

# 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 Modeling Analysis on Nitrogen - Carbon Circulation in a Rural Watershed

金沢 亮\* 後藤 章\*\* 水谷 正一\*\*

KANAZAWA Ryo, GOTO Akira, MIZUTANI Masakazu

**1.はじめに** 背景と目的 現在、人間活動により、窒素・炭素などの健全な物質循環が乱れ、水質汚濁、地下水汚染などが深刻化している。また、研究対象地域であるインドネシア、ジャワ島のチダナウ流域では、工業化や経済成長に伴い水需要が増大し、水環境の悪化が進行している。このような問題の解決には、水循環の基礎である流域単位での物質循環の把握が必要不可欠である。そこで、水・窒素・炭素の循環を連動的に扱う物質循環モデルの構築を行い、流域レベルでの窒素・炭素の連動的動態の把握を目的とする。

既往の研究 1 小西 (2005) により構築された窒素の物質収支モデルでは、産業連関表分析を応用している。対象流域を6つに分割し、フローモデルを作成した。ただし、循環物質が窒素のみという課題も残った。既往の研究 2 現在、物質変化過程をモデルに組み込んだ Process-Based Model (PBM) がいくつが存在する (Parton *et al.* 1988, など)。ただ、限られたスケールでの研究が多く、PBM を流域レベルなどに適用した例は少ない。

**2. 研究の方法** 現地調査および分析の方法 モデル・パラメータ決定のために、流域内の河川、湿地、湧水場で採水し、吸光光度式分析器により T-N を分析する。更に流域内数箇所て採土し、土壌 pH, T-N, T-C, 粒度, 土壌密度を分析する。また、官公庁で、気象・流量データを収集する。流域内の農家を対象に施肥量、作付け回数、収量などの耕作方法について聞き取りを行う。モデリングの方法 PBM を流域に適用し、窒素・炭素の連動的循環モデルを構築する。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。実測水質とモデル出力を比較することでモデルの妥当性を検討する。

**3. 現地調査の結果と考察** 水質 T-N は多くの箇所て 2.0 mg・L<sup>-1</sup> を上回っている。また、TOC は上流部では概ね 2.0 mg・L<sup>-1</sup> 以下となっている。土壌 乾燥密度は 0.7 ~ 1.3g・cm<sup>-3</sup> の間でばらつきを見せている。聞き取り・データ収集 対象流域の稲作は 2 ~ 3 期作であり、裏作としてマメ類やイモ類を栽培する場合が多い。し尿は浸透槽にて分解処理されることもある。ただ、河川への直接排出が多いのも現状であろうといえる。

**4. モデルの構築** 流域レベルでの窒素・炭素循環のモデリング 流域レベルで窒素・炭素そして水の流れを追うために、流域を幾つかのサブ流域に分割する。本流域における水文モデル (Arien 2005) との連動を図るため、水文モデルでの流域分割を参考に以下の6つのサブ流域を設定した。湿地に流入する支流域の山腹部、水田地帯、湿地、下流に流入する支流域の山腹部、水田地帯、最下流 (Fig.1)。各サブ流域におけるモデルは PBM (DNDC) を取り入れる構造とした (Fig.2)。DNDC モデル (Li *et al.* 1992) は土壌特性から

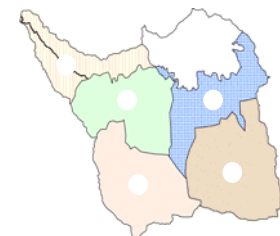


Fig.1 Sub-catchments (Arien 2006)

\*宇都宮大学大学院 (Grad. School of Agri. Utsunomiya Univ.) \*\*宇都宮大学農学部 (Utsunomiya Univ.)

キーワード: 窒素循環, 炭素循環, 流域スケール, Process-Based Model

の温室効果ガス発生量を算出する PBM である。湿地を除くサブ流域モデルでは、そのサブ流域内を水田、畑地、樹林地、居住地などに分けて考える。DNDC を導入することで各コンパートメント内のプールも変数として扱うことが出来る。それにより、各コンパートメント (i) の入力 (I)、出力 (O)、貯留変化 (P) の関係は次式のようなになる。 $\Sigma I_i = \Sigma O_i + \Sigma \Delta P_i$  各サブ流域モデルをリンクさせ、PBM ベースの流域物質循環モデルを作成する。パラメータの決定 現地での水質、土壌、聞き取り調査などから、パラメータを決定した。入力条件に合う'00~'03年の気象データを用いた。

**5 結果と考察** 水質および既存モデルとの比較 以下の式で実測水質および水文モデル流量から求めた負荷量と本モデルによる負荷量を比較し、モデルの検証を行った。

$$\text{負荷量}(t \cdot yr^{-1})$$

$$= TN \text{ or } TOC(mg \cdot L^{-1}) \times \text{流量}(m^3 \cdot yr^{-1}) \times 10^{-6}$$

Table1,2 において、いくつかのサブ流域で窒素の流出傾向と炭素の流出傾向は一致しない。実測水質からの推定値に対して、モデル値が窒素で過大、炭素で過小となるサブ流域がある。これは、DNDC 内で溶解性の炭素量と N<sub>2</sub>O 放出が比例関係にあるためと考えられる。N<sub>2</sub>O 放出の増大は窒素流出量を減少させる。したがって、窒素と炭素の流出傾向が一致しないと考えられる。また、本モデルにおける ME は 0.47 であった。ただ、明らかに信頼性に欠ける推定値(1点)を除けば、ME は 0.84 まで向上する。よって、本モデルは大方妥当であろうと考えられる。脱窒量および CO<sub>2</sub> 放出量 本モデルによる脱窒量、CO<sub>2</sub> 放出量はそれぞれ、54~138kg N・ha<sup>-1</sup>・yr<sup>-1</sup>、2386~4644 kg C・ha<sup>-1</sup>・yr<sup>-1</sup>と算出された。一方、小西(2005)による推定脱窒量は 140~180 kg N・ha<sup>-1</sup>・yr<sup>-1</sup>であり、Raich *et al.* (1992) による CO<sub>2</sub> 放出量観測値は 5390~8070 kg C・ha<sup>-1</sup>・yr<sup>-1</sup>である。どちらも、本モデルによる算出値の方が小さい。DNDC において、分解は SOC、土壌温度、土壌水分などに大きく影響される。このような条件に副う同定が出来なかったため、CO<sub>2</sub> 放出および脱窒の両方において、本モデルによる算出値が既往の推定値を下回ったと考えられる。

**6 まとめと今後の課題** PBM の導入により、流域レベルでの窒素・炭素動態モデルを作成した。今後、モデルの信頼性向上には、出力値に大きく影響する土壌特性に関するデータの収集が重要であるといえる。

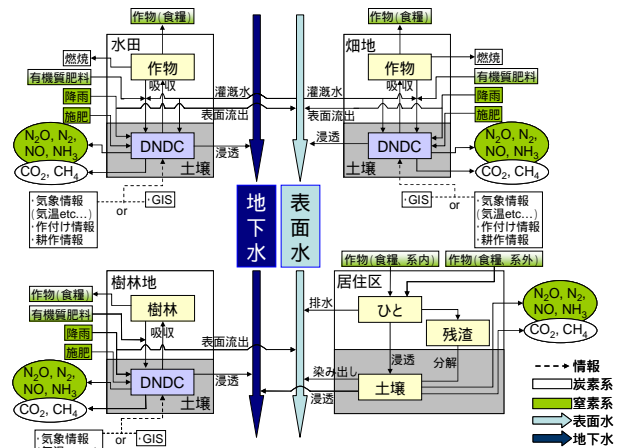


Fig.2 Structure of Sub-catchment Model

Table 1 Nitrogen load (t N・yr<sup>-1</sup>)

N	サブ流域						
表面	水質	16	284	219	13	75	615
	連動モデル	19	307	327	33	103	529
地	水質	54	15	0	23	13	0
	連動モデル	52	74	0	29	42	0
下	水質	70	299	219	37	89	615
	連動モデル	72	381	327	62	145	529
合計	小西モデル	73	338	547	67	197	635

Table 2 Carbon load (t N・yr<sup>-1</sup>)

C	サブ流域						
表面	水質	21	549	1417	123	710	1814
	連動モデル	71	419	1619	63	151	1889
地	水質	324	34	0	141	72	0
	連動モデル	171	244	0	62	130	0
下	水質	345	583	1417	264	782	1814
	連動モデル	242	662	1619	125	281	1889

((引用文献))

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

Parton, W.J., Stewart, W.B., Cole, C.V. (1988) : Dynamics of C,N,P and S in grassland soils, A model. Biogeochemistry 5, pp.109-131

Changsheng Li (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

Arien Heryansyah (2005) : Modeling Approach for Analyzing Water Pollution Problems in Banten, Province, Indonesia, 東京農工大学連合大学院博士論文

Raich J.W. and Schlesinger W.H.(1992):The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. Tellus,44(B),pp81-99