

霞ヶ浦における窒素・リン循環システム構築に関する研究

筑波大学 渡部将来[※]
筑波大学 水鉋揚四郎

1. 背景と目的

近年、霞ヶ浦で多発する富栄養化は、深刻な環境問題として広く認識されている。赤潮やアオコの発生は、富栄養化によるもので、湖水や河川水の水質悪化や漁業の被害を招いている。富栄養化の原因は、工場排水・生活排水などに含有する窒素・リン成分が挙げられ、人間活動に大きく関与している。そこで、窒素・リンの大量消費型の社会から物質循環システムを考慮した循環型社会への変革が注目されている。循環型社会を形成するためには、環境を社会システムの内部に捉え、環境、社会、経済のバランスを取る必要がある。しかし霞ヶ浦流域は、窒素・リンの循環システムを考慮した政策が不十分であり、新たな窒素・リン削減政策を考案する必要がある。

本研究は、霞ヶ浦流域内における窒素とリンの物質収支の現状を把握し、その問題点を明確にする。その後、新たな窒素・リン削減政策として、メタン発酵を利用したバイオマスプラントの導入により、畜産糞尿・食品廃棄物の農地還元による循環システムを構築し、窒素とリンを削減する政策を提案する。この政策を総合的に評価することを本研究の目的とする。

2. 研究方法

最初に、霞ヶ浦を流域とする 24 市町村において、窒素・リンの物質収支に深く関与しているカテゴリーとして、11 部門(農業、畜産業、漁業、飼料・有機質肥料、化学肥料、工業、サービス業、エネルギー産業、水道、廃棄物処理業、運輸産業)に着目して、公的なデータである官公庁や各学会による統計データを基に、霞ヶ浦流域の窒素、リン物質収支の現状を把握した。得られたデータから霞ヶ

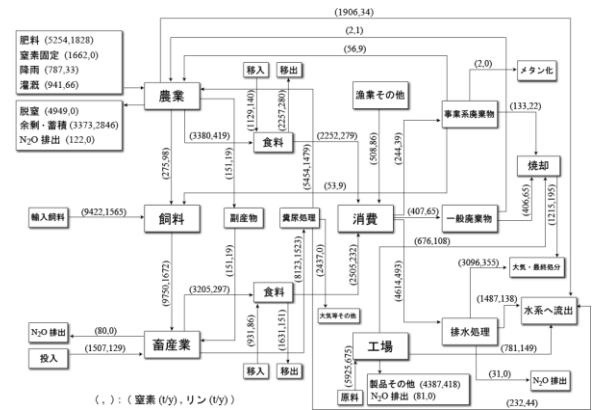


図-1 霞ヶ浦流域における窒素、リンの物質フローチャート

表-1 産業連関表の分類

INDEX	本モデルの産業名	産業連関表上の分類番号と産業名
1	農業	001. 耕種農業, 003. 農業サービス, 004. 林業
2	畜産業	002. 畜産業
3	漁業	005. 漁業
4	工業	006. 金属鉱物～010. 飲料 011. たばこ～019. 印刷・製本 021. 無機化学工業製品～063. その他の製造工業製品
5	飼料・有機質肥料	011. 飼料・有機質肥料
6	化学肥料	020. 化学肥料
7	サービス業	064. 再生資源回収・加工処理～068. その他の土木建設 073. 商業～077. 住宅賃貸料 086. 通信～108. 分類不明
8	エネルギー産業	069. 電力～070. ガス・熱供給
9	排水処理業	071. 水道
10	廃棄物処理業	072. 廃棄物処理
11	運輸産業	078. 鉄道運送～085. 運輸付帯サービス

浦流域の窒素、リンの物質フローチャートを作成した(図-1)。次に、産業連関表を用いて窒素・リンの物質収支と社会経済活動を考慮した産業連関モデルを構築した。産業連関表は、茨城県が公表している 2005 年度の茨城県産業連関表¹⁾を利用した。統合中分類には 108 部門の産業が存在しており、窒素、リンの物質収支と深く関連している産業別に分類し、産業連関表の統合を行った(表-1)。各産業や消費活動から流出する T-N, T-P 排出

量を制御対象として、その制約条件下における GRP(県内総生産)最大化を目的関数とした最適化シミュレーションを行った。最適化を行う目的関数は、以下のように設定した。

$$MAX = GRP \quad (1)$$

$$GRP = \sum_{i=1}^{11} (v_i X_i + \delta_i X_i + T x_i X_i) \quad (2)$$

(X:生産額 v:国民所得率 δ:減価償却率 Tx:間接税率)

その結果に基づき、バイオマスプラントを導入時について考察した。コンピューターシミュレーションには、LINDO SYSTEM 社の数理計算用ソフトウェアである LINGO を使用した。

3. 結果・考察

本研究のシミュレーション結果を図-2、図-3に示す。図-2は、制御対象である T-N、T-P の排出量を徐々に制限した際の GRP の推移を表し、図-3は、農地に投入される化学肥料と余剰・蓄積した肥料の窒素、リン量の推移を表している。本研究は、バイオマスプラントなしのケース I、バイオマスプラント導入時のケース II と二つのケースを設定した。シミュレーション結果より、ケース II は、ケース I と比較して、GRP が高い値を示している。これは、バイオマスプラントの建設による経済効果が、工場部門等の産業に波及し、生産額が上昇したためだと考えられる。また、ケース II において、ケース I と同等の GRP で T-N、T-P がより多く削減でき、流域外から流入する窒素、リンも削減することが可能であることが示唆された。この要因は、畜産糞尿等の循環、適正利用が行われたためだと考えられる。

以上より、バイオマスプラントを導入することで、霞ヶ浦流域内に流入する窒素、リン量を抑制し、畜産糞尿等の廃棄物を有効利用することで、霞ヶ浦流域内における小規模の循環ではあるものの、窒素・リンの循環利用を人為的に行うことが可能であることが示唆された。このような環境負荷の削減と産業の両面を考慮した循環システムが最適な窒素・リン循環のあり方であると提言する。

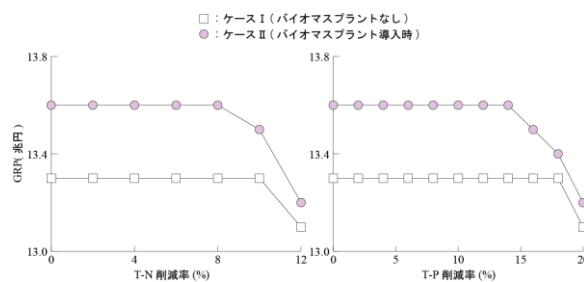


図-2 T-N, T-P 削減による GRP の推移

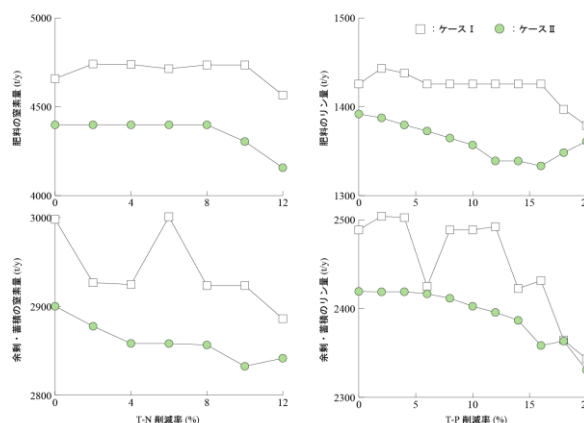


図-3 T-N, T-P 削減による化学肥料と余剰、蓄積した肥料の窒素、リン量の推移

4. 今後の予定

今後は、新たな政策として環境税、藻類のメタン発酵の導入時におけるシミュレーションを行う予定である。また、現在のモデルは、GHG の中で N_2O のみを制約条件として考慮しているが、今後は、よりバイオマスプラントの優位性を表現するために、 CO_2 等の要素を増やしてシミュレーションを行う必要がある。さらに本研究は、静学モデルでシミュレーションを行ったが、モデルの動学化を行い、より現実に即したモデルの中でシミュレーションを行うことを検討している。

参考文献

- 1) 茨城統計情報ネットワーク(2005年), 平成17年度茨城県産業連関表中分類