

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 Mushiake (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

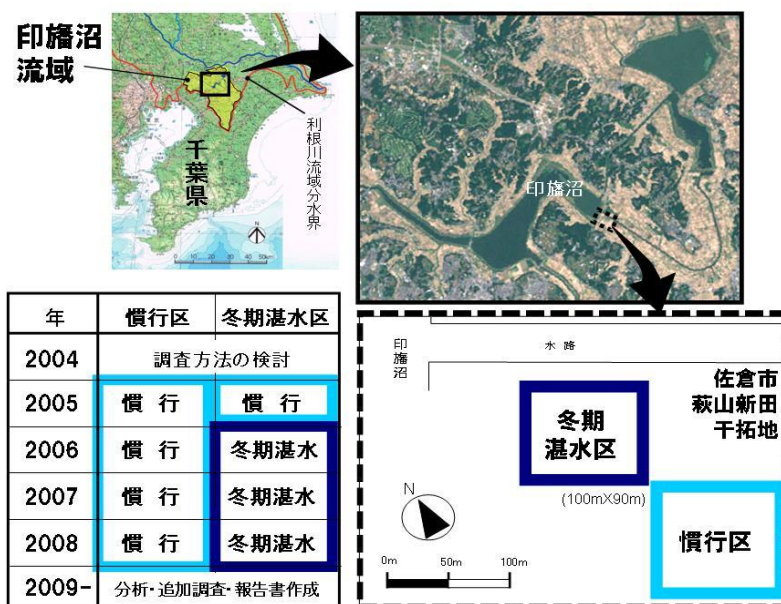


図1. 調査地と年次の取り組み内容.

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

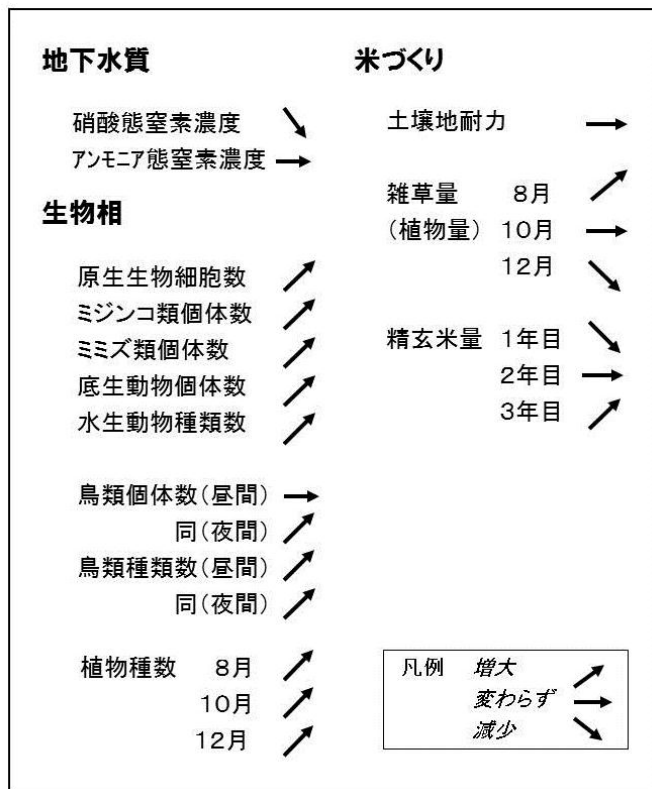
1) プランクトン

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

冬期湛水研究プロジェクトの背景と経緯

中村俊彦¹・小倉久子²・吉田正彦³

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)

³ 印旛土木事務所 〒285-0026 佐倉市錦木仲田町 8-1 (m.yshd7@pref.chiba.lg.jp)

はじめに

印旛沼流域水循環健全化会議は、「恵みの沼をふたたび」を基本理念に、印旛沼およびその流域の水循環の健全化と水環境の改善を主な目的として、千葉県の河川及び環境行政が事務局となり、県をはじめ国、市町村やそして流域の市民・NPO に研究者も加わって 2001 年 10 月に発足した組織である。

印旛沼流域には谷津や干拓地に多くの水田が存在し、印旛沼の水質や水辺環境にも大きく関わっている。そのほとんどは乾田化されているが、水田をかつてのように冬期も水のある状況にすることによって、水質浄化や生物多様性再生が図れるのではないかといった意見が印旛沼流域の市民や農家から寄せられた。

このような要請のもとにスタートした冬期湛水研究プロジェクトであるが、これは流域環境の保全・再生からまちづくりにもつながる状況となってきた。ここではその経緯と冬期湛水水田を取り巻く社会状況について概括した。

冬期湛水研究プロジェクトの立ち上げ

水田は、米づくりをはじめ生物多様性や水質浄化等、多様な価値を有する重要な湿原生態系であるが、生産性や作業性の向上を目指した農業のため乾田化やコンクリート化、また農薬や化学肥料の大量使用等により、かつての多面的な水田機能が大きく後退した。

千葉県香取市の岩澤信夫氏は、蕪栗沼周辺での稲作農業指導のなかで発見・開発した不耕起による有機農法と冬期湛水の組み合わせによる米づくりを実施し、有機米生産と生物多様性再生を目指した試みが続けられてきた。この稲作を学んだ佐倉市の稲作専業農家の三門増雄氏は地元の消費者と協働し合鴨除草の有機栽培の米づくりを実施していた。この三門氏の米づくりを支援していた小高純子氏は、環境保全と生物多様性再生にかかわる冬期湛水の可能性について検討し、その実践について千葉県立中央博物館の中村俊彦に相談した。印旛沼流域水循環健全化会議委員でちば・谷津田フォーラム代表でもあり水田と生物多様性について研究中であった中村はこの要請を受け、小高純子氏ら 9 名とともに 2004 年 10 月 24 日佐倉市萩山新田の三門氏の水田を視察した。このとき三門氏も新たな米づくりとして冬期湛水を検討中であり、今回の試験地の提供と冬期湛水での米づくりを実施する用意のあることが確認された。このことは、当時印旛沼流域水循環健全化会議の事務局を担当していた吉田正彦に伝えられ、水循環健全化にかかわる試験研究プロジェクト

としての検討を開始した。同年 11 月 10 日の印旛沼流域水循環健全化に関する市民・NPO の意見交換会においても冬期湛水が大きな話題になった。

以上の経緯をふまえ、中村は印旛沼流域水循環健全化会議の虫明功臣委員長宛に「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調査プロジェクト提案（2004 年～2009 年）」を作成し事務局に提出したのが 2004 年 11 月 16 日であった。その後、2004 年 12 月 17 日に県庁中庁舎で開催された第 7 回の印旛沼流域水循環健全化会議において、中村による内容説明の後に、この提案は了承された（資料 1）。

試験研究及び調査の体制づくり

2005 年 3 月 16 日に県庁南庁舎において、印旛沼流域水循環健全化会議専門家勉強会が開催された。水循環健全化への取組についての課題検討のなかで「みためしワーキング」の一つとして冬期湛水試験プロジェクトが位置づけられ、さらに 3 月 17 日には県庁議会議棟において庁内関係者 13 名による「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調査プロジェクト提案」の勉強会が開催された。提案説明は中村が担当し、また県農業総合研究センターの金子文宜氏から最近の稲作に関する研究（不耕起、湛水、有機物施用、環境保全関係）についての説明があった。出席者は県河川計画課及び河川環境課をはじめ、農林水産政策課、耕地課、農業改良課、園芸農産課、農業総合研究センター、印旛農林振興センター、印旛地域整備センターのほか東邦大学、千葉大学の学生等の出席もあった。

2005 年 6 月 7 日には千葉県自治会館にて冬期湛水ワーキング第 1 回勉強会を開催した。これには千葉県の河川環境課、河川計画課、農林水産政策課、耕地課、生産振興課、印旛農林振興センター、印旛地域整備センター、農林総合研究センター、中央博物館ほかの行政担当者・研究者、また千葉大や東邦大の学生をはじめ印旛沼にかかわる多くの市民・NPO 等（中村、金子、吉田、三門、小高、白鳥孝治、堀田和弘、太田勲、小倉久子、金親博榮、高橋修、田崎愛知郎、荒尾稔、加藤賢三、荒尾繁志、桑波田和子、平井幸男、鈴木優子、相馬由起子、藪内俊光、岩波初美、倉西良一、ほか）の 43 名の参加があり、活発な意見交換がなされた。

さらに 2005 年 7 月 21 日には萩山新田の見学の後に印旛合同庁舎にて、試験地見学と今後の調査体制について懇談をおこなった。その後 8 月 18 日には千葉県

自治会館で第2回冬期湛水ワーキング勉強会を実施し、さらに9月7日事前調査（三門氏水田）と事例視察（佐原市藤崎水田）、その結果を踏まえ9月26日には水質調査等の打ち合わせ会（議会棟3階第6会議室）を行った。

10月6日には冬期湛水プロジェクト生物調査班の打ち合わせ（県立中央博物館）、10月24日にはみためし（冬期湛水）行動の打合せで冬期湛水と極力農薬や化学肥料の使用を避けるといった稲作手法についての確認を行った（中村・吉田・須藤忠雄ほか）。そして10月26日には、田植え方法（機械、使用苗等）や湛水用ポンプの手配及び水の張り方等の打ち合わせをし、冬期湛水実施についての詳細がつけられた。

市民による土壌・水質調査の実施

1. 市民調査員の募集

上記の2005年6月および8月の2回の冬期湛水ワーキング勉強会出席者を中心に呼びかけ、同11月11日には水質・土壌調査についての説明会及び現地体験会を開催した。午前中は印旛合同庁舎において金子氏の講演「印旛沼流域における農耕地の土壌実態と多面的機能」、午後は佐倉市萩山新田の試験田において、同じく金子氏を講師として土壌調査の体験研修が行われ、市民14名、行政・専門家・事務局14名、計28名の参加があった。

その後、正式に市民調査員を募集したところ、応募者は「耕さない田んぼの会」と「環境パートナーシップちば」の2団体であった。2回のワーキング勉強会及び現地体験会の参加者は延べ100名近くで、冬期湛水への市民の関心は高いように感じられたが、実際の行動にまでつながっていったのは、その中の一部の市民のみであった。

2. 水質調査隊による調査

2006年1月20日に試験田に水が入り、3月2日に第1回目の水質調査が行われた。水質調査はその後、2009年10月までの4年間にほぼ1～2ヶ月に1回の割合で、計23回実施した。調査員は応募した2団体の市民調査員、専門家（小倉ほか環境研究センター職員）、事務局（河川環境課、パシフィックコンサルタンツ）で構成され、総合的な指導役として金子を「隊長」とする「水質調査隊」として調査を行った。調査隊のメンバーは固定ではなく、市民3～5、6名、専門家及び事務局5、6名の、毎回10名程度で実施した。

調査のための観測井と観測井の内径に合わせた採水器具は事務局が製作し、水位測定器具は市民調査員が工夫して作ったものを使用した。

初回は現場でバックテストによる簡易水質分析を行ったが、2回目以降は印旛沼土地改良区のご厚意で改良区事務所の会議室を使わせていただき、水位、水温以外の項目は、採水して室内で分析を行うことができた。

市民調査の特性を活かすため、当初は硝酸態窒素等の水質は簡易分析により測定する予定であったが、できるだけ科学的に評価できるよう、公定法による分析

も実施した。すなわち、調査期間の前半は市民調査員が行うバックテストによる簡易分析と専門家（環境研究センター）による公定法の定量を並行して行った。簡易分析は、高い精度は期待できないが、その場で簡単に結果が出て、しかも濃度が色の濃淡で表現されるため、非常にわかりやすいというメリットがある。発色後のバックテストを調査地点の地図上に置くことによって、観測井の場所と濃度との関係、すなわち水田による硝酸態窒素の浄化効果を市民調査員に視覚的に理解してもらうことができた。調査期間の後半では、市民調査員が浄化のメカニズムを十分理解できてきたので、公定法による分析のみに変更し、最終的なデータ解析は公定法分析値のみを使用して行った。

土壌調査は、2005年11月11日の現地体験会で得た調査結果を湛水前のデータとし、その後2006年から2009年の稲刈り後に計4回の調査を行った。調査器材は毎回農業総合研究センターからお借りすることができた。

なお、この冬期湛水試験プロジェクトに多大なご協力をいただいた印旛沼土地改良区や地主の三門氏及び試験地周辺の農業者の方たちへのお礼の気持ちも込めて、水質調査終了後に土地改良区の方たちとともに、試験地周辺で何回か美化活動（ゴミ拾い）を行った。

3. 市民調査員の学び

水質調査の開始後の2006年7月6日には、千葉市の新都市ビルにてみためし行動冬期湛水ワーキング会議としてH17年度調査報告会が開催された。このときには水質だけではなく、魚類、鳥類など生物調査の冬期湛水前調査報告があり、水質調査隊の調査員も広く学ぶことができた。参加者は、耕作者（地主）の三門氏のほか、以下のとおりであった。

調査専門家：小倉、金子、中村

市民：荒尾繁志、加藤、桑波田、小高、平井

行政：県河川計画課、河川環境課・林薫、
水質保全課、

事務局：パシフィックコンサルタンツ

また、この報告会の資料をとりまとめて、印旛沼流域水循環健全化会議・H17年次報告書が製作され、2007年3月16日の健全化会議委員会で公表された。年次報告書についてはその後も、他の「みためし行動」の成果とともに毎年事務局によって発行された。

水質調査及び土壌調査の最終回を2009年10月19日に終えた後、11月10日には環境研究センター水質環境研究室会議室にて水質調査隊水質勉強会を開き、水質調査隊、事務局（パシフィックコンサルタンツ前田）ら10名が参加した。そして、全データをとおして、台地から移動してくる高濃度の硝酸態窒素が水田によって浄化されることを改めて確認した。

また、2010年2月22日には、県庁内において本調査を指導してくださった金子氏とともに、おもに地下水の流れと水収支の考え方と窒素浄化量の試算方法を学んだ（参加者：金子、椿原、山口、平井、小高、宮部、小倉、前田、桑波田、加藤）。

調査研究の成果発表会

冬期湛水試験研究について印旛沼流域水循環健全化会議に際してはたびたび報告がなされてきたが、公開のかたちでその成果が報告されたのは、2008年2月6日の中間報告会と2009年7月18日の千葉県立中央博物館企画展「生物多様性1：虫・魚・鳥…草・木…人」の行事として組まれた第2回生物多様性シンポジウム「ふゆみずたんぼ報告」である。

2008年2月6日の「印旛沼流域水循環健全化会議みためし行動冬期湛水調査 中間報告会」は佐倉市の印旛沼土地改良区事務所にて以下のプログラムでおこなわれ、岩澤信夫氏をはじめ約40名の参加があった。

- ・趣旨説明：中村俊彦
- ・稲作作業・調査概要：河川環境課
- ・水質：小倉久子
- ・地耐力・土壌：金子文宣
- ・プランクトン：林紀男
- ・魚類等：田中正彦（誌上発表）
- ・底生動物：倉西良一（誌上発表）
- ・鳥類：神伴之
- ・植物：中村俊彦
- ・冬期湛水におつきあいして：三門増雄
- ・総合討論（水とたんぼと生物多様性）：中村・小倉

この結果については、2008年2月7日の日本農業新聞に「印旛沼周辺の冬期湛水・硝酸塩窒素を浄化」として掲載（資料2）され、さらに2008年3月5日の朝日新聞夕刊の「しぜんを歩く：千葉・印旛沼の冬期湛水田、生物増え、水もきれいに」においてもその結果が掲載（資料3）された。

2009年7月18日の「ふゆみずたんぼ報告」は、千葉県立中央博物館講堂にて、平成21年度千葉県立中央博物館企画展「生物多様性1：虫・魚・鳥…草・木…人」に際しての第2回生物多様性シンポジウムとして、里山シンポジウム実行委員会と千葉県生物多様性センターが共催し、以下のプログラムで実施された。なお報告1及び報告5の内容については、本報告書のp13～21に掲載された。

- ・趣旨説明：里山シンポジウム実行委員会事務局
荒尾稔
- ・特別講演「ふゆみずたんぼ：過去・現在・未来」
呉地正行（日本雁を守る会会長）
- ・報告1「概要及び水質・土壌」
小倉久子（千葉県環境研究センター水質環境室長）
- ・報告2「植生・雑草類」
金子是久（北総生き物研究会）
- ・報告3「鳥類」
大野美枝子（佐倉自然同好会）
- ・報告4「プランクトン」
林紀男（千葉県立中央博物館上席研究員）
- ・報告5「総括」
岩澤信夫（日本不耕起栽培普及会長）

冬期湛水にかかわる政策の変化

稲作の近代化を進め、単位収量の増大と労働力削減

を追求してきた日本の農政にとって、冬期湛水は非合理的な手法と見なされ研究もほとんどおこなわれてこなかった。しかし、有機農法による米づくりや水田の多面的価値を追求する農家・農業者には少しずつ広まりつつあった。

冬期湛水の価値を最初に政策的に認識したのは環境行政であった。2002年3月に策定された新・生物多様性国家戦略において、蕪栗沼周辺における冬期湛水水田の取組が「湿地保全と河川管理・農業との連携の例」として取り上げられた。

今回の冬期湛水試験研究のさなか、2007年7月6日には、「農林水産省生物多様性戦略」が策定された。その戦略のなかでは「生物多様性保全をより重視した土づくりや施肥、防除等の推進」において「冬期湛水をはじめ生きものを育む様々な農業技術が見られることから、これらの技術に関する情報や地域での取組事例の収集・提供に努め、生物多様性保全をより重視した農業技術の普及を推進する」ことが記された。

そして、2007年11月27日策定の第3次生物多様性国家戦略においては、「野生復帰や外来種対策による多様な野生生物をはぐくむ空間づくり」のなかで蕪栗沼周辺における冬期湛水水田の取組事例のほか、「生物多様性保全をより重視した土づくりや施肥、防除などの推進」、さらに「希少な野生生物など自然とふれあえる空間づくりの推進」の具体策として冬期湛水が示された。

2008年3月26日千葉県は、全国に先がけて生物多様性ちば県戦略を策定した。そのなかの具体的取組として「環境保全型農業の推進」において「冬期湛水をはじめとする生きものを育む様々な農業技術について、地域農業者の意向を踏まえ、その情報提供や取組の支援をおこないます」が盛り込まれた。

2008年11月4日、韓国の昌原で開催された第10回ラムサール条約においては、日韓で提案した「水田保全決議：湿地システムとしての水田の生物多様性の向上」が採択された。その内容は「使用していない時期の水田を湛水することにより、渡り性水鳥等の動物に生息地を提供し、雑草や害虫の管理を行うための取組が行われていることに留意し、（中略）水田の動植物相、及び米作を行う地域社会において発展し、水田の生態学的価値を保ってきた文化に関する更なる調査を促進させることを奨励する。」であった。

2010年3月16日には、「生物多様性国家戦略2010」において「多様な野生生物をはぐくむ空間づくり」のなかで蕪栗沼周辺における冬期湛水水田の取組事例のほか、「生物多様性保全をより重視した土づくりや施肥、防除などの推進」や「希少な野生生物など自然とふれあえる空間づくりの推進」における取組みのひとつとして冬期湛水が盛り込まれている。

生物多様性条約(CBD)第10回締約国会議(COP10)が2010年10月18日～29日の日程で愛知県名古屋市にて開催され、締約国、関連国際機関、NGO等179の国や機関から13,000人以上が参加した。そこで採択された議決のひとつ「農業の生物多様性」において、特に水田農業の重要性を認識するとともに、ラムサール条約の決議X.31「水田決議」を歓迎し、その実施を

求めていくことが決定された。

また 2012 年 2 月 2 日の「改訂農林水産省生物多様性戦略」のなかの「生物多様性保全をより重視した農業生産の推進」をはじめ「生物多様性保全をより重視した農業生産技術の開発・普及」また「水田や水路、ため池等の水と生態系のネットワークの保全の推進」、さらに「希少な野生生物など自然とふれあえる空間づくりの推進」において、いずれも冬期湛水を奨励することが盛り込まれた。

以上の冬期湛水に関する政策的変化に対しても、本プロジェクトからの情報発信がさまざまに影響していた状況が伺える。

おわりに（今後の取組）

本プロジェクトの成果を広く普及啓発し社会還元していくため、今後は報告会・発表会またパンフレットづくり等をおこなうとともに、印旛沼流域の水循環健全化と水田稲作とのかかわりのさらなる解明のため、新たな調査研究展開についても検討の必要がある。

Overview of the Project Team Concerning to the Winter-flooded Organic Farming Rice-paddy. Toshihiko Nakamura, Masahiko Yoshida and Hisako Ogura.

資料 1

2004年11月16日

印旛沼流域水循環健全化会議 委員長 虫明功臣 様

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調査プロジェクト提案

印旛沼流域水循環健全化会議委員

（千葉県立中央博物館生態・環境研究部長） 中村俊彦

趣 旨： 冬期湛水・有機農法水田の持つ水質浄化と生態系保全の機能については、各地で実践されその有効性が明らかにされつつあります（参考資料）。この方法は印旛沼をめぐる水循環健全化においても大きな効果が期待され、11月10日の市民・NPOの意見交換会においてもこの方法が大きな話題になりました。そこで私は、この方法を印旛沼流域において具体的に現地試験をし、その有効性および実践性等について調査研究することを提案させていただきます。

期 間： 2004年～2009年を予定

- 2004年 プロジェクト組織と調査研究方法の確定、予備調査
- 2005年 慣行稲作試験・報告
- 2006年 冬期湛水1年目調査・報告
- 2007年 冬期湛水2年目調査・報告
- 2008年 冬期湛水3年目調査・報告
- 2009年 データ解析・総合考察・報告書作成

試験地：印旛沼周辺の圃場整備水田（約90アール）、2か所

佐倉市萩山新田干拓地（詳細別紙）を予定。農家からは内諾済み。

内 容：乾田化された水田に冬期湛水・有機農法するものと、これまでどおりの慣行水田とにおいて、水質・土壌、生物相、稲作の手間、経費、収穫量・収入等を調査比較する。現場調査は慣行稲作、冬期湛水稻作（3年間）について、冬（2月）、夏（8月）、秋（10月）の年3回以上、4年間とする。その他、冬期湛水および流域水環境に関わる資料調査等をおこない公表する。

体 制：以下の班を編成し、調査及びデータ解析を分担する。

1. 総合調整班（印旛沼流域水循環健全化会議事務局）
2. 稲作班（試験水田の耕作者、県立の研究機関、市民・NPO等）
3. 水質・土壌班（県立の研究機関、千葉工業大学、市民・NPO等）
4. 生物班（県立の研究機関、千葉大学、東京情報大学、東邦大学、千葉工業大学、市民・NPO等）
 - ・植物グループ、鳥類グループ、土壌動物グループ、水生動物グループ
 - ・クモ・昆虫グループ、プランクトングループ

資料 2

日本農業新聞 2008 年 2 月 7 日より

印旛沼周辺水田の冬期湛水 硝酸性窒素を浄化 千葉

【ちば】印旛沼水循環健全化会議による冬期湛水調査の中間報告が 6 日、佐倉市の印旛沼土地改良区で開かれた。硝酸性窒素の浄化能力が高く、周辺の水田に広げれば大きな効果があると報告された。農家や市民、行政関係者ら 40 人が参加した。

同会議は同沼にかかわる行政と関係団体、市民などで構成。冬期湛水による生態系の変化、水田の窒素浄化機能などを共同で調査している。佐倉市の農家が協力し、水田 90 ㌦ 1 枚に 2005 年秋から湛水して半不耕起（代かきハローだけ使用）状態で田植えを行い、2 年間にわたって慣行田と比較してきた。

水質の比較試験の結果は、県環境研究センターが報告した。水を張ると硝酸性窒素の浄化能力が高まり、調査水田の浄化能力は 1 日

に 229.5 ㍑だと計算された。また、周辺の水田全体で冬期湛水した場合には同 169 ㍑の浄化が可能とみる。同沼の総水田負荷量（水田からの総流入窒素量）の 74%、流域総負荷量（生活排水他の一般流入窒素量）の 5%に相当する大きな量だという。

冬期湛水を初めて経験した農家は「面白い経験をした。冬期湛水稻作の素晴らしさを市民や農家にもっと知らせたい」と報告した。

収量や土壌、鳥・魚類、土壌動物、植物などの調査結果も報告された。冬期湛水田ではミジンコなどが初期に爆発的に増え生き物全体の増加に長く影響を及ぼすという。植物調査では絶滅危惧種が出現したこと、陸生植物種、帰化植物種の出現頻度が低くなる傾向にあるなどと報告された。

資料 3

朝日新聞 2008 年 3 月 5 日夕刊より

自然を歩く 千葉・印旛沼の冬期湛水田

水の満たされた約 90 ㌦の田んぼに近づくと、枯れた稲の刈り株の間からタシギの群れが飛び立っていった。

近くの田はみな収穫前に水をぬいたままで、乾いている。だが、ここは印旛沼周辺の水循環を健全にしようという千葉県の取り組みの中にあり、冬に水をためた場合の効果を 3 シーズンにわたって市民参加で調べている。

千葉県立中央博物館上席研究員の林紀男さん(45)は、この田に通いながら、ミジンコやイトミミズ、ゾウリムシなどの小さな生きものを見つめてきた。春の田植え前に水を入れると現れるミジンコなどが、初冬からたくさんいるのに気付いた。水のある湛水期間が長いだけ、生きものたちの総量は多くなるという。食物連鎖の底辺を支える生きものが豊かな田は、結果として虫や魚、鳥なども養う。「東北など各地で先進的な冬期湛水田を見てきた。もう少し長く見ていけばここでも普通の田との差がさらにはっきりしてくるのでは」

水田には富栄養化を招く窒素を浄化する働

きがある。冬に水があるとその効果が長く続き、地下水中の窒素を減らす効果があることも、ここで確認できた。市民として調査に加わる平井幸男さん(68)は「生きものを育むだけでなく、地下水もきれいにしている。農業の力はすごいと思うようになった」と話す。

この田を耕作する三門増雄さん(53)は当初、地盤がゆるんで農業機械を入れられなくなったり、雑草が増えたりしないかと心配した。だが、作付け 2 年目となった昨年は順調で、周辺の田と変わらない収穫があった。

「微生物が水の力で活性化し、天然の肥料をつくっている。印旛沼の水質浄化にもよい影響を与えられそう」と手ごたえを感じている。悩みは田の周りで見つかる葉莢だ。

「禁漁区ではないので、カモを狙う猟場のようになっている。なんとかならないか」

この取り組みを提案した県立中央博物館副館長の中村俊彦さん(53)は「農家に『やっていける』と思ってもらえたのは大きい。いのちのぎわいを大切にしたい生物多様性農業の利点を伝えたい」と言っている。（米山正寛）

千葉県立中央博物館平成 21 年度企画展「虫、魚、鳥、…草、木、…人」
生物多様性シンポジウム第 2 回「ふゆみずたんぼ報告」特別講演

ふゆみずたんぼ 過去・現在・未来

呉地正行

日本雁を保護する会会長 〒989-5502 宮城県栗原郡若柳町字川南南町 16 (son_goose@sky.plala.or.jp)

はじめに

おはようございます。ご紹介をいただきました呉地正行と申します。私のほうからは「ふゆみずたんぼ過去・現在・未来」という話をさせていただきます。

まずふゆみずたんぼとはどういうものなのかを、いろいろな視点から、その過去・現在について話をし、次にこれからどういう方向を目指していこうとしているかについて話をいたします。



「ふゆみずたんぼ」とは、有機栽培、あるいはそれに準じる農法を行いながら、冬も水を張ることを目指すことを基本的なコンセプトとしているものです。

湿地の減少と生物多様性の劣化

最初に、今、なぜ、田んぼなのかについて触れておきたいと思います。

なぜ 水田なのか？

NEGATIVE Background

- 過去100年間で湿地環境が劇的に減少した。
- 多くの自然湿地が水田に変わった。
- 水田の質の変化; 湿田から乾田へ

POSITIVE Background

- 何千年も続いてきた持続可能な歴史を持つ。
- アジア起源で、アジアを代表する農業湿地。
- 利用しながら湿地環境を回復、復元できる可能性。
- ラムサール条約では湿地の一つに分類されている。
- 湿地環境を活かした成功事例、ふゆみずたんぼ など。

水田には2つの面があります。まずマイナス面。過去 100 年間で日本の湿地環境は劇的に減少しています。大きな自然湿地は消えて、その多くが水田に変わっていきました。

もう一つは、水田自体の質の変化です。かつては湿田が多かったのですが、湿田は生産性や効率が悪いということで、乾田化が推進されています。それが水辺の生き物からみると大きな問題になっているのです。

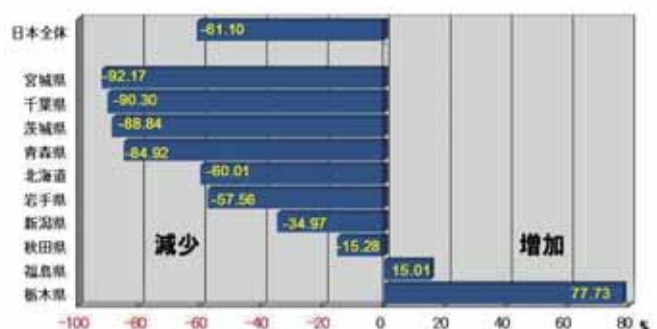
その一方でプラスの面を見て見ると、水田は人工的な湿地でもあり、何千年使っても持続可能に使える農地という歴史をもっています。そしてアジアに起源をもち、アジアを代表する農業湿地という顔ももっています。

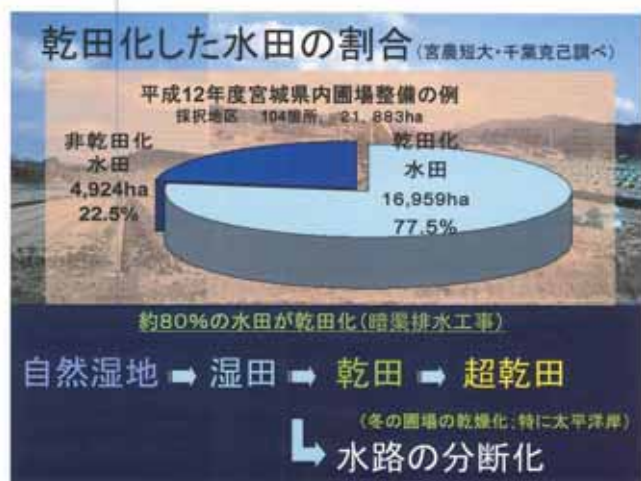
また、利用しながら湿地環境を改善できる可能性を秘めています。畑の場合には、利用すればするほど、環境に負荷がかかります。そのマイナスをどの程度減らせるかということが環境配慮の努力目標なのですが、水田はうまく利用すると、湿地環境の質を高めることが可能です。そして世界の湿地の保全を考える国際条約のラムサール条約では、水田は湿地の一つに分類され、湿地環境を生かした成功事例が、本日お話をする「ふゆみずたんぼ」になります。

日本の湿地環境の過去 100 年の変化をグラフに示しました。日本全体で過去 100 年間に、日本の湿地の 61%が消えています。

特にその中でも、宮城県や千葉県や茨城県は過去 100 年間に 9 割前後の湿地が減っていることがわかります。ここに書いてある 10 の都道府県は、100 年前

湿地の減少率(湿地の多い都道府県ベスト10)
明治・大正時代と現在の湿地面積の変化 (%)
(国土地理院(2000)より)





に湿地面積が広がった上位 10 の都道府県ですが、その中でも特に千葉県の減少率が大きいことがわかります。

これは、私どもがフィールドにしている蕪栗沼や伊豆沼周辺の、100 年前の湿地を表しています。湿地がたくさんあったことがわかりますが、これらの湿地の大多数は水田に変わったことがわかります。しかし、水田の場合は、このようになってしまっても、まだ湿地機構を持ち、湿地にも戻すことが可能です。それが水田の持っている可能性です。

その一方で水田自体の多くが乾田へと変わってしまいました。乾田化工事とは水田に溝をきって暗渠パイプを入れて水はけを良くする工事です。宮城県の平成 12 年の例では工事が行われた水田の 8 割近くで、乾田化工事がおこなわれています。自然湿地が乾田化されると、水路と田んぼが分断化され、生き物の交流ができなくなってしまいます。特に最近では田んぼと畑の両方に使うために超乾田化が進み、冬の気候が乾燥している太平洋岸では、冬の田んぼはカラカラに乾いています。

黙っているとこのような工事が行われ、水路にはコンクリの U 字溝が入るのです。その結果特に湿田を住処にしていた生き物である、トキやコウノトリが絶滅してしまったり、ニホンアカガエルやチュウサギも激減してしまいました。



「田んぼを活かした湿地回復の取り組み」

こういう中で、これから 100 年かけてもう一度日本の湿地環境を取り戻そうという運動をしています。

これは 100 年前の環境にそのまま復活させるということではなくて、100 年前の湿地環境を意識した土地利用や管理をしながら、100 年前の環境に近づけようとするものです。

耕作放棄田は湿地に戻し、休耕田は通年湛水して湿地として管理していく。水持ちの良い田んぼは冬に水を張ってふゆみずたんぼとして管理する。そして、そういう取り組みを行政が支援する仕組みを作る、という内容です。

湖沼復元 100 年計画

- 100 年かけて、かつて湖沼や湿地環境の改善・復元をめざす。
- 耕作放棄水田は集約し湿地復元をめざす
- 休耕水田は通年湛水を行い、湿地として管理する
- 耕作水田の内、水持ちが良い水田は冬水田んぼとして、冬期間湛水して管理する。
- かつて湖沼湿地だったところでの取り組みに対し、優先的支援を行う仕組みを作る

蕪栗沼周辺でのふゆみずたんぼの取り組み

このような背景の中で、宮城県の蕪栗沼周辺ではふゆみずたんぼの取り組みが、行われてきました。

田んぼに水を張って、ふゆみずたんぼにすると、たくさんのハクチョウが集まってきます。ふゆみずたんぼは、歴史的にたどっていくと、江戸時代の会津農書の「田冬水(たふゆみず)」にたどりつきます。これは冬の間に肥沃な水を田んぼに入れる農法として推奨されたものです。この古えの農法を生きものにも配慮して、現代によみがえらせたものがふゆみずたんぼです。

蕪栗沼ではいろいろな取り組みが行われています。その一例として沼を干拓して水田にした蕪栗沼周辺の白鳥地区を、地域合意を得て、再び沼に戻す湿地復元が 1998 年に行われました。





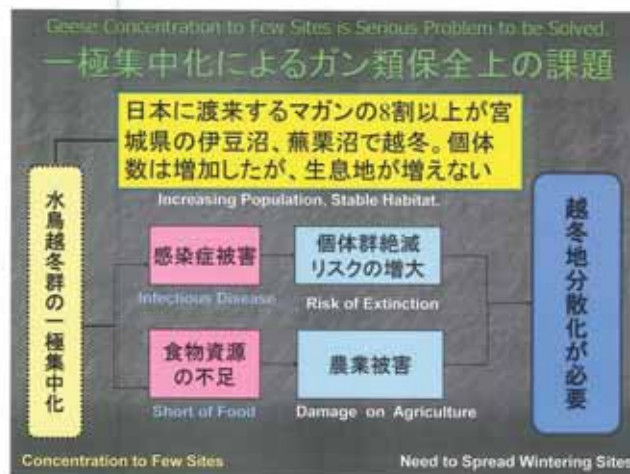
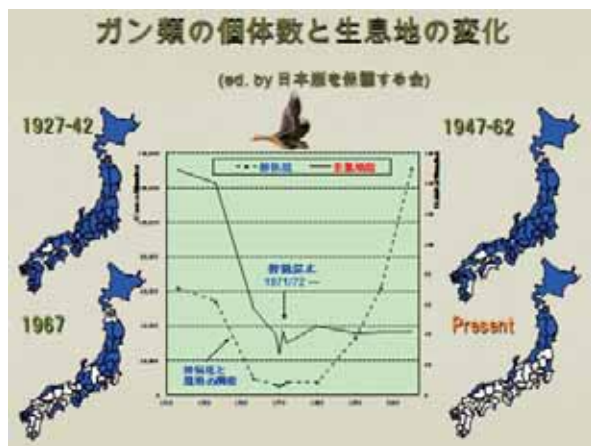
湿地に復元された白鳥地区にはガンなどが集結してそこがねぐらになりました。ガンという鳥は、警戒心が強く、人間の思う通りにはいかない鳥ですが、その鳥がここをねぐらとして利用するようになりました。

この取り組みは、現役の田んぼでも冬に水を張れば、新たなガンのねぐらを創ることができるというヒントを与えてくれました。

ふゆみずたんぼのネットワークで ガン類の生息地復元

なぜ、ガン類に関してそこまで考えなければならぬかという点、渡来地が激減してしまったからです。ガンはかつては日本全国に住んでいました。ところが環境の変化の影響を強く受け、生息地が急速に減ってしまって、いまではその生息地は北日本の40ヶ所に偏っています。この図は、ガン類の個体数と生息地の推移を表したものです。

ガンは、かつては個体数も生息地域も多かったのですが、その後激減し1971年に法律で保護されました。現在個体数は増えているのですが、生息地は減ったままです。そのため一極集中が起こり、宮城県では8万羽以上が生息し、それは全国の8割以上に当たります。特定の生息地での個体数が増えることは鳥にとっては、もし感染症などが生じた時に個体数の激減をまねきかねない恐れがあります。また農業被害を拡大する恐れがあります。



これらのことから、生息地を分散させることが最大の課題になってきています。ガンという鳥は、環境に対して敏感で、普通は数が増えれば分布が広がるはずですが、ガンの場合はそうなりません。ガンの分布を広げる一つの手法として、ふゆみずたんぼで新たなねぐらを作ることとはかなり有効な方法です。蕪栗沼周辺で、ふゆみずたんぼに取り組まれる農家の数が増えてきています。全国でも広がってきました。

ふゆみずたんぼのネットワークをかけたガン類の生息地に広げ、ガンの群れをいつの日か全国に復活させることが鳥の立場からの最終目標で、そのためにもふゆみずたんぼの取組の広がりに期待しています。

そのためのモニタリング調査などを継続していますが、ふゆみずたんぼはガン類やハクチョウ類が良く利用をします。

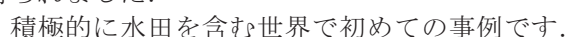
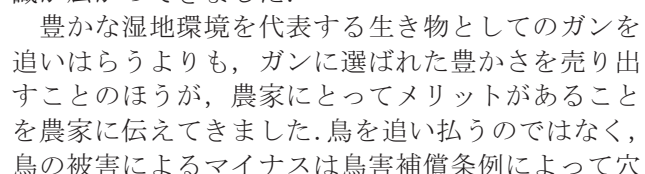
ガン類がどの様にふゆみずたんぼを利用するかというと、全ての田んぼに水を張ればよいということではなく、マガンは水を張った田んぼを昼前後に休息地とし、周辺の乾いた田んぼをえさ場として午前と午後利用します。水田自体の多様性が高く、多様な生態系があるといいことも分かってきました。



サギでにぎわう夏のふゆみずたんぼ

次に、ふゆみずたんぼの夏鳥への影響や効果を、特にサギ類について述べます。チュウサギやアマサギのように、冬は東南アジアですごし、夏に日本で

調査によって、ふゆみずたんぼのサギの密度は約4倍近く高いことがわかりました。サギたちがたんぼで何をしているのかを調べると、明らかにえさ場として利用していることがわかります。ドジョウやカエルが主な餌だとわかりましたが、ふゆみずたんぼのドジョウの密度は、慣行栽培の水田よりも5倍以上高く、ドジョウが餌とするイトミミズも5倍以上多く、原生生物も増えています。水を張ることによって生物多様性が著しく高まり、その象徴として水鳥たちでにぎわう水田になります。



ラムサール条約湿地内の水田で生産される付加価値の高いふゆみずたんぼ米(ラムサール・ブランド米)

- ラムサール条約湿地内の水田で、生きものの力を活かしたふゆみずたんぼ米を集団作付け(2004年以降、12農家、20ha)
- 生きものの生息環境の創造と、生きものとの共存をめざす農業者への経済的な恩恵の創出
- 田尻町(現大崎市)が、町独自の環境直接支払い制度で取り組みの立ち上げを支援
- 成果:多くの水鳥で賑わう水田が、農業に恩恵をもたらすことを実証
- 今後の課題:面的な広がり推進(地域及び全国レベル)とネットワーク化及び、水鳥の渡り経路の復元



ふゆみずたんぼ米



もちろん話し合いによって地域合意を得て、地域にとってこのほうが良いとしてたどりついたのです。水田をラムサール条約湿地の範囲に含めることによって、ラムサール条約は、国際的に価値が評価された水田を活かした地域作りに役立つ道具になるといった話し合いもしてきました。蕪栗沼周辺では水田を通じて積極的にラムサールを生かし、さらに生物多様性条約締約国会議で、ラムサール COP10 の水田決議を発展させた決議を発信していこうと考えています。

「新しい考え方」のラムサール条約湿地 蕪栗沼・周辺水田の誕生

(2005年11月)

蕪栗沼・周辺水田



- 地元関係者の合意に基づき、アジアを代表する水田を広く含む初めてのラムサール条約湿地
- ラムサールは環境を活かした水田農業に取って役立つ道具となるという新しい考え方
- ラムサール条約湿地としての水田の機能を更に生かした地域づくりの模索

→「水田決議」へ

圃場整備についても新しい流れが出てきています。

蕪栗沼伸縮^{しんぼう}地区では、環境配慮型圃場整備という、環境を配慮した水田構造の検討が行われています。

その中に、ふゆみずたんぼエリア設置の検討が行われています。130haのうちの40haが環境配慮型エリアとして、ふゆみずたんぼの実践がやりやすい様にデザインされています。

今までは沼の近くの田んぼは鳥が多く、被害が出るので、鳥はいないほうが良いと言っていた農家の方々も、こういう取り組みの中で、水田に鳥がいるのはマイナスではなく、実は恩恵をもたらすということを実感するようになりました。

このような事例はまだまだ点の存在にとどまっているので、これを面に広げることが今後の課題です。

昨年(2008)韓国で開催されたラムサール COP10 では、日韓 NGO が支援し、日韓政府が提案した水田の

ラムサール条約COP10の活動の成果 「水田決議採択をめざした活動を通して」

～日韓両国の環境・農業NGOと政府が協同して作り上げたアジアから世界へのメッセージ～



生物多様性の向上をめざす「水田決議」(X.31)が採択されました。

水田の湿地としての価値を初めて認めた画期的決議です。水田の湿地機能を生かして使えば、いつまでもその機能を発揮するというのを、アジアから世界へ発信することができました。

また農水省が初めてラムサールの締約国会議に参加したことも成果の一つです。

水田決議の成果と今後(その1)

ラムサール史上画期的な成果

- 1) 水田という特定の農地に注目した初めての決議。
- 2) 水田を「農業湿地」と捉え、その湿地機能を活かした管理を行えば農業生物多様性が高まり、持続可能な水田農業が実現できることを示唆。
- 3) アジアを代表する湿地である水田の生物多様性を、世界へ発信。
- 4) 農水省が、初めて会議に参加し、決議の審議に関わった。
- 5) 水田決議が、生物多様性条約会議(2010年、名古屋)とラムサール条約をつなぐ架け橋。

また日本と韓国の両国政府が共同提案した決議のはじめての事例で、人工の湿地に注目した初めてのケースにもなります。

水田決議の成果と今後(その2)

ラムサール史上画期的な成果

- 6) 日韓NGOの提案、支援を日韓両政府が受け止め、水田決議案X.31にまとめ、採択された。
- 7) 自然湿地に関心が注がれていたラムサールの中で、人間と関わりを持ち、その賢明な利用が強く求められる人工湿地に注目した初めての事例。
- 8) アジア諸国などで食糧増産のために行われようとしている、伝統的な持続可能な農法から、集約的で持続可能でない農法への転換に、歯止めをかける道具として、時節を得ている。

アジア圏では食糧増産のために、循環型で持続可能な伝統的農法から、集約的、収奪的な農法に切り替えようとしているところなのですが、この決議はそれに歯止めをかけるという効果もありました。この水田決議をこれからいかに活かしていけるか議論・検討するために、環境省、農水省、国交省と NGO が円卓会議を持とうというところまで話が進み、3 省と NGO を交えての準備会が最近定期的に行われるようになりました。

来年(2010 年)10 月に名古屋で開催される生物多様性条約第 10 回締結国会議(CBD-COP10) では、ラムサール水田決議を進化させた、水田の生物多様性についての決定(決議)提案も考えています。

注) 生物多様性条約 COP10 で、日本が提案した、農業生物多様性・決定(X/34)が採択され、その中にラムサールの水田決議全体を盛り込むこともでき、ラムサールから CBD への橋渡しをすることができました。

田んぼがつなぐ流域の湿地

今後、ラムサール条約湿地や、ラムサール条約湿地以外でも、水田の湿地機能を高める農法により、生物多様性を高める取り組みが順次広まると思います。

水田の持つ力とは何なのか考えてみましょう。基本的には流域管理ということになるのですが、一つの流域には、里山あり、湖沼があり、水田があり、干潟があります。河川沿いの里山、湖沼、干潟を水田でつないでいくと、その流域の湿地環境を自在に連結することができます。水田には湿地をつなぐ接着剤としての機能があります。

これを、水田を核とした生物多様性アジアモデルとしてまとめ、CBD COP10 に向かって発信したいと考えています。



論を行うときには、どういう田んぼを目指すのか、それを明確にすることが不可欠です。

私たちが目指す田んぼとは、湿地の機能をもち、生物多様性の高い田んぼで、その原風景は東南アジアの伝統的な水田の中にあります。そのために東南アジアの田んぼの原風景とはどのようなものなのかを知っておく必要があります。

例えば、東南アジアのカンボジアのトンレサップ湖周辺の田んぼは雨季には湖沼となり、乾期に水位が下がると、そこに稲が植えられ田んぼになります。

同時に、そこは魚の繁殖の場でもあり、田んぼでは魚がたくさん獲れます。このことは、これらの魚は田んぼの生産物であることを意味しています。魚だけでなく、田んぼで獲れる貝や水草やカエルや昆虫を食材として利用する食文化が発達しています。

田んぼはお米を生産するだけでなく、様々な恵みを産み出す複合生産の場となっています。

これはラオスの家庭で消費される食材ですが、田んぼの資源で利用できるものはみな利用します。そのために雑草という概念がありません。水草を収穫するのは子供たちの仕事で、食卓に上がると野菜になるのです。

このような視点で田んぼをみると、田んぼとは、お米を生産するだけの場ではなくて、様々な食材を生産する複合生産の場なのです。これは実際にラオスの家庭で利用されている動物質の食材です。

魚、両生類、貝、昆虫、これがどこで取れているかということ、その 2/3 が田んぼで獲れています。

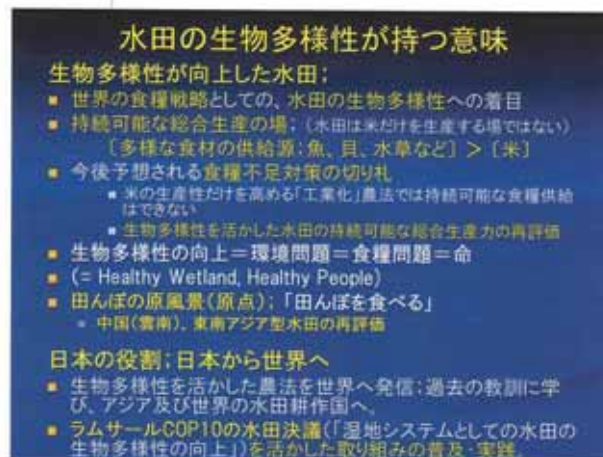
水田決議を地域づくりにどのように活かすのか？

- 1) ラムサールと生物多様性条約をつなぐ道具とし、その具体化を議論する、環境、農水省及びNGO、研究者、農業者を含めた円卓会議の設置。
- 2) 1)を背景とし、水田決議に注目したラムサール条約湿地の登録や既存条約湿地の範囲拡大(伊豆沼・内沼、及び化女沼周辺水田など)、及び里地里山運動との連携を支援。

複合生産の場としての東南アジアの田んぼ

最後に、田んぼ自体の多様性についてお話をします。このことは、特に国際的な場で田んぼの話をするとき強く感じます。

アジアの人々と欧米の人々では、田んぼに対する視点が全く異なります。国際的な場で、田んぼの議



ラオスの田んぼでは米だけでなく、水を張って稲を育てることによって、さまざまな魚や貝などが集まり、田んぼの生産物になります。このように東南アジアの田んぼは複合生産の場として使われています。

生物多様性を活かした 複合生産の日本での復活

このような視点は現在の日本では欠けています。日本では生物多様性を高める取り組みがいろいろと行われていますが、生物多様性を高めようとする米の生産性が低くなりがちです。そのために何かでその穴埋めをしないと農業経営が成り立たなくなります。

日本でも、東南アジアの田んぼのように、稲だけでなく、魚も貝も全部が田んぼの生産物だと考えれば、生物多様性を高めることが、複合生産性を高めることになり、生産性と生物多様性との調和は可能になります。

持続可能な複合生産ができる東南アジア型の伝統的な田んぼを、もう一度再評価する必要があると、最近は考えています。

これをそのまま日本に持ち込むことは難しいですが、どのようにしたら日本の田んぼをこのような姿に近づけることができるのか、本気で考える必要があると思います。日本の田んぼの生物多様性の向上は、食糧問題でもあり命の問題でもある分けです。

そして田んぼの生きものはすべて食べものになるという東南アジアの伝統的な田んぼを目指していけば、食の安全性を確保し、地産地消も可能になります。

日本から世界に向かって、生物多様性も活かした農法を、ラムサール COP 10 での水田決議も活かしながら、発信していくことが、今、国際的にも求められています。

最後ですが、この写真はラオスの田んぼで取れた食材です。今ここで述べたような取り組みをしていけば、田んぼはご飯もおかずも提供してくれ、田んぼで獲れたものは、すべて食べることが出来ます。まさに田んぼを食べることになります。田んぼは様々な食材を提供する、食の百貨店になります。

ぜひ、このコンセプトを未来の田んぼのイメージとして、日本の田んぼの将来を皆で考えたいと思います。



田んぼの生物多様性の高さは、持続可能な複合生産性の高さなのです。それは生産者に対しても恩恵をもたらすことができます。日本でいえばドジョウ、タニシ、イナゴなどを田んぼの生産物として再評価し、消費する食文化を現代にうけいれられるよう工夫して復活させ、農家の所得への上乗せを考えるのが、その第一歩になると思います。

では、私の話をこれで終わりとします。ご清聴ありがとうございました。

*FUYUMIZU-TAMBO (Winter-flooded Rice-paddy),
It's Past, Present and the Future. Masayuki Kureshi.*

千葉県立中央博物館平成 21 年度企画展「虫，魚，鳥，…草，木，…人」
生物多様性シンポジウム第 2 回「ふゆみずたんぼ報告」総括コメント

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

日本不耕起栽培普及会 〒289-0202 千葉県香取郡神崎町郡 464-2

司会者（荒尾稔氏）による紹介

現在，全国的な規模の組織として日本不耕起栽培普及会を立ちあげられた，その会長の岩澤信夫様をご紹介いたします。

現役の，あるいはこれから後継者として勉強中の若者など，全国の多くの水田稲作農家の方々を教育されています。その中で不耕起栽培というものは，先ほど話がありましたが，呉地正行様などの皆様が，宮城県で，冬に水を張った田んぼで，渡り鳥のハクチョウやガンのえさ場として，越冬地として適切な場であるということがわかってきました。

この不耕起栽培と冬に水を張るふゆみずたんぼ(冬期湛水水田)が結びついたことで，さらに不耕起栽培の機能そのものがアップでき，冬期湛水不耕起栽培へと発展を提唱されてきています。

岩澤様には改めて，冬期湛水・不耕起栽培農法に関してお話をいただけませんかでしょうか。

ご紹介をいただきました岩澤です。

私は現場のほうでやっておりますが，たしかに冬期湛水をすることで生き物がものすごくたくさん増えることは経験しております。実は冬期湛水の原理を見つけたのは，宮城県の田尻町です。ガンと呼ばうということで田んぼに水を張りました。

その結果，不思議なことにその田んぼは草が出ないということがわかりました。どういうことなのか。おかしいということでした。3月中旬には田尻町ではガンもハクチョウも飛び去ってしまいます。にもかかわらず田尻町の不耕起栽培水田で，5月20日ころに，2ヶ月間，彼らがいないのに草が出ない。

はじめは彼らがベジタリアンだから雑草を食べちゃうんだらうという，そんな考え方です。ところがやってみたら全然話が違って，彼らが帰っても草がない。そこで不耕起栽培ですから稲株と稲株の間にいろいろな雑草も少ないということがわかって，何が原因なのだろうと，以来苦しんでしまったわけです。

そうしましたら，東北大学名誉教授の栗原康先生から，試験管の中にイトミミズを飼って，そこにコナギの種を入れたら，発芽しない。岩波書店のエコロジーテクノロジーという単行本に載っているとのことで，そこでいろいろと調べたら論文が出ていました。

そこで全国の会員に冬に水を張れるところは張るようにと声をかけました。それで生き物調査をやってみ

たら，何と1,500万匹ものイトミミズが発見できました。その当時私どももそれまで田んぼにイトミミズがいるということを実は知らなかった。

あちこち聞いてみましたが，イトミミズが田んぼの生き物だということを知っている人はほとんどいなかった。ところが実際はたくさんいて，彼らは朝から晩までウンチを出す。これがたまりたまって5cmくらいの厚みで堆積する。これが雑草の種を被いつくして発芽させない。これからが話です。

田んぼに生き物が多いということは，田んぼの水の酸素量です。その酸素は水口から供給しているのは量が決まっています。そうではなくサヤミドロのような大型の藻類があるか否か。この藻類は1cmでも土を動かしてしまうと出ない。そのまんまのこと。私たちが子供の時には，そのような考えはなかった。当時は藁をもちだしてしまった。これは大事なものでした。

ところが今はコンバインで藁をじゅうたんのよう敷いてしまいます。その藁を土の中で分解するか，水の中で分解するかの違いなのです。すると水中分解の場合には大量の植物性プランクトンが発生します。次は原生動物につながっていくのでしょう。

はっきりいうと，不耕起栽培でやった場合には，みなさんおどろかれるかもしれませんがタニシだって砂利を敷いたようになってしまいます。トンボだって，空が見えないくらい。メダカなども，50匹くらいはなすと，8月には1万匹以上になってしまいます。それは藻類があると出てくるのです。

ご存じの如くメダカは子メダカを食べてしまいますが，藻類があれば子メダカは隠れ場が出来て生き延びます。不耕起栽培では，この藻類の発芽が欠かせない。メダカなどは，藻類があれば，隠れ場とえさ場があれば，生育する。それが何万匹にも増える原因ですが，要は田んぼの中へ藻類を大発生させる仕組みを作れば，条件を整えれば，田んぼとはとんでもない生き物の宝庫となります。

目的がお米を作ることだということであれば，何もしなくてよいその米に付加価値を付けて，われわれが取り組めば，お米の価値が2倍も3倍も違ってしまふ。

私たちの香取市でできた冬期湛水の田んぼのお米が，いま60kg46,800円。全然生産が間に合いません。新潟県で私たちの会員が作ったお米は，東急本店の地下売り場で1俵22万円です。なぜそんな高い値段がついたのか，作るほう売るほうも問題ですが，要は水苗代で，

手で植えて、無肥料無農薬、鎌で稲刈りをやってはさかけをやって足踏みで脱穀して、これが22万円。それだけの価値があるのかは分かりませんが。

これからの私たちは冬に水を張る。元気な農業、生き物たっぷりの農業、生き物いっぱいの田んぼには、大人も子供もたくさん来てくれます。あとはどのような物語を作ろうか、また、どのように聞かせるかということだと思います。私はいま、香取市の神崎で、15haの耕起をおこなって、これを農村公園にする計画を立てています。

ですから皆様にご紹介ができると思いますが、今回の話で90アールでは少ないのです。私どもがいまやっ

ているのは1角が3ha。全部で7ha、冬期湛水不耕起移植栽培を行っています。

それが、50ha、100ha単位でやったら、正直何が飛び出してくるかわからない。ツチノコでも出てくるか。

(笑い)それほどすごいことになりそうです。お時間のある方は私のところによっていただければ写真をお見せできます。

The Effect of Combined Method Non-Cultivating with Winter-flooding. Nobuo Iwasawa.



岩澤信夫さんの米づくり (2003年9月10日)

岩澤信夫さんは2012年5月3日、ご逝去されました。80歳でした。

左の写真は、2003年にお会いし、冬期湛水・不耕起移植栽培の田んぼでその効果と重要性についてのお話を伺ったときのものです。今回の冬期湛水研究プロジェクトの提案は、岩澤さんとの出会いが大きく影響し、また実施にあたっては多くのご指導ご鞭撻をいただきました。

今回の岩澤さんの講演記録は荒尾稔さんを通じてご確認頂いておりましたが、完成した報告書を見て頂けなかったことは大きな心残りです。

岩澤信夫さんに深く感謝申し上げるとともに、ここよりご冥福をお祈りいたします。

中村俊彦

水田や畑地が生命や環境を守るはたらき

金子文宜

千葉県農林総合研究センター 〒266-0006 千葉県千葉市緑区大膳野町 808 (h.knk3@pref.chiba.lg.jp)

要 旨

水田は食料生産の場であると同時にその作土は水質浄化機能を有する。これは酸素の少ない水田土壌の還元層によって、硝酸態窒素から窒素ガスが生じる脱窒素作用をもたらすためである。印旛沼流域においては谷津田が、北総台地の畑地等から流下する硝酸態窒素を多く含む地下水を浄化する機能を有する。また、かつて人のくらしの生活排水は水糞（みずごえ）として利用されその肥料成分は、「農」や暮らしの生産資源であった。このような地域の環境を守る合理的な水利用とともに、谷津田などの農耕地の保全は重要である。

キーワード：水田作土、脱窒素作用、水糞、農、水質浄化、谷津田

はじめに

水田や畑地が人々の生命や財産を守るはたらきには、①水資源涵養、②土砂流出防止、③土壌による浄化、④保健休養、⑤酸素供給・大気浄化などがある。これに森林を加えると、⑥土壌崩壊防止、⑦野生鳥獣保護などのはたらきが加わる。これらのはたらきを「農業の多面的機能」と呼んでいる。このように農耕地や森林は、水をまもり、洪水や土砂崩れを防ぎ、人々の気持ちを和ませ、小鳥やカエルをまもり、伝統文化を継承し、社会貢献している。

水田の洪水防止機能の貨幣評価は、現在建設中の治水ダムの建設単価を用いて 3 兆 4,988 億円になると試算（農林水産省）されている。また、水稻を栽培している水田の窒素除去機能は、全国で約 700 億円の経済的評価と推計されている。このような高い水質浄化機能はどのようにして形成されているのだろうか。ここでは、水田の「脱窒作用」について述べることにする。

脱窒素作用のメカニズム

水田は食料生産の場であると同時に、水質浄化機能を持っている。そして、水質汚濁に関係する分析項目の一つである、窒素の水質浄化機能は図 1 のように表される。水稻栽培に必要なかんがい水を水田の作土に溜めることによって、水質浄化機能がはたらき始める。春先に、水稻栽培を目的として水田の作土にかんがい水を溜め、しばらくして地温が上昇すると、水田の作土に生息している微生物のはたらきが活発になる。その結果、土壌やかんがい水に含まれている酸素を使い尽くしてしまい、水田の作土は極めて酸素不足の状態、つまり、還元状態となる。還元状態になった土層を還元層と言う。さらに、新たなかんがい水が供給されると、かんがい水中の溶存酸素が作土表面に浸み込み、厚さ数 mm の酸素を含んだ赤茶けた土層が形成される。この層を酸化

層と言う。

水田の水質浄化機能は、酸化層が上部に、その下部に還元層が存在する組み合わせが成立して、はじめてはたらき始めるのである。上部の酸化層における窒素は硝酸となり、かんがい水の浸み込みにとまって下部の還元層に到達すると、微生物によって硝酸の酸素が奪われ、窒素ガスにまで還元されてしまう。発生した窒素ガスは、水田から大気へと拡散していき、もはや、水質汚濁成分ではなく大気の一成分になってしまう。この一連の過程を「脱窒作用」と呼んでいる。我々が生活している地球上の地表面付近では、酸化反応が一般的であり、還元反応は極めて希にしか発生しない。したがって、水田は土壌に水を溜めるだけで還元反応が容易に起こり「脱窒作用」がはたらく農耕地として重要である。

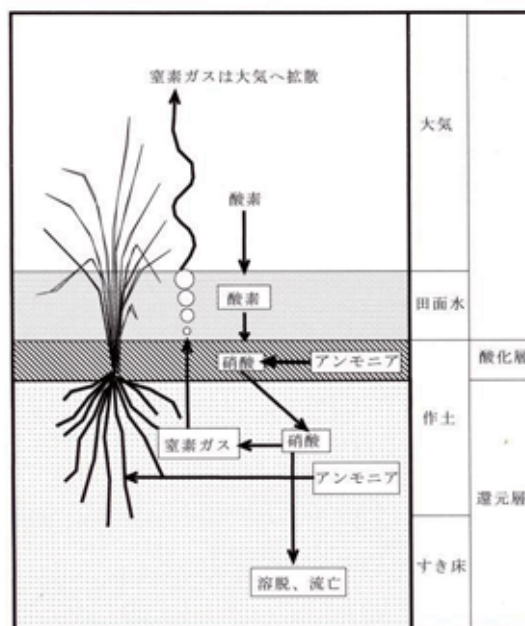


図 1. 水田の土壌構造と水質浄化機能

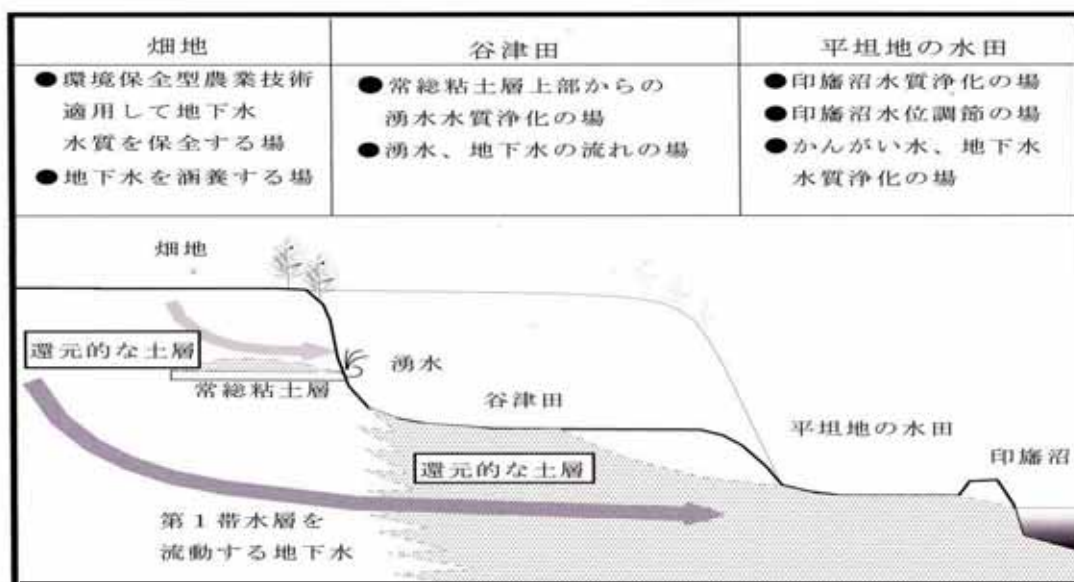


図2. 谷津田の水質浄化機能

谷津田がもたらす水質浄化

谷津田は台地と台地の間の低地にある水田のことで、北総台地がある千葉県や茨城県を含む南関東地域における独特な地形に存在している水田である。

全国的には、谷地、谷戸と呼ばれ、地理学の定義によれば、谷底平野を水田とする土地利用形態の名称である。一般に、南関東地域以外の谷底平野では、その上流を辿ると、最後は高い山になってしまう。しかし、南関東地域では、谷津田の源頭を辿ると林地を経て台地上の畑地となり、高い山にはならない。

南関東地域でも、とくに印旛沼流域の谷津田は、畑地から印旛沼周辺の平坦地にある水田との中間にあって、畑地に雨が浸み込んで涵養された湧水や地下水の流れの場であるとともに、畑地と水田を繋ぐ土地利用形態でもあって、台地からの湧水や地下水に含まれる硝酸態窒素を浄化する場になっているのである。つまり、図2に示したように、印旛沼流域の谷津田は、北総台地からの湧水や地下水が流入し、水田の「脱窒作用」のはたらきによって、湧水や地下水に含まれる硝酸態窒素が浄化される場と考えることができる。さらに、畑地で涵養された雨水由来の湧水や地下水を滞りなく、平地の水田に流下させることから、畑地の下流域に配置すべき土地利用形態として重要である。印旛沼流域のみならず、閉鎖性湖沼の流域にある農耕地では、地形的に上位の畑地と下位の谷津田、さらに低地の水田と繋がる土地利用の連鎖状況を一体のものとして保全していくことによって、流域内の農業あるいは農耕地が本来持っている水質浄化機能が100%はたらき、湖沼水質の保全に寄与できると考えられる。

農がもたらす人と自然のかかわり

最後に農業が本来持っているはたらきについて考えてみたいと思う。農業や農耕地に用いられている「農」の字の語義には、「貝殻の道具で草を刈ること」や「泥をかき回すこと」がある。現代風に解釈する

ならば、「道具を使って、草、すなわち、水稻の穂である収穫物をありがたくいただくこと」と考えられ、水田に関する文字だと言える。また、「辰」には蛟竜（こうりゅう、みずち）の意味も含まれていることから、「農」は、水に関わりがある文字であると考えられる。一方、英語の“agriculture”の“agri”には“comb form of farming”の意味があることから、「櫛状の道具、すなわち、鋤を使って、土を耕すこと」と解釈されている。したがって、英語の語義には、水田や水の意味は乏しく、道具を使って土を耕耘し、収穫物を得る意味合いが強い言葉と言えるだろう。

さて、江戸時代の農書として有名な、農業全書には、「糞」の項があって水糞（みずごえ）を論じた箇所がある。水糞とは「沐浴の湯、洗濯の濁水をば、皆糞溺と合わせて水ごゑとなすべし。」と記述され、生活排水に含まれている肥料成分を液肥として利用できることを説いたものである。注目すべきは300年以上前に、生活排水中に肥料成分が含まれていることを見抜き、利用できるとしている点である。現在のような科学的な考え方が生まれる以前の江戸時代にあって、作物を育てる経験の積み重ねによって、生活排水を肥料として利用できるとした発見には、「農」と人間生活との深いかわり合いが反映されているように思える。

おわりに

農業は、人間の生活を支えるために、地域の自然環境を利用してきた産業であり、多くの生命とその環境を守るはたらきがある。これからもその基盤となる水田や畑地、谷津田を存続させていくことが重要である。

The Effect of Farming-land on the Conservation of Wildlife and Environment. Fuminori Kaneko

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

千葉県農林総合研究センター 〒266-0006 千葉県千葉市緑区大膳野町 808 (h.knk3@pref.chiba.lg.jp)

要 旨

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。水源涵養と水質浄化における水田地帯の重要性が指摘された。

キーワード：地下水流動、硝酸態窒素、水質浄化、水田、印旛沼

はじめに

印旛沼は北総台地における低地であって、台地を開析している河川および谷津田の流水等を水源としている。印旛沼流域内の台地に降った雨は、台地上の畑地に浸透し地下水となって低地に流下するとともに、沼周辺に広がる水田地帯を流動しつつ、その水質を変化させて沼に流出していると考えられる。すなわち、印旛沼流域に分布する水田土壌は、一般的には還元が発達したグライ土壌であり、硝酸態窒素の水質浄化機能は高いと考えられる。したがって、台地上の畑地において発生した硝酸態窒素を含む地下水は水田地帯を流下しながら、脱窒作用によって浄化されていると考えられる。

こうした地下水流動にともなう地下水水質の変化は、台地上の畑地から低地水田地帯を経て印旛沼へと続く地形連鎖状況に沿った調査網によってはじめて観測、定量できる。

そこで、台地上の畑地から低地水田地帯の一連の地形連鎖系において、既設井戸を利用して観測井の調査網を構築し、地形・地下水の水位および水質を定量化することにより、地下水流動にともなう水質の変化を明らかにした。

調査および解析方法

1. 観測井の仕様および採水方法

観測井は、佐倉市萩山新田のみためし冬期湛水調査事業における冬期湛水田から西側の台地頂上部の民家井戸までの東西約 1,150m、南北約 200m の範囲に、民家既設の 3 本の井戸を含めて 14 本を設置した（図 1）。観測井は長さ 1.5m、直径 0.1m の塩化ビニル製のパイプを用い、底部から 0.5m には、地下水が流動するように直径 0.02m の穴を多数開けストレーナーとした。

地下水は、地下水位を観測した後、一旦パイプ内部

を排水した後に湧出してきた水を採取し、硝酸態窒素及びアンモニア態窒素の水質分析に供した。

2. 地下水の流動解析方法

台地から印旛沼への地下水流動は、流体力学に則った運動方程式、状態方程式および連続の式を組み合わせ導き出される。ここでは、本調査における地形測

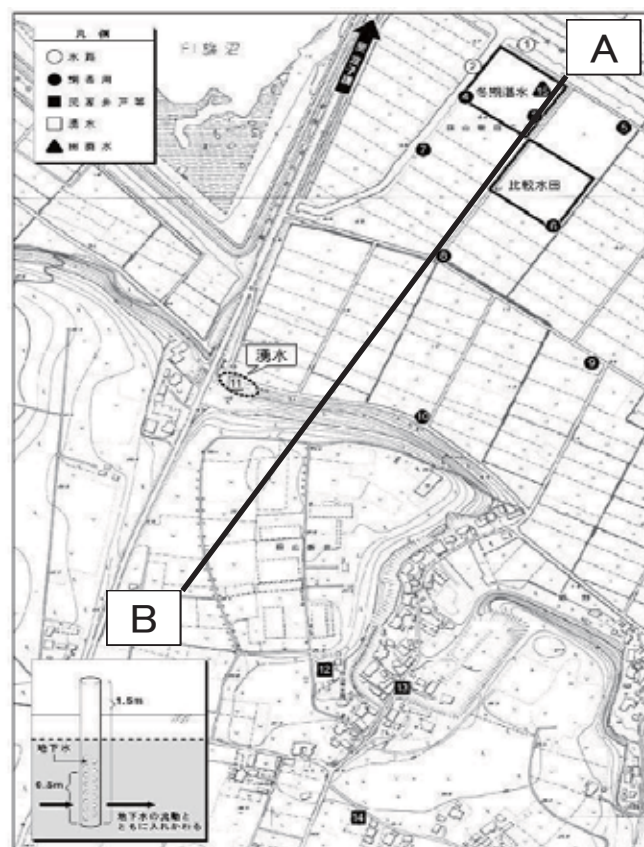


図 1. 観測井設置状況図.

量および調査参加市民による地下水位観測結果を用いて、図 1 の A—B 線の地形連鎖に沿った地下水の二次元流動ポテンシャルを計算した。すなわち、以下のラプラスの方程式を

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} = 0$$

A—B 線の地形に適用して差分法でポテンシャル値を求めた。ここで、対象とした地下水流動域の深さは標高・3mまでとし不透水層、すなわち第 2 種の境界条件を与えた。また水田土壌に存在するすき床および中央排水路対岸も第 2 種の境界条件とした。地下水は台地上部および西側から A—B 線の計算対象範囲に流入すると仮定して、第 1 種の境界条件とした。第 1 種の境界条件では 1.00、中央排水路には 0.02 が流出すると仮定した。

結 果

調査結果を表 1 に示した。また、地下水流動解析結果を図 2 に示した。

水田地帯の地盤高は 1.20m から 1.86m であり、みためし調査水田から西へ 700m までの間に存在する水田地帯の標高差は 0.66m であった。さらに西側にはロームが堆積した地盤高 23.7m から 24.3m の台地となっていた。

表 1. 水路から水田、台地上への水質の変化

井戸 番号	地盤高 Y. P (m)	硝酸態窒素 (mg/L)	アンモニア態窒素 (mg/L)
3	1.56	0.0	0.0
4	1.23	0.0	0.0
5	1.20	0.0	0.0
6	1.33	1.0	0.0
7	1.23	0.0	0.0
8	1.86	0.0	0.0
10	3.82	8.0	0.0

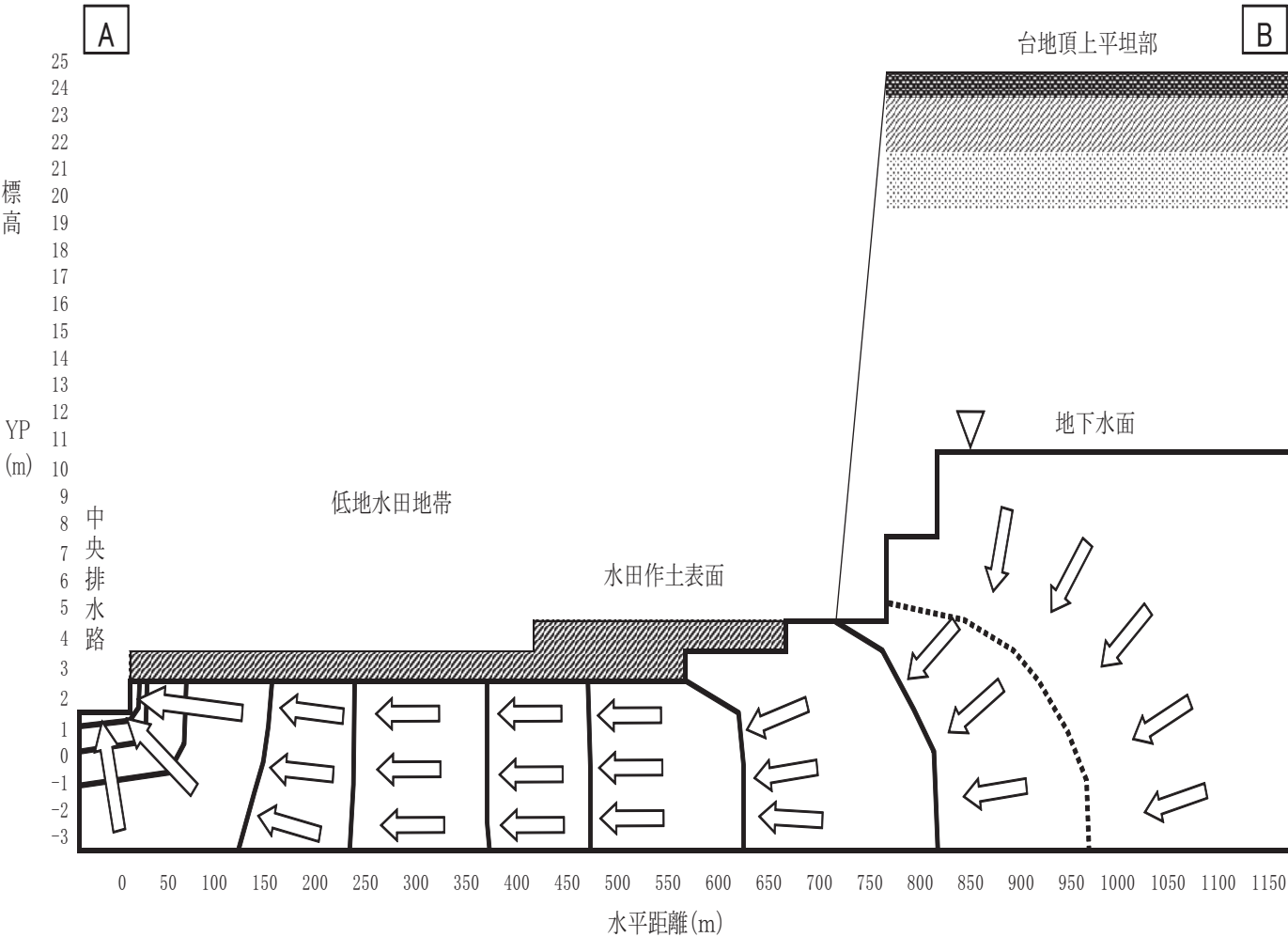


図 2. 印旛沼流域における台地から水田への地下水流動ポテンシャル図
注) 1 マスの水平距離 : 標高の比は 50:1 として作図した。

以上から、地下水流動の解析対象とした A—B 線の地形状況は、印旛沼周辺の台地とその低地に広がる水田地帯の典型的なものと判断された。

地下水のアンモニア態窒素は、各井戸で低濃度であった。硝酸態窒素濃度は台地上の井戸で高く、10mg/L を超えていた。一方、井戸番号 3 から 8 までの水田地帯における井戸には硝酸態窒素が 10mg/L を超える地下水は全く認められなかった。

地下水流動ポテンシャル計算結果を図 2 に示した。計算対象とした地下水流動域内の等ポテンシャル線を図示した。さらに、地下水の流線は、等ポテンシャル線に直交することから、想定される地下水流線を矢印として示した。

地下水流線の結果から、A—B 線の地下水流動は、台地上部および西側から台地と水田地帯の境界へ向けて流れ、水田地帯では印旛沼に向かって横方向に流れていると想定された。

以上の地下水水質の変化と地下水流動を併せて考察すると以下のようなになる。すなわち、台地で発生した硝酸態窒素は、地下水流動にともなって水田地帯に流動し、水田の脱窒作用によって浄化され濃度が低下していると考えられる。調査対象地域における地下水の流動は、台地上の B 地点から中央排水路の A 地点までの水平距離は 1,150m であり、台地と水田地帯の地下水位差は約 9 m であることから、動水勾配は約 8/1,000 で流動していると考えられる。地下水盆における一般的な動水勾配、または水頭勾配は 1/1,000 から 1/100 の範囲にあることから、A—B 線における動水勾配は、この範囲にあると判断される。

今後は、地下水流動の実態をさらに詳しく解析するために、地下水面形、台地や水田地帯の帯水層の透水係数を明らかにする必要がある。

まとめ

水田の冬期湛水における水質浄化機能を明らかにするために、調査水田周辺の台地から印旛沼中央排水路へ流動する地下水の流動ポテンシャルおよび地下水の水質変化を調査した。その結果、台地から中央排水路間の地下水は約 8/1,000 の動水勾配で中央排水路に向かって流動していること、また、水田地帯を流動している間に、硝酸態窒素は浄化されていることが明らかとなった。

以上から、印旛沼周辺の水田地帯は沼の水源を涵養していると同時に硝酸態窒素の浄化の場として湖沼水質を保全する上で重要な土地利用形態であると評価できる。

参考文献

- 金子文宜. 1997. 千葉県農耕地における水質浄化機能. 印旛沼-自然と文化 4 : 11-15.
- 金子文宜. 1998. 水田の濁水なくして環境保全, 試験研究成果発表会資料 (水田作部門). pp20-26. 千葉県農林総合研究センター.
- 金子文宜. 1999. 大区画水田における排水特性および環境保全型水稻栽培の環境影響評価. 千葉県農業試験場研究報告 40 : 43-49.
- 金子文宜. 2000. 農耕地における窒素動態と水質浄化機能からみた環境保全型農業技術の開発. 農業技術 55 (8) : 365-639.
- 金子文宜. 2001. 環境保全型水稻栽培水田における環境負荷軽減効果. 用水と排水 43 (4) : 54-59.
- 金子文宜. 2003. : 農耕地の水質浄化機能と印旛沼の水質保全. 圃場と土壌 35 (8) : 42-47.
- 水収支研究グループ (編). 1993. 地下水資源・環境論 : その理論と実践. 350pp. 共立出版.

The Actual Condition of Nitrate Nitrogen Purification
Caused by Groundwater Flowing from the Upland Field
to Lowland Rice-paddy. Fuminori Kaneko

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¹・前田敦志²・上原 浩²・冬期湛水みためし水質調査隊³

¹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)

²パシフィックコンサルタンツ株式会社 国土保全事業本部河川部水環境室 〒163-6018 東京都新宿区西新宿 6-8-1
住友不動産新宿オークタワー22F (hiroshi.uehara@tk.pacific.co.jp)

³冬期湛水みためし水質調査隊

・耕さない田んぼの会 (宮部恵子, 小高純子, 平井幸男, ほか)

・八千代オイコス (加藤賢三, 桑波田和子, 荒尾繁志)

・千葉県環境研究センター (飯村晃, 小倉久子, 小島博義)

<事務局: 千葉県県土整備部河川環境課, パシフィックコンサルタンツ (株) >

要 旨

千葉県印旛沼流域の水田地帯において, 水田による硝酸態窒素浄化能の調査を行った. 水田地域に設置した 12 本の観測井, 水田に隣接する台地の民家井戸, 田面水などを 5 年間にわたり調査し, 地下水が水田地域の下の還元的なゾーンを通過するとき, 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し, 年間 286 トンの窒素が浄化されていると算定された. 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. また, 印旛沼流域の水田がすべて冬期湛水を行うと年間 324 トンの硝酸態窒素が浄化され, 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.

キーワード: 硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$), 水田, 脱窒, 冬期湛水, 印旛沼

はじめに

千葉県北部に位置する印旛沼(図 1)は千葉県民 140 万人の水道水源であるほか, 工業用水, 農業用水としても利用されており, さらに内水面漁場としても重要な湖沼である. 印旛沼は関東ローム層からなる北総台地を涵養域としている. すなわち, 水源地在人里離れた山岳地帯ではなく, 里山, 農地, 市街地など人間活動が活発に営まれている丘陵地であるという特殊な構造を持っている沼である.

印旛沼は上記の地形的背景の他, 水深が非常に浅いこと(平均水深 1.7m), 流域が首都圏のベッドタウンとして開発が進んだこと等により 1980 年代に流入汚濁負荷が増加し, 水質悪化が進んだ. 印旛沼の COD はその半分程度が内部生産(植物プランクトン)由来と考えられており(小林ら, 1990), COD 濃度を低下させるためには流入する COD 負荷とともに栄養塩類負荷の削減が必要であることがわかっている.

図 2 には印旛沼流入河川である鹿島川, 桑納川, 及び師戸川(図 1 参照)の 2006 年度から 2008 年度の硝酸態窒素及び BOD の水質季節変化を示した. どの河川においても, 毎年, 水田の灌漑期に当たる 5 月~8 月には硝酸態窒素濃度が低下し, 9 月~翌年 4 月には上昇するというパターンが認められる. 同時に調査した硝酸態窒素以外の項目については, 例

えば同図に示した BOD のように河川ごと, 年度ごとに変動の様子が異なるため, 月~8 月に見られる硝酸態窒素濃度の特異的な低下が水田の湛水状況と関連していることがうかがわれる.



図 1. 印旛沼流域と調査地区

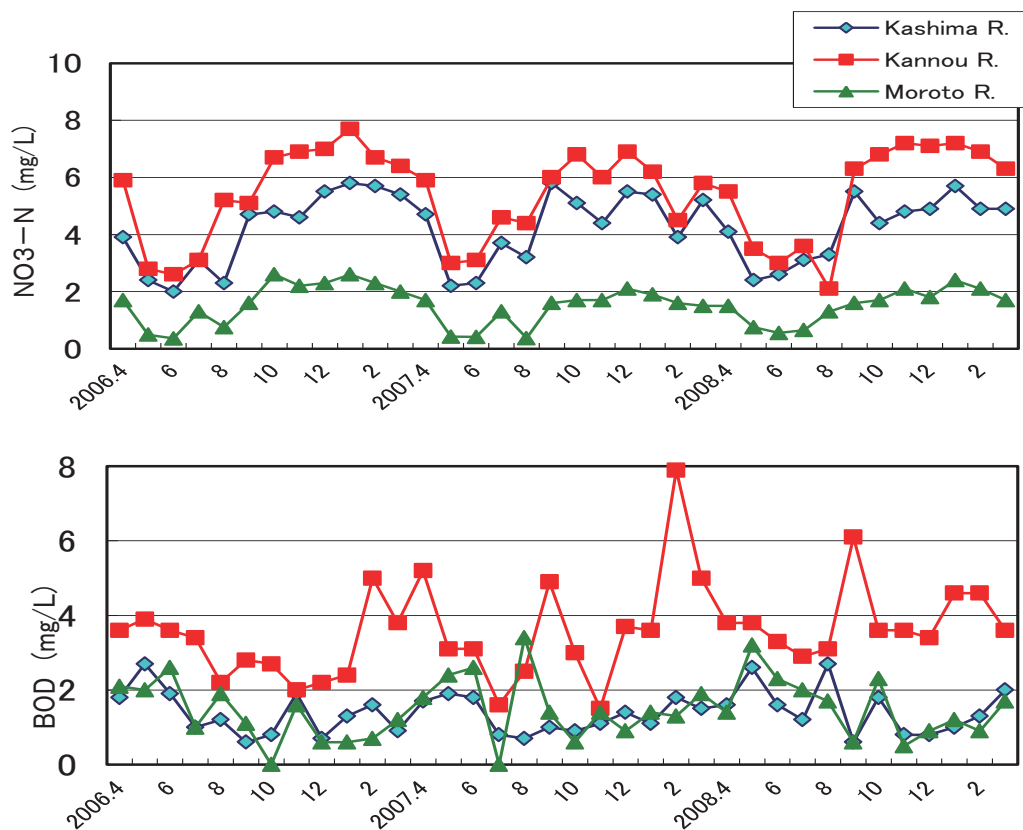


図 2. 印旛沼流入河川の硝酸態窒素濃度（上）及び BOD（下）の季節変化

これまでに、水田には水質浄化作用があるといわれているが（例えば田淵，2005），印旛沼流域においても、水田の存在が沼に流入する硝酸態窒素の負荷を軽減しているのではないかと考えられる．そこで、市民とともに水質調査隊を組み、実際に耕作している水田において 5 年間にわたり調査を行い、水田の持つ硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）浄化機能について定量的な掌握を試みた．

また、非灌漑期にも田面に水を張る冬期湛水を行った場合、この硝酸態窒素浄化機能にどのように影響するかについても調査を行い、比較検討した．

調査方法

1. 調査期間

調査期間は 2005 年度から 2009 年度の 5 年間で、表 1 に示したとおり初年度は冬期湛水試験田においても慣行法にて耕作を行い、2 年目以降に冬期湛水を実施した．水質調査は 2 年目以降に 1～2 ヶ月に 1 回、計 24 回実施した．稲作カレンダーと水質調査日を表 2 に示す．

2. 調査対象水田と調査地点

調査は印旛沼流域内（佐倉市）の圃場整備水田（試験田：90a，冬期湛水法にて耕作，慣行水田：90a，慣行法にて耕作）において、水田所有者が稲作を行う中で実施した．

調査対象とした地域は 1960 年代に印旛沼を干拓して造成した水田地帯で、灌漑期には印旛沼（中央

排水路）の水が灌漑用パイプラインで配水されている．冬期湛水については、試験田脇の低地排水路①の水を、目視の水位管理により水中ポンプで揚水した．

水質調査は図 3 に示す 18 地点で行った．調査地点の内訳は次のとおりである．

- ①，②：水路
- ③～⑩，⑬，⑯：水田脇に設置した観測井
- ⑪：田面水
- ⑫：台地崖下の湧水
- ⑭：崖下の観測井
- ⑮～⑰：民家井戸（台地上）

観測井は 図 3 中に示すように、底面から 0.5m の部分にストレーナーを開けた塩ビ管を地表面から約 1.2m の深さに差し込んだもので、調査時には、水位測定後に、たまっていた水を汲み出し、新しく滲み出してきた地下水を採取して分析に供した．

3. 調査分析項目と方法

(1) 現地調査項目：観測井水位、水温

観測井水位は市民の作成した水位計を用いて測定し、観測井の位置(標高)から地下水位 (A.P.) を算定した．

(2) 水質調査項目：

- ・ pH，電気伝導率(EC)，溶存酸素 (DO)，酸化還元電位 (ORP) *

これらは計器により現場で測定した．溶存酸素と酸化還元電位については、調査期間の前半のみ測定

表 1. 実験の年次計画

		A 田	B 田	備考
1 年目 (2005 年)	かんがい期	慣行米作	慣行米作	調査は夏期から実施 試験調査期間、冬期湛水は 2006/1/20 開始。(①)
	非かんがい期	冬期湛水	—	
2 年目 (2006 年)	かんがい期	米作	慣行米作	冬期湛水は 2006/11/1 開始(②)
	非かんがい期	冬期湛水	—	
3 年目 (2007 年)	かんがい期	米作	慣行米作	冬期湛水は 2007/10 初旬開始(③)
	非かんがい期	冬期湛水	—	
4 年目 (2008 年)	かんがい期	米作	慣行米作	
	非かんがい期	冬期湛水	—	
5 年目 (2009 年)	かんがい期	米作	慣行米作	データ解析・報告書作成
	非かんがい期	—	—	

表 2. 稲作スケジュールと水質調査日

2005年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田						(中干し)						12: 畦塗り
慣行田				耕起 代掻き		(中干し)	出穂		刈取り 耕起			12: 耕起
地耐力調査日 土壌調査日											11/11	
水質調査日												
2006年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田	20: 水張り				03: 代掻き 06: 田植え	手取り除草 29: 除草剤(グ ラスジンM) (中干し)	25: 出穂		15: 刈取り	14: 米糠散布 30.31: 畦補修	1: 水張り	
慣行田				4.24: 耕起 30: 代掻き	04: 田植え 12: 除草剤(イ ノーバDX)	(中干し)	25: 出穂		15: 刈取り 24: 耕起			
地耐力調査日 土壌調査日									9/29			
水質調査日			3/2	4/5	5/31			8/7	9/29		11/6	
2007年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田					11: 代掻き 16: 田植え	(中干し)		05: 出穂	17.18: 刈取り	18: 葉処理 19: 米糠散布 29: 畦塗り		
慣行田			5: 耕起		10: 代掻き 26: 田植え 27: 除草剤	(中干し)		05: 出穂	15.16: 刈取り	24: 耕起		
地耐力調査日 土壌調査日									9/28			
水質調査日		2/20			5/2		7/2	8/6	9/28		11/13	12/14
2008年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田					11: 代掻き 18: 田植え	(中干し)	バサグラン (中期用除草 剤)		15: 刈取り	31: 水張り		
慣行田				23: 耕起	12: 代掻き 17: 田植え 17: 除草剤	(中干し)			16: 刈取り			
地耐力調査日 土壌調査日										10/1		
水質調査日			3/4	4/10	5/27		7/23			10/1		12/15
2009年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田	20.21: 畦畔修 理 29: 畦補修	12: 畦シート、 水張り			07: 外周耕起 13: 田植え	(中干し)	3: バサグラン (中期用除草 剤)		14.15: 刈取り	切り藁のみ		
慣行田			26: 耕起	13: 耕起	06: 代掻き 10: 田植え 肥料、除草剤	(中干し)			13: 刈取り			
地耐力調査日 土壌調査日										10/19		
水質調査日		2/19			5/28			8/7		10/19		

 : 水はりの状態

 : 落水の状態

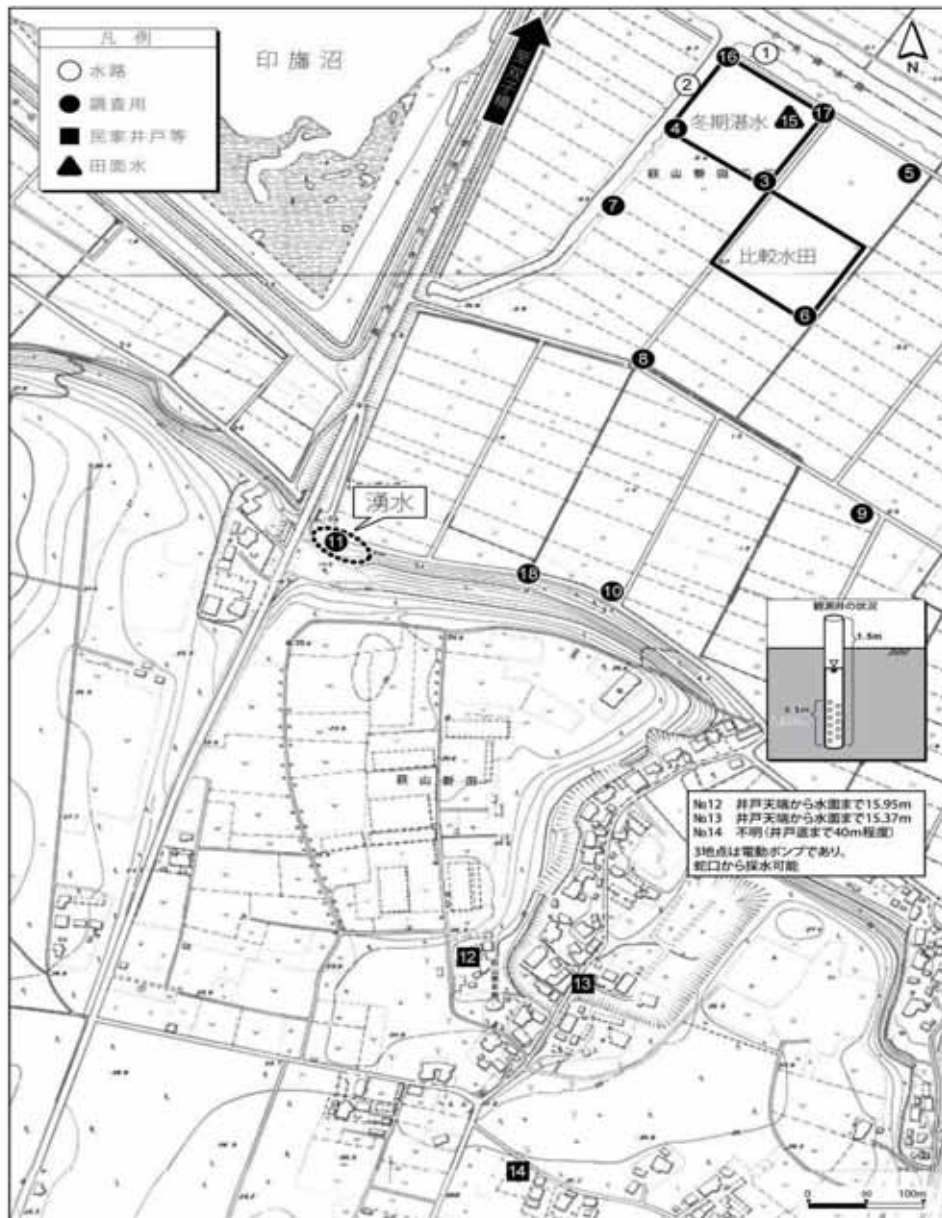


図3. 調査地点と観測井の構造

を行った。

- ・硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$), 亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$), アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)

前二者はイオンクロマトグラフ法, 後者はインドフェノール青吸光光度法にて定量した。

なお, これらの無機態窒素については, 調査期間の前半はパックテストを用いて現場において簡易分析も実施した。これは, 市民調査員が調査現場において水田の窒素浄化能について実感することに役立った。

結果

1. 調査対象地域全体における硝酸態窒素の変化

調査地域全域の硝酸態窒素濃度について, 図4(上)に地点別, 形態別の濃度(左側目盛)を表し, 日降雨量(右側目盛)も重ねて示した。

硝酸態窒素が最も高濃度であったのは ⑮崖下地

下水で, 変動幅が非常に大きく, ほとんど 20mg/L を超えていた(⑮は2007年10月から測定を開始した)。次に高かったのが台地上の民家井戸で, 年間を通して $5\sim 10\text{mg/L}$ を示していた。一方, 水田エリアの観測井では硝酸態窒素濃度は低く, 最大でも 2mg/L 程度であった。特に灌漑期は冬期湛水田, 慣行水田ともに水を張っているため, 硝酸態窒素はどちらもほぼ不検出であった。

なお, 降雨と硝酸態窒素濃度との関連はあまり明らかな傾向はみられなかったが, ⑮崖下地下水は降雨後に濃度が減少しているように見受けられた。この地下水は, 高濃度であることと濃度変動が激しい(降雨後に濃度が低下する)ことから, 非常に浅い地下水であり, 汚染源や降雨の影響を受けやすいと考えられる。

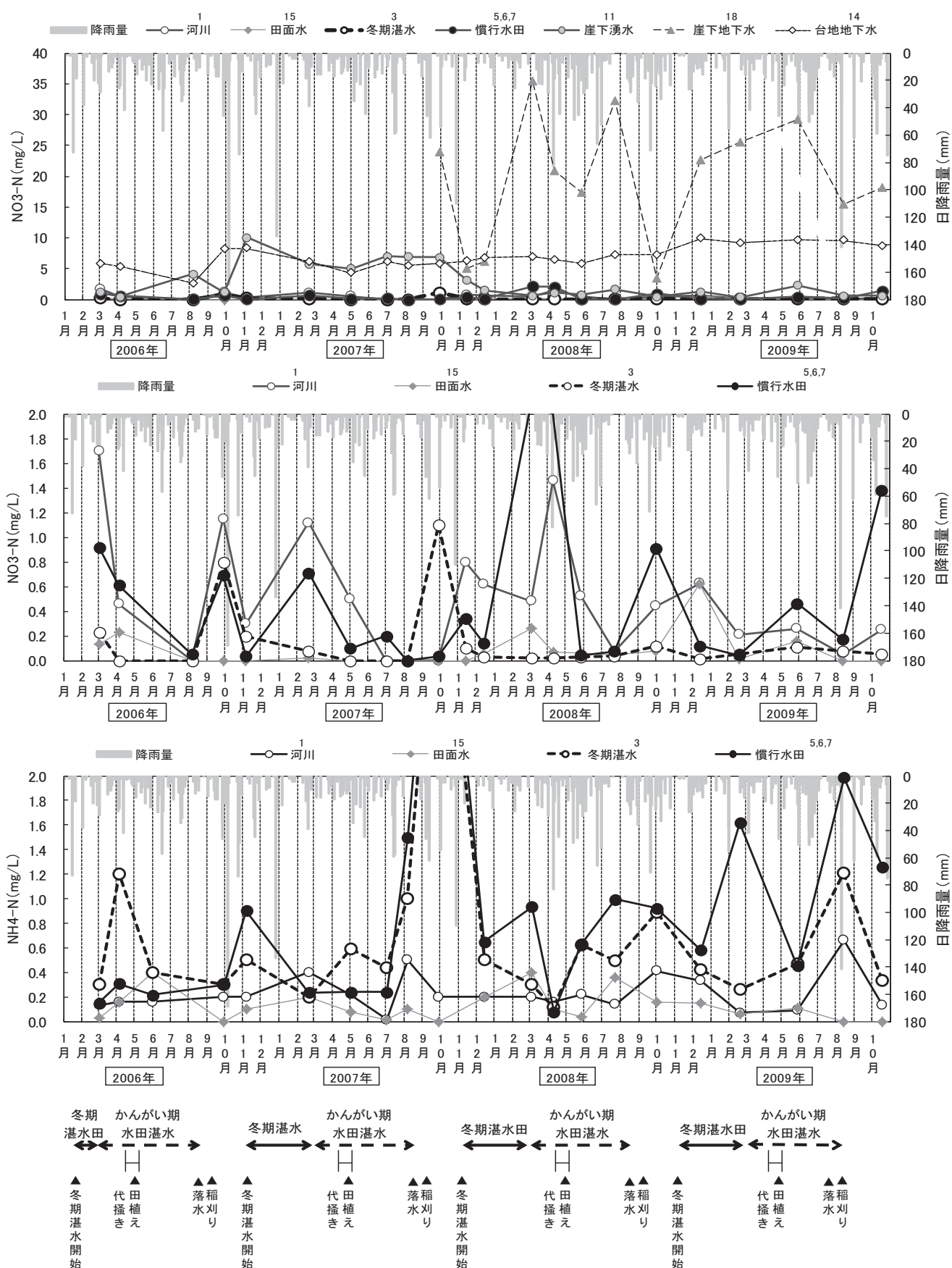


図4. 地点別・期別地下水硝酸態窒素及びアンモニア態窒素濃度の変化
 (上) 調査地域全体の硝酸態窒素濃度 (中) 水田(地下水)の硝酸態窒素濃度
 (下) 水田(地下水)のアンモニア態窒素濃度

2. 水田エリアの硝酸態窒素の変化

水田エリアの状況を詳しくみるために、2006 年～2007 年の硝酸態窒素濃度についてスケールを変えて図 4（中）に示した。また、冬期湛水田と慣行田ごとに硝酸態窒素濃度の月別平均値を計算し、図 5（上）に表した。

前節で述べたように灌漑期（5 月～8 月）には慣行水田も硝酸態窒素濃度は 0.2mg/L 未満であったが、冬期湛水期間中は、慣行水田は 1～2mg/L に上昇しているのに対し、冬期湛水田では引き続き 0.1mg/L 未満であった。なお、冬期湛水田においても、水を落す稲刈り時期（8 月下旬～9 月）には硝酸態窒素濃度が慣行水田と同様に 1mg/L 程度に上昇しており、湛水の有無が観測井の硝酸態窒素濃度に比較的速やかに影響していることがわかる。

田面水の硝酸態窒素濃度は、冬期湛水直後に揚水元の河川水と同じ濃度であった他は、概ね不検出であった。田面水は pH が高く DO が過飽和であったことから、底面界面における脱窒反応のほか、糸状藻類（アオミドロの仲間）や植物プランクトンの光合成による吸収も考えられる。また、灌漑期における用水は印旛沼から機場を経て供給されており、硝酸態窒素がすでに沼内において植物プランクトンに消費されて低濃度になっていることも、田面水の硝酸態窒素濃度が低い理由の一つと考えられる。

3. 水田エリアのアンモニア態窒素の変化

一方、アンモニア態窒素は硝酸性窒素とは逆に還元的环境で存在しやすいため、冬期湛水田で高くなることが懸念されたが、水田エリアの観測井におけるアンモニア態窒素濃度は、図 4（下）および図 5（下）に示すように冬期湛水田と慣行水田はほぼ同程度であった。

4. 調査地点の地下水位

2007 年の調査時ごとの観測井水位から地下水位を計算して図 6 に示した。崖下の湧水（No.11）は年間を通じて一定の水位が保たれているが、水田エリアの観測井は、微地形の標高差や排水路からの距離、調査日前の降雨状況等によって、地点ごと、調査日ごとに水位にわずかに違いがみられた。ただし、大局的には崖下から印旛沼に向かって（図 6 の右か

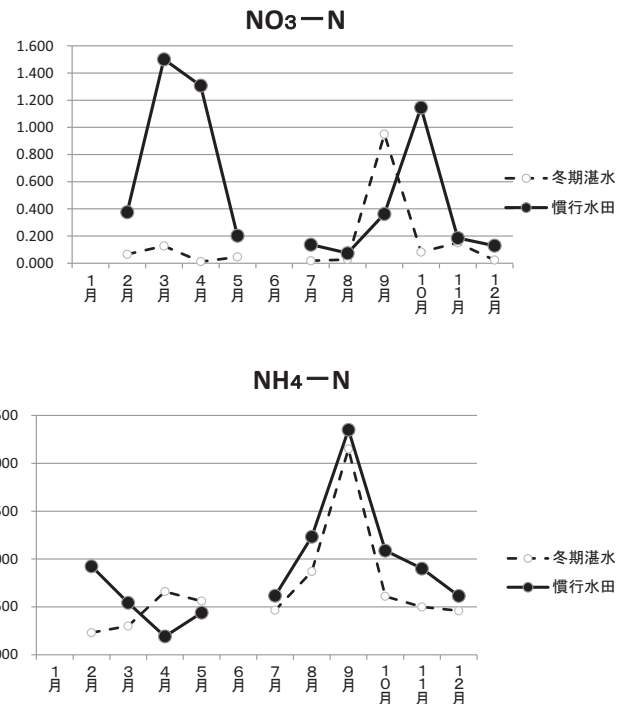


図 5. 硝酸態窒素濃度 (NO₃-N) とアンモニア態窒素濃度 (NH₄-N) の月別平均の変化

ら左へ）地下水位が低下しており、地下水の流れが台地から沼に向かっていることが確認できた。

5. 観測井の酸化還元状態の度合いと硝酸態窒素濃度

調査期間の前半では、採水後直ちに酸化還元電位 (ORP) および溶存酸素量 (DO) を測定した。これらの調査期間中の全データを地点ごとに平均し、ORP (読み取り値) の平均値と DO 平均値の関係を図 7 のようにプロットした。図から、ばらつきが大きいものの、酸化還元電位が低いほど DO は少くなる傾向がみられ、図 8 のように、酸化還元電位 (読み取り値) 平均値が 100mV 未満の水からは、硝酸態窒素（全調査期間中の平均値）はほとんど検出されなかった。

これらの結果から、地下水が還元的な状態ほど脱窒が進みやすいことが推察された。

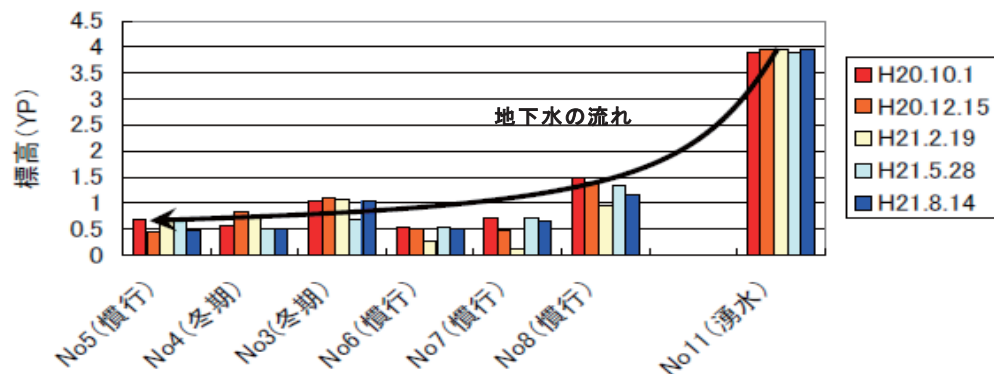


図 6. 各調査地点の地下水位と地下水の流れ（2008 年～2009 年）

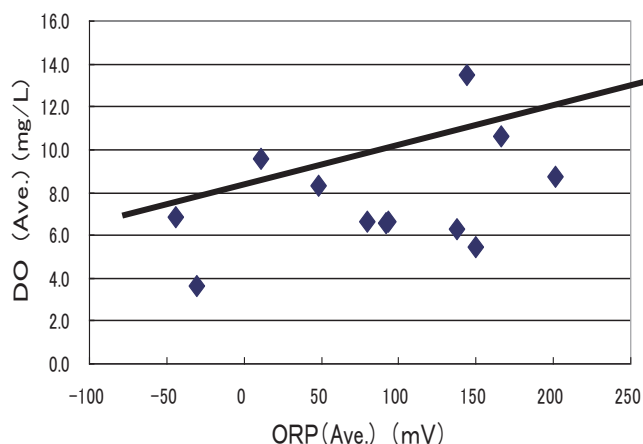


図 7. 酸化還元電位 (ORP) と DO の関係
(それぞれ地点ごとの平均値)。

考 察

1. 水田による硝酸態窒素浄化のメカニズム

以上に述べたように、台地上の民家井戸及び崖下の地下水の硝酸態窒素は 10mg/L 弱から 30mg/L 超と非常に高濃度であったが、水田エリアの観測井では 10 分の 1 程度、さらに灌漑期の水田エリアではほとんど硝酸態窒素は検出されなかった。また、水田エリアでは、湛水の有無が比較的速く硝酸態窒素濃度に反映していた。すなわち、水田脇の観測井では落水後 1 ヶ月足らずで硝酸態窒素が検出されるようになり、逆に湛水すると用水（印旛沼の水）の硝酸態窒素濃度レベルからすみやかに低下し、1 ヶ月後にはほぼ 0.1 mg/L 未満になった。

これらの硝酸態窒素の濃度変化は、図 9 のようにマクロとミクロの 2 つの流動に分けて考えることができる。マクロの流動とは、地下水が台地から水田エリアの地下を経て最終的に印旛沼に向かって移動する流れをいう。水田エリアの地下は非灌漑期においても畑地等と較べて還元的な環境であると考えられ、その結果、マクロの流動によって生じる硝酸態窒素の浄化（脱窒）は通年で期待できる。

ミクロの流動とは、水田の中で田面水が地下浸透する鉛直方向の流れである。湛水期間（灌漑期及び冬期湛水田）は、田面水（硝酸態窒素濃度 ≈ 0 mg/L）の地下浸透による希釈作用のために地下水の硝酸態窒素濃度はさらに低下し、ほぼ不検出になる。これをミクロの浄化という。また、慣行田の非灌漑期及び冬期湛水田の稲刈り期には田面浸透水の希釈がないため、観測井の硝酸態窒素濃度は 1~2mg/L 程度が維持される。

この 2 つのメカニズムにより、印旛沼の周囲にある水田地帯は、地下水や灌漑用水中の硝酸態窒素を浄化（脱窒）してから沼に送り込む浄化施設としての役割を果たしているといえる。また、この脱窒反応は水田の地下が還元的になっていることが必要のため、灌漑期のみに湛水する慣行水田よりも湛水期間の長い冬期湛水田のほうが、硝酸態窒素の低減には効果が大きい。

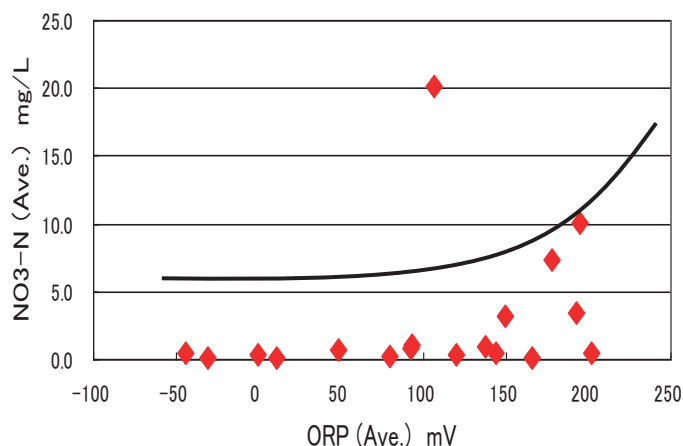


図 8. 酸化還元電位 (ORP) と NO3-N 濃度の関係
(それぞれ地点ごとの平均値)。

2. 印旛沼流域における硝酸態窒素濃度浄化能の概算

調査期間中の全データについて、期間別、場所別に硝酸態窒素濃度の平均値を計算し、表 3 に掲げた。これらの値を用いて、以下のように水田による硝酸態窒素の浄化能力の概算を行った。

各時期において、台地地下水の硝酸態窒素濃度 7.06 mg/L との差が水田（の地下）によって浄化された濃度と考えることができる。すなわち、非灌漑期（1 月~4 月）の慣行田では、マクロの浄化により硝酸態窒素が 7.06 mg/L から 1.29 mg/L に減少する。この差の 5.77mg/L がマクロの浄化量である。また、灌漑期（5 月~8 月）には、これにミクロの浄化が加わって 0.16 mg/L まで減少することから、ミクロの浄化を $1.29 - 0.16 = 1.13$ mg/L と算定できる。また、冬期湛水の効果としては同様に、 $1.29 - 0.05 = 1.24$ mg/L と算定できる。

3. 印旛沼流域の水田による硝酸態窒素浄化の可能性

以上に述べたように、印旛沼流域における水田による硝酸態窒素浄化機能のうちで、特にマクロの浄化について定量的に評価することができた。

本調査エリアでは浄化量の中でマクロの浄化のポテンシャルの占める割合が非常に大きかったことが特記される。なかでも慣行水田エリアにおいて、非灌漑期でも脱窒反応が起こっていて、台地部で高濃度であった硝酸態窒素濃度は水田エリアの地下では大きく減少していた。これは、本調査エリアが印旛沼の干拓によって造成された水田であり、乾田ではあるものの地下水位が元々高いことによると考えられる。冬期湛水による浄化効果が相対的に小さかったことも、同じ理由である。

したがって、印旛沼流域においては現状でもすでに硝酸態窒素濃度の減少に大きく寄与しており、冬期湛水を行うことによって上乗せできる効果は比較的少ないといえる。

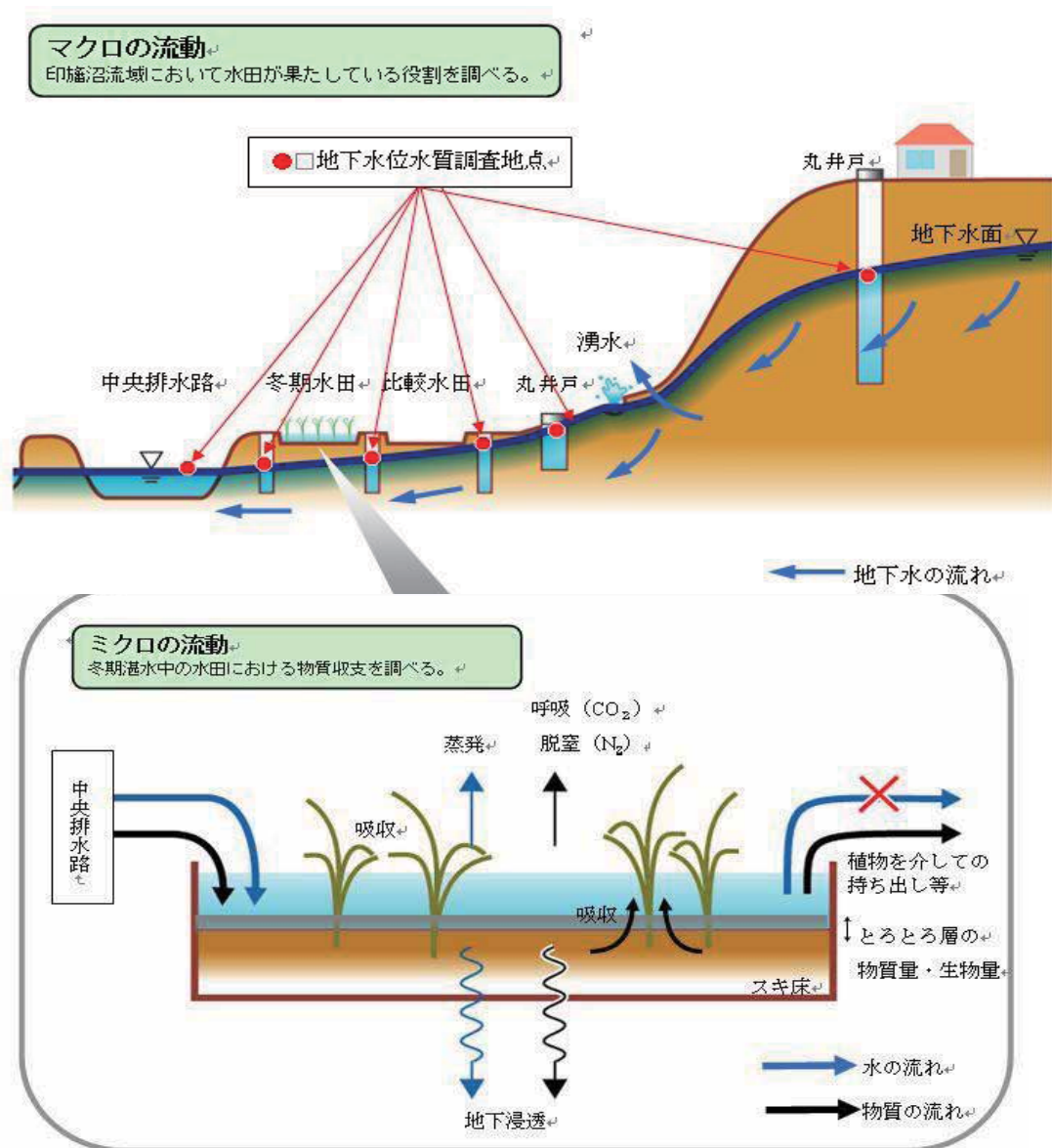


図9. 水田によるマクロとミクロの窒素浄化模式図

表3 期間別、場所別の硝酸態窒素濃度平均値

□	田面水	湛水田	慣行田	台地井戸
かんがい期 (5月～8月)	0.03	0.02	0.16	7.06
稲刈り期 (9月)	---	0.92	0.39	
冬期湛水前期 (10月～12月)	0.14	0.08	0.76	
冬期湛水後期 (1月～4月)	0.08	0.05	1.29	

(単位 mg/L)

本調査では、ミクロの浄化機能については定量的な評価はできなかった。前述の通り、水田の中の植物プランクトンや藻類による硝酸態窒素の吸収量の算定、底面界面における脱窒量の算定の切り分けができなかったことによる。要素別の浄化量を算定できなかったことに加えて、ミクロの浄化量全体としても、マクロの浄化量と比較して少ないものであった。これは、ミクロの浄化力が小さいということではなく、水田の流入水中の硝酸態窒素が流入時点ですでに低濃度であったことに起因する。もし、硝酸態窒素の浄化装置として水田を用いる場合には、高濃度の硝酸態窒素を含む流入水を取り入れてやれば、今回のミクロの浄化量を大きく上回る浄化能力が期待できる。

まとめ

印旛沼周辺の水田地帯において、地下水中に含まれる硝酸態窒素が水田下の還元的環境域を通過すること（マクロの流動）によって脱窒反応が起こり、硝酸態窒素濃度が約 10 分の 1 に低下することが明らかになった。また、田面水の地下浸透（ミクロの流動）によって、灌漑期の水田エリアではさらに硝酸態窒素濃度が減少し、この効果は湛水期間の長さに対応するため、冬期湛水が効果的であると考えられた。

謝 辞

この調査は印旛沼流域水循環健全化会議緊急行動計画（2004）の事業の一環として、印旛沼の水環境改善のために「みためし（見試し）行動」として、市民・行政・専門家が「水質調査隊」を組織し、さまざまな方が協働で実施したものです。調査水田耕作者の三門増雄氏、印旛沼土地改良区の高橋修総務課長はじめ皆様方、調査全般にわたりご指導くださった千葉県農林総合研究センター長金子文宜氏に厚

くお礼申し上げます。

参考文献

- 印旛沼流域水循環健全化会議．2004．印旛沼流域水循環健全化 緊急行動計画．49pp．千葉県．
- 印旛沼流域水循環健全化会議．2010．印旛沼流域水循環健全化計画．9pp．千葉県．
- 気象庁．気象統計情報（千葉県佐倉）．
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>
- 小林節子・宇野健一・吉澤正．1990．印旛沼、手賀沼の COD、窒素、リンの水質特性－内部生産 COD と窒素、リンの COD への変換率について－．公害と対策 26(14)．1417-1426．
- 田淵俊雄．2005．湖の水質保全を考える：霞ヶ浦からの発信．200pp．技報堂出版．

Denitrification Capacity of Rice-paddy and Winter Flooding. Hisako Ogura, Atsushi Maeda, Hiroshi Uehara and the MITAMESI Citizen Research Team.

冬期湛水が土壌に及ぼす影響

小倉久子¹・金子文宜²・前田敦志³・上原 浩³・冬期湛水みためし水質調査隊⁴

¹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)

²千葉県農林総合研究センター 〒266-0006 千葉県千葉市緑区大膳野町 808 (h.knk3@pref.chiba.lg.jp)

³パシフィックコンサルタンツ株式会社 国土保全事業本部河川部水環境室 〒163-6018 東京都新宿区西新宿 6-8-1

住友不動産新宿オークタワー (hiroschi.uehara@tk.pacific.co.jp)

⁴冬期湛水みためし水質調査隊 ・耕さない田んぼの会 (宮部恵子, 小高純子, 平井幸男, ほか)

・八千代オイコス (加藤賢三, 桑波田和子, 荒尾繁志)

・千葉県環境研究センター (飯村晃, 小倉久子, 小島博義)

<事務局: 千葉県県土整備部河川環境課, パシフィックコンサルタンツ (株) >

要 旨

印旛沼周辺の水田地帯において4ヶ年にわたり冬期湛水法により稲作を行った。冬期湛水稲作を行うことによる水田土壌への影響を把握するために、毎年稲刈り後に土壌調査を行い、慣行区と冬期湛水区を比較したところ、冬期湛水することによる土壌の地耐力(すき床)への影響は確認されなかった。また、もともと地下水位が高い場所であること等の理由により、土壌中の還元層の違いも確認されなかった。

キーワード: 冬期湛水, 硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$), 水田, 土壌, 脱窒, 印旛沼, 流域水循環健全化, みためし

はじめに

農地の土壌が有する機能として、作物を生産する機能の他、炭素貯留機能、物質循環機能、生物多様性の保全機能と、水や大気の水質浄化機能がある。特に、かんがい期に水を張る水田の土壌では、土壌中に還元的な状態となる層ができ(グライ層)、そこでは地下水の脱窒が起き、窒素浄化がなされている(高井, 1974)。沼や河川の周辺に水田が広がる印旛沼では、そのようなかんがい期の水田での脱窒により、河川水、沼水の窒素濃度が減少し、水田が河川や沼の水質変化に大きく影響していると考えられている。一方で、非かんがい期(冬期)には河川や沼の窒素濃度が上昇し、栄養塩類の供給増加により植物プランクトンの増殖等の汚濁にもつながっているため、冬期の窒素改善は印旛沼の水質改善にとって重要な課題の一つとなっている。

そこで、印旛沼流域の水田において5年間にわたって実施された冬期湛水法と慣行法による稲作実証試験(「流域水田地帯の硝酸態窒素浄化機能と冬期湛水」(小倉ほか, 2012))と同時に、水田土壌の調査も実施した。すなわち、冬期湛水田の土壌に関して、水田土壌が還元状態となり脱窒が促進される土壌層(とろとろ層)の変化や、耕作機械の使用に影響がある土壌の地耐力の変化(劣化)の可能性についての調査を行い、慣行法水田土壌と比較した。

調査の概要

1. 調査期間

調査期間は、水質調査と同様に、表1に示したとおり、2005年度から2009年度の5年間である。初年度は両区画ともに慣行法にて稲作を行い、2005年度の冬から冬期湛水を開始した。土質調査は、1回/年、水質調査実施時と同様に稲刈り後・冬期湛水前の9月または10月に実施した(初年度は11月)。

2. 調査対象水田と調査地点

調査は、印旛沼流域内(佐倉市萩山新田)の圃場整備水田の慣行区と冬期湛水区(各100m×90m)において、水田所有者が実際に耕作を行う中で実施した。

調査対象とした圃場整備水田およびその周辺地域は、かつては印旛沼であり、1960年代の干拓事業により造成された水田地帯である。その造成には印旛沼の底泥土が使用されている。かんがい期には、中央排水路からポンプアップ(萩山機場)された水がパイプラインにより調査対象水田他、周辺水田に配水されている。

土壌調査地点を図1に示す。土壌調査は、冬期湛水区と慣行区の水田それぞれ5カ所で行った。

表 1. みためし冬期湛水 調査実施年次表

2005年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田						(中干し)						12: 畦塗り
慣行田				耕起 代掻き		(中干し)	出穂		刈取り 耕起			12: 耕起
地耐力調査日 土壌調査日											11/11	
水質調査日												
2006年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田	20: 水張り				03: 代掻き 06: 田植え	手取り除草 29: 除草剤(グ ラスジンM) (中干し)	25: 出穂		15: 刈取り	14: 米糠散布 30,31: 畦補修	1: 水張り	
慣行田				4,24: 耕起 30: 代掻き	04: 田植え 12: 除草剤(イ ノーバDX)	(中干し)	25: 出穂		15: 刈取り 24: 耕起			
地耐力調査日 土壌調査日									9/29			
水質調査日			3/2	4/5	5/31			8/7	9/29		11/6	
2007年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田					11: 代掻き 16: 田植え	(中干し)		05: 出穂	17,18: 刈取り	18: 藁処理 19: 米糠散 布, 畦塗り 29: 水張り		
慣行田			5: 耕起		10: 代掻き 26: 田植え 27: 除草剤	(中干し)		05: 出穂	15,16: 刈取り	24: 耕起		
地耐力調査日 土壌調査日									9/28			
水質調査日		2/20			5/2		7/2	8/6	9/28		11/13	12/14
2008年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田					11: 代掻き 18: 田植え	(中干し)	バサグラン (中期用除草 剤)		15: 刈取り	31: 水張り		
慣行田				23: 耕起	12: 代掻き 17: 田植え 17: 除草剤	(中干し)			16: 刈取り			
地耐力調査日 土壌調査日										10/1		
水質調査日			3/4	4/10	5/27		7/23			10/1		12/15
2009年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田	20,21: 畦畔修 理 29: 畦補修	12: 畦シート, 水張り			07: 外周耕起 13: 田植え	(中干し)	3: バサグラン (中期用除草 剤)		14,15: 刈取り	切り藁のみ		
慣行田			26: 耕起	13: 耕起	06: 代掻き 10: 田植え, 肥料, 除草剤	(中干し)			13: 刈取り			
地耐力調査日 土壌調査日										10/19		
水質調査日		2/19			5/28			8/7		10/19		

 : 水はりの状態

 : 落水の状態

3. 調査項目と調査方法

次の調査は、水質調査と同様に、いずれも「冬期湛水みためし水質調査隊」により実施された。

(1) 地耐力調査

冬期湛水による水田土壌の地耐力の変化を把握するため、硬度計を用いて地耐力の計測を行った。図 1 に示す冬期湛水区、慣行区の各 5 地点において硬度計により水田土壌のおおよそ 50～60cm の深さまでの地耐力の鉛直分布を計測した。地耐力調査の様子は図 2 のようである。

(2) 土壌の還元性調査

水田土壌中の還元的な土壌（グライ層）の状態が、田面水および水田エリアの地下水の水質浄化（脱窒）に影響を及ぼすことから、冬期湛水による水田土壌の還元状況を把握するため、検土杖を用いて採取した土壌サンプルについてジピリジル溶液を用いて赤色反応調査を行った（図 3）。ジピリジル（ α, α' -dipyridyl $C_{10}H_8N_2$ ）は、土壌中の 2 価鉄（還元的な状態で存在する）と反応して赤紫色に呈色するため、現場で土壌の還元度合いを調べるときに広く用いられている（例えば、高村ら、1976）。

また、採取地点は図 1 に示す 5 地点である。

結 果

1. 地耐力

硬度計で計測した地耐力の鉛直分布を図4に示す。この結果は、両水田各5カ所で行った地耐力調査結果を各年で平均したグラフであり、土壌表面0cmからお

およそスキ床がある20cmまでの深さのデータを示している。地表面より10cmまでは冬期湛水区、慣行区ともに地耐力は0.1～0.2MPaの範囲で、差は小さい。また、両水田ともに10～15cmの間で地耐力が大きくなっており、このあたりの層がスキ床と考えられる。

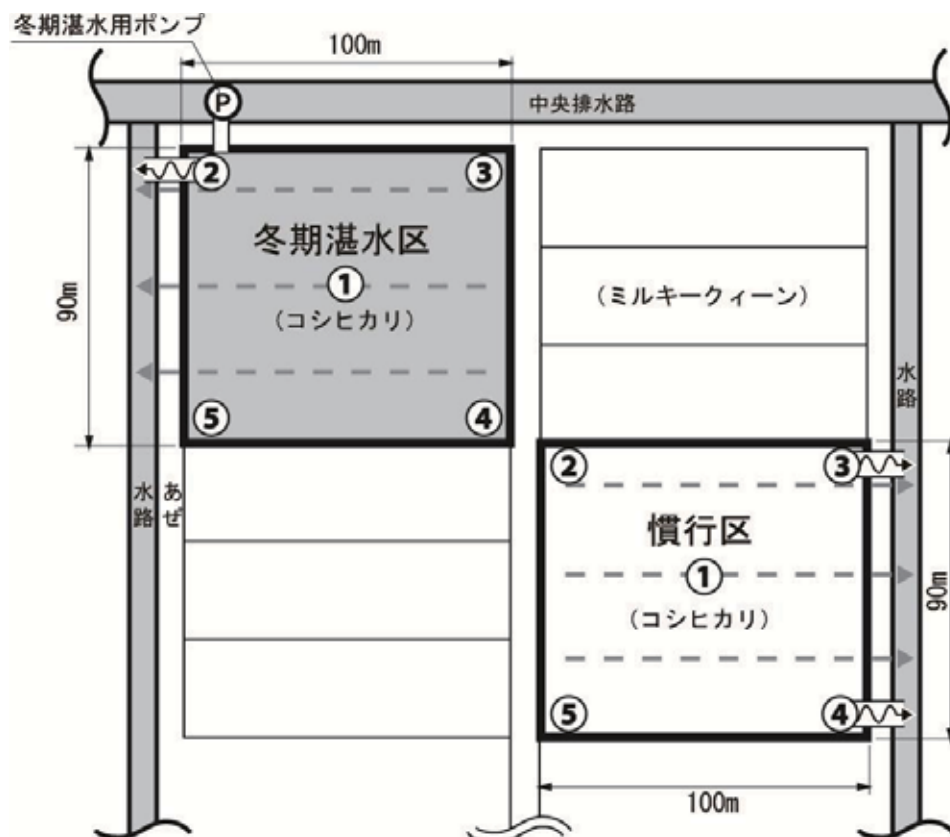


図1. 土壌調査地点位置。

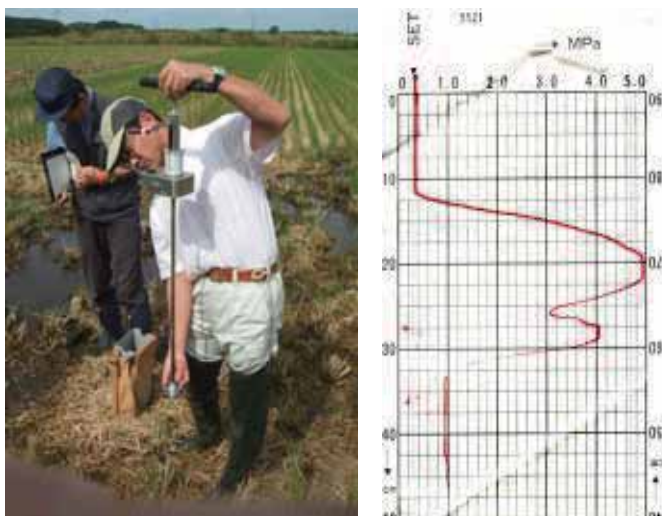


図2. 地耐力調査の状況。



図3. 土壌調査の状況。

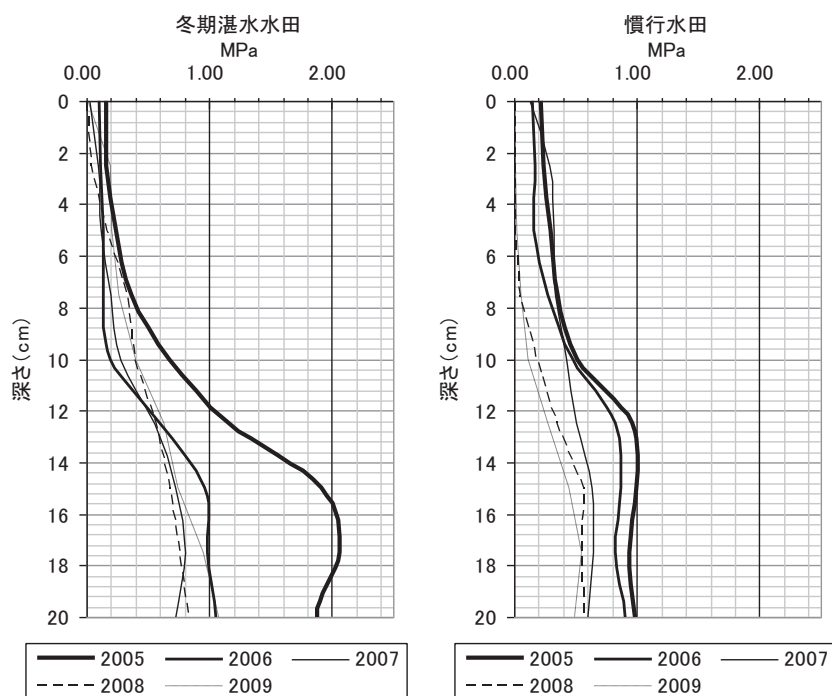


図4. 地耐力鉛直分布の比較（各年5地点の平均）.

また、冬期湛水区、慣行区ともに、スキ床の深さは年によって概ね一定であり、経年的にも冬期湛水田の地耐力低下は認められなかった。

調査期間5年間の地耐力調査について、土壌表面の軟弱の層より下で地耐力が変化する、深さ15cmでの地耐力をまとめると表2のようであった。全平均の値で見ると、調査期間初期では慣行水田の地耐力が冬期湛水田に比べてやや高い傾向が見られた。また、冬期湛水田の地耐力は、初年度を除いて4ヶ年を通して横ばいか、やや増加していた。

なお、2005年度の調査日は他の4回の調査日より約1ヶ月遅く、それだけ土壌が固くなっている可能性が考えられる。また、2008年度については調査前日に降雨があり、両水田ともに湛水している状態であった。

2. 土壌の還元性

調査期間の5ヶ年間に於いて、検土杖を用いて土壌

を採取し、目視での土壌状況の判定、およびジピリジル溶液添加による赤色反応の調査により得られた、土壌の状況及び還元状態の結果を図5、図6に示す。調査地点の場所が異なるために深さ方向のグライ層等の厚さは異なっているが、冬期湛水区、慣行区的全調査地点で、冬期湛水区と慣行区的全調査地点で、上層は茶色の土層、下層は黒色の土層の構造となっていた。これは、上層ほど大気から酸素が入りやすいため酸化状態になっており、下層ほど酸素が供給されにくいため還元状態になっているためである。また、各調査地点で層構造が変化する等の傾向も見られなかった。

冬期湛水区と慣行区を比較すると、還元状態である黒色の土層の厚さには明確な違いは見られなかった。また、経年的に冬期湛水を継続することで、還元状態の土層が増加する等の変化傾向も見られなかった。

表2. 5年間地耐力調査結果（深度15cm）.

深度15cmの地耐力						単位: Mpa
	冬期-1	冬期-2	冬期-3	冬期-4	冬期-5	5地点平均
2005年	1.0	2.0	0.9	—	1.3	1.30
2006年	1.5	0.6	1.2	0.5	1.0	0.96
2007年	0.3	1.0	0.7	0.7	0.9	0.72
2008年	0.4	1.2	0.5	0.5	0.8	0.68
2009年	0.3	0.5	1.2	0.6	1.1	0.75

※2005/11/11(冬期湛水前) 2006年～2009年も全て稲刈り後

深度15cmの地耐力						単位: Mpa
	慣行-1	慣行-2	慣行-3	慣行-4	慣行-5	5地点平均
2005年	0.5	1.3	1.3	1.1	0.8	1.00
2006年	1.1	1.0	1.2	1.0	0.1	0.87
2007年	0.4	0.6	0.8	0.7	0.7	0.63
2008年	0.4	0.5	0.6	0.8	0.6	0.57
2009年	0.5	0.4	0.4	0.3	0.7	0.44

※2008年は、調査前日に降雨があり、田面に水が溜まっていた。

考 察

1. 冬期湛水による土壌地耐力への影響

冬期湛水による影響あるいは効果は、単年の実施だけでは見えづらいことから複数年調査を実施することで、土壌等への影響を把握することを試みた。調査はその前日・当日の天候に影響を受けるが、冬期湛水を継続して実施することで、冬期湛水の効果が蓄積されていくことから、冬期湛水田と慣行水田との違いが見えやすくなると考えられた。

冬期湛水を継続することで土壌が柔らかくなると汎用の田植機等、耕作機械への影響が懸念される。特殊な耕作機械が必要になり、農家への追加負担が発生してしまう。

土壌の地耐力については、調査地点が多少ずれることで必ずしも毎年同じ土壌での調査とはならないが、図4より、水田内5カ所を平均した地耐力の結果から判断すると、両水田に大きな違いは見られないとともに、冬期湛水によって土壌の地耐力が低下する等の変化は見られなかった。

また、汎用の田植機で田植えを行うためには、苗を差し込める程度に土壌の表面が軟弱である必要がある。このため、通常は田植え前に土壌表層を攪拌する代かきが行われる。今回、冬期湛水田においても慣行水田と同様に浅い代かきを行っており、田植え時の欠株を防いでいる（図7）。

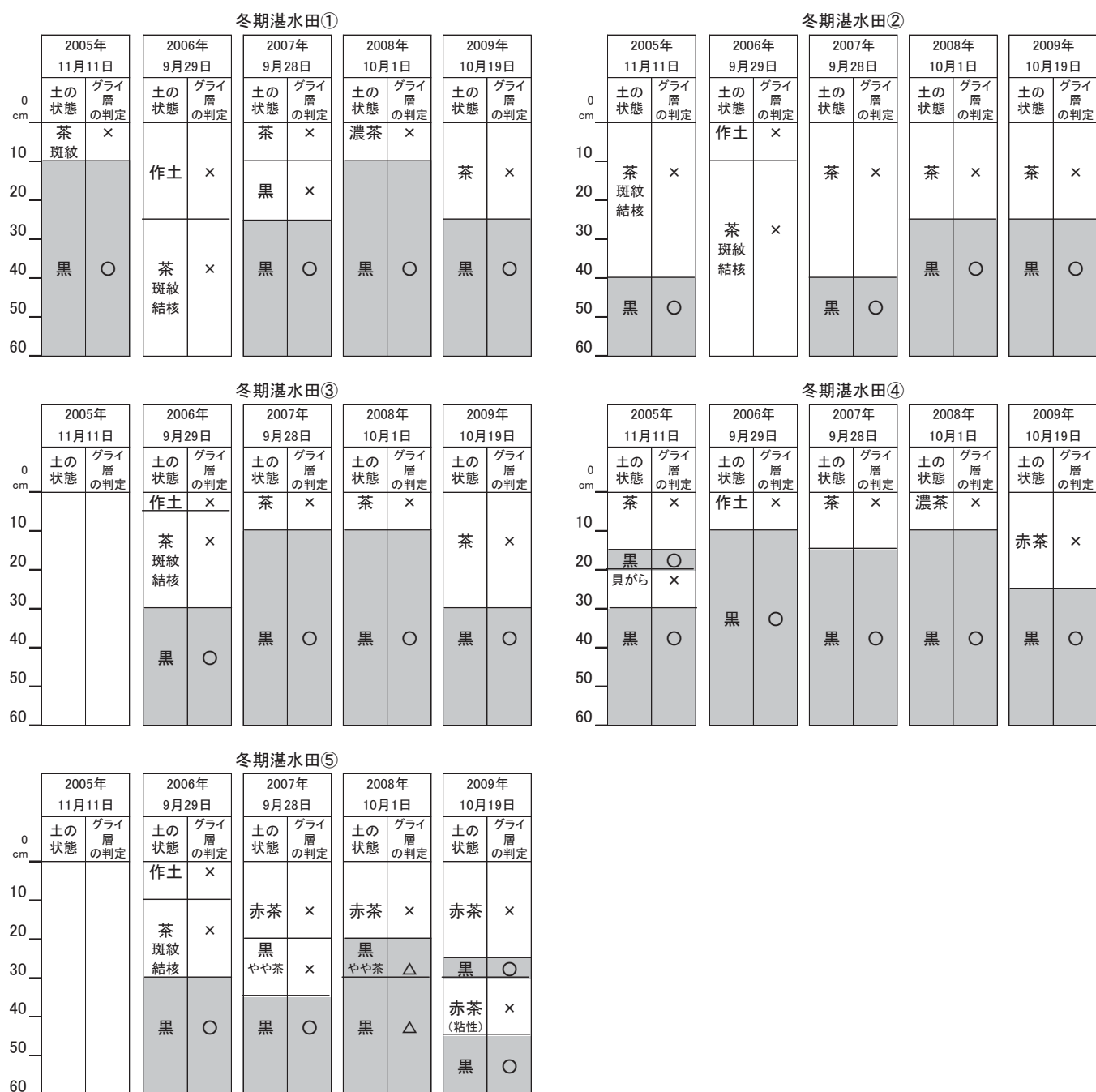


図5. 冬期湛水区の土壌断面の状況.

図4より、調査最終年度（2009年）の地耐力調査結果を見ると、冬期湛水田、慣行水田ともに、土壌表層0～10cmの範囲では地耐力はほぼ0MPaという軟弱土壌が存在している。また、冬期湛水田、慣行水田ともに、表層から下がった10～20cmの範囲で地耐力の増加が見られ、スキ床の存在が推測される。田植えに必要な土壌の鉛直構造には、冬期湛水区、慣行区ともに違いは見られず、冬期湛水による田植えへの影響はほとんどないと考えられる。

2. 冬期湛水による土壌の還元性への影響

冬期湛水することによって、水田により長期間水をはることで土壌の還元状態を保ち、地下水中の脱窒を

促進することが期待されるところである。本調査の結果からは、冬期湛水区と慣行区での還元状態の土壌層の厚さ等に明確な違いは確認できなかった。

これは、本調査においては、稲の刈り取り時は落水し乾燥状態になることや、畦に割れ目ができ水が漏れる時期があるなど、冬期湛水区であったとしても常に水が張っている状況にはなかったこと、また、調査地周辺は地下水位が高く、慣行水田で乾燥状態であっても土壌の深部では完全な乾燥状態ではなく、ある程度の湿潤状態にあったためであると考えられる。

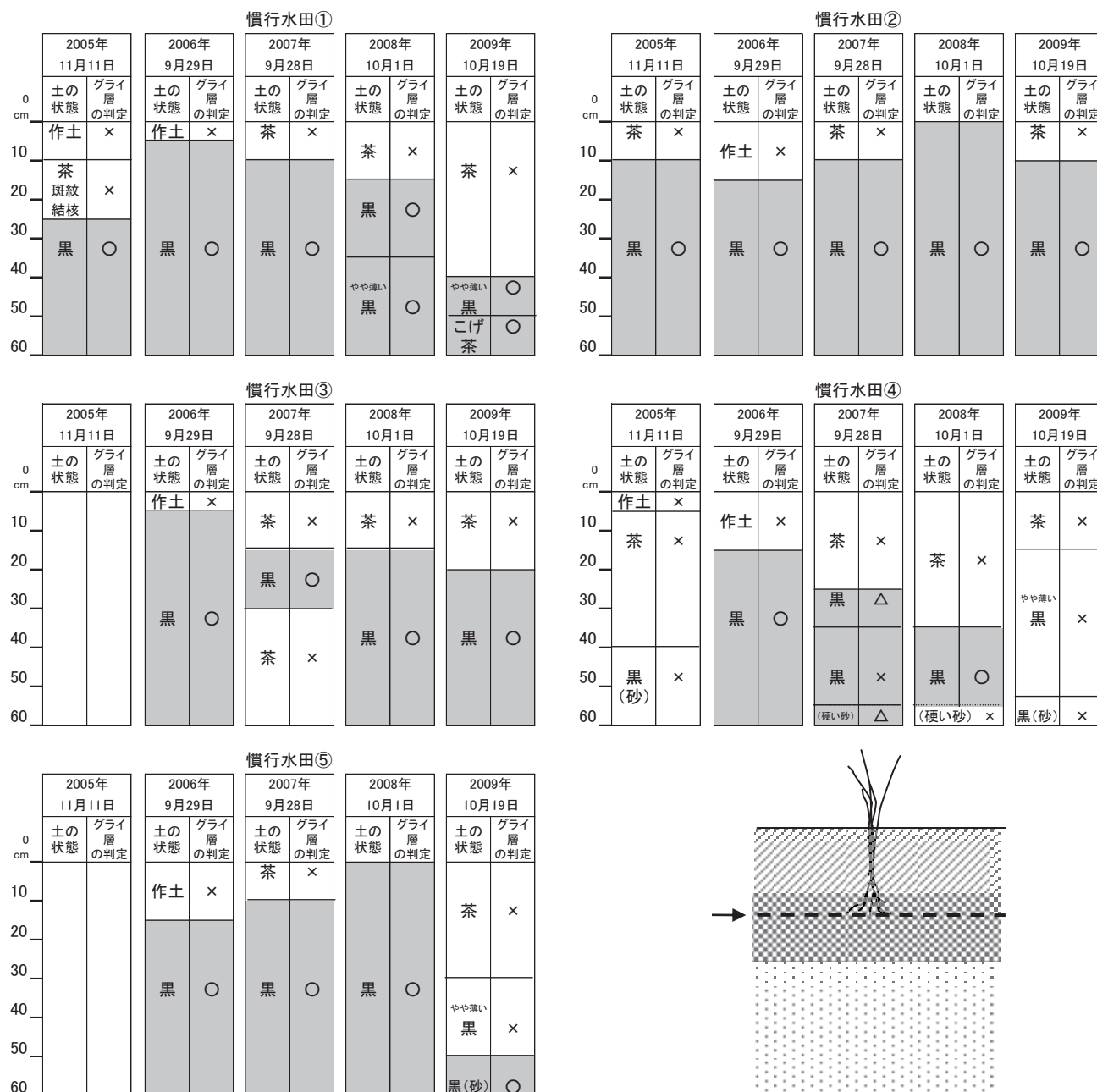


図6. 慣行区の土壌断面の状況.

図7. 水田の土壌構造イメージ.

謝 辞

この調査は印旛沼流域水循環健全化会議緊急行動計画（2004）の事業の一環で、印旛沼の水環境改善のために「みためし（見試し）行動」として、市民・行政・専門家が「水質調査隊」を組織し、さまざまな方が協働で実施したものです。調査水田耕作者の三門増雄氏、印旛沼土地改良区の高橋修総務課長はじめ皆様方に厚くお礼申し上げます。

参考文献

小倉久子・金子文宜・前田敦志・上原浩・冬期湛水みためし水質調査隊(2012) 印旛沼流域水循環健全化調査研究報告 1 :36-42.

高井康雄. 1974. 水田土壌. 川口桂三郎ほか. 改訂新版 土壌学. pp178-187. 朝倉書店.
高村義親・田淵俊雄・鈴木誠治・張替泰・上野忠男・久保田治夫. 1976. 水田の物質収支に関する研究（第1 報）霞ヶ浦流域の水田における窒素およびリンの動向と収支について. 日本土壌肥料学会誌 47 : 298-405.

The Effect of Winter-flooding on Rice-paddy Soil.
Hisako Ogura, Fuminori Kaneko, Atsushi Maeda and the
MITAMESI Citizen Research Team.

市民による水田の水環境調査

小高純子

耕さない田んぼの会 〒285-0864 佐倉市稲荷台 3-7-12 (jk-odaka@catv296.ne.jp)

耕さない田んぼの会は 2004 年から不耕起移植栽培・冬期湛水という農法で素人が米作りに挑戦し、今年で 9 作目となりました。

その間に多くの協力者や活動を共にした仲間が大勢おりますが、「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」は私たちの活動を千葉県、印旛沼周辺で取り組む仲間を増やしたいという目的とともに取り組んだ大切な作業でありました。

では、なぜ素人が米作りに挑戦したかという最初のスタートに戻らせていただきます。きっかけは水田の農薬空中散布に対する大きな問題意識からでした、小学校の周辺をヘリコプターが農薬を散布していく様子をみて、多くの母親が危険に思っておりまして。しかし、当時は行政も生産者も耳を貸してくれません。また、それと並行して飲み水として利用される印旛沼の水質汚染も重要な課題と捉え、合成洗剤をやめてせっけんを使おうという活動もともに進めておりましたが、現実にはなかなか良い方向には進みませんでした。

そうした時に出会ったのが不耕起移植栽培・冬期湛水という農法です。ここで停滞した事態を打破するには消費者エゴだと一蹴される前に自分たちもやってみようということになりました。

さっそく、それまでも有機農法を実践していた三門増雄さんをお願いして半反の田んぼを無理やりお借りしました。

会の代表の宮部恵子や仲間がこの農法の提唱者である旧佐原市の岩澤信夫さんの「自然耕塾」で勉強しながらの同時進行で米作りに挑戦しました。生き物調査の方法などを勉強するために県内でこの農法を実践している生産者を訪ねたり、学習会に参加したりと大変だったけれども楽しい時間でした。

振り返ると、あの怒涛のようなエネルギーには自らたまげざるばかりでしたが、活動はそれだけではありませんでした。

三門さんにはまたもやしつく不耕起移植栽培・冬期湛水をやってみないかと誘いながら、一方で、印旛沼流域水環境健全化会議の委員である中央博物館の中村俊彦先生、そして県の河川や水質保全を担当する職員の方々には県でも何か協力してほしいと頼みました。

水田の水質浄化能力についてはすでに実証されていますが、冬にも水を張っていればその恩恵を受けて印

旛沼浄化にも繋がるのではないかとというのが私たちの切なる願いでした。ここでやっと市民参加の水田環境調査となったのです。

専門的なことは千葉県環境研究センターの小倉久子さんやパシフィックコンサルタントのスタッフのかたにおんぶにだっこでしたし、共に調査活動をした八千代オイコスの皆さんは水質検査の経験のある方々なのでとても力強い仲間でした。

当会からは毎回 3～4 人が調査に参加していましたが、印旛沼の畔は暑いか寒いかの気候で、ちょうどよい調査日和は数えるばかりでした。

耕さない田んぼの会の冬期湛水の準備のためのポンプの手当や、県での萩山新田の実験が実現するまでのポンプの世話などあらゆる問題解決にあたって、印旛沼土地改良区の高橋修さんには本当にお世話になりました。また、田んぼで採集した水の検査には毎回、土地改良区の事務所を使わせていただきました。冬期湛水を広めたい耕さない田んぼの会としては、いっしょに調査をしてきた皆様には感謝に堪えません。

このように多くの人々がかわって実現した調査ですが、結果をどのように活用できるのかが大変気にかかるところです。

この間、田んぼの会では作付面積を増やし、苗も自前で調達できるようになりました。今後は野菜作りを楽しむ人々が増えているように、休耕田を利用して米作りを気軽にできるように支援できる会でありたいと思います。また、三門さんには今後とも冬期湛水を続けていただきたいと思います。

しかし、一方で活動目的であった農業環境はいろんな面で悪化しており、印旛沼の水質浄化は進んでおりません。いつのまにか、水は家庭では浄水器が当たり前、外ではペットボトルに入っているものを買って飲むもの、これが普通になってしまいました。

2011 年は放射能汚染でこれまでの問題がそれどころではないという雰囲気でごぼっ飛んでしまいました。多くの方々のご努力とご協力で実現したこの試験研究が、ただの楽しかった思い出にだけはならないように祈っております。

The Fieldwork of Citizen Team on Water Conditions of Rice-paddies. Junko Odaka.

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

NPO 法人八千代オイコス 〒262-0006 千葉県花見川区横戸台 21-13 (kuwahatak@hotmail.com)

冬水田んぼの水質調査を始めたのはだいぶ前のことで、細かい記憶は消えてしまいましたが、特に思い浮かぶ場面を記します。

9年前冬水田んぼの水質浄化について調査団募集が千葉県河川環境課から市民団体へありました。当時、環境パートナーシップちばは「印旛沼をきれいにする活動」を流域で展開しており、八千代オイコスは八千代市内を流れる花輪川で、河川の清掃や草刈り、子ども達と川の学校を展開していました。花輪川での湧水の調査からは、硝酸態窒素の値が高い箇所が多くあります。また、里山シンポジウムの水循環分科会で冬水田んぼは脱窒素の効果があることを知りました。専門家と一緒に調査できることは、学びたい私たちには魅力であり、協働での取り組みにも期待し加藤賢三さん、荒尾繁志さんの3人で八千代オイコスとして応募しました。

5年間の調査でまず頭に浮かぶのは、時期外れの冷たい雨の日の調査です。全身がずぶ濡れになり、体が芯から冷えた感触は今でも覚えています。一方炎天下の田んぼは、木陰もなく汗をかきながら黙々と水を汲みました。時には水汲みのバケツが落ちてしまい、たまたま車にあったハンガーを工夫してひっぱりあげました。それを機に水汲みの器具を荒尾さんが工夫して作ってくださり活用しました。調査は田んぼ側と山側を2グループで交代して行いました(図1~2)。



図1. 事前講習会(土壌調査方法の指導)。

図2. 水田脇の観測井にて地下水採取。



図3. 採取した地下水をみんなで簡易分析。

春には田んぼのあぜ道を調査地点に向かってひたすら歩いているとタンポポに似たジシバリの黄色い花やトウキョウダルマガエルなどに目が止まり、心が豊かになり、冬の時期は冬水田んぼの近くには藁の殻が落ちていて、カモがきいていると想像できました。調査では生き物ばかりでなく、山側の民家のおばさんとの交流もありました。井戸を調査するときにお家の方へ「こんにちは」と呼びかけると返事が返ってきて、旅行のお土産を頂き、昔の井戸の様子や地域の暮らし等お聞きして参考になりました。

金子文宜さんからは、田んぼの土壌調査について学び、田んぼの底力を知りました。水汲み後の水質調査は、高橋修さんのご厚意で土地改良区の一室をお借りして、COD、硝酸態窒素、ORPなどパックテストや機器を活用しました(図3)。機器の使い方、数値の読み方等小倉久子さんからたくさん学びました。

正直5年間良く続いた！と思いますが、調査を継続できたのは、専門家と一緒に学べたことも大きな魅力ですが、冬水田んぼの調査結果への期待、調査メンバーや周りの方たちとのつながりも大きかったです。

時々、調査した田んぼの近くを通る時、車窓から覗き込むようにして三門増雄さんの冬水田んぼや周りを見てしまいます。環境保全団体の一員としてこの調査に参加できたことは私自身の大きな実りです。今後はこの経験を活動の中にさらに活かしていくのが市民団体の役割かと思っています。

小倉さん、金子さん、高橋さん、耕さない田んぼの会の方々、環境研究センターの方、河川環境課、パシフィックコンサルタンツの方々、そして私たちのメンバーに感謝です。

またいつか一緒に活動したいですね！

An Impression of the Fieldwork as a Member of the
MITAMESI Citizen Team. Kazuko Kuwahata.

日本の水田に出現する原生生物

林 紀男¹・岡野邦宏²・稲森隆平³

¹ 千葉県立中央博物館 〒260-8682 千葉市中央区青葉町 955-2 (hayashin@chiba-muse.or.jp)

² 秋田県立大学生物資源科学部 〒010-0195 秋田市下新城中野字街道端 241-438

³ 福島大学共生システム理工学類 〒960-1296 福島県福島市金谷川 1 番地

要 旨

水田に出現する原生生物および藍藻類の目録化に向けた調査を1999年～2008年まで10年間にわたり1道1府27県の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。

キーワード：水田、藍藻、原生生物、原生動物、緑藻、珪藻、種多様性

はじめに

水田は、古くから里山の水環境の一部として存在してきた（椿，2007）。水田では稲の耕作に向けた水管理がなされており、秋の収穫期から春先の田起こし後までの非灌漑期には長期にわたり落水され乾燥状態が続く。こうした生態的攪乱をともしう特殊な水環境（水野，1971）が水田の特徴である。近年は、溜池や谷津の絞り水に頼った田越し灌漑体系は廃れ、圃場整備事業による大規模な暗渠灌漑体系が構築されている。収穫には大型農機の運用を容易にするため暗渠排水体系が整備され、排水弁の操作により短期間の内に水田表土を乾燥状態に移行できる。こうした農地改変は、湿田で非灌漑期にも湿地状態が続いていた谷津奥の小区画の水田にまで及び、水田と畑地を年によって切り替えるような運用をも可能せしめている。

このような水田の乾田化は、永年にわたる水田耕作の周期に生活史を同調させ繁殖してきた数多くの水生生物個体群にも大きな影響を及ぼしている。近年、注目を集めている有機栽培、冬期湛水、不耕起栽培などさまざまな取り組みも水田を生活の場とする水生生物群に大きく影響を及ぼしていることが明らかにされつつある（林，2008）。

こうした背景のもと、ここでは、さまざまな条件の水田において食物網の底辺を担う藍藻類および原生生物に着目し、その網羅的な出現種目録を作成することで、さまざまな環境条件の水田生態系を比較検討する上での基礎的知見とすることを目指した。

調査方法

さまざまな環境条件の水田において、原生生物を採集し、生物顕微鏡を用いて検鏡し、種を同定・記録した。なお、対象種は、原生生物界を中心としたが、同時に採集・観察されるモネラ界の藍藻類も包含した。水田における採集地点は、水中、稲茎表面、水底土表面、水底泥中、乾出した表土表面などとした。試料は、ホルマリンやアルコールなどの化学物

質による固定は細胞の変形などを生じ同定に支障をきたすため、無固定で検鏡した。また、珪藻については、パイプユニッシュ処理（南雲ほか，2000）を用いて細胞内容物を除去し殻の模様配列が判別しやすいようにした。採集は、次に示す1道1府27県の242市町村（調査時点以後に市町村合併した自治体名は2008年10月時点の自治体名称に変換済み）の水田にて実施した。

北海道（北竜町・月形町・当別町・南幌町・恵庭市・千歳市・北広島市・苫小牧市）・岩手県（八幡平市・滝沢村・雫石町・紫波町・花巻市・北上市・金ヶ崎町・奥州市・平泉町・一関市）・秋田県（大館市・藤里町・北秋田市・能代市・大潟村・潟上市・男鹿市・三種町・八郎潟町・五城目町・井川町・秋田市・由利本荘市・にかほ市・大仙市・仙北市・横手市・美郷町・東成瀬村・湯沢市・羽後町）・山形県（遊佐町・酒田市・真室川町・金山町・最上町）・宮城県（大崎市・登米市）・福島県（福島市・二本松市・大玉村・本宮市・郡山市・三春町）・栃木県（那須町・那須塩原町・大田原市・矢板市・さくら市・高根沢町・塩谷町・日光市）・埼玉県（加須市・大利根町・久喜市・白岡町・蓮田市・三郷市）・茨城県（美浦村・行方市・鉾田市・小美玉市・稲敷市・阿見町・河内町・利根町・龍ヶ崎市・取手市・潮来市）・千葉県（野田市・流山市・柏市・鎌ヶ谷市・我孫子市・印西市・白井市・八千代市・船橋市・栄町・本埜村・印旛村・成田市・酒々井町・富里市・芝山町・多古町・横芝光町・匝瑳市・香取市・東庄町・旭市・銚子市・佐倉市・四街道市・八街市・千葉市・山武市・東金市・大網白里町・茂原市・市原市・長柄町・長南町・九十九里町・白子町・長生村・一宮町・睦沢町・大多喜町・君津市・袖ヶ浦町・木更津市・いすみ市・御宿町・勝浦市・鴨川市・富津市・鋸南町・南房総市・館山市）・静岡県（菊川市・掛川市・袋井市・磐田市）・愛知県（岡崎市・安城市）・岐阜県（下呂市・郡上市）・石川県（川北町・能美市・小松市・加賀市）・滋賀県（余呉町・木之本町・高月町・湖北町・虎姫町・長浜市・米原市・彦根市・多賀町・甲良町・豊郷町・愛荘町・東近江市・日野町・甲賀市・安土町・近江八幡市・竜王町・野洲市・守山市・草津市・栗東市・湖南市）・奈良県（奈良市・天理市・桜井市・明日香村・高取町・大淀町）・京都府（宮津市・舞鶴市・綾部市）・香川県（高松市・坂出市）・高知

県（土佐町・南国市・高知市・安芸市・芸西村・香南市・香美市・本山町・大豊町・南国市）・岡山県（岡山市・倉敷市）・広島県（東広島市・広島市・廿日市市）・島根県（松江市・雲南市・出雲市）・山口県（下関市・長門市・美祢市・山陽小野田市・宇部市・山口市・萩市）・福岡県（北九州市・香春町・直方市・福智町）・佐賀県（佐賀市・白石町・鹿島市・太良町・嬉野市・武雄市・有田町）・長崎県（諫早市・雲仙市・島原市・大村市・東彼杵町・川棚町・波佐見町・佐世保市・西海市・長崎市・時津町・長与町）・宮崎県（椎葉村・五ヶ瀬町・西米良村・西都市・美郷町・都農町・野尻町・小林市）・鹿児島県（加治木町・始良町・蒲生町・鹿児島市・屋久島町・龍郷町・奄美市・瀬戸内町）・沖縄県（名護市・金武町・石垣市・竹富町）。

採集期間は、1999 年から 2008 年の 10 年間とした。

調査結果

採集した試料は、上野（1973）、水野（1977）、猪木（1981）、水野・高橋（1991）、小島ほか（1995）、田中（2002）、渡辺ほか（2005）などにに基づき同定した。その結果、以下に示す藍藻類 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、纖毛虫類 166 種）の合計 556 種が見いだされた。

Monera モネラ界

Cyanophyta 藍藻植物門

Cyanophyceae 藍藻綱

Chroococcales クロオコックス目

Chroococcus クロオコックス科

Synechocystis aquatilis Sauvageau, 1892 シネコキスチス
Synechococcus aeruginosus var. *aeruginosus* Nägeli, 1849
シネココックス属の 1 種

Synechococcus brunneolus Rabenhorst, 1863
シネココックス属の 1 種

Synechococcus elongatus (Nägeli) Nägeli, 1849
シネココックス属の 1 種

Dactylococcopsis raphidioides Hansgirg, 1888
ダクチロコッコプシス属の 1 種

Dactylococcopsis acicularis Lemmermann, 1900
ダクチロコッコプシス属の 1 種

Dactylococcopsis fascicularis Lemmermann, 1898
ダクチロコッコプシス属の 1 種

Rhabdoderma lineare Schmidle et Lauterborn, 1900
ラブドデルマ

Microcystis aeruginosa (Kützinger) Kützinger, 1846
ミクロキスチス属の 1 種

Microcystis firma (Kützinger) Schmidle, 1902
ミクロキスチス属の 1 種

Microcystis ichtyoblabe Kützinger, 1843
ミクロキスチス属の 1 種

Microcystis novacekii (Komárek) Compère, 1974
ミクロキスチス属の 1 種

Microcystis viridis Lemmermann, 1903
ミクロキスチス属の 1 種

Microcystis wesenbergii (Komárek) Komárek, 1968
ミクロキスチス属の 1 種

Aphanocapsa rivularis (Carmichael) Rabenhorst, 1865
アフアノカプサ属の 1 種

Aphanocapsa pulchra (Kützinger) Rabenhorst, 1865

アフアノカプサ属の 1 種

Aphanocapsa rivularis (Carmichael) Rabenhorst, 1865
アフアノカプサ属の 1 種

Aphanocapsa grevillei (Berkeley) Rabenhorst, 1865
アフアノカプサ属の 1 種

Aphanocapsa koordersi Stroem, 1923
アフアノカプサ属の 1 種

Aphanocapsa elachista W. West et. G. S. West, 1894
アフアノカプサ属の 1 種

Aphanocapsa elachista var. *conferta* W. West et G.S. West, 1912
アフアノカプサ属の 1 種

Aphanocapsa biformis A. Braun, 1786
アフアノカプサ属の 1 種

Aphanothece stagnina (Sprengel) A. Braun, 1865
アフアノケーテ属の 1 種

Aphanothece nidulans P. Richter, 1884
アフアノケーテ属の 1 種

Aphanothece clathrata W. West et G. S. West, 1906
アフアノケーテ属の 1 種

Aphanothece pallida (Kützinger) Rabenhorst, 1863
アフアノケーテ属の 1 種

Aphanothece microspora (Meneghini) Rabenhorst, 1889
アフアノケーテ属の 1 種

Chroococcus turgidus (Kützinger) Nägeli, 1849
クロオコックス属の 1 種

Chroococcus turgidus var. *maximus* Nygaard, 1926
クロオコックス属の 1 種

Chroococcus minutus (Keissler) Lemmermann, 1904
クロオコックス属の 1 種

[Syn.: *Chroococcus helveticus* Nägeli, 1848]
Chroococcus minor (Kützinger) Nägeli, 1849

クロオコックス属の 1 種 [Syn.: *Chroococcus limneticus* Lemmermann var. *subsalsus* Lemmermann, 1901]

Chroococcus macrococcus (Kützinger) Rabenhorst, 1865
クロオコックス属の 1 種

Chroococcus cohaerens (Brébisson) Nägeli, 1849
クロオコックス属の 1 種

Chroococcus limneticus Lemmermann, 1898
クロオコックス属の 1 種

Chroococcus limneticus var. *elegans* G.M.Smith, 1918
クロオコックス属の 1 種

Gloeocapsa montana Kützinger, 1843
グロエロカプサ属の 1 種 [Syn.: *Gloeocapsa polydermatica* Kützinger, 1846]

Gloeothece confluens (Kützinger) Nägeli, 1849
グロエオテーケ属の 1 種

Merismopedia tenuissimum Lemmermann, 1898
メリスモペジア属の 1 種

Merismopedia glaucum (Ehrenberg) Nägeli, 1848
メリスモペジア属の 1 種

Merismopedia elegans A. Braun, 1849
メリスモペジア属の 1 種

Merismopedia punctatum Meyen, 1939
メリスモペジア属の 1 種

Coelosphaerium kuetzingianum Nägeli, 1849
コエロスフェリウム

Woronichinia naegeliana (Unger) Elenkin, 1933
ボロニチニア

Gomphosphaeria lacustris Chodat, 1898
ゴンフォスファエリア属の 1 種

Gomphosphaeria aponica Kützinger, 1833
ゴンフォスファエリア属の 1 種

Chamaesiphonales カマエシフォン目

Chamaesiphonaceae カマエシフォン科

Chamaesiphon clavatus C.C. Jao, 1930

カマエシフォン属の1種

Chamaesiphon confervicola A. Braun, 1726

カマエシフォン属の1種

Chamaesiphon minutus (Rostafinski) Lemmermann,
1910 カマエシフォン

Chamaesiphon rostafinski Hansgirg, 1888

カマエシフォン属の1種

Chamaesiphon cylindricus Boye-Petersen, 1923

カマエシフォン属の1種

Pleurocapsales プレウロカプサ目

Entophysalidaceae エントフィザリス科

Entophysalis lemaniae (C. Agardh) Drouet et Daily, 1956

エントフィザリス属の1種 [Syn.: *Xenococcus*
chroococcoides F. E. Fritsch, 1929]

Pleurocapsaceae プレウロカプサ科

Myxosarcina chroococcoides Geitler, 1928 ミクソサルシナ

Pleurocapsa fluviatilis Lagerheim, 1888 プレウロカプサ

Xenococcus schousboei Thuret, 1875

クセノコックス属の1種

Xenococcus willei Gardner, 1927 クセノコックス属の1種

Hydrococcus rivularis Kützinger, 1833

ヒドロコックス属の1種

Nostocales ネンジュモ目

Rivulariaceae ヒゲモ科

Homoeothrix juliana (Born. et Flah.) Kirchner, 1898

ホモエオスリックス属の1種

Calothrix fusca (Kützinger) Bornet et Flahault, 1886

カロスリックス属の1種

Calothrix parietina Thuret ex Bornet et Flahault, 1886

カロスリックス属の1種

Dichothrix gypsophila (Kützinger) Bornet et Flahault, 1886

ジコスリックス属の1種

Gloeotrichia pisum (C. Agardh) Thuret ex Bornet et

Flahault, 1887 タマヒゲモ属の1種

Gloeotrichia natans (Hedwig) Rabenhorst ex Bornet et

Flahault, 1887 タマヒゲモ属の1種

Gloeotrichia echinulata J. E. Smith ex P. G. Richter, 1894

タマヒゲモ属の1種

Isactis nipponica Hirose イサクチス属の1種

Rivularia beccariana Bornet et Flahault, 1887

ヒゲモ属の1種

Scytonemataceae スキトネマ科

Tolypothrix tenuis Kützinger, 1843

トリポスリックス属の1種

Tolypothrix lanata Wartmann, 1887

トリポスリックス属の1種

Scytonema crispum (Agardh) Bornet, 1889

スキトネマ属の1種

Scytonema ocellatum Kützinger, 1959 スキトネマ属の1種

Scytonema mirabile (Dillw.) Bornet スキトネマ属の1種

Hydrocoryne spongiosa (Schwabe) ex Bornet et Flahault,
1927 ヒドロコリーネ

Microchaetaceae ミクロケト科

Microchaete tenera Thuret ex Bornet Flahault ミクロケト

Nostocaceae ネンジュモ科

Cylindrospermum majus Kützinger, 1888

キリンドロスペルマム属の1種

Cylindrospermum raciborskii (Wolosz.) Seenayya et S.

Raju, 1972 キリンドロスペルマム属の1種

Cylindrospermum alatosporum F. E. Fritsch

キリンドロスペルマム属の1種

Anabaenopsis arnoldii Aptekarj, 1926

アナベノプシス属の1種

Aphanizomenon flos-aquae Ralfs ex Bornet et Flahault,
1886 アファニゾメノン

Nodularia spumigena Mertens ex Bornet et Flahault,
1886 ノジュラリア

Aulosira prolifica Bharadwaja, 1933 アウロシラ

Anabaena affinis Lemmermann, 1897 アナベナ属の1種

Anabaena aphanizomenoides Forti, 1912

アナベナ属の1種

Anabaena citrispora M. Watanabe, 1992

アナベナ属の1種

Anabaena macrospora Klebahn, 1895 アナベナ属の1種

Anabaena planktonica Brunnthaler, 1903

アナベナ属の1種 [Syn.: *Anabaena solitaria* f.
planctonica (Brunnth.) Komárek, 1958]

Anabaena smithii (Komárek) M. Watanabe, 1992

アナベナ属の1種 [Syn.: *Anabaena solitaria* Kleb. f.
smithii Komárek, 1958] f

Anabaena tenericaulis Nygaard, 1949 アナベナ属の1種

Anabaena viguieri Dennis et Freymy, 1923

アナベナ属の1種

Anabaena flos-aquae (Lyngbye) Brébisson ex Bornet et
Flahault, 1886 アナベナ属の1種

Anabaena lemmermannii P. Richter, 1903

アナベナ属の1種

Anabaena mendotae Trel., 1889

アナベナ属の1種 [Syn.: *Anabaena flos-aquae* var.
treleasii Bornet et Flahault, 1888]

Anabaena crassa (Lemmerm.) Komárk.-Legn. et Cronberg,
1992 アナベナ属の1種 [Syn.: *Anabaena spiroides*

var. *crassa* (Lemmerm.) Elenkin, 1898]

Anabaena minispora M. Watanabe, 1998

アナベナ属の1種

Anabaena mucosa Komárk.-Legn. et Eloranta, 1992

アナベナ属の1種

Anabaena oumiana M. Watanabe, 1996

アナベナ属の1種

Anabaena pseudocompacta M. Watanabe, 1996

アナベナ属の1種

Anabaena reniformis Lemmerm. emend. Aptekarj, 1927

アナベナ属の1種

Anabaena spiroides Kleb. 1895 アナベナ属の1種

Anabaena ucrainica (Schkorbatow) M. Watanabe, 1996

アナベナ属の1種

Anabaenopsis arnoldii Aptekarj, 1926

アナベノプシス属の1種

Anabaenopsis circularis (G.S. West) Wołosz. et V.V. Mill.,
1923 アナベノプシス属の1種

Nostoc sphaericum Vauch., 1964 ネンジュモ属の1種

Nostoc linckia (Roth) Born. et Flach. ネンジュモ属の1種

Nostoc rivulare Kützinger, 1850 ネンジュモ属の1種

Nostoc ellipsosporum (Desm.) Rabenh., 1888

ネンジュモ属の1種

Nostoc pruniforme (Linnaeus) C. A. Agardh ex Bornet. et
Flahault, 1888 ネンジュモ属の1種

Oscillatoriaceae ヨレモ科

Spirulina subsalsa Oersted ex Gomont, 1892

スピルリナ属の1種

Spirulina major Kützinger ex Gomont, 1892

スピルリナ属の1種

Arthrospira maxima Setchel et N.L. Gardner, 1917

アルトロスピラ属の1種
Planktothrix agardhii (Gomont) Anagn. et Komárek, 1988
 プランクトトリックス属の1種
Planktothrix mougeotii Anagnostidis et Komárek, 1988
 プランクトトリックス属の1種
Planktothrix rubescens Anagnostidis et Komárek emend.
 Suda, 2002 プランクトトリックス属の1種
Planktothriciodes raciborskii (Wolosz.) Anagn. et
 Komárek, 1988 プランクトトリコイデス属の1種
Oscillatoria tenuis Agardh ex Gomont, 1892
 ユレモ属の1種
Oscillatoria princeps Vaucher ex Gomont, 1892
 ユレモ属の1種
Oscillatoria kawamurae Negoro, 1943 ユレモ属の1種
Oscillatoria splendida (Grev. ex Gomont, 1892)
 ユレモ属の1種
Trichodesmium iwanoffiana Nygaard, 1925
 トリコデスミウム
Phormidium foveolatum (Mont.) Gomont
 フォルミジウム属の1種
Phormidium mucicola Naum. et Huber-Pest, 1929
 フォルミジウム属の1種
Phormidium uncinatum Gomont, 1890
 フォルミジウム属の1種
Phormidium autumnale (C. Agardh ex Gomont) Gomont,
 1892 フォルミジウム属の1種
Phormidium tenue (C. Agardh ex Gomont) Anagnostidis et
 Komárek, 1988 フォルミジウム属の1種
Phormidium retzii (C. Agardh) Gomont, 1892
 フォルミジウム属の1種
Phormidium jenkelianum G. Schmid, 1932
 フォルミジウム属の1種
Lyngbya lagerheimii (Möbius emend. Gomont, 1890)
 Gomont, 1892 サヤユレモ属の1種
Lyngbya contorta Lemmermann, 1898
 サヤユレモ属の1種
Symploca cartilaginea Gomont ex Gomont, 1892
 シンプロカ属の1種
Microcoleus vaginatus (Vaucher) Gomont, 1892
 ミクロコレウス属の1種

Stigonematales スチゴネマ目

Stigonemataceae スチゴネマ科

Stigonema ocellatum (Dillwyn) Thuret ex Bornet et
 Flahault, 1887 スチゴネマ属の1種

Protoctista 原生生物界

Chlorophyta 緑藻植物門

Chlorophyceae 緑藻綱

Chlorococcales クロロコクム目

Chlorococcaceae クロロコクム科

Chlorococcum sp. クロロコクム属の1種
Planktosphaeria sp. プランクトスフェリア属の1種
 Micractiniaceae ミクラクチニウム科
Golenkinia radiata Chodat, 1894 ゴレンキニア属の1種
Golenkinia paucispina W. West et G. S. West, 1902
 ゴレンキニア属の1種
Micractinium pusillum var. *elegans* G.M. Smith, 1918
 ミクラクチニウム属の1種
 Dictyosphaeriaceae ジクチオスフェリウム科
Dictyosphaerium pulchellum Wood, 1872
 ジクチオスフェリウム属の1種
Dictyosphaerium ehrenbergianum Nägeli, 1849
 ジクチオスフェリウム属の1種

Dimorphococcus lunatus A. Braun, 1855

ジモルフオコッカス属の1種

Oocystaceae オーキスチス科

Tetraedron regulare Kützing, 1845

テトラエドロン属の1種

Tetraedron tumidulum (Reinsch) Hansgirg, 1889

テトラエドロン属の1種

Tetraedron hastatum (Reinsch) Hansgirg

テトラエドロン属の1種

Treubaria setigera (Archibald) G. M. Smith, 1933

トレウバリア属の1種

Oocystis borgei Snow, 1903 オーキスティス

Chodatella subsalsa Lemmermann, 1898

コダテラ属の1種

Chodatella citrifomis Snow, 1902 コダテラ属の1種 [Syn.:

Lagerheimia longiseta (Lemmermann) Printz, 1913]

Polyedriopsis spinulosa (Schmidle) Schmidle, 1899

ポリエドリオブシス属の1種

Ankistrodesmus gracilis (Reinsch) Korshikov, 1953

アンキストロデスムス属の1種

Ankistrodesmus bibrainianus (Reinsch) Korshikov, 1953

アンキストロデスムス属の1種

Chlorella vulgaris Beijerinck, 1890 クロレラ

Characiaceae カラキウム科

Characium pringsheimii A. Braun, 1855 カラキウム

Hydrodictyaceae アミミドロ科

Pediastrum simplex Meyen, 1829 クンシヨウモ属の1種

Pediastrum duplex var. *gracillimum* W. et G.S. West, 1895

クンシヨウモ属の1種

Pediastrum boryanum (Turpin) Meneghini, 1840

サメハダクンシヨウモ属の1種

Pediastrum kawraiskyi Schmidle, 1897

ネジレクンシヨウモ属の1種

Hydrodictyon reticulatum (Linnaeus) Lagerheim, 1883

アミミドロ属の1種

Coelastraceae コエラストルム科

Coelastrum sphaericum Nägeli, 1849

コエラストルム属の1種

Coelastrum cambricum Archer, 1868

コエラストルム属の1種

Coelastrum microporum Nägeli, 1855

コエラストルム属の1種

Scenedesmaceae セネデスムス科

Tetradismus wisconsinensis G.M. Smith, 1913

テトラデスムス属の1種

Tetrastrum heteracanthum (Nordstedt) Chodat, 1895

テトラストルム属の1種

Tetrastrum staurogeniaeforme (Schröder) Lemmermann,

1900 テトラストルム属の1種

Tetrallantos lagerheimii Teiling, 1916

テトララントス属の1種

Actinastrum hantzschii Lagerheim, 1882

アクチナストルム属の1種

Actinastrum hantzschii var. *fluviale* Schröder, 1899

アクチナストルム属の1種

Scenedesmus quadricauda (Chodat.) G.M. Smith, 1916

イカダモ属の1種

Scenedesmus quadricauda var. *longispina* f.

asymmetricus Schröder, 1897 イカダモ属の1種

Scenedesmus acuminatus (Lagerheim) Chodat, 1902

イカダモ属の1種 [Syn.: *Scenedesmus dimorphus*
 (Turpin) Kützing, 1833]

Scenedesmus bernardii G.M. Smith, 1916

イカダモ属の1種

Scenedesmus acuminatus f. *tortuosus* (Skuja) Korshikov, 1953 イカダモ属の1種
Scenedesmus actus Meyen, 1929 イカダモ属の1種
 [Syn.: *Scenedesmus obliquus* (Turpin) Kützing, 1833]
Scenedesmus productocapitatus Schumula
 イカダモ属の1種
Scenedesmus subspicatus Chodat, 1926 イカダモ属の1種
Scenedesmus ecornis (Ehrenberg ex Ralfs) Chodat, 1926
 イカダモ属の1種
Scenedesmus carinatus (Lemmermann) Chodat, 1913
 イカダモ属の1種
Scenedesmus denticulatus Lagerheim, 1882
 イカダモ属の1種
Scenedesmus abundans (Kirchner) Chodat, 1913
 イカダモ属の1種
Scenedesmus arcuatus (Lemmermann) Lemmermann, 1899 var. *platydiscus* G. M. Smith, 1916 イカダモ属の1種
Scenedesmus ovalternus Chodat, 1926 イカダモ属の1種
Scenedesmus granulatus W. et G. S. West, 1897
 イカダモ属の1種
Scenedesmus longus G. M. Smith, 1916 イカダモ属の1種
 [Syn.: *Scenedesmus brevispina* (G. M. Smith) Chodat, 1926]
Scenedesmus protuberans Fritsch et Rich, 1929
 イカダモ属の1種

Oedogoniales サヤミドロ目

Oedogoniaceae サヤミドロ科

Oedogonium varians Wittrock et Lundell ex Hirn, 1900
 サヤミドロ属の1種
Oedogonium crispum (Hassall) Wittrock ex Hirn, 1900
 サヤミドロ属の1種
Oedogonium franklinianum Wittrock. サヤミドロ属の1種
Oedogonium stellatum Wittrock ex Hirn, 1900
 サヤミドロ属の1種
Oedogonium undulatum (Brébisson) A. Braun ex Hirn, 1900 サヤミドロ属の1種
Bulbochaete sp. ブルボケーテ属の1種

Zygnematales ジグネマ目

Zygnemataceae ホシミドロ科

Zygnema quadrangulatum Jao ホシミドロ属の1種
Zygnema synadelphum Skuja, 1926 ホシミドロ属の1種
Zygnema subcruciatum Transeau ホシミドロ属の1種
Zygnema fanicum Linnaeus ホシミドロ属の1種
Zygnemopsis quadrata Jao, 1935
 ホシミドロモドキ属の1種
Spirogyra varians (Hassall) Kützing, 1849
 アオミドロ属の1種
Spirogyra variformis Transeau. アオミドロ属の1種
Spirogyra communis (Hassall) Kützing, 1849
 アオミドロ属の1種
Spirogyra singularis Nordstedt, 1880 アオミドロ属の1種
Spirogyra biformis Jao アオミドロ属の1種
Spirogyra nitida (Dillwyn) Link, 1820 アオミドロ属の1種
Spirogyra semiornata Jao, 1935 アオミドロ属の1種
Spirogyra weberi Kützing, 1843 アオミドロ属の1種
Spirogyra spreeiana Rabenhorst, 1863
 アオミドロ属の1種
Mougeotiella sp. ムウゲオチエラ属の1種
Mougeotia sp. ヒザオリ属の1種
 Gonatozygaceae ゴナトデゴン科
Gonatozygon kinahani (W.Archer) Rabenhorst, 1868

ゴナトジゴン属の1種

Gonatozygon pilosum Wolle, 1882 ゴナトジゴン属の1種

Mesotaeniaceae メソテニウム科

Spirotaenia condensata Brébisson ex Ralfs, 1848
 スピロテニア属の1種
Mesotaenium macrococcum (Kützing) J.Roy et Bisset
 Family, 1894 メソテニウム属の1種
Roya cambrica West et G. S. West ローヤ属の1種
 Desmidiaceae ツヅミモ科
Penium spirostriolatum Barker, 1869 ペニウム属の1種
Penium exiguum W. West, 1892 ペニウム属の1種
Penium exiguum var. *glaberrimum* Grünblad
 ペニウム属の1種

Closterium libellula Focke, 1847 ミカヅキモ属の1種
Closterium aciculare T. West, 1860 ミカヅキモ属の1種
Closterium toxon W. West, 1892 ミカヅキモ属の1種
Closterium gracile Brébisson ex Ralfs, 1848
 ミカヅキモ属の1種
Closterium diana Ehrenberg ex Ralfs, 1848
 ミカヅキモ属の1種
Closterium acerosum (Schrank) Ehrenberg ex Ralfs, 1848
 ミカヅキモ属の1種

Closterium wallichii Turner, 1892 ミカヅキモ属の1種
Pleurotaenium trabecula (Ehrenberg) Nägeli, 1849
 コウガイチリモ属の1種
Pleurotaenium excelsum (Turner) Gutwinski, 1902
 コウガイチリモ属の1種
Tetmemorus brebissonii (Meneghini) Ralfs, 1844
 テツメモルス属の1種

Cosmarium turgidum Brébisson, 1846 ツヅミモ属の1種
Cosmarium obtusatum Schmidle, 1898 ツヅミモ属の1種
Cosmarium pachydermum P. Lundell, 1871
 ツヅミモ属の1種
Cosmarium margaritifera Meneghini ex Ralfs, 1848
 ツヅミモ
Cosmarium malinvernianum (Racib.) Schmidle
 ツヅミモ属の1種
Cosmarium margaritatum (P. Lundell) J. Roy et Bisset, 1886 ツヅミモ属の1種

Arthrodesmus curvatus Turner アルスロデス属の1種
Euastrum germanicum (Schmidle) Kreiger
 ユアストルム属の1種

Staurostrum dickiei Ralfs, 1848 ホシガタモ属の1種
Staurostrum cingulum (W. West et G. S. West) G. M. Smith
 ホシガタモ属の1種
Desmidium swartzii (C.Agardh) C. Agardh ex Ralfs, 1848
 チリモ属の1種

Sphaeropleales ヨコワミドロ目

Schroeeceae シュロエデリア科

Schroederia sp. シュレーデリア属の1種

Ulvophyceae アオサ藻綱

Ulotrichales ヒビミドロ目

Ulotrichaceae ヒビミドロ科

Ulothrix sp. ヒビミドロ属の1種

Siphonocladales ミドリゲ目

Cladophoraceae シオグサ科

Cladophora crispata (Roth) Kützing, 1843 ウキシオグサ

Charophyceae 車軸藻綱

Coleochaetales コレオカエテ目

Chaetosphaeridium sp. ケートスフェリジウム属の1種

Charales シャジクモ目

Characeae シャジクモ科

Chara braunii Gmelin, 1826 シャジクモ

Chara globularis Thuillier, 1799 カタシャジクモ

Chara zeylanica Willdenow, 1805 ハダシシャジクモ

Nitella flexilis (Linnaeus 1753) C. A. Agardh, 1824
ヒメフラスコモ

Nitella hyalina (DeCangolle, 1815) C. A. Agardh, 1824
オトメフラスコモ

Heterokontophyta 不等毛植物門

Bacillariophyceae 珪藻植物綱

Centrophycidae 中心珪藻亜綱

Coscinodiscales コアミケイソウ目

Thalassiosiraceae タラシオシーラ科

Cyclotella sp. タイコケイソウ

Stephanodiscus sp. トゲカサケイソウ属の1種

Coscinodiscales コアミケイソウ目

Melosiraceae タルケイソウ科

Melosira varians Agardh, 1827 チャツツケイソウ

Aulacoseira italica (Ehrenberg) Simonsen, 1979
タルケイソウ属の1種

Aulacoseira distans (Ehrenberg) Simonsen, 1979
アウラコセイラ属の1種

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen, 1979
アウラコセイラ属の1種

Pennatophycidae 羽状珪藻亜綱

Diatomales イタケイソウ目

Tabellariaceae ヌサガタケイソウ科

Tabellaria flocculosa (Roth) Kützing, 1844
ヌサガタケイソウ

Diatomaeae ディアトマ科

Diatoma vulgaris Bory, 1824 イタケイソウ

Fragilariaceae オビケイソウ科

Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg, 1832
ハリケイソウ属の1種

Synedra acus Kützing, 1844 ハリケイソウ属の1種

Synedra rumpens Kützing, 1844 ハリケイソウ属の1種

Astrionella formosa Hassall, 1850
ホシガタケイソウ属の1種

Hannaea arcus (Ehrenberg) Patrick, 1966
クノジケイソウ属の1種

Fragilaria crotonensis Kitton, 1869 オビケイソウ属の1種

Fragilaria pinnata Ehrenberg, 1843
オビケイソウ属の1種

Fragilaria construens (Ehrenberg) Grunow, 1862
オビケイソウ属の1種

Achnanthes ツメケイソウ目

Achnantheaceae アクナンテス科

Achnanthes exigua var. *heterovalvata* Krasske, 1923
ツメケイソウ属の1種

Achnanthes hungarica Grunow, 1880
ツメケイソウ属の1種

Achnanthes lanceolata (Brébisson) Grunow, 1880
ツメケイソウ属の1種

Achnanthes minutissima Kützing, 1833
ツメケイソウ属の1種

Cocconeis placentula Ehrenberg, 1838
コメツブケイソウ属の1種

Naviculales フナガタケイソウ目

Naviculaceae フナガタケイソウ科

Neidium iridis (Ehrenberg) Cleve, 1894
ハスフネケイソウ属の1種

Neidium affine (Ehrenberg) Pfitzer, 1871
ハスフネケイソウ属の1種

Navicula cuspidata Kützing, 1844
フナガタケイソウ属の1種

Navicula radiosa Kützing, 1844
フナガタケイソウ属の1種

Navicula rhynchocephala Kützing, 1844
フナガタケイソウ属の1種

Navicula exigua (Gregory) Grunow, 1880
フナガタケイソウ属の1種

Navicula angusta Grunow, 1860
フナガタケイソウ属の1種

Pinnularia gibba Ehrenberg, 1841 ハネケイソウ属の1種

Caloneis bacillaris (Gregory) Cleve, 1894
カロネイス属の1種

Stauroneis phoenicenteron (Nitzsch) Ehrenberg, 1843
ジュウジケイソウ属の1種

Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst, 1853
エスジケイソウ属の1種

Pleurosigma sp. メガネケイソウ属の1種

Gomphonemataceae クサビケイソウ科

Gomphonema acuminatum Ehrenberg, 1832
クサビケイソウ属の1種

クチビルケイソウ科 Cymbellaceae

Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck, 1880
クチビルケイソウ属の1種

Cymbella minuta Hilse, 1862 クチビルケイソウ属の1種
[Syn.: *Cymbella ventricosa* Kützing, 1844]

Cymbella naviculiformis (Auerswald) Cleve, 1894
クチビルケイソウ属の1種

Eunotiaceae イチモンジケイソウ科

Eunotia arcus Ehrenberg, 1837
イチモンジケイソウ属の1種

Nitzshiaceae ニツシア科

Nitzschia palea (Kützing) Hustedt, 1856
ササノハケイソウ属の1種

Nitzschia recta Hantzsch ex Rabenhorst, 1861
ササノハケイソウ属の1種

Bacillaria paradoxa Gmelin, 1791
クサリケイソウ属の1種

Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow, 1880
ハンチア属の1種

Surirellaceae コバンケイソウ科

Surirella elegans Ehrenberg, 1841
コバンケイソウ属の1種

Surirella angusta Kützing, 1844 コバンケイソウ属の1種

Sarcomastigophora 肉質鞭毛虫門

Sarcodina 肉質虫亜門

Rhizopoda 根足虫上綱

Lobosea 葉状根足虫綱

Amoebida アメーバ目

Tubulina ツブリナ亜目

Amoebidae アメーバ科

Amoeba proteus Leidy, 1879 オオアメーバ

Polychaos dubium (Shaeffer, 1916) ポリカオス属の1種

Polychaos nitidubium Bovee, 1970 ポリカオス属の 1 種
Chaos carolinense (Wilson, 1902) カオス属の 1 種
Hartmannellidae ハルトマネラ科
Hartmannella sp. ハルトマネラ属の 1 種
Saccamoeba sp. サッカメーバ属の 1 種

Thecina テキナ亜目

Thecamoebidae テカアメーバ科

Thecamoeba sp. テカメーバ属の 1 種

Discamoebidae ディスクアメーバ科

Discamoeba sp. ディスクアメーバ属の 1 種

Vannella sp. バネラ属の 1 種

Conopodina コノポディナ亜目

Mayorellidae マヨレラ科

Mayorella sp. マヨレラ属の 1 種

Acanthapodina アカンサポディナ亜目

Acanthamoebidae アカントアメーバ

科

Acanthamoeba sp. アカントアメーバ属の 1 種

Schizopyrenida ナエグリア目（シゾピレヌス目）

Vahlkampfiidae バールカンピア科

Vahlkampfia sp. バールカンピア属の 1 種

Naegleria sp. ネグレリア属の 1 種

Arcellinida ナベカムリ目

Arcellina ナベカムリ亜目

Cochliopodiidae コクリオポディウム

科

Cochliopodium sp. コクリオポディウム属の 1 種

Arcellidae アルケラ科

Arcella sp. ナベカムリ属の 1 種

Difflogina ディフルギア亜目

Difflogiidae ディフルギア科

Difflogia sp. ナガツボカムリ属の 1 種

Centropyxidae トゲフセツボカムリ

科

Centropyxis sp. トゲフセツボカムリ属の 1 種

Nebelidae アミカムリ科

Nebela sp. アミカムリ

Trichosida トリコスファエリウム目

Trichosidae トリコスファエリウム科

Trichosphaerium sp. トリコスファエリウム属の 1 種

Filosea 糸状根足虫綱

Aconchulinida スクレアリア目

Vampyrellidae バンピレラ科

Vampyrella sp. バンピレラ属の 1 種

Nuclearia sp. スクレアリア属の 1 種

Penardia sp. ペナルディア属の 1 種

Gromiida グロミア目

Gromiina グロミア亜目

Gromiidae グロミア科

Gromia sp. グロミア属の 1 種

Chlamydophryidae クラミドフリス科

Chlamydophrys sp. クラミドフリス属の 1 種

Pseudodifflogiidae シュードディフルギア科

Pseudodifflogia sp. シュードディフルギア属の 1 種

Euglyphina ユーグリファ亜目

Euglyphidae ユーグリファ科

Euglypha sp. ユーグリファ属の 1 種

Trinema sp. トリネマ属の 1 種

Granuloreticulosea 顆粒根足虫綱

Athalamida カラカムリ目

Biomyxidae バイオミクスサ科

Biomyxa sp. バイオミクスサ属の 1 種

Monothalamida アンフィトレマ目

Amphitremitidae アンフィトレマ科

Diplophrys sp. ディプロフリス属の 1 種

Sarcomastigophora 肉質鞭毛虫門

Sarcodina 肉質虫亜門

Actinopoda 有軸仮足上綱

Heliozoa 太陽虫綱

Actinophryida タイヨウチュウ目

Actinophrys sp. タイヨウチュウ属の 1 種

Desmothoracida カゴメタイヨウチュウ目

（有殻太陽虫類）

Clathrulina sp. クラスルリナ属の 1 種

キリオフリス目 Ciliophryida

Ciliophrys sp. キリオフリス属の 1 種

スチコロンケ目 Taxopodida

Sticholonche sp. スチコロンケ属の 1 種

カラタイヨウチュウ目（内質太陽虫類）

Centrohelida

Acanthocystis sp. アカンソキスチス属の 1 種

Raphidiocystis sp. ラフィディオキスチス属の 1 種

ラブディオフリス目 Rostosphaerida

Rabdiophrys sp. ラブディオフリス属の 1 種

Mastigophora 鞭毛虫亜門

Zoomastigophora 動物性鞭毛虫綱

Cercomonadida ケルコモナス目

Cercomonadidae ケルコモナス科

Cercomonas sp. ケルコモナス属の 1 種

Kinetoplastida キネトプラスト目（マクム

シ）

Bodonidae ボド科

Bodo sp. ボドヒゲムシ属の 1 種

Pleuromonas sp. プレウロモナス属の 1 種

Cephalothamnium sp. ケファロタムニウム属の 1 種

Phytomastigophorea 植物性鞭毛虫綱

Cryptomonadida クリプトモナス目

Cryptomonadaceae クリプトモナス科

Cryptomonadoideae クリプトモナス亜科

Cryptomonas sp. カゲヒゲムシ属の 1 種

Chroomonas sp. クロオモナス属の 1 種

Chilomonadoideae キロモナス亜科

Chilomonas sp. フカミゾヒゲムシ属の1種

科が定まっていない仲間

Pyrenomonas sp. ピレノモナス属の1種

Cyathomonas sp. キアトモナス属の1種

Dinoflagellida 渦鞭毛虫目

Diniferina 渦鞭毛虫亜目

Dinophysidae ディノフィシス科

Amphisolenia sp. コウガイフタヒゲムシ属の1種

Gymnodiniidae ギムノディニウム科

Gymnodinium sp. ヒメハダカオビムシ属の1種

Peridiniidae ペリジニウム科

Ceratium sp. ツノオビムシ属の1種

Peridinium sp. マルウズオビムシ属の1種

Euglenida ミドリムシ目

Eutreptidae ユーロレプティア科

Eutreptia sp. ユーロレプティア属の1種

Euglenidae ミドリムシ科

Euglena gracilis Klebs, 1883 ミドリムシ

Euglena viridis Ehrenberg, 1830 ホシミドリムシ

Euglena acus Ehrenberg, 1830 ハリガタミドリムシ

Euglena spirogyra Ehrenberg, 1830 ツブマキミドリムシ

Euglena gigas Drezepolski, 1925 オオネジレミドリムシ

Euglena pisciformis Klebs, 1883 チビミドリムシ

Euglena oxyuris Schmarda, 1846 オオミドリムシ

Euglena proxima Dangeard, 1901 ミドリムシ属の1種

Euglena rubra Hardy, 1911 ミドリムシ属の1種

Euglena sociabilis Dangeard, 1901 ミドリムシ属の1種

Euglena stellata Mainx, 1926 ミドリムシ属の1種

Euglena tripteris (Dujardin) Klebs, 1883

ミドリムシ属の1種

Euglena variabilis Klebs, 1883 ミドリムシ属の1種

Euglena terricola (Dangeard) Lemmerman, 1910

ミドリムシ属の1種

Euglena sanguinea Ehrenberg, 1830 ミドリムシ属の1種

Euglena cyclopicola Gicklhorn, 1925 ミドリムシ属の1種

Phacus pleuronectes (O. F. Müller) Dujardin, 1841

ウチワヒゲムシ属の1種

Phacus longicauda (Ehrenberg) Stein, 1878

ナガウチワヒゲムシ

Phacus helikoides Pochmann, 1942 ネジレウチワヒゲムシ

Phacus acuminatus Stokes, 1885 ウチワヒゲムシ属の1種

Phacus curvicauda Swirenko, 1915

ウチワヒゲムシ属の1種

Phacus undulatus (Skvortzow) Pochmann, 1942

ウチワヒゲムシ属の1種

Phacus pyrum (Ehrenberg) Stein, 1878

ウチワヒゲムシ属の1種

Trachelomonas armata (Ehrenberg) Stein 1878

ツノカラヒゲムシ

Trachelomonas robusta Swirenko, 1914

カラヒゲムシ属の1種

Trachelomonas allia Drezeporski emend. Deflandre, 1926

カラヒゲムシ属の1種

Trachelomonas hispida Lemmermann, 1913

トゲカラヒゲムシ

Trachelomonas planktonica Swirenko, 1914

カラヒゲムシ属の1種

Trachelomonas cylindrica Ehrenberg, 1833

カラヒゲムシ属の1種

Strombomonas sp. ストロンボモナス属の1種

Lepocinclis sp. レポキンクリス属の1種

Colacium sp. コラキウム属の1種

Astasia sp. アスタシア属の1種

Rhabdomonadidae ラブドモナス科

Rhabdomonas sp. ラブドモナス属の1種

Menoidium sp. メノイディウム属の1種

Heteronematidae ヘテロネマ科

Peranema sp. ペラネマ属の1種

Urceolus sp. ウルセオルス属の1種

Entosiphon sp. エントシフォン属の1種

Chrysomonadida 黄色鞭毛虫目

Ochromonadaceae オクロモナス科

Monas sp. モナス属の1種

Ochromonas sp. ハダカヒゲムシ属の1種

Uroglena sp. ウログレナ属の1種

Dinobryaceae サヤツナギ科

Dinobryon sp. サヤツナギ属の1種

Chrysococcus sp. クリソコッカス属の1種

Chromulinaceae ヒカリモ科

Chromulina sp. ヒカリモ属の1種

Heterochromulina sp. ヘテロクロムリナ属の1種

Mallomonaceae マルロモナス科

Mallomonas sp. マルロモナス属の1種

Synura sp. シヌラ属の1種

Volvocida オオヒゲマワリ目

Polyblephariceae ポリブレファリデス科

Dunaliella sp. ドウナリエラ属の1種

Polytomella sp. ポリトメラ属の1種

Chlamydomonaceae コナミドリムシ科

Chlamydomonas sp. コナミドリムシ属の1種

Chlorogonium sp. クロロゴニウム属の1種

Volvoceae オオヒゲマワリ科

Pandorina sp. クワノミモ属の1種

Eudorina sp. ユードリナ属の1種

Volvox sp. オオヒゲマワリ属の1種

Pleodorina sp. プレオドリナ属の1種

Gonium sp. ゴニウム属の1種

Ciliophora 繊毛虫門

Karyorelictea 原始大核綱

Protostomatia トラケロネマ亜綱

Protostomatida トラケロネマ目 (原口類)

Kentrophoridae ケントロフォロス科

Trachelonema sp. トラケロネマ属の1種

Trachelocercidae トラケロケルカ科

Tracheloraphis sp. トラケロラフィス属の1種

Trachelocerca sp. トラケロケルカ属の1種

Loxodidia ロクソデス亜綱

Loxodida ロクソデス目

Loxodidae ロクソデス科

Loxodes sp. ロクソデス属の1種

Heterotrichea 異毛綱

Heterotrichia 異毛亜綱

Heterotrichida ラップムシ目

Stentoridae ラップムシ科

Stentor coeruleus Ehrenberg, 1830 ソライロラップムシ

Stentor polymorphus (O. F. Müller, 1773)

ミドリラップムシ
Stentor igneus Ehrenberg, 1838 ラップムシ
 Blepharismidae ブレファリスマ科
Blepharisma japonicum (Suzuki, 1954)
 ベニミズケムシ属の1種
Blepharisma undulans Stein, 1867
 ヒメベニミズケムシ属の1種
Blepharisma americanum Suzuki, 1954
 ベニミズケムシ属の1種
 Spirostomatidae スピロストマム科
Spirostomum ambiguum Ehrenberg, 1838
 ネジレグチミズケムシ属の1種
Spirostomum filum (Ehrenberg, 1838)
 ネジレグチミズケムシ属の1種
Spirostomum intermedium Kahl, 1930
 ネジレグチミズケムシ属の1種
Spirostomum teres Claparède et Lachmann, 1859
 ネジレグチミズケムシ属の1種
 Condyllostomatidae オオグチミズケムシ科
Condyllostoma sp. オオグチミズケムシ属の1種
 Heterotrichia 異毛亜綱
 Clevelandellida クリーブランドラ目
 Clevelandellidae クリーブランドラ科
Clevelandella sp. クリーブランドラ属の1種
 Plagiotomida プラギオトマ目
 Plagiotomidae プラギオトマ科
Plagiotoma sp. プラギオトマ属の1種
 Licnophorida リクノフォラ目
 Licnophoridae リクノフォラ科
Licnophora sp. リクノフォラ属の1種
 Peritromida ペリトロムス目
 Peritromidae ペリトロムス科
Peritromus sp. ペリトロムス属の1種
 Spirotrichea 旋毛綱
 Protocruziida プロトクルジア亜綱
 Protocruzia プロトクルジア目
 Protocruziidae プロトクルジア科
Protocruzia sp. プロトクルジア属の1種
 Oligotrichia 少毛亜綱
 Oligotrichida ハルテリア目（少毛類）
 Halteriidae ハルテリア科
Halteria grandinella (O.F.Müller, 1786)
 ハルテリア属の1種
 Strombidiidae ストロンビディウム科
Tontonia sp. トントニア属の1種
Strombidium sp. ストロンビディウム属の1種
Strombidinopsis sp. ストロビディノプシス属の1種
Strobilidium sp. ストロビリディウム属の1種
 Hypotrichia 下毛類亜綱
 Euplotida ユープロテス目
 Uronychiidae ウロニキア科
Uronychia sp. ウロニキア属の1種
 Aspidiscidae アスピディスカ科
Aspidisca sp. アスピディスカ属の1種

Euplotidae ユープロテス科
Euplotes charon (O. F. Müller, 1786)
 ユープロテス属の1種
Euplotes eurystomus (Wrzesniowski, 1870)
 ユープロテス属の1種
Euplotes woodruffi Gaw, 1939 ユープロテス属の1種
Euplotes affinis Dujardin, 1842 ユープロテス属の1種
Euplotes caudatus Meunier, 1907 ユープロテス属の1種
Euplotes muscicola Kahl, 1931 ユープロテス属の1種
 Stichotrichia 棘毛亜綱
 Stichotrichida アンフィシエラ目（棘毛目）
 Urostylina ウロスティラ亜目
 Urostylidae ウロスティラ科
Urostyla sp. ウロスティラ属の1種
Bakuella sp. バクエラ属の1種
Holosticha sp. ホロスティカ属の1種
Uroleptus sp. ウロレプタス属の1種
 Pseudourostylidae シュードウロスティラ科
Pseudourostyla sp. シュードウロスティラ属の1種
 Pseudokeronopsidae シュードケロノプシス科
Pseudokeronopsis sp. シュードケロノプシス属の1種
 Stichotrichina 棘毛亜目
 Strongylidiidae ストロンギリディウム科
Strongylidium sp. ストロンギリディウム属の1種
 Keronidae ケロナ科
Keronopsis sp. ケロノプシス属の1種
 Sporadotrichina スポラドトリカ亜目
 Oxytrichidae オキシトリカ科
Oxytricha sp. オキシトリカ属の1種
Stylonychia sp. スティロニキア属の1種
 Trachelostylidae トラケロスティラ科
Trachelostyla sp. トラケロスティラ属の1種
Urosoma sp. ウロゾマ属の1種
 Armophorida 被甲亜綱
 Armophorida メトプス目
 Metopidae メトプス科
Palmarella sp. パルマレラ属の1種
Eometopus sp. エオメトプス属の1種
Metopus sp. メトプス属の1種
Parametopus sp. パラメトプス属の1種
 Odontostomatida 櫛口亜綱
 Odontostomatida ディスコモルファ目（櫛口目）
 Discomorphellidae ディスコモルフェラ科
Discomorphella sp. ディスコモルフェラ属の1種
 Epalxellidae エパルクセラ科
Epallxella sp. エパルクセラ属の1種
Saprodinium sp. サプロディニウム属の1種
 Phacodiniida ファコディニウム亜綱
 Phacodiniida ファコディニウム目
 Phacodiniidae ファコディニウム科
Phacodinium sp. ファコディニウム属の1種
 Colpodea コルボダ綱

Colpodida コルポダ目
 Colpodidae コルポダ科
Colpoda sp. コルポダ属の1種
 Hausmanniellidae ハウスマンニエラ科
Hausmanniella sp. ハウスマンニエラ属の1種
 Marynidae マリナ科
Maryna sp. マリナ属の1種

Bursariomorphida フクロミズケムシ目
 Bursariidae フクロミズケムシ科
Bursaria sp. フクロミズケムシ属の1種
 Bursariidae ブルサリディウム科
Bursaridium sp. ブルサリディウム属の1種

Phyllopharyngea 層状咽頭綱
 Phyllopharyngia 層状咽頭亜綱
 Cyrtophorida キルトス目
 Hypocomatina ヒポコマ亜目
 Hypocomidae ヒポコマ科
Hypocoma sp. ヒポコマ属の1種

Chlamyodontina クラミドドン亜目
 Chitonellidae キトネラ科
Chitonella sp. キトネラ属の1種
 Chlamyodontidae クラミドドン科
Chlamydodon sp. クラミドドン属の1種
Cyrtophoron sp. キルトフォロン属の1種
 Chilodonellidae キロドネラ科
Trithigmotoma sp. トリシグモストマ属の1種
Chilodonella sp. キロドネラ属の1種
 Lynchellidae リンケラ科
Lynchella sp. リンケラ属の1種
Chlamydonella sp. クラミドネラ属の1種

Dysteriina デイステリア亜目
 Hartmannulidae ハルトマヌラ科
Hartmannula sp. ハルトマヌラ属の1種
 Dysteriidae デイステリア科
Dysteria sp. デイステリア属の1種
Trochilia sp. トロキリア属の1種

Suctoria 吸管虫亜綱
 Exogenida ハリヤマスイクダムシ目（外生芽目）
 Spelaeophryidae タマスイクダムシ科
Spelaeophrya sp. タマスイクダムシ属の1種
 Ephelotidae ハリヤマスイクダムシ科
Ephelota sp. ハリヤマスイクダムシ属の1種
 Podophryidae ポドフリア科
Podophrya sp. ポドフリア属の1種

Endogenida ボンボリスイクダムシ目（内生芽目）
 Dendrosomatidae デンドロソマ科
Dendrosoma sp. デンドロソマ属の1種
 Acinetidae アキネタ科
Acineta sp. アキネータ属の1種
 Tokophryidae ボンボリスイクダムシ科
Tokophrya sp. ボンボリスイクダムシ属の1種
Multifasciculatum sp. マルチファスキクラツム属の1種

Evaginogenida ハナエダスイクダムシ目（外転芽目）
 Dendrocometidae ハナエダスイクダムシ科
Dendrocometes sp. ハナエダスイクダムシ

Nassophorea 梁口綱
 Nassophoria ナスラ亜綱
 Synhymeniida ナスロプシス目（単膜目）
 Nassulopsidae ナスロプシス科
Nassulopsis sp. ナスロプシス属の1種

Scaphidiodontidae
 スカフィディオドン科
Chilodontopsis sp. キロドントプシス属の1種
Scaphidiodon sp. スカフィディオドン属の1種

Nassulida ナスラ目
 Nassulina ナスラ亜目
 Nassulidae ナスラ科
Nassula sp. ナスラ属の1種

Parahymenostomatina 副膜口亜目
 Furgasonidae フルガソニア科
Furgasonia sp. フルガソニア属の1種
 Paranassulidae パラナスラ科
Paranassula sp. パラナスラ属の1種

Microthoracida ミクロトラクス目
 Microthoracidae ミクロトラクス科
Microthorax sp. ミクロトラクス属の1種
Drepanomonas sp. ドレパノモナス属の1種

Propeniculida レプトファリンクス目
 Leptopharyngidae
 レプトファリンクス科
Leptopharynx sp. レプトファリンクス属の1種

Oligohymenophorea 貧膜口綱
 Peniculia ゾウリムシ亜綱
 Peniculida ゾウリムシ目
 Frontoniina フロントニア亜目
 Frontoniidae フロントニア科
Frontonia sp. フロントニア属の1種

Parameciina ゾウリムシ亜目
 Urocentridae ウロセントルム科
Urocentrum sp. ウロセントルム属の1種

Parameciidae ゾウリムシ科
Paramecium caudatum Ehrenberg, 1883 ゾウリムシ
Paramecium aurelia O. F. Müller, 1773 ヒメゾウリムシ
Paramecium bursaria Focke, 1836 ミドリゾウリムシ
Paramecium calkinsi Woodruff, 1921 ゾウリムシ属の1種
Paramecium multimicronucleatum J. H. Powers et C. Mitchell, 1910 ゾウリムシ属の1種
Paramecium polycaryum Woodruff, 1923
 ゾウリムシ属の1種

Hymenostomatia 膜口亜綱

Hymenostomatida ミズケムシ目
 Tetrahymenina テトラヒメナ亜目
 Tetrahymenidae テトラヒメナ科
Tetrahymena rostrata (Kahl, 1926) テトラヒメナ属の1種
Tetrahymena pyriformis (Ehrenberg, 1830)
 テトラヒメナ属の1種
 Turaniellidae ツナリエラ科
Colpidium campylum (Stokes, 1886)
 コルピディウム属の1種
Colpidium colpoda (Losana, 1829)
 コルピディウム属の1種
Colpidium striatum Stokes, 1886 コルピディウム属の1種
Colpidium echini (Russo) コルピディウム属の1種
 Glaucomidae グラウコマ科
Epenardia sp. エペナルディア属の1種
Glaucoma scintillans Ehrenberg, 1838
 グラウコマ属の1種
 Ophryoglenina オフリオグレナ亜目
 Ophryoglenidae オフリオグレナ科
Ophryoglena sp. オフリオグレナ
 Scuticociliatida アンキスツルム目（有スクチカ目）
 Philasterina フィラスト亜目
 Pseudocohnilembidae シュードコニレンバス科
Pseudocohnilembus sp. シュードコニレンバス属の1種
 Uronematidae ウロネマ科
Uronema sp. ウロネマ属の1種
 Pleuronematin プルーロネマ亜目
 Cyclidiidae シクリディウム科
Cyclidium sp. シクリディウム属の1種
 Pleuronematidae プルーロネマ科
Pleuronema sp. プルーロネマ属の1種
 Peritrichia 周毛亜綱
 Sessilida ツリガネムシ目（固着目）
 Astylozoidae アスティロズーン科
Astylozoon sp. アスティロズーン属の1種
Hastatella sp. ハスタテラ属の1種
 Ophrydiidae オフリディウム科
Ophrydium sp. オフリディウム属の1種
 Vaginicolidae バジニコラ科
Platycola sp. プラチコラ属の1種
Pyxicola sp. ピキシコラ属の1種
Cothurnia sp. コスルニア属の1種
Thuricola sp. スリコラ属の1種
Vaginicola sp. バジニコラ属の1種
 Vorticellidae ツリガネムシ科
Vorticella annulata Gourret et Roeser, 1888
 ツリガネムシ属の1種
Vorticella campanula Ehrenberg, 1831
 ツリガネムシ属の1種
Vorticella convallaria Linnaeus, 1758
 ツリガネムシ属の1種
Vorticella costata Sommer, 1951 ツリガネムシ属の1種
Vorticella cylindrica Dons, 1915 ツリガネムシ属の1種
Vorticella granulata Kahl, 1933 ツリガネムシ属の1種
Vorticella microstoma Ehrenberg, 1830
 ツリガネムシ属の1種

Vorticella natans Faure-Fremiet, 1924
 ツリガネムシ属の1種
Vorticella oblonga Kirk, 1887 ツリガネムシ属の1種
Vorticella quadrangularis Kent, 1881
 ツリガネムシ属の1種
Vorticella rhabdophora Stokes, 1885
 ツリガネムシ属の1種
Carchesium aselli Engelmann, 1862
 エダワカレツリガネムシ属の1種
Carchesium epistylis Claparede et Lachmann, 1850
 エダワカレツリガネムシ属の1種
Carchesium gracilis Faure-Fremiet, 1904
 エダワカレツリガネムシ属の1種
Carchesium pectinatum (Zacharias, 1897)
 エダワカレツリガネムシ属の1種
Carchesium polypinum Linnaeus, 1758
 エダワカレツリガネムシ属の1種
Carchesium steureri (Kahl, 1935)
 エダワカレツリガネムシ属の1種
 Zoothamniidae ズータムニウム科
Zoothamnium sp. ズータムニウム属の1種
Intranstylum sp. イントランスティルム属の1種
 Operculariidae オペキュラリア科
Opercularia sp. オペキュラリア属の1種
Orbopercularia sp. オルボペキュラリア属の1種
 Scyphidiidae スキフィディア科
Scyphidia sp. スキフィディア属の1種
 Epistylididae エピスティリス科
Rhabdostyla sp. ラブドスティラ属の1種
Opisthostyla sp. オピソスティラ属の1種
Campanella sp. カンパネルラ属の1種
Epistylis microdiscum Stiller, 196
 エピスティリス属の1種
Epistylis hentscheli Kahl, 1935 エピスティリス属の1種
Epistylis chrysemidis Bishop et Jahn, 1941
 エピスティリス属の1種
Epistylis cambari (Potts, 1886) エピスティリス属の1種
Epistylis lacustris Imhoff, 1884 エピスティリス属の1種
 Mobilida レイオトロカ目（遊泳目）
 Trichodinidae トリコディナ科
Trichodina sp. トリコディナ属の1種
 Urceolariidae ウロセラリア科
Urceolaria sp. ウロセラリア属の1種
 Leiostrochidae レイオトロカ科
Leiostrocha sp. レイオトロカ属の1種
 Polycyclidae ポリシクラ科
Polycycla sp. ポリシクラ属の1種
 Trichodinopsidae トリコディノプシス科
Trichodinopsis sp. トリコディノプシス属の1種
 Prostomatea 前口綱
 Prostomatida ホロフリア目
 Holophryidae ホロフリア科
Holophrya sp. ホロフリヤ属の1種
 Prorodontida シオミズケムシ目
 Prorodontidae プロロドン科
Prorodon sp. プロロドン属の1種
 Urotrichidae ウロトリカ科
Urotricha sp. ウロトリカ属の1種
 Colepidae コレプス科

Coleps hirtus (O.F.Müller, 1786)

ヨロイミズケムシ属の1種

Litostomatea リトストマ綱

Haptoria 毒胞亜綱

Haptorida シオカメウズムシ目 (毒胞目)

Spathidiidae スパチジウム科

Spathidium sp. スパチディウム属の1種

Lacrymariidae ラクリマリア科

Lacrymaria sp. ラクリマリア属の1種

Trachelophyllidae トラケロフィルム科

Trachelophyllum sp. トラケロフィルム属の1種

Chaenea sp. カエネア属の1種

Didiniidae ディディニウム科

Didinium sp. ディディニウム属の1種

Mesodiniidae メソディニウム科

Mesodinium sp. メソディニウム属の1種

Pleurostomatida アンフィレプツス目

Amphileptidae アンフィレプツス科

Loxophyllum sp. ロクソフィルム属の1種

Amphileptus sp. アンフィレプツス属の1種

Litonotus sp. リトノタス属の1種

Pharyngophorida アクチノボリナ目 (咽頭

目)

Actinobolinidae アクチノボリナ科

Actinobolina sp. アクチノボリナ属の1種

Tracheliidae トラケリウス科

Trachelius sp. トラケリウス属の1種

Dileptus sp. ディレプツス属の1種

謝 辞

三門増雄氏 (千葉県佐倉市), 新海秀次氏 (千葉県栄町), 鈴木要氏 (宮城県大崎市), 中村和夫氏 (福島県郡山市), 近藤正氏 (秋田県大潟村) には, 頻繁な生物相調査に特段のご配慮を賜った. ここに記して謝意を表する.

本調査は, 印旛沼流域水循環健全化会議が 2005 年から実施している「みためし冬水田んぼ (冬期湛水)」(千葉県県土整備部河川環境課) 事業および社団法人農村環境整備センターが所管する農林水産省 2006, 2007, 2008 年度「多様な生産基盤活用技術開発事業」の一環として実施した調査結果を成果として盛り込ん

でまとめたものである.

本稿は, 千葉県立中央博物館自然誌研究報告 10 (2) 25-38 (林ほか, 2009) として公表し, 桐谷圭治編「田んぼの生きもの全種リスト」農と自然の研究所発行にて刊行したものを一部修正し再録したものである.

引用文献

林 紀男. 2008. 田んぼ生態系を底支えている原生生物. 農林水産省 平成 19 年度 多様な生産基盤活用技術開発事業「命をつなぐ未来をつなぐ」農業農村整備と生物多様性. pp.9-10. 社団法人農村環境整備センター, 東京.

林 紀男・岡野邦宏・稲森隆平. 2009. 水田生態系に出現する原生生物. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告 10 (2) : 25-38.

桐谷圭治編. 2010. 改訂版 田んぼの生きもの全種リスト. 427pp. 農と自然の研究所, 福岡.

小島貞男・須藤隆一・千原光雄. 1995. 環境微生物図鑑. 776 pp. 講談社サイエンティフィク, 東京.

水野寿彦. 1971. 池沼の生態学. 187pp. 築地書館, 大阪.

水野寿彦. 1977. 日本淡水プランクトン図鑑. 353 pp. 保育社, 大阪.

水野寿彦・高橋永治. 1991. 日本淡水動物プランクトン検索図説. 532 pp. 東海大学出版会, 東京.

南雲 保・出井雅彦・長田敬五. 2000. 微小藻の世界 珪藻の世界 ミクロの宝石 観察と分類. 58 pp. 国立科学博物館, 東京.

田中正明. 2002. 日本淡水産動植物プランクトン図鑑. 584 pp. 名古屋大学出版会, 名古屋.

椿 宜高. 2007. 里山の重要性. 京都大学総合博物館・京都大学生態学研究センター(編), 生物の多様性ってなんだろう? pp. 211-225. 京都大学学術出版会, 京都.

上野益三. 1973. 川村多實二原著 日本淡水生物学. 760pp. 北隆館, 東京.

渡辺仁治・浅井一視・大塚泰介・辻彰洋・伯耆晶子. 2005. 淡水珪藻生態図鑑. 群集解析に基づく汚濁指数 DAIPo, pH 耐性能. 784 pp. 内田老鶴圃, 東京.

Protista Fauna of Japanese Rice-paddies. Norio Hayashi, Kunihiro Okano and Ryuhei Inamori.

日本の水田に出現するワムシ類・ミジンコ類

林 紀男¹・大内 匠²・宮田直幸³

¹ 千葉県立中央博物館 〒260-8682 千葉市中央区青葉町 955-2 (hayashin@chiba-muse.or.jp)

² 福島大学共生システム理工学類 〒960-1296 福島県福島市金谷川 1 番地

³ 秋田県立大学生物資源科学部 〒010-0195 秋田市下新城中野字街道端 241-438

要 旨

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目録化に向けた調査を 1999 年~2008 年まで 10 年間にわたり 1 道 1 府 27 県の 214 市町村において実施した。その結果, 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 種が見いだされた。これに文献調査にて水田での観察記録がある節足動物 12 種を加え, 総計 259 種を対象とし水田に見いだされる水生微小動物として目録化した。

キーワード: 水田, ワムシ, ミジンコ, ミミズ, 種多様性

はじめに

水田は, 里山の貴重な水辺環境として重要な位置を占めており, 近年その重要性が大きく注目されている (椿, 2007)。秋の収穫期から春先の田起こし後までの非灌漑期には長期にわたり落水され, 乾燥状態が続く水田環境は, 生態的攪乱をともしう特殊な水環境 (水野, 1971) である。近年は, 溜池や谷津の絞り水に頼った田越し灌漑体系は廃れ, 圃場整備事業による大規模な暗渠灌漑体系が構築されている。収穫には大型農機の運用を容易にするため暗渠排水体系が整備され, 排水弁の操作により短期間の内に水田表土を乾燥状態に移行できる。こうした農地改変は, 湿田で非灌漑期にも湿地状態が続いていた谷津奥の小区画の水田にまで及び, 水田と畑地を年によって切り替えるような運用をも可能せしめている。

このような水田の乾田化は, 永年にわたる水田耕作の周期に生活史を同調させ繁栄してきた数多くの水生生物個体群にも大きな影響を及ぼしている。近年, 注目を集めている有機栽培, 冬期湛水, 不耕起栽培などさまざまな取り組みも水田を生活の場とする水生生物群に大きく影響を及ぼしていることが明らかにされつつある (林, 2008)。

こうした背景のもと, ここでは, さまざまな条件の水田において食物網の底辺を担う原生生物を捕食するワムシ類, ミジンコ類, 水生ミミズ類など微小動物群に着目し, その網羅的な出現種目録を作成することで, さまざまな環境条件の水田生態系を比較検討する上での基礎的知見とすることを旨とした。

調査方法

さまざまな環境条件の水田において, ワムシ類,

ミジンコ類, ミミズ類など水生微小動物を採集し, 生物顕微鏡および実体顕微鏡を用いて検鏡し, 種を同定・記録した。水田における採集地点は, 水中, 稻茎表面, 水底土表面, 水底泥中, 乾出した表土表面などとした。採集は, 次に示す 1 道 1 府 27 県の 214 市町村 (調査時点以後に市町村合併した自治体名は 2008 年 10 月時点の自治体名称に変換済み) の水田にて実施した。

北海道 (北竜町・月形町・当別町・南幌町・恵庭市・千歳市・北広島市)・岩手県 (八幡平市・滝沢村・雫石町・紫波町・花巻市・北上市・平泉町・一関市)・秋田県 (大館市・藤里町・北秋田市・能代市・大潟村・潟上市・男鹿市・三種町・八郎潟町・五城目町・井川町・秋田市・由利本荘市・にかほ市・大仙市・仙北市・横手市・美郷町・東成瀬村・湯沢市・羽後町)・山形県 (遊佐町・酒田市・真室川町・金山町・最上町)・宮城県 (大崎市・登米市)・福島県 (福島市・二本松市・大玉村・本宮市・郡山市・三春町)・栃木県 (那須町・那須塩原町・大田原市・矢板市・さくら市・高根沢町)・埼玉県 (久喜市・白岡町・蓮田市)・茨城県 (美浦村・行方市・鉾田市・小美玉市・稲敷市・阿見町・河内町・利根町・龍ヶ崎市・取手市)・千葉県 (野田市・流山市・柏市・鎌ヶ谷市・我孫子市・印西市・白井市・八千代市・船橋市・栄町・本埜村・印旛村・成田市・酒々井町・富里市・芝山町・多古町・横芝光町・匝瑳市・香取市・東庄町・旭市・銚子市・佐倉市・四街道市・八街市・千葉市・山武市・東金市・大網白里町・茂原市・市原市・長柄町・長南町・九十九里町・白子町・長生村・一宮町・睦沢町・大多喜町・君津市・袖ヶ浦町・木更津市・いすみ市・御宿町・勝浦市・鴨川市・富津市・鋸南町・南房総市・館山市)・静岡県 (菊川市・掛川市・袋井市・磐田市)・愛知県 (岡崎市・安城市)・岐阜県 (下呂市・郡上市)・石川県 (川北町・能美市・小松市)・滋賀県 (余呉町・木之本町・虎姫町・長浜市・米原市・彦根市・多賀町・甲良町・豊郷町・東近江市・安土町・近江八幡市)・奈良県 (奈良市・天理市・桜井市・明日香村・高取町・大淀町)・京都府 (宮津市・舞鶴市・綾部市)・香川県 (高松市・坂

出市)・高知県(土佐町・南国市・高知市・安芸市・芸西村・香南市・大豊町・南国市)・岡山県(岡山市・倉敷市)・広島県(東広島市・広島市・廿日市市)・島根県(松江市・雲南市・出雲市)・山口県(下関市・長門市・美祢市・萩市)・福岡県(北九州市・香春町・直方市・福智町)・佐賀県(佐賀市・白石町・鹿島市・太良町・嬉野市・武雄市・有田町)・長崎県(諫早市・雲仙市・島原市・大村市・東彼杵町・川棚町・波佐見町・佐世保市・西海市・長崎市・時津町・長与町)・宮崎県(椎葉村・五ヶ瀬町・西米良村・西都市・美郷町・都農町・野尻町・小林市)・鹿児島県(加治木町・姦良町・鹿児島市・屋久島町・龍郷町・奄美市・瀬戸内町)・沖縄県(名護市・金武町・石垣市)。

採集期間は、1999年から2008年の10年間とした。

調査結果

採集した試料は、上野(1973)、水野(1977)、猪木(1981)、水野・高橋(1991)、小島ほか(1995)、田中(2002)、渡辺ほか(2005)、A.Ruttner-Kolisko(1974)に基づき同定した。その結果、以下に示す輪形動物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種が見いだされた。これに文献調査にて水田での採集記録がある節足動物甲殻類12種を加え、総計259種を対象とし整理した。なお、節足動物甲殻類の分類については、大塚・駒井(2008)に従った。

Rotifera 輪形動物門

Rotatoria 輪虫綱

Digononta 二性亜綱

Bdelloidea ヒルガタワムシ目

Philodidae ヒルガタワムシ科

Rotaria rotatoria (Pallas, 1766) ヒルガタワムシ

Rotaria neptunia (Ehrenberg, 1882)

ネブチューンヒルガタワムシ

Philodina roseola Ehrenberg, 1832

ベニヒルガタワムシ

Philodina erythrophthalma Ehrenberg, 1830

ヒルガタワムシ

Dissotrocha aculeata (Ehrenberg, 1832)

トゲヒルガタワムシ

Macrotrachela multispinosus (Thompson, 1892)

マクロツロケラ属の1種

Monogononta 単性亜綱

Collothecaceae ハナビワムシ目

Collothecidae ハナビワムシ科

Collotheca ornata (Ehrenberg, 1835) ハナビワムシ

Stephanoceros fimbriatus (Goldfuss, 1820)

ハナカザリワムシ属の1種

Stephanoceros eichhorni Ehrenberg, 1832

ハナカザリワムシ属の1種

Flosculariaceae マルサヤワムシ目

Flosculariidae マルサヤワムシ科

Lacinularia floscularia (O.F.Müller, 1758)

ハナフサワムシ

Floscularia ringens (Linnaeus, 1758) マルサヤワムシ

Floscularia janus (Hudson, 1881) ツブサヤワムシ

Limnias melicerta Weisse, 1848 ワツミワムシ

Ploima 遊泳目

Conochilidae テマリワムシ科

Conochilus hippocrepis (Schränk, 1830) テマリワムシ

Conochilus unicornis Rousselet, 1892

ツノテマリワムシ

Conochiloides natans (Seligo, 1900)

テマリワムシモドキ属の1種

Conochiloides coenbass Skorikov, 1914

テマリワムシモドキ属の1種

Conochiloides dossuarius (Hudson, 1885)

テマリワムシモドキ属の1種

Synchaetidae ドロワムシ科

Synchaeta stylata Wierzejski, 1893 ドロワムシ

Synchaeta tremula (O.F.Müller, 1786) ホソドロワムシ

Synchaeta oblonga (Ehrenberg, 1832)

ナガマルドロワムシ

Polyarthra vulgaris Carlin, 1943

ハネウデワムシ属の1種

Polyarthra trigala Ehrenberg, 1834

ハネウデワムシ属の1種

Polyarthra euryptera (Wierzejski, 1893)

ヒロハネウデワムシ

Notommatidae コガタワムシ科

Monommata grandis Tessin, 1890 カタオワムシ

Trichoceridae ネズミワムシ科

Trichocerca capucina (Wierzejski and Zacharias, 1893)

ネズミワムシ

Trichocerca longiseta (Schränk, 1802)

ナガツノネズミワムシ

Trichocerca elongata (Gosse, 1886)

ナガガタネズミワムシ

Trichocerca cylindrica (Imhof, 1891)

ツメナガネズミワムシ

Trichocerca scipio (Gosse, 1886) ネズミワムシ属の1種

Trichocerca iernis (Gosse, 1887) ネズミワムシ属の1種

Trichocerca bicristata (Gosse, 1887)

フタスジネズミワムシ

Trichocerca rattus (O.F.Müller, 1776)

ネコゼネズミワムシ

Trichocerca cristata Harring, 1913

セスジネズミワムシ

Trichocerca stylata (Gosse, 1851) ツノフタオワムシ

Diurella dixon-nuttalli Jennings, 1903

フトネズミワムシ

Diurella branchyura (Gosse, 1851) フトフタオワムシ

Diurella collaris (Rousselet, 1896)

エリガタフタオワムシ

Diurella porcellus (Gosse, 1851) フタオワムシ属の1種

Diurella stylata (Gosse, 1851) フタオワムシ属の1種

Diurella birostris (Minkiewicz, 1900)

フタオワムシ属の1種

Diurella insignis Herrick, 1885 ユビナガフタオワムシ

Diurella tenuior (Gosse, 1886) フタオワムシ属の1種

Diurella tigris (O.F.Müller, 1786) フタオワムシ

Asplanchnidae フクロワムシ科

Asplanchna priodonta Gosse, 1850 フクロワムシ

Asplanchna herricki De Guerne, 1880

ヘリックフクロワムシ

Asplanchna sieboldi (Leydig, 1854)

シボリフクロワムシ

Asplanchnopus multiceps (Schränk, 1793)

フクロワムシモドキ

Brachionidae ツボワムシ科

- Brachionus calyciflorus* Pallas, 1766 ツボワムシ
Brachionus budapestinensis Daday, 1885
 ブタペストツボワムシ
Brachionus caudatus Barrois and Dady, 1894
 ツボワムシ属の 1 種
Brachionus dimidiatus (Bryce, 1931)
 ツボワムシ属の 1 種
Brachionus angularis Gosse, 1851 コガタツボワムシ
Brachionus quadridentatus Hermann, 1783
 カドツボワムシ
Brachionus leydigii Cohn, 1862 シリミットゲワムシ
Brachionus urceolaris O.F.Müller, 1773
 カメガタツボワムシ
Brachionus rubens Ehrenberg, 1838 アカツボワムシ
Brachionus plicatilis (O.F.Müller, 1786)
 シオミズツボワムシ
Brachionus forficula Wierzejski, 1891
 ウシロヅノツボワムシ
Brachionus falcatus Zacharias, 1898
 カマガタツボワムシ
Brachionus diversicornis (Daday, 1883) ツノワムシ
Keratella cochlearis (Gosse, 1851) カメノコウワムシ
Keratella valga Ehrenberg, 1834
 コシボソカメノコウワムシ
Keratella quadrata (O.F.Müller, 1786)
 コシブトカメノコウワムシ
Keratella serrulata (Ehrenberg, 1838)
 ノコギリカメノコウワムシ
Notholca acuminata (Ehrenberg, 1832) スジトゲワムシ
Notholca foliacea (Ehrenberg, 1838) トガリシマワムシ
Notholca labis Gosse, 1887 シリキレシマワムシ
Notholca striata (O.F.Müller, 1786) トゲワムシ
Notholca squamula (O.F.Müller, 1786)
 トゲワムシ属の 1 種
Argronotholca foliacea (Gillard, 1948)
 ヨツトゲタテワムシ
Kellicottia longispina (Kellicott, 1879) トゲナガワムシ
Platyas quadricornis (Ehrenberg, 1832)
 カドマルネコワムシ
Platyas patulus (O.F.Müller, 1786) カクネコワムシ
Anuraeopsis fissa Gosse, 1851 ニセカメノコウワムシ
- ## Euchlanidae ハリオワムシ科
- Lepadella oblonga* (Harring, 1913) ウサギワムシ
Lepadella benjamini Harring, 1916
 ウサギワムシ属の 1 種
Lepadella amphitropis Harring, 1916
 ウサギワムシ属の 1 種
Lepadella latusinus var. *americana* Myers, 1934
 ウサギワムシ属の 1 種
Lepadella acuminata Ehrenberg, 1834
 トンガリウサギワムシ
Lepadella serrata Yamamoto, 1951
 ウサギワムシ属の 1 種
Lepadella heterostyla (Myers, 1913)
 ヒシガタウサギワムシ
Lepadella triptera Ehrenberg, 1830
 ウサギワムシ属の 1 種
Lepadella petrigoides Dunlop, 1897
 ジンガサウサギワムシ
Lepadella ehrenbergii (Perty, 1850)
 ウサギワムシ属の 1 種
Dipleuchlanis propatula De Beauchamp, 1910
 アシナガハオリワムシ

- Euchlanis dilatata* Ehrenberg, 1832 ハオリワムシ
Euchlanis deflexa Gosse, 1851 ハオリワムシ属の 1 種
Euchlanis triquetra Ehrenberg, 1838
 ミツカドハオリワムシ
Colurella uncinata (O.F.Müller, 1773) チビワムシ
Colurella obtusa (Gosse, 1886) マルチビワムシ
Colurella adriatica Ehrenberg, 1831
 チビワムシ属の 1 種
Colurella bicuspidata (Ehrenberg, 1832)
 チビワムシ属の 1 種
Colurella colurus (Ehrenberg, 1830)
 チビワムシ属の 1 種
Colurella tessellata (Glascott, 1893)
 チビワムシ属の 1 種
Mytilina ventralis (Ehrenberg, 1832) サヤガタワムシ
Mytilina mucronata (O.F.Müller, 1776)
 ヨツツノサヤガタワムシ
Mytilina bicarinata (Perty, 1850)
 オナガサヤガタワムシ
Mytilina trigona (Gosse, 1851) サヤガタワムシ属の 1 種
Mytilina acanthophora Hauer, 1938
 トゲナシサヤガタワムシ
Trichotria tetractis (Ehrenberg, 1830)
 シリトゲオニワムシ
Trichotria pocillum (O.F.Müller, 1776)
 オナガオニワムシ
Trichotria truncata (Whitelegge, 1889)
 トゲワムシ属の 1 種
Macrochaetus collinsi (Gosse, 1867) トゲトゲワムシ
Macrochaetus sericus (Thorpe, 1893)
 トゲワムシ属の 1 種
Macrochaetus serica Harring, 1893
 マルトゲトゲワムシ
Lecane rhenana Hauer, 1929 サラワムシ属の 1 種
Lecane papuana (Murray, 1913) サラワムシ属の 1 種
Lecane sverigis Ahlstrom, 1934 サラワムシ属の 1 種
Lecane haliclysta Harring and Myers, 1926
 サラワムシ属の 1 種
Lecane ludwigii (Eckstein, 1893)
 ルドウィッヒサラワムシ
Lecane luna (O.F.Müller, 1776) ツキガタワムシ
Lecane satyrus Harring and Myers, 1926
 クワガタサラワムシ
Lecane flexilis (Gosse, 1886) サラワムシ属の 1 種
Lecane hornemanni (Ehrenberg, 1834)
 サラワムシ属の 1 種
Monostyla hamata Stoke, 1897 カギエナガワムシ
Monostyla sinuata Hauer, 1937 エナガワムシ属の 1 種
Monostyla arcuata Bryce, 1891 カサネエナガワムシ
Monostyla closteroerca Schmarda, 1859
 マルガタエナガワムシ
Monostyla pygmaea Daday, 1897
 コ (マメ) エナガワムシ
Monostyla crenata Harring, 1913
 エナガワムシ属の 1 種
Monostyla lunaris Ehrenberg, 1832
 ツキガタエナガワムシ
Monostyla bulla Gosse, 1851 タマゴガタエナガワムシ
Monostyla quadridentata (Ehrenberg, 1832)
 カドエナガワムシ
Monostyla stenroosi Meissner, 1908 ツボエナガワムシ
Monostyla acus Harring, 1913 ウチワエナガワムシ
- ## Filiiniidae ミツウデワムシ科
- Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834)

ナガミツウデワムシ
Filinia terminalis (Plate, 1886)
ミツウデワムシ属の1種
Tetramastix opoliensis Zacharias, 1898
ヨツウデワムシ
Hexarthra mira Hudson, 1871 ミジンコワムシ
Testudinellidae ヒラタワムシ科
Testudinella patina (Hermann, 1783) ヒラタワムシ
Pompholyx complanata Gosse, 1851 アワワムシ
Ploesomatidae スジワムシ科
Ploesoma truncatum (Levander, 1894) スジワムシ
Ploesoma lenticulare Herrick, 1885
スジワムシ属の1種
Ploesoma triacanthum (Bergendal, 1892)
ミツツノスジワムシ
Ploesoma hudsoni (Imhof, 1891) イボスジワムシ

Gastrotricha 腹毛動物門
Gastrotricha 腹毛綱
Chaetonotida イタチムシ目
Chaetonotidae イタチムシ科
Chaetonotus sp. イタチムシ属の1種

Nematoda 線形動物門
Nematoda 線虫綱
Diplogasterida ディプロガスタ目
Diplogasteridae ディプロガスタ科
Diplogasteritus sp. ディプロガステリタス属の1種
Diplogasteriana sp. ディプロガステリアナ属の1種
Paroigolaimella sp. パロイゴライメラ属の1種
Neodiplogasteridae ネオディプロガスタ科
Diplenteron sp. ディプレンテロン属の1種

Chromadorida クロマドラ目
Chromadoridae クロマドラ科
Ethmolaimus sp. エスモライムス属の1種

Rhabditida ラブディティス目
Rhabditidae ラブディティス科
Pelodera sp. ペロデラ属の1種

Arthropoda 節足動物門
Crustacea 甲殻亜門
Branchiopoda 鰓脚綱
Phyllopoda 葉脚亜綱
Diplostraca 双殻目
Cladocera 枝角亜目
□@Ctenopoda 櫛脚下目
Sidae シダ科
Sida crystallina (O.F.Müller, 1776) シダ
Diaphanosoma brachyurum Lieve, 1848
オナガミジンコ
Diaphanosoma paucispinosum Brehm, 1944
タイワンオナガミジンコ
Holopedidae ホロミジンコ科
Holopedium gibberum Zaddach, 1855 ホロミジンコ

Anomopoda 異脚下目
Daphniidae ミジンコ科
Daphnia pulex Leydig, 1860 ミジンコ

Daphnia longispina O.F.Müller, 1785 ハリナガミジンコ
Daphnia hyalina Leydig, 1860
ウスカワハリナガミジンコ
Daphnia galeata Sars, 1864 カブトミジンコ
Daphnia cucullata Sars, 1862 カムリハリナガミジンコ
Daphnia rosea Sars, 1862 カワリハリナガミジンコ
Daphnia magna Straus, 1820 オオミジンコ
Daphnia similis Claus, 1876 ミジンコ属の1種
Daphnia ambigua Scurfield, 1947 マギレミジンコ
Daphnia obtusa Kurz, 1874 ミジンコ属の1種
Scapholeberis mucronata O.F.Müller, 1785
アオムキミジンコ
Scapholeberis kingi Sars, 1903
アオムキミジンコ属の1種
Simocephalus vetulus (O.F.Müller, 1776)
オカメミジンコ
Simocephalus exspinosus (Koch, 1841)
トゲオカメミジンコ
Simocephalus serrulatus (Koch, 1841)
トガリオカメミジンコ
Ceriodaphnia reticulata (Jurine, 1820)
アミメネコゼミジンコ
Ceriodaphnia megalops (Sars, 1862)
キレオネコゼミジンコ
Ceriodaphnia pulchella Sars, 1862
ヒメネコゼミジンコ
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.Müller, 1785)
ネコゼミジンコ
Ceriodaphnia cornuta Sars, 1855 トガリネコゼミジンコ
(Syn. *Ceriodaphnia rigaudi* Richards, 1894)
Ceriodaphnia dubia Richard, 1894 ニセネコゼミジンコ
(Syn. *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, 1900)
Moina macrocopa (Straus, 1820) タマミジンコ
Moina weismanni Ishikawa, 1896
ワイズマンタマミジンコ
Moina micrura Kurz, 1874 スカシタマミジンコ (Syn.
Moina dubia De Gverne and Richard, 1892)
Moina rectirostris (Leydig, 1860) ホソタマミジンコ
Bosminidae ゾウミジンコ科
Bosmina longirostris (O.F.Müller, 1785) ゾウミジンコ
Bosmina fatalis Burckhardt, 1924 ニセゾウミジンコ
Bosmina coregni Baird, 1857 カワリゾウミジンコ
Bosminopsis deitersi Richard, 1895
ゾウミジンコモドキ
Macrothricidae ケブカミジンコ科
Ilyocryptus sordidus (Lievin, 1848)
フトオケブカミジンコ
Drepanothrix dentata (Euren, 1861)
カマトゲケブカミジンコ
Macrothrix rosea (Jurine, 1820) ケブカミジンコ
Streblocerus serricaudatus (Fischer, 1848)
ケブカミジンコモドキ
Chydoridae マルミジンコ科
Camptocercus rectirostris Schoedler, 1862
ヒラタミジンコ
Acroperus harpae Baird, 1835 フナヅコミジンコ
Graptoleberis testudinaria (Fischer, 1848)
ヒロハシミジンコ
Rhynchotalona falcata (Sars, 1862)
カギシカクミジンコ
Alona guttata Sars, 1862 モンシカクミジンコ
Alona rectangula Sars, 1862 コシカクミジンコ
Alona quadrangularis (O.F.Müller, 1785)
シカクミジンコ

Alona affinis (Leydig, 1860) オオシカクミジンコ
Alona costata Sars, 1862 オオスジシカクミジンコ
Alona karua King, 1853 シカクミジンコ属の1種
Alonella karua (King, 1851) ニセシカクミジンコ
Pleuroxus trigonella (O.F.Müller, 1785) ハシミジンコ
Alonella excisa (Fischer, 1854) シカクミジンコモドキ
Chydorus ovalis Kurz, 1875 オオマルミジンコ
Chydorus sphaericus (O.F.Müller, 1785) マルミジンコ
Chydorus gibbus Lilljeborg, 1890 ナガマルミジンコ
Monospilus dispar Sars, 1862 ヒトツメマルミジンコ

Onychopoda 鉤脚下目

Polyphemidae オオメミジンコ科

Polyphemus pediculus (Linnaeus, 1761)
 オオメミジンコ

Haplopoda 単脚下目

Leptodoridae ノロ科

Leptodora kindtii (Focke, 1844) ノロ

Maxillopoda 顎脚綱

Copepoda カイアシ亜綱 (橈脚亜綱)

Neocopepoda 新カイアシ下綱

Gymnoplea 前脚上目

Calanoida カラヌス目

Centropagidae ケントロパガス科

Sinocalanus tenellus (Kikuchi, 1928)
 キスイヒゲナガケンミジンコ

Temoridae テモラ科

Eurytemora affinis (Poppe, 1880)
 ケブカヒゲナガケンミジンコ

Pseudodiaptomidae ニセヒゲナガケンミジンコ科

Pseudodiaptomus inopinus Burckhardt, 1913
 ニセヒゲナガケンミジンコ (Syn.

Pseudodiaptomus japonicus Kikuchi, 1913)

Diaptomidae ヒゲナガケンミジンコ科

Acanthodiaptomus pacificus (Burckhardt, 1913)
 ヤマヒゲナガケンミジンコ (Syn. *Diaptomus pacificus* Burckhardt, 1913)

Neutrodiaptomus formosus (Kikuchi, 1928)
 タイワンヒゲナガケンミジンコ

Heriodiaptomus kikuchii Kiefer, 1932
 キクチヒゲナガケンミジンコ

Heriodiaptomus nipponicus (Kokubo, 1912)
 ニホンヒゲナガケンミジンコ

Sinodiaptomus valkanovi Kiefer, 1938
 シノヒゲナガケンミジンコ

Neutrodiaptomus formosus (Kikuchi, 1928)
 ヒゲナガケンミジンコ

Eodiaptomus japonicus (Burckhardt, 1913)
 ヤマトヒゲナガケンミジンコ

Podoplea 後脚上目

Cyclopoida ケンミジンコ目

Cyplopidae ケンミジンコ科

Halicyclops japonicus Ito, 1956
 シオミズケンミジンコ

Macrocyclus albidus (Jurine, 1820)
 カワリオオケンミジンコ

Macrocyclus fuscus (Jurine, 1820) オオケンミジンコ
Tropocyclops prasinus (Fischer, 1860)
 ヒメケンミジンコ

Eucyclops serrulatus (Fischer, 1851)

ノコギリケンミジンコ

Paracyclops fimbriatus (Fischer, 1853) パラキクロプス

Cyclops vicinus Uljanin, 1875 オナガケンミジンコ

Cyclops strenuus Fischer, 1851 ケンミジンコ

Diaicyclops crassicaudis Sars, 1863

ディアキクロプス属の1種

Mesocyclops ruttneri Kiefer, 1981

アサガオケンミジンコ (Syn. *Mesocyclops*

leuckarti Claus, 1857)

Thermocyclops crassus (Fischer, 1853)

テルモキクロプス属の1種

Thermocyclops hyalinus Rehberg, 1980

テルモキクロプス属の1種

Thermocyclops taihokuensis Harada, 1931

タイホクケンミジンコ (Syn. *Mesocyclops asiatica* Kiefer, 1932)

Harpacticoida ハルパクチクス目

Canthocamptidae カントカンブタス科

Canthocamptus staphylinus Jurine, 1929

カントカンブタス属の1種

Ostracoda カイムシ亜綱

Podocopa ポドコパ上目

Podocopida ポドコピダ目

Cypridacea キプリス上科

Ilyocyprididae シカクカイミジンコ科

Ilyocypris angulata Sars, 1903

トゲシカクカイミジンコ

Ilyocypris dentifera Sars, 1903

ナガシカクカイミジンコ (Syn. *Ilyocypris gibba* Broodbakker, 1987)

Ilyocypris japonica Okubo, 1990 シカクカイミジンコ

Candonidae カンドナ科

Candona japonica Okubo, 1990 ヤマトカンドナ

Physocypris nipponica Okubo, 1990

イボオヨギカイミジンコ

Cyprididae キプリス科

Chrissia formosa (Klie, 1938)

タイワンホソカイミジンコ

Chrissia vittata Okubo, 1974 シマホソカイミジンコ

Stenocypris hislopi Ferguson, 1969

ホソナガカイミジンコ

Stenocypris viridis Okubo, 1990

ミドリホソナガカイミジンコ

Stenocypris major (Baird, 1859)

オオホソナガカイミジンコ

Ilyodromus smaragdinus Sars, 1894

ドロナガカイミジンコ

Dolerocypris sinensis Sars, 1903

シナアオナガカイミジンコ

Dolerocypris fasciata var. *nipponensis* Okubo, 1972

ニホンアオナガカイミジンコ

Tamucypris pellucida (Klie, 1932) ナガカイミジンコ

Cyprinotus uenoi Brehm, 1936 コブカイミジンコ

Cyprinotus setoensis Okubo, 1990

セトコブカイミジンコ

Cyprinotus kimberleyensis McKenzie, 1966

ゴージュューコブカイミジンコ

Heterocypris incongruens (Ramdohr, 1808)

イボカイミジンコ

Heterocypris attenuata Gauthier, 1938

カワリイボカイミジンコ
Heterocypris bulgarica Sywula, 1968
 タケダイボカイミジンコ (Syn. *Heterocypris takedai* Okubo, 1973)
Hemicypris mizunoi Okubo, 1990
 マルイボカイミジンコ
Hemicypris kibiensis Okubo, 1990 コイボカイミジンコ
Hemicypris nipponica Okubo, 1990
 シマイボカイミジンコ
Hemicypris vulgaris Okubo, 1990
 ヒダリイボカイミジンコ
Cypris subglobosa Sowerby, 1840
 ユビヌキカイミジンコ
Cypris maculosa Bronstein, 1925 オオカイミジンコ
Strandesia decorata (Sars, 1903) マダラカイミジンコ
Cypretta seurati Gauthier, 1929 マエスジカイミジンコ
Cypridopsis uenoi Brehm, 1933 ゴミマルカイミジンコ
Cypridopsis japonica Okubo, 1990
 アオシマカイミジンコ
Cypridopsis nigrovittata Okubo, 1990
 クロシマカイミジンコ

Annelida 環形動物門

Oligochaeta 貧毛綱

Plesiopora 原始生殖門目

Aeolosomatidae アブラミミズ科

Aeolosoma hemprichi Ehrenberg, 1828

ベニアブラミミズ

Archioligochaeta 原始貧毛目

Naididae ミズミミズ科

Nais variabilis Piget, 1906 ミズミミズ

Nais bretsheri Michaelsen, 1899 ミツゲミズミミズ

Nais elingusis O.F.Müller, 1773 ハリミミズ

Pristina longiseta Ehrenberg, 1828 トガリミズミミズ

Pristina aequisteta Bourne, 1891

トガリミズミミズモドキ

Paranais litoralis (Müller, 1784) ニセミズミミズ

Dero limosa Leidy, 1852 ウチワミミズ

Stylaria lacustris Linnaeus, 1767 テングミズミミズ

Tubificidae イトミミズ科

Limnodrilus socialis Stephenson, 1912 ユリミミズ

Limnodrilus grandisetosus Nomura, 1932

フトゲユリミミズ

Branchiura sowerbyi Beddard, 1892 エラミミズ

Tubifex hattai Nomura, 1926 イトミミズ

Neoligochaeta 新貧毛目

Enchytraeidae ヒメミミズ科

Enchytraeus sp. ヒメミミズ

Lumbriculidae オヨギミミズ科

Lumbriculus sp. オヨギミミズ

Tardigrada 緩歩動物門

Eutardigrada 真クマムシ綱

Parachela 近爪目 (ヨリヅメ目)

Macrobiotidae チョウメイムシ科

Macrobiotus sp. クマムシ属の1種

謝 辞

三門増雄氏 (千葉県佐倉市), 新海秀次氏 (千葉県

栄町), 鈴木要氏 (宮城県大崎市), 中村和夫氏 (福島県郡山市), 近藤正氏 (秋田県大潟村) には, 頻繁な生物相調査に特段のご配慮を賜った. ここに記して謝意を表する.

本調査は, 印旛沼流域水循環健全化会議が 2005 年から実施している「みためし冬水田んぼ (冬期湛水)」(千葉県県土整備部河川環境課) 事業および社団法人農村環境整備センターが所管する農林水産省 2006, 2007, 2008 年度「多様な生産基盤活用技術開発事業」の一環として実施した調査結果を成果として盛り込んでまとめたものである.

本稿は, 千葉県立中央博物館自然誌研究報告 10 (2) 25-38 (林ほか, 2009) として公表し, 桐谷圭治編「田んぼの生きもの全種リスト」農と自然の研究所発行にて刊行したものを一部修正し再録したものである.

引用文献

林 紀男. 2008. 田んぼ生態系を底支えている原生生物. 農林水産省 平成 19 年度 多様な生産基盤活用技術開発事業「命をつなぐ未来をつなぐ」農業農村整備と生物多様性. pp.9-10. 社団法人農村環境整備センター, 東京.

林 紀男・大内匠・宮田直幸. 2009. 水田生態系に出現するワムシ類・ミジンコ類. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告 10 (2): 39-47.

桐谷圭治編. 2010. 改訂版 田んぼの生きもの全種リスト. 427 pp. 農と自然の研究所, 福岡.

小島貞男・須藤隆一・千原光雄. 1995. 環境微生物図鑑. 776 pp. 講談社サイエンティフィク, 東京.

水野寿彦. 1971. 池沼の生態学. 187pp. 築地書館, 大阪.

水野寿彦. 1977. 日本淡水プランクトン図鑑. 353pp. 保育社, 大阪.

水野寿彦・高橋永治. 1991. 日本淡水動物プランクトン検索図説. 532pp. 東海大学出版会, 東京.

大塚 攻・駒井智幸. 2008. 甲殻亜門分類表. In. 石川良輔編. 岩槻邦男・馬渡峻輔監修. 節足動物の多様性と系統. pp.421-422. 裳華房, 東京.

Ruttner-Kolisko, A. 1974. Die Binnengewässer 26/1: Plankton Rotifers Biology and Taxonomy. 146pp. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

田中正明. 2002. 日本淡水産動植物プランクトン図鑑. 584 pp. 名古屋大学出版会, 名古屋.

田中正明. 2004. 日本湖沼誌 II. 396 pp. 名古屋大学出版会, 名古屋.

椿 宜高. 2007. 里山の重要性. 京都大学総合博物館・京都大学生態学研究センター (編), 生物の多様性ってなんだろう? pp.211-225. 京都大学学術出版会, 京都.

上野益三 (編). 1973. 川村多實二原著 日本淡水生物学. 760 pp. 北隆館, 東京.

Rotifera and Crustacean Fauna of Japanese Rice-paddies. Norio Hayashi, Takumi Ouchi and Naoyuki Miyata.

冬期湛水が水田の原生生物現存量に及ぼす影響

林 紀男¹・稲森隆平²・岩渕成紀³・徐 開欽⁴

¹ 千葉県立中央博物館 〒260-8682 千葉市中央区青葉町 955-2 (hayashin@chiba-muse.or.jp)

² 福島大学共生システム理工学類 〒960-1296 福島県福島市金谷川 1 番地

³ 特定非営利活動法人田んぼ 〒989-4302 宮城県大崎市田尻大貫字荒屋敷 29 番地 1

⁴ 国立環境研究所循環型社会・廃棄物研究センター 〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2

要 旨

稲刈り後に春まで乾燥状態に置かれる慣行水管理の水田と稲刈り後から春まで田面に水を張る冬期湛水の水田において、田んぼ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。その結果、両者ともに湛水期間を通じて田面水中の細胞数は 1ml あたり 1,000 から 100,000 細胞の範囲で増減を繰り返すことは共通であることが明らかとなった。しかしながら、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、冬期湛水水田では 1ml あたり 36,700 細胞、慣行水管理水田では 1ml あたり 13,800 細胞と大きな差が認められた。

5 月期における水田水尻からの流出水に含まれる原生生物および藍藻類現存量を比較すると冬期湛水水田では平均 49,000 細胞、慣行水管理水田では平均 18,000 細胞であり、慣行水管理水田に比較して冬期湛水水田からの流出水に極めて高密度の原生生物類が含まれ、これが水田に遡上するドジョウなど小型魚類、さらに高次捕食者へと波及することが明らかとなった。冬期湛水水田に認められる種多様性および現存量の高さは、食物網の底辺を担う原生生物類の多寡が根底となっていることが示唆された。

キーワード：冬期湛水、原生生物、藍藻、食物網、生物多様性

はじめに

水田は、里山の貴重な水辺環境として重要な位置を占めており、近年その重要性が大きく注目されている(椿, 2007)。水田では稲の耕作に向けた水管理がなされており、秋の収穫期から春先の田起こし後までの非灌漑期には長期にわたり落水され乾燥状態が続く。こうした生態的攪乱をとともう特殊な水環境(水野, 1971)が水田の特徴である。近年は、溜池や谷津の絞り水に頼った田越し灌漑体系は廃れ、圃場整備事業による大規模な暗渠灌漑体系が構築されている(守山, 1997)。収穫には大型農機の運用を容易にするため暗渠排水体系が整備され、排水弁の操作により速やかに水田表土を乾燥状態に移行できる。こうした農地改変は、湿田で非灌漑期にも湿地状態が続いていた谷津奥の小区画の水田にまで及び、水田と畑地を年によって切り替えるような運用をも可能せしめている。

このような水田の乾田化は、永年にわたる水田耕作の周期に生活史を同調させ繁栄してきた数多くの水生生物個体群にも大きな影響を及ぼし(守山, 1997)、里山景観をも変化させている(藤見ほか, 1996)。近年、注目を集めている有機栽培、冬期湛水、不耕起栽培などさまざまな取り組みも水田を生活の場とする水生生物群に大きく影響を及ぼしていることが明らかにされつつある(中村, 1999・林, 2008)。

こうした背景のもと、さまざまな条件の水田において食物網の底辺を担う原生生物に着目し、その網羅的な出現種リスト化が試みられている(林ほか, 2009)。ここでは、冬期湛水と慣行水管理の両水田の田面水に出現する原生生物類の出現個体密度の季節変遷を比較検討し、これら原生生物の水田での出現個体密度に及ぼす水管理方法の影響を明らかにすることを目的とした。

調査地および方法

1. 調査・試験地の概要

千葉県が「印旛沼水質改善技術検討会」のもとで実施している冬期湛水水田(ふゆみずたんぼ)を調査の中心とした。これは、千葉県佐倉市萩山新田(北緯 35 度 45 分 18 秒, 東経 140 度 13 分 34 秒)において、隣接する 2 区画の水田(100×90m×2 区)を冬期湛水と慣行水管理に分け、同一耕作者により水管理以外を共通にして両者を比較検討した事業である。同地での調査に加え、千葉県印旛郡栄町四ツ谷(北緯 35 度 50 分 52 秒, 東経 140 度 13 分 13 秒)、宮城県大崎市田尻北小塩(北緯 38 度 36 分 17 秒, 東経 141 度 4 分 49 秒)、秋田県南秋田郡大潟村大潟(北緯 39 度 59 分 32 秒, 東経 139 度 57 分 56 秒)、福島県郡山市逢瀬町多田野(北緯 37 度 24 分 7 秒, 東経 140 度 16 分 7 秒)など全国の冬期湛水水田において同様の調査を実施し比較

検討した。

調査期間は、千葉県佐倉市萩山新田において冬期湛水を開始する以前の調査対象区画比較調査を実施した2005年6月に始まり、2009年3月までのおよそ4年とした。同期間の千葉県佐倉市萩山新田における調査頻度は、湛水・落水前後は1日1回、その他は2-7日に1回とした。千葉県印旛郡栄町四ツ谷では毎週1回、その他の調査地点では毎月1回の調査を実施した。

2. 原生生物の調査・分析

調査期間は、千葉県佐倉市萩山新田において冬期湛水を開始する以前の調査対象区画比較調査を実施した2005年6月から2008年12月までのおよそ3年半とした。同期間の千葉県佐倉市萩山新田における調査頻度は、湛水・落水前後は1日1回、その他は2-7日に1回とした。千葉県印旛郡栄町四ツ谷では毎週1回、その他の調査地点では毎月1回の調査を実施した。

水田での採集地点は、水田区画内で無作為に選定した複数箇所の田面水とした。柄杓により採水した試料は、プランクトンネット（NXXX25規格）を用いて濃縮し、生物顕微鏡を用いて検鏡・同定し分類群別の出現密度を記録した。試料は、ホルマリンやアルコールなどの化学物質による固定は細胞の変形などを生じ同定に支障をきたすため、無固定で検鏡した。また、珪藻については、パイプユニッシュ処理（南雲ほか、2000）を用いて細胞内容物を除去し殻の模様配列が判別しやすいようにした。なお、対象種は、原生生物界を中心としたが、同時に採集・観察される藍藻類も含まれた。採集した試料は、水野・高橋（1991）、小島ほか（1995）、田中（2002）などにに基づき同定した。

結果および考察

2005年秋期から2008年冬期までの約3年にわたり、冬期湛水水田および慣行水管理水田において原生生物等の現存量の季節変動を追跡調査した。なお、藍藻類は分類の上では原生生物とは全く異なる細菌の仲間であるが、ここでは微細藻類として緑藻や珪藻と同様に観察されるため、分類群は異なるものの原生生物と同様に同定計数し、総細胞数を包含し検討した。

図1は、千葉県佐倉市萩山新田における原生生物類の単位田面水あたりの原生生物および藍藻類の出現細胞密度の季節変動をまとめたものである。調査年の差違により、湛水開始時期が異なるため、グラフの立ち上がり時期が前後しているが、単位田面水あたりの細胞数の季節変化は毎年類似していることが明らかとなった。また、冬期湛水水田および慣行水管理水田において確認される原生生物および藍藻類の出現細胞密度の範囲は、湛水期間を通じて田面水中の細胞数は1mlあたり1,000から100,000細胞の範囲で増減を繰り返すことは両者で共通であることが明らかとなった。ただし、3カ年の湛水期間における単位田面水あたりの細胞数を、冬期湛水水田および慣行水管理水田と比較すると、冬期湛水水田では1mlあたり36,700（SE：2,600）細胞、慣行水管理水田では1mlあたり13,800（SE：2,900）細胞であり、冬期湛水では慣行水管理に比較して年間平均で約2.7倍の細胞密度を示すことが明らかとなった。

図2は、冬期湛水水田および慣行水管理水田における湛水開始直後の原生生物および藍藻類の出現細胞密度の経時変化を比較したものである。冬期湛水では秋期、慣行水管理では春期という季節の差違があるが、

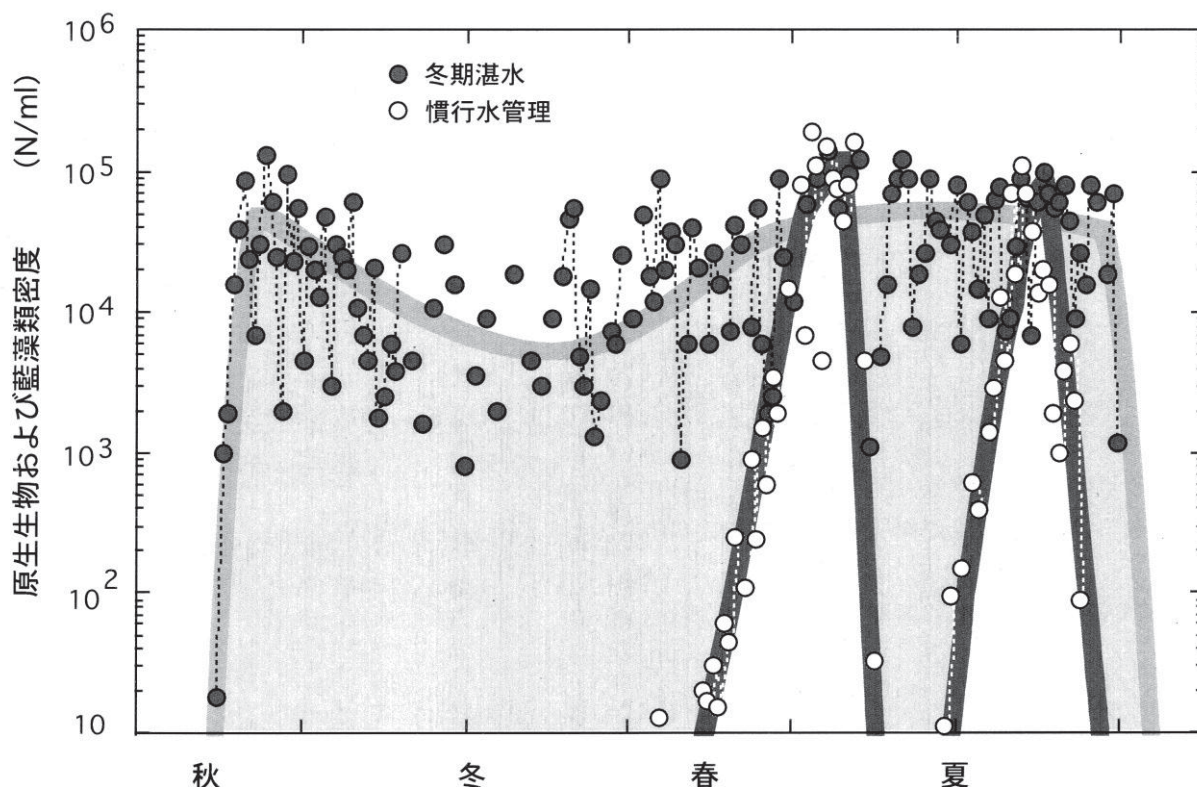


図1. 冬期湛水および慣行水管理の水田における原生生物・藍藻類現存量の季節変化。

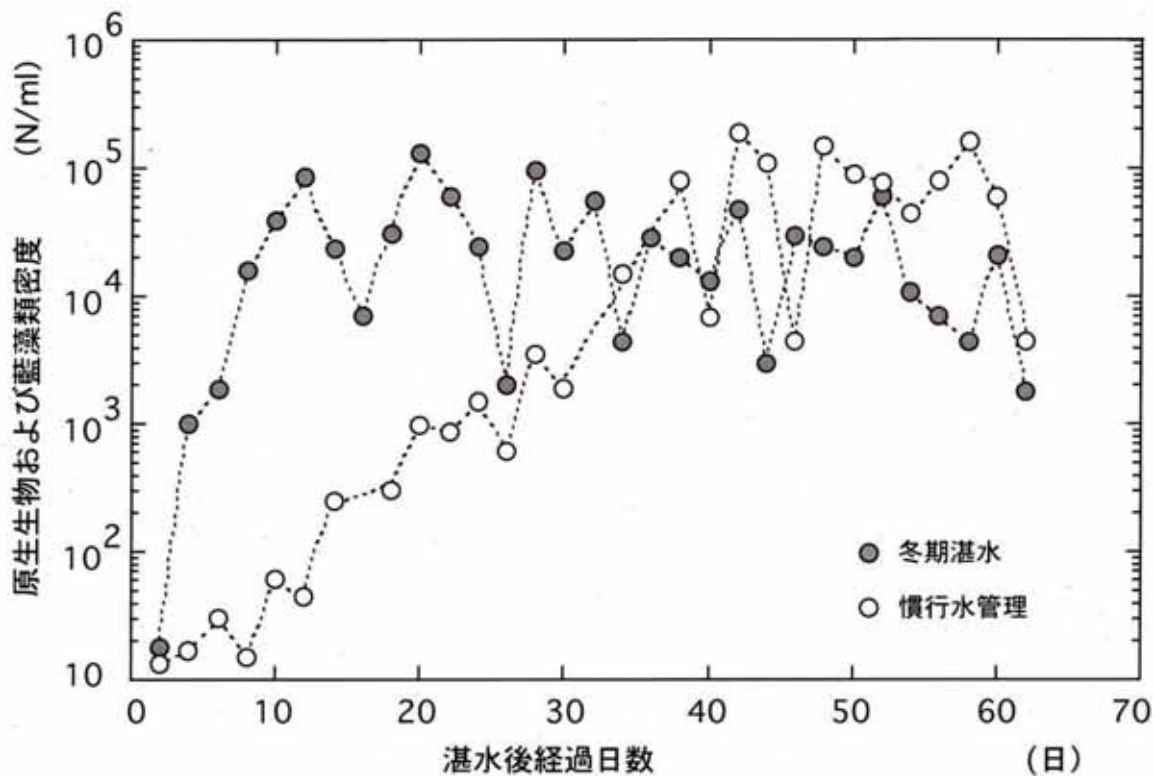


図2. 冬期湛水および慣行水管理の水田における湛水初期の原生生物・藍藻細胞数の変化.

冬期湛水水田では湛水開始直後に速やかに原生生物類の密度が高まるのに比較して、慣行水管理水田では、密度の高まりが緩やかに進行することがグラフの傾きから読み取れる。湛水開始40日を経たの最大個体密度はほぼ同一となるものの、湛水開始から40日間の個体密度推移は大きく異なることが明らかである。原生生物をはじめとする水生微生物では、休眠孢子や休眠卵の状態乾燥に適応し、再び水を得るまで休眠状態となること（平・宝月, 1987）が知られている。また、休眠状態から覚醒して再び増殖をはじめるとあたって、休眠状態から一斉には増殖を開始しない個体群保持の仕組みが備わっていることが知られている（稲森, 2008）。これは、乾燥状態後に遭遇した湛水状態が安定的なものなのか、一時的なもので短時間の内に再び乾燥状態となってしまうものなのか予測できないため、休眠孢子の一定割合部分のみが増殖をはじめ、一定割合部分では念のため休眠を続けるという巧みな個体群維持の戦略であるとされる。慣行水管理の水田では、水の無い冬期に一時的な降雨などで水を得ても再び乾燥してしまう状況を何度も経験し、先の個体群維持戦略にのっとり用心深く休眠孢子が少しずつ増殖を開始していると考えられる。一方、毎年繰り返し冬期湛水が実施される水田では、湛水により水を得ることにより休眠状態で乾燥に耐えている原生生物等の多くが速やかに増殖を始める傾向が確認された。これは、同水田に生育する原生生物個体群が、冬期に得られる湛水が安定的であることを経験的に学び適応変化させたものと類推される。同種であっても生育地の環境条件に適応した適応変化が認められる事実は、甲殻類のミジンコやワムシなどでも報告（花里, 2006）されており、本研究にて明らかにされた湛水直後の増殖特性の差違

は、原生生物類での適応変化によるものと考えられる。実際に調査地の中で10年以上冬期湛水を実施している千葉県栄町四ツ谷および数年実施してきた秋田県大潟村では適応変化と考えられる現象が顕著であるが、冬期湛水の取り組みを開始したばかりの千葉県佐倉市萩山新田では同傾向が弱いことが確認されており、これらの事実は先の推論と整合的である。

冬期湛水水田と慣行水管理水田において出現した原生生物類の種構成を比較した。湛水初期には、肉質鞭毛虫門(Sarcomastigophora)鞭毛虫亜門(Mastigophora)植物性鞭毛虫綱(Phytomastigophorea)オオヒゲマワリ目(Volvocida)の *Pandorina* sp., *Pleodorina* sp., *Eudorina* sp.などの鞭毛虫類、および肉質鞭毛虫門(Sarcomastigophora)肉質虫亜門(Sarcodina)根足虫上綱(Rhizopoda)葉状根足虫綱(Lobosea)アメーバ目(Amoebozoa)の *Polychaos dubium*, *Amoeba proteus*などのアメーバ類が優占化し、次いで繊毛虫門(Ciliophora)異毛綱(Heterotrichea)異毛亜綱(Heterotrichia)ラッパムシ目(Heterotrichida)の *Stentor coeruleus*, 同じく旋毛綱(Spirotrichea)少毛亜綱(Oligotrichia)少毛目(Oligotrichida)の *Halteria grandinella*に代表される繊毛虫類が増えることが確認され、この種構成の変遷は湛水時期(季節)が異なる冬期湛水水田と慣行水管理水田で顕著な差違は認められなかった。一方、湛水時期にかかわらず水温が高まる春になって共通して見られる種としては、肉質鞭毛虫門(Sarcomastigophora)鞭毛虫亜門(Mastigophora)植物性鞭毛虫綱(Phytomastigophorea)ミドリムシ目(Euglenida)の *Phacus pleuronectes*および *Euglena viridis*, 不等毛植物門(Heterokontophyta)珪藻植物綱(Bacillariophyceae)羽状珪藻亜綱(Pennatophycidae)フ

ナガタケイソウ目 (Naviculales) クチビルケイソウ科 (Cymbellaceae) の *Cymbella* spp., 同じくフナガタケイソウ科 (Naviculaceae) の *Navicula* spp.などの珪藻類が挙げられる。水田に出現する原生生物類は、隣接する水田でも全く異なる種構成となることが多いため普遍的な種構成を見いだすことは困難であったが、これは既往の知見¹⁴⁻¹⁷⁾と整合的である。これは、水田における施肥の種類と量、農薬使用の種類と量、湛水深、田起こしや代かきの深さなど、さまざまな環境要因により影響を受けることに起因するものであると考えられる。これまでに水田に見いだされる原生生物等として藍藻類 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種が報告(林・岡野ほか, 2009)されている。また同様に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も行われ、輪形動物 127種、腹毛動物 1種、線形動物 6種、節足動物 109種、環形動物 15種、緩歩動物 1種の合計 259種がリスト化(林・大内ほか, 2009)されている。その他にも昆虫、両生類、魚類、鳥類など多様な生物群について水田を生育の場とする生きものを網羅的に把握する試み(桐谷, 2010)がなされている。これまでに田面水のプランクトン群集の種組成、季節的変遷、施肥の影響などに関するさまざまな検討(Kikuchi *et.al.*, 1975・平・宝月, 1987・藤田・中原, 1999a・Yamazaki *et.al.*, 2003)がなされ、元肥の投入量がプランクトン現存量に大きく影響を及ぼすこと(Simpson *et.al.*, 1994・Taniguchi *et.al.*, 1997・Yamazaki *et.al.*, 2001)、地域特性や耕作法などにより出現種が質量ともに大きく影響を受けること(田中, 2002・稲森, 2008・花里, 2006・Kikuchi *et.al.*, 1975・平・宝月, 1987・藤田・中原, 1999b・Yamazaki *et.al.*, 2003)が明らかにされている。

図3は、調査対象とした各地域の冬期湛水水田と慣行水管理水田において観察された原生生物および藍藻類の田面水中の細胞密度の季節変遷を模式的に示したものである。慣行水管理水田では、初夏に中干しにより水が落とされる期間があるため細胞密度のグラフが2つの山を描くことが特徴となる。この図は、単位田面水あたりに生育する細胞密度を図示するが、同時に囲われた面の部分がそれぞれの水田において年間に保持される原生生物等の現存量の多寡を示唆している。この図から、細胞密度の積分値として面で図示される年間総現存量累積値を比較すると、慣行水管理水田に比較して冬期湛水水田において著しく高い値となることが明らかである。高頻度で調査を実施した千葉県佐倉市萩山新田および千葉県印旛郡栄町四ツ谷の2地区の3カ年を対象として、原生生物類の年間総現存量を比較すると、冬期湛水水田で $1.2 \times 10^8 \text{ cells} \cdot \text{day}$ 、慣行水管理水田で $1.1 \times 10^7 \text{ cells} \cdot \text{day}$ と有意差が確認($p=0.009$)された。

図4は、5月期における各調査対象地での水田水尻からの流出水に、プランクトンネットを仕掛けて捕捉した原生生物および藍藻類現存量を冬期湛水水田と慣行水管理水田で比較したものである。冬期湛水水田では、平均 49,000 細胞 (SD=11,400)、慣行水管理水田では平均 18,000 細胞 (SD=11,500) であり、慣行水管理水田からの流出水に比較して冬期湛水水田からの流出水に極めて高密度の原生生物類が含まれていることが明らかとなった。近年、河川に魚道を設け、水路と水田を傾斜導壁型や千鳥X型などの小規模魚道で連絡して魚類の移動性に配慮し、田んぼ・水路・河川と連なる水系の連続性を確保する取り組みが各地で盛んに行われるようになってきた(鈴木ほか, 2000・有田, 2006)。川から水を伝って田に入る小魚は餌の豊富な水を嗅ぎ分け、慣行水管理水田を避け選択的に冬期湛

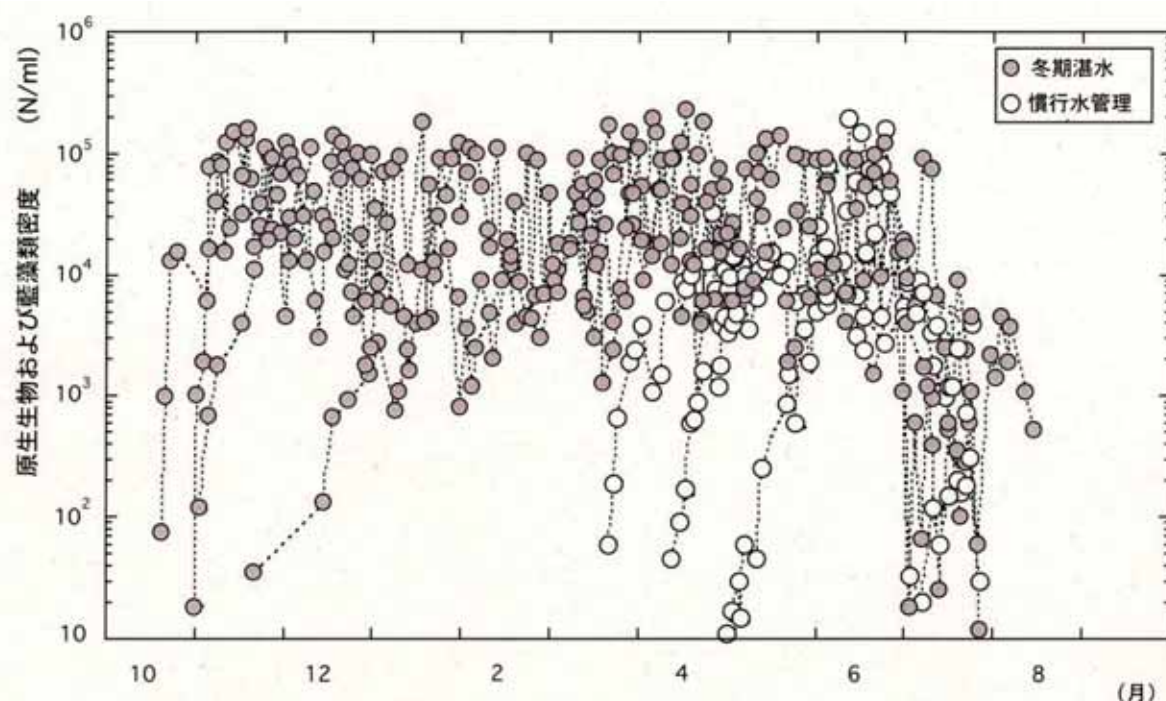


図3. 冬期湛水および慣行水管理の水田における原生生物・藍藻細胞数の季節的消長。

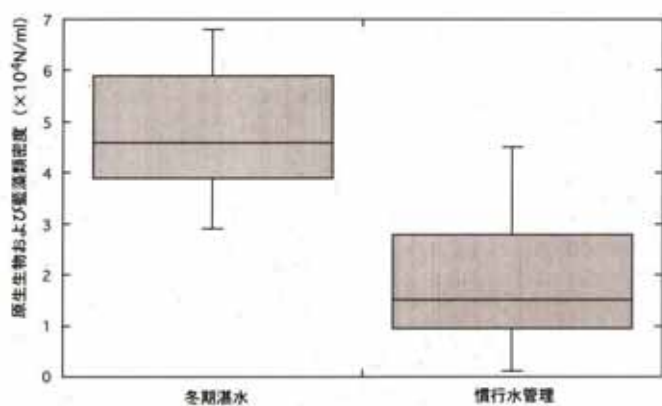


図4. 冬期湛水および慣行水管理の水田水尻流出水中の原生生物・藍藻現存量の比較.

水田に遡上する。水田と灌漑水路を小規模魚道で連絡すると、水路に生育する魚類のうち、水田を産卵場所として活用しないタイリクバラタナゴを除外すると水路で確認された7種429個体の魚類の内、48時間で49%の個体が冬期湛水水田に遡上した観察報告(田中, 2008)もなされている。これは、冬期湛水水田の水尻から流出水にドジョウなどの小型魚類の好適な餌となる動物プランクトンが高密度に包含されているため、冬期湛水水田と慣行水管理水田があれば選択的に前者に遡上することを示唆するもので先の考察を裏づける結果である。このように水田において種多様性が高まることは、稲食害生物の生育をも包含することになるが、一方で天敵生物の関与も期待できるため、食害生物の突出した異常増殖を抑制可能であり、農業に頼らない耕作を可能せしめるものとして大きな注目を集めている。

慣行農法と有機農法との水田において認められる生物相の構造・現存量の検討については、いくつかの報告(藤田・中原, 1999b・浜崎, 1999)があるものの、いまだ緒についた段階であり、冬期湛水と慣行水管理の比較(林・稲森ほか, 2009)、農業の影響(濱村ほか, 2000)など、今後の研究課題が数多く残されているものと結論づけられる。

謝 辞

三門増雄氏(千葉県佐倉市)、新海秀次氏(千葉県栄町)、鈴木 要氏(宮城県大崎市)、中村和夫氏(福島県郡山市)、近藤 正氏(秋田県大潟村)には、頻繁な生物相調査に特段のご配慮を賜った。ここに記して謝意を表する。

本調査は、千葉県が所管する「印旛沼水質改善技術検討会」のもとで実施されたものである。また、社団法人農村環境整備センターが所管する農林水産省2006, 2007, 2008年度「多様な生産基盤活用技術開発事業」の一環として実施した調査結果を成果として盛り込み、日本水処理生物学会誌 45(3):143-152(林・稲森ほか, 2009)にて公表した論文を一部修正し再録したものである。

引用文献

- 有田博之. 2006. 水田魚道小型化のための小排水路・圃場間の段差縮小. 農業土木学会論文集 241:67-72.
- 藤見俊夫・渡邊正英・浅野耕太. 1996. 耕作放棄や圃場整備による棚田景観劣化の経済損失. 環境科学会誌 19(3): 195-207.
- 藤田裕子・中原紘之. 1999a. 水田の田面水と土壌における藻類群集の季節変化. 陸水学雑誌 60: 67-76.
- 藤田裕子・中原紘之. 1999b. 農法の違いが水田土壌中の藻類群集に及ぼす影響. 陸水学雑誌 60: 77-86.
- 濱村謙史朗・高橋宏和・橋本仁一・竹下孝史・則武晃二・鶴谷明宇. 2000. 殺菌剤を利用した水田藻類制御の可能性とその応用 45: 148-149.
- 浜崎健児. 1999. 慣行農法水田と有機農法水田におけるアメリカカブトエビ *Triops longicaudatus* (LeConte) の発生. 日本応用動物昆虫学会誌 3(1):35-4.
- 花里孝幸. 2006. ミジンコ先生の水環境ゼミ:生態学から環境問題を視る. 268pp. 地人書館, 東京.
- 林 紀男. 2008. 田んぼ生態系を底支えている原生生物. 農林水産省 平成19年度 多様な生産基盤活用技術開発事業「命をつなぐ未来をつなぐ」農業農村整備と生物多様性. pp.9-10. 社団法人農村環境整備センター, 東京.
- 林 紀男・稲森隆平・岩渕成紀. 2009. 冬期湛水が水田の原生生物現存量に及ぼす影響. 日本水処理生物学会誌 45(3): 143-152.
- 林 紀男・岡野邦宏・稲森隆平. 2009. 水田生態系に出現する原生生物. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告 10(2): 25-38.
- 林 紀男・大内 匠・宮田直幸. 2009. 水田生態系に出現するワムシ類・ミジンコ類. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告. 10 (2) 39-47.
- 稲森悠平. 2008. 最新 環境浄化のための微生物学. 講談社サイエンティフィク, 東京.
- Kikuchi E., C. Furusaka, Y. Kurihara. 1975. Surveys of the fauna and flora in the water and soil of paddy fields. Rep. Inst. Agr. Res. Tohoku Univ. 26: 25-35.
- 桐谷圭治編. 2010. 改訂版 田んぼの生きもの全種リスト. 427 pp. 農と自然の研究所, 福岡.
- 小島貞男・須藤隆一・千原光雄. 1995. 環境微生物図鑑. 776pp. 講談社サイエンティフィク, 東京.
- 水野寿彦. 1971. 池沼の生態学. 187 pp. 築地書館, 大阪.
- 水野寿彦・高橋永治. 1991. 日本淡水動物プランクトン検索図説. 532pp. 東海大学出版会, 東京.
- 守山 弘. 1997. 水田を守るとはどういうことか—生物相の視点から. 205 pp. 農山漁村文化協会, 東京.
- 南雲 保・出井雅彦・長田敬五. 2000. 微小藻の世界 珪藻の世界 ミクロの宝石 観察と分類. 58 pp. 国立科学博物館, 東京.
- 中村俊彦. 1999. 特集・田んぼのエコロジー. 遺伝 53 (4): 12-60.
- Simpson I. C., A.R. Pierre, R. Oficial, I.F. Grant. 1994. Effects of nitrogen fertilizer and pesticide management on floodwater ecology in a wetland ricefield. Biol. Fertil. Soils 17: 138-146.

- 鈴木正貴・水谷正一・後藤章. 2000. 水田生態系保全のための小規模水田魚道の開発. 農業土木学会誌 68 (12): 1263-1266.
- 平 誠・宝月欣二. 1987. 水田における施肥とプランクトン群集の種組成の関係. 陸水学雑誌 48(2):77-83.
- 田中正明. 2002. 日本淡水産動植物プランクトン図鑑. 584pp. 名古屋大学出版会, 名古屋.
- 田中伸一. 2008. 技術テーマ小規模魚道の技術開発. H18-H20 多様な生産基盤活用技術開発事業調査報告資料. 26pp. 社団法人農村環境整備センター, 東京.
- Taniguchi M, Toyota K, and Kimura M. 1997. Seasonal variation of microcrustaceans and microbial flora on their surface in the overlying water of a Japanese paddy field, Soil Science and Plant Nutrition 43: 651-664.
- 椿 宜高. 2007. 里山の重要性. 京都大学総合博物館・京大大学生態学研究センター(編), 生物の多様性についてなんだろう? pp.211-225. 京都大学学術出版会, 京都.
- Yamazaki M, Hamada Y, Ibuka T, Momii T, and Kimura M. 2001. Seasonal variation of community structure of aquatic organisms in a paddy field under a long-term fertilizers trial, Soil Science and Plant Nutrition 47: 578-599.
- Yamazaki M, Hamada Y, Kamimoto N, Momii T, Aiba Y, Yasuda N, Mizuno S, Yoshida S, and Kimura M. 2003. Changes in the community structure of aquatic organisms after midseason drainage in the floodwater of Japanese paddy fields, Soil Science and Plant Nutrition 49: 125-13.
-
- The Influence of Winter-flooded Rice-paddy for Protista Biomass. Norio Hayashi, Ryuhei Inamori, Shigeki Iwabuchi and Xu Kaiqin.

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¹・大内 匠²・稲森隆平²・岩渕成紀³

¹ 千葉県立中央博物館 〒260-8682 千葉市中央区青葉町 955-2 (hayashin@chiba-muse.or.jp)

² 福島大学共生システム理工学類 〒960-1296 福島県福島市金谷川 1 番地

³ 特定非営利活動法人田んぼ 〒989-4302 宮城県大崎市田尻大貫字荒屋敷 29 番地 1

要 旨

水田は、落水という水生生物には致命的な攪乱が定期的に繰り返される環境である。水田に生活するミジンコ類は、この落水に休眠卵で表土に滞在し湛水を待つという適応を行っている。本報では、秋から春まで落水される慣行水管理の水田と、稲刈り後秋に湛水され落水期間が短い冬期湛水管理の水田を比較し、冬期湛水の水田でミジンコ休眠卵が湛水後の孵化呼応が早い、すなわち時間差孵化の習性を弱めている事実を明らかにすることができた。一方、慣行水管理の水田では、約半年という長期にわたる落水期に適応し、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ている事実も明らかにできた。さらに、休眠卵からの孵化特性を生活場所である水田の水管理に順応させるのには、数年の時間経過が必要となることも示唆された。

キーワード: 冬期湛水, ミジンコ, 休眠卵, 孵化率, 慣行水管理

はじめに

水田は、里山の貴重な水辺環境として重要な位置を占めており、近年その重要性が大きく注目されている(椿, 2007)。水田では稲の耕作に向けた水管理がなされており、秋の収穫期から春先の田起こし後までの非灌漑期には長期にわたり落水され乾燥状態が続く。こうした生態的攪乱をともしなう特殊な水環境(水野, 1971)が水田の特徴である。近年は、溜池や谷津の絞り水に頼った田越し灌漑体系は廃れ、圃場整備事業による大規模な暗渠灌漑体系が構築されている。収穫には大型農機の運用を容易にするため暗渠排水体系が整備され、排水弁の操作により短期間の内に水田表土を乾燥状態に移行できる。こうした農地改変は、湿田で非灌漑期にも湿地状態が続いていた谷津奥の小区画の水田にまで及び、水田と畑地を年によって切り替えるような運用をも可能せしめている。

このような水田の乾田化は、永年にわたる水田耕作の周期に生活史を同調させ繁栄してきた数多くの水生生物個体群にも大きな影響を及ぼしている。近年、注目を集めている有機栽培、冬期湛水、不耕起栽培などさまざまな取り組みも水田を生活の場とする水生生物群に大きく影響を及ぼしていることが明らかにされつつある(林, 2008)。

こうした背景のもと、ここでは、冬期湛水管理、と慣行水管理の水田において、秋期落水時に乾燥表土からミジンコ休眠卵を採集し、その孵化に及ぼす条件に着目し、比較検討することを目指した。

調査地および方法

1. 調査・試験地の概要

千葉県が「印旛沼水質改善技術検討会」のもとで実施している「みためし事業」冬期湛水水田(ふゆみずたんぼ)を調査地とした。これは、千葉県佐倉市萩山新田(北緯 35 度 45 分 18 秒, 東経 140 度 13 分 34 秒)において、隣接する 2 区画の水田(100×90 m×2 区)を冬期湛水と慣行水管理に分け、同一耕作者により水管理以外を共通にして両者を比較検討するもので 2005 年から開始され 2010 年まで実施された。同地での調査に加え、千葉県印旛郡栄町四ツ谷(北緯 35 度 50 分 52 秒, 東経 140 度 13 分 13 秒)、宮城県大崎市田尻北小塩(北緯 38 度 36 分 17 秒, 東経 141 度 4 分 49 秒)、秋田県南秋田郡大瀧村大瀧(北緯 39 度 59 分 32 秒, 東経 139 度 57 分 56 秒)、福島県郡山市逢瀬町多田野(北緯 37 度 24 分 7 秒, 東経 140 度 16 分 7 秒)など全国の冬期湛水水田において同様の調査を実施し比較検討した。

2. 供試休眠卵の入手・解析

水田での水田土壌採集地点は、冬期湛水区および慣行区それぞれの水田区画内で無作為に選定した複数箇所の田面乾燥表土とした。採集は 2006 年、2007 年、2008 年のそれぞれ 10 月の稲刈り後とした。採集した土壌から乾燥したままミジンコ(*Daphnia pulex*)休眠卵をソーティングして探し出し、冬期湛水区および慣行区それぞれ同条件で野外冷暗所(2~17℃)にて乾燥状態のまま放置した。

冬期湛水区および慣行区それぞれの乾燥した休眠卵を、採集直後から 210 日後までさまざまな時期を選定

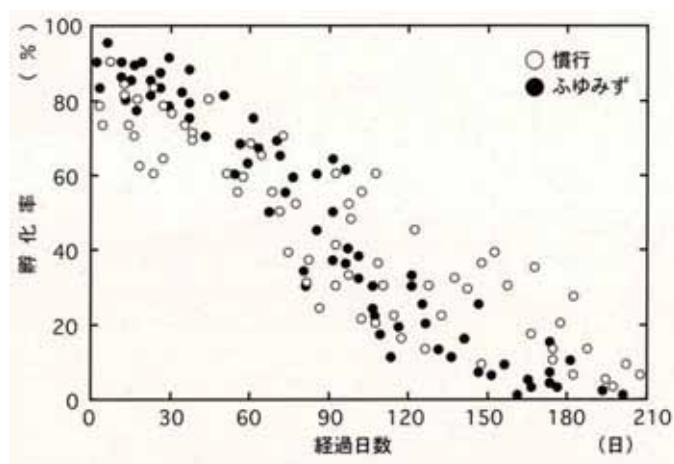


図 1. 乾燥暴露経過日数とミジンコ休眠卵孵化率との関係。

して、蒸留水を湛水したガラスシャーレに 100 卵ずつ入れ、2 週間以内に休眠打破して生まれ出る休眠卵の数から孵化率を算定し乾燥暴露期間と孵化率との関係と比較検討した。

なお、採集直後の休眠卵はそのまま実験に供したが、1 週間以上乾燥暴露条件としたものは、冷蔵保存により低温処理を行い休眠打破率の向上をはかった。

結果および考察

ミジンコ休眠卵の乾燥暴露期間と孵化率との関係は、図 1 のとおりであった。すなわち、乾燥直後に湛水条件におくと 80~90% と高い孵化率が認められるが、乾燥に曝される期間が長くなると孵化率が徐々に低下し、乾燥が 170 日以上続くと孵化率は 20% 以下にまで低下することが明らかとなった。本検証の経過日数は採集後の日数であり、調査対象の両水田では収穫に向けて 9 月には水落としされていることから実際の乾燥暴露日数は過小評価されているため乾燥暴露期間の絶対評価には問題が包含されているが、冬期湛水と慣行水管理の水田との相対比較には大きな影響がないものと考えた。

冬期湛水水田では、乾燥暴露となってから概ね 1 ヶ月程度で湛水され春の田植え時期まで湛水が維持される。一方の慣行水管理水田では稲刈り前の水落としから春先の田起こし後の湛水まで 170 日以上乾燥に曝される。図 1 に示した孵化率減少傾向を冬期湛水と慣行水管理とで比較検証すると、乾燥暴露 0-40 日の試験結果を抽出すると冬期湛水管理において慣行水管理よりも孵化率が有意に高く維持されている (Paired-t test: $t=4.611$, 36 df, $p<0.0001$) ことが明らかとなった。一方、乾燥暴露 170-210 日の試験結果を抽出すると逆に冬期湛水管理において慣行水管理よりも孵化率が有意に低く抑えられている (Paired-t test: $t=2.577$, 20 df, $p=0.018$) ことが明らかとなった。これらの結果は、図 2 のとおりまとめられる。乾燥暴露 0-40 日の期間とは冬期湛水管理において水田に再湛水されるまでの期間、乾燥暴露 170-210 日の期間とは慣行水管理で春まで乾燥状態に置かれる期間と同義と読みかえられることから、冬期湛水管理の水田で採集されたミジンコ休眠卵は短期の乾燥に、慣行水管理の水田で採集された

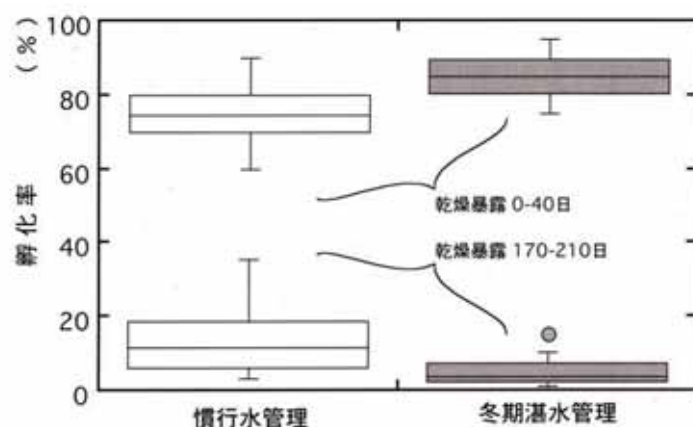


図 2. 水田管理手法とミジンコ休眠卵孵化率との関係。

ミジンコ休眠卵は長期の乾燥に、それぞれ馴化していると考えられる。

ミジンコ休眠卵は、乾燥後に会う湛水条件が降雨など一時的なもので再び乾燥状態になる可能性があることを織り込んで、すぐに休眠打破する休眠卵と用心深く湛水後しばらく時間経過を経てから休眠打破を始める休眠卵とが混在するという個体群維持の仕組みが備わっていることが知られている (花里, 1998)。本研究によりミジンコの休眠打破特性は、水田の水管理方式により影響を受け変化する事実が明らかとなった。

図 3 は、冬期湛水管理を実施しはじめてからの経過年数と乾燥暴露 30 日以内のミジンコ休眠卵孵化率との関係を慣行水管理と共に示したものである。分散分析およびポストホックテストとして Tukey HSD 法を用いた統計解析の結果、冬期湛水管理を始めた初年度および 2 年目には慣行水管理と孵化率の有意差がないこと、3 年以上の冬期湛水管理継続を経て有意差が認められるようになることが明らかとなった (ANOVA; $F(4,89)=7.36$, $p<0.0001$)。これらの事実は、冬期湛水によりミジンコ休眠卵の孵化特性に変化を生じさせるには、3 年以上の継続が必要となること、換言すればミジンコの環境順応には 3 年が必要であることを示唆している。また、冬期湛水管理による乾燥攪乱条件に合わせミジンコが孵化特性を変化させている事実は、先のミジンコ休眠卵の環境対応馴化の考察を裏づけるものである。

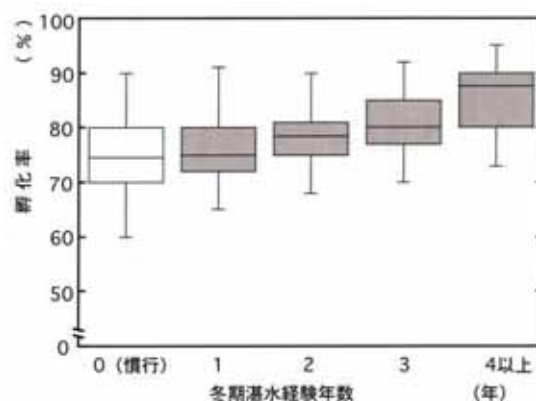


図 3. 冬期湛水開始後経過年数とミジンコ休眠卵孵化との関係。

本研究にて実施したミジンコ孵化率の検証は、低温暴露による休眠打破処理を実施した後の 20℃恒温条件、光短日処理併用という好条件下での孵化試験であるため水田など野外で観察される孵化率よりも過大な値となっている可能性がある。しかしながら、慣行水管理と冬期湛水管理との相対評価により両者の特性を検証する上では大きな成果が得られたと考えられる。

冬期湛水管理と慣行水管理の水田において乾燥期に見いだされる単位面積あたりのミジンコ休眠卵の現存量を比較すると、両者で有意な差を見いだすことができなかった。これは、調査を実施した水田の水管理以外の施肥量、湛水開始期、落水時期、中干しの有無、栽培品種、雑草防除方法などさまざまな環境要因の差違が大きく水管理方式のみを抽出した比較検討ができなかったことに起因するものと考えられる。これらの環境を同一耕作者により同一条件として水管理のみに差違を設け実験の取り組みをした千葉県佐倉市萩山新田についてのみ検証してもミジンコ休眠卵の現存量の水管理方式による差違は見いだされなかった。千葉県佐倉市萩山新田の取り組みは開始後 3 年を経たものでミジンコ休眠卵の孵化特性に差が認められるようになった段階である。ミジンコの環境適応には時間を要するという先の検証結果から鑑みると、同地の検証水田において水管理特性に馴化した、ミジンコ個体群が水管理に対応しさらに数年を経てミジンコ休眠卵の現存量に差違が認められる可能性があるものと考えられる。今後の継続的な検証調査が重要な位置づけにあるものと結論づけられる。

謝 辞

三門増雄氏（千葉県佐倉市）、新海秀次氏（千葉県栄町）、鈴木要氏（宮城県大崎市）、中村和夫氏（福島県

郡山市）、近藤正氏（秋田県大潟村）には、頻繁な生物相調査に特段のご配慮を賜った。ここに記して謝意を表する。

本調査は、千葉県が所管する「印旛沼水質改善技術検討会」のもとで実施されたものである。また、社団法人農村環境整備センターが所管する農林水産省 2006, 2007, 2008 年度「多様な生産基盤活用技術開発事業」の一環として実施した調査結果を成果として盛り込み、千葉生物誌 59 (1): 35-38 (林ほか, 2009) にて公表した論文を一部修正し再録したものである。

引用文献

- 花里孝幸. 1998. ミジンコ その生態と湖沼環境問題. 320 pp. 名古屋大学出版会, 名古屋.
- 林 紀男. 2008. 田んぼ生態系を底支えている原生生物. 農林水産省 平成 19 年度 多様な生産基盤活用技術開発事業「命をつなぐ未来をつなぐ」農業農村整備と生物多様性. pp9-10. 社団法人農村環境整備センター, 東京.
- 林 紀男・大内匠・稲森隆平・岩渕成紀. 2009. 水田土壌中のミジンコ休眠卵孵化率に及ぼす耕作法の影響. 千葉生物誌 59(1): 35-38.
- 水野寿彦. 1971. 池沼の生態学. 187 pp. 築地書館, 大阪.
- 椿 宜高. 2007. 里山の重要性. 京都大学総合博物館・京都大学生態学研究センター (編), 生物の多様性ってなんだろう? pp211-225. 京都大学学術出版会, 京都.

Influence of water managements at rice paddy fields on Hatching rate of *Daphnia* from resting eggs. Norio Hayashi, Takumi Ouchi, Ryuhei Inamori and Shigeki Iwabuchi.

冬期湛水前後の水田内の底生動物相の比較

倉西良一

千葉県立中央博物館 〒260-8682 千葉市中央区青葉町 955-2 (kuranishi@chiba-muse.or.jp)

要 旨

佐倉市萩山新田において、冬期湛水化による水田の中の生物相の変化を調べることを目的に、慣行水田と冬期湛水した水田の生物相の比較を行った。調査は冬期湛水区と慣行区の水田において土壌の表層と深さ 10 cm までに生息する水生動物を中心とした生物を対象とし、冬期湛水が始まる前の 2005 年 8 月と 11 月、冬期湛水後の 2006 年 5 月と 2007 年 4 月に行った。全調査対象区から 20 種類（タクサ）の生物が確認された。冬期湛水が実施されると、冬期湛水区と慣行区の生物相に大きな違いが見られたが、その違いは種類数よりも生物量で顕著であった。2006 年 5 月の冬期湛水区の土壌表層に生息するイトミミズの仲間の個体数は、慣行区の約 10 倍であり、また 2007 年 4 月の冬期湛水区では、慣行区でほとんどみられなかったユスリカの仲間が大量に発生していた。

キーワード：水生生物相、イトミミズ、ユスリカ、印旛沼。

はじめに

農業の近代化によって水田における乾田化が進んだ。しかし最近では、冬の乾田に水を入れる冬期湛水が水田生態系の生物多様性の保全に役立つものとして注目されている(岩田・藤岡, 2006; 亀山ら, 2006; 呉地 2007, 嶺田ら, 2009)。印旛沼に隣接した佐倉市萩山新田において、乾田化された慣行水田を冬期湛水すると、水田の中の生物相がどのように変化するか、冬期湛水水田と慣行水田とを比較することを目的に調査を行った。

調査地

本研究の調査は千葉県佐倉市の印旛沼の沿岸の水田、萩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、一つを冬期湛水とする湛水区、もう一つは慣行稲作をそのまま続ける慣行区として設定した。

冬期湛水は、2006 年 1 月に、はじめて水を入れ、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。

なお、湛水は、冬期湛水用に設置したポンプを用い、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、2007 年は約 10cm であった。慣行水田の慣行区および湛水前年の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。

調査方法

冬期湛水区と慣行区において、水生動物を中心とした大型無脊椎動物を定量的に採集をした。調査日程は冬期湛水を実施する前の 2005 年 8 月 13 日、2005 年 11 月 2 日、また冬期湛水実施後の 2006 年 5 月 21 日、2007 年 4 月 26 日に行った。

調査のサンプル採集は、水を含んだ表層の泥を深さ約 2cm、幅約 10cm、奥行き約 20cm を 1 サンプルとする表層サンプル、また径約 8cm、深さ約 10cm の円柱状に泥を採集するコアサンプルの 2 種類の方法で行った。現地での採集は、水田の三辺の畦にほぼ均等な間隔で割り振り、冬期湛水区、慣行区でそれぞれ表層 6 サンプル、コア 6 サンプルの採集を行った（2005 年 8 月は、コアサンプルの採集は行っていない）。

現地で採集したサンプルは、ビニール袋に入れて実験室に持ち帰りソーティングを行った。水分を多く含む泥は 0.5mm の金属メッシュを用いて水道水を流しながら泥を少量ずつ篩い生物を抽出した。水分の少ない泥は、泥を少量ずつバットに入れて水で広げ生物を抽出した。抽出された生物は 80%エチルアルコールの入ったバイアルに保存し同定に供した。同定はほとんどの生物では種まで行ったが、ヒル、ミミズ、ハネカクシ、クモなどの土壤生活種を多く含むグループでは種までの同定が困難であるため、種まで同定できた生物と同様の 1 種類（タクサ）として扱った。

結果と考察

1. 底生動物相

佐倉市萩山新田内に設置された冬期湛水区と慣行区で確認された水生動物を中心とした大型無脊椎動物は、以下の 20 種類であった。

MOLLUSCA 軟体動物門
GASTROPODA 腹足綱
VETIGASTROPODA 古腹足綱
NERITIMORPHA アマオブネガイ目

- Vivipariidae タニシ科
1) *Cipangopaludina chinensis laeta* マルタニシ

BLASOMMATOPHORA 基眼目
Physidae サカマキガイ科

- 2) *Physa acuta* サカマキガイ

- Lymnaeidae モノアラガイ科
3) *Austropeplea ollula* ヒメモノアラガイ

- BIVALVIA 二枚貝綱
VENEROIDA マルスダレガイ目
Sphaeriidae ドブシジミ科

- 4) *Sphaerium japonicum* ドブシジミ
ANNELIDA 環形動物門
OLIGOCHAETA ミミズ綱
Tubificidae イトミミズ科
5) Tubificidae spp. イトミミズの仲間
6) *Branchiura* sp. エラミミズ属の一種 (図1)

- HIRUDINOIDEA ヒル綱
PHARYNGOBDELLIDA イシビル目
7) Erpobdellidae sp. イシビル科の一種

- ARTHROPODA 節足動物門
ARACHNIDA クモ綱
ARANEAE クモ目
8) Araneae spp. クモの仲間

- INSECTA 昆虫綱
COLLEMBOLA トビムシ目
9) Collembola spp. トビムシの仲間



図1. エラミミズ属の一種. 冬期湛水2年目の水田に多数出現した.

- HEMIPTRA カメムシ目
Belostomatidae コオイムシ科
10) *Diplonychus major* オオコオイムシ

- COLEOPTERA コウチュウ目
Dytiscidae ゲンゴロウ科
11) *Graphoderus adamsii* マルガタゲンゴロウ
12) *Rhantus pulverosus* ヒメゲンゴロウ

- Hydrophilidae ガムシ科
13) *Berosus lewisii* トゲバゴマフガムシ
14) *Berosus* sp. ゴマフガムシ属の一種

- Haliplidae コガシラミズムシ科
15) *Peltodytes intermedius* コガシラミズムシ

- Staphylinidae ハネカクシ科
16) Staphylinidae spp. ハネカクシの仲間

- DIPTERA ハエ目
Tipuliidae ガガンボ科
17) Tipuliidae sp. ガガンボ科の一種
Chironomidae ユスリカ科
18) Chironomidae spp. ユスリカの仲間 (図2)
Stratiomyinae ミズアブ科
19) Stratiomyinae sp. ミズアブ科の一種

- HYMENOPTERA ハチ目
Formicidae アリ科
20) Formicidae spp. アリ科の仲間

2. 冬期湛水前

2005年8月13日の水田は稲刈り前で、水がほとんどない状態であった。冬期予定湛水区では8種類120個体、慣行区では5種類25個体であった。冬期湛水



図2. ユスリカ科の仲間. 冬期湛水2年目の水田に多く出現し、個体数優占種であった.

予定区では、サカマキガイが超優占し全体の 83% を占めていた。またドブシジミが少数採集された。ドブシジミの死んだ個体（殻）が水田の土壌内から少数ではあるが見出された。自然度の高い水田にしか出現しないとされるマルガタゲンゴロウが 1 個体記録された。慣行区は冬期湛水予定区に比べ出現種類数、個体数ともに少なかった。オオコオイムシの成虫が慣行区の 2 で採集された。冬期湛水予定区ではサカマキガイが多く採集された（表 1）。

2005 年 11 月 13 日の水田は稲刈り後ではあったが、数日前の降雨により水田内には水たまりが見られた。

冬期湛水予定区では 9 種類 55 個体、慣行区では 7 種類 15 個体であった。冬期湛水区では 8 月に多く見られたサカマキガイは少なくなり、それに対して大量のイトミミズの仲間が局在した。ガガンボ科の幼虫、ハネカクシの仲間、トゲバゴマフガムシなども

出現した。土壌のコアサンプル内の生物は極めて少なく 2 種類 2 個体のみであった。

3. 冬期湛水後

慣行区は、冬期湛水予定区に比べ 8 月同様、種類数、個体数ともに少なかった。前回採集されていたイトミミズの仲間が極めて僅かしか採集されなかった（表 2）。

2006 年 5 月 21 日は、田植え後の水をはった水田であった。2006 年 1 月から冬期湛水を開始した冬期湛水区ではイトミミズの仲間が大量に出現した。前回はきわめて局所的な出現であったイトミミズは、ほとんどすべての地点で見出され、特に 5 と 6 ではそれぞれ 80 頭、270 頭と優占した。慣行区でもやはりイトミミズの仲間が優占する傾向があり、ドブシジミも出現した（表 3）。

表 1. 2005 年 8 月 13 日の冬期湛水予定区と慣行区で採集された底生動物の個体数.

No	種 名	類別	冬期湛水予定区						計	慣行区						計
			1表層	2表層	3表層	4表層	5表層	6表層		1表層	2表層	3表層	4表層	5表層	6表層	
1	マルタニシ	水生	1						1							0
2	サカマキガイ	水生	2	40	19	2	19	18	100							0
3	ヒメモノアラガイ	水生							0							0
4	ドブシジミ	水生			3	2			5	5		3	2	3		13
5	イトミミズの仲間	水生						1	1							0
6	エラミミズの種類	水生							0							0
7	イシビル科の種類	水生	2						2							0
8	クモの仲間	陸生							0							0
9	トビムシの仲間	陸生							0							0
10	オオコオイムシ(成虫)	水生							0		1					1
11	マルガタゲンゴロウ(成虫)	水生				1			1							0
12	ヒメゲンゴロウ(成虫)	水生				1			0							0
13	トゲバゴマフガムシ(成虫)	水生					3		3							0
14	ゴマフガムシ属の種類(幼虫)	水生							0							0
15	コガシラミズムシ(成虫)	水生							0		3					3
16	ハネカクシ類(成虫)	陸生							0							0
17	ガガンボの種類(幼虫)	水生							0							0
18	ユスリカの仲間(幼虫・蛹)	水生							0	1						1
19	ミズアブの種類(幼虫)	水生	1			1	5		7			3	1	1	2	7
20	アリの仲間(成虫)	陸生							0							0
計			6	40	22	6	27	19	120	6	4	6	3	4	2	25

表 2. 2005 年 11 月 2 日 冬期湛水予定区と慣行区で採集された底生動物の個体数.

No	種 名	類別	冬期湛水予定区												計	慣行区												計
			1表層	2表層	3表層	4表層	5表層	6表層	1コア	2コア	3コア	4コア	5コア	6コア		1表層	2表層	3表層	4表層	5表層	6表層	1コア	2コア	3コア	4コア	5コア	6コア	
1	マルタニシ	水生			1										1												0	
2	サカマキガイ	水生	2		1										3												0	
3	ヒメモノアラガイ	水生													0												0	
4	ドブシジミ	水生													0												0	
5	イトミミズの仲間	水生			21										21				1								1	
6	エラミミズの種類	水生													0												0	
7	イシビル科の種類	水生													0				1								1	
8	クモの仲間	陸生	1	1			6								8	2	1			1	1						5	
9	トビムシの仲間	陸生										2			2			1		2							3	
10	オオコオイムシ(成虫)	水生													0												0	
11	マルガタゲンゴロウ(成虫)	水生													0												0	
12	ヒメゲンゴロウ(成虫)	水生													0												0	
13	トゲゴマフガムシ(成虫)	水生	1		4										5				3								3	
14	ゴマフガムシ属の種類(幼虫)	水生													0												0	
15	コガシラミズムシ(成虫)	水生													0												0	
16	ハネカクシ類(成虫)	陸生	2	1				1	1						5				1								1	
17	ガガンボの種類(幼虫)	水生		3	1	4	1								9												0	
18	ユスリカの仲間(幼虫・蛹)	水生													0												0	
19	ミズアブの種類(幼虫)	水生			1										1									1			1	
20	アリの仲間(成虫)	陸生													0												0	
		計	6	5	29	4	7	1	1	0	0	2	0	0	55	2	1	1	5	4	1	0	0	0	0	1	0	15

表 3. 2006 年 5 月 21 日の冬期湛水区と慣行区で採集された底生動物の個体数.

No	種 名	類別	冬期湛水区												計	慣行区												計
			1表層	2表層	3表層	4表層	5表層	6表層	1コア	2コア	3コア	4コア	5コア	6コア		1表層	2表層	3表層	4表層	5表層	6表層	1コア	2コア	3コア	4コア	5コア	6コア	
1	マルタニシ	水生													0													0
2	サカマキガイ	水生	5	5	2		1	1					1		15						1	1						2
3	ヒメノアラガイ	水生		1		1									2													0
4	ドブシジミ	水生		1			1								2	11	1					1						13
5	イトミミズの仲間	水生	4	3		5	80	270		4	2	3	5	12	388	5	6	5	4									20
6	エラミミズの一種	水生													0													0
7	イシビル科の一種	水生				2	1								3							15	4	3	2	2		26
8	クモの仲間	陸生													0													0
9	トビムシの仲間	陸生													0												1	1
10	オオコオイムシ(成虫)	水生													0													0
11	マルガタゲンゴロウ(成虫)	水生													0													0
12	ヒメゲンゴロウ(成虫)	水生		1											1													0
13	トゲゴマフガムシ(成虫)	水生													0													0
14	ゴマフガムシ属の一種(幼虫)	水生													0													0
15	コガシラミズムシ(成虫)	水生													0	1												1
16	ハネカクシ類(成虫)	陸生													0													0
17	ガガンボの一種(幼虫)	水生													0													0
18	ユスリカの仲間(幼虫・蛹)	水生													0													0
19	ミズアブの一種(幼虫)	水生													0		1											1
20	アリの仲間(成虫)	陸生													0													0
計			9	11	2	9	82	271	0	4	2	4	5	12	411	17	8	5	4	0	1	17	4	3	2	2	1	64

表 4. 2007 年 4 月 26 日 冬期湛水区と慣行区で採集された底生動物の個体数.

No	種 名	類別	冬期湛水区												計	慣行区												計
			1表層	2表層	3表層	4表層	5表層	6表層	1コア	2コア	3コア	4コア	5コア	6コア		1表層	2表層	3表層	4表層	5表層	6表層	1コア	2コア	3コア	4コア	5コア	6コア	
1	マルタニシ	水生													0													0
2	サカマキガイ	水生												5	5													0
3	ヒメノアラガイ	水生													0													0
4	ドブシジミ	水生				1		1							2													0
5	イトミミズの仲間	水生	2	15		1	2	3	5	3			4		35													0
6	エラミミズの仲間	水生	1	6		4	30		2	3		6	7	8	67													0
7	イシビル科の一種	水生				3		1							4								1					1
8	クモの仲間	陸生													0													0
9	トビムシの仲間	陸生													0		3	1										4
10	オオコオイムシ(成虫)	水生													0													0
11	マルガタゲンゴロウ(成虫)	水生													0													0
12	ヒメゲンゴロウ(成虫)	水生													0													0
13	トゲゴマフガムシ(成虫)	水生													0													0
14	ゴマフガムシ属の一種(幼虫)	水生													0													0
15	コガシラミズムシ(成虫)	水生													0													0
16	ハネカクシ類(成虫)	陸生													0													0
17	ガガンボの一種(幼虫)	水生													0													0
18	ユスリカの仲間(幼虫・蛹)	水生	39	18	7	27	5	22	13		3	5		12	151							2						2
19	ミズアブの一種(幼虫)	水生													0													0
20	アリの仲間(成虫)	陸生													0													0
計			42	39	7	36	37	27	20	6	3	11	11	25	264	0	3	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	7

2007 年 4 月 26 日の水田は、田植え前の状態で、冬期湛水区には水が張られた状態であった。冬期湛水区の中ではトウキョウダルマガエルを 2 個体見つけた。慣行区は、数日前の降雨の影響で表面にはところどころ水溜まりがあったが全体的に乾燥していた。冬期湛水区では、ユスリカの仲間が多く、表層のサンプルを採集する時に泥の中から水中に飛び出す個体もいた。そのユスリカは多くが終令個体で、蛹も多数含まれていた。また湛水前には目立たなかったエラミミズの一種（イトミミズの仲間を含めて計数していた）が多く採集された。慣行区は、底生動物として採集される生物はきわめて少なかった（表 4）。

引用文献

岩田 樹・藤岡正博. 2006. ハス田とイネ田における冬期湛水の有無が作物成長期の水生動物相に与

える影響. 保全生態学研究 11:94-104.

亀山佳美・三好孝和・島野智之・見上一幸. 2006. 冬期湛水水田と慣行水田における出現原生動物種の比較. 原生動物学雑誌 39(1):128-129.

呉地正行. 2007. 水田の特性を活かした湿地環境と地域循環型社会の回復:宮城県・蕪栗沼周辺での水鳥と水田農業の共生をめざす取り組み. 地球環境 12:49-64.

嶺田拓也・小出水規行・石田憲治. 2009. 水田における冬期湛水の導入による持続的な多面的機能の発揮 宮城県大崎市仲菰地区の生物相保全機能を事例とした考察. 農村計画学会誌 27:335-340.

Benthic Fauna before and after the Winter-flooding of Rice-paddy. Ryouichi Kuranishi.

冬期湛水前後の水田の魚類等水生生物相

田中正彦

千葉県立千葉高等学校 〒260-0853 千葉県千葉市中央区葛城 1-5-2 (QYK16306@nifty.com)

要 旨

慣行水田に冬期湛水し、その前後の水田の魚類等を調べ比較した。その結果、慣行水田で魚類 1 種とその他の大型水生生物 3 種を確認したが、冬期湛水後の水田では 3 種の魚類と 6 種の大型水生生物が確認できた。この結果から、冬期湛水が多様な生物を育む環境形成にある程度有効であることが推定できよう。

キーワード：淡水魚、大型水生生物、モツゴ、ドジョウ、土水路、冬期湛水水田

はじめに

水田の冬期湛水は、生物多様性の保全・復元に有効なことが明らかになりつつある。今回は、印旛沼周辺の乾田化された水田に冬期湛水することによる、魚類等の大型水生生物の変化を調査した。

調査方法

慣行田（100m×90m）に 2006 年 1 月から冬期湛水した水田において、冬期湛水前後の 2005 年 8 月 8 日と 2006 年 8 月 10 日に、水田及び隣接する水路の生物調査をおこなった。調査は田畦を歩きながら、網目 2 mm 程度の柄付きタモ網を使用し、魚類を直接採集し同定・写真撮影した。また、東側の排水路について採集および目視による調査もおこなった。同時に他の水生動物についても採集・記録した。

調査結果

1. 記録種

(1) 魚類

調査地域全体で 2 目 4 科 6 種の魚類を採集・確認した。冬期湛水水田採集できた魚種は、次の 2 目 3 科 3 種であった。

() : 採集個体数, < > : 全長 mm, { } : 確認年

コイ目 Cypriniformes

コイ科 Cyprinidae

1. モツゴ *Pseudorasbora parva*

(1)<50>, {2006}

ドジョウ科 Cobitidae

2. ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus*

(9)<40~80>, {2005, 2006}

スズキ目 Perciformes

ハゼ科 Gobiidae

3. トウヨシノボリ *Rhinogobius kurodai*

(2)<35~40>, {2006}

東側排水路では次の 1 目 2 科 2 種を確認した。

スズキ目 Perciformes

サンフィッシュ科 Centrarchidae

1. ブラックバス *Micropterus salmoides*



図 1. 流入口とイネに付着したサカマキガイ

(1) <250>, 2005 年

ハゼ科 Gobiidae

2. トウヨシノボリ *Rhinogobius kurodai*

(1) <30>, {2005}

(2) 魚類以外の大型水生生物

腹足類：オオタニシ {2005, 2006}, マルタニシ {2005, 2006}, サカマキガイ {200, 2006}

甲殻類：アメリカザリガニ {2006}, テナガエビ {2005, 2006} 東側排水路

昆虫類：タイコウチ {2006}

両生類：トウキョウダルマガエル {2006}

2. 冬期湛水前後の比較

冬期湛水前後の水田部分に生息する大型水生生物を比較すると以下ようになる。

<冬期湛水前>計 4 種

魚 類 (1 種) ドジョウ

その他 (3 種) オオタニシ, マルタニシ, サカマキガイ

<冬期湛水後>計 9 種

魚 類 (3 種) モツゴ, ドジョウ, トウヨシノボリ

その他 (6 種) オオタニシ, マルタニシ, サカマキガイ, アメリカザリガニ, タイコウチ, トウキョウダルマガエル



図 2. 東側排水



e



f



g

図 4. 魚類以外の水生生物
e : タイコウチ, f : テナガエビ
g : トウキョウダルマガエル



a



b



c



d

図 3. 確認した魚類.
a : モツゴ, b : ドジョウ,
c : ブラックバス,
d : トウヨシノボリ

考 察

冬期湛水前の慣行水田で確認した大型水生生物は、魚類 1 種、その他 3 種であったが、冬期湛水後の水田では、魚類 3 種とその他 6 種が確認できた。また、冬期湛水後には、トウキョウダルマガエルやタイコウチなど近年減少傾向にある生物を確認した。期間も短く限定的ではあったが、今回の調査で冬期湛水が多様な生物を育む環境形成に有効であることがある程度推定できよう。

冬期湛水後の水田でモツゴやドジョウが生息していたのは、水田の水を中央排水路からポンプアップしていることを考えると、卵や稚仔魚などが吸い込まれ、成長したのかもしれない。こうした水生生物を継続的に維持するためには、中干しなど水田から水を落とす際、魚類が避難できるように、水が残る池や深みなどを水田の一角に造成する必要がある。そして、通年水田に水が張られるようになれば、さらに何種類かの魚種が入り込む可能性がある。

また、水田と段差のない土水路を造り、メダカなどの魚類が水田と水路を自由に行き来できるようにすれば、さらにより環境となるであろう。将来的には利根川とつながって「ウナギの遡上できる」水田環境の保全と復元を目指してほしい。

Aquatic Fauna before and after the Winter-flooding of Rice-paddy. Masahiko Tanaka.

印旛沼および周辺水田の鳥類と冬期湛水

神 伴之¹・百目木純子²・大野美枝子³・佐久間忍⁴

¹千葉県立中央博物館友の会 〒285-0846 佐倉市上志津 1776-49 (tmykjin091243@catv296.ne.jp)

²千葉県立中央博物館友の会 〒285-0846 佐倉市上志津 1670

³佐倉自然同好会 〒285-0831 佐倉市染井野 1-2-9

⁴佐倉自然同好会 〒285-0863 佐倉市臼井 586-14

要 旨

印旛沼及び周辺の水田、慣行水田とそれに冬期湛水した水田等において、4年8ヶ月間、鳥類調査をおこなった。全調査地区からは、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草原・林地の鳥など80種の鳥類が記録された。慣行区と冬期湛水区においては、昼間の慣行区では冬を中心にタシギやヒバリが多いのに対し、冬期湛水区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区で多かったが、飛来の個体数はむしろ慣行区で多かった。両区の違いは夜間に顕著に表れた。慣行区では夜間、タシギ等が散見されるのみであったが、冬期湛水区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夜間に確認された。2012年にはコハクチョウの群れが飛来した。鳥類にとっての冬期湛水田の効果が明らかになった、冬期湛水した水田周辺の禁猟措置が必要である。

キーワード：水田、湿地、カモ類、サギ類、シギ類、冬期湛水、印旛沼

はじめに

ガンやカモ、ハクチョウなどが飛来する冬期に水田を湛水することで天敵に対する備えや餌の取りやすさなどの条件が整い、これらの種が湛水水田を利用することが考えられる。特にカモ類はその採食の仕方により、湛水水田を好むようである(羽田,1962)。冬期湛水の試みは宮城県伊豆沼や蕪栗沼周辺水田で10年ほど前から取り組まれ、その成果により、昨年行われたCOP10で「農業生物多様性決議」の一部として「水田決議」が採択された。

多種多様な鳥類が数多く集まる印旛沼に隣接する本調査地は、湛水による飛来効果が期待できる。かつて印旛沼を干拓してつくられた乾田の慣行水田とそれを冬期湛水した水田において、飛来する種と数を比較することによって湛水効果がどれだけあるかを調査した。

調査地概要

調査対象地は印旛沼の干拓地の佐倉市萩山新田(35° 45' N, 140° 13' W)と隣接する印旛沼西部調整池である。萩山新田の水田において慣行区及び冬期湛水区、各100m×90mを一ヶ所ずつ計2ヶ所設定した。冬期湛水区は中央排水路に面した水田で、慣行区はその内陸に約100m入り込んでいる水田である(図1)。

1. 慣行区

慣行区は、圃場整備された通常の水管理の水田で

ある。4月に水張り、代掻き、田植え、7月に一旦中干し、再度水が張られるが8月中旬に落水、9月中旬に稲刈りされる。その後は、翌年4月まで水が無い状態となる。ただし、大雨が降ると部分的にしばらく水が溜まることがある(図2)。

2. 冬期湛水区

冬期湛水区の稲作管理は基本的に慣行区と同様である。冬期湛水は、2006年1月に開始され、隣接する中央排水路の水をポンプにより一定間隔で給水した。実際に安定して湛水されたのは2月から3月である。2年目の冬期湛水は、2006年11月から2007年3月まで、3年目は2007年10月から2008年5月の田植え時期まで続いた。4年目も2008年10月から2009年の3月まで実施された。2009年の稲刈り後は畦補修のため年内湛水はできず、湛水は2010年2月から3月であった。冬期湛水時の平均水深については、2006年、2007年は約10cm、湛水3年目の2008年12月は約12cmであった(図3)。

3. 萩山新田地区

湛水区、慣行区及び周辺水田と隣接水路を含んだ範囲の10.5haを萩山新田地区とした。

4. 印旛沼西部調整池区

萩山新田地区に隣接した印旛沼西部の調整池区で沼の水面と周辺のヨシ原群落で構成される17.5ha(図4)。

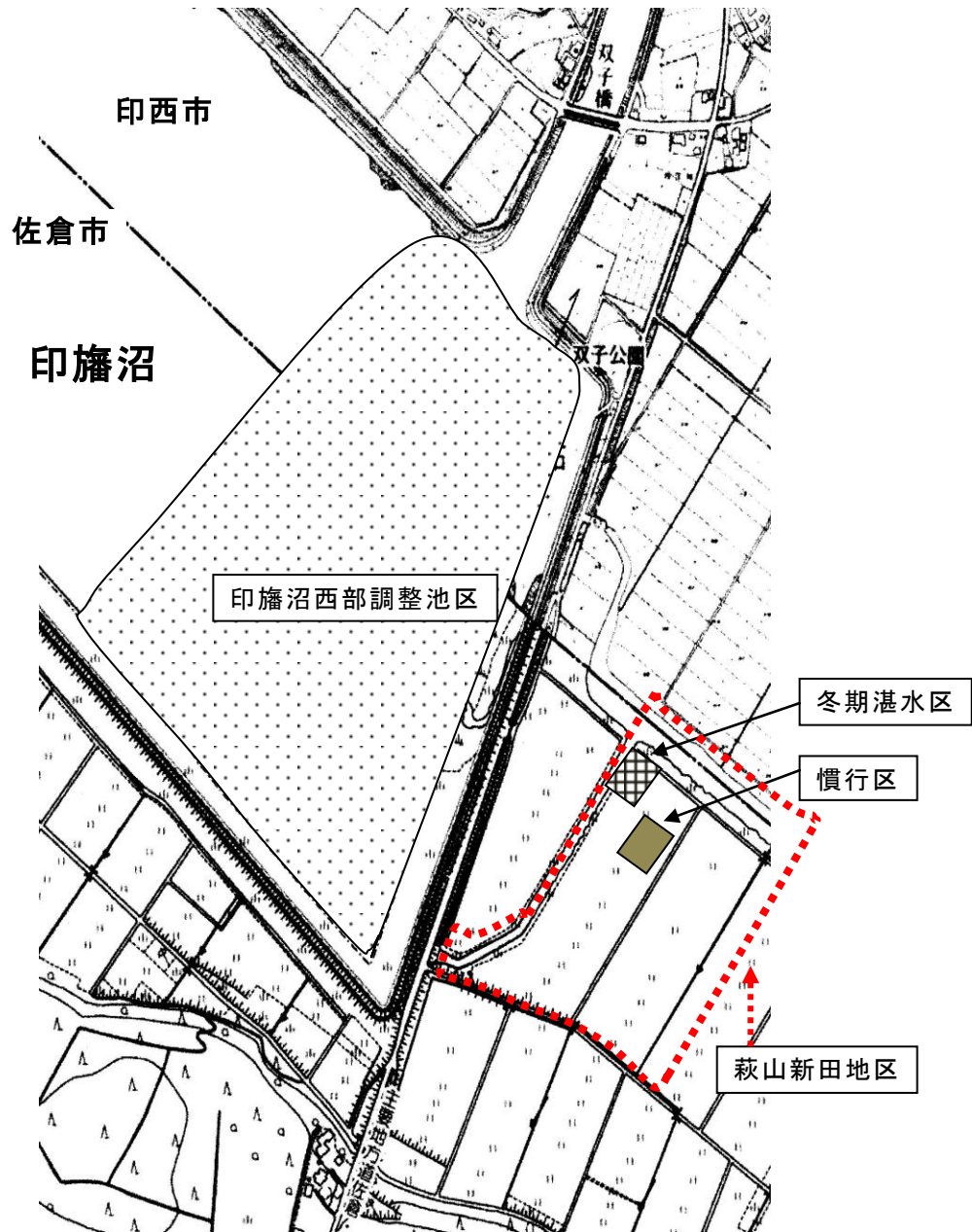


図 1. 調査地位置図（佐倉市都市計画課の白地図に上書きした）.



図 2. 慣行区 2006 年 2 月.



図 3. 冬期湛水区 2006 年 2 月.

調査方法

1. 昼間調査

2005 年 8 月～2010 年 3 月の月 1 回 9:00～12:00 において、調査地の地上・水面上及び上空を通過する鳥類の種名とその個体数を記録した。萩山新田区の調査は、幹線道路から中央排水路に向かって歩きながら記録し、印旛沼西部調整池区においては双子公園区域から記録した。

2. 夜間調査

2005 年 12 月～2010 年 3 月、慣行区と冬期湛水区において、春期～夏期の稲作時期を除き、9 月～翌年 4 月の冬期湛水時期を中心に実施した。調査は基本的に昼間調査と同じ日の 21:30～22:30 の時間帯にサーチライトを用い、目視、鳴き声や羽音も参考に種名とその個体数（概数）を記録した。ただし 2006 年 9 月、10 月、11 月は夕方 17:00～18:00 の調査とした。

結 果

1. 調査地域の鳥類相

2005 年 8 月から 2010 年 3 月までの期間に慣行区と冬期湛水区を含む萩山新田区および印旛沼西部調整池区全体での調査は 56 回、そしてすべての調査で記録された鳥類は 80 種であった（表 1）。1 回の調査で最も多くの鳥類が記録されたのは、2010 年 1 月の 39 種であった。1 回の調査で 30 種以上が記録されたのは 10 回であるが、そのほとんどは秋から冬の期間であった。

全調査区域で最も出現頻度の高い鳥類はカワウで 95% の頻度で記録された。またカルガモ、ヒバリ、スズメも、ともに 89% の頻度であった。その他にはカイツブリやオオバン、またアオサギやダイサギなどの水面・水辺の鳥類とともにホオジロやカワラヒワ、モズといった草原・林地に生息する鳥類も多く記録された。さらに猛禽の葦原を好むチュウヒ、田んぼを好むノスリ、トビや都市鳥のハシブトガラス、ハシボソガラスも多かった。



図 4. 双子公園からの印旛沼 2009 年 7 月.

その他注目される種としては、2009 年 11 月にコハクチョウの上空通過が 1 羽確認された。また、ムナグロやタゲリ、チュウシャクシギなどシギ・チドリ仲間なども記録された。

印旛沼西部調整池区では、年間ではカイツブリ、カワウ、カルガモが多く記録されたが、秋から冬にかけてはマガモ、コガモ等のカモ類が飛来し、常に数十羽から時には数百羽に達した。また、夏にはセッカが多く、冬にはチュウヒやミサゴが多く記録された（表 2）。

萩山新田地区では、やはり夏にセッカやオオヨシキリが多く、チュウサギやゴイサギ等サギ類が多かった。この地区の秋から冬にかけてはタシギ、タヒバリ、ツグミのほかカワラヒワの群れも観察された。年間を通じて多いのはヒバリやスズメが上げられた（表 3）。

2. 冬期湛水と鳥類

昼間の慣行区と冬期湛水区の鳥類の記録を表 4 と表 5 に示した。慣行区では冬を中心にヒバリやタシギが頻繁に観察されたが、夏にはときおりセッカやカルガモが散見されるのみで極めて少なかった。一方の冬期湛水区でもやはりヒバリが多いが、慣行区ほどではなかった。むしろカルガモやチュウサギやコサギそしてツバメが、夏を中心に頻繁に観察された。全調査期間に記録された鳥類の種数は、慣行区が 19 種に対し冬期湛水区では 26 種であった。ただし、記録された総個体数は慣行区の方が多かった。

夜間調査では慣行区と冬期湛水区で大きな差がみられた（表 6）。夜の慣行区ではタシギが散見され、ゴイサギが 1 回記録されたのみであったが、冬期湛水区ではカルガモ、コガモ等のカモ類が多く観察され、夜間 0.9ha の調査区のなかに数十羽記録される事もあった。

3. コハクチョウの飛来

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。湛水田をねぐらしつつ採食し、水田の草はほとんど食べ尽くされた。以下はその飛来の記録。

2 月 3 日 16 羽、4 日 7 羽、5 日 50 羽、13 日 108 羽、15 日 133 羽、17 日 154 羽、18 日 132 羽、19 日 132 羽、20 日 約 100 羽、22 日 66 羽、23 日 63 羽、26 日 約 100 羽、29 日 74 羽、3 月 7 日 2 羽（記録者：神伴之・三門増雄・大野美枝子・和田信裕）。

考 察

1. 冬期湛水の効果

冬期湛水効果はきわめて顕著に現れ、特に夕方から夜間において多数のカモ類が湛水水田に飛来した。しかし気象条件が影響するのか、他の要因か、湛水後必ずカモ類が来ているとは限らない。カモ類の飛来数は湛水直後が多い傾向にあるが、その後はバラツキがあった。慣行水田ではカモは全く飛来せず、周辺田んぼで水が溜まっているような場所で、数は

表6. 夜間湛水水田の鳥類. は冬期湛水している期間

区域	年	2005			2006			2007						2008						2009						2010		総数					
	調査日	Sep 12	Oct 12	Dec 28	Jan. 29	Feb 22	Mar 24	Apr 24	Sep 29	Oct 30	Nov 28	Dec 28	Jan. 31	Feb 19	Mar 13	Apr 29	Sep 28	Oct 30	Nov 29	Dec 28	Jan. 9	Feb 18	Mar 24	Apr 11	May 6	Sep 25	Oct 13		Dec 22	Feb 28	Mar 10	Feb 25	Mar 22
冬 期 湛 水 区	ゴイサギ																																1
	カルガモ																																150
	コガモ					call	20							2	37																		3
	カモの仲間					call	2						1				6																49
	ムナグロ			5		+		2				12					2		70	26		12	2		1	14				1			147
	タシギ																																1
	個体数	2	5			1	22	9	1		15		24	2	38		2	6	70	30		12	31	32	3	19			33		7		391
	種数	1	1			4	2	2	1		2		2	1	2		1	1	1	3		1	3	2	3	3			2		2		
慣 行 区	ゴイサギ																																2
	カルガモ																																
	コガモ																																
	カモの仲間																																
	ムナグロ																																
	タシギ																																
	個体数																																8
	種数																																10

ごく少ないがカモ類が確認できた。カモは 10cm 以上の水深を好むようだ。

2. 湿地としての水田の役割

タシギ、タゲリ、など湿地を好む種も湛水区や雨水がたまつたような水田に多く集まる。タシギやタヒバリは水深 5cm 前後で所々土が露出しているような場所を好むようだ。10cm 以上湛水すると入らなくなるため、冬期湛水区より慣行区の方が多くなった。タシギなど嘴を土の中に差し込んで採食する種は乾田化してしまうと採食出来なくなってしまう。タゲリやタヒバリなども、所々水が溜まっているような水田で圧倒的に多く見られた。萩山新田周辺水田ではまだ雨が降ると水溜まりができるため、比較的湿地を好む種が集まるが、全く乾田化したら居場所が無くなる。たとえ湛水しなくても表面が湿っている状態、所々水が溜まっている状態をつくれば、シギ・チドリ類の飛来は飛躍的に増すと考えられる。

3. 狩猟の影響

2007 年冬期湛水区に散弾銃の棄きょうが落ちていた。せっかく冬期湛水し、カモ類の生息環境が整っても、狩猟が行われていたら寄り付かない。昼間は湛水状態であったも水田には降りていないのはそのせいかもしれない。せめて湛水の区域とその周辺は狩猟禁止すべきである。鳥類についての湛水効果を発揮させるには、狩猟禁止の措置とともに周辺の広

い範囲での冬期湛水が必要になる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、農作業をしながらご協力いただいた三門増雄氏には大変お世話になりました。桑原和之、箕輪義隆、長島充、三沢博志各氏には貴重なご助言をいただきました。そのほか関係者の皆様に大変お世話になり、皆様に心から感謝申し上げます。

引用文献

- 桑原和之. 2000. ロシアからの渡り鳥一極東で繁殖するシギ・チドリ類—千葉県立中央博物館平成 12 年度特別展解説書. pp. 89-92. 千葉県立中央博物館, 千葉.
- 箕輪義隆・桑原和之・三沢博志・鈴木明・奴賀俊光・米持千里・小林大光・田中忠義. 2005. 印旛沼鳥類目録. 我孫子市鳥博報 13:1-48.
- 羽田健三. 1962. 内水面に生活する鴈鴨科鳥類の採食性と群集に関する研究, 13, 鴈鴨科鳥類の食物. 生理生態 10(2):98-129.

Bird Fauna of Lake Inba-numa and the Surrounding Areas before and after Winter-flooding of Rise-paddy.
Tomoyuki Jin, Sumiko Domeki, Mieko Oono and Shinobu Sakuma.

冬期湛水が水田雑草の生育に及ぼす影響

金子是久¹・中村俊彦²

¹ 北総生き物研究会 〒114-0014 東京都北区田端 4-20-5 (k_kaneko@hotmail.com)

² 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)

要 旨

乾田化された水田に、水深約 10cm の冬期湛水を実施し、冬は水のない慣行水田と比較しつつ冬期湛水 3 年目の雑草群落の変化を調査・分析した。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、冬期湛水により種数の増加が 12 月にみられた。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が、植物量全体としては慣行水田との有意な差はなかった。冬期湛水による雑草群落の変化は、夏 8 月ではわずかであったが、秋 10 月から冬 12 月にかけては種数及び植物量の顕著な減少が確認された。

キーワード：冬期湛水、水田雑草、越年生植物、多年生植物、生物多様性

はじめに

1999 年に制定された食料・農業・農村基本法では、食料の安定供給だけでなく、その生産活動を通じて、国土の保全、水資源の涵養、自然環境や良好な景観の形成などの農業や農地の多面的機能の持続的な発揮が求められている。

その後、農林水産省(2007)、また千葉県(2008)でも生物多様性戦略が制定され、生物多様性の保全対策の 1 つとして有機農業や環境保全型農業があげられている。その中で、近年、冬期湛水による稲作は、環境保全型農業の 1 つとして注目されている。

冬期湛水は 2003 年には全国 22 県 128ha 以上の水田で実施されているとの報告がなされているが(栗田ら 2004)、最近では、ラムサール条約での水田決議や 2010 年名古屋での生物多様性条約締結国会議(CBD・COP10)においてもその重要性が議論された。

冬期湛水とは、非灌漑期の水田が湛水状態にあることであり、その効果としては、①冬期の地下水の涵養及び水質浄化効果(嶺田ほか 2004)、②水鳥を含む湿地の生物に対する生息環境の提供など、水田の環境面での付加価値を生み出す効果(岩淵 2003)、③雑草の抑制、環境保全米としての付加価値の付帯などの営農効果(岩淵 2002; 岩澤 2003; 山本ほか 2003; 嶺田ら 2009; 金子・中村 2009)などがあげられている。

しかし、冬期湛水が水田雑草の生育に及ぼす影響について詳細に調べた研究例はほとんどなかった。

本研究は、2001 年から千葉県が中心に進める「印旛沼流域水循環健全化計画」の「みためし行動ワー

キング：冬水田んぼ」の一貫として実施されたものであり、乾田化された慣行水田との比較の基に、冬期湛水前(試験初年度)と冬期湛水 3 年目(試験最終年度)の雑草群落の組成と構造を比較することで、冬期湛水が、水田雑草の生育に及ぼす影響について調査・解析した。

なお、この成果は Kaneko and Nakamura(2011)で発表されたが、その論文に群落組成の情報を加え日本語でまとめたものである。

調査地および方法

1. 調査・試験地の概要

本研究の調査は千葉県佐倉市の印旛沼の沿岸の水田、萩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、一つを冬期湛水区、もう一つは慣行稲作をそのまま続ける慣行区として設定した(図 1)。

冬期湛水は、2006 年 1 月に、はじめて水を入れ、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。湛水 3 年目は 2 年目と同様の稲作作業であったが、6 月には 1 年目と同様、除草剤散布がおこなわれた。

なお、湛水は、冬期湛水用に設置したポンプを用い、隣接する低地排水路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、2007

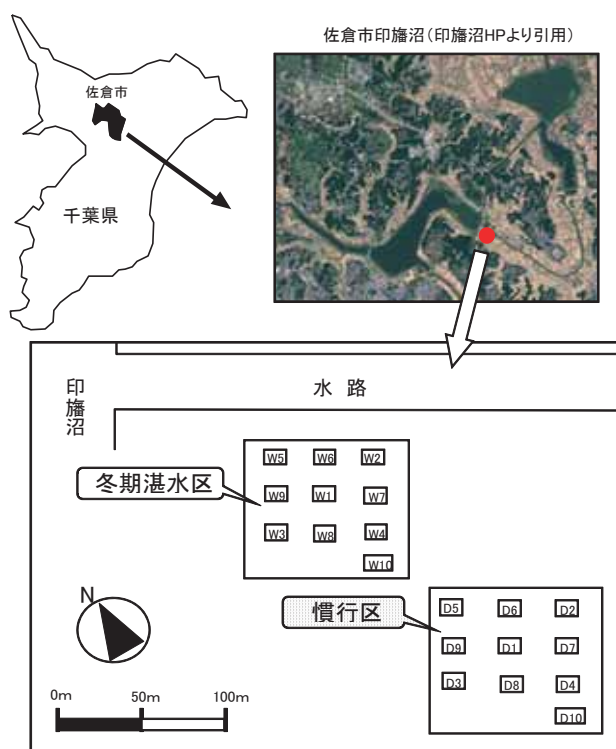


図 1. 調査地位置図

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期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。

2. 植物群落の調査・分析

植物群落の調査は、冬期湛水実施前の 2005 年の夏から開始し、8 月、10 月、さらに 12 月に実施した。8 月の調査は落水期におこなった。冬期湛水は 10 月下旬から 11 月にかけて開始され、10 月の調査は落水期、また 12 月の調査は湛水期での実施とした。冬期湛水 3 年目についても同様に 2008 年 8 月、10 月、12 月に実施した。

調査方法は、湛水区に 10 プロット (W1-W10)、慣行区に 10 プロット (D1-D10) の 1m² の調査方形区を設け (図 1)、方形区ごとに出現する全ての植物種の草丈高 (cm) と被度階級を記録した。なお、被度と草丈高より各植物種の植物量 (= 被度 (%) × 草丈高 (cm)) を算出した。被度の測定は、Braun-blanquet(1964) ; +: <1%, 1: 1-5%, 2: 5-25%, 3: 25-50%, 4: 50-75%, 5: 75-100%, に基づき、植物量の算出のための各階級 (+~5) の % 換算は、それぞれ 0.1%, 2.5%, 15%, 37.5%, 62.5%, 87.5% とした。

さらに季節別の冬期湛水田前後の植物群落の組成と構造の変化を調べるため、全出現種の換算被度を用い、各調査方形区の群平均法によるクラスター分析 (PC-ORD: Windows 版バージョン 4.01) を実施した。なお植物の生活形の定義については、一年生植物は、種子が発芽して一年以内に開花・結実し、

種子を残して枯死する植物、越年生植物は、秋に発芽して越冬し、翌年に開花結実する植物、多年生植物は、個体として複数年にわたって生存する植物とした。

結 果

1. 冬期湛水前後における種数の変化

冬期湛水前 (2005 年) と湛水 3 年目 (2008 年) における冬期湛水区および慣行区の平均種数を比較すると、湛水前では全体的には両区に有意な差はなかった。しかし湛水 3 年目では冬期湛水区の方で出現種数が少なく、特に 12 月は顕著な差がみられた。この違いは越年生植物で特に顕著であった。また、多年生植物では、12 月に冬期湛水区で種数が多くなる傾向がみられた。なお、湛水前の 8 月に越年生植物の種数で両区の違いがみられたが、湛水 3 年目ではその違いは確認されなかった (図 2)。

2. 冬期湛水前後における植物量の変化

冬期湛水前 (2005 年) と湛水 3 年目 (2008 年) の植物量について冬期湛水区と慣行区を比較すると、湛水前では両区に有意差は認められなかった。湛水 3 年目では、8 月、10 月に冬期湛水区が慣行区に比べ植物量が多くなる傾向であったが有意差は認められなかった。しかしその 12 月には、冬期湛水区で植物量が顕著に少なくなる状態がみられた。この傾向は特に越年生植物で顕著であった (図 3)。

上記の植物量の変化に影響を及ぼしている主要な水田雑草として、一年生植物ではタイヌビエ、越年生植物ではスズメノテッポウ、タネツケバナ、多年生植物ではクログワイ、オモダカがあげられ、これらの種についてそれぞれ冬期湛水前 (2005 年) と湛水 3 年目 (2008 年) の湛水区および慣行区の植物量を比較した。

越年生植物のスズメノテッポウ、タネツケバナは、冬期湛水前の 12 月は湛水区において高かったが、湛水 3 年目では湛水区で大きく減少した (図 4)。一年生草本のタイヌビエは、冬期湛水前ではほとんど確認されなかったが、湛水 3 年目では、8 月の冬期湛水区で大きく増加した (図 5)。多年草のクログワイとオモダカも、湛水前ではほとんど確認されなかったが、湛水 3 年目の 8 月にクログワイが出現し、両種とも冬期湛水で増加した (図 5)。

3. 冬期湛水前後における種組成の変化

冬期湛水前 (2005 年) と湛水 3 年目 (2008 年) における雑草群落の組成構造についての変化を調べるためにクラスター解析をおこなった (図 6)。なお、解析は、夏の 8 月、秋の 10 月、冬の 12 月と季節別におこなった。その結果、冬期湛水前は、冬期湛水区と慣行区におけるクラスター間の分離がみられなかったが、湛水 3 年目では、10 月、12 月では両区の違いが顕著になり、12 月の冬期湛水区では、調査区の半分にあたる 5 地点 (W1, W2, W7, W9, W10) においては水田雑草の生育がみられなかった。なお、確認された種の詳細については、付表 1~3 に示した。

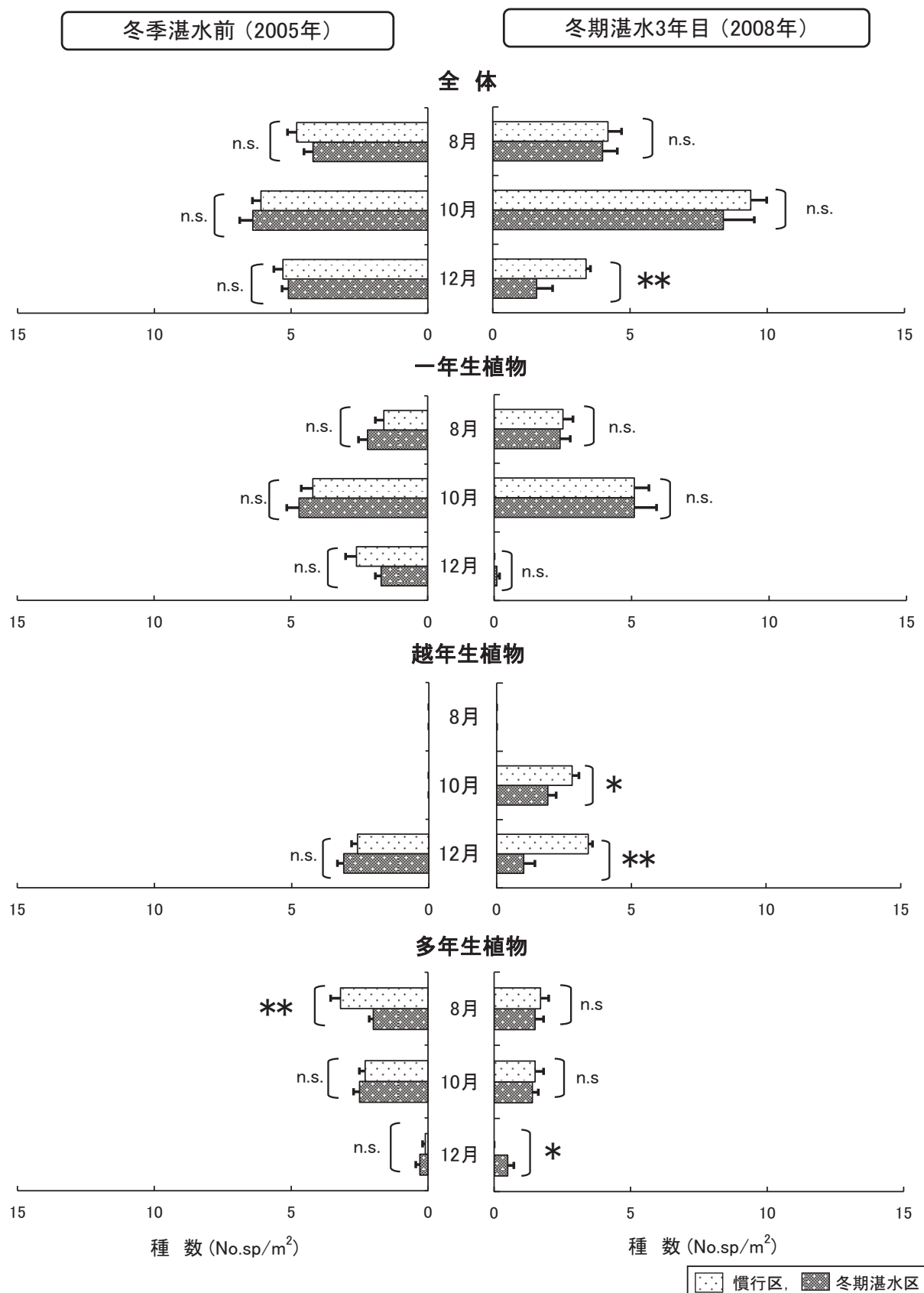


図 2. 冬期湛水の前後での慣行区と冬期湛水区における水田雑草の種数.

※ **は 1% 有意, *は 5% 有意, n.s.は非有意, 縦棒は平均値の標準誤差 (SEM) を示す.

※ Student の t 検定を使用. サンプル数 N=10.

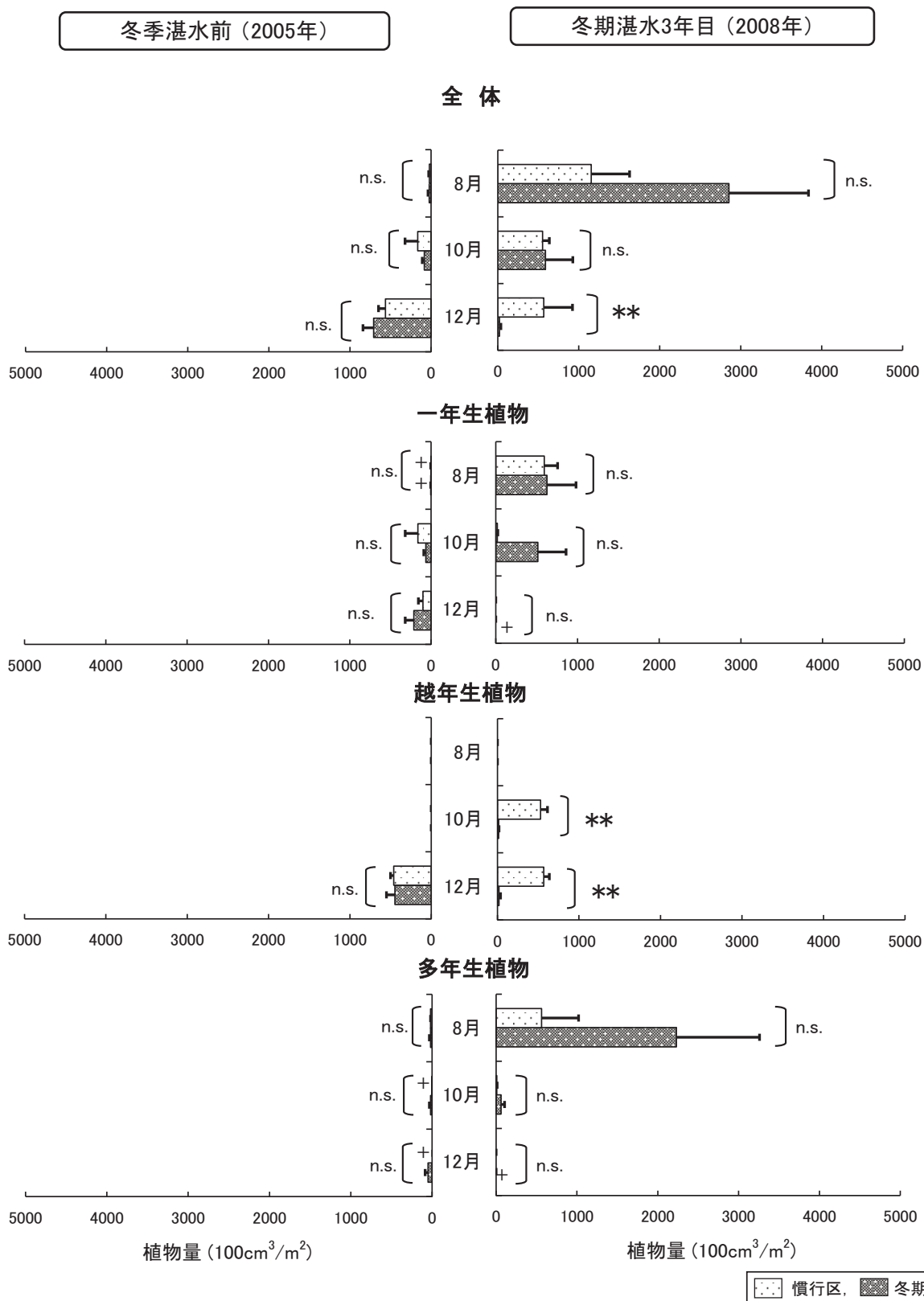


図 3. 冬期湛水の前後での慣行区と湛水区における水田雑草の植物量

※ **は 1%有意, n.s.は非有意, 縦棒は平均値の標準誤差 (S E M) を示す.

※ Student の t 検定を使用. サンプル数 N=10.

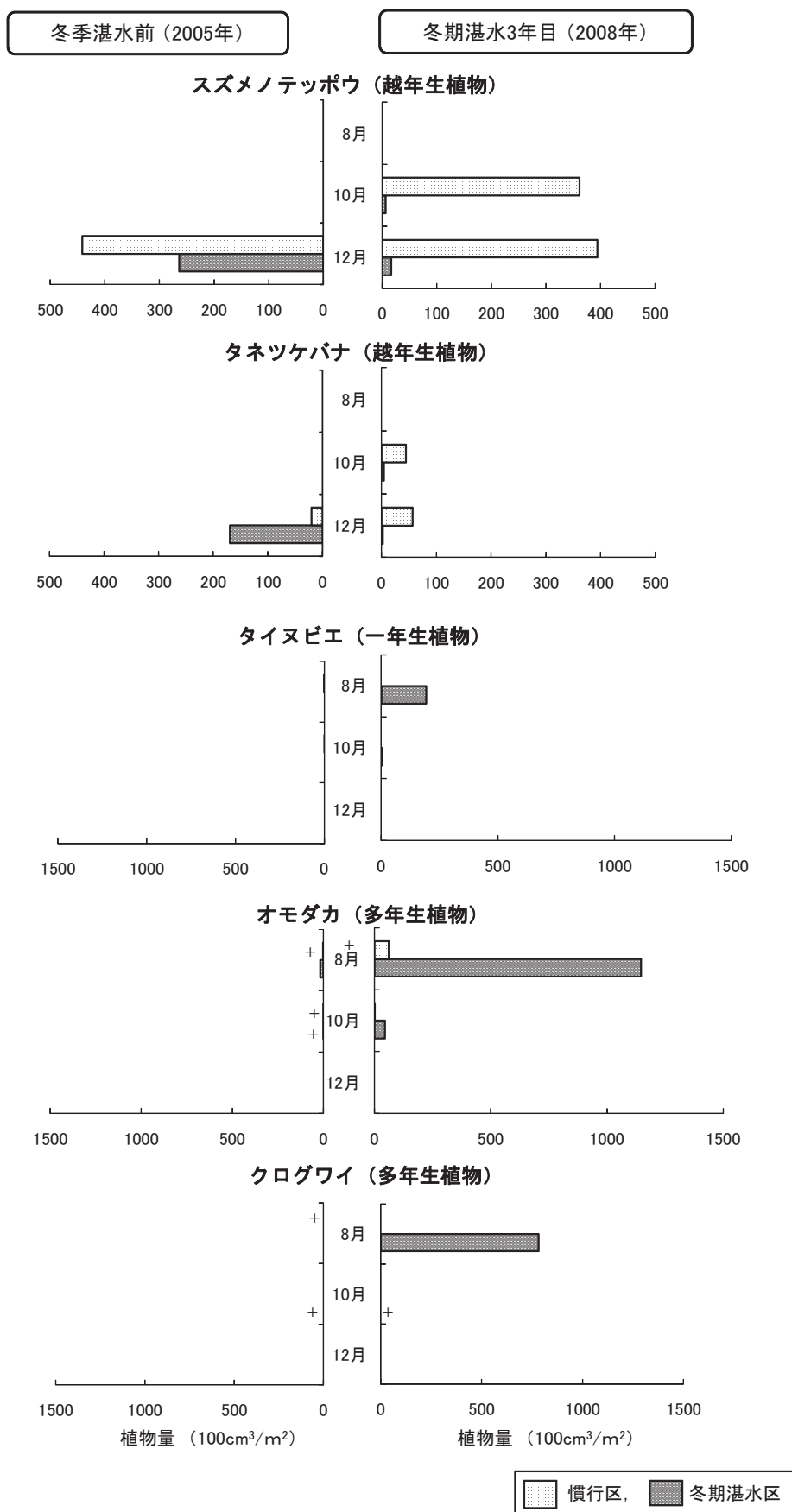


図4. 冬期湛水の前後の慣行区と湛水区における代表的な強害雑草の植物量
 ※ +は値が極端に低いため、図面上に表せないことを意味する。

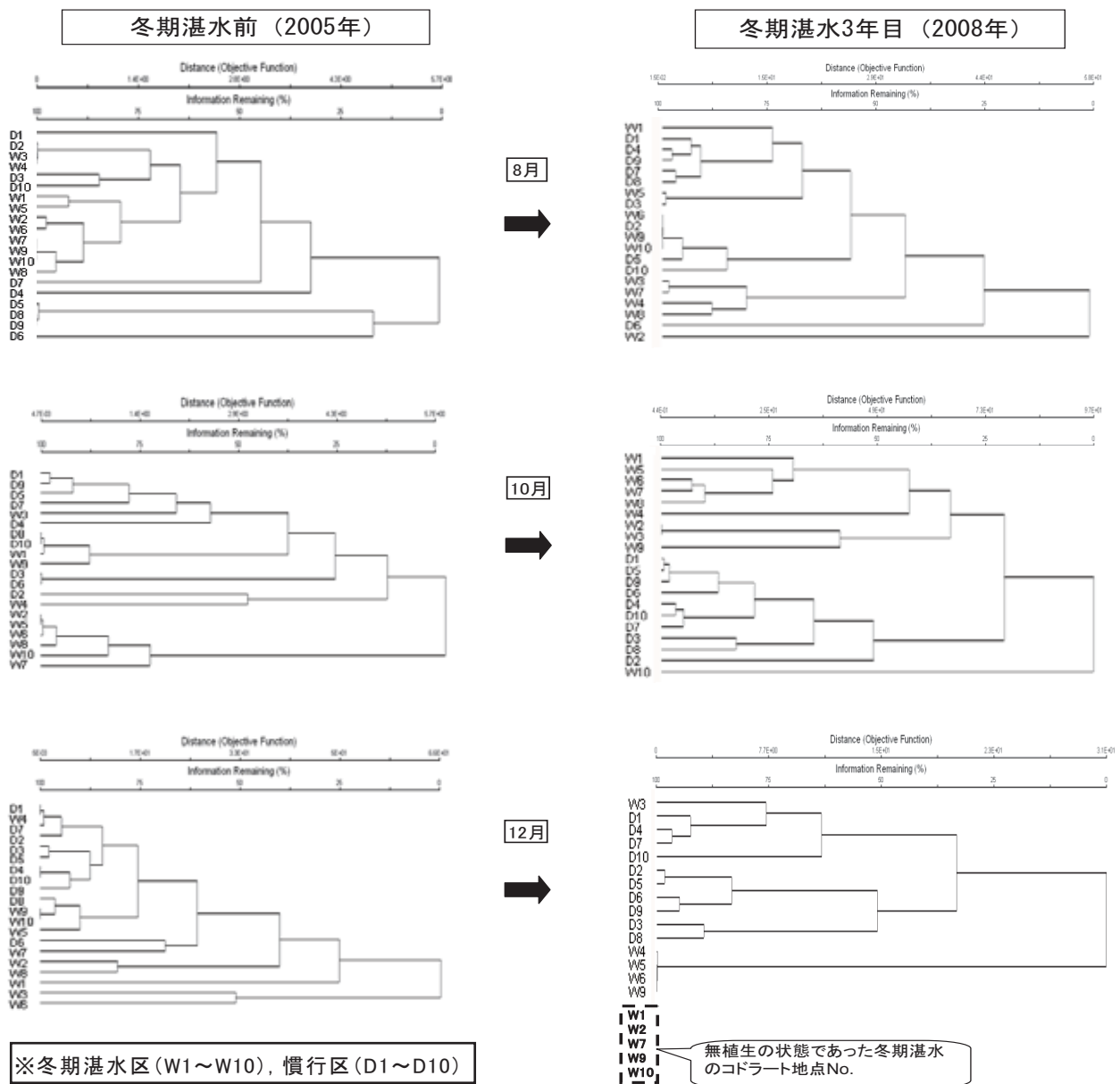


図 5. 冬期湛水の前後的の慣行区と湛水区における各調査方形区の群落構造の違い。

考 察

冬期湛水が水田雑草の生育に及ぼす影響をみると、越年生植物の種数、植物量は、冬期湛水 3 年目では、冬期湛水前に比べ著しく減少し、中でもスズメノテッポウ、タネツケバナの減少が大きく影響していた。スズメノテッポウは、落水後に温度・酸素の発芽条件が整うことで発芽するが、地下水位の高い湿田や不耕起の圃場では発芽が遅れ、翌年の春季にまで発芽が持ち越される。そして、種子寿命は半年から 1 年と短く、種子が遠くへ伝播する能力は小さく、前年に落とされた種子数が次代のその場の発生量を規定していると考えられている（千坂 1965）。また、住吉ら（2008）は、スズメノテッポウは、冬期に十分に湛水維持されている水田では枯死し、湛水維持されていない水田で発生し、最終的な発生量が 3 倍程度と報告している。また中釜ら（1990）は、スズ

メノテッポウ、タネツケバナの発生率は、水深 5 cm の湛水より湿潤な土壤で高まると報告している。よって、これらの種の発芽、生育は、今回の試験では越年生植物の発芽期である秋に水深 12cm の湛水を行ったことにより抑制され、冬期湛水区と慣行区との種組成の違いに大きく影響したと考えられる。

金子・中村（2009）は、夏の湛水区において湛水 2 年目に一年生植物のコナギが繁茂したと報告しているが、湛水 3 年目では、コナギは 2 年目ほど繁茂せず、代わりに一年生植物のタイヌビエ、多年生植物のクログワイ、オモダカが繁茂した。

タイヌビエの種子は、乾田では晩秋から早春にかけての低温期に多数の死滅種子が出現し土壤中の種子生存期間が短い、湿田では年間湛水状態であるため休眠覚醒過程における死滅種子の発生がほとんどなく、種子生存年数は乾田よりも長い（荒井・宮

原ら 1962). また, タイヌビエの個体群成長率, 葉面積, 純同化率は, 日射量が高く, 高温条件下で高くなる (浅野ら 1981).

クログワイの塊茎の萌芽・出芽率は, 代掻きした湛水田で高く, 不耕起の強還元状態の土壌でも高いが, 低温・乾燥処理で低くなる (山岸ら 1975). オモダカは, 湛水状態で保存された種子の発芽率が高く, 乾燥条件では低い (佐合ら 1975). また, 光が強く, 富栄養な条件ほど, 種子生産比率が高まり, 水深は 3~15cm で生育良好であり, これらの条件がある限界を超えると, オモダカは栄養繁殖系のみの生活環となり, 塊茎は耕起によりかなり死滅し, 代掻き後, 徐々に出芽する (伊藤 1989).

これらのことから, 冬期湛水は, タイヌビエ, クログワイ, オモダカの種子の保存状態を良好にし, 落水後の直射日光が強く, 高温条件下の時期になると, 種子が発芽, 生育すると考えられる. 特に, 湛水 3 年目においては, クログワイ, オモダカは顕著に増加した.

伊藤 (1988) は, 一年生植物が減少し, オモダカやクログワイなど多年生中心の群落への遷移に関する農業上の要因の 1 つとして, 除草剤の普及による手取り除草の減少などを挙げている. 今回の試験では冬期湛水 2 年目には除草剤を使用しなかったが, 湛水 3 年目は使用したことが, コナギの増減に影響していると考えられる. その他の原因としては, 湛水区は耕起していないことから, 湛水 2 年目に発芽, 生育したクログワイ, オモダカの塊茎が増えて, 越冬後, 栄養繁殖を活発におこない, 湛水 3 年目に大きく繁茂したと考えられる.

謝 辞

本研究を進めるにあたり, 印旛沼流域水循環健全会議の虫明功臣委員長はじめ関係者の方々, 特に事務局の千葉県河川環境課, また水田を提供していただき米づくりをしながら調査研究に協力して頂いた三門増雄さんには大変お世話になり, さらに本報告の執筆に際しては (独) 農村工学研究所の嶺田拓也博士, 宮城県立大学准教授の神宮字寛博士に文献資料の提供および貴重なご助言を頂いた. 皆さまに心から感謝申し上げます.

引用文献

- 浅井元朗・榎野亜貴. 1994. 湛水後の 2 回の土壌攪乱が水田雑草群落組成に及ぼす影響. 雑草研究 39(3): 174-176.
- 浅野紘臣・寺沢輝雄・広瀬昌平. 1981. 温度および日射量に対するタイヌビエの初期成育反応. 雑草研究 26: 36-40.
- 荒井正雄・宮原益次. 1962. 水田雑草タイヌビエの生理生態学的研究第 4 報: 休眠覚醒過程における種子の死滅について. 日本作物学会紀事 31:190-194.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie, Springer-Verlag. Wien.

千坂英雄. 1965. スズメノテッポウの個生態. 雑草研究 4: 20-27.

千葉県. 2008. 生物多様性ちば県戦略. 84pp. 千葉県, 千葉.

伊藤一幸. 1989. 水田雑草オモダカの生態と防除に関する研究. 雑草研究 34 (別): 13-14.

伊藤一幸. 1988. 除草剤の普及と耕地雑草の変遷. 矢野悟道編, 「日本の植生—侵略と攪乱の生態学—」, 東海大出版: 145-158.

岩渕成紀. 2003. 冬期湛水水田の意義と活用—生態系を維持しながら生態系を支える循環型技術—. 農村と環境 19: 50-59.

岩澤信夫. 2003. 不耕起でよみがえる. 271pp. 創森社, 東京.

片岡孝義・金昭年. 1978. 数種雑草種子の発芽深度. 雑草研究 23: 13-18.

金子是久・中村俊彦. 2009. 冬期湛水が水田雑草に及ぼす影響. 景観生態学 14:67-72

Kaneko, Korehisa and Toshihiko Nakamura. 2011. Effects of the inhibition of weed communities by winter-flooding. Agricultural Sciences 2(4): 383-391.

栗田英治・嶺田拓也・石田憲治・芦田敏文・八木洋憲. 2006. 生物・生態系保全を目的とした水田冬期湛水の展開と可能性. 農業土木学会誌 74(8): 713-717.

嶺田拓也・栗田英治・石田憲治. 2004. 水田冬期湛水における営農効果と多面的機能. 農村計画論文集 6:61-66.

中釜明紀・宮脇勝雄・長野幸雄・下敷領耕一. 1990. 水田利用形態の差異による雑草植物の変化—冬作期間中に発生する雑草の土壌水分適応性と土壌中生存種子の分布. 鹿大農場研報 15: 25-36.

農林水産省. 2007. 農林水産省生物多様性戦略. 40pp. 農林水産省, 東京.

佐合隆一・西静雄・足立明朗. 1975. オモダカの生態について. 第 2 報種子からの発生. 雑草研究 14 (講要): 76-78.

鈴木光喜・須藤孝久. 1975a. 水田雑草の発生生態 第 1 報: 温度と出芽との関係. 雑草研究 20:105-109.

鈴木光喜・須藤孝久. 1975b. 水田雑草の発生生態 第 2 報 出芽期間と出芽率. 雑草研究 20: 109-113.

住吉正・中野恵子. 2008. 有明海沿岸地域における冬期湛水—不耕起稲作体系の雑草問題. 雑草研究 53 (別): 35.

山岸淳・竹内義雄. 1975. クログワイの生態—主として発生生態について—. 日本雑草学会 14(講要). 54-56.

山本浩伸・大畑考二・山本幸次郎. 2003. カモ類の採食場所として冬期湛水することが水田耕作に与える影響—片野鴨池に飛来するカモ類の減少を抑制するための試みⅢ—. Strix21: 111-123.

The Influence of Winter-flooding on the Weed Growth of Rice-paddy. Korehisa Kaneko and Toshihiko Nakamura

付表 1 冬季湛水前・湛水3年目における夏(8月)の植物の出現状況

湛水条件	冬期湛水前 2005年	冬期湛水3年目 2008年	
水田タイプ	慣行	慣行	冬期湛水
調査地点	20	10	10
種数	13	11	14
キクモ	Ⅳ+-2	Ⅳ+-1	Ⅲ+
ヤナギタデ	Ⅳ+-4	Ⅱ+	Ⅰ+
オモダカ	Ⅴ+-1	Ⅲ+-1	Ⅴ+-4
コナギ	Ⅱ+-1	Ⅴ+-5	Ⅳ+-5
アゼナ	Ⅲ+-1	Ⅱ+-2	Ⅳ+-1
ホタルイ	Ⅱ+	Ⅲ+-4	Ⅰ+
イボクサ	Ⅱ+	Ⅰ+	Ⅰ+
アオウキクサ	Ⅲ+	Ⅰ+	Ⅰ+-1
シャジクモ	Ⅰ+-3	・	・
ミズワラビ	Ⅰ+	・	・
タマガイツリ	Ⅰ+	・	・
セリ	Ⅰ+	・	・
ヒレタゴボウ	・	Ⅲ+	Ⅱ+
アメリカアゼナ	・	Ⅱ+-1	Ⅰ+
トキンソウ	・	Ⅰ+	・
タイヌビエ	Ⅰ+	・	Ⅲ+-2
チョウジタデ	・	・	Ⅰ+
ハリイ	・	・	Ⅰ+
クログワイ	・	・	Ⅰ4

付表 3 冬季湛水前・湛水3年目における冬(12月)の植物の出現状況

湛水条件	冬期湛水前 2005年	冬期湛水3年目 2008年	
水田タイプ	慣行	慣行	冬期湛水
調査地点	20	10	10
全体種数	16	4	8
スズメノテツポウ	Ⅴ+-5	Ⅴ2-5	Ⅱ+-2
タネツケバナ	Ⅴ+-4	Ⅴ+-4	Ⅲ+-1
ヤナギタデ	Ⅴ+-4	・	・
チョウジタデ	Ⅲ+-3	・	・
ハルジオン	Ⅲ+	・	・
タマガイツリ	Ⅱ+-1	・	・
ノミノフスマ	Ⅱ+-1	Ⅲ+-1	・
スズメノカタビラ	・	Ⅴ1-4	・
キクモ	Ⅰ+-4	・	Ⅲ+
スカシタゴボウ	Ⅰ+	・	Ⅱ+
ウシハコベ	Ⅰ2	・	・
トキワハゼ	Ⅰ+	・	・
サデクサ	Ⅰ+	・	・
アメリカセンダングサ	Ⅰ+	・	・
ヒメムカシヨモギ	Ⅰ+	・	・
コナギ	Ⅰ+	・	・
ホタルイ	Ⅰ+	・	Ⅰ+
トキンソウ	・	・	Ⅰ+
ケキツネノボタン	・	・	Ⅰ+
タガラシ	・	・	Ⅰ+

※2005年は、冬期湛水試験区も慣行で行ったため、水田タイプを「慣行」とした。

注意1) 常在度階級

+<10%, 10%≤Ⅰ<20%, 20%≤Ⅱ<40%, 40%≤Ⅲ<60%, 60%≤Ⅳ<80%, 80%:

注意2) 被度階級 (Braun-blauquet 1964)

+<1%, 1:1-5%, 2:5-25%, 3:25-50%, 4:50-75%, 5:75-100%

付表 2 冬季湛水前・湛水3年目における秋(10月)の植物の出現状況

湛水条件	冬期湛水前 2005年	冬期湛水3年目 2008年	
水田タイプ	慣行	慣行	冬期湛水
調査地点	20	10	10
種数	12	17	22
キクモ	Ⅴ+-2	Ⅳ+-2	Ⅴ+-3
ヤナギタデ	Ⅴ+-4	Ⅴ+-1	Ⅲ+-1
コナギ	Ⅲ+	Ⅴ+-1	Ⅱ+
オモダカ	Ⅳ+	Ⅱ+	Ⅱ+-2
チョウジタデ	Ⅲ+-2	Ⅲ+	Ⅱ+
アメリカアゼナ	Ⅲ+-2	Ⅳ+	Ⅴ+-2
ミズワラビ	Ⅰ+	Ⅴ+-1	Ⅳ+-4
アゼナ	Ⅴ+-1	・	・
オランダガラシ	Ⅴ+-1	・	・
タマガイツリ	Ⅴ+	・	Ⅰ+
タネツケバナ	・	Ⅴ+-3	Ⅴ+-1
スズメノテツポウ	・	Ⅴ1-5	Ⅳ+-1
イボクサ	・	Ⅳ+-3	Ⅱ+-1
ホタルイ	・	Ⅳ+-1	Ⅱ+
アメリカミズキンバイ	・	Ⅲ+	Ⅳ+-2
ウスゲチョウジタデ	・	Ⅲ+	Ⅳ+-3
ヒナガイツリ	・	Ⅰ+	Ⅳ+
トキンソウ	・	Ⅲ+	Ⅲ+-1
イボクサ	Ⅰ+	・	・
タイヌビエ	Ⅰ+	・	Ⅰ+
スズメノカタビラ	・	Ⅱ+-1	・
ミズハコベ	・	Ⅰ+	・
スカシタゴボウ	・	・	Ⅱ+
メヒシバ	・	・	Ⅰ5
ノミノフスマ	・	・	Ⅰ+
トキワハゼ	・	・	Ⅰ+
ノチドメ	・	・	Ⅰ+

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（現、千葉県印旛農業事務所）

〒285-0026 千葉県佐倉市鎗木仲田町 8-1

要 旨

印旛沼流域水循環健全化会議が「みためし冬期湛水」として千葉県佐倉市萩山新田で2005年度から 2009 年度にかけて行った冬期湛水の実証実験において、冬期湛水田および対照区として設けた慣行水田の米の収量調査を行った。調査は冬期湛水田と慣行水田のそれぞれ 3 か所から 20 株ずつ刈取り、全重量、わら重量、籾重量、精玄米重量、屑米重量を測定し、10a 当たりの量に換算して算出した。冬期湛水試験後は、冬期湛水区は 350kg～652kg であったが、慣行水田区では 425kg～580kg であった。

キーワード：冬期湛水田、慣行水田、米収量、印旛沼流域水循環健全化会議

はじめに

「印旛沼流域水循環健全化会議」での取り組みの一つとして行われた「みためしワーキング」1つの調査として 2006 年 1 月から冬期湛水研究プロジェクトが実施された。このプロジェクトにおいて冬期湛水田とその比較として慣行水田での米収量についての調査を湛水前の 2005 年から 2009 年の 5 年間にわたり実施した。なお、本稿はその報告である。

調査地の概要

「印旛沼流域水循環健全化会議」が「みためし冬期湛水」として実施している、千葉県佐倉市萩山新田において、土地所有者（耕作者でもある）の協力のもと、隣接する 2 区画の水田（100×90m×2 区）を調査地とした（図 1）

この 2 区画を冬期湛水と慣行水管理として、米の収量調査を実施した。

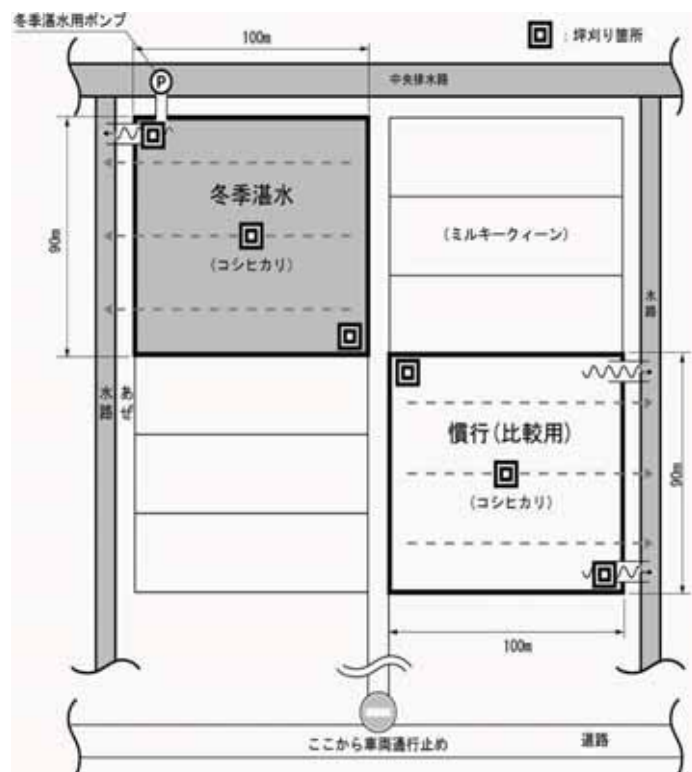


図1. みためし冬期湛水調査地全体図.

図2. 坪刈り地点位置図.

表 1. 10a 当たりの冬期湛水区と慣行水田区の米収量結果 (なお冬期湛水は 2006 年 1 月から).

年度	区画	全重量	差し引き わら重量	粳重量	精玄米重量	屑米重量
		kg	kg	kg	kg	kg
2005	冬期湛水	1,197	615	582	432	26
	慣行水田	1,364	691	673	456	71
2006	冬期湛水	1,188	624	564	441	14
	慣行水田	1,401	726	675	515	26
2007	冬期湛水	-	-	-	582	36
	慣行水田	-	-	-	580	47
2008	冬期湛水	1,907	996	911	652	61
	慣行水田	1,656	915	741	566	37
2009	冬期湛水	956	449	507	350	13
	慣行水田	1,162	550	612	425	21

調査の方法

冬期湛水の実施期間は、2006 年 1 月～2009 年までの 5 ヶ年間であり、そのうち収量調査は、2005, 2006, 2007, 2008, 2009 年の計 4 回の収穫時期に実施した。毎年稲の刈取り直前の時期に、冬期湛水田と慣行水田において、それぞれ 3 箇所、20 株ずつを坪刈りした(図 2)。乾燥後、脱穀、粳摺り、選別を行った。

収量構成要素については、圃場内の中庸な生育をしている地点から、平均穂数株 3 株をサンプル株として抽出し、乾燥後、各構成要素について測定した。

結 果

2005 年から 2009 年の各年の収量調査結果は、表 1 の通りである。10a 当たりの全重量、差し引きわら重量、粳重量、精玄米重量、屑米重量については、坪刈り 3 箇所の値を平均して、冬期湛水田と慣行水田でのそれぞれに 5 ヶ年の結果である。

冬期湛水前の精玄米重量は冬期湛水区及び慣行水田区でそれぞれ 432kg と 456kg であった。冬期湛水開始後では、冬期湛水区は 350kg～652kg であったが、慣行水田区では 425kg～580kg であった。

Rice Yield in Winter Drained and Winter-flooded
Rice-paddies. Chiba-prefectural Inba Agriculture Office.

冬期湛水法による米づくり

小倉久子¹・三門増雄²・上原 浩³

¹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)

²〒285-0852 佐倉市青菅 272

³パシフィックコンサルタンツ株式会社 国土保全事業本部河川部水環境室 〒163-6018 東京都新宿区西新宿 6-8-1
住友不動産新宿オークタワー (hiroshi.uehara@tk.pacific.co.jp)

要 旨

印旛沼流域の水田において 2005 年度から 2009 年度にかけて、冬期湛水による稲作の実証実験を行った。2005 年の収量を基準にして冬期湛水法と慣行法の収量を比較すると、4 か年の平均で冬期湛水田は慣行法水田の 101%の収量であり、両水田での収量に差がないことが確認された。冬期湛水田では最初の 2 年間は肥料として米ぬかを散布していたが、その後は切り藁散布のみで十分であった。また耕起が不要で、薄層の代掻きのみを行い、慣行法と同じ田植え機で田植えが可能であった。4 回の冬期湛水によって地耐力の劣化は見られなかった。冬期湛水稲作は水の確保ができれば、慣行法と同等の収量で、作業量は慣行法よりも少ない程度であることが明らかにされた。

キーワード：冬期湛水、水田、米収量、精玄種量、印旛沼流域水循環健全化、みためし

はじめに

これまで我が国の水田では、第二次世界大戦後の食糧増産のため国策として土地改良事業による圃場の大規模化や、乾田化、機械化が進み、稲作効率は格段に向上してきた。一方で水田の乾田化は、かつて湿田での水田耕作とともにあった水生生物群に大きな影響を与えてきた。

冬期湛水は、水田で損なわれた生物多様性の回復等を目指すものである。しかし、稲作農家にとっては、稲作・米は生活の糧であり、米の収穫と持続可能な営農を欠かすことはできない。また、農家の担い手が不足し、従事者の高齢化も進む中、農家の新たな作業負担増となることは現実的ではない。

このような背景のもと、「印旛沼流域水循環健全化会議」での取り組みとして行われている「みためし冬期湛水」での 1 つの調査として、冬期湛水田、およびその比較として慣行水田での米収量調査を長期間（4 ヶ年）にわたり実施することで、冬期湛水の実施による米収量への影響を把握することを目的としている。

調査地の概要

「印旛沼流域水循環健全化会議」が「みためし冬期湛水」として実施している、千葉県佐倉市萩山新田において、土地所有者（耕作者でもある）の協力のもと、隣接する 2 区画の水田（100×90m×2 区）を調査地とした（図 1）。この 2 区画を冬期湛水と慣行水管理として、同一の耕作者により冬期の水管理以外を共通にすることで、両者を比較検討した。

稲作の方法

調査の実施期間は、2005 年冬～2009 年までの 5 ヶ年間である。調査期間中の稲作カレンダーを表 1 に示す。

【2005 年】

・冬期湛水田

初年度の 2005 年は冬期湛水田も慣行水田と同様の耕作を行い、比較の基準とした。

2005 年の稲刈り終了後、12 月に冬期湛水田の畔塗りを行い、2006 年 1 月 20 日に水張を行った。当初は 2005 年のうちに通水する予定であったが、揚水ポンプ設置等の工事が遅れたため、年明けにずれ込んでしまい、このため、初年度の湛水期間は 1～4 月の約 3 ヶ月間と短かった。

・慣行水田

9 月の稲刈り後及び 12 月に耕起を行った。

【2006 年】

・冬期湛水田

5 月 3 日に水田内を平らにならす目的で薄層の代掻きを行い、6 日に田植えを実施した。

前年度の水張時期が遅れたため、6 月には水田雑草が発生し、手取り除草を繰り返したが、最終的には最小限の除草剤を使用した。

出穂等の生育状況は慣行田と同時で、稲刈りも同一日の 9 月 15 日に実施した。

その後、10 月 4 日に米ぬか散布、10 月末に畔補修を行い、11 月 1 日に湛水を開始した。

稲刈りは冬期湛水田と同一日に行い、慣行水田では 24 日に耕起した。

【2007 年】

・冬期湛水田

前年と同様に田植え前に浅く代掻きを行い、5 月 11 日に田植えをした。この年の雑草発生は前年よりも少なかった。

9 月 17, 18 日に稲刈りを行い、その後、10 月 10 日に藁処理、19 日に米ぬか散布を行い、10 月 20 日に湛水を開始した。

・慣行水田

3 月に耕起、5 月 10 日に代掻き、26 日に田植えを行い、翌 27 日に除草剤を散布した。稲刈りは冬期湛水田と同時にを行い、約 1 か月後の 10 月 24 日に耕起を行った。

【2008 年】

冬期湛水田、慣行水田ともに、前年とほぼ同じ日程で作業した。冬期湛水田の水張は 10 月 31 日であった。

【2009 年】

・冬期湛水田

水路側の畔に亀裂が入り水漏れが起き、1 月下旬から 2 月にかけて畔補修を繰り返した。この年の湛水は不十分であり、7 月には除草剤（バサグラン：水田多年生雑草防除剤）を散布した。

・慣行水田

前年稲刈り後に、3 月 26 日、4 月 13 日の 2 回耕起を行い、5 月 10 日に田植え、9 月 13 日に刈取りを行った。

冬期湛水法と慣行法における作業の比較

前節に掲げた稲作カレンダー及び耕作者へのヒアリングから、冬期湛水法及び慣行法において必要な作業内容等の比較を表 2 にまとめた。

稲作、特に冬期湛水法は確定した方法ではなく、天候等に応じて臨機応変に対応していくことが求められるが、冬期湛水法は稲刈り後に速やかに湛水を行えば雑草の発生も少なく、耕起が不要である分の作業量が低減できる。また、肥料、除草剤に係る費用・作業が低減できる。

ちなみに試験前には、冬期湛水として湛水期間が長くなることにより、水田のすき床が軟らかくなり、泥田に戻ってしまうことが懸念されたが、試験期間中の毎年稲刈り後の土壌調査により、地耐力には劣化は見られず、連続した冬期湛水耕作に支障がないことが確認されている（小倉久子、他、2012）。

本実証実験では実験水田脇の水路から冬期湛水用の水を揚水することができたが、電気代は 2,000～3,000 円/月 程度であった。一般には、より多くの設備、費用が必要となる可能性が高い。

収量結果

千葉県印旛農業事務所（前、印旛農林振興センター）による、2005 年から 2009 年の各年の冬期湛水田・慣行水田での収量調査結果は表 1 の通りであった。収量として、10a あたりの全重量、差し引きわら重量、粳重量、精玄米重量、屑米重量が整理されている。

2005 年度のデータは、この年の冬以降に水張りを開始したことから、冬期湛水田、慣行水田の両区画ともに栽培条件は同じという位置づけである。

冬期湛水田と慣行水田での 5 ケ年の精玄米重量を比較すると、まず、取り組み開始前であり、両方ともに慣行であった 2005 年では、慣行水田が若干多かった。

取り組み開始後、慣行水田より冬期湛水田の収穫量（精玄米重量）の方が多かった年は、2007, 2008 年であり、少なかった年は 2006, 2009 年であった。

ここで、2005 年度のデータは、取り組み開始前であり両方とも慣行農法であったことから、2005 年のデータの差が両水田に特有の差であると考えられる。そのため、この差を 100% として、次年度以降の精玄米重量の違いを整理すると図 3 のようになる。4 ケ年を単純平均すると、101% であり、冬期湛水を行うことで米収量での違いは確認できなかった。

また、2005 年度を除く調査期間 4 ケ年のうち、慣行水田と比較して 2009 年度の冬期湛水田での収量割合が最も小さくなっている。これは、天候等の影響で全国的に冷夏となり、全国的に米の収穫量自体が減少していた（千葉県農林水産業の動向 平成 17 年度版～21 年度版）ために、本調査水田においても全体的に調査するための穂数の確保が難しかったことと、特に調査対象としている水田では従来から坪 40 株植えの栽植密度で栽培していたことから、さらに穂数の確保が困難になったものと考えられる。また、冬期湛水田では、多年生の難防除雑草

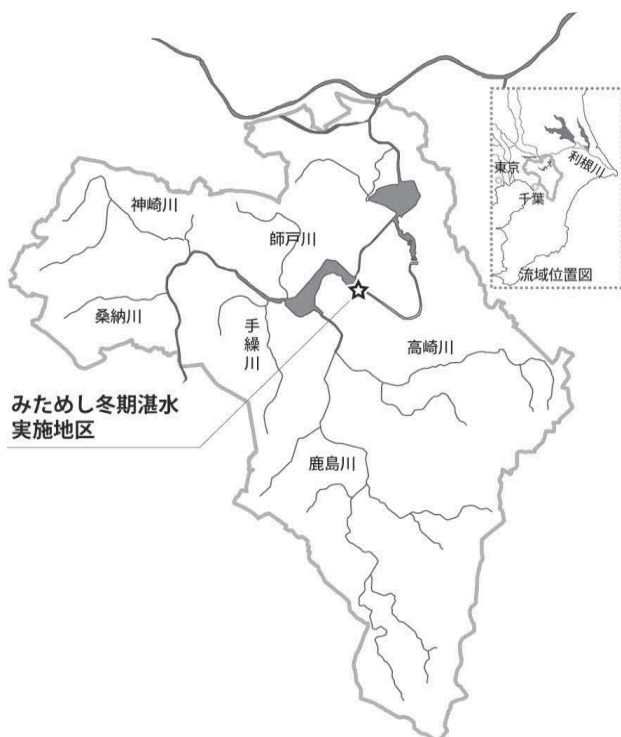


図 1. 冬期湛水の実施位置図

表 1. 調査期間中の稲作カレンダー

2005年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田						(中干し)						12: 畦塗り
慣行田				耕起 代掻き		(中干し)	出穂		刈取り 耕起			12: 耕起
地耐力調査日 土壌調査日											11/11	
水質調査日												
2006年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田	20: 水張り				03: 代掻き 06: 田植え	手取り除草 29: 除草剤(グ ラスジンM) (中干し)	25: 出穂		15: 刈取り	14: 米糠散布 30,31: 畦補修	1: 水張り	
慣行田				4,24: 耕起 30: 代掻き	04: 田植え 12: 除草剤(イ ノーバDX)	(中干し)	25: 出穂		15: 刈取り 24: 耕起			
地耐力調査日 土壌調査日									9/29			
水質調査日			3/2	4/5	5/31			8/7	9/29		11/6	
2007年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田					11: 代掻き 16: 田植え	(中干し)		05: 出穂	17,18: 刈取り	18: 藁処理 19: 米糠散 布, 畦塗り 29: 水張り		
慣行田			5: 耕起		10: 代掻き 26: 田植え 27: 除草剤	(中干し)		05: 出穂	15,16: 刈取り	24: 耕起		
地耐力調査日 土壌調査日									9/28			
水質調査日		2/20			5/2		7/2	8/6	9/28		11/13	12/14
2008年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田					11: 代掻き 18: 田植え	(中干し)	バサグラン (中期用除草 剤)		15: 刈取り	31: 水張り		
慣行田				23: 耕起	12: 代掻き 17: 田植え 17: 除草剤	(中干し)			16: 刈取り			
地耐力調査日 土壌調査日										10/1		
水質調査日			3/4	4/10	5/27		7/23			10/1		12/15
2009年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
冬期湛水田	20,21: 畦畔修 理 29: 畦補修	12: 畦シート, 水張り			07: 外周耕起 13: 田植え	(中干し)	3: バサグラン (中期用除草 剤)		14,15: 刈取り	切り藁のみ		
慣行田			26: 耕起	13: 耕起	06: 代掻き 10: 田植え, 肥料, 除草剤	(中干し)			13: 刈取り			
地耐力調査日 土壌調査日										10/19		
水質調査日		2/19			5/28			8/7		10/19		

 : 水はりの状態

 : 落水の状態

表 2 冬期湛水区及び慣行区の稲作作業

稲作方法	冬期湛水	慣行
耕起	なし	・稲刈り後（9月）から代掻き（5月）の間に2回ないし3回
代掻き	・浅く，平らにならす程度 ・所要時間 2時間程度	・所要時間 約4時間
田植え	・慣行法と同じ田植え機を使用	
苗	・最初の中苗を使用した，2008年からは慣行法と同じ2.5葉を使用． ・40株/坪	・50～60株/坪
冬期湛水	・水の汲み上げはタイマーで自動運転（3～4時間/日） ・見回りが必要（1回1時間程度）	
肥料	・水張り前 ・米ぬか（90kg/10a） ・2007年に倒伏が多かったので，2007年秋からは米ぬか散布は中止	・田植え時に側条施肥 ・（N:P:K 10:18:16）を20kg/10a ・穂肥えはなるべくやらない．
除草剤	・前年の湛水開始が遅れると，5月ごろに気温の上昇とともに雑草が発生した． ・雑草発生時に，状況に応じて手取りまたは除草剤散布（バサグラン）	・田植え時に除草剤（イノーバ DX）

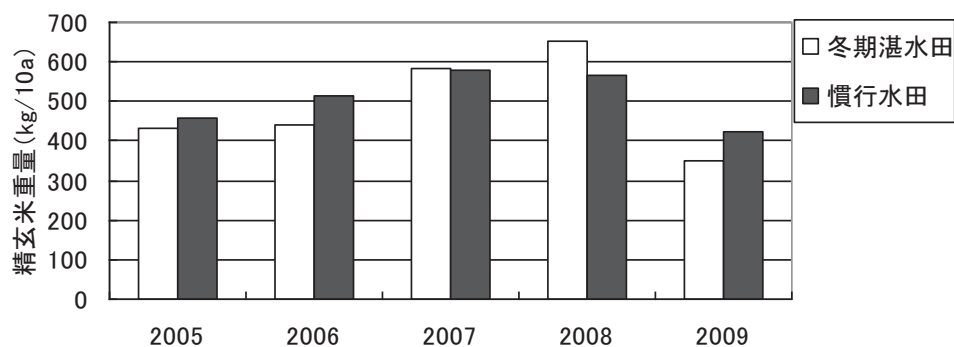


図 2. 精玄米重量の冬期湛水田と慣行水田の比較

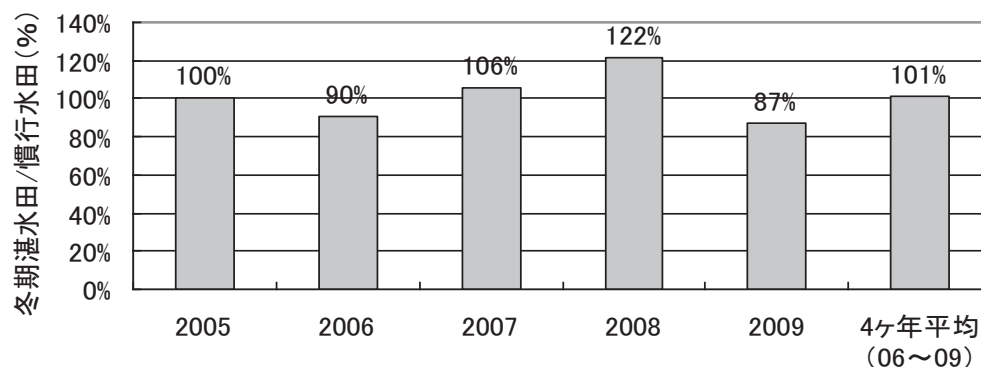


図 3. 冬期湛水田と慣行水田の収量比較（2005 年度の差を 100%として補正している）

であるクログワイの発生が多かったために、米の収量に影響が出たものと考えられる。クログワイ発生の原因として、2008 年秋に畦補修の作業を行っておらず、2009 年 1 月に冬期湛水田の水漏れが発覚し水が張れない状況にあった。このため、水を張っていた他の年ではクログワイが繁茂しなかったが、2008～2009 年の冬期では水張り状況が違っていたことから、繁茂したものと考えられる。

以上により、4 ヶ年継続して冬期湛水を行ったことによる米の収量は、慣行水田と比較して減収となることは確認できず、両水田での収量に差はないと考えられる。

謝辞

この調査は印旛沼流域水循環健全化会議緊急行動計画（2004）の事業の一環で、印旛沼の水環境改善のために「みためし（見試し）行動」として、市民・行政・専門家が「水質調査隊」を組織し、さまざまな方が協働で実施したものです。調査水田耕作者の

三門増雄氏、印旛沼土地改良区の高橋修事務局長はじめ皆様方、また、収量調査のため実際に米の刈り取り、測定を実施していただいた千葉県印旛農業事務所（調査当時：印旛農林振興センター）のご担当の方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献

千葉県農林水産業の動向平成 17 年度版～21 年度版
<http://www.pref.chiba.lg.jp/nousui/toukeidata/nourin/nourin-h17.html>

小倉久子・金子文宣・前田敦志・上原浩・冬期湛水
みためし水質調査隊. 2012. 冬期湛水が土壌におよぼす影響. 印旛沼流域水循環健全化調査研究報告 1 : 36-42.

Rice Cultivation by Winter-flooded Method. Hisako
Ogura, Masuo Mikado and Hiroshi Uehara

冬期湛水による稲作みためしレポート

三門増雄

〒285-0852 佐倉市青菅 272 (riceboy@catv296.ne.jp)

今回の冬期湛水による稲作みためし行動は 5 年の期間で行いました。

その際の作業工程や感じたことについて報告いたします。

冬期湛水は、私にとっては全く新しい農業技術として取り組みましたが、よく調べてみますと、江戸時代より行われていたかなり古い技術だったことがわかりました。戦後の水田農業は、化学肥料、農薬、土地改良、機械化等の技術が進み生産方法も大きく変化して来ましたが、それ以前の先人達の生活の知恵から生まれた技術で現在でも各地で行われているという事にはそれなりの訳があると思います。その訳を今回のみためし行動調査で解明出来ればと思いました。

新聞に冬期湛水の記事があり、初めて言葉を耳にしました。どういう事をするのか大変興味を持ちました。冬期湛水には、機械化された稲作技術とは違う世界があると思いました。現在行っているアイガモ農法もそうですが、一般的には、稲刈後排水、耕起して土を乾燥状態にして翌年の代かきまで乾田状態を保ちますが、これとは全く反対の事をするので最初は正直驚きました。そんな事をしたら春作業で機械作業がスムーズに出来なくなるのではと思いました。

平成 16 年に先進地である宮城県の大田町（現大崎市）へ視察に行きました。こちらでは、地域的に大きな規模で行われており、色々な事例を見る事が出来ました。また、佐原市の藤崎氏の水田も見学させていただき、話を聞きました。圃場は、利根川の浚渫土であり砂質地で条件としては良い方ではない水田ですが、無化学肥料で収穫量はコシヒカリ 9～10 俵との説明でした。そんな事が可能なのかと考えてしまいました。

無化学肥料、無農薬でこれほどの米作りが出来るのであれば、私が今までやってきた米作りは何だったのかと思い、自分の水田ではどうなるのか どうしても試したくなりました。

今回の実験田は、印旛沼の干拓地で泥深い所でした。稲作を始めた頃は、耕起・代かき・田植え・稲刈等、機械作業で大変苦労しましたが、30 年程経過してから地盤も落ち着き、農機が深みに落ちることも少なく作業できるようになってきた水田です。

冬期湛水を始めるにあたり何点か心配事がありました。

- ① 常に水があるので、地盤が緩み元の泥深い水田になり機械作業が出来なくなるのでは？
- ② 水田雑草がどうなるのか？
- ③ 隣接地にどのような影響が出るのか？
- ④ 水稻の生育にどのような影響があるのか？

①について … 湛水後定期的に水田に入り状態を確

認しましたが、予想に反して足は土の中に沈み込む事も無く楽に歩け、田植機もスムーズに作業出来ました。

②について … 湛水 1 年目は、年明け 1 月からでしたので草が出ました。手取り除草も追いつかず除草剤を使用する事となりました。2 年目は、11 月 1 日からでした。前回と比較するとかなり草の量は減り、除草剤も使用しませんでした。3～5 年目は、5 月、6 月の気温の上昇と共に草が出てしまい、部分的に稲の生育にも影響が出て来ましたので残念ながら除草剤を使用する事となりました。冬期湛水中の期間は、対象の慣行区と比較して草は出ませんが、田植え後には出てきました。今後は、除草機の使用が必要になってくると思います。

③について … 隣接地は、私の水田ですので他人に迷惑は掛けていませんが、畦畔から水が浸み込んで来て地表面が緩み足をとられ、機械作業も少し苦労しました。何か対策が必要だと思います。

④について … 近くに在る低地排水路よりポンプのタイマー運転で行いました。1 週間に 1～2 回程見回りに行きました。最後の年には、排水路側の田面に亀裂が入り漏水が始まり結果として畦畔ごと崩れてしまい大掛りな補修工事となってしまいました。今後は、排水路側の漏水対策が必要になります。

⑤について … 稲の倒伏があり収穫量は年によって差が出てしまいましたが、生育状況には大差ありませんでした。

実際に湛水を始めますと、冬場であっても水中に小動物が元気に泳ぎ回りイトミミズなどの働きで『とろとろ層』を作り出しました。鳥類も集まって来まして、11 月に蛙が鳴きだしたのは驚きました。その後鳴き声が無くなりましたが、たぶん鳥達に捕食されたのではと思います。

水がある事で土の中にいた微生物が活性化して有機物を分解して天然の肥料を作り出している事がわかりました。これで化学肥料が不要になりました。また、同時に水の浄化作用が確認されましたので印旛沼の水質改善にも農業で役立てます。

現在困っている問題は、一帯が猟区内の為に冬期湛水田が猟場となってしまっている事です。水があるのでカモ類が集まって来ますので、格好のポイントになってしまっています。これでは、本埜に来ている白鳥も来る事が出来ませんので、早く禁猟区に指定して頂きたいものです。

今回のみためし行動で、栽培面では化学肥料を必要としない稲作が出来る事が確認されました。

水田から流れ出た化学肥料により沼の水質に影響を与える事も無くなります。

世界的に肥料原料価格が高騰していますので、資源と資材費の節約にもなり、米ぬか等の有効利用にもなります。水質の面でも大きな浄化作用があることもわかりました。

水鳥をはじめ多くの小動物の生息環境もよくなります。

自然環境に負荷を与えず、循環し再生可能な米作りが出来るようになります。

水源、場所等色々な条件等もあり、どこでも直に取り組む事は出来ませんが、私は、これからの技術として可能な限り冬期湛水田面積を広げて行きたいと思っています。

冬期湛水の意義を広く多くの皆さんに知っていただき、ご理解が得られる様な広報活動も行いたいと思っています。

今回の取り組みでは、中村俊彦先生を始め、多くの方々と出会い色々な勉強をさせて頂きました。この貴重な経験をこれからの経営に役立てたいと思っております。参加、協力して頂きました皆様、ありがとうございました

A Report of Rice Cultivation by Winter-flooded Method.
Masuo Mikado.

「こうほう佐倉」1042号 11 ページ「まちネタ」より再録

食の安全を求めてたどり着いた 古くて新しい技術「冬期湛水」 —市内の特色のある米作り—

「食べることってのはさ、すぐさま命に結びつくんだよ。だからこそ、食品が安全であることなんて当たり前なんだ。でも、効率的・経済的なことばかりが良しとされる世の中だから、悲しいことにみんなそれを忘れちゃうんだよな」

そう語るのは、市内で農業を営む三門増雄さん（青菅在住）。

三門さんは現在、萩山新田の田んぼで「冬期湛水」による稲作を行っています。

冬期湛水とは、通常は田んぼを乾燥させる冬にも水を張っておくこと。江戸時代に書かれた農業書「会津農書」にも紹介されているほど、古くから存在している農法です。

冬の間も水が張られた田んぼでは、そこに残された稲株などの分解が進みます。それによって発生した有機物は、田んぼに住む菌類やイトミミズなどのえさになり、ふんとして排せつされることで天然の有機肥料に変わります。

そのせいで、冬期湛水を行っている田んぼでは、農薬や化学肥料を使っていないにも関わらず、通常と変わらない収穫が得られるとのこと。

「冬だって、水の中じゃ生き物が元気に動いてる。その姿を見るとうれしくなるね。自然に近い状態にしておけば、自然が恩恵を与えてくれるんだ。昔の人は経験や観察からそのことを知っていたんだね」

環境にやさしい農法としても注目を集めそうな冬期湛水。現在、今年生産されるお米のオーナーを募集しているそうなので、より自然に近い状態で育てられたお米を食べてみたいというかたは応募してみては？



三門増雄さん



冬でも水をたたえる三門さんの田んぼ

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

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)

要 旨

日本で最も古い水田は、紀元前約 400 年頃と推定されている。その後全国に広まった水田は、稲作の長い歴史と各地の立地環境により様々に変化し分化した。平野に広がる「平田」から山間の「棚田」、また谷地形では「谷津田」や「谷戸田」がつけられ、それぞれに異なる稲作技術も存在した。

米づくりの場としてつくられた、水田であるが、その自然環境は大きな「自然の恵み」である生態系サービス、すなわち基盤サービス、供給サービス、調整サービス、文化サービスを人々にもたらしてきた。しかし、近代農法による水田の乾田化や水路のコンクリート化、また農薬や化学肥料の大量使用、さらには耕作放棄の増大は、水田の豊かな生態系サービスを損ねる状況をもたらした。

このような状況のなか冬期湛水の水田稲作は、生物多様性を増加させ水田生態系の基盤サービスにおいては肥沃な土壌の再生をもたらし、供給サービスにおいては慣行農法に劣ることない量の有機米の収穫も可能であった。さらに化学肥料投入の低減や脱窒作用の増大をもたらし、生態系の調整サービスである水質浄化機能が拡大した。さらに有機米の供給による消費者との信頼関係は都市と農村をつなぐ地縁と交流の文化サービスをも増大させた。

キーワード: 冬期湛水、水田稲作、米づくり、生態系サービス、供給サービス、調整サービス、文化サービス

はじめに

水田は、日本人の主食である米づくりの場であることはもちろん、その貯水機能は、自然の「ダム」として地形の安定や水源涵養の一端を担ってきた(志村, 1982)。また、水に恵まれた水田はさまざまな野生動植物の生息・生育をもたらし、それはかつて食料や土地の産物として、人々の生活・生業を支えていた(宇根, 1996; 守山, 1997)。さらに日本の自然の四季のリズムに調和した稲作米づくりは、地域の伝統文化を育み、芸術や信仰を通じて日本人の精神構造に大きな影響を及ぼしてきた(佐々木, 1971)。

今回の印旛沼干拓地における冬期湛水試験においては、冬に水を湛える水田が、小さなミジンコから大きなコハクチョウの群れまで、きわめて多種多様な動植物の生活・生存を育み、その土壌は硝酸態窒素を脱窒する水質浄化の機能を有していた。また多様な生物がつくり出す豊かな土壌と有機栽培の稲作により、慣行栽培を上回るコメの収穫もあった。これは、当初の予想をはるかに超える結果であり、冬期湛水の水田がもたらす自然の恵みの大きさが示された。

現在の地球規模での人口増加と貧困や環境汚染の問題、また国家や民族の争いの絶えない世界において、その課題を克服し持続可能な社会を目指すには、

豊かな生物多様性と健全な生態系の保全・再生が必要である。その場合の前提として「自然の恵み」すなわち「生態系サービス」の認識が求められている(Millennium Ecosystem Assessment, 2005)。日本においては、多くの人々の生活・生業の場である里山里海における生態系サービスが研究・評価され、持続可能な生態系のモデルとしてその価値が再認識されてきている(日本の里山・里海評価, 2010)。

里山里海とは「里と山」また「里と海」、さらには「里と山および海」など、「里」すなわち人々の住まう場(集落)とその周辺の田畑や森林、草地、川沼、海岸・海域等さまざまな環境のモザイクが一体となった空間であり、地域の歴史や人々の伝統・文化を包含する人・自然・文化が調和・共存する複合領域(景相)としてとらえられる。そして、この里山里海の基本単位(景相単位)としてはかつての「村」が想定され、その立地条件により、4タイプの里山(山間里山、台地里山、谷津里山、平野里山)、そして里沼、里川、さらに3タイプの里海(干潟里海、砂浜里海、磯里海)の計9タイプが類別される。このような里山里海において、大きな部分を占める水田の生態系サービスはきわめて重要である(中村ほか, 2010)。

水田の歴史と現状をふまえ、その生態系サービス、

すなわち基盤サービス、供給サービス、調整サービス、文化サービスとともに、その水循環における位置づけや農業及び人の生活・文化とのかかわりについて考察した。

水田の歴史と現状

1. 水田の発祥と発展

米づくりは縄文時代から陸稲を中心に日本の各地でおこなわれていた状況が認められる(佐藤, 2002)。しかし日本で最も古い水田の遺跡は、佐賀県菜畑で発見された紀元前約 400 年頃のものとして、このような水田稲作は中国大陸の揚子江下流、江南地域から東シナ海または朝鮮半島経由等で九州北部に渡来したと推定される。その後、水田米づくりは、遠賀川式土器と一緒に日本海を北上し、約 200 年後には現在の青森県にまで達している(山崎, 1996; 田渕, 1999)。その後の水田の変化については、山崎(1996)の「水田ものがたり」の中で以下のようにまとめられている。

弥生時代、河川沿いや谷津・谷地の沖積平野に造られた水田は、畦や水路を備え、その近くの台地上には集落が形成された。鋤や鍬、鎌などの農具もつくられ、米の利用や保存、また流通のための技術や文化が育まれていった。弥生時代の水田は、2 つに類型される。第 1 は海岸や湖畔の平坦な低湿地に位置し、一区画が数百～数千 m² の大きな湿田である。第 2 は中小河川の河畔に形成された、やや傾斜のある低湿地に立地する半湿田で、区画面積は数十～数百 m² と比較的小さな水田であった。

弥生時代後期から古墳時代にかけては、土木・灌漑技術の発達、さらには鉄器具の普及により、水田は谷筋や山麓地域にまで及ぶようになる。そのような立地の水田は、地表水利用の小型の乾田が多かった。農法的には常時灌水法から中干し法、水利的には自然灌漑から人工灌漑への移行もみられ、米づくりの生産性は上昇し、社会構造にも大きな影響を及ぼしていった。

古墳時代には、ほぼ国土を統一した大和朝廷が、班田収授の法と口分田により、水田・耕地を基盤とした社会・政治体制を確立する。さらに律令時代には、沖積平野を中心に水田化が進み、1 町方格の坪を単位とし、6 町方格 36 坪を里とした条里制もしかれた。条里水田では、稲作のための溜池や用水路が大規模かつ組織的に築造・管理された。

平安時代の 8 世紀から始まった荘園制度は、水田の開墾を進めたものの規模的には小型化した。10 世紀以降には政治の乱れが休耕田を増大させ「かたあらし」とよばれていた。荘園では、領地確保のために武士が台頭し、やがて武士政権の鎌倉時代へとつながった。鎌倉時代は関東を中心に開墾が進められ、乾田では水田二毛作もはじめられた。こうした農業生産力の増加と荘園領主の没落にともない農民の地位も向上し、自然集落の村を単位とした自治組織の「惣(そう)」が形成されるようになった。室町時代から戦国時代にかけては、稲作の集約化を通して、

自立しはじめた農民が一揆を起こす事態も生じた。

戦国時代を終焉させた秀吉は、刀狩りにより兵農分離を実行した。1582 年にはじまった太閤検地では土地測量を全国展開するとともに田地を上田、中田、下田に区分し、それに伴う年貢徴収を徹底させ封建支配の基礎を確立する。江戸時代には、幕府の新田開発の政策が各地で展開され、大規模な治水工事の基に、大河川中流の氾濫原、またその下流や河口のデルタなどにも水田が造られていった。

以上、水田の歴史をふまえ印旛沼の新田開発は享保期にはじめられた。これは印旛沼の洪水対策と一体化させ沼を東京湾とつなげる堀割工事を中心とするもので、その堀割、すなわち現在の新川・花見川の完成は、着手から 200 年以上経過した 1969 年であった。その間、1963 年から 1969 年に実施された「印旛沼開発事業」では、沼の約半分が干拓され水田化が進められた(白鳥, 2006)。

2. 水田の 4 タイプと里沼の水田

水田はあらゆる水環境の立地につくられたが、主に地形と水管理によって以下の 4 タイプに分類することができる(中村, 2001)。平野部の水田「平田」は、ほとんどが湿田で、水郷とよばれる地域もある。そこでは同一水路で用排水が兼用され、かつてその揚水には風車や足こぎ水車なども用いられていた。斜面傾斜地では「棚田」がつけられた。その多くは乾田で田越しの水管理がおこなわれてきた。谷津地形、すなわち洪積台地に樹枝状に刻まれる平らな谷底には湿田の「谷津田」が造られた。谷津田は谷斜面下の湧水と上流からの水を引き入れる用水路、谷の中央部に走る排水路とが分離している。さらに丘陵地の山の谷間には「谷戸田」がみられ、谷戸田は上流に向かって棚田状となる。

千葉県には「ヤツ」のつく地名が約 5,700 あると言われる(山田, 1998)。その中には谷津田タイプと谷戸田タイプが含まれているが、いずれにしてもその多さは特筆すべき状況である。イネ本来の生育地は河川沿いの平田タイプの立地であるが、そこは常に洪水にさらされ不安定である。水環境と立地の安定性を考えると「谷津田は水が自然に湧水で供給されるし、水害にもなりにくい。古代では一番栽培しやすかったのではないか(田渕, 1999)」との見解もある。

4 タイプの水田の稲作期間の水条件はほぼ同じであるが、非稲作時の水環境は大きく異なる。平田と谷津田は、地形的に非稲作時の冬期も水のある湿田が多いのに対し、棚田と谷戸田は、水はけが良く冬期は水のない乾田の場合が多い。湿田と乾田では生物相が大きく異なるが、それは特に非稲作時に顕著となる。年間の水環境が安定する平田と谷津田では水生昆虫から、魚類、鳥類に至る多様な水辺の動植物の生息・生育がみられる。植物については湿田の休耕地には湿性植物のガマやヨシが多いのに対し、乾田の棚田や谷戸田の休耕地では、セイタカアワダチソウやススキ等の乾性植物の生育が多くなる。

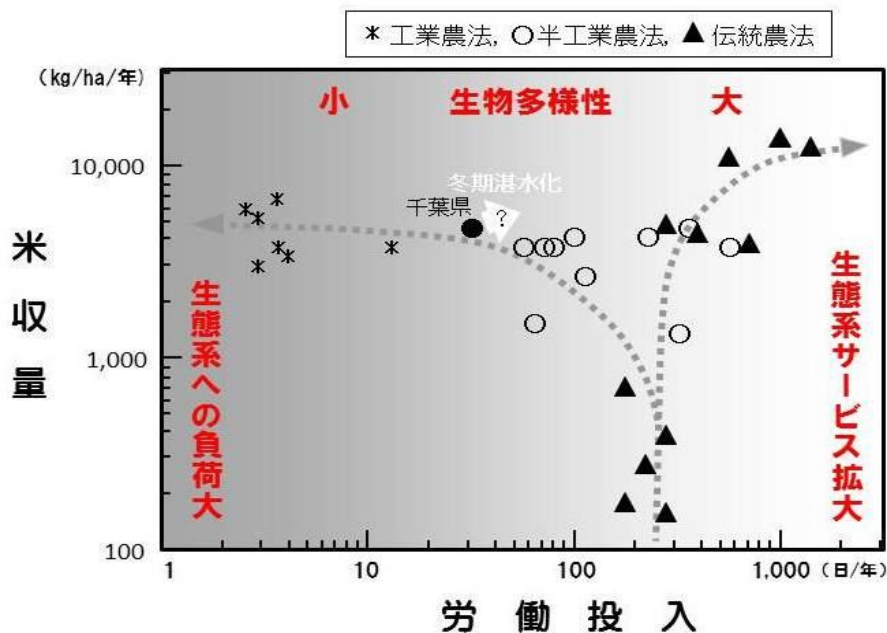


図1. 多様な稲作方法による米収量と労働力 (Shiva, 1991 と Boys, 2000 に加筆).

印旛沼流域では、上流部に谷津田が多く、また沼周辺では干拓地を含め平田が広がる。今回の萩山新田も北総台地の裾から沼面に若干の勾配があるものの基本的には平田タイプといえる。

3) 稲作の近代化と農業を取り巻く社会の変化

江戸時代は、新田開発とともに各地で農具や肥料・施肥等の農法に関しての工夫が凝らされた。千葉県では九十九里浜の「干鰯(ほしか)」や印旛沼の「モク採り」といった里海や里沼の産物の肥料化で稲作の生産性向上が図られてきた。

明治時代には、耕地整理や水利組合等の制度づくり、また灌漑施設や土地改良、畜力利用、多肥料化、品種改良等の技術の発展・普及によって稲作の集約化が進み、地域によっては、明治初期には反当たり収量約150kgだったものが、後期には300kgを超え年もみられ、大正時代にはその収量が安定してくるまでになった(石原, 2009)。

排水施設を拡大させ土地改良が進んだ昭和時代には、小麦等での水田二毛作が広まった。戦後も食料不足の解消に、農地改革および土地改良が進み、稲作の単位収量も1960年代には400kg/10aを超える。1960年代以降の圃場整備、すなわち大型区画、乾田化、水路のコンクリート化は機械化、農薬・化学肥料の多用等により、労働生産性の向上とともに単位収量を上昇させた。千葉県の単位収量は1998年以降500kg/10aを越え、年間の水稲労働も2005年には30時間/10aにまで低下している(北澤, 2011)。

世界の米づくりにおいても各地で増産の工夫が進められてきた。Shiva (1991) は、世界各地の米づくりの生産性について、単位面積当たりの収量と労働時間の関係から、その増産に向けた農法の変化の方向性を分析した(Boys, 2000)。アジア・アフリカで見られる伝統的農法の稲作では年間200~300日の労働

で、200~800kg/haであるが、緑の革命(green revolution)によって生産性を向上させた。しかし、伝統的農法でも中国雲南省のように労働力を大きくした集約化(involution)で稲作の単位収量を年10,000kg/haにまで高めている。一方、アメリカのように、単位面積当たりの収量は3,000~6,000kg/haに保ちながら工業化(industrialization)によって機械設備で労働力を省力化し年間3人日にまで低下させた稲作もみられる(図1)。

日本においては、戦後の経済成長の中で、稲作も機械化、工業化の方向でその生産効率を追求してきた。しかし大量の化学肥料や農薬また圃場整備等に大きなコストをかけたにもかかわらず、コメの国内消費の減少と国際競争によるコメ価格の低迷は、各地の稲作および水田、またその農家・農業に危機的状況をもたらしている。千葉県においても水田等の耕作放棄地は年々増加し、その拡大はイノシシ等の野生鳥獣の農業被害の急増の原因となっている(北澤ほか, 2011; 浅田, 2012)。その結果、農家・農地は急速に減少している(北澤, 2011)。また放棄水田等へのゴミ・廃棄物の投棄は、将来地下水の汚染源になりかねない状況もある。

水田の生態系サービス

1. 生態系サービスとは

生物・生命は、その土地環境と相まって、競争や共生、また食物連鎖の関係等で互いにかかわり、その全体は生態系をつくり出す。この生物多様性と生態系がもたらす人々への恵みは「生態系サービス(ecosystem services)」とよばれる(Millennium Ecosystem Assessment, 2005)。この生態系サービスは、以下のように4つのサービスから成っている。

人の生活に最も身近な食料や水、木材や繊維、薬や燃料等の生活に欠かせないものの資源を生態系の

「供給サービス (provisioning services)」とよび、また水や大気の浄化作用、洪水や土壌浸食の防止、そして森林の水源涵養や植物の蒸発散による温暖化抑止など環境の安定性にかかわる生態系機能を「調整サービス (regulating services)」とよぶ。さらに生態系は、芸術や美意識を育み、伝統技術や教育、観光のもとであり、そして自然への信仰やレクリエーションによる心の安らぎは人々の精神へ作用する「文化サービス (cultural services)」をもたらす。このような生態系の3つのサービスを支える基本的機能、すなわち水や栄養塩の物質循環、また生産・分解とエネルギーフロー、そして地形改変や土壌形成等については「基盤サービス (supporting services)」とよばれる。

2. 水田の生物多様性と生態系

水田にはイネが栽培され、その水の利用・管理はどのような場所でもほぼ同様である。また、水田はイネを栽培する田とそれを仕切る畦、また用水・排水の水路、さらに水確保のための溜池も大なり小なり必需施設である。これらの米づくりのために人がつくり出した多様な微地形はそれぞれに微妙な環境の違いがあり、結果としてもたらされた多様な水辺環境は、多様な動植物の生息・生育を支えている(中村, 1997)。

黒土に陽当たりの良い浅い水環境は、水田の本来かつ特有の環境条件である。冬から春のまだ気温の低いなかでも日に日に長くなる陽光を受け、水温・地温を上昇させて冬のさなかにも生物を育む温水環境をつくり出す。アカガエルやヒキガエル等の両生類の産卵とオタマジャクシの生息は、豊富なミジンコやイトミミズの発生など、その餌となる微生物とともに水田環境に大きく依存している(長谷川, 1999)。プランクトンなどの水中微生物や小型の水生昆虫、さらに多様な植物は、大型の昆虫やエビ・カニ類から魚類、両生類・爬虫類、鳥類、そしてイタチやタヌキの哺乳類に至る複雑な食物連鎖の生態系を形成している。かつてそこにはトキやコウノトリも普通に生息していた(中村, 2004)。

畦や畔・土手についても常に人為管理され、頻繁な草刈り管理がおこなわれている。これは、土壌表面の陽当たりを確保し、草原性の植物の生育を支えてきた。春の七草の多くは早春の畦の植物であり、秋の七草も夏から秋の畔や土手に多い。また、現在では少なくなってしまったが、水路にはコウホネやミクリ等の挺水性の植物、また溜池にはアサザやオニビシ等の沈水性の植物がその水条件に適合して生育する。

しばしば水田の最上流の溜池にウナギが生息する。海で産卵し河川で成長するウナギであるが、これは水田環境が海につながっていることを物語る(長谷川, 1999)。同じように水田のエビ・カニ類には海で産卵し水田まで遡上する種もある。このように人間が造った水田環境であるが、それは水環境の多様性と連続性をもたらし、まさに生物多様性の宝庫としての里山里海の生態系の中心的存在であったと言え

る(中村, 1997)。このように動植物の多様性を育んできた日本の水田に生息・生育する生物は5,470種に達している(桐谷, 2010)。

このような水田環境であったが、近代的稲作により、大量な農薬や化学肥料の使用、また圃場整備による乾田化や水路のコンクリート化が進み、水田や水路の生物多様性が減少した(中村, 2004)。その結果、植物相については帰化種が多くなっている状態も確認されている(大窪・前中, 1995)。印旛沼周辺の水田地帯では、カミツキガメの繁殖や強雑草のナガエツルノゲイトウやオオフサモが急増し問題となっている(吉田ほか, 2011)。

このような近代化された水田の冬期湛水化は、生物多様性と生態系にさまざまな変化をもたらした。今回の冬期湛水研究の結果(表1)を含め様々な研究において、冬期湛水によってミジンコをはじめ多くのプランクトンや原生動物(林ほか, 2012)からイトミミズやユスリカ(岩渕, 2002; 小山, 2002)、また巻き貝(長, 2011)やアカガエル、トウキョウダルマガエル等の両生類の発生、増加(倉西, 2012; 田中, 2012)、さらには魚類(田中, 2012)や生息・飛来する鳥類の増加(新保・柳沢, 2002; 神ほか, 2012)が確認された(図2)。植物は年間を通じて冬期湛水による種類の増加がみられ、植物量では夏に冬期湛水田、また冬は慣行水田で多かった(図3)雑草群落も乾性植物から湿性植物、また越年生草本の顕著な減少もみられた(金子・中村, 2012)。そしてこのような状況は生態系の食物連鎖のピラミッド構造を安定性化させ、雑草や害虫の大発生を制御する機能も持っている(小山, 2002)。

3. 基盤サービス (肥沃な土壌の形成)

生物多様性を育む生態系の構造は、水田土壌の形成に大きく作用する。冬期湛水は水生生物の活性を高める。特にイトミミズ類やユスリカ幼虫の排泄物と行動は、水田表土として「トロトロ層」を形成する。この層は肥料分が豊かであるばかりか、雑草の発芽抑制の効果もあり、イネの生育にとってはきわめて好条件の土壌環境をもたらす(岩澤, 2010)。

4. 供給サービス (米収穫と食糧としての水田生物)

かつて稲作技術を単位収量で競う米づくり日本一コンテストがおこなわれていた。これは戦後の米の増産を奨励するもために1949年からスタートして約20年間続けられた。当初米作日本一は10a当たり700kgであったが、1955年以降は1,000kgを越える状況になった。しかし、米づくりの近代化が進んだ、1960年代には1,000kgを超えることはなかった。この日本一の収量の低下は、かつての有機肥料や客土と人力・畜力による水田基盤ときめこまやかな水管理による多収穫の構造が、化学肥料の普及と農薬の多用によって日本一を競う農家においても大きく影響したためと考えられている(石原, 2009)。

米づくりのエネルギー収支についての解析がある(宇田川, 1976)。1950年の日本の米作りでは投入エネルギーに対する収量エネルギーは127%であり

表 1. 冬期湛水試験による慣行水田と冬期湛水田の各調査結果の比較.

類別	項目	調査期間	慣行水田	冬期湛水田	報告者	備考
水質	硝酸態窒素 (mg/l)	2006年3月-2009年2月	0.54	0.15	小倉久子・前田敦志・上原浩・冬期湛水みためし水質調査隊	深さ0.5-1.2mの地下水, 22回
	アンモニア態窒素 (mg/l)	2006年3月-2009年2月	0.89	0.68		深さ0.5-1.2mの地下水, 22回
土壌	地耐力 (Mpa)	2006	0.87	0.96	小倉久子・金子文宣・前田敦志・冬期湛水みためし水質調査隊	深さ15cm, 稲刈り後湛水前各5地点
		2007	0.63	0.72		
		2008	0.57	0.68		
原生生物	現存量 (細胞数/ml)	2005. 6月-2008. 12月	13,800□	36,700□	林紀男・稲森隆平 岩渕成紀・徐開欽	30ml, 4力所, 約300回×3年
	年間総現存量 (細胞数/ml/年)	2005. 6月-2008. 12月	1.1×10 ⁷	1.2×10⁸		
動物	底生動物 (個体数/4,800cc)	2006年5月□	264□	411□	倉西良一	400cc, 12点, 表層及びコア
		2007年4月□	7□	264□		
	ミミズ類 (個体数/2,400cc)	2006年5月□	20□	374□		400cc, 6点, 表層
		2007年4月□	0□	64□		
	水生動物・種数 (/0.9ha)	2005年8月, 2006年8月	4□	9□	田中正彦	目視・採集, 2回
	鳥類・種数・昼間 (/0.9ha)	2005年8月-2010年3月	19□	26□	神伴之・百目木純子 大野美枝子 佐久間忍	9:00-12:00 56回
	種数・夜間 (/0.9ha)	2005年9月-2010年3月	2□	6		21:30-22:30 31回
	鳥類・個体数・昼間 (/0.9ha)	2005年8月-2010年3月	364□	338□		9:00-12:00 56回
	個体数夜間 (/0.9ha)	2005年9月-2010年3月	10□	391□		21:30-22:30 31回
植物	植物(雑草)種数 (/10m ²)	2008年8月□	10□	14□	金子是久 中村俊彦	1mx1m, 10ヶ所
		2008年10月□	17□	22□		
		2008年12月□	4□	8□		
	植物(雑草)量 (100cm ³ /m ²)	2008年8月□	1,155	2,856		1mx1m, 10ヶ所
		2008年10月□	553	589		
		2008年12月□	569	20		
米	精玄米重量 (kg/1,000m ²)	2006年	515□	441	千葉県印旛農業振興センター	3-3m ² 3ヶ所で円形坪刈り
		2007年	580□	582		
		2008年	566□	652		

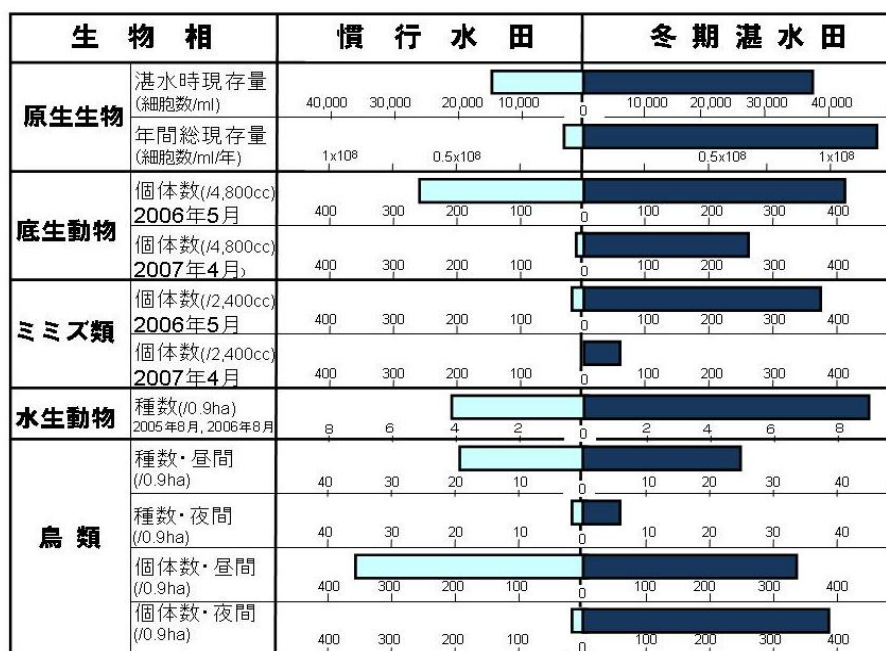


図 2. 慣行水田と冬期湛水田における原生生物・動物相の違い
(林ほか, 2012; 倉西, 2012; 田中, 2012; 神ほか, 2012).

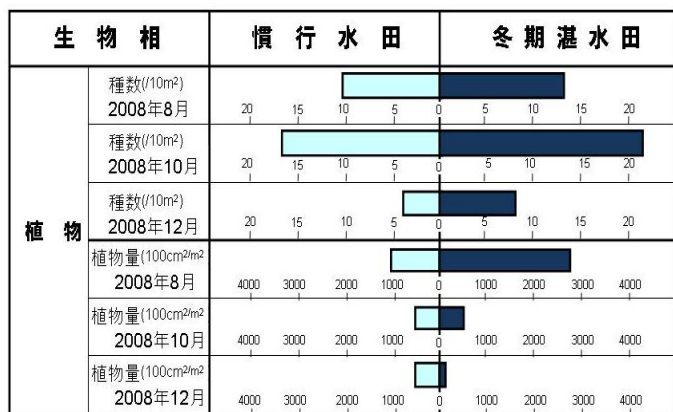


図3. 慣行水田と冬期湛水田における植物相の違い (金子・中村, 2012) .

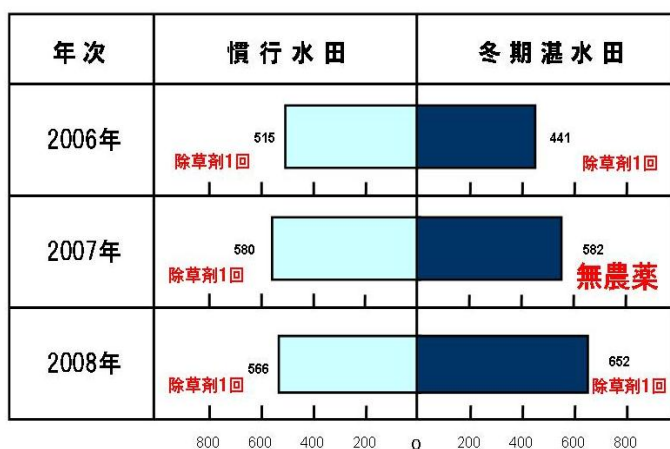


図4. 慣行水田と冬期湛水田におけるコシヒカリ精玄米の収穫量 (kg/10a) の違い. (千葉県印旛農業事務所, 2012) .

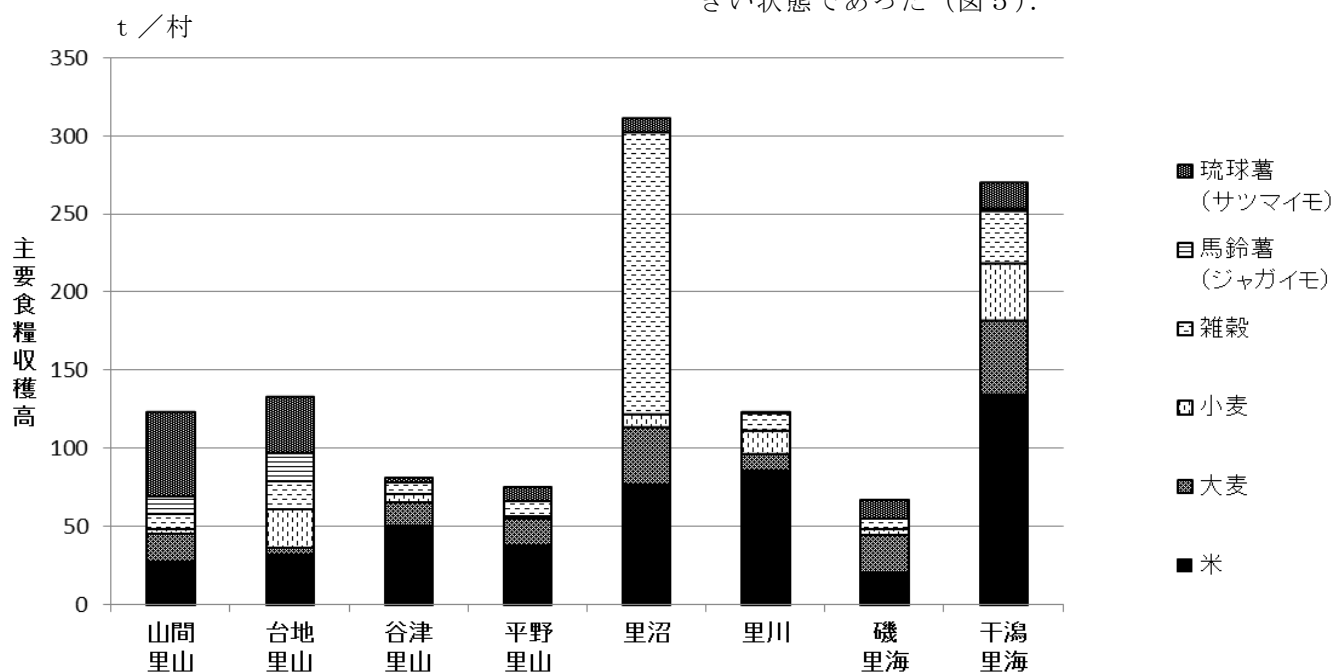


図5. 里山里海各タイプの村の主要な食料の生産 (中村・小島, 2011) .

エネルギー収支はプラスであった. しかし1974年になると, 投入に対する収量エネルギーは38%となり, エネルギー収支は大幅なマイナスになる. 今回の冬期湛水試験においては, 冬期湛水した水田の米収量は, 慣行農法の水田には及ばないであろうと予想していた. しかし, 1年目こそ慣行区の方が上回ったが, 2年目, 3年目は, 冬期湛水区が慣行区を上回る結果が得られたのである (図4). しかも冬期湛水区は農薬や化学肥料もほとんど使用しない米づくりであった.

北海道での冬期湛水試験では, 慣行に比べ, 出穂が遅く, 米収量は1-2割低い結果となっている. またタンパク質含有量が冬期湛水によって高くなり, 食味指標は低下したが, それでも販売価格は2割から9割の増加と報告されている (濱村ほか, 2011). 今回の冬期湛水試験によって収穫された米の価格についても通販で2割~9割増の価格での販売実績があった.

水田に生息・生育する動植物にはイネ以外にも食糧になるものが多い. 水田用水系に生息するドジョウやタニシ, コイ, フナ, ウナギ, エビ類は, かつて漁撈や養殖の対象であり, その農家にとっては重要なタンパク源の「オカズトリ」のみならず時にその生計を支えるものでもあった (安室, 1998).

かつて印旛沼周辺の農家では, 「モク採り」とよばれた水草の採取が水田肥料の大きな部分を賄っていた (白鳥, 2006). またその水路や沼のナマズやコイ, フナ, ドジョウ, エビ類などの漁撈が稲作と一体化した生活・生業が展開され, 冬期にはガン・カモ類等の多くの渡り鳥の越冬地でもあった. 印旛沼周辺の里沼の村々には水源の谷津田や台地上の畑作とともに豊かな沼の生態系からさまざまな供給サービスがもたらされていた (中村・小島, 2011; 吉田ほか, 2011). 明治期の里山里海各タイプの1村当たりの主要な食料の生産においては, 里沼での収穫が最も大きい状態であった (図5).

5) 調整サービス（水質浄化）

生態系の調整サービスにかかわる水田の機能としては、水涵養、洪水防止、水質浄化、土砂崩壊防止、土壌浸食防止が上げられている（関矢，1992）．このうち今回の冬期湛水試験では、水質浄化機能が強化されることが明らかになった．

米づくりには窒素が必要であり、一作 ha 当たり 160kg 以上の窒素が吸収され、最も多く吸収されるのはアンモニア態窒素である（吉田，1986）．その状況のなかで水田に施肥される窒素量は 100 kg/ha といわれる．こうした窒素肥料に加え用水に含まれる窒素分も米づくりのために水田に取り込まれる．その一方で、水田からの排水で出て行く窒素分が周辺の水環境の汚染の原因になる場合もある（田淵，1999）．

水田の窒素分はイネの養分として取り込まれる．したがって富栄養の用水に含まれる窒素やリンが稲作に使われれば施肥を減少させ、水質浄化の役割を果たすことになる．このような観点から、中村・石原（2004）は、手賀沼の水を用い、通常施肥と無施肥での米づくりとの用水、排水の水質調査の比較から、水質浄化機能と稲作の経済性について検討した．通常施肥では水田への流入水に比べ流出水で窒素量が増加しているのに対し、無施肥では流出水で窒素が減少し水田水質浄化機能が確認された．また経済性についても、無施肥で米収量が若干減少するものの施肥等の経費がかからないために、通常施肥より無施肥の方が経済的という結果になった．

水田の窒素除去能力について、田淵（1998）によると 1 日当たり 1 kg/ha となり、灌漑期間 100 日の場合では 100 kg/ha と見積もられている．そしてさらに湧水豊富で灌水の途絶えることのない谷津田ではその 8 倍以上になると推定している．

6) 文化サービス（信仰と生命観）

日本人の名字に最も多く使われている文字は「田」であるという（静岡大学人文学部言語文化学科城岡研究室のホームページによる）．このことは水田・米づくりが、いかに日本人の精神・文化に大きな影響を与えてきたかを象徴している．自然の四季の変化と一体となっている米づくりは、それに調和した日本人の生活・生業のリズムとともにさまざまな行事や祭り、慣習をもたらした．春には山から里にやってくる田の神は、秋には山に戻って山の神になるという（佐々木，1971）．この作神または農神信仰は、日本各地の春祭り、秋祭りの原点であり、稲作の厳しさを癒す娯楽のひとつでもある．また協力・協働が必要不可欠の稲作にとっては、関係者間の親睦や結束を確認し、その人間関係を持続させるシステムとしても重要であったと言える．

「常陸国風土記」に夜刀神（ヤトノカミ）伝説が残されている（山田，1998）．

奈良時代以前、箭括麻多智（やはずのまたち）という人が谷津の芦原を見て新田開発をしようとした．しかしそのとき、蛇の群れの姿をした夜刀神がやってきて新田開発の邪魔をした．箭括麻多智はこれを打ち負かし追いやったのだが、その時、山の入り口

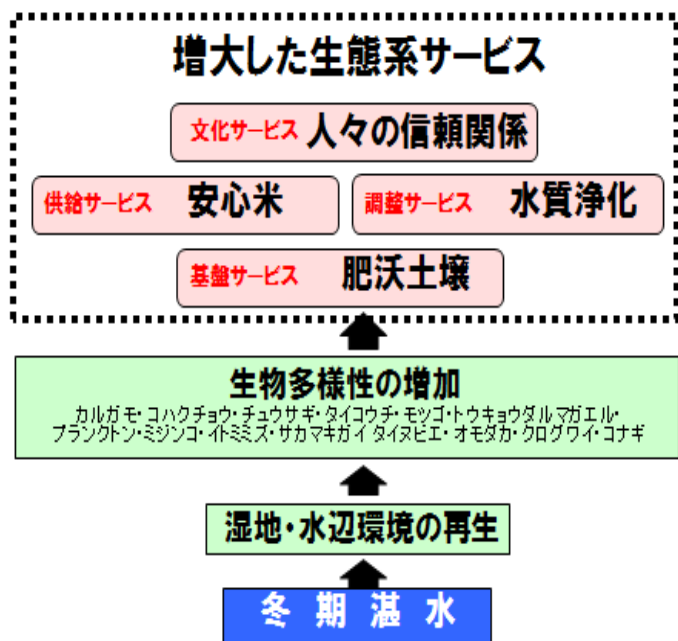


図 6．冬期湛水による生物多様性と生態系サービスの変化．

に杭を打ち、「是より上は神の地となし、此より下は人の田となすべし」として社を設け、夜刀ノ神を祀った．まさに、谷津の開発に際しても、自然を畏敬し谷津奥が神聖かつ田の水源として重要な区域ということをしつかり認識していたにちがいない．そしてこのような伝説には人々の自然に対する大きな知恵とともに、その知恵を後世に伝えようとするおもいがみえてとれる．

農業の近代化政策は、人の助け合いや分かち合いの農業ではなく機械化による徹底した省力化と経済面での効率化を目指したものであった．これによって水田稲作の米づくりのなかで培われてきた多くの日本の伝統的な技術や文化が消失していった．

今回の冬期湛水試験では、慣行農法とは異なる農作業や調査データの収集の作業が必要になった．これは、農家にとっては手間の追加にほかならない．しかし、その作業には多くの市民の手助けがあった．これはもちろん市民また農家にも苦労が多かったにちがいない．だが、その中で互いの交流や信頼感が生まれ、助け合いと分かち合いを共有できたことは大きな収穫であった．

水田の畦や水路、ため池はそれにかかわる人々にとっては様々な動植物にふれることのできる場でもある．このような水田での生物・生命との出会いは、日本人にとっての自然観・生命観の源泉にもなっていた．最近では、「自然欠損障害」といった言葉まで出てきたが、特に子どもたちの里山里海などでの生物とのかかわりは人間の自然・生命への学びとともに感性の育みにもつながることが明らかになってきている（中村・青木，2011）．水田の生態系がもたらす、文化サービスは、日本の伝統文化の源泉ともなっている．

おわりに

日本の米づくりにおいては機械化、工業化によって単位収量を増加させ経済効率を上げる対策を進めてきた。しかしこの方向性は、国際競争の市場経済の中で継続させることは困難な状況になっている。もちろん、日本で機械化、工業化で活路を見出すことを否定するものではないが、日本の自然的、社会的条件下においては、広大な土地や安価な労働力の海外との競争を勝ち抜くことは難しい。

水田稲作による米づくりは日本の食の安全保障の根底であり、治水・利水や生物多様性の面から日本の自然環境および日本人の生活・文化を支えて来た。このような米づくりの伝統は人・自然・文化が一体となって長い歴史とともに進化し、また時には淘汰された結果として、日本人にとっては大きな総合的価値とともに科学的合理性をも備えている。

1998年宮城県大崎市の「蕪栗沼」に隣接する水田でマガンの増づくりがきっかけで始められた冬期湛水による米づくり（荒尾，2012）は、2005年秋にコウノトリを放鳥した兵庫県豊岡市では、34年ぶりのコウノトリを育む農法として実施されている（中貝，2012）。また、千葉県野田市でも生物多様性を取り戻しコウノトリが棲める環境を目指し冬期湛水がきわめて大規模に展開されている（根本，2012）。

冬期湛水の米作りは決して近代的水田稲作を後戻りさせるものでないことはもちろん、何かを犠牲にしてむりやりに実施するものでもない。それは経済効率で失われた私たちにとって大切なものをよみがえらせ、本来水田が有していた多様な価値と大きな生態系サービスの再生につながる可能性を持っている（図6）。このような冬期湛水による米づくりであるが、農法としてはまだまだ「みためし」の段階であり、日本の米づくりの将来への大きな可能性の一つとしてもそのさらなる調査研究と各地での現場展開が期待される。

このプロジェクトを立ち上げ、遂行するにあたっては印旛沼水循環健全化会議の虫明功臣委員長はじめ、同委員会の委員および関係者の方々、そして冬期湛水の試験水田を提供いただきかつ稲作を実行していただいた三門増雄さんに心より感謝申し上げます。本報告のデータの取りまとめから報告書全体の編集作業には小島由美さんに多大なご支援をいただきました。本プロジェクトに参加いただいた多くの方々のご支援・ご協力に厚く御礼申し上げます。

文献

浅田正彦. 2012. 千葉県におけるイノシシとアライグマによる農作物被害と分布調査（2010年度）. 千葉県生物多様性センター研究報告 5 : 10-20.
荒尾稔. 2012. 冬期湛水（ふゆみずたんぼ）による人と水鳥との共生Ⅰ：宮城県・大崎市田尻地区内「蕪栗沼の奇跡」. 印旛沼流域水循環健全化調査研究報告 1 : 113-120.
Boys, F. F. Antony. 2000. Food and Enegy in Japan. Research Journal of Ibaraki Christan Junior Collage 40:29-132.

林 紀男・稲森隆平・岩渕成紀・徐 開欽. 2012. 冬期湛水が水田の原生生物現存量に及ぼす影響. 印旛沼流域水循環健全化調査研究報告 1 : 63-68.
石原邦. 2009. 21世紀農業技術の方向. 大日本農会叢書 8 : 139-190. 大日本農会.
岩渕成紀. 2002. 生きもの調査の方法とその結果から. NAP（編）, 田んぼの生きものたちに聴く国の未来. pp.10-13. メダカのがっこう.
岩澤信夫. 2010. 究極の田んぼ. 209pp. 日本経済新聞出版社.
神伴之・百目木純子・大野美枝子・佐久間忍. 2012. 印旛沼とその周辺水田の鳥類. 印旛沼流域水循環健全化調査研究報告 1 : 78-86.
Kaneko, Korehisa and Toshihiko Nakamura. 2011. Effects of the inhibition of weed communities by winter-floodin. Agricultural Sciences 2(4): 383-391.
金子是久・中村俊彦. 2012. 冬期湛水が水田雑草に及ぼす影響. 印旛沼流域水循環健全化調査研究報告 1 : 87-94.
桐谷圭治（編）. 2010. 田んぼの生きもの全種リスト. 426pp. NPO 法人農と自然の研究所. NPO 法人生物多様性農業支援センター.
北澤哲弥. 2011. 里山における農地利用と生態系サービス. 千葉県生物多様性センター研究報告 4 : 70-88.
北澤哲弥・浅田正彦・東出 満. 2011. 里山における野生鳥獣保護管理と生態系サービス. 千葉県生物多様性センター研究報告 4 : 105-123.
小山 淳. 2002. 田んぼの天敵相に配慮した水田農業. NAP（編）, 田んぼの生きものたちに聴く国の未来. pp.16-17. メダカのがっこう.
倉西良一. 2012. 冬期湛水前後の水田内の底生動物相の比較（水生生物を中心に）. 印旛沼流域水循環健全化調査研究報告 1 : 73-75.
Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. World Resouces Institute. Island Press, Washington DC.
守山 弘. 1997. 水田を守るとはどういうことか. 205pp. 農文協.
中貝宗治. 2012. コウノトリと共に生きる：豊岡の挑戦から. 歩いて見よう！利根運河 50 : 4-9.
中村俊彦. 2004. 里やま自然誌. 128pp. マルモ出版.
中村俊彦. 2001. 谷津田の自然. （財）千葉県史料研究財団（編）千葉県自然誌本編 5 : 千葉県の植物 2（植生）. pp. 742-752. 千葉県
中村俊彦. 1997. 日本の農村生態系の保全と復元Ⅲ：伝統的農村・里山自然の重要性と保全. 国際景観生態学会日本支部会報 3(4) : 57-60.
中村俊彦・青木慎哉. 2011. 里山里海の子どもの自然体験と学校ビオトープ. 千葉県生物多様性センター研究報告 4 : 183-190.
中村俊彦・石原正規. 2004. 施費と無施費の水田の環境・経済的解析. ちば谷津田フォーラム会誌 10:1-3.
中村俊彦・小島由美. 2011. 明治時代の里山里海の「村」の構造と生産. 千葉県生物多様性センター

- 研究報告 4 : 22-34.
- 中村俊彦・北澤哲弥・本田裕子. 2010. 里山里海の構造と機能. 千葉県生物多様性センター研究報告 2 : 21-30.
- 根本 崇. 2012. 野田市の取り組み. 歩いて見よう! 利根運河 50 : 2-3.
- 新保國弘・柳沢朝江. 2002. 千葉県流山市新川耕地の休耕地に渡来した鳥類 (2000 年秋期). 我孫子市鳥の博物館調査研究報告 10 : 23-31.
- 日本の里山・里海評価. 2010. 里山・里海の生態系と人間の福利: 日本の社会生態学的生産ランドスケープ概要版-. 国際連合大学, 東京.
- 大窪久美子・前中久行. 1995. 基盤整備が畦畔草地群落に及ぼす影響と農業生態系での畦畔草地の位置づけ. 日本造園学会誌 58(5) : 109-112.
- Shiva, Vandana. 1991. The violence of the Green Revolution. 264pp. Zed Books Ltd. London.
- 関矢信一郎, 1992. 水田のはたらき. 157pp. 家の光協会.
- 佐々木高明. 1971. 稲作以前. 316pp. 日本放送出版協会.
- 佐藤洋一郎. 2002. 稲の日本史. 197pp. 角川書店.
- 志村博康. 1982. 水田・畑の治水機能評価. 農業土木学会誌 50:25-29.
- 白鳥孝治. 2006. 生きている印旛沼. 161pp. 崙書房.
- 長谷川雅美. 1999. 田んぼをめぐる生態系: 人と生き物の動きに注目して. 遺伝 53(4) : 21-25.
- 濱村美由紀・中村隆一・塚本康貴・田中一生. 2011. 生物多様性と水稻生産の調和を目指した冬期湛水技術の評価. 北海道立総合研究機構環境科学研究センター (編), 北海道生物多様性保全モニタリングに関する研究報告書. pp. 107-126. 北海道立総合研究機構環境科学研究センター.
- 田淵俊雄. 1998. 水田の浄化機能を中心とした地形連鎖システム. 農林水産省ほか (監), 農業・農村と環境. pp. 84-88. 養賢堂.
- 田淵俊雄. 1999. 世界の水田・日本の水田. 220 pp. 農文協.
- 田中正彦. 2012. 冬期湛水前後の水田の魚類等水生生物相. 印旛沼流域水循環健全化調査研究報告 1 : 76-77.
- 長 雄一. 2011. 北海道における水田生物相モニタリング手法の研究. 北海道立総合研究機構環境科学研究センター (編), 北海道生物多様性保全モニタリングに関する研究報告書. pp. 127-145. 北海道立総合研究機構環境科学研究センター.
- 宇根 豊. 1996. 田んぼの忘れもの. 195pp. 葦書房.
- 宇田川武俊. 1976. 水稻栽培における投入エネルギーの推定. 環境情報科学 5(2) : 73-79.
- 安室 知. 1998. 水田をめぐる民俗学的研究. 623 pp. 慶友社.
- 吉田昌一 (村上登ほか訳). 1986. 稲作科学の基礎. pp. 316. 博友社.
- 吉田正彦・山口和子・石崎晶子・小倉久子・中村俊彦. 2011. 里沼における人の営みの変遷と生態系サービス. 千葉県生物多様性センター研究報告 4 : 124-151.
- 山崎不二夫. 1996. 水田ものがたり: 縄文時代から現代まで. 188pp. 農文協.
- 山田秀三. 1998. 関東地名物語. 161pp. 草風館.
-
- The History of Japanese Rice Cultivation and the Ecosystem Services of Winter-flooded Rice-paddy. Toshihiko Nakamura.

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

日本雁を保護する会・里山シンポジウム実行委員会 〒113-0021 東京都文京区本駒込 4-38-1 富士ビル 2F
トータルメディア研究所 (tmlarao@tml.co.jp)

要 旨

1993 年度の大冷害は宮城県・旧田尻町の米作農家でも収量が平年作の 30%台という壊滅的な損害を被った。しかし不耕起移植栽培はその状況下でも平年作を保った。その農業手法に現場農業者が奮起し、その導入と研究を促進した。旧田尻町は蕪栗沼を中心にグリーンツーリズムや農業者との独自の「食害条例」の制定などにより農家や地域の方々とガン類との共生を果たした。増加するガン類の越冬地として環境に関心のある観光客誘致など、新たなまちづくり運動に発展した。

1997 年旧田尻町の蕪栗沼は約 100ha の遊水地として、1.5m の掘り下げが予定されたが、その計画は中止され、かわりに隣接し休耕されていた白鳥地区 50ha の水田を湿地に戻すことで蕪栗沼が 150ha に拡大され、保全策と市民による水位の責任管理体制の確立もあって大規模なガン類の越冬地が形成された。

この施策が 1998 年に冬期湛水(ふゆみずたんぼ)の発見に結びついた。そこにハクチョウ類やガン類が渡来し、無施肥化の成果とともに抑草効果が見出された。このような状況の基に農家同士が競いあい、成果が共有され、さらに研究と評価実証や疑問点を農業者や市民や「日本雁を保護する会」、町も県も国も、専門研究機関も大学も一体となって活動した。毎年冬の勉強会で最新情報を参加者同士が共有し、稲作の現場での農家と研究者が情報を共有し技術向上に反映させた。

2006 年 11 月に蕪栗沼は大崎市田尻地区の水田とともに、国際的に重要な湿地の保全と賢明な利用を目指すラムサール条約湿地に登録をされた。

蕪栗沼からはじまった冬期湛水(ふゆみずたんぼ)は、本質的な農法改善の先事例となった。また農業者と市民・NPO や研究者は、先行した研究の強みと実績が社会貢献面で、また支援参加企業も生物多様性への貢献で共に高い評価を受けた。

キーワード：蕪栗沼、冬期湛水(ふゆみずたんぼ)、マガン、ハクチョウ、まちづくり、共生、ラムサール条約、不耕起移植栽培

1. はじめに

通常の慣行農法ではほとんどの場合冬の間は水の無い乾田となる。この乾田に冬水を張る「冬期湛水」の水田は「ふゆみずたんぼ」、さらに「たふゆみず」などとも呼ばれる。夏の中乾(なかぼし)をしない湛水を「なつみずたんぼ」と呼ぶこともある。

「冬期湛水(ふゆみずたんぼ)」については、元禄時代の 1684 年会津幕内村の佐瀬与次右衛門によって「会津農書」に書かれ、江戸時代には、「田・冬・水」という名称で高く評価されてきた農業技術でもあった(岩渕, 2007)。しかし、農業の近代化は、この技術を忘れさせてしまっていた。

現在、水田稲作農法の一つとして確立しつつある「冬期湛水(ふゆみずたんぼ)」であるが、その農法は、たまたま偶然の積み重ねで、宮城県大崎市田尻地区(旧田尻町)で見出された。このことは「田・冬・水」という江戸時代の農法が現代によりみがえった経過でもある。

「冬期湛水(ふゆみずたんぼ)」の水田は、原生動物からイトミミズ、メダカ、カエルなど多様な生物が爆発的に増加することが確認され、生物多様性を高める環境配慮型農法である。これは生物多様性が資源を生み出す力を最大限活かし、無肥料で米を栽培する方法であり、また雑草の抑制効果も知られている。

農法としての冬期湛水(ふゆみずたんぼ)の展開は、生物多様性がもたらす環境が、あらためて活用すべき地域資源として再評価され、水鳥とイネと人とが共生する場とされる。(岩渕ほか、2007)

本報では、「冬期湛水(ふゆみずたんぼ)」を見出すまでの経過、そして人と水鳥とのかかわりに着目しながら、その生物多様性を高める機能と地域の活性化についてまとめた。

2. きっかけは歴史的な1993年度の大冷害

1993年は、日本中の稲作が記録的な大冷害に襲われた年であった。宮城県旧田尻町でも、稲作収量が平年作の3割を切る壊滅的な大冷害に遭遇した。しかし、その中でも不耕起移植栽培農法の稲作はほぼ平年作を保つことができた。

冷害に強いという事実を知った当時の田尻町の町長の峯浦転蔵さんは、日本不耕起栽培普及会の会長で、その開発者の岩澤信夫さんを旧田尻町に招き、1994年から1995年にかけて何度か地元の主だった自営水田耕作者の方々と、不耕起移植栽培に関する講習会を実施した。参加者にはその後のキーマンとなる千葉俊郎さんや小野寺實彦さんも参加された。

この不耕起移植栽培普及のための講習会の過程で、当時の峯浦町長は岩澤信夫さんを町内くまなく案内した。町長は、当時話題であったグリーンツーリズムの事でも熱心であり、東北一の大音楽堂や「ロマン館」という交流施設づくりに町長として関わっていた。

この地方は厳寒の地であり冬期には訪問客が絶えることへの対策から、たまたま「ロマン館」などへの集客手段をどうするかの話になった。

その折に岩澤信夫さんは、10kmほど離れた伊豆沼から蕪栗沼周辺に飛来するマガンの大群が、田んぼに蛸集する風景を体験しそれに感銘し、「いっそ冬季は人よりもマガンを蕪栗沼にねぐらとして利用できるようにして招いたらどうか」と言った。さらに「蕪栗沼にねぐらができれば、マガンの“ねぐら入り”などを見るため都会からたくさん人が来るのではないか」とも話した。当時、蕪栗沼では少数のマガンしかねぐらとして使っていなかったという。この岩澤さんの「人より先にマガンの集客を行うべき」というまさに逆転の発想に、町長は目を丸くしながらも、その着眼に感銘し、本気になってその企画を展開したことが、ことの始まりであった。

3. 大型水田とマガン

蕪栗沼周辺は、遠田、栗原、登米郡の三郡にまたがる800町歩の湿地環境で、長年干拓が進められていた。蕪栗沼はその最後に残された自然湿地である。そのことを承知していた町長は、当時からこの蕪栗沼の自然湿地の保全と多面的な活用策を考えていた。

その背景として、米作農業一本の純農村として、米作りが町の第一の収入源であったことがあげられる。それと組み合わせる形で、交流施設やレストラン、宿泊もできる施設など観光産業への展開に強い関心を持ちグリーンツーリズムへのかかわりにもあ

っていた。

また当時は全国的にも、水田の圃場整備が盛んであった。しかし巨大な圃場はほとんど作られていなかったが、田尻地区では、1haもある四角な大型水田とする圃場整備が進行中であった。

同時に農水省の予算を得て、江合川、成瀬川の上流域に2ヶ所に水田ダムを完成して、水資源が確保されていた。これは規模拡大による機械化農法のための圃場整備の推進基盤であった。

マガンは、特に人との距離感が微妙とされ、水田の畔から一定の空間距離を求める。当時の圃場整備の0.3haのしかも細長い水田では整備規格が狭すぎるため、マガンは警戒して空から降りることはほとんどなかった。従って水田のような人工的な施設にねぐらを造るなどあり得ないとされていた。

しかし偶然であったが、田尻町内にはそれより大きな1haもの水田が存在し、マガンでも餌場として利用できる人との距離が確保される環境が整備されつつあったのである。

4. 蕪栗沼周辺の湿地環境の危機

1995年度は、蕪栗沼は国交省による北上川総合開発地域の遊水地として指定されていた。しかしこれはまた、その開発で最後まで工事が残された箇所でもあった。この開発の目的は、下流にある石巻市が県内で第2番目の規模を誇る都市であるが、河口が狭いこともあって、そのままだと、台風時に北上川が氾濫して、大洪水に襲われることが必至とされ、開発が施行されたという背景があった。

1995年国交省によって最終的な北上川総合開発の説明会が開かれた。蕪栗沼全域が遊水地として指定されており、本来は深さ1.5mまで浚渫することで、その計画が終わることになっていた。

町長も、これにより本州以南で最大級の自然湿地としての貴重な蕪栗沼も、開発によってだめになるのかと考えていた。しかし、洪水時の越流堤から流下する時間が不明のままとのことに気付き、そこから質問し、事業の進め方について正した。その結果、国交省側も調査データが十分でない状況で、町長の意向は無視できないと工事が延期された。

1996年4月、結論が出ないままに、「年内にも工事完了」との、明らかに間違った新聞記事が出された。それに偶然気が付いた「日本雁を保護する会」の呉地正行会長が、蕪栗沼の底ざらいへの危惧と、増加するマガンのねぐら消滅を心配して、白鳥区長の千葉俊郎さんを初めて訪問し、地区の田んぼを水田に戻すことへの希望を伝えた。千葉さんは岩澤信夫さんから不耕起移植栽培に関しての指導を受けた一人でもあり、峯浦さんからグリーンツーリズムの話も聞いておられたこともあって2人で相談し、申し出に賛同するとして協力を約束した。

5. 水田を自然の湿地に

蕪栗沼に隣接した白鳥地区は、北上川の堤防の内側にあつて、毎年のごとく大雨での水害に襲われ、損害を生じてきたためもあり、地域での減反政策地

として、休耕されていた。

蕪栗沼そのものは、遊水地として 1.5m、100 町歩の堀りさげ計画があったが、だんだんと陸地化しており、マガンの好む浅い水面の面積の減少を生じつつあった。この両面からの危機に対し、呉地正行さんが提案した案は蕪栗沼に隣接した休耕田約 50ha を蕪栗沼の湿地として復元するアイデアであった。

白鳥地区の多くは国有地のまま農家に貸し出されている土地であった。その背景で、国交省はじめ関係する行政、町役場も、日本で初めての提案でありながらこれを受けとめ真摯に取り組んだ。それには遊水地機能に支障のない範囲で白鳥地区への常時湛水とその効果を市民側が独自調査で確認し、それを国交省側も認めたのであった。長い間の何度もの話し合いの結果、白鳥地区に関わる土地改良区、農業従事者、行政の方々と、日本雁を保護する会等が同一方向を見て、農家の方々も湿地の復元に同意した。

1997 年 11 月、大崎市・蕪栗沼に隣接する白鳥地区水田 50ha を浅い水を張った湿地に戻すことが決定した(呉地, 2007)。1998 年春より遊水地機能に支障のない範囲で白鳥地区への常時湛水が行われ、その結果、蕪栗沼は 100ha から 150ha へと拡大し、マガンを始め蕪栗沼の水鳥の飛来はさらに増加した(表 1、図 1)。この先進的取組は蕪栗沼を水鳥の一大飛来地として全国的に有名なものとした(図 2)。

6. 冬期湛水(ふゆみずたんぼ)を見出した経過

蕪栗沼の白鳥地区の湿地復元と復元後のマガンの渡来激増という結果などから、水田を湛水し条件を整えることで、蕪栗沼だけでなく、全国各地へマガンの新たなねぐら箇所形成に結びつくだろうということを日本雁を保護する会は発案した。

この発案を試行するため会員の岩渕成紀さんなどが、1998 年秋にたまたま一番早く、圃場で 1ha 圃場工事の終わった不耕起移植栽培農家の小野寺実彦さんに働きかけ、水を張ってもらった。

その結果、その農家の田んぼには、翌日からは最大 250 羽以上のオオハクチョウが飛来し、1 ヶ月後にはマガンまでその個所に飛来し始めた。そこで岩渕さんはこのことを「冬期湛水」と名付けた(岩渕ほか, 2007)。

蕪栗沼周辺の冬期湛水水田への水鳥飛来の発見で、特に大事なことはハクチョウ類がいち早く反応したことにある。不耕起移植栽培水田であっても、冬期間の乾田のままでは見向きもされなかった小野寺さんの田んぼにハクチョウ類が多数舞い降りる現象が生じたのである。ハクチョウ類は明らかに好んで「冬期湛水(ふゆみずたんぼ)」された田んぼを餌場として、休憩地とし、さらにねぐらとしても利用することがわかった。

1998 年 5 月、やはり偶然だろうが不耕起移植栽培の指導で小野寺さんの農場を訪問した岩澤信夫さんは、「水張り水田には何故雑草が出ないのか」という

表 1. 蕪栗沼での種別個体数変化
(環境省「ガンカモ類の生息調査」に基づく)

年	オオハクチョウ	コハクチョウ	マガン	オオヒシクイ
1991	62	38	667	221
1992		188	2089	
1992			943	
1993		110	2873	
1993			1642	
1994		287	9844	
1995		235	73	
1996		1272	2615	
1997	212		15400	
1998	10	13	13784	88
1999	147	32	9816	409
2000	71	16	23122	95
2001	151	16	23903	775
2002	575	140	21086	972
2003	323	119	46429	
2004	390	171	21518	128
2005	473	37	60698	1054
2006	400	38	29956	876
2007	753	241	46496	1024
2008	511	22	59519	1740
2009	901	135	72639	1445
2010	723	76	69458	1792
2011	559	173	43679	1172

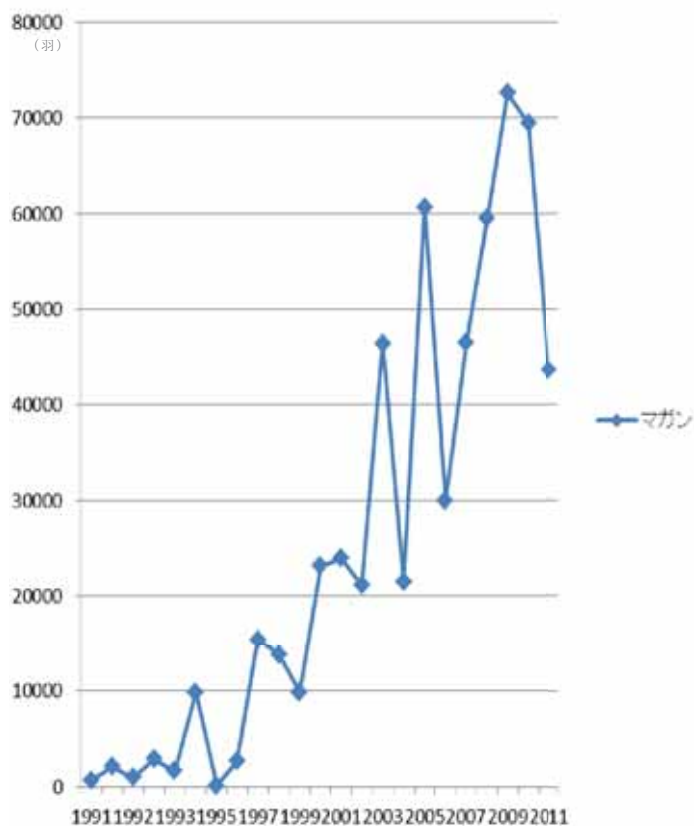


図 1. 蕪栗沼のマガン個体数の変化。
(環境省「ガンカモ類の生息調査」に基づく)

小野寺實彦さんの質問を受け、その実態調査と原因究明が始まった。小野寺さんから同様の質問を受けた岩渕成紀さんとは「田んぼの生きもの調査」を介して意見交換し、岩澤さんは田んぼの底泥調査をすることになった。そこで全国の不耕起移植栽培会員に調査と協力を依頼すると同時に、大学や研究所などの今までの大量な論文を検索したがこれに関係する調査はほとんど見当たらなかった。しかし偶然にも、翌月の1998年6月刊行された本で、イトミミズの施肥効果及び抑草効果に深く関わっているらしいことをみいだした(栗原, 1998)。

その結果、両者がともに一斉に調査と解析を始めたところ、冬の期間に田んぼに水を張った個所では10aあたり換算でイトミミズが多いところで2,000万匹を優に超す数がいるという事が分かり驚かされた。

冬期に水を張ることとイトミミズとの関係が俄然注目された冬期湛水(ふゆみずたんぼ)である。

生物の生産力の凄さと大切さを根底とする岩澤信夫さんの哲学を、真摯に、先駆的自営農業者の方々が受入れ学んだ。そのことと、冬の期間に水を張ってみるという、ガン類のねぐらを形成できるのでないかという、日本雁を保護する会のアイデアが、冬期湛水(ふゆみずたんぼ)の中でイトミミズの増大と同時に、抑草効果という思いがけない結果を引出し、この2つの機能を連動させたらどうなるのかという観点が急浮上した。渡り鳥の保全活動が、結果として農業改善と地域おこしづくりと新たな農業技術の可能性を引き出せる流れができ、それに関わる方々の純粋かつ真剣にチャレンジする姿があった。

7. 冬期湛水(ふゆみずたんぼ)は未知の世界

1993年の大冷害を機会に純農村で、自営農家同士が、稲作技術に不耕起移植栽培技術を融合させ、さらに冬期湛水(ふゆみずたんぼ)農法として試行を開始した。また秋の刈り入れを待って、その成果を農業者同士、そして研究者や行政、市民団体が一緒になって多面的に共同学習し、1年単位で成果を競い



図2. 蕪栗沼の白鳥地区から湿地に戻された箇所

合いあった。

農業従事者の熱意と活動力に、新たな水田耕作の可能性を感じ取り、国や県、研究所や大学などの農業専門家集団も本気になって猛然と研究を始めた。またこの農法を、旧田尻町も県や国の行政担当者も、さらに地域の若者たちも触発され、多くの若者が地元で新たに水田耕作にチャレンジを始めるという成果を生んだ。

水田耕作という観点だけでなく、並行してグリーンツーリズムの面からも日本雁を保護する会などからの呼びかけもあって、全国から多数の環境にかかわる研究者や大学、NPOの多様な経歴の人たちが蕪栗沼の保全にかかわり出していった。1995年に町長を退いていた峯浦さんも参加し、さらに旧田尻町役場の農水産課や県の研究機関の方々、土地改良区の方々も加わって、農家や研究家や学者の人たちとの連携による勉強会が始まった。

この未知の分野の冬期湛水(ふゆみずたんぼ)に対して、それぞれの職域や学問的領域を超えて新たな自己の問題、さらに実業としても真剣に取り組む方々が増え、いろいろな角度からの挑戦が始まった。

農家同士が競いあい、成果が共有され、さらに研究と評価実証や疑問点を農業者や市民や「日本雁を保護する会」、町も県も国も、専門研究機関も大学も一体となって活動した。毎年冬の勉強会で最新情報を参加者同士が共有した。稲作の水田現場での農家と研究者が情報を共有し技術向上に反映させた。

日本雁を保護する会の呉地さんや岩渕さんが中心となって、真冬に開催されるシンポジウムなどでは、さらに一般町民やNPO団体や大学、行政や農業従事者や地域のレストランやハム製造会社など企業経営者も渾然一体となって、まさに融合した形で実施されるようになった。不耕起移植栽培農業の実践をはじめた現場の農家の方々までも、共同研究を繰り返しその成果を毎年共同して報告をしつつ技術と情報を積み重ねていった。

この手法は、研究と実証が、いずれも農業の田んぼの中という現場で多様な方々が関わりあって行なわれ、各方面からの研究成果が、フォーラムやシンポジウムの形式で毎年1月、2月に田尻町で全町的な規模で2日間～3日間をかけてなされた。その中で恒例として、町内の「ロマン館」に宿泊しながら昼間フォーラムなどで報告したことなどをテーマにして遠慮や分け隔てのない議論が徹夜で行なわれ、その意見交換の中で、それぞれの方々が次年度の研究テーマを見出し、分担を決めて解散するという方法論を生み出した。筆者は、1999年より日本雁を保護する会の会員として参加して、ホームページ上で関連資料をデータベース構築として、かつアーカイブスとして保存を行いその経過を記録した。

その経過で冬期湛水(ふゆみずたんぼ)を、産学官が一緒になって行われた施策例としては、12軒の農業者も参加しての共同調査が、蕪栗沼に隣接した田尻伸萌地区の農地を対象に行われた(伊藤, 2006)。

さらに環境を大事に考える企業群までが加わり、

冬期湛水(ふゆみずたんぼ)から発信する新たな社会への横断的な情報の発信とその情報を共有する集団が構築された。

8. グリーンツーリズムと水鳥の保全の観点から

日本雁を保護する会のメンバーも加わり、各分野での意見発表を摺合せしながら、何度も地域の方々と語らって「マガンの蕪栗沼」を軸とする地域の活性化の動きがでてきた。

峯浦さんは「国際田園研究所」を立ち上げられた直後でもあった。町長在任中に20年間、毎年町内の若者10名を選抜して、費用の半額補助をして、欧州に農業留学をさせてきた。その経験を積んだ地域の若手も蕪栗沼の保全再生活動と、冬期湛水(ふゆみずたんぼ)の調査や活動に、さらに自ら冬期湛水(ふゆみずたんぼ)での農業に参入など積極的に参加した。

マガンという野生の水鳥を中心にして、そのねぐら造りを地域計画の中核に据えてみるという考え方が革新的で、色々な方々の智慧や協力、アイデアも広がり出した。毎年12月～2月には、「日本雁を保護する会」をはじめ、当初はグリーンツーリズムという観点での活動をしていた「蕪栗沼ぬまっこクラブ」などの多様な市民活動団体が関わりだし、それらが毎年、フォーラムやシンポジウムを開催しながら相互に密接に連携を始めた。

そしてマガンの増加に伴う、稲作への加害などを心配する農家の方々とのかやり取りなどを通じて、「蕪栗沼食害条例」も制定された。

マガンと呼び寄せるという当初の企画が結果として毎年毎年、日本全国からだけでなく各国からもたくさんのお客さんが研究目的、観光目的をもって田尻町を訪ねるというグリーンツーリズムの目的にもかない、一気に全国的にも名前が知れ渡って訪問客が増加した。

まさに冬期湛水(ふゆみずたんぼ)は多様な人と生命をつなぐ魔法のことばとなっていたのである。そうしてマガンをはじめとして蕪栗沼及びその周辺への水鳥の渡来は年々目に見えて増えていった(表1, 図1)。

田尻町というコンパクトな町の単位を中心にして、総合的な施策積み上げの結果として、同時に水田耕作というこの町の仕事の根幹からの町の振興の再構築と連携が、長期的に冬期湛水(ふゆみずたんぼ)の具体的成果に結びついたといえる。

何よりもグリーンツーリズムを機会に、マガンを人より先に招致しようという逆転の発想があって、蕪栗沼が地域にとって特別の存在になって、ねぐらとするガン類をも合わせ地域の誇りと思う心が芽生えている。

その中心である農業生産の面、渡り鳥の保全の面、グリーンツーリズムからの面、さらに子供の教育の面からも、まさに当時、そして現在でも考えられないような冬期湛水(ふゆみずたんぼ)がもたらす可能性に関し、地域の方々の意識の中に蕪栗沼やガン類の存在が明るい輝きとして感じられていったと思う。

9. 人と水鳥とが共生するまち

現在、蕪栗沼周辺には、冬の期間7万～10万羽に達する水鳥が飛来し、まさに市民と共生して生活している。

この状況に関して市民がどのような感情を抱いているかが知りたいところである。

総和として「何も気にしていない。お互いに無視しあって生活をしている」という事のようなのである。マガンが増えだす1998年ころに育った子供たちは、ある面でマガンがいるのが当たり前として育っていて、特別マガンを意識しないというまさに理想的な共生の状態になっていると思う。

蕪栗沼や伊豆沼で越冬するマガンなどガン類は、早朝ねぐらから一斉に飛び出し午前中には一度ねぐらに戻って、その多くは午後2回目の飛び立ちで10^時。圏内の田んぼで小さな群れ単位で舞い降りて、落穂を食べつくす(図3)。その群れの輪は段々と大きく広がって、11月中旬ごろには、伊豆沼をねぐらとする群れは新幹線の「くりこま高原駅」周辺まで拡大し、次いで栗原市若柳地区まで行く(図4)。蕪栗沼をねぐらとする群れは大崎市田尻地区の町内にも広がる。

秋10月に渡来した後、毎年毎年どんどん人々の生活圏に入り込み、丸い輪が街中を通り過ぎる。当然ながら、マガンと人との接近が頻発する。そこでは、お互いに干渉せず無視しあう関係も大事なことでなっている。

新幹線の「くりこま高原」駅の上空を大群で飛び回り、駅の駐車所の前や公道沿いの水田にたくさんのマガンが降りて採餌している光景を身近に体験できる時期もある。

ガン類は主要な餌として、10月半ばからシベリアなどからの渡来直後は、主として田んぼの落穂を食べているが、12月を過ぎるとほぼ食べつくしてしまう(図5)。

その後は、これも偶然というか、米の転作として奨励されている大豆の収穫が終わった田んぼで、落穂ならぬ落ち大豆を主食とする。高たんぱく・高カロリーな餌が確保できて、田んぼに落ちた大豆は、マガンにとっては大事な餌資源となっている。

10. 農業技術の再構築と環境に配慮した農法

冬期湛水(ふゆみずたんぼ)は、大冷害という自然からの厳しいメッセージを受けて、自営農業者の方々の取り組みが、農業の構造改善に結びついた先行事例となっている。

さらに、これにより水田の生み出す価値を再認識する機会を得た研究者を中心にして環境省・農林水産省・国交省などの若手を中心にして行政組織でも勉強のためとして参加者が増えた。

環境省だけでなく、農林水産省や国土交通省なども含めて、縦割りの垣根を超えて一緒の場で議論を交わしたことは、さらに大きな意味を持つ。

そして、同時にこの運動が、根幹的な水田農業における構造改善の一つのモデルとして成立した意義



図 3. 水田に舞い降り落穂を食すマガン
(大崎市若柳町)

はとても大きい。

そこには、さらに環境を大事に考える企業群までが加わり、冬期湛水(ふゆみずたんぼ)から発信する新たな社会への横断的な情報の共有集団を構築した。

それらの活動を環境重視の大手流通企業や食品チェーン店などが高く評価し、「ふゆみずたんぼ米」として一括して高価格での購入を推進し、ふゆみずたんぼ関連ブランドとして、当初より参加した農家グループを支援してきている。その結果として、大手がまとまって集中発注による支援を開始した段階か



図 4. JR くりこま高原駅前の田んぼのマガン

ら、冒険的に積極的に参画した少数の自立農業者は、さらに地域の有力農家として着実に規模の拡大を果たしている。

この取り組みが、農業での構造改善に直結し、結果として相対的に経営上での優位性をもたらしていると考えられる。従って冬期湛水(ふゆみずたんぼ)



図 5. 蕪栗沼・伊豆周辺での人と水鳥の共生のイメージ (撮影：呉地正行)。

は企業経営の観点からも重視すべき要素となったと言えそうである。

参画された方々が農業面で成功し、研究者や団体がそれぞれの分野の研究面で先行し、社会貢献面でも卓越した業績評価を受け、参加企業でも生物多様性への貢献により社会的優位性の確保に成功しているのである。

11. ラムサール条約登録湿地

2002年には、南米コスタリカで開催されたラムサール条約 COP8 において、蕪栗沼の登録に関して旧田尻町役場及び農家、そして市民などを交えて地域が一丸となってコスタリカにて意見発表を行った。

2005年ウガンダで開催されたラムサール条約 COP 9 において、宮城県北部・大崎市田尻地区にある蕪栗沼はその周辺水田とともに、国際的に重要な湿地の保全と賢明な利用を目指すラムサール条約の 1545 番目の湿地に登録をされた。沼内だけでなく周辺の水田をもラムサール条約湿地の対象に加えることに成功したのである(呉地, 2007)。

その後、2008年に韓国(昌原)で開催されたラムサール COP10 において「水田決議」(X.31)が採択され、さらに 2010 年 10 月の生物多様性条約第 10 回締結国会議(CBD-COP10)でその決議、すなわち水田の湿地としての重要性が生物多様性の観点からも確認された。

12. 冬期湛水(ふゆみずたんぼ)と不耕起移植栽培

1) 慣行農法

慣行農法は、化学物質(農薬や肥料など)の大量な散布によって支えられる農法である。基本として、冬の期間は乾土効果を得るためとして乾田化をする。「冬期湛水(ふゆみずたんぼ)」と対比して、工業的な水田耕作手法として国が推奨している農法でもある。

従来の農薬や肥料等は、化学素材を基盤として開発された。それらは地球上で産み出された天然素材というより、化学合成によって人工的に産み出された素材である。その組成からして、企業が始めから終わりまで関わり、そこでは研究開発製造のために大量の雇用を生じ、かつ大量生産・大量販売と、その結果としてコストダウンで、日本に於いても化学製品の素材が農業の分野でも市場を独占する素地の一つとなった。

さらに慣行農法は人の労働力を最小限にとどめ効率を上げるという考え方であり、国の 1960 年代後半からの高度経済成長路線で、農業から鉱工業へ人的移動を促す対策として化学肥料や農薬使用が奨励されはじめ、その流れで現代に至っている。

従来型の慣行農法という工業的農法をひた走ってしまった日本の農業については、新たな生物資源による農法への誘導が必要となっている。これには技術体系の基幹部分の大きな変化も重要課題である(嶺

田ほか, 2009)。

稲作水田農業についても米の生産性だけを高める「工業化」農法では、安心安全な持続可能な食糧の供給は困難とされる。

2) 冬期湛水(ふゆみずたんぼ)

冬期湛水(ふゆみずたんぼ)は、その水田からの生態系サービスとして、原生動物や植物の膨大な発生が、化学肥料に負けず劣らないだけの自然からの肥料を供給し得ることが分かった。(岩澤, 2010)。

膨大な数のイトミミズは土内から植物が吸収しやすい形で栄養資源を排出する。また、田んぼの外部から飛来するハクチョウやガン類が、糞などでリンなどの栄養資源を供給する(小林ほか, 2003)。

逆に、現状では毎年累積していく養分を、どのように制限するかの方法の研究が大きな課題となっている(岩澤, 2010)。

「冬期湛水(ふゆみずたんぼ)」は、生物多様性のまさに生態系サービスによって、短時間で命をつなぐイトミミズやメダカ、さらに光合成作用に特に優れているとされる「サヤミドロ」、そして光合成細菌の大量発生が、大量の酸素を水田内に供給する仕組みを利用するまさに生物資源を農業基盤とする方式である。資源の基礎となる生物の素材としての生きものの大量発生と、それが資源として担保された結果として、水田の中の生物多様性が著しく活性化し、その基礎素材をベースにする生成物の蓄積が栄養源となつて、無肥料・無施肥による完全循環型農法としての冬期湛水(ふゆみずたんぼ)を定着させる。「冬期湛水(ふゆみずたんぼ)」は、イトミミズだけで 10a あたり 2,000 万匹という膨大な発生となる(岩澤, 2010)。

3) 冬期湛水・不耕起移植栽培

不耕起移植栽培とは、岩澤信夫さんが普及活動を行っている究極的農法の一つである。

耕起しない(土をひっくり返さない)農法として、主に水田稲作で広がってきている、稲の特性を肌身でとらえ生き様を観察し、その生態系を徹底的に理解したうえでその活性化を促すための仕組みを考える。同時に稲をぎりぎりまで追い込み、生きる力を最大限に発揮させる方法を探る。

この不耕起移植栽培と冬期湛水(ふゆみずたんぼ)との連動によって、革新的に技術環境が様変わりして現在に至った。これは従来まで不耕起移植栽培だけの最も大変な問題点の解消になった。春まで田起こしをしないがため、がちがちに固まってトラックまで走れるような田んぼが、水張りをしたことでとても柔らかく、田植えが各段に楽になる。また抑草効果が高くその点が不耕起移植栽培に従事している水田農業者に歓迎されている。

現在、冬期湛水・不耕起移植栽培は、主に米栽培技術を中心に普及しつつある。効果は無肥料及び無施肥を基本とし特に雑草の技術的なノウハウ蓄積がすすみ抑制効果も発揮されてきている。慣行農法の所でも格段に導入しやすくなった。

現在、日本不耕起移植栽培普及会では、「冬期湛水・不耕起移植栽培」技術として、全国的な普及活動を行い、さらに2011年6月に「NPO法人 未来農業研究センター」を設立し、普及活動にも拍車をかけた。

いま、理論と実践を中心にして自然耕塾の名前で具体的に1年間の農法に関わる教育を塾の形式と、現場指導により全国規模で行っている。

いまでは、毎年全国で「自然耕塾」として、全国各地で200人を超す生徒を塾形式で実践教育を行っており、その普及活動も全国的に加速している(岩澤, 2010)。

4) 冬期湛水とふゆみずたんぼ

冬期湛水とふゆみずたんぼとは、冬期に湛水をする事と、用語上の内容にほぼ相違点はなく同じ意味としてどちらの言葉でも差支えないとされる。

ただし日本不耕起栽培普及会側の解釈としては、ふゆみずたんぼでは代かきを許容するケースもあるとされるが、冬期湛水・不耕起移植栽培は、冬期湛水を不耕起移植栽培農法の要素の一部であるとの考えを前提にしているために、代かきの有無で分けられるとする。

また秋の稲刈り直後に直ちに水を張ることが必須で、稲刈り直前1ヶ月の水切り以外は、稲刈り直後に直ちに水を張ることが原則となる。

ほぼ通年湛水が原則なこともあって、水田農業に専業で取り組み、かつ5ha～30ha規模の集落単位での農法として広がっている。

従って田んぼの耕起をしない事及びほぼ通年湛水をするという2点が相違点とされ、冬期湛水・不耕起移植栽培農法は水田耕作専業者に向けた農法であるという。

13. おわりに

宮城県大崎市田尻地区での冬期湛水（ふゆみずたんぼ）及び冬期湛水・不耕起移植栽培農法の導入によって生じた地域の変化とその経緯を、時系列的にまとめた。

1993年の大冷害に遭遇し、冷害に強い水田農法の導入という、まさに農業経営上の必然的なテーマをもって、多様な人材が内外から多数参加し極めてギリギリの議論が積み重ねられ、各局面を一つ一つステップアップしながら切り開いていった。それは、何人かの特別な技術を有し、人間的にもしっかりとした哲学を持った方々がかかわり合って築いてくれた“偶然、また偶然”の長い物語である。その重なりが、蕪栗沼の数々の奇跡を招いた。

その結果、本州でも有数の自然湿地である蕪栗沼の理想的な保全策がなされ、そこではガン類の大群がねぐらとして利用されるようになった。さらにコメ作りにおいて、その主体が化学的な素材を使用する農法から、生物資源を利用した農法への転換を伴っていたことも画期的である。

大冷害から始まる蕪栗沼が背負った大きな運命の物語の中で、多くの方々の気付きが、その実証と評

価と改善策との混然一体を、日本国内から世界へ情報発信し、限りなく広げていった。そしてこの過程で重要なことは、田尻町という純水田農業地帯からの発信であったことである。この冬期湛水の成果がしっかりと、農業から生物多様性を重視する社会にまで、うまく取り込まれていくことを切に願っている。

謝辞

冬期湛水(ふゆみずたんぼ)に関わる経過を、時系列にたどる上で様々な方々の協力、参画、助言をいただくことができた。特に千葉県立中央博物館副館長の中村俊彦さんにはこの論文発表の機会と、多大のご配慮とご支援をいただいた。深甚なる感謝を申し上げます。

引用文献

- 伊藤豊彰. 2006. 稲作に生物多様性を取り組む仕組み. 科学 76:303-313.
- 岩渕成紀. 2007. ふゆみずたんぼを利用する環境と暮らしの再生プロジェクト. 日本水大賞報告書. pp41-48. 日本河川協会.
- 岩澤信夫. 2010. 究極の田んぼ. 209pp. 日本経済新聞出版.
- 小林 久・佐合隆一・呉地正行・岩渕成紀. 2003. 鳥による物質輸送実態の $\delta^{15}\text{N}$ を用いた把握・分析試み. 農村土木学会論文集 224:145-146.
- 呉地正行. 2007. 水田の特性を活かした湿地環境と地域循環型社会の回復: 宮城県・蕪栗沼周辺での水鳥と水田農業の共生を目指す取り組み. (社)国際環境研究協会. 地球環境 12(1):49-64.
- 栗原 康. 1998. エコロジーとテクノロジー. 岩波同時代エッセー347. 216pp. 岩波書店.
- 嶺田拓也・小出水規行・石田憲治. 2009. 水田における冬期湛水の導入による持続的な多面的機能の発揮. 農村計画学会誌 27: 335-340.

参考情報

- 蕪栗沼沼っこクラブ. 2008. 蕪栗沼とは?
<http://www5.famille.ne.jp/~kabukuri/>
荒尾稔(管理者). 2000. 冬の田んぼに水を張ろう.
手をつなぐ環境共生型農業と. 生物多様性豊かな水田. *wfrfは冬期湛水水田の略
<http://www.jgoose.jp/wfrf>
高奥満(管理者). 2011. 「ふゆみずたんぼ」とは無農薬、無肥料稲作栽培の記録から,
<http://tarikidict.jugem.jp/?eid=40>
日本不耕起移植栽培普及会. 2011,
<http://www.no-tillfarming.jp/>
(株)アレフ. 2011. ふゆみずたんぼの歩み.
<http://www.aleph-inc.co.jp/fuyumizu/pg325.html>

A Miracle of the Lake Kabukuri-numa: Well-being in the Harmony with Birds Inhabiting Winter-flooded Rice-paddies. Minoru Arao.

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¹・中村俊彦²

¹ 日本雁を保護する会・里山シンポジウム実行委員会 〒113-0021 東京都文京区本駒込 4-38-1 富士ビル 2F

トータルメディア研究所 (tmlarao@tml.co.jp)

² 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)

要 旨

利根川下流域・印旛沼周辺域はかつて世界有数の水鳥類の生息地であり、かつ越冬地であった。江戸時代には鳥屋とよばれるガン類やカモ類の捕獲場所もつくられ、毎年 20 万羽もの鴨がお歳暮として年末の江戸に供給されていた。戦後しばらくはトキやコウノトリ、また手賀沼等ではマガンやヒシクイも記録され、百万羽以上のカモ類の飛来もみられた。しかしこの豊かな水鳥の楽園は、戦後の都市化及び農業の近代化・効率化を中心とした産業や文化の変化のなかで著しく毀損してしまった。

印旛沼の水循環健全化のなかで、水鳥の生息地復活は大きな目標であり、それに伴う地域の自然環境の保全・再生は、農林漁業からのなりわい(生業)の活性化や、また地域振興のまちづくりにも通じることとして重要である。さらに印旛沼周辺域での水鳥生息地の復活は、鳥類の越冬地や渡りの中継地の確保とともに、現在では越冬地が特定の場所に集中するようになってしまっているマガンやコハクチョウの危険分散の機能も期待される。

利根川下流・印旛沼流域での水鳥復活として、10 年後の 2022 年にガン類 2 千羽、カモ類 50 万羽、ハクチョウ類 4 千羽、コウノトリやトキもそれぞれ 20 羽、50 羽程度の年間飛来の目標を立て、ラムサール登録湿地を目指す。この内、トキの再来のルートについてはハクチョウ類の移動経路をふまえ、佐渡市や長岡市から「千曲川・雁坂越えルート」と「阿賀野川・白河越えルート」の 2 ルートが想定された。

水鳥の生息環境については、それぞれの生態の視点から餌場・ねぐら等の確保が必要になる。水辺再生や水質改善による豊かな湖沼の自然復元とともに、餌場として重要な水田については、冬期湛水・不耕起移植栽培をはじめ中国のトキ復活で展開された生態農業等によるかつての生物多様性豊かな水田の復活、さらには雑木林等の人々とかわる豊かな森林再生等が求められる。これはかつての里山や里沼の再生であり、生産効率・経済効率を優先する農業から、地域の多面的価値を農家と地域住民さらに行政等が一体となった農業の展開であり、最近では農家に対する奨励制度やブランド米の商品開発も進められてきており、水鳥の越冬地復活は農業を軸とした新たな社会システムづくりの試みともなっている。

キーワード: ガン・カモ類、ハクチョウ類、トキ、コウノトリ、ラムサール登録湿地、冬期湛水・不耕起移植栽培、生物多様性、生態農業、利根川下流域、印旛沼

はじめに

日本列島は、東アジアの水鳥の渡りにとってはきわめて重要な地域である。特に江戸時代末期までは利根川下流域、印旛沼を中心とした地域は水鳥の大越冬地であった。しかし、その環境は明治以降急激に変化し、日本全国で過去 100 年間に湿地環境の 61% が失われた。特に千葉県では沿岸域や湖沼を含む湿地の 89% までが、干拓や埋め立て等により水田となり、工業団地や住宅地に変わった。同様な状況は茨

城県(88%)でも見られる(呉地, 2007)。

近年では残った水田も生産性と効率性重視の土地改良、すなわち乾田化やコンクリート化の圃場整備の工事のために、かつて有していた湿地の生態系機能が大きく損なわれている。特に非灌漑期の冬期の水田は極端に乾燥し、湿地とは言いがたい環境に変質している。そしてこの状態は、冬期に乾燥する利根川下流域など太平洋側ではとりわけ顕著である。このような水田の湿地生態系としての環境の劣化・

減少は、水鳥をはじめそのような環境に依存する動植物に深刻な影響を及ぼし、多くの絶滅種及び絶滅危惧種を生じさせている(長谷川, 1995; 藤岡, 1998; 中村, 2004)。

一度破壊された湿地環境の復元・再生は大変困難であり、膨大な費用と時間を要する。しかし、最近では冬期湛水の水田を農業的湿地として利用・管理しつつ、面的な湿地環境を回復することによる生物多様性の保全・再生がおこなわれ、それが大きな効果をあげている状態が確認されてきた。その先進的な事例として、ラムサール条約湿地の宮城県・蕨沼・周辺水田での成功例があり、そこでは水田の湿地復元及び耕作水田に冬期湛水(ふゆみずたんぼ)を軸とした冬鳥のガン類、ハクチョウ類と水田農業の共生を目指して活発な取り組みが行われてきた(荒尾, 2012)。

水鳥の減少傾向が続くなか、冬期湛水の水田では最近ハクチョウ類に関しては越冬数が顕著に増加しつつある。部分的に増加するハクチョウ類やガン類の個体群に対しては病気感染等でのリスク課題も生じ、そのような観点からも利根川の下流域での水鳥の越冬地の復活が求められてきている。

印旛沼では、千葉県の河川行政が中心になって流域の水循環健全化を目指し、多様な主体が沼の治水・利水や水質及び生態系の保全・再生のための活動を展開している。そして千葉県内では冬期湛水と不耕起移植栽を一体化させた農法も試みられている状況が見られるが、そこは水鳥をはじめ多くの動植物の保全・再生につながるものが明らかになってきた(岩澤, 2010)。その拡大は多くの水鳥にとっての今後の生息環境の改善が予測され、さらに経済面を含む水田農業の活性化の効果も期待される。

都市近郊にあって、自然と人間の調和・共存を如何に組み立てるべきか、人と生き物のとの関係性、特に渡り鳥との相互理解をどのようにして果たせるのかが重要となる。本報告は利根川下流・印旛沼流域における水鳥の生息について過去から現在までの状況をまとめ、冬期湛水を主たる方法とした水鳥の越冬地の復活について考察・提案した。

印旛沼周辺の水鳥、過去から現代まで

1. 江戸時代から昭和時代戦前まで

利根川の下流域、印旛沼をはじめ霞ヶ浦、手賀沼等の湖沼一帯は、多数の中小河川が八方から流入するまさにスリバチの底のような地形である。この場所は縄文海進の折は海中に没していたが、江戸時代の中期までは氾濫原として台風や大雨などの際は下流域で川があふれて行き場のない水で毎年洪水に悩まされていた地域でもあった。

江戸時代この地域では、湖沼が毎年のように氾濫するため農民の生活は困窮していた。そこで農民は幕府に直訴し、特に手賀沼などでは、湖面に大量のマコモを植え付けてガン類やカモ類をおびき寄せ、それを捕獲する鳥屋を造り、毎年20万羽もの鴨を捕獲して蓄養し、年末には江東区・両国などで、今度というお歳暮用として販売した(斎藤, 1931)。すなわ

ち江戸時代のお歳暮とは鴨であったという。

江戸時代末期まで、特に東京湾から手賀沼・印旛沼周辺域、また和田沼(現田中遊水地)を含む利根川下流域は東北・北海道からアジア大陸に及ぶ地域の水鳥の代表的越冬地として、多様なまた膨大な個体群の水鳥が飛来していた。しかし明治以降は銃猟や湿地の干拓等の影響を受け、利根川下流域の水鳥は激減し、渡来が途絶えた種も多い。

黒田(1985)によると「千葉県内の湖沼は水鳥、特に雁鴨類の名所であった。黒田長禮(1940)は、雁の渡来地として関東にては、千葉県和田沼を筆頭として、手賀沼、埼玉県越谷市、千葉県浦安市の江戸川筋御猟場周辺地をねぐらとする。現今、和田沼には‘ひしくひ’と‘まがん’の群を合し約3,000羽に及ぶ。手賀沼にも相当渡来すれども第2位にして、稀に‘さかつらがん’の40~50羽の群も来る。また、江戸川筋御猟場には15~6年前迄は非常に多かりしも現今は僅かに‘まがん’‘ひしくひ’の群200羽位に過ぎず」としている。

江戸から明治、昭和初期にかけてはトキやコウノトリの記録も多く残されている。安田(2002)によると、トキは1700年代から1800年代にかけて東葛西や千住等での記録があり、1883年には東京と千葉県下総で各1羽ずつ捕獲されアメリカ国立博物館へ送られた記録もある。さらに1884年に手賀沼で1羽捕獲、また1895年には下総で捕獲された1羽はアメリカ自然史博物館に送られているとのことである。その他、関東近辺ではトキが普通にみられた状況が様々な文献等で記録されている。千葉県には「鵠崎」や「鵠谷(とうや)」「鵠嶺」の地名があり、また人名についても全国的に「鵠田」「鵠崎」「鵠矢」等の「鵠」にちなむ名字がきわめて多い(谷, 2005)。

コウノトリについても江戸時代には浅草の浅草寺や本願寺、青山の長谷寺、蔵前の西福寺、本所の五百羅漢寺等では営巣していたと伝えられている。千葉県でも「鴻巣」や「鴻の台」などの地名があり、かつてはコウノトリノ営巣も多かったと考えられる。千葉市若葉区大草町の「鴻巣」では明治時代までは毎年コウノトリが繁殖していたとの口碑が残されている(藤田, 2005)。その後も手賀沼等でコウノトリ飛来が記録されている(斉藤, 2002)。

2. 戦後の状況

黒田(1985)は、1948年2月の日本鳥学会第88回例会で、千葉県の雁鴨類調査の結果を、次のように報告している。「本年1月3日約80羽、11日約60羽のハクチョウ(種不明)を霞ヶ浦で二世狩猟家が観察する。印旛沼にては12月18日から約1週間30羽が渡来し、江戸川筋新浜にも2~3羽が1948年1月に出現する。手賀沼は、今冬は狩猟者に荒らされ網猟は1回もできず、鴨は11月には急減し、黒田は1月30日1羽も観察しなかった。和田沼では以前は17~20回の網猟を行い3~4万羽の鴨を捕獲した。しかし、戦時中の捕獲数は毎年約1万羽に減り、昨1947年には4回行い約1千羽を得たが、今冬は手賀沼同様、銃猟に荒らされ1回も行われていない。11

月には約1万羽が渡来していたが、今年1月には昼は全く姿を見なかった（これらの網猟地では雁鴨類の渡来数記録は保存されていなかった）。

さらに黒田は、新浜で1948年2月1日に「海岸にマガン約600羽、サカツラガン10羽（本種はその後間もなく渡来しなくなった）、カモ類数千羽を目撃し、鴨場内にマガモ約30羽、コガモ約千羽、キンクロバジロ少数をみた。鴨場の記録台張（小谷松太郎氏採録）によると1918年頃は鴨場沖にはカモ類数百万羽が群れ、ヒドリガモ30万羽、オナガガモ20万羽、カルガモ、マガモ、ハシビロガモ、海鴨を含め約20万羽と算定してあった。これらは過大推定と思われたが、近年（1947-8）では総数30万羽を出ないとのことであった。」

利根川下流域の湖沼群は本州随一の雁鴨白鳥類の越冬渡来地として古くから知られてきたが、ガン類については、昭和20年代まではマガン（東京湾、利根川手賀沼周辺）やヒシクイ（越谷周辺）などが多くの記録が残されている。手賀、印旛、和田、牛久の各沼は、それぞれに水禽越冬地として重要であった。これは一つには水禽の共同狩猟地があつて、その目的で雁鴨類を誘致し保護の効果もあがっていたからであろう。終戦直後、ガン類は狩猟鳥として残されていた。この銃猟圧とその後の湖沼開発による影響は大きく昭和35年頃から雁類は全く渡来なくなり、全国一と称された和田沼の雁群は宮城県伊豆沼に移ってしまった（黒田、1985）（図1）。



図2. 渡来したコウノトリ. 1960年2月1日 茨城町大字駒場. 荒尾稔撮影.

戦後のトキの記録としては、1948年千葉県市原市金杉で5羽の群れが観察されている（中村、2002）。また1952年手賀沼にて3件の目撃観察記録、さらに1953年千葉県市原市で12月12日に1羽の観察記録（三島、1957）があり、これは太平洋岸での最後のトキの記録となっている。

コウノトリについても1959年に栃木県と群馬県の飛来記録等がある。茨城県においては1959年11月から1960年2月まで茨城市付近で越冬した（荒尾、2008）（図2）。また、千葉県では1962年12月に御宿町、1982年12月には銚子市での記録が残されている（斉藤、2002）。

最近の千葉県及び周辺域の 稀少水鳥の生息状況

毎年1月15日前後に毎年全国一斉に行われている「ガンカモ類の生息調査」（環境省）データを基本としつつ、関係者からの最新情報等を加えて最近の千葉県及び周辺域での水鳥の生息状況について概括した。今回は、あくまでも稀少な水鳥としてハクチョウ類・ガン類・カモ類のほかトキとコウノトリを取り上げた。マガモやコガモ等については記載しなかった。

またトキとコウノトリについての情報は、国土交通省関東地方整備局河川局河川環境課が事務局となって2009年12月から進められている「南関東エコロジカル・ネットワーク（委員長 涌井史郎東京都市大学教授）」の委員会資料を参照した。

1. オオハクチョウ

利根川下流域では、江戸時代より戦前、そして戦後、さらに昭和30年代以降もハクチョウ類の渡来記録はほとんど無い。しかし最近では、たびたびオオハクチョウの飛来が確認されるようになっている。

1) 50年ほど前の出来事

1956-1960年度冬期にたまたま北海道根室地方が大寒波に襲われ、本州以南にオオハクチョウが数千羽の大群で一気に南下したことがあった。

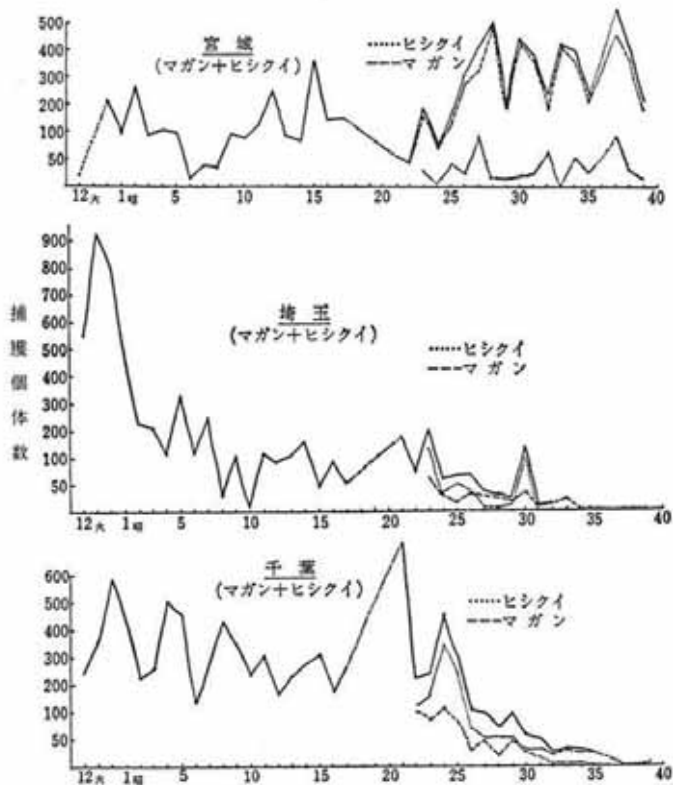


図1. 大正-昭和のマガンとヒシクイの農林省捕獲集計に基づく関東（埼玉県、千葉県）と宮城県の比較（黒田、1985）。昭和20年以降関東の個体群は宮城県に移動。

筆者の荒尾は、当時日本野鳥の会会長の中西悟堂氏に指示され、日本鳥類保護連盟の調査員として北海道の根室地方、茨城・福島・を含め各地で現地調査を行い、さらに当時の全国各県の林務課などにも調査をお願いして各種の情報収集をおこなった（荒尾，1961ab）．その折、オオハクチョウは東北各地、関東から北陸まで各地に渡来し、青森県をはじめ随所で餓死や密猟等による多数の死亡個体の報告が寄せられている（中西，1960）．しかしその時点で餌の確保に成功したか救餌によって命を永らえて越冬に成功したオオハクチョウの個体群があった（図3）．この個体群はその後、各地に越冬群として種を維持しながら代を重ね、現在の飛来につながっていると考えられる（図4）．現在、関東圏では特に茨城県及び福島県に越冬地が多い．なお、その時点では、ほぼすべてがオオハクチョウで、北海道を含め、筆者荒尾が観察した数千羽のうちで、明らかにコハクチョウとわかる個体は福島県相馬市松川浦で観察できた1羽のみであった（荒尾，1961b）．

2) 2011-2012 年現在

オオハクチョウは人による餌付けに依存することが強く、特に東北地方では人からの餌付けされることで個体群が維持された傾向がある．現在、千葉県内では、白井市第7調整池には毎年、継続して最大25羽前後のオオハクチョウが渡来越冬する．印西市本埜地区、そして東庄町夏目の堰にも少数ではあるが複数の家族単位で長年にわたって渡来し越冬する．2011-2012年の夏目の堰には11羽が観察されている．最近、新たな越冬地が千葉県内でも生みだされてきている．印西市の千葉ニュータウンにある北総花の丘公園の戸神防災調整池には、オオハクチョウの一家族がここ4～5年毎年飛来し越冬している（図5）．印西市の高層マンションが林立する中にある都市公園において谷津部分をダム化し、40年以上の時間経過により上流域でマコモが大量に発芽、生育したことが理由と考えられる．ここには冬季に数百羽の鴨群と、多数のカワウが渡来している（佐々木駿介氏からの私信）．松戸市内21世紀の森にある調節池にもマコモ群落が大きくなり、ここ4～5年間オオハクチョウの一家族が同様に渡来定着している（松丸一郎氏からの私信）．



図3．1961年冬の北海道別海村尾岱沼のオオハクチョウ．春別と野付崎を結ぶ凍結箇所をふちに沿って数千羽のオオハクチョウが越冬．幼鳥の死亡が多かったとされる．荒尾稔撮影．

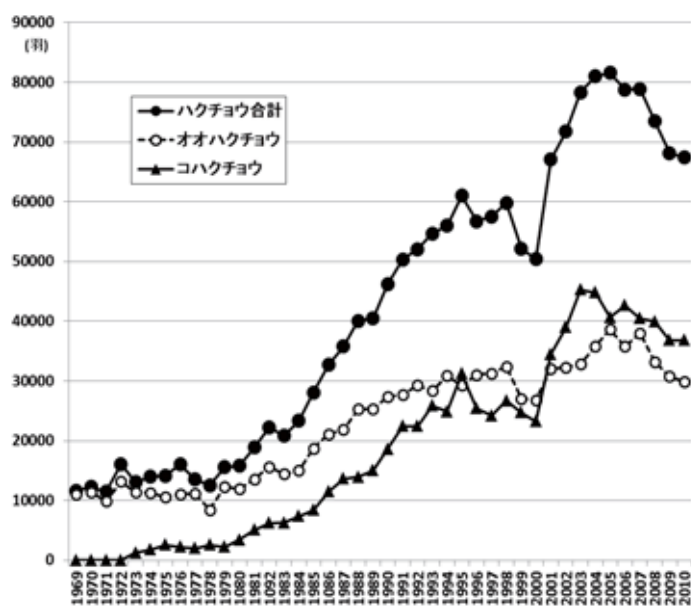


図4．1969年～2010年ハクチョウ類の個体数変化．「ガンカモ類の生息調査」（環境省）



図5．戸神防災調整池オオハクチョウの1家族．2011年12月30日 佐々木俊介氏撮影．

これらの状況から千葉県内にはまだ他の越冬地の可能性すら感じる．

2. コハクチョウ

マコモが大好きなオオハクチョウと主に稲の落穂を食するコハクチョウとでは食性が異なり2種間の棲み分けがみられる．

千葉県は本州の最も南東部でのコハクチョウの新たな越冬地となっている（図6，図7）．

個体数はここ数年、特に1月末から2月初めころにかけて大量に渡来する状況がみられる．2011～2012年は、1月末に千葉県全域でのコハクチョウがはじめて2,000羽を超えたとされる．

1) 印西市及びその周辺地域

印西市本埜地区では、1993年に渡来したコハクチ

ヨウ 8 羽に餌付けから始まった。出山光男氏や出山輝夫氏の献身的な保護活動により、ハクチョウ類の個体数は年々増加していった。2009-2010 年はコハクチョウを主体にして 1050 羽に達した。2009 年 12 月 24 日には、井出氏からの情報では 1 日で 500 羽もが飛来することもあったという。現在、印西市本埜地区立埜原などは千葉県内でのハクチョウ類の最大渡来地となっている。本埜地区には最大のねぐらがあり、昼間には近在の冬期湛水・不耕起移植栽培農法の水田など、複数個所に分散して採餌している。昼間はほとんど姿が見られない状況であるが、夕刻一気に戻ってねぐら入りを果たす。餌場は栄町の四谷地区にあり、その周辺に 4 ヶ所ほどが確認されている。この地区の冬期湛水・不耕起移植栽培農法の田んぼや、あるいは秋の田起こしをしない田んぼで二番穂がたくさんある箇所などを餌場としている(図 8)。

2) いすみ市域

いすみ市周辺は環境省の「日本の重要湿地 500」に多数の項目で登録される適地である。ここ数年は多くの水田で秋の刈り入れ後の田起こしがされないままであり、雨が降ると冬期湛水(ふゆみずたんぼ)の状況になっていて、コハクチョウには餌が十分にある状態である。ここは餌付けされず野生のままである。2009-2010 年の観察では、コハクチョウの餌場もねぐらもどんどん変わる野生種である。地元の布留川穀氏から、2011-2012 年には最大 116 羽の報告が寄せられている。なおコハクチョウのねぐらがあつた高田堰(トンボ沼)は、2011 年 3 月 11 日の大地震によって中央部が隆起して、ねぐらに適さない状態になってしまい、コハクチョウは別の箇所に移動していた。

3) 東庄町「夏目の堰」周辺域

2005-2006 年から始まったコハクチョウの飛来は 400 羽以上に増加した。その後も飛来しており、着実に渡来数が増加している。ねぐらは一貫して東庄町夏目の堰となっている。餌場はその周辺の水田地帯で、基本的には給餌には寄り付かない個体群であり、毎日早朝に飛び立ち、夜遅く一斉ねぐら入りをする。2009-2010 年の最大渡来羽数は、コハクチョウ主体で 540 羽に達し、さらに 2011-2012 年には最大 658 羽(内 11 羽はオオハクチョウ)が観察されている。この群れは今後さらに増加すると思われる。

4) 香取市堀の内地区

冬期湛水・不耕起移植栽培農法水田をねぐらとしている場所である(図 9)。2009-2010 年は、最大渡来羽数 32 羽。2011-2012 年は早くも 150 羽以上に達している(鳥井報恩氏私信)。

5) 佐倉市西佐倉中央排水路周辺域

2011-2012 年の 2 月初旬に 150 羽以上が冬期湛水田に渡来している。水張りされた箇所をねぐらとし、周辺も含め約 200 羽越冬した(三門増雄氏私信)。

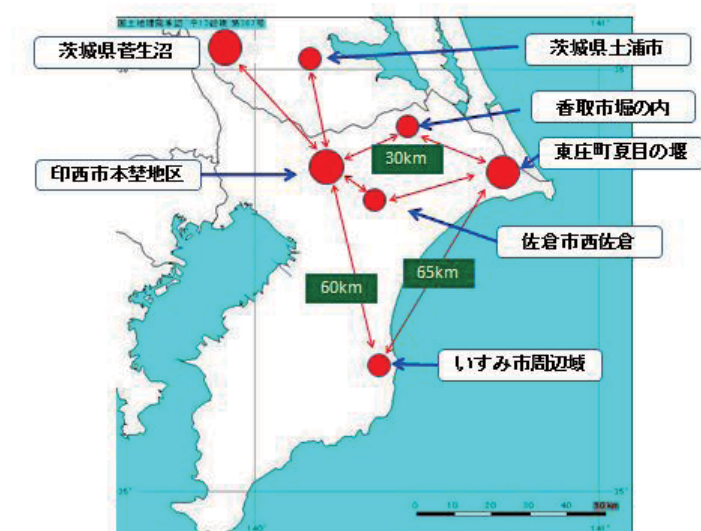


図 6. 千葉県下コハクチョウのねぐら形成箇所。

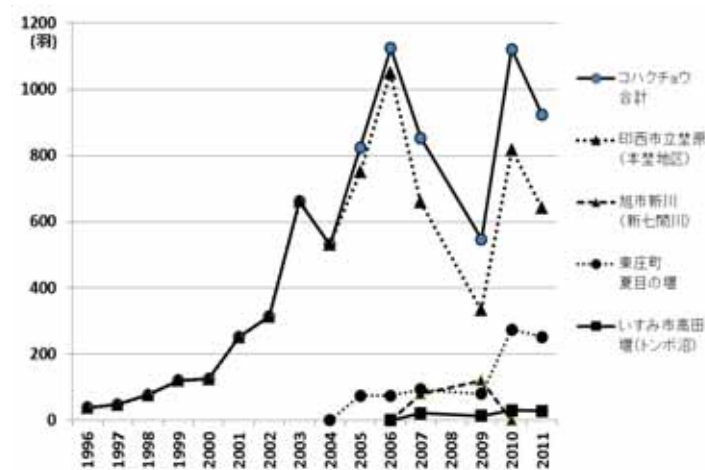


図 7. 千葉県の主な飛来地でのコハクチョウの推移。

2005～2006 年度に生じたコハクチョウの大量渡来を機会にここから分散して千葉県各地に移動定着が始まった。(環境省「ガンカモ全国調査」例年 1 月 15 日前後の調査)



図 8. 秋の水田の二番穂を食べるコハクチョウ。
印西市本埜地区 2010 年 11 月 25 日 湯浅一郎氏撮影。



図 9. 香取市堀の内の冬期湛水・不耕起移植栽培農法水田に飛来したコハクチョウ。2011 年 11 月 17 日 鳥居報恩氏撮影。



図 10. シジュウガラガン幼鳥の渡来。木更津市長須賀地区。2007 年 12 月 20 日 荒尾稔撮影。

3. ガン類

1) マガン

日本の秋田県や宮城県で越冬する個体数は最大で 20 万羽を超し、伝染病の蔓延や、餌資源の確保、そして将来の地域社会との関係性を考慮するとさらなる越冬地の受け皿づくりが要望されている。戦前まで日本で最も著名な越冬地であった現在の柏市にあった和田沼は埋め立てられ、その跡地(現：田中遊水地)や手賀沼近辺には現在は飛来しなくなっている。県内でも時折マガンの飛来が見られるが継続性はない。今後の越冬地の候補としては印旛沼及びその周辺域、いすみ市、東庄町夏目の堰周辺などがあげられる。

2) 亜種ヒシクイ

亜種ヒシクイは北印旛沼に 1 家族(5~7 羽)が定着する。水田で稲を好んで採餌するヒシクイで、宮城県大崎市・化女沼に 4,000 羽ほどが渡来するが、近年群れ全体が分散して、南下の傾向があるとされる。浅瀬のある湖沼がねぐらになり、乾燥した田んぼで落穂などを採餌する。採餌環境や餌資源はマガンやコハクチョウに類似する。

3) 亜種オオヒシクイ

現在、茨城県の霞ヶ浦周辺には 60 羽程度の群が生息する。マコモが大好物であり採餌環境や餌資源はオオハクチョウに類似する。

4) サカツラガン

サカツラガンは日本での越冬地はほぼ消滅し、現在は年に 1~2 羽が全国どこかで観察される程度である。かつては浦安や手賀沼などでの越冬記録がある。

5) シジュウガラガン

シジュウガラガンは日本雁を保護する会が中心になっての保護活動によって、渡来越冬数も全国で 200 羽を超し、2012 年はさらに 230 羽を超す状態にまで

復活した。千葉県でも近年、北印旛沼に 1 羽、木更津市郊外の湿地に 3 羽の幼鳥が渡来している(図 10)。

今後は越冬個体の増加に伴って、印旛沼周辺に渡来する可能性は高い。

6) ハクガン

ハクガンは 2011 年-2012 年全国で 42 羽が記録されている。東北の秋田や宮城県が主な渡来地となっている。この種も今後利根川下流域に渡来する可能性が高い。

4. カモ類

1) キンクロハジロ

かつて印旛沼には 5 万羽以上が生息し沼を真っ黒になるくらい蟄集したとされる。しかしここ 20 年以上ほぼゼロの状態が続く。岡(1988)によると、キンクロハジロの個体数は湖沼内のシジミの生息数によって決まるとされが、手賀沼の事例では、干拓の開始によって水生植物が壊滅してしまった時期にキンクロハジロが激減しており、またシジミ類と潜水性カモ群の激減とも高い相関関係がみられる。

2) ホシハジロ

ホシハジロは植物性で底泥の沈水植物及び柔らかいイトミミズやユスリカを捕食する。印旛沼には現在も少数が渡来する。

3) オシドリ

千葉県印西市印西牧の原地区 21 住区内にある下池調整池で群生する 240 羽以上のオシドリ群の越冬が最近発見された(図 11)。千葉県下では最大、関東全域でも最大級の個体群である。ここは宅地開発等のために、谷津奥を調整池として開発整備されたが、その後はほぼ 40 年間放置されてきた。そこは、これまで人の立ち入りが禁止され周辺環境ともども保全された場所で、たまたまオシドリの越冬地が形成され、はじめは数羽の越冬個体が代を重ねながら 240 羽もの個体数にまで拡大してきたと考えられる。



図 11. 印西市下池調整池に生息する 240 羽以上の
オシドリ群。荒尾稔撮影。

5. トキ

2003 年 10 月、日本産最後のトキ、キンが佐渡のトキ保護センターで死亡した。その一方で 1998 年 11 月に中国から提供されたトキが佐渡で飼育され、翌年に雛がかえっている。その後も中国から借用されたトキとともに飼育個体は順調に増加した。そして 2008 年 9 月からは放鳥が開始された。環境省佐渡トキ保護センターのホームページ情報(2012/07/23)によると、これまでに 6 回、計 91 羽のトキが放鳥され、生存は野生誕生の 56 羽となっている。2012 年 5 月には佐渡の野生下で 36 年ぶりに雛がかえり 8 羽が巣立ちした。佐渡市の佐渡トキファンクラブのホームページ情報(2012/07/23)では、2012 年 5 月に野生でトキが確認された場所として佐渡市のほか、富山県の黒部市と入善町の記録がある。

また現在、佐渡市の他に新潟県の長岡市トキ分散飼育センター、島根県の出雲市トキ分散飼育センター、また東京都多摩動物公園、石川県のいしかわ動物園で分散飼育され順調に雛もかえっている。今後は各地での放鳥がなされれば印旛沼流域をはじめ千葉県内への飛来も期待される。

6. コウノトリ

兵庫県は 1965 年 2 月に一つがいのコウノトリの人工飼育を始めた。その後、国内生息のコウノトリが捕獲飼育されたが繁殖に至らず、1986 年 2 月には飼育していた国内最後のコウノトリも死亡した。1985 年 7 月にロシアのハバロフスクから幼鳥を 6 羽贈られ国内飼育が開始され、1988 年 4 月には多摩動物公園での人工飼育に成功した。その後は、順調に飼育個体が増え、2005 年 9 月から放鳥が実施されてきている(池田, 2007)。兵庫県立コウノトリの郷公園のホームページ情報(2012/07/23)では、現在国内では野外繁殖の個体も含め、兵庫県を中心に 54 羽が生息すると見積もられている。

日本での野生繁殖のコウノトリはみられなくなったが、大陸から渡来し越冬する個体はたびたび観察されてきた。このような渡来個体は関東地方にもみられ千葉県での記録は特に多い。

2003 年 12 月に富津市で 1 羽のコウノトリの飛来が記録されている。2004 年 12 月 25 日我孫子市北新田に 1 羽が飛来し、翌年 3 月 26 日まで滞在・越冬した。同じく 2004 年 12 月 27 日に千葉県長柄郡徳増に別の 1 羽が飛来し翌年 3 月 26 日まで滞在・越冬して



図 12. コウノトリの飛来。2007 年 1 月 17 日 富津市飯野。
庄司英実氏撮影。

いる(中村, 2005a, 2005b)。2006 年 11 月に千葉県旭市三川に 1 羽が飛来し翌年 3 月まで滞在・越冬した。これとは別の個体とおもわれるコウノトリが 2007 年 1 月に富津市飯野付近で記録されている(中村, 2007)。2011 年 4 月 10 日には 2 羽のコウノトリが木更津に飛来し、翌日は袖ヶ浦に移動、さらにその翌日には宮城県に移動した。この 2 羽のうち 1 羽は野生の雄で、もう 1 羽は豊岡で放鳥された通称“エッチャン”と呼ばれる若い雌であった。

コウノトリの飼育は兵庫県立コウノトリの郷公園をはじめ各地でおこなわれているが、東京都の多摩動物公園、大阪市天王寺動植物公園、豊橋総合動植物公園では繁殖も成功している。また千葉県野田市は、江川地区で 2012 年 11 月にもコウノトリの飼育を始める予定である。これは地域で環境保護の機運を高め地域振興にもつなげる目的であり、東京都立多摩動物公園から 1 ペアを借り受け、年内の公開を目指している。

水鳥の越冬地復活

1. 水鳥の復活の意義と目標

現在、人為による環境の改変のため多くの生物種が絶滅の危機に瀕している。特に水辺環境の改変は著しく、渡り鳥のように多くの場所の水辺自然に依存する水鳥については、トキやコウノトリをはじめとりわけ深刻な事態に見舞われている。また、たとえ多くの個体が生息している状況にあっても、特定の場所に生息空間が限られてしまっている状態は突発的な環境の変化や病気の発生等により、多くの個体の消失につながりかねない。少数の越冬地に集中する水鳥においては鳥インフルエンザの発生も懸念され、特に危険な状態である。したがって日本に渡来・越冬する水鳥にとって、かつての水鳥の生息地かつ大越冬地であった印旛沼及びその周辺地域での水鳥越冬地の環境を復元する意義は大きい。

水鳥の生息は、水辺環境とともにその生態系を構成する多くの動植物に依存する。ガン・カモ類やハクチョウ類はその餌資源として大きな水辺の植物群落が必要であり、またトキやコウノトリにおいては

豊かな水辺の小動物の生息が前提である。すなわち、水鳥の復活は、豊かな生物多様性と健全な水辺生態系によって支えられているものであり、またその豊かさ健全さのシンボルでもある。とりわけ日本の水辺環境においては、生物多様性豊かな伝統的な水田の保全・再生が重要であり、さらに水鳥にとってのねぐらと餌場、そして子育ての場の確保には里山里海環境全体の保全・再生が必要不可欠となる。

水鳥は人間生活と深いかかわりの歴史をもつ（中村，1995；2001；2012）。もちろん水鳥が田畑を荒らし、人の暮らしに有害な事態を引き起こす存在であった状態を否定することはできない。しかし、水鳥多く、特に冬に渡来する多くのカモ類などは人の食料源であり、かつての水辺の人々の生活・生業の糧をもたらす重要資源でもあった。したがって水鳥の越冬地復活は、水鳥と人間の関係性の再構築を目的とする事が可能であり、それは自然と人間が調和・共存してきた里山里海の資源・エネルギーの自立・循環に学ぶ持続可能な未来への指標でもある。さらにこの状況は、経済面でも地域を活性化する大きな可能性を有している。

私たち日本人にとって、水鳥の優雅な姿や不思議な生態は、人々の精神や文化にも大きく影響してきた。美しく優雅な鳥類が飛び、子育てをするなかでの人々の暮らしは、地域の資源の豊かさの象徴であり、また心おだやかな生活の場の証ともなり得るのである。

以上を前提とした水鳥の越冬地復活のための印旛沼及びその周辺、千葉県内での10年後の2022年における水鳥の生息個体数の目標を以下のように掲げる。

ガン類	2,000羽
カモ類	500,000羽
（内潜水カモ類	100,000羽）
ハクチョウ類	4,000羽
コウノトリ	20羽
トキ	50羽

この目標の達成のプロセスのなかで「ラムサール登録湿地」を目指す。

2. 水鳥ネットワーク再生の可能性

2005年12月から2006年にかけて北陸地方は記録的な寒波・豪雪に見舞われた。その際、水鳥の大規模越冬地の一つ新潟県の瓢湖及びその周辺地域では、豪雪と湖面の凍結で水鳥の生息が困難になったため、1,000羽～2,000羽のコハクチョウの個体群が関東の南部地域へ大移動した。

荒尾(2006)は、この時のコハクチョウの移動の実態とルートについて報告したが、関東地方の渡来地の分布から基本的には2つのルートを想定した。一つは、瓢湖から阿賀野川を遡上し福島県白河を経て栃木県那珂川を南下し南関東に至るルート。もう一つは、信濃川から千曲川を遡上し、秩父山地の雁坂峠、雁峠、雁ヶ腹插山などを経て荒川や多摩川、相模川に沿って南関東に至るルートである。それまでは、希であったコハクチョウの南関東への大移動は、ガ

コハクチョウの新潟県から太平洋側への2つの移動コース（想定）

阿賀野川を上流へ遡り、分水嶺を超え→那珂川を下って栃木→茨城県→千葉県へ
阿賀野川から信濃川→安曇野→千曲川→国武信岳→雁坂峠→多摩川→九十九里浜



図13. 新潟県から関東へのコハクチョウの移動ルート（荒尾，2006）。

ン・カモ類などその他の水鳥の移動を伴い、これを経験した水鳥にとっては新たな越冬地の発見であり、さらには「雁坂峠」「雁峠」「雁ヶ腹插山」の地名が物語るかつての水鳥生息地のネットワークの復活としても大きな出来事であった（図13）。

2005-2006年のコハクチョウ等の大量の水鳥の関東への渡来・越冬をきっかけに千葉県での毎年のハクチョウ類の越冬地及び越冬個体が増加している（図14）、そのなかには瓢湖の足輪をつけたコハクチョウがいすみ市で発見され、新潟県の阿賀野川流域との関連性が確認されている（布留川，2012）。

2008年9月から佐渡市で放鳥が開始され2012年に野生での雛の誕生もあったトキであるが、今後は分散飼育されている本州の長岡市などでも放鳥が期待される。佐渡や長岡で放鳥され周辺に定着した場合にも、冬の大寒波や豪雪のときなどに越冬地の南下が十分に想定される。この場合の南下ルートとしては、コハクチョウと同じルートが有力であると考えられる。すなわち千曲川から雁坂を越えて関東に至る西のルートと阿賀野川から白河を越えて関東に



図14. 新潟県瓢湖の足輪をつけていたいすみ市のコハクチョウ。2011年3月11日の東日本大震災によってこの高田堰の沼では中心部が大きく隆起して陸地化したため、コハクチョウはここをねぐらとしなくなっている。布留川毅氏撮影。

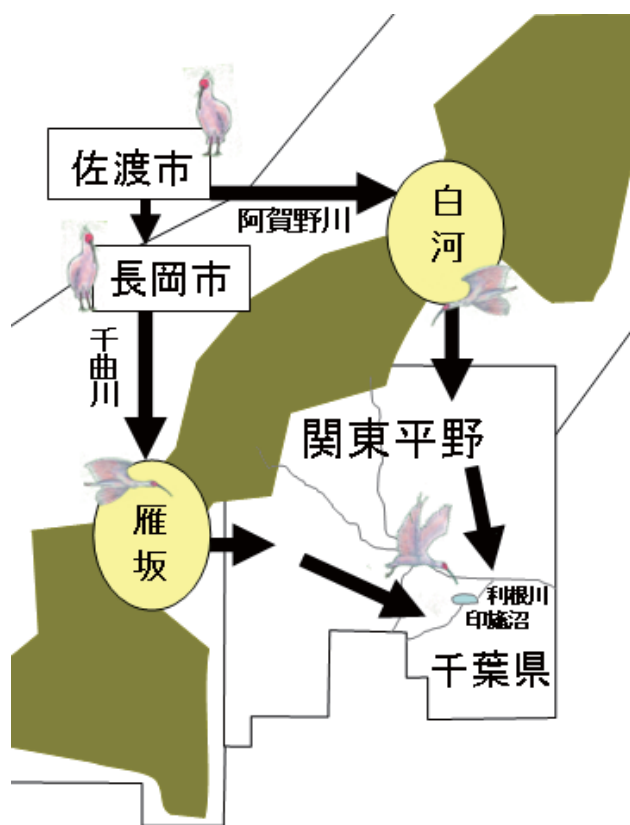


図 15. 想定されるトキの関東への渡来ルート。

至る東のルート、言わば「千曲川・雁坂越えルート」と「阿賀野川・白河越えルート」である（図 15）。

3. 生息環境（餌場・ねぐら）の復元

水鳥の生息には餌場とねぐら、さらには子育ての場の確保が求められる。しかし鳥類の種類に応じてその内容は異なる。

越冬中の餌についてもトキやコウノトリは主にドジョウやタニシなどの小動物であるが、ハクチョウやガン類はイネ科を中心にしたマコモ類など水生植物や稲などが主な餌である。一方、カモ類については、潜水型カモ類はシジミ等の貝類あるいは水生植物の越冬芽や種子等の植物を餌とする。魚食型カモ類は小魚を、水面採餌型のカモ類は主に浮葉植物である。陸ガモ類はハクチョウ類やガン類と同様イネ科植物などである。したがって、餌資源の確保には、湖沼・河川等の開水面の確保はもとより、その豊かな水辺環境の保護・再生、そして生物多様性を有する伝統的な水田や水路、ため池の保持・復元とその継続的管理が必要になる。

ねぐらについては、トキやコウノトリは水辺近くの林地であるが、ハクチョウ類やガン・カモ類は主に開水面またはヨシ原などの水辺が必要条件となる。

日本の水田環境は、労働生産性の向上を目指した乾田化や水路のコンクリート化が進められてきた。しかし近年では休耕田が増大している。したがって有史以来水田が代償していた日本の水辺環境が急激に減少している。このような状況において水鳥の越冬地の生息環境としては、耕作放棄の水田を沼や湿

地の環境に戻す方法のほか、乾田を冬期湛水（冬水たんぼ）にすることにより水鳥にとっては冬期の餌場またねぐらとしての利用が可能になる。冬期湛水の水田は、水辺の動植物等生物多様性を増大させ、これはあらゆる水鳥の餌場となり、さらに大型の水田を冬期湛水した場合にはハクチョウやガンのねぐらとしての機能することも確認されている（荒尾，2012）。

4. 中国での生態農業の展開とトキの復活

1981年中国陝西省洋県の山間部において7羽の野生のトキが発見された。中国では絶滅したとされていたトキの発見であり、すぐに「国家1級保護動物」に指定され、保護対策が徹底された。保護対策としては生息域内保全とともに人工飼育による生息域外保全もおこなわれた（蘇・河合，2009）。

生息地保全について、蘇・河合（1998）は中国陝西省洋県でのトキ保護のための、人と野生動物の共生と農山村経済の振興を目指した「生態農業」重要性を指摘し、その実施について次のように報告している。

「生態農業」の概念と方法は、「農業ないし農村生態環境の向上に着目し、農村地域では木を植え、林帯を造り、環境破壊を防止し、地力を維持・培養しつつ、農業の廃物を充分に利用し、良性のリサイクルに着目し、農薬や化学肥料の代用可能な方法を模索し、安全な食料品を生産する」とされる（楊ほか，1996）。この生態農業の概念と方法は、何千年の歴史を持つ中国の伝統的な耕作方法と同じであり、その前提条件として次の三点が考えられる。即ち、①資源利用計画の立案、②政策的誘導及び③農民の組織化である。

①資源利用計画とは、政府が自然資源賦存の現状把握及び生態環境保護と経済効果などの観点に基づいて高知、草地、山地、内水面などの全体的な利用計画を策定することである。生態環境保護と地域の資源賦存に基づいたゾーニングによって総合的利用が図られる必要がある。

②政策的誘導とは、政府が農民に生態農業の概念と方法、その利点と意義を啓蒙し、農民の理解と協力を求めることである。生態農業が従来の農法より環境の面でも、所得の面でも利点が多いことを提示しなければならない。行政及び学識経験者からなる県レベルでの「生態農業推進委員会」を設立し、生態農業に関する企画、宣伝、技術指導などを推進することが必要である。

③農民の組織化は、日本の高度経済成長を支えた農業部門において大きな役割を担った農協の如きである。新しい市場経済の下での生産、販売などの効率化を進めるための組織化の努力は始まったばかりである。政策的誘導の下で生態農業を推進するには、中長期の見通しを持った経営能力のあるリーダーが中心となる共同組織の結成が望まれる。

このような対策によって、2009年末には中国では5ヶ所の飼育施設で約530のトキが飼育され、2004年からの放鳥も順調で、37,549haのトキ自然保護区

を中心に野外のトキも年々増加し 760羽にまで増えている（蘇・河合，2009）。

5. 農家農業への支援と市民や行政との共同

水鳥の餌場及びねぐら等の生息環境としては、ため池や水田・水路をはじめ、草地や林地といった里山自然に大きく依存している。この環境は伝統的農業によってもたらされたものであり、これを担う農家の存在は必要不可欠である。

農業に基づく生物多様性豊かな二次的自然については「自然との共生」や「野鳥との共生」といった言葉で表現され、さまざまな試みが展開されている。これに対して本田（2008）は、その実態は地域の農家や住民にとっては大きな負担が及ぶ場合も少なくない。いわば「強いられる共生」となっている状況もみられる。したがってコウノトリやトキが地域で定着していくための持続可能な支援には、それがもたらす利益の発掘とともに人々の誇りに結びつく「地域のもの」となる状況が必要とその課題を指摘している。

農地農業の多面的な価値については徐々に浸透し、それを担う農家や地権者に対する具体的支援に基づく新たな取組の自治体も増えている。

千葉県でもその先進事例が存在する。

2002年に策定された「我孫子市第三次総合計画」は、「手賀沼のほとり・心輝くまち：人・鳥・文化のハーモニー」を重点目標にかかげている。さらに我孫子市は谷津・里山の復元による農と環境の拠点として、岡発戸・都部地区に「我孫子市谷津ミュージアム事業」を対象区域約40haで展開している。この事業には2002年3月に策定された「我孫子市谷津ミュージアム事業構想」には、市及び農業者の協議会と市及び管理・運営の協議会を統合した「谷津ミュージアム事業推進会議」が位置づけられている。これらとは別に「谷津ミュージアム事業推進専門家会議」が設置されており、自然や農村環境のあり方とその実現に向けた助言や各事業効果の検証を行っている。

地権者に対する助成として、耕作水田には20円/㎡/年、また水張り等の管理水田には10円/㎡/年が市から支払われている。また、事業の重点区域には借地料（約140円/㎡/年）が支払われる所もある。

2003年7月千葉市は「谷津田の自然の保全施策指針」を策定し、市の原風景であり、多様な生態系を有する谷津田の自然の保全・創造を目的として市と地権者「谷津田等保全協定」の締結の土地所有者に10円/㎡/年の奨励金と保全区域の指定を実施、また市は地権者およびボランティア団体と「谷津田等の保全活動協定」を締結している。2010年末時点では市内15ヶ所が指定されている。

その一つ、2006年5月にオープンした「大草谷津田いきものの里」は計画面積26haであり、その長期目標に「コウノトリと共生する里づくり」をかかげている。そこには区域内に鴻巣谷津という地名があり、明治中頃までコウノトリが営巣していたとの記録が残されている（藤田，2005）ことによる。

野田市は貴重な動植物が数多く生息する谷津田空

間の残る江川地区約90haを「自然と共生する地域づくり」とするため2004年3月、地権者が自然保護団体と共同で「自然保護対策基本計画」を想定した。また、2007年4月からは「野田市貴重な野生動植物の保護のための樹林地の保全に関する条例」を施行させ、樹林地の固定資産税分と管理費の一部を市が助成している。

また農地については農業振興と自然保護、そして生活環境の視点から市が農家や自然保護団体と共同で農業と自然の共生づくりを目指した農業生産法人「(株)野田自然共生フォーラム」を設立し、市民農園やビオトープ整備を進めている。市民農園は約30㎡で1人年間3,500円、(小学生は1,500円)、また区画単位で1区画約150㎡で年間25,000円、そして個人用として年間4,000円の米づくり体験コースも準備されている。

さらに野田市は「コウノトリ・トキの舞う関東自治体フォーラム」を主催し、江川地区内ではコウノトリの飼育を計画している。これは子どもたちに豊かな自然を残すための生物多様性の保全・再生の象徴であり、エコツーリズムによる経済効果も期待して、2012年11月からの飼育を目指した施設整備や生息環境づくりがおこなわれている。

6. 農業を軸とした新たな社会システムづくり

生産効率・経済効率を優先した、機械化、大規模化、化学化への近代農業は、モノカルチャー農業の方向性と一致し、かつての農地・農業で培われていた生物多様性を損なうばかりか、農業の経済的価値をも減退させる結果となっている。

近年では生物多様性の重要性認識の高まりとともに安全・安心な農業生産物への関心と需要の高まりもみられ、冬期湛水・不耕超移植栽培等の手法を取り入れた稲作によるコウノトリ米やトキ米、あるいはオオヒシクイ米といった、水鳥を基軸とした有機栽培や生物多様性コメづくりが各地でみられるようになってきている。そしてそれらは観光や体験教育とも結びつき、地域の生物多様性の恵みの発掘とともに経済的価値を高める結果ももたらされてきている。

さらに、地域の経済的価値の発揮に関しては、かつて冬期に飛来する水鳥のガン・カモが江戸の食料源の一つとして重要であったように、人と水鳥との持続的な関係保持を前提に「鳥屋」の復活も考えられる。

農家の生物の生息環境づくりを支援する奨励金の支給制度、また鳥害を補填する鳥獣害防除条例の制定、さらには鳥と自然とのふれあいの場としての「バードミュージアム構想」やその学術情報を提供する「渡り鳥研究センター」の設置をも視野に入れた地域環境と経済活動を両立させる総合的対策が求められる。

おわりに

人と自然、文化の調和・共存は、各土地の個性とその多様な価値の発掘とともに、その価値を共有す

る多くの人々の協働，特に都市の人や経済力を取り入れていく必要がある．いのちの価値観を新たな軸とした地域づくり，それは自然と文化に育まれる地縁と人々の誇りの再興にある．そのなかには当然，トキ，コウノトリをはじめとする多くの水鳥の生息とともに人々の幸福が持続する社会がもたらされると考えられる．

なお，今回の報告をまとめるにあたり，多くの皆さまから，水鳥に関する貴重な資料・情報や写真を提供して頂いた．御支援・御協力下さいました皆さまに厚く感謝申し上げます．

引用文献

- 荒尾稔．1961a．根室地方における白鳥の越冬状況について．野鳥 206：50-53．
- 荒尾稔．1961b．福島県下に於ける白鳥の渡来．鳥獣集報 18（1）：149-155．
- 荒尾稔．2006．千葉県下での 2005-2006 年ハクチョウ群の観察記録．日本白鳥の会会報 30：6-18．水鳥び越冬地復元．
- 荒尾稔．2008．利根川下流域における水鳥の越冬地復元．日本鳥類学会 2008 年度大会講演要旨集．p 191．
- 荒尾稔．2012．冬期湛水（ふゆみずたんぼ）による人と水鳥どの共生「蕪栗沼の奇跡」．印旛沼流域水循環健全化調査研究報告 1：112 - 119．
- 藤岡正博．1998．水田生態系における湿地性鳥類の多様性．農林水産省農業環境技術研究所，pp63-82．養賢堂．
- 藤田正子．2005．千葉市若葉区大草町にいたコウノトリ：白井邦彦さんからの聞き書き．ちば・谷津田フォーラム会誌 13:6-9
- 布留川毅．2012．いすみ市のコハクチョウ渡来状況：激変している白鳥の越冬分布．千葉生物誌 6（1）：1-4．
- 長谷川雅美．1995．谷津田の自然とアカガエル．大沢雅彦・大原隆（編），生物-地球環境の科学．pp105-112．朝倉書店．
- 本田裕子．2008．野生復帰されるコウノトリとの共生を考える．316pp．原人舎．
- 池田啓．2007．コウノトリがおしえてくれた．120pp．フレーベル館．
- 岩澤信夫．2010．究極の田んぼ．209pp．日本経済新聞出版．
- 呉地正行．2007．宮城県・蕪栗沼周辺での水鳥と水田農業の共生を目指す取り組み．地球環境 12（1）：49-64．
- 黒田長久．1985．水鳥の里、手賀沼．山階鳥類研究所研究報告 17（1）：3-8．
- 黒田長久（編）．1988．手賀沼 1990 年代の課題：鳥と人との共存．136pp．山階鳥類研究所．
- 三島冬嗣．1957．トキ，ハシジロアビ，オジロトウネン，ハジロクロハラアジサシの記録と考察．鳥獣集報 16(1)：71-76．
- 中村俊彦．1995．日本の農村生態系の保全と復元Ⅱ：農村自然に依存する動物，トキとカブトムシ．国際景観生態学会日本支部会報 2（6）：11-12．
- 中村俊彦．2001．トキが暮らした空間：伝統的農村自然と野生生物の保護．BIRDER 15(4)：8-17．
- 中村俊彦．2004．里やま自然誌谷津田からみた人・自然・文化のエコロジー．128pp．マルモ出版．
- 中村俊彦．2005a．千葉にコウノトリが飛来！．ちば・谷津田フォーラム会誌 12:22．
- 中村俊彦．2005b．コウノトリが教えてくれたトキのふる里．ちば谷津田フォーラム 13:1-5．
- 中村俊彦．2007．コウノトリがやって来た．次はトキ？．ふれあい毎日 74：6．
- 中村俊彦．2012．トキとヤマセミの古墳壁画？とコウノトリの飛来．私たちの自然 574：11-12．
- 中西悟堂．1960．本冬の白鳥白書．野鳥 202：45-61．
- 岡奈理子．1988．手賀沼流域開発の水禽の影響と住民意識．黒田長久（編），手賀沼 1990 年代の課題：鳥と人との共存．pp71-126．山階鳥類研究所．
- 斎藤健三郎．1931．千葉県共同猟地の概要(2)3．日本鳥学会．鳥 7:87-89．
- 斉藤敏一．2002．コウノトリ目．千葉県史料研究財団（編），千葉県の自然誌本編 6 千葉県の動物 1．pp. 737-746．千葉県．
- 蘇雲山・河合明宣．1998．人間・野生動物の共生と農山村経済振興．放送大学研究年報 16:111 - 133．
- 蘇雲山・河合明宣．2009．トキ再導入プロジェクトの日中韓比較．放送大学研究年報 27：75 - 91．
- 谷英男．2005．トキに思い出しましょう．房総にトキが観られた頃を！ちば・谷津田フォーラム会誌 13:6-9．
- 安田健．2002．トキ年表．近辻宏帰（編），Newton トキ永遠なる飛翔．pp174-179．ニュートンプレス．
- 楊書潤・蔡羅保・楊福興・董徳民．1996．中国の農業環境保護事業及び生態農業建設について．環境研究 101：100 - 107．
-
- Restoration and Rehabilitation on the Wintering-place for Water Birds in the Lower Tone River and Lake Inba-numa Watershed. Minoru Arao and Toshihiko Nakamura.

「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¹・小倉久子²・印旛沼流域水循環健全化会議事務局³

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)

³県土整備部河川環境課 〒260-8667 千葉県千葉市中央区市場町 1-1

印旛沼は、水資源や漁業資源を供給し、そして水循環で流域環境を調整し、さらに精神・文化の面でも長きにわたって人々にさまざまな恵みを与えてきた。そして沼の大きな恵みは多くの人々の生活・生業を支え、流域人口の増大をもたらした。とりわけ高度経済成長期における流域の開発や都市化は、自然環境の人工化とともに資源・エネルギーの外部依存及び大量消費を加速させた。その結果、大量の汚染物質が沼に流れ込み、また生物多様性豊かな水辺環境も人工構造物になった。このような沼を取り巻く状況の変化は、流域水循環と生物多様性及び生態系を著しく損ない、豊かだった沼の恵みを急激に減少させてしまった。

「恵みの沼をふたたび」を基本理念として、印旛沼流域水循環健全化のための緊急行動計画を策定し、開始したのは 2004 年であった。恵み豊かな印旛沼及びその流域を目指すため、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・流域が掲げられた(図1)。

この5つの目標の達成のため、水循環や流域の視点での総合的アプローチなどの5つの行動原則のもと、8つの重点的な取組がスタートした。

水田の冬期湛水試験のプロジェクトは、「水循環・流域の視点での総合的な取組」としての「みためし行動」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、水田の非耕作期における「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」による水質・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、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、流域の河川と地下水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ぼ使用しない米づくりによる「①良質な飲み水の源」の印旛沼・流域の目標達成にも貢献できる状況が見いだされた。さらには冬期湛水による有機農法であっても慣行農法の米づくりと同等以上の収穫が得られた。このことは、生物多様性を保全する新たな水田農業の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の解消の道を開くも

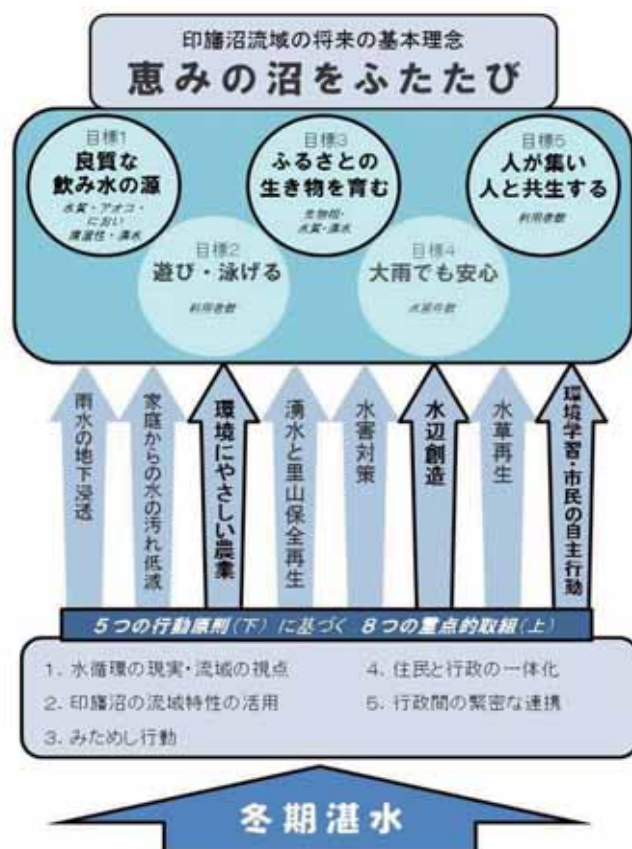


図1. 印旛沼流域水循環健全化「緊急行動計画」における冬期湛水の効果

のである。そしてその先には、再生の象徴として印旛沼流域でのコウノトリの飛来はもちろン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といえる。

冬期湛水の調査研究はまだまだ十分なものではないが、水循環健全化の新たな手法として位置づけるとともに、さらに生物多様性に基づく持続可能な農業としての調査研究の継続を図ることによって、地域の新たな価値の発見や活性化にも寄与していくことが期待される。

Come Back Wealthy Lake Inba-numa: Rehabilitation on Lake Inba-numa Watershed by the Winter-flooding of Rice-paddy. Toshihiko Nakamura, Hisako Ogura and the Office of the Committee for Lake Inba-numa Watershed Management.

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

**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

発行：印旛沼流域水循環健全化会議（虫明功臣委員長）・千葉県
Published by The Committee for Lake Inba-numa Watershed Management
(The Chairman, Katumi Mushiake) and
Chiba Prefectural Government

連絡先：千葉県 県土整備部 河川環境課
〒260-8667 千葉市中央区市場町 1-1
Office: River Environment Division, Land Development Department
CHIBA PREFECTURE 1-1 Ichiba-cho, Chuo-ku,
Chiba City, Chiba Prefecture 260-8667

発行日：2012 年 10 月 31 日
October 31st, 2012

編集：中村俊彦・小倉久子
Edited by Toshihiko Nakamura and Hisako Ogura

編集協力：パシフィックコンサルタンツ株式会社
Cooperator: Pacific Consultants Co., LTD



