

SEMI S18-0312

ENVIRONMENTAL, HEALTH AND SAFETY GUIDELINE FOR FLAMMABLE SILICON COMPOUNDS

可燃性シリコン化合物の環境、健康、安全に関するガイドライン

免責事項:この SEMI スタンダードは、投票により作成された英語版が正式なものであり、日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

SEMI スタンダード日本語翻訳版をご利用にあたっての注釈を本文の末尾に記載しております(「すべきである」「しなければならない」について等)。

本安全ガイドラインは、global Environmental Health & Safety Technical Committee で技術的に承認されている。現版は 2011 年 12 月 24 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2012 年 3 月に www.semiviews.org および www.semi.org で入手可能となる。初版は 2002 年 11 月発行。

注意: 本文書は、2011 年、全面的に書き換えられた。

1 目的

- 1.1 本安全ガイドラインは、供給から除害まで、可燃性シリコン化合物の貯蔵、取り扱い、および使用に関する最低限の安全および健康の基準となることを目的とする。
- 1.2 本安全ガイドラインは、半導体、FPD、PV 製造装置、および処理のために可燃性シリコン化合物を使用するその他の装置に関する最低限の安全および健康の基準となることも目的とする。

2 範囲

- 2.1 本安全ガイドラインの範囲内となる可燃性シリコン化合物を、表 1 に示す。

表 1 本安全ガイドラインの範囲内における化学物質

	圧縮ガス	液化ガス	液体
非腐食性 Not Corrosive	モノシラン monosilane	ジシラン disilane モノメチルシラン monomethylsilane ジメチルシラン dimethylsilane トリメチルシラン trimethylsilane	トリシラン trisilane テトラメチルシラン tetramethylsilane
腐食性 Corrosive		モノクロロシラン monochlorosilane ジクロロシラン dichlorosilane	トリクロロシラン trichlorosilane メチルクロロシラン methylchlorosilane メチルジクロロシラン methyldichlorosilane ジメチルジクロロシラン dimethyldichlorosilane メチルトリクロロシラン methyltrichlorosilane

注 1: 化学物質 (chemicals) という用語には、液体および気体を含む。

注 2: 修飾語を伴わない「シラン」は通常、四水素化ケイ素を意味する。明確にするために同義語「モノシラン」も使用される。

- 2.2 表 1 に記載される可燃性シリコン化合物を含む可燃性混合物もまた、本安全ガイドラインの範囲内である。

注 3: シランは、ホスフィンなどの可燃性猛毒ガスと混合されることが多い。そのような場合、追加の要求事項が適用される。

2.3 本ガイドラインには以下の章がある:

1. 目的
2. 範囲
3. 制限
4. 参照スタンダードおよび文書
5. 用語
6. 一般原則
7. 評価
8. 教育およびトレーニング
9. 緊急時の対応
10. オフラインの貯蔵設備
11. 屋外の貯蔵・供給設備からの供給
12. 屋内の貯蔵・供給設備からの供給
13. 屋内配管システム
14. 可燃性シリコン化合物の利用を意図した装置
15. 排気換気, 可燃性シリコン化合物排出物および除害システム

付属書 1 — システム構成 — シリンダ供給

付属書 2 — システム構成 — バルク供給

付属書 3 — 配管および流量制御部品

付属書 4 — 加圧試験および漏れ試験

付属書 5 — ガスモニタリング

付属書 6 — 火災の検知, 抑制, 警報

注 4: 本安全ガイドラインは, 次の関連情報を含む。

- 関連情報 1 — 半導体製造, FPD および PV 製造にて一般的に使用される可燃性シリコン化合物の物理的・科学的特性
- 関連情報 2 — シラン安全管理システム

2.4 本安全ガイドラインの一部のセクションならびに付属の関連文書の一部では, 本文の右側にある列により, その本文が適用される可燃性シリコン化合物を指定している。それらの列の見出しにある「CG」は「圧縮ガス」, 「LG」は「液化圧縮ガス」, 「L」は「液体」を指す。そうした列がない場合は, 本文書の範囲に含まれるすべての可燃性シリコン化合物に適用される。

注意: このスタンダードおよび安全ガイドラインはその使用に関連した全ての安全問題を取り扱うことを意図していない。この文書の使用者は, その責任において, 適切な安全および健康上実施すべき事柄を確立し, また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

3 制限

3.1 本文書は, ガス製造者あるいは供給会社の設備や, これらの設備での運用に適用する意図はない。

4 参照スタンダードおよび文書

4.1 SEMI スタンダードおよび安全ガイドライン

SEMI F1 — Specification for Leak Integrity of High-Purity Gas Piping Systems and Components

SEMI F5 — Guide for Gaseous Effluent Handling

SEMI F6 — Guide for Secondary Containment of Hazardous Gas Piping Systems

SEMI S1 — Safety Guideline for Equipment Safety Labels

SEMI S2 — Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S4 — Safety Guideline for the Separation of Chemical Cylinders Contained in Dispensing Cabinets

SEMI S5 — Safety Guideline for Sizing and Identifying Flow Limiting Devices for Gas Cylinder Valves

SEMI S6 — EHS Guideline for Exhaust Ventilation of Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S10 — Safety Guideline for Risk Assessment and Risk Evaluation Process

SEMI S13 — Environmental, Health and Safety Guideline for Documents Provided to the Equipment User for Use with Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S14 — Safety Guidelines for Fire Risk Assessment and Mitigation for Semiconductor Manufacturing Equipment

4.2 ASME Standards¹

ASME B31.3 — Standards for Pressure Piping – Process Piping

4.3 CGA Standards²

CGA G-13 — Storage and Handling of Silane and Silane Mixtures

CGA P-20 — Standard for the Classification of Toxic Gas Mixtures

CGA P-23 — Standard for Categorizing Gas Mixtures Containing Flammable and Nonflammable Components

4.4 ISO Standards³

ISO 10156 — Gases and Gas Mixtures – Determination of Fire Potential and Oxidizing Ability for the Selection of Cylinder Valve Outlets

ISO 10298 — Determination of Toxicity of a Gas or Gas Mixture

4.5 NFPA Standards⁴

NFPA 1 — Fire Code

NFPA 70 — National Electrical Code (NEC)

NFPA 318 — Standard for the Protection of Semiconductor Fabrication Facilities

4.6 US Code of Federal Regulations

29CFR 1910.1200 — Hazard Communication (OSHA)⁵

4.7 他の文書

ASTM Manual, MNL33 “Manual on Chlorosilane Emergency Response Guidelines”

FM Global Property Loss Prevention Sheets 7-7R “Semiconductor Fabrication Facilities”⁶

High Pressure Gas Safety Law⁷

¹ American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990, USA; Telephone: 973.882.1170, Fax: 973.882.1717, <http://www.asme.org>

² Compressed Gas Association, 4221 Walney Road, 5th Floor, Chantilly, VA 20151, USA; Telephone: 703.788.2700, Fax: 703.961.1831, <http://www.cganet.com>

³ International Organization for Standardization, ISO Central Secretariat, 1 rue de Varembé, Case postale 56, CH-1211 Geneva 20, Switzerland; Telephone: 41.22.749.01.11, Fax: 41.22.733.34.30, <http://www.iso.ch>

⁴ National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02269, USA; Telephone: 617.770.3000, Fax: 617.770.0700, <http://www.nfpa.org>

⁵ Occupational Safety and Health Administration, Available from U.S. Department of Labor; <http://www.osha.gov>

⁶ FM Global, <http://www.fmglobal.com>

Pressure Equipment Directive 97/23/EC

The High Pressure Gas Safety Institute of Japan (KHK), Application Guide for the High Pressure Gas Safety Law⁷
NIOSH Pocket Guide⁸

注意：別途指示のない場合、引用された全ての文書は最新の出版バージョンである。

5 用語

5.1 以下に規定する用語を除いては、SEMI S2 に定義される用語を参照のこと。

5.2 略語および頭字語

- 5.2.1 AEV (*additional exhaust ventilation*) — 追加排気換気
- 5.2.2 ESOV (*Emergency Shut Off Valve*) — 緊急遮断バルブ
- 5.2.3 IDLH (*Immediately Dangerous to Life and Health*) — 生命および健康に対する直接的危険性
- 5.2.4 MAWP (*maximum allowable working pressure*) — 最大許容使用圧力
- 5.2.5 MOP (*maximum operating pressure*) — 最大運転圧力
- 5.2.6 MSDS (*material safety data sheet*) — 物質安全データシート
- 5.2.7 PEV (*primary exhaust ventilation*) — 一次排気換気
- 5.2.8 PTFE (*polytetrafluoroethylene*) — ポリテトラフルオロエチレン。
- 5.2.9 SEV (*secondary exhaust ventilation*) — 二次排気換気
- 5.2.10 TLV® (*threshold limit value*) — しきい値
- 5.2.11 TWA (*time weighted average*) — 時間荷重平均
- 5.2.12 VMB (*valve manifold box*) — バルブマニフォールドボックス

5.3 定義

- 5.3.1 除害システム (*abatement system*) — プロセスからの排出物を変化させ、危険材料の排出を許容できないリスクを示さないレベルまで減少させるシステム。
- 5.3.2 バルク (*bulk*) — 454 リットル (0.5 米トンの水の体積) 以上を収容可能である。
注 5: 気体または液体の体積ではなく、コンテナの容積である。
- 5.3.3 台車 (*carriage*) — 1 つまたは 2 つのガスシリンダを運搬するための手押し台車。
- 5.3.4 クロロシラン (*chlorosilane*) — 表 1 で腐食性に指定されたすべての物質。
- 5.3.5 圧縮ガス (*compressed gas*) — 20°C (68°F) において 200 kPa (29.0 psig/43.8 psia) 以上の圧力を加えたガス。
- 5.3.6 制御された状態 (*controlled condition*) — 可燃性シリコン化合物に関する場合は、パイピングシステム配管システムの何らかのパラメータが不適格になったことを判定できる制御装置が備わった認定されたパイピングシステム配管システムの範囲内に化学物質が制御されている状態をいう。
- 5.3.7 排気換気 (*exhaust ventilation*) — 本文書で定義される、一次、二次、または追加排気換気 (つまり、PEV, SEV, または AEV) のいずれか。[SEMI S6]

5.3.7.1 一次排気換気 (PEV) (*primary exhaust ventilation (PEV)*) — 通常運転時に、懸念物質を装置から取り出す空気流。[SEMI S6]

5.3.7.2 二次排気換気 (SEV) (*secondary exhaust ventilation (SEV)*) — 装置の通常運転時には懸念物質を取り出さず、故障、保守運転、またはサービス運転のために一次封じ込めから懸念物質が放出された場合に、これを抜き出すために連続運転する空気流。[SEMI S6]

注 6: 例えば、ガスパネルを介した排気換気は SEV とみなされる。なぜなら、通常運転では危険ガスは配管内に存在し、故障、保守、またはサービス時にのみ排気換気によって危険ガスが取り除かれるからである。

⁷ KHK, Sumitomo-Tranomon Bldg., 4-3-9 Toranomon, Minatoku, Tokyo 105-8447

⁸ Centers for Disease Control and Prevention, <http://www.cdc.gov/Niosh/>

5.3.7.3 追加排気換気 (AEV) (additional exhaust ventilation (AEV)) — 通常運転中は存在しないが、保守中や一次封じ込めから異常放出があった場合に、懸念物質を取り出すために供給される空気流。[SEMI S6]

5.3.8 引火性混合物 (flammable mixture) — 20°C (68°F), 101.3 kPa (14.7 psia) の大気中において引火性混合物を形成するすべてのガス。これには当然、あらゆる自然発火性混合物が含まれる(この定義で用いられているとおり、「大気中における引火性混合物」は発火し得る混合物である)。

注 7: ISO10156 は、混合物が引火性か否かを判断する方法に関する情報を提供している。

5.3.9 可燃性シリコン化合物 (flammable silicon compounds) — 本文書内の表 1 に示す化学物質。

5.3.10 可燃性シリコン化合物排出物 (flammable silicon compound effluent) — 製造プロセスにおける使用目的がなく、空気を含んでいない可燃性シリコン化合物あるいは可燃性シリコン化合物とプロセスガス、パージガス、またはプロセス副生成物の混合物。

5.3.11 流量制御部品 (flow components) — 配管システム内を流れる化学物質と通常接触する配管システム用部品(減圧弁、圧力計、エルボー、ティーなど)。

5.3.12 流量制限デバイス (flow limiting device) — 全開状態のバルブからの最大流量を減少させるデバイス。[SEMI S5]

注 8: このようなデバイスのひとつに、流量制限オリフィス(RFO)がある。

5.3.13 ガスシリンダ (gas cylinder) — 圧縮ガスおよび液化圧縮ガスの貯蔵、輸送移動、または供給に用いられる、容積が 454 リットル未満の円筒形のコンテナ。

5.3.14 猛毒性 (highly toxic) — 重さ 200 g~300 g の白ラットに 1 時間 (1 時間以内に死に至るような場合は、それ以下) の連続吸入法を施した場合に、半数致死濃度 (LC50) が、空気中のガスまたは蒸気の体積で 200 ppm 以下、あるいはミスト、ヒューム、粉塵で 2 mg / リットル以下であること。

5.3.15 生命および健康に対する直接的危険性 (IDLH: immediately dangerous to life and health) — 通常、PPM 又は mg^3 で表される空気伝送による汚染濃度であり、それは避難障害症状なしに又は健康上の不治になるような影響なしに 30 分以内に人が避難することができる最高レベルである。このレベルは (National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)) によって確立されている。[SEMI F6]

注 9: OSHA は、「生命に差し迫った脅威をもたらす、健康に回復不能または遅発性の悪影響を与えることになる、あるいは危険な雰囲気から逃避する個人の能力を阻害することになる毒性、腐食性、または窒息性物質の大気中濃度」と定義している。[29 CFR 1910.120]

5.3.16 不活性ガス (inert gas) — 通常は反応を起こさないガス (例えば、窒素およびアルゴン)。

5.3.17 液化圧縮ガス (liquefied compressed gas) — 封入圧力において 21.1°C (70°F) の温度で部分的に液状であるガス。[SEMI C3].

5.3.18 液体コンテナ (liquid container) — 液体の貯蔵、輸送移動、または供給に用いられる、容積が 454 リットル未満のコンテナ。

5.3.19 最大許容使用圧力 (MAWP) (maximum allowable working pressure (MAWP)) — 予想される最も過酷な内部圧力、外部圧力、および温度 (最低または最高) 条件下における連続運転のための容器または配管システムに許容される最大内部圧力。この値は、装置の圧力温度定格および設計に用いられた最大許容応力によって制限される。

注 10: MAWP は通常、ASME B31.3 で定義されている設計圧力 (Design Pressure) と同じである。

5.3.20 最大運転圧力 (MOP) (maximum operating pressure (MOP)) — 容器または配管システムの通常運転時の最大圧力 (すなわち、プロセス圧力)。通常は MAWP 未満で、MAWP を決して超えない。

5.3.21 職業上曝露限界 (occupational exposure limits (OELs)) — 作業者が規定時間にわたって曝露される可能性のある、物質の最大大気中濃度。OEL には、TWA、STEL、上限値 (ceiling limit) などがあり、これらは濃度を規定する時間が異なる。OEL を意味する用語としては、許容曝露レベル (permissible exposure levels), 臨界許容量 (Threshold Limit Values®), 最大許容濃度 (maximum acceptable concentrations), 最大曝露限界 (maximum exposure limits), 職業上曝露規格 (occupational exposure standards) など様々なものを使用されている。OEL を決定する際に使用される基準は、その値を設定している国によって異なる場合がある。[SEMI S6]

5.3.22 オフライン貯蔵設備 (offline storage facilities) — いくつかの配管システムとも物理的に接続されていない、可燃性シリコン化合物コンテナ (例えば、ガスシリンダ、液体コンテナ) の貯蔵設備。

- 5.3.23 酸化性ガス(oxidizer gas) — 接触する可燃性材料の燃焼をサポートしたり、燃焼率を増大させるガス。[SEMI F51]
- 5.3.24 自然発火性化学物質 (pyrophoric chemical) — 空気と接触すると 54°C (130°F) 以下の温度で自然発火する可能性がある化学物質。
- 5.3.25 有資格要員 (qualified personnel) — 規定された作業に付随するリスクを伴う活動を実行できるようにトレーニングされた要員。
- 5.3.26 安全状態(safe state) — 装置がそれ自身または要員に対して{unacceptable risk 許容できないリスク}を何ら及ぼしていない状態。この状態では危険生産材料が流れることは認められない。許容可能な安全状態は、装置の設計者によって決定される、設計中の危険に基づいたものである。
- 5.3.27 しきい値(threshold limit value (TLV®)) — ACGIH®が採用する作業環境における化学物質のしきい値 (TLV®は米国産業衛生専門家会議の登録商標である)。[SEMI F6]
- 5.3.28 毒性(toxic) — 重さ 200 g ~ 300 g の白ラットに 1 時間(1 時間以内に死に至るような場合は、それ以下)の連続吸入法を施した場合、半数致死濃度(LC₅₀)が、空気中のガスまたは蒸気の体積で 200 ppm を超え 2000 ppm 以下、あるいはミスト、ヒューム、粉塵で 20 mg / リットルを超え 200 mg / リットル以下であること。
- 5.3.29 時間加重平均(time weighted average) — 交代勤務時間(通常 8 時間)の曝露時間に対する職業上曝露限界(OEL)。この時間は TWA の一部として規定される。[SEMI S6]
- 5.3.30 許容不能なリスク(unacceptable risk) — 設計または手順を承認する人が許容することのできない程度または種類のリスク。
- 5.3.31 ガスの非安全状態(unsafe gas condition) — ガスが装置プロセスの設計パラメータの範囲に安全に格納されていないか、またはガス放出やガスによる危険が導かれ得る状態。

6 一般原則

段落	非腐食性 Not Corrosive			腐食性 Corrosive		
	CG	LG	L	CG	LG	L
6.1 可燃性シリコン化合物にはいくつかの危険な性質があるので、要員はそれらに係わる作業をする際には適切な保護具を着用すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 11: 関連情報 1 では、本安全ガイドラインの範囲内にある可燃性シリコン化合物の物理的・化学的特性を提供している。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.2 リスク管理戦略 — 安全および事故防止の基本的コンセプトは以下のものである:	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.2.1 設備、配管、および装置について、(貯蔵から除害に至るまで)理解することが、製造設備における可燃性シリコン化合物の安全な取り扱いにとって必須である。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.2.2 設備の安全は、フェイルセールで、自己診断型かつ予測機能を備えたデバイスを使用する設計を、ガスソース、配管、および装置に適用することで向上させることができる。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.2.3 可燃性シリコン化合物が流れたり、または処理されたりする設備および装置は、(設備所有者または装置サプライヤにより)安全システムを備えなければならない。その安全システムとは、自己診断コンピューターや専用の安全管理システム装置を通じて、現状の安全状態を検知することが可能であったり、リスクが高まった状態を示す警告を発生させることが可能なものでなければならない。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.2.3.1 安全システムが担当する可燃性シリコン化合物を取り扱うシステムまたはユニットの正常運転を確認できない場合は、可燃性シリコン化合物の供給を自動遮断すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y

段落	非腐食性 Not Corrosive			腐食性 Corrosive		
	CG	LG	L	CG	LG	L
6.2.3.2 安全システムは、可燃性シリコン化合物を取り扱うプロセスが次のステップに進む前に、安全状態に達していることを判定する能力を備えているべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.2.4 安全な設計は、装置および設備の設計者の可燃性シリコン化合物の特性および危険に対する理解によって左右される。これら危険源のリスクを制御する手法には、供給および使用システムのあらゆる部分での対策をすべて統合することが必要となる。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.2.4.1 安全管理システムは、ガス供給設備、シリンダキャビネット、プロセス装置、ガス処理システム等に設置すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 12: 可燃シリコン化合物の危険に関する情報は様々な情報源から入手できる。例えば、規制、MSDS, Factory Mutual Loss Prevention Data Sheet, NFPA スタンダード、建築基準法、および様々な研究論文である。関連情報 1 も、可燃性シリコン化合物の危険な特性についての情報をいくつか提供している。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.2.4.2 サプライヤはすべての可燃性シリコン化合物のシステムについて、使用前に危険の特定とリスク評価 [例えば、プロセス危険評価 (PHA)、危険および運転状態分析 (Haz-Op)、故障モード影響分析 (FMEA)] を完了すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 13: 分析法が違えば、特定されるシステム危険も異なる。それ 1 つですべて発見できる方法はない。徹底的な危険の特定とリスク評価を行うためには、手法を組み合わせる必要がある。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.2.4.3 分析結果は、SEMI S10 のリスクマトリックスを使用して報告すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.2.5 使用量の最小化 — 可燃性シリコン化合物のライン中および使用の量は、効果的生産に必要な最低量に限定すべきである。これは、例えば装置または設備供給ライン内に流量制限オリフィスを導入することによって達成できる。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.2.6 定期的な事故防止評価を実施して、事故頻度の最小化に役立てるべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.3 危険エネルギーの切り離し(ロックアウト/タグアウト)						
6.3.1 すべての可燃性シリコン化合物ソースに対し、危険エネルギーの切り離し(「ロックアウト/タグアウト」と以前呼ばれていた)機能を、可燃性シリコン化合物システムのサービスおよび保守を安全に実施するために必要なすべてのレベルにおいて施すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.3.2 要員が可燃性シリコン化合物を伴うシステムの作業を安全にできるように、必要に応じて、その他のすべてのエネルギー源(例、電気的、機械的)である危険エネルギーを切り離すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 14: 封じ込めを開放する前に、可燃性シリコン化合物に関連する配管システムが切り離され、十分にパージされている場合には、危険でない電圧および危険でない電力エネルギー源を切り離す必要はないかもしれない。						
6.4 可燃性シリコン化合物の取り扱いに関係するすべての要員は、実施する作業および曝される可能性のある危険についてトレーニングを受けるべきである。こうしたトレーニングはすべて正式に文書で記録し、また規制が適用される場合はそれに従った記録文書を作成すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.4.1 システム状況および装置状態の検査を定期的 to 実施し、文書で記録すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y

段落	非腐食性 Not Corrosive			腐食性 Corrosive		
	CG	LG	L	CG	LG	L
6.4.2 操作員または技術者は、いかなるシステムまたはサブシステムの作業を開始する前に、現在の状態と何らかの異常状態をチェックする能力を有するべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.5 排出とパージング						
6.5.1 可燃性シリコン化合物の配管を装置に接続する際は、配管中の空気を窒素等の不活性ガスによって安全な場所へパージし、大気と可燃性シリコン化合物との反応を防ぐべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.5.2 パージの手段は、閉鎖されたパイプシステムに供給されるべきである。随時使用するパージポートが本目的のために供給される場合には、パージガスに接続されていないときにはポートを封鎖するためのキャップかプラグを備えるべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.5.3 ユーザは、酸化性ガスおよびその他の適合性のないガス、材料、物質をシステムからパージした後にはのみ、可燃性シリコン化合物を導入すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.5.4 可燃性シリコン化合物システムが大気に開放される前に十分パージされていることを確実にするため、システムには計算された最低パージ回数、最低パージガス圧、および必要な真空レベルに基づいたパージ手順を用意すべきである。計算は最低パージ回数を求めるために必要である。プロセスパージは一般にこの回数を大きく上回るもので、従ってテストは通常は不要である。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.5.5 パージガスとプロセスガスが不慮の逆流によって相互汚染することを避けるため、十分な対策が施されるべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.5.5.1 パージガスと可燃性シリコン化合物の分離をチェックバルブにすべて頼るべきではない。チェックバルブの前または後に空気バルブ等の制御バルブを配置することが、可燃性シリコン化合物を逆流する可能性のある手順中に切り離すためには望ましい。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6.5.5.2 可燃性シリコン化合物用のパージガスは、可燃性シリコン化合物の圧力より高い専用ソースから供給すべきである。	Y	Y		Y	Y	
6.5.5.3 パージガス圧は、プロセスガスの逆流を防止するために、常にプロセスガス圧より高く保つべきである。	Y	Y		Y	Y	
6.5.5.4 可燃性シリコン化合物用のパージガスソースは、可燃性シリコン化合物と引火性混合物を形成し得るガスまたは化学物質の配管システムに接続すべきではない。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 15: いくつかの地域の規則(例、日本の高圧ガス保安法)は、可燃性シリコン化合物の圧縮ガスまたは液化圧縮ガスの供給システム用のパージガスソースを、酸化性ガスライン用のパージガスソースから完全に分離することを求めている。	Y	Y		Y	Y	
6.5.5.5 専用バルク供給からのパージライン(管轄地域によって許可されている場合)には、可燃性シリコン化合物がバルクシステムに逆流する恐れを防ぐために、多段階の逆流および差圧保護を施すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 16: バルクパージシステムへの逆流によって、汚染源から遠く離れた場所で不活性ガスが大気に曝露すると発火性混合ガスが生成されることが知られている。	Y	Y	Y	Y	Y	Y

7 評価

7.1 配管システム、プロセス装置、排気換気、可燃性シリコン化合物排出、および除害システムの SEMI S18 への適合は、評価対象のシステムまたは装置に適用される § 8~15 の基準に従って、技術的に評価すべきである。

8 教育とトレーニング

注 17: 管理者ならびに従業員にとって、自分達を取り扱う可燃性シリコン化合物の性質に対する理解を深め、安全な作業方法を確保することは重要である。従業員が可燃性シリコン化合物を取り扱わない場合は、この章は適用されない。

8.1 可燃性シリコン化合物を取り扱う人は誰でも、これらの危険特性および安全な取り扱い方法について特別な教育を受けるべきである。

注 18: いくつかの管轄地域(日本, 米国, 欧州など)では、「特殊高圧ガス」の使用者がその従業員に特別な安全教育を施すことを求めている。

8.1.1 安全教育およびトレーニングに関しては、各組織が必要なすべての教育およびトレーニングの適切な実施プログラムを維持し、教育およびトレーニングの担当者を任命して定期的なトレーニング計画を実施すべきである。

8.1.2 講師には、可燃性シリコン化合物の危険、使用、および安全制御について十分な知識と経験を持った人をあてるべきである。

注 19: 組織の能力によっては、外部の専門家の支援を得ることが必要となる場合もある。

8.1.3 トレーニングには、可燃性シリコン化合物の取り扱い、危険特性および副生成物、緊急時の処置を、過去の事故のケーススタディと共に含めるべきである。

8.1.4 トレーニングは定期的実施し、トレーニング結果を文書に記録すべきである。新技術の導入時、装置の故障の発生時、操作員のミスの発見時、またはシステム運用の変更時には、フォローアップトレーニングを行うべきである。

8.2 装置および設備のサプライヤ、保守サービスプロバイダ、ユーザは、次のことをすべきである。

- 業務に特有の環境、安全および健康(ES&H)教育プログラムの教育カリキュラムを構築する
- 要員を訓練する。
- 記録をとるか証明書を発行する。

8.3 保守要員は、その担当範囲について完全に訓練されるべきである。

8.3.1 保守要員は、可燃性シリコン化合物の設備および装置の設計全体について理解すべきである。

8.3.2 危険エネルギーの切り離しのトレーニングは、可燃性シリコン化合物システムのサービスまたは保守をするとされるすべての従業員に施すべきである。

8.4 定期検査を行う人には、トレーニングを施して、検査が適切に行われ文書に記録されることを確実にすべきである。

9 緊急時の対応

段落	非腐食性			腐食性		
	CG	LG	L	CG	LG	L
9.1 排気および除害システムは、除害されていない残留ガスによるリスクが許容可能なレベルに下がるまで遮断すべきではない。 注 20: いくつかの管轄区域では、これらの除害システムのためにバックアップ電源を要求している。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.2 要員の避難						
9.2.1 漏洩に対応する避難手順は、危険分析に基づいて作成し、その危険レベルに適切なものにすべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.2.2 設備の全要員が、適切な避難手順の訓練を受けるべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y

段落	非腐食性			腐食性		
	CG	LG	L	CG	LG	L
9.2.3 避難後は、使用中の可燃性シリコン化合物の危険な性質に関連するリスクが許容できるレベルとなるまでは、誰もそのエリアに戻るべきではない。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.3 漏れの特定制と切り離し						
9.3.1 対応チームが入室しても適切な方法によって安全な状況を確認できるなら、許可され訓練された対応要員に限り漏洩箇所を特定しふさぐために入室してもよい。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.3.2 漏洩箇所が正確に突止められたなら、漏洩箇所に可燃性シリコン化合物を供給しているソースを自動シャットダウンすべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.3.3 漏洩箇所を正確に突止められない場合は、漏れが検知されたエリアに供給しているすべての危険な材料をシャットダウンすべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.3.4 可燃性シリコン化合物設備に十分な排気流量を維持できない場合には、漏洩時にこれを囲ってはならない。爆発を引き起こす場合がある。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.4 漏れ事故からの復帰						
9.4.1 訓練された要員が事故を調査し、きっかけとなった、あるいは根本的な原因を究明すべきである。システム全体の安全が確保されるまでは、システムを再起動すべきではない。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.4.2 影響を受けたすべてのシステムを不活性ガスで十分パージする。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.4.3 影響を受けたシステムに可燃性シリコン化合物を戻す前に、そのシステムの安全を確認するため適切な漏れ試験を実施する。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.4.4 センサが機能しているか否かを判断。必要に応じてセンサを校正するか交換すること。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.4.5 システムにダメージがないことを(可燃性シリコン化合物ソースシステムからガス除害システムまで)確認する。必要に応じて修復措置をする。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.5 火災と爆発						
9.5.1 ガス火災を安全に消火する唯一の手段は、燃料源を遮断することである。	Y	Y		Y	Y	
注 21: ガス火災を燃料源の遮断以外の方法で消火しようとしなさい。多くの国でガス貯蔵エリアに消火器を要求しているが、これらはガス以外のものを消火するために使用されるべきである。	Y	Y		Y	Y	
9.5.2 水噴霧または放水システムは、そのコンテナまたは隣接するコンテナを冷却し、コンテナが熱せられたり過圧になったりすることを防ぐためだけに使用すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 22: 腐食性の可燃性シリコン化合物はすべて水と激しく反応する。Silicones Environmental, Health and Safety Council 『Manual on Chlorosilane Emergency Response Guidelines』 (ASTM Manual, MNL33) を参照すること。				Y	Y	Y
9.5.3 ガス火災をガスを遮断せずに不慮に消火すると、許容できない爆発のリスクを招く。	Y	Y		Y	Y	
9.5.4 火災が疑われる時は、緊急対応担当者に連絡すること。	Y	Y	Y	Y	Y	Y

段落	非腐食性			腐食性		
	CG	LG	L	CG	LG	L
注 23: 地域の消防署が可燃性シリコン化合物について訓練されているとは限らない。地域の消防署、工場緊急対応チーム、および公害対応チームが可燃性シリコン化合物の危険に関する情報を共有できるように、緊急時計画策定会議を開くことが推奨される。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.5.5 可燃性シリコン化合物火災の影響を受けたエリアには、訓練された要員だけが立ち入るべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.5.5.1 訓練された火災事故対応担当者は、そのエリアに立ち入る前に適切な保護具を着用すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9.5.5.2 火災事故後、設置されている火災検知器をチェックする。必要に応じて検知器を交換する。	Y	Y	Y	Y	Y	Y

10 オフライン貯蔵設備

段落	非腐食性			腐食性		
	CG	LG	L	CG	LG	L
10.1 一般的考察配慮						
10.1.1 オフライン貯蔵設備の構造材料は、不燃性で、貯蔵される可燃性シリコン化合物がもたらす危険に適合したものにすべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 24: 特定の化学物質については、可燃性および腐食性の両方である、ジクロロシランのような場合、複合的な危険を考慮する必要があるだろう。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
10.1.2 可燃性シリコン化合物は、SEMI S4によると、他の化学物質から離しておくべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
10.1.3 推奨される貯蔵温度は、40℃未満である。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
10.1.4 放水またはスプリンクラーシステムを可燃性シリコン化合物の貯蔵エリア上に設置し、火災時にコンテナを冷却して、ひとつのコンテナから別のコンテナへ炎が及ぼす影響を減じるべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	
例外: 容量が 1 リットル以下のシリンダは、この基準から除外されうる。	Y	Y	Y	Y	Y	
注 25: 水と反応する液体の上方にスプリンクラーシステムを設置すると危険である。腐食性の液体可燃性シリコン化合物には中膨張泡消火システムが推奨される。						Y
10.1.5 可燃性シリコン化合物を貯蔵するコンテナは、バルブのプラグをしっかりと締め、バルブの保護キャップを取り付けるべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
10.1.6 コンテナは、貯蔵エリア内の合理的に予見される事故から建物を保護するように適切に設計されたエリアに保管すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
10.1.7 可燃性シリコン化合物のコンテナが、人がいる建物とは別の構造物内に貯蔵されている場合は、最低 0.005 m/秒(約 1 cfm/立方フィート)の機械換気または自然換気をコンテナが貯蔵されている構造物に備えるべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 26: 詳細は NFPA 318 や高圧ガス保安法等のスタンダードを参照のこと。	Y	Y	Y	Y	Y	Y

段落	非腐食性			腐食性		
	CG	LG	L	CG	LG	L
10.1.8 貯蔵の構造と位置は、安全なコンテナの運搬を妨げないようにすべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
10.2 ガスシリンダの貯蔵						
10.2.1 ガスシリンダは(直接的または間接的に)構造物に固定すべきである。ひとつの固定具だけでは横倒しになる恐れがあるので、少なくとも2つの可燃性でない固定具を横倒しを防ぐ位置で使用すべきである。	Y	Y		Y	Y	
注 27: 管轄区域によっては、追加要求事項を課す場合がある。	Y	Y		Y	Y	
10.3 Liquid Container Storage 液体コンテナの貯蔵						
10.3.1 液体可燃性シリコン化合物コンテナ用の貯蔵エリアは、他の危険源から適切に離しておくべきである。			Y			Y
10.3.2 液体可燃性シリコン化合物コンテナの貯蔵エリアは、貯蔵される最大コンテナ容積の150%の放出を封じ込めるように設計すべきである。			Y			Y

11 屋外貯蔵・供給設備からの供給

段落	非腐食性			腐食性		
	CG	LG	L	CG	LG	L
11.1 バルク供給	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11.1.1 位置と構造 —バルク可燃性シリコン化合物システムには、次の場所と構造的特徴を組み込むべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11.1.1.1 コンテナと付属物は、NFPA 318 またはその場所での法的要求によって要求される値以上に建物および境界線からセットバックした位置の屋外に構築すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 28: NFPA 318 よりも遠くに離すことを要求する管轄区域があるかもしれない。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 29: 飛散物から近くの構造物または作業活動を遮蔽するために、保護バリアを追加することが求められる場合がある。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 30: レイアウト例は CGA G-13 に記載されている。	Y					
11.1.1.2 貯蔵エリアには、少なくとも2つの出口を設けるべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11.1.1.3 その位置に車両交通や破壊行為など別のリスクがないかを判定するため、完全なリスク評価を実施すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11.1.1.4 貯蔵形状は、開放構造にし、可燃性シリコン化合物が滞留して爆発しないように自然換気をさせるべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
注 31: 国によってはエンクロージャが要求されている。						
11.1.1.5 バルクシステムは、別のバルクシステムおよび減圧設備から、耐熱定格が2時間の防火壁で分離すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y

段落	非腐食性			腐食性		
	CG	LG	L	CG	LG	L
11.1.2 制御および安全対策	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11.1.2.1 バルクシステムには、以下の制御装置と安全対策を備えるべきである	Y	Y	Y	Y	Y	Y
a. 過流保護装置	Y	Y		Y	Y	
b. 流出物の二次封じ込め			Y			Y
c. 供給ポイントおよびユースポイント、ディスペンシングポイントの両位置にあるマニュアル遮断バルブ	Y	Y	Y	Y	Y	Y
d. 圧力リリーフ、自動ガス遮断を備えた過圧モニタ	Y	Y		Y	Y	
e. 自動供給システムのオーバーフィル防止システム			Y			Y
f. ガス・化学物質検知				Y	Y	Y
注 32: 時として、ターゲットガス/化学物質と空気との副生成物の検知がより重要な場合がある。例えば、ジクロロシラン (SiH_2Cl_2) は湿潤空気と反応して、 SiH_2Cl_2 の分子 1 個あたり 2 個の HCl 分子を形成する。従って、HCl は SiH_2Cl_2 分子放出速度の 2 倍の速度で生成される。SEMI S6 の A1-5.2 で述べられているように、 SiH_2Cl_2 分子は HCl の生成時に消滅するため、放出速度を加算すべきではないが、 SiH_2Cl_2 と HCl の両方の危険を考慮する必要がある。				Y	Y	Y
11.1.2.2 立ち入りを、訓練を受けた資格のある要員に制限するためにアクセス制限を施すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11.1.2.3 バルク可燃性シリコン化合物のエリアでの作業は、ガスサプライヤの作業員および訓練された現場の要員だけに許可すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11.1.2.4 流量制限デバイスは、バルクソースを提供する供給マニフォールドの出口バルブにつけるべきである。出口バルブに使用する流量制限デバイス[例、流量制限オリフィス (RFO)]のサイズは、統合したプロセスニーズの合計を満たす最小のものにすべきである。流量制限デバイスの適切なサイズの選択方法に関する指示は、SEMI S5 を参照のこと。	Y	Y		Y	Y	
注 33: 統合したプロセスニーズの合計には、供給ラインの長さの影響も含まれる。	Y	Y		Y	Y	
11.2 シリンダの開放型ディスペンシングラック						
11.2.1 シランの開放型ディスペンシングラックは、いずれの建物内にも設置すべきではない。	Y					
11.2.2 屋外ディスペンシングエリアは、CGA G13 のような適用可能な規格に従って構造物から離すべきである。ディスペンシングエリアは少なくとも 3 方を開放にし、シリンダを可燃性でない構造物に固定すべきである。天井がある場合は、3.7 m (12 ft) 以上の高さにすべきである。[NFPA 318]	Y					
注 34: レイアウト例は CGA G-13 に記載されている。	Y					
11.3 マニフォールドシステム						

段落	非腐食性			腐食性		
	CG	LG	L	CG	LG	L
注 35: 管轄区域によっては、追加要求事項が課せられる場合がある。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11.3.1 どのシリンダをいくつラインに接続されるかを制御するシステムを講じるべきである。これには、シリンダの容量と共に、どのバンドルに何本のシリンダを接続できるかを制御することが含まれる。	Y			Y		
11.3.2 マニフォールドシステムは、液化ガスシリンダ用に使用されるべきではない。		Y			Y	
注 36: マニフォールドシステムでは、シリンダ間のごくわずかな温度差が原因で、温度の高いシリンダのガスが温度の低いシリンダに移動し、そのシリンダ内の生成物が平衡化するに従って凝縮する可能性がある。そのリスクは、シリンダ間の温度差動とともに高まる。また、シリンダが長期にわたって貯蔵されている場合も、生成物の蓄積によってリスクが高まる。		Y			Y	
11.3.3 シリンダには常時閉の自動ニューマチック遮断バルブを備えるべきである。	Y			Y		
11.3.4 シリンダには流量制限オリフィスを備えるべきである。	Y			Y		
注 37: 業界はほぼすべてこの条件を採用するようになっている。	Y			Y		
11.4 シリンダパックシステム						
注 38: シリンダパックシステムにガス検知システムを要求する管轄区域がある。検知した場合、すべてのシリンダの ESOV が閉じるべきである。	Y			Y		
注 39: シリンダガス供給システムの推奨配置例が、付属書 1 に示されている。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11.4.1 シリンダ交換中の連続供給のために複数シリンダを平行使用する場合、システムに自動切り替えシステムを採用すべきである。	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11.4.2 流量制限デバイスは、プロセスの流量要求を満たす最小サイズにすべきである。	Y	Y		Y	Y	

12 屋内貯蔵・供給設備からの供給

段落	非腐食性			腐食性		
	CG	LG	L	CG	LG	L
12.1 バルク供給システムは、屋内に設置すべきではない。	Y	Y		Y	Y	Y
例外: 非腐食性の液体可燃性シリコン化合物のバルク供給システムは、屋内に設置する場合もある。			Y			
12.2 ガス状の可燃性シリコン化合物は、地下に貯蔵すべきではない。	Y	Y		Y	Y	
12.3 シランの開放型ディスペンシングシリンダラックは、屋内に設置すべきではない。	Y					
12.4 ガスキャビネットを使用したシリンダシステム						
注 40: 液体可燃性シリコン化合物は、シリンダから供給される場合もある。			Y			Y