

インドネシア・チアンジュール流域における窒素負荷流達モデル

A nitrogen transport model for the Cianjur watershed, Indonesia

加藤 亮*, 黒田久雄*, 中曽根英雄*

Kato Tasuku, Kuroda Hisao and Nakasone Hideo

1. はじめに

インドネシアのチアンジュール地域は、首都ジャカルタや大都市バンドゥンに近い農業地域で、地域開発の進行により人口増加が進んでいる。流域からの河川が、ジャカルタの水源であるチタルム川にあるチラタダムに流入するため、生活排水や過剰な施肥の流出による水質の悪化が懸念されている。そこで、インドネシアのチアンジュール流域を対象に、流域開発計画の策定支援システムとして、窒素負荷量の影響を推定するための窒素負荷流達モデルを開発した。

2. 対象流域

対象流域は、ジャワ島西部の農地を主体とするチアンジュール流域である (Fig.1)。流域面積は 420km²、人口は 53 万人 (人口密度: 1262 人 km²)、水田面積は 165km²である。上流部に茶のプランテーションや畑が存在し、中下流部で水田農業が広く行われている。

3. 現地調査

2005 年 9 月と 12 月に現地調査を行い、流量と水質を調査した。一般にインドネシアでは、5 月から 11 月は乾季、12 月から 4 月が雨季である。水質の調査項目は T-N、T-P、COD 等で、河川では 18 ヶ所、地下水 (主に井戸で採水) では 9 ヶ所で調査を行った。流域からの流出量は、チラタダム湖調査されている流入量から比流量を算定し、各測点における流入量は比流量に測点の集水面積を乗じて求めた。なお、測点のいくつかで流量観測を行ったところ、計算値とは大きく異ならなかった。平均全窒素濃度は、9 月は 1.75mg L⁻¹、12 月は 2.18mg L⁻¹、比流量は、9 月は 1.92mm d⁻¹、12 月は 12.4mm d⁻¹であった。

4. 流達モデル

T-N の主たる汚濁源は、工業地帯が無いことから、人口起因と農地の施肥起因であると仮定した。また、プランテーションや畑地の施肥の影響も少ないことが現地観測データや聞き取り調査から明らかになった。したがって、T-N の発生負荷について、降雨負荷を除き、点源負荷は人口に比例し、面源負荷は水田の施肥量に比例するとし、それぞれの汚濁源からの流達率、流達負荷量を次式により求めた。

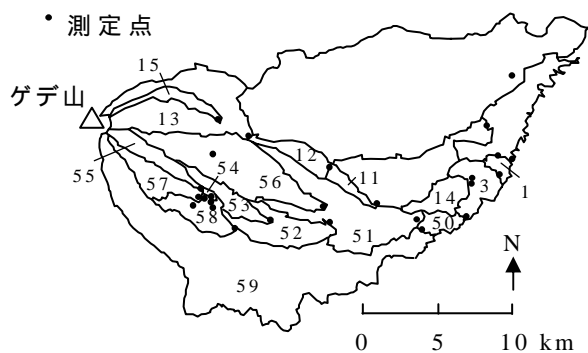


Fig.1 チアンジュール流域
Cianjur watershed

*茨城大学農学部 College of Agriculture, Ibaraki University

キーワード: 水質, GIS, 面源

$$L_i = \alpha_i L_{i-1} + \sum_j \beta_j P_j + \sum_k \gamma_k W_k$$

ここで、 L は測定点での流出負荷、 P が人口起因の発生負荷、 W が水田での施肥量、 α は河川の流達率、 β は人口起因の流達率、 γ は水田起因の流達率、 i は測定点、 j は村落の番号、 k は水田の番号である。

α , β , γ は、山側と平野部（小流域 1, 3, 11, 14, 50）、9月と12月に対して、一定値であると仮定し、以下のように流下距離により変化するものとした。

$$\begin{aligned} \alpha_i &= \exp(-k_1 x_i) \\ \beta_j &= \exp(-k_1 x_j) \exp(-k_2 y_j) \\ \gamma_k &= \exp(-k_1 x_k) \exp(-k_3 z_k) \end{aligned}$$

ここで、 k_1 , k_2 , k_3 が流達率パラメータ、 x は河川距離、 y は村落の中心から河川までの距離、 z は水田の中心から河川までの距離である。

村落と水田ブロックをポリゴンベクターデータとして25,000分の1の土地利用図からGISソフト上でトレースし、各ポリゴンデータに人口や面積データを属性として与えた。これに、原単位や施肥量を乗じて発生負荷を求めた。次に、水田、村落のポリゴンデータの座標中心点を抽出し、ポリゴンデータの属性を持ったポイントデータを作成した。このポイントデータと河川のラインデータを結合して、各距離 x , y , z を求めた。

このデータについて、各測定点の実測値から求めた小流域ごとの負荷量と計算値との最小自乗誤差が最小となるように、 k_1 , k_2 , k_3 を山登り法により手動で求めた (Table 1)。Fig.2 は2005年の9月の結果である。それぞれの小流域ごとの誤差の平均値は

44%であったが、流域全体の負荷に影響を与える主要な小流域に対する平均誤差は15%、流域全体の負荷量の誤差は5%であった。

5. まとめ

インドネシア・チアンジュール流域で窒素負荷流達モデルを開発した。汚濁源からの流達率を利用したモデルは、流域内の開発計画を策定する場合に、人口増加や土地利用の変化による窒素負荷の影響の定量的な評価への活用が期待される。

Table 1 パラメータと流達率
Parameters and transport rates

		k_1	k_2	k_3	α	β	γ
9月	山側	0.044	0.09	4.2	0.323	0.498	0.114
	平野	0.31	0.001	4	0.791	0.857	0.149
12月	山側	0.003	0.1	0.2	0.982	0.787	0.509
	平野	0.003	0.5	1.5	0.983	0.94	0.886

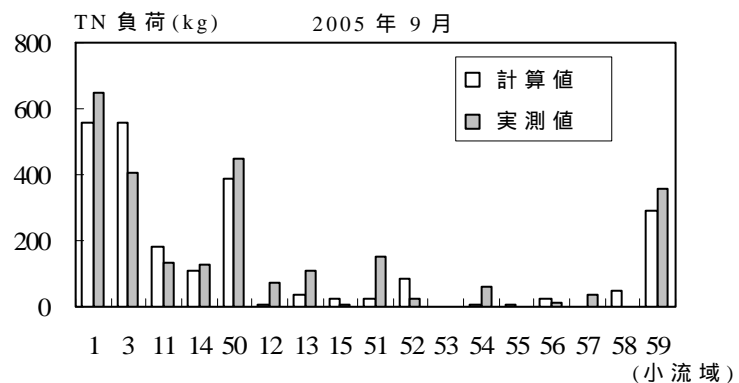


Fig.2 小流域別窒素負荷シミュレーション
Simulation of TN loads for each sub-watershed