

人工芝で補強された複合芝の開発

山 田 芳* 上 原 康 行*
滝 雅 美* 鎌 田 和 彦*

要 旨

サッカー競技場には、メインの施設が多く、練習用のサブグラウンドが少ない。その為、使用回数が多くなり、ターフは擦り切れが激しく裸地化するところも多く質の高い芝生が望まれている。そこで、従来の天然芝生と同等の外観の美しさと運動適性を有し、耐踏圧性に優れ、足に優しい複合芝生を開発中である。

本報告は、開発中の複合芝生と比較対象用の天然芝生を育成し、ターフクオリティとプレーイングクオリティに関する試験を行った結果と維持管理についての報告である。

天然芝生と比較し以下の知見を得た。

- (1) 美しさと健康度は天然芝生と同等である。
- (2) 運動適性については、天然芝生と同等以上の性能が期待できる。
- (3) 維持管理については、対応が可能である。

キーワード 緑化／天然芝／複合芝／人工芝／スポーツフィールド／プレーイングクオリティ

目 次

- | | |
|---------|---------|
| 1. はじめに | 4. 維持管理 |
| 2. 調査概要 | 5. まとめ |
| 3. 測定結果 | 6. あとがき |

DEVELOPMENT OF HYBRID TURF REINFORCED BY ARTIFICIAL LAWN

Kaoru YAMADA
Masami TAKI

Yasuyuki UEHARA
Kazuhiko KAMATA

Synopsis:

Compared with big soccer stadiums built mainly for soccer games, fields for common soccer training are not enough. The lack of soccer fields cause frequent using of playing fields, such that the turf grounds are damaged quickly even bare grounds appear in the fields. In order to develop high quality playing fields with high stamping resistance and nice foot feeling, authors promote a new type of turf, the hybrid turf, composed of artificial lawn and nature turf, which can show the beauty as a nature turf field.

The present paper reports the planting of natural turf for comparing with the developed hybrid turf and the experimentation results of the hybrid turf.

Comparing with the nature turf, the hybrid turf has below characteristics:

- (1) Same beauty and sturdy situation as the nature turf.
- (2) Sports fitness is higher than or same as the nature turf field.
- (3) It is possible to preserve the grass growing in the hybrid turf.

*本店 建築部 建築技術〔開発〕

1. はじめに

芝生を必要とするスポーツの場は多く、陸上競技場を始め、サッカー場、ホッケー場、ゴルフ場、テニスコート、野球場、競馬場などが挙げられ、芝生の競技場に対する関心は深まる傾向にある。しかし、我が国のスポーツフィールドには、メインの施設が多く、練習用のサブグラウンドが少ない。その為、使用回数が多くなり、ターフは擦り切れが激しく裸地化するとともに質の高い芝生が望まれている。そこで、従来の天然芝生と同等の外観の美しさと運動適性を有し、耐踏圧性に優れ、足に優しい複合芝生（人工芝生と種子シートを一体化し育成した芝生）を開発中である。

本報では、開発中の複合芝生と比較対象用の天然芝生を育成し、サッカー競技を主としたターフクオリティとプレーイングクオリティに関し、標準的な測定を実施した結果と維持管理について報告する。

2. 調査概要

2.1 試験圃場

(1) 場所

東京都文京区・某大学野球場内

(2) 試験圃場

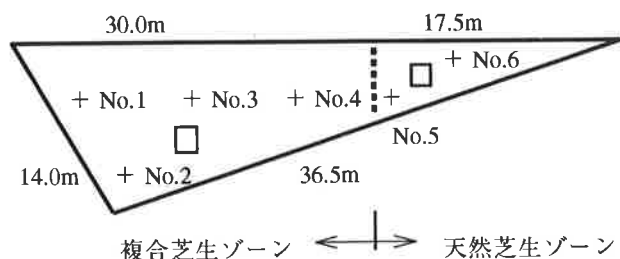


図-1 配置図

+ : 測定箇所, □ : 降水量による性能試験箇所を示す。

(3) 測定期間：1998年10月～1999年3月

2.2 複合芝生の概要

複合芝生は床土上に敷き、灌水することで人工芝生から天然芝生が発芽する。又、天然芝生が成長すると表面を覆うため、外観と感触は一般の天然芝生と変わらない。

(1) 特徴

- ◎ 人工芝は、最初の段階で緑化機構と天然芝生の育苗床として働く。
- ◎ 天然芝生が成長した段階では、せん断強度を増大させ運動時の踏圧から芝草の根部を保護し、芝生の耐久性を向上させる。
- ◎ 芝生が枯れた場合、芝草の種子を追いつき播きすることで、再生が可能である。

(2) 構造

〈役割〉

人工芝パイル : シューズの三次元ネットへの引っかかりを緩和する。

三次元網目構造体 : 踏圧から芝草の根部を保護する。

超吸水保水層 : 初期生育時の天然芝に必要な水と肥料分を保持し、根圏を形成する。

種子シート : 種子を均一に分散させ、発芽揃いをよくする。

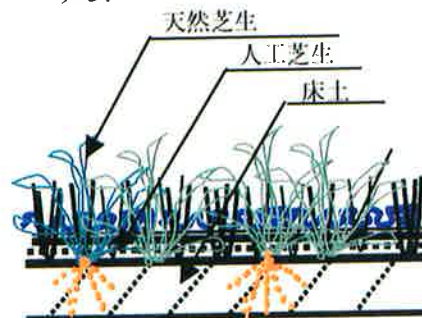


図-2 複合芝生の断面

(3) 試験対象

試験に用いる芝草の品種は、スポーツターフとしての適性の高い寒地型3種混合とし、複合芝生と天然芝生を同一条件で育成した。表-1にターフ形成方法を示す。

表-1 ターフ形成方法

ターフ形成方法	採用品種		
寒地型3種混合	トールフェスク	ペレニアムライグラス	ケンタッキーブルーグラス

(4) 芝刈り高さ

刈込みは芝生の維持管理のなかでも最も基本的な作業である。刈込みでは刈高・刈込み頻度・刈込みパターンなどが重要である。

今回の各種試験時の芝刈り高さは、30 mmとした。

2.3 調査項目と方法

(1) ターフクオリティ

芝草の美しさ・健康度・生育状況を把握するために芝生のターフクオリティの測定を行った。（表-2）

表-2 ターフクオリティ測定

調査項目	調査方法
芝草の美しさ・健康度評価	色彩色差計により、ターフの色調を明度（L）、緑色度（a）、黄色度（b）を測定し、ターフのビジュアルクオリティ（ターフの緑の美しさ）と健康度（活性度）を評価する。
芝草の根系調査	ソイルドサンプラーを貫入し、床土の断面構成とサッチの堆積具合、芝草の根の成長状態を測定する。

(2) プレーイングクオリティ

プレーイングクオリティとは、言葉のとおり、プレーするにあたってのグラウンドの質である。その為には、プレーヤの感覚に沿った評価が行われなければならない。

今回は、プレーイングクオリティの評価として一般的に広く使われている Bell and Holmes (1988) の総合評価基準による測定を行った。表-3 にプレーイングクオリティの測定方法を示す。

表-3 プレーイングクオリティの測定方法

調査項目	測定方法
ボールのリバウンド量	0.7kg/cm² の圧力に膨らませた日本サッカー協会認定ボールを、3 m の高さから反動や回転を与えないように自由落下させ、そのボールの跳ね返り高さ (m) を目視にて測定し、落下高さに対する割合 (%) として評価した。 (写真-1 ボールのリバウンド量の測定試験)
ボールの転がり距離	サッカー協会認定の公式ボールを、45度の傾斜面で高さ1 m の位置から自由落下させ、斜面の先端からボールの転がった距離を測定する。調査地点に勾配がある場合は、上り方向と下り方向の両方向で測定し、下式により補正した。 $\text{転がり距離 (m)} = \frac{(2 S \uparrow S \downarrow)}{(S \uparrow + S \downarrow)}$ S ↑: 上り方向の転がり距離 (m) S ↓: 下り方向の転がり距離 (m) (図-3 ボールの転がり距離の測定試験装置)
表面硬度	クレグ社のインパクトソイルテスターを用い、重さ 0.5kg の円柱状のハンマーを高さ 30cm の位置から落下させ、地面に衝突した時の最大減速度を測定し、重力単位で測定した。 (写真-2 表面硬度の測定装置)
牽引力(トラクション)	円盤に取り付けられた6つのサッカースパイクのスタッドを、水平方向に回転させることにより、芝生を引き裂くのに必要とする力 (Nm) をトルクレンチにより測定した。 (図-4 牽引力の測定装置)



写真-1 ボールのリバウンド量の測定試験

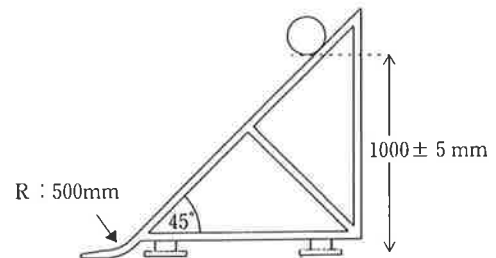


図-3 ボールの転がり距離の測定試験装置



写真-2 表面硬度の測定装置

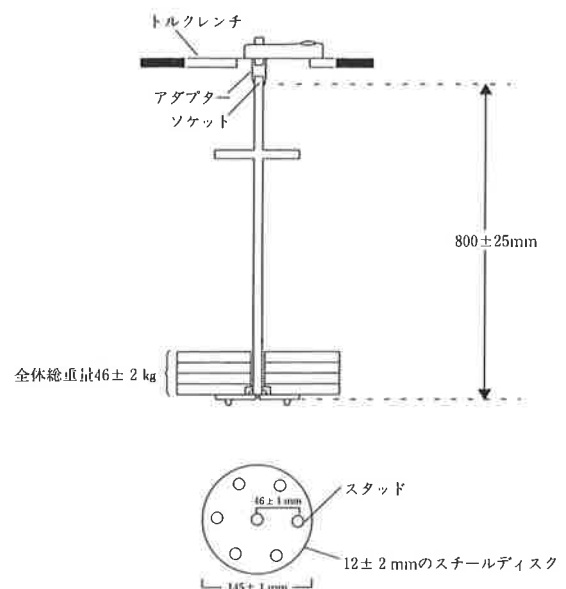


図-4 牽引力の測定装置

(3) 降水量による性能比較

床土の砂の固着度による影響を調査するため、散水量を0・10・20・30・40 mmと変化させ表面水が浸透した状態で複合芝生と天然芝生にて表面硬度・牽引力・土壌硬度を各1箇所測定した。図-5に降水時の測定箇所を示す。

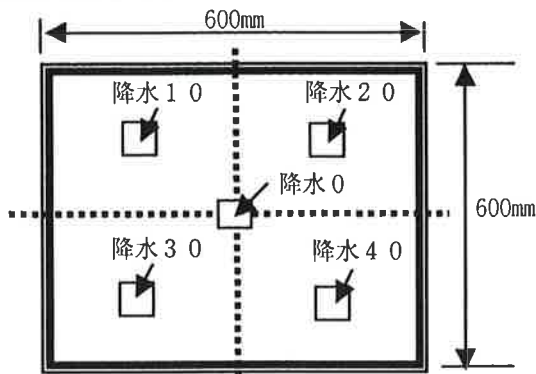


図-5 降水時の測定箇所

□：測定箇所

○土壌硬度測定方法

貫入測定器に体重をかけ、ゆっくりと一定速度で観入し、取り付けた計測紙の目盛りを読み、深さによる床土の固結状態等を測定する。図-6に計測例を示す。

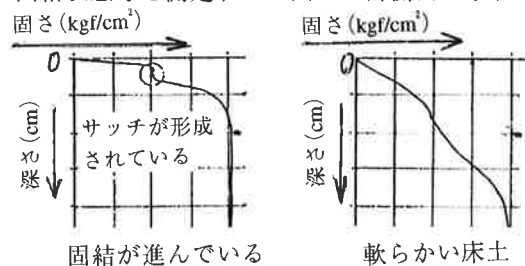


図-6 計測例

(4) 維持管理

芝生の土壌は造成後日を経るにつれて、競技者や管理機械による踏圧、芝草自身の根やサッチなどにより、徐々に閉め固まってくる。その結果、

- ①土壌中の酸素不足。
- ②芝草の根が浅く、貧弱になる。
- ③透水性が低下し、灌水効率も低下する。
- ④ターフが薄くなり、耐踏性が低下する。
- ⑤ターフの回復力が低下し、品質が落ちる。

などの現象が生じ、その対策としての床土の固結状態の改善が、不可欠である。又、サッチは、芝草の成長過程・ストレス等による植物体の生理的バランスが崩れた場合に発生し、地表面部と地中部に堆積し、透水性が悪くなり、苔や病気が発生しターフクオリティを低下させる。その予防としてのサッチ対策は、維持管理上特に重要である。

開発した複合芝は、天然芝と違い床土の表面に人工芝をシート状に施工するため、芝生の維持管理対策として床土の固結状態の改善、サッチ対策、芝生の修復性の検証を行った。表-4に維持管理の調査項目と検証方法を示す。

表-4 維持管理調査項目と検証方法

調査項目	検証方法
床土の固結状態の改善	深さ約20cm程度の刃を土中で振動させながら通し、土壌内部を膨軟ににして根系の発達を促進するシャッタリングを行い、表面硬度・土壌硬度測定により、効果を確認した。
サッチ対策	・地表面サッチ対策 表層のサッチ除去対策として、バーチカルカットによる施工検証を実施した。 ・地中部サッチ対策 地中部のサッチ除去対策としてコアリングによる施工検証を実施した。検証は、 コア径：12・16 mm コア長：40・60 mm の4ケースをパラメータとして実施した。
芝生の修復性	痛んだ芝生部分を部分補修するため、ソッドカッターによる切り芝の製作・施工性について検証した。

3. 測定結果

3.1 ターフクオリティの測定結果

育成した複合芝生と天然芝生にて、芝草の美しさ健康度の測定と根系測定を実施した。測定日と天候について以下に示す。

播種：98/10/12, 晴

第2回測定：98/12/21, 晴

第3回測定：99/1/14, 晴

(1) 芝草の美しさ・健康度調査結果

測定は、複合芝生（No.1～4）4箇所、天然芝生（No.5～6）2箇所とし、色彩色差計を用いて明度・緑色度・黄色度を測定し、ターフの緑の美しさとは健康度の測定を行った。写真-3に色彩色差計による測定状況、図-7に明度・緑色度・黄色度の測定結果を示す。図-7により、両ターフの緑の美しさとは健康度は、ほぼ同等であった。



写真-3 色彩色差計による測定状況

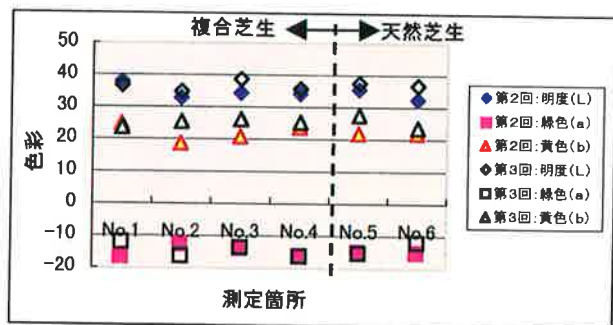


図-7 明度・緑色度・黄色度の測定結果

(2) 芝草の根系の測定結果

ソイルドサンプラーを貫入し、サッチの構成具合とターフの根の成長状況を測定した。

写真-4 に根系の測定状況、写真-5 に根の生育状況を示す。測定の結果、1～3 mm のサッチの堆積を確認した。又、根の生育測定の結果、複合芝生の生育が天然芝生に比べ3ヶ月間若干遅れ気味であった。（但し、ネットと根が絡み強さを発揮するので、商品としては支障無い）



写真-4 根系の測定状況



写真-5 根の生育状況

3.2 プレーイングクオリティの測定結果

ボールのリバウンド、ボールの転がり距離、表面硬度、牽引力の測定を3回実施した。測定日と天候について以下に示す。

播種 : 98/10/12

第1回測定: 98/12/7, 雨

第2回測定: 98/12/21, 晴

第3回測定: 99/1/14, 晴

(1) ボールのリバウンド量の測定結果

測定は、複合芝生（No.1～4）4箇所、天然芝生（No.5～6）2箇所とし測定した。写真-7 に表面硬度測定状況、

～6）2箇所を各5回測定し、その平均値を採用した。図-8 にボールのリバウンド量の測定結果を示す。測定の結果、第1回のリバウンド量は、複合芝生が23.3～25.0%、天然芝生が28.3～30.0%となった。一方、第2回・第3回の結果は、両ターフとも同じ弾み具合となった。結論として両ターフ共評価基準値内（20～50%）の望ましい範囲であった。

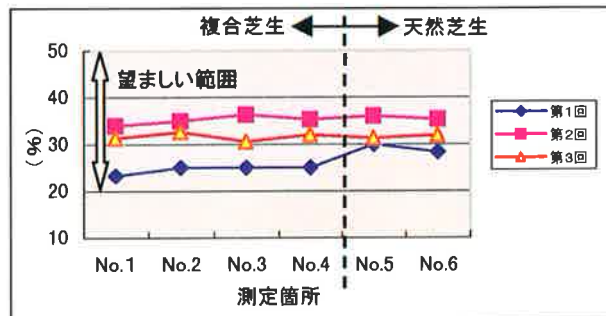


図-8 ボールのリバウンド量の測定結果

(2) ボールの転がり距離の測定結果

測定は、複合芝生（No.1～4）4箇所、天然芝生（No.5～6）2箇所を、登り方向と下り方向で各5回測定し補正した。写真-6 にボールの転がり距離の測定状況、図-9 に同・測定結果を示す。

測定の結果、複合芝生が4.77～5.96m、天然芝生が4.33～5.43mとなり、評価基準値内（3～12m）の望ましい範囲であった。



写真-6 ボールの転がり距離の測定状況

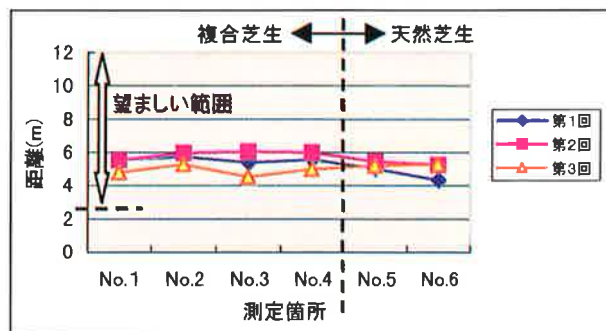


図-9 ボールの転がり距離の測定結果

(3) 表面硬度の測定結果

測定は複合芝生（No.1～4）4箇所、天然芝生（No.5～6）2箇所とし測定した。写真-7 に表面硬度測定状況、

図-10 に同・測定結果を示す。

測定の結果、複合芝生が 90 ～ 120CIV、天然芝生が 104 ～ 125CIV となり、評価基準内（20 ～ 80CIV）の望ましい範囲より高い値を示した。（一般的には、上回ることが多い。）又、育成後 3 ヶ月間の両ターフの測定結果を平均し比較すると複合芝生が 10 % 程度低く衝撃吸収性が高かった。但し、CIV:Clegg Impact Value を示す。



写真-7 表面硬度の測定状況

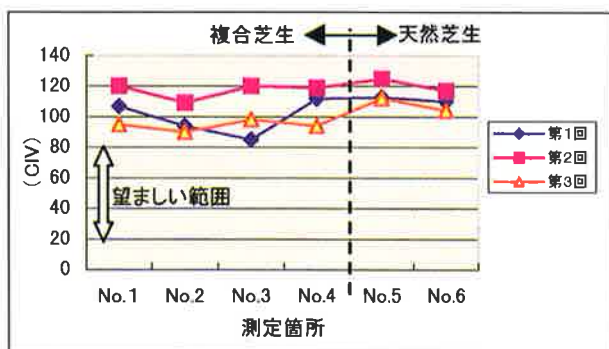


図-10 表面硬度の測定結果

(4) 牽引力（トラクション）の測定結果

測定は複合芝生（No.1 ～ 4 の 4 カ所天然芝生（No.5 ～ 6）の 2 カ所とし各 2 回測定し、その平均値を採用した。写真-8 に牽引力の測定状況、図-11 に同・測定結果を示す。

測定の結果、複合芝生が 38.0 ～ 50.5Nm、天然芝生が 28.0 ～ 42.5Nm となり、殆どが評価基準値内（30Nm 以上）の望ましい範囲であった。育成後 3 ヶ月間の両ターフの測定結果を比較すると複合芝生が 20 ～ 30 % 程度ターフの抵抗性が高かった。



写真-8 牽引力の測定状況

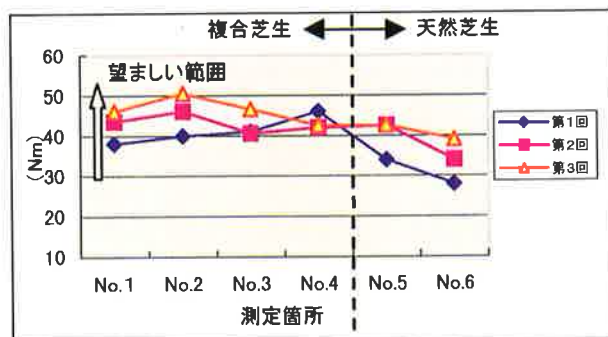


図-11 牽引力の測定結果

3.3 降水量による性能比較結果

降水量の違いによる性能を把握するため、散水量を 0・10・20・30・40 mm と変化させ、表面硬度・牽引力・土壌硬度の簡単な測定を実施した。

播種：98/10/12、晴

第4回測定：99/2/26、晴

(1) 表面硬度の測定結果

測定は両ターフ共 1 カ所とし、水分を含んだ場合の床土（砂）の固着度影響調査を行った。写真-9 に散水状況、図-12 に降水時の表面硬度測定結果を示す。

測定の結果、両ターフ共散水 10 mm 時に約 35 % 程度表面硬度が低下し、散水 30 mm まで保持し散水 40mm にて若干アップした。（但し、散水 40mm 時測定値がアップしたのは、表面水が残った状態で測定したためと思われる。）降水時においても、複合芝が衝撃吸収性が高いことが確認できた。又、第 3 回測定後、エアレーションを実施したため、両ターフ共評価基準値内（20 ～ 80 CIV）の望ましい範囲であった。



写真-9 散水状況

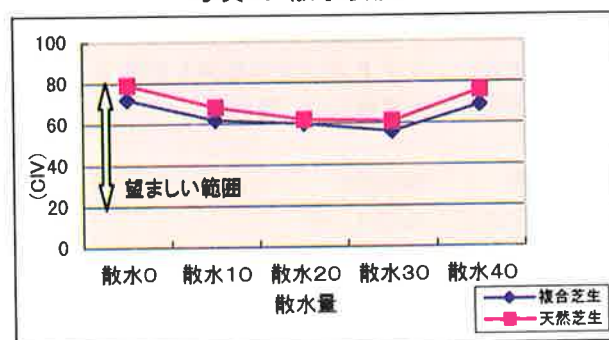


図-12 降水時の表面硬度測定結果

(2) 牽引力の測定結果

測定は両ターフ共1カ所とし、水分を含んだ状態での芝生の水平方向の強度を評価するため牽引力の測定を行った。図-13に降水時の牽引力測定結果を示す。

測定の結果、両ターフ共散水10 mm までは強度の変化は無く58～60 Nm 程度であり、散水20 mm 時両ターフとも49～50 Nm と15%程度の強度低下が見られ、その後若干の強度上昇があった。又、測定結果は評価基準値内（30 Nm 以上）の望ましい範囲であった。

第3回測定結果と異なるのは、1ヶ月半経過し、両ターフが質・量共成長したため。（天然芝生は、茎の本数が複合芝生の約2倍）

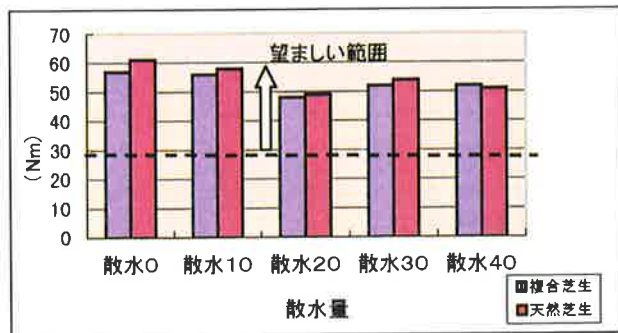


図-13 降水時の牽引力測定結果

(3) 土壌硬度の測定結果

測定は両ターフ共1カ所とし、水分を含んだ状態での床土の深さ方向の固結状態を測定した。図-14に降水時の土壌硬度測定結果を示す。

測定の結果、散水により根部から下の床土の固結状態が徐々に緩和されることがわかった。

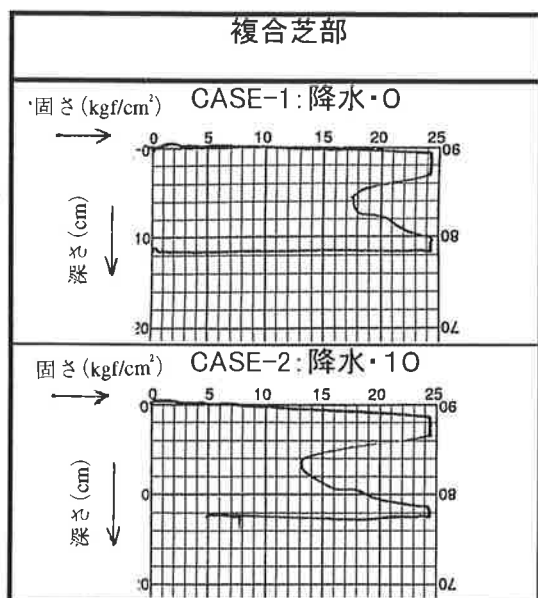


図-14 降水時の土壌硬度測定結果

4. 維持管理

開発中の複合芝生は、床土上に人工芝生を敷き詰めるため、特に問題となる床土の固結状態の改善、サッチ対策、芝生の修復性について施工試験を実施し、効果を確認した。

4.1 床土の固結状態の改善

施工試験日：99/1/14（第3回測定時）

床土は踏圧による踏み固めと乾燥により、固まり硬度が変化する。第1回～第3回の測定の結果から硬すぎる結果となっており改善対策としてシャッタリングによるエアレーションを実施し、その前後の表面硬度・土壌硬度測定を行い、効果を確認した。図-15にエアレーション前後の表面硬度測定結果、図-16に同・土壌硬度測定結果を示す。

エアレーション前後の測定の結果、表面硬度は約30%の改善、土壌硬度も改善効果が見られ、複合芝生の床土の固結改善にエアレーションが有効であることを確認した。

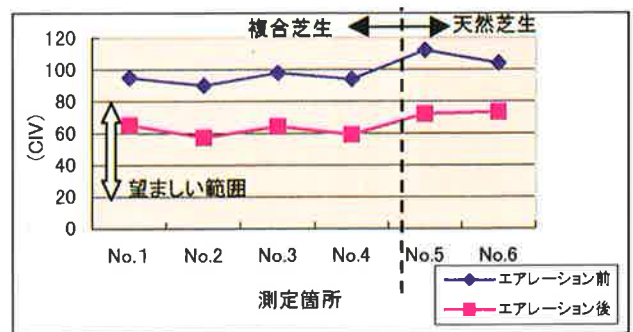


図-15 エアレーション前後の表面硬度測定結果

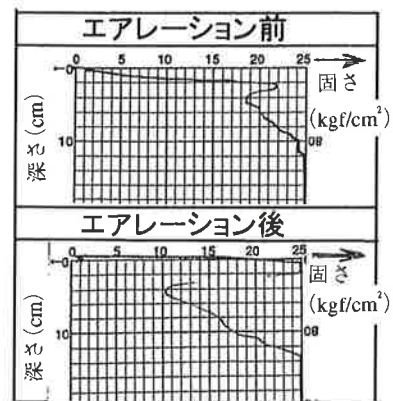


図-16 エアレーション前後の土壌硬度測定結果

4.2 サッチ対策

複合芝生は床土上に人工芝生を敷き詰めるため、表層部と地中部にサッチが溜まり除去対策の検証が必要である。

施工試験日：99/2/26（第4回測定時）

(1) 地表面部サッチ対策

開発した複合芝生は三次元ネットに保護されており、ネットへの干渉・切断・捲れなどにより、サッチ除去が難しいとの指摘あり、対策としてバーチカルカットによる施工試験を実施した。写真-10 にバーチカルカットの施工試験の状況を示す。

施工試験の結果、複合芝生の三次元ネットへの干渉が無く、天然芝生とほぼ同量の表層部のサッチを除去でき対策として、有効であることを確認した。



写真-10 バーチカルカットの施工試験

(2) 地中部のサッチ対策

複合芝生と床土をコア抜きすることにより、地中部のサッチを除去するためのコアリング検証試験を実施した。表-5 にコアリング検証試験結果を示す。

検証試験の結果、コア径16 mm・深さ60 mmにて中空でコアを抜き出すことができたことにより、地中部のサッチ除去対策として有効であることを確認出来た。その他は棒状（ソリッドタイプ）でコアが出せなかった。

表-5 コアリング検証試験結果

コア径 (mm)	深さ (mm)	棒状でコアが出 せないもの	中空でコア出 しが可能
12	40	○	×
	60	○	×
16	40	○	×
	60	×	○

4.3 芝生の修復性

プレーイングクオリティは、競技中に加わるストレスの強弱の度合いが大きく影響し、特にゴール前・センターサークル内は著しく痛みやすい。又、土壌水分の状態によっても痛む場合がある。その為、部分補修を必要とする場合があり、ソッドカッターによる切り芝の製作・施工性について検証した。写真-11 に複合芝の製作状況、表-6 に製作寸法等を示す。

検証結果、天然芝生と同様な修復が可能であり、複合芝生は切断時の伸びが少なく天然芝生に比べ高密度の芝生の敷設が可能であることがわかった。



写真-11 複合芝の製作状況

表-6 製作寸法等

単位、寸法：mm、重量：kg/m²

	製作巾	マット厚	重量
複合芝生	300	32	40
天然芝生	300	15	17

5. まとめ

開発した複合芝生と比較対象用の天然芝生を育成し、サッカー競技を主とした芝生のターフクオリティ・プレーイングクオリティ・維持管理に関する各種試験を行った。今回の測定結果と維持管理における検証試験結果を以下にまとめる。

- (1) 芝生の緑の美しさと健康度は天然芝生と同等である。
- (2) 複合芝生はターフ表面の衝撃吸収性に優れる。
- (3) プレーイングクオリティは、天然芝生と同等以上の性能が期待できる。
- (4) 維持管理については、対応が可能である。

6. あとがき

今回の試験場は、人工芝野球場の水下にあり、雨水が溜まりやすい上に、床土の透水性が悪く表面硬度と土壌硬度の測定結果が、硬すぎる結果となった。今後は、床土の仕様検討及び実プレイ時の問題点を把握し解決を図る予定である。

謝辞：本開発を進めるにあたり、ご指導して下さいました大塚化学、岸和田事業所・石川所長、鳴門研究所・岡氏、家具事業部・幸森氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中原和久、柳 久；サッカー場の芝生造成と管理、(株)ソフトサイエンス社、PP.211-216、平成6年9月