

アメリカの 最新コース管理情報を読む

- USGA GREEN SECTION RECORD
- GCSAA GOLF COURSE MANAGEMENT

「コース管理予算は幾らなるか？」この問いに対する答えがコース管理の成否を握ると思われる向きもあるだろう

うし、確かに予算によつて大きく左右されることは否めない。

USGA GREEN SECTION RECORD

Labor HYA: An Easy Way To Help You Match Expectations With Staffing Needs

By Jordan Booth, Ph.D., director, Course Consulting Service

面積当たり年間労務時間（HYA）： ゴルフコースの品質向上と管理スタッフの 充実を両立させるには

Dr. ジョーダン・ブース、コースコンサルティングサービス・マネージャー

〈2023年11月3日号〉



ゴルフコースの満足度、労働力の現状、管理予算、この3つのバランスを保つのは決して容易ではない。以下にいくつかのヒントを紹介した



スタッフにかかるコストが上昇し、採用自体も、また長期に亘って勤務を継続してもらうのも、ますます難しくなっているため、管理体制の見直しを迫られるコースも少なくない

しかし多くの場合、それだけで決まるものではない。コース管理予算は、雪の結晶のように一つとして同じものではなく、単純な比較は成り立たない。例えば同じ8000万円でも、その費用配分はコースによって（たとえ近隣のコース同士であつても）全く違うものとなり得る。だとすれば、担当コースの適正な予算について、どのように考えていけばよいのだろうか。

管理予算は各コースの実情と期待される仕上がりに合わせて立案すべきであり、その目標設定は予算規模に合ったものでなければならぬ。ゴルフコースに対する評価は本来、コースコンディションの優劣や細部に亘る配慮の有無によってなされるが、近隣コースとの比較が判断の基準になることも多い。しかしその際に、コース環境の諸要素、管理機材の充実度、インフラ設備、稼働年数、管理面積といった様々な違いが、重要なポイントとして勘案されることは減多にない。

実際には予算と目標が釣り合わないことも少なくない。打開策を探るにあたっては、そのどちらをも左右するキーポイントに関して、明確な目標を設定する必要がある。管理面積、コース設計の特徴、芝種、生育環境、管理機材、インフラ設備等、どれも大切な構成要素であるが、最終的に鍵を握るのは労働力、マンパワーである。従来、人件費はコース管理予算の50〜60%を占めていたが、最近では上昇が著しく、70%を超えるケースも散見される。様々な要因はあるにしても、優れた成果に直結するのは、管理スタッフのリクルート、採用、トレーニング、チームのマネジメントという一連のプロセスである。だからこそ、管理部門を成功に導くためには人件費の精査が不可欠なのだ。

面積当たり年間労務時間 (HYA)方式

面積当たり年間労務時間(HYA)は各コースに特化した管理スタッフの必要性を知る上で

おまかせ下さい 防球ネット

- プレーヤーを守ります。
- 景観を損ないません。
- どんな場所にも設置できます。



特に大型機械の入らない現場での防球ネット工事ならおまかせ下さい。

営業品目

- 目立たないカラーネット各種
- 防球ネットフェンス
- ゴルフ練習場設計施工

主なゴルフ場工事実績

- 鷹之台カントリー倶楽部 千葉県
- レイクウッドゴルフクラブ 神奈川県
- 織子カントリークラブ 神奈川県
- 上野原カントリークラブ 千葉県
- 我孫子ゴルフ倶楽部 千葉県
- 烏山城カントリークラブ 千葉県
- 東武藤が丘カントリークラブ 千葉県
- 多古カントリークラブ 千葉県
- セントレジャー市原 千葉県
- 久邇カントリークラブ 千葉県
- 小金井カントリー倶楽部 東京都
- イーグルレイクゴルフクラブ 東京都
- 笠間カントリークラブ 茨城県

第一ゴルフ工事(株)

〒158-0081 東京都世田谷区深沢7-18-23
☎03(3702)3136(代) FAX03(3702)3138

有益な指標である。フェアウェイ全面の刈込を年間90回、一回につき2人のスタッフが4時間かけて行う場合、HYA最小値は720(2×4×90)ということになる。他の管理作業(グリーンの刈込、薬剤散布、バンカーのレーキ掛け、施肥作業、造園整備等)に要する労働時間もこの数式で割り出し、その数値に必要な管理スタッフの人数に変換することで、年間人件費の予算計画に利用できる。労働力のニーズを詳細に分析すれば、目標設定の指針が見えやすくなる。様々な要因(複数コースの管理、資本金、生育環境や労働条件等)が状況を難しくすると

しても、スタッフ配置の方針を標準化することが、管理チームの潜在力を推し量り、目標達成に結びつくかどうかを知るためのヒントとなる。

作業ごとの労働時間を割り出していくと、何が不足しているか、限られた資源配分の優先順位はどうか、そして如何にして追加予算を引き出すかを探る上で大層役立つ。またこうしたデータは、メンバーや経営者から寄せられる提言や苦情に対処する際にも極めて有用である。何らかの具体的な要望に対して、スーパージンテントはまず耳を傾けてから、そのためにはどのくらいの時間がかかり、調

整には何々を加算、或いは割愛する必要があると伝えることが可能になる。ゴルフコース管理に疎い人でも、自分のリクエストや期待値が現場の状況とまさにトレードオフの関係なのだと理解する。

各コースそれぞれの課題を把握し、集積したデータを与えられた予算に反映させることが成功への鍵である。既に分単位で何シーズンもの作業毎労働時間をトレースしているコース、一方この点は全く手つかずのコース、そのいずれにとっても、人件費の差配についての理解を深めるには以下のステップが一助となる。

①管理チームが行う作業のルーティーンをリストアップする。作業内容をいくつかのカテゴリに分けて整理するとわかりやすい。

②作業完遂に要する年間労働時間を各作業に割り当てる。その際、これまでの経緯と実績に基づき、実現可能な数値を算出しなければならない。もしこのデータが揃っていないければ、各タスクにどのくらいの時間を要するか、1〜2週間の記録を採るだけでもスタートラインに立てる。

ゴルフコース管理部人件費予算（サンプル）

作業内容	平均労働時間	年間作業回数	年間労働時間
グリーン刈込	12	250	3,000
グリーン転圧掛け	8	150	1,200
FW・ティー・アプローチの刈込	12	250	3,000
清掃（デブリ・枝葉・刈カス）	16	100	1,600
ラフの刈込	80	25	2,000
施肥・薬剤散布	18	40	720
手散水	8	175	1,400
細部作業 （コースセットアップ・エッジング）	9	350	3,150
樹木管理他	8	40	320
バンカー整備	20	150	3,000
暗渠・排水整備	8	20	160
造園・ドライビングレンジ整備	30	150	4,500
エアレーション・更新作業	400	4	1,600
トップドレッシング・ブラッシング	10	15	150
その他・屋内作業	12	350	4,200
			30,000

管理面積	面積当たり年間 労務時間（HYA）	正規社員数
100エーカー （40万㎡）	300時間/年/ エーカー	15
正規社員一人当たりの年間労務時間：2,000時間		

面積100エーカー（40万㎡）のゴルフコースにおける人件費予算のサンプルケース。タスクの詳細やそれらに要する時間はコース毎に異なるが、HYA算出のヒントとして参照されたい

③ルーティーンの範疇には入らない作業もあるので、「その他」という項目も必要である。例えば暴風雨が去った後の清掃などは日常的なタスクではないが、場合によっては年に数回起こる可能性もあるため、「その他」に含めるとよい。

④全体の労務費予算のために、全カテゴリーの労働時間を合計する。

⑤合計労働時間を管理面積で割り、面積当たり年間労務時間（HYA）を算出する。

⑥実際の総労働時間を正社員の労働時間で割れば、管理業務遂行に要する正社員の人数が計算できる。実際には、正社員、パートタイマー、時間限定の臨時採用スタッフといったカテゴリーに分けて考えなければならぬ場合もあるが、正社員をベースとした計算ができていれば、そこから先は難しくない。

この表に数値を入れていく作業には数時間もかからないであろう。「理想」とする予算が獲得困難と思われても、まずは全ての目標達成を可能にする実現可能なシナリオから始め、そこから少しずつ縮小・調整していくとよい。例えば、HYA算出値が250のところ、予算が200分しか割り当てられないとすれば、優先するタスクの作業頻度を調整した上で、その齟齬がゴルフターの体験するコースコンディションに及ぼす影響について、はつきりと声を挙げなければならぬ。オーナーや運営委員会が調整の上申に難色を示すのであれば、このデータを掲げて話し合いを実りあるものとし、ゴルフターの満足度改善のために何が必要かを説くことができる。週に6回バンカーのレーキ掛け作業を求められても、充てられる労働時間が4回分にも満たないのであれば、何らかの手を打つ必要がある。予算を上乗せするか、優先順位を見直すか、そのどちらかであろう。

目標の設定

ゴルフコースの管理チームは例外なく、期待されるクオリティを更に上回る成果を挙げようと努力を重ねるものであるが、その期待値はあくまでも実情に即したものでなければならぬ。労働資源には制約があるだけでなく、何よりスタッフ不足、労働力不足が近年ますます顕著になってきている。管理機材や肥料や砂が揃っていても、それらを効率良く的確に活用できる管理チームなくして、目標を達成することはできない。

ゴルフコースの管理チームは例外なく、期待されるクオリティを更に上回る成果を挙げようと努力を重ねるものであるが、その期待値はあくまでも実情に即したものでなければならぬ。

適切な目標設定の鍵となるのは、管理部と運営サイドの間で絶えずコミュニケーションを取れる、密接な関係の構築である。

スーパーインテンデントの多くはアウトドアを好み、ゴルフというスポーツに魅かれてこの仕事を選択するが、その中で成功しているのは、コミュニケーション能力が高く、チームを上手く統率できるスーパーインテンデントなのだ。彼らに求められるのはコース運営の上層部との縦のコミュニケーション、他部門のヘッドとの横のコミュニケーション、さらに業者等外部とのコミュニケーション、そしてチーム内の調整、総じて極めて広範な意思疎通能力である。データに裏付けられたその道のプロフェッショナルとして自立することで、信頼と敬意を寄せられる存在となれる。もちろん試練はつきものであり、想定外の変化球に戸惑うこともあるが、尊敬と信頼を勝ち得ていけば、問題解決への道のはずつと短くなる。

他コースの責任者、経営者と連携しつつ、スーパーインテンデントはコースの資金力と達成目標を考慮し、コース施設にと

謹賀新年

一般社団法人 日本ゴルフ場経営者協会

ゴルフ場経営・ゴルフ普及の諸課題の解決に挑戦します

会長 手塚 寛 理事長 高桑 耐

筆頭副理事長 森川 英幸 副理事長 谷 光高 副理事長 谷水 利行

事務局 〒101-0048 東京都千代田区神田司町2-7-6鈴木ビル3階 電話 03(5577)4368 FAX 03(5577)4381

って最善の人件費予算計画を立てなければならぬ。当初の目標が許される財源に見合わないものである場合、時間と労働力を節約するために削れるものは何か？刈込作業やバンカー整備の頻度削減、管理する面積の見直し、防虫・雑草対策の軽減等は人手の節約には繋がるものの、リスクを伴う。こうした懸念については、起こり得るということを事前に発信するべきである。問題の提示とコース事情の調整に向けて明確な目標を設定して臨んでも、それだけで物事が解決するわけではないが、現場のパフォーマンスと資金繰りの現状を把握する上では、確かな指針となる。

インフラ設備

予算配分、メンバ―の満足度、労働力のニーズなどの検討に際しては、インフラ設備の現状把握が肝要である。ゴルフコースは水はけをよくするための灌漑設備を備えていなければならず、また散水用水の供給が不可欠で

ある。またコースの芝草もインフラの一環と言える。近年は芝草の品種改良が進み、乾燥・病害耐性やプレイヤビリティが向上した新種も手に入る。但しこれら全てに一定の耐用年数があり、常に最適なパフォーマンスを維持するためには適宜更新していく必要がある。

インフラ設備の経年劣化は、管理作業の効率を著しく低下させる。チームが限られたスタッフの稼働時間内で目標達成に難儀しているとすれば、増える一方の水漏れ箇所や修繕、水はけの悪いグリーンで毎年落ち込む芝の張替えといった作業に、貴重な時間を費やすことは何よりも避けたいはずだ。HYAを最大限活用してインフラ整備へ投資すれば、その有効性が明らかに分かるであろう。問題箇所をバラバラに手当てしても、予算繰りをますます厳しくするだけである。バンカーやティーグラウンドなど主要エリアのインフラを改修する際には、今後の労働力配分を常に念頭に置かなければ



経年劣化したインフラ設備を更新することで、コースコンディションも仕事の効率も向上する

ればならない。必須ではない部分を思い切って縮小あるいは削減すれば、ゴルフ場のクオリティへの影響を最小限に留めつつ、労働時間を大幅に節約することができる。

インフラ整備という観点からもう一つ重要なのは、管理作業に必要な機材と、それらを保管する設備の充実である。管理棟の良し悪しが管理作業に与える影響については「The Fundamentals of a Modern Maintenance Facility」（近代的な管理棟とは）押えるべき原則」を参照されたい。また、いつ如何なる理由で機材を新しくすべきかを上申する際には、「Understanding the Lifespan of Golf Course Maintenance Equipment（ゴルフコース管理機材の耐用年数を知る）」が一助となる。インフラ施設、管理機材、管理棟、これらがきちんと機能しない限り、コースが持てる力をフルに発揮することはできない。

まろ

ゴルフコースはそれぞれ固有其特徴と魅力を備えているがゆえに、どのコースにでも当てはまる画一的な人件費予算や管理計画は存在しない。目標設定は、資金力、管理予算、インフラ設備、そしてコース設計とそれぞれ設立・立地の特徴に即して行われるべきである。コース管理に必要な労働力を解りやすく整理された形で提示できれば、目標を定め、達成する近道となる。だからこそ、面積当たり年間労務時間（HYA）のアップロードがスーパージンテントにとつて大きな助けとなる。HYAを活用して目標を設定し、必要なトレードオフを試みたとしても、全ての問題が解決するわけではない。しかし、それによってコース上層部の信頼と納得を勝ち取り、皆が同じ土俵に立つことが、管理業務の道筋を正していく長い道のりのスタートラインとなる。

Reprinted with permission of
USGA Green Section Record

除草剤

イデトップ
フロアブル

インプル DF
スペクタクル
フロアブル

デスティニー WDG

ウェイアップ フロアブル

ダブルアップ DG

マックワン フロアブル

殺菌剤

イカルガ*35SC

バスクリン DF

シグネチャー WDG

オブテイン
フロアブル

エメラルド DG

ザンプロターフ

サッチ分解剤

イデコンボ シリーズ

芝生専用肥料ブランド

モテナ

～フィールドタイプ～
エコニックグレード
UFグレード

～グラスフィードタイプ～
アルテミスPS-33
ルートスターリキッド

～グリーンシリーズ～
モテナグリーンV2
モテナグリーンP

その他お問合せ下さい。

着色剤

フルグリーン シリーズ

樹幹注入剤

グリーンガード ファミリー



サンアグロ
SUN AGRO CO., LTD

サンアグロ株式会社

本社 東日本営業部 第二グループ(関連資材)
〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町17番10 日本橋小網町スクエアビル3階
TEL 03-6311-4315 FAX 03-4223-0634
北海道営業部 TEL 011-251-0262 FAX 011-222-0543
西日本営業部 TEL 06-4967-3272 FAX 06-4967-3275
九州営業部 TEL 096-297-1136 FAX 096-353-7163

GCSAA
GOLFCOURSE
MANAGEMENT

Can root-associated microbes identify drought-tolerant tall fescue cultivars?

Researchers evaluated six tall fescue cultivars, using precipitation as the sole water source for plant growth.

Jialin Hu, Ph.D. / Grady Miller, Ph.D. / Wei Shi, Ph.D.

根周辺の微生物により干ばつ耐性のある トールフェスキューの品種を特定できるか？

研究者らは、降雨のみで生育させたトールフェスキュー6品種を評価した。

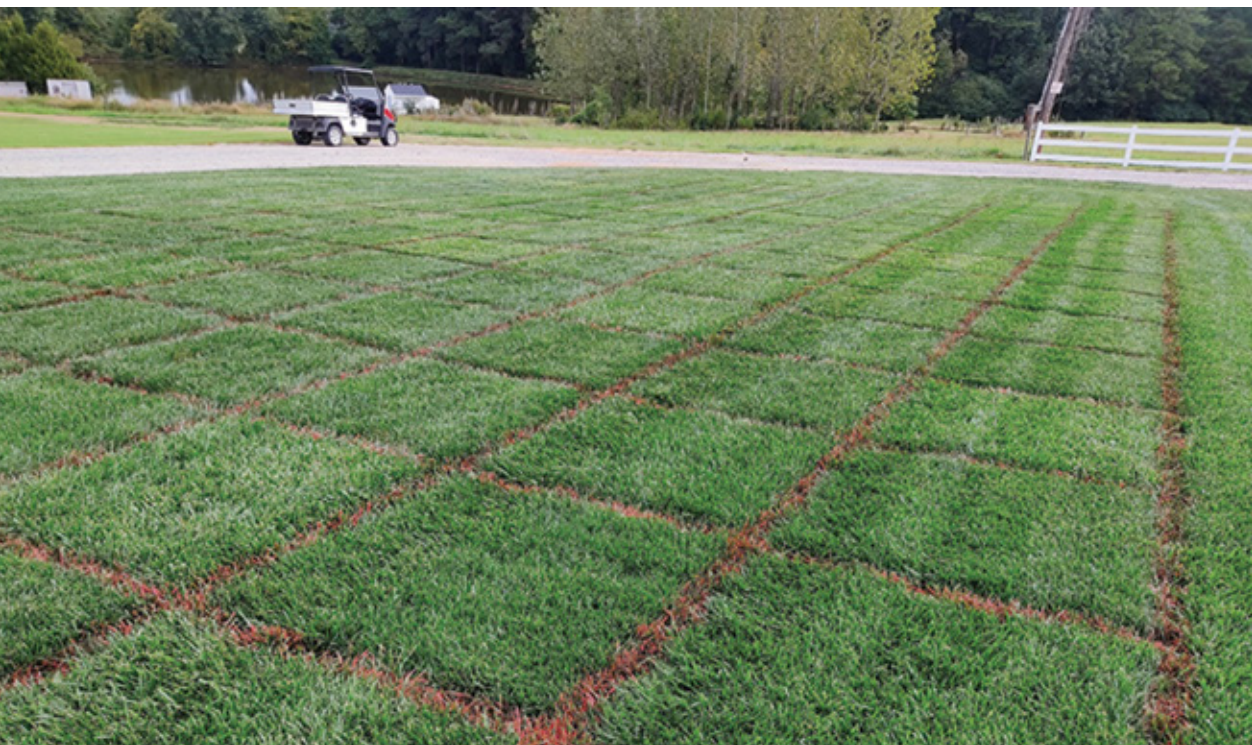
ジュリアン・フー Ph.D./グラディ・ミラー Ph.D./ウェイ・シー Ph.D.

訳：池村 嘉晃

〈GCM2023年10月号〉

干ばつは農業生産の主要な課題であり、作物生理に悪影響を及ぼし、土壌養分の利用可能性を低下させる。トール

フェスキュー (*Festuca arundinacea*) は、根系が深く広範囲に張り巡らされており、短期間の干ばつにも適応して生育する



2018年10月、ノースカロライナ州立大学のレイク・ウィーラー芝草フィールドラボで、トールフェスキューの6品種を評価するための低管理試験が行われた
写真撮影：Jialin Hu

ことができ、維持管理の容易な芝生と考えられている。そのため、ゴルフ場のラフやOBエリアでよく使用される芝草である。更なる水資源の保全が望まれる中、ストレス耐性に優れた品種の育成が重要になってきている。土壌微生物や植物微生物は、植物ホルモンの生成量を調節し、活性酸素種（ROS）を除去し、植物の栄養吸収を改善することによって、干ばつ耐性を向上できるとの研究結果がある（3）。しかし、微生物が植物に干ばつ抵抗性を付与する程度や方法は、植物種や生育環境に特異的であり（8）、芝草に関する知見が不足している。

微生物集団の構成は、根の内部、根圏、隣接する土壌によって異なる（4）。このような微細環境の違いは、干ばつ環境において植物の生育を維持するための微生物の役割の違いをもたらしやすい。例えば、根内微生物は植物ホルモンや抗酸化物質の調節に深く関与している可能性が高く（9）、菌根菌は宿主植物への水や栄養分の移動に大きく関与している（5）。根圏および根内微生物の微細環境分化は植物の種や遺伝子型によって異なり、経済作物（大麦、トウモロコシ、ジャガイモなど）で観察されるように、品種レベルでも異なる。このことは、基本的かつ実践的に重要な問題を提起している。植物育種プログラムにおいて、より優れた環境適応性のある品種を開発するために、植物マイクrobiオームを考慮に入れるべきかもしれない。例えば、グラム陽性の従属栄養細菌であるアクチノバク

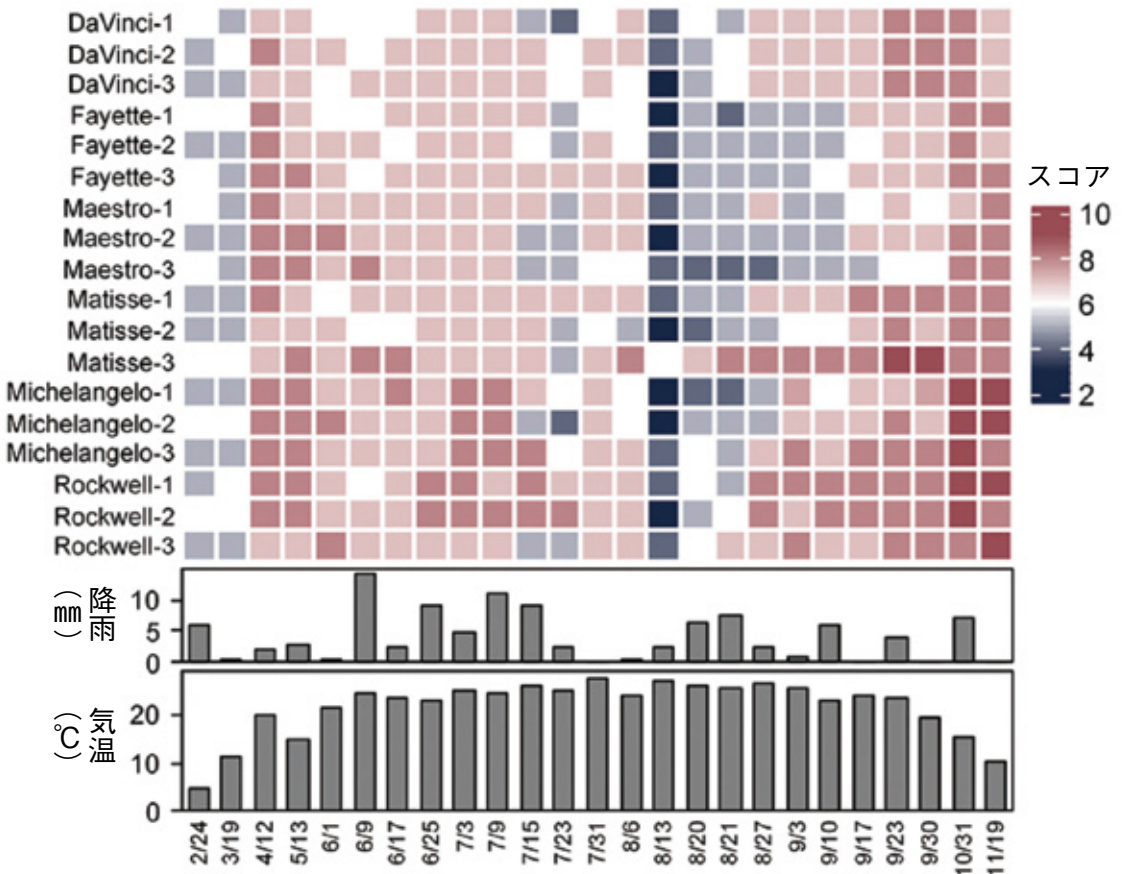


図1 2021年の1年間、トールフェスキュー6品種について、不定期に散水を行わず、1が茶色の草冠、9が濃い緑色で均一な草冠として、1~9の尺度で評価した植物の達観的品質のヒートマップ。棒グラフは、各品質評価日の7日間の降水量と気温の平均値を表す

材料と方法

テリア (*Actinobacteria*)、クロロフレキシ (*Chloroflexi*)、ファームキユーテス (*Firmicutes*) などでは細胞壁が厚く細胞サイズが小さいため、干ばつに強く、低湿で栄養の乏しい条件でも生存しやすい。そのため、しばしば干ばつ下で豊富に存在することが判明している(3)。もし、これらの細菌の存在量が芝草品種の干ばつ耐性と関連していることが証明されれば、これらの細菌を表現型として利用し、ストレス耐性品種の選抜に役立てることができるかもしれない。

本研究では、植物に付随する微生物相は宿主の「拡張された表現型」であると考え、ツールフェスキュー品種の干ばつ適応能力を地下微生物群集の観点から評価することを目的とした。また、微生物分類群と干ばつ下での品種品質評価とを関連付けることで、ツールフェスキューの干ばつ抵抗性付与に貢献するエリート微生物の提案を試みた。

ツールフェスキューの6品種 (DaVinci、Fayette、Maestro、Matisse、Michelangelo、Rockwell) が散水なし、すなわち芝生の生育には降水のみの条件下でどのように機能するかを評価するために、2018年10月にノースカロライナ州立大学のウィーラー湖芝草フールドラボラトリーで試験を行った。ツールフェスキューの品種は、完備型乱塊法で3反復させ、1・4 m × 1・4 mの合計18区画に無作為に配置した。施肥と除草剤の散布は、すべての圃場で同じ管理方法で行った。散水なしのツールフェスキュー品種の品質評価は、2021年の1年間、不定期に達観評価を行った。2021年9月下旬に各圃場からコアを採取し、合計18検体を得た。さらに、隣接する散水対照区では、ツールフェスキュー (Rain Dance、Coronado、Cumberland) の3品種混合に散水を1日おきに行い、1回の散水で約5・1

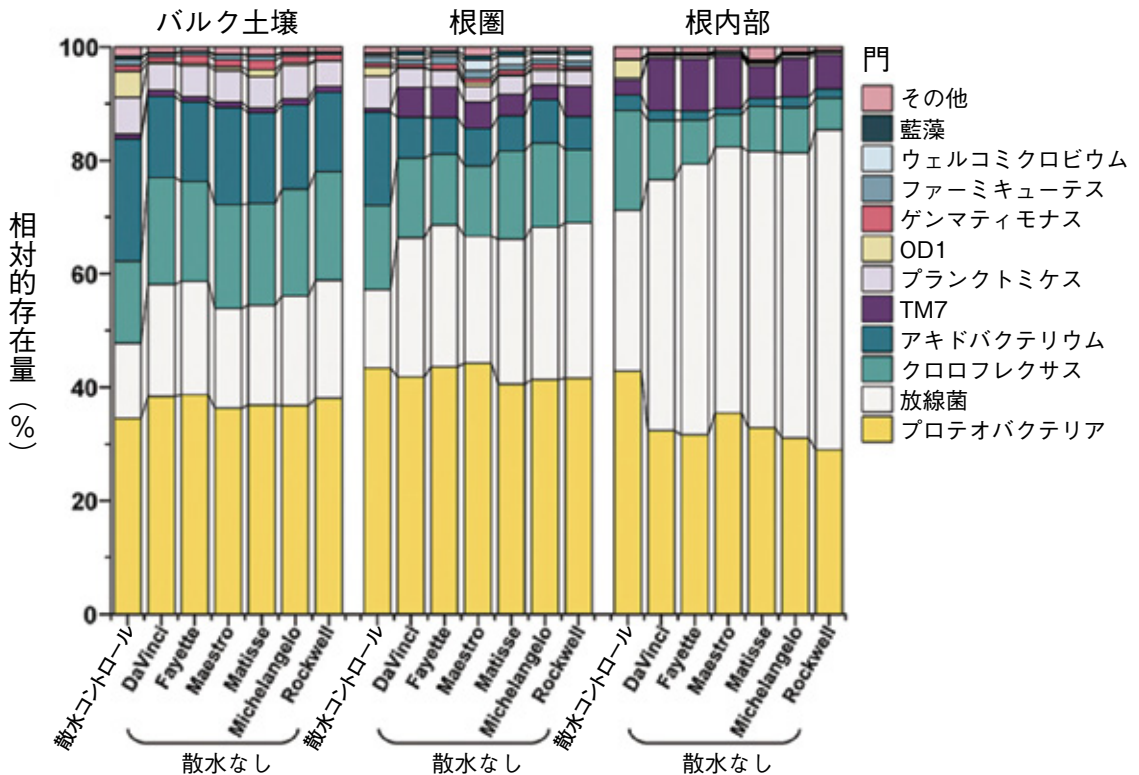


図2 微細環境、散水および栽培品種に影響された動物門レベルの細菌の相対存在量

6・4mmの散水を行った。
 芝生の根、根圏土壌、バルク土壌を実験室でコアから分離し、ゲノムDNAを抽出した。各検体から抽出したDNAを用いて定量的ポリメラーゼ連鎖反応（qPCR）を行い、細菌と真菌の総量を定量した。土壌水分、咀嚼無機窒素濃度（アンモニウムと硝酸塩）は、バルク土壌検体について測定した。細菌の16S rRNA遺伝子と真菌のITS領域のハイスループットなアンプリコンシーケンシングとバイオインフォマティクスソフトウェアADADA2とQIIME2を組み合わせて、根、根圏、バルク土壌における細菌と真菌の群集組成と多様性を明らかにした。また、PICRUSt2を使用した細菌群集の結果を元に植物ホルモン、抗酸化酵素、および菌類に関連する細菌性機能遺伝子の発現量を予測した。正規分布のデータについては、微細環境、栽培品種、散水が土壌の物理化学的特性、微生物量、アルファ多様性指数に及ぼす影響を、ポストホック

最小有意差検定を用いた一元配置分散分析で評価した。非正規分布のデータについては、散水を行った場合と行わなかった場合の差をマン・ホイットニーのU検定で検定し、栽培品種間の差をダンのポストホック検定を用いたクラスカル・ワリス検定で検定した。本研究では、記載のない限り、P<0.05で検定した。

結果と考察

トールフェスキューは多年生のC3寒地型芝草であり春と秋には旺盛に生育するが、気温が10℃を下回ると休眠状態に入る。実際、散水を行わなかった6品種のトールフェスキューの品質は、晩冬から初春にかけて緩やかに低下し、8月中旬には著しく低下した（図1）。7月末から8月中旬にかけて降水量が少なく、気温も高かったため、散水なしで芝草が茶色に変色したことに驚きはなかった。10月上旬には、散水なしの土壌水分量はずりかゝ10%で、散水下の土壌

環境に配慮したサミエルのエコプロダクト

<p>バーディーアップ <small>植物性有機総合栄養剤</small></p>	<p>フレッシュアドバンス①-K.M.C フレッシュアドバンス③-Mg フレッシュアドバンス⑦-K <small>液体要素剤</small> フレッシュアドバンス⑧-Ca</p>	<p><small>薬面散布肥料</small> PKグリーンマイルド グリーンマイルド A.B</p>
<p>フレッシュ1 -K.M.C フレッシュ2 -Fe フレッシュ3 -Mg <small>微量要素剤</small> フレッシュ4 -Si フレッシュ5 -N.K フレッシュ6 -N.P.K フレッシュ7 -K フレッシュ11 -ST</p>	<p>バクテリアン・A3 バクテリアン・55 <small>土壌改良資材</small></p>	<p><small>水質浄化資材</small> ハイパーアオコカット プラスウール BW80</p>
<p><small>グリーン活性化剤</small> フラスアップ スマート・オリゴ</p>		<p>イノシシ・シカ・サル 日垂のタイトクロスフェンス <small>侵入防止柵</small></p>

代理店募集・特注肥料お受け致します。

株式会社 サミエルインターナショナル
 E-mail : info@samielle.jp

〒101-0051
 東京都台東区蔵前4-33-8 蔵前H・Kビル3階
 TEL 03(5821)6667 FAX 03(5821)6645

水分（〜40%）の3分1以上も低く、芝生が干ばつ下にあったことが示唆された。明らかに、品種（または遺伝子型）は夏の休眠からの回復力に差があり、Rockwellが最も良好で、FayetteとMaestroが最も不良であった（図1）。

微生物群集の組成は、微細環境と干ばつに大きく影響され、品種間で差があった。一般に、細菌群集はプロテオバクテリアとアクチノバクテリア門に支配されていた（図2）。根圏、およびバルク土壌のプロテオバクテリアは散水处理の影響をほとんど受けず、根圏で平均〜43%、バルク土壌で平均〜36%であったが、根内部では散水なしで有意に減少した。すなわち、散水なしでは〜32%であったのに対し、散水では〜43%であった。アクチノバクテリアは3つの微細環境すべてにおいて散水なしでも濃縮され、根の内部ではピークで約49%であった。詳しくは、散水を行わなかった場合、散水を行った場合と比較して、

根圏、根の内部、土壌のそれぞれにおいて、放線菌の相対存在量が1・8倍、1・8倍、1・5倍増加した。散水なしによる相対存在量の増加は、根圏と根圏のほとんどのサブレベルの分類群でも見られたが、バルク土壌では少なかった。さらに、散水なしによる根圏の放線菌門およびその主要なサブレベル分類群、放線菌綱（綱）、放線菌目（目）、放線菌科（科）、放線菌属（属）の相対存在量の増加は品種によって大きく異なり、Rockwell、Michelangelo、Matisseでより多かった。このような組成の変化は、ツールフェスキューの干ばつに対処するための重要な細菌が放線菌であることを示唆している。

相関関係

微細環境	マンテル検定	p 値
バクテリア		
根内部	0.23	0.030
根圏	0.07	0.248
バルク土壌	0.21	0.050
菌類		
根内部	0.30	0.009
根圏	0.27	0.015
バルク土壌	0.12	0.155

表1 植物の品質評価と、マンテル検定に基づく根の内部、根圏およびバルク土壌の微生物群集の距離行列との相関関係

実際、内生アクチノバクテリアの相対的な存在量とその優占メンバーとの間には、植物ホルモンや栄養塩の獲得に関連する細菌機能遺伝子の推定的な存在量も含め、有意な正の相関が見られた（データ示さず）。例えばストレプトマイセス属は、ACC（ α -アミノシクロプロパンニカルボキシレート）デアミナーゼやオーキシシンなどの植物

ホルモン産生を触媒する酵素を記号化する遺伝子と正の相関があった（両者についてスピアマ相関係数 $r \geq 0.75$, $p < 0.01$ ）。植物ホルモンであるエチレンの直接の前駆体である植物産生ACCを封鎖・切断することにより、ACCデアミナーゼは植物中のエチレン量を低下させ、植物の干ばつ耐性を促進することができる（1）。さらに、ストレプトマイセス・レティクリスカビエイ、ミクロモノスポラ、スファエリスポラジウムなどの豊富な根内共生放線菌分類群が、窒素変換に関与する細菌機能遺伝子（例：アンモニウムへの硝酸塩還元、アンモニウム同化、細胞外窒素無機化）およびリン酸可溶性に関与する細菌機能遺伝子と正の相関を示した（両者とも $r \geq 0.50$, $p < 0.01$ ）。この広範な現象は、アクチノバクテリア門の種が植物の干ばつ耐性を向上させるエリート細菌であり、可能性が高いことを示唆しており、植物育種プログラムにおいて、干ばつ耐性品種を迅速かつ

確実にスクリーニングするため
の植物遺伝子型の表現型として
利用できる可能性がある。

もしツールフェスキューの生
育を促進する内生微生物が干ば
つ下でのアクチノバクテリアに
のみ属するとすれば、DaVinci
という品種は根にアクチノバク
テリアを最も多く含んでいない
ことから、最悪のパフォーマンス
を示すと予想された。しかし、
DaVinciとFayetteやMaestroより
も干ばつ下で健全であったこと
から、他の微生物もツールフェ
スキューの干ばつ抵抗性に寄与
していることが示唆された。本
研究では、DaVinciとRockwell
は、根の内側に存在する担子菌
門の相対的な存在量、および根
圏土壌に存在するモルティエレ
ロミコタと担子菌門の相対的な
存在量をより顕著に促進するこ
とが観察された。DaVinciはま
た、アーバスキュラー菌根菌で
ある糸状菌門とその亜レベルの
優占分類群についても、バルク
土壌でより優れた促進効果を示
した(図3)。実際、DaVinciは、

担子菌類と糸状菌類の相対的な
存在量において、最も耐乾性の
高い品種であるロックウエルと
同等であった。糸状菌は根が入
り込めない孔に入り込み、水分
を湿ったところから乾いたところ
へ再分配して、宿主植物への
水分や栄養分の供給を改善する
ことにより、植物の干ばつを緩
和するのに役立つ(2, 5, 6)。担子菌類は、浸透圧
調節、活性酸素消去、あるいは
宿主の水分保持を介して、トー
ルフエスキューの干ばつに対す
る耐性を付与している可能性が
高い(7)。したがって、担子
菌類と糸状菌類は、ツールフェ
スキューの干ばつ耐性を向上さ
せるエリート菌類であると考え
られた。

この結果は、干ばつ抵抗性ト
ールフェスキュー品種のスクリ
ーニングにおける根関連微生物
の重要性を示している。我々
は、品種の達観的評価は、根の
内部および/または根圏におけ
る微生物群集組成の変化とかな
りよく関連していることを見出

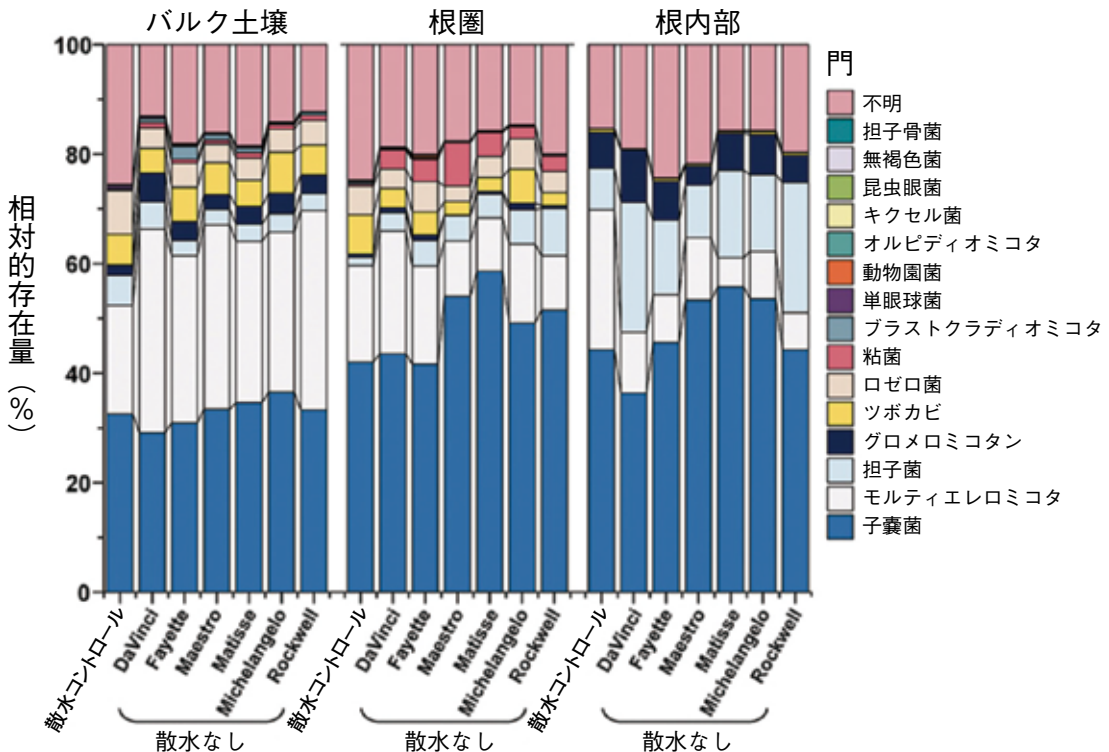


図3 微細環境、散水および栽培品種に影響された、門レベルでの真菌類の相対的存在量

した(表1)。微生物群集組成とは異なり、土壌の物理化学的特性や細菌および真菌の存在量と多様性(すなわち、種の豊富さと均等性)は、干ばつ下の6品種間で一般的に有意差はなかった。

結論

本研究では、ツールフェスキューのさまざまな品種を用いて、植物育種プログラムにおける基本的な疑問、すなわち、根に関連する微生物を植物の遺伝子型の表現型と見なすことができるかどうかを検討し、ストレス耐性作物品種の選抜に役立てた。その結果、根および根圏土壌に存在する細菌および真菌のうち、放線菌、担子菌、糸状菌など数種類の分類群は干ばつに対して正の関係を示したが、相関関係の度合いは品種によって異なっており、品種特異的なストレス適合性を評価するのに適していることが示唆された。この推論は、干ばつ応答性微生物分類群の相対的存在量とツールフェス

キュー品種の達観的品質評価と
の間の協調的变化によっても支
持された。干ばつ応答性ストレ
プトミセスと植物ホルモン制御
をコードする推定遺伝子との間
に密接な関係があることから、

ツールフェスキューに干ばつ耐
性を付与する微生物のメカニズ
ムが明らかになった。干ばつ応
答は、放線菌では門から属レベ
ルまで明らかであるが、菌根菌
や内生菌では主に門レベルであ
る。また、放線菌の干ばつ応答
は広く見られるが、担子菌の干
ばつ応答はすべての芝草で観察
されるわけではない。根に関連
する担子菌類と糸状菌類が干ば
つ下でどのような生態的要因
によって発達を阻害されるのか
を理解するためには、さらなる
研究が必要である。

資金提供

本研究は、North Carolina Turf
grass Center for Environmental
Research and Educationから資金
提供を受けた。この研究論文は
教育目的である。さらに包括的

な情報は、Frontiers in Microbiology
(<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1078836>)に掲載された原著を
参照して下さい。

参考文献

- ①El-Tarabily, K.A. 2008. Promotion of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant growth by rhizosphere competent 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase-producing streptomycete actinomycetes. *Plant and Soil* 308(1-2):161-174 (<https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-008-9616-2>).
- ②Ignacio Querejeta, J., L.M. Egerton-Warburton, I. Prieto, R. Vargas and M.F. Allen. 2012. Changes in soil hyphal abundance and viability can alter the patterns of hydraulic redistribution by plant roots. *Plant and Soil* 355(1/2):63-73 (<https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-011-1080-8>).
- ③Naylor, D., and D. Coleman-

新規会員募集中
220万円/300口
お得な割引制度実施中!

お問合せ・資料のご請求は
〒300-1211 茨城県牛久市柏田町3432
Tel. 0120-956-312
<http://kinnodai.com>



K
Kinnodai
Country Club
金乃台カントリークラブ

太平洋クラブが運営する初の単独運営コース

- Derr. 2017. Drought stress and root-associated bacterial communities. *Frontiers in Plant Science* 8:2223 (<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02223>).
- ④Naylor, D., S. DeGraaf, E. Purdon and D. Coleman-Derr. 2017. Drought and host selection influence bacterial community dynamics in the grass root microbiome. *The ISME Journal* 11(12):2691-2704 (<https://www.nature.com/articles/ismej2017118>).
- ⑤Pamiske, M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nature Reviews Microbiology* 6(10):763-75 (<https://www.nature.com/articles/nmicr01987>).
- ⑥Poudel, M., R. Mendes, L.A.S. Costa, C.G. Bueno, Y. Meng, S.Y.

- Folimonova, et al. 2021. The role of plant-associated bacteria, fungi, and viruses in drought stress mitigation. *Frontiers in Microbiology* 12:743512 (<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.743512>).
- ⑦Verma, A., N. Shanm, H.S. Jatav, E. Satyanarayana, J.A. Parray, P. Poczai and R.Z. Sayyed. 2022. Fungal endophytes to combat biotic and abiotic stresses for climate-smart and sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science* 13:953836 (<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.953836>).
- ⑧Wang, P., E.L. Marsh, G. Kruger, A. Lorenz and D.P. Schachtman. 2020. Belowground microbial communities respond to water deficit and are shaped by decades of maize hybrid breeding. *Environmental Microbiology* 22(3):889-904 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31163094/>).
- ⑨Xu, L., A. Wang, J. Wang, Q. Wei and W. Zhang. 2017. *Piriformospora indica* confers

Dr.イケムラの視点

今回の話題は、土壤微生物の種類によるトールフェスキューの干ばつ耐性について。土壤微生物の分野については最近ようやく詳しい研究ができるようになってきたので、良く分かっていないことが多い。植物にエンドファイトを共生させることによって耐暑性を強くするビジネスを展開しているベンチャー企業もあるが、今回の報告では、干ばつ耐性のある品種によって共生している微生物が違ふと考え、微生物の種類と干ばつ耐性についての関係性を評価している。卵が先か、ニワトリが先か？と同様で、少々混乱してしまうが、土壤微生物をビジネスにするには奥が深そうで、菌を接種すれば効果が得られるとの単純な話ではないのかもしれない。菌を接種するだけで求める効果が出せるようになるのか、今後の研究に期待したい。

静岡県芝草研究所
池村嘉晃Ph.D.

ゴルフコースのエキスパート
リニューアルからメンテナンスのアウトソーシングまで

実績と責任、そして高いクォリティー

御客様のニーズにお答えします



蛭川造園土木株式会社

関東・関西・沖縄 展開中！

本社 〒665-0814 兵庫県宝塚市山本野里1-1-51
Tel. 0797-88-1918 Fax. 0797-89-7133

drought tolerance on Zea mays L.
through enhancement of
antioxidant activity and expression
of drought-related genes. The
Crop Journal 5(3):251-8 (https://
doi.org/10.1016/j.cj.2016.10.002).

シアリン・フー, Ph.D. (jhu36
@ncsu.edu) はポスドク、グラ
ディ・ミラー, Ph.D.は教授、芝
草普及員、ENVU持続可能性
特別教授、ウエイ・シー, Ph.D.
は土壌微生物学と生態学の教授、
いずれもノースカロライナ州立
大学ローリー校作物土壌科学科。

Reprinted with permission of
GCSAA Golf Course Management

The Research says 簡単にまとめると・・・

- ▼ トールフェスキューの品種は、夏の休眠からの回復力に差があり、Rockwellが最も良好で、FayetteとMaestroが最も不良だった。
- ▼ トールフェスキューのバルク土壌、根圏土壌、根内部の微生物群集組成は、干ばつの影響を大きく受けた。
- ▼ トールフェスキューの品種は、干ばつ下で根内共生微生物群集をわずかだが、有意に変化させた。
- ▼ 干ばつへの適応性が高い品種は、低い品種と比較して、根および根圏に比較的豊富な放線菌、担子菌、糸状菌のいずれかを含んでいた。
- ▼ 根内細菌は、芝草の干ばつ適応品種を選抜するために利用できる可能性が高い。

特注ヤード標示板

ロゴ入りヤード標示板

ディーマーク&灰皿

置き型ヤード標示板 (3サイズ)

創業 昭和41年 ゴルフ場サインメーカー
ヤマグチ工業
 〒241-0823 神奈川県横浜市旭区善部町90-5
<http://www.yamaguchi-kg.com>

—資料請求先—
TEL 045-391-3667
FAX 045-391-3677