原著論文 ORIGINAL PAPER

ダム下流域における河相変化が砂礫堆上の植物群落の分布に及ぼす影響

鎌田磨人¹⁾・小島桃太郎・吉田竜二・浅井孝介・岡部健士

徳島大学工学部建設工学科 〒770-8506 徳島市南常三島町2-1

Mahito KAMADA¹⁾, Momotaro KOJIMA, Ryuji YOSHIDA, Kosuke ASAI and Takeshi OKABE: Influence of dam construction on distribution of riparian plant communities in the Katsuura River, Shikoku, Japan. *Ecol. Civil Eng.* 5 (1), 103-114 2002.

1) Department of Civil Engineering, the University of Tokushima, 2-1 Minami-Josanjima, Tokushima 770-8506, Japan

Abstract : Characteristics of the distribution of plant communities subjected to remarkable change in river condition due to dam construction were investigated, in particular taking the effect of reservoir sedimentation into account. Vegetation and hydro-geomorphic surveys were carried out upper and lower reaches from Masaki Dam in 2000. The dam was completed in 1977 at a mountain site of the Katsuura River in Shikoku, Japan. It is noticed that considerable riverbed degradation occurred in a reach extending about 8 km downstream from the dam and obvious armoring of bar areas with coarse gravels resulted. Occurrence pattern of plant communities in the armored section is compared with that in the natural section within reaches both upstream from the dam reservoir and far downstream from the dam. Among five types of plant communities identified, *Elaeagnus umbellata* community and *Spiraea nipponica* var. *tosaensis* community were observed within the armored section alone. The dominant species in the communities, namely *E. umbellata*, *S. nipponica* var. *tosaensis* and *Alnus serrulatoides*, prefer areas at relatively high elevations from low-water level and covered with coarse gravels. In the natural sections, however, areas of elevations preferred by the species tend to be covered with sediment considerably finer than those of the armored section. Such a condition of surface sediment seems to have prevented the establishment of plant communities. It is considered that Masaki Dam has facilitated the establishment of different plant communities from native ones through significantly reducing the sediment supply to its downstream reaches.

Key words : armored riverbed, effect of dam construction, habitat modification, riparian vegetation

はじめに

生態系の保全・復元や生物多様性の維持の重要性が社会的に認識されるようになる中、1997年に改正された河川法では、「河川環境の保全と整備」がその目的に加えら

れた。しかしながら、「河川において、どのような環境あるいは生態系を復元すべきか」ということについては、必ずしも共通認識が得られているわけではない（島谷1998）。その理由に、河川や流域における河川関連事業が生態系にどのような影響を与えてきたのかを具体的に示す研究の蓄積が日本では遅れていることが挙げられる（中村1999）。河川における生態系の保全や復元の目標

2001年12月3日受付, 2002年4月28日受理

1) e-mail: kamada@ce.tokushima-u.ac.jp

を立てるためには、まず、人為的インパクトによって水流、流砂、地形などの相互作用系、すなわち「河相」がどのように変質し（辻本 1999a）、また、それに伴って生物群集がどのように変化してきているのかを明らかにしておかななくてはならない。

ところで、河川流路に沿って生育している個々の植物は、水ストレスへの耐性や成長に必要な栄養塩の要求度が異なっているため、低水流路からの比高分布や、河床材料の粒径組成に対応した生育地を持つ（石川 1988, 1996）。また、それらの植物は洪水攪乱に対しても個々に異なった耐性・回復力を持っている。そのため、植物の分布は、一つの砂礫堆や河畔斜面の中でも、その地形的特性や物理環境傾度の分布状況によって規定される（Johnson et al. 1976; Nakamura 1997）。このように、河川における植物群落の分布は、一般に、流域の土砂生産量や河川の土砂輸送能力といった河川そのものが持つ地形形成要因や（中村 1990a）、洪水外力の発生頻度やその強度の空間分布によって決定付けられている（中村 1990b; Bendix 1999）。

多目的ダムの設置・供用は、前述のような機構の中で成立している河畔の植物群落の空間分布に、様々な影響を及ぼすことになる（鎌田ら 1997; 中村 1999; 浅見ら 2001）。まず、洪水調節による洪水規模の低減は、洪水攪乱に対する耐性の小さい群落の発達をも可能にさせるので、砂礫堆上での植生の発達を助長する方向に作用する（Johnson 1994）。

また、ダム水路式発電や農業用水のための取水は、ダム下流区間の平水流量を著しく減少させ、場合によっては、そこに水切れを発生させる。このような流量減少は、特に、地下水位の変化を生じさせるため、群落の空間分布に多大な影響を及ぼす（Bravard et al. 1986; Rood & Heinze-Milne 1989）。

さらに、ダムは上流からの流出土砂を捕捉・堆積させ、ダム下流域への土砂供給を妨げるので、ダム下流域では河床の低下とともに粗粒化が進行する（辻本 1999b）。このような、ダム下流域における河床材料の粒径組成の変化も、植物群落の分布や構造に大きい影響を及ぼすと考えられるが（中村 1999）、これを検証するための研究は、ほとんど試みられていないのが現状である。

以上のようなことから、本研究では徳島県・勝浦川を例にとり、ダムの設置が植物群落の空間配置に及ぼす影響を、特に下流域への土砂供給量の変化、および、それに伴うダム下流域での河床表層の粒径組成の変化との関係から明らかにすることを試みた。

調査河川の概要

調査対象とした勝浦川は、四国山地の雲早山を源流とし紀伊水道に注ぐ、幹川流路延長 49.6 km、流域面積 224 km² の 2 級河川であり（Fig. 1）、流域の中程に位置する勝浦盆地と下流域の平野部を除く約 9 割の区間で山地を流れている（佐藤・岡部 2000）。

河口から 31.7 km 地点に重力式コンクリートダムである正木ダムが設置されている（有効貯水量 1190 万 m³）。正木ダムは、洪水調節を行ない、灌漑用水、工業用水を供給するとともに、池水を約 8 km 下流まで管路により導水して発電を行う多目的ダムとして 1977 年に完成したものである。

1977 年以降、ダム貯水池内には 20 年間で約 1,480,000 m³ の砂礫が堆積したが（Fig. 2）、満砂には至っておらず、現在もダム下流域への砂礫供給は皆無の状態にある。このような状況下では、下流域において、例外なく河床の粗粒化が進行する（辻本 1999b）。

他の多くの河川と同様に、勝浦川でも河床材料の粒径に関する調査は、正木ダム建設前も、建設後も行われていない。一方、ダム下流域の河道形状については 1974 年と 1998 年の 2 回のみ、500 m 間隔での実測がなされている。そこで著者らは、1974 年の河床縦断形状を初期条件とし、主要な実績洪水の時間流量に対する一次元河床変動シミュレーションを繰り返すことにより、1998 年の実績縦断形状を概ね再現するような初期河床の粒度分布を逆推定した。推定結果は、平均粒径、最小粒径および最大粒径がそれぞれ 121 mm, 6.8 mm および 54.8 mm で、分布形は対数正規型に近いものであった（土木学会 1999）。さらに、上記の 2 ケ年の間には、平均粒径が元の値の 3 ～ 5 倍になるような終局状態に近い粗粒化の範囲が、300 m ～ 500 m / 年の速度で下流に伸展したものと推定された。このことから、調査を行った 2000 年には、上述のような粗粒化の区間が、正木ダムから 7 km ～ 12 km 下流まで到達していると考えられた。

調査方法

1) 調査砂礫堆

河床堆積物の粗粒化が砂礫堆上の群落の分布に与えた影響を検討するために、次のように調査地を設定した。すなわち、正木ダムによって顕著な粗粒化が生じていると推察されたダム直下から下流約 10 km までの範囲（以下、「粗粒化区間」と呼ぶ）で 3 つの砂礫堆（河口からの

Fig. 1. Map showing the study river. Solid circles (I-V) indicate location of surveyed bar; I and V were selected in sections with natural conditions, and II, III and IV were selected in a section where the river-bed was armored as a result of dam construction. Transverse lines (1-13) were set on bars, and vegetation survey was carried out along the lines.

距離がそれぞれ 30.5 km, 27.0 km, 23.5 km) を, その対照としてダム上流域で湛水の影響が及ばない地点, およびダム下流に特有の粗粒化が未だ生じていないと思われる地点 (21.0 km; 以下これらを「自然区間」と呼ぶ) で各 1 個の砂礫堆を選定し (Fig. 1), 以下の調査を行った。

2) 植生調査

上記それぞれの砂礫堆上で, 調査時の水際線から低水敷の端に至る調査ラインを, なるべく流路に直行するように設置した (Fig. 1). この時, それぞれのラインが個々の砂礫堆で卓越する代表的ないくつかの群落を横切るように設定した. ライン総数は 13 本となった. それぞれのライン上の 3~8 地点に, 草本が優占する地点では 3 m × 3 m の調査区を, 低木が優占する地点では 5 m × 5 m の調査区を設定した. 調査区数は総計で 53 となった.

2000 年 10 月に Braun-Blanquet (1964) の方法に基づく植生調査を行った. すなわち, 各調査区内に出現したすべての維管束植物について, 種別の被度と群度を階層別に記録した. そして, これら植生調査結果を用いて表操作 (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974) を行ない, 砂礫堆上に成立している植物群落を区分した.

3) 物理環境の測定

各調査区の中心部の調査時点における水際からの距離および比高を, 光波距離計を用いて測定した. 調査期間中には大きな水位変動はなく, 調査時における水際線を基準にして比高を比較することに問題はないと考えられる.

Fig. 2. Temporal change of volume of sediment deposited in Masaki-dam reservoir. Data was supplied by the Civil Engineering Department of Tokushima Prefectural Government.

Table 1. Classification of particle diameter.

Class	Range(mm)
0	$d \leq 0.75$
I	$0.75 \leq d < 2$
II	$2 \leq d < 20$
III	$20 \leq d < 100$
IV	$100 \leq d < 500$
V	$500 \leq d$

また、表層砂礫の粒径を6階級に区分し (Table 1), それぞれの調査区において各粒径階級の砂礫が覆っている地表面の面積割合 (%) を記録した. 粒径は代表的な砂礫の長径を現地で測定した上で, それらの被覆面積率を目視により把握した. そして, それぞれの粒径階級の中央値 (x_i ; mm) および被覆面積割合 (f_i ; %) を用いて, 次式により各調査区の平均粒径 (d mean; mm) を算出した.

$$d \text{ mean} = 1/100 \sum f_i \cdot x_i$$

4) 特徴的な植物の分布調査

上述の調査結果を整理したところ (後に詳述), アキグミおよびトサシモツケは粗粒化区間のみに特異的に出現する種であると思われた. このことを確認するために, 河口から最上流域までの全域にわたるすべての砂礫堆における, これら両種の出現状況を次のように把握した. すなわち, 個々の砂礫堆を, それぞれの種が 1) 出現しない, 2) 単木状態で出現する, 3) 群落としてのまとまりを持って出現する, の3パターンに分類して記録した.

結 果

1) 植物群落の分布

Table 2 に群落区分表を示す. 調査砂州上の植物群落は, ツルヨシ (*Phragmites japonica*), ミゾソバ (*Polygonum thunbergii*) によって特徴付けられるツルヨシ群落 (グループ I) と, ススキ (*Miscanthus sinensis*) やノイバラ (*Rosa multiflora*) によって特徴付けられるグループ II に区分された. グループ II は, アキグミ (*Elaeagnus umbellata*) によって特徴付けられるアキグミ群落, トサシモツケ (*Spiraea nipponica* var. *tosaensis*) やカワラハンノキ (*Alnus serrulatoidea*) 等によって特徴付けられるトサシモツケ群落, クズ (*Pueraria lobata*) やウツギ (*Deutzia crenata*) 等によって特徴付けられるクズウツギ群落, そして, それらの種群を欠くススキノイバラ群落の4つに分類

された. これらの群落を特徴付ける種のうち, アキグミ, トサシモツケ, カワラハンノキ等は粗粒化区間のみに出現した.

Fig. 3 に植生調査区の位置と個々の調査区に出現する植物群落型を, 地形断面図上に示す. また, Fig. 4 にそれらをまとめ, 群落の出現位置を水際からの距離と比高に対応させて示す. ツルヨシ群落は水際からの距離が 1 m ~ 30 m, 比高が 0 m ~ 2 m の範囲に出現した. ススキノイバラ群落は水際からの距離が 12 m ~ 22 m, 比高が 1.6 m ~ 3.6 m の範囲に出現した. アキグミ群落が出現した距離範囲は 8.6 m ~ 17.5 m, 比高範囲は 1.3 m ~ 2 m であった. トサシモツケ群落の距離範囲は 9.5 m ~ 30 m, 比高範囲は 1.6 m ~ 2.9 m であった. クズウツギ群落の距離範囲は 12 m ~ 37 m, 比高範囲は 1.9 m ~ 3 m であった.

ところで, 前述したように, 砂礫堆上の植物群落はグループ I とグループ II に大別された. ここで, グループ I が分布する水際からの距離範囲は 1 m ~ 30 m, グループ II が分布する距離範囲は 12 m ~ 35 m であり, 水際からの距離を指標にして立地区分を行った場合には, 分布域が完全に重なる結果となった. 一方, 比高範囲を指標とした場合については, グループ I は 0 m ~ 2 m の範囲に, グループ II は 1.3 m ~ 3.6 m の範囲に出現し, それらの分布域を概ね区分することができた. すなわち, 砂礫堆上の植物群落は, 大きくは, 比高によって指標される地下水位の高さ, あるいは冠水頻度の違いによって分布域が決定されていると見ることができる. 実際, グループ I を特徴付ける種群は湿性立地を好むものであり, 一方, グループ II を特徴付ける種群は乾性立地を好むものとなっている. なお, 実際の地下水位は不明であるが, 調査した砂礫堆では周辺からの湧水等は確認されなかったので, 地下水位面は勝浦川の河道水位に対応していると考えてよいであろう.

2) 粗粒化区間と自然区間における砂礫堆の物理的環境の比較

砂礫堆上における調査ラインの位置により, 物理的環境の変化パターンは若干異なっていた. すなわち, 砂礫堆の上流側の調査ラインは地形的にはより平坦で全体的に粒径の大きな砂礫で覆われていた. 一方, 下流側のラインでは低水路水際からの地形的な立ち上がりが急で, また, 高所にはより細かな砂礫が堆積していた. しかしながら本論では, こうした砂礫堆内の細部にわたる議論を避け, よりマクロな観点から自然区間と粗粒化区間の全体的な物理環境の違いについて言及しておく.

Table 2. Species composition in each community type. Pj: *Phragmites japonica* community, MR; *Miscanthus sinensis*-*Rosa multiflora* community, Eu; *Elaeagnus umbellata* community, Sn; *Spiraea nipponica* var. *tosaensis* community, PD; *Pueraria lobata*-*Deutzia crenata* community.

Community type	Group I																								Group II												Unclassified										
	Pj																								MR		Eu		Sn				PD														
Plot no.	21	11	122	13	121	14	33	131	123	124	103	71	73	72	132	81	82	52	15	24	12	41	91	62	85	54	83	84	92	93	43	42	104	115	53	16	25	34	35	63	22	61	133	101			
No. of species	7	6	7	9	10	5	8	10	15	19	4	5	16	7	14	10	15	13	12	16	8	20	9	9	25	15	13	19	20	24	23	19	27	33	17	8	21	16	22	13	10	4	14	2			
<i>Phragmites japonica</i>	1·1	1·3	1·2	4·4	4·4	4·4	2·2	4·4	4·4	4·4	2·2	2·2	3·3	3·3	3·3	3·3	2·2	2·2	3·3	3·3	2·2	2·2	2·2	1·2	1·1	+		+		+	2·2	1·1		+		2·2								+			
<i>Polygonum thunbergii</i>	2·2		+	+													2·2	1·1			2·2	+	+																		1·2	+					
<i>Miscanthus sinensis</i>																									3·3	4·4	+	+	2·2		1·1	1·1	2·2	1·2	1·1	2·2	3·3	2·2						+			
<i>Rosa multiflora</i>		+			+		+	+	+	+			+			+	+	+				+	+		3·3	2·1	1·1	2·2	2·2	2·2	2·2	2·2	2·2	1·1		2·2	2·2	+									
<i>Akebia quinata</i>										+	+					+									3·3	1·1	+	1·2	+	+						4·4	3·3	1·1	2·2					+			
<i>Mallotus japonicus</i>																		+	1·2			+				2·1	1·1	1·1		1·1	1·1	+	+			2·2	1·2			+			+				
<i>Hemerocallis longituba</i>									1·1				+																	1·1	2·2		1·1	+			+	+					+				
<i>Solidago altissima</i>																									1·1		+	+	1·1						+												
<i>Elaeagnus umbellata</i>																																															
<i>Spiraea nipponica</i> var. <i>tosaensis</i>											1·1																																				
<i>Alnus serrulatooides</i>																																															
<i>Quercus glauca</i>																																															
<i>Cryptotaenia japonica</i>																																															
<i>Pseudosasa japonica</i>																																															
<i>Eurya japonica</i>																																															
<i>Pueraria lobata</i>																																															
<i>Deutzia crenata</i>															+																																
<i>Artemisia princeps</i>	1·1		+		+	+	+			12	1·1		1·1	1·2	1·2	1·2	+		1·2	1·2	2·2	+	1·1		1·2	+	+	1·1	+	+	+	+	1·2	1·2	1·2	+	2·2	2·2	2·2	3·3	2·2	1·2		1·2			
<i>Kalimeris yomena</i>		+		+			+			+								1·1	+						+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1·1	
<i>Rumex asetosa</i>	+			+	+				+	1·2	+						+	+	+				+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1·1		
<i>Ranunculus japonicus</i>									1·1	+	+					1·2	+	+						+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Salix gracilistyla</i>	1·1	+			+		+	+				+	1·1	+				1·1							2·2	2·2	3·3	1·2	1·1		+	2·1	+										1·1		+		
<i>Polygonum longisetum</i>	2·2	+	+						+																																						
<i>Stellaria aquatica</i>					+																																										
<i>Vicia angustifolia</i>				+						+	+						+	+		+	1·1		+				+	+	+	+																	
<i>Lycoris radiata</i>							+	1·1						+	1·1								+		+					+	1·2	+	+	1·2	+		2·2	+						+			
<i>Equisetum arvense</i>		+		+			+	+									+								+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Stellaria media</i>			+	+	+			+	+	+									+	+									+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Youngia japonica</i>			+				+		+				+					+	+												+	+				+		+									
<i>Bidens biternata</i>							+						+					+											+	1·1							+			+	+						
<i>Oxalis corniculata</i>		+					+		+				+												+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Clematis terniflora</i>							+											+											+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Lycopodium serratum</i> var. <i>longipetiolatum</i>							+	+								+									+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1·1		
<i>Polygonum cuspidatum</i>												+	+	1·2	+	+		1·1						+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Paederia scandens</i> var. <i>mairiei</i>																												+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Achyranthes fauriei</i>			+									+												+	+																						
<i>Boehmeria nipononivea</i>													1·1	1·1													+	+			+																
<i>Albizia julibrissin</i>																													+	+	1·1	+														+	

86 species are omitted.

86 species are omitted.

Fig. 3. Transverse profiles along surveyed lines (nos. 1-13 as shown in Fig. 1). Plant community types identified in surveyed plots (filled circles) are also shown. B; bare-land, Pj; *Phragmites japonica* community, MR; *Miscanthus sinensis*-*Rosa multiflora* community, Eu; *Elaeagnus umbellata* community, Sn; *Spiraea nipponica* var. *tosaensis* community, PD; *Pueraria lobata*-*Deutzia crenata* community.

Fig. 4. Plant community types occurring on bars and their location. Community type is classified into two groups; group I is composed by the species that prefer humid habitat and they occur under 2 m in elevation from low-water channel, and group II is composed by the species that prefer relatively dry habitat and they occur in 1.3-3.6 m range of elevation.

Fig. 5 に、粗粒化区間と自然区間それぞれにおける調査地点の平均粒径を、水際からの距離と比高に対応させて示す。なお、図中では、平均粒径階級を円の大きさに示してある。

自然区間では比高が高い所で小さな粒径の砂礫に覆わ

れる部分が出現するのに対し、粗粒化区間ではほぼ全域が粒径の大きな砂礫で覆われていた。

以降では、比高と平均粒径を指標としながら、植物群落の分布について検討してゆく。

Fig. 5. Mean diameter of particles covering the bar surface. The sizes of circles indicate size class of mean diameter of particles. Whole area of bars in the armored section is covered by coarse sediment, compared to bars in natural sections.

3) 群落を構成する植物の立地特性

Fig. 6 に、Table 2 で区分された群落やグループを特徴付ける植物が分布する立地環境を、比高と平均粒径に対応させて示した。円の大きさは、各調査区におけるそれぞれの植物の被度階級（ただし、1%以上と評価されたもののみ）を表現している。

ミゾソバは、比高が1 m以下の地点で植被率が大きく、それらの地点の平均粒径は211 mm～540 mmであった。ツルヨシは比高1.5 mまでの範囲で植被率が大きく、また、それらが分布する地点の平均粒径は39～580 mmの広い幅を持っていた。クズは比高が1.3 m～3 m、平均粒径が280 mm以下の地点で出現し、ウツギは比高が1.3 m～2.3 m、平均粒径が217 mm～625 mmの地点に出現した。ススキは比高1.3 m以上であれば0.4 mm～690 mmの広い粒径範囲に出現した。ノイバラは比高1.3 m以上で特に植被率が増し、それらの地点の平均粒径は75 mm～520 mmの幅広い範囲であった。アキグミは比高が1.3 m～2 m、平均粒径が270 mm～450 mmの地点に出現した。トサシモツケは比高が1.6 m～2.8 m、平均粒径が240 mm～520 mmの地点で植被率が高く、カワラハンノキは比高が2.5 m～3 m、平均粒径が270 mm～380 mmの地点に出現した。

アキグミ群落およびトサシモツケ群落は粗粒化区間において特異的に出現するように思われた。実際、勝浦川全域の砂礫堆上におけるアキグミおよびトサシモツケの

分布調査より、それらが優占する群落は、粗粒化区間においてのみ顕著に発達していることが確認された (Fig. 7)。これは、これら植物群落を構成する個々の植物にとって好ましい立地環境が、粗粒化区間にしか存在しないことに起因すると推測される。

Fig. 8 に、アキグミ、トサシモツケ、カワラハンノキが分布する比高と平均粒径の範囲を、自然区間の調査地点の比高と平均粒径に関する散布図に重ね合わせて示す。これより、それぞれの植物が出現する比高範囲で、これらの植物が生育する平均粒径の範囲を満たす地点は、自然区間にはほとんど存在しないことが明らかである。このことは、ダムの設置によって生じたと思われる河床の粗粒化が、これら植物群落の成立に貢献したことを示唆している。

考 察

石川 (1988, 1996) は、砂礫堆上の群落を構成する種が生育する立地の比高と堆積物の粒径の幅は、種によって異なっていることを示した。石川 (1988) が分析に用いた砂礫は4 mm以下のものに限られるが、例えば、ツルヨシは比高が小さい地点であれば粒径には制限されることなく生育できること、また、ススキやクズは比高の大きい地点であれば比較的幅広い粒径の立地で生育できることが示されている。そして、ツルヨシとススキの分布の違いは、主に、沈水状態に対する耐性の違いによっていとされている (石川 1996)。

本研究においても、Fig. 6 で明らかにしたように、ツルヨシは比高が低ければ粒径には制限されることなく生育できる種であり、ススキは比高が高ければ粒径に制限されることなく生育できる種であることが確認された。このようにツルヨシやススキは、比高の高低による地下水位の高さや沈水期間の長さの違いにより生育地が規定されるが、粒径に関しては生育可能な幅が広い種として位置付けることができる。ただし、ススキは粒径の大きな礫で覆われた河床では大きな株は形成できず、パッチ状に生育することとなる (石川 1996)。

クズもススキと同様の立地に分布するとされている種であるが (石川 1996)、今回の調査結果では、本種は比高に関してはススキと同様の範囲に出現するものの、その立地の最大粒径はススキよりもかなり小さかった。クズは根に炭水化物を蓄えながら成長することが知られているが、粒径の大きい環境では根の肥大成長が阻害されるため、生育しにくいのであろう。

Fig. 6. Physical condition of the site where the species characterizing the community type grow. The size of circles corresponds to the plant coverage class (1-5) evaluated by Braun-Blanquet's method. Sites where species coverage was evaluated to be less than 1% (+) were eliminated.

生育している場の比高や粒径の幅が狭い植物としては、アキグミやトサシモツケ、カワラハンノキをあげることができる。これらは、比高が比較的高く、かつ平均粒径が大きい地点に限って出現していた。アキグミやカワラハンノキが持つこのような分布特性は、近隣的那賀川で

も確認されている（荒木ら 2000）。また、同河川では、トサシモツケが流路付近の露出した基岩上で多く分布していることも、最近の調査により確認している。

アキグミやカワラハンノキは、実生の初期成長時に強い陽光を必要とすること、また、空中窒素固定能力を持

Fig. 7. Distribution of *Elaeagnus umbellata* and *Spiraea nipponica* var. *tosaensis* on bars in entire reaches of the Katsuura River. Occurrence pattern of the species is classified into two; one is where few individuals sparsely occur and another is massive occurrence as a community. The two plant communities are well developed in the armored section.

っており、栄養塩の少ない土地でも生育可能であることが知られている（奥田 1996, 荒木ら 2000）。したがって、これらの植物は、光をめぐる競争種が生育しにくい、有機物の少ない礫地を選好していると考えられる。

さて、砂礫堆上におけるアキグミ群落およびトサシモツケ群落は粗粒化区間においてのみ顕著に発達している

ことが確認された（Fig. 7）。そのような分布の偏りは、自然区間では低水路からの比高の増大につれて河床堆積物の粒径は小さくなるのに対して、粗粒化区間では比高が増大しても粒径は大きいままであるという、それぞれの区間における立地環境の特性と対応していると考えられる。粗粒化区間において比高の大小にかかわらず、砂礫堆全域が粒径の大きな堆積物で覆われているのは、ダム建設による土砂供給量の減少に起因すると思われる（土木学会 1999）。

このように、粗粒化区間では、土砂供給量の減少により河床の粗粒化が生じたことによって、アキグミやカワラハンノキ、トサシモツケ等の生育に適した立地環境が生じ、それらで構成される群落を成立させることになったと考えられる。郡ら（2000）も、吉野川におけるアキグミの分布拡大は、河床の粗粒化が要因の一つとなっているとする見解を示している。

ダム建設以前の土砂供給が妨げられていなかった時には、粗粒化区間における砂礫堆上の堆積物の粒径組成は、自然区間と同様な傾向を示していたと思われる。すなわち、比高の高い場所の多くは細かな砂礫で覆われていたであろう。個々の植物が出現する物理的環境の範囲とあわせて考えると、砂礫の供給が妨げられていなかった時には、アキグミ群落やトサシモツケ群落が成立している比高範囲には、ススキやノイバラ、クズが生育していたと推測される。種の置き換えに関する生態学的な過程について具体的に明らかにすることはできないが、河床の粗粒化に伴い、特にクズやノイバラが衰退し、替って

Fig. 8. Physical conditions of bars in natural section and the range that *Elaeagnus umbellata*, *Spiraea nipponica* var. *tosaensis* and *Alnus serrulatooides* occur. Suitable conditions for *E. umbellata*, *S. nipponica* var. *tosaensis* and *A. serrulatooides* are out of the range formed in the section.

アキグミやカワラハンノキ、トサシモツケが侵入したのであろう。地表面をマント状に覆い被陰するクズやノイバラ等といった光環境をめぐる競争種が河床の粗粒化に伴って排除されることは、アキグミやカワラハンノキにとっては好都合であったと思われる。

以上のように、勝浦川正木ダム下流域においては、ダム設置に伴う土砂供給量の減少によって河床の粗粒化が生じた区間が出現し、これによって群落の出現状態が変化したと考えられる。

これまでの、土砂供給量の減少とそれに伴う河床の粗粒化が植物群落の分布に与える影響に焦点を絞って論じてきたが、10年間各日平均のダム流入量とダム下流流量を用いて作成された流況曲線（土木学会 1999; Fig. 9）に見られるように、ダムの設置に伴い流況も大きく変化している。このような流況の変化も植物群落の分布に影響を与えていると思われる。

まず、平常時や渇水時については次のようである。ダムへの流入量が $40 \text{ m}^3/\text{sec}$ を下回る期間においては、ダム下流域での流量が減少する。特に、ダム直下ではその傾向が甚だしく、ダムへの流入量が $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ の時には流量は $0.8 \text{ m}^3/\text{sec}$ （流入量の 8%）に、 $5 \text{ m}^3/\text{sec}$ の時には $0.02 \text{ m}^3/\text{sec}$ （0.4%）に減少する。そして、245 日もの間、流量が $0.1 \text{ m}^3/\text{sec}$ を下回っている。粗粒化区間のほぼ中央に位置する地点では、藤川谷川等の残流域

からの自然流量が加わるが、それでも流量はダム流入量の 20% 以下となっている。これは、ダムに流入する河水が発電用水として正木ダムで取水され、バイパス管を通して下流 8 km にある発電所に送られているためである。このような流量の減少により、ダム流入量が $40 \text{ m}^3/\text{sec}$ を下回る平常時や渇水時に、砂礫堆の地下水位の低下が生じていると考えられる。その結果として、ダム下流域の砂礫堆では、より乾燥した立地が増加したと思われる（Bravard et al. 1986）。このことも、アキグミ群落やトサシモツケ群落が粗粒化区間で発達した一因であろう。

一方、植物群落の破壊に関与すると思われる洪水時の流量については以下のようなものである。ダム流入量が $40 \text{ m}^3/\text{sec}$ を超える期間は、ダム流入量と下流域の流量にほとんど差がなかった。これは、正木ダムでは年間流入量が有効貯水容量の 19 倍にも及ぶため、洪水時の放流量を十分にはコントロールできていないことを示すものである（土木学会 1999）。このことからすると、本河川における植物群落への洪水時攪乱の規模と頻度については、ダム設置前後で大きくは変化していないのではないかとと思われる。ただし、洪水攪乱のパターンと植物群落の分布や構造との関係を明確にするためには、洪水の頻度や個々の砂礫堆における冠水頻度等の変化（浅見ら 2001）も含めて、今後、より詳細な解析・検討が必要である。

ダム設置が植物群落を始めとする河道内の生態系に及

Fig. 9. Flow regime curves of inflow to Masaki-dam reservoir, discharge at the area right under the dam and the middle area in the armored section. Discharges are represented as daily averaged one that calculated from hourly observed discharges during the past 10 years. Adapted from the Japan Society of Civil Engineers (1999).

ばす影響を総合的に予測・評価するためには、ダム上流域での湛水域の形成や、工事に伴う地形改変等の直接的な影響のみならず、流況や流砂量の変化等が下流域に及ぼす間接的な影響も把握しなければならない（鎌田 2000；日笠 2000）。これらのうち、間接的な影響についてはダム設置に伴って直ちに現れるのではなく、時間と共に顕在化する。特に流砂量変化の影響はダム直下から下流側へと徐々に伝播してゆく。このような影響を明らかにするためには、本研究で示したような手法を用いながら日本国内の様々なダム設置河川における比較研究（Nilsson et al. 1997）を行うと共に、建設予定・進行中のダムについてはモニタリング（浅見ら 2001）を行ないながら明らかにしてゆく必要がある。そのような作業を通して、個々の河川において復元すべき生態系の具体的な目標が浮き彫りにされてくると思われる。

謝 辞

本研究は、ダム水環境改善事業河川環境調査事業委員会（土木学会四国支部）が徳島県からの委託によって行った調査結果の一部をとりまとめたものである（委員長：岡部健士）。調査にあたっては、徳島県土木部河川課、同徳島土木事務所および同正木ダム管理所から多大な協力をいただいた。

摘 要

多目的ダムの設置・供用は、様々な経路を通じて河道内の植物群落の空間配置に影響を及ぼす。本研究では、勝浦川の正木ダム下流域に生じている「粗粒化区間」における植物群落の分布と、当該区間の上・下流域の「自然区間」における植物群落の分布を比較し、粗粒化区間における植物群落の分布上の特徴を明らかにした。そして、両区間における群落の分布の違いをもたらし要因について、河床の物理的環境の違いから考察した。

粗粒化区間では、自然区間には分布していないアキグミ群落やトサシモツケ群落が分布していた。

アキグミ群落を特徴付けるアキグミは比高が 1.3 m～2 m、平均粒径が 270 mm～450 mm の範囲にある地点に出現し、トサシモツケ群落を特徴づけるトサシモツケは比高が 1.6 m～2.8 m、平均粒径が 240 mm～520 mm の範囲の地点で植被率が高く、カワラハンノキは比高 2.5 m～3 m、平均粒径が 270 mm～380 mm までの地点に出現した。

自然区間では水際からの比高の増大とともに粒径が小さくなっており、アキグミ群落やトサシモツケ群落を構成する種の生育に適した立地は存在しなかった。一方、粗粒化区間においては、比高の大小に関わらず、州全域が粒径の大きな堆積物で覆われていた。それは、ダム建設による土砂供給量の減少に起因すると考えられた。

これらのことより、ダム堆砂によってダム下流域の砂礫堆で粗粒化が生じたことにより、同一比高でもより大きな礫環境を好む植物種が、ダム下流域の粗粒化区間で生育することが可能になったと考えられた。

引用文献

- 荒木健太郎・鎌田磨人・湯城豊勝・岡部健士（2000）那賀川中・下流域における樹木群落の分布と立地特性。環境システム研究論文集 **28**：247-254。
- 浅見和弘・斎藤大・児玉奈美子・渡邊勝（2001）三春ダム下流河川の植生変化。植生学会誌 **18**：1-12。
- Bendix, J. (1999) Stream power influence on southern Californian vegetation. *Journal of Vegetation Science* **10**：243-252。
- Bravard J. P., Amoros C. & Pautou G. (1986) Impact of civil engineering works on the succession of communities in a fluvial system. *Oikos* **47**：92-111。
- Braun-Blanquet J. (1964) *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*. 3 Aufl. Springer, Wien。
- 土木学会（1999）河川環境調査 勝浦川，勝浦郡上勝町～勝浦町。
- 日笠陸（2000）ダム建設と生態系アセスメント。国際景観生態学会日本支部会報 **5**：17-20。
- 石川慎吾（1988）揖斐川の川辺植生，Ⅰ。扇状地の河床に生育する主な種の分布と立地環境。日本生態学会誌 **38**：73-84。
- 石川慎吾（1996）河川植物の特性。「河川環境と水辺植物—植生の保全と管理」（奥田重俊・佐々木 寧 編著），pp. 116-139。ソフトサイエンス社，東京。
- Johnson, W. C. (1994) Woodland expansion in the Platte River, Nebraska: patterns and causes. *Ecological Monographs* **64**：45-84。
- Johnson, W. C., Burgess R. L. & Keammerer W. R. (1976) Forest overstory vegetation and environment on the Missouri River floodplain in North Dakota. *Ecological Monographs* **46**：59-84。
- 鎌田磨人・岡部健士・小寺郁子（1997）吉野川河道内における樹木および土地利用型の分布の変化とそれに及ぼす流域の諸環境。環境システム研究 **25**：287-294。
- 鎌田磨人（2000）生態系アセスメントの現状と課題。国際景観生態学会日本支部会報 **5**：11-16。
- 郡麻里・鎌田磨人・岡部健士・中越信和（2000）吉野川河道内におけるアキグミ群落の分布状況と立地特性。環境システム研究論文集 **28**：353-358。
- Muelloer-Dombois, D. & Elleberg, H. (1974) *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley, New York。
- 中村太士（1990a）河床堆積地の時間的・空間的分布に関する考察。日本林学会誌 **72**：99-108。
- 中村太士（1990b）地表変動と森林の成立についての一考察。

- 生物科学 **42**(2): 57-67.
- 中村太士 (1999) ダム構造物が水辺林の更新動態に与える影響. 応用生態工学 **2**: 125-139.
- Nakamura F., Yajima T. & Kikuchi S. (1997) Structure and composition of riparian forest with special reference to geomorphic site conditions along the Tokachi River, northern Japan. *Plant Ecology* **133**: 209-219.
- Nilsson C., Jansson R. & Zinko U. (1997) Long-term responses of river-margin vegetation to water-level regulation. *Science* **276**: 798-800.
- 奥田重俊 (1996) 河川に発達する植物群落. 「河川環境と水辺植物—植生の保全と管理」(奥田重俊・佐々木 寧 編著), pp. 93-114. ソフトサイエンス社, 東京.
- Rood, S. B. & Heinze-Milne S. (1989) Abrupt downstream forest decline following river damming in southern Alberta. *Canadian Journal of Botany* **67**: 1744-1749.
- 佐藤陽一・岡部健士 (2000) ダム設置河川における魚類相と環境特性—徳島県勝浦川における調査から. 環境システム研究論文集 **28**: 321-331.
- 島谷幸宏 (1998) 河川・湖沼の自然環境復元技術に関する現状と課題. 土木学会誌 **83**(4): 40-43.
- 島谷幸宏 (1999) 河川管理における自然環境の保全についての基本的な考え方. 応用生態工学 **2**: 47-50.
- 辻本哲郎 (1999a) 河川の自然復元—目標景観. 応用生態工学 **2**: 7-14.
- 辻本哲郎 (1999b) ダムが河川の物理的環境に与える影響—河川工学及び水理学的視点から. 応用生態工学 **2**: 103-112.