

N-8 施工方法の違いによる植生種被度、堤防法面侵食に関する研究

○矢部 浩規¹・丸山 政浩¹

¹ (独) 土木研究所 寒地土木研所 寒地水圏研究グループ (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1-3)

* E-mail: yabe-h22aa@ceri.go.jp

1. はじめに

北海道では、河川堤防法面植生種として寒冷気候においても活着しやすく生長も早い種が導入されてきたが、近年、環境に配慮した在来植生種の導入や、施工、維持管理費の縮減が求められている。そのため、本研究は適切な植生種や施工方法に関する知見を得ることを目的に、石狩川水系千歳川を対象に法面を早期に、そして長期間安定して被覆可能な種を現地状況から選定し、施工方法を変えて試験を実施している。各植栽（導入）種と腐植酸種子吹付、植生シート、苗植栽を組み合わせる試験を行い、植栽後初期の段階での法面の各植生種被度や侵食状況を、施工方法との関係から検討した。

2011年実施の試験施工から1ヶ月後の調査結果からは、早期被覆を期待した植栽種を導入した腐植酸種子吹付、植生シートの各試験区で植被率は40%以上、相対被度は平均20%以上を占めた。それに対し対照区では植被率15~30%と低く、植栽から1ヶ月間の降雨によって全区で表面侵食が生じた。2012年から実施した試験施工結果を含めて降雨要因による法面侵食の発生条件、植被率と法面侵食量との関係、土壌水分変動特性を明らかにしている。

2. 試験区の設定、施工方法¹⁾

試験は、現在改修工事を実施中の恵庭市東部の千歳川左岸堤防の側帯 (KP1/30) で実施した。法面は4割勾

配、南西向きで、周辺は畑地が広がっている。

図-1に2011年6月実施の各試験区（法面幅5m×法面斜面長8m、面積40m²）の施工方法、植栽を実施しない対照区の配置を示している。植栽種は、堤防法面に長期間安定的な植生群落を形成する在来種主力試験種（以下、主力種）と、緑化後、早期に法面を被覆する在来種混播試験種（以下、混播試験種）に分けて選定した。主力種としてイネ科のヨシ、オギ、ヤマアワ、カヤツリグサ科のビロードスゲ、混播試験種は、オオヨモギ、エゾヌカボ、オオイヌタデを選定した。

試験区(1)と(2)は、各々、主力種（3種）の混合種子による腐植酸吹付および植生シート（ワラ芝）での試験区である。試験区(3)~(5)は、主力種（各試験区に1種）のビニールポット苗植栽と、混播試験種（3種）の混合種子を用いた試験区全体への腐植酸種子吹付を併用する。主力種は間隔をとって苗植栽し、苗から周辺への地下茎繁殖を期待する。試験区(6)~(8)は、主力種（各試験区に1種）のビニールポット苗植栽と混播試験種（3種）の混合種子を用いた植生シート（ワラ芝）を併用する。試験区(3)~(5)とは、植生シートを使用している点が異なっており、混播試験種を植生シートのなかに挟み込んでいる。また、2012年7月から試験区(3)、(5)、(6)、(8)と同様の方法での新たな試験区と、オギ苗を使用し混播試験種（3種）の混合種子を用いた腐植酸吹付及び植生シート工法による試験区を設定、試験施工を実施している。2012年開始の試験区と、試験区(5)、(8)、対照区(4)については土壌水分の連続観測を行った。

	5m												
8m	対照区(1)	試験区(1) ヨシ、オギ、 ビロードスゲ 主力種3種 種子吹付	試験区(2) ヨシ、オギ、 ビロードスゲ 主力種3種 植生シート	対照区(2)	試験区(3) ヨシ 苗植栽 腐植酸試験種3種 種子吹付	試験区(4) ヤマアワ 苗植栽 腐植酸試験種3種 種子吹付	対照区(3)	試験区(5) ビロードスゲ 苗植栽 混播試験種3種 種子吹付	試験区(6) ヨシ 苗植栽 混播試験種3種 植生シート	対照区(4)	試験区(7) ヤマアワ 苗植栽 腐植酸試験種3種 植生シート	試験区(8) ビロードスゲ 苗植栽 混播試験種3種 植生シート	対照区(5)

図-1 各試験区の施工方法、対照区の配置

主力種、混播試験種の播種量は、腐植酸種子吹付、植生シートの工法別に設定した。植生シート(ワラ芝)は、水溶性のある紙2枚で種子及び若干の元肥を挟んで接着し、表面にワラムシロを取り付けている。シート設置基盤は特に加工しない法面の地山であり、腐植酸種子吹付で用いるような植生基盤土壌や肥料分を用いないことから、腐植酸種子吹付の約5割を発生期待本数として実施例から推定し、m²あたり主力種は1100本、混播試験種は550本になるように施工した。主力種の苗植栽は、ビニールポット苗を各1株植栽し、苗と苗は1.5mの間隔とした。試験区全体は腐植酸種子吹付または植生シートとなる。植栽種の生長状況は、各試験区に上方区と下方区の2箇所設定したモニタリング枠内(方形区2 m×2 m)で調査することとした。被度(%)は、各植生種が方形区内を覆う割合を示す。本試験では、20cm×20cmを1単位として各植生種が覆っている植物体の総量を目視で計測し、方形区全体に占める比率を求めている。また、植被率(植生全体が方形区を覆う割合を示し、方形区全体のうちの裸地以外の植生比率)についても調査した。

3 施工方法別植生種被度と堤防法面侵食

3.1 植生種被度と法面侵食

図-2に2011年6月植栽後、1ヶ月経過した7月25日の調査結果を示す。全体の植被率は、苗植栽(主力種)と混播試験種を組み合わせた試験区(3)~(8)では上方区と下方区の平均でいずれも40%を超え、全体の平均で約46%であった。混播試験種を腐植酸吹付した試験区(3)、(5)で若干大きな値を示している。植被率に対する各植生種の相対的な重みを表す相対被度については導入種である混播試験種は12~27%、主力種は1~3%であった。主力種を混播した試験区(1)、(2)の植被率は35~45%(主力種のみで相対被度3~8%程度)であった。これらに対して、対照区(1)~(5)では全体植被率は平均25%、最大でも30%と試験区に比べ10%以上低く、明らかに差異が見られた。

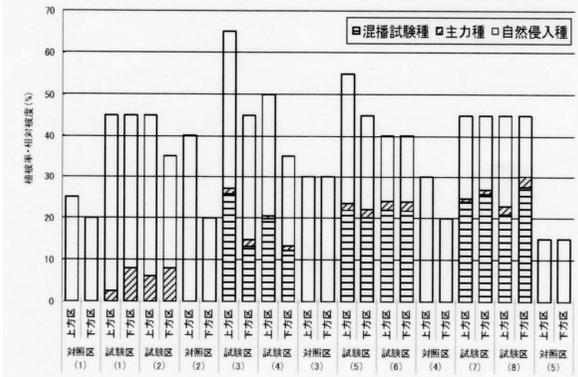


図-2 施工方法別植被率・各植生種相対被度(2011年7月)

2011年7月上旬から中旬にかけて日降水量40mm、最大時間降水量10 mmを超える降雨があり、7月25日の調査時には法面侵食(水みちの形成)が確認された。対照区では5区全てで水みちが確認され、1区あたりの箇所数は5~7箇所で侵食量も多かった。試験区については、腐植酸種子吹付区で水みちが確認され、試験区(4)で水みち箇所数、侵食量が多かったが、試験区(3)の侵食は小規模であった。しかし、植生シート区では法面侵食はみられず、施工後初期段階での法面侵食の防止に効果があった。その後、8、9月の調査で全ての区において水みちは縮小あるいは消失していることが確認されている。

次に、植生等による法面の被覆状況と降雨侵食との関連を述べる。石狩川堤防法面で人工降雨試験装置を用いた侵食実験からは、法面が裸地状態では放水の落下箇所に無数に穴があき、そこから次第に流路が形成される侵食現象や、土砂流出量も多かったことを確認した。一方、植被率が95~100%の状態での試験(4箇所で実施)では、換算降水量規模により多少の違いはあるが、表面からの土砂流出、水の流出とも裸地調査区に比べかなり少なく、植生の有無で土砂侵食量が極端に異なる。よって、雨滴侵食に関する降雨要件の地表面に到達する雨粒の落下速度や雨粒径、時間降雨量、総量等²⁾は、植生被度によって変化すると考えられる。また、表面流の発生は、地表面に到達する降雨要件に加え、法面植生の根茎強度、根毛量、堤防の土質(材料)、粒度組成、密度、形状等による堤体への浸透要因等が影響を及ぼすと推察される。

図-3は、2012年7~8月にかけて法面侵食が発生しなかった降雨条件(累積日降水量45mm以下、時間最大降水量10mm以下の範囲)を用いて、2011年6~7月の降雨のうち法面侵食が発生したと予想される降雨条件をプロットし、法面侵食発生条件を推定した図である。曲線より右上方の範囲が侵食の発生が予想される。累積日降水量は最大時間降雨が発生する5日前からの日降水量を累積した。これは後述する土壌水分連続観測結果から降雨による土壌水分の応答が減衰し影響が小さくなるまでに4~5日程度要しているためである。植栽開始から時間の経過に伴って植被被度が変化するために、被度に応じて発生条件も変化する。試験開始約1ヶ月後の2012年8月

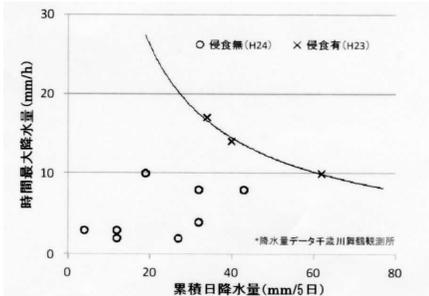


図-3 降水量・降水強度と法面侵食の関係

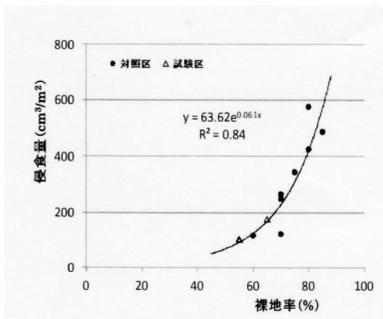


図-4 裸地率と法面侵食

6日の植被率は対照区3%未満、8月31日で8~23%であった。腐植酸吹付区では8月6日時点で平均被度は34%、まとまった降雨が発生した8月16日には約50~60%の植被率に達していたと考えられた。よって、2011年試験開始初期の対照区等の植生被度とはほぼ同じ状況にあるといえる。侵食が発生した降雨と被度調査の日時が異なり被度に多少の違いが生じている可能性はあるが、図-3は植生シートを使用した場合を除く植被率50%程度以下の法面侵食発生条件として現地に適用可能である。

図-4は、試験植栽実施1ヶ月後の2011年7月25日の裸地率 (= 1 - 全体植被率) と単位面積当たり侵食量との関係を表している。実際に侵食が発生したと予想される降雨条件下での関係性であり、降雨条件が異なればこれらの関係も変化すると考えられる。なお、対照区と試験区の2箇所での侵食量が大きいデータを除外しており、その要因については検討が必要である。

3.2 施工方法と土壤水分の応答

土地被覆別の浸透能は自然草地、人工草地、裸地の順に高い測定事例³⁾があり、各施工方法別の堆体法面への浸透特性の把握を試みた。2011年開始の試験区では、土壤水分(土の単位体積あたりに含まれる水の体積 (m³/m³))をセンサーで計測)を降雨期間以外で測定した。植栽1ヶ月後の7月は、対照区、腐植酸吹付区で土壤水分が低く、植生シート区で高い。9月になるとその違いは小さくなったが、植生シート区で依然高い傾向にあった。土壤硬度については、8月には植生シート区の一部で硬度指数(各区6地点計測の平均値, mm)が10mmをやや下回り軟らかかったが、7~9月を通して腐植酸吹付区とほぼ同じで明らかな違いはみられなかった。

図-5は2012年試験開始の試験区を対象に降雨による土壤水分の応答を連続的に観測し、各施工方法別に示したものである。土壤水分センサーは、Onset社製S-SMC-M005を用い、各試験区・対照区に1基、地表面から垂直に5cm深までセンサー部を埋設し、毎時データをロガーへ記録した。各主力種とも植生シート区は腐植酸吹付区に比べ

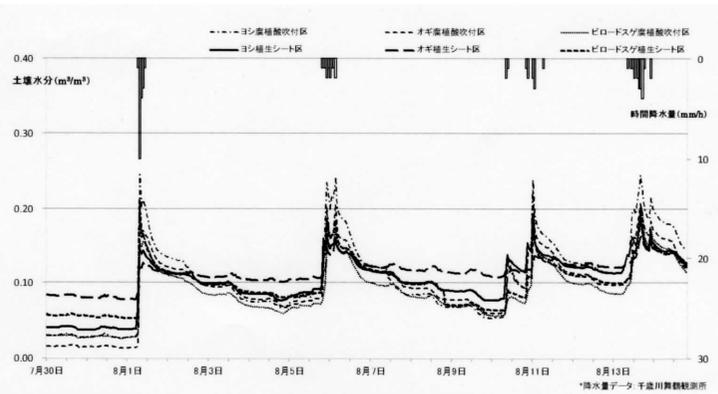


図-5 施工方法別土壤水分の降雨応答

て長期間降雨がない乾燥期に土壤水分量が大きく、水分保持、蒸発抑制効果があると考えられた。降雨による土壤水分のピーク値と上昇幅について、植生シート区は腐植酸吹付区に比べ小さい。また、降雨終了後の土壤水分の減衰は植生シート区が腐植酸吹付区に比べ緩やかである。植生シート区ではヨシ及びオギ区のピーク値が低く、上昇幅はオギ区が他の2種に比べて小さかったが、植被率が高かったことが影響していると考えられた。ピロードスゲ区の土壤水分ピーク値はやや高いが、植被率は低くはなく、2011年開始の約1年経過した植生シート区では腐植酸吹付区等と比べて明らかにピーク値は低かった。

以上から、植生シート区の浸透能が高いことが推察される。また、植生シート下部の境界部で一部法面侵食が発生していたことも現地調査で確認し、植生シート区では表面流は発生していたが、降雨の土壤への到達量を抑える機能があるとも考えられる。腐植酸吹付区と比較するとピロードスゲ区の土壤水分ピーク値、上昇幅が他の2種に比べて小さかった。試験開始1ヶ月後の土壤硬度調査で10~14mmと他の腐植酸吹付区より軟らかく浸透しやすい状況にあったと考えられる。植被率は20%と生長の早いヨシ区より低いが、2ヶ月後には100%に達している。

今後、植生シート機能を降雨、植生被度、土質や時間経過、コスト等を含めて評価し、より適切な施工方法を明らかにしていく予定である。

謝辞：寒地土木研究所資源保全チーム所有の人工降雨試験装置について中山主任研究員より使用方法等指導して頂いた。また、(株)エコニクス田口敦史氏に現地植生、侵食状況等データ収集して頂いている。関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 矢部浩規, 林田寿文, 数馬田貢, 桃枝英幸: 堤防法面への在来種植生導入に関する調査, 寒地土木研究所月報 No. 708, pp. 30-37, 2012.
- 2) 水村和正, 水文学の数理, 東京電機大学出版会, pp. 121-123, 2008
- 3) 塚本良則, 森林水文学, 文永堂出版, pp. 125-128, 1992