

窒素・炭素連動型流域物質循環モデルの構築

Watershed Scale Modeling of Nitrogen-Carbon Circulation

小澤悠子* 後藤章** 水谷正一**

OZAWA Yuko, GOTO Akira, MIZUTANI Masakazu

はじめに

多くの環境問題は物質循環の歪みに起因している。特に窒素及び炭素は水をキャリアとし様々な形態で循環している一方で、水質汚濁などの要因ともなる。そこで、物質循環を水循環の基礎単位である流域レベルにおいて把握する必要がある。本研究では、複数要素の動態を詳細に表す物質循環モデルを流域モデルに組み込み、流域単位で連動する窒素・炭素・水の動態を考慮できる物質循環モデルを構築することを目的とする。

既往の研究

物質循環モデル 物質循環過程について、各循環の相互作用を考慮できるプロセス指向モデル(PBM)が多く存在する。その一つである DNDC(DeNitrification DeComposition)モデルは、循環における脱窒・分解などのサブモデルから成り、土壌環境や水分などの条件に基づいて窒素・炭素フラックスを予測する(Fig. 1)。複数の時間ステップを持ち、各循環の相互作用の考慮が可能である。また、DNDCは農地など比較的広域の適用に有効であり、必要なパラメータ数も少ない。

流域レベルでの物質循環モデル PBM は流域のような広範囲スケールでの適用例が極めて少ない。金沢(2007)は、流域レベルでの物質循環モデルの構築を行った。流域をいくつかのサブ流域・土地利用別に分割し DNDC を適用した(Fig.2)。流域内の循環物質について、詳細な物質収支の算出が可能となった。しかし、モデルの適合度は決して高いとは言えない。そこで、本研究では同モデルを基礎にモデル精度の向上を試みることにした。

研究の方法

調査対象地 研究対象地区は、インドネシア・ジャワ島西端のチダナウ流域とする(Fig.4)。チダナウ川は、1,776mのカラン山を源とする全長約 38km、流域面積約 220km²、年間総流出量約 270,000,000m³ の河川であり、チレゴン工業地帯への重要な水供給源となっている。気候は温暖、湿潤で年間を通して気候変動は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。水田とプランテーションの合計面積は流域の約7割となり、物質循環を考える上で非常に重要な要素となる。また、聞き取り調査より、本流域では通年で稲作2期+裏作が平均的な作付け型となっている(小西, 2005)。

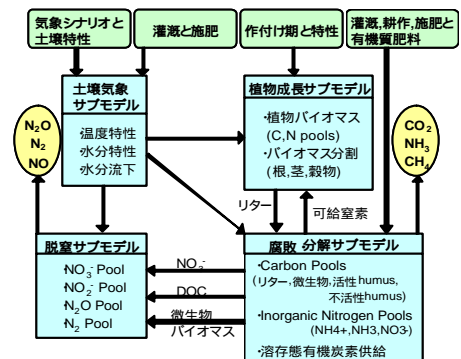


Fig. 1. DNDC モデルの構造
Structure of DNDC Model

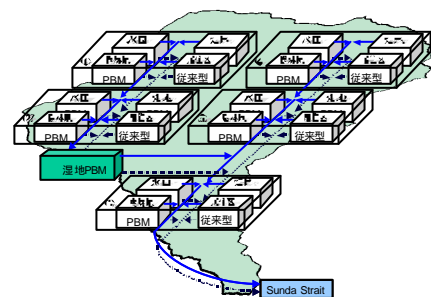


Fig. 2. 流域物質循環モデルの構造
Structure of Watershed Scale Modeling of Nitrogen-Carbon Circulation

*宇都宮大学大学院 Graduate School of Agriculture, Utsunomiya Univ.
キーワード：窒素循環、炭素循環、Process Based Model

**宇都宮大学農学部 Utsunomiya Univ.

研究の構成 研究の構成を Fig. 3 に示す。

現地調査 モデルの入力パラメータには現地調査で得た分析値、気象、農業データおよび文献値を用いる。

水質調査 流域内数十箇所の河川や湿地、水田などで採水を行なった。調査項目は、NO₃-N、COD をパックテスト、pH、EC をポータブル計測器、COD、T-N、T-P を吸光光度式分析器によって、現地で計測・分析した。

土壌調査 流域内数箇所の水田や畑、樹林地などで採土した。採土はステンレス製の土壌サンプラーを用い、土壌表面から約 5 cm の深さの土壌とする。また、土壌 pH と土壌酸化還元電位 (Eh) をポータブル計測器で計測する。採土後、宇都宮大学学内にて土壌 pH、Eh、窒素炭素含有量、土壌粒度分布、土壌密度の分析を行なった。

聞き取り調査 流域内数箇所で聞き取り調査を行なった。作物生長に関わる項目として、作物の種類、作付け回数、作付け時期、収穫時期、最適な収穫量、化学肥料に関わる項目として施肥方法、施肥回数、施肥時期、施肥量、有機肥料に関わる項目として肥料源、施肥量を調査した。

モデルの構築

流域モデル 土壌内窒素・炭素動態の計算に PBM (DNDC) を導入し、生物化学的に窒素・炭素動態を追った。本流域における水文モデル(Arien, 2007)と連動を図るため、また、小西(2005)による物質収支モデルと比較するため、流域を 6 つのサブ流域に分割した(Fig.2)。各サブ流域の土地利用別に DNDC モデルを適用し、流域モデルを構築する。

パラメータの分散を考慮した分割計算モデル 金沢 (2007) はモデルの入力パラメータには実測データの平均値を用いた。しかし、脱窒は極めて狭い範囲でも反応が混在するため空間の平均値では脱窒現象を十分にとらえることができない。また、データのばらつきも非常に大きく土壌特性の表現が不十分であった。よって、本研究では平均値ではなく、データの分散を考慮したモデルの計算方法を検討した。その方法として、モデルに影響の強い項目のデータ分布を明らかにし、そのパラメータ値の大小によって分割してからモデル計算を行なうことなどを検討した(Fig. 4)。例えば、分布の面積を 3 等分し、中央値付近の面積 1/3 に入ったデータを中央値 μ で代表、それ以上の範囲に入ったデータの代表値を $\mu +$ 、それ以下の範囲の代表値を $\mu -$ として試算した。パラメータ値を分割する基準となる項目として、土壌乾燥密度や Eh などを用いた。

今後の課題

過度なモデルの細分化を避けるために、最終的には分割の基準となるパラメータ項目を一つに限定する。そのため、土壌分析結果の検証や文献調査、パラメータ項目間の相関を考察・検討する必要がある。また、他の入力パラメータの設定方法についても見直す必要があると考えられる。

【参考文献】

- 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
- 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
- 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

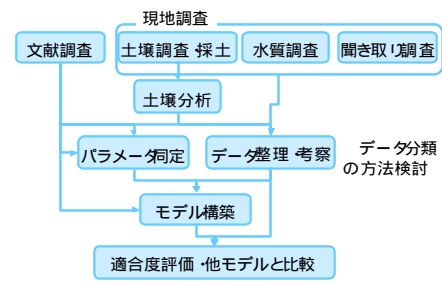


Fig. 3. 研究の流れ

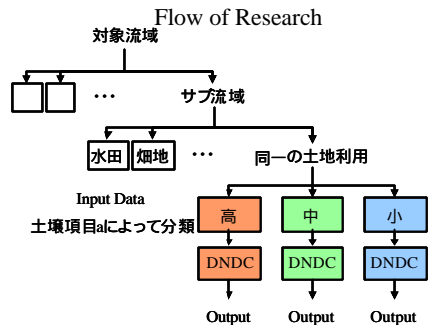


Fig. 4. データの分割

Division of Data for Modeling