

グリーン床土の微生物を探る

アキシオン植物科学研究所 農学博士 宇城 正和

人間の健康には、腸内細菌が重要らしい。健康雑誌でも腸内細菌特集を組むと、非常に売れ行きがよいぞうだ。日本人は古来より微生物を自然に利用して、発酵食品を食べてきた。みそ、しょうゆ、酢、納豆、糠漬、なれずし（主に魚と米飯を乳酸醗酵させたもの）、それに酒も発酵食品である（必ずしも健康増進には繋がらない?）。なぜ発酵食品がよいのかというと、微生物の力で栄養物が吸収しやすい形に分解されていることと、元の食品にはなかった微生物の代謝産物（ビタミン類や酵素類、あるいは生理活性物質など）が加わっているからである。逆に食品が悪い微生物によって腐敗すると、有害物質や毒素が作りだされ食中毒などの原因になる。人間の腸内もよく似ていて、有益な微生物（善玉菌〈プロバイオテックス〉…主と

人間の健康には、腸内細菌が重要らしい。健康雑誌でも腸内細菌特集を組むと、非常に売れ行きがよいぞうだ。日本人は古来より微生物を自然に利用して、発酵食品を食べてきた。みそ、しょうゆ、酢、納豆、糠漬、なれずし（主に魚と米飯を乳酸醗酵させたもの）、それに酒も発酵食品である（必ずしも健康増進には繋がらない?）。なぜ発酵食品がよいのかというと、微生物の力で栄養物が吸収しやすい形に分解されていることと、元の食品にはなかった微生物の代謝産物（ビタミン類や酵素類、あるいは生理活性物質など）が加わっているからである。逆に食品が悪い微生物によって腐敗すると、有害物質や毒素が作りだされ食中毒などの原因になる。人間の腸内もよく似ていて、有益な微生物（善玉菌〈プロバイオテックス〉…主と

して細菌類）が多いと腸の吸収上皮細胞に良い影響を与え、免疫力を高めて健康にしてくれる。健康な人の腸内には善玉菌が多く、不健康な人は悪玉菌が優占しているという。これと同じことが芝草の床土（土壌）にも言えるのではないか。芝根が腸の上皮細胞、床土が微生物を含めた腸内環境というわけだ。実際、芝の状態が悪いからといって土壌分析や葉身分析を行っても、よい状態の分析結果との差が出ないこともままある。そこで筆者は、「微生物分析を行うことで、差異が明瞭に出るのではないか」と考えた。

微生物分析を試みる

微生物には、細菌、放線菌、糸状菌、藻類、原生動物などがあつて、すべてをチェックすることはできない。もつとも数の多い細菌類を調べようとする、サイズが1ミクロン（1000分の1mm）くらいなので、眼で見えるようにするためにはシャーレを使った寒天平板法でコロニーを培養したりする。100年以上前にロベルト・コッホが発明して以来使われてきた方法だが、残念なことには現実の細菌の数%、土壌細菌では0.3%しか検出できない。実際に存在する99.7%の細菌たちは、生きていけれど培養不可能（viable but nonculturable）な存在だ。これは、本当のところは分からない。これとは別に、土壌の微生物のリンゴーム（RNA）に対応するDNAから一網打尽に（ほぼすべての）微生物（細菌）を検出する方法がある。この次世代シーケンサーと呼ばれる最先端の方法で、ゴルフ場グリーンの土壌細菌たち（細菌叢）を調べることにした。

全国の8ゴルフ場から、通年で状態の良いグリーン、普通のグリーン、悪いグリーンをキーパーに選んでもらい、それらの土壌をかずさDNA研究所の鏡（かがみ）良弘博士（現、瑞輝科学生植物株）に分析と解析を行ってもらった。

善玉、悪玉菌はあるのか？

土壌表面から約5cmの深さの部分を取り出して分析した結果を見てみよう。8コースの内、5コースの土壌細菌たちをもつとも大きな分類区分である門レベルで分けた。

丸亀パブリックGC（香川県）の場合、キーパーによって5段階評価でグリーンが分けられており、もつとも良い土壌（A）では、プロテオバクテリア（Proteobacteria）が優占し、グリーンが悪くなるにつれて（B↓C↓D↓E）このグループは減

っている。ところが、司菊水GC（熊本県）では、逆にプロテオバクテリア門は悪いグリーン土壌（E）で優占している。この違いは、丸亀パブリックはコウライの土グリーンであり、司菊水はベントのサンドグリーンであるからかと理由づけしたくなる。が、同じベントのサンドグリーンである三好CC（愛知県）、岐阜セントフィールドCC（岐阜県）では、良い土壌でアシドバクテリア門（Acidobacteria）が優占している。

一方、同じベントでサンドグリーンのリオフジワラCC（三重県）では、丸亀パブリックと同じようにプロテオバクテリアが優占している。つまり今回の分析からは、どのコースにも共通するグリーン土壌の善玉菌や悪玉菌のグループは見つからなかったことになる。

分類のグループ分けをさらに細かくしていても「綱」↓「目」…↓「種」同様な結論が得られた。しかし、各ゴルフ場を見ると、良いグリーンと悪いグリーンでははっきりとした差が表れ、しかも一定の傾向が見られることが多かった。たとえば、丸亀パブリックの綱レベルのデータを主成分分析すると、最良グリーン

から最悪のグリーンまでの5段階で、きれいに区分されている。また、今回の8ゴルフ場の全データは畑の土壌と比べると、明らかに違ったグループであることも分かった。次世代シーケンサーによる、微生物分析の威力が感じられる。

人間の場合、恒常性により体内は一定の環境に保たれている。体温37℃弱、体液のpH7.4前後、血糖値なら0.1%である。食物は人によって異なるが、米や野菜、肉類、それに飲む水分量など、大まかなところは共通している。そこで善玉菌はピフィズス菌やアシドフィルス菌、悪玉菌はウエルシユ菌や大腸菌（毒性球）などと、ほぼ決まってくるのだろう。ところが、グリーン土壌では、気温・降水量・日照量などの気象要因、pH・含水量・三相構造・土壌の種類などの土壌環境要因、さらには肥培管理・病害対策などが大きく異なるため、床土の細菌叢も大幅に違ってくると思われる。よって全コースに共通する善玉菌や悪玉菌は特定されにくい、1つのコースで見ると環境がほぼ共通するた

め、そのコースに合った土着の善玉菌や悪玉菌がありそうに見える。

今後の課題と提言

次世代シーケンサーによる細菌叢の解析は初めての試みであり、しかもわずか8ゴルフ場に限定されたサンプル数しか扱っていない。それで断定的な結論を出すことは控えなければならぬのだが、あえて今回の結果を踏まえてより良いグリーン造りへの提言を試みたい。

それは、各コースの最良のグリーン土壌に優占する土着の細菌群を増やすことにあるのではないか。この優占する細菌群が果たして善玉菌に相当し、これらの菌群が床土の環境を良くして芝根と細菌群の良好な共生関係を築いてくれるのかどうか、そして芝根を豊かにして芝草全体の活力を高めてくれるのかどうかは分からない。今後の更なる研究が必要になってくる。

繰返しになるが、今回の分析で分かったことは、良いグリーンと悪いグリーンでは細菌叢が異なっていたことだ。悪いグリーンは風通しや日照が悪いことは多いが、何といっても土壌の透水性・通気性の悪い場合がほとんどだ。これを改善するには、フミン酸、フルボ酸など

の溶解性炭素化合物やカルシウムイオンを直接供給すると、土壌の団粒化が促進される。これによって土着の善玉微生物が増え、その活性が高まることで根と根圏微生物の共生関係が構築されるのだ。

今後、さらに多くのゴルフ場の土壌サンプルを分析して、統計的に解析していく必要がある。微生物分析でも、今回は細菌叢を調べただけである。量的には糸状菌の仲間の方が何倍も多いし、糸状菌には病原性に関わる菌種も多いので、糸状菌分析も重要になってくる。分析方法にも、次世代シーケンサーに比べ精度は落ちるが全体を鷲掴みにできるDGG E法や、どんな微生物がいるかを問わず、土壌微生物全体による多種類の有機物分解能パターンを調べる土壌微生物多様性・活性値を測定する方法などがある。

筆者は人間に有効な微生物を供給して、健康を高めるプロバイオテックスのようなものが芝草土壌にもあるだろうと期待している。発酵食品などの微生物研究は日本のお家芸なのだから、ゴルフ場の土壌微生物の研究においても世界をリードしていきたいものだ。