

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 脇坂安彦

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、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、病原微生物および環境ホルモン等の存在実態等の解明、測定法・評価法の開発、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・対策法の開発を研究の範囲とし、以下の達成目標を設定した。

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

水質リスク評価および対策技術の開発

地盤汚染分析法および評価法の開発

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。

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）

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）

水環境中における病原微生物の消長に関する研究（平成16年度～22年度）

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）

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）

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個別課題の平成20年度における成果は、以下の個別論文に示すとおりである。なお、既述の達成目標に関して、成果と今後の課題について要約すると次の通りである。

(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

「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」では、医薬品95種類の一斉分析法を用い、水環境中での医薬品等の実態把握を行った。その結果、以下のことが判明した。

生活排水の排出割合が小さい集水域の河川では、検出される医薬品数が少なくその検出濃度も低い。生活排水の排出割合が多い集水域の河川では、検出される医薬品数が多くその検出濃度も高い傾向を示した。

下水道人口を除く流域内人口が大きいほど、医薬品排出負荷量が大きくなる傾向があった。また、人口一人当たりの各医薬品排出負荷量は、それぞれ全調査地点の平均値の0.1～2.5倍の範囲にあった。

比較的滞留時間の長い湖沼とその流入河川について調査を行い、流入 11 河川の医薬品検出パターンは、地点毎に大きく異なっているが、湖沼内 3 ヶ所で採取した試料の検出パターンは概ね同じであり平均化されていることが確認された。

「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」では、標準活性汚泥法に準じた運転を行っている活性汚泥処理実験プラントにより医薬品の挙動把握調査を行い、以下の結果を得た。

流入水の溶存態試料から約 60 物質が検出され、懸濁態試料から約 20 物質が検出された。

調査試料の溶存態/懸濁態比率から、流入水、初沈流出水、終沈流出水中に存在する医薬品はその殆どが溶存態試料に含まれていることがわかった。

流入水の溶存態試料から検出された約 60 物質のうち 1/3 に当る約 20 物質が 70%以上の除去率で生物処理により除去されていた。

流入水の懸濁態試料から検出された医薬品約 20 物質の生活污水への濃縮は、消化性潰瘍用剤の sulpiride、acetaminophen 等一部の医薬品が数倍～約 10 倍濃縮されている結果となった他は、濃縮倍率が 1 倍以下であり、多くの医薬品は濃縮していないことがわかった。また、活性汚泥への濃縮もほとんど見られず、多くの医薬品は活性汚泥に蓄積することはなかった。

「水環境中における病原微生物の消長に関する研究」では、水試料中のノロウイルスをリアルタイム RT-PCR 法により定量するにあたり、陰電荷膜法による検出濃度の向上を目的に、MgCl₂の添加濃度を変動させウイルス検出濃度に及ぼす影響を検討するとともに、試料中のノロウイルス濃度の違いが PCR 実測値の精度に及ぼす影響を検討した。その結果、以下のことが判明した。

MgCl₂の添加濃度を変動させ陰電荷膜法による検出濃度を評価したが、検討の範囲内において検出濃度の大幅な向上は見込めなかった。

PCR 実測値の濃度レベルが低いと、ウイルスの定量精度に及ぼす影響が大きくなる可能性が示された。

PCR 実測値が低濃度と想定される試料の測定では、精度を上げるため、多重測定を実施する必要があるものと考えられた。

(2)水質リスク評価および対策技術の開発

「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」では、バイオアッセイを用いた医薬品等の生態リスク評価を実施し、以下のことが判明した。

医薬品類 44 物質を対象に、細菌、藻類、甲殻類、両生類、原生動物を用いた生態毒性試験を行ったところ、藻類が医薬品に対して最も高い感受性を示した。また、抗菌薬の triclosan は、低濃度において生物種すべてに毒性を示した。

バイオアッセイ結果から予測無影響濃度 (PNEC) を算出したところ、抗生物質および抗菌薬において 0.1 μg/L 未満のものが存在した。

河川水について、個々の医薬品の生態リスク積み上げと、濃縮試料について求めた総体的生態リスクを比較したところ、医薬品の生態リスクは総体的生態リスクの 15%程度と試算された。

「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」では、下水処理水中に残存する医薬品の除去率向上手法を検討するために、下水処理水に、微生物保持担体を用いた好気性の生物膜法 (担体処理) および急速砂ろ過法を適用し高度処理を行った。その結果、以下のことが判明した。

下水処理水の溶存態試料から検出された 65 物質のうち、28 物質は 50%以上の除去率で下水処理水 + 担体処理 + 急速砂ろ過で除去されていた。

「水環境中における病原微生物の消長に関する研究」では、ノロウイルスの不活化効果を推定するための基礎データを得ることを目的に、ノロウイルス代替指標としてのネコカリシウイルスと下水試料から分離したノロウイルスの塩素消毒実験を行い、消毒耐性と遺伝子量の変動割合について検討した。その結果、以下のことが判明した。

塩素消毒によりネコカリシウイルスを 3log 不活化するために必要な Ct 値は 40mg・min/L 程度であった。

下水試料から分離したノロウイルスを塩素消毒すると、リアルタイム RT-PCR 法による定量値に若干の減少傾向が示され、Ct 値と遺伝子の減少量には弱い相関関係が見られた。

(3) 地盤汚染分析法および評価法の開発

「土壌・地下水汚染の管理・制御技術に関する研究」では、自然由来の重金属等を含む岩石・土砂等やストックヤードの土（搬入土および改良土）について簡易分析法を適用し、公定法による溶出量と比較した。その結果、以下のことが判明した。

ヒ素や鉛では、溶出量が簡易分析法で環境基準値未満であると評価されても、公定法では環境基準値を超える場合があった。なお、鉛については、逆のケースも見られた。さらに、環境基準と簡易比色計の測定範囲が合わないという問題があった。

ホウ素では、今回調べた範囲では溶出量が環境基準を超えるケースがなく、溶出量が環境基準を超える場合の簡易分析法と公定法の相関等を評価できなかった。

フッ素の簡易分析法については問題点が顕著には現れず、溶出量を短時間で推定する手法としての相当の適用性が存在すると考える。

「自然的原因による重金属汚染の対策技術の開発(1)」では、重金属等の溶出可能性の高い岩石等の調査手法に関して、土研式雨水曝露試験を実施することにより、溶出液の長期的な酸性化判定手法の評価を行うとともに、各種重金属等の長期的な溶出に関する傾向について検討した。その結果、以下のことがわかった。

土研式雨水曝露試験による溶出液の長期的なpHの変化と、過酸化水素水を用いるpH試験方法の結果とを比較したところ、両者は整合的であり、過酸化水素水を用いるpH試験方法による判定は、溶出液の長期的な酸性化の判定に有効であることが判った。

溶出液中の重金属等の濃度は、多くの元素については長期的に溶出量が低下するが、ほう素については増大するものがあることが判った。これらの現象については、今後解明に向けて検討が必要である。

(4) 地盤汚染対策法の開発

「土壌・地下水汚染の管理・制御技術に関する研究」では、微生物のダイオキシン類分解能力を利用した長期的なリスク低減技術に関して、微生物機能促進のための栄養塩拡散方法について検討した。その結果、以下のことが判明した。

小型土槽実験により、間隙水の流動がほとんどない条件の下、地盤に栄養塩を注入した際の栄養塩の拡散状況を調べ、注入条件や土の種類等が拡散状況に与える影響について定性的に把握した。

「自然的原因による重金属汚染の対策技術の開発(1)」では、重金属等含有岩石等への対策方法について、自然環境下での溶出過程の解明、および対策方法の現場適用性の検証のため、土木研究所（つくば）構内において屋外実験に着手した。その結果、以下の成果を得た。

重金属含有ずりによる実験用盛土を構築した。特に、コスト縮減に役立つと考えられる覆土工法の効果を検討するため、実験ケースとして覆土を行わないケースと行うケースを設けた。

盛土内の酸素濃度、電気伝導度、土壌水分、温度の測定、盛土内部の水および盛土底面から浸出する水の採取及び分析を平成21年度から開始する予定である。

「自然的原因による重金属汚染の対策技術の開発(2)」では、自然由来重金属の対策・処理方法の研究の一環として、積雪寒冷地における植物浄化工法に関し、北海道の旧鉱山周辺の植生調査および選定植物による重金属の吸収性能に関わる栽培実験を行った。その結果、以下のことが判明した。

植生調査では、ヒメスイバおよびヒメノガリヤスの2種類の植物で比較的高濃度のヒ素が確認された。ヒ素含有量は、ヒメスイバが194.9 mg/kg、ヒメノガリヤスが80.99 mg/kgである。

栽培実験では、ヒメスイバのヒ素含有量は最大で361mg/kgの吸収が見られ、この値は植生調査結果よりも大きな値を示した。ただし、ヒ素の高集積植物の目安である1,000mg/kg以下であることやヒ素高濃度の土壌で枯死する場合もあることから、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ものと考えられる。

栽培実験におけるヒメノガリヤスのヒ素含有量は20mg/kgと小さく、植生調査結果よりも小さい値を示した。これは、植生調査地で生育している土壌が酸性であるのに対し、本試験で用いた土壌が中性であるため、ヒ素吸収能力は土壌のpHに左右されたと考えられる。

8. DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR DECREASING RISK OF LIFE ENVIRONMENT

Abstract: It is said that the 21st century is the century of the environment, so it is impossible to do public works without consideration of the environment. Water and ground is necessary for human life and social activities, and they are the base of the ecosystem. Therefore, careful consideration of water and ground environments is needed; consideration of them is required for public works. 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