

過栄養湖である宮島沼における冬期湛水水田による 水質改善の試み

宮島沼の会

藤巻 裕蔵・牛山 克己・岡野 香子・木塚 俊和・中村 雅子

Water quality management in Miyajimanuma by winter-flooded paddy

Miyajimanuma-no-kai

Yuzo Fujimaki, Katsumi Ushiyama, Kyoko Okano, Toshikazu Kizuka and Masako Nakamura

ラムサール条約登録湿地である宮島沼では、富栄養化や水面の縮小などの水環境悪化が問題となっている。近年国内外で注目されている冬期湛水水田は、水田の水質浄化機能や水源涵養機能を高め、宮島沼の水環境保全へのツールとして活用できると考えられる。そこで本研究では、宮島沼に隣接して冬期湛水水田を整備し、湖水を導入することで、冬期湛水水田の宮島沼への負荷削減効果を検証し、宮島沼の水環境保全へのツールとしての有効性を検討した。その結果、冬期湛水水田には全窒素及び全リンの負荷量を削減する効果があり、その削減量は慣行水田より大きいことが判明した。その要因として、冬期湛水水田では微生物による脱窒や稲の吸収が促進されていると考えられる。今後冬期湛水水田を宮島沼の水環境保全へのツールとして普及するためには、ワイズユースや地域づくりの一貫として位置づけていく必要がある。

はじめに

北海道美瑛市に位置する宮島沼は、水鳥の重要な生息地としてラムサール条約登録湿地に指定されている、浅く小さな淡水湖である。宮島沼は、かつて国内最大の泥炭湿原であった石狩湿原の一部であり、その数少ない残存湿地としても重要であるが、富栄養化や水面の縮小など水環境の悪化が急速に進み、問題視されている。

宮島沼の水環境悪化には、周辺土地利用が大きく影響していると考えられる。開拓期の宮島沼にはわき水があり、水は透明で水草が繁茂し、一部高層湿原植生も見られたと言われている。しかし、大正年代から周囲の農地化や利水・治水事業が進むにつれ、水の汚濁や水面の縮小が現れるようになり、植生も変異した。その直接的な要因として、周辺の畑地化や乾田化、水路の掘削等に伴う地下水位の低下、周辺農地からの栄養塩や土砂の流入などがあげられ、

宮島沼の水環境保全は周辺の農地管理と連動して行う必要があると考えられる。

周辺農地管理と連動した宮島沼の水環境保全への手法として、近年国内外で注目される冬期湛水水田(ふゆみずたんぼ)の活用が考えられる。有機農法である冬期湛水水田では、化学合成肥料や農薬は使用しないため宮島沼への流入負荷を削減でき、通常乾田化する冬期間にも湛水するため宮島沼の乾燥化をくい止めることができると考えられる。さらに、宮島沼の水をポンプアップすることで湖水の循環灌漑が可能になれば、外部負荷削減効果とともに、湖水を面的に浄化する効果も期待できると考えられる。

水質浄化及び水源涵養は、水田の持つ多面的機能の一部として捉えられている。ラムサール条約では、水田の持つ多面的機能の評価、活用、普及啓発を勧める「水田決議(決議X.31.湿地システムとしての水

田における生物多様性の向上)」が採択されたばかりであるが、水田の多面的機能に関する科学的知見は必ずしも豊富とは言えない。その中でも水質浄化に関してはいくつかの研究事例があるが、農法の違いや湖沼の水環境保全への適用を追求した事例は少ない。また、冬期湛水水田に関する科学的な実証研究は始まったばかりであり、その水質浄化機能等に関する既存の知見はまだ見あたらない。そこで本研究では、冬期湛水水田の宮島沼への負荷削減効果及び湖水の浄化効果を検証し、宮島沼の水環境保全へのツールとしての有効性を検討した。

方法

宮島沼の東側に位置する約27アールの、前作は秋まき小麦であった圃場を冬期湛水水田として整備した。2007年11月上旬に元肥及び土壌改良のため貝化石(185kg/10a)、生米ぬか(78kg/10a)、厩肥(1,480kg/10a)を投入して浅くすき込んだ。11月下旬には、暗渠排水を止めて宮島沼からポンプで湖水を入れた。ただし、前作が小麦のため硬板層が出来ておらず、湛水には至っていない。2008年3月下旬には再度ポンプを稼働し、4月12日にはボカシペレット(44kg/10a)、グアノ(44kg/10a)、溶リン粒(44kg/10a)を投入した。4月18日には代かきを行い、湛水を開始した。6月4日には2回目の代かきを行い、6月7日に田植えを行った。田植えには、ポット4粒蒔きの成苗を用い、条間33cm×株間15cmを栽植密度とした。冬期湛水水田の水管理は、5月10日まではポンプによる湖水灌溉でまかなったが、以降は灌溉用水を併用することが多かった。

冬期湛水水田の湛水期間中、pH、EC、DO、ORP、水温、水深及び土壌微生物の調査を月1~2回の頻度で行った。調査地点は圃場の対角線の中心と、対角線上の4隅から中心の中間点の計5地点とした。pH、EC、DO、ORPは、それぞれ、酸化還元電位計pH-6(Eutech Instruments社製)、導電率計COND-6(Eutech Instruments社製)、溶存酸素メータOM-51(堀場製作所社製)を用いて現地で測定した。土壌微生物は、球根植器(直径7.3cm)を用いて土を採取し、何回かに分けて土を網に入れ、流水で細かい土壌粒子を洗

い流した後、バットに入れてイトミミズsp、ユスリカ幼虫sp、ミジンコspの数を数えた。

また、冬期湛水水田と隣接する慣行水田の流入及び流出における各種水質項目を比較した。サンプル地点は水田に流入する灌溉用水と湖水、水田から流出する地表排水及び灌溉排水とした。項目は、pH、EC、DO、ORP、水温、SS、TN、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、TPとした。前述した現場で測定できる項目以外は、サンプルを実験室に持ち帰り測定した。調査は4月下旬から8月中旬にかけて月1~2回調査を行い、この時、流入水及び流出水の流量も測定した。

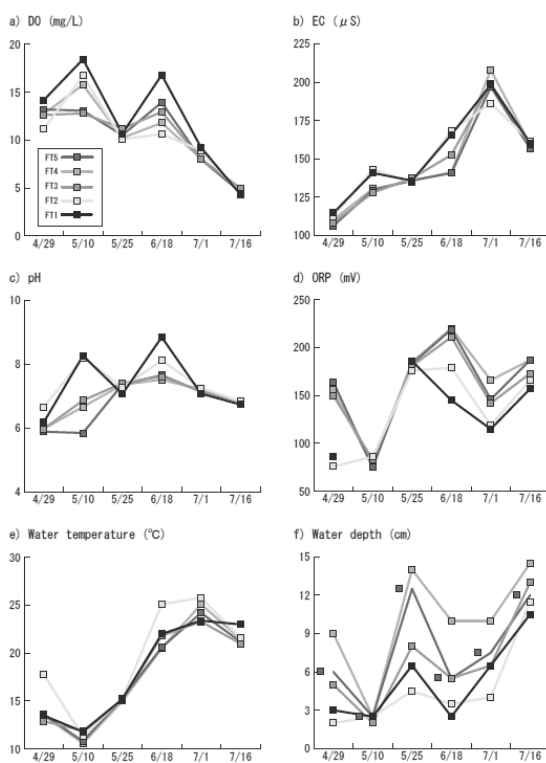


図1 冬期湛水水田における水質項目の変化
流入口近く (FT1、FT2)、中央部 (FT3)、
流出口近く (FT4、FT5) における溶存酸素 (a)、
電気伝導度 (b)、pH (c)、酸化還元電位 (d)、
水温 (e)、水位 (f) の季節変化。

結果

冬期湛水水田の浄化効果に影響があると考えられる圃場内の植物バイオマスは季節的に変化した。水田雑草の早期発芽と除去を目的とした早期湛水と2回目の代かきであったが、オモダカやヒエなどの発芽が確認されたものの、バイオマスとしては極わずかであった。田植え後に発芽生長した水田雑草もわずかであったが、田植え後には移植した苗で飛躍的に植物バイオマスが増加した。移植直後は15センチ程度であった苗の草丈も、7月1日には40~45センチ、7月16日には65~75センチと伸長し、一株の茎数は最終的には平均40本になるほどに生長した。稲は8月には繁殖生長へと切り替わり、圃場は8月8日に落水した。

湛水期間中に圃場内の5地点で測定したpH、EC、DO、ORP、水温、水深に関して、季節的、空間的な傾向が確認された(図1)。季節的な変化としては、DOが季節と共に減少し、ECが7月1日にピークを迎えるなど、それぞれ傾向があったが、地点間で値がばらつくこともあった。地点間の値のばらつきは、多くの項目に関して5月10日と6月18日に大きくなった。この際、流入に近い地点(FT1とFT2)と流出に近い地点(FT4とFT5)で面的な傾向が現れることもあり、特にpHでは比較的明確に傾向が現れた。

冬期湛水水田の土壌微生物も季節的に変異した(図2)。イトミミズは4月には5地点で一匹しか見つからなかったが、その後増加した。ただ、6月18日と7月16日に数を減らすなど、増減に関しては不安定的な傾向が見られた。ユスリカ幼虫は5月25日まで見られなかったが、その後数を増やした。ミジンコは、7月1日までケンミジンコを中心に少数で推移したが、7月16日はカイミジンコを中心に爆発的に増加した。

冬期湛水水田と慣行水田の流入及び流出におけるpH、EC、DO、ORP、水温の変化からもいくつかの特徴が読みとれた(図3)。湖水と灌漑用水に関しては、DO、EC、ORPでは比較的同期していたが、pHに関しては湖水で高い傾向があった。4月と5月は湖水、6月と7月は主に灌漑用水の流入を受けた冬期湛水水田の地表排水は、各項目において時期によ

て流入水よりも高かったり低かったりすることがあり、一貫した傾向が得られなかった。灌漑用水のみの流入を受けた慣行水田の地表排水は、ECの値が流入より低く、pHとORPに関しては、6月10日以外流入と同調する傾向があった。冬期湛水水田と慣行水田の地表排水を比較すると、6月29日以降、冬期湛水水田のほうがDOでは低く、ECでは高く推移する傾向があった。冬期湛水水田の暗渠排水では、他のサンプル地点とは各項目の値が大きく異なることが多かった。

冬期湛水水田と慣行水田の流入及び流出におけるSSからは明確な傾向が見いだせなかったが、全窒素濃度、全リン濃度の変化から水田の浄化効果に関する直接的な知見が得られた(図4)。全窒素濃度に関し

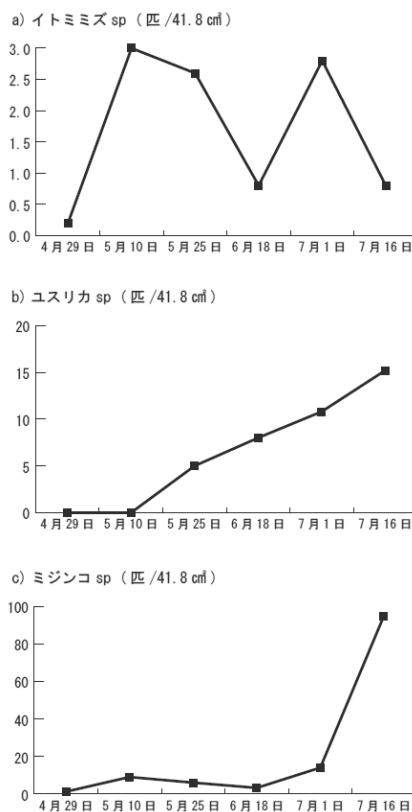


図2 冬期湛水水田における土壌微生物量の変化
土壌サンプラー(「土堀くん」)で採取した土壌に含まれたイトミミズ類(a)、ユスリカ類幼虫(b)、ミジンコ類(c)の5地点の平均値の変化。

ては、冬期湛水水田の地表排水が湖水及び灌漑用水よりも低い傾向があり、浄化効果が認められた。慣行水田では一貫した傾向が見られず、全窒素濃度が圃場において高まることもあった。また、地表排水における全窒素濃度は、冬期湛水水田の方が慣行水田より低い傾向があり、冬期湛水水田の暗渠排水の窒素濃度は高く推移した。全リン濃度に関しては、冬期湛水水田と慣行水田において地表排水の方が流入水より高濃度であることが多く、圃場においてリン濃度が高められている傾向があった。また、6月29日に排水の全窒素と全リン濃度が一時的に高くなった。なお、グラフでははずれ値として除外したが、4月25日のSS(mg/L)は、湖水が276.04、冬期湛水水田の地表排水が2,514、暗渠排水が363.5という値を示した。

一方、試算段階ではあるが、水収支を加味した調査日あたりの全窒素及び全リンの収支を見ると、冬期湛水水田、慣行水田ともに全窒素及び全リンの負荷量を削減していたが、負荷の削減量は冬期湛水水田の方が大きいことがわかった。

考察

本研究より、冬期湛水水田には窒素濃度を低下させる効果があり、その削減量は慣行水田より大きいことが判明した。また、水収支を加味すれば、冬期湛水水田と慣行水田はともに全窒素及び全リンの負荷量を削減していることがわかった。先行研究からは、水温が高いほど、灌漑用水の濃度が高いほど、表流水の流速が遅いほど、また地下浸透量が少ないほど水田の浄化効果は高いことが明らかにされているが(例えば宮崎ら 2005、田淵ら 1987など)、農法による違いを明らかにした事例は本研究以外に見当たらない。

水田の窒素浄化には、水田微生物による脱窒と稲への吸収が主に関わっていると考えられる(岩崎ら 1998)。冬期湛水水田では、光合成細菌、イトミミズ、藻などの生物が旺盛に増殖する。こうした生物は土を作り、光の遮断や種子の埋没といった形で水田雑草の発芽と生長を抑制するとされているが、直接的、間接的に窒素浄化に大きく関わっていると考えられ

る。イトミミズの調査では明らかになったが、本研究における冬期湛水水田は、この農法に移行して一年目であり、また、前作が小麦だったこともあり、上記冬期湛水水田特有の生物の発生量はまだまだ少ないと考えられる。冬期湛水水田に移行して年数を得ると水田微生物は飛躍的に増加するため、水田の浄化効果も高まることが期待される。一方、今回調査対象としたイトミミズ、ユスリカ、ミジンコが大量発生した時期と窒素濃度が大幅に減少した時期は必ずしも一致しないため、今後は脱窒に関わる生物群集とその効果を明らかにする必要がある。また、稲の吸収に関しても、田植え前後や稲の生長と窒素濃度の変化の関連性は明確には現れなかった。したがって、今後は水田微生物による脱窒と併せて窒素除去のメ

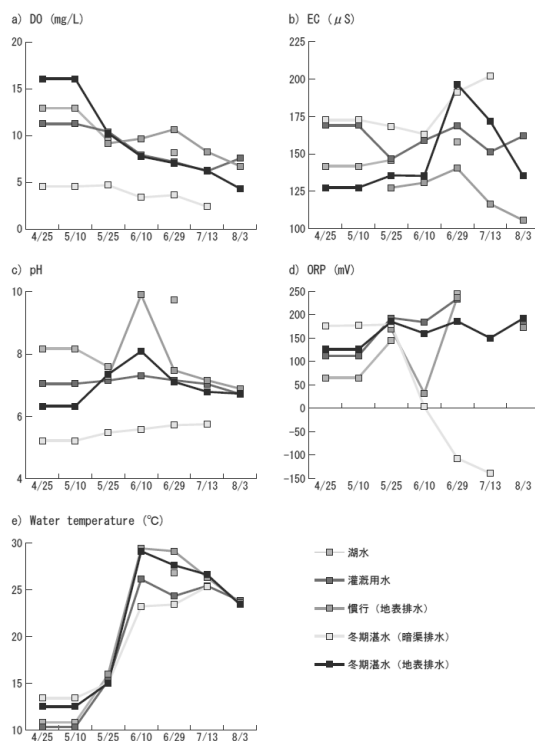


図3 冬期湛水水田と慣行水田における水質項目の変化

流入水と流出水の溶存酸素(a)、電気伝導度(b)、pH(c)、酸化還元電位(d)、水温(e)の季節変化。冬期湛水水田には主に湖水を、慣行水田は灌漑用水を導入した。

カニズムを解明し、窒素除去の効果を定量化する必要がある。

冬期湛水水田と慣行水田では、施肥方法が有機肥料と化学合成肥料と異なるため、それらが稲の栄養吸収、ひいては灌漑水の窒素やリンの除去に影響を及ぼしている可能性がある。施肥方法と稲の流入水中の栄養塩吸収との関連が解明できれば、流入中の栄養塩をより積極的に活用するように施肥方法を改善し、究極的には無施肥での稲作りも可能になるかもしれない。特にリン肥料に関しては資源の枯渇が世界的な問題としてあげられている。リンは流入水中の濃度が高いほど水田における濃度低下が大きく、それらは土壤へ吸着すると考えられているため(宮崎ら 2005)、水鳥の排泄物によりリン濃度が高い宮島沼の湖水を有効活用することで、リン肥料を抑えることができると考えられる。土壤の今年は原油高を受け化学合成肥料の高騰が問題となったが、流入水中の栄養塩を有効利用することによって肥料コストを削減できれば、農家としては冬期湛水水田に取り組むいきっかけとなり得る。また、有機栽培を長年続けていくと、カリ、カルシウム、マグネシウムなど微量元素の枯渇が問題となることが多い。窒素やリン以外の栄養塩の除去については宮崎ら(2005)に詳しいが、宮島沼の湖水灌漑によって微量元素の供給ができる可能性もあるため、今後湖水の分析を進める必要がある。

今では全国的に取り組まれている冬期湛水水田では、実施農家や関係者によって「生きもの調査」が積極的に行われており、水質項目としては、pH、EC、DO、ORP、水温が圃場内5地点において計測されることが多い。今後は、これら項目と水質浄化に際して重要視される栄養塩との関連について引き続き検討を行いたい。また、他の水質項目の分析も進め、水収支の再計算を行った上で暗渠排水も含めた物質収支について近日中に結果を提示したい。さらに、冬期湛水水田を導入することによる地域全体の水や物質のバランスへの影響を引き続き検討したい。

冬期湛水水田を宮島沼の水環境保全のツールとして実用化していくためには、周辺農家の協力

を得ることが不可欠である。安定多収を目的とした慣行農法を生来行ってきた周辺農家にとって、冬期湛水水田への転換は容易ではない。したがって、農薬や化学肥料に係るコストの削減など、実施農家への損得に関わる課題に関しても重点的に科学的な知見を蓄積していく必要がある。一方、今回試験的にではあるが冬期湛水水田を実施できたのは、市民参加による田んぼオーナー制度(<http://paddyowner.blog19.fc2.com/>)という枠組みで実施したからである。今後はこうした取り組みを拡充しブランド化を計るなど、ワイズユースや地域づくりの一貫として冬期湛水水田を位置づけていく必要がある。

謝辞

本研究を実施するにあたり、稲葉光國氏(NPO法人民間稲作研究所)、岩渕成紀氏(NPO法人田んぼ)、北海道ふゆみずたんぼプロジェクト(創地農業21)、(株)アレフ、若槻潔氏、坂本一弘氏、ふゆみずたんぼオーナーズの皆さまに多大なるご支援を頂いた。

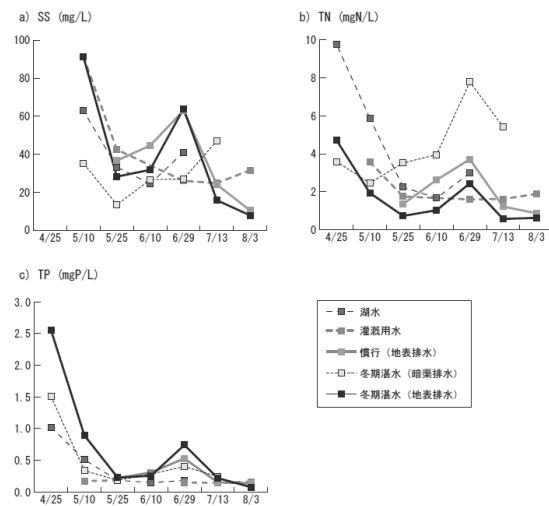


図4 冬期湛水水田と慣行水田における水質項目の変化

流入水と流出水のSS(a)、全窒素濃度(b)、全リン濃度(c)の季節変化。冬期湛水水田には主に湖水を、慣行水田は灌漑用水を導入した。

引用文献

岩崎慎也・森 聖二・関和孝博・大村裕顕. 1998.
水田による生活排水の水質浄化. 栃木農試研報,
47: 17-28

田淵俊雄・末正奈緒希・高橋めぐみ. 水田湛水による硝酸態窒素の除去試験. 農業土木学会誌, 55(8):
53-58

宮崎成生・亀和田國彦・岩崎慎也. 2005. 水田を通
過する農業用水の水質変化の実態. 栃木農試研報,
55: 45-55

Deterioration of the aquatic environment such as eutrophication and water surface reduction is a great conservation concern in Miyajimanuma, a Ramsar site in Hokkaido, Japan. Winter-flooded paddy has a potential to be used as a management tool to improve water quality and water recharge. This study examines whether winter-flooded paddies can purify water and reduce nutrient input to Miyajimanuma. Winter-flooded paddy reduced the quantity of total nitrogen and total phosphorus, and the reduction was greater than that of the traditional growing method. Denitrification and absorption of nutrients may be enhanced in winter-flooded paddies.