

Weapons Convention (CWC), in effect since 1997, prohibits the use of chemical warfare agents, restricts the quantity that signatories may hold for research purposes and requires signatories to destroy existing stockpiles [12].

工業や農業、医療の分野で合法的に使われる一方、化学物質は暴徒やテロリストにより、武力衝突において使用されてきた。第一次世界大戦中、化学物質、特に塩素、ホスゲン、硫黄マスタードそのものの使用は、死者 91,198 人、負傷者 1,205,655 人の原因となった[10]。第一次世界大戦以降、神経剤である有機リン化合物の G 剤(サリン、ソマン、タブンなど)やV剤(VXなど)を含む、新たな化学剤の開発が進んだ。硫黄マスタードは 1980～88 年のイラン-イラク戦争で使用され、20,000 名の犠牲者をもたらした[11]。1997 年から有効となった化学兵器禁止条約(CWC: Chemical Weapons Convention)は、化学剤の使用を禁止し、加盟国に対して、研究目的で保有する量を制限するとともに貯蔵(保有、備蓄)する化学剤の破棄を要求した[12]。

Deliberate chemical incidents occur when terrorists release a chemical in order to kill or injure humans or animals, to destroy crops or to cause extreme economic or environmental damage. Deliberate releases can occur at locations within the production, use, storage, disposal or transportation cycle of the chemical but also at totally unexpected locations. Terrorists have used reactive (explosive), flammable and toxic chemicals in their attacks. Transportation systems, especially subways and commuter rail lines, have been the principal targets as these afford easy access, have minimal security and are used by large numbers of people with luggage, bags and packages [13-15]. In 1994 Aum Shinrikyo became the first terrorist group to produce and use the nerve agent sarin when it released sarin outdoors in the city of Matsumoto, killing 7 individuals and injuring 262. In March 1995 Aum again released sarin, this time in the Tokyo subway, killing 12 individuals and causing 5,498 to seek medical attention [16].

テロリストが人類や動物の殺傷、農作物の破壊、経済や環境に深刻なダメージを与えることを目的として化学物質を放出すると、意図的な化学災害が起こる(=意図的な化学災害とは、テロリストによるヒトや動物の殺傷、農作物の壊滅、経済や環境に甚大な損害を与えるために、化学物質を放出することである)。意図的な放出は、製造、使用、貯蔵、廃棄、輸送という化学物質のサイクルの中で起こるだけでなく、全く想定していない場面で起こる。テロリストは、反応性が高く(爆発性があり)、可燃性が高く、有毒な化学物質を攻撃で使用してきた。交通機関、特に地下鉄や通勤列車は、アクセスが容易で、最低限の警備、旅行カバンやバッグ、小さな荷物を持った多くの人々が利用することから、主な標的とされてきた[13-15]。1994 年にオウム真理教は、松本市の屋外でサリンを放出し 7 人の死者と 262 人の負傷者をもたらし、神経剤のサリンを製造し使用した最初のテロリスト集団となった。1995 年 3 月、オウムは東京の地下鉄で再びサリンを散布し、12 人が死亡し 5,498 人が医療機関を受診した[16]。

Chemicals that consumers can purchase for home use, such as acids and alkalis, cleaners and pesticides are of concern. Hydrogen sulphide, which is produced by mixing

readily available household chemicals [17], and phosphine, which is released by the action of water on phosphide fumigants and rodenticides (e.g., aluminium phosphide, zinc phosphide) [18,19], are widely used in suicides. The rodenticide, tetramethylene disulphotetramine (TETS), has been implicated in several homicides [20]. The inclusion of toxic chemicals as ingredients in food, beverages and consumer products continues to cause deaths and serious injuries (e.g., contaminated cooking oil [21], diethylene glycol in medications [5,22] and melamine in milk powder [23]).

酸、アルカリ、洗剤や殺虫剤のように、消費者が家庭用に購入できる化学物質には懸念がある。容易に入手できる家庭用の化学物質を混合することにより発生する硫化水素や[17]、リン化合物の燻蒸剤や殺鼠剤(リン化アルミニウム、リン化亜鉛など)と水との反応で発生するホスフィン[18,19]、自殺に広く使用されている。殺鼠剤のテトラミン(TETS)は、過去に数件の殺人事件に使用された。食品や飲料、家庭用品に原料として混入された有毒化学物質が、死亡や重篤な傷害をもたらすことも続いている[20](例:食用油の汚染[21]、医薬品へのジエチレングリコールの混入[5,22]、粉ミルクへのメラミンの混入[23])。

### Scoping the problem

As shown above, chemicals are produced, used, stored, disposed of and transported widely and have the potential to harm the health of the public as a consequence of both acute and chronic health effects. Therefore, it is essential that countries develop emergency plans and prepare for chemical incidents at the local, regional, national and international level. Prioritization of risk is essential if resources are to be used efficiently. Hazards must be identified, risks prioritized and risk reduction strategies developed. Having a well-developed plan for risk prioritization and risk reduction can help adapt and focus preparedness efforts on chemicals of greatest concern for a given jurisdiction and ultimately, reduce casualties and hasten recovery [5].

#### 問題のスコーピング(範囲の絞込み)

先に示したように、化学物質は広く製造、使用、貯蔵、廃棄、輸送されており、急性と慢性双方で健康に影響して、公衆に健康危害をもたらす潜在的な危険性がある。それゆえ、各国は緊急対応計画を作成して、地域、地方、国、国際的なレベルで化学災害に備える事が不可欠である。資源を有効活用するには、リスクの優先順位付けが必須(不可欠)である。ハザード(危険有害性)を特定し、リスクを優先順位付けし、リスクを減らす戦略を立てなければならない。リスクの優先順位付けとリスク削減のための良く開発された(検討された、練られた)計画があれば、与えられた管轄で最も大きな懸念のある化学物質に対する適応と準備努力に焦点を絞る助けとなり、最終的には被災者を減らして復興を早めることへと繋がる[5]。

### Development of a screening tool

The CEWG developed the following screening tool to prioritize the risk posed by the accidental or deliberate release of chemicals into the atmosphere. This tool is consistent

with the following WHO statements that:

1. A release of a gas or aerosol into the atmosphere, resulting in an inhalational exposure, is likely to cause the maximum number of casualties [5]
2. Chemical incidents can cause injury through four basic injury mechanisms (fire, explosion, toxicity and the experience of traumatic events) [5]

#### スクリーニングツールの開発

化学イベントワーキンググループ(CEWG)は偶発的または意図的な大気中への化学物質の放出により発生するリスクの順位付けをおこなうスクリーニングツールを開発した。このツールは、次に示した WHO の声明に則ったものである。

1. 気体やエアロゾルの大気中への放出は、結果として吸入曝露となり、最大多数の被災者(死傷者)を発生させる恐れがある。[5]
2. 化学災害は 4 つの基本的な傷害機序(火災、爆発、中毒、衝撃的な事件の経験)により傷害を起こす[5]。

The tool is semi-quantitative, independent of site, situation and scenario and encompasses all chemical hazards (toxicity, flammability and reactivity). CEWG considered it essential that the tool be easily and quickly implemented by non-subject matter experts using freely available, authoritative information. Chemical warfare agents and industrial chemicals (HPV, specialty, pharmaceuticals and pesticides) have been considered but toxins, even if they could be synthesized, have not.

そのツールは、半定量的であり、場所・状況・シナリオに依存せず、全ての化学的ハザード(危険有害性)(毒性、可燃性、反応性)を網羅する。化学イベントワーキンググループ(CEWG)は、自由に入手可能で信頼できる情報を利用することにより、その領域の専門家でなくとも、そのツールを容易かつ迅速に扱うことができるという点が重要であると考えた。化学剤や工業的な化学物質(生産量の高いもの、専門性の高いもの、医薬品、農薬)は考慮されたが、トキシン(注:自然毒)については、もし合成できるものであったとしても、考慮されなかった。

#### ***Definition of risk***

Risk is defined as the likelihood of harm occurring. CEWG used the definition of risk given in the Global Harmonized System of the Classification and Labelling of Chemicals [24]. This definition is general, not dependent on a particular scenario or situation and encompasses all chemical hazards.

$$\text{Risk} = (\text{severity of hazard}) \times (\text{probability of exposure}) \quad (1)$$

#### リスクの定義

リスクは危害の起こり易さと定義される。化学イベントワーキンググループ(CEWG)は、化学物質の分類および表示に関する世界調和システムで示されたリスクの定義を使用した[24]。この定義は一般的であり、特定の状況やシナリオに依存せず、全ての化学物質のハザード(危険有害性)を網羅するものである。

$$\text{リスク} = (\text{ハザード(危険有害性)の重大性}) \times (\text{曝露の蓋然性}) \quad (1)$$

### ***Determining severity of hazard***

Hazard by definition refers to an inherent property of an object, place or situation that makes it potentially dangerous. In the context of chemicals, it is the degree of a chemical's capacity to harm by interfering with normal biological processes and its capacity to burn, explode, corrode, produce toxicological effects, etc. Hazard is an intrinsic property of the chemical that cannot be modified. Chemical hazards are usually divided into three categories: toxicity, flammability and reactivity, all of which can be quantified [25]. Some chemicals can present more than one hazard, e.g. hydrogen sulphide is both toxic and flammable [24].

The severity of hazard is defined as the maximum hazard posed by the chemical.

$$\text{Severity of hazard} = (\text{maximum hazard posed by the chemical}) \quad (2)$$

#### ハザード(危険有害性)の重大性の判定

ハザード(危険有害性)は定義上、潜在的な危険性を持つ、物体(物質)、場所、状況といった固有の特性とされる。化学物質に関しては、正常な生体内作用(生物学的プロセス、処理)を妨げて傷害する能力のことで、燃焼、爆発、腐蝕、毒性的な作用を作り出すなどの能力の程度のことである。ハザード(危険有害性)はその化学物質が本来持っている特性であり、変えることはできない。化学物質のハザード(危険有害性)は、通常3つのカテゴリー、毒性、可燃性、反応性に分類され、これらは全て定量的に表すことができる[25]。化学物質によっては複数のハザード(危険有害性)を有する物があり、例えば硫化水素は毒性と可燃性の両方を有する[24]。

ハザード(危険有害性)の重大性はその化学物質によって引き起こされる最大のハザード(危険有害性)と定義される。

$$\text{ハザード(危険有害性)の重大性} = (\text{化学物質によって引き起こされる最大のハザード(危険有害性)}) \quad (2)$$

For toxic chemicals, airborne releases can result in both inhalational and dermal exposures. Since inhalational exposures would most likely cause the maximum number of casualties [5], acute inhalation toxicity can be used as the toxicity parameter. When available, Acute Exposure Guidelines (AEGLs), developed by the United States Environmental Protection Agency (EPA), were used as the acute toxicity parameter. AEGLs represent threshold airborne exposure limits that are protective of public health and are applicable to emergency exposure periods ranging from 10 minutes to 8 hours. The AEGL-3, which is defined as the airborne concentration of a substance above which it is predicted that the general population, including susceptible individuals, could experience life-threatening health effects or death, was selected as the measure of the toxicity hazard [26]. When an AEGL-3 value was not available a Protective Action Criteria (PAC) value, developed by the United States Department of Energy, was used

[27]. Several different toxicity scoring schemes [24,28,29] were considered before the one given in Table 3 was agreed upon. CEWG used the United States National Fire Protection Association (NFPA) criteria and scoring for flammability and reactivity hazards [30].

有毒化学物質では、大気中への放出は、吸入と経皮の両方の曝露をもたらす可能性がある。吸入曝露は最大多数の被災者(死傷者)の原因となる可能性が最も高いので[5]、急性吸入毒性は毒性パラメーターとして使うことができる。米国環境保護庁(EPA:Environmental Protection Agency)が開発した急性曝露ガイドライン(AEGLs:Acute Exposure Guidelines)が利用可能な場合は、これを急性毒性のパラメーターとして使用した。AEGLs(急性曝露ガイドライン)は、吸入曝露の限界となる閾値(この閾値未満では健康が確保できる、健康危害がおこらない)を表し、これは10分から8時間の急性曝露の時間に適用できるものである。AEGL-3は、感受性が高い人を含めた一般住民の生命を脅かす健康被害や死を引き起こすことが予想される気中濃度と定義され、毒性ハザード(に関する危険有害性)の指標として採用された[26]。AEGL-3値が使用できないときは、米国のエネルギー省が作成した保護行動基準(PAC:Protective Action Criteria)の値が使用された[27]。表3に示すものが合意される以前に、いくつかの異なる毒性評価手順が検討された[24,28,29]。化学イベントワーキンググループ(CEWG)は可燃性と反応性に関するハザード(危険有害性)については、米国防火協会(NFPA)の基準を用いた[30]。

### **Table 3 Severity of hazard criteria and scoring of chemicals**

表3 化学物質のハザード(危険有害性)の重大性の基準とスコアリング(点数化)

The maximum hazard posed by a chemical is based on the highest score it received in one of the three hazard categories (inhalational toxicity, flammability and reactivity). The severity of hazard classes and scoring are given in Table 4.

化学物質によって引き起こされる最大のハザード(危険有害性)は、3つのカテゴリー(吸入毒性、可燃性、反応性)の中の一つの最も高い点数に基づいた。ハザード(危険有害性)の重大性の段階とスコア(点数)を表4に示す。

### **Table 4 Severity of hazard classes and scoring**

表4 ハザード(危険有害性)の重大性の段階とスコアリング(点数化)

This approach to determining severity of hazard is very informative as all hazards posed by a given chemical are clearly indicated. It is also flexible in that users can focus on a specific hazard category (e.g., inhalational toxicity) if they so desire.

危険有害性の重大性を判定するこの取り組みは、ある化学物質によってもたらされる全ての危険有害性を明瞭に示すのに、非常に有用である。ユーザーが望めば、例えば吸入毒性といった特定の危険有害性のカテゴリーに焦点を当てることができ、柔軟性もある。

### ***Determining probability of exposure***

The ease of release, either accidentally or deliberately, and the availability of the chemical can be used to estimate the probability of exposure [28,29].

$$\text{Probability of exposure} = (\text{ease of release}) \times (\text{availability}) \quad (3)$$

Airborne releases have the potential to cause massive casualties as once the chemical is released it has the potential to spread over a large area with little or no warning. Furthermore, unlike contaminated manufactured food or consumer products, airborne releases have zero possibility of recall. The Bhopal incident is an extreme example of casualties caused by a large airborne release of a toxic chemical [5,31,32]. The release of a highly flammable vapour cloud resulted in the explosions and fires in the Flixborough [6,33] and Pasadena Phillips66 incidents [6,34]. Since the ease of creating an airborne release is directly related to the vapour pressure of the chemical, vapour pressure can be used as an indicator of ease of release. Criteria and scoring for determining the ease of airborne release of a chemical, which are similar to those used in ITF-25 [28], are given in Table 5.

#### **曝露の蓋然性の判定**

偶発的であれ意図的であれ、その化学物質の放出されやすさ(しやすさ)と入手のしやすさで、曝露の蓋然性を見積もることができる[28,29]。

$$\text{曝露の蓋然性} = (\text{化学物質の放出されやすさ(しやすさ)}) \times (\text{入手のしやすさ}) \quad (3)$$

いったん化学物質が放出されると、前兆があるかないかのうちに広大な地域に拡散する可能性があるため、空気中への放出は大規模な被災者(死傷者)の原因となる恐れがある。その上、加工食品や家庭用品への混入とは異なり、空気中への放出は回収不能である。ボパール事故は有毒な化学物質が大気中に大量に放出されて引き起こされた大惨事(多くの死傷者が出た)の極端な例である[5,31,32]。フリックスボロ[6,33]やパサデナのフィリップス 66 社[6,34]の事故では、可燃性の高い蒸気雲が放出された結果、爆発と火災が起こった。大気への放出されやすさは、化学物質の蒸気圧と直接関連しているため、蒸気圧は放出されやすさの指標として使うことができる。化学物質の大気中への放出されやすさを特定するためのクライテリア(基準)とスコアリング(点数化)は、ITF-25[28]で使用されているものに類似しており、表5に示す。

### **Table 5 Vapour pressure scoring**

表5 蒸気圧のスコアリング(点数化)

As a general rule, the greater the availability of the chemical, the more likely it will be involved in a chemical release event [35]. Consequently, chemicals that are widely produced, used, stored or transported are more likely to be involved in releases than those that have limited or specialized use. HPV chemicals are most readily available in large quantities. Many other commercially available chemicals have wide use but in much more limited quantities.

一般に、化学物質の入手しやすさが上がるほど、化学物質の放出事故が起きやすくなる[35]。その結果、広く製造、使用、貯蔵、輸送されている化学物質は、制限されたり特別な使い方をしたりする物質よりも、放出を引き起こす可能性が高い。高生産量(HPV)の化学物質は、大量に最も容易に利用(入手)されやすい。他の多くの市販されている化学物質は、広く利用されているが、使用量はもっと限定的である。

For many potential deliberate release scenarios using toxic chemicals, the quantity of chemical required to successfully execute the scenario is modest, ranging from grams to 100 kilograms, especially if the release is in a confined space. Terrorists most likely will choose to use readily available toxic, flammable or explosive chemicals or those that can be easily produced from readily available chemicals [36]. However, terrorists may choose to use synthesized or imported chemical warfare agents [16].

有毒な化学物質を用いた多くの意図的な放出シナリオでは、特に閉鎖空間で放出させた場合、シナリオを遂行するのに必要な化学物質の量は数g～100kgとわずかである。テロリストは多くの場合、入手しやすいか、容易に入手可能な化学物質から簡単に製造できる、有毒もしくは可燃性や爆発性のある化学物質を選択するであろう[36]。また一方で、テロリストは合成したり輸入したりした化学剤の使用を選択するかもしれない[16]。

Criteria for determining the availability of chemicals are given in Table 6. The criteria are situationally independent as the general availability of the chemical rather than its availability in a specific location is considered. CEWG suggests that public health authorities undertake a detailed determination of all chemicals produced, used, stored, disposed of or transported through their area of responsibility so that the actual local/regional availability of the chemicals can be known. This survey would also note the location of each chemical, the quantity at that location, the state and security of the location, the adjacent population density and location of vulnerable facilities such as schools and hospitals.

化学物質の入手しやすさを判定する基準を表6に示す。基準は、ある特定の場所での入手しやすさというより、その化学物質の一般的な入手しやすさとみなされ、状況的には独立したものである。化学イベントワーキンググループ(CEWG)は、実際の地域や地方での化学物質の入手しやすさを把握できるように、公衆衛生当局が、管轄する地域で製造、使用、貯蔵、廃棄、輸送されている全ての化学物質の詳細にわたる決定を請け負うよう提唱している。この調査は、各化学物質の場所、その場所にある量、その場所の状態や治安、隣接地域も含めた人口密度、学校や病院のような脆弱な施設の立地(所在地)にも注目することがありうる。

#### **Table 6 Criteria for determining the availability of chemicals and scoring**

表 6 化学物質の入手しやすさの判定基準とスコアリング(点数化)

The probability of exposure is determined according to equation 3. The probability of exposure classes and scoring are given in Table 7.

曝露の蓋然性は、方程式3によって判定される。曝露の蓋然性の段階とスコアリング(点数化)を表7に示す。

### **Table 7 Probability of exposure classes and scoring**

表7 曝露の蓋然性のクラス段階とスコアリング(点数化)

(↑表7へのリンク)

### ***Determination of risk***

Several risk matrices were considered [29] before the five by five symmetrical matrix illustrated in Figure 1 was chosen. This matrix which gave the required degree of granularity was used to determine risk.

#### **リスクの判定**

図1に示した5×5の対称マトリクス(行列)が採択される以前に、いくつかのリスクマトリクス(行列)が検討された[29]。要求される程度の細かさに応える、この5×5の対称マトリクス(行列)は、リスクの判定に用いられた。

### **Figure 1 Risk matrix.**

図1 リスクマトリクス(行列)

### ***Validation of the screening tool***

Chemicals used to test the tool were from Tables 1 and 2, the EU: List of Chemicals and Thresholds Seveso II Directive [7,8], the United States: List of Chemicals and Thresholds Risk Management Plan (RMP) Program (Sec. 68.130) [9] and the US Department of Homeland Security list [37]. The results of the testing are given in Figure 2.

#### **スクリーニングツールの検証**

本ツールをテストするために、表1と表2に挙げた化学物質を用いた。EU:セベソ指令IIで定められた化学物質と閾値のリスト(List of Chemicals and Thresholds Seveso II Directive) [7,8], 米国: リスク管理計画(RMP)プログラム(Sec.68.130)で定められた化学物質と閾値のリスト(List of Chemicals and Thresholds Risk Management Plan (RMP) Program (Sec. 68.130) [9]、米国国土安全保障省のリスト(the US Department of Homeland Security list) [37].

テストの結果を図2に示す。

**Figure 2 Example showing determination of risk for chemicals released into the atmosphere.**



図2 大気中に放出された化学物質によるリスクの判定例

As expected HPV gases and high vapor pressure liquids, that are highly toxic, flammable or reactive, are ranked extreme risk (e.g., chlorine, hydrogen cyanide, methane, fluorine). Highly toxic solids, that primarily constitute an ingestion hazard, are ranked low to very low risk (e.g., sodium azide, potassium cyanide). Chemical warfare agents, although extremely toxic, are ranked moderate or low because of their low vapor pressure and difficulty in synthesis (e.g., sarin). In addition to the chemicals shown in Figure 2, the tool has been used to rank several hundred chemicals of potential concern. The rankings are consistent with those observed in previous studies [28,29,38].

Detailed instructions on using the tool are given in Additional File 1: Guide to using CEWG tool to determine risk.

予想されたとおり、毒性・可燃性・反応性の高いHPVガスや蒸気圧の高い液体は“リスクが極めて高い”に分類される(例:塩素、シアン化水素、メタン、フッ素)。毒性の高い固体は、主として経口摂取で危害が生じ、“リスクが低い”または“リスクが極めて低い”に分類される(例:アジ化ナトリウム、シアン化カリウム)。化学兵器は極めて毒性が高いが、蒸気圧が低く、合成するのが難しいので、“リスクが中程度”または“リスクが低い”に分類される(例:サリン)。図2に示した化学物質に加え、事故が懸念される数百の化学物質をランク付けするのに、本ツールを適用した。そのランク付け結果は、従来の研究と整合性が取れている[28,29,38]。

本ツールの詳しい使用説明を、添付のファイル1: (リスクを判定するCEWGツールの使用ガイド)に示す。

### **The role of the public health community in the chemical disaster management cycle**

The chemical risk prioritization tool presented in the previous sections allows for rapid screening of chemicals of greatest public health concern. However, ultimately, impacts and residual risk are situationally dependent. When planning for accidental releases, several measures such as conducting a survey of chemicals produced, used, stored, disposed of and transported through the area of concern combined with population data, allow public health practitioners to estimate the quantity of chemical that could be released and the number of individuals that could potentially be exposed and their duration of exposure. When planning for deliberate releases, additional measures such as ease of importing or producing an extremely hazardous chemical and identification of locations where release of the chemical could cause maximum harm must be considered. Ideally, all factors collectively designed to reduce the likelihood of a chemical release and to manage the release and impacts, should be considered to determine residual risks and assess vulnerabilities.

化学災害マネジメントサイクルにおける公衆衛生コミュニティの役割

前項に記した、化学物質のリスク優先順位付けのためのツールを使えば、公衆衛生上の最も懸念のある化学物質の迅速なスクリーニングを行なうことができる。しかしながら、インパクト(影響力)や残留リスクは、最終的には状況に依存する。化学物質の偶発的な放出に対して計画する時には、懸念される地域における人口データに加え、化学物質の製造、使用、貯蔵、廃棄、輸送についての調査実施といった、様々なデータによって、公衆衛生の実務者は放出される恐れがある化学物質の量、曝露する恐れのある人数、曝露時間を見積もることができるようになる。化学物質の意図的な放出に対して計画する時には、極めて有害な化学物質の輸入や製造のしやすさの程度と化学物質の放出により最大限の危害をおこしうる場所を特定するといったことを追加して検討しなければならない。理想的には、化学物質の放出の可能性を減らすため、また化学物質の放出とそのインパクト(影響)を管理するために総合的に策定された全ての要因は、残るリスクを評価し、脆弱性を見積もるために考慮されるべきである。

CEWG, in considering the role the public health community could play in preventing chemical incidents and minimizing the negative impacts of incidents on the exposed population and the environment, concluded that the public health community has a vital role within each of the five stages of the disaster management cycle (prevention, emergency planning and preparedness, detection and alert, response and recovery). The exact role will depend on the jurisdiction (local, regional, national, international) and the roles and capabilities of the other partners (industry, labour, government, international organizations) [5,6,39,40].

化学イベントワーキンググループ(CEWG)は、化学災害の予防や被災者(曝露した人)や環境への負の影響を最小限に抑えることに対して、公衆衛生コミュニティは、災害管理サイクルの5つの段階(防止、緊急時の計画と準備、検知と警告、対応、復旧)のそれぞれにおいて、極めて重要な役割を持つ(果たす)と結論した。実際の役割は、管轄(地域、地方、国、国際的なレベル)や他の協力者(産業、労働者、行政、国際組織)の役割と能力に依存するであろう[5,6,39,40]。

The first stage, prevention, focuses on reducing the likelihood of a chemical incident occurring and using all possible means (both organizational and technical) to reduce the severity of the incident if it does occur and to minimize its impact [5]. The public health community, as a critical component of an integrated emergency management structure, is essential in identifying hazardous chemicals, determining all possible release scenarios for these chemicals and assessing the health impact, both immediate and long term, from these scenarios. This includes determining the adequacy of data required for health impact assessments [26] and proposing research to fill critical data gaps. With respect to land use planning regulations governing the location of chemical production, use, storage and disposal sites and transportation infrastructure (ports, roads, rail lines, pipelines), the public health community can support legislation to ensure that these sites and corridors are located and built so as to minimize the risks to human health,

the environment and property if a release occurs and can ensure that schools, hospitals and other major health facilities are located outside of potential hazard zones. The public health community can encourage industry to improve plant and equipment design and to replace hazardous chemicals and processes with less hazardous, but equally effective ones. Educating the public to demand and use less hazardous chemicals and ensuring that commonly used hazardous chemicals (e.g., pesticides and cleaners) and their containers are clearly and appropriately marked indicating health hazards so that they are not misused [5,41] are vital public health functions.

第一段階である「防止」は、化学災害の発生の可能性を減らすことと、化学災害が発生した時にその深刻さを減弱させ、その影響を最小限に抑えるために、組織および技術の両面であらゆる手段を使うことに重点を置いている[5]。有害な化学物質を特定し、これらの化学物質のあらゆる放出シナリオを検討し、これらのシナリオから短期的および長期的な健康へのインパクト(影響)を評価する点で、統合された危機管理体制の重要な要素としての公衆衛生コミュニティは必要不可欠である。これには、健康へのインパクト(影響)の評価に必要なデータの妥当性を判断すること[26]、危機的なデータの格差を埋めるための調査を提案すること、が含まれる。化学物質の製造場所、使用場所、貯蔵場所、廃棄場所および、輸送インフラ(港、道路、鉄道、輸送用パイプライン)の設置を統治する土地利用計画規制に関しては、化学物質の放出が起こった場合に人間の健康や環境、物に対するリスクを最小限にするために、公衆衛生コミュニティは、これらの場所や周辺地域の配置に関して安全を確保する規制の制定を支援できるし、危険が懸念される地域外に学校、病院、他の主な保健施設が配置されることで安全を確保することができる。公衆衛生コミュニティは、産業界に対して、プラントや機器の設計の改善や、効果は同等のまま、有害危険性のある化学物質や工程をより危険性の少ないものへ代替するよう促すことができる。より危険性の低い化学物質を要望し使用するよう市民を教育すること、広く使用される有害化学物質(例:殺虫剤、洗剤)が誤使用されないように、その化学物質と容器(コンテナ)に、健康に関するハザードが分かるように明確にかつ適切に表示するよう促すことは、極めて重要な公衆衛生機能である。

The second phase, emergency planning and preparedness, ensures that the negative outcomes of a chemical incident are minimized by responding to the emergency in a timely, appropriate and integrated way. The public health community can contribute to the design, set-up and maintenance of effective emergency response infrastructures with clearly defined roles and responsibilities for each participating group and to the development of chemical emergency plans covering detection, alert, command and control, training and exercises, public crisis communication and health sector communication. It has the major responsibility in developing public health incident response plans and ensuring that these are integrated with the overall chemical emergency plans. The public health community can also be influential in the development and maintenance of databases, essential for immediate response, including those for national hazardous sites, chemical information and health sector

capabilities. At the local level, the public health community can be responsible for conducting community impact assessments for the hazardous sites located in the community or region, based on scenario studies of possible releases, as identified in the national hazardous sites database. Furthermore, the public health community is essential in assessing the adequacy of existing medical countermeasures for high risk chemicals, in recommending research and development of new countermeasures where required and in ensuring that existing countermeasures are available for immediate use. The preparation of information on chemical hazards and countermeasures that can be taken in the event of a release and the communication of this information to the public is a necessary public health function. The public health community can contribute to the establishment of and participate in routine training programs and exercises that are indispensable components of preparedness and response to chemical incidents.

第二段階である「緊急時対応計画と準備」は、タイムリーにかつ適切で統合的な方法で緊急事態に対応することで、化学災害の負の結果を最小限にする。公衆衛生コミュニティは、それぞれの関係部署に対する役割と責任を明確にすることで効果的な緊急対応のインフラの設計、設置、保全に対して、また検知、警告、指揮・命令、教育・訓練、危機的状況時の市民への情報伝達と衛生分野の情報伝達を網羅する、化学災害への緊急対応計画の開発に対して、寄与することができる。(公衆衛生コミュニティの)主要な責務は、公衆衛生危機事案への対応計画を作成することや、これらの対応計画を全体的な化学物質に対する緊急対策として統合していくことにある。また、公衆衛生コミュニティは、国内の危険な場所や化学物質の情報、医療分野の対応能力に関するデータベースといった、迅速な対応に不可欠なデータベースの開発と維持にも関与することができる。地方レベルでは、公衆衛生コミュニティは、全国の危険箇所データベースにおいて危険地域と特定された、その地域や地方にある危険箇所に対して、起こりうる放出シナリオの研究に基づいて、地域の影響アセスメントを実施する責務があるといえる。さらに、公衆衛生コミュニティは、リスクの高い化学物質に対して既存の医療対策の妥当性を評価したり、そこで必要とされる新しい対策の研究開発を推奨したり、既存の対策が即時に利用可能かどうかを確認したりすることにも不可欠である。化学物質のハザード(危険有害性)と放出事故の際に取りうる対策に関する情報の準備、市民にこの情報を伝達することは、公衆衛生の必須の機能である。公衆衛生コミュニティは、化学災害に対する準備や対応に必須である、所定の教育プログラムと訓練において、作成と参画に貢献できる。

The third phase, incident detection and alert, is an ongoing activity to determine that a chemical incident has occurred and ensure the rapid alert required for a timely and appropriate response. The public health community can support the installation of detection and alarming systems at hazardous sites and can take the lead in developing and implementing methods that can assist in the detection of less obvious chemical incidents. These include training in the recognition of chemical incidents for public health officials, medical professionals, first responders and members of the community;

the provision of a well publicized phone number and/or Internet connection to report incidents to the appropriate authorities; the establishment and maintenance of a routine population health surveillance program and environmental monitoring system and the implementation of an alert channel to rapidly mobilize required personnel.

第三段階である「事故の検知と警告」は、化学災害が発生したと判断し、タイムリーかつ適切に対応するために必要な即時の警告を確実に行うといった継続して行う活動である。公衆衛生コミュニティは、危険箇所を検知・警告システムを設置(導入)することを支援したり、化学災害であることがまだ明確ではない状態でも検知に役立つような方法の開発と実運用を先導することができる。これらには、公衆衛生担当官、医療従事者、ファースト・レスポnder(警察官、消防士、救急隊員など、事故などの現場に最初に到着する緊急対応要員)とコミュニティ担当者が化学災害を認識するための教育、関係当局へ事故を報告するために公知の電話番号やインターネット接続の提供、定期的な住民の健康サーベイランスプログラム(疫学的な健康調査プログラム)と環境モニタリングシステム、迅速に必要な人員を動員するための緊急伝達経路の確立と維持が含まれる。

The first step in the fourth phase, response, is termination of the release followed by preventing the spread of contamination and reducing exposure. Although the public health community is not normally involved in the termination of atmospheric releases, it has an important role in reducing the spread of contamination including the rapid assessment of incident control options, assessing the need for decontamination of exposed persons, ensuring that contaminated persons do not leave the hazard zone prior to decontamination and advising on personal protection equipment and measures. The public health community also functions in assessing possible immediate and long term health effects so that appropriate responses can be determined. In the case of large airborne releases the public health assessment is a critical factor in deciding between the options of sheltering-in-place and evacuation. During the incident, the public health community acts to disseminate essential information and advice to responders, the public, and the media. This information must be consistent, tailored to the needs of the particular group and be simple, timely, accurate, relevant and credible (STARC). Conducting investigations that assess effects on health or on the environment during an incident so as to offer the best possible advice on treatment and protection throughout the incident, registering potentially affected individuals as soon as possible following a chemical release and conducting epidemiological investigations are other important public health functions.

第四段階の最初のステップである「対応」は、放出を収束させ、汚染の拡大を防止して曝露を削減することである。公衆衛生コミュニティは、化学物質の大気への放出を収束させることには通常は関与しないが、汚染の拡大を減じることに於いて重要な役割を担っており、この役割には、曝露した人(被曝者)の除染の必要性の評価、除染前に汚染患者が危険(汚染)区域外に出ないように厳重に管理、個人防護の装備や方法の助言といった、事故を制御するオプションの迅速な評価が含ま

れる。公衆衛生コミュニティはまた、適切な対応を決定できるように短期的または長期的な健康への影響を評価する点でも機能する。大量の空中浮遊物が放出された場合、公衆衛生アセスメントはその場での屋内退避か避難かを決定する重要な要素である。事故(が収束するまで)の間、公衆衛生コミュニティは、極めて重要な情報や助言を対応者、一般市民、メディアに広める役割を果たす。この情報は、ある特定のグループの必要性に適合し、矛盾のないものである必要があり、シンプル、タイムリー、正確、適切、かつ信用できるものでなくてはならない(STARC:simple, timely, accurate, relevant and credible)。事故全体に渡って治療と防護に関する最善の助言を提供できるように、事故(が収束するまで)の間に健康や環境への影響を評価する調査を実施すること、化学物質の放出後すみやかに、影響を受けた可能性のある個人を登録すること、疫学的調査を実施することは、公衆衛生のもうひとつの重要な役割である。

The fifth and final stage, recovery, includes clean-up, health monitoring, evaluation and other activities that are aimed at restoring the community or site to an acceptable condition and contributing to prevention of a recurrence. The public health community has a vital role in organizing health care, including mental health care, to treat victims and support them in regaining control of their lives. Depending on the incident, care and support may be required for many years. Conducting risk and health outcome assessments, including exposure, environmental and human health assessments, implementing remediation and restoration actions, collecting and compiling epidemiological data and tabulating and disseminating lessons learned are other important functions the public health community can undertake in the recovery stage.

Table 8 summarizes the role public health can play in the disaster management cycle.

第五の最終段階である「復旧」は、地域や現場を許容できる状態に復旧すること、および再発防止に貢献することを目的とした汚染除去、健康状態の監視、評価、その他の活動を含む。公衆衛生コミュニティは、被災者が従来の生活を取り戻せるよう、メンタルケアを含め、治療したり支援したりするための健康管理を組織化する点において、重要な役割を担っている。事故によっては、ケアや支援が何年にもわたり必要となることがありうる。復旧段階で公衆衛生コミュニティが行うことのできるもう一方の重要な機能には、曝露・環境・ヒトの健康に関する評価を含む、リスクと健康転帰の評価の実施、修復・復旧活動の遂行(やり遂げること)、疫学データの収集と蓄積、図表化、得た教訓の発信がある。

表8に、災害管理サイクルの中での公衆衛生の果たすべき役割をまとめる。

### **Table 8 The role the public health community can play in the chemical disaster management cycle**

#### **Conclusions**

A flexible screening tool for chemicals that present a risk when released into the atmosphere has been developed. Risk, determined using this screening tool, is general, independent of site, situation and scenario, applicable to accidental and deliberate

releases into the atmosphere and takes all chemical hazards (toxicity, flammability, reactivity) into consideration. The tool is semi-quantitative and can be easily and quickly implemented by non-subject matter experts using freely available authoritative information. The role that the public health community can play in the chemical disaster management cycle is described.

#### 結論

大気中に放出された際にリスクが存在する化学物質に対する柔軟性のあるスクリーニングツールが開発された。このスクリーニングツールを使用して判定されたリスクは、汎用性があり、場所・状況・シナリオに影響されず、偶発的や意図的に大気中に放出された場合に適用可能であり、全ての化学的ハザード(毒性、可燃性、反応性)を考慮したものである。ツールは、半定量的であり、その領域の専門家でなくとも自由に利用可能な信頼できる情報を使用し、簡単かつ迅速に扱うことができる。

公衆衛生コミュニティが、化学災害マネジメントサイクルにおいて果せる役割が示された。

#### Abbreviations

ACS, American Chemical Society; AEGL, Acute exposure guideline level; BP, Boiling point; CAS, Chemical Abstracts Service; CEWG, Chemical Events Working Group; CHEMCATS, CAS online chemical catalogues file; CWC, Chemical Weapons Convention; EPA, United States Environmental Protection Agency; FP, Flash point; GHSI, Global Health Security Initiative; HPV, High production volume; IPD, Instantaneous power density; ITF, International Task Force; NFPA, United States National Fire Protection Association; OECD, Organization of Economic Co-operation and Development; PAC, Protective action criteria; PE, Probability of exposure; RN, CAS registry numbers; SH, Severity of hazard; TETS, Tetramethylene disulphotetramine; VP, Vapour pressure; WHO, World Health Organization

#### 略称

ACS, American Chemical Society; 米国化学会

AEGL, Acute exposure guideline level; 急性曝露ガイドラインレベル

BP, Boiling point; 沸点

CAS, Chemical Abstracts Service; ケミカルアブストラクトサービス

CEWG, Chemical Events Working Group; 化学イベントワーキンググループ

CHEMCATS, CAS online chemical catalogues file; 化学品カタログオンライン

CWC, Chemical Weapons Convention; 化学兵器禁止条約

EPA, United States Environmental Protection Agency; 米国環境保護庁

FP, Flash point; 引火点

GHSI, Global Health Security Initiative; 世界健康安全保障イニシアティブ

HPV, High production volume; 高生産量

IPD, Instantaneous power density; 瞬時電力密度

ITF, International Task Force; 国際タスクフォース  
NFPA, United States National Fire Protection Association; 全米防火協会  
OECD, Organization of Economic Co-operation and Development; 経済協力開発機構  
PAC, Protective action criteria; 保護作用基準  
PE, Probability of exposure; 曝露の蓋然性  
RN, CAS registry numbers; CAS登録番号  
SH, Severity of hazard; ハザードの重大性  
TETS, Tetramethylene disulphotetramine; テトラミン(テトラメチレンジスルフォテトラミン)  
VP, Vapour pressure; 蒸気圧  
WHO, World Health Organization 世界保健機関

### **Competing interests**

The authors declare that they have no competing interests.

利益相反

執筆者が利益相反を持たないことを宣言します。

### **Authors' contributions**

All authors have contributed to the first draft and commented on the final draft. The paper was assembled by Health Canada. All authors read and approved the final manuscript.

すべての著者は、最初のドラフトに貢献し、最終案についてコメントした。論文はカナダ保健省によって組み立てられ、すべての著者が査読し、最終原稿を承認した。

### **Authors' information**

The authors form part of the Chemical Events Working Group of the Global Health Security Action Group and collectively have expertise in the fields of laboratory medicine, general medicine, toxicology, emergency planning, environmental toxicology and science and policy making. This has provided the basis for the unique tool described in this manuscript.

執筆者情報

執筆者は、世界健康安全保障行動グループの化学イベントワーキンググループの一部のメンバーであり、臨床分析・医学・毒性学・危機管理・環境毒性学・環境科学・政策決定の分野における専門知識を集散的に有している。これは本原稿に掲載されている独特なツールの基礎となっている。

### **Acknowledgements**

The authors would like to thank Dr. Kersten Gutschmidt from the World Health Organization (WHO), which serves as an observer to the Global Health Security Initiative and to Luke Graham (Canada) for their contribution.

Special thanks to Dr. Sara Joan Armour (Canada) for her outstanding contributions in the development of the guide. The Chemical Events Working Group would like to



recognise her relentless efforts to develop the methodology, gather the data, compile the results, while patiently collaborating with contributing authors throughout the iterative development of this tool.

謝辞

WHOのDr. Kersten Gutschmidtに感謝の意を表します。彼は、世界健康安全保障イニシアティブとカナダのLuke Grahamのオブザーバーとして貢献されました。

ガイドの開発のすばらしい貢献に対し、カナダの Dr. Sara Joan Armour に感謝の意を表します。化学イベントワーキングは、方法論の開発やデータの集積、結果の蓄積に絶え間ぬ努力をして頂いたこと、また、このツールの繰り返しながらの開発にあたり、終始、辛抱強く筆者らに協力して頂いたことに謝意を示します。

参考文献

1. Facts and figures: output ramps up in all regions. C&E News 2011, 4:55–63.  
[<http://pubs.acs.org/cen/coverstory/89/pdf/8927cover4.pdf>].
2. European Chemical Industry Council (Cefic): Facts and Figures, The European chemical industry in a worldwide perspective, September 2011.  
[[http://www.cefic.org/Documents/FactsandFigures/FF%20Reports%20per%20Sections/FF\\_Chemical\\_Industry\\_Profile\\_Section.pdf](http://www.cefic.org/Documents/FactsandFigures/FF%20Reports%20per%20Sections/FF_Chemical_Industry_Profile_Section.pdf)].
3. Chemical Abstracts Service. <http://cas.org>.
4. Organisation for Economic Co-operation and Development: Environment Directorate: Series on testing and assessment, Number 112: The 2007 OECD list of high production volume chemicals. Paris: 2009.  
[[http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2009\)40&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2009)40&doclanguage=en)].
5. World Health Organization (WHO): Manual for the public health management of chemical incidents. Geneva: 2009.  
[[http://www.who.int/environmental\\_health\\_emergencies/publications/Manual\\_Chemical\\_Incidents/en/index.html](http://www.who.int/environmental_health_emergencies/publications/Manual_Chemical_Incidents/en/index.html)].
6. United Nations Environment Program Division of Technology, Industry and Economics (UNEP DTIE), Sustainable Consumption and Production [SCP] Branch: A flexible framework for addressing chemical accident prevention and preparedness, A guidance document prepared by UNEP. Paris: 2010.  
[[http://www.unep.fr/scp/sp/saferprod/pdf/UN\\_FlexibleFramework\\_WEB\\_FINAL.pdf](http://www.unep.fr/scp/sp/saferprod/pdf/UN_FlexibleFramework_WEB_FINAL.pdf)].
7. Ashcroft S: The Seveso Directive – learning from experience, Health and Safety Executive Senior Management Team Paper. 2010.  
[<http://www.hse.gov.uk/aboutus/meetings/smt/2010/020610/pjunsmt1073.pdf>].
8. European Commission Environment: Chemical Accidents (Seveso II) - Prevention, Preparedness and Response. [<http://ec.europa.eu/environment/seveso/index.htm>].

9. United States Environmental Protection Agency: Accidental Release Prevention Requirements: Risk Management Programs Under the Clean Air Act, Section 112(r)(7); List of Regulated Substances and Thresholds for Accidental Release Prevention, Stay of Effectiveness; and Accidental Release Prevention Requirements: Risk Management Programs

Under Section 112(r)(7) of the Clean Air Act as Amended, Guidelines; Final Rules and Notice. 61 FR 31667 (June 20, 1996). [<http://www.epa.gov/fedrgstr/EPAAIR/1996/June/Day-20/pr-23439.pdf>].

10. Prentiss AM: Chemicals in War. New York and London: McGraw-Hill Book Company; 1937.

11. United Nations Security Council: Report of the Specialists Appointed by the Secretary General to Investigate Allegations by the Islamic Republic of Iran Concerning the Use of Chemical Weapons.. Report S/16433, 1984 March 26. [<http://daccess-ddsny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N84/075/55/PDF/N8407555.pdf?OpenElement>].

12. Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on their Destruction (Chemical Weapons Convention).. [<http://www.opcw.org/chemical-weapons-convention>].

13. House of Commons: Report of the Official Account of the Bombings in London on 7<sup>th</sup> July 2005, HC 1087. 2006.

[<http://www.officialdocuments.gov.uk/document/hc0506/hc10/1087.pdf>].

14. Madrid train attacks. BBC News. 2004.

[<http://www.bbc.co.uk/2/shared/spl/hi/guides/457000/457031/html>].

15. At least 174 killed in Indian train blasts. CNN. 2006. [<http://www.cnn.com>].

16. Tu AT: Chemical Terrorism. Horrors in Tokyo Subway and Matsumoto City. Alaken Inc: Fort Collins, Colorado; 2002.

17. Adkins J: Hydrogen Sulphide Suicide: Latest Technique Hazardous to First Responders and the Public. Regional Organized Crime Information Center; 2010. [<http://npstc.org/documents/H2S%20Report%20for%204112.pdf>].

18. Bogle RG, Theron P, Brooks P, Dargan PI, Redhead J: Aluminium phosphide poisoning. *Emerg Med J* 2006, 23:e3.

19. : Occupational Phosphine Gas Poisoning at Veterinary Hospitals from Dogs that Ingested Zinc Phosphide — Michigan, Iowa, and Washington, 2006–2011. *Morbidity and Mortality Weekly Review*, 61:286–288. [<http://www.cdc.gov/mmwr/pdf/wk/mm6116.pdf>].

20. Whitlow KS, Belson M, Barrueto F, Nelson L, Henderson AK: Tetramethylene disulphotetramine: old agent and new terror. *Ann Emerg Med* 2005, 45:609–613.

21. Gelpí E, de la Paz MP, Terracini B, Abaitua I, de la Cámara AG, Kilbourne EM, Lahoz C, Nemery B, Philen RM, Soldevilla L, Tarkowski S: The Spanish toxic oil syndrome 20 years after its onset: a multidisciplinary review of scientific knowledge.

- Environ Health Perspect 2002, 110:457–464.
22. Schier JG, Rubin CS, Miller D, Barr D, McGeehin MA: Medication-associated diethylene glycol mass poisoning: a review and discussion on the origin of contamination. *J Public Health Policy* 2009, 30:127–143.
23. World Health Organization (WHO): Toxicological and health aspects of melamine and cyanuric acid. Ottawa: 2008.  
[www.who.int/foodsafety/fs\\_management/Melamine.pdf](http://www.who.int/foodsafety/fs_management/Melamine.pdf).
24. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE): Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS).  
[[http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs\\_welcome\\_e.html](http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_welcome_e.html)].
25. United Nations: UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Model Regulations (16th ed., 2009).  
[[http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev13/13nature\\_e.html](http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev13/13nature_e.html)].
26. United States Environmental Protection Agency: Acute Exposure Guidelines.  
[<http://epa.gov/opptintr/aegl>].
27. United States Department of Energy, Office of Health, Safety and Security: Protective Action Criteria (PAC) with AEGLs, ERPGs, & TEELs: Rev. 27 for Chemicals of Concern (02/2012).  
[[http://www.hss.energy.gov/healthsafety/wshp/chem.\\_safety/teel.html](http://www.hss.energy.gov/healthsafety/wshp/chem._safety/teel.html)].
28. Steumpfle AK, Howells DJ, Armour SJ, Boulet CA: International Task Force (ITF) 25: Hazard from Industrial Chemicals. United States, United Kingdom: Canada Memorandum of Understanding on Research, Development, Production and Procurement of Chemical and Biological and Defence Materiel; 1996.  
<http://193.198.207.6/wiki/file/us-uk-ca-mou-itf25-1996.pdf>.
29. Armour SJ, Resta J, Black RM: International Task Force (ITF) 40: Industrial Chemicals Operational and Medical Concerns. United States, United Kingdom: Canada Memorandum of Understanding on Research, Development, Production and Procurement of Chemical and Biological and Defence Materiel; 2003.
30. Colonna GR (Ed): Fire Protection Guide to Hazardous Materials, 2010 Edition. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association; 2010.
31. Mishra PK, Samarth RM, Pathak N, Jain SK, Banerjee S, Maudar KK: Bhopal gas tragedy: Review of clinical and experimental findings after 25 years. *Int J Occup Med Environ Health* 2009, 22:193–202.
32. Broughton E: The Bhopal disaster and its aftermath: a review. *Environmental Health: A Global Access Science Source* 2005, 4:6.  
[<http://www.ehjournal.net/content/4/1/6>].
33. United Kingdom Department of Employment: The Flixborough Disaster, Report of Enquiry, 1975. HMSO 1975.

- [[http://www.incheme.org/resources/safety\\_centre/publications/~/media/Documents/incheme/Safety%20Centre/HSE%20reports/Flixborough.pdf](http://www.incheme.org/resources/safety_centre/publications/~/media/Documents/incheme/Safety%20Centre/HSE%20reports/Flixborough.pdf)].
34. Department of Homeland Security, United States Fire Administration National Fire Data Center: Phillips Petroleum Chemical Plant Explosion and Fire Pasadena, Texas October 23, 1989. U.S. Fire Administration/Technical Report Series, USFA-TR-035/October 1989.. [<http://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/tr-035.pdf>].
35. IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP): The revised GESAMP hazard evaluation procedure for chemical substances carried by ships. London:; 2002. [[http://www.jodc.go.jp/info/ioc\\_doc/GESAMP/GESAM64.pdf](http://www.jodc.go.jp/info/ioc_doc/GESAMP/GESAM64.pdf)].
36. Zanders JP: Assessing the risk of chemical and biological weapons proliferation to terrorists. *The Nonproliferation Review* 1999 Fall:17–34 [<http://cns.miis.edu/npr/pdfs/zander64.pdf>].
37. Cox JA, Roszell LE, Whitmire M: Chemical Terrorism Risk Assessment: A Biennial Assessment of Risk to the Nation. Chemical Security Analysis Center: United States Department of Homeland Security; 2010.
38. Hauschild VD, Bratt GM: Prioritizing industrial chemical hazards. *J Toxicol Environ Health A* 2005, 68:857–876.
39. United Nations Environment Program, Industry and Environment (UNEP IC): Technical Report 12: Hazard identification and evaluation in a local community. Paris: 1992. [<http://www.unep.fr/scp/publications/details.asp?id=WEB/0062/PA>].
40. Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response: Guidance for Industry (including Management and Labour), Public Authorities, Communities, and other Stakeholders 2nd Edition. Paris: 2003. [<http://www.oecd.org/dataoecd/10/37/2789820.pdf>].
41. World Health Organization/United Nations Food and Agricultural Organization: Guidelines on management options for empty pesticide containers. 2008. [<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/Pesticid/Code/Download/Containers08.pdf>].