

【資料】

危険物事故対応にあたるものに必要とされる能力の基準(その10)

現場指揮官(Incident Commander)の能力(承前)

梅津 隆弘

5-3 能力-対応の計画立案。

5-3.1 対応目標の特定。擬似的な施設及び輸送時の危険物事故が与えられたとき、現場指揮官は各問題に対する対応目標により可能な行動方法(防御的、攻撃的及び非干渉)を特定するものとする。現場指揮官は与えられた危険物事故の分析により対応目標(防御的、攻撃的及び非干渉)を決定するための段階を説明できるものとする。

5-3.2 可能な行動方法の特定。擬似的な施設及び輸送時の危険物事故が与えられたとき、現場指揮官は各問題に対する対応目標により可能な行動方法(防御的、攻撃的及び非干渉)を特定するものとする。現場指揮官は次に掲げることができるものとする。

5-3.2.1 与えられた対応目標を完遂するための可能な行動方法を特定すること。

注 1,2,3,4). 現場指揮官は、事故の状況及び指揮下にあるリソースに基づき、対応目標(戦略)を決定することになる。危険物事故における対応目標(戦略)は、6つ又は8つしかないと考えられ、救助、公衆保護行動、漏洩コントロール、漏出コントロール、火災コントロール、清掃及び復旧とするものと隔離、通報、認識、保護、漏洩コントロール、漏出コントロール、火災コントロール、復旧及び完了とするものがある。この二つの相違はこれらの過程の戦略の分類の考え方の相違に過ぎず、たいした問題ではない。

これらの対応目標(戦略)は、性質において防御的、攻撃的及び非干渉に該当する。これらの選択肢を評価するための基準には、利用可能なリソース(人員及び装備)の水準、緊急対応者の訓練及び能力の水準及び危険物放出により作り出された潜在的害が含まれる。これらの性質は次に掲げるものである。

- ・ **攻撃的形態(Offensive mode)**。これらは、緊急事態を迅速にコントロールし又は緩和するために立案された攻撃的な漏洩、漏洩及び火災コントロール戦術である。対応者に対する発生可能危険は増大するが、救助作業が迅速に達成できる可能性がある場合、漏洩が迅速に封じ込め又は囲い込まれる可能性がある場合若しくは火災が迅速に消火できる場合には、攻撃的戦術は正当化されることがある。攻撃的形態の作業の成功は、適時の方法で利用可能な必要とされるリソースを有しているかに依存する。
- ・ **防御的形態(Defensive mode)**。これらは、問題の全体的規模又は広がりを制限することに向けられた対応努力により戦術が行われている地域を緊急事態から守るための攻撃的度合いが攻撃的形態よりも小さい漏洩及び火災コントロール戦術である。防御的戦術は対応者に対する発生可能危険を減少させ、漏洩の規模の減少若しくは影響を受けたパイプライン又はタンクの圧力の減少いずれかの方法として採

用されることがある。例には、遠隔操作バルブの閉鎖、ポンプの停止、堤の構築によるパイプラインの隔離及び曝露物保護が含まれる。

- ・ **非干渉形態(Nonintervention mode)**。非干渉は、本質的に「行動しない」ことである。本質的に、BLEVE 又は爆発の高い可能性を有する想定などは、事故の自然の帰結と干渉に伴う発生可能危険と比較したとき、干渉の発生可能危険は受け入れることができないものである。他の場合として、環境的影響は、可燃性液体火災が燃え尽きるままにすることにより減じられることがある。このような場合に、全ての人員は、曝露物を保護するために無人水流を配置したまま残し、安全な位置まで撤退することなどが該当する。

ある状況においては、非干渉戦術は、充分なりソースが現場に到着し、攻撃的対応が実施可能となるまで、実施されることがある。防御的戦術は、適時の方法で同じ目標が達成できる場合には、攻撃的戦術よりも常に好ましいものである。

ほとんどの作業は、防御的観点から開始されることになる。現場指揮官が考えるべき最も重要な問は、「何もしなければ、どうなるか？」であるとされる。何もしなくとも害が発生するおそれがない場合、正攻法的に真正面から事故に挑んでゆくことは無駄なりソースの消耗を己に課し、指揮下にある人員を故のない危険に曝すのみであることを銘記すべきである。

対応目標を判断するための段階は、事故の成り行きの段階であり、放出事象の場合には、応力の作用、容器の開裂、放出、巻き込み、接触、害及び次の段階への移行の順に不可逆的に進行し、循環する。現在の段階から推定される次の段階を基に対応目標を決定することになり、現時点で生じている段階で事象を停止させること又は引き続く事象の発生を食い止めるための戦略目標が対応目標となる。

この判断について、次の2つの原理が適用されるとされる。

1. 既に生じた事象を変えること又はこれらの事象の結果を変えることは不可能であること。
2. 一連の事象を早期に阻止できればできるほど、損失はより受け入れやすいものとなる（より少ない損失となる）こと。

対応目標を決定するとき、次に掲げる手順が執られるべきであるとされる。

1. 救出可能な曝露物を推定すること。対応の水準及び対応に関係する受容可能な発生可能危険は救出可能な曝露物に基づいている。救出可能な曝露物の数は、推定された数から既に失われた曝露物を減じたものに基づく。
2. 対応目標を判断すること。事故の段階に基づく、対応目標は現在生じている事象を停止するため又は将来の事象の発生を防ぐための戦略的目標である。判断は、応力因子の作用、封じ込め系統及び危険物の変化に焦点を置くべきである。

対応戦略が定まれば、この戦略を達成するための対応戦術を特定することになる。例えば、放出という事象に対し、放出量の減少という対応戦略が選択された場合には、これを

達成するための戦術には、容器姿勢の変化(液相の内容物の漏出から気相の内容物の漏出に変化させるためなど)、圧力差の減少、開裂の閉塞、内容物の除去といった戦術の選択肢があるとされる。その他の戦略及び戦術の詳細については参考文献3、4)などを参照のこと。

5-3.2.2 次に掲げる危険物コントロールのための技術の各々の目的を特定すること。

- (a) 吸着
- (b) 中和
- (c) オーバーパッキング
- (d) 継ぎ当て
- (e) 打栓

注. 次に掲げる目的がある。

(a) 吸着¹⁾

吸着の目的は、深みのない(1.2 cm未満)漏洩した液体物質を不動化し及び除去することである。深みのある漏洩液体物質に対しては、吸着より効率が良い手段が存在することがあることを考慮すべきである。

(b) 中和¹⁾

中和の目的は、中和反応により、酸又は塩基という腐食性物質を無害化し又はより反応性の少ない物質に化学的に変化させることである。

(c) オーバーパック¹⁾

オーバーパックの目的は、損傷し又は漏出している容器からの更なる放出を封じ込めることである。

(d) 継ぎ当て¹⁾

継ぎ当ての目的は、容器の穴、開裂などからの物質の流れを減少させ又は一時的に停止させることである。

手続きとしては、漏出している容器の開口上に、物質又は装置を配置し、これを固定することにより開口面積を減少し又は開口を閉鎖するものである。

(e) 打栓¹⁾

打栓の目的は、継ぎ当てと同様、容器の小型の穴、開裂などからの物質の流れを減少させ又は一時的に停止させることである。

これらの技術の手続き、必要な装備についての知識、技能は、危険物技術者には必要とされるが、現場指揮官にはそこまで求められていない。

5-3.3 個人用保護具のレベルの承認。既知及び未知の危険物を含む状況が与えられたとき、現場指揮官は各状況の行動計画において定められた行動選択肢にとり適切な個人用保護具を承認するものとする。現場指揮官は次に掲げることができるものとする。

5-3.3.1 4つのレベルの化学物質保護(EPA/NIOSH)を特定し、各レベルが使用される条件において各レベルに義務付けられた装備を説明すること。

注¹⁾。米国における個人用保護具(Personal Protective Equipment: PPE 又は Chemical

Protective Clothing: CPC と称される)の4つの水準は、レベルA～Dとなっており、NFPA 471、危険物事故への対応のための勧告される方法(Recommended Practice for Responding to Hazardous Materials Incidents)に記載されており、29 CFR 1910.120 の付録B、保護の水準及び保護具の一般的記述及び解説(General Description and Discussion of the Levels of Protection and Protective Gear)にも掲げられている。

レベルAは、皮膚、呼吸器及び目の最大水準の保護が必要とされるときに選択されるべき装備であり、高濃度の未特定の汚染物が含まれる雰囲気又は皮膚に対して高度の危険をもたらすことが知られている空气中に懸濁する特定された汚染物が含まれる雰囲気中に進入する際に用いられるものであり、カプセル化保護衣(encapsulated suit)又は気密カプセル化保護衣(vapor tight totally encapsulating suit)とも称されている(JIS T8155にいう、自給式呼吸器内装形気密服、自給式呼吸器外装型気密服及び送気式気密服に該当する)。

HAZWOPER (Hazardous Waste Operation and Emergency Response Standard)規則(OSHA 及び EPA 両方が同一内容の規則を有し、すべての州に廃棄物作業及び危険物緊急対応作業に関する最低限の労働安全衛生規則を適用させるようにしている規則)では、IDLH 濃度を上回る雰囲気及び皮膚吸収により毒性を有する化学物質を取扱う場合には、この水準の保護が義務付けられている⁵⁾。これ以外の場合でも、EPAにより極端に危険な物質(extremely hazardous substances: EHS)と定められた物質の存在が知られ又は疑われ、且つ、皮膚接触の可能性がある場合、皮膚を破壊する物質(腐食性物質)との接触の可能性がある場合、レベルA保護を必要とする危険が存在しないことが明らかでない場合には、この水準の保護を使用すべきであるとされる⁶⁾。レベルA保護衣は次に掲げる装備からなる。

- ・ 気密手袋及びブーツが取り付けられたカプセル化保護衣
- ・ 内側手袋及び外側手袋
- ・ フル・フェイスピースを有する陽圧式 SCBA 又は脱出用シリンダーを有する陽圧式エア・ライン式呼吸具
- ・ ブーツ覆い
- ・ 硬質帽子(選択)
- ・ 通信系統(選択)
- ・ 冷却系統(選択)
- ・ カーバーオール(選択)

レベルBは、最大水準の呼吸器保護が必要とされるが、そこまでの水準の皮膚保護が必要とされない場合に選択されるべき装備であり、危険物の種類及び雰囲気濃度が既知であり、IDLH 濃度を超過しており、空気濾過式呼吸具による保護では適切ではなく、皮膚及び目を破壊する性質を有していない場合、酸素濃度が19.5%未満(米国の酸素欠乏雰囲気濃度)の場合、極端に危険な物質の飛沫と保護されていない皮膚との接触の可能性が小さい場合又は未特定の気体(蒸気)濃度が5～500ppmの範囲であり、皮膚に対する高度な毒性効果を

有する化学物質の高濃度の存在が疑われない場合に使用されるべきであるとされる⁶⁾。レベル B 保護衣は次に掲げる装備からなる。

- ・ フル・フェイスピースを有する陽圧式 SCBA 又は脱出用シリンダーを有する陽圧式エア・ライン式呼吸具
- ・ フード付き耐化学物質保護衣(一体型又は上下分離型いずれも可、耐飛沫)
- ・ 硬質帽子(選択)
- ・ 内側手袋及び外側手袋
- ・ 通信系統(選択)
- ・ ブーツ覆い
- ・ カーバーオール(選択)

レベル C は、空気中の危険物の種類及び濃度が既知であり、空気濾過式呼吸具使用に関する基準に適合している場合に選択されるべき装備であり、特定された物質の測定された濃度が呼吸具により曝露限界未満まで減少され且つこの濃度が呼吸具の供用限度を超えておらず、雰囲気中濃度が IDLH 濃度を超過しておらず、危険物が保護されていない皮膚に不利な影響をもたらさず、蒸気の濃度が 5ppm 以内であり、酸素欠乏雰囲気ではなく及び定期的に空気監視が実施される場合に使用されるべきであるとされる。レベル C 保護衣は次に掲げる装備からなり⁶⁾、SCBA 又はエア・ライン式呼吸具の代わりに空気濾過式呼吸具を使用しているものである。

- ・ フル・フェイスピース付き空気濾過式呼吸具
- ・ フード付き耐化学物質保護衣(一体型又は上下分離型いずれも可、耐飛沫)
- ・ 硬質帽子(選択)
- ・ 内側手袋及び外側手袋
- ・ 通信系統(選択)
- ・ ブーツ覆い
- ・ カーバーオール(選択)

レベル D は、通常の作業服であり、危険物が測定されておらず、飛沫接触、浸潤又は吸入の可能性がない場合に使用されるべきものである。レベル D 保護衣は次に掲げる装備からなる。

- ・ 硬質帽子
- ・ 安全眼鏡
- ・ 作業服
- ・ 安全靴／ブーツ
- ・ 耐化学／作業用手袋

5-3.3.2 次に掲げる用語を説明し、化学物質保護衣の選択におけるこれらの打撃及び重要性を認識すること。

(a) 劣化

(b) 貫通

(c) 浸透

注．これらの用語の意味は次のとおりである 7,8)。

1. 劣化

劣化(degradation)とは、保護物質の化学物質に対する抵抗力又は物理的強度の損失をいい、保護衣使用時の化学物質への曝露又は物理的装着及び磨耗によって生じうる。劣化が生じれば化学物質が保護衣を貫通し又はこれに浸透する可能性が大きくなり、装着者への直接接触の可能性を大きくし、装着者の健康を危険にする。

化学的な劣化は、化学物質との不必要な接触を回避すること及び効果的な除染手続きを行うことにより最小化することが可能である。

2. 貫通

貫通(penetration)とは、化学物質が細孔を通り抜け又は化学物質保護衣の構造内に僅かに流れ込むことをいい、化学物質保護衣構造の不完全な接合、ジッパー又はピンホールを通して生じうる。

定期的な保護衣検査手続きは貫通を引き起こす可能性のある状況の発見を助ける可能性があり、適切な保管手続きは貫通を引き起こす細孔等の発生を回避するために有効なものであるとされる。

3. 透過

透過(permeation)とは、固体、液体又は気体状の化学物質が分子レベルで化学保護物質に溶解込み又は通過する過程をいう(JIS では、「材料の表面に接触した化学物質が、吸収され、内部に分子レベルで拡散を起こし、裏面から離脱するプロセス」と定義されている(JIS T 8115⁹⁾))。透過に対する保護物質の抵抗は次に掲げる 2 つの測定値により提供されている。

- ・ 透過時間(breakthrough time)－保護物質の外側表面に化学物質が導入されてからその物質の内側表面にその化学物質が最初に検知されるまでの経過時間。JIS では、「JIS T 8030 の A 法(液体)又は B 法(気体)で試験し、標準透過速度 $0.1 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ で測定された平均標準破過点検出時間」と定義されている(JIS T 8115⁹⁾)。
- ・ 透過速度(permeation rate)－突破が生じた後与えられた物質を通して浸透している化学物質が移動する速度をいう。浸透速度は特定の時間に特定面積の物質を通り抜けた汚染の質量で報告される($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$)。JIS では、「単位時間当たり、規定暴露表面積に対して、防護服材料を透過する試験化学物質の量」と定義されている(JIS T 8030¹⁰⁾)。

これらの現象が生じるかどうかは、化学物質保護衣の材質、厚さ及び構造、温度、化学物質の保管状況及び経年変化、接触することになる化学物質の種類及び濃度並びに以前の

曝露及びその際の除染過程などにより決定されるため、化学物質保護衣を選択する場合の重要な考慮事項となる。

5-3.3.3 対蒸気、液体飛沫及び高温用保護衣を着装している人員に関する 3 つの安全に関する考慮事項を説明すること。

注 7,11). 保護衣が適切に管理され、機能しているかを使用前に調べること及び接触することになる危険物に適切な保護衣であることが大前提にある。

保護衣を着装している者は、敏捷性、視界及び通信能力が損なわれるため、常に密に監視される必要がある。同水準の保護衣を着装した後方支援要員を緊急時の支援のため準備しておくこと及び通信の支援として手信号を確立しておくべきである。

ヒート・ストレスの危険があるので、水分の補給、休息及び回復のための適切な現場における回復計画を準備すべきである。また、保護衣着装前に、医学的検査を実施し、保護衣着装状態での作業に耐えられるかも調べるべきである。

5-3.3.4 個人用保護具の使用者に影響する可能性がある身体的及び心理的ストレスを特定すること。

注 1). 全ての対応者は、個人的強み及び弱みを有する。同様に、対応者に影響することになる身体的及び心理的両方のストレス要因が存在する。個人用保護具ができること及びできないことについて非現実的期待を持つ使用者は、彼ら自身及び他の対応者両方に対する発生可能危険の水準をかなり増加させることになる。

身体的ストレス要因の例には次に掲げるものが含まれる：

- ・ 極度に高温又は寒冷な作業条件
- ・ 騒音
- ・ 保護衣又は SCBA のフェイスピースの曇りによる減少した視界
- ・ 低光量又は低視界環境内での作業
- ・ 数層の手袋を着装する必要性のために減じた器用さ
- ・ 不利な天候条件
- ・ 物理的存在危険及び物理的作業環境

心理的ストレス要因の例には次に掲げるものが含まれる：

- ・ 必要とされた任務を実行するための身体健康及び身体能力の欠如
- ・ 負傷者、死者又は高発生可能危険作業が含まれる対応作業
- ・ 閉鎖空間環境内での作業
- ・ 敵対的環境内での保護衣着装及び作業両方に関する背景及び経験
- ・ 保護衣又は呼吸器保護何れかの故障の恐怖

5-3.4 行動計画の作成。擬似的な施設及び輸送時の危険物事故が与えられたとき、現場指揮官は利用できる人員、個人用保護具及びコントロール装備の能力の範囲内で、地方緊急対応計画及び組織の標準作業手続きからなる行動計画を作成するものとする。現場指揮官は次に掲げることができるものとする。

5-3.4.1 行動計画作成のための段階を認識すること。

注 1,2). 行動計画(IAP 又は POA)は、情報収集、可能性のある事故の成り行き及び害の推定、戦略目標の決定、戦術的選択肢及びリソース評価の後に作成される書面化された戦略・戦術を具現化させた計画である。

行動計画が策定された後、これに基づき行動を実施し、その行動による状況の変化、効果性を評価し、見直しを行い、また、情報収集に戻るという循環を形成する。

例えば、当初、全てが確定しておらず危険物の存在が疑われるという情報のみがある場合には、隔離という戦略が選択され、どのように隔離するか及びそのためのリソースが評価され、事故船舶周囲 300m 以内への接近禁止のために通報、巡視船による付近警戒を実施するという行動計画が策定され、これが実行され、その効果があったのかを検証し、不具合を直し、次の情報収集を行うといった流れが最初に来ることが予想される。

5-3.4.2 避難及び建物内等での保護を含めた公衆保護行動の選択時に評価すべき因子を特定すること。

注 1). 公衆保護行動の選択時に評価される因子は次の通りである。

- ・ 特徴及び性状、量、濃度、物理的状态及び放出の位置を含め、含まれている危険物
- ・ 施設人員及び一般公衆を含め、危険にある人口。加えて、IC は、通報、移動／搬送及び可能性のある移転先避難所を含め、勧告された保護行動を実施するために必要とされるリソースを考慮しなければならない。
- ・ 放出に含まれる時間因子。考慮は、事故の拡大速度、放出の寸法及び観測され又は予想された期間、危険物の移動速度並びに保護行動を実施するために必要とされる推定時間に払われなければならない。
- ・ 危険物放出のコントロール及び移動に関する現在及び予想された気象学的条件の効果。これらには、大気安定性、温度、降水及び風条件が含まれることになる。
- ・ 緊急時前、緊急時中及び緊急時後の危険に晒された人口及び緊急対応者との意思疎通の能力。
- ・ 保護行動を実施し、コントロールし、監視し及び終了する危険物対応者及び他の人員の利用可能性及び能力。これには、地域全体で建物内等の保護に潜在的に利用可能な構造物の構造的強度及び侵入速度の見積もりが含まれるべきである。

計画立案情報及び存在危険分析過程を通して得られたコンピューター分散モデル(ALOHA など)により危険物又は施設の事前の知識も、この評価において現場指揮官を支援するものとなる可能性がある。

5-3.4.3 地方緊急対応計画及び／又は組織の標準作業手続きが与えられたとき、次に掲げることを実行する官庁を特定すること。

- (a) 初期通報の受領
- (b) 二次通報及び対応官庁の活動の提供

- (c) 状況の継続的評価の実施
- (d) 現場人員の指揮(事故管理システム)
- (e) 支援及び相互支援の調整
- (f) 法令執行及び現場保全(群集コントロール)の提供
- (g) 交通管制及び迂回指示の提供
- (h) 公衆安全保護活動(避難又は建物内等での保護)のためのリソースの提供
- (i) 必要時の火災抑制サービスの提供
- (j) 現場の医療支援(救急車)及び医療処置(病院)の提供
- (k) 公衆への通報(警告)の提供
- (l) 公衆への情報(ニュース・メディアの放送)の提供
- (m) 現場通信への支援の提供
- (n) 必要時の緊急現場除染の提供
- (o) 実務レベルの危険コントロールサービスの提供
- (p) 技術レベルの危険緩和サービスの提供
- (q) 環境矯正活動(「清掃」)サービスの提供
- (r) 環境監視の提供

注．海上におけるこれらの活動の大部分は海上保安庁が行うことになるものと思われる。より具体的には各自治体で作成している防災計画などと合致するよう各部署で作成すべき性質のものである。

5-3.4.4 潜在的な結果に対する行動選択肢の効果性を判断する過程を特定すること。

注 3)．対応選択肢が選択される前に、一連の事象及び最終結果に対する対応選択肢又は対応選択肢の組み合わせの効果は結果に対するその効果に基づいた対応選択肢の優先順序付けにより検討されるべきである。つまり、複数の実行可能な選択肢により得られるであろう結果を推測し、最も望ましい結果が得られるものを選び出すことになる。第二の計画も第一の計画が望まれた結果を達成できない場合に案出されるべきである。不安全又は非効果的作業を予防するために及び一連の選択肢を評価するために事故の成り行き時に、不断の評価が必要とされる。対応選択肢を実行することにより、望まれた結果が得られているかどうかは、対応選択肢により得られるはずであると思われた結果と実際の結果とを比較することにより行われる。

5-3.4.5 危険物事故時に従うことが義務付けられている安全作業行為／手続きを特定すること。

注．このような安全作業行為／手続きは、救難マニュアル及び海上防災マニュアルに記載されているほか、機動防除隊の対応マニュアルに記載されている。

米国においては、米国労働省職業安全衛生管理局(OSHA)規則 29 CFR Part 1910.120 及び米国環境保護庁(EPA)規則 40 CFR Part 311(この 2 つは同一の規則であり、適用の遺漏を防ぐために設けられている)並びにこれを受けて作成されている全国防火協会(NFPA)の

NFPA 472 の能力基準が遵守されることになる。

5-3.4.5.1 特定の場所への対応時に安全に関する事前計画立案の重要性を特定すること。

注 2). 事故発生前の計画立案は、推測過程の不可欠な部分である(特に、固定施設について)。輸送回廊(transportation corridors)についてもこの推測過程の不可欠な部分である(このような計画立案は、より包括的なものであるが)。固定施設及び輸送事故両者に対する事前計画立案は、化学物質放出に対し脆弱性を有する可能性のある場所に関しては、最低でも広範な一般的推測を提供すべきである。多くの事例においては、潜在的な戦略的及び戦術的選択肢も認識され、この推測過程を大きく支援するものとなる。

漏洩流れ様相(spill flow pattern)、拡散の方向、可能性のある分散地域、避難経路の認識、鍵となるコントロール点、不可視の暗渠(conduits)等などに関する特定の推測は重要である。事故発生前の推測に基づき、鍵となる判断が、あらゆる事故発生前になされることが可能となる。計画過程と結合させることにより、公共部門及び民間部門両者が、潜在的成り行き及び害の深い推測に基づいた、施設及び輸送回廊特有の対応選択肢を特定できることになる。この結果として、特定の行動基準が作成されることになる。

5-3.4.5.2 危険物事故時に人員を作業につかせる前の安全に関する事前説明を行う手続きを特定すること。

注. 手続き的なことであるので割愛する。

5-3.4.5.3 *危険物事故時における搜索救助任務に関係する最低3つの安全のための注意事項を特定すること。

注 1,12). 危険物事故における搜索及び救助問題は3つの一般的分類に分けられる：

1. 状況が悪化するとき、危険物に即時に曝露することになり、これにより害を受けることになる人々の搜索及び移動。

この集団は、危険に関係した保護衣及び装備を装着していないホット・ゾーン内の全ての人々からなる。これは、彼らの所有地の即時の危険地域に残され、彼らは今安全な場所にいると信じている市民及び被雇用者からなることがある。これには、無関心な人々、「私はここにいる権限がある」と思っている人又は単に愚かな人が含まれることもある。これには、救助される必要があるが、そのことをまだ知らない人々が含まれる。通常、必要とされる全てのことは、これらの人々を危険な地域から戻し、そこから離れさせるための小さい組織及び指示である。この集団には、最初に曝露されたが、曝露の兆候又は症状を未だ示していない人々も含まれることがある。

2. 危険物により失見当識となり又は不能となっている被害者の救助

この集団には、危険物に曝露されており、その有害な効果に苦しんでいる個人又は人々の集団が含まれる。例には、火傷し、中毒し、盲目となるなどしている被害者が含まれる。通常、救助には、標準作業手続きに従う被害者の包装及び除去が含まれる。

3. 技術的救助の計画立案及び実行

この分類には、危険物に曝露されており、物理的救助を必要とする1名以上の被害者

の救助が含まれる。技術的危険物救助状況の例には、次に掲げるものが含まれる：

- ・ 高所で発見された負傷し又は不能となった被害者を含む、高角度救助(high-angle rescue)状況(精製所又は化学プラントの冷却塔及び高層構造物、大直径貯蔵タンクの頂部、足場など)
- ・ 残骸又は破片により釘付けにされ又はこれら内部に捉えられた被害者(建物崩壊、機関車運転台に釘付けにされた列車乗組員又は横転した車両内部のタンク・トラック運転手など)
- ・ 閉鎖空間救助状況(貯蔵タンク内部、降下した浮き屋根タンク、地下室、下水、船体内部など)

危険物事故時における搜索救助において問題となる上の 3 つのうち、救助者の安全が大きく脅かされるのは 3 の技術的救助であり、そのうち閉鎖空間救助が特に危険が大きいとされる。

閉鎖空間は、緊急対応者に重大な技術的救助難問をもたらす。その定義の性質により、閉鎖空間は危険な場所である。危険物とのあらゆる組み合わせが加わることになり、閉鎖空間環境は致死性のものとなる。

閉鎖空間とは OSHA(29 CFR 1910.146)の定義では、「制限され又は制約された進入手段を有し、被雇用者が身体を進入させ、割り当てられた作業を実行するのに充分大きく並び作業を実行できる形状であり、被雇用者の連続的居住のために設計されたものではないあらゆる空間」となっている。

OSHA によれば、閉鎖空間事故における大多数の死者は、

- (1) 毒性雰囲気
- (2) 窒息性雰囲気
- (3) 閉鎖空間内部の物理的危険への捕捉

から生じている。

このような危険から搜索救助任務に当たる際、安全のための予防措置として、

- (1) バディ・システム
- (2) 後方支援チーム
- (3) 個人用保護具

の使用を含めるべきであることが NFPA 472 に記載されている。

5-3.4.5.4 使用されるであろう次に掲げる除染方法のそれぞれの利点及び限界を特定し、その例を説明すること。

- (a) 吸収
- (b) 吸着
- (c) 化学的劣化
- (d) 希釈

- (e) 廃棄
- (f) 蒸発
- (g) 中和
- (h) 固化
- (i) 真空吸引
- (j) 洗浄

注．危険物技術者のところで既に記載しているので、ここでは簡単にそれぞれの利点、限界及び使用例を記す。

(a) 吸収 1,3,13,14,16,17)

吸収は、物質の原子などがある種の物質に吸い上げられる物理的又は化学的な現象又は過程である。被吸収原子などは、吸着とは異なり、吸収物質内部に保持される過程である。

利点は、①被吸収物質の蒸発速度を小さくし、吸収材から浸出しにくくすること、②被吸収物質を内部に取り込むため、人員の汚染及び二次汚染を最小化すること、③吸収材は安価且つ容易に利用できること、④被吸収物質が水の作用により滲出されにくいことが挙げられる。

限界は、①平滑な表面への使用には適するが、保護衣又は垂直面等については使用が制限されること、②被吸収物質の性状変化がないため、吸収後、これは当該危険物の取扱いを必要とすること、③要廃棄量を増やすこと、④被吸収物質との適合性が要ること、⑤吸収材は使用後回収を要すること、⑥吸収材は人手による使用を要すること、⑦廃棄のための保管時に自発的反応開始のおそれがあることが挙げられる。

危険物用の吸収材の例には、土壌、珪藻土、苦土ひる石、無水充填材、商業製品¹⁸⁾などがあり、有機流体用としてはゴム及び吸収性ポリマーのような架橋した製品が、水性流体用としては、セルロース誘導体、架橋した製品、架橋した合成ポリマー加水分解物及び架橋した澱粉が使用される。

(b) 吸着 19,13,20)

吸着は液体又は気体が固体表面に集積する過程である。

利点は、被吸着液体は吸着材の表面に存在しているため、除去が可能であることがあり、吸着後の汚染物そのものの回収が可能であるときがあることである。

除染方法としての吸着の限界は、①陸上漏洩には有用であるが、水上漏洩に対しては選択的な水濡れ及び水による構造の弱体化のため有用性が減少すること、②吸着された液体は、浸出、雨などにより除去される可能性があること、③曝露表面積が大きいこと、吸着液体の蒸発損失が大きいこと、④二次漏洩問題を生じさせることがあること、⑤吸着された物質が搾り取られることがあるため、取扱う人員への汚染問題を生じること、⑥吸着熱が生じるため発火危険性が存在することが挙げられる。

危険物の吸着材として用いられているものの例には、発泡プラスチック、プラスチック

繊維、藁、泥炭(peat)、砂、多孔質土(porous clay)、羽、泡ガラス並びにケイ酸塩類、活性アルミナ及び土などがあるとされる。

(c)化学的劣化 1,3,16,21,22,23)

化学的劣化は、一般的に、危険物の有害性を小さくするために、これの化学的構造を変化させる過程である。

利点は、①汚染物の化学的構造の変化により、その有害性を減ずること、②有害性の減少により、曝露による発生可能危険(risk)を小さくすること、③有害性の減少により、最終的廃棄手続きが簡易になることが挙げられる。

限界は、①主に構造物、車両及び装備の除染用であり、化学物質保護衣の除染には不適(保護衣の劣化の可能性がある)であり、人の皮膚への直接適用は全く論外であること、②使用に適する化学物質の判断及びその準備に時間がかかること、③化学反応に伴う熱及び毒性生成物が発生しえることが挙げられる。

例としては、①病因性物質の殺菌のための家庭用漂白剤の使用、②酸の中和のための塩基性溶液の使用、③塩基の中和のための酸性溶液の使用、④溶媒の劣化のためのリン酸ナトリウム溶液の使用などが以前には挙げられていたが、最近の文献では化学的劣化による除染を詳細に記述する文献が減っている傾向があり、この後の動向に注意する必要がある。

(d)希釈 1,3,24,25,23,26,27)及び(j)洗浄 1, 24)

希釈は、汚染された被害者又は物体から汚染物を洗い流すため及び水溶性危険物を安全な水準まで希釈するために水を用いる過程である。

洗浄は、保護衣及び装備から危険物を洗い流すために水に溶かした石鹼、洗剤又は溶媒を使用する過程である。希釈と類似しているが、希釈は単純に水で薄めることであり、洗浄は石鹼等を使用するという点で異なるとされる。しかし、希釈と洗浄を、ほぼ同一視する文献も存在する。

利点は、①水の使用の簡便性、容易性、迅速性及び経済性の点で有利であること、②水溶性及び水との混和性を有する物質には特に有効であること、③非水溶性の汚染物についても除去効果が期待できることが挙げられる。洗剤等を併用する場合には、界面活性剤の効果が加わり、更なる除染効果が期待できることが挙げられる。

限界は、①不利な反応を生じる対水反応性物質に用いられると、大きな問題を生じえること、②汚染物の化学的構造が変化せず、ただ薄まるのみであり、用いられた水などは危険物の性質を帯びるため、適切に収集・廃棄を必要とすること(さもないと、汚染は更に広がりうる)が挙げられる。

例としては、通常の除染時における水のみによる全身の濯ぎ落とし又は石鹼水による全身洗浄及びその後の濯ぎ落としなどが挙げられる。

通常、除染における希釈／洗浄には、物理的な除染効果も期待できるブラシ掛けとの併

用という選択肢が存在する。

(e)廃棄 1,3,24,22,26)

廃棄は、除染が不能であり又はその費用対効果が極めて低い場合であって、捨てることが可能である装備又は工具等を捨てる過程である。

利点は、①使用済みの除染溶液、汚染された水が生じないこと、②除染よりも容易であること、③除染費用が安価となりえることが挙げられる。

限界は、大量の装備などの汚染時には状況では非常に費用がかさむことが挙げられる。

例には、使い捨て型の化学物質保護衣の廃棄などが挙げられる。

(f)蒸発 1,3,24,22)

蒸発は、汚染物を大気中に拡散させて被汚染物から汚染物を消失させる過程である。緊急対応においてはあまり使用されないが、汚染物が高い蒸気圧を有する場合であって蒸発の間、曝露問題(環境汚染を含む)が生じない装備等の除染に使用されることがある。

利点は、①作業が簡単であること、②作業に要する人員数も少なくすみえること(但し、限界の③及び④との関係で、地域保全に多くの人員を要することがありえる)が挙げられる。

限界は、①空気中の汚染物濃度が高くなり吸入危険を生じえること、②多孔質表面では効果が薄れること、③危険物の量が多いほど、時間がかかること、④広く、管理されている場所を必要とすること、⑤蒸発を待つ間、曝露問題が生じる人体の除染には使用されないことが挙げられる。

例には、ガソリンで汚染された工具の蒸発乾燥が挙げられる。

(g)中和 1,3,15,24,22,23)

中和は、化学的劣化の一つで、中性となるように、腐食性物質に酸又は塩基を適用する過程である。

利点は、①害の少ない反応生成物を生じえるため、廃棄問題を軽減できること、②腐食性物質の希釈による無害化より効果的であることが挙げられる。

限界は、①中和反応は発熱反応であるため、人体の除染には使用すべきではないこと、②発熱反応であるため、保護衣に対しては、特別な注意を必要とすること、③中和用化学物質自体にも存在危険(hazard)があり、注意を要することが挙げられる。

中和に使用される化学物質として EPA により勧告されているものは、塩基に対してはクエン酸、酸に対してはセスキ炭酸ナトリウムであり、ともに中性塩を生成すると共に、中和される物質によっては生物分解性の塩を生成する。

例には、装備、車両及び構造物の除染が挙げられる。

(h)固化 1,3,24,25,23,26,28)

固化には、①液体、粉体及び繊維などを固体とするために固化剤を適用する過程及び②汚染物を他の物質と化学的／物理的に結合させ又はこれを取り囲む過程という 2 つの意味合いがあり、参考文献においてもその適用方法、利点及び不利な点について充分まとまっていない。除染の一形態として考えた場合、後者のほうが適切であると思われる。

利点は、汚染物の移動・拡散を防止するために、汚染物を汚染された物体に固定し又はその上を養生するため、比較的大型の装備等であっても適用可能であることが挙げられる。

限界は、あくまでも二次汚染を防止するためのものであり、汚染物はそこに固定化されることから、人に対する除染手段とはならないことである。

例としては、チェルノブイリ原発事故時に、汚染された物質がセメントで固められ、埋没されたというものが挙げられる。

(i)真空吸引 1,3,24,22,29)

真空吸引は、一般に、固体(稀に、液体)である汚染物を真空吸引し、収集するために真空機器を使用する過程である。

利点は、繊維、ダスト、粉体などの固体粒子を空気中から除去可能であることが挙げられる。

限界は、①空気中の汚染物を濾過するための HEPA フィルターの性能により捕獲性能が決定されること、②効果を維持するために HEPA フィルターを定期的に交換しなければならないこと、③真空機器には、必要な等級(防爆構造など)が付けられていなければならないことが挙げられる。

5-3.4.5.5 *閉鎖空間を有する危険物事故に関連する雰囲気的安全危険及び身体的安全危険を認識すること。

注. 5-3-4.5.3 にて既述しているので割愛する。

5-4 能力-計画された対応の実行

5-4.1 事故管理システムの実行。地方緊急対応計画の写しを与えられたとき、現場指揮官は義務付けられた通報手続き及び非地方リソース(民間、州及び連邦人員)の利用を含め、計画において求められるものを特定するものとする。現場指揮官は次に掲げることができるものとする。

5-4.1.1 危険物が含まれる事故時における現場指揮官の役割を特定すること。

注 1,23). 危険物が含まれる事故時における現場指揮官の役割には次に掲げるものが含まれる。

- (1) 指揮の確立並びに状況に応じた指揮の移譲及び委譲
- (2) 事故に関連する事柄の調整
- (3) 状況の評価
- (4) 戦略目標の設定(防御的、攻撃的及び非干渉の設定も含む)
- (5) 現場のコントロールの確立及び維持

(6) 人員及び組織の所在説明責任

(7) 人命の安全の確保

5-4.1.2 事故管理系統内の次に掲げる危険物分科機能の任務と責任を特定すること。

- (a) 後方支援
- (b) 除染
- (c) 進入
- (d) 危険物分科管理
- (e) 危険物分科安全管理官
- (f) 情報／研究
- (g) 偵察
- (h) リソース

注 1,2,23,25). 危険物分科(hazardous materials branch)は、危険物事故において危険物を取り扱う一つの単位集団であり、これには次に掲げる機能が含まれる。

(a) 後方支援(backup)

ホット・ゾーン内に進入人員がいる間、後方支援人員が割り振られなければならない。この後方支援人員は進入人員を支援するため又は必要となった場合の救助を実施するため適切な装備を必要とし、進入人員と同人数又は倍の人数が必要であるとされる。

(b) 除染(decontamination)

進入人員、汚染された患者及び装備を含め、全ての潜在的曝露物を取り扱う能力を有する除染計画、設営並びに効果的な除染場所の運営の調査及び作成に関して責任を有する。必要な場合、安全避難場地域(Safe Refuge Area)の調整も含まれる。

(c) 進入(entry)

偵察、監視、試料採取及び緩和を含め、ホット・ゾーン内の全ての進入及び後方支援作業について責任を有する。

(d) 危険物分科管理(hazardous materials branch management)

安全、現場コントロール、調査、進入及び除染を含め、危険物分科に割り当てられた全ての機能的義務を管理及び調整することに責任を有する。危険物分科管理者は、高水準の技術的知識を有さなければならず、危険物対応の戦略的及び戦術的両方の知識を有しなければならない。

危険物分科管理者は、危険物技術者水準まで訓練されることになり、通常、HMRT チーム・リーダー又は HMRT 士官いずれかにより埋められることになる。事故の範囲及び性質に依存して、危険物分科管理者は、通常、作業大部門長又は現場指揮官いずれかに報告することになる。

現場指揮官の戦略目標に基づき、危険物分科管理者は、IAP の危険物部分を実行するための戦術的選択肢を策定し、次に掲げる任務が完了されることを確実にすることに責任を有する。

- ・ 危険物コントロール・ゾーンが確立されており、監視されていること。
- ・ 現場監視が、汚染物の存在及び濃度を判断するために実施されていること。
- ・ 現場安全計画が策定され、実行されていること。
- ・ チームの訓練の限界及び装備限界内の危険物進入チームのための戦術目標を設けること。
- ・ 全てのホット・ゾーン作業が戦術目標に適合していることを確実なものとするために作業大部門長又は現場指揮官により調整されていることを確実なものとする。

(e) 危険物分科安全管理官(hazardous materials branch safety)

危険物分科安全管理官は、通常、危険物対応作業について指名される。この人員配置は、安全助言を提供するため計画立案会合時に IC と共に指揮所に留まることをできるようにする。安全要員が作られたとき、安全要員構成員は安全管理官のように不安全な作業を停止するという同じ権限を有するが、このような行動時に即時に IC に通知するという同じ責任も備わることになる。

(f) 情報／調査(information/research)

事故に関係する全てのデータ及び情報の収集、編集、調整及び流布に責任を有する。このデータ及び情報は、存在危険の評価並びに発生可能危険の評価、公衆保護選択肢の評価、PPE の選択及び事故行動計画の策定のために危険物集団内で使用されることになる。

(g) 偵察(reconnaissance)

状況に関する情報を収集するために、必要である場合、攻撃的又は防御的偵察を実施する。

防御的偵察。目的は、内周辺の範囲外から現場配置、物理的危険、出入り口及び他の関連した条件に関する情報を獲得することである。これは、通常、脅威評価、会談、物理的観測などを介して獲得される。

攻撃的偵察。目的は、内周辺に物理的に進入することにより情報及び事故情報を獲得することである。危険物及び爆発危険両方を含む事故においては、これは、分析のために監視、資料採取及びビデオ又は写真記録を行うため爆弾処理班及び危険物人員両者による共同進入作業となることがある。攻撃的偵察は、進入の任務となる。

(h) リソース(resources)

消耗性の補給品及び物資の使用の記録を含め、緊急事態の成り行き時に危険物分科により使用された全ての補給品及び装備のコントロール及び追跡に責任を有する。必要に応じて、兵站部門長(活動している場合)と調整する。

5-4.1.3 連邦規則の SARA Title III Section 303 並びに他の州及び地方緊急対応計画立案

規則に義務付けられているとおりに州の及び関係した緊急対応計画の実行に関する段階を特定すること。

注．日本には SARA は適用されないので割愛する。

5-4.1.4 地方緊急対応計画立案文書が与えられたとき、その文書の各々の要素を特定すること。

注 3). SARA により緊急対応計画立案時に考慮することが求められているものは次に掲げるものである。

- (1) 緊急事前計画立案及び外部団体との調整
- (2) 個人の役割、権限系統、訓練及び通信
- (3) 緊急事態の認知及び予防
- (4) 安全な距離及び待避所
- (5) 現場の保全及びコントロール
- (6) 避難経路及び手続き
- (7) 除染
- (8) 緊急医療処置及び応急処置
- (9) 緊急警報及び対応手続き
- (10) 批評対応及び追跡調査
- (11) 個人用保護具及び緊急装備

5-4.1.5 危険物事故時に対応活動を調整するために必要な事故管理系統の要素を特定すること。

注 1,30,31). 米国では、2003 年 2 月 28 日に、George W. Bush 大統領が国内事故の管理及び国家的事故管理系統と題の付いた国土安全保障大統領命令(Homeland Security Presidential Directive / HSPD-5)に署名した。HSPD-5 の目的は、単一で、包括的な国家事故管理系統を設立することにより国内事故を管理する合衆国の能力を拡大することである。

これを受けて作られた国土安全保障省の国家対応計画では、事故管理系統として、次のものが掲げられている。

- ・ 現場指揮官－戦略及び戦術の作成並びにリソースへの指令及びこれの開放を含む、全ての事故活動に責任を有する者
- ・ 作業部門－事故現場努力に当たるもの
- ・ 計画立案部門－事故及びリソースに関する情報を収集し、評価し、配布し、使用するもの
- ・ 兵站部門－補給品及び装備のコントロール及び所在説明責任、リソースへの命令、装備及び補給品の配給並びに野外の場所へのサービスを提供するもの
- ・ 財務／管理部門－財務管理、費用の監視及び追跡を行うもの

5-4.1.6 主要な地方、州、区域及び連邦政府機関を特定し、危険物の製造、輸送、貯蔵及

び危険廃棄物の廃棄に関係するこれらの規制権限(規則を含め)の範囲を特定すること。

注. これについては割愛する。

5-4.1.7 危険物事故時に支援を提供する政府機関及び民間部門のリソースを特定し、これらの役割並びに利用できる支援又はリソースの種類を特定すること。

注. これについては各部署で各個に行うものであるため割愛する。

5-4.2 *リソース(民間及び政府)の監督。擬似的な危険物事故及び計画された対応を実行するための必要なリソースが与えられたとき、現場指揮官はこれらのリソースの能力の範囲内で安全且つ効果的な方法でこれらのリソースを監督する能力を有することを実演するものとする。

注. これについては割愛する。

5-4.3 メディア及び公選公務員への情報伝達のための焦点の提供。擬似的な危険物事故が与えられたとき、現場指揮官はメディア並びに地方、州及び連邦公務員に提供する適切な情報を特定するものとする。

5-4.3.1 メディアへの情報提供に関する地域の方針を特定すること。

注. これについては割愛する。

5-4.3.2 危険物事故時における公衆情報官の責務を特定すること。

注 1.4) 公衆情報官(PIO)は、事故又は事象から直接情報を求めるメディア又は他の組織に対する連絡窓口となる。公衆情報官は、現場指揮要員の一部として機能すべきである。1名の者が事故時に代弁者として仕えるために選ばれるべきである。この者は公衆情報及びメディアとの交渉において訓練され、経験を積んでいるべきである。

公衆情報官は安全な位置に報道機関の場所を設けるべきであり、定期的に事故に関する正確な情報をメディアに提供すべきである。危険が存在するため一定の地域は報道機関にとり出入りできないことがある。しかしながら、メディアがそこに移動することが許される場合には、公衆情報官は彼らのための護衛を提供すべきであり又は彼らが護衛なしで行ける地域を特定すべきである。

5-5 能力-進捗状況の評価

5-5.1 行動計画の進捗状況の評価。擬似的な施設及び輸送時の危険物事故が与えられたとき、現場指揮官は努力が対応目標を達成しようとしているのかを判断するために行動計画の進捗状況を評価するものとする。現場指揮官は次に掲げることができるものとする。

5-5.1.1 行動方法が目標を達成する上で効果的であるかを評価するための手続きを特定すること。

注 4) 事故において執られている行動が効果的であるかどうか及び目標が要求されたことに合っているかを判断するために、現場指揮官は事故が安定化しているか又はその強度を増しているかどうかを判断しなければならない。このフィードバックは実施されている戦

略目標又は行動選択肢いずれかを対応者が修正できるようにする。このフィードバックには人員の効果性、個人用保護衣及び装備、コントロール・ゾーン、除染手続き並びに実施されている行動選択肢に関する情報が含まれるべきである。

5-5.1.2 物質及びその容器の実際の挙動と分析過程での予測とを比較するための段階を特定すること。

注 4). 予測された挙動と実際の挙動とを比較するとき、現場指揮官は事故時の事象が予測されたように生じているか、順序に狂いが生じているか又は予想とは異なったものであるかを判断すべきである。現場指揮官は、緩和、対応又は全体の計画の一部として生じることが予想された事象が予測通りに生じているかも判断すべきである。この評価過程は、清掃又は現状復帰段階時に「驚愕すべきこと」が生じないようにするために、事故が終了するまで続けられるべきである。

5-5.1.3 次に掲げるものの効果性を判断すること。

- (a) 使用されている人員
- (b) 個人用保護具
- (c) 設けられたコントロール・ゾーン
- (d) 除染過程

注 4). この能力は、戦略目標達成のために選択された行動選択肢の効果性を判断するために現場指揮官が事故を分析できることを示せるようにするために意図されている。上述(1)及び(2)の能力がこの分析のための基礎を提供する。

(続く)

参考文献

- 1) Gregory G. Noll, Michael S. Hildebrand, James, Yvorra, Hazardous Materials Managing the Incident 3rd edition, RED HAT PUBLISHING, Chester, MD(2005)
- 2) David M. Lesak, Hazardous Materials Strategies and Tactics, BRADY, Upper Saddle River, NJ(1999)
- 3) Jerry Laughlin et. al., Hazardous Materials Response Handbook 4th Ed., NFPA, MA(2002)
- 4) NFPA, Fire Protection Handbook 19th Edition, MA(2003)
- 5) Chris Hawley, Hazardous Materials Incidents 2nd Edition, Delmar Learning, NY(2004)
- 6) Clyde B. Strong et. al., Emergency Response and Hazardous Chemical Management: Principles and Practices, St. Lucie Press, FL(1996)
- 7) Jerry Laughlin et. al., Hazardous Materials Response Handbook 4th Ed., NFPA, MA(2002)
- 8) Lori P. Andrews et. al., Emergency Responder Training Manual for the Hazardous Materials Technician, John Wiley & Sons, NY(1992)
- 9) 日本工業標準調査会 HP、<http://www.jisc.go.jp/app/pager?id=54739> から閲覧可能
- 10) 日本工業標準調査会 HP、<http://www.jisc.go.jp/app/pager?id=53815> から閲覧可能
- 11) Jonathan D. Kipp & Murrey E. Loflin, Emergency Incident Risk Management, VAN NOSTRAND REINHOLD、NY、USA(1996)
- 12) NFPA, NFPA 472 Professional Competence of Responders to Hazardous Materials Incidents 1997 Edition
- 13) Nicole C. Furcola et. al., ASTM Standards on Hazardous Substances and Oil Spill Response 2nd Edition, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA(1994)
- 14) John Hosty, A Practical Guide to Chemical Spill Response, VAN NOSTRAND REINHOLD, New York, NY(1992)
- 15) Rob Schnepf, Paul Gantt, Hazardous materials regulations, response, and site operations, Delmar Publishers, Albany, NY(1999)
- 16) Barbara Adams, Leslie A. Miller, Hazardous Materials For First Responders 3rd edition, International Fire Service Training Association, Fire Protection Publications, Stillwater, OK(2004)
- 17) Wikipedia, Absorption (chemistry), http://en.wikipedia.org/wiki/Absorption_%28chemistry%29
- 18) 例えば、3M 社の液体吸収材、
http://products.3m.com/catalog/jp/ja000/sumitomo_mro/-/node_C5P5DKQZG9be/root_NZQBCF7CCKgv/vroot_TW554XW2L9ge/gvel_350JBXVFPggl/theme_jp_mro_3_0/command_AbcPageHandler/output_html
- 19) Wikipedia, Adsorption, <http://en.wikipedia.org/wiki/Adsorption>

- 20) ウィキペディア (Wikipedia)、吸着、<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%90%B8%E7%9D%80>
- 21) Rob Schnepf, Paul Gantt, Hazardous materials regulations, response, and site operations, Delmar Publishers, Albany, NY(1999)
- 22) Timothy V. Henry, Decontamination for Hazardous Materials Emergencies, Delmar Publishers, Albany, NY(1998)
- 23) Gregory G. Noll, Michael S. Hildebrand, James G. Yvorra, Hazardous materials managing the incident 2nd Ed., FIRE PROTECTION PUBLICATIONS, Stillwater, OK(1994)
- 24) Barbara Adams, Leslie A. Miller, Hazardous Materials For First Responders 3rd edition, International Fire Service Training Association, Fire Protection Publications, Stillwater, OK(2004)
- 25) Joe Marela, HAZRDOUS MATERIALS HANDBOOK FOR EMERGENCY RESPONDERS , VAN NORSTRAND REINHOLD, New York, NY(1996)
- 26) Chris Hawley, Hazardous Materials Incidents 2nd edition, THOMSON, Canada(2004)
- 27) Michel Wilder et. al., Hazardous Materials for First Responders 2nd edition, International Fire Service Training Association、 Stillwater, OK(1994)
- 28) FRTR, Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0, <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-21.html>
- 29) ウィキペディア (Wikipedia)、HEPA、<http://ja.wikipedia.org/wiki/HEPA>
- 30) Homeland Security Presidential Directive / HSPD-5, <http://www.fas.org/irp/offdocs/nspd/hspd-5.html>
- 31) National Response Plan, <http://www.dhs.gov/xlibrary/assets/NRPbaseplan.pdf>