

窒素・炭素物質循環モデルと流域水質水文モデルの結合

Combination of a nitrogen/carbon circulation model and a watershed water quality model

小澤悠子* 後藤章** 水谷正一**

OZAWA Yuko, GOTO Akira, MIZUTANI Masakazu

1.はじめに

背景 多くの環境問題は窒素や炭素などの物質循環の歪みに起因する。また、窒素・炭素は、循環過程において連動的に形態変化し、水をキャリアに移動する。健全な物質循環に是正するためには、水収支の基礎単位である流域において、窒素・炭素の連動的循環を考慮した流域物質循環モデルの構築が必要である。**既往の研究** 宗村(2003)は水文流出タンクモデルに窒素負荷挙動式を付加し、流域レベルの地下水窒素負荷流入モデルを構築した。しかし、脱窒部分に課題が残った。また、PBM(Process-based Model)は物質循環間の相互作用を考慮することができる。PBMのうちLi(1992)らが開発した DNDC は脱窒などの土壌内における形態変化を考慮した窒素・炭素の動態が表現可能である。しかし、PBM の流域への適用の事例は少ない。**本研究の目的** 本研究では、PBM を流域水質モデルに組み込み、結合させたモデルを構築することを目的とする。

2.研究の方法

研究の構成 流域水質モデルの対象流域への適合化と土壌内の窒素・炭素挙動を表すモデル(土壌 CN 挙動モデル)の構築を行ない、結合を試みた(Fig. 1)。**研究対象地** インドネシア・ジャワ島のチダナウ流域では、工業化や経済成長に伴う水需要の増大や水環境の悪化が懸念されている。チダナウ流域は、年間の気候変動が極めて穏やかであり、長・中期的物質循環を考えるのに適する。**現地調査** ①水質調査 流域内の河川や湿地、水田などで採水を行い、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、COD をパックテスト、T-N などを吸光光度式分析器によって、現地で計測・分析した。②土壌調査 流域内の水田や畑、樹林地などで、表層の土壌を採土し、土壌 pH、窒素炭素含有量、土壌粒度分布、土壌密度の分析を行った。③聞き取り調査及び統計データ 流域内の住民を対象に、作物生長や施肥、灌漑などの農業管理方法などに関する聞き取り調査を行った。

3.モデルの構築

Sモデルの構造 Fig. 2 にモデルの構造を示す。**流域水文モデル** 対象流域の水文モデルは、清水(2002)のチダナウモデルを参考とした。流域を、山地、水田、湿地に分割し、

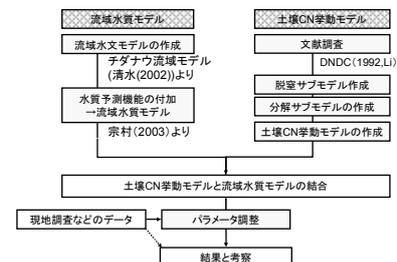


Fig. 1. 研究の流れ
Flow of Research

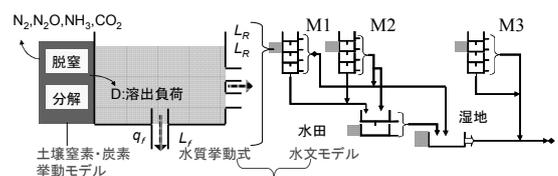


Fig.2 モデルの構造
Structure of Model

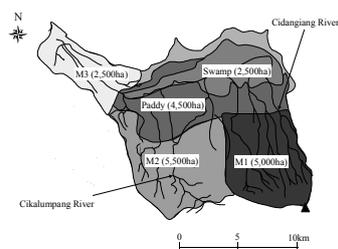


Fig.3 サブ流域
Sub-catchments

*株式会社 日水コン Nihon Suido Consultants Co., Ltd. **宇都宮大学農学部 Utsunomiya Univ.
キーワード：流域水質モデル、DNDC、窒素・炭素循環

サブ流域ごとにタンクモデルを作成した(Fig. 3)。**流域水質モデルの構築** 宗村(2003)の水質モデルを参考に、流域水文モデルに溶け出し型窒素負荷挙動を付加した(Fig. 4)。溶出量は、

$D = \alpha \times U \times S_w^\beta / (1 + \gamma C)$ の式で示される。 D は溶出負荷、 U は土壌内蓄積負荷量、 S_w はタンク内貯水量、 C は硝酸態窒素濃度、 α, β, γ はパラメータを表す。溶出負荷貯留量と貯留水量から算出した硝酸態窒素濃度から流出負荷量・浸透負荷量が決定される。

土壌 CN 挙動モデルの構築 DNDC モデル (Li,1992) を基礎として土壌内の窒素動態を表すプログラムを作成した。土壌窒素・炭素挙動モデルは分解・脱窒の2つのプロセスから構成される。①**分解過程** 土壌有機物の各分解過程(Residues, Microbial Biomass, Humads)を炭素プールとする(Fig. 5)。分解過程における土壌内の窒素の有機化、無機化は分解物の CN 比で決定される。②**脱窒過程** 脱窒現象における土壌中の硝酸態窒素の形態変化過程(NO_3^- , NO_2^- , N_2O , N_2)を表現した (Fig. 6)。各形態の無機化窒素に作用する脱窒菌バイオマス量が大きな影響力を持つ。**流域水質モデルと土壌 CN 挙動モデルの結合** オブジェクト指向型のプログラミングを行ない、流域水質モデル内に土壌 CN 挙動モデルを設置した。計算フローを Fig. 7 に示す。土壌 CN モデルで土壌内の無機態窒素合計量を計算し、水質計算後に土壌内蓄積窒素負荷量から溶出量を差し引く。サブ流域間のリンクは、流域水質モデルに従う。

4. 結果

パラメータの同定 モデルに必要なパラメータは現地調査結果等から同定した。

5. まとめと今後の課題

流域水質モデルと PBM の二種類のモデルが合理的に結合され、矛盾なく動作することが確認された。また、流域レベルの窒素・炭素連動型物質循環モデル構築のための基礎的枠組みが構築されたと言える。

今後、感度分析などを行い精度の向上を試みる必要がある。また、本研究では水文・水質・土壌 CN 挙動の各モデル構造を簡略化している部分がある。簡略化可能な区域と、詳細な表現が必要な区域を選定し、モデル構造を改変することも必要となると考えられる。

【参考・引用文献】

金沢亮 (2007) : 農村流域における窒素・炭素の連動的循環に関するモデル解析, 宇都宮大学修士論文
 小西智子 (2005) : インドネシア農村流域における窒素循環モデルの構築, 平成 17 年農業土木学会大会要旨集
 清水太一 (2002) : 西ジャワ・チダナウにおける流出モデリングと保水特性の評価, 宇都宮大学修士論文
 宗村広昭 (2003) : 那須野ヶ原における地下水硝酸態窒素汚染のモデル解析, 東京農工大学大学院博士論文
 Arien Heryansyah (2007) : Modeling Approach for Analyzing Water Pollution Problems in Banten, Province, Indonesia, 農業農村工学会論文集
 Changsheng Li, Steve Frolking, Tod A. Frolking (1992) : A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events, 1. Model structure and sensitivity. Journal of Geophysical Research 97, pp.9759-9776

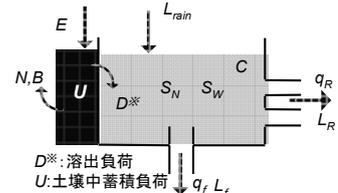


Fig. 4 水質挙動 Behavior of Water quality

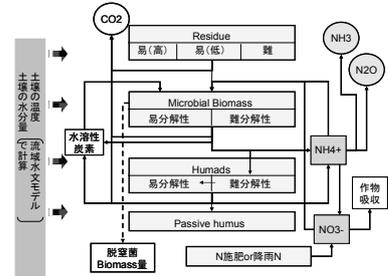


Fig. 5 分解プロセス DeComposition Process

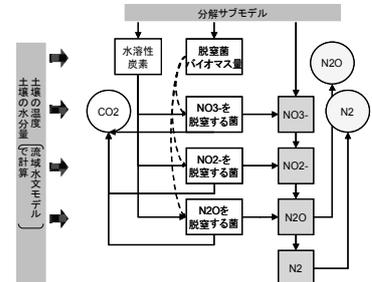


Fig. 6 脱窒プロセス DeNitrification Process

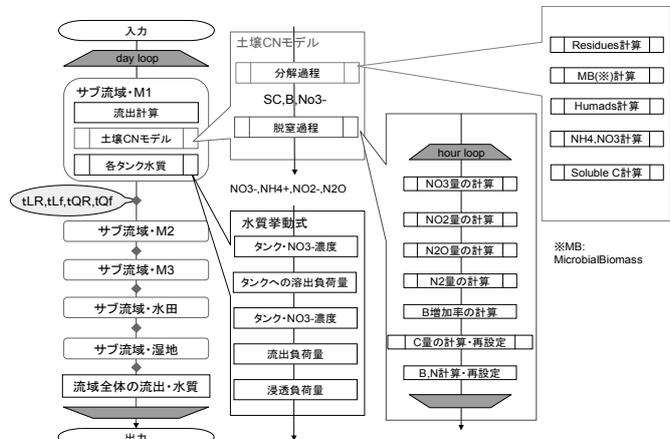


Fig. 7 モデルの計算フロー Calculation Flow of the Model