

神戸女学院大学人間科学部 環境科学研究室から

張野宏也*

1. 環境科学研究室では

1960年代の高度経済成長期には、河川や海域は悪臭を放ち、水底にはヘドロが蓄積している状態でした。しかし、近年下水道が整備され、水質はかなり改善されてきましたが、アユなど清流にすむ魚が住める状態まで回復している水域はほとんどありません。また、我々の身の回りの至るところには何十種類もの化学物質が使用され、生活は快適になりましたが、人間が使用した化学物質が排水とともに河川域に辿りつき、水域環境が想像以上に汚染されています。

この研究室では、水質汚濁や化学物質汚染に注目し、汚染実態の調査、魚介類などへの汚染物質の濃縮や影響および水処理の基礎的研究を行なっています。以下に、これまで本研究室で行った代表的な研究の概略を示します。

2. 沿岸域における有機スズ化合物汚染

船底に貝やフジツボが付着すると船舶が航行の際に抵抗が大きくなるため、スピードを維持しようとする大量の燃料消費につながります。そこで、船底塗料中に水棲生物の付着を阻害する化学物質を添加することで防汚する技術が考案されました。塗料中に含有する防汚するための化学物質を船底防汚物質と呼びます。これまでトリブチルスズ化合物 (TBT) とトリフェニルスズ化合物 (TPT) が、もっとも有効な防汚物質として使用されてきましたが、水中に溶出したこれらの化合物は、カキの殻の厚膜化や、バイやイボニシなどの貝類のメスにペニスが生える現象 (インポセックス) を引き起こし、水産資源の減少に導きました。

1980年代に、先進国を中心に TBT の使用に関して規制を行いました。我が国でも 1990 年 1 月にビストリブチルスズオキシド (TBTO) が化学物質に関する審査および規制に関する法律で第 1 種特定化学物質、TPT 関連 7 物質が第 2 種特定化学物質に、同年 9 月に TBT 関連 13 物質が第 2 種特定化学物質に指定されました。これで、実質的には TBTO は使用禁止、TBT や TPT 関連物質は登録をしなければ使用できなくなりました。これらの規制にも関わらず、TBT や TPT 汚染は改善傾向がみとめられず、沿岸域を中心にインポセックスを生じるレ

ベルで確認されました。このため、国際海事機関 (IMO) は、加盟国に対して船底への有機スズ化合物の使用を禁止する「船舶の有害な防汚方法の規制に関する国際条約 (AFS 条約)」を 2001 年 10 月 5 日に採択し、2008 年の 9 月にその条約が発効されました。これで、実質的には TBT の使用が世界的に禁止され、それともない環境中の濃度も減少したと考えられていました。

当研究室ではこれらの規制の効果を検証するために、日本や東南アジア沿岸域を中心に有機スズ化合物のモニタリング調査を行いました。1990 年の規制以前に比べて有機スズ化合物の汚染は回復していましたが、2008 年の IMO に関する世界的な規制後に関してはまだ効果がみとめられず、海水、底泥や水生生物から有機スズ化合物が検出され続けていることがわかりました。また、有機スズ化合物禁止にともなう代替物質についても環境中から検出され続けていることがわかりました。

3. 大和川流域における有機汚濁の解明

河川の汚染源は、かつては有機水銀などに代表されるように工場などの大発生源による汚濁が主でした。しかし、現在では生活排水や農場排水のような無数の小規模で点在する発生源に変わってきており、汚濁負荷削減対策や水質保全対策が困難な状況にあります。

大阪府を流れる大和川は全国の水質ワースト 5 に入



図 1 大和川の中流域

*神戸女学院大学人間科学部 環境・バイオサイエンス学科

る川であり、大阪府と奈良県を流れる第一級河川です(図1)。大和川は平成21年までは関西で水質ワースト1でした。この河川の汚濁要因を解明するために、幹川を中心に上流から下流まで全14点の調査地点を設定し、有機物量、油分およびフミン酸の量を測定し汚染状況の調査を行いました。

大和川の水質をみると、全体的に油分が多く、特に八尾市の町工場地域周辺で濃度が高く、これは小規模な工場から出る排水からの寄与と考えられます。一方、下水処理場や浄化施設があるところでは、どの項目も値の低下がみられました。

有機物量は上流から下流に向けて下がる傾向がみられました。一方、上流ではフミン酸が高い数値を示し、これは山間部での落葉樹、田畑が原因だと考えられます。全流域を通して、有機物と油分の濃度間に相関がみられなかったことから、油以外の有機物が河川に放流されている可能性が示唆されました。

4. 東日本大震災における化学物質の流出

2011年(平成23年)3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)により、地震そのものの被害に加え、津波・火災・地盤沈下によって大きな被害を受けました。三陸沿岸は大津波により壊滅的な被害を受け、宮城県の舞根地区では最大高さ37mの津波が押し寄せ、全52世帯中44世帯が津波で流されました。気仙沼では重油火災も発生しました。災害時には、水産業を始めほとんどの産業の機能がとまり、再開が不可能と言われる状況に陥りました。しかし、住民を中心とした復興にむけた活発な活動により、かなり状況は回復しましたが、この災害による燃油や、工場や造船所で使用される様々な化学物質の流出が、気仙沼湾の水質、底泥やそこに住む水棲生物に悪影響を及ぼしている可能性があります(図2)。

地震および津波による水域の攪乱による底泥の巻きあげや陸上建造物や生活用品の海域への流入により、海水の水質に変化を及ぼしている可能性があるため、この地区を調査しました。2011年6、8～9月に採水した気仙沼から舞根にかけての海水のCOD値(有機物量)

は2mg/L前後であり、環境省が地震前に測定した気仙沼湾のCOD値1.1～3.0mg/Lとほぼ同程度の値でありました。しかし、地震後3～6カ月後では表層水、中層水および底層水のCOD値の差がみられなかったことから、地震、津波等により水が攪乱されていたことが推察できます。

また、2011年8月～2012年7月まで採水を行い、前述した有機スズ化合物の一種であるTBT濃度の変化をみました。2011年8～9月では濃度が高かったのですが、その後減少し、翌年の2012年7月では全国レベルの値となりました。これは、地震の影響で2011年8～9月では水中が攪乱され底泥が舞い上がり一時期濃度が高くなりましたが、それ以後水の動きが穏やかになるとともに、有機スズ化合物に汚染された底泥は沈降し、水中の濃度が減少してきたと考えられます。

底泥のコア試料(柱状試料)は、過去の汚染の経年的な推移を示すのによく用いられます。例えば、大阪湾のコア試料を分析すると、表層泥中のTBT濃度は低く、さらに深くなるにつれ濃度が上昇し、その後また減少をするというパターンを描きます。この深さ方向への濃度の推移と各々の層の蓄積年代から有機スズ化合物の使用時期は1960年頃であると推定することができます。気仙沼や舞根のコア試料中の有機スズ化合物は泥深20cmまでほぼ均一に分布していました。これは、地震により表層泥が攪乱されたことを示しているのかもしれませんが。

有機リン系化合物はプラスチックの可塑剤、難燃剤や農薬と我々が生活を営むうえで、至る所に使用されている物質です。陸上で使用されたこれらの物質が生活排水や海洋埋め立て地からの浸出水に溶け込み河川海域に流出しています。今回の地震の影響で多くの建造物が倒壊し、それらの廃材が津波のひき際に海に戻されるという現象がみられました。有機リン化合物は我々が生活していくうえで、可塑剤、塗料、潤滑油、農薬など至る所で使用されている物質であるため、起源は主に陸域であると考えられます。有機リン化合物が比較的高濃度で海域から検出されたならば、津波等の影響で家財道具などが海域にもちこまれ、水中で家財道具などに使用されている有機リン化合物が溶出したことが考えられます。有機リン化合物の濃度は地震発生後3カ月は、地震の影響のない海域で検出された値よりも高い傾向が認められましたが、その後急激に減少しました。有機リン系農薬では、フェニトロチオンは8、9、11、7月の夏場に比較的高い濃度で検出されました。これは、地震や津波により衛生条件が悪化したため、防疫のために散布されたのかもしれませんが。本研究室では、現在も地震後の化学物質の流出について研究を継続しています。

5. 雨水を緊急時の飲料水としての適用

地球上に存在する水の97%が海水であり、淡水は3%

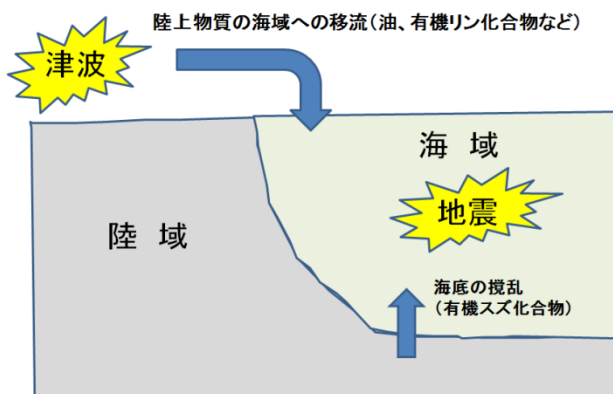


図2 地震や津波による化学物質の流出

で、そのうち0.004%が河川水、20%が地下水でありその他は氷河です。したがって、我々が日常使用できる淡水は河川水と地下水を合わせても、地球上に存在する水の約0.6%とわずかです。また、水は地球上を循環しているのみで増減はなく、限りある資源として考えなければなりません。近年、淡水の使用量は人口の増加とともに急激に増加しつつあり、特にアジアの水利用率は一番高くなっています。水不足を生じないようにするため我々は大切に水を使用しなければなりません。地球温暖化による砂漠化や、急激な人口増加などにより、世界の水は段々と不足し、水不足問題は年々深刻化しています。

このような水不足に対応して、最近では雨水の有効利用が実施されています。たとえば、東京の墨田区や沖縄県では雨水をタンクに集めて、防災や雑用水として使用を推進するとともに雨水タンクを設置する際の助成金制度も行っています。ハワイのオアフ島やオーストラリアの一般住宅でも雨水を未処理で雑用水として使用しています。このように雨水は、水不足を解決する手段として重要であり、とくに、日本や東南アジアの雨水の平均降水量は約1,800mmと世界平均の807mmと比べてかなり多く、有効的に利用すべき資源であります。しかし、我が国で雨水を飲料水として使用する場合は、最も厳しい水道水質基準51項目、清涼飲料水基準22項目またはミネラルウォーター類の基準18項目を満たさなければなりません。

雨水を浄化して雑用水や飲料水として使用する方法のひとつとして、専用水道などに使用されている逆浸透膜やろ過膜などの利用があります。これらの方法を用いると安全性の高い水を得ることができますが、高額な建設および維持費用が必要となるうえ、大きな装置が必要となり各家庭やさらには開発途上国での実用化は困難です。

本研究室では雨水の水質を調べることで雨水の安全性について評価し、緊急時や開発途上国などで飲料水が容易に得ることが困難な状況下の人々に対応するために、身近な材料を用いて雨水を浄化する方法を検討しました。

雨水を貯蔵し、ミネラルウォーター類基準項目18項目について調べると、一般細菌数のみが基準を満たしていませんでした。そこで一般細菌を減少させるための材料として食品に注目しました。その結果、レモンや酢酸といった雨水を酸性にする食品を加えると殺菌効果が現れるということがわかりました。我々の方法では、雨水を常時飲用水として使用することは基準に適合せず不可能ですが、調理用を使用するならば十分に活用する事ができます。レモンを加える量、保存期間など実用化に向けいくつかの課題が残っていますが、身近にあるものを利用して水資源を有効利用するために有益な方法であることはまちがいありません。



図3 水の浄化試験

6. 竹炭を用いた水質浄化

地球上の水は、循環しているのみで増減するものではなく、限りある資源として考えなければなりません。そのためにも淡水である河川、池などを汚さないように心がけることが重要です。現在工業排水や生活排水を公共水域に放流する前に下水処理場で行っている排水処理は沈殿、凝集、殺菌過程が主であり、凝集剤や殺菌剤には塩化第二鉄や塩素といった化学物質を使用しています。化学物質の使用はコストがかかり、時には副生成物を生成します。ここで、できるだけ下水に流す排水量を少なくするために、家庭内から排出する水を、簡単に浄化し雑用水として再利用する方法を研究しています。具体的には、資源の有効活用を考慮して放置竹林となりつつある竹炭の排水処理材としての可能性について検討しました。

生活排水の水質は、有機物や窒素成分が非常に高く、この値も時間によりかなり変化するものであることがわかりました。竹炭を生活排水中に加え水を循環または攪拌させることにより、有機物、窒素および洗剤成分(陰イオン界面活性剤)の濃度が減少しました(図3)。生活排水を雑用水として使用できるまでには、まだまだ改良の余地はありますが、本研究を通して、竹炭は今後の新たな浄化材として期待することができる資源であることがわかりました。



図4 研究室を外から見た風景

7. おわりに

本研究室(図4)では、はじめにでも述べましたように、水質調査と汚染物質された水の処理方法を大きな柱として研究を進めています。特に、処理方法に関しては、持続可能な社会の開発をめざし、廃材とされているものや植物などのバイオマスなどを利用して、効率よく処理できる方法を開発しています。我々の開発した方法が、市民の皆様方の周辺の環境を改善するために少しでもお役に立てれば幸いです。