

## 【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 8)

危険物技術者(Hazardous materials technician)の能力(承前)

梅津 隆弘

**4-3.4 適切な除染手続きの策定。** 擬似的な危険物事故が与えられたとき、危険物技術者は適切な除染手続きを選択するものとし、当該手続きを実行するために必要とされる装備を判断するものとする。危険物技術者は次に掲げることができるものとする：

4-3.4.1 次に掲げる除染方法の各々の利点及び限界を認識し、それぞれの例を説明すること。

- (a) 吸収(absorption)
- (b) 吸着(adsorption)
- (c) 化学的劣化(chemical degradation)
- (d) 希釈(Dilution)
- (e) 廃棄(Disposal)
- (f) 蒸発(Evaporation)
- (g) 中和(Neutralization)
- (h) 固化(Solidification)
- (i) 真空吸引(Vacuuming)
- (j) 洗浄(Washing)

注．次に掲げる利点並びに欠点及び例がある：

- (a) 吸収 1,2,3,4,5,7,8)

吸収は、原子、分子又はイオンがある種の bulk 相(bulk phase：気体、液体又は固体物質)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。分子などが表面にではなく、体積内部に保持されることから、吸着とは異なる過程である。また、純粋に物理的な過程である場合もあれば、そうでない場合もある。

除染方法としての吸収の利点は、最小の表面積を有する形で漏洩物質を囲い込むため、これの蒸発速度を小さくし、これが吸収材から浸出しにくくすること、吸着材のように濡れた表面に関係せずに吸収された物質の搾り出し又はこれとの接触が生じるため、人員の汚染及び二次汚染を最小化すること、吸収材は安価且つ容易に利用可能であること、保持された物質を火災コントロール及び消火用の水又は雨により浸出させにくいことが挙げられる。

除染方法としての吸収の限界は、平滑な表面に対する使用には適しているが、保護衣又は垂直面等については使用が制限されること、吸収された危険物の性状を変化させず、このため、吸収した後、これは当該危険物として取り扱われなければならないこと、廃棄される物質を増大させること、吸収される危険物との適合性を必要とすること、使用された吸収材は回収されなければならないこと、吸収材は人の手により使用されな

なければならないこと、 廃棄のための保管時に自発的な反応を開始する危険性が大きいことが挙げられる。

危険物用の吸収材として使用されているものの例には、土壌、珪藻土、苦土ひる石、無水充填材、商業製品<sup>9)</sup>などがあり、有機流体用の吸収材には、ゴム及び吸収性ポリマーのような架橋した製品が、水性流体用の吸収材には、セルロース誘導体(合成及び天然)、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。吸収材は、吸収される物質等と反応しない性状であるべきである(有機物の吸収材は強力な酸化性物質に使用しないなど)。

(b) 吸着<sup>10,3,11)</sup>

吸着は分子又は原子の膜を形成しながら、液体又は気体が固体表面に集積するときに生じる過程である。

吸着には、物理吸着及び化学吸着があるが除染で使用される吸着は物理吸着のほうが主であるとするもの(珪藻土、活性炭の吸着は物理的吸着であるとするもの<sup>12,13)</sup>、化学的作用であるとするもの<sup>14,15)</sup>、特に区別せず表面への吸着であるとするものと<sup>16,17,18)</sup>、文献により記述が異なる。

除染方法としての吸着の利点は、吸着材に吸着している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、 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、 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、 曝露表面積が大きいため、吸着液体の蒸発損失が大きいこと、 二次漏洩問題を引き起こすことがあること、 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、 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<sup>1,2,5,7,14,19)</sup>

化学的劣化を、汚染物の経時変化による自然分解であるとする文献もあるが、多くの文献では、除染における化学的劣化を「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」としている。

除染方法としての化学的劣化の利点は、 汚染物の化学的構造を変化させることにより、本質的に有害性を減少させること、 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、 有害性の減少により、最終的廃棄手続きもより簡易なものとなるこ

とが挙げられる。

除染方法としての化学的劣化の限界は、主に構造物、車両及び装備の除染に用いられるものであり、化学物質保護衣の除染には不適(保護衣も劣化させることがある)であるとともに、人の皮膚に対しての直接適用は全く論外であること、使用に適した化学物質を判断すること及び準備をするために時間がかかること、化学反応に伴う熱及び毒性生成物が発生する可能性があることが挙げられる。

化学的劣化の例には、病因性物質の殺菌のための家庭用漂白剤の使用、酸の中和のための塩基性溶液の使用、塩基の中和のための酸性溶液の使用、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 1,2,7,15,19,20,21)及び(j)洗浄 2,7)

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使用する過程である。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。

除染方法としての希釈／洗浄の利点は、水の使用の簡便性、容易性、速度及び経済性の点で有利であること、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、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。

除染方法としての希釈／洗浄の限界は、不利な反応を生じる対水反応性物質に使用された場合、大きな問題を生じることがあること、希釈は汚染物の化学的構造を変化させず、ただ薄めるだけであり、希釈に使用された水は危険物の性質を有することになるため、収集され、適切に廃棄されなければならないこと(これが行われない場合には、汚染はより広い範囲に広がることになる)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 1,2,7,13,20)

廃棄は、他の方法では除染が不可能であり又は除染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。廃棄は、汚染された装備等の除去及び指定された場所での収集、汚染された装備等が充分収集された後のこれ

らの袋、箱、容器などへの詰め込み、当該容器への付け札取り付けという現場での収集・隔離・識別を行う段階及び緊急時後の清掃の過程の一部としての焼却施設又は危険廃棄物埋め立て施設などの処理施設への運送のための容器への収納からなる段階からなる。

除染方法としての廃棄の利点は、使用済みの除染溶液、汚染された水が発生しない、装備等を除染するよりも容易に行える、除染にかかる費用が安価となる場合があることが挙げられる。

除染方法としての廃棄の限界は、大量の装備などが曝露している状況では非常に費用がかさむ事が挙げられる。

廃棄の例には、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 1,2,7,14)

蒸発は、汚染物が自然に蒸発するに任せ又は促進させるための手段を講じて汚染物を大気中に拡散させて汚染されたものから汚染物を消失させる過程である。一般的に緊急対応においては使用されないが、汚染物が蒸発しやすい高蒸気圧を有する場合であり、蒸発を待つ間に曝露問題(環境への曝露=環境汚染、を含む)が生じることがない装備等の除染に使用されることがある。

除染方法としての蒸発の利点は、作業的に簡単なものである、作業に必要な人員数も少なくてすむ場合もあること(但し、限界の 及び との関係で、地域を保全するために多くの人員が必要とされる場合もありえる)が挙げられる。

除染方法としての蒸発の限界は、蒸発により空气中に危険物蒸気が混入することになるため吸入危険を生じる可能性がある、多孔質の表面では蒸発の効果が薄れる、除染する危険物の量が多いほど、時間がかかる、蒸発させるための広く、管理されている場所を必要とする、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。

蒸発の例には、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 1,2,7,13,14,19)

中和は、化学的劣化の一つで、中性(厳密には  $\text{pH}=7$  だが、 $\text{pH}5$  から  $9$  の範囲内に収めるとする文献もあり)となるように、腐食性物質に酸又は塩基を(酸に対しては塩基を、塩基に対しては酸を)適用する過程である。

中和の利点は、反応生成物を害の少ない物質とすることが可能であり、廃棄の問題を軽減できること、腐食性物質に対して希釈による無害化より効果的であることが挙げられる。

除染方法としての中和の限界は、中和反応は発熱反応であるため、人体に対する除染には使用されるべきでないこと、発熱反応であるため、保護衣に対する除染方法としては、特別な注意を必要とすること(保護衣を着装している人員に対する熱的脅威及び保護衣

それ自体に対する熱的脅威のため)、中和に用いられる化学物質それ自体にも、存在危険(hazard)があり、注意して取り扱われなければならないことが挙げられる。

除染方法としての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。

中和は、装備、車両及び構造物を除染するために用いられる。

(h) 固化 1,2,7,15,19,20,22)

固化には、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。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。

除染方法としての固化の利点は、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。

除染方法としての固化の限界は、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、多くの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 1,2,7,14,23)

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。

除染方法としての真空吸引の利点は、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。

除染方法としての真空吸引の限界は、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、効果性を維持するために HEPA フィルターを定期的に交換しなければならないこと、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。

4-3.4.2 適切な除染手続きの選択のための技術的情報の 3 つの情報源を認識し、緊急時にこれらの情報源と連絡する方法を認識すること。

注．除染に関する情報は次に掲げるところから得られる 1,2,24)：

化学物質製造者の製品専門家

CHEMTREC などの技術情報センター。専門用語が含まれる英語で会話することができる場合には、CHEMTREC に直接電話することも一つの選択肢となりえる。日本におい



ては、保健所が除染情報を提供することになっているようである<sup>24)</sup>。

MSDS(物質安全データ・シート)。除染情報については、応急措置の section に記載されているとある<sup>2)</sup>。しかしながら、JIS Z7250:2005<sup>25)</sup>では応急措置の欄には「この項目には、必要があれば、取るべき応急措置を記載しなければならない。絶対避けるべき行動があればそれを記載しなければならない。情報は、被災者及び／又は、応急措置をする者が容易に理解できるようにすることが望ましい。

情報は、異なった曝露経路、すなわち吸入した場合、皮膚に付着した場合、目に入った場合、及び飲み込んだ場合に分けて記載しなければならない。

予想される急性症状及び遅発性症状、並びに最も重要な兆候及び症状に関する簡潔な情報を、ここに記載することが望ましい。しかし、詳細な兆候及び症状は、11.のところに記載することが望ましい。

必要な場合に、応急措置をする者の保護に必要な注意事項、及び／又は医師に対する特別な注意事項をここに記載しても良い。(下線及び太字は、原文のまま)」とあるだけで、明確に除染に関する情報を掲示することにはなっていないが、いくつかのMSDS<sup>26,27)</sup>を参照すると、皮膚に付着した場合及び目に入った場合の応急措置が、人体に対する除染法であると思われる。

緊急対応ガイドブック。除染の分類、方法についての記述があるが、特定の物質の対する除染方法まで詳しく記載されているものはあまり存在しないとされており、実際、人体に対する汚染時の処置についての記載があるものがあるが、装備、保護衣に対する除染の指針について詳細に記載されているものはほとんど存在しない。

ある種のオンライン・コンピューター・データベース。米国 EPA の HP<sup>28)</sup>によれば、EPA 以外のデータベースで除染情報が記載されているものとして、HazMasterG3<sup>29)</sup>が挙げられている。

いずれの場合にも、複数の情報源から情報を入手し、照会することが重要となる。

4-3.5 **行動計画の策定。**施設及び輸送時の擬似的な危険物事故が与えられたとき、危険物技術者は、安全考慮事項を含め、行動計画を作成するものとする。この計画は地方緊急対応計画及び組織の標準作業手続きと一致しているものとし、当該事故に対して利用可能な人員、個人用保護具及びコントロール装備の能力の範囲内にあるものとする。危険物技術者は次に掲げることができるものとする：

4-3.5.1 危険物コントロールに関する次に掲げる技術の目的、手続き、必要な装備及びこれらと共に使用される安全予防措置を説明するものとする。

- (a) 吸着(adsorption)
- (b) 中和(Neutralization)
- (c) オーバーパッキング(overpacking)
- (d) 継ぎ当て(Patching)

(e) 打栓(Plugging)

注：次に掲げる目的、手続き、必要な装備及び共に使用される安全予防措置がある。

(a) 吸着 1,2,3,6,7,19,30)

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。

手続きとしては、漏洩した物質に対して吸着材の表面を接触させ、吸着させた後、吸着材ともども回収し、廃棄することとなる。

必要な装備は、陸上における回収のための股鋤、熊手及びシャベルなどが挙げられる。海上においては、回収を容易にするための工夫がなされているものを使用することになり、ボートフック及び柄付きタモ網などが挙げられる。

安全予防措置として、吸着材と漏洩した物質との適合性を前もって調べる、吸着材を回収する人員への二次汚染の対策を講じること、使用された吸着材は全て回収されなければならないことが挙げられる。

(b) 中和 1,2,5,6,7,30)

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。

手続きとしては、漏洩した腐食性物質に対して、中和剤(酸に対しては塩基、塩基に対しては酸)を適切な量適用し、塩と水に化学変化させ、より安全に回収及び廃棄することとなる。

必要な装備は、pH 計(又は、pH 試験紙)、中和剤、シャベル、缶及び袋などであり、大規模漏洩に対してはポンプ及び中和剤拡散装置が必要となる。海上に漏洩した場合には、港湾などを除いて、ほとんど無限希釈されてしまうため、適用できないと思われる。

安全予防措置として、漏洩した腐食性物質及び中和剤両方とも人員に対して有害であるため保護対策を講じること、pH の過剰矯正を避けるため、漏洩した物質及びその量に見合った適切な中和剤(生物分解性の塩を作り出すもので、強酸又は強塩基ではないもの)を適切に使用することが挙げられる。また、多くとも 400?程度の漏洩に対する選択肢であるとされている。

中和反応は発熱反応であり、激しい反応であることがあるため、発生する熱及び物質の飛び散りに注意すること、中和の方法(コロンコントロール方法・冷却方法などを含む)について、製品の専門家と協議することが必要とされる。

(c) オーバーパック 1,2,19,31,32)

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。

手続きとしては、損傷し又は漏出している容器を更に大型の容器内に収めるものである。その後、吸収材を充填し大型容器の蓋をかぶせるとか、損傷した容器内の製品を移送する

とかの措置が講じられることになる。

必要な装備としては、損傷等している容器より大型の容器、容器取扱い用の道具(ころなど)、容器吊り上げ用重機及び必要な付属物などが挙げられる。

安全予防措置として、損傷等している容器内容物に適した化学物質保護具の使用、物理的粉砕から身体各部を守るための硬質帽子、安全靴等の使用、可能な場合にはオーバーパッキングする前に漏洩している容器の一時的修理などが挙げられる。

(d) 継ぎ当て 1,2,3,6,19,30)

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。

必要な装備としては、木材、プラスチック、金属などの薄板、布、種々の種類の T 字ボルト/トグル・ボルト、帯紐/鎖、ゴム製ガasket、パテ/ゴム充填物/鉛ウールなど開口を塞ぐための物質とこれらの物質を固定するための道具の組み合わせである。

安全予防措置としては、含まれている化学物質及び容器と継ぎ当てに使う物質及び装置が適合性があることを確認すること、容器内の圧力又は吐出圧力の大きさにより継ぎ当て可能かを判断すること(ものによるが 7 気圧以下でないと継ぎ当ては困難とされる)、継ぎを固定できるだけの強度が容器に残っているかを判断すること、開裂の大きさよりも 1.5 倍以上大きい継ぎを使用することが挙げられる。

(e) 打栓 1,2,3,6,19,30)

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。

手続きとしては、漏出している容器等の開口内に、物質又は装置を挿入し、打ち込み又は捻り込み、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。材質によっては、開口内で製品を吸収し、膨潤することにより更に効果的に漏出を停止又は減少することがありえる。

必要な装備としては、木材、プラスチック又は金属製の楔、円錐体、ゴム充填物/ナット/ボルト/金属板を組み合わせたものなどが挙げられ、簡単なものほど用途が多いとされる。

安全予防措置としては、含まれている化学物質及び容器と継ぎ当てに使う物質及び装置が適合性があることを確認すること、容器内の圧力又は吐出圧力の大きさにより打栓可能かを判断すること(ものによるが 7 気圧以下でないと打栓は困難とされる)、栓を固定できるだけの強度が容器に残っているかを判断することが挙げられる。

4-3.5.2 MC-306/DOT-406、MC-307/DOT-407、MC-312/DOT-412、MC-331 及び MC-338 貨物タンクが与えられたとき、各種類の貨物タンクからの製品移送のための一般的



方法を認識するものとする。

注．製品移送の一般的方法 1,2,19,30)

MC-306/DOT-406、MC-307/DOT-407、MC-312/DOT-412、MC-331 及び MC-338 貨物タンクは、それぞれ、大気圧タンク、低圧タンク、腐食性貨物タンク、高圧タンク及び低温液体タンクである。これらのタンクからの製品の移送は、事故現場が安定化された後に行われることになる。また、このような作業は、危険物技術者が実施するものではなく、容器／製品専門家と共に専門事業者等が実施するものであるが、現場の安全を確実なものとするため、危険物対応者がこれらの作業を監督することになる。

#### 1. 容器の調査。

製品の積み降ろしの最も安全な方法を判断するために最初に行われることになる。調べべき項目としては、容器の設計強度・残存強度、容器の傾き並びに姿勢、積み降ろしのために使用される開口又は取り付け物の姿勢並びに位置、容器内の整流板の穴の位置、積み降ろされる製品並びにその性質及び利用可能な訓練、リソース並びに装備の水準が挙げられる。

#### 2. 電氣的接続及び接地。

タンク内の製品が可燃性液体又は気体である場合には、損傷したタンクと受け入れタンクの接地及び電氣的接続を行うことは、静電気帯電及び自己誘導起電力などによる火花放電発生の危険性を減少させるために行われる。接地及び電氣的接続は、危険雰囲気中での火花放電を防止するために、常に、損傷したタンクから接続し、その後、接地棒又は受け入れタンクに接続するという順序で行われる。

#### 3-1 液体移送

MC-306/DOT-406、MC-307/DOT-407、MC-312/DOT-412 貨物タンク・トラックの場合、内容物が液体であるため、液体移送となる。液体移送では、一般的に、移送用のパイプの直径及び長さ並びに液体の粘性が大きな影響を有する。液体移送には、次に掲げる 3 つの主要な手段が存在するが、どれが選択されるかは、液体の重量並びに粘度、液体の温度、製品の存在危険(hazard)及び利用可能なリソースに依存することになる。

- (1) 重力流れ。重力による自由流れにより移送するもの。流動性の良い製品に限定される。

作業に関する考慮事項としては、両タンクの換気が必要であること、蒸気回収の使用(閉鎖系統)ができること及び損傷したタンクが高度のある場所にあるとき有用な方法であることが挙げられる。

- (2) ポンプ移送。ポンプ移送は、「開放系統」又は「閉鎖系統」いずれかで行われる。作業に関する考慮事項としては、ポンプ、受け入れタンク並びに関連する管系の製品に対する化学的適合性(これらの物品に付着していることがある、残滓化学物質の存在等も含む)、ポンプのエネルギー源並びに火花発生の可能性(可燃性雰囲気での作業の場合)、移送される製品の存在危険(hazard)及びポンプの揚程及び揚水量を含む、ポンプの能力が挙げられる。

- (3) 圧力移送。高圧の空気又は不活性気体により、損傷したタンク内の圧力を挙げ、受け入れ容器とこれとの圧力差により受け入れ容器内に製品を移送するもの。作業に関する考慮事項としては、製品が収納されているタンクが密閉されること及び受け入れタンクが換気されていることが必要とされること(「閉鎖系統」では行えない)、受け入れタンクから排出される蒸気は大気中放出又は浄化を必要とすること、可燃物の移送には空気を使用できず、不活性気体が使用されること及び不活性気体が用いられる場合、十分な気体が入手可能であることが挙げられる。

### 3-2 液化気体移送

MC-331(液化気体)及び MC-338(低温液化気体)貨物タンクは、ポンプ、圧縮機又は圧力差により移送されることになる。どの手段が選択されるかは、容器に対する応力又はその損傷の性質、容器の姿勢、製品の蒸気圧、製品の存在危険(hazard)及び利用可能なリソースに依存する。また、液化気体移送は、常に、液体管及び蒸気管が存在する、閉鎖系統で行われる。

- (1) 等圧化後のポンプ移送。損傷したタンク及び受け入れタンクの圧力を等しくした後、移送ポンプにより製品を受け入れタンクに移動させるもの。作業に関する考慮事項には、損傷したタンクの内部圧力を増加させない方法であること、ポンプ、受け入れタンク並びに関連する管系の製品に対する化学的適合性(これらの物品に付着していることがある、残滓化学物質の存在等も含む)、ポンプのエネルギー源並びに火花発生の可能性(可燃性雰囲気での作業の場合)、移送される製品の存在危険(hazard)、ポンプの揚程及び揚水量を含む、ポンプの能力、ポンプにより移送できるのは、引き出し管の最下部までの製品であり、いくつかの製品は損傷したタンクに残ることが挙げられる。
- (2) 陰圧による製品移動。受け入れタンクから蒸気を除去・再液化することなどにより、損傷したタンクと受け入れタンク間に圧力差を作り出し、製品の移動を生じさせるもの。液体及び蒸気両方を移動させることができる。作業に関する考慮事項には、圧縮機の効果性並びに効率性は物質の蒸気圧並びに周囲温度により影響を受けること、圧縮機による方法はポンプ移送によるものより高速であること、損傷したタンクの内部圧力が増加することがあること、あらゆる残存液体並びに蒸気を損傷したタンクから引き出し可能であること、高度差が大きい場合又は液体移動用の液体管が小直径の場合、内部圧力を昇圧するための昇圧ポンプ(booster pump)の併用が必要になることがあること及び損傷した容器に作り出される圧力に関する懸念がある場合には、受け入れタンクを小型にすることでこの問題が改善されることがあることが挙げられる。
- (3) 加圧による製品移動。損傷したタンク内に不活性気体を注入し、これにより生じた圧力差により製品を移送するもの。作業に関する考慮事項には、不活性気体は可燃性及び水分に敏感な製品の移送を可能とすること、移送作業を完了する

ために適時に十分な量の気体の獲得を必要とすること及び LPG 用の M C -331 タンクを取り扱うとき、噴霧充填を充填により受け入れタンクに積み付けることにより受け入れタンク内の圧力上昇を最小限にできる可能性があることが挙げられる。

4-3.5.3 擬似的な危険物事故が与えられたとき、行動計画に含まなければならない安全に関する考慮事項を作成すること。

注．安全に関する考慮事項 1,7,35)

OSHA 29 CFR 1910.120、Hazardous waste operations and emergency response(危険廃棄物作業及び緊急対応)、付属書 C においては、包括的現場安全及びコントロール計画には次に掲げるものが含まれるべきであるという記載があり、これらは、一般的な安全に関する考慮事項に相当するものであると思われる：

- ・ 現場の存在危険(hazard)の分析及びこれらの存在危険(hazard)の発生可能危険(risk)分析の要約
- ・ 現場地図又は略図
- ・ 現場作業ゾーン(コントロール・ゾーン)
- ・ バディ・システムの使用
- ・ 現場通信
- ・ 指揮所又は指揮センター
- ・ 標準作業手続き及び安全作業行為
- ・ 医療支援及びトリアージの場所
- ・ 存在危険(hazard)監視計画(空气中汚染物監視など)
- ・ 除染手続き及び除染場所
- ・ 他の関連範囲

4-3.5.3.1 含まれるべき安全に関する考慮事項を一覧書きし、説明すること。

注．個々の行動計画に含まれるべき考慮事項 2,7,19,33)

個々の行動計画に含まれるべき一般的な安全に関する考慮事項以外のものは、執られる戦略、戦術、任務により異なるものであり、ここに全て列挙するわけには行かないため、一例のみ紹介する。

初回の空気監視及び偵察作業に関する安全考慮事項としては、次に掲げるものが挙げられる：

- ・ 予期される存在危険(hazard)に対して効果的な保護具が使用されていること。 - 保護具は、予想される存在危険(hazard)から、空気監視及び偵察のため進入する対応者を保護する最後の砦であるため、適切なものが選択されなければならない。
- ・ 進入チームと同じ水準の保護具を装備した、最低同人数の支援チーム(backup team)

の準備ができていること。進入中の対応者に、緊急事態が生じた場合、これを支援し又は危険地域から退去させる必要が生じることがあり、このとき、進入チームと同じ水準の保護具を装備した支援チームが必要になる。

- ・ 携行する装置が保護されていること(センサー、吸気口、排気口等は除く)。装置が保護されていない場合、装置の除染が大掛かりなものとなり、二次汚染の可能性が増大することになる。
- ・ 可能な限り、風上 / 上方 / 上流から、危険地域に接近すること。拡散する危険物の濃度が薄い風上等から接近し、検知後、放出等の側面方向に移動することは、不必要な高濃度の危険物との接触の機会を減じることになる。
- ・ 空気より重い蒸気が堆積する場所には注意すること。多くの危険物の蒸気は、空気より重いため、これらが堆積するような場所に進入する際には、十分な注意が必要とされる。

#### 4-3.5.3.2 現場における作業に先立ち、安全に関する事前説明で行うべき重点を認識すること。

注．安全に関する事前説明 [2,7\)](#)

偵察又は進入作業の前に行われる事前説明において説明すべき点は、次に掲げるものが含まれる：

- ・ 進入作業の目的
- ・ 事故の状況に関する情報
- ・ 特定されている存在危険(hazard)
- ・ 現場の説明
- ・ 実行されるべき任務
- ・ 予想される任務所要時間
- ・ 必要とされる個人用保護具(personal protective equipment: PPE)
- ・ 必要とされる監視
- ・ 特定されている発生可能危険(risk)の通知
- ・ 支援の要請方法
- ・ 脱出経路
- ・ 曝露の兆候 / 症状
- ・ 通信方法
- ・ 除染場所の位置及び配置

#### 4-3.5.4 閉鎖空間を含む危険物事故に関連した雰囲気的及び物理的安全性に関する危険を認識すること。

注．閉鎖空間の危険 [1,2,5,19,36,37,38,39\)](#)

ここでの閉鎖空間とは、人が進入可能な広さを有し、作業者の連続的居所の用のために設計されておらず及び進入並びに退出のための開口が制限されている空間を指す。

閉鎖空間を含む危険物事故に関連した雰囲気的な安全性に関する危険には、酸素欠乏、酸素過剰、毒性及び可燃性雰囲気が挙げられる。

酸素欠乏雰囲気は、合衆国では、19.5vol% 未満の酸素濃度である雰囲気を指しており、日本のそれよりも安全余裕が大きい(日本では 18% 未満)。酸素濃度が低い(16vol% 未満から、身体活動に影響が現れ始め、6% 未満では呼吸停止するといわれている)と、人間の生命維持が困難になるため、注意が必要とされる。

酸素過剰雰囲気は、合衆国では、23.5vol% を超える酸素濃度である雰囲気を指しており、日本にはこの雰囲気に関する法規は存在しない。酸素濃度が高いと、爆発範囲が広くなり(特に、爆発上限界が大きくなる)、火災・爆発危険が増大するため、注意が必要とされる。

OSHA の許容曝露限界(Permissible Exposure Limit: PEL)又は ACGIH の限界閾値(Threshold Limit Value: TLV)を上回る毒性雰囲気は、呼吸保護具を必要とする。閉鎖空間での作業中に、呼吸保護具が故障し又は空気供給が途絶えるような自体が発生すれば重大な帰結が生じることになる。

閉鎖空間において安全であるとされる可燃性雰囲気は、合衆国においては、10LEL% 以下の濃度の可燃性気体又は蒸気を含むものとされており、この濃度を超える値が直読式装置により測定された場合、進入許可は取り消されることになっている。

閉鎖空間を含む危険物事故に関連した物理的な安全性に関する危険には、限定されている出入り口、長い移動距離、暗さ、通信の困難性及びその他の尋常でない物理的危険が挙げられる。

出入り口が限定されているため、出入り口までの経路が何らかの理由で遮断された場合、強制的に出入り口を作り出す以外、脱出困難となる。また、もともと、居住する人の出入りを目的としている出入り口ではないため、接近が困難な場所に存在し又は狭隘であることがあり、通常の出口の出入りとは異なり、SCBA シリンダーを一旦取り外しての出入りが必要であることがあるなどの問題を生じさせることがある。

出入り口が制限されているため、出入り口まで及び出入り口から内部の目的地までの経路は近道をとることができず、移動距離が長くなることがある。移動距離が長い場合、目的の場所に辿り着くまで及び安全な場所に退去するまでの空気消費量が多くなり、現場において作業する時間が短くなる。

ほとんどの閉鎖空間は、暗いため、これによる転倒、滑落、衝突などの危険に加え、持ち込まれた照明器具により爆発性雰囲気の爆発の発生可能危険(risk)が存在する。

通信の困難性により、緊急事態が生じた場合、これを伝えることが困難となるとともに、照明器具と同様に、これによる爆発性雰囲気の爆発の発生可能危険(risk)が存在する。(通信の手段として命綱などによる信号伝達という手段も考慮される必要がある)

その他の尋常でない物理的危険には、非水平又は滑りやすい歩行路並びに登坂路、落下



物による打撃並びに巻き込み、傾斜しているくぼみへの落ち込み、可動部との接触並びにこれへの巻き込まれ、感電、高低差、高温度・高湿度、突起物、蒸気比重と空間構造(ビーム、コーミングなど)の関係などが含まれる。

#### 4-3.5.5 実行されるべき進入前活動を認識すること。

注：実行されるべき進入前活動 [1,30](#)

進入前に行われなければならない活動として、進入チームの割り当て、進入前の調整並びに調査及び進入前の説明が挙げられる。

進入チームの割り当てについて、必要とされる保護具を着装した状態においてホット・ゾーンに進入しての作業について、訓練を受けている人員を選択することが必要とされる。また、米国においては、不必要に発生可能危険(risk)を増大させることを防止するために、任務を実行するために最小限の人員に制限することが義務付けられ、更に、バディ・システムの採用も義務付けられている。これらの条件を満たすような人選ができない場合には、進入活動はできないことになる。

進入前の調整及び調査には、進入チームの医学的監視、保護具の構成要素の完全性並びに着装時刻の調整(チームが同時に着装を終え、空気供給開始時刻を同じくする)及び携行装置(監視装置、通信装置など)の動作検査並びに暖機などが含まれる。

進入前の説明事項には、達成すべき特定の任務並びに条件並びに時間が許す場合の付随的任務の説明、ホット・ゾーン内の潜在的な安全並びに健康に関する危険並びに考慮事項、推定されている位置、条件並びに状況、回避されなければならない行動並びに位置並びにこれらの説明、緊急信号及び除染場所の位置並びに配置並びに手続きなどが含まれる。

#### 4-4 能力 - 計画された対応の実行。

4-4.1 **事故管理義務の実行。** 地方緊急対応計画又は組織の標準作業手続き及び擬似的な危険物事故が与えられたとき、危険物技術者は地方事故管理系統(IMS)内の危険物対処部門の立場に割り当てられた義務を実演するものとする。危険物技術者は次に掲げることができるものとする：

##### 4-4.1.1 危険物が含まれる事故時の危険物技術者の役割を認識すること。

注：危険物事故時の危険物技術者の役割 [2,5,31,32,40](#)

危険物事故時の危険物技術者の役割は、危険物の放出をコントロールするために危険物の放出又は潜在的放出を停止するため放出点まで接近して攻撃的手段により対応するものである。また、事故管理系統(IMS)内で、割り当てられた役割を務める技能及び知識水準がある者として承認もされている。

##### 4-4.1.2 事故管理系統内の次に掲げる危険物事故に対処する部門(Hazmat branch)の機能の任務及び責任を認識すること。

- (a) 後方支援(Backup)
- (b) 除染(Decontamination)
- (c) 進入(Entry)
- (d) 危険物対処部門の管理(Hazardous Materials Branch Management)
- (e) 危険物対処部門の安全(Hazardous Materials Branch Safety)
- (f) 情報 / 研究(Information/research)
- (g) 偵察(Reconnaissance)
- (h) リソース(Resources)

注．危険物対処部門の機能 1,2,7,19,30)

- (a) 後方支援部隊は、ホット・ゾーン内で作業している進入チームに緊急事態が生じた場合に、進入チームをホット・ゾーンから引き出すためのチームであり、ホット・ゾーン内で進入チームが作業している場合には、常に配置についていなければならない、即時に進入する準備ができていなければならない。
- (b) 除染部隊は、進入人員、汚染された被害者及び装備を含め、全ての潜在的曝露物を取り扱う能力を有する除染計画調査並びに作成及び効果的な除染場所の設営並びに運営に関して責任を有する。また、危険物対処部門内の他の人員と除染作業を調整すること、緊急除染能力を確立すること、除染作業の効果を監視すること及び除染場所内に進入し又はこの中で作業する全ての人員をコントロールすることについても責任を有する。
- (c) 進入部隊は、ホット・ゾーン内の全ての進入作業について責任を有し、進入チームと絶えず連絡をとる。また、ホット・ゾーン内の緊急状況をコントロールするため、危険物対処部門の長に勧告すること、危険物放出をコントロールするため、危険物対処部門の長による指示のとおり、攻撃的並びに防御的行動を実行すること、必要な場合、ホット・ゾーン内の救助作業を監督すること、危険物対処部門内の他の人員と全ての進入作業を調整することについても責任を有する。
- (d) 危険物対処部門の管理は、危険物対処部門の長(Hazmat branch Officer)の任務である。危険物対処部門の長は、安全、現場コントロール、調査、進入及び除染を含め、危険物対処部門に割り当てられた全ての機能的任務を管理及び調整することに責任を有する。現場指揮官の戦略目標に基づき、危険物対処部門の長は、事故行動計画の危険物関係部分を実行するための戦術的選択肢を策定するとともに、危険物コントロール・ゾーンの確立並びに監視、汚染物の存在並びに濃度を判断するための現場監視の実施、現場安全計画の策定並びに実施、訓練の限界内並びに装備の限界内での進入チームの戦術目標の設定、全てのホット・ゾーン作業が作戦部門の長又は現場指揮官により調整されていることを確かなものとするについても責任を有する。
- (e) 危険物対処部門の安全は、危険物対処部門安全管理官(Hazmat branch Safety Officer)の任務である。危険物対処部門安全管理官は、危険物対処部門の長へ報告するもので、事故安全管理官(Incident Safety Officer)の下位者である。危険物対処部門安全管理官は、危険

物対処部門及びホット・ゾーン並びにワーム・ゾーンの全ての作業について責任を有し、不安全な行為及び手続きを停止又は予防する権限を有している。危険物対処部門安全管理官の任務及び責任には、健康並びに安全の全ての面について危険物対処部門の長に助言すること、適切な場合に事故安全管理官との現場安全活動の調整、物理的、化学的又は環境的危険並びに曝露から危険物対処部門の人員が保護されていることを確実なものとする、全ての進入並びに除染人員の作業時間等の記録、ホット・ゾーン内作業人員の特定並びに監視、緊急医療サービス(Emergency Medical Service: EMS)人員等の確保並びにこれに関して調整がなされていることを確実なものとする、全ての危険物対処部門人員に関する健康曝露記録の維持管理がなされていることを確実なものとする事が挙げられる。

- (f) 情報 / 調査部隊は、危険物対処部門への技術的支援の提供、公共並びに民間機関両方からの調査、技術的情報及び支援の収集及び編集、進入 / 偵察チームにより採取された危険物試料の分析並びに未知物質の分類又は特定を含めた環境的監視情報の提供並びに解釈、保護衣並びに装備の選択並びに使用に関する勧告の提供、危険物放出の繊細的環境影響の推定について責任を有する。
- (g) 偵察部隊は、追加的情報を収集するために事故現場(通常、ホット・ゾーン内)を調査するものである。偵察を行う人員は、事故現場の配置及び事故に影響することがある他の因子(製品データ、容器データ、環境的データなど)を収集することを任務とする。
- (h) リソース部隊とは、リソース部隊の長の指揮下の集団である。これは、コールド・ゾーンに配置され、保護衣、監視装置、漏出コントロール・キットなどを含め、危険物対処部門の作業に必要とされる全ての補給物質及び装備の獲得について責任を有するとともに、緊急対応努力の一部として使用された全ての補給物質及び装備の記録についても責任を有する。

4-4.1.3 計画された対応に定められたとおりに除染回廊を設立することを実演すること。

4-4.1.4 計画された対応に定められたとおりに除染手続きを実演すること。

注．これらについては、計画された対応を必要とするため、ここで説明することは適切ではないので割愛する。

4-4.2 **保護衣及び呼吸器保護の使用。**危険物技術者は、適切な呼吸器保護を含め、所轄機関から提供された液体飛沫保護衣並びに蒸気保護衣及び他の全ての個人用保護具を着装し、着装した状態で作業し及び脱装(doffing)できることを実演しなければならない。危険物技術者は次に掲げることができなければならない。

4-4.2.1 蒸気保護衣を着装している人員に関する 3 つの安全手続きを説明すること。

注．蒸気保護衣に関する 3 つの安全手続き <sup>1,2)</sup>

(1) ヒート・ストレス予防

蒸気保護衣は、人員を完全に包含し、周囲の雰囲気と熱交換がなされないような構造になっていることから、保護衣が損傷した場合を除き、化学物質曝露の効果よりもヒート・ストレスの結果として対応者を傷つける可能性が大きい。

この可能性を小さくするため、身体の状態の検査、予めの水分補給、冷却装置の使用、進入隊員交代制の採用及び進入作業終了後の身体状態回復体制の提供という基本的な安全手続を行うべきである。

#### (2)通信手段の確保

蒸気保護衣を着装している場合、保護衣及び SCBA のため口頭又は手持ち無線機により他の者と通信することがかなり困難になる。手信号及び身振りによる信号とともに、喉マイク又は骨マイクなどの採用が検討されるべきである。また、可能な場合、他の人員が使用するものとは独立している無線チャンネルを確保し、同時送信による通信の障害が生じないようにすべきである。

#### (3)視界の確保

蒸気保護衣を着装している場合、周囲温度及び湿度によっては、保護衣のフェイスピース内部が曇ることがある。これを防止するため曇り止めスプレーを吹き付けるか又はこれを拭うため、タオルを保護衣内に準備するとかの対策が講じられるべきである。

#### 4-4.2.2 蒸気保護衣を着装している人員に関する 3 つの緊急手続を説明すること。

注：蒸気保護衣の緊急手続。蒸気保護衣を着装している人員に係る緊急状況には、ホット・ゾーン内での空気供給の喪失、保護衣無欠性の喪失、通信の喪失及びこのゾーン内で倒れたバディが挙げられる。それぞれに関する緊急手続は次のとおりである <sup>1,2)</sup>。

##### (1) ホット・ゾーン内での空気供給の喪失

- ・ 空気供給の喪失した対応者及びそのバディは、即時に危険地域から退出を開始し、除染場所又は汚染が少ない場所に移動する。
- ・ 危険物安全管理官又は進入指導者に、即時に状況を連絡する。
- ・ 保護衣の即時切断開放又はこれの脱装(doffing)は厳禁である。
- ・ 可能な場合、レギュレータ又はフェイスピースを顔面から外し、蒸気保護衣内に残留している空気により呼吸すること。SCBA を内部に着装する蒸気保護衣は、一般的に、危険環境から退出することを可能にするだけの空気を内部に保持しているとされる。(但し、呼吸すれば、空気中の酸素量は急速に減少することとなる)

##### (2) ホット・ゾーン内での保護衣の無欠性の喪失

- ・ 空気供給の喪失した対応者及びそのバディは、即時に危険地域から退出を開始し、除染場所又は汚染が少ない場所に移動する。
- ・ 危険物安全管理官又は進入指導者に、即時に状況を連絡する。
- ・ 保護衣の即時切断開放又はこれの脱装(doffing)を試みるという衝動を堪えること。
- ・ 開裂の寸法並びに位置及び使用者が汚染されているかどうかを判断することを試みる

こと

- ・ 可能な場合、手袋又は袖で開裂を覆うことを試みること。
  - ・ フェイスピース又は呼吸器保護を外さないこと。
  - ・ ホット・ゾーン内では着装者を除染を行わず、保護衣脱装を行わないこと。なお、ホット・ゾーン外では、適切な場合、適切な個人除染及び医療手続きを行うこと。
- (3) 通信の喪失
- ・ 口頭による通信は不可能であるため、電子通信機器及び手信号を組み合わせた重複通信系等を利用すること。少なくとも、(1)大丈夫かの問い掛け並びにこれに対する応否、(2)空気切れ及び(3)保護衣の緊急事態の3 つについて手信号を定めておくこと。(信号索の併用も検討すべきであろう)

4-4.2.3 次に掲げる種類の呼吸器保護具を着装し、着装した状態で作業し及び脱装(doffing)する手続きを認識すること。

- (a) 義務付けられた脱出装置が付属した空気ライン呼吸器
- (b) 空気濾過式呼吸器

4-4.2.4 所轄機関から承認されたあらゆる種類の特殊な呼吸器保護具を付けた状態で、化学物質保護衣を着装し、着装した状態で作業し及び脱装(doffing)することを実演すること。

4-4.2.5 製造者の仕様書及び勧告書に従い化学物質保護衣の使用、修理及び試験の記録を利用できることを実演すること。

4-4.2.6 製造者の仕様書及び勧告書に従い、所管機関から承認された個人用保護具の維持管理、試験、検査及び貯蔵手続きを実演すること。

注．これらの能力は、実演を要するものであるため、ここでの説明は割愛する。

(続く)



## 参考文献

- 1) Jerry Laughlin, David G. Trebisacci, Hazardous Materials Response Handbook 4<sup>th</sup> edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA(2002)
- 2) Gregory G. Noll, Michael S. Hildebrand, James, Yvorra, Hazardous Materials Managing the Incident 3<sup>rd</sup> edition, RED HAT PUBLISHING, Chester, MD(2005)
- 3) Nicole C. Furcola et. al., ASTM Standards on Hazardous Substances and Oil Spill Response 2<sup>nd</sup> Edition, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA(1994)
- 4) John Hosty, A Practical Guide to Chemical Spill Response, VAN NOSTRAND REINHOLD, New York, NY(1992)
- 5) Rob Schnepp, Paul Gantt, Hazardous materials regulations, response, and site operations, Delmar Publishers, Albany, NY(1999)
- 6) Clyde B. Strong, T. Rick Irvin, Emergency Response and Hazardous Chemical Management: Principles and Practices, St. Lucie Press Delray Beach, FL(1996)
- 7) Barbara Adams, Leslie A. Miller, Hazardous Materials For First Responders 3<sup>rd</sup> edition, International Fire Service Training Association, Fire Protection Publications, Stillwater, OK(2004)
- 8) Wikipedia, Absorption (chemistry), [http://en.wikipedia.org/wiki/Absorption\\_%28chemistry%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Absorption_%28chemistry%29)
- 9) 例えば、3M 社の液体吸収材、  
[http://products3.3m.com/catalog/jp/ja000/sumitomo\\_mro/-/node\\_C5P5DKQZG9be/root\\_NZQBCF7CCKgv/vroot\\_TW554XW2L9ge/gvel\\_350JBXVFPGgl/theme\\_jp\\_mro\\_3\\_0/command\\_AbcPageHandler/output\\_html](http://products3.3m.com/catalog/jp/ja000/sumitomo_mro/-/node_C5P5DKQZG9be/root_NZQBCF7CCKgv/vroot_TW554XW2L9ge/gvel_350JBXVFPGgl/theme_jp_mro_3_0/command_AbcPageHandler/output_html)
- 10) Wikipedia, Adsorption, <http://en.wikipedia.org/wiki/Adsorption>
- 11) ウィキペディア ( Wikipedia ) 吸着、<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%90%B8%E7%9D%80>
- 12) 有機溶剤等の排出抑制・処理技術の比較評価と状況にあった選定法、活性炭吸着法、  
<http://www.comb.kokushikan.ac.jp/lecture/voc/node9.html>
- 13) Alla Marks, Michael E. Marks, Principles of decontamination,  
[http://www.su.edu/bioterrorism/lectures/ped\\_notes.pdf](http://www.su.edu/bioterrorism/lectures/ped_notes.pdf)
- 14) Timothy V. Henry, Decontamination for Hazardous Materials Emergencies, Delmar Publishers, Albany, NY(1998)
- 15) Joe Marela, HAZRDOUS MATERIALS HANDBOOK FOR EMERGENCY RESPONDERS , VAN NORSTRAND REINHOLD, New York, NY(1996)
- 16) The Capital Region Metropolitan Medical Response System: Rapid Access Mass Decontamination Protocol,  
<http://www.crcog.org/Publications/Public%20Safety/CR-MMRS%20Rapid%20Action%20Mass%20Decontamination%20Plan1.pdf>
- 17) CERP Appendices, [http://home.att.net/~kb9tar/lepc/lepc\\_files/cerpappendices.html](http://home.att.net/~kb9tar/lepc/lepc_files/cerpappendices.html)
- 18) U.S. Department of Justice, Guide for the Selection of Personal Protective Equipment for

Emergency First Responders, <http://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/191518.pdf>

19) Gregory G. Noll, Michael S. Hildebrand, James G. Yvorra, Hazardous materials managing the incident 2<sup>nd</sup> Ed., FIRE PROTECTION PUBLICATIONS, Stillwater, OK(1994)

20) Chris Hawley, Hazardous Materials Incidents 2<sup>nd</sup> edition, THOMSON, Canada(2004)

21) Michel Wilder et. al., Hazardous Materials for First Responders 2nd edition, International Fire Service Training Association, Stillwater, OK(1994)

22) FRTR, Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0, <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-21.html>

23) ウィキペディア ( Wikipedia ) HEPA, <http://ja.wikipedia.org/wiki/HEPA>

24) 大阪府緊急テロ対策合同連絡会議幹事会、NBC テロ対処現地関係機関の連携指針、  
<http://www.pref.osaka.jp/kikikanri/crisis/crisis/nbc/nbc.pdf>

25) 日本工業標準調査会 HP、<http://www.jisc.go.jp/app/pager?id=63537>

26) 化学物質安全情報研究会編、コンパクト版 化学物質安全性データブック、オーム社 (1996)

27) 例えば、フナコシ株式会社 HP、チメロサル 1%以下 製品安全データシート、  
<http://www.funakoshi.co.jp/msds/bmcbi-20032.pdf>

28) U. S. EPA HP、Non-EPA Databases and Software,  
<http://yosemite.epa.gov/oswer/Ceppoweb.nsf/webprintview/ds-noep.htm>

29) Alluviam 社 HP、<http://www.alluviam.com/community/Products/default.aspx>

30) David M. Lesak, Hazardous Materials Strategies and Tactics, BRADY, Upper Saddle River, NJ(1999)

31) Lori P. Andrews et. al., Emergency responder training manual for the hazardous materials technician, VAN NOSTRAND REINHOLD, New York, NY(1992)

32) Kenneth W. Oldfield et. al., Emergency Responder Training Manual for the Hazardous Materials Technician 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ(2005)

33) Gregory G. Noll, Michael S. Hildebrand, Michael L. Donahue, Hazardous Materials Emergencies involving Intermodal Containers Guidelines and Procedures, Fire Protection Publications Oklahoma State University, OK(1995)

34) Jonathan D. Kipp, Murrey E. Loflin, Emergency Incident Risk Management - A Safety & Health Perspective-, VAN NOSTRAND REINHOLD, New York, NY(1996)

35) U.S. Department of Labor OSHA HP, Compliance guidelines. - 1910.120 App C, [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9768](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9768)

36) 法令データ提供システム、酸素欠乏症等防止規則、  
[http://law.e-gov.go.jp/cgi-bin/idxselect.cgi?IDX\\_OPT=1&H\\_NAME=%8e%5f%91%66%8c%87%96%52&H\\_NAME\\_YOMI=%82%a0&H\\_NO\\_GENGO=H&H\\_NO\\_YEAR=&H\\_NO](http://law.e-gov.go.jp/cgi-bin/idxselect.cgi?IDX_OPT=1&H_NAME=%8e%5f%91%66%8c%87%96%52&H_NAME_YOMI=%82%a0&H_NO_GENGO=H&H_NO_YEAR=&H_NO)

\_TYPE=2&H\_NO\_NO=&H\_FILE\_NAME=S47F04101000042&H\_RYAKU=1&H\_CTG=1&H\_YOMI\_GUN=1&H\_CTG\_GUN=1

37) フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』、酸素欠乏症、

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%85%B8%E7%B4%A0%E6%AC%A0%E4%B9%8F%E7%97%87>

38) Carol J. Malslansky and Steven P. Maslansky, Air Monitoring Instrumentation, John Wiley & Sons, New York, NY(1993)

39) U.S. Department of Labor OSHA HP, Permit-required confined spaces - 1910.146,

[http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9797](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9797)

40) U.S. Department of Labor OSHA HP, Hazardous waste operations and emergency response. - 1910.120,

[http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9765](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9765)