

駐車場芝生化：その意義と技術

伊藤操子*・伊藤幹二**

*京都大学名誉教授・**マイクロフォレストリサーチ(株)

Turf Application in Parking Areas: Implication and Technology Misako Ito and Kanji Ito

はじめに

都市における人工排熱の増加とコンクリート・アスファルトなどの貯熱に起因するヒートアイランド現象は近年ますます深刻化し、その対策としての舗装駐車場や屋上などコンクリート・アスファルト部分の緑化が注目されている。駐車場緑化(芝生化)については、試みが始まってすでに10年近く経過しているが、いまだ普及しているとは言えず、その効果や維持の可能性から緑化に懐疑的な向きもある。しかしその理由は芝生化の意義や技術自体にあるのではなく、現実の芝生化駐車場の設置の都市環境の改善として果たす役割の評価や、そのために発揮されなければならない芝生の育成技術と管理水準について、十分な論議がなされていないことによる。一方、舗装駐車場は、建物の屋上・壁面などに比べて、芝生の育成の場としてはるかに優位な条件にあることから、技術的側面からみれば普及の可能性が十分期待できる。

都市緑化については現在に至るまで、インフラストラクチャーの整備が命題で、必要性と仕様規定型技術とコストで決定されてきた土木・建築工学系技術主導の、いわば言葉を変えただけのグリーン公共事業に矮小化され、費用対効果の低い「ものづくり」となっている。しかしながら、真に必要なことは、限られた財源の中で、持続可能なインフラの維持と環境負荷軽減を果たすためにどうすればよいのかを追求し、芝生化においてはインフラの飾りや埋め草としてしか見ていなかった芝生をいかに活性化させるかである。

著者らは、約5年間にわたり兵庫県における駐車場芝生化についてのプロジェクトに関わる機会を得、その間、芝生化の意義、健全な芝生の維持技術などについて検討してきた。技術面に関しては、実地の検証実験や調査結果⁵⁻⁷⁾と芝の生理・生態についての基礎的知見を総合することによって、正しい方向と間違った方向を明らかにしようとした。ここに一応の結論を得たのでとりまとめ、望ましい芝生化駐車場の必要な場に普及するための提言としたい。

I. 駐車場芝生化の意義と役割について

1) 「芝生化」の社会・環境的背景

都市のさまざまな環境対策の目玉として、緑地の整備、建

物緑化、沿道緑化などの推進が打ち出されること自体は間違っていないが、緑化事業の“推進”が即ヒートアイランド現象の緩和や防止に役立ち、問題を解決するわけではない。また、各種緑地の環境計測値の比較や緑化資材仕様・技術が即環境対策というわけでもない。

ヒートアイランド現象の原因としては、市街化の進行にともなう地表被覆の人工化、エネルギー使用の増大による人工排熱の増加、都市形態の変化による大気循環機能の減少などが挙げられている。このことから、ヒートアイランド対策メニューとして、人工排熱の低減、地表被覆の改善などに関して、さまざまな方法や技術が提案されている。

“芝生化”は、人工的な地表被覆の代表であるコンクリート・アスファルト舗装面積の拡大によって生じる反射率の低下や貯熱量の増大に対して、実現可能な対策である。加えて緑地面積の減少や緑地の衰退による蒸発散機能の低下に対しても、有効な補完効果を有する。さらに、その有効性は、持続可能であり、循環性も高く、ヒートアイランド対策の一つとして、費用対効果が確実で、実行可能な技術・方法であるといえる。

舗装駐車場が芝生化されると何がかわるのか、市民を交えた懇談会、勉強会、フォーラムでなど得られた意見をもとに整理した。

<生活環境への影響>

- ・酸素が放出される
- ・乾燥化が緩和される
- ・花粉・粉塵の飛散が減る
- ・景観が良くなる
- ・夏日の照り返しが弱まる
- ・夏日の夜が過ごしやすい

<地域環境への影響>

- ・熱こもりの抑制
- ・舗装面積の減少と緑被面積の増加
- ・都市景観の向上
- ・高温・乾燥化の抑制
- ・雨水の保持と急排水の緩和

- ・土壌流失の抑制
- ・二酸化炭素、二酸化窒素、炭化水素、二酸化硫黄の吸収・吸着・固定

<広域環境への影響>

- ・大気汚染源の縮小
- ・温暖化現象の緩和

意見の大半は表現としては、科学・技術的であったが、気持ちとしては、黒い駐車場が芝生化されれば、景観もよくなり、健康的で、住みやすくなるだろうということであろう。

2) “芝生化” はなぜ普及・定着していないのか

一言でいえば、駐車場芝生化の役割についてのあいまいな認識と、持続的な芝生維持への科学的取り組みがないことによる。すなわち、芝生化駐車場による環境問題解決の議論がものづくり技術論に終始し、芝生化駐車場にとって一次資材である芝および芝生についての理解は放置され、二次資材である人工物とその仕様技術と施工コストが中心課題となっていた。さらに、駐車場機能しか持たないコンクリート・アスファルト舗装との施工単価の比較で評価される。このようなかたちで行われてきた既存芝生化駐車場に関する評価は以下のようなものである。

- ・造った時はいいが、すぐはげる
- ・耐用年数が短く、投下費用対効果が低い
- ・被覆資材の劣化と雑草の発生
- ・被覆資材の劣化と歩行安全性の低下
- ・芝生の消失と除草管理に困る
- ・造りっぱなしで、維持管理がない
- ・維持・補修・修復方法を問い合わせても答えがない
- ・駐車場の芝生化は困難
- ・ヒートアイランド緩和効果が不明
- ・興味がなくなった

このような評価は、二次資材の開発企業や施工会社の技術に原因することにもよるが、コンクリートやアスファルト舗装によって生じる環境負荷の軽減を果たすために、芝生の持つ機能を発揮させる性能規定型技術に対しての発注者サイドの無理解・無関心・無配慮によることが大きい。さらに、長年舗装駐車場が駐車場の便宜性のためだけに存在し、都市環境に及ぼしている負荷についての認識がほとんどなかったこと

にもよる。したがって、芝生化駐車場の芝生を、飾りものでも脇役でもなく都市環境問題の解決のための耐久財と位置づけ、その機能を育成、維持するためにクリアすべき課題を明確にしていくことが重要になる。

3) 芝生化の地表面環境特性

芝生化のヒートアイランド現象軽減効果は、実際には、地表面付近の微環境の舗装状態と芝生状態での違いの総体として生じていることから、とくに夏季における両者の差異について比較・検討した。

夏季の温度変化

地表面温度は、裸地では能動面である地表面、コンクリートでは舗装面、芝生では日射を最も吸収する能動層での加熱と冷却によって変化するので、いずれにおいても明らかな日変化がみられる。舗装面では温度自体も最高となり日較差も最も大きい。日中の最高値でみると、舗装面では外気温より15~20℃も高くなるが、芝生面では2~3℃高い状態で、裸地でも外気温との差は4~5℃を超えることはない(図1)。芝生の種類間でも地表面温度に差があり、C₃光合成型(寒地型)の芝生の温度はC₄光合成型(暖地型)の芝生温度より1~2℃低い。なお、敷き草被覆面の温度は常に外気温より低く維持されることが明らかなことから⁹⁾、芝生刈り込みによって出る茎葉の活用についても考える必要がある。

以上のような地表面温度の違いは、地表から遠ざかるにつれて小さくなる。芝で被覆された地表付近温度の鉛直分布は、草高によっても異なるが、おおむね10~20cm程度までが芝生の影響を受け、それ以上は外気温と差がなくなる。したがって、芝生の機能は外気温自体を下げるのではなく、コンクリート・アスファルト舗装に比べて地表付近の気温上昇を抑えることにあるといえる。

夏期の晴れた日の地中温度の日変化がなくなる深さは、植被や土壌条件などによって異なるが、深さ30cm程度である。しかし、地表面の加熱と冷却の日変化に影響される浅層の地中温度とその日較差は、地表面の種類によって大きく異なる。芝生による土面の被覆は地温の上昇を緩慢にし、日中の地温を裸地より3~5℃下げることが明らかである(図1)。さらに、日中の外気温より常に低い芝生の地温は、日射エネルギーの多くを貯熱するコンクリート・アスファルトにたい

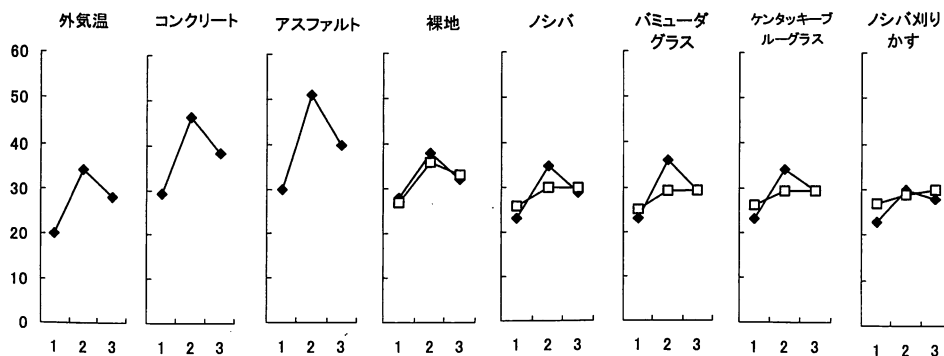


図1 地表面被覆の違いと地温の日変化(8月青天日に調査, 角・伊藤・伊藤)

◆—◆ 地表: 1-2-3=8時-15時-18時, □—□ 地下5cm: 1-2-3=8時-14時-16時

して、貯熱しない構造物といえる。芝生に貯熱性がないことは、夜間における放熱がなく、空気中の水蒸気も地表面に還元されることから、明らかにヒートアイランド現象の緩和に有効である。

土壌水分の変化

芝生における土壌水分の日変化は、気温の変化ほど単純ではない。土壌水分の場合は、芝生の密度によって、蒸発散面が土壌であったり、植被層あるいはその両方からの場合があるためである。裸地の土壌水分は、気温の上昇によって蒸発散が急速に始まり、日中に最も低い値を示し、日射が弱まるにともない元にもどる。芝生層においても裸地と同じ傾向を示すが、土壌水分の回復は裸地より遅れるが量的には多くなる。

風の鉛直分布

芝生化駐車場の風は、放射熱や水蒸気、二酸化炭素、あるいは花粉、排気汚染物などの物理量を輸送し、芝生の微気象環境形成に重要な役割を果たしている。また、風速や風向きは絶えず変化・変動し複雑であるが、芝生面はコンクリート舗装面と違い、芝草丈、密度、構造によっても変化する。芝生内での風速は、芝生頂部付近の値に比べて著しく減速するので、芝生の生長にともなって、芝生内からの輸送される放射熱や水蒸気などの物理量は減少する。したがって、芝生化駐車場は、風通しを良くし、適切な芝生草丈を維持することによって、空気中の温度、水蒸気、二酸化炭素に濃度勾配をつけ、その機能を高めることが必要である。

4) 芝生化駐車場のヒートアイランド緩和効果

駐車場の日射は、大気や地表のコンクリート・アスファルト、芝生体内、あるいは駐車中の車体で吸収されて熱にかわり、それぞれの駐車場環境を決定する。

駐車場の反射特性

すべての物体は異なる反射特性を持つが、コンクリートやアスファルト舗装面の反射は概して低いうえ、1年中ほとんど変化しない。これに対して、芝生葉に含まれる葉緑体は、可視光域の赤色光と青色光を特異的に吸収し、反対に、近赤外域と一部中間赤外域を強く反射する。このようにして、光合成を行う植物特有の反射パターンが形成されるが、春・夏季の暖地型芝生は夏季にこの反射特性が最も明瞭となり、秋冬季には消失する。この反射特性を理解すれば、正確な駐車場の被覆分類が可能となり、芝生化駐車場環境の解析や評価にも利用することができる。

駐車場の放射収支

日中の舗装駐車場において、放射エネルギーは、ほとんど反射されることなく、空気やコンクリート・アスファルト表層を暖める顕熱伝達量と上層路盤への熱伝導量に使われ、蒸発による潜熱のほとんどない舗装駐車場環境を作っている。一方、日中の芝生化駐車場においては、放射エネルギーの多くが芝生（地上部・地下部）と土壌温度の上昇、土壌と植物体の蒸発散および空気の加熱（顕熱）に使われ、芝生駐車場環境を作り出している。なお、光合成に使われる量は少なく無視できる¹¹⁾。

一般に日射（短波放射）がなくなると、放射収支は長波放射のみとなり、空気の温度が低下し、地表から放射される長波放射量が増える。これが、地表から熱が失われ、夜間地表面が冷える理由である。さらにこの結果、空気中の水蒸気が地表面に還元されることになる。これに対して、芝生には貯熱性がなく、地表面温度も気温と同調することから、芝生面から放射される上向きの長波放射量は著しく少ない。このため夜間における芝生面と気温の温度較差が大きくなり、芝生に朝露がみられる現象や土壌への水分補給が行われる。一方、貯熱量の大きいコンクリート・アスファルト舗装から空气中に放射される上向きの長波放射量は極めて多く、長時間にわたって熱の放出が続く。さらに、舗装面と気温との較差が小さく、水蒸気地表への還元はなく、乾燥する。

駐車場の熱収支

夏季日中の正味放射量の一部は地表面や空気の加熱（顕熱）に、一部は土壌や植物などの蒸発散（潜熱）に、一部は土壌、舗装、または植物体の昇温（貯熱）に使われる。各熱収支項への配分は駐車場の地表被覆物の持つ生理的特性や物理的特性などによる。地表面被覆の違いと各熱収支項の特徴を表1示す。コンクリートやアスファルトなどの硬質舗装部では、正味放射量の大半が空気や舗装面の加熱と舗装下部への熱伝導量に使われるが、芝生舗装では土壌、芝、空気を暖める顕熱伝達量と土壌、芝生による蒸発散に使われ、地中伝達量への配分がない。このことが、芝生面の日中温度を舗装面より日中10℃以上低く、また地中温度も常に裸地よりも低くし、芝生の持つ温度緩和作用の源となっている。その他、樹木などの植栽部、敷き草部、自然土、貯水部などについても各熱

表1 駐車場地表面の違いと夏季における各熱収支項の特徴

地表面の種類 ¹²⁾	顕熱伝達量	潜熱伝達量	貯熱量 (地中伝達量)
硬質舗装部			
コンクリート	++++	±	+++
アスファルト	++++	±	++++
平板、石板、ブロック等	+++	±	++
合成樹脂・ゴム類	++++	±	+++
軟質舗装部			
自然土（排水不良）	++	++	+
自然土（排水良）	+++	+	++
砂利・土混合	+++	+	++
プラスチック芝等	++++	±	++
木製ブロック等	+++	+	±
芝生舗装部			
暖地芝	+++	++	±
寒地芝	++	+++	±
樹木植栽部			
低木・植え込み	++	+++	±
中・高木	+++	+++	+
敷き草部	++	++	±
貯水部	+	++++	+

±~++++: 熱収支項への配分量がほとんどない~非常に大きい

収支項への配分の特徴を示した。芝生化駐車場技術とは夏季日中における駐車場への放射エネルギーについて、顕熱量と潜熱量への使用を最大にし、貯熱量への配分を最少にすることであり、各被覆物が持つ生物的・化学的・物理的特性を理解し、適切に組み合わせることによって効果的に達成できる。

5) 芝生化を必要とする駐車場

芝生化駐車場の第一の目的は、個々の建築物の植物による被覆効果を競う屋上緑化や壁面緑化と違い、都市環境に負荷が大きい舗装駐車場面積を削減することによって、微気象環境を改善していくことにある。その観点からの費用対効果によって、どのような舗装駐車場で芝生化が必要で、どのような駐車場で必要としないのかを整理した。

<必要性の低い舗装駐車場>

- ・日中の利用頻度が高い供用駐車場
- ・日中の長時間駐車が多い駐車場
- ・日中の日射量が少ない駐車場
- ・樹木による日射の反射、吸収、蒸発散が十分な駐車場
- ・小規模駐車場

これらの駐車場は、利用価値が高く、駐車中の車体による熱の吸収量も大きいなど、舗装面による貯熱量は少なく、芝生化による環境対策としての費用対効果が低い。

<必要度が高い舗装駐車場>

- ・駐車利用頻度が低い中・大規模駐車場、駐車利用面積より他の舗装面積が広い大規模駐車場、中規模の遊休地駐車場や臨時駐車場、中・大規模の季節的利用駐車場や自然公園駐車場など、駐車場の便宜性や利用価値の割には夏季の微気象環境へ負荷が大きい駐車場があげられる。
- ・商・工業施設内の一時的利用の中規模駐車場、緑地面積の小さい商・工業施設内駐車場など、施設内微気象環境が芝生化によって改善されるようなところがあげられる。

6) 芝生化駐車場と関係者のニーズ分析

芝生が主役である各場面では、その利用目的と価値は経済的にも感覚的にも正しい理解が形成されてきた。したがって、その育成や維持の成果は、芝栽培農家は品質と生産価格で、ゴルフ場ではプレイヤーの認識とプレー費または会員券の保持で、競技場では選手や観客の評判、緑地・公園や校庭芝生ではその利用者によって評価されてきた。しかしながら、芝生化駐車場については、なぜ重要なのか、また、その何が誰にとって必要なのか、関係者の利害得失は明確になっていない。そこで良好な芝生化駐車場を維持するという前提で、利害関係者のニーズについて分析した。基礎になった情報は、著者が過去6年間の兵庫県グラスパーキング施工調整協議会ならびに兵庫県グラスパーキング普及推進協議会会長時に関係者から聞き取ったものである。

以下は、関係者の意見、感想、理解を整理したものであり、+（プラス）は利点や肯定的に評価された点であり、-（マイナス）は否定的な意見ないしは問題解決の必要性がある点である。

<地方自治体（整備責任者、企画責任者等）>

- + ヒートアイランド対策の具体案になる
- + 都市生活環境の再生対策の一つとなる
- + 先進的な緑地計画の目玉となる
- + 都市住民のクレームの減少につながる
- + 都市景観・まちづくり施策になる
- + 二酸化炭素の削減につながる
- 施工コストが舗装に比べて高い
- 維持管理技術が確立していない
- 補修ができない
- 耐久性がない

<駐車場利用者>

- + 見た目がきれい
- + 健康的な感じがする
- + 舗装の照り返しがない
- + 排気ガスを吸収してくれる
- 車の出し入れに気をつかう
- 歩行に支障がある
- 凹凸があり危険である

<一般住民（近隣生活者、駐車場非利用者等）>

- + 景観が良くなる
- + 日中の照り返しや夜が涼しくなる
- + 粉塵や花粉の飛散が少なくなる
- + 排ガスが減り、空気がよくなる
- + 駐車場でペットを遊ばせることができる
- 雑草の繁茂場所になる
- 不快害虫の生息場所になる

<商・工業施設、公的企業、公共駐車場（管理・運営責任者、経営担当者等）>

- + 施設的环境改善
- + 環境負荷の軽減
- + 施設景観の向上
- + 顧客、社員の評判
- + 近隣住民のクレーム解消
- + 新設やリニューアル時の許可・申請が容易
- + 節税・公的助成期待
- + 省エネ対策
- 施工費用対効果の計算
- 持続性の担保と維持管理責任
- 良質施工事例の紹介

<駐車場管理担当者（管理責任者、維持管理作業責任者等）>

- + 緑の駐車場の提供
- + 空気を浄化する駐車場
- + 利用者の評判
- + 環境への配慮や貢献
- 夏期の灌水作業
- 夏期の芝刈り
- 雑草の発生
- 管理ミスの発生
- 土壌の固化と芝生の衰退

- 冬期の土壌過湿による芝生の枯死
- 芝生の補植・補修が困難
- 土壌更新ができない
- 維持管理方法がわからない
- 1, 2年以上芝生がもたない
- 芝生の刈り込みが困難
- 芝生が伸びすぎる
- 管理作業ができない
- 病気の発生

< 施工会社 (営業責任者, 設計・施工責任者等) >

- + 自社技術売り込みのチャンス
- + 自社既存商品の販売拡大
- + 高受注単価
- + 他社との差別化技術としての利用
- 枯れ補償の要求
- 維持管理技術・方法または維持管理責任の要求
- 長期的機能評価
- 会社としてマイナーな工事
- 芝生管理専門家や専門設計者の不在
- 芝生専業造園業者の不在
- 芝生の保守・補修知識の不足

このように利害関係者間の認識には大きな違いがあるが、駐車場の適正な芝生化と普及は、全体としては明らかに前向きにとらえられている。問題点の解決と必要技術の提供は、すでに各方面で蓄積されてきた芝生管理技術の適用が可能である。したがって、芝生化駐車場の設計は、関係者の重要度に基づいて、そのニーズを満たすことを念頭に行うことが必要である。ただ心配されることは、芝生の育成・管理技術を考慮しない、二次資材技術が主体で、造った時が最高という拙速な設計・施工の広がり、関係者に駐車場緑化への疑念をいだかせていることである。

II. 駐車場芝生化の技術について

1) 「芝生」および「芝生化」とは

芝生化技術について、芝生を中心に論を展開するにあたっては、まず「芝生」および「芝生化」が何を指すのか明確にしておかなければならない。芝生という語は、何となく芝茎葉が連続的にみられる場所をあいまいに指すことが多い。しかし、「turf (芝生)」は、専門的には次のように定義づけられている。すなわち、「根やほふく茎・根茎ならびにそれに付着する土壌を含めた芝草のマット状の連続体 (図2) によ

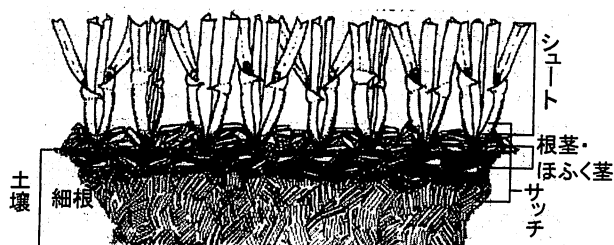


図2 “芝生” 構成の模式図 (イラストは文献15) より転写)

る地被」を意味している^{1, 10, 15)}。このように、地上の茎葉部分だけが衰退した状態 (元芝生) は“芝生”の範疇には入らない。

では、“芝生化”の“化”は、どう考えればよいだろうか。芝生化、緑化などという場合、芝生、緑化樹などの植栽施工を行ったという「行為」だけを指しがちである。しかし、“化”というのは「その状態に変わることを」すなわち、芝生や健全な植栽が長年維持されることを意味するはずであり、本論では、“芝生化”をこのような意で用いる。

2) “芝生化”に関する技術的・人為的要素

芝生化駐車場に関わる人的要素は「芝生化」と「駐車場化」であり、両者を満足させること、すなわち健全な芝生が維持され、かつ車両の駐車・走行、歩行がしやすいことが芝生化駐車場の必須条件である。また、“芝生化”の成否には芝生の形成・維持技術 (設計, 施工, 維持管理, 補修・更新管理) と駐車場利用の程度との両方が関係する (図3)。

「設計」は“芝生”の耐久性と駐車場としての機能性を念頭に行う必要があり、限られた条件とコストの中でいかに両者の折り合いをつけるかが鍵である。設計に含まれる要素は、主に駐車桟の形状、使用する芝の種類、床土・路盤など地下部分の構成であるが、後述するように、設計の良し悪しが“芝生”の耐久性をほぼ決定するといってもよい。また、「施工」段階においては、雑草繁殖体などの混入しない良質のソッドや土を使うこと、丁寧な作業を行うこと、養生期間を好適環境下で過ごせるような時期を選ぶことが大切である。明らかに混入したと思われる多年生雑草の繁茂や、ソッドと床土の剥離は施工の不備によるものである。適切な設計・施工は、維持管理や補修・更新管理の作業の労力とコストの削減からも重要である。

「維持管理」としては、経常的な作業として刈り込み、水管理、肥培管理、雑草管理があげられるが、高水準の管理は必要としない。灌水は養生期間や施工当年の夏季には十分行う必要があるが、2年目以降は灌水が無灌水より優れていると証明するデータはない。肥培管理についても、葉色から判断して適宜行う程度で十分と考えられる。一方、雑草管理については、当初から計画的に実施するのが肝要と考えられる⁸⁾。

「補修・更新管理」に関しては、後述するようにエンジン熱による芝の枯損は必ず起こるので、その部分について適宜

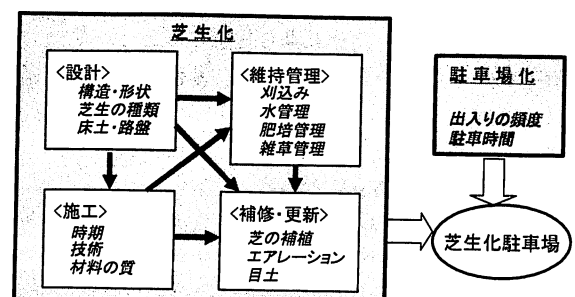


図3 “芝生化”の成否に関わる人為的要素と相互関係

補植する必要があり、平素からその体制を整えておく必要がある。また、更新とは、土壌の穴あけ、切り込み、目土などによって、芝生面を攪乱しないで通気を図り土壌の働きを回復させ、芝生の若返りを図る作業であり、芝生であるからには数年に1度は行う必要がある。したがって、これらの作業が可能な構造に設計されていることが不可欠である。

以上のように“芝生化”の成否には多くの要因が関係するが、ここでは特に重要と考えられる「芝の種類」、「床土構造」、「駐車場利用」、「雑草・病害虫の侵入」を取り上げて、以下に解説する。

3) 芝の種類と“芝生化”

芝草の種類はC₄型光合成系を持つ暖地型とC₃型光合成系をもつ寒地型に大別され、暖地型は光合成効率、水利用効率、高温乾燥適応性、低N条件での生育などにおいて寒地型より優れている¹⁴⁾。寒地型種は見かけが美しく、葉温は暖地型種より2℃程度低く保たれる性質はあるものの、夏季の高温・乾燥が厳しくかつ低管理で維持したい駐車場の緑化には不適である。したがって、ここでは暖地型の5種、ノシバ、コウライシバ(コウシュンシバ)、パミューダグラス類、センチピードグラス、セントオーガスチングラス(図4参照)について、駐車場芝生化への利用の適応性から比較する。

駐車場緑化にとくに求められる芝の形態形質としては、葉質がしっかりしていること、草高が高くないこと、ほふく茎(ライゾーム)の分布が地下部に多いこと、サッチの蓄積が多くないことなどがあげられる。次に、生理・生態的形質として、耐暑性、耐乾性、耐陰性、耐踏圧性、低肥料(N)要求性などがある。さらに植物保護の観点からは耐雑草性、耐病性、耐虫性がある。

一般的にみた種間の形質比較を表2に示した。駐車場緑化では芝草は、ヒートアイランド化が問題になるコンクリート・アスファルト地帯の環境、駐車に伴う踏圧や遮光・遮雨、低水準の維持管理といった厳しい条件下での生育が求められる。これらに耐えうる形態形質、生理・生態形質、植物保護面の特性を総合的に評価すると、ノシバが駐車場芝生化に最も適した種であるといえよう。このことは検証試験においても証明されている。パミューダグラス系統は耐暑性・耐乾性、耐踏圧性には大変優れているが、茎の上向き伸長が旺盛で頻繁な刈り取りを必要とすること、耐陰性が低く駐車による被陰の影響を受けやすい点が問題である。

概してコウライシバがノシバより駐車場用としての適性が低いことも明らかである⁷⁾。計31の仕様の異なる区画(駐車枠)を比較したところ、3年目の秋季にはコウライシバを使用した区画の平均緑被率は著しく低下していた(表3)。両種の差異は、種の特性に起因するところが大きい。コウライシバは強化プラスチックマットなどとセットで施工されている場合が多く、狭く通気性に欠ける床土中での根群の発達不良が、夏季の高温・乾燥時の枯死につながったとも考えられる。

センチピードグラス、セントオーガスチングラスの適性は、試験例が少ない現状では判断しにくい。両種とも夏の高温乾燥の害も小さく、本来高くなるはずの草高も駐車場使用では低く抑えられている。また、センチピードグラスはアレロパシー作用もあって雑草制圧力が高く¹³⁾、駐車場においても他の芝種では雑草が年々増加する傾向にあるのに対して、同種の区画では逆に3年目には雑草がほとんど消失した。これら両種については、利用の可能性についてさらに検討が必要

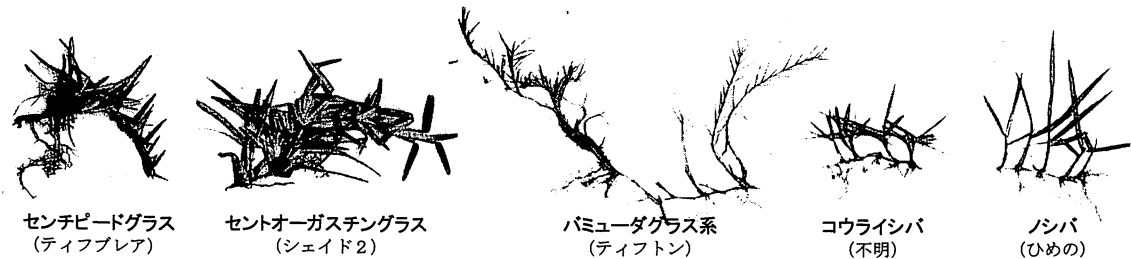


図4 おもな暖地型芝草の形状

表2 主な暖地型芝草の特性

特性	ノシバ類	コウライシバ類	パミューダグラス類	センチピードグラス	セントオーガスチングラス
葉の大きさ(葉幅)	4.0 mm 以上	3.3~3.9 mm	1.5~4.0 mm	3.5~5.0 mm	4.0~10.0 mm
葉密度	中	高	高	中	中
ほふく茎・根茎型	地上≦地下	地上≒地下	地上>地下	地上	地上
サッチの集積	中	大	大	中~大	大
刈り込み要求性	中	中~大	大	小	中
熱耐性	極大	大	極大	大	大
乾燥耐性	極大	大	極大	中~大	中~大
被陰耐性	大	中	極小	中~大	極大
踏圧耐性	極大	大~極大	極大	中~大	大
肥料(N)要求度	中	中~大	大	小	中
耐病性	極大	大	中	極大	中

文献1, 2, 10) を参照した

と考えられる。

4) 床土構造と“芝生化”

芝草にとっての床土は、根の伸長・活動域であり水、酸素、養分の供給域である。しかし、これらは植物全般に当てはまることであるから、ここでは“芝”という一群の植物にとって特に留意すべき土壌条件について明らかにし、設計・施工、維持管理に資する知見としたい。

芝類は樹木と同様に永年生植物であり、植物体の部分的な生長（生産）と老化・枯死（崩壊）を繰り返すが、これが浅い土層とその上の地表面付近という非常に限定された空間で継続するのが特徴である。したがって、芝生の床土には、植物の土壌としての本来の役割だけでなく、地下部の過密化、サッチや老廃物の蓄積など、芝であるゆえに生じる負の要因を出来る限り排除することが求められる。

表 3 芝の種類と芝被覆率の経時的変化⁷⁾

芝の種類	調査区 画数	施工2年目		施工3年目	
		春季	秋季	春季	秋季
ノシバ系	11	80.9 (0.20)	69.1 (0.40)	67.7 (0.40)	53.6 (0.65)
コウライシバ系	13	78.1 (0.22)	65.4 (0.38)	62.7 (0.33)	26.5 (0.69)
バミューダグラス系	4	83.8 (0.13)	60.0 (0.20)	57.6 (0.28)	45.0 (0.56)
センチピードグラス	2	85.0	65.0	60.0	57.5

数値は“芝生”面積/芝生化可能面積%
()内数値は、変動係数=標準偏差/平均値

水の問題についていうと、水の供給と排水の両面が良好でなければならない(図5参照)。植物体の根の水吸収は葉の蒸散作用に支配され、気温、湿度、葉面積、根の吸水力、土壌の有効水含量などの影響を受ける。現状の駐車場芝生化においては、床土(客土)の性質として保水性が最優先されがちであるが、これは水問題回避への適切な対応とはいえず、実際にあまり効果を上げていない。なぜなら、保水性土壌は排水性に欠ける場合が多く、その結果土壌中の気相の減少、サッチ・根老廃物の嫌氣的分解などによる酸素不足が根の呼吸障害、ひいては生育阻害や腐敗を引き起こし、水はあっても吸水できない状況が生じるからである。また、かりにある程度の根の発達がみられた場合でも、湿潤土壌は根の分布を浅くするので、夏季の高温・乾燥に遭遇すれば容易に枯死につながる。

前述の検証試験において17区画で施工2年目の根群の状況を調べたところ⁷⁾、ノシバを例にみると芝緑被率の高かった区画はいずれも砂質の床土を用いており、細根が発達しているのに対して、ルーソイルや複雑な混合土壌区画の根は貧弱で芝生状態は概して不良であった(図6参照)。とくに注目されたのは芝ソッド(多くの場合黒ぼく土)と床土の親和性の重要性であり、両者が自然に混ざり合わないと床土への根の伸長が阻害されることがわかった。

植物の根は水分やNがやや不足する条件下で、それらを求めて伸長し分布域を拡大する傾向を持っている。コンクリート・アスファルト駐車場の芝生化の場合、床土の深さは最大15~20cm程度にできると考えられ、空間的には芝草の

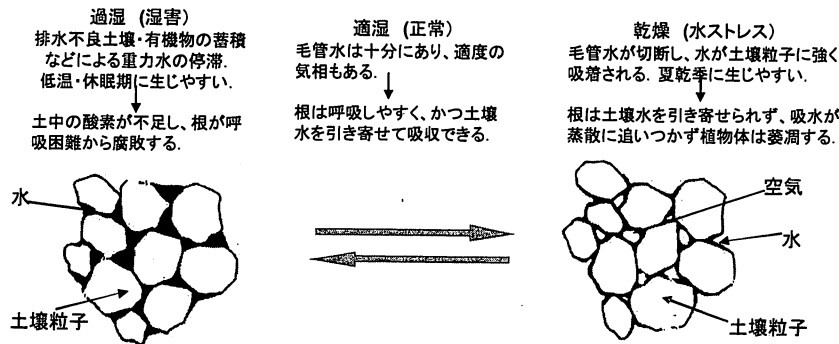


図 5 土壌の水分状態の違い³⁾と芝草の反応

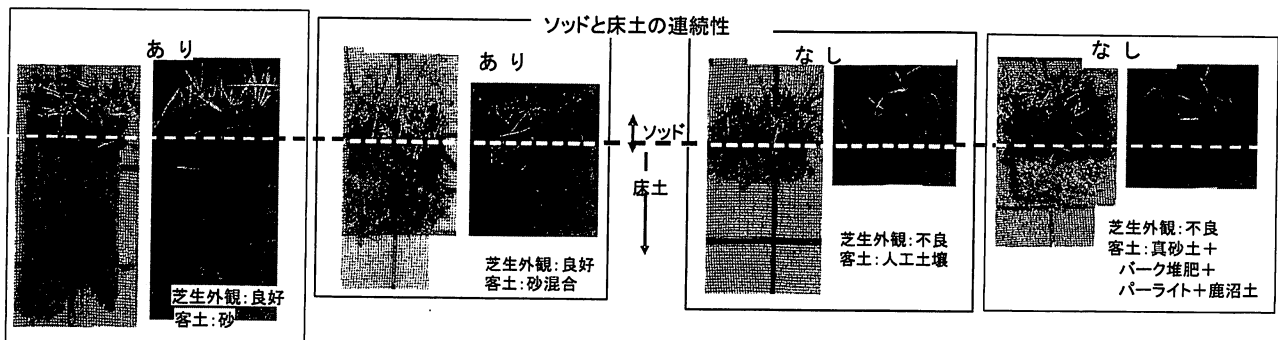


図 6 ノシバ根群の床土への進入・分布状況の例。施工2年後(5月)に根掘り器(2cm×10cm×15cm)で抜き取った。左:土壌洗浄前,右:洗浄後の状態

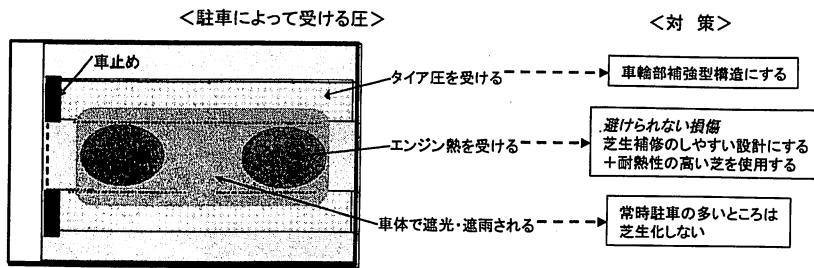


図7 駐車場使用が芝生に与える影響と対策⁶⁾

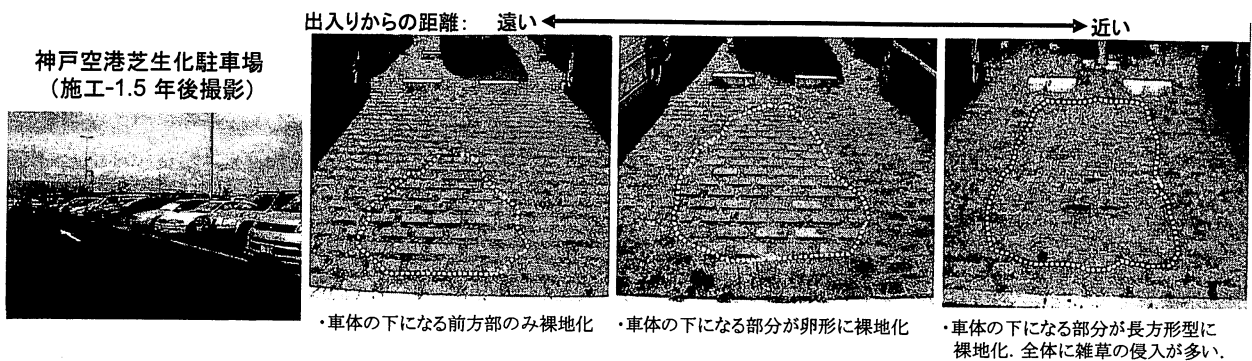


図8 駐車状況による芝生損傷状態の違いの例

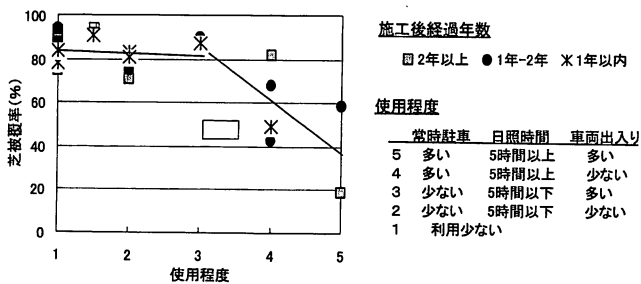


図9 駐車施設の利用程度および施工後年数と芝被覆率との関係⁶⁾

根の健全な発達に十分である。駐車場緑化で使用される芝は、 C_4 植物であるために本来水利用効率が高く乾燥に強い。以上のことを総合すれば、床土としては保水性よりも排水性に配慮した砂質自然土を十分な深さで配することが、根の健全な発達を図るために必要といえる。ゴルフ場、校庭芝生など多くの芝生造成において、従来から砂主体の床土や排水施設の設置など排水への配慮が行われており、駐車場芝生化が例外とは考えられない。

5) 駐車場利用と“芝生化”

駐車場としての利用が芝生維持に及ぼす影響については、2つの面から考察する必要がある。これらは駐車状態での影響と車の出入りの影響であり、前者は車体による遮光・遮雨、後者はタイヤ圧、エンジン熱などによる芝生の損傷である(図7)。既成の芝生化駐車場に対する調査をもとに、駐車場利用による損傷が実際にどのように発現しているかを以下に示す。

図8は大規模駐車場における、出入り口からの距離と損傷の部位の違いを表している。出入り口から遠く駐車の少ない

柵では、芝の枯損はほぼエンジン熱部分に局在しているが、最も近い部分(ほぼ常時駐車している)では車体の下に位置する部分全体に及んでいる。他の観察例も含め、エンジン熱による障害は駐車頻度にかかわらず必ず起こる問題であることは明らかであり⁶⁾、駐車場芝生化においては、計画段階でその対策を考えることは必須である。駐車する車体の面積や位置にはかなり幅があるので、実際のエンジン熱の影響部分はかなりの大きさになる。したがって、この部分を最初からコンクリート・ブロック等で敷き詰めると芝生化面積の大幅な減少となり、むしろ損傷部分を補修しやすい形態や体制を考案するほうが適当と思われる。

他方、図8でもみられたように、常時駐車による枯損(芝生化部分の減少)も無視できない。図9は、兵庫県内の24施設1,841の駐車枠についての、駐車状況と芝緑率との関係をまとめたものであるが、駐車の影響は車の出入りの頻度よりむしろ駐車時間の長さによるところが大きいことがうかがえる⁶⁾。しかしながら、車体の遮光・遮雨による芝生の損傷に対しては対策がなく、したがって、常時駐車の非常に多い駐車場の芝生化は行うべきではないといえる。

芝生損傷に関係するもう一つの要因は、車体圧と走行による擦り切れである。主にタイヤの下になる部分で起こるが、これについてはほとんどの場合、設計・施工段階で対策が取られている。しかし、その対策のすべてが適切とはいえないことがいろいろな調査から認められる。タイヤ圧対策は駐車柵の形状として現れ、強化の方法から車輪部補強型、全面ブロック型、強化マット型に大別できる(図10)。プラスチックマット型は、総じて突起部分の破損が起こっている例が多く、その部分の芝の枯損も目立つ。一方、車輪部補強型、全面ブロック型では芝の枯損も補強部の破損もほとんどみられ

での土にがは、呼てるをに状ってはに親へをり最の

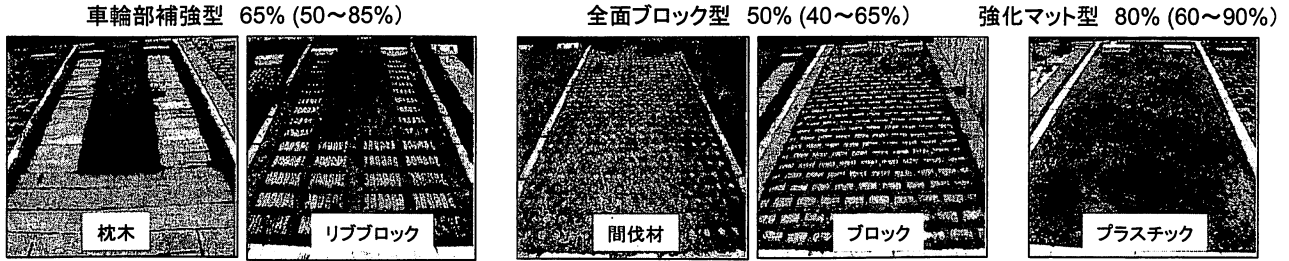


図 10 駐車枠の形状分類と二次資材の例および各形状の芝生化可能面積率（形状の名前および面積率数値は、兵庫県のガイドライン⁴⁾に準じた）

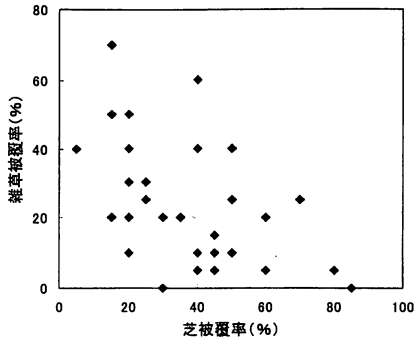


図 11 駐車枠の芝被覆率と雑草被覆率との関係（施工4年目秋季の調査）

なかったが、全面ブロック型では施工時の固定が不十分な場合、ブロックが動く問題がみられた。以上から、タイヤ圧対策としては車輪部補強型の採用が最適と考えられる。

6) 雑草・病害虫の侵入と“芝生化”

芝生化に影響する植物保護的要素としては、雑草害、虫害、病気が想定される。このうち病気と害虫は発生すると被害は大きい、発生は不定期で頻度は低い。兵庫県で調査された既成および検証試験芝生化駐車場では、虫害の発生は全く認められず、排水不良な1区画でノシバに対するラージパッチの発生がみられた。この場合、枯死部は施工1年後に小さなパッチ状で見出されたが、翌春にはその区画の大半と隣接区画のかなりの部分が枯死し裸地化した。いずれにしても、病害に関しては、排水のよい土壌、芝生の定期的な点検と見つけ次第早期の殺菌剤処理が不可欠である。一方、雑草の侵入は、被害はこれほど劇的ではないものの必ず生じるものである。したがって、計画的な対策が必要である。

計画的な雑草対策は、発生の原因、侵入・定着の経緯などを明らかにした上で確立できるものなので、この点をさまざまな角度から検証したい。健全な芝生の維持が雑草の制御に有効なことは、芝緑被率と雑草被度との関係を示した図11からも明らかである（なお、両方低い区画もかなりみられるが、これはその区画の設計・施工が植物の生育自体に不適であったからであろう）。一方、これに反する調査結果も得られた。すなわち、芝被覆率80%以上の駐車枠中央部10点について調べたところ、雑草被度には1~75%と大きく差があり、この場合、雑草被度は発生数よりも発生個体の生長量によって増大していた。雑草が巨大化していた3区画の共通点

は、コウライシバ+ルーフソイル床土+強化マット仕様であり、床土の高N、高水分が影響している可能性が高い。

雑草問題は維持管理問題と思われがちだが、実際は設計・施工の方法に大きく左右される。すなわち、雑草繁殖体の混入しない良質のソッドと床土を使用する、草溜りになりうる凹凸の多い形態を避ける、加湿になりやすい床土を使用しない、N要求性の高い芝を使用しないなどによって、その後の雑草問題をはるかに軽減できるはずである。

以上は、いわば雑草の予防であるが、発生する雑草への対策も必要である。雑草は、施工2年目頃に多くの種が発生するが、そのなかの30~40種が定着する⁹⁾。種類のには、ムカシヨモギ属（オオアレチノギク、アレチノギク、ヒメムカシヨモギ、ヒメジョオン）、ノゲシ、ウラジロチチコグサなどロゼットを形成するキク科越（二）年草、クローバなど匍匐型・分枝型マメ科雑草、スズメノカタビラ（冬草）、メヒシバ（夏草）などの一年生イネ科雑草の発生が多く、これらが主な防除の対象である。経年的に生える種類は施工翌年にはすでに発生しているので⁹⁾、施工年の冬雑草から計画的・体系的な防除を実施するべきである。発生雑草の種類は他の芝地と基本的に共通なので、すでに確立しているゴルフ場の化学的防除体系が参考にできる。この他、繁殖体の侵入を防止するための周辺部の除草も重要である。

7) 舗装駐車場芝生化の技術的要点

以上の技術的検証から、とくに重要と考えられる事項は以下のとおりである。

- ①常時駐車や駐車頻度が著しく高い駐車場は芝生化すべきではない。車体による長期の遮蔽は芝生を衰退させる。
- ②芝生の耐久性を決定する最も重要なものは設計・施工である。芝草の生理・生態への配慮が欠けていたり誤っていたりする設計では、芝生は早期に衰退し、維持管理を集約的に行うことではこれを止めることができない。
- ③芝草の生理・生態から最も配慮すべき点は、健全な根域の維持であり、床土の種類と容量（深さ）が重要である。芝ソッドとの親和性が高く排水性に優れた砂質土の使用が不可欠である。
- ④芝の種類としては高温・乾燥耐性が高く、葉質が丈夫で低管理で維持しやすいものが望まれる。ノシバは、この条件を充たしている種である。
- ⑤維持管理としては、芝生の耐久性の永年保持の観点から、芝枯損部の補修、数年ごとの土壌更新作業（エアレーシヨ

ン、目土など) および計画的な雑草管理が重要と考えられる。エンジン熱による芝の枯損は必ず生じる現象なので、簡単に補修可能な設計・施工であることが必要である。

おわりに

持続的な芝生化駐車場はコンクリート・アスファルト面積を減らす有効な手段であることは間違いなく、また結論として技術的には可能なことと考えている。「駐車場芝生化」の語はインターネット上に溢れ、今日自治体・公共団体や施工企業の関心を集めていることは事実だが、いまだ環境改善策としての費用対効果の認識も薄く、さらに現状では、成功させるについて、大きく欠けている点がある。とくに問題なのは、①芝草が主体である施工にもかかわらず、土木・建設技術主体で実施されていること、②設計・施工とその後の維持管理との一元化がなされていないことである。

今回述べた技術論は、これまでゴルフ場その他で養われてきた芝生の生理生態に関する知識・経験と全く矛盾しないもので、このような栽培学的センスの有無が、駐車場芝生化の成否を決定づけると考えられる。実際の施工のなかには、屋上緑化での方法や資材の転用も多いが、地上の芝施工に必要な軽量土壌の適用など、わざわざ芝に不適な環境を作っているようにみえる。他方、設計・施工とその後の管理・補修との一元化の重要性も、芝生の耐久性が設計・施工でほとんどが決まる実態から明白であり、施工は施工、維持は維持というやり方での成功はありえない。とくに強調したいのは、計画の最初に長期利用を目指した全体構想を持つことである。駐車場の物理的耐久性、芝生自体の耐久性はもちろん、管理・更新の難易、雑草・病気の発生まで設計・施工の方法に左右されている状況を考えれば当然といえる。

芝生の耐久性については、技術の追求だけでなく、発注側、受注側ともにこれを担保する姿勢が前提として必要である。なお、本論では、駐車場緑化をおもに駐車枠の芝生化だけから論じたが、これは駐車場域全体の緑化の一環であり、本来の目的からは、周囲の植栽形成、通路の芝生化や補修用の芝ナセリの確保などについても今後の検討が望まれる。

謝 辞

本論における知見の多くは、著者らが兵庫県の「駐車場の舗装改善・芝生化」プロジェクトに関わる過程で、さまざま

な施工事例とその後の推移をつぶさに観察することを通じて得られた。企画された兵庫県県土整備部ならびに参画された事業者各位に感謝する。

引用・参考文献

- 1) Beard, J. B. (1973) : Turfgrass Science and Culture, Prentice-Hall, New Jersey, 658 pp.
- 2) 江原 薫 (1970) : 芝草と芝地, 養賢堂 (東京), 500 pp.
- 3) Forbes, J. C. and R. D. Watson (1991) : Plants and water, In "Plants in Agriculture", Cambridge Univ. Press, New York, 32-61
- 4) グラスパーキング兵庫モデル創造事業検証委員会 (2008) : グラスパーキング (芝生化駐車場) 普及ガイドライン第1次 (案), <http://www.hyogo-gp.net/epguideline/pdf>
- 5) 兵庫県県土整備部企画局技術企画課 (2007) : グラスパーキング (芝生化駐車場) 実証実験の検証結果報告, <http://web.pref.hyogo.lg.jp/contents/00006572/pdf>
- 6) 伊藤裕文・橋本直樹・小野由紀子・伊藤操子・伊藤幹二 (2008) : 兵庫県における芝生化駐車場の普及と芝被覆調査を踏まえた考察, 芝草研究 37 (別1号), 78-79
- 7) 伊藤操子・伊藤幹二・伊藤裕文・橋本直樹 (2008) : 芝生化駐車場の芝被覆維持に及ぼす施工設計の影響—兵庫県グラスパーキング推進事業 (実証実験) からの考察—, 芝草研究 37 (別1号), 80-81
- 8) 伊藤操子・伊藤幹二 (2009) : 都市造成芝地における雑草の侵入と定着様式について—芝生化駐車場を例に—, 芝草研究 38 (別1号), 118-119
- 9) 角龍市朗・伊藤操子・伊藤幹二・矢吹日出旗 (2004) : 芝草の living mulch と clipping mulch の機能の違いについて, 芝草研究 33 (別1号), 62-63
- 10) 北村文雄 (1988) : 芝生用植物の種類と形状, 日本芝草学会編「新訂芝生と緑化」, ソフトサイエンス社 (東京), 7-28.
- 11) 小林裕志・福山正隆編 (2001) : 緑地環境学, 文永堂出版 (東京), 304 pp.
- 12) 中村貞一 (1977) : 緑地造園の工法, 鹿島出版会 (東京), 266 pp.
- 13) 小笠原薫・伊藤操子 (2004) : 暖地型芝草の抑草効果についての種・品種の比較, 芝草研究 33 (別1号), 44-45
- 14) 白岩立彦 (2003) : C3 および C4 イネ科植物の生産生態と環境適応性, 芝草研究 32 (別2号), 1-7
- 15) Turgeon, A. J. (1991) : Turfgrass Management, Prentice-Hall, New Jersey, 418 pp.