

SEMI F5-1101

ガス状廃棄物処理のガイドライン

NOTICE: This translation is a REFERENCE COPY ONLY. If differences should exist between the English version and a translation in any other language, the English version is the official and authoritative version.

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)。

本ガイドは、Global Environmental Health and Safety Committee で技術的に承認されたもので、North American Environmental Health & Safety Committee が直接責任を負うものである。現版は、2001 年 8 月 27 日に North American Regional Standards Committee にて承認されている。2001 年 9 月にまず www.semi.org で入手可能、2001 年 11 月発行に至る。初版は 1990 年発行。

NOTICE: This Standard or Safety Guideline has an Inactive Status because the conditions to maintain Current Status have not been met. Inactive Standards or Safety Guidelines are available from SEMI and continue to be valid for use.

注意: 本文書は、投票に付された通り、SEMI F5-90 の全体と置き換えることを目的としている。

注意: “注”と記した段落は、このガイドの正式部分ではなく、公式ガイドを修正または置き換えることを意図していない。これらは、タスクフォースが本ガイドの使用を一層充実させるために提供したものである。

1 目的

1.1 このガイドラインの目的は、排気システムの原理を理解するための一般的知識及び背景となる情報を半導体業界に提供することである。

1.2 これには、放出を低減するための適切な方法及び装置だけでなく配置及び選択に対する推奨案も含んでいる。

1.3 このガイドは、半導体製造設備から放出される可能性のあるガス状及び粒子状汚染物質双方に対する削減方法の選択を行う際に使用されることを意図している。

2 範囲

2.1 適用 — このガイドラインでは、下記事項を含む入手可能な情報の検討及び評価を行う。

- 半導体製造作業中に放出が考えられる化学化合物及び元素の化学的及び物理的性質
- 異なるグループの物質に対する分離排出システムに対する現在の産業界が実施しているやり方
- 半導体製造作業から排出されるガス状及び粒子状汚染物質の放出を“配管終端”において削減するため考えられる方法
- 半導体製造工程から排出されるガス状及び粒子状汚染物質の放出を“使用点”で削減するため考えられる方法、及びそれらのある工程に使用すべき理由
- 汚染物質の放出を最小化するため、回収、置換え及び“使用量削減”の産業界の標準方法

2.2 内容 — 本文書は次の項を含む。

1. 目的

2. 範囲

3. 制限

- 4. 参照スタンダード
- 5. 用語
- 6. 考え方
- 7. 放出の分類
- 8. 配管終端削減技術
- 9. 使用点 (POU) 削減技術
- 10. 緊急放出の条件
- 11. 総括表
- 12. 代案
- 13. 関連文書
- 付属書 1—配管終端削減設計
- 付属書 2—POU 削減技術のタイプ

注意： このスタンダードはその使用に関連したすべての安全問題を取り扱うことを意図していない。このスタンダードの使用者は、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 本ガイドは、排出システムの火災防止面については少し勧告を行うだけである。システムのリスク評価、材料の適合性についての追加提案及び非燃焼性材料の使用の必要性または火災検出器、スプリンクラーなどの設置は、他のスタンダードの範囲である。

3.2 固体または液体廃棄物 (放出削減プロセスで生成される) の取扱方法及びガス回収方法は、本書では論じない。

4 参照スタンダード

4.1 SEMI スタンダード

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

SEMI S5 — Safety Guideline for Flow Limiting Devices

SEMI S8 — Safety Guidelines for Ergonomics Engineering of Semiconductor Manufacturing Equipment

4.2 Code of Federal Regulations — United States Environmental Protection Agency¹

40 CFR Part 63 (Clean Air Act 112 (b)(1))

4.3 Uniform Codes²

Uniform Fire Code — Article 80 — Hazardous Material

注 1: 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 略語及び頭字語

5.1.1 CVD — 化学物質蒸気析出

¹ United States Government Code of Federal Regulations, free from the web site at <http://www.epa.gov>

² International Conference of Building Officials (ICBO), 5360 Workman Mill Road, Whittier, CA 90601-2298

- 5.1.2 EPI — エピタキシャル析出
- 5.1.3 HAP — 有害大気汚染物質 [40 CFR 第 63 部 (クリーンエア法 112(b)(1)) に規定されている]
- 5.1.4 PFC — ペルフルオロ化合物
- 5.1.5 POU — 使用点
- 5.1.6 VOC — 揮発性有機化合物
- 5.2 定義
 - 5.2.1 放出の分類 — プロセス排出物質成分を理解すること
 - 5.2.2 効率 — 除去した化学物質のその入力量に対する割合 (または分数または比率)
 - 5.2.3 配管終端削減 — 排気システムの放出点で適用する削減技術
 - 5.2.4 フロー容量 — 特定装置が取り扱える最大フロー
 - 5.2.5 職業暴露限度 (OEL) — 本文書の目的では、OEL は、一般的に 8 時間労働をベースにして定められている。OEL を表すには、許容暴露レベル、Threshold Limit Values® (許容限界値®)、最大許容濃度、最大露出限度及び職業暴露標準など色々な用語が使用されている。しかし、OEL を決定するのに使用する基準は、この値を定めている国々で異なる可能性がある。OEL の設定に責任を持つ国内機関に照会してみるとよい。(Threshold Limit Value (許容限界値) は、American Conference of Governmental Industrial Hygienists (米国政府産業衛生士協会) の登録商標である。)
 - 5.2.6 使用点削減 — 半導体プロセス装置からガス状排出物を放出する場所に適用する削減技術。これら機器は、排出調整器ともいわれる。
 - 5.2.7 除去容量 — 除去可能な物質の量
 - 5.2.8 使用量削減 — 削減の必要なプロセス化学薬品の全使用量を削減すること

6 考え方

- 6.1 各種プロセスが放出する可能性のあるガス状混合物は、排気ダクト内に有害物を生成する可能性もある。
- 6.2 労働者の安全面及び一般環境保護面両方に関する世界的な法的要求条件の増加とともに、より有効な排気管理が要求されている。
- 6.3 これは、プロセスが放出する化学化合物の化学的及び物理的特性及びそれらが放出される条件について詳細に理解することを求めている。
- 6.4 削減システムを注意深く設計することが、高効率及び最大の経済性を達成するために必要である。

7 放出物質の分類

- 7.1 排気放出物質に関して、次の基本点を考慮しなければならない。
 - 排気汚染物質はそのプロセスで使用する物質だけの可能性がある (例えば、すすぎチャンバから出るイソプロピルアルコール (IPA))
 - プラズマ及び熱チャンバ内では、望んだ反応及びその他多くの反応が発生する。したがって、副産物も排気放出物の重要な成分である。
 - 理論的には、入力ガスに含まれる元素の可能な組合せは、排気中の化合物として見付かることがある。現実には、その主成分は未使用プロセスガスである (プロセスで消費されるパーセントは変動するが、10%程度と小さいことがある)。追加になる副産物は、時には別のまたはより有害な特性をもつことがある。
- 7.2 爆発性固形物から突然変異原生を持つ有機塩素化合物まで、プロセスの各種有害副産物について、かなりの研究が行われてきた。(13.1 項から 13.3 項までを参照)。

7.3 排気システム及び削減技術の選択を考慮する際、その排気システム内に存在すると思われるすべての物質を検討することが重要となる。

7.4 また、ウェーハ上の物質がしばしば排気閉塞を引き起こすことがあるので、それからの影響も考慮する必要がある(例えば、アルミニウムエッチングは、塩化アルミニウム(塩素化ガスでウェーハからアルミニウムを除去する副産物)を形成する)。

7.5 特定の有害副産物を生成するプロセスは、排気システムに放出する前に適切な使用点削減技術を使って評価することが望ましい。

7.6 半導体製造で放出するガス状及び粒子状汚染物質は、便宜上九つのグループに分割することができ、それぞれがそれ自身の排気システムを持つのが良い場合がある。

7.6.1 グループ 1 酸 — 容易に加水分解する酸(例えば、塩化水素酸に加水分解する塩化水素)

7.6.2 グループ 2 酸エアロゾル(“洗浄困難”) — このグループはエアロゾルを発生し、簡単な水洗浄器で簡単に除去しない酸を含む(例えば、王水、硫酸及び硝酸)

注 2: 簡単に溶解する高濃度の酸も、この“洗浄困難”カテゴリに入る。

7.6.3 グループ 3 アンモニア — アンモニアを含有する排気流

7.6.4 グループ 4 揮発性有機化合物(VOC) — 破壊が必要な揮発性有機化合物蒸気または可燃性ガス放出を含む排気

7.6.5 グループ 5 自然発火性 — 自然発火性ガスを含有する排気

7.6.6 グループ 6 緊急放出 — 閉鎖場所には、シリンダーなどから突然予期せず放出するガスを含む追加排気機構を備えておく。

7.6.7 グループ 7 特別/直接 — 回収目的のため特定ガスを分離しておくために使用する追加の排気系(例えば、EPI から水素(H₂)再生または CVD ツールから PFC 再生、窒素酸化物(NO_x)の酸化物)

7.6.8 グループ 8 配管終端処理なし一般排気システム — POU 削減システムからの熱または処理後排気ガスの排出

7.6.9 グループ 9 高毒性ガスの排気 — 高毒性ガスで、特別その特性についての警告が乏しいもの(例えば、ヒ化水素、ホスフィン、ジボラン、酸化ゲルマニウム)。最終ユーザには、これらガスの規制レベル(例えば、通常、生活及び健康に直ちに危険(IDLH)レベルの 1/2)以上の放出を防止する重要な責任がある。

注 3: 設備の排気システムは色々な異なる名称で呼ばれることがある。例えば、酸、腐食性、アンモニア、洗浄液、VOC、溶剤、焼却、高毒性、毒性、専用、特別、PFC、一般、熱、処理、またはその他。実設備排気システム名称及びそれぞれのシステムにどのグループがつかっているかは、工場によって、国によって異なる。

7.7 第 7.6 項に掲げたグループは最終的な区分ではないが、分類のため広く産業界で行われている慣行をまとめたものを表している。この区分は次の三つの基本的原則に基づいている。

- 排気内で相性の悪いガスの混合を避けること
- 異なる配管終端削減技術に対する潜在的必要性
- 材料を再生のために分離しておく

7.8 使用する個別排気システムの数、次項に基づいた各設備に対して完全に決定される。

- 使用するプロセス及び化学薬品
- プロセスの各タイプの数
- ガス再生が要求されているかどうか
- 使用点(POU)削減器が設置されているかどうか
- 排気処理装置が互いにまたは排出物処理システムと互換性があるか

7.9 理論的には、POU 削減システムがすべてのガス放出源に設置されている場合、すべての排気システムは一つの排気システムに統合することが可能である。

7.9.1 現実には、大抵の設備では、二個ないし四個の個別排気システムと、ある種の発生源だけに設置した使用点削減システムを持つ二つの極端なもの間で妥協して運転している。この決定(どのような組合せを使用するか)は、多くの場合その経済性と場所の制約に基づいている。

7.9.2 POU 削減システムを必要とする特定ガス発生源を確定する場合、下記に示す安全性と環境要因を常に最初に考慮することが望ましい。

7.10 多くのタイプのプロセス装置は、相性の悪いガスを連続して使用し、排出する(例えば、析出と洗浄サイクルの要因として、シラン及び三弗化窒素(NF₃))。

7.10.1 これらプロセスの一つ以上で、共通排気ダクトに同期することなく放出すると、好ましくない反応が発生することがある。

7.10.2 装置のプロセスステップに基づいて、放出を正しい排気システムに分流するため、三方弁を装置出口に取り付けると、この問題を避けることが可能である。

7.10.2.1 切り替えは、プロセスチャンバ入口から排気弁への正確なガス伝送時間に基づいていなければならない。

7.10.2.2 機械器具を追加導入すると、大きな危険要因、信頼性及びサービスまたは保守問題を来すことがある。

7.10.2.3 弁にはフェールセーフ設計を備えて、ポンプ出口が確実に遮断されないようにしなければならない。

7.10.3 代わりの解決策は、最低一成分を処理して、他の成分から悪影響を受けない部分的な POU 削減システムを設置することである。

7.11 使用点(POU)削減装置

7.11.1 POU 削減装置は、プロセスツールまたはポンプ出口で動作して、有害ガスが排気ダクトに入る前に除去するように設計されている。

7.11.2 配管終端水洗浄装置は、設備がダクト内で反応するのを防止しない。ダクト内での上記プロセスガス間の反応またはダクト本体内での他のプロセス副産物との反応は、配管終端システムでも防止することはできない。

7.11.3 POU 削減装置は、排気ガスがダクト内で反応する可能性のある場所ならどこにでも適している。

7.11.4 プロセスシステムが POU 削減装置で処理していなければ、設備空間にろうえい(漏洩)した場合、高濃度の有害ガスが高リスクで存在することになる。

7.11.5 誤動作した POU 削減装置は、ろうえい(漏洩)の危険を増大する背圧を引き起こす可能性がある。

7.12 ダクト内の廃棄ガス反応から、四つの重要な結果が予見される。

7.12.1 閉塞ダクト — ガスまたは蒸気が凝縮すると、ダクトを閉鎖する固体及び半固体(結晶、スラリーまたはゲルなど)を生成することがある。

7.12.1.1 固形物が堆積すると、反応性副産物または未使用原材料を含むデッド区間を生成することがある。このような溜まった物質が一気に放出すると、重大な危険要因を発生する可能性がある。

7.12.1.2 この状態下では、(洗浄または蓄積固形物の質量によるダクトの崩壊のための)かなりの運転休止が、望ましくない結果の可能性として考えられる。

7.12.1.3 析出固形物(金属エッチングなどから)は、それ自体が腐食性を持ち、有毒の可能性があり、ダクト内の洗浄を行う人の健康上のリスクにつながる可能性がある。(関連文書 13.1 から 13.3 を参照)。

7.12.1.4 ダクトが閉塞すると、毒性のあるプロセスガスを生成したり、副産物を作業区域にろうえい(漏洩)したりすることがある。

7.12.2 ダクト腐食 — エッチング及びあるチャンバ洗浄工程放出ガスは腐食性である。金属(ステンレススチールを含む)及びプラスチック製ダクト双方とも、有毒性ガスまたは濃縮液体を作業区域に放出する結果となるとして非難されることがある。

7.12.3 ダクト火災または爆発 — 可燃性及び自然発火性ガス、ダクト内で自然発火することがある。ダクトが可燃性であるか、引火性または可燃性堆積物がその中にある場合(例え、炭化水素ポンプオイル)、設備火災につながる可能性がある。

7.12.4 工業用排気システムを火災から保護することに関する追加情報は、FM 全損失予防データシート 7-78, “工業用排気システム”で見ることができる。

注 4: 数百万ドルのコストインパクトのある製造ライン全体の破壊が、このような事故から生じている。

7.12.5 アンモニア化合物の形成 — アンモニアが酸化合物と一緒にダクト内に放出された場合、サブミクロン単位のアンモニア化合物煙霧が発生して、これを配管終端システムで除去するのは簡単ではない。

7.12.5.1 その結果は、目視できる放出となる。

7.12.5.2 アンモニア化合物はダクト内に固形物を生成する。

7.13 上記反応のどれかがプロセス排気内で起こることがあれば、POU 削減策を考慮するのが望ましい。

7.14 油潤滑真空ポンプの排気系には、良く保守した油煙分離機/フィルタを設置するのが望ましい。

7.15 POU 削減装置は、また、いくつかのガス化合物再生装置の上流に必要なことがある。

8 配管終端削減技術

8.1 グループ 1 — 酸削減

8.1.1 このカテゴリに対する適切な削減技術は、“水洗浄”と一般的に呼ばれる。

8.1.2 全てではないが、多くの半導体プロセスは伝統的に集中洗浄器を通して排気されている。

8.1.2.1 この方法は、技術許容性に制限があり、すべての規制機関の要求条件を満たせないことがある。

8.1.2.2 この技術の目的は、CVD、ドライエッチング及び湿式化学薬品操作から出る酸性ガス、蒸気、ミスト及び煙霧の削減とするのが望ましい。

8.1.2.3 湿式化学薬品プロセスのほとんどは、煙霧フードなどの局所的な排気通風装置の下か、全体排気をしている特別設計した部屋で行われるのが一般的である。この種の操作には下記が含まれる。

- ウェーハまたはウェーハハンドリング装置(石英部品、管など)の洗浄に使用するプロセス
- 酸化、窒化珪素及びその他表面処理(例えば、金属エッチング)などの表面処理用ウェーハ加工に使用するプロセス
- ポジ型フォトリソ作製に使用するプロセス

8.1.2.4 放出する化学種は、そのプロセスで使用する化学薬品及び使用条件の両方による。

8.1.2.5 揮発性の酸(例えば、塩化水素(HCl)、弗化水素、硝酸、及び酢)は、それぞれ対応するガス及び蒸気を特に加熱したとき発生する。

8.1.2.5.1 王水中の塩化水素と硝酸の反応で、ニトロシル塩化物(NOCI)蒸気及び塩素元素(Cl_2)ガスが生じる。

8.1.2.5.2 硫酸を加熱すると、硫酸蒸気(H_2SO_4)と三酸化硫黄(SO_3)の両方が生じる。

8.1.2.5.3 リン酸(H_3PO_4)は強い揮発性を持つものではないが、機械的な巻き込みで排気システムの中にスプレーが入り込むことがある。

8.1.2.5.4 条件が良ければ、使用するどの化学薬品のスプレー小滴が色々なプロセスからの通風排気系統内に機械的に飛沫同伴することがある。

8.1.3 酸排気システムに対する洗浄装置の設計と選択には、放出される物質の化学的及び物理的特性の双方を考慮しなければならない。

8.1.4 特定物質(液体エアロゾルを含む)の回収に関与する原理は、ガス吸収を決定するものと全く異なる。

8.1.5 現在の手法

8.1.5.1 酸の化合物を含む排気は、代表的な半導体製造プラントからの放出大気の大最量を占めている。

8.1.5.2 現在の手法は、腐食性ガス発生源のほとんどまたはその全てを中央建物排気システムに接続して、その混合ガス流を一か所以上の大型湿式洗浄器に放出することである。

8.1.5.2.1 多種多様なタイプの洗浄器が使用されているが、その内の二つの主要タイプは、クロスフローおよび向流洗浄器であり、ある種の充填材を備えている。

8.1.5.3 洗浄器には、通常、水(飲用水、再生水、など)を供給する。

8.1.5.4 水のサイド流は、洗浄装置から排水管に流される。

8.1.5.5 有機溶剤がある程度水に溶ける場合でも、有機溶剤を水洗浄器に放出するのは意味のないことである。

8.1.5.5.1 溶解した溶剤はどれも最終的に水から取り除かれて、大気中に逃れて行くか、排水として放出される。さらに、これら有機物は洗浄器内で微生物成長を増殖させることがある。

8.1.5.6 使用点削減装置を設置してあってもなくても、プロセスツールからの排気が適当な建物排気システムに放出されていることがしばしばある。

8.1.5.7 少しだけ水に溶けるアルシン及びホスフィンガスをその建物の洗浄器システムに放出する効果は希釈だけに限定されるため、これらを水洗浄器に通す。また、フッ素と塩素は水に溶けるのが限定されるので、十分に削減されずに水洗浄器を通過することがある。これらタイプのガスには、POU 削減装置を考慮することが望ましい。

8.1.5.8 これらガス及びその他多くのプロセスガスを予備的に酸化すると、代表的な大型低エネルギー湿式洗浄器では回収効率が低い微細煙霧及びその他エアロゾルを形成する。

8.1.5.9 アンモニアを塩化水素、弗化水素、硝酸または硫酸を扱うシステムに放出する場合、蒸気相で反応してそれぞれ塩化アンモニウム、弗化アンモニウム、硝酸アンモニウムまたは硫酸アンモニウムのサブミクロンの固体エアロゾルを形成する。

8.1.5.10 アンモニアを含む排気は、個別の洗浄器またはプロセス放出点に設置する使用点アンモニア削減装置に放出するのが望ましい。

8.1.6 汚染の化学反応(的性質)

8.1.6.1 どのような化合物でも効率よく削減するには、削減する特定化合物の化学的特性および物理的状态を注意深く考慮する必要がある。

8.1.6.2 普通に採用されている充填床型洗浄器は、その適切な操作条件も保持されている場合、溶解し易いガスの吸収には普通十分のはずである。

8.1.6.3 誤使用すると、洗浄器の可能な性能を帳消しにしてしまう。

8.1.6.4 洗浄器は低エネルギー装置(圧力降下は水压で 2.5 ~ 10 cm (1-4 in.)程度)であるから、上記のアンモニウム塩などの微細エアロゾルを効率的に回収することができない。

8.1.6.5 したがって、最も経済的な設計アプローチは、できるだけ、このようなエアロゾルの形成を避けるため排気システムを配置し、POU 削減装置を使用することである。

8.1.6.6 洗浄器に循環水だけを使用して酸蒸気を吸着し、抽出水流を中和する方式は、洗浄器効率に影響を確実に及ぼさないよう再検討することが望ましい。

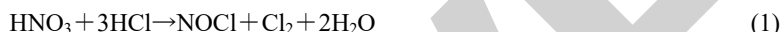
8.1.6.7 塩化水素及び弗化水素など酸性ガスは、水に溶解し易い。溶液と平衡している酸性ガスの分圧は、溶液濃度の増加とともに増大し、追加ガスの吸収を減少する。水排出割合を大きくすること(すなわち、より多くの新しい補給水を使うことで)、吸収の減少を最小化することができる。

8.1.6.8 しかし、この割合を大きくすると、水の消費と廃水として放出前に処理しなければならない水の量を比例的に増大することになる。

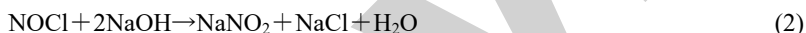
8.1.6.9 水の使用だけで十分な除去効率が得られない場合、洗浄器にアルカリ溶液(例えば、水酸化ナトリウム)を導入すると、ガス流から化合物を取り除く助けとなる。洗浄器に添加剤を使用すると、それ自体で安全面及び環境面の問題を引き起こすことがある。

8.1.6.10 中性吸収剤の中には、塩分濃度が過度の高レベルに達するのを防ぐため循環水から抽出しなければならないものがあるが、水消費量と廃水量はアルカリ溶液を使用することで低減可能である。

8.1.6.11 王水は硝酸と塩化水素酸の反応性混合物である。その反応によって塩化ニトロシル塩素が発生する。



8.1.6.12 塩化ニトロシ蒸気は、アルカリ溶液の中に吸収されることで簡単に分解される。



8.1.6.13 塩素はほんの僅かしか水に溶けないので、適切な吸収効率を得るには、アルカリ溶液(pH>10)を使用しなければならない。



8.1.6.14 硝酸と塩化水素酸の初期反応中、塩化水素酸ガスと硝酸蒸気が塩化ニトロシルと塩素と共に揮発する。

8.1.6.15 二酸化窒素も硝酸の分解により発生する。

8.1.6.16 これらの全ての化合物は、ある程度アルカリ溶液に吸収される。

8.1.6.17 汚染ガスが粒子状態(固体又は液体)である場合、回収はその化学的性質または溶解性に僅かであるが影響を受ける。

8.1.6.18 その粒子回収性を決定する主要因は粒子サイズである。

8.1.7 洗浄器の設計及び選択

8.1.7.1 市場で入手可能な多種多様な洗浄器は溶解し易いガスの吸収に適用可能である。

8.1.7.2 これらには、充填床向流、順流及び水平クロスフロー洗浄器、水平スプレーチャンバ、垂直スプレー塔及びベンチュリ式洗浄器などのガス原子化洗浄器を含む。

8.1.7.3 洗浄器のタイプの選択は、ある程度は、好みの問題である。何故なら、異なるタイプの装置を使って溶解ガスに対して同等の性能が得られるのが普通だからである。しかし、より多くの充填剤またはより多くの液体負荷が必要となる装置がある。

8.1.8 その選択は価格、利用可能スペース、重量といった現実的または経済的要素の考慮に制限されることが多い(例えば、洗浄器のサイズを小さくすることは可能であるが、電力消費のコストが増大する)。

注 5: 吸着装置設計基準については、付属書 1 を参照。

8.2 グループ 2 — 酸エアロゾル

8.2.1 酸放出の一部は、ガスよりもむしろミスト(微細水滴またはエアロゾル)の形となる可能性がある。これらは、リン酸や硫酸などの比較的揮発性の酸で構成されている可能性がある。

8.2.1.1 ガス流から微粒子物質(液体エアロゾルを含む)を取り除くメカニズムは、ガス吸収に含まれるものとは全く異なる(第 13.1 項から第 13.3 項を参照)。