

水辺環境の保全を目的とした構内ビオトープの造成

荒瀬輝夫*・大石泰治**・内田泰三***

* 信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター

** 信州大学農学部食料生産科学科

*** 北海道大学大学院農学研究科

要 約

水辺環境の創出と保全を目的として、信州大学農学部構内でのビオトープの造成を試みた。造成場所は構内農場とし、基盤工には、郷土資材として演習林内の礫とマサ土を用いた。また、水際とのり面の緑化のため、周辺地域から水生植物、スゲ属植物、灌木類を導入した。動植物相の変化について、植物、水生昆虫（トンボ類）および鳥類について調査を行った。造成前は外来牧草類の疎らな草原であったが、造成1年後には、1年生～越年生の雑草類の優占する群落となり、湿生の草本類の増加と木本類実生の新規参入も認められた。トンボ類は異なる環境に生息する10種が確認された。鳥類は19種が確認されたが、普通種が圧倒的であり、遅れて水辺、農耕地、森林に生息する鳥類がそれぞれ侵入時期をずらしながら少数確認されるようになった。動植物相と物理的環境の複雑な関係も認められたことなどを踏まえ、構内ビオトープの意義について検討した。

キーワード：ビオトープ、植生、鳥類、水生昆虫、緑化

1. はじめに

近年、小中学校などで「ゆとり教育」が重視されるようになり、従来の教科の枠にとらわれない形の「総合学習」が実施されている。学校や教員ごとに、生徒の興味をひきつける様々な試みがなされており、中でもビオトープは総合学習でよく取り組まれている題材の一つである。

ビオトープの原義は、「生物の生息空間の最小単位」である¹⁾。したがって、川や池はもちろん、落葉、石と石の隙間、立木、草やぶ、深海なども、すべてに対応した生物種が存在するためビオトープに該当する。しかし、いわゆる「学校ビオトープ」に見られる形態は、子どもが水辺で自然と触れ合うことのできる親水空間が多いようで、ヨシやガマを植栽した造成池という画一的なものが全国的に見受けられる。その流行の原因についての定説はないが、ア) 小規模な水域でもアメンボ類やカエル等の水辺の生物がすぐに訪れ、教材として紹介しやすいこと、イ) 土木資材や導入する植物などを容易に入手できるので、造成が比較的簡単であること、ウ) 様々な側面をもつビオトープについて1人で網羅できる専門家は存在しないので、造成事例の模倣につなが

たこと、などの事情が推測される。

ビオトープには、対象とする生物（例えばホタルなど）の有無、既存の自然環境を活かす保全型か、新たな造成による創出型かなど、その狙いも様々である。しかし、いずれの場合も重要なのは、造成地周辺の自然環境に調和するものでなければ生態系の攪乱になりかねないということである。そのため、由来不明の生物や、本来そこにはない土石等を投入することは明らかに好ましくない。また、水辺ができれば生物種がすぐに集まるようになるが、それらがどのような素性のものか（生息地はどこか、普通種か希少種かなど）を吟味しないと、種類は多くても異常な生物群集になってしまうおそれがある²⁾。

ここで、信州大学農学部を目を向けると、構内ステーションは中央アルプス山麓に位置し、15.46haにおよぶ附属演習林有するという、豊かな緑地に囲まれた自然環境である。学生を対象とした動植物の分類、観察、調査の授業や、市民向けの観察会なども行われている。しかし、農場地区の水田を除くと水域はごく少なく、周辺地域にある天竜川水系の恵まれた水辺環境を構内で見ることにはできない。演習林内には農業用に掘られた横井戸の水源と水路があるものの、現在では低木類の茂みの中に埋もれ、学内でも存在があまり知られていない状態にある。このような水源地から生み出される水辺環境には、

受領日 2006年1月31日

採択日 2006年2月17日

長年勤務している職員によると、かつてはホタル類 (*Luciola* spp.) が生息していたとのことである。水路沿いにエンコウソウ (*Caltha palustris* L.) などの水生植物が残存しており、往時の状況を窺い知ることができる程度である。

そこで本研究では、水辺環境の復元と、水辺にすむ動植物の生息環境の保全を目的として、農学部構内でのビオトープ造成を試みた。生態系への攪乱がないようにとの考えから、基盤工の資材として、近隣の演習林内から採取できる土石等を、緑化の導入植物として近隣の水湿地から有望と思われる種を用いることを検討した。また、造成経過と造成後1年目の動植物相の変化などを踏まえ、大学構内におけるビオトープ造成の意義について考察した。

2. 調査方法

2.1 ビオトープの造成

2.1.1 造成地の選定

造成地は、信州大学農学部構内ステーション（長野県上伊那郡南箕輪村）内の附属農場にある、農機具舎と農具資料館との間の面積約200m²の未利用の空き地とした。造成前の景観は、カモガヤ (*Dactylis glomerata* L.) やハルガヤ (*Anthoxanthum odoratum* L.) など外来牧草類の疎らな草原である。農具資料館側が高低差1mほどの土手になっており、その中腹に沿う形で幅20cmほどのU字溝（農業用水路）が通っている。U字溝下流側にはサクラの1種であるエドヒガン (*Prunus spachiana* (Lavallee ex H. Otto) Kitamura) の大木が数本あり、ヒツジや木曾馬の放牧地と畜舎が隣接している。また、上空には、U字溝とほぼ同じ向きに電線が通っている。

このU字溝の水流は、通常、地下水をくみ上げた貯水池からの供給であり、大雨の際には構内キャンパスの雨水が集まって流れ込むものの、生活排水は混入しないようになっている。U字溝の許容流量が小さいことから、梅雨や台風時には、しばしばオーバーフローして土手下の空き地に溜まる状況にあった。また、少量の雨でも、農機具舎の屋根から落ちた雨水により水溜りができやすく、当該の空き地は水はけのあまり良くない低湿地といえる。

すなわち、この場所にビオトープを造成することの利点は、ア) 農具資料館から畜舎までの一連の見学コースとしての整備も可能であること、イ) 水源をU字溝の用水路から引くことが容易なこと、ウ) 整備により洪水時の貯水場としての防災機能も期待

できること、などである。

2.1.2 造成の経過

2004年7月に測量作業を行った後、9月1日に、水域の基盤工として重機による掘削を行った。細かな整形作業はスコップや鍬などを使って人力で行った。掘削中、造成地の中央部に消火栓の配管が現れたことから、その付近を陸地として残す必要が生じたため、水域は中央が狭くなり、上下2つの池に分かれた瓢箪型となった。造成地が農機具舎に面していることから、念のために漏水防止の目的で河床部にベントナイトを投入した（約3.4kg・m⁻²）。その後、水の出し入れを数回繰り返して漏水状況を確認し、適宜、補修を加えた。外来牧草類や雑草類を手作業で除去し、自然植生の発達できるような立地条件づくりを行った。

次に、水辺の動植物の生育環境を醸成するため、2004年9月から12月にかけて、水際や河床に、近隣の演習林内から採集された砂礫などの資材を投入することとした。ここで、水生昆虫類は、同じ水中であっても種ごとに生育環境として好ましい流速や河床材料などが異なる^{4,5,9)}。そこで、資材の配置について、流速に変化をつけることで様々な水生生物が生息できるよう、河床や水際の地形を工夫し、流心が直線的にならないようにした。なお、基盤工では、人力による作業についてその作業量を人区（人数×時間）で記録した。

また、水際やのり面の緑化として、2005年5月から7月、近隣の河畔や水湿地に自生する植物を導入した。木本類については農場地区に位置しているため、落葉や庇陰が問題化しないような灌木で、かつ近隣には自生しているが構内にない樹種を選定した。のり面の緑化は上池右岸（高低差の大きな農具資料館側の土手下）を対象とし、スゲ属植物 (*Carex* spp.) を用いた。スゲ属植物は水湿地から高山、海岸まで様々な環境に分布しており、イネ科植物と同じ叢生型の草型をもつ多年草であるが、わが国ではほとんど緑化事例はない植物である。

2.2 動植物相調査

造成前後の植生を比較するため、2004年8月（造成前）と2005年8月（造成1年後）、植物群落調査を行った。造成前には、予定地の空き地の中から特徴ある地点を5つ選び、2m×2mの方形区を設置し、出現したすべての種について被度と群度を測定した。造成後には、上池左岸部、上池水域、下池左岸部、下池右岸部、下池水域、エドヒガン樹下の計6つの方形区（2m×2m）を設け、植物群落調査

を行った。

もともと恒常的な水域ではなかったため、水生生物調査に関しては造成後から行うこととした。当初は無植生で食草類を欠く状況であったため、昆虫類のうちチョウ類をはじめとする陸生昆虫類は対象とせず、水生昆虫であるトンボ類の成虫の調査のみを行った。調査は成虫の捕獲または写真撮影による種の同定とし、2005年（造成1年後）6月から11月まで、ビオトープ管理作業時などに随時行った。トンボ類の幼虫（ヤゴ）の生息環境については文献^{4,5)}を参考にした。

鳥類に関しても、同様の理由で造成後から調査を行った。2005年5月から1月、毎月1回、調査地を見渡せる場所にとどまって鳥類の種と個体数をカウントした（定点調査）。調査時間は日の出からであるが、調査対象地が200m²と狭いことから30分間とした。確認できてもビオトープを利用していると判断できない場合（単なる上空通過など）については、参考記録として留めるようにした。種多様度は鳥類の種多様度については Shannon の H' を用いることとし、各調査時期における種 *i* の個体数比を p_i として、

表1 構内ビオトープの基盤工に関する作業履歴（2004年度）

月	日	掘削等作業	資材投入作業	作業量			
				人	時間	人区	
Jun.	22	測量		3	1	3	
Sep.	1	境界線引き、掘り起こし*		2	2	4	
	3		漏水対策（ベントナイト）	2	4	8	
	6		漏水対策（ベントナイト）	1	4	4	
	7	土手整形		1	0.5	0.5	
	10		流路石組（礫）	1	0.5	0.5	
	11	土手整形		1	3	3	
	13	土手整形*					
	14		流路石組（礫）	1	1	1	
	27		流路石組（礫）	1	2	2	
	28		流路石組（礫）	1	4	4	
	Oct.	1		流路石組（礫）	2	1.5	3
		7		流路石組（礫）	2	1	2
		14		河床敷設（マサ土）	2	2	4
16			流路石組（礫）	1	3	3	
20		洪水対策のための溝切り		1	1.2	1.2	
21		下側排水、土手補修	流路石組（礫）	1	5	5	
22		落葉等の浚渫	流路石組（礫）	1	3	3	
29			流路石組（礫）	1	1	1	
Nov.	3		流路石組（礫）	1	1.3	1.3	
	7		流路石組（礫）	1	1	1	
	9		流路石組（礫）	1	2	2	
	10		流路石組（礫）	1	2	2	
	14		流路石組（礫）	1	2	2	
	16		流路石組（礫）	1	2	2	
	23		流路石組（礫）	1	2	2	
	29		流路石組（礫）	1	2	2	
Dec.	8	U字溝改修*					
	9	U字溝改修*					
	10	U字溝改修*					
	14	水口部の補修	流路石組（礫）	4	0.5	2	
	15		水口付近石組（礫）	1	2	2	
	23		農機具舎屋根下の石組（礫）	1	2	2	
のべ人区数						72.5	

作業内容右の「*」は重機による作業を示す。（ ）内は投入した資材を表す。
作業量は人力によるものとし、重機による作業を含まない。

$$H' = -\sum p_i \log p_i$$

の式⁷⁾で求めた。

一方、ビオトープ周辺を含まない構内キャンパス全域について、5～6月の鳥類繁殖期と12～翌1月の越冬期に2回ずつ鳥類調査（日の出から約1時間のラインセンサス）を行った。種組成や多様度について、ビオトープ周辺の鳥類調査結果との比較を行った。

3. 結果

3.1 造成経過

3.1.1 基盤工

基盤工に関わる作業の履歴と人区を表1に示した。水域として造成されたのは82.35m²であり、水辺や水際の土手なども含め、延べ72.5人区の人区作業を要した。

2004年10月には、全国的に台風23号による被害が甚大であった。信州大学農学部周辺では、天竜川水系の小黒川、小沢川、大泉川などが氾濫し、河岸浸食や土石の堆積が見られた。西駒演習林にいたる小黒川渓谷沿いの林道も所々崩壊し、通行止が続くこととなった。台風一過の後、演習林敷地内や林道上に残された大量の礫（主に花崗岩、結晶片岩、チャートなど）を撤去する必要が生じ、不幸中の幸いとして、これらの一部をビオトープ用の資材として入手することができた。また、手良沢山演習林には、林道わきに堆積したマサ土（花崗岩風化物）が豊富にあり²⁾、ビオトープの河床用の資材として採取した。このような状況から、基盤工に用いた資材は、ベントナイト以外、すべて近隣から得られた「郷土資材」でまかなうことができた。資材の採取と搬入を順次行ったところ、人力で運搬できた礫（礫径3～40cm程度）約2.5m²、マサ土（粒径2mm前後）約0.70m²が、それぞれ基盤工の資材として活用された。

造成1年後の時点でのビオトープの見取り図を図1に示した。水域の物理的環境として、以下の6つが創出された。

- a) 河床が礫の早瀬（溪流部）
- b) 河床がマサ土の平瀬
- c) 河床がマサ土の浅瀬
- d) 河床がマサ土でほとんど流速のない淵
- e) 河床が泥でほとんど流速のない淵
- f) 河床が泥の平瀬

なお、当初はb)の平瀬はマサ土の河床を想定して設定したものであるが、結果としてマサ土の上に

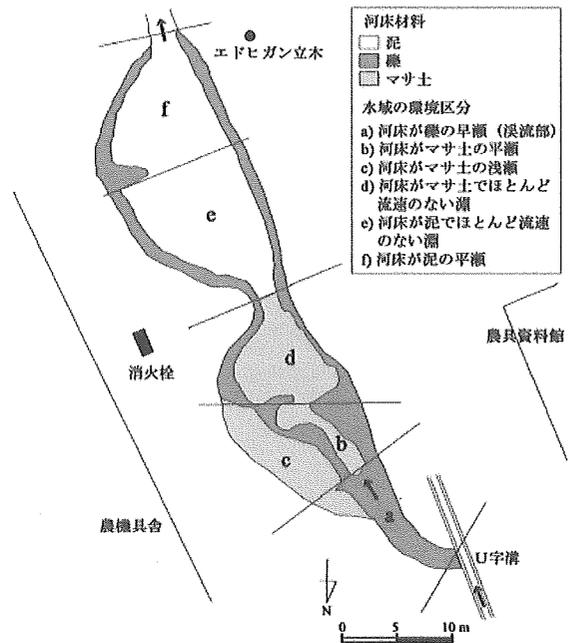


図1 造成直後の構内ビオトープにおける水域の環境区分

カラマツ (*Larix leptolepis* Gordon) のものと思われる微細な落葉が堆積した。これは、大雨時に流れ込んできたリターが、水域中央部の狭窄部より上流部に堆積したことによる。これら植物質の堆積物の中には、トンボ類の幼虫であるヤゴの生息が多数観察された。

3.1.2 植物の導入

2005年はまだ移植した当年であるので、ここでは緑化用に導入された植物リストとその産地について表2に示す。大学構内を中心とした上伊那地域の水辺（河畔、放棄田、演習林内の林道沿いの湿地など）から、木本植物7科10種、草本植物13科23種、全体で20科33種の植物を採集、移植した。木本類では、2005年のうちに枯死した個体も若干あるものの全滅した種はなく、ほとんどの個体で冬芽を形成していた。草本類では、スゲ属植物は積雪下の1月現在にも株元が緑色をしており生存が確認され、ヒシやヒメガマは結実まで至ってから秋季に茎葉が枯死した。全滅したものは西駒演習林産のコチャルメルソウ (*Mitella pauciflora* Rosend.) 1種であった。枯死の状況として、モグラ類による掘り起こし、強い日射によると思われる葉焼けが観察された。

3.2 動植物相の変化

造成前後の植物群落の変化について表3に示した。造成後、外来牧草類は残存個体が若干あるものの衰退し、代わって1年生～越年生雑草のメヒシバ (*Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler), エノコログサ

表2 構内ビオトープに導入された植物種 (2005年)

分類	科名	種名	学名	産地	移植場所
裸子植物	イヌガヤ	*イヌガヤ	<i>Cephalotaxus harringtonia</i> (Knight) K. Koch	辰野町 (桑沢川)	右岸土手
離弁花類	カバノキ	*ハンバミ	<i>Corylus heterophylla</i> Fischer	南牧村 (野辺山)	右岸土手
		*ツノハンバミ	<i>Corylus sieboldiana</i> Blume	伊那市 (小沢川)	右岸土手
	イラクサ	クサコアカソ	<i>Boehmeria gracilis</i> Wright	伊那市 (小沢川)	水際
		ウワバミソウ	<i>Elatostema umbellatum</i> Willd. var. <i>majus</i> (Maxim.) H. Nakai et H. Ohashi	伊那市 (棚沢川)	水際
	タデ	ミゾソバ	<i>Persicaria thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	伊那市 (小沢川)	浅瀬
		ノダイオウ	<i>Rumex longifolius</i> DC.	伊那市 (棚沢川)	浅瀬
	クスノキ	*クロモジ	<i>Lindera umbellata</i> Thunb.	伊那市 (小黒川)	右岸土手
		*アブラチャン	<i>Lindera praecox</i> (Sieb. et Zucc.) Blume	伊那市 (棚沢川)	右岸土手
	キンポウゲ	エンコウソウ	<i>Caltha palustris</i> L.	南箕輪村 (大学構内)	水中
		キツネノボタン	<i>Ranunculus silerifolius</i> Lev.	南箕輪村 (大学構内)	水際
	アブラナ	オランダガラシ	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	伊那市 (天竜川)	浅瀬
	ユキノシタ	コチャルメルソウ	<i>Mitella pauciflora</i> Rosend.	伊那市 (小黒川)	水際
	マメ	ネコハギ	<i>Lespedeza pilosa</i> (Thunb.) Sieb. et Zucc.	箕輪町 (縦の木沢)	右岸土手
		*コクサギ	<i>Orixa japonica</i> Thunb.	伊那市 (棚沢川)	右岸土手
	アワブキ	*ミヤマハハソ	<i>Meliosma tenuis</i> Maxim.	辰野町 (桑沢川)	右岸土手
	ツリフネソウ	ツリフネソウ	<i>Impatiens textori</i> Miq.	伊那市 (棚沢川)	水際
	クロウメモドキ	*クマヤナギ	<i>Berchemia racemosa</i> Sieb. et Zucc.	辰野町 (桑沢川)	右岸土手
		*クロウメモドキ	<i>Rhamnus japonica</i> Maxim. var. <i>decipiens</i> Maxim.	辰野町 (桑沢川)	右岸土手
	キブシ	*キブシ	<i>Stachyurus praecox</i> Sieb. et Zucc.	伊那市 (棚沢川)	右岸土手
	ヒシ	ヒシ	<i>Trapa bispinosa</i> Roxb. var. <i>inumai</i> Nakano	上諏訪町 (諏訪湖)	水中
セリ	セリ	<i>Oenanthe javanica</i> (Blume) DC.	南箕輪村 (大学構内)	浅瀬	
単子葉植物	ユリ	ヤブラン	<i>Liriope muscari</i> Bailey	南箕輪村 (大学構内)	右岸土手
	イネ	ドジョウツナギ	<i>Glyceria ischyronoura</i> Steud.	辰野町 (桑沢川)	浅瀬
	ガマ	コガマ	<i>Typha orientalis</i> Presl	上諏訪町 (放棄田)	水中
	カヤツリグサ	ナルコスゲ	<i>Carex curvicolis</i> Fr. et Sav.	辰野町 (桑沢川)	水際
		ヒゴクサ	<i>Carex japonica</i> Thunb.	伊那市 (棚沢川)	右岸のり面
		ミヤマカンスゲ	<i>Carex dolichostachya</i> Hayata ssp. <i>multifolia</i> (Ohwi) T. Koyama	伊那市 (小黒川)	右岸のり面
	コジュズスゲ	<i>Carex parviflora</i> Boott ssp. <i>macroglossa</i> (Fr. et Sav.) T. Koyama	伊那市 (小沢川)	右岸のり面	
	アズマナルコ	<i>Carex shimidzensis</i> Franchet	伊那市 (棚沢川)	右岸のり面	
	タガネソウ	<i>Carex siderosticta</i> Hance	南箕輪村 (大学構内)	右岸のり面	
オオカワズスゲ	<i>Carex stipata</i> Muhlenberg	伊那市 (棚沢川)	水中		
サンカクイ	<i>Scirpus triqueter</i> (L.) Palla	上諏訪町 (放棄田)	水中		

*は木本植物を示す。

表3 ビオトープ施工前後の植生の変化

階層	種名	施工前 (2004年)					施工後 (2005年)						
		地点1	地点2	地点3	地点4	地点5	土手						
							エドヒガン樹下	下池右岸	下池左岸	上池左岸	水際 下池水域	上池水域	
高木層	エドヒガン	4・1	4・1				5・+						
低木層	*アブラチャン												
	*コクサギ												
草本層	メヒンバ			1・2				2・3	1・2	2・2	2・2	1・2	
	タチツボスミレ		4・4		+		4・4	1・1	+			1・1	
	コナスビ		+	+				1・1	1・1	1・1	1・1	1・1	
	イヌビエ	2・2						+	1・1	1・2	2・3	2・3	
	アシボソ				+			+	+		1・2	1・2	
	ユウガギク		1・2					1・2					
	ヘクソカズラ		1・1					1・1					
	セイヨウタンポポ			1・2				+					
	アオイスマレ		+					+					
	キンミズヒキ		+					+					
	ギンギン	1・1	+	1・1				+		+			
	スギナ	+			1・1			+	+	1・1			
	ツユクサ	+						+	+				
	シロツメクサ	+		2・2		2・2		+	+		+		
	ゲンノショウコ			+	+	1・1		1・2					
	ヒメジョオン		+	1・1	+			+					
	ヘビイチゴ				1・1	+		1・1	1・1				
	ハルガヤ				1・2	3・3			1・2				
	ヤブマメ		+			+		1・2					
	オオバコ	+	+					+					
	メマツヨイグサ				1・1			+	2・2	2・2			
	カタバミ			+					+	+			
	イヌタデ	3・3						2・2					
	ハキダメギク	3・3						+					
	ドクダミ				+					2・3			
	ナガハグサ			1・2				1・1					
	カラスビシャク				1・1			1・1					
	イヌホオズキ	+						+					
	クサイ				+								1・1
	キツネノボタン				+								+
	カモガヤ			2・2									
	トゲチンヤ		1・2										
	ニガナ		1・1										
	ブタクサ	1・1											
	ヤハズソウ					1・1							
	アオツヅラフジ		+										
	イヌガラシ				+								
	オオウシノケグサ				+								
	スズメノカタビラ	+											
	タネツケバナ				+								
	ツタ		+										
	ニガイチゴ							1・1					
	ノイバラ							1・1					
	ヤクシソウ							1・1					
	クサノオウ							+					
	ヒカゲイノコズチ							+					
	ヒメジョソ							+					
	ヒメヨツバムグラ							+					
	ホタルブクロ							+					
	ヤマハタザオ							+					
	アキノエノコログサ							1・2	2・3	2・2	2・2	1・2	
	コケオトギリ							1・1	1・1	+	+	+	
	シソ科の1種								+	1・1	+		
	オオクサキビ							2・2		1・2			
	エノキグサ								+	1・1			
	コミカンソウ								+	+			
	タケニグサ							+	+				
	キンエノコロ									1・1			
	タニソバ							1・1					
	カラスノゴマ							+					
	コハコベ							+					
	コブナグサ							+					
	スズメノヒエ									+			
	ナギナタコウジュ							1・2					1・1
	ウシノシッペイ									1・2			+
	スカンタゴボウ							+					+
	*ヒシ											2・2	2・3
	*サンカクイ											1・1	1・1
	*コガマ											+	1・2
	*オランダガラシ												2・3
	ミゾソバ												2・2
	アブラナ科の1種												1・1
	*エンコウソウ												1・1
	*セリ												1・1
	*ドジョウツナギ												1・1
	*オオカワズスゲ												1・+
	*ノダイオウ												1・+
	イヌゴマ												+
	コヌカグサ											+	
	スゲ属の1種											+	
	タウコギ												+
	チャガヤツリ												+
	ヒメクダ												+

表中の数値は、被度・群度の階級（ブラウン＝プランクの全推定法、+～5）を表す。

*：緑化用に周辺地域から導入した外来種。

表4 構内ビオトープで成虫の確認されたトンボ類 (2005年6月~11月)

科名	種名	学名	生育環境*	
			流水	止水
アオイトトンボ	オオアオイトトンボ	<i>Lestes temporalis</i> Selys		○
	オツネイトトンボ	<i>Sympetma paedisca</i> (Brauer)		○
オニヤンマ	オニヤンマ	<i>Anotogaster sieboldii</i> (Selys)	○	
ヤンマ	ギンヤンマ	<i>Anax parthenope julius</i> Brauer		○
トンボ	シオカラトンボ	<i>Orthetrum albistyrum speciosum</i> (Uhler)		○
	ウスバキトンボ	<i>Pantala flavescens</i> (Fabricius)		○
	コノシメトンボ	<i>Sympetrum baccha matutinum</i> Ris		○
	ナツアカネ	<i>Sympetrum darwinianum</i> (Selys)		○
	アキアカネ	<i>Sympetrum frequens</i> (Selys)		○
	ノシメトンボ	<i>Sympetrum infuscatum</i> (Selys)		○

* 井上・谷 (1999), 石田ら (1988) を参考にした。

表5 造成後1年目 (2005年度) における構内ビオトープ周辺の鳥類個体数

種名	6May.	10Jun.	30Jul.	22Aug.	29Sep.	31Oct.	20Nov.	28Dec.	17Jan.	計(延べ)
カワラヒワ	7	9	6	13	1	10	19	13	[56]	134
スズメ	9	9	10	6	10	30	29	30		133
ヒヨドリ		1	1	1	1	2	5	4		15
キセキレイ	1	2	2	1	1	2		1		10
ハンボソガラス	1	1		1		1	2	4		10
ハクセキレイ	2	1		1	1		1		2	8
コムクドリ	2									2
ツバメ		2	3	3						8
ムクドリ		4								4
イカル		(2)				1				2
キジバト			2	2	1		1		2	8
シジュウカラ			2		1	2				5
コゲラ			1					1		2
ホオジロ			1							1
カワセミ				(1)						1
セグロセキレイ						4		2	1	7
イカル										1
ツグミ							1			1
ノスリ								[1]		1
種数	6	8	9	8	7	8	7	7	3	19
個体数	22	29	28	28	16	52	58	55	5	353
種多様度(H')	2.09	2.48	2.68	2.29	1.92	1.96	1.80	1.90	1.52	

日の出時刻より30分間の定点調査による。

() は時間外の記録, [] は単に上空を通過したことを示す。

類 (*Setaria* spp.), オオクサキビ (*Paicum dichotomiflorum* Michx), メマツヨイグサ (*Oenothera binensis* L.) が急増した。また, コケオトギリ (*Sarothra laxa* (Blume) Y. Kimura) やウシノシッペイ (*Hemarthria sibirica* (Gandog.) Ohwi) のように, 小規模ながら特異的に増加した種が確認された。木本類では, サンショウ (*Zanth-*

oxylum piperitum (L.) DC.), タラノキ (*Aralia elata* (Miq.) Seemann), ニガイチゴ (*Rubus microphyllus* L. fil.) の実生の侵入が確認された。いずれも果実が動物によって食べられて散布される動物散布型の種子であり, 確認地点はいずれも電線 (常時, スズメやカワラヒワなどが止まり木として利用) の直下にあたる右岸の群落内であった。一方,

表6 2005年度における構内全域の鳥類個体数

種名	29Apr.	3Jun.	7Dec.	9Jan.	計(延べ)
ヒヨドリ	61	25	12	23	121
シジュウカラ	18	8	31	21	78
カワラヒワ	7	7	15	18	47
スズメ	10	7	6	6	29
カケス	12	2	4	2	20
ハンボソガラス	6	3	2	5	16
ヤマガラ	2	3	5	2	12
アカゲラ	3	4	1	3	11
コゲラ	2	2	4	(0)	8
ホオジロ	6	2	1		9
キセキレイ	1	2	0		3
キジバト		3	1	1	5
クロツグミ	3	1			4
オオルリ	1	1			2
ヒバリ	1	1			2
センダイムシクイ	6				6
ツバメ		2			2
アオサギ	1				1
カッコウ		1			1
コムクドリ		1			1
トビ		1			1
ハクセキレイ		1			1
メジロ	1				1
モズ		1			1
エナガ			11	3	14
カンラダカ			5	3	8
ミソサザイ			1	2	3
ジョウビタキ			1	(0)	1
ツグミ	3		3		6
セグロセキレイ				1	1
ハンブトガラス				1	1
種数	18	21	17	14	31
個体数	144	78	103	91	416
種多様度(H')	3.02	3.57	3.24	2.93	

日の出時刻より1時間のラインセンサスによる。

() は時間外の記録を示す。

エドヒガン樹下は造成工事から離れた場所にあるため植生の変化はとくに認められず、ツボスミレ (*Viola verecumda* A. Gray) やタチツボスミレ (*Viola grypoceras* A. Gray) など、スミレ類の群生する群落となっていた。

なお、コガマ (*Typha orientalis* Presl) やヒシ (*Trapa bispinosa* Roxb. var. *iinumai* Nakano) などの水生植物が活着して順調な生育を示したことで、これらが流水中の障害物となって流れがやや滞り、秋季以降、それまで出現しなかった藻類の繁茂が観察された。

確認されたトンボ類を表4に示した。早春のトンボ類(サナエトンボなど)は確認されていないが、6月以降だけで4科10種のトンボ類が確認され、示

威行動や雄雌ペアで盛んに産卵する姿が観察された。個体数が圧倒的で目立ったのは、盛夏頃のウスバキトンボ (*Pantala flavescens* (Fabricius)), 秋季のアキアカネ (*Sympetrum frequens* (Selys)) とノシメトンボ (*Sympetrum infuscatum* (Selys)) であった。これらのうち、幼虫が流水域に生息するのはオニヤンマ (*Anotogaster sieboldii* (Selys)) 1種であった。他9種は止水域のトンボ類であり、そのうち水際に樹林のある場所に生息するとされるものはオオアオイトンボ (*Lestes temporalis* Selys) 1種であった。

月ごとの鳥類調査結果を表5に示した。通年で目立つのはスズメ (*Passer montanus saturatus* Stejneger) とカワラヒワ (*Carduelis sinica minor*

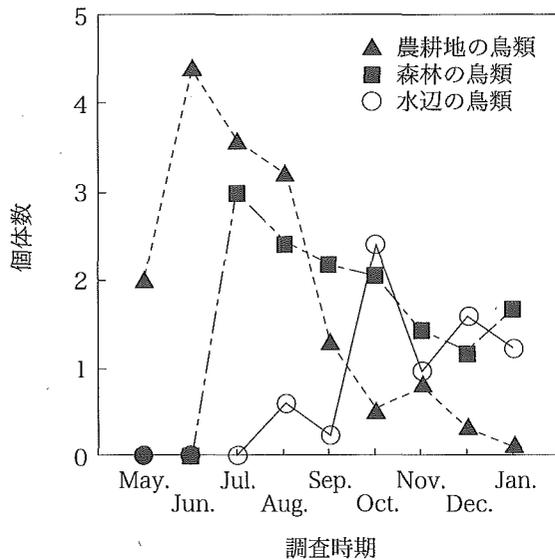


図2 造成1年目の構内ビオトープにおける、生息地別にみた鳥類の確認個体数指数平滑化法 ($p=0.6$) により平滑化した。

(Temminck & Schlegel) であり、採餌、巣材集め、水浴びなどが観察された。なお、調査中、ビオトープに面した農機具舎軒下や鉄管の中などに、ハクセキレイ (*Motacilla alba lugens* Gloger), キセキレイ (*Motacilla cinerea robusta* (Brehm)), スズメの営巣がそれぞれ1, 1, 2箇所確認されている。構内キャンパス全域での鳥類調査結果は表6の通りである。5月から9月を繁殖期とすると、構内全域では18~21種, 78~144個体, 一方のビオトープ周辺では6~9種16~29個体が確認された。また越冬期を10月から翌年1月とすると、構内全域では14~17種91~103個体, ビオトープ周辺では3~8種5~58個体が確認された。種多様度は、構内全域では鳥類繁殖期, 越冬期とも安定して $H' = 3.0 \sim 3.5$ であったのに対し、ビオトープ周辺では5月~8月までは2.0~2.7, 9月以降は1.5~1.9となった。調査の面積と時間が異なるため厳密な比較ではないが、構内ビオトープ周辺の鳥類は、とくに越冬期における種数と個体数が調査日によってばらつき、種多様度が大きく低下する傾向がうかがえた。

スズメ、カワラヒワなどは、山岳地域を除けば構内全域ををはじめ伊那周辺の至る所で個体数の多い普通種である。そこで、森林の鳥類としてコゲラ (*Dendrocopos kizuki seebohmi* (Hargitt)) とシジュウカラ (*Parus major major* Temminck & Schlegel), 農耕地の鳥類としてムクドリ (*Sturnus cineraceus* Temminck), コムクドリ (*Sturnus philippensis* (Forster)), ツバメ (*Hirundo rustica*

gutturialis Scopoli) およびツグミ (*Turdus naumanni eunomus* Temminck), 水辺の鳥類としてセグロセキレイ (*Motacilla grandis* Sharpe) とカワセミ (*Arcedo atthis bengalensis* Gmelin) のように鳥類種を生育地別にみると、ビオトープ周辺における確認個体数は図2のようになった。5月当初から確認されたのは農耕地の鳥類であり、遅れて7月から確認されたのは森林の鳥類で、水辺の鳥類は最も遅れて8月から確認された。農耕地の次に森林、森林の次に水辺というように、生育地の異なる鳥類が侵入すると既存の種の個体数が減少して順位が入れ替わる傾向も読み取れた。種ごとに季節性が異なるため厳密ではないが、造成された新たな環境に侵入しはじめるまでの時間は生育地ごとに異なることが読み取れた。

4. 考察

4.1 造成の問題点

本研究では、約80m²の水辺の基盤工に人力作業だけで72.5人区作業量を要し、基盤工が9月から12月までの4ヶ月かかった(表1)。人件費に換算してしまうと効率は悪く、短期間で完成させるには重機による作業内容を増やす必要がある。しかし、地形の変更や水域創出に伴う鳥類や昆虫などの反応、季節的に変化する動植物などを、長期間にわたり観察しながら作業に携わることができた。このようなビオトープの造成は、研究や学生対象のゼミナールという位置づけでの教育研究効果が大きいと思われる。

当初、河床がマサ土の平瀬を想定して施工した場所は、水域中央部の狭窄部の影響でカラマツ等の落葉が堆積し、植物質の有機物に富んだ河床となった。また、水辺の郷土種の移植は1年目時点での活着が良好で概ね成功と判断できるが、その結果、水域に障害物ができたことで流速が遅くなり、秋季以降に藻類が繁茂するという状況が見られた。これらのことは、ビオトープ造成に関する施工者の当初の計画があくまで計画であり、生物と物理的環境が複雑に影響しあった結果、全く予想していなかった方向に変化していく可能性を示している。今後、動植物、水質、流速、河床材料の変化などを総合的に見守り、場合によってはゾーニングの設定を変更することが重要である。

4.2 動植物相の変化

植物については、裸地ができたことにより遷移初期の雑草類の優占が観察された。その中に、コケオ

トギリヤウシノシッペイなどの湿生地を好む種が混じっていることは、造成した水域が水辺の湿生の環境として機能しはじめていることを示している。また、もともと造成地になかった木本類3種の実生の侵入が見られ、遷移の進行が確認された。いずれも造成地上空の電線下で確認されており、この電線を鳥類が止まり木として利用していることから、ピオトープを利用している鳥類による種子散布と推測される。植物にとって鳥類は重要な種子散布者であり⁶⁾、等によって種子が運ばれて木本類の種類が増加することは、高速道路のり面における植生遷移でも報告されており³⁾、水辺に面したのり面植生においても鳥類が種子散布に関与する現象が認められた。遷移を先取りする形でヒシ等の水生植物、スゲ属植物、低木類を導入していることに加え、造成直後からいち早く種子散布者の鳥類が訪れており、湿生の環境も醸成されつつあることから、植生遷移が通常より速く進む可能性がある。

水生昆虫について、今回はトンボ類成虫のみを対象にしたが、造成1年目で10種のトンボ類が訪れて産卵行動を行っていた。流水性と止水性、水際に樹林である場所とそうでない場所など、生育環境の異なる種がすでに混じっていることは重要である。河床に幼虫も観察されているので、春季以降、トンボ類の種組成がどのように変化していくか継続して調査したい。また、カゲロウ類、カワゲラ類、トビケラ類、ホタル類などが今後どの段階で侵入するかについて、水生昆虫相全体を今後調査していく予定である。

鳥類について、造成1年後の段階では種数は少なく、スズメ、カワラヒワといった人里や農耕地に普通に見られる「人馴れした種」が圧倒的であった。そのため、個体数比に基づく種多様度は、構内全域の値に対して低下していたと考えられる。また、鳥類種を農耕地、森林、水辺というように生育地別にみると、ピオトープに侵入しはじめた時期がずれており、個体数の多さの順位も入れ替わる傾向が見られた(図2)。これは、先住者のいない新たな環境ができたとき、周辺の森林、農耕地、河川水辺の要素がどのように侵入してきたかを示唆するもので興味深い。距離的には、ピオトープに近い順に農場の畑地、演習林の森林、天竜川水系の河川であり、図2のタイム・ラグと一致している。したがって、ピオトープとの位置関係が侵入しやすさを決める1つ要因である可能性がある。しかし、森林、河畔といった生育環境の違いによって鳥類の行動が異なる

ことが報告されており²⁾、長距離移動できる鳥類について距離だけで侵入しやすさが決まるか否かについては疑問が残るので、今後、水生植物や低木類などの植生の発達に伴って、ピオトープを訪れる鳥類種がどのように変化していくかを調査する必要がある。

4.3 構内ピオトープの意義

本研究では、小規模な水辺を形成したことで植物、動物、物理的環境のさまざまな相互関係が観察された。このように、構内ピオトープ造成には、生態系の凝縮された姿を観測でき、教材としても提示できるといった意義があると考えられる。

また、森林への農耕地からの影響は、例えば帰化植物を見ることにより測ることができるが、森林から農耕地への影響は、農耕地がつねに除草等の攪乱によって遷移が進行しないように制御されているため、その痕跡を測ることが困難である。本研究では、とくに鳥類について、周辺の森林や農地、河川からピオトープへ侵入している状況をうかがうことができた。すなわち、森林から農耕地や集落への動植物の侵入のように、本来は除去されてしまうような影響を評価するバロメーターとして、ピオトープを活用できる可能性がある。

以上のように、構内ピオトープ造成には学術的、教育的に意義が大きく、今後も総合的な調査を継続することでその価値も高まると考えられる。

謝 辞

本研究は平成17年度学部長裁量経費(萌芽研究)の交付を受けた。唐澤豊学部長はじめ選考いただいた方々に謝意を表します。また、構想や研究全般について春日重光助教授と井上直人教授のご教示を受けた。基盤工や水源管理について附属農場の小林正技術専門職員、資材や緑化植物の採集について附属演習林の木下渉技術職員および野溝幸雄技術職員にご協力いただいた。トンボ類の同定について岡野哲郎教授にご指導いただいた。食料生産科学科の増澤利和教授からは淡水貝類の提供を受けた。多くの方々にご厚意と協力をいただいております。

引用文献

- 1) 新井 裕 (2004) トンボ入門, どうぶつ社, pp.95-101
- 2) 荒瀬輝夫・内田泰三 (2005) 林道周辺における植生と鳥類相との関係, 日本緑化学会誌, 31(2),

- 219-229
- 3) 星子 隆 (1999) 高速道路のり面における木本植物侵入と種子散布様式に関する研究, 日本緑化工学会誌, 25(2), 102-114
- 4) 井上 清・谷 幸三 (1999) トンボのすべて, トンボ出版, 168pp.
- 5) 石田昇三・石田勝義・小島圭三・杉村光俊 (1998) 日本産トンボ幼虫・成虫検索図説, 東海大学出版会, 141pp.
- 6) 野間直彦 (1997) 種子散布に見る植物との共生, 山岸哲編, 鳥類生態学入門, 築地書館, 128-142
- 7) Pielou, E. C. (1969) An introduction to mathematical ecology. Wiley, New York, 286pp.
- 8) 杉山恵一・進士五十八編 (1992) 自然環境復元の技術, 朝倉書店, 171pp.
- 9) 東京ゲンジボタル研究所 (2004) ホタル百科, 丸善, 113pp.

Construction of campus-biotope for the conservation of aquatic environments

Teruo ARASE*, Yasuharu OISHI** and Taizo UCHIDA***

*Education and Research Center of Alpine Field Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

**Department of Food Production Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

***Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

Summary

To create and conserve aquatic environments, we made a biotope area within the campus of Shinshu University. Rocks and masa (weathered granite) from the research forest of the university were brought in as native resources, and utilized in the construction of biotope foundations in the research farm. Aquatic plants, *Carex* species and shrubby trees were introduced from around the biotope for the revegetation of the water area and the cutting slope. Plants, aquatic insects (dragonflies) and birds were monitored to identify the change of the flora and fauna. The vegetation had previously been a sparse grassland of foreign grasses. One year after construction, the vegetation had changed into a community dominated by annual or biannual weeds containing increasing damp herbs and recruitment of tree seedlings. Ten species of dragonflies, from different habitats, were observed. Nineteen bird species were also observed, among which common species were overwhelming but a few aquatic, farm, and forest species came to visit later at respective time intervals. We also found unexpectedly complex interactions between wildlife and the physical environment. Based on these results, the significance of campus biotope was considered in this paper.

Key word : Biotope, Vegetation, Wild birds, Aquatic insects, Revegetation