

## NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会 2016 年度研究報告会

開催日時：2017 年 3 月 12 日（日） 13:00～16:30  
会 場：Reimei Hall（京都市左京区吉田神楽岡町）

### 表題・報告者

1. 【資料報告】異なる水田における無施肥無農薬栽培水稻の玄米収量の経年変化  
…… 小林 正幸（無肥研） 1
2. 品種と水田の違いが無施肥無農薬栽培における水稻の生育・収量に及ぼす影響(第 2 報)  
…… 丸田信宏<sup>1</sup>・栗田光雄<sup>1,2</sup>・白岩立彦<sup>2</sup>（無肥研・<sup>2</sup>京大院農） 7
3. 無施肥無農薬栽培水田における収量形成に及ぼす土壤とかんがい水の影響(第 5 報)  
…… 伊吹克也<sup>1</sup>・家田善太<sup>1</sup>・栗田光雄<sup>1,2</sup>・白岩立彦<sup>2</sup>（無肥研・<sup>2</sup>京大院農） 14
4. 長期無施肥水田における土壤養分の動態およびイネの養分吸収－2014, 2015, 2016 年の調査結果－  
… 多田羅翔子<sup>1</sup>・本間香貴<sup>2</sup>・栗田光雄<sup>1,3</sup>・小林正幸<sup>3</sup>・白岩立彦<sup>1</sup>（<sup>1</sup>京大院農・<sup>2</sup>東北大院農・<sup>3</sup>無肥研） 21  
  
(休憩)
5. 生殖生長を活性化することが無施肥栽培水稻の生育および収量に与える影響  
… 家田善太<sup>1</sup>・栗田光雄<sup>1,2</sup>・白岩立彦<sup>2</sup>（無肥研・<sup>2</sup>京大院農） 25
6. 長期無施肥圃場における養分障害発生  
… 多田羅翔子<sup>1</sup>・本間香貴<sup>2</sup>・栗田光雄<sup>1,3</sup>・小林正幸<sup>3</sup>・白岩立彦<sup>1</sup>（<sup>1</sup>京大院農・<sup>2</sup>東北大院農・<sup>3</sup>無肥研） 33
7. 耕地生態系における生物間相互作用から無施肥無農薬農業の収量安定性の要因を探る II  
… 齊藤大樹<sup>1</sup>・荒木希和子<sup>2</sup>・潮雅之<sup>3</sup>・小澤理香<sup>3</sup>・桂圭佑<sup>4</sup>・金谷重彦<sup>5</sup>・久保幹<sup>2</sup>・西條雄介<sup>6</sup>・  
塩尻かおり<sup>7</sup>・下野嘉子<sup>1</sup>・杉山暁史<sup>8</sup>・仲島義貴<sup>3</sup>・松井健二<sup>9</sup>・山崎一夫<sup>10</sup>・高林純示<sup>3</sup>（<sup>1</sup>京大院農・<sup>2</sup>立命館大生命科学・<sup>3</sup>京大生態研・<sup>4</sup>東京農工大院農・<sup>5</sup>奈良先端大院情報科学・<sup>6</sup>奈良先端大院バイオサイエンス・<sup>7</sup>龍谷大農・<sup>8</sup>京大生存研・<sup>9</sup>山口大創成科学・<sup>10</sup>大阪市大環境科学研） 36

## 資料報告

### 異なる水田における無施肥無農薬栽培水稻の玄米収量の経年変化

小林 正幸（無肥研）

現在、本会が認証する無施肥無農薬栽培圃場は全国に点在し、さまざまな立地条件で、それぞれの環境に適した作物を生産している。その中で無肥研が継続的に調査している福井県、滋賀県および京都府に位置する無施肥無農薬栽培水田における2016年の収量結果をまとめた。

参考として、水稻栽培期間中の気象庁発表の京都市気象データ（表1）と京都府亀岡市、宇治市小倉、滋賀県野洲市の無肥研管理水田に設置した自記温湿度計（K-N ラボラトリーズ製ハイグロクロン）のデータ（図1）を示した。

水稻収量は、（1）坪刈り法によるもの6圃場（表2）、（2）株刈り法によるもの15圃場（収量要素を含む）（表3）、（3）全刈り法によるもの20か所23圃場（表4）について2016年の収穫時に常法にしたがって調査した。その中で収量を経年で記録しているものは、坪刈り法については6圃場18年間（図2）、株刈り法については6圃場12年間であった。

#### 気象概要

作物の生育と収量に影響を及ぼす要因の一つである天候について、2016年の水稻栽培期間中（3月～10月）の記録をまとめると以下のようになる。

降水量は時期により多い少ないの幅が大きな年となった。4月上旬、6月中～下旬、8月下旬～9月に多く、特に8月下旬～9月にかけて台風の影響もあり、平年の2.5倍ほどであった。一方で3月と7月～8月上旬にかけては平年の1/2程度しかなく、特に8月上旬の降水量は0mmであった。3月～10月の総雨量は平年の1253mmに対して1490mmと約20%多かった。

平均気温は、育苗から本田移植ごろまでの4月から5月はそれぞれ平年よりも+1.9°Cと高く推移した。本田移植から最高分けつ期ごろの6月は平年並であったが、7月上旬(+2.7°C)～中旬(+0.8°C)は高めに推移した。コシヒカリの出穂ごろである7月下旬はやや低かったが、秋の詩が出穂する8月中旬にかけて8月上旬～中旬は平年よりも1°C以上高かった。ベニアサヒが出穂する8月下旬は平年並かやや低い日があった。またベニアサヒの登熟期にあたる9月は+1.2°Cと高く、10月上旬が+3.4°Cと高かったが中旬は平年並みであった。

日照時間では、5月中旬に好天が続き、日照時間は平年よりも65%長かった。6月後半の日照時間は短く6月下旬は18.2時間と平年の57%しかなかった。7月は前半は好天が多く、8月も前半は好天が続き、特に8月上旬(92.9h)は平年よりも50%ほど日照時間が長かった。9月中旬～10月上旬にかけては、台風などの影響で平年の半分程度であった。

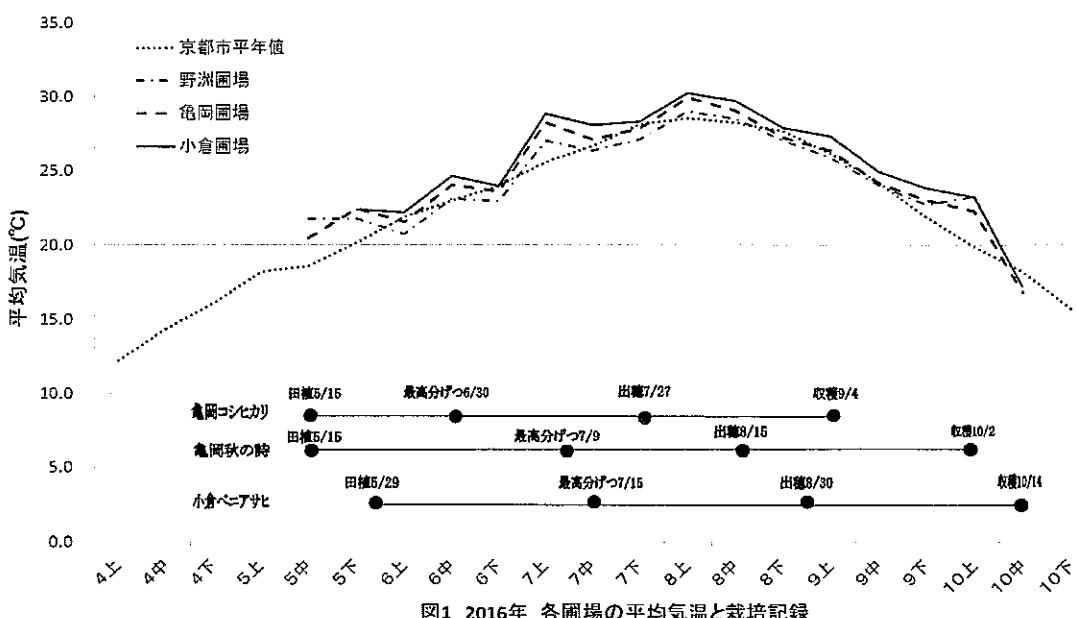
本年の天候は、本田移植（5月中～下旬ごろ）から収穫期（10月中旬ごろ）までを通算すると、降水量で平年比+20%、気温で+1.1°C、日照時間は平年並であったが、時期別にみると6月下旬の悪天、7月～8月上旬の好天、9月後半の悪天と、変化の大きな年であった。栽培する品種によって、栄養成長期、生殖成長期、登熟期がそれぞれ異なるため、天候か

ら受ける影響はそれぞれの品種によってかなり異なっていると思われた。

表1 2016年京都市気象データ

		降水量(mm)	平均気温(°C)	日照時間(h)
3月	上旬	28.5 (30.9)	10.4 (6.8)	44.1 (45.3)
	中旬	39.5 (39.4)	9.2 (8.5)	47.0 (48.8)
	下旬	1.0 (43.0)	10.2 (9.8)	82.2 (52.7)
4月	上旬	104.0 (39.6)	15.9 (12.2)	30.0 (56.1)
	中旬	37.5 (42.4)	15.2 (14.4)	78.5 (56.4)
	下旬	39.0 (33.7)	17.1 (16.1)	53.0 (62.9)
5月	上旬	48.0 (49.4)	19.1 (18.2)	55.6 (59.5)
	中旬	66.5 (67.5)	20.7 (18.6)	89.1 (53.7)
	下旬	33.0 (43.9)	23.0 (20.2)	68.9 (67.7)
6月	上旬	22.5 (44.2)	21.7 (21.9)	65.4 (58.8)
	中旬	95.0 (65.6)	24.3 (23.0)	30.8 (47.8)
	下旬	166.5 (104.2)	23.6 (24.0)	18.2 (31.9)
7月	上旬	41.0 (77.6)	28.3 (25.6)	48.2 (39.6)
	中旬	28.5 (91.0)	27.5 (26.7)	49.7 (37.9)
	下旬	33.0 (51.8)	27.7 (28.2)	61.2 (64.9)
8月	上旬	0.0 (36.0)	29.8 (28.6)	92.9 (62.3)
	中旬	53.0 (48.9)	29.3 (28.3)	68.3 (56.7)
	下旬	95.5 (47.2)	27.9 (27.7)	65.7 (63.7)
9月	上旬	88.5 (44.9)	27.1 (26.2)	57.6 (52.4)
	中旬	215.0 (61.4)	25.1 (24.2)	13.4 (43.6)
	下旬	155.0 (70.0)	23.8 (21.9)	19.6 (40.9)
10月	上旬	41.0 (49.4)	23.3 (19.9)	36.9 (46.1)
	中旬	39.5 (42.1)	19.6 (18.2)	56.5 (52.4)
	下旬	19.0 (29.4)	16.5 (15.7)	34.7 (59.0)

気象庁発表の京都市の気象データをもとに作成。( )は平年値



## 水稻収量

2016年の無施肥無農薬栽培水田収量を調査法別に以下にまとめた。

坪刈り法（表2）で調査を行った6水田は除草作業などの栽培管理が徹底されており、これらの水田で見られる生育・収量の差異は、主に栽培品種、気象条件および立地条件の違いによるものと考えられる。品種は4種類(ベニアサヒ、農林16号、秋の詩、コシヒカリ)であった。

対象水田の中で最も収量が多かったのは福井F水田（332.4kg/10a）であり、コシヒカリを栽培している。ここは過去10年間の平均収量が $404\pm41\text{ kg}/10\text{a}$ （±以下は標準偏差、以下同じ）と、比較的に多収な水田である。一方山科Y-I水田（2016年は229.3kg/10a、10年間の平均収量 $263\pm31\text{ kg}/10\text{a}$ 以下同じ）では農林16号を、Y-II水田（241.7kg/10a、233±38kg/10a）ではベニアサヒを、それぞれ栽培しているが、これらの圃場の土壌は小石混じりで、しかも比較的作土層が浅く、市街地にあるなど立地条件が栽培に適しているとは言い難く、収量が上がっていない。ベニアサヒを栽培している小倉R水田（2006年に栗東より55年間無施肥栽培を継続した水田土壌の上層耕土15cmを移設した水田）と小倉O水田（2003年より無施肥栽培）の収量は、それぞれ326.7kg/10aと281.4kg/10aであった。小倉R水田およびO水田の過去10年間の平均収量はそれぞれ $305\pm44\text{ kg}/10\text{a}$ および $348\pm40\text{ kg}/10\text{a}$ であった。秋の詩を栽培している亀岡K-I水田（173.0kg/10a）では、除草などの栽培管理は適切に行われているにもかかわらず、過去10年間の平均収量は $264\pm55\text{ kg}/10\text{a}$ に止まっている。K-I水田は10m×100mと細長い圃場であり、坪刈した5か所の収量が、本年は221～113kg/10aと場所によって大きな差異がみられたことから、圃場内の水位や耕土深などの位置変動も含めて、土壌の供給可能な養分量や、灌漑に使われる井戸水の影響など、収量におよぼす要因について、多面的に検討する必要があると思われた。

表2 2016年水稻収量調査(坪刈り法)

生産者	実施場所	実施 開始年	自家採種 年数	品種	全乾重 (g/m <sup>2</sup> )	蘖乾重 (g/m <sup>2</sup> )	精穀重 (g/m <sup>2</sup> )	推定玄米重 (kg/10a)	備考	
無施肥研	宇治市小倉	R	(1951)	64	ベニアサヒ	961	565	396	326.7	注1
無施肥研	宇治市小倉	O	2003	64	ベニアサヒ	849	503	346	281.4	
上田修一	京都市山科区	Y-I	1965	44	農林16号	633	352	282	229.3	注2
上田修一	京都市山科区	Y-II	1965	64	ベニアサヒ	647	352	295	241.7	注2
無施肥研	京都府亀岡市	K-I	1993	12	秋の詩	645	421	225	173.0	
丸山茂子	福井県越前市	F	1997	12	コシヒカリ	804	397	407	332.4	

推定玄米重は水分15%で補正した。

注1 2003年より無施肥栽培していた水田の表層土約15cmをスキ取り、そこへ1951年より無施肥栽培を継続していた水田(栗東市辻)の表層土約15cmを2006年12月に移設した。

注2 市街地にあり生育期間中、住宅の陰になることが多い。

収量の経年推移(図2)を見ると、総じて多収と低収を繰り返しているようにみられるが、年次間の傾向がそれぞれの圃場で異なっており、天候よりも、それぞれの圃場の特性が収量の増減に関与しているのではないかと思われた。

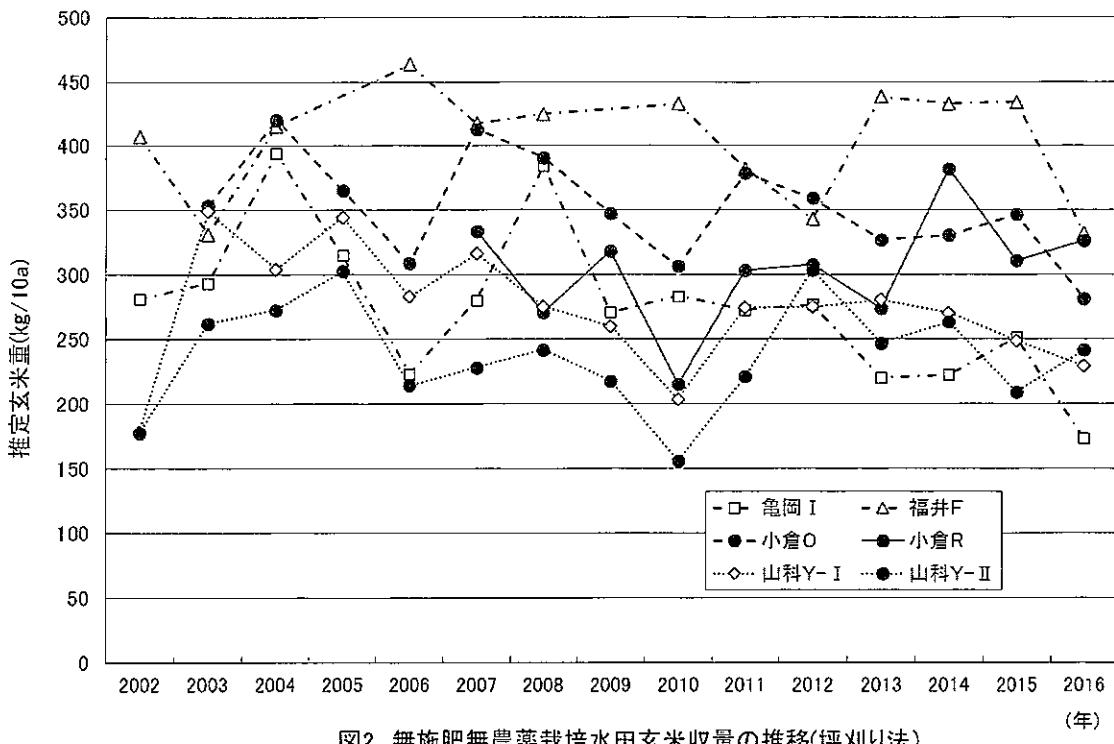


図2 無施肥無農薬栽培水田玄米収量の推移(坪刈り法)

株刈り法(表3)に供した水田間には、収量に大きな差( $166\sim464\text{g/m}^2$ )が見られた。その差は品種の違いに起因するだけでなく、同じ品種であっても、たとえばコシヒカリの場合 $237\sim464\text{g/m}^2$ と大きな差異がみられた。その原因として、気温や日照などの環境要因だけでなく、除草などの栽培管理、耕土の深さなどによる活用可能な土壤の質と量、灌漑水を含めた養分の天然供給量の違い、などが考えられる。収量の低い亀岡K-I水田( $166\text{ g/m}^2$ )では、雑草はほとんど見られないものの、圃場内変動が大きいことから、水位や土壤の圃場内での均一化が安定した収量を得る課題になると思われる。2014~15年に、生育初期から雑草が繁茂し、茎数が確保できず、稻体が小型化(全乾物重 $22.5\text{g/株}$ )して収量が $150\text{g/m}^2$ 以下であった牧野水田では、2016年に生育初期の除草作業に労力を注いだことで、地上部

表3 2016年水稻収量要素調査結果(株刈り法)

生産者	栽培場所	品種	株数 (株/ $\text{m}^2$ )	穗数 (穗/株)	1穂粒数 (粒/穗)	登熟歩合 (%)	1000粒重 (g/1000粒)	玄米重 (g/ $\text{m}^2$ )	桿長 (cm)	穂長 (cm)	全乾重 (g/株)
無肥研	京都府宇治市O	ベニアサヒ	16.7	8.8	84.4	86.3%	24.2	213.1	78.2	17.1	50.5
無肥研	京都府宇治市R	ベニアサヒ	17.1	10.0	91.6	87.0%	23.6	319.1	80.7	18.9	56.1
無肥研	京都府亀岡市K-I	秋の詩	17.1	9.1	81.8	62.6%	23.4	165.7	67.6	15.3	37.2
無肥研	京都府亀岡市K-II	コシヒカリ	16.3	12.6	76.4	82.5%	20.2	272.6	69.4	16.3	45.1
上田修一	京都市山科区Y-I	農林16号	18.3	6.5	96.3	84.1%	23.2	236.1	77.9	18.9	34.3
上田修一	京都市山科区Y-II	ベニアサヒ	17.8	7.4	104.0	88.2%	23.7	260.0	83.7	20.3	36.8
黒瀬 修	京都府綾部市	コシヒカリ	16.1	11.3	91.0	74.1%	20.8	281.1	65.1	17.1	39.2
木戸口利雄	滋賀県東近江市	コシヒカリ	19.5	13.6	74.4	82.9%	20.5	342.4	70.7	15.8	46.9
井上 正人	滋賀県東近江市	コシヒカリ	22.9	13.5	84.2	70.9%	21.2	411.1	75.6	16.9	50.6
沢 昌弘	滋賀県東近江市	コシヒカリ	18.3	15.3	101.9	50.5%	20.6	318.4	80.9	18.5	60.3
中道 忠幸	滋賀県野洲市I	コシヒカリ	18.4	12.9	75.2	81.8%	21.7	344.9	72.6	16.7	47.7
中道 忠幸	滋賀県野洲市II	コシヒカリ	17.7	11.2	83.5	83.8%	21.8	295.1	73.0	17.1	41.9
丸山茂子	福井県越前市	コシヒカリ	15.9	10.4	95.9	87.3%	22.9	314.4	73.9	18.5	46.6
中村孝太郎	福井県大野市	コシヒカリ	14.8	14.7	113.4	79.1%	22.6	464.2	77.3	19.1	68.3
牧野 太平	福井県福井市	コシヒカリ	14.2	12.3	79.5	82.5%	20.6	236.9	67.0	17.3	46.7

玄米は1.8mmふるいにかけ、水分15%で補正した

乾物重は過去2年の平均よりも2倍以上増加し、玄米収量も $240\text{g/m}^2$ と70%ほど増収した。雑草防除などの栽培管理が十分にできていた丸山水田( $314\text{g/m}^2$ )では過去10年間の平均収量が $424\pm60\text{kg/m}^2$ と相応の収量があった。一方で栽培期間中に圃場に雑草がかなり多く見られたものの、中村水田( $464\text{g/m}^2$ )や中道水田( $320\text{g/m}^2$ )などではある程度の収量があったのが、これは水田土壤の養分供給力の大きさが関与しているのではないかと思われた。これまでの雑草管理の調査からも、無施肥栽培において安定な生産を継続するためには適切な雑草管理は必要であることはわかっているが、それが土壤やかんがい水などの圃場環境と比較して、収量に及ぼす影響は限定的なものかもしれない。

収量の経年変動を見ると、坪刈り法と同じく株刈り法でも、年次間の収量変動が大きく、収量の増減を繰り返していた。

無施肥栽培を継続していくと、全乾物重に対する子実収量の割合が増加する傾向があることを生産者が指摘している。図3にコシヒカリを栽培している農家圃場の12年間の株刈データから、無施肥栽培の継続年数別に、地上部乾物重と玄米収量との関係をまとめた。無施肥栽培を継続して1-5年目では、地上部乾物重に対する玄米収量を線形回帰で表すと、傾きが5.8、切片が41(以下同じ)であったが、6-10年目では、それぞれ6.2、58、11-20年目では、4.7、121となり、無施肥栽培の継続が、植物体に効率的な生産を促すようになっていることが示唆された。 $r^2$ も0.64から0.73と年数を重ねるごとに線形回帰に当てはまるように収束しているようにも見受けられた。無施肥栽培では利用できる養分量が限られており、生産の効率化をはかることは、植物体の生長にとって必要なことだと思われる。カブなどの根菜類において、無施肥栽培の生産物の地上部/地下部の比が小さいことが認められており、クワにおいても葉身部と条梢部との比が無施肥栽培と施肥栽培との間で異なることが報告されていることから考えると、効率的な子実生産が、水稻においても行われているものと思われる。これらの点についても、今後の調査課題になると思われる。

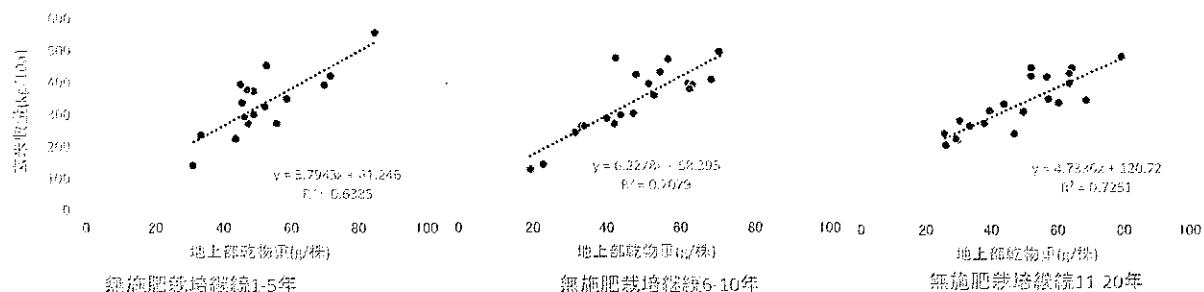


図3 コシヒカリの無施肥栽培継続年数別 玄米収量と地上部乾物重との関係

全刈り法(表4)では品種、地域、無施肥継続年数の違いなどが異なる22圃場の収量を参考資料としてまとめた。2016年も圃場によってかなりの収量差が見られた。

表4 2014–2016年無施肥無農薬栽培水田収量(全刈り法)

No	生産者	産地	栽培品種	実施開始年	栽培面積 (m <sup>2</sup> )	(kg/10a)		
						2014年	2015年	2016年
1	無肥研	滋賀県野洲市VII	新羽二重	2003	8.0			304.1
2	無肥研	京都府亀岡市K1	秋の詩	1993	8.5	239.0	233.1	201.2
3	無肥研	京都府亀岡市K2	コシヒカリ	2009	9.1	306.2	218.8	245.1
4	無肥研	京都府宇治市	ベニアサヒ	2003	27.7	359.4	386.4	286.2
5	上田修一	京都市山科区	農林16号	1965	2.8	260.0	264.4	214.8
6	上田修一	京都市山科区	ベニアサヒ	1965	2.1	270.4	234.1	261.0
7	丸山茂子	福井県越前市	コシヒカリ	1997	7.0	434.0	436.5	357.2
8	黒瀬修	京都府綾部市	コシヒカリ	1998	23.0	200.0	182.7	228.5
9	井上正人	滋賀県近江八幡市	コシヒカリ	2009	29.0	289.7	372.4	309.9
10	坪田宗隆	滋賀県近江八幡市	コシヒカリ	2000	50.0	456.0	258.1	96.0
11	沢昌弘	滋賀県東近江市	コシヒカリ	2010	80.0	243.8	240.0	341.3
12	木戸口利雄	滋賀県東近江市	コシヒカリ	2003～06	56.0	289.3		324.6
13	木戸口利雄	滋賀県東近江市	コシヒカリ	2010	26.0	334.6		413.8
14	牧野太平	福井県福井市	コシヒカリ	2009	32.9			
15	牧野太平	福井県福井市	コシヒカリ	2010	49.5	154.2	150.5	222.1
16	中村孝太郎	福井県大野市	コシヒカリ	2003～11	420.6	342.4	未確定	未確定
17	平田守	京都府南丹市園部	日本晴	2012	13.0			
18	平田守	京都府南丹市園部	日本晴	2013	13.0	323.1	403.8	321.4
19	中道唯幸	滋賀県野洲市	コシヒカリ	2007	32.0	275.9	243.9	309.3
20	中道唯幸	滋賀県野洲市	コシヒカリ	2010	57.0	294.0	336.8	315.9

No. 9 2016年は未栽培面積を除外して計算した。

No. 19 2014・2015年の品種は夢ごこち

### まとめ

無施肥無農薬水稻栽培において、その収量に影響を及ぼす要因として、同一品種間では天候、土壤、かんがい水及び圃場管理の違いなどが考えられてきた。経年的に収量の推移を見た場合、年毎の収量差が大きく、収量の増減が繰り返される水田が見られるものの、それが同一年でどの水田も同じように増減していることはまれであった。つまり極端な天候の変化でない限り水稻の生育および収量に気象条件の影響は少なく、むしろ除草管理や水管理を主とする圃場管理に収量の増減の要因があるようと思われた。また養分の供給・吸収の時期など、栽培する圃場・品種の特性などを生かして、より効率的な生産をするように、それぞれの環境に適した栽培技術の確立が、今後の実際的で興味ある課題になると思われる。

## 品種と水田の違いが無施肥無農薬栽培における 水稻の生育・収量に及ぼす影響(第2報)

丸田信宏<sup>1○</sup>・稲田光雄<sup>1,2</sup>・白岩立彦<sup>1,2</sup>(<sup>1</sup>NPO 無肥研・<sup>2</sup>京大院農)

無施肥無農薬栽培調査研究会(以下無肥研)では京都府と滋賀県に数筆ある試験圃場で無施肥栽培試験を継続して実施しており、水稻は京都府宇治市小倉、亀岡市および滋賀県野洲市の3か所に数筆ずつある水田で栽培している。それらの水田では、栽培品種はまちまちであるが、収量に差異が認められる。一般に作物生産には気象環境や土壤特性、水質などの圃場環境、栽培品種、さらに栽培管理などが影響すると考えられているが、これまでの無施肥田で行われた研究では、水稻の収量に、水田の立地条件と栽培品種とが顕著な影響を及ぼすことが示唆されている。奥村ら(1979)は、滋賀県栗東において6品種を比較し、無施肥田では穂重型と晩生の品種が高い収量性を示したことを報告し、特に無施肥栽培にて長期継代してきたベニアサヒの無施肥水田への適応性の高さを認めている。2015年の実験では、無肥研が無施肥栽培している近畿地方の3か所4水田において、早晩性や草型の異なる3品種(コシヒカリ、秋の詩、ベニアサヒ)を比較栽培し、水稻の生育や収量に及ぼす圃場と品種の関係について調査した。その結果、ベニアサヒは4つの供試水田全てで収量が高く、かつ水田間による収量のばらつきが少なかった(2015年度報告会資料参照)。

2016年は、前記の3供試品種に、ヒノヒカリ、農林16号を加えた5品種で同様の調査をおこなった。本報では2016年の調査結果と共に、2015年と比較した事項について紹介する。

### 【材料および方法】

実験には早生の「コシヒカリ」、中生の「秋の詩」「ヒノヒカリ」、晩生の「ベニアサヒ」「農林16号」の5品種を用いた。それぞれの品種の概略を表1に示した。(育苗、栽培管理は2015年度報告会資料参照)

供試水田は、京都府亀岡市の2水田(K1,K2)、滋賀県野洲市の水田(Y)、京都府宇治市小倉の水田(O)の4筆で、いずれの水田も、付近を水田に囲まれた水田

表1 供試品種の特性

品種名	稈長	草型	早晩性
コシヒカリ	中	中間	早
秋の詩	中	中間	中
ヒノヒカリ	中	中間	中
ベニアサヒ	長	穂重	晩
農林16号	長	穂重	晩

表2 供試水田の概要

水田名	場所	環境	土壤分類	水源	無施肥栽培開始
K1	京都府亀岡市	盆地	灰色低地土	貯水池および井戸	1993
K2	京都府亀岡市	盆地	灰色低地土	貯水池および井戸	2009
Y7*	滋賀県野洲市	沖積平野	灰色低地土	家棟川	2003
Y3*	滋賀県野洲市	沖積平野	灰色低地土	家棟川	1995
O	京都府宇治市小倉	干拓地	強グライエ	宇治川	2003

土壤分類は農業環境技術研究所「土壤情報閲覧システム」より

\*Y7は2016年供試水田

\*Y3は2015年供試水田

地帯にある。それぞれの水田の概要是表2に示した。2015年の供試水田Y3は2016年は転作の為、近隣の他の無施肥水田Y7で調査を行った。(Y7では2015年には畑作を行った。)試験区分および栽培概要は表3に示した。

表3 試験区分および栽培概要

供試水田	調査区	品種	播種日	本田移植日	最高分蘖期	出穂期	収穫
K1水田	K1コシ	コシヒカリ	4/16	5/15	6/30	7/27	9/4
	K1アキ	秋の詩	4/16	5/15	7/2	8/19	9/26
	K1ヒノ	ヒノヒカリ	4/16	5/15	7/2	8/15	9/26
	K1ベニ	ベニアサヒ	4/16	5/15	7/3	8/25	10/13
	K1ノウ	農林16号	4/16	5/15	7/3	8/24	10/13
K2水田	K2コシ	コシヒカリ	4/16	5/15	7/3	7/26	9/4
	K2アキ	秋の詩	4/16	5/15	7/9	8/17	9/26
	K2ヒノ	ヒノヒカリ	4/16	5/15	7/4	8/19	9/26
	K2ベニ	ベニアサヒ	4/16	5/15	7/2	8/23	10/13
	K2ノウ	農林16号	4/16	5/15	7/1	8/21	10/13
Y水田	Yコシ	コシヒカリ	4/16	5/20	7/13	7/26	9/3
	Yアキ	秋の詩	4/16	5/20	7/10	8/12	9/23
	Yヒノ	ヒノヒカリ	4/16	5/20	7/9	8/14	9/23
	Yベニ	ベニアサヒ	4/16	5/20	7/8	8/23頃	10/6
	Yノウ	農林16号	4/16	5/20	7/8	8/21頃	10/6
O水田	Oコシ	コシヒカリ	4/23	5/29	7/11	7/31	9/10
	Oアキ	秋の詩	4/23	5/29	7/19	8/21	10/2
	Oヒノ	ヒノヒカリ	4/23	5/29	7/15	8/22	10/2
	Oベニ	ベニアサヒ	4/23	5/29	7/15	8/28	10/9
	Oノウ	農林16号	4/23	5/29	7/12	8/26	10/9

#### ・調査項目

- ①それぞれの水田に各区を2反復設け、本田移植後7日目より、それぞれ連続10株について、茎数・草丈・SPAD値を1~2週間おきに測定した。また、灌漑水のEC値(ミノルタ SAPD-502を使用)を計測した。
- ②上記の生育調査した全株について、収穫後に収量諸形質を計測した。統計処理は要因の効果を判定するには分散分析、試験区間の差の比較にはチューキーの多重比較を用いた。

#### 【試験結果および考察】

##### 生育期間の比較

###### 1)品種間比較

穗数、最高分蘖数の多い品種は、水田により異なった(表4)。しかし、コシヒカリは穗数、最高分蘖数ともに全ての水田で最も少なかった(図1)。有効茎歩合は全ての水田において、コシヒカリ、秋の詩が高かった。コシヒカリは有効茎歩合は高いものの、穗数が少ない傾向が見られたのに対し、秋の詩は有効茎歩合が高く、かつ穗数も多い傾向が見られた。晩生の品種、ベニアサヒと農林16号は他の品種よ

りも有効茎歩合が低かった。その傾向は O 水田で顕著に見られた。

SPAD 値は、7 月初めの最高分蘖期頃までは、全ての水田で秋の詩が高い値を示した。

表4 各水田の穂数,最高分蘖数,有効茎歩合

品種	K1			K2			Y			O			平均						
	穂数			最高分蘖			有効茎歩合			穂数			最高分蘖			有効茎歩合			
	本/株	本/株	%	本/株	本/株	%	本/株	本/株	%	本/株	本/株	%	本/株	本/株	%	本/株	本/株	%	
コシヒカリ	7.15	7.50	95.3%	7.15	7.35	97.3%	11.70	11.85	98.7%	10.20	11.05	92.3%	9.05	c	9.44	b	95.9%	a	
秋の詩	8.11	8.53	95.1%	9.10	9.35	97.3%	14.85	15.55	95.5%	12.15	14.15	86.3%	11.05	a	11.89	a	93.6%	a	
ヒノヒカリ	8.25	9.15	90.2%	8.80	9.70	90.7%	14.40	16.75	86.0%	11.45	14.45	81.1%	10.73	ab	12.51	a	87.0%	b	
ペニアサビ	7.35	8.70	84.5%	9.45	10.85	87.1%	12.32	15.05	85.4%	10.75	15.15	72.9%	9.97	bc	12.44	a	82.5%	c	
農林16号	8.00	10.30	77.7%	8.75	10.05	87.1%	13.10	15.30	85.6%	10.60	15.10	69.3%	10.11	ab	12.69	a	79.9%	c	
平均	7.77	d	8.84	b	8.85	c	8.65	a	91.9%	13.27	a	14.90	a	90.2%	ab	11.03	b	13.98	a

チューキーの多重比較検定(5%水準)をおこなった。

同じアルファベットは、有意な差がないことを示す。

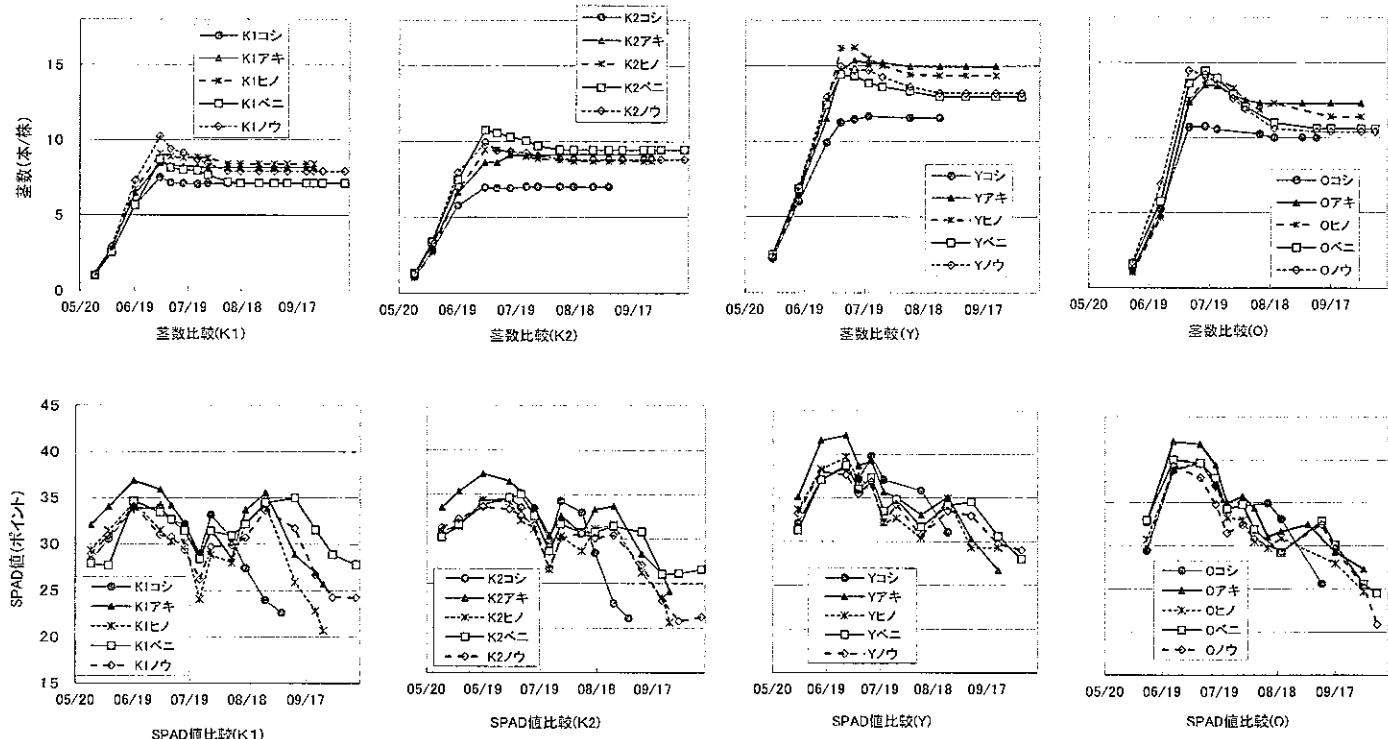


図1 各水田の茎数の推移とSPAD値

## 2)水田間比較

5品種全てでY水田の最高分蘖数が他の水田のそれよりも多く、穂数も最も多かった。一方K1水田は最高分蘖数、穂数とともに最も少なかった。

有効茎歩合はO水田が低かった。それは、他の3水田より約10日～2週間本田移植が遅いために、移植時の気温が高く、移植後の分蘖は活発だが、分蘖数が増えすぎて、無効分蘖が他の3水田よりも増えたと考えられる。

SPAD値は、7月まではY水田とO水田がK1,K2水田よりも高く推移した。9月中旬以降もY水田は他の3水田よりも高かった。9月頃からは、他の3水田よりもK1水田ではSPAD値に大きな品種間の差異が認められた。

## 収量諸形質の比較

### 1)品種間比較

収量構成要素を各區別、品種別、水田別にそれぞれ表5、表6および表7にまとめた。品種間で収量の平均を比較すると、ベニアサヒ<sup>a</sup>、農林16号<sup>ab</sup>、秋の詩<sup>ab</sup>、ヒノヒカリ<sup>bc</sup>、コシヒカリ<sup>c</sup>(同じアルファベットはチューキーの多重比較検定で5%水準において有意な差がないことを示す。以下同じ)の順となった(表6)。品種の早晚性では、晩生、中生、早生の順に収量が高かった。

表5 区別収量構成要素

供試水田	調査区	全乾物重 (g/株)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂粒数 (粒/穂)	粒数 (粒/m <sup>2</sup> )	登熟歩合	1000粒重 (g)	推定収量 (kg/10a)
K1水田	K1コシ	32.9 ± 0.38	120.4 ± 2.53	107.3 ± 3.30	12,922	93.9% ± 0.00	21.2 ± 0.08	235.7 ± 14.76
	K1アキ	47.7 ± 3.07	136.6 ± 1.87	113.9 ± 9.38	15,557	81.3% ± 0.01	23.1 ± 0.18	260.5 ± 22.03
	K1ヒノ	46.5 ± 1.36	138.9 ± 4.21	112.7 ± 3.54	15,658	83.1% ± 0.00	22.0 ± 0.23	251.9 ± 9.15
	K1ベニ	58.8 ± 0.92	123.7 ± 4.21	130.8 ± 7.49	16,189	90.6% ± 0.00	24.1 ± 0.12	335.1 ± 0.28
	K1ノウ	54.5 ± 2.15	134.7 ± 5.05	112.6 ± 2.98	15,168	84.6% ± 0.07	24.3 ± 0.45	307.7 ± 4.80
K2水田	K2コシ	37.6 ± 4.28	120.4 ± 14.31	115.6 ± 2.85	13,917	95.2% ± 0.00	21.2 ± 0.23	252.4 ± 35.21
	K2アキ	53.7 ± 1.58	153.2 ± 1.68	117.3 ± 1.10	17,972	72.8% ± 0.05	22.3 ± 0.07	240.9 ± 10.15
	K2ヒノ	54.1 ± 2.39	148.1 ± 13.47	115.0 ± 0.38	17,036	71.1% ± 0.04	21.2 ± 0.21	238.0 ± 14.94
	K2ベニ	74.9 ± 10.49	159.1 ± 7.58	124.9 ± 9.75	19,878	84.3% ± 0.03	23.2 ± 0.39	388.1 ± 67.34
	K2ノウ	61.0 ± 0.09	147.3 ± 7.58	126.2 ± 13.81	18,586	78.0% ± 0.04	23.7 ± 0.05	302.3 ± 5.60
Y水田	Yコシ	63.6 ± 0.32	197.0 ± 5.05	114.6 ± 3.42	22,568	94.3% ± 0.01	21.5 ± 0.19	448.0 ± 4.78
	Yアキ	79.2 ± 2.65	250.0 ± 15.99	115.3 ± 6.79	28,827	93.9% ± 0.00	22.1 ± 0.11	540.1 ± 29.60
	Yヒノ	77.9 ± 2.67	242.4 ± 11.78	117.2 ± 5.10	28,415	91.2% ± 0.01	21.0 ± 0.09	479.5 ± 22.53
	Yベニ	83.2 ± 0.49	208.4 ± 19.83	121.0 ± 1.50	25,223	92.3% ± 0.02	23.1 ± 0.33	527.5 ± 8.74
	Yノウ	79.2 ± 1.36	220.5 ± 6.73	102.9 ± 7.68	22,694	93.8% ± 0.01	23.4 ± 0.44	501.4 ± 5.67
O水田	Oコシ	42.9 ± 0.53	171.7 ± 1.68	93.6 ± 3.65	16,076	90.2% ± 0.01	20.5 ± 0.08	249.1 ± 5.37
	Oアキ	56.7 ± 0.91	204.5 ± 2.53	101.1 ± 5.31	20,684	92.0% ± 0.01	22.5 ± 0.22	367.9 ± 3.71
	Oヒノ	57.3 ± 1.12	192.8 ± 0.84	101.2 ± 0.65	19,498	94.5% ± 0.00	22.1 ± 5.67	360.6 ± 6.36
	Oベニ	60.0 ± 2.84	181.0 ± 14.31	92.3 ± 2.31	16,706	93.8% ± 0.03	22.4 ± 0.07	320.6 ± 7.59
	Oノウ	63.7 ± 0.84	178.5 ± 1.68	97.2 ± 6.31	17,341	94.3% ± 0.01	23.7 ± 0.16	356.7 ± 0.86

平均±標準偏差

表6 品種別収量構成要素

供試品種	全乾物重 (g/株)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂粒数 (粒/穂)	粒数 (粒/m <sup>2</sup> )	登熟歩合	1000粒重 (g)	推定収量 (kg/10a)
コシヒカリ	44.2 ± 1.37 c	152.4 ± 5.89 c	107.8 ± 3.31 a	16,371	93.4% ± 0.00 a	21.1 ± 0.15 e	296.3 ± 15.03 c
秋の詩	59.3 ± 2.05 b	186.1 ± 5.52 a	111.9 ± 5.65 a	20,760	85.0% ± 0.02 cd	22.5 ± 0.14 c	352.3 ± 16.37 ab
ヒノヒカリ	58.9 ± 1.89 b	180.6 ± 7.58 ab	111.5 ± 2.42 a	20,152	85.0% ± 0.01 d	21.6 ± 1.55 d	332.5 ± 13.24 bc
ベニアサヒ	69.2 ± 3.68 a	168.0 ± 11.48 bc	117.3 ± 5.26 a	19,499	90.3% ± 0.02 ab	23.2 ± 0.23 b	392.8 ± 20.99 a
農林16号	64.6 ± 1.11 ab	170.2 ± 5.26 ab	109.7 ± 7.70 a	18,447	87.7% ± 0.03 bcd	23.8 ± 0.28 a	367.0 ± 4.23 ab
平均	59.3 ± 2.02	171.5 ± 7.15	111.6 ± 4.87	19,046	88.3% ± 0.02	22.4 ± 0.47	348.2 ± 13.97

全水田において、チューキーの多重比較検定(5%水準)をおこなった。

数字のあとと同じアルファベットは、各項目について有意な差がないことを示す。

平均±標準偏差

収量構成要素の中で晩生が高かったのは、全乾物重・登熟歩合・1000粒重であった。草丈の伸長は8月中旬頃までは、中生と晩生は同じくらいであるが、中生の伸長が止まった後も、晩生は9月頃まで伸長している。これは品種の特性もあ

るが、このことが晩生の全乾物重が高い要因の1つであると思われる。また、登熟歩合・1000粒重が高かったことから、晩生の品種は生育後期まで養分供給が十分に行われていて、収量が多い要因になったと考えられる。

## 2)水田間比較

表7 水田別収量構成要素

供試水田	全乾物重 (g/株)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂粒数 (粒/穂)	粒数 (粒/m <sup>2</sup> )	登熟歩合	1000粒重 (g)	推定収量 (kg/10a)
K1	48.1 ±1.58 d	130.8 ±3.57 d	115.5 ±5.34 a	15,098.5	86.7% ±0.02 b	22.9 ±0.21 a	278.2 ±10.20 c
K2	56.2 ±3.76 c	145.6 ±8.92 c	119.8 ±5.58 a	17,477.6	80.3% ±0.03 c	22.3 ±0.19 b	284.3 ±26.65 c
Y	76.6 ±1.49 a	223.7 ±11.88 a	114.2 ±4.90 a	25,545.3	93.1% ±0.01 a	22.2 ±0.23 b	499.3 ±14.27 a
O	56.1 ±1.25 bc	185.7 ±4.21 b	97.1 ±3.65 b	18,061.1	93.0% ±0.01 a	22.3 ±1.24 b	331.0 ±4.78 b

全水田において、チューキーの多重比較検定(5%水準)をおこなった。

数字のあとに同じアルファベットは、各項目について有意な差がないことを示す。

平均土標準偏差

水田間で収量を比較すると、Y水田<sup>a</sup>, O水田<sup>b</sup>, K2水田<sup>c</sup>, K1水田<sup>d</sup>の順に多かった。Y水田は測定した収量構成要素ほぼ全てにおいて高い値を示した。特に穂数は他の3水田よりも多かった。水口の灌漑水のEC値を比較すると、Y水田は移植～約70日まで概ね他の2水田よりも高かった(図2)。また、Y水田は前年が畑作であったことから、土壤環境が他の水田とは異なっている。これらが収量の高い要因の1つとなったのかもしれないが、はっきりしたことは詳しい土壤、灌漑水の分析などを行わないとわからない。

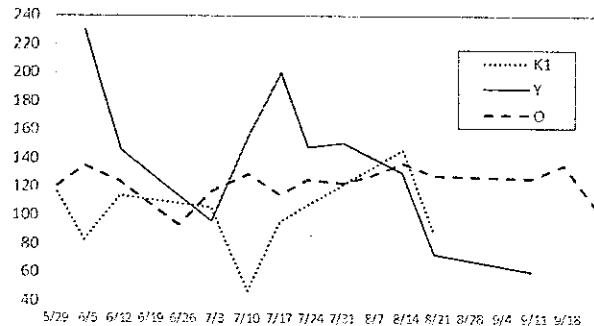


図2 2016水口のEC値(μS/cm)

## 2015,2016年の比較

2015年と2016年の2年間の調査結果を2年共通して供試したコシヒカリ、秋の詩、ベニアサヒの3品種についてK1,K2,Oの3水田で比較してみた。

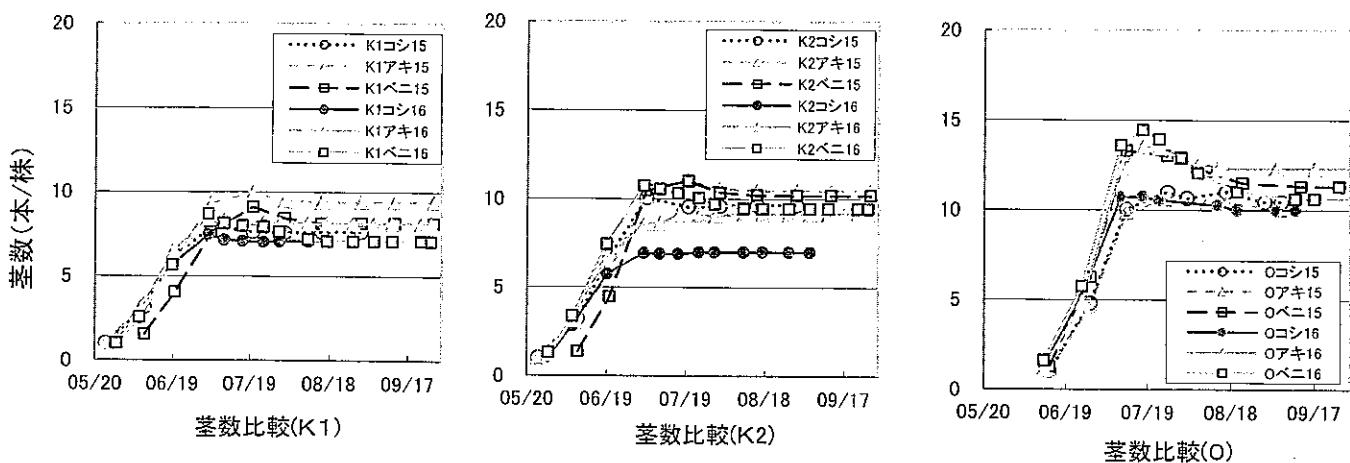


図3 各水田の茎数の推移(2015,16)

## 生育期間の比較

茎数の推移において、年次間差が大きかったのは、K2 水田のコシヒカリと O 水田の秋の詩であった。コシヒカリは、いずれの年もいずれの水田でも茎数は少ない傾向が見られた。ベニアサヒは、茎数の年次間差はいずれの水田においても他の 2 品種よりも小さかった。

## 収量の比較(品種間比較)

品種別の収量は、ベニアサヒ<sup>a</sup>、秋の詩<sup>b</sup>、コシヒカリの順になった。調査を行った 2 年間では、品種の早晚性では、晚生、中生、早生の順に収量が高く、生育期間が長いほど収量が高い結果となった。近年、一般的には、早生品種の栽培が好まれる傾向があるが、それは、①台風による倒伏②ウンカなどによる虫害やいもち病などの害を避けることなどが挙げられる。しかし、竹内ら(1979)は根部の調査で、施肥区では

生育中～後期における根部乾物重増加が停滞したのに対し、無施肥区では末期まで生長が持続し、生育期間が長い品種では施肥区の根量を上回ったことを報告している。このことより、無施肥栽培のイネは最後まで根が健全であるため、施肥区よりも倒伏しにくいと考えられる。また、千葉(1980)は、倒伏しにくい理想的なイネは第 1 節間(穂首節間)から折り曲げた時、穂が地面につくとしているが、節間長の測定により、無施肥栽培のイネはその姿に当てはまる(測定値省略)。また、圃場でも無施肥栽培のイネの倒伏例は少ない。さらに平井ら(1979)は、無施肥田でのイネは生育が進むとともにケイ化細胞数が増加したことを認めている。特に、イネの登熟期に無施肥田でケイ化細胞が激増したことを報告し、穂首いもち病などの発生にかなり抑制的に作用するものと考えている。(慣行栽培のイネは、ケイ化細胞数は生育初期に多く、生育が進むと共に減少した。)また、無施肥田の近隣がウンカの被害を受けた時でも、無施肥田は被害を受けなかったという事例も過去に報告されている。以上の事から、稻の生育期間が長いことによる懸念材料のいくつかは、無施肥栽培ではあまり問題にならないと考えられる。このことから、無施肥栽培においては、収量が高い傾向にある生育期間の長い品種が適していると思われた。

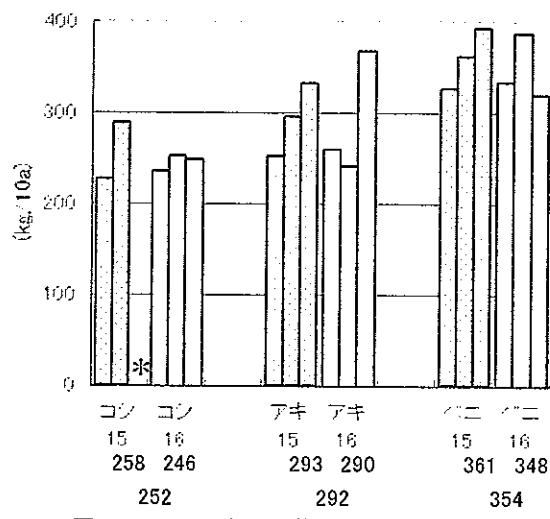


図 4 K1,K2,O水田の推定収量(2015,2016)

\*Oコシ15は鳥害のため解析から除いた

## 収量(水田間比較)

水田別の収量は、O<sup>a</sup>,K2<sup>ab</sup>, K1<sup>b</sup> 水田の順になった。しかし、ベニアサヒの収量の水田間差はコシヒカリ、秋の詩のそれに比べると小さかった。多田羅ら(2016)は土壤を30°C 4週間湛水培養した後の液相中の養分濃度( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ )および可給態窒素量、土壤溶液中の各種養分濃度の調査を K1, Y3, O 水田で行った。その結果、K1 水田土壤は湛水培養後の液相中

$\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ , 可給態窒素量いずれも他の水田より低い傾向にあった。しかし、K1 水田の土壤溶液中の  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SiO}_2$  の値は移植後 60 日頃から増加し、Y3 に及ばないものもあるが同等のものもあり、O 水田よりは高くなつた。このことから、K1 水田は初期生育が収量を左右する早生品種ではなく、生育期間の長い晩生品種の栽培に適しているのではないかと推察された。

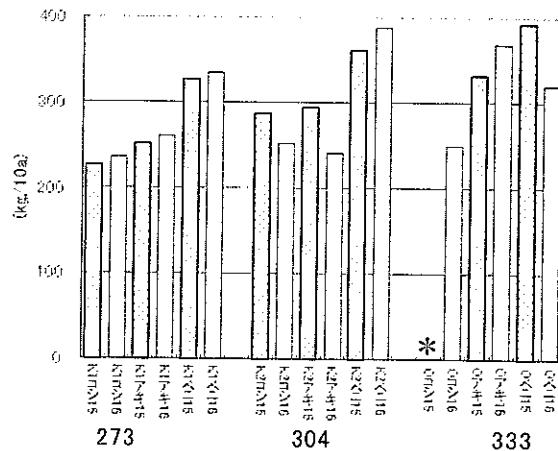


図 5 K1,K2,O水田の推定収量(2015,2016)

\*Oコシヒカリは鳥害のため解析から除いた

## 【今後の研究課題】

今回の実験では、2015 年の調査と同様、全水田を平均すると栽培期間が長い品種ほど収量が高い傾向が見られた。またコシヒカリは 2015 年の調査と同様、収量が低かった。これは奥村ら(1979)が、すでに晩生品種の無施肥田への適応性の高さを認めていたこと、また無施肥田の玄米収量に影響するとされる 7 月中旬以降の地力発現の期間にあたる時期の生育日数が著しく少ない早生品種の無施肥栽培に対する適応性が低いということを、今回の調査で別の水田において確認できたことになる。今後、水田間の差は何に起因するのか、それぞれの圃場に合った品種などを明らかにしていきたい。また、2016 年より加えた 2 品種の動向も含めて、年次間差、圃場間差などを引き続き調査していきたい。

## 【引用文献】

- 奥村俊勝・長谷川浩・竹内史郎(1979) 無施肥田と施肥田における水稻品種の生育反応の比較。近畿大学農学部紀要 12: 141-147.
- 平井篤造・木村喜八(1979) 長期無施肥・無農薬田におけるイネのいもち病抵抗性。近畿大学農学部紀要 12: 189-193.
- 竹内史郎・奥村俊勝・長谷川浩(1979) 無施肥田と施肥田における水稻の生育反応差異。近畿大学農学部紀要 12: 135-140.
- 栗原浩監修/千葉浩三著(1980) 図集・作物栽培の基礎知識(東京:農山漁村文化協会): 62-63.
- 多田羅翔子・本間香貴・桑田光雄・小林正幸・白岩立彦(2016) 長期無施肥水田の土壤養分動態およびイネの養分吸収。NPO 無肥研 2015 年度研究報告会資料 : 12-17.

## 無施肥無農薬栽培水田における収量形成に及ぼす 土壤とかんがい水の影響(第5報)

伊吹克也<sup>1○</sup>・家田善太<sup>1</sup>・栗田光雄<sup>1,2</sup>・白岩立彦<sup>2</sup> (<sup>1</sup>NPO 無肥研・<sup>2</sup>京大院農)

### 1. 緒言

宇治市小倉で 2003 年から無施肥栽培を継続している水田(以下, O 水田という)とその一部に栗東市で 1951 年から無施肥栽培を継続してきた水田の表土を 2006 年に移設した水田(以下, R 水田という)とを用いて、2011 年より R・O 両水田においてかんがい水と土壌の違いが水稻の生育及び収量に及ぼす影響を調べている。

これまでのポットを埋設して行った 2012 年から 2015 年の実験では、供試した土壌の違いは水稻の生育及び収量に顕著な差を及ぼさなかったが、栽培位置の違いは収量に影響を及ぼしていた。栽培位置の中では圃場の中央部の収量が他の場所よりも少ない傾向が認められたが、より詳細な生育動向を探るため本年は、両水田の水口から水尻までを等分して 5 地点を定め、それぞれの地点での水稻の生育及び収量の調査を行った。また、両水田内のかんがい水の EC 値をメッシュ状に測定し、かんがい水中の無機イオン濃度の位置的変動について調査した。

土壌の違いが水稻の生育・収量に与える影響はこれまでほとんど認められなかつたが、それはかんがい水からの影響が比較的大きかったことが土の効果を隠している可能性も考えられた。そこで本年は R・O 水田と野洲圃場(滋賀県野洲市、2003 年より無施肥)および亀岡 I 圃場(京都府亀岡市、1993 年より無施肥)より採取した土壌を用いて水稻をポット栽培して調査した。本報は 5 年目の試験結果をまとめたものである。

### 2. 実験方法

#### (1) 栽培位置による影響

R 水田, O 水田それぞれにおいて水口から水尻までの間に各 5 地点を等分に定め、各々の地点で連続 10 株について全ての株の茎数、草丈および葉身の SPAD 値(ミノルタ製 SPAD-502 を使用)を調査した(図 1)。測定は移植 2 週間後から、茎数、草丈は出穂 2 週間後ま

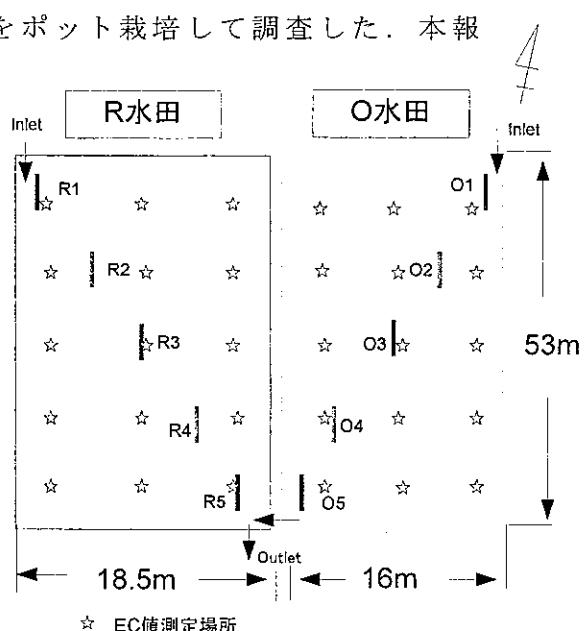


図 1 測定場所

で、SPAD 値は収穫前日まで、1~2週間ごとに測定した（開花後 2 週間は除く）。同時に水路および各水田内に定めた各 15 か所でかんがい水の EC 値（HORIBA 製 B-173 EC メータを使用）を測定した（図 1）。

供試品種はベニアサヒで、生育調査をした全株について、収穫後に玄米重、穂数、桿長、穗長、粒重、粒数、空粒数、千粒重、玄米水分率を計測した。

## （2）栽培土壤による影響（ポット試験）

ポット（1/2000a）に R 水田、O 水田、野洲圃場、亀岡 I 圃場の土壤ならびに川砂を充填し、それぞれ R 区、O 区、Y 区、K 区、Sd 区とし、R 水田、O 水田 にそれぞれ 2 反復設置した。区画内に R 区、O 区はそれぞれ 6 ポット、Y 区、K 区、Sd 区はそれぞれ 2 ポットずつ、ポットの縁が田面と同じ高さになるように埋設した。供試品種はベニアサヒで、各ポットに 1 株 3 本ずつ手植えした。

全ポットについて、収穫後、（1）と同様の項目を計測した。

（3）統計処理には処理区間の比較には分散分析およびチューキーの多重比較検定を用いた。

## 3. 実験結果

### 3-1 栽培経過

供 試 品 種	ベニアサヒ
播 种	4 月 23 日
育 苗	ポット育苗箱に播種、折衷苗代に置床・湛水
移 植	5 月 29 日
水 管 理	かけ流しで 6 月 12 日より落水（9 月 27 日）まで湛水状態を維持
最 高 分 蕊 期	7 月 13 日
出 穗 期	8 月 28 日
落 水	9 月 27 日
收 穫	10 月 9 日

無施肥無農薬栽培開始年 2003 年（R 水田表土は 1951 年）

### （1）栽培位置による影響

栽培水田（R 水田、O 水田）および水田内の栽培位置を因子として収量および収量構成要素のそれについて統計処理を行った（表 1）。

栽培位置間では水尻部が穂数と玄米収量で他の位置よりも有意に多かった。

1 穗粒数と 1000 粒重には栽培位置間に有意な差はなかった。登熟歩合は水尻部付近が水口及び中央部より有意に高く、全乾物重は水尻部と水口部が中央部付近よりも大きく、収穫指数は水尻部付近が水口部よりも大きかった。

中央部の玄米収量が水口部・水尻部に比べ少ない傾向にあったのは、昨年ま

でのポットを用いた試験と同様の結果であった。

水田間では、R水田とO水田との間に玄米収量はほとんど差がなかったものの、1穂粒数と収穫指数でR水田がO水田よりも有意に大きかった。それ以外の収量構成要素に顕著な差は認められなかった。

表1 栽培水田および水田内の栽培位置の違いによる収量および収量構成要素の2元配置分散分析およびチューキーの多重比較検定

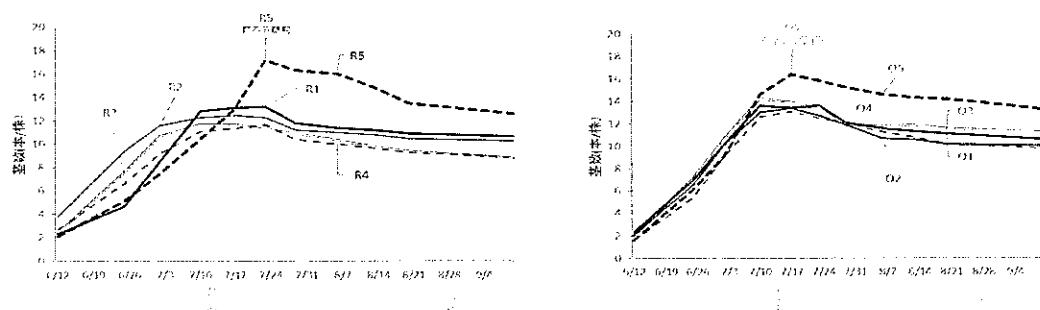
栽培位置	水田	玄米収量(g/株)	穂数(本/株)	1穂粒数(個/本)	登熟歩合(%)	1000粒重(g)	全乾物重(g/本)	収穫指数HI(-)					
1(水口部)	R水田	23.04 ± 2.20	b	10.7 ± 1.1	a	113.4 ± 11.6	94.8 ± 0.6	23.1 ± 0.1	69.6 ± 6.2	ab	0.331 ± 0.006		
	O水田	19.73 ± 1.39	b	10.6 ± 0.7	b	94.8 ± 13.0	89.1 ± 1.7	22.7 ± 0.6	62.2 ± 4.0	c	0.317 ± 0.007		
2	R水田	19.72 ± 1.62	b	10.3 ± 0.8	b	107.5 ± 13.9	a	91.9 ± 1.1	22.4 ± 0.3	a	60.0 ± 5.4	b	0.332 ± 0.008
	O水田	18.14 ± 0.75	b	9.9 ± 0.5	b	93.7 ± 7.1	a	96.7 ± 1.0	23.4 ± 0.1	b	53.0 ± 2.0	b	0.342 ± 0.006
3(中央部)	R水田	19.25 ± 0.99	b	9.1 ± 0.5	b	106.9 ± 5.1	a	91.6 ± 1.1	22.7 ± 0.1	a	56.4 ± 3.1	b	0.342 ± 0.005
	O水田	19.98 ± 1.36	b	11.2 ± 0.8	b	85.5 ± 3.5	a	93.0 ± 0.8	22.8 ± 0.1	a	61.8 ± 4.1	b	0.324 ± 0.006
4	R水田	19.08 ± 0.93	b	8.9 ± 0.4	b	103.0 ± 3.3	a	95.3 ± 1.1	23.1 ± 0.3	a	53.2 ± 2.5	b	0.359 ± 0.006
	O水田	19.05 ± 1.70	b	9.8 ± 0.9	b	97.3 ± 2.6	a	95.4 ± 0.7	22.8 ± 0.1	a	56.4 ± 4.8	b	0.337 ± 0.006
5(水尻部)	R水田	24.12 ± 1.38	a	12.6 ± 1.0	a	100.5 ± 12.5	a	95.3 ± 0.6	22.8 ± 0.3	a	67.8 ± 3.5	a	0.356 ± 0.005
	O水田	27.67 ± 2.30	a	13.3 ± 1.1	a	92.5 ± 10.0	a	95.9 ± 0.5	23.0 ± 0.0	a	78.4 ± 6.8	a	0.354 ± 0.005
分散分析	栽培位置	**	**	n.s.	*	n.s.	n.s.	**	**				
	水田	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*				
	交互作用	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				

R,O両水田の水口から水尻にかけて5か所の連続10株について測定した。

平均値と標準誤差。\*\*は1%水準で有意差があることを示し,\*は5%水準で有意差があることを示す。n.s.は5%水準で有意差がないことを示す。

数字のあとと同じアルファベットは各項目についてチューキーの多重比較検定(5%水準)で有意な差がないことを示す。

水田ごとに茎数の推移を図2に示した。生育初期(7月10日まで)においてO水田では栽培位置間には顕著な違いは認められなかつたが、R水田ではR1区を除くと水尻に近いほど茎数は少なくなった。両水田とも水尻部の分蘖が他の場所よりも長く続き、水尻部では最高分蘖期がR水田で1週間、O水田で3日ほど遅くなり、茎数も多くなつた。



R水田

O水田

図2 水田別茎数の推移

稻の窒素吸収量と相関のあるとされる草丈×1株当たり茎数×SPAD 値の推移を図 3 に示した。R 水田の水尻部 (R5 区) を除いて、草丈×茎数×SPAD 値は最高分蘖直後から減少し、出穂 2 週間前ごろから出穂 10 日後ごろまで増加する傾向がみられた。一方で R5 区では最高分蘖の 2 週間後まで増加し、その後出穂 1 週間前まで減少した後、出穂 10 日後ごろまで増加した。

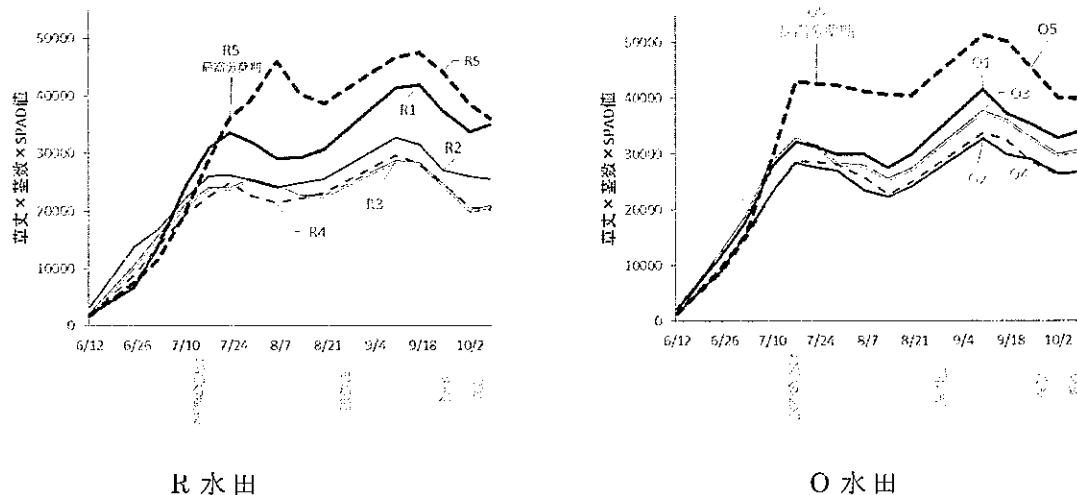
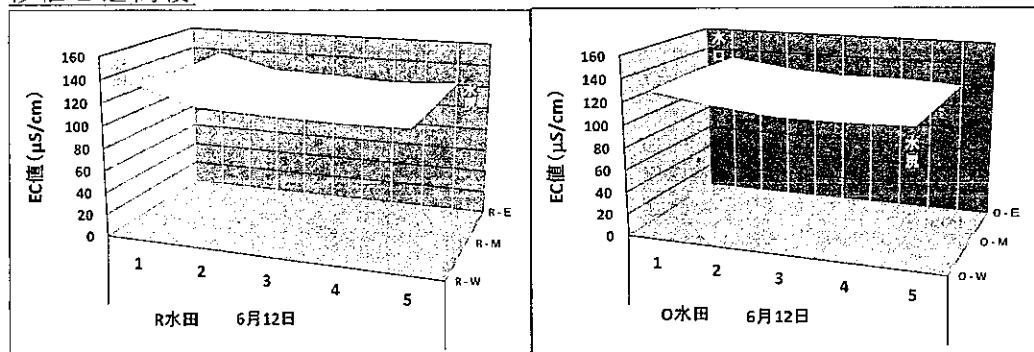


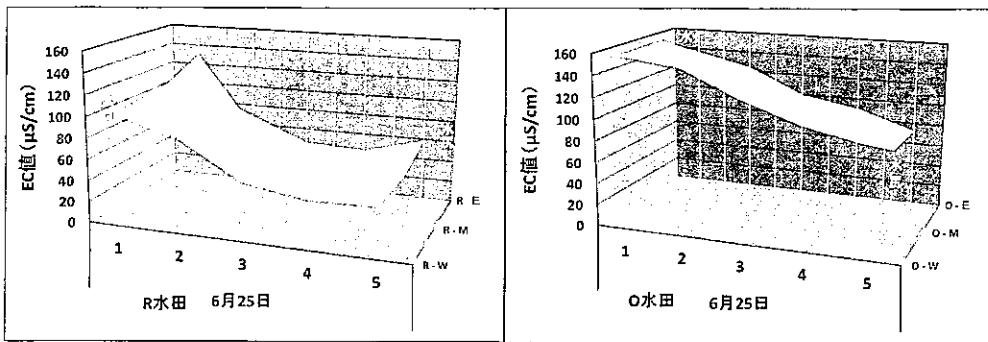
図 3 水田別窒素吸収量と相関のある 草丈×1株当たり茎数×SPAD 値の推移

水田内のかんがい水の EC 値の位置変動を図 4 に示した。移植 14 日後（6 月 12 日）は圃場内の位置間に EC 値の差はほとんどなかった。移植 4 週間後（6 月 25 日）には両水田とも水口から水尻へかけて EC 値は漸減しており、特に R 水田においてそれが顕著であった。しかし、それ以外の時期にはどちらの水田でも位置による EC 値の変動はほとんど見られなかった。

#### 移植 2 週間後



### 移植 4 週間後



### 出穂 2 週間前

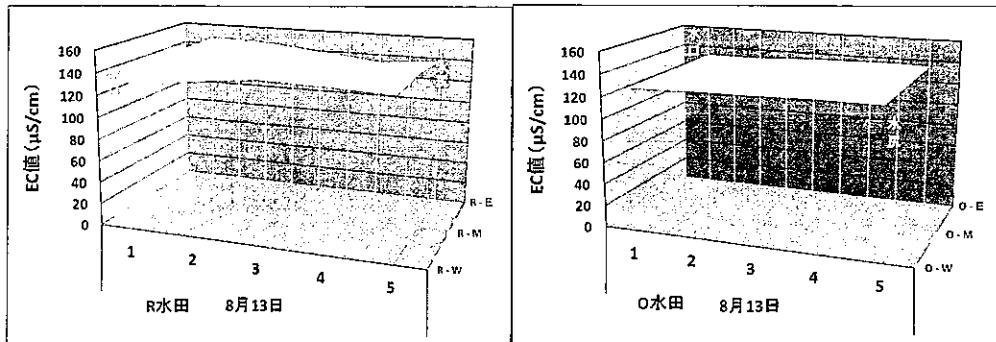


図 4 水田別かんがい水の E C 値の位置変動の推移

### (2) 栽培土壤による影響

ポットを用いた試験（ポット試験）では、各栽培土壤間には玄米収量で有意ではないものの Y,O > R > K の傾向があった。穗数は O > Y > R,K, 1 穗粒数は Y > R,O > K, 全乾物重は Y,O > R > K の順に大きかった。登熟歩合、1000 粒重と収穫指数には各区間に顕著な差は認められなかった。（表 2）

表 2 栽培土壤の違いによる収量および収量構成要素（ポット試験）

栽培土壤	玄米収量(g/pot)	穗数(本/pot)	1穗粒数(個/本)	登熟歩合(-)	1000粒重(g)	全乾物重(g/pot)	収穫指数HI(-)
R区	14.16 ± 0.70 a	8.8 ± 0.3 b	83.6 ± 3.7 a	0.95 ± 0.01 a	22.9 ± 0.1 a	44.3 ± 1.9 ab	0.319 ± 0.006 a
O区	15.99 ± 0.94 a	11.1 ± 0.6 a	79.9 ± 2.9 a	0.91 ± 0.03 a	22.9 ± 0.1 a	51.6 ± 2.3 a	0.308 ± 0.010 a
K区	12.24 ± 0.64 a	8.5 ± 0.3 b	73.7 ± 4.0 a	0.93 ± 0.02 a	23.2 ± 0.6 a	37.0 ± 1.8 b	0.334 ± 0.019 a
Y区	15.95 ± 1.54 a	9.5 ± 0.3 ab	91.5 ± 4.6 a	0.94 ± 0.01 a	23.0 ± 0.2 a	51.6 ± 3.4 a	0.306 ± 0.013 a
分散分析	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.

各地点から採取した土壌を充填したポット(1/2000 a)をR,O両水田にR区、O区は24ポットずつY区、K区は8ポットずつ設置した。

それぞれのポットに水稻(ベニアサヒ)の苗を1株3本植えした。

平均値と標準誤差、\*\*は1%水準で有意差があることを示し、\*は5%水準で有意差があることを示す。n.s.は5%水準で有意差がないことを示す。

数字のあとと同じアルファベットは各項目についてチューキーの多重比較検定(5%水準)で有意な差がないことを示す。

参考として O,K,Y の圃場でベニアサヒを栽培した丸田ら(2017)の結果（圃場試験）を表 3 に示した。それによると各圃場間で玄米収量および全乾物重は Y > O,K, 穗数は Y > O > K の順に大きく、1 穗粒数は K > Y > O の傾向があつ

た。同一水環境で異なる圃場の土壤を用いたポット試験と、異なる圃場で行った圃場試験との間で、水田土壤間にまったく異なる傾向が認められた。

表3 圃場別収量および収量構成要素（圃場試験），丸田ら(2017)本報告 p.7-13より作成)

圃場	玄米収量(g/株)	穂数(本/株)	1穂粒数(個/本)	登熟歩合(-)	1000粒重(g)	全乾物重(g/株)	収穫指数HI(-)
O	19.45 ± 1.00 b	10.8 ± 0.4 a	92.3 ± 3.7 b	93.8 ± 0.03 a	22.4 ± 0.1 b	60.0 ± 3.2 b	0.321 ± 0.010 b
K	19.55 ± 1.26 b	7.4 ± 0.5 b	130.8 ± 6.7 a	90.6 ± 0.00 a	24.1 ± 0.1 a	58.8 ± 4.0 b	0.334 ± 0.005 b
Y	31.59 ± 1.41 a	12.3 ± 0.8 a	121.0 ± 1.9 a	92.3 ± 0.02 a	23.1 ± 0.3 ab	83.2 ± 3.8 a	0.380 ± 0.004 a

分散分析 \*\* \*\* \*\* n.s. n.s. \*\* \*\* 平均値と標準誤差。\*\*は1%水準で有意差があることを示し、\*は5%水準で有意差があることを示す。n.s.は5%水準で有意差がないことを示す。

水稻(ペニアサヒ)の苗を1株3本植えた。

数字のあと同じアルファベットは各項目についてチューキーの多重比較検定(5%水準)で有意な差がないことを示す。

#### 4.まとめ

R, O 両水田とも水尻部の玄米収量が多く、中央部が少なかった。両水田とも水尻部の生育は6月中には低調であったが、その後、生長の速度が高まり、かつ長く続いたことで他の場所よりも茎数や草丈が大きくなかった。これは6月25日の圃場内かんがい水のEC値が水尻に近いほど低かったことから、このころは他の場所よりも水尻部の養分供給が少なかったと考えられる。その後、かんがい水のEC値に位置的変位が少ないことから、水田土壤に沈着・吸着された養分と土壤から溶出した養分が釣り合った状態になったと考えられ、水尻部にも養分が供給されるようになったことで生長が促進されたのではないかと思われた。またR水田の茎数が6月中は水口から水尻に向けて少なくなっていたことから、O水田よりもR水田で生育初期にはかんがい水の養分への依存が大きかった可能性が示唆された。

一方でR水田はO水田より1穂粒数が多かったことから、R水田では幼穂分化期に稻に養分を多く供給していることが示唆され、R水田とO水田では土壤の養分供給能力に時期的な違いがあると考えられた。すなわちR水田では、生育初期はかんがい水に依存する割合が高く、生育中期以降には土壤から供給される養分を水稻が利用しやすくなっていることが考えられた。これは、無施肥栽培の特性としていわれている秋優りの特徴と合致する。

中央部の玄米収量が少なかった原因については、調査地点を2か所ずつ増やしたもの詳しくは判明しなかった。水口や水尻とその他の部分とは、かんがい水の流量、流速、水温など、多くの点で異なる状態が考えられることから、R水田とO水田での水田内の位置変動については、さらに詳細なデータを得る必要があるように思われた。水田内の位置変動が水稻の生育・収量に及ぼす影響を把握することは、無施肥栽培水田圃場での安定的な生産に寄与するものと考えられ、今後の課題となる。

栽培土壤の差異は、ポット試験と圃場試験との間で異なった傾向がみられたことから、ポット試験の物理的な制約が無施肥栽培の生育後期にまで養分を供給する特長を見極めるには工夫が必要なように思われた。しかしながら、ポット試験と圃場試験を組み合わせることで、圃場間に養分を供給する量と時期が異なる可能性が示唆され、土壤の水稻の生育・収量に及ぼす影響は小さくないと考えられた。今後は、それぞれの圃場の土壤特性を生かした無施肥栽培法の確立が必要となると思われた。

## 5. 参考文献

長谷川浩・竹内史郎・奥村俊勝(1979) 長期無施肥田における水稻諸形質の位置的変動(II). 近畿大学農学部紀要 12 : 109-115.

丸田信宏・棄田光雄・白岩立彦(2017)品種と水田の違いが無施肥無農薬栽培における水稻の生育・収量に及ぼす影響(第2報). NPO 無肥研 2016年度研究報告会 資料 : 7-13.

## 長期無施肥水田における土壤養分動態およびイネの養分吸収

—2014, 2015, 2016 年の調査結果—

多田羅翔子<sup>1)</sup>, 本間香貴<sup>2)</sup>, 粕田光雄<sup>1,3)</sup>, 小林正幸<sup>3)</sup>, 白岩立彦<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>京都大学大学院農学研究科, <sup>2)</sup>東北大学大学院農学研究科,

<sup>3)</sup>NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会

近年, 環境保全や食の安全・安心の観点から, 低投入・低負荷型農業が注目を集めている。水稻作では, 無施肥・無農薬で栽培を行いながら, 慣行栽培の 6~7 割程度の収量を長期にわたり維持している事例が報告されている。作物生産における土壤の窒素, リン, カリウム等の養分動態の重要性が指摘されており, 特に長期無施肥水田では生産性および持続性に大きく影響すると考えられる。しかし, その詳細は明らかとなっていない。本研究では, 長期無施肥水田の生産性および経年持続性に寄与する要因を土壤養分動態の観点から明らかにすることを目指して, 対象水田の土壤養分特性, 土壤溶液養分濃度の推移, イネの養分吸収および収量について解析を行った。

### 【材料および方法】

2014, 2015, 2016 年に, NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会(無肥研)に所属する福井, 滋賀, 京都の長期無施肥水田圃場において調査を行い(図 1), 比較対象として京都大学大学院農学研究科附属京都農場(京大圃場)にて栽培試験を行った。京大圃場では無施肥区と緩効性肥料を施用した施肥区を設けた。2014 年および 2015 年は, 無肥研野洲圃場, 亀岡圃場, 小倉圃場小倉区および栗東区と京大圃場において, 週に 1 度土壤溶液を採取して養分濃度( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SiO}_2$ )を測定した。加えて栽培前に採取した土壤を 30 °C 4 週間湛水培養し, 液相中の養分濃度変化( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ )を測定した。さらに, 移植 3, 6, 9 週間後, 出穂期, 成熟期の計 5 回, 植物体地上部を採取し, 乾物重および養分含有率(N, P, K, Mg, Ca,  $\text{SiO}_2$ )を測定した。2016 年は, 16 筆の長期無施肥圃場と京大圃場において, 栽培前の土壤の化学性(全 N, 可給態 N, 可給態  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 交換態 K, Mg, Ca, 陽イオン交換容量(CEC), 可給態  $\text{SiO}_2$ )および成熟期の植物体の収量を調査した。



図 1 調査対象圃場の地図

### 【結果および考察】

2016 年に調査した 16 筆の長期無施肥圃場間において, 収量は  $1.79 \sim 4.92 \text{ t ha}^{-1}$  の大きな変異を示した(表 1)。土壤の養分含量も長期無施肥圃場間で変異が大きかったものの, 京大圃場と比較した場合, 可給態  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量が低く, 交換態 K 含量も同等かそれ以下であるが, P, K 以外の養分含量は同等かそれ以上であるという傾向がみられた(表 1)。収量が高かった中村氏, 井上氏の圃場では, 土壤の全 N 含量や CEC も高い傾向にあり, 土壤肥沃度の高さが収量の高さに寄与していると考えられた。

表 1 2016年ににおける調査圃場の収量および土壤の化学性

圃場 <sup>1)</sup>	無施肥 開始年	品種	精耕収量 (t ha <sup>-1</sup> )	土壤の化学性							
				全N (g kg <sup>-1</sup> )	可給態N (mg 100g <sup>-1</sup> )	可給態P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg 100g <sup>-1</sup> )	K (cmolc kg <sup>-1</sup> )	Mg (cmolc kg <sup>-1</sup> )	Ca (cmolc kg <sup>-1</sup> )		
福井	2003	コシヒカリ	4.92	3.34	17.75	187.2	0.24	0.63	5.83	16.89	15.1
	2009	コシヒカリ	2.67	0.80	5.07	32.9	0.15	1.89	4.18	11.99	15.1
滋賀	1997	コシヒカリ	3.41	1.77	16.06	18.0	0.11	2.40	8.90	19.49	27.8
	2003	新羽二重糯	3.66	1.17	4.76	94.6	0.04	0.83	5.57	8.59	19.3
木戸口	2003	コシヒカリ	3.91	1.54	9.60	107.1	0.17	0.60	4.77	11.11	12.2
	2009	コシヒカリ	4.90	2.55	10.22	60.4	0.28	1.92	11.95	21.52	32.2
沢	2010	コシヒカリ	4.38	2.39	14.60	43.6	0.31	2.88	10.89	22.66	27.9
	2007	コシヒカリ	3.87	1.55	18.77	74.8	0.32	1.03	5.52	12.30	17.9
中道I	2010	コシヒカリ	3.28	1.52	17.64	105.8	0.25	0.86	4.65	10.01	16.1
	2010	秋の詩	1.79	1.04	5.62	42.1	0.13	0.58	4.21	8.61	12.4
京都	1993	コシヒカリ	3.10	1.75	9.09	129.9	0.25	0.97	6.61	11.92	14.8
	2009	ベニアサヒ	3.03	1.22	6.46	44.1	0.06	0.64	3.52	10.14	13.4
小倉O	2003	ベニアサヒ	3.55	1.24	5.80	17.4	0.08	0.85	5.35	11.00	17.6
	1951 <sup>2)</sup>	農林16号	2.57	1.26	8.59	153.3	0.06	0.57	4.82	9.51	12.1
上田I	1965	ベニアサヒ	2.78	1.40	10.03	144.9	0.09	0.54	4.54	10.21	10.7
	1965	コシヒカリ	2.90	2.15	18.95	98.1	0.14	1.29	5.29	13.79	13.1
京大	無施肥区	2014	コシヒカリ	2.72							
		秋の詩	4.22	1.37	5.38	212.6	0.15	0.41	5.13	10.61	10.9
施肥区		新羽二重糯	3.98								
		ベニアサヒ	4.14								
滋賀		コシヒカリ	5.78								
		秋の詩	6.28	2.42	7.59	381.9	0.31	0.63	6.87	12.84	10.8
木戸口		新羽二重糯	4.99								
		ベニアサヒ	5.19								

<sup>1)</sup>圃場名は無肥研管理水田(は)地名、その他の水田は生産者名(敬称略)で表記した。<sup>2)</sup>滋賀県栗東市にて1951年より無施肥無農薬栽培を行っていた水田の表土を2006年に客土し、以後無施肥無農薬栽培を継続している。  
全Nはケルダール法により測定した。可給態Nは30°C 4週間の灌水培養によって生成したNH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N量を示す。可給態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>はBray II法により測定した。CaおよびCECは、pH7.0 1N酢酸アンモニウム溶液によって抽出し測定した。可給態SiO<sub>2</sub>はpH6.2 リン酸緩衝液抽出法により測定した。

2015年における各圃場の土壤溶液中の養分濃度の推移を図2に示した。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度は京大圃場施肥区、野洲Ⅱ圃場の順に高く、すべての圃場で移植後減少し、移植50日後以降は非常に低い濃度で推移した。PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>濃度は、長期無施肥圃場および京大圃場無施肥区では生育期間を通じて非常に低い濃度で推移した。K<sup>+</sup>濃度は京大圃場施肥区、亀岡Ⅰ圃場、京大圃場無施肥区の順に高く、すべての圃場で移植後減少した。Mg<sup>2+</sup>濃度とCa<sup>2+</sup>濃度はどちらも野洲Ⅱ圃場で顕著に高く、すべての圃場で生育前半に増加し、生育後半に減少した。SiO<sub>2</sub>濃度は野洲Ⅱ圃場、京大圃場施肥区、京大圃場無施肥区の順に高く、すべての圃場で移植後減少した。生育初期における土壤溶液中のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>濃度は採取土壤の湛水培養分析における液相中の各養分濃度と正の相関を示し(データ省略)、湛水培養で示される土壤の養分供給能が土壤溶液中の養分濃度に反映されていると考えられた。

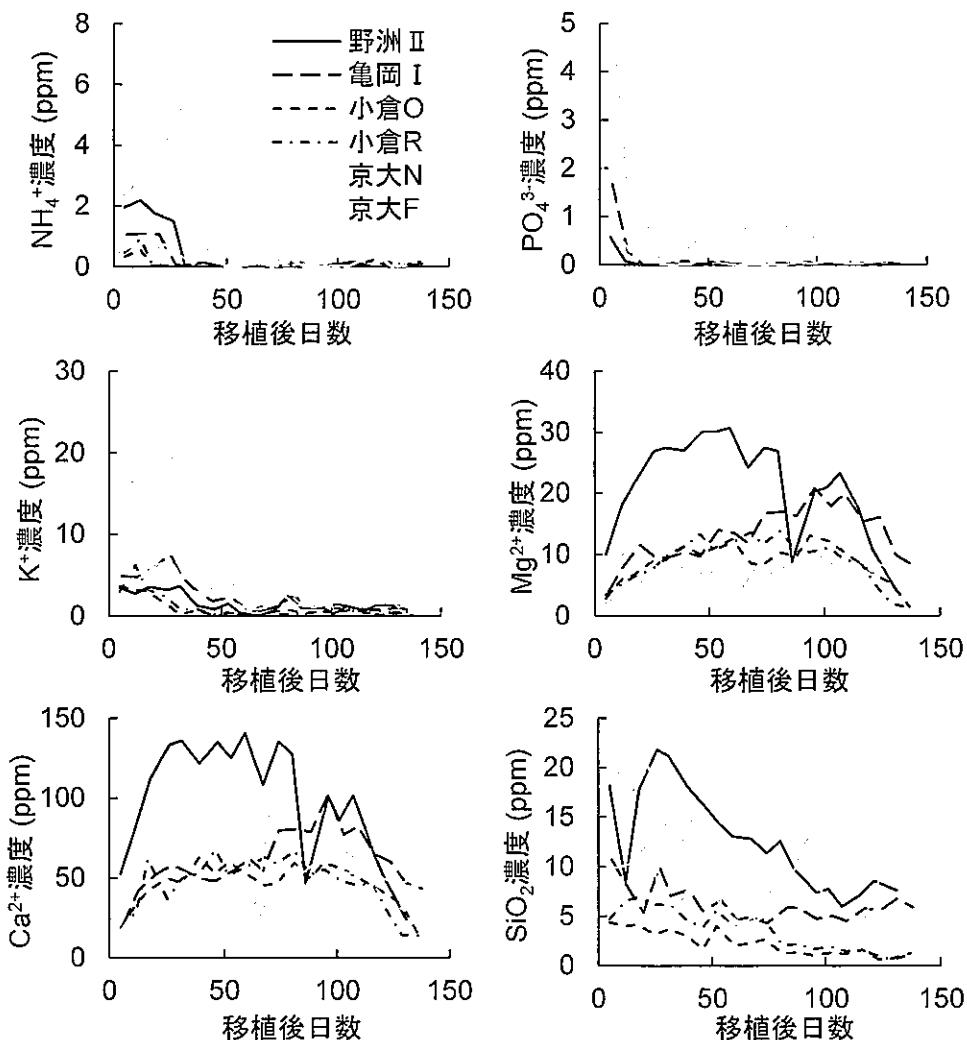


図2 2015年における土壤溶液中の養分濃度の推移

2015年における各圃場の収量を図3に示した。土壤溶液中の養分濃度と収量の高低は必ずしも対応しなかった(図2、図3)。土壤溶液中の養分濃度と植物体の養分吸収速度とを比較したところ、生育前半において土壤溶液中のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度と植物体のN吸収速度との間に有意な正の相関があり(図4)、生育前半のN吸収が土壤溶液中のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度によって強く影響されていると考えられた。一方生育後半においては、両者の間に明瞭な関係はみられず、植物体のN吸収が土壤溶液中NH<sub>4</sub><sup>+</sup>以外の要因によって支配されていると推測された。

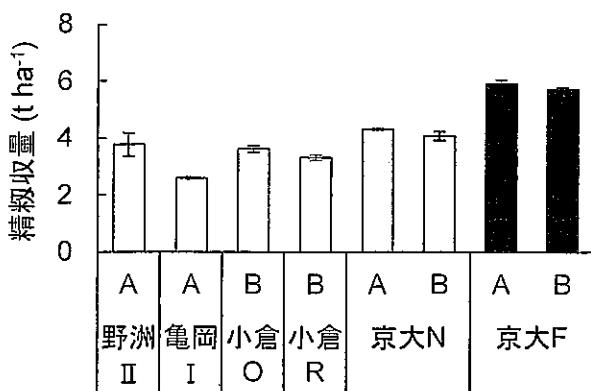


図3 2015年における調査圃場の収量  
 横軸のアルファベットは品種を示す  
 (A: 秋の詩, B: ベニアサヒ).  
 小倉O, Rはそれぞれ小倉圃場小倉区,  
 栗東区を示し, 京大N, Fはそれぞれ京  
 大無施肥区, 施肥区を示す.  
 誤差線は標準誤差を示す(n=3).

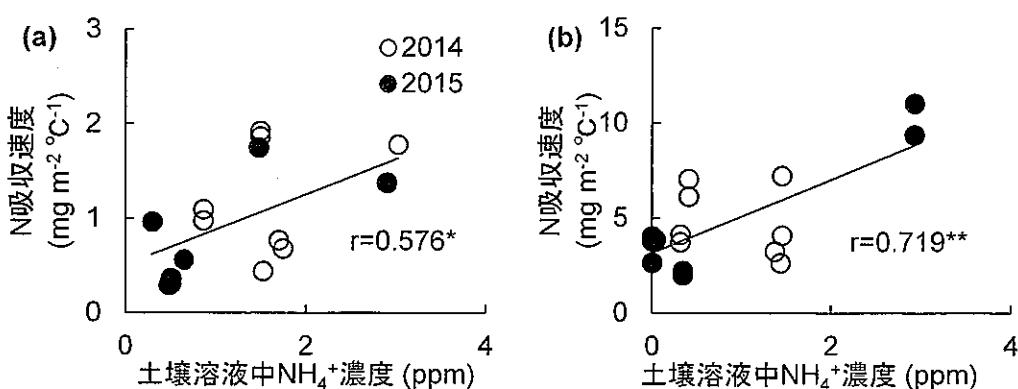


図4 土壤溶液中  $\text{NH}_4^+$  濃度と植物体 N 吸収速度との関係  
 (a: 移植 0~3 週間後, b: 移植 3~6 週間後, \*: P<0.05, \*\*: P<0.01)

以上より、長期無施肥水田における土壤養分動態の主要な特徴が把握できた。長期無施肥水田には京大圃場と比較して土壤肥沃度が低くない例が多く存在することが示され、多収となった圃場では土壤窒素供給力が大きかった。しかし生育初期を除き、土壤養分動態と生産性との関連は明瞭ではなかった。今後、生育後半における土壤養分動態と植物体の養分吸収との関係を定量化し、養分動態の全体像を示すことにより、長期無施肥水田の生産性と経年持続性が明らかになると期待される。

# 生殖生長を活性化することで無施肥栽培水稻 の生育および収量に与える影響

(2016年度無施肥無農薬栽培における水稻栽培比較試験)

家田善太<sup>1○</sup>・栗田光雄<sup>1,2</sup>・白岩立彦<sup>1,2</sup>(<sup>1</sup>NPO 無肥研・<sup>2</sup>京大院農)

## 1. 実験意図・経緯

宇治市小倉に2003年より無施肥無農薬栽培を継続している水田を分割し、滋賀県栗東市にて1951年より無施肥栽培を継続していた水田の表土を2006年に移設した区(R水田10a)と、従来どおり栽培している区(O水田25a)とを設け、無施肥栽培継続年数の異なる2筆の水田で水稻ベニアサヒを栽培している(2008年度報告会資料参照)。

収量の確保を主眼とし、栽植密度や移植時期を異にする試験を2008~2014年に行ってきましたがベニアサヒの収量に及ぼす顕著な結果は得られなかった。これらの試験では茎数を増やすことにより増収をはかるうとしたため、無施肥栽培の特徴として認められていた「有効茎歩合が大きい」(奥村1988)傾向が見られなくなってきた(2008~2014年度報告参考)。

そこで無施肥栽培による収量確保を栄養生长期の生長ではなく生殖生长期の生長を促すことで達成できないかと考え適当な栽培法を模索した。その中で「深水栽培には有効茎歩合が向上する、太い茎になる、秋まさり型になる特徴がある」(大江2012)ことから、2015年はベニアサヒを用いて深水湛水と標準湛水とを比較して試験したところ、深水湛水で収量が増加した。これは深水湛水により有効茎歩合が高くなり、養分を生育後期まで有効に活用できたからではないかと考えられた(2015年度報告会資料参照)。

本年は、ベニアサヒおよびベニアサヒと早晩性の異なる品種(秋の詩・コシヒカリ)を用いて生殖生长期の生長を促す効果の比較をした。

## 2. 試験方法

標準区(標準湛水)と処理区(深水湛水)はそれぞれ  $2.5\text{m} \times 2.0\text{m}$  を畦畔板で囲い常時一定の水位(標準区: 7cm, 処理区: 15cm)を保ち 3 条 14 株を 1 区とし、2 反復した(図 1)。

育苗は本田で通常用いているポット育苗箱を用い、折衷苗代でおこなった。本田への移植は 1 株 3 本を手植えした。

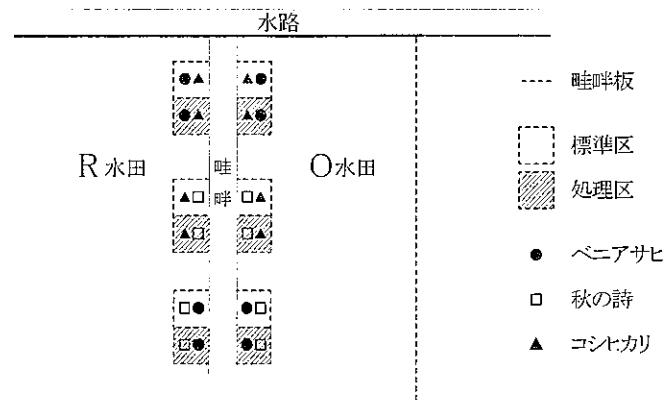


図 1. 試験区の位置

供試品種 ベニアサヒ(晩生)、秋の詩(中生)、コシヒカリ(早生)

播種 4月 23 日

移植 5月 29 日

収穫 9月 11 日(コシヒカリ)、10月 17 日(ベニアサヒ、秋の詩)

試験区間の比較には分散分析 (R 3.3.2) を用いた。

## 3. 調査項目

### 3-1 生育調査項目

各区 10 株を定めて移植から出穂 2 週間後まで 1 週間毎に茎数を、また移植から収穫まで 1 週間毎に草丈および SPAD 値(ミノルタ SPAD-502 を使用)を測定した(出穂～出穂 1 週間後を除く)。

### 3-2 収量・形質調査項目

生育調査した 10 株について、収穫後に穂数、粒重、全乾物重、稈長、穂長および精粒重を測定した。また各区の平均的な穂数の 3 株について粒数、不稔粒数、節間長、粗玄米重、玄米重(粒径 1.8mm 以上の玄米)、玄米粒数、20g 粒数および水分率を計測した。各区の残りの 7 株については、まとめて精粒重、粗玄米重、玄米重(粒径 1.8mm 以上の玄米)、20g 粒数および水分率を測定した。

#### 4. 試験結果と考察

有効茎歩合について標準区と処理区を比較すると処理区の方が有意に高かった(表1,2)。

表2. 有効茎歩合の分散分析

要被因子	自由度	平方和	平均平方和	F値	P値
水田	1	0.00625	0.00625	3.462	0.08746
品種	2	0.09550	0.04775	26.465	3.98E-05 ***
水管理	1	0.01965	0.01965	10.894	0.00633 **
水田×品種	2	0.00147	0.00074	0.408	0.67384
水田×水管理	1	0.00000	0.00000	0.002	0.96308
品種×水管理	2	0.00559	0.00280	1.549	0.25201
水田×品種×水管理	2	0.00679	0.00339	1.882	0.19461
誤差	12	0.02165	0.00180		

\*\*\* p<.001 \*\* p<.01 \* p<.05

生育ステージの各期間について標準区と処理区を比較すると処理区の方が「移植から有効茎数決定期」の期間が有意に長く、「有効茎数決定期から最高分蘖期」と「最高分蘖期から出穂期」の期間が有意に短かった(表3,図2)。

処理区では有効茎決定期から最高分蘖期までの期間が短くなったことにより、無効分蘖が減り有効茎歩合が高くなつたと考えられた。

表1. 分蘖数と有効茎歩合

品種	水田	水管理	最高分蘖数 (本/m <sup>2</sup> )	有効茎数 (本/m <sup>2</sup> )	無効分蘖数 (本/m <sup>2</sup> )	有効茎歩合
ペニアサヒ	0水田	標準区	225.1 ± 29.6	176.1 ± 15.5	51.4 ± 6.9	0.80 ± 0.02
		処理区	226.3 ± 21.0	191.7 ± 19.3	33.7 ± 6.7	0.85 ± 0.03
	R水田	標準区	222.2 ± 22.8	154.0 ± 27.9	68.2 ± 6.5	0.71 ± 0.02
秋の詩		処理区	194.1 ± 22.4	166.4 ± 18.7	25.7 ± 6.4	0.85 ± 0.02
	0水田	標準区	210.7 ± 19.1	217.2 ± 16.9	22.7 ± 6.1	0.91 ± 0.02
		処理区	241.9 ± 1.6	229.5 ± 19.1	13.3 ± 6.0	0.95 ± 0.01
コシヒカリ	R水田	標準区	187.7 ± 16.9	166.7 ± 10.8	21.0 ± 6.0	0.88 ± 0.02
		処理区	178.6 ± 15.3	159.9 ± 13.0	18.7 ± 6.6	0.90 ± 0.02
	0水田	標準区	217.2 ± 16.5	200.3 ± 15.9	21.9 ± 6.2	0.92 ± 0.02
R水田		処理区	181.8 ± 16.0	180.1 ± 15.3	5.9 ± 6.1	0.99 ± 0.01
	標準区		177.6 ± 13.8	165.0 ± 11.7	15.2 ± 6.6	0.91 ± 0.02
		処理区	145.6 ± 9.8	138.0 ± 66.0	11.8 ± 62.8	0.95 ± 0.01

平均植土標準誤差

表3. 移植から出穂までの期間の比較

品種	水田	水管理	移植から 有効茎数決定期	有効茎数決定期 から最高分蘖期	最高分蘖期 から出穂期
ペニアサヒ	0水田	標準区	41.6 ± 1.6	10.1 ± 1.5	42.6 ± 1.6
		処理区	50.6 ± 1.8	7.6 ± 1.8	35.9 ± 1.9
	R水田	標準区	32.9 ± 0.8	14.4 ± 1.6	47.1 ± 1.6
秋の詩		処理区	45.3 ± 1.7	8.7 ± 1.6	41.2 ± 2.4
	0水田	標準区	40.1 ± 1.2	7.3 ± 1.9	37.4 ± 2.0
		処理区	48.3 ± 2.0	6.6 ± 1.8	30.4 ± 2.0
R水田	R水田	標準区	43.2 ± 1.2	7.5 ± 1.7	35.1 ± 2.0
		処理区	50.6 ± 1.7	6.7 ± 1.2	29.2 ± 1.3
	標準区		41.0 ± 1.3	6.9 ± 1.9	49.1 ± 2.5
コシヒカリ	0水田	標準区	56.0 ± 2.9	2.4 ± 1.7	8.9 ± 3.0
		処理区	43.2 ± 2.1	5.2 ± 1.5	19.6 ± 2.3
	R水田	標準区	43.9 ± 2.4	4.9 ± 1.8	19.2 ± 2.6
品種	水田		**	**	
	水田		**	*	*
	水管理				
交互作用					

\*\*\* p<.001 \*\* p<.01 \* p<.05

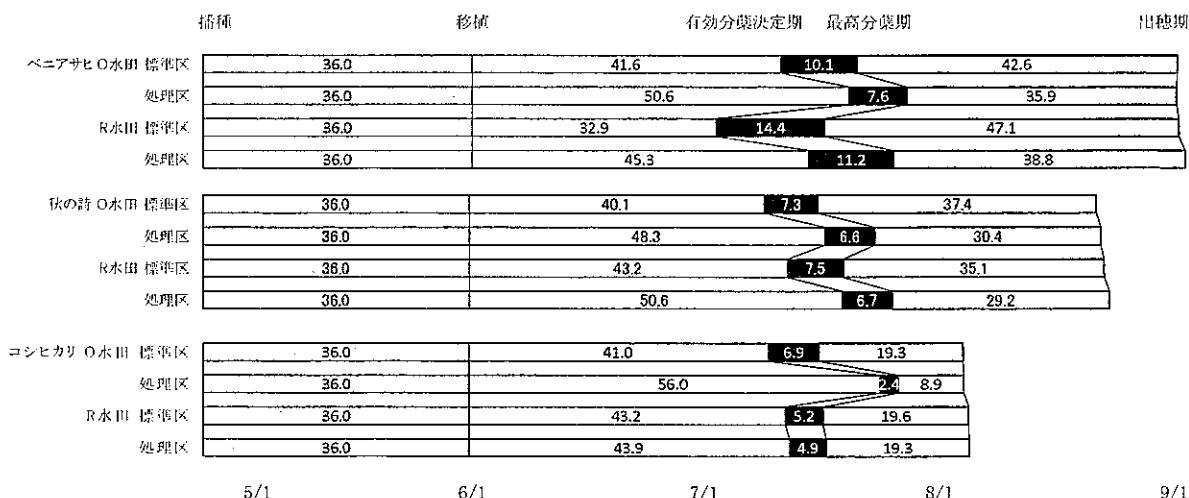


図2. 播種から出穂までの期間

最高分蘖後の茎数の推移を比較すると、ベニアサヒでは0水田、R水田とも処理区が標準区よりも多く推移した(図3)のに対し、秋の詩では0水田は処理区が標準区よりも多く、R水田は標準区が多かった(図5)。またコシヒカリでは0水田、R水田とも標準区が処理区よりも多かった(図7)。

どの品種のSPAD値も有効茎数決定期頃以降では処理区が標準区よりも高くなつた(図4,6,8)。

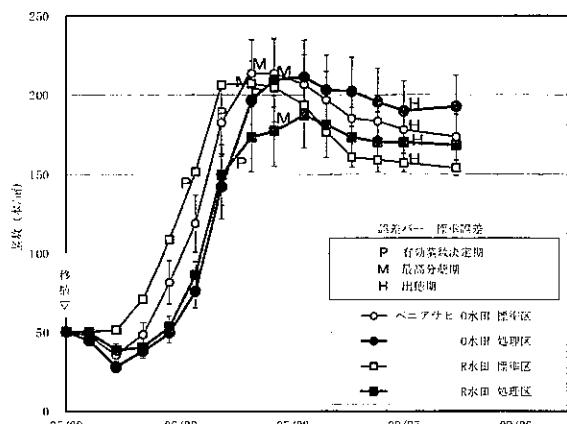


図3. ベニアサヒ 茎数の推移

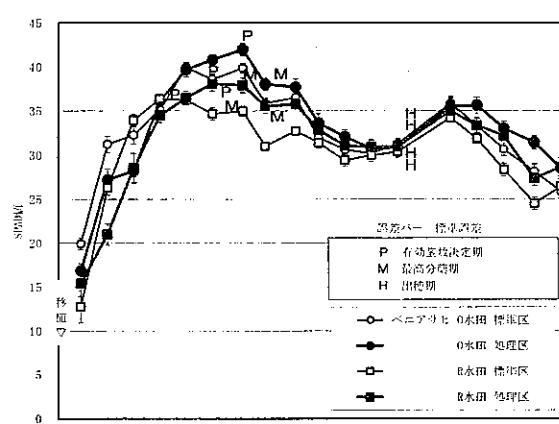


図4. ベニアサヒ SPAD 値の推移

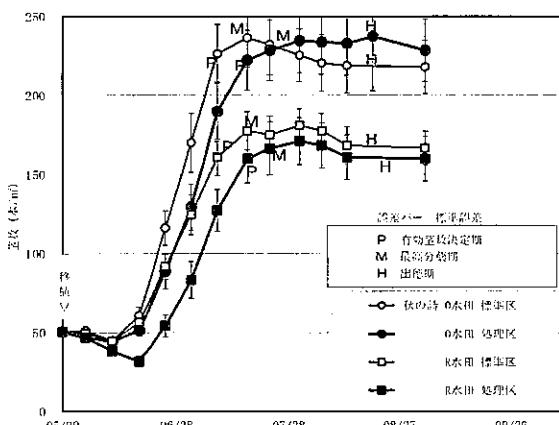


図5. 秋の詩 茎数の推移

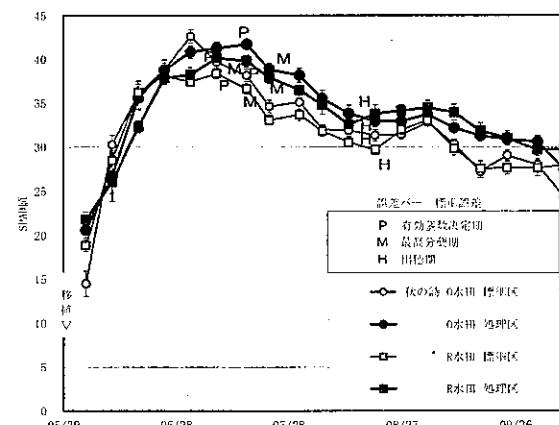


図6. 秋の詩 SPAD 値の推移

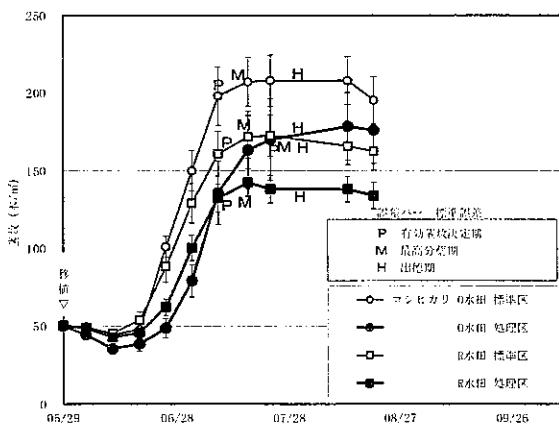


図7. コシヒカリ 茎数の推移

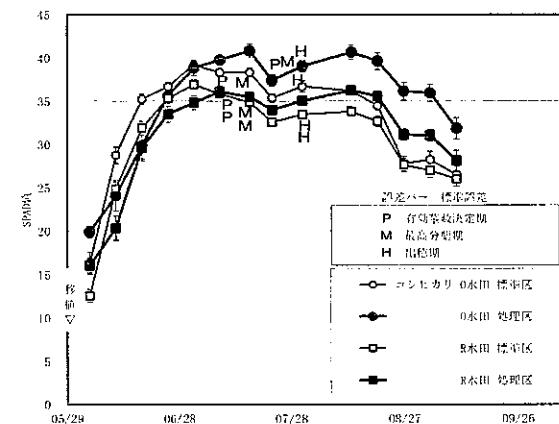


図8. コシヒカリ SPAD 値の推移

稈長、穂長および第1～5節間長について、処理区と標準区の割合を比較すると、ベニアサヒは稈長、穂長、第1～5節間長の全ての項目でR水田の方がO水田より高かった(表4)。秋の詩では稈長、穂長、第1, 2節間でR水田の方がO水田より高かった(表5)。コシヒカリは第2～5節間長でR水田の方がO水田より高かった(表6)。

表4. ベニアサヒの稈長・穂長・節間長

品種	水田	水管理	稈長(cm)	穂長(cm)	第1節間(cm)	第2節間(cm)	第3節間(cm)	第4節間(cm)	第5節間(cm)
ベニアサヒ	O水田	標準区	80.1 ± 0.1	20.2 ± 0.6	38.4 ± 1.1	18.1 ± 0.3	12.8 ± 0.2	7.9 ± 0.4	3.4 ± 0.4
		処理区	79.7 ± 2.9	20.5 ± 0.4	37.8 ± 1.0	18.8 ± 0.4	13.4 ± 1.0	8.2 ± 0.5	2.4 ± 0.3
	割合		0.99	1.02	0.99	1.04	1.05	1.03	0.72
R水田	標準区	76.7 ± 1.3	19.7 ± 0.7	36.6 ± 1.3	17.5 ± 0.6	12.2 ± 0.0	7.7 ± 0.1	3.2 ± 0.3	
		処理区	81.9 ± 3.1	20.3 ± 1.0	38.5 ± 2.0	19.2 ± 0.7	14.2 ± 0.2	8.3 ± 0.3	2.8 ± 0.2
	割合		1.07	1.03	1.05	1.09	1.16	1.09	0.89
水田 水管理 交互作用						*			

\*\*\* p<.001 \*\* p<.01 \* p<.05 割合 処理区/標準区

表5. 秋の詩の稈長・穂長・節間長

品種	水田	水管理	稈長(cm)	穂長(cm)	第1節間(cm)	第2節間(cm)	第3節間(cm)	第4節間(cm)	第5節間(cm)
秋の詩	O水田	標準区	66.8 ± 0.9	17.9 ± 0.4	29.9 ± 1.1	15.4 ± 0.6	11.4 ± 0.4	7.2 ± 0.3	2.7 ± 0.2
		処理区	66.5 ± 1.1	18.3 ± 0.2	30.7 ± 0.5	16.6 ± 0.1	11.6 ± 0.4	6.1 ± 1.0	2.4 ± 0.1
	割合		0.99	1.02	1.03	1.07	1.01	0.85	0.89
R水田	標準区	65.6 ± 1.4	17.6 ± 0.6	29.9 ± 0.5	15.5 ± 0.5	11.4 ± 0.7	6.5 ± 0.8	3.2 ± 0.2	
		処理区	68.6 ± 2.4	18.7 ± 0.3	32.8 ± 0.9	16.9 ± 0.0	11.1 ± 0.3	6.2 ± 1.1	2.7 ± 0.4
	割合		1.05	1.07	1.10	1.09	0.98	0.95	0.83
水田 水管理 交互作用			*		*				

\*\*\* p<.001 \*\* p<.01 \* p<.05 割合 処理区/標準区

表6. コシヒカリの稈長・穂長・節間長

品種	水田	水管理	稈長(cm)	穂長(cm)	第1節間(cm)	第2節間(cm)	第3節間(cm)	第4節間(cm)	第5節間(cm)
コシヒカリ	O水田	標準区	63.7 ± 2.9	18.6 ± 0.6	32.2 ± 0.5	16.2 ± 0.6	10.9 ± 1.2	4.6 ± 0.4	1.9 ± 0.6
		処理区	63.3 ± 0.5	18.4 ± 0.5	32.5 ± 0.8	15.8 ± 0.6	10.6 ± 0.1	4.3 ± 0.8	0.5 ± 0.5
	割合		0.99	0.99	1.01	0.97	0.97	0.94	0.26
R水田	標準区	61.2 ± 1.6	18.2 ± 0.2	33.0 ± 0.4	15.3 ± 0.8	9.5 ± 0.4	3.6 ± 0.3	1.6 ± 0.1	
		処理区	60.6 ± 2.9	17.3 ± 0.0	31.9 ± 1.5	15.5 ± 0.0	9.4 ± 0.4	3.8 ± 0.4	1.0 ± 0.9
	割合		0.99	0.95	0.97	1.01	0.99	1.05	0.63
水田 水管理 交互作用									

\*\*\* p<.001 \*\* p<.01 \* p<.05 割合 処理区/標準区

表 7. 収量の分散分析

変数因子	自由度	平方和	平均平方和	F値	P値
水田	1	11732	11732	19.480	0.000845 ***
品種	2	43461	21730	36.082	8.40E-06 ***
水管理	1	4370	4370	7.255	0.019539 *
水田×品種	2	3655	1827	3.034	0.085825
水田×水管理	1	252	252	0.419	0.529509
品種×水管理	2	8263	4132	6.860	0.010315 *
水田×品種×水管理	2	1201	600	0.997	0.397646
誤差	12	7227	6002		

\*\*\* p&lt;.001 \*\* p&lt;.01 \* p&lt;.05

## 処理の効果が収量に及ぼす影響

を見ると品種×水管理に交互作用が  
出た(表 7)ので、品種別に収量およ  
び収量構成要素を比較した。

ベニアサヒは処理区の方が標準

区より有意に収量が多かったが、それぞれの収量構成要素には有意な差は認められなかった(表 8)。

表 8. ベニアサヒの収量および収量構成要素

品種	水田	水管理	全乾物重(g/株)	穂数(本/m <sup>2</sup> )	一穂粒数(粒/本)	登熟歩合(%)	1000粒重(g)	収量(g/m <sup>2</sup> )
ベニアサヒ	0水田	標準区	57.3 ± 4.3	176.8 ± 8.1	98.6 ± 9.2	96.1% ± 0.3%	23.2 ± 0.1	314.2 ± 1.6
		処理区	63.5 ± 1.0	191.7 ± 2.8	91.5 ± 5.4	95.5% ± 1.0%	22.9 ± 0.2	346.2 ± 6.6
	割合	1.11	1.08	0.93	0.99	0.99	1.10	
R水田	標準区	56.7 ± 1.2	154.0 ± 7.6	90.2 ± 8.0	95.6% ± 0.4%	22.6 ± 0.0	281.3 ± 15.8	
		処理区	61.6 ± 7.6	168.0 ± 27.7	110.8 ± 1.6	94.9% ± 0.4%	22.8 ± 0.4	360.6 ± 33.3
	割合	1.09	1.09	1.23	0.99	1.01	1.28	

\*\*\* p&lt;.001 \*\* p&lt;.01 \* p&lt;.05 割合 処理区/標準区

\*

秋の詩も処理区の方が標準区より有意に収量が多く、それぞれの収量構成要素には有意な差は認められなかった(表 9)。

表 9. 秋の詩の収量および収量構成要素

品種	水田	水管理	全乾物重(g/株)	穂数(本/m <sup>2</sup> )	一穂粒数(粒/本)	登熟歩合(%)	1000粒重(g)	収量(g/m <sup>2</sup> )
秋の詩	0水田	標準区	60.5 ± 2.6	217.2 ± 21.9	81.5 ± 9.2	92.7% ± 0.8%	22.8 ± 0.2	342.3 ± 4.1
		処理区	65.3 ± 3.4	229.7 ± 4.1	88.8 ± 1.2	89.2% ± 3.9%	22.6 ± 0.1	386.2 ± 4.2
	割合	1.08	1.06	1.09	0.96	0.99	1.13	
R水田	標準区	47.3 ± 3.9	166.7 ± 8.4	89.9 ± 8.5	90.7% ± 0.5%	22.7 ± 0.1	273.5 ± 8.6	
		処理区	55.8 ± 3.7	159.9 ± 2.8	103.8 ± 7.1	92.7% ± 0.2%	22.7 ± 0.4	331.1 ± 14.1
	割合	1.18	0.96	1.15	1.02	1.00	1.21	

\*\*\* p&lt;.001 \*\* p&lt;.01 \* p&lt;.05 割合 処理区/標準区

\*\*

\*\*

コシヒカリは処理区間に収量および収量構成要素とも有意な差は認められなかった(表 10)。

表 10. コシヒカリの収量および収量構成要素

品種	水田	水管理	全乾物重(g/株)	穂数(本/m <sup>2</sup> )	一穂粒数(粒/本)	登熟歩合(%)	1000粒重(g)	収量(g/m <sup>2</sup> )
コシヒカリ	0水田	標準区	48.5 ± 1.2	200.3 ± 8.4	95.7 ± 4.0	91.1% ± 1.0%	20.1 ± 0.1	277.3 ± 1.1
		処理区	45.2 ± 1.3	181.0 ± 17.7	107.5 ± 3.3	87.6% ± 1.8%	20.1 ± 0.4	262.9 ± 22.0
	割合	0.93	0.90	1.12	0.96	1.00	0.95	
R水田	標準区	38.1 ± 6.8	165.0 ± 37.0	87.9 ± 8.0	89.3% ± 0.4%	20.3 ± 0.3	226.9 ± 31.8	
		処理区	34.4 ± 2.3	138.9 ± 7.6	82.6 ± 8.6	90.7% ± 0.8%	19.7 ± 0.6	190.5 ± 14.1
	割合	0.90	0.84	0.94	1.02	0.97	0.84	

\*\*\* p&lt;.001 \*\* p&lt;.01 \* p&lt;.05 割合 処理区/標準区

\*

## 5.まとめ

### 5-1 品種の違い

ベニアサヒと秋の詩の収量は処理区の方が標準区より多かった。

コシヒカリの収量は処理区の方が標準区より少なかった。

どの品種も処理区の方が標準区より栄養生长期(移植から有効茎数決定期)が長くなるが、処理区はその間に吸収した養分を根や葉の生長などに有効に活用することにより生殖生长期以降に多くの養分を利用できたのではないかと考えられた。それらはSPAD値の推移や、ベニアサヒと秋の詩では全乾物重が処理区の方が標準区より重かったことなどから示唆される。

一方でコシヒカリは最高分蘖期から出穂期まで19日程度(0水田の処理区は9日程度)と顕著に短くなつたことから生殖生長期に充分な生長が出来なかつたと考えられた。

### 5-2 水田の違い

節間伸長の時期を第5節間：出穂前30～25日、第4節間：出穂前25～7日、第3節間：出穂前20～5日、第2節間：出穂前10～出穂、第1節間：出穂前5～出穂後7日(千葉, 1980)とし、それぞれの節間長についての処理区の標準区に対する比(図9)をみると、概ね0水田でもR水田でもベニアサヒと秋の詩では8月中旬以降に処理区/標準区が1.0を上まわるようになることから、生育後期において処理区の方が養分の利用ができたことを示唆するものと考えられた。

さらに収量構成要素の一穂粒数と登熟歩合、1000粒重でR水田の方が処理区/標準区が大きか

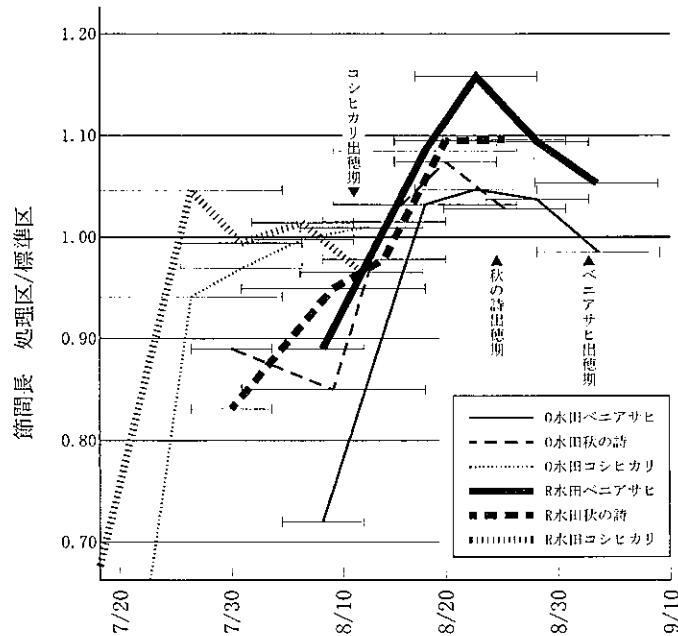


図9. 節間長の処理区と標準区の比率

ったことから、0水田とR水田とでは無施肥栽培継続年数の長いR水田の方が生殖生长期以降に地力の発現する傾向があることが示唆された。

### 5-3 今後の課題

無施肥無農薬栽培では生殖生长期以降における養分の吸収と利用を促すことが増収につながる可能性が示唆されたが、その要因についてはこれからの課題である。

今後は〇水田、R水田以外の圃場においてもまた生殖生长期以降の活性を促す栽培法についても、深水処理以外の方法についても調査することが必要と考えられた。

### 引用文献

奥村俊勝(1988)水稻の窒素栄養の動態からみた無施肥田と施肥田の比較栽培学的研究. 京都大学.

大江眞道(2012)イネの深水栽培 太茎・大穂で多収をめざす. 農文協(東京:農山漁村文化協会).

栗原浩監修/千葉浩三著(1980) 図集・作物栽培の基礎知識(東京:農山漁村文化協会) : 62.

## 長期無施肥圃場における養分障害発生

多田羅翔子<sup>1)</sup>, 本間香貴<sup>2)</sup>, 飯田光雄<sup>1,3)</sup>, 小林正幸<sup>3)</sup>, 白岩立彦<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>京都大学大学院農学研究科, <sup>2)</sup>東北大学大学院農学研究科,

<sup>3)</sup>NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会

2016年に、NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会（無肥研）に所属する滋賀県近江八幡市の長期無施肥水田圃場および野洲市の長期無施肥ダイズ圃場において、養分障害とみられる症状が観察された。

### 【水田圃場】

滋賀県近江八幡市の水田圃場（生産者：坪田宗隆氏）では2000年から無施肥無農薬栽培が継続されており、2015年まで $2.5\sim3.0\text{ t ha}^{-1}$ の玄米収量が維持されてきた。2016年7月初旬、水稻（品種：コシヒカリ）の黄化および生育抑制の症状が観察された（図1）。滋賀県において水稻の硫黄欠乏の発生が報告されており（辻 2002），坪田氏圃場の症状がそれと類似していたことから、原因として硫黄欠乏が疑われた。そこで、7月初旬に坪田氏圃場および隣接する慣行水田の土壤を採取し、硫黄添加の効果を検証するポット栽培試験を行った。なお、採取した土壤は、ポット栽培を行うまで、重力水を落としてビニルがけした状態で1か月近く $10^{\circ}\text{C}$ の部屋に貯蔵していた。その結果、処理間で生育に顕著な差異はみられなかった（図2）。また、京都大学大学院農学研究科植物栄養学研究室に、坪田氏圃場、近江八幡市の井上正人氏の水田圃場、および京大圃場の栽培前の風乾土壤の水溶性硫酸イオンの分析を依頼した結果、水溶性 $\text{SO}_4^{2-}$ 含有率はすべての土壤で同程度の低い値を示した（表1）。以上から、坪田氏圃場で発生した水稻の黄化・生育抑制症状の発生原因を特定することはできなかった。硫黄欠乏障害は土壤の一時的還元により助長されるため、土壤中の硫黄の有効性には、絶対量だけでなく、土壤還元の程度や他の養分とのバランスが影響することが指摘されている（辻 2002, 那花ら 2016）。そのため原因の特定には、症状発生時の土壤を、重力水を落とさずそのままの状態でポット栽培試験に用いる必要があったと考えられる。加えて、今回のポット試験で症状が再現できなかったことから、栽培前の天地返しや移植後の間断灌漑によって土壤を酸化的に保つことで、症状が改善される可能性が示唆された。



図1 坪田氏圃場（2016/7/8撮影）

表1 坪田氏圃場、井上氏圃場、京大圃場の土壤の水溶性 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度

圃場	$\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{mmol kg}^{-1}$ )	S (ppm)
坪田	0.17	5.3
井上	0.17	5.5
京大	0.16	5.0

京都大学大学院 農学研究科 応用生命科学専攻 植物栄養学研究室にて分析していただいた。

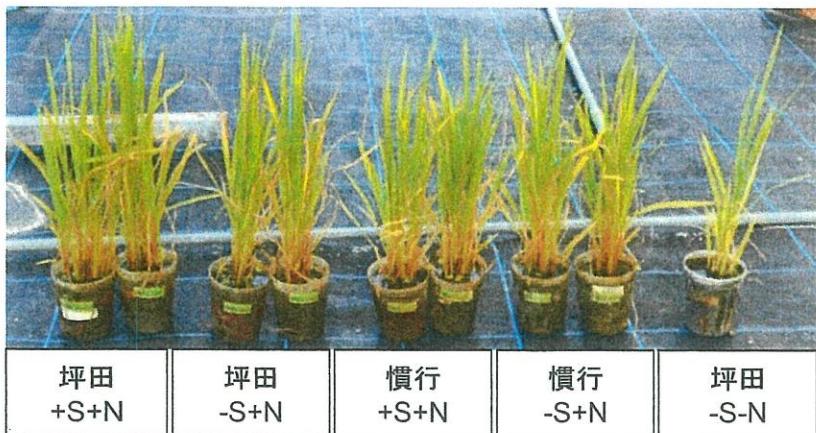


図2 硫黄添加ポット試験(品種:コシヒカリ)

「坪田」は坪田氏圃場の土壤を、「慣行」は隣接する慣行水田の土壤を示す。

+S+N 区には硫安, -S+N 区には尿素を, いずれも  $0.1\text{gN pot}^{-1}$  になるよう施用した.

-S-N 区は無施肥である.

#### 【ダイズ圃場】

滋賀県野洲市の無施肥野洲Ⅲ圃場では 1995 年に無施肥無農薬栽培が開始された。主に水田として利用されてきたが、数年に一度転作が実施されており、2016 年はダイズ（品種：フクユタカ）が栽培された。2016 年 8 月頃からダイズ葉に黄化症状が観察され（図 3），何らかの養分の欠乏が疑われた。そこで野洲Ⅲ圃場の症状発生葉および隣接する無施肥無農薬ダイズ圃場（無施肥野洲Ⅰ圃場，症状なし）の葉を採取し、N, P, K, Mg, Ca, B 含有率を測定した。その結果、症状の大小と葉の K 含有率との間に対応がみられ（図 5, 表 2），症状の原因がカリウム欠乏であることが示された。また、症状の大小と葉の Mg 含有率との間には負の関係がみられ（図 5, 表 2），K と Mg の拮抗が強く現れた可能性が考えられた。土壤の化学性分析の結果、野洲圃場の土壤は交換態 K 含量および K 飽和度が低く、Mg/K 比が高い傾向がみられた（表 3）。さらに、2014, 2015 年の調査においても、欠乏症状はみられなかったものの、野洲圃場のイネの K 含有率は低い傾向にあった。今後、長期的な視点で無施肥圃場の K 動態を調査する必要があると考えられる。



図4 野洲Ⅲ圃場 (2016/9/23撮影)

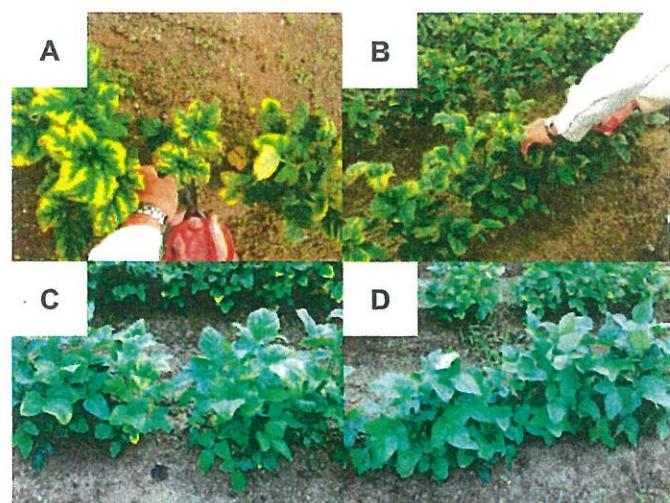


図5 野洲Ⅲ圃場におけるサンプリング葉  
(A: 症状大, B: 症状中, C: 症状小, D: 症状わずか)

表2 野洲Ⅲ圃場および野洲Ⅰ圃場におけるダイズ葉の各養分含有率

		N (g 100g <sup>-1</sup> )	P (g 100g <sup>-1</sup> )	K (g 100g <sup>-1</sup> )	Mg (g 100g <sup>-1</sup> )	Ca (g 100g <sup>-1</sup> )	B (mg kg <sup>-1</sup> )
野洲Ⅲ	A	4.75	0.58	0.38	1.04	2.67	38.61
	B	4.43	0.48	0.53	0.96	2.94	36.77
	C	4.32	0.54	0.63	0.82	2.81	44.07
	D	4.15	0.47	0.70	0.57	2.51	34.53
野洲Ⅰ	A	4.56	0.53	0.72	0.45	2.51	31.17
	B	5.03	0.54	0.90	0.44	2.48	26.22
	C	4.54	0.43	0.74	0.56	2.76	29.58

野洲Ⅰ圃場はA, B, Cすべてで症状はみられなかった。各地点において複数個体から葉を採取し分析に用いた。

表3 2016年における野洲圃場および京大圃場の土壤の交換態K含量, K飽和度, Mg/K比

圃場	無施肥 開始年	交換態K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	K飽和度 (%)	Mg/K (当量比)
野洲Ⅰ	1990	0.04	0.67	8.58
野洲Ⅱ	1995	0.06	0.83	11.12
野洲Ⅲ	1995	0.04	0.57	12.31
野洲Ⅳ	1995	0.03	0.53	14.77
野洲VII	2003	0.04	0.42	23.16
京大施肥区		0.31	2.38	2.06

## 【参考文献】

- ・辻藤吾 2002. 水稻の硫黄欠乏—滋賀県湖北のやみ田. 「農業技術体系土壤施肥編 6-1 施肥の原理と施肥技術 (1) 施肥の原理, イネ・野菜の施肥技術」追録 13 号: 技 66 の 15 の 2-10.
- ・那花友莉恵・須磨綾香・菅野均志・高橋正・南條正巳 2016. 常時湛水ポット栽培における水稻の石膏施与への応答 (2) —土壤分析による水田土壤の硫黄肥沃度判定の可能性—. 土肥要旨集 62: 94.

## 耕地生態系における生物間相互作用から無施肥無農薬農業の収量安定性の要因を探るⅡ

齊藤大樹<sup>1</sup>・荒木希和子<sup>2</sup>・潮雅之<sup>3</sup>・小澤理香<sup>3</sup>・桂圭佑<sup>4</sup>・金谷重彦<sup>5</sup>・久保幹<sup>2</sup>・西條雄介<sup>6</sup>、

塩尻かおり<sup>7</sup>・下野嘉子<sup>1</sup>・杉山暁史<sup>8</sup>・仲島義貴<sup>3</sup>・松井健二<sup>9</sup>・山崎一夫<sup>10</sup>・高林純示<sup>3</sup>

<sup>1</sup>京都大学農学研究科、<sup>2</sup>立命館大学生命科学部、<sup>3</sup>京都大学生態学研究センター、<sup>4</sup>東京農工大学農学研究院、<sup>5</sup>奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科、<sup>6</sup>奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス研究科、

<sup>7</sup>龍谷大学農学部、<sup>8</sup>京都大学生存圏研究所、<sup>9</sup>山口大学創成科学研究所、<sup>10</sup>大阪市立環境科学研究所

資源多投入型農業による環境負荷の増加や食の安全・安心への関心などから、近年、無施肥無農薬農業に対する需要が増えつつある。無施肥無農薬農業の生産性は慣行農業と比較して数割程度の収量減に抑えられ、比較的安定した収量を継続できている例も多く報告されている。その要因には灌漑水が含む無機養分の影響などが挙げられているが、それだけでは説明しきれない事例が多い。そこで我々は、動植物・微生物群集は生物ネットワークである「生物環境（フィトバイオーム）」に着目し、フィトバイオームが作物に及ぼす影響の観点から、その要因を探ろうとしている。その第一段階として、無施肥無農薬農業と慣行農業の水田圃場のフィトバイオームを継続して調査し、生態学・分子生物学・数理解析手法を用いて比較解析し「無施肥・無農薬フィトバイオーム構造」の実態と特性、ならびに生産性の安定に寄与する要因の解明を進めている。まだ解析は途上にあるが、これまでの成果と今後の展望を紹介したい。

### 材料および方法

- 調査場所：京都府宇治市小倉にある無施肥無農薬研究会が所有する長期間無施肥無農薬栽培を実践している水田（無肥研圃場）とそれに隣接する慣行栽培水田（慣行圃場）
- 供試品種：ヒノヒカリ
- 栽培概要：両圃場とも5月下旬に移植、その他の栽培管理はそれぞれの圃場の慣例に従った。
- 調査内容：
  - ✓ 昆虫生態調査：ピットホールトラップ・スウェーピングを用いて収集した昆虫種の同定
  - ✓ 周辺（畔）植生調査：方形枠を用いた雑草種の植生調査
  - ✓ 土壤肥沃度調査（SOFIX）：採取した土壤の微生物数、土壤環境の同定
  - ✓ 匂い成分調査：GC/MSによる土壤、イネおよび周辺雑草からの揮発成分の同定
  - ✓ 生産性調査：収量および収量関連形質調査

### 結果および考察

無肥研圃場の収量および地上部乾物重は慣行圃場のそれぞれ55%および58%であった。昨年度同様に、この収量の圃場間差異は収量構成要素から見ると、穂数の差異によってもたらされていた。

各圃場の生物種については解析を進めている段階であるが、畔の植生について、種組成に大きな違いが認められた（第1図A）。無肥研圃場では多年生の草種が、慣行圃場では一年生の草種が多くみられる傾向にあった。これは慣行では農薬（除草剤）散布によって、無施肥では草刈りによって雑草を管理していたためと考えられる。1方形区あたりの出現種数は、無肥研圃場畦畔で有意に多かった。一方、メヒシバ、オヒシバ、イヌビエ、キンエノコロなどの1年草が多かった慣行圃場畦畔では、植生高が無肥

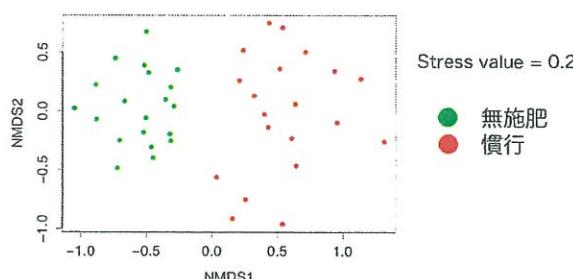
研圃場畦畔よりも高い傾向にあった。無肥研圃場畦畔の種組成には、季節的な変化が認められたが、慣行圃場畦畔の種組成に、季節的な傾向がなく季節変動が大きい傾向にあった（第1図B）。このことは、慣行圃場畦畔では除草剤によって裸地化した場所に、成長の早い一年草が繁茂したためと考えられた。

イネの揮発（匂い）成分について、切ったイネに関しては、テルペノイド類が慣行圃場より無肥件圃場で多かった（第2図）。このことは、慣行圃場では薬剤散布を行うため、昆虫による食害あるいは病気の発生が少なく、ストレスが少ない環境で生育しているためと考えられた。

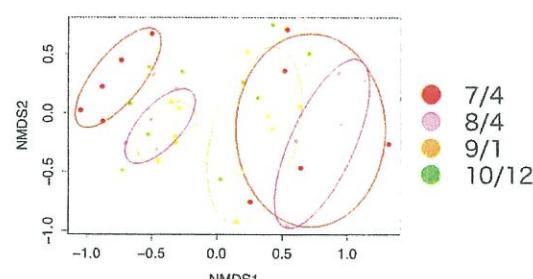
SOFIX解析では、土壤肥沃度の目安となる循環活性を指標の一つである総細菌数において、慣行圃場の方が高いことが明らかになった。無肥研圃場では、栽培期間を通じて総細菌数がほぼ一定であるのに対し、慣行圃場では、代掻き直前の5月25日から田植え後の6月9日にかけて急激な低下が認められた（第3図）。その後一定で推移し、10月に上昇した（第3図）。慣行圃場では無肥研圃場よりも多くの有機物（収穫後の切り藁など）が投入されている。有機物の分解は好気条件でよく進むことから、代掻き直前の5月25日では、好気的条件で有機物投入量の多い慣行圃場で、分解に関わる微生物が増えたと考えられた。6月9日における慣行圃場での細菌数の低下は、土壤が一気に嫌気的になったことに伴う土壤環境の変化、また、10月の増加は収穫前に落水したことで土壤が好気化し、有機物の分解を進める微生物が増えたことに伴う変化と考えられた。昆虫群集については、まだ解析は十分に進んでいないものの、両圃場の生態系に生息する昆虫群集は大きく異なる傾向にあった。

今後は、これらの生物群集の動態を調査し時系列解析を行うことで、それぞれの個体群動態を予測するモデルの構築を目指す。あわせて、多様な無施肥無農薬圃場での生物群集を調査することで、無施肥無農薬農業が成功するカギの一つを生物間相互作用の観点から解明していきたいと考えている。

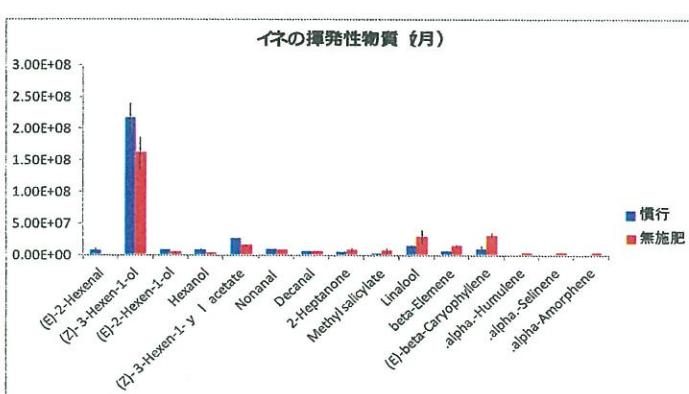
## 種組成の比較



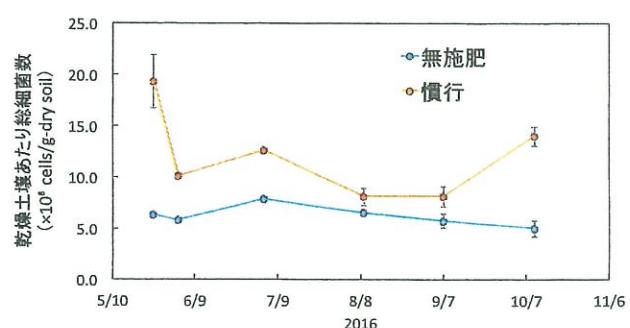
## 種組成の比較（測定日別）



第1図 非計量多次元尺度構成法（NMDS）による畦畔植生の種組成比較。（A：栽培区別。B：測定日別）



第2図 イネ由来の揮発成分



第3図 SOFIX解析による総細菌数の変化