

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月17日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580291

研究課題名（和文） 谷津田を利用した窒素浄化実証試験の能力向上要因解析

研究課題名（英文） The study of factor analysis of improvement for nitrogen purification capacity using paddy fields

研究代表者

黒田 久雄（KURODA HISAO）

茨城大学・農学部・教授

研究者番号：20205256

研究成果の概要（和文）：

銚田川は窒素汚染のある流域である。その窒素流出を防ぐために、窒素浄化水田を設置した。比較のため2010年と2011年のデータを解析対象とした。

各水田の流入TN濃度は、 $9.8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ から $16.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ であった。流入負荷量は、 $0.488 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ から $4.703 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ であった。差引排出負荷量は、 $-555.9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ から $-1,837.8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ となった。

どの水田も窒素吸収型水田となり、窒素負荷削減効果に大きな役割を果たせることが確認できた。この負荷削減効果に及ぼす影響について検討した結果、最も大きな影響を与える要因は流入負荷量であることがわかった。流入負荷量と差引排出負荷量は、流入負荷量が大きくなると差引排出負荷量も大きくなり直線回帰ができた。R²は、0.9185と高い値を示した。

研究成果の概要（英文）：

Hokota river basin is a nitrogen pollutant area. We set nitrogen purification paddy fields. We used data in 2010 and 2011 applicable to analysis this time for comparison.

The inlet TN concentration of paddy fields from $9.8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ to $16.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Inlet TN load was from $0.488 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ to $4.703 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$. The balance TN load was from $-555.9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ to $-1,837.8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

All the paddy fields were nitrogen purification type paddy fields. This result showed that these paddy fields could play a large role in the nitrogen load reduction effect. As a result of considering the influence which it has on this nitrogen removal effect, it became clear that the factor which has biggest influence was inflow nitrogen loads. The inflow nitrogen loads and the balance loads were proportionality relation. R² value showed the high value of 0.9185.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,900,000	1,170,000	5,070,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：窒素、浄化、面源、水田、田面効率

1. 研究開始当初の背景

茨城県生活環境部生活環境課水環境室が発表した「平成 19 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果について」によると、人の健康の保護に関する環境基準の中で硝酸性窒素および亜硝酸性窒素濃度が年平均として $11 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ と環境基準値 $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ を上回る濃度を記録したと報告された。そもそも銚田川流域は霞ヶ浦に係わる湖沼水質保全計画第 5 期において「銚田川流域における流出水対策推進計画」として指定されている流域である。この原因として、銚田川流域では養豚業が盛んであること、メロン、イチゴなどの栽培が盛んであることから農業系の対策を立てる必要があったからである。さらに、平成 20 年度より茨城県は、森林・湖沼環境税を制定し、霞ヶ浦などの湖沼の水質改善対策を始めた。その中の一つとして農業系の面源対策として農業排水再生プロジェクトとして銚田川上流流域を指定し、水質浄化対策を始めた。それが、環境基準値を超えたということで、何らかの有効対策を立てる必要性が以前より増して重要性が高まっている。

2. 研究の目的

本研究は、平成 21 年度～平成 23 年度の 3 カ年において、硝酸性窒素汚染の著しい霞ヶ浦流入河川のひとつである銚田川上流谷津田流域において、地形連鎖系を活用した窒素除去実証試験を実証レベルで広範囲に行う。窒素除去に係わる様々な問題点の整理と実用化に向けた解決対策の提言を目的とする。

3. 研究の方法

水質実証試験は、2008 年度から茨城県銚田川流域の谷津田上流部の休耕田を利用して

開始した。2008 年度に休耕田を 2 筆利用して実験を開始した。また、2009 年度は 3 筆増やした計 5 筆において実証試験を行う。この 5 筆は谷津田という特性上、形状、流入窒素濃度や流量も異なり多様な条件での実験を行うことが可能である。今後、他地域に窒素浄化を拡大することを念頭に置くと、水田形状、田面水の流れの制御、滞留時間の関数を明確にする必要がある。実験では、原則毎週現地観測を行い、流入負荷量と流出負荷量を測定する。また、水田の湛水深を測定し、滞留時間を算出する。さらに、田面水の流れの制御による影響を調査するため、水田 V において畦波シートにより水田を 4 区画に分割した場合と 12 区画に分割した場合の窒素除去を測定する。これらの結果を基に、平面 2 次元シミュレーションモデルを作成し、田面水制御による影響を把握する。

4. 研究成果

銚田川は窒素汚染のある流域である。その窒素流出を防ぐために、窒素浄化水田を以下のように設置した。2008 年度に水田 I (533 m^2) と水田 II (978 m^2) を設置した。2009 年度に水田 III (669 m^2)、水田 IV (600 m^2)、水田 V ($1,432 \text{ m}^2$) を追加した。どの水田も湛水深を約 20～30cm と深く取った。これは、水口と水尻の短絡流を防ぐためである。水田 I は 2009 年 7 月に大雨のため水口が壊れたため調査を中止した。水田 II は契約のため 2010 年 12 月で調査を中止した。水田 IV は 2010 年 12 月で調査を中止した。その結果、本研究期間である 2009 年～2011 年では、2009 年水田 II、2010 年水田 II、III、IV、V、2011 年水田 III、V のデータを収集した。比較のため

2010年と2011年のデータを解析対象とした。

各水田の流入TN濃度は、2010年が $9.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $16.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $14.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $11.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。流入負荷量は、 $0.708 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 、 $0.902 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 、 $4.703 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 、 $1.432 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ であった。差引排出負荷量は、 $-555.9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、 $-755.1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、 $-1,837.8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、 $-737.3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ となった。2011年は、 $13.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $11.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。 $0.488 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ と $1.833 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ で差引排出負荷量は $-273.1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ と $-632.2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ となった。

どの水田も窒素吸収型水田となり、窒素負荷削減効果に大きな役割を果たせることが確認できた。この負荷削減効果に及ぼす影響について検討した結果、最も大きな影響を与える要因は流入負荷量であることがわかった。流入負荷量と差引排出負荷量は、流入負荷量が大きくなると差引排出負荷量も大きくなり直線回帰ができた。 R^2 は、 0.9185 と高い値を示した。

水田Vは2010年9月から畦波シートを3枚入れ4区画にした。2011年7月に12区画とした。シートを入れた効果はあまり明確でなかった。これは湛水深が $20 \sim 30 \text{ cm}$ と深くしたことも大きな要因と考えられる。

これらの結果を基に平面2次元モデルの作成を試みた。結果として、シートの有無では濃度差は明確では無かった。しかし、濃度低下はシートを入れた場合の方が、少ない面積で低下させることができることがわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

- ①Liyantono, Tasuku Kato, Hisao Kuroda and Koshi Yoshida, GIS analysis of conjunctive water resource use in Nganjuk district, east Java, Indonesia,

PADDY AND WATER ENVIRONMENT, 査読有,
2012/01, DOI10.2965/jswe.34.73

- ②北村立実, 黒田久雄, 石井裕一, 吉尾卓宏, 山本麻美子, 小松伸行, 渡邊圭司, 本間隆満, 田渕俊雄, 代かき田植え期における用排水機場からの負荷特性、水環境学会誌, 査読有, 34/5号, 73-80, 2011/05
- ③吉田貢士, 加藤亮, 乃田啓吾, Krissandi Wijaya, 黒田久雄, 播種日, 施肥量の違いが燃料作物スイートソルガムの窒素吸収に及ぼす影響, 応用水文, 査読有, 23, 12-20, 2011/03
- ④H. Kuroda, T. Kato, Y. Koshigoe, D. Yaegashi, S. Horaguti, K. Inubushi, T. Yamagishi, Y. Suwa, The improvement of the nitrogen removal capacity in wetlands, Desalination and Water Treatment, 査読有, 19, 146-148, 2010/07, DOI:10.5004/dwt.2010.1907
- ⑤北村立実, 黒田久雄, 山本麻美子, 根岸正美, 田渕俊雄, 霞ヶ浦湖岸循環利水水田地区の水収支と物質収支, 農業農村工学会論文集, 査読有, 267, 35-41, 2010/06
- ⑥黒田久雄, 加藤亮, 中曾根英雄, ハス田からの流出負荷量調査について, 農業農村工学会論文集, 査読有, 265, 47-53, 2010/02

[学会発表] (計26件)

- ①黒田久雄, 霞ヶ浦流域の面源窒素汚染と負荷削減対策、茨城大学重点研究公開シンポジウム、2012/02/26, 茨城大学農学部
- ②黒田久雄, 面源負荷における硝酸性窒素の起源について, 流域圏シンポジウム、2011/12/15, 京都大学東京オフィス
- ③KURODA Hisao, HIROSE Kouji, KITAMURA Tastumi, YOSHIO Takahiro, The amount of the Nitrogen Removal in Wetlands (Rice Paddy Fields), 14th World Lake

- Conference, 2011/10/31-11/3, Austin Convention Center Exhibitor Hall
- ④三浦大斗, 吉田貢士, 山岸昂夫, 諏訪祐一, 黒田久雄, 水田土壌における ANAMMOX 反応の季節変動, 第 62 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2011/10/20, 清水テルサ
- ⑤高石梨沙, 吉田貢士, 吉尾卓宏, 北村立実, 広瀬浩二, 黒田久雄, 流入負荷量の異なる水田における窒素除去能力の変化, 第 62 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2011/10/20, 清水テルサ
- ⑥戸嶋亮, 吉田貢士, 黒田久雄, 流入負荷の変化による窒素除去への影響の検討, 第 62 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2011/10/20, 清水テルサ
- ⑦吉田貢士, 飯島あずさ, 乃田啓吾, 加藤亮, 黒田久雄, 新治村土地改良区における田んぼダムの洪水緩和機能評価, 平成 23 年度農業農村工学会全国大会講演会, 2011/09/07, 九州大学箱崎キャンパス
- ⑧針谷龍之介, 吉田貢士, 加藤亮, 黒田久雄, 乃田啓吾, インドネシア国チタルム川流域における利用可能水資源量の時空間分布, 平成 23 年度農業農村工学会全国大会講演会, 2011/09/08, 九州大学箱崎キャンパス
- ⑨田中健二, 吉田貢士, 乃田啓吾, 加藤亮, 黒田久雄, メコン川流域における窒素排出原単位の推定, 平成 23 年度農業農村工学会全国大会講演会, 2011/09/08, 九州大学箱崎キャンパス
- ⑩乃田啓吾, 加藤亮, 吉田貢士, 黒田久雄, 低平地水田地帯における SWAT モデルの不確かさに関する検討, 平成 23 年度農業農村工学会全国大会講演会, 2011/09/07, 九州大学箱崎キャンパス
- ⑪松山広樹, 乃田啓吾, 加藤亮, 吉田貢士, 黒田久雄, 低平地水田地帯を含む農業小流域の水質特性の統計解析, 平成 23 年度農業農村工学会全国大会講演, 2011/09/07, 九州大学箱崎キャンパス
- ⑫加藤亮, 猿渡ちさ, 乃田啓吾, 吉田貢士, 黒田久雄, 低平地水田地帯における SWAT モデルの適用に関する考察, 平成 23 年度農業農村工学会全国大会講演, 2011/09/07, 九州大学箱崎キャンパス
- ⑬黒田久雄, 霞ヶ浦流域での面源負荷の考え方, 日本陸水学会 第 76 回大会, 2011/09/24, 島根大学
- ⑭黒田久雄, 集中型集落への転換と環境インフラ, 第 14 回日本水環境学会シンポジウム講演会(小規模環境インフラ維持の課題と将来), 2011/09/11, 東北工業大学八木山キャンパス
- ⑮勝又香織, 加藤亮, 吉田貢士, 北村立実, 根岸正美, 黒田久雄, 流入水質の異なる水田の窒素除去能力について, 平成 22 年度農業農村工学会大会, 2010/09/02, 神戸大学
- ⑯黒田久雄, 加藤亮, 吉田貢士, 凌 祥之, 齋藤峻太, 暗渠疎水材に炭化物を用いた窒素除去試験, 平成 22 年度農業農村工学会大会講演会, 2010/09/01, 神戸大学
- ⑰森 直哉, 加藤亮, 黒田久雄, 吉田貢士, バイオ燃料作物スイートソルガム栽培における水・窒素収支, 平成 22 年度農業農村工学会大会講演会, 2010/09/01, 神戸大学
- ⑱小山知昭, 加藤亮, 黒田久雄, 吉田貢士, 井上栄一, 佐藤達雄, 岩下浩司, メタン発酵消化液の肥料効果の検討, 平成 22 年度農業農村工学会大会講演会, 2010/08/31, 神戸大学
- ⑲北村立実, 黒田久雄, 吉尾卓宏, 根岸正美, 栽培時期に応じた霞ヶ浦湖岸ハス田地帯からの負荷の特徴, 平成 22 年度農業農村工学会大会講演会, 2010/09/02, 神戸大学
- ⑳臼田 薫, 加藤亮, 黒田久雄, 吉田貢士,

松山広樹, 低平地水田地帯における栄養塩類の流出特性, 平成 22 年度農業農村工学会大会講演会, 2010/09/02, 神戸大学

- Tatsumi KITAMURA, Mamiko YAMAMOTO, Masami NEGISHI, Hisao KURODA and Toshio TABUCHI, Nutrient load characteristics of paddy fields along Lake Kasumigaura during the irrigation period, 13th World Lake Conference, 2009/11/03, 中国・武漢市 中国武漢国際会議展覧センター

▪ KURODA Hisao, KATO Tasuku, KOSHIGOE Yuki, YAEGASHI Daisuke, HORAGUTI Satoshi, INUBUSHI Kazuyuki, YAMAGISHI Takao, and SUWA Yuichi The improvement of the nitrogen removal capacity in the wetland, IWA DIPCON 2009 (13th International Specialized Conference on Diffuse Pollution and Integrated Watershed), 2009/10/12-15, Hotel Lotte World Seoul Korea

- 白田薫, 杉下新, 黒田久雄, 加藤亮, SWAT を用いた霞ヶ浦流域水田地帯の流出特性の解析, 平成 21 年度農業農村工学会大会講演会, 2010/08/06, 筑波大学

- 松山広樹, 白田薫, 黒田久雄, 加藤亮, 低平地水田地帯における栄養塩類濃度の水文統計解析, 平成 21 年度農業農村工学会大会講演会, 2010/08/06, 筑波大学

▪ Liyantono, 加藤亮, 黒田久雄, GIS Based Water Management Approach for Sustainable Groundwater Use, Case Study: Nganjuk District, East Java, Indonesia, 平成 21 年度農業農村工学会大会講演会, 2010/08/06, 筑波大学

- 黒田久雄, 八重樫 大祐, 山岸 昂夫, 犬伏 和之, 諏訪 裕一, 水田土壌のアナモクス活性について, 平成 21 年度農業農村

工学会大会講演会, 2010/08/06, 筑波大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

黒田 久雄 (KURODA HISAO)
茨城大学・農学部・教授
研究者番号: 20205256

(2) 研究分担者

加藤 亮 (KATO TASUKU)
東京農工大学・農学研究院・准教授
研究者番号: 10302332