グリーン芝の生育に対するパーライトの効果に関する研究

U. D. C. 635.964:712.423

江 原 薫・鍋 島 英 男・梶 和 一

The study on the effects of Pearlite
on the growth of green turf grass
by Kaoru EHARA, Hideo NABESHIMA, Waichi AGATA

1 緒 言

ゴルフ場の芝生、ことにグリーンにおいては、芝生の造成後、降雨等の自然作用と、最近とみに著しくなつたプレーヤーによる踏圧および芝刈機、ローラーでなされる加圧等の人為的作用とによつて、次第に土壤は固結がはなはだしくなり、透水性、通気性等の土壤の生理的性質が悪化する。

そもそも、ゴルフ場のグリーンの芝は、きわめて短くかつ頻繁な刈取りや、間断なき蹂躪を受けるので、これらの影響のみによつても、正常な发育生長を示さないのが普通である。その上、先にのべたような悪条件が重なるので、芝の生育の悪化は著しく助長され、ついには枯死する場合も稀ではない。グリーンの芝が短命である一因は、かかる事情にあるものと思われる。ゴルフ場では、グリーン芝の生育悪化に対して、あるいは回復のための、あるいは予防措置として、1) 芝を剥ぎ、床土を耕鋤、反転し、土壤の物理性を改善してから、剥いだ芝を再び貼り直す。2) 芝地に、専用の機械で穿孔、或は切り込みを行う。等の手段を講ずる。しかし、これらの方法は、多大の労力と長い時日、したがつて、多額の費用を要するといった欠点がある。

快適なゴルフのプレーを行うには、芝はつねに良好な生育を続けることが望ましい。これには、ゴルフ場の芝地の管理担当者が最も腐心するところである。また、グリーンの耐用年数が短縮されつつあることは、ゴルフ場の経営面での大きな問題である。

グリーン芝の生育不良の一因となる土壤の固結化を防止するため、土壤改良剤や、パーライトその他の土壤改良資材を芝地の土壤に施用する試みが、最近一、二なされている。しかしながら、未だその効果は明確にされていない。それで、本試験は、主としてパーライトのグリーン芝地に対する土壤改良効果を明らかにするため行つた。なお、試験を行うにあつて、パーライトの提供を受けた三井金属鉱業株式会社、ならびに、多大の援助を受けた古賀ゴルフ場に対して謝意を表する。

2 供試材料及び試験方法

グリーン芝としてコウライシバ *Zoysia Tenuefolia* TRINIUS を供試した。

試験地は、全面積1.64アールで、古賀ゴルフ場（福岡市外）内に設け、1960年4月より試験を始めた。土壤は表土約20~25cmが客土された赤土（埴壤土）で、それより下層は砂土である。

試験区としては、まず、パーライトやその他の土壤改良剤の効果を明らかにするために、何も施用しない

1) 対照区、パーライト大粒を表土の10cmの深さまで、容積比で1量を混入する 2) パーライト大粒 3.3cm区 同様に1/10量を混入する 3) パーライト大粒 1.0cm区 パーライト小粒を1/3量もちいる 4) パーライト小粒3.3cm区、同様に1/10量もちいる 5) パーライト小粒1.0cm区、クリリウムを同様に重量比で0.07%、すなわち1㎡当り70g混入する 6) クリリウム区、およびソイラックを重量比で0.10%、つまり1㎡当り100g用いる 7) ソイラック区、と計7種設けた。なお、パーライト大粒は直径2~3mmの粒、小粒は粉状のものである。またクリリウム区、ソイラック区の施用量は標準的処方によつた。

次に、踏圧の影響を明らかにするため、上記7種の試験区を、さらに、踏圧を加える踏圧区と、踏圧を加えない非踏圧との2通りにわけた。なお、本試験は、統計処理をするために、3連制で行い、試験区は乱塊法によつて、無作為に配列した。試験区は2m×6.8mの長方形の芝地で、区と区との間隔は0.5mとした。1960年3月28日試験地を耕耘、整地し、各区には所定のパーライト、土壤改良剤および基肥を混入し、慣行の方法によつて芝苗を貼り付けた。肥料は、尿素、焙成燐肥、塩化カリをもちい、施用三要素量は10a当り、N: 37.5kg、P₂O₅: 26.2kg、K₂O: 26.2kgである。これを適時5回に分施した。灌水、除草等の管理は適宜行つた。1960年は踏圧の実施がほとんどできなかった。1961年は前年と同様の肥培管理を行い、踏圧は3月1日から10月31日までの間実施した。これは雨天を除いて、毎日、10人の人間が麦踏みのも要領で全踏圧区を一通り踏圧するものである。

試験結果およびその解析のため次の項目について調査

を行つた。1)刈取収量、芝の生育の状態を示す重要な指標として、1960年は8回、1961年は9回にわたつて調査した。これには動力芝刈機をもちい、5 mmの高さで芝を刈取り、生体重を測つて記録した。2)土壌硬度、1961年に3回、山中式土壌硬度測定器をもちいて、深さ5 cmおよび10 cmの部位について測定した。3)根の生育状態および地下部の収量、1961年10月29日、改良モノリス法で根系の調査を行い、同時に打ち抜いた地下茎、甸甸茎および根の収量を測つた。4)土壌透水通気度、1961年12月3日、山中式土壌透水測定器をもちいて測定した。

3 試験結果および考察

1960年は刈取収量のための調査を行つた。踏圧処理はほとんど実行できなかったため、すべて非踏圧区とみなして、各試験区間の分散分析を行い、それらの効果を測定したが、区間には有意差がなく、パーライトおよび土壌改良剤の施用の効果は認められなかった。

次に、1960年の結果についてのべる。表1は刈取収量を示す。年間総収量について、区間の分散分析の結果、非踏圧区には、処理間に有意の差がなく、施用したパーライトおよび土壌改良剤の効果は認められなかった。1960年、1961年ともに非踏圧区には、パーライトおよび土

表1 刈 取 収 量 (3区合計)

刈 取 期 日		7/V	14/V	28/V	19/IV	21/VII	9/VIII	3/IX	17/IX	13/X	合 計	平均
区 名		g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
非踏圧区	対 照 区	445	275	176	440	210	415	220	345	335	2,861	954
	パーライト大 3.4cm区	340	250	230	470	200	435	190	315	300	2,730	910
	パーライト大 1.0cm区	385	275	149	520	190	385	220	335	250	2,759	920
	パーライト小 3.3cm区	410	270	199	465	205	385	205	350	345	2,834	945
	パーライト小 1.0cm区	400	280	171	540	205	435	230	305	335	2,901	967
	ク リ リ ウ ム 区	360	230	221	430	175	410	180	320	310	2,636	879
	ソ イ ラ ッ ク 区	485	245	171	445	195	560	210	305	285	2,811	937
踏圧区	対 照 区	145	145	253	315	185	545	235	215	230	2,258	753
	パーライト大 3.3cm区	275	210	334	445	280	595	340	295	255	3,092	1,010
	パーライト大 1.0cm区	275	195	292	455	305	500	285	285	215	2,807	936
	パーライト小 3.3cm区	300	220	295	430	285	585	295	280	265	2,955	985
	パーライト小 1.0cm区	220	185	289	360	245	515	285	290	255	2,644	881
	ク リ リ ウ ム 区	235	180	266	360	360	450	260	240	230	2,466	822
	ソ イ ラ ッ ク 区	235	190	293	390	390	475	250	250	195	2,513	838

表2 踏圧区、刈取総収量の区間の比較

	対 照 区 2,258	パ大 3.3区 3,029	パ大 1.0区 2,807	パ小 3.3区 2,955	パ小 1.0区 2,644	クリリウム区 2,466	ソイラック区 3,513
対 照 区		—	—	—	—	—	—
パ 大 3.3 区	771*		—	—	—	—	—
パ 大 1.0 区	549*	222		—	—	—	—
パ 小 3.3 区	697*	74	148		—	—	—
パ 小 1.0 区	386	385	163	311		—	—
クリリウム 区	208	563*	341	489*	178		—
ソイラック 区	295	516*	294	442	131	47	

(註) 区名の下に数字はおのおのの年間総収量(3反覆の合計)のg数を示し、枠内の数字は、縦、横にたどつて、該当する2つの区間の総収量の差を示す。*は5%の有意水準で差の認められるもの。

差は有意限界 D=466

表3 地下部の収量 (芝地1㎡当り)**)

項 目		地下茎及び匍匐茎		根		全 体	
		生 体 重	乾 物 重***	生 体 重	乾 物 重***	生 体 重	乾 物 重***
非 踏 圧 区	対 照 区	3,000 ^g	1,530 ^g	407 ^g	193 ^g	3,407 ^g	1,723 ^g
	パーライト大 3.3cm区	2,870	1,470	366	180	3,236	1,650
	パーライト大 1.0cm区	2,870	1,400	380	187	3,250	1,587
	パーライト小 3.3cm区	3,870	1,930	413	200	4,283	2,130
	パーライト小 1.0cm区	2,800	1,330	320	167	3,120	1,497
	ク リ リ ウ ム 区	3,070	1,530	220	133	3,290	1,663
	ソ イ ラ ツ ク 区	3,800	1,930	313	160	4,113	2,090
踏 圧 区	対 照 区	2,730	1,400	300	167	3,030	1,568
	パーライト大 3.3cm区	4,000	1,930	400	207	4,400	2,137
	パーライト大 1.0cm区	2,930	1,470	400	200	3,330	1,670
	パーライト小 3.3cm区	4,130	2,070	433	253	4,563	2,323
	パーライト小 1.0cm区	3,400	1,470	267	147	3,667	1,617
	ク リ リ ウ ム 区	3,070	1,530	233	147	3,303	1,677
	ソ イ ラ ツ ク 区	3,340	1,670	267	133	3,607	1,803

(註) *地上部をわずかに含む。 **0.15㎡の収量よりの換算値。 ***風乾重。

壤改良剤の効果が認められなかつたことから、踏圧を加えない芝地における2年間の本試験の処方では、パーライトや土壤改良剤の芝の生育に対する効果はないと考えて支障ない。踏圧区においては、処理区間に有意差が認められ、パーライト小粒1.0cm区を除くパーライト施用区は、対照区に対して顕著な収量差を示した。すなわちパーライト大粒3.3cm区、パーライト大粒1.0cm区およびパーライト小粒3.3cm区の収量は対照区のそれに対して明らかにまさつた。パーライト小粒1.0cm区、クリリウム区およびソイラツク区は対照区に対して有意の収量差を示さなかつた。踏圧区各区の相互間の収量の比較を表2に示す。

表1において、踏圧対照区と非踏圧対照区とを比較すると、踏圧区のそれには著しい収量低下が見られる。これは踏圧によつて、芝の地上部の生育がかなり抑制されたことを物語る。パーライト小粒1.0cm区を除く、パーライト施用の各区が、対照区に対して、有意の収量差を示したこと、踏圧対照区が非踏圧対照区に著しく劣つたことおよびパーライトや土壤改良剤を与えても踏圧区は非踏圧区に対して若干収量が落ちていることから判断して、パーライト施用は、踏圧による芝の生育障害を軽減させる効果を持つといえる。

表3は掘り取つて調べた地下部の収量を示す。踏圧区について見れば、図1に示すように、地下部の収量は地上部の刈取収量とほぼ相関的な関係を持つている。

図2は踏圧各区の根の生育状態を示す。根は、パーライト大粒3.3cm区、同1.0cm区および小粒3.3cm区におい

図1 地上部刈取総収量と地下部収量

(踏圧区㎡当り)

図2 踏圧各区の根の生育の状態

表 4 土 壤 硬 度 (5ヶ所平均)

測定月日		3 月 29 日		6 月 11 日		9 月 23 日	
区 名	測定部位	5 cm	10cm	5 cm	10cm	5 cm	10cm
非 踏 圧 区	対 照 区	kg/cm ³ 0.39	kg/cm ³ 0.44	kg/cm ³ 0.79	kg/cm ³ 0.68	kg/cm ³ 1.40	kg/cm ³ 1.25
	パーライト大 3.3cm区	0.37	0.38	0.55	0.36	1.07	0.77
	パーライト大 1.0cm区	0.44	0.36	0.71	0.41	1.22	1.17
	パーライト小 3.3cm区	0.23	0.47	0.67	0.51	0.80	0.51
	パーライト小 1.0cm区	0.48	0.54	0.93	0.70	0.95	0.79
	ク リ リ ウ ム 区	0.33	0.26	0.77	0.79	0.85	0.79
	ソ イ ラ ッ ク 区	0.58	0.60	0.80	0.69	1.15	1.09
踏 圧 区	対 照 区	0.40	0.60	1.57	1.31	2.31	1.60
	パーライト大 3.3cm区	0.47	0.40	1.02	0.61	1.23	1.09
	パーライト大 1.0cm区	0.71	0.50	0.74	1.22	2.11	1.35
	パーライト小 3.4cm区	0.30	0.27	1.00	0.77	1.07	0.75
	パーライト小 1.0cm区	0.31	0.36	0.91	0.79	1.27	0.90
	ク リ リ ウ ム 区	0.56	0.65	0.66	1.41	1.47	1.44
	ソ イ ラ ッ ク 区	0.80	0.76	1.04	1.23	1.43	1.37

て、その生育が良好であり、対照区、クリリウム区、ソイラック区およびパーライト小粒1.0cm区は、前三者に比べて劣る。これらの結果より、地上部の茎葉の生育は根系の生育伸長によつて支配されるものと推察される。特に踏圧の害をはなはだしく受けた対照区で、地上部の生育が劣るのは、これらの関係を typical に示している。

それでは、踏圧による芝の生育障害は、何に起因するのか、また、パーライト施用は、なぜそれに対して効果を示すのか。この点について検討しよう。

表 4 は、試験期間中に測定した土壤硬度である。土壤硬度は、測定値に多少の変動はあるが、一般に、硬度が進むにつれて、累積的に増加する。また、踏圧区と非踏圧区との対照区を比較すると、踏圧区のそれは非踏圧区のそれに比べて常に高い硬度を示す。踏圧パーライト各区は、踏圧対照区に比べて、概して、低い値を示し、非踏圧対照区に近い値ないしは場合によつて、それよりも低い値を示す。

以上より、パーライトには、踏圧等による土壤の固結

化を緩和する働きがあると推察できる。なお、土壤硬度と刈取収量との関連を調べるために、両者についての相関係数を求めた。1) 11/Ⅳ測定の10cmの深さの硬度と年間総収量。 $r = -0.66$ ($d.f. = 12$, 1%水準で有意)

2) 23/Ⅴ測定10cmの深さの硬度と年間総収量。 $(r = -0.57$ ($d.f. = 12$, 5%水準で有意)。3) 踏圧各区の11/Ⅳ測定10cmの深さの硬度と28/Ⅴ、19/Ⅳの収量の合計。 $r = -0.45$ ($d.f. = 5$, 有意でない)。4) 踏圧各区の23/Ⅴ測定10cmの深さの硬度と3/Ⅴ、17/Ⅴ、13/Ⅴの収量の合計。 $r = -0.8$ ($d.f. = 5$, 5%水準で有意)

これを見ると、3)を除いて、土壤硬度と収量とは関連が深く、前にのべた推測を裏付けるものである。

このようにして、パーライト施用の効果は、土壤の固結化を防ぐことにあるのであるが、表 1 に示されるように、踏圧処理区におけるパーライト施用区の収量が、対照区のそれにまさる度合は、時期によつて異同がある。

表 5 に示す、踏圧パーライト施用区、対照区に対する収重比の時期的変化を見ると、それが明らかである。

表 5 踏圧区のパーライト区および土壤改良区の対照区に対する時期別刈取収量百分比

区 名	刈取時期	7 / Ⅴ	14 / Ⅴ	28 / Ⅴ	19 / Ⅵ	21 / Ⅶ	9 / Ⅷ	3 / Ⅸ	17 / Ⅸ	13 / Ⅹ
対 照 区		100	100	100	100	100	100	100	100	100
パーライト大 3.3cm区		183	145	132	141	151	109	145	137	111
パーライト大 1.0cm区		183	135	115	144	165	92	127	133	94
パーライト小 3.3cm区		207	152	117	137	154	107	125	130	123
パーライト小 1.0cm区		152	128	114	114	133	95	126	135	111
ク リ リ ウ ム 区		162	124	105	114	194	83	111	112	100
ソ イ ラ ッ ク 区		162	131	116	124	210	87	106	116	85

図3 地上部1日当生産量と1日当降雨量および雨天日数率との関係（踏圧全区平均7/Vを除く）

各時期を通じて、パーライト施用の効果はうかがわれるのであるが、その一貫した効果は、9/VIIIの時期にやや低められている。1961年は、大体この時期を中心として、かなりの早魃があつた。ちなみに、実験地で記録された6～8月の総降水量は299mmで、平年の628mmよりはるかに少い。それゆえ、パーライトの効果には、降水量の多寡、および降雨の頻度、それらに不可分の土壌中の有効水分量、さらにそれによつて支配される、芝の生育の状態等が関係しているものと考えられる。図3は、これを解析するため、踏圧全区の1日当りの地上部生産量（刈取収量を刈取間隔で割つたもの）と、雨天日数率（1日

図4

表6 各種土壌によるイタリアンライグラスの萎凋試験

項目	供試土壌	各種土壌によるイタリアンライグラスの萎凋試験							
		赤土 (使用原土)	砂土	パーライト 大粒	パーライト 小粒	パーライト 大 3.3cm	パーライト 大 1.0cm	パーライト 小 3.3cm	パーライト 小 1.0cm
萎凋の 程度	十	4日	4日	10日	10日	5日	5日	5日	5日
	廿	5	5	16	17	6	6	9	9
	永久	7	6	22	24	9	8	11	11
枯死		9	9	28	32	13	10	13	13

（註）数字は供試植物が萎凋ないしは枯死するまでの日数を示す。また、たとえばパーライト大 3.3cm というのは使用原土とパーライトとを圃場試験の場合と同一の比率で混合したことを示す。

1mm以上の降雨があれば雨天とみなし、雨天日数を全日数を割つたもの、前者と同じく刈取間隔について算出した）を求め、図示したものである。地上部の茎葉の伸長量は、降水量と、雨天日数率で示される降雨の状態（即ち土壌水分）とに、深く関連していることがうかがい知られる。

6月から9月初めまでの早魃の期間中、9/VIIIの時期のみは地上部の生育がよかつた。6月上旬から9月上旬にかけて、降雨量は少なかつたが、この時期には雨は平均して降り、雨水の土壌表面水去率も少く、したがつて土壌水分は、より均一に保たれ、土壌中の水分が萎凋点に達することは少なかつたものと思われる。それゆえ、芝はあまり早害を受けず、比較的良好な生育を示したので

表7 各種土壌の最大容水量*

供試土壌	赤土 (使用原土)	砂土	パーライト 大粒	パーライト 小粒	赤土 パーライト 大粒 (1:1混合)	赤土 パーライト 小粒 (1:1混合)	砂土 パーライト 小粒 (1:1混合)
最大容水量	64.2	38.8	221.3	364.6	81.1	91.6	59.6

（註）* 飽水量g/乾土100g

表8 土壌透水通気度（9ヶ所平均）

項目		透水通気計 示度	透水通気度*
区名		atm.	
非踏圧区	対照	0.020	50.0
	パーライト大 3.3cm	0.036	27.0
	パーライト大 1.0cm	0.034	29.4
踏圧区	パーライト小 3.3cm	0.037	27.0
	パーライト小 1.0cm	0.032	31.2
	クリリウム	0.035	28.6
ソイラツク区	ソイラツク	0.058	17.3
非踏圧区	対照	0.362	2.8
	パーライト大 3.3cm	0.128	7.8
	パーライト大 1.0cm	0.162	6.2
踏圧区	パーライト小 3.3cm	0.126	8.0
	パーライト小 1.0cm	0.147	6.8
	クリリウム	0.140	7.1
ソイラツク区	ソイラツク	0.138	7.3

（註）* 透水通気計示度の逆数。

あろう。このように、土壤水分条件が良好であると、パーライトの効果はより低いということおよびⅨ/Ⅷ前後の時期のように、早魃で土壤中の水分が欠乏しがちであるとその効果がより高いということ（表5および図3を参照）から判断すれば、踏圧におけるパーライトの効果には、前述した土壤の固結緩和の働きのほかに、保水作用も若干関与しているのではないかと推測される。著者らは、圃場試験とは別に、フアイトロンでパーライトの保水力に関する試験を行つた。

表6はこの試験の結果を示す。これは直径9cm、高さ9cmのアルミポットに、表に示す各種の土壤を詰めて、イタリヤンライグラスの幼苗を植え、水耕液で栽培し、十分に活着してから、飽水させ、以後灌水せずにフアイトロンの22°Cガラス室内に放置し、萎凋ないしは枯死に至る日数を調べたものである。

表6及び図4の示すように、供試植物の萎凋に至る日数は、パーライトを培土としたものが最も長く、パーライトと土壤との混合比が低くなるにつれて短くなり、さらに赤土、砂土の順で短縮する。

表7は、各種土壤の最大容水量を示す。最大容水量はパーライトが最も大きく、赤土とパーライトとを混合した土壤がこれにつき、赤土、砂土とパーライトとを混合したもの、砂土の順で小となっている。

以上の結果から、パーライトは優れた保水性を備えていることがうかがわれるが、これはパーライトの効果に保水作用も関与しているという前述の想定を裏付けるものである。

表8は、透水通気度を示す。これは、試験区土壤約8cmの深さに20ccの水を5秒間で注入し、水を土壤中に圧入せしめるのに要する圧力を測り、その逆数をとつたものである。

これによると踏圧各区は非踏圧各区に比べて、透水通気度が著しく低い。さらに、踏圧区中では、対照区が最も低く、対照区はパーライト区および土壤改良剤区の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ の値を示した。このように、土壤透水通気度は踏圧が加えられると低下し、パーライトは施用はその低下を軽減するということと、表1と表8とを参照して、土壤透水通気度と刈取収量との関係を見ると、芝はかなりの透水通気度の低下に対して、生育は抑制されないが、その低下が著しいと生育障害が現われる（これは踏圧対照

区において明らかである）ということから、パーライト施用は土壤の透水性、通気性の悪化を軽減するという作用からも、踏圧が加えられる芝の生育に対して効果があると認められる。

4 摘 要

- 1) ゴルフ場グリーンの芝地土壤は、主として踏圧によつて固結化し、土壤の物理的性質の悪化が芝の生育を阻害する。
- 2) パーライト施用は、踏圧が加えられる芝地に起る生育障害を軽減する効果をもつが、これは、パーライトの主として土壤の固結化を防止する作用に基づく。
- 3) パーライトは、また、優れた保水性を備える。踏圧が加えられた際に、土壤中の有効水分を増す効果は、芝の生育を、より良好ならしめるものと推察される。
- 4) 本試験では、踏圧を受けない芝地に対して、パーライトの効果はなかつた。また、土壤改良剤クリリウムソイラックは、本試験の処方では、踏圧の有無を問わず、芝地に対して施用の効果は認められなかつた。

5 参 考 文 献

- 1) Russell, E. J. and Russell, E. W : Soil conditions and plant growth. (1949)
- 2) 三井金属鉱業株式会社 : 三井パーライト (1959)
- 3) 日本農業気象学会編 : 農業気象新典 (1959)
- 4) スネデイカー、畑村又好他訳 : 統計的方法、上、下 (1951)
- 5) Musser, H. B : Turf Management (1950)
- 6) 岸本博二・津田稔 : 砂土栽培に対するパーライト利用の効果、農友園36 : 1497-1498, (1961)
- 7) 丹羽鼎三 : 日本の芝と芝生 (1943)
- 8) 江原薫 : 飼料作物学 (下) (1955)

SUMMARY

Soil compaction due to the heavy trampling is one of the fundamental causes of poor green turf in golf course. Pearlite application in green turf soil provides good aeration and water movement through the soil, and inhibits the heavy soil compaction, therefore pearlite is the desirable material for the maintenance of good playing quality in green turf. The pearlite response on the growth of turf grass was not observed in the untrampled condition in green turf.

ものである。

内容は国際観光の振興、観光旅行者の保護及び観光に関する施設の整備等を規定したもので、諮問、調査、審議機関として総理府に観光政策審議会が設置された。

今後本法の制定により、観光地、公園等の諸問題にも政策的な影響が現われて来るだろう。

(糸賀)

ニ ュ ー ス

「観光基本法」の公布施行（昭和38年6月20日）
（法律 第107号）

観光の向かうべき新たなみちを明らかにし、観光に関する政策の目標を示すため、観光基本法が公布施行された。本法は観光に関する基本憲章の性格をもつもので、自民、社会、民社の三党共同提案により国会に提出可決され、総理府、運輸省をはじめとする各省共管に属する