

## コウライシバの年間生育サイクル\*

島田 直仁\*\*

ユーズテックグリーン

Growth of *Zoysia matrella* during the Year

Naohito Shimada

## はじめに

ゴルフ場では、地球温暖化に対応するために種々の取組みがされている。コウライシバはその中で見直されるべき重要な芝草品種である。

理由として、コウライシバは、日本人にとって最も身近な芝草であり、全国の約8割のゴルフ場のグリーンあるいはフェアウェイやティグラウンドでコウライシバが使用されており、その生育特性を理解することは重要である。

すなわち、ゴルフ場のコース管理にとって、コウライシバの生育特性を理解することは、いつ施肥するのが最適か、バーチカル、サッチングやコア抜きなど更新作業の最適な時期はいつか、除草剤の安全な散布時期はいつなのか等々で重要となる。

また、農薬・肥料・機械等コース管理資材のメーカー・販売店においては、今後のより良い普及や合理的な資材開発等々に有効である。

これらのことから最も基礎となる「コウライシバの茎と根がどのように生長していくのか」を解明するため、年間の生育サイクルを明らかにすることが必要と考え、調査研究を実施した<sup>1)</sup>。本稿ではその結果とそこから得られた留意点と管理目標について述べる。

## 調査方法

調査期間は平成27年1月31日～平成29年3月29日で、調査場所は、生育と温度の関係を知るために、ウェザーステーションが試験地横に設置されている千葉県Tゴルフ場管理棟前のコウライシバのパッチンググリーンで行った。なお、地温は、地下5cmの深さを測定した。土壌は地下0～10cmが砂主体のサンディ土壌で、10cm以下は粘土混じりの土壌である。平成27年5月15日に計測した土壌透水性は、10cm深で330mm/時、15cm深では90mm/時であった(図1)。

調査期間中の気象は、平成27年が図2のとおりで、平均気温が15.4℃、平均地温(地下5cm深)が15.8℃、年間降

水量が1,543mmであった。平成28年が図3のとおり、平均気温が15.6℃、平均地温が16℃、年間降水量が1,680mmであった。調査期間中両年の管理内容は、刈高が3～5月：4mm、6月：3.9～3.5mm、7～9月：3.5～3.4mm、10～12月：3.6～4mm。更新作業は、3～4月頃にバーチカルのダブルがけとコア抜きを実施、5～7月にサッチング作業やパンチング作業を実施。目砂は年計で平成27年が5.65mm、平成28年が3.1mm。施肥は年計で平成27年がm<sup>2</sup>当りN 9.25g、P 5.02g、K 6.34gであり、平成28年がm<sup>2</sup>当りN 8.50g、P 3.60g、K 5.60gであった。

調査内容は、年間の芽・茎・根生育の推移を明らかにするため、毎回グリーンの定位置から土壌を抜き取り、水洗し、根系生育状況を調査した。さらに、水洗したターフを分解し、茎ごとの生育を観察した。あわせて、葉身成分の分析を実施するため、生育月毎月1回刈芝を採取し、N・P・K・S・Ca・Mg・Fe・フルクタン(近赤外分光分析法)、ケイ素(重量法「栽培植物分析法」)、デンプン(過塩素酸抽出-ソモギ法「栽培植物分析法」)含量を測定した。また、表面葉色・土壌EC・葉数・擦り切れ抵抗・ボールスピードの計測も実施した。

各年次の各調査回数は表1のとおりである。

## 調査結果

## (1) 年間の芽と茎および根の推移

平成27年と平成28年の年間の芽と茎および根の推移はほぼ同様で推移した。各月の芝生表面・茎・根の推移は、下記のとおりである。

なお、後述の図4・6・8・10・12・14に表した各月の経過写真は、平成27年1月から平成28年2月に撮影したものである。

## 1) 1～3月(期間中の10日間毎平均地温3→11℃)の芝生表面・茎・根の経過と特長

芝生表面・茎・根の経過を図4に、また、各部位の動きの特長を図5に示す。3月中旬まで表面は茶色に見える。枯死葉は茶色だが、生きている葉の、光が当たる葉の表面はアン

\* 本研究の一部は、日本芝草学会2016年度春季大会にて口頭発表した。

\*\* 本研究は、筆者が住化グリーン株式会社入社時に実施したものである。

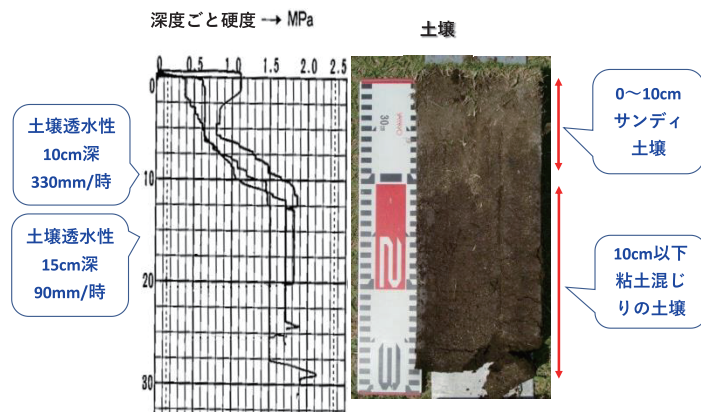
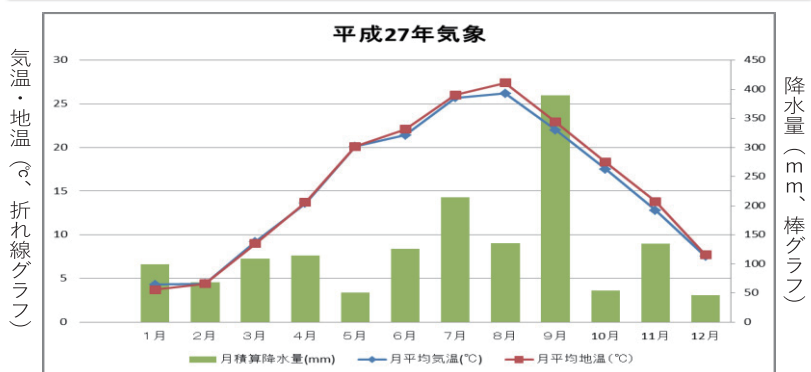


図1 調査場所の土壌条件

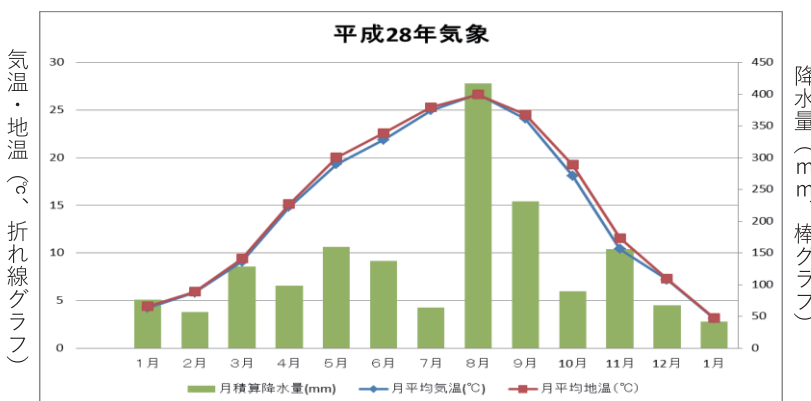
平成27年Tゴルフ場	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
月平均気温(°C)	4.3	4.4	9.2	13.6	20.1	21.4	25.7	26.2	22	17.5	12.8	7.5
月平均地温(°C)	3.7	4.4	9	13.7	20.1	22.1	26	27.4	22.9	18.3	13.8	7.7
月積算降水量(mm)	99	68.5	109	114.5	50.5	125.5	214.5	135.5	389.5	54.5	135	46.5



※地温は地下5cm部位の測定データ

図2 平成27年調査期間中の気象条件

平成28年Tゴルフ場	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
月平均気温(°C)	4.2	5.8	9.1	14.8	19.3	21.9	25.0	26.7	24.1	18.1	10.4	7.2
月平均地温(°C)	4.4	5.9	9.4	15.1	20.0	22.6	25.3	26.6	24.5	19.3	11.6	7.3
月積算降水量(mm)	76.5	56.5	128.5	98.0	159.6	136.9	63.8	417.0	231.0	89.5	155.5	67.5



※地温は地下5cm部位の測定データ

図3 平成28年調査期間中の気象条件

表1 各調査項目の調査回数

調査項目	H27 調査回数	H28 調査回数	計
採取・水洗・分解	21	23	47*
表面葉色 (水稻用カラースケール)	21	23	44
土壌 EC	20	21	41
芽数 (スクエアセンチメートル)	21	23	44
擦切れ抵抗性 (ポケットペーンテスター)	21	20	41
ボールスピード	15	16	31
葉身分析	7	7	7

※H29 も 3 回実施

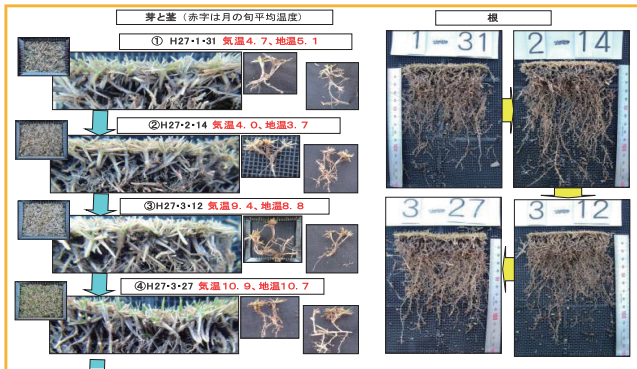


図4 平成27年1~3月の芝生表面・茎・根の経過

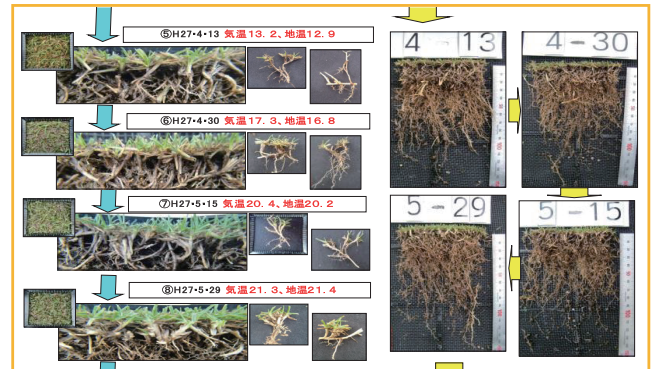


図6 平成27年4~5月の芝生表面・茎・根の経過

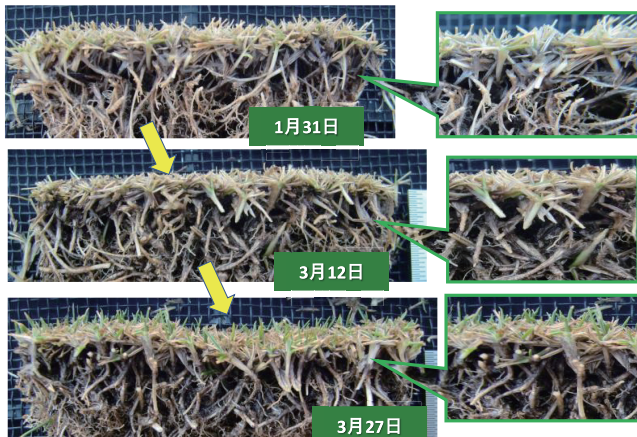


図5 平成27年1~3月の芝生表面・茎・根の動きの特長

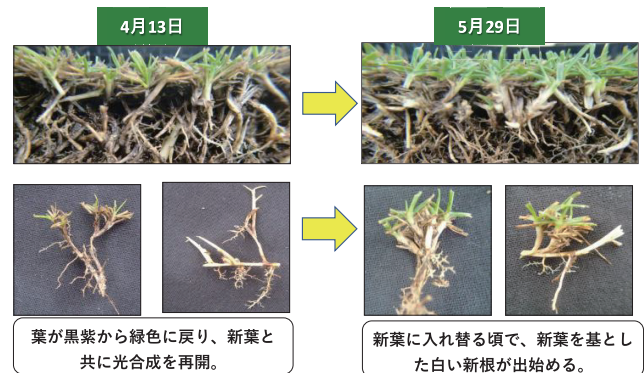


図7 平成27年4~5月の芝生表面・茎・根の動きの特長

トシアン色素の発現で黒紫色になっている (黒紫色であるために枯死葉の茶色に埋もれて目立たない)。黒紫色の葉があるターフ断面を見ると茎葉に緑が残っている。3月下旬には地温が10℃を超え、表面の黒紫色の葉に緑が戻ると共にその茎基部にある休眠していた新芽が動き出している。

2) 4~5月 (期間中の10日間毎平均地温 11.5 → 21.4℃) の芝生表面・茎・根の経過と特長

芝生表面・茎・根の経過を図6に、また、各部位の動きの特長を図7に示す。徐々に新芽の生育が旺盛になり、5月下旬にはその新芽を元とした茎が太くなり、分けつ・ほふく茎の伸長が旺盛になった。黒紫色から緑色に還元した葉は光合成を再開し、茎内部の新葉となる芽の生育や止まっていた茎や根の生育に使われる前年秋の貯蔵養分に新規の貯蔵養分を

プラスする手助けをされると思われる。

3) 6~7月 (期間中の10日間毎平均地温 21 → 29℃) の芝生表面・茎・根の経過と特長

芝生表面・茎・根の経過を図8に、また、各部位の動きの特長を図9に示す。5月下旬頃に、外側にある黒紫色から緑色に戻った葉が老化・枯死、入替りに内側から萌芽した新葉・新茎からの白い発根が6月上旬頃に目立つようになった。7月下旬~8月上旬が生長の頂点と思われる。

4) 8~9月 (期間中の10日間毎平均地温 30 → 21℃) の芝生表面・茎・根の経過と特長

芝生表面・茎・根の経過を図10に、また、各部位の動きの特長を図11に示す。平均地温が降下に転じる頃で、生育の頂点は過ぎるが、この期間もさらにほふく茎の伸長と茎の分けつ、および発根が進んだことを目視で確認した。

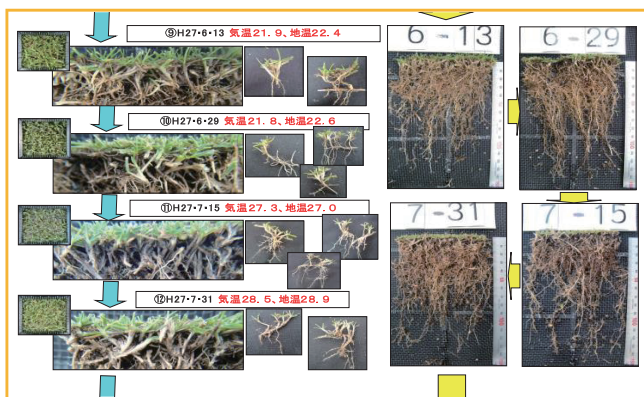


図 8 平成 27 年 6~7 月の芝生表面・茎・根の経過

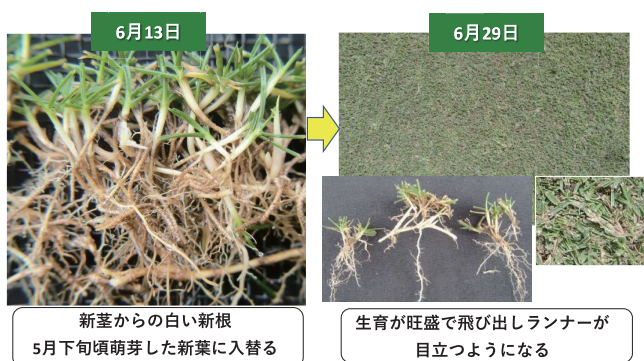


図 9 平成 27 年 6~7 月の芝生表面・茎・根の動きの特長

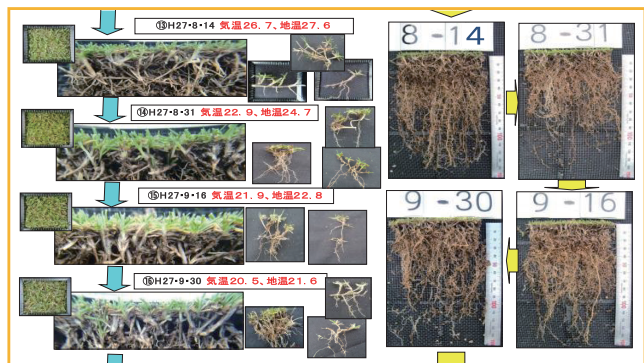


図 10 平成 27 年 8~9 月の芝生表面・茎・根の経過

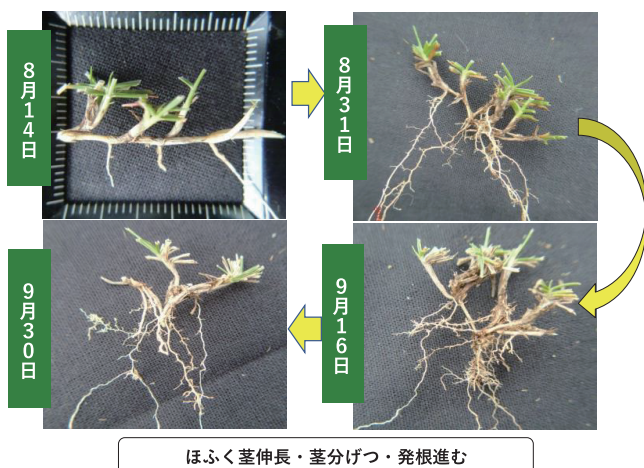


図 11 平成 27 年 8~9 月の芝生表面・茎・根の動きの特長

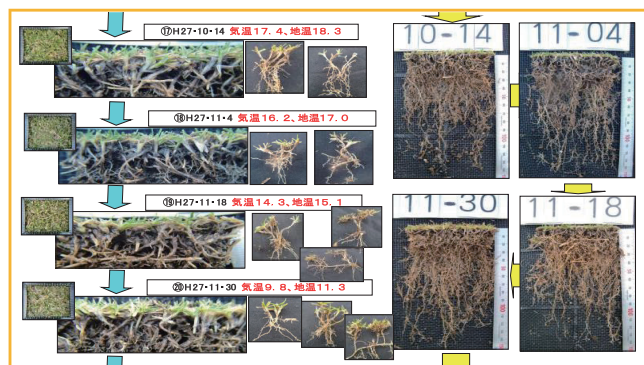


図 12 平成 27 年 10~11 月の芝生表面・茎・根の経過

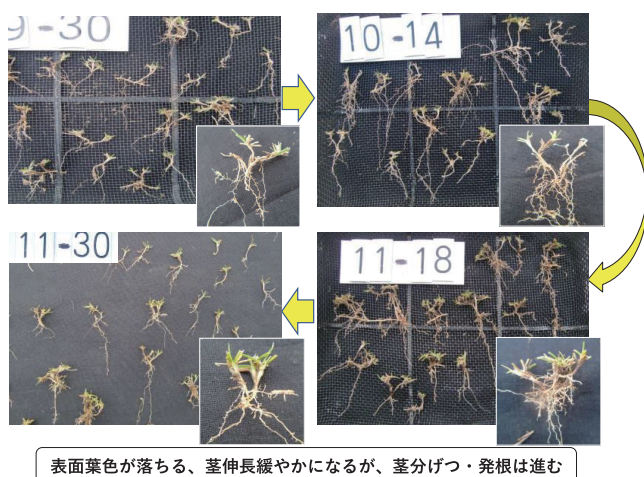


図 13 平成 27 年 10~11 月の芝生表面・茎・根の動きの特長

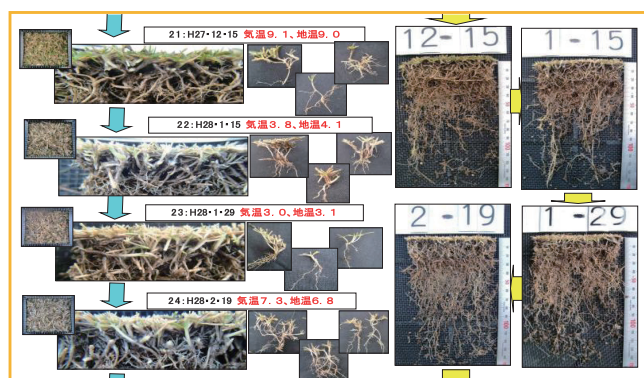


図 14 平成 27 年 12 月~平成 28 年 2 月の芝生表面・茎・根の経過

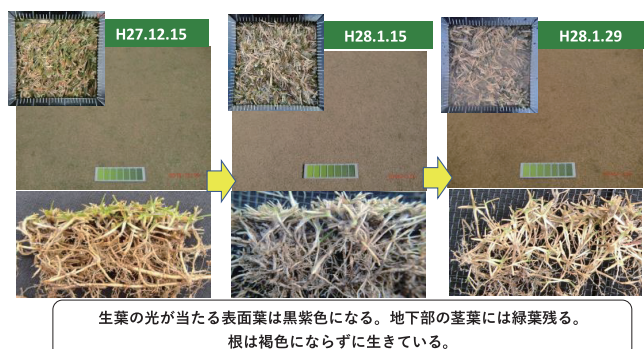


図 15 平成 27 年 12 月~平成 28 年 2 月の芝生表面・茎・根の動きの特長

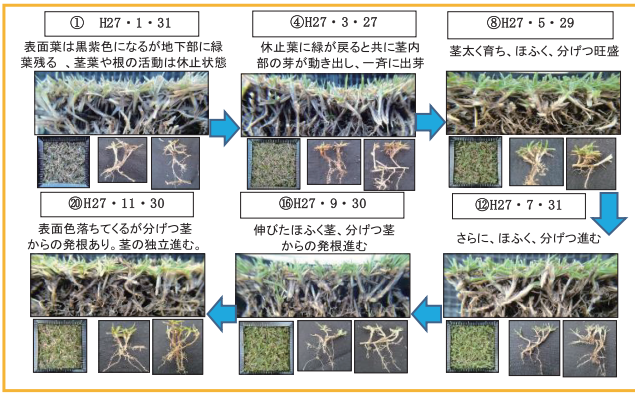
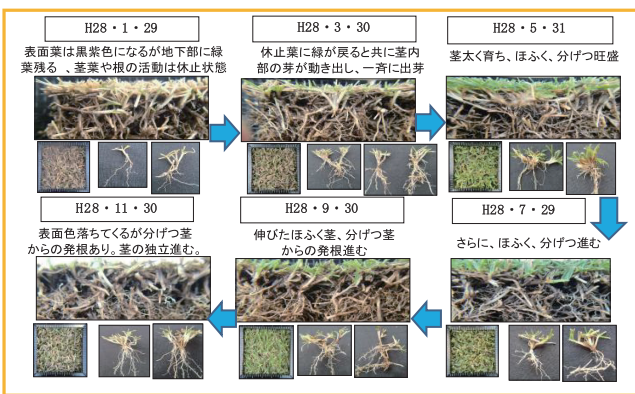


図16 平成27年年間の芝生の芽と茎および根の推移のまとめ



※H28もH27と同じ動きであった。

図17 平成28年年間の芝生の芽と茎および根の推移のまとめ

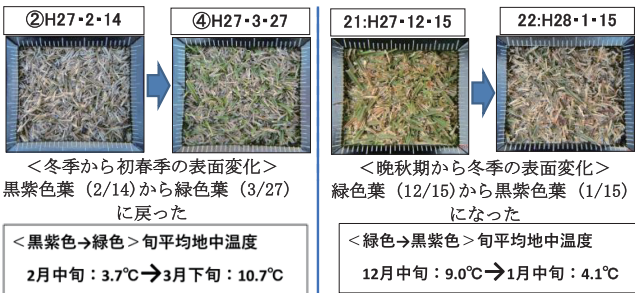


図18 冬季から早春および晩秋から冬季の芝生表面変化

5) 10~11月 (期間中の10日間毎平均地温 19 → 11℃) の芝生表面・茎・根の経過と特長

芝生表面・茎・根の経過を図12に、また、各部位の動きの特長を図13に示す。表面葉色は落ちてゆき、ほふく茎の伸長は緩やかになったが、分けつ、発根は進んだ。分けつした茎の途中から根が出て、親茎からの独立、代替りが進んだことを目視で確認した。

6) 12月~翌年2月 (期間中の10日間毎平均地温 8 → 3 → 6.5℃) の芝生表面・茎・根の経過と特長

芝生表面・茎・根の経過を図14に、また、各部位の動きの特長を図15に示す。地温が9℃であった平成27年12月中旬まで緑葉は残っていた。平成28年の1月中旬(地温4.1℃)には黒紫色に変わっており、表面は茶色になっていた(地温6.1℃であった12月下旬か、地温5.9℃であった1月上旬には黒紫色化したものと考えられる)。断面を見ると1年前と同様に茎葉に緑が残っていた。また、2月下旬(地温6~7℃)には根が動き出していたことを目視で確認した。

7) 年間の動きのまとめ

前述してきた芽と茎および根の推移写真を2カ月ごとに並べ、年間のサイクルで表した。図16が平成27年、図17が平成28年である。両年とも同様な傾向を示した。

(2) 冬季から早春および晩秋から冬季の芝生表面の葉色変化

図18に示すように、生きている葉が冬季の黒紫色から早春の3月下旬には緑色に変化した(戻った)。同じく晩秋の緑色から冬季の1月中旬には黒紫色に変化した。

この両方の変化と地温との関係は次のとおりである。

1) 冬季から早春の芝生の葉色表面の変化(黒紫色→緑色)と地温との関係

グリーン表面の生きている葉が冬季の黒紫色から早春に緑色に戻る現象と地温(5cm下)の関係を図19に示す。平成27年と28年の2月上旬~3月下旬の日平均地温の月平均と旬平均、および月10日間毎の平均地温6℃以上日数と9℃以上日数の表と調査日の表面葉色を示した図である。平成27年度においては月10日間毎の平均地温が10.71℃だった3月下旬の3月27日調査時に緑の戻りが認められた。平成28年度は暖かい年であり、月10日間毎の平均地温が9.03℃だ

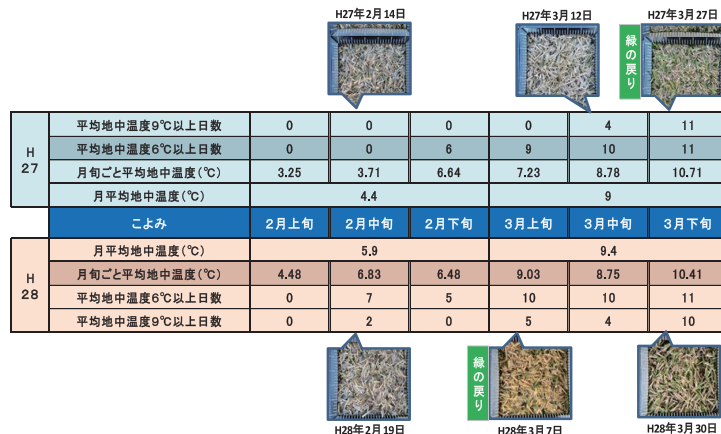


図19 平成27年と平成28年の黒紫色葉から緑色葉に戻った日と地温との関係

平均地中温度 9℃以上日数	10	10	8	2	7	0	0	0	0
平均地中温度 6℃以上日数	10	10	10	10	9	7	4	0	0
月ごとに 平均地中温度(℃)	15.18	15.07	11.27	8.15	8.97	6.11	5.9	4.12	3.14
月平均地中温度(℃)	13.8			7.7			4		
こよみ	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬	12月下旬	1月上旬	1月中旬	1月下旬
	H27年11月			H27年12月			H28年1月		

図 20 平成 27 年～28 年の寒さによる葉の黒紫色化と地温との関係

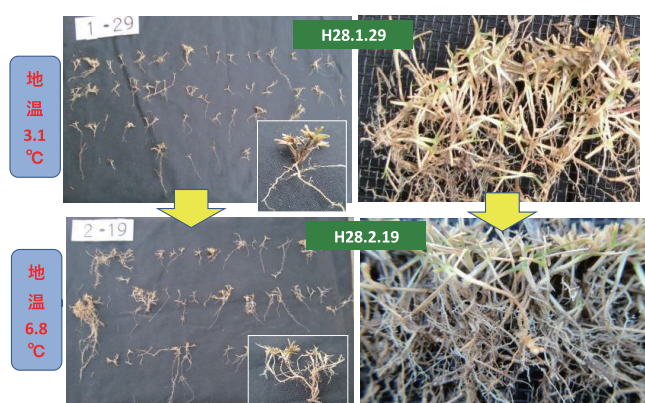


図 21 平成 28 年 2 月 19 日（地温 6～7℃）の芝生の根の動き

った 3 月上旬の 3 月 7 日の調査日に緑の戻りが認められた。しかし、その後、平年並みの気温に戻り、本格的な緑の戻りは月 10 日間毎平均地温が 10.41℃である 3 月下旬の 3 月 30 日調査時に認められた。

2) 晩秋から冬季の芝生の葉色表面の変化（緑色→黒紫色）と地温との関係

グリーン表面の生きている葉が晩秋季の緑色から冬季の黒紫色に変化する現象と地温（5 cm 下）の関係を図 20 に示す。平成 27 年 11 月上旬から 28 年の 1 月下旬の日平均地温の月平均と旬平均、および月 10 日間毎平均地温 6℃以上日数と 9℃以上日数の表と調査日の表面葉色を示した図である。

月 10 日間毎平均地温が 8.97℃だった 12 月中旬の 12 月 15 日調査時はまだ緑色であった。生きている葉が黒紫色に変化したのを認めたのは月平均地温が 4.12℃だった 1 月中旬の 1 月 15 日調査時であったが、月平均地温が 6.11℃だった 12 月下旬には黒紫色に変化したものと考えられる。

3) 表面葉色変化の地温の分岐点

結果を総括すると、早春の黒紫色葉→緑葉および初冬の緑葉→黒紫色葉への変化は平均地温（平均気温も同程度）9～10℃が分岐点と考えられる。

(3) 根が動く地温

平成 28 年の調査において、月 10 日間毎平均地温が 6.8℃である 2 月中旬の 2 月 19 日には根が動いていることが認められた。月 10 日間毎平均地温が 3.1℃の 1 月下旬の 1 月 29 日には見られなかった（図 21）。コウライシバの根が動く地温は 6～7℃からと考えられる。

(4) ほふく茎の伸長活性

ほふく茎の伸長活性は 5 月から上がり始め 9 月まで続いた。この期間の地温はおおむね 20～30℃の間であった。この温度帯が最適生育温度と考えられる。

(5) 年間のほふく茎・葉・根の生育適温とコウライシバの年間生育サイクル

以上の結果から年間のほふく茎・葉・根の生育適温期間のまとめを表 2 に示す。また、コウライシバの年間生育サイクルのまとめを表 3 に示す。

(6) 葉身分析結果

1) NPK 葉身分析値の変化

生育月毎月 1 回刈芝を採取し葉身分析を行った結果を図 22 に示す。その中で、2017 年 11 月下旬の葉身分析結果と 2018 年 4 月中旬に行った葉身分析結果を比較したところ、2017 年 11 月下旬と比べて 2018 年 4 月中旬の分析結果では、N・P・K 共に多く吸収されており、根が早めに動き栄養を吸収していることがわかった。

5 月中旬、6 月中旬に採取した芝では、NPK 共に減少しており、旺盛な芝草の生育に使われたものと考えられる。

2) 葉身中のケイ素とデンプン量の推移

ケイ素については早春の動き出しの頃から、生育が旺盛になるに連れて減少して、その後、10 月以降の代替わり充実期に入ると増加する傾向であった。

デンプン含量については、早春の動き出しの頃から、光合成が盛んになるにつれて増加し、9 月以降の光合成が弱くなるにつれて減少した。施肥を行う（6 月上旬と 9 月下旬に施肥）と明らかにデンプン量が増加する結果であった（図 23）。

過去の試験研究

1982～1983 年に江原は、根の観察箱（ライゾトロン）を用いてコウライシバとクリーピング・バントグラスの根群の季節的消長に関する研究を実施した<sup>2)</sup>。その研究報告書の抄録には「コウライシバは春において、地下ほふく茎が多く、根の褐色化が著しく進み衰退するが、白い生活力のある根も少し存在した。また、この調査からは Beard らのいう spring root dieback\* というよりは、その後名付けられた spring root decline\* という方が適当と思われた。この現象は根の春枯れというべきものであろう。著者（江原）の研究では、この根の春枯れは短時間におこるのではなく、むしろ徐々にこる

表2 年間のコウライシバのほふく茎・葉・根の生育適温期間

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
月平均地温	3.7	4.4	9	13.7	20.1	22.1	26	27.4	22.9	18.3	13.8	7.7
生育適温	ほふく茎				←				→			
	葉			←						→		
	根			←								→

コウライシバ生育最適温度

表3 コウライシバの年間生育サイクル

12月(初霜)～ 3月中旬(桜開花前)	休止期	<ul style="list-style-type: none"> <li>■茎や芽や根は生きているが、寒さで生育を止めている。</li> <li>■光が当たる生葉の葉表面はアントシアン色素の発現で黒紫色になるが、地下部の茎葉には緑色が残る。この間表面色は茶色に見える。</li> <li>■日平均地温が6～7℃になると根は動く。</li> </ul>
3月下旬(桜開花)～ 5月下旬	基礎作り活性期	<ul style="list-style-type: none"> <li>■親茎から代替わりした(代替わり途中のものもある)休止茎葉が活動再開。</li> <li>■休止葉表面に緑が戻ると共に内部にある休止茎(芽)が動き出し、一斉に出葉し、表面が緑色になる。</li> <li>■これらの葉が光合成活動を再開し、さらに新芽の生育を促進させる。</li> </ul>
6月初旬～ 9月下旬	生長期	<ul style="list-style-type: none"> <li>■5月下旬～6月上旬頃に還元緑葉は枯れ、新葉に入れ替わる。</li> <li>■各細胞が新しく生長が旺盛。ほふく茎や分けつ茎の生長が旺盛になり、7～9月にはさらにほふく茎の伸長と茎の分けつが進む。</li> <li>■6月頃には表面に飛び出しランナーが見える。</li> </ul>
10月上旬～ 12月(初霜前)	代替わり充実期	<ul style="list-style-type: none"> <li>■光合成能が初秋期から衰退してゆき、ほふく茎の生育が鈍る。</li> <li>■分けつは続き、分けつした茎からの発根も続き、茎の独立(親茎からの代替わり)が進む。</li> <li>■この期間は初霜の頃までで、寒さが来るとその状態で活動休止状態に入ってゆく。</li> </ul>

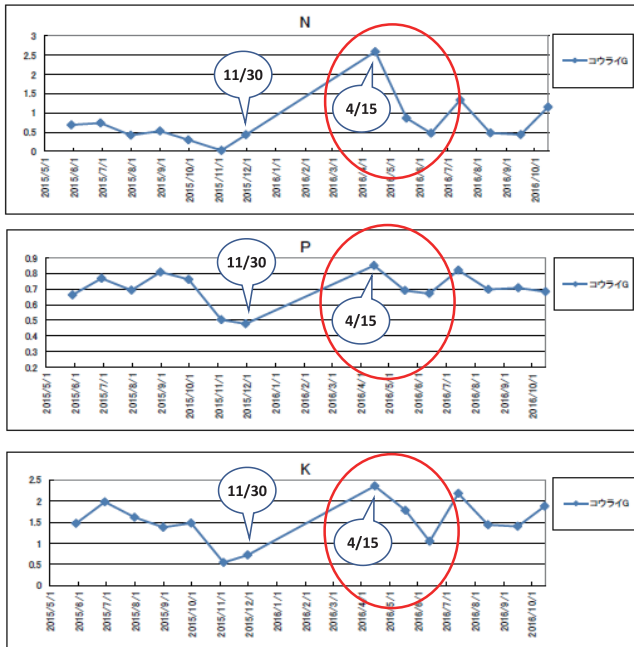


図22 NPK 葉身分析値の各成分の変化

ようである」とある。

また、1985年に眞木は、芝草の耐寒性について述べ、コウライシバ (*Zoysia matrella*) は-15～-18℃まで耐え、ノシバ (*Zoysia japonica*) は-23.5℃まで耐えるが、これは耐寒性が最強の時期の枯死限界温度を示すもので、春、新芽の出る頃なら-5℃でも寒害や凍結死が起こるとしている<sup>3)</sup>。

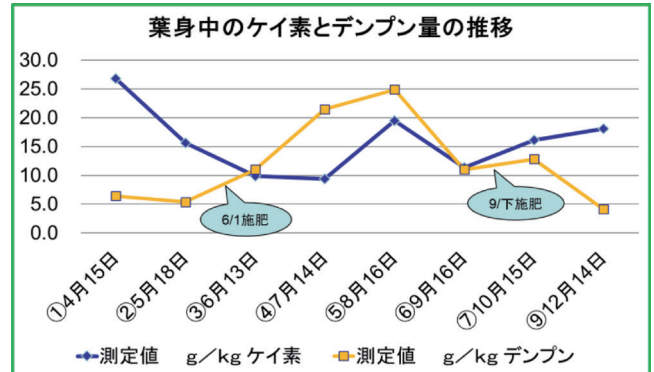


図23 葉身中のケイ素とデンプン量の推移

および、1993年に中村は、日本シバの生理、生態の研究を進めるべきとしている<sup>4)</sup>。

コウライシバの生育サイクルの留意点

コウライシバについては、前述の spring root decline という言葉に象徴されるように、これまで根が春枯れすると考えられ、春先は貯蔵養分のみの生育で栄養を吸収しないものと捉えられてきた。

今回2年3カ月にわたって茎を分解し詳細な調査を行った結果、コウライシバは6～9月だけでなく、10～11月も分けつ茎の途中から発根し、茎の独立を進めることを目視で確認した。その独立茎が翌年の生育の基となることがわかった。すなわち、①前年の秋に翌年の生育の基盤が準備されて

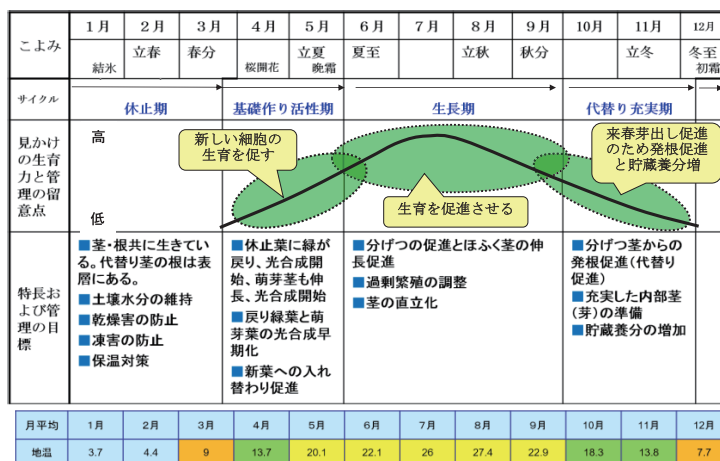


図 24 コウライシバの年間生育サイクルと生育力および管理目標

いることがわかった。独立茎の春の根は白く短く、これから伸長する根であり、「根の春枯れ」とは独立茎が生育して行くに従い、古い親茎が枯れ、その親茎から出ていた根も同時に枯れる現象のことである。

また、春に一齐に緑になるのは新緑で新しい出芽というイメージであるが、本調査結果で春に一齐に緑になった3月下旬には地温が10℃を超え、表面の黒紫色の葉に緑が戻ると共にその茎基部にある休眠していた新芽が動き出していることを目視で確認した。春に一齐に緑になる現象は、実は②前年の秋に緑だった葉に再度緑が戻ると共に、内部に準備された(育った)茎(芽)が伸び、出葉する現象であることがわかった。

および、コウライシバの秋季に貯蔵された養分は、春先において、黒紫色の葉から緑色の葉に戻る作用と休眠していた新芽の動き出しに使われて残りは僅かであると考えられ、③立ち上がり後の春の養分(糖)補給は、黒紫色から緑色に戻った葉および展開した新葉の光合成にかかっていると考えられる。

コウライシバの葉色は夏緑で、冬は茶色に枯れるというイメージが定着しているために、冬枯れ=動いていない=何をしても大丈夫、というような思考に陥りがちである。冬季の休止期や秋の代替り充実期(表3および図24参照)に葉の損傷等があると春季の出芽に悪影響があるので、コウライシバの効率的な管理のためには、前述①②③下線部の3点を理解することが重要と考えられる。

#### コウライシバの生育サイクルから考えられる管理目標

コウライシバの年間生育サイクル(表3)から考えられる年間の時期別管理目標の留意点は、①活性・基礎作り期においては「新しい細胞の生育を促す」、②生長期においては「生育を促進させる」、③代替り・充実期においては「来春の芽出

しと初期生長を良くするため、発根促進による茎独立の促進と貯蔵養分を増やす」、の3点と考えられる。

この管理目標の留意点と各時期の特長と管理の目標項目を図24にまとめた。

#### 謝 辞

本稿記載の調査研究実施に関し、N・P・K・S・Ca・Mg・Fe・フルクタン<sub>2</sub>の葉身分析については東洋グリーン株式会社の木村正一氏にご協力を賜った。この誌面を借りて深くお礼を申し上げる。

#### 引用文献

- 1) 島田直仁 (2016) : グリーンにおけるコウライシバの茎および根系生育の年間推移, 芝草研究 45(別1), 84-85
- 2) 江原 薫 (1985) : コウライシバ *Zoysia matrella* (L.) Merr. およびクリーピング・ベントグラス *Agrostis palustris* Huds. の根群の季節的消長に関する研究, 芝草研究 14(1), 5-9
- 3) 眞木芳助 (1985) : 芝草の耐寒性と冬損, 芝草研究 13 (supplement 2), 31-45
- 4) 中村直彦 (1993) : 日本シバ再考—生理, 生態学的視点から, 芝草研究 22(1), 107-112

#### \*参考文献

1. Beard, J. B., J. M. DiPaola, and A. Almodares (1980): The influence of spring root die-back on cultural practices, Texas Turfgrass Research 1978-79, 21-24
2. Beard, J. B., J. M. DiPaola, D. Johns, J. S. Amthor, and S. D. Griggs (1981): Uptake on spring root die-back research, Texas Turfgrass Research 1979-80, 8-10
3. Beard, J. B., and K. S. Kim (1982) Spring root decline—A six year summary, Texas Turfgrass Research 1982, 11-13
4. DiPaola, J. M., and J. B. Beard (1978) Seasonal rooting characteristics of *bermudagrass* and *St. Augustinegrass*, Texas Turfgrass Research 1977-78, 5-11