

アーバン・グリーンダムプロジェクト (第2報)

杉井 俊夫¹ 井原 徹² 平 瑞樹⁴ 岡部 竜一³ 鏑田一治 栗山和道⁵

1 中部大学教授 工学部都市建設工学科 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200)

2 全国トース技術研究組合常務理事 (福岡県久留米市宮ノ陣 4 丁目 2-9-11)

3 鹿児島大学助教 農水産獣医学域農学系農学部農林環境科学科 (鹿児島市郡元 1 丁目 21-24)

4 (株)岡部代表取締役 (富山県南砺市祖山 39)

5 (株)成建代表取締役 (滋賀県米原市柏原 3471 番地 1)

6 (株)フクユー緑地代表取締役 (福岡県福岡市博多区那珂 3-18-26)

本組合では、これまで流域治水対策として園路やグラウンドを対象に、団粒化技術の実績を積んできていた。その中で人工芝下での団粒化技術の適用例があるものの、天然芝を使用した工事例はなかった。本技術は団粒化技術と緑化等を融合させる初めての試みであり、都会でのダム機能(治水)と緑化を含めた温暖化防止対策のさらなる相乗効果を期待した先進的なグリーンインフラのための実証実験の第2報である。これまでの観測をもとに団粒化と緑化の相乗効果の結果、浸透能の向上、温度上昇の抑制効果、路盤の団粒化が植栽や透水性に有効であることを得ている。

Key Words: green infrastructure, rainfall penetration, heat island control, aggregated soils

1. はじめに

団粒化技術は、古くから農業分野において植物の生育に有効活用されてきた。今でも、その排水性・保水性・通気性・保肥性といった土壌物理特性が優れており、耕地などで期待されている。しかし、農業分野の団粒化技術はその構造を維持し続けることが難しいことから圃場環境での使用にとどまり、工学ではこれまでなかなか適用されてこなかった。一方、本組合では、団粒化剤を現地土壌に混入し団粒化構造に改良することにより、高透水性および高保水性を有する構造を維持することができ、また固化剤を添付することで改良土の硬さをも調整する技術を有しており、これまで流域治水対策として園路やグラウンドで実用化が進められてきた。

本提案は、この団粒化改良技術と都市公園や住宅地区の各種ガーデン・路側樹林帯・駐車場緑化等を融合させることで、治水および温暖化防止対策につなげることを目的とするものである。本実証実験は、グリーンインフラとの融合を意識し、都市に緑地と、都市型の地盤内に新しいダムの役割を期待する「アーバン・グリーンダム」(図1)の実証を行ったものである。

2. 実証サイトの概要¹⁾

改良地盤(実証区)と未改良地盤との比較評価を行うため、土壌と路盤に厚みの相違を持たせた実証区4サイトと対象区2サイトの計6つのサイトを共同研究者である(株)成建の滋賀県米原市柏原にある敷地に施工した(図2)。各サイトの2m四方に深さを変えて杉木板で側面からの影響を遮断し、1mの間隔をもって8面設定した(図3)。植栽にはコウライシバを使用し、土壌厚さ、路盤厚さ、路盤の有無、土壌の団粒化改良の有無等の条件を設定し対比評価を行えるようにした。また、低木についても検討するため、アベリアを団粒化改良地盤と未改良地盤を設定している。詳細は図4および表1に示す。G-30A(実証区)とG-Normal(対照区)においては5%の傾斜を施し雨樋と雨量計を用いて流出量の計測を行った。G-30AとG-Normal以外のサイトには、透明塩ビ板を側面板として埋めて設置し、側面を掘削することで根部の生育状況を観察できるようにしてある。また、各サイトには水分計をはじめ温度計等のセンサーを設置し、クラウドでデータを蓄積できるようにした。

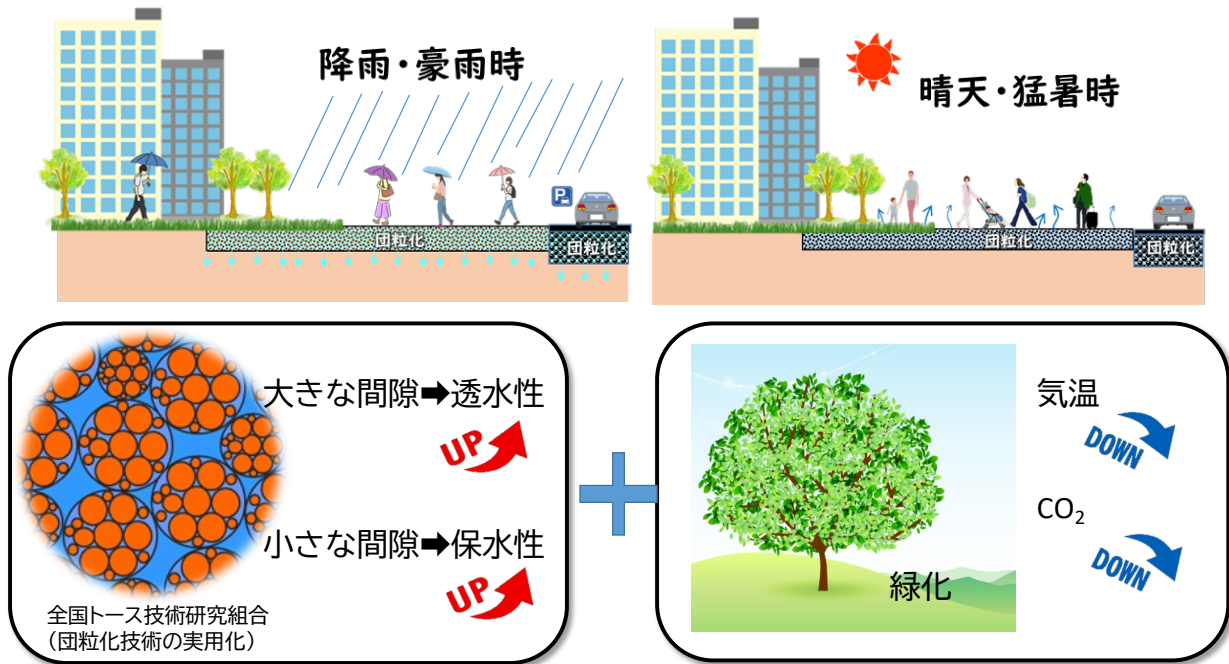


図1 団粒化技術とグリーン緑化の融合を考えたアーバン・グリーンダムプロジェクトの概要



図2 滋賀県米原市柏原町の実証実験現場の作成

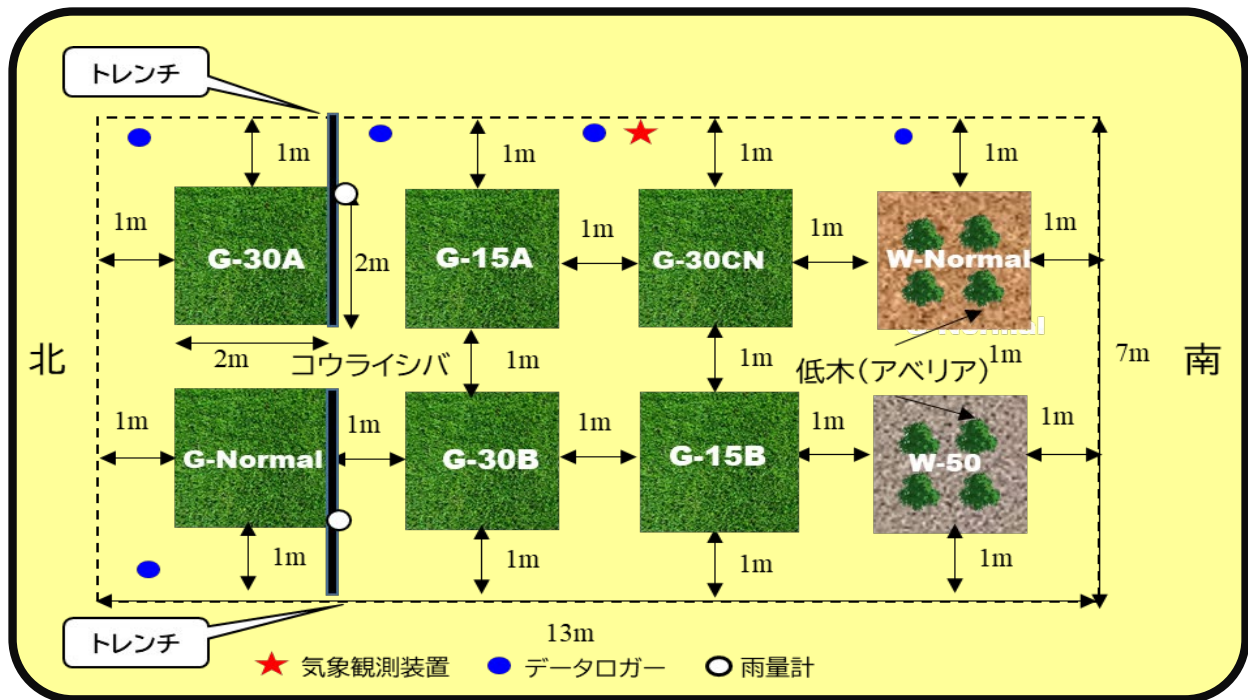


図3 6つの芝生植栽サイトと低木植栽サイト（上面図）

表1 試験区の説明

試験区名称	植栽	層	厚さ	材料	改良の有無	備考
①G-30A	コウライシバ	表土層	30cm	まさ土	団粒化	地盤より30cm上がっており、5%の傾斜と雨樋、雨量計設置
	コウライシバ	路盤層	15cm	RC-40	団粒化	
②G-Normal	コウライシバ	表土層	50cm	まさ土	未改良	地盤より30cm上がっており、5%の傾斜と雨樋、雨量計設置
	コウライシバ	路盤層	15cm	RC-40	団粒化	
③G-15A	コウライシバ	表土層	15cm	まさ土	団粒化	
	コウライシバ	路盤層	15cm	RC-40	団粒化	
④G-30B	コウライシバ	表土層	30cm	まさ土	団粒化	
	コウライシバ	路盤層	30cm	RC-40	団粒化	
⑤G-30CN	コウライシバ	表土層	30cm	まさ土	団粒化	
	コウライシバ	路盤層	30cm	RC-40	未改良	
⑥G-15B	コウライシバ	表土層	15cm	まさ土	団粒化	
	コウライシバ	路盤層	30cm	RC-40	団粒化	
⑦W-Normal	(アベリア)	表土層	50cm	まさ土	未改良	動物により葉が食べられ伐根、裸地の団粒化改良サイトに変更
⑧W-50	(アベリア)	表土層	50cm	まさ土	団粒化	動物により葉が食べられ伐根、裸地の未改良サイトに変更

試験区の名称G:芝 W:低木 数値:表土層厚 A:路盤層厚15cm B:路盤層厚30cm CN:路盤未改良

スプリンクラーを3台取付け、タイマーをかけて5-7月は週に1度、7-9月は毎日、10月は週に1度30分程度の散水を実施した。

なお、W-NormalおよびW-50については、アベリアの葉がすべて鹿に食べられ、観察できなくなったため、植栽の生育観察は中断し、低木を撤去して裸地の改良未改良の比較とすることとした。

埋設センサー以外に、月1回の定点撮影を行うことと、サーモグラフィカメラによる撮影を実施した。

3. 試験区の浸透能の比較

張芝の前の施工中に、原位置透水試験を実施しており、今回、透水係数から浸透能力を示す「浸透能」に換算し

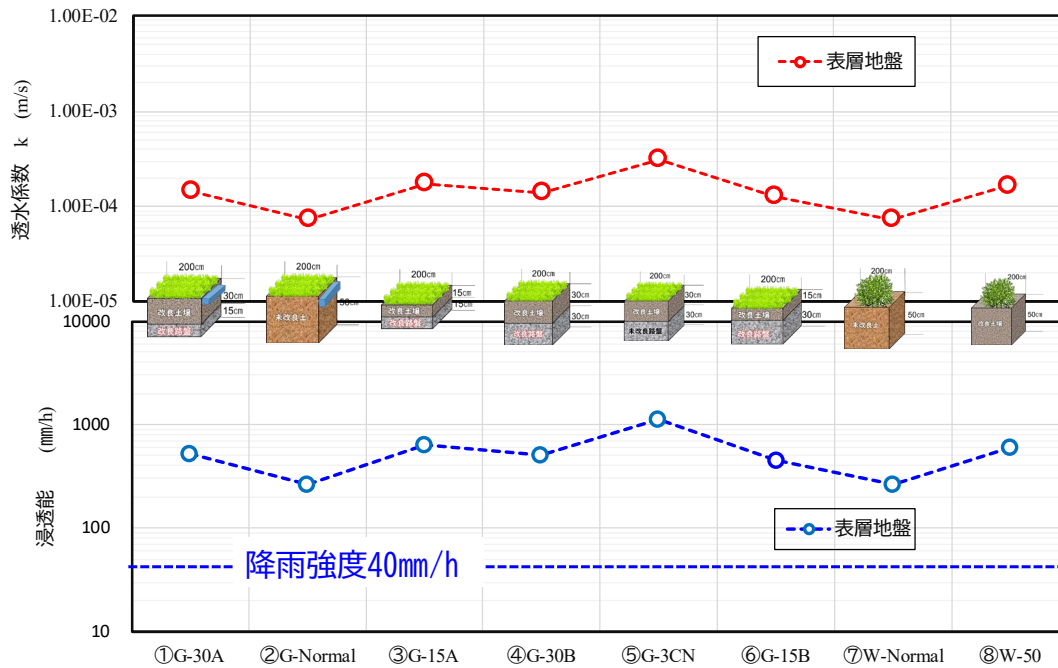


図4 各サイト表層の透水係数と浸透能

て図4に示した。

浸透能への換算は式(1)のように、飽和の透水係数 $k[m/s]$ の単位を $[mm/h]$ に変換することで計算できる。

$$\text{浸透能 } [mm/h] = \frac{\text{飽和透水係数 } k [m/s] \times 3600[s] \times 1000[mm]}{1} \quad (1)$$

図4の下部の浸透能には、バケツをひっくり返したような激しい雨といわれる降雨強度 40 mm/h の線を破線で示している。いずれも、降雨強度 40 mm/h 以上を有しており、浸透能は高いことがわかる。なお、表土層における浸透能を示すものであり、浸透した水の排水等は考慮されていないことに注意が必要である。

8つのサイトで比較してみることにする。表土層を団粒化されているところは、未改良の②G-Normal に比べていずれも浸透能が高く、300 mm/h 以上確保されている。表層を団粒化することが、少しでも浸透能を向上させることにつながるが、いえる。しかし、この結果は表層のコウライシバを定植する前の値であり、植栽がある場合、根の影響などを含めて、植栽がある場合の透水係数を計測する方法の開発を含めて、再度透水性を芝生の生育とともに評価する必要がある。

4. 実証区の保水量の比較

保水量の目標値は 350L/m³ 以上を設定していた。保水量の観測は、土壌中の中央深さに埋設された体積含水率 (=水分体積/土壌体積) で判断することとした。図5

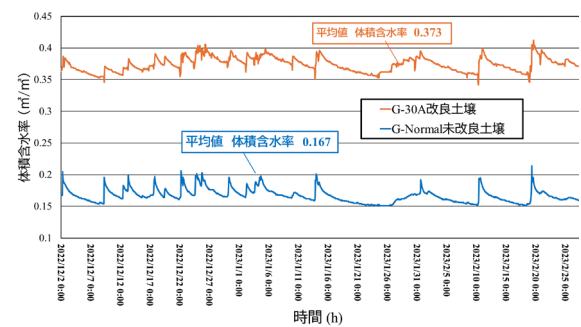


図5 G-30A (改良区) (橙)と G-Normal (未改良区)

は、G-30A (実証区) と G-Normal (対照区) の体積含水率の比較である。これより比較的降雨が少ない時期においても、G-30A (実証区) では平均体積含水率 0.373 となっている。この体積含水率は式(2)のように定義されることから、1m³ (=1000L) の土に平均体積含水率 0.373 を掛けた 373L 以上となっており、目標値を達していることもわかり、同時に G-Normal (対照区) に比べて十分高いことがわかる。

$$\text{体積含水率 (m}^3/\text{m}^3) = \frac{\text{水の体積}}{\text{土の体積}} \quad (2)$$

5. 地表面温度の評価

地表面温度は、サーモグラフィーカメラで撮影して観測した。現地での撮影のため、長時間の複数の定期的な撮影ができなかった。

図6には、6つのサイトの2023年9月27日 PM12:15 時点でのサーモカメラの映像を示す。未改良土壌 (G-

Normal) は他に比べて最も地表面温度が高いことがわかる。また、団粒化改良土壌は 30 cmほどの厚さがある (G-30A,G-30B, G-30CN) 方が僅かに低く、同じ厚さであれば未改良路盤 (G-30N) よりも改良路盤 (G-30B) の方が地表面温度の低下傾向にある。

図7は同年9月15日～30日の表土層の水分量(体積含水率)の値を示す。G-30Aは水分量が高いことから表

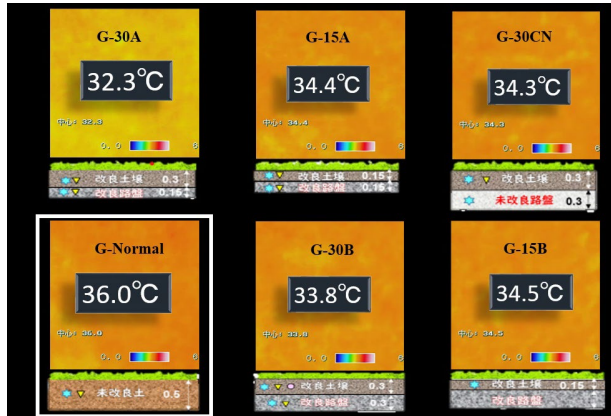


図6 2023年9月27日(気温 35.6°C)

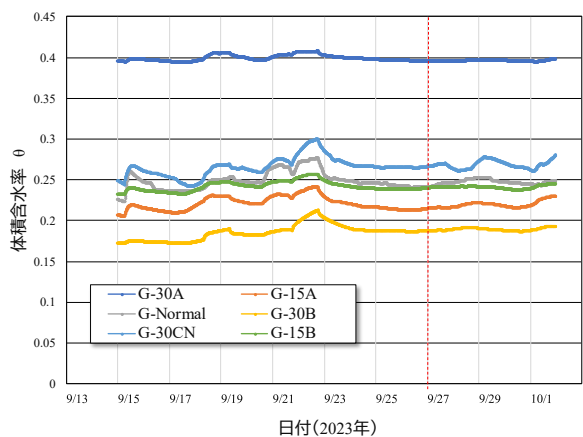


図7 2023年9月15日～30日の水分量

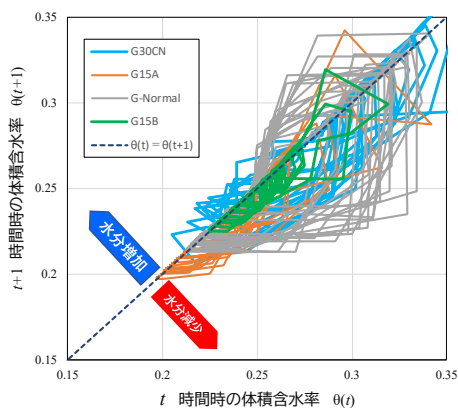


図8 水分量の1時間ごとの変化量

面温度の差が大きかったことが推定できる。続いて G-30CN の水分量が高い。G-Normal は G-15B とほぼ同じ水分量であるが、2.2°Cの温度差がある。このことについてみるために、図8に類似した体積含水率の4つの調査区の t 時間と t + 1 時間の体積含水率のグラフを作成した。この図より、いずれも 45 度線 ($\theta(t) = \theta(t+1)$) より右下側に表れており、G-Normal は最も大きく表れており、1 時間後の体積含水率の減少幅が最も多いことが推察される。急激に蒸発することですぐに温度が上昇してまっているものと推察される。

以上をまとめると、改良土壌や改良路盤は厚い方が地表面の温度低下が高いことが、また水分蒸発がゆっくり進む方が温度上昇抑制の効果があるものと今回の結果から推察できた。今後、経時的な温度変化を観測することを予定しており、温度低下について検証を続けていく予定である。

5. 路盤材の団粒化改良効果

近年、新しい路盤材料の入手方法の難しさやリサイクル問題を受けて、再生破碎材料(RC材)が使用されるようになってきている。本研究では、植栽下部に路盤材料を使用した目的は、ダム効果を上げるためであった。今回、再生路盤材(RC40)を用いて路盤材料としたが、路盤材料を団粒化して使用したもの(G-30A,G-15A,G-30B,G-15B)と未改良のもの(G-30CN)と比較できるようにしている。

(1) 上層部と下部路盤層の水分量の違い

路盤改良の有無について、改良土壌(上層)と路盤内の水分量の違いを図9に示す。G-30CNでは未改良路盤(下層)では改良土壌(上層)との水分量の乖離が大きいことが明確で、G-30Bでは改良路盤(下層)と改良土壌(上層)の水分量がほぼ等しいことがわかる。

粒径の細かい土層から粗い土層への水の浸透は、前者のほうが、間隙の径が小さいため吸引圧が大きく、後者

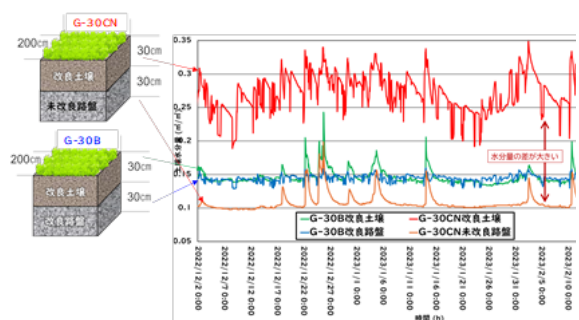


図9 改良路盤と未改良路盤サイトの水分量の変化

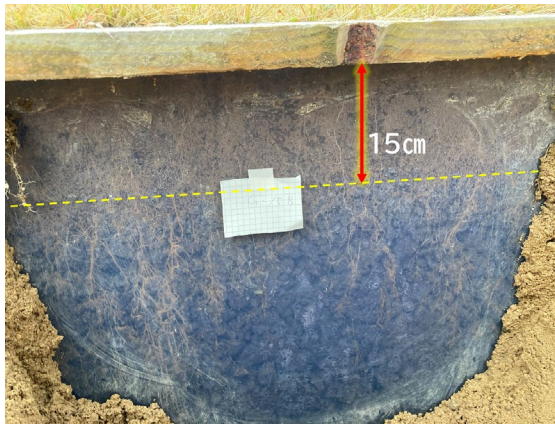


写真1 改良路盤 (G-15B) の根系



写真2 未改良路盤 (G-30CN) の根系

の間隙の径が大きく、吸引圧が小さく、上部の粒径が細かい層が飽和しないと下部に浸透しないという現象を「キャピラリーバリア」という。今回、表土層と改良地盤での粒径の違いからキャピラリーバリアが生じていることが懸念されるが、団粒化した場合には、大きな間隙の径が作られることからキャピラリーバリアに関する毛管上昇高が低くなることから、キャピラリーバリアの影響は少ないと考えられる。

このことから、未改良路盤では降雨等の浸透が路盤に達していない可能性が考えられた。

(2) 観察窓からの根の延伸状況の観察

根系の生育状況を見るため、定植1年後の状況を写真1と2に示した。コウライシバの根は上層の改良土壌中に伸び、写真1のように改良路盤では根部の延伸が改良路盤材に延伸していることがよく確認できる。一方、写

真2の未改良路盤にはほとんど延伸していない、上層の改良土壌までで終わっている。よく見ると、路盤層の上部境界に厚さ2～3 cmのセメント固化層が生成されていることが見られた。このことが、図9で示した上層の水分量が遮られ、下層の未改良路盤まで雨水が浸透しなかった要因であることが考えられた。

6. おわりに

今回の観測結果の分析から、以下の知見が得られた。

- (1) 団粒化改良した地盤ではいずれも、透水係数 10^{-4}m/s 以上、浸透能 300 mm以上が得られたが、芝生の定植後の結果について、検討する必要があることが分かった。
- (2) 保水量は目標値の 350 mm以上を確保できることを得た。
- (3) 温度上昇の抑制については、今回 30 cmの表土層厚を有する G-30A で約 4°C ほどの効果を実証した。水分量の変化が大きい(蒸発速度が大きい)未改良地盤では最も高く、表土層の保水力に影響するものと考えられた。
- (4) 上部層の根の生育状況も異なり、再生路盤材を使用する際には団粒化改良をすることが、透水性や植物の生育にも良いことが得られた。

謝辞：

本研究は、本研究室卒業生の森本魁心氏、安江遼太郎氏のデータ分析等で協力を得ました。本研究は国土交通省「先駆的な緑化技術開発のための実証調査」からの支援を受けました。関係者各位に、記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 森本魁心・安江遼太郎・杉井俊夫：団粒化技術と植生の融合によるグリーンインフラに関する研究，令和5年度土木学会中部支部研究発表会，Ⅲ-06，2024。
- 2) 杉井俊夫：団粒化技術と植栽の融合によるアーバン・グリーンダムプロジェクト，都市緑化技術，No. 127，pp. 14-15，2024。
- 2) 森本魁心・安江遼太郎・杉井俊夫：路盤を有するグリーンインフラへの団粒化技術の効用，令和6年度土木学会年次学術研究発表会，印刷中

EFFECT OF AGGLOMERATION ON LAWN GROWTH (Second report on the Urban Green Dam Project)

Toshio SUGII, Toru IHARA, Mizuki HIRA, Ryuichi OKABE,
Kazuharu TUBATA and Kazumichi KURIYAMA

The association has been applying the technology to flood control measures in the watershed, such as parkways and playing fields. While there have been examples of application of the aggregation technology under artificial turf, there have been no examples of construction using natural turf. This technology is the first attempt to combine the granulation technology with greening, etc. This is the second report of a demonstration experiment for advanced green infrastructure, which is expected to further synergize the dam function (flood control) and global warming prevention measures, including greening, in an urban environment. Based on previous observations, the results of the synergistic effects of aggregation and greening have been obtained, including improved infiltration capacity, control of temperature rise, and the effectiveness of roadbed aggregation for planting and water permeability.