

過去のお話？ ダイオキシン問題 —ダイオキシン分解微生物の発見を目指して—

中村 雅哉

ダイオキシン類をはじめとする、いわゆる環境ホルモンと呼ばれた内分泌攪乱物質は、数年前までマスコミ・社会を大いに賑わせ、その問題を解決するために多面的な取り組みがなされてきた。中でもダイオキシンに関する研究は一種の研究ブームとまでなった。しかし、環境化学物質に関する研究の難しさ（公定法によるpptオーダーでの環境化学物質の分析は試料の前処理が煩雑で分析費が高価なこと、誤差範囲が広いこと）から期待されたような科学的・社会的に認知される成果を得るには至らなかった。2000年1月に施行された「ダイオキシン類対策特別措置法」により、発生源の改善策が進められたため、産業廃棄物処理施設などからのダイオキシン類の排出量は大幅に減少したが、これまでに排出されたダイオキシン類の多くは土壌や湖沼・港湾の底質に蓄積され、その蓄積量は減少していない¹⁾。近年、2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin (TCDD) の病理作用に関する医学研究が進み、従来から知られているダイオキシン受容体 (Ah receptor) およびエストロゲン受容体を介した生殖制御の攪乱だけでなく、ユビキチン・リガーゼ複合体形成に作用してタンパク質分解に影響し、発がんや奇形を誘導すること、染色体のエピジェネティクス（高次構造形成の制御）を攪乱して、生物の基本的な制御機構に深刻な影響を及ぼすことが示唆されている²⁾。これら最新の医学研究は、土壌や湖沼・港湾の底質に広く蓄積しているTCDDの分解処理技術研究の重要性を改めて提起している。

広く薄くダイオキシンに汚染された環境を、省エネルギー、低コストで修復するためには、微生物の機能を応用したバイオレメディエーションが適していると考えられ、これまでにダイオキシン分解微生物の探索、機能解析が精力的に行われてきた。無塩素体、低塩素置換体のダイオキシンを唯一の炭素源として用いた集積培養により、いくつかの好気性バクテリアが単離され、angular

dioxygenaseがダイオキシン (図1 a) の diaryl ether 結合に隣接する angular position に2つの水酸基を導入し、反応中間体として不安定なアセタール構造 (図1 b) を経由してダイオキシンの diaryl ether 結合が開裂し分解していることが明らかになった (図1 c)³⁾。一方、木材腐朽菌 (糸状菌) のリグニン分解酵素 (リグニンペルオキシダーゼ、マンガンペルオキシダーゼ) は強力な一電子酸化により、P450酵素系は水酸化により、無塩素体、低塩素置換体のダイオキシンの分解に関与していることが報告されている³⁾。しかしながら、これまでTCDDをはじめとする塩素化されたダイオキシンに対して、再現性よく分解活性を示す微生物は検出されておらず、バイオレメディエーションに適用可能な、有力なダイオキシン分解微生物の単離には結びついていない。毒性値が高いTCDDを用いたスクリーニングが躊躇される中、簡便で高感度なスクリーニング法の開発が待たれている。

ダイオキシンの構造を見ると、無塩素体から高塩素置換体まで共通する構造はジオキサン環の2つのエーテル結合である。そこでダイオキシン構造中のエーテル結合の開裂を簡便で高感度な方法でアッセイすることができれば、有力な微生物の取得、ダイオキシン分解酵素遺伝子のクローニングが進展すると考えられる。大塚らは、ダイオキシンのアナログ化合物としてダイオキシン構造の片側の芳香環を蛍光物質であるエスクレチンに置換したアッセイ基質 (ジオキサン環の片方、または両方のエーテル結合が開裂すると強力な蛍光発光を示す) を合成して微生物のスクリーニングを行い、ダイオキシン構造のエーテル結合が還元的に開裂する活性を検出している⁴⁾。

このように、新規の蛍光アッセイ基質の合成によりダイオキシン分解微生物の選抜、分解酵素遺伝子の特定化が進行しつつあるが、今後、新たなアッセイ基質 (たとえば脱塩素化能を簡便にアッセイできる基質) が開発され、塩素化ダイオキシン分解微生物、分解機構の解明が進むことを期待したい。

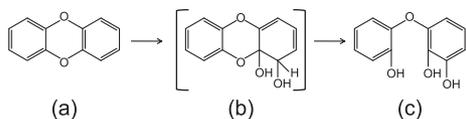


図1. Angular dioxygenaseによるダイオキシンの分解経路

- 1) <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=11841>
- 2) Ohtake, F. *et al.*: *Biochem. Pharmacol.*, **77**, 474 (2009).
- 3) Field, J. *et al.*: *Chemosphere*, **71**, 1005 (2008).
- 4) Otsuka, Y. *et al.*: *Organohalogen Compounds*, **66**, 1237 (2004).