

(別紙様式第3号)

学 位 論 文 要 旨

氏名: 森谷慈宙

題目:

屋上緑化の斜面薄層基盤における灌漑計画と土壌保全に関する研究 Irrigation Scheduling and Soil Conservation for Sloped Bed Soil Used for Green Roof

1997年に締結された第3回気候変動枠組み条約国際会議(COP3)の京都議定書において、2008年から12年の5年間で二酸化炭素など6種類の温室効果ガス排出量の削減が決められた。このため日本では、都市部におけるヒートアイランド現象を緩和するために都市緑化が推進されている。その中でも屋上緑化は、緑化空間が限られている都市部において緑化可能地として特に注目されている。

屋上緑化では、耐荷重制限から薄層緑化基盤が用いられており、傾斜を有する場合、雨水及び灌漑水が速やかに排水され、斜面上部が乾燥しやすいので、スプリンクラーなどによる灌漑を行っている。水食は、スプリンクラー灌漑による団粒の破壊とそれに伴う浸透能の低下、また季節及び管理不足による被覆率低下及び排水層の目詰まりによって、耐水食特性を有する土壌においても懸念される。そのため、植生被覆やマルチングを行った土壌よりも、水食される可能性が高い裸地土壌における水食を評価することは土壌保全上、重要であるが、従来のサンプリングによる侵食土量の測定は労力と時間が費やされる。リモートセンシングで行われている写真測量は、広域における水食の規模などをモニタリングすることができ、都市部上空からの撮影による適用が可能となる。しかしながら写真測量では、対象からの距離が長くなることによって低下することから、精度を検証することが重要となる。そこで、写真測量の原理に基づいた水食解析システムによって、土壌侵食が進行している状態での侵食深と侵食土量の検討を行い、その適用性について検証した。まず土壌面から土壌を一定量ずつ採取し、精度を求めた。その結果、侵食土量における絶対(相対)誤差は 0.0946 kg/m^2 (8.59%)であった。乾燥密度が異なる風乾細土のマサ土に 60mm/h の降雨を与えた結果、絶対誤差は 1.30 g/cm^3 の場合 6.62 kg/m^2 、 1.20 g/cm^3 の場合 0.675 kg/m^2 、相対誤差は両者で86.0%以上の低い精度を示した。次に同じ土壌で乾燥密度を 1.38 g/cm^3 に増加させ、 $40, 80, 120 \text{ mm/h}$ の降雨を1時間ずつ連続的に与えた結果、絶対(相対)誤差はそれぞれ 0.0412 kg/m^2 (36.1%)、 0.0406 kg/m^2 (26.4%)、 0.0599 kg/m^2 (29.8%)を示し、精度が改善された。以上の結果、降雨条件下においてリル等の規模の小さい土壌侵食のモニタリングの可能性が提案された。

次に、緑化基盤では、耐荷重の制限から軽量及び薄層であることが多く、リサイクル資材などの無機質系材料が混合した人工土壌がよく用いられており、土壌の透水性及び保水性そして肥沃度特性などの理化学的特性の評価が重要となる。また屋上緑化における灌漑では、高い保水性を有する土壌を用いて節水を考慮し

た灌漑計画を検討する必要がある。同時に、セダムなどの耐乾性の植物を用いることは、補給灌漑水量の節約および有効雨量の増加が期待でき、都市部における水資源の確保に効果的である。そこで、人工土壌における理化学的特性を明らかにし、耐水食性及び効率的な灌漑計画に及ぼす効果について検討を行った。供試土壌は4種類の人工土壌と3種類の自然土壌である。人工土壌の種類は、有機物含量の多いKS、多孔質鉱物を主成分としたVS、粉状パーライトのPP、粒状パーライトのGPである。人工土壌はいずれも自然土壌と比べて砂分が多く軽量であり、飽和透水係数が高く、このうちKS及びVSは粒径幅も広がった。VSの耐水性団粒は大きく、植物に適した構造であった。土壌の肥沃度特性を自然肥沃度と養分の豊否に分類した結果、KSの場合、特に肥沃度が高かった。降雨実験では40mm/hの降雨をそれぞれ1時間与えた。その結果、人工土壌では侵食土量が発生しなかった。過去30年間の日降雨量を利用して補給灌漑水量及び有効雨量を求めた結果、人工土壌は自然土壌より有効雨量が多く評価され、補給灌漑水量が少なくなり、特にPPでは顕著であった。以上のことから、人工土壌の理化学的特性が耐水食性と灌漑計画の効率化に高い効果を及ぼすことが期待された。

一方、灌漑計画の効率化において、土壌の保水性は重要であるが、緑化植物の耐乾性も大きく影響する。そのため、屋上緑化で用いられているセダムの耐乾性を評価するために、真夏のガラス室条件下における薄層斜面区にセダム(常緑キリンソウ)を定植させて、灌漑実験を行い、新しい成長有効水分量などについて検討を行った。同時に塩水条件下におけるポット実験を行い、常緑キリンソウの耐塩性について評価を行った。その結果、以下のことが分かった。①キリンソウにおける蒸発散比は、土壌水分ポテンシャルがpF4.2以上を示しても灌水を再び行えば上昇した。②積算蒸発散比は、経過時間の平方根との間に2次曲線で近似することができた。③土壌のpF値増加に伴う蒸発散比の推移の傾向には3つの領域が見られた。第1領域における蒸発散比はLAIの大きさに影響され、供試土壌の中でLAIが最大値を示すKSでは最も多かった。第2領域では蒸発散比の急激な減少が見られ、第3領域では蒸発散比が0.1以下と少なく、常緑キリンソウの気孔閉鎖が考慮された。④土壌水分ポテンシャルがpF4.2以上を有し、その期間を水ストレス状態と定めた場合、この期間は常緑キリンソウの乾物重量及びLAIとの間に、高い負の相関が見られた。このことから常緑キリンソウの成長阻害水分点がpF4.2まで広がる可能性が提案された。この場合、土壌深10cmにおける常緑キリンソウの全層消費型の新しいTRAMは、KS及びVSにおいて多く、従来と比較してそれぞれ2.1倍(27.4mm)と1.7倍(30.8mm)であり、有効雨量の増加及び補給灌漑水量の節約が可能となった。⑤塩水灌漑を与えたポット実験では、実験後の葉内水ポテンシャルは、18.0(ds/m)の灌水を頻繁に与えた区において一部の葉が-3.0(MPa)以下と低かったが、ほとんどは-2.5(MPa)以上と頻繁灌漑区に比べて大差なかった。またLAI及び乾物重量は水道水による頻繁灌漑区で最も高く、灌水濃度の増加にしたがって減少したが、水ストレス区では、灌水濃度と関係なく同様の傾向を示した。以上から、常緑キリンソウは、塩ストレスによる収量減量が見られたが、18.0(ds/m)灌漑区においても葉内水分が保持されたことから、ある程度の耐塩性を持つことが示された。

以上のことから、侵食防止を目的とした土壌保全を行うために、写真測量による水食モニタリングは有効であった。また耐侵食性及び灌漑計画に効果的な人工土壌及びセダムなどの耐乾性及び耐塩性植物を用いることは、屋上緑化における持続的な薄層緑化基盤の構築に寄与できると考えている。