

分子を鋳型とする化学蒸着法によって調製したシリカ/酸化スズ分子ふるいセンサによるフタル酸ジオクチルの形状選択的検出

(鳥取大¹・富士電機システムズ²) 片田直伸¹, 吉岡華奈子¹, 中本尚志¹, Nashinani Yusmeela Binti Yusof¹, 関山昌宏¹, 丹羽 幹¹, 岩田英之², 連絡先: katada@chem.tottori-u.ac.jp, Tel/fax 0857-31-5684 (片田)

1 ppbの汚染物質が電子素子を壊す

電子素子の加工サイズは年々小さくなり、最近ではナノメートル(百万分の一ミリメートル)の精密さが要求されている。このような精密な素子はクリーンルームで製造されている。従来は主にパーティクル(大きさ1 μm程度以上)が問題であったが、精密化に伴って一部の分子(1 nm程度)が問題となってきている。フタル酸ジアルキル類(フタル酸ビス2-エチルヘキシル, ジオクチルなど)は、ごくわずか(空気1 m³に1 μg程度, モル比にして1 ppb以下)存在するだけで電子素子の歩留まりを低下させるとされる。しかしフタル酸ジアルキル類はプラスチックの可塑剤としてクリーンルーム内の装置にも多用されている。

存在する「かも知れない」物質のためにクリーンルームの過剰換気がなされている

このような低濃度の汚染物質の分析は難しいので、従来はクリーンルームの過剰換気によって汚染を抑制してきた。しかしエネルギー消費抑制の立場からは、汚染物質のモニタに基づいて換気を制御することが望ましい。

フタル酸ジアルキル類の分析には1検体数日, 数万円(例)を要する

ppbオーダーのフタル酸ジアルキル類は、従来は吸着カラムを用いて空気中から捕集し、質量分析計つきガスクロマトグラフ(GC-MS)で分析していた。これには時間とコストを要し、通常はサンプルを送って依頼分析することになる。モニタとしては使えないばかりか、そもそもフタル酸ジアルキル類の影響を定量的に解析することすら困難である。そこで、ppbオーダーのフタル酸ジアルキル類を迅速に検出する方法が求められている。ただし、クリーンルームといえどもトルエン(接着剤, 塗料, 洗浄剤に由来)をはじめとする各種物質が共存しているので、共存物質の影響を受けることなく、選択的にフタル酸ジアルキル類を検出することが必要である。

細い分子だけを検出する分子ふるいセンサ

酸化スズは有機物と接触すると電導性を発現するので、ガス漏れセンサなどに使われている。感度が高く応答が速いので低濃度の有機物分析に適しているが、どんな有機物とも反応してしまう(A)。筆者らは細孔を持つシリカ層で表面を覆い、細孔を通り抜けることのできる小さい、あるいは細い分子だけを検出する分子ふるいセンサを開発した(B)。原子1個の位置や有無を見分ける精度を持っているので、「形を作る」ためのあらゆる方法の中で最も精密と言える。

0.5 ppbのフタル酸ジオクチルを選択的に検出

この分子ふるいセンサを用い、さらには感度を上げ、捕集・濃縮システムを組み合わせたところ、0.5 ppb程度のフタル酸ジオクチルに応答し、その数万倍の濃度のトルエンに全く応答しない、選択的な検出に成功した*。トルエンとフタル酸ジオクチルが共存する場合でも、フタル酸ジオクチルの濃度に応じて応答した。フタル酸ジオクチルの細い鎖が細孔を通り抜けるためと推測される(C)。

