

# 論文 緑化コンクリートに生育した植物の冠水抵抗性に関する研究

山田敏昭\*1・米澤敏男\*2・柳橋邦生\*3・中西康博\*4

**要旨:** 河川護岸やダム湖岸に適用する場合を想定し、緑化コンクリートに生育した植物の冠水に対する抵抗性を小型試験体と実施工した実護岸で評価した。小型試験体では、試験した植物 11 種のうち高い冠水抵抗性を示したのは、芝類ではリードキャナリーとノシバ、芝以外では、リュウノヒゲであった。また、冠水により葉が全面黄変した後、植生が回復することが確認された。実護岸では、芝の黄変開始日数、生存期間いずれも小型試験体よりもやや短い傾向であったが、芝は増水程度の冠水に対して高い抵抗性を示し、河川護岸において植生の維持が十分可能であることが確認された。

**キーワード:** ポーラスコンクリート、緑化コンクリート、冠水抵抗性、河川護岸

## 1. はじめに

緑化コンクリートは図-1に示すように高炉セメント C 種と砕石を使用したポーラスコンクリートに充填材、肥料等を充填した植生基盤用コンクリートである。

緑化コンクリートにより植栽と護岸の機能を両立する事が可能であり、河川護岸やダム湖岸への適用が期待されている。

ただし、河川護岸やダム湖岸のような水際に緑化コンクリートを適用する場合、植物の冠水に対する抵抗性を評価しておくことが必要である。

本研究は、緑化コンクリート上に生育した植物の冠水抵抗性を実験室での評価と、河川護岸に実際に施工した実護岸の緑化コンクリートの冠水抵抗性を調査した結果からまとめたものである。

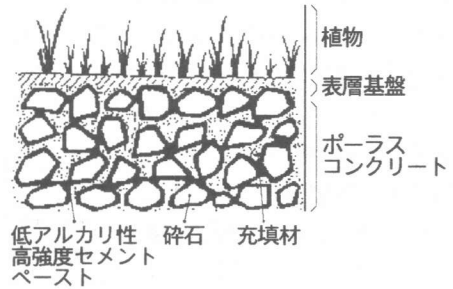


図-1 緑化コンクリート

## 2. 小型試験体による冠水抵抗性実験

### 2.1 実験概要

植物 11 種を 30×30×10cm の緑化コンクリートに生育させ、冠水抵抗性の評価実験と植生の回復実験を行った。

### 2.2 因子と水準

実験の因子と水準を表-1に示す。実験の因子の初期生育期間とは、発芽後冠水までの期間を、冠水深さとは、冠水時の水深である。また、植物は、土壌に生育した時の冠水抵抗性に関する研

\*1 (株) 竹中土木技術本部、竹中技術研究所、研究員 (正会員)

\*2 (株) 竹中工務店技術研究所、主任研究員、Ph. D. (正会員)

\*3 (株) 竹中工務店技術研究所、研究員 (正会員)

\*4 (株) 竹中土木東京本店技術部 (非会員)

究 [1] を考慮し、芝 8 種類、その他 3 種類計 11 種類を選定した。

冠水抵抗性実験は、表-2に示す3種類の組み合わせで行い、各々植物 11 種類の冠水抵抗性について評価した。

植生の回復実験は、表-2に示す初期生育期間3ヶ月、冠水深さ 50cmの組み合わせについて冠水抵抗性実験が終了後、引き続き行った。

### 2.3 試験体

**形状** 試験体は、側面を発泡スチロールで覆った縦 30cm、横 30cm、厚さ 13cm (ポーラスコンクリート部 10cm、植生基盤部 3 cm) の平板を用いた。

**ポーラスコンクリート** ポーラスコンクリートの使用材料を表-3に、コンクリートの配合を表-4に示す。コンクリートの

空隙率の測定結果は 26.9%、標準養生供試体の圧縮強度は、材齢 1週で 14.3 N/mm<sup>2</sup>、材齢 4週で 14.7 N/mm<sup>2</sup>であった。

表-1 実験の因子と水準

因子	水準	
植物の種類	芝類	A:ケンタッキー317フェスク, B:リド <sup>®</sup> キャナリー C:クリーピング <sup>®</sup> レッド <sup>®</sup> フェスク, D:パ <sup>®</sup> ニューター <sup>®</sup> グラス E:ジュンク <sup>®</sup> ラス, F:ケンタッキーア <sup>®</sup> ルク <sup>®</sup> ラス, G:レッド <sup>®</sup> トップ <sup>®</sup> , H:ノシバ <sup>®</sup> ,
	その他	I:イタチハギ <sup>®</sup> , J:ヨモギ <sup>®</sup> , K:リュウノヒゲ <sup>®</sup>
初期生育期間	3ヶ月、4ヶ月	
冠水深さ	50 cm, 90 cm	

表-2 冠水深さと初期生育期間の組み合わせ

記号	初期生育期間	冠水深さ
I	3ヶ月	50cm
II	4ヶ月	50cm
III	4ヶ月	90cm

表-3 ポーラスコンクリートの使用材料

セメント	高炉セメントB種	比重: 3.04 粉末度: 4120 (cm <sup>2</sup> /g)
混和材	高炉スラグ <sup>®</sup> 微粉末	比重: 2.92 粉末度: 4350 (cm <sup>2</sup> /g)
減水剤	ポ <sup>®</sup> リカルボ <sup>®</sup> ソ酸系	比重: 1.07
粗骨材	青梅産5号単粒度碎石	吸水率: 0.62%、実積率: 61% 絶乾比重: 2.65、表乾比重: 2.66

表-4 ポーラスコンクリートの配合

P/G (%)	W/C (%)	目標空隙率 (%)	混和剤 (C×%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
				水 (W)	高炉B種	スラグ	粗骨材	混和剤
30	25	25	0.65	67.2	140.1	135.4	1426.9	1.793

### 2.4 実験方法

ポーラスコンクリートを平面で打設後、ピートモスを主成分とする充填材を充填し、有機質植生基盤を表面に塗付し、植物の種子を播種した。その後、試験体を温度 20~25℃の人工気象室内の水槽 (90cm×180cm) の中に 60° に傾斜させ設置した。

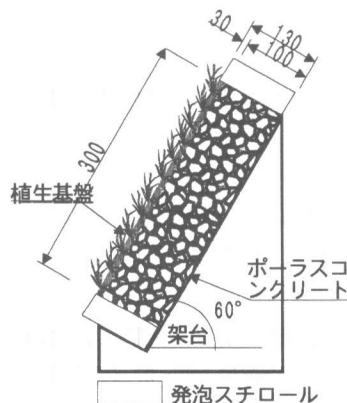


図-2 試験体断面図

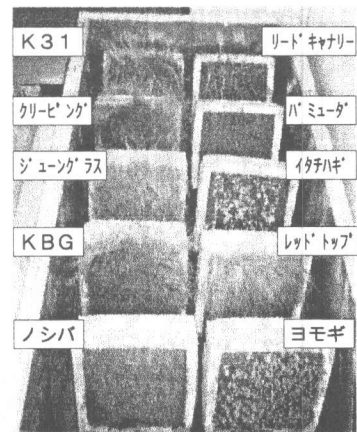


写真-1 実験開始状態(シリーズ1)

人工気象室は、発芽前は暗室とし、発芽後は蛍光灯にて1日当たり約 8,000 ルクスの光を 12 時間照射した。

初期生育期間中、1日あたり 0.3mm 相当の雨量で灌水を行った。その後、水槽に注水し、冠水抵抗性の実験を開始した。水槽内の水のにごりの影響を避けるため、1週間ごとに水の入替えを行った。冠水実験開始時の状態の1例を写真-1に示す。

植生の回復実験は、冠水実験終了後、冠水深さ 50cm 初期生育期間 3ヶ月について、試験体を屋外の温室内に移動して、1日当たり雨量 0.3mm 相当の灌水を行い実施した。

## 2.5 植生の評価項目と評価方法

植生の評価項目は、植生として冠水中の植物の葉の黄変開始日数、生存期間及び冠水後の植物の植生の回復開始日数の3つとし、下記のように評価した。

**葉の黄変開始日数** 葉の黄変開始日数は、目視観察によって葉先が黄変し始める日数とし、1週間ごとに10週間まで観察した。

**植物の生存期間** 植物の生存期間は、冠水開始から水中にある葉、茎の全体が黄変するまでの日数とし、1週間ごとに10週間まで観察した。

**植生の回復開始日数** 植生の回復開始日数は、植生の観察により、新芽の発芽が確認した日数とし、1週間ごとに4週間まで観察した。

## 2.6 実験結果と考察

### (1) 葉の黄変開始日数

葉の黄変開始日数の実験結果を図-3に示す。

リュウノヒゲ(K)の黄変開始日数は、10週以上であり、その他の植物の黄変開始日数は、3~7週であった。このうち、芝類では、リードキャナリー(B)、レッドトップ(G)の2種類の黄変開始日数が、長かった。また、初期生育期間は、生育期間が長いもの程、黄変開始日数が長かった。

### (2) 生存期間

冠水条件下の植物の生存期間の実験結果を図-4に示す。

リードキャナリー(B)、ノシバ(H)及びリュウノヒゲ(K)の生存期間は、10週間以上で、高い冠水抵抗性を示した。これらについて、バミューダグラス(D)、レッド

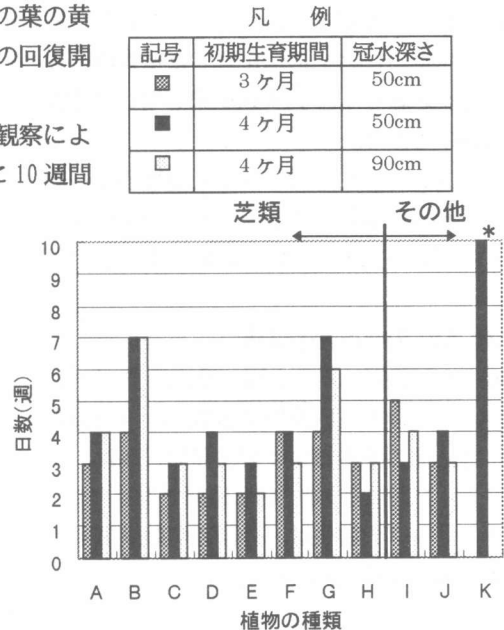


図-3 葉の黄変開始日数

(\*印のデータは実験終了10週時にも黄変無し)

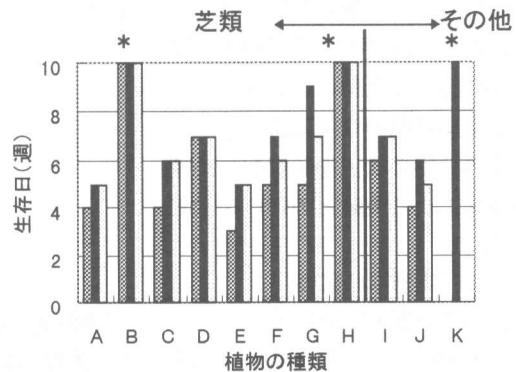


図-4 植物の生存期間

(\*印のデータは実験終了10週時も生存)

トップ(G)、イタチハギ(I)の3種の生存期間は、4~5週間と高い冠水抵抗性を示した。

初期生育期間の違いを見ると、生育期間が長いものが、生存期間が長く、冠水抵抗性が高い傾向を示した。

黄変開始日数が長い植物と生存期間の長い植物は、ほぼ一致したが、ノシバ(H)は黄変は早いものの生存期間は長い特徴を示した。

冠水深さが生存期間に及ぼす影響は本実験の範囲では認められなかった。

図-5は、緑化コンクリートに生育した植物の冠水抵抗性と土壌に生育した植物の冠水抵抗性を近藤ら[1]の実験結果を用いて比較したものである。

緑化コンクリートに生育した植物の生育期間と土壌に生育した植物の生育期間はほぼ一致し、両者の冠水抵抗性に違いがないことがわかる。

### (3) 植生の回復開始日数

植生の回復開始日数を図-6に示す。ケンタッキー31フェスク(A)の植生回復開始日数は、4週間を要した。その他の植物の植生開始日数は、レッドトップ(G)以外では約2週間であったが、レッドトップの植生は、今回の実験期間4週間では回復が見られなかった。

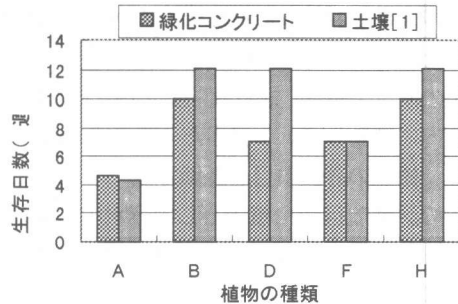


図-5 緑化コンクリートと土壌の冠水抵抗性の比較

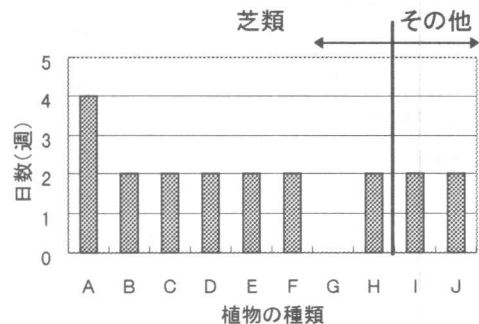


図-6 植生の回復開始日数

## 3. 実護岸での冠水抵抗性の評価実験

小型試験体による冠水抵抗性実験では、気象条件や冠水時の流水、濁水等による影響は不明である。そのため、94年9~10月信濃川中流部に施工した緑化コンクリートの実護岸が集中豪雨により増水した時の植生の状況を評価し、小型試験体による実験との違いを検討した。

### 3.1 実護岸の概要

実護岸の標準断面を図-7に示す。実護岸は、法長9.2m、延長70mにわたって、緑化コンクリートを施工したものである[2]。この護岸に植栽した植物のうちケンタッキー31フェスクとクレーピングレッドフェスクの芝2種は、小型試験体による実験と共通しており、これらの植物について小型試験体の実験と実護岸での冠水抵抗性を比較した。

実護岸は、法面下部から約1mの高さ、約1~2mの高さ、および約2~3.5mの高さの3つに

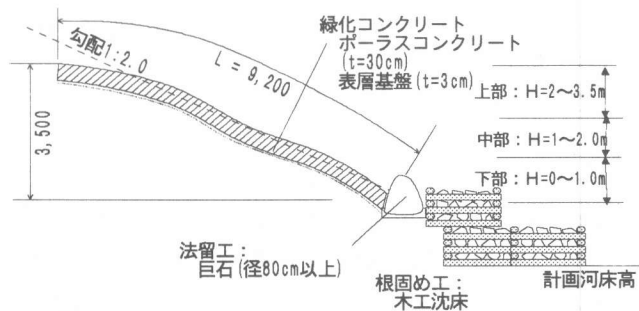


図-7 実護岸の標準断面

区分し、それぞれ「下部」、「中部」、および「上部」とした。

### 3.2 ポーラスコンクリートの使用材料と配合

その比較対象区に用いたポーラスコンクリートの使用材料と配合を表-5および表-6に示す。

施工時に採取した供試体の空隙率は29.1%、圧縮強度は1週で9.8 N/mm<sup>2</sup>、4週で11.9 N/mm<sup>2</sup>と小型試

験体による冠水抵抗性実験に使用したポーラスコンクリートとほぼ同等であった。

表-5 使用材料

セメント	高炉セメントC種	比重2.98、比表面積4150cm <sup>2</sup> /g
骨材	5号砕石	粒径13~20mm、表乾比重2.76

表-6 ポーラスコンクリートの配合

骨材最大 寸法	P/G (%)	W/C (%)	混和剤 (C×%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )		
				水	セメント	5号砕石
20mm	25.0	25.0	0.85	60.5	250	1617

\* ペースト粗骨材率

### 3.3 冠水状況

実護岸は、95年7月の集中豪雨により、施工部の法高350cmに対して最高348cmの高さまで冠水した。冠水は17日間に渡り、冠水時の流速は2.0~2.4m/sであった。冠水前後の植生状況を写真-5~6に示す。

比較対象区の冠水期間は、下部で約17日、中部で約7日、上部で約1日であった。



写真-5 冠水前の植生状況 (95年6月)

写真-6 冠水後の植生状況 (95年7月)

### 3.4 評価項目と評価方法

評価項目は、葉の黄変開始日数、生存期間と植生回復開始日数の3つとし、下記の方法で評価した。

**黄変開始日数と生存期間** 黄変開始日数と生存期間は、護岸の緑被率(冠水の始まった翌日以降の護岸の下部、中部、上部の緑被率)により、緑被率が90%以下に減少した部位の冠水期間を黄変開始日数、10%以下に減少した部位の冠水期間を生存期間とし、評価した。

緑被率の測定は、目視で5%単位で測定した。

**植生回復開始日数** 緑被率が10%以下に低下した部の緑被率が増加し始めた時期を、植生回復開始日数として冠水後の日数で表した。

### 3.5 実験結果と考察

緑被率の評価結果を表-7に、黄変開始日数と生存期間、および植生回復開始日数を表-8に示す。実護岸で優勢種であったケンタッキー31フェスクを播種した場合の小型試験体による冠水抵抗実験の結果を表-8も併記する。

黄変開始日数、生存期間ともに実護岸は、小型試験体による冠水抵抗実験結果よりやや短い傾向が認められた。これは、近藤ら [1] の研究で示されたように流水と流水中の土砂による植物の茎や葉が受ける物理的な損傷や、濁水による遮光で植物の光合成が困難となる可能性がある事などによると考えられる。また、植生回復開始日数も実護岸がやや長い傾向に有る。これも冠水中の損傷と堆積した土砂が植物への付着が植物の代謝に影響したことが推定される。

表-7 冠水後の緑被率評価結果

調査部位	冠水期間	緑被率(%)					
		1日後	7日後	11日後	35日後	70日後	96日後
上部	1日	95	90	70	80	90	95
中部	7日	冠水中	70	40	60	90	80
下部	17日	冠水中	冠水中	10	20	90	55

表-8 黄変開始日数と生存期間、および植生回復開始日数

	黄変開始日数	生存期間	植生回復開始日数
信濃川の実護岸	7日	17日	冠水後 11日
小型試験体による冠水抵抗実験結果(カンキ-317エスの場合)	21~28日	28~42日	冠水後 14日

#### 4. まとめ

本研究により得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 試験した 11 種類の植物のうち、リードキャナリー、ノシバ及びリュウノヒゲが最も高い冠水抵抗性を示した。
- (2) ノシバは黄変開始日数は短かったが、生存期間は長く、高い冠水抵抗性を示した。
- (3) 初期の生育期間が長い程、冠水抵抗性も高くなる傾向が認められた。
- (4) 冠水深さが生存期間に及ぼす影響は、本実験の範囲では認められなかった。
- (5) 緑化コンクリートに生育した植物の冠水抵抗性は、通常の土壌に生育した植物の冠水抵抗性とほぼ同じであった。
- (6) 植物は冠水により全面黄変しても、冠水後は植生が回復することが確認できた。
- (7) 実護岸での冠水抵抗性は、小型試験体により評価した冠水抵抗性よりも若干低い傾向を示した。その原因としては、流水と流水中の土砂による植物の茎や葉が受ける物理的な損傷や、濁水による遮光などが考えられる。

#### 参考文献

- [1] 近藤三雄他：濁水・流水条件化における緑化用植物の冠水抵抗性について、造園雑誌、VOL. 49、NO. 5、pp. 114~119、1986
- [2] 柳橋邦生他：緑化コンクリートの河川護岸への適用、コンクリート工学年次論文報告集第 18 巻、第 1 号、pp. 1017~1022、1996