

# 西ジャワ・チダナウ流域における窒素収支構造の分析

## Analysis on Structure of Nitrogen Balance in Cidanau Watershed in West Java, Indonesia

鈴木 悟\* 後藤 章\*\* 水谷 正一\*\* 三澤 健一\*\*\* アリン ヘルヤンサ\*\*\*\*  
 SUZUKI Satoru, GOTO Akira, MIZUTANI Masakazu, MISAWA Kenichi, Arien Heryansyah

1.はじめに インドネシアの中核で人口の80%を抱えるジャワ島では、工業化や経済発展にともなう生活様式の変化により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。研究対象地域であるチダナウ川はジャワ島最西部に位置し、チレゴン工業地帯の重要な水資源となっている。現在、生活系・農業生産系の排出負荷による流域内水系の水質汚濁が流域の水利用と下流部での水処理に深刻な影響を与えている。そこで本研究では、流域の水質改善の基礎的アプローチとして、チダナウ流域内の窒素収支構造を解明すること目的とする。

2.現地調査 流域内河川の水質データを蓄積するために、流域内河川40箇所、湧水2箇所を採水場所として設定し(図1)採水サンプルの分析をボゴール農科大学に依頼した。小流域ごとにバラツキはあるもののどの河川でも平均全窒素濃度は2~6mg・L程度あり、農村部における値としては高いものであった。

アンケート・聞き取り調査から、流域の生活・農業実態について次のような特徴をつかんだ。平野部の水田地域では1年間に稲の2~3期作を行う。水田が空いている期間や水不足時には裏作としてサツマイモ・豆類などが作付けされる。山腹部では水田が少なく果樹園が主な収入源となっており、そこではマリンジョ・クローブ・ココナツ・バナナが多く栽培されている。ほとんどの農家が、生活用水源として湧水を用いており、湧水は重要な灌漑用水源ともなっている。家畜は、少数の鶏・山羊・カモなどが自家消費用に放し飼いにされていることが多い。排泄は自宅や公衆トイレを利用する場合も多いが、河川が近くにある場合、河川に直接排泄する。トイレは素堀の穴の側面だけをセメントなどで固め、汚水は地下に浸透させる浸透型トイレである。

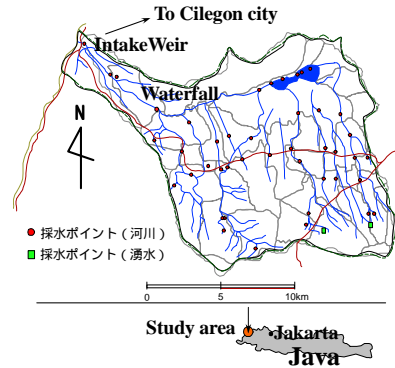


図1 調査対象地域

表1 聞き取り・アンケート調査の質問項目

農民グループ名	3.12
1. 名前, 年齢, 子ども数	(a) 米の自家消費割合(%) (b) 次回作付け用種籾割合(%) (c) 販売の割合(%)
2. 水田面積(ha), 果樹園面積(ha), 畑地面積(ha)	3.13 米の価格(Rp・kg <sup>-1</sup> )
水田	3.14 稲の品種
3.1 稲の作付け回数(回・year <sup>-1</sup> )	果樹園
3.2 1回目の作付け期間	4.1 作物
3.3 2回目の作付け期間	4.2 主要な収入源となる作物
3.4 3回目の作付け期間	4.3 果樹園への施肥の有無と肥料の種類
3.4 裏作の有無	5. 農業以外の収入
3.5 裏作の作付け作物	6. 家畜, 養殖池の有無と家畜頭数, 池の面
3.6 灌漑水源	7. 生活水源
3.7 水不足の経験(過去5年間)	8. トイレの場所
3.8 稲作と裏作への施肥回数	9. プランタン(home garden)の有無
3.9 肥料の種類	10. プランタンの面積(m <sup>2</sup> )
3.10 施肥量(kg・ha <sup>-1</sup> ・crop <sup>-1</sup> )	11. 雇用労働者の有無
3.11 米の収量(kg・ha <sup>-1</sup> ・crop <sup>-1</sup> )	12. 労働者の賃金

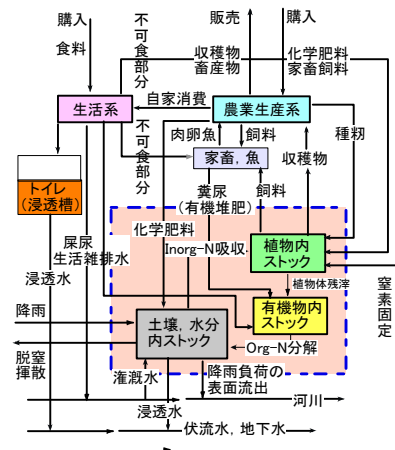


図2 窒素収支モデルの概要

\* 宇都宮大学(現新潟県庁) \*\* 宇都宮大学農学部 \*\*\* 宇都宮大学大学院 \*\*\*\* 東京農工大学大学院  
 Keywords: Water pollution, Nitrogen balance, Indonesia

### 3. 窒素収支モデル モデル枠組の構築

(図 2) 現地調査、聞き取り・アンケート調査結果から、Harashina *et al.*(2002) と Tajuddin *et al.*(1999)の窒素収支モデルを参考に、モデルの枠組みを構築した。ここで、各コンパートメントにおいて貯留量の変化は無視でき、収支が均衡するものとした。

**原単位等の決定**(表 2) 籾米・稲の窒素含有率については、米のポスト・ハー

ベスト技術(1994)と Tajuddin *et al.*(1999)の研究を参考に決定した。食品としての窒素の日消費量と尿尿・生活雑排水中の窒素量は、日本下水道協会の原単位を参考に決定した。しかし、データの不足から未知の原単位が多く残された。

**窒素フローの推定** アンケート調査結果から対象農家 1 戸別の家族人数、農地面積、籾米収量、肥料投入量の平均量を算出した(表 3)。表 2 と表 3 から、水田の窒素収支概算を行った(表 4)。原単位が判っていないものについては文献を参考に適当な値を設定した。また、Input の窒素固定は 0 とし、Output の籾米収量と浸透排出量以外は田面排水・脱窒・揮散によるものとした。結果から、窒素施肥が Input の 7 割を占めること、農家は施肥量の 2/3 も回収できていないこと、脱窒・揮散量が不明だが、かなりの窒素が田面排水とともに流出している可能性があることが分かった。表 3 と表 4 を用いて、果樹園・人間活動の各コンパートメントの収支を概算し、最終的に対象農家平均像における窒素収支を概算した。計算の際、原単位が決定されていない畜産物・家畜飼料に関しては値を 0 に設定した。結果から、窒素肥料の購入が Input の 6 割を占めること、Output では収穫物販売と表面流出・田面排水・脱窒・揮散量が、それぞれ 4 割と 5 割を占めることが分かった。問題点として、食料購入と果樹園の Input と Output が過小に見積もられた可能性が挙げられる。

4. **まとめと今後の課題** 窒素収支モデルの枠組みが構築され、一部の原単位が決定されたことにより、粗くではあるが農家レベルにおける窒素収支を概算することができた。今後、最終的に流域全体の窒素収支推定するためには、非農家の窒素収支、果樹園の詳細な窒素収支、森林の窒素収支、降雨と浸透量、浸透濃度の関係、系内循環量、脱窒・揮散・窒素固定、などについての量的把握が必要となることが判った。

#### 【引用・参考文献】

- 1) Koji Harashina, Kazushi Takeuchi, Atsushi Tusnekawa, and Hadi susilo.Arifin (2002) : Estimation of material flow due to human activities in three hamlets in the Ciabjur-Cisokan watershed, West Java, Indonesia
- 2) Tajuddin Bantacut, Akira Goto (1999) : Nitrogen Cycling in Indonesia wetland agriculture
- 3) 穀物の収穫後処理技術協力高度化研究会 (1994): 米のポスト・ハーベスト技術

表 2 決定された原単位

決定原単位	値	参考・引用
窒素肥料(Urea)中の窒素含有率	0.46	BIPP Serang, 1994
流域の平均窒素肥料投入量 (kgN・ha <sup>-1</sup> ・crop <sup>-1</sup> )	216	聞き取り・アンケート調査から
籾米の窒素含有率	0.012	米の収穫後処理技術高度化研究会
籾米Xkgのときの稲の窒素含有量換算係数	0.0185×X	Anwar <i>et al.</i> , 1987 Partohar <i>et al.</i> , 1987
籾米Xkgのときの稲わら、根等の窒素含有量換算係数	0.0065×X	Anwar <i>et al.</i> , 1987 Partohar <i>et al.</i> , 1987
籾米の平均消費量 (kg・person <sup>-1</sup> ・year <sup>-1</sup> )	200	米の収穫後処理技術高度化研究会
消費籾米中の窒素含有量 (kgN・person <sup>-1</sup> ・year <sup>-1</sup> )	2.4	米の収穫後処理技術高度化研究会
降雨濃度 (mg・L <sup>-1</sup> )	1.1	田淵俊雄・高村義親, 1985
尿尿中の窒素量 (kgN・person <sup>-1</sup> ・day <sup>-1</sup> )	0.007	日本下水道協会
生活雑排水中の窒素量 (kgN・person <sup>-1</sup> ・day <sup>-1</sup> )	0.001	日本下水道協会
人間の年間平均窒素消費量 (kgN・person <sup>-1</sup> ・year <sup>-1</sup> )	2.92	Harashina <i>et al.</i> , 2002 日本下水道協会

表 3 アンケート対象農家の平均像

家族数(人)	6
水田面積(ha)	0.97
作付け回数 (time・year <sup>-1</sup> )	2.6
窒素肥料(Urea)投入量 (kg・ha <sup>-1</sup> ・crop <sup>-1</sup> )	216
籾米収量(t・ha <sup>-1</sup> ・crop <sup>-1</sup> )	4.66
果樹園面積(ha)	1.14

表 4 水田 1ha あたりの窒素収支

Input (kgN・year <sup>-1</sup> )	Output (kgN・year <sup>-1</sup> )
降雨負荷	27 籾米の持ち出し
灌漑水負荷	81 浸透排出負荷
窒素肥料の負荷	258 田面排水, 脱窒, 揮散
窒素固定	0
Input合計	366 Output合計

表 5 対象農家平均像における窒素収支

Input (kgN・year <sup>-1</sup> )	Output (kgN・year <sup>-1</sup> )
食料の購入	3 収穫物の販売
窒素肥料の購入	250 (総収穫物: 163)
家畜飼料の購入	0 (自家消費籾米: 15)
窒素固定	0 畜産物の販売
降雨負荷	58 浸透排出負荷
灌漑水負荷	78 表面流出, 田面排水
	脱窒, 揮散
	尿尿の排出
	生活雑排水の排出
Input合計	389 Output合計