

小学校の無農薬水田における水田雑草の管理と水田生物の保全 －冬期湛水，深水管理，中干し延期の効果検証－

平山亜希子^{*1}・関岡裕明²・前野正博³・谷口康男⁴・垣内浩⁵・長谷川巖⁶

平山亜希子・関岡裕明・前野正博・谷口康男・垣内浩・長谷川巖．2007．小学校の無農薬水田における水田雑草の管理と水田生物の保全－冬期湛水，深水管理，中干し延期の効果検証－．Ciconia（福井県自然保護センター研究報告）12:35-42．福井県越前市白山地区において，冬期湛水，深水管理，中干し延期技術を用いて，無農薬稲作を行った．水田雑草，水田の水生生物，玄米収量等について調査し，特に生物多様性の保全に着目した環境保全型農法の効果について考察した．調査の結果，稲作に不適当な雑草が抑制され，水生生物が長期にわたって観察されるなどの効果が認められた．しかし，中干しをしなかったため，稲刈り時に地面が柔らかく，稲刈りに要する時間が長くなった．玄米の収量は慣行農法の約95％であった．今後は，中干し時期の適正化と，土壌の強還元に対する対策が必要である．

キーワード：無農薬，水田雑草，水生生物，冬期湛水，深水管理，中干し延期

Akiko HIRAYAMA¹, Hiroaki SEKIOKA², Masahiro MAENO³, Yasuo TANIGUCHI⁴, Hiroshi KAKIUCHI⁵, Iwao HASEGAWA⁶. 2007. The management of paddy weeds and conservation of aquatic creatures in elementary school's rice paddy field without pesticides. - Inspection of effects of winter-flooded, deep flooding cultivation and postponed custom drainage in paddy field - . Ciconia (Bulletin of Fukui Nature Conservation Center) 12:35-42. We cultivated rice with no pesticides in a winter-flooded, deep-flooding cultivation and postponed mid-summer drainage paddy in the Shirayama district of Echizen City, Central Japan. Together with elementary and junior high school students we studied paddy weeds and aquatic creatures of the rice paddy field. We investigated the yield of brown rice and considered the effect of Environmentally-Friendly Farming that pays attention to the conservation of biological diversity in particular. As a result of our investigation, paddy weeds could be controlled, and aquatic creatures could be observed over a longer period than in the conventional farming field. As we did not perform postponed custom drainage management the paddy ground softened and the time for cultivating work became longer than in the conventional farming field. The yield of brown rice was about 95% of that of rice from ordinary agricultural methods. It is thought that the optimization of the length of midsummer drainage treatment and control of the extremely reduced soil condition due to longer deep-water period than that of conventional farming methods would be required for further management of this field.

Key words: No pesticides, Paddy weed, Aquatic creatures, Winter-flooded, deep flooding cultivation, postponed custom drainage

はじめに

水田は，食糧生産の場であるとともに，多くの水生生物のすみかであり，国土の自然環境を構成している要素のひとつである．このため，小中学校において，

地域の方から水田を借り，その水田で稲作体験を行っている学校もある．学校田において生物の観察を実施する場合には，農薬を減らすなど生物多様性保全と米作りとの両立が求められるケースが多いと思われる．環境保全型農法と生物との関係を技術的に体系化し，地方自治の施策にも取り入れた例としては，兵庫県の

福井県自然保護センター研究業績 第72号

* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail: bog@fncc.jp

1 福井県自然保護センター 〒912-0131 福井県大野市南六呂師 169-11-2

Fukui Nature Conservation Center, Minamirokuroshi 169-11-2, Ono-shi, Fukui 912-0131, Japan.

2 株式会社 環境アセスメントセンター敦賀事務所 Environmental Assessment Center CO., LTD.

3 福井県農業試験場 Fukui Prefecture Agricultural Experiment Station.

4 越前市白山小学校 Shirayama Elementary School (Echizen-shi).

5 越前市武生第五中学校 Takefu-daigo Junior High School (Echizen-shi).

6 越前市環境政策課 Echizen City Environmental Policy Division.

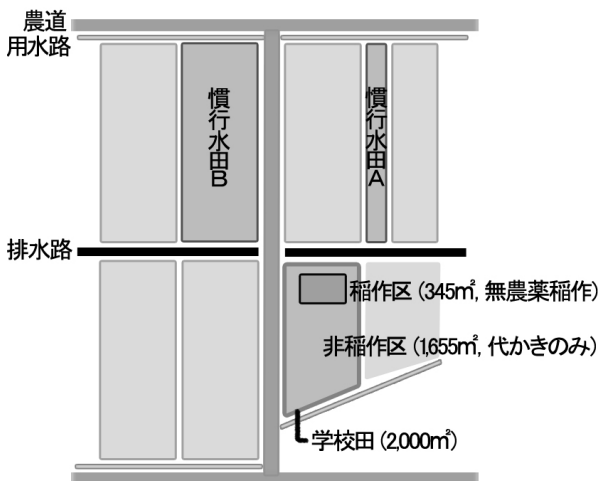


図1 調査地の位置関係。

「コウノトリを育む農法」(兵庫県但馬県民局地域振興部豊岡農業改良普及センター 2006) が知られている。「コウノトリを育む農法」では、おいしく安全な米と生物を同時に育むことを目的としており、農薬や化学肥料の使用等について必要要件を定めている。しかし、福井県においては、環境保全型農法と生物との関係についての研究例は少ない。そこで、筆者らは、福井県における環境保全型農法の可能性をさぐるため、その第一歩として、冬期湛水(ふゆみずたんぼ)、夏期の深水管理、および中干しの延期に注目し、福井県越前市白山小学校の学校田において試験的に実施した。本報告では、農法の効果を検証するため、地域の児童・生徒とともに植生調査と簡易的な水生生物調査を実施したので、その結果を報告する。

調査地と調査方法

調査地は、福井県越前市白山地区に位置する越前市白山小学校(WGS-84 datum; 35°53'11"N, 136°03'04" E, 標高 165m)の学校田1筆(2000m²)と、対照区として慣行水田2筆(A水田:500m², B水田:3000m²)である(図1)。学校田の全面積(2000m²)のうち、345m²は稲を植えつける稲作区とし、残り1655m²には稲を植えない非稲作区とした。

調査地の用水路は開放式のベンチフリューム(水路式側溝、幅 30cm)で、排水口と排水路(コンクリート2面張り)との段差は2m以上つけられている。

学校田では、2006年より学校田として無農薬稲作

を実施しており、本試験は2006年の稲刈り後に湛水した水田を継続して使用した。稲作にかかる作業としては、代かき前に元肥として市販の元肥肥料(N・P・K比14・20・12)を慣行農法の同量の30kg/10a施肥し、代かき後、2007年5月24日にコシヒカリ稚苗を手植えた。その後は6月13日に1度手取り除草を行い、6月28日から水深を15cmに設定し、かけ流し灌漑を行った。中干しおよび追肥は実施せず、9月6日に水抜きを行い、9月19日に稲刈りを行った(表1)。

対照区の慣行水田の品種はコシヒカリで、調査地周辺で行われている標準的な農法を用いて栽培している。

植生調査は、学校田(稲作区、非稲作区)と、慣行水田(A水田)の各試験区において、1試験区につき5つのコドラートを設置し、コドラート内の水田雑草を調査した(表2)。植生調査は、枠法(林1990)により行った。すなわち、試験区内にコドラート(1m×1m)を設置し、コドラート内に出現する全植物種をリストアップし、各種の草丈と被度(%), ならびに植被率(%)を計測した。植生調査は、学校田(稲作区、非稲作区)は2007年9月6日に、慣行水田は、2007年9月19日に行った。

本研究では植生調査のほか、参考項目として、水質(pH)、底生生物、カエル、水生生物の種類、玄米収量を調査した。参考項目の調査は、2007年5月18日から9月6日までの、のべ7日間実施した(表2)。

水質調査は、pHメーター(東亜電波工業株式会社製, GST-2739C)を用いて計測した。学校田の稲作区において1地点、非稲作区において1地点、慣行水田(B水田)の2地点において計測を行った。

底生生物調査は、おもにイトミミズやユスリカなどの生息状況を調べるために行なった。調査は、直径7.3cmの金属製の筒を使用して深さ10cmまでの土壌を採集し、土壌中の底生生物を同定し、種ごとにカウントした。サンプルは、学校田の稲作区において1地点、非稲作区において1地点、慣行水田(B水田)の2地点において採集した。

カエル調査は、調査する水田の畦を歩きながら、発見できたカエルを種ごとにカウントした。カエル調査は、学校田(稲作区+非稲作区)と慣行水田(B水田)において、それぞれ実施した。

水生生物調査は、玉網を使用したすくい獲りにより

表 1 作業暦.

作業日	作業内容	水管理など	雑草の状態
～5月16日	冬期湛水	水位＝2～3cm	前年も無農薬学校田を実施 コナギ、ヒエ類が多かった
5月16日	代かき（代かき前に周辺の慣行農法と同様の市販の元肥肥料を 30kg/10a 散布）	水位＝2～3cm	
5月24日	コシヒカリ稚苗を田植え（手植え，2 時間）	畦を補強（畦高 20cm に）	
6月13日	コナギ除草（草取り，1 時間）	水位＝2～3cm	コナギは沈水葉状態，3～5 株／m ² コナギ以外の植物は無し
6月28日	水位を 15cm に上げる	水位 15cm	非稲作区では，コナギが抽水葉を出し始める 稲作区では，コナギは水面に見あたらない
：	（この間，かけ流し灌漑）	水位＝15cm	
9月6日	水抜き	水位＝0cm	植生調査結果（表 3）参照
9月19日	稲刈り（手刈り，2 時間）	水抜き以降，降雨が続き， 水が抜けにくい状態 水位＝0cm 長靴が 20cm 埋もれる	

表 2 調査項目と実施者.

調査項目		慣行水田	学校田（ふゆみず・深水）		実施者 （調査日）
			稲作区	非稲作区	
植生		○ A 水田	○	○	福井県自然保護センター （学校田 2007/9/19，慣行水田 9/19）
参考項目	水質（pH）	○ B 水田	○	○	越前市武生第五中学校 （2007/5/18，6/8，7/19，8/6，9/6）
	底生生物	○ B 水田	○	○	
	カエル類	○ B 水田		○	
	水生生物		○		越前市白山小学校 （2007/6/28，7/11）
玄米収量			○		稲葉洋氏（地元農家） 福井県農業試験場

調査を行った。水生生物調査は，学校田の稲作区において，30 分／回程度の調査を実施した。

玄米収量は，10a あたり玄米収量，玄米千粒重を調査した。

調査の作業分担として，植生調査を福井県自然保護センター，水質・底生生物・カエル調査を越前市武生第五中学校，水生生物調査を越前市白山小学校，玄米収量を地元農家の稲葉洋氏および福井県農業試験場が実施した。

結果と考察

雑草の出現状況について

冬期湛水は，春期に増加したイトミミズのフン堆積効果によって，コナギの芽生えを遅らせ，田植え以降

の深水管理（水深 15cm）は，ヒエ類の成長を抑制することをねらいとして実施したものである。植生調査の結果，水田の強害草とされるコナギ（沼田・吉澤 1978）は，学校田の稲作実施区で被度が 2.2 %（表 3，図 2）であり，生育密度は 5 株／m² 程度であった。また，水田雑草とされるイヌビエは学校田の稲作実施区で被度が 1.6 %であり，生育密度は 3 株／m² 程度であった。慣行田と学校田のイネの生育状況を比較すると，イネの被度の両者に大きな差はなかった。一方，水田内に発生した雑草は慣行田が 14 種類，学校田の稲作区は 9 種類と，学校田の方が雑草の出現種数は少ない結果となった。このことから，学校田での水田管理は，雑草を稲作上問題にならない低密度に抑えることができたと思われる。



図2 学校田の稲作区のコナギ（草丈が低い、葉も小さく少ない、2007/9/6撮影）。



図3 学校田の稲作実施区（左）と稲作非実施区（右）の外観。

水田内に発生した雑草の出現状況を詳細にみると、コナギは、稲作非実施区で草丈が18cmであるのに対し、稲作実施区では10cmと低く、葉が小さく生育密度が低い様子を確認した（図2）。また、稲作非実施区では、コナギが高密度で生えていた（図3）。なお、前年度は調査していないものの、学校田稲作区においては、前年の2006年にも無農薬稲作を実施している。2006年には植生調査を実施していないため詳細なデータは得ていないが、2006年の学校田の稲刈り時にはヒエ類、アメリカセンダングサ等の雑草が生え、刈り跡にはコナギが目立っていた（図4）。学校田においては、2006年からコナギの生育が多数認められることと、コナギの種子は10年程度土中で生存する（稲葉1999）ことから、調査を行なった2007年も、学校田試験区においてコナギの種子は多数存在していたと考えられる。

現地調査と写真記録から、同じ水田でも2006年にはコナギやヒエ類が多数出現したのに対し、2007年の学校田稲作実施区ではコナギとヒエ類の生育量はわずかとなる結果が得られた。2006年の学校田での管理では、冬期湛水や深水管理などの水管理は行なわず、また、除草剤等も使用しなかった。ヒエ類は、発芽に酸素と光を必要とするため水深が浅いと発生しやすい（稲葉1999）、水深15cm以上に湛水することでヒエ類の発生は抑えられる（笠原・木下1951）ことから、深水管理をしなかった2006年にはヒエ類が多数発生し、深水管理をした2007年にはヒエ類の生育は抑えることができたものと考えられる。一方、冬期



図4 2006年（前年）の稲刈りの様子。

湛水や深水管理だけでは、水生雑草であるコナギの発芽や成長を抑制するには不十分であるとされる（稲葉1999）。しかし、2007年に学校田においてコナギが草丈ならびに被度とも低い状態で維持できたのは、稲による被陰効果によるものであると考えられる。

以上のように、冬季湛水、深水管理および中干し延期等の水管理は、稲作を実施する水田での雑草の抑制に効果があることが示唆された。しかし、冬期湛水を継続するとコナギやオモダカなどの水生雑草の生育量が増加するケースがあることも指摘されている（地元農家私信）。したがって、今後、冬期湛水や、深水管理の効果と仕組みをさらに検証するためには、雑草の芽生えの時期や密度と稲の苗の大きさと移植時期、水中および土中の還元状態について、詳細な調査を行う必要があると思われる。

表 3 慣行水田と学校田の水田雑草一覧.

	慣行田	学校田（ふゆみず・深水試験区）	
		稲作区	非稲作区
植被率（％）	96 %	99 %	95 %
雑草優占種（被度％）	チョウジタデ (2.0 %)	アオウキクサ (10.8 %)	コナギ (90.8 %)
出現種数（種）	15 種	9 種	10 種
群落高（cm）	74.8cm	79.0cm	18.8cm
水深（cm）	0.0cm	15.0cm	14.0cm
出現種	出現種の被度（％）		
イネ	93.0	95.0	
チョウジタデ	2.0		0.2
コナギ	1.0	2.2	90.8
ウキゴケ	0.8		
イボクサ	0.6		
セリ	0.2	0.4	
オモダカ	0.4		2.4
ホタルイ属	0.4		0.8
エノコログサ	0.4		
タネツケバナ	0.2		
ミズワラビ	0.2		
ツボスミレ	0.2		
アメリカセンダングサ	0.2		
キクモ	0.2		
ミゾソバ	0.2		
アオウキクサ		10.8	0.4
フラスコモ属		2.0	6.0
イヌビエ		1.6	0.4
ウキクサ		1.0	0.2
シャジクモ		0.2	
ミズガヤツリ		0.2	
イトトリゲモ			0.2
アメリカアゼナ			0.2

注：数値は平均値（n=5）を示す。

底生生物および水質について

水質調査の結果から、水辺にすむ生き物にとっての基本的な水質情報としてのpH（水素イオン濃度）は、初夏～秋季の期間はおおむね中性で維持されていた。（表 4）。

また、底生生物調査の結果を 1m² あたりの個体数に換算して一覧にまとめた（表 5）。底生動物全体の出現状況のおおまかな傾向としては、学校田の底生生物は、5～6 月の個体数、種数が最も多く、その後時間が経過するに従って減少する傾向がみられた。特に個体数が多かったイトミミズについては、学校田の稲作区、非稲作区ともにイトミミズの個体数は 5 月が最も多く、その後は減少する傾向がみられた（図 5）。田ん

ぼの生きもの調査プロジェクト（2006）によると、イトミミズが 3,000 個体／m² 生息する場所では雑草が抑えられるとしている。本調査によるイトミミズの個体数は、学校田（稲作区）で、5 月から 7 月後半まで 1m² あたり 3,000 個体以上が記録されていた。

以上のことから、学校田では、底生生物の生息しやすい水環境が維持されており、雑草の抑制に効果があるとされるイトミミズの生息密度が維持されていたと思われる。また、前項で、コナギやヒエ類などの水田雑草の生育が抑制されていた結果が得られたのは、イトミミズの生息の効果があった可能性も示唆される。

しかし、イトミミズの生息密度と雑草の抑制の関連性については十分な因果関係が得られていない面もあることから、今後は、底生生物の調査地点数を増やし、

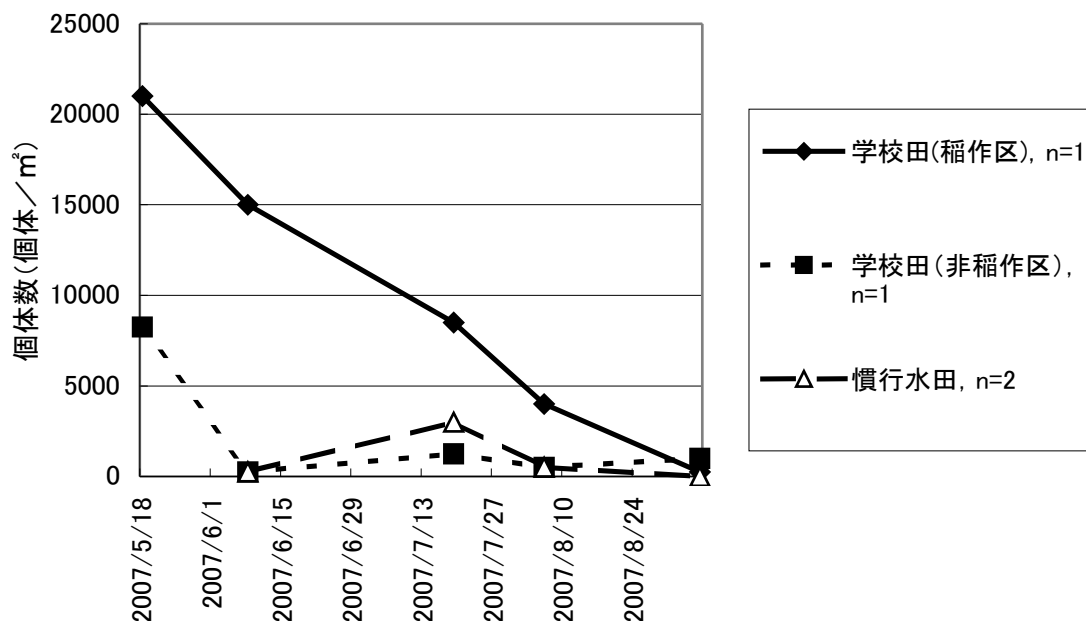


図 5 学校田と慣行水田のイトミミズの季節変化。

表 4 学校田と慣行水田の水質 (pH)。

調査日	5 月 18 日	6 月 8 日	7 月 19 日	8 月 6 日	9 月 6 日
学校田 (稲作区), n=1	7.64	6.87	7.43	7.08	7.05
学校田 (非稲作区), n=1	7.64	6.87	7.4	6.88	7.08
慣行水田 (B 水田), n=2		6.73, 6.93	※	7.05, 7.05	6.55, 6.88

※水位 0cm のため測定不能。

雑草の出芽や成長との関連について詳しく調査する必要があると思われる。

カエル類の生息状況

カエル類の調査結果を畦 100m あたりの個体数に換算して一覧にまとめた (表 6)。これによると、学校田でニホンアカガエル、ヤマアカガエルなど、早春に産卵するアカガエル類が多い結果が得られた。一方、慣行水田ではアマガエル、トノサマガエルの個体数が多かったものの、アカガエル類の生息は認められなかった。

このように、学校田では、周辺の慣行水田と比べて早春に産卵するアカガエル類の個体数が多かったことから、冬期湛水は、多様なカエル類の生息に効果があることがうかがえた。

水生生物の生息状況

2007 年 6 月 28 日の調査では、学校田の稲作区にトノサマガエル、アカガエル、シュレーゲルアオガエル (オタマジャクシ)、アカハライモリ、マルタニシ、ハイロゲンゴロウ、ヒメガムシ、マツモムシ、ヒルが観察された。

2007 年 7 月 11 日の調査では、学校田の稲作区にシマヘビ、ニホンアカガエル (幼体)、モリアオガエル (オタマジャクシ)、アカハライモリ、メダカ、カワニナ、ギンヤンマ (ヤゴ)、イトトンボ類 (ヤゴ)、キイトトンボ、マメゲンゴロウ、クロズマメゲンゴロウ、ハイロゲンゴロウ、タイコウチ、マツモムシ、ヒメアメンボ、ヨコエビが観察された。

このように、学校田においては 6 月中旬においても

表 5 底生生物調査結果.

調査日		5 月 18 日	6 月 8 日	7 月 19 日	8 月 6 日	9 月 6 日
学校田 (稲作区) n=1	ユスリカ (個体/m ²)	3250	250	0	0	250
	イトミミズ (個体/m ²)	21000	15000	8500	4000	250
	その他生物 (個体/m ²)	8250	2500	0	0	250
	その他生物の種数	8	8	0	0	1
学校田 (非稲作区) n=1	ユスリカ (個体/m ²)	7500	0	0	250	250
	イトミミズ (個体/m ²)	8250	250	1250	500	1000
	その他生物 (個体/m ²)	2750	250	250	250	250
	その他生物の種数	4	1	1	1	1
慣行水田 (B 水田) n=2	ユスリカ (個体/m ²)	-	0	125	0	0
	イトミミズ (個体/m ²)	-	250	3000	500	0
	その他生物 (個体/m ²)	-	1000	0	250	250
	その他生物の種数		3	0	1	1

表 6 学校田と慣行水田のカエル. 単位は個体/畦 100m.

調査日		5 月 18 日	6 月 8 日	7 月 19 日	8 月 6 日	9 月 6 日
学校田 (稲作区 + 非稲作区)	アマガエル	0.5	0	0	0	0
	トノサマガエル	1	0.5	0.5	0	0
	ニホンアカガエル	1.5	0.5	0.5	1	0
	ヤマアカガエル	0	12	0	0	0
	シュレーゲルアオガエル	0.5	0	0	0	0
	合計	3.5	13	1	1	0
慣行水田	アマガエル	3.5	0	0.4	0	0
	トノサマガエル	3.1	0.4	2.3	0	1.5
	ニホンアカガエル	0	0	0	0	0
	ヤマアカガエル	0	0	0	0	0
	シュレーゲルアオガエル	0	0	0	0	0
	合計	6.6	0.4	2.7	0	1.5

多数の水生生物が確認できたものの、周辺地域の慣行水田では、同時期には水生生物の種数・個体数とも減少する傾向がうかがえた。これは、周辺の慣行水田においては、6 月 20 日前後に中干しを実施するため、水田に水がなくなることから水生生物が減少したものと考えられる。本調査により、中干しの延期は水生生物の保全に効果があることが示唆された。

米の収量、品質および栽培に関する作業性について

学校田の玄米収量および品質を表 7 に示した。玄米収量は 157kg (作付面積 345m²) であった。この量は、白山小学校と武生第五中学校の児童生徒 155 人が 1 回に 1 合ずつ食べたとしても、5 回以上食べることが可能な量である。10a あたりの収量に換算すると 455kg であり、地区内の農家の慣行栽培によるコシヒカリ玄米収量の 95 % であった。また、1 粒の大きさ

の目安となる玄米千粒重は 21.4g と大粒であった。

稲作作業は、白山小学校の 5, 6 年生 33 人と、お手伝いに来てくださった PTA の方など大人 3~4 人が実施した。田植え (手植え)、稲刈り (手刈り) には、それぞれ約 1.5 時間を要した。なお、深水管理を 9 月初旬まで続けたことから、2 週間後の稲刈り時でも地面が柔らかく、足下が 20cm 沈み、作業性が悪かった。今後は、雑草の生育と天候に注意しながら、深水管理を 8 月中旬に切り上げるなどして地面の硬さを確保した方がよいと思われる。

今回は収量が比較的多く、千粒重が大きかったことから、いくつかの課題が残るものの、営農への実用化も期待できる結果である。しかし、営農技術として用いるためには、コンバインの導入を可能にするため、水抜きの適期について検討する必要があると思われる。

表 7 学校田のコシヒカリ米の収量および品質.

	学校田 無農業	地元農家※ 慣行栽培
1 反あたり玄米収量 (kg)	455	480
玄米千粒重 (g)	21.4	—
整粒割合 (%)	74.7	70 以上

※ 地元農家，稲葉洋氏が栽培した 2007 年産コシヒカリのデータ。

田んぼの生きもの調査プロジェクト，2006．田んぼの生きもの調査・実践編②．210pp．田んぼの生きもの調査プロジェクト．

その他，兵庫県但馬県民局地域振興部豊岡農業改良普及センター（2006）によると，冬期湛水が2～3年以上続くことで，土中の還元状態が強まることが指摘されている．今後は，強還元による影響調査や収量の経年変化等についてのモニタリングが必要である．また，より確実に雑草の成長を制御するために，深水による還元環境でも生育する雑草（コナギ，オモダカなど）の生育抑制技術の確立が必要であると思われる．

謝辞

地元農家の稲葉洋氏，福井県農業試験場の斉藤正志主任には，玄米収量と品質検査に関して便宜を図っていただいた．福井県農業試験場の森下裕治課長には，玄米収量と品質検査結果の分析についてご助言をいただいた．福井県土地改良事業団体連合会・農村環境研究所の鈴木正貴所長，福井県農業試験場の榎本博之主任には，本稿を作成する際にご助言をいただいた．ここに記して感謝申し上げる．

引用文献

- 林一六．1990．植生地理学．267pp．大明堂，東京．
- 兵庫県但馬県民局地域振興部豊岡農業改良普及センター．2006．コウノトリ育む農法〈コシヒカリ編〉．兵庫県但馬県民局地域振興部豊岡農業改良普及センター，兵庫．
- 稲葉光圀．1999．抑草法の選択と組み合わせ方．「除草剤を使わないイネづくり」．農山漁村文化協会：29-62．
- 笠原安夫・木下収．1951．水田雑草ひえ防除に関する研究 第1報 湛水の深淺がひえの発芽生育及稲の生育に及ぼす試験．作物学会紀事．21：319-320．
- 沼田真・吉沢長人．1978．新版・日本原色雑草図鑑．414pp．全国農村教育協会．東京．