

GCSAA
GOLFCOURSE
MANAGEMENT

Managing silvery-thread
moss in golf course greens

Best management practices for silvery-thread moss often conflict with cultural practices used on greens.

Zane Raudenbush, Ph.D./Steven J. Keeley, Ph.D./
Lloyd R. Stark, Ph.D.

グリーンの中のギンゴケを
コントロールする

グリーンにおけるギンゴケの最良の管理手法は、
グリーンの管理方法としばしば競合する

ゼーン・ラウンデンブッシュPh.D./
スティーブン・キリーPh.D./
ラルド・スタークPh.D.

〈2015年10月号〉



最新の耕種的方法は、パッティンググリーン内でのギンゴケの定着と競合し予防と防除を妨げている Photo by Zane Raudenbush

ゴルフ場のパッティンググリーン
のギンゴケ (Bryum
argenteum Hedw.) の拡大を止め防
除するには、いくつかの理由によ
り大変困難なことがある。ここ十
年では、管理機械の改善や、施肥
手法の改善、またゴルフファース
の期待に於けるパッティンググリー
ンの造成手法から、スーパーインテ
ンデント (コース管理者、スー
プリ) によって行われた管理手法 (頻

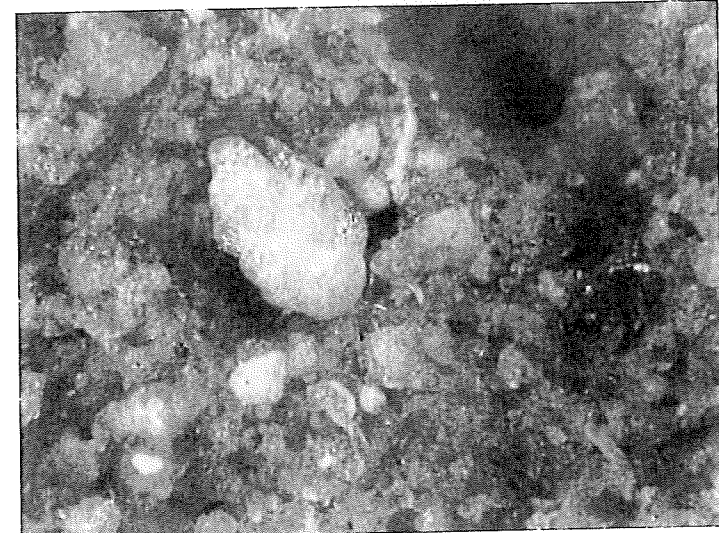
度とその狙い) から影響を与えて
きた。
それらの管理手法の多くは、パ
ッティンググリーン内でのギンゴ
ケの形成や競争力に影響があるこ
とが多い。ギンゴケは、また幾つ
かの特徴のある生物学的、生態的
な、うまく生育できる管理手法が
達成可能な形質を持っている。本
記事では、我々はいかにしてギン
ゴケの特徴的な形質がパッティン

ググリーンの管理手法で相互作用
を持ち、そしてスープリが長期的
な見地から成功に結び付く管理方
法を実践するかを述べる。
生物学的観点と飛散
成熟したギンゴケのコロニー

る。原系体は、ほとんどのどんな
安定した構造の表面にも生育する
能力を持っているが、ただし湿度
がない場合は簡単に乾燥してしま
う。このことは、おそらくギンゴ
ケの生活環境での最も脆弱な状態
であろう。



上: 胞子は胞子体の中で生成される。それは小さく、茎の先端は、膨らんでいる。この胞子体の集まりは実験室内でのペトリ皿での生育のものである。Photos by Lloyd Stark
下: 鱗芽は、小さく、ギンゴケの茎から大量に生産される凝縮された葉である。



さまざま
無性構造か
ら広がり
を見せる。
そして侵入
の大きさも増
やしていき
ながら、主
たるメカニ
ズムに沿っ
て増殖して
いく。例え
ば、再生は、
破片から起
こったり、
特別な器官
の製造を通
して起こつたりすることがある。

ら複数はシユートにより生産され
る。それらが好適な場所に移つた
ら、鱗芽は発芽して新しいシユ
ートや原系体を生産する。
シユートの破片と鱗芽は、水に
より浮揚したりして移動すること
がある。その結果、大量の雨や散
水によって、栄養繁殖型構造が過
去に生存していた場所に移動する
ことがある。

繁殖 (鱗芽、シユートの破片、
原系体の破片) は、ゴルフシユ
ーズや刈込機械の付着によってグ
リーンから別のグリーンへ移動する。
その結果として、有性生殖は、
胞子の長距離飛散が重要で、研究
者は短距離の飛散を主たる機能と
して栄養繁殖の構造からの移
行を提案することになる。

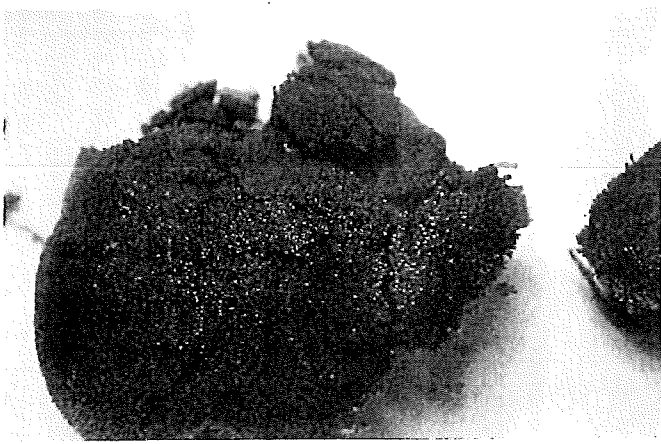
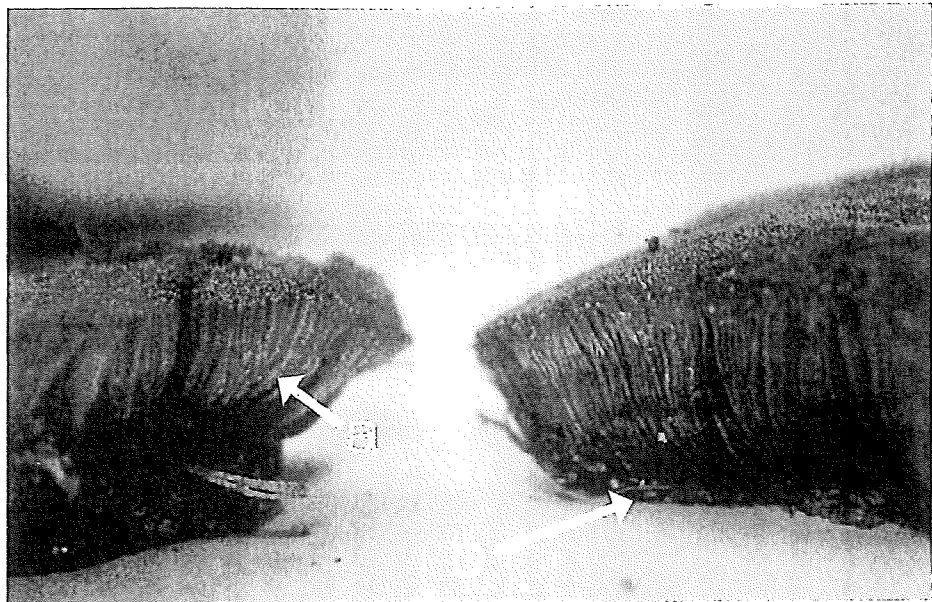
水との関係

ギンゴケは、維管束のない植物
でそれゆえ土壌から水分や栄養分
を吸収する。むしろ、それはスポ
ンジのような働きで、直接配偶体
の中に水分と栄養分が吸収される。
この独特な適応により、水分が無
くなったときに長期間にわたり持
続する複雑な構造が備わっている。
乾燥している間ギンゴケは、完全

原系体が発達すると、萌芽は節
や葉と区別された個々のシユート
が生育して行くことになる。ギン
ゴケは、どんなところからでも生
育することが可能な、非常にラ
イゾイドのしくみが発達している。
ライゾイドは、維管束植物の根と
似ている。しかし、ギンゴケのラ
イゾイドは、内部で水分とか栄養
分を移動させる機能は持ち合わせ
ていないらしい。例えば、有性生
殖の間、ヒマワリの種と同様に胞
子は茎の頂上から子実体を解放さ

せている。なぜなら、パッティン
ググリーンは基本的に毎日刈り込み
するので、胞子が移動したり、簡
単にモアの重みで崩壊したりして
茎に含まれてしまう。それゆえ、
胞子の生産はパッティンググリー
ンでは、ギンゴケが定着するための
再生産の実行可能な状態になつて
いない。しかしながら胞子は、過
去にギンゴケが侵入してきたパッ
ティンググリーンへの初期段階の侵入
の役割を果たすことになる。
一度定着すると、ギンゴケは、

破片ができるのは、簡単な栄養繁
殖の再生を基本とし、シユートが
配偶体から分離するときにおこる。
破片は、長距離の移動が可能であ
るが、もともとの配偶体へ近接し
て堆積する。一度、好適な場所に
堆積すると、破片から放射された
原系体は、数百のシユートの生産
を行う。
鱗芽は、小さく高度に凝縮した
葉があり、ギンゴケの茎から大量
に生産されるものである。単一か



上: (a)芝葉体と(b)刈根のマットを含むギンゴケの配偶体
下: 配偶体の全景 Photos by Zane Raudenbush

業は、芝草の日陰を除去してギンゴケの飛散と断片化に影響を与えることを目的としている。最近では、ギンゴケ定着のそれらの作業の効果は、評価されていない。しかし、この情報は、現存するギンゴケの侵入を制御するには有益な情報である。

窒素の施用

窒素の施用は、芝草品質の維持には非常に重要である。スープリは、特にいくつかの理由から生育時期を通じて、窒素のスープリ・フィーディング（少量施肥）を行っている。理由は下記の通り。1）

夏には1回の施肥で5〜10gN/m²の施用が、過剰生育、過剰なサッチ堆積につながり、トラ刈りの原因にもなる窒素量の多さがいくつ

かの病害を発生させる。多くのスープリは、夏季には2週間間隔で殺菌剤や植物成長調節剤を予防的に散布している。そこで尿素とか硫酸アンモニウムといった水溶性の窒素肥料は、スプレーヤーの中に1g/m²程度の低量で散布することがある。

スープリフィーディングの窒素施用は、ギンゴケの競争力を増加させる。例えば、カンザス州の研究者は生育時期において2週間ごとに1.5g/m²の尿素を散布し、ギンゴケを47%も増加させたと報告している。ほかの研究では、研究者が生育期間中0.5g/m²の硫酸アンモニウムを毎週散布し、ギンゴケが2倍に増加したとの報告がされている。

ある例では、水溶性の窒素の散布メリットがギンゴケの競争力を増加させる可能性が上回るかもしれないと報告がある。それゆえ、もし、水溶性窒素を散布して

播種性のシュートの破片、鱗芽や原糸体の乾燥を促進するために散水間隔は長くする
生育時期を通して少量で回数が多い目土作業を行う
水溶性窒素の散布頻度を減らす。春には緩効性窒素の施用を考える
クイックシルバーの散布は、更新作業と組み合わせて使うべきである。そうすると除草剤は、完全には根絶できないけれどもサイズが小さくなる効果がある
風通しを良くして光を当てることで周囲の植生を除去する、または風を送ることを増やす
刈高を上げる
排水や透水が良くないところを改善する

表1. ゴルフコースパッティンググリーンでのギンゴケの最良の防除法

に脱水されて、休眠状態に入り、可能ならば数年間も続く。しかし、水が撒かれれば、活発な増殖は再開される。驚いたことに、いくつかのギンゴケの代謝経路は、再び水分が加われば、通常の機能に回復する。しかしながら、パッティンググリーンにおいては、ギンゴケは、特に雨や散水で充分な水分を得て、生育時期の多くを通して活発に活動する。

不運なことに、特に夏季の芝生の根が減退し、蒸散量が非常に多い時は、ギンゴケを乾燥させるよう散水スケジュールを操作することは非現実的である。加えて、多くのコースが固く、速いグリーンコンディショニングを指しているときは、スープリは散水量を減らすことがしばしばある。このことは、散水頻度を増やすことはギンゴケの定着に影響を与えることになる。例えば、ギンゴケのシュートの入った75%と100%の湿度度のポットに1日、2日、4日、7日間隔で水やりしたとき、散水間隔は、ギンゴケの増殖には影響を与えなかった。しかしながら、毎日の散水は、シュートを増やす結果となった。ギンゴケ対策に追われるス

ープリは、散水には注意を払い、可能であればいつでもギンゴケが増えないように散水回数を制限することだろう（表1）。

発表されていない研究であるが、散水の十分でないグリーンとギンゴケの定着についての関係を確認したものがあつた。しかし、表面の湿度は、分散した芽（破片、鱗芽、原糸体）と配偶体の生存を高めることに繋がった。スープリは、過剰なサッチや透水係数が落ちたときのパッティンググリーンの床土構造を検査すべきである。

刈込と目土作業

ギンゴケの芽の無性生殖の飛散の主たる要因は、最近も知られていない。研究者は、グリーンの過剰な刈込がギンゴケの発生を増やしていることが起因していると考えている。カンザス州では、クリーピングベントグラスグリーンで大面積をコケに覆われているグリーンは、刈高4mmのグリーンと比較して刈高3.175mmのグリーンの方が、大きかった。低刈刈込されたグリーンは、雑草を減少させる一方、芝草にもストレスを与えることになる。その上、モ

アの移動や個別のシュートや鱗芽の脱落が刈高を低くすると増加する。そのような破片は、管理機械やゴルフアターの靴からグリーンの周りに拡散することになる。

一方、砂で作ったグリーンの薄い層は定期的な目土作業を行うとギンゴケが減る。芝草は、砂の床土でも生育する一方で、ギンゴケの上方への生育は、芝草の生育と比較してゆっくりである。テネシ州での研究では、クリーピングベントグラスグリーンにおいて、2週間間隔で4回の目土作業を行うと34%のギンゴケが減少したと報告されている。この減少は、定期的に目土をしないグリーンと比較して、目土そのものが配偶体や刈込による破片の減少と関係している現象である。さらに、目土はサッチを薄くし、モアで歩くことにより、固い表面を作ることになる。もしサッチが過剰な場合は、モアは芝生の中に沈んでしまい、刈高を低くしギンゴケのシュートをモアで刈り取り増やすことになる。

エアレーション、グルーミング、バーチカルカットティングやブラッシングといった多くの芝草更新作

ギンゴケが侵入しているスープリがいたら、コケの生育を抑える除草剤の散布といった防除を考えることになる。

科学的な防除

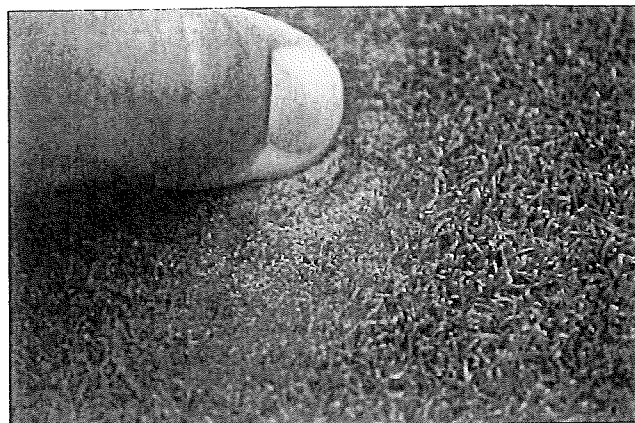
数人の研究者は、パッティンググリーン内でギンゴケを減らす最近の化学的防除についての研究を行っている。

全ての取り組みは成功しているが、パッティンググリーンからギンゴケを完璧に根絶するまで効果的なものはない。間違いなく、多くの効果的な防除は、クイックシルバー（成分名・カフエントラゾールエチル、FMC社）除草剤によるものである。しかし、防除は暫定的なもので、完璧ではない。

カフエントラゾールエチルは、葉緑素の生産に関係する酵素を抑制するものである。酵素の抑制は、最終的に細胞膜の破壊を引き起こして、それらは漏出する。カフエントラゾールエチルは、葉緑体内の葉緑素の抑制をする。しかし、ギンゴケのシュートの先端は、活性化した葉緑体を含む限られたエリアになる。それゆえ、除草剤がシュートの先端を損傷しても、シ

ユートの下部から再生育することになる。

その結果として、スープリは、コケの侵入を完璧に根絶するためには1回のクイックシルバーの散布では期待していない。にもかかわらずクイックシルバーは、対象となる芝草品種を密生させる機会となり、ギンゴケの競争力を減退させる価値のある薬剤である。スープリは、除草剤を散布するタイミングはよく分かっている。ギンゴケは、水がなければ、除草剤の効果も減退しやすくなり、休眠することが知られている。クイックシ



パッティンググリーンでのギンゴケは、ボールの転がりや表面の均一性に影響を与えるためよろしくない

ルバーを散布する前に少し散水しておく、配偶体が水分を保持し、活発になることが分かっている。

芝生管理における「コケ」の位置付け

最近のゴルフコースのパッティンググリーンでの管理手法は、ギンゴケの生態学的、生物学的になくはならない、固くてボールの転がりが速い芝草表面を作るよう設計されている。水は、生育時期を通して、ギンゴケが活発に生育できるように、多くのパッティンググリーンで制限されていない。ギンゴケがたくさんあるパッティンググリーンでは、我々はスープリに水管理をしつかり行うよう勧められている。

散水間隔が高いことは、鱗芽や破片が堆積しやすくなる。ギンゴケの水分保持量は直接関係する周囲の環境にも影響する。それゆえ、無性繁殖と配偶体に障害となるよう乾燥させるために、スープリは扇風機を使ったり、周囲の植生を除去したりして通風を良くするべきである。パッティンググリーンでのギンゴケの競争力と成長を高める

には、頻繁な窒素の施用が必要である。しかし、施肥を減らすと防除と同じことになるので、お勧めしない。適していない施肥を行うことは、病害を増やすことになり、ボールマークの回復を遅らせることになるので、ギンゴケの芽が成長するように成長する場所を確保することが大切である。そのうえで、最良の施肥プログラムは、豊富な根層を持つことが重要であり、スープリは散水間隔を減らすべきである。

もし、水溶性窒素をスプレーヤー散布してコケを増やした経験のあるスープリであれば、液肥散布の散布間隔を延ばすことを考えるべきである。

頻繁に行う目土は、ギンゴケの発生を減らすことになる。目土はモアが通るたびに固い芝生表面となり配偶体が芝刈機のルールや下刃に特に刈高が低い場合には、接触することになり減少する。目土の砂は、モアによりその砂が拾い上げられ減ることもあるが、隙間にブラシによって入ることが多い。今回の研究では、ギンゴケの芽の飛散についてブラシの効果についての結果は得ていないが、物理的

に除去される栄養繁殖型のコケの芽の可能性はある。

ギンゴケの観察の重要性は、過度に重視することはできない。なぜなら直径5cmのコロニーは、各コロニーが数千以上もあり、新しいコロニーがそれぞれ作られている。加えて、水分を吸収して保持しているギンゴケは、コロニーを大きくしている。最初のコロニーから堆積してできた各コロニーは、乾燥に影響を受けやすい。さらに、防除効果は、もしギンゴケの侵入が速くなる時に高くなる可能性がある。防除は、侵入の後半のステージでは、より困難になる。

まとめ

ギンゴケの選択的防除の魔法の解決方法は、近い将来も可能性は低いと思われる。しかし、管理方法は、飛散させずに減少させることと、最近の防除方法との併用で、その発生は低く抑えられている可能性はある(表1)。

最後に個人的な経験として、スープリは、コース内でグリーンに芝生を守るためにギンゴケ除去に躍起になっていることがある。この質問に対する答えは、なぜ各グ

チタンと光触媒

酸化チタンは、結晶の構造の違いで「ルチル型」「アナターズ型」「ブルッカイト型」に分類されています。このうち光触媒を起すのは、粒子の小さい「アナターズ型」です。粒子は(ナノ粒子)0.001 μ ~0.06 μ という超微粒子です。(実際には、粒子の集合体の薄膜が使われることが多い。)

この微細粒子に光があたると、とたんに触媒として作用するようになるのです。通常は電気を通さない物質が、電気を通すようになる、光伝導性物質に変身するのです。酸化チタンは紫外線を吸収してしまうので、内部の電子エネルギーが高い状態になり、マイナスの電荷を持つ励起電子が結晶から飛び出てしまいます。(光励起)そして、電子の飛び出た跡には、荷電子帯に「正孔」が生じます。この光によって出来た「孔」が過酸化水素やオゾンなどよりも、はるかに強い酸化力(抗菌力もその一つ)を持ち、この酸化力で表面に吸着しているほとんどの物質は、最終の酸化生成物にまで酸化分解されます。こうして、浴室・洗面所などの防カビ対策、雑菌の繁殖防止、殺菌、ペットなどの動物臭の除去、トイレのアンモニア臭の除去などにも使われてきているのです。タイルメーカーは、酸化チタンに銀や銅などの抗菌金属を加えた「抗菌タイル」を実用化し、三次元網目構造(立体繊維状)セラミックスの焼結技術を持つメーカーは、酸化チタンを組合せて、「光触媒フィルター」を開発し、臭い成分の吸着と分解に優れた効果を出しています。

バイオグリーン研究所に於いても、「藻」「苔」及び「植物」への影響について追跡調査を行い、ある種の他資材との組合せにより、より強力な「藻」(シアノバクテリア)などに対する抗菌作用、「苔」の発生の抑制作用、植物病害菌(糸状菌、細菌)に対する抗菌作用などを確認しております。

グリーンでの大きな問題なのか? いくつかの要因は責められることだろう。ただし、最終的にはそれらのグリーンは、ギンゴケに最適な微環境だからである。スープリは、それらの要因は、グリーンに繁茂するギンゴケの功績と捉え、長期的観点から成功するように防除することであろう。

研究は、カンザスGCSAAとカンザス州芝生基金のサポートで行われた。

謝辞

我々は、コール・トンソン博士、ジャック・フライ博士とメイガン・ケネリー氏に謝辞を表す。

この記事の情報は、"A Review: establishment, dispersal and management of sively-thread moss (*Bryum argenteum* Hedw.) in putting greens" by Z.Raudenbush, S.J.Keeley and L.R.Stark (U) in Forage, Crop & Turf Grass Management (May 13, 2015; doi:10.2134/cftm2014.0094) に掲載されている。今回の掲載は米国作物学会から掲載許可済である。

ゼーン・ラウンデンブッシュ博

The Research says この調査でわかったこと...

- ▼ギンゴケは、予防と防除は困難な植物である。
- ▼ゴルフシューズや芝刈機に付着するギンゴケの破片の移動は、短距離飛散の主因である。
- ▼ゴルフコースでのギンゴケの乾燥は、非現実的である。なぜなら、毎日の散水がギンゴケを勢いづかせ、散水間隔を長引かせればはびこるグリーンから減少させることに繋がる。
- ▼なぜなら、スプーンフィーディングの窒素施用はギンゴケの競争力を増加させる。スープリは、除草剤散布といったコケの生育を減退する管理方法を採用すべきである。
- ▼頻繁な目土と刈高をあげることはギンゴケを減らすことに繋がる。
- ▼ギンゴケを観察すると、過度に重視することはできない。もしギンゴケを早く発見できれば防除効果は高くなる可能性がある。

Reprinted with permission of GCSAA Golf Course Management