“継続できる” 仕組みを目指して
― 天ヶ瀬ダム湖岸裸地対策の取り組み ―

田村　友秀[1]

[1]近畿地方整備局　河川部　河川環境課　（〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44）

天ヶ瀬ダムではダム湖岸裸地対策方針を策定し，2008年度から試験施工を実施してきた．試験施工から明らかとなった課題に対し試行錯誤を重ね，新たな方針へと進化させた．最大の課題であった緑化のための苗木づくりを住民協働につなげたこともそのひとつである．
目指したのは“継続できる”仕組みであった．

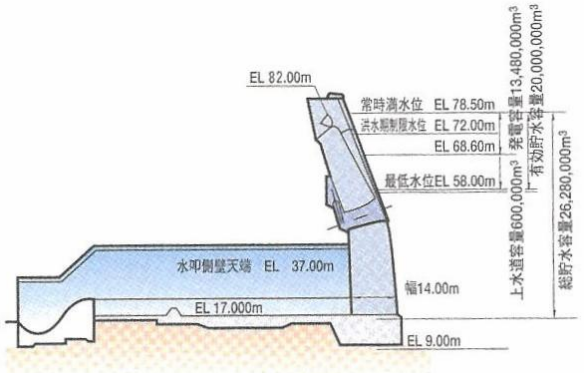
キーワード　ダム湖岸緑化，試験施工，苗木づくり，作業手順書，住民協働

1. はじめに

一般的にダム湖水位変動域は冠水と干出が繰り返されるため裸地化しやすい．天ヶ瀬ダムでも洪水期の制限水位や揚水発電による日水位変動のため，貯水池には帯状の裸地が存在し景観上問題となっている．また，景観上の問題以外にもダム湖岸が裸地化したことで，乾燥などに強い外来植物が優占するようになった可能性があるとの指摘もある．
2009年に策定された「淀川水系河川整備計画」においても天ヶ瀬ダム貯水池の斜面における良好な景観の保全・創出のため，水位変動域の裸地対策として緑化等を行うとしている．

2008年度，天ヶ瀬ダムではダム湖岸における裸地景観の緩和を目的とした試験施工を実施した．試験施工で得られた成果や課題から，天ヶ瀬ダムにおける裸地対策において新たな取り組みの必要性が明らかとなった．

本論文は天ヶ瀬ダム湖岸裸地対策の新たな取り組について報告するものである．



図－１ 天ヶ瀬ダム構造図

2. 天ヶ瀬ダム湖岸の現状

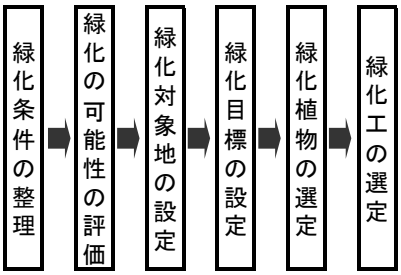
天ヶ瀬ダムは1964年，淀川水系で最初の多目的ダムとして宇治川に建設された．天ヶ瀬ダムにおける裸地面積は33,600㎡であり，ダム湖岸水位変動域（EL.70m～78m, 465,000㎡）の7.2%を占めている．（2007年時点）
2011年度に実施した天ヶ瀬ダム湖岸水位変動域の植生調査では，水位変動域に成立している群落のうち木本類ではヤナギ群落が，草本類ではレモンエゴマ群落やヒメシダ群落などの在来草本類が見られるほかイタチハギ群落，オオオナモミ群落などの外来草本類が見られた．
標高で見ると概ねEL.70.5mより下ではヤナギタデやキンエノコロ，スズメノトウガラシ等の湿性の草本が優占し，EL.70.5m より上ではオオオナモミやレモンエゴマ等の高茎草本が優占していることが確認された．
概ねEL.69.5mより下では植物の生育は確認されなかった．水位変動域やその周辺ではシカの食痕や糞が多く確認されている．また，レモンエゴマやヤナギタデなどシカの忌避植物が優占していることなどからシカによる食害の影響は強いと考えられる．

3. 天ヶ瀬ダム湖岸緑化計画の検討と試験施工

(1) ダム湖岸緑化計画の検討

2007年度，天ヶ瀬ダム湖岸における裸地景観の緩和を目的とするダム湖岸緑化計画の検討を行った．
検討は「ダム湖緑化の手引き（案）」（国土交通省河川局河川環境課，2006年3月．以下，「手引き（案）」という．）に基づき以下の手順で行った．（図－２）

緑化の可能性の評価では，生育期露出日数と湖岸の傾



図－２ ダム湖岸緑化の検討手順

斜をもとに天ヶ瀬ダム湖岸は緑化の可能性がある地域と判定された.

緑化目標の設定では，生育期の露出日数と年間冠水日数から以下の緑化目標を設定した．（表－１）

- ヤナギ類低木林：貯水位EL.73m 以上78m 未満
- 自生する一年生草本優占型：貯水位EL.70m 以上

表－１ 冠水条件からみた緑化目標

貯水位 EL(m)	年間平均 *1 冠水日数	生育期 *1 露出日数	
>=80	0	267	
>=79	0	267	
>=78	0	267	ヤナギ類低木林 *2
>=77	18	256	
>=76	53	230	
>=75	109	191	
>=74	162	166	
>=73	180	159	
>=72	199	150	
>=71	211	142	
>=70	269	87	自生する一年生草本類優占型 *3
>=69	333	30	
>=68	365	0	

*1:1997～2006年の平均値
*2:年間冠水日数180日未満･生育期露出日数120日以上
*3:生育期露出日数60日以上

但し，現地調査ではEL.73m以下でもヤナギ類の生育が確認されたため，EL.70～73mにおいてヤナギ類低木林を緑化目標の範囲とした.

緑化植物の選定は以下のとおりであった.

- 緑化植物は周辺地域に自生する在来種とするが，一年生草本は周辺からの侵入が期待できるため選定しない.
- 木本類についてはヤナギ類を基本とするが，水位変動域に自生する種は選定する.
- 挿し木や播種による育成が容易な種を選定する.
- シカの食害を受ける可能性があるため，シカの忌避植物を選定する.

以上の方針から緑化候補種として木本類ではヤナギ類（アカメヤナギ，タチヤナギ）とウツギを選定，草本類ではナガバヤブマオを選定した.

(2) 2008年度試験施工の概要

2008年度，検討結果を踏まえ試験施工を実施した.

試験施工の主な目的は以下のとおりであった.

- 水位変動域に適した緑化植物の検証
- 緑化基礎工の有効性についての検証
- シカ食害とシカ食害対策工の効果を確認
- 天ヶ瀬ダムのあるべき緑化工法について検証

ダム湖岸裸地のうち主要な視点場からの視認性などを考慮し試験施工区として５工区（St.1 ～St.5）を選定した.

試験施工区は緑化基礎工（丸太柵工，柳枝工，植生マット）を施工した後，植生工として挿し木（ヤナギ類 485本，ウツギ 29本）と周辺で採取した種子（ウツギ，ナガバヤブマオ）の播種を行った.

試験施工は2009年3月に完成した.

表－２ 緑化試験区の概要

項目			緑化試験区				
			St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
緑化基礎工		丸太柵工	216m		211m		
		柳枝工※1		174㎡			180㎡
		植生マット工				163㎡	
シカ食害対策工		ヘキサチューブ	44本		42本※2		
植栽種	木本	アカメヤナギ	29本※2	169本※2	84本※2		174本※2
		タチヤナギ	29本※2				
		ウツギ	29本※2			48㎡※3	
	草本	ナガバヤブマオ	29㎡※3			48㎡※3	

※１ ： 柳枝工の材料にアカメヤナギを使用
※２ ： 挿し木　※３ ： 播種

写真－１ 試験施工区（St.3）

(3) 2008年度試験施工の結果と評価

2011年10月、試験施工結果のモニタリングを行った.

a) 試験施工の結果

試験施工区への導入植物のうち，生育が確認された挿し木はアカメヤナギ1 本（St.3 EL.76～77）のみであった．また，カルス（※未分化の植物細胞の塊．カルスが発生した後，根などに分化する．）形成後の枯死が確認されたものはアカメヤナギ1 本（St.3 EL.75～76）とタチヤナギ1 本（St.1 EL.76～77）であった.

ヤナギ類の挿し木全数に対する活着率は0.6%（485本中3本）であった.

ウツギ挿し木では生育・発根は確認できなかった.

また，柳枝工や播種でも発芽・発根は確認できなかった.

試験施工区への周辺からの侵入植生は草本類ではレモンエゴマ・ヤナギタデの群落形成が，木本類ではアカメガシワ・カラズザンショウ・センダン等の先駆性木本の実生侵入が確認された．（表－３）

一部には経年冠水を経験したと考えられる生育樹木も確認された.

緑化基礎工のうち丸太柵工はそのままの状態で基礎工として活用できる状態であったが，柳枝工，植生マット

工では土砂堆積や流出，一部破損が見られ補修が必要な状態であった．

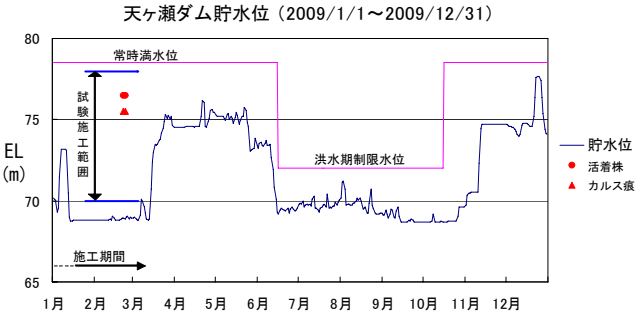
表－３ 侵入植生調査結果（木本類）

項目		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
緑化基礎工		丸太柵工	柳枝工	丸太柵工	植生マット工	柳枝工
標高（m）	77～78	カラズザンショウ※	シロダモ	エノキ※ シロダモ	アカメガシワ カマツカ ムラサキシキブ（半枯）	ネムノキ
	76～77	カラズザンショウ※ アカメガシワ※	シロダモ センダン	エノキ※ クマノミズキ ムクロジ シロダモ	裸地	裸地
	75～76	裸地	センダン	センダン センダン※	裸地	
	74～75		センダン			
	73～74		センダン カラスザンショウ ネムノキ		センダン シロダモ	
	72～73		センダン※		センダン アカメガシワ	
	71～72		センダン シロダモ		裸地	
	70～71		裸地			

※冠水を経験したと考えられる実生

b) 試験施工の評価

2009年の天ヶ瀬ダム貯水位を図－３に示す．



図－３ 2009 年天ヶ瀬ダム貯水位

施工後，3月末までに貯水位はEL.75.3m まで上昇し5月中旬までEL.75m前後の水位が継続している．現地調査で生育，カルス形成が確認できた挿し木は全てEL.75m 以上の標高帯に位置し，これより低位の挿し木にはカルス形成の痕跡が見られなかった．

挿し木が発根する際には根系部の呼吸が活発になるため，土壌中に十分な酸素が供給されることが重要となる．しかし，EL.75m 未満の挿し木はこの期間中（4～5月）は冠水状態にあり，必要な酸素が供給されなかったため発根出来なかったものと考えられる．

また，一般的に挿し木は乾燥に弱く施工に際しては乾燥に対する十分な配慮が求められる．しかし，試験施工の挿し木は乾燥し易い時期に施工を行い，かつ，施工後に土壌とともに挿し木が乾燥したため衰退・枯死に至ったものと考えられる．

ウツギ挿し木の枯損原因は上記に加え，不適切な施工方法（直挿し方式）に起因する発芽・発根不良によるものと考えられる．

ウツギ，ナガバヤブマオ播種の消失原因は発芽，定着前の冠水等による流亡以外にも他の植物による被圧（※樹木が日照環境で他の植物より劣位となり，有効な日照を得ることができないこと．）による衰退・消失が考えられる．

※2012年11月21日のモニタリングにおいて，2008年試験施工で唯一生育していたアカメヤナギの枯死を確認した．枯死の原因は夏季の土壌乾燥によるものと考えられる．

(4) 天ヶ瀬ダム湖岸緑化における課題

試験施工から明らかとなった天ヶ瀬ダム湖岸緑化の課題を整理する．

a) 挿し木，播種の限界

一般的に挿し木の施工適期は梅雨期である．しかし，梅雨期に緑化のための作業を行うことはダム管理上問題がある．また，播種についても種子の発芽時期は他の植物の成長も旺盛な時期であり被圧等の影響を受ける．

挿し木や播種には材料調達や施工の容易さなどのメリットがある反面，施工時期や周辺の影響を受けやすいなどの課題がある．

b) 土壌乾燥への対応

水位変動域の裸地斜面も上部と下部では冠水日数や乾燥の程度などその環境は大きく変わる．斜面上部では冠水よりも土壌の乾燥が問題になる．一般的にヤナギ類は耐浸水性には優れているが乾燥には弱い．

裸地斜面上部ではヤナギ類以外のダム湖岸の乾燥に耐え得る緑化候補種が必要である．

c) 緑化資材の調達

ヤナギ類以外に緑化候補種を選ぶとしても挿し木に向かない種も多い．仮に，苗木植栽を行うとしても，周辺地域に自生する在来種苗（地域性苗）は市場性がなく苗木の確保が課題である．

d) 環境変化への対応

ダム湖岸に移植した木が活着したとしても，安定して湖岸に根付くまでさらに数年を要する．ダム湖岸の厳しい環境下で生き残るには木が持つ生命力を引き出す方法が課題である．

(5) 天ヶ瀬ダム湖岸緑化における可能性

天ヶ瀬ダム湖岸緑化の可能性を整理する．

a) 苗木植栽の可能性

・苗木植栽の移植適期は冬期であるが，ポット苗であれば**通年施工**も可能である．これなら移植時期を選べるためダム管理上も都合が良い．さらに不織布製ポットを用いることで移動や植栽が容易になる．

b) 斜面上部の可能性

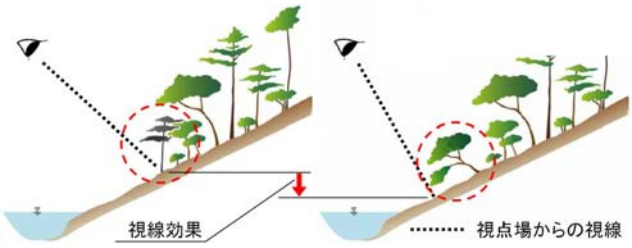
・**裸地斜面上部は**乾燥傾向とはいえ比較的“環境”が安定している．ダム湖岸緑化を進めるにあたって，試験施工での活着実績がある**裸地斜面上部**から進めた方が活着率の向上が期待できる．

c) 広葉樹の可能性

・冠水頻度が低い斜面上部であればヤナギ類以外の広葉樹にも対象を広げることができる．

手引き（案）でも水位条件が年間冠水日数90日未満ならケヤマハンノキ（広葉樹）の緑化が可能との目安を示している．天ヶ瀬ダムでは**概ねEL.76m**（5カ年平

均；2007年～2011年）に相当する．
・広葉樹には乾燥に強い種や根を地中深く貫入させる種，枝を横方向へ張り出す種など多様な性質の種がある．根を地中深く貫入させる種であれば緑化のための緑化基礎工は必要としない．
また，枝を張り出すことで，視点場からの視線を遮る効果も期待できる．（図－４）
・広葉樹の多様な性質の中からダム湖岸の**厳しい環境に適応する種**が活き残る可能性はある．



図－４ 広葉樹の視線効果

4. 天ヶ瀬ダム湖岸緑化における新たな取り組み

(1) 天ヶ瀬ダム湖岸緑化における解決策の模索

2011年度，天ヶ瀬ダム湖岸緑化の解決策を探るため，実験を行った．

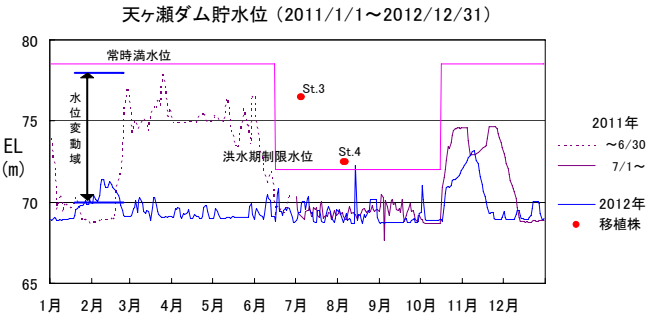
a) 挿し木の発根実験

手始めに挿し木の発根メカニズムを理解するため室内で発根実験を行った．
ダム周辺から採取（2011/4/11）したヤナギ，ウツギの枝を水につけ暗所で養生してみた．（写真－２）
4日後（4/15），ヤナギ枝でカルスの発生が見られ，9日後（4/20）に発根が確認できた．その後，枝葉の伸展も見られた．一方，同様に実験を行ったウツギについては発根は見られなかった．

写真－２ 挿し木発根実験

b) 裸地斜面への植栽

先の実験で発根したヤナギ枝をプランターに移植し養生を行ったところ枝葉の顕著な成長が見られた．
そこで，2回に分け苗木として試験施工区（St.3，St.4）への移植を試みた．（2011/7/4 12本，8/5 16本，計28本）
2012年11月21日にモニタリングを行った結果，移植した28本中3本（St.3 EL.76～77 1本，St.4 EL.72～73 2本）が活着・生存していた．（活着率10.7%）特に移植した苗のうち，St.4へ移植した苗は2011年10月20日～12月3日の間，冠水を経験していた．（図－５）
以上により，苗木植栽工で活着率の改善が見込めることが確認できた．



図－５ 2011 年～2012 年天ヶ瀬ダム貯水位

c) シカ食害問題

1回目の移植後（2011/7/11），現地確認を行ったところ移植した苗木がシカ食害に遭遇していた．急遽，試験施工時の食害対策工（ヘキサチューブ）を流用したところ，幸いにも苗木は3週間（2011/8/5）で復活した．移植後，わずか１週間でシカ食害に見舞われたことでダム湖岸緑化にとってシカ食害は避けて通れない問題であることを再認識させられた．
一方で，食害対策工として使用したヘキサチューブには種々の問題点が指摘されている．実際に今回ダム湖岸に移植した苗木も背は高いものの細く，枝葉を広げることができずに成長不良を起こしていた．（写真－３）
2007年度の検討では緑化植物の選定でシカの忌避性を考慮していた．しかし，植物のシカ忌避性については不確定なことも多く過度に期待すべきではない．
新たなシカ食害対策工の検討が必要である．

写真－３ 成長不良を起こしたヤナギ（St.4）

d) 緑化資材の調達

2012年3月，広葉樹苗を調達するため天ヶ瀬ダムに隣

接する天ヶ瀬森林公園で実生の採取を行った．
すぐにダム湖岸へ移植できそうなサイズの実生（2～3年生）は根が深部まで拡がっており採取に苦労した．一方，１年生程度の幼木であれば採取は容易であるが，見るからにひ弱で移植可能なサイズになるまで養生が必要であった．
採取した実生（16株）は事務所構内に設けた試験圃場で養生を行った．　（写真－４）
　2012年11月，天ヶ瀬森林公園で緑化候補種の種子採取を行い15種の種子を採取することができた．

写真－４　事務所構内に設けた試験圃場

(2) 天ヶ瀬ダムにおける裸地対策の新たな方針

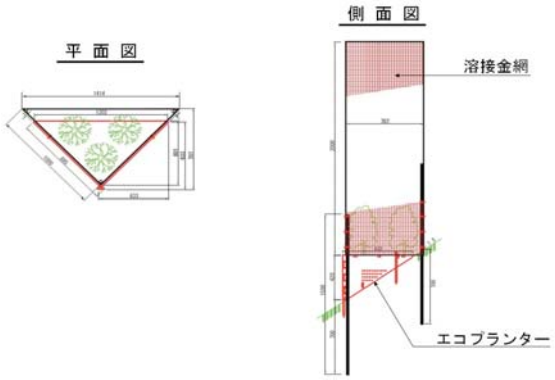
　試験施工やその後の試行錯誤の成果から天ヶ瀬ダムにおける湖岸裸地対策の新たな方針を策定した．

a) 緑化方針

・植栽は挿し木，播種だけでなく苗木植栽も実施する．
・当面，湖岸緑化はEL.76mを中心に実施する．
・緑化植物は天ヶ瀬ダム周辺で確認されている樹種から耐浸水性やシカ忌避性，耐陰性，根系特性等を勘案し広葉樹を中心に対象樹種を広く選定した．
・緑化植物はシカ忌避性を有する植物を選定することが望ましいが，日照および耐浸水性等に優れた樹種を優先的に選定する必要があるため，シカ食害対策工の併用を前提とする．
・草本類（１年草や多年草）による緑化は周辺からの侵入が期待でき，逆に環境によっては外来植物が優先することも考えられる．外来植物に関しては木本類との組み合わせにより在来種への転換も可能である．
　裸地対策としては木本類による緑化を目指すこととする．

b) シカ食害対策工

・苗の成長を阻害せず，ダム湖流介物（大量のゴミや流木）に耐え得る強度を有する食害対策工を現地条件に応じて実施する．
・三角型金網方式（単木保護タイプ）
　補助工としてエコプランター（簡易土留め工）を使用することで急斜面でも施工可能．　（図－６）
・金網被覆方式（面的保護タイプ）
　シカの踏み込みに耐えうる構造．周辺からの侵入植生も期待できる．



図－６ 食害対策工（三角型金網方式）

c) 植栽方法

・自然配植法の考え方に基づき，現地に適応した樹種を増やしていくことを目標とする．植栽は同種あるいは異種の植物を寄せ集めて植える寄せ植え方式とし，必ずしも等間隔に植える必要はない．寄せ植えすることで上に伸びる木や横に枝を張ろうとする木など木の個性が生まれることを期待する．

自然配植法とは
　地域性の高い様々な樹種を導入し，高木・中木・低木からなる異齢林を築くことを前提とした工法．生物多様性の高い異齢林が形成されやすいと考えられる．自然配植法では，基本的に苗木が使用される．景観や日当たり等を勘案し，苗木を粗密に配置して施工する．

d) 緑化資材の調達

・緑化に用いる苗木は樹種の性質を考慮し挿し木や種子，実生採取などの方法を用いて生産する．
・苗木は天ヶ瀬ダム周辺から採集した緑化資材を利用する．（地域性苗の利用）
・事務所構内に苗木養生のための試験圃場を整備する．
・苗木は不織布製ポットに入れて養生を行う．
・緑化資材調達のため採取可能時期，場所，樹種の見分け方などをまとめたカレンダーマップを作成する．
・苗木の確保にあたっては住民との協働についても検討する．

e) 作業手順書の作成

・ダム湖岸裸地対策は長期に渡る取り組みである．担当者が替わっても“継続できる”仕組みが必要である．そのための手立てとして，緑化資材の調達から苗木づくりの方法や食害対策工の仕様，現地への移植方法，モニタリングなどの各作業を手順書にまとめた．手順書は一連の作業を自分たちで体験するなかでダムの管理体制を考慮して取りまとめた．
・作業手順書はＰＤＣＡサイクルに基づく見直しを行う

ものとする．

5. 苗木づくりのための住民との協働

新しい裸地対策方針では毎年，多くの苗木が必要となる．しかし，苗木づくりには手間と時間がかかるため苗木確保は最大の課題であった．

そんな中，天ヶ瀬ダムに隣接する天ヶ瀬森林公園を主な活動フィールドとする森林ボランティア「フォレスターうじ」が，山で拾ってきたドングリから苗木を育て森づくりを行っているという情報を耳にした．

そこで，フォレスターうじ役員に天ヶ瀬ダムにおける裸地の現状や苗木づくりについて相談したところ協力いただけることになった．

2012年12月16日（日），宇治市中央公民館でフォレスターうじの会員を対象とした「苗木づくり講習会」を開催した．（写真－５）

講習会では森づくりの意義や天ヶ瀬ダム湖岸の現状について説明．その後，天ヶ瀬森林公園周辺で採取した種子を使い苗木づくりを行った．

出来上がった苗木は会員が自宅で育て，今後の天ヶ瀬ダム湖岸裸地対策に活用することとしている．

写真－５ 苗木づくり講習会（2012.12.16）

6. 今後の課題

(1) 手順書の改善

ダム湖岸緑化を成功させるにはダム湖岸の条件にあった植栽を行うことが重要である．

移植した苗が枯死した場合，原因が冠水によるものか土壌の乾燥によるものか，あるいは，移植した苗木の適性がその場所に合っていたのかなどを評価する．植栽した苗木が活着した場合も同様である．

ダム湖岸の条件と適合する樹種には幅があることを考慮したうえで評価結果を各作業に遡って見直すなど，ＰＤＣＡサイクルに基づく手順書の改善を行うことが重要である．

(2) 苗木里親制度の構築

今後，裸地対策範囲が拡がり，さらに苗木が必要となる場合に備え，苗木里親制度の構築を検討する．

ダム湖岸裸地対策に用いる苗木を天ヶ瀬ダム下流域の住民に自宅で育ててもらう．ダム水源地域と下流域の住民をつなぐきっかけになるものと期待している．

7. まとめ

これまでの裸地対策は挿し木や播種などなるべく手間のかからない緑化工で一気に緑化しようとするものであった．しかし，こうした方法では活着・発芽時の気象条件やダム湖水位などに大きく左右されるため，結果的には効率の悪いやり方になっていた．

それならば，手間はかかるがより活着しやすい苗木植栽に挑戦出来ないか．

あらかじめ必要な苗木を準備しておく．苗木はポット苗で仕立てておけば，時期を選ばず植栽することができる．これならばダム管理上も都合が良い．枯れても補植することで確実に緑化範囲を増やしていく．

ダム湖岸裸地対策で扱おうとしているものは“生き物”である．“生き物”に合わせた管理，“順応的管理”が必要である．

そのための手立てとして“継続できる”仕組みづくりが必要であった．

試行錯誤はこれからも続く．

天ヶ瀬ダムにおける裸地対策に関わった者一人として，これからの成果を見守っていきたい．

本論文は著者の前任地である，淀川ダム統合管理事務所での成果を取りまとめたものである．

以上