

東北6県における2003年までの スルホニルウレア系除草剤抵抗性水田雑草の確認状況

内野 彰¹⁾・渡邊寛明¹⁾・菊池晴志²⁾・三浦嘉浩^{2) 3)}・
尾形 茂⁴⁾・白井智彦⁵⁾・吉田修一⁶⁾・谷なつ子^{6) 7)}・
三浦恒子⁸⁾・田口奈穂子^{8) 9)}・矢野真二¹⁰⁾・伊藤博樹¹¹⁾・新田靖晃¹²⁾

Sulfonylurea resistant paddy weeds in the six prefectures of the Tohoku district; the number of instances judged as the infection by resistant biotypes in 1996 - 2003.

Akira Uchino¹⁾, Hiroaki Watanabe¹⁾, Seiji Kikuchi²⁾, Yoshihiro Miura^{2) 3)},
Shigeru Ogata⁴⁾, Tomohiko Usui⁵⁾, Syuichi Yoshida⁶⁾, Natsuko Tani^{6) 7)},
Chikako Miura⁸⁾, Naoko Taguchi^{8) 9)}, Shinji Yano¹⁰⁾, Hiroki Itoh¹¹⁾ and Yasuteru Nitta¹²⁾

要約：水田雑草のスルホニルウレア系除草剤抵抗性バイオタイプの検定試験について、東北6県の農業試験場および東北農業研究センターで行われた2003年までの結果をまとめたところ、1996年から2003年までの8年間に736件の抵抗性検定試験が行われ、そのうち抵抗性が確認された事例が514件にのぼった。抵抗性バイオタイプが多く確認されたのはイヌホタルイとアゼナ類で、確認事例は241件と216件であった。コナギの確認事例は40件であった。他の草種については7草種で17件が確認された。結果を市町村別に集計すると、全市町村の半分に当たる198市町村で検定試験が行われ、45%にあたる179市町村に抵抗性が確認されていた。これらの市町村の中には直播栽培や減農薬栽培が行われている地域が含まれており、これらの地域では今後特に抵抗性バイオタイプの広がりには注意を要する。

キーワード：スルホニルウレア系除草剤抵抗性、イヌホタルイ、アゼナ類、抵抗性検定

緒言

水田雑草におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性バイオタイプは1995年頃から北日本を中心に確認され始め

(古原ら1996; 内野2002)、最近ではイヌホタルイ (*Scirpus juncoides* Roxb. var. *ohwianus* T. Koyama) やコナギ (*Monochoria vaginalis* (Burm. f.) Kunth var. *vaginalis*) などの主要雑草にも確認されている (古原ら1999; 小荒井・森田2002)。

- 1) 東北農業研究センター 〒014-0102 秋田県大仙市四ッ屋字下古道3
National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Yotsuya, Daisen, Akita 014-0102, Japan
- 2) 青森県農林総合研究センター
- 3) 青森県農林総合研究センター, 現在: 畑作園芸試験場
- 4) 岩手県農業研究センター, 現在: 大船渡農業改良普及センター
- 5) 岩手県農業研究センター, 現在: 盛岡農業改良普及センター岩手地域普及所
- 6) 宮城県古川農業試験場
- 7) 現在: 栗原農業改良普及センター
- 8) 秋田県農業試験場
- 9) 現在: 北秋田地域農林部普及指導課
- 10) 山形県立農業試験場, 現在: 山形県村山総合支庁産業経済部農業普及課
- 11) 福島県農業試験場, 現在: 福島県中農林事務所田村農業普及所
- 12) 福島県農業試験場会津地域研究支場

第1表 東北6県のスルホニルウレア系除草剤抵抗性バイオタイプの確認件数（1996 - 2003年）

	イヌホタルイ		コナギ		アゼナ類		その他		合計	
	検定数	確認数	検定数	確認数	検定数	確認数	検定数	確認数	検定数	確認数
青森県	48	36	13	7	102	100	9	4	172	147
岩手県	27	19			23	16			50	35
宮城県	131	90	8	7	75	47	7	5	221	149
秋田県	11	6	16	9	35	23	7	5	69	43
山形県	66	48	21	8	32	20	5	2	124	78
福島県	61	42	24	9	14	10	1	1	100	62
合計	344	241	82	40	281	216	29	17	736	514

注) 確認は迅速検定法（内野 2002）、発根法（Hamamura 2004）、ポット試験（汪 2001）の何れかの検定法による。アゼナ類はアゼナ、アメリカアゼナ、タケトアゼナの合計値。その他は、アゼトウガラシ、ミズアオイ、タイワンヤマイ、ミゾハコベ、キカシグサ、キクモ、オモダカの合計値。検定数は、複数の隣接圃場に出ていても1地域を1点として数えた。

抵抗性バイオタイプが蔓延した水田では、スルホニルウレア系除草剤に頼ったこれまでの一発処理型除草剤による防除体系が使用できないため、抵抗性バイオタイプの報告を受けて全国の多くの地域で抵抗性対策用の除草体系が検討されてきた（伊藤ら 1997b；青木ら 1998；渡邊ら 1998；古原 2001；内川ら 2002；古原・山崎 2003；寺沼 2003）。その結果、水稻移植栽培については抵抗性雑草の防除体系が確立し、抵抗性対策用の除草剤が多く市販されるようになった（森田 2001）。しかし直播栽培では未だ対策用除草剤の数が少なく、2003年時点では抵抗性イヌホタルイに効果のある除草剤が1剤しか市販されていない（2004年時点で3剤）。また移植栽培でも減農薬栽培を行っている地域では、使用農薬成分数の制限によって対策用除草剤を使用できないことが多い。今後は省力化や高付加価値米の生産にむけて直播栽培や減農薬栽培の重要性が増すと考えられ、これらの栽培法を導入していく上では抵抗性バイオタイプの蔓延が大きな障害となる。

抵抗性バイオタイプの外見は従来の感受性バイオタイプと同じであることから、水田に残る雑草が抵抗性バイオタイプなのかどうかを外見だけで判断するのは非常に難しい。除草効果が低下する要因としては抵抗性バイオタイプの蔓延だけでなく、不適切な水管理や除草剤散布時期の遅れなど様々な要因が考えられる。特に中干し期以降は畦畔際などの裸地を中心に多数の雑草が生育する場合が少なくない。古原らは抵抗性バイオタイプの蔓延が疑わしい水田の特徴として、適正な除草剤使用下での残草やスルホニルウレア系除草剤の連用など、5つの特徴をあげている（古原ら 1999）。現場ではそうした特徴が判断の基準となるが、実際の抵抗性の確認はポット試験や各種の抵抗性検定試験を行う必要がある（汪 2001；内野 2001；Hamamuraら 2003；大野ら 2003；吉田 2004）。このため抵抗性バイオタイプの発生地域の分布や推移な

ど、その発生実態を厳密に把握するためには非常に多大な労力を要する。

全国的な抵抗性バイオタイプの発生地域については、近年になって簡易な検定方法が確立されたこともあり（Hamamuraら 2003；大野ら 2003；吉田 2004）、各県の農業試験場を中心に精力的に明らかにされつつある（吉田ら 1999；三原・市丸 2001；佐藤ら 2001；神田 2003；三浦・境谷 2002；寺沼 2003；手代木ら 2003；古原・山崎 2003；矢野ら 2004）。しかしながらその結果は各県内の局所的なものにとどまっており、広範囲な調査を行ったものはアンケート調査（森田 2001）しかない。そこで本報告では、抵抗性バイオタイプの蔓延が多いとされる東北について、各農業試験場で独自に行ってきた抵抗性検定試験の結果を集計し、2003年までの抵抗性バイオタイプの確認状況を明らかにした。

材料および方法

試料の採取および抵抗性検定は、東北の各県農業試験場および東北農業研究センターで行われた。試料の採取は、残草が目立ち抵抗性バイオタイプの発生が疑われる水田の雑草を中心に各試験場で行い、検定試験はポット試験（汪 2001）、アゼト乳酸合成酵素活性を利用した迅速検定法（内野 2001）および発根法（Hamamuraら 2003；吉田 2004）のいずれかによって行った。検定結果の集計にあたってはアゼナ（*Lindernia procumbens* (Krock.) Borbas）、アメリカアゼナ（*Lindernia dubia* (L.) var. *major* Pennell）、タケトアゼナ（*Lindernia dubia* (L.) Pennell var. *dubia*）をアゼナ類とした。市町村数の集計は2003年12月における市町村単位で行い、直播栽培面積及び減農薬栽培面積は2003年度の統計値を使用した。水稻作付け面積のない市町村は総市町村数から除いた。

第2表 スルホニルウレア系除草剤抵抗性バイオタイプが確認された東北6県の市町村数と割合

	総 市町村数	検定 市町村数	イヌホタルイ		コナギ		アゼナ類		その他		合 計	
			確認数	割合 (%)	確認数	割合 (%)	確認数	割合 (%)	確認数	割合 (%)	確認数	割合 (%)
青森県	66	46	18	27.3	7	10.6	40	60.6	3	4.5	42	63.6 (91.3)
岩手県	58	14	10	17.2			9	15.5			13	22.4 (92.9)
宮城県	70	51	40	57.1	5	7.1	23	32.9	4	5.7	48	68.6 (94.1)
秋田県	69	19	3	4.3	7	10.1	14	20.3	2	2.9	17	24.6 (89.5)
山形県	44	35	25	56.8	7	15.9	14	31.8	2	4.5	32	72.7 (91.4)
福島県	89	33	26	29.2	6	6.7	7	7.9	1	1.1	27	30.3 (81.8)
合 計	396	198	122	30.8	32	8.1	107	27.0	12	3.0	179	45.2 (90.4)

注) 割合は総市町村数に対する割合。() 内は検定市町村数に対する割合。確認数は第1表のデータをもとに集計した。

結果および考察

試料の採取は各県農業試験場および東北農業研究センターそれぞれが独自に行い、残草が目立って抵抗性の発生が疑われる地域を中心に行ったため、地域網羅的な集計結果とはならなかった。検定結果を集計した結果、1996年から2003年までの8年間に東北6県をあわせて736件の抵抗性検定試験が行われ、そのうちの514件で水田雑草の抵抗性バイオタイプが確認されていた(第1表)。青森県、宮城県、山形県、福島県では100件以上の多くの検定がなされ、各県で62~149件の抵抗性の事例が確認された。岩手県及び秋田県では検定試験数が少なかったものの、それぞれ35件および43件の抵抗性が確認された。

検定結果を草種別に見ると、イヌホタルイで241件、アゼナ類で216件の抵抗性バイオタイプ確認事例があり、この2種については東北のすべての県で抵抗性が確認された(第1表)。コナギの抵抗性バイオタイプも40件と多く、岩手県を除く5県で確認された。イヌホタルイ、アゼナ類、コナギ以外には、アゼトウガラシ (*Lindernia micrantha* D. Don), ミズアオイ (*Monochoria korsakowii* Regel et Maack), タイワンヤマイ (*Scirpus wallichii* Nees), ミゾハコベ (*Elatine triandra* Schk. var. *pedicellata* Krylov), キカシグサ (*Rotala indica* (Willd.) Koehne var. *uliginosa* (Miq.) Koehne), キクモ (*Limnophila sessiliflora* Blume), オモダカ (*Sagittaria trifolia* L.) の7種で確認されたが、その確認件数は少なく、すべてをあわせても17件であった。

宮城県や福島県などではイヌホタルイでの抵抗性確認件数が最も多く、青森県と秋田県ではイヌホタルイよりもアゼナ類で確認件数が多いという結果であった。アゼナ類の抵抗性バイオタイプは1996年に確認されているのに対し(内野ら2000)、イヌホタルイの抵抗性バイオタイプは1998年(古原ら1999)、コナギの抵抗性バイオタイプは1999年(小荒井・森田2002)と、イヌホタルイとコナギでは抵抗性が確認されたのが比較的遅い。し

かし現場ではイヌホタルイやコナギの方がアゼナ類よりも問題となっており、近年の抵抗性検定はアゼナ類よりもイヌホタルイやコナギを対象にする場合が多い。宮城県や福島県では近年特にイヌホタルイを対象に抵抗性検定を行っており、結果における草種の違いには各県の対象草種の違いも反映されたと考えられる。このため本集計結果が草種間差異の実態を反映しているかどうかは不明で、実際の草種間差の把握には地域網羅的な試料採取をもとに抵抗性検定試験を行う必要がある。

抵抗性バイオタイプの蔓延は、除草剤による選択圧をかけることによって少数の抵抗性変異個体を顕在化させた結果と考えられる(Tranel & Wright 2002)。従って栄養繁殖によって比較的均一な個体が繁茂する多年生雑草よりも、種子繁殖によって数多くの変異を集団に含む一年生雑草の方で抵抗性バイオタイプが顕在化する確率が高い。また、抵抗性変異個体の出現は確率的なものと考えられ(Tranel & Wright 2002)、種子数や個体数の多い種ほど抵抗性は顕在化しやすい。こうした点からすると、アゼナ類は一年生雑草で生産種子量も多く、最も早く多くの抵抗性が顕在化したのは妥当といえる。また、イヌホタルイも多年生雑草ではあるが多くの種子を生産して繁殖することから、数多くの抵抗性が顕在化するの不思議でない。しかし、一年生雑草で多数の種子を生産するコナギがアゼナ類やイヌホタルイほど顕在化していないことはやや不思議である。コナギが発生すればイヌホタルイと同様に現場で問題となるはずであるが、検定件数の少ない秋田県を除くとどの県でもコナギの確認事例はイヌホタルイやアゼナ類ほど多くなかった。本集計結果は上述したように実態を必ずしも反映するものではないが、抵抗性コナギの事例が少ないとすれば、その要因として従来から使用されてきた一発処理型除草剤に、スルホニルウレア系除草剤以外のコナギの有効成分が含まれていた場合が多かったことが考えられる(矢野ら2004)。実際に山形県ではそうした一発処理型除草剤の普及量が減少するのにもなって、コナギの抵抗性バイオタイプ

第3表 直播栽培、減農薬栽培が行われている市町村での抵抗性確認件数

	全 体	直 播	減農薬
青森県	147(42)	84(21)	53(13)
岩手県	35(13)	26(8)	34(11)
宮城県	149(48)	114(35)	104(30)
秋田県	43(17)	42(16)	
山形県	78(32)	73(27)	
福島県	62(27)	57(24)	
合 計	514(179)	396(131)	191(54)

直播、減農薬は、それぞれ直播栽培、減農薬栽培面積のある市町村での確認件数。減農薬は面積が把握されている県だけの値。()内は確認された市町村数。

引用文献

が顕在化しているようである(矢野ら2004)。コナギの抵抗性バイオタイプは近年になって急速に報告されるようになっており(寺沼2003; 矢野ら2004)、今後も更に増加する可能性がある。使用除草剤の種類と抵抗性バイオタイプの顕在化との関係は密接であり(伊藤ら1997a)、今後の抵抗性バイオタイプの発生動向は、使用される除草剤の種類に応じて推移していくものと考えられる。

抵抗性検定結果を市町村別に集計すると、全市町村数の半分にあたる198の市町村で検定が行われ、45%にあたる179の市町村で抵抗性バイオタイプが確認されていた(第2表)。抵抗性の発生が疑わしい水田で試料採取が行われたこともあり、どの県においても検定された市町村の8割以上で抵抗性バイオタイプが確認されていた。そのため検定が行われた市町村が県内の7-8割に及んだ青森県、宮城県および山形県では、結果的に6-7割の市町村で抵抗性バイオタイプが認められた。岩手県、秋田県および福島県は2-4割の市町村でしか検定が行われておらず、抵抗性が確認された市町村も県内の2-3割の市町村にとどまった。今後もし網羅的な試料をもとに抵抗性検定試験が行われれば、岩手県、秋田県および福島県でもこれらの値が上昇する可能性は高い。

上述したように直播栽培や減農薬栽培では抵抗性バイオタイプの発生が特に問題となる。各県で直播栽培や減農薬栽培が行われている市町村での発生状況を見ると、既に多くの市町村で発生していることがわかった(第3表)。スルホニルウレア系除草剤抵抗性は優性一遺伝子支配の遺伝様式で遺伝するため、花粉飛散を通して容易に近隣の水田に広がりうる(伊藤ら1999, 2002; Wangら2003)。また機械や用水を通じて種子が移動する可能性も高い。もし抵抗性バイオタイプが侵入すると直播栽培および減農薬栽培では問題が大きく、今後直播栽培や減農薬栽培では特に抵抗性バイオタイプの侵入を注意する必要があるだろう。

- 青木美里・畑 克利・大塚一雄・倉持仁志 1998. スルホニルウレア系除草剤抵抗性アメリカアゼナ多発ほ場における数種薬剤の効果と防除体系. 雑草研究 43(別): 32-33.
- Hamamura, K., T. Muraoka, J. Hashimoto, A. Tsuruya, H. Takahashi, T. Takeshita and K. Noritake 2003. Identification of sulfonylurea-resistant biotypes of paddy field weeds using a novel method based on their rooting responses. Weed Biol. Manag. 3: 242-246.
- 伊藤一幸・松尾和人・芝池博幸 1999. アゼトウガラシにおけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性の遺伝様式. 雑草研究 44(別): 78-79.
- 伊藤一幸・内野 彰・汪光熙・山河重弥 1997a. 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.
- 伊藤一幸・汪光熙・内野 彰・橘 雅明 1997b. スルホニルウレア系除草剤抵抗性アゼナ類の防除. 雑草研究 42(別): 24-25.
- 伊藤一幸・吉田修一・相田美喜 2002. イヌホタルイにおけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性の遺伝. 雑草研究 47(別): 62-63.
- 神田幸英 2003. 三重県における水田雑草の残草実態. 植調 37: 143-149.
- 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.
- 古原 洋 2001. SU 抵抗性イヌホタルイを対象にした除草剤試験のまとめ. 植調 35: 102-105.
- 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.
- 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1): 236-237.
- 古原 洋・山崎信弘 2003. 北海道の水田における難防除雑草ミズアオイおよびイヌホタルイの分布実態と除草剤による防除の検討. 日作紀 72: 100-103.
- 三原 実・市丸喜久 2001. 佐賀県におけるSU系除草剤抵抗性雑草の発生状況. 植調 35: 140-144.
- 三浦嘉浩・境谷栄二 2002. 青森県におけるスルホニルウレア抵抗性雑草の発生について 第1報 アゼナ類の発生分布. 日作東北支部報 45: 11-12.
- 森田弘彦 2001. 水田雑草の除草剤抵抗性雑草変異発生動向に関するアンケート調査. 植調 35: 3-10.
- 大野修二・柳沢克忠・花井 涼・村岡哲郎 2003. イヌ

- ホタルイ, コナギ, アゼナ類の地上部再生を指標にした簡易SU抵抗性検定法. 雑草研究 48(別): 32-33.
- 佐藤 徹・田村良弘・長澤裕滋・有坂通展 2001. 新潟県におけるアゼナ類の発生状況とアメリカアゼナのスルホニルウレア系除草剤に対する圃場間差. 東北の雑草 1: 7-10.
- 寺沼直美 2003. 茨城県におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性コナギの発生と対策. 植調 37(12): 451-456.
- 手代木昌弘・新田靖晃・穴澤 崇 2003. 福島県会津地域の水稻湛水直播水田におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性雑草の発生. 東北の雑草 3: 23-26.
- Tranel, P. J. and T. R. Wright 2002. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: What have we learned? Weed Sci. 50: 700-712.
- 内川 修・福島裕助・永尾宏臣・大段秀記 2002. 福岡県におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性雑草の発生と各種除草剤の効果. 雑草研究 47(別): 60-61.
- 内野 彰 2001. アセト乳酸合成酵素(ALS)阻害型除草剤抵抗性検定法 3. 作用点感受性試験法. 日本雑草学会編「雑草科学実験法」, 日本雑草学会, 東京, pp.363-367.
- 内野 彰 2003. 雑草のALS阻害剤抵抗性とその機構. 日本農薬学会誌 28: 479-483.
- 内野 彰・伊藤一幸・汪光熙・橘 雅明 2000. 東北地方におけるスルホニルウレア除草剤抵抗性アゼナ類2種1変種の出現と各種除草剤に対する反応. 雑草研究 45: 13-20.
- 汪光熙 2001. アセト乳酸合成酵素(ALS)阻害型除草剤抵抗性検定法 2. ポット試験法. 日本雑草学会編「雑草科学実験法」, 日本雑草学会, 東京, pp.362-363.
- Wang, G-X., H. Watanabe, A. Uchino, J. Zhou and K. Itoh 2003. Inheritance of sulfonylurea resistance in a paddy weed, *Monochoria korsakowii*. J. Pestic. Sci. 28: 212-214.
- 渡邊寛明・汪光熙・内野 彰・伊藤一幸 1998. スルホニルウレア系除草剤抵抗性広葉雑草(アゼナ類, キクモ, ミズアオイ)に対する数種除草剤の防除効果. 雑草研究 43(別): 46-47.
- 矢野真二・斉藤博行・内野 彰・伊藤一幸 2004. 山形県におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性雑草の発生. 雑草研究 49(別): 216-217.
- 吉田修一 2004. スルホニルウレア抵抗性水田雑草の簡易検定キットの開発. 日本植物調節剤研究協会東北支部会報 39: 3-6.
- 吉田修一・小野寺和英・添田哲男・武田良和・佐々木棲二・星 信幸・渡邊寛明 1999. 宮城県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の確認. 雑草研究 44(別): 70-71.
- (2005年4月25日受付, 2005年5月18日受理)