

⑩ 流域スケールで見た物質の動態把握と水質管理技術

研究期間：平成 23 年度～27 年度

プロジェクトリーダー：水環境研究グループ長 池田茂

研究担当グループ：水災害研究グループ、水環境研究グループ（水質チーム）、材料資源研究グループ（リサイクルチーム）、

1. 研究の必要性

公共用水域の水質は、「水質汚濁に係る環境基準」における、「人の健康の保護」に係る項目は達成率が次第に高まっているが、有機汚濁等の「生活環境の保全」に係る項目については、特に閉鎖性水域において改善が十分に進んでいない。

安全・安心への関心の高まりの中で、科学技術に関する基本政策について（答申原案）（総合科学技術会議、22 年 11 月 17 日）では、社会インフラのグリーン化や、人の健康保護や生態系の保全に向けて、大気、水、土壌における環境汚染物質の有害性やリスクの評価、その管理及び対策に関する研究を推進することが位置づけられている。

これらの解決にあたっては、栄養塩類をはじめとする汚濁物質による水質障害への対応、病原微生物等によりもたらされる水質リスクへの対応を、流域スケールの視点での物質動態を踏まえ、河川管理者や下水道管理者がその役割の下ですすめていく必要がある。

2. 研究の範囲と達成目標

本プロジェクト研究では、流域スケールでの統合的な水質管理技術の確立を見据え、有機物や栄養塩類を対象とした負荷原単位把握、汚濁現象の解明・モデル化、病原微生物等を対象とした調査方法開発、実態・挙動の解明、対策手法の提案を、雨天時汚濁負荷、微量金属動態等の、従来十分に考慮してこなかった因子も加えてすすめることとし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 各土地利用における物質動態を統合した流域スケールでの水・物質循環モデルの構築
- (2) 流域からの汚濁負荷が閉鎖性水域の水質におよぼす影響の解明と対策手法の提案
- (3) 流域スケールで見た水質リスクの把握と対策技術の提案

3. 個別課題の構成

本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) 流域スケールで見た物質動態特性の把握に関する研究（平成 23～27 年度）
- (2) 土地利用や環境の変化が閉鎖性水域の水質・底質におよぼす影響に関する研究（平成 23～27 年度）
- (3) 水環境中における病原微生物の対策技術の構築に関する研究（平成 23～27 年度）

4. 研究の成果

本プロジェクト研究の個別課題の成果は、以下の個別論文に示すとおりである。なお、「2. 研究の範囲と達成目標」に示した達成目標に関して、平成 26 年度に実施してきた研究内容と成果について要約すると以下のとおりである。

(1) 流域スケールで見た物質動態特性の把握に関する研究 ①

河川や閉鎖性水域において、種々の対策が行われているにも関わらず栄養塩濃度は横ばい傾向にある。発生源ごとの水域への栄養塩類の流出機構が明確でなく、発生源毎の寄与度と対策効果を総合的に評価できる流域規模の水・物質循環モデルが必要である。本研究は、印旛沼高崎川流域を対象に、家畜排せつ物法の適用前後での流域の家畜の状況を調査し、畜産由来の汚濁負荷（窒素、リン）、都市由来、森林由来のサブモデル化を検討し、こ

れまで土木研究所で開発した WEP (Water and Energy Process) モデルのサブモデル開発を目的として実施している。平成 25 年度までに畜産における排泄物管理が河川への栄養塩 (N,P) 負荷流出に与える影響を評価するための畜産流出サブモデル、さらに、都市由来サブモデル、森林由来サブモデルを検討した。平成 26 年度は、印旛沼高崎川流域の小流域で平成 26 年度に観測した水質データを使って検証を行った。さらに、都市域の占める割合の多い、他流域での適用性を検討するため、印旛沼内でモデル流域を選定し検討の準備を行った。

(2) 流域スケールで見た物質動態特性の把握に関する研究 ②

河川集水域からの栄養塩類の雨天時の流出機構を解明するため、印旛沼流入河川である高崎川で雨天時の平均流出濃度 (Event Mean Concentration; EMC) と水と硝酸イオンの安定同位体比に着目した負荷量調査を行った。流域の土地利用が主に市街地の地点と主に畑地の地点における負荷量と流量の関係を季節毎に求めた結果、季節変動がみられなかった。流域の土地利用が主に市街地の地点における雨天時の EMC の傾向について検討した結果、DOC、全窒素、全りん の EMC は総雨量・時間最大雨量との相関がみられた。また、安定同位体比モデルにより、雨天時の窒素負荷源の寄与率を推定した結果、流域の土地利用が主に市街地の地点では、窒素負荷源が時間経過とともに大きく変動し、流域の土地利用が主に畑地の地点では、窒素負荷源は時間経過に関わらずほぼ畑地由来であることが示唆された。

(3) 土地利用や環境の変化が閉鎖性水域の水質・底質におよぼす影響に関する研究

本研究は、流域からの汚濁負荷が閉鎖性水域の水質におよぼす影響の解明と対策手法の提案を目的とし、環境の変化が水質・底質に与える影響およびそれらが発生する藻類種に与える影響の解明を試みている。これまでの研究では、気象・水象データから近年のアオコ増殖要因を検討し、降雨量、風向などが、藻類の異常増殖を助長しうる要因であることを見出してきた。今年度は、霞ヶ浦において、台風による出水前後の底質を採取し、嫌気・好気条件下で 20 日間の溶出試験を行った。その結果、流入河川に近い地点で、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出速度が台風通過後に大幅に上昇していることを確認した。また、次世代シークエンサーを用いた菌叢解析の結果、霞ヶ浦では、流入河川に近い地点において、表層と底層に菌叢の差が見られず、底質が攪乱されている可能性が考えられ、台風通過後は、硝化ポテンシャルが他の地点よりも低かった可能性が考えられた。

(4) 水環境における病原微生物の対策技術の構築に関する研究

検出技術の高度化により、下水や環境水でのウイルス、原虫類などの病原微生物の汚染実態が徐々に明らかになりつつある。しかし現行の水質指標である大腸菌群では、新たな病原微生物の汚染の実態を十分に把握できないこともあり、公共用水域への各種汚染源の解明、汚染レベルや汚染源の特徴に応じた対策手法の構築が望まれている。

26 年度は、紫外線、塩素消毒による抗生物質耐性大腸菌の不活化評価を行うとともに、逆転写や PCR 条件などが NV 定量値へ及ぼす影響を明らかにすることで、検出感度向上のための改善方策を評価した。また、合流式下水道越流水が放流先水域へ及ぼす影響と対策手法として雨天時活性汚泥処理法による NV の削減効果を把握した。

その結果、二次処理水中に添加した 0 剤、5 剤耐性大腸菌の消毒による不活化効果は、紫外線照射線量を $10\text{mJ}/\text{cm}^2$ 以上とすることで $4\sim 5\text{log}$ 程度、塩素の添加濃度を $4\text{mgCl}/\text{L}$ 、接触時間を 15 分間とした条件においては $3\sim 5\text{log}$ 程度であった。逆転写 RNA 量・回数および PCR 反応容量に対する供試水量をコントロールすることで、ノロウイルスの検出感度が向上することを明らかにした。雨天時の越流水は公共用水域に対するノロウイルス汚濁負荷源として考慮する必要があると考えられ、降雨時の雨天時活性汚泥処理時におけるノロウイルスの流入負荷量を 1 とし、流入負荷量に対する処理水の負荷量比を求めたところ概ね 0.1 と整理された。

RUNOFF-MECHANISMS OF MATERIAL AND MANAGEMENT METHOD FOR WATER QUALITY ON BASIN SCALE

Research Period : FY2011-2015

Project Leader : Director of Water Environment Research Group
SHIGERU Ikeda

Research Group : Water-related Hazard Research Group
Water Environment Research Group(Water Quality)
Material and Resources Research Group(Recycling)

Abstract : The water quality improvement of closed water body is not advanced enough. In order to prevent outbreaks of infectious diseases caused by microbes contained in water bodies, it is necessary to ensure that the natural water is safe with respect to microbes. This project carries out the elucidation of runoff characteristics of nutrient in terms of rainfall-runoff and land use, development of watershed runoff model, development of measurement methods and countermeasures for microbes, and the elucidation of occurrence and behavior of them.

Key words : nutrient dynamics, watershed model, closed water body, land use, microbes