

【資料】 危険物事故の対応にあたる者に必要とされる能力の基準(その 6)  
危険物技術者(Hazardous materials technician)の能力(承前)

梅津隆弘

#### 4.2.2.2 低温液化気体漏洩の結果生じる熱移動の過程を説明すること。

注. 低温液化気体(cryogenic liquid)は、米国運輸省(DOT)では、極低温( $-130^{\circ}\text{F}$ ( $-90^{\circ}\text{C}$ )未満)で気体を液体としたものと定義されている<sup>1)</sup>。IMDG Code 及び高压ガス保安法には、このような定義は存在していない。これに近い表現がなされているものとして、IMDG Code の「Refrigerated liquefied gas (危険物船舶運送及び貯蔵規則を受けた「船舶による危険物の運送基準を定める告示」では、定義がないまま「深冷液化された高压ガス」という用語が出現している)」があり、「A gas which when packaged for transport is partially liquid because of its low temperature(輸送のための包装時、低温のため一部液体である気体：私訳)」と定義されている。

低温液化気体が漏洩すると、その極端に低い温度のため、より高い温度を有する周囲の物質(雰囲気、地表、水、構造物、降水など)から熱を吸収し、急速に蒸発するとされる<sup>2)</sup>。

低温液化気体の一つである LNG の地表への漏洩実験では、単純な熱伝導理論的により得られる伝熱量とは、かなりの差異(理論値の方が小、系統的に説明できないものであること、初期の方が大などを含む)が生じることが確認されており<sup>3)</sup>、かなり複雑な熱移動形態が存在している模様である。また、LNG の水上漏洩では、界面付近の水の移動、蒸気膜の形成、液液直接接触による蒸気爆発など、更に複雑な熱移動形態が存在しているとされている<sup>4)</sup>。

#### 4.2.2.3 5 つの危険物想定及び適切な参考物が与えられたとき、各物質の曝露の兆候及び症状並びにその物質に対する曝露の効果の目標器官を特定すること。

注. このような曝露の兆候及び症状に関する参考物として、化学物質等安全データシート(MSDS)がまず挙げられる。JIS 規格<sup>5)</sup>によれば、MSDS 中の有害性情報の項目の記載指針は、「この項目には、化学物質等の各種の有害(健康)影響について簡明、かつ、完全で包括的な説明を含めなければならない。これらの影響は、取扱者が化学物質等に接触した場合に生じ得るもので、急性毒性、局所効果、感作性及び慢性毒性・長期毒性を含める。必要であれば、単回暴露、反復暴露、連続暴露による影響の間に区別が設けなければならない。必要であれば、直後の影響と遅発性の影響を区別して示さなければならない。起こり得る影響には、必要であれば、発がん性、催奇形性、生殖毒性などの特定の影響も含めることが望ましい。情報には、吸入、皮膚接触、目の接触、摂取などの異なる暴露経路に従って示すのが望ましい。科学的実験で得られた追加の知見又はデータは、情報の出典を参照できるようにして示してもよい。」となっている。しかしながら、実際の MSDS では、「急性毒性・・・ORL-RAT-LD50 250mg/kg 急性毒性・・・SKN-RBT-LD50 280mg/kg 皮膚腐食性・・・腐食性あり」程度の記載しかないものや、JIS 規格に基づき急性毒性などかな

り詳しく記載されているものがある<sup>6)</sup>ため、場合によっては同一製品について他社のMSDSを参照にする必要があることがありえる。

IMO が出版している Medical First Aid Guide for Use in Accidents involving Dangerous Goods(MFAG、邦訳「危険物による事故の際の応急医療の手引」<sup>7)</sup>)にも、兆候及び症状が記載されており、ものによっては目標器官についての言及もなされている。

このほか、危険物ハンドブック<sup>8)</sup>などの危険物対応関係の書籍のほか、急性中毒情報ファイル<sup>9)</sup>、中毒百科<sup>10)</sup>などの中毒関係の専門書にも兆候及び症状並びに目標器官に関する情報が記載されており、更に高度な専門書も存在する可能性がある。

インターネットからの情報入手については、国際化学物質安全性カード(日本語版)<sup>11)</sup>が挙げられる。危険物の国連番号による検索はできないが五十音順、ABC 順の物質一覧からの検索(但し、「o」又は「1,1,1」などの化学命名法の慣用語の接頭辞又は置換基の母体への置換位置を示す位置番号を含めて並べられているため、非常に検索し難い)、物質名(日本語、英語)による検索、ICSC 番号による検索及び CAS 番号による検索が可能である。物質への曝露の兆候及び症状に関する情報は掲載されているが、曝露の効果の目標器官に対する言及はない。

インターネット及び電話から、中毒情報センター<sup>12)</sup>から情報が得られ、一般向け及び会員向け(会員参加資格は、医療機関、消防、保健・福祉施設、医療行政等に勤務する医療従事者に限られている)のものがある。このうち、インターネットから入手できる一般向けの情報内容には、概要、毒性、症状、処置、体内動態、中毒学的薬理作用などがあり、兆候及び症状は症状の項目から、曝露の効果の目標器官は中毒学的薬理作用から得ることができる。電話により得られる情報及び会員向けの情報の内容については不明であるが、少なくともインターネットで入手できる以上の情報内容になっているものと推察される(無料で得られる情報より、有料情報の方が付加価値はより高いと考えられるため)。但し、電話による情報提供は実際に中毒事故が発生してからに限られているため、発生可能性がある中毒の兆候及び症状を前もって入手できず、情報価値はかなり低くなると思われる(このあたりは、医療関係者に限らない危険物緊急事故対応者など悪用のおそれがない者からの情報提供依頼には解答するような体制に変えるなどの改良の余地があるものと思われる)。

これらの情報は、危険物を特定するために使用できず、主に、被害者が危険物に曝露しているかについての知見、個人用保護具の故障(裂け、穿孔、呼吸具の漏れ)の兆候の手がかり、対応者の潜在的曝露に関する健康記録の作成のために使用されることになるとと思われる。但し、私見ではあるが、最後の項目については、日本ではあまり重要視されていないと思われる<sup>13)</sup>。

#### 4-2.2.4 家庭用ガス配管の破損及び可燃性ガス検知器の読み取り値の想定が与えられたとき、避難区域を決定すること。

注. 家庭用ガス配管からの漏洩に限らず、危険物が漏洩した場合、関連する存在危険が公

衆に被害を及ぼす範囲から、これらの人々の避難等を実施することが必要になる。このとき、(1)どのような危険が存在し、(2)どの程度の値であれば安全とみなすことができるのか、(3)避難範囲を特定することができる。以下、この順で述べる。

#### (1)存在危険について

家庭用ガスの場合、プロパン・ガス及び一部を除き現在の都市ガス(約8割、2010年度までに全てメタンを主とするものになる予定)は、メタン、プロパンなどの軽質炭化水素を使用しているため、若干の毒性があるが、基本的に単純窒息剤(酸素を排斥することにより、空気中の酸素濃度を減少させ、窒息を引き起こすもの)である<sup>9,14,15,16)</sup>。したがって、この場合には、燃焼危険に基づき避難範囲を決定することになる。

#### (2)許容濃度等について

次の問題は、どのような濃度又はLEL%をもって、受容できるものとするかとなる。

家庭用ガス検知器については、(財)日本ガス機器検査協会の検査規定JIA E 001-99の6により、『都市ガスを検知する部分は、「濃度試験及び検知遅れ試験」を行い、ガスの濃度が爆発下限界の1/4以上のとき確実に作動し、1/200以下のとき作動しないこと。』と定められている<sup>17,18)</sup>。

また、これらのガスの検知を容易にするために付臭剤が混合されているが、高圧ガス保安法(昭和二十六年六月七日法律第二百四号、最終改正：平成一六年一月一日法律第一四七号)を受けた一般高圧ガス保安規則(昭和四十一年五月二十五日通商産業省令第五十三号、最終改正：平成一七年三月一日経済産業省令第二一号)第六条第二項第三号へは、『エアゾールの製造用又はその他の工業用に使用される液化石油ガスにあつては、「工業用無臭」の文字を朱書きした票紙をはり、又はその文字を表示した容器に充てんし、その他の液化石油ガスにあつては空気中の混入比率が容積で千分の一である場合において感知できるようにおいがするものを充てんすること。』と規定しており、また、液化石油ガス保安規則(昭和四十一年五月二十五日通商産業省令第五十二号、最終改正：平成一七年三月一日経済産業省令第二一号)第六条第二項第二号は、『充てんするときは、エアゾール又はガスライターガスの製造用その他工業用に使用される液化石油ガスにあつては「工業用無臭」の文字を朱書きした標紙を貼り、又はその文字を表示した容器に充てんし、その他の液化石油ガスにあつては空気中の混入比率が容量で千分の一である場合において感知できるようにおいがするものを容器に充てんすること。』と規定しているほか、「特有のたまごが腐ったようなにおいはターシャリーブチルメルカプタンやジメチルサルファイドという物質が使われています。万が一ガスが漏れていてもガス爆発につながらないように、1000倍以上に空気で薄めてもおう強烈な臭気です。』と説明されている<sup>19)</sup>。

これらの情報から、一般家庭用ガス検知器では0.25%LELをもって許容濃度と考えており、ガス臭では少なくとも0.1vol%(メタンの爆発下限界の1/50、プロパンの爆発限界の1/21)まで検知されることになり、これらの濃度をもって許容濃度と考えているものと推察

できる。

(3)避難等の範囲の判断について

上の(1)及び(2)に関して得られた情報から、家庭用ガス漏出時には、ガス臭が検知されるガス濃度又は0.1vol%のガス濃度は、空気中に家庭用ガスが混入しているが一般家庭用ガス検知器が作動していない場合には火災・爆発の危険はかなり低いため、警戒の目安として使用されるのが妥当であり、ガス検知器が作動する25%LELが避難範囲を判断する上での数値となるものと思われる。

4.2.2.5 ばら荷包装又は施設容器内の圧力を判断するための2つの方法を認識すること。

注。ばら荷は、危険物船舶運送及び貯蔵規則などでは、頻繁に使用されているが、明確に定義されていないため、ばら荷の定義を以下に数例引用する。

港湾用語では、「穀物、鉱石、油類、木材などのように、貨物がそのまま包装されずに船積みされるものをいう。最近では、コンテナ化できない貨物全般をいう場合が多い。これらのばら荷を輸送するには、ほとんどが専用船によって行っている。バルクカーゴ（Bulk Cargo）と呼んでいる。」<sup>20)</sup>、「穀物、鉱石、油類、木材などのように、貨物がそのまま包装されずに船積みされるものをいう。これらのばら荷を輸送するのには、ほとんどの貨物が専用船によっている。」<sup>21)</sup>と紹介されている。

米国運輸省によって定義されているばら荷包装は、(1)液体については、最大容量が119ガロン(450ℓ)を超えるもの、(2)固体については、最大正味重量容量が882ポンド(400kg)を超えるもの及び(3)気体については、水容量が1000ポンド(454kg)を超えるものといういずれかの基準に適合する船舶又は艇以外のあらゆる容器である<sup>22)</sup>。

IMOのIMDG Codeでは、ばら荷包装は、貨物容器、道路又は鉄道車両である旨の記載がある(General introduction 25.1.1に「前略・・・bulk packagings (freight containers, road or rail vehicles) and portable tanks・・・後略」という記述がなされている)<sup>23)</sup>。

ばら荷包装及び施設容器内の圧力を判断する方法を以下に述べる。

(1) 容器内容物による判断

通常、固体及び液体状態の物質は圧力を掛けた状態で保管される可能性は低いと思われる(蒸気圧が大きい揮発性液体を収めた密閉容器の蒸気空間は液体の温度によってはある程度の圧力を示すことが考えられる)。したがって、標札その他の標識、積み付け表及びその他の情報源から容器内の内容物に関する情報を入手し、クラス2(気体)以外の物質が収納されている場合には、大きな圧力が作用していないと判断できるものと思われる。

(2) 容器上の刻印などによる判断

第二に、圧力が作用している状態で気体を収容する容器は、圧力試験を受けており、試

験圧又は最大使用可能圧いづれかが数値又は記号により容器上に表示される。高压ガス保安法第四十五条及びこれを受けた容器保安規則(昭和四十一年五月二十五日通商産業省令第五十号、最終改正：平成一七年三月一日経済産業省令第二一号)第八条の規定により日本では容器検査に合格した高压ガスの容器に刻印をする義務を定めており、この刻印のうちに最高充填圧力の表示(〔記号 FP、単位 メガパスカル〕及びM、具体的には、150kg/cm<sup>2</sup>が最高充填圧力の場合、新しい圧力容器にはFP14.7Mの刻印がなされる。古い容器ではこの場合、FP150と刻印される)が含まれる(容器保安規則第八条第一項第十二号)。

輸送用容器で、IMDG Code(国内法では危険物船舶運送及び貯蔵規則)の適用がある高压容器には、船舶による危険物の運送基準等を定める告示(昭和五十四年九月二十七日号外運輸省告示第五百四十九号、最終改正：平成一五年一二月二二日)第二十五条の六、第二十五条の六の二の規定により、試験圧及び最大使用圧力が記載された金属板によって恒久的に表示されている。

これらの容器上の刻印などの寸法はかなり小さいため、離れた場所から読み取ることは困難であり、また、必ずしも見通し線上に位置しているとは限らないため、実際の危険物事故時の有効性はかなり低いものと思われる。

#### 4.2.2.6 損傷したばら荷包装又は施設容器の残っている内容物の総量を判断するための1つの方法を認識すること。

注. 損傷したばら荷包装からの内容物の放出は次のような挙動を示すことが考えられる：

##### 1. 気体

気体の輸送及び貯蔵は、圧縮状態の気体並びに常温加圧状態の液化気体、低温加圧状態の液化気体及び低温常圧状態の液化気体及び溶解状態の液体がある。いずれの形態で輸送及び貯蔵されるかは、気体の性状(臨界圧力、臨界温度、蒸気圧、沸点など)、消費量又は輸送量並びに貯蔵設備の構造及び建造費用などにより決定される。このように包装又は貯蔵されている容器が損傷した場合の挙動は次のようになる。

- (1) 圧縮状態の気体の場合、容器内の気体は、開裂から大気圧と容器内圧との圧力差により大気中に(開裂の状態によっては、容器の一部の飛翔を伴い)噴出し、その後、大気圧と容器内圧とが釣り合ったとき以降は、拡散により雰囲気と混合することになる。
- (2) 常温加圧状態及び低温加圧状態の液化気体の場合、開裂位置が液面より上であるときは、大気圧と容器蒸気空間の圧力又は液化気体の蒸気圧との圧力差により気相部分気体が大気中に噴出し、これに伴う容器内の圧力の低下による液化気体が過熱状態への移行のため、液化気体の瞬間的な沸騰が生じ(フラッシュ【flash】と呼ばれる<sup>24)</sup>)、気体と液体の混合物が開裂から噴出し(素麺を茹でているときに水と水蒸気が噴き零れるような挙動を大規模にしたように)又は容器そのものを破裂させ容器の破片と共に周囲に飛散する(どちらの挙動を示すかは、液化気体の膨張比、開裂の寸法及び容器の強度などに依存する)。フラッシュ後は、液化気体が残存している場合には気化熱により熱が

奪われることにより液化気体の温度が大気圧下での沸点まで下がっており、これ以降周囲からの熱の流入に応じて蒸発を継続し、圧力差により大気中に放出する。液化気体がすべて蒸発し、大気圧と容器内圧とが釣り合ったとき以降は、拡散により雰囲気と混合することになる。

開裂位置が液面より下であるときは、液面が開裂下端に到達するまで、液化気体が蒸気空間の圧力及び重力により、液体状態で開裂から漏出し、その後、開裂位置が液面より上であるときの様相で放出が継続する。

- (3) 低温常圧状態の液化気体の場合、開裂位置が液面より上であるときは、沸騰により生じた蒸気が開裂から放出し、低温液化気体がすべて蒸発し、大気圧と容器内圧とが釣り合ったとき以降は、拡散により雰囲気と混合することになり、開裂位置が液面より下であるときは、液面が開裂下端に到達するまで、低温液化気体が重力により、液体状態で開裂から漏出し、その後、開裂位置が液面より上であるときの様相で放出が継続する。
- (4) 加圧溶解状態の気体(現在、アセチレンのみ)の場合、開裂位置が溶媒液面より上であるときは大気圧と容器蒸気空間の圧力又は液化気体の蒸気圧との圧力差により気相部分気体が大気中に噴出し、これに伴う容器内の圧力の低下により溶解されている気体の放出が生じ気体と液体の混合物が開裂から噴出し(暖かいビール瓶の栓を抜いたときのような挙動を大規模にしたように)又は容器そのものを破裂させ容器の破片と共に周囲に飛散することが考えられる(どちらの挙動を示すかは、液化気体の膨張比、開裂の寸法及び容器の強度などに依存すると思われる)。溶媒からの溶解している気体の放出が収まった後は、溶媒として使用されているアセトンなどが蒸発し開裂から放出され、溶媒が全て蒸発し、大気圧と容器内圧とが釣り合ったとき以降は、拡散により雰囲気と混合することになる。

開裂位置が液面より下であるときは、液面が開裂下端に到達するまで、液化気体が蒸気空間の圧力及び重力により、液体状態で開裂から漏出し、その後、開裂位置が液面より上であるときの様相で放出が継続する。

加圧溶解されているアセチレンは、掛けられている圧力が比較的小さい(約 1.5MPa が最高充填圧)ため、圧力により容器が破壊される可能性は小さいと思われるが、爆発上限界が 100vol%であるため、逆火による容器内での燃焼により生じた圧力により容器が破壊される可能性がある。

## 2. 液体

液体の場合、開裂位置が液面より上であるときは、蒸発により生じた蒸気が拡散により雰囲気と混合することになり、開裂位置が液面より下であるときは、液面が開裂下端に到達するまで、液体が重力により、開裂から漏出し、その後、開裂位置が液面より上であるときの様相で放出が継続する。

## 3. 固体

固体は、常温常圧で包装されているものが一般的であるが、ものによっては加熱・溶

融状態では包装されているものもある。

- (1) 非溶融固体の場合、開裂位置が固体表面より上であるときは、放出が起こらず(蒸気圧が高いものについては、蒸発したものが拡散により雰囲気と混合する)、開裂位置が固体表面より下であるときは、開裂の寸法が固体の寸法より小さければ放出が起こらず、開裂の寸法が固体の寸法より大きければ、重力により開裂の下端から固体表面までのある範囲の部分の放出が生じる(安息角があるため、開裂上の固体すべてが放出するわけではない)。
- (2) 溶融固体(硫黄、アルミニウムなど)の場合、溶融状態が保たれている間は、開裂位置が固体表面より上であるときは、蒸発により生じた蒸気が拡散により雰囲気と混合することになり、開裂位置が液面より下であるときは、液面が開裂下端に到達するまで、液体が重力により、開裂から漏出し、その後、開裂位置が液面より上であるときの様相で放出が継続し、固化した後は非溶融固体の場合と同様の経過を辿ることになる。

このような内容物と開裂の位置及び寸法による放出の形態から、最終残量についてある程度の推定が可能であると思われる。また、損傷しているが、放出が生じていないという状況もありえる。

当然、容器内容物に関する測定装置(液位計、重量計など)が利用できる条件では、更に詳細な内容物量に関する情報が得られることになる。

4-2.3 事故に含まれる容器の状態を説明すること。擬似的な施設及び輸送用容器の損傷が与えられたとき、危険物技術者はその損傷を説明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。

4-2.3.1 容器の 3 つの例、非ばら荷及びばら荷包装にかかる DOT 指定標識並びに適切な参考指針が与えられたとき、各容器の基本的設計及び構造上の特徴を認識すること。

4-2.3.1.1 次に掲げるばら荷容器の基本的設計及び接合部を含め構造上の特徴を認識すること。

(a) 貨物タンク

1. 乾燥ばら荷貨物タンク
2. MC-306/DOT-406 貨物タンク
3. MC-307/DOT-407 貨物タンク
4. MC-312/DOT-412 貨物タンク
5. MC-331 貨物タンク
6. MC-338 貨物タンク

注.

1. 日本では、乾燥ばら荷貨物タンクの基本的設計は、粉体・粒体の固体をタンク上部から積載し、空気攪拌押し出し、ダンプ式による重力積み降ろし又はベルト・コンベアによる

積み降ろしを採用しているようである 25・27)。構造上の特徴としては、粉粒体を積み降ろす際、これらをタンク下部から移送することから、貨物が残らないようにするために、排出口部を低い位置に設ける必要があるためか、横から見れば排出口部にタンクが傾斜しており、後ろから見れば真円でも楕円でもなく、縦長のほぼ円形状となっているようである。また、タンク上部に圧力開放バルブ等の突起物がないため、保護するための覆いも、横転防止用の構造物(液体タンク・ローリー等のタンク上部左右についている突起状の構造)も存在しない。

2. MC-306/DOT-406 貨物タンクは、大気圧液体貨物タンクであり、ほとんどの場合、タンク横断面は楕円形となっている。タンク鏡板はあまり曲率を有さない。横転防止用の突起物がタンク上部両側に付属しており、タンク頂部の付属物を保護するための構造を有している 2)。日本において、この種の貨物タンクに該当するものは、消防法の危険物又は毒物劇物取締法の毒物劇物を輸送するためのタンク・ローリー及びミルク・糖蜜などの食料品を輸送するものなどが含まれる 28)。日本における具体的な構造については、告示に明記されておらず、国土交通省自動車局の依命通達「自動車の用途等の区分について（依命通達）」(国自技第 49 号平成 13 年 4 月 6 日)からでは判然としないが、毒物劇物取締法(昭和二十五年十二月二十八日法律第三百三号、最終改正：平成一三年六月二九日法律第八七号)関係通達「毒物及び劇物の運搬容器に関する基準の運用指針について(昭和六三年六月一五日)(渠安第六〇号)」 29)に規定されている。

3. MC-307/DOT-407 貨物タンクは、低圧タンクであり、通常条件下における液体又は固体輸送に最もよく用いられている。液体の例としては、可燃性溶媒及び燃料、性質が穏やかな腐食性物質及び毒物が含まれる。固体の例としては、溶融硫黄及び溶融アスファルトが含まれる。DOT は、407 は 25psig(psig はゲージ圧での psi [pound per square inch を意味する [以下同じ]]。25psig は約 1.7 気圧、ゲージ圧)以上の最大許容使用圧力(Maximum Allowable Working Pressure : MAWP)を有すべきこと及び車両は負圧による外部積み付けのための装備を有することがあることを仕様にて定めている。負圧積み付け用に設計されている場合には、このタンクは最低 15psig の負圧に耐えなければならない。これらの横断面は円形でなければならない。これらのタンクは補強のための外部環状補強材を有しており、場合によっては断熱材でタンク全体が覆われていることがある(この場合、タンク断面は後方から円形であることが判別できない)。タンク直径は比較的大きく、2.1~2.4m 程度である 22)。日本においては、これに該当するものとして、液化硫黄ローリー-30)、アスファルト・ローリー-31)などがあるようである。

4. MC-312/DOT-412 貨物タンクは、低圧タンクであり、一般的に高い密度を有する腐食性液体又は毒性液体の輸送のために使用されている。DOT は、412 は 5psig(約 0.34 気圧、



ゲージ圧)以上の最大許容使用圧力を有しなければならないことを仕様で定めている。負圧積み付けように設計されている場合には、この最大許容使用圧力は 25psig(約 1.7 気圧、ゲージ圧)の内部圧及び 15psig(約 1.0 気圧、ゲージ圧)の外部圧(真空にした結果生じるもの)でなければならない。15psig を超える最大許容使用圧力を有する車両は、円形横断面を有しなければならない。一般的に、これらのタンクの構造には、外部環形補強材が使用されており、輸送貨物の密度により、比較的小直径(約 1.2~1.8m)が一般的である。ときに、これらは断熱材を有することがあり、このため、断熱貨物タンクの馬蹄型の形状を有することがある。日本においては、塩酸ローリー<sup>32)</sup>、次亜塩素酸ローリー<sup>33)</sup>などがあるようである。

5. MC-331 貨物タンクは、高压容器であり、常温加圧状態の液化気体を輸送するために最も一般的に使用されている。これらの気体には、液化石油ガス(liquefied petroleum gas: LPG)、propane(プロパン)、butane(ブタン)、無水アンモニア、無水塩化水素、methyl chloride(塩化メチル)、sulfur dioxide(二酸化硫黄)及び塩素等の種々のディビジョン 2.1、2.2 及び 2.3 の気体が含まれる。この設計圧(最大許容使用圧力と認識される)は、100psig(約 6.8 気圧、ゲージ圧)を超え、500psig(約 34 気圧、ゲージ圧)以下でなければならない。これらの車両に認められている構造材は、鋼又はアルミニウムである。アルミニウム製の場合には、タンクの構造は、意図される積み付け物に適合していることの他、断熱材を含めなければならない<sup>2)</sup>。日本において、これに該当するものは、高压ガス・ローリー<sup>34,35)</sup>などがあり、仕様については、高压ガス保安法の一般高压ガス保安規則及び容器保安規則に定めがある。これらのタンクの鏡板は半球状となっている。

6. MC-338 貨物タンクは、高压容器であり、低温常圧状態の液化気体を輸送するために最も一般的に使用されている。低温液化気体は、 $-130^{\circ}\text{F}(-90^{\circ}\text{C})$ 未満の沸点を有する液体である。これらのタンクの各々は、外部被覆物(outer jacket)に閉じ込められた内部タンク(容器)を含まなければならない。このタンク及び被覆物との間にはある形態の断熱構造が存在しなければならない<sup>2)</sup>。日本において、これに該当するものは、LNG タンク・トレーラー<sup>36)</sup>、窒素ガス・ローリー<sup>37)</sup>などがあり、仕様については、高压ガス保安法の一般高压ガス保安規則及び容器保安規則に定めがある。これらのタンクは、タンク後部にバルブを収めた場所を有する。

(b) 固定施設タンク

1. 非圧力タンク
2. 圧力タンク

注 38).

施設における非圧力タンクは、固体又は液体を貯蔵するために用いられ、角形貯槽、円

筒形横置型貯槽、円筒形縦型貯槽等がある。

角形貯槽は側面が平面であり、屋根及び底は平型又は角錐型となっている。底が平型のものは水及び不揮発性液体の貯蔵に最適であり、塊状固体の貯蔵に適しているとされ、底が角錐状のものは水及び不揮発性液体の貯蔵に適しており、塊状固体及び粉状固体の貯蔵に最適であるとされる。固体用の貯槽の場合、上部より収納し、下部から排出されることになるため、ものによっては上下部にこの目的用の配管等が設置されていることがある。

円筒形横置型貯槽で、鏡板が平板のものは、水及び不揮発性液体の貯蔵に最適であり、低揮発性液体の貯蔵に適しているとされる。

円筒形縦型貯槽で、固定式コーン形(円錐形)屋根のものは、水及び不揮発性液体並びに低揮発性液体の貯蔵に最適又は適しているとされ、一部は塊状固体及び粉状固体の貯蔵に最適であるとされる。固定式ドーム半楕円屋根のものは、水及び不揮発性液体並びに低揮発性液体の貯蔵に最適又は適しているとされ、一部のものは高揮発性液体の貯蔵にも適しており、同様に、一部のものは塊状固体又は粉状固体の貯蔵に最適であるとされる。

円筒形縦型貯槽で、浮き屋根のものは、低揮発性及び高揮発性液体の貯蔵に最適であるとされる。

施設における圧力タンクは、気体又は液体を貯蔵するために用いられ、円筒形横置型貯槽、円筒形縦型貯槽、球形貯槽がある。

横置型貯槽で、鏡板が皿形のものは、低圧気体、高圧気体、水及び不揮発性液体並びに低揮発性液体の貯蔵に最適であり、液化気体及び高揮発性液体の貯蔵に適しているとされる。鏡板が半楕円形のものは、低圧気体、高圧気体、液化気体、水及び不揮発性液体、低揮発性液体並びに高揮発性液体の貯蔵に最適であるとされる。鏡板が球形のものは、高圧気体及び液化気体の貯蔵に最適であり、低圧気体並びに水及び不揮発性液体の貯蔵に適しているとされる。

円筒形縦型貯槽で、有水槽式ガスホルダー(複数段式タンクで、内容量により伸縮するもの。湿式とも呼ばれる)は低圧気体の貯蔵に最適であるとされる。無水槽式ガスホルダー(内容量により内部のピストンが上下するもの。乾式とも呼ばれる)は、低圧気体の貯蔵に最適であるとされる。

円筒形縦型貯槽で、固定式ドーム半楕円屋根のもの(非圧力タンクで掲げたものとは、内部の底の形状が異なる)は、低圧気体、高圧気体、液化気体、低揮発性液体及び高揮発性液体の貯蔵に最適であり、水及び不揮発性液体の貯蔵に適しているとされる。

球形貯槽は、高圧気体、液化気体及び高揮発性液体の貯蔵に最適であるとされ、低圧気体並びに水及び不揮発性液体の貯蔵に適しているとされる。

この外にも、地下タンク、地中タンクなどが存在している。

施設の目的・規模により、種々の形態のものが存在することが予想され、ここに掲げたように、気体、液体、固体専用であるものもあれば、いずれかと兼用可能なものもあり、専用のもの(鏡板が平板である円筒形横置型貯槽【水及び不揮発性液体】、浮き屋根式円筒形

縦型貯槽【揮発性液体用】など)を除いては、施設の人員による情報提供、標識又は事故発生前の査察による調査がなければ、形状等からは内容物についての判断が困難であると思われる。

(c) 複合輸送形態タンク

1. 非圧力複合輸送形態タンク
  - a. IM-101 可搬タンク
  - b. IM-102 可搬タンク
2. 圧力複合輸送形態タンク(51)
3. 特殊複合輸送形態タンク
  - a. 低温液化ガス複合輸送形態タンク
  - b. 集合管

注.

1. 非圧力複合輸送形態タンク 23,39,40)

IM-101 可搬タンク(ポータブルタンク)は、IMO type1 に相当し、1.75bar~6.8bar の最大許容使用圧力を有する(但し、IMO type 1 には、圧力上限についての記述はなく、1.75bar 以上の最大許容使用圧力を有するものとされている)。IM-102 可搬タンクは IMO type2 に相当し、1.0bar を越え 1.75bar 未満の最大許容使用圧力を有する。日本においては、船舶による危険物の運送基準等を定める告示(昭和 54 年運輸省告示第 549 号、最終改正平成 15 年 12 月 22 日)(以下、この注において「告示」という)別表第一備考 6 容器及び包装(4)のポータブルタンクのうち、「UN タンク」の欄が「T50」又は「T75」ではないものであって、最小試験圧力が 0.15MPa 及び 0.265MPa のものが IMO type2 に、これを上回るものが IMO type 1 にそれぞれ相当(最小試験圧力は、最大許容使用圧力の最低 1.5 倍であること及び 1bar は 0.1MPa と等価であることから)する。

この 2 つのタンクの区別は、外見からでは不可能であり、唯一の手がかりは表示板(タンク又は枠に恒久的に取り付けられた銘板【data plate】【告示第七号様式など】、最大許容使用圧力が記載される)及びコンテナ表示記号(JIS Z 1615、「国際大形コンテナのコード、識別及び表示方法」に定めがあるコンテナの種類及び形式に関するコード、タンクコンテナに関する 4 桁のコードのうち、下 2 桁は試験圧力を示す)である。

可搬タンクの付属物には次に掲げるものが存在する可能性がある。

- ・ 梯子及びあゆみ板—タンク上部での作業のために 200kg の荷重に耐えることができる梯子及び 300kg の均一荷重に耐えることができるあゆみ板が設けられていることがある。
- ・ 漏洩箱(spillbox)—ほとんどの非圧力タンクにおいて、製品の漏洩からタンクの外殻を保護する漏洩箱により頂部付属物が保護されており、漏洩箱内に漏洩した物質又は雨水などは小配管により排出される<sup>41)</sup>。

- ・ マンホール、覆い及び測深棒—タンク頂部中央に 18～22 インチ(45～55 cm) (JIS Z1624「国際タンクコンテナ」では、450 mm以上のものを設けなければならないと規定)のマンホールが設けられている。マンホールの覆いは、ボルト又は大型の蝶ナットでマンホールに取り付けられている。漏洩箱内部又はマンホール内部いずれかに測深棒が配置されていることがある。
- ・ 頂部積込バルブ—タンク内部へ走る取り外し可能な管に頂部積込バルブが取り付けられていることがある(タンクへの積込方法はこれだけに限らない<sup>42)</sup>)。このバルブの直径は 1.5～4 インチ(3.75～10 cm)の範囲であり、一般的に 4 つのボルトの付いたフランジにボール・バルブ又はバタフライ・バルブが設けられている。
- ・ 底部開口—危険物を輸送する可搬タンクには、底部開口が認められていないものと及び 2 つ又は 3 つの独立した閉鎖装置を有する底部開口を有するものがある。これらの直径は 1.5～4 インチ(3.75～10 cm)の範囲である。緊急対応の経験からは、バルブそれ自体よりも底部開口のフランジからの漏出が最も生じ易いとされている<sup>40)</sup>。
- ・ 送気管接続口—圧力による積み降ろし、蒸気回収及び不活性気体の送り込み用に送気管接続口が設けられていることがある<sup>43)</sup>。
- ・ 温度計—積み付け物の温度を測定するための温度計が設けられていることがある。タンクが加熱系統を有する場合に温度計が設けられていることが多い<sup>43)</sup>。
- ・ 安全装置—圧力／真空開放バルブは、可搬タンクのマンホール近くに設けられていることがあり、過圧及び真空からタンクを保護する。パネ荷重式又は破裂板式のものがある。緊急遠隔遮断装置は、離れた位置から底部開口バルブを操作するものであり、底部開口の反対側に設けられている。溶融環及びナットが設けられていることがあり、タンクが火炎に晒されたとき、これらが溶融し、遮断バルブを作動させるようになっている<sup>40,43)</sup>。

## 2. 圧力複合輸送形態タンク

DOT Spec 51(IMO type 5)タンクで、IMDG Code クラス 2 のうち、低温常圧状態の液化気体以外の加圧状態の液化気体を輸送するために用いられるものであり、告示別表第一備考 6 容器及び包装(4)のポータブルタンクのうち、「UN タンク」の欄が「T50」のものの(深冷液化ガス以外の液化ガス・タンク)に相当する。このタンクの最大許容使用圧力は 7bar 以上であり、最小試験圧力は 9.1bar となり、最小容積は 450ℓである。

圧力複合輸送形態タンクの付属物には次に掲げるものが存在する可能性がある<sup>40,44)</sup>。

- ・ 積込／積降バルブ—タンクの充填・積降のために用いられる液体用及び蒸気用バルブが設けられている。液体用バルブは過大流阻止バルブが設けられていることがある抽出管により貨物内に伸びている。蒸気バルブは、タンクから蒸気を除去するため又は積降のためタンクに圧力を掛けるために用いられる。これらのバルブはねじ込まれ又はフランジにより取り付けられている。

- ・ 計量装置—タンク内の液位を測定するための計量装置が設けられていることがある。
- ・ 試料採取管—タンクを開放することなく積荷の試料採取を行うための試料採取管が使用される。
- ・ 温度計用縦穴—積荷の温度を測定するために温度計用縦穴が使用される。
- ・ 日よけ覆い—ある種のタンクには日よけ覆いが設けられている。
- ・ 安全装置—安全開放装置は、過圧時にタンクを保護するためにタンク・コンテナ頂部に設けられている。積込／積降バルブに設けられている過大流阻止バルブも安全装置の一つである。
- ・ バルブ収納棚—タンクの下部の側面又は鏡板側にバルブ類を納めている収納棚が存在する。

### 3. 低温液化ガス複合輸送形態タンク 40,23,45)

低温液化ガス複合輸送形態タンク(IMO type 7 tank)は、IMDG Code クラス 2 のうち、低温常圧状態の液化気体を輸送するために用いられるものであり、告示別表第一備考 6 容器及び包装(4)のポータブルタンクのうち、「UN タンク」の欄が「T75」のものの(深冷液化ガス・タンク)に相当する。

この種のタンクは、断熱のため外殻及び内殻を有する二重構造になっているが、外見からでは二重構造であるかは判断できない。タンク頂部にマンホールを設ける義務がないことから、梯子が付属していないことも考えられるが、選択でマンホールを設けている製品もあり、梯子の有無でこの種のタンクであるか否かを判断することはできない。圧力複合輸送形態タンクと同様に、バルブ収納棚がタンク下部に設けられていることが、非圧力複合輸送形態タンクと異なるが、これにより圧力複合輸送形態タンクとの区別がつけわけではないようである。

### 4. 集合管 46)

集合管(tube module)(UN では集合ガス容器(Multiple-element gas container: MEGC)という)は、IMDG Code クラス 2 のうち、告示別表第一の「小型容器及び高压容器」の欄において「P200」となっている物質であって、IMDG Code 4.1.4.1 項の「P200」の表において使用することが認められている常温加圧状態の液化気体の輸送に用いられる容器であり、シリンダー(150ℓ未満の水容量の可搬式の圧力容器)、チューブ 150ℓを越え 3000ℓ以下の水容量の(継ぎ目のない可搬式の圧力容器)及びシリンダー束【マニホールド [manifold: 多岐管, 集合管: 多シリンダー機関で各シリンダーに吸入または排出させるための管をまとめたもの] により相互に接続され、一体に固着された 1 つの装備として運送されるシリンダーの集合体。クラス 2 を運送するシリンダー束の合計の水容量は 1000ℓ以下に制限されている】の組み合わせで、マニホールドにより相互に接続され、枠組み内に構成され、堅

固に固着されたものをいい、ガスの運送に必要な付属設備(計測装置並びに充填、排出、通気及び安全のための部材をいう)及び付属構造(シリンダー等集合ガス容器を構成する容器の補強、固定、防護又は安定のための部材をいう)も含まれる。

集合管は、特異な形状であるため<sup>47)</sup>、外見から容易に特定可能であると思われる。

#### (d) 1 トン容器

注.

筆者の推測であるが、1 トン容器(one-ton container)は、米国における軍用品の民需転用品のようである(参考文献によれば「1 トン容器は液体又は気体の化学的作用剤【chemical agent、所謂化学兵器】の貯蔵及び積み付けに使用される」<sup>48)</sup>とあること及び民需用 1 トン容器の代表的内容物が塩素(水道水消毒用として用いられるが、第一次世界大戦時のフランス・イギリス対ドイツの化学兵器合戦でドイツが化学兵器として 1915 年 4 月 22 日に使用している<sup>49)</sup>であるらしいことからの推定)。日本においても、水処理施設等の塩素注入施設における塩素貯蔵用に使用されている<sup>50)</sup>。

直径 3ft(約 1.8m)、長さ 8ft(約 2.4m)の寸法で、鏡板部が凹状又は凸状である円筒形圧力タンクであり(参考文献<sup>48)</sup>によれば、空荷重量 1600lbs【約 720 kg】、体積 42.7ft<sup>3</sup>【約 1.15m<sup>3</sup>】、最大容量 190 ガロン【約 722ℓ】、使用容量 170 ガロン【約 646ℓ】)、鏡板の片方に覆いで保護されたバルブ(ニードル・バルブ又はアングル・バルブ<sup>48)</sup>)を有する<sup>51)</sup>。塩素及び二酸化硫黄用の容器は両鏡板部に溶融栓を有するが、ホスゲン容器には圧力開放装置は備えられていない<sup>51)</sup>。

#### (e) パイプライン

注.

パイプラインは、二番目に大きい危険物輸送形態であり、道路、水路及び鉄路上又はこれらの下方を横切っていることがある<sup>51)</sup>。日本での危険物輸送関係においては、天然ガスの輸送<sup>52～62)</sup>、石油の輸送<sup>63)</sup>などに用いられている。

ガスの輸送にかかるガスパイプラインの構造等についてはガス事業法(昭和二十九年三月三十一日法律第五十一号、最終改正：平成一六年六月九日法律第九四号)第二十八条第一項の規定を受けたガス工作物の技術上の基準を定める省令(平成十二年五月三十一日通商産業省令第三百十一号、最終改正：平成一七年三月一一日経済産業省令第二一号)第五章に掲げられている。ガスパイプラインには標識等の設置義務は課せられていない。

石油の輸送にかかるパイプラインの構造等については石油パイプライン事業法(昭和四十七年六月二十六日法律第五号、最終改正：平成一五年七月一八日法律第一二四号)第十五条第三項第二号の規定を受けた石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準を定める省令(昭和四十七年十二月二十五日通商産業省・運輸省・建設省・自治省令第二号、最終改正：平成一一年三月三〇日通商産業省・運輸省・建設省・自治省令第二号)(以下、この

注において「省令」という)に定めがあり、詳細な構造等の基準については石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準の細目を定める告示(昭和四十八年九月二十八日通商産業省・運輸省・建設省・自治省告示第一号、最終改正：平成十二年十二月二六日通商産業省・運輸省・建設省・自治省告示第三号)(以下、この注において「告示」という)に掲げられている。現在、日本における石油パイプラインは成田空港の航空機燃料用パイプラインのみである。成田空港の航空機燃料用パイプラインの詳細についてはインターネットからの情報の入手ができなかったため、構造など詳細については不明である(総延長約 47 km、外径 38 cm、管の肉厚約 1 cm、緊急遮断弁配置数 30 箇所<sup>64,65)</sup>)。標識については、省令第四十三条の規定を受けた告示第五十三条により、位置標識、注意標示及び注意標識を設置することとなっている。位置標識は地下埋設の石油パイプラインの経路上に約 100m 毎及び水平曲管部等に設けることになっており、石油パイプラインが埋設されている旨、起点からの距離、埋設位置、埋設位置における石油パイプラインの軸方向、輸送事業者及び埋設の年を表示することになっている。注意標識は、石油パイプラインの頂部から 0.3m 以内の直上に設けられ、石油パイプラインが埋設されている旨を表示することになっている。注意標識は、公衆が近づきやすい場所その他保安上必要な場所の石油パイプラインの直近に設けられ、石油パイプラインである旨、輸送事業者名及び緊急連絡先を記載した金属製の板である。これらの標識には、何がパイプラインで輸送されているかの情報が欠けているが、既に述べたように国内には現在 1 つの石油パイプラインしか存在しないため、今のところ問題はないと思われるが、将来、問題が生じる可能性もある(石油といえども、消防法の危険物で石油類として第一石油類から第四石油類までの種類があり、性状も事故時の対応もかなり違ってくる)。また、同一の石油パイプラインを用いて、異なる石油製品を輸送することが可能とされている<sup>51)</sup>が、今のところ日本ではそのようなことは行われていないと思われる。

#### (d) 鉄道車両

1. 低温液化ガスタンク車
2. 高圧チューブ車
3. 非圧力タンク車
4. 空力荷卸ホッパー車
5. 圧力タンク車

注.

4-2.1.1.1<sup>66)</sup>で記述したように、日本において、現在、船舶による海上輸送は行われていない。

貨物輸送については、民間系鉄道においては 2003 年 9 月の東部鉄道の貨物事業廃止を最後に全て幕を閉じたとされる<sup>67)</sup>。旧国鉄系の JR 各社は、JR 貨物を除き、主力を旅客輸送に移しているため、ここに掲げたような貨物車輛を取り扱うのは JR 貨物のみと考えられ

る。

JR 貨物では、LNG の輸送を専用の低温液体ガスタンク車ではなく、30ft コンテナを使用して 2000 年から実施しており日本で最初の LNG 鉄道輸送であるとされる<sup>68)</sup>が、鉄路輸送用の LNG 車が存在していたという情報もある<sup>69)</sup>。非圧力タンク車、空力荷卸ホッパー車及び圧力タンク車についての画像情報もあり<sup>70,71)</sup>、高圧チューブ車以外は存在していたようである。非圧力タンク車は JIS E 7101 に最高使用圧力 177kPa(1.8kgf/m<sup>2</sup>)の鋼製タンク車の規定及び JIS E 7102 にタンク車用タンクの設計方法の規格があり、圧力タンク車については JIS E 7701 に高圧ガスタンク車タンク用安全弁の規定があることからこれらの仕様については情報が得られるが、その他の車両については国有鉄道規格仕様書(JRS: Japanese National Railways Standard)に定められていたとされるが、昭和 62 年以前のことでありインターネットでは情報が得られず、また、国鉄民営化時に公的なものでなくなったとされるため<sup>72)</sup>、どのような仕様であるのか不明である。

(g) 中型ばら荷タンク(トート・タンクとして知られている)

注. 米国における中型ばら荷タンク(intermediate bulk container, also known as tote tank)は、DOT Spec 57 容器であり、通常、比較的低揮発性の液体の輸送に用いられ、110 ガロン(約 418ℓ)以上 660 ガロン(約 2500ℓ)以下の容量を有し、より一般的な容量は 475 ガロン(約 1800ℓ)である<sup>22)</sup>。

日本においてこれに該当するものは、IMDG Code を受けている危険物船舶運送及び貯蔵規則(昭和三十三年八月二十日運輸省令第三十号、最終改正：平成一六年一月二日国土交通省令第一〇八号)第二条第二号の四で規定される IBC 容器であり、内容積が 3000ℓ以下で、小型容器、大型容器、ポータブルタンク及び高圧容器以外のものであり、船舶による危険物の運送基準を定める告示別表第一備考 6 容器及び包装(3)IBC 容器で定めるものである。材質及び包装内容物により最大の内容積が異なるとともに、内容物により付属設備なども異なるため<sup>73)</sup>、一般的設計及び構造特徴をまとめるのは困難である。どのようなものが IBC 容器とされているかについてはインターネット情報<sup>74-80)</sup>が参考になる。

4.2.3.1.2 次に掲げる非ばら荷容器の基本的設計及び結合部を含めた構造上の特徴を認識すること。

- (a) カーボイ
- (b) ドラム
- (c) 圧力シリンダー

注.

1. カーボイ

カーボイ(carboy)は、外装容器(ドラム、木箱、かごなど)に収納される円筒形又は洋梨形の形状を有する、ガラス、陶器、磁器又はプラスチック製の容器であり、一部プラス



チック製以外の容器を除き、最大許容容量 60ℓ、最大正味重量 75kg の大きさのものである(例外的プラスチック製容器については、最大許容容量 250ℓ、最大正味重量 400kg)。酸、塩基及び水などの液体を輸送するために用いられる。複合容器であることから、外装容器又は緩衝材のため、外見から内部に納められている容器の種類を特定することは困難であることが考えられ、包装の記号に頼ることになるものと思われる。プラスチック製カーボイは 6H○○(○○内は外装に対応する記号)、ガラス、陶器及び磁器製カーボイは 6P○○(○○内は外装に対応する記号)が、国連標識の次に表示されている 51,81)。

## 2. ドラム

ドラム(drum)は、金属、プラスチック、繊維板、合板などの材質でできた円筒形包装であり、一般的な容量は 55 ガロン(約 200ℓ)であるが、これ以外の容量のものも存在する(日本ではペール缶<sup>82)</sup>と呼ばれているものもドラムに相当する)。頂部の天板が取外し式のものと固着式のものがあり、固着式のものは 7 cm を超えない開口部を有する。金属製、繊維板製及びプラスチック製ドラムについては、最大許容容量 400ℓ、最大正味重量 450kg であり、合板製ドラムについては、最大許容容量 250ℓ、最大正味重量 400kg となっている。液体及び固体の輸送に用いられる 51,81)。

## 3. 圧力シリンダー

圧力シリンダー(pressurized cylinder)は、低温液化ガスを除く高压ガス(アセチレン、LPG、塩素、酸素など)を収納する高压容器のうち、可搬式の容器であって、水容量が 150ℓ以下のものをいい、高压ガス保安法等の国内規格又は国際規格を満足するものであり、日本では一般に「ボンベ」と称されているものである 51,83)。

### 4.2.3.1.3 次に掲げる放射性物質容器の基本的設計及び構造上の特徴を認識すること。

#### (a) Type A 包装

#### (b) Type B 包装

注.

#### 1. Type A 包装

Type A 包装(Type A package)は、通常の輸送条件において内容物の喪失又は分散を予防するために設計されたものであり 51)、危規則においては A 型輸送物に相当する。Type A 包装は、容易に且つ安全に取り扱うことができ並びに放射性物質による汚染の除去が容易にできる構造で、テープ等で封印され、各辺 100 mm 以上の直方体内に内接している。Type A 包装の外側表面の二箇所には標識(輸送指数及び最大線量等量率に応じて、船舶による放射性物質等の運送基準の細目等を定める告示(昭和五十二年十一月十七日運輸省告示第五百八十五号、最終改正：平成一五年一二月二日国土交通省令第一

## 191－危険物事故の対応にあたる者に必要とされる能力の基準（その6）

六一七号)第一様式の第一類白標札、第二類黄標札又は第三類黄標札のいずれか)が添付され、このうち白標札には収納物及び放射能(Bq 単位)が記載され、黄標札には収納物、放射能(Bq 単位)及び輸送指数が記載されている(複数収納時の例外あり)。また、核分裂性輸送物を収納している場合には臨界安全指数標札も同様に添付される。形状等については参考文献 84,85,86)等を参照のこと。

### 2. Type B 包装

Type B 包装(Type B package)は、Type A とほぼ同じ基準に適合するが、可能性のある事故条件下の性能に関する基準<sup>87)</sup>に適合するよう設計されたものであり、<sup>51)</sup>。危規則では BM 型輸送物及び BU 型輸送物に相当する。BM 型は多国間承認の輸送物であり、BU 型は 1 国間承認の輸送物であるとされる<sup>87)</sup>。

Type B 包装は、想定事故時において、収納している放射性物質等が漏出しないように堅固な金属容器に収められており、形状については特に定めがないようであり、種々の形状のものがあり、参考文献 86,88,89,90)等を参考のこと。これらの容器の表面 4 箇所には相当する黄標札が添付されることとなっている。

なお、これらの容器について、陸上の輸送においては放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律(昭和三十二年六月十日法律第百六十七号、最終改正：平成一六年六月二日法律第六九号)を受けた放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則(昭和三十五年九月三十日総理府令第五十六号、最終改正：平成一七年三月三日文部科学省令第二号)第十八条の四から第十八条の十に、同一の技術上の基準がある。

#### 4.2.3.2 液体パイプラインがどのようにして異なる製品を輸送できるのかを説明すること。

注。米国においては、液体パイプラインで異なる製品を輸送する場合、異なる製品間に物理的分離具を用いることなく混在した状態で送られることもある。混在した状態で送られる場合、異なる液体間の界面は、パイプラインの寸法及び関係する製品に依存して、数百ℓから数千ℓの範囲で混合する。これらの混在する製品は、正確な移送開始日時を基に、いつ受け入れ側に到達するかをコンピューター化された系統によりコントロールされている。輸送物の到着の照会は、流出物の試料の色、外見又は化学的特性により試験されることにより行われている<sup>51)</sup>。物理的分離具は、sphere 又は pig と称されており、pig はパイプの内側に付着するが、液体製品の流れとともに移動できるようになっており、後方の製品に押されながら前方の製品を押し出す。pig 内には監視装置が設けられ、pig の位置及び特定の場所を通過したことを送信できるようになっている<sup>2)</sup>。

日本においては、工業地帯のプラント間のパイプライン以外のパイプラインは、4.2.3.1.1(e)の注において述べたように、現在、羽田空港の航空機燃料用のパイプラインシ

が存在せず、上に述べたような異なる燃料(民間タービン機関燃料及び往復機関燃料など)を混在させて輸送することはありえないと考えられる(成田空港には、ターボプロップ・エンジン機及びターボファン・エンジン機が離着陸している<sup>91)</sup>)。

4-2.3.3 パイプラインの例が与えられたとき、次に掲げる事柄を認識すること。

- (a) パイプラインの所有者
- (b) ガス拡散を確認するための手続き
- (c) 配管の遮断又は漏出をコントロールするための手続き
- (d) 配管内の製品の種類

注.

1. パイプラインの所有者は 4-2.3.1.1(e)の注において述べたように、公衆が近づきやすい場所その他保安上必要な場所の石油パイプラインの直近に設けられている注意標識上の輸送事業者名により特定することが可能である。

2. ガス拡散(ガス漏洩)を確認する手続きについては、米国においてはパイプライン内の流れ、圧力を監視する能力を有する SCADA 系統(Supervisory Control and Data Acquisition System)及びこれの運用アプリケーションにより行われるようである<sup>51,92)</sup>。

日本においても、同様の系統が用いられているようであり<sup>93,94)</sup>、石油パイプライン事業法に基づく完成検査の際に漏出検知能力を有することが求められている<sup>95)</sup>が、ガス導管による供給に係るガス事業法に基づく一般ガス事業者及びガス導管事業者の使用前検査の際にはガス漏洩検知能力に関する規定は存在していない。ガス漏洩については、付臭剤による臭い、ガス検知器を用いて確認を行う必要があると思われる。

3. 配管の遮断又は漏出をコントロールするための手続きは、石油パイプラインについては SCADA 系統などによりコントロール室から行えるとされる<sup>94)</sup>が、ガス導管については遠隔ガス遮断方式の今後の導入を図る努力がなされている最中である<sup>96,97)</sup>ことから、場所により手動操作又は遠隔操作による遮断方法などがとられるものと思われる。

4. 配管内の製品の種類については、米国ではパイプライン標識内にパイプラインにより輸送される製品名の記載がある<sup>51)</sup>が、日本では、石油パイプラインは4-2.3.1.1(e)の注において述べたように製品名の記載に関する規定はなく、また、ガス導管についてもそのような標識等に関する規定はないため、石油パイプラインについては輸送事業者と直接問い合わせることになり(現在、1箇所しかないため、問い合わせなくとも製品名は既知ではある)、ガス導管については最悪の場合一般ガス事業者及びガス導管事業者を把握している経済産業省に該当する場所に関して必要な情報を問い合わせることが必要に

なると思われる。

#### 4-2.3.4 圧力容器が被る可能性がある損傷の種類を認識すること。

注. 圧力容器が被ることがある損傷の種類のかは次に掲げるものである 2,22,51)。

##### 1. 亀裂(crack)

容器金属材を貫通することがある容器金属材の細い裂け目(split)又はひび(break)であり、亀裂の深さを判断することは困難であることから、執るべき最も安全な行動の道筋を確立することをより困難なものとする、重大な損傷であると考えされるべきである。いかに小さいものであろうとも、基盤金属材における亀裂は容器から内容物を積み降ろすことの正当な根拠となる。亀裂が凹みを伴う場合、タンクは内容物を積み下ろすまで移動するべきではない。亀裂は壊滅的破損を引き起こす可能性がある主要な機構である。

##### 2. 刻み目(score)

刻み目は、容器殻の厚さが減少したものであり、先端などが比較的鈍い物体により殻に作り出された切れ込みである。刻み目は、鈍い物体との接触の軌跡に沿って金属が押されるように、容器又は溶接材の減少により特徴付けられる。凹みを伴わない刻み目は重篤なものではない。刻み目が溶接継ぎ目を横断し、溶接の熱影響を受けた部位に到達していない場合にも、刻み目は重篤なものではない。しかしながら、刻み目が溶接された継ぎ目の熱影響を受けた部位に到達している場合には、状況は重篤なものであり、内容物は積み降ろされるべきである。特に、鉄道車両の回転する車輪による長引く接触により引き起こされたものは、車輪による磨耗(wheel burn)と称される。

##### 3. 溝状の傷(gouge)

溝状の傷は、タンク殻の厚さが減少したものであり、鋭角の物体により殻に作り出された切れ込みである。溝状の傷は、接触の痕跡に沿う容器又は溶接材の切断及び完全な除去により特徴付けられる。溝状の傷は、タンクの強度を減少させる。

##### 4. 凹み(dent)

凹みは、タンク金属材の変形であり、比較的鈍い物体との衝突により引き起こされる。凹みが小さい半径を有する場合、亀裂が生じている可能性がある(米国においては、1966年以前に建造されたタンク(急冷高強度低合金鋼【quench tempering High Strength Low Alloy: QT HSLA、日本では急冷低合金高張力熱延鋼と称されるようである 98)】を使用していた)で生じた半径 10 cm未満の凹み及び 1966 年に以降に建造されたタンク(非急冷高強度低合金鋼【not quench tempering High Strength Low Alloy: NQT HSLA】を使用するようになった)の 5 cm未満の凹みは重篤なものとされる)。溝状の傷も

生じていない限り、大きな凹みは重篤なものではない。タンクの長さ方向に沿った長軸方向の凹みは最も重篤なものである。凹みが重篤なものである場合には、タンクを移動させずに積み卸すべきである。

- 4-2.3.5 タンク車の損傷の例が与えられたとき、名称により各例における損傷の種類を特定すること。

注. 4-2.3.4 で掲げた損傷に関する用語と実際の損傷例とを合致させることは、事故現場において重要となる。これらの損傷の実物又は写真(例えば、参考文献 51 など)を準備し、教材とすることが必要であると思われる。

- 4-2.4 複数の物質が含まれているとき物質及びその容器が起こしやすい挙動の予測。複数の危険物を含む施設又は輸送時の事故の例が与えられたとき、危険物技術者は各々の場合における物質の起こしやすい挙動を予測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。

- 4-2.4.1 種々の危険物の混合の効果を示す最低 3 つの利用できるリソースを特定すること。

注. 危険物の混合の効果についての情報を得るために利用できるリソースには、次に掲げるものがある。

NFPA の Fire Protection Guide to Hazardous Materials、Bretherick の Handbook of Reactive Chemical Hazards、Lewis の Hazardous Chemicals Desk Reference などが参考文献 2) に掲げられているほか、Wiley 社の Rapid Guide to Chemical Incompatibilities<sup>99)</sup>、日刊工業新聞社の化学薬品の混触危険ハンドブック<sup>100)</sup>及び EPA が作成している CAMEO<sup>101)</sup>の Chemical Library にある Reactivity Worksheet などが利用できる。

- 4-2.4.2 ばら荷貯蔵施設での事故時における製品の挙動に関する次に掲げる火災及び安全特徴の影響を特定し、その危険評価過程の重要性を説明すること。

- (a) 火災保護系統
- (b) 監視及び検知系統
- (c) 製品の漏洩及びコントロール(囲い込み及び築堤)
- (d) タンクの間隔を有する配置
- (e) タンクの換気及び余剰ガス等燃焼系統
- (f) 移送作業

注 2).

1. 火災保護系統(fire protection system)

火災保護系統は、対応者が初期段階において火災により迅速に消火剤を適用し、火災を

コントロールすることを可能とし、これにより隣接する容器への脅威を減少させる。

2. 監視及び検知系統(monitors and detection system)

監視及び検知系統は、潜在的問題の早期の通報を通知するとともに、火災が比較的小規模である間に対応者がコントロール行動を開始できるようにするため、他の容器への脅威を限定的なものとする。

3. 製品の漏洩及びコントロール(囲い込み及び築堤)

築堤及び他の囲い込み特徴は、漏洩した製品を囲い込み、隣接するタンクへの曝露を最小限とするように設計されている。

4. タンクの間隔を有する配置(tank spacing)

タンクの適切な間隔を有する配置は、火災に関与していないタンクへの存在危険を最小化する。

5. タンクの換気及び余剰ガス等燃焼系統(tank venting and flaring system)

タンクの換気及び余剰ガス等燃焼系統は、タンクの圧力を開放できるようにし、破裂の脅威及び巻き込まれる地域の寸法の増加を最小化する。

6. 移送作業(transfer operation)

一つのタンクから他のタンクへの移送作業は、周囲を取り巻く容器への危険を最小化する。

(続く)

参考文献等

- 1) Lori P. Andrews et. al., Emergency Responder Training Manual for the Hazardous Materials Technician, John Wiley & Sons, NY(1992)
- 2) Jerry Laughlin et. al., Hazardous Materials Response Handbook 4<sup>th</sup> Ed., NFPA, MA(2002)
- 3) Charles H. Vervalin, Fire Protection Manual For Hydrocarbon Processing Plants vol.2. ,pp.342-346,Gulf Publishing Co. TX(1987)
- 4) Mike Hightower et. al., Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water, Sandia National Laboratories, SANDIA REPORT SAND2004-6258(2004)
- 5) JIS Z7250:2000、日本工業標準調査会 HP、<http://www.jisc.go.jp/app/pager?id=10457>
- 6) 例えば、日本試薬協会 MSDS 検索、<http://www.i-shiyaku.or.jp/home/msds/>
- 7) 運輸省海上技術安全局船員部監修、危険物による事故の際の応急医療の手引 (MFAG-1985 年改訂版)、成山堂(1987)
- 8) Gunter Hommel 著、新居六郎訳、危険物ハンドブック、シェブリンガー・フェアラー ク東京(1996)
- 9) 吉村他編、急性中毒情報ファイル第 3 版一、廣川書店(1996)
- 10) 内藤裕史、中毒百科一事例・病態・治療一、南江堂(1991)
- 11) 国立医薬品食品衛生研究所 HP、国際化学物質安全性カード(日本語版)、<http://www.nihs.go.jp/ICSC/>
- 12) (財)中毒情報センターHP、<http://www.i-poison-ic.or.jp/homepage.nsf>
- 13) 梅津隆弘、国家公務員である危険物事故対応者の労働安全衛生に関する一考察、海保大研究報告法文学系、第 49 巻第 2 号、pp.130-116
- 14) 静岡ガス HP、「ガスの種類」の話、  
[http://www.shizuokagas.co.jp/html/tech/gasstory/gas\\_story04.htm](http://www.shizuokagas.co.jp/html/tech/gasstory/gas_story04.htm)
- 15) フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』、都市ガス、  
<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%83%BD%E5%B8%82%E3%82%AC%E3%82%B9>
- 16) 吉田邦夫監修、仲町他、ガス燃焼の理論と実際、(財)省エネルギーセンター(1992)
- 17) (財)ベクターリビング HP、BL 認定基準適合確認自己チェックリストーガス警報機一、  
<http://www.blhp.org/hpcc/vurvo/setubi/14.doc>
- 18) (財)日本ガス機器検査協会 HP、防災機器等の検査規定、  
<http://www.jia-page.or.jp/jia/certification/kitei/e.html>
- 19) 核燃料サイクル開発機構 HP、ガス豆知識、  
<http://www.ricotti.jp/risknavi/box/gas6.html#pagetop>
- 20) 港湾用語の表示、[http://office.yokkaichi-port.or.jp/home/owa/hst110 DISP?p\\_seq=259](http://office.yokkaichi-port.or.jp/home/owa/hst110 DISP?p_seq=259)
- 21) みなと神戸ポータルサイト、[http://minato.icraft.jp/study/yougo/HA\\_gyou\\_yougo.php](http://minato.icraft.jp/study/yougo/HA_gyou_yougo.php)

- 22) David M. Lesak, Hazardous materials : strategies and tactics, Brady, NJ(1999)
- 23) IMO, International Maritime Dangerous Goods Code, London(1994)
- 24) 安全工学協会編、安全工学講座 2 爆発、海文堂(1983)
- 25) 極東開発工業㈱HP、粉粒体運搬車、  
<http://www.kyokuto.com/product/buturyu/jet/index.html>
- 26) 新明和工業㈱HP、エア式粉体運搬車、  
[http://www.shinmaywa.co.jp/products/truck\\_17.htm](http://www.shinmaywa.co.jp/products/truck_17.htm)
- 27) 矢野特殊自動車、粉粒体、<http://www.yano-body.co.jp/>
- 28) Black Box、働く車(2)、  
[http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck2/Isuzu\\_Milk.htm](http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck2/Isuzu_Milk.htm)
- 29) 厚生労働省法令等データベースシステム、  
[http://www.hourei.mhlw.go.jp/%7Ehourei/cgi-bin/t\\_docframe.cgi?MODE=tsuchi&DMODE=CONTENTS&SMODE=NORMAL&KEYWORD=&EFSNO=4114](http://www.hourei.mhlw.go.jp/%7Ehourei/cgi-bin/t_docframe.cgi?MODE=tsuchi&DMODE=CONTENTS&SMODE=NORMAL&KEYWORD=&EFSNO=4114)
- 30) Black Box、働く車(2)、[http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/S\\_R01.htm](http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/S_R01.htm)
- 31) 東急車輛製造㈱HP、アスファルトローリ、<http://www.tokyu-car.co.jp/sc/sc2-7.html>
- 32) Black Box、働く車(2)、[http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/HchR\\_01.htm](http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/HchR_01.htm)
- 33) Black Box、働く車(2)、  
[http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/Giga\\_NaClO.htm](http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/Giga_NaClO.htm)
- 34) Black Box、働く車(2)、  
[http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/FusoG\\_LPGtt.htm](http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/FusoG_LPGtt.htm)
- 35) Black Box、働く車(2)、  
[http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/UD\\_Gtanktt.htm](http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/UD_Gtanktt.htm)
- 36) Black Box、働く車(2)、  
[http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/HinoSD\\_LNGtt.htm](http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/HinoSD_LNGtt.htm)
- 37) Black Box、働く車(2)、  
[http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/FUSO\\_Gtank.htm](http://aria.saiin.net/~flanker/hataraku/Truck/FUSO_Gtank.htm)
- 38) 化学工業社、別冊化学工業 31・3 増補 貯槽・容器、化学工業社(1987)
- 39) 日本舶用品検定協会 HP、危険物の容器及び包装の検査試験基準（ポータブルタンク）、  
[http://www.hakuyohin.or.jp/tm17\\_pt.pdf](http://www.hakuyohin.or.jp/tm17_pt.pdf)
- 40) Gregory G. Noll et. al., Hazardous Materials Emergencies involving Intermodal Containers Guidelines and Procedures, Fire Protection Publications Oklahoma State University, OK(1995)
- 41) TANKSPAN HP,  
<http://www.tankspan.com/pdf/consani-drawings/drain-tube-details.pdf>
- 42) TANKSPAN HP, <http://www.tankspan.com/tankguide-procedures.html>
- 43) CRONOS HP, <http://www.cronos.com/pdf/sheets/Tanks.pdf>



- 44) TANKSPAN HP, <http://www.tankspan.com/gastanks.html>
- 45) FIBA TECHNOLOGIES HP,  
<http://www.fibatech.com/FIBA%20Portable%20Tanks.pdf>
- 46) 日本舶用品検定協会 HP、[http://www.hakuyohin.or.jp/tm17\\_megc.pdf](http://www.hakuyohin.or.jp/tm17_megc.pdf)
- 47) FIBA TECHNOLOGIES HP, <http://www.fibatech.com/prod-isoabs.htm>
- 48) Intergrated Publishing HP,  
[http://www.tpub.com/content/chemical-biological/TM-3-250/css/TM-3-250\\_7.htm](http://www.tpub.com/content/chemical-biological/TM-3-250/css/TM-3-250_7.htm)
- 49) 第一次世界大戦 HP、<http://ww1.m78.com/honbun/vpres%20second.html>
- 50) 水道機工 HP、[http://www.suiki.co.jp/hensen/75\\_84/78\\_8.htm](http://www.suiki.co.jp/hensen/75_84/78_8.htm)
- 51) Gregory G. Noll et. al., Hazardous Materials Managing the Incident 2<sup>nd</sup> edition, Fire Protection Publications, OK(1995)
- 52) 帝国石油 HP、<http://www.teikokuoil.co.jp/japanese/jigyuu/index.html>
- 53) 北海道ガス HP、<http://www.hokkaido-gas.co.jp/tengas/pipeline.html>
- 54) 大阪ガス HP、<http://www.oge.co.jp/plant/panorama/panorama.htm>
- 55) 東北天然ガス HP、[http://www.tng-gas.co.jp/html/05/05\\_flash.html](http://www.tng-gas.co.jp/html/05/05_flash.html)
- 56) 北日本パイプライン開発機構 HP、<http://www.jpdo.co.jp/project/index.html>
- 57) 北九州エル・エヌ・ジーHP、<http://www.k-lng.co.jp/business/pipeline.html>
- 58) 三愛石油 HP、<http://www.san-ai-oil.co.jp/whatnew/pipeline.html>
- 59) 東京ガス HP、<http://www.tokyo-gas.co.jp/Press/20021010.html>
- 60) 中部電力 HP、[http://www.chuden.co.jp/press/data/pre2004/pre0928\\_03.html](http://www.chuden.co.jp/press/data/pre2004/pre0928_03.html)
- 61) 国土幹線ガスパイプライン建設推進議員連盟 HP、  
<http://www.gaspipeline.jp/asakura.pdf>
- 62) 環境省 HP、[http://www.env.go.jp/earth/gijyutsu\\_k/16\\_03/ref01.pdf](http://www.env.go.jp/earth/gijyutsu_k/16_03/ref01.pdf)
- 63) 総務省消防庁 HP、<http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h15/html/15122210.html>
- 64) 国土交通省 HP、  
<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/transport/shouwa58/ind020204/003.html>
- 65) 成田国際空港 HP、[http://www.naa.jp/jp/airport/greenport/2003\\_5\\_6/09\\_watching.pdf](http://www.naa.jp/jp/airport/greenport/2003_5_6/09_watching.pdf)
- 66) 梅津隆弘、危険物事故対応にあたる者に必要とされる能力の基準(その 4)、海保大研究報告法文学系、49 巻、第 1 号、海上保安大学校(2004)
- 67) 東京新聞 HP、<http://www.tokyo-np.co.jp/miyako-np/main/main031003.html>
- 68) JR 貨物 HP、<http://www.jrfreight.co.jp/eigyou/service/index08.html>
- 69) 貨車ホームページ HP、[http://www.2s.biglobe.ne.jp/~r\\_shiina/tank\(1\).html](http://www.2s.biglobe.ne.jp/~r_shiina/tank(1).html)
- 70) 貨車ホームページ HP、[http://www.2s.biglobe.ne.jp/~r\\_shiina/index.html#home6](http://www.2s.biglobe.ne.jp/~r_shiina/index.html#home6)
- 71) タメさんの貨車操車場、<http://www.geocities.co.jp/MotorCity-Rally/3264/index.html>
- 72) 経済産業省 HP、「鉄道技術分野」における標準化戦略、  
<http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g10831h3j.pdf>

183-危険物事故の対応にあたる者に必要とされる能力の基準（その6）

- 73) 日本舶用品検定協会 HP、[http://www.hakuyohin.or.jp/tml17\\_ibc.pdf](http://www.hakuyohin.or.jp/tml17_ibc.pdf)
- 74) 日本能率協会 HP、タンクシステム株式会社出展物、  
[http://www.jma.or.jp/INCHEM/kaisya\\_ichiran/ja/exhibitor/exhibitors/10488.html](http://www.jma.or.jp/INCHEM/kaisya_ichiran/ja/exhibitor/exhibitors/10488.html)
- 75) SUMITRANS JAPAN HP、<http://www.sumitrans.co.jp/maxicon/index.html>
- 76) スペースクラフト HP、<http://www.spacekraft.co.jp/main.htm>
- 77) オー・エル・エス HP、<http://www.oil-logistics-systems.co.jp/haisou/haisou.htm>
- 78) マトコン HP、<http://www.matcon.co.jp/ibcs.asp>
- 79) 古河コンテナ HP、<http://www.eco-contena.com/transfer/un/un04.html>
- 80) 日本コンセプト HP、<http://www.n-concept.co.jp/ip/tank/ibc/ibc1.html>
- 81) 運輸省海上技術安全局監修、危険物運送容器基準集(英和对訳、海文堂(1985)
- 82) 例えば、陽気屋 HP、<http://store.yahoo.co.jp/youkiya/20a5eaa5c3.html>
- 83) 日本舶用品検定協会 HP、[http://www.hakuyohin.or.jp/tml17\\_pr.pdf](http://www.hakuyohin.or.jp/tml17_pr.pdf)
- 84) Brookhaven National Lab HP、  
<http://www.bnl.gov/bgrr/WorkingGroup/WG8-00/transportation/sld008.htm>
- 85) 埼玉県中小企業振興公社 HP、<http://www.saitama-j.or.jp/~d-pack-h/syouhin.htm>
- 86) Croft HP、<http://www.safkeg.com/products.html>
- 87) 原子力のページ HP、<http://www.atom.meti.go.jp/siraberu/recycle/01/main07s.html>
- 88) 核燃料サイクル開発機構 HP、<http://www.jnc.go.jp/kaihatu/hukaku/yusou/4-j.html>
- 89) Brookhaven National Lab HP、  
<http://www.bnl.gov/bgrr/WorkingGroup/WG8-00/transportation/sld009.htm>
- 90) WORLD NUCLEAR TRANSPORT INSTITUTE HP、  
<http://www.wnti.co.uk/factsandfigures.html>
- 91) 成田国際空港公式 WEB サイト、<http://www.narita-airport.jp/ip/flight/today.html>、(注 2005/5/26 現在)
- 92) PSI HP、  
[http://www.psiolandgas.com/oil\\_pipeline\\_management/leak\\_detection.jsp?r0=Oil%20Pipeline%20Management&r1=Leak%20Detection/<br>Localisation&r2=](http://www.psiolandgas.com/oil_pipeline_management/leak_detection.jsp?r0=Oil%20Pipeline%20Management&r1=Leak%20Detection/<br>Localisation&r2=)
- 93) JSAT HP、<http://www.isat.net/contribute/other/keisou0407.html>
- 94) JEF ホールディングス HP、  
[http://www.jfe-holdings.co.jp/archives/nkk\\_360/No.40/scope/scope3-1.html](http://www.jfe-holdings.co.jp/archives/nkk_360/No.40/scope/scope3-1.html)
- 95) 国土交通省 HP、<http://www.mlit.go.jp/onestop/157/images/157-014.pdf>
- 96) 堺市 HP、[http://www.city.sakai.osaka.jp/city/info/\\_kanribosai/pdf/109\\_d.pdf](http://www.city.sakai.osaka.jp/city/info/_kanribosai/pdf/109_d.pdf)
- 97) 中野区 HP、[http://www.city.tokyo-nakano.lg.jp/008/pdf/d01300001\\_1.pdf](http://www.city.tokyo-nakano.lg.jp/008/pdf/d01300001_1.pdf)
- 98) 産経新聞 HP、[http://www.japanmetal.com/back\\_number/t1999/t19990330.html](http://www.japanmetal.com/back_number/t1999/t19990330.html)
- 99) Richard P. Pohanish et. al., Rapid Guide to Chemical Incompatibilities, JOHN WILEY & SONS, NY(1993)

- 100) 東京消防庁編、化学薬品の混触危険ハンドブック ー第 2 版ー、日刊工業新聞社(1997)
- 101) 米国 EPA、<http://www.epa.gov/ceppo/cameo/>からダウンロード可能