

# ダム貯水池エコトーンに発達するヤナギ林と その生態的機能

An established *Salix* stand and their ecological function for native fish  
in a periodically flooded dam reservoir ecotone

応用地質株式会社 技術本部 技師長 浅見和弘

三春ダムでは、毎年、非洪水期末期から洪水期にかけて8mほど水位をドローダウンさせ、干上がった範囲はエコトーンとなる。毎年行う定期的な水位操作に伴い、エコトーンにはタチヤナギ群落が発達した。タチヤナギの種子散布はドローダウン期間中とその直後であり、水位低下で生じた、発芽や実生の定着に適した裸地に散布される。三春ダムのエコトーンではタチヤナギが優占していたが、それはドローダウンの時期と種子散布の時期が一致し、かつタチヤナギに耐水性があるためと考えられた。ヤナギは毎年数か月水没するが、貯水池内の在来魚であるギンプナの利用状況を調査した。音波テレメトリーによる行動追跡の結果、ギンプナは、水位を下げる前、水没しているヤナギ群落を産卵場として約3ヶ月間の湖岸観察の結果、稚魚の成育場として利用していることがわかった。以上の結果からダムの運用により生じたエコトーンのヤナギ群落は貯水池内の生態系に機能していることが明らかとなった。

キーワード：ダム貯水池、制限水位方式、水位低下、ヤナギ群落、魚類の繁殖

The water level in the Miharu Dam reservoir (northeastern Japan) is drawn down to 8 m during the flooding season (4 months on average per year), exposing a section of emergent shoreline termed the “ecotone (drawdown zone).” Over many years of periodic water-level control, *Salix subfragilis* (willow) community has established dominant stands in this zone. Although many *Salix* species disperse seeds prior to the drawdown period, *S. subfragilis* disperses during and after drawdown in the spring; thus, when water levels are lower than normal, its seeds are supplied to the newly exposed zones that provide suitable habitat for *Salix* seedling establishment. Our results suggest that *S. subfragilis* dominated because of water-resistant properties and timing of the seed dispersal period. *Salix* stands are inundated or emergent for several consecutive months in each year. We aimed to determine whether inundated *Salix* stands in the ecotone provide a native fish (silvercrucian carp, *Carassius auratus langsdorfii*) with spawning and nursery habitats. Tracking three tagged silvercrucian carps telemetrically and over 3 months of field observations, we observed spawning events, eggs, and juvenile carp in the inundated *Salix*, whereas areas without submerged vegetation did not support spawning or offspring. Thus, this fish species uses flooded *Salix* stands as spawning grounds and juvenile habitat.

Key words : dam reservoir, limited water-level method, drawdown, *Salix* community, spawning and nursery habitat for fishes

## 1. はじめに

制限水位方式のダムでは、平常時最高貯水位～洪水貯留準備水位の水位変動帯（エコトーン）に裸地が発達する場合もあるが、斜面の勾配や種子散布の条件が揃えば、ヤナギ群落などの植生が発達する（Azami et al. 2012, Azami et al. 2013）。ダム貯水池の水位変動帯に発達するヤナギ群落は、東北日本の三春ダムをはじめ、御所ダム、四十四田ダム、鳴子ダムでも確認されている。湖岸に植生が発達すると浸食防止や景観のほか、生物の生息生育環境として機能することも考え

られる。

三春ダムの周辺には、8種類のヤナギが存在し、水位変動帯には数種類のヤナギが見られるが、このなかでタチヤナギ（*Salix subfragilis*）が群落として優占している。これは、タチヤナギの生態特性と貯水池の地形、運用条件が一致しているためと予想でき、これを明らかにすることで、ダム貯水池におけるヤナギの成立条件を紐解くことができると考えた。

制限水位方式のダム貯水池湖畔の植生は、4～5月は水没していることが多く、この時期に繁殖期を迎えるコイやフナ類などの魚類も存在する。コイやフナ

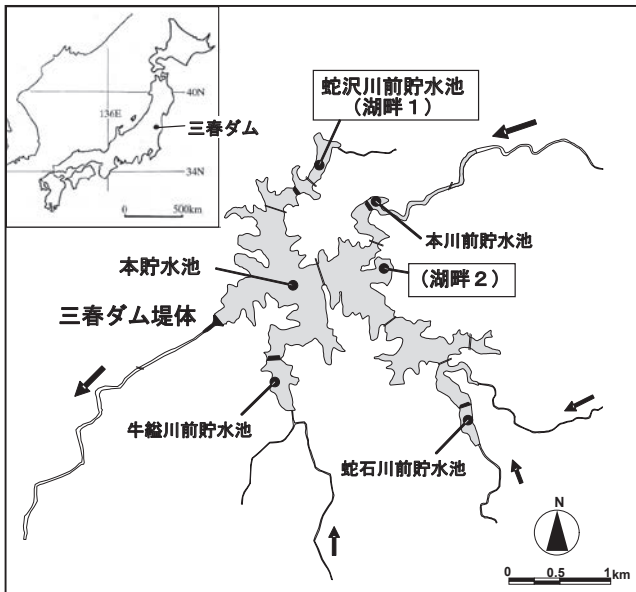


図-1 三春ダムの位置図

類は、湖沼の水草や浮遊物に産卵する(中村 1969)ため、水位変動帯の植生を産卵場・稚魚の生息場として使う可能性がある。こうした水位変動帯に特有の植物群落に対する魚類の利用状況の把握は、ダム運用と環境配慮との関係を把握する上でも、価値のあることと考えた。試験湛水以降、三春ダム貯水池内では、外来魚のオオクチバス (*Micropterus salmoides*)、ブルーギル (*Lepomis macrochirus*) が増加しているが、在来魚ではギンブナ (*Carassius auratus langsdorfii*) が生息し続けており、個体数も多い(Azami et al 2012, 熊澤ほか 2012)。ギンブナは当該地域では釣りの対象魚とされている。

そこで、本研究では、①三春ダムをフィールドに、水位変動帯のヤナギの立地条件、成立過程を明らかにすること、②ヤナギ群落が魚類の生息に機能していることを明らかにするため、三春ダムで優占種かつ地域の釣り文化にも貢献しているギンブナを対象に、貯水池内のヤナギ群落の利用実態を追跡することとした。

なお、本稿は、Azami et al. (2013, 2015) の内容を再編集したものである。

## 2. 調査地の概要

### (1) 三春ダムの諸元

三春ダムは、北緯約37度、東経約140度、本州北部の太平洋に注ぐ阿武隈川上流の大滝根川に建設された(図-1)。1990年3月に転流工事を着工、1996年10月に試験湛水を開始、1997年12月に洪水時最高水位に達した後、1998年4月にダム運用が開始されている重力

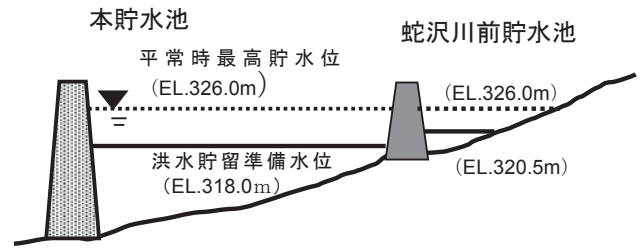


図-2 本貯水池と蛇沢川前貯水池の水位変動。  
(Azami et al. 2015 より)

式コンクリートダムである。

三春ダムは、制限水位方式の洪水調節を行っており、非洪水期(毎年10月11日～6月10日)と洪水期(毎年6月11日～10月10日)で貯水位が異なる。貯水位は、気象条件などの理由による特別な対応が必要な場合を除き、非洪水期は平常時最高貯水位(EL.326.0m)より上昇しないよう、洪水期は制限水位(EL.318.0m)より上昇しないよう運用され、非洪水期と洪水期の貯水位の差は8mである。これに、洪水時最高水位(EL.333.0m)が設定されており、洪水時などの対応を踏まえ、貯水位の上限として設定されている。

三春ダム管理所における2001～2010年の気象観測によると、年平均気温は11.4℃、最暖月の8月は月平均23.2℃、最寒月の1月は月平均-0.2℃であった。降水量は最多月の7月は月平均195.3mm、最少月の2月は月平均27.2mm、年間総降水量は年平均で1194.4mmであった。

### (2) 魚類調査を行った蛇沢川前貯水池の諸元

三春ダムでは、4つの主要な支川の流入部に水質保全を目的とした前貯水池が設置してある(図-1)。このうちの1つ蛇沢川前貯水池は、1993年に設置され、湛水面積は約2.7ha、最大水深は約15mであり、本貯水池と水位が連動する「水位変動型」の貯水池であり、洪水期は幅5m、高さ(水深)5.5mの前貯水池堤体越流部の切り欠きにおいて本貯水池と繋がる。洪水期には、本貯水池の貯水位がEL.318mまで下がるが、蛇沢川前貯水池はEL.320.5mまでであり、本貯水池とは落差が2.5m生じ、本貯水池から前貯水池への魚類の遡上は困難となる(図-2)。

## 3. 調査方法

### (1) ヤナギに関する調査

#### a) 湖岸の植生並びにヤナギの分布

平常時最高貯水位(EL.326m)以下の現存植生を把握する目的で、試験湛水前1回、湛水後2回、現地調

査を行った。試験湛水前は、1995年10月11-15日、10月31-11月3日に踏査した。試験湛水後は、2004年10月7-8日、11月3日、2005年10月4日、10月17日に、踏査または船上から観察し、植生の分布を把握した。このうち、2005年10月13日については、セスナで撮影した写真をもとに平面図に整理し、得られた植生図からは、GISソフト（マップインフォ）を用いて、ヤナギが優占する群落の面積を算出した。

2008年9月2日～9月3日には、本貯水池ならびに3つの前貯水池（植生の発達していない本川貯水池を除く）において、踏査または船上から観察により、湖畔に分布するヤナギの個体を対象に、根元の位置を把握し、平面図に整理した。ただし、タチヤナギについては群生していたため、個々の根元の位置は対象とせず、群落の基盤の位置を扱った。

#### b) 種子散布

三春ダムの流入河川、湖畔周辺には、著者らの概査により、8種のヤナギの分布を確認している。バッコヤナギ (*Salix bakko*)、ジャヤナギ (*S. eriocarpa*)、カワヤナギ (*S. gilgiana*)、ネコヤナギ (*S. gracilistyla*)、イヌコリヤナギ (*S. integra*)、シロヤナギ (*S. jessoensis*)、オノエヤナギ (*S. sachalinensis*)、タチヤナギであり、このうち三春ダム湖畔の水位変動帯にはタチヤナギが最も多い。2009年3月～6月、三春ダム貯水池及びその周辺において、8種類のヤナギの複数個体を対象に、概ね週1回の割合で、計14回、冬芽、開花、結実、種子散布の状況を観察した。開花、結実、種子散布の判断は、1個体ごと1割以上を目安とし、例えば果序が1割種子散布していたら「種子散布」として扱った。

また、雌株1個体あたりに種子散布量も調べた。観察していた各個体の種子散布期に、各個体の散布中の枝を採取し、その枝が樹木全体に占める割合を記録した。採取した枝は、ビニール袋に入れ室内に持ち帰り、枝あたりの果序の個数をカウントした。さらに枝から果序を5または10個取り、果序が持っている全種子数をカウントした。カウントした種子数から、果序数、採取した枝の占める割合を乗じて、雌株1個体あたりの種子散布量を算出した。

## (2) ギンブナに関する調査

### a) ダム貯水池内のタチヤナギ群落と浮遊物の分布

ギンブナは、一般に3月下旬～6月下旬、最盛期は4月上・中旬に、湖沼の水草や浮遊物に産卵し、全長77.9－95.5mmで成熟する（中村 1969）。三春ダムでは貯水池内には水草が少なく、ギンブナは、貯水池内のヤナギや、落葉・落枝を含む植物遺体を中心とした浮

遊物にも産卵すると考えられた。そこで、ヤナギ群落や浮遊物の分布を把握するため、ギンブナの繁殖期に該当する2011年4月15日に、ボートにて、本貯水池、前貯水池全域を一周し、ヤナギ群落と浮遊物の分布を観察、記録した。

### b) ギンブナの行動追跡

#### ①本貯水池と蛇沢川前貯水池の仕切り

三春ダム本貯水池は広いため、魚類の行動を追跡するには調査範囲を限定したほうが効率がよく、ヤナギ群落が発達しギンブナも生息している蛇石川前貯水池は調査地として都合がよい。

蛇石川前貯水池は、本貯水池と堤体で仕切られている（図-2,3）。EL.320.5mより水位が低いときは、落差が生じるため、本貯水池との魚類の往来は困難である。しかし、非洪水期には本貯水池と同じ貯水位となるため、堤体越流部を通じて魚類が往来する可能性がある。そこで、貯水位がEL.320.5mを越える期間は、本貯水池と蛇沢川前貯水池内との魚類の往来をなくすため、2010年2月26日～6月1日の間、堤体越流部に目合い1cmの仕切網を設置し、体高1cm以上の魚類の往来が困難となるようにした。

#### ②テレメトリーによる行動追跡

2009年12月27日、成熟しているギンブナ3個体（全長290mm～360mm）の体内に、音波テレメトリー発信器を装着した。その後、室内で約1ヶ月飼育し、受信器が体内から外れていないこと、健康な状態であることを確認し、2010年1月22日に蛇沢川前貯水池に放流し約6ヶ月間追跡した。

2010年1月21～22日、図-3に示す3箇所に受信局を設置した。このうち、堤体付近、中央部の受信機は、2010年1月22日より受信可能な状態であったが、ヤナギ局は、ヤナギの幹に受信器を括り付けており、設置後しばらくは水面より上に位置し受信不能であった。しかし、貯水位が上がり受信機が水没した2010年3月22日以降は、受信可能となった。

発信器、受信機の仕様は以下のとおりである。

- ・発信器：コードにより個体識別が可能な音波テレメトリー発信器（VEMCO社製 V7-4L（空中重量：1.8g、直径7mm×長さ22.5mm、平均120秒に一回の発信間隔で電池寿命246日））
- ・受信器：固定設置記録型の専用受信器（VEMCO社製VR2）

#### ③受信範囲の確認

2010年5月14日（WL.325.6m）に、各受信局の受信範囲をテストした。テストはボートを用いて行い、別途用意した発信器をランダムに水中に入れ、発信器の

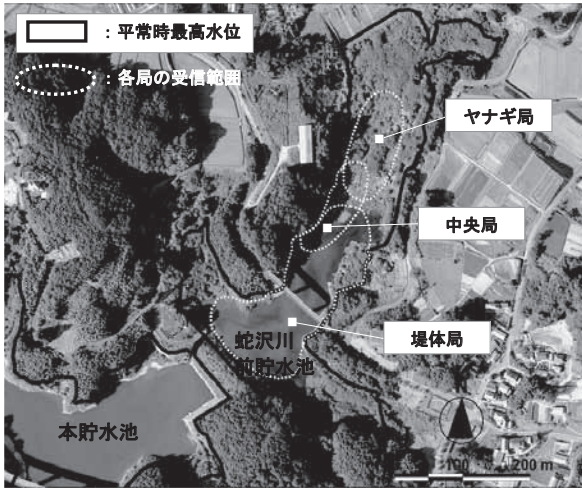


図-3 受信局3局の受信範囲。蛇沢川前貯水池に設置した受信局3局の受信範囲。空中写真は2005年撮影。受信局は、堤体局、中央局、ヤナギ局の3箇所に設置した。(Azami et al. 2015より)

着水地点をGPSで記録した。その後回収した受信器の受信情報をもとに、受信できた地点を地図上にプロットし、各局で受信できた範囲の外縁を受信範囲とした(図-3)

#### c) ギンブナの繁殖行動、卵の観察

ギンブナの繁殖行動、卵の確認をするため、2011年3月30日から6月17日にかけて、10日に1回程度、蛇沢川前貯水池(湖畔1)、本貯水池(湖畔2)の2つの湖畔で観察した(図-1)。各地点、水際にヤナギ群落が存在する範囲と無植生の範囲を各々10~30mを観察し、浮遊物の有無、魚類の繁殖活動、浮遊物やヤナギに付着している卵の有無、稚魚の有無を記録した。

## 4. 結果

### (1) ヤナギ群落の変遷と立地環境、種子散布

#### a) 群落の変遷

1995、2004-2005、2008年の現存植生図からヤナギ群落の分布面積を整理すると、1995年の試験湛水前にはヤナギ群落が見られなかったが、2004-2005年には143,760m<sup>2</sup>、2008年には198,500m<sup>2</sup>と拡大してきた。ヤナギ群落はダム運用後に発達してきたことが伺えた。

#### b) 群落の立地

ヤナギ群落の多くはタチヤナギであったが、それ以外のヤナギの分布も調べ、ヤナギ8種の根元位置の標高と、ダム運用後から10年の冠水日数を整理した(表-1)。

三春ダムにおけるヤナギは、波浪で侵食された斜面には少なく、入り江や前貯水池の流入部に多かった。根元の冠水日数をみると、イヌコリヤナギ、シロヤナギ、オノエヤナギ、タチヤナギは、EL.318m以上、10年平均238日程度の冠水の斜面まで見られた。いっぽう、ネコヤナギは冠水する範囲(EL.326m未満)では確認できず、バッコヤナギ、ジャヤナギ、カワヤナギは冠水日数の少ない斜面上部での確認が多かった。

#### c) ヤナギ8種の種子散布

2009年に観察した8種類のヤナギの種子散布時期を図-4に整理した。このうちジャヤナギは、国内では雄株がなく雌株のみであり(平凡社1999, 神奈川県植物誌調査会2001)、今回の観察個体も全て雌個体であり、種子は確認できなかった。ジャヤナギを除く7種の中では、イヌコリヤナギ、オノエヤナギの2種の種子散布が最も早かった。また、2009年5月12日には、7種すべてのヤナギの種子散布が見られたが、三春ダムの水位低下中にはイヌコリヤナギ、シロヤナギ、タチヤナギの3種だけの種子散布となり、水位低下した後まで種子散布を続けたのはシロヤナギとタチヤナギの2種であった。このうち、シロヤナギは種子が生産されるものの、他のヤナギに比べ、種子をつけている枝が少なく、全体の種子生産量数が少なかった。雌個体を複数個体観察したヤナギでは、400粒の種子を集めることができたが、シロヤナギは100粒未満であった。

2010年に、2009年から観察を続けているヤナギ(個体)のうち、ジャヤナギを除くヤナギ7種のメス個体を対象に、1個体あたりの種子散布量を観察した(図-5)。このうち、シロヤナギとタチヤナギに着目すると、タチヤナギが1個体あたり $139 \times 10^3 \sim 767 \times 10^3$ (n=3)粒(n=3)であるのに対して、シロヤナギは $2 \times 10^3 \sim$

表-1 洪水貯留準備水位(EL. 318m)以上で確認されたヤナギ8種の根本標高と冠水水位。(Azami et al. 2013より)

	バッコヤナギ <i>S. bakko</i>	ジャヤナギ <i>S. eriocarpa</i>	カワヤナギ <i>S. gilgiana</i>	ネコヤナギ <i>S. gracillistyla</i>	イヌコリヤナギ <i>S. integra</i>	シロヤナギ <i>S. jessoensis</i>	オノエヤナギ <i>S. sachalinensis</i>	タチヤナギ <i>S. subfragilis</i>	年あたり根本冠水日数 (1998.10-2008.6)		
									Av.	Max.	Min.
>=EL.326m	6	10	13	3	23	34	42	+++	0	0	0
>=324	2	5	2	0	15	30	27	+++	107	188	40
>=322	0	3	0	0	10	32	31	+++	145	219	78
>=320	0	0	0	0	0	25	5	+++	175	240	93
>=318	0	0	0	0	1	25	2	+++	238	273	171
<EL.318m	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
個体数(計)	8	18	15	3	49	146	107	+++			

タチヤナギは群生していたため、+++で表記した。

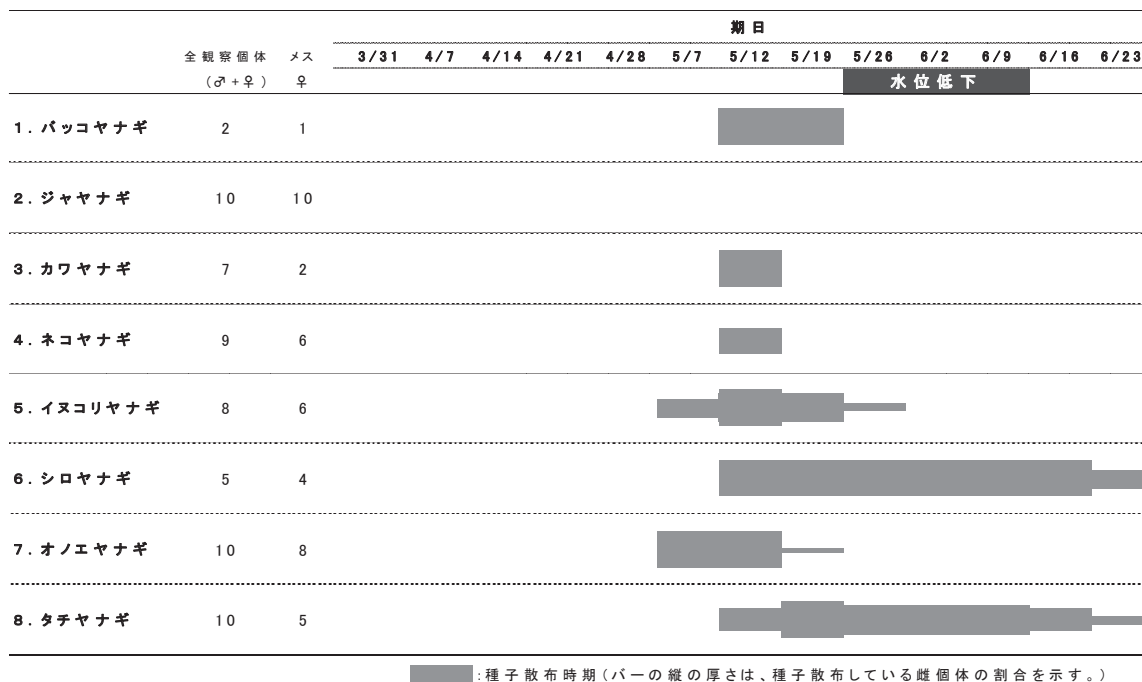


図-4 三春ダムに見られるヤナギ種子散布時期 (2009年)。グレーのバーの厚みは、種子散布樹木数/メスの樹木数を示し、厚いバーは多くの個体が種子散布していることを示す。(Azami et al. 2013より)

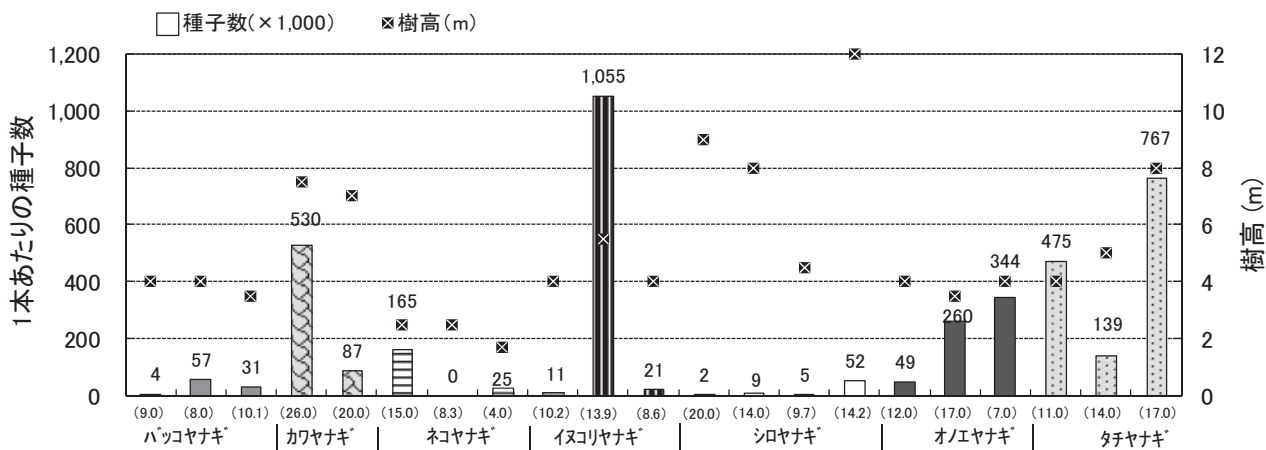


図-5 ヤナギの種子散布量 (2010)。カラムの上の数値は種子数 (x1,000) を、( ) 内の数値は根元の直径cmを示す。(Azami et al. 2013より)

52 x 10<sup>3</sup>粒 (n=4) であり、タチヤナギの1/8程度であった。また、現地の観察でもタチヤナギは白い綿状の種子を散布している個体を多く見かけたが、シロヤナギはタチヤナギに比べ個体数が少ない上、1個体あたりの散布している果序が少なかった。

## (2) ギンブナの産卵環境と行動

### a) 浮遊物の分布

三春ダム貯水池内のヤナギ群落と浮遊物の分布状況を図-6に示した。

ヤナギ群落は入江に多く、浮遊物も類似した場所に多い傾向であった。全浮遊物の面積と、ヤナギ群落内外の浮遊物の面積ならびに割合を求めると、浮遊物の

64%がヤナギ群落内に存在した。

### b) ギンブナの移動状況

2010年1月から6月上旬までのギンブナ3個体の音波テレトリー結果を図-7に示す。

3個体ともリリースした1月22日から3月上旬まで、堤体局で連続して確認でき、中央局でも確認できた。その後、2010年3月11日 (水温5℃前後) ごろ、堤体局、中央局で受信が途切れがちとなった。

3月22日 (水温7℃) に、それまで確認されていなかったヤナギ局において受信されたが、これは、貯水位上昇に伴い受信可能となった期日とも一致している。堤体局、中央局では、3月中旬以降、音波が途切れがちとなったが、ヤナギ局では受信ができ、特に個体Cが



図-6 貯水池内の浮遊物とヤナギ群落の分布 (Azami et al. 2015より)

多かった。4月上旬まではヤナギ局で、3個体とも確認でき、ヤナギ局近くに生息していたことになるが、4月10日ごろ(水温10℃)には個体A、個体Cの2個体が3局全てで受信できなくなった。個体Bは、5月下旬まで確認できたが、その後は確認例が減少した。

なお、音波消失の要因としてギンプナが釣り上げられることが考えられるが、地元の釣り人の話では、釣ったギンプナは持ち帰ることはせず、リリースすることであった。

### c) ギンプナの繁殖

湖畔2箇所におけるギンプナの繁殖行動、卵の確認状況等を図-8に示した。両地点とも、観察を始めた3月30日以降、5月25日または6月2日まで、ヤナギ群落内では浮遊物は確認できた。しかし、植生のないところでは浮遊物の確認は少なく、湖畔1では4月18日、

27日の2回、湖畔2では4月11日の1回のみであった。

ギンプナの産卵行動は、魚群による波立ち、しぶき、水面上に出ているヤナギの枝が動くこと、水中で枝などに触れ発生していると推察される音で確認できた。これらの行動は、両地点ともヤナギ群落内が主であった。

4月11日に、繁殖行動、卵を初めて確認したが、両地点とも水温10℃を超えていた。その後も繁殖活動と卵は確認でき、卵がもっとも多かったのは4月27日であり、水温は12℃であった。このときはヤナギ群落の他、無植生の浮遊物でも卵を確認でき、産卵活動、卵の確認は5月16日まで続いた。なお、卵は室内に持ち帰り孵化させ、ギンプナであることを確認した。

稚魚は4月27日に初確認し、その後も継続的に確認でき、湖畔1では、6月17日まで確認できたが、湖畔2では、5月16日、6月10日の2回のみ確認であった。湖畔1では、無植生かつ浮遊物のない範囲で確認できたが、湖畔2ではヤナギ群落のみでの確認であった。

また、産卵期末期の指標として、別途調査中の2011年6月21日(本貯水池の水深1m水温21.6℃)、本貯水池網場、蛇沢川前貯水池にてフナ属と思われる卵を確認しており、その卵を室内に持ち帰り、孵化させたところ、成長後、ギンプナであることを確認した。

## 5. 考察

### (1) タチヤナギ群落の成立

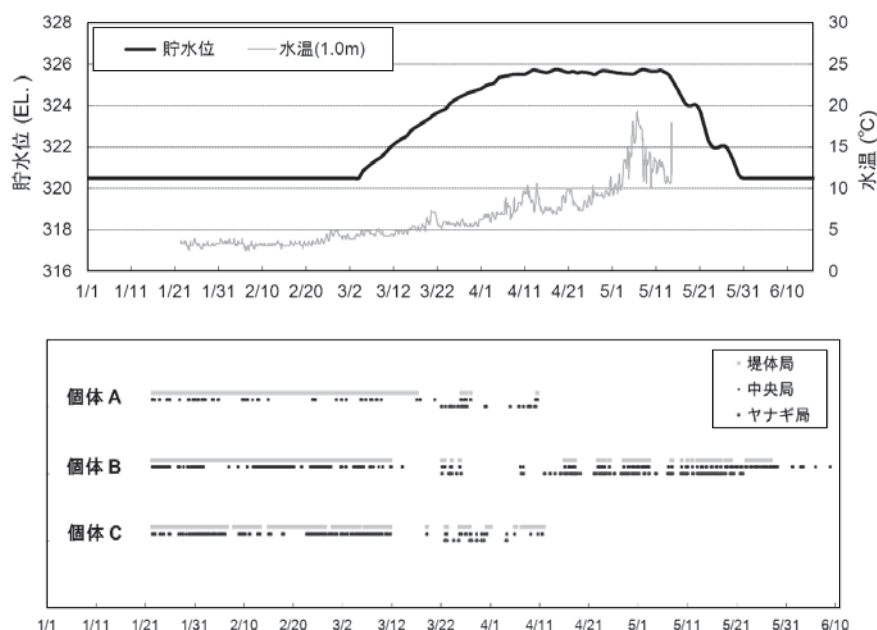


図-7 ギンプナ3個体の受信状況と水温、貯水位。上図：貯水位と水温(水深1m)の変遷を示す。下図：受信局3局でのギンプナの受信状況。ギンプナは、2010年1月22日に3個体(A、B、C)をリリースした。1月22日は堤体局、中央局で受信可能であったが、ヤナギ局は受信器が水没しておらず、3月22日以降、受信可能となった。(Azami et al. 2015より)

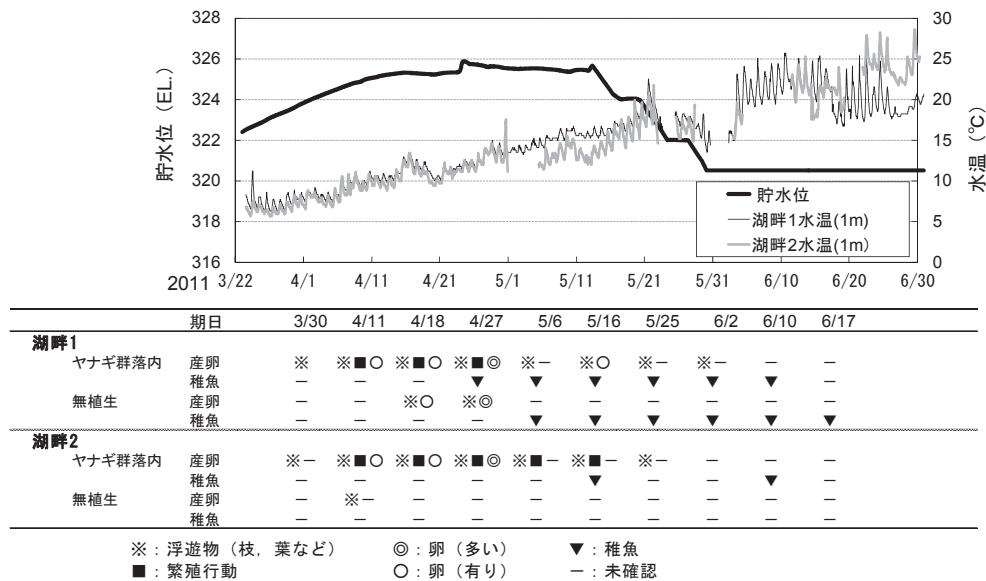


図-8 水温（水深1m）とギンブナの繁殖状況。上図は、貯水位と水温。下図は、ギンブナの繁殖状況を示す。（Azami et al. 2015より）

### a) ヤナギが定着できる立地の条件

三春ダム湖畔の平常時最高貯水位以下は、試験湛水前はクリーコナラ群落が発達していた。ダム運用後は水位変動帯となり、毎年、非洪水期に冠水し、10ヵ年平均でEL.318mが238日、EL.320mで175日連続して冠水し、その範囲にタチヤナギをはじめとするヤナギが生育していた。

平常時最高貯水位より低標高のヤナギを扱った研究に、豊平峡ダムにおける東ほか（1991）、釜房ダム、御所ダムにおける藤原・井本（1999）がある。豊平峡ダムでは、タチヤナギが168日の冠水に耐えたとの記録があり、御所ダムではシロヤナギが158日以上、カワヤナギが114日以上、イヌコリヤナギが97日以上、オノエヤナギが102日以上である。タチヤナギとシロヤナギの耐水性が他のヤナギより高い傾向を示している。

三春ダムでは、イヌコリヤナギ、シロヤナギ、オノエヤナギ、タチヤナギの4種がEL.318m～320mの範囲（冠水日数の長い範囲）に根元があったが、イヌコリヤナギは1個体のみ、オノエヤナギも斜面上部より確認個体数は少なかった。シロヤナギ、タチヤナギはEL.318m～320mとそれより斜面上部で大きな差はなく、三春ダムの水位変動帯のどこにでも生えることができ、イヌコリヤナギやオノエヤナギなどより耐水性は高いと考えられ、既往の知見とも一致していた。

EL.318m～EL.320mに根元がある個体は、定着した頃は樹高が低く、この斜面の冠水日数とほぼ同じ日数冠水したと考えられる。EL.318m～EL.320mの冠水日数は、10ヵ年平均で238日（EL.318m）～175

日（EL.320m）、最大で273日（EL.318m）～240日（EL.320m）、最小で171日（EL.318m）～93日（EL.320m）であった（表-1）。このためこの範囲に定着しているタチヤナギ、シロヤナギ等は、少なくとも最小日数の171日～93日の冠水には耐えられ、10ヵ年平均の238日～175日程度の冠水にも耐性があると考えられる。

以上をまとめると、三春ダムの水位変動帯は、ヤナギが定着できるが、冠水日数に応じて生育可能な種に差が生じており、冠水日数の多い場所にはタチヤナギ、シロヤナギが定着しやすいと考えられた。

### b) タチヤナギが優占する理由

三春ダム周辺には8種のヤナギが生育しており、雌個体しかなく種子生産をしないジャナヤギを除き、種子散布による分布拡大は可能である。種子散布以外にも、落枝や流木からの定着も可能であるが、ヤナギは種子を風で散布させる（Niiyama 1989）ため、分布拡大は大量かつ広域への散布が可能な種子散布が効率的である。

別途実施した三春ダム貯水池内の土砂を用いた発芽試験（Azami et al. 2013）では、カワヤナギの発芽率が低いものの、他の種はいずれも発芽しており、種子散布が行われれば定着は可能である。

種子散布時期をみると（図-4）、タチヤナギ、シロヤナギ、イヌコリヤナギのほかは、水位低下前に種子散布が終了しており、イヌコリヤナギについては最盛期を過ぎていた。ヤナギの種子は散布してからの寿命は短い（東 1979）。また、種子は日当たりのよい立地を好み、樹林下など日陰では育たない（柳井・菊沢 1991）。三春ダムでは、ドローダウン期に出現する裸

地は、ヤナギの種子が定着すれば発芽可能であったと考えられる。ドローダウン期に種子散布を続けているヤナギは、三春ダムの場合、タチヤナギとシロヤナギの2種である。そのため、この2種は、他のヤナギより、分布を拡大する機会が多かったと考えられる。

三春ダムではシロヤナギは分布しているものの、タチヤナギのほうが圧倒的に多い。三春ダムにおいては、タチヤナギはシロヤナギに対して1個体あたりの種子生産量が多い。種子生産を開始する個体サイズや樹齢は、東北地方で事例があり、タチヤナギ、オノエヤナギ、カワヤナギは樹齢が3-4年で基部直径2cm以下から開花し、シロヤナギは樹齢が7-8年以上で基部直径が6cmを超えないと開花しない (Takehara 1989)。また、花序あたりの子房数や胚珠数は種間差があり、大きく成長した同じサイズの個体が生産する種子数は、Takahara (1989) が研究対象としたヤナギ属5種の中ではタチヤナギが最も多いとされている。これらのことから、タチヤナギとシロヤナギでは、タチヤナギの方が、若い時期から種子生産が行え、生産する種子数も多いといえる。そのため、水位変動帯でタチヤナギが優占したのは、両種の種子の生産量の差によるためと考えられる。

## (2) ギンブナの利用

### a) ギンブナの繁殖の時期

中村 (1969) によると、ギンブナは河川の本流や湖沼などの深所で越冬し、春になると群れをなして浅所へ来遊するとされる。また、ギンブナの産卵期は、日本のフナ類の中でもっとも早く3月下旬、最盛期は4月上旬、中旬であり、1個体の1産卵期間中の産卵回数は3回くらいとしている。

今回の結果をみると、ギンブナ3個体は2010年3月上旬までは動きが少なかったが、3月11日 (水温5℃前後) ごろ、堤体局、中央局で受信が途切れがちとなり、それまでと行動が異なってきたことが伺える。

三春ダムの透明度は低く、条件がよいときでも2m程度であり、蛇石川前貯水池は1m未満である。そのため、深みにいるギンブナが光の変化で動き出したことも考えにくい。水温に着目すると、貯水池の水温は3月以降、4℃から5℃に徐々に上昇している。ギンブナが動き始めたのは5℃であり、3月19日には7℃近くに達している。ギンブナはわずかな水温の変化を感じて、動き出したのではないかと思われる。

図-8は、水温とギンブナの繁殖状況を示したものであるが、ギンブナは、4月11日 (水温約10℃) に貯水池の浅い場所で産卵している。以上を踏まえると、三

春ダムではギンブナは水温5℃程度で繁殖行動を開始し、浅場に移動し、10℃程度で産卵を始めると考えられる。

なお、三春ダムでは、2011年6月21日もギンブナの卵を確認しており、4月～6月の間が産卵期となる。ギンブナは1産卵期間中に3回程度、産卵するが (中村1969)、三春ダムにおいては、産卵期初期の4月下旬に最盛期を迎えると考えられる。

### b) ギンブナは産卵に何を使っていたか？

ギンブナは、浮遊物に産卵しており、無植生の場所でも浮遊物があれば産卵していた。しかし、浮遊物はヤナギ群落内での確認が多く、これはヤナギ群落内では波が弱まること、また、浮遊物が幹や枝にひっかかり、集積しやすいためと考えられる。

その結果として、ギンブナはヤナギ群落内での産卵が多く、稚魚はヤナギ群落内で確認できた。稚魚は、そのほかヤナギ群落外や浮遊物のないところでも確認されたが、これは、孵化後、移動してきたためと考えられる。

したがって、三春ダムでは、ヤナギ群落はギンブナの繁殖地ならびに稚魚の成育地となっていると考えられる。

## (3) ダム管理に資すること

### a) ヤナギ群落を発達させるには

ダム湖の水位変動帯、すなわちエコトーンは毎年定期的に水没する。ヤナギの中には238日冠水可能なものもあるが、日本の里山でみられるコナラ (*Quercus serrata*) は14-97日、クリ (*Castanea crenata*) は14-37日が可能と、ヤナギに比べると少なく (Azami et al. 2013)、ヤナギより耐水性は低い。ヤナギはダム貯水池のエコトーンに適した植物であるが、それが成立するには以下の点が重要である。

①20°より傾斜が緩い水際線があり、風や波が少ない場所があること (Azami et al. 2013) ②種子の発芽定着が可能な湿った土壌があること (柳井・菊沢1991)、③周辺に耐水性の高いヤナギをはじめとする母樹があること、④その種子散布時期に水位低下ができること。このうち、水位変動については、ダム貯水池には治水、利水の目的があるため、必ずしも種子散布時期にドローダウンが可能とは限らず、他の目的と合わせて総合的に判断する必要がある。

三春ダムの場合、タチヤナギとシロヤナギの種子散布時期がドローダウンと一致したが、該当する植物は地域によっては異なると考えられる。著者は東北地方の他地域のヤナギの種子散布を観察したことがある

が、タチヤナギ、シロヤナギは他のヤナギより遅い傾向が見られた。そのため、地域によっては別の種がダム湖畔に定着しやすい可能性もある。なお、今回、種子散布による群落の形成について考察した。ヤナギ類は落枝等でも可能であるが、先述したよう、自然の力に頼るなら、拡散能力の高い種子散布に期待する方が効率的と思われる。

#### b) 水位低下の魚類への影響

人工的な水位操作は、魚類の繁殖に影響を与える場合がある。琵琶湖では、洪水を防ぐため、1992年より5月下旬に水位・低下調整を行っており、Yamamoto et al. (2006) はコイ科魚類の繁殖に好適な環境の70%以上が失われ、かつ、産卵が抑制されている可能性を指摘している。すなわち、水位低下のタイミングによっては、コイ科魚類の産卵にマイナスになることを意味している。

三春ダムでは、ギンブナは水位を下げる前に産卵の最盛期を迎え、ヤナギ群落を産卵場及び稚魚の成育場として利用していた。三春ダムでは、5月15日頃より洪水期(6月11日～10月10日)に向けて、貯水位を約8m低下させるが、水位低下はギンブナの産卵期のピーク後であり、稚魚も水位低下前中後にも継続的に確認できたため、三春ダムの水位低下はギンブナの繁殖に与える影響は少ないと考えられる。

#### c) 魚類との共存

日本では国土交通省が管理する約100ダムで、河川水辺の国勢調査として、5年に1回、魚類調査を行っている。それによると、フナ属は地方にかかわらず、個体数の10%前後を占めることが多かった(浅見・一柳2014)。春から夏にかけては、コイやフナ類の産卵期にあたり、湖沼の水草や浮遊物に産卵する(中村1969)。制限水位方式のダム湖畔の植生は、4～5月は水没していることが多く、この時期に繁殖期を迎えるコイやフナ類などの魚類は、エコトーンのヤナギ群落を利用しているため、4～5月は水位を高く維持しておくことが望ましい。

いっぽう、近年、オオクチバス等の特定外来生物もダム湖には多く確認されており、三春ダムではギンブナの産卵期のピークが過ぎ水温が15℃を超える5～6月に産卵期を迎える。三春ダムの場合は、オオクチバスの産卵期にドローダウンを行うため、現在の運用はギンブナの繁殖には寄与するが、オオクチバスの繁殖は抑制する運用となっている。

このように、魚類の生活史も考慮しつつ、治水機能を発揮できる運用ができれば、環境にも望ましいダム運用が可能と考えられる。

## 6. まとめ

三春ダムでは、平常時最高貯水位以下にタチヤナギ群落が発達しているため、むき出しになり裸地化した斜面が連続している貯水池より湖岸に緑が多い。

三春ダムの場合、5月下旬から6月上旬にかけて行われるドローダウンにより、平常時最高貯水位以下に裸地ができる。ドローダウン期と種子散布期が一致するタチヤナギ等の種子がこうした斜面に定着すると、群落にまで発達する。したがって、他ダムでもダム湖周辺にヤナギが存在し、ドローダウン期に種子散布し、定着可能な立地があれば、ヤナギ群落の形成は可能と考えられる。

湖畔に発達したタチヤナギ群落が、三春ダムの在来種、かつ、優占魚であるギンブナの産卵場、稚魚の成育場として機能していることを、音波テレメトリー、10日に1回の観察により明らかにした。ヤナギ群落は、洪水期には完全に地上部に出現しているが、水位を下げる前は水没している。ギンブナは水位を下げる前、産卵場として、また稚魚の成育場として、ヤナギ群落を利用していた。水位低下はギンブナの産卵ピークより早いため、ドローダウンの影響は少ないと考えられた。

#### 謝辞

本研究は、一般財団法人水源地環境センターが主催の「水源地生態研究会」の一環として、研究の機会をいただき進めることができた。国土交通省東北地方整備局三春ダム管理所にはフィールドを提供していただいた。阿武隈川漁業協同組合からは情報の提供と研究にご理解をいただいた。大阪府立大学名誉教授谷田一三博士、埼玉大学浅枝隆教授、滋賀県立琵琶湖博物館の中井克樹博士には研究全般に対して有益なご指導をいただき、共同研究者の埼玉大学福山朝子氏、福島県三春町の武地優子氏にはタチヤナギの研究に関し多大な協力をいただいた。弘前大学東信行教授及び研究室の皆さんにはギンブナを提供していただいた。また、応用地質株式会社の西田守一氏、竹本麻理子氏、小西千里氏、瀬瀬渉氏、樋口貴哉氏、橋本瞳氏、影山奈美子氏をはじめとする皆様には現地調査の協力をいただいた。この場を借りて、関係者の皆様にお礼申し上げます。

## 参考文献

- Azami K., Takemoto M., Ootsuka Y., Yamagishi S. & Nakazawa S. : Meteorology and species composition of vegetation, birds, and fishes before and after initial impoundment of the Miharu Dam reservoir, Japan (REVIEW) *Landscape and Ecological Engineering* 8 (1) : 81-105, 2012.
- Azami K., Fukuyama A., Asaeda T., Takechi Y., Nakazawa S., Tanida K. : Conditions of establishment for the *Salix* community at lower than normal water levels along a dam reservoir shoreline . *Landscape and Ecological Engineering* 9 (2) :227-238, 2013.
- 浅見和弘・一柳英隆：第8章 ダム湖沿岸帯植生の魚類による利用、「ダムと環境の科学Ⅲ」エコトーンと環境創出（編著 谷田一三・江崎保男・一柳英隆）、175-189,京都大学出版会、京都、2014
- Azami K., Higuchi T., Konishi C., Hashimoto H., Osugi T., Asaeda T. & Nakai K. : An inundated *Salix* stand provides spawning and nursery habitat for native fish in a periodically flooded reservoir zone *River Systems* Vol. 21 (4) : 249-260, 2015.
- 藤原宣夫・井本郁子：ダム緑化のための湖岸環境区分と適応自生植物の選定、*ダム技術* 153 : 12-18, 1999.
- 神奈川県植物誌調査会：神奈川県植物誌2001. 神奈川県立生命の星・地球博物館、2001
- 熊澤一正・大杉奉功・西田守一・浅見和弘・鎌田健太郎・沖津二期・中井克樹・五十嵐崇博・船橋昇治・岩見洋一・中沢重一：ダム湖の水位低下を利用した定置網による外来魚捕獲とその効果、*応用生態工学* 15 (2) :171-185, 2012.
- 平凡社：日本の野生植物 木本Ⅰ、平凡社、東京、1999
- 東三郎 地表変動論－植生判別による環境把握－北海道大学図書刊行会、280pp、札幌、1979
- 東三郎・沖谷賢児・武田実：耐水没植生工の材料と適用、*日本林学会北海道支部論文集* 39 : 150-152, 1991.
- 中村守純：日本のコイ科魚類。財団法人 資源科学研究所、東京、1969.
- Niiyama, K. : The role of seed dispersal and seedling traits in colonization and coexistence of *Salix* species in a seasonally flooding habitat, *Ecological Research*, 5, 317-331, 1990.
- Takehara A. : Flowering size, flowering age and sex ratio of willow population along the Hirose River, northeast Japan. *Ecological Review* 21:265-266, 1989.
- Yamamoto T., Kohmatsu Y. & Yuma M. : Effects of summer drawdown on cyprinid fish larvae in Lake Biwa, Japan. *The Japanese Society of Limnology* 7:75-82, 2006.
- 柳井清治・菊沢喜八朗：播種実験によってみられたヤナギ属3種の発芽および生残特性、*日本生態学会誌* 41 (2) :145-148, 1991.