

ターフサイエンス・セミナー 2011：第3回
2011年のコース管理計画



ASIAN TURFGRASS CENTER



東京セミナー：2011年2月22日

大阪セミナー：2011年2月24日

講師：マイカ・ウッズ博士

通訳：上野幸夫



第1部：気候変化の中での管理計画の立案

論点：日本のゴルフ場のフェアウェイとラフの80~90%はC4芝草であるが、グリーンはほとんどがC3芝草（クリーピング・ベントグラス）である。その理由はなぜか、そして現在のような気候変化のなかで、グリーンをC4芝草に転換しようという日本のゴルフ場が増えてくるだろうか？



第2部：過去のデータと予想される天候をもとにした施肥要求

質問：20 kg 入りの 15-0-0 スーパーグリーン肥料を一袋あたり 2700 円で購入した場合、チッソ1グラムあたりの単価はいくらになっているだろうか？

ポイント1：ルートゾーン（根圏）の体積と質量

ベントグラス・グリーン（クレーピングベントグラス）の場合、芝草の根の大半は地表から 10 cm までの深さに存在する。これをターフ 1 平米あたりで見ると、根圏土壌の体積は 100 リットルである。

$100\text{ cm} \times 100\text{ cm} \times 10\text{ cm} = 100,000\text{ cm}^3$ すなわち 100 リットル

ここから先は、グリーン 1 平米あたりという概念を使って色々な計算をしてゆきたいと思うが、ターフの栄養管理において我々が最も気を使わなければならないのが、この 1 平米あたり 100 リットルの表層土壌である。まさにこの部分こそが根の育つ場所であり、根が栄養分（と水）を吸収する場なのであるから、この部分にこそ最大の関心と注意を払う必要がある。

多くの場合、グリーンはサンド土壌であり、砂の「かさ比重」は 1.5 g/cm^3 内外である。つまり 100 リットルの砂、すなわち、面積 1 平米、深さ 10 cm までの土壌とは、約 150 kg の質量の土壌である。肥料投与は通常は土壌の質量をベースに考えられ、たとえば、1 平米あたり 12 g 散布というような言い方をしているが、これはすなわち、土壌 100 リットル当たり、すなわち土壌 150 kg 当たり 12 g 投与するということだ。

ベントグラスが良く育つためにどの栄養素をどれだけ与えなければいけないか、各栄養素についてガイドラインがあり、これらは通常は百万分率 (ppm) で表される。この ppm とは何だろうか？ 1 ppm とは単純に百万分の一のことである。我々は今、面積 1 平米の土地の深さ 10 cm までの土壌を基本にしている。1 ppm とは百万グラム中に 1 g 存在する量、百万ミリグラム中なら 1 mg 存在する量、百万キログラム中なら 1 kg 存在する量である。1 キログラムは百万ミリグラムであるから、1 kg 中に 1 mg 存在すれば 1

ppmである。どんな栄養素でも、1 kg の土壌中に 1 mg 存在すれば 1 ppm である。深さ 10 cm、質量にして 150 kg の土壌の中に、ある栄養分が 150 mg 存在するならば、その栄養分の濃度は 1 ppm ということである。

$$1 \text{ mg} / 1 \text{ kg} = 1 \text{ ppm}$$

これを知っておくと施肥を考えると非常に便利だ。例えば、芝草にはほとんどカルシウムを投与する必要はないが、これはなぜか？サンドグリーンのような土壌ですら、土壌中にはカルシウムが、少なくとも 300 ppm 存在する。土壌 1kg につき 300 mg のカルシウムが含まれているということだ。ターフ 1 平米の表層 10 cm のルートゾーンで考えると 150 kg の中に 45 g のカルシウムが存在することになる。大変な量のカルシウムが存在しているのである！ さて、1 年間の刈り込み作業によって刈り取られる刈りかすは 1 平米あたり 400 g 程度(乾燥重量)である。芝草のカルシウム含有量は平均で 0.4% である。だから 1 年間の刈り込みで刈りかすとして失われるカルシウムの量は 1 平米あたり 1.6 g。土壌中に 45 g あれば、これは芝草の場合 28 年分以上の量が土壌中に存在するのである！

チッソの場合はどうだろう？ 土壌中で植物が使えるチッソ量は通常 10 ppm 程度である。ターフ 1 平米の表層 10 cm のルートゾーンで考えると 1.5 g になる。では、1 年間の刈り込みで刈りかすとして失われるチッソの量はどのくらいだろうか。1 平米あたり 400 g の刈りかすを捨てているものとして、芝草の平均的なチッソ含有量を 5% とすれば、1 年間でターフ 1 平米あたり 20 g のチッソが失われる。ところが土壌中に存在するチッソは 1 平米あたり 1.5 g しかないのであるから、しょっちゅうチッソの投与が必要になるのは当然のことなのだ。

この計算を知っておくと、どれだけ撒くかを考えるときに大変便利である。

ポイント 2： 潜在成長力、チッソ要求度、葉身中の養分含有量

芝草の成長が温度に影響されることは誰もが知っている。そしてもちろん、気温をコントロールすることはできない。だが、芝草が栄養分を最も必要としているときに栄養分を与えるということならできる。芝草が肥料を最も必要とするのはいつだろう？最も成長の旺盛な時期が最も肥料を必要とする時期である。ラリー・ストウェル博士、ウェンディ・ジェランター博士が作った「成長能」モデルというものがある。「成長能」についての詳細を知りたい方はこちらで勉強してほしい：www.paceturf.org.

このモデルは、気温をベースとして、芝草がどの温度でどれだけ生長力を発揮するかをモデル化しており、このモデルを使って芝草がどれだけの肥料を必要とするかを計算することができる。日本の各都市において、どの時期にどれだけの肥料が必要かを実際に計算してみたところ、1 年間に 1 平米あたりに必要となるチッソ肥料は 13~23 g 程度であることがわかった。

日本のクリーピングベントグラスにどれだけのチッソが必要かを成長モデルから算出することができ、刈りかすとして回収処分される窒素がどの程度あるかがわかれば、どれだけのチッソを投与すればよいのかを容易に知ることができる。

チッソは、我々が投与できる栄養素の中で一番重要な栄養素である。チッソは芝草の成長の素であり、芝草の発色のための主要栄養素である。チッソはまた、芝草の葉身中で酸素、水素、炭素に次いで含有量の多い元素である。以下はクリーピングベントグラスの葉身中の平均的な元素構成比である。

チッソ	4%
カリ	2%
リン	0.5%
カルシウム	0.4%
マグネシウム	0.2%
イオウ	0.2%
微量元素	< 0.015%

チッソは成長を左右する栄養素であるから、チッソ量をベースとして施肥計画を立てることができる。そしてそのチッソ量は、成長モデルをベースに算出することが可能だ。そして土壌分析がある。土壌分析をすれば、刈り込みによってどれだけの栄養素が持ち去られたのかについて大体の数値を知ることができる。施肥計画を立てる一番簡単な方法は、まず、土壌中にある利用可能な栄養素の量を把握し、そこからスタートすることである。それをベースとして、必要な栄養素のすべてが土壌中に確実に存在するようにしてやればよい。その後は、N-P-K を大体 8:1:4 の比で投与する。これは芝草の体内にある N-P-K の比率である。すなわち、刈り込みによって、N-P-K はこの比率で土壌から失われてゆくわけだから、この割合で補給してやればよいのである。

ポイント 3 - 土壌栄養分析

土壌中に存在する栄養素の量を知るには普通は土壌分析による。土壌中に十分な量の栄養素があるのに更に施肥を行っても効果はない。費用の無駄遣いになるだけである。このようなレベルを「必要十分レベル」と呼ぶことができる。例えば、カリの場合、土壌中に少なくとも 50 ppm のカリが存在すれば、芝草は最大能力で成長を行う。これにさらにカリを投与しても芝草の成長には何の効果もない。ターフから失われるカリ（刈りかすとして毎年捨てられるカリ）の量は 1 平米あたり 8 g 程度である。土壌の ppm でいうと 50 ppm である。土壌分析の結果、カリの量が 120 ppm であったなら、カリの追加投与は不要ということである。投与しても意味がない。しかし土壌分析によるカリの量が 50 ppm であったならば、少なくともその年には 1 平米あたり最低 8 g のカリを投与しないと、土壌中のカリの量を 50 ppm 以上に維持できないことがわかる。

土壌分析をしないでゴルフ場のコース管理を行うということは考えられない。最低 1 年間に 1 回は必要である。芝草には芝草の栄養要求がある。不必要な栄養を与えてもそれはお金の無駄である。必要な栄養を与えなければ、芝の健康を損なう。どのような施肥を行うにせよ、土壌分析が基本となる。

第3部：芝草の生長環境の6要素を操作する

日本のほとんどの地域では、その気候条件のために夏のクリーピング・ベントグラス管理が非常に難しい。北海道の場合は他の地域よりもやや容易なので例外としたいが、日本ではグリーンキーパーの仕事は決して容易ではない。そして夏の高温のために、日本の夏のクリーピング・ベントグラス管理は特に難しいものとなっている。

私自身の視点をまず理解していただければという気持ちもあるので、最初に言葉、ある我々の専門用語、について少しお話をしたいと思う。まずは、グリーンキーピングとは何かということから始めたい。芝草を仕事にしている人の呼称として「アグロノミスト」という言葉が使われることが多いが、これは大変まずい言葉だと思う。辞書を引いてみると分かるがアグロノミスト (agronomist) とは、土壌管理や農作物生産に携わる人のことである。作物生産はグリーンキーピングとは大きくかけ離れている。植物学の一分野としてイネ科植物に関わる領域についての専門家を表わすアグロストロジスト (agrostologist) という言葉があるが、こちらの方がよほど良い選択だと思う。グリーンキーパーはまさにイネ科植物に関わる仕事であり、中でもゴルフ場で最も重要な部分であるグリーンに関わる人間である。興味深いことに、ベントグラスの属名はアグロスティス (Agrostis) といい、これはアグロストロジストと同じ語源を持つ言葉である。私はグリーンキーピングの仕事に関連して「アグロノミスト」という用語を使うのは全く嫌いである。ゴルフ場で我々が行っていることは作物生産ではない。もし本物のアグロノミストがするようにゴルフ場の芝を管理したら、ゴルフ場ではなく牧草地になってしまうだろう。

それでは、グリーンキーピングのキー・ポイントとは何であり、商業作物生産や商品作物学 (アグロノミー) との違いは何なのであろうか？商業作物生産においては、収益を最大化すること、すなわち最小の入力で最大の収穫をあげることが目標である。これは比較的容易な目標である。グリーンキーピングに比較すれば作物生産は容易に思われる。

グリーンキーピングは、スポーツ用の競技ターフ、特にゴルフのための競技面を作るべく、あるがままの生育環境に改変を加えてゆく作業である。芝草が生育しようとするのに対して、我々グリーンキーパーはその成育環境を変えようとする。特にグリーンにおいては、生育環境のあらゆる側面を改変するのであるが、グリーンキーパーがしていることは一体何であるのかということがわかれば、日本で夏にクリーピング・ベントグラスを管理することの本当の意味での難しさがはっきりするだろう。以下に挙げるのはグリーンキー

ピングの6つのポイント、すなわち良いプレー面を作るためにグリーンキーパーが改変しなければならない6つの要素である。

1. 光：光合成によってエネルギーを作り出すために芝草は光を必要とする。
2. 空気：当然ながら、葉の周囲に十分な量の空気が存在する必要がないと葉から二酸化炭素を吸収することができない。しかし葉の周囲ばかりでなく、根が呼吸できるように土壌中にも十分な量の空気が必要である。呼吸のためにも空気が必要だ。
3. 水：芝草は水を必要とする。十分な水がなければ芝草は枯死してしまう。
4. 肥料：よいプレー面になるためには、適正量の肥料が必要である。
5. 病害虫防除：芝草が健康であっても、好適条件が揃えば芝草に害を与える病害虫がある。病害虫をコントロールするために、グリーンキーパーは環境を改変しなければならない。
6. 刈り込み：芝草と飼料用の草地とを別のものに行っている作業である。適切なプレー面を作るためには、適切な刈高で、適切な時間間隔で、適切に調整された機械を用いて刈り込みを行うことが必要である。

日光と空気と水と肥料が十分に存在するようにすることにより、病気や害虫をコントロールすることにより、そして芝草が適切に刈り込まれるようにすることによって、芝草の生育環境を改変してゆくこと、それがグリーンキーパーの仕事である。

日本における夏のグリーピング・ベントグラス・グリーン管理がなぜ難しいか、その理由は簡単である。そしてその理由の中心的な要素はグリーンキーパーが管理できないもの、すなわち気温である。グリーピング・ベントグラスは寒地型の草であり、彼らの光合成はC3 光合成経路と呼ばれる経路を使って行われる。C3 光合成経路は、20°C内外で最も効率よく機能する。これ以上の温度になると20°C前後で生産できるほど大量の炭水化物を作り出すことができない。また、気温が高くなれば呼吸が亢進する。すなわち植物が体内に貯蔵している炭水化物の消費が速くなる。高温条件下では二つのことが起こっている：炭水化物の生産貯蓄が減ること、そして炭水化物の消費が増えることである。

夜間の気温が非常に重要である。ラスベガスやフェニックス、パームスプリングスなどのゴルフ場を見たことがあるだろうか。ああいった土地では、夏期の昼間気温が40度を超えることがしばしばである。そしてそれにもかかわらずベントグラスが生育することができる。その理由は夜間の気温がほぼ20度まで下がるからである。夜間の気温と地中温度が25度以下であればベントグラスは生育することが可能だ。

しかし、ご存知の通り日本の多くの場所では、7月と8月の最低気温が25度を超える。私は日本各地の7月と8月の夜間気温を頻繁にチェックしているが、この時期の夜間気温は一番低いときで26度、あるいは27度というのがザラである。この天候条件が続くと、ベントグラスは直ちに枯死することはないが、呼吸による炭水化物の消費が光合成による炭水化物の生産を上回ってしまう。

気温はグリーンキーパーの管理能力の及ぶところではないが、グリーンキーパーは、上に挙げた要素を改変することができる。日本におけるベントグラス・グリーンのコンディション維持という点についていえば、特に2番目と3番目が重要であり、土壌中の空気と水のバランスを適切に維持することが非常に大事になると思う。グリーンが枯死するという状況を多く目にするが、大抵の場合、水が多すぎるか少なすぎるのが原因である。高温のために枯死するのではなく、土壌と空気と水の管理が間違っているから死なせてしまうのである。もう一つ記憶しておきたいのは、夏期にベントグラスが生き延びる上での地温の重要性である。地温が低ければベントグラスは元気だ。水分を多く含んだ土壌は地温が高くなる。土壌中の水分は夜間の保熱剤となる。空気を多く含んだ土壌は冷えるのが速い。だから芝草がより良く育つ。

ここでもう一つ大事なことを確認しておきたい。1年間のうちの生育適期の10ヶ月間、地方によっては6ヶ月間ということもあるだろうが、その期間に完璧な芝草管理ができれば、夏が始まるまでに非常に健康なターフを作ることができる。つまり炭水化物をたっぷりたくわえ、根をしっかり成長させた草を作ることができる。弱い芝草で夏を迎えてしまうならば間違いなく状態は悪化するだろうし、グリーンが枯死する恐れもあるだろう。しかし6月の終わりに草が元気で、藻の侵入を受けていたりせず、それぞれの株にたくさん葉がつき、深い根を持った芝草になっていれば、大雨であれ高温であれ干ばつであれ夏の悪条件にしっかりと耐えてくれる。もちろん7月から9月半ばにかけては必ずコンディションが低下する。だが元気な芝草でスタートするならば、日本の夏を乗り切ることは可能だろう。スタッフの仕事は多いが芝草を失わずに夏を終えることができる。

すべてがきちんとでき、上に挙げた6つの要素、すなわち日照、空気、水、肥料、病害虫防除、刈り込みをグリーンキーパーが適切にコントロールできれば、難しい日本の夏もそう難しいものではなくなり、そしてそれ以外の季節にベントグラス・グリーンを管理することはいともたやすいものになるはずである。

第4部：科学的な知識を生かして夏場にコースコンディションを改善する