

8. 生活における環境リスクを軽減するための技術

研究期間：平成18年度～22年度

プロジェクトリーダー：材料地盤研究グループ長 鈴木穰

担当研究グループ：材料地盤研究グループ（リサイクル、土質・振動、地質）、水環境研究グループ（水質）、寒地基礎技術研究グループ（防災地質）

1. 研究の必要性

21世紀は環境の世紀といわれており、環境への配慮をせずに公共事業を遂行することは、不可能である。水や土壌は人間の生活・経済活動に不可欠であるが、それ以前に、あらゆる生態系の基盤であり、その保全には細心の配慮をしていく必要がある。こうした配慮が、公共事業のあらゆる局面で求められている。ところが、ここ数年をみても生活に密着した水環境あるいは地盤環境に関する問題が各地で頻発している。これら水環境、地盤環境の問題に対しては、適切な対応ができるような技術体系・社会的体制を整備しておくことが社会的要請となってきた。

2. 研究の範囲と達成目標

本重点プロジェクト研究では、水環境に関わる問題のうち、水環境にリスクを与える医薬品や病原微生物等の存在実態等の解明、評価法・対策技術の開発、地盤環境に関わる問題のうち、土壌・地下水汚染および自然由来の汚染の分析法・評価法・対策法を開発を研究の範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- ①医薬品・病原微生物等の測定手法の開発および存在実態・挙動の解明
- ②水質リスク評価および対策技術の開発
- ③地盤汚染分析法および評価法の開発
- ④地盤汚染対策法の開発

3. 個別課題の構成

本重点プロジェクト研究では、上記の目標を達成するため、以下に示す研究課題を設定した。

- ①生理活性物質の水環境中での挙動と生態系影響の評価方法に関する研究（平成18～22年度）
- ②下水道における生理活性物質の実態把握と制御手法の開発に関する調査（平成18年度～22年度）
- ③水環境中における病原微生物の消長に関する研究（平成18年度～22年度）
- ④土壌・地下水汚染の管理・制御技術に関する研究（平成18年度～22年度）
- ⑤自然的原因による重金属汚染の対策技術の開発(1)（平成18年度～22年度）
- ⑥自然的原因による重金属汚染の対策技術の開発(2)（平成18年度～22年度）

4. 研究の成果

本重点プロジェクト研究の達成目標に関して成果を要約すると次の通りである。なお、個別課題の成果は、8.1以下の個別報告に示す。

(1) 医薬品・病原微生物等の測定手法の開発および存在実態・挙動の解明

医薬品分析法については、生産量が多い医薬品や国内で検出例のある医薬品など95物質を選定して、その一斉分析法を開発した。また、抗インフルエンザウィルス剤のタミフルとその代謝物、抗真菌薬等の分析法を開発した。

95物質の一斉分析法を用いて、水環境中での医薬品類の存在実態・挙動の解明を行った。流域の負荷条件が異なる農村地域（畜産業の有無）や下水道普及状況の異なる都市域などの河川で実態調査を行った結果、検出医薬

品類の種類数と濃度は、流域内汚濁負荷源の種類や量および排水の処理レベルと相関があることが明らかとなった。医薬品類の濃度を下水処理水と比較すると、多くの物質は下水処理水を下回る濃度であったが、これら挙動については土壌への吸着の可能性も含めて検討する必要がある。また、晴天時と雨天時の医薬品の流出実態調査を行ったところ、都市域の小河川においては晴天時と雨天時でほぼ同じ濃度値を示すのに対し、畜産施設を含む農村地域的小河川においては、雨天時に晴天時の10倍以上の濃度上昇を示す物質が見られた。さらに、湖沼とその流入河川における実態調査を行った結果、湖沼内で減少を示す物質や変化が小さい物質が確認されたほか、流入河川水濃度に比べ湖沼内濃度が高い傾向を示すものが見られた。今後は、雨天時の流入負荷や湖沼への直接排出負荷も併せて調査し、検討する必要がある。

下水処理場における医薬品の存在実態を調査したところ、調査した92物質中、流入水から86物質、放流水から85物質が検出された。また、流入水および放流水の除去率を算出したところ、医薬品類の特性ごとに100%からマイナスまで広い範囲に分布した。水生生物に対する生態リスクが大きい可能性が指摘されている医薬品についてSRTの違いによる医薬品除去特性の把握調査を行ったところ、7日と21日程度のSRTの違いでは、医薬品除去率に違いはみられなかった。

感染性胃腸炎の原因として注目されるノロウイルスについて、分子生物学的手法を用いて下水試料等からの検出方法を検討し、濃縮法、遺伝子抽出、逆転写反応等について、最適な測定条件を確立した。また、クリプトスポリジウムの不活化評価を行うため、FISH法を適用したところ、実験動物法や細胞培養法と比較して安価、簡易、迅速に評価が行える可能性が示された。

薬剤耐性菌に着目して下水処理場における実態を調べたところ、流入下水に比較して処理水の多剤耐性株の割合が上昇していた。特に、病院系排水を処理する下水処理場においては、多剤耐性株の割合が60%と高かった。試験に供した全ての大腸菌株において耐性遺伝子が検出されたことから、処理水における多剤耐性株の割合の上昇は、耐性遺伝子の伝播が1つの要因であると考えられる。しかし、塩素消毒の強度を高めることで薬剤耐性菌は不活化可能であると。

(2) 水質リスク評価および対策技術の開発

医薬品類の生態影響については、51物質について5生物種を用いたバイオアッセイを行うとともに、文献調査による生態毒性データの収集を行い、122物質について予測無影響濃度(PNEC)を算出した。複数の生物種の中で藻類に対して特に強い毒性を示す医薬品が多く見られたことから、医薬品類の水生生物に対する生態影響を検討する際のスクリーニングとして、藻類生長阻害試験が活用できると考えられる。さらに、河川水中の医薬品類濃度とPNECを用いて生態リスク初期評価を行った結果、「詳細な評価を行う候補と考えられる」との判定区分に数種の抗生物質と殺菌薬が該当した。

河川水の生物影響を、固相抽出による濃縮試料について、藻類生長阻害試験により評価したところ、約1/4の試料で生長阻害が検出された。藻類に対する毒性の強さには、溶存有機物濃度等との間に正の相関が見られた。さらに、メダカを用いた都市河川水の魚類影響について遺伝子レベルでの評価を試みたところ、臓器毎の遺伝子発現の変化から、多角的な魚類影響を評価できることがわかった。

下水処理水中に残存する医薬品類の除去率を向上させるため、微生物保持担体を用いた好気性生物膜法を適用したところ、下水処理水から検出された65物質のうち28物質について50%以上の除去率が得られた。また、塩素処理を適用した場合、医薬品類全体として60~70%程度が除去され、特に、生態毒性の強い医薬品類の除去率が高かった。

消毒等によるノロウイルスの不活化効果を推定するため、形態の類似したネコカリシウイルスを用いた手法を検討した。塩素消毒強度の増加に対して、ノロウイルス、ネコカリシウイルスともに遺伝子量減少が同様の傾向を示したことから、ノロウイルスの不活化効果は、ネコカリシウイルスの遺伝子減少量と不活化効果の関係をを用いて推定することが可能であると考えられる。

(3) 地盤汚染分析法および評価法の開発

重金属等の溶出可能性の高い地質体を把握するため、堆積岩地域における重金属等の溶出情報を収集したとこ

ろ、海成層のみならず陸成層においても溶出事例が見られことから、幅広く注意を払う必要があることが明らかとなった。また、北海道における重金属 GIS マップを作成し、重金属を含有する地質について検討したところ、新第三紀火山岩類で 37%、付加体の堆積岩類で 22%と多いことが判明した。また、岩石の汚染リスクを簡易に判定するため、コア観察による手法を検討したところ、岩石の色調や硬軟から変質状況を区分する方法は、ヒ素の含有や溶出の傾向を概略的に把握する方法として活用が可能であり、携帯型蛍光 X 線分析装置による分析結果と合わせることでより効果的な判断が可能であることが判明した。

大量の建設発生土について短時間で汚染の可能性を把握するため、検液作成に要する時間を 20 分程度まで短縮可能な土研式簡易前処理法を開発した。本前処理法による測定では、フッ素については公定法と比較的良好な相関が得られたが、その他のヒ素等については、適用範囲を考慮の上、現場の土壌を用いて迅速判定法と公定法の相関を取るなど、十分な留意が必要と考えられた。

岩石からの重金属等の長期溶出特性を評価するため、短期間試験の適用・組み合わせについて検討した。酸化環境においては、泥質岩を除いて短期溶出試験と酸性化可能性試験の組み合わせによる評価法、還元環境においては、酸性化可能性の判断の後に、最大粒径 40mm での溶出試験あるいは 2mm 溶出試験による評価法を、長期溶出特性の評価方法として提案した。

有害物質による地盤汚染の定量的な影響評価を行うため、サイト概念モデルを用い、現場で使用可能な簡易なソフトウェアについて検討した。この結果、必要なパラメータを表計算シートから入力することで次元の移流分散解析を行い、有害物質が周辺環境に与える影響を評価することのできる「1DTRANSU」を整備した。本ソフトは、「1DTRANSU」は土木研究所のホームページから配布している。

(4) 地盤汚染対策法の開発

掘削刷りを盛土構造物に利用することを目的として、盛土の締固めの有無や覆土条件の違いによる重金属等の溶出特性を検討した。盛土の内部環境および浸出水のモニタリングを行った結果、岩石の違いによる酸素濃度や溶出特性の違いが明らかとなり、酸化的な内部環境を維持する覆土構造が重要であること、締固め、覆土と植被によって、盛土から環境への重金属等の負荷量を低減できる可能性があることを明らかにした。

また、植物を用いた浄化工法の適用性について検討した。植生ごとのヒ素吸収量等を評価することにより、浄化目的で使用する場合には土壌のヒ素含有量の条件に制限があることを示した。

以上の地盤汚染に関する研究成果の一部は、国土交通省が公表した「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（暫定版）」や、「建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル（改訂版）」に反映させた。

8. DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES TO REDUCE ENVIRONMENTAL RISKS CAUSED BY URBAN AND/OR NATURAL POLLUTION SOURCES

Abstract: It is said that the 21st century is the century of the environment; therefore, it is necessary that public works take into consideration its effect on the environment. Clean water and ground are the basic requirement not only for the civic life and social activities but also for the ecosystem. This project carries out the elucidation of occurrence and behavior of pharmaceuticals and microbes, development of measurement methods for them in the water environment, and development of countermeasures, evaluation and analyzing methods for geopollution.

Keywords: water environment, ground environment, pharmaceuticals, microbes, geopollution