

多目的ダムにおけるヤナギ類を用いた湖岸裸地対策

Use of willows as countermeasure in lakefront barren areas of multipurpose dam

大堀 功尊*

後藤 正司*

木下 昌樹**

Narutaka OHORI^{*}

Masashi GOTO^{*}

Masaki KINOSHITA^{**}

ABSTRACT: This paper recommends the planting of indigenous tree species as a countermeasure against formation of lakefront barren areas that are prevalent in multipurpose dam schemes nationwide. To verify effectiveness, the method was tested at some dam sites in the Kanto region.

The limited water-level method adopted by multipurpose dams usually results in periodic inundations in lakefront areas during significant water-level changes, leading to harsh conditions for plant growth. However, vegetation maintenance is necessary to prevent erosion. Thus, it is recommended that specific tree species such as willows, characterized by inundation-proof consistent growth cycle and early growth, be planted in lakefront barren areas. This countermeasure has potential to become popular if its effectiveness is verified, because it is environment-friendly and relatively cost-effective, as it employs an indigenous species of willow.

Such a countermeasure was implemented at the Urayama dam (Arakawa river). Carefully considering the embankment gradient, soil quality and hardness, and neighboring vegetation conditions, trial sites were selected and willow cuttings were planted in September 2002. Furthermore, a favorable growth of willows was confirmed in the barren area adjacent to Kusaki dam (Tonegawa River), where similar measures have been implemented since 2001.

The above results proved that the proposed countermeasure is cost-effective and easily implemented.

KEYWORD: Dam, Lakefront Barren Land Measures, Willow, Cuttings, Monitoring.

1 はじめに

本稿は、洪水期に貯水位を下げる洪水期制限水位方式を採用している多目的ダムにおいて多くみられる湖岸の裸地化に対して、在来植物を用いた簡易かつ安価な裸地対策工を示すとともに、関東地方のダムをフィールドとし、裸地化した湖岸の一部区画において木本類の植栽による裸地対策工を試験的に行った状況を報告するものである。

湖岸法面の裸地対策の検討については、国土交通省（旧建設省）が、約30年前から試験的研究を行っており、平成6年以降に旧建設省直轄技術研究会「ダム貯水地における水際の環境対策に関する研究」において、全国各地の既設17ダムの湖岸法面を対象として緑化試験を実施し、その成果および既存の文献資料ならびに科学的知見を基に、ダム湖岸の緑化を進めていく際の基本的な考え方について「ダム湖岸緑化マニュアル（案）」¹⁾としてまとめている。その中の既存研究のほとんどは、階段工等の植生基盤工を用いており、これらは土木工事を要し、かつ相当の費用もかかる。

そこで本稿は、植生基盤工を用いない簡易かつ安価な裸地対策工の実現を目的とした。そのためにまず、洪水期制限水位方式を採用している多目的ダムの湖岸法面の水没状況および植生状況、ならびに湖岸法面の

* 中央開発株式会社

Chuo Kaihatsu Corporation

**財団法人水資源協会

Japan Water Resources Association

裸地化の成因を整理し、それをもとにヤナギ類の挿し木による裸地対策工を考案した。その裸地対策工の有効性を検証するために、水資源開発公団浦山ダム（荒川水系）をフィールドとして、試験施工を実施した。この試験施工においては、植生基盤工を用いない裸地対策工の実現可能に関するデータを得るために、浦山ダム周辺に生育しているヤナギ類を直接湖岸法面に挿し木する手法を試みている。

2 ダム湖岸法面の状況と裸地対策

2-1 水位別の植生の特徴

洪水期制限水位方式ダムの運用水位としては、サーチャージ水位、常時満水位、洪水期制限水位、最低水位があり、それぞれの水位間の湖岸植生の特徴は以下のようである。

（1）サーチャージ水位～常時満水位（図-1の（I）の水位間）

この水位間の湖岸帯は、試験湛水時にある一定期間水没するため、「水没に弱い木」は枯れ、「水没に強い木」は生き残り、その状態で管理に移行する。その後、大規模な出水時には洪水調節により一時的に冠水するが、頻度はごく小さく、かつ短期間の冠水のため水没の影響は小さく、管理開始後20年程度経過すれば、冠水しないサーチャージ水位以上の植生とほとんど変わらない状態となっている例もみられる。

このように、この水位間の湖岸帯では自然に植生回復が見られることから、基本的に湖岸裸地対策は要しない。しかし、試験湛水前には、この湖岸帯に生育している種の水没に対する抵抗性について確認する必要があり、試験湛水直後に生育し続けている種がわずかであると予想される場合は、これに対する対応が必要となることもありうる。

（2）常時満水位～洪水期制限水位（図-1の（II）の水位間）

この水位間の湖岸帯は、通常、非洪水期には水没する一方、洪水期には地表が露出し、洪水調整時には一時的に冠水する。水没期間が半年以上に及ぶため、裸地化し、植生が回復しないケースが多い。しかし、洪水期当初は植生のない裸地の状態であっても、植生発生条件が整っていれば、洪水期中に草本類の発生が見られ、また、水没に強い種であれば、非洪水期を経ても生育できる可能性がある。これらのことからこの湖岸帯は、適切な湖岸裸地対策を実施すれば、持続的に植生を維持できるポテンシャルを有しているといえる。

（3）洪水期制限水位以下（図-1の（III）の水位間）

洪水期制限水位からある程度下位標高の水位までの間の湖岸帯は、渇水時には地表が露出し、豊水時には常時水没しているなど、河川の流況により不定期に地表の水没・露出を繰り返す。このようにこの湖岸帯は、地表が露出する範囲・時期が不安定であることから、湖岸裸地対策の実施には適していない。

以上のことから、本稿における湖岸法面の裸地対策は「洪水期制限方式の多目的ダムにおける常時満水位から洪水期制限水位（以下、この範囲を「変動水位帯」という。）」を対象とする。

2-2 変動水位帯の植生状況

各ダムの湖岸帯に生育している植生の現状を示す主な資料としては、「ダム湖岸法面緑化」²⁾、「ダム湖岸緑化マニュアル（案）」¹⁾がある。

「ダム湖岸法面緑化」においては、ダム別にその湖岸帯に生育している種を、草本類、木本類の別に整理し、さらに草本類については、1～2年草、多年草、つる植物に区分している。また、湖岸帯内の生育箇所（上位区域、中位区域、下位区域）別に出現する種を、各ダムに一般的に見られる草本類について示している。さらに、木本類について、水没日数別に、その水没日数に該当する箇所に生育が見られる種を整理し示している。

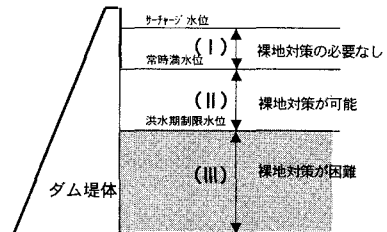


図-1 貯水池運用方式と裸地対策の関係

一方、「ダム湖岸緑化マニュアル(案)」においては、各ダムの湖岸帯に生育している種を対象に、その種が生育している箇所の水没日数について、1～2年草、多年草、木本類別に整理されている。

いずれの資料も1～2年草、多年草、木本類の区分がなされている。以下、この区分に従い、その植生の特徴を整理する。

(1) 草本類(1～2年草)

1～2年草については、洪水期における水位低下後に、種子の飛来により発生するものである。このことから、水没日数が長く、地表の露出期間が短い変動水位帯の下位区域に見られる種ほど、種子からの発生が相対的に早期である種と考えられる(例えば、オオイヌタデ、オオオナモミ、エノコログサ、イヌビエ、ヌカキビ、アメリカセンダングサなど)。逆に、水没日数が短く、地表の露出期間が長い変動水位帯の上位区域ほど土壌の乾燥傾向が強いと考えられ、そこにのみ見られる種は乾燥に対する抵抗力が大きいと考えられる(例えば、ヒメムカシヨモギ、メマツヨイグサ、オオアレチグクなど)。

以上より、変動水位帯より上位標高にこれらの種の生育が見られれば、種子の飛来によって変動水位帯において草本類が発生する可能性が高いと考えられる。

(2) 草本類(多年草)

多年草については、種子の飛来により発生することに加え、活着した根により発生することもありうる。このことから、水没日数の長い箇所に見られる種は、1～2年草と同様に種子からの発生が相対的に早期である種と考えられるほか、水没に対する抵抗力が大きい種であるとも考えられる(例えば、スギナ、クサヨシ、メドハギなど)。逆に、水没日数が短い箇所にもみられる種については、乾燥に対する抵抗力が大きい、あるいは水没に対する抵抗力が小さい種であるとも考えられる(例えばススキ、イタドリ、ヨモギなど)。

以上より、その種の適性に合わせて、湖岸帯にこれらの種を生育させることにより、持続的に草本類の植生を維持することも可能になると考えられる。

(3) 木本類

木本類については、試験湛水前から生育している種のうち、変動水位帯には水没に対する抵抗力の大きい種が生き残っているものと考えられる。その中で、水没日数の長い箇所にも生育が見られるヤナギ類、イタチハギは特に水没に対する抵抗力が大きいものと考えられる。また、ヤナギ類は挿し木により容易に定着する性質を有しており、植栽工における中心的な種になりうるものである。

参考文献^{1), 2)}をもとに、代表的な種と水没日数との関係を整理したものを表-1に示す。

表-1 水没日数と出現種(木本類)

水没日数(完全水没)	種 類 名
0～60 日	クマノミズキ、モウソウチク、ヤマウルシ、オニグルミ
0～90 日	アクシバ、アセビ、アブラチャン、アラカシ、エビヅル、カジノキ、カマツカ、ガマズミ、キシツツジ、クロガネモチ、ザイフリボク、シラカンバ、シャシャンボ、スイカズラ、ネジキヤマツツジ
0～120 日	クヌギ、ナラガシワ、ケヤキ、エノキ、リョウブ、アオハダ、ヤマコンバシ
0～150 日	アカメガシワ、イヌエンジュ、イヌツゲ、ウツギ、ウメモドキ、エビズル、キツネヤナギ、キヌヤナギ、クマヤナギ、クロツル、クロモジ、コバノガマズミ、コバノミツバツツジ、コマユミ、サウフタギ、サンカクツル、シロヤナギ、スノキ、タニウツギ、チャノキ、ナツフジ、ナワシロイチゴ、ネムノキ、ノイバラ、ハイイヌツゲ、ヒサカキ、ビナンカズラ、フジ、ホソバノコガク、マユミ、ヤチダモ、ヤブデマリ、ヤマグワ、ヤマコウバシ、ヤマハギ、ヤマブドウ、イヌコリヤナギ、コナラ
0～180 日	ヤブツバキ、エゴノキ、カキノキ
0～210 日	アカメヤナギ、カワヤナギ、オノエヤナギ
0～260 日	タチヤナギ、イタチハギ

2-3 湖岸法面の裸地化の成因

変動水位帯における湖岸法面の裸地化は、湛水によって水没に弱い木本類が枯死し、木本類の根部に土壌を保護していた緊縛力がなくなり、「貯水面の波浪」による浸食や地表面露出時の「雨水」による浸食が主な原因となって土壌が流出するために生じる。

一方、浦山ダム(平成11年管理開始)の変動水位帯の状況を観察すると(平成14年7月観察)、写真-1のように、冠水回数が異なる法面で植生の状況が異なっており、冠水回数が多い標高ほど裸地化が進行している。このことより、ダム湖岸の裸地化の成因として、波浪による浸食による影響が相対的に大きいものと推定される。

波浪に対する植栽基盤工として、階段工がよく用いられている。階段工では植栽する面が水平であることから、貯水面の波浪による影響を最小限にすることが可能である。ここに水没に強く、かつ成長の早い木本類を植栽すれば、その成長に伴い、土壌の流出も抑制され、さらに草本類の発生についても期待できる。

一方で、変動水位帯の上部で草本類の生育が未だに見られるということは、土壌が残存していれば、植生が発生するポテンシャルを有している事を示している。このことは、管理開始後そう時間が経過しておらず土壌がまだ残存しているという条件、あるいは法面勾配が緩やかで土壌の流出が少ない箇所という条件の下であれば、水没に強く成長の早い木本類が法面に定着できることを示唆しており、植生基盤工を用いることなく植栽のみで裸地対策を実施できると考えられる。

2-4 裸地対策

以上を踏まえると、変動水位帯の湖岸の法面に水没に強い木本類を生育させ、土壌の流出を抑制することが裸地対策の基本となると考えられる。水没に強い木本類としてヤナギ類とイタチハギが知られているが、イタチハギは外来種であり、また荒地に最も早く活着するが他の植物への遷移を受け付けられない傾向があり、適切な種であるとは言い難い。一方、ヤナ

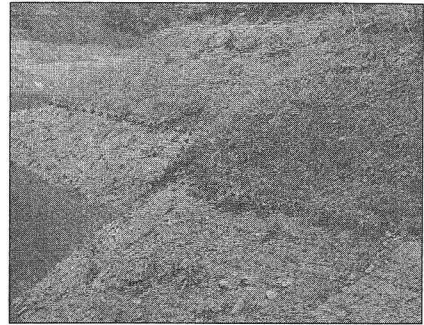


写真-1 侵食が進行している現状（浦山ダム）

上部が冠水回数2回：伐採された木本部の根は枯れているが、まだ残っているため草本類が生育する。
下部が冠水回数5回：かなり侵食され草本類も生育していない。

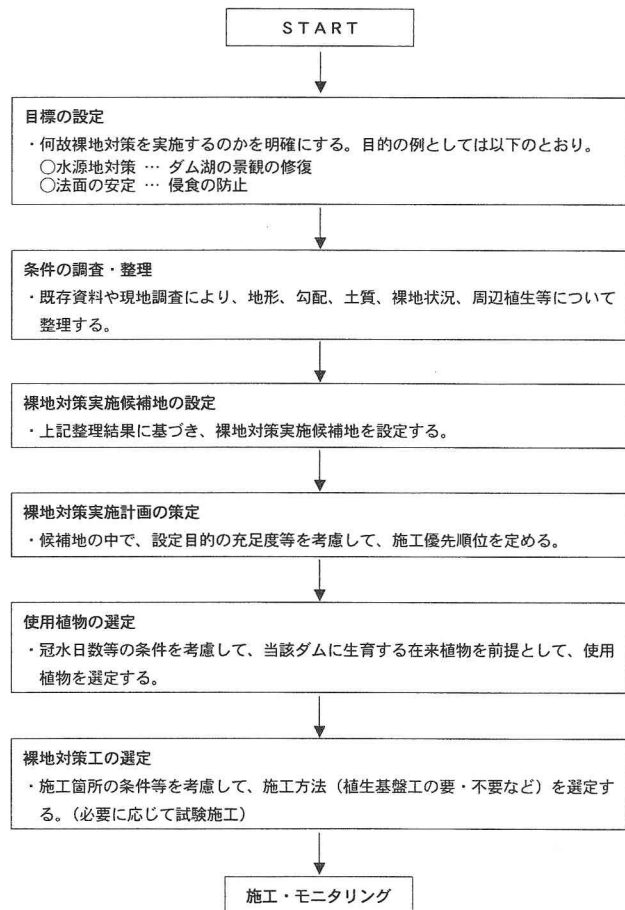


図-2 裸地対策工の検討フロー

ギ類については、その生育サイクルにおける成長期間が湖岸露出期間とある程度合致し、また強い発根力を有しかつ成長も早い。このようなことから、周辺に生育しているヤナギ類を用いた挿し木による裸地対策工を考案した。この工法は、一般的に河岸に生育している在来のヤナギ類を用いることから周辺地域の生態系への影響を極力小さくすることができ、またその作業内容も周辺地域に生育しているヤナギの枝をそのまま挿すのみであり、簡易に実施することが可能である。

この裸地対策工の実施にあたって筆者らが必要と考えた検討の過程を、フロー図として参考に示す(図-2)。

3 裸地対策工の試験施工とその対策の有効性

ここでは、平成14年度に浦山ダムにおいて実施した試験施工の内容について述べる。

3-1 浦山ダムにおける事例

浦山ダムの変動水位帯の湖岸法面に生育している植物は草本類であるメヒシバ、イヌエビ等がほとんどを占めている状況にあり、木本類はみられない。この状況においてヤナギ類による植栽を実施した。

使用するヤナギの種は、浦山ダム周辺に生育している種を使用した。現地踏査により確認したヤナギ類の中から、相対的に長期間の水没に耐えられるタチヤナギ、カワヤナギ、オノエヤナギの3種を選定した。

既往の裸地対策工の事例¹⁾では、法面勾配が概ね 30° 以上となる場合、鉄筋柵工、植生マット工、ネット張工等の植生基盤工が多く用いられている。しかし、浦山ダムの湖岸法面においては、 $35^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の勾配においても貯水位低下後に植物の発生が見られることから、地表面に土壌成分が残存していると考えられ、これらを踏まえて、この試験施工においては植生基盤工を施工せず、ヤナギを直接湖岸に挿し木する手法を試みた。本施工方法は、階段工等の土木工事を必要とせず、簡易かつ安価に実施できる利点がある。

試験施工位置は、法面勾配、土質および土壌硬度、周囲の植物の発生状況を考慮し、図-3に示す6箇所を抽出した。施工は、貯水位の上昇が始まる約1ヶ月前の平成14年9月11日から12日にかけて、6箇所ですべて計330本のヤナギの挿し木を行った(写真-2)。ヤナギ類の生育状況については継続的にモニタリングを実施していく予定である。

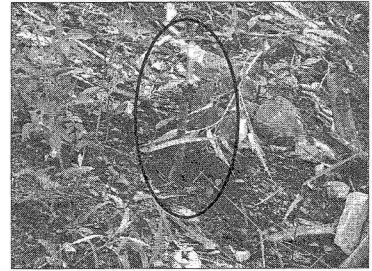


写真-2 湖岸に直接挿し木したヤナギ
(浦山ダム)



図-3 裸地対策施工位置図

3-2 草木ダムにおける事例

水資源開発公団草木ダム（利根川水系）では、階段工を植生基盤工としてダム周辺に生育するヤナギ類を挿し木する工法が、平成13年度に試験的に実施された（写真-3）。今年で施工から2年が経過し水没も経験しているが、現地では、ヤナギ類が順調に生育している状況が視認でき、挿し木による工法が有効であることを示している。なお、草木ダム管理所においては、これらのヤナギの生育状況についてモニタリングが行われている。



写真-3 草木ダムの事例
（階段工を用いた挿し木工法）

4 おわりに

在来植物を用いた簡易かつ安価な裸地対策工を実現するために、洪水期制限水位方式を採用している多目的ダムの水位別の湖岸法面の状況を整理し、それをもとに湖岸裸地対策を検討し、試験施工を実施した。その得られた結果をまとめると以下のとおりである。

- 1) 木本類であるヤナギ類は、冠水に強く、またその生育サイクルにおける成長期間が湖岸法面露出期間とある程度合致しかつ成長も早い。このことから、ヤナギ類を用いた挿し木による湖岸裸地対策工を考案した。この工法は、一般的に河岸に生育している在来のヤナギ類を用いることから周辺地域の生態系への影響を極力小さくすることができ、かつ比較的簡易かつ安価に実施可能であるという利点を有している。水資源開発公団草木ダムにおいて、試験的に実施された階段工を植生基盤工としたヤナギ類の挿し木による工法においてもヤナギ類の順調な生育が視認されている。
- 2) 水資源開発公団浦山ダムをフィールドとして裸地対策試験施工を実施した。浦山ダムでは、常時満水位と洪水期制限水位の間の湖岸法面の上位標高には草本類が生育している状況にあり、この状況において植生基盤工を用いることなく、浦山ダム周辺に生育しているヤナギ類を直接湖岸に挿し木する工法を行った。今後は継続的にモニタリングを実施する計画であり、この植生基盤工を用いないヤナギ類の挿し木工法が簡易かつ安価な裸地対策工として有効であるかどうかについて確認する方針である。

謝辞：湖岸法面の裸地対策の調査および検討に際し、水資源開発公団浦山ダム管理所にはフィールドを提供していただき、また草木ダム管理所には貴重な情報を提供して頂くなど、多大なるご支援を賜りました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1)：財団法人 ダム水源地環境整備センター、ダム湖岸緑化マニュアル（案）、1998
- 2)：財団法人 ダム水源地環境整備センター、ダム湖岸法面緑化、1992