

休耕田を活用した窒素除去効率と流れに関する研究 A Study on the Efficiency of Nitrogen Removal and Water Flow through the Paddy Field

○ 安瀬地一作* 黒田久雄* 高石梨沙* 櫻町航平* 吉田貢士*
○ AZECHI Issaku KURODA Hisao TAKAISHI Risa
SAKURAMACHI Kohei YOSHIDA Koshi

1. はじめに

近年、農地や畜産系などの面源からの窒素などの栄養塩類流出による閉鎖性水域の富栄養化が問題となっている。これら面源からの排出負荷は生活系や産業系などの点源負荷に比べて排出地点を特定することが難しいため、対策が困難である。そこで、水田の脱窒作用を利用した窒素除去能力が注目されており、休耕田を用いた窒素除去が試みられている。

水田の脱窒能力は、水温、pH、有機物量および有機物の形態、硝酸態窒素濃度、溶存酸素濃度などさまざまな環境要因に支配され、これら要因が窒素除去能力に与える影響は多くの研究成果により徐々に明らかにされつつある。しかし、これら多くの研究は静水条件のものがほとんどで、水田内での流下過程における脱窒効率についてはあまり検討がなされていない。そこで、本研究では、水田内の流路と窒素除去効率について現地調査および数値実験により検討を行い、効率的な窒素除去を行うための休耕田の有効活用について検討を行った。

2. 現地調査

現地調査は2009年11月10日～2011年12月26日の期間で行い、水田内に畦シートを設置することで流路を作成し窒素除去効率と流れとの関係を調査した。2009年11月10日～2011年7月11日の期間では畦シートを3枚設置し流路幅約18mの流路(Case A)を作成、2011年7月12日～2011年12月26日の期間では畦シートを11枚設置し流路幅約6mの流路(Case B)を作成した(Fig.1)。なお、本水田は窒素除去を効率的に行うために水深を通常の水田よりもやや深めの約20cmに保っている。

調査期間中のT-N濃度低下率(流出T-N濃度/流入T-N濃度)をFig.2に、差引負荷量(流入負荷量-流出負荷量)をFig.3に示す。T-N濃度低下率の平均は2010年7月13日～12月28日(Case A)では26%、2011年7月12日～12月26日(Case B)では43%であり、流路を狭くし流下距離を長くすると除去率が向上しているように見える。しかし、差引負荷量(Fig.3)をみると、Case Aでは平均で2137g/day、Case Bでは858g/dayとなり、Case Aにおいてより多く除去している結果となった。これは、Case Bの期間はCase Aの期間と比べて流入流量が少ないため流速が遅く窒素除去に十分な時間があったものの、流量が小さいために負荷量が小さくなったものと考えられる。また、これらの期間では気象条件も異なるため、その窒素除去速度もそれぞれ異なる。

以上のように、本調査では同時期にCase AとCase Bの調査を行うことができなかつたため、流入条件および気象条件を同一にできなかつた。したがって、本調査においては、Case A、Bにおいて窒素除去効率を単純に比較することは困難である。そこで、数値実験により流下過程における窒素除去効率について詳細に検討する。

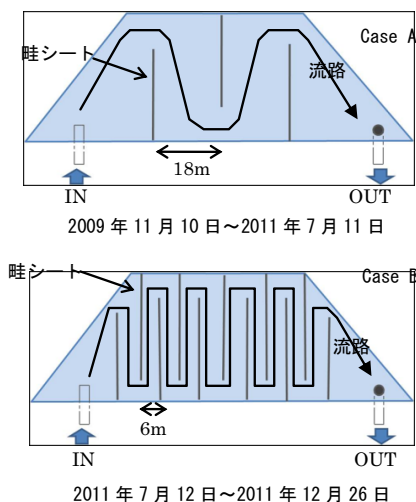


Fig.1 Outline of the field survey

*茨城大学農学部, Ibaraki University, College of Agriculture,

Key Word 休耕田, 窒素除去, 流れ

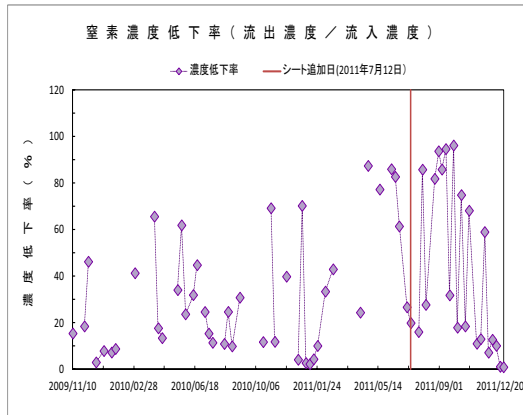


Fig.2 Decreased rate of nitrogen concentration

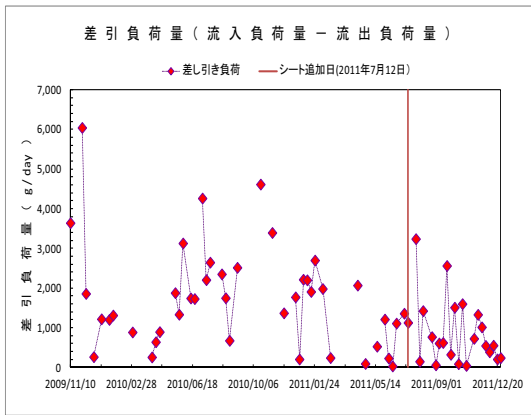


Fig.3 Total load of nitrogen

3. 数値実験

数値実験は、平面二次元解析により行った。支配方程式は、二次元連続式、運動方程式および移流拡散方程式である。移流拡散方程式に窒素除去項を追加し解析を行った。以下に二次元移流拡散方程式を示す。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial u \cdot C}{\partial x} + \frac{\partial v \cdot C}{\partial y} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) - aC$$

ここで、 C は窒素濃度、 u は x 方向流速、 v は y 方向流速、 a は窒素除去係数、 D は拡散係数である。このときの窒素除去係数 a は、現地調査結果から同定した。

Fig.4 に解析結果の窒素濃度分布を示す。流入濃度は調査期間中の平均値で、10.6mg/l である。解析は、Case A、Case B および畦シートを設置しない場合の Case C について行った。

Case C では流路が設定されていないため、窒素は水田全域に放射状に広がっており、十分に除去されずに流出している。また、窒素濃度分布は流出口に引張られて歪んでいる様子も見て取れる。

Case A、B では畦シートにより流路を設けることで、流下過程で窒素が除去されていることが分かる。A と B とを比較すると、流出口付近の窒素濃度には大きな差はみられなかった。これは、流路を狭くすると流下距離は長くなるが、流速が速くなり流下時間がほぼ同じになったためであると考えられる。

しかし、流下過程で窒素濃度分布には若干の違いが見られる。これは、流路幅が広い場合には流路内を斜めにショートカットする流れが存在するため、流路幅が狭い場合に比べて窒素除去効率が若干悪くなっているものと考えられる。したがって、休耕田を活用して窒素除去を効率的に行うためには最適な流路を設定する必要があり、それは水田の形状、水口、水尻の配置により異なる。今後は窒素除去効率の最適となる条件を簡便に探す方法の開発が求められる。

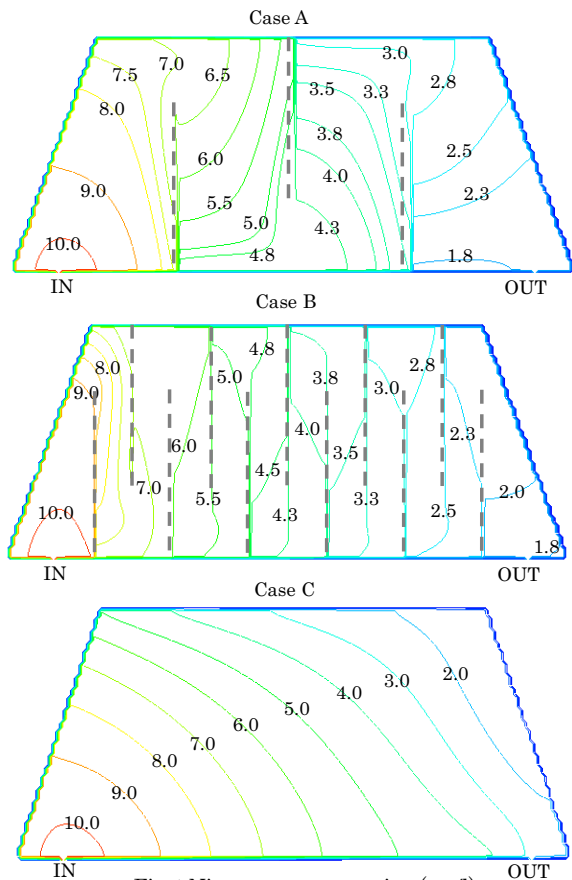


Fig.4 Nitrogen concentration (mg/l)