

# 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\*\*

KONISHI Tomoko, GOTO Akira, Arien Heryansyah, MIZUTANI Masakazu

1. はじめに **背景** 現代社会が直面する環境問題の多くは、人間活動が与える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。インドネシアの中枢ジャワ島では、近年工業化や経済発展に伴い水需要が増大するとともに、水環境の悪化が進行している。特に研究対象地のチダナウ流域は、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汚濁負荷排出が原因で水質悪化が進行し、下流の水供給公社は水処理費用の高騰に悩んでいる。流域内のラワダナ湿地帯では、近年湿地の劣化が進むとともに湿地湖の富栄養化も懸念されている。また、この地域は年間を通して比較的湿潤で、長期的な物質循環を考えるのに適している。**研究の目的** 水循環に伴う物質収支に生命現象を通じた物質循環を結合させ、広域での物質循環機構を解明する。循環物質として汚濁負荷でもある窒素をとりあげ、窒素の挙動と連動する炭素の挙動にも着目する。

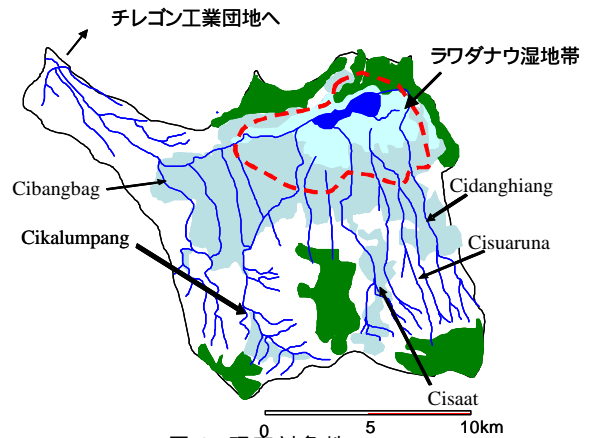


図1 研究対象地  
Study area

2. 研究の方法 **現地調査** 河川の数十地点・湿地湖内の6地点及び農村の井戸で採水し、水質分析をボゴール農科大学に依頼した。流域内の土地利用の異なる数箇所で土壌サンプルを採取し、窒素・炭素の含有量を測定した。また、政府機関や官公庁で気象・流量・降雨データを収集した。**窒素収支モデル、炭素収支モデルの構築** 流域を、湿地流入支流流域の山腹部 水田地帯 湿地 下流流入支流流域の山腹部 水田地帯 最下流の6つのブロックに分割する。ブロック内をさらに土地利用で分割し、それぞれの窒素と炭素のフローモデルを構築する。ここに水田の窒素と炭素のフローモデルとモデル内の変数を示す(図4・

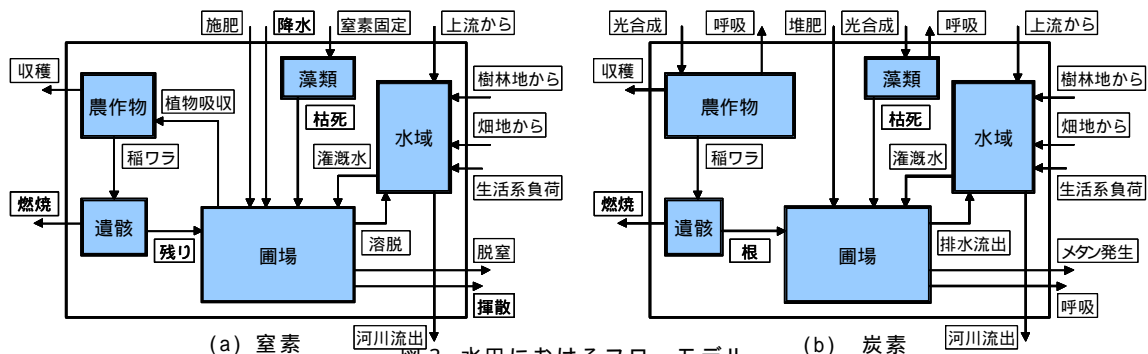


図3 水田におけるフローモデル  
Flow model in paddy field

\*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:インドネシア, 窒素収支モデル, 炭素収支モデル,

表2・表3)。各コンパートメント内のストック量は長期間で考えると時間的変化を無視できるので一定量と仮定すると、各コンパートメント(i)でインプットとアウトプットの総和は等しくなる。

$$\sum_k O_{ik} = \sum_k I_{ik} \dots (1)$$

既往の研究では、モデル内の未知数を、文献引用したインプットとアウトプットの配分比を用いて求めている。

$$O_{ik} = a_{ik} \times \sum_m I_{im} \dots (2)$$

しかし、配分比による計算値は自然界で信頼度が低いので、インプットからではなく窒素と炭素のストック量からアウトプットを決定する方程式をつくる。ここでストック量として土壌分析で求めた実測値等の値を用いる。それをもとに1日あたり発生量について方程式をつくり、積分して年間アウトプット値を定式化(反応式)する。

$$O_{ik} = f(S_N, S_C) \dots (3)$$

各ブロックのモデルを結合させて流域窒素フローモデルを構成し、未知数の数に相当する方程式を収支式及び反応式から得ることによって、流域単位の窒素循環モデルを構築する。また同時に、連立方程式から解を求める。

3. 現地調査の結果と考察 乾季と雨季に行った現地調査における、水質と土壌の分析結果を示す(表3・図3)。水質分析結果を見ると、全体的に乾季に比べて雨季のT-N濃度が大きい。土壌分析では、雨季にC/N比が低下している。また、湿地のC/N比が大きい。以上、流域内の土壌と水質の季節的変化の傾向を把握することができた。今後は、モデルの未知変数定式化のために必要な実験・調査と窒素炭素フローモデルの定式化を進め、流域の窒素循環モデルの構築を目指す。

【引用・参考文献】

Tajuddin Bantacut, Akira Goto (1999): Nitrogen Cycling in Indonesia wetland agriculture, JSPS-DGHE Core University Program in Applied Biosciences p.229-239

KATO Tasuku et al. (2002): Water Quality Forecast Model of Cidaan Watershed, Indonesia, for Watershed Management Planning, Rural and Environmental Engineering No.43 P.3-12

表1 水田の窒素フロー変数  
Flow variable of nitrogen in paddy

項目		
インプット	施肥	既存のデータ
	降水	窒素濃度の測定
	窒素固定	
	上流から	他のフローモデルと結合
	生活系負荷	他のフローモデルと結合
	畑地負荷	他のフローモデルと結合
内部フロー	樹林地負荷	他のフローモデルと結合
	かんがい水	既存のデータ
	溶脱	
	植物吸収	既存のデータ
	稲わら	既存のデータ
	燃え残り	実験と文献調査
アウトプット	枯死	文献調査
	収穫	既存のデータ
	燃焼	実験と文献調査
	脱窒(水路から)	ほぼ無視できる
	揮散	ほぼ無視できる
	脱窒(圃場から)	
河川流出	水質データと河川流量	

表2 水田の炭素フロー変数  
Flow variable of carbon in paddy

項目		
インプット	堆肥	聞き取り調査
	光合成(農作物)	
	光合成(藻類)	
	上流から	他のフローモデルと結合
	生活系負荷	他のフローモデルと結合
	畑地負荷	他のフローモデルと結合
内部フロー	樹林地負荷	他のフローモデルと結合
	かんがい水	文献調査と既存データ
	排水流出	
	枯死	文献調査
	稲わら	文献調査と既存データ
	根	実験と文献調査
アウトプット	収穫	既存のデータ
	燃焼	実験と文献調査
	呼吸(農作物)	
	呼吸(圃場)	
	呼吸(藻類)	
	メタン発生	文献調査
河川流出	水質データと河川流量	

表3 土壌分析結果  
Result of soil analysis

採土地点	2003乾季			2004雨季		
	T-N (%)	T-C (%)	C/N比	T-N (%)	T-C (%)	C/N比
樹園地	0.22	2.34	10.47	0.26	2.34	8.94
水田	0.21	2.6	12.22	0.29	2.17	7.45
湿地				0.71	9.97	14.07
樹園地	0.21	2.32	11.02	0.19	1.43	7.56
水田	0.35	4.06	11.65	0.34	3.58	10.60

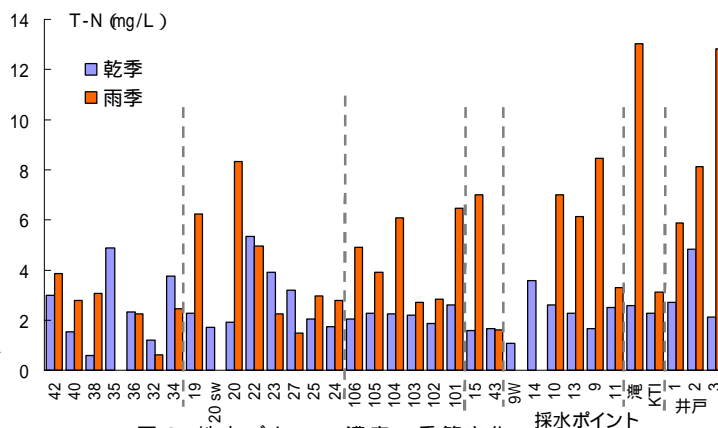


図3 地点ごとT-N濃度の季節変化  
Seasonal comparison of T-N concentration