

# インドネシア・ジャワ島における農村地域の汚濁負荷流達分析

## An analysis of Discharge Rate of Pollutant Loads in Java Island, Indonesia

加藤 亮\*, 藤家里江\*, 黒田久雄\*, 中曽根英雄\*  
 Kato Tasuku, Fujiie Rie, Kuroda Hisao, and Nakasone Hideo

東南アジア諸国では農業開発による農村地域の人口増加や土地利用変化によって、自然環境に対する負荷が大きくなることが懸念されている。本研究ではインドネシアの2つの流域において、水質調査および汚濁負荷の発生源からの流達率について検討を試みた。



Fig. 1 調査地  
Study area

対象流域は、ジャワ島西部の農地を主体とするチダナウ流域とチアンジュール流域である (Fig. 1)。チダナウ流域の特徴は人口密度が低く流域内に湿地帯が存在することで、チアンジュール流域は人口密度が高く上流部に茶のプランテーションが存在し、下流にチラタ貯水池がある。これらの流域で、2003年8月、2004年1月、8月、12月の計4回、現地調査を行った。一般にインドネシアでは、5月から11月は乾季で、12月から4月が雨季であるが、調査は乾季2回、雨季2回行っている。水質の調査項目はT-N、T-P、COD等であるが、流達率を考える上で今回は形態変化の少ないT-Pを取り上げた。流域からの流出量は、チダナウ流域は最下流端の取水ポンプ場で、またチアンジュール流域ではチラタダムへの流入量から比流量を算定した。

流域内の河川の水質測定結果を、上流の測定点を0として下流端までの距離を横軸にとり水質の変化を見ていくと、上流部よりも下流部において濃度が上昇する傾向がチアンジュール流域で見られた (Fig. 2)。また、チダナウ流域では湿地帯を通過する際、濃度が減少しており、これは湿地帯での流速の低下に

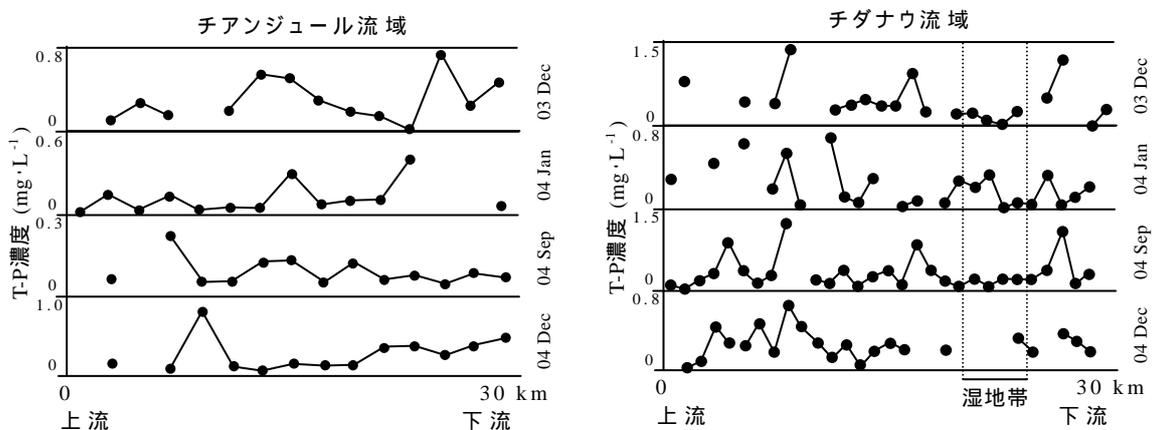


Fig. 2 上流の採水点からの距離とT-P濃度  
Distance from upper sampling point and T-P concentration

\* 茨城大学農学部 茨城県稲敷郡阿見町中央 3-21-1 キーワード: T-P, 河川距離, GIS

よる沈殿の増加が原因として考えられる。

T-Pの主たる発生負荷源は、両流域とも工業地帯が無いことから、人口起因のものと農地の施肥起因である。そこで、T-P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、面源負荷は施肥量に比例するとし、それぞれの汚濁源からの流達率を次式により求めた。

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

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、 $\alpha$ が河川流達率、 $\beta$ が人口起因の排出率、 $\gamma$ が水田起因の排出率、 $i$ は測定点、 $j$ は村落の番号、 $k$ は水田の番号である。なお、聞き取り調査で畑作物に対する施肥量が少なかったことから、今回は畑地からの負荷は考慮していない。

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ は以下のように時間変動の無い定常状態であると仮定し、流下距離によって浄化能が変化するものとした。

$$\alpha_i = \exp(-k_1 x_i) \quad \beta_j = \exp(-k_1 x_j) \exp(-k_2 y_j) \quad \gamma_k = \exp(-k_1 x_k) \exp(-k_3 z_k)$$

ここで、 $k_1, k_2, k_3$ が流達パラメータである。それぞれの流域をさらに小集水域に分割し、25,000分の1の土地利用図からGISソフトウェアを用いて、河川距離( $x$ )、村落の中心から河川までの距離( $y$ )、水田の中心から河川までの距離( $z$ )を求めた。小集水域内の集落と水田は、チダナウ流域が27村落、11水田ブロック、チアンジュール流域が135村落、70水田ブロックである。このデータについて調査期間ごとに、各測定点と計算値との最小自乗誤差が最小となるような $k_1, k_2, k_3$ を山登り法によって求めた (Table 1)。Fig. 3に2004年の12月の結果を図示した。2つの流域とも、リンの流出負荷量に占める割合は、水田起因の影響が大きい結果となった。これは水田へのリン施肥量が大きく、水管理もかけ流しのためであろうと考えられる。

また、人口起因のリン負荷は、洗剤が有リン洗剤であるため、生活排水のリン濃度が高くなる傾向にある。このため全体的に人口密度の高いチアンジュール流域でリン負荷が大きいことがわかる。このような、土地利用ごとの流達率を明らかにすることで、今後流域内の開発が進んだ場合、例えば人口増加による環境への影響を定量的に評価できることが期待される。

また、人口起因のリン負荷は、洗剤が有リン洗剤であるため、生活排水のリン濃度が高くなる傾向にある。このため全体的に人口密度の高いチアンジュール流域でリン負荷が大きいことがわかる。このような、土地利用ごとの流達率を明らかにすることで、今後流域内の開発が進んだ場合、例えば人口増加による環境への影響を定量的に評価できることが期待される。

Table 1 流達パラメータ  
Parameters of discharge

日付	チダナウ			チアンジュール				
	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_1$	$k_2$	$k_3$		
山間部	乾期	Aug-03	0.390	0.000	0.839	0.600	1.101	0.990
		Sep-04	0.352	0.605	1.129	10.000	10.000	10.000
	雨期	Jan-04	0.250	0.000	1.293	10.000	10.000	10.000
		Dec-04	0.100	1.010	1.003	0.340	2.161	0.000
下流部	乾期	Aug-03	0.020	3.546	9.954	0.514	0.951	0.000
		Sep-04	1.030	0.748	1.000	0.699	1.005	1.000
	雨期	Jan-04	0.540	4.313	10.000	0.100	0.900	1.001
		Dec-04	0.750	0.902	0.998	0.109	3.050	0.000

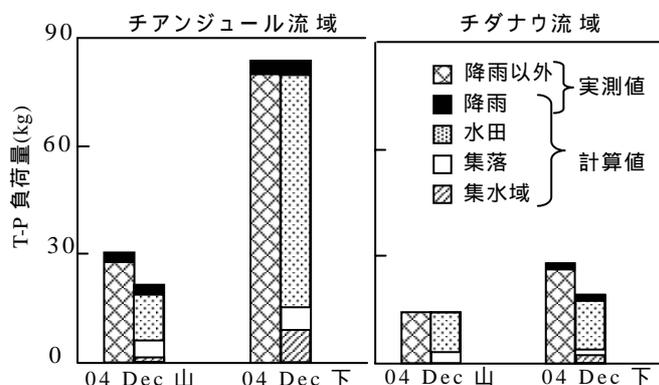


Fig. 3 T-P 負荷量の実測値と計算値  
Measured and calculated values of T-P pollutant load