



METHANOL INSTITUTE

メタノールの安全な取り扱いの手引き

2013 年 1 月

www.methanol.org

SINGAPORE	10 Anson Road #32-10 International Plaza, Singapore 079903	+65.6325.6300
WASHINGTON DC	124 South West Street, Suite 203, Alexandria, VA 22314	+01.703.248.3636
BRUSSELS	Avenue Jules Bordet, 142, 1140 Brussels, Belgium	+32.276.116.59

目次

1	本手引きの内容	1
1.1	本手引きの目的	1
1.2	メタノールの価値連鎖.....	1
1.3	Methanol Institute の製品の受託責任に関する方針	2
1.4	Methanol Institute 連絡先	3
1.5	作成者について	3
1.6	免責事項	3
2	メタノールに関する一般的な情報.....	5
2.1	メタノールとは何か	5
2.2	メタノールのライフサイクル（価値連鎖）	7
2.2.1	メタノールの製造	8
2.2.2	持続可能な生産	10
2.2.2.1	再生.....	11
2.2.2.2	再使用	11
2.2.2.3	廃棄物管理.....	11
2.3	メタノールの用途.....	11
2.3.1	中間体.....	12
2.3.2	燃料用途	12
2.3.3	バイオディーゼル燃料の生産	14
2.4	メタノールの新しい用途.....	16
2.4.1	廃水の脱窒	16
2.4.2	直接メタノール型燃料電池	17
2.4.3	タービンエンジン	19
2.4.4	海洋プラットフォーム	20
2.4.5	メタノールの仕様	21

3	メタノールの輸送と貯蔵.....	23
3.1	メタノールの輸送.....	23
3.1.1	海上輸送.....	23
3.1.2	鉄道輸送.....	24
3.1.3	タンクローリー輸送.....	24
3.2	メタノールの貯蔵.....	24
3.2.1	港湾および海上ターミナル.....	25
3.2.2	貯蔵施設.....	25
3.2.3	搬送容器（トートおよびドラム）.....	25
3.2.4	電気分類.....	27
3.2.5	接地およびボンディング.....	27
4	保健と安全.....	31
4.1	メタノール暴露.....	31
4.1.1	日常的な暴露源.....	31
4.1.2	事故暴露源.....	32
4.1.3	暴露経路.....	33
4.1.4	メタノールの代謝.....	33
4.1.5	被曝の影響.....	34
4.1.5.1	一般的な症状.....	34
4.1.5.2	急性の影響.....	34
4.1.5.3	慢性の影響.....	34
4.2	暴露の制御.....	35
4.2.1	工学的制御.....	35
4.2.1.1	換気.....	35
4.2.2	暴露管理.....	36
4.2.3	人身保護装具.....	37
4.2.4	呼吸器官の保護.....	37
4.2.5	耐薬品性の衣類／素材.....	37
4.3	安全のための注意事項.....	38
4.3.1	日常的な作業.....	38
4.3.2	特別な作業または危険度の高い作業.....	39
4.3.2.1	閉所に入る場合.....	39
4.3.2.2	ホットワーク.....	39
4.4	応急措置.....	40
4.4.1	吸入.....	40

4.4.2	皮膚との接触.....	40
4.4.3	目との接触	40
4.4.4	誤飲または誤食	40
5	メタノールの安全管理：プロセスの安全.....	43
5.1	社員の参加.....	44
5.2	プロセス安全情報.....	45
5.3	プロセス危険分析.....	45
5.4	操作手順	46
5.5	訓練.....	46
5.6	委託業者	46
5.7	始動前の安全評価.....	47
5.8	機械的完全性	47
5.9	危険性を伴う作業の許可	48
5.10	変更管理	48
5.11	緊急時の計画および対応	49
5.12	事故調査	49
5.13	プロセス安全査定.....	50
5.14	企業秘密	50
5.15	プロセス安全管理の実施.....	51
5.15.1	「危険」とは何か？	51
5.15.2	「リスク」とは何か？	52
5.15.3	危険の特定およびリスク評価の方法	52
5.15.4	プロセス危険評価の文書化	52
6	火災での安全.....	53
6.1	火災検知および火災からの保護	53
6.1.1	蒸気の制御	55
6.1.1.1	貯蔵タンクの安全機能.....	55
6.1.1.2	圧力除去システム	56
6.1.2	熱の感知	56
6.1.3	喫煙、車両の進入、その他の発火源.....	56
6.2	火災の制御.....	57
6.2.1	火災と爆発	57
6.2.2	消火に用いる物質	57
6.3	火災現場の安全	58
6.3.1	閉所の火災	58

6.3.2	消防隊.....	58
6.3.2.1	外部緊急応答機関.....	58
6.3.2.2	人身保護装具.....	58
6.3.2.3	火災応答者の訓練.....	58
6.4	メタノール-ガソリン混合燃料の火災での安全.....	59
6.4.1	メタノール-ガソリン混合燃料の性質.....	59
6.4.2	メタノール-ガソリン混合燃料による火災.....	60
6.4.3	メタノールとガソリンの混合燃料による火災への対応.....	60
7	緊急応答.....	63
7.1	漏出の防止.....	63
7.2	漏出の対処.....	64
7.3	放出物の格納.....	65
7.3.1	現場制御ゾーン.....	66
7.4	漏出の洗浄および事後復旧.....	66
7.5	漏出の通知および報告.....	67
7.6	事故調査および記録.....	67
7.7	事故指令の構造.....	67
7.7.1	コミュニケーション.....	68
8	メタノール事故およびその予防.....	69
8.1	メタノール事故の概要.....	69
8.1.1	事故の一般的な原因.....	71
8.1.2	日常的作業および定期的メンテナンス.....	71
8.1.3	輸送活動.....	71
8.1.4	パイプライン事故.....	71
8.2	主な調査結果.....	72
8.3	結論.....	72
8.4	安全策.....	73
8.4.1	プロセス安全管理.....	74
8.4.2	腐食防止.....	74
8.4.3	ホットワーク許可プログラム.....	74
8.4.4	火災の防止および対応.....	74
8.4.5	社員の訓練.....	74

9	環境保護.....	77
9.1	環境動態と移動	77
9.2	空気中への排出	78
9.3	地下水への影響	78
9.4	飲料水への影響	79
9.5	生物学的影響.....	79
9.6	気候への影響.....	80
9.7	廃棄物の処理および廃棄.....	80
10	製品の受託責任および持続可能性.....	81
10.1	製品の受託責任およびレスポンシブル・ケア	81
10.2	製品の受託責任管理システム.....	82
10.3	製品の受託責任の実務.....	82
10.3.1	PSP1：リーダーシップと説明責任.....	83
10.3.2	PSP 2：環境・保健・安全に関する情報.....	83
10.3.3	PSP 3：原料の選択および調達	84
10.3.4	PSP 4：製品リスク評価	84
10.3.5	PSP 5：製品の保安	84
10.3.6	PSP 6：リスク管理	84
10.3.7	PSP 7：社員の訓練および教育	84
10.3.8	PSP 8：販売業者・顧客への売り込み	84
10.3.9	PSP 9：公衆の懸念と問題	85
10.3.10	PSP 10：実績の指標	85
10.4	レスポンシブル・ディストリビューション	85
10.5	持続可能性.....	86
10.5.1	持続可能性の手引き	86
10.5.2	代替エネルギー	87

11	リスク伝達	88
11.1	リスク伝達とは？	88
11.2	リスク伝達はなぜ重要か？	89
11.3	リスク伝達の基本	89
11.4	複雑／技術的／科学的な情報の伝達	90
11.5	一般大衆がリスクをどう受け取るかを理解する	91
11.6	信用と信頼性を築く	91
11.7	メッセージを伝達する機会を探す	92
12	用語集	93
12.1	用語・略語・頭字語	93
13	参考文献	111
13.1	文献一覧	111
A	プロセスの安全情報	117
A.1	プロセスの技術	117
A.2	設備	118
B	メタノール／メチルアルコールの性質	119
B.1	物理的性質	119
B.1.1	固体	119
B.1.2	液体	119
B.1.3	蒸気	121
B.2	化学的性質	121
B.2.1	反応性	121
B.2.2	分解	122
B.2.3	非相溶性	122
B.3	金属、合金、ガスケット、プラスチックに対する腐食性	122
B.4	構造および性質	125
B.5	燃焼性および発火性	125
B.5.1	消火媒体	126

B.6	熱力学の性質	126
C	メタノールの規制・保健・安全情報	127
C.1	米国規制および規定（コード）	127
C.2	国際規制・基準・ガイドライン	129
C.3	有害物質および保健・安全情報	132
D	メタノール関連事故のデータベース (1998～2011) Error! Bookmark not defined.	
D.1	メタノール事故のセクター、場所、原因別分類	134
D.2	事故概要および参考文献または情報源	140

商標および所有権

Responsible Care[®] は、アメリカ合衆国の American Chemistry Council（米国化学工業協会）および他の国々の様々な事業体の登録サービスマークです。

Responsible Care[®] は、Canadian Chemical Producers' Association（カナダ化学工業協会）の登録商標です。

Responsible Distribution[®] は、Canadian Association of Chemical Distributors（カナダ化学品流通業者協会）の登録商標です。

1 本手引きの内容

本章では、この手引きの目的およびメタノールの価値連鎖について説明します。また、Methanol Institute の製品の受託責任に関する方針と連絡先も含めました。

1.1 本手引きの目的

Methanol Institute は、メタノールの流通・販売業者および使用者を対象としたガイダンスを提供する目的で本手引きを作成しました。本手引きの目的は、メタノールの安全な取り扱いを奨励することにより、貴社や貴社社員の皆様の健康を守り、職場、環境、地域社会が健全なものとなるように保護することです。

本書の対象として、例えば、インドの廃水処理工場やカナダのバイオディーゼル工場のマネージャ、メキシコのホルムアルデヒド工場の保健・安全コーディネータ、アルジェリアの化学品流通販売業者の倉庫に勤めるタンクローリー運転手、ニュージーランドの燃料電池開発研究エンジニア、東シベリアの不凍液生産工場の監督、中国の出荷ターミナル・マネージャなど、実に様々な方々を想定しています。世界のメタノール・サプライチェーンを構成する業者は、事実上世界中のすべての国に存在し、実に多様な言語を母国語としています。

本手引きは、メタノールの安全な取り扱いの責任を担う方々のために、メタノールに関する主な情報源を提供する目的で作成されました。本書では、メタノールの性質、環境・保健・安全を脅かす危険要因、安全な取り扱い手順、緊急応答、製品・流通の受託責任、リスク伝達方法について説明します。

本手引きの章の構成と内容は、実用的な情報を簡単に引き出すことができるように組み立てられています。重要な事実および実用的な参考資料は、文中でハイライトされています。追加の技術データ（メタノールの化学的性質、物理的性質、熱学的性質など）は付録に含めました。また、参考文献として科学技術情報の出典を一覧しましたので、詳細な調査を行う際にご活用ください。

さらに、科学用語および一般的な略語を収録した用語集を含めましたので、規制関連用語や技術用語を調べる際にお役立てください。

本手引きのほかに、燃料としてのメタノールの使用、緊急応答、製品の受託責任、健康に与える影響など、メタノールの安全な取り扱いに関連する様々なトピックの概況報告もご利用いただけます。

1.2 メタノールの価値連鎖

メタノールは、燃料、燃料添加剤、化学品原料、溶媒、冷媒、および様々な消費材の成分または中間体として有用な特徴を数多く備えている製品です。同時に、メタノールは、適正に

取り扱わないと人や環境に有害となり得る高い毒性、可燃性、そして反応性を示す有害化学物質でもあります。

メタノールの天然の発生源としては、火山ガス、植物、微生物、昆虫が挙げられ、様々な無機および有機物質を用いて製造することも可能です。ほとんどのメタノールは、炭化水素供給原料が豊富な地域（ペルシャ湾、カリブ海、南米、アフリカ、ロシアなど）にある大規模な総合化学品製造工場から生産されます。中国では、ほとんどのメタノールが石炭から生産されます。メタノールは世界中いたるところで使われていますが、西欧、北米、アジア（日本、中国、台湾、韓国）などの先進工業国で最も多く消費されています。2010年の世界全体のメタノール消費量は推定 45,198,000 トンでした。

主要な製造拠点から主要なユーザまでの距離が地理的に離れているため、世界のメタノール年間生産量の 80%が、船舶で大陸間輸送されています。メタノールは海上ターミナルに受領・貯蔵され、そこからトラック、鉄道、はしけで化学品生産施設および大量販売業者に出荷され、そこで貯蔵設備に保管されるか、より小型の容器に移送されます。メタノール流通網の最終段階ではタンクローリーおよびトレーラーを使い、メタノールの価値連鎖に含まれる様々なエンドユーザにメタノールが配達されます。比較的近年に開発されたメタノールの工業用途は、廃水処理工場での脱窒剤およびバイオディーゼル工場での試薬・溶媒としての用途です。また、自動車や消費者向け電子製品に使われる燃料電池など、技術革新とともにメタノールの新しい用途が出現しています。

メタノールは、蒸留し不純物を除去して得た再生材料を再びプロセスに戻すことによって容易に再利用できます。メタノール廃棄物は熱量が高いため、熱分解プロセスによってエネルギーを回収し、熱を生成して他の反応に利用することができます。

1.3 Methanol Institute の製品の受託責任に関する方針

メタノール産業の国際貿易協会である Methanol Institute にとり、製品の受託責任は非常に重要です。

Methanol Institute の製品の受託責任委員会は、製品リスクの評価、サプライチェーン全体に潜むリスクの特定、適正なメタノールの取り扱いの教育・訓練を通して、メタノールに関わる保健と安全のためのイニシアティブを取る責任を持っています。製品の受託責任を目的として同委員会およびそのメンバーが作成したツールや資料は、世界のメタノール産業にとって有益です。同委員会は他の委員会との密接な調整を通し、Methanol Institute のイニシアティブを最大限に支援していきます。

1.4 Methanol Institute 連絡先

Methanol Institute の本社はシンガポールにあり、米国の支社は首都ワシントン DC 近郊にあります。Methanol Institute およびその活動についての詳細は以下にお問合せください。

Mr. Gregory Dolan
Executive Director Americas/Europe
Methanol Institute
4100 North Fairfax Drive, Suite 740
Arlington, VA 22203 USA
電話 : +1 (703) 248-3636
E メール : gdolan@methanol.org
URL : www.methanol.org

1.5 作成者について

Methanol Institute の製品の受託責任委員会は、カリフォルニア州サンディエゴに本社を置く環境・保健・安全サービス業者であり、本手引き初版の作成者である Alliance Consulting International に本手引き第2版の作成を依頼しました。このプロジェクトチームは、環境スペシャリスト、エディタ、プロジェクトマネージャの Enrique Medina, MS, CIH およびプロセス・エンジニアリングと信頼性のスペシャリストの Robert R. Roberts, MS, MBA から構成されます。Alliance Consulting International に関する詳細は以下にお問合せください。

Mr. Enrique Medina, MS, CIH
President
Alliance Consulting International
3361 28th Street
San Diego, CA 92104 USA
電話 : +1 (619) 297-1469
ファクス : +1 (619) 297-1023
E メール : emedina@pulse-point.com
URL : www.pulse-point.com

1.6 免責事項

Methanol Institute は、メタノール製品の受託責任という責務の一環としてこの手引きを作成しました。私どもの目的は、世界中のメタノール流通・販売チェーン全体で安全かつ環境上健全な方法でメタノールが取り扱われるよう、人々の認識を高めることです。本手引きに記載されている情報や手順、推奨事項、データはあくまで情報として提供されているものであり、本手引きは一般的ガイダンスを提供することを目的として作成されています。Methanol Institute および本書作成者は、本書に記載されている情報、手順、推奨事項、データの正確性と完全性に関して一切の責任を負わず、また、そのような情報、手順、推奨事項、データの使用に起因する一切の法的責任を負いません。メタノールのすべての使用者は、各自の独立した判断と裁量によってメタノールの安全な取り扱いと適切な情報伝達を確実に行う必要があります。それをを行うに際して、各使用者に固有の要因（経営・管理構造、製品群、場所、およびその他の要因）に最適な特定のシステムを構築する必要があります。Methanol Institute は、メタノールのような可燃性・有害性物質の取り扱いに適用される現地法規およびコードを調査することを皆様に奨励いたします。本手引きは、適用される法規の代用とすべきものではなく、また、使用者が連邦・州・現地の法律に完全に準拠する義務を変えるものでもありません。

2 メタノールに関する一般的な情報

本章は、化合物質としてのメタノールの特徴、メタノールのライフサイクルと価値連鎖、確立されたメタノールの用途および新しい用途の両方について説明します。

2.1 メタノールとは何か

メタノールは、吸湿性を持ち、水と完全に混和する、水よりも非常に軽い (比重 0.8) 無色のアルコールです。優れた溶媒ですが、非常に毒性が強く、極めて可燃性の高い物質です。炭素数が1つのこの単純なアルコールは、揮発性溶媒の軽質燃料です。

別名メチルアルコールまたは木精としても知られるメタノールは、標準の温度と圧力 (NTP: 72°F および 1 atm) において無色の有機液体です。この説明は正しい一方、これだけの知識ではメタノールの輸送、貯蔵、使用を安全に行うことはできません。

メタノールは、多様な用途がある非常に便利な物質です。メタノールを燃料として使用する場合もあれば、燃料添加剤として使用する場合もあります。さらには化学品原料、溶媒、冷媒あるいは不凍液の成分としても使用されます。メタノールの新用途には、直接メタノール型燃料電池技術用のプロトンソースおよび発電タービン用燃料としての使用が含まれます。

メタノールを取り扱う施設にとって最も懸念されるメタノール特有の危険要因は、その受領・貯蔵の方法、用途、使用場所、貯蔵量および使用量によって大きく異なります。少量のメタノールに伴う危険が管理できない場合の潜在的な影響は低い一方、大量のメタノールが管理できなると大惨事となる可能性があります。このマニュアルのセクション 2 では、少量および大量のメタノールを使う取り扱い業者、輸送業者、使用者を対象としたメタノールの概要を提供します。

メタノールの取り扱いに際して忘れてならない 5 つの最重要事項は以下の通りです。

1. メタノールは容易に発火、燃焼し、時には空気中で爆発する引火性液体である。
2. メタノール蒸気の分子量は空気の分子量よりわずかに大きい (密度が高い) (1 モル当たりメタノールは 32 g、空気は 28 g)。したがって、メタノールの放出または漏れの状況によっては、メタノール液体が溜まり、メタノール蒸気が地表付近に移動し、閉所の底部層に溜まる場合がある。ほぼ中性浮力にあるメタノール蒸気は、換気のよい場所からただちに散逸する。ただし、下水道や閉所などの換気のない場所からの消散は期待できない。メタノール蒸気が発火すると、発火源にフラッシュバックする可能性がある。
3. 特定の状況において、メタノール蒸気は発火し燃焼せずに爆発する。メタノールの容器は、内部が加熱されると沸騰液膨張蒸気爆発 (BLEVE) と呼ばれる現象を生ずる場合がある。

4. メタノールは毒物である。摂取すると少量(約 30～60 ml (1～2 オンス)) でも致死のおそれがあり、それ以下の量でも治癒が不可能な失明の原因となる。メタノール液を摂取してはならず、メタノール蒸気を吸い込んでではなく、メタノールの溜まりに踏みこんでではなく、メタノール蒸気またはメタノール液を皮膚に接触させてはならない。メタノールは皮膚やその他の組織から吸収され、血流に直接流入する。
5. メタノールは水と完全に混和し、水の濃度が非常に高い場合でも可燃性を保持する。水 75%、メタノール 25%の水溶液は可燃性液体と考えられる。このことは消防にとって重大な影響を持つ。¹メタノールは材料の選択や消火にも重要な意味を持つ化学溶媒である。

メタノール分子中の炭素数は 1 であり、したがって、通常の飽和炭化水素（すなわちメタン (CH_4)、エタン (C_2H_6)、プロパン(C_3H_8)）から誘導される最も単純なアルコールである。炭素を 2 つ持つエタンから誘導されるアルコールはエタノール、3 つ含むプロパンからのアルコールはプロパノール。アルコールの化学名は、そのアルコールの炭化水素基の名称に由来する。認可されている命名法では、末尾の「e」の代わりに「ol」が追加される。粗アルコールであるメタノール (CH_3OH)、エタノール ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)、プロパノール ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$) の物理的・化学的性質は類似しているが、毒性による危険は非常に異なる。アルコール分子中の炭素原子の数が増すにつれ、直鎖炭素の長さやアルコール分子の分子量は増加し、凝固点は低下し、沸点は上昇する。

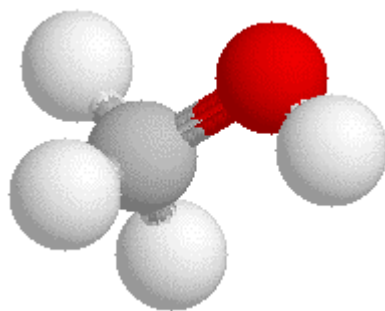


図1. メタノール(CH_3OH)

アルコールの構造は水に似ています。アルコール、中でも特にメタノールの一部の性質は水の性質に似ています。水とメタノールは、共に極性分子です。表 1 は、3 つの代表的なアルコールの構造式、体系的名称、一般名、および液体凝固点、沸点を示します。

¹ Methanol Institute の Safe Handling Technical Bulletin “Using Physical and Chemical Properties to Manage Flammable Liquid Hazards: 1A、1B、2、3 部” を参照してください。

表 1.3 種類の代表的なアルカン誘導型アルコール

分子構造式	体系的名称（化学名）	通称	液体凝固点	液体沸点
CH ₃ OH	メタノール	メチルアルコール、木精 ²	-144° F (-97° C)	149° F (65° C)
CH ₃ CH ₂ OH	エタノール	エチルアルコール、グレインアルコール ³	-175° F (-115° C)	172.4° F (78° C)
(CH ₃) ₂ CHOH	2-プロパノール (イソプロパノール)	イソプロピルアルコール	-194.8° F (-126° C)	206.6° F (97° C)

取り扱い方法を誤ると、メタノールは生命の安全を脅かします。メタノールは、可燃性、毒性を有し、アルカリ金属および強酸との反応性があり、水と完全に混和する物質です。これらの性質から、以下に詳細に説明するような特定の対策による取り扱いと保管が要求されます。

2.2 メタノールのライフサイクル（価値連鎖）

メタノールの生産量、貯蔵量、出荷量は膨大です。世界経済の低迷によって、需要と供給はほぼ一定の水準にとどまりましたが、多くの大規模プラントが建築され、2009 年後半にはオンラインでの取引が開始し、2010 年度の第 1 四半期には天然ガスから生産されたメタノールが 400 万トン追加されています。

表 2. 2010 年度の推定世界メタノール年間追加生産量(トン単位)（中国を除く）

地域	輸入	追加 生産量	総量	生産量	輸出
カリブ海	0	0	8,153	7,541	7012
中東/ペルシャ湾 (ブルネイ=0.9; エジプト=1.3; オマーン=1.0)	1	3.2	8,063.2	7,759.2	5,931.2
南米 (チリおよびアルゼンチン; ベネズエラ=0.9)	0	0.9	4,281	3,567	3,332
アフリカ	0	0	1,758	1,475	1,447

² 1926 年以前、メタノールは「木精」と呼ばれていた。当時メタノールは木を乾留して生産されていた。

³ エタノールはグレインアルコールとも呼ばれ、穀物の発酵により生産される。通常、エタノールとともに少量のメタノールも生成される。メタノールは毒性が強く、エタノールを摂取する前に分離する必要がある。

地域	輸入	追加 生産量	総量	生産量	輸出
ニュージーランド	1	0	530	404	267
北米（米国およびカナダ）	7,112	0	1,715	1,606	514
西欧	8,062	0	3,310	3,176	3,119
アジア（日本、中国、台湾、韓国）	5,427	0	9,931	7,623	206

2.2.1 メタノールの製造

通常、メタノールの生産業者は豊富な天然ガスが産出される地域や、大量の石炭が産出される地域、そして比較的低コストで大量の天然ガスを輸送できる工業国に所在します。新たな試すい探鉱や、以前は価値を認められなかった低価格ガス田の開発を可能にするハイドロフラク技術によって、天然ガスの供給量が増えています。この新たなガス田や油田が従来のものに追加される状況によって、利用可能な天然ガスの量が劇的に増え、その結果アジアと中東に GTL(gas to liquid)処理プラントが建設されました。アラブ首長国連邦の液体製品は、石油から作られるジェット燃料の代替として使用される高グレードのケロシンです。

メタノールを天然ガスから生産するコストと、石炭などの別の資源から生産するコストとの比較から、市場で別の傾向が生まれました。メタノールは石炭から生産するよりもガスから生産する方が安価なので、高額な石炭からのメタノール製造業者は低価格の輸入メタノール(サウジアラビア、ニュージーランド、マレーシア、インドネシア)を利用するために、特に中国での生産を削減しています。

表 2 に示すように、多くの地域で輸出が輸入を上回っており、生産高が生産能力を下回っています。北米は、最近の景気悪化の前に生産量の約 33% を輸出していました。2006 年の消費量は約 800 万トンを超えていましたが、2010 年までには著しく減少しました。西欧は生産量のほとんどを輸出しており、消費量は約 500 万トンでしたが、それも減少しました。西欧と北米の消費量の減少は、新しい自動車の製造と生産の鈍化に起因します。カリブ海地域、ペルシャ湾地域、南米、アフリカは純輸出地域であり、大半はカリブ海およびペルシャ湾地域から出荷されます。2007 年に中国は平均年間需要が約 1000 万トンに達し、世界最大のメタノール産出国および消費国となりました。これは、世界の需要と供給の転換期を示すものと考えられます。これはまた、メタノールの価格が原油価格に非常に近くなっていることも示しています。メタノールの価格は、1 トン当たり \$310 で、石油に換算して 1 バレルあたり \$80 の原油価格にほぼ匹敵します。

表 3: MMSA 世界におけるメタノールの需要と供給の比較、2005-2010E

www.methanolmsa.com

	2005	2006	2007	2008	2009	2010E	AAGR 05-10E
メタノールの供給							
最大処理量	43,349	46,061	52,089	59,117	65,475	73,104	11.0
調整量	--	--	--	--	--	(1,250)	
総量	43,349	46,061	52,089	59,117	65,475	71,854	10.6
巨視的運用率	82.5%	78.7%	74.9%	68.1%	64.3%	62.9%	
生産量	35,773	36,267	39,034	40,276	42,106	45,198	4.8
輸入量	18,943	19,387	19,279	20,231	22,503	22,331	3.3
総供給量	54,716	55,654	58,313	60,507	64,609	67,528	
メタノールの需要							
ホルムアルデヒド	13,714	14,481	15,086	15,160	14,193	14,800	1.5
酢酸	3,588	3,849	4,003	4,278	4,244	4,585	5.0
メチル第3級ブチルエーテル (MTBE)	8,671	7,056	7,094	7,001	6,738	6,943	-4.3
メチルメタクリレート	1,201	1,249	1,329	1,328	1,261	1,322	1.9
ジメチルテレフタレート (DMT)	603	537	488	487	467	468	-4.9
メタンチオール (メチルメルカプタン)	373	394	416	432	425	439	3.3
メチルアミン	1,065	1,099	1,140	1,167	1,132	1,201	2.4
塩化メチル (クロロメタン)	1,525	1,572	1,686	1,713	1,692	1,764	3.0
代替燃料							
ガソリン混合および燃焼	1,075	2,244	2,799	3,091	4,903	5,775	40.0
バイオディーゼル							
DME	264	410	817	909	832	998	30.5
	176	327	932	1,824	3,338	3,428	81.2
燃料電池	5	5	7	10	5	5	0.5
メタノールからオレフィン	0	3	5	7	7	302	0.0
その他	3,499	3,059	3,169	3,038	2,834	3,167	-2
合計	35,759	55,673	58,251	40,445	42,072	45,198	4.8
輸出	18,943	19,387	19,279	20,231	22,503	22,331	3.3
国の総需要	54,701	55,673	58,251	60,676	64,575	67,528	
正味量	14	(19)	62	(168)	34	--	

2010 年および近い将来の世界のメタノール市場は、中国における高価な石炭燃料から離れる需要と供給の動向と、輸送セクターおよび電力セクターのエネルギー関連用途に左右されることが見通されます。中国では、タクシーやバスなどの公共輸送機関でガソリンの代替燃料としてのメタノールの用途が増えています。この動向は、徐々にではあるものの、一般車両でも始まっています。

メチル第 3 級ブチルエーテル (MTBE) および TAME などの含酸素燃料の需要は、ホルムアルデヒドや酢酸の需要と同様に伸び悩んでいます。需要が増加しているのは、バイオディーゼル用および液化石油ガス (LPG) に類似する液体燃料ジメチルエーテル (DME) 用に、ガソリン代替燃料としてのメタノールの使用が増加している部分が起因となっているようです。

DME の需要が増加している理由として最も有力なのは、発電セクターでの使用、液化石油ガス (LPG) の混合材料としての利用、ディーゼルの代替燃料としての利用と考えられます。

元来、メタノールは木の分解蒸留によって生成されていましたが、現在は主に大型の統合化学品製造工場天然ガスから製造されています。一部の地域（特に中国）では、メタノールは石炭のガス化によって生成されています。西側諸国が炭化水素燃料とその誘導体の製造に大きく依存しているため、メタノールはその原料が豊富な地域（ペルシャ湾、カリブ海、南米、アフリカ、ニュージーランド）で生産されています。メタノールを消費するのは先進工業地域です。これに対し、メタノール燃料および燃料添加剤の需要が高いのは発展途上地域です。北米、西欧、およびアジアの一部（日本、中国、台湾、韓国）では、メタノールは化学品原料として利用され、中国の場合は代替燃料としても使用されています。これらの地域では、誘導体であるホルムアルデヒド、樹脂、メチルアミン、塩化メチル、シリコーン、ジメチルテレフタレート (DMT)、テレフタル酸 (TPA)、メチルメタクリレートも生産されています。

今世紀におけるメタノールの生産技術は、原料やメタノール用途の変化、低圧触媒および低温触媒の改善、メタノールの用途の変化、市場の需要の増加などの影響を受け、発展し続けると思われます。また、触媒効率を高め、原料に含まれる不純物に耐えられる触媒を開発する技術的改善も期待されます。触媒の改善によって、メタノールの製造に使用できる原料の種類が豊富になり、生産加工に必要なエネルギー量を低減できるようになる可能性があります。

2.2.2 持続可能な生産

メタノールの生産を持続できる理由は、メタノールが持つ次の 3 つの化学的特性にあります。

1. メタノールは、豊富で容易に見つかるメチル基と水酸基で製造されている。
2. メタノールは化学的に単純であり、様々な炭素含有物質から容易に合成することができます。ただし、一部の物質からの生産は、天然ガスのような他の物質からの生産よりも高額になる。
3. メタノールは、燃料、接着剤、プラスチック、溶媒、不凍液など様々な便利な材料の製造に使われる基礎的な構築材料である。

天然に生成されるメタノールは少量で低濃度です。天然メタノールは、バクテリアの作用によるほとんどの生分解サイクルにおける副産物です。化学工場は、そのような自然界のプロセスを再生して加速させることができます。そうすることによって、メタノールの次に大きいアルコール分子であるエタノールよりもさらに容易かつ効率的にメタノール（厳格にはバイオメタノール）を天然材料から製造することができます。

2.2.2.1 再生

メタノールは非常に再生しやすい物質です。溶媒として使われたメタノールは、蒸留により汚染物質から容易に分離することができます。同様に、余った反応物をプロセスの終わりに回収して不純物を取り除き、再びプロセスに戻すことができます。

2.2.2.2 再使用

メタノールは、プラスチックなど多くの複雑な化学物質を構成する基本的な素材であるため、化学的破壊プロセス（複雑な無機分子を分解し、単純な構成要素にするプロセス）によってそれらの物質から回収することができます。

2.2.2.3 廃棄物管理

メタノールは、一般的な溶媒として数多の有機反応に利用されています。その結果生じる使用済みのメタノールは、米国では有害廃棄物とみなされています。使用済みメタノール溶媒を再生するために回収する標準的なプロセスとして蒸留が行われます。しかし、中には蒸留工程で除去することが、困難、危険、高価である汚染物質もあります。そのような場合は、使用済みのメタノールをエネルギー回収のための二次燃料として使用できることがあります。

将来的には、新しい触媒を使う新しいプロセスによって有機廃棄物を回収することになるでしょう。下水処理工場での脱窒素（次項を参照）のように、既存の工程から排出される廃棄物を減らし、他の廃液からの廃棄物を再利用するためにメタノールを使うようになるでしょう。

2.3 メタノールの用途

過去 15 年間、メタノールの用途と需要の形態が変化するにつれて、メタノール市場も変化し続けています。今後も、世界経済、エネルギー、環境を取り巻く現実が変化するにつれ、メタノール市場は変化すると考えられます。

2008 年の第 1 四半期に、原油価格は 1 バレルにつき 140 米ドルに跳ね上がりました。一方、天然ガス（メタン）の価格は原油ほどは上昇せず、特に米国ではその差が顕著でした。また、エタノール燃料の生産に穀物が使われているために一部の主食や日常的食品の需給がひっ迫していると非難されるようになりました。こうした状況の中で、まず排ガスを減らすために自動車燃料用直接添加剤としてエタノールの代わりにメタノールを使い、将来的には自動車のガソリン代替燃料としてメタノール使用を奨励する風潮が生まれました。この風潮は、特にアジアにおける先進国と発展途上国の両方で、需要と供給に影響する主要因になる可能性があります。

そのほかの新しい燃料・エネルギー用途として、メタノール燃料式タービンエンジン、バイオディーゼル、直接メタノール燃料電池なども登場し始めています。さらに、廃水処理のための用途として脱窒工程で使われるメタノールの量も増加しています。

世界全体では、ホルムアルデヒドの製造がメタノール需要の約 40%を占めています。これらのホルムアルデヒドは、パーティクルボード、ベニヤ板、繊維ウッドパネルの接着剤として使用される尿素ホルムアルデヒドおよびフェノールホルムアルデヒド接着剤（樹脂接着剤を含む）の生産に使われています。しかし、これら建築材の需要は新築住宅市場の停滞によって急降下しました。現在、メタノールの需要の分類は大きく変わってきています。この変化は、将来 10 年にかけて続くものと予想されます。

2.3.1 中間体

化学合成の基本的な構築材料であるメタノールは、1次、2次、3次の誘導体の出発原料となります。メタノールはホルムアルデヒドの生産に最も多く使われ、これに次ぐ用途は酢酸の生産です。図2は中間体供給原料の生産におけるメタノールの役割をまとめた表です。

		→ “ホルムアルデヒド” → 樹脂
		→ メチルアミン
		→ 塩化メチル → シリコン
		→ DMT
メタノール	→	メチルメタクリレート
メタノール	→ 酢酸	→ 酢酸ビニル (酢酸生産の 50%)
	→ 酢酸	→ ジメチルテレフタレート / テレフタル酸
	→ 酢酸	→ 酢酸エステル
	→ 酢酸	→ 酢酸セルロース
	→ 酢酸	→ その他の無水酢酸用途
	→ 酢酸	→ テキスタイル

図2 中間体供給原料としてのメタノール

2.3.2 燃料用途

1970年代の原油価格の高騰により、従来の自動車燃料から徐々にメタノールに移行しようというアイデアが広く注目を浴びました。その後、代替エネルギー源、特に代替自動車燃料として1980年代に再びメタノールは人々の関心を集めました。

当時、原油から作られるガソリンの代替品としてのメタノールの可能性が認められていました。1970年から最近(2010年)の価格高騰までの間に、自動車燃料としてメタノールを使用することの危険性・障害・利益を様々な官公庁団体が評価してきました。米国環境保護庁(Environmental Protection Agency: EPA) [63] は調査の結果、メタノールはガソリンより安全な自動車燃料だと結論しました。しかし、一般消費者が自動車燃料として使う場合、メタノールはガソリンより危険だという調査結果もあります。この論議の中でしばしば忘れられてしまう重要な要因は、混合燃料に含まれるメタノールの割合です。自動車用として現在考えられている混合燃料のメタノール含有量は最低5～15%から最高70～85%という範囲であり、100%の純メタノールではありません。この範囲が広いことに起因する問題は、自動車燃料としてメタノールが広範に使われるようになるにつれ、解決を図る必要があります。

自動車燃料としてのメタノールの使用に関する公衆安全上の問題は、ガソリンよりも火災が発生しやすいのではないかという懸念に集中します。最近の米国国立防火協会(National Fire Protection Association: NFPA)の研究[43]によれば、米国における車両火災は1980年から2006年にかけて45%減少し、過去20年で最低のレベルにあります。民間人の死因の15%、資産損失全体の12%が、車両火災によるものでした。興味深いことに、車両事故による死亡の半数以上に衝突が関わっているにもかかわらず、車両火災全体のうち衝突が関わるのはわずか3%にすぎません。車両火災の半数以上は、燃料系の漏れ、配線の接続不良、絶縁材割れのような部品の故障によって起きています。燃料の種類は車両火災の主要因ではないのです。車両火災を防ぐ最善の予防策は適正な車両保守だとNFPAは述べています。

自動車レース業界は、燃料グレードのメタノール、エタノール、ガソリンの混合を含む様々な自動車燃料の選択と使用について実地経験が豊かです。レースに最適な燃料はレースのタイプによって決定され、レースのタイプによって自動車の特徴が決まります。例えば、2006年までNASCARのエンジンは110オクタンの有鉛ガソリンを使っていました。これは、合

法的に街を走る自動車が使う 87～93 オクタンの無鉛ガソリンとは大きく異なる燃料です。2006 年に NASCAR はレース用認可燃料を SUNOCO 260 GTX ガソリンに切り替えました。この SUNOCO の燃料は 99 オクタンの無鉛ガソリンです。酸化剤添加物は禁止されています。SUNOCO NASCAR 認可燃料は石油 100% から作られる燃料であり、圧縮比は 12:1 です。

これに対し、インディアナポリス（インディ）500 のレースカーは 2006 年まで純メタノールを使用してきましたが、2006 年にメタノール 90%とエタノール 10%の混合に切り替え、2007 年にエタノール 98%とガソリン 2%の混合に切り替えました。市販されているガソリンとメタノールおよびガソリンとエタノールの混合に含まれるメタノールまたはエタノールの割合は 10%～30%です。燃料はそれぞれの目的に合わせて選択され、それぞれの燃料に長所と短所があります。

インディレース車でメタノール燃料と、その後に導入されたのエタノール燃料が使用される理由は、極めて高い圧縮比でのエンジン動作を可能にするという長所があるためであり、一定のエンジン排気量での出力が NASCAR のエンジンに勝ります。しかも、以下に記すように、メタノールとその後継者であるエタノールは、燃料として選ばれた理由でもある好ましい安全上の特徴をいくつも持っています。

- メタノールの炎は低温であり発光しないので、メタノールの火が発する放射熱は、炎の温度が高く発光しながら燃えるガソリンの火に比べてはるかに低い。
- 放射熱生成が少ないので、メタノールの火はガソリンの火よりゆっくりと広がる。火に接近できる距離も短縮されるので、ポータブル消火器をより効果的に使うことができる。ポータブル消火器を使用する際は、炎本体ではなく、炎の基部に狙いを定める必要がある。
- 燃焼に必要な空気中のメタノール濃度はガソリンの約 4 倍である。さらに、指定温度におけるメタノールの蒸気圧は比較的低い。あらかじめ決められた温度では、メタノールはガソリンよりも少量の蒸気を発生する。つまり、空気中で燃焼するために必要な蒸気濃度 (> 6 v%) を生成するために必要な温度は、ガソリンよりメタノールの方が高い。
- メタノール蒸気はほぼ中性の浮力を持つので、ガソリンの蒸気と比較して、散逸しやすく、地面に沿って流れたり地表付近に滞留したりする可能性は低い。それでも、メタノール蒸気は時には低地に蓄積することが報告されている。
- 大規模なメタノール液溜まりによる火災を消火するには耐アルコール泡が最適だが、小規模火災はポータブル消火器か水の散布で消すことができる（ただし、メタノール液溜まりの量の少なくとも 4 倍から好ましくは 5 倍の水が必要）。二次的容器はメタノール液溜まりの量の 4 倍から 5 倍の容量を保持する大きさが必要。

これらの特徴を、通常の輸送手段と、特に車両の火災事故とに当てはめて考えてみましょう。ガソリンによる車両火災から逃げる場合、避難にかかる時間、温度、火からの安全な距離、火の伝播の速度、火気抑制の容易さといった要因を考慮することは安全のために不可欠です。これは、メタノールとガソリンの混合燃料が使われる場合に特に重要です。貯蔵所および燃料ターミナルに関する注意事項は、より詳細なものとする必要があります。

インディカーレースの当局者は、ドライバーとピットクルーの生命の安全を考え、ガソリンからメタノール（そしてその後継者であるエタノール）に代える選択をしました。一般のドライバーも、ガソリンに代わる代替燃料としてメタノールおよび／またはメタノール混合燃料を選ぶことができます。この変更において、利点と欠点の両方が予期されます。まず、運転主と同乗者の安全が向上する利点が期待されます。別の潜在的利点は、すでにこの可能性

は低い燃料スタンドの火災可能性が削減される点です。不利な点は、タンクローリー、鉄道タンカー、燃料分配施設での火災への対応が複雑になることです。対応者は、周到な訓練と管理を受け、一部の状況でしか利用できない耐アルコール水性皮膜形成泡 (AR-AFFF) などの特殊な装具を身につける必要があります。

最近の調査 [49] で、ガソリンからメタノールへの移行を進めるための基本的な駆動力は、メタンガスの豊富で多様な入手源であることが確認されました。この移行の実現を阻む問題の1つは、既存の技術を使う場合、メタノール合成に必要な水素ガスを生成するために必要なエネルギーが高いことです。燃料としてメタノールを使用することが技術的に実行可能かどうかを研究した Methanol Conversion Group (メタノール変換グループ) [67] は、ガソリンを直接メタノールで代用することは技術的に実行可能だと結論付けています。

現在の世界の原油需給状況によって、いずれは燃料消費や燃料配合だけでなく、車両の設計や運転の仕方にも大きな変化が必要になります。メタノールはそのような変化の中で重要な役割を果たすと考えられ、今後、製品の受託責任における許容基準をめぐるメタノールの輸送業者、取り扱い者、使用者の責任が増すことになるでしょう。

2.3.3 バイオディーゼル燃料の生産

バイオディーゼルとは、石油蒸留物ではなく生分解性物質（野菜、ゴミ、または動物性・植物性油脂）から製造されるディーゼル燃料のことです。

経済性から「グリーン化」まで、バイオディーゼルの製造する理由は多数あります。ディーゼル燃料価格は世界的に上昇を続け、最近では米国の一部の地域で1ガロン当たり 5.00 米ドルにまで接近しています。バイオディーゼルは廃材の再生および消費資源に代わる再生可能な資源への移行を可能にし、石油燃料のみに依存しない多様な燃料供給選択肢を与えます。どのような目的でバイオディーゼルを使うかに関わらず、バイオディーゼルの生産にはメタノールまたはエタノールに代表されるようなニートアルコール（100%純アルコール）が使用されます。

バイオディーゼルは、水酸化ナトリウムまたは水酸化カリウムの存在下で植物油および動物性脂肪⁴を純メタノールまたは 200 プルーフのエタノールと反応させることによって作られます。この化学プロセスはトランスエステル化と呼ばれます。このプロセスの目的は油に含まれる脂肪分子をエステルすなわちバイオディーゼルに変換することです。プロセス後の残油は、石鹸の原料となるグリセリンに変換される場合もあれば、廃棄物として処分される場合もあります。乾燥したグリセリンは燃料として、または家畜の餌の添加物として流用することができます。

生物ゴミからバイオディーゼルを作るプロセスでメタノールが使われる場合、ディーゼル燃料に似た性質を持つ炭化水素燃料が生成されます。変換が行われる規模は、容量 110 リットル（30 ガロン）のゴミ箱サイズのバッチプロセスもあれば断続操作プロセス、さらには年間 15000~378000 m³（400 万ガロン~1 億ガロン）の生産能力を持つ連続操作まで様々です。

通常、メタノールを使い小規模バッチでバイオディーゼルの生産する業者は、訓練を受けた化学者ではありません。したがって、安全かつ合法的に燃料を生産するために必要な危険要因と規制について知識を持たない作業員である可能性が高いのです。そのような人たちは、苛性アルカリ溶液（水酸化ナトリウムや水酸化カリウム (NaOH / KOH)）およびメタノール

⁴ 植物油の使用に力が注がれている。何故ならば、動物性脂肪は腐敗するからである。腐敗物は不快臭を放つ等だけでなく、変換プロセスの収率を下げる。

のような高濃度の有害物質を取り扱った経験がなく、そのための訓練も受けていない場合があります。

継続のプロセスを断続的に携わる業者は、バイオディーゼルの生産に伴う注意や法律についての知識をもっていると考えられますが、自分の身を守り効率的に化学品を取り扱うために必要な正しい装置や手順を持たず、訓練も受けていない可能性があります。

小規模の継続のプロセスに携わる作業者は、化学および化学品の安全について訓練を受けた人から情報を得る機会があるでしょうし、おそらく現在、安全衛生規則、プロセスの安全性、化学品についての報告、および廃棄物処理規制を管理する規制当局に連絡していると考えられます。

廃油は酸性です。ほぼ純粋なメタノールに水酸化ナトリウムまたは水酸化カリウムの混合物を加え、極めて強塩基のナトリウムメトキシドまたはカリウムメトキシドに完全に変換されるまで混合します。次に、反応器の中でこのメトキシドにメタノールと植物油（または廃油）を追加して反応させ、エステル化を完了します。この時点で、反応器には 2 つの原料が入っています。より重く暗色のグリセリンの上に、明色のメチルエステルが浮いている状態です。デカンテーションによりバイオディーゼルの上澄みをグリセリンから引き離すか、メチルエステルからグリセリンを流出することによって、反応生成物を分離します。

当初のメタノール反応物の体積の約 30%は未反応のまま残りますが、これは真空蒸留によって回収し再生することができます。蒸留後、バイオディーゼルの水洗し、水洗水から分離し、乾燥することによりバイオディーゼル燃料が完成します。

以下の注意事項を必ず守らなくてはなりません。

- メタノールは、熱および発火源のない専用の場所に保管しなくてはならない。すべての電気装置は完全に密閉し、防爆仕様を満たす必要がある。湿気を吸わないよう、メタノールは密閉容器に貯蔵しなくてはならない。密閉容器は熱膨張を許容する構造をもつべきである。そうでないと、温度が激しく変化した場合にメタノールが膨張し、容器が破裂する可能性がある。
- メタノールは盛り土または堤防による障壁で囲われた換気のよいゾーンに貯蔵し、NFPA 30 [45] 規定の設計に従い、その囲われたゾーンは、そこに入るメタノールの最大貯蔵量の少なくとも 110%の容量を有するゾーンでなくてはならない。110% を大きく上回る容量にすることが最も望ましい。囲われたゾーン内で漏出があった場合は、漏出したメタノール液溜まりを耐アルコール泡で完全に覆うべきである。閉所の広さが十分な場合は、漏出したメタノールを少なくとも 4 倍の水で希釈することによって火災のリスクを低減することができる。障壁で囲ったゾーン内の乾舷が不十分だと、盛り土の外にあふれ、「走行火」が発生するおそれがある。「火が走る」状況のコントロールは困難である。
- 廃油は、メトキシドとの反応前に予め熱するのが望ましい。これは、メタノールと水酸化物の反応物を添加するときに油がはねて発火することがないように慎重に行わなくてはならない。
- メタノールの取り扱い、水酸化物の添加および水酸化物の混合の工程、および廃油にメトキシドを入れる工程は、慎重に行う必要がある。
- それらすべてのプロセスで常に温度を管理することは、安全で効率的な作業のために非常に重要である。温度が高くなりすぎ、攪拌が激しすぎると、火災や爆発につながるおそれがある。温度が低すぎ、攪拌が弱すぎると、不完全な反応になる。

- すべてのプロセスで漏出のおそれは常にある。バッチプロセスであれ連続操作であれ、大気に開放されている反応器よりも密閉反応器が好ましい。

2.4 メタノールの新しい用途

前述の用途は、世界のメタノール総消費量の大半を占めています。近年世界規模で景気が悪化した間、メタノールの消費量は横ばいになったものの、2010年から2020年の期間におけるメタノールの使用は、新技術による新しい用途と、発展途上国における需要の増加によって、増加するものと期待されます。

ここでは、次の4つの新しい用途について説明します。

1. 廃水処理工場の有機物負荷流出物の脱窒。
2. メタノール燃料タービンエンジンの燃料。
3. 直接メタノール型燃料電池の燃料。
4. 中間水深および深海における海洋炭化水素生産による天然ガス水和物の阻止および緩和。

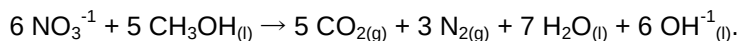
現在の燃料価格高騰によって、ドライバーが操作の仕方や燃料を変えることや、燃料費の上昇に自動車に対応することが余儀なくされています。今後、燃料電池やメタノール燃料タービンエンジンを含む代替的な交通形態と動力源の開発を求める圧力はさらに増すと予想されます。

2.4.1 廃水の脱窒

都市の廃棄物処理施設からの廃水は高レベルの窒素を含有しています。これは、廃水中の硝酸塩およびアンモニア化合物（ NH_3 ：無水アンモニア、 NH_4OH ：水酸化アンモニウム等）に含まれる窒素を原因としています。窒素は地中と水中での植物の成長を助ける優れた肥料です。活発すぎる植物の成長により、その流出物が河川、湖、海などの自然水中に放出されると、生態系が破壊される可能性があります。メタノール脱窒は、過剰な窒素を取り除き、植物の成長を抑制する簡単で効果的かつ比較的低価格の方法です。

最も広義に解釈すると、脱窒とは、土や水の媒体から窒素と窒素化合物を取り除くことです。その目的は、植物が取り込むことのできる肥料の量を減らし、藻の成長速度を抑えることにあります。このプロセスは、水域に過剰な有機栄養素と窒素栄養素の組み合わせが流入してくる場合に必要になります。その場合、植物が過剰に成長し、水中に溶解した酸素の濃度が水柱生態系を維持するために必要な濃度のしきい値を保てないほど低下することがあります。その結果、環境に破壊的な影響を及ぼす可能性があります。

脱窒は地表水、地下水、準表層土中で発生する自然過程です。廃水処理水の調整の観点からは、脱窒はメタノールの存在により促進される、液相による生化学的な還元反応です。嫌気性条件下（無酸素）では、バクテリアなどの微生物は含窒素化合物（アンモニウム（ NH_4 ）、アンモニア（ NH_3 ）、硝酸塩（ NO_3^{-1} ）、亜硝酸塩（ NO_2^{-1} ）、蛋白様有機性窒素）を窒素分子に変換します。全体的な化学反応は次の通りです。



窒素原子が結合して窒素ガスを形成し、この気体が大気中に散逸することで排出廃水中の窒素が低減されます。植物の成長促進に役立つ窒素の量を制限すると、植物の成長が遅くなります。同様に酸素の吸収が減少し、水柱全域に溶解した酸素の濃度が増えます。

流出物が処理されないと、含有される有機廃棄物が酸素と結合し、その結果、自然水中の溶存酸素が欠乏します。十分な酸素がないと、水生生物が窒息して死に絶えます。要約すると、野生生物の生態系維持と環境保護のために、廃水処理工場の流出水にメタノールが追加されます。

微生物が窒素と酸素の化学結合を切断するのに必要な代謝エネルギーは、メタノールなどの炭素含有生分解性基質や溶存酸素 ($O_{2(g)}$) から得られます。酸素欠乏状態を強制することによって、酸素と酸素結合ではなく窒素と酸素結合の発生が促され、その結果、窒素がパージされ、生態系内の酸素が維持されます。

過剰な量の窒素化合物が存在すると、藻や他の水生植物の成長が促進され、大きな水域であっても施肥された植物性物質で基本的に満たされます。過剰な植物の成長が水路の生態系を乱す問題が、水量が多い場合でさえも非常に大きな問題となり、廃水処理工場の廃水が米国環境保護庁 (EPA) により規制されています。水溶性で生分解性の液体であるメタノールを処理工場の脱窒フィルタに加えることによって、よく分散された可溶性炭素が供給され、それを多くの生物が流出物の脱窒に使用します。廃棄物処理施設の流出物に存在する窒素に対し、ますます厳しくなる EPA 規制限度を満たすために、現在何百箇所もの廃棄物処理施設で脱窒プロセスが用いられ、一部の代替テクノロジーよりも著しく低い経費で優れた結果をもたらしています。

現在、米国だけでも 200 以上の廃水処理工場で脱窒プロセスにメタノールが使われています。首都ワシントンにあるそのような処理工場の 1 つ、ブループレイン汚水処理場は、チェサピーク湾に流れ込む硝酸塩の量を 1 日 20 トンから 1 日 10 トンに減らし、結果的にチェサピーク湾の窒素レベルを 30% 低下することに成功しました。そのためにかかった費用は窒素除去量 1 ポンド当たり \$ 0.50 ~ \$ 0.60 (米ドル) であり、これはそれまでに報告されていた費用の 12% に相当します。

2.4.2 直接メタノール型燃料電池

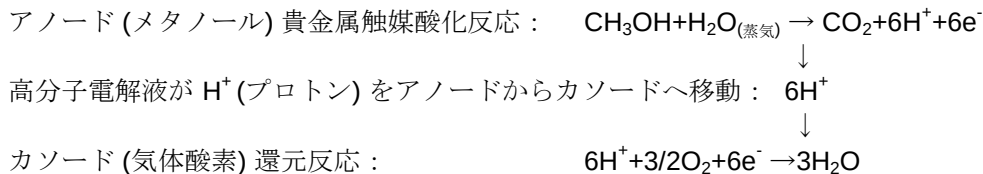
現在のところ、約 12 種類もの燃料電池テクノロジーが存在します。直接メタノール型燃料電池は、メタノールを燃料として使用する新技術であるため、ここではその技術について説明します。(2.3.2-1 ~ 2.3.2-5)

直接メタノール型燃料電池は電気を起こし、従来の自動車用鉛蓄電池と多少似ていますが、新種の触媒、特殊材料、高度な技術、わずかに高い温度と圧力の動作条件などを備えます。

直接メタノール型燃料電池の機能には、鉛蓄電池と比較して、類似する部分と、全く異なる部分とがあります。この燃料電池では、水溶性電解液の代わりに高分子膜が使用されています。この膜は電解液の役割を果たし、アノードで発生した水素イオン (H^+) またはプロトンを経由してカソードの表面にまで移動します。直接メタノール型燃料電池では、触媒促進されたアノードでメタノールが直接酸化されることによって水素イオンが生成されます。酸化反応によって水素イオンが生成された後、このイオンが膜を通過してカソード側へ拡散します。アノードの酸化反応からの電子が外部電子回路に電流として流れ、アノードにおいて二酸化炭素 (CO_2) が気体廃棄物として生成されます。

アノードで水素イオンを発生し、カソードで水を生成する酸化還元反応は、セルの設計に応じて気相または液相で起こります。蒸気とメタノールの混合気が加圧・高温下で注入されます。非常に特殊な触媒被覆の施されたアノードが、メタノール分子の炭素水素結合を切断して水素イオンを発生させ、炭素と酸素を再結合して二酸化炭素を生成する、直接化学反応を促進させます。アノードで生成された水素イオンは固体高分子膜を通してカソードまで移動します。加圧ガス容器でもあるカソードには、圧縮空気が封入されています。この空気中の酸素がカソードの触媒被覆された表面上で水素イオンと反応し、水蒸気を生成することで還

元反応を完了します。非常に高度な触媒材料と高分子材料を使用することで、直接メタノール型燃料電池は基本的にアノードでメタノールを燃やし、カソードで水素イオンを還元することで、電流を流し、二酸化炭素と水蒸気を生成します。



メタノール燃料は簡単に扱える液体であり、酸化還元反応による生成物は、窒素酸化物 (NOx) や硫黄酸化物 (SOx) の汚染物質のない、水および二酸化炭素です。

動作温度範囲は 60～130°C、平均動作温度は約 120°C です。動作圧力は多少高くなり、特定条件での最高のパフォーマンスを引き出すには、動作圧力を調節する必要がある場合があります。動作効率は 40% に達するものと期待されます。

直接メタノール型燃料電池は、メタノールの代わりに水素 (H₂) を燃料に使用する間接型燃料電池の副産物です。直接メタノール型燃料電池には、間接型燃料電池と比較して、いくつかの利点があります。直接メタノール型燃料電池の燃料は、保管と移動が簡単な液体です。直接メタノール型燃料電池内の水素は、直接使用されるか、ケミカルストリーム改質によって生成されます。水素ガスの保管は困難である上、潜在的な危険を伴い、ストリーム改質の追加によりセルが一層複雑になります。

直接メタノール型燃料電池ではプロトンの発生源として水素の代わりにメタノールが使われ、直接メタノール型燃料電池のアノードは貴金属触媒である点を除き、直接メタノール型燃料電池および間接型燃料電池は基本的に同じです。両方のタイプの燃料電池は、プロトンのアノードからカソードへ移動する高分子膜を備え、廃棄物として水を生成し、アノードで発生する酸化反応によって電流を発生します。燃料電池のカソード側は空気 (21 v% 酸素と 79 v% 窒素) によって構成されます。水素イオンは、電解プロトン交換膜を通過して拡散し、カソードで空気中の酸素と反応して水を生成します。

直接メタノール型燃料電池の数は、毎年約 2000 台ずつ増え続けています。現在この業界には、約 10,000 台を超える電池が存在しています。これらの装置の大半は、1.5 kW 未満の出力です。この装置の 4 分の 3 は携帯用途に使用され、残りの 4 分の 1 は、船舶、潜水艦、スクーター、オートバイ、輸送車の適切な装置などの適性のある輸送用途に使用されています。このテクノロジーの採用は発展途上国でますます増えていますが、大半の装置は、北米、ヨーロッパ、日本に設置されています。開発の完成後、直接メタノール型燃料電池の消費は、家電製品や、場合によってはハイブリッド車の代替電源によってますます増えるものと考えられます。後者の用途では、燃料電池および内燃機関エンジンの両方がメタノール燃料で稼働することも想定できます。

現在の構成では、燃料電池の構成部品および燃料電池全体が簡単に交換でき、複数の装置を積み重ねることで電力需要が満たされる、モジュール式のアプローチが重要視されています。普及が高まっていることがうかがわれる用途として、直接メタノール型燃料電池を使って電池を充電し、その電池で電子機器に給電するというものがあります。このアプローチは、軍隊が現場作業で使用する電子機器においてテストした他、東芝が携帯電話、スマートフォン、ノートブックパソコン、その他の携帯電子機器などの、一般消費者向け電気製品においてテストしています。

製造業者は、電池の様々な構成部品が消耗または劣化した場合に、それらを交換によって補給できるよう、モジュール式構成部品に基づく構成を開発しています。国際民間航空機関 (International Civil Aviation Organization) はすでに、機内に持ち込まれるノートブックパソコンなどへの DMC の使用を認可しています。現時点では、開発を進めている複数の企業が、直接メタノール型燃料電池の商業生産を行っています。

さらに幅広い商業化を阻む障害となるのは、アノードからカソードへのメタノールのクロスオーバーと、アノードおよびカソードの表面材の触媒活性です。クロスオーバーは電池のパフォーマンスに2種類の有害な影響をもたらします。最初の影響は実効電圧を低下させるカソードの分極、2番目は電力容量の低下による燃料の喪失です。セルのカソード側における酸素圧など、様々な要因についての理解が深まっており、より良好な結果が得られているようです。

より躍動感のある燃料電池テクノロジーの潜在的な用途の1つに、ハイブリッド車のバッテリーの代替品としての用途があります。直接型または間接型のいずれのメタノール燃料電池で実行されるにしても、完全電気自動車、ハイブリッド車、エンジン車がエンジンおよびモーターの給電に単一燃料を使用できる利点をエタノールは提供します。燃料の補給は、ガソリンの場合と同様の方法で、すべてのタイプの車両に供給できます。

2.4.3 タービンエンジン

定置タービンは、天然ガスまたは溜出ジェット燃料により稼動します。これらはどちらも原油から精製される製品です。これらの燃料は、大気品質規則遵守の課題である硫黄と窒素を含んでいます。米国国内の大気品質は、各地域の大気品質管理区域の後援により、米国環境保護庁 (EPA) によって規制されています。

米国国内では、大気品質をコントロールするために、定置発生源からの窒素酸化物および硫黄酸化物 (NO_x と SO_x) の放出が監視され、厳しく規制されています。これらの規則による経費および運用規制はかなりの負担になります。ヒーター、炉、ボイラーなど、多くの直接燃焼式設備を使用する産業は、燃料からの汚染物質や汚染酸化物に対する罰則の対象とならずに、プロセス熱や電力を供給できる代替手段の発見を奨励し続けてきました。

米国国内の大半の炉、ヒーター、ボイラーには、低窒素酸化物 (NO_x) バーナーと大気監視システムが装備されています。低窒素酸化物 (NO_x) バーナーは、直下燃焼式装置の加熱能力を高める目的で交換用バーナーのサイズを大きくする場合に、危害要因となる可能性があります。

1971 年という早期に、タービンの利用者および製造業者は、天然ガスと蒸留燃料をメタノールで置き換える燃焼技術についての調査を開始しています。メタノールは、硫黄や窒素は含有せず、低温で燃えるので、燃焼排気の大気品質を著しく改善することができます。

メタノール燃料式タービンに対する大気監視要件は、天然ガスと溜出燃料を使って稼動するタービンの大気監視要件よりも緩いものです。大気保全は、大気環境基準がますます厳しくなるにつれ、経費が上がり続ける運用課題になっています。精製された炭化水素燃料を使用する場合の欠点は複数あります。それには、監視装置の資本コスト、運用経費の増加、不履行に関連する不確実性と罰則によるコスト、故障が発生するまでの平均時間の短縮、システムのダウンタイムに関連する生涯コストの増加などがあります。これらを総合すると、従来の燃料と比較して、メタノールには著しい経済的および運用上の利点があると考えられます。

天然ガスまたは軽油からメタノールに切り替える場合、技術的事項に加え、経済的な事項を考慮する必要があります。これらは、内燃機関エンジンのガソリンをメタノールで代用する場合の事項とほぼ同じです。これらの一部は自動車に対しては問題なく解決され、タービンについても同様に解決されるものと想定されます。

この証拠として、GE はタービンの燃料としてのメタノールの使用は、実行可能であり、天然ガスおよび蒸留燃料を使用するより優れた点があることを文書に示して発行しています。

この技術的事項は以下の通りです。

- メタノールは天然ガスおよび現在使用中の蒸留タービン燃料と比較して低い発熱量を持つ。天然ガスまたは蒸留燃料のベースロード出力(ブレーキ馬力)と同一のベースロード出力を生成するには、より大量のメタノールを燃焼する必要がある。大量の燃料を適切に許容するには、タービン燃料の貯蔵システム、移送システム、そして燃焼システムを変更する必要がある可能性がある。試験の結果、メタノールを使ったタービンの作業性と性能は、天然ガスおよび軽油(蒸留物)の場合と同等であり、大気品質についてはメタノールの方が優れている。
- メタノールの潤滑性は低い。蒸留物は、燃料と少量の硫黄を構成する炭素-水素分子の性質を理由に、固有の潤滑性を持つ。メタノールの潤滑性を高める添加剤についてのテストが進行中である。
- メタノールは引火点が低く(低温における蒸気圧が非常に低い)、このことは低温時の起動および稼働と、爆発予防装置の必要性とに影響する。低温起動の問題は、従来型の燃料で起動することで回避できる。爆発の問題には、エンジン構成の変更が必要になる。爆発の問題を解決するための複数の方法がテストされている。
- メタノール液は天然ガスおよび蒸留燃料と比較して導電性が高い。導電性により、天然ガスと蒸留燃料を取り扱う際に一般的に使われる合金の腐食が促進される。この点は、アルミニウム合金とチタン合金で特に顕著である。腐食を抑えるための添加剤がテストされている。あるいは、一般的な材料の代わりに耐食性の材料を使用することも可能である。厳格な機械的保全性プログラムなしに、アルミニウム合金とチタン合金をメタノール用またはメタノール蒸気用の設備材料に使うべきではない。
- メタノールは、一部のプラスチック、樹脂、ガラス繊維合成物を侵食する溶媒である。不適合材料を置き換える様々な適合性のある材料が入手可能である。ガスケット、“O”リング、その他の耐漏部品などの選択と保管には特別な注意を払う必要がある。
- メタノールは大気中の水分を吸収する。ガソリンとは異なり、ニートメタノール燃料とガソリンメタノール混合燃料は空気から湿気を吸収する。ニートメタノールに吸収された水分は、ニートメタノールと完全に混和し、燃焼には影響しない単相系として維持される。ガソリンメタノール混合燃料に吸収された水分は、下に沈む非相溶相を形成するので、タンクの底部や配管の低部に溜まる。この水が少量の場合、非相溶相の存在は混合燃料の燃焼特性にほとんど影響しないか、まったく影響しない。大量の水相物質は燃焼に影響を与え、極端な状況では燃焼停止を引き起こす可能性がある。

2.4.4 海洋プラットフォーム

ウェルヘッド原油・天然ガス製品は、炭化水素と水の混合物で構成されます。水はダウンホール炭化水素含有堆積層から誘導されます。いわゆる「油污濁水」は、地層水、注入水、凝縮水蒸気から成ります。また、水和物(ハイドレート)生成の抑制、水蒸気の収集、スケール形成の防止、腐食の制御、バクテリアの予防、油中水型乳濁液の分解と凝固、フォーミングの防止、堆積パラフィンの除去などの多様な機能を与えるごく少量の化学添加剤が含まれます。水和添加剤および脱水添加剤は、主として天然ガスの生産に使用されますが、原油の生産で炭化水素に随伴する気体と水が大量に存在する場合にも使用されます。

一般に、油田やガス田の寿命全体を通して、油污濁水の量が増え、炭化水素が減っていきます。この場合、水和物生成の可能性が高まり、ウェルヘッドの湧出量が減少するにつれ、水和物に関連するリスクが高まります。その結果、大量の水が発生し出すとガス田は通常閉鎖されます。メタノールを効果的に使用して水和物のリスクを減らすことで、ガス田の生産寿命を延ばすことができます。これは、通常、製品収益の損益分岐点と、増量されたメタノール抑制剤を含む炭化水素の生産コストに基づく経済的な決定です。

油污濁水の処理に関連するコストは、天然ガスの全生産コストと比較してわずか数パーセントです。ただし、不正または不十分な処理が装置のパフォーマンスに悪影響を与え、その結果、事業費が増す可能性があります。同様に、装置を未処理のウェルヘッド産出物に曝すことで、装置が故障するまでの平均時間が短縮する結果、メンテナンス経費の増加と装置の有効寿命の短縮が起こります。前述の説明は、特に海中天然ガス用の配管、バルブ、装置内の天然ガス水和物や包接化合物の形成に該当します。

メタンハイドレート、メタン包接化合物、ハイドロメタン、メタンアイス、「燃える氷」、天然ガス水和物は、すべて固体包接化合物の同義語で、これは凍結水の結晶構造中に大量のメタンを閉じ込めて、多孔質の氷のような固体を形成します。メタン包接化合物水和物の平均的な組成は、 0.9 g/cm^3 の測定密度にて 5.75 モルの水につき 1 モルの水和物になります。1 リットルのメタン包接化合物は、常温および常圧で 168 リットルのメタンガスを含んでいます。包接化合物は、空気中で発火し、燃えるに十分な量のメタンを含んでいるので、「燃える氷」と呼ばれています。

高圧、中温では、水和物が固体を形成し、配管および装置の内部表面に付着します。水和物の生成が軽減されないと、海底の収集ラインと流れ移送ラインが詰まり、液体の流れが中断されます。パイプラインの壁面からはがれ落ちた水和物の塊は、液流の中に集まり、生産を妨げ、装置を破損し、極端な場合は破壊的な配管の破損を引き起こします。配管の故障により、ウェルヘッド内のブロッキング、生産の停止、炭化水素の水柱への放出が必要になる可能性があります。

水和物の形成は、水和物形成に必要な温度条件を避けるよう断熱およびヒートトレースを使って機械的にコントロールするか、化学的手段により氷点を最低動作温度以下に下げることによってコントロールできます。

水和物抑制剤は、自動車のエンジン冷却系の不凍液と同じ機能を果たします。ウェルヘッドや、場合によっては油田またはガス田に、エチレングリコールを加えるか、より一般的にはメタノールを加えることによって、水の凝固点を下げ、包接化合物の生成を防ぐことができます。メタノールと比べエチレングリコールは高額なため、メタノールが最も頻繁に添加剤として選択されます。エチレングリコールは約半分の量でメタノールと同じレベルの保護を提供します。エチレングリコールは油污濁水中に残留し、回収と再利用を促進します。メタノール添加量の約半分は蒸発して気相になり、回収できなくなりますが、残りの半分は油污濁水中に溶存し、回収と再生利用を促進します。

暖海の浅瀬を除く天然ガスのオフショア生産では、水和物の生成を避けるようメタノールまたはエチレングリコールの使用が必要になります。波圧が高く温度が低い可能性のある米国湾岸地域の中層水と深海での生産では、メタノールが広範囲に使われています。

2.4.5 メタノールの仕様

追加情報およびメタノールの仕様は、インターネットの国際メタノール生産者および消費者連合 (International Methanol Producers and Consumers Association: IMPCA) から入手できます。また IMPCA メンバーも、優れた情報源です。

3 メタノールの輸送と貯蔵

本章では、メタノールが製造されてからエンドユーザに届けられるまでの輸送と貯蔵における安全の問題について説明します。

3.1 メタノールの輸送

地理的にも人口動態的にも、メタノール市場はメタノール製品を製造業者から消費者に届けるための輸送に強く依存しています。メタノールは世界のいくつかの地域で製造され、別の地域で使用されます。製造場所と使用場所が離れているため、世界の年間メタノール生産量の 80% もが大陸間輸送されています。メタノール業界が経験する事故漏出と管理不能な漏出の結果生じる可能性のある損失と暴露の大半は、船舶による大陸間輸送と、臨海での移送および海上ターミナルでの貯蔵の安全・信頼性・完全性の欠如によって引き起こされています。

3.1.1 海上輸送

メタノールは臨海の貯蔵タンクからタンカー船の密閉貨物室にポンプで移されます。臨海貯蔵所へは、パイプライン、はしけ、またはトラックで輸送されます。

船舶による大陸間輸送は、原油、ガソリン、ディーゼル、および燃料添加剤（MTBE など）のような他の炭化水素液の場合と似ています。一般によく用いられるのは二重船体タンカーです。この種類のタンカーの使用が、今後、世界の生産量が増すにつれ標準になると見込まれます。タンカーによる出荷に関しては、メタノール汚染を防止する清浄さ、メタノール漏出検知器、耐アルコール泡を含む適切な消火設備、メタノール用設備材料に適したポンプ、配管、ホース、ガスケット材が特別に規定されています。

大海への事故漏出は当然避けるべきですが、原油、バンカー燃料、ガソリン、またはディーゼル燃料の場合に比べれば環境に与える脅威は少ないと考えられています。純 (100%) メタノールは水で完全かつ高速で可溶化することができます。そのようにして希釈することで、大量の破壊的漏出のときでさえ、メタノール濃度を付近 1 マイル圏内の海洋生物に無毒なレベルに下げることができます。

3.1.2 鉄道輸送

鉄道輸送での注意事項は、静電気の防止に関する注意を含め、エタノール、ガソリン、MTBE、ジェット燃料（ケロシン）、蒸留物についての事項と基本的に同じです。

特別に設計されたタンカー車両には、切り替え・一時保留中の短期（30 日未満）保管および輸送中の熱膨張に対処する圧力除去装置が備わっています。メタノールの鉄道輸送は、メタノールを直立型タンカー車両に入れて輸送する限り安全と考えられています。

脱線した場合は、第一対応者はメタノールを高可燃性および猛毒性の物質として取り扱うべきです。2008 年版の *Emergency Response Guidebook*（北米緊急応答ガイドブック）(ERG2008) [19] は、直ちに周囲の全方向に 50m（150 フィート）の隔離距離を空けるよう推奨しています。大量の漏出では、「走行火」が発生するおそれがあります。逆火もあり得ます。走行火が発生して下水道・排水溝に入り込むと大変危険です。ERG2008 は、脱線などの原因で容器自体が損傷して漏出が起きた場合、その漏出場所の周囲の全方向に 800m（0.5 マイル）の隔離距離を空けて避難することを推奨しています。漏出の第一対応者は耐薬品保護衣および自給式呼吸マスク（SCBA）を着用すべきです。消防服は火災には適切ですが、メタノールの流出に対応する要員が着用するには不適切です。発火源との距離は少なくとも 800m（0.5 マイル）空ける必要があります。

メタノールのタンカー車両は、火炎や高放射熱流束によって瞬間的にタンク破損を起こし蒸気の破壊的放出と発火がみられる BLEVE（沸騰液膨張蒸気爆発）と呼ばれる現象が発生する場合があります。

3.1.3 タンクローリー輸送

鉄道タンク車についての説明は、トラクター牽引トラックに取り付けられたタンカーおよびトラクター牽引トラックで牽引されるタンクトレーラーにも等しく適用されます。トラックの牽引でのメタノール輸送の注意事項は、ガソリン輸送で通常要求されるものと基本的に同じです。

3.2 メタノールの貯蔵

メタノールの貯蔵に関する規定は、ガソリンの貯蔵に関する規定と基本的に同じです。メタノールは、複数の空中屋上タンクとより小型の内部バッフル式の空中バッフルタンクとから成る貯蔵所に日常的に保管されます。静電気に伴う危険を避けるために、タンクは必ず接地しなくてはなりません。発火は窒素パージング、天然ガスパージング、発火管理用危険区域の指定によって管理します。

メタノールは一般に他の溶媒および原料とともに貯蔵されるため、メタノールが通るすべての配管および弁に一貫したラベルを付け、流れの方向を表示すべきです。トートおよびドラムを含むすべての貯蔵材は盛り土と十分な換気が必要とします。盛り土は、適切な耐メタノール繊維またはコンクリートを使って圧縮し固めることによって安定化すべきです。メタノールは溶解性があるため、炭化水素残油、アスファルト、道路油は盛り土カバー／安定化材料として不適切です。

メタノールは明るい日光の中では肉眼では見えない不輝炎で燃焼します。対応者は遠隔地の熱源と相対温度が検出可能な赤外線装置を備える必要があります。可能な限り、この機能を緊急応答ヘリコプターに装備することが強く推奨されます。

3.2.1 港湾および海上ターミナル

港湾および海上ターミナルの貯蔵所は、通常、メタノール専用の空中屋上タンクです。汚染を避けるために内部空中屋上式が推奨されます。設備に漏出対応システムとアラームを装備することもできます。適切な鎮火能力と漏出対応能力が重要になりますが、これらは保険会社によって義務付けられる傾向があります。

特に心配なのは、誰も見ていないときに起きるタンクからの漏出です。タンクの構造、点検、メンテナンスに関する具体的な情報を得るには、米国石油協会 (American Petroleum Institute) の規定、基準、推奨実務を参照すべきです。

3.2.2 貯蔵施設

精製所や化学工場のような施設では、通常メタノール専用の貯蔵庫や取り扱いシステムを貯蔵施設として使用します。通常、タンクは空中に設置され、配管は空中およびパイプラックの上に設置されます。一般に、ガソリントankに適用する防火対策はメタノールタンクにも十分な保護を与えますが、メタノールの場合は漏出の検知、有害物質による危険、アルコール抵抗力のある火気抑制泡の準備に対する特別な注意を要します。

3.2.3 搬送容器（トートおよびドラム）

トートとドラムには問題があります。これまで、メタノール業界は、要件を十分満たすトートが容易に入手できるよう、トートの設計と製造に努力してきました。実際、トートおよびドラムの使用者数は、貯蔵庫や取り扱い設備を持つ施設の数よりはるかに多いので、本書はトートとドラムを容器として用いる場合のメタノールの安全な取り扱いの重要性を特に強調します。メタノールを取り扱う場合は、容器の選択に関してメタノール提供業者に相談することを強くお勧めします。基本的に人員がメタノールに直接触れることのない貯蔵施設の場合と異なり、通常、トートおよびドラムの使用者は、漏れやこぼれ、その後の清浄に直ちに対応する必要があります。

以下は、トートとドラムの使用時に考慮すべき対策です。

- 高く評価されている実績ある業者からのみメタノールを購入すること。なお、Methanol Institute (MI) は、メタノールの顧客にメタノール供給業者を紹介するサービスを提供しています。MI のホームページ www.methanol.org で [Methanol Source Request]（メタノール供給業者リクエスト）をクリックしてください。オンライン書式にメタノールの必要性に関する情報を記入して送信すると、世界のメタノール製造業者および販売業者を代表する MI のメンバーにその情報が送信されます。情報を受け取った供給業者は直接お客様に連絡し、価格と供給について説明します。
- 売買契約の締結前に、具体的なメタノールの用途について供給業者に問い合わせる必要があります。多くの化学品市販会社は、自社が取り扱う化学品の安全な使用のために必要な設備を有しており、サービスを提供する意思があります。
- 受領、貯蔵、現地での移送の施設と規定について合意できたら、漏出に対処する現地の対応チームを組織し、必要な行動を慎重に行うよう訓練します。

- メタノールの取り扱いに関しては、以下のような特別な規定と保護対策が必要です。
 - メタノールはできるだけ専用ゾーンで貯蔵および使用し、そのゾーンが専用ゾーンであることを明確に印し、適宜ラベルを付すこと。専用ゾーンには、そこで働く職員がすぐに使うことができる安全設備を置くこと。このゾーンは危険区域に指定され、漏出、暴露、発火などの際に保護対策がただちに利用可能であること。
 - メタノール取り扱いの専用ゾーンは、時宜にかなった方法で救援を求めるための有効な可聴警報器を備えていること。
 - ガasket、フィルタ、ホース、その他同様の補給品の材質を明確に知らせる何らかの手段を採用すること。
 - 劣化または故障が発生する前に、ガasket、ホース、“O”リングを定期的に交換すること。
 - 接地のための手順を定め、接地を定期的に検証すること。
 - 水の吸収および蓄積を防ぐ手順を定めること。
 - 漏出したメタノールが、排水溝、マンホール、閉所に浸入しないよう、対策と手順を確保すること。
 - 地下水および帯水層にメタノールが浸入しないよう、手順および対策を確保すること。
 - 人身保護および暴露軽減のための手順を定め、そのための装具を確保すること。これには、洗眼器およびシャワー室が含まれる。
 - 漏出検知および警報のための手順を定め、そのための設備を確保すること。
 - 現場での緊急応答のための手順を定め、そのための設備を確保すること。
 - 工場や施設外の場所での緊急応答のための手順を定め、そのための設備（場合によっては特別の設備）を確保すること。
- メタノールの取り扱いと小型タンク、トート、ドラムへの貯蔵に関するガイドラインおよび注意事項は、以下の規制および最良の実務に関する文書に記載されています。
 - IFC 第 34 章
 - NFPA 30
 - OSHA CFR 49 1910.119 および有害物質に関するその他の規制
 - 方針および手順を作成するに当たり、タンクローリー、トート、またはドラムによる初回のメタノール配達前に有害性および作業性研究 (HAZOP) を行い、それによって提起された安全上の考慮点も参考にすること。
 - Methanex Corporation の会社マニュアル：Container Filling Best Practice（コンテナ充填の最良実務）（資料番号 CR3RC250）
 - ISO 9001:2000 - 品質管理システム

3.2.4 電気分類

メタノールの貯蔵・取り扱い場所に近接する電気設備は、米国電気工事規定 (National Electrical Code: NEC) の要求 [42] を満たす防爆仕様である必要があります。メタノール禁止ゾーン（喫煙室、制御システム、電気スイッチギヤなど）を確実に保護するために、場合によっては正圧が必要です。

3.2.5 接地およびボンディング

静電気によるメタノールの不慮の発火を防ぐために接地は特に重要です。メタノールは導電性の極性化合物です。一般に、メタノールの貯蔵容器としては静電気が蓄積しないものが使われます。ただし、非導電性のライナーを備えたタンクなどの場合は、電荷が蓄積する割合が変化する可能性があります。

接地ストラップには先端がカーバイドのクランプを使い、塗料など非導電性の表面被覆を介して電気接触することが推奨されます。液体の空中落下から生じる静電気からの発火を防止するために、タンクおよび貯蔵容器にはディップチューブ充填装置を取り付けるべきです。

照明システム、パイプラック、ポンプ、容器、フィルタ、およびメタノール蒸気の到達範囲内および付近にあるその他すべての設備は必ず接地させます。落雷を受ける可能性のある高い塔などの設備には必ず避雷器を備え付けます。

ホースは接地する必要があります。メタノールの充填および荷揚げ作業で静電気の蓄積による火花が起きる可能性は、低硫ディーゼルのような物質でそれが起こる可能性より低く、メタノールには静電蓄積性はありません。メタノールは、ほとんどの燃料物質より高い導電性を有する物質です。しかし、高い圧力降下、油圧衝撃、侵食が懸念される移動作業では速度制限を採用すべきです。特定のガイダンスは、API および NFPA の出版物を参照してください。

ボンディングとは、流体移動中に発生する静電気を導電性または非導電性を持つ材料により散逸させるための措置です。この措置には、接地された物体を接地されていない物体に接続する手順が含まれます。メタノールの移送作業は、ボンディングおよび接地された状態で行う必要があります。

メタノールの移送作業中、充填された金属容器（ドラムやトート）と充填に使用したポンプは共にボンディングし、接地すべきです。充填パイプまたはホースには導電性のものを使い、充填システムにボンディングさせるべきです。ボンディングは、塗料、腐食、蓄積物を貫通する硬化スチールの要およびネジまたは強いバネでクランプと接続される、被覆のない約 0.3 mm (1/8 インチ) のステンレススチール線⁵を使って行います。栓を外す前に、ドラム容器の上のチャイムにボンディングクランプを取り付けます。容器の底から 2.5 cm (1 インチ) 以内までパイプを延ばします。ゆっくりと注ぎ始め（毎秒 1m 未満または容器充填速度にして毎分 5cm (2 インチ) 未満の液位上昇）、充填パイプの側面から、パイプの直径 2 倍の長さに対応する高さまで容器が満たされるまで充填します。

近年、爆発の可能性のある大気環境（ガソリンスタンド、燃料ターミナル等）での携帯電話やラップトップ・コンピュータのような個人用電子機器の使用がもたらす危険が注目されるようになりました。ガソリン蒸気（燃焼に最適な混合率で 0.2 mJ）を発火させるのに必要な

⁵ 大型の接地とボンディングのクランプには、被覆のない約 0.6~9.5 mm (1/4 ~3/8 インチ) の青銅線を使うことができる。

エネルギーは、低電圧の電気装置をつけるときに発生する静電気や火花がもつエネルギーとほぼ同等です。携帯電話やノートブックパソコンなどの電子機器を可燃性のある大気環境で操作するのは正しい慣行とはいえません。

以下の点に注意してください。

- 携帯電話はガソリン、エタノール、メタノール、プロパン、圧縮天然ガス (CNG) が発する煙霧を発火させるおそれがある。
- スイッチを入れたときまたは着信時に光る携帯電話は、炭化水素の蒸気を発火させるのに十分なエネルギーを放出する。
- 燃料充填所および燃料ターミナルにいる間、ポータブル容器に充填中、芝刈り機やボートに給油中は、携帯電話を使用しないこと（電源スイッチを切っておく）。
- 可燃煙霧または爆発性煙霧を発する物質（溶媒、化学品、ガス等）の周囲では携帯電話を使用しないこと（電源スイッチを切っておく）。

ノートブックパソコン、懐中電灯、電池式電灯、およびその他の防爆規格外の電池式装置についても同じ注意が必要です。一般的ルールとして、爆発の可能性のある大気環境 [40] から 7m (20 フィート) 以内で電子機器を使用すべきではありません。これは、発火の可能性のある煙霧源と電子機器の間の緩衝距離として十分な距離です。プロパンのような加圧液ガスの場合は、この距離を 17m (50 フィート) に延長します。

金属容器から取り出すときは、ディップパイプ、導電性ホース、ポンプを含む充填装置と共にその容器をボンディングし、接地すべきです。エポキシまたはフェノールコーティングを使ったプラスチックの内張りがある金属容器は、コーティングの厚みが 2 mm 未満の場合は金属容器として取り扱われる場合があります。内張りの厚みが 2 mm 以上の容器は非導電性として取り扱われます。メタノールを取り扱う際、非導電性の容器とメタノールが共に非導電性であるかのように取り扱います。

プラスチック容器は接地ができないので、NFPA 30「可燃性および燃焼性液体」の規定により、専門家による評価がない限りメタノールのようなクラス I 可燃性液体用に使うことはできません。プラスチック容器を使用する場合は金属容器と同じ手順に従ってください。

発火および燃焼事故の防止に関するそのほかの情報については、以下の基準および参考文献を参照してください。

- ASTM E681：可燃限界値を決定するための標準的試験方法についての説明
- Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th Edition, McGraw-Hill Book Company, San Francisco, Sec. 3, pp. 256-257, 1984.
- NFPA-325, *Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solids*, 1994.
- Glassman, I., Combustion, 2nd Edition, pp. 321-313, pp. 486-489, 1987.
- NFPA 30A, *Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages*, 2008.
- UFC, Article 52, *Motor Vehicle Fuel-Dispensing Stations*, 1997.
- NEC, Chapter 5, Articles 500-504, 2008. これらの条項はクラス I、分類 1 およびクラス 1、分類 2 危険な場所において本質的に安全な電気機器の要件を定める。
- ANSI/UL 1203 *Explosion-proof and Dust-Ignition-proof Electrical Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations*.

- ANSI/UL 913 *Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and II Division 1, Hazardous Locations.*
- UL 1604 *Electrical Equipment for Use in Class I and II, Division 2, and Class III Hazardous (Classified) Locations.*
- DOD-HDBK-263, Electrostatic Discharge Control Handbook.
- IEC 60050-426:1990, IEC 60079-4:1975, IEC 60079-4A:1970, IEC 60079-20:199.

4 保健と安全

本章では、メタノールの毒性、暴露の経路および症状、有効な制御対策、安全のための注意事項、応急措置について説明します。

4.1 メタノール暴露

4.1.1 日常的な暴露源

人はメタノールの様々な暴露源に曝されています。人は体内でメタノールを自然発生させるだけでなく、空気、水、食品に含まれるメタノールにも日常的に曝されています。一般の人にとって主要な暴露源は食品です。一般に、食品は血中メタノール背景濃度を増す原因だと考えられています。メタノールは果物、野菜、市販飲料（フルーツジュース、ビール、ワイン、蒸留酒）などの食品に広範囲に少量含まれています。食品添加剤であるアスパルテームおよび DMDC（ジメチル ジカルボネート）なども食品にも含まれています。アスパルテームは人工甘味料であり、DMDC は、お茶、スポーツドリンク、炭酸／フルーツジュース、ワイン、ワイン代替飲料に使われる酵母抑制剤で、どちらの添加剤も体内に摂取してから少量のメタノールを発生します。表 4 は、一般的な食品および飲料のメタノール濃度と、人体内のメタノールの背景濃度とを比較した例を示します。

表 4. 食品と飲料、および血中のメタノール濃度

サンプル	メタノール濃度
生および缶詰の果汁オレンジジュース、グレープフルーツジュース	1～640 mg/L (平均 140mg/L)
ビール	6～27 mg/l
ワイン	96～329 mg/l
豆類	1.5～7.9 mg/kg
レンティル豆	4.4 mg/kg
炭酸飲料	約 56 mg/L
人体背景濃度	0.5 mg/kg (0.73 mg/l 血中)

食品以外では、塗料、フロントガラス洗浄液、不凍液、解凍剤、接着剤など、メタノールを溶媒として含有する一部の製品によって（主に吸入により）メタノールに被曝します。タバコの煙にも、1本につき 180 マイクログラム (μg) というレベルでメタノール蒸気が含まれていることがあります。メタノールはラップトップや携帯電話といった市販の電子機器の燃料電池にも使用されています。燃料電池を動力源とする自動車も、水素担体燃料としてメタノールを使う場合があります。これらはメタノールの用途として比較的新しいものですが、今後さらに汎用化する可能性があります。

これまでの研究で、米国の一般人のバックグラウンド血中メタノール濃度は 0.025 mg/L から 4.7 mg/L (1 リットル当たりの濃度 (ミリグラム単位)) であることが示されています。対照試験では、200 ppm のメタノールを含有する空気を吸入する場合、人の血中濃度は 10 mg/L 未満です。

空気中のメタノール蒸気への日常的な環境被曝のほとんどは、職業被曝レベルをはるかに下回ります。農村地域では空気中のメタノールへの環境被曝レベルは通常 0.0008 ppm 未満であり、都会に近づくにつれて徐々に増し、都会では 0.03 ppm です。現在、一部のメタノールは、M85 と呼ばれる、メタノール 85%とガソリン 15%の混合液である代替燃料として使われています。提案されている石油燃料代替品としてのメタノールの使用によって、自動車の排ガスおよび燃料補給所から空気中へ排出されるメタノールの量が増える可能性があります。

職業被曝（職場での被曝）は、メタノールへの 1 日の最高被曝限度に達する可能性があります。通常、職業被曝は、生産または使用中にメタノール蒸気を吸入することによって生じます。米国で生産されるメタノールの約 70%は、他の有機化学品および様々な製品（フロントガラス洗浄液など）の製造原料として使われます。また、廃水および下水の処理にも使われます。メタノールへの職業被曝は、メタノールの生産中に起こることもあれば、冷媒システムに含まれたメタノールや、ホルムアルデヒド、MTBE、酢酸、およびその他の工業化学品の生産時の成分として含まれるメタノールによっても起こります。米国労働安全衛生局 (Occupational Safety and Health Administration: OSHA) のメタノールの時間加重平均 (TWA) 許容被曝限度 (PEL) は、1 日 8 時間/週 40 時間労働で 200 ppm です。

メタノール燃料の輸送バスに燃料を補給する作業員の呼吸ゾーンで測定されたメタノール蒸気の濃度は、全体では 10 ppm 未満でした。バスの燃料フィルタ交換作業（2 分間で行われる手順）を行う機械工の呼吸ゾーンで測定されたメタノール蒸気の濃度は、平均約 50 ppm でした。

4.1.2 事故暴露源

先に述べた被曝の可能性よりは低いですが、メタノール含有燃料を溶媒として使用すること、および不慮の漏出によって、一般の人がメタノールに被曝する可能性もあります。知っておくべきメタノールの被曝事故の原因はもう一つあります。毎年、ガソリンを誤飲する場合は数千件も米国毒物管理センターに報告されています。データを分析した結果、誤飲の 39%は十代および青年の男子によるもので、36%は 6 歳未満の小児によるものです。前者のケースのほぼすべては、燃料を容器から容器へ口移ししようとして発生しています。後者のケースのほとんどは、使用済みの飲料容器に入れられたガソリンを小児が見つけて誤飲したケース

です。ガソリンの場合の主な危険は、吐き戻したガソリンを吸引し化学性肺炎を引き起こすことです。しかし、このようなケースがガソリンではなく **M85** で起きた場合、メタノールによって深刻な病気または死亡の可能性は大きく増大します。メタノール溶液が皮膚に触れると、急速に吸収され毒性の兆候が現れる場合があります。経皮でメタノールの毒性に被曝した小児のケースが報告されています。

下表は、いくつかのメタノール潜在被曝経路、および体重 **70 kg (154 lb)** の人がメタノールに被曝した場合の体内負荷量を示しています。

表5 メタノール体内負荷量[32]

暴露／摂取量	メタノールの体内負荷量
背景体内負荷量	35 mg*
手の皮膚との接触（液体メタノールを2分間）	170 mg
吸入（40 ppm のメタノールを8時間）	170 mg
吸入（150 ppm を15分）	42 mg**
12 oz (0.34 l) のメタノールの摂取（アスパルテーム使用のダイエット飲料）	21 mg
0.2 mL のメタノールの摂取	170 mg
25～90 mL (0.7～3 oz) のメタノールの摂取	致死量 (約 21000～70000 mg)

*体重 70 kg の人に対する 0.5 mg/kg の体内負荷量から推定

** 肺で 100% 吸収されると仮定（実際は 60%～85% の可能性が高い）

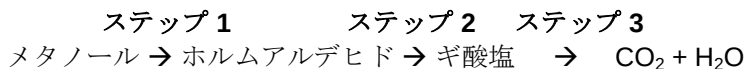
4.1.3 暴露経路

メタノールが身体に取り込まれる主要経路は、吸入、接触による経皮吸収、目からの吸収、そして飲食による摂取です。

4.1.4 メタノールの代謝

メタノールはすべての暴露経路によって容易かつ急速に吸収され、急速に全身に広がります。人体は、吸入したメタノールの **60～85%** を吸収します。少量は代謝されずに肺および腎臓によって老廃物として排出されます。体内におけるメタノールの代謝速度 (**25 mg/kg-hr**) はエタノールの代謝速度の **7 倍遅く**、血中濃度から独立しています。人は体内でメタノールを代謝し、まずホルムアルデヒドに変換します。次に、このホルムアルデヒドは高濃度では毒性のあるギ酸塩に変換され、最終的に二酸化炭素と水になります。経口または経皮被曝後の呼気のメタノールの半減期は **1.5 時間** です。人がギ酸塩を二酸化炭素に代謝する能力は限られているため、多量のメタノールに被曝するとギ酸塩は体内に蓄積されます。ギ酸塩は、生成速度がその代謝速度を超えると、メタノールの毒性の影響が認められるようになります。人の体内におけるメタノールの背景濃度はギ酸塩の蓄積を起こさず、健康上有害な影響もありません。これまでの研究では、**200 ppm** のメタノールの短期吸入被曝では血中メタノール濃度は **10 mg/L** 未満であり、血中ギ酸塩濃度は増加しないことが示されています。

人が吸収したメタノールの代謝



4.1.5 被曝の影響

メタノールは毒です。このことは、1 回の被曝で重度の影響、時には致死の急性毒性作用の原因になる可能性があることを意味します。したがって、主な懸念は、主要経路を介した急性の被曝です。メタノール被曝の兆候と症状は、すぐには現れません。暴露してから発症するまでの潜伏時間は、原因の取り違いによる誤診の元となる可能性があります。当人が被曝したことに気づいていない場合、メタノールの毒性を知らない場合、メタノールとエタノールとイソプロピルアルコールの違いを知らない場合は、特にこの心配があります。

4.1.5.1 一般的な症状

どの被曝経路であってもメタノールの毒性は同じです。全身性の毒性作用は最初に被曝してから 8～36 時間の間に発症する場合があります。メタノールは目、皮膚、呼吸器官の炎症の原因となります。また、皮膚の自然な油脂を取り除き、皮膚の乾燥とひび割れを起こす原因ともなります。1 回の急性被曝だけでも、視神経、中枢神経、末端神経系に永久的な損傷を及ぼすおそれがあります。メタノールの毒性作用によるその他の兆候および症状として、頭痛、めまい、嘔吐、激しい腹痛、腰痛、呼吸困難、四肢の冷え、嗜眠、協調運動失調が挙げられます。また、眼球被曝は、涙目、赤目、腫れ、焼けるような刺激感の原因となります。液体に直接触れると結膜炎および角膜のやけどを起こすおそれがあります。大量被曝では失明および致死のおそれがあります。

4.1.5.2 急性の影響

多量のメタノール急性被曝の影響は、人体に対するアルコール毒性の研究および動物実験からすでに明らかです。一般に、そのような影響を受けた人は、中枢神経系の軽度の機能低下を伴う中毒症状が短期間続いた後、中毒または毒性による症状がない期間（通常 12～14 時間）を経験します。その後、頭痛、吐き気、嘔吐、平衡感覚の欠如、激しい腹痛、呼吸困難など中毒の身体的症状が現れます。これらの症状の後、昏睡状態および死に至る場合があります。メタノールの急性毒性のその他の特徴は、視覚障害および体内の酸の蓄積です。メタノール暴露は視力に影響を与え、その結果、光に対する過敏症、かすみ、ぼやけといった症状が出ることや、視力の激減、さらには失明にまで至ることがあります。

メタノールは微量でもメタノール被曝を引き起こす場合があります。1 歳児が 100%メタノールの燃料を飲み込んだ場合、小さじ 1 杯 (4 mL) 未満でも致死量になります。3 歳児の場合は小さじ 1.5 杯 (6 mL)、成人の場合は大さじ 2 杯 (28mL) 未満です。

4.1.5.3 慢性の影響

急性で高濃度の被曝による影響はすでに明らかにされていますが、少量のメタノールへの慢性被曝の影響に関しては未知の部分があります。限定的な事例報告および疫学的研究によると、慢性的メタノール被曝の影響は急性被曝の場合と類似しており、視神経および中枢神経系の障害を伴います。皮膚への直接の接触が繰り返されると、乾燥やひび割れを伴う皮膚炎を起こす場合があります。慢性的被曝のその他の症状としては特に視覚障害が顕著であり、その他に目の炎症、頭痛、めまい、不眠症、胃腸障害、視覚障害が挙げられます。

経済協力開発機構 (OECD) のスクリーニング情報データセットによると、メタノールは、神経学的効果、中枢神経系 (CNS) 機能低下、眼球作用、生殖機能および発育への作用、臓器に対する毒性などの、潜在的な危険性による人の健康への影響について、詳細な研究対象の候補に挙がっています。被爆量に応じた急速な代謝と排泄作用が知られています。

現在、メタノールは国際統一機関または行政機関 (IARC、NTP、NIOSH、ACGIH、OSHA 等) による発ガン性物質一覧に記載されていません。EPA の統合リスク情報システム (IRIS) は、メタノールの健康上の危険および用量と反応の関係に関する評価を実施しています。2009 年 12 月に外部査読用に公開された「IRIS メタノールの毒物学研究 (IRIS Toxicological Review of Methanol)」草案では、証拠の重みからは、メタノールが人体にとって発ガン性物質である可能性が高いという決定で一貫していると結論付けています。つまり、「この薬剤は、人体における発がん性のエビデンスの有無によらず、1 種類以上の種、性別、系、または被曝経路についての動物実験で陽性であった」と定められています。2011 年 3 月、EPA は米国国家毒性プログラム (NTP) からの報告の後に「IRIS メタノールの毒物学研究 (IRIS Toxicological Review of Methanol)」草案の外部査読を延期しました。NTP は、その報告の中で、ヨーロッパの研究所が完了したメタノール研究で報告された、特定の腫瘍の診断に関する見解の相違を解決するために再調査を推奨しています。EPA および国立環境衛生学研究所 (National Institute of Environmental Health Sciences) は、Methanol Institute が実施した特別な研究の独立した病理学作業部会 (Pathology Working Group (PWG)) による再調査を共同で支援する予定です。

IRIS 毒物学研究 (IRIS Toxicological Review) 草案によると、「メタノールの長期的投与後の人体におけるガンの観察に関する文献からは情報は得られない」とあります。同様に、人のメタノール被曝と、先天性欠損または生殖機能障害の増加との相関を示すデータはありません。しかし、マウスおよびラットで得られたデータでは、多量のメタノールの吸入または経口被曝は発育に有害な影響があることが示されています。マウスおよびラットのメタノール代謝は人の場合と異なるので、これらの研究によって人の健康に与える影響も予測できるかどうかについては疑いの余地があります。

10 mg/L を超す高い血中メタノール濃度になるレベルで妊婦がメタノールに暴露された場合は、胎児の発育に与える有害な影響が懸念されますが、通常メタノールの許容被曝限度 (PEL) では 10mg/L 以上の血中メタノール濃度にはならないと予測されます。ただし、この値は「安全な」最高血中濃度を表すものではありません。

4.2 暴露の制御

4.2.1 工学的制御

容器を取り扱う際の暴露の可能性を最小限に抑えるために、可能な場合はドラムまたは他の貯蔵容器から液体メタノールを自動ポンプで汲み出します。メタノールは常に密閉システムに保管すべきであり、大気に暴露した状態で放置すべきではありません。詳細は、3.2 項 (メタノールの貯蔵) および第 5 章 (メタノールの安全管理) を参照してください。

4.2.1.1 換気

建物の換気システムは、通常の稼動時は新鮮な空気を供給し、漏出の可能性を考慮したシステムにする必要があります。自然の換気で十分な場合もありますが、そうでない場合は機械的換気システムを設置すべきです。各現場の特徴を考えて換気の必要性を決定すべきですが、最終的な目標は空気中のメタノール濃度が 200 ppm を超えないようにすることです。

可能な場合は作業場を包囲し、メタノールの移動、使用、または排出が行われる現場に適切な局所排気装置を使用してください。換気方式は空気溜まり、メタノールのプロセス温度、対流、風の向きなどの要因に依存します。これらの要因は、装置の場所、タイプ、能力を決定する際にも考慮する必要があります。機械的換気を取り付ける場合は、火花防止ファンを使用する必要があります。

4.2.2 暴露管理

メタノールにはかすかな甘いアルコール臭がありますが、人の安全暴露限度である 200 ppm の 10 倍に相当する 2000 ppm 以上の濃度に達するまでは、人がメタノールの存在に気づくほどの臭気になりません。メタノール臭は濃度の指標として適していないので、何らかの方法で暴露の定量的測定をする必要があります。これは、職員の健康を守るためにも、適用されるすべての規制に準拠しているかどうかを知るためにも欠かせないことです。

メタノール蒸気濃度の測定は、比色検出管のような直接測定式ガス検出管、または携帯式ガスモニターのような電子計器を使って行うことができます。ガスモニターを使えばメタノール濃度を連続測定することができ、特定の濃度にアラームを設定することも可能です。また、シリカゲル吸着管のある空気サンプリングポンプで人体の TWA 暴露濃度を測定することもできます。



携帯式ガスモニター



ガス検出管

(資料提供：Drägerwerk AG。許可を得て掲載しています。)

現在、OSHA の PEL および米国産業衛生専門家会議 (American Conference of Governmental Industrial Hygienists : ACGIH) によるメタノールの限界値 (TLV) は 200 ppm です [3]。どちらの値も 8 時間の TWA 暴露に基づくものです。ACGIH によるメタノールの短期暴露限界は 250 ppm であり、皮膚に関する注意書きも含まれています。米国立労働安全衛生研究所 (National Institute for Occupational Safety and Health : NIOSH) も、10 時間の TWA 推奨暴露限界を 200 ppm に設定しています。OSHA の PEL は、メタノールのような有害物質への暴露による健康に有害な影響から作業員を保護するために設定されています。PEL は、職場で超えてはならない空気中の物質の量または濃度を定める規制限度です。また、PEL には皮膚に関する指示も含まれています。これは、PEL レベルでメタノールを吸入した場合に吸収される量を超さないために、皮膚吸収を防ぐべきであることを警告する役割を担

っています。ACGIH TLV は、工業衛生士およびその他の保健・安全を専門とする者が、職場に存在する様々な化学物質の安全な暴露レベルを決定する目的で使うガイドラインです。PEL も TLV も、典型的な作業員が健康上の有害な影響を受けずにいられる最大暴露限界です。

また、ACGIH は数多くの化学物質の生物学的暴露指標 (BEI) も公表しています。BEI の決定因子は、人による化学物質の「摂取」の指標です。ほとんどの BEI は TLV との直接相関に基づきますが、健康への有害な影響と直接関連付けられる場合もあります。作業シフトの終了時に採取された尿に含まれるメタノールの BEI は 15 mg/L です。

4.2.3 人身保護装具

メタノール被爆は、メタノールの使用または取り扱い中の吸入、経皮吸収、目との接触、または摂取によって生じます。メタノールの被曝リスクレベルによって、適切なレベルの人身保護装具の必要性が決まります。最低でも、サイドシールド付きの安全メガネまたは安全ゴーグルと、作業に適切な手袋が推奨されます。また、状況に応じ、その他の人身保護装具も必要になります。

4.2.4 呼吸器官の保護

呼吸器官を保護する装具の選択は、有害物質の存在と被曝の可能性に基づいて行うべきです。有機ガス (OVA) カートリッジの有効寿命は非常に短いため、OVA カートリッジ付きの空気浄化マスクはメタノールの蒸気からの保護には不適切です。さらに、メタノールの臭気しきい値は 100~1500 ppm の間で変動します。したがって、このマスクでは、メタノール蒸気漏出時にマスクがメタノールからの保護機能を失っている場合に、そのことを知らせる十分な警告が得られない場合があります。呼吸器官保護装具として推奨されるのは、圧力要求モードまたは他の正圧モードで作動する、顔面全体を覆うタイプの呼吸マスクです。適切なタイプのマスクかどうかを評価する際は、目を保護する必要性も考慮すべきです。特定の仕事や作業のために呼吸器官保護装具を使う必要があるときは、必ず試着して試し、また、定期的なメンテナンスを行ってください。下表は、空気中のメタノール濃度によって呼吸器官保護装具の必要性を決定するための目安です。

表 6 呼吸器官の保護の目安

空気中のメタノール濃度	呼吸器官の保護
<200 ppm	保護不要 皮膚と目の保護が必要な場合もある。
200 ppm 以上	1 日の時間加重平均 (TWA) 暴露が限度を超えるか、余分な暴露経路 (皮膚、目、摂取) がある場合は、保護が必要。保護が必要な場合は送気マスクを使用すること。
>200 ppm 持続	自給式呼吸マスク (SCBA) 系の使用が必要 (正圧 SCBA 等)

4.2.5 耐薬品性の衣類／素材

皮膚へのメタノールの接触が繰り返されることや長期にわたることが予想される場合は、耐薬品性の衣類／素材を使用すべきです。これには、例えば、ゴム長靴、耐薬品手袋、およびその他の不浸透性および耐薬品性の衣類が含まれます。耐薬品性の素材としては、ブチルゴムおよびニトリルゴムが挙げられます。メタノール (メタノール蒸気も含む) が目に接触す

る可能性がある場合は薬品よけゴーグルを着用してください。さらに保護を高める場合は顔面全体を覆うシールドを着用しますが、これでゴーグルを代用することはしないでください。

表 7 は、状況別の適切な人身保護装具のガイダンスです。

表 7 人身保護装具の選択

蒸気のリスクも液体がはねるリスクも少ない	蒸気のリスクは高いが液体がはねるリスクは少ない	蒸気のリスクも液体がはねるリスクも高い
難燃性の衣類	全身化学防護服	全身化学防護不浸透性服
手袋（シルバースールドまたはディスポタイプのニトリル製）	耐薬品性ゴム手袋	耐薬品性ゴム手袋
サイドシールド付き安全メガネ	全面送気マスク	SCBA または圧縮空気呼吸マスク (CABA)
長靴全体を覆うカバー	耐薬品性ゴム長靴	耐薬品性ゴム長靴

4.3 安全のための注意事項

4.3.1 日常的な作業

メタノール蒸気は可燃性であるため、静電気によって発火する可能性があります。したがって、静電気が生じる可能性がある場合は常に接地およびボンディングを設置すべきであり、これはすべての設備に要求されます。一般に、静電気による発火を防ぐには、先端がカーバイドのクランプ（塗料を通して良好な接触を確保するため）およびディップチューブ充填を用います。

安全のために推奨されるその他の注意事項を以下に記します。特別な作業または危険性の高い作業では、追加的な注意事項が必要となる場合があり、それらについては次の項で説明します。

- 禁煙にすること。
- 車両の進入は厳しく管理すること。
- 建物内で予想される最大の蒸気レベルに対処する十分な換気が得られること。
- 制御室、電気スイッチ室、喫煙室などメタノール禁止ゾーンには正圧が必要な場合がある。
- 貯蔵タンクから大気に排気する弁は、火で熱された場合（緊急時）の蒸気放出にも対応するサイズにすること。
- 電気設備は、米国電気工事既定の要求を満たす防爆規格でなくてはならない。
- メタノールによる火災では、（水に対する）泡の割合を **6%** に維持する装置とともに耐アルコール水性皮膜形成泡 (AR-AFFF) の使用が推奨される。
- 小火に備え、ドライケミカル消火器を使いやすい場所に配備しておくこと。手持ちタイプおよび車輪付きタイプの両方を十分に供給すること。
- 十分なホースを備えた消火栓を戦略的に配備すること。

- 規模の小さい漏出の場合は、砂、土、または他の不燃性吸収剤で対応した後、水で洗い流すこと。より規模の大きい漏出の場合は、水で希釈して堤防で封じ込め、後に廃棄すること。
- 照明は接地すること。高さのある容器や構造物には、確実に接地された避雷針を取り付けること。

4.3.2 特別な作業または危険度の高い作業

4.3.2.1 閉所に入る場合

多くの職場に、職員の入退室や作業などが通常禁じられている「閉所」があります。閉所とは、そこへの入退室の手段が制限されている場所であり、職員が常時そこにいることを意図して作られた場所ではありません。閉所の例として、地下室、タンク、貯蔵容器、マンホール、ピット、サイロ、プロセス容器、パイプラインなどが挙げられます（ただしこれらに限定されません）。さらに、閉所の空気は酸素が欠乏していることや、毒性または燃焼性であることが多いので、OSHA は閉所を「要許可」の場所、すなわち入室に許可を要す場所として分類しています。閉所での死亡事故は、閉所内の空気を入室前にテストしなかった場合や継続的にモニターしなかった場合に起きています。閉所入室手順は、政府および地方自治体の全規定と規制に従う必要があります。

空気中の酸素が欠乏する可能性に加え、閉所に蓄積したメタノール蒸気が発火する可能性もあります。メタノールの爆発下限値 (LEL) は 6 体積% (60000 ppm) であり、これは脱出限界濃度 (IDLH) の 10 倍です。メタノールの爆発上限値 (UEL) は 36 体積% (360000 ppm) です。空気中の濃度が LEL 未満では、炎が広まるのに十分なメタノール蒸気はありません。空気中の濃度が UEL より高い場合は、メタノールが多すぎて酸素が不十分なため、やはり炎は広がりません。メタノールの LEL と UEL は、12~41 ° C (54~106 ° F) の範囲の温度に対応します。したがって、この温度範囲内でメタノールは燃焼します。爆発（燃焼）範囲のメタノール蒸気の濃度は毒性であるため、空気中の濃度を健康上安全な濃度に保てば、火災を起こさないために安全な濃度にも保たれます。しかしながら、火災を起こさないために安全な濃度に保っていても、呼吸に安全な濃度であるとは限りません。

閉所では、メタノールの空中浮遊濃度を LEL 未満および許容暴露限度未満に維持するために換気装置が必要な場合があります。メタノールが存在する可能性のある閉所に入室する前に、爆発濃度でないことを必ず確かめてください。

4.3.2.2 ホットワーク

ホットワークとは、熱、炎、火花、または煙が発生するすべての活動のことです。例えば、溶接、ろう接、ハンダ付け、切断、熱処理、研磨、電動ツールを使う作業などはホットワークです（ただしこれらに限定されません）。メタノールは極めて可燃性が高く、メタノール源の近くでホットワークを行うと、メタノールが発火することがあります。

NFPA および OSHA はメタノールをクラス 1B 可燃性液体として分類しており、国連は可燃性液体 (UN 有害物質クラス 3) として分類しています。メタノールは常温以下でも蒸気を発します。メタノールは開放された場所で空気と混ざると燃えます。空気の比重を 1.0 とすると、混合されていないメタノール蒸気の比重は 1.1 です。メタノール蒸気は空気よりやや重く、地面に沿って短距離（数メートルまたは数ヤード程度の距離程度）移動してから発火点に達し、逆火を起こす場合があります。その場合のメタノールの移動距離は放出の状況によって異なります。渦放出は空気との急速な混合を促し、非渦放出では空気との混合は遅くなります。

純メタノールの引火点は 12°C (54°F) と低く、広範な可燃範囲（6～36 体積%）を有します。引火点とは、液体が、液体の表面近くの空気と混ざって発火可能な混合気を生成するのに十分な蒸気圧となる最低温度です。可燃範囲とは、空気とメタノール蒸気との混合気が（発火源がある場合に）発火可能な濃度範囲です。この可燃範囲は、メタノールが空気にながらかに混合している濃度から、かなり混合している濃度までの幅広い濃度範囲にかけてメタノール蒸気が発火可能であることを意味します[33]。空気中のメタノールの最小燃焼エネルギー(MIE) は、ガソリンの MIE よりもわずかに低くなります。局所的なホットスポットが引火点を超え、メタノールが発火する場合があります。発火したメタノールは、直射日光下では非常に見えにくい、透き通った青い炎を出して燃えます。メタノールが燃えているのに炎が見えないため、火災の危険に気づかないままでの危険性があります。

ホットワークに伴う危険は、事前承認、安全な溶接作業、防火対策を含む効果的なホットワーク計画を実施することによって軽減できます。

4.4 応急措置

応急措置とは、暴露された人に対し、医療従事者によるサービスまたは推奨が得られる前に直ちに施す臨時的処置です。応急措置では早急な行動が欠かせません。場合によっては、できるだけ早く医療処置を受ける必要があります。メタノールまたはメタノール含有物質の化学製品安全データシート (MSDS) に書かれた応急措置情報をよく読んで理解しておくべきです。

4.4.1 吸入

メタノール蒸気を吸入した場合は、吸入してしまった人を新鮮な空気の場所に直ちに搬送し（ただし、それを安全に行える場合に限り）、温かく安静に保ちます。呼吸器障害の兆候がないことを確認します。呼吸困難の兆候がある場合や呼吸が停止した場合は、直ちに人工呼吸／心肺蘇生術 (CPR) を施し、医療処置を手配します。応急措置をしている人が有資格者（訓練を受けた者）である場合は、補助換気をしながら酸素を吸引させることができます（必要に応じて）。

4.4.2 皮膚との接触

皮膚に接触した場合は直ちに非常用洗眼シャワーまたは安全シャワーを使用し、被曝した部位を多量のぬるま湯で少なくとも 15 分間洗い流してください。汚染された衣服および靴は、シャワーを浴びながら脱いでください。被曝部位を石鹸と水で洗浄してください。刺激感または痛みが続く場合、あるいは毒性の症状が発症した場合は医療措置を受けてください。汚染された衣類および靴は洗ってから使ってください。

4.4.3 目との接触

目に接触した場合は直ちに多量のぬるま湯で少なくとも 15 分間、洗眼してください。洗眼の間は、影響を受ける範囲の眼球組織および瞼がすべて水に触れるよう、瞼を開いたままです。医療措置を受けてください。

4.4.4 誤飲または誤食

メタノールを摂取すると死に至る場合があります。摂取後 18～24 時間後に発症する場合があります。無理に吐かせようとしないでください。直ちに医療措置を手配します。数日間には十分な治療を受けるようにし、様子を見てください。

メタノール中毒の処置は明確です。アルカリとエタノールの投与および血液透析を受けます。アルカリは、血中に蓄積したギ酸塩に対処するために投与されます。エタノールを投与する理由は、メタノールをギ酸塩に代謝する酵素を奪う作用がエタノールにあるためです。この酵素は、エタノールとメタノールの両方が存在する場合、メタノールよりもエタノールを好んで代謝します。透析は、メタノールおよびその有害生成物を血中から取り除く上で役立ちます。メタノール中毒の処置に解毒剤（注射による）を使用することも可能です。

5 メタノールの安全管理：プロセスの安全

本章では、非常に危険性の高い物質の「プロセス安全管理」について説明します。いわゆる「OSHA プロセス安全管理基準 [60]」（49 CFR 1910.119 規定）によると、プロセスに接続され少なくとも 1,508 ガロンまたは 10,000 lbs 以上ある場合、メタノールは非常に危険性の高い物質に分類されます。この「プロセス安全管理」が化学物質の危険・有害性を適切に管理する唯一の方法というわけではありません。しかし、その原則を賢明に適用する限り、これが有効な方法であることは過去 20 年間の実績により実証されています。この基準はインターネットの US. OSHA ウェブページから無料で入手できます。

国際電気技術委員会 (International Electrotechnical Commission: IEC) は、OSHA のガイダンスの補足として便利な、機能的安全に関する優れた詳細な基準を提供しています。関連情報は、経済協力開発機構 (Organization for Economic Cooperation and Development: OECD) の *Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness, and Response* (化学物質事故の予防、対策、および対応) [50] または *Control of Major-Accident Hazards Involving Dangerous Substances* (危険物質が関わる事故の主な危険・有害性の管理) (欧州指令第 96/82/EC 号) から得ること、あるいはフランス規格協会 (Association Française de Normalisation : AFNOR)、ドイツ規格協会 (Deutsches Institut für Normung E.V.: DIN)、国際標準化機構 (International Organization for Standardization: ISO)、米国石油協会 (American Petroleum Institute: API)、米国機械学会 (American Society of Mechanical Engineers: ASME) から得ることも可能です。OSHA のプロセス安全管理基準をメタノール取り扱い手引きの模範として選択した理由は、この基準が、化学プロセス工業を安全かつ経済的に堅固な産業として維持するために何らかの形で必ず実施しなくてはならない管理職の義務と責任の概要を与えるためです。

メタノールの生産と流通の過程においては、製品が長距離輸送され、あらゆる工程に携わる多くの人が関わります。そのような人々の多くは、原料メタンガスの採掘に始まり、保存容器（タンク、トート、ドラムなど）への充填施設にいたるまで、メタノールの安全な生産、貯蔵、輸送のための注意を払ってきました。

メタノールの製造プロセスの全面およびその流通チェーンの全段階で放出事故を防ぐために、これまで文字通り数億ドルという巨額が出費されてきました。生命の安全、環境の質、そして資本資産を守るために、そのような努力が払われてきたのです。それは、メタノールが本来持つ危険要因である直接の暴露によって、損害や劣化、損傷を受ける可能性があるからです。

この化学物質を安全かつ責任ある方法で使用することは、安全使用における受託責任の一環です。メタノールがある場所から次の場所へと搬送される保管連鎖を継続する上で、取り扱いおよび保管のすべての面で最高のエンジニアリングと管理実務を採択することは、ほとんどの国で使用者に期待されるものであり、法的義務でもあります。

プロセス安全管理は、有害物質を管理するために規範的というよりはむしろ説明的な指令管理方法を採用しています。プロセス稼働者および化学品取扱者が各自、安全で責任ある効率

的な方法で稼働および保守をするために、最良の方法を決定する上で最大の自治権を与えるよう、この方法が選択されました。本手引きの観点からは、会社設備に当該 OSHA 基準の規定が現在適用されているか、あるいは今後それが適用されるかどうかは重要ではありません。重要な点は規制ではなく責任にあります。当該プロセス安全管理基準の基本的な構造が安全な製造、貯蔵、使用のための有効な枠組みを与えることは、これまでの長年の使用により実証されていますので、この基準を上手に活用されることを願うものです。プロセスの安全は、この基準に関する知識が力であるという原則の上に立っています。

つまり、知識という力が制御を可能にし、その制御が基本的な管理機能を果たすという原則です。プロセス安全管理 (PSM) の目的は、化学物質、プロセス技術、および化学物質に基づく活動に用いられる大小の設備に伴う危険・有害性を知り、理解し、抑制することです。

PSM は 14 の管理要素によって構成されています。各要素は、化学的危険の安全管理に必要なプロセスの特定の局面に取り組んでいます。各要素はそれぞれ独立していますが、他の要素と互いにに関わり、互いに強化するものでもあります。表 8 が示すように、要素は、知ること、実行すること、対応すること、修復すること、学習すること、検証すること、保護すること、という 7 項目に分類されます。各項目の中での要素の編成は、ある前提に基づいて行われています。その前提とは、化学的プロセスに関わる資産を安全に操作および維持するには、それが総員 2 名の実験室か、廃水処理工場か、それとも大規模な製造プラントかに関わらず、必ず (1) 実行前に自分が何を実行するかを知ること、(2) 実行すること、(3) 不慮の事故に対応し、その修復をすること、(4) 誤りから学ぶこと、(5) 管理のための制御が意図するとおり機能していることを検証すること、(6) 専有資産を守ることが必要であるというものです。

表 8 プロセス安全機構

分類	PSM 要素	分類	PSM 要素
	知る		対応および修復する
	社員の参加		緊急時計画および対応
	プロセス安全情報		学習する
	プロセス上の危険分析		事故調査
	操作手順		検証する
	訓練		プロセス安全査定
	実行する		保護する
	委託業者		企業秘密
	始動前の安全評価		
	機械的完全性		
	危険・有害性を伴う作業の許可		
	変更管理		

PSM の各要素は、一定の順序で行われる 5 年間のサイクルを繰り返すことにより、時間をかけて何度も適用されます。サイクルを重ねるにつれ、施設の管理職もスタッフも定期作業の確立の仕方と施設稼働方法の改善の仕方を習得し熟練していきます。

本章の残りの部分は、当該 OSHA 基準の各要素の意図について大まかに説明します。

5.1 社員の参加

社員の参加に関する指導的原則があります。それは、プロセスシステム設備を安全かつ効率的に稼働維持する過程に関する最も詳細な情報を熟知すべきなのは社員自身であるという原

則です。PSM は、プロセス安全管理への社員の参加に関し経営陣が採るべき行動として、次に挙げる 3 つを特定しています。

1. 雇用主は、社員参加計画についての文書を作成する。
2. 雇用主は、プロセスの安全のすべての要素および側面の実施に関して社員と協議する。
3. 雇用主は、プロセスの安全を管理する目的で作成されたすべての情報をオープンに利用させる。

実質的に、プロセス安全計画のすべての面は社員に帰属し、雇用主には、その計画を作成、支援し、そのために出資する責任と義務、およびその計画が期待通りに機能し、意図する結果をもたらしていることを検証する責任と義務があります。社員は、自分たちが何を知らないかを認識していません。ですから、メタノールに関わる危険とリスクとそれらのリスクの管理方法を全社員に知らせることは、雇用主の責任です。通常、事故災害は、メタノールの取扱者またはメタノールの貯蔵および取り扱い領域の近くで作業する作業者がメタノールのリスクを知らなかったために発生しがちです。事故災害は、管理職／経営陣が社員を正しく訓練および監督しなかったことを示唆しています。

5.2 プロセス安全情報

プロセスの制御限界内および異常な条件下で化学物質がどのように作用するかを理解するためには、組織のすべてのレベルでプロセスに関する具体的で正確な詳細情報が必要になります。次の 3 つのタイプの情報を収集し、編成し、社員が利用できるようにしてください。

1. プロセス内の化学物質の危険に関する情報
2. プロセス技術に関する情報（安全な制御パラメータ限度を含む）
3. プロセスで使われる設備に関する情報

社員はこれらの情報を絶対に知っておくべきです。これは操作担当者、メンテナンス要員、および彼らの監督者が以下の必須条件を確実に満たすことを目的としています。

- 潜在的なすべての作業状況（非定常プロセス、変動、逸脱、転倒、始動、停止、緊急停止を含む）におけるプロセス化学物質の性状を知っており、理解している。
- 電源喪失、設備故障、人為的ミス、自然災害（地震、津波、洪水、台風等）によって引き起こされる異常な操作状況における逸脱の原因となるプロセス技術について理解している。
- 異常な状況での設備の圧力、温度、抑制の限度を理解して対処することができる。
- 設備の設計および構造が「一般に認可・容認されている工学上の慣行」に準ずるものであることを保証する。
- 作業者は職務に適した状態にあり、装置が継続的なサービスに適した状態にあることを確認する。

5.3 プロセス危険分析

プロセス危険分析 (PHA) (危険評価、リスク評価、危険特定技術とも呼ばれる) が必要な理由は、時とともに状況と見解は変化するためです。PHA は、プロセス材料が作業現場、地元地域社会、環境へ事故により放出されることを防ぐために、異常な操作状況から保護する十分な安全策がとられていることを定期的に検証します。

OSHA 基準のこの要素は、プロセスの複雑さに対し適切な分析技術を用いてプロセスのすべての面について PHA を実行するよう規定しています。PHA は、プロセスおよびプロセスに接続された危険化学物質による危険が意図される操作範囲内で制御されるかどうかを特定、評価、検証します。また、設備の故障や人為的ミスの結果発生する異常な状況により作業員と委託業者の健康を損ねたり、環境が害を受けたりしないことを保証します。PHA チームは、各特定の状況がいくつもの保護層によってよく守られていること、事故による環境への放出が軽減されること、放出事故の際の緊急応答が迅速かつ適切で有効なものであることを検証します。これらのうちのどれか 1 つでも不十分（欠如している、信頼性がない、または設計が不備）であれば、特定の欠陥を是正するための提案が行われます。是正は時宜にかなった方法で行われるべきです。

5.4 操作手順

安全な操作を維持するには、操作担当者は安全な操作状況とそうでない状況を見極められなくてはなりません。同様に、設備操作と、通常の操作および異常な操作状況でのプロセス制御に伴う特定の仕事を、いつどのように行うかも知っている必要があります。

雇用主は、始動、操作、停止、通常および異常な操作状況での緊急停止に必要な工程についての操作方法説明書を操作担当者に提供する必要があります。手順には、温度、圧力、濃度、流量、ヒーター発火速度、ヒーター排気ガスの組成、タンクおよび容器の容量、その他の重要な環境条件などの安全操作に必要な上限値と下限値を明確に記載すべきです。

操作手順の改訂は、別種変更がプロセスに行われた場合も行うべきです。手順は毎年更新し、内容が正確であることを毎年検証する必要があります。

5.5 訓練

操作担当者は、文書として作成された操作手順を解釈して適用するための訓練を受けなければなりません。便宜上、訓練には講義および個別の実地訓練の両方を含めます。大規模で複雑なプロセスの場合は、パイロットの操縦訓練に使う油圧シミュレータのようなコンピュータ化されたプロセス制御シミュレータを使ってもよいでしょう。小規模の単純なプロセスの場合は、操作担当者の訓練に机上演習を含むことができます。

訓練は、別種変更がプロセスに行われた場合は繰り返し行います。また、復習のための訓練を 3 年毎に実施する必要があります。

雇用主は、各社員が単に参加しただけでなく内容を理解して技量があることを示す証拠とともに、各社員の訓練記録を保管する必要があります。同様に、雇用主は、運転者が工場での作業中に常時「職務に適した状態」であることを確認する管理手段を実施してください。

5.6 委託業者

定期補修などの特殊なサービスを行うために短期間不定期に施設で作業する委託業者が関わる事故災害の発生率が非常に高いことは、これまでの記録が示すとおりです。委託業者が関わる事故の中には、委託業者のみが被害を受けるものもあれば、委託業者と依頼会社の社員が巻き込まれるものもあります。化学物質を扱う研究室で、例えば水道工や電気工のような技師が委託業者として作業している場合があります。化学品製造工場の定期補修が行われる間など、数百人もの委託業者社員が工場で働いていることもあります。どちらのケースでも状況は同じです。現場に潜む危険を知らない作業員は、負傷を招いたり有害化学物質を誤って放出させたりする失敗をおかしがちです。

PSM は工場の管理職がこの問題に対処するレベルはいくつかあると規定しています。まず、施設で働くことになる委託業者を事前に慎重に調査し、選択します。過去の仕事での安全記録が芳しくない委託業者であれば、良好な安全記録を持つ別の委託業者を特定することを考慮します。委託業者の調査と選択が完了したら、その工場と化学物質の特定の危険について、委託業者の安全訓練をします。委託業者は、作業者とともに、基本的に毎日特定の安全活動も行わなくてはなりません。これには、委託業者社員の訓練、毎日の安全会議（いわゆるテールゲートミーティング）、記録管理、危険・有害性のある委託業務の通知、ジョブカードの準備、事故・事例報告および調査が含まれます。これらの対策は、メタノール周囲でホットワークをする作業人や閉所に入る場合に特に重要です。

5.7 始動前の安全評価

プロセス装置または備品を修理し、修理後に再び使えるようにした場合、プロセス安全管理は修理した装置／備品とそれを使う組織部門の両方が操作に適した状態であることを検証するための評価を行う必要があります。始動前の安全評価は、プロセス化学物質、技術、または設備装置の修正／変更によりプロセス安全情報の更新が必要となった時は必ず実行します。

「サービス再開」（「危険性の非常に高い化学物質の導入」と定義される）の前に、雇用主は以下の事項を確認します。

- 建築作業が完了しており、建築に関わる活動が終了していること。
- 設備が設計仕様どおりであること。
- プロセス安全情報が更新済みであること。
- 安全、運転、メンテナンス、緊急応答のための十分な手順があること。
- プロセスおよび修正／変更の複雑さに対して適度なプロセス危険評価が行われ、その結果得られた推奨事項に取り組み、問題を解決および／または推奨事項を実施したこと。
- 変更管理に必要な要件が満たされていること。
- プロセスの操作およびメンテナンスを担当する各社員が、変更に関する訓練を受けたこと。

5.8 機械的完全性

プロセスの安全要素である機械的完全性は、「使用に適している」または「継続的使用に適している」状態を維持するメンテナンス機能（設備の点検、試験、修理）を中心とします。したがって、この要素は、メンテナンス手順文書の作成、メンテナンス作業員の訓練、社員訓練結果の記録、設備点検・テスト・修理（不完全な部分の是正）に関する基準を設定します。

この要素に含まれる規定として、スペア部品および交換・補充品の保管が含まれます。雇用主は、メンテナンス資材、スペア部品、設備が、それらが使われるプロセス用途に適したものであることを確認する必要があります。例えば、実際にそれらのラベル付けや材質の特定を行い、それらの仕様・規格が満足されており設計上の要求と一致していることを検証します。

化学品製造工場の場合、この要素は購買、保管、点検、メンテナンス職務と関係します。この要素に含まれる規定は、すべてのタイプの設備一般に適用され、具体的には圧力弁、貯蔵

タンク、配管システム、圧力除去・換気システム、緊急停止システム、制御システム、ポンプ、およびその他の設備（コンプレッサ、タービンエンジン、ターボジェネレータ等）に適用されます。

5.9 危険性を伴う作業の許可

メンテナンス、点検、テストのために、いわゆる危険性を伴う状況の中で社員および委託業者が作業する必要が生じる場合があります。プロセスの安全という観点からは、危険性を伴う状況とは、危険がすぐ近くに存在する作業環境です。これには、閉所への入室、エネルギーのロックアウト／タグアウト、高所作業、路盤／路床作業、ラインブレーキング（配管の清浄／修理／メンテナンス）、ホットタッピング、ホットワーク、頭上リフト、クレーン移動、怪我を予防するために安全策が必要となるその他の作業が含まれます。

プロセスの安全を目的として、設備の点検やテスト、メンテナンスに関わるすべての作業が行われる場所とそれらに伴う危険を知って意識することが、雇用主にも社員にも要求されます。したがって、作業を行う前に予定を立て、許可を得る必要があります。予定を立てる段階と許可を得る段階の両方で、何をいつ、どこで、どのように実行したか、だれが作業をしたかの記録と、その作業または作業環境に伴う危険を書面に記します。危険性を伴う作業の許可を得ることにより、危険性を伴う作業を担当する作業員を保護するための合理的なすべての対策が講じられていることを、社員と雇用主の双方が確認できます。

5.10 変更管理

変更管理は、構成管理の問題を扱います。性能、信頼性、または効率を向上させるために、プロセスシステムの構成を修正する必要が生じる場合があります。プロセスの安全という観点からは、メンテナンスおよび修理活動は、品目または部品の交換の仕方によって特定される2つのタイプに分けられます。それらは、(1) 同種交換と(2) 別種交換です。

同種交換とは、オリジナルの部品、構成要素、または設備機器の設計および製造規格以上の部品、構成要素、または設備機器で既存品を置換する修理です。このような修理は、その交換が行われるシステムの基本的設計および性能を変えないので、「変更」とはみなされません。

別種交換とは、オリジナルの部品、構成要素、または設備機器の設計および製造規格を満足しない部品、構成要素、または設備機器で既存品を置換する修理または交換です。

プロセスの安全においてこの要素を満たすために作成される変更管理手順では、以下の点を考慮します。

- 提案されている変更のための技術
- その変更が安全および健康に与える影響
- 操作手順の修正／変更
- その変更が実施される期間（臨時的か恒久的か）
- その変更に必要な認可

以下のことを行う必要があります。

- プロセス安全情報の更新（必要に応じて）
- 操作、メンテナンス、点検、テストの手順の更新（必要に応じて）

- 操作、メンテナンス、点検、テストを行う作業員および委託業者に対する、改訂された手順についての通知および訓練
- 上記の記録文書の保管

5.11 緊急時の計画および対応

施設の緊急事態とは、事故災害、負傷、非常に有害な化学物質の放出事故、それが原因で発生する火災および爆発、そして損傷や爆発の原因となるその他の漏出です。そのような事態に備え、計画・準備し、緊急時に対応できるよう人員の訓練を実施しておくことが重要になります。計画する際、どのような緊急事態がどこでどのように発生する可能性があるかを知っておくべきです。また、適切な検知器および早期警告装置を設置します。また、避難手順、避難場所（集合場所）、人数確認手順を確立します。据付火災モニター、スプリンクラー装置、放水装置、自動高速移動・隔離システム、防爆壁などの、被害の抑制、制御、隔離に役立つ損害の軽減手段を計画に含めることが重要になります。警報機、軽減措置、安全システムは、必ず供給業者の推奨に従って定期的に点検およびテストするようにしてください。

状況の評価、対応者の調整、支援部隊への支援要請、緊急医療および応急手当の優先順位決定などに必要な指令・制御センター、コミュニケーション手段、管理手段を事前に確立しておく、計画および対処が容易になります。

現地の第一応答者（警察、消防署、救急病院の職員、場合によっては軍部）に協力して施設で採用している緊急時の計画および対処手順について知らせ、彼らの意見を求めることも非常に役立ちます。一般的に現地の消防署は、化学品製造工場で行われる避難訓練に参加することは良い経験になり、その施設を理解する上で役立つと考えています。緊急時に初めて消防車が施設を訪れるようでは、消防車が事故現場に到着し、現状を把握するまでに貴重な時間が失われるかもしれません。現地の第一応答者が施設の火災の避難訓練に参加すれば、施設やそこでの稼働状況を知り、人の命と資産を守る知識を得る機会となり得ます。

5.12 事故調査

事故災害防止を心がけ、そのために真摯に努力し、適切な軽減手段を備えて効果的に緊急応答に対処していても、事故災害、負傷者、空気、土、水の汚染、資本設備の損傷・破壊が生じることはあります。しかし、プロセス安全管理が勧める実務および手順に従うことによって、事故災害の件数や深刻度を大幅に減少させることができます。それでも、潜在するすべての事故のシナリオがなくなることはないでしょう。

それを踏まえた上で、過去の過ちから学ぶことは重要なことです。したがって、事故調査は、効果的なプロセス安全管理システムに欠かせない要素です。雇用主は、事故調査手順を文書として作成し実施するための訓練を受けた人物を採用すべきです。（例えば、放出、毒性物質放出、漏出、火災、爆発ですが、特に重要なのは、事故災害には至らなかったちょっとした出来事あるいは状況（「ニアミス」と呼ばれる）などの事故が対象。）

事故は深刻度と必要な対処方法に基づいて分類する必要があります。損害がほとんど無いものを除くすべての事故について、事故調査および根本原因分析プロセスのスケジュールを立て、実施すべきです。事故の再発を防ぐために、根本原因に対処する是正措置計画を作成します。

以下は、事故調査に関するガイダンスです。

1. できるだけ迅速に（遅くとも 48 時間以内に）調査を開始する。

2. 必要に応じて、調査チームには次のようなメンバーを含める。
 - 事故災害のあったプロセスに詳しい人物
 - 委託業者が関わる事故の場合は委託業者社員
 - 法医学的調査の訓練を受けた人物
 - インタビューの仕方について訓練を受けた人物
 - 大気拡散モデル、火災モデル、爆発モデル、破損分析の訓練を受けた人物またはコンサルタント
3. 推奨事項を含む調査報告書を作成する。
4. 調査結果に対処するチームを編成し、推奨事項を実施（問題を解決）する。
5. 調査結果に関係する職務にある社員および委託業者と、調査報告書を評価する。
6. 学んだ教訓を社員および委託業者に伝える。
7. 調査報告書を保管する（最終的には永久保存する）。

5.13 プロセス安全査定

少なくとも 3 年に一度またはそれ以上の頻度で、施設全体の査定を定期的に行い、プロセスの安全のための手順、規定、および実務が制定されていることを確認します。これらの査定は、社員が認識し、理解しているだけでなく、内容が十分であり、機能しており、有効かつ効率的でなければなりません。以下の資格を有する社員、委託業者、コンサルタントを含むチームが査定を計画し、実施する必要があります

- プロセスに関する技術的な知識
- 施設、管理組織、職務部門が担当する仕事と責任についての知識
- 安全査定の専門知識と経験

査定チームは査定報告書を雇用主に提出し、雇用主は計画に含まれる様々な要素の長所と短所を評価する必要があります。雇用主は査定結果に迅速に対応し、欠点を是正し、その経緯を文書化します。査定報告書を保管し、最終的には永久保存します。

5.14 企業秘密

雇用主の知的財産とみなされる企業秘密および専有情報であっても、プロセス安全計画から除外されません。また、そのような秘密に対する権利および特権も除外されません。

雇用主が専有するとみなされる企業秘密および情報は、雇用主が書面で明確に特定する必要があります。知的財産は雇用主と社員間の機密保持契約、および、プロセス安全計画の様々な要素を実施するために職務においてそのような情報の知識および使用が必要な委託業者社員と雇用主との機密保持契約によって保護される必要があります。具体的には、以下の責任を有する人物が含まれます。

- プロセス危険分析の実行
- 操作手順の作成
- メンテナンス、点検、テスト手順の作成
- 事故調査の実行
- 緊急計画および対応の実行

■ プロセス安全査定の実行

前述したように、知は力であるという原則の上にプロセスの安全は成立しています。メタノールの使用者として、メタノールを安全かつ責任ある方法で使用することは、この化学物質の安全使用における受託責任の一環です。読者は、この知識を活用し、プロセスの安全に専心する必要があります。

5.15 プロセス安全管理の実施

メタノールの安全を管理する上で重要なステップの 1 つは、メタノールの生産、移動、輸送、貯蔵に伴うリスクを特定することにより、安全をプロセスに組み込むことです。このリスク評価は PHA を通じて実行されます。このセクションでは、PHA の実行における主なステップについて説明します。メタノールの PHA を実行するための追加的な情報は、用語集および付録に含まれています。

非常に単純なリスク評価の例として、メタノールの危険性を、ガソリンの危険性と比較します。ガソリンは一般に広く使用されており、メタノールと同様、揮発性と可燃性を含む物質です。

メタノールの物理的・化学的性質には、ガソリンと比較して火災での安全に関するいくつかの利点があります。ガソリンに比べ、メタノールは揮発性、蒸気密度、放熱速度が低く、可燃性の限界値が低い物質です。米国連邦機関である EPA は「これらの総合的性質から、メタノールは本質的にガソリンより発火しにくく、万一発火した場合も、死亡や損害を招く火事を起こす可能性が低い。」と述べています。

その他の重要な違いも認識する必要があります。燃料タンクのような閉所では、メタノールは常温で発火する可能性があります。それと比較して、ガソリンはあまりにも多くの蒸気を発するため、濃度が可燃性の上限を簡単に超えるという大きな違いが存在します。この特定の危険に対処するには、燃料タンクの設計および場所を考慮する必要があります。予想可能なすべての発火源からメタノールを貯蔵するタンクを隔離する必要があります。毒性もメタノールのもう 1 つの危険性です。メタノールの臭気限界は許容可能な暴露限界を超えます。これは、大半の人が臭気に気付く前にメタノールの濃度が有毒レベルを超えることを意味します。

5.15.1 「危険」とは何か？

「危険」という言葉は一般によく使われます。リスク評価の観点からは、この言葉には具体的な意味があります。本手引きの場合、「危険」という言葉は、物質が本来有する物理的または化学的特性として当該物質に付随する脅威を意味します。通常、危険は種類別に分類されます。化学的危険は、その化学物質に存在する脅威の性質に基づいて分類されます。可燃性は化学物質が可燃性液体である場合、毒性は化学物質が有毒の場合、反応性は他の物質が対象物質と激しく反応する場合、化学的／熱的不安定性は特定の条件下で化学物質が自発的に分解することが知られている場合、非相溶性は対象の化学物質を別の化学物質と混合することにより既知の危険が増加するか、または別の危険要因が発生する場合にそれぞれ分類されます。例えば、メタノールは可燃性物質および毒性物質として分類されています。メタノールの取り扱い、使用、または貯蔵を行う担当者は、メタノールの危険から自分や他者を保護するよう注意する必要があります。また、メタノールを取り扱うか、メタノールの貯蔵場所の周辺で作業する場合は、発火源に曝されないようメタノールを保護し、人身保護装具 (PPE) を着用する必要があります。

危険は、物質を特徴付ける性質なので、その物質が存在しなくなれば危険もなくなります。

5.15.2 「リスク」とは何か？

「リスク」という言葉は一般的に用いられ、誤って解釈されがちです。本書で用いられる場合、「リスク」という言葉は非常に特定の意味を持ちます。この場合のリスクとは、悪影響または損害をもたらす一連の事象が発生する可能性または確率で、その結果とは、化学的危険によって引き起こされる事象です。数学的には、リスクは「頻度または確率」と「結果の深刻度」との積として計算されます。

爆発などの特定の事象のリスクは、爆発する確率（例えば、年間 1% の確率に等しい、10 年間に 10% の確率など）と、結果の重度（例えば 1 回の事象につき 2,000 万米ドル）との積として計算されます。この例の施設が被る負担は、年間 20 万米ドル (2,000 万米ドル x 0.01) から保険により支払われる額を差し引いた値になります。

管理職が年間 20 万米ドルのリスクを高すぎて容認できないと決定した場合は、特定の事故の発生確率を減らす追加の保護対策や手順を導入することでリスクを低減することができます。施設がプロセス危険分析 (PHA) を実施して別の爆発のシナリオが特定された場合、追加の安全策を施して、いくつかのシナリオによる爆発のリスクを低下させる必要があります。安全策を施すシナリオの選択は、費用便益に基づきます。すなわち、「最少の経費で最大限にリスクを低減するシナリオはどれか」を問います。

5.15.3 危険の特定およびリスク評価の方法

危険評価の第 1 のステップは、物質およびその危険、プロセスの技術、基礎設計、設備機器の状態に関する情報の収集と評価です。

第 2 のステップは、どの危険評価の方法を使うかを決定することです。利用できる様々な危険特定方法およびリスクの評価方法があり、状況を知る者が行う「What If」（この場合どうするか？）評価から、厳格に構造化された定量的な保護層またはフォルトツリー（失敗の木）解析まで方法は様々です。

第 3 のステップでは評価し、必要に応じて、管理条件に適した安全策を追加する推奨事項を作成します。推奨事項リストを含め、危険評価のすべての側面を文書化する必要があります。

その後報告書を準備し、推奨事項を実施するか、またはさらに話し合いを続けます。さらに話し合いを続ける場合には、その結果として改定または拒否されます。推奨事項の実施の前後に、具体的な結果のリスクを評価します。一般に、工学的安全策は高価ですが信頼性も高いものです。管理的安全策は安価ですが信頼性はかなり低く、特に時間が経つにつれさらに信頼性が下がります。

付録 B は、メタノールの物理的／化学的／熱力学的な性質、反応性、およびそれに付随する危険（熱安定性、化学的安定性、配合禁忌、腐食性）の詳細情報を提供します。また、プロセス技術および設備に関する重要情報を含んだ文書のリストも提供します。

世界各地で、多くの危険ラベル付けシステムが使用されています。中でも最もよく使われるのは、国連、NFPA、米国運輸省の各システム、および欧州共同体のシステムです。

5.15.4 プロセス危険評価の文書化

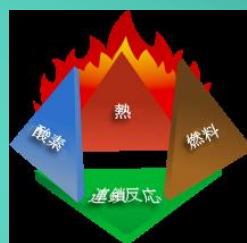
プロセス危険評価は文書化し、施設が存在する限り保管する必要があります。一般に、文書に含むべき内容は、評価対象は何か、どのような質問をしたか、どのような危険に対する安全対策を講じたか、どのようなシナリオか、事故のシナリオには何が含まれているか、どのような是正措置を講じたか、是正措置の有効性、信頼性、保全性、効力、利益・経費などです。

6 火災での安全

本章では、メタノールに特有で、ガソリン、ディーゼル、ジェット燃料（水素化処理されたケロシン）など他の一般的燃料とは異なる、可燃性の性質に関する情報を提供します。

メタノールが存在する場合、ガソリンまたはディーゼルが関わる火事は非常に消しにくいものです。本章では、メタノールが原因で発生する火災の防火と消火について説明しますが、この説明は、ガソリンまたはディーゼルが存在する場所でのメタノールが関わる火災にも適用されます。火災での安全に関わるメタノールの性質に関する追加的な情報は、付録 B に含まれています。

火災の四面体



火災の発生に必要な 4 つの要素：

1. 発火源（熱または火花など）
2. 燃料（例えば、メタノール）
3. 酸素（空気は酸素源である）
4. 化学的連鎖反応（火炎を持続させるエネルギーを供給する燃焼のこと）

火災の予防： 要素を 1 つ取り除く（できれば発火源を取り除く）ことによって火災の四条件が成り立たないようにする。

6.1 火災検知および火災からの保護

すべての火災には共通した特徴があります。小火から始まり拡大するという特徴です。防火の目的は、火災がまだ小火のうちに抑制、制御、消火を行うことです。それを成功させる秘訣は、火災への対応の 3 つの側面すなわち (1) 早期発見、(2) 即時の対応、(3) 適切な行動です。

すべての火災は熱を発し、ほとんどの燃料火災は炎と煙を発します。純（ニート）メタノールが関わる火災は最も一般的な火災とは異なります。メタノール火災は、発熱が少なく（炎

の温度が低く)、周囲に伝導する熱が少なく(非発光性の炎)、見えにくく(日中では炎は肉眼ではほとんど見えず、煙もほとんど出ない)、予期しない状況で発生し(可燃範囲は空气中で 6 vol% から 36 vol% の範囲)、水で消火するのは難しく(100% 混和)、水の配合率が最高 75 vol% まで可燃性です。

メタノールによる火災を早期検知するには、ガソリンおよびディーゼルによる火災の早期発見とは異なる技術が必要です。メタノールの発火が日中に発生すると、発光する炎または目に見える煙の蒸気を発生する近隣物質に燃え移るまで、火災を視覚的に検出することはできません。メタノール火災を早期検出する 2 種類の計測技術が利用できます。最初の計測技術は蒸気検出法です。メタノール源が大量の蒸気を発生している場合、発火と逆火が起こるのも時間の問題です。運が良ければ、蒸気が発火する前の蒸気源を隔離して軽減することができます。2 番目の技術は、長年の間ホットスポットの識別と電子システムの緩い接続の特定に使用されてきたサーマルイメージングです。この技術も同様にメタノール火災でよく機能します。メタノールタンクローリーの火災および沸騰液膨張蒸気爆発 (BLEVE) のビデオは、火災発生時の地上人員の生命の安全保護にサーマルイメージング技法が役立つことを非常によく実証しています。(http://www.firefighternation.com/videos/methanol-tank-truck-fire)

2 番目の目的は即時の対応です。メタノールの炎は低温であり発光しないので、メタノールの火が発する放射熱流束は著しく低くなります。炎の温度が低く、放射熱流束が低いので、ガソリン火災またはディーゼル火災の時と比較して、消防士は炎のより近くに接近することができます。この事実は、利点と欠点の両方をもたらします。

利点は、小規模火災がポータブル消火器で消火できることです。欠点は、火災の位置と強さ(燃焼率)の決定が困難な点です。妥当な決定を行うには、サーマルイメージング装置を使用する必要があります。高い信頼度で火災の位置が特定できない場合、燃料に近すぎる位置に防御の第一線を設けてしまう可能性があります。メタノール火災およびメタノール-ガソリン混合火災の位置と特性評価に関連する不確実性が存在する場合には、ゆっくりと慎重に接近する必要があります。これは、沸騰液膨張蒸気爆発 (BLEVE) の可能性がある場合や貯蔵タンク内の物質が熱により回転上昇した場合に特に必要となります。サーマルイメージング装置で見られるような、火災の鳥かん図を使用して、消火計画を決定することが強く推奨されます。メタノール火災およびメタノール-ガソリン火災を消火する際、上空からの撮像能力が救命に役立ちます。

3 番目の目的である「適切な行動」はメタノール火災を消火する際に特に重要になります。メタノール火災は、特殊な手順を必要とします。

- メタノールは水と 100% 混和し、水 75%、メタノール 25% の水溶液は燃焼を維持する可燃性液体である。
- メタノールはガソリンよりも水との親和性が高い。水が存在するメタノール-ガソリン混合燃料中のメタノールは、ガソリンから分離してガソリンの下に重いメタノール水相を形成する。これは、貯蔵タンク内で極めて不安定な状況になる可能性がある。メタノール混合燃料では、タンク内物質の熱による回転上昇と、それに続くタンクの爆発を避けるために特別の対策が必要になる。メタノール混合燃料の火災に水を抑制剤として使用してはならない。皮膜形成フッ素蛋白泡、具体的には耐アルコール水性皮膜形成泡 (AR-FFFP) 等のアルコールに対応可能な高温用の泡のみを使用すること。さらに、火からの安全な距離を設け、火が消えた状態になった後も長時間泡をかけ続けること。メタノール火災では、泡による抑制の終了が早すぎると、火災が再発することが知られている。

- ニートメタノールまたはほぼ純粋なメタノールの小規模な火災の場合は、水を抑制剤として使用しても構わない。ただし、霧状または細かい水滴状の水の散布で行い、メタノール水溶液の容量を 4 倍に増やせるよう十分な大きさの乾舷空間を備える必要がある。これを怠ると、火災の抑制に必要な消防水が火災の拡大を引き起こす可能性がある。
- 抑制剤として泡を使用する場合、泡はアルコール対応泡(AR-AFFF)でなければならない。それ以外のものを使用すると、メタノールの溶媒特性が泡を侵食し、破壊する。
- メタノールは強極性溶媒である。多くのプラスチックや合成繊維はメタノールに接触すると軟化され、急速に劣化する。
- 最後に、メタノールは摂取、吸入、または皮膚との接触を避ける必要のある有害毒物である。メタノールは皮膚から吸収される。従来型消防服に SCBA 呼吸マスクを着用した装備では、メタノール、メタノール水溶液、メタノール蒸気の毒性に対する十分な保護は提供しない。そのような場合は、皮膚からの吸収を防ぐレベル “B” 化学防護服に SCBA を着用した装備が必要になる。

要約すると、メタノールの輸送業者、使用者、取り扱い業者は、放出事故に対応するための特別な規定を作成する必要があります。メタノールの危険は可燃性と毒性です。ただし、適切な対応の構成要素を決定するのは物理的性質です。メタノールとメタノール混合燃料の物理的・化学的性質はそれぞれまったく異なります。メタノールによる火災に適切な対応は、メタノールとガソリンの混合物による火災においては適切な対応ではありません。

6.1.1 蒸気の制御

メタノール火災を早期発見する第 1 の方法は、メタノール蒸気存在を検知することに依存しています。可燃範囲下限値 (6 vol%) に近い濃度を持つメタノール蒸気が存在するということは、発火の可能性があるということです。もし発火すれば、火災または爆発のいずれかで燃焼します。発火が現れる経路は周辺温度、発火源のエネルギー、蒸気がほぼ中性浮力濃度の気体として移動しているかどうか、蓄積された蒸気が包囲されているかどうかによって異なります。周辺温度が引火点より高く、容器、タンク、部屋、建物、または包囲された空間に多量の蒸気空間がある場合、逆火と爆発の可能性は高くなります。周辺温度が引火点より低く、潜在的発火源のエネルギーが低く、蒸気が大気中に散逸する場合、爆発の可能性は低くなります。

火災または爆発のいずれの結果にも至らないよう管理するには、蒸気の濃度と換気を制御する必要があります。蒸気を制御するには、液体を制御するか、または液体上部の蒸気空間にある酸素の量を制御する必要があります。

6.1.1.1 貯蔵タンクの安全機能

大量のメタノールを大型のタンクに貯蔵する場合のベストプラクティスは、内部式フローティングルーフタンクを使用し、タンク内のメタノール蒸気の空間を最低限に抑え、蒸気と混合する空気量を減らすことです。また、タンクから放出される蒸気の制御も必要になります。タンクの蒸気空間が不活性ガスでパージされていない場合は、タンクの排気口に火災防止装置を取り付ける必要があります。その場合、メタノールはアルミニウム合金に対し腐食性を持つので、火災防止装置の部品がアルミニウム合金で製造されていないことを確認する必要があります。タンクからの過剰な蒸気放出の結果、タンク火災が発生した例が報告されています。火災防止装置にアルミニウム合金製の部品が使われ、それが劣化して 13 年後に破損しました。明らかに、設備の予防保全が不十分でした。不活性ガスのブランク

トまたはバジングは、タンクの蒸気空間内の発火に対する保護を 1 レベル強化します。窒素ガスは人を窒息させるので、タンクの天井に接近したり、排気後のタンクに入ったりするときは特に注意する必要があります。

窒素バジングは、メタノールの純度を維持する利点も追加します。ブランケット用ガスとして好ましいのは乾燥した窒素です。湿った空気の下での腐食を防ぎ、製品の汚染によりメタノールの酸性度と腐食性が増すことがないように、ブランケット用ガスは二酸化炭素を含まないものにすべきです。

さらに、メタノール貯蔵容器がタンクまたは搬送容器のいずれであっても、メタノール貯蔵場所の付近では発火源を厳しく管理することが推奨されます。メタノールタンクの外側を熱反射性塗料で塗装するようにしてください。塗装により、タンクからの蒸気の損失を低減することができます。

6.1.1.2 圧力除去システム

タンク内圧の制御は、圧力除去弁または真空ブレーカー弁を使って行います。特定の状況により、排気口に火災防止装置を取り付ける場合とそうしなくてもよい場合がありますが、火災防止装置を取り付けることが推奨されます。

圧力除去弁のサイズは火災の規模に合わせ、可能な場合はフレアヘッドに配管して圧力を放出してください。大気に圧力を開放する場合は、プロセス安全弁 (PSV) を取り付け、火災防止装置を通じて大気に排出する構造にすることが強く推奨されます。火タンクの弁および圧力除去装置の構造を決定するには、火災での安全に加え炭化水素ガスの制限に関する現地規制を考慮することが推奨されます。

オーバーフロー管は推奨されません。周辺温度が貯蔵温度以下になると、メタノール液はオーバーフロー管に集まり滴下します。障壁で囲ったゾーン内に凝集して液体になったメタノールが蓄積すると、火災発生の可能性あるいは環境放出される可能性につながります。

6.1.2 熱の感知

メタノール火災を早期検知する第 2 の方法は、熱の早期感知です。メタノールに関しては、いわゆる「火のないところに煙は立たず」ではなく、「火のないところに熱は出ず」です。温度を感知するために利用できる技術は様々です。それぞれの特定の必要性に適した技術を見出すために調査し、テストすることが推奨されます。

6.1.3 喫煙、車両の進入、その他の発火源

- 喫煙場所を指定し、メタノール蒸気が喫煙場所に入らないようにする必要があります。
- 車両の進入は厳しく制限し、取り締まってください。
- 火花を出さない工具を使用することを強く推奨します。
- メタノールが含まれるゾーンで使用できる、無線、電話、ポータブル機器、コンピュータ、計算機、および他の電子機器については、防爆規格を満足しているものであることを使用前に確認すべきです。
- 基本的に、メタノールが入った小型容器（缶、バケツ、バレル、トート等）のある貯蔵ゾーンの周囲には、少なくとも 7m（20 フィート）の「発火源禁止」ゾーンを設けるべきです。より多量のメタノールが保管または取り扱われる貯蔵・ロジスティックのゾーン（タンクローリー 1 台、鉄道車両 1 台、小型貯蔵タンク 1 器を個別に扱うゾーン等）の周囲には、少なくとも 17m（50 フィート）の「発火源

禁止」ゾーンを設けてください。複数のトラック、複数の鉄道車両、バージ船、船舶、大型貯蔵タンクの充填または荷揚げ作業を同時に行うロジスティック・ターミナルでは、少なくとも 70m (200 フィート) の「発火源禁止」ゾーンを設けてください。

- タンクローリー、鉄道車両、または貯蔵タンクが火災に巻き込まれた場合は、周囲のすべての方向に少なくとも 850m (0.5 マイル) の距離を空けて避難してください。メタノールには毒性があるので、消防士が通常着用する消防服は、メタノールの漏出および火災に対応するための有効な保護を提供せず、使用には不適切です。⁶メタノールの臭気限界は毒物暴露限界をはるかに超えることに注意してください。
- 搬送容器、タンクローリー、鉄道車両、貯蔵タンクにはすべて沸騰液膨張蒸気爆発事故 (BLEVE) が発生する危険が存在します。過度の圧力、放射熱流束、毒物暴露などの危険に対応するための安全の注意事項を確立してください。

6.2 火災の制御

防火の重要な要素は、直ちに正しく対応することと、火災を消火し続けることです。

6.2.1 火災と爆発

火災は望ましくはありませんが、爆発事故よりはましです。プロセス危険分析およびリスク評価に関連する事故シナリオ結果分析では、各状況において火災と爆発のどちらの可能性がより高いかを考慮する必要があります。爆発の可能性が高いと判断された場合は、発火が爆発ではなく火災につながる可能性が高くなるよう、状況、プロセス条件、またはプロセス構成を変更することを考慮すべきです。それが不可能な場合は、可能な発火源をそのゾーンからすべて排除し、そのゾーンへの発火源の持ち込みを禁止します。メタノール蒸気は発火源への逆火が発生することで知られています。危険区域指定範囲が十分であることを確認してください。シナリオの結果の深刻度を評価する際、過度の圧力と放射熱流束への暴露を考慮する必要があります。

6.2.2 消火に用いる物質

設備の一部が火に覆われている場合、放水によって、近隣のプロセス設備を冷却することができます。通常の水性皮膜形成泡 (AFFF) 火気抑制泡はアルコール火災には適しません。メタノールの溶解性によって、通常の発泡性消火剤は分解されてしまいます。メタノール火災は耐アルコール水性皮膜形成泡 (AR-AFFF) で消火する必要があります。

囲われた空間内の小規模な火災には、ドライパウダーまたは二酸化炭素の消火剤を使う自動装置を考慮します。それが実用的でない場合は、水をスプレーまたは噴霧する自動装置を考慮します。メタノールは水と完全(100%)に混和します。メタノールの水溶液およびエアロゾルは、水の配合率が最高 75 vol% まで可燃性です。メタノール火災を消火するには、メタノール体積の少なくとも 4 倍の水が必要になります。対応手段として水を選択する場合、発生するメタノール水溶液が、(1) 排水溝、マンホール、閉所に浸入したり、(2) 火とともに拡大して施設の別の場所に移動したりするのを防止する処置が必要です。

⁶ ガイダンス追補については 2008 年版「緊急応答ガイドブック」を参照。

6.3 火災現場の安全

火災現場の指令役は、火災チームがメタノールと水の混ざった可燃液に囲まれたり、部分的に浸されたりしないよう、常に注意する必要があります。メタノールの炎は日中目に見えず、場合によっては命に関わる隠れた危険を起しかねないということを覚えておいてください。

6.3.1 閉所の火災

メタノールと水から成る可燃液が、下水道や排水溝のような閉所に入らないようにする必要があります。燃えていないメタノールと水の可燃液が、発火源あるいは発火源となり得る高温装置に接触しないようにする必要があります。

燃焼の有無とは無関係に、メタノール・水の溶液は他の燃料源（車両等）から隔離しておく必要があります。

6.3.2 消防隊

消防隊の編成および機能は、本書では取り扱いませんが、このセクションでは、メタノール火災に応答する消防隊が覚えておくべき重要な問題のいくつかについて触れます。

6.3.2.1 外部緊急応答機関

本書を参考にする施設のほとんどは、独自の消防隊を持たず、火災時は外部の消防隊に依存する必要があります。早期検知、警報、迅速な連絡、目視検査および計測機器による火災の評価という条件がそろっていれば、外部の消防隊だからといって緊急応答の有効性が下がることは全くありません。メタノール火災への応答だということを外部応答機関が認識しておく必要があります、外部応答機関であっても社内の消防隊と同様に訓練を受け、装備する必要があります。応答者が施設を知るために、会社経営者には、現地の第一応答者に連絡し、施設訪問と火災避難訓練の予定を立てることが推奨されます。

応答者が上空および地上からのサーマルイメージング能力を持つと有利です。応答者は耐アルコール水性皮膜形成泡 (AR-AFFF) を独自に用意するか、またはそれに対するアクセスを得る必要があります。

6.3.2.2 人身保護装具

火災対応者は、最低でも以下の人身保護装具 (PPE) を着用する必要があります。

- メタノールと適合性のある消防服（耐火ユニフォーム）とヘルメット、手袋、ブーツ
- 顔面全体を覆うタイプの正圧 SCBA
- 通信機器

6.3.2.3 火災応答者の訓練

メタノール火災に対処できるよう、火災応答者を訓練し、装備を与えておく必要があります。メタノール火災に対処する基本は、耐アルコール泡を直接火にかけること、火が消えた状態になった後も長時間泡をかけ続けること、水はよく考えて慎重に使うことです。周囲の設備を冷却しようとして多量の水を使い、流水が燃焼中のメタノールに混合すると、希釈によっていわゆる「走行火」が発生するおそれがあります。タンクの内部に水をかけると、メタノール火災が抑制されないばかりか、タンク内物質の熱による回転上昇と、それに続くタンク内物質の膨張の結果発生するタンクの爆発に応答者をさらす可能性のほうが高くなります。

第三者機関による応答を受け入れるための特別の規定が必要な場合があります。その場合は、予めその必要性を決定し、規定を設けてからメタノールを施設に導入すべきです。

応答者は、火災現場の地上および上空から撮像できるポータブルタイプのサーマルイメージング装置を所持する必要があります。応答者は機器を使用する訓練を受け、事故指令部はサーマルイメージング機能を使用できるよう訓練を受ける必要があります。

6.4 メタノール-ガソリン混合燃料の火災での安全

大気環境基準の規制を受ける米国の大都市では、自動車燃料の酸化化合物として **MTBE** の代わりにアルコール（エタノールとメタノール）が使われています。カリフォルニア州では 7 から 10 vol% のエタノールが混合されています。ヨーロッパでは、再生可能エネルギー指令によるバイオ燃料の **B7**、**E5**、**E10** 混合要件により規制されています。大半の大都市における燃料ターミナルでは、管内混合技術を使ってガソリンにメタノールを追加しています。郊外や農村地域の小規模施設では、スプラッシュブレンド法が使用される場合もあります。このことから、現時点では、米国とヨーロッパの応答者が遭遇する混合燃料の最大量は、**10,000 ガロン容量 (38,000 リットル)** のタンカー輸送トラックによるものと考えられます。この値は、3 年から 5 年の間にエタノールバイオ燃料の生産に対する補助金が除去される場合は変わることが想定されます。

メタノール混合燃料の火災における安全に関する以下の説明は、主に **10,000 ガロン** のバッチ、および農村環境のタンクに貯蔵されたスプラッシュブレンド法による燃料にも適用されるという観点から評価すべきです。

6.4.1 メタノール-ガソリン混合燃料の性質

メタノールは水とガソリンの両方に混和しますが、水との親和性のほうがガソリンとの親和性よりも高くなります。メタノールと水の溶液はガソリンとは混和しません。メタノールと水の溶液は、タンク、タンクトレーラー、二次的漏出阻止容器の底部に沈む別の相を形成します。この点は、メタノールとガソリンの混合燃料が関係する緊急事態に対処するため、第一応答者がどのように動員されるかに具体的な意味合いを持ちます。

メタノールとガソリンの混合燃料には、2 通りの最悪の状況が考えられます。最初の状況は、形成された層が一様に加熱されないことによって起こる熱による回転上昇です。もう 1 つは沸騰液膨張蒸気爆発(**BLEVE**)です。両方の状況で圧力波が出現する場合や、高放射熱流束を持つ大型の火球を伴う場合があります。

メタノールとガソリンの混合燃料の火災が水で抑制される場合(小規模火災に霧状、ミスト、細かい水滴状の水の散布を使用する場合を含む)、この混合燃料に接触する消防水はただちに分離層の形成を開始します。この分離層は混合燃料からメタノールを抽出し、混合燃料容器の底に沈むメタノール水相に濃縮します。その結果、2 種類の可燃性液体の成層化が起こり、メタノール水相の上にガソリンが浮いている状態になります。成層化は、貯蔵容器がタンク外部の火災またはタンク内部のガソリンの火、あるいはその両方からの放射熱流束に弱い金属製タンクである場合、予期せぬ不本意な結果をもたらすことがあります。

ガソリンの熱容量と、水とメタノールの溶液の熱容量は非常に異なります。したがって、形成された各層の温度は各々異なる割合で上昇します。ガソリンと比較して水は非常に大きい熱容量を持つので、ガソリン層の温度は水-メタノール層の温度よりも急速に上昇します。各層の異なる加熱が引き起こすタンク内の対流電流が十分強力になり、下層中の水が蒸気に急激に変化すると、タンク内の大半の可燃性液体から成る巨大な火球を伴った蒸気爆発が基本的にはタンクに発生します。可燃範囲以下の濃度にメタノールを希釈するには、非常に大量の水をメタノールに追加する必要がありますので、回転上昇が発生する前にこの量の水が追加される可能性は低いとされます。実際、水の追加が回転上昇の発生確率を高める可能性もあり

ます。したがって、タンクの内容物全体が可燃性液体です。最悪の状況では、火球がタンク内物質の燃焼熱を突然放出します。

2 番目に最悪の状況である沸騰液膨張蒸気爆発(BLEVE)は、タンクローリー輸送事故で発生する高い可能性があります。この場合、過度の圧力と火球からの放射熱流束は、BLEVE 発生時にタンカー内に残っていた燃料の量によって異なります。

6.4.2 メタノール-ガソリン混合燃料による火災

より一般的な混合燃料シナリオは、障壁で囲われた領域内に 15M/85G 燃料を過剰に充填した結果発生する事故です。結果の深刻度は、漏れた燃料の量、タンクのホットワーク危険区域が厳格に守られているかどうか、応答の速度、応答者が適切な装備を持ち、サーマルイメージング機器を使用し、耐アルコール・耐熱泡を使用する訓練を受けているかどうかによって異なります。

ガソリンは発光しながら燃えるので、ガソリンによる部分の火災は簡単に確認できます。15/85 混合燃料はわずかに発光する炎で燃えます。ガソリン層の下にメタノールと水の相があり、まだ燃えていないか、または上に浮いているガソリンが消費された後に燃えだす可能性があります。メタノールと水の相は肉眼では見えない不輝炎で燃焼します。泡の適用で火災が鎮火されたと応答者が見なした後も、メタノール火災は持続しています。実際、火が消えた後も長時間にわたって泡を使い続ける必要があります。火気抑制を維持するには、最初に炎を消すために必要な量の 2 倍から 3 倍の AR-AFFF 泡が必要になります。このことは、かなりの厚みで漏出を覆うのに十分な量の泡の在庫を備えておく必要があることを意味します。

ガソリン火災の効果的な火気抑制には従来型の水性皮膜形成泡 (AFFF) が必要になることを覚えておくことが重要です。これに対して、メタノール火災またはメタノールと水の混合物による火災の効果的な火気抑制には、耐アルコール水性皮膜形成泡 (AR-AFFF) または皮膜形成フッ素蛋白 (FFFP) 泡が必要です。15M/85G 混合燃料には、ガソリン火災の高温と、メタノールの耐性溶媒浸食に対処する皮膜形成フッ素蛋白 (FFFP) 泡が必要になります。

AFFF 泡はアルコール耐性を持ちません。アルコールに暴露されるとただちに分解されます。AR-AFFF 泡は熱と温度に対し低い耐性を持ちます。AR-AFFF 泡がガソリン火災による高温にさらされると、劣化します。

AFFF 泡がメタノール火災に使用され AR-AFFF 泡がガソリン火災に使用されると、両方の泡は効果を失い、応答者は水の散布に頼るか、火が燃え尽きるまで待つ必要があります。

泡の種類、適用場所、適用時間などを間違えると、火の勢力が増し、その結果ロールオーバーまたは沸騰液膨張蒸気爆発(BLEVE)、あるいはその両方が実際に発生する可能性が高まります。この時点で、応答者は火災現場のコントロールを失い、火からの距離を拡げる決定を下さない限り、怪我人が出る可能性が高くなります。

6.4.3 メタノールとガソリンの混合燃料による火災への対応

メタノールとガソリンの混合燃料への対応は複雑です。最初に知る必要があるのは、燃料の組成です。2 番目に火災の規模と拡大の可能性を決定します。3 番目の基準は、メタノール火災とガソリン火災の両方に適した装置を持つ、よく訓練され、練習を積んだ対応チームの存在です。

以下には応答演習の準備に役立ついくつかの質問が示されています。

- 事故指揮官は、どのモニターおよびホースクレーを選択し、どの泡をいつ取得するかをどのように決定するか。

- 必要な泡の種類は何か、泡の在庫は十分にあるか。
- 事故指揮官は火の伝播をどのように追跡するか。
- ホットスポットの特定方法は何か。
- 事故指揮官は **BLEVE** またはタンクのロールオーバーが切迫していることをどうやって知るか。
- 火災が最初に消火された後、事故指揮官はどれだけの時間泡をかけ続ける必要があるか。
- 最善の戦略は何か。消火活動が続けるか、または撤退して火が燃え尽きるまで待つか。
- 対応措置のどの段階で撤退を決定するか、決定に必要な情報は何か、その決定を行うのはだれか。

7 緊急応答

放出事故は、メタノールの使用、貯蔵、流通に付随する環境・保健・安全上の大きな災害の 1 つです。本章では、メタノールの放出があった場合の緊急応答 (ER) の 6 つの主要段階、すなわち、(1) 漏出の防止、(2) 漏出への対処、(3) 放出の阻止、(4) 清浄・事後復旧、(5) 通知および報告、(6) 事故調査記録について説明します。

効果的な緊急応答 (ER) では、まず緊急事態準備計画 (ERP) を作成し、操作、人命、または環境に影響を及ぼし得る操作、天災および人災、破壊工作、悪意のある施設設備破壊に付随する潜在的な危険を特定します。次に、各シナリオでの施設内リソース、要員、設備、訓練の必要、外部対応機関（消防署、規制機関、民間委託業者等）を特定し、各シナリオに対する適切な対応措置を作成します。

優れた緊急応答計画 (ERP) には、定期避難訓練（予告および抜き打ちの両方）と、計画の完全な導入・更新を確認するための毎年の評価とが含まれます。緊急応答 (ER) では、時間が敵になります。警告する時間、応答する時間、配備する時間、事故をコントロールする時間は、緊急応答 (ER) の有効性と効率の重要な評価基準になります。この観点からは、「有効性」とは（できるだけ早く）正しい時間に正しい場所で正しい行動をとることです。効率とは、様々な場所と状況で連続的かつ有効に実行することです。

7.1 漏出の防止

漏出の防止は ER 計画に欠かせません。漏出を防止するための最善の戦略を設計段階でプロセス安全管理に組み込みます。漏出の効果的な防止には、プロセス工学制御、標準操作手順、標準メンテナンス手順、漏出対処計画、そして各社員が対応措置に関与する程度に沿った定期訓練が含まれます。

メタノール貯蔵タンクに関連する工学制御として、可視・可聴な高度アラームを用いた溢れ防止手段、漏れ発生前に流れを阻止する計器による自動引外し（トリップ）、火災防止装置を備えた排気口、2 次的阻止システム（堤防、盛り土等）、蒸気検出器およびアラーム、漏出時に火災・爆発の危険を検出し警告する爆発ガス検出器が挙げられます。

メタノールは、盛り土または堤防による障壁で囲われた換気の良いゾーンに貯蔵しなくてはなりません。NFPA 30 規定によると、貯蔵ゾーンは、メタノールの最大貯蔵量の少なくとも 110 % の容量のゾーンに設計する必要があります。閉所で漏出があった場合は、漏出したメタノール液溜まりを耐アルコール泡で完全に覆うことが理想的です。閉所が十分に広い場合は、漏出したメタノールを少なくとも 4 倍の水で希釈することによって火災のリスクを低減することができます。これらの注意事項は、メタノールが燃えているか否かにかかわらず従う必要があります。その目的は、液体表面からの蒸気の放出を減らすことで、蒸気の移動と逆火を防止することにあります。

漏出および溢れを検出・防止する操作・メンテナンス手順には、定期目視検査（1 回のシフトにつき少なくとも 1 回）を含めるべきです。タンク、弁、配管、ホース、堤防の状態を確認する非破壊テストと、機械、電気、構造に係る構成要素および検出・アラームシステムの予防的メンテナンスは、定期的の実施しなければなりません。未分類または SIL 1 計器ループの液面調節法および蒸気検出法の指定を考慮する必要があります。

メタノールの取り扱い、貯蔵、制御システムを常に「継続的にサービスに適した状態」に維持するようメンテナンスが必要です。メタノールの充填と移送の手順、および緊急停止に必要な工程を記載した文書を作成し、操作要員の定期訓練を通じて施行します。

作業員はメタノールの安全な取り扱い方法について訓練を受ける必要があります。社員、工場、環境を保護するシステムおよび手順を導入すべきです。

メタノールの取り扱い、貯蔵、使用が行われるすべてのゾーンに、漏出処理キットを準備しておく必要があります。完全な漏出処理キットには以下が含まれます。

- 様々な種類とサイズの吸着材（バーミキュライトまたは活性炭、吸着パッド）
- 吸着材を散布するために使うプラスチック製（火花を出さない）シャベル
- ゾーンを隔離するために使用する黄色の「立ち入り禁止」テープまたは他のバリア器具
- 収集した廃棄物を入れるドラムまたは容器
- 防爆仕様の携帯電話または双方向無線機のような緊急通信機器

最低限の人身保護装具として、応答者は以下の装具を着用すべきです。

- 薬品よけゴーグルおよび顔面シールド
- ブチルまたはニトリル製手袋
- ゴム長靴
- 耐薬品性オーバーオール
- 新鮮な空気を供給する装置（有機ガスカートリッジ付き空気浄化マスクは、メタノール蒸気に対する保護としては絶対に使用しないこと）
- 複数の消火器
- 工業用応急措置キット
- 被爆した作業員を除染するために近隣に配置された、水を 15 分間供給できる全身シャワー室および洗眼器
- 洗浄水・飲料水として用意された十分な量の水
- 緊急搬送に適した車両

7.2 漏出の対処

メタノールの使用、貯蔵、流通を行うための施設は、漏出対処計画の作成・導入と、予定された訓練および抜き打ち訓練（できるだけ頻繁に。ただし最低でも年に 1 度）の実行によって、漏出に万全に備える必要があります。

漏出対処ステップ

漏出した場合の最初の対処活動：

1. 放出源からのメタノールの放出を止めるか減らす（安全に行える場合）。
2. 窒素酸化物蒸気が存在する場合は避難し、蒸気放出警報(アラーム)を鳴らし、監督者または緊急コーディネータに知らせる。
3. 放出源および近隣のメタノール液溜まりから、安全な距離までの発火源を全て取り除く。
4. 保護装具を着用していない人は全員、完全な除染が終わるまで漏出のあったゾーンから避難させる(これには除染レベルをあらかじめ決定しておく必要がある)。
5. 漏出した製品の上や中を通らない。皮膚に接触させない。吸入しない。
6. 風上に位置すること。蒸気が滞留する可能性のある低地は避けること。
7. 大規模な漏出および火災の場合は直ちに消防署に連絡する。

7.3 放出物の格納

メタノールの放出の規模は、輸送船、タンクローリー、鉄道車両からの大量の放出から、貯蔵タンクおよび配管の破損による多量の漏出、移送作業中の中程度の漏出、ドラム、トート、またはホースからの少量の漏出まで様々です。漏出対処計画では、放出が予測される場所と状況を考慮すべきです。最もよく発生するメタノールの漏出は、トート、ドラム、または移送用ホースに関連する事故によるものです。

漏出したメタノールが、爆発の危険がある閉所を構成し、流出物が河川、湖、海に流れ込む可能性のある下水道または排水溝に入らないよう、できるだけ注意するようにしてください。可能な場合は、漏出している容器を屋外の場所または隔離された換気の良い場所に移動し、漏出を阻止して安全な方法で液体を別の適切な容器に移します。流出した液体の収集および搬送は、防爆ポンプ、接地およびボンディングされた容器、耐火花性工具類のみを使用して行うべきです。

舗装道路や土壌面にこぼれた液体は、砂、バーミキュライト、ゼオライト、吸収材で作成した堤防など、機械的または化学的バリヤで取り囲むことによって阻止します。少量の漏出の場合は猫砂も効果的な吸収材として利用できます。漏出した液体の表面を吸収材または活性炭で覆うことにより、溜まったメタノールを収集します。メタノールを含んで飽和した使用後の吸収材または土は移送し、回収、再生、または廃棄できるよう包装します。

メタノール蒸気は空気より密度がわずかに高く、地下室、マンホール、光熱設備トンネルのような閉所の低い位置に蓄積し可燃濃度に達することがあるので、メタノールが閉所に入らないようにすべきです。緊急応答者がそのような場所に進入する際は、爆発性大気がないことを確認してから進入すべきです。

放水によってメタノール蒸気を抑えることはできますが、閉所での発火も防止できるとは限りません。AR-AFFF 火気抑制泡を使用すれば、蒸気を抑制し火災の危険を低減することができます。

建物内または閉所での蒸気放出の場合は、火災または爆発を防止するために、換気によりメタノールの LEL (0.6%または 6000 ppm) の 10% 未満に濃度を下げるべきです。しかし、

その濃度のメタノール蒸気はなお「脱出限界濃度」とみなされます。建物内への立ち入りが安全であると緊急応答者が確認し、空気中のメタノール濃度が 200 ppm 未満であることが確認されるまで、建物には立ち入りを禁じます。付近のすべての発火源（喫煙、炎、火花、火）は消すか、漏出のあったゾーンの半径 100～200 m（328～656 フィート）範囲内から取り除きます。

メタノール蒸気は屋外では、比較的速く分散します。適切な対応措置は、漏出の源から全方向に 100～200 m（328～656 フィート）の隔離ゾーンを設け、放出蒸気の風上に避難することです。タンクローリーや鉄道車両が関わる場合は、放出源からの隔離ゾーンを 800m（0.5 マイル）に延長します。除外ゾーンの半径を延長する目的は、沸騰液膨張蒸気爆発 (BLEVE) 事故の発生時に人員を過度の圧力、放射熱流束、爆発の破片から保護することにあります。

パイプラインの漏出では、場合によっては、メタノールが収集される自然な窪み若しくは工学的に作られた窪みにつながる排水路または経路を用意して、被害を受けやすい生態系の生息地域または水域にメタノールが入り込まないようにする必要があります。これは、上流および下流の弁が閉じられた後または流れをバイパスできた後も、残留分が排液されるまで維持しなければなりません。

漏出したメタノールを回収して自然界の水（河川、湖、海等）に戻すことは実用的ではありません。

7.3.1 現場制御ゾーン

現場制御は ERP の導入に不可欠な要素です。汚染の拡大および化学的・物理的危険物質による社員の被曝を抑制するために、漏出のゾーンを、除外ゾーンを中心とした 3 つの同心円に分割します。除外ゾーンとは、EZ またはホットゾーンとも呼ばれる領域であり、ここで漏出を阻止します。除外ゾーンの周囲を取り巻く領域は汚染物質削減ゾーン (CRZ) であり、ここには、緊急応答者およびその装備のみが進入できる 1 か所の出入り口と、洗浄担当者およびその装備がホットゾーンを出て行くための汚染除去通路が含まれます。最外周領域はサポートゾーン (SZ) であり、ここでは緊急応答装備の準備と、指令ポストおよびコミュニケーションセンターの活動を行います。EZ および CRZ に立ち入れるのは、認可された関係者だけです。緊急応答コーディネータ (ERC) は、認可を受けた要員が入る作業領域を特定し、現場制御措置を執行します。

7.4 漏出の洗浄および事後復旧

メタノール漏出の制御および洗浄作業に参加するのは、訓練を正しく受け、正しい装具を身につけた社員のみに限すべきです。米国では、緊急応答者は、連邦規制コードの第 29 条第 1910.120 号に記載の OSHA の有害廃棄物作業および緊急応答 (HAZWOPER) の規則に従った訓練を受けなくてはなりません [59]。爆発濃度が疑われる場所またはそれが可能な場所でのメタノール漏出の場合は、呼吸マスクを装備した完全密閉されたレベル A の防ガス衣を着用しなくてはなりません。小規模の漏出の場合は、レベル B の防ガス衣、手袋、呼吸マスクが必要な場合があります。活性炭はメタノール蒸気を吸着してすぐ飽和するため、有機ガスカートリッジ付きの空気浄化マスクは絶対に使用してはなりません。

火災、爆発、健康の危険が抑制された後のメタノール漏出清浄作業の目的は、純粋な物質またはメタノール・水混合液が完全に希釈される前にそれらをできるだけ多く回収し、再生または再利用を最大限に可能にすることです。メタノールで飽和された吸収材にも、2 次燃料ブレンドまたは焼却としてのエネルギー価があります。回収されたメタノール混合物の処理プロセスとして、逆浸透、炭素吸着、水蒸気蒸留、空気蒸留を使用することができます。し

かし、どのプロセスを適用するかは、コストと利益を考慮し、それぞれの場合に応じて評価する必要があります。

場合によっては、汚染された吸収材および土壌を危険廃棄物として処理する必要があります。処理および廃棄のオプションは、適用される規制によって異なります。メタノールの影響を受けた場所および媒体によっては、メタノール漏出場所の復旧作業を繰り返す必要があります。メタノールは環境にいつまでも残留する物質ではなく、地表水、土壌、地下水に放出されたメタノールは容易に希釈されて低濃度になり、土壌または水に生息するバクテリアによって比較的短期間に生分解されます。メタノールの生分解の相対的速度から予測すると、積極的に（人為的に）清浄した場合にかかる清浄時間より、自然作用による清浄時間の方が短いと予測されます。しかし、規制要件および潜在的な法的責任によっては、積極的な復旧プロセスが必要な場合があります。

7.5 漏出の通知および報告

米国の「緊急計画および地域社会の知る権利に関する法令 (Emergency Planning and Community Right-To-Know Act: EPCRA)」は、一定限度を超す化学物質放出については、米連邦国内応答センター (Federal National Response Center)、州の緊急応答委員会、現地の緊急計画委員会 に直ちに報告するよう義務付けています。さらに、有害物質の漏出の通知及び報告を州および地方自治体が義務付けている場合があります。米国の Comprehensive Emergency Response and Liability Act (CERCLA: 緊急応答・法的責任に関する包括的法令) の有害物質リストは、報告義務の量を定めており、メタノールの場合は 2.2 トン (5000 ポンド) であり、これは 2858 リットル (755 ガロン) に相当します。カナダでは、報告義務の量は米国より低く、200 リットル (53 US ガロン) に設定されています。欧州共同体 (EU) では、欧州汚染物放出・移動登録簿 (European Pollutant Release and Transfer Register) 第 166/2006 号により、汚染物質の放出に関する電子データベースが一般公開されており、閲覧することができます。

漏出の通知によって罰則や罰金の対象となる他、漏出のあったゾーンの復旧および環境に与えた損害の回復が要求されることがあります。

7.6 事故調査および記録

ER 計画の主要な構成要素の 1 つは、事故調査によって放出の原因を特定し、プロセス安全システムおよび操作手順の欠陥を是正し、対策自体を改善することです。

施設は事故調査および追跡調査の手順を記録した書面を作成することにより、適切な是正措置の実施および全ての関連記録・文書を確実に維持します。

7.7 事故指令の構造

小規模の漏出は施設内で対処でき、その間、現場の緊急応答指揮官(ERC)が、緊急事態応答して是正し、現場の人員と周辺社会の安全を確保する適切な対策についての主な責任を担います。また、ERC は、是正措置の実施、適切な官庁への通知、追跡調査報告書の作成の責任も担います。取るべき行動として、例えば、放出ゾーンからの人員の避難が含まれます。施設の人員は、すべての漏出、火災、負傷、病気、資産の損害を ERC に報告する必要があります。

規模の大きい事故の場合は、外部応答機関（消防署および／または有害物質応答部門等）の救援を求め、ERC は指導役を担う機関の事故指揮官に指令の責任を引き渡し、事故指揮官 (IC) が応答の活動を指示します。

事故の規模に応じて、事故指揮官 (IC) は単独の人員で対処する場合、あるいは複数の人員を含むチームが必要になる場合があります。さらに、情報担当者、安全担当者、連絡担当者が IC を支援する場合があります。また、操作、ロジスティクス、計画、金融を担当する支援要員が必要な場合もあります。

7.7.1 コミュニケーション

除外ゾーン (EZ) の現場チームとサポートゾーンの係員との間の良好なコミュニケーションは、緊急事態応答には不可欠です。コミュニケーションと安全を確実なものとするために、除外ゾーン (EZ) での現場調査と洗浄を行う間は 2 人組みシステムを常に採用すべきです。本質的に安全な（防爆仕様の）携帯電話または双方向無線機（携帯電話サービスのないゾーンの場合）を ER 要員全員が使用できるようにすべきです。様々な応答機関は、それぞれ異なる無線コードおよび電信コードを使用します。施設の依存する無線が応答者の無線に対応することを確認しておく必要があります。

8 メタノール事故およびその予防

本章では、メタノールに関係する出来事および事故の主な種類とその原因について再調査し、様々なメタノール使用者が体験した最も一般的な危険について説明します。また、危険事故の発生と規模の低減に役立つ有効な安全策について説明します。

8.1 メタノール事故の概要

メタノールの主な漏出、火災、爆発事故の多くは、国際報道機関により報道され、私報および公共機関の編集物がインターネットから入手できます。ただし、現時点では、世界サプライチェーン全体で発生したメタノールが関わる出来事および事故の総合的なリストが集中データベースから入手できるようにはなっていません。化学中間体および溶媒から代替燃料にいたるまで、メタノールは広範囲に使用されているので、集中データベースの作成は複雑な作業になります。

以下の表は、1998 年から 2011 年の期間におけるインターネットの調査から編成された事故のデータを示しており、これには米国、カナダ、ブラジル、フランス、イタリア、ドイツ、スウェーデン、中国、インド、マレーシア、南アフリカ、オーストラリアで報告された事故が含まれています。この表の基となる事故の完全なリストは、本手引きの付録 D に掲載されています。

表9 使用者セクター別メタノール関連事故の種類(1998-2011)

セクター	事故数	全体に対する事故の割合(%)	火災/爆発	漏出	その他
バイオディーゼル	23	28%	23		
工業	23	28%	21	2	
輸送	22	27%	12	6	4
一般家庭	4	5%	4		
パイプライン	4	5%	1	3	
学校	3	4%	3		
商業	1	1%	1		
水処理	1	1%	1		
合計	81		66	11	4
パーセント	100%	100%	81%	14%	5%

この表は、当該事故の相対的な頻度や規模に関する、完全または代表的な統計を示すことを意図するものではありません。ただし、潜在的な大惨事を防ぐために、メタノールが関わる事故の一般的な種類を評価し、リスクの特定と安全対策の開発を支援する出発点としてこの表を使用することができます。

バイオディーゼル生産を含む工業セクターがメタノール事故の大半が発生している首位のカテゴリーとなっており、全事例の **56%** に相当します。その中でも、バイオディーゼル生産は **46** 事例の工業事故の半分に相当する、**23** 事例の火災と爆発を起こしています。他の工業セクターでの事例の大半は火災または爆発が関係し、**2** 例で漏出が報告されています。

全事例の **27%** に当たる輸送セクターの **22** 事例のうち、ほぼ半数がメタノールの道路での輸送に関する事故で、**36%** は鉄道に関する事故です。また、**4** 例の船積み事故の例も報告されています。**22** 事例のうち **12** 例で火災または爆発、**6** 例で漏出、残りの **4** 例で衝突、転倒、脱線、重大な物的損失を伴わない船の周回が結果的に引き起こされています。

1998 年から 2011 年に発生したメタノールが関わる **81** 件の事故を調査した結果、火災または爆発が **81%** を占め、漏出は **14%** を示しました。

以下の表 10 は、報告されたメタノール関連事故により引き起こされた怪我および死亡の割合を示します。

表 10 使用者セクター別メタノール関連事故による死亡および負傷(1998-2011)

セクター	事故数	死亡	負傷	全死亡例に対する割合 (%)	全負傷例に対する割合 (%)
輸送	22	14	9	54%	18%
工業	23	5	15	19%	31%
バイオディーゼル	23	4	6	15%	12%
水処理	1	2	1	8%	2%
商業	1	1	1	4%	2%
学校	3	0	12	0%	24%
一般家庭	4	0	5	0%	10%
パイプライン	4	0	0	0%	0%
合計	81	26	49	100%	100%

輸送関連事故は、全死亡数の **54%** および全負傷数の **18%** に相当する、最大数の死傷者を出しています。バイオディーゼル以外の工業事故は、死亡に至らなかった負傷者数が最大 (**15** 人) で、**5** 人の死亡者を出しています。バイオディーゼル産業は、**4** 人の死亡者と **6** 人の負傷作業員を出しています。一般家庭と学校での事故による負傷は、火傷によるものです。一般家庭、学校、パイプラインでの事故による死亡者は報告されていません。水処理プラントでの事故は **1** 件 (溶接事故) が報告され、これは最も重度の高い事故として **2** 人の死亡者と **1** 人の負傷作業員を出しました。

この分析には、アルコール飲料へのメタノールの違法使用による中毒事故の死亡者は含まれていません。それでも、**2011 年 6 月 24** 日にスーダンのハルトゥームで報告された **1** 事例だけで、少量のメタノールを加味した飲料を飲んだことから、**61** 人のホームレスの人々が死亡

しています。この数は、上記の表に報告された 13 年にわたるすべての事故の全死亡者数の 2 倍を超える値です。

工業用メタノールの使用者（バイオディーゼル製造業者を含む）および輸送セクターは、合計すると報告された事故の 5 分の 4 以上、全死亡例の 88%を占めています。

8.1.1 事故の一般的な原因

マスメディアまたは調査報告書が伝える事故について、その原因を特定することが困難な場合もあります。報告される事故のほぼ 3 分の 1 は、原因が不明です。残りの 10%、すなわち 8 事例は、メタノールと火で遊んでいた子供や大人によるものや、学校の理科の実験が失敗して発生した「意図せぬ」使用に分類することができます。

8.1.2 日常的作業および定期的メンテナンス

工業セクターおよびバイオディーゼルセクターでは、メンテナンスに関連する問題が、原因の特定された事故のほぼ半数以上を占めます。メタノール貯蔵タンクや貯蔵容器の溶接または研削などの「ホットワーク」がメンテナンス事故の半数を占め、電気設備や装置、移送ライン、ポンプ、安全弁の故障が残りの半数を占めます。

物質の混合、高温または高圧による反応、物質の移動作業などの日常的作業が工業セクターにおける火災または爆発事故の 45%を占めますが、これらの事例での具体的な発火源は特定することができません。

バイオディーゼル生産による事故は、原因が特定されたすべての工業事故の 3 分の 2 に相当します。

8.1.3 輸送活動

輸送セクターでは、自動車による輸送、鉄道車両、船舶、はしけによる衝突が、原因が分かっているすべての事故の 4 分の 3 以上を占めます。残りの事故は、漏出に分類されます。

概して、輸送中の事故は、メタノールを搬送する車両または船、道路、線路、または航行中の海路での日常的な作業中に発生しています。メンテナンスの問題が直接の原因で発生したと考えられる事故は 2 例しかなく、その他の事故はおおよそその原因すら分かっていません。興味深いことに、物質の移動作業中の漏出の事例は報告されていません。報告された輸送での漏出はすべて、衝突または転倒によるもので、そのうち 1 例で鉄道操車場での少量の漏出が報告されています。

8.1.4 パイプライン事故

4 件の報告されたパイプライン事故（3 件の漏出と 1 件の火災）は、すべてプロセス関連の事故で、3 件は定期的メンテナンス作業中に発生しました。

8.2 主な調査結果

前記の事故統計によると、メタノール事故の結果最も一般的に起こる火災および爆発は、漏出やその他の放出により発生する傾向がある一方、その原因は実行中の作業により異なる可能性があります。輸送時の事故は、道路、線路、水路のいずれかにかかわらず、日常業務中に発生するようです。パイプライン事故および工業事故は、設備機器のメンテナンスに関連しており、特にバイオディーゼル生産では、日常的な作業に関連していることが顕著です。

人間的要素はすべてが共有する要素で、これらの事故の結果を評価する上で非常に重要になります。これは、メタノールの危険性を理解し、安全な取り扱いと緊急事態応答の手順を実習することが非常に重要であることを強調するものです。

それぞれの事象を引き起こす場所、人員、プロセスの相対的な関わり合いを特定することはできませんが、類似産業やプロセスの事故分析およびプロセス安全管理から教訓を得ることは有意義です。これらの事故を引き起こす共通因子には、以下のようなものがあります。

- メタノールの物理的性質、化学的性質、可燃性の理解が不十分である。
- メタノール容器、ホース、パイプラインの安全性が維持されていない。
- 可燃濃度のメタノール蒸気が蓄積または放出される。
- 漏出阻止容器の能力が不十分。
- ホットワークなどの明らかな発火源が認識されていないか、制御されていない。
- 静電気、防爆構造を備えない装置または設備からのアーク、摩擦および機械からのスパーク、発熱化学反応などの発火源が特定されていないか、制御されていない。
- 装置のメンテナンスが不十分。
- 日常的作業の標準操作手順が守られていないか、不十分である。
- プロセスの安全対策が配備されていないか、守られていない。
- 防火システムが配備されていない、不十分である、または使用できない。
- 緊急応答の計画、訓練、装置、管理が不十分。
- 危険または進展中の事故の規模を認識できず、時宜にかなった適切な安全保護対策をとっていない。

8.3 結論

上記の歴史的事故の分析が示すように、メタノールの使用、貯蔵、輸送に本来存在する危険により、重大な破壊的事象を引き起こされる可能性があります。この物質が正しく取り扱われず、十分な安全対策がとられていない場合、死亡、重傷、重大な物質損失が発生する可能性があります。これらの事故から収集した情報に基づく結論は以下の通りです。

- 破壊的事象を招く状況は、製造、輸送、流通、貯蔵、処理の各セクター（分野）、および教育現場、レクリエーション場、居住地域の環境におけるメタノール価値連鎖のすべての段階に存在する。

- 人員の技術能力のレベルが大きく異なる大規模及び小規模の作業において、メタノールの使用、輸送、貯蔵から、重大な事故が起こる可能性があり、実際にも発生している。
- 多くの場合、漏出の結果火災と爆発が発生しているので、緊急応答および漏出防止の能力、訓練、装置が安全なメタノール取り扱いに欠かせない要素である。
- 大半の事故と多くの死亡事故は、溶接作業または研削作業の前に適切な「ホットワーク許可」手順を導入することによって防ぐことができたと考えられる。
- メタノール設備装置の機械的保全性と正しい予防保全はすべてのメタノール使用者にとって最重要事項である。
- メタノール設備材料の搬送システム、パイプライン、貯蔵タンクの腐食の原因と予防を理解することは極めて重要である。これは、海上ターミナル、貯蔵所、化学工場、荷役所、およびすべての産業使用者にとり特に重要である。
- メタノールが存在し、それが放出する可能性がある場合は、すべての状況で潜在的な発火源の認識、特定、制御を重要視する必要がある。これには、熱、火、摩擦、アーク、静電気、火花、化学反応、物理的プロセス条件、その他が含まれる。
- 工業用メタノールの使用者、特にバイオディーゼル製造業者にとり、日常的作業および特殊作業、緊急状態に対するプロセス安全管理の査定と手順の実施が有効である。
- メタノールの物理的性質、化学的性質、可燃性に関する訓練を運転者に対して行なうことは必要不可欠な要素であり、これは特に工業労働者および輸送労働者が、メタノールを安全に取り扱う上で該当する。

8.4 安全策

破壊事故の発生確率と結果を減らすには、メタノールの使用者は行っている作業や活動に潜在する特定の危険を認識し、それらの危険を制御する適切な安全策を認識するための、正しいツールが必要です。これは、化学工業では人材、装置、手順の 3 つの要素から成る安全管理システムを通じて最も効率的に達成することができます。システムズアプローチの 1 つの重要な概念は、システムの一要因を変更すると、システムを事実上変更することになり、それによって安全でない状況または危険な状況が発生し得ることを認識することです。

良好なシステムはどれでも、正しい計画、オペレータの訓練、実施／導入を必要とします。安全管理システムを優れたものとするには、手順の完成、記述、定期的な更新、そして厳格な保持が必要です。プロセスは適切に維持、文書化された適正な装置を備え、人材は手順と装置についての適切な訓練を受け、担当の仕事が安全かつ効果的に行われるように監視する必要があります。

以下は、メタノール使用者を対象とした、有効な安全管理システムを構成するための重要な要素の一部です。これらの要素は、作業の種類、貯蔵容器の容量または処理量、メタノールを扱う条件に応じて、適切なレベルに規模を調整することができます。

8.4.1 プロセス安全管理

プロセス安全管理(PSM)は、過去 20 年以上にわたり化学工業に採用されてきた有効な安全管理システムの 1 つです。米国では、10,000 lbs (1,508 ガロン) 以上のメタノールを貯蔵、処理、または使用する大半の施設は、OSHA により PSM を導入することが義務付けられています。プロセス安全管理 (PSM) の目的は、化学物質、プロセス技術、および化学操作と活動に用いられる大小の設備に伴う危険・有害性を知り、理解し、抑制することです。PSM は組織的に相互協力する 14 の管理要素で構成されます。各要素は、化学的危険の安全管理に必要なプロセスの特定の局面に取り組んでいます。ただし、PSM の要素は施設の特定の状況に合わせて規模を調節し、どの施設もその必要に応じて導入することができます。メタノールの使用者が効果的に採用できる他の化学プロセス安全管理のモデルもあり、これらも世界中で使用されています。PSM プロセスの詳細は、本手引きの第 5 章で説明されています。

8.4.2 腐食防止

液体メタノールは天然ガスや蒸留燃料と比較して高い電気伝導性を持ちます。この高い電気伝導性により、メタノールを保持する容器は、ガソリンのような炭化水素を保持する容器と比較して、電気化学的腐食の影響を受けやすくなっています。電気伝導性は、天然ガスと蒸留燃料を取り扱う際に一般的に使われる合金の腐食を促進します。この点は、アルミニウム合金とチタン合金で特に顕著です。さらに、メタノールは選ばれたプラスチックやゴムにしか使用できない溶媒です。ガソリンに一般的に使用されているプラスチック製容器は、メタノールを保持するために使われると構造安全性が失われるので、防食性と耐溶剤性の高い材料で取り換える必要があります。効果的な機械的保全性プログラム無く、貯蔵容器およびパイプライン輸送システムをメタノール用またはメタノール蒸気用の設備材料に使うべきではありません。腐食防止については、本手引きの付録 B で説明されています。

8.4.3 ホットワーク許可プログラム

ホットワークに伴う危険は、効果的なホットワーク許可プログラムを実施することで低減することができます。このプログラムには、事前承認、安全な溶接作業、防火対策を含むものとします。詳細は、4.3 項「安全のための注意事項」を参照してください。

8.4.4 火災の防止および対応

火災への対応における 3 つの重要な側面は、早期発見、即時の対応、適切な行動です。これらの原則の具体的な適用方法は様々ですが、訓練、装置、実習により十分にシステムを計画し開発することができます。詳細は、第 6 章を参照してください。

8.4.5 社員の訓練

メタノールに付随する危険およびリスクとそれらのリスクの管理方法を全社員に知らせることは、雇用主の責任です。上記の事故事例が示すように、事故災害は、通常、メタノールの取扱者またはメタノールの貯蔵および取り扱い領域の近くで作業する作業者がメタノールのリスクを知らなかったために発生しています。事故災害は、管理職／経営陣が社員の訓練と適切な監督を怠っている兆候です。

操作担当者は、操作手順書を解釈して適用し、また異常な状況および緊急時に対応するための訓練を受けなければなりません。実用性を考慮し、訓練には講義および個人レベルの実地訓練の両方が含まれ、完全な模擬予行演習または机上演習などの訓練やシミュレーションで補足されます。

訓練は、定期的に行うべき状況対応型のプロセスです。効果的な訓練では、以下が実施されます。

1. 作業割当時の初期訓練
2. 定期的な復習のための訓練
3. 新たな情報を取り入れるための訓練。これは最も重要な訓練で、プロセスに変更があった場合や、事故が起こりそうになったり実際起こった場合に、その都度実施する必要があります。

効果的な訓練および能力開発は、すべての作業員が明確に理解できる方法およびレベルで実施され、最低限の理解と技量を評価するための評価手段を含む必要があります。メタノールの物理的および化学的性質が可燃性の危険性と深刻度によどのような影響を与えるかを完全に理解することは、すべてのメタノール作業員にとって極めて重要な訓練課題です。詳細は、Methanol Institute の技術情報「*Using Physical and Chemical Properties to Manage Flammable Liquid Hazards*（物理的および化学的性質による可燃性液体の危険性の管理）」を参照してください。

9 環境保護

本章では、メタノールが環境に与える影響について説明します。

メタノールが環境に及ぼす影響を決定する最も重要な性質は、溶解性、揮発性、毒性です。これらの性質により、空気、水、地面に放出されたメタノールの環境動態と移動、そして生物に与える影響をが決まります。

メタノールは自然の植物、動物、そして人の中にも存在します。天然源と人的活動の両方から放出されたメタノールが環境に存在します。米国の有害化学物質排出目録 (TRI) により報告された放出事例によると、一部のメタノールは水中にも放出されているものの、環境放出されたメタノールを最も多く含む媒体は空気です。

大気中のメタノールの主な放出源は工業です。メタノールは光酸化反応によって分解され、生物学的メカニズムによって好氣的分解および嫌氣的分解されます。メタノールはほとんどの水生生物に対し毒性は低く、魚の体内に有意な量の生体蓄積を示すデータはありません。経済協力開発機構 (OECD) のスクリーニング情報データセット (SIDS) プログラム [54] は、通常の場合で環境に有害とは認識されない性質を有する物質であるとして、メタノールを取り組み優先度の低い化学物質に指定しています。EPA は、メタノールはそれほど環境に残留しない物質だと結論付けています。

9.1 環境動態と移動

メタノールの環境動態、移動、分配、そして地表水および地下水にどの程度残るかに影響する主な物理的・化学的性質は、その混和性、他の物質との親和性（分配係数）、生分解性に依存します。

メタノールは水と 100% 混和し、水・オクタノール分配係数が低く、このことは 2 つの液体が完全に混合することを意味します。したがって、地表水に漏出したメタノールは溶解し、比較的短時間にかかなりの低濃度に希釈されます。純メタノールは空気中では高い揮発性がありますが、いったん水に溶けた後は非常に安定しており、容易には溶液から分離されません。水中に漏出されたメタノールの処理が難しいのはこのためです。海に漏出されたメタノールは、自然の波の作用と、水カラム内での迅速な溶解、そして水がほぼ無限に利用可能であるという条件によって急速に希釈され、非有害性濃度になります。

溶解されたメタノールは、鉱物表面または土中の有機炭素との親和性は高くありません。しかし、いったん土中で低濃度に達すると、メタノールは広範な地化学条件下で容易に生分解します。

地下水に放出されたメタノールは、やがて完全に溶解し、比較的低濃度になります。最初の希釈濃度は、漏出のあった領域の面積、土壌の水分、帯水層までの深さに依存します。最初

のメタノール源領域において希釈され混合された後の最終的なメタノール濃度は、その特定の環境におけるメタノール蒸気の分散度に依存します。

生分解、すなわちメタノールがバクテリアの作用によって分解され二酸化炭素と水になる過程は、環境からメタノールが除去される主要なメカニズムです。地表水へ漏出したメタノールは、好気性条件下ですばやく生分解されます。しかし、細粒土壌、低透水係数、低栄養素、嫌気性の条件下では、メタノールの土壌および地下水への分解は非常に低速化されます。

メタノールを分解する微生物の活発な作用は、地表水への漏出から数日で定着します。水中に溶解した酸素の濃度によって、メタノールの生分解速度は制限されます。地表水における分解速度は通常、1日当たり 10 mg/L です。3000 mg/l 未満の濃度では、メタノールは水中の広範な条件で容易に分解します。しかし、10000 mg/l 以上のメタノール濃度は微生物の増殖を抑制し、分解速度を低下させます。

9.2 空気中への排出

純メタノールは蒸気圧が比較的高いため、空気中へ容易に揮発します。地下に放出されたメタノールは土中の孔隙に存在する気体の中に溜まりますが、容易に生分解されます。大気中のメタノール蒸気は酸化窒素 (NOx) と反応して硝酸メチルを生成します。揮発性有機化合物 (VOC) であるメタノールは、石油化学スモッグの生成に加担し得る物質です。メタノールは日光によって分解されます。半減期は 17~18 日です。5 日後には 75~82% が環境から除去され、この割合は 20 日で最高 95% まで増加することが予測されます。

米国の有害化学物質排出目録 (TRI) によると、2009 年に米国の産業全体の施設から放出された敷地内および敷地外のメタノール放出量は 53,000 トン (1.168 億ポンド) です。このうち約 87% は空気中に放出されたもので、2.5% 未満が地表水に放出されました。2009 年中の最大排出源は紙パルプ工業です。

メタノールは、米国大気浄化法修正案 (1999 年) に従って制定された EPA の「188 の空中有害物質」リスト、および健康に有害となり得る汚染物質のデータベースである統合リスク情報システム (IRIS) に含まれています。

9.3 地下水への影響

メタノール蒸気の分解の速度を決定する主要因子は、混合、分散、希釈の可能性です。浸透面積が大きいと、大量の放出時でさえ、生分解の結果 1 年から 2 年以内に 3 mg/l 以下の濃度に低下することが可能です。地下パイプライン漏れのように小規模でありながら連続的に放出される場合、この期間は 5 年ないし 10 年に延長される可能性があります。地下パイプライン漏れの場合、特に帯水層が浅い場所において、メタノール蒸気が高い中心濃度で安定化します (Smith, Molson, Maloney 参照)。

この事実は、老朽化した地下配管のインフラを備えた施設および燃料輸送ターミナルで特に重要になります。少量でも水が存在すると、メタノール配管の腐食速度が加速される可能性があります。

85/15 ガソリン-メタノール混合燃料を移送する燃料輸送ターミナルまたはパイプラインは、純メタノールを移送する設備と比較して、より大きな影響を環境に与える可能性があります。この理由は、メタノールが溶媒として作用してガソリンの地下水への分散を促進し、嫌気性バクテリアに対してベンゼンと競合する結果、漏出物が生分解されるまでの時間が著しく延長されるためです。地下配管の保全性を確保する問題は燃料輸送ターミナルでは重大な問題

になり、配管をコンクリートチャンネル内の地上設備に再設置しなければならない場合があります。

9.4 飲料水への影響

現在、メタノールは、米国 EPA の第 1 級飲料水規制 (NPDWR)、第 2 級飲料水規制 (NSDWR)、飲料水健全性勧告基準のいずれにも汚染物質として記載されていません。ただし、2008 年 2 月に EPA が発表した汚染物質候補リスト (CCL-3) には、候補物質として記載されています。

9.5 生物学的影響

EPA の Office of Pollution Prevention and Toxics (汚染防止・有害物質部) が実施した試験では、報告された致死濃度と有効濃度の中央値に基づき、被検体の 4 種の水生魚でメタノールは基本的に無毒性でした。しかし、地表水中のメタノールが生分解されると、水中の酸素が欠乏し、そこに生息する魚種に害を及ぼす可能性があります。

ほとんどの場合、メタノールの毒性の影響が出るのは 10000 mg/L 以上の高濃度ですが、1000 mg/L を超す濃度でも魚、ミジンコ属、海藻類のような水生生物に対する毒性があります。EPA によると、これらの値は、メタノールには淡水魚に対する低い急性毒性があることを意味します。水生植物に対するメタノールの毒性の程度は様々です。アマモおよび藻類マットに対する毒性は高い一方、緑藻類に対する毒性は低いとされています。

河口魚および海生魚に対するメタノールの毒性は、淡水魚種に対するものとほぼ同じです。メタノールは、淡水性無脊椎動物（ミジンコ、水性ワラジムシ）および河口無脊椎動物および海生無脊椎動物（イガイ、ブラインシュリンプ）に対して中程度の毒性があります。海洋生物の短期暴露でのメタノールの影響は、一時的かつ可逆的なものです。メタノールは、食物連鎖の上位に属する動物の体内においては有意な生体蓄積が認められません。

哺乳動物にメタノールが与える影響の知識は、主に動物実験（マウス、ラット、猫、犬、猿）によるものです。自然界では、メタノール特有の臭気に対し動物は警戒し、メタノールが放出されたゾーンを避けると考えられ、したがって被曝は免れると思われます。しかし、メタノールは、家庭で飼われているペットに対し非常に毒性の高い不凍液の成分として含まれています。

実験室での吸入、経口、経皮による暴露の研究では、げっ歯類、ウサギ、犬が、多量のメタノールにより、筋肉失調、失神、昏睡状態を起こすことが示されています。しかし、これらの動物では、致死量および準致死量において人体に典型的に見られるアシドーシス（酸血症）および眼球の変化は示されていません。人体より動物に対する空気中致死濃度の方が低い傾向があるのに対し、経口致死投与量は人体より動物に対する方がはるかに高いことが示されています。

9.6 気候への影響

メタノールの原料として最も多く使われているのは天然ガスです。天然ガスを原料として利用するメタノール生産工場の現在の効率は約 68%です。天然ガスは、メタン 80%と、エタン、プロパン、ブタン、およびその他の高級炭化水素 20%とから成る化石原料ですが、これを利用するメタノール生産の効率の上限は、約 75%と推定されます。メタノールは、バイオマスから生成すること、あるいは、水力発電や風力発電など電気エネルギーを使って生成することも可能ですが、従来の天然ガスを利用したプロセスに比べエネルギー効率はわずか 55~60%です。

1990 年代の一般的なメタノール生産工場は、1 トンのメタノール生産につき約 0.9~1.0 トンの二酸化炭素 (CO₂) を排出していました。CO₂ の排出量が多いことは、環境に対する懸念であるだけでなく、CO₂ として排出される炭素がメタノール分子の生成に使われないことを意味し、したがってメタノール工場の運転効率が悪いことの表れでもあります。このような理由から、メタノール工場は CO₂ 排出量の削減につながる効率改善のための努力を始め、そのような努力を現在も続けています。

過去 10 年間にメタノール工場は CO₂ の排出量を最高 40% も低減することができました。これは、効率改善策を導入し、旧式設備から効率の高い技術を使う新設備に移行することによって実現しています。また、メタノールの生産量 1 トン当たりわずか 0.54 トンという CO₂ 排出量を報告している工場もあります。これは、メタノール 1 リットル当たり 0.43 kg (1 ガロン当たり 3.8 ポンドの) CO₂ に相当します。

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC : 気候変動に関する政府間パネル) によると、自動車用にバイオマスから生産されるメタノールは、化石燃料の場合に比べ、温室効果ガス排出総量を削減します。これは、バイオマス燃料が排出する CO₂ は空気から発生するものであり、CO₂ の排出総量やライフサイクル分析には考慮されないためです。

9.7 廃棄物の処理および廃棄

濃度が 24 重量%以上の廃メタノールは、EPA の定義による燃焼性有害廃棄物に該当します。製品グレードのメタノールは、廃棄されることによって有害廃棄物となります。廃メタノールまたはメタノールに汚染された水は有害廃棄物とみなされ、決して下水道または地表水に直接排出してはなりません。米国資源保全再生法 (RCRA) の定義による「有害廃棄物」の取扱許可を受けた施設でのみ廃棄処分することができます。メタノールで汚染された製品や土壌、水は、承認された容器を用いて、登録された輸送業者のみが搬送することが許可されています。推奨されるメタノールの廃棄方法は、発熱量を回収する焼却です。濃縮液体メタノールは、水溶性廃棄物と適合性のあるシステムで二次燃料として利用することができます。また、廃メタノールは、ろ過および蒸留によって容易に再生できます。

10 製品の受託責任および持続可能性

本章では、Methanol Institute の製品の受託責任および持続可能性の理念について説明し、製品の受託責任管理システムの主要素についてまとめています。追加情報は、概況報告書「製品の受託責任の実施」で参照してください。

10.1 製品の受託責任およびレスポンシブル・ケア

世界のメタノール産業にとり、製品の受託責任は、消費者のためにメタノールを生産する原料投入に始まり、最終的にメタノールが廃棄されるまでの過程において非常に重要です。Methanol Institute は、世界のメタノール産業の製品の受託責任を促進する上で不可欠な役割を果たしています。その役割は、世界中で適用されている指導原則である **Responsible Care® Ethic**（レスポンシブル・ケアの倫理）[14] と一貫性があり、Methanol Institute メンバー企業数社は、この倫理を企業理念として採択しています。この指導原則は自発的参加を求めるイニシアティブであり、このイニシアティブ実現に向けて企業は保健・安全・環境のための改善努力を継続し、製品およびプロセスについて利害関係者に伝達するための相互的な協力を進めています。

American Chemistry Council（米国化学工業協会）によれば、「レスポンシブル・ケア」加入企業は環境への放出を 78% 削減し、米国製造部門平均の 5 倍も優れた社員安全記録を達成しました。

世界の化学品製造業において、製品の受託責任は、化学品の全ライフサイクルすなわち「揺りかごから墓場まで」を通じた化学品の開発および管理として一般に理解されています。製品の受託責任の目標は、製品の供給連鎖における各過程の当事者が積極的な管理システムを持つことにより、安全で環境上健全であると同時に、社会的に責任ある製品の取り扱いを徹底することです。各当事者は、研究、原材料、製品の取り扱い、使用、最終廃棄に関わる問題に自らがどのように対処しているかを随時評価する必要があります。そのために、確約を共有して持続することにより、製品連鎖のすべてのポイントで問題を特定し是正措置を実施します。製品の受託責任の最終目標は、化学製品の全ライフサイクル、すなわち化学製品の原料の投入からエンドユーザによる消費、そして最終的な廃棄までのサイクルにおいて、化学製品の責任ある運用管理をすることです。

Methanol Institute は、メタノールの安全な取り扱いのためのガイドラインを世界中の流通網全体および下流顧客に伝達することによって、製品の受託責任における役割を果たしています。特に近年、メタノールの需要が世界的に高まるにつれ、メタノール産業が安全・保健・環境の最高基準を維持しそれに遵守することは欠かせなくなっています。Methanol Institute は、製品リスク評価、サプライチェーン全体の暴露リスク評価、メタノールの正しい取り扱い・貯蔵・使用のための訓練などを通し、メタノールに関わる健康および安全のためのイニシアティブをとる責任を担っています。さらに、Methanol Institute は国際的なメタノール産

業の声としての役割も果たしており、特に重要なのは、健康への影響、安全上の注意、環境に与える影響を中心に伝える情報源としての役割です。Methanol Institute はメタノールが健康および環境に与える影響に関する世界で最も包括的なデータベースを維持しています。

10.2 製品の受託責任管理システム

国際標準化機構(ISO) 14001 や労働安全衛生審査シリーズ(OHSAS) 18001 のような安全・環境管理システムと同様、製品の受託責任も、「計画・実行・確認・行動」というサイクルに基づく管理システムのアプローチを必要とします。この管理システムは、以下の事項を実行するために、それらの実行方法を文書化し、実施／導入のための責任を割り当て、プロセスの概要を説明します。

- 人々を訓練し、誤りを直し、報酬を与える。
- より良い方法を常に求める。
- システムが機能していることを監査によって確かめる。
- 実績の追跡と報告をし、それに基づいて改善を行う。

企業の運営およびビジネスのすべての側面に用いられる既存の管理システムの中に製品の受託責任の文化を組み込み、実行することが各企業に期待されます。製品の受託責任の文化とは、企業が購入または販売するいかなる製品も人または環境に有害であってはならないという共通の信念です。

10.3 製品の受託責任の実務

「レスポンシブル・ケア」のすべての面においてもそうであるように、企業には、製品の受託責任の文化を組織全体に行き渡らせ、利益をもたらす高品質の持続可能な製品を開発、製造、販売し、更なる改善のための企業の管理システムに製品の受託責任の実務を統合することが期待されます。

そのためには、製品の受託責任における 10 の実務 (PSP) を全レベルの管理者および社員が導入し、企業全体で実行する必要があります。これら 10 の実務は、製品のライフサイクル全体（製品のコンセプト誕生から製品生涯の終わりまで）の製品の受託責任を確実に遂行し、社内に製品管理の文化を普及させるために必要な基礎的活動を実行するものです。

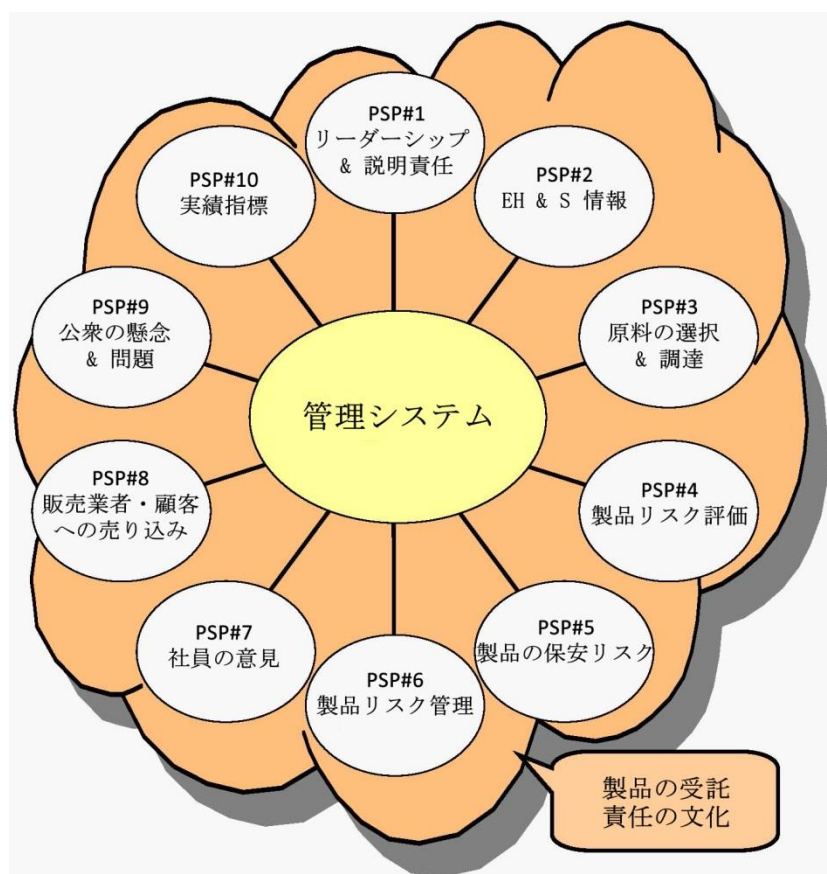


図3 製品の受託責任の実務

(資料提供：カナダ化学工業協会「製品の受託責任ガイド」2003年12月。
-同協会の許可を得て掲載しています。)

10.3.1 PSP1：リーダーシップと説明責任

製品の受託責任に対する上級管理者の長期的確約を、方針として明確に文書化します。具体的には、指導者は以下のことを実行すべきです。

- 製品の受託責任の概念を理解し、各自の役割と責任範囲に組み入れるよう、組織全体の社員に奨励する。
- 各製品について製品の受託責任における実績目標を設定して評価し、それを達成するために十分なリソースを用意する。
- 製品の受託責任に対する会社の確約を示し、かつ強化するために、芳しくない製品の受託責任において実務を是正する取り組み、困難な課題の解決、支援リソースの修正、製品運営／商品化戦略の変更を行う。

10.3.2 PSP2：環境・保健・安全に関する情報

製品の環境・保健・安全 (EH&S) に関する情報を保管、更新、利用するためのデータベースを作成することが重要になります。この情報には、製品の試験データ、規制登録状況、現場での暴露／工場からの排出に関するデータを含めます。社内の研究開発、業界パートナー、学界、政府など、様々な情報源から情報が収集できます。新しい情報が得られたときは必ず

それまでの情報を更新し、また定期的に情報を更新することも重要です。Methanol Institute のホームページ(www.methanol.org) は、EH&S 情報データベースの開発に有用なツールです。

10.3.3 PSP 3 : 原料の選択および調達

原料および完成品の購入慣行を変更する前に、原料および購入した完成品が製品のリスクに与える影響を定期的に評価します。最も効率の良い資材の利用方法とリスク管理を、資材調達の意思決定プロセスに組み込みます。また、リスクが高すぎると判断された供給契約を中止する権限を社員に与えます。供給業者の製品・リスク管理の経験を積極的に聞き、アドバイスを受けることは良策です。

10.3.4 PSP 4 : 製品リスク評価

新製品の設計・製品成分変更・新用途の開発は、人に与えるリスクを軽減し、より環境にやさしい製品を開発する理想的な機会です。製品のライフサイクル全体でエネルギー消費および資材消費を低減する機会があれば、いつでも可能な限り実行すべきです。定期的に、あるいは新しい情報が得られたときや規制変更があったときは、リスクを再評価し、データの解釈が正しいことを確認します。

10.3.5 PSP 5 : 製品の保安

製品や原料がテロリズム、社会・政治的活動、破壊行為、悪意ある行動などに故意に悪用されることがないように、企業は保安計画を確立すべきです。国や地方自治体のガイダンスが定めるように、潜在するリスクの度合いによりテロリズムに対する行動の範囲や程度は異なります。

10.3.6 PSP 6 : リスク管理

新製品の販売に先立ち製品リスクを評価し、リスクが高すぎると判断された場合は、個人の顧客ベースまたは市場全体で販売を中止してください。評価されたリスクが適切に管理されていない、あるいは許容できないとみなされる場合は、特定された高リスクの問題を軽減する是正措置をとります。

10.3.7 PSP 7 : 社員の訓練および教育

既存の社員訓練・教育計画に製品管理の教育を組み込み、製品の受託責任の責務を割り当てられた社員には追加の訓練を提供します。社員が持つ社会的懸念、環境・保健・安全に関する懸念、倫理的懸念に、積極的に耳を傾けます。

10.3.8 PSP 8 : 販売業者・顧客への売り込み

下流の第二者との双方向のコミュニケーションを促進することにより、製品に対する市場の期待および社会、環境・保健・安全に関する懸念、倫理的懸念を理解します。環境・保健・安全に関するバランスの取れた正確な情報を第二者に提供することは特に重要です。これは、顧客および下流ユーザが、製品の環境・保健・安全に関する新しい情報およびその情報の意味を知っていることを確認する上で役立ちます。製品の最終用途についての意見と製品のリスク管理経験を下流の第二者から積極的に得ることでさらに認識を深めます。顧客、および顧客の顧客を早期から研究開発 (R&D) に関与させることによって製品の設計段階に参加させ、製品の使用、取り扱い、リサイクル、廃棄に伴う問題をできるだけ少なくします。この「メタノールの安全な取り扱いの手引き」を下流販売業者および顧客と共有することは、製品の受託責任を促進する優れた方法です。本手引きの追加コピーが必要な場合は、Methanol Institute の MI@methanol.org までお問い合わせください。

10.3.9 PSP 9 : 公衆の懸念と問題

製品の使用に直接関わりのない個人または団体が持つ懸念も必ず考慮してください。そのような団体が持つ懸念について早期に話し合うことは、現実の危険と思い込みによる危険の両方を削減する上で役立ちます。

10.3.10 PSP 10 : 実績の指標

製品の受託責任の実績を示す尺度および目標を、社員の評価、実績の認識、報酬供与の過程に組み込んでください。全社員が日常作業の中で製品の受託責任への確約を示す必要があります。

10.4 レスポンシブル・ディストリビューション

上記のように「レスポンシブル・ケア」は案内役を果たす原則です。Responsible Distribution[®]（レスポンシブル・ディストリビューション）の概念はこの原則をさらに拡大し、化学物質、化学品、化学サービスの流通・販売（ディストリビューション）のすべての側面を取り込んでいます。「レスポンシブル・ケア」の場合と同様、Methanol Instituteの加入企業の中には、「レスポンシブル・ディストリビューション」を理念とし、遵守する企業があります。メタノールは世界中で流通・販売されています。「レスポンシブル・ディストリビューションの実行規定」を熟知し遵守することは、メタノールに付随する危険を管理し、リスクを最小限にするために重要です。Canadian Association of Chemical Distributors（カナダ化学品流通業者協会）[13]が提唱する「レスポンシブル・ディストリビューション」では、一般に以下のことが要求されています。

1. コンプライアンスの確立

企業は、化学物質、化学品、化学サービスのレスポンシブル・ディストリビューションの全側面を統括するために、方針、基準、手順を文書化すること。

2. リスクの管理

企業は、安全および環境面での実績を継続的に改善するための有効な計画を立てること。リスク管理の主要素には、プロセスの危険・リスクの定期的な評価、バルクおよび梱包された物質の貯蔵および取り扱い（例：漏出の阻止および清浄化、製品の隔離、場外車両の運転およびメンテナンス、容器および輸送車の選択、ラベル付け、管理、その他の手順）の基準および手順を記した文書の作成、流通・販売活動に伴う危険およびリスクに関連する情報（例：化学物質の取り扱い、タンクおよびドラムの洗浄、容器から容器への品物の移動、梱包など）を社員および委託業者に提供することが含まれる。

3. 情報の伝達

企業は、社員、顧客、委託業者、二次販売業者、供給業者に情報を伝達する計画を立てること。

4. 法的条件への準拠

企業は、法的条件を遵守し、社員が法律に従って作業していることを確認するための計画を立てること。

5. 利害関係者との対話

企業は、化学関連品の流通・販売を継続的に改善すべく問題を特定し基準を設定するために、利害関係者（社員、組織・機関、政府および地域社会機関）の支援と協力を得るための計画を導入すること。

6. 二次販売業者の管理

企業は、製品の流通・販売条件として、口頭または書面による契約によって、加入企業が供給した製品、梱包、および／またはラベリングに一切変更を加えないことを定めることができる。加入企業は、すべての二次販売業者を教育し、支援し、評価する計画を導入すること。

7. 供給業者の管理

企業は、当該実行規定の準拠を奨励すべく、化学物質、化学品、化学サービスの供給業者を教育し、支援し、評価し、承認する計画を導入すること。

10.5 持続可能性

「レスポンシブル・ケア」および「レスポンシブル・ディストリビューション」に参加しているメタノールの使用者は、持続可能性戦略の作成と導入にも携わっています。需要と供給チェーンの運営に変化をもたらす最大の原動力は、製品の調達先の選定、ロジスティクス、輸送、流通、操作上の慣行において、これまでよりも環境に配慮し、持続可能であることを求める圧力です。

10.5.1 持続可能性の手引き

1987年に南アフリカのヨハネスバーグで開催された国連持続的開発に関する世界会議(Sustainable Development Conference)において、持続可能な開発とは「*将来の世代のニーズを充足する能力を損なわない範囲内で現在のニーズを満たすこと*」と定められました。持続可能性をより一般的なビジネス用語に当てはめる重要な概念は、経済(Economics)、環境(Environment)、(社会的)平等(Social Equity)の「3つのE」または「トリプルボトムライン」概念です。その要点は、大半の事業決定および政治決定において、地球環境への影響を評価し、最も望ましいアプローチに到達するためには、これらの3つの決定を統合する必要があるということです。用語「グリーン」は、多くの場合、持続可能性の同意語として使われますが、その意味はより広範囲に適用されています。これらの概念は、持続可能性戦略を計画し、パフォーマンス評価基準を設定するための有用なツールです。

世界的な最先端企業は持続可能性のビジネスケースを受け入れています。化学工業などの需要と供給の広範囲なネットワークを持つ企業は、サプライチェーン全体に適用可能な持続可能性パフォーマンスの標準化された尺度と指標を探しています。

「レスポンシブル・ケア」および「レスポンシブル・ディストリビューション」に従っている多くの団体は、製造プロセスを改善し、価値連鎖全体を通じて効率を上げ、コストを低減する「リーン」生産方式も導入しています。リーン生産では、生産システムからすべての無駄を取り除くことが求められます。

メタノール価値連鎖企業は、持続可能性の努力を支持するよう、リーン生産方式導入計画を推進することにより利益を得ることができます。「リーンからグリーン」運動は持続可能性とリーン経営の類似点を利用したものです。品質の改善、無駄の排除、作業を完了するまでの時間の節約、総費用の低下というリーン経営の目標は、廃棄物と公害の除去、エネルギー効率の改善、再生可能資源の利用の増大、従来資源の調達先の選定、生産、流通慣行における地球環境に対する損害の低減という持続可能性の目標と一貫性を持ちます。さらに、リーンと持続可能性の両方で、共に実績を向上する利害関係者の教育、社員のチームワーク、分析の手段と尺度の重要性が強調されています。持続可能性とリーン経営は、共にプロセス志向の活動です。リーン生産の中心となる原則は、継続的改善です。言うまでもなく、最高の「レスポンシブル・ケア」システム、「レスポンシブル・ディストリビューション」システム、持続可能システムにもこの原則が反映されます。

10.5.2 代替エネルギー

化石燃料から誘導されたエネルギーが環境および社会に与える影響について世界の認識が進むにつれ、新しい代替エネルギーの供給が持続可能性の認定基準を満たすことの必要性についての懸念も増大しています。バイオ燃料が化石燃料の代替燃料として受け入れられ、将来成功するかどうかは、この燃料が持続可能性の3大要素である社会、経済、環境に与える影響に大きく依存しています。この点に関しては、すべての再生可能エネルギーが同じとは限りません。食糧からのバイオ燃料の生産、またはバイオ燃料用作物を育てるために手がける森林伐採のプロセスの一部としてのバイオ燃料の生産は、相対的なカーボンフットプリントに影響し、社会の抵抗が高まるものと予測されます。

メタノールのガソリン混合燃料の代替燃料源としての使用、バイオディーゼル生産での使用、水素燃料電池の主要な構成要素としての使用は、化石燃料の直接的消費を低減する上で役立っています。ただし、現在の市販メタノールの98%は、再生不可能な天然ガスを使用する大規模な化学品製造工場生産されています。廃棄物を原料として使う再生可能資源からのメタノールの生産は、期待の持てる代替生産方法です。

現在、実証実験プロジェクトからヨーロッパの限定生産施設に至るまで、複数のバイオエタノール生産技術が開発されつつあります。そのような技術のうち、スウェーデンのChemrec AB社が開発中の技術は、製紙工場の気化プロセスで生成される廃棄物の黒液を利用してバイオベースメタノールを生産するものです。

世界最大のバイオディーゼル製造業者の1社であり、オランダを本拠とするBioMCN社は、再生生産されたグリセリンを使用してバイオメタノールを生産しています。バイオディーゼル生産の副産物である粗製グリセリンからは、精製、蒸発、分解によって合成ガス(syngas)が生成され、その合成ガスがバイオメタノールの合成に使用されます。このバイオメタノールは蒸留によって精製された後、植物油および脂肪とともにバイオディーゼルを生産する標準プロセスに使用され、再び副産物としてグリセリンが生成される結果、いわゆる「揺りかごから揺りかごまで(cradle to cradle)」と呼ばれる生産サイクルが終了します。合成ガスは、木材または有機廃棄物からの藻など、その他の種類のバイオマスや、食糧に使用される以外の農産物からも得られます。BioMCNは年間20万トンを生産するバイオメタノール工場を運営しています。アイスランドを本拠とするCarbon Recycling International (CRI)は、最初に地熱エネルギーを使用して水から水素を生成し、次にその水素を地熱発電で放出され捕獲された二酸化炭素と結合させて、「再生可能メタノール」を生産しています。CRIは2007年からアイスランドの実証実験施設を運営し、アイスランドのスヴァルスエインギに年間130万ガロンを生産する商業用生産工場を建設中です。現在研究開発段階ですが、南カリフォルニア大学の研究者は、大気から二酸化炭素を抽出してメタノールを生産するテクノロジーを研究しています。

様々な代替燃料のカーボンフットプリントについての決定的な評価は、本手引きの範囲を超えるものです。しかし、主要な再生可能燃料源のエタノールは、持続可能な代替燃料として多くの問題に直面しています。これらには、入力が出力を超える負のエネルギーバランス、トウモロコシおよびサトウキビからの生産による水と土壌の環境への影響、食用作物と農地との競合による社会的影響などが含まれます。それと対照的に、多くの持続可能性条件において、再生可能資源からのメタノールはエタノールに勝ります。メタノールは、食用作物および高い商品価値のあるバイオマスを除く、様々な資源から生産できます。メタノールでは、副産物を「揺りかごから揺りかごまで」ループで再利用し、二酸化炭素を動力として利用することが可能になります。[[参考文献 9.5.2-1 ~ 9.5.2-5) Pimentel, Chemrec, BioMCN, CRI]

11 リスク伝達

11.1 リスク伝達とは？

一般に、リスク伝達とは、緊急応答または危機な状況における情報伝達の手段であり、次のように定義することができます [15]。

リスク伝達とは、以下のような状況で効果的にコミュニケーションをするための、科学的アプローチである。

- 大きな懸念とストレスを伴う
- 感情を伴う
- 論議を呼ぶ

これは確かな事実であり、世界のメタノール産業でも、大規模なメタノール漏出や火災、供給の途絶えなど、この定義が当てはまる状況があります。また、多くの人にとりメタノールのリスクは、大きな懸念の議題であることも否めません。

リスク伝達は次の定義のとおり、家庭、職場、地域社会でも適用することができます。

リスク伝達とは、人々が科学を利用できるよう、科学を人の手に委ねる技術である（米国 EPA [64]）。

本章では、**危機以外**の状況におけるリスク（および危険）伝達の使用に焦点を置いています。リスクおよび危険の伝達の基本は、日常的な伝達であれ高いストレスを伴った伝達であれ、状況に関わらず同じです。本章では、危機以外の状況でメタノール産業におけるリスクと危険についての情報を効果的に伝達するためのツールおよび原則を説明します。

この観点からは、そのほかに明記すべき重要な 2 つの定義、「危険」と「リスク」の概念があります。世界でのメタノールの使用について考えるとき、危険とリスクは以下のように解釈することができます。

- メタノールに伴う「**危険**」とは、有害事象を引き起こすメタノール本来の能力である。
- 「**リスク**」とは、メタノールが使用または排出される（もしくはメタノール使用中に暴露するという仮定での）様々な用途においてそのような影響が発生する確率である。

本手引きでは全体を通して、作業員、地域社会、環境がメタノールに被曝するリスクを制限するために、メタノールの危険、およびそれを制限するための手段に焦点を置いています。

本章では、前記第 2 の定義である「人々が科学を利用できるよう、科学を人の手に委ねる技術」としてのリスク（および危険）伝達の活用方法に焦点をおきます。

危機的な状況においては、リスク伝達についてさらに詳細に検討する必要があるかもしれません。Methanol Institute は、リスク伝達の原則をより詳細に検討した、危機的な状況で使用するためのガイドブック（マスコミ対処法を含む）として、*Crisis Communication Guidebook*（危機における伝達のためのガイドブック）を作成しました。

11.2 リスク伝達はなぜ重要か？

効果的な思慮深い方法でリスクと危険についての情報を伝達することで、社員および地元地域社会の人々の信用と自信を構築することができます。これは、危機的事態において一般大衆による不適格な（場合によっては害を及ぼす）対応を防ぐために非常に重要です。

また、製品の受託責任の章で紹介された概念である「レスポンシブル・ケアの倫理」および「レスポンシブル・ディストリビューション」を思い出しましょう。それらの重要な原則は、影響を受けた当事者間、すなわち社員、地元地域社会、政治的団体、二次販売業者、供給業者の間で情報を共有することでした。それは、「レスポンシブル・ケア」と「レスポンシブル・ディストリビューション」、またはどちらかの原則に則った形でメッセージの伝達を計画し、互いに協力してリスク伝達の基本的理念を実現することです。

本章では、危機的な状況におけるリスク伝達は特に扱いません。しかし、メタノールのリスクおよび危険は現実存在します。公衆の保健と安全という問題に取り組む上で重要なのは、人々にとってそれらが優先的な懸念事項であると認識することです。

11.3 リスク伝達の基本

前述したリスク伝達の第 1 の定義で述べられているように、リスク伝達は「科学的な」伝達のアプローチです。実際、それは科学に基づいています。効果的なリスク伝達は計画と準備を必要とします。効果的なリスク伝達は、次の 4 つの基本的なステップを経て達成されます。

1. 伝達の目標を決定する

特定のメタノール業務、作業の場所、新しい技術などの情報伝達は、危機以外の状況で多数起こります。例えば、供給業者と新しい手順を共有する、新入社員に製造プロセスの訓練を行う、地元地域社会に工場の新しいアラーム手順を知らせる、といった内容の伝達です。では、その伝達の目的はなんでしょうか。相手に知らせることでしょうか。それとも相手を説得し、行動させることでしょうか。それとも、それら両方でしょうか。伝達するメッセージを決定する前に、伝達の目的と希望する結果を記録します。

2. メッセージの受信者について知る

例えば、地元地域社会または工場内の作業員と情報を共有しようと計画した場合、その地域社会または作業員の懸念を一方的に仮定せず、彼らの代表者から情報を入手してください。これは、それが日常的伝達（情報掲示板、訓練講座など）であれ、高いストレスを伴う状況であれ、すべての伝達に適用されます。特に保健および安全に関する懸念についてメッセージの受信者から情報を得ることは、メッセージの伝達者にとり有意義だけでなく、受信者の信頼を得ることにもなり、リスク伝達にとり非常に重要です。

3. 伝達の構成要素（メッセージと媒体）を決める

時間を惜しまずに明確にまとめたメッセージを作成します。また、メッセージの受け取り側にとり最も適切な伝達手段を使ってください。単純なことのようですが、

メッセージ伝達を計画すること、そしてメッセージの受信者について理解することの重要性を強調しすぎることはありません。できる限り、主要な受信者の懸念を理解するために、彼らの代表から情報を入手します。大部分の人にメッセージを伝達できる媒体を選び、不注意で一部の人を除外してしまわないよう注意します。例えば、受信者が経済的に恵まれていない人たちである場合にウェブ掲示板を使って重要な情報（避難警報作動時にすべきことなど）を伝達することは、有効な伝達手段とはいえないでしょう。言語の壁も忘れずに考慮し、ほとんどの人にメッセージが伝わるよう計画します。

4. 正確でタイムリーな情報を提供する

これは、危機的状況での伝達で特に重要ですが、どんなリスクや危険の伝達にも当てはまります。メッセージを伝達する能力を有する者が伝達を行うことは、受信者の信頼を築き、維持するために非常に重要です。

11.4 複雑／技術的／科学的な情報の伝達

関連性があり容易に理解できる内容を情報として与えれば、科学的情報は受信者にとって有用性が高く、伝達の成功度も高まります。受信者が問題を理解するのを助けるには、ターゲットを明確に定め、それに適したメッセージを用意します。また、リスクについての説明や特定のリスクの性質、形体、深刻度、または範囲を説明する場合、必ず平易な言葉を使い、専門用語は避けます。

以下に挙げるのは、複雑な科学的情報または技術的情報を明確に伝達するいくつかの方法です。

- 常に一貫した名称および用語を使うこと（例えば、ppm という単位を使った後に ppb という単位を使うと、受信者は単位を見ずに数字の上昇だけに留意し、警戒することが考えられます）。
- 頭字語や業界用語は避け、慎重に選んだ定義をあらかじめ提供すること。自分の話している事を相手も知っていると仮定すべきではありません。
- 量や大きさの説明には一般によく知られた尺度／参照点を使うこと。そのような尺度（パーツ・パー・ビリオン (ppb)、トン/日など）を、できるだけ相手の身になって想定します。

平均的な受信者にとって、わかりやすい数量的な例えを使います。例えば、「米国が1日に産み出すゴミの量は深さ 4.25m（14 フィート）のアメリカン・フットボール場 100 個分に相当する」と言う例えを挙げる方が、1日 250,000 トンというよりもわかりやすい表現です。しかし、陳腐な例、押し付けがましい例、大げさな例は避けるべきです。意味のある例や計算式を使うよう、時間をかけて考えます。

- 不確定性を認めること。不確定さを認めることは、ほとんどのリスク伝達の状況（特に危機的状況）における現実です。「わからない」と言う返事は許される返事であり、むしろ信頼を築くことがあります。

100% 確実な答えを求める相手は、その背景にある科学ではなく価値およびプロセスを疑問視している場合が多いので、相手がなぜ確実な答を求めるのか、その背景にある真の懸念を特定し、それに対処するよう努力してください。例えば、「確実でないなら、我々は保護されているとどうして言えるのか」といった発言は、データについての質問ではなく、むしろ個人または家族の安全についての質問であり、それこそがこの場合に対処すべき問題です。

11.5 一般大衆がリスクをどう受け取るかを理解する

大きな障害の 1 つは、「リスク」という言葉そのものであり、リスクがどのように測定され、説明され、最終的にどのように認識されるかです。当事者によってリスクの認識は異なり、すべてのリスクのタイプ、サイズ、重要性が同じだとは思っていません。

リスクの程度の認識は、数量的データ以外の要素によって左右されます（米国保健社会福祉省(USDHHS)出典の下表を参照 [61]）。そのような要素を理解することは、メッセージの受ける側にとってのリスクの程度を決定する助けとなり、適切な伝達戦略作りの助けとなります。

受信者の認識において次のようなリスクは	次のようなリスクより受け入れられやすい
任意のリスク	強制的（逃げようがない）と認識されるリスク
個人的に制御可能なリスク	他者が制御するものと認識されるリスク
明らかな利益のあるリスクである場合	ほとんど（または全く）利益がないと認識されるリスク
公平に分配されたリスク	不公平に分配されたと認識されるリスク
自然発生的なリスク	人為的と認識されるリスク
信頼できる出所からのリスク	信頼性が低い出所からのものと認識されるリスク
慣れているリスク	特殊と見なされるリスク
大人に影響するリスク	子供たちに影響すると認識されるリスク

11.6 信用と信頼性を築く

建設的な伝達ができるかどうかは、受信者が伝達者を信用でき信頼できる人物として見ているかどうかによってほぼ決まります。人が物事を判断・認識する過程について考えてみましょう。

以下は、信用と信頼性の評価を左右する重要な要素と、その相対的な重要度を表しています。



(Center for Risk Communication (リスク伝達センター)。許可を得て掲載しています。)

情報の受け取り側は伝達内容よりも、まず伝達者が自分を思っているかどうかを知りたいがっています。この絶対的な条件の重要性を軽視してはいけません。

11.7 メッセージを伝達する機会を探す

危機的状況が発生する前にリスク伝達のプロセスを始めます。実のところ、直面する問題への対処方法と一般大衆によるリスクの認識をよく理解している思慮深い組織（産業／企業／政府機関など）であるほど、危機的状況に対処する準備を周到に行っているものです。メッセージを伝える機会の例には、次のようなものがあります（ただしこれらに限定されません）。

- 地元新聞の編集者に手紙を送る。
- 地元新聞に問い合わせ、読者の意見の提出方法を尋ねる。
- 地元の対話ラジオ番組が関連性のある話題を扱っているときに、その番組に電話をする。
- 地元の対話ラジオ番組プロデューサに連絡し、番組への出演を申し出る。
- 地元の庶民団体に連絡し、スピーチの機会を与えてほしいと申し出る。
- スピーチをする時は地元のニュース発信元に連絡し、自分のスピーチについての報道を希望する。
- 地元のテレビニュース番組プロデューサに連絡し、自分が伝えたい話題を報道する可能性について問い合わせる。

12 用語集

12.1 用語・略語・頭字語

-A-

ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists (米国産業衛生専門家会議)。ACGIH は、職場における化学物質への暴露の推奨上限値 (Threshold Limit Values : TLV [限界値]) を公表する機関。

AFFF : Aqueous Film-forming Foam (水性皮膜形成泡)

AFNOR : Association Française de Normalisation (フランス規格協会)

API : American Petroleum Institute (米国石油協会)

AR-AFFF : Alcohol Resistant Aqueous Film Forming Foam (耐アルコール水性皮膜形成泡)

ASME : American Society of Mechanical Engineers (米国機械学会)

-B-

BEI : Biological Exposure Indices (生物学的暴露指標)

BLEVE : Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (沸騰液膨張蒸気爆発) の頭字語。加圧下にある高可燃性の気体および液体 (例えばメタノール) を含む貯蔵タンクが直火に暴露されると危険な状況に至る。タンクの外郭との発火接触が発生すると、金属強度が失われると同時に液体の上部空間にある蒸気の内圧が急速に上昇する。タンク構造に設置されている排気機構 (圧力除去弁) が通常蒸気膨張にのみ対応可能なもので、「火」への対応が考慮されていない場合、煙霧の排気が行われなためタンク内に圧力が急速に蓄積される。弱まった外郭構造と高い内圧という組み合わせによって瞬時にタンクが破損し、蒸気の破壊的な放出と発火が生じる。通常、BLEVE 事故の危険が潜在する場合は無人消防水モニターが推奨される。タンクが冷却されない限り、BLEVE は炎と最初に接触してから 10~30 分以内に発生する可能性がある。タンクの冷却には、少なくとも毎分約 1,900 リットル (500US ガロン) の量の消防水を散布することが必要である。BLEVE の爆発の威力により、貯蔵容器が爆発現場からロケットのように吹き飛ぶ可能性がある。

BTU : 熱を表す一般的測定単位である British Thermal Unit (イギリス熱単位) の頭字語。1BTU は、最大密度 4 °C (39 °F) の温度にある 1 ポンドの水を 1 °F 上昇させるために必要な熱と等しい。1BTU は 252 カロリーまたは 1,055 ジュール。

-C-

C または最高限度：空気中の浮遊物質の濃度であり、作業中の一切の暴露において超過してはならない濃度。

CABA：圧縮空気呼吸マスク

CANUTEC：Canadian Transportation Emergency Center（カナダ交通緊急センター）。オタワにあるカナダ運輸省が運営する機関。CANUTEC はリクエストを受け、特定の化学物質に関する応急措置情報を提供する。CANUTEC の年中無休 24 時間受付の電話番号は+1 (613) 996-6666。

CAS 番号：化学情報検索サービス番号。化学情報検索サービスによって割り当てられる、特定の化学物質を識別する番号。CAS 番号は特定の物質に関する情報にアクセスする索引を提供している。

cc（立法センチメートル）：1 ミリリットル (mL) と等しい体積のメトリック単位。

CCL（汚染物質候補リスト）：米国 EPA が研究に基づき規制の必要性を決定する優先取組汚染物質を一覧した資料。このリストに記載されている汚染物質は、公共下水道に浸入する（若しくは浸入すると予測される）にもかかわらず、現時点では国定第 1 級飲料水規制の対象外である。CCL に記載されるかどうかは、汚染物質が公共下水道に浸入する可能性と公衆衛生上の問題の可能性に基づいて決められる。

CCL-3：米国 EPA の汚染物質候補リスト 3 号。2008 年 2 月に発表された。汚染物質候補リストを参照。

CERCLA：Comprehensive Emergency Response and Liability Act（緊急応答・法的責任に関する包括的法令）

CFR：Code of Federal Regulations（アメリカ合衆国連邦規制コード）を意味する頭字語。

CNG：圧縮天然ガス

CRZ（汚染物質削減ゾーン）：立入禁止区域(EZ)を取り巻く現場制御ゾーン。CRZ には、緊急応答者およびその品のみが進入できるアクセス地点と、洗浄担当者およびその品が立入禁止区域を出て行くための汚染除去通路が含まれる。

CRI：Carbon Recycling International。

-D-

DIN：Deutsches Institut für Normung E.V.（ドイツ規格協会）

DMDC：ジメチル ジカルボネート

DME：ジメチル エーテル

DMFC：直接メタノール型燃料電池

DMT：ジメチル テレフタレート

DOT (USDOT)：The United States Department of Transportation（米国運輸省）を意味する頭字語。DOT は連邦官庁の 1 つであり、化学物質および有害物質の輸送を管理する。

DOT ガイド番号：(UN および UA 番号も参照) 米国 DOT により割り当てられた 4 桁の有害物質コード。通常、DOT ガイド番号と UN 番号は同じである。DOT ガイド番号または UN 番号がない場合は NA 番号が割り当てられる。

DOT 危険物クラスと分類：爆発物、圧縮気体、可燃性液体および燃焼性液体、可燃性固体、酸化剤、有機過酸化物、有毒物質および毒性物質、感染性物質、放射性物質、腐食性物質、その他の危険物質に DOT が割り当てる危険のカテゴリー。

DOT 番号：乗客を運ぶ商用車、有害物質の州間通商または州間運送用の貨物は、連邦自動車運輸安全局(Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA))に登録し、DOT 番号を持つ必要がある。事故報告書及び事故履歴をまとめる際、DOT 番号が固有の識別子の役割を果たす。

DOT パッケージング：規制された危険有害物質を輸出する場合は、UN/DOT 規格準拠の梱包（パッケージング）が必要になる。

DOT パッケージンググループ：有害物質の発送に関連するリスクを低減するには、発送、貯蔵、使用中に安全対策の適用が必要になる場合もある。パッケージンググループ（梱包等級）は、輸送中の危険物に必要な保護用包装の保護能力の程度を決定するために使われる。グループ I は非常に危険、グループ II は中程度の危険、グループ III は最も低い危険を示す。

-E-

EH&S：Environmental Health and Safety（環境・保健・安全）の頭字語。

EPA (USEPA)：The United States Environmental Protection Agency（米国環境保護庁）。EPA は環境に有害な物質を規制する連邦官庁である。

EPCRA：Emergency Planning and Community Right-to-Know Act（緊急計画および地域社会の知る権利に関する法令）の頭字語。

ER：Emergency Response（緊急応答）の頭字語。

ERC：Emergency Response Coordinator（緊急応答コーディネータ）の頭字語。

ERP：Emergency Response Plan（緊急応答計画）の頭字語。

EU：European Union（欧州連合）

EZ：Exclusion Zone（除外ゾーン）の頭字語。「ホットゾーン」とも呼ばれる。

-F-

FFFP：Film-forming fluoroprotein（皮膜形成フッ素蛋白）

Fischer-Tropsch-process（水性ガスプロセス）：一酸化炭素と水素から炭化水素燃料を生成する工程。水素と一酸化炭素を 2：1 の割合で混合し（水素の添加された水性ガスが使われる）、ニッケルまたはコバルト触媒を介し 392 °F (200 °C) で反応させる。その結果得られる炭化水素混合物は、ディーゼルエンジン用高沸点留分とガソリン用低沸点留分に分離することができる。この工程は石炭から SNG（合成天然ガス）を製造するためにも使われる。

Fuel in vaporized stoichiometric mixture（蒸気量論混合物内の燃料）：化学量論濃度で発生する燃焼反応で利用可能な蒸気化燃料の体積パーセント。

-G-

g/cm³：立法センチメートル当たりのグラム。立法センチメートルで表される体積中の重量をグラム単位で表す、濃度を表すメートル法単位（重量／体積）。

g/m³ : 立法メートル当たりのグラム。立法メートルで表される体積中の重量をグラム単位で表す、濃度を表すメートル法単位（重量／体積）。

gal : ガロン。体積の米国およびイギリス（英）単位として一般に用いられる略語。1 US ガロンは約 231 立方インチ (3.8 リットル)である。英ガロンは常温および常圧で 2.54 kg (10.0 ポンド) の水(277.4 立方インチまたは 4.56 リットル)を含む体積として定義される。

GWBB-8 h : Grenswaarde beroepsmatige blootstelling（ベルギー、1998 年）。8 時間労働による暴露での暴露濃度の測定単位。

GWK-15 min : Grenswaarde kortstondige blootstelling（ベルギー、1998 年）。作業場内で 15 分間暴露された場合の暴露濃度の測定単位。

-H-

Hazard : 危険とは、生命、健康、資産、または環境を脅かすレベルの脅威を与える状況のことである。大半の危険は、理論上の害を与えるのみの潜在的な脅威であるが、いったん危険が「アクティブ」になれば、緊急事態に発展する可能性がある。危険と脆弱性は相互作用してリスクを生み出す。

HAZCHEM コード : Emergency Action Code（EAC : 緊急措置コード）とも呼ばれる。危険または有害な化学物質を大量に輸送または貯蔵する場合に表示する。事故に応答する要員（救急隊など）が迅速に行動するための支援を目的とする。コードの最初の一文字は数字、その後に 1 文字か 2 文字の文字が続く。数字は、その事故の処置に使用すべき物質のタイプを示す（例：噴水、噴霧、発泡体、ドライケミカルなど）。数字の後の最初の文字は、必要な保護衣のタイプを示すと同時に、激しい反応の可能性と物質を密閉または希釈すべきかどうかについての情報も与える。2 つ目の文字がある場合は E という文字が使われており、これは事故の現場およびその付近から人を避難する必要があることを示す。通常、イギリスでは、その物質の国際 UN 番号、専門家のアドバイスを求めるための電話番号、会社名、その物質による危険または有害性を示す記号（例：毒物の場合は頭蓋骨の下に交差する骨が書かれたマーク）を含むパネルの一部としてこのコードが表示される。

HAZOP（HAZOPS、HAZOP 分析） : HAZard and OPerability Study（有害性および作業性研究）の頭字語。有害物質の放出事故の想定を特定するために様々な工学・管理上の安全策を評価する安全手順。

HAZWOPER : Hazardous Waste Operations and Emergency Response（有害廃棄物業務および緊急応答）の頭字語。OSHA 基準 1910.120 "Hazardous Waste Operations and Emergency Response"に基づき米国で実施された 5 種類の有害廃棄物業務を示す。この基準には、これらの業務を実施するための雇用主の安全要件が含まれる。

-I-

IARC : The International Agency for Research on Cancer（国際癌研究機関）。発ガン性に基づき化学物質を分類する科学団体。

IC : Incident Command（緊急指令）の頭字語。

ICC : International Code Council（国際基準評議会）

IDLH : Immediately Dangerous to Life and Health（脱出限界濃度）の頭字語。毒性の測定単位であり、避難の妨げとなる症状または健康への不可逆な影響なしに 30 分以内に避難することが可能な最大濃度。United States Department of Health and Human Services（米国保健社会福祉省）／United States Department of Labor（米国労働省）の NIOSH/OSHA Pocket

Guide to Chemical Hazards（化学物質の危険に関するポケットガイド）に、様々な物質のIDLH濃度が記載されている。

IEC : International Electrotechnical Commission（国際電気技術委員会）

IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers（米国電子電気学会）

IMPCA : International Methanol Producers and Consumers Association（国際メタノール生産者および消費者連合）

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change（気候変動に関する政府間パネル）。多政府が関与する科学研究組織として World Meteorological Organization（WMO：世界気象機関）および United Nations Environment Programme（UNEP：国連環境プログラム）が設置した。IPCCは人的原因の気候変化によるリスクを把握する上で重要な、科学的、技術的、社会経済的情報を査定する。

IRIS : Integrated Risk Information System（統合リスク情報システム）

ISA : International Society of Automation（国際計測制御学会）（以前は Instrument Society of America）

ISO : International Organization for Standardization（国際標準化機構）

-J-

joule(s) : 記号は J。エネルギーを表す SI 単位。

-K-

K : ケルビン。熱力学絶対零度と比較した温度。

kg : キログラム。物質の重量（質量）を表すメートル法測定単位として一般に用いられる略語であり、1,000 g = 1 kg。

kJ : キロジュール。一般に用いられるエネルギーの単位の略語。SI 単位。

kPa : キロパスカル。一般に用いられる圧力の単位の略語。SI 単位。

-L-

LEL : 爆発下限値。可燃範囲下限値でもある。1 気圧の空気中にある可燃性物質の体積濃度であり、この濃度未満では、燃料と空気の混合気は濃度が薄く、標準的な比較的高いエネルギーの発火源（火花など）があっても燃焼しない。

Level-A の保護 : 非常に高い濃度の化学物質の飛散、浸漬、または化学物質の蒸気への暴露の可能性が高い危険または有害な作業条件で使用する保護具。最高レベルの保護で呼吸器官を守るために、自給式呼吸マスクが装備された完全密閉された耐化学性のある全身スーツを着用する。高い蒸気圧および経皮吸収される毒性を伴う有害化学物質または発ガン性化学物質に要求される。

Level-B の保護 : レベル B ではレベル A の保護と同レベルの呼吸器官保護具（マスク）が要求されるが、特定部分の皮膚の暴露、および気密性でない全身スーツの着用が許される。化学物質の濃度が既定の暴露限界未満である暴露状況、および経皮吸収毒性および／または発ガン性の蒸気または気体ではない化学物質の場合に用いられる。

LPG : Liquefied Petroleum Gas（液化石油ガス）

-M-

M.P. : 融点。・固体物質の融点を表す略語として一般に用いられる。

M85 : メタノールを 85%とガソリンを 15%含有する燃料混合物。

MAC : Maximale aanvaarde concentratie (オランダ、2002 年)。最大職業暴露濃度限界。

MAC-TGG 8 h : Maximale aanvaarde concentratie。8 時間の暴露での最大職業暴露濃度限界。

MAK : Maximal Arbeitsplatzkonzentrationen (ドイツ、2001 年)。職場における化学物質の最大濃度、すなわち職業暴露濃度限界。

mg/m³ : 立法メートルで表される体積中の重量をミリグラム単位で表す、濃度を表すメートル法単位 (重量/体積)。

MI : Methanol Institute の略。

MIE (最小燃焼エネルギー) : 燃料の濃度が可燃下限値濃度から可燃上限値濃度までの範囲にある場合の燃料と空気の混合気を燃焼させる発火源の最小エネルギー。4 種類の熱エネルギー源: (1) 化学、(2) 電気、(3) 機械、(4) 核。

mm Hg : 水銀柱の高さをミリメートルで表す、圧力の測定単位。

Mol (モル) : 特定の元素、化学物質、化合物、または物質のモル重量を表す mole の略として一般に用いられる。

MSDS : Material Safety Data Sheet (製品安全データシート)。

MSHA : Mine Safety and Health Agency (鉱山安全保健管理局)。(OSHA を参照)。

MTBE : メチル第 3 級ブチルエーテル

-N-

NACE : National Association of Corrosion Engineers (米国腐食技術者協会)

NAERG : The North American Emergency Response Guidebook (北米緊急応答ガイドブック)。Transport Canada (カナダ運輸省)、the United States Department of Transportation (米国運輸省)、the Secretariat of Communications and Transportation of Mexico (メキシコ通信・運輸局) が合同で作成・出版した文庫本。Transport Canada のウェブサイト (<http://www.tc.gc.ca/eng/canutec/guide-ergo-221.htm>) で無料の電子版をダウンロードできる。この ER ガイドブックは、輸送中の有害物質の事故の第一応答者が迅速にその特定有害物質または一般的危険を特定するためのガイドである。この情報は、事故に最初に対応する段階で第一応答者が化学物質への暴露から自分自身と公衆を保護するために役立つ。

NEC : *National Electrical Code* of the United States (米国電気工事規定) (NFPA 70)。

NFPA : National Fire Protections Association (米国国立防火協会) の頭字語。火災および爆発の危険に基づき物質を分類する団体。

NFPA #30 : National Fire Protection Association のコードの 1 つであり、可燃性液体および燃焼性液体を表すコードと呼ばれる。

NFPA #30A : National Fire Protection Association のコードの 1 つであり、自動車燃料配給施設および修理工場に適用されるコードと呼ばれる。

NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health (国立労働安全衛生研究所)。設備の試験、呼吸マスクの評価および承認、職場の危険要因の研究に従事する米国政府機関。NIOSH は職場における暴露基準を OSHA に提案する。

NPDWRs : National Primary Drinking Water Regulations (米国第 1 級飲料水規制)。米国の公共用水に適用される法的強制力のある基準。第 1 級飲料水基準は、飲料水に含まれる汚染物質のレベルを制限することによって人々の健康を保護する。

NSDWR : National Secondary Drinking Water Regulation (米国第 2 級飲料水規制)。

NTP : National Toxicology Program (米国国家毒性プログラム)。化学物質の試験および米国内の癌の実態調査を行う機関。

-O-

OECD : Organization for Economic Cooperation and Development (経済協力開発機構)

OES : The Occupational Exposure Standards (職業暴露基準) (英国、2001 年)

OHSAS : Occupational Health and Safety Advisory Services (労働安全衛生審査サービス)。

OSHA : Occupational Safety and Health Administration (労働安全衛生局)。鉱山およびミル(木材・鉱物加工工場)を除く産業に携わる職場(化学品製造工場、精油所、油田、商用液体空気工場等)の保健と安全に関する基準を採用および施行する米国連邦機関。鉱山およびミルの保健および安全基準は MSHA (Mine Safety and Health Agency (鉱山安全保健管理局)) の責任範囲。

OVA : 有機ガス分析器。

-P-

PEL : 職場の化学物質の Permissible Exposure Limit (許容暴露限度)。米国では OSHA が PEL を義務付けている。

PHA : Process Hazard Analysis (プロセス危険分析)

PLC : プログラマブル・ロジック・コントローラ

PPE : Personal Protection Equipment (人身保護装具)。物理的・化学的危険から身を守るために作業者が着用する衣服および器具。頭部、目、耳の保護装具、手袋、安全靴、および特定の危険に対応するその他の特別な装具が含まれる。

ppm : パーツ・パー・ミリオン。空気中または溶液中の物質の濃度を表す容積測定単位。

psi (または psig) : ポンド／平方インチ。圧力の測定単位。表面積 1 平方インチ当たりの圧力 (ポンド)、またはゲージ平方インチ当たりの圧力 (ポンド)。

psia : 絶対圧力。圧力の測定単位であり、表面積 1 平方インチ当たりの圧力に平均海面での 14.7 psi 気圧を含めたもの。psia = psi + 14.7。

PSM : Process Safety Management (プロセス安全管理)

PSP : Product Stewardship Practice (製品の受託責任慣行)

PSV : Process Safety Valve (プロセス安全弁)

-R-

R&D : Research and Development (研究開発)

RCRA : Resource Conservation and Recovery Act (資源保全再生法)。有害廃棄物の発生から最終廃棄までを管理する合衆国連邦法（「揺りかごから墓場まで」とも呼ばれる）。

RVP (リード蒸気圧) : ガソリンおよびその他の液体燃料に対して使われる一般的な蒸気圧の測定値。ASTM D-323 試験方法により 100°F の液体が加える圧力として定義される。この試験方法は、プロパンガスなどの液化石油ガスには適用されない。

-S-

SCBA : Self-Contained Breathing Apparatus (自給式呼吸マスク)。圧力要求レギュレータ付きの空気タンクであり、危険度の高い環境でレベル A および B の保護の一環として用いられる。

SCC : Stress Corrosion Cracking (応力腐食割れ)。

SDWR : Secondary Drinking Water Regulations (第 2 級飲料水規制)。飲料水が人の外観に与える影響（歯や皮膚の変色など）または感覚に与える影響（味、匂い、色など）に関する合衆国連邦指針であり、強制力はない。

SIDS : Screening Information Data Set (スクリーニング情報データセット)。

SNG : Synthetic Natural Gas (合成天然ガス)

STCC 番号 (標準輸送商品コード) : 鉄道で輸送される商品に割り当てられる固有の 7 桁のコード。STCC 番号はすべての積荷証券に記載される必要がある。

STEL : Short-Term Exposure Limit (短期暴露限界)。毒性エアロゾルの吸入による暴露に関する制限。

-T-

TDG : Transportation of Dangerous Goods (危険物輸送) United States 49 Code of Federal Regulations (CFR) (合衆国連邦コード第 49 号)

TLV : Threshold Limit Value (暴露限界値)。空気中に浮遊する化学物質の濃度。この濃度条件では、ほぼ全員の作業員が労働生涯にかけて毎日暴露されても健康に有害にならないと考えられる。米国では、TLV の値は American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) が設定する。TLV は通常、ppm 単位または mg/m³ 単位で表される。TLV は *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents* (化学物質および物理的変化の原因となる物質の限界値) に毎年公開される。

TLV-STEL : Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit (限界値-短期暴露限界値)。作業日 1 日を通し、いかなる 15 分の時間帯においても（たとえ 8 時間 TWA が TLV-TWA 以内であっても）超えてはならない時間加重平均暴露限度。これは、作業員が短時間連続的に暴露されても(1)炎症または刺激感、(2)慢性または不可逆の組織傷害、(3)投与率依存性の毒性の影響、または(4)事故による怪我、自身を守る能力の障害、または作業効率の低下の可能性を増すに十分なレベルの昏睡を起こさないと考えられる濃度である。

TLV-TWA : Threshold Limit Value-Time Weighted Average (限界値-時間加重平均)。通常の 1 日 8 時間労働および週 40 時間労働での TWA 濃度であり、ほぼ全員の作業員が生涯労働する上で毎日繰り返し暴露されても有害な影響を受けないと考えられる濃度。

Ton (トン) : 米国およびカナダで使われる、2,000 ポンドと等しい重量 (質量) の単位。

tonne (メトリックトン) : 1000 kg (2,204.62 ポンド) と等しい重量 (質量) のメートル法単位。

tote : 比較的少量のバルク液体の出荷および貯蔵に使う容器として広く用いられるポータブル容器。いわゆる **JumboBin Tote** (ジャンボビン・トート) は、304 ステンレススチール製の密閉型金属箱。このトートの上部四隅には持ち上げ用の取っ手があり、下部四隅には短い脚が付いている。

TPA : Terephthalic acid (テレフタル酸)

TRI : Toxics Release Inventory。公開されている EPA データベースであり、米国内の産業界や連邦政府施設により年次報告される、毒性化学品の放出と廃棄物管理の活動に関する情報を含む。

turnout (消防服) : ターンアウトギアまたはバンカーギアとも呼ばれる。作業用胸当てズボン、ブーツ、手袋、帽子またはヘルメット、そして多くの場合ジャケットで構成される消防士のユニホーム。ターンアウトギアの構成要素は、各消防局および地理的ゾーンによって異なる。

TWA : Time Weighted Average (時間加重平均)

-U-

UA 番号 : 北米番号は UN 番号と一致する。物質が UN 番号を持たない場合、UA 番号が割り当てられる。通常、この番号は 8 または 9 で始まる 4 桁の番号である。

UEL : Upper Explosive Limit (爆発上限値、燃焼範囲上限値(LEL)も参照)。空気中に浮遊する蒸気の最大モル濃度または体積濃度であり、この上限値より高い濃度では燃焼は起きない。爆発上限値を超す燃料濃度は濃度が高すぎて燃えないと言われる。

UFC : 米国の Uniform Fire Code (統一防火コード) の頭字語(NFPA 1)。

UFL : Upper Flammability Limit (燃焼性上限) (爆発上限値も参照)。空気中に浮遊する蒸気の最大モル濃度または体積濃度であり、この上限値より高い濃度では燃焼は起きない。爆発上限値を超す燃料濃度は濃度が高すぎて燃えないと言われる。

UN 番号または UN ID : 爆発物、可燃性液体、毒性のある物質や項目を国際輸送するために定められた、認識用の 4 桁の番号。

UNEP : United Nations Environment Programme (国連環境プログラム)

USDHHS : U.S. Department of Health and Human Services (アメリカ保健社会福祉省)

-V-

VLE-15 min Valeurs limites d'Exposition a court terme. (フランス、1999 年)。15 分間の短期暴露限界値。

VME-8 h : Valeurs limites de Moyenne d'Exposition。8 時間労働で受ける暴露の平均暴露限界値。

VOC : Volatile Organic Compound (揮発性有機化合物)

vol% または v/v% : 体積百分率。相対重量 (質量) ではなく相対体積に依存する濃度の測定単位。

-W-

WMO : World Meteorological Organization (世界気象機関) -あ-**アース (電気)** : 電流の共通の帰路または地面との直接的な物理的接続。

アルコール : 飽和炭素原子に共有結合している水酸基が存在することを特徴とする、有機化合物の分類。

アルカリ金属 : 周期表の 1A 族の元素。

アルカン : 1 つの炭素原子が他の 4 つの原子に結合している炭化水素の分類。 アルカンは「飽和状態にある」と考えられている。

-U-

引火点／引火点温度 : 液体（または固体）から発される蒸気が、大気圧（またはほぼ大気圧）下でその液体の表面近くまたは実験器具内の空気と混ざり発火可能な混合気を生成する最低温度。 **United States Department of Transportation**（米国運輸省）の定義による引火点温度とは、「火花または炎との接触により発火する可燃性蒸気を物質が発する最低温度」である。 この用語は、可燃性気体または固体に関しては意味や重要性を持たないのが普通である。

飲料水勧告基準 : 汚染物質の現在入手可能な発ガン性および非ガン性に関するデータの分析と、感覚刺激性（味覚と臭覚）効果に関する研究の非規制文書。

-E-

液体可燃性クラス A : NFPA および ICC が使用する分類体系。液体を沸点と引火点温度に基づいて分類する。 メタノール、エタノール、ガソリンはタイプ IB 可燃性液体に分類される。これと比較して、ディーゼルは可燃性液体である。

液体火（走行火） : 燃焼しながら放出源および発火源から流出する液体。 下水道、排水溝、マンホール、地下構造物（パイプライン・電気室など）への進入は、燃焼する物質が蓄積し避難経路を塞ぐおそれがあるため特に危険。

-O-

汚染物質候補リスト (CCL) : 米国 EPA が研究に基づき規制の必要性を決定する優先取組汚染物質を一覧した資料。 このリストに記載されている汚染物質は、公共下水道に浸入する（若しくは浸入すると予測される）にもかかわらず、現時点では国定第 1 級飲料水規制の対象外である。 CCL に記載されるかどうかは、汚染物質が公共下水道に浸入する可能性と公衆衛生上の問題の可能性に基づいて決められる。

汚染物質削減ゾーン (CRZ) : 立入禁止区域(EZ)を取り巻く現場制御ゾーン。 CRZ には、緊急応答者およびその装置のみが進入できるアクセス地点と、洗浄担当者およびその装置が立入禁止区域を出て行くための汚染除去通路が含まれる。

-C-

カロリー(cal) : 1 グラムの水を 14.5 °C から 15.5 °C まで 1 °C 上昇させるために必要な熱量。

火炎温度 : 炎の温度のこと。 炎の温度は燃焼反応の速度を一般に表している。 高い火炎温度で燃える特性を持った液体は、低火炎温度の特性を持つ液体よりも反応速度が高くなる。

火災モニター（消防水モニター）：所定の領域に向けて水を噴射する固定消防水ノズルであり、通常は無人作動式。

化学工業原料：より複雑な他の化学物質の製造の出発原料となる化学物質。

化学量論空気／燃料重量率(理論空燃比)：理論的な空気の量 (モルまたは質量で表す)と、同一単位の燃料の量の比。この混合気は、混合気中の燃料に含まれる水素と炭素の 100%が完全に燃焼するために必要な十分な酸素を含んでいる。 酸素-燃料比: 酸素/燃料 = $(1 + x/4)$ この場合 x = 燃料の H/C 空気-燃料比: $A/F = (100/21)(O/F)$

化学量論火炎伝播速度(stoichiometric flame speed)：化学量論空気／燃料重量率における火炎前面の速度。

化合物類：共通の一般名（例：ガソリン、ナフサ、ケロシン、ディーゼル等と「炭化水素」類の留分混合物）を有する単一元素または化合物の集合。

可燃性：容易に発火し急速に燃焼する固体、液体、または気体の物質。これに対し、燃焼性物質は可燃性物質ほど容易に発火せず、急速に燃焼しない。

可燃限界値：液体、気体、および空気中の蒸気の限界値。爆発限界値とも呼ばれる。可燃下限値濃度から可燃上限値濃度までの範囲から外れた濃度では混合物は燃焼しない。（燃焼範囲、LEL、UELを参照）

可燃性液体：一般に、液体は燃焼せず、液体が放出する蒸気によって空気中に可燃性混合気が生じ、そこに発火源が存在する場合に発火する。

可燃性物質：発火源に接触したときに容易に発火し、急速に燃焼する固体、液体、蒸気、または気体の物質。この広義の可燃性物質の例として、メタノールのような溶媒、粉など粉塵、アルミナのように微粉末、水素およびメタンのような気体が挙げられる。

可燃範囲下限値：(爆発下限値も参照) 空気中にある気体または蒸気の濃度であり、この濃度未満では、発火源に曝されても炎は燃焼しない。燃料/空気の混合気の濃度が薄い場合、燃焼を維持するために十分な燃料が存在しない。

官能基：ある化合物類に属するすべての化合物に存在する有機化合物の構成分子フラグメントであり、化学物質類の化学反応に中心的に関わる。

-き-

気圧：平均海面における気圧の測定単位。14.7psi と等しい。

危険：危険とは、生命、健康、資産、または環境を脅かすレベルの脅威を与える状況のことである。大半の危険は、理論上の害を与えるのみの潜在的な脅威であるが、いったん危険が「アクティブ」になれば、緊急事態に発展する可能性がある。危険と脆弱性は相互作用してリスクを生み出す。

希釈：水などの溶媒を足すことによって物質の濃度を下げる過程。

気体：物質の相であり、この相にある物質は定形でなく、その容積はその物質が入っている容器の大きさによってのみ定められる。

揮発性：物質の分子が液相から気相に移動する傾向。揮発性の高い液体の蒸気圧は高い。

急性影響：熱、過度の圧力、または毒性物質への暴露の結果生じる、急速に進行し危機に至らしめる深刻な症状を伴う有害な影響。

凝固点：1 大気圧(atm)において物質の液体と固体の状態が共存する温度。

-く-

クラス IA : National Fire Protection Agency (NFPA : 米国国立防火協会) が指定する、引火点が 22.78 °C (73 °F) 未満で沸点温度が 37.78 °C (100 °F) 未満の可燃性液体の分類。例えば、n-ペンタンはクラス IA 可燃性液体である。

クラス IB : National Fire Protection Agency (NFPA : 米国国立防火協会) が指定する、引火点が 22.78 °C (73 °F) 未満で沸点温度が 37.78 °C (100 °F) 以上の可燃性液体の分類。例えば、メタノール、ベンゼン、プロパン、ガソリン、アセトンはクラス IB 可燃性液体である。

クラス IC : National Fire Protection Agency (NFPA : 米国国立防火協会) が指定する、引火点が 22.78 °C (73 °F) 以上で沸点温度が 37.78 °C (100 °F) 未満である可燃性液体の分類。クラス IC 可燃性液体の例は、テルビン油および n-ブチルアセテートである。

クラス II : National Fire Protection Agency (NFPA : 米国国立防火協会) が指定する、引火点が 37.78 °C (100 °F) 以上、60 °C (140 °F) 未満の可燃性液体の分類。クラス II 可燃性液体の例はケロシンである。

クラス IIIA : National Fire Protection Agency (NFPA) が指定する、引火点が 60°C (140°F) 以上、93.33 °C (200 °F) 未満の可燃性液体の分類。クラス IIIA 可燃性液体の例は、クレオソート油およびフェノールである。

クラス IIIB : National Fire Protection Agency (NFPA) が指定する、引火点が 93.33 °C (200°F) 以上の可燃性液体の分類。クラス IIIB 可燃性液体の例は、エチレングリコールである。

空気ガス（発生炉ガス） : 一酸化炭素(CO)と窒素(N₂)の混合気。非常に熱い炭素に空気を通すことによって作られる。通常、ある程度の蒸気を空気に加え、混合気に水素(H₂)を含ませる。発生炉ガスは一部の工業プロセスで燃料として使われる。

-け

経皮毒性 : 皮膚が物質に暴露されることによって生じる有害な影響。皮膚を通して身体に吸収された化学物質の毒性。

昏睡状態 : 覚醒が不可能で意識不明の深刻な状態。

-こ-

混和性 : 別の液体または気体に均一に溶解する液体であり、100%混和性は 2 つの液体がすべての比率において完全に混合する場合をいう。

-さ-

サポートゾーン : 現場制御ゾーン（管理区域）の最外周領域であるサポートゾーン(SZ)では、緊急応答装備の準備と、指令ポストおよびコミュニケーションセンターの活動が行われる。

催奇形物質 : 胎児の損傷により出生異常を引き起こす原因となる物質。

最小燃焼エネルギー (MIE) : 燃料の濃度が可燃下限値濃度から可燃上限値濃度までの範囲にある場合の燃料と空気の混合気を燃焼させる発火源の最小エネルギー。4 種類の熱エネルギー源: (1) 化学、(2) 電気、(3) 機械、(4) 核。

-し-

ジュール：記号は J。エネルギーを表す SI 単位。

事故：実現した危険な状況。

事故災害：予期せずまたは意図せずに発生した不運な事故。概して、資産の損害または人身被害の結果を招く。

自然発火点／自然発火温度：熱源または加熱された成分の自立燃焼の開始に（またはそのような自立燃焼を引き起こすために）必要な最低温度。可燃性液体の温度が燃焼点を超えると、発火源なしに自立燃焼が生じる最低温度に至る。この温度を、自然発火点または自然発火温度と呼ぶ。

持続可能性：生態系を維持する環境収容力の範囲内で生活しながら人間生活の質を改善することを目標に開発された慣行とプロセス。一般的に使用される定義は、「将来の世代のニーズを充足する能力を損なわない範囲内で現在のニーズを満たすこと」である。持続可能性をより一般的なビジネス用語に当てはめる重要な概念は、経済、環境、（社会的）平等の持続可能性の「3つのE」または「トリプルボトムライン」概念である。

質量燃焼速度：指定条件下の物質の燃焼による単位時間当たりの質量の減少量。

受託責任：製品の受託責任を参照。

消火剤：火災の延焼を防ぎ、自立燃焼を可能にする化学反応を止める物質。メタノール火災に理想的な消火剤は、メタノール体積の少なくとも3倍から4倍の量の耐アルコール泡、ドライパウダー、二酸化炭素（自動トリガソースから放出）、または水である。

蒸気：常温および常圧で通常は液体または固体である物質の気体形状。

蒸気圧：与えられた温度で液体と平衡状態にある蒸気の圧力。液体または固体が蒸気を発してその液体または固体の表面にある空気と混合する容易さを示す尺度。蒸気圧が高いほど空気中の蒸気化された物質の濃度は高く、したがって、人がその有害な蒸気が混合した空気を吸って有害蒸気を肺に吸入する可能性は高まる。

蒸気量論混合物内の燃料(fuel in vaporized stoichiometric mixture)：化学量論濃度で発生する燃焼反応で利用可能な蒸気化燃料の体積パーセント。

蒸発潜熱：一定量の物質を気化するエネルギー。

-せ-

生体蓄積：食物の摂取によって生物組織内の物質の濃度が上昇すること。物質の代謝速度を上回る速度で生物が毒性物質を吸収することによって生じる。

製品の受託責任：製品自体を中心として環境保護が行われ、製品の寿命が尽きるまで製品に関わるすべての人が環境への影響を減らす責任を負うように呼びかける原則のこと。製造業者の場合は、寿命が尽きた製品のリサイクルや廃棄を必要に応じて計画し、それらに対して出資することが含まれる。この原則を達成するには、製品に含まれる有害物質を減らし、製品の耐久性を高め、再利用および再生利用可能とし、製品を再生材料から作るなどの対策をとる。これは、小売業者および消費者にとり、正しい廃棄方法の実践と寿命の尽きた製品のリサイクルに積極的に取り組むことを意味する。

生分解性物質：バクテリアや菌類のような生物の作用によって、構成物質にまで分解され得る有機物質。

接地（アース）（電気）：電流の共通の帰路または地面との直接的な物理的接続。

-そ-

走行火（液体火）：燃焼しながら放出源および発火源から流出する液体。下水道、排水溝、マンホール、地下構造物（パイプライン・電気室など）への進入は、燃焼する物質が蓄積し避難経路を塞ぐおそれがあるため特に危険。

-た-ターンアウト（消防服）：ターンアウトギアまたはバンカーギアとも呼ばれる。作業用胸当てズボン、ブーツ、手袋、帽子またはヘルメット、そして多くの場合ジャケットで構成される消防士のユニホーム。ターンアウトギアの構成要素は、各消防局および地理的ゾーンによって異なる。

断熱火炎温度：（ピーク火炎温度も参照）炎から周囲への熱の損失がないと仮定した場合に発生し得る炎の最高温度。燃焼によって放出された全熱量が火炎温度の上昇に加担すると仮定して計算された値。火炎温度の実測値は、燃焼熱の一部が対流熱伝達および放射伝熱によって周囲に伝達されるので、断熱火炎温度の計算値よりもずっと低くなる。

-て-

堤防：埋立地または漏出化学物質／有害物質を包囲する構造。

電気伝導率（導電率）：（比電気伝導率も参照）物質中で電荷がどれほどよく移動できるかの指標。これは、電場の強さに対する電流密度の比で示される。この値のSI誘導単位は、ジーメンズ/メートル(S/m)である。ジーメンズ単位は、電気抵抗オームの逆数に等しい旧式単位(“mho”)と同等である。メタノールなどの中程度に電気を通す液体の電気伝導率（比電気伝導率とも呼ぶ）は、しばしば1センチ当たりのマイクロジーメンズ($\mu\text{S/cm}$)の単位で示される。ガソリンおよびディーゼルなどの誘電性液体の電気伝導率は、しばしばピコジーメンズ・パー・センチ(pS/cm)単位で示される。1ジーメンズは、 1×10^{12} ピコジーメンズに等しい。また、1マイクロジーメンズは、 1×10^6 ピコジーメンズに等しい。 -と-

トート：比較的少量のバルク液体の出荷および貯蔵に使う容器として広く用いられるポータブル容器。いわゆる **JumboBin Tote**（ジャンボビン・トート）は、304 ステンレススチール製の密閉型金属箱。このトートの上部四隅には持ち上げ用の取っ手があり、下部四隅には短い脚が付いている。

投与量：健康に有害な影響を及ぼす毒物の量。

毒物（毒性物質）：生物が接触または吸収した場合、死亡または負傷を引き起こす物質のことで、特に少量でさえ短時間で死に至らしめる物質。

-ね-

熱伝導率：物質が熱を伝える能力である。熱伝導率の高い液体は、低い液体よりも熱をより簡単に伝達する。

熱膨張係数：温度1度の変化に対する液体体積の変化量。

熱容量：（比熱または非熱容量も参照）1gの物質の温度を摂氏1度または1ポンドの物質の温度を華氏1度上昇させるのに必要な熱の量。

燃焼：熱エネルギーを放出する化学反応であり、通常、光も放出する。日常的には、何かが燃えていること、火がついていることを意味して使われる言葉である。基本的に燃焼と燃えることは同義である。

燃焼エンタルピー：(燃焼熱も参照) 燃焼反応により放出される発熱エネルギー。

燃焼性（形容詞）：燃焼可能な固体、液体、または気体の物質。液体の燃焼性／可燃性は引火点に基づく。一般に 37.78 °C (100 °F) 以上の引火点を有する液体を燃焼性液体と呼ぶ。

燃焼性液体：NFPA（米国国立防火協会）が指定する、引火点温度が 37.78 °C (100 °F) 以上の液体。燃焼性液体は、引火点温度によって上記のように 3つのサブクラスに分類される。

燃焼点：自立燃焼が生じる最低温度。

燃焼熱：(燃焼エンタルピーも参照) 化合物が燃えて二酸化炭素と水蒸気を発生する際に周囲に放出される熱のこと。

燃焼範囲：爆発上限値と爆発下限値間の差を表す数値であり、実験的に測定される空気中の物質の体積濃度として表される。この数値より上または下の濃度では燃焼は起きない。

粘性（粘度）：流れに対する抵抗の指標。

燃料電池：(メタノールなどの) 燃料からの化学エネルギーを電気エネルギーに変換する電気化学電池（セル）。電気は供給燃料および酸化剤の間の反応から発生する。反応物がセルに流入し、反応生成物がセルから流出する間、電解液がセル内に留まる。燃料電池は、必要な反応物と酸化物の流動が維持される限り、継続的に稼働することが可能である。

-の-

濃度：ち密度を測定する物質の特性。物質の質量をそれが占有する体積で割った値。

-は-バイオディーゼル：植物油または動物性油脂を基油とし、長鎖アルカリエステルから成るディーゼル燃料。バイオディーゼルは、一般に化学反応性の生化学脂質（例えば、植物油、動物性油脂）にメタノールなどのアルコールを加えて生成する。

廃水流（廃液）：居住地域または産業地域から最終処理場までの廃棄物の完全な流れ。

爆轟（爆発的爆轟）：爆轟は、音速をはるかに超える秒速 1~10 km (0.6~6.2 マイル) で爆発物を通過する非常に急速な化学反応によって生じる。高压が生じ、燃焼生成物は圧力波と同じ方向に移動する。爆轟は、爆轟を持続する化学反応を伴う衝撃波である。通常、爆轟する爆発物は「高性能爆発物」と呼ばれ、たとえ閉所に密封されていなくても激しい破裂力を有する。例えば、トリニトロトルエン (TNT) は高性能爆発物である。

爆轟速度：起爆した爆発物を介し衝撃波の前線が進む移動速度。

爆燃（爆発的爆燃）：持続的に激しく燃える低速爆発。通常、蒸気雲爆発は爆燃であり爆轟ではない。厳密には、ほとんどの爆燃は爆発ではなく、急速に広がる火である。爆発的爆燃は、設備損傷および人体への怪我を起こす可能性を有するかなりの爆風を発生する。わずかな着火で爆燃を起こす物質の多くは、十分な強さの着火で爆轟する。爆燃が続くうちに自発的に爆轟に至る場合がある。

爆発：極端な方法で体積が急激に増加し、エネルギーが放出され、通常は、高温を発生し、ガスを放出する。爆発は衝撃波を発生する。

発火：燃焼の開始。

発ガン性物質：ガンの原因となる物質。哺乳類にガンを発生させる能力を有する物質または薬剤。

発生炉ガス（空気ガス）：一酸化炭素(CO)と窒素(N₂)の混合気。非常に熱い炭素に空気を通すことによって作られる。通常、ある程度の蒸気を空気に加え、混合気に水素(H₂)を含ませる。発生炉ガスは一部の工業プロセスで燃料として使われる。

発熱量：燃料および酸化剤が 100%効率で CO₂ と H₂O 蒸気に変換されると仮定した場合に燃焼反応により放出される理論的热量のこと。高位発熱量(HHV)および低位発熱量(LHV)が発熱量として与えられる。HHV はすべての熱（反応熱、発生気体の顕熱、水蒸気の凝縮熱）が回収され、作業の実行に利用された場合の値である。HHV は燃焼の熱力学的熱量（エンタルピー）と基本的には同じである。気体の顕熱の一部と、水蒸気の凝縮熱が回収されず、作業の実行に使われなかった場合に LHV が使用される。プロセス産業では、通常、低位発熱量(LHV)が使用される。

反応性：特定の条件下でエネルギーを発する固体、液体、または気体の物質。

-ひ-

ピーク火炎温度：(断熱火炎温度も参照) 熱が周囲に伝達しないと仮定した場合の火炎が到達可能な理論的最高温度。

比重：同じ特定体積の物質の質量と、同一体積の水の質量の比。

比電気伝導率：(電気伝導率を参照)

比熱：(比熱容量または熱容量とも呼ぶ) 物質の熱容量と、同じ温度の水の熱容量との比。

-ふ-

フィッシャー・トロプシュ法（水性ガスプロセス）：一酸化炭素と水素から炭化水素燃料を生成する工程。水素と一酸化炭素を 2：1 の割合で混合し（水素の添加された水性ガスが使われる）、ニッケルまたはコバルト触媒を介し 392 °F (200 °C) で反応させる。その結果得られる炭化水素混合物は、ディーゼルエンジン用高沸点留分とガソリン用低沸点留分に分離することができる。この工程は石炭から SNG（合成天然ガス）を製造するためにも使われる。

プロセスの安全：化学プロセスの全般を通じて、植物および環境に重大な影響を与える可能性のある、故意でない化学物質、エネルギー、その他の潜在的に危険な物質の放出を防ぐこと。プロセスの安全には、漏れ、こぼれ、機器の機能不全、過剰圧力、過剰温度、腐食、金属老朽化、その他の同様な状態を防ぐ必要がある。プロセスの安全プログラムは施設の設計とエンジニアリング、装置のメンテナンス、効果的なアラーム、有効な制御点、手順と訓練に焦点を置く。時には、プロセスの安全が幅広い範囲の技術、管理、操作関連分野を 1 つに組織化した結果とみなすと便利である。

腐食性（形容詞）：人の生体組織または容器に不可逆な損傷を及ぼす気体、液体、固体のいずれか。United States Department of Transportation (DOT：米国運輸省) の定義では、接触により人の皮膚組織に可視の破壊または不可逆な変化を及ぼす液体または固体である。

沸点または沸点温度 (B.P.)：液相の物質が気相に変わる温度。通常、沸点は温度（摂氏、華氏、絶対温度またはランキン）によって表される。

分解：物質が熱、化学反応、電解、腐敗、または他のプロセスによって部分、元素、より単純な化合物のいずれかに破壊されること。

分配係数：非相溶性の2つの溶媒から成る混合物の2つの相における、化合物の平衡状態の濃度の比率。分配係数は、それら2つの溶媒によってそれぞれ異なる、化合物の差別的溶解性を示す尺度。

-へ-

閉所：包囲され、アクセスが制限された領域を表す労働安全用語。

変異原：人または動物に変異を起こす原因となる物質。変異とは身体組織の遺伝物質の変化である。変異の結果、出生異常、流産、癌などに至ることがある。

-ほ-

ホットワーク：可燃性物質がある場合に発火源になるか、または作業現場に可燃性物質が存在するか否かにかかわらず、火災の危険が発生する可能性のあるプロセス。一般的なホットワークは、溶接、ハンダ付け、切断、ろう接などのプロセスである。可燃性物質が存在する場合、研削および穴あけなどの作業もホットワークプロセスになる。

-ま-

慢性効果：長期間かけて徐々に進行する身体的症状で、人または動物への有害な影響。

-め-

メタノール（メチルアルコール、木精）：メタノール (CH_3OH) は、毒性を有する無色の液体であり、本質的に無臭で、味はほとんどない。化学的には、メタノールは最も単純なアルコールであり、メチル基の水素原子を水酸基原子で置換することにより誘導される。常温および常圧下のメタノールは、完全な比率で水ともガソリンとも混和性がある。メタノールは表面環境において容易に分散する極性溶媒であり、希釈および分解の過程を組み合わせることによりすぐに無毒化できる。その溶解性ゆえ、移動地下水からメタノールを除去することは困難である。

-も-

盛り土：障壁として使用するため、もしくは断熱効果を提供するための、土の山または土手。

-ゆ-

有機：炭素化合物、それに関連するもの、およびそれを示すもので（単純な二元性化合物や塩基以外）主に、または最終的に生物に由来する。

有毒/毒性：物質が生物に損傷を与える度合いのこと。毒性とは、生物全体に対する影響に加え、生物の下層組織に対する影響も指すことがある。毒性は、その効果が量に依存する点为中心的の概念である。

揺りかごから墓場まで：製造から最終的な廃棄までのライフサイクル全体を通じて製品または化学物質が環境に与える影響評価。

-よ-

溶解性：与えられた量の指定温度の溶媒中に溶解して安定した溶液を作る物質の最大溶解量。

溶媒：他の物質を溶かすことのできる液体。工業分野では、一般に石油を基油とする製品（石油製品）を溶かすことのできる化学物質を意味する。

- り -

リスク：危険にさらされた状況（すなわち、脆弱性が危険に曝された場合）。

リスク評価：明確な状況と認識された危険に関するリスクを表す定量値または定性値を決定すること。

リスク伝達：リスク分析プロセスの全体を通じて、危険とリスク、リスク関連要素、リスク認識（リスク評価者、リスク管理者、消費者、会社、学界、その他の関心団体による）に関する情報や意見を相互に交換すること。具体的には、リスク評価の結果明らかになったことや、リスク管理の基本決定などが挙げられる。

リード蒸気圧 (RVP)：ガソリンおよびその他の液体燃料に対して使われる一般的な蒸気圧の測定値。ASTM D-323 試験方法により 100°F の液体が加える圧力として定義される。この試験方法は、プロパンガスなどの液化石油ガスには適用されない。

量論混合物：化学量論空気／燃料率に等しい化学組成を持つ空気と燃料の混合物のこと。

- れ -

レスポンシブル・ケアの倫理：この指導原則は自発的参加を求めるイニシアティブであり、このイニシアティブ実現に向けて企業は保健・安全・環境のための改善努力を継続し、製品およびプロセスについて利害関係者に伝達するよう、相互協力する。

レスポンシブル・ディストリビューションの倫理：レスポンシブル・ケア倫理の原則を化学物質、化学品、化学サービスの流通・販売（ディストリビューション）のすべての側面にまで拡大するイニシアティブ。

レベル A の保護：非常に高い濃度の化学物質の飛散、浸漬、または化学物質の蒸気への暴露の可能性が高い危険または有害な作業条件で使用する保護具。最高レベルの保護で呼吸器官を守るために、自給式呼吸マスクが装備された完全密閉された耐化学性のある全身スーツを着用する。高い蒸気圧および経皮吸収される毒性を伴う有害化学物質または発ガン性化学物質に要求される。

レベル B の保護：レベル B ではレベル A の保護と同レベルの呼吸器官保護具（マスク）が要求されるが、特定部分の皮膚の暴露、および気密性でない全身スーツの着用が許される。化学物質の濃度が既定の暴露限界未満である暴露状況、および経皮吸収毒性および／または発ガン性の蒸気または気体ではない化学物質の場合に用いられる。

13 参考文献

13.1 文献一覧

1. Alliance Technical Services, Inc. 2007. *Use of Methanol as a Transportation Fuel*. Prepared for Methanol Institute. November.
2. ALTENER Energy Framework Programme. 2003. *Technical and Commercial Feasibility Study of Black Liquor Gasification with Methanol/DME Production as Motor Fuels for Automotive Uses – BLGM*. Ekbom, Tomas, et al. European Commission. Contract No. 4.1030/Z/01-087/2001.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2001. *Methanol – Documentation for the Threshold Limit Value*.
4. American National Standards Institute/Underwriters Laboratories (ANSI/UL) – 1203 *Explosion-proof and Dust-Ignition-proof Electrical Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations*.
5. American National Standards Institute/Underwriters Laboratories (ANSI/UL) – 913 *Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and III Division 1, Hazardous Locations*.
6. American Petroleum Institute (API). 1986. *Storage and Handling of Gasoline-Methanol/Cosolvent Blends at Distribution Terminals & Service Stations*. API Recommended Practice 1627. First Edition. August.
7. American Society for Testing Materials (ASTM). 2007. D 5797-07. *Standard Specification for Fuel Methanol (M70–M85) for Auto Spark Ignition Engines*. September.
8. Armour, M.A. *Hazardous Laboratory Chemicals: Disposal Guide*, CRC Press, © 1991, ISBN 0-8493-0265-X.
9. ASTM International. 2004. ASTM E 681-04. *Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals (Vapors and Gases)*. American National Standards Institute (ANSI).
10. Becker, C.E., *Methanol Poisoning*. The Journal of Emergency Medicine. Volume 1: pp. 51-58.
11. California Energy Commission. 1996. *Methanol Fueling System Installation and Maintenance Manual*. Transportation Technology and Fuels Office. March.
12. California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment, 2003. *Methanol. Technical Support Document: Toxicology Clandestine Drug Labs/Methamphetamine*. Volume 1. Number 10.
13. Canadian Association of Chemical Distributors. 2004. *Code of Practice for Responsible Distribution®*. December.

14. Canadian Chemical Producer's Association (CCPA). 2003. *Product Stewardship Guide to the Purchasing, Marketing, Sales, Use & Phases of the Product Lifecycle*. December.
15. Covello, V. 2002. *Risk and Crisis Communication*. Center for Risk Communication. Powerpoint Presentation.
16. Dean, John A., editor. 1992. *Lange's Handbook of Chemistry, 10th ed.* McGraw-Hill.
17. Det Norske Veritas (USA) Inc. 2002. *Risk Assessment Comparing the Transportation and Use of Gasoline for Combustion Engine Vehicles and Methanol for Fuel Cell Vehicles*. Prepared for the Fuel Cell Methanol Specifications Working Group. December 2.
18. DeWitt & Company, Inc. 2002. *Methanol Market Distribution in the United States*. Prepared for the Methanol Institute. September.
19. *Emergency Response Guidebook*. 2008. Canadian Transport Emergency Centre (CANUTEC), Transport Canada, United States Department of Transportation (DOT), Secretariat of Communications and Transport of Mexico (SCT). United States Government Printing Office: ISBN 978-0-16-079456-8.
20. Glassman, I., 1987. *Combustion, 2nd Edition*.
21. Goodwin, Robert D., 1987. *Methanol Thermodynamic Properties from 176 to 673 K at Pressures to 700 bar*. Journal of Physical and Chemical Reference Data, Vol. 16, Issue 4, October, pp. 799-892.
22. *Handbook of Chemistry and Physics, 44th Edition*, CRC Press.
23. Health Effects Institute (HEI). 1999. *Reproductive and Offspring Developmental Effects Following Maternal Inhalation Exposure of Methanol in Nonhuman Primates*. Research Report Number 89. October.
24. ICF Consulting. 2000. *Risk Management Framework for Hazardous Materials Transportation*. Submitted to U.S. Department of Transportation. Research and Special Programs Administration. November.
25. International Electrotechnical Commission (IEC) 60050-426. 2008. *Equipment for Explosive Atmospheres*.
26. International Electrotechnical Commission (IEC) 60079-4:1975. *Method of Test for Ignition Temperature*. 60079-4A: Addendum.
27. International Electrotechnical Commission (IEC) 801-2. 1991. *Electromagnetic Compatibility for Industrial Process Measurement and Control Equipment*.
28. International Fire Code (IFC). 2006. *Flammable and Combustible Liquids*. Chapter 34. International Code Council.
29. International Methanol Producers and Consumers Association (IMPCA). 2008. *IMPCA Methanol Reference Specifications*. January Update.
30. Jacobson, D., McMartin, K. 1986. *Methanol and Ethylene Glycol Poisonings: Mechanisms of toxicity, clinical course, diagnosis and treatment*. Medical Toxicology I: 309-334.
31. Jim Jordan & Assoc., LLP. 2004. *U.S. Methanol Overview – 2003 Demand and Production*. Prepared for the Methanol Institute. June 2.
32. Kavet, R., Nauss, K. 1990. *The Toxicity of Inhaled Methanol Vapors*. Toxicology. 21 (1): 21-50.

33. Kuchta, Joseph M. *Investigation of Fire and Explosion Accidents in the Chemical, Mining, and Fuel-Related Industries - A Manual*. U.S. Department of the Interior Bureau of Mines Bulletin 680.
34. Malcolm-Pirnie, Inc. 1999. *Evaluation of the Fate and Transport of Methanol in the Environment*. Prepared for the American Methanol Institute. January.
35. Marchetti, C. 1980. *On Energy Systems in Historical Perspective*, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, Prepared for the 1980 Bernard Gregory Lecture, CERN, Geneva, Switzerland, November 13.
36. Methanex Corporation. 2003. Corporate Manual. *Container Filling Best Practice*. Document #CR3RC250.
37. Methanex Corporation. 2005. *Methanol Material Safety Data Sheet (MSDS)*. www.methanex.com/products/documents/MSDS_USenglish.pdf
38. Methanex Corporation. 2006. *Technical Information and Safe Handling Guide for Methanol*. Version 3.0. September.
39. Methanol Fuel Cell Alliance. 2002. Joint Position Document. September.
40. Motorola Corporation, *Cell Phone Usage At Gasoline Stations*, 1999. Doc. No. SF27489.000 BOTO 1299 CMO3. by Exponent Failure Analysis Associates, 149 Commonwealth Drive, Menlo Park, CA 94025, December.
41. National Advisory Committee (NAC) for Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) for Hazardous Substances. 2004. *Final Meeting-32 Highlights*. U.S. Department of Labor. Washington, D.C. April 19-21.
42. National Electrical Code (NEC). 2008. NFPA 70. *Chapter 5, Special Occupancies. Hazardous Locations, Classes I, II, and III Divisions 1 and 2*. National Fire Protection Association.
43. National Fire Protection Association (NFPA), 2008. *U. S. Vehicle Fire Trends and Patterns*. Ahrens, Marty, July.
44. National Fire Protection Association (NFPA). 1994. No. 325, *Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solids*.
45. National Fire Protection Association (NFPA). 2008. NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code*.
46. National Fire Protection Association (NFPA). 2008. NFPA 30A, *Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages*.
47. National Toxicology Program – Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction (NTP-CERHR, 2003). *NTP-CERHR Monograph on the Potential Human Reproductive and Developmental Effects of Methanol*. NIH Publication No. 04-4478. September.
48. New Jersey Dept. of Health and Senior Services. 2002. *Hazardous Substances Fact Sheet – Methyl Alcohol*. Revision. April.
49. Olah, G.A., Goepfert, A., Prakash, G.K.S. 2006. *Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy*. Wiley-VCH Publishers.
50. Organization for Economic Cooperation and Development's (OECD). 2003. *Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness, and Response*..
51. Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th Edition, 1984. McGraw-Hill Book Company, San Francisco.

52. SAE Cooperative Research Program. 1991. *A Discussion of M85 (85% Methanol) Fuel Specifications and Their Significance*. September.
53. SAE International. 1990. *Summary of the Fire Safety Impacts of Methanol as a Transportation Fuel*. May.
54. SIDS-OECD. 2004. *SIDS Initial Assessment Report -- Methanol*. Draft. Prepared by BASF AG. Reviewed by USEPA. October.
55. Stegink, L.D., et. al. 1981. *Blood Methanol Concentrations in Normal Adult Subjects Administered Abuse Doses of Aspartame*. Journal of Toxicology and Environmental Health. 7: 281-290.
56. 3M™ *Respirator Selection Guide*. 2008.
57. U.S. Department of Defense. (DOD). Standard Practice DOD-HDBK-263, *Electrostatic Discharge Control Handbook for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies, and Equipment (excluding Electrically Initiated Explosive Devices)*.
58. U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST). Chemistry WebBook. <http://webbook.nist.gov/chemistry/>.
59. U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Hazardous Waste Operations and Emergency Response (HAZWOPER)*. Code of Federal Regulations (CFR) Title 29 section 1910.120.
60. U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Process safety management of highly hazardous materials*. Code of Federal Regulations (CFR) Title 29 Section 1910.119.
61. U.S. Department of Health and Human Services (USDHHS). 2002. *Communicating in a Crisis: Risk Communication Guidelines for Public Officials*. Washington, D.C.
62. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1994. *Chemical Summary for Methanol*, prepared by Office of Pollution Prevention and Toxics. EPA 749-F-94-013a, August.
63. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1994. *Methanol Fuels and Fire Safety*. Fact Sheet OMS-8. Office of Mobile Sources. August.
64. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2003. *Considerations in Risk Communication: A Digest of Risk Communication as a Risk Management Tool*. Technology Transfer and Support Division, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development. March.
65. Underwriters Laboratories (UL), 1604 - *Electrical Equipment for Use in Class I and II, Division 2, and Class III Hazardous (Classified) Locations*.
66. Uniform Fire Code, 1997. *Article 52, Motor Vehicle Fuel-Dispensing Stations*.
67. Vermillion, B.; Nguyen, P.; Tsan, E.; Herz, R. (Project Advisor). 2001. *Feasibility Study of Methanol As Transportation Fuel*. March 18. <http://chemelab.ucsd.edu/methanol01/Feasibility.htm>
68. XCellsis, Inc. 2002. *Methanol Fuel Quality Specification Study for Proton Exchange Membrane Fuel Cells*. Final Report. Prepared for AQMD. February.
69. Cameron, I. Methanex CIBC World Markets. 2010. *Whistler Institutional Investor Conference*. January 21. (<http://www.methanex.com/investor/documents/CIBCJan21WhistlerConference-FINAL.pdf>)
70. 5th Methanol Markets & Technology Conference. 2010. Muscat, Oman. February 23.

71. ICIS News. 2010., January 4. (www.icis.com)
72. MMSA Global Methanol Supply and Demand Balance. 2005-2010. (www.methanol.org).
73. Mogens, H.; van Loosdrecht, M. C. *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modeling and Design*, IWA Publishing, 2008.
74. Horan, N.J.; Lowe, P.; Stentiford, E. I. 1994. *Nutrient Removal from Wastewaters*, CRC Press.
75. Spellman, F.R. 2009. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*, CRC Press.
76. FCTec. *Fuel Cell Basics: Direct Methanol Fuel Cells (DMFC)*. (http://www.fctec.com/fctec_types_dmfc.asp)
77. Crawley, G. 2007. *Fuel Cell Today*, "Direct Methanol Fuel Cells (DMFC)." August.
78. Dpreview.com. 2004. *Toshiba's Methanol Fuel Cell*. June 24. (<http://www.dpreview.com/news/0406/04062401toshibafuel.asp>)
79. PC World Magazine. 2009. *Toshiba Launches Methanol Fuel Cell Charger*. Oct 22. (http://www.pcworld.com/article/174113/toshiba_launches_methanol_fuel_cell_charger.html)
80. Methanol Fuel Cell Alliance. 2002. *Joint Position Document*. Sep 15. (http://www.methanol.org/Energy/Resources/Fuel-Cells/MFCA-overall-document-from-09_06.aspx)
81. GE Position Paper. 2001. *Feasibility of Methanol as Gas Turbine Fuel*. February 13, 2001. (<http://www.methanol.org/Energy/Resources/Fuel-Cells/GE-White-Paper.aspx>)
82. De Corso, S. M.; Clark, A. S. Editors. 1983. American Society of Testing and Materials, *Stationary Gas Turbine Alternative Fuels: STP 809*.
83. Popular Science. 1975. *Alcohol Power: Can it Help you Meet the Soaring Cost of Gasoline?* April.
84. Kontogeorgis, G. M.; Folas, G. K. 2009. *Thermodynamic Models for Industrial Applications*, pp 306-316. John Wiley and Sons.
85. Barden, A. J.; Powers, M. D.; Karklis, P. 1996. The Pipeline Pigging Conference, *Evaluation of Pipeline-drying Techniques*, Jakarta, Indonesia. May 27-30. (Organized by the Pipe Line & Gas Industry and Pipes and Pipelines International with the support of the Australian Pipeline Industry Association)
86. Methanol Institute. 2010. *Methanol Institute's Comments on the Draft Toxicological Review of Methanol (IRIS)*. March 15. (<http://www.methanol.org/Health-And-Safety/Safety-Resources.aspx>)
87. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2009. *Draft IRIS Toxicological Review of Methanol*. December.
88. Pimentel, D.; Patzek, T.W. 2005. *Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower*. Natural Resources Research, Vol. 14, No. 1, March.
89. Lonza, L.; Hass, H.; Maas, H.; Reid, A.; Rose, K. D. 2011. *EU renewable energy targets in 2020: Analysis of scenarios for transport*. JEC Biofuels Programme. JRC Scientific and Technical Reports. EUR24770 EN –2011.
90. Carbon Recycling International. 2011. *The CO₂ to Liquid Fuels Company*. Methanol Facts, July. (<http://www.methanol.org/Environment/Renewable-Methanol.aspx>)

91. *BioMCN and Bio-Methanol*. 2011. Methanol Facts, July.
(<http://www.methanol.org/Environment/Renewable-Methanol.aspx>).
92. CHEMREC. 2011. CHEMREC Gasification Technology Turns Pulp and Paper Mills into Biorefineries. August. (www.chemrec.se).
93. Manwaring, R. et al., *Chem. Ind.*, 1973, p. 172.

A プロセスの安全情報

A.1 プロセスの技術

下表および文書の項目は、プロセスの技術に関連するプロセスの安全情報として収集および評価すべき事柄を示します。

プロセス	操作パラメータの限度
原料	圧力、温度、流量
化学	最高・最低の安全操作限度
反応速度論（該当する場合）	最高・最低限度での最長時間
中間生成物	特殊な保守要件
反応物／触媒	
公共施設の条件（蒸気、天然ガス、商用ガス、特殊熱伝導媒体等）	
特別な状況（超高圧、超高温、極低温等）	
暴走反応の可能性	
工程図	
主要設備品目（名称および品目番号）	
熱と物質の平衡	
代表的な操作パラメータ	
特殊合金	
公共施設の条件	
配管の仕様	
圧力弁の仕様	

A.2 設備

下表および文書の項目には、システム設備に関連するプロセスの安全情報として収集および評価すべき事柄が示されています。

プロセス装置	カーシール（弁固定装置）・チェーンロックで固定する弁のリスト
プロセス装置の名称	弁番号
装置の運転ブロック図	弁についての説明
供給原料、中間体、製品、中間製品貯蔵容量	万一の場合のセーフガード・シナリオ
プロセス化学	通常の位置
仕様外材料のリサイクルと加工に関する対策	位置変更の状況
配管および機器の図 (P&IDs)	万一の場合のシナリオ
配管の仕様	開く・閉じることによってもたらされる結果
品目番号付き設備リスト（計装機器も含む）	特別な操作状況または規制による制限
設備の名称	配管点検データ
設備タグ番号	圧力弁点検データ
設備のネームプレート能力（容積、重量、加工速度）	危険分類ゾーンによるプロットプラン
設備操作条件	単線結線図
最高・最低の安全操作限度	プログラマブル・ロジック・コントローラ (PLC) 論理
製造業者	PSV の点検・テスト・復元の記録
点検・修理に出した日	領域の電気分類
期待寿命	変電設備の場所
制御パラメータ安全操作限度	電気スイッチギヤの場所
設備設計・製造規定	公共施設の条件
メンテナンス、試験、点検の記録	操作手順
メンテナンス手順	安全システム（消防水、検知器等）

B メタノール／メチルアルコールの性質

B.1 物理的性質

CH₃OH

- 色： 無色
- 透明度： 透明
- 臭気： エチルアルコールに似た、かすかに甘い刺激性の匂い
臭気限界： 空気中の臭気限界は大きく変化し、以下のようにいくつかの強度に分類される。10 ppm ~ 20000 ppm [12]
100 ~ 1500 ppm の報告臭気 [3]
141 ppm [56]
160 ppm - 許容臭気限界値の範囲は非常に広範。臭気のみ依存して潜在的有害物質暴露を警告する場合は注意が必要。[48]
- 換算係数： $1 \text{ ppm} = 1.33 \text{ mg/m}^3$; $1 \text{ mg/m}^3 = 0.76 \text{ ppm}$

B.1.1 固体

CH₃OH_(固体)

$T < -98^\circ \text{ C } (-144^\circ \text{ F}); P = 1 \text{ atm } (14.7 \text{ psia})$

B.1.2 液体

CH₃OH_(液体)

$-98^\circ \text{ C } (-144^\circ \text{ F}) < T < 65^\circ \text{ C } (149^\circ \text{ F}); P = 1 \text{ atm } (14.7 \text{ psia})$

- 水に対する液体の比重： 0.7866 @ 25/4° C
(水 = 1.0): 0.7915 @ 20/4° C
0.7960 @ 15/4° C
0.8 @ 20° C (68° F)
- 密度： 6.63 lb/ U.S. gal @ 60° F

- 粘度 [37], [16] :
 1.258 mPa s @ -25° C (-13° F)
 0.793 mPa s @ 0° C (32° F)
 0.808 mPa s @ 0° C (32° F)
 0.690 mPa s @ 10° C (50° F)
 0.593 mPa s @ 20° C (68° F)
 0.544 mPa s @ 25° C (77° F)
 0.449 mPa s @ 40° C (104° F)
 0.349 mPa s @ 60° C (140° F)

注記: 1 mPa s = 1 cP (センチポアズ)

- 体熱膨張係数 :
 0.00149 per ° C @ 20° C
 0.00159 per ° C @ 40° C
- 熱伝導性 :
 207 mW/m K @ 0° C (32° F)
 200 mW/m K @ 25° C (77° F)
- 飽和濃度 (空気中の蒸気) : 166 g/m³
- 蒸気圧 @ PTot=(14.7 psia) 12.3 kPa (96 mm Hg) 1.86 psia @ 20° C (68° F)
- 蒸気圧 @ PTot=(760 mm Hg) 126 mm Hg @ 25° C (77° F)
- 蒸気圧 @ PTot=(14.7 psia) 4.63 psi @ 38° C (100° F)
- リード蒸気圧 : 32 kPa (4.6 psi) @ 15.6° C (60° F)
- 揮発性 :
 100 vol%
 99.9 wt%
- 蒸発速度 (酢酸ブチル = 1) : 4.6
- 蒸発速度 (エーテル = 1) : 5.2
- 表面張力 : 22.5 dyn/cm
- 電気伝導率 : 4.4 x 10⁷ pS/m
- 液体の蒸気圧 :

圧力 (P) (mmHg)	温度(T) ° C (° F)	圧力 (P) (mmHg)	温度(T) ° C (° F)
1	-44.0 (-47)	1520	84.0 (183)
10	-16.2 (3)	3800	112.5 (234)
40	5.0 (41)	7600	138.0 (280)
100	21.2 (70)	15200	167.8 (334)
400	49.9 (122)	30400	203.5 (398)
760	64.7 (148)	45600	224.0 (435)

B.1.3 蒸気

CH₃OH_(蒸気)

65° C (149° F) < T; P = 1 atm (14.7 psia)

- 蒸気飽和空気の相対密度：(空気 = 1): 1.01 @ 20° C (68° F)
1.02 @ 30° C (86° F)
- 空気に対する蒸気の密度 (空気 = 1.0) : 1.1
- 粘度： 9.68 μPa s @ 25° C (77° F)
13.2 μPa s @ 127° C (261° F)
- 熱伝導性： 14.07 mW/m K @ 100° C (212° F)
26.2 mW/m K @ 127° C (261° F)
- 臨界温度： 240° C (464° F) 512.5° K
- 臨界圧： 1,142 psia (8.084 MPa) 78.5 atm
- 臨界体積： 0.117 m³/kg-mol
- 臨界密度： 0.2715 g/cm³
- 臨界圧縮係数： 0.224
- 偏心係数： 0.556
- ヘンリー定数： 4.55 x 10⁻⁶ atm-m³/g-mol
- 空气中飽和濃度： 166 g/m³
- 空气中濃度換算：

1 atm, 14.7 psia, 760 mm Hg において 1 mg/ml = 764 ppm @ 25° C (77° F)

1 atm, 14.7 psia, 760 mm Hg において 1 ppm = 1.31 mg/m³ @ 25° C (77° F)

B.2 化学的性質

- 化学名： メタノール
- 化学類： 脂肪族アルコール
- 構造式： CH₃OH
- 分子量： 32.04 g/mol
- 元素成分 (重量%)：
 - 酸素： 50.0 wt%
 - 炭素： 37.5 wt%
 - 水素： 12.5 wt%
- CH₃OH (液体) の水溶性： 100%。完全な比率で混和。
- 溶媒： エタノール、エーテル、ベンゼン、アセトン、アルコール、クロロホルム
- pH 7.2
- 生物学的酸素要求量： 0.6 ~ 1.12 lbs/lb (5 日)

B.2.1 反応性

- 可燃性： 炎に接触すると爆発の危険あり
- 安定性： 安定した物質
- 危険な重合反応： なし

B.2.2 分解

過度の加熱や不完全燃焼により二酸化炭素、一酸化炭素、ホルムアルデヒドが生成され、未燃メタノールが発生する可能性がある。

B.2.3 非相溶性

- メタノールと水の溶液 (40:60) およびメタノールと水の混合物 (30:70) は、静電気によって発火する恐れがある [93]。
- 1.81 バール (26.25 psia)、120 ° C (248 ° F) のメタノールと空気の混合気体は付加酸素および水の有無にかかわらず爆発するおそれがある[8]。
- クロロホルム+ナトリウム・メトキシドおよびジエチル亜鉛との爆発反応性がある。
- 強還元剤及びアルキル・アルミニウム塩、ジエチル亜鉛、臭化アセチル、塩化シアヌルの希釈液と激しく抑制不可能な反応をする。
- 二水素化ベリリウムと適合性がない。エーテル含有水素化物とは -196° C (-321° F) でさえ激しく反応する。 [8]。
- アルカリ金属（ナトリウム、カリウム、マグネシウム）と活発に反応し、誘導が長時間持続することがしばしばある。粉末 Mg または Al との混合物は強力な爆轟を起こす能力を有する。K との反応により爆発に至る場合がある。
- メタノールは強酸化剤（次亜塩素酸カルシウム、バリウム、過塩素酸塩、過酸化物、過マンガン酸塩、塩素酸塩）、強酸（硝酸、塩酸、硫酸）、およびハロゲンガス（臭素、塩素、フッ素、ヨウ素）と激しく反応する。
- 酸化剤と活発かつ危険に反応する。
- 塩化メチレンは少量のメタノール存在下で可燃性となる場合がある。
- 24° C (75° F) を超える液体酸化リン (III) と激しく反応する。
- 液体メタノールと固体カリウム-*tert*-ブトキシドが反応すると 2 分後に発火する。

B.3 金属、合金、ガスケット、プラスチックに対する腐食性

腐食性と直接関係する問題は材料選択の問題であり、選択された材料によって用途は直接左右されます。考慮すべきことはいろいろあります。問題となる装置は何か。例えば、ポンプ、配管、容器、熱交換器、蒸留塔、蓄圧器、改質炉、ストリップパーなど。通常のプロセス条件、異常なプロセス条件、緊急時のプロセス条件、および最大、最小、通常の制御パラメータ（流量、温度、圧力、組成、不純物など）はそれぞれどのようなものか。

プロセスはバッチプロセスか連続プロセスか。予測される検査とテストのスケジュール、予測されるメンテナンス計画、意図される使用可能寿命はそれぞれどのようなものか。具体的な選択に伴い予測される失敗モードとメカニズムはどのようなものか。

こうしたすべての事項を考慮し、材料を選択します。その過程は技術的に複雑で組織的に難しいものです。メタノール用設備材料の選択範囲に影響する条件および状況は実に様々であるため、最も適切な材料は、実際の用途の具体的な詳細に基づいて決定されます。

材料の選択は基礎的な問題であり、おそらく最も頻繁に尋ねられる質問ですが、標準的な答えや普遍的な答えはありません。以下は、それを踏まえた上で提供する、非常に一般的なガイダンスです。しかし、材料の選択の仕方については、各々の特定の状況に合った最善の答えを各人が探す責任があります。

- 純無水メタノールは鉛合金およびアルミニウム合金に対し軽度の腐食性を持ち、マグネシウムおよびプラチナに対してはそれよりさらに高い腐食性を示しますが、アルミニウ

ム合金がメタノール用設備材料として不適合という意味ではなく、これはむしろ、定期検査と非破壊試験の必要性を使用者が知っておくべきであるという警告です。材料の特定、検査、非破壊試験により材料の適合性を確認することは、継続的にその材料を設備材料として使用するために欠かせないことです。これは、メタノールを含め、すべての化学サービスで利用されるすべての圧力境界材料に共通しています。アルミニウム合金に対する腐食攻撃速度は、通常、徐々に発生する孔食として表れますが、予測・監視が行われなければ、構造を構成する要素の完全性を脅かすレベルにまで加速する場合があります。

メタノールと水の溶液は、用途および環境によっては、一部の非鉄合金に対し腐食性があります。この注意事項は、銅合金、亜鉛メッキ鋼、チタン、アルミニウム合金コンポーネント、および一部のプラスチック・複合材料にも該当します。銅（および銅合金）、亜鉛（亜鉛メッキ鋼を含む）、アルミニウムのコーティングは、用いられる状況によって様々なタイプと様々な速度の腐食性劣化を示します。一般に、貯蔵タンクに使われるアルミニウム合金フローティングルーフのような構造を構成する要素に対する腐食攻撃はゆっくりと進みます。しかし、「継続的使用に適した状態であること」を検証するための定期的な目視検査および非破壊性試験は必要です。これは、メタノールに直接接触する熱交換器配管材、ポンプ部品、弁のトリム、センサー要素にも該当します。

- 通常、システムに水分が存在しない限り、軟鋼が建材として選択されます。水分および微量の無機塩が時々システムに存在することが予測される場合は、炭素鋼ではなく **316L** ステンレススチール（さらに、場合によってはチタニウムまたはモリブデン安定化グレードの **316L** ステンレススチール）を使うことを考慮すべきです。水分および無機塩が存在する場合に問題となるのは、溶接時の熱で影響される部分の腐食です。溶接の完全性が問題となる場合もあります。
- モリブデン安定化低炭素 **300** シリーズのステンレススチールが最適です。この材料は高価ですが、全体的腐食、孔食、応力腐食割れ、水素誘起割れ、製品の汚染に対する抵抗があります。軟鋼は一般に配管によく使われます。配管の接続は、溶接フランジ、およびメタノールと適合性のあるガスケットで行います。ネジ接続はメタノール設備には適しません。非鉄材料は恒久的配管の建設に使うべきではありません。陰極防食システムで地下貯蔵施設、埋設パイプライン、地下配管を保護し、定期点検を実施することが推奨されます。
- 樹脂、ナイロン、ゴム（ネオプレン、ニトリル（ブナ **N**）など）、およびエチレン・プロピレン（EPDM）の多くは材料として適していますが、流動における用途での適合性は材料によって異なります。ブナの製造業者は、ブナ **N** を動的用途（すなわち、流動メタノールの設備材料）に使うことを推奨していません。ブナ **N** は、流体が静止状態にある用途には十分ですが、メタノール設備材料として優れた材料とはいえません。
- テフロンなどフッ素化された材料は、メタノール設備の構成要素として充分使用に耐えます。フッ素化された材料の中でもテフロンは優れた寸法安定性を提供するものであり、攻撃および劣化に対する抵抗があります。
- ゴムホースは、内部にワイヤコイルのある、強度を備えていて電気伝導性のあるものを使用してください。ホースの使用は一時的な用途（充填および荷揚げなど）のみに限定すべきです。ホース材料はメタノール設備と適合性のあるものでなくてはなりません。すべてのホースに、メタノール設備専用であることを明記したラベルを適用すべきです。貯蔵中の汚染を避けるために、ホースの端にはキャップを付けるか何らかの保護を施す必要があります。ホースは障害が発生する時点まで使用せず、定期的に新しいものと交換する必要があります。

- 初回使用時のホースおよび配管は水で洗浄してからメタノールを流し、汚染物質を確実に取り除いてから設備として使用します。
- Methanex はメタノール燃料トラックで使用されるガスケットおよび O リング材料との適合性を持つことが、以下の表の格付けで、示されています。

メタノールに対するガスケットおよび O リングの材料の適合性 ⁷		
ガスケット/O-リングの材料	格付け ⁸ (トラックにおけるメタノール燃料との適合性)	推奨されるかどうか ^{9, 10}
天然ゴム	良好	推奨なし
EPDM (エチレン・プロピレン)	良好	推奨される
ネオプレン	良好	推奨される
シリコーン	良好	推奨される
カルレッツ	良好	推奨される
テフロン	良好	推奨なし
フルオロシリコーン	良好	推奨なし
ブナ-N	普通	推奨されない
ニトリル	普通	推奨されない
ポリウレタン	場合によって使用可	推奨なし
ブチルゴム	不良	推奨なし
ブタジエン	データなし	推奨なし
過フッ化炭化水素 (フルオロカーボン)	データなし	推奨なし
バイトン (大半のタイプ)	格付けなし	推奨されない

⁷ 参考文献: efunda- engineering fundamentals; efunda.com; O—Ring Compatibility Guide

⁸ ブナ N とニトリルに関する注記: これらの材料は、メタノールとの接触を防ぐグローブなどの、流体が静止状態にある用途には十分ですが、通常、ポンプや継ぎ手のガスケットなど、流動メタノールが接触する動的用途にはお勧めできません。

⁹ バイトン F に関する注記: 大半のタイプのバイトン (VITON) は、メタノールに接触すると膨張するので、メタノール設備材料としての使用はお勧めしません。ただし、バイトン F はメタノールとの接触でほとんど変化しません。製造業者は、バイトン F のメタノール設備材料での使用を推奨しています。

¹⁰ 参考文献: Daemar Inc. (daemar.com); Chemical Compatibility Chart

メタノールは、チタニウム合金の応力腐食割れ (SCC) を起こす数少ない特殊な環境の 1 つです。SCC 破損はドライ・メタノール、メタノール／酸混合物、メタノール／ハロゲン化物混合物に発生します。水は有効な抑制剤であり、重量%濃度で存在すれば多くの環境でチタニウムの不動態を維持します。以下は、水の重量%の一般的ガイダンスです。

チタニウム合金グレード	水 (重量%) 断続的暴露 ^a	水 (重量%) 持続的暴露 ^b
1,2,7,11,16,17	1.5	2.0
9, 12	2.0	2.0
28	2.5	3.0
5, 23	3.0	3.0
19, 29, 6-2-4-6	5.0	10.0
^a 断続的暴露＝短期の非連続暴露 ^b 持続的暴露＝長期の連続暴露		

B.4 構造および性質

- 屈折率 (nD) : 1.328 @ 20° C (68° F)
- 誘電率 (ε r) : 32.66 @ 20° C (68° F)
- 結合角 : all 109.5°
- 磁化率 : 5.3 x 10⁻⁷ cm³/g
- 表面張力 : 22.5 dyn/cm @ 20° C (68° F)
- 粘度 : 0.808 mPa' s @ 0° C (32° F)
- 0.690 mPa' s @ 10° C (50° F)
- 0.593 mPa' s @ 20° C (68° F)
- 0.449 mPa' s @ 40° C (104° F)
- 0.349 mPa' s @ 60° C (140° F)

B.5 燃焼性および発火性

- P = 1 atm (14.7 psia) での引火点 : 12° C (54° F) クローズドカップ TCC 法
- 15.6° C (60.1° F) オープンカップ TOC 法
- P = 1 atm (14.7 psia) での自然発火点 : 385° C (725° C)¹¹
- 常温、常圧力での爆発限界値 : 6-36 vol%^{12, 13}

¹¹ Methanex Corporation & Terra Industries および他の組織によると、自然発火点は 464 °C (867 °F)。

¹² メタノールの 6vol% という爆発下限値 (LEL) と引火点 (12 °C または 54°F) には深い関係がある。この引火点温度での平衡蒸気圧は 46 mm Hg。

¹³ 36vol% という爆発上限値 (UEL) は温度 41°C (106 °F)、蒸気圧 274 mm Hg に対応する。爆発 (燃焼) 範囲は、比較的広範な温度・蒸気圧 (大気圧の 3 分の 1 以上) の範囲である。メタノールは、爆発範囲である 36vol% 内で爆発性混合蒸気を空気中に生成する。蒸気濃度が 6~36 vol% のメタノール蒸気が潜在発火源に接触しないよう注意する。

- 爆発（燃焼）範囲： 30 vol%
- 炎： 非発光性の青い炎
- 日中は肉眼では観測されない
- メタノールと水の混合液の可燃性： 下限メタノールが 21 vol% (25 wt%)
- 化学量論空気／燃料重量率： 6.45
- 化学量論空気／蒸気混合気での CH₃OH（蒸気）： 12.3 vol%

B.5.1 消火媒体

- 二酸化炭素
- ドライケミカル
- 水と 6%配分の耐アルコール水性皮膜形成泡(AR-AFFF)
- 水ミストまたは霧¹⁴

B.6 熱力学の性質¹⁵

- 蒸発潜熱 (L→G) : 37.43 kJ/mol (279.0 cal/g @ 25° C, 298.15 K, (77° F))
35.21 kJ/mol (262.5 cal/g @ 64.6° C, 337.3 K, 48° F)
- 生成蒸気の標準エンタルピー ($\Delta_f H^0_{gas}$) : -205. ±10. kJ/mol
- 燃焼蒸気の標準エンタルピー ($\Delta_c H^0_{gas}$) : -763.68 ±0.20 kJ/mol
- 生成液の標準エンタルピー ($\Delta_f H^0_{liquid}$) : -238.4 kJ/mol
- 燃焼液の標準エンタルピー ($\Delta_c H^0_{liquid}$) : -725.7 ±0.1 kJ/mol
- 液相の標準エントロピー (S^0_{liquid}) : 127.19 J/mol K
- 固体相の標準エントロピー ($S^0_{solid, 1 bar}$) : 1.117 J/mol K
- 定圧気体熱容量 ($C_{p gas}$) : 44.06 J/mol K @ 298.15 K
- 定圧液体熱容量 ($C_{p liquid}$) : 79.5 J/mol K @ 298.15 K
- 定圧固体熱容量 ($C_{p solid}$) : 68.39 J/mol K @ 120 K
5.40 J/mol K @ 20.5 K
105.00 J/mol K @ 173 K
- 融解エンタルピー ($\Delta_{fus} H$) : 2.196 kJ/mol @ 176 K
- 融解エントロピー ($\Delta_{fus} S$) : 12.5 J/mol K @ 176 K
- 相転移エンタルピー ($\Delta H_{trs \times time} \cdots L$) : 3.159 kJ/mol @ 175.4 K
- 比熱 : 2.51 kJ/kg K; 0.6 Btu/lb-°F
- 熱容量比 ($\gamma = C_p/C_v$) : 1.203 @ 77° C (171° F)
- 高位発熱量(HHV) : 22.7 MJ/kg, 9800 Btu/lb,
726 kJ/mole
- 低位発熱量 (LHV) : 19.937 MJ/kg @ 25° C

¹⁴ メタノールは水と混和性があるため、希釈比が少なくとも 3 対 1 になるまでは水によって火が広がる。メタノール水溶液は、水の配合が 76 vol%に達するまで可燃性である。

¹⁵ Methanex Corporation Web site: www.methanex.com/methanol/techsafetydata.htm; *Lange's Handbook of Chemistry*, 10th Edition, *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 44th Edition; *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 68th Edition; *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 6th Edition; James A. Plambeck, *University Chemistry: Molar Thermodynamic Properties of Pure Substances*, © 1995; Robert D. Goodwin, "Methanol Thermodynamic Properties from 176 to 673 K at Pressures to 700 bar," *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, October 1987, Vol. 16, Issue 4, pp. 799-892.

C メタノールの規制・保健・安全情報

C.1 米国規制および規定（コード）

下表は、メタノールの生産、貯蔵、梱包、流通・販売、および使用に関係のある、米国連邦 OSHA、EPA、DOT の主な規制を示します。このリストに、すべての関連規制および規定が含まれているとは限りません。特定の施設において、関連し該当する州や地方自治体の規制および規定も参照する必要があります。

規制／規定	該当する項または部
労働安全衛生局、連邦規制コード - 29 CFR	1904 部 - 記録の維持
	1910.20 項 - 暴露および医療記録へのアクセス
	1910.38 項 - 社員用緊急計画および防火計画
	1910.119 項 - 高有害性化学物質のプロセス安全管理
	1910.120 項 - 有害廃棄物業務および緊急応答
	1910.132 項～139 項 - 人身保護装具
	1910.146 項 - 閉所に入る場合
	1910.147 項 - 危険なエネルギーの制御（ロックアウト／タグアウト）
	1910.151 項 - 応急措置／医療サービス
	1910.331～335 項 - 電氣的安全
	1910.1000 項 - 大気汚染物質（暴露限度）
	1910.1200 項 - 危険の伝達
環境規制 -- 40 CFR	61 部 - 有害な大気汚染物質に関する国の排出基準
	68 部 - 大気浄化法／事故放出

規制／規定	該当する項または部
	141 部- 安全な飲料水
	260 ～269 部- 有害廃棄物管理システム
	302 部および 355 部- 有害物質の放出、緊急計画、および通知
	370 部および 372 部- 有害性化学物質の報告： 地域社会の知る権利
	373 部- SARA タイトル III 報告
	R 節 700 ～ 799 部- 毒性物質管理法
運輸規制 - 49 CFR	106 部- 規則作成手順
	107 部- 有害物質計画手順
	171 部- 一般情報、規制、定義
	172 部- 有害物質表、特別規定、有害物質に関する伝達、緊急応答情報、訓練要件
	173 部- 荷送人、出荷および梱包に関する一般要件
	174 部- 鉄道輸送
	176 部- 船舶輸送
	177 部- 公道での輸送
	178 部- 梱包規格
	179 部- タンク車規格
	180 部- 規格に準拠した梱包方法の継続および維持
	190 部- パイプライン安全計画手順
	191 部- 天然ガスおよびその他のガスのパイプライン輸送： 年次報告、事故報告、安全関連状況報告
	192 部- 天然ガスおよびその他のガスのパイプライン輸送： 最低限守るべき連邦安全基準
	195 部- 有害性液体のパイプライン輸送
航行可能な水路および内水路に関する規制、33 CFR	A 節 1～26 部- 一般的な権限委譲、規則作成手順、および執行に関する規制
	126 部- 臨海施設内またはそれに隣接する場所での爆発物または他の危険貨物の取り扱い
	130 部- 水質汚染の経済的責任

規制／規定	該当する項または部
	153 部- 石油および有害物質による汚染の制御、放出された物質の除去
	154 部- 石油または有害物質のバルク輸送施設
	155 部- 石油または有害物質による汚染防止のための船舶規制
	156 部- 石油および有害物質の移動作業
	P 節 160～167 部- 港および水路の安全
出荷規制 - 46 CFR (水路での輸送)	2 部- 船舶の点検
	10～12 部- 海事要員の免許および認可制度
	15 部- 人員に関する要件
	D 節 30～40 部- タンカー
	151 部- バルク液体有害物質貨物運搬はしけ

C.2 国際規制・基準・ガイドライン

下表は、メタノールの生産、貯蔵、梱包、流通・販売、または使用に関する国際規制・基準・ガイドラインを示します。このリストは、関係するすべての国際規制・基準・ガイドラインを網羅しているとは限りません。ただし、危険の識別、リスク評価、リスク許容レベルの管理が作業員の安全に対する基本的な必須事項であるという統一見解が深まっていることは注目すべき点です。貴組織がリスク管理の原則をまだ適用していない場合は、近い将来それを行うための計画を立てることをお勧めします。

規制機関	主題
European Union (EU: 欧州連合) / European Commission (EC: 欧州委員会)	危険物質が関わる大規模な事故による危険の制御 (EC 指令第 96/82 号)
Organization for Economic Cooperation and Development (OECD: 経済協力開発機構)	化学物質事故の予防・対策・応答に関する OECD の指導原則
EU/EC	人身保護装具に関する指令 (EEC 指令第 89/686 号)
EU/EC	職場の保健と安全 (EEC 指令第 89/391 号)
EU/EC	職業暴露限界値の指標に関する指令 (EC 指令第 2006/15 号) および職場の化学薬品に関する指令 (EC 指令第 98/24 号)
EU/EC	危険物質に関する指令 (EEC 指令第 67/548 号)

規制機関	主題
EU/EC	汚染物質放出・移動登録簿指令 EC 第 166/2006 号)、統合的汚染予防および制御 (IPPC 第 96/61 号 (EC))、周辺空気の質管理 (EC 指令第 96/62 号)
EU/EC	水の枠組みに関する指令 (EC 指令第 2000/60 号)、飲料水の質 (EC 指令第 98/83 号)
EU/EC	廃棄物に関する指令 (EC 指令第 2006/12 号)、有害廃棄物の制御管理 (EEC 指令第 91/689 号)
EU/EC	化学物質の登録・評価・認可・制限 (REACH) (EC 指令第 2006/1907 号)
United Nations (UN : 国連)	危険物の輸送に係る推奨事項
International Air Transport Association (IATA : 国際航空運送協会)	危険物の規制
International Maritime Organization (IMO : 国際海事機関)	国際海事機関危険物 (IMDG) コード
ICAO (UN の機関)	国際民間航空機関コードおよび基準
UN	危険物の道路国際輸送に係る欧州合意(ADR)
UN	危険物の鉄道輸送に係る国際規制 (RID)
EU/EC	危険物の道路輸送 (EC 指令第 94/55 号)
EU/EC	危険物の鉄道輸送 (EC 指令第 96/49 号)
EU/EC	海洋汚染事故 (EC 指令第 2850/2000 号)、海事の安全：船舶による汚染の防止 (EC 指令第 2002/84 号)、地下水汚染の防止 (EC 指令第 2006/118 号)
International Standards Organization (ISO : 国際標準化機構)	ISO 9001:2000 - 品質管理システム
International Electrotechnical Commission (IEC : 国際電気技術委員会)	機能的安全性 - プロセス工業部門の安全計装システム IEC 61511-1 - 第 1 部: 枠組み、定義、システム、ハードウェアとソフトウェアの必要条件 - 第 2 部: IEC 61511-1 適用の指針 - 第 3 部: 安全度水準の決定のための指針
ANSI/AIHA 労働安全衛生管理システム: Z10-2005	新しいプロセスまたは運用の設計段階で、関連する危険を特定し、それを防ぐか制御するための手段を講じ、リスクを低減するためのプロセスを要求する基準条項を設定。

規制機関	主題
Australian Safety and Compensation Council, Australian Government, 2006 (オーストラリア政府、オーストラリア安全保障委員会)	労働を安全にするための設計における原則の指針
National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2006 (国立労働安全衛生研究所)	設計による予防のイニシアティブを発表。
American National Standards Institute (ANSI/PMMI) B155.1-2006 (米国国家規格協会)	梱包機械および梱包加工機械に対する安全要求事項
Society of Fire Protection Engineers (SFPE), 2006 (防火技術者協会)	- 防火設計におけるリスク評価手法適用の工学指針 - 火災リスク評価の導入
カナダ規格協会による「労働安全衛生管理システム(Occupational Health and Safety Management Systems)」規格	CSA Z1000-2006
2006 年 4 月 日本労働安全衛生法の改正	雇用者はリスク評価を実施するよう努力することを罰則なしの条件として要求する。
International Standardization Organization (ISO 14121-1) (国際標準化機構)	機械の安全性 - リスク評価の原則、2007
National Fire Protection Association (NFPA), 2007 (米国国立防火協会)	NFPA コードおよび基準へのリスク概念の組み込み手引き文書
British Standards Institute BS-OHSAS 18001, 2007 (英国規格協会)	新しい指針：「組織は危険の識別、リスク評価、必要な制御の決定を継続的に実施する手順を確立、導入、維持しなくてはならない」用語 “ <i>tolerable risk</i> ” が “ <i>acceptable risk</i> ” に置き換えられた。
China's State Administration of Work Safety, 2008 (中国国家労働安全局)	リスク評価に関する暫定規制を発令。
U.K. Health and Safety Executive, 2008 (英国安全衛生庁)	リスク評価の 5 段階を発令：「法律はすべてのリスクの除去を期待するものではないが、「合理的に実行可能」な限り人々を保護することが要求される」
Industry Committee for Emergency Lighting Ltd. (非常時照明産業委員会)	ICEL 1008: 非常時照明のリスク評価
Institute for Research for Safety and Security at Work, 2009 (労働安全保安研究学会、カナダ ケベック州)	機械の安全性: 機械的危険の予防
American Society of Safety Engineers (ASSE), 2009 Technical Report Z790.001 (安全性工学協会)	設計による予防：設計および再設計プロセスにおける業務リスクに取り組むための指針

規制機関	主題
Singapore Standard SS506, 2009 (シンガポール規格)	業務安全衛生管理システム、第1部: 要件
ANSI-ITAA GEIA-STD-0010, 2009	システム安全プログラムの開発および遂行の標準ベストプラクティス
ISO/IEC 31010, 2009	リスク評価テクニック
EN ISO 12100-2010	機械の安全性: 設計におけるリスク評価およびリスク低減の一般原則は、必要なリスク評価を明示的に示している。
ANSI B11.0, 2010	機械の安全性: 一般安全要求事項およびリスク評価

C.3 害物質および保健・安全情報

有害物質情報		保健・安全情報	
<u>ヨーロッパ既存市販化学物質目録 (EINECS) No. (EU)</u>	200-659-6	暴露限界値	
UN 番号	UN 1230	TLV-TWA	262 mg/m ³
危険物分類			(200 ppm)
○ 一次的分類	3	TLV-STEL	328 mg/m ³
○ 二次的分類	6.1		(250 ppm)
○ 梱包の分類	PG II	OES-LTEL	266 mg/m ³
ADR 分類 (道路での輸送)			(200 ppm)
○ クラス	3	OES-STEL	333 mg/m ³
○ 梱包	II		(250 ppm)
○ タンクの危険ラベル	3+6.1	MAK	270 mg/m ³
○ 梱包物の危険ラベル	3+6.1		(200 ppm)
RID 分類 (鉄道での輸送)		MAC-TGG 8 h	260 mg/m ³
○ クラス	3	VME-8 h	260 mg/m ³
○ 梱包	II		(200 ppm)
○ タンクの危険ラベル	3+6.1	VLE-15	1,300 mg/m ³
○ 梱包物の危険ラベル	3+6.1		(1000 ppm)
ADNR 分類 (内水路での輸送)		GWBB-8 h	266 mg/m ³
○ クラス	3		(200 ppm)
○ 梱包	II	GWK-15 min.	333 mg/m ³
○ タンクの危険ラベル	3+6.1		250 ppm
		EC	260 mg/m ³
			(200 ppm)

有害物質情報	
ヨーロッパ既存市販化学物質目録 (EINECS) No. (EU)	200-659-6
UN 番号	UN 1230
危険物分類	
○ 一次的分類	3
○ 二次的分類	6.1
○ 梱包の分類	PG II
ADR 分類 (道路での輸送)	
○ クラス	3
○ 梱包	II
○ タンクの危険ラベル	3+6.1
○ 梱包物の危険ラベル	3+6.1
RID 分類 (鉄道での輸送)	
○ クラス	3
○ 梱包	II
○ タンクの危険ラベル	3+6.1
○ 梱包物の危険ラベル	3+6.1
ADNR 分類 (内水路での輸送)	
○ クラス	3
○ 梱包	II
○ 梱包物の危険ラベル	3+6.1
IMDG 分類 (海事輸送)	
○ クラス	3
○ サブリスク	6.1
○ 梱包	II
○ MFAG	19
ICAO 分類 (空輸)	
クラス	3
サブリスク	6.1
梱包	II

保健・安全情報	
暴露限界値	
TLV-TWA	262 mg/m ³ (200 ppm)
TLV-STEL	328 mg/m ³ (250 ppm)
OES-LTEL	266 mg/m ³ (200 ppm)
OES-STEL	333 mg/m ³ (250 ppm)
MAK	270 mg/m ³ (200 ppm)
MAC-TGG 8 h	260 mg/m ³
VME-8 h	260 mg/m ³ (200 ppm)
VLE-15	1,300 mg/m ³ (1000 ppm)
GWBB-8 h	266 mg/m ³ (200 ppm)
GWK-15 min.	333 mg/m ³ 250 ppm
EC	260 mg/m ³ (200 ppm)
NFPA 分類	1B 可燃性液体
NFPA 危険度	
○ 健康	1
○ 可燃性	3
○ 反応性	0

C.4 メタノール事故のセクター、場所、原因別分類

{Alliance Consulting International が Methanol Institute のために作成(8/12/2011)}

セクター	場所	日付	災害の種類	原因	活動	損害/負傷/死亡
バイオディーゼル	スターテンアイランド、NY	6/3/2005	火災	ホットワーク	保守	爆発、死者 1 名
バイオディーゼル	ベーカーズフィールド、CA	2/17/2006	火災	電気系	保守	9,600 sq. ft の建造物を焼失
バイオディーゼル	パーカー、CO	5/7/2006	火災	プロセス	操作	家屋の火事、負傷者なし
バイオディーゼル	キャンビー、OR	6/23/2006	火災	漏出	操作	大規模火災
バイオディーゼル	ニュープリマス、ID	7/7/2006	爆発、火災	ホットワーク	保守	大規模火災、死者 1 名
バイオディーゼル	デイトン、TX	7/14/2007	火災	不明	操作	火災
バイオディーゼル	オーガスタ、GA	8/21/2007	爆発	ホットワーク	保守	爆発、死者 1 名
バイオディーゼル	レノア、NC	8/25/2007	火災	不明	操作	大規模火災、負傷者なし
バイオディーゼル	プリンセスアン、MD	5/18/2008	爆発	ホットワーク	保守	爆発、死者 1 名
バイオディーゼル	ディケーター、TN	8/15/2008	火災	不明	不明	休業中の工場が破壊された
バイオディーゼル	ヨーク、ND	8/27/2008	火災	不明	不明	処理施設建屋と装置が破壊された
バイオディーゼル	ガズデン、AL	9/15/2008	爆発	プロセス	保守	タンクの上部が吹き飛ぶ
バイオディーゼル	クリントン、IA	9/30/2008	火災	プロセス	操作	小規模火災、消防士 1 名が蒸気で火傷を負う
バイオディーゼル	ヒューストン、TX	2/9/2009	火災	プロセス	保守	火災

セクター	場所	日付	災害の種類	原因	活動	損害/負傷/死亡
バイオディーゼル	ブリュースター, MN	5/24/2009	爆発、火災	不明	不明	複数のタンクを焼失
バイオディーゼル	トレド, OH	6/15/2009	内破、火災	プロセス	保守	1つの生産ラインが破壊された
バイオディーゼル	シカゴ, IL	7/19/2009	爆発	プロセス	操作	作業員 2 名が火傷
バイオディーゼル	セイントクラウド, FL	9/24/2009	爆発、火災	不明	不明	建屋 1 棟と複数のタンクが破壊された
バイオディーゼル	サバンナ, GA	10/15/2009	爆発	プロセス	操作	負傷 1 名
バイオディーゼル	ホクィアム, WA	12/2/2009	爆発	プロセス	操作	タンクが割れる
バイオディーゼル	スパニッシュフォーク, UT	7/25/2010	火災	プロセス	保守	小規模火災
バイオディーゼル	メルボルン、オーストラリア	10/6/2010	爆発	ホットワーク	保守	1 名が重度の火傷を負い、タンクが爆発した
バイオディーゼル	サミットヴィル, TN	7/30/2011	火災	電気系	操作	バイオ燃料工場が破壊され、1 名が軽度の火傷を負う
商業	シアトル, WA	7/21/2010	爆発	誤用	誤用	死亡 1 名、入院 1 名
一般家庭	ベルヴィル, MO	4/13/2006	火災	誤用	誤用	未成年 1 名が重度の火傷を負う
一般家庭	ブリスベン、オーストラリア	6/19/2007	爆発、火災	誤用	誤用	未成年 2 名が重度の火傷を負う

セクター	場所	日付	災害の種類	原因	活動	損害/負傷/死亡
一般家庭	シラキュース, NY	9/19/2007	火災	誤用	誤用	未成年 2 名が重度の火傷を負う
一般家庭	トロイ, OH	2/14/2011	火災	不明	不明	家屋の火事、負傷者なし
工業	シドニー、オーストラリア	7/12/1998	爆発、火災	不明	不明	物的損害
工業	サウスブリッジ, MA	12/14/1998	火災	不明	不明	労働者 1 名負傷
工業	グリーンリバー, WY	1/29/2003	火災	不明	不明	1 名が火傷により負傷
工業	バッファロー, NY	10/13/2004	漏出	不明	操作	従業員 6 名入院
工業	シドニー、オーストラリア	5/2/2005	火災	不明	不明	大規模な損害、怪我人なし
工業	アンガルスク、ロシア	10/24/2005	爆発、火災	プロセス	操作	工場に損害、死亡 1 名
工業	Songmaping Town, 中国	11/10/2005	爆発	不明	不明	死者 2 名
工業	クアラルンプール、マレーシア	2/28/2006	爆発、火災	不明	保守	死者 3 名、入院 1 名
工業	クリーブランド, OH	4/20/2006	爆発	ホットワーク	保守	入院 5 名
工業	ケベック、カナダ	8/30/2006	爆発	不明	不明	化学工場の一部が破壊される
工業	クアラルンプール、マレーシア	8/27/2007	爆発	不明	不明	作業員 2 名が火傷
工業	デファイアンス, OH	1/4/2008	爆発	電気系	保守	負傷者 4 名、工場閉鎖
工業	カンドラ、インド	2/8/2008	火災	不明	不明	破壊的火災は免れた

セクター	場所	日付	災害の種類	原因	活動	損害/負傷/死亡
工業	ノースカウンティ, CA	10/3/2008	火災	不明	操作	不明
工業	ラファイエット, LA	6/15/2009	爆発、火災	ホットワーク	保守	火傷による負傷 1 名、プラットホームに \$500 の損害
工業	ロングビュー, NC	1/24/2010	爆発、火災	不明	不明	工場に損害、負傷者なし
工業	クアラルンプール、マレーシア	2/22/2010	爆発	不明	不明	工場に損害、負傷者なし
工業	ベル, WV	9/21/2010	漏出	漏出	保守	>160,000 lb の MeOH がカナワ川に漏出
工業	エリー, PA	10/14/2010	火災	不明	操作	不明
工業	スターリング, CO	2/3/2011	火災	ホットワーク	保守	1.5 トンのトラックに引火、負傷者なし
工業	ニューイベリア, LA	6/14/2011	爆発、火災	不明	不明	工場が破壊される、負傷者なし
工業	ベルネー、フランス	7/5/2011	爆発	不明	不明	負傷者なし
工業	パールランド, TX	7/18/2011	火災	不明	不明	化学工場のタンク、負傷者なし
パイプライン	ジャル, N.M.	12/7/2000	火災	プロセス	保守	不明

セクター	場所	日付	災害の種類	原因	活動	損害/負傷/死亡
パイプライン	プルドーベイ, AK	2/7/2005	漏出	プロセス	保守	1,092 ガロンのメタノール水溶液が漏出する
パイプライン	デッドホース, AK	10/15/2007	漏出	プロセス	操作	1,932 ガロンのメタノール (630 gll ニート)、水、油
パイプライン	リスバーン, Alaska	7/16/2011	漏出	プロセス	保守	4,200 ガロンのメタノール油がツンドラに漏出
学校	アクロン, OH	1/25/2006	火災	誤用	誤用	学生 6 名、教員 1 名が重傷を負う
学校	ハンツビル, TN	10/8/2007	爆発、火災	誤用	誤用	教員 1 名、学生 2 人が入院
学校	ハドソン, OH	1/18/2008	火災	誤用	誤用	学生 2 名が重度の火傷を負う
輸送	キール, WI	1/17/2000	漏出	衝突	操作	負傷者なし
輸送	トレド, OH	3/15/2001	漏出	漏出	操作	不明
輸送	ホガナス、スウェーデン	10/12/2011	船の座礁	衝突	操作	船体の破損、漏出なし
輸送	ヴェルチェッリ、イタリア	8/22/2002	火災	衝突	操作	物的損害
輸送	オンタリオ、カナダ	2/13/2003	漏出	衝突	操作	不明
輸送	レッグホーン、イタリア	3/22/2003	爆発、火災	衝突	操作	負傷者 9 名

セクター	場所	日付	災害の種類	原因	活動	損害/負傷/死亡
輸送	レッドウィング, Mn	4/5/2003	漏出	衝突	操作	脱線、少量の漏出
輸送	ウベラバ、ブラジル	6/13/2003	火災、漏出		操作	物的損害
輸送	江山、中国	7/13/2003	爆発、火災		操作	物的損害
輸送	エドモントン、カナダ	10/8/2005	漏出	衝突	操作	不明
輸送	シュヴェルテ、ドイツ	10/22/2005	脱線	衝突	操作	漏出なし、損傷なし
輸送	瀋陽、中国	1/27/2006	火災	ホットワーク	保守	不明
輸送	バトラータウンシップ, MI	7/30/2006	爆発	プロセス	操作	死者 1 名
輸送	成都、中国	8/15/2006	爆発、火災	不明	不明	はしけの損傷
輸送	デヴォン、アフリカ	10/9/2006	衝突	衝突	操作	死者 5 名
輸送	ヨハネズブルグ、南アフリカ	10/10/2006	衝突、火災	衝突	操作	焼死 5 名、火傷 1 名
輸送	アルバニー, NY	1/5/2007	衝突、火災	衝突	操作	50 世帯避難
輸送	武漢、中国	9/2/2007	火災	不明	不明	不明
輸送	ブルームフィールドヒルズ, MI	12/27/2007	漏出	衝突	操作	少量の漏出
輸送	スタムフォード, CT	11/12/2009	火災	衝突	保守	6,800 gal MeOH のタンカーで火災、負傷者なし
輸送	スタムフォード, CT	6/13/2011	転倒	衝突	操作	漏出なし、損傷なし

セクター	場所	日付	災害の種類	原因	活動	損害/負傷/死亡
輸送	北京-新疆、中国	7/4/2011	火災	衝突	操作	2台のトラック燃焼、死者2名(運転手)
廃水処理	デイトナビーチ, FL	1/11/2006	爆発	ホットワーク	保守	死者2名、重傷の火傷2名

C.5 事故概要および参考文献または情報源

セクター	場所	日付	事故概要	参考文献または情報源
バイオディーゼル	スターテンアイランド, NY	6/2/2001	環境代替燃料所にてグリセリンタンクを研削	http://www.rebelwolf.com/essn/ESSN-Jul2005.pdf
バイオディーゼル	ベーカーズフィールド, CA	2/16/2002	MeOH トートが電気で発火し、火災が発生	http://biodieselmagazine.com/articles/830/fire-destroys-american-biofuels-facility-in-bakersfield-calif.
バイオディーゼル	パーカー, CO	5/6/2002	ホームバイオディーゼルの生産者が加熱要素をタンクの上に置き忘れる	http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5545a3.htm
バイオディーゼル	キャンビー, OR	6/22/2002	漏出液が発火し、プラスチック製のMeOHタンクを溶かす	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	ニュープリマス, ID	7/6/2002	溶接のスパークが引火し爆発	http://www.fox12idaho.com/Global/story.asp?S=5162251&nav=menu439_2
バイオディーゼル	デイトン, TX	7/13/2003	MeOH 漏出、発火	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	オーガスタ, GA	8/20/2003	タンクの上で溶接	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	レノア, NC	8/24/2003	閉鎖後タンクが破壊される	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	プリンセスアン, MD	5/17/2004	溶接	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	ディケーター, TN	8/14/2004	不明	Biodiesel Safety White Paper

セクター	場所	日付	事故概要	参考文献または情報源
バイオディーゼル	ヨーク, ND	8/26/2004	不明	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	ガズデン, AL	9/14/2004	バイオディーゼル設備の加熱要素の故障	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	クリントン, IA	9/29/2004	主要ディーゼル回収カラム内の小規模火災	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	ヒューストン, TX	2/8/2005	循環ポンプのシールの破損	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	ブリュースター, MN	5/23/2005	不明	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	トレド, OH	6/14/2005	故障した真空制御安全弁からバイオディーゼルに引火	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	シカゴ, IL	7/18/2005	グリセリンに硫酸を混合-Columbus Food Co.	http://www.chitowndailynews.org/Chicago_news/OSHA_launches_investigation_at_plant_that_exploded,30103
バイオディーゼル	セイントクラウド, FL	9/23/2005	不明、落雷の可能性	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	サバンナ, GA	10/14/2005	バイオディーゼルの貯蔵に反応器を使用	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	ホクシアム, WA	12/1/2005	グリセリンタンクに過剰な圧力が掛かった	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	スパニッシュフォーク, UT	7/24/2006	MeOH 輸送ラインの破損	Biodiesel Safety White Paper
バイオディーゼル	メルボルン、オーストラリア	10/5/2006	タンクの上で溶接	http://www.heraldsun.com.au/news/victoria/man-critical-after-factory-explosion/story-e6frf7kx-1225934873475
バイオディーゼル	サミットヴィル, TN	7/29/2007	モーターのスパークがメタノールタンクに引火	http://www.wkrn.com/story/15181803/bio-diesel-plant-destroyed-in-fire?clienttype=printable
商業	シアトル, WA	7/20/2006	MeOH の樽に故意に点火	http://www.komonews.com/news/local/98960929.html
一般家庭	ベルヴィル, MO	4/12/2002	玩具用 MeOH 燃料が原因の火災	http://www.evesun.com/printedition/pdfs/2007-09-19.pdf
一般家庭	ブリスベン、オーストラリア	6/18/2003	MeOH で遊び、火災と爆発が発生	Eos Environmental
一般家庭	シラキュース, NY	9/18/2003	MeOH 混合燃料に引火、燃料が原因	Eos Environmental

セクター	場所	日付	事故概要	参考文献または情報源
一般家庭	トロイ, OH	2/13/2007	不明-ガレージにレー スカー用の 150 gll MeOH	http://www.whiotv.com/news/26854632/detail.html
工業	シドニー、オ ーストラリア	7/11/1994	エタノール、メタノ ール、揮発油の化学 物質が関係、原因は 不明	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
工業	サウスブリッ ジ, MA	12/13/1994	光ファイバ専用工場 でのメタノール火 災、原因は不明	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
工業	グリーンリバ ー, WY	1/28/1999	不明- 井戸現場の突 発的な火事	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
工業	バッファロー, NY	10/12/2000	医療用品製造会社で のアセトニトリルと 漏出メタノールの混 合	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
工業	シドニー、オ ーストラリア	5/1/2001	不明 - メタノールを 伴うガス炉	http://ctif-hazmat.gasilci.org/modules/news/article.php?storyid=36
工業	アンガルス ク、ロシア	10/23/2001	Angarsk Petrochemical-プロ セスの不具合	http://www.icis.com/Articles/2005/10/24/1015565/russias-angarsk-methanol-plant-hit-by-explosion.html
工業	Songmaping Town, 中国	11/9/2001	不明	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
工業	クアラルンプ ール、マレー シア	2/27/2002	メンテナンス中に MeOH タンクが爆発	Eos Environmental
工業	クリーブランド, OH	4/19/2002	MeOH タンク上のキ ャットウォークでホ ットワークを行い、 引火による爆発が発 生	Eos Environmental
工業	ケベック、カ ナダ	8/29/2002	スパークによる爆発 と火災 - 不明	Eos Environmental
工業	クアラルンプ ール、マレー シア	8/26/2003	不明-Petronas メタ ノール工場	http://www.koreanpress.net/news/view.asp?msection=1&ssection=2&idx=598
工業	デファイアン ス, OH	1/3/2004	倉庫内の MeOH 蒸気 がガレージオープナ ーから引火	Eos Environmental

セクター	場所	日付	事故概要	参考文献または情報源
工業	カンドラ、インド	2/7/2004	不明- メタノールタンクに引火、海水を浴びせる	Eos Environmental
工業	ノースカウンティ, CA	10/2/2004	医療診断装置施設のオープンの中で少量のメタノールに引火- 不明	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
工業	ラファイエット, LA	6/14/2005	オフショアプラットホームのタンクの上で溶接-Mariner Energy	http://blog.chron.com/newswatchenergy/2010/09/mariner-involved-in-13-gulf-accidents-since-06-seven-with-violations/
工業	ロングビュー, NC	1/23/2006	Tailored Chemicals - 発端は不明 - MeOH およびエタノールを保存	http://firenews.net/index.php/news/new_s_article/20100126_news_four_alarm_fire_at_local_catawba_plant/
工業	クアラルンプール、マレーシア	2/21/2006	不明-Petronas メタノール工場	http://uk.reuters.com/article/2010/02/22/petronas-fire-idUKSGE61L0E520100222
工業	ベル, WV	9/20/2006	装置からの漏出	http://www.newsandsentinel.com/page/content.detail/id/118720/W-Va--DEP-investigates-methanol-spill-in-river-.html?isap=1&nav=5071
工業	エリー, PA	10/13/2006	メタノール蒸気が発火し、鋳物工場のペントスタックが炎上	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
工業	スターリング, CO	2/2/2007	水-メタノールタンクのボルトの除去にトーチを使用する	http://www.journal-advocate.com/sterling-local_news/ci_17283330
工業	ニューイベリア, LA	6/13/2007	MeOH、キシレン、トルエンなどの Multichem 工場 - 不明	http://www.nola.com/business/index.ssf/2011/06/firefighting_crews_enter_new_i.html
工業	ベルネー、フランス	7/4/2007	Ceisa Packaging のメタノール溶媒タンクでの原因不明の事故	http://www.saunalahti.fi/ility/PI1127.htm
工業	パールランド, TX	7/17/2007	不明 - メタノール-ミネラルオイルのタンク	http://www.yourhoustonnews.com/pearland/news/article_c2b4f932-615c-5066-92d5-56efd0921d0b.html

セクター	場所	日付	事故概要	参考文献または情報源
パイプライン	ジャル, N.M.	12/6/1996	ガソリン精製所で NG パイプラインが破裂し火炎が発生、メタノールとグリコールが入った 2 つのタンクに引火	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
パイプライン	プルドーベイ, AK	2/6/2001	DS 11 注入管の腐食、絶縁不足	http://www.dec.state.ak.us/spar/perp/response/sum_fy05/050217301/050217301_index.htm
パイプライン	デッドホース, AK	10/14/2003	打撃により DS-16 flowline D に穴が開いた	http://www.dec.state.ak.us/spar/perp/response/sum_fy08/071015301/071015301_index.htm
パイプライン	リスバーン、アラスカ	7/15/2007	メンテナンス用弁圧テスト中に BP パイプラインが破損	http://www.msnbc.msn.com/id/43795063/ns/us_news-environment/t/methanol-spill-reported-bp-alaska-oil-field/
学校	アクロン, OH	1/24/2002	MeOH 蒸気に引火	http://www.ohio.com/news/students-burned-in-lab-fire-settle-1.87719
学校	ハンツビル, TN	10/7/2003	MeOH の実演でビーカーが爆発し、火災が発生	Eos Environmental
学校	ハドソン, OH	1/17/2004	高校の化学実験での火災	Eos Environmental
輸送	キール, WI	1/16/1996	鉄道輸送用貨車が脱線し、転倒して漏出が発生	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	トレド, OH	3/14/1997	輸送用貨車から鉄道操車場に少量のメタノールが漏出	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	ホガナス、スウェーデン	10/11/1997	3,000 T MeOH の輸送船が濃霧の中で座礁	http://info.tse.fi/dagob/documents/Dangerous%20Goods%20Related%20Incidents%20and%20Accidents%20in%20the%20Baltic%20Sea%20Region%20PDF%20final.pdf
輸送	ヴェルチェッリ、イタリア	8/21/1998	メタノールを含んだ貨物列車が脱線し、破裂して燃焼	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	オンタリオ、カナダ	2/12/1999	メタノール気体とスチレンを輸送する貨物列車が脱線し、漏出	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List

セクター	場所	日付	事故概要	参考文献または情報源
輸送	レッグホーン、イタリア	3/21/1999	牽引中、船がドックにぶつかる	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	レッドウィング、Mn	4/4/1999	メタノールを輸送する列車が脱線	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	ウベラバ、ブラジル	6/12/1999	列車が脱線し、川に落ちて大規模火災が発生。メタノールが川に漏れ出す。	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	江山市、中国	7/12/1999	石炭を積んだトラックが、メタノールを運ぶ列車に衝突	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	エドモントン、カナダ	10/7/2001	タンクローリーが U ターンをした際、タンクに穴をあけ、メタノールが放出された	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	シュヴェルテ、ドイツ	10/21/2001	3 台のメタノール鉄道タンク車が脱線	http://info.tse.fi/dagob/documents/Dangerous%20Goods%20Related%20Incidents%20and%20Accidents%20in%20the%20Baltic%20Sea%20Region%20PDF%20final.pdf
輸送	瀋陽、中国	1/26/2002	運転手が倉庫で凍結した弁を加熱した後、メタノールトラックに引火	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	バトラータウンシップ、MI	7/29/2002	作業者が注いでいたメタノールに引火し、爆発	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	靖江、中国	8/14/2002	不明 - メタノールを積んだ 2 台の輸送船に引火	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	デヴォン、アフリカ	10/8/2002	車両がメタノールトラックに衝突	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	ヨハネズブルグ、南アフリカ	10/9/2002	MeOH タンカーが車両に衝突し、引火	Eos Environmental

セクター	場所	日付	事故概要	参考文献または情報源
輸送	アルバニー, NY	1/4/2003	CSX MeOH 鉄道車両 に引火	Eos Environmental
輸送	武漢、中国	9/1/2003	不明- 埠頭に停泊中 の 4 隻のメタノール 輸送船に火が燃え広 がった	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	ブルームフイ ールドヒルズ, MI	12/26/2003	メタノールを輸送す るタンカーが転覆 し、少量が漏れた	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
輸送	スタムフォー ド, CT	11/11/2005	タイヤの不具合から タンクローリーに引 火	http://www.local830.org/index.cfm?zone=unionactive/view_article.cfm&HomeID=144049&page=200920Incident20Archive
輸送	スタムフォー ド, CT	6/12/2007	8,000 gll MeOH を積 んだタンクローリー が転倒	http://www.wtnh.com/dpp/news/fairfield_cty/tanker-carrying-methanol-closes-i-95-northbound-in-stamford
輸送	北京-新疆、中 国	7/3/2007	トラックが 30 トン MeOH トラックと衝 突	http://www.globaltimes.cn/NEWS/tabid/99/articleType/ArticleView/articleId/664422/2-truckers-killed-in-fiery-crash.aspx
廃水処理	デイトナビー チ, FL	1/10/2002	ホットワークから MeOH 蒸気引火	Eos Environmental