

## 博士論文要旨

氏名 江口 さやか  
学位の種類 博士（人間科学）  
学位記番号 乙第3号  
学位授与年月日 平成22年3月18日  
学位授与の条件 神戸女学院大学学位規程第5条2項の規程による  
学位論文題目 水環境への汚染物質負荷の低減および監視を目的とした  
モニタリング手法に関する研究  
～エストロゲン様物質と重金属類を対象物質として～

## 論文の要旨

我々人類は家庭生活および社会生活の中で、地球上の資源および地球上に存在しなかった合成化学物質を大量に消費し、環境中に放出してきた。環境は本来、これらの汚染物質の影響を軽減する様々な自浄作用を持ち合わせているが、自浄作用を超える負荷により、環境や野生生物さらに私たち人類にまで悪影響が及んだ例は少なくない。環境の中でも水環境は負荷の最終到達点であり、水環境の保全は我々人類に課せられた使命である。日本の水環境に係わる施策は、これまで“人の健康の保護”や“生活環境の保全”が中心だったが、今後は更に水生生物の保全をも視野に入れた施策を進めていく必要がある。水環境の保全のためには二種類の環境モニタリングが必要である。一つは汚染を未然に防ぐことを目的とした「事業所内部でのモニタリング」、もう一つは環境汚染の監視を目的とした「水環境のモニタリング」である。本研究ではエストロゲン類、有機スズ化合物、鉛の3物質を対象に水環境の現場でモニタリングを行い、各現場の評価を行うとともにモニタリング法についても評価した。また、国内の水環境行政の問題点について考察した。

### <事業所内部でのモニタリング>

対象現場:兵庫県南部地域の下水处理場、対象物質:エストロゲン様物質

下水処理場は本来的には水環境への負荷を軽減する施設であるが、見方を変えれば水環境への負荷源の一つとも言える。下水処理場では、これまで富栄養化対策に力が入れてきたが、1990年代に処理水中のエストロゲン様物質の魚類に対する内分泌攪乱作用が発覚した。しかしながら、エストロゲン様物質の定期的なモニタリングは現在のところ行われていない。我々は下水処理場内で、放流前処理水のエストロゲン様物質活性評価の手法としてはほとんど行われてこなかった、メダカを用いた生物モニタリングを試みた。また、これまで国内で一般的に行われてきた「活性汚泥処理」、近年新規導入が進んでいる高度処理の一つ「礫間接触処理」のエストロゲン様物質除去能力を評価した。

### モニタリングから得られた知見

- ① 調査対象とした下水処理場の活性汚泥処理水は、メダカの血液と肝臓のビテロジェニン合成を誘導したことからエストロゲン様物質の処理が不十分で、高度処理導入の必要性が示された。
- ② 活性汚泥処理はエストロゲン様物質の中でも人工有機化合物の処理に有効だった。
- ③ 礫間接触処理は天然エストロゲン類、特にエストロンの処理に有効だった。
- ④ 活性汚泥処理への返送汚泥処理導入により、エストロゲン様物質の処理能力が向上した。
- ⑤ メダカを用いた生物モニタリングは、処理水中のエストロゲン様物質の動向を高感度に評価できるうえ、複合影響や濃度変動を含めた評価ができることから、下水処理水を現場で評価するための有効なモニタリング手法である。
- ⑥ 「メダカを用いた生物モニタリング」と「水中のエストロゲン類、エストロゲン様物質濃度の分析」を合わせて行うことで、有益な知見が得られた。

### <水環境のモニタリング①>

対象現場:内湾、対象物質:重金属類(有機スズ:ブチルスズ化合物、フェニルスズ化合物)

有機スズ化合物は船底防汚塗料に用いられてきた物質であるが、インボセックスなど海産巻貝に対する内分泌攪乱作用が明らかとなり、国内では化審法、国際的には国際海事条約によって使用規制がなされている。しかしながら、有機スズ化合物は環境試料、野生生物から未だにかなり高濃度で検出されている。今回は京都府舞鶴湾の海水、底泥、ムラサキガイを分析し、その分析結果について検討した。

### モニタリングから得られた知見

- ① 舞鶴湾で採取した試料の有機スズ化合物濃度は日本沿岸海域の一般的な濃度レベルだった。
- ② 舞鶴湾では造船所の近くでも濃度が低く、2003年の文献値と比較して2007年の調査では濃度低下が見られた。これは、使用規制が有効に働いた結果だと考えられる。
- ③ 舞鶴湾では有機スズ化合物の濃度が高い方から順に、底泥>ムラサキガイ>海水であった。海水では、親化合物であるトリブチルスズやトリフェニルスズよりもそれらの分解産物の方が濃度が高かったことから、底泥とムラサキガイをサンプルとして親化合物と分解産物のモニタリングを継続することが必要である。
- ④ 使用規制が行われているにもかかわらず未だに環境中から検出され、濃度上昇が見られた地点もあったことから、有機スズ化合物のモニタリングは今後も必要である。

### <水環境のモニタリング②>

対象現場:内湾、対象物質:重金属類(鉛)

代表的な公害原因物質である重金属による汚染問題は未だに実在する。今回は、鉛廃バッテリーリサイクル業者による極度の鉛負荷が発覚した現場(京都府舞鶴湾)でモニタリングを行った。

陸域では土壌、樹皮、樹皮付着物、水たまりのスス状物質、海域では底泥(表層泥、柱状泥)、二枚貝、空域では大気降下物を採取し、環境中での鉛の動態を調査した。また、ごく最近の環境状態のモニタリングとしてムラサキイガイの移植試験を行った。更に、底泥、土壌については鉛の溶出試験を行い二次汚染源となる危険性の評価を行った。市場の舞鶴湾魚介類については、流通している食品の安全性という観点からの評価を行い、安全性を確認した。これらのモニタリング結果から各分析試料の利点と欠点について考えるとともに、極度な汚染が起きた場合の回復状況、社会的問題について考察した。

#### モニタリングから得られた知見

- ① 舞鶴湾の鉛汚染は汚染源近くで非常に劣悪だったが、広域には広がっていなかった。その理由として底泥と土壌からの鉛の溶出率が低いことがあげられる。
- ② 本調査により、環境汚染は陸域、海域、空域に広がり、複雑に影響しあうことが示されたことから、広い視野を持ったモニタリングが必要である。
- ③ 今回様々なモニタリング試料を分析することでそれぞれの試料の特徴を示した。モニタリングの際は必要に応じてこれらの試料を複数組み合わせるべきである。
- ④ 舞鶴湾の鉛汚染に対して行われた行政や汚染源工場の対策は十分ではなかった。
- ⑤ 汚染対策によって環境が改善されているかどうかを持続的にモニタリングすることが重要である。

以上、本研究では各物質のモニタリングに関して、その必要性や有効なモニタリング手法を明らかにした。モニタリングによって得られる結果は、行政の対策に十分に活かされ、更に地元住民に正しく伝えて還元することが重要である。現在はモニタリング結果を対策に十分活かすための法整備が十分でない。特に一度汚染されてしまった水環境の回復や水生生物の保全に関する法整備が不足している。この段階での取り締まりを厳しくすることは、ヒトの健康を守ること、汚染を未然に防ぐことにつながる。法を整備し、モニタリング結果に基づいて適切な対策をとる体制づくりが望まれる。