

## 第5回 9月16日(火)

### 汚染された環境をレメディエート(修復)する

講師:大学院地球環境科学研究院 教授 田中 俊逸

#### 1. はじめに

我が国では、1960～70年代に数多く発生した公害問題を公害対策基本法に代表される様々な施策や技術開発によって克服し、今日では人の健康に甚大な被害を生じるようないわゆる公害型の環境汚染は少なくなっている。しかし、内分泌攪乱物質のように極低濃度で生体や生態系に影響を及ぼす恐れがあるものの存在が指摘されたり、ダイオキシンのように我々が日常的に排出しているゴミ等から燃焼の過程で強い毒性を持った物質が発生してくるなど、これまでの公害型の汚染とは異なる汚染が見られるようになっている。汚染物質から環境を守るために環境基準値が定められた項目も、当初の8項目から増え続け、現在では26項目に増大している。従って、このような新しい型の汚染に対応した高感度なモニタリング法の開発やその方法を用いた汚染調査とともに、低濃度汚染物質を除去し、環境を元の安全な状態に戻すための環境修復法(レメディエーション)の開発が必要になっている。この講座では、最近我々の研究室で取り組んでいる汚染の調査の幾つかを紹介するとともに、汚染物質の除去や回収を目指した環境修復技術について概説する。

#### 2. インドネシアジャワ島における水銀汚染の調査

インドネシアジャワ島では、金鉱石を含む土壌から金を効率よく抽出するために、図1に示すような操作法により、水銀を用いる小規模金採掘が盛んに行なわれている。この方法では、図2の

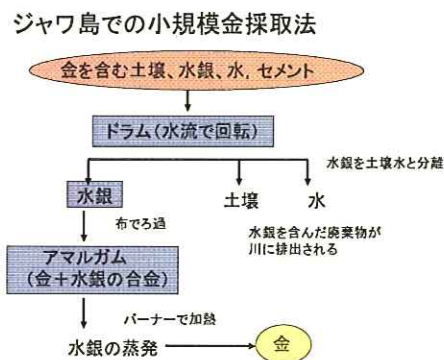


図1 小規模金採掘法



図2 金抽出用の羽のついたドラム

ような羽のついたドラムを用い、水の流れを利用してドラムを回転させて土壌と水銀とをよく混合している。この方法は多くの場合、川の岸や中州などで行なわれるために、河川水で水銀の汚染が認められた。この方法は違法行為として禁じられたために、現在では川でこの方法による金の抽

出は少なくなりつつあるが、最近では室中で電動のモーター等を用いて続いており、今後も注意深い監視が必要になっている。

### 3. 女性ホルモン物質17β—エストラジオールの検出

一時期合成された化学物質による内分泌攪乱作用問題が大きな関心を呼んだ。その後環境省の調査により、多くの物質は内分泌攪乱作用を示さないことが判明している。一方、天然の物質でもそれが偏在したり濃縮されて存在すると環境に影響を及ぼすことがある。17β—エストラジオールは天然の女性ホルモン物質(図3)であるが、下水処理場で十分な分解がなされずに河川に排出されているという報告がある。そこで17β—エストラジオールを測定するための高感度・簡便な方法を図4のような酵素免疫法によって開発するとともに、この方法を用いて札幌市内を流れる河川水中のエストラジオールを測定した。その結果、下水処理場からの排水が流れ込んでいる河川でエストラジオール濃度が高いことが確認できた。また、水中のエストラジオールを除去するために、炭素繊維電極を用いる電気化学的手法について検討した。

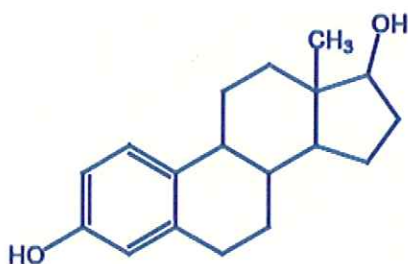
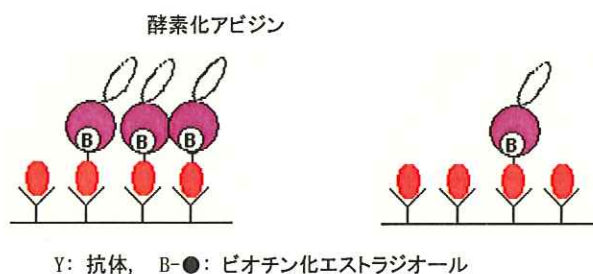


図3 17β—エストラジオール



Y: 抗体, B-●: ビオチン化エストラジオール

図4 酵素免疫アッセイ法

### 4. 化学工場爆発に伴う中国松花江の汚染事故

2005年11月13日、中国吉林省吉林市の石油化学工場で爆発事故が発生し、ベンゼン、ニトロベンゼン等の有害物質約100トンが中国東北部を流れる松花江に流出した。下流にあるハルビン市(人口約350万人)では松花江の水を水道水源としており、汚染物質が通過した11月23日から数日間、水道水の供給が止められたために市民は飲料水を求めて商店に殺到する等のパニックに陥った。下流のチャムスでも同様なことが起こったとされる。その後、汚染物質はアムール川に入り、約1ヶ月後にはロシアのハバロフスクに達し、オホーツク海に出たと思われる。我々は2006年の3月と10月に現地を訪れ、河川水、河川堆積物及び魚試料を採取するとともに、これらの試料中のニトロベンゼンの分析を行った。その結果、何れの試料においてもニトロベンゼンが検出されたが、その濃度はかなり低減されていることが確認できた。さらに、突発的な事故による化学物質の流出に対処するための方法を模索する中で、安価な炭素素材による吸着除去法、並びに図7に示すように磁気分離を利用した汚染物質の除去に関する研究に着手しており、それらについても紹介する。



松花江流域の  
ニトロベンゼン  
による汚染



図6 松花江での試料採取風景

図5 松花江の汚染経過

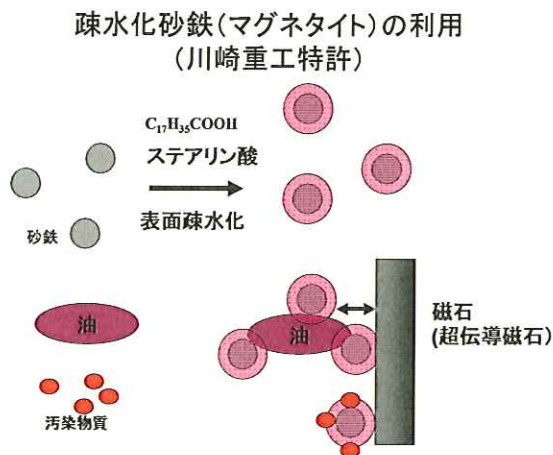


図7 磁気分離を利用した汚染物質の分離

#### 4. 鉛汚染土壌からの鉛の除去

産業構造の変化からかつての工場跡地が商業地域になったり、線路の高架により従来の線路跡地が売却されたりすることに伴い、土壌汚染が顕在化されるようになった。これは土壌汚染対策基本法により、汚染された土壌の所有者あるいは汚染者がその土地を浄化しなければならないことによる。我々はJR北海道との共同研究により、汚染原因の究明とともに、鉛によって汚染された土壌から鉛を除去するための方法論の開発を行っている。この方法はエレクトロカインエティックレメディエーションと呼ばれる方法(図8)であり、汚染土壌を掘り返すことなく処理しようとするものである。この方法の開発の現状と問題点を紹介する。

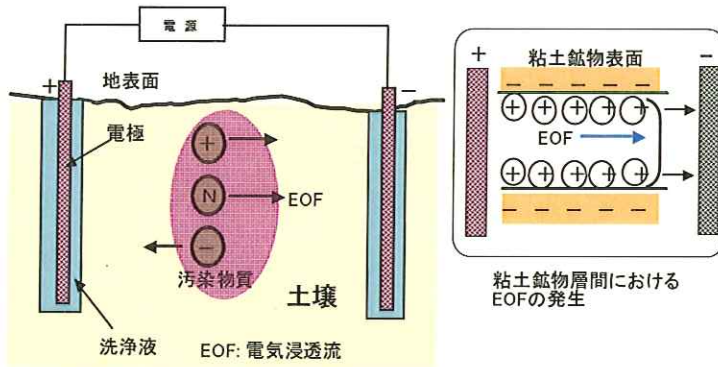


図8 電気化学的移動法の概念図と電気浸透流

## 5. おわりに

近年の環境汚染は、非常に多種多様であり、汚染物質の濃度も濃いものから非常に低濃度なまでの幅広く、生体への影響も様々である。また、突発的に汚染が発生し、短期間に多国間に渡って影響を与えることもある。このような汚染に対処するには、汚染物質を選択的に検出可能な分析法の開発が不可欠であるとともに、多様な汚染物質に対処するための多様な修復技術が必要となっている。また、突発的な汚染への対応についても、吸着剤等の備蓄、各国間の協力体制の整備等を行う必要があるように思われる。