

鵜川ダムにおけるビオトープ整備の効果検証

坂口 幸太¹・大島 正憲²・加藤 弘明³

¹ 八千代エンジニアリング株式会社 (〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー)

E-mail: yt-sakaguchi@yachiyo-eng.co.jp

² 正会員 八千代エンジニアリング株式会社 (〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー)

E-mail: ms-oshima@yachiyo-eng.co.jp

³ 新潟県 柏崎地域振興局 (〒945-8558 新潟県柏崎市三和町 5-55)

E-mail: kato.hiroaki@pref.niigata.lg.jp

鵜川ダム等の補助ダム事業では、フォローアップ制度等に該当しないため、環境保全措置等について事後の長期的なモニタリングを行い、その効果や維持管理のあり方について報告された事例は少ない。本研究では、鵜川ダム事業に係る保全対策として、ビオトープ整備およびモニタリング結果から整備効果について評価を行った。まず、ビオトープの整備においては、周辺環境の特徴を考慮し、物理環境条件（樹林等の陰影による陽光の変化、水深の深浅等）を踏まえた湿地環境の造成を実施した。次に、モニタリングによる動植物の生育・生息状況、移植種、侵入個体、外来種等の結果から整備効果の評価を行い、今後の維持管理手法の留意点や方針を示した。

Key Words: biotope, environmental conservation measures, environmental assessment, monitoring, transplant

1. はじめに

ダム事業においては、掘削・盛立て等の土地の改変やダム堤体、附属設備を整備するに際して、周辺環境に与える影響について工着手前に環境調査を行い、生物の生息・生育環境への影響の程度を予測・評価し、影響が予測される場合には、生物の生息・生育環境に与える影響を実行可能な範囲で回避・低減できるよう環境保全措置を講じている。国土交通省及び水資源機構のダムにおいては、建設から管理への移行について「ダム等の管理に係るフォローアップ制度」によりモニタリング調査を実施し、モニタリング委員会、フォローアップ委員会等で環境保全措置の整備効果について報告を行うこととなっている。しかしながら、鵜川ダム等の補助ダム事業では、フォローアップ制度等に該当しないため、環境保全措置等について事後の長期的なモニタリングを行い、その効果や維持管理のあり方について報告された事例は少ない。

ここでは、鵜川ダム建設事業において改変区域に存在し、事業により消失するため池・湿地等の湿地環境の環境保全措置として整備したビオトープについて、整備後約 13 年間のモニタリング結果を踏まえた整備効果を報告するとともに、今後、管理に移行し、人的資源が乏し

くなる際のビオトープの維持・管理のあり方について報告を行うことを目的とする。

2. 研究の概要・背景

(1) 鵜川ダムの概要

鵜川ダムは新潟県土木部が柏崎市の鵜川の河口から約 17km 地点に建設中の治水ダムで、堤高 55m、堤頂長 267m、堤体積 944,000m³の中央コア型ロックフィルダム、湛水面積は 0.44km²である。平成 16 年に本体着工を開始し、令和 7 年度に試験湛水・供用開始を予定している。

(2) 鵜川ダムの周辺環境の特徴

鵜川ダム事業区域周辺には折居、拝庭、餅狼、宮原等の集落が存在し、古くから稲作が営まれ、鵜川及び支川の谷筋の平地は水田として利用され、ため池等が点在し、図-1 に示すように①湧水により形成された湿地、②用水供給のためのため池、③融雪出水が流入し湿地化した放棄水田、④凹地地形に形成された湿地等の湿地環境が分布する。

鵜川ダムでは工事実施前の平成 13 年~14 年において、動植物に関する現状把握調査を実施した。この結果、ダ

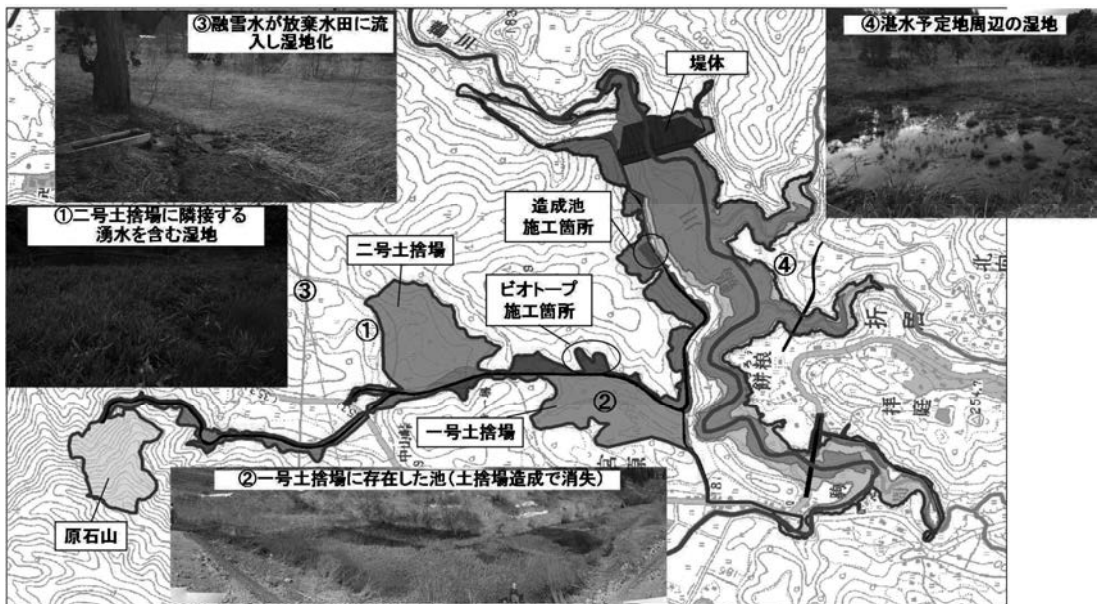


図-1 鶴川ダムの周辺環境

ム周辺の湿地環境ではフトヒルムシロ、ミクリ、アギナシ等の重要な水生植物の生育環境、メススジゲンゴロウ、タイコウチ等の重要な水生昆虫の生息環境となっており、クロサンショウウオ等の重要な両生類の産卵場としても利用され、地域の特徴的な環境として把握した。

しかし、これら湿地環境は図-1 に示すように土捨場等の改変区域に多く存在することより、土捨場の造成により地域の特徴的な湿地環境が消失し、重要な水生植物、水生昆虫及び両生類の生息環境に影響が生じるものと考えられた。特に、水生植物のフトヒルムシロ、アギナシ等は生息環境の30%以上が消失し、影響が大きい種として予測された。このことより、土捨場工事で消失する湿地環境を対象に地域の特徴的な生態系を保全するためピオトープを整備し、湿地環境を創出することで、地域の重要な水生植物、水生昆虫、両生類の生息環境への影響を低減するために環境保全措置を検討することとした。

3. 研究の内容

(1) ピオトープの整備方針と条件

環境保全措置の検討に際しては、湿地環境に生育する水生植物は、消失する湿地環境から移植することが基本となる。また、水生昆虫等では限られた空間で移動能力の小さい種も存在することより、次に示す方針に基づいて検討を行った。なお、ピオトープの整備に際しては柏崎地域の自然環境に精通した植物、昆虫類、鳥類及び両生類の有識者と協議を行いつつ、検討を行った。

- ・事業により消失する鶴川ダム周辺の特徴的な環境であ

る湿性地の保全・再生を図る

- ・生物種の移動を伴う措置では生態的攪乱に配慮し、既存生育・生息地に近い地区で実施する
- ・ダム計画により消失・劣化する環境を実施可能な範囲で量的・質的な代償を目指す
- ・生物種の移動を伴う措置で移動先に既存個体群が存在する場合には、新規加入個体群の生息環境の拡充を図る（既存個体群の生息環境は保持する）

また、ピオトープの整備に必要な条件¹⁾²⁾³⁾は湿地環境が形成される平坦地形が必要であること、水生生物が生息できるよう常時安定した水源が必要であること、クロサンショウウオのように成体は森林に生息することより、近傍に森林環境が必要であった。このような条件と環境保全措置の検討方針を踏まえて、ピオトープの整備箇所は、次に示す理由より、一号土捨場に隣接する資材置場を整備箇所として選定した。

- ・保全対象の生息地（一号土捨場）に隣接し、工事用道路に面している
- ・適度な平地が存在し、周辺は自然林に囲まれた状況である
- ・平地と自然林との境界部には、自然林から流出してくる小溪流が2箇所存在する
- ・工事用道路側から対象地奥に向けて緩やかな登り勾配となっており、周辺自然林からの排水を工事用道路沿い水路へ排水できる

(2) ピオトープ整備の考え方

鶴川ダムの土捨場計画地に分布する湿地環境は、水深があるため池、林縁に接した湧水環境の湿地、水面が殆

ど見えない湿地や放棄水田等、水深、静水面の存在、日当たりや林縁の緑陰等、多様な物理環境を有する。このことより、ビオトープの整備の考え方は、図-2 に示すように、保全対象種の生息環境や生活史を把握の上、生育・生息に必要な環境要因を整理の上、ビオトープ整備箇所の現地調査を行い、整備方針の決定を行った。

なお、保全対象種は環境省や新潟県のレッドリストに該当する種や有識者の意見を踏まえて周辺地域の特徴的な環境である湿生環境に着目し、そこに生息する水生植物やクロサンショウウオを中心に選定した。

表-1 は保全対象種の生育・生息に必要な環境を整理したものである。これらを踏まえビオトープ整備の考え方は次のとおりとし、ビオトープの整備タイプとして①明るく深い池、②明るく浅い池、③暗く浅い池の3つの

タイプの異なる湿地環境を整備することとし、図-3 にビオトープの整備イメージを示す。

- ・池、湧水等想定し、常時水を確保できること
- ・樹林等による陰影を確保でき、陽光の変化を持たせること
- ・水深の深浅等、地形の変化を持たせること

(3) 造成池について

ビオトープの整備に際しては、整備に時間を要することより、平成 16 年の本体着工にあわせて整備することが難しかった。このことより、ダムサイト近傍のコア採取予定地にビオトープの整備箇所と類似した環境が存在したことより、試験施工を踏まえた造成地を先行整備することとした。なお、造成地は平成 28 年に工事用コア採取のため改変され消失した。

表-1 主な保全対象種の特徴と整備タイプ

池名	整備目標	保全対象種	重要種※1	生息・生育環境
1池	クロサンショウウオの生育に適した環境の整備(山付部のやや暗い環境を活かした水深の浅い池を整備する)	クロサンショウウオ	環境省:NT 新潟県:NT	・成体は山地の林床部の落葉、倒木、石の下。幼体は止水性 ・森林や湿原が隣接していることが必要である ・魚類がいない方が望ましい ・水深は0.5m程度がよく、1.5mまでは深すぎる
2池	湿地性、放棄水田に生育する種に適した環境の整備(明るく水深の浅い池として整備する)	アギナシ	環境省:NT 新潟県:NT	・清・または水沢に生える多年草。放棄水田で確認 ・明るい過湿地又は水深0.2mまでの水域 ・池の場合には水際の緩傾斜構造(水際エコーン必要) ・林内池のような暗い場所は不向き。水深が深いと不向き
		オオニガナ	新潟県:VU	・山麓や低山の湿地に分布。放棄水田で確認 ・明るい過湿地又は水深0.2mまでの水域 ・基本的には水深5cm未満の過湿地が良い ・日当たりもやや明るい方を好む
3池	ため池や池沼に生育する種に適した環境の整備(明るい環境かつ水深は浅く～水深1.5m程度まで段階的に整備する)	フトヒルムシロ	新潟県:NT	・湿地に生える多年草。ため池で確認 ・明るい水域で水深0.5～1.5m程度 ・林内池のような暗い場所は不向き ・軟泥質であれば土壌を選ばない
		イヌタヌキモ	環境省:NT 新潟県:VU	・ため池、水田等に生育する浮遊性の多年草 ・明るい水域で水深は1.0m以下程度がよい ・軟泥質であれば土壌を選ばない

※1 重要種の凡例は環境省レッドリスト(EN:絶滅危惧ⅠB類,VU:絶滅危惧Ⅱ類,NT:準絶滅危惧DD:情報不足),新潟県レッドリスト(EN:絶滅危惧ⅠB類,VU:絶滅危惧Ⅱ類,NT:準絶滅危惧)

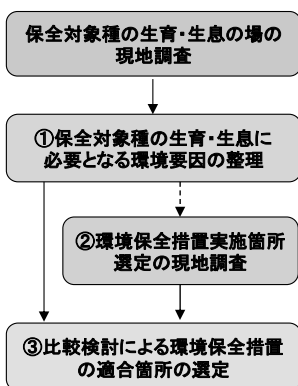


図-2 ビオトープの整備方針

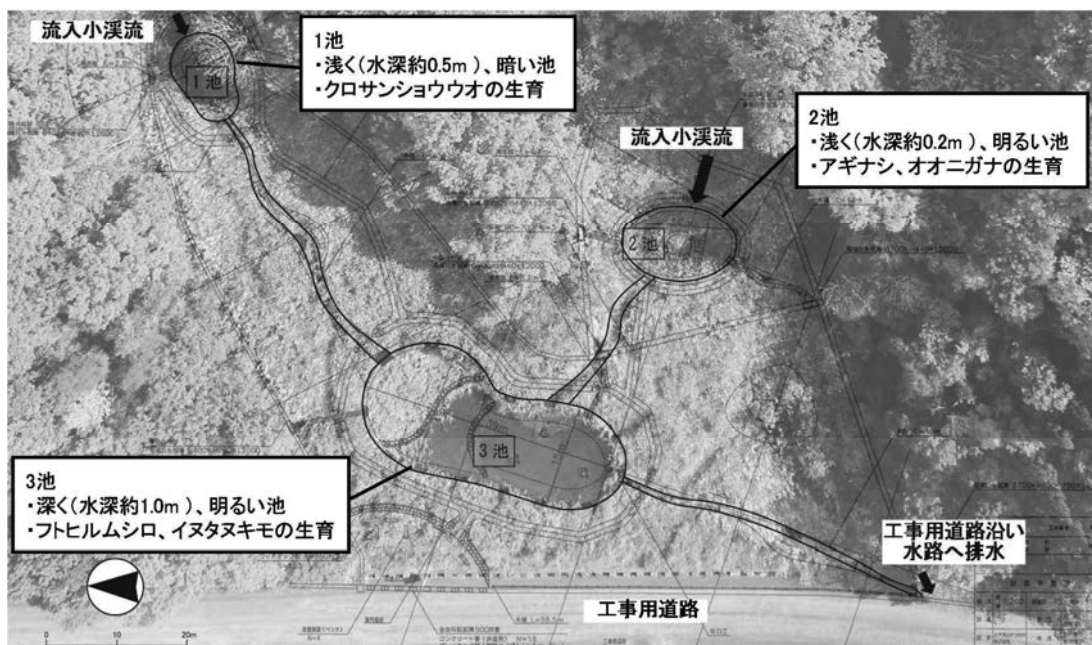


図-3 ビオトープのイメージ

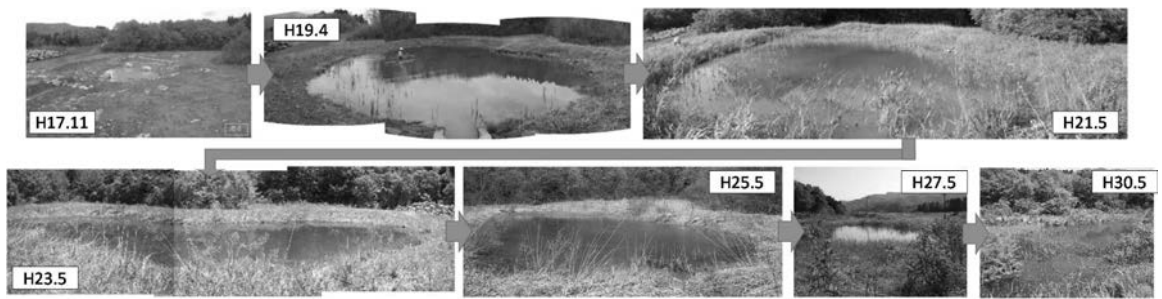


図4 3池（深く・明るい池）の景観状況の変遷

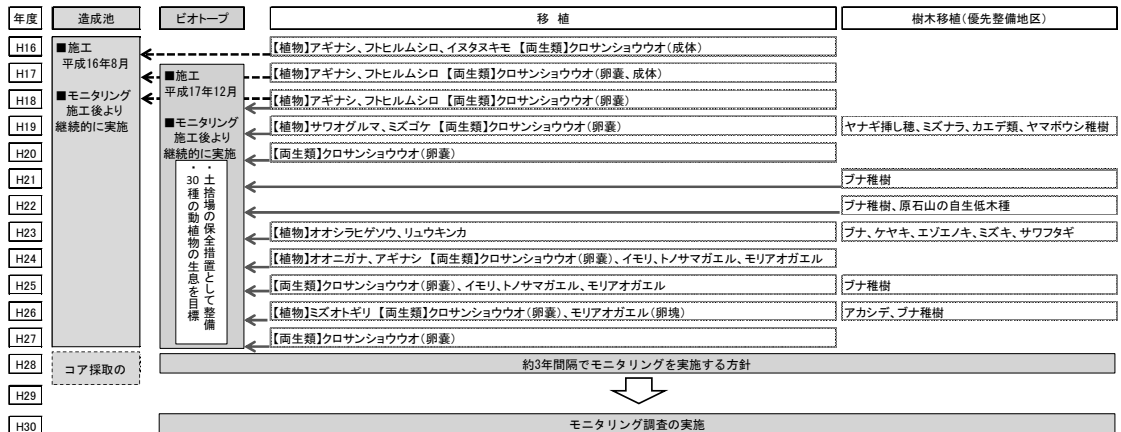


図5 移植の実施状況

(4) モニタリング手法

モニタリングは、ビオトープ施工開始後の平成 18 年より 1 池～3 池ごとに水生植物相、昆虫類相、両生類相の調査を継続的に実施している。また、生物の生息基盤となる植生整備のため、樹木の移植も併せて実施し、景観状況とともに植栽木の生存状況や侵入木について調査を実施した。3池の景観状況の変遷を図-4に示す。

保全対象種の移植は、図-5に示すような植物、両生類を実施しアギナシ、フトヒルムシロ、クロサンショウウオの卵塊等について、経年的な定着の有無をモニタリングした。なお、平成 27 年までは毎年、移植を含むモニタリングを実施してきたが、ある程度の成果が得られたことから、ビオトープ造成 10 年を区切りに平成 28 年以降は自然の変遷に委ね、約 3 年間隔でモニタリングを実施する方針とした。

4. 研究の結果と考察

(1) 重要な水生植物

重要な水生植物の確認状況を表-2に示す。過年度に移植を行った重要な種のうち、アギナシ、オオシラヒゲソウは平成 30 年時点で未確認となっているものの、6種の重要な種の生育が確認されている。また、オオシラヒ

ゲソウ以外の種については、現在確認されていないアギナシやマルバノサワトウガラシのように過去には継続的な生育が確認されており、造成後概ね 5 年程度で水辺・湿地に生育する種の生育可能な環境となっていることが伺われる。ビオトープが整備された平成 17 年度の翌年に、重要な種であるアギナシ、フトヒルムシロの移植が実施されて以降、水深の多様な環境を活かし、湿潤な環境を好む多くの種が移植されている。さらに、平成 30 年度調査においては、自然侵入と考えられるイヌタヌキモ、シズイ、ヤナギスズタが確認されている。

(2) 植栽樹木

ビオトープに移植した植栽木と侵入木の生残率を表-3に示す。移植木については、平成 30 年時点では移植数の 51%が生残し 65 本、侵入木は 88%が生残し 42 本が確認された。

造成直後のビオトープでは一年生草本が優先する環境であったが、10 年経過後の平成 27 年度のモニタリング調査においては、多年生植物の割合が多くなるとともに、周辺環境より進入したネムノキ、オニグルミ、ヌルデ、エゴノキ等の木本類の生育が確認されるようになった。徐々に周辺環境より植生が進入し遷移が進行することで、生物の生息基盤として整いつつある様子が確認された。しかし、移植木については、移植地の環境（平坦な地

表-2 重要な植物の確認状況

No.	種名	重要種※1	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29※4	H30	
									詳細調査未実施※3							
1	アギナシ	環:NT,新:NT	移※2	●	●	●	●	●	移		●		調査 未 実 施	●	●	
2	フトヒルムシロ	新:NT	移	●	●	●	●	●				●				
3	サワオグルマ			移	●		●	-								●
4	オオシラヒゲソウ	新:VU						移								
5	リュウキンカ	新:VU						移				●				●
6	オオニガナ	新:VU						移	移	●	●	●				●
7	ミズオトギリ										移	●		●		●
8	イヌタヌキモ	環:NT,新:VU		●		●		●				●		●	●	●
9	シズイ	新:VU														●
10	マルバノサワトウガラシ	環:VU,新:EN			●	●	●	●								●
11	ヤナギスズナ	新:VU			●	●	●	●				●				●
11種			9種	0種	3種	5種	5種	5種	4種	0種	1種	3種	5種	-	2種	8種

※1 重要種の凡例は環：環境省レッドリスト(EN:絶滅危惧ⅠB類,VU:絶滅危惧Ⅱ類,NT:準絶滅危惧DD:情報不足)。

新：新潟県レッドリスト(EN:絶滅危惧ⅠB類,VU:絶滅危惧Ⅱ類,NT:準絶滅危惧)

※2 「移」は移植実施を示す

※3 H24～H26の調査は、移植種を対象に調査を実施した結果である

※4 H29の調査は、鵜川ダム周辺を対象とした調査時にビオトープを調査した結果で、例年とは努力量が異なる

表-3 植栽樹木と侵入樹木の生残率

移植樹木						侵入樹木					
種名	移植年	移植数	H27	H30	生残率	種名	侵入年	侵入数	H27	H30	生残率
アカシデ ブナ	H26	21	17	7	33%	アカマツ	H30	3		3	100%
	H21	7	6	6	86%	オニグルミ	H27以前	13	12	11	85%
	H22	18	13	10	56%	シロヤナギ	H27以前	1		1	100%
	H23	32	16	11	34%	ヤマハンノキ	H30	1		1	100%
	H25	4	4	3	75%	ミズナラ	H30	1		1	100%
コナラ	H19	4	4	4	100%	コナラ	H27以前	1	1	1	100%
エゾエノキ	H23	12	10	10	83%	ホオノキ	H30	1		1	100%
ケヤキ	H23	9	9	5	56%	ネムノキ	H27以前	12	12	11	92%
ダムシバ	H22	3	1		0%	イヌエンジ	H30	1		1	100%
アカメガシワ	H22	1			0%	スルデ	H27以前	1	1	1	100%
ヤマモミジ	H19	4	4	4	100%	イタヤカエ	H27以前	1			0%
コハウチワカエ	H19	1	1	1	100%	エゴノキ	H27以前	7	5	5	71%
ヤマボウシ	H19	2	1	1	50%		H30	1		1	100%
ミズキ	H23	1	1		0%	合計		48	31	42	88%
ウミズザクラ	H19	1	1	1	100%						
サワフタギ	H23	1	1		0%						
ヤマトアオダモ	H22	1	1		0%						
マルバノサワダモ	H22	1			0%						
合計		127	93	65	51%						

形)、外来種(イタチハギ等)の侵入、草本類や蔓性植物の繁茂による被植圧により、成長が阻害されて、生残率を低くしているものと推定される。

(3) 水生動物

a) 重要な種の確認状況

重要な種については、ゲンゴロウ類・ミズスマシ類・ガムシ類の生息が確認されており(表-4)、沈水植物・抽水植物の定着が大きく影響しているものと考えられる。特に、ゲンゴロウについては、幼虫の確認により(H27夏季:1池・3池横)、繁殖環境として利用されていることが確認されており、ゲンゴロウ等の水生昆虫類にとって良好な生息環境として機能しているものと推察される。

b) クロサンショウウオ卵囊の確認状況

当初の主要な保全目標であった、クロサンショウウオの移植については、表-5に示すように自然産卵が継続的に確認されており、移植の効果が現れたのは、概ね平成22年度以降であると考えられ、安定的に再生産が行われていると考えられる。一般的には孵化後5年で繁殖に参加できるとされていることから、産卵個体はビオト

ープの周辺において定着していると考えられ、今後も安定的な繁殖活動が予測される。

c) 確認種の変遷

クロサンショウウオ以外の移植を実施した生物としては、アカハライモリ、トノサマガエル、モリアオガエルが挙げられ、いずれの種についても移植後継続的に確認されており、特にアカハライモリ、モリアオガエルについては、幼生・卵塊の確認頻度も高いことから、当該種について良好な繁殖環境が確保されているものと考えられる。環境指標性の高いトンボ類は、平成30年度時点において30種には満たないものの、種数の増加が確認できている。トンボ類の特徴としてアオイトトンボ、オツネイトンボ等の抽水植物に産卵を行う種やギンヤンマ、エゾイトンボ等の浮葉・沈水植物に産卵を行う種が確認されるようになったこと、1池では平成27年度以降に暗環境下の広くて浅い水面に産卵するタカネトンボが確認されたことが挙げられる。昆虫類・両生類の確認種数の変化は図-6に示すとおりであり、全体として概ね5年間で安定してきたものと考えられる。

(4) 生息生物種の多様性について

平成30年度調査時には、昆虫類、両生類、爬虫類に加え鳥類、哺乳類等を加えてビオトープで確認された生物を定量的に整理した。最も確認されたのは昆虫類67種、396個体、次いで両生類が8種、91個体であった。

そこで、現状の生息生物について以下の式(1a)よりSimpsonの多様度指数⁴⁾を算出した。1-λ: Simpsonの多様度指数、S: 種数、ni: i番目の種の個体数、N: 全個体数である。

$$1 - \lambda = \sum_{i=0}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \quad 0 \leq 1 - \lambda < 1 \quad (1a)$$

この多様度指数は0～1の範囲内で、1に近づくほど多様度が高いと評価できる。平成30年度の多様度は、0.97という非常に大きい値を示し、経年的な比較はできないものの、生物生息種の多様性は高いと考えられる。

表4 重要な水生生物の確認状況

No.	種名	重要種 ^{※1}	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29 ^{※4}	H30
1	クロゲンゴロウ	環・EN		●	●	●	●	●			●	●		●	●
2	ゲンゴロウ	環・NT・新・VU			●			●				●		●	●
3	マルガタゲンゴロウ	環・VU			●			●				●		●	●
4	シマゲンゴロウ	環・NT		●	●									●	●
5	キベリクロヒメゲンゴロウ	環・NT				●		●				●		●	●
6	ヨウベツゲンゴロウ	環・NT												●	●
7	オオミズスマシ	環・NT										●		●	●
8	ミズスマシ	環・VU				●		●				●		●	●
9	スジヒタガムシ	環・NT					●	●				●		●	●
10	ヨガムシ	環・DD				●	●	●				●		●	●
11	ガムシ	環・NT			●	●					●	●		●	●
12	クロサンショウウオ	環・NT・新・NT	移	移	●	●	●	●	移	移	移	●		●	●
13	アカハライモリ	環・NT・新・NT			●	●	●	●	移	移	移	●		●	●
14	トノサマガエル	環・NT・新・VU	●	●	●	●	●	●	移	移	移	●		●	●
15	モリアオガエル	環・NT			●	●	●	●	移	移	移	●		●	●
	15種	15種	1種	4種	7種	9種	7種	10種	0種	1種	6種	11種	—	12種	11種

※1～※4は、表-2の注釈と同様

表5 クロサンショウウオ卵塊の確認個体数

項目	H18	H19	H20	H21 [※]	H22	H23	H24 [※]	H25	H26	H27	H28	H29	H30
移植数	21	13	12				(38)	528	75	27	未調査	未調査	
確認数	1	1	11	1	11	19		50	39	29	未調査	未調査	34

※ H21・H24は調査時期が例年より遅い時期で卵塊の確認が少なかった。なお、()は幼生の個体数である

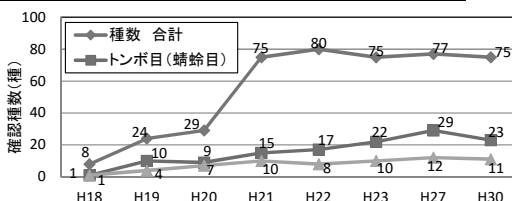


図-6 昆虫類・両生類の種数の経年変化

5. おわりに

本研究で得られた結論は以下の通りである。

(1)ビオトープの整備においては、周辺環境の特徴を考慮し、物理環境条件（林等の陰影による陽光の変化、水深の深浅等）を踏まえた湿地環境の造成を実施したことが効果的だったと考えられる。

(2)モニタリング結果から生物相の種数の増加や移植した重要な動植物（フトヒルムシロ・クロサンショウウオ等）の安定的な定着が確認された。さらに、自然侵入種と考えられるイヌタヌキモ等の重要な水生植物3種、ゲンゴロウ等の重要な水生昆虫7種も近傍のため池等から自然侵入し、経年的に生息が確認され、約5年で安定した環境が形成されることが確認できた。

(3)ビオトープの陸域環境について、外来種（イタチハギ等）の侵入、ススキやヨシ等の草本植生が繁茂し、植栽した樹木等に影響を与えていると考えられる。

以上から鶴川ダムの環境保全措置の一環として整備したビオトープについては、造成初期の継続的なモニタリングにより一定の環境保全目標を満足していると確認する事ができた。今後も数年に1度の調査を実施し、モニ

タリングを継続するとともに外来種、草本類の定期的な伐採等の最低限の維持管理は必要と考えられる。

また、ダム事業が進行する過程で工事区域の拡大、試験湛水により重要な動植物に与える影響が示唆される。改変区域内を含むモニタリング調査を実施する等の対応を講じ、さらなる有効的なビオトープ活用のため、今後、ダム竣工に向けて地域の有識者や自治体等との連携も踏まえた管理方策を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 杉山恵一：ビオトープの形態学—環境の物理的構造，朝倉書店，1995。
- 2) 工業技術会：ビオトープの計画と設計，研修社，1997。
- 3) 亀山章，樋渡達ら：水辺のリハビリテーション—現代水辺デザイン論，研修社，1993。
- 4) 大垣俊一：水多様度と類似度，分類学的新指標，2008。

(Received June 19, 2019)

EFFECTS AND VERIFICATION OF BIOTOPE MAINTENANCE
AT UKAWA DAM

Yuta SAKAGUCHI, Masanori Oshima and Hiroaki KATO

The dam project of Ukawa Dam, etc., since it does not fall under the follow-up system, long-term monitoring of environmental conservation measures is carried out afterwards, and there are few cases in which the ideal way of maintenance and management are reported. First, in the development of the biotope, the creation of the wetland environment was carried out in characteristics of the surrounding environment and consideration of the physical environment condition. Next, this paper evaluates the maintenance effect from the results of growth and habitat conditions of animals and plants, transplanted species, invading individuals, alien species, etc. by monitoring, and shows points of attention and policy of the future maintenance management method.