

# 流域環境評価モデルを用いた家畜排せつ物対策に伴う 水質改善効果の面的評価に関する研究

新領域創成科学研究科 環境システム学専攻 (2009年3月修了予定) 四十崎 菜保子

学籍番号：47-076751 指導教員：島田 莊平(准教授)

キーワード：家畜排せつ物、流域環境影響評価、窒素負荷、施策

## 1. はじめに

現在、日本全国で1年間に発生する家畜排せつ物の量は約9千万トンといわれ、わが国のバイオマス資源量全体の概ね4分の1を占める。戦後の高度経済成長から食肉需要が増した一方で、家畜堆肥の供給先である耕作農業においては、国内の飼料生産量の減少・耕作放棄地の増加・輸入肥料への依存などにより堆肥需要が減少し、畜産地域において家畜排せつ物が過剰となる傾向が高まっている。これらの過剰堆肥は、家畜排せつ物法(2001年施行)により野積みは禁止されるようになったものの、降雨時による偶発的な畜舎からの流出や、施肥基準以上の農地への過剰投入などにより、未だ水系への悪影響を及ぼす原因となっている。

家畜排せつ物は以上のような負の影響を及ぼす一方で、従来から行われている堆肥化や近年技術が発達しているメタン発酵発電など、バイオマス資源として適正に利用することで環境にも社会にも便益をもたらす。行政ではこのような家畜排せつ物処理における複数の対策案について、限られた予算内で期待される効果をもたらす施策を講じなければならないが、農業システムの複雑さや効果の不明瞭さなどから合理的な施策決定が困難な現状にある。磐田ら<sup>1)</sup>はこの問題に対し、家畜排せつ物施策の実施効果を包括的に定量化し、複数施策に対する予算配分最適化モデル(以下、「施策検討モデル」と表記)を構築した。しかし当モデルにおいては、水環境への影響については対象地域全体における窒素・リン負荷量のみを問題としており、地域環境問題特有の汚染状況の局所的な分布等は考慮してい

ない。

水系への環境影響を面的に把握する手法として、「流域環境評価モデル<sup>2)</sup>」がある。このモデルでは全窒素に関する物質循環の連続性から環境状態を評価し、その地理的な分布を再現することが可能である。そこで本研究では、家畜排せつ物対策モデルの水環境影響評価の改善として流域環境評価モデルを適用することを目的とし、群馬県前橋市における水環境の現況および施策検討モデルで提案された施策効果を解析することで、施策導入に伴う水質改善効果の面的な検討を行った。

## 2. 流域環境評価モデルの概要

河川を流れる水はある地域に降った雨・雪などが河道に流出したものである。この地域がその河道の流域である。当モデルでは、対象流域をメッシュでとらえ、土地利用状況にもとづいた各グリッドの排出量・原単位データとともに地形・水文量の効果を考慮した。各グリッドでの全窒素移動量を次式より算出した(Fig.1)。なお、当モデルにおけるメッシュサイズは100mである。

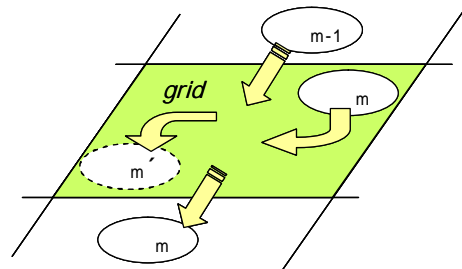


Fig.1 物質移動モデルの概念図

$$\Psi_m = \Psi_{m-1} + \Phi_m - \Phi_m' \quad \dots(\text{式 1})$$

$$\Phi_m = \sum_i^I \beta_i A_i \quad \dots(\text{式 2})$$

$$\Phi_m' = \Phi_m e^{-kx} \quad \dots(\text{式 3})$$

- $\Psi_m$ : 全窒素移動量
- $\Psi_{m-1}$ : 上流メッシュより流入する流域内全窒素移動量
- $\Phi_m$ : 着目メッシュ  $m$  から排出される物質質量
- $\Phi_m'$ : 着目メッシュ内での消失量
- $A_i$ : 土地被覆特性量
- $\beta_i$ :  $A_i$  に対する原単位
- $I$ : 土地被覆特性量の数
- $k$ : 物質質量変化係数
- $x$ : 流下距離

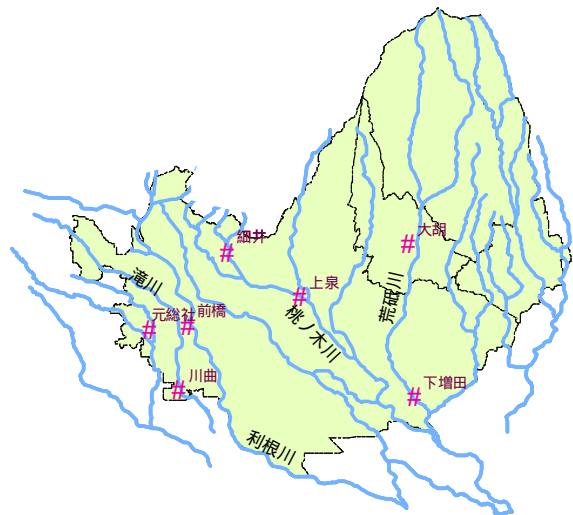


Fig.2 前橋市の河川および水位観測所

### 3. 群馬県前橋市におけるケーススタディ

#### (1) 対象地域の概要と河川流量

本研究のケーススタディにおいては、畜産業が盛んで家畜排せつ物の発生量が多い 家畜排せつ物からなる肥料供給量が、農地における肥料需要量よりも多い 耕作可能な土地があるにも関わらず自給飼料作物の栽培面積が少ない という3つの背景から既往研究<sup>[4]</sup>により選択された、群馬県前橋市を対象地域とした。

前橋市における水文状況を把握するため、市内の水位観測所における河川流量についてまとめた (Fig.2, Table.1)。ここで、提供資料の大胡における流量が下流の下増田に比べ常時 20~30[m<sup>3</sup>/s]多くなっており、数値の信頼性を確認するため大胡・下増田 2 地点における現地観測調査を行った (Fig.3)。

Table.1 各河川における 2001~07 年の平均流量

観測所	河川	流量 [m <sup>3</sup> /s]	備考
元総社	牛池川	0.66	2003, 2004 年にて 70 日以上欠測
川曲	滝川	2.38	
前橋	利根川	137	2001~03 年の平均値
細井	赤城白川	19.7	
上泉	桃ノ木川	60.8	
大胡	荒砥川	0.86	補正值
下増田	荒砥川	1.35	



Fig.3 前橋市の河川水位観測点における測定

調査の結果、大胡において提供データの流量との大きな差が確認され、大胡流量値について補正係数 0.02 を乗算 することとした。

#### (2) GIS によるデータソースの整備

流域環境評価モデルにおいては、上記の流量情報に加え、対象地域のサブ流域界や落水方向をはじめとする水文解析データおよび窒素負荷を解析するための各種統計情報を、メッシュテキスト形式にしたデータソースが必要となる。これらのデータソースの整備・作成において、本研究では ArcGIS 9.2 を使用した。必要とするデータソース内容ならびにその作成手順を Fig.4 に示す。

GISエクステンション Spatial Analyst  
ツールによるラスタ解析

GIS上のポリゴンフィーチャにおける情報整備

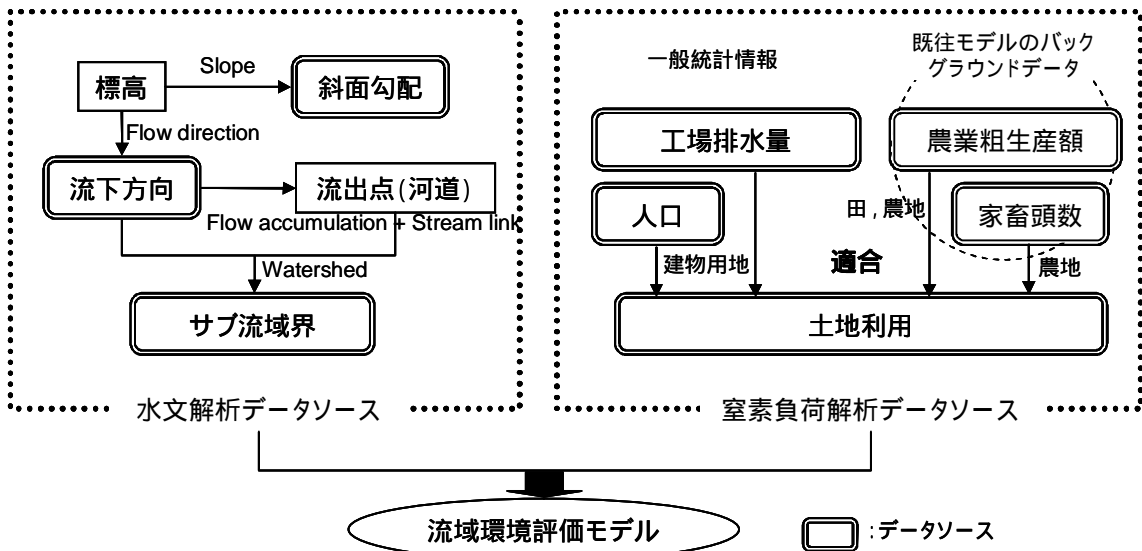


Fig.4 データソースの作成手順

(3) 現況の流域環境評価結果

以上のデータソースをもとに解析した結果を Fig.5 に示す。流域環境評価指標  $C_E$  は、(2) にて述べた窒素の移動量において、そのばらつき(分散値)の大きさを示している。指標値は市全域においておよそ -3.5 ~ 0.15 の範囲であった。

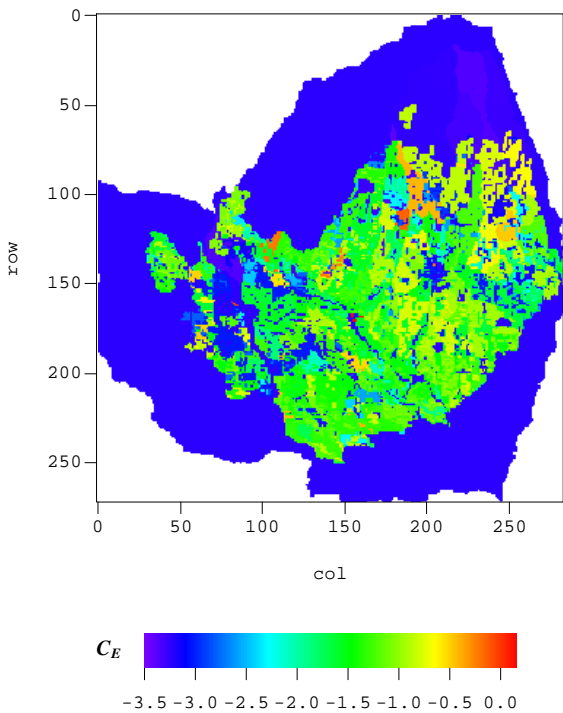


Fig.5 現況の流域環境指標分布

市中央の桃ノ木川中流部にて最も高い指標値 : 0.15 が認められ、市西部の利根川沿いも -0.04 の比較的値の箇所があった。このことから市街地における工業排水由来の局所的な窒素負荷がうかがえた ( Fig.6-a )

また、市北部においては局所的に高い値は見られないものの、広域で -0.16 以下の指標値を示した。前橋市北部では畜産業が盛んであり、入力データソースの中で家畜頭数 ( Fig.6-b ) がこの地域への窒素負荷に影響していることが示された。

工場排水 [m<sup>3</sup>/day]

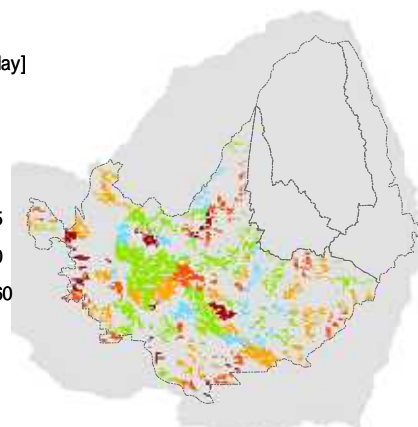
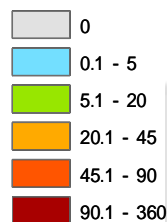


Fig.6-a 入力データソースラスタ(工場排水量)

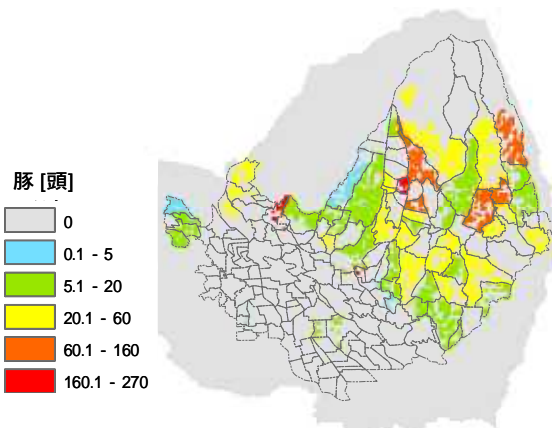


Fig.6-b 入力データソースラスラスタ(家畜頭数)

#### (4) 施策実施後の流域環境評価結果

既往研究<sup>[1]</sup>において提案された、家畜頭数削減策・飼料生産支援策・堆肥流通支援策の各実施効果、および全施策を最適予算配分下にて実施した総合効果の評価を試みた。

流域環境評価モデルは堆肥の物質フローを含まない。したがって本研究では過剰堆肥・過剰液肥の影響を考慮するために、施策検討モデルにて求められている各施策における過剰堆肥・液肥由来の窒素削減量を、家畜頭数または農業粗生産額に換算した。なお、現況においてもこの処理を施した。この手法により、施策によって変動する過剰堆肥・液肥の影響を流域環境モデルに適用することを検討した。

既往研究<sup>[1]</sup>により提案された家畜排せつ物対策施策予算配分案の概要を Fig.7 に、その時の詳細な施策実施マップを Fig.8 に示す。解析の結果、施策による効果は現況の指標値に対してその変動のオーダーが小さく、現況との違いを判別することはできなかった。この原因として、流域環境評価モデルでは家畜による窒素負荷として発生糞尿中の窒素量を対象としているのではなく、畜舎清掃排水中の窒素のみを対象とした窒素排出に基づく原単位を設定しており、施策検討モデルとの間に原単位のギャップが生じたことが考えられる。両モデルの互換性を向上させるために、窒素負荷の直接的な

影響をモデルに組み込むなど、入力情報を統一化することが今後の課題だと考えられた。

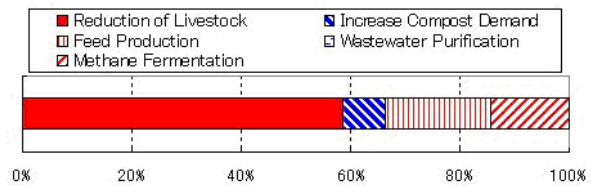


Fig.7 検討した家畜排せつ物対策予算の内訳<sup>[1]</sup>

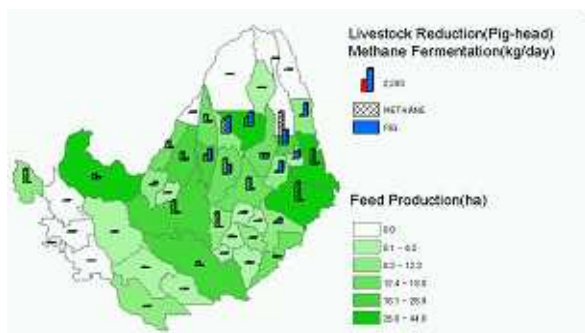


Fig.8 検討した家畜排せつ物対策の実施概要<sup>[1]</sup>

#### 4. 結論

施策の実施効果を流域環境評価モデルにより面的に評価する手法を検討した。群馬県前橋市においてケーススタディを行い、施策の実施に伴う水質改善効果を面的に算出し、現況と比較した。その結果、施策による効果は現況の指標値に対してその変動のオーダーが小さく、現況との違いを判別することはできなかった。その原因として、流域環境評価モデルと施策検討モデルでは同じ窒素負荷を対象としていても検討手法が異なることが挙げられ、入力情報の統一化など、両者の互換性の向上が必要であると考えられた。

#### 参考文献

- [1] 磐田ら, 家畜排せつ物対策に伴う環境・社会便益評価モデルの構築, 日本エネルギー学会誌, Vol. 87, No. 9, pp. 719-730, 2008
- [2] 守利ら, 長良川流域における全窒素循環状態に基づく流域環境評価手法の開発, 環境システム計測学会誌, 第 10 巻第 3 号, pp88-89, 2005. 10.