

水稻有機栽培における各種抑草法の効果と導入に好適な面積

大森誉紀 石々川英樹 横田仁子* 武智和彦**

Suitable introduction area of the various weed suppression methods in organic rice farming

OOMORI Takanori, ISHIISHIKAWA Hideki, YOKOTA Satoko and TAKACHI Kazuhiko

要 旨

水稻有機栽培長期継続田（以下、有機田）や新規有機栽培開始水田（以下、転換田）に、機械除草区、冬期湛水区、布マルチ区、チェーン除草区及び手取り除草区を設置した。水稻出穂期の雑草量は、有機田では転換田に比べ著しく多く、冬期湛水区と布マルチ区の雑草量は有機田、転換田ともに少なかった。布マルチ区での主要草種は有機田、転換田ともにカヤツリグサで、他区は有機田ではコナギ、転換田ではヒメミソハギであった。有機田での水稻収量は慣行の 35～60%、転換田では 93～100%であった。有機栽培を長期間取り組みコナギが繁茂する水田には冬期湛水と布マルチが有効であった。雑草埋土種子量が少ない転換田ではいずれの除草法も有効であると考えられた。その時の好適な導入面積は、14a 以下ならばチェーン除草や手取り除草、14～77a ならば布マルチ、77～800a ならば機械除草が適していると推定できた。また有機米と慣行米に価格差がなくても、671a 以上では機械除草の方が低コストで生産でき、有機米として高値で販売することで、同じ栽培面積でも慣行栽培より所得が高くなる。

キーワード：水稻、有機栽培、抑草法、雑草、抑草法導入好適面積

1. 緒言

環境保全型農業推進農家の経営分析調査（農林水産省、2003）の四国における調査結果によると、水稻の有機栽培または無農薬・無化学肥料栽培の労働時間は慣行栽培の労働時間の 118～124%であるが、除草に要する時間に限ると同様に 255～323%で、他の作業時間と比べ突出して多い。換言すると、除草作業は水稻の有機栽培にとって、最も重要でかつ最も苦勞する作業であると言える。このため、水稻有機栽培の除草の省力化、効率化のために各種雑草抑制法が提唱されている。そこで本研究では、水稻有機栽培における各種抑草法のうち、機械除草栽培、冬期湛水栽培、布マルチ直播栽培、チェーン除草および手取り除草について、有機栽培を長期継続した水田と有機栽培へ転換中の水田において、これらの抑草効果を検証した。さらに、除草にかかる経費と経営面積の関係や労働負荷の程度から、一定の制約条件のもとで各抑草法の導入に好適な面積を推定することとした。

2. 材料および方法

供試ほ場は、2009～2010 年度が所内で有機栽培を 20 年以上継続中の水稻有機栽培長期継続田（以下、有機田）、2011～2012 年度が所内で新規に有機栽培を開始した水田（以下、転換田）で、有機田は 19a と 35a、転換田は一筆 20a の水田を三筆使用した。有機田、転換田とも、栽培前年の 12 月から 2 月の間に湛水を始め、中干しまで湛水管理する区（以下、冬期湛水区）、M 社製三輪ミッドマウント型水田乗用除草機（写真 1A）による機械除草区（以下、機械除草区）、水稻種子を挟み込んだ布マルチを敷設する布マルチ直播栽培区（以下、布マルチ区）、自作チェーン除草機によるチェーン除草区、手取り除草区および無除草区を設けた。

冬期湛水区は 2010 年と 2012 年が各 15a、2011 年が 19a とし、抑草のために冬春期間中も概ね毎月 1 回代かきを行った。機械除草区は 2009 年が 30a、2010 年が 15a、2011～2012 年が各 16a とした。機械除草に用いた乗用除草機は、条間

*元 農林水産研究所 ** 現 東予地方局今治支局

水稻有機栽培における各種抑草法の効果と導入に好適な面積

除草を6条のカゴロータで、株間除草を羽根とタインで行う機種で、田植え14日後から7～10日間隔で中干しまでに4回程度、機械除草を実施した。布マルチ区は毎年19～20aで1区一筆とした。布マルチは丸三産業株式会社(大洲市)の受託生産品を使用し、敷設中に風による布マルチのなびきを防ぐため、灌水ポンプで散水しながら敷設した。チェーン除草区は2011～2012年に各4aとし、チェーン除草機はφ19mm、長さ3.6mの直管に60cmのチェーンを9本、チェーンの中央が垂れ下がるように自作した。直管の両端にロープを結び、作業者はロープを持っ

てチェーンと直管を引っ張りながら進み、除草した(写真1B)。手取り除草区は2011年を除き毎年4a、無除草区は毎年1aを設置した。

有機田ではコシヒカリを供試し、2009年は布マルチ直播を4月27日、布マルチ区以外は稚苗移植とし田植えを5月27日に行った。2010年は同様に布マルチ直播を5月6日、稚苗移植を5月28日に行った。転換田ではヒノヒカリを供試し、2011年は布マルチ直播を5月12日、稚苗移植を6月16日、2012年は布マルチ直播を5月9日、稚苗移植を6月20日に行った。なお、冬期湛水区では中干し以降は慣行水管理とし、冬期湛水区以外の区では冬期は乾田管理とした。

本田での雑草調査は2009年と2010年がコドラート法、2011年と2012年がほ場内全調査とした。

水稻有機栽培における各抑草法の導入面積については、抑草法のコスト、作業時間および作業負荷量について比較した。損益分岐点分析の前提条件は表1に示した。作業負荷量は、表2に示した被験者の脈拍を簡易血圧計で測定し心拍数とし、ステップテストを用いた作業負担の簡易評価方法(九州農業試験場, 1999)を参考に、ステップテスト心拍数比率=作業時の心拍数÷3分間ステップテスト時の心拍数で求め、作業強度を分類した。



写真1 機械除草作業およびチェーン除草作業の様子 [巻末カラー写真参照]

注) A: 乗用除草機は三輪ミッドマウント型水田乗用除草機で、条間を6条のカゴロータで、株間を羽根とタインで除草する機種。

B: チェーン除草機はφ19mm、長さ3.6mの直管に60cmのチェーンを9本、チェーン中央が垂れ下がるように自作し、直管の両端をロープで結び、作業者が引っ張って除草した。

表1 経営評価の前提条件

区	固定費 (円)	変動費 (円/10a)							
		労働時間 (hr/10a/人)	人 員	除草 回数	除草作業時間 (hr/10a)	労働強度 別労賃	労働費	燃料・ 資材費	変動費計 (円/10a)
		A	B	C	D (A×B×C)	E	F (D×E)	G	F+G
機械除草	270,000	0.5	1	4	2	1,400	2,800	150	2,950
布マルチ	3,100	1.3	2	1	2.6	1,400	3,640	34,150	37,790
チェーン除草	4,000	0.5	1	4	2	1,680	3,360	—	3,360
手取り除草	2,900	5.5	1	4	22	1,680	36,960	—	36,960
慣行	0	0.05	1	1	0.05	1,260	63	7,840	7,909

固定費の内訳は、機械除草区が乗用除草機の減価償却費、布マルチ区が灌水ポンプの減価償却費、チェーン除草区が材料費、手取り除草区が手押し式アルミ中耕除草機の減価償却費。

燃料・資材費の内訳は、機械除草区がガソリン(1ℓ/10a)、布マルチ区が布マルチとガソリン(1ℓ/10a)、慣行区が除草剤(初中期一発処理剤と田植え後・後期処理剤の体系処理)。

労賃のうち、機械除草と布マルチについては農林水産省生産費調査の単価(1400円/時間)とし、チェーン除草と手取り除草については強作業とし20%増の1,680円、慣行では軽作業とし10%減の1,260円に設定した。

3. 結果および考察

3.1 各抑草法の雑草抑制効果と水稻収量

水稻出穂期の雑草の発生状況を表3に示した。冬期湛水区を除き、各区の雑草量は転換田に比べ有機田で著しく多く、無除草区の雑草生重は、有機田では転換田の約50倍であった。雑草調査の時期は毎年出穂期前後に統一しており、雑草生重の差は発生本数の差を示していると考えられることから、有機田の雑草埋土種子量は転換田に比べ著しく多いと考えられた。主要草種は、有機田では主にコナギで、転換田では主にヒメミソハギであった。

冬期湛水は有機田では2010年だけの試験であるが、機械除草区や無除草区でコナギが著しく繁茂したものの、冬期湛水区では顕著な抑草効果が認められた。転換田1年目はヒメミソハギが多発生し全雑草生重が無除草区の56%と高かったものの、転換田2年目は機械除草区やチェーン除草区より少なかった。冬期湛水では、イトミズ類の土壤摂食・排泄によってトロト

ロ層が発達すると雑草種子が埋没し発芽が抑制される(伊藤ら, 2011)。転換田1年目は、冬期湛水開始時期が遅れ、トロトロ層の発達が遅れたため雑草の抑草が不十分であったと思われる。

機械除草区では、有機田で著しくコナギが発生した。有機田では雑草埋土種子量が極めて多く、機械除草では条間は抑草できたものの、株間の除草が不十分なためと考えられた。M社製乗用除草機ではツースで極表層の土をかき混ぜ、発芽直後の種子を土壌に定着させず浮かせることで、株間の雑草を抑草する。株間雑草を精度良く除草するためには、除草機のツース深度を一定に保つ必要がある。そのためには、水田のすき床が平らであることや田面が均平であることが必須であるが、供試した有機田はこれら条件が不十分であったと考えられた。機械除草で精度良く抑草するためには、前作水稻終了後から、すき床が平らになるよう留意して耕起管理し、丁寧な代かきによって田面の均平を確保することが必要である。

表2 ステップテストの被験者

区	年齢, 性別	備考
機械除草	40代男	除草を1週おきにした場合, 20a作業時
布マルチ	20代男	2人組みで作業, マルチ敷設者, 20a作業時
チェーン除草	20代男	歩行型で自作, 3.6m幅で長辺100mの水田を往復
手取り除草	20代男	条間は手押し中耕除草機, 株間は手作業, 4a作業

冬期湛水は未調査。

表3 異なる抑草法における雑草の発生状況 (g/m²)

区	項目	有機栽培長期継続田		有機栽培転換田	
		2009年	2010年	2011年	2012年
機械除草	全雑草生重	2,116	4,000	3	15
	主要草種	コナギ 90%	コナギ 90%	ヒメミソハギ ¹⁾ 99%	ヒメミソハギ ²⁾ 36% アゼナ 35%
冬期湛水	全雑草生重	—	32	72	3
	主要草種	—	アゼナ 100%	ヒメミソハギ ¹⁾ 95%	ヒメミソハギ ²⁾ 71%
布マルチ	全雑草生重	120	260	5	1
	主要草種	カヤツリグサ ³⁾ 64%	カヤツリグサ ³⁾ 90%	カヤツリグサ ³⁾ 90%	カヤツリグサ ³⁾ 66%
チェーン除草	全雑草生重	—	—	1	16
	主要草種	—	—	ヒメミソハギ ¹⁾ 67%	ヒメミソハギ ²⁾ 64%
手取り除草	全雑草生重	145	208	—	0
	主要草種	コナギ 87%	コナギ 75%	—	なし
無除草	全雑草生重	6,494	5,935	129	21
	主要草種	コナギ 89%	コナギ 89%	ヒメミソハギ ¹⁾ 70%	ヒメミソハギ ²⁾ 43% ホタルイ 41%

雑草調査は、2009年は7月30日、2010年は8月9～17日、2011年と2012年は8月24～27日。

表中の一は未調査。

主要草種の割合は、当該区の雑草総本数に占める当該草種の本数の割合。

冬期湛水の開始時期は、2010年と2012年はそれぞれ前年12月25日、2011年は当年2月22日。

機械除草では株間の抑草が不十分となることは一般に良く知られており、この対策として米ぬか土壌表面散布と併用することで高い抑草効果が得られる(中井・鳥塚, 2013; 三浦ら, 2015)。米ぬか散布では穂数が少なく収量が慣行栽培の96%に低下する(三浦ら, 2015)ので、密植等穂数を増やす栽培管理の改善が必要である。

布マルチ区では、有機田、転換田ともに主要草種はカヤツリグサであった。また、有機田、転換田とも雑草の生育量は、手取り除草を除き最も少なかった。布マルチは綿製不織布に種もみを挟みこみロールにしたものである。このロールを入水前の水田で転がしながら不織布を敷き詰め、入水して田面水に浮かせ、水稻の出芽後に落水し土壌に密着させるので、コナギ等の広葉雑草には顕著な抑草効果を示す(津野, 2004)。本試験でも、他の抑草法で発生したコナギやヒメミソハギ、アゼナ等は発生がなかった。また、布マルチは水田では約60日で水田に土着の微生物によって分解される(阿立ら, 2009)。しかし、カヤツリグサの発生時期は他の雑草より遅いため、布マルチの分解に伴い雑草の尖った葉先が布マルチを突き破って発生したと考えられた。

チェーン除草区は転換田のみに設置し、雑草量は機械除草区と同程度であったが、転換田2年目の雑草草種はチェーン除草ではヒメミソハギが多かった。チェーン除草は、田植え後苗が活着してから中干しまで、機械除草と同じタイミングで毎週作業したため、抑草効果は同程度であったと思われる。

各抑草法における水稻の平均収量を表4に示した。水稻収量は、有機田で雑草発生量が極めて低かった冬期湛水区や布マルチ区でも慣行区対比61~66%で、雑草が繁茂した機械除草区では同44%であった。有機田で雑草発生量が低いものの収量が低かった理由は、長年無農薬栽培を継続してきたためイネクロカメムシが試験ほ場周辺の山林や土手の草むらに定着し、水稻に被害を与えたためであった(大森, 2015)。

転換田では、機械除草区が慣行区対比99%、冬期湛水区と布マルチ区が同90~94%で、雑草が発生したものの収量への影響は小さかった。一方、チェーン除草区は転換田2年目の収量が同年慣行区の70%と低かったため、2011~2012年の平均では慣行区の83%で、試験区の中で最も低かった。この年の雑草発生量は、チェーン除草区と機械除草区が同等で、無除草区とほぼ同程度であり、チェーン除草区での主要な雑草草種は草高の高いヒメミソハギであった。有機栽培水田でのチェーン除草法では、水稻移植2~4後から5~7日間隔で4~5回作業するのが良い(古川・白鳥, 2012)とされている。本試験で、チェーン除草区の収量が低かった要因の一つに、水稻出穂後もヒメミソハギが生育し草高が高くなったことが考えられるが、チェーンが水稻をなでる行為が水稻の生育に対し負の影響があったことも考えられる。いずれにせよ、チェーン除草区は収量の変動が大きく慣行区より低収であったことから、チェーン除草の連年実施や大面積への適用の際は、これらリスクを考慮して導入することが必要である。

表4 異なる抑草法における有機水稻の収量

(kg/10 a)

区	2009年	2010年	2009~2010年の平均	2011年	2012年	2011~2012年の平均
機械除草	156	205	181 (44)	438	511	475 (99)
冬期湛水	—	251	251 (61)	456	440	448 (94)
布マルチ	195	348	272 (66)	343	519	431 (90)
チェーン除草	—	—	—	437	359	398 (83)
手取り除草	271	301	286 (69)	—	445	445 (93)
慣行	392	432	412 (100)	442	515	479 (100)

2009~2010年は有機栽培長期継続田でコシヒカリ、2011~2012年は有機栽培転換田でヒノヒカリを栽培。慣行区は所内慣行管理(化学肥料化学農薬使用)水田。平均の欄の()内は、慣行を100とした時の指数。

以上のことから、雑草発生量や水稻収量から判断すると、雑草埋土種子量が多い有機田に適する抑草法は冬期湛水と布マルチ直播と考えられ、機械除草を導入する場合は米ぬか土壌表面散布の併用などが必要である。一方、雑草埋土種子量が少ない転換田では、いずれの抑草法も適するが、布マルチ直播では特定の雑草に対して抑草できないことがあり、チェーン除草区では収量の変動が大きい等の課題があることから、これら抑草法の連年実施や大面積への適用の際には、抑草原理やリスクを理解し、各抑草法の抑草効果を高める作業方法を的確に実施することが必要である。

3.2 各抑草法の除草にかかる経費と経営面積

雑草埋土種子量が多い有機田では、導入に好適な抑草法が限定されたが、雑草埋土種子量が少ない転換田では、いずれの抑草法も適した。そこで、各抑草法の導入に好適な面積を、損益分岐点分析および労働負荷量の観点から検討することとした。

損益分岐点分析に用いた前提条件は、機械除草の固定費が27万円、変動費は2,950円である。この試験に供試した乗用除草機は高性能多目

的除草機に比べ廉価なため固定費は低かった。慣行栽培や布マルチ栽培では資材費が、手取り除草では労賃が、それぞれ変動費に占める割合が高く、変動費が高かった(表1)。

機械除草、布マルチ、チェーン除草および手取り除草の損益分岐点分析では、これら抑草法の中で常にチェーン除草の経費が低かった(図1)。また、布マルチとは77a以下、手取り除草とは79a以下でいずれも機械除草より除草経費が低かった。

しかし、チェーン除草や手取り除草は重労働であり、連日の作業は現実的ではないと思われる。そこで、各抑草法をステップテスト心拍数比率で比較することで労働負荷の面から検討した。ステップテスト心拍数比率は、0.8~1で中程度の労働負荷、1以上で重労働であると評価(九州農業試験場, 1999)できる。機械除草や布マルチのステップテスト心拍数比率は作業中常に0.7~0.8であり、チェーン除草や手取り除草は作業開始から30分後に1.2程度で重労働であることが示された(図2)。チェーン除草および手取り除草の労働時間は、それぞれ0.5時間/10a、5.5時間/10aであり(表1)、作業能率はそれぞれ20a/時間、1.8a/時間となる(表5)。

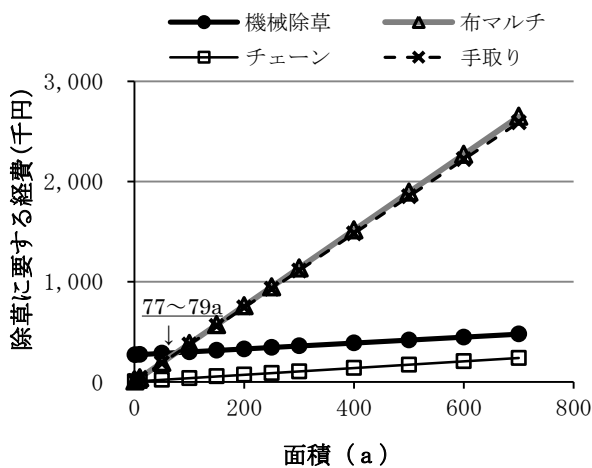


図1 各抑草法の除草に要する経費

注) 図中の英数字は各直線間の交点(損益分岐点(面積))

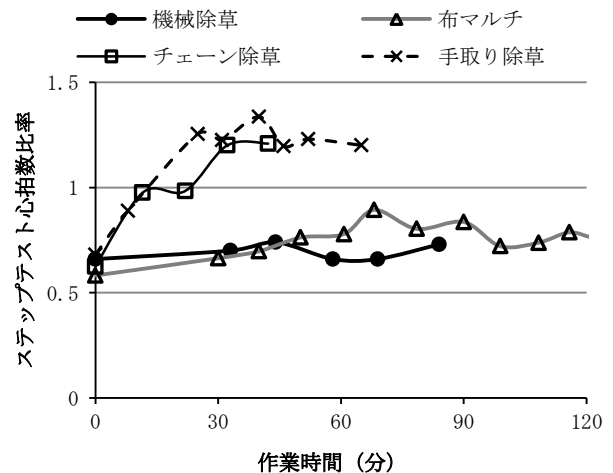


図2 各抑草法の労働負荷の程度

注) ステップテスト心拍数比率=作業時の心拍数÷3分間ステップテスト時の心拍数

これら作業はいずれも重労働で、手取り除草では作業効率が低く、チェーン除草では収量性が不安定であることから、これら抑草法で規模拡大し連日作業することは現実的ではないと思われる。そこで、これら作業を1週間に1日8時間、除草頻度を機械除草と同様に7日ごとに実施すると仮定すると、最大面積はチェーン除草で160a、手取り除草で14aが得られ、これら

が導入に好適な面積と考えられた(表5)。しかし、チェーン除草のねらいは、新規に有機農業に取り組もうとする農家が小面積での試行をスタートできる技術(古川・白鳥, 2012)である。このため、チェーン除草に好適な導入面積は手取り除草と同程度でよく、チェーン除草は、手取り除草の省力的な代替技術として選択するのが良いと思われた。

表5 除草経費と労働負荷から推定された導入に好適な面積

区	作業能率 (a/時間)	1日作業可能面積 (a)	労働負荷程度	導入好適面積 (a)	留意点・導入条件
冬期湛水	—	—	—	制限なし	冬期に入水可能なほ場
機械除草	20	160	軽～中	77～800 (671～800) [282～800]	除草を7日間隔で4回実施(作業員1名) ()内は有機米と慣行米の価格差なし時 []内は有機米が5%高単価の時
布マルチ	7.7	62	軽～中	14～77	2人組み作業(1回/ほ場).
チェーン除草	20	160	重	<160	歩行型で自作. 7日間隔で4回除草
手取り除草	1.8	14	重	<14	()内は、手取り除草の代替(省力化) 条間は手押し中耕機. 株間は手作業 除草を7日間隔で4回実施

労働負荷程度の欄は、軽が軽労働(ステップテスト(ST)心拍数比率で0.8以下)、中が中程度の労働(ST心拍数比率で0.8～1)、重が重労働(ST心拍数比率で1以上)。

冬期湛水の欄の—は未調査。

1日作業可能時間は8時間、1週作業日数は機械除草区と布マルチ区が5日、チェーン除草区と手取り除草区が1日で設定。

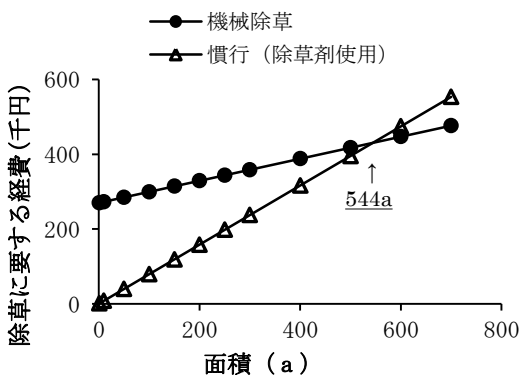


図3 機械除草と慣行栽培の除草に要する経費

注) 図中の英数字は各直線間の交点の面積(損益分岐点)。

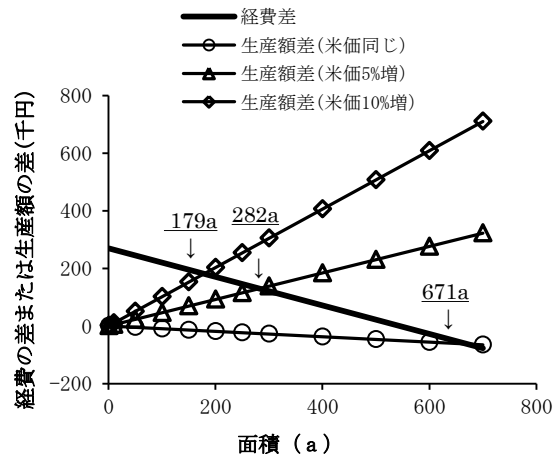


図4 米価が異なる場合の機械除草と慣行栽培の除草にかかる損益分岐点

注) 図中の英数字は各直線間の交点(損益分岐点(面積))
経費の差は、機械除草と慣行(除草剤使用)の除草に要する経費の差。

生産額差は、機械除草の収量を475kg/10a、慣行(除草剤使用)を479kg/10aとし、米価同じ、米価5%増、米価10%増は、慣行米が14,000円/60kgで、有機米の単価がそれぞれ、慣行米と同じ場合、5%高い場合、10%高い場合を示す。

布マルチと機械除草では同等の除草効果が得られた。また、両者の作業能率はそれぞれ7.7a/時間、20a/時間であった。両者の損益分岐点は77aであることから、これ以下では布マルチが機械除草よりコスト面で有利であり、かつ14a以下では手取り除草の導入が好適なため、布マルチの導入好適面積は14~77aと考えられた(表5)。なお、布マルチでは2人以上の組み作業で実施することが望ましい。一方、機械除草では毎週除草作業を実施する必要があり、1日8時間、1週間に5日実施すると仮定すると、作業員1名につき800a/週が作業面積の上限となる。すなわち、これら各抑草法を比較した場合では、機械除草の導入に好適な面積は、作業員1名につき77~800aと考えることができた(表5)。

冬期湛水では、水稻非作付期間中に適宜代かきして非作付期の雑草対策を行うが、冬期乾田管理するほ場でも適宜耕起することから、除草にかかる経費の変化はないとみなし、損益分岐点は求めなかった。なお、冬期湛水の導入可能水田は冬でも河川から直接灌漑水が利用できる水田に限られる。環境保全型農業直接支払交付金の実施状況(農林水産省生産局, 2015)によると、本県では冬期湛水を含む地域特認の実施面積は2015年度は3haで、中国四国農政局管内の0.7%、全国の0.01%である。冬期湛水では、冬期の灌漑水の確保さえ可能であれば導入に好適な面積に制限はなく、かつ1年生雑草に対する抑草効果も高いので、県内でもたくさんの方に興味を持っていただけることを期待したい。

最後に、慣行栽培との比較を、各抑草法のうち規模拡大が容易な機械除草を用いて行った。慣行栽培と機械除草における除草経費の損益分岐点は544aであった(図3)。しかし、有機米は慣行米に比べ一般に収量が低いので、本試験の慣行区と機械除草区の収量を用い米単価は同じに設定すると、所得ベースでの損益分岐点は671aであった。有機米は単価が高く販売されるので、慣行米を14,000円/60kgとし、有機米の単価が5%および10%高い場合を想定すると、同様に損益分岐点はそれぞれ282a、179aとなった(図4)。これらのことから、機械除草を671~800aでは慣行栽培より除草にかかる経費を低くでき、さらに有機米として高値で販売

すれば、より少ない面積でも慣行栽培と同等の所得が得られることが明らかになった。

4. 総合考察

今回の試験から、有機水稻を栽培する場合の各抑草法の導入に好適な面積を表5にまとめた。14a以下ならばチェーン除草や手取り除草、14~77aならば布マルチ、77~800aならば機械除草が適していると推定できた。また有機米と慣行米に価格差がなくても、671a以上では機械除草の方が低コストで生産でき、さらに有機米として高値で販売することで、同じ栽培面積でも慣行栽培より所得が高くなった。転換田などの雑草埋土種子量が少ない水田では、水稻有機栽培は雑草や収量の面で慣行栽培と同等であった。以上のことから、有機栽培ではまず販路を確保したうえで、規模拡大を図り生産費を下げ価格競争力を高めることが重要であると思われる。個々の規模拡大は、県内の有機栽培面積の増加につながり、ひいては県内の有機栽培の普及拡大に貢献すると期待できる。

有機栽培に取り組む農家の経営の目的や栽培条件は多種多様であり、経営する土地にあった抑草法や有機栽培の方法を選択することが重要と考えられる。本指標は、有機農業への新規参入者に対しては、多様な営農条件の中から、無理なく導入できる抑草法を選定する目安になり、既存の有機農業者に対しては、今後経営規模を拡大する時の参考になることを期待したい。

引用文献

- 阿立真崇, 山下陽一, 石掛桂士, 森美由貴, 道岡昌美, 上野秀人, 山下淳, 杉本秀樹(2009): 布マルチ水稻直播栽培の生育収量特性およびマルチ分解過程, 日作四国支報, **46**, 13-22.
- 古川勇一郎, 白鳥豊(2012): 有機栽培水田で利用する簡易なチェーン除草機の作製方法とその雑草低減効果, 研究成果情報, http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto/22/12/22_12_04.html
- 伊藤豊彰, 川瀬莉奈, 原宏太, 今智穂美(2011): 冬期湛水・有機栽培水田の土壤動物-イトミミズの生態と機能土と微生物-, 土と微生物,

65, 94-99.

九州農業試験場 (1999) : ステップテストを用いた作業負担の簡易評価方法, 研究成果情報, <http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/karc/1999/konarc99-557.html>

三浦重典, 内野 彰, 野副卓人, 田澤純子, 吉田隆延, 水上智道, 鄭凡喜, 万小春, 仲川晃生, 中谷敬子, 澁谷知子, 白石昭彦, 今泉智通, 青木大輔, 松岡宏明 (2015) : 機械除草と米ぬか散布等を組み合わせた水稲有機栽培体系の抑草効果と収量性, 中央農研研究報告, **24**, 55 - 69.

中井 讓, 鳥塚 智 (2013) : コナギとイヌホタルイの多発圃場における機械除草法の改良-株際機械除草法の開発-, 農作業研究, **48**,

61-67.

農林水産省 (2003) : 環境保全型農業推進農家の経営分析調査, http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kankyo_hozen/index.html

農林水産省生産局 (2015) : 平成 27 年度環境保全型農業直接支払交付金の実施状況, http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/kakyou_c_hokubarai/attach/pdf/mainp-2.pdf

大森誉紀 (2015) : 水稲無農薬栽培を 28 年間継続した水田における収量の年次変動とその要因, 愛媛農林水研報, **7**, 42-52.

津野幸人 (2004) : 「布マルチ水稲直播栽培」, 農業技術体系 作物編 追録第 26 号, 農文協