に溶解すると速やかに加水分解する。



温度およびpHが増加すると加水分解速度も増加する。

持続性：持続性である。通常の気候条件で1～2日、低温条件で数週間以上残存する。

備考：硫黄マスタードの蒸気は空気の5倍以上であり、下方に堆積する。

硫黄マスタードは高温で分解して催涙作用のある有毒物質を生じるので、
この物質に汚染された物を焼却処分する際は注意が必要である。

(2) 窒素マスタード (ナイトロジェンマスタード)

窒素マスタードには、主なものとしてHN-1、HN-2、HN-3がある。

HN-1：N-Ethyl-2,2'-di(chloroethyl) amine； $\text{C}_2\text{H}_5\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_2$

HN-2：N-Methyl-2,2'-di(chloroethyl) amine； $\text{CH}_3\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_2$

HN-3：Tri-(2-chloroethyl) amine； $\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_3$

化学剤としての用途ではHN-3が代表的なものであり、ここではHN-3について記載する。HN-2は、がん治療に用いられる抗有糸分裂性(antimitotic)薬剤として知られている。3つの窒素マスタードの中でHN-3がもっとも安定である。マスタードガスと似た毒性効果を有するが、マスタードガスに比べて水および酸化に対して強いため、除染が困難である。

窒素マスタード (HN-3)：

Tri-(2-chloroethyl) amine

2,2',2''-trichlorotriethylamine

US code: HN-3

CAS 番号：555-77-1

分子量：204.5

化学式： $\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_3$

性状：無色～淡黄色の油状液体。

臭気：ほとんど無臭だが、わずかに魚、石鹼もしくはかびの臭いがすることがある

融点：-3.7℃

沸点：256.0℃ (もしくは144℃、15 mmHg)

比重/密度：1.24 (25℃)

蒸気密度：7.1 (空気= 1)

蒸気圧：0.002 mmHg (10℃); 0.011 mmHg (25℃), 0.038 mmHg (40℃)

揮発性：13 mg/m³ (0℃); 121 mg/m³ (25℃); 390 mg/m³ (40℃)

溶解性：水に不溶。

反応性：弱アルカリ性水溶液中で過酸により速やかに酸化される。

酸性水溶液中でははるかに遅い。

持続性：持続性である。マスタードガスに比べかなり長い。

(2) - 1 - 2 マスタード類の毒性および症状

(1) 作用機序

マスタード類(硫黄マスタード、窒素マスタード)は、活性なクロロエチル基を持つアルキル化剤として働く。クロロエチル基は体の中で Cl⁻がとれて環状の中間代謝産物を形成し、これが DNA、RNA、膜タンパクなどをアルキル化する。

マスタード類は体内に吸収されると速やかに細胞外液を循環し、反応性が非常に高いので、細胞内外の酵素、タンパク、その他の物質と結合する。マスタードは軽度コリン作用を持っており、早期の消化管症状や縮腫の原因となる。

マスタードは体内に入った後、組織と数分以内に反応しそれ以上は反応しない。血液、組織、水疱内液はマスタードを含まず、体液や組織に接触しても他の者は被曝されない。

(2) 毒性

暴露経路：吸入、皮膚吸収(液体、蒸気)、経口摂取、皮膚や眼への局所刺激

マスタードの障害は暴露数時間後に現れてくる。最も一般的な作用は、皮膚(紅斑と水疱)、眼(軽度結膜炎から重度眼障害)、気道(上気道の軽度刺激から気道粘膜、筋肉の壊死、出血を引き起こす重度気管障害)である。

大量のマスタード曝露により骨髄幹細胞が障害を受ける。消化管が障害されたり中枢神経症状が出ることもある。特異的解毒剤はなく、治療は対症療法である。迅速な除染が障害を軽減する唯一の方法である。

マスタード中毒による死亡は大抵は呼吸不全による。多くの場合、曝露後3～6日の間に死亡する一般的な原因は剥離、壊死した気道粘膜への細菌感染による二次性細菌性肺炎である。被曝による骨髄抑制は肺炎から敗血症を生じる原因ともなる。

(3) 徴候、症状

マスタードガスは、乾いた皮膚より湿った皮膚の方が吸収されやすい。

硫黄マスタード(マスタードガス)

皮膚：紅斑は2～24時間で現れ、さらに大きくて薄い半透明の帯黄色水泡ができる。

水泡内の液は透明であり、マスタードは含んでいない。水泡ができた場合、かなりの感染の危険性がある。体の湿った部分にもっとも激しく作用する。

眼：低濃度の蒸気暴露では、眼を刺激し、眼が赤くなる。高濃度の蒸気暴露では、重症の結膜炎、羞明(まぶしがり症)、眼瞼痙攣、痛み、角膜損傷が生じる。液体が直接眼に触れると、角膜および虹彩の損傷を引き起こし失明する。

肺への影響(吸入)：かすれ声、声喪失、湿性咳、発熱、湿った水泡音とラ音などの症状が生じる。重症の場合は、ホスゲンと同様の作用を肺に起こし、致命的な肺水腫となる。他に、感情鈍麻、うつ状態などの中枢神経系への影響が見られる。

マスタードガスは、発がん性物質である。

窒素マスタード

マスタードガスとほぼ同様である。皮膚に紅斑と水泡を生じ、暴露後すぐ眼への刺激が現れる。

いずれも経口摂取した時は嘔吐と下痢を起こす。

[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)

(2) - 2 ルイサイト

有機ヒ素化合物。ヒ素に結合しているクロロビニル基の数によって1～3まで3種類あるが、一般にはクロロビニル基が1個付いたルイサイト1を、ルイサイトという。第一次世界大戦末期に合成された。加水分解速度が非常に速く、湿気を含む大気中や保管時の安定性が低い。

ここではルイサイト1 (ルイサイト) について記載する。

ルイサイト：

Lewisite

2-Chlorovinyl dichloroarsine

(2-Chloroethenyl) arsonous dichloride

Chlorovinylarsine dichloride

(2) - 2 - 1 物理的・化学的性質

US code：L

CAS 番号：541-25-3

分子量：207.3

化学式：CHCl=CHAsCl₂

性状：純品は無色の油状液体。通常はわずかに不純物を含み、茶色がかった色。

臭い：純品はほとんど無臭。不純物を含む場合は、ゼラニウムに似た臭いがある。

融点：0.1℃

沸点：190.0℃

比重/密度：1.89 (20℃)

蒸気密度：7.15 (空気=1)

蒸気圧：0.087 mmHg (0℃)； 0.395 mmHg (20℃)

揮発性：1,060 mg/m³ (0℃)； 4,480 mg/m³ (20℃)； 8,260 mg/m³ (30℃)

溶解性：水に約 0.5 g/l

反応性：水があると加水分解され、びらん性のある酸化物を生成する。

しかし、水への溶解性は低いので、加水分解は限られる。

強アルカリに接触すると、びらん性のない物質に分解する。

ルイサイトは3価のヒ素を有するので、酸化剤には非常に敏感である。

持続性：マスタードガスより揮発しやすい。湿度が高いと持続性は非常に短い。

(2) - 2 - 2 毒性および症状

(1) 作用機序

暴露経路：吸入、皮膚吸収(液体、蒸気)、経口摂取、皮膚や眼への局所刺激

ルイサイトは非常に多くの種類のSH基含有酵素を阻害する。ピルビン酸デヒドロゲナーゼ系の阻害は、3価のヒ素化合物によく見られる性質である。詳しいメカニズムはわかっていない。

(2) 毒性

人でのデータは非常に少なく、毒性は動物データに基づくものが多い。

ルイサイトは眼、皮膚、気道に直接接触するとびらんを生じる。マスタードの場合気が付かないうちに暴露されていることがあるのに対し、ルイサイトは蒸気でも液体でも直ちに痛みと刺激を感じるが、病変部が完成するまでには数時間を要する。

毛細血管透過性を亢進し血管内体液量減少、血液量減少、ショック、臓器うっ血を生じる。これによりマスタードより顕著な消化器症状（嘔吐、下痢）を伴った肝、腎壊死を引き起こす。マスタードよりも皮膚の組織壊死、組織脱落は重篤である。

(3) 徴候、症状

暴露後すぐに皮膚、粘膜に痛みと刺激がある。マスタードの場合と似ており、皮膚に紅斑と水疱、眼には激しい痛み、腫れ、流涙などを生じる。上部気道を刺激する。

全身の中毒症状として、肺水腫、下痢、不安、虚脱、体温低下、低血圧を生じる。液体は、暴露後直ちに眼および皮膚の痛みを生じ、1分以内に大量の水で除染しなければ視力を喪失する。30分以内に皮膚発赤、13時間後に水疱が生じる。

[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) Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents
by D. Hank Ellison (August 1999)
- 3) 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
- 4) 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
- 5) HSDB : Hazardous Substances Data Bank (US National Library of Medicine)
- 6) RTECS : Registry of Toxic Effects of Chemical Substances
(US National Institute for Occupational Safety and Health)
- 7) MEDITEXT : Medical Management (Micromedex)
- 8) HAZARDTEXT - Hazard Management (Micromedex)

(2) - 3 ホスゲンオキシム

ホスゲンオキシム：

Phosgene oxime

Dichloroformoxime

(2) - 3 - 1 物理的・化学的性質

US code: C X

CAS 番号：1794-86-1

分子量：113.9

化学式：C12C=NOH

性状：白色固体もしくは無色～黄～茶色液体

臭気：強烈な突き通すような不快臭と激しい刺激臭

融点：39～43℃

沸点：129.0℃（分解）

蒸気密度：3.9（空気＝1）

蒸気圧：3.6 mmHg（20℃）；11.2 mmHg

揮発性：20,000 mg/m³（20℃）；60,000 mg/m³（35℃）

溶解性：水、有機溶媒によく溶ける。

反応性：水中で比較的速い速度で加水分解する。特にアルカリ性では速い。

種々の金属と接触すると非常に不安定。塩化鉄と接触すると

爆発的に分解することもある。多くの金属を腐食する。

持続性：乾燥固体の状態でも自然に分解するので、低温で保存する必要がある。

備考：融点以下では固体であるが、症状を発現するのに十分な蒸気圧がある。

(2) - 3 - 2 毒性および症状

(1) 作用機序

詳しいメカニズムは知られていない。ホスゲンオキシムの作用はSHおよびNH₂基との反応によって生じると言われている。

(2) 毒性

暴露経路：吸入、経口摂取、皮膚や眼への局所刺激

ホスゲンオキシムに関する情報は非常に少ない。

眼、皮膚、上部気道に対し非常に刺激性が強い。接触により直ちに組織障害を引き起こす。数ミリグラムで皮膚に激しい痛みを与え、影響を受けた部分は1分以内に白く変化し、紅斑に縁取られた車輪様の形になる。1時間するとその部分は腫れ、24時間以内に損傷箇所は黄色く変化して水疱が生じる。数日後には、皮膚壊死による剥離が起こり、次いでか

さぶた形成および化膿性分泌物が生じる。

快復には1～3ヶ月を要する。

(3) 徴候、症状

皮膚：暴露後直ちに疼痛を引き起こし、30秒で紅斑、30分で膨疹が生じ、その後壊死が生じる。非常に強い疼痛が数日間持続する。

眼：激痛、除染しない場合は永久的な視力喪失。

肺：上部気道の刺激、吸入、皮膚からの吸収により肺水腫。

この他、消化管に出血性の炎症性変化を起こす可能性がある。

[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) Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents
by D. Hank Ellison (August 1999)
- 4) 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

(2) - 4 その他

びらん剤としては、これらの他に、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)が知られている。

(1) フェニルジクロロアルシン

Phenyldichloroarsine

US code: P D

CAS 番号：696-28-6

分子量：222.9

化学式：C₆H₅AsCl₂

性状：無色～茶色液体

臭気：無臭

融点：-20℃

沸点：254.0-257.0 °C
比重/密度：1.65 (20°C)
蒸気密度：7.7 (空気=1)
蒸気圧：0.087 mmHg (25°C)
揮発性：マスタードより揮発性。
溶解性：水と反応する。ほとんどの有機溶媒に可溶。
反応性：水中で分解し、塩化水素(HCl)になる。
持続性：硫黄マスタード(HD)より短い。

(2) エチルジクロロアルシン

Ethyl dichloroarsine
Dichloroethylarsine
Ethylarsonous dichloride

US code: E D
CAS 番号：598-14-1
分子量：174.9
化学式：CH₃CH₂AsCl₂
性状：無色～茶色の流動性の液体
臭気：果実臭、刺激臭
融点：-65°C
沸点：156°C (分解)
比重/密度：1.74 (14°C)
蒸気密度：6.0 (空気=1.29)
蒸気圧：2.29 mmHg (21.5°C)
溶解性：水とは反応。ほとんどの有機溶媒に可溶。
持続性：短い

(3) フェニルジクロロアルシン、エチルジクロロアルシンの毒性および症状

暴露経路：吸入、皮膚吸収(液体、蒸気)、経口摂取、皮膚や眼への局所刺激

フェニルジクロロアルシンは水があると分解して塩化水素(HCl)を生じる。嘔吐、流涙、水泡を生じ、肺、皮膚、消化管から吸収された場合、死に至ることがある。肺水腫を起こすことがある。用量 20mg (成人)で急性ヒ素中毒を起こす可能性がある。急性ヒ素中毒症状は、金属味やニンニク味、嘔吐、腹痛、水や血の下痢、脱水症状、強い渇き、hypovolemia などである。

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)に暴露した場合の症状

皮膚：紅斑、厚い皮の水疱、帯黄色の水疱の液。

眼：直ちに眼の痛みと眼瞼痙攣が生じる。

肺：肺水腫

全身症状：急性中毒により低血液量性ショック

[参考資料]

- 1) 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
- 2) HSDB : Hazardous Substances Data Bank (US National Library of Medicine)
- 3) RTECS : Registry of Toxic Effects of Chemical Substances
(US National Institute for Occupational Safety and Health)
- 4) 「遺棄化学兵器処理技術検討部会」最終報告書 添付資料
化学剤等の物理化学的性状と毒性等

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

窒息剤は吸入によって毒性を発現する。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(CI)、クロルピクリン(PS)がある。ホスゲンはこの中でもっとも危険な物質であり、このグループの中ではおそらく将来もっとも化学剤として使用され得る。ホスゲンは1800年代始めに合成され、第一次世界大戦では化学兵器として大量に使用され、ホスゲンによる死亡者は化学剤による死亡者数の約80%にのぼったとされている。

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)も記載されていることがある。

(3) - 1 ホスゲン

ホスゲン：

塩化カルボニル

オキシ塩化炭素

Phosgene

Carbonyl dichloride

Chloroformyl chloride

Carbon oxychloride

(3) - 1 - 1 物理的・化学的性質

US code: CG

CAS 番号：75-44-5

分子量：98.9

化学式：COCl₂

性状：無色の気体、もしくは無色～淡黄色の液体

臭気：刈ったばかりの干し草、青草もしくはトウモロコシの臭い

融点：-128.0℃；-120℃

沸点：7.6℃

比重/密度：1.38 (20℃)

蒸気密度：3.4 (空気=1)

蒸気圧： 365 mmHg (-10℃)； 555 mmHg (0℃)， 1,173 mmHg (20℃)，

揮発性：528,000 mg/m³ (-40℃)； 2,200,000 mg/m³ (-10℃)； 4,300,000 mg/m³ (7.6℃)

溶解性：水にわずかに溶ける。

反応性：水に溶けると加水分解して二酸化炭素と塩化水素になる。

加熱すると塩素や一酸化炭素を生じる。反応性が高く、さまざまな化合物と激しく反応する。

持続性：短い。

(3) - 1 - 2 毒性および症状

(1) 作用機序

ホスゲンは、わずかし水に溶けないが、いったん溶けると急速に加水分解し、二酸化炭素と塩酸を生成する。高濃度のホスゲンを吸入すると早期に眼、鼻、気道への刺激症状は生じるが、これはホスゲンの加水分解によって生じた塩酸によって引き起こされる。また、ホスゲンは非常に活性の高い物質なので肺胞一毛細血管壁で直接反応し、肺胞に液体を溢れさせる。肺胞毛細血管の透過性を高めることによって、肺水腫になる。

(2) 毒性

暴露経路：吸入

ホスゲン中毒の最も大きい特徴は肺水腫である。無症状の潜伏期があり、この状態は場合によっては24時間以上持続することがある。その間にも肺水腫は進行し、死に至る。潜伏期後に生じる最も顕著な症状は、呼吸困難である。肺水腫は、肺胞毛細血管への酸素運搬を妨害し、低酸素症を引き起こす。また液体が肺胞に流出することによって血液濃縮を起こし、心不全に進行する。

長期暴露の場合、肺に影響を与え、繊維症、機能障害を生じることがある。

(3) 徴候、症状

眼： 流涙

消化管： 吐き気、嘔吐

肺： 咳、窒息、胸部圧迫感、水泡音およびラ音、遅発性肺水腫、低酸素症、低血圧

[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)

(3) - 2 塩素

塩素は軍用で窒息剤に分類されているが、化学工場や家庭（漂白剤等）で用いられている次亜塩素酸塩および酸性物質が反応すると容易に塩素ガスが生成することから、化学薬品や家庭用品の不適切な取扱いによって一般の人々が時々塩素ガス中毒になる例が見られており、死亡例もある。

塩素：

Chlorine

(3) - 2 - 1 物理的・化学的性質

US code: C L

CAS 番号：7782-50-5

分子量：70.9

化学式：Cl₂

性状：帯緑黄色の気体。

臭気：刺すような刺激臭

融点：-101℃

沸点：-34.6℃

比重/密度：1.4 (20℃、6.86 気圧、液体)

蒸気密度：2.5 (空気=1)

蒸気圧：5,830 mmHg (25℃)

溶解性：水への溶解度：0.7%：アルカリ溶液にはもっと溶ける。

反応性：多くの有機化合物、アンモニア、微細金属と激しく反応

持続性：非常に低い pH (2 以下) では残存する。

(3) - 2 - 2 毒性および症状

(1) 毒性

暴露経路：吸入、皮膚や眼への局所刺激

眼、皮膚、気道を非常に強く刺激する。

損傷の程度は、濃度、時間、組織の水分含量などに依る。一般に、1~3 ppm でマイルドな粘膜の刺激、5~15 ppm で上部気道の中程度の刺激、30 ppm で急速な胸部の痛み、嘔吐、呼吸困難、咳、40~60 ppm で肺炎や肺水腫、430 ppm で30分ほどで死亡、1000 ppm で数分以内に死亡する。

肺水腫は12~24時間でピークに達し、液が肺胞を満たすと泡だった血の混じった大量の痰が観察される。

長期暴露により、慢性気管支炎や歯の侵食を生じることがある。

(2) 徴候、症状

吸入すると、脱力感、胸部圧迫感、咳、咽頭痛、頭痛、息苦しさ、血咳、窒息、チアノーゼ、低血圧、めまい等を生じる。

[参考資料]

- 1) 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
- 2) HSDB Hazardous Substances Data Bank (US National Library of Medicine)
- 3) RTECS : Registry of Toxic Effects of Chemical Substances

(US National Institute for Occupational Safety and Health)

- 4) MEDITEXT : Medical Management (Micromedex)
- 5) Environmental Health Criteria, 塩素 19** IPCS, WHO
- 6) 国際化学物質安全性カード(ICSC)日本語版、厚生省生活化学安全対策室 監修、
国立医薬品食品衛生研究所化学物質情報部 編集、化学工業日報社
- 7) 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

(3) - 3 クロロピクリン

米国では最近、クロロピクリンの警告的な性質から催涙剤としているが、元来は窒息剤として分類されている。しかし実際に戦争で使用されたことはほとんどない。

日本では工業的燻蒸剤として広く使用されており、時々クロロピクリンを輸送しているタンクローリーの交通事故や燻蒸時の漏洩により中毒事故が起きている。

クロロピクリン：

トリクロロニトロメタン
Chloropicrin
Trichloronitromethane
Nitrochloroform

(3) - 3 - 1 物理的・化学的性質

US code: P S

CAS 番号: 76-06-2

分子量: 164.4

化学式: CCl_3NO_2

性状: 無色油状液体

臭気: 刺すような刺激臭

融点: $-64^{\circ}C$

沸点: $112^{\circ}C$ (757 mmHg)

比重/密度: 1.66 ($20^{\circ}C$)

蒸気密度: 5.7 (空気 = 1)

蒸気圧: 24 mmHg ($25^{\circ}C$)

揮発性: 25,000 ppm; mg/m³ ($0^{\circ}C$); mg/m³ ($25^{\circ}C$); mg/m³ ($30^{\circ}C$)

溶解性: 水に 0.16 g/100 ml ($25^{\circ}C$); 多くの有機溶媒によく溶ける。

反応性: 燃焼させると催涙性のある有毒ガスを生じる。

(3) - 3 - 2 毒性および症状

(1) 毒性

暴露経路：吸入、経口摂取、皮膚や眼への局所刺激

蒸気は眼、粘膜、上部気道を強く刺激する。眼に対しては、催涙ガス用の作用を有する。0.3 ppm 前後で眼に痛みを生じる。反応の程度は個人の感受性に依るが、15 ppm ではクロルピクリンに慣れている人でも1分と耐えられない。それよりわずかに高濃度で流涙、嘔吐が生じ、さらに気管支炎や肺水腫による死亡もみられる。

ホスゲンよりも咳が出、肺水腫が発症するまでの時間はホスゲンよりも短い。二次感染、気管支肺炎、閉塞性細気管支炎により時間を経てから死亡することもある。

致死濃度の塩素が肺胞よりも上部気道、気管、大きな方の気管支により多くの損傷を与え、ホスゲンが主に肺胞に働くのに対し、クロルピクリンは気管や大きな気管支に比べて中～小の気管支により多くの損傷を与える。肺胞への損傷はホスゲンより小さいが、肺水腫を引き起こし、早い段階での死亡例の多くは肺水腫によるものである。

(2) 徴候、症状

流涙、めまい、倦怠感、頭痛、嘔吐、起立性低血圧症
眼が液体に暴露した場合、重症の角膜および結膜損傷

[参考資料]

- 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) HAZARTEXT - Hazard Management (Micromedex)
- 4) Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents
by D. Hank Ellison (August 1999)
- 4) 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

(3) - 4 ジホスゲン

ジホスゲン：

Diphosgene

Trichloromethyl chloroformate

Carbonochloridic acid trichloromethyl ester

(3) - 4 - 1 物理的・化学的性質

US code: D P

CAS 番号・503-38-8

分子量：197.9

化学式：C1C00CC13

性状：無色油状液体

臭気：刈ったばかりの干し草、芝、もしくはトウモロコシの臭い

融点：-57℃

沸点：127℃

比重/密度：1.65 (20℃)

蒸気密度：6.8 (空気=1)

蒸気圧：1.0 mmHg (0℃); 4.2 mmHg (20℃);

揮発性：12,000 mg/m³ (0℃); 45,000 mg/m³ (20℃); 270,000 mg/m³ (52℃)

溶解性：水に不溶、アルコールにわずかに溶ける、エーテルによく溶ける。

反応性：長期の保存でホスゲン(CG)に変化

(3) - 4 - 2 毒性および症状

暴露経路：吸入

ジホスゲンそのものの毒性に関するデータはきわめて少ない。HSDB (参考資料 1)では、毒性情報の項目でホスゲンの毒性情報準拠としている。

眼、皮膚、上部気道を強く刺激する。高濃度暴露では、肺水腫を生じる。眼への刺激は、暴露がやんでもしばらく続くことがある。

[参考資料]

- 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) OHM/TADS · Oil and Hazardous Materials/Technical Assistance Data System
- 4) Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents
by D. Hank Ellison (August 1999)

(3) - 5 その他

米国の資料の中には、窒息剤として用いられる可能性のひとつとしてパーフルオロイソブチレン (P F I B : Perfluoroisobutylene) が記載されているものもある。この物質の物性についての情報はほとんどないが、毒性や治療法については、Meditext にかなり詳しく収載されている。

パーフルオロイソブチレン (P F I B)

Perfluoroisobutylene

1-Propene, 1,1,3,3,3-pentafluoro-2-trifluoromethyl-

Octafluoroisobutylene

Octafluoro-sec-butene

CAS 番号：382-21-8

分子量：200.0

化学式： $(CF_3)_2C=CF_2$

性状：無色の気体

P F I Bはテフロン（ポリテトラフルオロエチレン）の熱分解物であり、実験動物ではホスゲンの10倍の毒性がある。眼、皮膚、粘膜を非常に強く刺激する。人への急性暴露により、頭痛、咳、胸部痛、呼吸困難、発熱を生じ、次いで数時間のうちに肺炎や肺水腫が起こる。

P F I BのラットにおけるLC50は、361 ppm (0.25分)、17 ppm (10分)、0.76 ppm (4時間)である。

テフロンは温度によって、テトラフルオロエチレン、パーフルオロイソプロピレン、フッ化カルボニルなどさまざまな熱分解物を生じるが、P F I Bはフルオロアルケンの中で最も毒性が強い。

テフロンは通常の条件では不活性物質であるが、換気が不十分な条件下で加熱すると、ポリマーフェーム熱を引き起こすことがある。ポリマーフェーム熱はインフルエンザ様の症状を呈し、悪寒、発熱、おびただしい発汗、咳、呼吸困難、胸部痛などを生じる。米国の報告では、テフロンを扱う工場の従業員のうち、非喫煙者に比べてより多くの喫煙者にポリマーフェーム熱が発生した。これはごく微量のテフロン粒子に汚染されたタバコを吸うことによって起こったと考えられている。

[参考資料]

- 1) RTECS : Registry of Toxic Effects of Chemical Substances
(US National Institute for Occupational Safety and Health)
- 2) MEDITEXT · Medical Management (Micromedex)

(4) シアン化物 (Cyanides)

ハロゲン化シアンの毒性はシアノ基(-CN)によるものであるが、ハロゲン部分は刺激性がある。本章ではシアン化物の毒性等については一括して記載する。

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

(4) - 1 シアン化物の物理的・化学的性質

1. シアン化水素

青酸

Hydrogen cyanide

Hydrocyanic acid

US code: A C

CAS 番号：74-90-8

分子量：27.0

化学式：HCN

性状：沸点以下では、きわめて揮発性の無色～黄茶色の液体。

気体の状態では空気中で速やかに消失する。

臭気：苦味のあるアーモンドもしくは桃の種の臭い。

融点：-14℃

沸点：26℃

比重/密度：0.69 g/ml (10℃、液体)

蒸気密度：0.93 (空気=1)

蒸気圧：165 mmHg (-10℃); 256 mmHg (0℃); 600 mmHg (20℃); 742 mmHg (25℃)

揮発性：37,000 mg/m³ (-40℃); 1,080,000 mg/m³ (25℃)

溶解性：水に非常に溶けやすく、水中で安定。

反応性：普通に製造されたものは不安定であるが、高度に精製されたものは安定と
言われている。放置すると重合して爆発する。リン酸を加えると安定化する。

持続性：持続しない。

2. 塩化シアン

Cyanogen chloride

Chlorocyanide

US code: C K

CAS 番号：506-77-4

分子量：61.5

化学式：CNCI

性状：無色で揮発性の高い液体、もしくは気体

臭気：強い刺激性と流涙作用のため臭いは感知できない。

融点：-6.9℃

沸点：12.8℃

比重/密度：1.2 (20℃)

蒸気密度：2.1 (空気=1)

蒸気圧：1,010 mmHg (20℃)

揮発性：6,132,000 mg/m³ (25℃)

溶解性：わずかに水に溶ける。有機溶媒には溶ける。

反応性：水中で徐々に加水分解され、毒性が減少する。強酸化剤により酸化される。

持続性：持続しない。

(4) - 2 毒性および症状

(1) 作用機序

シアンイオンは、細胞内の酸化に重要な酵素系である呼吸系チトクロームオキシダーゼ酵素系と可逆的複合体を形成することによってその作用を阻害する。その結果、細胞レベルでの酸素の利用が妨害され、乳酸が蓄積して組織中毒性無酸素症により細胞が死滅する。最も影響を受ける器官は、中枢神経系(特に呼吸中枢)と心臓とであり、通常の死亡原因は呼吸不全によるものである。

(2) 毒性

暴露経路：

シアン化水素：吸入、皮膚吸収(液体、蒸気)、経口摂取

塩化シアン： 吸入、皮膚吸収(液体)、経口摂取、皮膚や眼への局所刺激

シアン化水素の毒性：

暴露経路は一般に吸入である。液体の場合は皮膚から速やかに吸収される。

高濃度暴露の場合、数秒で呼吸深度が増加し、被害者は自分で呼吸ができなくなる。20～30秒で激しい痙攣が起これ、1分以内に呼吸が停止する。数分で心不全が起こる。

低濃度の暴露における初期症状は、脚の虚脱感、めまい、吐き気、頭痛である。このあとに痙攣や昏睡が生じることがあり、これは暴露時間によって数時間～数日続くことがある。軽症の場合は、頭痛、めまい、吐き気が数時間続いた後に完全回復する。

塩化シアン、臭化シアンは体内に吸収された後シアン化水素を生成する。症状はシアン化水素とほぼ同様であるが、それに加えて暴露した部位を局所的に刺激する。塩化シアンの蒸気は空気より重く、眼および粘膜を強く刺激する。激しい刺激臭があり、催涙作用がある。

(3) 徴候、症状

低濃度～中程度の蒸気：

過呼吸、めまい、吐き気、嘔吐、頭痛

高濃度の蒸気：

過呼吸、痙攣(数十秒)、呼吸停止、心拍停止(数分)

[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) Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents
by D. Hank Ellison (August 1999)
 - 4) 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
 - 5) 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
 - 6) 「遺棄化学兵器処理技術検討部会」最終報告書 添付資料
化学剤等の物理化学的性状と毒性等
 - 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)

(5) 無能力化剤

無能力化剤は、粘膜刺激、下痢、体温上昇など身体的変化も起こすが、軍関連資料の用語では、精神行動学的あるいは中枢神経系への作用によって相手に一時的で生命に危険のない損傷を与える物質とされている。一時的で生命に危険のない損傷を与えるという点では、暴動鎮圧剤も同じことが言えるが、暴動鎮圧剤の場合は眼瞼痙攣による視覚喪失など症状が長くは続かないことから、軍事用の無能力化剤とは区別されている。

無能力化剤には主に中枢神経系抑制剤と中枢神経系覚醒剤がある。前者としては、3-キノクリジニルベンジラート(BZ)、後者としてはリゼルグ酸ジエチルアミド(LSD)がある。後者は主に、神経系統、特に幻覚が生じ、迅速な行動を不能にさせる。

無能力化剤については情報が非常に少なく、また本報告書の目的にはあまり関係がないので、簡単な記述にとどめる。

(5) - 1 3-キノクリジニルベンジラート

3-キノクリジニルベンジラート :

3-Quinuclidinyl benzilate

1-Azabicyclo(2.2.2)octan-3-ol, benzylate (ester)

NATO code: B Z