

## 有機田畑輪換におけるダイズ栽培前後のコナギ埋土種子数の変化

二瓶直登\*, 佐々木園子\*, 鈴木幸雄\*, 遠藤あかり\*, 敖敏\*\*, 小林浩幸\*\*

Change in number of buried seeds of *Monochoria vaginalis* var. *plantaginea* before and after soybean cultivation in organic paddy-upland rotation cropping system

Naoto Nihei\*, Sonoko Sasaki\*, Yukio Suzuki\*, Akari Endou\*, Min Ao\*\* and Hiroyuki Kobayashi\*\*

要約：有機水田においてコナギは主要な雑草であり、イネとの養分競合等による減収をひきおこすため、その抑草対策は極めて重要である。除草剤を使用できない有機農業では、田畑輪換が有効な耕種の防除法と考えられるが、コナギ発生への影響については不明である。このため、有機栽培の田畑輪換によるコナギの発生推移と、ダイズ栽培前後のコナギ埋土種子数の変化について検討した。ダイズ栽培後の復田水田と隣接する連作水田のコナギ発生数を4地区で比較した結果、3地区の復田水田では連作水田よりコナギの発生数が少なかった。有機ダイズ栽培前後のコナギ埋土種子数を6ヶ所で調査した結果、ダイズ栽培前（イネ作付け後）に比べ、ダイズ栽培後のコナギ埋土種子数は減少しており、ほ場によっては、作付け期間中の8月でもコナギの埋土種子数が減少していた。ダイズ栽培ではほ場内の耕耘同時畝立播種をした畝下部でしかコナギの発生が確認されず、このことがダイズ栽培期間中の埋土種子数減少の要因の一つと推測された。しかし、ダイズ栽培中のコナギ発生数とダイズ栽培前後の埋土種子の減少数には差があることから、耕耘による下層への種子の埋没、土壌中での発芽などの要因について、今後更なる調査が必要と考えられた。

キーワード：コナギ，埋土種子，有機農業，田畑輪換，ダイズ

### 背 景

農業による環境負荷への懸念と、将来にわたる持続的な食糧生産を実現するために、有機農業への取り組みが全国的に見直されている。しかし、従来の農業に対して、減収や労力増加の不安などから、国内の有機農業生産は停滞しており、有機農産物の需要拡大分は輸入によってまかなわれているのが現状である。有機栽培の拡大を図る上で、技術的な制限要因となるのが抑草対策である。通常の栽培においては、時期や草種に合わせて効果的に除草剤を使用できるが、有機農業では除草剤を使えないため、特に有機水田で抑草対策に苦慮している生産者は多い。

水田での強害雑草は、飽水土壌条件で活発に発生する湿生雑草（タイヌビエ，イヌビエ，ミズカヤツリ）や、

湛水土壌条件で活発に発生する水生雑草（コナギ，ヒルムシロ，イヌホタルイ，クログワイ）などに分類されている（民間稲作研究所編1999）。有機水田では、コナギとマツバイ（鯨ら2004），マツバイ，ミゾハコベ，コナギ（大場ら2001），コナギ，イヌホタルイ，オモダカ（長谷川2008）などが優占するとの報告があり、特に、コナギ対策が極めて重要である（嶺田・沖1997）。ミズアオイ科のコナギ（*Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*）は、地上部の窒素含有率がイネと比較して2倍にのぼり（荒井・川嶋1956），他の植物に比べ窒素吸収力が大きい（椛木・中村1984）。このためコナギの雑草害は、主にイネとの肥料養分の競合によるものである（荒井・川嶋1956）。また、浅井・檜野（1994）や長谷川（2008）は、コナギが有機水田で優占する要因として、有機質肥料の施用，入念な代かき，深水管理によって土壌還元が進み、

\* 福島県農業総合センター 〒963-0531 福島県郡山市日和田町高倉字下中道116

Fukushima Agricultural Technology Centre, 116 Shimonakamichi, Takakura, Hiwadamachi, Kooriyama, Fukushima 963-0531, Japan

\*\* 農研機構 東北農業研究センター

第1表 前作が異なるほ場におけるイネ栽培中のコナギ発生調査ほ場

調査地区	ほ場	所在地	前作の作付け			イネ*の作付け			発生調査 (年.月.日)	
			作付年 (年)	作物 品 種	連作年数 (年)	作付年 (年)	連作年数 (年)	調査日までの除草対策		
A	復田水田	二本松市	2007	ダイズ	タチナガハ	3	2008	1	機械除草 (6/17,6/21)	2008. 8. 11
	連作水田			イネ	コシヒカリ	2		3		
B	復田水田	二本松市	2008	ダイズ	タチナガハ	3	2009	1	チェーン除草 (5/26,5/30)	2009. 6. 8
	連作水田			イネ	コシヒカリ	2		3		
C	復田水田	郡山市	2008	ダイズ	すずほのか	1	2009	1	なし	2009. 6. 12
	連作水田			イネ	コシヒカリ	3		4		
D	復田水田	郡山市	2008	ダイズ	すずほのか	1	2009	1	屑ダイズ+ナタネ粕 (50kg+50kg/10a)散布	2009. 6. 12
	連作水田			イネ	コシヒカリ	3		4		

\* イネ品種；コシヒカリ

第2表 ダイズ作付け前後のコナギ埋土種子数の調査ほ場

調査ほ場	所在地	前作イネ*		ダイズ**		土壌採取日	
		作付年 (年)	連作年数 (年)	作付年 (年)	作付け前 (年.月.日)	作付け期間中 (年.月.日)	作付け後 (年.月.日)
E	二本松市	2007	3	2008	2008. 3. 18	—	2008. 11. 21
F	二本松市	2008	3	2009	2008. 11. 21	—	2010. 1. 18
G	南相馬市	2008	8	2009	2009. 6. 4	—	2009. 11. 5
H	相馬市	2008	5	2009	2009. 3. 9	2009. 8. 3	2009. 12. 3
I	相馬市	2008	5	2009	2009. 3. 9	2009. 8. 3	2009. 12. 3
J	郡山市	2008	3	2009	2008. 11. 21	—	2010. 1. 18

\* イネ品種；コシヒカリ \*\* ダイズ品種；タチナガハ

水生雑草の発芽が促進されることや、コナギの種子千粒重が小さく種子生産数も多いことを挙げている。

水田における抑草対策の一つに田畑輪換がある。田畑輪換は、数年を単位として水田状態と畑状態を交互に繰り返して行う土地利用方式であり、水田を畑地に転換した場合も、その逆に畑地を水田に還元した場合も、地上部に成立する雑草群落の種組成が変わるためどちらも雑草の発生は減少する傾向にある(野口1992)。したがって、除草剤を使わない有機栽培では、耕種的防除法としてその利用が考えられる。これまで、慣行栽培では、ダイズ作付け後復田した水田のコナギの発生は減少するとの報告(大賀ら1990)はあるが、有機栽培の田畑輪換でコナギの発生に関する報告はない。また、コナギの発生が減少する場合は、休眠等により土壌中には存在するが発芽しないためなのか、死滅等により土壌中にコナギの種子が減少するためなのかについても不明である。田畑輪換によるコナギ発生の減少メカニズムを解明することは、効果的なコナギ防除法の確立につながり、有機農業の普及に大きく寄与するものと考えられる。

以上より、本研究では、有機水田において連作と複田

のコナギの出芽個体数を比較した。また、田畑輪換の抑草要因を解明するため、ダイズ作付け前後のほ場におけるコナギの埋土種子数を比較検討した。

#### 調査方法

##### 1) 前作が異なる有機水田のイネ作付け期間中のコナギの出芽個体数

福島県内の前作の異なる有機水田(第1表)を、イネ作付け期間内のコナギの出芽個体数を調査した。イネの作付け品種はコシヒカリであった。ほ場A, Bは前年までダイズの連作が3年で、ほ場Cの前作はダイズ1年目であった。対照として、各ほ場に隣接する有機連作水田でも調査を行った。調査は、ほ場Aが2008年8月11日、ほ場Bが2009年6月8日、ほ場C, Dが2009年6月12日に、30cm×30cmの枠を用いて、各ほ場3箇所ずつ行い、その平均値を示した。調査までの抑草対策は、ほ場Aが機械除草2回、ほ場Bがチェーン除草2回、ほ場Dが屑ダイズとナタネ粕散布であった。

第3表 前作が異なるほ場におけるイネ栽培中のコナギ発生数

調査地区	ほ場	所在地	イネ作付け年(年)	コナギ(本/m <sup>2</sup> )
A	復田水田	二本松市	2008	197
	連作水田			186
B	復田水田	二本松市	2009	2
	連作水田			527
C	復田水田	郡山市	2009	20
	連作水田			67
D	復田水田	郡山市	2009	4
	連作水田			24

## 2) ダイズ作付け前後のコナギの埋土種子数

福島県内の6ヶ所の有機栽培ほ場(第2表)にて、イネからダイズへ転換した各ほ場のダイズ作付け前と後のコナギの埋土種子数を調査した。ほ場Eは2007年イネ、2008年ダイズの作付けで、他のほ場は2008年イネ、2009年ダイズであった。ほ場EとFは異なる年次の同一地区内である。品種はイネがコシヒカリ、ダイズがタチナガハであった。なお、ダイズ作付け前年までの有機イネの連作年数はほ場E、F、Jが3年、ほ場Gが8年、ほ場H、Iが5年であった。

埋土種子数の調査は「埋土種子調査マニュアル(試用版)」(中央農研・東北農研・九州沖縄農研2009)および嶺田(1997)に従って行った。内径5cmの土壌採取管を使い、ほ場の対角線方向に沿って5~10ヶ所の作土層(地表面から深さ15cm)より採取した。土壌の採取は、ダイズの作付け前とダイズの作付け後に行い、ほ場HとIについては、ダイズ作付け期間中にも行った。乾燥した土壌サンプル200gをポリ容器に入れ、50%炭酸カリウム溶液を350ml程度加え、よく攪拌した後30分間ほど静置し、分離した種子を含む残さをスプーンですくった後、上澄液をアスピレーターで吸引して種子を回収した。回収した種子は、実体顕微鏡下で同定を行い、外見上損傷が認められず、胚に変色や腐敗が認められないものを生存種子としてカウントした。

## 3) ダイズ作付け期間中のコナギの出芽個体数

ほ場Hにおいて、ダイズ作付け期間中のコナギの出芽個体数を調査した。2009年6月5日にともだち643号(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=6%-4%-3%, 旭工業)とミネラルエコめぐみ(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=0-27%-16%, エム・エー工業)を用いて施肥(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=0.15kg/a-0.6g/a-0.6kg/a)し、畝間75cm, 株間20cmでダイズ(タチナガハ)を播種した。播種は、逆転ロータリーで約15cm程度の畝を作りながら播種を行う畝立同時播種(細川

第4表 ダイズ作付け前後のコナギ埋土種子数の変化

調査ほ場	所在地	ダイズ作付け年(年)	コナギ埋土種子数*		
			作付け前(×10 <sup>3</sup> 粒)	作付け期間中(×10 <sup>3</sup> 粒)	作付け後(×10 <sup>3</sup> 粒)
E	二本松市	2008	93	—	23
F	二本松市	2009	92	—	64
G	南相馬市	2009	147	—	82
H	相馬市	2009	23	9	9
I	相馬市	2009	30	10	5
J	郡山市	2009	2	—	2

\* 深さ15cm, 1m<sup>2</sup>当たりの種子数

2005)で行った。2009年6月19日に、ほ場内3箇所の畝上部と畝下部に30cm×30cmの枠をそれぞれ設置してコナギの個体数を調査した。

## 調査結果

## 1) 前作が異なる有機水田のイネ作付け期間中のコナギの出芽個体数

前作が異なる有機水田におけるコナギの出芽個体数を第3表に示した。A地区では、連作水田、復田水田ともコナギの出芽個体数は197, 186本/m<sup>2</sup>でほぼ同数であった。B地区では、前作にダイズを作付けした復田水田でのコナギの出芽個体数は2本/m<sup>2</sup>で、イネを連作栽培している連作水田の527本/m<sup>2</sup>に比べ減少した。C, D地区は前作のダイズ連作年数が1年であったが、連作水田に比べいずれの地域でもコナギの発生は減少した。

## 2) ダイズ作付け前後におけるコナギの埋土種子数

ほ場ごとのコナギの埋土種子数を第4表に示した。

ほ場Eではコナギの埋土種子数はダイズ作付け前93×10<sup>3</sup>粒に比べ作付け後が23×10<sup>3</sup>粒となり約7割減、ほ場Fではダイズ作付け前92×10<sup>3</sup>粒に対し作付け後が64×10<sup>3</sup>粒となり約3割減、ほ場Gではダイズ作付け前147×10<sup>3</sup>粒に対し作付け後が82×10<sup>3</sup>粒となり約4割の減少となった。

ほ場H, Iでは、ダイズ作付け期間中にも土壌をサンプリングし、埋土種子数の変化を調査した。その結果、ほ場Hではダイズ作付け前23×10<sup>3</sup>粒に対し、ダイズ作付け期間中の8月3日では9×10<sup>3</sup>粒となりにも埋土種子数の減少がみられ、ダイズ作付け後の12月3日でも9×10<sup>3</sup>粒で作付け前の約4割に減少していた。ほ場Iでも同様の傾向がみられ、ダイズ作付け前30×10<sup>3</sup>粒に対し、ダイズ作付け期間中の8月3日では10×10<sup>3</sup>粒となり埋土種子数の減少がみられ、ダイズ作付け後の12月3日

第5表 有機ダイズ作付け期間中のコナギ発生数

調査場所	( $\times 10^3$ 本/m $^2$ )
畝上	0
畝下	2

調査ほ場：Hほ場

調査日：2009年6月19日

は $5 \times 10^3$ 粒となり作付け前の約2割に減少していた。ほ場Jでは、イネ作付け前後の埋土種子数が約 $2 \times 10^3$ 粒/m $^2$ と少なく、埋土種子数の変化を検知できなかった。

### 3) ダイズ作付け期間中のコナギの出芽個体数

ほ場Hのダイズ作付け期間内の6月19日のコナギの出芽個体数を第5表に示した。畝上部ではコナギの出芽はみられなかったが、畝下部では $2 \times 10^3$ 個体/m $^2$ の出芽が確認された。

## 考 察

有機イネほ場の4地区で、ダイズ栽培後の復田水田と隣接する連作水田におけるコナギの出芽個体数を比較した結果、A地区以外の復田水田では、連作水田よりコナギの出芽は少なかった(第3表)。復田水田と連作水田は隣接しており、調査当年には同じ栽培管理が行われたものの、栽培履歴が完全に同一ではないため、コナギの出芽個体数を直接比較できるものではない。しかし、地域や栽培管理が異なる3ヶ所で同様な傾向がみられたことから、慣行ほ場と同様(大賀ら1990)に、有機栽培でもダイズ栽培後の復田水田では連作水田よりコナギの出芽が少ないと考えられた。

そこで、復田水田のコナギの発生数減少にダイズ作付け期間が及ぼす影響を検討するため、ダイズ作付け前後におけるコナギの埋土種子数を調査した。その結果、調査した6ヶ所のうち5ヶ所で、ダイズ作付け前に比べダイズ作付け後でコナギ埋土種子量が減少していた(第4表)。ほ場によっては、ダイズ作付け期間中(8月)の調査でも作付け前に比べ、コナギの埋土種子数が減少していることが確認された。

これまでに、田畑輪換では夏期にダイズ等の畑作物を2~3年間作付けすると、水田雑草の種子や栄養繁殖器官の死滅をもたらし、水田に戻した場合の雑草量を大きく減少させることが報告(芝山1994)されている。一方、水田雑草種子の土壤中での寿命は非常に長く、さらに畑地の条件で必ずしも短くならないとの指摘(野口1992)もある。本研究で、ダイズ一作だけでコナギ埋土種子数が大きく減少した要因としては、ほ場で観察された現象より以下が考えられる。

調査した転換畑では、排水が悪く発芽不良も懸念されたことから、耕耘同時畝立播種でダイズを播種している。耕耘同時畝立播種はダイズの湿害回避技術として開発された播種法(細川2005)で、逆転ロータリーの爪の向きを変えて畝を作りながら播種する技術である。畝上部と畝下部で15cm程度の高低差をつくり、ダイズ種子周辺の雨水等を排水して湿害を回避する。従って、畝上部と畝下部では土壤水分に差があり、畝上部では土壤水分が低いが、畝下部では土壤水分が高く、降水直後には湛水する。耕耘同時畝立播種をした本調査では、ダイズ栽培期間中でも、畝下部でコナギの出芽が確認された(第5表)。水田雑草であるコナギは、発芽に際し酸素要求度が低く、湛水下の低酸素条件で出芽する(伊藤1993)。そのため、通常の畑地ではコナギの出芽がみられない。しかし、畑地でも、畝下や排水が悪いほ場では、土壤水分が高く低酸素条件となりコナギは発芽する。発芽後、出芽をしても、畑では土壤水分の変化が大きく、水分不足により、開花結実まで生育せず途中で枯死し、コナギの埋土種子数が減少したのではないかと考えられる。実際、コナギの出芽が確認されたほ場でも、開花結実まで生育する個体は認められなかった。また、ほ場によりダイズ作付け前後でコナギ埋土種子の減少率に幅があるのは、各ほ場の乾・湿の差が影響し、土壤水分が低いほ場ではコナギは発芽せず、埋土種子数の変化が少なかったのではないかと考えられる。ただし、畝下部で出芽が確認されたコナギの個体数は、ダイズ作付け前後で減少したコナギ埋土種子数に比べ桁少ない。

コナギの種子には強い光発芽性が認められ、通常、土壤中では発芽しないと考えられているが、発芽イネ種子や籾殻散在下では暗条件で発芽することが報告されている(川口ら1997, 半田ら2006)。本研究では、埋土種子調査時にコナギ種子の殻が多数確認されており、転換畑の大豆栽培では表層のみでなく、土壤中でもコナギの発芽が生じ、出芽に失敗して枯死していることが推測される。また、コナギの限界出芽深は0.2~2cm(汪ら1996, 小荒井・芝山2002)と浅いため、中耕・培土作業で覆土されて枯死に至った発芽種子の存在や、コナギの発生期間は比較的長い(鈴木・須藤1975, 小荒井・芝山2002)ため、調査日(6月19日)以降も出芽と枯死を繰り返した可能性も考えられる。ただ、ダイズ作付け前には、水稲作付け時より爪の長いロータリーを用いて深く耕起するため、表層のコナギ種子が今回調査を行わなかった15cmより深い層へ移動した可能性も否定できない。ダイズ作付け期間中のコナギの出芽後の枯死以外の減少要因については今後詳細な検討が必要である。

有機水田におけるコナギの抑草対策は、これまで、米糠、屑ダイズ、再生紙マルチ、複数回代かき、機械除草等が検討されているが、本調査の結果から田畑輪換もコ

ナギ対策として有効な手段であると考えられる。また、土壌水分が高いところではダイズ作付け期間中でもコナギの出芽が確認されたが、ダイズ作付け期間中にコナギの埋土種子数が減少しており、田畑輪換の効果が認められた。効果的なコナギの防除法確立は、今後の有機農業の普及振興には不可欠な技術である。田畑輪換によるコナギ減少のメカニズムを解明するため、田畑輪換を行った同一ほ場でのコナギの発生や埋土種子数の変化、土壌水分がコナギの発芽に及ぼす影響や埋土種子の土壌中における垂直分布などを今後も継続して調査する予定である。

### 謝 辞

本試験は、農研機構交付金プロジェクト「有機農業の生産技術体系の構築と持続性評価法開発」によって行ったものである。有機輪作ほ場を快く調査させていただいた南相馬市の根本洗一氏、二本松市の大内信一氏、埋土種子調査を根気よく一緒に行って下さった福島県農業総合センター主任農場管理員の渡邊かよ子氏に深く感謝いたします。

### 引用文献

浅井元朗・樫野亜貴 1994. 湛水後の2回の土壌攪拌が水田雑草群落組成に及ぼす影響. 雑草研究 39:174 - 176.  
 荒井正雄・川嶋良一 1956. イネ栽培における雑草害の生態的研究 I・II. 日本作物学会紀事 25:115 - 119.  
 中央農研・東北農研・九州沖縄農研 2009. 「埋土種子調査マニュアル (試用版)」, pp. 9 - 16.  
 半田裕美・横田孝雄・米山弘一・竹内安智 2006. 無菌条件がコナギ種子の発芽に与える影響. 雑草研究 51 (別): 170 - 171.  
 長谷川浩 2008. 有機水稲栽培におけるシードバンクとコナギ優占の実態 - 東日本における事例. 有機農業研究年報 vol. 8: 94 - 108.

細川 寿 2005. 湿害回避のための大豆耕うん同時畝立て作業技術. 農業技術 60(6): 254 - 257.  
 伊藤操子 1993. 「雑草学総論」, pp. 59 - 60.  
 梶木信幸・中村 拓 1984. 水田雑草の養分吸収特性の草種間差. 雑草研究 29: 147 - 152.  
 川口 俊・竹内安智・小笠原勝・米山弘一・近内誠登 1997. コナギの種子発芽に対するイネ種子の他感作用. 日本雑草学会誌 43: 262 - 267.  
 小荒井晃・芝山秀次郎 2002. 代かき前の水田土壌の水分条件が数種一年生雑草の発生に及ぼす影響. 雑草研究 46: 282 - 290.  
 鯨 幸夫・小村由希・登内良太 2004. イネの無農薬栽培における雑草防除. 北陸作物学会報 39: 24 - 27.  
 嶺田拓也・沖 陽子 1997. 雑草防除法, 耕起法および作付け様式の異なる水田における埋土種子の比較. 雑草研究 42: 81 - 87.  
 民間稲作研究所編 1999. 除草剤を使わないイネづくり - 20種類の抑草法の選び方・組み合わせ方, 農山漁村文化協会.  
 野口勝可 1992. 栽培技術の変遷に伴う雑草群落の変化. 雑草研究 37: 1 - 7.  
 大賀康之・小野正則・平野幸二 1990. 砂壤土水田における田畑輪換方式が作物の生育・収量・雑草発生及び土壌理化学性に及ぼす影響. 福岡農総試研報 A - 10: 53 - 56.  
 大場伸一・鈴木雅光・原田博行・鈴木 泉 2001. イネ有機栽培のための各種雑草防除法の有効性と課題. 東北の雑草 1: 19 - 22.  
 芝山秀次郎 1994. 1. 水稲作 1.1.3 移植栽培 (3) 温暖地. 芝山秀次郎・近内誠登・草薙得一編集「雑草管理ハンドブック」, 朝倉書店, pp. 172 - 183.  
 鈴木光喜・須藤考久 1975. 水田雑草の発生生態第2報 出芽期間と出芽率. 雑草研究 20: 109 - 113.  
 汪光熙・草薙得一・伊藤一幸 1996. ミズアオイとコナギの種子の休眠, 発芽, 出芽特性. 雑草研究 41: 247 - 254.

(2010年5月24日受理)