

氏名	黒田 直樹
所属	都市環境科学研究科 都市環境科学専攻 都市基盤環境学域
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市環境博 第 316 号
学位授与の日付	令和 3 年 9 月 30 日
課程・論文の別	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題名	大河川下流部の汽水性湿地における土壌塩分の長期推定モデルに関する研究
論文審査委員	主査 教授 横山 勝英 委員 教授 今村 能之 委員 准教授 新谷 哲也 委員 名誉教授 石川 忠晴（東京工業大学）

### 【論文の内容の要旨】

我が国の河川の汽水域では、淡水と海水が混合することにより特有の環境が形成される。そこには汽水性特有の魚類や底生動物が生息するとともに、これを捕食する鳥類等がみられ、独自の自然環境を形成している。汽水域のうち水際の湿地には、止水性の環境が形成され、魚類の産卵場や仔稚魚の生息場として、湿地特有の環境を形成している。しかし、1960年代の高度経済成長期以降、我が国の河川の河口では港湾等の整備のために埋め立てが進み、多くの湿地が消失した。

都市中小河川では3面・2面コンクリート化が進行し、水際の湿地は完全に消滅したが、高度利用が進んだ河口や直立護岸が連続する中小河川での水際湿地の再生は実質困難である。一方、大河川に目を向けると、治水面や利用面の目的から、高水敷は低水路と明瞭に分離され、グラウンド等として整備されている河川が多いものの、この一部を切り下げることにより、湿地の再生の余地が残されている。

汽水性の湿地の創出においては、塩分の供給源となる低水路に加え、湿地内の塩水の挙動を考慮した検討が必要と考えられる。さらに底質中に生息するカニ類やゴカイ類等のベントスのことも考えると、土壌塩分のコントロールも必要となる。しかし、汽水域の湿地の土壌塩分の挙動に着目した研究事例はほとんどない。

そこで本研究では、大河川の河岸湿地における長期塩分変動を推定するモデルを開発した。さらに、この結果を入力条件として、湿地内の湛水塩分と土壌塩分を推定するモデルを開発した。

第1章は序論であり、本研究の背景および目的を述べ、本論文の構成を示している。

第2章は、研究方法であり、対象地の概要と現地観測・実験方法を述べている。対象地は東京都を貫流する荒川の汽水区間（荒川 12km 地点）に位置する五反野ワンドである。ここで、ワンド内の湛水塩分の連続観測、土壌塩分の鉛直分布に関する現地計測、土壌の簡易透水試験を行った。水と土壌の塩分計測は、2019年11月27日～2020年12月27日の13か月間行った。別途、国土交通省が荒川下流域と東京湾で測定している塩分データ、水資源機構による秋ヶ瀬取水堰の流量データ、及び気象庁による東京湾の潮位データも解析に用いた。

第3章は、河岸湿地に流入する河川表層水の塩分推定モデルの開発について述べている。河川の塩分の観測結果から、小潮、中潮、大潮の塩分の挙動として、中潮の表層塩分が最大となり、月齢に伴い周期的に変動していることが分かった。この変動をモデル化するにあたり、長期計算には実務上の制約が大きい三次元や鉛直二次元ではなく、実用性を重視して半経験的なモデルとした。まず、流量が少なく東京湾の塩分が安定している冬季を対象として、小潮の塩分成層を表す指標としての「下層と表層の塩分差 ( $\Delta S$ )」、強混合に伴う塩水層後退の指標としての「下層と表層塩分の平均値 ( $S_{av}$ )」を設定し、低水路の流速振幅  $\Delta U$  との関係を一階の微分方程式で表現した。次に、東京湾の塩分と低水路表層塩分の間接関係を上記のモデルに組み込み、洪水期を含む通年の検証を行って、良好な再現性を確保できることを示した。

第4章は、湿地土壌の塩分推定モデルの開発である。湿地土壌の組成はシルト・粘土質が72.1%であり、土壌塩分の鉛直分布を定期的に測定した結果、月単位のみならず日単位でも土壌塩分は表層から40cmの全層に渡りほぼ一様に変動することが分かった。また、簡易的な透水試験を現地で実施したところ、生物由来の穴を維持した試料の透水係数は  $1.3 \times 10^{-1} \sim 1.9 \times 10^{-2} (\text{cm}/\text{sec})$  を示し、みだして穴をなくした試料の透水係数より  $10^4$  オーダー大きいことが分かった。この原因として、湿地土壌にはカニ類やゴカイ類により形成された穴が多数見られ、この穴が透水性を高めていることを確認した。この結果を踏まえて、一階の微分方程式で表現される半経験モデルを開発した。入力条件には3章で推定した低水路表層の塩分時系列を用い、土壌塩分を通年で良好に再現できることを示した。

第5章は、河岸湿地の造成に関するシナリオ検討である。現況の湿地は小規模であるが、その面積を拡大した場合には、湿地内の水平的な塩分の拡がりも考慮することが必要であるため、塩分の平面二次元モデルを構築した。そして、「低水路表層塩分推定モデル（第3章）」、「土壌塩分推定モデル（第4章）」、及び「平面二次元モデル（第5章）」を連結することにより、潮汐、河川流量、東京湾の塩分のみを入力条件として、湿地内の湛水塩分と土壌塩分の長期の予測が可能であることを示した。さらに、面積の違うモデル湿地を設定して、塩分環境の変動をシナリオ検討し、本モデル群が汽水性湿地の創出の検討ツールとして使用できることを示した。

第6章は結論であり、本研究で得られた知見をまとめるとともに今後の課題を述べた。