

芝草管理における除草とその問題点

丸和バイオケミカル株式会社
マーケティング本部
神谷 雄次

はじめに

今回の寄稿においては、我が国での芝生面積の圧倒的大部分を占めるゴルフ場の日本芝について、私が今まで現場で関わり続けてきた芝草内の除草における問題点について若干のご紹介と所感を述べたいと思う。

1. 芝草除草の難敵“サッチ”と“スズメノカタビラ”

ゴルフ場の芝は常に刈込され、その刈りカスは管理機械により集草されるが、集草しきれなかった刈りカスや自然落下した葉が腐植化・堆積し“サッチ”といわれる層が生じてくる。他の作物の栽培場面では起こりえない芝草独特の現象であるが、実はこのサッチの集積層が除草剤、特に土壌処理剤の効果を不安定化させる要因のひとつと考えられている。水溶解度が高いもしくは有機物吸着性の低い土壌処理剤

は、降雨等によりサッチ層内を下方移行してしまい、また揮発性の高い剤も揮発しやすい環境となってしまうことが、除草効果の安定に影響を与える要因となっている。管理予算が十分にあった時代は、日本芝が冬場に休眠している間にサッチ除去作業を実施していたが、昨今は経済環境の悪化に伴い管理予算は大幅に削減され、このような耕種的作業は多くのコースで実施できていないのが現状である。また、刈込後の集草をせずプロアワーでフェアウェイからラフに向けて吹き飛ばすだけのコースも少なからずあると聞いており、サッチ層の問題はなかなか改善される傾向には無い状況である。また、昨今では温暖化の影響で秋口はまるで夏のように暑く、1年を通じて降雨量も多く、冬でも強い雨が降ることもあり、サッチ層内に形成された土壌処理剤の処理層を安定させることは益々困難になりつつある。更に日本芝の葉に含まれるリグニン含量は西洋芝のものより高いのでより分解しづらく、ま

にこの“サッチ層”は日本芝内での除草効果の“難敵”であると言えよう。

芝草におけるスズメノカタビラの防除となるとより困ったことが起きているようだ。スズメノカタビラの種子は土壌のみならずサッチ層のいたるところに存在し、中胚軸（メソコチル）をほとんど形成せずに種子の位置から発根し、幼芽が伸長する。そのため、サッチ層下部に位置する種子から伸長した幼芽は処理層に到達する時にはほぼ鞘葉となっており、従来は高い吸着性や低い水溶解度故に、より安定した処理層を形成するとされた除草剤でも、薬剤の吸収が十分にされないことが多いようである（図-1）。

グリーンキーパーに対しての“現場における問題雑草”のアンケート結果からもスズメノカタビラがトップをキープしている状況となっている（図-2）。前述したサッチ問題に加え温暖化に伴う発消長の変動や特定の系統の薬剤への不効問題等、その要因は多々あるが、一部のコースでは2

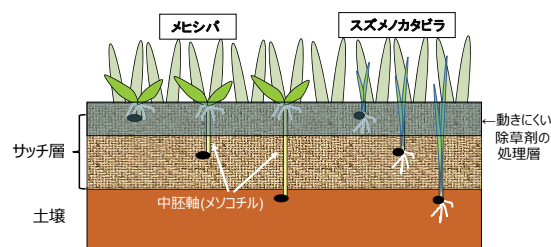
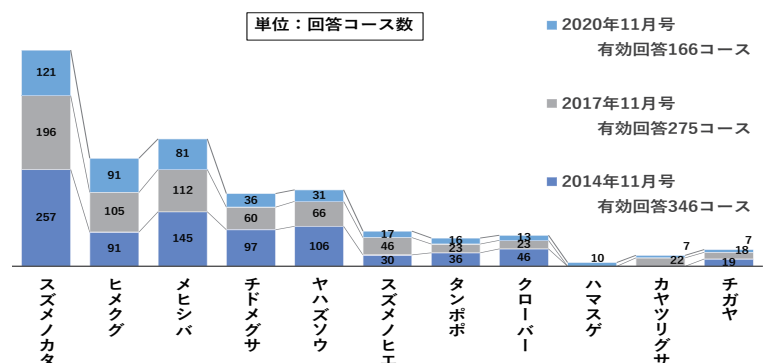


図-1 サッチ層における雑草と除草剤処理層



注：2014・2017・2020年 各々異なるゴルフ場より回答

図-2 グリーンキーパーの感じる問題雑草
ゴルフダイジェスト社「ゴルフ場セミナー」調べ

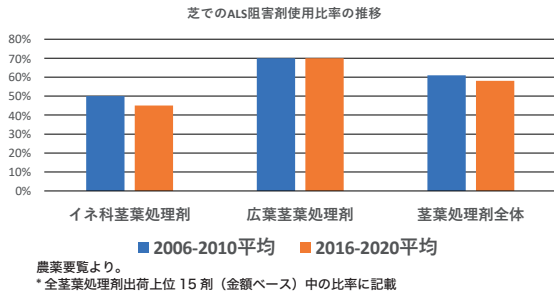


図-3 芝での ALS 阻害剤使用比率の推移

	DNA A剤 抵抗性	DNA A剤 感受性
Glyphosate Resistant	81	15
Glyphosate Susceptible	3	1

100 POAAN Clones
Treated with Glyphosate at 32 fl oz/A
DNA・A剤 in hydroponic culture at IC₅₀ value

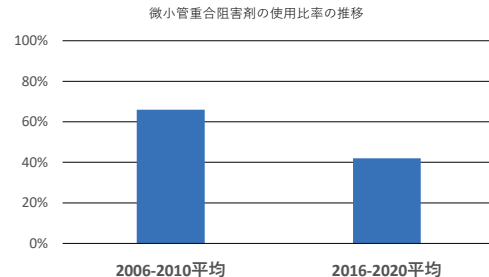
出典：Enhanced Weed Management for Warm-Season Turfgrass (GCSAA Education Conference)

図-4 過度の継続使用への注意喚起

Classification	MTI symptoms present	Courses present
Resistant	<20	9
Segregating for resistance	20-90	49
Susceptible	>90	42
Chi-square	P < 0.001	

出典：Crop Forage & Turfgrass Mgmt. 2020;6:e20050.
* 2018春に個体採取、種子から水耕栽培での試験結果。発根に対する影響を評価。

図-5 テネシー州 90 コースでのスズメノカタビラの DNA・A 剤への感受性調査



出典：Enhanced Weed Management for Warm-Season Turfgrass (GCSAA Education Conference)

図-6 芝での微小管重合阻害剤の使用比率推移

回散布を検討するほどスズメノカタビラは芝草内除草において大きな問題となっている。

2. 同系統の除草剤連用と低感受性雑草の問題

芝草内の除草剤においても水稲同様に ALS 阻害剤の連用により一部の雑草への除草効果に問題が生じているが、現時点において低感受性及び抵抗性が確認されているのはヒメクグとスズメノカタビラである。

広葉雑草対象の茎葉処理剤において ALS 阻害剤の構成比率は 2016～2020 年の 5 年間で約 70% (出荷金額ベース：図-3) となっている。かつては通常年 2 回 (春と秋) の除草剤全面処理の内、春の処理によりヒメクグの通年防除が可能となり、ほぼ問題雑草と認識されないレベルまでに至った。しかし、ALS 阻害剤の芝場面登場から 30 余年となった現在では最も問題となる雑草の一つとして復活している。現在においても他の広葉雑草防除に ALS 阻害剤は継続使用されてい

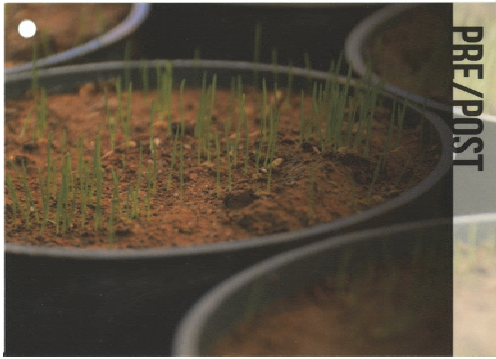
るものの、ヒメクグ防除の為だけに追加でベンタゾン剤の反復処理や、土壤処理剤に VLCFA 阻害剤を選択しその反復処理をするなどして対応している現場も少なくない。但し、ゴルフ場や防除会社においては前述した予算問題以外に、そもそも人手不足の問題が深刻であり、そのような手間がなかなか掛けきれないのが現状であるため、一回処理で防除が可能となる薬剤の開発が強く望まれている。

一方、イネ科対象 ALS 阻害剤の構成比率は同様の 5 年間平均で約 45% となっているが、スズメノカタビラに対する不効問題が発生しており、抵抗性についても確認されている。このような背景より ALS 阻害剤の使用は 2006～2010 年の 5 年間と比較すると若干減少している状況である (図-3)。

尚、スズメノカタビラの ALS 阻害剤に対する抵抗性は米国ゴルフ場でも同様に報告されており、加えて微小管重合阻害剤への抵抗性についても報告されている。テネシー大学の試験によれば、あるゴルフ場において微小管重合阻害剤への抵抗性バイオタイプがグ

リホサートに対しても抵抗性を示していたとの報告がある。そのゴルフ場では、バミューダグラスの休眠期にグリホサートと微小管重合阻害剤 (DNA (ジニトロアニリン系)・A 剤) との混用により茎葉兼土壤処理を施すプログラムを継続してきており、処理時までに発生した雑草の一発除草と後発生する雑草を長期間防除するという便利な方法ではあるものの、過度の継続使用への注意喚起を意図して GCSAA (Golf Course Superintendent Association of America) セミナー内で紹介されていた (図-4)。グリーンキーパーに対してローテーション管理の大切さを認識させるためのものであったと思われる。更に同大学等ではテネシー州にある 78 コースからスズメノカタビラを採取、微小管重合阻害剤 (DNA・A 剤) に対する感受性確認試験を実施、その結果 9% のコースにて抵抗性が認められた (図-5)。同報告内では ALS 阻害剤や光合成阻害剤に対する抵抗性についても併せて報告されている。

日本においても長きにわたり微小管



入手先：Enhanced Weed Management for Warm-Season Turfgrass(GCSAA Education Conference)

写真-1 表面 スズメノカタビラのアーリーポストを意味する。

TIMING	ACTION	ACTIVE INGREDIENT*	WSSA MECHANISM OF ACTION GROUP
Pre/Post	Mitotic inhibition	Pronamide (Kerb)	3
	Very long chain fatty acid (VLFA) synthesis inhibition	Dimethenamid (Tower)	15
		Metolachlor (Pennant)	15
	Photosystem II inhibition	Amicarbazone (Xonerate)	5
		Atrazine (Aatrex)	5
		Metribuzin (Sencor)	5
		Simazine (Princep)	5
	Cellulose biosynthesis inhibition	Indaziflam (Specticle)	29
	Lipid biosynthesis inhibition	Ethofumesate (Prograss)	16
	Carotenoid biosynthesis inhibition	Mesotrione (Tenacity)	28
	Protoporphyrinogen oxidase (PPO) inhibition	Flumioxazin (SureGuard)	14
		Sulfentrazone (Dismiss)	14

入手先：Enhanced Weed Management for Warm-Season Turfgrass(GCSAA Education Conference)

写真-2 裏面 使用可能な除草剤のリスト。作用機作別に色分け、ジェネリック品や混合剤も考慮し一般名と WSSA のグループ番号で記載。

重合阻害剤が使用されており、2006～2010年の5年間では芝用土壌処理剤の60%を超える使用比率となっていたが、昨今では他作用機作の除草剤も広く使用され始めたため微小管重合阻害剤の比率は低下したものの依然40%を超える高い比率となっている(図-6)。引き続き薬剤ローテーションにおける留意が必要である。

GCSAAでは毎年グリーンキーパー対象にセミナーを開催し基礎的なことから上級者向けの応用編まで幅広く情報提供されており、小職も新剤の情報獲得や現場での問題点確認のために毎年各種セミナーを受講してきた。米国では日本より遅れてALS阻害剤が上市され始めたこともあり、10年位前まではまだ各新剤の紹介や解説などが非常に多く盛況でもあったが、昨今では新規作用機作の芝用除草剤が長年上市されていないこともあり、セミナーでは除草剤抵抗性回避の為の講義が中心となっている。背景として、米国では日本よりジェネリック製品がずっと多く、トータル市場の約20%程度を占めていると聞かすが、キーパー達は同じ成分でも異なる製品または混合剤といった多くの製品が存在する環境にさらされており、作用機作別の除草剤の使い分けを徹底させる目的がある。その一助として、テネシー大学等は”スズメノカタビラカード”なるものを作

成しセミナー内で配布していたが(写真-1, 2)、スズメノカタビラのステージ毎に使用できる薬剤を一般名で記載し、作用機作毎に色分けして記載されているので非常に分かりやすいものとなっている。大学にこのような啓蒙活動をしてもらえるのは非常に好ましいことに感じた。

3. これからの芝草除草

以上述べてきたように、ゴルフ場芝草雑草管理において人手不足や経済環境、それに伴う管理予算の改善もしばらくは大きな変化がないものと思われ、サッチ問題も依然続くものと見られるが、新しい作用機作やより芝場面にフィットした物理化学性の新規原体もしくは製剤技術、散布方法が開発されることを望む限りである。但し、人手不足への対策としてドローン散布の技術検討は弊社も含めて業界各社で検討されている。超低水量散布故にPGR剤や殺虫剤、殺菌剤での応用は比較的对応可能と考えられるが、除草剤への応用は茎葉処理剤の使用が考えられるものの多様な植生が混在隣接するゴルフ場においてはドリフト防止等より適切な散布技術を要し今後の課題と言えよう。

米国においては2020年のGIS(Golf Industry Show: 展示会)にてドロー

ン展示が急増していたが、その全ては商用の写真撮影かセンシングのものであり薬剤散布用は無かった。また、ドローンやデジタル管理の為のGCSAAセミナーによると、センシングにより芝草内雑草の認識の上で自動散布が可能になるようなレベルにはまだ至っていないとのことであった。ドローンによるセンシングでは、芝草ストレス度合とその場所が特定できるので、より効率的な灌水場所の特定、並びにPGR剤や殺菌剤等の効率的処理が可能



出典：2020GCSAAセミナー
『Did You Know a Drone Could (or Couldn't) Do That?』

写真-3 NDVIや土壌硬度、有機物含量、CECが計測できる調査車両



GPS対応散布車～2020年GISにて撮影

写真-4 GPS対応ノズル搭載の散布車。撒きたい場所だけに適切に散布が可能

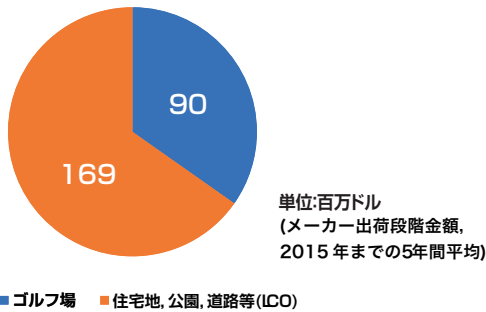


図-7 米国・芝場面の除草剤出荷実績割合 (ゴルフ場 vs LCO)

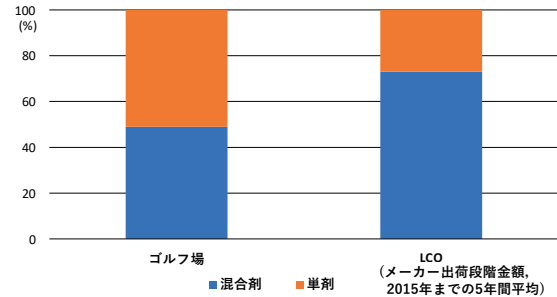


図-8 米国における芝用茎葉除草剤の混合剤 / 単剤対比

能となる旨の説明がなされていた。センシングはドローンだけでなく、より正確な測定の為に NDVI 測定機器や土壌硬度や有機物含量、CEC などの測定もできる調査車両も紹介されていた (写真-3)。実際の散布はセンシングで特定した場所だけを正確に処理できる GPS 対応ノズルを搭載した散布車が既に導入開始となっており (写真-4)、セミナーで紹介された試験によれば、バミュダグラスのスプリングデッドスポット (ネクロティックリングスポット病) 処理において通常散布と比較して時短・省力化できただけでなく 65% の薬剤費の削減にも繋がったとの説明がなされていた。海外ではこのような Precision 技術に注力しているようだ。

日本においては今後のドローン散布技術が向上し除草剤への適用がどの程度広がっていくのか大変興味深いことであり、また別の省力化方法として粒剤散布も考えられるが土壌処理剤の全面処理となるとサッチ問題も含めた除草効果の安定化や簡易な散布方法、許容できるコスト等々まだまだ課題は多いようである。また、原体再評価制度が導入され、後発農薬開発の活発化、一方では使用者暴露評価等の新しい基準も設けられ、今後の剤や適用の変化も考えられる。今後とも様々な変化に賢く対応していく必要があり、引き続き現場を注視してまいりたい。

おわりに

この業界に入りたての頃聞いた『芝生は文化のバロメーター』という元芝草学会長・故・北村文雄先生の言葉が大変印象的で素晴らしい考え方と感じたものである。当時、日本では芝と言えば大半はゴルフ場と思えたものであり、一部の公共場面を除いて生活の周りではほとんど芝を見ることも無く、住宅地や公共場面のどこにでも芝生がある米国とは随分違うと感じたものだ。米国では住宅地や道路脇、公園、空港等の公共場面の芝を管理する LCO (Lawn Care Operator) なる会社が非常に多く、当時ある米国調査会社の資料を入手する機会があったがそれによると、芝で使用される除草剤の規模はゴルフ場が 35%、LCO が 65% とのことで家庭や公共の場の芝の市場の方がずっと大きいことに驚いた覚えがある (図-7)。また、その資料によれば使用される茎葉処理剤は利便性の高い混合剤が非常に多く、特に LC の場面ではその性格上、なんと 7 割以上が混合剤であり (図-8) 日本にはまだまだこの市場が少ないことを改めて感じた覚えがある。LC 場面以外でも、ホームセンターに出向くと家庭用の芝生向けの便利な各種混合剤がいろいろな製剤タイプでズラリと並び、中にはホースに直結して撒けるタイプのものや乾電池内蔵型の散布機一体となった

液剤、粒剤等、多種多様な製品が並んでおり、家庭における芝生の広さと重要性について実感したものである。

昨今では日本でも各界の皆様のご努力により校庭緑化なども進みつつあり、またサッカーやラグビー人気できれいな芝のスタジアムも TV 放映で目にすることも随分多くなってきている。今後いろいろな場面に芝生が活用されて文化のバロメーターが更に上がっていくことを期待してやまない。

参考文献等

- ゴルフ場セミナー 2014 年 11 月号, 2017 年 11 月号, 2020 年 11 月号 “データから 21 世紀を読む: 問題雑草・発生害虫” 農薬要覧 2006 年~2020 年
- James, T. Brosnan, Ph.D. *et al.* 2017. “Enhanced Weed Management for Warm-Season Turfgrass” GCSAA Educational seminar.:
- James, T. Brosnan, Ph.D. *et al.* 2017 “Confirmation and Control of Annual Bluegrass (*Poa annua*) with Resistance to Proflaminate and Glyphosate” *Weed Technology* 31, January-February. 2017p.111-113.
- James, T. Brosnan, Ph.D. *et al.* 2020. “Herbicide resistance in annual bluegrass on Tennessee golf courses”. *Crop Forage & Turfgrass Mgmt.* 2020;6:e20050.
- Gerald, M. *et al.* 2019. “Did You Know a Drone Could (or Couldn't) Do That?” GCSAA Educational seminar.
- David, McCall, Ph.D. *et al.* 2019. “Spring dead spot: Site-specific management” April 2019 Golf Course Management.