

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－中国 研究交流）

1. 研究課題名：「日本と中国の農業生態系流域における窒素循環およびその水質に及ぼす影響に関する比較研究」
2. 研究期間：平成 22 年 10 月～平成 26 年 3 月
3. 支援額： 総額 15,000 千円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	齋藤 雅典	東北大学大学院農学研究科	教授
研究者	波多野 隆介	北海道大学大学院農学研究院	教授
研究者	木村園子ドロテア	東京農工大学大学院農学府	准教授
研究者	八木一行	農業環境技術研究所	研究コーディネータ
研究者	神山 和則	農業環境技術研究所	上席研究員
研究者	寶示戸雅之	北里大学	教授
参加研究者 のべ 20 名			

相手側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Zucong Cai	Nanjing Normal University	Professor
研究者	Xiaoyuan Yan	Institute of Soil Science, CAS	Professor
研究者	Lianqing Li	Nanjing Agricultural University	Professor
研究者	Wei Gong	Sichuan Agricultural University	Associate professor
研究者	Zijian Mu	Southwest University	Associate professor
研究者	Yongqiu Xia	Institute of Soil Science, CAS	Assistant Professor
参加研究者 のべ 17 名			

5. 研究・交流の目的

農業活動に由来する窒素の環境への負荷を削減するためには、農業流域における窒素循環を明らかにし、窒素負荷を軽減していくことが必要である。日中両国の農業流域はアジアモンスーン気候下にあり、水田などの湿地帯が流域内の大きな面積を占めているという特徴がある。そのため、日中両国の農業流域における窒素循環と環境影響の比較研究を行ってきた。その結果、流域からの窒素流出率は、日本の流域が 30%程度なのに対して、水田主体の中国のジュロン貯水池流域ではわずか 1%であることを見出した。このことから、農業流域における窒素収支を明確にするためには、窒素除去（脱窒）の定量的評価がきわめて重要であること等が明らかになった。

そこで、本研究では、日中両国の特徴的な農業流域を対象に流域の窒素収支に関するモニタリングを行い、各流域の窒素負荷の特徴を明らかにするとともに、窒素除去・流出のメカニズムの解明を進めた。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

高い窒素除去能を示す中国・ジュロン貯水池流域について、主に中国側がメンブレイン・インレット質量分析計 (MIMS) 等による脱窒能の評価を進め、両国のチームでデータの解析を進め、本流域の高い脱窒能は、河川水が滞留する地点ではなく、脱窒活性を示す底泥上に継続して硝酸を含む河川水が流入している地点で生じること、また脱窒量は、河川硝酸濃度と温度で説明できること明らかにした。

近年、自然界における嫌氣的アンモニア酸化作用 (Anammox) による脱窒が注目を集めている。しかし、農業流域における Anammox 過程についての知見は、これまでなかった。そこで、日本側では霞ヶ浦流域において、中国側では窒素富栄養化した江蘇省・太湖流域において脱窒に占める Anammox の割合を調べ、わが国では最大 5%、中国では最大 10% であり、多くの場合はこれよりはるかに小さく、限定的であることが明らかになった。

一方、八郎湖周辺流域において、通常の従属栄養型脱窒とは異なる硫黄酸化細菌による脱窒が主要な過程であることを発見した。

このように、日中両国の流域浄化能の比較によって、中国・ジュンロン流域における高い窒素浄化能を有する流域の特徴、また八郎湖流域の流域スケールでの硫黄脱窒の重要性等を世界に先駆けて示すことができた。

また、日本側では、北海道・標津川流域では、SWAT (Soil and Water Assessment Tool) モデルを用いて、窒素流出のシミュレーションを試みた。主に畜産・草地に由来する窒素負荷に基づき、外部から対象流域へ地下水として流入する量を考慮することによって、流域の河川窒素濃度および窒素流出を予測することが可能になった。さらに、SWAT モデルによる解析は、これまで当該流域で示されてきた河畔地帯における脱窒の重要性をあらためて支持するものでもあった。

農業流域において窒素負荷に起因する温室効果ガス・一酸化二窒素 (N_2O) は、土壌-水系の窒素形態変化の際に生ずる重要な温室効果ガスである。そこで、農業流域における N_2O 排出量の農業活動全体に由来する温室効果ガス排出量との相対的な意義について評価を試みた。わが国の農業における燃料消費、肥料・農薬製造など化石燃料由来温室効果ガス排出量と比較すると、農地由来の温室効果ガス (水田土壌由来のメタン、肥料施用時の土壌由来 N_2O) の排出量が相対的に大きいことが明らかになった。中国側では、重慶市近郊野菜畑地帯においては、農地由来の温室効果ガス (地球温暖化ポテンシャル) の 3~5 割が肥料窒素の施用に由来することが明らかになった。

こうした土壌由来 N_2O 排出削減のために、那珂川流域を対象に DNDC モデルを活用し、複数の窒素施用シナリオの基に排出量を試算し、堆肥と化学肥料を節減することで収量を維持しつつ N_2O 排出を削減できる可能性を示すことができた。

本研究では、比較流域科学という視点から日中両国が直面する農業流域における窒素循環と水質の問題に取り組み、流域における窒素除去能 (脱窒) の新たなメカニズムを解明することができた。また、モデル解析等を通して窒素負荷の軽減に向けた手法を提示することができた。これらの成果は、中国側との共著論文等として公表した。

6-2 人的交流の成果

本研究課題を日中両国で連携して進めるために、さまざまな研究交流を実施した。平成22年11月に中国・中国科学院南京土壤研究所においてキックオフ会議を行った。その後、研究成果の発信と研究交流のために、内外の著名研究者を招いて、平成23年9月には仙台において、東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センターと共催で国際シンポジウム「土壌と環境」を、平成24年9月には中国・四川省・雅安市で、四川農業大学と共催で国際シンポジウムを開催した。さらに、平成25年10月には、つくば市において、東北大学大学院農学研究科、農業環境技術研究所との共催で国際ワークショップ「持続的農業生態系管理のための環境負荷の評価と削減」を開催した。これらの国際シンポジウム・ワークショップの前後では、現地農業流域の見学等を行い、さらに打ち合わせ会議を開催し、研究手法の標準化、共著論文公表等について検討を重ねた。

7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

相手側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、出願番号、出願人、発明者等	備考
論文	Kimura S.D., Yan X.-Y., Hatano R., Hayakawa A., Kohyama K., Ti C., Deng M., Hojito M., Itahashi S., Kuramochi K., Cai Z. and Saito M. 2012: Influence of Agricultural Activity on Nitrogen Budget in Chinese and Japanese Watersheds. <i>Pedosphere</i> 22(2) : 137-151 (2012)	相手側との共著
論文	Li X., Xia Y., Li Y., Kana Todd M., Kimura S. D., Saito M., Yan X.-Y. 2013: Sediment denitrification in waterways in a rice-paddy-dominated watershed in eastern China, <i>Journal of Soils and Sediments</i> , 13:783-792 (2013)	相手側との共著
論文	Mu ZJ, Huang AY, Ni JP, Li JQ, Liu YY, Shi S, Xie DT, Hatano R: Soil greenhouse gas fluxes and net global warming potential from intensively cultivated vegetable fields in southwestern China. <i>Journal of Soil Science and Plant Nutrition</i> , 13(3), 566-578 (2013).	相手側との共著
論文	Deng M., Shi X. J., Tian Y. H., Yin B., Zhang S. L., Zhu Z. L. and Kimura S. D. Optimizing Nitrogen Fertilizer Application for Rice Production in the Taihu Lake Region, China. <i>Pedosphere</i> 22, 48-57 (2012)	相手側との共著
論文	Jiang R, Wang CY, Hatano R, Hayakawa A, Woli KP, Kuramochi K: Simulation of stream nitrate-nitrogen export using the Soil and Water Assessment Tool model in a dairy farming watershed with an external water source. <i>Journal of Soil and Water Conservation</i> , 69(1): 75-85(2014).	