

半導体業界における PFC 等ガスの排出削減活動の推進

PFC 等ガスと半導体との関係について

PFCとは、パーフルオロ化合物の略で、代表的なPFCガスとしてCF₄、C₂F₆、C₃F₈、c-C₄F₈の4種があります。現在の京都議定書（2012年改正）では、この4種のほかにCHF₃、SF₆、NF₃を温室効果物質として指定しているため、半導体業界では、これらの7種をPFC等ガスと呼んでいます。PFC等ガスの地球温暖化係数（GWP値）は極めて大きく、最も小さいCF₄ガスでCO₂の7,000倍以上、最も大きいSF₆ガスではCO₂の22,000倍以上あり、これらPFC等ガスの大気への排出削減は、地球温暖化抑制に重要です。このため、PFC等ガスの排出削減活動は、現在、経済産業省主導で産業構造審議会 フロン類等対策WG内 各産業分野別フロン類等排出抑制自主行動計画の中で進めています。

PFC等ガスは、半導体表面に膜を形成するCVD（Chemical Vapor Deposition）装置のチャンバーの内壁に生成した膜のクリーニングや、形成した膜の一部を削除するドライエッチングにおいて使用しており、半導体製造プロセスでは必要不可欠なガスです。また半導体製品の微細化および高機

能化に伴い、CVDとドライエッチングを使う工程は増え、PFC等ガスの使用量を削減することが次第に困難になってきました。そこで、プロセス条件最適化、ガス代替化、除害装置の設置率向上などのPFC等ガスの大気への放出を抑制する施策に取り組んできました。

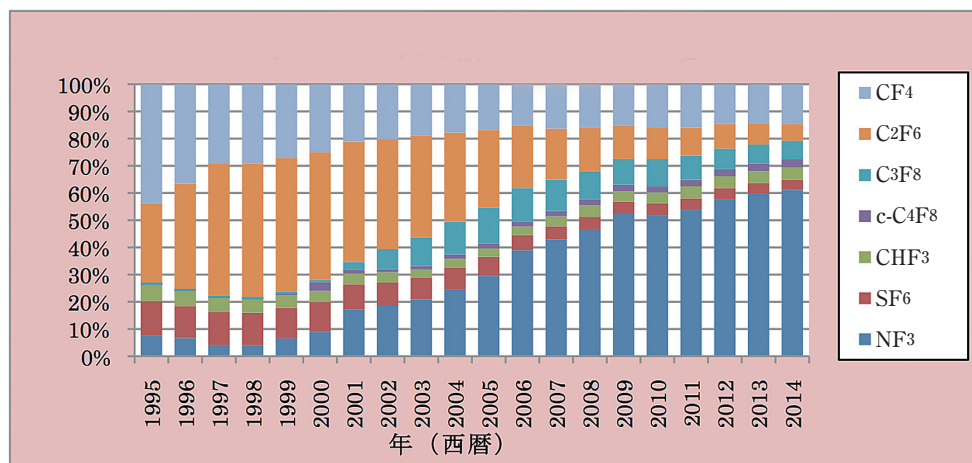
PFC 等ガスの排出削減活動の取り組み

PFC等ガスは1997年に京都議定書の削減対象物質に指定され、半導体業界は2010年までにPFC等ガスの排出量を1995年比で10%以上削減するとの自主目標を設定し、各企業は多大な労力と費用をかけ、積極的に活動を推進してきました。

PFC等ガスの排出削減の主な施策を以下に示します。

- ① プロセス条件の最適化：CVDのクリーニングの条件（真空度、プラズマパワー、ガス流量比など）を調整することで使用するPFC等ガスを削減する方策で、PFCの購入費用が削減できるため、比較的初期活動にて進めら

図1 PFC 等ガスの購入構成比率の推移



れてきました。

- ② ガス代替化：温暖化係数（GWP値）の小さいガス、エッチングの際に分解し温暖化に寄与しないガス（反応消費率の高いガス）、あるいは除害装置において、より分解しやすいガス（除害効率の高いガス）への代替化により、ガス排出量の削減を図りました。
- ③ 除害装置設置：CVDクリーニングやドライエッチングの排出ガスを分解し非温暖化ガス化する除害装置の設置率増加により、排出量を大幅に削減する投資をしてきました。

日本の半導体業界では、地球温暖化防止のためのPFC等ガスの排出量削減活動の重要性を認識し、環境対策に携わる者のみならず、多くのプロセスエンジニアを動員して、上記3つの施策を実施することで、目標の10%削減を超える50.6%削減（2010年実績）を達成することができました。

図1にPFC等ガスの購入構成比率（重量比率）推移、表1に各ガスのGWP値、反応消費率、除害効率を示します。

図1、表1から、反応消費率と除害効率が高いNF₃、GWP値が低いC₃F₈、反応消費率が高いc-C₄F₈が増加して、温暖化影響の小さくなる方向へのガス切り換えが進んでいることがわかります。

また、図2に除害装置設置率の推移を示します。2000年頃より投資をして除害装置を設置し始め、PFC等ガス排出量の削減に努力してきことがわかります。

図3にPFC等ガスの排出量の実績推移を示します。各施策により、日本の半導体業界は1995年比で、2010年には50.6%、最新の2014年集計値では67%の削減を達成しました。

表1 ガス種別諸元表（抜粋）

ガス名	GWP 値	反応消費率	除害効率
CF ₄	7,390	10%	90%
C ₂ F ₆	12,200	40%	90%
C ₃ F ₈	8,830	60%	90%
c-C ₄ F ₈	10,300	90%	90%
CHF ₃	14,800	60%	90%
SF ₆	22,800	80%	90%
NF ₃	17,200	80%	95%
NF ₃ Remote	17,200	98%	95%

（出典 IPCC2006 Tier2a）

図2 除害装置設置率の推移

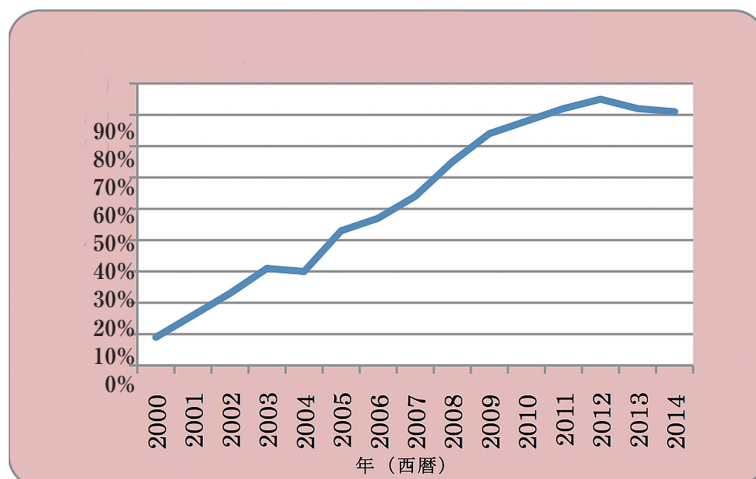
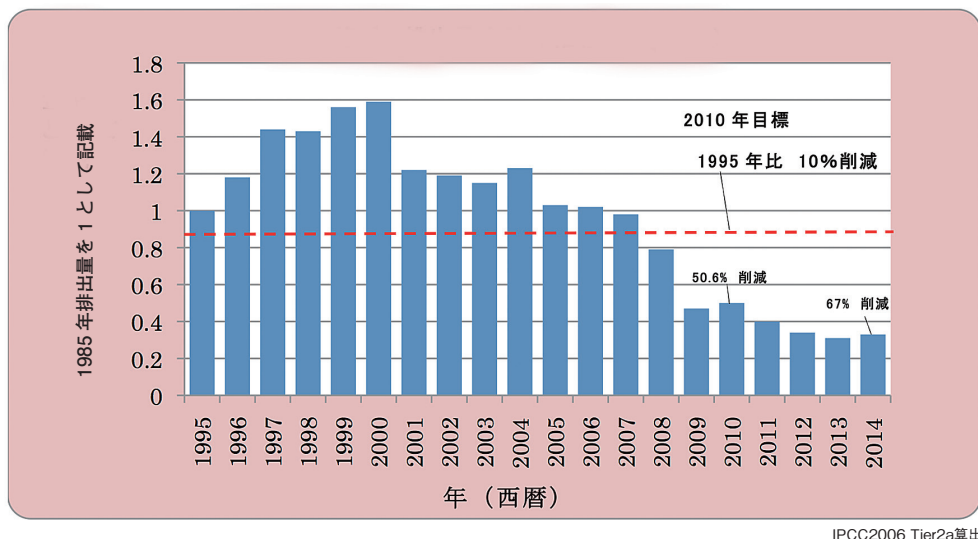


図3 PFC等ガス排出量実績の推移 (CO₂換算)

PFC等ガスの排出削減における世界全体での取り組み

世界の半導体業界では、世界半導体会議 (World Semiconductor Council : WSC) として、現在、米国、日本、韓国、台湾、中国、EUの5ヶ国1地域 (6極) の半導体工業会が集まり、PFC等ガスの排出削減に取り組み、これら6つの半導体工業会に加盟する全ての会社のPFC等ガスの排出量の集計値を報告しています。

基準年に対して2010年までにWSC全体world wideで、10%以上削減する自主目標を1999年に決定し、削減活動を進め、WSC全体で2010年に32%の削減を実現することができました。

この時、前述したように日本は1995年比で、50.6%削減を達成したことで、WSC内におけるPFC等ガスの排出削減に大きな貢献を果たしました。

2011年以降、2020年までのWSCのPFC等ガス削減自主行動では、指標をPFC等ガスの使用効率を示すウエハ面積原単位に変更し、今後の新設製造ラインではPFC等ガス削減に最適な環境施策をベストプラクティス (主に除害装

置の設置などの環境施策の実施) として、その導入を決定しました。その効果により2020年には、0.22kg-CO₂/cm²が達成できると予想しています。これは、2010年実績0.32kg-CO₂/cm²の約30%減相当です。

今後の PFC 等の排出削減取り組み

産業構造審議会フロン類等対策WGで2013年に報告されたHFC類 (PFC類含む) の推計排出量は、日本全体で、37.6百万トン (CO₂換算) であり、半導体業界の占める割合は、その4%以下 (1995年約7%) と、産業界の中で大きく排出量削減に貢献してきました。

既存の製造ラインへの除害装置設置は限界に達しており、これまでのような大きな削減は難しいものの、日本の半導体業界は、WSCで同意した面積原単位0.22kg-CO₂/cm²以下を2020年の自主行動削減目標と設定して、除害装置、最適プロセス条件の実施、低GWPガス、高反応消費率ガスへの切り替え等のベストプラクティスの導入を継続して実行していきます。