

家畜排せつ物対策に伴う 窒素フロー収支による面的水環境評価モデルの構築

新領域創成科学研究科 環境システム学専攻 (2010年3月修了予定) 大杉仁

学籍番号: 47-086657 指導教員: 島田 莊平 (准教授)

キーワード: 家畜排せつ物、WEPモデル、窒素負荷、水環境

1. 序論

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。食肉需要は戦後の高度経済成長から増加し、近年では横ばいであるものの畜産農家の集約化が進んでいる(Fig.1)。一方、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ている。その結果、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おり、この過剰な家畜排せつ物は水系への悪影響を及ぼす原因となっている。家畜排せつ物法(2001年施行)により大規模畜産農家野における積み等が禁止されるようになったものの、管理基準から除外されている農家も多くある。また、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も水環境汚染の一因となっている。

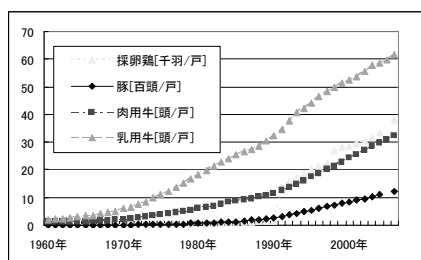


Fig.1 畜産農家集約化の傾向

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[1]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。

これに対し、四十崎[2]は流域環境評価モデルを利用し、全窒素移動量の分散値を用いて評価を行っているが、両モデルで原単位が異なるなど互換性が悪く、施策実施による現況との差異を得ることはできていない。

そこで本研究では、予算配分最適化モデルの水環境影響評価の改善として、WEPモデル[3]を利用し、対象地域の涵養中全窒素量を算出する窒素循環モデルを新たに構築することを目的とする。そして、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効果的な検討を行った。

2. 適用モデルの概要

本研究においては窒素負荷の分布を算出するために WEP モデルを使用して表面流流量・涵養量を計算する(Fig.2)。WEPモデルは土木研究所が開発した分布型物理モデルの水循環解析ツールであり、ソースコードの改変許可をうけて利用した。このモデルでは不飽和土壌水流れに対しては Green-Ampt モデル、表面流については

Kinematic Wave 法を用いて計算するメッシュベースのモデルである。なお、WEP モデルの計算においては入力データを簡便とするため、地下水は第 1 層のみを考慮し、それ以下の地下水については考慮しない。

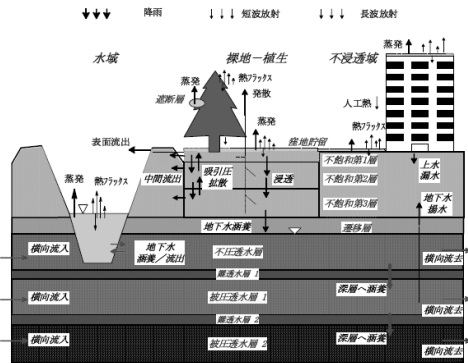


Fig.2 WEP モデルの鉛直概念図

窒素循環モデルにおける窒素濃度の算出式においては SWAT モデルを参考にした。

$$CONC_{r,t} = \frac{N_{r,t,all}}{w_{r,t}} \times \left\{ 1 - \exp\left(\frac{-(w_{r,t})}{(1-\theta) \times SAT} \right) \right\} \quad (式 1)$$

$$N_{r,t,surf} = \beta \cdot CONC_{r,t} \cdot w_{r,t,surf} \quad (式 2)$$

$$N_{r,t,perc} = CONC_{r,t} \cdot w_{r,t,perc} \quad (式 3)$$

$$w_{r,t} = w_{r,t,surf} + w_{r,t,perc} \quad (式 4)$$

$CONC_{r,t}$: 移動水中の全窒素濃度[mg/L]

$N_{r,t,all}$: メッシュに存在する全窒素量[mg]

$N_{r,t,surf}$: 表面流中全窒素[mg]

$N_{r,t,perc}$: 涵養中全窒素[mg]

$w_{r,t}$: 全流量[L] $w_{r,t,surf}$: 表面流流量[L]

$w_{r,t,perc}$: 涵養量[L] SAT : 飽和水分量[L]

β : 窒素浸透係数 θ : 間隙率

全窒素の発生源としては汚水、降雨、農業、家畜の 4 種を考慮した。汚水由来の窒素は人の雑用排水・し尿とした。農業集落排水等を含む汚水処理施設による汚水処理率を環境中に流出する割合として計算した。

降雨により発生する窒素は降雨量にその地域の硝酸濃度を乗じることで求めた。

農業由来の窒素として施肥によるものを考慮した。施肥時期は作物種により異なるため、各月ごとに施肥により発生する窒素を算出した。

家畜由来窒素は家畜排せつ物中に含まれる窒素に流出係数を乗じることで算出した。本モデルにおいて、野積み・堆肥盤・素掘りという家畜排せつ物法で禁止された処理方法を行っている分は全量が環境中に流出するものとし、その割合を流出係数とした。

降雨と農業由来の窒素については季節変動が大きいと考えられるため、本モデルでは月ごとに定常状態にあると仮定して涵養中全窒素量を計算する。

3. 群馬県前橋市におけるケーススタディ

3.1 ケーススタディの概要

本研究のケーススタディにおいては、①畜産業が盛んで家畜排せつ物の発生量が多い ②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 ③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[1]により選択された、群馬県前橋市を対象地域とした。

その前橋市を含む流域(Fig.3)を 100m メッシュ、サブ流域 32、河川本数 31 としてモデルの計算を行った。



Fig.3 対象流域

3.2 水循環解析結果

WEP モデルにて表面流流量・涵養量を算出するに際し、実測値との比較は河川流量にて行った。前橋観測所における利根川の河川流量の実測値と計算値を比較した結果 (Fig.4)、4 月、5 月を除き、計算結果は実測値を良好に再現しているといえる。WEP モデルでは積雪・融雪現象を表すモデルは組み込まれていないため、雪解け水が利根川に流れ込む 4 月、5 月には小さな値となったものと考えられる。ただし、雪解け水

は前橋市より、上流で流れ込むために表面流・涵養には影響は少ない。よって、WEPモデルの表面流流量・涵養量についても現実に即した値となっているものと考えられる。

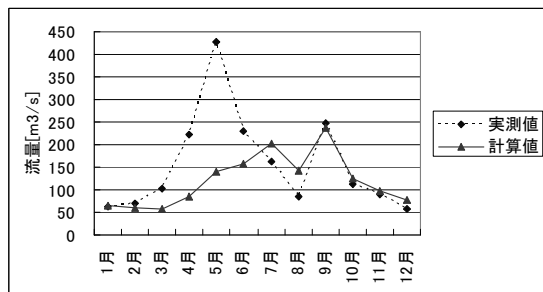


Fig.4 河川流量の比較

3.3 現況の窒素負荷分析

現況の涵養中窒素量のメッシュ平均値について、時間推移と各窒素排出源の寄与を Fig.5 に示し、排出源ごとの窒素負荷の分布を Fig.6 に示した。

前橋市の污水处理人口普及率は全国で 37 位となっており、かなり整備が遅れている。しかし、その他の排出源と比較すると、污水由来の窒素負荷は 1 年を通して少なく、ほぼ無視できる量となっている。

降雨による窒素負荷は面的に広く薄く分布しており、メッシュ平均値をとると時期によっては大きな負荷の割合を占め、7 月においては全負荷量の 26% を占める結果となった。これは酸性雨の傾向の強い前橋市の特徴が現れているものと考えられる。しかし、メッシュ単位でみた場合には農業・家畜ほどのように大きな負荷となる地域はなく、問題にはならないと考えられる。

農業由来の窒素負荷は全窒素負荷に寄与する割合、季節変動共に大きい。メッシュ単位でみた場合にも偏在性がみられ、水質に影響を与える大きな原因であると考えられる。

家畜による窒素負荷は 1 年を通じて安定した量があり、肥料同様地域的に偏在している。したがって、前橋市の窒素負荷を低減するためには農業と畜産からの窒素排出を減少させる必要があり、その具体的な方法として、農地への過剰な施肥を避けることや家畜排せつ物を適切に処理すること

などが考えられる。

特に家畜排せつ物に関しては、流出係数の影響が大きく、これは処理施設の利用を促進していくことで小さくすることができる。農業と比較して、改善しやすい項目といえるであろう。

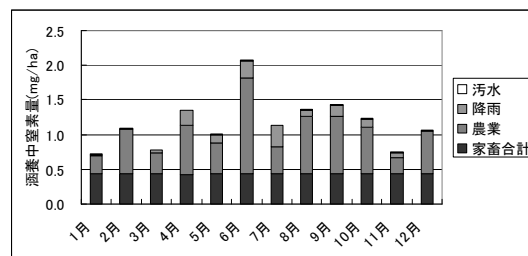


Fig.5 涵養中窒素量の推移

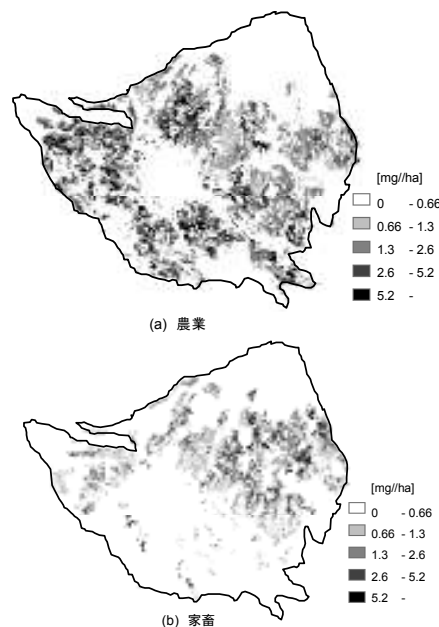


Fig.6 排出源ごとの窒素負荷 (6月)

現況の窒素濃度分布を表したのが Fig.7 である。濃度は涵養中窒素量と比較すると、特定の地域が特に高いというような偏在性はあまりみられない。表面流が累積する河川付近では濃度も高くなっているが、河川における実測値と比較すると計算値の窒素濃度は 1/10 以下の量となった。この原因として考えられるのは、本モデルにおいては、河川への地下水流出中の窒素量については考慮できていないことや、(式 1) は土壌中の窒素輸送を表すものであり、河川においては窒素が土壌に吸着されることもないため、過小評価してしまったものと考えられ

る。河川における窒素輸送についても今後考慮することが求められる。

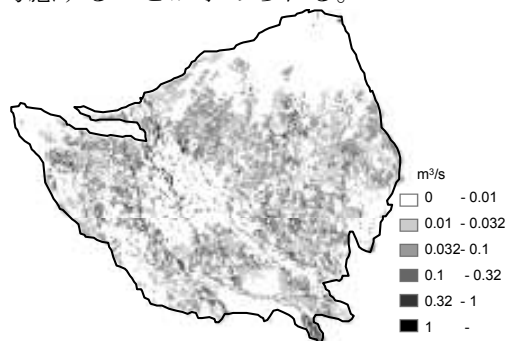


Fig.7 窒素濃度分布 (6月)

また、一方では窒素濃度が異常に高くなるメッシュも存在した。これは本モデルにおいて、窒素の蓄積について考慮できていないためと考えられる。降雨の少ない時期においては家畜排せつ物中の窒素分は流されることなく、その地域に蓄積されると考えられる。そして、大雨時にその蓄積された窒素がまとめて流出するという現象が考えられ、このことについても考慮することが今後の課題といえる。

3.4 施策実施時の窒素負荷分析

既往研究[1]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.8 に示す。本研究において、各対策のうち「家畜頭数削減対策」と「自給飼料の地域内生産対策」を窒素負荷に影響するものとして考慮した。

その結果、窒素負荷は多くの時期において0.3~2.1%程度の減少がみられたが、4月、8月、9月においては飼料作物の増産による影響が大きく、窒素負荷が増加していった。ただし、「自給飼料の地域内生産対策」では耕作放棄地にて飼料作物を栽培する。本モデルにおいて、稲を除く作物の肥料は土地利用種が「その他農用地」となっているメッシュに対し、農業集落界ごとに均等に割り振っている。そのため、飼料作物はその他の作物と同様の扱いになり、違いが見られないが、対策実施においてはその他の作物と異なる場所で栽培されるため、窒素負荷は薄く広く分布するようになると考えら

れる。よって、より詳細に土地利用種を区分したならば、「自給飼料の地域内生産対策」を行うことで、窒素負荷が局所的に高い地域に拍車をかける事態にはならない可能性も考えられる。

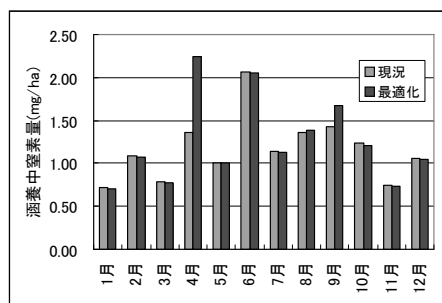


Fig.8 現況と施策実施時の比較

4. 結論

本研究では、家畜排せつ物等による水質環境への影響を窒素負荷の観点から面的に評価する窒素循環モデルを構築した。群馬県前橋市においてケーススタディを行い、現況の各要因が水質に与える影響と、予算配分最適化モデルの結果における施策実施による水質環境の変化について分析した。その結果、家畜排せつ物による窒素負荷は局所的に大きく、適切な処理をすすめることにより他の排出源と比較して容易に削減できる可能性があること、施策実施により、飼料作物増産による窒素負荷が施肥時期において大きくなることなどを把握することができた。

本モデルをより精度の高いものにするには、家畜排せつ物の蓄積、地下水流れ、窒素形態の区別、化学変化等を考慮することが必要である。

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]四十崎菜保子：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
- [3]飯泉佳子ら：分布型モデルを用いた河川・地下水の水質解析,河川技術論文集,第12巻,2006年6月