

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21日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21300334

研究課題名（和文）

生態系サービス機能を利用した中国華北平原の統合的土地・水資源管理に関する研究

研究課題名（英文）

Integrated land and water resource management of NCP with ecological services

研究代表者

近藤 昭彦 (KONDOH AKIHIKO)

千葉大学・環境リモートセンシング研究センター・教授

研究者番号：30201495

研究成果の概要(和文)：閉鎖性水域における水質問題は世界共通の環境問題となっている。そこで中国河北平原および比較研究の対象として千葉県、印旛沼を選定し、水文調査を行った。表流水および地下水について富栄養化項目の水質分析を実施し、その空間分布から地域の水循環の理解を試みるとともに、生態系サービス機能に基づいた水質浄化の方法を提案し、印旛沼流域で谷頭湿地の機能を利用するための調査を開始した。

研究成果の概要(英文)：Deterioration of water quality in closed lake is the common environmental problem in the world. Baiyangdian is such a closed lake in North China Plain. With Inbanuma lake as an object of comparative study, hydrological surveys are conducted on eutrophic water quality items. The distributions of water quality for surface and groundwater reveal actual condition of hydrologic cycle in the regions. It enables the proposal of water purification using ecosystem services. In Inbanuma watershed, an experiment using the function of wetland in valley head has started based on the outcome of this research project.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2010年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2011年度	2,400,000	720,000	3,120,000
総計	11,400,000	3,420,000	14,820,000

研究分野：地理学

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：中国、華北平原、水問題、生態系サービス、統合的管理、硝酸性窒素、白洋淀、印旛沼流域

1. 研究開始当初の背景

中国河北平原は穀倉地帯として小麦、トウモロコシおよび都市近郊の野菜の生産により中国の食糧生産基地としての役割を果たしてきた。しかし、中国の幹線に位置し、都市化、工業化の進展とともに水環境に対するインパクトが増大し、農業自体も地下水の量および質に大きな負の影響を与え続けてきた。閉鎖性水域はこのような人間活動の影響

を強く受けやすく、その水質指標から人間活動の影響を評価する“環境湖”としての機能を持っている。申請者は1997年以来、河北平原における水環境の研究を推進しており、平原中央部に位置する白洋淀の水質に関する調査の必要性を意識していたことから、研究計画立案に至った。中国側の資料では健康影響項目に関する若干の情報は入手できたが、富栄養化項目に関するデータが不足して

いた。そこで、窒素、リンおよび基本水質項目に関するフィールドキャンペーンを企画した。

閉鎖性水域の水汚染は世界共通の課題となっているが、海外調査では十分な情報が得られない場合も多い。このような場合、比較水文学的手法を採用することにより、対象の特徴を明らかにすることができる。そこで比較研究の対象として千葉県印旛沼を選定した。印旛沼も白洋淀と同様に流域の都市化が進展し、水質が常に全国ワースト5に入り、改善に対する取り組みが行われている流域である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、比較水文学的手法により白洋淀と印旛沼の水循環のあり方、水質を調査し、閉鎖性水域における水汚染問題の実態、地域ごとの特徴を明らかにし、統合的流域管理に対する指針を得ることである。

3. 研究の方法

(1) フィールドキャンペーン

白洋淀流域では研究期間中に4回のフィールド調査を実施し(2010年4月、6月、9月および2011年9月)、河川水、湖沼水、地下水の窒素、リン等の基本水質項目を得た。

印旛沼流域では千葉県の整備する公共用水域水質データベースを解析するとともに、支流の高崎川流域において河川水、地下水に関する調査を行った。印旛沼における野外調査は随時行った。

高崎川流域では、本流河川の流量観測と水質分析を行い、窒素濃度の河川縦断方向の変化、窒素負荷量の観測を行った。また、最上流域では地下水調査を実施し、農業起源の窒素の硝酸性窒素の到達範囲を明らかにした。特に谷頭部の湿地(耕作放棄田)については窒素浄化機能(脱窒)がある可能性があるため、観測流域を設定して水文調査を開始したが、今後長期観測を実施する予定である。

(2) 水質分析

デジタルパックテスト(共立理化学研究所)を用いた吸光度法により基本水質項目の測定を行った。中国における調査では測定器を持ち込むことにより、現地で直ちに水質測定を行うことができた。

印旛沼流域では採水した水を実験室に持ち帰り、分析を行った。

(3) 地理情報解析

白洋淀に関しては衛星データを用いて水面積の変化および周辺地域の土地被覆の変化を解析した。

印旛沼流域については衛星データを整備するとともに、高崎川流域では空中写真によ

る詳細土地利用・土地被覆マップを作成した。

4. 研究成果

(1) 白洋淀の面積変化

1989年から2001年のランドサットTM画像を用いて白洋淀の面積の経年変化を求めた。ここで白洋淀の面積は水面積と湿原植生(葦)の和である。水面積は1989年の181.6km²から2001年の74.8km²まで一貫して減少したが、湿地植生は1989年の94km²から1996年の142.7km²まで増加し、2001年には若干減少して124.0km²となった。両者の和である白洋淀の面積は1991年の283.3km²が最大で、2001年には198.8km²まで減少した。これは商品作物としての葦の生産と湿地埋め立てによる住宅地等への転用の結果と考えられる。葦の群落は一般に汚染物質の濾過作用、成長時の吸収作用があるため、生態系サービス機能の評価の基礎情報を得たといえる。

(2) 白洋淀における富栄養化項目の分布

調査期間中の各項目の最大値はCODで13.4mg/l、T-Nで34.0mg/l、T-Pで3.7mg/l、NO₂-N+NO₃-Nで20.1mg/lと日本の環境基準を超える値を得た。各濃度は白洋淀への流入地点が最も高く、湖内では値は減少した。

全窒素(T-N)、全リン(T-P)について最も観測点の多かった2010年9月の結果を図1と図2に示す。

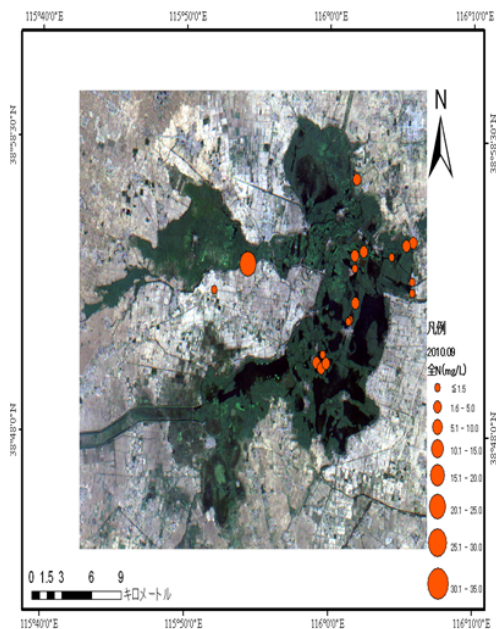


図1 2010年9月の全窒素濃度の分布

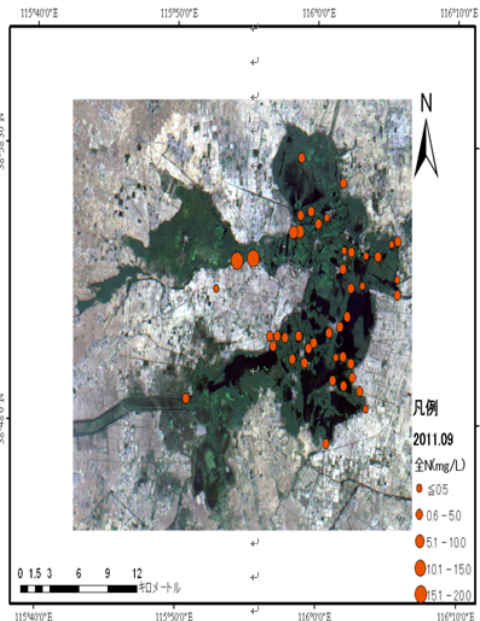


図2 2011年9月の全窒素濃度の分布

図の左側が上流、右側が下流になるが、上流側の流入域で窒素、リンとも濃度が高く、白洋淀域内で減少しているように見える。白洋淀では葦の生産が行われており、水域は分断されている。白洋淀が水質浄化の生態系サービス機能を持つとすると、葦群落の濾過作用と吸収および底泥への蓄積を今後検討する必要がある。

(3) 高崎川流域における表流水の硝酸性窒素濃度分布の特徴

印旛沼流域の支流域で最も表流水の硝酸性窒素濃度の高い高崎川において流域内の分布を測定した。その結果、高崎川上流域では環境基準を超える硝酸性窒素濃度を持つ地点が分布し、春期に濃度が低く、冬期に高くなる季節変化が明らかとなった。上流側の表流水の高い硝酸性窒素濃度は、地下水からの流出により流量が維持されていることを意味している。春期の低濃度は地下水循環に関する検討が必要であるが、一つの仮説として水田へ低濃度の地下水が灌漑用井戸から供給されることが挙げられる。実際に圃場整備に伴い設置された揚水井からの地下水の硝酸性窒素濃度は低かった (ND)。

河川縦断方向の硝酸性窒素濃度はある区間 (高野新田～立沢新田) まで増加するが、それ以降は低下する。流量観測の結果から負荷量を計算すると、下流に向かって増加し、中流域で年間 300kg に達する。高崎川流域は印旛沼の窒素付加への寄与が大きいことが明らかとなった。それは台地部における地下水の硝酸性窒素汚染に起因するため、地下水調査を実施した。

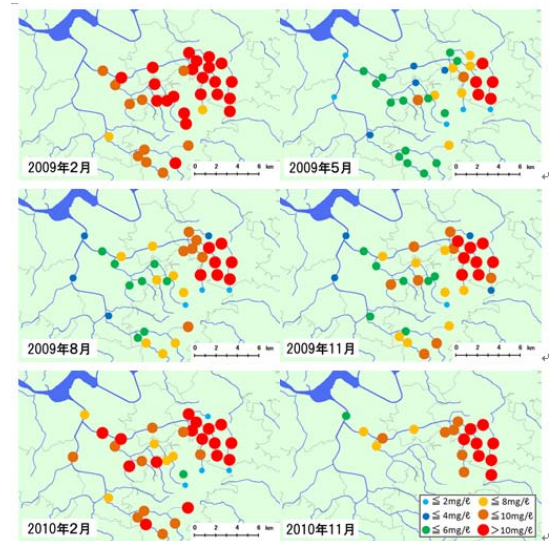


図3 高崎川流域における表流水の硝酸性窒素濃度の分布

(4) 高崎川上流域の地下水の硝酸性窒素濃度

高崎川源流域において井戸の探索と地下水の採水を行い、硝酸性窒素について分析を行った。その結果、深度 60m 程度まで硝酸汚染が進行していることが明らかとなった。近傍の開析谷の谷壁斜面の比高は 10m 程度であり、自然の地下水循環によって深度 60m まで達したとは考えにくい。

台地では地下水を灌漑用水として利用しており、その取水深度は 60m 程度である。これは夏期の活発な地下水利用により浅層地下水がしばしば涸れることがあるからである。よって、台地では地下水の灌漑用利用により浅層の硝酸性窒素濃度の高い地下水が深部に引き込まれている可能性がある。地下水の循環速度は遅いため、水質の回復は極めて長い時間を要すると考えられる。

(5) 白洋淀と印旛沼の比較水文学的研究

白洋淀と印旛沼はどちらも都市開発、工業開発の進んだ閉鎖性流域であり、どちらも水質悪化の問題を抱えている。水利用がコントロールされており、下流域への流出が洪水時以外にはほとんどない状況も類似している。

水質項目については、COD はほぼ同程度であるが、T-N、T-P の最大値は白洋淀が印旛沼の 5～10 倍となっている。水面積は白洋淀が 200km² 程度 (経年的に減少傾向)、印旛沼が 12km² 程度で 20 倍近い差があるが、水循環について類似点と相違点がある。

白洋淀は上流側にある大都市、保定からの排水が流入する一方で流出は洪水時以外にはほとんどない。このことは印旛沼流域でも同様で、流域の河川から流入があるが、洪水

時以外の放水は少ない。流域外からは白洋淀は黄河、印旛沼は利根川からの導水があることも類似している。

しかし、白洋淀では周辺の地下水利用により湖から地下水体への流出がある。このことは地下水位観測によって確認した。印旛沼流域では地下水は湧水を通じて河川水および湖水を涵養しているが、台地部においては浅層地下水の深部への引き込みの可能性が明らかとなり、白洋淀と同じく人間活動による水循環の改変が流域全体に及びつつあることが明らかとなった。

(6) 生態系サービスの利用

課題名にある生態系サービス機能の利用については当初は湿地植生の水質浄化機能を考えており、衛星リモートセンシングによる地図化を行ったが、機能自体の定量化はできなかった。そこで、印旛沼流域における窒素に注目し、その浄化について検討を行った。農業地域における地下水の窒素汚染の主要な原因が施肥であることがわかっているため、地下水の流出域である谷津に注目した。

印旛沼流域では圃場整備が進み、谷津の下流域では印旛沼からの揚水により灌漑が行われている。上流域では地下水揚水井が掘削され、それより下流の圃場整備が行われたが、谷頭谷津は耕作放棄田となり、湿地化が進行している。

谷津は地下水の流出域であり、多量の有機物と還元的環境が存在し、硝酸性窒素の脱窒による自然浄化に最適な条件を有する。そこで、富里市十倉地区の谷津を対象に採水および水理水頭観測用のピエゾメーターネットワークを設置し、地下水の硝酸性窒素濃度を測定した。

その結果、谷壁斜面基部の地下水で環境基準を超える高い硝酸性窒素濃度が測定されたが、谷底中央では測器の検出限界以下の低い硝酸性窒素濃度であった。これは谷底の沖積層中で脱窒が起きている可能性を示唆している。

一方、谷頭の湧水の硝酸性窒素濃度は10~20mg/lの高い値を示すが、そのまま水流となって谷津を流下する。そこで、水流を谷底面へ導水し、旧畦の段差を利用して地下を通すことにより脱窒の促進を意図した実験を準備中である。本研究から得られたアイデアとして継続して実施する予定である。

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)

[学会発表] (計8件)

- ① Lin Huang, Akihiko Kondoh (2011. 5. 25):

The changes in water area and wetland vegetation and water pollution in Baiyangdian, China. Japan Geosciences Union Meeting 2011(a t Makuhari)

- ② 相馬成樹、安次嶺一磯、近藤昭彦 (2011. 5. 24): リモートセンシングによる谷津田の土地利用変化に関する研究—北総台地における谷津田の耕作放棄地の実態—、日本地球惑星科学連合大会2011(幕張メッセ)
- ③ Akihiko Kondoh, Yusuke Kori, Lin Huang (2010. 11. 8): Nitrate Contamination of Environmental Water in the Upland with High Population Pressure. 5th APHW in Hanoi, Vietnam.
- ④ 郡佑輔・黄琳・近藤昭彦 (2010. 10. 2): 千葉県下総台地における表流水の硝酸態窒素濃度の時空間分布、日本水文学会(筑波大学) 優秀発表賞受賞
- ⑤ 郡佑輔・黄琳・近藤昭彦 (2010. 9. 16): 千葉県下総台地における表流水の硝酸態窒素濃度の時空間分布、環境科学会(東洋大学)
- ⑥ 郡佑輔・黄琳・近藤昭彦 (2010. 9. 7): 千葉県下総台地における表流水の硝酸態窒素濃度の時空間分布、水文・水資源学会(法政大学)
- ⑦ 郡佑輔、近藤昭彦 (2010. 5. 26): 千葉県下総台地における表流水の硝酸態窒素濃度の時空間分布、日本地球惑星科学連合大会(水循環・水環境/大気海洋・環境科学)、幕張メッセ。
- ⑧ 郡佑輔・近藤昭彦 (2009. 9): 千葉県下総台地における表流水の硝酸態窒素濃度の地空間分布。環境科学会2009年会(札幌)

[その他]

ホームページ <http://dbx.cr.chiba-u.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

近藤 昭彦 (KONDOH AKIHIKO)

千葉大学環境リモートセンシング研究センター・教授

研究者番号: 30201495

(2) 連携協力者

沈 彦俊 (SHEN YANJUN)

中国科学院農業水資源重点实验室・教授