

環境省
令和4年度環境技術実証事業

気候変動対策技術領域及び水・土壌環境保全技術領域

実証報告書

令和5年3月

実証機関 : 一般社団法人埼玉県環境検査研究協会

実証対象技術名 : エムエスクラフト (MS CRAFT)

実証申請者 : ミズノ株式会社

実証番号 : 140-2202



本実証報告書の著作権は、環境省に属します。

－ 目 次 －

全体概要	1
1. 実証対象技術の概要	1
2. 実証の概要	2
3. 実証結果と考察	2
4. 参考情報	4
本編	5
1. 本事業の概要	5
1.1 目的	5
1.2 実証の定義	5
1.3 実証報告書の概要	5
2. 実証体制と実証参加者の責任分掌	6
3. 実証対象技術の概要及び仕様	8
3.1 実証対象技術の原理及び目的（環境保全・改善効果等）	8
3.2 実証対象技術の構成	9
3.3 実証対象技術の仕様	9
4. 既存データ活用の検討	11
4.1 既存データ	11
4.2 既存データの検証	14
5. 実証（試験）方法	15
5.1 実証の全日程	15
5.2 試験実施場所の情報	15
5.3 監視項目	16
5.4 実証項目、実証する性能及び参考項目	17
5.5 実証方法	19
5.6 環境影響及び維持管理項目	23
6. 試験結果及び考察	28
6.1 監視項目	28
6.2 実証項目	31
6.3 参考項目	34
6.4 環境影響及び維持管理項目	39
7. 所見（実証結果のまとめ）	44
付録	45
1. 専門用語集	45
2. 品質管理に関する事項等の情報	46
2.1 データの品質管理	46
2.2 品質管理システムの監査	46

全体概要

実証対象技術	エムエスクラフト（MS CRAFT）
実証申請者 所在地	ミズノ株式会社 大阪府大阪市住之江区南港北 1-12-35
実証機関 所在地	一般社団法人埼玉県環境検査研究協会 埼玉県さいたま市大宮区上小町 1450 番地 11
実証期間	令和4（2022）年8月22日～8月23日、9月16日、12月19日～12月20日
技術の目的	人工芝の充填材の温度を低下させることでヒートアイランド対策に貢献するとともに、充填材の流出を抑制することを目的としている。

1. 実証対象技術の概要

1.1 原理及び技術の目的（環境保全・改善効果）、特徴

本技術では、パイルが日射反射顔料を含有するため、日射を反射し、パイルの表面温度を低減させることができる。さらに、特殊捲縮加工されたパイルが充填材を覆い隠す構造となっているため（下図）、充填材に日射が届きづらく、充填材の温度上昇も抑制する。これらの効果により、特に夏季に高温となる人工芝フィールドの表面温度上昇や蓄熱を抑制することができ、ヒートアイランド対策に貢献できると考えられる。さらに、特殊捲縮加工されたパイルが充填材を覆う構造から、充填材が流出しづらいという特徴を持っている（下図）。

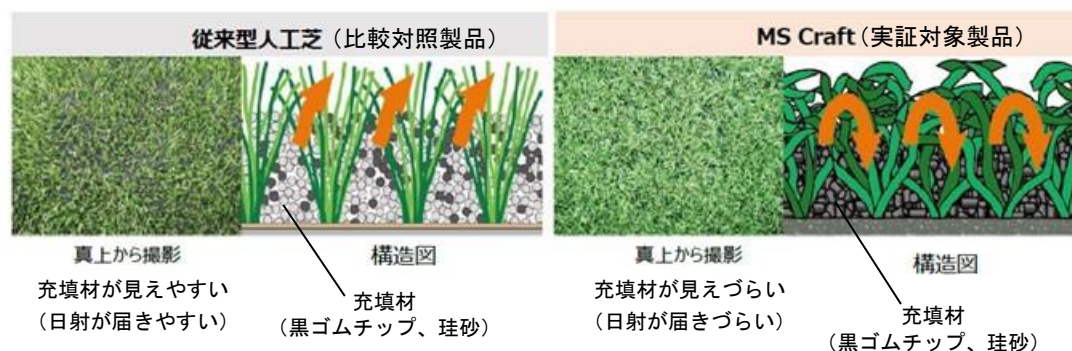


図 従来品と実証対象製品の構造図

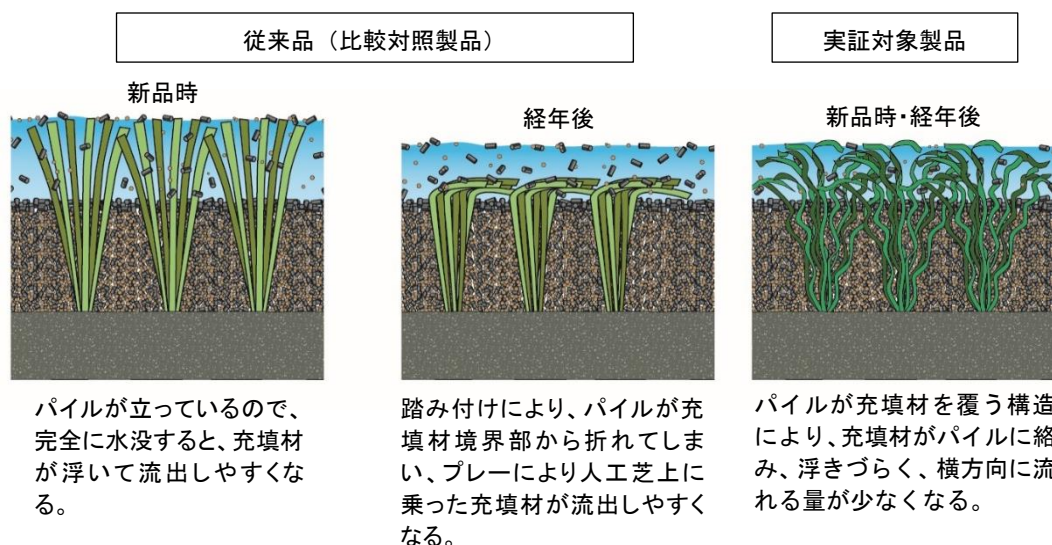


図 従来品と実証対象製品の充填材の流出について

1.2 仕様

パイル	素材	高日射反射性ポリエチレン（温度抑制機能付）
	製法	特殊捲縮加工モノフィラメント
	サイズ	長さ：58～76mm※パイルを伸ばした状態、厚み：280 μm、幅：1.1mm
充填材	黒ゴムチップ	SBR を主体とする工業用ゴム破砕品（新材）、粒度範囲：1.0～2.36 mm
	珪砂（白色）	4号珪砂、粒度範囲：0.15～0.6 mm

2. 実証の概要

2.1 実証の目的

充填材の温度抑制効果等を明らかにすることを目的に、夏季の日中に、実証対象製品（特殊捲縮加工有）と比較対照製品（特殊捲縮加工無）が並んで施工されている実施設において、充填材の表面温度等を測定・比較するとともに、日射反射率の測定も行った。さらに、実証対象製品を利用する際に生じる環境影響のひとつとして、充填材の流出特性を模擬試験で調査した。

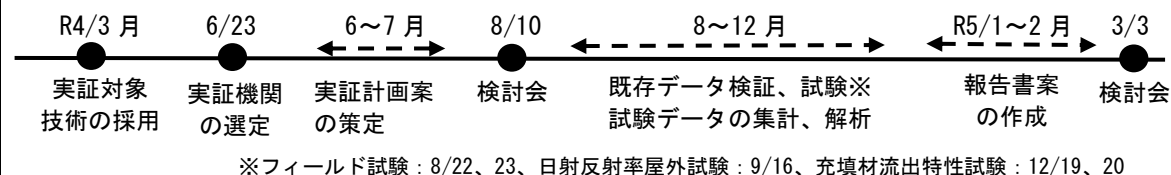
2.2 性能を示す項目及びその定量的値（実証項目及び実証する性能値）

実証項目	実証する性能（値）
充填材表面温度	夏季の日射が十分にある天候時において、実証対象製品と比較対照製品の充填材表面温度の差が5℃以上
日射反射率（屋内試験）	JIS K 5602:2008「塗膜の日射反射率」に準じて測定した場合に、全波長域で25%以上
日射反射率（屋外試験）	夏季の非雨天時の日中において、JSTM J6151:2014「現場における陸屋根の日射反射率の測定方法」に準じて測定した場合に、全波長域で10%以上

2.3 実証場所（試験実施場所）

フィールド試験	福岡県立修猷館高等学校 グラウンド （福岡県福岡市早良区西新6丁目1番10号）
屋内の日射反射率測定	一般財団法人 日本塗料検査協会 東支部 検査室 （神奈川県藤沢市宮前636-3）
屋外の日射反射率測定	一般財団法人建材試験センター 中央試験所 屋外試験場 （埼玉県草加市稲荷5-21-20）
充填材流出特性の調査	ミズノ株式会社イノベーションセンター（大阪府大阪市住之江区南港北1丁目12-35）

2.4 実証期間（スケジュール）



3. 実証結果と考察

3.1 監視項目（気象条件）（詳細は本編28～30頁参照）

フィールド試験実施期間中には降雨が確認されなかったが、試験を開始した8月22日（試験1日目）の前日の早朝に激しい降雨があった。試験開始時においては、人工芝の表面は乾いた状態であったが、充填材の内部には水分が確認された。試験2日目も充填材に水分が含まれていることを確認したが、試験1日目よりも少ない状態であった。試験1日目の試験データについては参考扱いとすることとした。日射反射率の屋外試験は、快晴の条件下で実施された。

3.2 実証項目及び参考項目（詳細は本編 31～38 頁参照）

フィールド試験においては、下表に示すとおり、温度センサーで測定した場合、全天日射強度が 700 W/m^2 以上の時間帯に限定すると、充填材表面温度の差は約 5.0°C であり、実証する性能を満たした。全天日射強度が $1,000 \text{ W/m}^2$ 以上の時間帯の場合は、約 7.4°C の差であった。また、サーモグラフィカメラで人工芝全体の表面温度を測定した結果、下図に示すとおり、全天日射強度が比較的高い時間帯では、実証対象製品の方が比較対照製品よりも表面温度が 4°C 以上低くなっていた。

実証対象製品の日射反射率は屋内・屋外試験ともに実証する性能を満たしていた。また、実証対象製品は、比較対照製品と比べ、屋外試験によって計測された日射反射率が高かったことから、この日射反射率の高さも人工芝の表面温度の低下に寄与していると考えられた。

表 充填材表面温度の測定結果（試験 2 日目）

全天日射強度	実証対象製品	比較対照製品	差（抑制効果）
700 W/m^2 以上の時間帯	44.3°C	49.3°C	5.0°C
$1,000 \text{ W/m}^2$ 以上の時間帯	44.7°C	52.1°C	7.4°C



範囲内平均温度

A（実証対象）： 51.8°C

B（比較対照）： 56.0°C

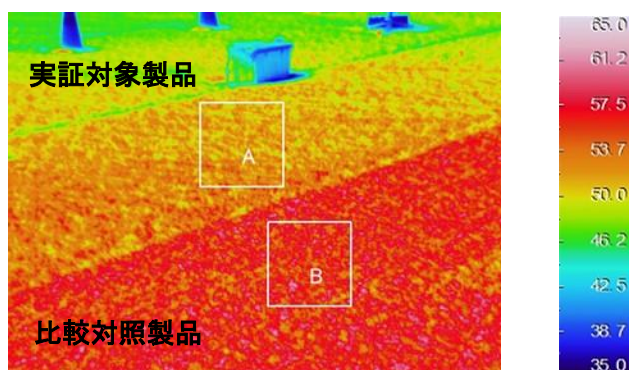


図 サーモグラフィカメラによる人工芝表面温度の測定結果（日射強度：約 $1,000 \text{ W/m}^2$ ）

3.3 環境影響及び維持管理項目（詳細は本編 39～43 頁参照）

人工芝を静置した状態での模擬試験と、降水時及び降水後のプレーを想定して人工芝上での足踏みを追加した模擬試験を実施した。より実態に即していると考えられる後者の試験では、比較対照製品に比べ、実証対象製品では大きく充填材流出量が減少した。

表 降雨時及び降雨後のプレーを想定した試験における充填材流出量

人工芝の状態	実証対象製品	比較対照製品	流出抑制率
新品	13.1g	82.8g	84.2%
摩耗試験後	17.7g	60.0g	70.5%

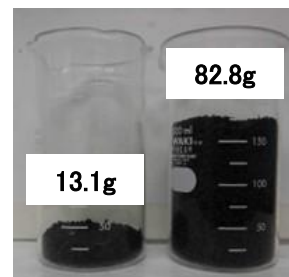


図 流出した充填材の外観（新品使用時）

3.4 所見（詳細は本編 46 頁参照）

項 目	所 見
技術全体	実証対象製品は、捲縮加工されたパイルを使用しており、直毛タイプの比較対照製品と比べ、日射反射率が高い。また特殊捲縮加工されたパイルが充填材を覆い隠す構造となっているため充填材に日射が届きづらい。これらの特徴により、実証対象製品は充填材の温度上昇を抑制することができ、ヒートアイランド対策として有効であると考えられる。 模擬試験の結果より、実証対象製品は、プレーに伴う充填材の飛散と、降雨に伴う流出を抑制することが可能であると考えられた。充填材は降雨時に流出することが多いことから、実証対象製品は、マイクロプラスチックによる環境汚染の一因ともいわれている充填材の流出抑制に効果的な技術であると考えられる。
その他	フィールド試験の結果は天候の影響を強く受けた。晴天が続いた日に試験を実施した場合は、本実証結果とは異なる温度抑制効果が見られた可能性がある。

4. 参考情報

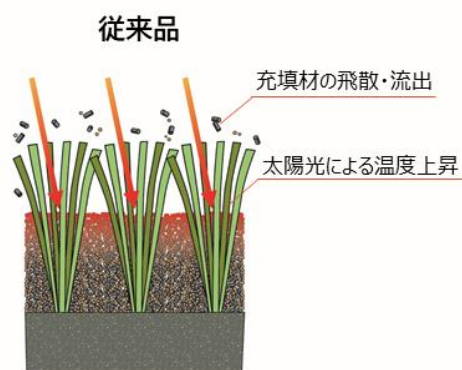
注意： このページに示された情報は、技術広報のために全て実証申請者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

4.1 製品データ

項 目	実証申請者又は開発者 記入欄	
製品名・型番	MS CRAFT（エムエスクラフト）	
製造（販売）企業名	ミズノ株式会社	
連絡先	TEL/FAX	(06)-6614-8286
	Web アドレス	www.mizuno.com
	E-mail	mhyoshi@mizuno.co.jp
必要なメンテナンス	清掃、充填材の均し	
製品寿命	約 10 年	
施工期間	サッカー場 1 面 (8,000~9,000 m ²) あたり約 30 日	
コスト概算 ※サッカー場 1 面 (8,000~9,000 m ²) を 想定した場合	イニシャルコスト	
	本体価格	20,000 円/m ²
	※材料費・施工費を含む人工芝敷設工の参考価格。 下地工事費、諸経費は含まず。	
	メンテナンスコスト	
	定期メンテナンス	約 800,000 円/回
	※全体の凹凸均し及び衝撃吸収性回復作業	

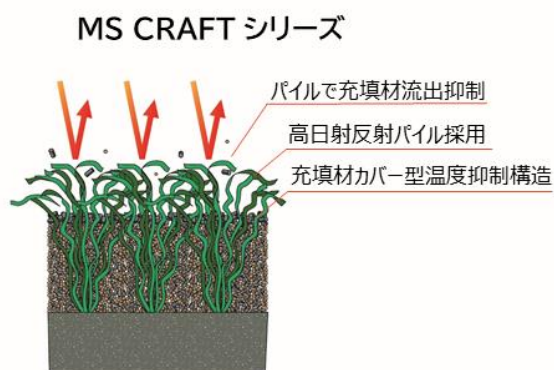
4.2 その他メーカーからの情報

MS CRAFT シリーズは、従来の直毛型人工芝の課題を解決するために開発された高機能人工芝です。高日射反射パイルを特殊な技術を用いて捲縮加工することにより、充填材をパイルで覆い隠す構造を実現しています。



従来の直毛型人工芝の課題

- ・夏の表面温度が高くなりやすい
- ・充填材がグラウンド外に流出しやすい
- ・経年によりパイルが倒れてプレー感が変わる



MS CRAFT シリーズの特徴

- ・充填材の種類に関わらず、優れた温度抑制効果を発揮
- ・充填材の飛散や降雨での流出を抑制
- ・経年の形状変化が少ない

本編

1. 本事業の概要

1.1 目的

環境技術実証事業（以下「実証事業」という。）は、既に実用化された先進的環境技術の環境保全効果、副次的な環境影響、その他、環境の観点から重要な性能（以下「環境保全効果等」という。）を第三者が客観的に実証することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の利用者による技術の購入、導入等に当たり、環境保全効果等を容易に比較・検討し、適正な選択を可能にすることにより、環境技術の普及を促進し、環境保全に寄与し、中小企業の育成も含めた環境産業の発展に資することを目的とする。

実証事業は、国際規格であるISO 14034：2016〔Environmental management -- Environmental technology verification (ETV)：環境マネジメントー環境技術検証（ETV）〕に準拠しており、国際的に統一された枠組みで実証事業を運用している。

1.2 実証の定義

本実証事業において「実証」とは、環境技術の開発者でも利用者でもない第三者機関が、環境技術の環境保全効果等を試験等に基づき客観的なデータとして示すことをいう。なお、環境技術とは環境改善効果又は環境保全効果をもたらす先進的技術並びに環境に関する先進的な測定技術と定義する。「実証」は、一定の判断基準を設けて、この基準に対する適合性を判定する「認証」とは異なる。

1.3 実証報告書の概要

本報告書は、環境技術実証事業実施要領〔環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室：令和４年４月１日〕（以下「実施要領」という。）の「別紙４ 実証報告書及び実証報告書概要版に記載する事項」及び「別紙５ 実証報告書作成要領 Ver.3.2」に基づき、作成されたものである。

本実証では、実施要領に基づいて実証対象技術として選定された「エムエスクラフト（MS CRAFT）」について、以下に示す環境保全効果等を客観的に実証した。

また、本報告書は、専門家で構成される技術実証検討会において、実証結果に基づき、実証対象技術の環境保全効果等について検討を行った。本報告書はその実証結果を取りまとめたものである。

- ・実証申請者が定める技術仕様の範囲での、実際の使用状況下におけるによる環境改善及び環境保全効果
- ・使用に必要なエネルギー、物資、廃棄物量及び可能な限りコスト
- ・適正な運用が可能となるための使用環境
- ・使用及び維持管理にかかる労力

2. 実証体制と実証参加者の責任分掌

実証に参加する組織及び実施体制を図2-1に示した。また、実証参加者と責任分掌を表2-1に示した。

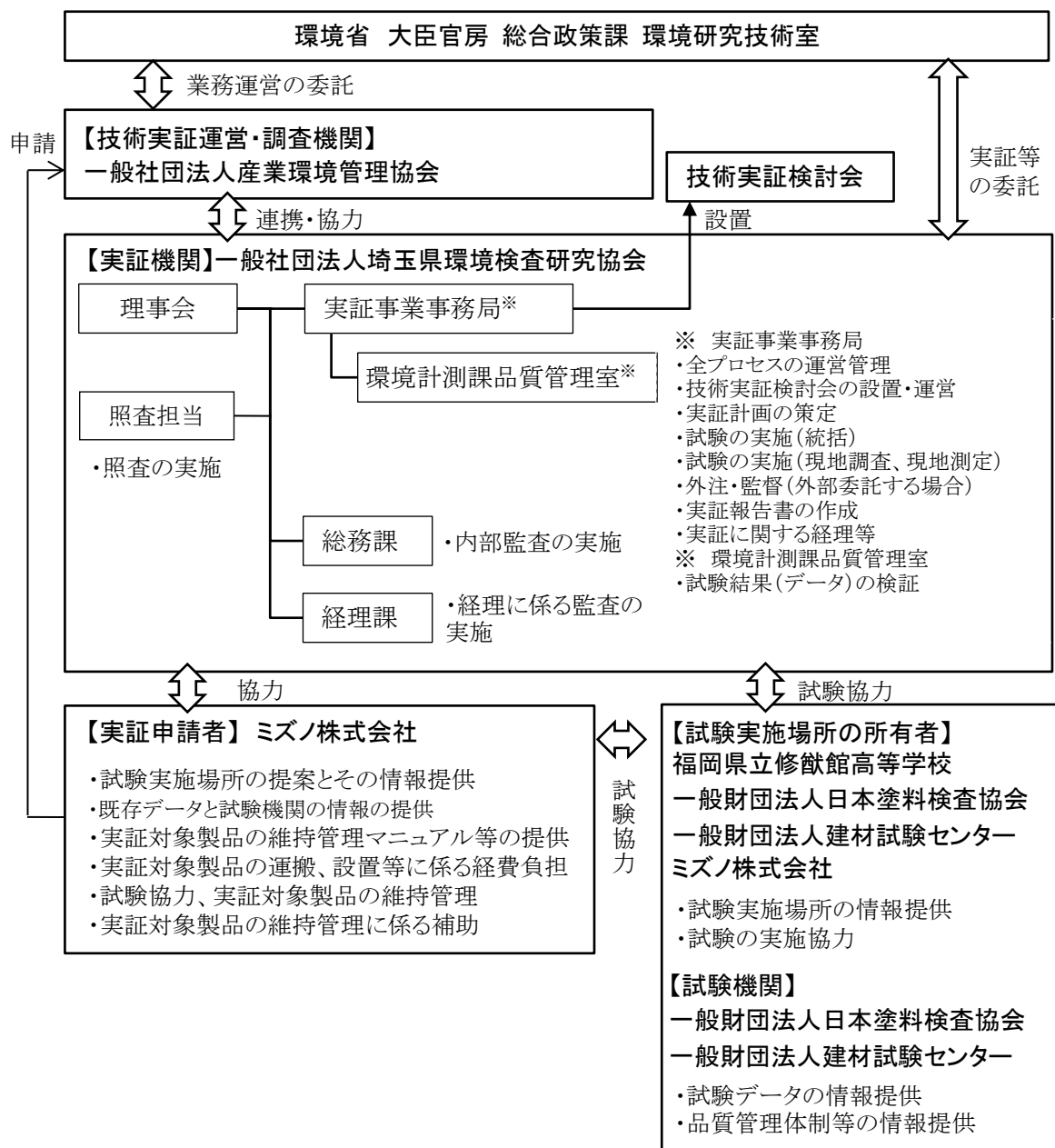


図2-1 実証に参加する組織及び実施体制

表2-1 実証参加者と責任分掌

区 分	実証参加機関	責 任 分 掌	参 加 者
実証機関	一般 社団法人 埼玉県環 境検査研 究協会	実証事業の全プロセスの運営管理	実証事業事務局 袴田 賢一 長濱 一幸 大塚 俊彦 岸田 直裕
		技術実証検討会の設置・運営	
		統括・ 計画管理	
		実証計画の策定	
		試験の実施（統括）	
		実証報告書の作成	
		外注・監督（外部委託する場合）	
		採取・ 現地調査	環境計測課品質管 理室長 高橋 広土
		データの 検証	
		内部監査	
実証 申請者	ミズノ株式会社	内部監査の実施	総務課 ISO 担当 榊原 稔
		経理	実証事業事務局 岸田 直裕
		経理監査	財務本部長 浅川 進
		照査	照査担当理事 野口 裕司
		既存データと試験機関の情報の提供	グローバルイク ップメント プロダクト部 LH・WB・SF 企画課 土肥 弘一 吉村 美保
		試験費用負担	
		試験実施場所の提案とその情報の提供	
		実証対象製品の準備と運転マニュアル 等の提供	用具開発課 太田 昂貴 佐藤 詩織
		実証対象製品の運搬、設置、撤去に係る 経費負担	
		実証対象製品の維持管理に要する費用 負担	
試験 実施場所 の所有者	福岡県立 修猷館高等学校 一般財団法人 日本塗料検査協会 一般財団法人 建材試験センター ミズノ株式会社	試験実施場所の情報の提供	—
		試験の実施協力	
試験機関	一般財団法人 日本塗料検査協会 一般財団法人 建材試験センター	試験データの情報提供	—
		品質管理体制等の情報提供	

3. 実証対象技術の概要及び仕様

3.1 実証対象技術の原理及び目的（環境保全・改善効果等）

運動場の舗装材の一つである人工芝は、日光にさらされると非常に温度が高くなるという性質がある。これは芝葉本体（以降、「パイル」）と充填材（黒ゴムチップ、珪砂）それぞれが熱を持つことに起因する。

本技術では、パイルが日射反射顔料を含有するため、日射を反射し、パイルの表面温度を低減させることができる。さらに、特殊捲縮加工されたパイルが充填材を覆い隠す構造となっているため（図3-1）、充填材に日射が届きづらく、充填材の温度上昇も抑制する。これらの効果により、特に夏季に高温となる人工芝フィールドの表面温度上昇や蓄熱を抑制することができ、ヒートアイランド対策に貢献できると考えられる。さらに、特殊捲縮加工されたパイルが充填材を覆う構造から、充填材が流出しづらいという特徴を持っている（図3-2）。プラスチック製の充填材の流出は、マイクロプラスチックによる環境汚染の一因ともいわれている。

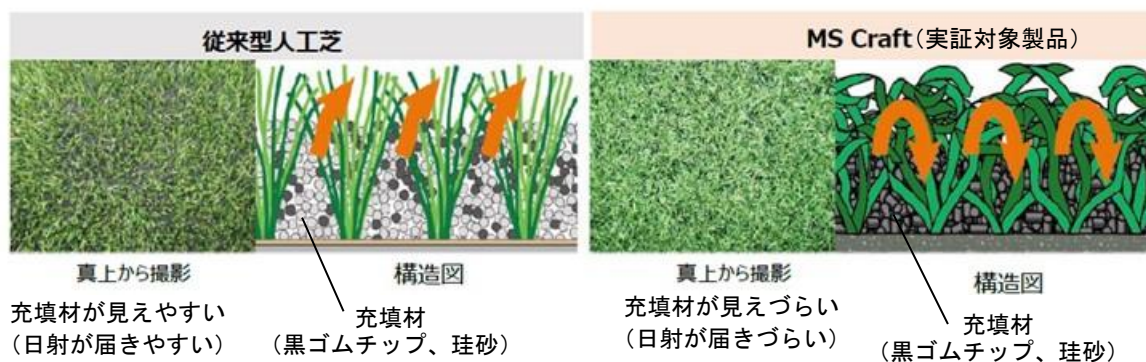


図3-1 従来品と実証対象製品の構造図

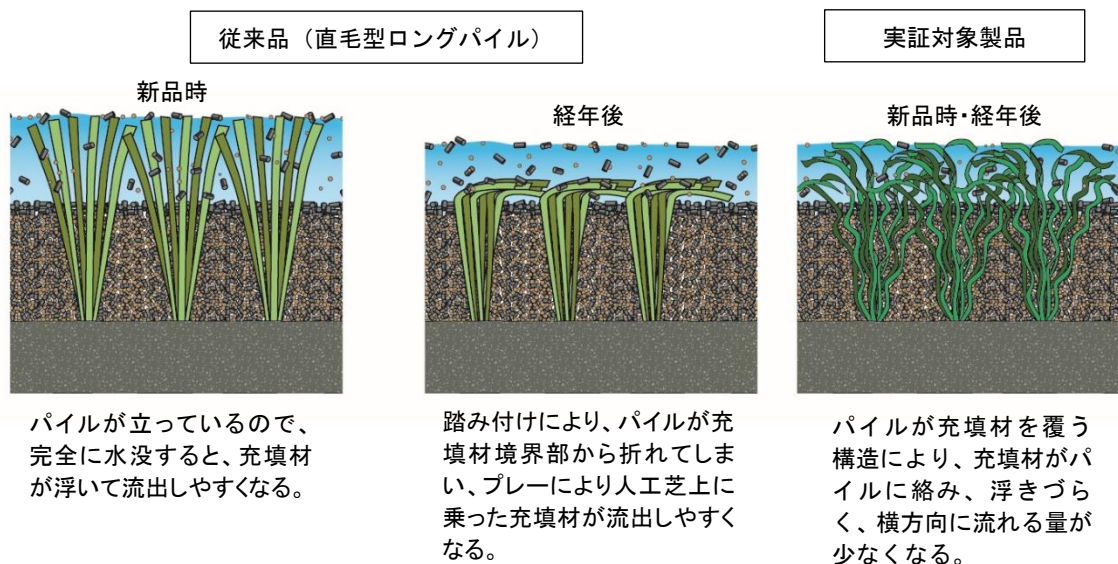


図3-2 従来品と実証対象製品の充填材の流出について

3.2 実証対象技術の構成

実証対象製品は、図３－１に示したとおり、パイル、充填材（緩衝層）によって構成されている。通常は透水性アスファルト舗装及び砕石舗装の上部に施工される。サッカー場１面あたり約30日の施工日数を要する。

3.3 実証対象技術の仕様

(1) 仕様

表３－１ 実証対象製品の仕様

パ イ ル	素材	高日射反射性ポリエチレン（温度抑制機能付）
	製法	特殊捲縮加工モノフィラメント
	長さ	58～76 mm ※パイルを伸ばした状態
	断面形状	オーバル（楕円）形
	厚み	280 μm
	幅	1.1 mm 程度
	束ね糸	ポリプロピレン糸
充 填 材	黒ゴムチップ	SBR を主体とする工業用ゴム破砕品（新材）、 粒度範囲：1.0～2.36 mm
	珪砂（白色）	4 号珪砂、粒度範囲：0.15～0.6 mm
	配合（密度）	黒ゴムチップ 13.6 kg/m ² 、珪砂 26 kg/m ²
基布素材 （人工芝を植えている布）		ポリプロピレン製
バックング素材 （基布裏面のコーティング素材）		耐水性ウレタン樹脂
ジョイントテープ		ポリエステル製（幅 300 mm 程度）
接着剤		合成樹脂系接着剤



人工芝裏面
基布+バックング



ジョイントテープ

図３－３ 各素材の写真

（2）消耗品、消耗材、消費電力量

実証対象製品（人工芝）には、日常的に補充するような消耗品・消耗材は存在しない。一部分だけ消耗が激しくなった場合には、部分的に張替え等を行う。また、使用状況により、チップの締め固まりや不均一化が発生しやすくなるため、ブラッシングなどのメンテナンスや充填材の補充を行う。人工芝の機能を維持できない状態まで消耗した場合には、全面的な張替が必要である。

実証対象製品は電力を消費しない。

（3）維持管理方法、技能

推奨している維持管理は表3-2に示すとおりである。使用者に特別な技能は必要としない。

表3-2 維持管理項目

項 目	担 当 者	作 業 項 目	頻 度
日常メンテナ ンス	使用者	・ 局所的な充填材の均し ・ 落ち葉やゴミの取り除き	使用状況に応じ て適宜実施
定期メンテナ ンス	実証申請者等 の専門業者	・ 全面均し	年1回程度
		・ 充填材の全体補充 ・ 破損箇所等部分補修	7年に1回程度

（4）回収物及び廃棄物と、その取扱い

消耗や降雨等によってフィールドから流出し、排水溝のフィルター等にトラップされたパイルや充填材は廃プラスチック等として処分する。

なお、フィールド外周の人工芝パイルの密度を高くしたり、側溝や集水桝にフィルターを設置したりすることで、パイルや充填材の流出を抑制可能なスポーツ施設設計を推奨している。

（5）建屋の必要性

実証対象製品は屋外仕様であり、建屋は必要ない。

4. 既存データ活用の検討

4.1 既存データ

実証申請者は、様々な既存データを保有している。以下に既存データとして実証する試験データを示す。

(1) 試験方法：日射反射率（室内試験）

2015年3月～5月にかけて、表4-1に示す試験室内にて日射反射率の測定が第三者によって行われた（実際に測定が行われたのは数日間である）。JIS K 5602:2008「塗膜の日射反射率」に準じて測定が行われた。

試験対象のパイルは表4-2に示すとおりである。パイルに熱を掛けて平板状に成型した試験片が用いられた。実証対象製品の他に比較対照として日射反射顔料を含有していない製品も試験対象とした。

表4-3に試験に用いた測定機器の主な仕様を示す。1つの試験片につき、3回測定が行われ、その測定結果の平均値が採用された。

表4-1 試験実施場所

名称	一般財団法人日本塗料検査協会 東支部 試験室
所在地	神奈川県藤沢市宮前 636-3

表4-2 日射反射率の室内試験における試験対象の人工芝（パイル）

略称	色	日射反射顔料の含有
実証対象製品（平板状 A）	オリーブグリーン	有
実証対象製品（平板状 B）	フィールドグリーン	有
比較対照製品（平板状）	フィールドグリーン	無

表4-3 日射反射率の室内試験に用いた測定機器の主な仕様

紫外可視近赤外分光光度計	
波長範囲	190～3200 nm
分解能	0.1nm
迷光	<0.00008%(220 nm)、<0.00005%(340 nm)、<0.08%(1690 nm)、<0.08%(2740 nm)
測光方式	ダブルビーム直接比率測光方式 可視・紫外域：負高圧コントロール方式 近赤外域：スリットプログラム＋ゲインコントロール方式

（2）試験結果：日射反射率（室内試験）

表4-4、図4-1～4-4に示すとおり、実証対象製品（パイル）は、日射反射顔料を含有していない比較対照製品と比べ、日射反射率が高かった。特に近赤外域の日射反射率が高い傾向にあった。この結果から、屋外に実証対象製品を施工した際に、表面温度の低減効果や蓄熱の抑制効果が発揮され则认为られた。

表4-4 日射反射率（室内試験）の試験結果

略称	色	日射反射 顔料 の含有	日射反射率（％）		
			全波長域 300～ 2,500nm	近紫外及び 可視光域 300～780nm	近赤外域 780～ 2,500nm
実証対象製品 （平板状 A）	オリーブ グリーン	有	27.7	12.9	47.3
実証対象製品 （平板状 B）	フィールドグ リーン	有	25.3	9.8	45.8
比較対照製品 （平板状）	フィールドグ リーン	無	20.0	9.2	34.4

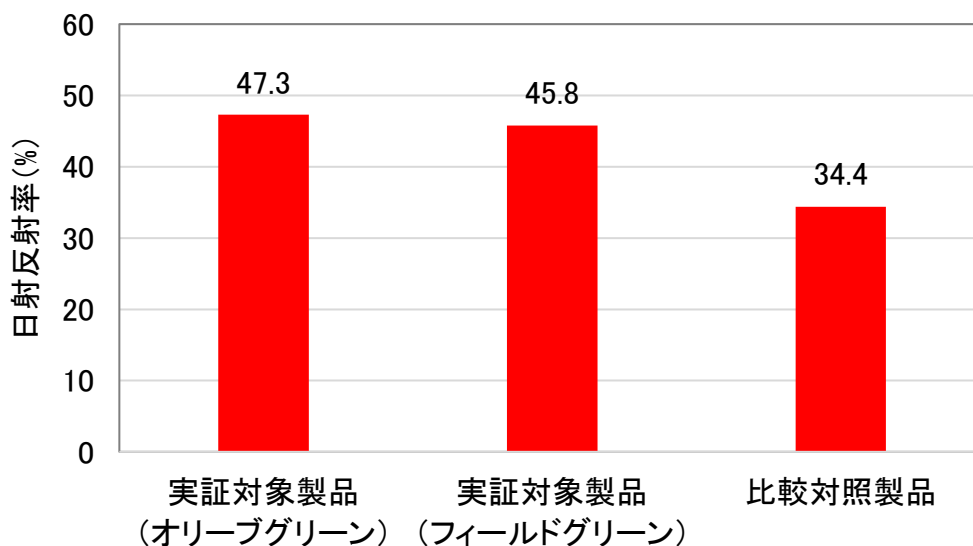


図4-1 近赤外域の日射反射率

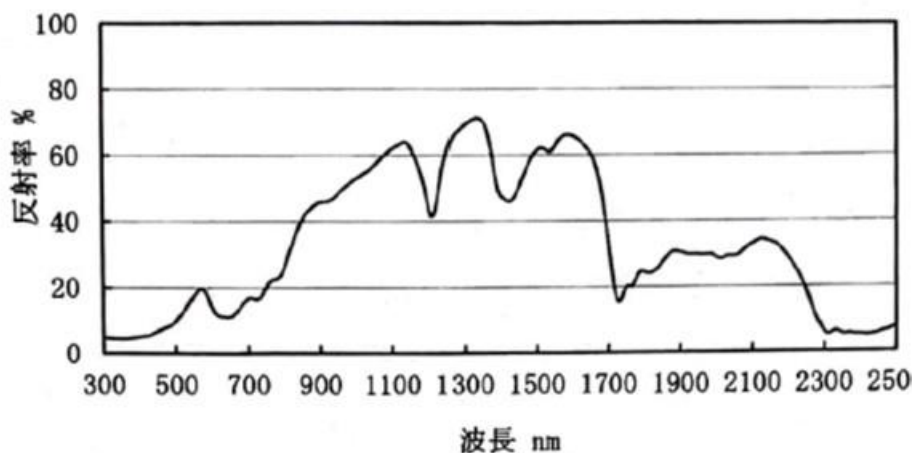


図4-2 分光反射特性（実証対象製品 平板状A、オリーブグリーン）

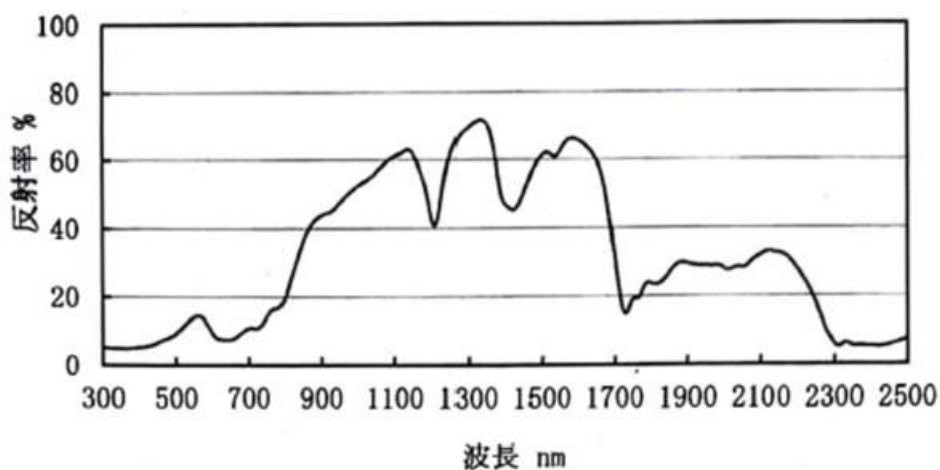


図4-3 分光反射特性（実証対象製品 平板状B、フィールドグリーン）

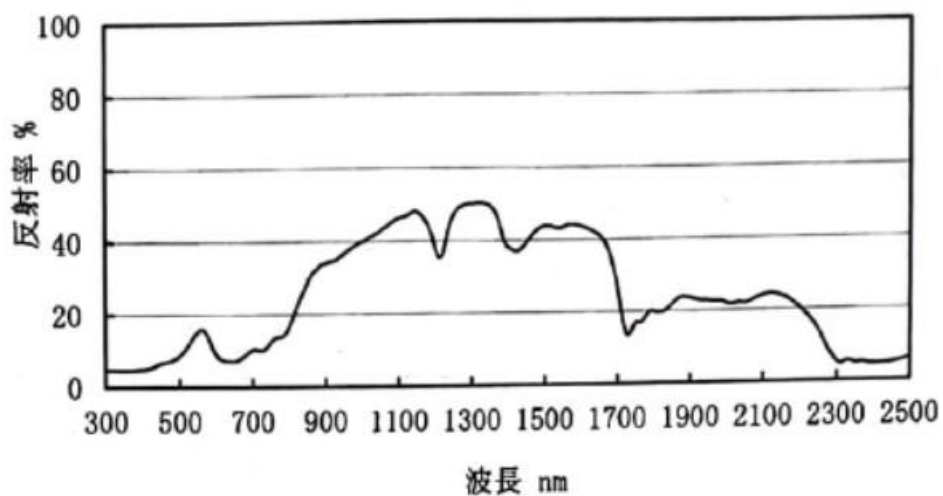


図4-4 分光反射特性（比較対照製品 平板状、フィールドグリーン）

4.2 既存データの検証

検証は、実証申請者の協力の下で、既存データを取得した機関等に情報提供を促し、守秘義務を遵守し、報告書や記録、ヒアリング等により確認した。

表４－５に示すとおり、検証の結果、十分な品質管理体制の下で生成された試験データであり、実証データとして採用可能であると判断した。

表４－５ 既存データの検証結果（試験機関：一般財団法人 日本塗料検査協会）

分類	項目	確認・検証結果
基本的事項	試験機関の概要	・ 塗料検査に関する我が国唯一の第三者機関である。 ・ ISO/IEC17025 認定取得機関である。 ・ 実証申請者とは第三者の関係にあり、試験機関の公平性を確認した。
	試験機関の品質管理体制	・ ISO/IEC17025 に準拠した品質管理が行われていた。
	外注	・ 既存データの取得時には外注は実施していなかった。
測定方法・精度管理		・ JIS K 5602:2008「塗膜の日射反射率」に準じた測定が行われた。測定機器の定期的な点検等の適切な精度管理が行われていたことを確認した。

5. 実証（試験）方法

夏季の雨天時を除く日中に、実証対象製品（特殊捲縮加工有）と比較対照製品（特殊捲縮加工無）が並んで施工されている実施設において、人工芝の表面温度、熱中症指数（WBGT）、温熱快適性指標（SET*）等を測定・比較した。天候によって試験結果が変化することが予想されるため、2日間の試験を実施した。また、屋外の試験場にて日射反射率の測定も実施した。

このほか、実証対象製品を利用する際に生じる環境影響のひとつとして、充填材の流出特性を模擬試験で調査した。

5.1 実証の全日程

※フィールド試験：8/22、23、日射反射率屋外試験：9/16、充填材流出特性試験：12/19、20

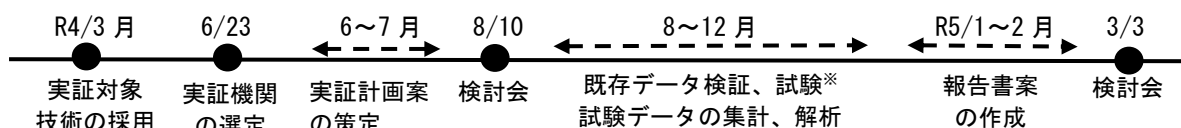


図5-1 実証の全日程

5.2 試験実施場所の情報

試験実施場所の名称、所在地等を表5-1～5-3、図5-2に示す。

表5-1 試験実施場所の情報（フィールド試験）

名称	福岡県立修猷館高等学校 グラウンド
所在地	福岡県福岡市早良区西新6丁目1番10号
施設情報	野球場やサッカー場等が併設された運動施設であり、体育や部活動に利用されている。実証対象製品と比較対照製品が並んで施工されている。
実証対象製品	2020年2月施工。捲縮加工有。日射反射機能有。 ラグビー場・サッカー場として利用されている。
比較対照製品	2020年2月施工。捲縮加工無。日射反射機能有。 ハンドボール場、サッカー練習場として利用されている。



図5-2 試験実施場所の外観（フィールド試験）

表５－２ 試験実施場所の情報（屋外の日射反射率測定）

名称	一般財団法人建材試験センター 中央試験所 屋外試験場
所在地	埼玉県草加市稲荷 5-21-20
備考	日射反射率を測定可能な日影とならないスペースにて測定を行った。

表５－３ 試験実施場所の情報（充填材流出特性の調査）

名称	ミズノ株式会社 イノベーションセンタースポーツパフォー マンスラボ
所在地	大阪府大阪市住之江区南港北 1 丁目 12-35
備考	実証申請者所有の施設であるが、試験自体（測定等）は実証 機関が実施した。

5.3 監視項目

監視項目は**表５－４**のとおりとし、試験結果に影響を及ぼすと予想される項目を監視した。

表５－４ 監視項目

監視項目	内容
気象条件 （フィールド試験）	気温、相対湿度、全天日射強度、風向風速を実測した。
気象条件 （屋外の日射反射率測定）	太陽高度、気温、相対湿度を実測した。

5.4 実証項目、実証する性能及び参考項目

実証項目及び実証する性能、参考項目は、表5-5～5-7に示すとおりとした。

表5-5 実証項目及び実証する性能

実証項目	実証する性能
表面温度（ロガー）※	夏季の日射が十分にある天候時において、実証対象製品と比較対照製品の表面温度※※の差が平均5℃以上
日射反射率（屋内試験）※※※	JIS K 5602:2008「塗膜の日射反射率」に準じて測定した場合に、全波長域で25%以上
日射反射率（屋外試験）※※※※	夏季の非雨天時の日中において、JSTM J6151:2014「現場における陸屋根の日射反射率の測定方法」に準じて測定した場合に、全波長域で10%以上

※温度測定ロガーを用いた連続測定を行った。また、天候の影響で時間帯によって効果が異なるため、時間を区切った評価も行った。

※※充填材表層の複数地点にて測定した際の平均値とした。参考として、パイルや充填材内部の地点でも測定を行った。

※※※パイルに熱を掛けて平板状に成型した試験片を用いた（4章に示した既存データによる実証）。

※※※※人工芝の状態の試験片を用いて屋外の試験場にて測定を行った（図5-3）。

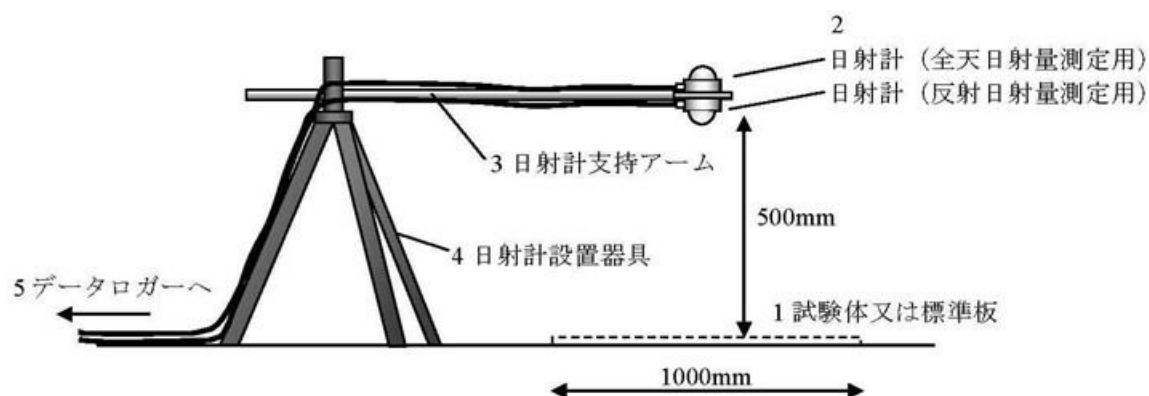


図5-3 日射反射率の屋外試験方法の概要

表5-6 試験対象の人工芝（パイル）

試験の種類	試験対象 の略称	パイルの色	日射反射 顔料の含有	パイルの 形状※	パイル の長さ	パイル の厚み	充填厚 ※※
フィールド 試験	実証対象製品	フィールド	有	捲縮加工	76mm	280μm	40mm
日射反射率 屋外試験	比較対照製品	グリーン／ オリーブグ リーン (混織)	有	直毛	60mm	背骨部 310μm 通常部 130μm	35mm
日射反射率 屋内試験	実証対象製品 (平板状 A※)	オリーブ グリーン	有	平板状	—	—	—
	実証対象製品 (平板状 B※)	フィールド グリーン	有	平板状	—	—	—
	比較対照製品 (平板状※)	フィールド グリーン	無	平板状	—	—	—

※表5-5の注釈に示したとおり、室内試験の場合は、パイルに熱を掛けて平板状に成型したものを試験に供したため、実証対象製品と比較対照製品の形状に差はない。

※※フィールド試験・日射反射率の屋外試験時には、充填材として表3-1の仕様に示した黒ゴムチップ及び珪砂を用いた。配合は以下のとおりである。

- ・実証対象製品：黒ゴムチップ 13.6 kg/m²、珪砂 26 kg/m²
- ・比較対照製品：黒ゴムチップ 13.5 kg/m²、珪砂 18 kg/m²

表5-7 参考項目

調査項目	方法
WBGT	気温、相対湿度（自然通風式温湿度計）、黒球温度を実測し、演算によって値を求めた（WBGT 計を利用）。
SET*	外気温度、相対湿度、風速、黒球温度を実測し、また着衣量※、代謝量※※の文献値を利用して、演算※※※によって値を求めた。
表面温度 (撮影)	実証対象製品と比較対照製品の表面温度をサーモグラフィカメラで測定した。
ユーザーの 主観	ユーザー（プレーヤー）の代表者にヒアリングを実施し、表面温度の抑制効果や暑熱環境等に関する利用者の主観評価を確認した。

※※着衣量：0.35 とした（半袖、半ズボン等を想定）。

※※※代謝量（met 値）：4（速歩：平地、95～100m/分程度）、1.2（立位安静）の2種類で比較した。

※※※※ASHRAE SET*演算ソフト（空気調和・衛生工学会、新版 快適な温熱環境のメカニズム 付録、2006年3月）を利用した。

5.5 実証方法

(1) 調査スケジュール（フィールド試験）

図5-4に示すスケジュールで調査を行った。調査は2日間行った。

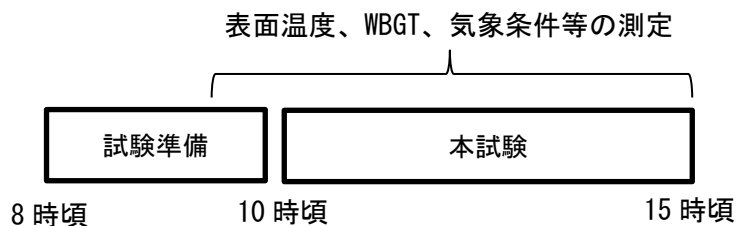


図5-4 1日の調査スケジュール（フィールド試験）

(2) 測定地点（フィールド試験）

図5-5～5-7に示す地点に計測機器を設置し、測定を行った。充填材の表面温度は、各製品5地点で計測し、その平均値を採用した。表面温度計、日射計を除き、地面から約1.1mの高さにて測定を行った。試験1日目の前日に降った雨の影響で、フィールドの中央や東側で人工芝内部の水分が多い傾向にあったため、試験2日目は、水分が少ない傾向にあった西側に測定機器を移動して計測を行った。

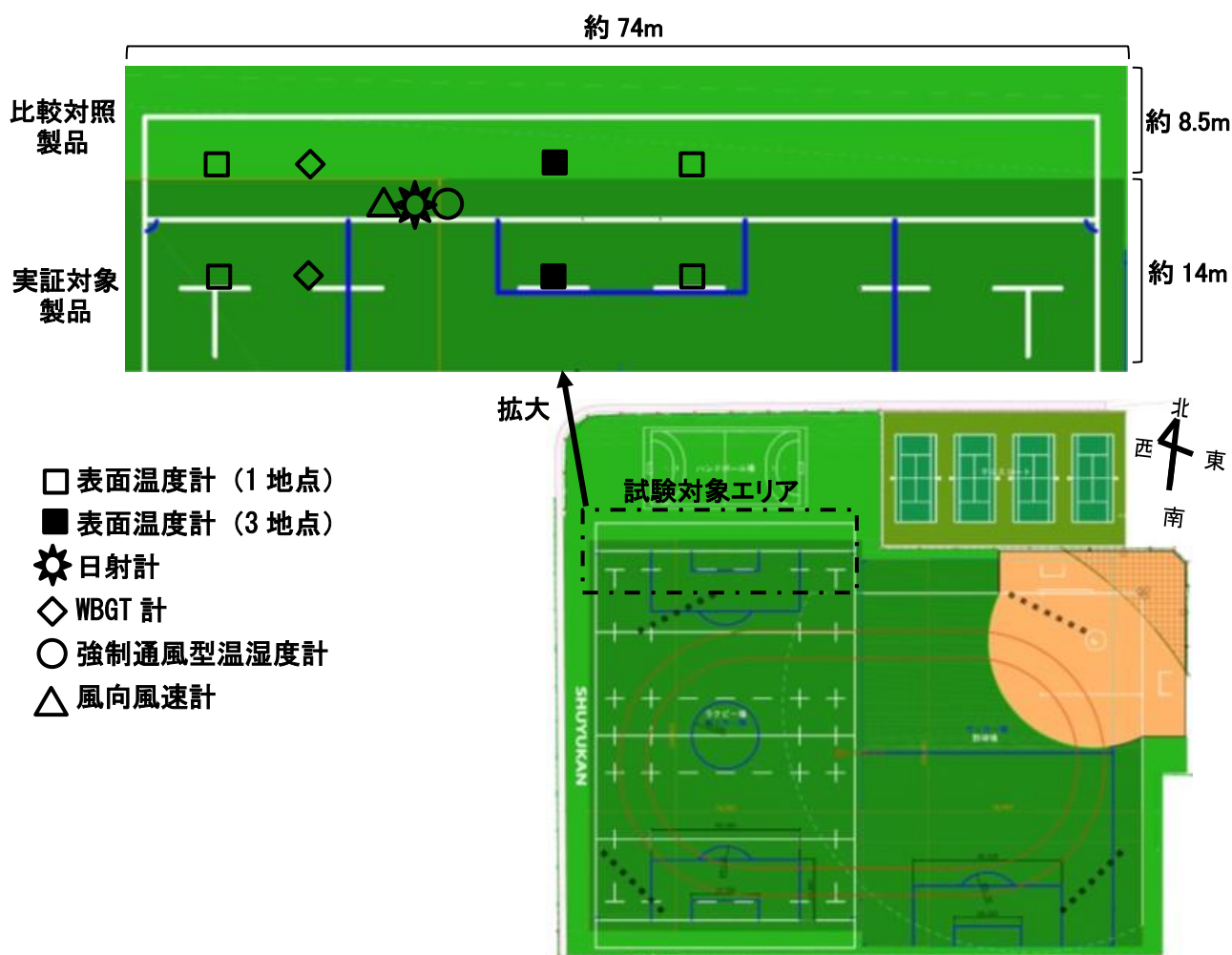


図5-5 測定地点（平面図）、試験1日目（8/22）

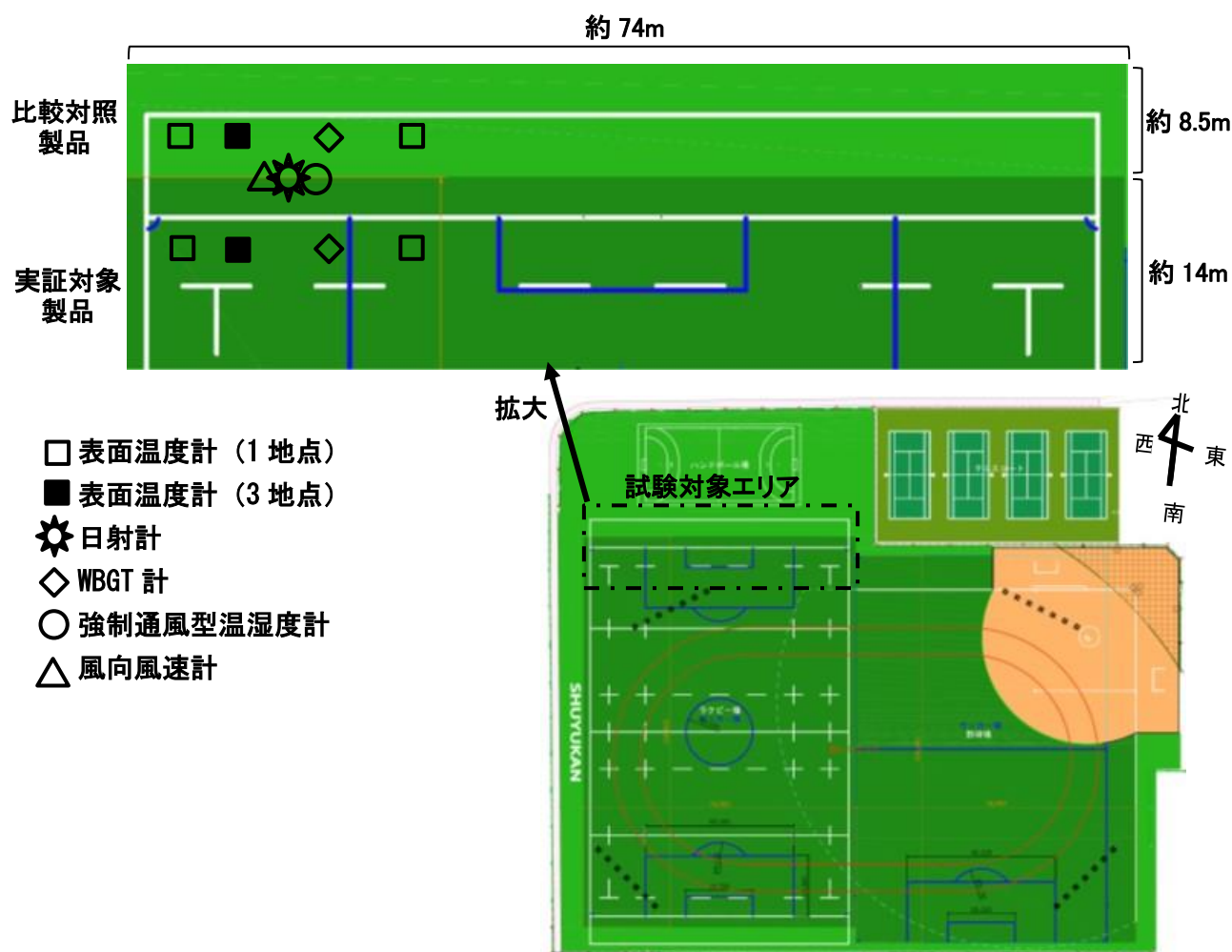


図 5-6 測定地点（平面図）、試験 2 日目（8/23）

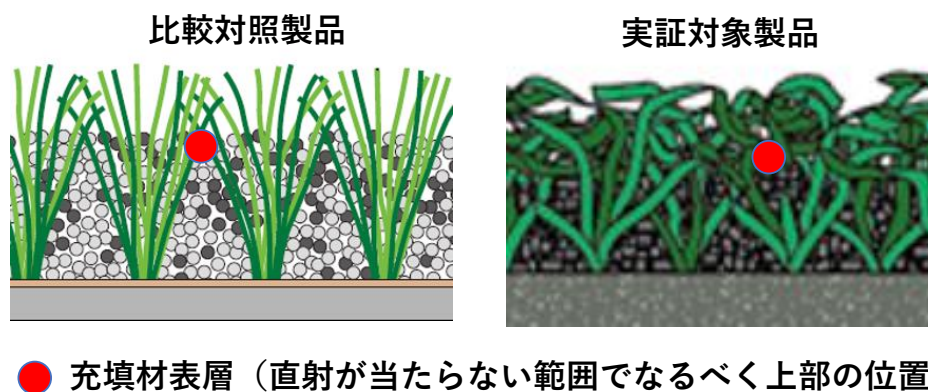


図 5-7 表面温度測定地点（人工芝断面）

（3）試験の実施状況（フィールド試験及び日射反射率の屋外試験）



試験対象エリアの全景（北西側より撮影）



（遠景）



（センサー先端部の近景）

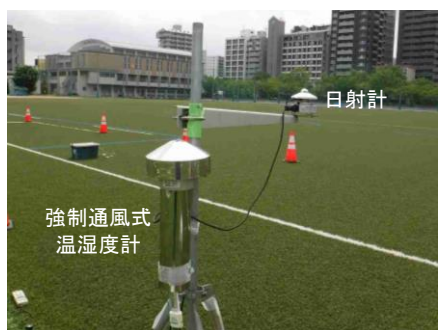
充填材表面温度測定の様子
（注：左右の写真は測定地点が異なる。）



WBGT 計



風向風速計

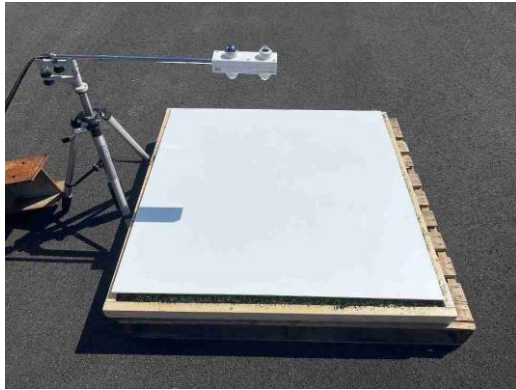


強制通風式風向風速計と日射計



サーモカメラ

図 5-8 各種測定の様子（フィールド試験）



白色標準板設置時



黒色標準板設置時



実証対象製品測定時



比較対照製品測定時

図5-9 各種測定の様子（日射反射率の屋外試験）

（4）計測器及び測定周期

表5-8 測定器及び測定周期（フィールド試験）

測定器	測定周期
温度計（人工芝表面温度）	1分間隔
強制通風型温湿度計	
WBGT 計	
風向風速計	
日射計	

（5）実証対象製品の操作及び維持管理

維持管理マニュアルに従い、ユーザーが維持管理を行っていたフィールドにて試験を実施した。

5.6 環境影響及び維持管理項目

（1）環境影響及び維持管理項目

環境影響及び維持管理項目を表5-9に示す。

表5-9 環境影響、運転及び維持管理項目

	項目	内容・測定方法等
環境影響 項目	充填材の流出特性	実証対象製品を利用する際に生じる環境影響のひとつとして、充填材の流出特性を以下に示す模擬試験方法で調査した。
維持管理 項目	実証対象製品の維持管理に必要な人員数と技能	作業項目毎の最大人数と作業時間（人・日）、管理の専門性や困難さを記録した。
	実証対象製品の信頼性	異常発生時の原因を調査した。
	トラブルからの復帰方法	異常発生後の復帰操作の容易さ、課題を評価した。
	維持管理マニュアルの評価	運転及び維持管理マニュアルの読みやすさ、理解しやすさ、課題を評価した。

（2）充填材の流出特性の調査方法（模擬試験方法）

①概要

図5-10、5-11に示す試験装置を用い、降雨による人工芝の水没を模擬した環境条件下において、流出する充填材の量を人工芝の種類毎に計測することで、充填材の流出特性を明らかにした。物理的なダメージによって人工芝が劣化した際の流出特性も調べるため、新品の人工芝のみでなく、摩耗試験後の人工芝も試験に供した。

降雨時及び降雨後におけるプレーの有無は、充填材の流出特性に大きな影響を及ぼすと予想されたため、人工芝を静置した状態での試験（降雨時想定試験）と、降水時及び降水後のプレーを想定して人工芝上での足踏みを追加した試験（降雨時プレー想定試験）を実施した。

実証対象製品と比較対照製品を両方使用しているユーザー（試験実施場所の使用者）の代表者にヒアリングを実施し、実際の人工芝フィールドにおける充填材の流出等に関する情報を入手した。

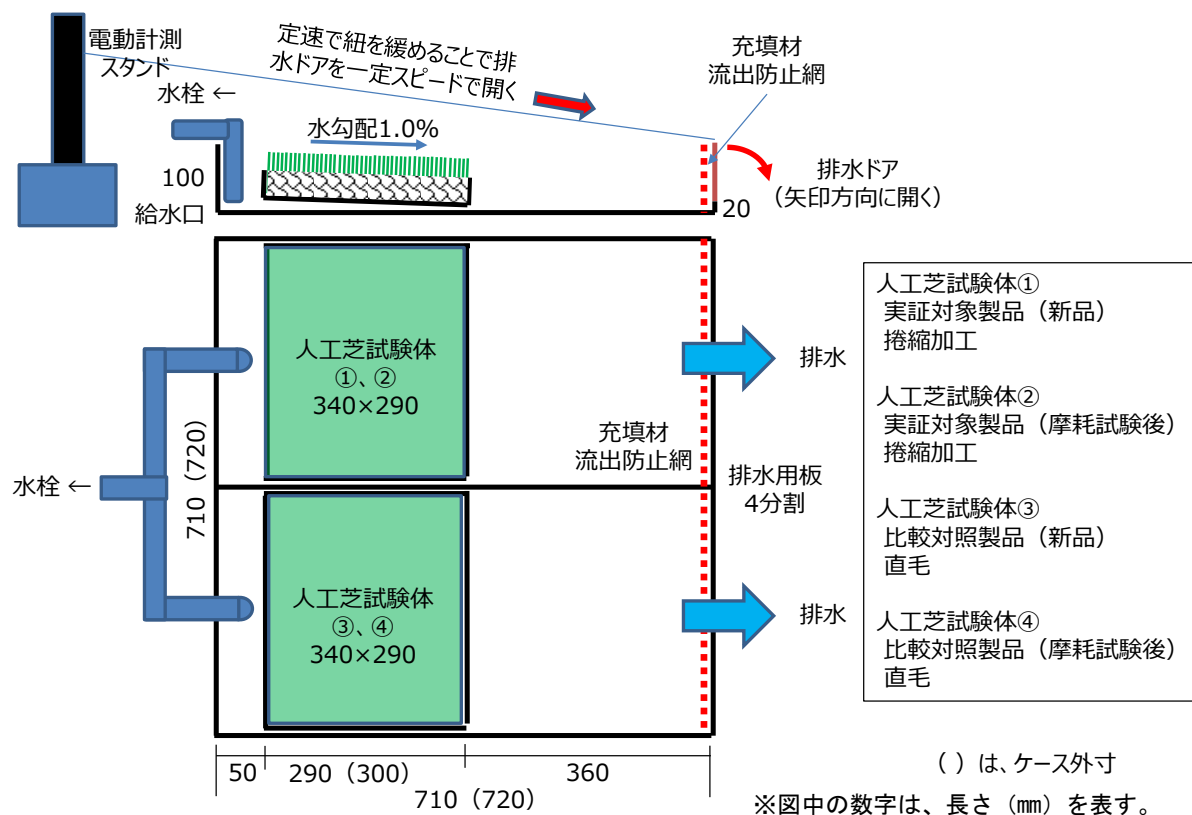
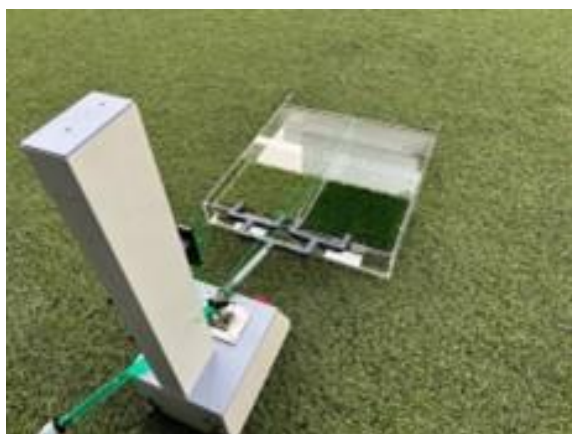
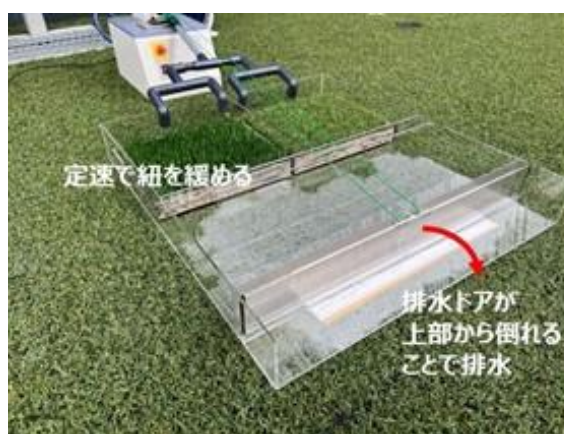


図 5-10 充填材の流出特性を調査するための模擬試験装置（概略図）と試験体の種類



電動計測スタンド：4mm/s の低速で動作



約 35 秒間でドアが完全に倒れる。

図 5-1 1 充填材の流出特性を調査するための模擬試験装置 (写真)

②使用する人工芝の種類と状態

図5-10に示した4種類の人工芝を試験に供した。試験開始前の充填材の量や状態を人工芝間で揃えるために、新品の充填材を人工芝に単位面積当たりで珪砂 26 kg/m^2 、黒ゴムチップ 13.6 kg/m^2 となるように充填した。

摩耗試験後の試料は、「JFA ロングパイル人工芝ピッチ公認制度 ガイドライン（第8版）」に記載された「耐久性－耐摩耗性」の試験方法に従い、図5-12に示す試験機を用いて摩耗処理を行った後の人工芝とした。同ガイドラインでは、スパイクを模したローラーの往復回数は5,200回であるが、物理的ダメージによる劣化をより厳しい条件で再現するため、実証申請者と協議し、今回の模擬試験では、4倍の20,800回往復させた。また、模擬試験に用いる人工芝のサイズは、摩耗試験後にサンプリング可能な寸法を設定した。



図5-12 摩耗試験機（出典は上記 JFA ガイドライン）

③模擬試験条件

降雨時想定試験と降雨時プレー想定試験について、その方法の詳細を図5-13、5-14にそれぞれ示す。降雨時プレー想定試験における足踏みは、体重約70 kgの成人男性1名が実施した。試験時の水温は約19℃であった。

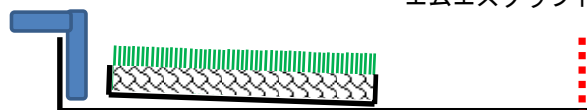
屋外グラウンドの場合、0.5～1.0%の排水勾配が推奨されている。模擬試験においては、最も流出リスクが高いと考えられる1.0%の勾配とした。実施設においては、人工芝が水没することにより、充填材が浮き上がり、水の流れとともに人工芝表面を移動してグラウンド外へ流出することが確認されていることから、模擬試験においては水没及び人工芝表面の水の流れを模した条件下で試験を行うこととした。図5-13、5-14に示す水没と排水のサイクルは計20回※とした。

※全国51地点の過去10年間（1991～2020年）の日降水量100 mm以上の平均年間日数が約1.33日であることから、15年分の水没回数として20回（ $1.33 \times 15 = 20.0$ ）に設定した。

④充填材の重量の測定方法

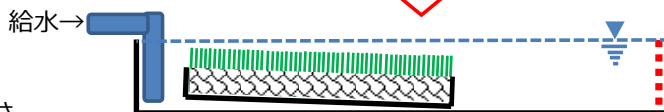
常圧加熱乾燥後（約105℃）の乾燥重量を測定した。乾燥温度は充填材の耐熱温度以下である。

① 試験体準備



② 水没フェイズ

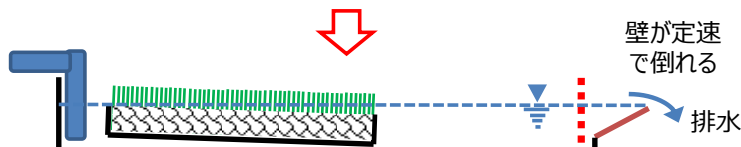
水圧で充填材が動かない
様に徐々に給水した。
※給水は左右同量となる様に
単一水栓からパイプ長を同一長さ
とした。



約1分40秒間（初回は約3分間）

③ 排水フェイズ

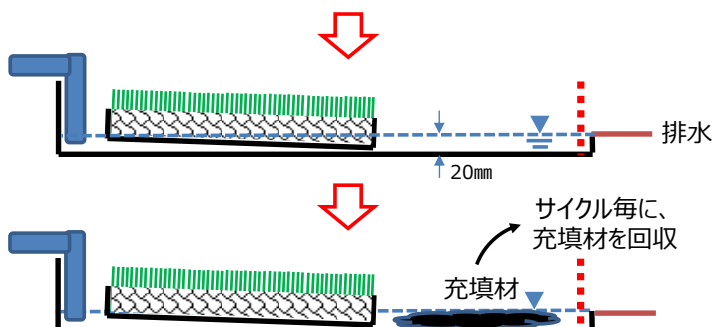
水没フェイズ後すぐに、実地に近い排
水の流れを発生させる為、排水扉を
定速で開け、上部から排水を行った。
※予備試験結果を基に、表面の流れ（流
速等）が実施設の豪雨時（水没時）と同
程度になるように、排水時間を設定した。



約35秒間

④ 回収フェイズ

排水完了後、溜まった充填材を回収。
完了後、②水没フェイズに戻り、20サ
イクル実施した。5サイクルごとに、充
填材をまとめ、105℃で乾燥後、重
量を計測

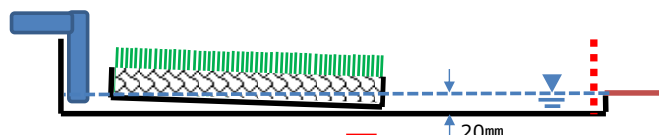


約2分30秒間（充填材回収時間）

図5-13 充填材の流出特性の試験方法詳細（降雨時想定試験）

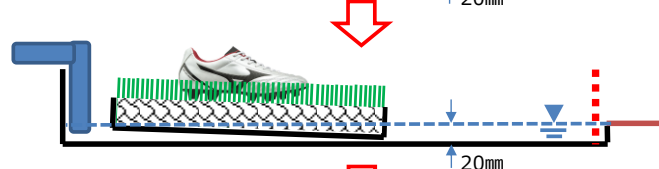
① 試験準備

ケース上端まで給水後、下端まで排
水を行った。



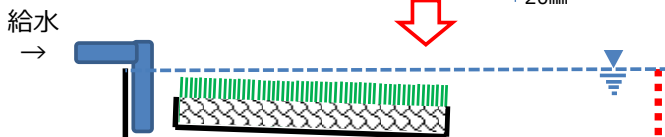
② 使用フェイズ

降水時及び降水後の利用を想定す
る為、人工芝が濡れている状態でサ
カースパイクにて人工芝を踏みつけた。
（各試験体10回）



③ 水没フェイズ

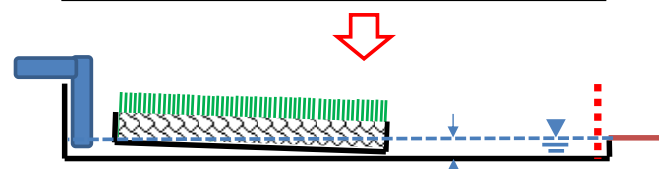
使用後の降水を再現する為、給水
して、人工芝を完全に水没させた。



約1分40秒間

④ 排水フェイズ

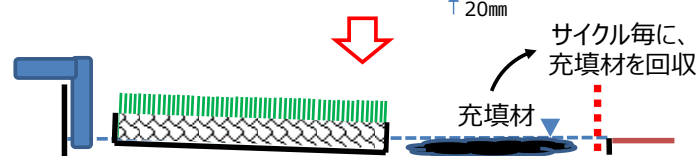
水没フェイズ後すぐに、実地に近い排
水の流れを発生させる為、排水扉を
定速で開け、上部から排水を行った。



約35秒間

⑤ 回収フェイズ

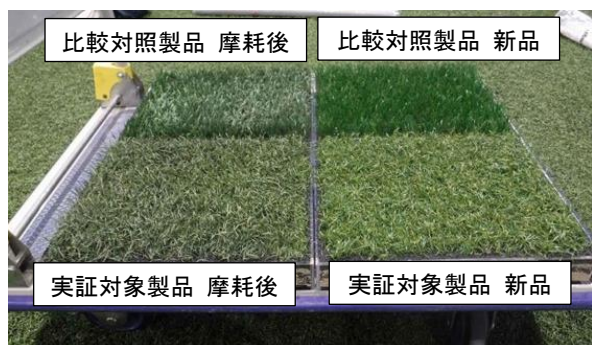
排水完了後、溜まった充填材を回収。
完了後、②使用フェイズに戻り、20サ
イクル実施した。
5サイクルごとに充填材をまとめ、乾燥後、
重量を計測



約2分30秒間（充填材回収時間）

図5-14 充填材の流出特性の試験方法詳細（降雨時プレー想定試験）

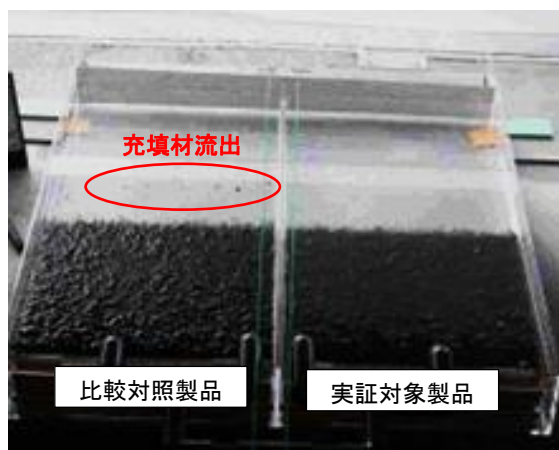
（3）試験実施状況（充填材の流出特性の調査）



試験体



水平の確認



水没～排水フェイズ（降雨時想定試験）



水没～排水フェイズ（降雨時プレー想定試験）



使用フェイズ（足踏みの様子）



回収フェイズ



恒温器内での充填材の乾燥



充填材の乾燥重量の測定

図5-15 試験実施状況（充填材の流出特性の調査）

6. 試験結果及び考察

6.1 監視項目

6.1.1 気象条件

（1）フィールド試験における気象庁の観測データ（福岡観測所）

図6-1に示すとおり、試験期間中には降雨は確認されなかったが、試験を開始した8月22日の前日の早朝に激しい降雨があった。試験開始時（8月22日10時）においては、人工芝の表面は乾いた状態であったが、充填材の内部には水分が確認された。このため、試験1日目（8月22日）は、降雨は無かったものの、充填材の表面温度等の測定は、前日の降雨の影響を受け易かったと思われる。試験2日目（8月23日）も充填材に水分が含まれていることを確認したが、試験1日目よりも少ない状態であった。また、フィールドの中央や東側で水分が多い傾向にあったため、試験2日目は、水分が少ない傾向にあった西側に測定機器を移動して計測を行った。

以上のような状況より、試験1日目の試験データについては参考扱いとすることとした。

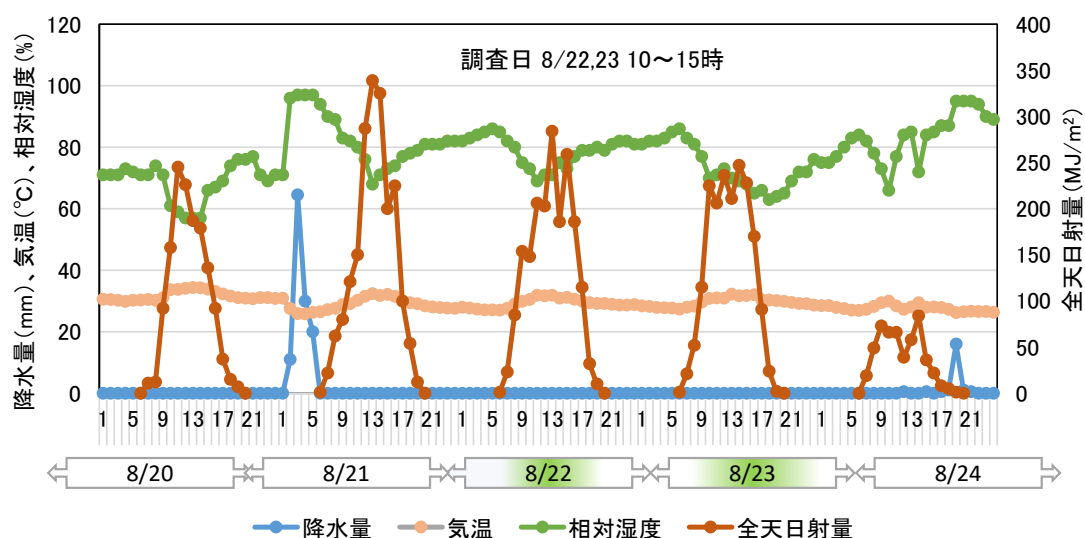


図6-1 気象の推移（福岡観測所、1時間毎のデータ）

（2）フィールド試験における実測データ（試験2日目、2022年8月23日）

試験2日目の天候は曇時々晴であった。上空を雲が何度も通過し、全天日射強度は激しく変動した（図6-2）。正午前後は曇の時間帯が続いた。

外気温度は30.5～33.0℃、相対湿度は61.4～71.7%の範囲で推移し、日射が強い時間帯に外気温度が上がり、相対湿度が下がる傾向にあった。最多風向は北西であり、平均風速は1.35 m/sであった。

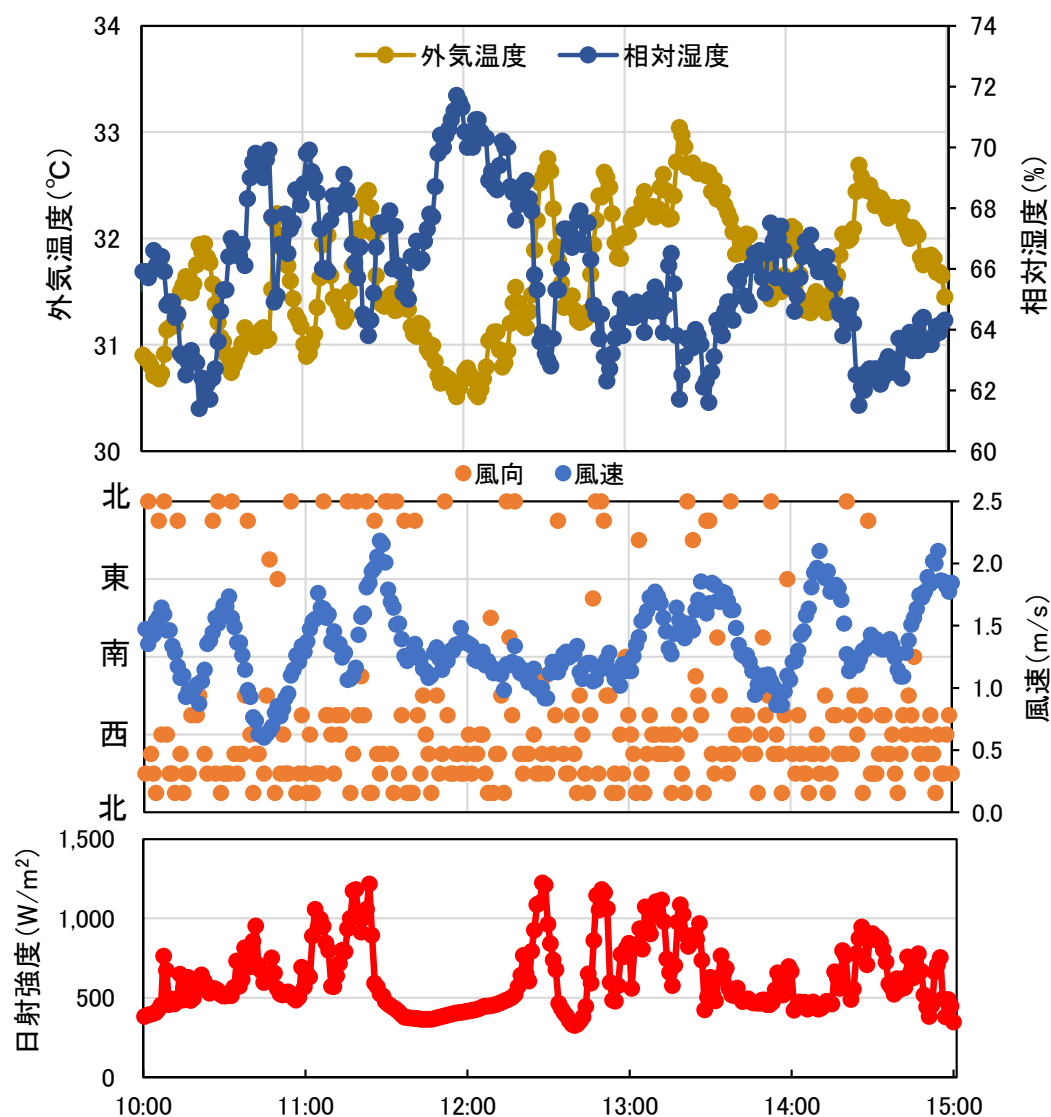


図6-2 温湿度（強制通風）、日射強度の推移（試験2日目）

（3）参考：フィールド試験における実測データ（試験1日目、2022年8月22日）

試験1日目の天候は晴時々曇であった。試験2日目と同様に上空を雲が何度も通過し、全天日射強度は激しく変動した（図6-3）。

外気温度は29.9～32.4℃、相対湿度は65.0～76.1%の範囲で推移し、日射が強い時間帯に外気温度が上がり、相対湿度が下がる傾向にあった。最多風向は北北西であり、平均風速は1.39 m/sであった。

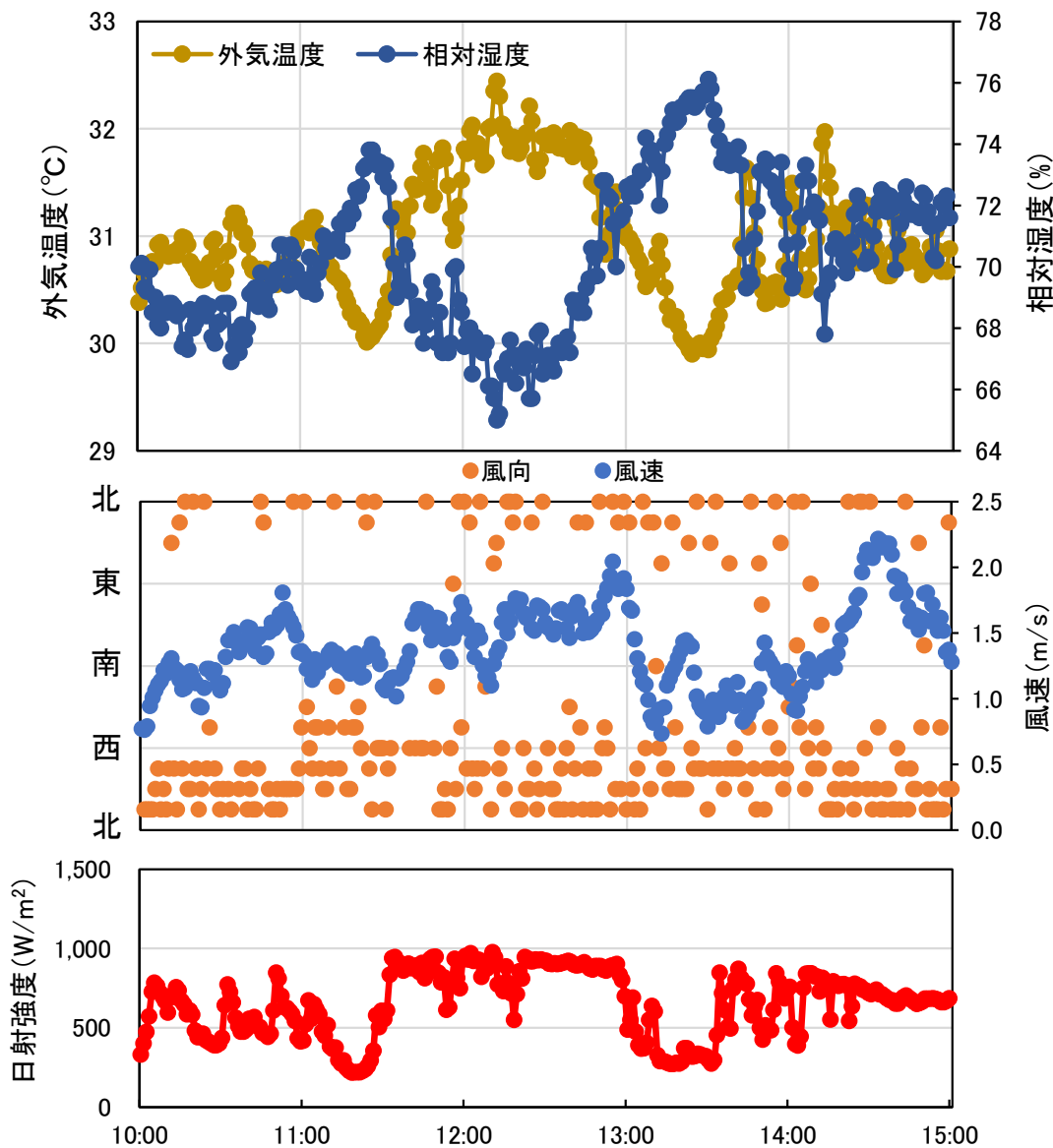


図6-3 温湿度（強制通風）、日射強度の推移（試験1日目）

（4）日射反射率の屋外試験における気象条件

快晴の条件下で試験が実施された。日射が遮られていないことを確認しながら試験が行われた。試験時の太陽高度は46.5～53.0度、気温は27.3～29.0℃、相対湿度は52～59%の範囲であった。

6.2 実証項目

6.2.1 フィールド試験における充填材の表面温度

(1) 試験2日目、2022年8月23日（激しい降雨があった日の翌々日）

図6-4、6-5に示すとおり、晴れて日射量が多い時間帯には、実証対象製品と比較対照製品との間の充填材表面温度（地表面付近の温度）の差が大きくなる傾向にあった。全天日射強度が700 W/m²以上の時間帯に限定すると、表面温度の差は約5.0℃であり、実証する性能（5℃以上）を満たした。全天日射強度が1,000 W/m²以上の時間帯の場合は、約7.4℃の差であった。

同じ日射強度でも午後の時間帯では温度差が小さくなる傾向にあった。これは太陽光の入射角度等による影響と思われた。

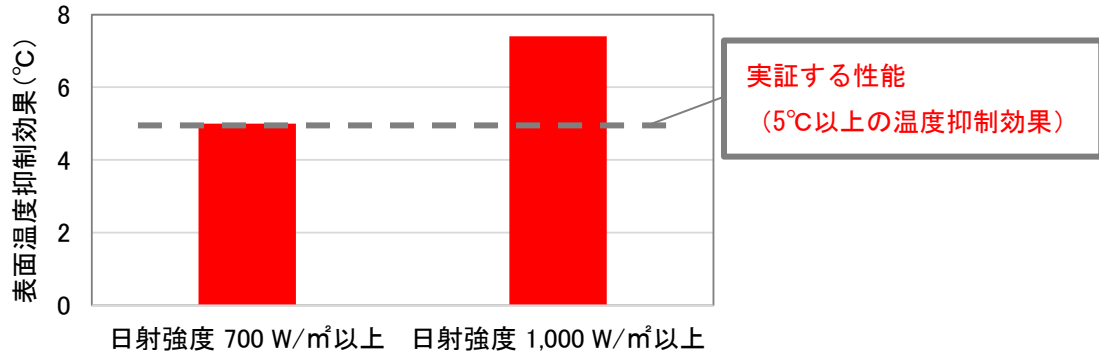


図6-4 充填材表面温度の抑制効果（試験2日目）

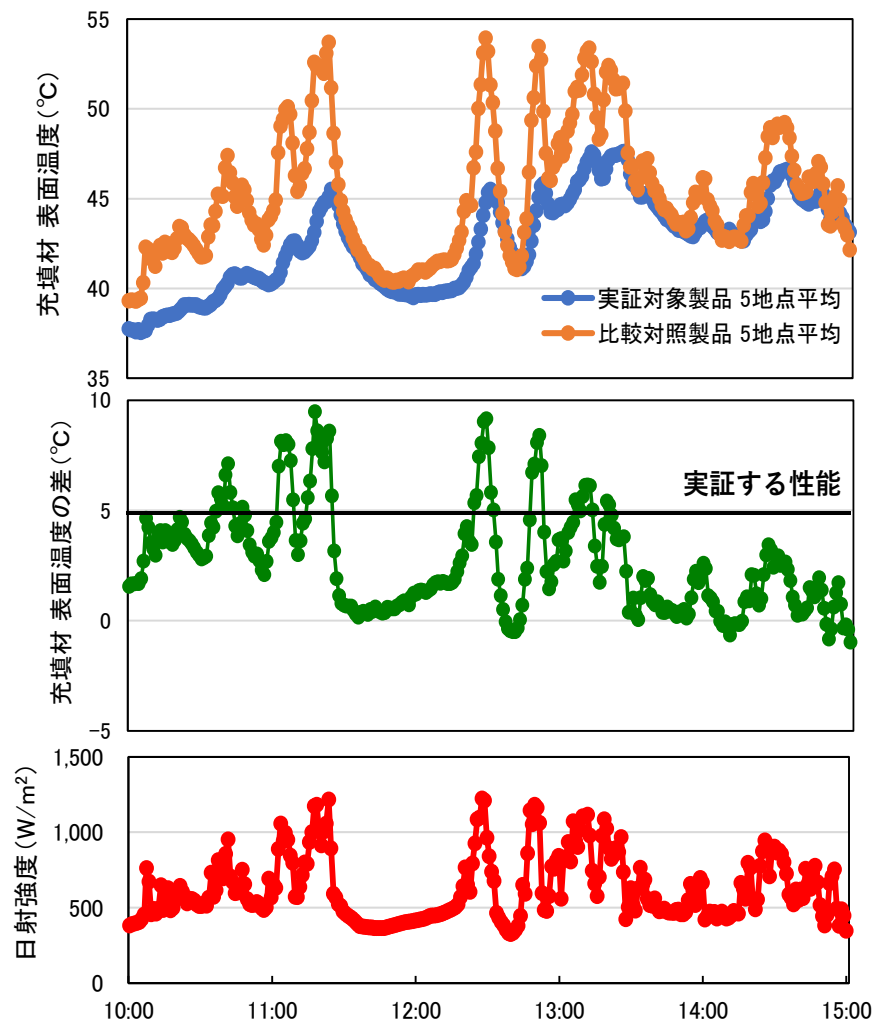


図6-5 充填材の表面温度等の推移（試験2日目）

（2）参考：試験1日目、2022年8月22日（激しい降雨があった日の翌日）

図6-6に示すとおり、試験2日目と同様に晴れて日射量が多い時間帯には、実証対象製品と比較対照製品との間の充填材表面温度（地表面付近の温度）の差が大きくなる傾向にあった。一方、激しい降雨があった日の翌日であり、人工芝内部に水分を多く含んでいたことから、試験2日目と比べると温度差は大きくなかった。

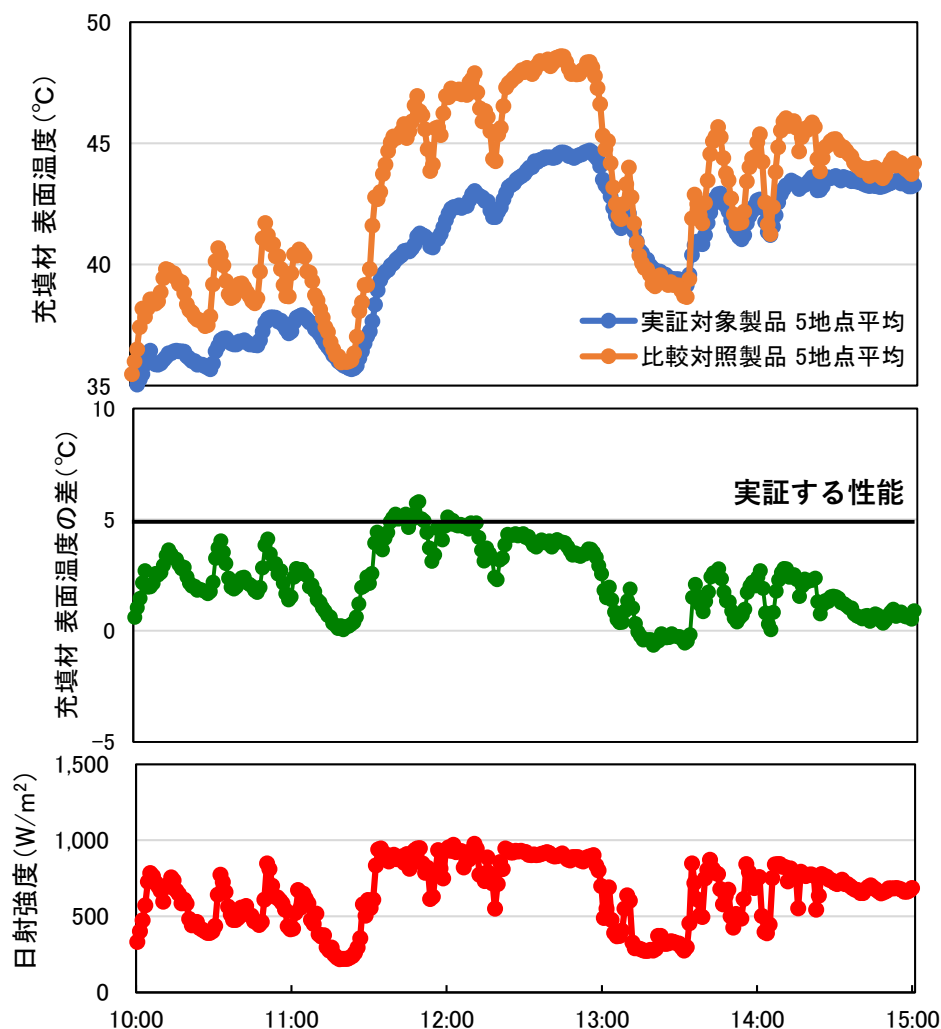


図6-6 充填材の表面温度等の推移（降雨があった日の翌日、試験1日目）

6.2.2 日射反射率の屋外試験結果

表6-1、図6-7に示すとおり、パイルが捲縮加工された実証対象製品は、パイルが直毛状の比較対照製品と比べ、日射反射率が高かった。実証対象製品の日射反射率は13.1%であり、実証する性能（10%以上）を満たした。この日射反射率の高さによっても、人工芝の表面温度の低減が引き起こされることが考えられた。

なお、表4-4に示した室内試験における日射反射率に比べ、屋外試験では全体的に低い値となっているが、これは、室内試験ではパイルを平板状に加工した試験片を用いていたために、日射の上部方向への反射が多くなったが、屋外試験では人工芝の形状を保った状態（パイル＋充填材）で試験に供したので、日射が必ずしも上部方向に反射しなかったためであると考えられる。

表6-1 日射反射率（屋外試験）の試験結果（5回測定）

試験試料	日射反射率（%）（全波長領域）		
	最小	最大	平均
実証対象製品	12.1	15.0	13.1
比較対照製品	6.8	8.5	7.8

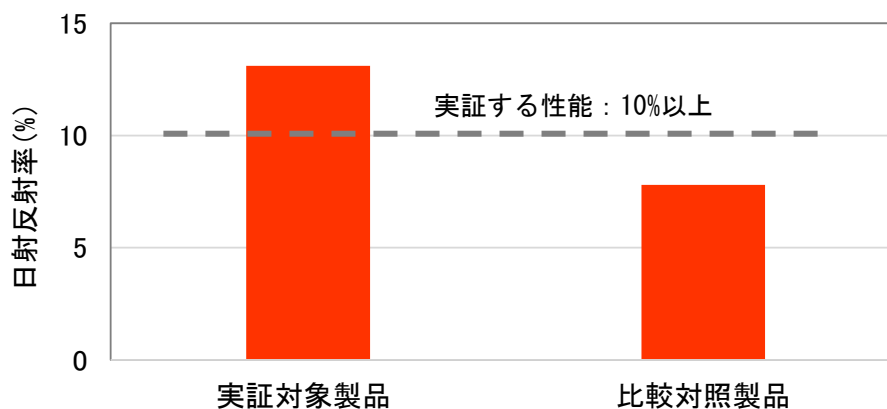


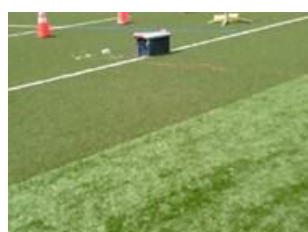
図6-7 日射反射率（屋外試験）の試験結果

6.3 参考項目

6.3.1 人工芝の表面温度（サーモグラフィ測定）

図6-8に示すとおり、日射強度が比較的高い時間帯では、実証対象製品の方が比較対照製品よりも表面温度が低く保たれていた。両者の差は4℃以上であった。試験2日目は正午付近が曇であったが、もし晴が続いたと仮定した場合は、もっと大きな温度差となっていた可能性がある。

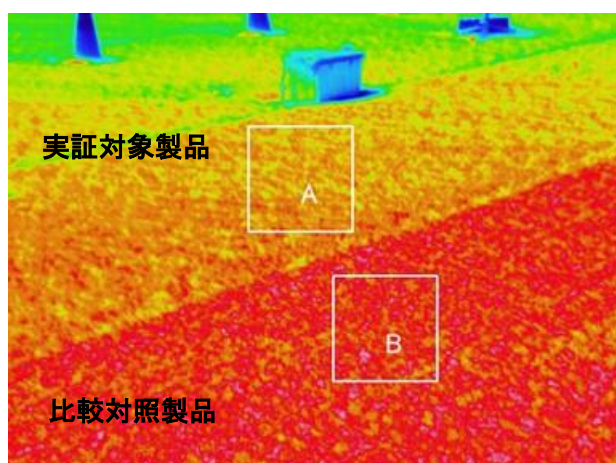
温度センサー（ロガー）で測定した充填材の表面温度（図6-5）と比較すると両製品の差は小さかったが、サーモグラフィ画像の場合は、充填材だけでなく、パイルの表面温度も測定しているために、このような差が生じたと考えられた。



範囲内平均温度

A（実証対象）：51.8℃

B（比較対照）：56.0℃



範囲内平均温度

A（実証対象）：53.8℃

B（比較対照）：57.8℃

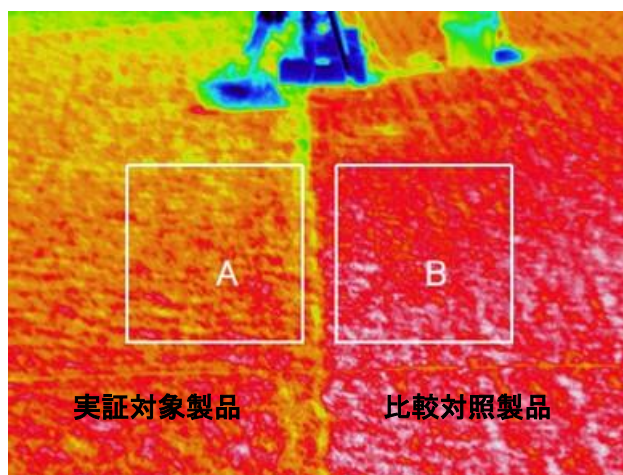


図6-8 日射強度が比較的高い時間帯のサーモグラフィデータ
（試験2日目、11時5分頃、全天日射強度：約1,000 W/m²）

図６－９に示すとおり、日射強度が低い時間帯の場合は、実証対象製品と比較対照製品の表面温度に明確な差は見られなかった。温度センサー（ロガー）の測定でも同様の結果が得られていることから、実証対象製品は特に日射が強い時間帯に温度抑制機能を発揮すると考えられた。

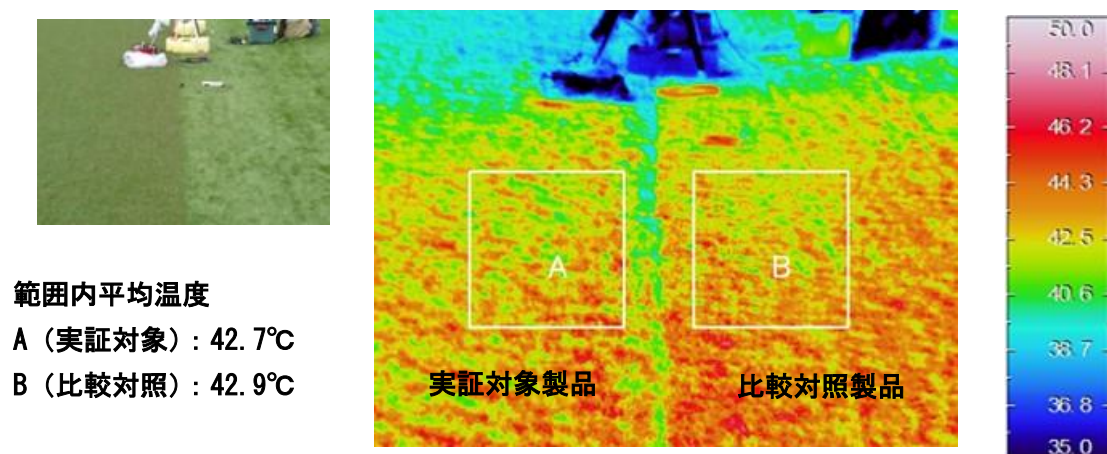


図６－９ 日射強度が比較的低い時間帯のサーモグラフィデータ
（試験２日目、12時5分頃、全天日射強度：約400 W/m²）

6.3.2 WBGT、温湿度（自然通風）、黒球温度

（1）試験2日目、8月23日（激しい降雨があった日の翌々日）

図6-10に示すとおり、WBGT等については、実証対象製品と比較対照製品の間で差は見られなかった。人工芝の表面温度の低下に伴い、地面からの輻射熱は若干減少していたと考えられるが、黒球温度に及ぼす影響は直射の方が大きいため、黒球温度にほとんど差が見られなかった。

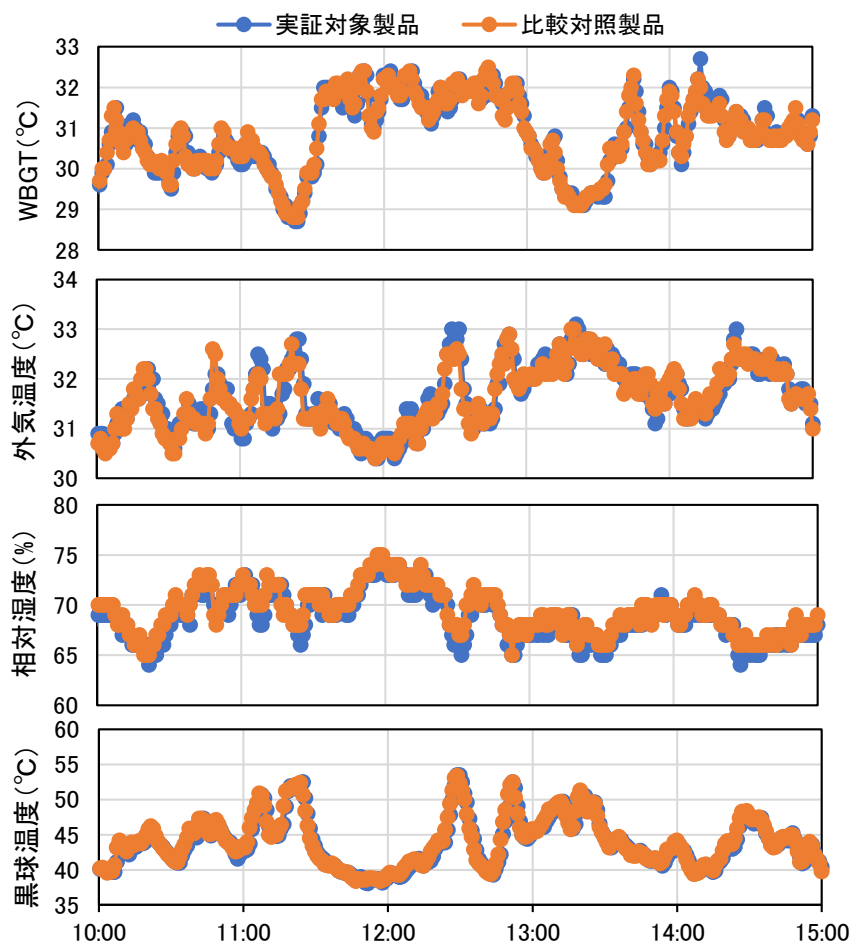


図6-10 WBGT等の推移（試験2日目）

（2）参考：試験1日目、8月22日（激しい降雨があった日の翌日）

図6-11に示すとおり、試験2日目と同様に、試験1日目についても実証対象製品と比較対照製品との間に差は見られなかった。

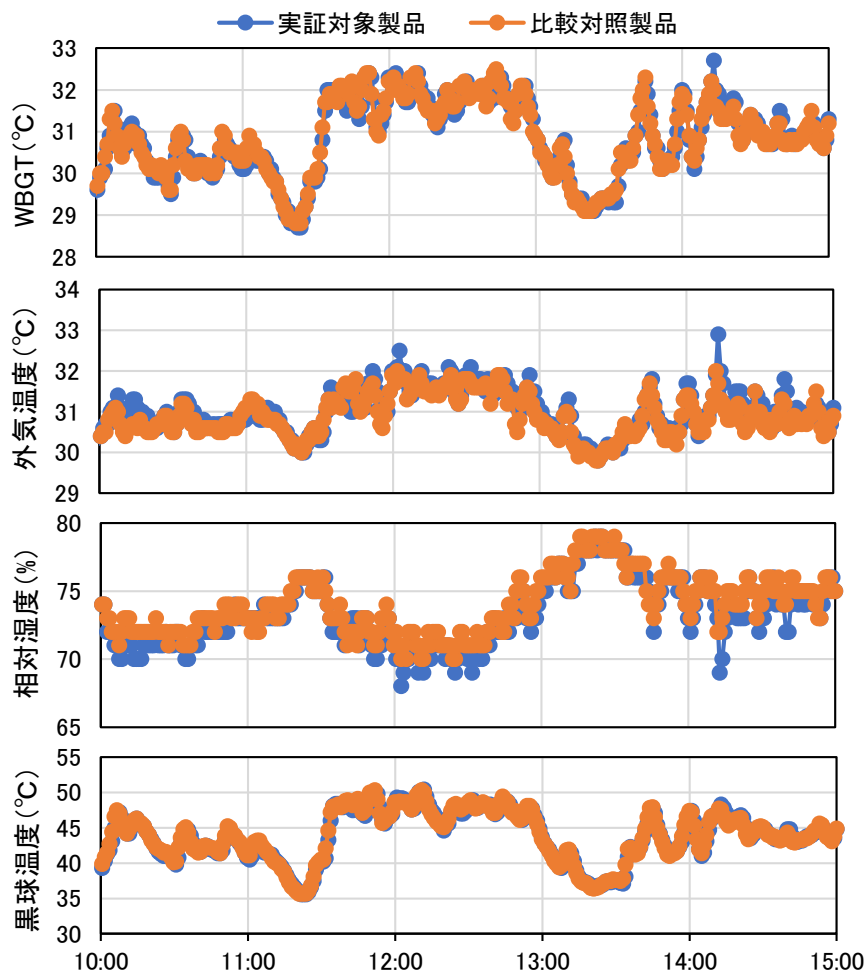


図6-11 WBGT等の推移（試験1日目）

6.3.3 参考項目：SET*

表6-2、6-3にSET*の算出結果を示す。図6-10、6-11に示したとおり、実証対象製品と比較対照製品のエリアの黒球温度の差は僅かであったため、SET*も両者の間に大きな差は見られなかった。

表6-2 SET*の算出結果（単位：℃）

代謝量（met 値）：4（速歩：平地、95～100m/分程度）の場合

	実証対象製品	比較対照製品	差
試験2日目	42.64	42.69	0.05
（参考）試験1日目	42.87	42.95	0.08

表6-3 SET*の算出結果（単位：℃）

代謝量（met 値）：1.2（立位安静）の場合

	実証対象製品	比較対照製品	差
試験2日目	37.89	37.99	0.10
（参考）試験1日目	38.06	38.16	0.10

6.3.4 参考項目：ユーザーの主観評価

表6-4にユーザーの主観評価結果を示す。温度センサーやサーモグラフィカメラでは、実証対象製品と比較対照製品の間に表面温度の差が見られていたが、ユーザーは温度差をあまり実感できていなかった。夕方においては、快適性向上を実感していた。また、クレー（土の）グラウンドと比べると実証対象製品のグラウンドの方が一部の暑熱環境下で快適にプレーできるとの意見が寄せられた。

表6-4 暑熱環境等に対するユーザーの主観評価結果（ヒアリング調査結果）

場所	福岡県立修猷館高等学校		
実施日	2022年9月21日（水）		
対象者	福岡県立修猷館高等学校 体育教諭 1名（使用者の意見を集約）		
主観評価結果（意見）	温度低減効果等	・実証対象製品と比較対照製品で表面温度差はあまり感じないが、夕方になると実証対象製品の方が、表面温度が早く下がる感じがする。 ・クレー（土の）グラウンドに比べ、実証対象製品のグラウンドでは、雨上がりは温度が低くなり、快適にプレーできる。 ・実証対象製品のグラウンドでは、昼間 35、36℃あっても、18 時以降であれば、普通にプレーできるが、クレーグラウンドでは快適にプレー出来なかった。	
	その他	・実証対象製品では、ボールが汚れづらい。	

6.4 環境影響及び維持管理項目

6.4.1 環境影響項目：充填材の流出特性

（1）降雨時想定試験における充填材の流出特性

表6-5、6-6に降雨時想定試験における、新品及び摩耗試験後の試験体を使用した時の充填材の流出量を示す。また、図6-12、6-13には、同試験時に流出した充填材の外観（乾燥後）を示す。

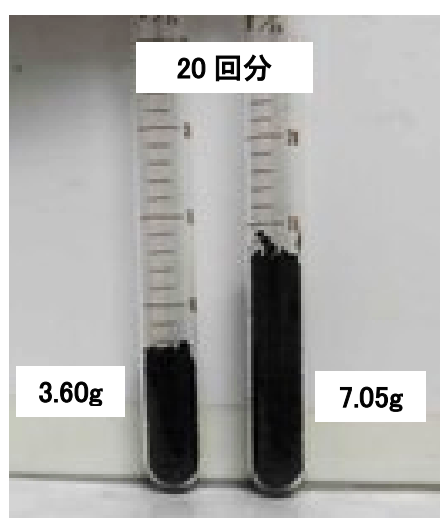
新品の試験体を使用した時は、実証対象製品の充填材流出量は、比較対照製品に比べ、どのサイクルでも少なかった。20サイクル分の流出量で比較すると、実証対象製品は、比較対照製品に比べ、流出量が48.9%少なかった。実証対象製品は、特殊捲縮加工されたパイルが充填材を覆う構造になっていることから、直毛型のパイルを使用している比較対照製品と比べ、充填材が流出しづらくなっていると考えられた。

表6-5 降雨時想定試験における充填材流出量（新品）

水没、排水のサイクル	充填材流出量（乾燥重量、g）		流出抑制率（%）※
	実証対象製品	比較対照製品	
1～5回目	0.55	1.26	56.3
6～10回目	0.97	2.14	54.7
11～15回目	1.16	2.25	48.4
16～20回目	0.92	1.40	34.3
合計	3.60	7.05	48.9

※流出抑制率＝{(比較対照製品の流出量)－(実証対象製品の流出量)}
/ (比較対照製品の流出量) × 100

これ以降も同じ計算式を使用する。



左：実証対象製品、右：比較対照製品

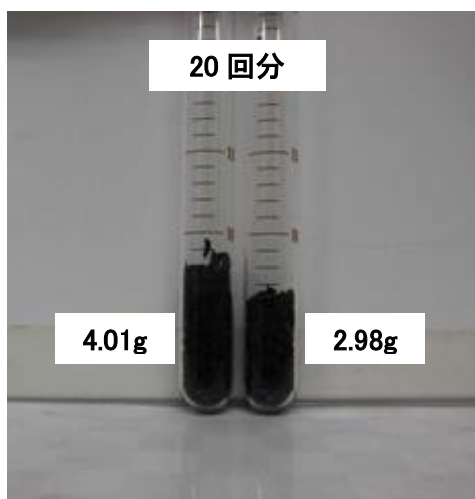
図6-12 降雨時想定試験時に流出した充填材の外観（新品の人工芝使用時）

摩耗試験後の人工芝を使用した場合、実証対象製品においては、新品使用時と比べ充填材流出量はあまり変化がなかったが、比較対照製品については大きく流出量が減少した。比較対照製品は新品時に直立していたパイルが摩耗試験により倒伏し、充填材を覆う範囲が広がっていることが確認された。20 サイクル分の流出量で比較すると、実証対象製品の方が少し流出量は多くなっていた。

以上のことから、パイルが充填材を覆う構造が流出抑制に効果的であると考えられる。さらに、実証対象製品は新品時からその構造を実現しており、摩耗試験後も構造を維持しているため、長期間にわたり充填材の流出抑制効果が期待できると推察される。また、比較対照製品は摩耗試験後にパイルが倒伏することにより、パイルが充填材を覆う範囲が増え、プレー無しの水没条件においては実証対象製品同様の流出抑制効果が確認された。ただし、人工芝グラウンドは降雨時・降雨後にも使用されるため、プレー無しの条件は実際の人工芝フィールドを反映した結果ではないと思われた。

表 6－6 降雨時想定試験における充填材流出量（摩耗試験後）

水没、排水のサイクル	充填材流出量（乾燥重量、g）		流出抑制率（％）
	実証対象製品	比較対照製品	
1～5 回目	0.62	0.56	-10.7
6～10 回目	1.17	0.84	-39.3
11～15 回目	1.30	1.13	-15.0
16～20 回目	0.92	0.45	-104
合計	4.01	2.98	-34.6



左：実証対象製品、右：比較対照製品

図 6－13 降雨時想定試験時に流出した充填材の外観（摩耗試験後の人工芝使用時）

（2）降雨時プレー想定試験における充填材の流出特性

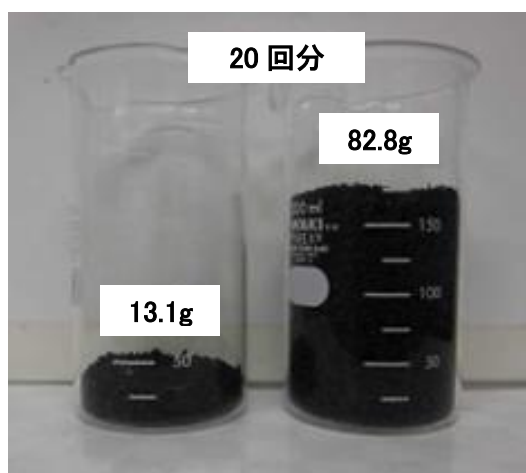
表6-7、6-8に降雨時プレー想定試験における、新品及び摩耗試験後の試験体を使用した時の充填材の流出量を示す。また、図6-13、6-14には、同試験時に流出した充填材の外観（乾燥後）を示す。

降雨時想定試験と比較すると、実証対象製品、比較対照製品ともに充填材流出量が増大した。これは、プレーを想定した足踏みによる刺激によって充填材が人工芝内部から上部へと浮かび上がり、その後の水没・排水フェイズにおいて流出し易くなったためであると考えられた。足踏みをしたことによる充填材の流出増加量は実証対象製品が9.46g、比較対照製品が75.7gであり、比較対照製品において非常に多くの充填材流出が確認された。実証対象製品の場合は、パイルがドーム状に充填材を覆う構造となっているため、プレーを想定した足踏みによる刺激を受けてもパイルが充填材をとどめることにより充填材の流出が抑制されていると考えられる。

20 サイクル分の流出量で比較すると、実証対象製品は、比較対照製品に比べ、流出量が84.2%少なかった。このことから、新品の人工芝の状態は、降雨時及び降雨後にプレーを行う場合は、実証対象製品の充填材流出抑制効果は非常に大きいと評価できる。

表6-7 降雨時プレー想定試験における充填材流出量（新品）

水没、排水のサイクル	充填材流出量（乾燥重量、g）		流出抑制率（%）
	実証対象製品	比較対照製品	
1～5 回目	2.10	14.3	85.3
6～10 回目	3.75	23.5	84.0
11～15 回目	3.90	24.7	84.2
16～20 回目	3.32	20.3	83.6
合計	13.1	82.8	84.2



左：実証対象製品、右：比較対照製品

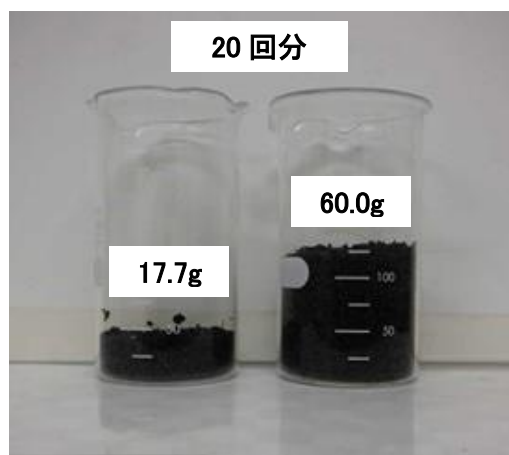
図6-14 降雨時プレー想定試験時に流出した充填材の外観（新品の人工芝使用時）

降雨時の試験とは異なり、摩耗試験後の人工芝を使用した場合においても、実証対象製品の方が比較対照製品よりも充填材流出量が少なかった。20 サイクル分の流出量で比較すると、流出量が 70.5%少なかった。この違いは両製品のパイル構造の相違に起因するものと思われた。比較対照製品は、新品時には直立していたパイルが、摩耗試験後（経年劣化後）では充填材の天端を起点にして倒伏する。そのため、倒れたパイルが充填材を覆うことで充填材がとどまり、新品時に比べ流出は抑えられるが、充填材を覆う構造がプレー（足踏み）の刺激によって容易に崩れるため、充填材の流出抑制効果は限定的であった。一方、実証対象製品の場合は、新品時よりパイルが充填材をドーム状に覆っており、摩耗試験後（経年劣化後）も同様の形状を維持している。この充填材を覆う構造は、プレーによる刺激を受けても維持されやすいため、充填材の流出をより大きく抑え込んでいると考えられる。この結果により、実証対象製品の充填材を覆い隠すパイル構造は、充填材の流出を抑制することに効果があることが確認された。

先述の通り、人工芝は降雨時・降雨後にも使用されるため、本試験結果の方がより実態に即した結果であると思われる。このため、実施設においては、実証対象製品は充填材流出抑制効果を発揮しているものと推測された。

表 6－8 降雨時プレー想定試験における充填材流出量（摩耗試験後）

水没、排水のサイクル	充填材流出量（乾燥重量、g）		流出抑制率（%）
	実証対象製品	比較対照製品	
1～5 回目	3.76	17.3	78.3
6～10 回目	5.49	16.9	67.5
11～15 回目	4.22	13.4	68.5
16～20 回目	4.20	12.4	66.1
合計	17.7	60.0	70.5



左：実証対象製品、右：比較対照製品

図 6－15 降雨時プレー想定試験時に流出した充填材の外観（摩耗試験後の人工芝使用時）

（3）模擬試験における充填剤流出特性の考察

降雨時想定試験と比べ、降雨時プレー想定試験では、充填材の流出量が非常に多くなっていた。このような流出が非常に多くなる条件下においても、実証対象製品では充填材の流出を抑制できていた。充填材が1度に大量に流出することは、流出後の環境への影響や対策を考えた上でも避けるべきである。そのような観点で考えた場合も、実証対象製品は優れていると判断できる。

（4）充填材の流出特性等に関するユーザーの主観

表6-9にユーザーの主観評価結果を示す。実証対象製品のコートにおいてプレーに伴う充填材の飛散が少ないことを示唆する意見が寄せられた。これは、降雨時プレー想定試験の結果とも一致するものであり、実証対象製品は、パイルの複雑な形状・構造によって、プレーに伴う充填材の飛散を防止できると考えられた。また、実証対象製品の充填材流出量の少なさも実感できていることがわかった。

表6-9 充填材流出特性に関するユーザーの主観評価結果（ヒアリング調査結果）

場所	福岡県立修猷館高等学校
日	2022年9月21日（水）
対象者	福岡県立修猷館高等学校 体育教諭 1名（使用者の意見を集約）
主観評価結果（意見）	・実証対象製品のコートでは、比較対照製品のコートとは異なり、ゴムチップ（充填材）が靴に入ることが無い。また、プレー後に家に帰っても、衣類等からゴムチップが出ないため、良い印象を持っている。 ・比較対照製品のコートではゴムチップの流出が見られるが、実証対象製品のコートではゴムチップの流出は全く感じない。

6.4.2 維持管理項目

表6-10 維持管理項目の結果

項目	内容・測定方法等
実証対象製品の日常の維持管理に必要な人員数と技能	日常点検に専門の技能は必要なく、1名で管理可能である。
実証対象製品の信頼性	試験期間中に異常は発生しなかった。
トラブルからの復帰方法	試験期間中に異常は発生しなかった。
維持管理マニュアルの評価	運転及び維持管理マニュアルは読みやすく、理解しやすい内容であった。

7. 所見（実証結果のまとめ）

総括として、実証結果から見た実証対象技術の特徴について、次のとおりまとめた。

（１）技術全体

実証対象製品は、捲縮加工されたパイルを使用しており、直毛タイプの比較対照製品と比べ、日射反射率が高い。また特殊捲縮加工されたパイルが充填材を覆い隠す構造となっているため充填材に日射が届きづらい。これらの特徴により、実証対象製品は充填材の温度上昇を抑制することができる。フィールド試験においては、全天日射強度が 700 W/m^2 以上の時間帯に限定すると、実証対象製品の充填材表面温度は、比較対照製品と比べ約 5.0°C 低く、実証する性能（ 5°C 以上）を満たした。全天日射強度が $1,000 \text{ W/m}^2$ 以上の時間帯の場合は、約 7.4°C 低かった。実証対象技術は、この温度上昇抑制効果により、ヒートアイランド対策に貢献できると考えられる。

実証対象製品は、プレーに伴う充填材の飛散と、降雨に伴う流出を抑制することが可能であると考えられた。降雨時及び降雨後のプレーを想定した試験においては、新品の人工芝を使用した場合は、実証対象製品は比較対照製品に比べ、充填材の流出量が 84.2% 少なかった。摩耗した人工芝を使用した場合も流出量が 70.5% 減少した。充填材は降雨時に流出することが多いことから、実証対象製品は、マイクロプラスチックによる環境汚染の一因ともいわれている充填材の流出抑制に効果的な技術であると考えられる。

（２）その他

フィールド試験においては、比較対照製品として、日射反射顔料を含有する温度抑制機能付き直毛人工芝が使用された。日射反射顔料を含有しない人工芝を対照系として用いた場合には、充填材の温度上昇抑制効果がより大きく見られた可能性がある。また、激しい降雨があった日の翌々日にフィールド試験が実施されたため、人工芝の内部に水分が残った状態であった。晴天が続き、人工芝内部の水分が少ない日に試験を実施した場合は、異なる温度上昇抑制効果が見られた可能性がある。

付録

1. 専門用語集

用語	内容
実証対象技術	実証の対象となる技術を指す。
実証対象製品	実証対象技術を機器・装置として具現化したもののうち、試験で実際に使用したものを指す。
実証項目	実証対象技術の性能や効果を測るための試験項目を指す。
参考項目	実証対象技術の性能や効果を測る上で参考となる項目を指す。
監視項目	試験状況を監視するための項目を指す。
全天日射強度	地表面が受け取るすべての日射強度を指す。太陽から直接地表面に降り注ぐ「直達日射」と雲等に反射されて地上に到達する「散乱日射」の和となる。
熱中症指数（WBGT）	熱中症を予防することを目的として提案された体感温度指標。人体の熱収支に与える影響の大きい湿度、気温、放射など周辺の熱環境要素を取り入れた指標。
標準新有効温度（SET*）	空調分野等で広く使用されている体感温度指標。温熱的に同等な標準環境の気温。湿度、気温、放射、風速の4つの環境側の要素と、代謝量、着衣量の2つの人間側の要素を取り入れた指標。
黒球温度	黒球温度計（グローブ温度計）を用いて測定される温度。日射、輻射熱等の影響を調べるために用いられる。
パイル	（人工芝の）芝葉の部分指す。
SBR	耐熱性、耐摩耗性等に優れる代表的な合成ゴム。スチレンブタジエンゴムとも呼ばれる。

2. 品質管理に関する事項等の情報

2.1 データの品質管理

試験を実施するにあたりデータの品質管理は、実証機関が定める品質マネジメントシステムに従って実施した。実証・参考項目の計測においては、**付表1-1**に示す計測器を使用して、信頼性を確保した。

以上のことから、データの品質管理は適切に実施されていることが確認された。

付表1-1 計測器の信頼性確認方法

測定器	信頼性確認方法
温度計（人工芝表面温度）	標準温度計の値と差がないことが確認された機器を使用した。
強制通風型温湿度計	気象庁検定付きの機器を使用した。
WBGT 計	JIS B 7922 準拠品（クラス 1.5 以上）を使用した。
風向風速計	気象庁検定付きの機器を使用した。
日射計	気象庁検定付きの機器を使用した。
サーモグラフィカメラ	校正済みの機器を使用した。

2.2 品質管理システムの監査

実証が適切に実施されていることを確認するために本実証で得られたデータの品質監査は、実証機関が定める品質マネジメントシステムに従い、実証期間中に1回本実証から独立している部門による内部監査を実施した。

その結果、実証はマニュアルに基づく品質管理システムの要求事項に適合し、適切に実施、維持されていることが確認された。

内部監査の実施状況の概要を**付表1-2**に示す。

付表1-2 内部監査の実施概要

内部監査実施日	2023年2月27日（月）
内部監査実施者	管理本部 総務課 ISO担当
被監査部署	実証に係る全部署
内部監査結果	品質管理システムの要求事項に適合し、適切に実施、維持されていた。

環境技術
実証事業



環境省

<http://www.env.go.jp/policy/etv/>