

ゴルフ場芝地における除草剤 抵抗性雑草の対策

公益財団法人
日本植物調節剤研究協会研究所

土田 邦夫

はじめに

わが国のゴルフ場芝地では、多くの優れた除草剤が開発されたことにより、多様な状況に対応した管理が可能となってきた。一方で管理が画一化された場面においては、それまで容易に防除できた雑草種の除草剤に対する感受性が低下した事例が多く聞かれるようになってきた。

本稿では、近年、各地のゴルフ場芝地で問題となっているスルホニルウレア系除草剤 (SU 剤) に抵抗性を示すヒメクグについての筆者らの研究内容を中心に紹介し、ゴルフ場芝地における除草剤抵抗性雑草対策について述べる。

1. ゴルフ場芝地における除草剤抵抗性雑草の出現

わが国のゴルフ場芝地で初めて確認された除草剤抵抗性雑草は一年生イネ科雑草のスズメノカタビラである。1985年に小林らは、シマジンが使用されていた関西の2カ所のゴルフ場で、著しく感受性が低い個体が高い頻度で確認され、これらの分布は、シマジン散布地あるいはその周縁部のみに限られていたことを報告した。

トリアジン系の化合物のシマジンは、1958年から販売され畑地や樹園地の一年生雑草の防除に使用されてきた。芝地においては、わが国で最も利用される芝草である日本芝 (コウライ

シバ、ノシバ) に安全性が高いことと安価であったことなどから、ゴルフ場のフェアウェイやラフを中心に広範に使用され続けた。シマジン抵抗性は大問題となったものの、スズメノカタビラ防除には他の有効な除草剤が選択されるようになり、また、1998年にシマジンは水質汚濁性農薬に指定されたため、ゴルフ場での使用は急激に減少し、シマジン抵抗性の問題は自然に消滅した。

スズメノカタビラのシマジン抵抗性以降、ゴルフ場芝地における除草剤抵抗性雑草の報告は25年以上なかったが、2011年に筆者らがSU抵抗性ヒメクグの存在を確認し報告した。ヒメクグはカヤツリグサ科の多年生雑草で、地下茎 (根茎) で繁殖するが種子でも繁殖する (図-1)。春期に発生し根茎を伸長、発達させ、夏秋期には多数の種子を形成する (図-2)。ヒメクグは日本全国に分布する雑草であるが、水田畦畔など湿った場所を好

み、散水施設などにより土壌湿度が保たれているゴルフ場にも発生が多い。1980年代まではヒメクグに卓効な除草剤がなかったため、同じ多年生のカヤツリグサ科雑草であるハマスゲと同様、ゴルフ場の代表的な難防除雑草として位置づけられていた。しかし、1990年代初頭にSU剤が登場してからは、ハマスゲやヒメクグ防除には主にSU剤が利用されてきた。SU剤は、分岐鎖アミノ酸の生合成に関わるアセト乳酸合成酵素 (ALS) を一次作用点とする、いわゆるALS阻害剤の中の化合物群である。SU剤は、ヒメクグに有効なものが多く、他の多くの雑草にも効果が高いことから、現在ではゴルフ場での使用面積が12万haを超え、芝地で最も使用されている化合物群となっている。しかし、近年、各地のゴルフ場で今までSU剤によって防除できていたヒメクグが枯れずに残存する事例が増えてきた (図-3)。



図-1 ヒメクグの幼植物



図-2 開花期のヒメクグ (多くの種子を生産する)



図-3 SU 剤の連用により群生したコウライシバ内のヒメクグ (茶色部分は秋期に自然枯死したヒメクグ)

2. ゴルフ場から採取したヒメクグのSU 剤に対する感受性の確認

筆者らは、SU 剤散布により残存したヒメクグについて、SU 剤に対する感受性を調査するとともに、遺伝子解析により ALS 遺伝子の変異部位を特定した。

2010 年に、SU 剤を少なくとも 4 年以上使用し続けた関東から九州の 4 カ所のゴルフ場および SU 剤使用経歴のない茨城県の運動公園の計 5 カ所から除草剤を散布したにもかかわらず残存したヒメクグを採取し、これをポットに植え付けし、SU 剤 (ハロスルフロメチル、フラザスルフロン) に対する感受性を調べた (表-1)。運動公園から採取したヒメクグは SU 剤処理でほぼ完全に枯死したが、各ゴルフ場から採取したヒメクグには明らかに除草効果が劣り、さらに除草効果には採取地間で差があった (図-4)。以上のことから、4 つのゴルフ場から採取したヒメクグは、いずれも SU 抵抗性バイオタイプであり、これらは異なるバイオタイプである可能性が示唆された。

表-1 試験供試ヒメクグ

サンプル番号	採取地	除草剤使用状況
No. 1	茨城県 (運動公園)	毎年 MCPP のみ使用
No. 2	山梨県 (ゴルフ場)	数種 SU 剤を 10 年以上使用
No. 3	香川県 (ゴルフ場)	数種 SU 剤を年間 1~2 回、4 年以上使用
No. 4	静岡県 (ゴルフ場)	数種 SU 剤を年間 1 回、5 年以上使用
No. 5	佐賀県 (ゴルフ場)	数種 SU 剤を年間 1~2 回、5 年以上使用

注) 各サンプルとも 2010 年 6 月に多発生場所からホールカッターで抜き取り、大型ポットで増殖後に分割し試験に供試

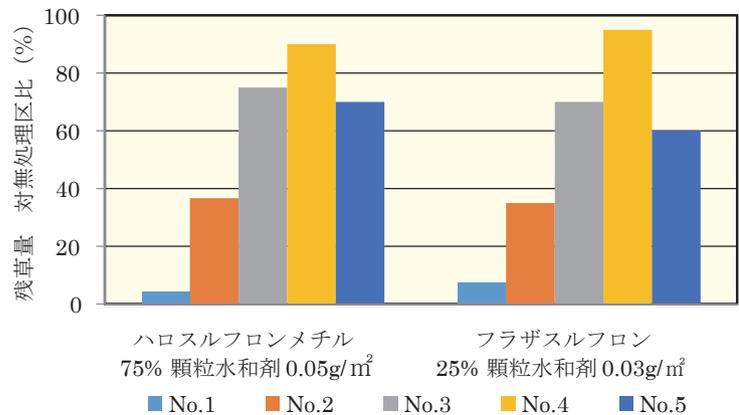


図-4 採取地の異なるヒメクグに対する SU 剤の除草効果

注) 試験規模: 直径 12cm 深さ 8cm 円形ポット、3 反復
 処理時のヒメクグ: 生育期 (草高 6~9cm、葉数 7~10 枚)
 散布水量: 200ml/m² 展着剤: 加用
 調査日: 2010 年 12 月 6 日 (処理後 41 日)
 残草量は観察調査による無処理区比

3. ゴルフ場から採取したヒメクグにおける ALS 遺伝子の解析

SU 抵抗性はその標的酵素である ALS の 1 アミノ酸置換に起因する 경우가多く、雑草種では Ala122, Pro197, Ala205, Asp376,

Arg377, Trp574, Ser653 および Gly654 の 8 カ所が抵抗性を引き起こす置換部位として報告されている。奥野ら (2015) は、採取したそれぞれのヒメクグ地上部から DNA および RNA を抽出し、プライマーを用いて ALS 遺伝子上の 8 カ所をダイレクトシーケンス法によって解析した。

その結果、これらは全て ALS 遺伝

表-2 SU 抵抗性ヒメクグの体系処理防除試験区

区分*	No.	3月 (3/16)	4月	5月(5/26)	6月	7月(7/28)	8月
対照区	1	(ヒメクグ発生前) アラクロール					
①	2	(ヒメクグ発生前) アラクロール	→	(ヒメクグ発生前～発生初期) アラクロール	→	(ヒメクグ発生前～発生初期) アラクロール	
	3	アラクロール	→	S-メトラクロール	→	S-メトラクロール	
	4	アラクロール	→	カフェンストロール	→	カフェンストロール	
	5	アラクロール	→	カフェンストロール・レナシル	→	カフェンストロール・レナシル	
	6	アラクロール	→	クミロン	→	クミロン	
	②	7	(ヒメクグ発生前) アラクロール	→	(ヒメクグ発生前～発生初期) アラクロール+シアナジン		
8		アラクロール	→	アラクロール+DCBN2g			
③	9	(ヒメクグ発生前) アラクロール				(ヒメクグ生育期) DCBN1g	
	10	アラクロール				ペンタゾン	
	11	アラクロール				トリクロピル	

注) * 区分

対) : 対照区

①～③ : 3月アラクロール処理後の処理薬剤により、以下の体系に区分

- ① 土壤処理剤の反復処理
- ② 土壤処理剤+茎葉兼土壤処理剤
- ③ 茎葉兼土壤処理剤または茎葉処理剤
(2011年実施)

子の変異しており、ALS の 376 番目のアスパラギン酸 (Asp376) がグルタミン酸 (Glu) に、197 番目のプロリン (Pro197) がセリン (Ser) に、574 番目のトリプトファン (Trp574) がロイシン (Leu) に置換した 3 種の変異タイプが確認された。さらに、これらの変異タイプについて SU 剤に対する感受性を詳細に調査したところ、ALS のアミノ酸置換部位が同じヒメクグは、採取地が異なっても特定 SU 剤に対する抵抗性の程度が同等であることが分かった。

また、これらのヒメクグを採取した中の 2 カ所のゴルフ場について、各ホールでサンプリングしたヒメクグの ALS 遺伝子を解析したところ、同一のゴルフ場では、ヒメクグサンプルの ALS のアミノ酸置換部位が同一であった。このことから、これらのゴルフ場では、1 カ所で出現した SU 抵抗性バイオタイプのヒメクグがゴルフ場全体に拡散した可能性が高いと考えられた。

4. SU 抵抗性ヒメクグに有効な除草剤と防除体系

筆者らが、SU 剤とは作用性の異なる種々の除草剤についてヒメクグに対する除草効果を検討したところ、雑草発生前に使用する土壤処理剤や雑草生育期の茎葉処理剤のなかには SU 抵抗性ヒメクグに高い除草効果を示すものがあった。これら有効薬剤を活用した除草剤処理体系を設定し、SU 抵抗性ヒメクグが蔓延したゴルフ場において実証的に除草効果、葉害を評価するとともに、各体系処理の特性に即した活用方法を考察した。

試験区域全体に 3 月にアラクロールを散布した後に、表 -2 に示す①～③の処理体系で順次除草剤処理を行い、ヒメクグの残草量、コウライシバに対する葉害、被度等を調査した。

対照として設置した早春期 (3 月) にアラクロールを 1 回のみ処理した

試験区では、ヒメクグの発生が 5 月上旬より始まり、その後は増殖を繰り返し被度が拡大した。それに伴い 9 月以降はコウライシバの被度が徐々に減少し、10 月のヒメクグ枯草期には裸地部分が多くなった。

①土壤処理剤の反復処理 : 5 月、7 月に同一除草剤を繰り返し散布した。除草剤処理時にはヒメクグが発生前から発生初期 (3 葉期) の状態であり、被度も小さい状態であった。いずれの処理区とも、9 月調査時までヒメクグの被度はごくわずかで推移し、コウライシバに葉害は認められず、芝の被度も増加し裸地が少ない状態で経過した。このことから、本体系はフェアウェイ等景観を重視する場面においての全面処理が可能な処理体系と考えられた。

②土壤処理剤と茎葉兼土壤処理剤の混用処理 : 両処理区とも 5 月の処理時に発生していたヒメクグが枯殺され、再生、後発生もごくわずかであった。アラクロールとシアナジンの混用

表-3 ヒメクグ対象試験薬剤 (平成 12 年～ 27 年度植調委試験薬剤, 非 SU 剤のみ)

(2015 年 10 月現在)

試験開始年度	薬剤名(商品名)	有効成分	処理時期	備考
H22	SYJ-111乳 (シバッチ)	S-メトラクロール: 83.7%	ヒメクグ発生前～発生初期	既登録
H23	KUH-114顆粒水和 (スパダ)	フェノキサスルホン: 75%	ヒメクグ発生前～発生初期	既登録
H23	アラクロール乳(ハブーン)	アラクロール: 43%	ヒメクグ発生前～発生初期	既登録
H24	BAH-1004液 (バサグランターフ)	ベントザン: 44%	ヒメクグ生育期	既登録
H24	CH-900フロアブル (ハイメドウ, ラポスト)	カフェンストロール: 40%	ヒメクグ発生前～発生初期	既登録 (2015年2月26日)
H24	MBH-024フロアブル	新規化合物: 39.6%	ヒメクグ発生前	
H26	BAH-1306乳	新規化合物: 64%	ヒメクグ発生前～発生初期	
H26	BAH-1408フロアブル	新規化合物: 50%	ヒメクグ発生前～発生初期	
H26	BAH-1409フロアブル	新規化合物: 20% 新規化合物: 20%	ヒメクグ発生前～発生初期	
H27	BEH-1301フロアブル	フルフェナセット: 42.4%	ヒメクグ発生前～発生初期	

表-4 ヒメクグに適用のある登録除草剤 (非 SU 剤)

(2015 年 10 月 24 日現在)

登録種類名 (商品名)	作物名	使用量/㎡ (散布液量/㎡)	使用時期	使用方法	本剤の使用回数
カフェンストロール水和剤 (ハイメドウフロアブル, ラポストフロアブル)	日本芝 (こうらいしば)	0.25～0.5mL (200～300mL)	雑草発生前	全面土壌散布	2回以内
S-メトラクロール乳剤 (シバッチ)	日本芝 (こうらいしば)	0.25～0.4mL (200～300mL)	ヒメクグ発生前～発生初期 (芝生育期)	全面土壌散布	3回以内
アラクロール乳剤 (ハブーン)	日本芝 (こうらいしば)	0.6～1.0mL (250mL)	春夏期ヒメクグ発生前～発生初期	全面土壌散布	3回以内
フェノキサスルホン水和剤 (スパダ顆粒水和)	日本芝 (こうらいしば)	0.15～0.3g (200～300mL)	春夏期芝生育期 (ヒメクグ発生前～発生初期)	全面土壌散布	3回以内
DCBN水和剤 (ベンポール, グラスダン, クサピース)	日本芝	1～2g (150～200mL)	春期芝生育期 (雑草発生前～生育初期)	局所散布	1回
DCBN粒剤 (ベンポール, シバキープ°)	日本芝	10～20g	春期芝生育期 (雑草発生前～生育初期)	局所散布	1回
DBN粒剤 (カベレン2.5)	日本芝	10～15g	ヒメクグ生育初期	全面土壌散布	3回以内
ベントザン液剤 (バサグランターフ)	日本芝	0.5～1mL (100～200mL)	春夏期雑草生育期 (芝生育期)	雑草茎葉散布	3回以内

処理では、コウライシバに対し薬害が認められず芝の被度の減少もなかったことから、フェアウェイを含めた全面処理が可能と考えられた。アラクロールと DCBN 2g の混用区では除草効果が高かったものの、コウライシバが変色、葉枯れし裸地が生じた。このため、

ラフ等における局所的な散布にとどめるべきと考えられた。

③茎葉兼土壌処理剤または茎葉処理剤：7月のヒメクグ生育期の DCBN 1g およびベントザン処理でヒメクグのほとんどが枯死し、再生、後発生はなかった。これら試験区ではヒメクグ

の枯死部分が裸地となった。トリクロピル区では、枯死するヒメクグは少なかった。コウライシバに対して DCBN 1g 区とベントザン区で薬害が生じたが軽微であった。このため、ベントザンおよび DCBN 1g は、ヒメクグの発生が少ない場合は種々の場面で

全面処理が可能であるが、多発する場所では枯死後の裸地が目立つことから、フェアウェイ等においては局所処理等景観に留意した使用方法を選択すべきであると考えられた。

試験で供試した数種の薬剤については、(公財)日本植物調節剤研究協会を通じてヒメクグを対象とした適用性試験が行われ、実用化されている(表-3,4)。

5. 除草剤抵抗性雑草の出現回避と防除のポイント

SU抵抗性バイオタイプへの変異は、自然界では一定の割合で起きている。SU剤の使用により、抵抗性バイオタイプのみが生き残り、さらにSU剤を繰り返し使い続けることで、毎年、種子、地下茎などの発生源の生産を繰り返して蔓延することになる。

SU抵抗性に限らず、除草剤抵抗性雑草がまだ出現していない芝地では、同一の作用を持つ除草剤の連用は避け、作用性の異なる除草剤のローテーション使用を行うことが、出現を回避するために重要である。

除草剤抵抗性雑草が出現してしまった場合は、徹底防除を目的とした長期的な計画を立てるべきである。その際、発生源の形成を阻止し、次年度に持ち越さない事を最重視する。当該雑草に有効な土壌処理剤でも、春期1回のみの散布では秋期までの完全な防除効果は期待できない場合が多いため、年2~3回の反復処理や作用性の異なる有効薬剤の体系処理により長期間にわ

たり雑草を防除する。さらに、このような防除方法を2~3年継続することで、発生源を著しく減少させることができるものとする。

なお、茎葉処理剤については、使用に際して留意しておく点がある。抵抗性雑草が蔓延した場面では、夏期など雑草が繁茂した時期の使用では変色、枯れ上がりや枯れ跡により景観が悪化する。また、その後、秋期までの芝の被覆も遅れプレーに悪影響を及ぼすこともある。このため、前処理として雑草発生前に有効な土壌処理剤を散布し雑草の発生密度を低下させ、芝の被覆を確保した上で茎葉処理剤を使用することが望ましい。このように、ゴルフ場等の芝地においては芝生の機能の維持を重視しながら防除計画をたてることが重要である。

さらに、ゴルフ場はプレーヤーや管理機器が頻繁に往来することから種子の拡散は容易におこるため、除草剤の散布は、スポット処理ではなく可能な限り全面散布を行うことが望ましい。また、管理機器の清掃、洗浄を徹底すること、刈草の処分を適切に行うことも拡散を最小限に抑えるために重要である。

おわりに

抵抗性雑草が一度出現すると、その消滅までの間は抵抗性雑草に有効な薬剤のみを使用し続けなければならない。芝地に限らず抵抗性雑草が蔓延した最大の原因は、同一の作用を持つ除草剤を使用し続けたことである。従って、同一除草剤を連用しないことが、

抵抗性雑草の出現を回避する最も有効な手段といえる。既に抵抗性雑草の存在を確認している場合は、徹底的に防除し発生源を形成させないことに留意するとともに、耕種作業等による拡散を阻止することが重要である。

そのためには、管理者が雑草の発生、生育の状況を常に観察すること、除草剤散布時の降雨、温度、風などの気象条件に留意し使用基準に定められた薬量、使用時期等を守ることなど、薬剤の効果を最大限に発揮する条件作りが前提となる。

引用文献

- 小林央往ら 1985. ゴルフ場スズメノカタビラ集団のシマジン抵抗性について. 雑草研究 30(別), 123-124.
- 小林央往・植木邦和 1987. ゴルフ場スズメノカタビラ集団のシマジン抵抗性について 2, 出現様式. 雑草研究 32(別), 147-148.
- 奥野潤一ら 2015. ゴルフ場の芝地に残存するヒメクグ(*Cyperus brevifolius*)のハロスルフロメチルおよびフラザスルフロ感受性とアセト乳酸合成酵素遺伝子の変異. 芝草研究 43, 159-162.
- 奥野潤一ら 2012. 同一ゴルフ場から採取したスルホニルウレア系除草剤抵抗性ヒメクグにおけるALS遺伝子の解析. 芝草研究 41(別1), 78-79.
- 土田邦夫ら 2011. 採取地の異なるヒメクグの各種除草剤に対する感受性. 芝草研究 40(別), 2-3.
- 土田邦夫ら 2012. ゴルフ場芝地におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性ヒメクグの防除体系. 芝草研究 41(別1), 54-55.
- 土田邦夫 2013. 水田・畑地・芝地における除草剤抵抗性雑草の対策. 雑草と作物の制御 9, 7-14.
- 土田邦夫ら 2014. ALS阻害型除草剤抵抗性ヒメクグの数種SU剤に対する感受性. 芝草研究 43(別1), 76-77.