

令和 3 年度化学物質規制対策事業
(特定物質危機管理体制構築事業)
報告書

令和 4 年 3 月

一般財団法人化学物質評価研究機構

令和 3 年度化学物質規制対策事業
(特定物質危機管理体制構築事業)報告書

目 次

はじめに

第 1 章 目的と概要 1

第 2 章 調査

第1節 調査対象物質 2

第2節 情報収集調査 8

おわりに 14

添付資料： 参考文献及び資料 15

はじめに

平成 16 年 6 月 18 日武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律(国民保護法)¹⁾が制定された。

国民保護法では第 102 条において下記のいずれかに該当する施設を「生活関連等施設」として武力攻撃事態等において、武力攻撃災害の発生又はその拡大を防止するため、都道府県知事は当該都道府県の区域内に所在する生活関連等施設の安全の確保が特に必要であると認めるときは、関係機関の意見を聴いて、当該生活関連等施設の管理者に対し、当該生活関連等施設の安全の確保のため必要な措置を講ずるよう要請することができるとしている。

1. 国民生活に関連を有する施設で、その安全を確保しなければ国民生活に著しい支障を及ぼすおそれがあると認められるもの
2. その安全を確保しなければ周辺の地域に著しい被害を生じさせるおそれがあると認められる施設

国民保護法に基づき経済産業省は平成 17 年 10 月に「経済産業省・資源エネルギー庁・中小企業庁国民保護計画」²⁾を策定した(最終改正令和 3 年 11 月)。この国民保護計画では生活関連等施設に該当する施設のうち武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律施行令(国民保護法施行令)³⁾第 28 条第 11 号に規定する毒性物質(化学兵器の禁止及び特定物質の規制等に関する法律(化学兵器禁止法)⁴⁾第二条第一項の毒性物質(同法第七条第一項の許可製造者、同法第十二条の許可使用者、同法第十五条第一項第二号の承認輸入者及び同法第十八条第二項の廃棄義務者並びに同法第二十四条第一項から第三項まで(同法第二十六条及び第二十七条において準用する場合を含む。))又は同法第二十八条の規定による届出をした者が所持するものに限る。))の取扱所(以下「生活関連毒性物質取扱所」という。)について次のように定めている。

武力攻撃事態等において製造産業局は、生活関連毒性物質取扱所について、化学兵器禁止法第 2 条第 3 項に規定する特定物質並びに同条第 5 項に規定する第一種指定物質及び第二種指定物質の区分に応じ、それぞれの保有量等にかんがみ武力攻撃災害の発生を防止するため必要があると認めるときは、以下のとおり対処するものとする。

A. 特定物質の取扱所

- ア. 武力攻撃予測事態においては、特定物質の保有状況その他の必要な情報を収集するとともに、安全確保措置の徹底を要請する。また、生活関連毒性物質取扱所に対し、保有する特定物質の廃棄の準備等を要請するとともに、その対応状況の報告を求める。
- イ. 武力攻撃事態においては、特定物質の保有状況その他の必要な情報を収集する。また、

生活関連毒性物質取扱所に対し、保有する特定物質の任意の廃棄又は命令による廃棄の準備を要請するとともに、その対応状況の報告を求め、その内容を国民保護対策本部及び必要に応じ都道府県その他の関係機関に報告する。

- ウ. 武力攻撃事態等において、毒性物質に係る武力攻撃災害の発生を防止するため緊急の必要があると認めるときは、国民保護法第 103 条第 3 項の規定に基づき、必要と認める生活関連毒性物質取扱所の管理者に対し、保有する特定物質の廃棄を命令するとともに、その対応状況の報告を求め、その内容を国民保護対策本部及び必要に応じ都道府県その他の関係機関に報告する。あわせて、生活関連毒性物質取扱所の被害の有無その他の必要な情報を収集する。
- エ. 生活関連毒性物質取扱所に係る武力攻撃災害が発生したときは、当該生活関連毒性物質取扱所の管理者に対する指導、助言、職員の派遣、関係機関への連絡等、被害の拡大防止及び応急の復旧のための措置を適確かつ迅速に講ずる。
- オ. 緊急の必要がなくなつたと認めるときは、ウに定めるところにより発出した特定物質の廃棄命令を直ちに解除する。

なお、武力攻撃及び武力攻撃事態とは武力攻撃事態等及び存立危機事態における我が国の平和と独立並びに国及び国民の安全の確保に関する法律(平成 15 年 6 月 13 日法律第 79 号)⁹⁾に以下のように定義されている。

1. 武力攻撃 我が国に対する外部からの武力攻撃をいう。
2. 武力攻撃事態 武力攻撃が発生した事態又は武力攻撃が発生する明白な危険が切迫していると認められるに至った事態をいう。

つまりテロ行為等の武力攻撃事態が生じた際には化学兵器禁止法に定められた特定物質(化学剤・毒ガス)を管理する特定物質の取扱所が攻撃の対象となる可能性があり、万一特定物質が漏洩した場合や、略奪された場合は国民生活に著しい支障を及ぼすおそれがある。そのため特定物質取扱事業所における不要不急な特定物質の廃棄を推進することが必要である。そこで本事業では化学兵器禁止法に規定する特定物質について特性、保持状態・量等を踏まえた上で、国内外の文献等に記載されている廃棄方法の安全性及び信頼性を理論的に検討した。

令和 4 年 3 月

第1章 目的と概要

1. 目的

我が国の化学物質取扱事業所は、環境保全・産業保安面において、法令の遵守と自主管理による世界最高水準の汚染・事故防止措置(安全管理)を実施し、効果を上げている。しかし、その一方、2001年9月11日のアメリカにおける同時多発テロ以降の世界的なテロによるリスクの増大などを踏まえれば、我が国においてもこのような非常事態に適確に対応するために、従来の事故や災害に対応する安全管理体制に加えて、テロリスト等による破壊行為等を想定した危機管理体制を整備し、国民の安全・安心をより確実なものとする必要がある。

本事業では、かかる認識の下、武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律(以下「国民保護法」¹⁾という。)に基づく経済産業省国民保護計画²⁾の対象である化学兵器の禁止及び特定物質の規制等に関する法律(以下「化学兵器禁止法」⁴⁾という。)に規定される特定物質について、テロリストによる盗難、武力攻撃等による流出、漏洩等を未然に防止するため、平時においては、その保有の必要性や緊急性が低くなっているものの廃棄を推進しつつ、武力攻撃事態等により緊急の必要がある場合においては、経済産業省国民保護計画に基づき廃棄命令を行い、迅速かつ確実に廃棄させる必要がある。このため、必要な情報収集を行った。

2. 事業の概要

化学兵器禁止法に規定する特定物質(選択した8物質程度)について、近年の当該物質の適確な廃棄及び分析方法に関する国内外の先行研究等について、各種文献の調査、化学兵器禁止機関(OPCW)及び関係機関が主催するワークショップやWebセミナー等(事業期間中に有益なものが開催される場合)への参加により情報を収集した。

第2章 調査

第1節 調査対象物質

本調査では化学兵器の禁止及び特定物質の規制等に関する法律施行令⁹⁾ 別表の第三欄(毒性物質;表 1A 剤)及び第四欄(原料物質;表 1B 剤)に規定される毒性物質(29 物質)及び原料物質(5 物質)より、経済産業省担当官と協議の上、国内における保有量、許可使用者数、使用実績及び化学剤の特性等を勘案して表 1.1 及び表 1.2 に示す 8 物質を選択した。

表 1.1 調査対象特定物質

化兵法 No.	化兵法での名称	CWC 分類	分類	対象物質の例
				一般名 (コード)
1	O-アルキル=アルキルホスホノフルオリダート	表 1A.01	神経剤	ソマン (GD)
				シクロヘキシルサリン (GF)
2	O-アルキル=N・N-ジアルキル=ホスホルアミドシアニダート	表 1A.02	神経剤	タブン (GA)
3	O-アルキル=S-二-ジアルキルアミノエチル=アルキルホスホノチオラート	表 1A.03	神経剤	VX
8	一・二-ビス(二-クロロエチルチオ)エタン(別名セスキマスタード)	表 1A.04	びらん剤	セスキマスタード (Q)
13	ビス(二-クロロエチルチオエチル)エーテル(別名 O-マスタード)			O-マスタード (T)

表 1.2 調査対象原料物質

化兵法 No.	化兵法での名称	CWC 分類	分類	一般名
4	O-イソプロピル=メチルホスホノクロリダート(別名クロロサリン)	表 1B.11	前駆物質	クロロサリン
5	O-ピナコリル=メチルホスホノクロリダート(別名クロロソマン)	表 1B.12	前駆物質	クロロソマン

1. ソマン(GD)、シクロヘキシルサリン(GF)及びタブン(GA)

ソマン(GD)及びシクロヘキシルサリン(GF)は化学兵器禁止条約(CWC)¹⁰⁾では表 1A.01 に分類される O-アルキル=アルキルホスホノフルオリダートの一種である。同条約においては O-アルキルのアルキル基の炭素数が 10 以下でシクロアルキル基であるものを含み、かつ、アルキルホスホノフルオリダートのアルキル基の炭素数が 3 以下(メチル、エチル、ノルマルプロピル及びイソプロピル)であるものに限ると定義されている。これらには類縁物質としてサリンがあり、既知の化学兵器の中で最も毒性の高い神経ガスの 1 つである。また、ソマンへの暴露は数分で死を引き起こす可能性¹¹⁾がある。

タブン(GA)は化学兵器禁止条約(CWC)¹⁰⁾では表 1A.02 に分類される O-アルキル=N・N-ジアルキル=ホスホルアミドシアニダートの一種である。同条約においては O-アルキルのアルキル基の炭素数が 10 以下でシクロアルキル基であるものを含み、かつ、N・N-ジアルキルのアルキル基の炭素数が 3 以下(メチル、エチル、イソプロピル及びノルマルプロピル)であるものに限ると定義されている。毒性は非常に高く、タブンに曝されると、数分で死に至る可能性¹¹⁾がある。

ソマン及びタブン等は第二次世界大戦中にドイツで開発され¹²⁾、タブンについては、イラン・イラク戦争(80～88 年)において使用が確認された¹³⁾。

表 1.3～表 1.5 にソマン、シクロヘキシルサリン及びタブンの情報を示す。

表 1.3 ソマン(GD)の情報

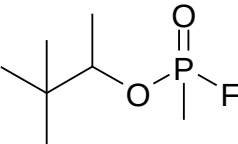
名称 / 一般名	O-Pinacolyl methylphosphonofluoridate / Soman	
コード	GD	
構造式		
CAS RN	96-64-0	
物理的及び 化学的性質 ^{11,14)}	性状	無色透明液体
	におい	樟脳や腐った果実のような匂い
	沸点	198℃
	融点	-42℃
	蒸気圧	0.4 mm Hg (25℃)

表 1.4 シクロヘキシルサリン(GF)の情報

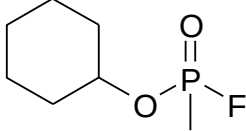
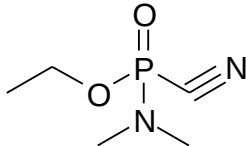
名称 / 一般名	O-Cyclohexyl methylphosphonofluoridate / Cyclohexylsarin	
コード	GF	
構造式		
CAS RN	329-99-7	
物理的及び 化学的性質 ¹⁴⁾	性状	無色の液体
	におい	無臭または果実臭またはかび臭い
	沸点	239℃
	融点	-30℃
	蒸気圧	0.044 mm Hg (20℃)

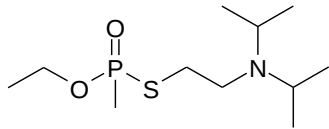
表 1.5 タブン(GA)の情報

名称 / 一般名	O-Ethyl N,N-dimethylphosphoramidocyanidate / Tabun	
コード	GA	
構造式		
CAS RN	77-81-6	
物理的及び 化学的性質 ^{11,14)}	性状	透明、無色から琥珀色の液体
	におい	苦いアーモンドを思わせるフルーティーな香り
	沸点	240℃
	融点	-50℃
	蒸気圧	0.037 mm Hg (20℃)

2. VX

VX は化学兵器禁止条約(CWC)¹⁰⁾では表 1A.03 に分類される O-アルキル=S-2-ジアルキルアミノエチル=アルキルホスホノチオラートの一種である。同条約においては O-アルキルのアルキル基の炭素数が 10 以下でシクロアルキル基であるものを含み、かつ、ジアルキル及びアルキルホスホノチオラートのアルキル基の炭素数が 3 以下(メチル、エチル、ノルマルプロピル及びイソプロピル)であるものに限ると定義されている。皮膚へのわずか 1 滴の VX の付着によっても、致命的となる可能性がある¹¹⁾。2017 年にはマレーシアで VX による殺人が報道された¹⁵⁾。表 1.6 に VX の情報を示す。

表 1.6 VX の情報

名称	O-Ethyl S-2-diisopropylaminoethyl methyl phosphonothiolate	
コード	VX	
構造式		
CAS RN	50782-69-9	
物理的及び 化学的性質 ^{11,14)}	性状	透明で琥珀色の油性液体
	におい	無臭
	沸点	298℃
	融点	-51℃未満
	蒸気圧	0.0007 mm Hg (25℃)

3. セスキマスタード(Q)及び O-マスタード(T)

セスキマスタード(Q) 及び O-マスタード(T)は化学兵器禁止条約(CWC)¹⁰⁾では表 1A.04 に分類され、皮膚に接触すると炎症を起こすびらん系化学剤である。他にびらん剤としては硫黄マスタード類があるが、硫黄マスタードよりも蒸気圧が低いため、呼吸器を対象とする剤としては非効率的である¹⁴⁾。セスキマスタード及び O-マスタードは硫黄マスタードより 2 倍から 5 倍強力であり、硫黄マスタードのヒト推定吸入半数致死濃度(LC₅₀)は 1500 mg・min/m³であるのに対し、セスキマスタードでは 300 mg・min/m³、O-マスタードでは 400 mg・min/m³である。セスキマスタード及び O-マスタードは兵器として使用されるマスタードに不純物として含まれることがある¹⁶⁾。

表 1.7 及び表 1.8 にセスキマスタード及び O-マスタードの情報を示す。

表 1.7 セスキマスタード(Q)の情報

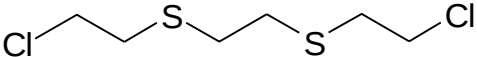
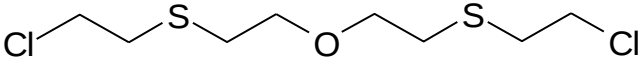
名称 / 一般名	1,2-Bis(2-chloroethylthio)ethane / Sesquimustard	
コード	Q	
構造式		
CAS RN	3563-36-8	
物理的及び 化学的性質 ¹⁴⁾	性状	固体
	におい	にんにくのような匂い
	沸点	分解する
	融点	56°C
	蒸気圧	3.5×10 ⁻⁶ mm Hg (25°C)

表 1.8 O-マスタード(T)の情報

名称 / 一般名	1,5-Bis(2-chloroethylthioethyl)ether / O-mustard	
コード	T	
構造式		
CAS RN	63918-89-8	
物理的及び 化学的性質 ¹⁴⁾	性状	粉体
	におい	にんにくのような匂い
	沸点	分解する
	融点	45°C
	蒸気圧	3×10 ⁻⁶ mm Hg (25°C)

4. クロロサリン及びクロロソマン

クロロサリン及びクロロソマンは化学兵器禁止条約(CWC)¹⁰⁾では表 1B.11 及び 12 に分類される。表 1.9 及び表 1.10 にクロロサリン及びクロロソマンの情報を示す。なお、両物質ともに物性的及び化学的性質に関する情報は得られなかった。

表 1.9 クロロサリンの情報

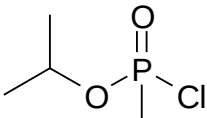
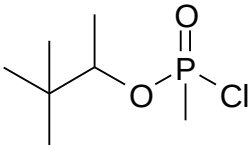
名称 / 一般名	O-Isopropyl methylphosphonochloridate / Chlorosarin
構造式	
CAS RN	1445-76-7

表 1.10 クロロソマンの情報

名称 / 一般名	O-Pinacolyl methylphosphonochloridate / Chlorosoman
構造式	
CAS RN	7040-57-5

第2節 情報収集調査：文献等による廃棄方法等の調査

1. 文献調査

化学剤廃棄方法の安全性及び信頼性は以下の観点から評価される^{6,7)}。

- ・ 目的とする化学剤が迅速かつ確実に分解されること
- ・ 化学剤の分解物の毒性が低いこと
- ・ 有害な廃棄物を生じないこと
- ・ 爆発や火災などの危険性が少ないこと
- ・ 廃棄に用いられる薬剤等の毒性が低いこと

化学剤廃棄のための処理技術は熱処理技術と化学的処理技術に大別される^{6,7)}。熱処理技術には燃焼処理法、輻射熱式分解法、プラズマトーチ法、溶融媒体熱処理法、高温水素ガス還元処理法、密閉容器内爆発処理法、地中爆発処理法がある。このうち燃焼処理法は炉内で化学剤等を燃焼させる技術であり、処理対象物の状態、必要な燃焼温度等に応じて数種類の炉が用いられる。燃焼は最も強力な酸化反応の一つであり確実な化学剤無害化の手段といえる。焼却処理法は、米国における化学剤処理の中心技術として適用され、ドイツ、イギリス、ベルギーにおける処理も焼却処理法が採用された。

焼却処理法は実際の処理に採用された実績があり、信頼性が高い方法である。

一方、化学的処理技術には中和法、超臨界水酸化法、電気化学酸化法、溶融和還元処理法、ナトリウム還元処理法がある。中和法では水酸化ナトリウムなどのアルカリ及び次亜塩素酸ナトリウム溶液等が一般に用いられる。

【調査方法】

上記内容を踏まえ、表 1.1 及び 1.2 に示す 8 物質に係る廃棄方法に関する国内外の先行研究及び実証例を中心に、無害化方法、分析方法、除染方法、分解物等に係る情報を文献等から幅広く収集した。情報収集に当たっては下記に示す科学情報検索用データベース等を活用した。

- | | |
|--------------------------|---|
| 1) STN on the web : | https://stnweb-japan.cas.org/ |
| 2) Free Patents Online : | http://www.freepatentsonline.com/ |
| 3) Google Scholar : | http://scholar.google.co.jp/schhp?hl=ja |
| 4) J-GLOBAL : | https://jglobal.jst.go.jp/ |

1.1 文献調査結果全般について

「分解」「除染」「廃棄」「解毒」等をキーワードとして表 1.1 及び 1.2 に示す 8 物質についての文献を検索し、リストアップされた全 207 文献(特許情報含む)の要約を確認した。確認した文献のほとんどは神経剤(VX、ソマン、シクロヘキシルサリン、及びタブン)に関する文献であり、びらん剤(セスキマスタード及び O-マスタード)を対象とした文献の数はわずか(3 文献)のみであった。また、原料物質(クロロサリン及びクロロソマン)についての文献もわずか(11 文献)であり、更にその大半は原料物質を主として対象とした文献ではなかった。

分解方法の種類としては、金属有機構造体(MOF : Metal Organic Frameworks)による吸着・分解が最も多く、その他には酸化金属ナノ粒子による光触媒による分解、及び酵素による分解などがあった。これらの方法は有用である可能性はあるものの、加水分解や燃焼分解と比較すると準備する試薬や器材が特殊である場合が多く汎用性で劣るため、現時点では取扱所における分解方法として採用するには難しい。一方で、現在盛んに研究が進められている MOF 法等については、使用する試薬等の普及により汎用性の問題を解決する可能性もあるため、今後の研究の動向について引き続き注視する必要があると考えられる。

1.2 ソマン(GD)、シクロヘキシルサリン(GF)及びタブン(GA)

燃焼による処理においては、加熱して分解するとリン酸酸化物の非常に有毒なガスを放出する可能性がある。また、ソマン及びシクロヘキシルサリンについては、加熱による分解や蒸気と反応させたりするとフッ化物の煙が放出されるため^{11,14}、一般的な焼却炉での処理は困難である。

化学反応による処理では、ソマン、シクロヘキシルサリン及びタブンいずれの物質もアルカリ性の条件で容易に加水分解される^{11,14}。早川のレビュー¹⁷においては、ソマン及びタブンの除染方法として「次亜塩素酸ナトリウム水溶液、アルカリ溶液」との記載がある。また、瀬戸¹⁸により、ソマン及びタブンはアルカリ性条件下で加水分解されることが報告されている。各種のアルカリ性試薬は入手が容易であるため、試験室レベルでの分解処理に適していると考えられる。

加水分解、燃焼処理以外の分解処理方法としては、平成 22 年度化学物質安全確保・国際規制対策推進等(特定物質危機管理体制構築事業)の文献調査⁹)において、プラズマトーチ熱処理法処理や、酵素による分解法による分解などが確認された。本事業で調査した近年の文献調査においては、ソマンではアルミン酸マグネシウム¹⁹や MOF²⁰、シクロヘキシルサリンでは有機リン加水分解酵素(OPH; EC 3.1.8.1)²¹、タブンでは C20 フラーレン²²を、それぞれ用いた分解・除染方法が報告されている。しかし、いずれも試験室での運用においては、安全性や試薬入手の観点から加水分解、及び燃焼処理と比較して汎用性に劣ると考えられる。

1.3 VX

VX の除染には次亜塩素酸カルシウム及び水酸化ナトリウムが用いられる²³⁾。アルカリによる加水分解では VX と似た神経への毒性を有する S-2- Diisopropylaminoethyl methylphosphonothioic acid (EA-2192)が生成する可能性があるため、分解後に分解物を次亜塩素酸ナトリウムや超臨界水による酸化処理を行う²⁴⁾。

なお、次亜塩素酸塩や N,N-dichloroisocyanurate 等の酸化剤を用いた場合、VX は効果的に分解され、エチルメチルホスホン酸(EMPA)とスルホン酸となる。また、アルコール溶媒を用いた塩基性条件下でも EA-2192 を形成せずに分解が可能である²⁴⁾。そのため、分解物の毒性を考慮すると酸化剤を用いた分解が望ましいと考えられる。

Sanping Zhao ら²⁶⁾はアルカリ性条件下でホウ酸で活性化した過酸化水素により、VX、ソマン、及び硫黄マスタードが効果的に毒性の低い化合物まで分解されることを報告している。また、Jinxing Yang ら²⁶⁾が非水性の分解液(エタノールアミン、ベンジルアルコール、水酸化カリウム、ジメチルスルホキシド、および 18-クラウン-6-エーテルの混合液)が、VX 及びソマンの P-F および P-S 結合を切断し、優れた除染性能を有することを報告している。いずれも汎用的な試薬のみで処理が可能と考えられ、取扱所における分解方法として採用できる可能性がある。

その他の最近の研究として、酸性活性粘土²⁷⁾やフッ化カリウム/酸化アルミニウム²⁸⁾、及び水酸化ジルコニウム²⁹⁾などを用いた除染・分解方法が認められたが、いずれも試験操作の煩雑さや材料入手の観点等から汎用性に劣ると考えられる。

1.4 セスキマスタード(Q)及び O-マスタード(T)

燃焼による処理においては、加熱して分解することにより硫黄酸化物と塩素の非常に有毒なガスを放出するため¹⁴⁾、一般的な焼却炉における処理は困難である。

また、セスキマスタード及び O-マスタードは水にあまり溶けないが、溶ける少量は水に反応し、加水分解が起こるとされ、25℃での加水分解半減期はセスキマスタードで 1.7 分、O-マスタードで 2.8 分である¹⁴⁾。

Timothy ら³⁰⁾は 25℃で重アセトン/重水=1:1 溶媒にセスキマスタードを添加し、添加後の各時間における ¹H-NMR を測定している。添加 10 分後では主なピークはセスキマスタードであるのに対し、7 時間後には加水分解によりセスキマスタードの塩素が水酸基に置換した物質が主成分となっていることを報告している。しかし、¹H-NMR スペクトルによる構造推定が主であり定量はされておらず、分解率についての記述もない。

A. K. Gupta ら³¹⁾はデカン溶媒中、セスキマスタード及びその 10 倍量の金属ナトリウムを混合・攪拌及び還流することで脱硫(desulfurization)を行い、40 分で完全に分解したと報告している。また、ガスとして発生する分解物についても分析した結果、対

応するアルカン、アルケン及びアルコール等が得られている。ただし、金属ナトリウムは水または空気中の水分と反応して発熱し、水素ガスを発生し発火する危険性があるため、取り扱い及び処理には十分留意しなければならない。

1.5 クロロサリン及びクロロソマン

これらの原料物質については、今回の調査した範囲では廃棄及び分析方法に関する有用な文献が確認できなかった。

2. Web セミナーへの参加

化学兵器禁止法に規定する特定物質に関連した情報収集のため、化学兵器禁止機関(OPCW)及び関連機関が主催する下記の Web セミナーに参加した。本セミナーは主にアジア諸国向けの化学兵器や化学事故に対する危機管理(支援と防護)についての基礎的な内容であり、10 のテーマについての発表があった。発表テーマを以下に示す。

タイトル: Basic Training Course on Assistance and Protection against Chemical Weapons and Emergency Response to Chemical Incidents

主 催: OPCW とマレーシア政府による共催

日 時: 2021 年 11 月 29 日(月) ~ 12 月 2 日(木) 計 4 日間

開催方法: Online Event (OPCW ウェブサイト内の E-Learning (TalentSoft platform))

テーマ① Chemical Weapon Convention and its Article X on Assistance and Protection, and its implementation

化学兵器禁止条約の第 10 条(援助及び化学兵器に対する防護)や、マレーシアにおける本条約への対応状況や関連機関(National Authority Chemical Weapons Convention(NACWC))等の紹介

テーマ② Introduction to Chemical Warfare Agents and Toxic Industrial Chemicals(CWA/TIC)

窒息剤、びらん剤、血液剤及び神経剤の主要な 4 種の化学兵器についての概要説明

テーマ③ Protection

化学兵器等からの防護(主に個人防護具)に関する概要説明

テーマ④ Detection

化学兵器等のスクリーニングや同定のための検知器についての概要説明

テーマ⑤ Decontamination

化学兵器等による事故における様々な除染方法についての概要説明

テーマ⑥ Reconnaissance

化学兵器等による汚染状況や危険性を事前調査するための偵察についての概要説明

テーマ⑦ Evidence Collection

化学兵器等による事故や汚染の証拠収集のための概要説明

テーマ⑧ Medical Response

化学兵器等による事故や汚染に対する医療対応に係る概要説明

テーマ⑨ Scenario-based step-by-step response

テーマ②～⑧の一連の過程について、動画を用いた実例紹介

テーマ⑩ Chemical Weapon Ricin

特定物質の一つであるリシンについての概要説明(物理化学的性質、毒性等)

おわりに

化学兵器禁止法に規定する特定物質のうち、国内における保有量等を勘案して 8 物質(神経剤 4 物質(ソマン、シクロヘキシルサリン、タブン及び VX)、びらん剤 2 物質(セスキマスタード及び O-マスタード)、及び原料物質 2 物質(クロロサリン及びクロロソマン))を選択し、当該物質の適確な廃棄方法を検証するため、国内外の文献等に記載されている廃棄方法を調査・検討した。平時及び緊急事態時において特定物質を的確に処理するため、今後も情報収集を継続することが重要と考えられる。

参考文献

- 1) 武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律(平成 16 年法律第 112 号)<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=416AC0000000112>
- 2) 経済産業省・資源エネルギー庁・中小企業庁国民保護計画(平成 17 年 10 月)
https://www.meti.go.jp/intro/data/pdf/ene_sme_protection202111.pdf
- 3) 武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律施行令
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=416CO0000000275>
- 4) 化学兵器の禁止及び特定物質の規制等に関する法律(平成 7 年 4 月 5 日法律第 65 号)
https://elaws.e-gov.go.jp/document?law_unique_id=407AC0000000065_20190914_501AC0000000037
- 5) 武力攻撃事態等及び存立危機事態における我が国の平和と独立並びに国及び国民の安全の確保に関する法律(平成 15 年 6 月 13 日法律第 79 号)
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=415AC0000000079>
- 6) 平成 22 年度 化学物質安全確保・国際規制対策推進等(特定物質危機管理体制構築事業)報告書, 平成 23 年 2 月, 一般財団法人化学物質評価研究機構
- 7) 平成 23 年度 化学物質安全確保・国際規制対策推進等(特定物質危機管理体制構築事業)報告書, 平成 24 年 2 月, 一般財団法人化学物質評価研究機構
- 8) 令和 2 年度 化学物質規制対策事業(特定物質危機管理体制構築事業)報告書, 令和 3 年 3 月, 一般財団法人化学物質評価研究機構
- 9) 化学兵器の禁止及び特定物質の規制等に関する法律施行令
(平成 7 年 5 月 1 日政令第 192 号)
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=407CO0000000192>
- 10) Chemical Weapons Convention(化学兵器禁止条約), <http://www.opcw.org/chemical-weapons-convention/download-the-cwc/>
- 11) The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Emergency Response Safety and Health Database <https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/>
- 12) 瀬戸, 生物化学剤の除染法, YAKUGAKU ZASSHI, 129(1) 53-69, 2009
- 13) 外務省, 化学兵器の拡散防止(化学兵器禁止条約(CWC)とオーストラリア・グループ(AG)) https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/bwc/cwc_ag/index.html
- 14) Hazardous Substance Data Bank (HSDB) <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
- 15) 瀬戸, 化学テロ対処における分析, YAKUGAKU ZASSHI, 139(5) 715-724, 2019
- 16) Sharon W. Lemire *et al.*, Mass Spectral Behavior of the Hydrolysis Products of Sesqui- and Oxy-Mustard Type Chemical Warfare Agents in Atmospheric Pressure Chemical Ionization, Journal of the American Society for Mass Spectrometry, 2007, 18, 1364-1374
- 17) 早川, 環境汚染物質の分解・処理について, YAKUGAKU ZASSHI, 129(1) 35-43, 2009

- 18) 瀬戸, 化学剤の分析法と現場検知法, YAKUGAKU ZASSHI, 126(12) 1279-1299, 2006
- 19) Prasad, G. K *et al.*, Magnesium aluminate nanoparticles for chemical detoxification of sarin and soman, Nanoscience and Nanotechnology, 2020, 20, Number 6. 3547-3553(7)
- 20) Dr. Su-Young Moon *et al.*, Detoxification of Chemical Warfare Agents Using a Zr6-Based Metal-Organic Framework/Polymer Mixture, Chemistry-A European Journal, 2016, 22, Issue 42 p. 14864-14868
- 21) Takeshi Ohmori *et al.*, Decontamination of nerve agents by immobilized organophosphorus hydrolase, Forensic Toxicology, 2013, 31, pages37–43
- 22) Seyyed Amir Siadati *et al.*, Possibility of sensing, adsorbing, and destructing the Tabun-2D-skeletal (Tabun nerve agent) by C20 fullerene and its boron and nitrogen doped derivatives, Synthetic Metals, 2016, 220, Pages 606-611
- 23) N.B. Munro *et al.*, The Sources, Fate, and Toxicity of Chemical Warfare Agent Degradation Products, Environmental Health Perspectives, 107, 12 (1999) 933-974
- 24) National Library of Medicine, WebWISER(the Emergency Response Guidebook 2020) : VX,
<https://webwiser.nlm.nih.gov/substance?substanceId=389&identifier=VX&identifierType=name&menuItem=58&catId=75>
- 25) Sanping Zhao *et al.*, Rapid activation of basic hydrogen peroxide by borate and efficient destruction of toxic industrial chemicals (TICs) and chemical warfare agents (CWAs), Journal of Hazardous Materials, 2019, 367, Pages 91-98
- 26) Jinxing Yang *et al.*, Nucleophilic Degradation of Chemical Warfare Agents Using Nonaqueous Decontamination Formula, Industrial & Engineering Chemistry Research, 2017, 56, 51, 14933–14939
- 27) Sun Dal Kim and Yong Han Lee, Decontamination of VX with Acid-Activated Clay, ACS Chemical Health & Safety, 2020, 27, 5, 280–287
- 28) Gil Fridkin *et al.*, Solvent Effects on the Reactions of the Nerve Agent VX with KF/Al₂O₃: Heterogeneous or Homogeneous Decontamination?, The Journal of Organic Chemistry, 2016, 81, 5, 2154–2158
- 29) Teresa J. Bandosz *et al.*, Reactions of VX, GD, and HD with Zr(OH)₄: Near Instantaneous Decontamination of VX, The Journal of Physical Chemistry C, 2012, 116, 21, 11606–11614
- 30) Timothy D. St Quintin *et al.*, Hydrolysis of Sesquimustards, Australian Journal of Chemistry, 2003, 56, 309-313
- 31) A. K. Gupta *et al.*, A simple and economical chemical neutralization method for the destruction of sulfur mustard and its analogues, Journal of Hazardous Materials, 2007, 139 154-159