



シンプロット T&H 社
プロフェッショナルプロダクツ技術セミナー
技術資料
【2005年】

- 1) ローカライズドライスポット (LDS) のマネージメント (ジムターナー氏)
- 2) 塩 (えん)、土壌とターフ (ジョンマテソン氏)
- 3) 肥料の役割

目 次

第 1 章：ローカライズドライスポット (LDS) と撥水性土壌に関する予備知識

第 1 節：問題の理解と診断 4

- A. LDS とは何か？
- B. LDS の症状
- C. LDS の様々な要因
- D. 撥水性土壌試験

第 2 節：なぜ土が撥水性を持つのか 1 2

- A. 撥水性土壌の歴史
- B. 撥水性土壌の想定原因
- C. 疎水性になりやすい土壌

第 3 節：撥水性土壌の研究と特性のまとめ 1 6

- A. 撥水性土壌の発生
- B. 撥水性土壌の発達時期と季節変動
- C. 撥水性土壌に与える管理作業の影響

第 2 章：撥水性土壌を管理するための耕種的管理作業と浸透剤

第 1 節 撥水性土壌に起因する LDS の管理 2 0

- A. 撥水性土壌に対する芝草管理の影響
- B. 根の成長を促すための基礎的な管理作業
 - 1. 芝草の品種の選択
 - 2. 刈高
 - 3. 窒素肥料
 - 4. 散水
 - 5. 他の管理上の考慮点

第 2 節 疎水性土壌に起因する LDS を管理するための浸透剤の使用 2 6

- A. グリーンキーパーの調査
- B. 水の化学的性質
- C. 浸透剤の化学的性質
- D. 撥水性土壌に浸透剤を与える
- E. どの浸透剤が最も優れているのか？
- F. 浸透剤のパフォーマンス特性
 - 1. 根の成長
 - 2. 散水効率
 - 3. サッチ層 / マット層の浸透剤の効果に与える影響
 - 4. グリーンには部分的に浸透剤を与えるのがよいか、全体に与えるのがよいか？
- G. 撥水性土壌を管理する際の他の考慮点
 - 1. 殺菌剤
 - 2. 代替砂あるいは無機土壌の補充
 - 3. 目土の混入
 - 4. ウェッティングフオーク

第 3 節 撥水性土壌に起因する LDS に対処するための管理戦略のまとめ 3 7

- A. 短期プログラム
- B. 長期プログラム

塩、土壌とターフ 4 1

肥料の役割 4 3



第1章：ローカライズドライスポット (LDS) と撥水性土壌に関する予備知識

学習目的：この章を終了すると、以下のことが学べます。

1. ローカライズドライスポット (LDS) を定義づけして、その症状を説明する。
2. 撥水性土壌に起因していない LDS の原因を説明する。
3. 撥水性土壌の存在を検出するために使用する方法を実演する。
4. 撥水性土壌の原因を述べる。
5. 細かい土質および粗い土質の疎水性を比較する。
6. 撥水性土壌に与える季節変動の影響を説明する。

第1節：問題の理解と診断

A、ローカライズドライスポット (LDS) とは何か？

夏が近づくと、ほとんどのグリーンキーパーは1つのことを確信します。それはローカライズドライスポット (LDS) の発生です。LDS は芝草に不規則に発生し、明白な理由なく乾燥害ストレス特有の症状を表し始めます。過去数年にわたり LDS は世界中のグリーンキーパーの管理上の重要課題として持ち上がってきました。この手ごわい症状は LDS の他、『ホットスポット』や『孤立ドライスポット』という名称でも呼ばれ、世界のある地域では『ドライパッチ』とも称されています。使用される語にかかわらずその症状はグリーンキーパーの大きな頭痛の種です。

一体 LDS とは正確には何なのでしょう？ LDS とは、要約すれば、土壌と植物が乾燥害に似た状態を起こす様々な不調あるいは異常の一症状です。

B、LDS の症状

LDS の初期のまだかすかな症状の1つは、『足跡』部分の植物の柔軟性の欠如、すなわち歩行の踏圧後に植物の葉や茎が立ち上がり通常的位置に戻ることができない状態です。足跡の葉や茎の色はしばしば濃い青緑色になり、通常はひどく衰弱し、最終的には細胞の枯死が起こります。言うまでもなく、この記述は多くの原因による乾燥害ストレス症状として良く知られた経過です。



図1.1 足跡が初期のLDSと乾燥害の初期症状である



図1.2 第2の症状は濃い緑色の葉色である。この症状は通常判別しにくい



写真1.2 第2のLDSの症状は濃い緑色の葉色である。この³症状は通常判別しにくい

図1.3 症状が進むと葉がしおれ、乾燥し始める



図 1. 4 もし症状を見逃し放置すると、LDS は芝生に甚大な被害を与える

C、LDS の様々な原因

グリーンキーパーのほとんどは幾度も乾燥害ストレスの症状を経験し、それを切り抜けて芝草を管理しています。芝草がなぜ水分ストレスや LDS の症状を示すのかには多くの理由があることが分かっています。例えば、過剰なサッチ層の堆積、土壌の固結、不十分な散水、急勾配（水の流出）、病気、昆虫、薬害などです。さらに、もちろんこの講座の中心である撥水性土壌もその原因です。この点に留意して、グリーンキーパーは解決方法を試す前に LDS の原因を突き止めることが重要です。原因追究は楽な場合もありますが、その原因が分かりにくい場合もあるかもしれません。グリーンキーパーが LDS の考え得る全ての原因を明らかにしようとするのが重要です。幸いなことに、撥水性土壌が原因であれば、その判断は比較的簡単です。撥水性土壌に水を与えた時に起こることを調べる前に、非撥水性土壌に水を加えたときに何が起こるのかを検証するのも役立ちます。両方のビデオクリップによって、フィールドで通常何が（小規模に）起こっているのかをさらに理解できるでしょう。

D、撥水性土壌試験

液滴浸入時間（WDPT）試験は屋外で土壌の撥水性をテストするために用いる標準的な方法です。この試験のサンプリング方法は 2 つあります。どちらのサンプリング方法も有効であり、グリーンキーパーがとるべき調整方法に関する明確な指示を与えてくれます。

コア試料サンプリング この方法は該当する場所から土壌コアの 15 cm から 20 cm を原型のまま採取します。一般の土壌測定器でも採取できますし、あるいは直径 2.5 cm の 1 本の PVC パイプを土壌に入れて採取することもできます。その目的は、土壌を原型のまま取り出して、土壌深度ごとの撥水状態を調べることです。1 つの場所の撥水土壌にはばらつきがあるため、同じ箇所から複数のサンプルを採取します。ほとんどの場合、

3つもしくは4つのサンプリングが理想です。次にその土壌コア試料を作業台あるいは机の上で室温乾燥させます。サンプルが湿っていれば乾燥に2、3日かかるかもしれません。乾燥はオーブンや電子レンジで加速してはいけません。不正確な結果を導きます。サンプルを扇風機の前に置いて乾燥作業を速めるのは構いません。サンプルが乾燥しているように見えても少なくとも1日は乾燥させてください。

乾燥後、サッチ層／マット層の表層部から約1.3 cm ほどの土壌に小さな水滴をのせます。スポイトは薬局で安価に購入できます。スポイト以外でも1滴の水をコア試料の表面にのせることができる物であれば結構です。グリーンキーパーの中には布やスポンジを慎重に絞って、サンプル上に水滴を作り出す人もいます。

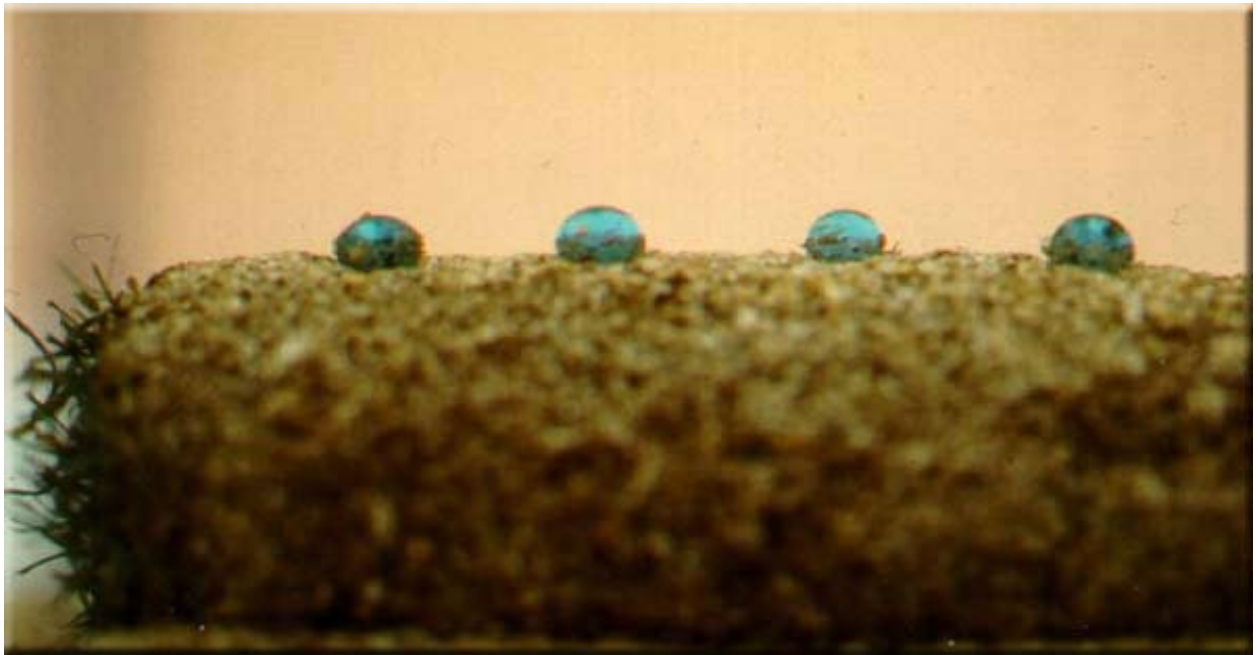


図 1.5 液滴浸入時間試験で撥水性のコア土壌にのせた水滴

混合試料サンプリング このサンプリング方法は従来の土壌試験によく似ています。しかしこの場合は、深さ10 cmではなく5 cmの箇所から副標本を採取します。約3つから4つの副標本を同じ場所から採取して混ぜ合わせます。土壌を完全に混ぜ合わせて、前述のサンプリングと同じ方法で乾燥させます。深度ごとの疎水性を調べたコア試料サンプリングとは異なり、この方法は土壌断面の上部5 cmにおける疎水性のみを調べます。3つから4つの副標本を混ぜ、完全に混ぜ合わせて乾燥させた後、少量の土壌をとってWDPTを調べます。試験に必要な土壌の量はわずかさじ山盛り一杯です。

指を使って小さな土壌の山に水滴を置くためのくぼみを作ります。この作業は混ぜ合わせたサンプルから別の小さな副標本を取り出して2回から3回繰り返さなければなりません。混合WDPT用に複数の土壌標本が混合しているため、得られた結果は特定場所における撥水性の実情およびその度合いを良く示していると考えられる研究者もいます。さらに後ほど講座の中でお話するように、土壌の撥水性は土壌断面の上部5 cmで最も良く見られ、かつ撥水度が高くなります。サンプルを混合する前にサッチ層／マット層を取り除くことをお勧めします。そうすればその層を別にテストすることができます。多くの根や他の有機堆積物が目立つ場合には試験前にサンプルを篩別する必要があるかもしれません。

結果判断 WDPTの原則はとても単純です。単純に水滴が土壌サンプルに浸入する時間が長くなるほど、土壌の疎水性が高いと言えます。時間は水滴を土壌サンプルの上に置いた時点から計測を始めて、はっきりとそして完全に土壌に浸入した時点で止めます。ストップウォッチを利用するか、もしくは単純に口頭で秒数を

数えても大体の時間は分かります。表 1.1 に示したように 0 秒から 60 秒間の正確な測定は通常必要ありません。浸入時間が 1 分を超えると、多くの場合その芝草は LDS を示しています。しかし WDPT が長くてもターフが LDS を示さないこともしばしばあります。これはその特定箇所における環境ストレスレベルあるいは／もしくは栽培ストレスレベルが低く、撥水性土壌であっても植物がストレス症状を表さないためです。

土壌の撥水症状を判定する液滴浸透試験結果の分類

WDPT (秒)	撥水度合い
0 – 5	なし
5 – 60	少々
60 – 600	中から高い
600 – 3,600	激しい
> 3,600	極限

表 1.1 土壌の撥水度を液滴浸入試験によって区分

第 1 章 第 1 節のまとめテスト

(a～d の正しいものを選びなさい)

1. LDS とは何ですか？

- .a. LDS とはクリーピングベントグラスに発生する斑点病です。
- .b. LDS は芝草に不規則に発生するもので、明白な理由はなく乾燥害ストレス特有の症状を表し始めます。
- .c. LDS は乾燥したサッチ層に部分的発生します。
- .d. LDS は粘着性のない完全な砂質土壤に発生します。

2. 部分的ドライスポットの原因は

- .a. サッチ層の過剰な堆積です。
- .b. 疎水性土壤です。
- .c. 固結土壤です。
- .d. 上記すべてです。

3. LDS の初期症状は

- .a. 足跡です。
- .b. 芝草の黄ばみです。
- .c. 濃青／緑色の芝草です。
- .d. 芝草の先端の黒ずみです。

(下の語句から正しいものを選び空欄を埋めなさい。)

4. () 試験は撥水性土壤をテストするために野外で使用する標準的な方法です。

5. 液滴浸入時間 (WDPT) 試験のためのサンプリング方法は 2 つあります。

() ()

6. 該当する場所から土壤コア試料を原型のまま 15～20cm 採取する方法は ()。

7. 深さ 2 インチの場所から下層土試料を 3 回から 4 回採取する方法は ()。

8. WDPT の結果を判断する時には、水滴が土壤サンプルに浸入するためにかかった時間が長いほどその土壤の疎水性が () ことになります。

液滴浸入時間 (WDPT)、コア試料サンプリング、混合試料サンプリング、高い、低い

(a～d の正しいものを選びなさい)

9. 60 秒以内に土壤サンプルに水滴が浸透できた場合は

- .a. 自然では決して起こりません。
- .b. 浸透剤での処置が必要です。
- .c. 通常調整手段を何も必要としません。
- .d. 通常 LDS を発生しません。

10. WDPT が高くても、芝草が LDS を表さないことはよくあります。(正しい／正しくない)

11. 特定箇所の環境ストレスレベルおよび／あるいは栽培ストレスレベルが十分に低ければ、土壤が撥水性土壤であっても植物はストレス症状を示しません。(正しい／正しくない)

第2節：なぜ土壌は撥水性を持つのか

A、撥水性土壌の歴史

土が存在する限り、撥水性土壌もおそらく存在していたことでしょう。研究面では、初期の研究の一部は1910年にカリフォルニアで行われました。疎水性土壌は森林地域から草原、フロリダのレモン果樹園まで世界中で報告されています。長年におよぶ研究のほとんどはゴルフコースやスポーツターフ以外の状況で行われています。

B、撥水性土壌の想定原因

今日、一般には撥水性土壌は生きている、あるいは分解されつつある植物や微生物に由来する有機物によって発生すると考えられています。植物が撥水性土壌の発達に必要なのです。有機物分解の最終生成物の1つあるいは複数 が土壌粒子に付着して、その粒子の周囲にコーティングを形成します（図 1.6 と図 1.7 を参照ください）。このコーティングがある程度まで乾燥すると、疎水性になります。つまり有機物分解が撥水物質の起源なのです。留意すべきは、これが通常のプロセスだということです。これは栄養サイクルと有機物管理に不可欠であり、このプロセスを止めたり、止めようと望むことはできません。



図 1.6 有機コーティングされていない砂粒子の電子顕微鏡写真

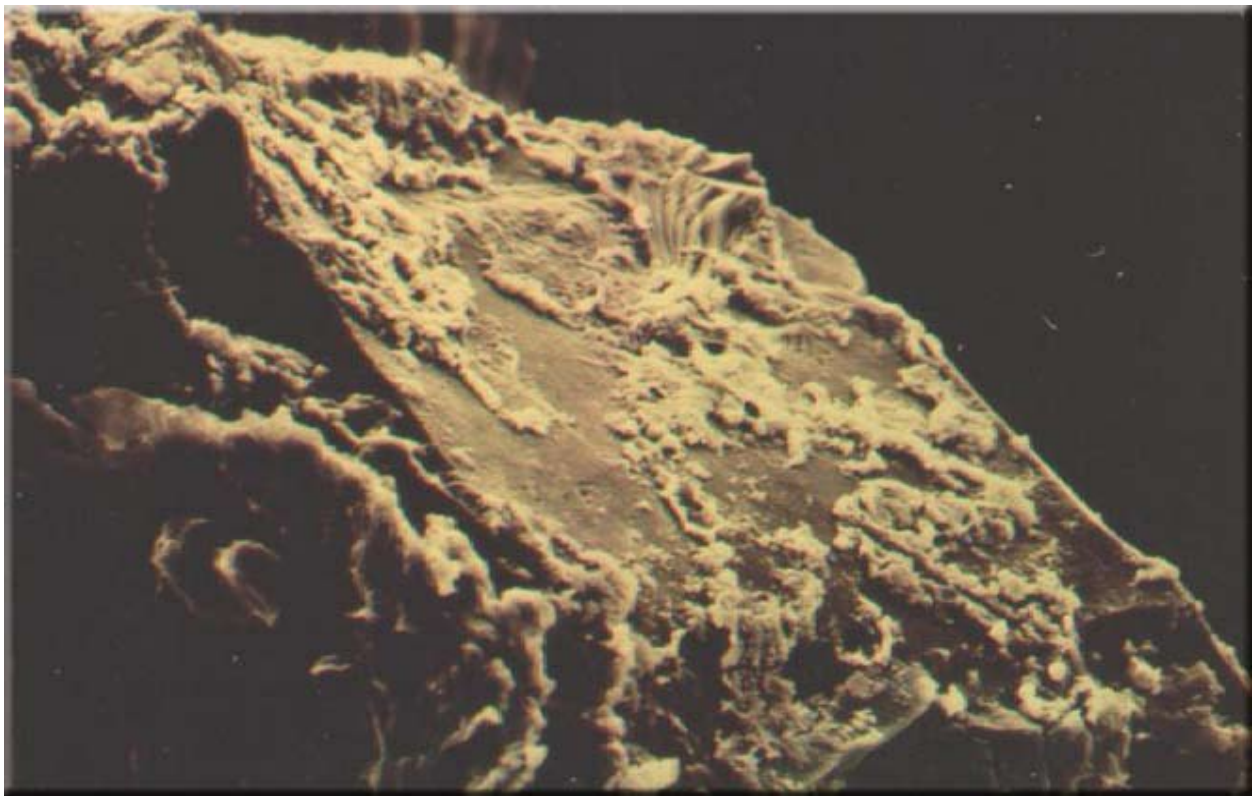


図1.7 有機コーティングされた砂粒子の顕微鏡写真

有機物分解の最終生成物が土壌の撥水性を引き起こすのに加えて、ある種の菌類も疎水性土壌を誘発することが分かっています。例えば、フェアリーリングは定着した芝草地域に見られる菌類の輪あるいは濃緑色のリング状のベルトの一般名称です。撥水性土壌地帯はしばしばこの特徴を伴って発達します。ほとんどの場合フェアリーリングはLDSの発生を招きます。50種以上の菌類がフェアリーリングを起こしますが、それらはすべて土壌生息タイプか、担子菌タイプか、あるいは『キノコを形成する』菌であると分かっています。フェアリーリングや担子菌タイプの菌がLDSを発生する可能性にはいくつかの理由があります。土壌の撥水性に必要な有機物分解がフェアリーリングを伴う乾燥害に似た症状の原因かもしれません。密度の高い菌糸体が土壌中の水の通りを妨げる可能性があり、これが原因かもしれません。また、フェアリーリング病を発生させる菌種が生成する有毒物質もLDSの原因かもしれません。多分、これらの3つのシナリオの組み合わせがLDSの発生原因でしょう。しかし重要なことは、撥水性土壌あるいはLDSが全てフェアリーリング菌によって発生するわけではないことを理解することです。LDSを抑制するための殺菌剤の使用について後ほど講座の中でお話します。

C、疎水性になりやすい土壌

ほとんどの場合、撥水性土壌は、粘土などの細かい質の土壌と比べると粗い（砂質）土壌の方が発生しやすいと考えられます。その理由は、単位体積当たりの表面積の違いにあります。つまり、疎水に至る砂粒子を被覆する疎水物質の必要量が、同じ体積の粘土粒子を被覆するための必要量よりも少ないということです。粘土質や細かい質の土壌が疎水性にならないということではありません。実際には、今までに報告された最も厳しい撥水性土壌は細かい土壌に発見されています。関連する表面積が広がるほど、撥水に必要な疎水物質は多くなると言われていますが、一旦疎水性を持つと、粘土質土壌の方が高い疎水度になる可能性があるのです。それにもかかわらず、覚えておくべき重要な点は、粗砂土壌は細砂土壌よりも撥水性を持ちやすいという点です。実際には後ほど講座の中で学ぶように、細かい質の土壌を加えることによって撥水性砂質土壌の疎水性を抑えることができます。

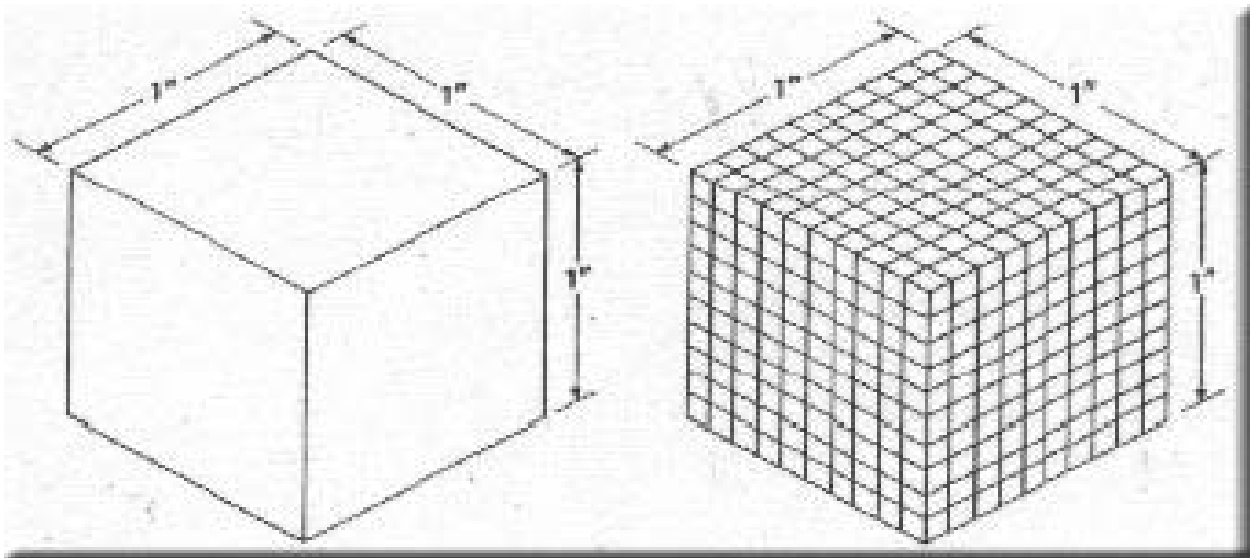


図 1. 8 二つの正立方体は 2. 5 cm 四方の同じ大きさの正立方体である。左の立方体は 3 8 平方 cm の表面積を持つ。右の立方体は 1 0 0 0 の小片に分けられ、その総面積は 1 0 倍の 3 8 0 平方 cm となる (After Emmonis,2000)

保水能力（土壌 3 0 cm における水の cm）		
土壌の種類	合計	利用可能
サンド	1.5 - 4.5	1.0 - 2.5
サンディ ローム	4.5 - 6.7	2.2 - 3.2
ローム	6.7 - 10.5	5.0 - 5.7
シルト ローム	10.0 - 11.7	5.0 - 5.7
クレイ ローム	10.5 - 12.2	4.5 - 5.2
クレイ	11.2 - 12.2	4.5 - 4.7

表 1.2

第 1 章 第 2 節のまとめテスト

1. 撥水性土壌は、過去 20 年間に於ける芝草の集中管理作業の結果として現れてきました。(正しい／正しくない)
2. 今日、撥水性土壌の原因として一般に考えられているのは？(正しいものを選ぶ)
 - a. 固結土壌です。
 - b. サッチ層の過剰な堆積です。
 - c. 生きているあるいは分解されつつある植物あるいは微生物に由来する有機物です。
 - d. 上記すべてです。
3. 撥水性の有機コーティングは発生を予防できます、かつ / あるいはその土壌をほとんど除去できます。(正しい／正しくない)
4. ほとんどの場合、撥水性土壌に関連しているのは(正しいものを選ぶ)
 - a. 粗い(砂質)土壌
 - b. 細かい(粘土質)土壌
5. 撥水性土壌が粗い質の土壌により高い頻度で発生する理由は(正しいものを選ぶ)
 - a. 世界には粗い土壌の方が多いためです。
 - b. 疎水に至るまで砂粒子を被覆するための疎水物質の必要量が、同じ体積の粘土粒子を被覆するための必要量よりも少ないためです。
 - c. ほとんどのゴルフ場のグリーンには高い割合で粗い質あるいは砂質土壌があるためです。
 - d. 疎水性有機物は主に粗い土壌に付着するためです。
6. 今までに報告された最も厳しい撥水性土壌は細かい土壌に発見されています。(正しい／正しくない)
7. 細かい土壌は土壌の撥水性を減少あるいは除去することができます。(正しい／正しくない)

第 3 節．撥水性土壌の研究と特性の概要

A、撥水性土壌の発生

前述のように、撥水性土壌は世界中のゴルフコースやスポーツ場を管理する上で重大な課題になってきています。報告されている撥水性土壌問題の大部分は砂土主体のスポーツ場、ゴルフ場のグリーンおよび他の場所（ティーグラウンドやフェアウェイ）などその土壌の大部分が砂でできています。

確かにゴルフコースでは、撥水性土壌はグリーン上に最も多く発生します。

1. 疎水度は土壌深度が深くなるほど減少し、土壌断面の地表下 5cm より深くに撥水性土壌が広がることは稀です。もちろんゴルフ場のグリーンにおける撥水性土壌は地表下 15cm より深い場所でも見つかっていますが、これは普通の状態ではなく例外です。
2. 撥水度は通常場所によって異なり、グリーン、フェアウェイあるいは他の芝草の場所によってその撥水度は様々です。これがローカライズドライスポットと呼ばれる所以です。

この 2 つの事実に基づいて考えると、液滴試験を行う重要性は非常に明確です。



図 1.9 グリーンに激甚発生した L D S

B、撥水性土壌の発達時期と季節変動

非撥水性土壌が撥水性になるまでに要する時間に関する情報はほとんどありません。多くの要因が関係していることは間違いありません。しかしながら、ジョージア州立大学での研究および過去 15 年間の多数のグリーンキーパーからの情報によると非撥水性土壌あるいはグリーンの混合土（張替えあるいは新築の場合）は疎水性土壌に起

因する LDS の兆候を設置後 8 ヶ月から 1 年半で示し始めることが分かっています。さらに、土壌の疎水性は季節ごとに変動し、初夏から夏の間に最も疎水度が高くなり、冬が近づくと、撥水度が低下することが立証されています。ほとんどグリーンキーパーは気温が下がると LDS が減少することを通じてこの事実を間接的に観察しています。この LDS の季節による減少は、土壌の撥水度の低下と空気および土壌の温度によるストレスの低下が結びついています。

土壌撥水性の低下にはいくつかの理由があります。まず土壌有機物分解の減退あるいは遅れと / あるいは微生物活動の減退によって有機物分解が遅れるために、撥水性の原因物質が減少することです。さらに、早春および秋 / 冬の雨や雪によって土壌の水分が増加すると、土壌の撥水性もはっきりと減少します。有機コーティングの疎水性は、水に常に接触している時は著しく低下します。加えて、土壌断面が完全に濡れることによって撥水性土壌が実際に確実に水と接触するのです。小雨あるいは散水で撥水性土壌が水に触れることは稀です。

C. 土壌の撥水性に与える管理作業の影響

ある種の管理作業が疎水性土壌の形成に関連しているかどうかを判断するために、数人のグリーンキーパーを調査し、そのゴルフコース上のグリーンからサンプルを採取しました。いずれの場合も疎水性土壌が発見され、それと同時に LDS も共通して発生していました。また施肥、散水、害虫駆除、開墾、目土などの従来通りの管理作業を各グリーンキーパーとも使用していましたが、それぞれが独自の方法で実施していることが分かりました。言い換えれば、肥料や害虫駆除を適用する方法や頻度、時期は非常に異なり、開墾や目土を行う時期や技術も異なっていました。使用する様々な管理作業と撥水性土壌の発達や度合いの間に関連性はないようでした。管理作業自体は撥水性土壌の発達にあまり影響がなくても、管理作業によって LDS の発生や度合いを實際上、抑えることができると考えられています。この考えの背後にある意味を次の章でお話します。

第 1 章 第 3 節のまとめテスト

1. ゴルフコース上で撥水性土壌が最も多く発生するのはフェアウェイです。(正しい／正しくない)
2. ゴルフ場のグリーンの疎水度は土壌深度が深くなるとともに高まり、かつ地表下 5cm までの土壌に撥水性土壌が広がることは稀です。(正しい／正しくない)
3. ゴルフ場のグリーンの撥水性土壌は、地表下 15cm より深い場所で見つかることがあります。(正しい／正しくない)
4. 最も撥水度の高い撥水性土壌が発生するのは (正しいものを選ぶ)
 - a. 初夏から夏の間です。
 - b. 初秋です。
 - c. 冬と春です。
 - d. 夏から初冬までです。
5. 冬が近づくと撥水度は高くなります。(正しい／正しくない)
6. グリーン上の土壌撥水度は一定です。(正しい／正しくない)

第 1 章に関する総合試験

1. LDS とは何ですか？
 - a. LDS とはクリーピングベントグラスに発生する斑点病です。
 - b. LDS は芝草に不規則に発生し、明白な理由なく乾燥害ストレス特有の症状を表し始めます。
 - c. LDS は乾燥したサッチ層に部分的に発生します。
 - d. LDS は粘着性のない完全な砂質土壤に発生します。
 2. 部分的ドライスポットが発生する原因は
 - a. サッチ層の過剰な堆積です。
 - b. 疎水性土壤の状態です。
 - c. 急勾配です。
 - d. 上記すべてです。
 3. LDS の初期症状は
 - a. 足跡です。
 - b. 芝草の黄ばみです。
 - c. 芝草の濃い青 / 緑色です。
 - d. 芝草の先端の黒ずみです。
 4. 正・誤 特定箇所の環境ストレスレベルおよび / あるいは栽培ストレスレベルが十分低ければ、土壤が撥水性土壤であっても植物はストレス症状を示しません。
 5. 正・誤 撥水性土壤は、過去 20 年間の集中的な芝草の管理作業の結果現れてきました。
 6. 正・誤 液滴浸入時間 (WDPT) 試験は撥水性土壤を調べるために野外で使用する標準的な方法です。
 7. WDPT の結果を判断する時には、水滴が土壤サンプルに浸入するためにかかった時間が長いほどその土壤の疎水性が (高い・低い) ことになります。
 8. 60 秒未満で土壤サンプルに水滴が浸入できた場合は
 - a. 自然では決して起こりません。
 - b. 浸透剤での処置が必要です。
 - c. 通常、調整手段を何も必要としません。
 - d. 普通、LDS を発生しません。
 9. 正・誤 WDPT が高くても、芝生が LDS を表さないことはよくあります。
- . 空所を埋める問題
10. 液滴浸入時間 (WDPT) 試験のための 2 つのサンプリング方法である _____ と _____ を識別します。
- . 空所を埋める問題
11. 該当場所の土壤コアを原型のまま 15 ～ 20cm まで採取するのは _____ です。
- . 空所を埋める問題
12. 深さ 5cm から副試料を 3 回から 4 回採取するのは _____ です。
 13. 今日一般に、撥水性土壤の原因として考えられているのは、
 - a. 固結土壤です。
 - b. サッチ層の過剰な堆積です。
 - c. 生きているあるいは分解されつつある植物あるいは微生物に由来する有機物です。
 - d. 上記すべてです。
 14. ほとんどの場合、撥水性土壤は以下に結びついています。
 - a. 粗い (砂質) 土壤
 - b. 細かい (粘土質) 土壤
 15. 正・誤 ゴルフ場のグリーンの疎水度は土壤深度が深くなるとともに高くなり、かつ地表下 5cm までの土壤

に撥水性土壌が広がるのは稀です。

16. 正・誤 撥水性の有機コーティングは発生を予防できます、そして / あるいはその土壌をほとんど除去できます。
17. 正・誤 今まで報告された最も厳しい撥水性土壌は細かい質の土壌に発見されています。
18. 正・誤 ゴルフコース上で撥水性土壌が最も多く発生するのはフェアウェイです。
19. 正・誤 ゴルフ場のグリーンの撥水性土壌は、地表下 15cm より深い場所で見つかることがあります。
20. 撥水性土壌が粗い土壌により頻繁に発生するには
 - a. 世界には粗い土壌の方が多いためです。
 - b. 疎水に至るまで砂粒子を被覆するための疎水物質の必要量が、同じ体積の粘土粒子を被覆するための必要量よりも少ないためです。
 - c. ほとんどのゴルフ場のグリーンには高い割合で粗い質あるいは砂質土壌があるためです。
 - d. 疎水性有機物は主に粗い土壌に付着するためです。
21. 正・誤 細かい土壌は土壌撥水性を減少あるいは除去することができます。
22. 正・誤 冬が近づくと撥水度は高くなります。
23. 最も撥水度の高い撥水性土壌が発生するのは
 - a. 初夏から夏の間です。
 - b. 初秋です。
 - c. 冬と春です。
 - d. 夏から初冬までです。
24. 正・誤 グリーン上の土壌撥水度は一定です。

第2章：撥水性土壌を管理するための耕種的管理作業と浸透剤

学習目標：この章を終了すると、以下のことが学べます。

1. 撥水性土壌の形成を引き起こす要因を挙げる。
2. 根の成長を促進するための基礎的な管理作業を比較対照する。
3. 撥水性土壌に起因する LDS を緩和するための管理戦略を比較する。
4. 疎水性土壌に起因する LDS を浸透剤がどのように改善するのかについて述べる。

第1節 撥水性土壌に起因する LDS の管理

A、撥水性土壌に対する芝草管理の影響

グリーンキーパーから「なぜ数年前よりもローカライズドライスポットや撥水性土壌が大きな問題になっているのですか？」と質問されることがよくあります。25 年前には 10 種未満であった浸透剤の販売数が今日では 80 種以上になっているという事実によってもこの仮説が裏付けられます。浸透剤は撥水性土壌に起因する LDS の管理に使用される第一手段です。グリーンキーパーの質問は「今日の土壌の方が 20 年もしくは 25 年前よりも撥水性になりやすいのですか？」と続きます。

簡単に答えると、撥水性土壌はいままでも砂土を主体とした根系域にある程度存在していたのです。根系域に細かい素材の含有を避けるようになるとともにこの問題が激化したことに疑いの余地はありません。しかしながらこれは答えの一部でしかありません。今日のグリーンは、20 年前とは、さらに 10 年前とも非常に異なった方法で維持されているという事実が残るからです。管理作業は土壌撥水性自体には影響を与えていないかもしれませんが、芝草の疎水性土壌における成長をどのように切り抜けるのかに大きな影響を与えることでしょう。つまり、今日、LDS が蔓延しているのは、昔と比べて芝生に与えるストレスが増大しているからに他なりません。ゴルフプレイの増加と共にグリーンを早く造成する要求が、芝草植物が生理学的に対応できる速度を圧迫しているのです。間違いなく、このシナリオの最大の容疑者は、芝をかつてない短さに刈り込んだことです。ほんの数年前のグリーンは 4.7mm の刈高が普通でした。実際には、6.3mm に刈られているグリーンもよく見かけました。今日ではもちろん、標準の刈高は 3.1mm かそれ以下です。さらに、スピードと安定感の維持に役立てるためにグリーンを限界レベルまで乾燥させています。これらの管理作業を新種のベントグラスやバミューダグラス品種によって有機物堆積の増加とエアレーションと目土入れの作業の減少を結びつければ、芝草が撥水性土壌に起因する LDS を発生しやすいのも当然のことでしょう。

撥水性土壌に対する芝草に管理が与える影響をさらによく理解するためには、撥水性土壌が土壌断面の上部 5cm に最も広がっていることを覚えておくことが重要です。疎水性の度合いは土壌表面ほど高く、深くなるほど低下します。ほとんどの場合、疎水性土壌は土壌断面の地表下 5cm より深い場所では検出できません。したがって、グリーンキーパーの第一目標は植物へのストレスを減らす、あるいは芝草植物のストレス耐性を高めることです。常識で考えると両方を目指すべきでしょう。送風機、散水器の使用や通行管理によってストレスを減らすことができます。芝草のストレス耐性は根系を疎水域よりも深い場所に伸びるように働きかけることによって達成できます。特定の管理作業を調節することで根の成長を促進することが可能です。施肥、散水、芝刈りが芝草の根の成長に及ぼす影響を以下に短くまとめています。



B, 根系の成長を改善するための基礎的な管理作業

1, 芝草の品種の選択

芝草の根をできるだけ深く成長させるために最初にとる最も論理的な一歩は、深く、広い根系を持つ品種を選ぶことです。ジョージア州立大学で、L93、クレンショー、ペンクロスやクリーピングベントグラスの根の深さを比較研究しました。地表下 10cm におけるそれぞれの品種の発根量はほぼ同じでしたが、L93 とクレンショーの根は深さ 10cm 以下に著しく発根しました（図 2.2 参照）。これは明らかに高い発芽密度のクリーピングベントグラスなどの新品種が優れた夏季性能を示すことを裏付けています。残念ながら近年利用されている新矮性品種のパミューダグラスはこの特性を持っていないようです。多くのグリーンキーパーが新矮性品種の根系は、ティフドワーフやティフグリーンに比べて劣っていると報告しています。しかしながら、芝生が維持されるべき刈高よりも低く（3.1mm 未満に）刈り込まれているためにこの結果が起こっているのかもしれませんが。残念なことに張替えや新しく造成する場合を除き、効果的な発根を備えた品種を選択できることはめったにありません。このため、次に考慮すべき最も重要な管理要素は刈高になります。

2, 刈高

グリーンの刈高を下げることは根の成長に何よりも大きな影響を与えます。刈高を上げると、根の深さや範囲が広がります。当然その逆も言えます。前述のように、数年前の刈高は 6.3mm が『標準』でした。ベントグラスやパミューダグラスの両方が根圏土壤に数インチ伸びた根系を持つことも例外ではなかったのです。今日、その『標準』は 3.1mm か、それ以下になりました。その結果、根系はもはや土壤にも伸びることはなくなりました。前述のように根系の大部分が疎水性土壌圏に見つかるようになりました。

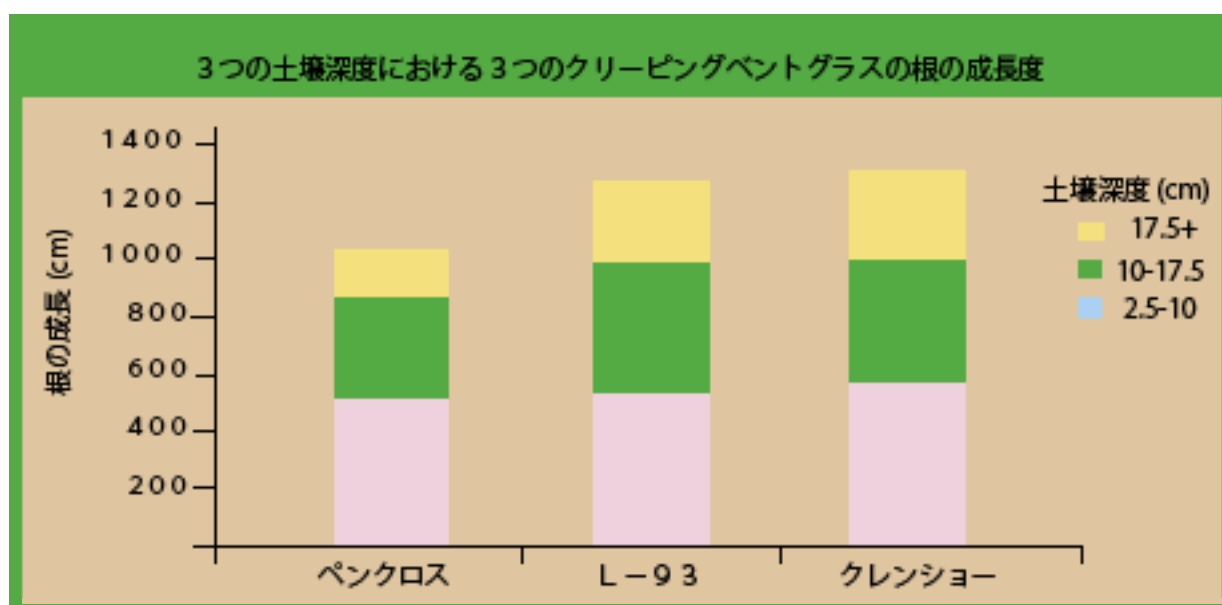


図 2. 2 根圏が撥水土壌より深く成長している重要な分析結果

研究では刈高を 3.1mm から 3.9mm (0.8mm) に上げることによって、植物の炭水化物バランスが整い芝草植物の健康状態が著しく改善されることが実証されています。この刈高を上げる代償として多くの場合、グリーンのスปีドは遅れますので、多くのグリーンキーパーがローラーに頼っています。調査では週 1、2 回のローラーの結果、転がりかが 12.5cm から 27.5cm 伸びることが示しています。この効果は短時間 (8 時間) ですが芝草の成長率次第で、48 時間まで持続できます。ローラーを適切に行えば、土壌の著しい固結や水の浸透性の抑制もないはずで

3. 窒素肥料

窒素肥料は根の成長とグリーンの生育スピード双方に影響を及ぼします。寒冷期間および温暖期間の両方において、窒素肥料レベルが特定ポイントを越えると根の成長が抑えられることは十分に証明されています。窒素は地上部の成長を促進しますが、それは言い換えれば根の成長を維持するために使用されるべき炭水化物を利用しているということです。図 2.3 は窒素が根の成長に与える大きな影響を明確に表しています。この根の成長に対する影響に加えて、窒素が苗条の成長を促すと、特に低い刈高の状況ではグリーンの生育スピードが遅れます。グリーンキーパーは窒素を慎重に使うことが重要です。与えるべき窒素量については、考慮すべき要因が多数あるので特定のアドバイスを与えることはできません。しかしグラフが示すように、芝草の質 (色や密度) と成長が望ましいレベルに達するために必要な最低量の窒素を与えることが必要です。この量を超えると一般に根系の成長にマイナスの効果を与えます。

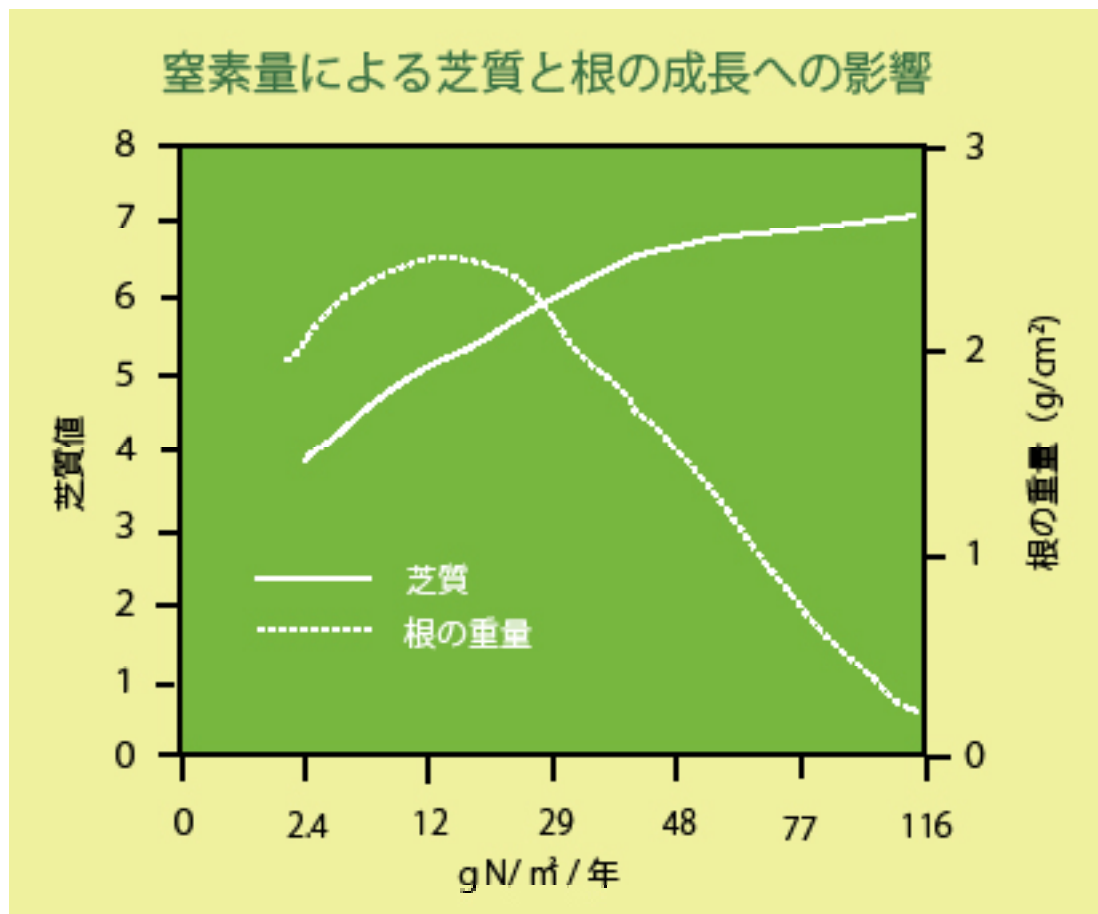


図 2.3

4, 散水

深く広い根系を持っても、芝草の範囲あるいはその一部分に散水を通して水が十分に行き渡らなければ、撥水土壤に起因する LDS は引き続き問題となるでしょう。散水についてグリーンキーパーが考慮しなければならない重要な要素は2つです。まず根系より少なくとも 2.5cm 下の根圏土壤を潤すために十分な水を与えることが不可欠です。つまり根系の大部分が地表下 7.5cm に位置している場合は、10cm の深さまで湿らせるために十分な水を与えなければならないということです。ほとんどの撥水性土壤は通常地表下 5cm の部分であるために、こうすることによって疎水域を確実に完全に湿らせる助けになるでしょう。ほとんどのグリーンキーパーは散水する際の計測単位として時間を使用しています。定めた時間内に与える水の量を考慮しているとは必ずしも言えません。グリーンキーパーは経験によって特定のグリーンを散水するためにかかる時間を知っています。芝生の地上部分の水分要求量が満たされているように見えても、撥水性土壤域は完全に湿った状態からほど遠いかもしれません。その結果、LDS がすぐに現れるのです。

2 番目に考慮すべき重要な要素は散水範囲の均一性です。フロリダ大学で行われた研究では『優れた散水システム』でさえもグリーン全体に多くのむらを起こす可能性があることを示しました。図 2.4 をご覧ください。グリーン全体で与えられた水量には 2 倍もの差が出る可能性があります。この研究結果が多くのグリーンに起こる状況を示しているとすれば、撥水性土壤に起因する LDS が引き続き深刻な問題になるのは当然です。それゆえに、LDS の発生を最小限に抑えるためには散水の量と散水範囲の均一性の両方をグリーンキーパーが判断し、調整することが重要なのです。

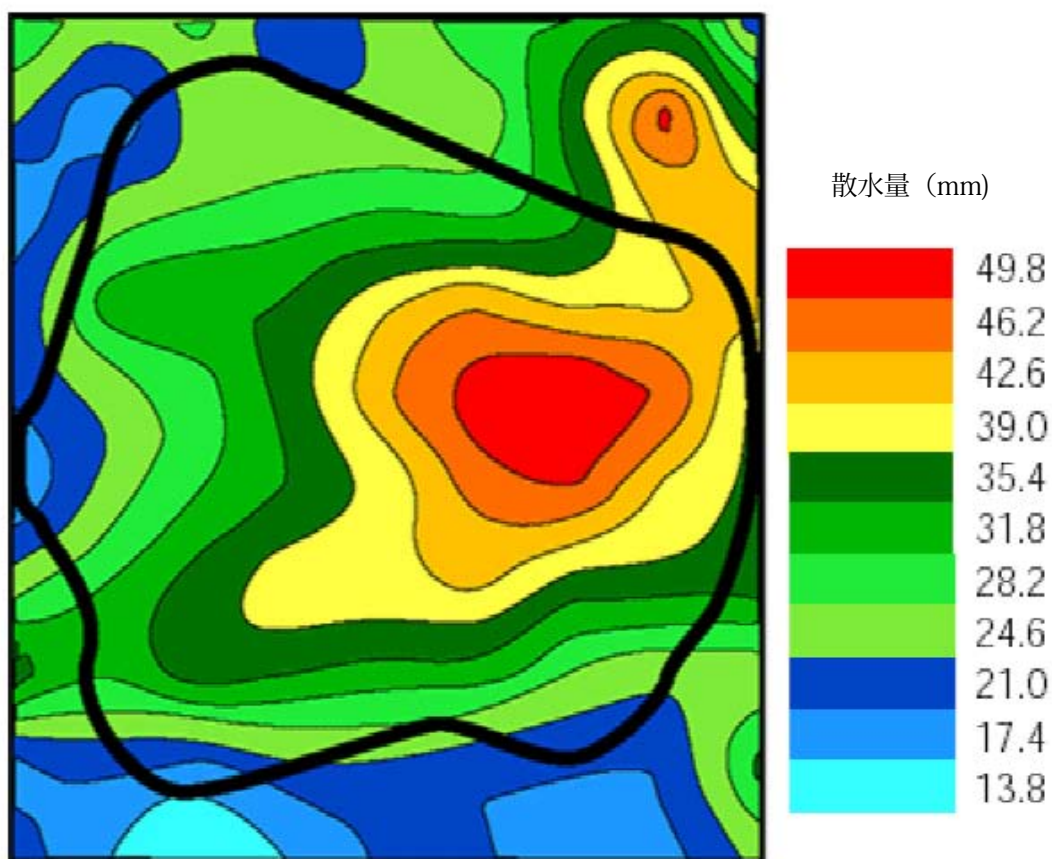


図 2.4 この図はゴルフ場のグリーンにおける配水状態を示しています。太い黒線はグリーンの端を示しています。

5, 管理上の他の考慮点

芝草の発根に影響を及ぼす可能性がある管理作業は他にもあります。更新作業は非常に重要です。この場合もほとんどの場合は、ホロータインでエアレーションを頻繁に行うほど良いでしょう。追加のエアレーションを含めて年2回に限定されていることが多く、その間には表面を乱すことが少ない方法が使用されています。エアレーションと併せて、グリーンを閉じ込める可能性があるサッチ層やマット層の有機層を薄くするために目土素材を十分に加えることも欠かせません。根の成長に影響を及ぼす可能性がある特定の除草剤を避けて、根の成長を阻害しないことが実証されている PGR の使用も考えるべきです。全体的に適切な施肥を行い、適正 pH を常に維持しなければなりません。

第2章 第1節のまとめテスト

1. LDSが今日、以前よりも広がっているのは
 - a. 特定の殺虫剤の使用が増加したためです。
 - b. 芝草にかかるストレスが増加したためです。
 - c. 芝草の品種が弱くなったためです。
 - d. 芝草管理者が不足しているためです。
2. 撥水性土壌は土壌断面の上部 5cm に最も広がっています。(正しい／正しくない)
3. 刈高が上がる（上がる・下がる）と、根の深さは拡大（拡大・縮小）します。
4. 正／誤 窒素は地上部の成長を促進しますが、それは言い換えれば根の成長を維持するために使用されるべき炭水化物を利用しているということです。
5. 散水時に考慮すべき最も重要な2つの要素は
 - a. 水が根系の少なくとも 2.5cm 以下の土壌を湿らせるように十分与えることと散水範囲を LDS 範囲全体で均一にすることです。
 - b. 一日のうち芝に散水を行う時間帯と使用する散水システムです。
 - c. 気温と土壌の温度です。
 - d. 土壌固結の度合いとサッチ層の厚みです。
6. 撥水性土壌を管理するためには
 - a. グリーンキーパーは常に散水温度を監視しなければなりません。
 - b. 土壌の pH を知ることが重要です。
 - c. できるだけ頻繁にホロータインでエアレーションを行わなければなりません。
 - d. 効果の遅い肥料の使用は勧められません。

第2節 疎水性土壤に起因する LDS を管理するための浸透剤の使用

A、グリーンキーパーの調査

浸透剤は、依然として撥水性土壤に起因する LDS 管理の基本ツールです。浸透剤は撥水性土壤を治療するわけではありませんが、土壤の疎水性を一時的に緩和します。現在進行中の調査では、全グリーンキーパーの 98 パーセントがターフ管理プログラムの一環として定期的に浸透剤を使用するか、あるいは特定の問題を解決するために浸透剤を少なくとも時折使用しています。さらに調査ではグリーンキーパーの大部分が LDS を緩和するために浸透剤を使用していることが現れています。しかしながら浸透剤は水はけの悪い土壤の改良、水管理、土壤への殺虫剤の浸透の向上などにも使用されています。浸透剤の使用全般に関する徹底した討議は GCSAA のオンライン講座：ゴルフコースへの浸透剤の使用と同じ講座名の半日セミナーで扱っています。この講座では撥水性土壤に起因する LDS に関わる局面に絞ってお話します。

B、水の化学的性質

浸透剤について議論する前に、基本的な水の化学反応について理解することが重要です。水の分子は 2 つの水素原子と 1 つの酸素原子の結合です。水は正極と負極の電気極を両方持っているために、様々な極性分子と化学結合を起こします。しかし、水などの極性分子は無極性分子とは結合しません。むしろ反発します。その典型的な例が油と水を混合しようとする場合です。

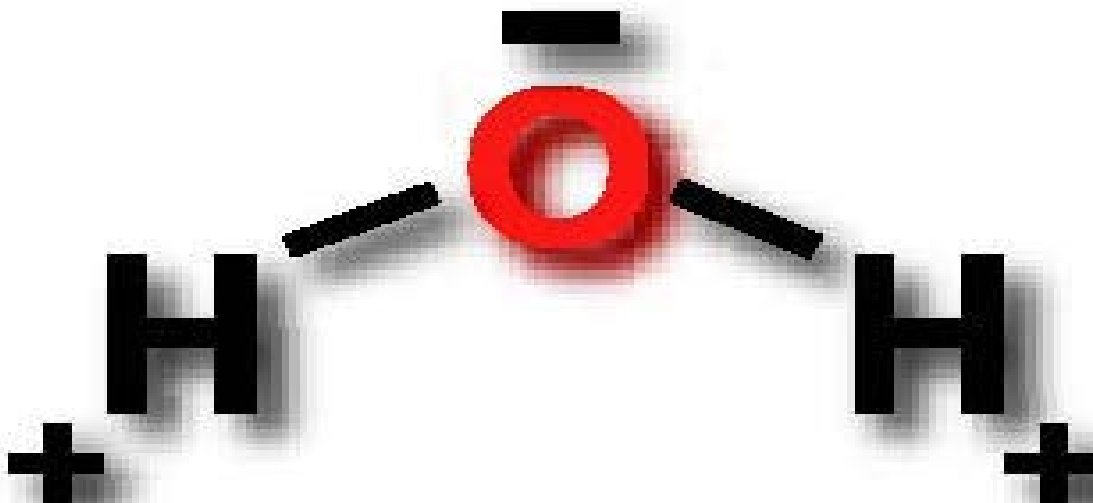


図 2.5 水の分子は双極といわれ、二つの水素原子（＋極）と一つの酸素原子（－極）で成り立つ

C、浸透剤の化学的性質

浸透剤は界面活性剤と呼ばれる化学物質の部類に適合します。これは液体の表面に物理的変化を起こす化学物質です。界面活性剤には（乳化剤、分散剤、展着剤、浸透剤、固着剤や洗浄剤など）多くのタイプがあります。それぞれの界面活性剤は複数の共通特性を持っていますが、すべてに共通する形態として、水溶性（親水性）の部分が油溶性（脂肪親和性）の長い炭化水素鎖を伴っています。その結合には、文字通り何千もの組み合わせがあります。ほとんどの界面活性剤、あるいは芝草の管理に使用する土壤浸透剤は非イオン性界面活性剤で、これらは水溶液中でイオン化しません。したがって、水の中にある他のイオンと反応せず、硬水によっても変質しません。

水溶性グループ
(親水基／極性)

油溶性炭化水素鎖
(非親水基／非極性)

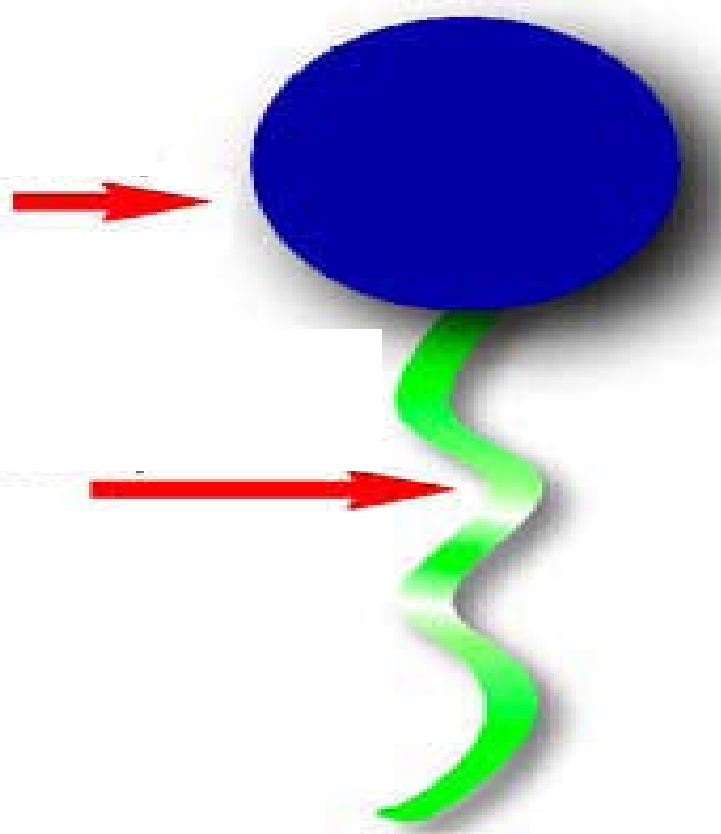


図 2. 6 典型的な浸透剤分子の模式図、水溶性親水グループと長い油溶性非親水鎖からなる

D, 撥水性土壤に浸透剤を与える

講座の最初に述べたように、自然に発生する砂粒子や土壤の粒子表面の有機コーティングが撥水性土壤を引き起こします。このコーティングは乾燥すると非極性物質として作用し、水をはじきます。浸透剤をその水に加えると、浸透剤の極性部分が水と結合し、非極部分が非極性有機コーティングと結合するために、土壤あるいは砂粒子を湿らせることができます。十分な量の浸透剤が有機コーティングと結合する限り、土壤あるいは砂粒子は撥水性にはなりません。しかしながら、その撥水性の緩和は一時的にすぎません。浸透剤は有機物なので最後には土壤微生物が分解してまいります。浸透剤特有の化学的性質、土壤の撥水度や土壤中の有機物の量によって、流亡しやすい土壤になることもあります。言い換えれば、ある時点で、あらゆる浸透剤は再使用しなければならないのです。

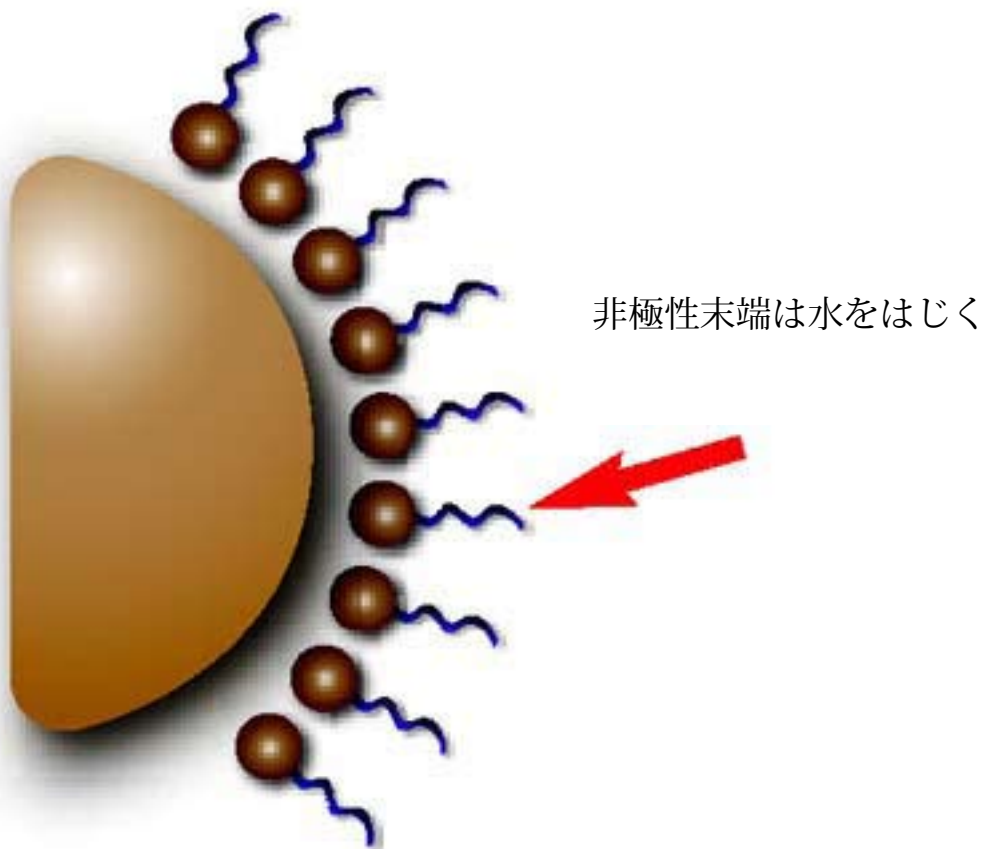


図 2.7 撥水性有機コーティングを持つ砂粒子の図

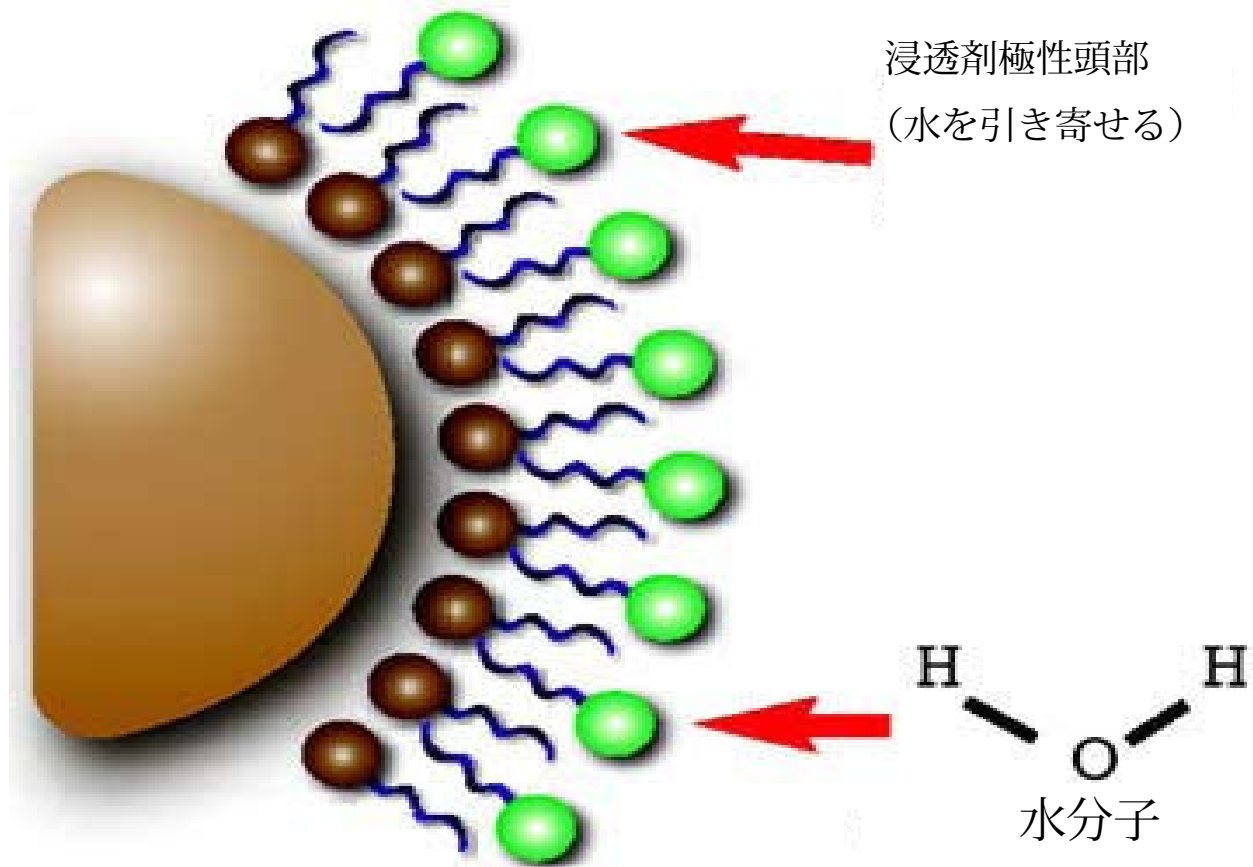


図 2.8 撥水正有機コーティングされた砂粒子に浸透剤を蒔いた場合の図

E, どの浸透剤が最も優れているのか？

予想通り、グリーンキーパーから最も多い質問は「どの浸透剤が最も優れていますか？」というものです。今日市場には 80 種類以上の浸透剤があることを考慮すると、この質問に答えるのは不可能です。しかし GCSAA と USGA は 10 校の大学の共同研究を支援しています。その大学では 10 種類の最も極性の強い浸透剤を野外で評価しています。この研究結果は 2005 年冬に発表されます。しかし例えその結果が公表されても「どれが一番か？」という質問への答えは出ないでしょう。これは当然です。どのように「一番良い浸透剤」を定義するのでしょうか。グリーンキーパーには浸透剤の薬害（葉焼け）を最も重要視する人もいれば薬効期間に関心をもつ人もいます。また、費用を心配しなければならない人もいます。浸透剤はこれら全ての要素に加えて他にもいくつかの要素で非常に異なっています。従って「最も良い浸透剤」を決定するのはグリーンキーパーであり、彼らのニーズと彼らが浸透剤に求めることが良い浸透剤を決めるのです。

F, 浸透剤のパフォーマンス特性

全ての浸透剤をあらゆる条件においてテストすることは不可能ですが、ジョージア州立大学の研究によって、特定状況における浸透剤の効果をさらに理解することができます。以下はこの研究結果の概要です。

1, 根の成長

古い文献には特定の界面活性剤が根の成長に悪影響を与える可能性があるとして記述されている場合もありますが、ジョージア州立大学の研究によると、撥水性土壌に与えた浸透剤は、夏のストレス時期の芝草の質や根の定着に役立つことがわかっています。36 項目の測定を行った 2 年間に及ぶ研究では、浸透剤の適用によって、ペンクロスの色と質が対照群に比べてほぼ 80 パーセント改善されました。同様に浸透剤で処理した試験区土壌の水分量の平均は散水後 24 時間の測定レベルが対照区の 2 倍を越えました。土壌撥水度は、浸透剤の適用から、12 週間後まで著しく低下しました。根の成長については浸透剤の処置によって、深度 0cm から 7.5cm の土壌における根の長さが 27 パーセント拡大する結果になりました。この深度は、疎水性土壌の範囲であり、かつパッティンググリーン状態で維持されているクリーピングベントグラスの根が最も成長する範囲です。根の成長の違いは必ずしも新しい根が形成されているためではありませんが、試験区における根の縮小が少なかったことは重要な注目点です。事実、6 月から 9 月まで対照区の根が 30 パーセント縮小したのに比べて、浸透剤を適用した試験区では 10 パーセントしか縮小していません。この研究では 2 種の浸透剤についてのみ行ったので、浸透剤全てについて同じ効果があるとは言えません。

2, 散水効率

前述のように、散水中に十分な水を与えて、疎水性土壌の範囲を完全に湿らせることと、根が疎水性土壌の下にある非撥水性土壌に伸びるように働きかけることは重要です。浸透剤を使用することで、これを促進します。浸透剤を用いることによって芝草全体の撥水性土壌が均一に潤う可能性がかなり大きくなります。この結果、LDS の発生頻度が減少し、土壌に加えた殺虫剤と肥料の根圏土壌への浸透率が向上します。さらに、ジョージア州立大学の野外テストとグリーンハウス研究によって、疎水性砂質土壌のグリーンに与える散水の量を浸透剤の使用によって 50 パーセントまで減らすことができることが実証されています。従って、撥水性土壌状態への浸透剤の使用は、疎水性土壌をより完全かつ均一に湿らせ、化学物質の使用を向上させ、散水効率を高めるのに役立ちます。

3, 浸透剤の効果に与えるサッチ層／マット層の影響

過去数年間、グリーンキーパーは特定の浸透剤が土壌表面に水分を溜める様子を観察してきました。適用場所は適

用しない場所よりも乾燥しにくいようでした。この状態はもちろんいくつかの悪影響を抱えています。まず、グリーンが柔らかくなる傾向があり、グリーンスピードが遅れます。藻や病原体の問題が増加し、全体的な水の管理(乾燥のし過ぎから湿りすぎまで)が重要課題になります。興味深いのは、グリーンキーパーが浸透剤が真犯人であることを認めていないことです。それは浸透剤がこの影響を誘発しているという一定の周期や時期を認識していないためです。

ジョージア州立大学の研究では、土壌表面の保水力は、特定の浸透剤ではなく表面の過剰な有機堆積物(例えばサッチ層/マット層)の影響を受けることが分かっています。サッチ層/マット層が無い状態で試験した浸透剤の中に土壌表面に水分を保ったものはありませんでした。有機物の量が土壌断面の表層の3パーセントを超える時は、どの浸透剤も、浸透剤を与えていない対照区と比較して表層(地表下25mm)の湿気が長引く結果となりました。つまり土壌表層の水分の滞りを考慮する際、有機物を管理することが、使用する浸透剤のブランドの選択と同じくらい重要か、おそらくはそれ以上に重要だと言えます。



図2.9 過剰なサッチ/マットあるいは有機物質の蓄積は浸透剤の効果に影響を与える

多種類浸透剤による 2.5cm のサッチ・マット層における湿度の保持力

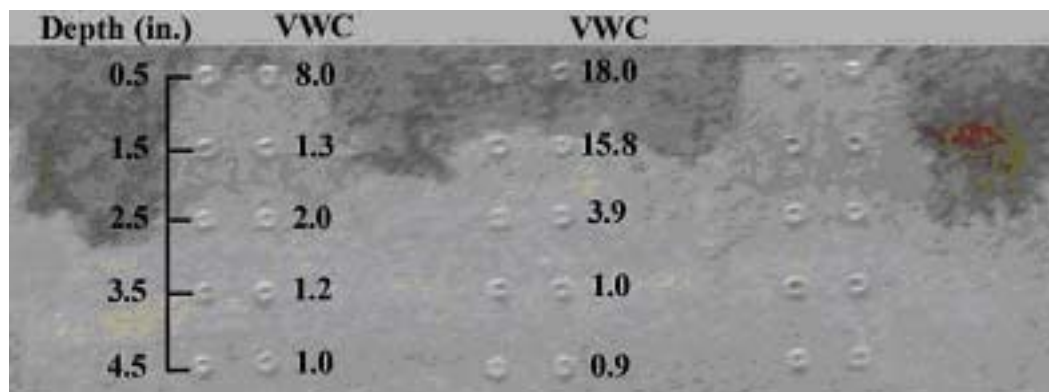
処理資材	処理後の日数					
	0	2	8	12	16	23
―――表層 12.5mm における湿度 (%)―――						
浸透剤 1	33.1a	28.5ab	27.3ab	24.5ab	20.6a	8.4a
浸透剤 2	32.3a	25.5a	24.2b	22.1b	18.0a	8.1a
浸透剤 3	33.9a	30.1a	28.1a	26.7a	19.6a	7.6a
浸透剤 4	33.3a	28.5ab	28.4a	26.3a	22.6a	10.9a
無処理区 (サッチあり)	30.8a	21.5c	18.7c	14.7c	9.0b	1.5b
無処理区 (サッチなし)	27.0a	10.7d	6.7d	4.7d	3.1c	0.2b

表 2. 1 同じ列の同じ記号の意味はダンカンの複数レンジテストにより 0.05 レベルの確実性で大きな差異が認められないという意味である。

4, グリーンには部分的に浸透剤を与えるのがよいか、全体に与えるのがよいか？

「グリーンをスポット処置するのがよいのでしょうか、全体を処置するのがよいのでしょうか？」という質問もグリーンキーパーはしばしば口にします。問題は、LDS が全く局地的に現れている場合に、なぜグリーン全体に処置を行うのか？ということです。少し考えると、LDS が現在現れている場所あるいは過去に LDS が見られた場所のみに適用する方が納得できます。これに反して思い出したいのは、撥水性土壌の発生と撥水度はターフ全体で異なるということです。疎水性土壌がターフに悪影響を与えなければ必ずしも LDS は発生しません。例えば、撥水性土壌は場所ごとに異なるので、土壌湿度と乾燥やそれに対応する土壌温度が異なるのは当然です。土壌が乾燥すると温度は上昇します。研究ではストレスのないターフでは、乾燥害ストレスの兆候（青っぽい変色）を示しているターフよりも上部温度が 11 度も低いことが実証されています。水分不足と土壌温度の上昇の組み合わせが根の成長に重大な影響をもたらします。このため、疎水性土壌の湿度と乾燥をより均一にするには、特定箇所だけではなく全体に浸透剤を適用しなければなりません。もちろん非常に厄介な場所には追加のスポット処置を行う必要があるでしょう。

【浸透剤未使用】



【浸透剤使用有】

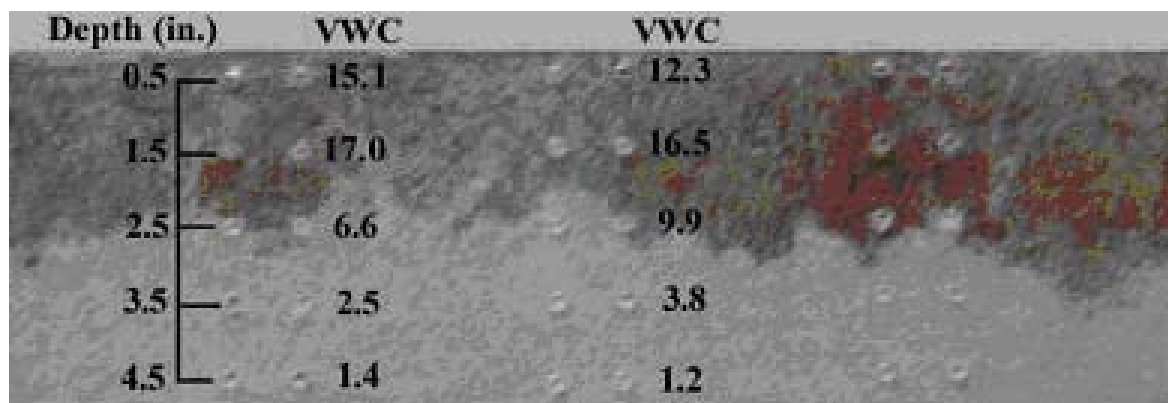


図 2.1.1 深さ（インチ）当たりの水分量（％）

G, 撥水性土壌を管理する際の他の考慮点

1, 殺菌剤

講座の初めに述べたように撥水性土壌と LDS はフェアリーリング菌によって発生することがあります。殺菌剤プロスター（フルトラニル）はフェアリーリングの抑制を謳っています。この製品はフェアリーリングを発生する菌類を予防あるいは抑止する治療薬として使用できます。確実に土壌に浸透させるために製造元では、土壌浸透剤との併用を勧めています。フルトラニルによる初期処置によってフェアリーリングによる LDS の形成を防止します。しかし LDS が現れている時はいつでも殺菌剤の適用を勧める人もいます。明らかにこれは、LDS がすべてフェアリーリングとそれに伴う撥水性土壌が原因であるという考えによるものです。

この点に注目してジョージア州立大学ではフェアリーリングを伴わずに存在する疎水性土壌の疎水度をフルトラニルが低下させるかどうかを診断する研究を行いました。研究は、撥水性土壌の 10cm 層に根圏がある USGA の実験ゴルフグリーンで行なわれました。プライマーとフルトラニルを単独あるいは混合して適用し、各処置の前に全ての実験区でコア試料サンプリングを行いました。研究の開始時あるいは研究中にフェアリーリングの存在は見られませんでした。この研究の結果、どの処置も芝草の色や質について全体的な影響は及ぼさないことが明らかになりました。これはまず、芝生が深刻な乾燥害ストレス状態でなかったという事実から判断したものです。フルトラニルは、フェアリーリングが既に存在する時、フェアリーリングの症状を抑制する効果を示しましたが、この研究はフェアリーリングを伴わない撥水性土壌に対する効果を判断することが目的でした。

土壌撥水性に関しては、フルトラニルが研究中に土壌撥水度を低下させることはありませんでした。フルトラニル単独の適用でフェアリーリングを伴っていない疎水性土壌の撥水性を低下させる効果を表すデータは一切ありません。しかし、浸透剤と併用した時、あるいは浸透剤のみを適用した時は、土壌撥水性は著しく低下しました。フェアリーリングを生みだす生物が事実上、疎水性土壌の原因となる有機分解生物であるとしても、撥水性土壌の形成要因である有機物分解生物の中にはフェアリーリングを生じないホストもいることに留意しなければなりません。これらの生物は殺菌剤で抑制できないのです。したがって、この研究の結論としては、フェアリーリングが検出された場合や LDS がフェアリーリングの結果起こった場合にはフルトラニルの適用で LDS を緩和できますが、撥水性土壌の形成予防あるいは、既存の撥水性土壌の『治療』を目的としてフルトラニルや他の殺菌剤を与えることは無益な行為だと言えます。

LDSにおけるフルトラニル（プロスター）とプライマーの効果					
	6月9日*	6月24日	7月9日	8月7日	8月24日
処理	(初期)				
	土壌の疎水度 (MED) **				
無処理コア抜き	2.5a***	2.2a	1.8a	1.8a	1.8a
無処理コア無し	2.5a	2.2a	1.8a	1.8a	1.7a
プロスター+プライマー (2回処理)	2.5a	1.5b	1.0b	0.7b	1.2b
プロスター (2回処理)	2.4a	2.2a	1.9a	1.8a	1.6ab
プライマー (2回処理)	2.5a	1.4b	1.1b	0.9b	1.2b
プライマー (3回処理)	2.5a	1.5b	0.9b	1.0b	0.7c
* 土壌疎水度 (MED) は処理前に行った ** 土壌疎水度: 0 = 疎水なし、4 = 激しく疎水 *** 同じ列の同じ記号の数値は他のものと大きな差異が認められないという意味					

2. 代替砂あるいは無機土壌の補充

グリーンキーパーはしばしば「撥水性土壌を管理する際、浸透剤に替わる方法がありますか？」と質問します。既に述べたように浸透剤は、この慢性的な問題に対処する際にグリーンキーパーが持つ最良の管理ツールです。しかしながら、研究では特定の無機土壌の補充がある程度代用になることが分かっています。例えばカナダ産ピートモス、か焼クレイ、珪藻土、シリカゲルなどの製品はこの点についてあまり研究されていませんが、今までの研究においてはその有効性を示しています。例えば、ジョージア州立大学ではエアレーションの目地に敷いた際、珪藻土製品は撥水性を著しく低下させ、土壌の保水力を増加させました。しかしエアレーションを繰り返し行ない素材を混合することが必要でした。良好な結果を維持するためにどのくらいの頻度でこのプロセスを繰り返す必要があるのかについては計測されていません。さらにこの研究では、このプログラムによる土壌の物理的特性および/あるいは化学的特性に及ぼす可能性がある長期のマイナス効果については検討されていません。

クレムソン大学の研究では無機土壌を補充しない撥水性土壌と比較した場合、様々な無機土壌を補充した際に同様の結果を示しました。しかしおそらくこれらの素材を一般に使用することはないでしょう。費用がかかる上に土壌の混合への有効性と長期的な影響を裏付ける研究が欠けているからです。グリーンキーパーのほとんどが浸透剤を好んで使用するのは、土壌混合に対する永続的効果がないためです。一定期間の薬効を持つ製品でさえも、最終的には消滅しますのでグリーンキーパーは同じ製品を再び適用するか、別の製品にするか、浸透剤を適用しないかの

選択ができるのです。

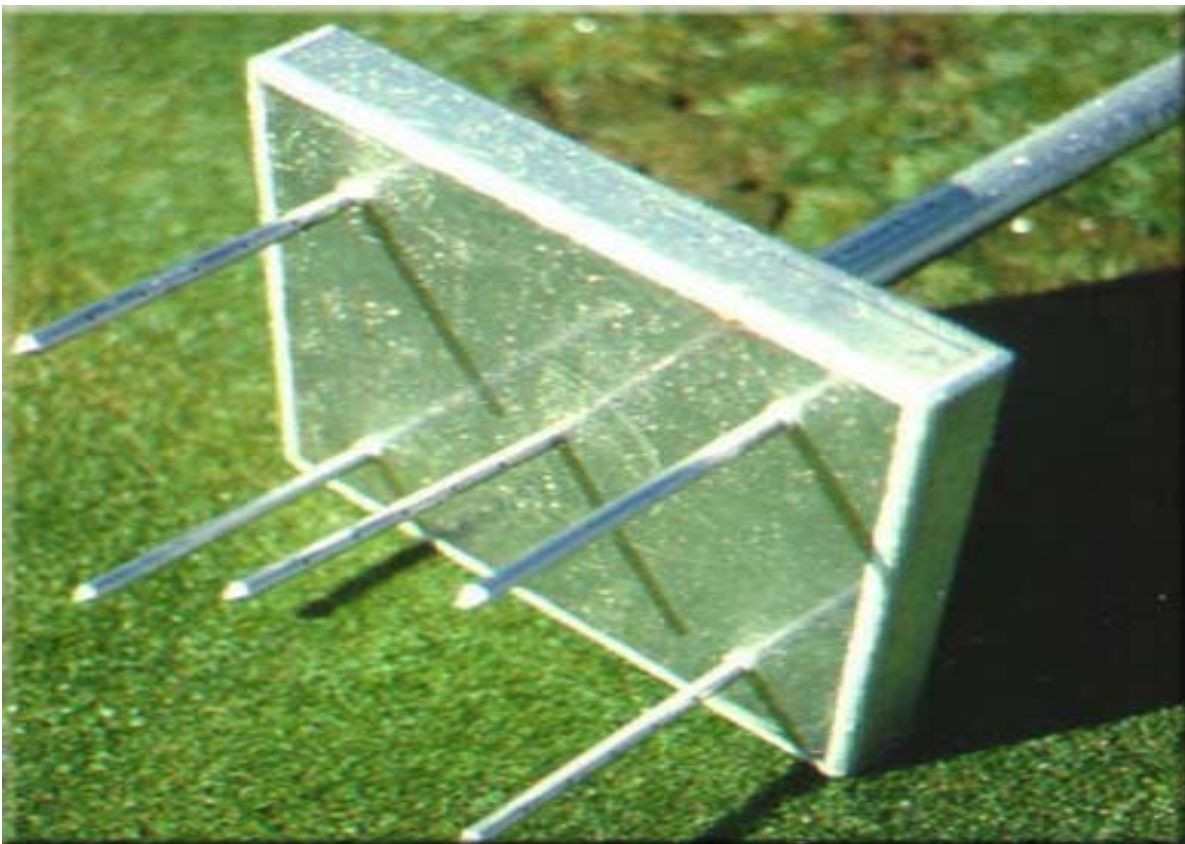
3, 目土の混入

テストすべきは目土素材の撥水性ではないでしょうか？ジョージア州立大学の研究では物理的土壌試験実験室において任意の30種以上のグリーンミックスあるいはトップドレッシングミックスを調べました。このうち3種のミックス土が多少の撥水性を示しました。1種は中程度から重度の疎水性を示しました。砂自体に原因があるのか、あるいは有機補充剤を原因とするのか、あるいはその両方に撥水性の原因であるのかは特定していません。これらの結果に基づいて、新しいグリーンミックスおよびトップドレッシングミックスで液滴試験を行うことをグリーンキーパーに強くお勧めします。

4, ウェットティングフォーク

ほとんどのグリーンキーパーはウェットティングフォークに精通しています（図 2.12）。基本的にはホースが付いたハンドルと、気密性ホロータインを備えた台板から成り、ホロータインの表面に小さなひと続きの穴が開いています。タインをドライスポットに押し込み、ハンドルの弁を開けると、小さな水の噴出が土壌に入り込みます。そのウェットティングフォークをジョージア州立大学でテストしました。この道具は土壌を湿らせるには非常に有効ですが、一列目の最も台板に近い穴の位置は地表から約 2.5cm の深さにあたります。つまり、この穴は地表下 2.5cm までの撥水性土壌には深すぎるのです。製造会社に 1 列目の穴を地表下 1.3cm の土壌に水を注入する場所にすることを勧告しました。このような実用道具を購入する際は、穴が土壌断面の上部に効果的な位置にあるかどうかを確かめてください。また根が浅い芝については、この作業によって生じる水圧で芝が完全に浮き上がり土壌から出てしまう可能性があることに注意してください。

図 2.1 2 ウェットティングフォーク（水圧無し状態） LDS の対策としてしばしば使われる



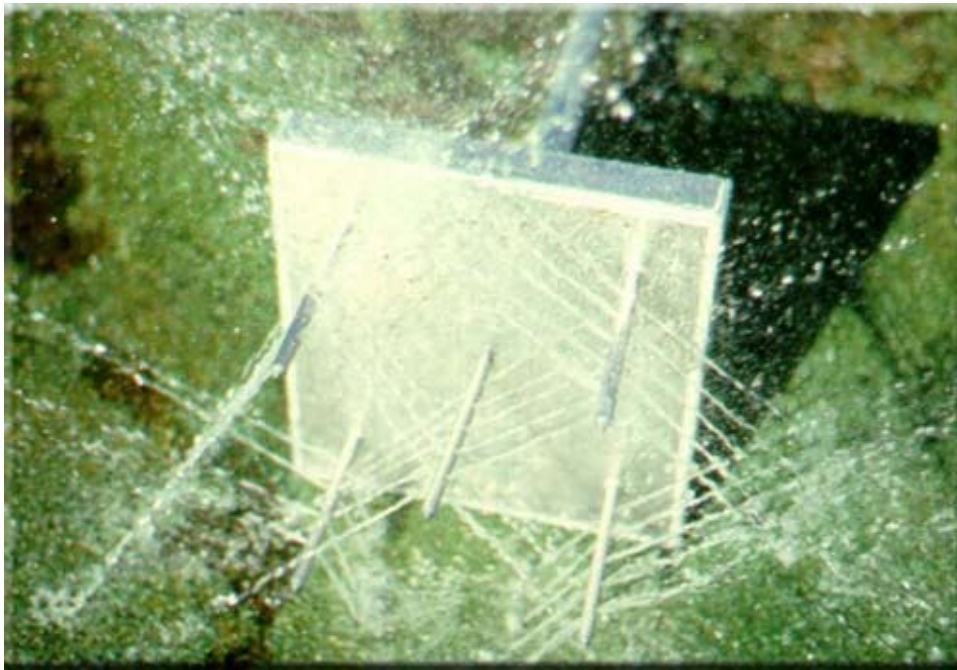
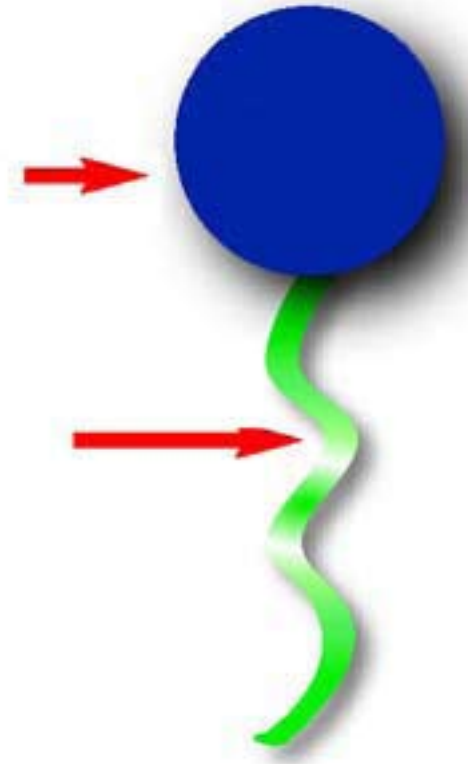


図2.13 ウェッティングフォーク（水圧あり状態）

第2章 第2節のまとめテスト

1. 正／誤 浸透剤の適用による撥水性土壌の緩和効果は永続的であり、今後の適用は必要ありません。
2. 撥水性土壌に浸透剤を夏のストレス時期に与えることは、
 - a. 芝草の根の発育を助けます。
 - b. 芝草の根の発育を抑制します。
 - c. 芝草の根の発育に影響を与えません。
3. 正・誤 撥水性土壌状態への浸透剤の使用で、疎水性土壌をより完全かつ均一に潤し、化学物質の使用を向上させ、散水効率を高めるのに役立ちます。
4. 正・誤 グリーンを浸透剤で処理する時は、LDS が現れている箇所あるいは過去に LDS が発生した場所のみに処理が必要です。（不正解のフィードバック：疎水性土壌を均一に湿らせ、乾燥させるためには、特定のスポットだけではなくグリーン全体を浸透剤で処理しなければなりません。）
5. 正・誤 サッチ層 / マット層の厚みを測定することは、浸透剤の効率と浸透剤を与える前にエアレーションが必要かどうかを予想するのに役立ちます。
6. 正・誤 浸透剤の適用後はほとんどの場合、浸透剤が葉の表面から落ちるのを防ぐために 24 時間は散水を避けることが重要です。

7. 下の図は親水性部分と油溶性の親水性炭素鎖を持つ浸透剤の分子です。ドラッグ&ドロップで各部の名称をつけなさい。 ○油溶性炭化水素鎖（非親水性／非極性） ○水溶性グループ（親水性／極性）



8. 次に浸透剤分子の無極性側と極性側にラベルをつけなさい。
9. 水は二極性構造です。
10. 水の分子 (H_2O) は水素原子を伴うわずかに正極の部分と酸素原子を伴うわずかに負極の部分を持っています。
11. 浸透剤は界面活性剤とよばれる化学物質の種類に含まれます。これは液体表面に物理的変化を起こす化学物質です。
12. 芝草管理に使用するほとんどの界面活性剤あるいは土壌浸透剤は非イオン系です。つまり水溶液中でイオン化しません。
13. 正・誤 砂や土壌粒子の表面に自然の有機コーティングが生ずることによって土壌撥水性が起こります。
14. 浸透剤を水に加えると、浸透剤の極性（極性・無極性）部分が水と結合し、無極性（極性・無極性）部分は有機コーティングと結合します。これによって土壌や砂粒子を湿らせることができます。

第3節 撥水性土壌に起因する LDS に対処するための管理戦略のまとめ

<短期プログラム>

1. LDS が現れている時は、その問題の原因を診断することが最も重要です。撥水性土壌が原因であるかどうかを判断するには、液滴浸入時間試験を行います。ご存知のように、水滴が土壌表面にとどまる時間が長いほど、撥水性が高いことになります。
2. サッチ層／マット層の厚みを測定します。これは浸透剤の効率と浸透剤の適用前にエアレーションをする必要があるかどうかを見積もる際に役立ちます。
3. 土壌が撥水性を持つことが実証されてサッチ層／マット層の厚い堆積がある場合、少なくとも撥水性土壌の深度までエアレーションします。表層を破壊するホロータインの使用が適さない可能性があるため、ソリッドタインもしくは高圧噴水機（ハイドロジェット）を使うことが必要なことがあります。
4. 気に入った浸透剤を適用します。大抵の浸透剤は特定の長所と短所を持っています。性能評価を実証する大学の試験結果を要求します。ラベルに書かれた指示に従って適用します。
5. 適用後はほとんどの場合、葉焼けあるいは退色を防ぐために葉の表面の浸透剤を洗い落とすことが重要です。この作業がより重要な浸透剤もあります。ターフの薬害防止に加えて、浸透剤が目標とする撥水性土壌に届いていることを確認することが重要です。
6. その場所が厚いサッチ層／マット層を持つ場合は特に過剰な散水や／もしくは降水後にその層が長い時間湿度を保つことが分かります。浸透剤の中には、他の製品よりもこの湿度保持を発生しやすい種類があるかどうかについては不明です。
7. 土壌の撥水性の度合いはグリーンやフェアウエイなど場所によって異なるため、予算が見合えば、浸透剤を LDS が明白な場所だけでなく全体に処置することを勧めます。ほとんどの場合、最も重度の LDS 部分に戻ってスポット処置を追加する必要があります。
8. ターフエリアに土壌の撥水性問題がある場合は、一旦浸透剤での改良プログラムを始めた後、成長期を通じてそのプログラムを継続することが有益です。

<長期プログラム>

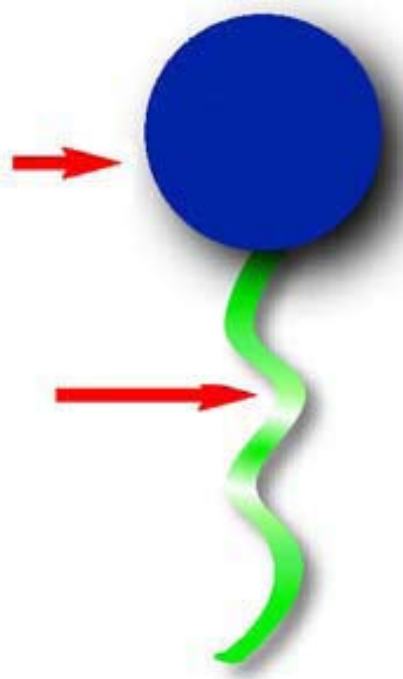
1. 長期の改良あるいは予防プログラムの目標は根系をできるだけ深い場所に定着させることです。根系を撥水性土壌層の下に広げることが目的です。
2. 短期プログラム中は、有機堆積の度合いを測定することが非常に重要です。その厚みを測定するとともに、サンプルを土壌試験実験室に送って、有機物の割合を検出することも重要です。有機物が重量の 3.0 パーセントを超える場合には、改良行動をとらなければなりません。有機物が 3.0 パーセント以下であっても、積極的なエアレーションと目土混入プログラムを設けなければなりません。
3. エアレーションと目土混入に関する研究では、有機物の量を 3 パーセント以下に保つためには 1 年に 1 m³ 当たり 12～14 リッター（1.2-1.4mm/ m³）の目土が必要であることが分かっています。この量の砂の追加および混合によって有機物を確実に十分に希釈し、空気と水の浸透に必要なマクロ細孔を確立します。1 リッターの砂は乾燥した砂の約 1.5kg に相当します。目土の長所と適切なエアレーションを組み合わせることが重要です。ほとんどの場合、春は 15mm のホロータインで 5cm の間隔で行い、秋には推奨された 14 リッターのうちの 10 リッター（15kg）を完結します。ここではその穴のほとんどを目土の素材で埋めると仮定します。残った 1 m³ 当たり 4 リッター（6kg）は、軽度から中程度の目土とともに成長期を通して適用します。目土のミックス土あるいは砂で液滴浸入試験を忘れずに行ってください。
4. 可能であれば、わずかでも刈高を上げるべきです。0.8mm の刈高上昇でさえも芝生の夏季生存率に大きな違いが生まれます。

5. 刈高の上昇（および恐らくグリーンの遅い造成）の埋め合わせに役立てるために、ローラー点圧を考えなければなりません。ローラー点圧の効果は 8 時間から 48 時間まで続きます。
6. 節度ある量の窒素を使用します。窒素肥料は根の成長とは反比例の関係です。一般に、窒素が増えるほど発根は少なくなります。
7. 全ての栄養素は土壤試験で示された十分なレベルを維持しなければなりません。特にカリウムは、根の成長とストレス耐性に大きな影響を及ぼすことがあるので十分に与える必要があります。
8. 徹底的に散水し、撥水性土壤を確実に潤すことが必要です。根系の 25mm 下の土壤が潤うために十分な水を与えることが原則です。また、散水システムの均一性をチェックしなければいけません。
9. 気に入った浸透剤を用います（短期プログラム）。製造元への商品性能を実証した大学のテスト結果を要求します。製造元の指示に従って使用します。

第 2 章の試験

2. LDS が今日、以前よりも広がっているのは
 - a. 特定の殺虫剤の使用が増加したためです。
 - b. 芝草にかかるストレスが増加したためです。
 - c. 芝草の品種が弱くなったためです。
 - d. 芝草管理者が不足しているためです。
2. 正・誤 窒素は地上部の成長を促進しますが、それは言い換えれば根の成長を維持するために使用されるべき炭水化物物を利用しているということです。
3. 正・誤 撥水性土壤状態への浸透剤の使用で、疎水性土壤をより完全かつ均一に潤し、化学物質の使用を向上させ、散水効率を高めるのに役立ちます。
4. 正・誤 浸透剤の適用後は、ほとんどの場合、浸透剤が葉の表面から落ちるのを防ぐために 24 時間は散水を避けることが重要です。
5. 撥水性土壤は土壤断面の上部 _____cm に最も広がっています。
6. 刈高が _____（上がる・下がる）と、根の深さは _____（拡大・縮小）します。
7. 正・誤 浸透剤の適用による撥水性土壤の緩和効果は永続的であり、今後の適用は必要ありません。
8. 正・誤 グリーンを浸透剤で処理する時は、LDS が現れている箇所あるいは過去に LDS が発生した場所のみに処理が必要です。疎水性土壤を均一に湿らせ、乾燥させるためには、特定のスポットだけではなくグリーン全体を浸透剤で処理しなければなりません。
9. 正・誤 サッチ層 / マット層の厚みを測定することは、浸透剤の効率と浸透剤を与える前にエアレーションが必要かどうかを予想するのに役立ちます。

10. 下の図は親水性部分と油溶性の親水性炭素鎖を持つ浸透剤の分子です。ドラッグ&ドロップで各部の名称をつけなさい。(水溶性グループ・親水性／極性) (油溶性鎖・非親水性／非極性)
11. 次に浸透剤分子の無極性側と極性側にラベルをつけなさい。



12. 撥水性土壤に浸透剤を夏のストレス時期に与えることは、
- a. 芝草の根の発育を助けます。
 - b. 芝草の根の発育を抑制します。
 - c. 芝草の根の発育に影響を与えません。
13. 散水時に考慮すべき最も重要な2つの要素は
- a. 水が根系の少なくとも 25mm 下の土壤が潤うように与えることと散水範囲を LDS 範囲全体で均一にすることです。
 - b. 一日のうち芝に散水を行う時間帯と使用する散水システムです。
 - c. 気温と土壤の温度です。
 - d. 土壤固結の度合いとサッチ層の厚みです。
14. 浸透剤は _____ とよばれる化学物質の種類に含まれます。これは液体表面に物理的变化を起こす化学物質です。
15. 芝草管理に使用するほとんどの界面活性剤あるいは土壤浸透剤は _____ です。つまり水溶液中でイオン化しません。
16. 水は _____ 構造です。
17. 水の分子 (H_2O) は _____ 原子を伴うわずかに正極の部分と酸素原子を伴うわずかに負極の部分を持っています。
18. 正・誤 砂や土壤粒子の表面に自然の有機コーティングが生ずることによって土壤撥水性が起こります。
19. 浸透剤を水に加えると、浸透剤の極性(極性・無極性)部分が水と結合し、無極性(極性・無極性)部分は有機コーティングと結合します。これによって土壤や砂粒子を湿らせることができます。

20. 撥水性土壌を管理するためには

- a. グリーンキーパーは常に散水温度を監視しなければなりません。
- b. 土壌の pH を知ることが重要です。
- c. できるだけ頻繁にホロータインでエアレーションを行わなければなりません。
- d. 効果の遅い肥料の使用は勧められません。

塩、土壌とターフ

誤解された関係

塩（エン）について理解するには、塩が何であるのかを理解しなければなりません。

塩は、塩基と酸の反応による水以外の産物です。これはかなり大げさな説明ですが、実際には全く単純です。酸と塩基の一般概念において、水素イオンと水酸基イオンが結合する中和プロセスで水が生まれます。 $H^+ + OH^- = H_2O$ です。

肥料塩はプラスイオンとマイナスイオンから成る化合物で、酸塩基反応に間接的にのみ関係することがあります¹。肥料塩で最も多いプラスイオンは、 K^+ 、 Ca^{++} 、 Mn^{++} 、 Mg^{++} 、 Fe^{++} 、 Zn^{++} などの単一金属イオンと溶媒水素イオン NH_4^+ です。マイナスイオンには NO_3^- 、 SO_4^{--} および PO_4^{--} などの多価イオンが含まれています。

肥料塩である K_2SO_4 （硫酸カリウム）を土壌に加えると、 K^+ と SO_4^{--} に分離します。この形のカリウムイオンは植物自身によって利用されるか、あるいは硫酸イオンが土壌溶液に留まるのに対して粘土コロイドに付着して水とともに根に移動して植物に吸収されるか、もしくは根圏の下に浸出して植物素材によって濾過されます。肥料塩は、塩化カリウム（KCl）であれ、硫酸アンモニウム（ NH_4NO_3 ）であれ、酸化第一鉄（FeO）であれ、すべて同じ様に反応します。マイナスイオンである NO_3^- 、 SO_4^{--} および Cl^- はすべて土壌溶液中に留まり土壌コロイドに付着することはありません。

このことは塩化物イオン（Cl）の真実を明らかにします。このイオンには幾分説明が必要です。塩化物イオンが土壌中の『塩』の蓄積を増すように感じる人がいるかもしれませんがこれは間違いです。硫酸イオンの反応と同じように、塩化物イオンも土壌には付着しません。硫酸カリ化合物は塩化カリ（塩化カリウム）がもたらす量と同量の『塩』を土壌に与えるのです。

使用されるカリ化合物全体の約95%は塩化カリです²。カリ肥料塩（KCl、 K_2SO_4 および KNO_3 ）は水溶性で、すぐに利用される形です。作物生産への一般的な影響はごくわずかだと言えます。例外はタバコです。硫酸カリ化合物によって葉焼けの可能性が大幅に増します。²

塩化物は土壌から容易に浸出します。塩素は植物の栄養素としてほとんど知られていませんが、100 g当たり3ミリグラムから5ミリグラム当量の塩素しか含まない土壌に育つ植物が深刻な塩素不足を示すことが実証されています³。塩素不足の症状は簡単には確認できません。影響を受けた植物は弱り、部分的に退緑し、枯死して、葉が褐色になると言われています³。塩化カリウムは、ターフ、小麦および他の作物における殺菌効果も示しています。例えば、塩化カリ中の塩素はセロリの黒色芯腐れ病を予防します。

また、グリーンキーパーの中には塩化カリの『塩指標』を心配する人もいます。塩指標とは、化合物の溶解度を比較する指標です。窒素化合物やカリウム化合物のほとんどは、高い塩指標を示し、リン化合物の塩指標はそれよりも低い傾向があります。塩指標は葉焼け可能性を測定した値であり、硝酸ナトリウム（100を指標にする）を基にしています。以下に普及する肥料製品によく知られている指標を挙げます。

硫酸アンモニア	69.0
硫酸カリウム	46.1
塩化カリウム	116.3
硝酸アンモニア	104.7
尿素	75.4
ターフシュプリーム	65.6
6-20-20 xb	45.0
硝酸カルシウム	52.5

上記の肥料は全て、葉焼けの可能性を抱えていますが、適量を与えて散水を行えば、ターフが葉枯れを起こすこ

とはありません。

上記の肥料はどれも、土壌に有害な『塩』を与える肥料ではなく、ターフの適切な成長を促す良質の塩を与える肥料です。

肥料塩の適用によって土壌に必要な栄養を与えることができますが、植物素材が利用できる元素を与えているわけではありません。鉄を例にとって説明します。

鉄は鉄イオン (Fe^{2+}) として植物に摂取されます。植物は土壌の鉄はほとんど利用できません。高い pH 値の土壌では鉄不足がよく発生します。芝草は特に鉄不足に敏感です⁴。鉄不足は銅やマンガンなどの金属イオンの不均衡や、過剰なリン、発根の媒質中の高 pH 値と石灰分の多さ、土壌の多量の水分および低温と高レベルの HCO_3^- (炭酸水素塩) の組み合わせによって発生する可能性があります⁵。ここから分かるように鉄の有用性に影響を与える因子は多数あります。一般に硫酸鉄のようなイオン化鉄塩を土壌に適用すると、すぐに酸化して鉄イオンになるので、他の形の鉄と同じく効果がないことが実証されています。溶解鉄 (sucrate) は酸性土には使用できますが、(炭酸カルシウムを含む) アルカリ土や石灰土には不向きです⁵。酸化鉄や硫酸鉄は溶解鉄が通常利用できないアルカリ性土壌においてターフにわずかな反応を与えます。ターフが鉄を最も利用できるのは、それが硫酸鉄であれキレート鉄であれ、葉面散布素材を通してです。興味深いのは、酸化鉄は副次的な利点として、土壌凝結 (土質) 中で微生物粘性物質に次いで重要であることが証明されています。酸化鉄は有機体炭素 (有機物) や粘土よりも重要なのです⁶。

肥料塩に関して理解すべきことはたくさんありますが、理解を深めれば深めるほど最高状態のターフを維持する肥料を選ぶことができるようになるでしょう。

(Footnotes)

¹「一般化学」第3版、Nebergall, Schmidt, and Holtzclaw

²「土壌科学の基礎」第5版 Foth and Turk

³「土壌の肥沃さと肥料」第2版、Tisdale and Nelson

⁴「西洋肥料ハンドブック」第2版、California Fertilizer Association

⁵「土壌の肥沃さと肥料」第2版、Tisdale and Nelson

⁶「土壌科学の基礎」第5版、Foth and Turk

肥料の役割

なぜ肥料か？

土壌には肥料養分の管理が必要です。土壌は岩、鉱物、有機物が自然に粉碎された最終的な天然体です。砂、シルト、粘土、有機物などが必要な空隙や水の浸透を助けますが、通常健康な植物の成長に必要な肥料養分は存在しません。

肥料とは何か？

植物の成長、生育には基本 17 要素が必要です。

肥料（植物栄養素）は植物に吸収される形態の物質で生産供給されています。

吸収源		
空気と水	土壌と肥料	
炭素 (C)	窒素 (N)	マグネシウム (Mg)
水素 (H)	リン酸 (P)	マンガン (Mn)
酸素 (O)	カリ (K)	モリブデン (Mo)
	硫黄 (S)	銅 (Cu)
	亜鉛 (Zn)	カルシウム (Ca)
	鉄 (Fe)	塩素 (Cl)
	ホウ素 (B)	ニッケル

17 要素の中の炭素、水素、酸素の 3 つは基本的に空気と水から吸収されます。酸素と水素は水から吸収され、炭素と水素は空気から葉を通して吸収されます。その他の 14 要素は土壌からまたはあとから追加された肥料養分から利用されます。

植物がそれらの養分を取り上げ、また溶脱、流亡、蒸散、浸透などの現象により土壌から必要な養分が継続的に減っていきます。そのため養分が減ると芝生は色が落ち（黄緑、黄色）密度が下がり、雑草の進入し生育が落ちる事により病害や虫害が増すことが予想されます。

土壌の生産性を上げるためには土壌に必要な養分を複数回散布するきちんとした計画が必要です。

なぜ肥料は 100% の植物に必要な養分を持ってないのか？

ある肥料 16-6-8 には合計 30% の養分が入っており 10 kg の肥料には 3 kg の肥料成分が入っています。では後の 70% は何でしょうか？

もちろん増量剤ではありません。肥料には植物に必要な成分を植物に吸収されやすい化学的な化合物に合成しているからです。

植物は窒素元素 (N) を利用することはできません。植物は窒素が NO₃ (硝酸) または NH₄ (アンモニア) の形になった場合に窒素を吸収することができます。このばあい一つの窒素分子に 3 つの酸素分子または 4 つの水素分子が付いているということです。植物は窒素が化合物となっている場合に吸収利用可能であり、窒素は単に化合物の一部ということになります。この様なことがリン酸や他の養分にも言えます。リン酸は H₂PO₄、HPO₄= あるいは PO₄= など土壌 pH によっていくつかの化合物なって吸収されます。

もし肥料が元素の形でつられた場合、大変扱いにくいものになります。

窒素元素 (N) — 色の無いガスで気体になり飛散します

リン酸元素 (P) — 空気に触れると自然に発火します。濃縮された形では植物に害を与えます。

カリ元素 (K) — 水に触れると火がつきます。激しく反応し爆発、分解します。

土壌、肥料からもたらされた14要素の役割

A, 第一植物栄養要素

窒素 リン酸 カリ	植物は直ちにこれらの養分を利用します。通常管理されていない土壌には植物の健康を維持するだけのこれらの養分が十分にありません。
-----------------	--

窒素 (N)

- 1・植物の速やかな成長を（茎、葉）促し、芝生の刈り込み後の回復や活性をあげる。
- 2・緑色を維持するための鍵になるクロロフィルの機能と組成に関わる重要な成分
- 3・タンパク質からアミノ酸を合成するのに必要
- 4・他の養分の吸収を調整する
- 5・生命維持に必要な核酸、酵素の組成に関わる基本成分

リン酸 (P)

- 1・根の伸張を助長する刺激を与え、植物の初期生育を助ける。そして水や植物に必要な他の養分を土壌から十分に吸収する根のフィルターの役割を果たす。植物の強さとスタミナを改善する
- 2・種子などの実りを助長する（デンプンを糖に変える）
- 3・開花と出穂を促す刺激になる
- 4・糖を新しい葉や実を生長させるためのエネルギーとタンパク質、ホルモンに変換する課程のエネルギーになる
- 5・DNA, RNAの構成要素
- 6・光合成に重要な役割を持つ（植物の緑色維持）
- 7・細胞核に必要な構成物質

カリ (K)

- 1・葉や茎の損傷からの回復を助ける
- 2・耐病性を増し、すり切れに対する抵抗性を強固にする
- 3・細胞壁を強固にし、倒伏を減らし芝を立たせる
- 4・植物の細胞による水分の吸収に影響を与えるーカリ不足の植物は過剰な水分吸収によりしおれてしまうことがある。
- 5・鉄分吸収の触媒作用を行う
- 6・タンパク質、デンプン、糖、油の組成と移動に重要な役割ー果実、穀粒、塊茎の大きさ、質を改善する。

B, 第二植物栄養要素

カルシウム マグネシウム(苦土) 硫黄	これらの要素は第一要素に比べて少量で十分ですが、植物の生長と質にはきわめて重要な栄養要素です。
---------------------------	---

カルシウム (Ca)

- 1・カルシウムは細胞壁を構成する重要な要素であり新しい細胞を作るときにはなければならない。
- 2・カルシウム不足は茎を弱め、早く花やつぼみを落としてしまう。

マグネシウム (Mg)

- 1・光合成に重要な役割を果たす（植物の緑色）

2・植物の生長に必要なたくさんの酵素の活性に必要

硫黄 (S)

- 1・ 3つのアミノ酸の構成要素、タンパク質の生成に必要
- 2・ 植物の緑色の維持を助ける
- 3・ アルカリ土壌を改善する
- 4・ 固結した土壌を団粒化し水の浸透性を改善する

硫黄について一通常植物には二つのタイプの硫黄を土壌や植物に施します：酸化硫黄 (SO₄)；硫黄元素 (S)

酸化硫黄 (SO₄)

酸化硫黄 (SO₄) は植物の養分として吸収されます。多くの植物が植物の成長にリン酸と同じぐらい硫黄を必要とします。

酸化硫黄 (SO₄) は石膏 (CaSO₄) や他の硫化肥料—硫化アンモニア (硫安)、硫化リン酸アンモニアなど—に含まれております。

石膏 (CaSO₄) はアルカリ土壌の固結した土壌を改善して団粒化し排水を改善します。アルカリ土壌は土壌を固結させる原因である多くのナトリウムを含んでいます。自由カルシウムが土壌のシルト上のナトリウムと置換してナトリウムを土壌から洗い流します。

その結果、小さい固まりとして固結していた土壌に隙間ができ空気や水の通りを改善します。

硫黄元素 (S)

硫黄元素 (S) は土壌中において酸化硫黄に変化します。この反応は土壌の状態と硫黄の粒の大きさに関係によって大変ゆっくり起こります。ひとたび酸化硫黄 (SO₄) になると植物に吸収されます。もし土壌にカルシウムがあると土壌中で石膏に変化してアルカリ土壌を改善します。

C, 微量元素：鉄、亜鉛、マンガン

微量元素は植物にとって大変少量必要な栄養要素ですが、植物の成長にとって第一要素、第二要素に並んで重要な要素となります。これらの要素は水や全ての栄養要素のバランスを維持するのに不可欠です。

芝生においては特に三つの微量元素が勢いのある成長と緑色の維持に重要です。

鉄 (Fe)

芝生の黄化（鉄退色）はしばしば鉄欠乏により起こる。鉄は植物細胞内の葉緑素の生成に必要（芝生の健康的な緑色の維持に必要）。窒素と光合成の反応や呼吸などの生反応の課程に必要な触媒となる。

鉄の散布は鉄欠乏を改善するが、pHの高い土壌においてはカルシウムと結合してしまう。その場合硫黄元素やアンモニア態窒素、あるいは他の酸化剤を利用して酸化させることが必要となる。アンモニアは土壌中において硝酸となり酸化の効果を持つ。これらの酸化の効果は鉄や他の要素をアルカリ土壌においてもより利用可能な状態にする。

亜鉛 (Zn)

亜鉛はいくつかの植物酵素の重要な構成要素である。亜鉛はオーキシンの一部、成長を調整するインドール酢酸の

合成をコントロールする。また亜鉛は水の吸収と十分な利用に影響を与える。

マンガン (Mn)

マンガンは植物の酵素を活性化させる。マンガンなしでは植物は吸収された鉄を利用することができない。黄化した芝が緑色化するために葉緑素中の鉄の手助けをする。

MEMO

シンプロット T&H 社日本正規業務委託代理店

株式会社ヒューエンタープライズ

東京都新宿区西五軒町 10-1

電話 03-5225-2647

FAX 03-5225-2648

HP: <http://www.hugh-enterprise.co.jp>

email: info@hugh-enterprise.co.jp