

インドネシアの農村流域における窒素循環モデルの構築 Establishment of a Nitrogen Cycle Model for a Rural Watershed in Indonesia

小西智子* 後藤章** アリン ヘルヤンサ*** 水谷正一**

Tomoko KONISHI, Akira GOTO, Arien Heryansah, Masakazu MIZUTANI

1.はじめに 現代の環境問題の多くは、人間活動の影響によって自然の物質・エネルギー循環構造のバランスが崩れていることに起因している。よって、環境問題の解決のためには、この循環構造への理解が不可欠である。本研究の対象地、ジャワ島最西部のチダナウ川流域は、北部の工業地帯への重要な水源である上、人口密度も高く生活排水と農地への施肥による水質悪化が進行している。流域内のラワダナウ湿地帯は、湿地の劣化と湿地湖の富栄養化も懸念されている。本研究では、人間の生活活動範囲である流域スケールでの物質循環機構を解明することを目的とする。循環物質として窒素をとりあげ、土地利用による窒素収支の違いを捉えた上で流域全体の窒素の流れを解明する。

2.研究の方法 現地調査 現地の聞き取り・アンケート調査から、流域内の農業生産活動・生活活動の形態・特性を掴み、流域の負荷発生量原単位を決定する。統計データや気象データは政府機関や官公庁で収集する。流域内の水質を把握するため、流域内河川、湿地、水田及び農村内の井戸で採水、分析する。流域の分割 支流群配置と地形、土地利用によって流域を、1)湿地に流入する支流域の山腹部、2)水田地帯、3)湿地、4)下流に流入する支流域の山腹部、5)水田地帯、6)最下流の6ブロックに分割する。モデルの開発 Harashina *et al.*(2002)、Tajuddin *et al.*(1999),および三澤(2003)の窒素収支モデルを参考に、チダナウ流域の窒素循環モデルを構築する。現地調査及び文献値から決定した原単位、収支式を用いてモデル変数を推定し、未知変数は、連立方程式により算出する。

3.現地調査の結果 聞き取り・アンケート '99~'02年の間、農業形態、生活系の水利用などについて聞き取り・アンケート調査を実施した。年2~3期稲作が行われており、畑地はほとんど無く、乾季に裏作でマメ類やサツマイモ等を栽培している。家庭排水のほとんどは直接河川へ流されており、尿尿は浸透層で自然分解させている。水質 T-Nは、おおむね2mg/L以下の低い値を示しているが、幹線道路付近で若干高濃度である。家庭排水による負荷の影響と考えられる。TOCは0~10mg/Lでばらつき、平地から湿地、河口にかけ高濃度になる。水田の存在が大きく影響していることがうかがえる。

4.窒素循環モデルの開発 ブロック別モデル化とモデルの構造 6つに分割した流域内ブロックの内湿地以外について、水田・畑地・樹林地・居住地等の土地利用で分割し(図1)、土地利用ごとに窒素と炭素のフローモデルを作成する。フローモデルは、コンパートメントを介する負荷の収支によって成り立つ。コンパートメント内負荷量は年間を通して一定と考え、インプットとアウトプットが等しい収支式が成

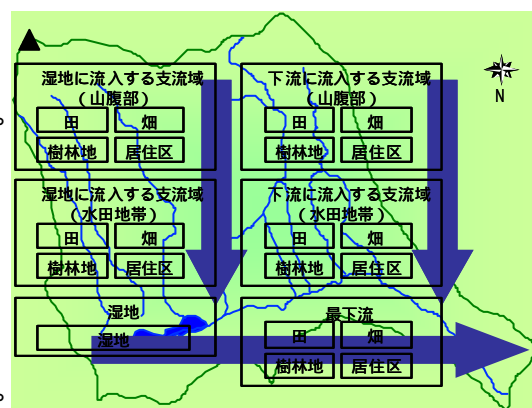


図1 流域のブロック別モデル
Block model of Cidanau

*宇都宮大学大学院 Grad. School of Agri. Sciences, Utsunomiya Univ. **宇都宮大学農学部 Utsunomiya Univ. ***東京農工大学大学院 United Grad. School, TUAT
キーワード: 窒素循環モデル, インドネシア, 脱窒

立する。4つの土地利用別モデルを結合させたものがブロックフローモデル(図2)、更に5つのブロックフローモデルと湿地フローモデルを結合させて流域フローモデルとなる。窒素の変数の推定 ブロックモデル、湿地、結合部合わせて60の変数が存在し、原単位によって32の変数を推定することができた。収支式にこれらの値を代入して、更に13の変数が推定された。各土地利用別の脱窒と河川流出、湿地の脱窒、結合部6つ合わせて15の変数が未知数として残る。未知数の算出 未知数のうち、脱窒量と河川流出は収支式によって同時に求められるので1つと考えることができる。結合部の変数、つまりブロックからの負荷流出量は、Arien 水文モデル(2005)による流量データと水質分析データの積により推定量を求め、やや信頼性に欠けるため半未知数として扱う。11の未知数に対して収支式が6つたてられるので、5つに推定量をあてはめて連立方程式を解き、すべての変数が妥当な値をとる範囲を求める。

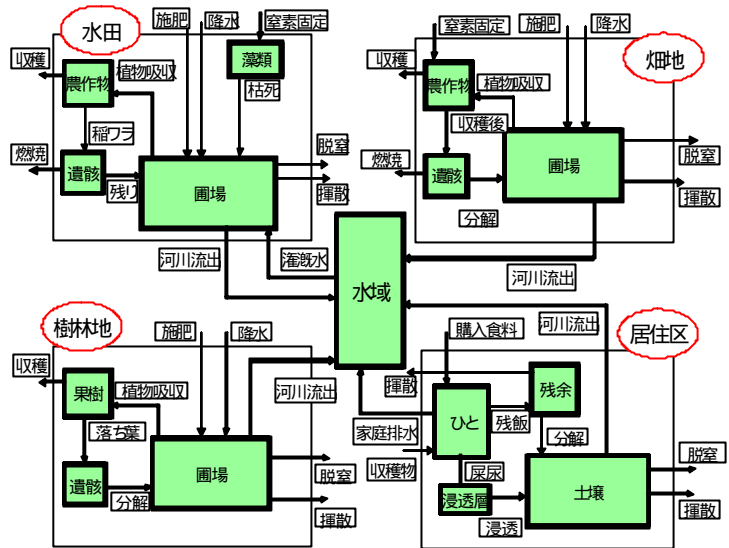


図2 ブロックフローモデル(窒素)
Block flow model(Nitrogen)

未知数のうち、脱窒量と河川流出は収支式によって同時に求められるので1つと考えることができる。結合部の変数、つまりブロックからの負荷流出量は、Arien 水文モデル(2005)による流量データと水質分析データの積により推定量を求め、やや信頼性に欠けるため半未知数として扱う。11の未知数に対して収支式が6つたてられるので、5つに推定量をあてはめて連立方程式を解き、すべての変数が妥当な値をとる範囲を求める。

5. 結果と考察 モデル計算の結果、各土地利用別の脱窒量と河川流出量の値の範囲が求められた。水田における脱窒量についてみると、田淵モデル(1996)から推定された流域内の水田での脱窒量(82~298kg/ha/year)の範囲内に収まっている。文献から得た負荷投入量の5~15%という指標からは大幅に突出した値ではあるが、流域の水温は脱窒菌にとって好条件の30前後であることや土壌のC/N比が安定状態の10より大きいことから、活発に脱窒が起こっている可能性も考えられる。次に、モデルによる各ブロックからの負荷流出量を検証した。その結果、湿地におけるモデル計算値よりも、水質・流量データから推定した負荷流量が大きな値になった。この結果は、湿地の劣化に伴い、湿地内の堆積負荷が下流へと流出していることにより、湿地の収支の均衡が崩れていることを示唆している。そこで、湿地の収支の均衡が取れていないと仮定してモデル計算を行った結果、水田の脱窒量も妥当な値となった(表1)。

表1 モデルによる推定値
Estimated values
by model simulation

脱窒	
水田	3.3 ~ 7.7
畑地	0 ~ 8.9
樹林地	0 ~ 5.0
湿地	5.7 ~ 4.8 (kg/ha/year)
居住区	0 ~ 3.0 (kg/person/year)
河川流出	
水田	15.0 ~ 20.0
畑地	0 ~ 8.9
樹林地	4.4 ~ 9.4 (kg/ha/year)
居住区	1.1 ~ 4.1 (kg/person/year)

6. 結論及び今後の課題 流域を土地利用と流出特性により分割し、ブロックモデルの結合による流域の窒素循環モデルの枠組みを構築した。モデルから、流域の窒素の挙動を脱窒も含めて定量的に把握することができた。今後、窒素モデルから推定された脱窒量を、土壌中の炭素及び窒素含有量との関係から検証するために、土壌分析データの蓄積、土壌微生物の活動に影響を与える要因の検討が必要と考えられる。

【引用・参考文献】 (1)Arien Heryansyah(2005,投稿中); Modeling Approach for Analyzing Water Pollution Problems in Banten Province, Indonesia (2)Koji Harashina, Kazushi Takeuchi, Atsushi Tsunekawa, Hadi Susilo Arifin (2002):Estimation of material flow due to human activities in three rural hamlets in the Cianjur-Cisokan watershed, West Java, Indonesia (3)Tajuddin Bantacut, Akira Goto (1999): Nitrogen Cycling in Indonesia wetland agriculture, JSPS-DGHE Core University Program in Applied Biosciences p.229-239 (4)田淵俊雄,志村もと子,尾野充彦(1996):休耕田における窒素除去試験の結果と実用性の検討 農土誌 64(4) p.19-24 (5)三澤健一(2003):ジャワ島チダナウ流域における窒素負荷収支の分析 宇都宮大学修士論文