

# ラオス国ビエンチャンにおける栄養塩流達モデル A nutrient transport model for Vientiane, Lao PDR

○加藤亮\* 児玉健和\* 丹治肇\*\*

○KATO Tasuku, KODAMA Takekazu and TANJI Hajime

## 1. はじめに

国際河川メコン河流域国のひとつであるラオス人民共和国では、近年、急速な人口増加に伴い農地が増加しており、生活排水や農業排水による水質汚濁が懸念されている。そこで、水質管理の政策決定支援のツールとして、人口増加や土地利用の変化による窒素、リンの河川への影響を予測する栄養塩流達モデルを開発した。

## 2. 調査地

モデルは、ラオス人民民主共和国の首都ビエンチャンの行政区の1つ Sisatannak 地区を対象に開発した (Fig.1)。ビエンチャン市は人口 69.8 万人(2005 年)、面積 3,920km<sup>2</sup> であり、9 つの行政区からなっている。米の生産量は 19.2 万 t(2002 年)であり、国内 2 位の生産量をほこる。天水田と雨期と乾期の二期作が行われている灌漑水田が約 1:2 の割合である。雨期作は 6 月中旬から始まり 10 月中旬頃に収穫が行われる。乾期作は 12 月初旬から始まり 4 月中旬に収穫が行われ、ポンプによるメコン河の水の揚水は 11 月中旬から 4 月まで行われている。なお公共下水道は未整備で、下水処理は主に土壌浸透型であり、家庭排水は排水路を通じて河川に直接流出している。

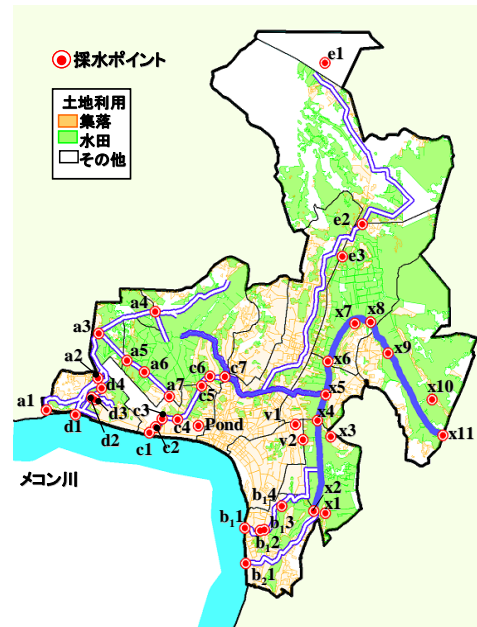


Fig.1 調査地と調査地点

Study area and measurement points

## 3. 流達モデル

モデルは GIS を用いて開発した。Sisatannak 地区を 15 の小流域に分け、それぞれ河川の下流点で水質調査を行い、モデルのパラメータの調整に使用した。負荷量の計算には次の式を用いた。

$$L_i = \alpha \cdot L_{i-1} + \sum \beta \cdot P + \sum \gamma \cdot W \quad (1)$$

ここで、 $L_i$  は排出負荷量、 $L_{i-1}$  は上流の集水域からの排出負荷量、 $P$  は人口起因発生負荷量、 $W$  は水田起因発生負荷量、 $\alpha$  は河川流下率、 $\beta$  は人口起因負荷の流達率、 $\gamma$  は水田起因負荷の流達率である (Fig.2)。 $P$  は人口に発生原単位を乗じたもの、 $W$  は水田面積と施肥量を乗じたものを入力している。ただし、人口の発生原単位は日本の値を基準とし、カロリー摂取量を考慮したもの 2 通りについて検討した。また施肥量については、聞き取り調査の値、IRRI(国際イネ研究所)の調査結果による推奨

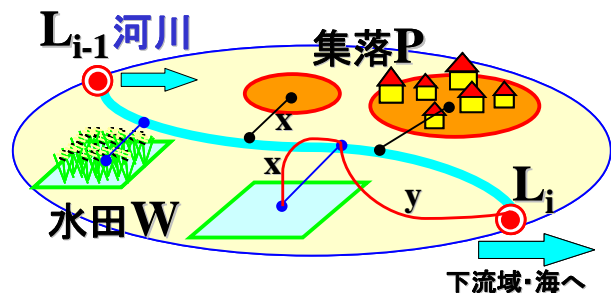


Fig.2 栄養塩流達モデルの概念図

Image of nutrient transport model

\* 茨城大学農学部 Collage of Agri. Ibaraki Univ. キーワード: 農業排水、生活排水、流域水質管理

\*\* 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering

値、日本のコシヒカリに対する茨城県の推奨値など 4 通りについて検討した。 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は次式で計算した。

$$\alpha = \exp(-k_1 y) \quad (2)$$

$$\beta = \exp(-k_2 x_i) \cdot \exp(-k_1 y_i) \quad (3)$$

$$\gamma = \exp(-k_3 x_j) \cdot \exp(-k_1 y_j) \quad (4)$$

ここで、 $k_1$  は河川流下率の減衰係数、 $k_2$  は人口起因負荷流達率の減衰係数、 $k_3$  は水田起因負荷流達率の減衰係数、 $y$  は各集水域間河川距離、 $x_i$  は各人口起因負荷源から河川までの距離、 $y_i$  は各人口起因負荷の河川到達点から採水ポイントまでの距離、 $x_j$  は各水田起因発生負荷源から河川までの距離、 $y_j$  は各水田起因負荷の河川到達点から採水ポイントまでの距離である。

各小流域の面積(水田、集落、その他)、河川距離、人口は **Table 1** のようになった。水田と宅地の面積は、土地利用図をもとにトレースし GIS で算出した。

#### 4. シミュレーションと予測

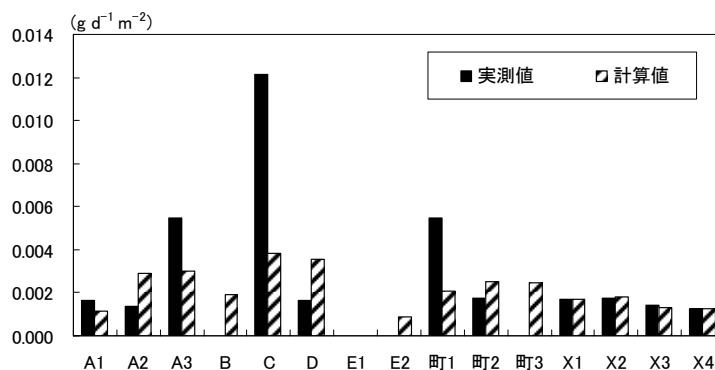
流域における流量、水質の実測については 2005 年 3 月、10 月、2006 年 3 月の計 3 回について行った。このときの流域内の流量・水質測定点は 40 箇所以上であったが、ここでは分割した小集水域の末端の 15 箇所のデータを使用した。(2)~(4)式における  $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$  の値は、15 の小集水域の実測値と比較し、計算結果との平均自乗誤差が最小になるよう山登り法を用いて決定した。山登り法では一度解に到達した後、次の解を探索するよう新たな初期値を与えなおして繰り返し計算を行い、100 組の最適解を得た。この 100 組の中から最も誤差の小さいものを選び出した。ここでは例として、2005 年 10 月の雨季の計算結果を示す (Fig.3)。2005 年 10 月の調査は雨季の終盤であったため、調査期間中に降雨も無く、また流量も少なかった。調査地点によっては、水が流れていない場所もあったが、下流部 (X1-X4) におけるの負荷量の計算結果と測定結果は概ね合っており (誤差率 24.4%)、このときの  $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$  の値はそれぞれ、0.034、5.837、5.482 であった。この値を流達率に直して、全流域で平均値を求めたところ、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  はそれぞれ 0.730、0.118、0.215 となった。

以上のモデル及びパラメータを用い、次に、予測として将来的な人口増加、水田面積の増加についてその水質に対する影響の評価を試みた。また、水質浄化の対策案として考えられる、浄化槽の設置や有リン洗剤の禁止といった生活廃水の対策の効果予測についても適用を検討する。

**Table 1** 小流域別人口土地利用データ

Population and land use data for each sub-watershed

集水域	水田	集落	その他	河川距離	人口	
単位	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	km	人	
A1	2.3	0.0	1.2	1.1	18.7	1,134
A2	6.5	4.2	0.8	1.4	0.5	775
A3	26.7	16.5	5.5	4.7	8.9	5,104
B	11.8	3.4	6.4	2.0	15.3	21,582
C	8.8	1.5	4.0	3.3	12.0	13,487
D	5.3	2.0	2.8	0.5	2.3	9,501
E1	7.7	0.0	0.0	7.7	2.7	0
E2	49.1	14.6	2.7	31.9	11.1	2,487
V1	8.0	1.0	5.6	1.3	6.7	9,433
V2	25.0	7.0	14.8	3.1	4.0	13,394
V3	9.0	0.3	7.3	1.3	5.7	2,632
X1	12.1	8.2	2.8	1.1	7.2	2,888
X2	8.0	3.2	4.0	0.9	3.3	19,015
X3	21.1	15.6	2.8	2.6	8.4	50,110
X4	29.0	18.9	3.1	7.0	10.2	24,835
Total	230.5	96.6	63.8	70.0	平均 7.8	176,375



**Fig.3** 集水域ごとの TN 負荷の計算値

Estimated TN loads for each watershed