

印旛沼流域水循環健全化調査研究報告 第1号 2012年10月

冬期湛水・有機農法の水田による流域の 水質改善と生態系保全に関する試験研究



中村俊彦・小倉久子（編）

印旛沼流域水循環健全化会議・千葉県



コハクチョウの飛来. 2012 年 2 月 15 日（上写真・表紙・裏表紙）.
2012 年 2 月～3 月に，佐倉市萩山新田の冬期湛水試験の水田に
初めてコハクチョウが群で飛来した．撮影 和田信裕．

印旛沼流域水循環健全化調査研究報告 第1号 2012年10月
Lake Inba-numa Watershed Research and Management No.1. October 2012

冬期湛水・有機農法の水田による流域の 水質改善と生態系保全に関する試験研究

Water Quality Improvement and Ecosystem Conservation of Watershed
by the Winter-flooded Organic Farming Rice-paddy

中村俊彦・小倉久子（編）

Edited by Toshihiko Nakamura and Hisako Ogura

印旛沼流域水循環健全化会議・千葉県

The Committee for Lake Inba-numa Watershed Management・
Chiba Prefectural Government

はじめに : 印旛沼・流域の再生へ

印旛沼は、「恵みの沼」として、県民をはじめ印旛沼に関わる全ての人たちにとって命の水の源であり、かけがえのない財産です。また、印旛沼をすみかとする全ての生き物たちにとっても欠くことのできない命の水源でもあります。

しかし、近年印旛沼の水質は全国でワースト 1 となるなど、決して良好な状態であるとは言えません。また、従来から生息していた生物は少なくなり、一方で外来生物が侵入するなど、かつての生態系が大きく損なわれています。

人、そしてさまざまな生き物たちにとっての「恵みの沼」を再生し、その恵みを次世代に継承することは、現代に生きる私たちの責務です。

このような中、私たちは、2001（平成 13）年 10 月に「印旛沼流域水循環健全化会議」を立ち上げ、「恵みの沼の再生」に向けて、さまざまな取り組みを進めています。そして、2004（平成 16）年 2 月に「印旛沼流域水循環健全化 緊急行動計画」を策定しました。

この計画では 63 件の取り組みと、特に重要な対策を選び、「浸透」「生活排水」「環境にやさしい農業」「生態系」「治水」の 5 つを重点対策群と位置づけて取り組みを強化してきました。

そして、その中でも、特に重要な取り組みについては「みためし行動」として位置づけ、モデル地域を定めてその取り組み効果を明らかにすることで、流域全体への取り組みへと広げていくことを目指しています。2004 年の緊急行動計画では、9 つのみためし行動を立ち上げて取り組んできました。

今回の「冬期湛水研究プロジェクト」すなわち「冬期湛水・有機農法の水田による流域の水質改善と生態系保全に関する試験研究プロジェクト」は、その「みためし行動」の一つとして位置づけ、水田の冬期湛水による生物多様性及び水辺生態系の保全・再生や水質改善への効果が指摘される中、印旛沼干拓地での水田の冬期湛水試験により、その実証を試みたものです。

水田所有者・耕作者の全面的な協力のもと、市民団体、土地改良区、行政、研究者・専門家が一体となって実施されたこのプロジェクトでは、冬期湛水による様々な効果を把握するため、2005（平成 17）年から約 5 ヶ年にわたって、米の収量や水質、土壌、生物等、様々な面から調査・検討を行ってきました。その集大成が本報告書です。

また、本報告書は、これら関係者の成果をまとめただけでなく、今後、印旛沼・流域のほか、その他の地域で取り組む人たちにとっての有用なデータ・資料として活用され、取り組みが広がっていくことを切望してやみません。

印旛沼流域水循環健全化会議 委員長 虫明 功臣

Preface: Restoration of Well-balanced Hydrological System in the Lake Inba-numa Watershed.
Katsumi Mushiaka (The Chairman of the Committee for Lake Inba-numa Watershed Management)

冬期湛水・有機農法の水田による流域の 水質改善と生態系保全に関する試験研究

目 次

1. はじめに	印旛沼流域水循環健全化会議委員長 虫明功臣 ……	1
2. 概要（冬期湛水・有機農法の水田による水質改善と生態系保全）	中村俊彦・小倉久子 ……	4
3. 背景と経緯		
3-1 冬期湛水研究プロジェクトの背景と経緯	中村俊彦・小倉久子・吉田正彦 ……	8
3-2 ふゆみずたんぼ過去・現在・未来	呉地正行 ……	13
3-3 不耕起栽培とふゆみずたんぼ（冬期湛水水田）の結びつきの効果	岩澤信夫 ……	20
4. 水環境と農耕地		
4-1 水田や畑地が生命や環境を守るはたらき	金子文宜 ……	22
4-2 印旛沼周辺における台地から水田への地下水流動にともなう硝酸態窒素浄化の実態	金子文宜 ……	24
4-3 流域水田地域の硝酸態窒素浄化機能と冬期湛水	小倉久子・前田敦志・上原 浩・冬期湛水みためし水質調査隊 ……	27
4-4 冬期湛水が土壌に及ぼす影響	小倉久子・金子文宜・前田敦志・冬期湛水みためし水質調査隊 ……	36
4-5 市民による水田の水環境調査	小高純子 ……	43
4-6 冬水田んぼ水質調査に市民団体として参加して	桑波田和子 ……	44
5. 冬期湛水と生物多様性 （プランクトン）		
5-1 日本の水田に出現する原生生物	林 紀男・岡野邦宏・稲森隆平 ……	45
5-2 日本の水田に出現するワムシ類・ミジンコ類	林 紀男・大内 匠・宮田直幸 ……	57
5-3 冬期湛水が水田の原生生物現存量に及ぼす影響	林 紀男・稲森隆平・岩渕 成紀・徐 開欽 ……	63
5-4 水田土壌中のミジンコ休眠卵孵化率に及ぼす湛水管理の影響	林 紀男・大内 匠・稲森隆平・岩渕成紀 ……	69

(動物)

5-5 冬期湛水前後の水田内の底生動物相の比較 倉西良一 …… 72

5-6 冬期湛水前後の水田の魚類等水生生物相 田中正彦 …… 76

5-7 印旛沼及び周辺水田の鳥類と冬期湛水

神 伴之・百目木純子・大野美枝子・佐久間忍 …… 78

(植物)

5-8 冬期湛水が水田雑草の生育に及ぼす影響 金子是久・中村俊彦 …… 87

6. 冬期湛水と米づくり

6-1 冬期湛水田・慣行水田の米収量調査 千葉県印旛農林振興センター …… 95

6-2 冬期湛水法による米づくり 小倉久子・三門増雄・上原 浩 …… 97

6-3 冬期湛水による稲作ためしレポート 三門増雄 ……102

6-4 米づくりの変遷と冬期湛水田の生態系サービス 中村俊彦 ……104

7. 冬期湛水（ふゆみずたんぼ）による人と水鳥との共生

7-1 冬期湛水（ふゆみずたんぼ）による人と水鳥との共生「^{かぶくりぬま}蕪栗沼の奇跡」 荒尾 稔 ……113

7-2 利根川下流・印旛沼流域における水鳥の越冬地復活

荒尾 稔・中村俊彦 ……121

8. 「恵みの沼をふたたび」冬期湛水による印旛沼流域再生の未来

中村俊彦・小倉久子・印旛沼流域水循環健全化会議事務局 ……132

概要

：冬期湛水・有機農法の水田による水質改善と生態系保全

中村俊彦¹・小倉久子²

¹ 千葉県立中央博物館・生物多様性センター 〒260-8682 千葉市中央区青葉町 955-2 (nakamura@chiba-muse.or.jp)

² 元千葉県環境研究センター 〒261-0012 千葉市美浜区磯辺 1-21-7 (VYL11027@nifty.com)

背景と目的

印旛沼は、かつて印旛浦とよばれた古鬼怒湾の一部であった。その後、鬼怒川の土砂が浦の入り口を塞ぎ堰止湖となった。1945 年（昭和 20 年）頃の沼面積は約 26km² であったが、印旛沼開発事業の干拓・治水工事により、現在は北沼と西沼に分かれた面積約 12km² の沼に姿を変えている。印旛沼の流域は面積約 541km²、13 市町に約 77 万人の人口を有し、県北西部を中心に上水を供給している。しかし、近年は流域開発が進行し、種々の対策が講じられているにもかかわらず、沼の水質の改善ははかばかしくない。

2001 年（平成 13 年）、千葉県及び国、流域の自治体、市民、事業者、研究者等による「印旛沼流域水循環健全化会議」が設置され、2004 年には「恵みの沼の再生」を目指した緊急行動計画が策定された。現在は 2010 年策定の「印旛沼流域水循環健全化計画」に基づきさまざまな取り組みが進められている。

今回の「冬期湛水・有機農法の水田による流域の水質改善と生態系保全に関する試験研究プロジェクト」は、緊急行動計画の「みためし行動」の一つとして位置づけられ、水田の冬期湛水による水質改善をはじめ生物多様性及び水辺生態系の保全・再生の

効果、さらには米づくりへの影響等について試験研究したものである。

冬期湛水は、1998 年に宮城県の旧田尻町においてマガンのねぐら形成のために冬期の水田に水張りをしたことがきっかけとなり、その鳥類への生息環境としての大きな効果が発見されたことから各地に広がっていった。一方、人の暮らしの生活排水がかつて水糞（みずごえ）とし利用されており、水中の肥料成分の米づくりへの活用とともに、最近では水田の水質浄化機能が注目されてきている。

水田はあくまでも、米づくりの場として人が管理してきた農業用地である。したがって冬期湛水田の鳥類をはじめ多様な生物の生息・生育地としての機能及び水質浄化の機能については、米づくりとの関係も含めた総合的な調査研究によるの影響評価が求められてきた。

調査地及び方法

調査は千葉県佐倉市の印旛沼の沿岸の水田、荻山新田干拓地の大型水田で実施した。コシヒカリを栽培してきた隣接する二つの 100m×90m の水田（慣行水田）において、一つは試験処理を施す冬期湛水区、もう一つは慣行稲作をそのまま続ける慣行区と設定

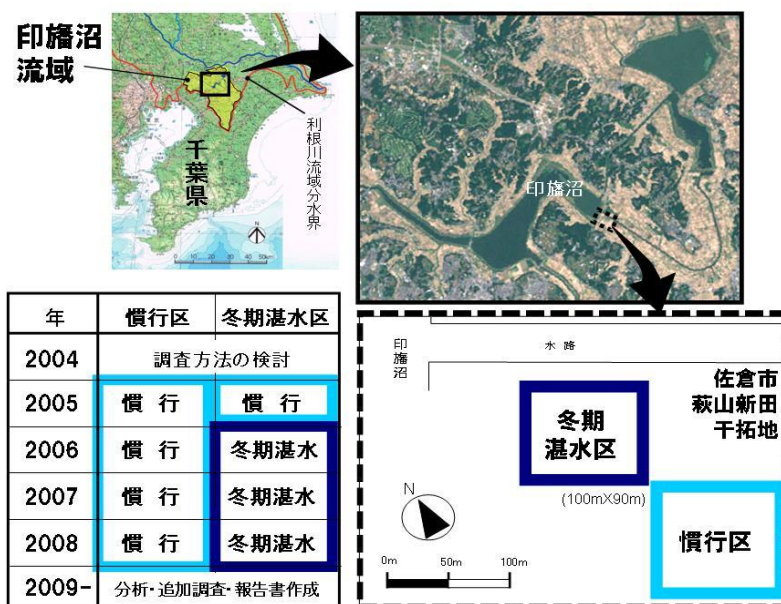


図 1. 調査地と年次の取り組み内容.

した（図1）。

2005年は二つの区とも慣行農法で栽培され、稲刈り前に落水し、9月には乾田状態となった。冬期湛水試験は、2006年1月に水を入れ、5月に代掻き、田植え、6月に除草剤散布をおこない、8月中旬に落水し、9月中旬に稲刈りした。その後、2006年10月に米糠散布を行い、11月上旬に湛水した。冬期湛水2年目は、代掻き、田植え、落水、稲刈り、湛水はほぼ1年目と同じであるが、この年には除草剤散布はおこなわれなかった（図2）。湛水3年目は2年目と同様の稲作作業であったが、7月には1年目と同様、除草剤散布がおこなわれた。

湛水は、この試験のために設置されたポンプを用い、隣接する印旛沼の水を一定間隔で給水した。冬期湛水時の平均水深については、2006年と2007年は約10cm、湛水3年目の2008年12月は約12cmであった。慣行水田の慣行区および湛水前年の冬季湛水区についての稲作作業は、代掻き、田植え、落水、除草剤散布についてはほぼ同じ時期、同じ方法でおこなわれた。

なお、完全ではないものの2009年以降も冬期湛水は継続されている。

調査は湛水前年の2005年から水質・土壌からプランクトンや動物・植物そして稲作に及ぶ各専門家に市民が協力するかたちで進められた。調査方法については各専門分野の手法で二つの試験区を中心に周辺の沼や田畑、さらにプランクトンや原生生物のように日本全国の水田に及んだ調査研究もある。

なお、湛水試験の調査期間は、湛水前の1年間と湛水後の3年間を基本としたが、その前後の調査、また関連する他地域での調査結果も加えてまとめられ報告されたものもある（表1）。

冬期湛水の効果

1. 水環境と農耕地

台地上の畑地から低地の水田地帯の地形変化に対応した観測井の調査網を構築し、地下水の水位及び水質を調べた。その結果、台地から低地、さらに水路へ流下する8/1,000の動水勾配の地下水の流動

ポテンシャルの変化が表示され、その流動の過程で硝酸態窒素が浄化されていることが明らかになった。

地下水が水田地帯の下の還元的なゾーンを通過するときに、水に含まれる硝酸態窒素が浄化（脱窒）されることが確認された。印旛沼に地下水として流入する水がすべて水田下の還元的ゾーンを通過すると仮定すると、年間286トンの窒素が浄化されると算定された。この量は印旛沼流域で排出される窒素負荷量の24%に当たる。

慣行水田と冬期湛水田による地下水の硝酸態窒素及びアンモニア態窒素の濃度の違いの調査については、それぞれ慣行区と冬期湛水区で平均0.54と0.15（ $\text{NO}_3\text{-N mg/L}$ ）、0.89と0.68（ $\text{NH}_4\text{-N mg/L}$ ）であった。硝酸態窒素については冬期湛水による脱窒効果、すなわち浄化機能の増大が確認された。また、印旛沼流域の水田がすべて冬期湛水を行うと仮定した場合、年間324トンの硝酸性窒素が浄化され、この量は年間窒素排出負荷量の27%に相当するものと推算された。

水田土壌の地耐力については慣行区及び冬期湛水区ともに調査期間中は減少傾向であったが、冬期湛水区と慣行区の違いはほとんどなかった。また還元層の厚さ等についての両区の差異は確認されなかった。

2. 冬期湛水と生物多様性

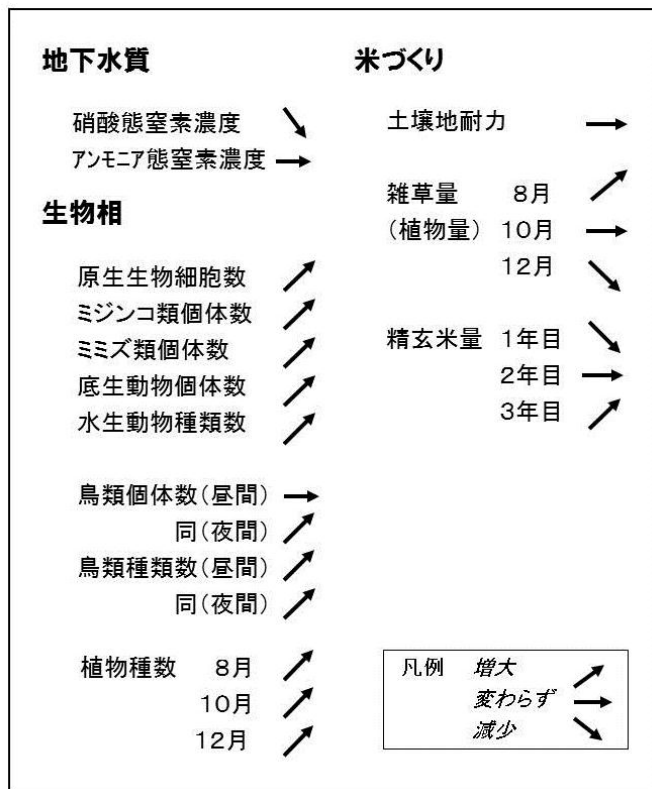
1) プランクトン

水田に出現する原生生物および藍藻類の調査を全国29道府県242市町村において実施した。その結果、藍藻類129種、原生生物427種（緑藻類103種、アオサ藻類2種、車軸藻類6種、珪藻類44種、アメーバ類36種、鞭毛虫類70種、繊毛虫類166種）の合計556種が見いだされた。同じく水田に出現するワムシ類、ミジンコ類、水生ミミズ類などの調査については、輪形動物127種、腹毛動物1種、線形動物6種、節足動物97種、環形動物15種、緩歩動物1種の合計247種が見いだされ、これに既存の文献からの節足動物12種を加え、総計259種が記録された。



図2. 慣行区（左）と冬期湛水区（右）。2007年12月15日、撮影・金子是久。

表 1. 慣行水田の冬期湛水による変化.



水田生態系の底辺を担う原生生物や藍藻類の現存量を比較検討した。湛水期間における単位田面水あたりの細胞数を比較すると、慣行水管理の水田では1ml 当たり 13,800 細胞であったが、冬期湛水田では 36,700 細胞と大きく増大した。

水田に生息するミジンコ類は、落水期間は休眠卵で表土に滞在し湛水を待つ状態になる。秋から春まで落水される慣行水田では、約半年という長期にわたる落水期に適応し、ミジンコ休眠卵が長期乾燥状態に置かれた後の孵化率を高め、同時に時間差孵化の習性を強めることが明らかになった。一方、冬期湛水田のミジンコでは湛水直後の孵化呼応の早い、すなわち時間差孵化を弱める傾向が明らかになった。

2) 動物

慣行田及び冬期湛水田から 20 種類の生物が確認された。冬期湛水田の土壌表層に生息するイトミミズの仲間の個体数は、慣行田の約 10 倍であり、また、慣行田でほとんどみられなかったユスリカの仲間が冬期湛水で大量に発生していた。

水田の魚類等については、冬期湛水前の両水田区で魚類 1 種とその他の大型水生動物 3 種を確認した。冬期湛水後の水田では 3 種の魚類と 6 種の大型水生動物が確認できた。

慣行水田と冬期湛水田に印旛沼及び周辺の水田等を加えた地区において、カワウやカルガモなどの水面・水辺の鳥をはじめ、ヒバリやスズメなどの草原・林地の鳥など 80 種の鳥類が記録された。慣行田と冬期湛水田においては、昼間の慣行田で冬を中心にタシギやヒバリが多いのに対し、冬期湛水田では夏

にツバメやサギ類が多く観察された。また総出現種数は冬期湛水田で多かったが、飛来の個体数はむしろ慣行田で多かった。両水田区の違いは夜間に顕著に表れた。慣行田の夜間は、タシギ等が散見されるのみであったが、夜間の冬期湛水田ではカルガモやコガモなどカモ類が多く飛来しており、時には数十羽もの飛来が確認された。

3) 植物

冬期湛水によって水田雑草の種数が減少し、その傾向は冬の 12 月、また越年生植物で顕著であった。ただし多年生植物については冬期湛水により 12 月に種数の増加がみられた。

雑草群落の植物量については、種数と同様に冬 12 月の減少が顕著であり、それは主に越年生のスズメノテッポウとタネツケバナの減少によるものであった。夏 8 月の植物量については、冬期湛水によってタイヌビエなどの一年生植物とクログワイやオモダカなどの多年生植物の増加がみられた。8 月の植物量の平均値は慣行水田より冬期湛水田で高かったが、これは有意な差ではなかった。

以上、冬期湛水による雑草群落の変化は秋 10 月から冬 12 月にかけて種数及び植物量の顕著な減少が確認された。

3. 冬期湛水と米づくり

慣行田と冬期湛水田での精玄米重量は、冬期湛水 1 年目は 10 アール当たり 515kg と 441kg と慣行田が多かったものの、2 年目では 580kg と 582kg と両水田区の収量がほぼ同じになり、3 年目では 566kg と 652kg と冬期湛水田の方が慣行田を上回る結果となった。

冬期湛水での米づくりはほとんど農薬や化学肥料を使用せずに作り上げられた米であり、米づくりと調査には多くの市民・NPO の支援があった。また価格も慣行水田の米に比べ 2 割～9 割増での販売も可能になり、今回の試験研究の米づくりを担った農家からは、「冬期の水の確保や夏の雑草の発生等、今後解決しなければならない課題は多々あるが、冬期湛水の米づくりは今後も継続していきたい」とのことであった。

冬期湛水は、湿地・水辺環境の再生としての側面を有し、明らかに生物多様性を増大させた。この冬期湛水効果を生態系サービスの観点からみると、冬期湛水の米づくりは、供給サービスとして無農薬に近い安心かつ高価格な米の生産がなされた。また調整サービスとして水の浄化、さらに文化サービスとしては安心の米供給による農家と市民など人々の信頼関係が築かれた。そして冬期湛水の米収量の増加傾向は、土壌条件を豊かにさせた結果であり生態系の基盤サービスの向上と考察された(図 2)。

冬期湛水と流域再生

1. 人と水鳥との共生

一般の人にとって冬期湛水は、ハクチョウなど水鳥の越冬地として知られてきたが、農法としても不



図 2. 冬期湛水による生物多様性と生態系サービスの
変化。

耕起移植栽培農法と相まって農薬や化学肥料を極力使用しない米づくりとして全国に広がりつつある。

利根川下流の印旛沼とその周辺地域はかつて多くの野鳥の生息地であり、数百万羽の冬鳥の越冬地でもあった。このかつて水鳥の楽園の復活、さらに豊かな水辺の生物多様性と生態系の保全・再生において冬期湛水はきわめて効果的であることが明らかになってきた。

このように水鳥をはじめ生物多様性や水質浄化機能、また市民や地域の子どもたちにとっての命とのふれ合い等きわめて多様な価値が明らかになりつつある冬期湛水といえる。しかしその普及には、耕作者や土地所有者等との調整が必要であり、人と水鳥との共生は、まさに豊かな生物多様性と生態系に基づく活力ある、また持続可能な地域づくりの試金石と言える。

2. 印旛沼流域再生の未来

「恵みの沼をふたたび」を基本理念として5つの目標、すなわち、①良質な飲み水の源、②遊び・泳げる、③ふるさとの生き物をはぐくみ、④大雨でも安心できる、⑤人が集い、人と共生する印旛沼・流域が掲げられ、その達成のため、水循環や流域の視点での5つの行動原則のもと、8つの重点対策の取組がおこなわれてきた。

今回の冬期湛水試験のプロジェクトは、5つの行動原則をふまえた印旛沼方式、すなわち「水循環・流域の視点での総合的な取組」としての「みためし」のひとつとして「沼に隣接する水田の立地環境を活かし」、「河川行政のみならず農業行政とも連携し」、調査においては「多くの市民や研究者が参加する」プロジェクトとして実施することができた。

その取組は8つの重点対策のうち、水田の非灌漑期における「水辺環境の創造」であり、また「環境にやさしい農業」の実践であった。さらに「流域市民の自主的行動」として水質・土壌等の環境調査の参加者は印旛沼の「環境学習」にもつながった。

今回の冬期湛水試験の結果は、5つの目標のうちミジンコやイトミミズからコハクチョウまで、多くの「③ふるさとの生きものを育む」効果のみならず、流域水環境の富栄養条件から窒素濃度を減少させ、農薬や化学肥料をほとんど使用しない米づくりによる「①良質な飲み水の源」といった印旛沼・流域の目標達成に大きく貢献できる状況も見いだされた。

さらに冬期湛水の米づくりは慣行農法を上回る収穫が得られた。このことは、生物多様性を保全する新たな水田農業への大きな可能性を示すものであり、また流域の外部依存の窒素過多解消への道を開くものである。そしてさらにその先には、再生の象徴として印旛沼流域でのコウノトリの生息はもちろんトキの飛来も夢ではない。まさに、今後は「⑤人が集い、人と共生する印旛沼・流域」の目標へのアプローチとしても期待される冬期湛水による米づくりといえる。

冬期湛水の取り組みはまだまだ十分なものではない。しかしそのさらなる調査研究や「みためし」の継続によって印旛沼の新たな価値の発見やそれに基づく活力ある地域づくりにも寄与していくことが期待される。

Executive Summary: Water Quality Improvement and Ecosystem Conservation of Watershed by the Winter-flooded Organic Farming Rice-paddy.

Toshihiko Nakamura and Hisako Ogura