

雨水浸透および雨水貯留機能を有した人工芝グラウンドの開発

福岡大学 工学部 社会デザイン工学科

渡 辺 亮 一

雨水浸透および雨水貯留機能を有した人工芝グラウンドの開発

福岡大学工学部社会デザイン工学科 渡辺亮一

(1) 人工芝グラウンドにおける雨水保水・貯留効果

1. はじめに

近年、都市への人口及び産業の集中、都市域の拡大などから都市化が急激に進行し、都市部はコンクリートやアスファルトで覆われてしまった。このように不透透面積の増加や都市化による都市気候の変化によって、保水・遊水機能を失った都市部では水害が頻発している。福岡市では平成11年6月29日に時間雨量79.5mmを記録し甚大な被害が発生した。福岡市城南区を流れる七隈川流域においても、約170戸が浸水被害を受けた。この七隈川流域は、平成3年から平成12年にかけて度々水害被害が発生している。福岡市は、河川改修を進め治水対策を実施してきたが、1/10の治水安全度しか確保できていないのが実情である。そこで、七隈川流域の約1割の面積を占める福岡大学は、流出抑制効果を期待するとともに、世界最高峰のサッカー環境を地域住民に提供することを目的とし、大学構内に人工芝グラウンドを建設した(写真1)¹⁾。本研究は、人工芝グラウンドを雨水貯留浸透施設として利用した流出抑制対策を提案するものである。

2. 福岡大学最新型人工芝グラウンド

今回施工された人工芝グラウンドは、上層に人工芝、下部構造として透水性・保水性土壌を埋設した構造となっている(図-1)。

(1) 新型人工芝

本対象施設で利用している人工芝はMONDO S.p.A社(イタリア共和国)が開発した「モンドターフ・ファインチューン・システム」である。この人工芝システムは大きく二層に分けられる。上層部は、新重合体のポリエチレン性の人工芝である。また、この人工芝の中にエコフィルと呼ばれるゴムチップを充填されてある。エコフィルの比重は1.4~1.7であり、飛散が少なく雨水流出しにくい特徴を持つ。下層部は、ファインチューンと呼ばれる廃タイヤを再利用して製造されたマットレスである。これは、衝撃吸収性を持ち、運動者の安全性や怪我の危険性を軽減するものである。

(2) 透水性保水型工法(トース土工法)

新型人工芝システムの下層部に採用している本工法は、土に添加剤を配合し、土を団粒構造に変化されることで透水性・保水性を向上させる工法である。本工法による改良土壌は、水はけが良く、保水による流出抑制効果が期待できる。また、固化剤の配合量により改良土の硬さの調節ができ、一般の土グラウンドや歩道としての利用が可能である。

3. 観測方法

(1) 観測場所

福岡市城南区の福岡大学七隈キャンパス内に新型人工芝グラウンドはあり、その東側に体育館、南側は約6mの道路擁壁、西側は4階建てビルが建っている。その広さは、東西方向に112m、南北方向に78m、面積は8736㎡である。グラウンド横に転倒柵式雨量計(0.5mm)を設置し、さらにグラウンドの人工芝表層からの流出量と下層の改良土壌中からの流出量(本稿では「伏流水量」と定義する)をそれぞれ計測している。本稿では、この両者の流出量を合わせて直接流出量と定義する。

(2) 観測方法

グラウンドからの直接流出量は、降雨時に1時間に一度の人的観測を行っている。また、地下水涵養量やグラウンドの保水量を算定するために、実際の人工芝グラウンドと同じ条件・構造の90cm×90cmの模型を使い模型実験を行った。

4. 観測結果

(1) 現地観測結果

図-2は2007年7月2日から8日までの人工芝グラウンドにおける降雨量、直接流出量、伏流水量の時系列である。改良土壌からの流出量の挙動に着目すると、ピークが緩やかであり、ピーク時間に2時間から4時間の遅れが見られる。こ

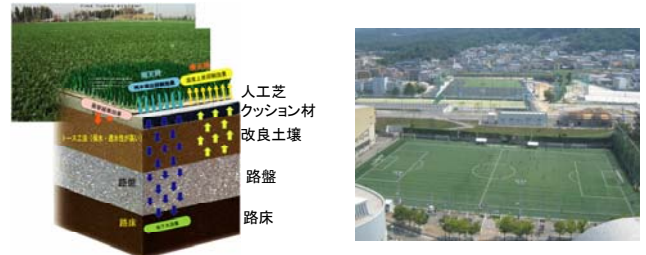


図-1 新型人工芝グラウンド模式断面図 写真1 人工芝グラウンドの全景

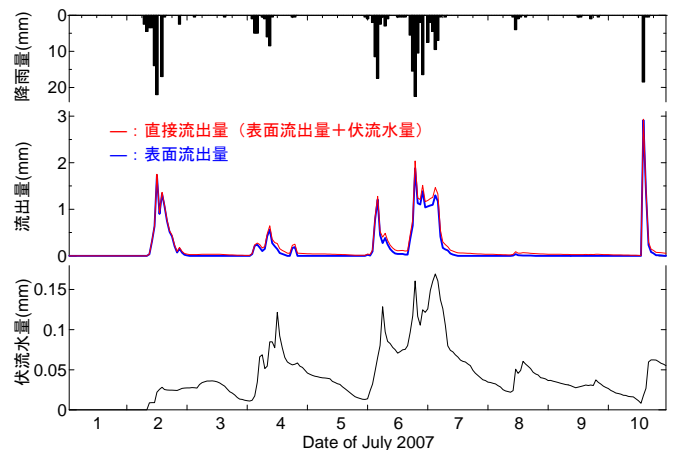


図-2 2007年7月2日から8日までの降雨量、直接流出量、伏流水量の時系列

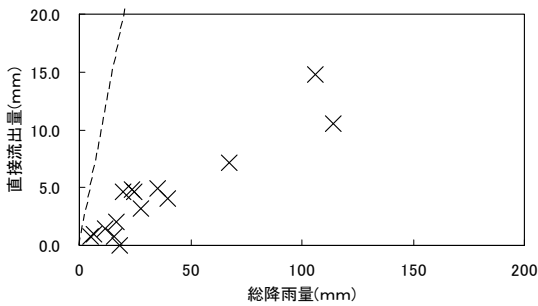


図-3 総降雨量と直接流出量の関係

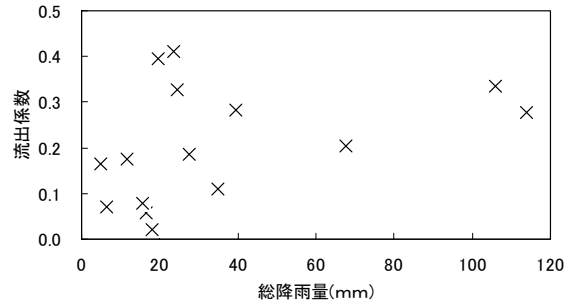


図-4 総降雨量と流出係数の関係

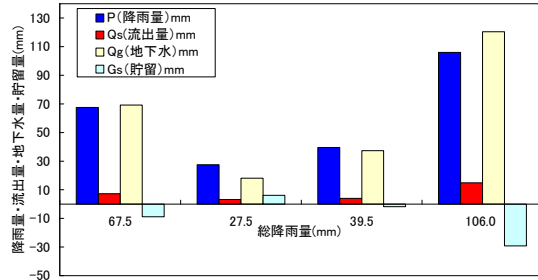


図-5 人工芝グラウンドの水収支の推定結果
地下水量は実際の降雨強度と一致させ
模型実験により算出

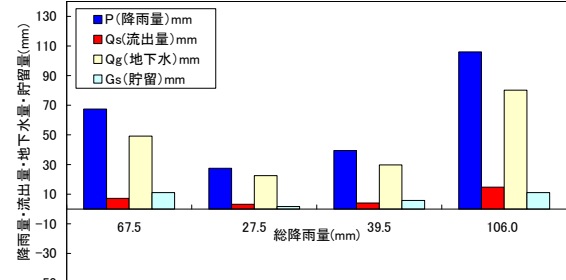


図-6 人工芝グラウンドの水収支の推定結果
地下水量は実際の降雨強度と降雨継続
時間を一致させ模型実験より算出

の6日間の流出率は13.5%と極めて小さいものとなっている。次に、図-3は2007年7月から9月までの降雨イベント毎の総降雨量と総直接流出量の関係である。図中の点線は1対1の関係を示している。いずれの降雨イベントにおいても、直接流出量は極めて小さいことがわかる。図-4は2007年7月から9月までの15個の降雨イベントを対象とした総降雨量と流出係数の関係である。なお、流出係数は合理式を用いて算出した。総降雨量の増加に伴う流出係数の増加が見られず、0.4前後が上限であった。既往研究²⁾における自然流域のピーク流出係数と比較すると人工芝グラウンドの流出係数は非常に小さい値であった。

(2) 水収支

人工芝グラウンドの貯留量を推定するために水収支法を利用した。地下水量は観測値がないため、模型実験を利用して算出した。人工芝グラウンドの水収支の導出方法は次式の通りである。 $P = Qs + Qg + Gs$ 。ここで、 Gs は貯留量(mm)、 P は降雨量(mm)、 Qs は直接流出量(mm)、 Qg は地下水量(mm)である。なお、蒸発量については考慮していない。図-5は2007年7月2日から7月8日までに起きた4つの降雨イベントの水収支である。最初に、地下水量算定のための模型実験においては、降雨強度を実際の降雨量と一致させて実験を行った。その結果、グラウンドの貯留量が負という結果が得られた。この要因として、模型実験において、降雨強度のみを実際と一致させたことが挙げられる。また降雨パターンが実際の降雨形態と異なり一度に多くの降雨量を降らせたため地下水量が大きくなったためと考える。次に、降雨量、流出量、貯留量、蒸発量は図-5と同じ条件、ただし地下水量は降雨強度と降雨継続時間の両者を実際の降雨イベントと一致させ模型実験を実施し、水収支を推定した(図-6)。降雨強度と降雨継続時間の両者を一致させたため、グラウンドの貯留量は正の値を得ることができた。図-5と図-6を比較すると、人工芝グラウンドの水収支は降雨強度だけでなく降雨継続時間にも大きく影響していると考えられる。またグラウンドに降った雨の約90%を保水、地下水涵養し、前に起きた人工芝グラウンド水分量に影響されることなく保水能力があり、地下水涵養に貢献していると考えられる。

5. 結論

新しい技術を応用して建設された福岡大学の最新型人工芝グラウンドは、グラウンドに降った雨の約90%を保水、地下水涵養することができ直接流出量を抑制する能力がある。また流出係数も既往研究における自然流域のピーク流出係数と比較すると非常に小さい値であった。以上から、新型人工芝システムと保水性土壌を組み合わせることは、流出抑制に効果的な技術であり、多くの公共施設に用いられることで洪水氾濫抑制により大きな効果が期待できる。維持管理やコストを考えると、天然芝よりも人工芝の方が有利であることは良く知られており、さらに本研究によって科学技術的に環境面における有効性も証明された。

参考文献

- 1) 手計太一, 渡辺亮一, 山崎惟義, 乾真寛: 新型人工芝グラウンドの水文気象環境に関する基礎的研究, 水工学論文集, 第52巻, 印刷中, 2008年.
- 2) 太田猛彦, 服部重昭: 地球環境時代の水と森 どうまもる・はぐくめばいいのか, 日本林業調査会, pp.75-77, 2002年.

(2) 人工芝システムを利用したヒートアイランド現象抑制効果に関する研究

1. はじめに

近年、ヒートアイランド現象は都市域における大きな社会的問題として人々の生活に多大な影響を及ぼしている。日本の大都市では最近 100 年間において年平均気温が急激に上昇しており¹⁾、福岡市においても、1901 年から 2005 年までのおよそ 100 年間で年平均気温が約 2.5°C 上昇している。さらに、ヒートアイランド現象は都市の気温を上昇させるだけでなく、光化学オキシダントや局地的集中豪雨を生み出す要因と推察されており²⁾、ヒートアイランド現象の緩和・解決へ向けた対策が急がれている。2007 年 5 月、福岡大学は、都市型水害の防止とヒートアイランド現象の緩和を目的として、新型人工芝サッカーグラウンドを建設した。ここで利用されている新型人工芝システムの模式断面図を図-1 に示す。本人工芝システムの上部には、我が国では導入実績のない人工芝システムを利用している。ファインチェーンと呼ばれるクッション材の上に人工芝が敷かれており、人工芝の中には、砂とゴムチップが充填されている。システム下部には保水・浸透能の高い改良土壌を埋設している。このような人工芝グラウンドの熱環境や保水性等の水・熱環境についての詳細な研究事例はほとんどなく、特に、我が国のように高温多湿の環境下での実証実験は全く行われていない。本研究では福岡大学の新型人工芝サッカーグラウンドの熱環境特性を明らかにすることを目的とする。本研究において、熱環境を改善する効果が実証されれば、その成果は都市域におけるヒートアイランド現象軽減対策に利用できると考えられる。

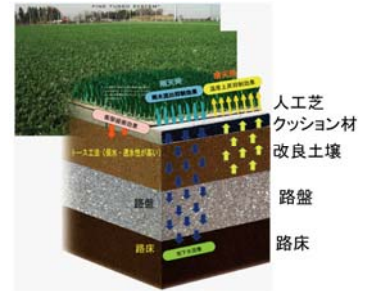


図-1 新型人工芝グラウンドの模式断面図

2. 観測方法

(1) 現地調査:人工芝グラウンドの水文気象環境を検討するため、約900m離れた聖スルピス大神学院内の天然芝グラウンドにおいて気象観測を実施した。この天然芝グラウンドは多目的広場として利用され、周囲には樹木が配置されている。表-1に観測項目、観測機材、観測期間、観測場所を示す。ここでの表層温度とは、人工芝の充填材であるエコチップ4~5cm層厚とその下に敷かれている砂との間の温度のことである。これまでに、短期集中観測を二度実施するとともに、長期継続的にも観測している。短期集中観測では、人工芝グラウンド中央に観測機材を設置し、長期観測においては人工芝グラウンドと構内道路との境界に設置している。また、天然芝グラウンドについても、集中観測ではグラウンド中央に観測機材を設置し、長期観測においては構内建物の近傍に観測機材を設置している。

表-1 観測項目、観測機材、観測期間、観測場所の一覧

観測場所	観測項目(観測頻度)	観測機材	観測期間	備考
人工芝グラウンド	気温・湿度(1min)	HOBO H8 Pro(自然通風シエルター付)	2007年6月4日~継続中	※長期観測 ※観測前検定・校正済
	気温・湿度(30sec)	HOBO H8 Pro(自然通風シエルター付)	2007年6月9日~11日 2007年8月18日~20日	※短期集中観測 ※観測前検定・校正済
	全天日射量(1min)	MS-601(英弘精機社製)	2007年7月31日~継続中	※長期観測
	表層温度(30sec)	3線式白金測温抵抗体センサー(T&D Corporation社製)	2007年6月9日~11日 2007年8月18日~20日	※表面から深さ5cm
天然芝グラウンド	表面温度(1min)	放射温度計(FILIR SYSTEMS社製)	2007年8月18日~20日	※54mmのビル屋上より撮影 ※照射角度74.14°
	気温・湿度(1min)	HOBO H8 Pro(自然通風シエルター付)	2007年6月4日~継続中	※長期観測 ※観測前検定・校正済
	気温・湿度(30sec)	HOBO H8 Pro(自然通風シエルター付)	2007年6月9日~11日 2007年8月18日~20日	※短期集中観測 ※観測前検定・校正済

(2) 新型人工芝の蒸発量に関する実験的検証:新型人工芝グラウンドからの蒸発量を推定することを目的に、20cm角のサッカーグラウンドの模型を製作し、蒸発量の時間変化を実験的に検証した。まず、底面から排水できる20cm角の亚克力容器に改良土壌を充填し、サッカーグラウンドと同様の転圧を掛けた。比較対象として、一般の真砂土に同様の転圧をかけたものを準備した。改良土壌については、二種類の異なる真砂土を利用した (Type A: 2.849g/cm³, Type B: 2.886g/cm³)。これら三種類の土壌が飽和状態になるまで散水し、外気にさらし重量を測定して蒸発量を算出した。

(3) 人工芝システムの模型を用いた散水実験:一般的な人工芝の表面温度は非常に高くなることは知られており、人工芝競技場の問題とされてきた。そこで、本研究で対象としている人工芝グラウンドの表面温度についても検討を行った。人工芝システムの保水能力を検証するために、1m四方の人工芝システムの模型を制作した。その模型の半分の面積にだけ散水を行い、散水部分と散水していない部分の表層温度を、3線式白金測温抵抗体センサーを使用し計測した。

3. 現地観測結果

2007年6月9日から11日までの人工芝グラウンドと天然芝グラウンドと福岡管区气象台における気温を比較すると、全体的に、人工芝・天然芝グラウンド上の気温は福岡管区气象台の気温よりも低い傾向にある。福岡管区气象台は福岡市中心部に位置しているため、周囲も市街化されており気温の日変化が小さい。これはヒートアイランド現象に起因していると考えられる。また、人工芝上と天然芝上の気温を比較すると、日中の両者はほぼ同じ挙動を示している。最高気温も同程度であり、人工芝上であっても気温がそれほど上昇しないことがわかった。一方、夜間の気温は、天然芝上の気温よりも人工芝上の気温の方が高く、最大で1.5°Cの差であった。これは芝の素材による影響であると考えられるが、福岡管区气象台の気温と比較すると2°C以上低い。図-2は2007年6月9日から11日までの人工芝グラウンドと天然芝グラウンドと福岡管区气象台における比湿の時系列である。福岡管区气象台における比湿は、人工芝・天然芝グラウンド上のそれと比較すると、全体的に低い。これは、福岡市内の都市化による影響であると考えられる。人工芝グラウンド上の比湿は天然芝グラウンド上のそれとほとんど同じ挙動を示し、大気は湿った状態にあることがわかる。

図-3は2007年8月18日から20日までの人工芝グラウンド上と福岡管区気象台における気温の時系列である。両者の日中の気温は同じ程度であるが、夜間の気温は人工芝グラウンド上の方が1℃以上低い。また、長期観測の結果においても、気温が高い場合においては人工芝上・天然芝上の気温と福岡管区気象台のそれはほぼ同じであった。しかし、気温が低い場合においては福岡管区気象台の気温の方が高い傾向にある。さらに、人工芝上の気温と天然芝上のそれとは同じ挙動であった。また、人工芝とアスファルトの表面温度を比較すると、最高温度は人工芝の方が約5℃高いが、夜間においては、人工芝の表面温度は非常に低くなっており、アスファルトのよりも約8℃低く、日没から翌日の日の出まで続いている。これは両者の熱容量の違いが影響しており、人工芝による夜間の熱環境緩和効果は期待できると考えられる。

図-4は人工芝システムの模型を用いた散水実験において、散水した人工芝と散水していない人工芝の表層温度と日射量の時間変化を示している。散水エリアの表層温度は散水直後に急激に低下し、温度が低い状態を3日間以上にわたり維持している。散水エリアと非散水エリアにおける表層温度差は最大で10℃以上であった。表層温度の低下は、人工芝上の運動者への輻射熱を減少させ体感温度を下げる効果がある。そしてその効果の持続時間が極めて長いことがわかった。

4. 模型実験観測結果

図-5に蒸発量の結果と日射量を示す。実験直後は、土壌表面付近の水分が蒸発するので、いずれの土壌とも蒸発量は同程度であった。しかし実験二日目の午後から、改良されていない真砂土からの蒸発量はType AとBのそれよりも大きくなり、実験三日目にはType AとBからはほとんど蒸発しなくなる。一方、改良されていない真砂土は気象条件に応じて蒸発している。Type AとBともに、実験四日目以降も日中は少量ながらも蒸発を続けていることがわかる。改良土壌は、表層付近の水分が蒸発した以降、ゆっくりと継続的に蒸発を続けている。以上から、改良土壌に蓄えられた水分はゆっくりと継続的に蒸発していることがわかり、人工芝グラウンドの比湿が高い一因であると考えられる。

5. 結論

2007年5月、福岡大学内に建設された新型人工芝サッカーグラウンドの熱環境特性を明らかにすることを目的に現地観測と模型実験を実施した。その結果、本研究対象人工芝グラウンドは天然芝上と同程度の気温・湿度環境にあることがわかった。夜間の気温や表面温度はアスファルト上のそれと比較して非常に低く、ヒートアイランド現象の抑制に繋がるものと考えられる。また、この人工芝グラウンドは、日射量や気温にはほとんど依存せず、ゆっくりと継続的に蒸発することが確認された。これがグラウンドを湿潤状態にさせている要因の一つと考えられる。最後に、維持管理やコストを考えると、天然芝よりも人工芝の方が有利である。さらに本研究によって科学的な有効性も証明された。新型人工芝システムと保水性土壌を組み合わせることは、都市の熱環境や流出抑制に効果的な技術であり、広く普及されることを切望する。

参考文献

- 1) 気象庁 (2005) : 異常気象レポート, http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/climate_change/index.html
- 2) 近藤裕昭 (2004) : 気象学からみたヒートアイランド, 天気第51巻, 81-88pp.

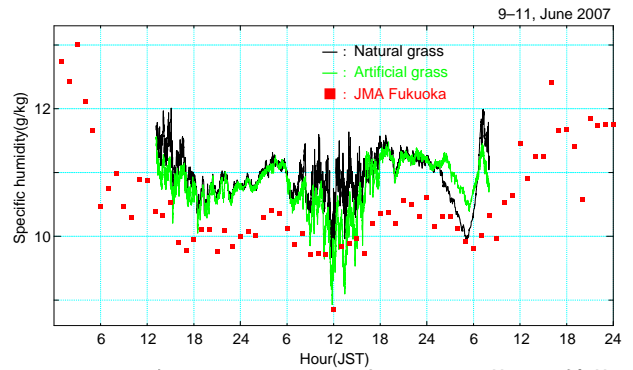


図-2 2007年6月9日から11日までの人工芝と天然芝グラウンドと福岡管区気象台における比湿の時系列

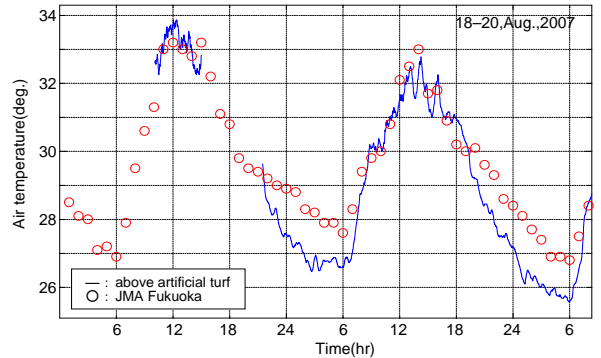


図-3 2007年8月18日から20日までの人工芝上と福岡管区気象台における気温の時系列

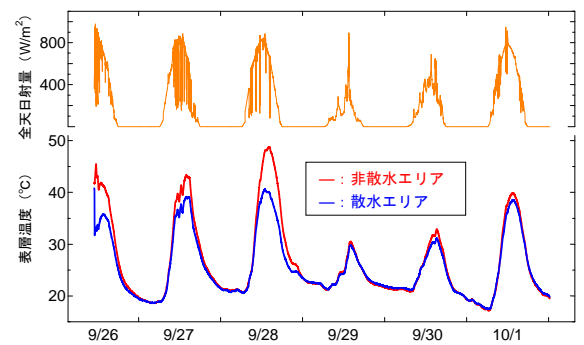


図-4 散水実験による人工芝表層温度と日射量の時系列

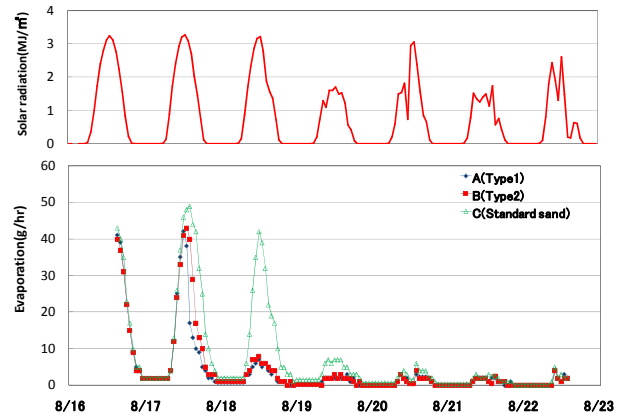


図-5 模型実験による人工芝システムからの蒸発量と日射量の時系列