

II-635

河川水マイクロコズムによる各種化学物質の分解

大阪大学工学部 (正員) 池 道彦、 徳弘 健郎
(正員) 古川 憲治、 (正員) 藤田 正憲

1. はじめに

工業的に生産され、広範囲に利用されている多様な化学物質は、多かれ少なかれ自然環境中に放出されている。これら合成化学物質は一般に生物毒性が高く、生分解性が低いことから、重要な環境汚染物質として認識されるようになってきた。各種の化学物質が河川などの水環境中に放出された場合、どのような微生物の介在によって、どのような機構で、どの程度まで分解されるのかという疑問は、深刻化しつつある化学物質の水環境汚染解決のために解明されなければならない問題である。ここではRiver Die-away法の一変法(Nasu et al., Fresenius Environ. Bull., 2: 7-12, 1993)で河川水マイクロコズムによる各種化学物質の分解試験を行い、自然水系のもつ潜在的な分解能力を評価するとともに、分解機構について考察を加えた。

2. 実験材料および方法

近畿地方の主要河川のうち、淀川、安威川、神埼川、大和川、平野川、猪名川を調査対象とし、各河川に対して汚濁度の異なると考えられるサイトを複数箇所設定(計20箇所)して、のべ11回のサンプリングで総計52の河川水試料を採取した。採取試料500mlを滅菌したメンブレンフィルタ(0.2 μ m)でろ過し、捕捉されたマイクロコズムを超音波発振機を用いて無菌人工河川水(BOD希釈水)50mlに分散させ、これを植種源(10倍濃縮)として化学物質分解試験に供した。70ml容ネジ付き試験管に45mlの人工河川水と5mlの植種源を分注し、これに試験する化学物質の終濃度がTOCにして約20mg/lとなるように添加後、暗所で振盪培養した。経時的に人工河川水のTOC濃度を測定し、化学物質の分解性を評価した。また、化学物質を添加しない系をブランク試験とした。ここで、一部の試験では環境因子が分解に及ぼす影響を調べるため、無菌ろ過活性炭処理でTOCを除去した実河川水を人工河川水の代わりに使用する、供試化学物質の濃度を低下させる、微量金属等の添加を行うなどの改変を加えた。分解試験に供した化学物質は、アニリン、フェノール、p-ニトロフェノール(PNP)、スルファニル酸、ペンタエリスリトール、各種合成界面活性剤(SDS、LAS、アルキルエトキシレート:AE、アルキルフェノールエトキシレート:APE)、ポリエチレングリコール(PEG)、2,4-ジクロロフェノキシ酢酸(2,4-D)、およびビスフェノールプロパン(BPA)である。この試験は、各サイトのマイクロコズムの分解能力を様々な環境条件下で検討することが可能であるというメリットをもつ。また化学物質の分解をTOC測定でモニタリングするため、中間代謝物の蓄積などを考慮した完全分解性が評価できる。

3. 実験結果および考察

各種化学物質の河川水マイクロコズムによる分解を種々の条件で調べた結果、およそ以下の4種類(A~D)に大別される分解パターンが認められた。それぞれについて、分解特性を決定していると考えられる要因を考察すると以下ようになる。

A. 容易に完全分解される化学物質: アニリン、フェノール、PNP、SDS、AE、PEGの分解試験では、ほぼ全ての河川水マイクロコズムによってブランク試験以下の水準までTOCが除去され、河川中に普遍的に存在している分解菌によって容易に完全分解が進行することが明かとなった。この分解は人工河川水中でも十分に行われ、特別他の要因に依存しないことが示された。従って、これらの物質は本質的に分解され易い構造をもっているものといえる。しかし、前4者が約5日目までに完全分解されたのに対し、後2者の分解は15日程度以上を要したことから、やや特殊な分解菌の関与が示唆された。

B. 環境条件が好適な条件下で完全分解される化学物質: スルファニル酸およびペンタエリスリトールは、人工河川水では約半数のマイクロコズムによってのみ完全分解され、残り半数による分解は認められなかった。しかし、無菌実河川水を使用すると全てのマイクロコズムによって完全分解された。また、LASは初発のTOC濃度

が20mg/lでは全く分解されなかったが、10mg/lに低下させると分解された。これらの物質の分解菌は普遍的に存在しているものの、その分解能力は補因子（人工河川水に含まれていないもの）の有無や高濃度の物質による阻害によって、必ずしも常に発現しないものと考えられる。

C. 完全分解され得るが中間代謝物を蓄積しやすい化学物質： 2,4-DおよびBPAは特定のマイクロコズムを用いれば、完全分解しうることが明かになった。しかし、多くの試料ではTOCの除去が途中で停止し、中間代謝物が蓄積していることが示された（図-1、図-2）。HPLC分析によると、蓄積された代謝物は2,4-Dでは2,4-ジクロロフェノール、BPAでは未同定ながらベンゼン環を2つもつジオールであると推定された。これら蓄積しやすい中間代謝物は、かなり汚濁したサイトから得られたマイクロコズムによって完全分解されたことから、単一の分解菌の働きに加えて、蓄積する代謝物をさらに分解することのできる細菌（群）の存在が必須であることが示唆された。2,4-Dの分解では人工河川水の代わりに無菌実河川水を用いたときに完全分解する場合が多かったため、代謝物を分解する細菌（群）の分解活性が環境条件に大きく左右されるものとも考えられる。

D. 分解されない最終産物を蓄積する化学物質： APEはいずれのマイクロコズムによってもTOCの除去（分解）が認められたものの、最終的な除去率は約50%以下にとどまり、分解することのできない代謝物が最終産物として蓄積することが明かになった（図-3）。我々は既にAPEの分解菌を単離しその代謝機構を解明したが（Maki et al., Appl. Environ. Microbiol., 60: 2265-2271, 1994）、ポリオキシエチレン鎖の短くなった化合物が蓄積することを認めている。河川マイクロコズムという混合微生物系によっても完全分解が起こらなかったことは、APEが本質的に生物分解を受けない構造を含んでいることを示唆している。

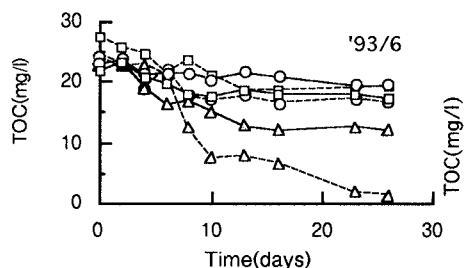


図-1 河川水マイクロコズムによる2,4-Dの分解

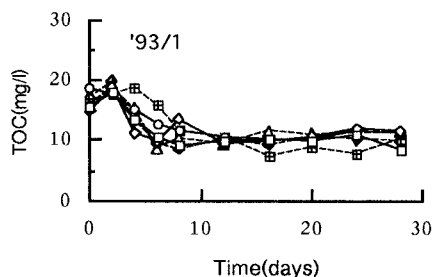


図-3 河川水マイクロコズムによるAPEの分解

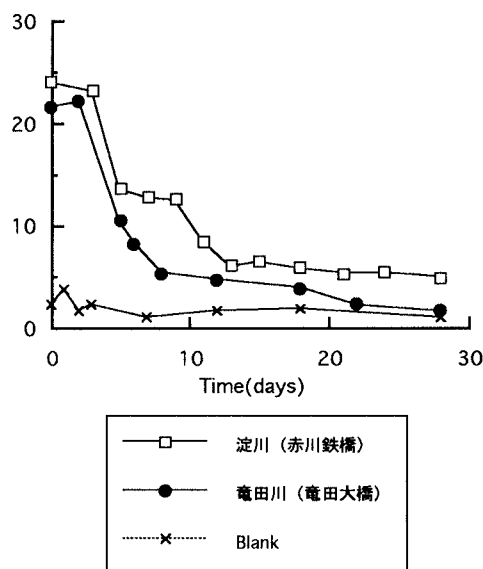


図-2 河川水マイクロコズムによるBPAの分解

4. 結 論

現在生産されている各種化学物質の中にはAPEのように生分解によって完全には消滅しない構造を有するものも存在しており、これらの今後の生産、排出についてはより厳しい規制を課す必要があると考えられる。一方で分解され得る構造であるのに関わらず、分解菌の分布や環境条件によっては、そのもの自体が、あるいは代謝産物が環境中に長期間滞留する化学物質も多数あることが明らかとなった。このような物質による汚染を防止し、既に汚染されたサイトの浄化を図るには、分解に関与している微生物の特定を含め、分解機構に関する十分な理解が必要であると考えられる。