

インドネシア国チタルム川流域における 水資源量と窒素濃度の時空間分布

針谷龍之介*, 吉田貢士**, 安瀬地一作**, 黒田久雄**, 本郷千春***

(*茨城大学大学院農学研究科 **茨城大学 ***千葉大学)

①背景と目的

インドネシア国チタルム川(Fig.1)は首都ジャカルタへの上水供給の8割を占めているが、人口の増大と工業用水需要の増大から乾季には**水不足**が発生している。また、上流域における森林の違法伐採および農地での過剰な施肥により森林減少、土壌侵食、栄養塩流出が生じ、貯水池における深刻な**堆砂・富栄養化問題**が起こっている(Poerbandono et al. 2006)。そこで流域全体の水・物質循環過程を対象とした水と汚濁負荷物質の流れを解明することおよびその定量的な評価が必要不可欠である。

近年では流域水環境を評価する手法として、地形・土地利用・土壌条件・インフラ整備状況を考慮可能な分布型流出モデルが注目されている。そこで本研究では水環境保全・改善に向けた栄養塩流出モデルを構築し、**水資源量と栄養塩流出の時・空間分布を把握**することを目的とした。本研究では、降雨-流出過程を時系列的、空間的に把握でき、GISデータとリンクが容易でパラメータ数が少ない完全分布型TOPMODELを適用した。これに原単位法より算定された排出窒素負荷量を与えることで、チタルム川流域における排出濃度の時・空間分布を推定した。



Fig.1 チタルム川流域

②研究手法 - 降雨流出解析 -

完全分布型TOPMODEL(Fig.2)

TOPMODELでは**根圏、不飽和層、飽和層**の3つの貯留部における水収支が計算される。流域をグリッドで分割し各グリッドにTOPMODELを適用することにより、流出量を空間的に算出できる。そのため、流域の**任意の地点での流量を推定可能**である。インプットデータは降雨量、可能蒸発散量、標高、土地利用、土壌条件であり、キャリブレーションパラメータも**3つと簡便**である。そして計算された各グリッドの流出量を擬似河道網にそって積算する。

既存ダムのモデル化(Fig.3)

利用可能水資源量の把握において流域内の**大規模ダムの影響は大きい**と考えられる。
貯水量 > (無効貯水量 + 有効貯水量) のとき、
放流量 = 流入量
貯水量 ≤ (無効貯水量 + 有効貯水量) のとき、
放流量 = 発電放流量 + 放流係数(貯水量 - 無効貯水量)

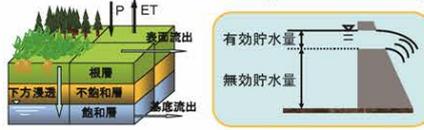


Fig.2 完全分布型TOPMODELの構成

Fig.3 ダム貯水量概念図

- 汚濁負荷解析 -

原単位法

人口、畜産、土地利用などの流域環境情報に対して、汚濁負荷の原単位を与え、排出負荷を算定する方法

Table1 面源排出源単位

排出負荷原単位 (kg/km ² /yr)	
1040	(大久保ら,1997)
1690	(吉川,2006)
510	(国松・村岡,1989)
2070	(静岡県茶業試験場, 1988)
224	(田中,2011)

Table2 点源排出源単位

排出負荷原単位	
7.5kgN/頭・yr	豚・ヤギ
37.2kgN/頭・yr	牛
0.37kgN/羽・yr	家禽
1.7kgN/人・yr	人

(国松・村岡,1989)

※点源については発生負荷原単位から国松らの排出率を乗じて排出負荷原単位に換算
人については日本とインドネシアの摂取カロリーベースから換算

③解析結果 - 水資源量の推定 -

解析対象期間は1993年～2006年であり、グリッドサイズは1kmとした。解析にはCirataダムにおける降雨量とNanjung地点における流量を用いた。解析結果をFig.4に示す。ハイドログラフの形状は雨量・気象観測点の密度の低さにもかかわらず、雨季・乾季の流量を良好に再現することができた。

ダムモデルの検証結果をFig.5に示す。簡略化したルールにもかかわらず、貯水量を概ね再現する事ができた。

Fig.6に2005年渇水年の水資源量の時・空間分布を示す。解析対象内の季節変動を水資源量の時・空間的な変化からその傾向を把握できた。さらには本流だけでなく、支流の水資源量を把握することができた。

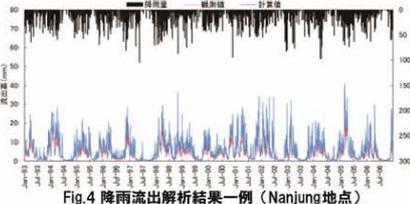


Fig.4 降雨流出解析結果一例 (Nanjung地点)

雨季・乾季の流量を良好に再現

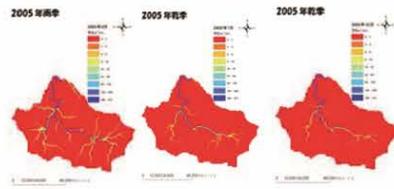


Fig.6 水資源量の時・空間分布 (2005年渇水年)

水資源量の時・空間分布を把握

- 排出負荷量の推定 -

人口・家畜頭数の空間分布と土地利用データと各排出負荷原単位から流域内負荷量の空間分布を作成した。(Fig.7)

当該流域における各排出源ごとの負荷量の割合を見ると、面源については水田とプランテーション、点源については**人口と家禽**が主な負荷排出源であることがわかった。(Table3)

Table3 流域内の点源・面源由来の年間総負荷量

	排出負荷量 (t/yr)	割合 (%)
牛	1113	4.4
家禽	7565	30
豚	44	0.17
ヤギ	1263	5.0
人	10321	41
市街地	55	0.20
水田	2087	8.3
畑	157	0.6
プランテーション	2138	8.5
森林	322	1.3
流域全体	25065	100

Fig.7 流域内排出負荷量の分布

排出負荷量の空間分布を把握

④栄養塩流出解析

負荷量の空間分布と推定された水資源量から、解析対象内のT-N濃度の時・空間分布を作成した。(Fig.8) Nanjung地点におけるT-N濃度の計算値と実測値により空間分布の精度を検証した。(Fig.9) 原単位法により、推定されたT-N濃度は実測値を常に大きく上回る結果となった。

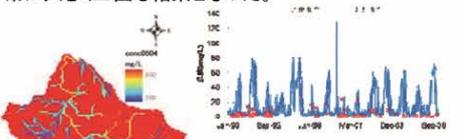


Fig.9 T-N濃度解析結果 (Nanjung地点)

Fig.8 T-N濃度の時・空間分布 (2005年4月)

T-N濃度が過大に評価

過大評価の原因

点源から発生した栄養塩が農地面源における窒素循環過程に組み込まれ減衰されてから排出されるプロセスを考慮していない。



Fig.10 面源物質循環を考慮した栄養塩流出モデル概念図

今後の課題!!

面源の物質循環を河川水質に結びつけるモデルの構築

⑤まとめ

完全分布型TOPMODELを構築・適用することで、検証地点の流量をおおよそ再現できた。そのため、流域内の水資源量の分布を推定することが可能となった。

しかし、汚濁負荷解析については原単位法での推定において流域内での負荷量が過大に評価された。そのため、今後の面源の物質循環を考慮したモデルの構築を検討する必要がある。

今後、構築されたモデルを用いて、土地利用の変化や施肥量の削減などの排出負荷削減対策を想定したシナリオ分析を実施し、得られた空間分布から、対策の優先度の高い地域の特定や下流域での水質汚濁軽減へ直接的につながる対策の検討を行う。