

水稲湛水土中直播栽培における中期深水管理の効果

見延敏幸*・和田陽介**・中嶋英裕***・井上健一**

Effect of the Deep Flooding Water Control in the Middle Growth Stage of Direct Seeding Rice in Flooded Paddy Field

Toshiyuki MINOBE*, Yousuke WADA**, Hidehiro NAKAJIMA*** and Ken-ichi INOUE**

水稲直播栽培は、稲作における省力・低コスト生産技術の決め手であり、福井県では生産組織や認定農業者の経営規模拡大に伴い急速に増加している。しかし、水稲湛水土中直播栽培では、生育中期の茎数が過剰となり収量品質が不安定となることや、雑草抑制が困難であることが課題として残されている。

これらの課題を解決するため、イネ生育中期の水管理法について検討した。機械条播し落水出芽法を採用した過酸化カルシウムコーティング水稲湛水土中直播栽培において、イネの葉齢5～6葉期から9～10葉期の生育中期に水深10cm程度の深水状態を維持した（以下、中期深水管理という）ところ、最高茎数が抑制され、有効茎歩合が高まることを明らかにした。穂数はやや減少するが、一穂粒数が増加し、倒伏もわずかに軽減された。その結果、収量、品質は慣行の水管理と同程度か、やや向上した。また、イネ1葉期に一発処理除草剤を1回施用した上であるが、中期深水管理により十分な除草効果が得られることを明らかにし、収穫期の雑草量を減少させることができた。

キーワード：水稲，湛水土中直播，水管理，深水，有効茎歩合，雑草

I. 緒言

水稲直播栽培は、稲作における省力・低コスト生産技術の決め手であり、福井県では1987年より過酸化カルシウムコーティング水稲湛水土中直播栽培の普及に努めている。

当初は苗立ちの不安定が問題となっていたものの、落水出芽法の採用と高精度播種機の導入によりかなり改善された。また、倒伏の回避や収量の安定につながる適正苗立ち数の設定や、省力かつ生育の安定を実現する品種別全量基肥一括施肥肥料の開発により、倒伏しやすく栽培しにくい主要品種コシヒカリでも広く直播栽培に取り組むことができるようになった。

近年は、生産組織や認定農業者の経営規模拡大に伴い湛水直播栽培が急速に増加し、福井県における2010年の水稲直播面積は全国1位の3,511haとなった。これは、福井県の水稲作付面積の13%で、2位を大きく引き離して断然1位となっている。品種別でも、コシヒカリが63%程度となっている。

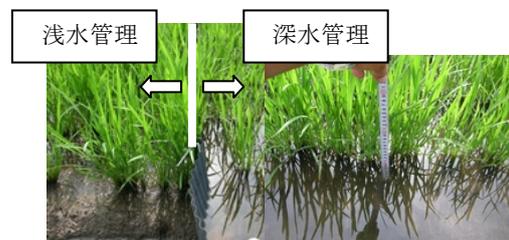
しかし、水稲湛水土中直播栽培では、生育中期の茎

数が過剰となり収量品質が不安定となることや、雑草抑制が困難であることが課題として残されている。

II. 試験方法

1 水管理による生育制御

機械条播し落水出芽法を採用した過酸化カルシウムコーティング水稲湛水土中直播栽培で、イネ葉齢5～6葉期から9～10葉期の生育中期に、既存畦畔で湛水可能な水



第1図 イネ生育中期の水管理

第1表 「水管理による生育制御」試験にかかる播種期および深水管理期間

年次	播種期	水深10cm深水管理期間		
		イネ葉齢	月/日	日数
2007年	4/19	6.1L～9.2L	6/4～6/22	18日
2008年	5/9	6.1L～10.9L	6/12～7/11	29日
2009年	5/8	5.0L～9.1L	6/11～7/2	21日
2010年	5/10	5.5L～10.0L	6/17～7/6	19日

* 現福井県農業試験場高度営農支援課 元福井県農業試験場栽培部作物研究グループ

** 福井県農業試験場作物部

*** 現福井県福井農林総合事務所 元農業試験場

第2表 「水管理による雑草抑制」試験にかかる播種期および深水管理期間, 除草剤施用

年次	播種期 月/日	除草剤散布	水深10cm深水管理期間			慣行区除草剤散布
			イネ葉齢	月/日	日数	
2009年・農試	5/8	5/25, トップガンGT1キロ粒剤, 1kg/10a	5.0L~9.1L	6/11~7/2	21日	5/25, トップガンGT1キロ粒剤, 1kg/10a
2010年・農試	5/10	5/24, トップガンGT1キロ粒剤, 1kg/10a	5.5L~10.0L	6/17~7/6	19日	5/24, トップガンGT1キロ粒剤, 1kg/10a
2010年・現地①	5/11	5/23, トップガンGT1キロ粒剤, 1kg/10a	5.5L~10.0L	6/15~7/6	21日	5/23, トップガンGT1キロ粒剤, 1kg/10a
2010年・現地②	5/11	5/23, トップガンGT1キロ粒剤, 1kg/10a	5.5L~10.0L	6/15~7/6	21日	5/23, トップガンGT1キロ粒剤, 1kg/10a
2010年・現地③	4/30	5/11, カルテット1キロ粒剤, 1kg/10a	5.3L~9.5L	6/10~6/28	18日	5/11, カルテット1キロ粒剤, 1kg/10a
	慣行区5/2					5/21, リボルバー1キロ粒剤, 1kg/10a

深 10cm 程度の深水状態を維持した（以下、中期深水管理という）（第 1 図）. この時期以外の水管理は慣行どおりとした. なお、慣行区のイネ生育中期の水管理は水深 3~5cm の浅水管理で、時々田面が露出することもあった. 播種および深水管理期間は第 1 表のとおりであった.

供試品種はコシヒカリで、試験圃場の作土土性は重埴土で肥沃であった. 水管理を除く肥培管理は慣行に準じ、2007 年の試験では播種量 2.4kg/10a, 施肥 5.0Nkg/10a, 2008 年播種量 2.3kg/10a, 施肥 5.6Nkg/10a, 2009 年播種量 2.5kg/10a, 施肥 6.3Nkg/10a, 2010 年播種量 2.4kg/10a, 施肥 6.3Nkg/10a, とした.

試験は 1 区制とし、機械播種のため反復を設けなかった. 1 区面積は、2007 年 90 m², 2008 年 90 m², 2009 年 140 m², 2010 年 150 m²とした.

各試験区内で苗立ち生育が中庸な播種条の 1m を調査箇所を選定し、生育期間中の 1m 間茎数、および成熟期の稈長（10 個体調査）、1m 間穂数を調査した. 成熟期に試験区全体の達観で倒伏程度を判定した. 成熟期に各区 1 箇所、1.8m×2.0m（3.6 m²）の坪刈調査を行い、収量および穂数を含む収量構成要素の調査に供した.

2 水管理による雑草抑制

上記試験と同じく、湛水直播イネの生育中期（葉齢 5~6 葉期から 9~10 葉期）に、深水状態を維持した. この時期以外の水管理は慣行どおりとしたことも同様であった.

播種および深水管理期間、除草剤施用は第 2 表のとおりであった.

供試品種はコシヒカリで、2009 年、2010 年農試試験圃場の作土土性は重埴土、2010 年現地試験①圃場の作土土性は重埴土、現地試験②圃場は砂壤土であった. 現地試験③は隣接した 2 筆の圃場で実施したが、ともに作土土性は埴壤土であった. 水管理および除草剤施用を除く肥培管理は慣行に準じた. 2009 年農

試試験での播種量は 2.5kg/10a, 施肥は 6.3Nkg/10a, 2010 年農試試験では播種量 2.4kg/10a, 施肥 6.3Nkg/10a, 2010 年現地試験①では播種量 2.4kg/10a, 施肥 6.3Nkg/10a, 2010 年現地試験②は播種量 2.5kg/10a, 施肥 7.0Nkg/10a, 2010 年現地試験③は播種量 2.4kg/10a, 施肥 7.0Nkg/10a であった.

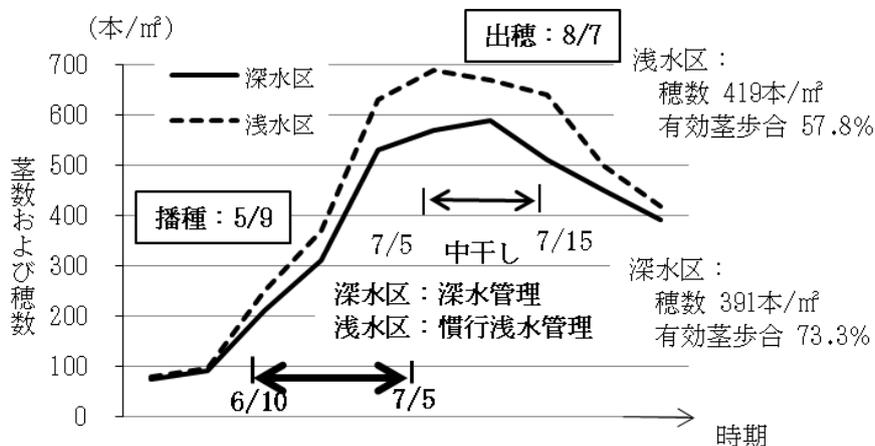
試験は 1 区制とし、機械播種のため反復を設けなかった. 1 区面積は、2009 年農試試験では 140 m², 2010 年農試試験は 150 m², 2010 年現地試験①では 10 a, 2010 年現地試験②は 5 a, 2010 年現地試験③では 30 a 1 筆をそれぞれの区に供した.

各区の近接する 2 箇所にて条間田面、株間田面を均等に含むように 50cm×100cm アルミ枠を設置した. 枠内に発生生育した雑草個体数、風乾重を草種別に、生育中後期に 1 箇所、収穫期頃に 1 箇所を調査した. 調査月日は第 4 表および第 5 表の備考欄に記載のとおりであった.

III. 試験結果

1 水管理による生育制御

水稻湛水土中直播栽培で中期深水管理した場合の茎数の推移は第 2 図のとおりであった. なお、深水処理開始時のイネの草丈は 20cm 近く、下位葉は水没するものの上位葉は確実に水面から突出している状態であった.



第2図 中期深水管理による茎数の推移 (H19~22傾向値*)

*年次により調査月日、調査回数が異なるため、傾向値として図示する。

深水処理開始直後から分けつ発生が抑制されることが観察され、最高茎数は慣行区と比べ100本/m²程度少なくなった。有効茎歩合は慣行区57.8%に対し、深水区73.3%と15%以上高まった。収量構成に直結する穂数は、有効茎歩合が高かったものの茎数が少なくなったため、深水区の方がやや少なく、391本/m²と慣行区より約30本/m²減少した。

成熟期の生育および収量等の結果は第3表のとおりであった。なお、第3表の穂数は、調査面積が大きい坪刈調査のデータを示した。深水区の方が稈長は2cm程度長くなったにもかかわらず

第3表 中期深水管理による生育および収量 (2007~2010年平均)

	深水区	慣行区 (浅水)
稈長 (cm)	99.9 ± 6.3	98.0 ± 7.0
穂数 (本/m ²)	372 ± 28	413 ± 48
一穂粒数 (粒/穂)	88.1 ± 3.7	83.4 ± 2.6
全粒数 (百粒/m ²)	328 ± 21	343 ± 31
倒伏程度	3.1 ± 1.7	3.8 ± 0.8
精玄米重 (kg/10a)	550 ± 56	545 ± 46
登熟歩合 (%)	82.5 ± 9.8	81.8 ± 8.7
千粒重 (g)	20.8 ± 0.7	20.9 ± 0.6
良質粒割合 (%)	68.2 ± 2.9	65.6 ± 6.4

第4表 除草剤処理、中期深水管理後の雑草量

(上段：個体数本/m²、下段：風乾重g/m²)

年次・場所	試験区	ノビエ	ホタルイ	カヤツリグサ類	オモダカ	アゼナ	トキンソウ	タデ	広葉	備考
2009年・農試	深水区	個体数 風乾重	— —	— —	— —	1 0.00	— —	— —	— —	6/24調査
	慣行区	個体数 風乾重	2 0.64	— —	— —	— —	57 0.46	— —	— —	
2010年・農試	深水区	個体数 風乾重	— —	— —	— —	2 0.00	— —	— —	— —	7/21調査
	慣行区	個体数 風乾重	4 25.60	— —	— —	— —	48 0.38	— —	— —	
2010年・現地①	深水区	個体数 風乾重	— —	— —	— 0.50	2 —	— —	— —	— —	7/6調査
	慣行区	個体数 風乾重	— —	— —	4 0.08	— —	— —	— —	— —	
2010年・現地②	深水区	個体数 風乾重	2 0.72	10 0.84	— —	— —	— —	— —	— —	7/6調査
	慣行区	個体数 風乾重	8 0.00	8 0.00	— —	— —	— 0.00	6 0.12	4 —	
2010年・現地③	深水区	個体数 風乾重	— —	— —	— —	— 0.16	14 —	— 0.20	158 0.00	7/7調査
	慣行区	個体数 風乾重	— —	— —	— —	— 0.06	4 —	— 0.08	28 0.00	

第5表 イネ成熟期の雑草量

(上段：個体数本/m²、下段：風乾重g/m²)

年次・場所	試験区	ノビエ	ホタルイ	カヤツリグサ類	コナギ	アゼナ	タデ	広葉	備考
2009年・農試	深水区	個体数 風乾重	2 23.14	— —	— —	6 0.07	— —	— —	8/18調査
	慣行区	個体数 風乾重	2 24.92	— —	— —	16 0.46	— —	1 0.00	
2010年・農試	深水区	個体数 風乾重	2 18.00	— —	— —	— —	— —	4 0.00	9/29調査
	慣行区	個体数 風乾重	20 221.22	— —	— —	— —	— —	2 0.00	
2010年・現地①	深水区	個体数 風乾重	— —	— —	16 0.42	— —	— —	— —	9/15調査
	慣行区	個体数 風乾重	— —	— —	14 0.16	2 0.06	60 0.02	— —	
2010年・現地②	深水区	個体数 風乾重	— —	4 0.08	— —	— 0.00	12 0.06	18 0.02	9/10調査
	慣行区	個体数 風乾重	2 13.24	12 2.52	— —	— —	28 0.20	8 0.12	
2010年・現地③	深水区	個体数 風乾重	— —	— —	— —	— 0.72	66 1.56	80 0.40	9/9調査
	慣行区	個体数 風乾重	— —	— —	— —	1 0.14	6 0.04	42 1.26	

らず、倒伏程度は小さくなった。深水区の倒伏程度は年次変動が大きかったものの、慣行区より強く倒伏することはなかった。慣行区に比べ、深水区は一穂粒数が5%程度増加し、登熟歩合もわずかながら高かった。また、玄米良質粒割合も2.5%程度高まった。精玄米重は、同等ないしわずかに高まった。

2 水管理による雑草抑制

一発処理除草剤を1回処理後、生育中期に深水管理した時の雑草量を第4表に示した。

2009年農試試験、2010年農試試験では雑草の発生が抑制された。アゼナでの抑草効果は顕著であり、ノビエでも抑草効果が認められた。2010年現地試験では、両区に大きな差は認められなかった。現地試験①ではカヤツリグサ類の発生を抑制したもののオモダカの残草が認められた。ただし、深水区、慣行区とも問題となるほどの残草量はなかった。現地試験②では、深水区でもノビエやホタルイの残草があった。しかし、トキンソウ、タデの発生は認められず、ノビエの本数も少なかった。現地試験③では、ノビエ、ホタルイなどの発生は認められず、ごく小さなタデ等広葉雑草の発生は増加したものの問題となる雑草量ではなかった。

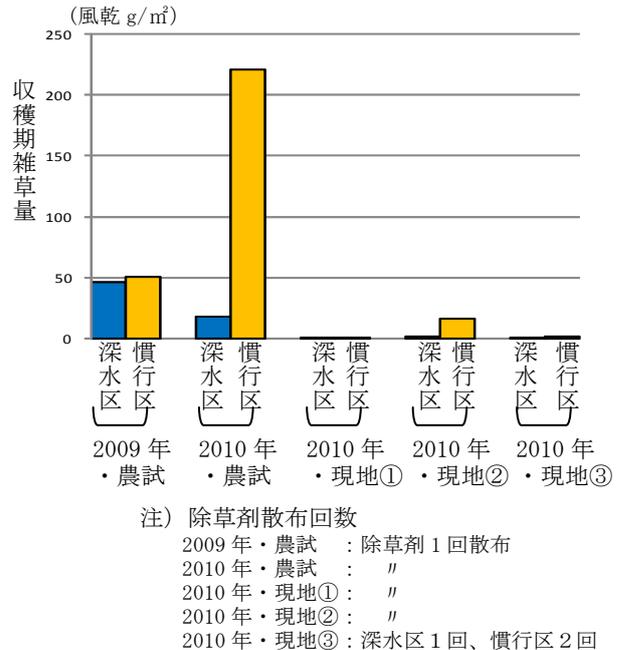
イネ栽培期間の最終まで残草した雑草量を調査したところ(第5表)、2009年農試試験では両区にほぼ差がないものの、アゼナは深水区の方が少なかった。2010年農試試験では、ノビエが深水区で明らかに少なかった。2010年現地試験では、慣行区で除草剤を2回施用した現地試験③を除き、深水区の方が残草本数、風乾重とも少なかった(第5表、第3図)。現地試験③でも、深水区でごく後期に発生した広葉雑草がやや多くなったものの、問題となる雑草量ではなかった。

IV. 考察

1 水管理による生育制御

水稲移植栽培における生育制御技術としての深水処理については、有効分げつ決定期頃に開始し最高分げつ期頃に終了することで効率的な分げつ抑制ができる¹⁾。また、水位に関しては、完全展開葉の葉鞘が水面下に沈むことで分げつ発生が抑制されるとされている²⁾。さらに、分げつ抑制が収量等へ及ぼす影響については、移植栽培におけるイネ生育初～中期の水位漸増処理での結果ではあるが、弱小分げつの抑制により個別茎の生育が増大し、一穂粒数の増加と登熟歩合の向上が認められている³⁾。しかし、水稲直播栽培での深水処理にかかる研究は見当たらない。

水稲湛水土中直播栽培にかかる本研究では、処理水位は、技術の現地適応性を考慮し、既存畦畔で可能な約



第3図 収穫期の雑草量

10cmで一定とした。また、処理期間は、湛水しても軟弱徒長しないと見込めるイネ葉齢5~6葉期から、中干しを確実に実施できるよう最高分げつ期を過ぎた頃、イネ葉齢9葉期までとした。

本研究での深水処理期間は、移植栽培での分げつ抑制の深水処理適期間を含んでおり、移植栽培と同様に分げつ抑制が認められた。その結果、最高茎数が減少し、有効茎歩合も向上した。処理水位を漸増せず一定の水深10cmに保ったことに関しては、分げつ抑制力は劣った可能性はあるものの、最高茎数が100本程度減少し有効茎歩合が15%以上高まっており、処理効果として十分であろう。一穂粒数の増加や登熟歩合、良質粒割合の向上も同様である。

倒伏については、深水処理により過繁茂が回避されたためと考えられるが、稈長がわずかではあるものの長いにもかかわらず、深水区で倒伏程度は小さかった。ただし、強風強雨など登熟期の倒伏助長環境では慣行区と同程度に倒伏したため、倒伏程度の年次変動が大きくなったと考えられる。

2 水管理による雑草抑制

水稲移植栽培では、深水処理がノビエ等の雑草の発生を抑制するとされ^{4,5)}、特に除草剤を用いない有機栽培では多く取り組まれている。しかし、湛水直播栽培では生育初期のイネ体が小さく、浮き苗になったり軟弱徒長したりしやすいため、深水処理が適さないと考えられたと思われるが、湛水直播栽培での深水処理にかかる研究は見当たらない。

本研究では、稲体健全化と倒伏防止、コンバイン機械収穫の地耐力確保を考え、確実に中干しできるまでに深

水処理を終了させた。また、一定期間の湛水にも関わらず、コンバイン機械収穫に問題がないことも観察された。

2009年農試試験、2010年農試試験ともに中期深水管理の抑草効果が認められた。2010年現地試験①では、深水區でカヤツリグサ類の発生を抑制し、オモダカの残草が認められたものの、深水區、慣行区とも問題となるほどの残草量はなかった。現地試験②では、深水區でもノビエやホタルイの残草が認められたが、この試験圃場は漏水しやすい圃場で除草剤の効果が不十分となったためと考えられる。湛水には処理前に施用した除草剤で取りこぼしたノビエ等既発生雑草の枯殺効果はないと思われる。トキンソウ、タデの発生は認められず、ノビエの本数も少ないことから、深水管理の抑草効果が認められる。現地試験③では、深水區でタデ等広葉雑草の発生は増加したが、その大きさはごく小さく、雑草量も問題となるほどではなかった。また、ノビエ、ホタルイなどの発生は認められなかった。慣行区は現地慣行どおり除草剤を2回施用していること、また、畦畔からの漏水で深水状態を維持することが困難だったことを考慮すると、現地試験③でも中期深水管理の抑草効果を認めてよいと考えられる。

水稲湛水直播栽培では、苗立ちの安定、向上のため落水出芽法が採用され、初期の田面硬度がやや硬くなっているため、除草剤の定着が不十分で形成される処理層が脆弱となっていると推察される。このため、慣行栽培での中期浅水管理では時々田面が露出して除草剤処理層が維持されず、除草剤2回施用が必要となっていたと思われる。しかし、中期深水管理では、湛水により既施用一発処理除草剤の処理層が維持されるとともに、雑草の発生も抑えることができるため、一発処理除草剤1回施用で十分な除草効果が得られたものと考えられた。

V. 結論

機械条播種し落水出芽法を採用した過酸化カルシウムコーティング水稲湛水土中直播栽培において、イネ葉齢5～6葉期から9～10葉期の生育中期に水深10cm程度の深水状態を維持（以下、中期深水管理という）することにより、最高茎数が抑制され、有効茎歩合が高まる。穂数はやや減少するが、一穂粒数が増加し、倒伏もわずかに軽減される。その結果、収量、品質は慣行の水管理と同程度か、やや向上する。

また、中期深水管理により、中期雑草の発生を抑制し、収穫期の雑草量を減少させることができる。福井県の慣行湛水直播栽培では除草剤2回施用が一般的であるが、中期深水管理を組み込んだこの体系を用い、一発処理除草剤を適切に施用することにより除草剤1回施用で十分な除草効果が得られる。

VI. 謝辞

本研究は、高精度播種機の貸与を含め、(株)中セキ北陸福井支社の多大な協力を受け、遂行することができた。感謝の言葉をささげたい。

また、現地実証試験に協力いただいた福井市 和田勇規氏、小寺辰夫氏、坂井市三国町 有限会社さんさん池見の方々をはじめ、福井農林総合事務所および坂井農林総合事務所の担当普及指導員にも併せて感謝の意を表す。

VII. 引用文献

- 1) 大江真道・三本弘乗(2002). 水稲の生育制御を目的とした深水処理適期の検討. 日作紀 71 : p335-342
- 2) 大江真道・後藤雄佐・星川清親(1994). 深水処理が水稲分げつの出現に及ぼす影響. 日作紀 63 : p576-581
- 3) 桐山隆・中谷治夫(1986). 深水管理とコシヒカリの生育. 北陸作物学会報 21 : p45-46
- 4) 佐々木康之・尾崎亨・佐藤薫(1990). 生態系利用による水田雑草の防除 1. 深水処理が雑草の発生と水稲の生育に及ぼす影響. 北陸作物学会報 25 : p92-93
- 5) 鈴木雅光・長谷川愿・宮野斉・大場伸一(1994). 水稲の無農薬・無化学肥料栽培の基本指標. 山形農試研報 28 : p39-56

Effect of the Deep Flooding Water Control in the Middle Growth Stage of Direct Seeding Rice in Flooded Paddy Field

Toshiyuki MINOBE, Yousuke WADA, Hidehiro NAKAJIMA and Ken-ichi INOUE

The direct seeding rice cultivation in flooded paddy field is very useful for reducing labor and cost in rice cultivation. In Fukui Prefecture, the direct seeding rice cultivation area in flooded paddy field increases with the enlarging scale of the farm managements of the agricultural production organizations and the approval farmers. But, in the direct seeding rice cultivation in flooded paddy field, the problems have remained that the rice in the middle growth stage have too numerous tillers and as a result the rice cultivation has unstable yield and rice quality, and that the paddy field is overgrown with weeds at times.

In this study, we research water management of paddy field in the middle growth stage of rice. In the direct seeding rice cultivation in flooded paddy field of seed coating with calcium peroxide, the results showed that maximum number of tillers was restrained and percentage productive culms increased if rice cultivated in a water of keeping the depth of about 10 centimeters between 5th or 6th leaf age of rice plants and 9th or 10th leaf age of rice plants (hereinafter referred to as the deep flooding water control in middle growth stage). And they showed that panicle numbers decreased, number of unhulled rice per head increased and lodging index decreased slightly. As a result, both grain yield and grain quality in the deep flooding water control in middle growth stage was almost same or improved in comparison with these in custom water control. Further, in the only case of a first shot herbicide used suitably one time, there were weeded enough and weeds decreased in harvesting time through the deep flooding water control in middle growth stage.