

スルホニルウレア系除草剤抵抗性イヌホタルイの 水稲収量への影響と対策剤による防除法

中井譲・鳥塚智・河村政彦*

Impacts of Rock Bulrushes Resistant to Sulfonylurea Herbicides on Paddy Rice Yield and Their Control with Improved Herbicides

Joe NAKAI, Satoshi TORITSUKA and Masahiko KAWAMURA

キーワード: イヌホタルイ, 雑草害, スルホニルウレア系除草剤抵抗性パイオタイプ, 抵抗性パイオタイプ対策剤

本研究は、2003年のスルホニルウレア系除草剤による防除後に、滋賀県で初めて除草剤抵抗性パイオタイプのイヌホタルイが確認された圃場で実施した。2004年と2005年も、スルホニルウレア系除草剤で雑草防除を実施したところ、イヌホタルイの発生地点は年々拡大した。なお、2005年には、雑草害で減収した地点は、圃場内の調査ポイント32点のうち、80個体/m²以上の3地点に限られており、それ以外の29地点では減収は認められなかった。しかしながら、圃場内に抵抗性イヌホタルイの多発地点が発生すると、コンバイン収穫時に大量の種子が拡散する危険がある。また、2006年には、抵抗性パイオタイプ対策剤で防除を行ったところ、除草効果は極大であった。したがって、抵抗性イヌホタルイを確認した圃場では、雑草害による減収と周辺への種子拡散を防止するため、抵抗性パイオタイプ対策剤で適正な防除を行う必要がある。

1. 緒言

スルホニルウレア系除草剤は、多種の草種に極めて高い除草効果を示し、多くの水稲用除草剤を構成する成分として用いられている。しかし、1990年代の後半になると、スルホニルウレア系除草剤で防除しても特定の雑草種が高い密度で発生することが報告された⁵⁾。スルホニルウレア系除草剤抵抗性パイオタイプは、ミズアオイ、アゼトウガラシ、アゼナ類、ミノハコベ、キサシグサ、キクモ、イヌホタルイ、コナギが確認されている^{1, 3, 4, 7, 8, 9, 12, 14)}。また、本県でも、スルホニルウレア系除草剤抵抗性パイオタイプのアゼナ類、コナギおよびイヌホタルイが確認されている。これらを受けて、スルホニルウレア系除草剤抵抗性パイオタイプの雑草を防除できる除草剤（以下、「抵抗性パイオタイプ対策剤」と略す）が開発され、現在では市販されている。

本研究は、2003年に県内で初めてスルホニルウレア系除草剤抵抗性パイオタイプのイヌホタルイが確認された本センター内の圃場で実施した。当該圃場では、確認後の2004年と2005年もスルホニルウレア系除草剤を連年処理して、水田内

の発生地点の変遷を確認した。さらに、2005年は、イヌホタルイの残草が水稲収量に与える影響を明らかにし、2006年は、抵抗性パイオタイプ対策剤によるイヌホタルイの防除効果を確認したので、その概要を報告する。

2. 材料および方法

2.1 材料

試験は、2003年の水稲収穫時にイヌホタルイの残草が、わずかに確認された滋賀県農業技術振興センター内の圃場（面積:32a）で実施した。残草したイヌホタルイは、2004年に吉田ら¹⁸⁾が開発した抵抗性簡易検定キットで検定を行い、スルホニルウレア系除草剤抵抗性であることを確認した。なお、2002年時点では、抵抗性パイオタイプのイヌホタルイが確認されていたのは、47都道府県中10道県であり、本県では未確認であった¹³⁾。したがって、試験圃場の抵抗性パイオタイプのイヌホタルイは、本県で初めて確認された事例であった。また、1996年から2004年における試験圃場の雑草防除は、スルホニルウレア系除草剤を用いて実施した（表1）。

表1 除草剤使用履歴

年次	使用除草剤	雑草発生状況
1996～1999年	エトベンゼニド・ピラゾスルフロンエチル・イマゾスルフロン・ダイムロン剤	コナギが多発した年が若干あり
2000年	シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル・ブタミホス剤	除草効果極大
2001年	ピラゾスルフロンエチル・エスプロカルブ・プレチラクロール・ジメタリン剤	除草効果極大
2002年	シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル・ブタミホス剤	除草効果極大
2003年	カフェンストロール・ペンシルフロメチル・ダイムロン液剤	イヌホタルイの残草を確認
2004年	ピラゾスルフロンエチル・エスプロカルブ・プレチラクロール・ジメタリン剤	前年より拡大

*元、滋賀県農業技術振興センター栽培研究部

2. 2 方法

2. 2. 1 スルホニルウレア系除草剤抵抗性イヌホタルイの変遷 (2003~2004年)

イヌホタルイの水田内の分布調査は、水稻成熟期 (品種「コシヒカリ」) に実施した。調査は、2003年、2004年ともに試験圃場を10mメッシュで32ブロックに分割後、短辺方向1.5m間隔で圃場内を観察してブロックごとに発生の有無を確認した。

2. 2. 2 スルホニルウレア系除草剤抵抗性イヌホタルイが水稻収量に与える影響 (2005年)

試験圃場では、代かきは、5月23日に実施し、移植 (品種: 「秋の詩」, 稚苗移植) は、5月27日に乗用型田植機 (5条) で実施した。施肥は、全量基肥施肥タイプの被覆尿素入り複合肥料 (N-P₂O₅-K₂O:20-12-14) 30.5 kg/10a を移植時に側条施肥した。除草剤処理は、移植5日後 (6月1日) にダイムロン・ベンスルフロロンメチル・メフェナセット粒剤 (スルホニルウレア系除草剤) を用いて実施した。

雑草調査は、移植27日後 (6月23日) と水稻幼穂形成期 (7月25日) に実施した。移植27日後の調査は、試験圃場を10mメッシュで32ブロックに分割して、それぞれのブロック内の中庸なイヌホタルイの発生地点で、調査枠 (0.5m×0.5m=0.25 m²) 内のイヌホタルイを抜き取って個体数 (個体/m²) を算出した。また、イヌホタルイの個体数に応じて、各ブロックを多発生区 (80~280 個体/m²)、少発生区 (4~32 個体/m²) および未発生区の3区に区分した。水稻幼穂形成期には、多発生区、少発生区および未発生区の3ブロックで調査枠 (0.6m×0.55m=0.33 m²) 内の稲株 (6株) と雑草を抜き取った。稲株と雑草は、根を取り除いてから105℃、24時間で乾燥した後、ケルダール法で窒素濃度を測定し、乾物重を乗じて窒素保有量を算出した。また、雑草は個体数 (個体/m²) も算出した。

成熟期 (9月25日) には、多発生区、少発生区および未発生区の3ブロックで、精玄米重と稲体窒素保有量を調査した。精玄米重は、30株 (連続5条×連続6株, 1.67 m²) を刈り取って算出した。稲体窒素保有量は、精玄米重の調査地点の近接地点で、生育中庸な6株を地際で刈り取って105℃、24時間で乾燥した後、ケルダール法で窒素濃度を測定し、乾物重を乗じて算出した。

2. 2. 3 抵抗性バイオタイプ対策剤によるイヌホタルイの防除効果 (2006年)

試験圃場では、代かきは、5月26日に実施し、移植 (品種: 「秋の詩」, 稚苗移植) は、5月30日に乗用型田植機 (5条) で実施した。施肥は、全量基肥施肥タイプの被覆尿素入り複合肥料 (N-P₂O₅-K₂O:20-12-14) 19.0 kg/10a を移植時に側条へ施肥した。

試験区は、前年にイヌホタルイが発生した地点およびその周辺に設置した。試験区の配置は、1区制でダイムロン・ベンスルフロロンメチル・メフェナセット粒剤の処理区 (2a, 以下「スルホニルウレア系除草剤処理区」という)、インダノファン・ピラゾスルフロロンエチル・プロモプチド粒剤の処理区 (9a, 以下、「対策剤処理区」という) を設けた。また、対策剤処理区内に無処理区 (1m×1mのコドラートを2か所設置) を設けた。除草剤処理は、移植6日後 (6月5日) に実施した。雑草調査は、幼穂形成期 (7月25日) にスルホニルウレア系除草剤処理区および対策剤処理区が区内3か所で、無処理区が各コドラート1か所で、調査枠 (0.5m×0.5m=0.25 m²) を用いて雑草を抜き取り、草種ごとの個体数 (個体/m²) と生鮮重 (g/m²) を算出した。精玄米重は、スルホニルウレア系除草剤処理区と対策剤処理区の3か所で、30株 (連続5条×連続6株, 1.67 m²) を刈り取って算出した。

3. 結果

3. 1 スルホニルウレア系除草剤抵抗性イヌホタルイの確認と変遷 (2003~2004年)

2003年の収穫時にイヌホタルイの残草を確認したのは、32ブロック中1地点であったが、翌年の収穫時には、32ブロック中7地点に拡大した (図1)。また、イヌホタルイは、いずれの地点も、わずかな個体数であった。

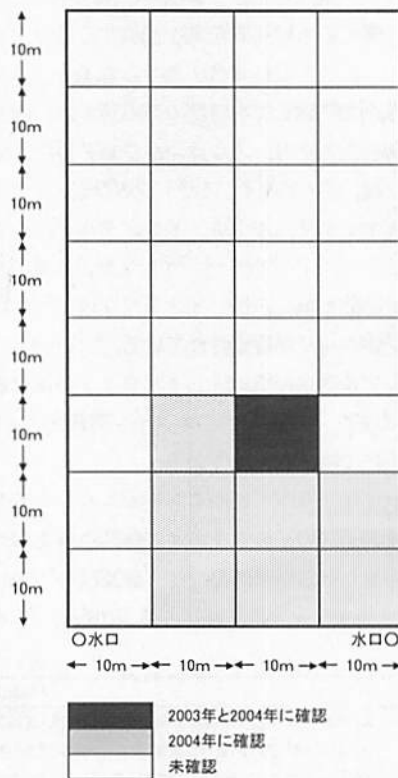


図1 水稻成熟期の抵抗性イヌホタルイの残草分布 (2003~2004年)

1) イヌホタルイ以外の雑草はわずかにアゼナ類とコナギが発生した。

3. 2 スルホニルウレア系除草剤抵抗性イヌホタルイの残草が水稲収量に与える影響 (2005年)

スルホニルウレア系除草剤処理後(移植27日後)におけるイヌホタルイの圃場内発生分布をみると、多発生区(80~280個体/m²)が3ブロック、少発生区(4~32個体/m²)が12ブロック、未発生区が17ブロックであり、前年より発生地点が拡大した(図1, 2)。幼穂形成期の稲体窒素保有量については、多発生区は雑草害の影響を受けて未発生区より少なく、Tukeyの多重比較検定(5%水準)で有意であったが、少発生区は未発生区と有意な差が認められなかった(図3)。また、成熟期の稲体窒素保有量および精玄米重についても、幼穂形成期調査と同様に、多発生区は未発生区より少なく、5%水準で有意であったが、少発生区は未発生区と有意な差が認めら

れなかった(図4, 5)。

3. 3 抵抗性バイオタイプ対策剤によるイヌホタルイの防除効果(2006年)

対策剤処理区では、無処理区で多発生したアゼナ類、コナギおよびイヌホタルイは完全に防除された。しかしながら、スルホニルウレア系除草剤処理区では、イヌホタルイが大量に残草し、アゼナ類およびコナギの残草も見られた。また、精玄米重についてみると、スルホニルウレア系除草剤処理区は対策剤処理区対比78%と著しく減収した(表2)。なお、無処理区の残草について、抵抗性簡易検定キットで検定を行ったところ、アゼナ類およびコナギにもスルホニルウレア系除草剤抵抗性の個体が確認された。

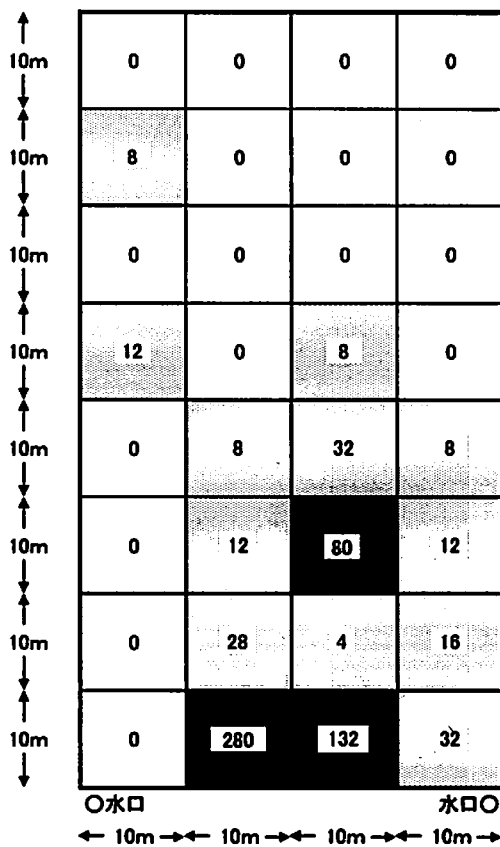


図2 抵抗性イヌホタルイ確認3年後の残草分布(2005年)

- 1) 移植5日後にメフェソト・ベンスルフロキサリル・ゲイムロ粒剤で防除した。
- 2) 雑草抜き取り調査は移植27日後に行った。
- 3) イヌホタルイの個体数は各ブロック内の平均的な発生地点の値を示す。
- 4) イヌホタルイ以外の雑草はわずかにアゼナ類とコナギが発生した。

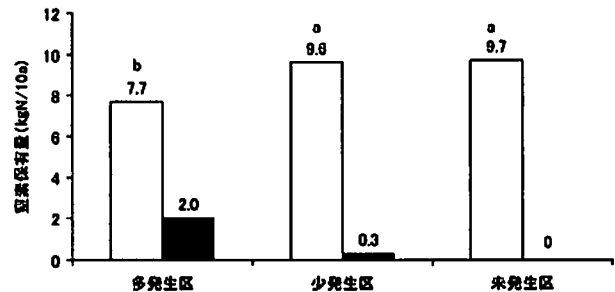


図3 幼穂形成期における稲体と雑草の窒素保有量(2005年)

- 1) □は水稲の窒素保有量を、■はイヌホタルイの窒素保有量を示す。
- 2) イヌホタルイの個体数は、多発生区が235個体/m²、少発生区が29個体/m²であった。
- 3) 水稲の窒素保有量について、多重比較検定(Tukey)を行い、異符号間に5%水準で有意差があることを示す。

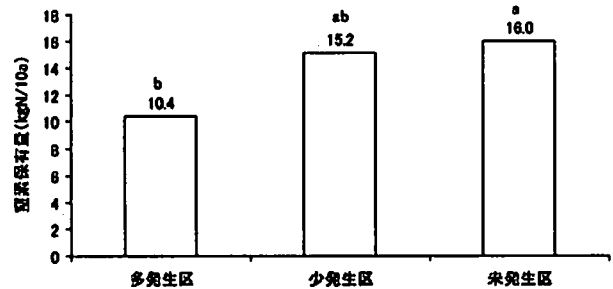


図4 成熟期における稲体窒素保有量(2005年)

- 1) 多重比較検定(Tukey)を行い、異符号間に5%水準で有意差があることを示す。

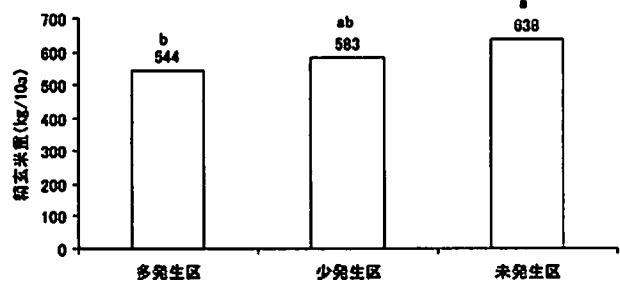


図5 水稲収量(2005年)

- 1) 多重比較検定(Tukey)を行い、異符号間に5%水準で有意差があることを示す。
- 2) 倒伏程度は8段階評価法で、発生多区が4.0、発生少区と未発生区が4.5であった。

表2 水稲幼穂形成期における残草の個体数および生鮮重と水稲収量(2006年)

試験区	個体数(個体/m ²)					計	生鮮重 (g/m ²)	精玄米重 (kg/10a)
	アゼナ類	コナギ	イヌホタルイ	その他				
対策剤処理区	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	574 (100)
スルホニルウレア系除草剤処理区	8 (13)	15 (3)	212 (73)	0 (0)	235 (28)	451 (35)	445 (78)	
無処理区	64 (100)	444 (100)	292 (100)	44 (100)	844 (100)	1,306 (100)	—	

1)アゼナ, アメリカアゼナおよびタケトアゼナを分別せずに, アゼナ類と総称した。
 2)個体数と生鮮重の括弧内は, 無処理区を100としたときの割合を示す。
 3)精玄米重の括弧内は, 対策剤処理区を100としたときの割合を示す。

4. 考察

4. 1 スルホニルウレア系除草剤抵抗性イヌホタルイの確認と変遷 (2003~2004年)

伊藤ら²⁾は, 抵抗性アゼナ類の発生状況を確認したところ, 発生数の少ない水田では農機具の進入口に発生が密集してみられることを報告している。つまり, 抵抗性バイオタイプの雑草が出現すると, 圃場内で発生が拡大して大量の種子が脱落する。雑草種子は, 耕耘作業時や収穫作業時に農機具に付着し, 他圃場に拡大するものと考えられる。なお, 試験圃場で初めてイヌホタルイが確認されたのは, 圃場の中央部に近い地点であった(図1)。また, 抵抗性簡易検定キットの検定結果では, センター内で発生したイヌホタルイの中で, 試験圃場の個体群だけが抵抗性バイオタイプであった。以上の結果から, 試験圃場では, 抵抗性バイオタイプの個体群が出現して, 発生地点が拡大した可能性が高い。

4. 2 スルホニルウレア系除草剤抵抗性イヌホタルイの残草が水稲収量に与える影響 (2005年)

スルホニルウレア系除草剤処理後におけるイヌホタルイの圃場内残草分布については, 大部分は4~32個体/m²の少発生区であり, 80個体/m²を超える多発生区は限られていた(図2)。また, 稲体窒素保有量と精玄米重については, 少発生区は未発生区と差が見られなかったが, 多発生区は未発生区より少なくなった(図3, 4, 5)。和田¹⁰⁾は, 分化穎花数の多少は一次的には穂首分化期の体内窒素量, 二次的には穂首分化期から穎花分化終期の窒素吸収量の多少によって決定されることを報告している。また, 著者らは, ワグネルポット(1/5000a)に水稲1株とイヌホタルイ4個体を混植して栽培したところ, 移植約1ヵ月後からイヌホタルイとの競合関係が発生し, 稲体窒素吸収量が抑制されて分化穎花数が減少することを明らかにしている(未発表)。したがって, 幼穂形成期の多発生区では, イヌホタルイとの競合関係が発生して, 未発生区より稲体窒素吸収量が減少し, 分化穎花数が少なくなり減収したものと推察された。また, イヌホタルイの発生地点についてみると, 2003年は限られた地点の発生にとどまっていたが, 2005年には発生地点が圃場の約半分に拡大した(図1, 2)。岩崎⁶⁾は, イヌホタルイの種子千粒重が1.8gであることを

報告しており, これは水稲初めの10%以下である。したがって, イヌホタルイの種子は, 水稲の収穫作業時に, わらなどと一緒にコンバインの機外に排出されて広く拡散したものと推察された。渡邊ら¹⁰⁾は, 水稲移植直後に出芽した実生個体は100粒/個体程度の種子を生産することを報告している。2005年の多発地点では, 幼穂形成期の個体数は平均235個体/m²であったことから, 2万粒/m²以上の種子が生産されたものと推察される。なお, 著者は, 滋賀県高島市でスルホニルウレア系除草剤による雑草防除を連年実施し, イヌホタルイが圃場全体にわたって多発生していた事例を確認している(2010年普及現地情報)。

4. 3 抵抗性バイオタイプ対策剤によるイヌホタルイの防除対策 (2006年)

抵抗性イヌホタルイに対しては, プロモプチド, ベンゾピシクロンおよびクロメプロップが優れた防除効果を有することが報告されている^{10, 11, 16)}。本試験では, 抵抗性イヌホタルイの発生地点およびその周辺部において, 翌年にスルホニルウレア系除草剤処理区とプロモプチド含有の対策剤処理区を設けて除草効果を確認した。対策剤処理区では, イヌホタルイは完全に除草されたが, スルホニルウレア系除草剤処理区では, 大量のイヌホタルイが残草し, 対策剤処理区より著しく減収した(表2)。このことから, 抵抗性イヌホタルイの発生地点およびその周辺部では, 翌年に対策剤を用いて適正に防除すると, 極めて高い除草効果が得られるが, スルホニルウレア系除草剤処理を継続すると雑草害で著しく減収することが明らかになった。さらに, アゼナ類およびコナギでも抵抗性の個体が確認されたことから, これらの草種でも抵抗性個体群が増加する危険がある。

以上の結果から, 圃場内で抵抗性イヌホタルイが多発生すると, コンバイン収穫時に大量の種子が拡散する。また, こうした圃場でスルホニルウレア系除草剤による防除を継続すると, 年々雑草害で減収する地点が拡大するものと予想される。したがって, 抵抗性イヌホタルイを確認した圃場では, 抵抗性バイオタイプ対策剤で適正な防除を行い, イヌホタルイの種子拡散を防止することが必要であると考えられる。

5. 謝辞

栽培管理ならびに調査の実施に当たっては、滋賀県農業技術振興センターの三崎清道氏、吉岡善明氏および渡邊敏之氏に協力をいただいた。ここに記して謝意を表します。

6. 引用文献

- 1) 畑克利・大塚一雄・青木美里・倉持仁志, 1998. スルホニルウレア系除草剤抵抗性ミノハコベ (*Elatine triandra* Sckk.) の出現. 雑草研究 43 (別): 28-29.
- 2) 伊藤一幸・汪光熙・内野彰・山河重弥, 1997. 山形県遊佐町におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性アゼナ類の分布. 雑草研究 42 (別): 22-23.
- 3) 伊藤一幸・内野彰・渡邊寛明, 1998. 秋田県大曲市に出現したスルホニルウレア系除草剤抵抗性のキカシグサについて. 雑草研究 43 (別): 40-41.
- 4) Itoh, K., G-X. Wang and S. Ohba, 1999. Sulfonylurea resistance in *Lindernia micrantha*, an annual paddy weed in Japan. Weed Research 39 : 413-423.
- 5) 伊藤一幸・吉田修一・住吉正, 2005. 第8章 水田環境に適応した雑草: イヌホタルイの生活史と進化. 「草木を見つめる科学」. 種生物学会編, 東京: pp. 204-226.
- 6) 岩崎桂三, 1983. ホタルイ類の生態と防除. 雑草研究 28 : 163-171.
- 7) 小荒井晃・森田弘彦, 2002. 秋田県および茨城県におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性生物型コナギの出現. 雑草研究 47 : 20-28.
- 8) 古原洋・山下英雄・山崎信弘, 1996. 北海道における水田雑草ミズアオイのスルホニルウレア系除草剤抵抗性. 雑草研究 41 (別): 236-237.
- 9) 古原洋・今野一男・竹川昌和, 1999. 北海道におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性イヌホタルイ (*Scirpus juncooides* Roxb. var. *ohwianus*. T. Koyama) の出現. 雑草研究 44 : 228-235.
- 10) Sekino, K., H. Koyanagi, E. Ikuta and Y. Yamada, 2008. Herbicidal activity of a new paddy bleaching herbicide, benzobicyclon. *J. Pestic. Sci.*, 33:364-370.
- 11) 鈴木久人・丸山俊城・直原一男, 2001. 水稲用除草剤クロメプロップに関する研究: スルホニルウレア系除草剤抵抗性雑草に対する作用性. 雑草研究 46 (別): 24-25.
- 12) 内野彰・伊藤一幸・汪光熙, 1997. スルホニルウレア系除草剤に抵抗性を持つアゼナ類について. 雑草研究 42 (別): 20-21.
- 13) 内野彰・芝池博幸, 2007. 第5章 水田雑草のスルホニルウレア系除草剤抵抗性とその進化. 「農業と雑草の生態学」. 種生物学会編, 東京: pp. 143-167.
- 14) 汪光熙・渡邊寛明・内野彰・伊藤一幸, 1998. スルホニルウレア系除草剤抵抗性生物型のキクモの出現. 雑草研究 43 (別): 38-39.
- 15) 渡邊寛明・宮原益次・芝山秀次郎, 1991. 水田におけるイヌホタルイの生育と種子生産量. 雑草研究 36:153-161.
- 16) 横田純生・北村新一・柳沢克忠・花井涼・池部達哉・岡田義顕, 2003. 南東北におけるスルホニルウレア抵抗性ホタルイの発生とその防除. 雑草研究 48 (別): 34-35.
- 17) 和田源七, 1969. 水稲収量成立におよぼす窒素栄養の影響—とくに収穫期以降の窒素の重要性について—. 農技研報 A16 : 27-167.
- 18) 吉田修一・伊藤健二・榎田重雄, 2008. 水田雑草のスルホニルウレア系除草剤簡易抵抗性キットの開発. 雑草研究 53 : 143-149.

Summary

This study was conducted in paddy fields where a herbicide-resistant biotype of the rock bulrush (*Scirpus juncooides* var. *ohwianus*) was found for the first time in Shiga Prefecture following application of a sulfonylurea herbicide in 2003. In 2004 and 2005, the number of places with occurrence of rock bulrushes increased year by year as weed control with sulfonylurea herbicides was implemented. In 2005, only 3 (planting density ≥ 80 plants/m²) of 32 survey points in paddy fields were found to have decreased yields due to weed damage, with no yield reduction observed at the 29 other survey points. However, any place in a paddy field with much increased occurrence of resistant rock bulrushes can diffuse a large number of weed seeds at the time of combine harvesting. In 2006, application of an improved herbicide for the resistant biotype had an extremely high herbicidal effect. Hence, it is recommended that proper weed control be implemented in paddy fields where resistant rock bulrushes were found, using the improved herbicide effective against the resistant biotype, to prevent yield reductions due to weed damage and seed diffusion in their vicinities.