

## メコン川流域における窒素排出原単位の推定 Estimation of Nitrogen Load Factors in Mekong River Basin

○田中健二\*, 吉田貢士\*, 乃田啓吾\*, 加藤亮\*, 黒田久雄\*

○Kenji TANAKA, Koshi YOSHIDA, Keigo NODA, Tasuku KATO, Hisao KURODA

### 1. はじめに

本研究の対象地域であるメコン川流域は、水文気象データや社会統計データの乏しい未観測流域(Ungauged Basin, 以下 UB)とされている。メコン川は東南アジア最大の国際河川であり、豊富な天然資源、とりわけ水資源を背景に近年経済発展が急速に進行しており、将来的な水質汚濁が懸念される流域である。吉村ら(2007)は栄養塩類流出モデルによりメコン川流域の窒素動態の解析を行ったが、解析には日本の原単位が用いられていた。経済状態、食生活、農業形態、文化などが異なるメコン川流域において、日本で観測された原単位を用いることは不相当である。そこで本研究では、限られた水文水質データと空間情報データからメコン川流域での点源・面源の窒素排出原単位を推定することを目的とした。

### 2. 手法

研究概要を Fig.1 に示す。まず、メコン川流域において、比較的データの整備状況が良い5つの観測点 (Fig.2) の流量・水質データから、負荷流量(L-Q)関係を求めた。また、この回帰式を用いて、各観測点での 1991 - 1998 年の年間合計負荷量を算出した。流域内では窒素負荷は森林・農地・人口・畜産を起源として排出されると仮定し、各観測点の集水面積におけるGISデータからそれぞれの

土地利用面積・人口・畜産頭数の合計値を推定した。それぞれの結果を流域面積で除し、年間窒素比負荷量、森林・農地面積率、人口・家畜密度とした結果を Table 1 に示す。観測点での負荷量と GIS による土地利用、人口、牛の空間情報から線形モデル(1)式を作成し、ランダムサーチ法により残差平方和誤差が最小となる窒素原単位を推定した。

$$Y_n = aX_{1n} + bX_{2n} + cX_{3n} + dX_{4n} \quad (1)$$

Yn:ポイント毎の比負荷量(kg・km<sup>2</sup>・year<sup>-1</sup>) n:ポイント名

X1n:森林面積率(%) a:森林原単位(kg・km<sup>2</sup>・year<sup>-1</sup>)  
 X2n:農地面積率(%) b:農地原単位(kg・km<sup>2</sup>・year<sup>-1</sup>)  
 X3n:人口密度(人・km<sup>2</sup>) c:人口原単位(kg・人<sup>-1</sup>・year<sup>-1</sup>)  
 X4n:牛頭数密度(頭・km<sup>2</sup>) d:牛原単位(kg・頭<sup>-1</sup>・year<sup>-1</sup>)

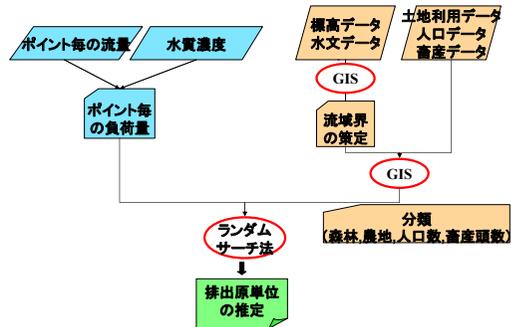


Fig.1 Outline of this study



Fig.2 Station Map

Table1 Annual nitrogen load and result of GIS analysis

単位	窒素比負荷量 (kg・km <sup>2</sup> ・year <sup>-1</sup> )	森林面積率 (%)	農地面積率 (%)	人口密度 (100人・km <sup>2</sup> )	牛頭数密度 (頭・km <sup>2</sup> )
Chiang Saen	263	0.96	0.04	0.31	0.18
Nakhon Phanom	196	0.89	0.11	0.35	0.17
Khong Chiam	263	0.84	0.16	0.35	0.17
Ubon	126	0.10	0.96	1.36	0.45
Pakse	247	0.68	0.35	0.52	0.23

[所属] \*茨城大学農学部 Ibaraki University

[キーワード] 未観測流域, 排出負荷, GIS, ランダムサーチ法

### 3. 結果・考察

#### 3.1 結果・考察

推定された森林・農地・人口・牛の原単位を Table2 に示す. この推定結果が最も残差平方和誤差が小さくなり, 実測値を再現した原単位となった. 年間総負荷量について, 推定した原単位を用いた予測値と実測値との比を Fig.3 に示す. プロットの観測点 5 点では概ね再現できた結果となり, 傾きは理想値である 1 に近く決定係数も 0.91 と高い値となった.

Table2 Nitrogen load factors

	原単位	単位
a 森林	246.74	kg・km <sup>-2</sup> ・year <sup>-1</sup>
b 農地	87.25	kg・km <sup>-2</sup> ・year <sup>-1</sup>
c 人口	0.68	kg・人 <sup>-1</sup> ・year <sup>-1</sup>
d 牛	16.68	kg・頭 <sup>-1</sup> ・year <sup>-1</sup>

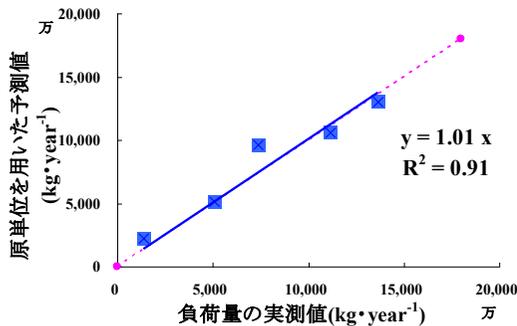


Fig.3 Comparison of predicted and observed annual nitrogen load

次に推定された原単位と日本の原単位を比較をしてみると, 森林では日本(100~700kg・km<sup>-2</sup>・year<sup>-1</sup>)と同程度であった. 農地では日本(700~4000 kg・km<sup>-2</sup>・year<sup>-1</sup>)に比べ極めて小さい値となったが, 施肥による窒素投入量が少ないことや, 田越し灌漑であること, 排水設備を持たない天水依存の農地が多いことが要因として考えられる. 人口と牛では日本(人口: 4.38 kg・人<sup>-1</sup>・year<sup>-1</sup>, 牛: 50~100 kg・頭<sup>-1</sup>・year<sup>-1</sup>)に比べ小さい値となった. これは日本の原単位は発生原単位であることや, 排泄物処理形態・畜産形態が異なることにより単純に比較を行うことができない. メコン

川流域では下水道の整備率は極めて低く, 各家庭では素掘りの貯留タンクを経由して排水河川へと放流される. 畜産は集約的に行われておらず, 家庭で賄える数頭を飼育している程度であり, 排泄は農地において行われる. その過程において, アンモニア態窒素は揮散により除去され, 硝酸態窒素は河川に到達するまでに脱窒により除去される.

#### 3.2 原単位の利用

原単位法により求めた水質観測点毎の窒素負荷量の内訳(Fig.4)では, 全体的に森林が大きな割合を占めた. また, 特徴的な点として東北タイを集水域に持つ Ubon が挙げられ, 人口・農地からの排出率が高い. 東北タイはメコン川流域内で最も開発が進んでいる地域といえ, 空間分布(Fig.5)においても負荷量が高い結果となった.

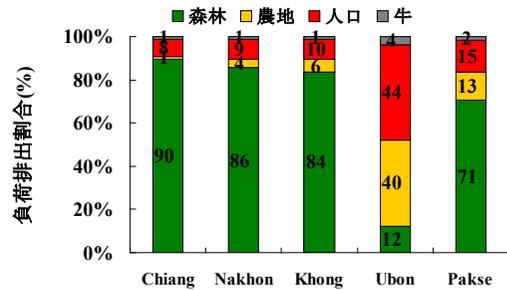


Fig.4 Nitrogen load ratio at each station

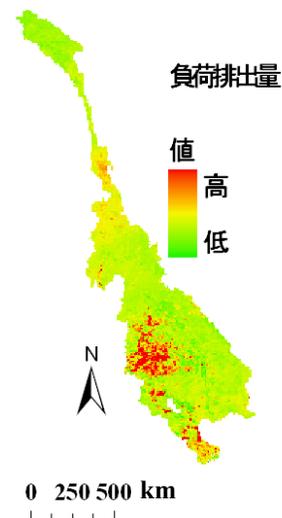


Fig.5 Spatial distribution of nitrogen load