

Session Lecture 16

## Monitoring and Remediation of Persistent Organic Pollutants

本セッションでは、これまでの POPs 濃度の経年変化、発生源や環境挙動についてのアジア諸国と周辺海域および日本における状況の報告とともに、今後に向けて、農薬散布機器などの洗浄水等による農薬汚染を防ぐ技術としてバイオベッドとフェントン反応による廃水浄化が紹介された。また、広がった汚染の浄化を目指したファイトレメディエーション技術も紹介された。

### S16-1. Persistent organic pollutants (POPs) in the Asia-Pacific region

田辺（愛媛大学）は、1960年代から現在にかけて世界各地で採取・保存された数万点にも及ぶ試料中の DDTs や HCHs といった有機塩素系農薬、PCBs、臭素系難燃剤のポリ臭素化ジフェニルエーテル（PBDEs）を分析した。北太平洋海域に生息する海棲哺乳類の分析結果から、有機塩素系農薬と PCBs 濃度は 1970年代をピークに現在にかけて減少傾向にあるが、PBDEs は、1970年代から 1990年代にかけて濃度が上昇していることを明らかにした。また、アジア沿岸地域に生息するイガイ等貝類を分析した結果、有機塩素系農薬の主な発生源は熱帯・亜熱帯地域にあること、PCBs 等の工業製品では先進工業国にあることを指摘した。さらに、カツオ等の魚類の分析により、ダイオキシン類は局在性が強く地域汚染が著しい物質であるが、PCBs は移動性が高く地球規模で汚染が拡大している物質であり、この差の大きな要因は、これらの物質の物理化学的性質にあることを明らかにした。アジアの途上国における都市ゴミ集積場についても調査し、土壌や人体（母乳）の分析結果から、都市ゴミ集積場がダイオキシン類の大きな発生源であることを明らかにした。

### S16-2. Persistent organic pollutants (POPs) and pesticides in tropica Asia

Chowdhury（カルカッタ大学、インド）は、インドを中心にアジア諸国における POPs の状況について報告した。多くの南および東南アジアでは POPs に関する環境基準は設定されていない。西洋諸国では禁止された DDT は、東南アジアではマラリア対策のために、未だに生産、輸出入、使用されている。またバングラデシュやパキスタンでは船舶事故によって PCB の漏出が起こっている。一般の農薬の使用量は、経済的な理由から非常に少なく、お茶や香辛料に残留する一般農薬濃度は残留農薬基準値よりも遙かに低い

が、現在多く使われているジコフォル中には DDT が不純物として含まれているため問題となっている。その結果、インドではお茶による DDT 摂取量がかかなり高い値となっている。DDT を含まないジコフォルの生産が求められる。またインドでは植物油、香辛料、肉類にダイオキシンをはじめとして多くの POPs が検出され、その濃度の低下が求められているとのことであった。バングラデシュでは、魚の保存に、使ってはならない DDT が使用されることが常態化している。以上のように、現状では、食品中には多くの POPs が混入しており、その長期的濃度の変化傾向も明らかにはなっていないとのことであった。

### S16-3. Temporal trend of POPs residue in Japanese agricultural soils

清家（農業環境技術研究所）らは、1960年代から経年的に採取・保存された全国の水田土壌試料を分析し、POPs の消長について報告した。水田土壌におけるダイオキシン類濃度は、PCP、CNP 製剤の使用に伴い 1960年代に上昇し、1970年代をピークにその後現在に至るまで緩やかに減少していることを明らかにした。この結果から、水田土壌においてダイオキシン類濃度が半減するのに、10年以上を要するとしている。PCBs 濃度についても 1970年代をピークに 1980年代にかけて減少していたが、1990年代以降 PCBs 濃度はわずかに増加傾向にあることを明らかにしている。この理由として、主な起源が工業製品として使用された PCBs から燃焼・焼却過程で生成した PCBs へと変化したことを挙げていた。また、DDTs や HCHs といった有機塩素系農薬では 1960年代をピークに現在にかけて濃度が減少していた。しかし、クロルデンは 1980年代までシロアリ等の衛生害虫駆除に使用されたため、大気・水を介して農耕地へ流入し、1980年代まで濃度が上昇した後、減少していた。すなわち、有機塩素系農薬濃度の経年変化は、その使用実態を反映していることを指摘した。

### S16-4. Fate and behaviour of pesticides in biobeds

Fogg（ADAS UK limited, イギリス）は、バイオベッドによる農薬混合物の分解と溶脱の可能性を、実験室およびフィールドで調べた。農薬混合物を用いて、その濃度を推奨濃度の 20 倍まで上げたが、biomix と呼ばれる表層土とピートとわらを 1:1:2 で混合したものは、すべての農薬を分解した。濃度が高濃度になると分解速度は低下したが、

その程度は小さかった。混合農薬では、単独農薬とはやや異なる結果が見られたが、分解速度に大差はなかった。フィールド試験では、防水型と非防水型のバイオベッドの2種類の効果を調べた。防水型のバイオベッドでは分解速度が遅かったが、低水分の影響または高濃度農薬による阻害効果かもしれない。12ヶ月の長期運転の結果、水が表層-10cmのところまで達してしまう問題点があった。非防水型のバイオベッドでは、水の蓄積は問題にならないが、一方で溶脱の可能性があった。排水量によってバイオベッド内の農薬滞留時間が異なるため、分解が不十分となって溶脱する可能性がある。滞留時間その点をフィールド試験で確認するとともに、必要な容量を水量にあわせて設計することが必要であると指摘された。

#### S16-5. Wastewater treatment using Fenton electrochemical process

Lemley (コーネル大学, アメリカ合衆国) は、フェントン反応による水処理法について報告した。特に、陰極フェントン反応処理プロセスは、農薬の分解に適している。陰極フェントン反応処理プロセスでは、鉄(II)イオンが陰極反応によって継続的に供給され、過酸化水素水と混ぜられる。この報告では、特に処理装置設計のために必要なスケールアップパラメータを解析し、代謝産物の確認と反応速度モデルへの適合性を明らかにした。このプロセスは、全ての農薬に適応可能であり、その反応はフェントン反応によって生じたヒドロキシラジカルと農薬が反応して分解浄化されるものである。2,4-D, ダイアジノン, カルボフラン, カルバリルおよびいくつかのカーバメート系化合物が試験に用いられた。反応速度テストによって、この微生物分解反応は2次反応式で表現できることを明らかにした。

しかし、トリアジン系の Metribuzin には、同じモデルは用いることができなかった。それは、鉄(III)イオンと metribuzin の間の弱い相互作用によるものと推察された。

また乾(神戸大学)により、土壤中の POPs を植物を用いて浄化するファイトレメディエーションに関する研究の動向が紹介された。ダイオキシン類, シマジン, ノニルフェノールなどの負荷軽減を目的に、哺乳動物の高度に発達した薬物代謝酵素系のうちから、外来脂溶性異物の代謝に係わるチトクローム P450 モノオキシゲナーゼの中から上記の化学物質代謝に係わる分子種を選定し、それら遺伝子をジャガイモ, イネなどに導入することにより、上記の化学物質を代謝する植物を作出することができることが概説された。

前半の発表から、POPsの動態解析のためには長期的なモニタリングが重要であることが明らかにされた。また、広範囲なモニタリングの実施によって、国を超えた地域における発生源や環境挙動の解明が可能であることが示された。また、近年における環境中 POPs 濃度は減少傾向にある一方で、国によっては食品汚染も見られるなど、地球規模と地域ごとと分けて見る必要も示唆された。

後半の発表では、農薬洗浄水が汚染源になることを防ぐために用いることの可能なバイオベッドとフェントン反応を用いた処理に関する報告があった。また、農耕地に広がってしまった化学物質の浄化には生物による浄化技術が必要となるが、これまで多く試みられてきた微生物による浄化技術に加え、植物による浄化技術の開発も進んでいることが示された。

清家伸康 (農業環境技術研究所),  
片山新太 (名古屋大学エコトピア科学研究所)