

ベントグリーンにおけるサッチ集積のメカニズムと ベントグラスの年間生育サイクル*

島田直仁**
ユーズテックグリーン

Growth Performance and Thatch Accumulation in Creeping Bentgrass Putting Green during the Year Naohito Shimada

はじめに

良好な芝生を維持するためには、芝草の年間の生育サイクルを知ることと、その芝草が生育する土壌基盤作りが重要である。

ゴルフ場の芝草の茎葉や根の生育基盤は造成時の床土層主体から目土によって上昇する床土層主体に徐々に年次を経て移ってゆく。その目土によって上昇する床土層の構造を作るのは芝草管理者であり、目土も含めた更新作業の結果が造成時から変化する土壌構造に現れてくる。

土壌構造作りの目標は「滞水層を作らないで芝草の根が均一に深く伸長できる床土層にする」ことである⁴⁾。本目標を達成するためには土壌構造に影響を及ぼす日常的な要因を理解する必要があり、①土壌固結防止や透水を良くするために砂を目土として使うこと、②目土によって上昇する床土層にサッチが混在してゆくこと、③人や機械の踏圧・機械圧がかかってくること、の3点が土壌構造を作る日常的な要因である。これらの対策として、まず床土層を構成する主体構造物となる目土に使用する砂の選定が大切となる。そして、その砂を用いて造られてゆく目土によって上昇する床土層にサッチが混在すると共に踏圧・機械圧がかかってくることへの対策をとること⁷⁾、選定された砂の持つ性質を生かすこともでき、目標達成のために重要になる。

筆者はこれまで全国の多くのゴルフ場において芝草土壌を抜き取ってきた。抜取を続ける内に、芝草土壌内部のサッチの存在が根の生育にかなり影響を与えていることに気づき、この理解のために芝草の根圏状態をそのままの形で水洗する方法を開発し⁵⁾、水洗方法を一定にして上記のことの解明・対策のための調査研究を行ってきた。

本稿では、「年間のベントグリーンにおけるサッチ集積のメカニズム」と、その検討を通じて明確となった、施肥や更新

作業の立案・実施の基礎となる「グリーンにおけるベントグラスの年間生育サイクル」について順に述べる⁸⁾。

年間のベントグリーンにおけるサッチ集積のメカニズム

これまで行ってきた全国ゴルフ場の抜取調査では、造成後数年以上経ったゴルフ場のグリーンは、ほとんどがサッチ集積層の存在する土壌であり、図1の「造成後年数によるサッチ集積の違い」に示した状況が平均的な姿であった²⁾。

また、新設ゴルフ場（埼玉県東松山市Iゴルフ場）において、同一グリーンで、慣行区および、ミネラル材に木酢液を吸着させた生育促進と土着菌のエサになり活性化することでサッチ分解効果がある資材¹⁾（商品名：「ETC」）の散布区（年3回散布：以下「供試材」という）を設け、造成後2～5年目の初春季、春季、夏季、晩秋季に調査を行った。その結果、慣行区については徐々にサッチ集積層が形成され、サッチの厚さが増し、造成後3年目の晩秋季以降は密集層が形成されて春季を除いて発根の均一性がなくなり、ほぼエアレーションのコア抜き部のみの発根になった（表1）。供試材散布区は、サッチ層の厚さが一定の厚さを維持し、密集層も形成されずに、期間を通じて発根の均一性を維持した³⁾。

以上のように、サッチの集積層は造成後の年数を経るに従い、徐々に密になり、造成後3～4年目から透水性・通気性を悪化させ、芝草根系生育に悪影響を与えるようになる。良好な芝草生育を維持してゆくためにはサッチの密集化を防止することが重要である³⁾。

さらに、サッチの密集化を効率的に防止するためには、サッチの生成・集積のメカニズムを知ることが重要となる。このメカニズムを解くカギとなったのは、これまでの全国のゴルフ場での調査によって知見した現象で、①年間の茎層の形態について、初春季の茎基部は横に揃っているが、春～夏季（6～8月初旬頃）は茎基部の位置がバラバラで茎層が厚くな

* 本稿は日本芝草学会春季大会（1995、1997、1999、2001、2003年）にて口頭発表した研究を一部編集し、まとめたものである。

** 本研究は筆者が鉄研工業株式会社社在籍時に実施したものである。

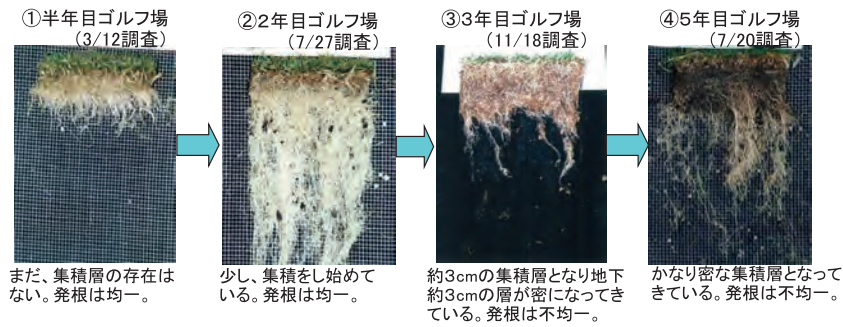


図1 造成後年数によるサッチ集積の違い²⁾
(注：同一ゴルフ場ではない)

表1 造成後2～5年目の表面からのサッチ集積層の深さと最長根長および発根の均一性の経時変化³⁾

造成後年数	区別	<2年目：H7>		<3年目：H8>					<4年目：H9>			<5年目：H10>
		①夏季 8/29	②初春季 3/7	③春季 5/27	④夏季 8/12	⑤晩秋季 11/5	⑥初春季 4/14	⑦春季 6/16	⑧夏季 9/8	⑨晩秋季 11/10	⑩初春季 3/9	
サッチ集積層深 (cm)	慣行区	2.0	2.5	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.5	5.0	
	供試材散布区	2.0	2.5	2.0	2.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.5	3.0	
最長根長 (cm) ^{*1}	慣行区	15	15	15	15	10	9	12	6	8	8	
	供試材散布区	15	15	15	15	15	9	15	9	10	10	
発根の均一性 ^{*2}	慣行区	○	○	○	○	×	×	○	×	×	×	
	供試材散布区	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

*1 最長根長については、抜き取り器具のTG式ソイルサンプラーが採取深15cmのために実際は15cm以上伸長していた可能性がある。また、最長根長は複数本伸びている深さとした。

*2 均一性有りが○、均一性無しが×

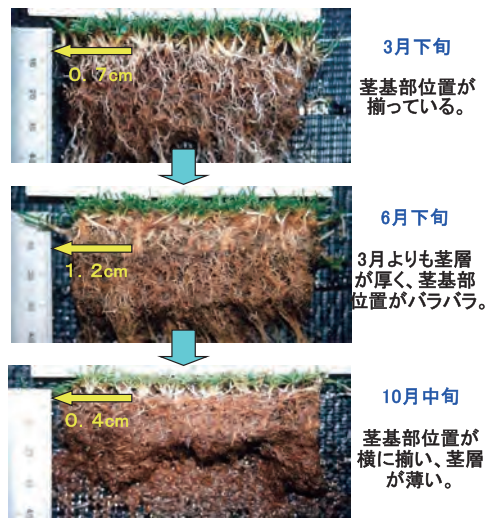


図2 年間時期別の茎層の形態⁶⁾
(←が茎基部位置)



図3 サッチ集積層内にある横筋状の密集層⁶⁾

る。秋季は再度茎基部が横に揃うと共に茎層が薄くなる現象となる(図2)。②サッチ集積層内に横筋状のサッチ密集層が存在すること(図3)であった。

これらの検討を、造成後5年目で約5cmのサッチ集積層ができていたペントグリーン(ペンクロス、ワングリーン、埼玉県東松山市Iゴルフ場)において実施した。

実施方法は、同一グリーンの同一部位の土壌をTG式ソイ

ルサンプラーで採取し、芝草根圏水洗調査器具(スプレーノズルと流量計を組み合わせた水洗器具と、四角形の2mm網目のザルをセットにしたもの：商品名「クリアルト」⁵⁾)を用いて、土壌中の茎や根系やサッチ層をそのまま残すように丁寧に水洗し、茎基部を基点とした茎層厚・サッチ集積層厚・根長を計測した。

調査は約3年間、ほぼ2週間隔で計測し、計59回の調査を行った。その調査結果を図4に示す。なお、本調査結果は、調査期間中に供試材を3月上旬～下旬、5月下旬～6月上旬、9月中旬～10月上旬の各々の時期に、年に2～3回施用した条件での結果である。

この結果をまとめるとサッチ集積のメカニズムは以下のようになる⁶⁾。

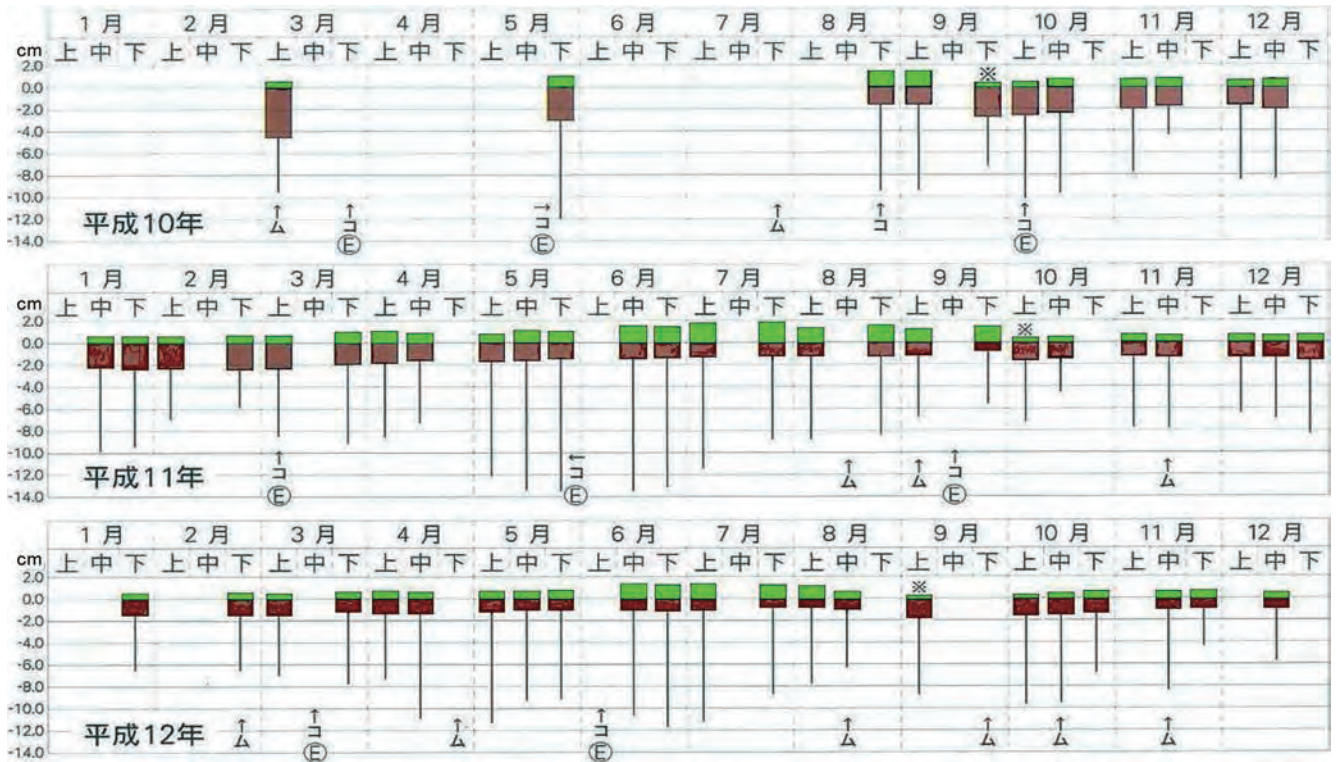


図4 茎基部を基点にした茎層厚・サッチ集積層厚・根長の推移⁶⁾

注：①図中の表し方は右記〔 〕内のとおり。

②図中※は茎層の入れ替わり時を示す。入れ替わり時は古茎層の茎が完全に枯死した時とした。

③図中ⓔは供試材散布時を示す。

④図中コ印はコア抜き、△印はムク刈作業時を示す。

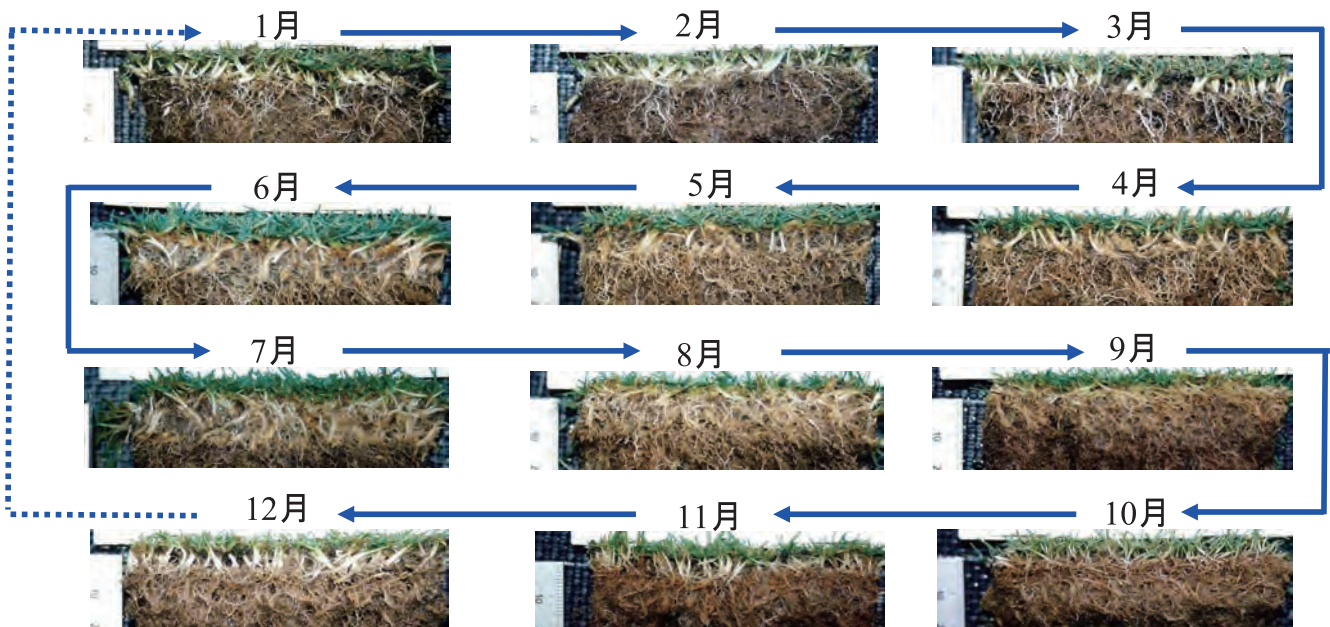
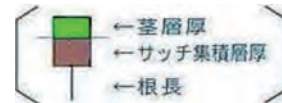


図5 年間の茎層の推移⁶⁾

(1) 年間の茎層の形成サイクル

年間の茎層の推移を図5に示す。生育茎層は、初秋（9月中旬～10月上旬）から翌年夏（7～8月）にかけて、目土散布によって厚くなっていった。特に6月から8月初旬頃の生育茎層は、前年初秋から本年にかけて生育してきた古茎とその上部に新茎が混在する形となっていた。また、その古茎は梅雨明け（7月）から初秋（9月）にかけて、褐色化から黒褐色化し、枯死に至り、サッチ化した。生育茎層は、初秋（9月中旬～10月上旬）の時期に、完全に新しい茎のみになり、茎層が薄くなった（図4、※印の時点）。茎生育は初秋から翌年の夏が1サイクルとなっている。

サッチの生成・集積のメカニズムを解くカギになった、前ページ①の例（図2）の現象はこの茎層形成サイクルによって起こる。

(2) 年間のサッチ集積層形成サイクル

年間で急激にサッチ集積層の厚さが増すのは初秋季（9月）で（図4、※印）、前年秋から生育してきた茎が枯死してサッチ化するためである。このように、サッチ集積層は茎葉の年間生育サイクルと深い関係があり、秋季～翌年梅雨季間に

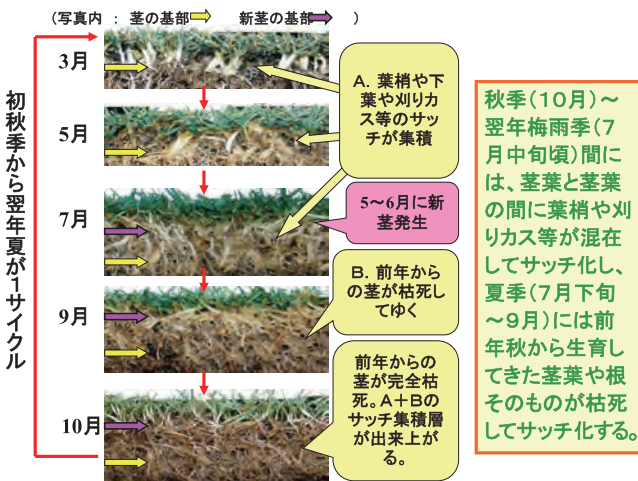


図6 年間のサッチ集積層形成サイクル⁶⁾

は、生育している茎葉と茎葉の間に葉鞘や刈りカスなどのサッチが集積（A）し、夏季には前年秋季から生育してきた茎葉そのものが枯死・サッチ化（B）して、（A）+（B）のサッチ集積層ができあがるサイクルによって形成されると思われる（図6）。サッチ集積も初秋季から翌年の夏が1サイクルと考えられる。供試材の効果については、初秋季から翌年の夏季の期間は、供試材の施用によって、徐々にサッチ集積層下部のサッチ分解が進み、サッチ層が薄くなっていった。また、年間を通じたサッチ集積層の厚さは、供試材によって年次を経るごとに薄くなっていった。

(3) サッチ集積層内部横筋状密集層の形成理由

初秋季に入れ替わった新茎はさらに分けつし、数個の茎が合わさった株になる。その株の周辺には、刈りカスと枯死した葉鞘と自身の根と新たに生成した茎からの根等が1年間密集することになり、翌年の初秋季にサッチ化した時にその部分がサッチの密集層となり、横筋状になると考えられる。そのため、樹木の年輪と同じように土層の成立年次が読み取れることになる。その読み取れる例として茎基部より下に4つの横筋状のサッチ密集層があった本調査開始時平成10年3月9日時点のサッチ集積層の成立年次を図7に示す。

(4) サッチ集積・密集層の形成過程

図8に、本ゴルフ場のグリーン造成時から本調査開始時である平成10年3月9日時点に到るまでのサッチ集積・密集層の形成過程を示す。芝生面は目土によって年々上昇してゆくの、前段で説明した図8の濃茶色で表わす株周辺部に生

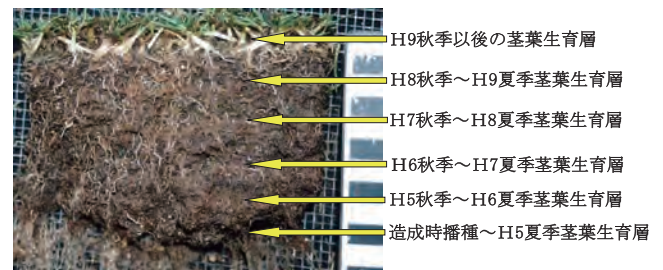


図7 本調査開始時H10・3・9時点のサッチ集積層の成立年次⁶⁾

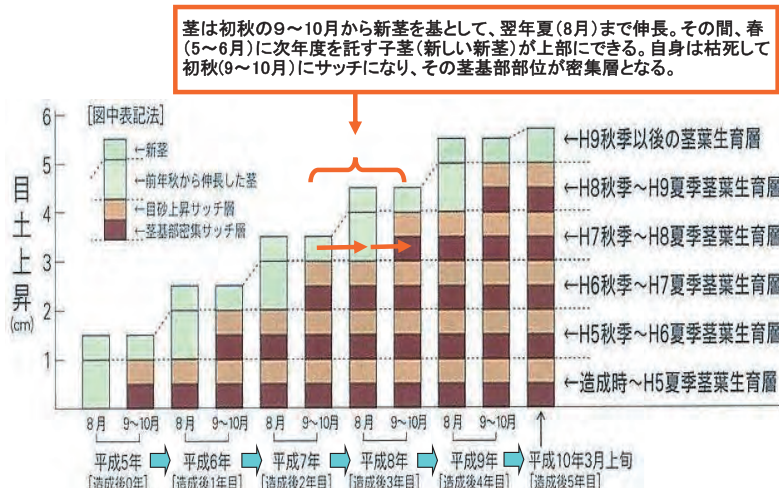


図8 本調査開始時H10・3・9時点に到るまでの筋状サッチ集積・密集層の形成過程⁶⁾

こよみ	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
		立春	春分	桜開花	立夏 晩霜	夏至		立秋	秋分		立冬 初霜	冬至 結氷
	《最低温期》					梅雨期		《最高温乾燥期》			台風期	
基部拡大												
各月地下部生育	1・12	2・6	3・5	4・19	5・6	6・14	7・8	8・9	9・7	10・5	11・17	12・1
調査地・調査年月平均気温℃	2.2	2.7	7.5	12.6	17.7	21.4	24.8	26.8	23.7	16.4	10.2	3.5
生育期	充実期 「栄養を蓄える」		活性期 「茎伸長、分けつ」		生長期 「次世代新茎発生・育生」		代替わり期 「古茎のサッチ化」		基礎作り期 「新茎からの出発」		充実期	

図9 グリーンにおけるベントグラスの茎部・地下部の年間推移⁶⁾

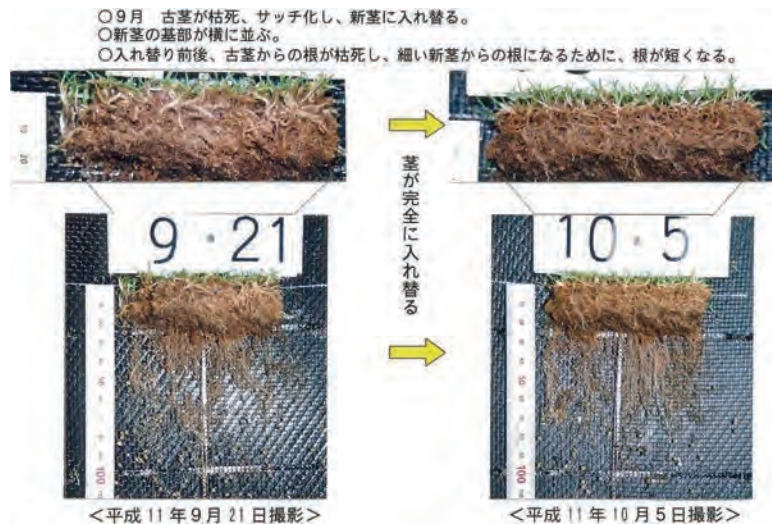


図10 9月後半～11月 基礎作り期「新茎からの出発」-1⁶⁾

成された横筋状の密集サッチ層の上に、薄茶色で表わす目土上昇サッチ層（主に新茎が秋以後伸長した分の高さの層、株周辺に生成された密集サッチ層よりサッチ密度が薄い）が年輪のように年々積み重なってゆくことによって、サッチ集積・密集層が形成されてゆく。

(5) 以上から明確になったこと

以上から茎の生育サイクルとサッチ集積層の生成は密接な関係があること、ベントグラスの生育サイクルは初秋季から翌年夏が1サイクルとなっていることが本継続調査によって明確になった。

次項でベントグラスの年間生育サイクルの詳細を解説する。

ベントグラスの年間生育サイクル（於ベントグリーン）

ベントグラスの年間生育サイクルは概ね下記のとおりと考えられる。ベントグラスは、例えるならば、欧米の学校と同じように、秋が入学式で、夏が卒業式のような生育サイクルと言える。すなわち、秋から始まり、基礎作りをし、充実、活性期を経て、春に次世代の子供（新茎）を生み、育て、夏に後をその子供に託して、自身は枯死してゆくというサイク

ルである。

- ①9月後半～11月 基礎作り期「新茎からの出発」
- ②12月～2月 充実期「栄養を蓄える」
- ③3月～4月 活性期「茎伸長、分けつ」
- ④5月～6月 生長期「次世代新茎発生・育生」
- ⑤7月～9月前半 代替わり期「古茎のサッチ化」

ベントグラスの茎部・地下部状況の年間推移をまとめたものが図9である。

(1) 各時期の地下部状況

年間の生育サイクルについて各時期の地下部状況の特長などを次に述べる。

①-1) 9月後半～11月 基礎作り期「新茎からの出発」
(図10)

9月に古茎が完全に枯死、サッチ化し、新茎に入れ替わり、新茎の基部が横に並ぶ。入れ替り前後、古茎からの根が枯死し、細い新茎からの根のみになるために、根が最も短くなり、根数も少なくなる。

※サマーディクライン（「芝が衰弱し、地上部・地下部ともに生育不良となり、結果的にターフクオリティーが低下する

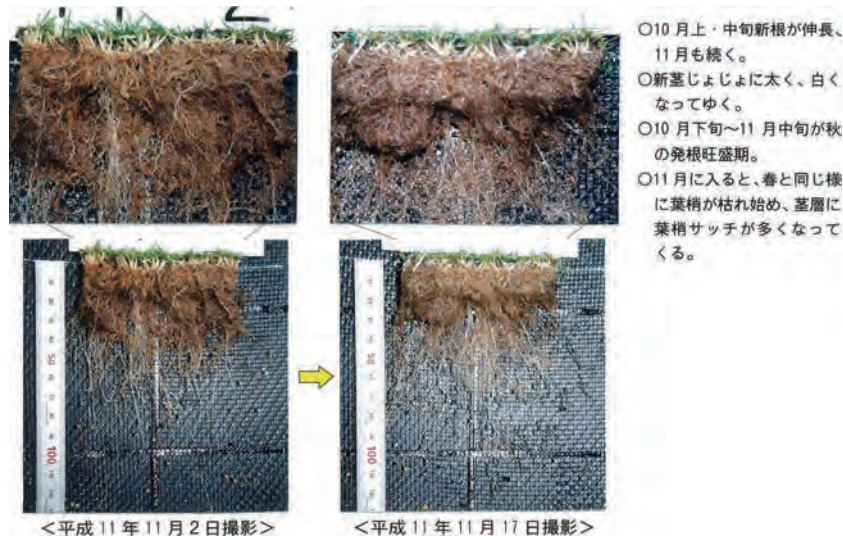


図11 9月後半～11月 基礎作り期「新茎からの出発」-2⁶⁾

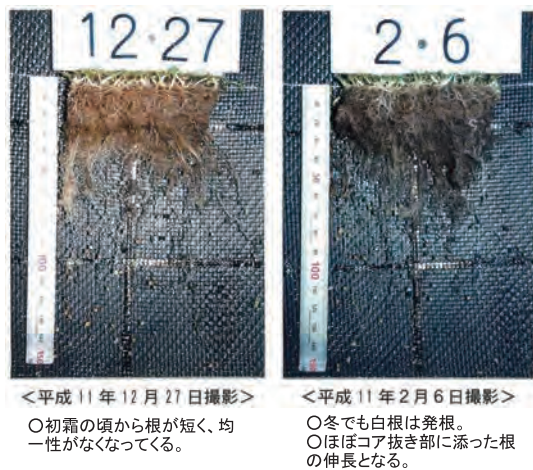


図12 12～2月 充実期「栄養を蓄える」⁶⁾



図14 5～6月 生長期「次世代新茎発生・育生」-1⁶⁾

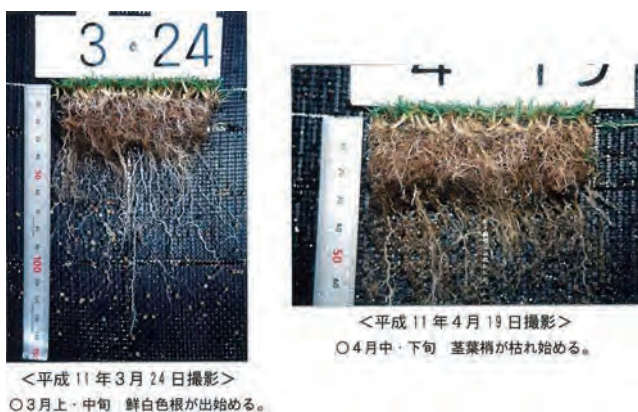


図13 3～4月 活性期「茎伸長、分けつ」⁶⁾



図15 5～6月 生長期「次世代新茎発生・育生」-2⁶⁾

現象」と言われている)の本質はこの7～9月のペントグラスの性質(古茎から新茎への代替わり)のことと考えられる。

※これまで、秋のコア抜き作業で失敗することが多くあったのは、新茎は細く蓄積養分がなく、新根も弱く細い時期のためと考えられる。

①-2) 9月後半～11月 基礎作り期「新茎からの出発」(図11)

5～6月に発生し、夏を越した新茎を出発点とした秋の茎生育は徐々に太く長くなってゆくと共に、分けつも進む。10月下旬～11月中旬が秋の発根旺盛期となる。

※秋の茎は細く小さいので、根も細い。

※昔から秋のグリーンは春よりもボールの転がりやすいと

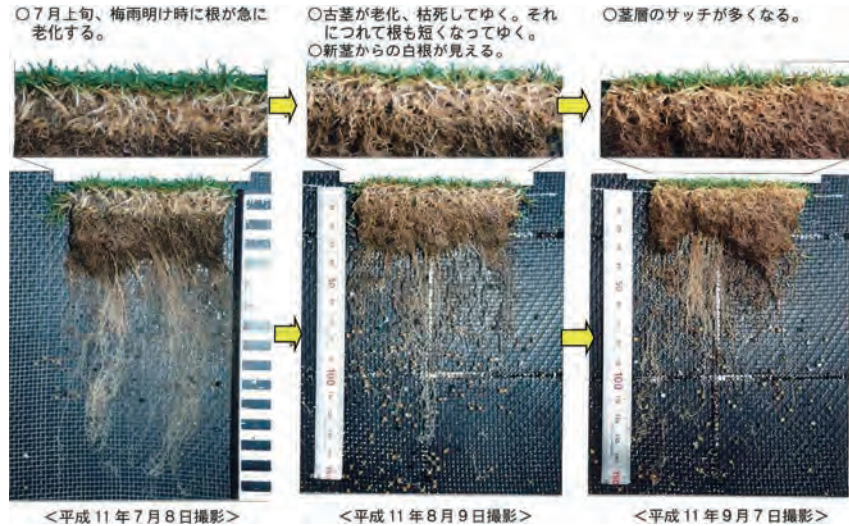


図16 7～9月前半 代替わり期「古茎のサッチ化」⁶⁾



図17 代替わりの様子⁶⁾

言われてきたが、これは秋の茎葉は新茎で細くなるためと考えられる。

② 12～2月 充実期「栄養を蓄える」(図12)

初霜の頃から根が短く均一性がなくなり、ほぼコア抜き部に添った根の伸長となる。根は冬でも白根が発根する。

③ 3～4月 活性期「茎伸長、分けつ」(図13)

3月上・中旬頃から鮮白色の根が出始める。4月中・下旬頃から外側の茎葉鞘が枯れ始め、その内側からの新芽の発生、分けつが旺盛になってゆく。

④-1) 5～6月 生長期「次世代新茎発生・育生」(図14)

5～6月頃が根の伸長が最も長くなる時期である。また、5月上旬頃から茎周りに主に茎の葉鞘由来の黒色のサッチが多くなる。

※春は茎が太く、養分も溜まっているので、秋と比べ太い根に生育する。

※この時期が藻やコケが出始める時期であり、この葉鞘が枯れ、溜まる時期と一致する。

④-2) 5～6月 生長期「次世代新茎発生・育生」(図15)

新茎は5～6月頃に発生し、6月上旬頃から茎層に新茎か

らの根が見えるようになる。その新茎が夏も生き残り、秋からの生育の元となり、基礎作りに繋がっていく。

⑤ 7～9月前半 代替わり期「古茎のサッチ化」(図16)

7月上旬の梅雨明け頃から8～9月前半と古茎が老化し、枯死してゆき、サッチ化する。それにつれて、その古茎から出ていた根が衰退してゆき、根が短くなる。新茎からの白根は出ている。茎の代替わりの様子を図17に示す。

※ナーセリーやポット栽培あるいはコア抜き部では夏も冬も白根が出ることは周知のことであり、夏だからといってベントグラスは新根を出さない植物ではない。グリーンでも同様である。

(2) ベントグラスの生育サイクルから導き出されるベントグリーン管理の注意点

以上、グリーンにおけるベントグラスの年間生育サイクルについて述べたが、この生育サイクルから導き出されるベントグリーン管理の注意点についての考察を次に挙げる。

①「冬や夏も白根が出る」…冬も夏も無肥料にすべきではないと考えられる。夏は特に5～6月頃から生まれた新茎が生きているので、その新茎を元とする秋からの生育のためにも施肥は必要(量は少なくする)と考えられる。

②「秋も春も分けつをする。秋は茎が細く短い。春は茎が太く長い」…従来から肥料を施用すると秋は分けつの促進が活発になり、春は葉が広がる方向に行くと言われてきた。春は、茎が太く長いので、茎から出てくる葉は広くなり、秋は、茎が細く短いため、茎から出てくる葉が細いまままで分けつすることがこの原因と考えられる。グリーンの宿命として、健全な芝にすると共にプレイヤーにパッティングクオリティーが高いグリーンを年間継続して提供することが要求される。そのためには年間いつでも同じように芝芽が立ち芽数が多くボールの転がりスムーズなグリーン表面状態に持っていくことが理想である。ベントグラスの秋季の生育は茎から出てくる葉が細いまままで分けつするので、パッティングクオリティーの面からも秋季は年間で重要な基礎作りの時期と考えられる。

③「梅雨明けから夏を経過し、9月の新茎への切り替え時期まで古茎は枯れ、サッチ化する」…この時期は新茎の数(=芽数)を減らすような作業は差し控えた方がよいと考えられる。また、古茎が徐々に枯死しサッチ化することは、古茎の存在部位地下約0.5~2 cm層の保水性が徐々に増加してゆくことである。新茎は表層にあるので、茎基部のすぐ下に過剰な水が存在していると新茎からの根は伸長しなくなる。適正な水管理が重要と考えられる。

④「9月の古茎から新茎への切り替わり時期の新茎は細く、根は短く、体内養分も少ない」…9月の切り替わり時期のコア抜きは、リスクが大きく差し控えた方が無難であると考えられる。

⑤「新茎を基とする根は5~6月頃に生まれ、茎と同様に根も7~9月にかけて古茎を基とする根から新茎を基とする根に更新される」…古茎から出ている根も茎と同時に枯れてゆくので、新茎からの発根を多くし、古茎を基とする古根から、新茎を基とする新根へスムーズに更新させることが重要と考えられる。

謝 辞

ゴルフ場グリーン土壤の実態を把握するために抜取調査を実施させていただいた多くのグリーンキーパー諸氏、および、その実態を基として、ベントグリーンのサッチ集積のメカニズムとベントグラスの年間生育サイクルを明確にするた

め長年に亘る基礎調査研究を快く実施させていただいた石坂カントリー倶楽部の元グリーンキーパー猪俣武一氏に深く御礼申し上げます。

本稿をまとめることができたのは各氏に多大なご協力・ご指導・ご激励を賜ったおかげです。この誌面を借りて感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 島田直仁ら(1995):珪酸等ミネラル資材と木酢液の混合物が芝草生育に及ぼす影響. 日本芝草学会平成7年度春季大会講演要旨集 24, 128-129
- 2) 島田直仁ら(1997):芝地グリーン土壤における未分解有機物(サッチ)集積の現状と成因および珪酸等ミネラル資材と木酢液混合物の効果. 芝草研究大会誌 26, 96-97
- 3) 島田直仁ら(1999):ベントグリーンの根系およびサッチ集積状態の経時変化とサッチ分解促進剤の効果—造成後2~5年目の調査結果—. 芝草研究 28(別1), 56-57
- 4) 島田直仁ら(1999):芝草生育が悪化する土壤構造的な原因. 芝草研究 28(別1), 80-81
- 5) 島田直仁ら(2001):芝草根圏の水洗調査方法. 芝草研究 30(別1), 80-81
- 6) 島田直仁ら(2001):ベントグリーンにおける茎生育とサッチ集積の関係. 芝草研究 30(別1), 82-83
- 7) 島田直仁ら(2003):ベントグリーンの土壤内部硬度と根系生育の関係. 芝草研究 32(別1), 126-127
- 8) 稲森 誠ら(2007):芝生の更新作業と管理機械, ソフトサイエンス社(東京), 78-89