

学 位 論 文 要 旨

那須野ヶ原扇状地における地下水硝酸態窒素汚染のモデル解析

Modeling Analysis of NO₃-N Pollution of Groundwater in Nasunogahara Alluvial Fan

生物生産学専攻 農業工学連合講座

宗村広昭 (SOMURA Hiroaki)

地下水の硝酸態窒素による汚染が、日本を含め、世界各地で深刻な問題となっている。この原因として、畑地への過剰施肥や畜産糞尿の野積みによる不法処理などが考えられる。硝酸態窒素による人体への影響も報告されている中で、この進行を軽減し、地下水を保全・管理していくことが非常に重要な課題であるといえる。そこで本研究では調査対象地域として、畜産糞尿の大量排出などによって地下水水質の悪化が懸念されている那須野ヶ原を選定し、窒素汚染をモデルによって表現することを試み、1) 地下水水質の継続観測に基づく硝酸態窒素汚染の実態把握、2) 硝酸態窒素の濃度変化を引き起こす負荷流入メカニズムの解明、3) 年間窒素収支の推定、4) 水文モデルに窒素負荷の挙動を付加した水文水質モデルの構築、を目的に研究を進めた。論文の内容は以下のように要約される。

第1章「序論」では、研究の背景について述べ、既往の研究を整理した上で、研究目的の設定について述べた。また、第2章「研究対象地域の概要および研究方法」では、研究対象地域である那須野ヶ原について、地理的概要、地質、土地利用、地下水の視点から説明し、研究の方法を述べた。

第3章「地下水窒素汚染の実態および汚濁機構の解明」では、長期にわたる観測結果に基づいて、硝酸態窒素濃度が夏季になると上昇し、冬季になると低下するパターンを繰り返すことや、降雨浸透が硝酸態窒素濃度を上昇させる傾向にあることを明らかにした。またそれは、土壌内に大量に貯留された汚濁負荷が降雨浸透と共に地下水帯へ流入することによって引き起こされることを解明した。さらに、汚濁源ごとにダイヤグラムを作成し年間窒素収支を推定することによって、地下水窒素汚染の主原因が畜産糞尿であることを定量的に把握した。本地域にお

いては、伏流水の存在が地下水水質を比較的低濃度に抑えるための大きな役割を果たしている」と推察された。

第4章「集中型水文モデルを利用した地下水窒素汚染のモデル解析」では、那須野ヶ原で構築された既存の水文流出タンクモデルをベースにした地下水窒素負荷流入モデルの構築を試みた。窒素負荷の流入過程を表現するために、タンクモデルにL-Q型と溶け出し型の2種類の窒素負荷挙動式を付加した。土壌の構造を考慮し、非水田タンクの一段目にL-Q型、二段目に溶け出し型を適用した。水田タンクには、水田の特質を考慮し、溶け出し型を適用した。その結果、硝酸態窒素濃度の地点間差異などは表現できないものの、平均値としての濃度の変動傾向は概ね再現できた。さらに水文モデルのパラメータ値を変更し感度分析を行った結果、水質に関する式形やパラメータ値よりもむしろ、水動態のモデル化精度が、水質モデルの再現性に対して大きく影響を与えることが分かった。

第5章「分布型地下水水文モデルを利用した地下水窒素汚染のモデル解析」では、前章における結果を踏まえ、まず、水動態をより正確に再現できる地下水水文モデルの構築を試みた。地下水水文モデルの構築に当たっては、本地域で構築された既存の準分布型地下水涵養流動モデルを基礎とした。このモデルの基礎方程式を見直し、不透水層の傾斜を考慮できるようにすると共に、窒素負荷挙動式の適用し易さを考慮して、地上部は集中型水文モデルで使用した均一パラメータの水田・非水田タンクを各格子点に配置した。この分布型地下水水文モデルを用いて、流域内8地点で観測された井戸水位の変動を再現した結果、概ね良い結果を得た。次に、この水文モデルを利用して地下水水質モデルの構築を行った。地上部に配置したそれぞれのタンクに窒素負荷挙動式を付加し、排出負荷量を分布させることによって地下水水質モデルの分布性を向上させた。この水質モデルを用いて、湧水水質測定地点ごとの硝酸態窒素濃度の変動や、酪農集中地帯と市街地における窒素負荷貯留量の経年的変動傾向の違い、そして、移流による濃度分布の変化や豪雨前後における土壌内貯留負荷量の分布の変化をシミュレーションした。北部地区および中部地区の湧水水質観測地点においては、濃度の変動傾向や降雨に対する反応をおおよそ再現できたことに加え、濃度の持つ地域差を表現することができた。しかし、南部地区においては、濃度の変動傾向をよく表現できなかつた。これは、地下水が流れる“水みち”をまだ完全に表現できていないことなどが原因として考えられる。また、移流による濃度分布の変化や土壌内貯留負荷量の分布の変化においては、それらの変化傾向を妥当に表現できた。全ての水質観測地点で良い結果を得ることはできなかつたが、地下構造や土性分布に関するデータを精緻化することにより、シミュレーション結果が向上すると考えられる。不十分な点は残るが、これによって、那須野ヶ原における分布型地下水水質モデルの基礎を構築できたと考える。そして、このモデルの汎用性に関して考察し、類似の条件を持つ他の扇状地の地下水にも十分対応できると結論付けた。

第6章「総括」では、これまでの研究成果をとりまとめ、今後の課題について考察した。その中で、モデル化精度の向上のためには、土壌内での窒素の形態変化の考慮や、水文モデルのパラメータの精緻化などが有効であろうと述べた。