

宮古島における地下水の硝酸性窒素濃度推定モデルの開発に関する研究

Development of Estimation Model in $\text{NO}_3\text{-N}$ Concentration Analysis of Groundwater in Miyako Island

○新川智久，酒井一人，吉永安俊

○SHINKAWA Tomohisa，SAKAI Kazuhito，YOSHINAGA Ansyun

1．はじめに

宮古島では、飲料水を含むすべての産業・生活用水を地下水に依存している。しかし、1989 年の調査で 20 年前に比べ硝酸性窒素濃度が約 4 倍になっていることが明らかにされ、地下水の窒素汚染が問題となっている。中西（1997）によると、この地下水窒素汚染の最大の原因は農地に施用された窒素肥料だと指摘している。よって、どのような対策が有効かを短期間で判断するために、農地における窒素動態のモデル化が求められている。しかし土壌での窒素動態は脱窒や硝化作用だけではなく営農などの様々な要因を考慮しなければならず、このことが現象のモデル化が難しい原因となっている。

そこで DNDC に注目した。このモデルは本来、 CO_2 および N_2O など農地からの温室効果ガスの放出量を解析するためにつくられたモデルである。DNDC モデルでは温室効果ガスの放出量の正確な定量化のため、脱窒や分解などの土壌の窒素や炭素の動きを考慮し、さらに、耕起、施肥、灌漑などの営農方法も反映させることができる。DNDC は、温室効果ガスの解析においてはすでに適用性が確認されており、農地での窒素循環を解析する上で信頼性の高いモデルであると言える。

そこで本研究では、温室効果ガスの放出を解析するモデルである DNDC の持つ脱窒および有機物の分解といった機構を地下水の硝酸性窒素濃度解析に適用することが可能であるかを検討した。

2．研究方法

2.1 計算の流れ

計算の流れは次のように行った。DNDC に各種条件を入力し、耕土における窒素収支の計算を行う。そのアウトプットである硝酸性窒素溶脱量と降雨の地下浸透量のデータを次の地下水硝酸性窒素濃度推定モデルに入力し、各地点の実測値に対して各パラメーターをそれぞれ同定し、窒素濃度を推定した。

2.2 DNDC の概要

DNDC は主に、熱・水力学サブモデル、分解サブモデル、脱窒サブモデルの 3 つのサブモデルから構成されている。まず入力された気象データから熱・水力学サブモデルが土壌の熱や水の流れを計算し土壌の状態を決定する。この際、12 に分けられた土壌特性によって決められた不飽和透水係数などの値を用いて計算を行う。熱・水力学サブモデルによって土壌の状態が決定された後、分解サブモデルが計算を始める。分解サブモデルは土壌温度や水分量、各プールの C/N 比などを考慮し、硝酸塩や有機物残渣などのバイオマスにおける炭素の動きを計算する。脱窒は嫌気的狀態でただちに起こると仮定されており、降雨が生じると分解サブモデルは一時停止し、脱窒サブモデルが動き出す。脱窒サブモデルも分解サブモデル同様、熱・水力学サブモデルで決定された土壌の温度および水分量の値や分解サブモデルによって計算された炭素、硝酸性窒素、微生物バイオマスなどの値から

脱窒菌の脱窒を計算する。脱窒サブモデルは土壌中の含水比が飽和度 40%以下になるか、脱窒に必要な物質がなくなるまでの最高 10 日間動いていて、その条件をはずれると脱窒サブモデルは停止し、再び分解サブモデルが計算を始める。

こうした流れの計算により DNDC は CO_2 、 N_2O の放出量、土壌水分状態、地温動態、硝酸態窒素やアンモニウム態窒素などの全窒素量、および 4 つに分けられた残渣プールなどの全炭素量、窒素吸収量から計算される作物の成長量などを計算する。その内の窒素溶脱量および降雨の地下浸透量を硝酸性窒素濃度の推定に用いる。

2.3 硝酸性窒素濃度推定モデル

窒素濃度が測定されているのは地下水全体ではなく、その一部であると考え、本研究ではその一部を対象領域とした図-1のようなタンクモデルでのモデル化を行った。この対象領域の水および窒素は、DNDC の計算結果である溶脱した硝酸性窒素 D_N および地下浸透した水 D_W によって窒素量、水量が増加する。またタンクには穴が開いていて、そこから窒素および水が減少する。その減少する量はタンク内の全窒素量および全水量のある割合となっていて、その割合をそれぞれ a_N 、 a_W とする。そして硝酸性窒素濃度は、その領域内の窒素 N を水 W で除し、窒素を硝酸性窒素に換算した値とした。

2.4 計算条件

DNDC に入力する日最高気温、日最低気温、日降水量、日射量は、気象庁のホームページより宮古島平良市と城辺町のデータを、土壌データは宮古島の耕地面積の 90% 近くを占める島尻マージの土性を入力することによって得られるデフォルトの値をそれぞれ用いた。施肥窒素量は、沖縄県のサトウキビ栽培施肥指針の値を基本として、宮古島本島の施肥量の変動に沿った割合で

変化させた。

3. 研究結果および考察

図-2 は宮古島の主な湧水地点に対してパラメーターの最適化を行った結果である。これより全体的な濃度変化は追跡できており、窒素収支の変化は表されていると言える。また集水域面積における夏植サトウキビ畑の割合に関係があると思われる a_0 が、実際の宮古島本島の耕地率に近い妥当な値であることから量的にもあるほぼ一致しているといえる。以上より DNDC モデルの脱窒および分解の機構を地下水の硝酸性窒素濃度解析モデルへ適用することは可能であると考えられる。ただし、各実測値との比較でみられた急激な窒素濃度変化に対応するためには、集水域の土地利用分布情報などのデータの充実や面的な窒素および水の移動への考慮といったモデルの改良の必要性がある。

引用文献

中西康博 (1997), 沖縄県宮古島における農業が地下水汚染に及ぼす影響とその対策に関する研究, p100

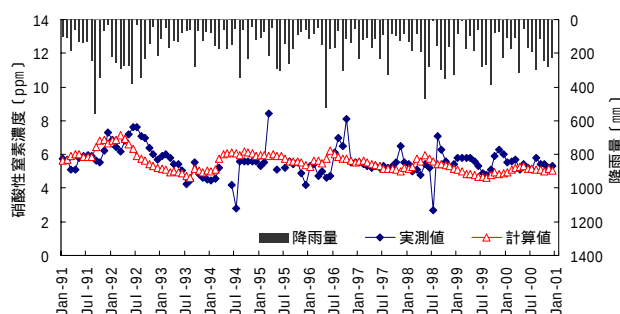


図-1 袖山水源との比較

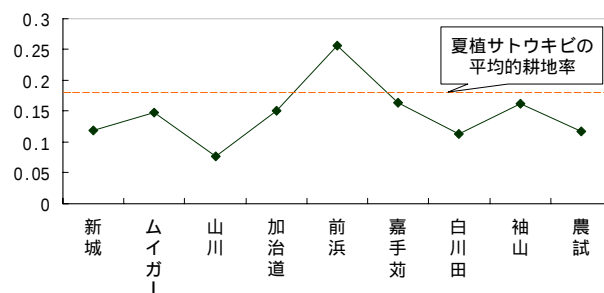


図-2 各地点における a_0 の最適化の結果

