



序文

海上輸送される化学物質の量は年々増えており、その結果、化学物質の流出に対応する安全で効果的な緊急時対応の取り決めを策定する必要性について、国際的な認識が高まっている。しかし、化学物質は多種多様で、物理的特性や流出時の挙動、さらに、人々の健康や海洋環境に及ぼす影響はさまざまであるため、化学物質の流出に対する準備及び対応の取り決めは、油流出に対するものよりもずっと複雑になる。

本資料では化学物質の流出対応に関わる問題を紹介する。危険とされる化学物質の範囲及び海上流出時の挙動について取り上げ、利用可能な対応の選択肢について簡潔に概説する。

化学物質とは何か

「化学物質 (chemical)」という言葉には人類が知るすべての物質が含まれる。しかし、海上輸送されるすべての化学物質が有害だと考えられている訳ではなく、「危険物質及び有害物質 (HNS)」と呼ばれるものだけが有害である。OPRC-HNS議定書¹はHNSを「油以外の物質であって、海洋環境への排出が人の健康に危害をもたらす、生物資源及び海洋生物に害を与え、海洋の快適性を損ない、又は他の適法な海洋の利用を妨げるおそれのあるもの」と定義している。特定の化学物質と関連する危険はその物質に固有の性質によって決定付けられ、HNSは可燃性・爆発性・毒性・腐食性・反応性の5つの特性のうち1つ以上を示すものである。

HNSのもう1つの定義はHNS条約²によって規定されているもので、OPRC-HNS議定書のものとは大きく異なる。この条約の下では、物質が表1に記載されている国際海事機関 (IMO) の条約及び規約のいずれかのあるいは複数のリストに含まれている場合、その物質はHNSとして分類される。記載されている条約及び規約は、あらゆる種類の化学物質の安全輸送の確保を目的としており、多くの種類のHNSのリストアップに加え、HNS



▲ 図1:ケミカルタンカー。

の輸送に関わるさまざまな船の設計及び建造基準、化学物質の表示や梱包、積み込みに関する規則も定めている。放射性物質及び感染性物質はHNS条約及び本資料の範囲から外れる。

OPRC-HNS議定書は化学物質の流出に対する準備及び対応を、そしてHNS条約は補償を目的としている。2つのHNSの定義が異なるのは、それぞれもう一方の定義では対象としていない貨物を対象としているからである。例えば、OPRC-HNS議定書には石炭やセメント、さまざまな金属鉱石や穀物などの貨物が含まれる。このような貨物が放出されると窒息による環境被害がもたらされる可能性があり、穀物の場合には、その分解によ

¹ 2000年の危険物質及び有害物質による汚染事件に係る準備、対応及び協力に関する議定書 (www.imo.orgを参照)

² 1996年の危険物質及び有害物質の海上輸送に関連する損害についての責任並びに損害賠償及び補償に関する国際条約。2012年3月現在、未施行 (www.hnsconvention.orgを参照)。

HNSの種類	条約及び規約
ばら積みの油	1973年の船舶による汚染の防止のための国際条約に関する1978年の議定書 (マルポール73/78条約) の附属書Iの付録I
ばら積みの液体	危険化学薬品のばら積み運送のための船舶の構造及び設備に関する国際規則 (IBC規約) の第17章及びマルポール73/78条約の附属書IIの付録II
ガス	液化ガスのばら積み運送のための船舶の構造及び設備に関する国際規則 (IGC規約) の第19章
ばら積みの固体	梱包状態がIMDG規約の対象でもある場合、国際海上固体ばら積み貨物規則 (IMSBC規約) の第9節
梱包品	国際海上危険物規程 (IMDG規約)

▲ 表1:HNSリストを提供しているIMOの条約及び規約 (例) (www.imo.orgを参照)。



▲ 図2: 座礁したコンテナ船から流出した油と浮遊するコンテナ(写真提供: SMIT)。

って局所的に生物学的酸素要求量が高くなったり、毒ガスである硫化水素が放出されたりする可能性もある。一方、HNS条約は灯油やガソリンなどの通常の非持続性石油製品の多くを対象としており、場合によっては持続性油も対象となる。これらはすべて1990年のOPRC条約³に該当するため、OPRC-HNS議定書では対象となっていない。2000年のOPRC-HNS議定書もHNS条約も植物油を対象としている。流出油への対応については、このITOPF技術資料(TIP)シリーズの他の資料(背表紙に記載)で取り上げている。

HNSの輸送

多種多様な産業で用いられる化学物質の世界的な需要の高まりによって、化学物質の海上貿易は急成長をとげた。2010年にIMOは、海上輸送される化学物質でHNS事故に関与する可能性が最も高いトップ20(原油や石油製品、植物油を除く)のリストを作成した。このリストは、化学製品の生産量、最もよく輸送される化学物質及び最も頻繁に流出のあった化学物質に関する収集データから作成された(表2)。

HNS貨物の海上輸送は、ばら積み(液体や固体)と梱包形態の2つの方法のうちどちらかで行う。HNSの輸送は次のような数種類の船舶で行っている。

- **ばら積み貨物船:** 鉄鉱石やリン鉱石、石炭、セメント、穀物などの梱包していない乾貨物の固体をばら積みで運ぶ。
- **ケミカルタンカー、多目的ケミカルタンカーまたは製品タンカー:** どれもばら積みの液体貨物を運ぶが、タンクの分け方と輸送する化学物質の種類(例えばベンゼンやスチレンなど)が違う(図1)。
- **ガス輸送船:** 加圧と冷却のいずれかもしくは両方を施した液化ガス貨物を輸送する。すなわち、主にメタンなどの液化天然ガス(LNG)と、プロパンやブタンなどの液化石油ガス(LPG)である。
- **コンテナ船(図2):** 一貫輸送により効率的な荷役を可能にするコンテナに梱包品の貨物を積み、運ぶ。コンテナ船の大きさは、船が積載できる標準サイズコンテナTEU(20フィ



▲ 図3: 海岸線に漂着したタンクテイナーとコンテナが1つに連結されている。

ートコンテナ換算)の数で表されることが多い。割合は少ないが、ばら積みの液体を運ぶためのISOタンクまたはタンクテイナーがある(図3)。

- **一般貨物船:** パレットの上や木箱、箱、ドラム缶の中などに大まかに梱包された品の小口貨物を運ぶ。船種という点では、世界の船舶全体の中で最も種類が多い。
- **ロールオン・ロールオフ(ローロー)船:** 大まかに梱包された品、コンテナもしくはばら積みの液体・固体などを積載したトレーラーまたは鉄道貨物車両を輸送する。

コンテナ船、多目的ケミカルタンカーまたはローロー船など、2種類以上のHNSを輸送している船が事故に関与している場合、状況はさらに複雑になる。積載しているコンテナやタンク、トレーラーのそれぞれが損傷を受けた場合、さまざまな貨物同士または貨物と水が混ざり合う可能性があるためである。特に、コンテナまたはトレーラーの具体的な積み荷の内容を特定し、もたらされる危険有害性を評価するのは難しい。場合によっては、想定される事故の重大性を的確に評価するには、危険物積荷目録(図4)と積み込み計画だけでは十分な詳細情報が得られない可能性がある。

比較的少量のHNSでも重大な危険をもたらす場合がある。例を挙げると、よく輸送される燻蒸剤のリン化アルミニウム(AIP)は水と反応して有毒ガスであるリン化水素(PH_3)を生成する(図5)。事故はバンカー燃料やその他の油の流出を伴う場合もあり(図2と図5)、それによって対応がますます複雑になる可能性がある。人の体に悪影響を及ぼす恐れがあるHNSが油と一緒に流出した場合、海上または海岸線で流出油の対応ができなくなるか、妨げられる可能性がある。

海洋環境における化学物質の挙動

物理的挙動

海洋環境に放出された物質を、気体、液体、固体にかかわらず、示す挙動に従って分類しておけば、対応戦略を策定する時にツ

³ 油による汚染に係る準備、対応及び協力に関する国際条約。

順位	挙動	主な危険有害性	主な危険有害性
1	硫酸	沈殿性／溶解性	腐食性／水と反応し発熱／煙霧を発生
2	塩酸	沈殿性／溶解性	腐食性／水と反応し発熱／煙霧を発生
3	水酸化ナトリウム／苛性ソーダ	沈殿性／溶解性	腐食性／水と反応し発熱
4	リン酸	沈殿性／溶解性	腐食性／水と反応し発熱／煙霧を発生
5	硝酸	沈殿性／溶解性	腐食性／水と反応し発熱／煙霧を発生
6	LPG/LNG	気体(液体として輸送)	可燃性／爆発性
7	アンモニア	気体(液体として輸送)	毒性
8	ベンゼン	浮遊性／蒸発性	可燃性／爆発性
9	キシレン	浮遊性／蒸発性	可燃性／爆発性
10	フェノール	溶解性／蒸発性	毒性／可燃性
11	スチレン	浮遊性／蒸発性	可燃性／毒性／重合
12	メタノール	(浮遊性)／溶解性	可燃性／爆発性
13	エチレングリコール	沈殿性／溶解性	毒性
14	塩素	気体(液体として輸送)	毒性
15	アセトン	浮遊性／蒸発性／溶解性	可燃性／爆発性
16	硝酸アンモニウム	沈殿性／溶解性	酸化性／爆発性
17	尿素	沈殿性／溶解性	刺激性
18	トルエン	浮遊性／蒸発性	可燃性／爆発性
19	アクリロニトリル	浮遊性／蒸発性／溶解性	可燃性／毒性／重合
20	酢酸ビニル	浮遊性／蒸発性／溶解性	可燃性／毒性／重合

▲ 表2: HNS事故に含まれる可能性が最も高い化学物質トップ20を記載したIMOリスト。ただし、原油やその分留製品、植物油を含まない(引用元: MEPC/OPRC-HNS/TG 10/5/4, www.imo.orgを参照)。

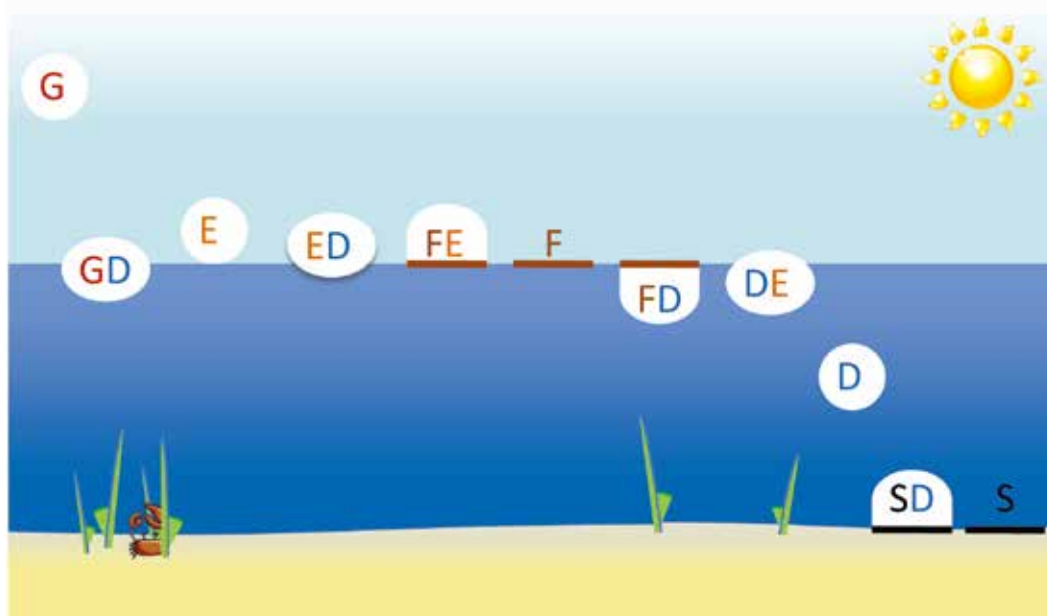
DANGEROUS GOODS MANIFEST M/V BOXSHIP L1234567 (Inbound to Panama)

Shipper/Consignee	Pkg. No.	Shipping Description	Stowage Position	Gross Weight	Container	Port of Discharge	Shipment No.
Local Chemical Co.	25 Drums	ACROLEIN, class 6.1 UN1092, P.G. I (3), Marine Pollutant	030862	2500 Kgs	243917	NYNY	7654321
Manufacturing Co.	30 Tins	ADHESIVES (liquid), Class 3, UN1133, P.G. III Flammable Liquid	420190	19.22 Kgs	678345	NYNY	6453210
Manufacturing Co.	500 Bottles	DICHLOROMETHANE (liquid), Class 6.1, UN1593, P.G. III Toxic substance	420190	1000 Kgs	678345	NYNY	6465210



▲ 図4: HNSを積んでいる2つの容器の詳細が記載されている危険物積荷目録(例)。

◀ 図5: HNSの存在は油流出対応を妨げる時がある。これらは海岸で見つかったバンカー油にまみれた正体不明の瓶であり、水に接すると毒性の強いリン化水素ガスを発生するリン化アルミニウム(挿入写真)が含まれている可能性がある。この時は、海岸線の防除作業員の安全を守るため、詳細なリスク評価計画が立案された(挿入写真提供: ユナイテッド・フォスフォラス)。



▲ 図6: 欧州標準挙動分類図。

ールとして役に立つ。揮発度や溶解度、密度などの物質の特性によって物質の動態が決まるとともに、物質の危険有害性(毒性、可燃性、反応性、爆発性、腐食性など)も決まる。

欧州標準挙動分類(SEBC)システムは、水中での支配的な挙動に基づきHNSを12群に分類している(図6と表3)。海に流出した化学物質の挙動の指標となる主な特性は表4に記載している。しかし、このシステムは流出対応に関連する支配的な挙動に従って化学物質を分類しているだけであり、化学物質にはその他の特性を示す可能性もあると知っておくことが重要である。例えば、ベンゼンはその目立った特性(蒸発性)に従って分類されているが、ある程度の水溶性も持つことに留意す

	特性群	特性
G	気体	すぐに揮発する
GD	気体／溶解性物質	すぐに揮発する、溶解する
E	揮発性物質	急速に揮発する
ED	揮発性／溶解性物質	急速に揮発する、溶解する
FE	浮遊性／揮発性物質	浮遊する、揮発する
FED	浮遊性／揮発性／溶解性物質	浮遊する、揮発する、溶解する
F	浮遊性物質	浮遊する
FD	浮遊性／溶解性物質	浮遊する、溶解する
DE	溶解性／揮発性物質	急速に溶解する、揮発する
D	溶解性物質	急速に溶解する
SD	沈殿性／溶解性物質	沈殿する、溶解する
S	沈殿性物質	沈殿する

▲ 表3: 化学物質の欧州標準挙動分類(SEBC)システム

る必要がある。対応を計画する場合は、物質の挙動のあらゆる側面を考慮すべきである。

危険有害性

国連の「化学品の分類及び表示に関する世界調和システム(GHS)⁴」の下では、化学物質はもたらす危険有害性の種類に従って分類し、一貫した表示及び安全データシートと一体化した危険有害性周知方法によって表示する。GHSの目的は化学物質による物理的危害や毒性に関する情報を常に入手できるようにすることであり、それによって化学物質の取り扱い、輸送及び使用中の危険を回避し、人の健康及び環境の保護を強化しようとするものである。GHSには2セットの絵文字が含まれている。1つは容器の表示及び作業現場の危険警告のためのものであり(図7)、もう1つは危険物の輸送中に使用するためのものである(図8)。誰が見るかによってどちらかの

⁴ www.unece.org/trans/danger/danger.html参照。



▲ 図7: HNS表示のためのGHSの絵文字。左から、可燃物、爆発物、酸化性物質、急性毒性物質、腐食性物質、有害物・刺激物、環境有害性物質、発がん性物質・感作性物質、そして高圧ガス。これらは国及び地域のラベルの代わりに使う目的で作られている。

特性	説明
密度	物質の密度 ρ は質量/体積。物質が浮くか沈むかの指標となる(海水の平均密度: $\rho = 1.025\text{g/cm}^3$)。ベンゼン($\rho = 0.88\text{g/cm}^3$)は浮き、固体リン酸($\rho = 1.864\text{g/cm}^3$)は沈む。
比重	比重(物質の ρ /水の ρ)は、無次元パラメーターであるため単位がない。真水の場合、相対密度ともいう。
溶解度	液体の持つ固体、液体または気体を溶解する能力(通常真水に対して用いる)。海水の場合、ベンゼン($s = 0.07\%$)は溶けにくく、リン酸($s = 100\%$)は混合できる。
蒸気圧	物質が蒸発し蒸気を発生させる可能性を示すもの。蒸気圧が高いほど、物質は蒸発しやすい(ゆっくり蒸発する物質の $VP > 300\text{Pa}$ 、速く蒸発する物質の $VP > 3\text{kPa}$)。エチレングリコールの VP は 500Pa 、エタノールの VP は 5kPa 、プロパンの VP は 2.2MPa 。
蒸気密度	気体もしくは蒸気と、1という任意値を持っている空気とを比較した場合の相対的重量。気体の蒸気密度が1より小さい場合、通常空気より軽く上昇する。蒸気密度が1よりも大きい場合、空気中の気体は通常下に沈む。この特性は分子量に基づいている。空気の分子量 $= 29$ 原子質量単位(AMU)。水素は 2AMU のため、蒸気密度は $2/29 = 0.068$ であり、空気中を上昇する。ヘキサンは 84AMU のため、蒸気密度は $84/29 = 2.9$ であり、沈むことになる。
引火点	揮発性物質の引火点とは、それが揮発し、空気中で形成された混合ガスが着火源に触れた場合に引火する最低温度である。フェノールの引火点は 79°C 、ベンゼンの引火点は -11.1°C 。
爆発下限界(LEL)	着火源が存在している場合に空気中の気体もしくは蒸気が発火可能な最小濃度(パーセンテージ)。空気中の濃度がLELより低い場合、燃焼するのに十分な燃料がなく、空気と燃料の混合物は「希薄過ぎる」。燃焼下限濃度(LFL)としても表せる。ベンゼンのLELは空気の体積の 1.2% ($12,000\text{ppm}$)。温度が 20°C の場合、メタン(CH_4)のLELは 5.1% 。
爆発上限界(UEL)	着火源が存在している場合に空気中の気体もしくは蒸気が発火可能な最大濃度(パーセンテージ)。UELよりも高い濃度だと燃焼するには「濃過ぎる」。燃焼上限濃度(UFL)としても表せる。ベンゼンのUELは空気の体積の 7.8% ($78,000\text{ppm}$)である。
燃焼範囲	燃焼下限濃度と燃焼上限濃度の間の濃度域。
自然発火温度	着火源が存在していない場合に化学物質が発火する最低温度。ベンゼンの自然発火温度 T は 538°C 。
沸点	プロパンの沸点は -42°C 、アンモニアは -33°C 、硫酸は 337°C である。

▲ 表4: 化学物質の動態及び挙動を評価する上で重要な物理的特性

絵文字が選ばれるが、両方同時に使われることはない。以下の危険有害性の種類は、図7の最初の7つの絵文字で表現されている。また、HNS自体の流出によって、もしくはHNSとその他の化学物質、水または空気との反応によって生じる可能性のある有害性も含んでいる。

可燃性

可燃性とは、物質が自然にもしくは着火源の存在によって発火する容易さをいう。液体の可燃性は蒸気圧または引火点によって決まり、可燃性液体は沸点と引火点が低いことが特徴である。その他の可燃物は空気に触れると自然発火することがある。HNS火災は熱、固体粒子及び毒ガスの放出につながる恐れがある(図9)。

爆発性

爆発物とは、熱や摩擦、衝撃、静電気などの一定の環境条件の下で不安定になり、蓄積エネルギーを放出する化学物質または化学物質の混合物をいう。爆発物はそれぞれの環境条件に対

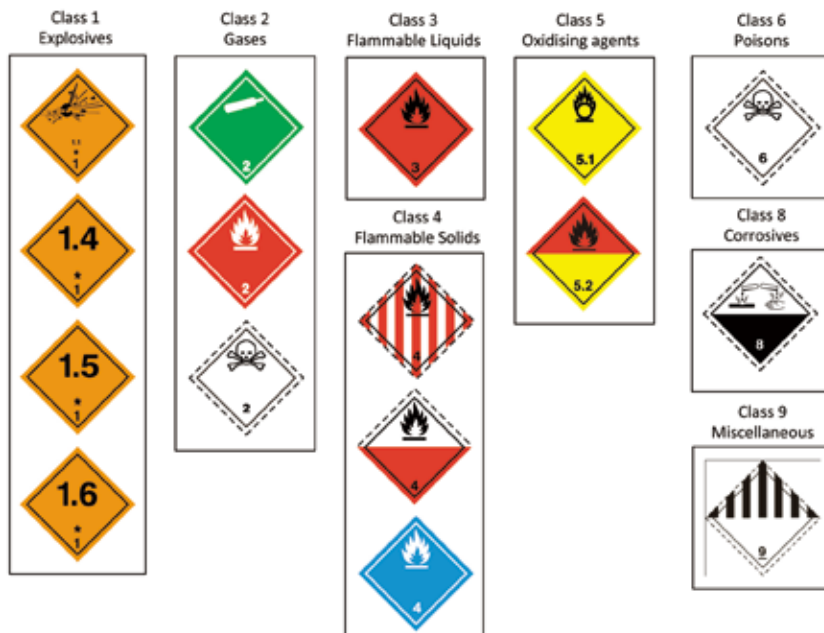
する感受性、爆轟の速度、そして化学成分によって分類される。この分類には、火工品や弾薬なども含まれる。

爆発には衝撃波や火、熱を伴うことがある。特に、放出したエネルギーがすぐに消散しないと被害が発生する。重要な例として、一定の環境条件が揃うと揮発性物質が爆発するBLEVE(ブリーブ: 沸騰液膨張蒸気雲爆発)がある。例えば、圧縮液化ガスの容器が熱せられると、中の液体が沸騰して容器に過度の圧力がかかり、破裂につながる可能性がある。その結果、瞬時に放出されるガスは大きな可燃性の雲に成長し、突発的な火災や火の玉、蒸気雲爆発などを発生させる恐れがある。

爆発下限界(LEL)と爆発上限界(UEL)は、着火源が存在する場合に空気中の気体または蒸気が発火する可能性がある範囲を示している。

酸化による危険有害性

酸化による危険有害性は、その物質自体は必ずしも可燃物ではないが、他の物質に酸素を供給することにより燃焼させるか、



▲ 図8: HNS輸送のための国連の絵文字。1～6級と8級は「化学品の分類及び表示に関する世界調和システム (GHS)」の一部である。7級の物質 (放射性 / ここでは表示なし) と9級 (その他の有害性物質) は、IMDG規約の標札には含まれるが、GHSには含まれていない。

燃焼を惹起する物質によってもたらされる。硝酸 (HNO_3) のような強い酸化剤は特に有機物質と激しく反応することがある。

毒性

有毒化学物質には、低いレベルでも吸入、摂取または皮膚を通して吸収されることによって生物に死または損傷をもたらす物質が含まれる。毒性は、多くの場合、特定の濃度が人の健康または環境に及ぼす危険度によって評価、分類される。急性及び慢性的な暴露の限界濃度はよく引き合いに出される。急性暴露は、毒性物質への1回の暴露で重大な生物学的危害または死をもたらす可能性があるものと定義されており、通常、暴露の持続時間は1日を超えないものと設定されている。慢性暴露は、多くの場合数か月または数年という長期間に及ぶ毒素への連続暴露と定義されており、それによって不可逆的な副作用が引き起こされることがある。塩素は毒性の強いガスの一例である。



▲ 図9: 座礁したローロー船の船首にある、火災の熱によってつぶれ、歪んだコンテナ。

腐食による危険有害性

腐食性化学物質は、生きている組織 (皮膚、目、肺) 及び対応資機材やその他貨物、梱包物などの材質を含め、接触した相手の表面または物質を破壊したり、不可逆的な損傷を与えたりすることがある。例としては、硫酸 (H_2SO_4) や水酸化ナトリウム (NaOH) が挙げられる。

刺激性・有害性

ここに分類される化学物質は健康を害する可能性があり、刺激性のあるものは生物の皮膚に炎症 (皮膚炎) を引き起こしたり、粘膜 (目や喉、肺など) に炎症を引き起こしたりすることがある。

環境有害性

環境の構成要素に対して即時にまたは遅発性の危険を及ぼす可能性のある化学物質であり、廃棄には細心の注意を払わなければならない。

反応性

化学物質は、腐食や分解、酸化・還元、重合反応などさまざまな形で周辺の物質や燃料油、水、空気などと反応する可能性がある。これらの反応によって熱及び可燃性もしくは毒性のガスが発生することがあるため、適切な対応を立案するには物質の反応性を知っておくことが重要である。例えば、鉄は強力な酸またはアルカリの一部と反応して水素を放出し、空気中で水素ガスと空気の爆発性混合気体を生成する。化学物質の中には熱または水を加えることによって重合するものがある。重合は多くの場合体積の膨張と放熱 (発熱) を伴うため、その物質が保管されている容器に損傷を与える可能性がある。重合生成物は周辺環境との相互作用によって二次生成物へと分解されることもある。分解に特有の危険有害性は二酸化

炭素(CO₂)や硫化水素(H₂S)などのガスの生成にある。ガス自体が有毒であるだけでなく酸素濃度が低下する危険があるため、船倉やその他の閉鎖空間には安全に配慮して入る必要がある。アメリカ海洋大気庁(NOAA)の対応・復旧局⁵はダウンロードが可能な化学反応性ワークシート(CRW)を提供しており、それを用いれば、空気や水、その他の化学物質との物質の反応性を判定することができる。

危険有害性評価

特定の貨物の流出によって生じる危険有害性の順位づけをするには、入手しやすい2冊の簡単な指針が、事故の潜在的な重大性を評価するための重要な第一歩を提供してくれる。「1973年の船舶による汚染の防止のための国際条約に関する1978年の議定書」(マルポール73/78条約)の附属書II及びIIIと、GESAMPハザードプロファイルである。

マルポール条約

マルポール条約は船舶による汚染を防止するための最も重要な国際条約である。マルポール条約の2つの附属書がHNSに関連している。

附属書II

マルポール条約の附属書IIは、海洋に排出された場合に環境汚染をもたらす恐れのあるばら積みの液体貨物に関する規則である。附属書では、人の健康、海洋資源及び集客施設にもたらす危険の度合いに従い、ばら積みの液体を4種類に分類している。附属書IIの付録IIには次の4種類のグループに分類された物質のリストが含まれる。

- **X類**: 海洋資源または人の健康に重大な危険をもたらすと認められているため、海洋環境中への排出を禁止することが正当化されている液体物質。
- **Y類**: 海洋資源または人の健康に危険をもたらす、もしくは集客施設やその他の海の活用に害を及ぼすと認められているため、海洋環境中に排出できる質及び量に制限を設けることが正当化されている液体物質。
- **Z類**: 海洋資源または人の健康にわずかながら危険をもたらすと認められているため、海洋環境に排出できる質及び量についてあまり厳しくない制限を課すことが正当化されている液体物質。
- **OS類(その他の物質)**: 海洋資源や人の健康、集客施設、その他の海洋環境の活用に危険をもたらさないと考えられているため、X類、Y類またはZ類には含まれないと認められている液体物質。

附属書III

附属書IIIは梱包形態で海上輸送される有害物質による汚染

⁵ <http://response.restoration.noaa.gov>参照

⁶ www.gesamp.org/publications/publicationdisplaypages/rs64参照

⁷ www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention参照。

を防止するための規定である。これらの規制の一環として、環境に有害なすべての物質(海洋汚染物質という)には、害が少ない貨物と区別するため、はっきり「海洋汚染物質」だと印をし、ラベルを付けなくてはならない(図10)。

GESAMPハザードプロファイル

1969年に設立された国連の助言機関である「海洋環境保護の科学的事項に関する専門家合同グループ(GESAMP)」はHNSが人と海洋環境の双方にもたらす危険有害性についてまとめている。このグループはさまざまな関連分野から集まった各分野の専門家によって構成されている。

GESAMPは「Hazard Evaluation of Substances Transported by Ships⁶」を公表しており、そこでは通常輸送される化学物質が、船の操業中の放出、漏出事故、または船外への転落・流出によって海洋環境に流入することからもたらされる危険有害性について扱っている。リストアップした化学物質が海に流出した場合に想定される多くの影響を事前に規定し、それと関連させて各化学物質の特性評価を行っている。この情報はハザードプロファイルにまとめられ、以下の分類に従い各物質の危険有害特性を特定している。

- a. 生物蓄積性と生物分解性
- b. 水生生物への毒性
- c. 哺乳類への急性毒性
- d. 刺激性、腐食性及び長期間にわたる健康影響
- e. 海洋のその他の利用への阻害

GESAMPによるハザードプロファイルの作成は継続して行われており、IMOが常にリストを最新の状態で維持している⁷。

人の健康上の懸念

危険有害性に関連する影響は爆発の衝撃波や火災による損傷、または酸素欠乏などだけでなく、皮膚接触による吸収、吸入または摂取などによって体内に化学物質への暴露が生じる場合がある。気体や粒子の主な侵入経路は吸入である。吸収は健康な皮膚、または化学作用により損傷した皮膚表面(やけどや皮膚炎など)を通して起こる可能性がある。摂取は有害薬剤を飲み込んだ場合に起こる。

HNS製造業者及びその他の業者は、各物質に関係する特定の危険有害性についてまとめた化学物質等安全データシート(MSDS)を発行する。MSDSは国連のGHSの下で徐々に安全データシート(SDS)に置き換わっていく。MSDSとSDSは



◀ 図10:水生環境有毒性を示す標札。この標札は危険有害性の特定の級に関連している訳ではなく、あらゆる水生環境有毒性物質を輸送する際に用いられる。

1. 化学品及び会社情報
2. 危険有害性の要約
3. 組成及び成分情報
4. 応急措置
5. 火災時の措置
6. 漏出時の措置
7. 取り扱い及び保管上の注意
8. 暴露防止及び人身保護措置
9. 物理的及び化学的性質
10. 安定性及び反応性
11. 有害性情報
12. 環境影響情報
13. 廃棄上の注意
14. 輸送上の注意
15. 適用法令
16. その他の情報

▲ 表5: 化学物質等安全データシート(MSDS)及び安全データシート(SDS)によって提供される情報。

両方ともおおむね同じ形式(図11)に従って作られており、表5に記載されている情報を提供する。しかしながら、信頼性及び包括性の観点からみた場合、MSDSによって現在提供されている情報の質は提供者によってかなり異なるということに注目すべきであり、事故に関わる特定貨物の製造者から情報を取得するために最大限の努力を払うことが重要である。GHSを完全実施することによって安全データシートはより一貫性があり信頼性の高い情報を提供できるようになると期待されている。

暴露限度

有害物質を取り扱う労働者を守るため、化学工業界及び政府専門機関は暴露限度を設けた。許容暴露限界(PEL)は空気中にある物質の最大量または最大濃度についての規制限度である。PELは通常8時間(1日の一般的な労働時間)の時間加重平均(TWA)暴露を用いて定める。PELは限界値(TLV)に基づいており、TLVは空気中に浮遊している気体及び蒸気に一般的な労働者がさらされても病気や損傷を被る重大な危険がない暴露量を示している。また、PELは有害物質への慢性的暴露を考慮したものであり、流出後の急性暴露に対処することを目的として作られていない。

すぐに現れる影響に対処するために、時に短時間暴露限界と上限値を定めることがある。短時間暴露限界とは15分の間さらされることが許される最大濃度をいい、1日に4回を超えて繰り返ささらされてはならない。上限値は時間に関係なく超え

SIGMA-ALDRICH		sigmaaldrich.com
		SAFETY DATA SHEET
		according to Regulation (EC) No. 1907/2006 Version 4.2 Revision Date 03.12.2011 Print Date 01.02.2012
1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/MIXTURE AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING		
1.1	Product name: Product number: Brand: Index-No. CAS-No.	Dichloromethane 270697 Sigma-Aldrich 602-004-00-3 75-09-2
1.2	Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against	Identified uses: Laboratory chemicals, Manufacture of substances
1.3	Details of the supplier of the safety data sheet	Company: Sigma-Aldrich Company Ltd. The Old Brickyard NEW ROAD, GILLINGHAM Dorset SP5 4XT UNITED KINGDOM Telephone: +44 (0)1747 833000 Fax: +44 (0)1747 833313 E-mail address: सुरtechserv@sigma.com
1.4	Emergency telephone number	Emergency Phone #: +44 (0)1747 833100
2. HAZARDS IDENTIFICATION		
2.1	Classification of the substance or mixture	Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008 [EU-GHS/CLP] Carcinogenicity (Category 2) Classification according to EU Directives 67/548/EEC or 1999/45/EC Limited evidence of a carcinogenic effect.
2.2	Label elements	Labelling according Regulation (EC) No 1272/2008 [CLP] Pictogram:
	Signal word	Warning
	Hazard statement(s)	H351 Suspected of causing cancer.
	Precautionary statement(s)	P281 Use personal protective equipment as required.
	Supplemental Hazard Statements	none
	According to European Directive 67/548/EEC as amended.	Hazard symbol(s):
Sigma-Aldrich - 270697		Page 1 of 7

▲ 図11: 製造業者が作成したジクロロメタンについての安全データシート(SDS)の冒頭ページ(例)。

てはならない値であり、すぐに影響が現れる刺激物やその他の物質に適用される。この点において、「生命または健康に対する差し迫った危険(IDLH)」という基準が最もよく用いられる上限値である。IDLHは一般的な成人男性がさらされた場合に生命または健康に対する差し迫った危険がある大気について説明している。IDLHの上限値は元々保護マスクの着用に関する判断を支援するために作られたものである。IDLHの上限値の定義には、次の2つの要素が考慮されている。労働者は有害な環境から脱出することが可能な状態にいななければならないこと、そして、労働者は永久的な健康被害、目または気道への激しい刺激、その他の脱出の障害となる恐れがある状態に陥ってはならないことである。

大気中に有害物質が放出される危険性に対応するためのより具体的な行動指針については、現在も業界や米国環境保護庁などの政府機関が作成作業を継続している⁸。

ERPG(緊急時対応計画策定行動指針)は有害物質への1回の暴露に関する大気中濃度の行動指針であり、事故防止及び緊急時対応計画の妥当性を評価するためのツールとして使用することを目的としている。ERPGは米国産業衛生協会(AIHA)⁹のERPG委員会が作成した。

⁸ www.epa.gov/osweroe1/docs/chem/tech.pdf参照。

⁹ www.aiha.org参照。

AEGL(急性暴露行動指針レベル)は大気中の化学物質への極めてまれな暴露の結果生じる人体へのリスクについて説明することを目的としている。AEGLは世界中の官民が協力して作り上げたものである。行動指針の作成には全米AEGL開発諮問委員会(AEGL委員会)¹⁰が関与しており、流出やその他の壊滅的な暴露を伴った緊急事態への取り組みを助けている。

TEEL(暫定的な緊急時暴露限度)は有害物質による公衆の健康への悪影響を表す懸念レベルである。TEELはERPGもしくはAEGLが利用できない場合に用いるよう米国エネルギー省が定めている¹¹。

海洋資源に対する影響

化学物質が海洋環境にもたらす影響は多くの要素に左右される。最も重要な要素は化学物質、流出した物質の混合物、またはそれらの反応生成物の毒性である。影響の範囲は、生物相が化学物質の濃度にさらされた時間の長さや特定の化学物質に対する生物の脆弱性だけでなく、関与した化学物質の量と水中に残った濃度によっても左右される。異なる水生動植物の種は化学物質に対して異なる耐性を持っているだけでなく、特定の種の耐性はその種のライフサイクルの段階及び季節によって変動する。また、流出による影響は気象条件全般及び局所的な地形によっても大きく影響を受ける場合がある。穏やかな状態の場合、有害な影響にさらされる領域は比較的小さく、影響はゆっくりとしか広がらず、流出源から遠くなるにつれ影響力は減衰していく可能性がある。その一方で、川や閉鎖的な運河などの場合、移動する汚染物質のブルーム(流体中に浮遊する綿毛状の物質)はすぐに下流に流れていくため、高濃度または有害な濃度にさらされる領域が急速に拡大することになる。

外海では、潮の干満、海流、そして乱流拡散によって通常汚染物質は急速に希釈される。しかし、例えば濃度が致死レベルより低くても、致死に近い濃度は別の影響をもたらす場合がある。化学的に誘発されたストレスは、生物の繁殖、成長、摂食、その他の正常に機能する能力全体を低下させる恐れがある。同様に重要なのは、例えば致死に近い濃度であっても化学物質は有害成分による魚の汚染またはビーチの閉鎖などを通してその他の海の合法的活用を阻害する可能性があるということである。

化学物質の中には、一旦海に流出すると長い期間海洋環境の中で存続できるものがある。例えば、水銀やその他の重金属などの元素、農薬のような簡単に分解されない有機化合物などである。生物がこうした物質を摂取することにより「生体蓄積」が起きる可能性がある。生物蓄積は、代謝分解または排出によって体内から排せつされる速さを超える速さで生物の体内、特に細胞組織に難分解性物質が蓄積されることをいう。二枚貝(牡蠣やムラサキガイ)などの食料を得るために海水をろ過する固着性海洋生物は特に暴露の被害を受けや

すい。「生物濃縮」(生体内の蓄積性物質が被食者から捕食者へ移るに従い順々に濃度が高まっていくこと)も食物連鎖の上に行くほど生じる可能性がある。その結果、化学物質の最高濃度は主として最上位の捕食者の細胞組織内で見つかる。例えば、プランクトンに含まれる少量の物質は魚の体内で濃度が高まり、最終的には人間の身体にかなりの負担をもたらす。

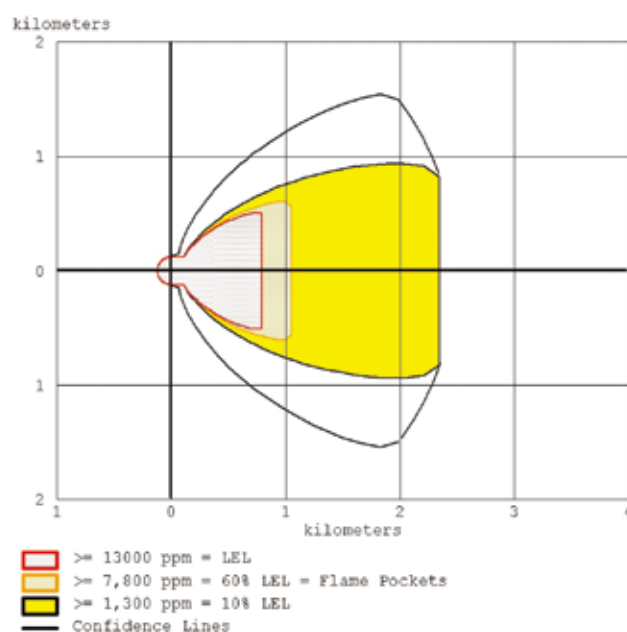
HNS事故に対応するための計画立案

HNSを含む流出は人の健康に影響を及ぼす可能性が高いため、効果的な組織と計画立案による対応は不可欠である。対応チームの各メンバーの役割を明確に定め、その責務及び能力を特定する必要がある。また、対応要員が安全に仕事を行うために必要な技能を身に付けることができるよう、研修及び訓練の必要事項を緊急時対応計画に詳細に記し、実施するべきである。

リスク評価

HNSを含む事故の対応時に取るべき最初のステップは、含まれている物質や事故の状況・場所にかかわらず、ほぼ同じである。事故の状況について特に健康や安全性という側面に重点を置いた徹底的な評価が行われるまでは、化学物質の事故に対して現場で対応することは絶対避けなくてはならない。事故に関わるすべての化学物質を特定することは重要であり、それらの流出または放出の実態(例えば化学物質漏れ、梱包した危険物の流出など)だけでなく、それらの輸送手段(ばら積み、コンテナ、パレットに載せられた荷物、ドラム缶など)についても注意すべきである。

健康リスクや隣接区域へのリスクはもちろん、火災や爆発のリスクもすぐに評価しなくてはならない。国際海上危険物規程



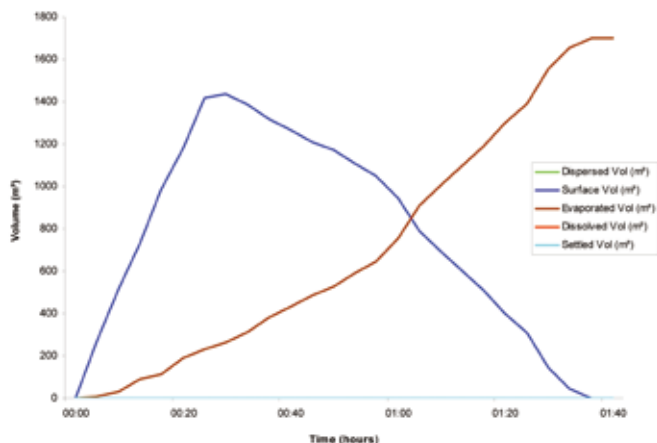
▲ 図12: 有害化学物質の大気拡散を予測するALOHA (Area Locations of Hazardous Atmospheres:NOAA)モデルの出力例。発生源からの距離に関連したシクロヘキサン(爆発性)の懸念レベル(爆発性)の変化を示している。

¹⁰ www.epa.gov/opptintr/aegl参照。

¹¹ www.hss.doe.gov参照。

¹² www.ilo.org/icsc参照。

¹³ 緊急時作業のコンピュータ支援管理(Computer Aided Management of Emergency Operations)



◀ 図13:沈没船から排出されたシクロヘキサン(C₆H₁₂)の一定量が時間と共に変化する様子をモデル化した挙動の例。グラフはシクロヘキサンが水面に浮かび上がり、大気中に徐々に蒸発することを示している。また、最初の放出から20時間後に水面の油膜面積が最大に達するだろう。シクロヘキサンは非混和性であり、密度は0.78g/cm³であるため、溶けて沈殿した(海底に沈んだ)体積及び分散した体積はごくわずかもしくはゼロである(参照元:Chemsys—国立化学緊急センター(NCEC)、<http://the-ncec.com>)。

(IMDG規約)の緊急時対応指針(ERG)や個別のMSDS、国際化学物質安全性カード(ICSC)¹²などの情報源からの情報や、NOAAのCAMEO¹³などの化学情報データベースが役に立つだろう。環境条件(気温や水温、水の動き、卓越風の強さや向きなど)だけでなく、化学物質の物理的特性に基づき、想定される化学物質の動態及び挙動については比較的簡単に最初の推定を行うことができる。これらの危険有害性を特定し、さらなる漏れが発生するリスクを確定して初めて、初期リスク評価を完了させ、適切な対応戦略を検討することができる。

数理的モデル化

さまざまなコンピュータモデルが数多く存在するが、想定される化学物質の拡散予測を水面などの2次元で提供するもの(図12と図13)がある一方で、空気中または水中など3次

元で分散を考察するものもある。しかし、コンピュータモデルにはモデルのアルゴリズムやソースコード(規約の元となるもの)を作るために一般的な想定を採用するなど多くの限界があり、実際の流出に対して検証されたものはほとんどない。加えて、モデル出力を検証する際には、入力データの信頼性や操作者の習熟レベル、解釈技術などの要素も考慮しなくてはならない。しかしながら、コンピュータモデルは緊急時対応計画の立案に、そして限定的ではあるが、対応作業にも役立つ。とりわけリアルタイム監視と組み合わせて用いる場合やHNSが無色の場合に有益である。

監視

監視は化学物質の流出対応における重要な要素であり、気体や急速に蒸発する物質の場合、唯一可能な対応方法にな

検出器	検出方法	長所	短所
化学物質検出試験紙	HNSにさらされるとHNSの種類によって色が変化する。	最も簡単で、最も安価な方法の1つ。	特異度が低く、偽陽性の結果が出る傾向がある。
比色管(ドレーガー管やRAEチューブなど)	気体試料が特定の管に吸い込まれ、その濃度が読み取られる。さまざまなHNSを特定するために160本もの物質に特異的な試薬チューブが用意されている。	HNSを検出・同定する単純で安価な方法。	HNSごとに異なる管を使わなくてはならない。偽陰性の結果を防ぐために、存在する可能性のあるHNSに関する知識が必要となる。1回限りの使用。
光イオン化検出器(PID)	検体の気体に特定範囲の紫外線を照射することによって一定のHNSに含まれる分子がイオン化される。イオン検出器はイオン化分子を検知する。	高感度。比較的安価。瞬時に測定値を出し、連続運転することが可能。	利用者は検体の気体もしくは蒸気を高い確度で識別できなくてはならない。
イオン移動度分光器(IMS)	気体試料は放射能線源を用いてイオン化し、きれいな空気の試料と比較する。既定の検知域によってHNSを確認すると、警報が鳴る。	きれいな空気の試料で較正を行っているため、汚染物質に対して感度が低い。瞬時に測定値が出る。多様な製品が市販され、利用可能。	比較的高価。通常、軍事利用もしくは工業利用に限られる。
赤外線分光器	気体の分子を励起させるために中赤外光(周波数4000cm ⁻¹ ~200cm ⁻¹)を用いる。気体はそれぞれ固有の赤外特性領域を持っている。検出されると、警報が鳴る。	検出性能が高い技術。さまざまな種類の検出器が利用可能(手持ち式または独立型の遠隔機器)。	比較的高価。

▲ 表6:リアルタイム監視に用いることができるHNS検出器の長所と短所。

ることがある。対応段階にある間、化学物質の監視は、大気拡散監視と水中（水面、水中または海底）拡散監視の二つが行われることになる。監視は次のようにいくつかの目的のために行われる。

- 流出した化学物質を個別に特定するため。
- 化学物質の有無を検出するため。
- 化学物質の濃度を測るため。
- 安全境界を定めるため。
- 数理モデルを検証するため。

大気監視

リアルタイム監視は、毒物や火災、爆発の危険有害性の評価に用いることができ、安全な作業区域や避難想定区域の確定及び適切なレベルの個人用保護具（PPE）の選定に役立つ。例えば、化学電池式酸素濃度計を用い、環境中の酸欠の有無を確認するための監視を行うことができる。その結果、大気中の酸素濃度が19.5パーセントより低いことが分かった場合、自給式呼吸器（SCBA）を装着しなくてはならない。

HNSの監視には、さまざまなレベルの性能の資機材が使用可能である（表6）。資機材の選定で考慮すべき重要な要素の1つはどれだけ早く結果が得られるかという点である。結果を最大限に活かすには「リアルタイム」の情報が必要だからである。さらに重要な検討事項は、監視装置が自動であり、遠隔地に配置できるかどうかという点である。例えば、手持ち式の機器（図14）など人が介在しなければならない機材の場合は、操作者を適切なPPEでしっかりと保護する必要があることは明らかである。また、すべての資機材の使用には訓練が必要となること、測定器の設計によっては較正が必要になることを認識しておく必要もある。

水質監視

分析技術の中には水中のHNS濃度測定に役立つものがある。一部の有機物質は、携帯型ガスクロマトグラフィー（GC）やガスクロマトグラフィー質量分析法（携帯型GCMS）、滴定法、紫外線（UV）／赤外線（IR）分光法などを用いて監視することができる。生物学的酸素要求量（BOD）や濁度、伝導度、pH、アンモニ



▲ 図14:危険地域の外で行われている手持ち式リン化水素ガス監視装置の実演。

ウムイオン、臭化物、塩素、銅などの無機成分の測定にはセンサープローブが利用できる。その一方で、pH試験紙などの簡単な方法を用い、酸性やアルカリ性を測定することができる。他の事例では、海洋生物の白化または死亡などの生物学的影響によって汚染物質の分散をたどることが可能になる。沈下している化学物質を監視することはより難しいが、ソナー、遠隔操作探査機（ROV）に取り付けた水中ビデオカメラ、格子状に配置した錘付きの吸着材などを用いれば、海底に拡散した汚染物質の地図を作ることができるかもしれない。

個人用保護具（PPE）

初期リスク評価が行われた後は、評価チームが通常事故現場の近くに動員され、状況を判断するとともに、船上で被害軽減措置を行うことが可能かどうかを見極める。そのため、評価チームと対応要員がその場に合った正しいPPEを身に付けることは必須である。

PPEとは、化学物質の危険有害性から人を守るために必要な衣服及び呼吸装置をいう。PPEは、流出した化学物質に関連する特定の危険有害性に適したものを選ばなくてはならない。バリアとして機能する素材の性能は化学物質にさらされる時間や化学物質の濃度、外気温によって異なるため、残念ながら一つの素材だけですべての化学物質から人を保護できるという訳ではない。流出した化学物質が特定されていない場合は、対応要員は最悪のシナリオを想定し、最高レベルの保護具を装着すべきである。新たな情報が入るにつれ、PPEのレベルを下げるのが適切かどうか十分な情報を得た上で決定できるようになる。適切なPPEを選択するには、流出したPPEの素材の化学物質に対する耐性だけでなく、その他にも考慮すべき要素として、必要な呼吸保護レベルやPPE素材の耐久性、PPEが熱応力に与え得る影響、特定の作業任務を引き受ける対応要員の能力などがある。

米国の労働安全衛生庁（OSHA）¹⁴を含む多くの政府機関は、提供する保護レベルに基づきPPEを4つの区分（レベルA、B、C、D）に分類している。4つのレベルはほとんどの対応組織から認められている。レベルAは最高レベルの保護を提供する（図15）のに対して、レベルDの保護は普通の作業服と見なされる程度のもので、人員が有害なレベルのHNSに暴露しないことが確実な時に限り着用してよいものである。表7ではレベルA～Dの各保護レベルを達成するために必要なPPEの品目を記載しているが、各レベルにはヘルメットや保護眼鏡などの追加品目が含まれることもある。PPEそれ自体の使用またはそれらを不適切な状況下で使用することによって生じる危害のリスクを最小限にするためには、PPEの使い方について対応要員を十分に訓練することが重要である。

HNS流出に対する対応の選択

流出への対応は、海に流出した特定の化学物質の量及び危険有害性による脅威に応じて行わなくてはならない。製品の量及び格納方法は対応に影響を与える。例えば、ケミカルタン

¹⁴ www.osha.gov参照。

個人用保護具 (PPE)	レベルA	レベルB	レベルC	レベルD
自給式呼吸器 (SCBA)	X	X		
全面型または半面型防護マスク			X	
全身密閉化学防護服 (TECPS)	X			
耐薬品性フード付き衣服		X	X	
耐薬品性外装手袋	X	X	X	
耐薬品性内装手袋	X	X	X	
耐薬品性長靴	X	X		
使い捨て防護服	X			
つなぎの作業服				X

▲ 表7: 米国OSHAによる各保護レベルで必要となる資機材。

カーのタンクから積み荷の酸全部が流出した場合は、1つのコンテナが損傷し酸の入った瓶が少数破裂した場合よりも、はるかに短時間で大きなダメージが生じる可能性がある。また、アルミニウムやシアン化物のような化学物質の中には、酸性条件 (低pH) 下で毒性がさらに増すものがあるので、想定される他の物質との接触による二次反応とその結果生じる危険有害性に考慮する必要がある。いかなる場合も対応要員は適切なPPEを着用・装着しなくてはならず、対応・監視を行う資機材は、適切な空気ろ過装置や防爆仕様のエンジンなどを搭載した、有害環境の立ち入りに適した設計でなくてはならない。

以下は、それぞれの化学物質群で想定される対応技術の概要である。

気体及び揮発性の化学物質

気体または揮発性液体のHNSが放出されると、毒性の蒸気雲が発生したり、空気と混ざり爆発性混合気体が生成したりする可能性がある。結果として、海難に遭った乗組員や対応要員、近くの人口集中地域の住民の健康と安全に影響を及ぼす危険が生じる。このような事故が人口集中地域の近くで起きると、多くの場合、地元の消防隊が対応の指揮をとることになる。

対応を計画するには、気体または蒸気の動き方、そして有害

で危険な雲 (揮発性物質の濃厚な層) の想定される漂流軌道を知ることが重要である。空中に浮遊する汚染物質のコンピュータによる漂流予測は、プルームが消散していく時の動きや拡散、動態を予測するのに役立つ可能性が高い。それを行えば、必要に応じ安全地帯を設定し、適宜一般の人々に知らせることができる。

毒性、腐食性または可燃性の蒸気を人口集中地域から遠ざけるために、海難に遭った船を移動させることも対応の選択肢の1つになることがある。それが無理な場合、関係当局は一般の人々に対しドアや窓を閉めて屋内にとどまるよう勧告する必要がある。深刻な状況の場合は、危険のせまった地域から避難するよう命令したりする可能性がある。特に人口の多い地域では、避難にはパニックなどのリスクを伴うため、避難に伴うリスクと人々がその地域にとどまった場合に想定される結果とのバランスをとることが必要になる。

蒸気雲 (可燃物) に対しては、「ノッキングダウン」、つまり噴霧放水により可燃物の溶解、冷却、空気の遮断を行い、沈降させる対応技術がある。また、圧搾空気を用いて微細な泡を発生させ、可燃物を絡め取る方法もある。しかし、対応要員がこうした対応技術を使用する場合は、蒸気雲が水と反応する可能性があることに注意し、そのリスクとあらゆる結果とのバランスをとら



▲ 図15: レベルAの個人用保護具を身に着けている対応要員。



▲ 図16: HNS流出への対応を想定した消防船による訓練 (写真ソース不明)。



▲ 図17:事故現場から漏れ出たリン鉱石のブルーム。

なくてはならない。同時に、そうした対応技術を用いると、結果として大量の汚染水が生成されること、そして事故を起こした船舶が汚染水に冠水した場合の船体の安定性も考慮すべきである。こうした方法はアンモニアや二酸化硫黄などのあらゆる水溶性の気体を用いることができる。非水溶性の気体による火災や爆発の危険性は、水噴霧や泡を用いて高温面を冷やし、火花や炎を抑制すること(図16)によって減らすことができる。

開放環境では有害蒸気は通常自然な空気の動きと乱流によって消散する。多くの場合、そのような状況で唯一実行可能な対応策は雲とその消散を監視することである。

可溶性物質

海上輸送される化学物質のうち、かなりの割合は可溶性物質である。海に流出した溶解性の化学物質は、流出源から遠ざかるにつれて濃度が低下しつつ、「ブルーム」が形成され、その容積が増加する(図17)。多くの溶解性物質は見えない上に急速に広がるため、水中の濃度を監視することは容易ではないかもしれない。しかし、コンピュータ漂流予測モデルを用いることにより、物質の分散と動態を示唆する有益な情報を入手し、海洋環境やその他の資源(漁場や取水利用、レクリエーション地域など)に対する潜在的危険有害性を予測することができる。高濃度の汚染が予測される場所では、コンピュータ予測を検証するために監視が不可欠である。

溶解した化学物質を包囲し回収する方法は非常に限られる。拡散及び希釈といった自然のプロセスを加速する方法を提供することが、そのような化学物質に対する唯一の対応方法かもしれない。溶解した化学物質のブルームの中には、理論上、その他の化学物質を加えることによって中和、凝集、酸化または減少するものがある。陸上や閉鎖性水域では、関係機関の許可を得た上で中和剤を正しく用いれば効果があるかもしれない。水中の化学物質の処理に使用できる製品(凝集剤、ゲル化剤、活性炭、錯化剤(分子構造の中に汚染物質を閉じ込める化学物質)、イオン交換体など)は次のような特徴を持っていない。

- それ自体に毒性がない。

- 中和過程及び副生成物が無毒である。
- 生物学的酸素要求量(BOD)が低い。
- 訓練された人であれば安全に使用できる。
- 取り扱いやすく貯蔵しやすい。
- 妥当な価格で一般に入手可能である。

しかしながら、外海では大量の水の存在とあわせ流出から対応開始まで時間の遅延があるため、化学的処理は実用的でも有益でもないことが常であり、通常は推奨されない。

浮遊性の化学物質

浮遊する化学物質は低粘性もしくは高粘性の液体の場合もあるし、固体の場合もある。流出した化学物質の蒸気圧が高いと、すぐに蒸発し、化学物質の膜の上に蒸気雲を生成する可能性がある。多くの浮遊性物質は油と同じように水面に広がり膜を形成する。しかし、油の場合と違い、海上の化学物質は目に見えない。比較的難分解の浮遊性化学物質を含む流出に関しては、空中監視(SLARやIR、UVなど)あるいは衛星画像などの技術を利用すれば、浮遊物質を検出・監視することが場合によっては可能となる。しかし、こうした技術をHNSの流出対応で実際に使用した経験はわずかしかない。

水面上の物質を包囲し動きを制御するため、安全であれば、オイルフェンスの展張を検討することができるかもしれない。水面から物質を回収するために、油回収機やその他の油流出対応資機材を用いてもよい。しかし、それらを使用する前に、流出した化学物質が資機材に対して害を与えないよう、そして火花が生じた場合に爆発しないことを確認することが重要である。毒性の強いHNS、あるいは可燃性のHNSに対処する時は、包囲と回収が適しているとは言えない。包囲することによって物質の濃度が高まる可能性があり、対応要員や地元住民にとって非常に危険な環境を生むことになるからである。そのような事例では、多くの場合、濃度が有害レベルよりも低くなるまで自然に消散させることが望ましい。火災や爆発の危険性があり、法律が認めるならば、緊急時対応要員が消火剤または抑制剤の泡を使うこともできる。

ある特定の状況では、流出したHNSを回収し濃縮させるために吸着材を使用する場合がある。流出した化学物質を材料となる物質の構造内に取り入れる吸収剤と化学物質に材料の表面をコーティングさせる吸着剤を区別することが重要である。吸収剤は流出した化学物質を覆うことによって放出を防ぎ、揮発性を下げる。反対に、吸着剤は流出した化学物質の表面積を増やし、それに伴い蒸気の放出率が増加する。さらに、吸着剤は水中から引き揚げられるに従い、回収した化学物質を保持する力が低下する可能性がある。吸着剤は陸上での化学物質の流出には広く用いられるが、海洋環境での配備及び回収にはあまり有効ではない。粉末剤や繊維類の回収はほとんどの場合不可能なため、それよりも吸着型オイルフェンスやマットを使用する方が望ましい。吸着材製品の主な短所は、費用がかかることと、輸送するにはかさばる上に現地の規制に従い廃棄しなくてはならない大量の汚染物を生み出すことである。

場合によっては、浮遊している化学物質を燃焼して除去することも可能ではあるが、対応要員の健康や安全を脅かす有毒ガスの生成及び制御できない火や煙の拡大の可能性を考慮しなくてはならない。

沈殿性の化学物質

沈殿する化学物質は海底を汚染する可能性があり、堆積物中にとどまり続ける場合がある。そのため、沈殿した化学物質への対応では、化学物質だけでなく激しく汚染された堆積物の回収も検討しなくてはならない。浅瀬では、沈殿した化学物質を回収するために浚渫機やポンプ／バキューム装置などを使用する場合がある。回収された化学物質及び汚染された堆積物の処理・廃棄にも細心の注意を払わなくてはならない。

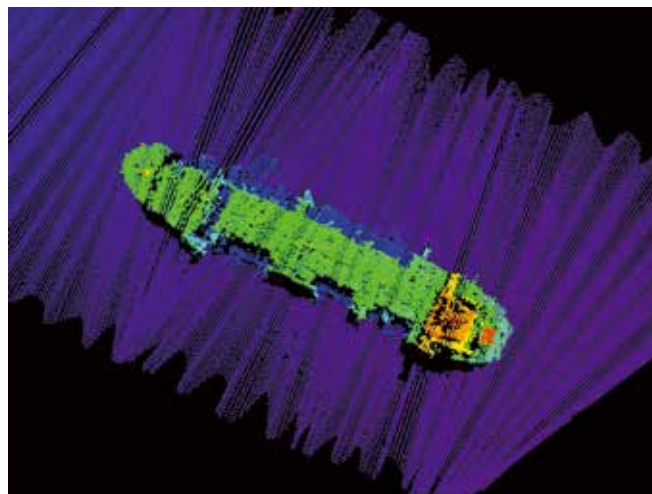
沈没船

沈没船(図18)の中にHNS貨物が残っている場合、将来、突然かつ大がかりな流出もしくは長期にわたる継続的な流出が発生する潜在的リスクがあり、不安が広がる可能性が高い。そのような場合、対応要員が通常検討する次の3つの主要なアプローチのいずれに進むべきかを決めるために、リスク評価を実施すべきである。

- 事故後の自然な漏洩は、船舶の通気口から放出されるか、長期にわたる船体の腐食によって生じるかのどちらかもしくは両方である。このアプローチは、流出によって環境に大きな被害が及ぶ可能性が低いことをリスク評価が示してい

る場合、もしくは他に実行可能な選択肢がない場合に適用される。

- 貨物の徐放性の漏洩は、通常溶解性の化学物質などの場合に検討される。これらの物質は局所的な影響を及ぼす可能性はいくらかあるが、比較的ゆっくり水中に放出されれば、広範囲に及ぶ被害をもたらす可能性は低い。しかし、突発的な放出は不安を生む場合がある。
- 貨物の撤去は、近隣の人々の健康や環境、経済活動の観点から最高レベルの不安が広がる化学物質の場合に検討される。



▲ 図18: 沈没したケミカルタンカーのソナー画像(写真提供:NOAA)。

重要なポイント

- 化学物質が可燃性、爆発性、酸化剤、腐食性の物質であったり、刺激物または環境有害性のものであったりした場合、「危険物質及び有害物質」(HNS)と見なされる可能性が高い。
- HNSはその物理的特性によって海に流出した時の挙動が決まり、物質が気体としてふるまうか、蒸発、溶解または沈殿するかが決まる。
- 海洋環境に対するHNSの影響は、当該化学物質の毒性、同物質に対する暴露量及び海洋生物の脆弱性によって異なる。
- 特定のHNSが水や空気と反応することによって、あるいは複数の化学物質が流出した場合は流出した物質同士が反応することによって、熱が発生したり、毒物が生成されたりする可能性を予測しておくことが重要である。
- GESAMPは、人の健康や海洋環境に対するHNSの危険有害性を評価する一方、HNSの事故対応を安全なものにするため、人体の暴露限度をIDLH、ERPG、AEGL及びTEELとして表している。HNSの関連データは安全データシートで提供される。
- HNSの事故対応を始める前に、HNSの汚染濃度の監視や漂流予測モデルに基づきリスク評価を行うことが不可欠である。
- どの対応選択を行うかは、化学物質が気体か、それとも蒸発性、溶解性、または沈殿性の物質かによって大きく異なる。気体並びにすぐに蒸発もしくは溶解する物質の場合、監視が唯一の対応方法になるかもしれないが、浮遊性や沈殿性の物質の場合は、回収できる可能性がある。
- PPEにはA・B・C・Dの4つのレベルがあること、そのうちレベルAが最も高い保護レベルを提示していることは広く認識されている。危険有害性に適したPPEを選ばなくてはならないが、高い保護レベルが要求される場合は、作業期間の長さを決める際に環境条件を考慮することが不可欠となる。

ITOPF技術資料

- 1 海上流出油の空中監視
- 2 海上流出油の結末
- 3 油汚染対応におけるオイルフェンスの使用
- 4 流出油処理における油処理剤の使用
- 5 油汚染対応における油回収機の使用
- 6 海岸線における油の確認
- 7 海岸線における油の清掃
- 8 油流出対応における油吸着材の使用
- 9 油とゴミの処分
- 10 油流出対応における統率、指揮、管理
- 11 漁業及び養殖業に対する油汚染の影響
- 12 社会・経済活動に対する油汚染の影響
- 13 環境に対する油汚染の影響
- 14 海上流出油のサンプリングと監視
- 15 油汚染に関する求償の準備と請求
- 16 海上油流出に対する緊急時対応計画の策定
- 17 海上の化学物質事故への対応

ITOPFは、油や化学物質、その他危険物質の海洋流出に対する効果的な対応の推進を目的として、世界中の船主や保険業者のために設立された非営利団体です。技術サービスには、緊急時対応、清掃技術におけるアドバイス、公害損害評価、流出油対応計画に対するサポートならびにトレーニングの項目が含まれます。ITOPFは海洋油汚染における総合的な情報ソースで、本資料はITOPFの技術スタッフの経験に基づく文書シリーズの一部です。本資料内の情報はITOPFから事前に許可を受けた場合にのみ複製可能です。詳細は下記までご連絡ください。



ITOPF Ltd

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

Tel: +44 (0)20 7566 6999
Fax: +44 (0)20 7566 6950
24時間受付: +44 (0)20 7566 6998

Eメール: central@itopf.org
Web: www.itopf.org



石油連盟

<http://www.paj.gr.jp/>

〒100-0004東京都千代田区大手町1-3-2 (経団連会館)
Tel: 03-5218-2306 (油濁対策室) Fax: 03-5218-2320
Eメール: pajosr@sekiren.gr.jp