

第3回 大気に影響を及ぼす化学物質の排出抑制

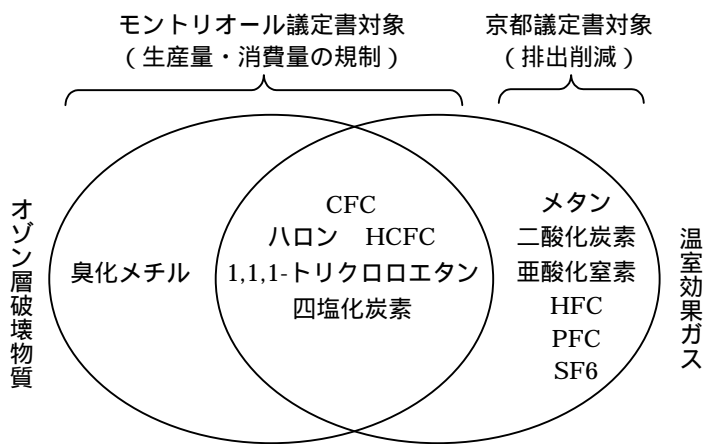
エコビジネスネットワーク 安藤 眞・安達 剛

電子・電器製品などの技術の高度化に伴い、多様な化学物質が大量に使用され、地球温暖化や大気に大きな影響を及ぼしている。そのため、国際的に、大気中に放出される有害な化学物質の生産や使用の禁止、排出抑制が進む中で、日本の製造業も有害な化学物質について、排出抑制を中心とする対策が加速している。

代替フロン、VOC 排出抑制技術開発進む

製造工程から大気に放出される有害物の中で、世界の産業界が早くから取り組んでいるのは代替フロンだ。代替フロンは、オゾン層保護を目的とするモントリオール議定書、また地球温暖化防止を目的とする京都議定書で、規制対象が定められている(図表1参照)。

図表1 オゾン層破壊物質と温室効果ガスの関係



(環境省資料より作成)

製造工程で対策が求められるのは、製品や部材の洗浄などに使われる PFC (パーフルオロカーボン)、SF6 (六フッ化硫黄) などの代替フロンである。温暖化の要因であり、京都議定書の排出削減の対象となっている。なぜなら、日本で年間 13 億 6000 万トン (CO2 換算、2005 年度) 排出される温室効果ガスの

うち、代替フロンが占める割合は数%にすぎない。しかし、PFC の温室効果係数は CO2 の 6500 ~ 9200 倍、SF6 は 2 万 3900 倍もあり、大気中に数千 ~ 数万年も分解されずに残留するからだ。CO2 などエネルギー起源の温室効果ガスに比べ、排出削減の取り組みは進んでいるが、それらを使用する電子・電器製品の需要が伸びているため、より一層の対策を必要とされている。

一方、光化学オキシダント、シックハウス症候群など人の健康に著しく悪影響を与える VOC についても、洗浄剤や部材などの使用抑制や代替品の開発は進みつつある。

代替フロン、VOC などの有害化学物質は、中長期的な対策として、代替化もしくは使用

禁止につながる技術の開発を先行すべきだが、それらを使用する業かによって格差があるため、現在は排出抑制が主流である。対策技術、経験とノウハウ、導入コストなどを踏まえて、各現場での適正な取り組みが求められている。

膜回収・再生が有望な PFC 排出抑制技術

PFC は、半導体製造工程で用いる CVD 装置（化学的気相蒸着法）に溜まる付着物を除去するクリーニングガスや、エッチング（薬品やイオンの腐食作用を用いて絶縁膜などを除去し、半導体の回路を形成する工程）のためのガスとして使われている。世界中の半導体業界は、PFC の自主的な排出削減の取り組みを進めており、WSC（世界半導体会議）が、業界における 2010 年度の排出量を 1995 年度比で 10%削減削減する目標を掲げている。また日本では JEITA（社団法人電子情報技術産業協会）が半導体や液晶メーカーに対するガイドラインとして、2001 年以降に稼動した生産ラインに PFC の除害装置（製造工程で排出されるガスを燃焼などによって安全処理するための装置）を必ず設置することを求め、関連メーカーの排出量は年々減少してきた。それでも最近では、半導体や液晶パネルなどの生産量増加が PFC の使用量を助長し、関連メーカーの PFC 排出量は軒並み増加している。

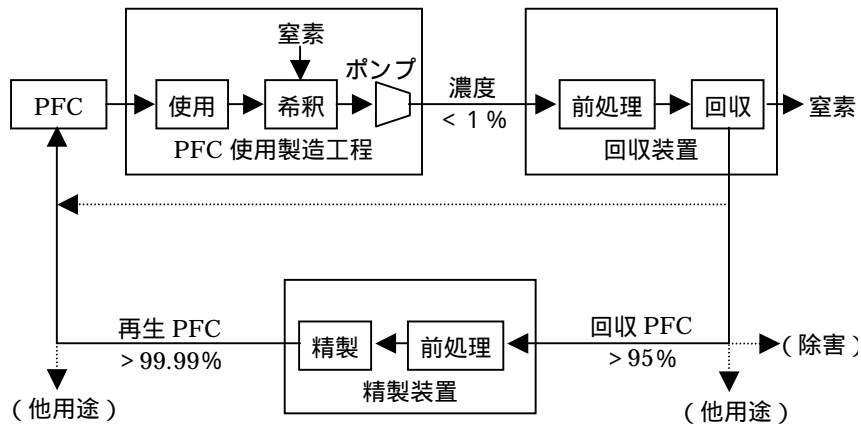
半導体メーカーのひとつ、沖電気工業も燃焼によって PFC を分解する防害装置の導入や製造工程の改善を図ってきたものの、02 年度に 95 年度比 24%まで排出量を削減した以降は増加の一途を辿り、06 年度は逆に 42%増加した。そこで同社は、半導体を製造する子会社の宮崎 OKI（宮崎県清武町）に PFC の回収装置を導入し、07 年から運転を開始した。回収装置は、エッチング工程で使用した PFC を窒素で希釈した後に不純物を取り除き、直径約 300 マイクロメートルの微小な穴の開いた中空糸膜の管に通すことで、濃度 95%の PFC を回収するものだ。導入による温室効果ガス削減量は年間 2 万 4000 トンを見込んでおり、他の工場へ導入を拡大していく方針だ。

回収装置は、従来の燃焼やヒーターなどの分解装置に比べてエネルギー消費量は少なく、冷却に必要な排水処理設備も不要となる。PFC コストを削減できるメリットも大きい。当面は回収した PFC を外部に委託して燃焼処理するが、08 年度以降は精製によって濃度 99%以上に再生した PFC を生産ラインに戻す方法を検討していく予定だ。

PFC の回収及び再生の基本的なプロセス（3 ページ図表 2 参照）は、RITE（財団法人地球環境産業技術研究機構）が確立したもので、すでに大同エアプロダクツ・エレクトロニクスや関東電化工業などの装置メーカーが拡販している。沖電気工業は、回収技術をベースに独自のプロセスを開発した。イニシャルコストは、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の助成分を差し引いて約 2000 万円で、1 年程度で回収できる見込みだ。

PFC を代替するガスとして、オゾン破壊係数 0、温室効果係数は CO₂ と同じ CFC₂（フッ化カルボニル）が開発されている。03 年にダイキン工業が CVD クリーニングガスとして COF₂ を商品化し、05 年にカシオ計算機子会社の高知カシオ（高知県南国市）が採用した。これからは PFC 代替ガスの導入が活発化するだろう。

図表 2 PFC の回収・再利用の概念フロー



(財団法人地球環境産業技術研究機構の資料をもとに作成)

マグネシウム合金の普及に不可欠な SF6 対策

SF6 の排出量の大きいのがマグネシウム合金の製造だ。マグネシウムは溶解した状態（溶湯）で、空気に触れると酸化、燃焼するため、空気を遮断するための保護ガスとして、1970年代から SF6 が使われてきた。SF6 は溶湯の表面に硫酸マグネシウム (MgSO₄) の膜をつくり、マグネシウムの難燃性保持に欠かせない防燃ガスである。日本マグネシウム協会によれば、国内でマグネシウム溶解時に排出される SF6 は年間約 100 万トン (CO₂ 換算) だという。

マグネシウムは実用金属材料の中でもっとも軽く、軽量化が求められる自動車用途など、需要が伸びている。海水からも採取できる枯渇性の低い資源であり、融点が低いことから少ないエネルギーでリサイクルできる、将来的にも有望なエコマテリアルのひとつである。そのため、国は NEDO を通じて、マグネシウム合金の加工に係る SF6 対策に必要な技術開発を進めてきた。すでにセントラル硝子や東ソー・エフテックなどが参画した NEDO の代替ガス開発プロジェクトにおいて、SF6 に比べて温暖化係数が 1000 分の 1 以下ながら、同等の防燃効果を持つ OHFC-1234ze、CF3I の代替ガスが開発されている。

一方、マグネシウムの難燃性の向上を図り、溶解・鋳造プロセスで防燃ガスを必要としない SF6 フリー技術も開発され、実用化のめどがたってきた。三協立山アルミは NEDO のプロジェクトを通じて、量産可能なマグネシウム合金の溶解・鋳造～押出加工プロセスの技術開発を 07 年春に完了させた。カルシウムを添加することで、マグネシウム溶湯の防燃化と製品そのものの難燃化を図った。すでに鉄道車両部材の難燃性に関する評価試験にも合格した。

SF6 対策で確立した製造技術は、製品そのものの機能性を高めたことから、今後のマグネシウム合金普及に一石を投じた。

創意工夫富んだ取り組み進む VOC 対策

トリクロロエチレンやテトラクロロエチレン、ホルムアルデヒド、トルエン、ベンゼン、キシレンなど、常温で揮発しやすい化合物である VOC は、油脂類の溶解能力が高く、難分解性、安定性、難燃性という利点から産業界では、1970 年代から洗浄剤などの用途で広く普及した。日本では VOC 総排出量の 9 割が、各種製造業など固定発生源から発生しており、四大大気汚染物質（窒素酸化物、硫黄酸化物、浮遊粒子状物質、VOC）のなかで唯一規制がなかった。そのため、2002 年には OECD から排出削減の勧告を受けるなど、製造業での VOC 対策が遅れた日本は「世界の孤児」とも揶揄されていた。

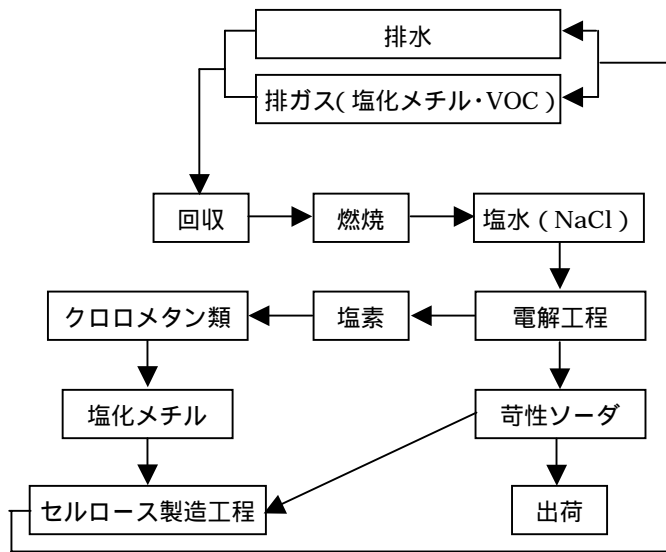
しかし、05 年 6 月施行の「改正大気汚染防止法」で固定発生源の 6 類型大規模施設（塗装施設及び塗装後の乾燥・焼付施設、化学製品製造における乾燥施設、工業用洗浄施設及び洗浄後の乾燥施設、印刷施設及び印刷後の乾燥・焼付施設、VOC（ガソリン等）の貯蔵施設、接着剤使用施設及び使用後の乾燥・焼付施設）に対する VOC 排出濃度を規制。前後して「PRTR 法（化学物質管理促進法）」への対応で、大手企業を中心に VOC フリー溶剤や塗料、VOC 含有排ガス処理技術の必要性が急速に高まった。国の方針は、VOC 全排出量を 10 年度に 00 年度比で 30%削減することが目標だ。法規制で 10%、「大気汚染防止法」の規模要件を満たさない施設は自主対策で 20%削減するベストミックスの政策が掲げられた。

VOC 対策は、塗装ラインでの水性系塗料を積極的に採用している自動車メーカーが先行している。トヨタは 1999 年から高岡工場（愛知県豊田市）で水性系塗料を採用。その後、06 年 4 月に元町工場（同市）へ導入したことで、本体車体 4 工場で水性系塗料ラインの整備が完了した。00 年比の VOC 平均発生量 45%削減を目指す。また富士重工業は矢島工場（群馬県太田市）で塗装ラインを刷新したほか、07 年春よりトヨタから受託生産している車種「カムリ」の米国工場（インディアナ州）に、トヨタの意向を受け水性系塗料ラインを導入した。

それ以外の業界は、削減ノウハウの不備や含有品と比べた代替品の性能差、導入コストなどから、企業規模、各業界で取り組みの進捗度に格差が生じている。しかし、一部の生産現場では VOC 排出削減にチャレンジしている。

信越化学工業は、セメントに混入し、コンクリートの粘着性の確保、水中で分解したり海水を汚染しない添加剤などに使われるメチルセルロースの製造工程で発生する塩化メチルや VOC を含む排気ガス、排水を燃焼させて、工業塩よりも純度の高い塩水を回収し、電気分解工程を経て苛性ソーダに加工するシステムを同社直江津工場（新潟県上越市）に数十億円かけて 05 年 7 月に導入した（5 ページ図表 3 参照）。電解工程で生じる熱も熱源に利用し、苛性ソーダは外販もしくはメチルセルロース製造工程で使用することで原料調達コストも抑え、VOC 排出量は従来の 10 分の 1 程度に削減された。

図表3 信越化学工業 直江津工場のVOC含有排ガス処理工程



(信越化学工業「環境・社会報告書 2006」をもとに作成)

取り組みの早かった企業は先んじて、蓄積した対策技術・ノウハウを他社へ外販化し、着実にビジネスに結び付けている。トヨタ子会社のトヨタタービンアンドシステム（愛知県豊田市）、日本電技、藤森工業は共同で、マイクロガスタービン（300kW 級）を用いて VOC を処理する装置（価格 8000 万円）を開発。燃焼空気と VOC の混合気をガスタービンに送り込んで高温燃焼させ、触媒を用いて VOC を 98%以上除去するとともに燃焼エネルギーを有効利用する。印刷用のインキや接着剤など有機溶剤を扱う工場などを対象に年間 20 台の販売を見込む。