

半導体製造機器および関連する交換部品内に存在する PFOA についての FAQ

SEMI「PFOA コンプライアンス」ワーキンググループ
第一版、2018年8月

なぜ機器内の PFOA への注意が必要か？

序論

EU（欧州連合）市場内に設置されている半導体製造機器および関連機器（SMRE）内に存在する物質「PFOA」の量は、2022年7月4日より、部品（またはその構成要素）ごとに25ppbに規制されます。

一般の、PTFE、PFA、PVDF等のフルオロポリマおよびKFMやFFKM等のフルオロエラストマを使用して作製された部品は、規制閾値を超えた残留PFOAを含有する可能性があります。このような部品には、流体配管および継手、パイプ/シールテープ、ワイヤおよびケーブル絶縁フィルタ、バルブ、タンク、パネル、反応槽、およびOリングなどが含まれます。

PFOAについてはまた、国連ストックホルム条約の下での規制も検討されており、これが他の国々における規制を促すこととなります。すでに台湾はPFOAの規制を行っています。

SEMIのEHS部門に属するPFOAコンプライアンスワーキンググループは、保守用部品も含めたSMRE部品中にPFOAが存在することの可否、またどのように存在しうるかについて理解するために数年に渡り検討を行ってきました。ワーキンググループによる現在までの調査結果の要約を、FAQの形式で以下にまとめます。このFAQは、SMREサプライチェーンの関係者の理解を深めていただくことを旨としています。ワーキンググループはまた、SEMIのウェブページ（<http://www.semi.org/en/pfoa-info>）およびPFOA詳細情報（「Primer」）（ウェブページ参照）も発行しています。

Q1：なぜPFOAへの注意が必要なのですか？

A1：PFOAは規制物質であり、機器の部品の多くに含まれるフッ素化材料内に、残留物質として、規制の閾値を超えて存在する可能性があります。製品を欧州に輸入する企業は、2022年より後に輸入されるいかなる機器についても、全ての構成部品が適合していることの保証を要求することになります（例えば、カスタマ購入仕様、またはカスタマ要求による適合宣言書への署名など）。

Q2：「PFOA」とは何ですか？

A2：「PFOA」の意味は文脈によります。具体的には「PFOA」はペルフルオロオクタン酸（CAS番号335-67-1）を指しますが、APFO（ペンタデカフルオロオクタン酸アンモニウム）（CAS番号3825-26-1、別名ペルフルオロオクタン酸アンモニウム）のような、関連の化合物および塩を指す場合もあります。

半導体製造機器および関連する交換部品内に存在する PFOA についての

FAQ

SEMI「PFOA コンプライアンス」ワーキンググループ

第一版、2018年8月

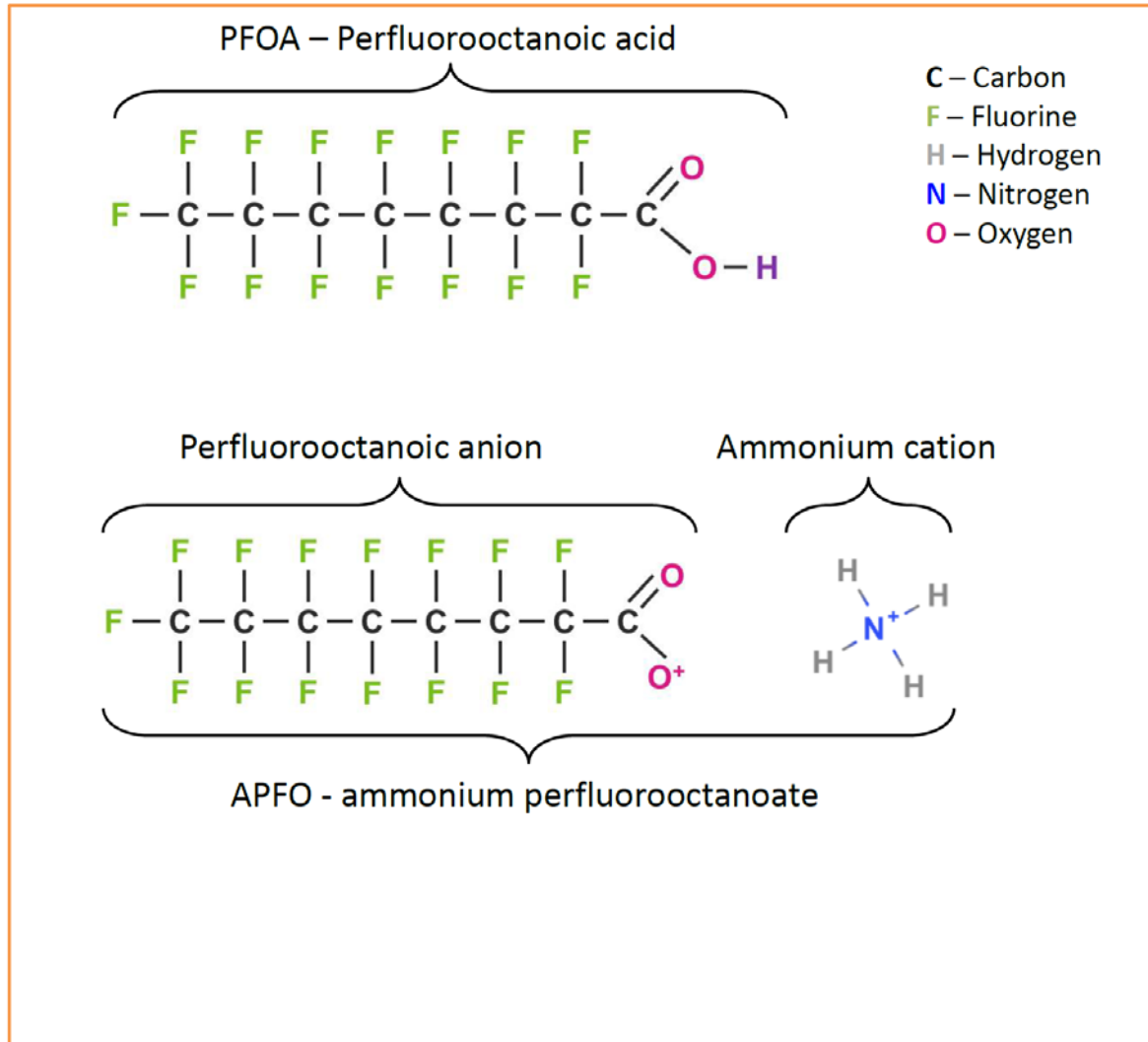


図 1 : PFOA と APFO の分子構造図

Q3 : 「PFOA」は有害ですか？

A3 : PFOA は、具体的には POP（残留性有機汚染物質）として、有害であることが国際的に認められています。

Q4 : 「PFOA」は半導体産業でどのように使用されているのですか？

A4 : PFOA は、プロセス用の（例えばフォトリソグラフィ用の）ケミカル中の意図的な構成成分であり、また SMRE を構成する部品内に残留物質として意図されずに存在する場合があります。

Q5 : PFOA の使用は規制されていますか？

半導体製造機器および関連する交換部品内に存在する PFOA についての FAQ

SEMI「PFOA コンプライアンス」ワーキンググループ
第一版、2018年8月

A5：2017年6月のEU REACH規制の改正（規制1907/2006）によって、2022年7月4日時点での欧州におけるSMREの部品中のPFOAの許容量は、構成要素ごとに25ppb未満に規制される予定です。PFOAは国連ストックホルム条約においても、まもなく同様の水準に規制される可能性があります。これが他の国々における規制を促すこととなります。台湾は、ストックホルム条約の変更に先駆けて、すでにPFOAの規制を制定しました。

Q6：なぜPFOAは、特定のSMRE部品中に存在する可能性があると考えられているのですか？

A6：フッ素プラスチックおよびフルオロエラストマ（本文書ではフッ素化材料と呼ぶ）向けのいくつかの製造プロセスでは、重合の効率化のための活性剤として、PFOAのアンモニア塩であるAPFOが使用されてきました。プロセスの最終段階では、APFOもPFOAもフッ素化材料自身の中に残留物として意図せずトラップされる可能性があり、その濃度はプロセス条件に依存します。これらのフッ素化材料がSMRE部品内に存在しうるのであります。

Q7：SMRE部品中のPFOAは、いつ、どのようにして環境内に入ったり人体に影響を与えたりするのですか？

A7：フッ素化材料部品の、三つの主要なライフサイクル段階、すなわち、素材としてのPFOAの製造、フッ素化材料重合におけるPFOAの使用、フッ素化材料を使用して製造された部品中のPFOA残留、のうち最初の二段階のみにおいて、PFOAへの重大な環境または作業者の曝露があり得ることを示す確固たる研究報告があります。

Q8：どのSMRE部品がPFOAを含有する可能性がありますか？

A8：PTFE、PFA、PVDF等のフッ素プラスチック、およびFKM、FFKM等のフルオロエラストマから製造されたSMRE部品は、PFOAの残留物質を含有する可能性があります。例として、結束バンド、スパイラルラップ、流体配管および継手、パイプ/シールテープ、ワイヤ絶縁、同軸絶縁体、ケーブルジャケット、フィルタ、積層プリント基板、キャパシタ電極および絶縁フィルム、バルブ、ガスケット、小型機械部品、ベアリング、被覆剤、塗料、タンク、パネル、反応槽、ダクト、電池薄膜およびバインダ、熱収縮チューブ、Oリングなどが挙げられます。

Q9：フッ素化材料を製造する企業は、製造工程からPFOAを除去するために何をしてきましたか？

A9：2010年に、PFOAの潜在的な有害性を認識したいくつかの主要なフッ素化材料の生産業者たちは、「PFOA管理責任プログラム」のもとで米国環境保護庁（EPA）と協力し、フッ素化材料の生産においてPFOAの使用を世界的に停止することに同意しました（詳細はワーキンググループの手引書(Primer)を参照）。多数の企業が早くも2013年にはこの目標を達成し、2015年までにはすべての企業が達成しました。他のグローバル企業も、製造工程からPFOAを除去することに成功しています。

半導体製造機器および関連する交換部品内に存在する PFOA についての FAQ

SEMI「PFOA コンプライアンス」ワーキンググループ
第一版、2018年8月

Q10：フッ素化材料を生産する会社は、今も PFOA を使用しているのですか？

A10：主に中国、ロシア、インドにおける、EPA 管理責任プログラムに参加署名しておらず、未だに PFOA を使用しているフルオロポリマ生産業者／輸出業者は、世界中の SMRE サプライチェーンにリスクを与えています。中国は、世界最大の PTFE 生産国であり（世界の生産量の 53%）、大量の PVDF、FEP、FKM を生産しています（世界の生産量の 38%）。中国で生産されるフルオロポリマの量の約 25%が、付加的な輸出品を伴った完成品として、主に米国、日本、欧州、インドを中心に世界中に輸出されています。中国製のフルオロポリマの 75%～85%は PFOA を使用して製造され、その何割かは上記⁽¹⁾の一般的な SMRE 部品の製造に使用されている可能性があります。¹

Q11：部品またはフッ素化材料中の PFOA の試験は可能ですか？

A11：SMRE 中の残留 PFOA の分析には、固体のフッ素化材料の素材内に混入した APFO または PFOA を検知する必要があります。このシナリオに関し、規制の閾値に関連する国際的に認知された分析標準は今のところ存在しません。PFOA の試験サービスを提供する研究機関は、元来は類似の化学物質 PFOS を固体の素材中で検知するための、あるいは PFOA を水中、土壌または血液中を検知するための方法に基づいて社内的に開発された試験方法の、内密な専用バージョンを使用しています。試料の低温研削および超音波処理がこれらの方法の重要な特徴ですが、分析結果の精度については不明です。

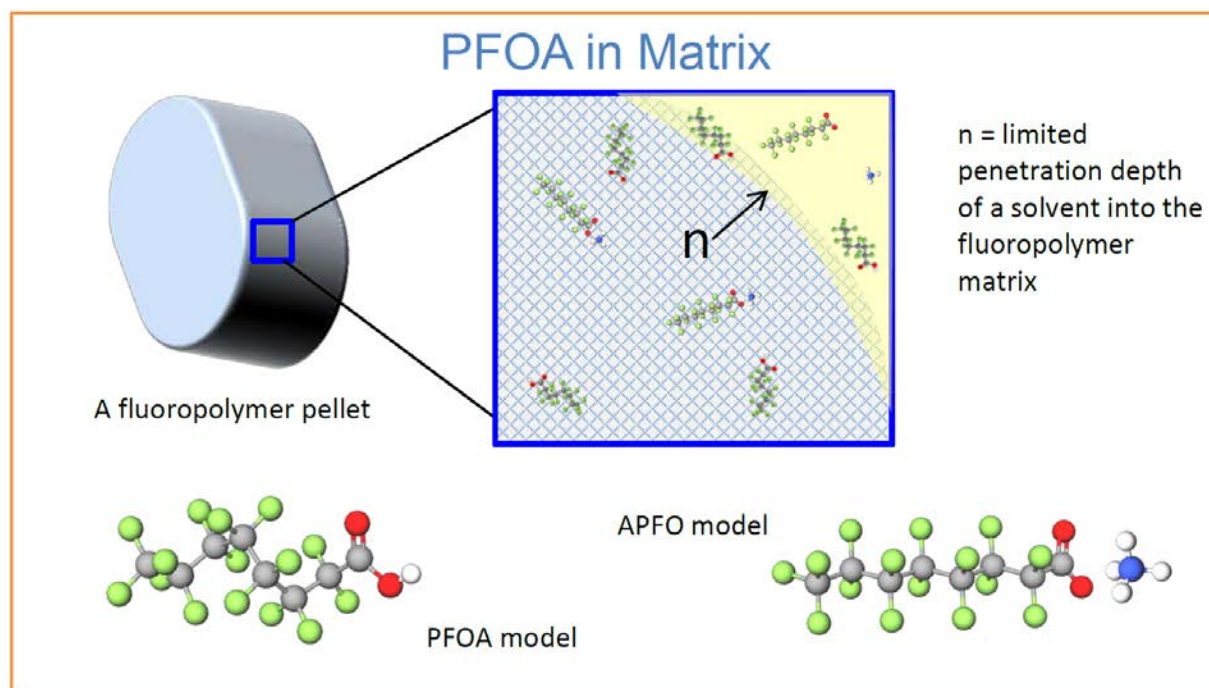


図 2：フルオロポリマのペレット内に取り込まれた PFOA および APFO

¹ 15 Apr 2016 Chemical Economics Handbook; "The Present Situation and Trend of Fluoropolymer Industry in China", Zhang Jianjun, Chinese Association of Fluorine and Silicon Industry (CAFSI) presentation 2015/16; SEMI Primer V1.3; Science News October 2016

半導体製造機器および関連する交換部品内に存在する PFOA についての FAQ

SEMI「PFOA コンプライアンス」ワーキンググループ
第一版、2018年8月

Q12：試験が実際的でないとすれば、購入する部品内に PFOA が存在するかどうかをどうすれば知ることができますか？

A12：試験に代わるものとして、サプライヤの宣言書を使用することができます。サプライヤの宣言書は、元のフッ素化材料生産業者から最終の SMRE 製造業者までのサプライチェーンを通じた情報の伝達に基づいています。これは大変深いサプライチェーンの場合もあります。

Q13：PFOA は、部品で使用される元のフッ素化材料として SDS で申請されないのですか？

A13：残留する PFOA は低濃度であるため、安全データシートへの記入等の標準報告義務は望めそうにありません。したがって、いかなる PFOA の含有情報もサプライチェーン内の各関係者の知識と裁量に依存しており、標準化されたフォーマットは存在しません。

Q14：これは業界にとって現実的な重要性があるのでしょうか？PFOA は実際に部品中で検出されているのですか？

A14：疑わしい材料を試験し、サプライチェーンに 25 ppb レベルの調査を実施した SMRE 製造業者もあります。試験と調査のどちらによっても、特に 2015 年より前に製造されて保管中のフッ素化材料部品内から、25 ppb を超える PFOA が検出された事例が示されています。しかし、これらが単発の事例であるかどうかはわかりません。

Q15：フッ素化材料は、最終使用の材料および部品となるまでの製造工程で、様々な加熱サイクルがあります。このことが、残留物質となりうる PFOA や APFO の分子を破壊しないのですか？

A15：APFO の分子は、200°C 付近の温度では数分以内に、350°C 付近では数ミリ秒以内に分解することが知られています。PFOA の分子はそれよりも強固です。分解に加えて、フッ素化材料中の APFO および PFOA の移動度が高温のために上昇し、蒸発が助長されます。多くのフッ素化材料は、SMRE 向けに供給される部品へと形成される際に、このような臨界温度付近の温度となります。しかし、分解や蒸発がどの程度発生するのか、あるいは、それらの発生が始まる濃度がどの程度かは明らかではありません。これらの事実は、しばしば特許情報とみなされます。したがって、フッ素化材料部品の熱履歴によって、規制された閾値未満の PFOA/APFO レベルがもたらされるかどうかについて、明確に述べることはできません。

Q16：SMRE サプライチェーンは、PFOA の使用を把握していないのですか？

A16：フッ素化材料のすぐ下流のサプライチェーンは、EU 輸入業者でなければ、ppb レベルの PFOA の有無を意識する必要はありません。そのため、一般的には、SMRE 製造のすぐ上流のサプライチェーンは、部品内に PFOA が含有されているか、またそのレベルについては認識していません。

半導体製造機器および関連する交換部品内に存在する PFOA についての FAQ

SEMI「PFOA コンプライアンス」ワーキンググループ
第一版、2018年8月

Q17： 妥当な範囲の努力によって、サプライチェーンから必要な情報を取得することはできないのですか？

A17： ある SMRE の全サプライチェーンの深さ、複雑さ、流動性（例えば、設計変更、企業の倒産や合併）を考えると、ある時点での全関連部品の PFOA 含有量を正確に認識することは不可能です。例外は、おそらく、SMRE 製造業者が、カスタム製造の SMRE 部品内のフッ素化材料の使用を直接明記している場合です。

PFOA は、REACH 規制実行閾値の 25 ppb よりも何桁も高い実行閾値を有する他の規制の対象でもあるという事実により、サプライチェーンにおける情報伝達の透明化の必要性が混乱しています。多くの SMRE 関連サプライヤが、EU REACH 候補リスト物質要求に従っているため、部品ごとに 0.1%の閾値を有するそのリストに PFOA が加えられることに親和性を持っています。このため、新しい PFOA 規制のための調査と古い候補リスト発行のための調査とを混同して、規則に適合していると誤って報告するのです。

Q18： 例えば SMRE 製造工程と接触のある部品中に PFOA が存在した場合、PFOA を除去するには注意深い調査と管理が必要ではありませんか？

A18： PFOA の除去は、SMRE 製造工程において必ずしも重要な問題ではないかもしれませんが。2013 年ごろから、多くの材料から PFOA は除去されてきており、半導体産業における目立った影響はありません（「サイレント置換」と呼ぶことができます）。しかし、製造工程と接触のある部品内に高水準（数百 ppm）の PFOA が存在する場合には、可能であれば代用品への置き換えを検討すべきです。概してワーキンググループでは、部品の幅広い機能および特性において、PFOA の有無による相違はないと考えています。

Q19： 2013 年（多くのフッ素化材料製造業者が PFOA の段階的な廃止を開始）より前に製造され、EU に輸入された使用済み機器や保守用部品についてはどうですか？

A19： 多くのフッ素化材料製造業者による PFOA 使用の段階的な廃止に先立って製造されたフッ素化材料部品内の残留 PFOA の濃度は明確ではありませんが、EU 規制閾値よりも高濃度であると考えられます（Q13 および Q14 を参照）。

現段階では、残留 PFOA 濃度を判定する公認の試験方法はありません。FluoroCouncil は現在、European Chemicals Agency (ECHA) と共同で、PFOA の試験方法の決定と合意取得に従事していますが、試験方法についての同意が得られ、より高精度のデータが得られるようになるまでは明確な回答をすることはできません。

2022 年に免除が失効する時点で、古い部品に関するデータがまだ不明確な場合には、リスクベースの取り組みを採用することができます。例えば Q13 および Q14 に基づけば、残留 PFOA 濃度は非

半導体製造機器および関連する交換部品内に存在する PFOA についての FAQ

SEMI「PFOA コンプライアンス」ワーキンググループ
第一版、2018年8月

常に低いと考えてよく、PFOA がフッ素化材料から容易に浸出しないならば、環境およびフッ素化材料部品を取り扱う機器ユーザへのリスクは極めて低いです。

リスクベースの取り組みは、新しい試験情報が利用可能になる際に見直されます。

上記の考察は、個別の設備ユニットおよび保守用部品に関するものであり、製品ライン／モデルラインに関するものではないことにご注意ください。EU REACH 規制は、EU 内のいかなる二次的販売にも適用されます。既得権者除外条項はありません。

Q20:SEMI PFOA ワーキンググループは、近い将来には何に力を入れる予定ですか？

A20：ワーキンググループが優先する事項は、おそらく中古装置の問題です（Q19 参照）。ワーキンググループはまた、SMRE 部品内、および（例えば中国市場において）未だに構成成分である可能性のあるフッ素化材料製造工程内での PFOA 使用に関する情報収集にも、さらに一層力を入れています。我々は、他の国々での規制制定に影響を持ちうるストックホルム条約向けに提案された PFOA 規制の監視および促進も行っています。我々は、現在使用されている PFOA の代用品のいくつかは、それら自体が規制の標的になっていることを確認しています。SMRE のプロセスおよび安全性へのフッ素化材料の重要性を考えると、ワーキンググループはおそらく、フッ素化材料サプライチェーンおよび関連の規制全般に対して、より広範囲の焦点を当てるように進展するでしょう。

Q21: 私の会社は SMRE または SMRE 向けの部品を供給しています。PFOA に関してどのように取り組むべきでしょうか？

A21: REACH 規制、特に付属書 XVII 制約をお読みください。御社の製品が範囲内にあるかどうかをご確認ください。御社の製品内でフッ素化材料を含有する部品がどこにあるかを調べてください。EU および PFOA 規制のある他の諸国に販売してもよい機器は何であるかをご判断ください。サプライチェーンのディレクター、製品 EHS リーダー、技術マネージャー、品質エンジニア等の、御社の組織内の潜在的な関係者を確認して SEMI ワーキンググループに加入してもらってください。

SEMI または PFOA ワーキンググループについての詳細情報は、SEMI EHS 部門にお問い合わせください。

注意：この文書は SEMI “PFOA Compliance” Working Group が作成した”FAQ on PFOA Presence in Semiconductor Manufacturing Equipment and Related Replacement Parts-Version 1.0, August 2018”を日本語訳したものであり、英語版と日本語版に差異が生じる場合には、英語版の記載を優先します。