

講演会

寒地型芝の夏場の管理

株式会社ヒューエンタープライズ

田 中 裕 敏

寒地型芝生が夏場に弱いのは論を待たないが、本当にどこまでの耐性があるのか、どれだけの強度があるのかを正しく理解しているだろうか？「夏越し対策の資材」と言う雑誌の特集を見ることがあるが、これを芝生に撒けばどんな夏でも大丈夫などと言う資材が本当に存在するのであるか？科学的根拠のないもしくは薄い、いわゆる「疑似科学」の様な資材がこの芝生業界にも多く存在していると私は感じている。趣味の芝生であれば何を使ってどんな管理をしても趣味の問題で片付けられるが、私たちはゴルフ場をはじめ業務用の芝生を取り扱う存在であり、管理予算を執行するにあたり予算作成から実行に至るまで業務としての説明責任が存在し、同時に結果も求められる。資材費、人件費すべてのコストが高騰し続け、追い打ちをかけて異常気象が待ったなしで襲いかかる状況下で、魔法の薬や呪文など存在はしない。芝生が枯れてしまった言い訳のための論理には何の生産性もない。本稿は本来の芝生の性能を理解してその能力を最大限に活用するための科学的な裏付けに基づく管理方法を考えるための解説を目指している。夏場の対策は夏場にするものだけではなく、基本的な芝生管理の管理方法、管理条件、管理に必要な知識すべてを説明するものとなる。しかしそれらすべてを説明することは紙

面の限りがある中では不可能である。そのため本稿はポイントを絞って説明することとする。

【異常気象による影響】

基本的な理解としての『夏場の管理』の問題点を整理したい。寒地型の夏場の管理と言うと単純に気温が高いことが最大の問題と受け取りがちだが、私の認識ではそれは正しくない。問題点を正しく理解することが最も基本的なことだが、実際には多くの人がこれを理解しておらず、その結果間違った対応をして余計に芝生をダメにしてしまっているケースが多い。異常気象によって起こりえる問題点を切り分けてこの表にあらわした（表1）。異常気象の定義として「今までになかった極端な気象条件」というもので理解するならば、夏場の高温だけではなく低温、多雨、干ばつ

表1 異常気象による芝生への影響

異常気象による芝生への影響

温度 (気温)	高温	寒地型芝生の生育条件を超える
	低温	凍害、低成長での障害
湿度 (水分)	多雨	土壌水分飽和、日照不足、土壌流出崩壊
	干ばつ	乾燥害、水源の枯渇

つも対策として考えなければならないはずである。植物である芝生にとって最も重要なのは「光合成」をして日々のストレスやダメージからの回復を継続することだが、外的要因でそれが継続できなくなる状態が最も危険な状態である。単純に考えて芝生の日々のダメージからの回復のための光合成、生育サイクルを維持させるのが我々の最大の目標と言えるだろう。異常気象による生育不良は、外気温が高温になるだけではない。曇天が続く太陽光に恵まれず光合成が十分にできなくなる。あるいは過剰な雨が続き根腐れを起こす。過剰な雨に高温が加われば強力な腐敗菌の蔓延で病害の大打撃を受ける。干ばつになれば水が吸収できなくなり光合成ができなくなって枯れる。また雨が降らずとも多湿状態が続くと葉の蒸散が十分できなくなり、水ポテンシャルが下がり十分な水や養分の吸収ができなくなる。また雨が続けば土壌養分の流亡、脱窒も起こる。雨が続けば刈込機械が入れず刈込間隔が開き、過剰な葉の刈り取りで生育障害が起こる。また殺菌剤の散布も計画通りできずに病害が発生する。春先に雪が早く溶けてしまいその後に急激に寒気が下りてきて細胞内凍結を起こし芝生に致命傷を与える。簡単に考え付く問題点を列挙したが、もっと複雑な問題も入ればこの何倍もの問題が考えられるし実際に起こっている。では話を戻して芝生自体の限界を考えてみたい。一般的な寒地型と暖地型の気温と土壌温度の指標である（表2）。今回は暖地型はテーマに入っていないので寒地型だけを見ることにするが、高温の外気温の枯死は55℃となっている。実際アメリカの砂漠のゴルフ場で40℃を超えてもベントグラスグリーンは維持管理されている。ただし湿度はほぼ0%で病害の発生も虫害の発生も0で、殺虫殺菌剤の予算は0円である。しかも朝夕は20℃ぐらいまで気温は下がる。つまり日中の気温が現在日本で起こりえる35℃以上の外

表2 芝生の成長と温度

芝生の成長と温度

(℃)	寒地型		暖地型	
芝の状態	気温	土壌温度	気温	土壌温度
高温枯死	55		>60	
茎葉生育限界	32		49	
根部成長限界		21~24		
栽培適温	24~27	15~21	27~32	21~27
茎葉成長適温	15~25		27~38	
根部成長適温		10~18		24~29
最低茎葉成長	4.4		13	
最低根部成長		0.6		1.7~10

気温になってもそれだけでは問題にはならないといえる。問題は多湿、多雨、つまり過剰な水分と組み合わせられることで問題が出るのだと考えられる。それに加えて日本にあってアメリカの砂漠に無いもの、「土壌有機物」も忘れてはならない。もちろん栽培適温は25℃前後である。春や秋の気温条件であれば膨大な光合成ができるはずなのは事実であるが、夏場でも朝夕の気温が低い時間帯は十分成長できる時間帯ともいえる。また成長に必要な最低気温は4.4℃と書かれているが平均気温で10℃前後の期間には寒い気温であっても十分に成長を継続できるのである。特に本州の冬などは雪もなく近年は暖冬の日が続くので1、2月でも施肥をすれば十分に成長することができる。植物である芝生にとって根こそが最も重要な部分であることは議論の余地はない。水、養分の吸収をする器官であり、葉との接続点にはクラウンと言う養分（炭水化物）を貯蔵する部位もある。その根の成長限界が、土壌温度21~24℃となっているが、実際には草種、品種によって幅が相当あると考えている。例えばクリーピングベントグラスなど言えば、古い品種と新しい品種では高温の土壌温度に対する根の張りに大きな違いがあるように見受けられる。ただ寒地型芝全体を見れば、土壌温度30℃を超えてくると成長が緩慢になり35℃を超

えてくると衰退を始めると思われる。ただし、貯蔵養分が十分にある間はかなり維持できているようである。外気温は人間の肌感覚で容易に理解できるが、土壌温度は人間には一般的な感覚がないので、きちんと土壌温度計で測ってモニターする必要がある。一般的に土壌温度は春に外気温が上がるのに従ってやや後追いで上がっていき、秋に下がるときはやはり外気温の後追いで少しずつ下がっていくというのが一般的な考え方だが、砂土壌なのかロームなのか、土壌の種類によっても反応が違うので、やはりきっちりと測ってモニターすることが重要と考える。また低温の土壌でも凍結さえしていなければ緩慢ではあるが窒素施肥などを行うと成長できるようである。秋口の施肥は冬季の障害、特に春先の凍害に対する抵抗性を上げるための貯蔵養分を増やすためにも非常に重要である。

【芝種（草種）・品種間の相違】

寒地型と言ってもたくさんの種類があり特性もさまざまである（表3）。芝生の種類によって高温に対する抵抗性は大きく違う。ツールフェスクはもともとかなり大きなススキのような（ススキではない）原種を小さく矮性化して芝生として使っている。直根が強く深い。高温耐性は最も強いが、低温耐性が低く、最大の欠点は低刈り抵抗性が低い点である。一般的には刈り高25mmぐら

いが限界であり、通常の刈高は50mmぐらいいで、低く刈ると当然抵抗性は下がってしまうので、ゴルフ場ならラフあたりに使用するのが妥当である。ただ品種改良でより低刈り抵抗性の高い品種も出てきているのでそのような品種を選べばフェアウェーでも利用できる可能性は出てくると考えられる。今後の品種改良品も期待できるが、低刈りができるように矮性化していくと、種子を作る能力が落ちてしまうのが一般的なので、種子代が高くなり、なかなか商業化されないのも現実である。その他の細葉のフェスクも耐暑性は強いがやはり低刈りに弱いのでラフやのり面などに使われるのが一般的で、また極端に葉が細いので混合品種としては葉質の均一性に欠けることになるので選択の範囲は限られる。

カタビラを芝生として考えるか雑草として考えるかは重要な問題である。異常気象の単語が存在しない数十年前ならば、寒地型地域の北海道などでは最も多く利用されていた「芝生」だったかもしれない。いや現在でも最も利用されている芝生なのかもしれない。カリフォルニアのサンフランシスコ周辺のベイエリア、最も有名な「ペブルビーチ」はほぼ完全にカタビラのコースである。目の前の海に冷たい海流が流れており、夏でもその一帯だけ20℃を切る寒さである。とうぜん寒地型芝を利用しているが実際はほぼ100%カタビラに占領されている。カタビラのグリーンは均一性に欠き、スーパーインテンデントは何度もベントグラスに草種変更しようとするが、ベントグラスに張り替えても周りがすべてカタビラなので数年でカタビラ100%に戻ってしまう。カリフォルニアのスーパーインテンデントは、「あなたのコースのグリーンは何の芝生ですか？」と聞かれるのが好きではない。私が初めてカリフォルニアのコースに行ったときにその質問をすると、スーパーインテンデントは、苦笑いしながら、そんな

表3 芝種による抵抗性の違い
表3／6 よく利用される芝草の高温耐性の比較

高い	ツールフェスク	ゾシアグラス
	クリーピングベントグラス	バミューダグラス
	ケンタッキーブルーグラス	シーショアパスパラム
	コロニアルベントグラス	バッファローグラス
	ファインフェスク	センチビードグラス
	ペレニアルライグラス	セントオーガスタングラス
低い	ラフブルーグラス	バヒアグラス

A) タージョン「ターフグラスマネジメント」より

こと聞くなよという顔つきで「カリフォルニアイベントだよ・・・」と答える。そんな芝生聞いたことがない、いったいどんな草種なんでしょうかと聞き返すと、やや迷惑そうに苦笑いして「カタビラの事をこの辺ではそう呼ぶんだよ」と答える。そのあとカタビラグリーンの管理について質問すると、肥料あげてもよくならないし、病気は年がら年中出るので殺菌剤は切らせないし、早くしようとしてあんまり低刈りすると突然芝が悪くなるし、朝刈っても午後は凸凹になってパッティングクオリティーは下がるのでプレーヤーに怒られるし、穂が出ると汚くなるし、暑い夏には急に消えるし、直そうとベントの種を撒いてもカタビラの方が早く出てくるし最悪だ、という愚痴がつづき、できることなら私もベントグリーンにしたいよ！と叫ばれる。その時気が付いたのは、カリフォルニアのスーパーインテンデントにとってカタビラは仕方なく付き合っている雑草で、その悲しい現実から逃避するかのように「カリフォルニアイベント」という呼び名をある種の自虐的な意味で与えているのだということに思い至った。それからカリフォルニアではグリーンの芝の種類を聞くのはやめ、確認するときは「こちらのグリーンは、カリフォルニアイベントですね？」と言うことにした。カリフォルニアだけではなく日本も含むほとんどの寒地型地域でカタビラは雑草であり敵であり、芝地を維持するための味方でもある。そして間違いなく言えることは、カタビラの依存度の高い芝地ほど今のような異常気象の時代には激しくダメージを受けることになるのである。耐暑性としては、カタビラは最悪である。また根も浅く耐病性も著しく低い。ただし消えても種子からの復活は最も早いので、やられればやられるほどカタビラが増えていく始末の悪い芝生である。シードバンクと言われる土壤中に眠っているカタビラの種子は20年以上も生き延びて、発芽のタイ

ミングを虎視眈々と待っているといわれている。異常気象時代の寒地型芝生の管理を考えるならば、カタビラは最初に候補から落ちる。逆に言うとどんな夏にも耐えられる芝生を作る最初で最大の問題は、どうやってカタビラターフから草種転換するかと言うことに尽きるのかもしれない。もちろん殺菌剤を多用すれば相当な夏場でもカタビラを存続することは可能かもしれないが、グリーンだけならまだしもフェアウェーやラフまでとなるとそのコストは膨大となり、大金を払って雑草を維持するのは費用対効果で意味があるのか疑問が残る。過去には不可能と思われたカタビラからの草種転換も、現在では、私が開発したカタビラ用除草剤『マックワンフロアブル』で高いカタビラ占有率のグリーンを裸地化させることなくベントグラスのグリーンに転換させることに成功しているので、予算さえあれば安全に転換する方法は確立されている。

汎用的に使われている、ペレニアルライグラスはどうだろうか？ペレニアルライグラスは寒地型芝生の中で最も改良品種が多い草種と言える。それだけ需要が多く生産量も多い。数十年前のペレニアルライグラスの品種から考えると、現在の最新の品種は芝質のみならず、病害抵抗性や耐暑性などの弱点がきわめてよく改良されている品種だと思われる。特性としては発芽が早く、成立も早いのでナースグラスとして芝地の回復や早期のターフ形成が望まれるときに使われる。また成長も早いので擦り切れやダメージからの回復も早いのが特徴なので利便性が高い。耐寒性も優れているので晩秋や早春の立ち上がりや色上りも良くこちらも利便性が高い。元の品種は耐暑性、耐病性が低かったが現在の品種は相当に改良されているので30℃を超えても問題なく成長できる。東京の夏でも気温だけなら十分に利用可能だが、雨が続いてしまうと一気に弱って来る。その点が夏

の問題として考えられるので、ペレニアルライグラスを夏場でもよい状態で維持しようとするならば土壌のサンド化は必須である。ティーグラウンドであればサンドティーでよいと思うが、フェアウェーをサンドにするのは管理が大変であるし、営業しながらの土壌改良は不可能に近いのでエアレーションをして土壌を改良するのが現実路線であろう。基本的に良い状態を維持しようとするならば高い排水性が雨の多い日本では必須となるであろう。しかしその場合CECは下がるので良い緩効性肥料も必須となる。ペレニアルライグラスの新しい品種は十分選択の候補に入るが、欠点とまでは言わないが忘れてはいけないことは、貯蔵養分を蓄える場所がクラウンだけなのでさほど多くないということである。一度被害を受けて芝生地上部が無くなるとペレニアルライグラスは戻ってこないということになる。しかし種を撒けばカタビラの後にはなるが割と早く発芽するのでその点はポイントが高い。この点でも私が開発した『マックワンフロアブル』は土壌処理剤でありながらペレニアルライグラスの発芽は阻止しないため、マックワンフロアブルを処理して同時にペレニアルライグラスを播種することによりカタビラを駆逐してペレニアルライグラスのターフにすることが可能となっている。費用が掛かるのでフェアウェー全面は難しいが、ティーやサッカーグラウンドなどではすでに多用されている。

ではペレニアルライグラスよりもっと有望な品種はあるのであろうか？ 答えを先に言うと、ケンタッキーブルーグラスとクリーピングベントグラスが現時点で選択可能な最高の異常気象対策芝と言える。ケンタッキーブルーグラスもクリーピングベントグラスもペレニアルライグラスの次に品種改良品が多く、過去の品種に比べると雲泥の違いがあると私は感じている。ケンタッキーブルーグラスは、マーケットによって低ランクのものか

ら高ランクのものまである。通常ゴルフ場のようなハイエンドの芝地には「エリートタイプ」という最高カテゴリーのケンタッキーブルーグラスが選択される。ケンタッキーブルーグラスの種子を選択するならばこちらを選ぶのが得策である。多少種子の値段は一般品種に比べて高いが、金額の差より性能の差の方が大きいと私は考えている。ケンタッキーブルーグラスは耐寒性、耐暑性とも優れており新しい品種であれば耐病性もかなりの精度で改良されている。ペレニアルライグラスと比較して弱い点は、発芽に時間がかかり成立にも時間がかかるということである。発芽の時間は、昔の品種に比べるとかなり改良されており良い気候であれば2週間以内には発芽してくるので遅いと言ってもそこまで遅いわけではない。ただ発芽後の成長はライグラスより遅いのでライグラスと混合するときは比率に注意する必要がある。もう一つの弱点はライグラスより低刈りに弱いということである。この点も昔に比べるとずいぶん改良されているので、20～25mm程度で維持できれば問題なく維持できる。刈高は高い方が有利であるので厳しい気候条件の時は刈高を上げて逃げる方法は必要かもしれない。これはどの品種でも言えることである。そしてケンタッキーブルーの最大の強みは、強力な「地下茎」を持っているということである。これはクリーピングベントグラスも同様である。この地下茎（バミューダグラスは地上茎）は、株型の芝生であるカタビラやペレニアルライグラスなどが、根と葉の間のクラウン部分にしか貯蔵養分を蓄えられないのに対して、ケンタッキーブルーグラスやクリーピングベントグラスは地下に広がる地下茎に貯蔵養分を沢山蓄えられるのでその量は膨大である。そのため、環境状況が厳しくて光合成が十分に出来なくても貯蔵養分を使うことによってその環境を乗り切ることができ、万が一のダメージで光合成をする部分で

ある葉を失っても、貯蔵養分の力でまた葉を再生して光合成サイクルを回復、維持する強固な力を持っているのである。また地下茎であるため土壤凍結にも強く、たくさん貯蔵養分を蓄えることにより細胞内の濃度を上げて凍結温度を下げることもできる。この貯蔵養分を蓄えられるのは春と秋の気候条件の良い時に、日々の生育に必要な養分以上の炭水化物を作ることによって達成することができる。つまり春や秋のもっとも芝生が生育するときに十分な肥料養分が与えられないと貯蔵養分は蓄えられないということになる。この点は非常に重要で、ケンタッキーブルーグラスやクリーピングベントグラスの最大の能力を引き出すのであれば、窒素で年間20～30gN/m²は必要である。それぞれの草種の窒素要求量は確認しておく必要がある（表4）。これは施肥量ではなく芝生が吸収する量である。地下茎を持つこの二つの品種を低肥料で管理すれば地下茎が十分に発達せず、最強の芝の強みは全く出てこない。クリーピングベントグラスはケンタッキーブルーグラスと一緒に地下茎があるので貯蔵養分が蓄えられて最強であり、耐暑性、耐寒性、耐病性もずば抜けており、グリーンで使われているので刈りにも最高に強いので寒地型芝としては最強であるが、ただこれがあだとなり、他の寒地型草種と混合使用するこ

とができないので、フェアウェーにクリーピングベントグラスを使用するとクリーピングベントグラスの単種での芝しか選べなくなる。また期待していない草地にクリーピングベントグラスが混じるとカタビラ以上に最悪の雑草となる点に注意したい。

【夏場の高温について】

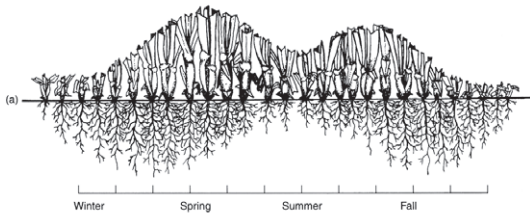
寒地型芝の夏場の問題は「高温」つまり高い気温と言う風に一般的に考えられているが、実はそう単純な話ではない。C3植物である寒地型芝生は、『強光下』においてルビスコと言う大気中の炭素を取り込む酵素が働かなくなってしまうことが最大の弱点となっている。これにより炭水化物の合成ができなくなり成長に必要な物質を作れなくなる。その結果成長を維持する「呼吸」（消費）とのバランスが取れなくなり衰退を始める。これが「サマーデクライン（Summer Decline）」「夏の衰退」という現象になる。しかし芝生には生育に使う以上の炭水化物を作れた場合、その余剰の炭水化物を貯蔵するシステムがある。その貯蔵する部位は葉と根の間のクラウン（Crown）、ランナーと言われる地下茎や地上茎をもつ草種はそこに蓄える。株型のカタビラやライグラスよりランナーを持つクリーピングベントグラスやケンタッキーブルーグラスの方が耐性が強く、回復力が強く、窒素の要求量が高いのもこの点に関係していると考えられる。しかし当然夏場は消費の方が多くなるので、余剰の炭水化物の生産ができるのは夏の前の成長期である「春」である。しかしながら5、6月の寒地型芝が最も成長するスプリングフラッシュ（Spring Flush）の時期は、刈込が大変だとの理由で肥料を抑えてしまう傾向があり、必ずしも十分に貯蔵養分をため込めていないケースが多い。このスプリングフラッシュは、本来寒地型芝生が出穂するための時期に当たる現象で避

表4 草種別窒素必要量
成長月1か月の窒素必要量

窒素必要レベル	g/m ²	芝種
大変低い	0.0～1.8	パッファローグラス バヒアグラス センチピードグラス
低い	1～3	チューイングフェスク レッドフェスク 日本芝
中程度	1.8～4.5	ベレニアルライグラス トールフェスク
高い	2.5～6.7	ケンタッキーブルーグラス クリーピングベントグラス パミュダグラス

「Turfgrass Science and Culture」James B. Beard

寒地型芝の年間の成長変化



A.J. タージョン『Turfgrass Management』より

図1 寒地型芝生の成長変化

けることはできない。本来は成長が激しい時期ほど施肥量は増やさないとイケない(図1)。刈込体制も最も繁忙な時期となる。対応としては成長抑制剤などの使用や、自動芝刈り機の使用が必要かもしれない。ここの春での施肥が十分でなければ強光下の夏を余裕をもって乗り切るための貯蔵養分は蓄えられない。

さて強光と高温は違うファクターで起こるものである。強光は太陽の入射角でさまる(図2)。たとえ北海道のような寒地型地域が異常気象で東京のような暑さが来たとしても、地球の地軸の角度が変わらない限り太陽の入射角は変わらない。つまりルビスコの働きが強光下で悪くなるという事であれば北海道の夏の強光は50年前と全く変わらないこととなる。また曇りの日や朝や夕の時間であれば強光下ではなくなるので光合成は十分できるはずである。単純に夏場の施肥をしないのは芝生のストレスを高めるだけのこととなる。「夏だから窒素をやるな」と言うことはよくささやか

れるが私は大変な間違いだと考えている。窒素肥料のタイプと量をきちんと計算して施肥すれば大阪の真夏に寒地型芝であっても十分成長する。ソーグリーンであれば寒冷紗をかけて強光を遮れば急激に芝生が元気になるのも事実である。

しかしながら外気温が高温になれば明らかに寒地型芝の障害が出てくる。この点で注意しなければならないのは、芝生が弱くなれば病害抵抗性が下がるということである。それと同時に、“高温”と“水分”と“有機物”があれば悪い土壌微生物が繁茂するということである。特に腐敗菌であるピシウム菌などの病害は一気に広がり甚大な被害を芝生に与える。芝生が病原菌から体を守る最大の壁は「細胞壁」である。光合成が強光下で出来なくなり、貯蔵養分である炭水化物を消費してしのが、徐々に消費の方が勝って来ると、芝生は葉の密度を下げ痩てくる。この状態では細胞壁は薄くなっていき、病原菌の侵入を簡単に許すことになる。夏場に寒地型芝が枯れる最終的な原因はほとんどの場合病害によることになるが、副因としては芝生の養分が不足して痩せて抵抗性が下がってしまっている事が常に起こっている。この状況で枯死してしまえば、貯蔵養分も根も失っているので11月まで下手をすれば来春まで回復は期待できないかもしれない。もちろん殺菌剤を多用すれば病原菌の繁茂は抑えられるかもしれないので、生存率は上がるかもしれないが高温時の土壌微生物の高い活動は殺菌剤の有効成分を早く分解させるかもしれないし、夕立や過剰な散水により有効成分が流亡して期待している以上に残効が短くなってしまっているかもしれない。また雨が続いてタンク車が出せず、雨が上がったとたん高温になり一気に病害が広がってしまうのを止められない可能性も高い。

高温時の土壌で起こることはほとんどが土壌微生物に由来する問題が多いと考える。土壌微生物

- ・ 強光
- ・ 緯度

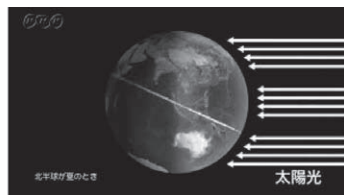


図2 太陽の入射角

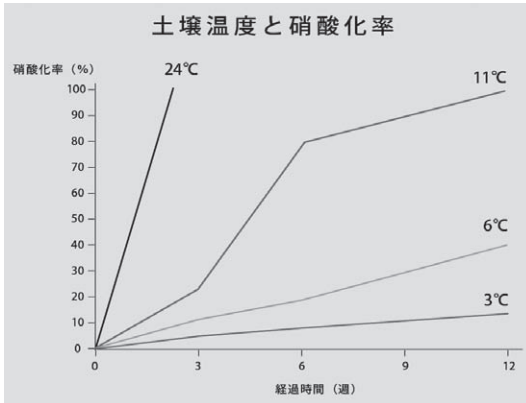


図3 土壌温度と硝化率

は、“水”と“有機物”と“土壌温度”が高ければ高いほど活動レベルが高くなる。図3には土壌温度による硝化菌の活動の変化をあらわしているが、24℃では強烈に硝化活動が活発になるのがわかる。これは硝化菌だけでなく様々な病原菌も含むほとんどの土壌微生物の活動が上がると考えられる。土壌微生物の活動が高くなることで起こる問題は病害だけではなく肥料や農薬の有効成分の分解も短時間で進んでしまうということである。即効性の尿素などでは、短時間で硝化され脱窒を起こし、施肥した窒素成分が大気に戻ってしまう。窒素を与えたら芝生が悪く見えるというのは、窒素肥料が芝生に吸収されることがなかったがために起こっている可能性が高い。夏場にそのような硝化を抑制するタイプの肥料（粒状、液状）を選択するのは有効である。

【土壌温度を上げないための管理】

夏場の日中の芝生面の温度は直射日光により50℃以上になる。この時に土壌温度が上がりきってしまうと根の衰退が起こる。しかし、根本的に重要な事は、十分な根圏を維持するための土壌条件として土壌中の孔隙（空気層）が十分に保持されないといけないということである。土壌中に0.1mm以上の空間がなければ芝生の根は十分に成

長することができない。畑地と違い常に人や機械が上を通過する芝地では、この土壌孔隙を維持するためにサンドもしくはサンディな土壌を用意することになる。0.1mm以上の孔隙を維持するために土壌粒子を平均的にも直径0.1mm以上の粒子を大半含有していないと達成できない。USGAのスペックでの砂の粒度分布で孔隙が50%となるように設計されているので基準値として理解しておくべきであろう。実際米国の大気気候での降雨の少なさから考えると、年間2m以上の降雨量のある日本の芝地ではUSGAスペックの砂よりもより荒い粒子が求められていると私は考えている。ただその際はCECがかなり低くなるのでこの点はよく注意すべきである。その対策としてCECが100以上ある“硬質ゼオライト”などを数%混合するのはよい対策だと思う。この手の土壌改良剤で排水性を維持しながらCECを上げるという点では硬質ゼオライトは費用の点からも優等生である。もう一点考慮しなければならないのは、排水性を担保するために粗目の砂を利用しても、有機物などの含有率が高ければ排水性も悪くなり気相も減るので注意したほうが良い。サンドグリーンで有機物量が3%以上あれば更新作業をして新しいきれいな砂を入れていくべきである。

適正なサンド、サンディの土壌を確保し、春季に十分な施肥をして根圏を十分に確保した後、夏季に入り徐々に土壌の温度が上がり始める。この時に注意すべき点はいくつかある。

【土壌水分の管理】

第一に土壌水分の管理が重要になる。通常土壌の孔隙は土壌の容積に対して50%となる。土壌に水分がなければ土壌中の孔隙には空気が満たされている。この場合、「水0%空気50%」となる。散水もしくは雨で適度な水分が土壌に保持されて半々の状態で「水25%空気25%」となるが、一般

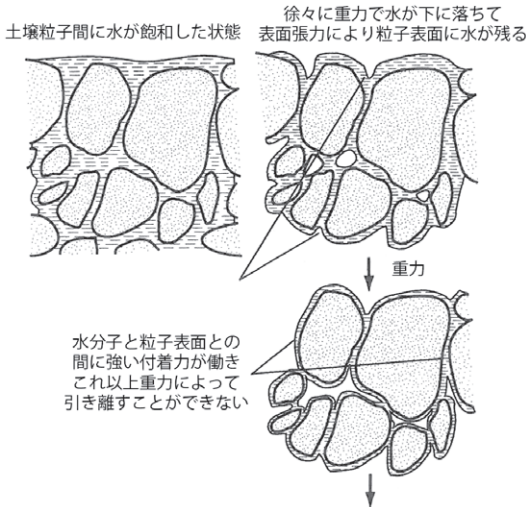


図4 土壌水分

的にこれが植物にとって理想的な土壌の水／空気比率と言われている（図4）。この状態からまだ雨が降り続いた場合最終的には孔隙はすべて水に浸され、「空気0%水50%」となる。つまり土壌水分計で50%と表示された場合は、満水状態、飽和状態と言うことになる。土壌水分計を使用するときに注意していただきたいことは、土壌水分計が単に土壌の水分を測るためのものではなく、表示された水分量を50から差し引いた%が土壌に残された空気量になるということである。土壌水分を管理する場合に重要な事は、できるだけ土壌に「空気」を維持することなのであり、水分の量はその次となるということである。実際に芝生が生育に必要としている一日の水分量は芝種や季節にもよるが数%でしかない。であるから土壌中に25%水分があれば実際のところ一週間程度は水は必要ないのである。根の生育には土壌中の空気（空間）が絶対に必要である。水で飽和された状態が続くと根は生育を止めて衰退していくことになる。そしてもう一つ重要な理由は、水は温度を伝える力が空気よりも20倍速いということである。水で飽和された土壌は地表面が太陽に照らさ

れて50℃以上になると、その地表面の温度が短時間で地下まで伝わってしまい、根の成長を阻害することになる。また水は一度温度が上がると冷めるのにも時間がかかる。土壌中の孔隙に空気がたくさんあれば、それが断熱層となり地表面の温度が地下に伝わりにくくなり、また夜間など外気温が下がればその冷たい外気が土壌中の空気と入れ替わることができる。また土壌中に空気がたくさんあれば善玉菌と言われる好気性の細菌が主流となる。逆に空気のない土壌状態が続くと嫌気性の腐敗菌などの悪玉菌が増える可能性が高くなる。近年かなり多くのゴルフ場が土壌水分計を使用しているが、今後の異常気象条件下では必ず必要と言っていると思う。使い方の基本としては、20～25%ぐらいになるまで散水をして、その後、毎日確認して数値が下がるのを待ち、10%程度になったらまた20～25%になるまで散水をする。途中で雨が降って数値が上がれば10%になるまでより時間がかかるがそれまで待つ必要がある。「多量小回数」が散水の基本である。この方法が最も土壌中に空気の層を沢山長く維持できるからである。暑いからと言って日中に散水などしたくなる気持ちはわかるが、これは最悪である。土壌中の有機物が多い土壌の場合ドライスポットが出やすいので、土壌中に十分水分があっても根の浅い部分にドライスポット症状が出ることがあるので水分計だけに頼らず観察も必要である。

土壌の根圏の深さを10cmと考えた場合、1㎡の芝地の容積は100Lとなり、1%の水分があるときに、土壌中には理論上1Lの水があることになる。これは散水または雨の1mmに相当する。つまり10mmの雨や散水があれば土壌には10%の水分が入ったことになりそれは10L相当となる。知識として換算する方法は記憶にとどめたい。

【伐採と扇風機】

本州では一般的だが、風抜けの悪いところに扇風機を付けるのも一つの方法である。電力が必要なのでその点が難点であるが、夏季の日中に使用することにより土壌からの蒸散作用を促すことで、土壌温度を5℃程度下げることができる。芝地周辺で立木が生い茂り風が抜けないところは伐採をして風を通せるようにするだけで夏場の管理がかなり楽になるケースは多くある。ただのり面や山を抱えている場合は修正が難しいので扇風機は有効である。また芝地近辺の立木は日光も遮るので光合成量を落とすことになるのでこの点でも伐採は重要である。基本的には芝地周辺の立木は芝にとっていいことは一つもない。

【刈高の変更】

刈高の変更は重要な管理手法である。刈高を変えることにより根の伸長をより深くすることが可能である（図5）。芝生は葉からの蒸散作用で最大10℃ほど葉の温度を下げられるといわれている。しかしそのためには大量の水分を根から吸い上げなければならないので、夏場の根圏維持は大変重要である。グリーンの場合はパッティングスピード、フェアウェーなどでは玉の沈み込み等で刈高を好きなだけ上げられるわけではないが、0.1mmでも刈高を上げれば確実に根量はその分上

がるであろうし、数mm上げられれば根も数mm以上深くなると思われる。その結果水の吸収量だけでなく養分の吸収量も上がるので芝生の耐性の向上は大変大きいものとなる。その微細な差で芝が残るか、裸地化するかの境目になるかもしれない。気候条件が厳しくなる予報が出たときは速やかに可能な限り刈高を上げる方法を検討すべきである。

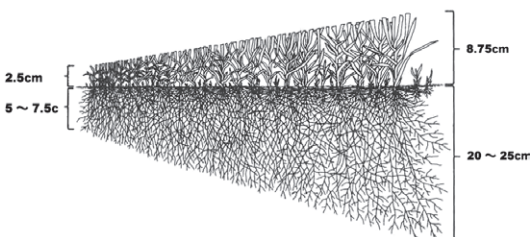
【エアレーション】

繰り返すが春の成長期に十分な養分を与えて貯蔵養分を十分に蓄えさせるのが最も重要であるが、予想を超える気温や雨により土壌水分が長期に飽和して土壌温度が上がった時の緊急対策として、エアレーション（ムク刃）は有効である。5mm前後の径で5cmほどエアレーションをすると飽和した水がかなり下がって、代わりに空気が土壌に入ることになる。またムク刃の作業なので処理時間が短いので雨と雨の隙間での作業も可能である。大事なポイントは、芝生の病害は「土壌表面」で発生するということである。土壌表面に「水」「高い温度」「有機物」の三つがそろって発病率が大幅高くなるということである。この三つで最も処理しやすいのは水なので、ムク刃のエアレーションで表面の滞留水を無くせば芝生の羅病率低下に大きく寄与することとなる。ただ有機物の多い土壌では表面をあまり乾燥させるとドライスポットが多発するので先の予報が乾燥傾向であるときはエアレーションするのは注意が必要である。場合によってはエアレーションの深さを浅くする調整が必要かもしれない。

【養分管理】

芝生の管理で重要なのは窒素の量であると申し上げているが、実際窒素肥料と言う時、実は複数の窒素があるということを十分に理解する必要がある

160 FUNDAMENTALS OF TURFGRASS MANAGEMENT



Higher mowing heights favor root and rhizome growth.

図5 刈高と根の伸長

ある。窒素肥料と言うのは「アンモニア態窒素」「硝酸態窒素」「有機態窒素」の3つがある。この3つのどの窒素形態のものを与えているのか？どの窒素形態で植物に与えたいのか？明確にしないといけない。アンモニア態窒素は窒素（N）と水素（H）が化合した状態の物質で、硝酸態窒素は、窒素（N）と酸素（O）が化合した物質、有機態窒素は炭素の骨格の中に窒素（N）が含まれる天然有機物に含まれる窒素の事である。

【アンモニア態窒素】

アンモニア態窒素は陽イオンとして植物に吸収される。陽イオンはプラス（+）のイオンなので土壌粒子（-）に付着して土壌に安定して存在できる。また植物に吸収された後速やかにアミノ酸などに変換できるので、養分の吸収効率が高い。また陽イオンなので、植物が必要とする量だけしか植物に吸収されないという無駄のない必要十分な窒素量が吸収される窒素形態となる。夏場に寒地型芝が光合成量が減っているときはそれに見合った少量を吸収することとなる。

【硝酸態窒素】

硝酸態窒素は陰イオンの形態となる。陰イオンはマイナス（-）のイオンであるので、土壌（-）と反発しあうことになり土壌粒子に付着できず、通常土壌水内に浮遊することになる。であるから多雨などで土壌の水が流亡すると硝酸態窒素は簡単に根圏土壌から失われる。また酸素（O）と化合しているので土壌中の微生物などが硝酸態窒素の酸素を呼吸で使用してしまうと酸素が失われて窒素（N）単体となり、この瞬間、土壌中の窒素は N_2 ガスとして大気放出される。この現象を「脱窒」と呼び、大気中に80%含まれる N_2 ガスはすべてこの脱窒によって土壌から放出されたものである。また硝酸態窒素は植物に吸

収された後、植物自身の力でアンモニア態窒素に変換されてからアミノ酸などの養分に使われるので、利用効率が良くない。そしてアンモニア態窒素が植物が必要とする量しか吸収されないのに対して、硝酸態窒素は土壌に存在するだけ植物にすべて吸収されてしまう傾向があり、必要量以上の「贅沢な吸収」を促してしまう。これは夏場に芝生が光合成量を落としているにも関わらず過剰な窒素が吸収されて芝生のストレスになる現象を起こしてしまう。夏場の窒素施肥を注意する必要があるのは、この「硝酸態窒素の影響」が問題となると考える。逆に気温の低いときは芝生が成長しにくいので硝酸態窒素入りの肥料を撒くことにより強制的に吸収させて生育を促す効果がある。

【有機態窒素】

有機態窒素は有機物に含まれる窒素で、基本的にはイオンにならないので直接植物に吸収されることはない。徐々に土壌微生物に分解されアンモニア態、もしくは硝酸態の形となって吸収されていくと考えられる。有機物に含まれる窒素は大体5%程度と言われているが、炭素と複雑に化合している物質なので分析は難しい。一般的には数年から20年ぐらいの長期で分解して吸収されると考えられている。

【ウレアーゼと硝酸化菌】

ウレアーゼは酵素の一種で、尿素に含まれるアンモニア（NH）部分を切り離してガス化させて大気に放出（揮散）させる。アンモニアは窒素と水素の化合物なのでこれが揮散してしまうと尿素的窒素肥料としての効果が無くなる。また尿素が土壌に入った後、尿素のアンモニア部分が硝酸化菌によってアンモニア態から硝酸態に変えられてしまう。これを「硝酸化菌による硝酸化」と言われている。硝酸化菌はどこの土壌にでも存在し、

硝酸化のシステム

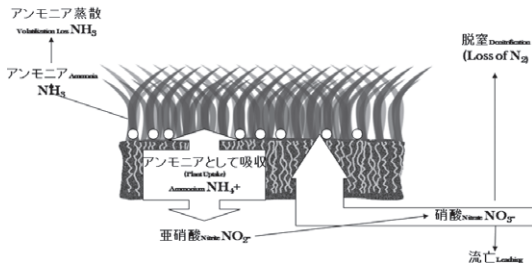


図6 硝酸化のシステム

土壌温度が上がれば上がるほど活動量が上がってしまう（図3）。先にも説明したように、夏場の寒地型の管理としての問題点として硝酸態窒素が急激に吸収されて芝生のストレスを上げてしまう問題点があるが、前掲のウレアーゼと硝酸化菌の活動を一定期間止める「窒素固定型緩効性」の肥料を選ぶことにより尿素を無駄なく安定して使用できる（図6）。これは粒状でも液状でも供給されているので大変使い勝手が良い。

【物理的緩効性窒素】

前掲の窒素固定型緩効性窒素は新しい土壌化学を利用した化学的緩効性であるが、その他にお勧めできるのは土壌微生物や土壌水分、pHなどに影響を受けない樹脂被覆肥料の選択は大変有効である。リニア型の溶出パターンの樹脂被覆肥料はスเปック通りの期間に、気候条件、土壌条件に関係なく溶出を維持するので過剰な成長もなくシーズンを通して安定した養分供給ができるので芝生の強い抵抗性を長期間維持することが可能である。また施肥回数を最小化させられるので人件費の面でも大きいし、異常気象で天候不安定な現在、良いタイミングで複数回撒くのは難しいが、この樹脂被覆肥料であればその手間と心配がなくなる。

【葉色度計の使用】

何度も「重要なのは養分管理」であると申し上げているが、実際どのくらい施肥すればいいのかという問題が発生する。窒素は述べたように容易に脱窒、流亡が起こり土壌から失われていく。過剰な雨に耐えられるようにサンド化することにより芝地のCECは下がって来るのでそれも窒素施肥を難しくしてしまう。もちろん雨の日が続けば窒素の流亡が激しく起こるのでこちらも問題である。土壌の有機物が多ければ土壌微生物の活動は夏場にかけて非常に激しくなる。また施肥した窒素は活動期の微生物にも消費されるので芝生が吸収する前に微生物に使用される場合もある。同時に寒地型芝生は夏場に光合成がしにくくなるので多くの窒素を必要とはしていないが、窒素がゼロでは貯蔵養分を早く消費してしまうので望ましくない。このように夏場の窒素肥料の施肥は大変難しく正直昨今の異常気象では人知では対応しがたいのが事実である。適切な緩効性窒素肥料の選択はその問題をかなり解決してくれるが、それだけでは完全とは言えない。その救世主として使われる道具が「葉色度計（TDR500）」である（図7）。この葉色度計は葉緑素が光合成で使用する波長の光を生成して芝生に照射し、芝生が光合



図7 葉色度計

成で使用できなかった光成分が反射されるのを計測して瞬時に葉緑素の能力を想定して測ることができる。芝生が十分に養分を吸収して強度を上げるということは葉緑素の量を高めて光合成をする力を高めているということと同義語と考えられるので、この葉色度計は瞬時に芝生の体調を測ることができる優れたものである。数値が低ければ施肥をして数値を上げる必要があるし、十分に数値が高ければ追肥の必要はなく、数値が下がり始めたところで追肥をすれば良いということができ無駄もなくなる。またこの葉色度計は葉緑素の使う波長だけではなく、細胞壁が吸収する波長の光も照射して同じくその反射光の計測を行っており、細胞壁の強度を同時に知ることができる。植物にとって外環境から身を守る最大の防御壁は「細胞壁」である。菌が葉の外側にいても病害は発生しないが、菌糸が細胞壁を破り細胞内に侵入すると、細胞は死に病害発生となる。また高温時に細胞壁が薄いと、容易に細胞内の水分が蒸発しやすくなることも考えられるし、また施肥施葉などで葉表面に濃度の高い水溶液が来た場合でも細胞壁が丈夫であれば容易に浸透圧の力に負けて細胞中の水分が溶脱することも無くなる。芝生の場合は日々踏圧に耐えなければならないが、細胞壁が薄ければ簡単に擦り切れてしまう。ことほど左様に植物にとって細胞壁の強靱さは大変重要なものとなる。これが葉色度計では瞬時に測れるのでこれを利用することにより簡単にリアルタイムの芝生の強度がわかり、施肥の必要性とタイミングがリアルタイムに判断できるのである。この葉色度計の計測値はNDVI値というすでに農業分野では一般的に使用されている数値で計測されているが、このTDR500はこのややわかりにくいNDVI値をNTEPテストなどで芝生業界で一般的に浸透している0～9点の数値に変換することができる。これをGrass Index（グラスインデックス）値と呼び、

GI（ジーアイ）値とも言われ、小数点以下2桁で表示される。私の経験では、7.5以上あればどんな夏でも問題ない最強の芝と言える。通常7.0以上であれば問題ない。最低でも6.5～7.0は維持したい。6.0を切り始めるとやや心配な状況となり、5.0を切ると簡単に枯れることを心配しなければいけない。4.0以下はすでに枯れ始めていると判断する必要がある。年間を通じて高得点を維持することができれば夏場の災害は避けられるし、万が一ダメージがあったとしても回復は早いであろう。カタビラに関しては施肥を多くしても数値はあまり上がらない。秋も十分な施肥をして数値を高く維持すれば凍害の心配は下がり、春の立ち上がりは大変早いものとなる。

【まとめと終わりに】

異常気象は年々ひどくなっていると多くの人が感じていると思う。しかも経済、政治状況も不安定化しており、ビジネスとして芝を管理する皆さんの心身のストレスがどのくらい大変な状況にあるかは同じ業界にいる私としては痛いほどわかっているつもりであるが、そのような皆さんのストレス軽減の一助となればと思い筆を進めた。セミナーでは時間が足らずに話しかれなかったこともある程度書けたのではないかと思うが、細かいことはまだ説明しつくされていないかもしれない。業務が多忙で十分な推敲ができていないかもしれないがその点は切にお詫び申し上げたい。最後に皆様の今後のご活躍とご健康をお祈りして筆を置きます。