

光触媒で環境残留性有機フッ素化合物を分解

有機フッ素化合物は耐熱性、耐薬品性、高い光透過性といった優れた性質を持つことから、界面活性剤、乳化剤、コーティング剤などさまざまな用途に用いられてきた。ところが数年前から一部の化合物が環境水や生物中に存在していることが明らかになり、生態系への影響が懸念されている。その典型がパーフルオロオクタン酸(PFOA)に代表されるパーフルオロカルボン酸類である。

こうした有機フッ素化合物の優れた機能性は、その構造自体(炭素・フッ素結合)に由来するため他の物質での代替が困難である。従って、これらのメリットを享受しつつ環境リスクを低減させるためには、発生源からの発散を防止するとともに廃棄物を無害化する必要がある。ところがこれらは非常に安定で、熱分解させるためには約1000℃以上の高温を必要とする。また、その廃棄物は水中に存在することが多いが、微生物や酸化チタン光触媒といった従来法での分解はきわめて困難である。

もしこれらをフッ化物イオンまで分解できれば、既存のカルシウム処理法によって環境に無害なフッ化カルシウムに変換できる。フッ化カルシウムは酸処理で有機フッ素化合物の原料であるフッ化水素酸になるため、再原料化も可能となる。最近フッ化カルシウムの需給が逼迫しているため、廃棄物からの再生が事業として検討される日が来るかもしれない。

我々は、このように安定なフッ素化合物の分解を行うために、光触媒としては一般に知られていなかったヘテロポリ酸に注目した。これは高い酸化力を有し、強酸性下でも安定なためパーフルオロカルボン酸類の分解に適している。

図1は我々が使用した反応装置である。ここにPFOAとヘテロポリ酸触媒の水溶液を入れ、酸素ガスを充満させて紫外・可視光を照射したところ、PFOAは二酸化炭素とフッ化物イオンまで分解した¹⁾。この方法によりPFOA以外のパーフルオロカルボン酸類(炭素数27)も分解した^{1,3)}。フッ素化合物を高エネルギー的な手法(例えば電子線照射)で無理に分解させるとテトラフルオロメタンのような環境に有害な温暖化物質が生成する可能性があるが、本法ではそのような有害物質は生成しなかった。

現在、さまざまな新しい有機フッ素化合物の開発が進んでいるが、その中には優れた機能を持ちながらも、処理法がなく環境へ放出された場合の影響も不明なために普及に至らない例もある(例えばファインケミカル合成用のフルオラス溶媒)。今後は、この分解法の対象範囲を広げ、分解特性に関する情報を新規物質の開発にも反映させて、より多くのフッ素化合物の環境リスク低減に寄与していきたいと考えている。



図1 光化学反応器

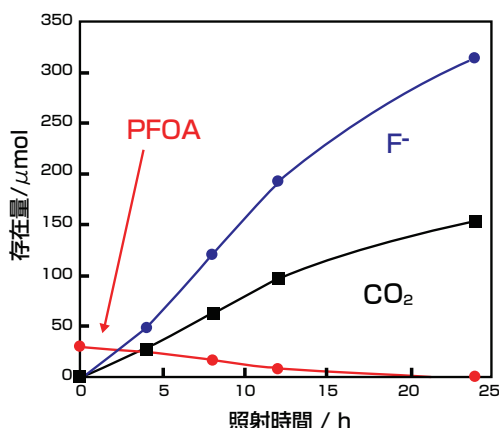


図2 PFOA 分解反応の光照射時間依存性
PFOA 初期濃度は 1.35 mM; 550 ppm¹⁾

関連情報

- 1) H. Hori, E. Hayakawa, H. Einaga, S. Kutsuna, K. Koike, T. Ibusuki, H. Kitagawa, R. Arakawa : Environ. Sci. Technol., Vol. 38, 6118-6124 (2004) .
- 2) H. Hori, E. Hayakawa, K. Koike, H. Einaga, T. Ibusuki, J. Mol. Catal. A : Chem., Vol. 211, 35-41 (2004) .
- 3) H. Hori, Y. Takano, K. Koike, S. Kutsuna, H. Einaga, T. Ibusuki : Appl. Catal., B, Vol 46, 333-340 (2003) .
- 特開 2003-040805 「フッ素系有機化合物の光分解法」(堀久男、永長久寛) .
- <http://unit.aist.go.jp/emtech-ri/12ppg/>



ほり ひさお
堀 久男
h-hori@aist.go.jp
環境管理技術研究部門