

全国7河川の河道特性及び地被の長期変動の実態とその関連性

LONG-TERM VARIATION OF CHANNEL MORPHOLOGY AND RIPARIAN LANDCOVERS IN SEVEN JAPANESE RIVERS.

大石 哲也¹・萱場 祐一²・天野 邦彦³

Tetsuya Oishi, Yuichi Kayaba and Kunihiko Amano

¹正会員 工修 (独) 土木研究所水循環研究グループ河川生態チーム
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

²正会員 工修 (独) 土木研究所自然共生センター
(〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地)

³正会員 工博 (独) 土木研究所水循環研究グループ河川生態チーム.

The river incision has been decreasing gravel and sandy riverbed and deteriorating floodplain ecosystem in Japan. However, the academic research of nationwide river incision is quite scarce yet. The purpose of this paper is to examine the long-term trend of the riparian landcover changes and the channel changes (river incision) such as river width, water depth, and riverbed level at seven rivers in Japan. Both B/H (river width/water depth) and riverbed level has been declining since 1970. The gravel and sandy riverbed has been proportionally diminished at the rate of 5,000 to 40,000 (m²/year) at five rivers. On the other hand, the area of vegetation and artificial landcover has been expanding since 1970.

Key Words : river, river incision, river width/water depth, landcover, river bed

1. はじめに

河川中流部の河床が低下した区間は、低水路川幅が縮小する過程で、これまで河道であった箇所が段丘化し、河原のような比較的高頻度で冠水する環境が減少してきている^{1),2)}。このような現象は、国内のみならず海外でも顕在化してきている³⁾。また、出水による攪乱強度や冠水頻度が低下した部分は、樹林化が著しく進行しているといわれている。近年、減少の著しいカワラノギク、カワラバツタなどを代表とする河原固有の生物も、河床低下を一因とし減少してきていると考えられ、今後、生物多様性の保全を図る上でも、この問題解決は極めて重要である。

低水路川幅が縮小する過程においては、経験的な方法によるLaceyらの研究⁴⁾、実河川のデータに力学的な考察を加味した山本らの研究⁵⁾があるほか、泉ら⁶⁾、藤田ら^{6),7)}、関根ら⁸⁾は、現象の力学的機構の解明に基づき、植物の繁茂がウォッシュロード堆積を促進し、川幅が縮小していく過程を明らかにした。このように、河川工学の観点から、河床が低下し、低水路川幅が縮小する過程は、経

験的および物理的測面から解明されつつある。

一方、低水路川幅の縮小にともなう河原に依存する植物の減少について、例えば、萱場¹⁰⁾は、河床低下に伴う低水路川幅の減少が冠水頻度の低下を引き起こし、河道における自然裸地および本本地などの占める割合が変化することを明らかにしている。また、例えば、石川¹¹⁾、渡辺ら¹²⁾、大石ら¹³⁾は、河川地形との関連から、河川的水流による攪乱の頻度および強度により生育する植生に違いがみられることを明らかにしている。

以上のように、河床の低下とこれに起因する現象については、かなり以前から検討されてきている。しかしながら、河床低下と低水路川幅の縮小の実態を明らかにし、この程度と河原や河原固有生物の減少、樹林化の進行等の関連性について、全国の河川を定量的な比較により明示した事例はほとんど見あたらない。そこで、ここでは全国的な比較を試みるため、河床低下と低水路川幅の変化の程度を川幅水深比と最深河床低下量を指標として示し、その経年的変化と地被状態の経年的変化との関連性について明らかにすることとした。ここでとりあげる指標と地被状態の変化の関連性を明らかにすることは、河

川の歴史的な変遷を把握することにつながり、結果として、将来における河川の動向を予測する際の参考となる。

以上のことから、本報告では、全国7河川を対象に川幅水深比、河床低下量といった河道特性や地被の長期変動の実態を把握し、それらの関連性について報告するものである。

2. 対象河川の概要および研究の方法

(1) 対象河川および対象区間の概要

対象河川は、河川横断面図、空中写真、洪水痕跡水位、年最大流量などの資料が揃っており、昭和30年以降（1955年以降）、砂利採取の影響により河道区間の一部の河床が低下したといわれる猪名川、菊地川、九頭竜川、手取川、大井川、天神川、木曽川とした。表-1 に対象区間の河川名、対象区間の河床勾配、流域面積、幹川距離を示す。

(2) 研究方法の概要

本研究では、河床低下と低水路川幅の変化を異なる河川間で比較するため、平均年最大流量時の川幅水深比を一つの指標として用いた。この理由として、日本の河川における平均年最大流量は、低水路満杯流量に対応する流量に近く、その時の川幅水深比が砂州の平面形状を決めると指摘されている¹³⁾。このように川幅水深比は、河道形状を規定する重要な指標と考えられていることから、この値を指標として、横断形状の変化を知る手立てとした。ただし、川幅水深比そのものは、河床低下量を示す指標に成り得ないため、ここでは、最深河床高の変化量をもう一つの指標とし、2つの指標により川の横断面形状の変化を示すこととした。

河床低下と低水路川幅が変化した場合に、冠水頻度の低下とともに、たとえ以前と同程度の出水が起きたとしても、堤間幅内における掃流力は相対的に減少するため¹⁴⁾、堤間幅内の植物の生長は促進されるものと予測される。そこで、地被状態の変化は、対象区間の堤間幅内全域について判読した。

表-2 は、不等流計算から平均年最大流量時の川幅、水深や河床勾配といった河道特性を求めるために用いた横断測量図と、地被状態の判別をするために用いた空中写真データの取得年の一覧である。以下に不等流計算の流れと地被状態の判別方法について説明する。

a) 不等流計算による河道特性の把握方法

不等流計算では、200mごとに測量された横断測量図から、低水路法肩と高水敷との境界位置を低水路の左右岸位置とした。これをもとに高水敷高（低水路法肩高）および低水路平均河床高を算出し、次いで河床勾配を決定した。各河道内断面に対して、高水敷（本報では、0.035に固定）および低水路の粗度係数を設定した。設定した粗度係数が妥当であるかを検証するため、痕跡水位実測値と

表-1 対象区間の概要

河川名	対象区間 (Kp)	対象区間平均河床勾配	流域面積 (km ²)	幹川距離 (km)
手取川(石川県)	4.9-6.4	170	809	72
大井川(静岡県)	13-23	240	1,200	168
木曽川(岐阜県)	41-44	620	9,100	227
	50-54	565		
猪名川(兵庫県)	8-10	350	383	43.2
九頭竜川(福井県)	20-31	345	2,930	116
天神川(鳥取県)	2.5-3.9	1,010	500	32
菊地川(熊本県)	0-14	2,930	995	71

表-2 使用資料の横断測量図および空中写真

河川名	使用資料	使用資料の取得年				
		1980	1981	1991 *	1998	2003 *
手取川	横断測量	1980	1981	1991 *	1998	—
	空中写真	1977	1984	1997 *	1998	—
大井川	横断測量	—	1968	1979	1982 *	2001
	空中写真	1956 *	1968	1979	1995 *	2001
木曽川	横断測量	—	1972	1982	1997	2000
	空中写真	1959 *	1973	1981	1994	2002
	横断測量	—	1972	1982	1997 *	2000
	空中写真	1959 *	1973	1981	1993 *	2002
猪名川	横断測量	1959	1967	1976	1983 *	—
	空中写真	1959	1967	1976	—	2000 *
九頭竜川	横断測量	1981	1983 *	1989	1997 *	2001
	空中写真	1981	—	1989	—	2000
天神川	横断測量	1963	1971	1979 *	1990	1991
	空中写真	1963	1971	—	1990	1997
菊地川	横断測量	1960 *	1967	1982	2002	—
	空中写真	1947 *	1967	1982	2002	—

— * は川幅水深比と地被状態の面積割合について算出する際に利用しなかった—

表-3 分類項目とその定義

分類項目		分類項目の定義
無植生地	(水域)	空中写真撮影時に水面であった場所
	(自然裸地)	空中写真撮影時に植物の繁茂がなく、人工的利用でない場所、主に砂州
草本地		空中写真撮影時に草本植物が繁茂している場所
樹林地		空中写真撮影時に木本植物が繁茂している場所
人工地		グラウンド、田畑、河川構造物のある場所

計算水位の誤差をもとめ、その値が小さくなるまで、低水路の粗度係数を変更し、両者の一致を確認した。

ただし、痕跡水位は毎年得られるものでない。このため、痕跡水位が無い年の低水路法肩と高水敷との境界位置や粗度係数については、痕跡水位が得られたデータに最も近い年のものを用いた。しかし、河道の拡幅などの低水路位置の明確な変化があった場合には、低水路法肩と高水敷との境界位置の変化に併せてその位置を変更するとともに、新たな低水路と高水敷の区分に応じた粗度係数を与えた。

他方、各河川の10数年分の年最大流量データより、平均年最大流量をガンベル・チョー法により算出し¹⁵⁾、この流量を与えた不等流計算解析の結果から、200m ごとの水面幅と平均水深を求めた。本報では、この時の水面

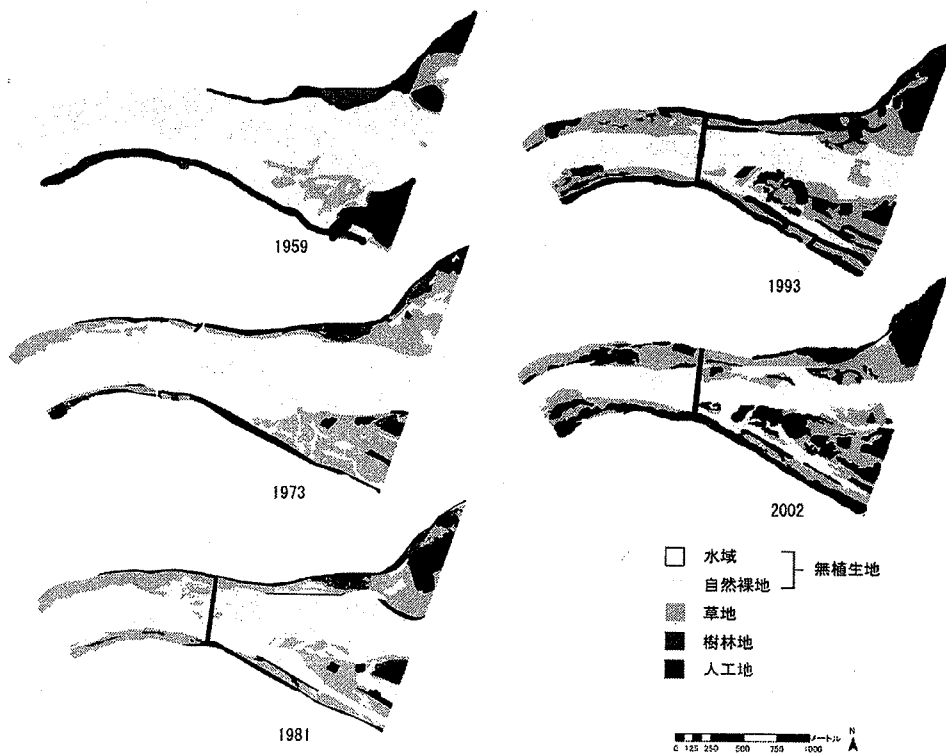


図-1 地被状態の経年的変化 (木曽川 41-44km)

幅を川幅 (B) および平均水深 (Hm) と定義する。

なお、ここでいう平均年最大流量とは、低水路満杯流量にあたる回帰年2年の流量である。

b) 空中写真による地被状態の把握方法

図-1の木曽川(犬山)の例に示すように地被状態を判別するため、空中写真を用いた。地被状態の判別の範囲は、堤外地内を対象とし、表-3に示す分類項目別に地被状態を判別し、その面積変化を把握した。なお、水域や自然裸地は撮影された日時により大きく変動するため、ここでは2つを併せて無植生地と分類している。また、人工地に分類された項目について、例えば、耕作地であった場所が放棄され、草地などへ変化した場合には、草地と判読している。

3. 結果および考察

(1) 河道内地形および地被状態の経年的変化

a) 最深河床高の経年的変化

図-2 に各河川における各年の最深河床の変化図を示す。

手取川については、1980年以降の変化図を示している。6.2km付近の変化をみると、1980年～1981年の1年間に約4m上昇している。また、対象区間全体の縦断変化をみると、1981年以降は、約1.5m 前後の変動幅をもっている。

大井川については、1968年以降の変化図を示している。19.2km付近の変化をみると、1968年～1982年の14年間に、最深河床高は約2m低下し、2002年までにさらに約3m低下

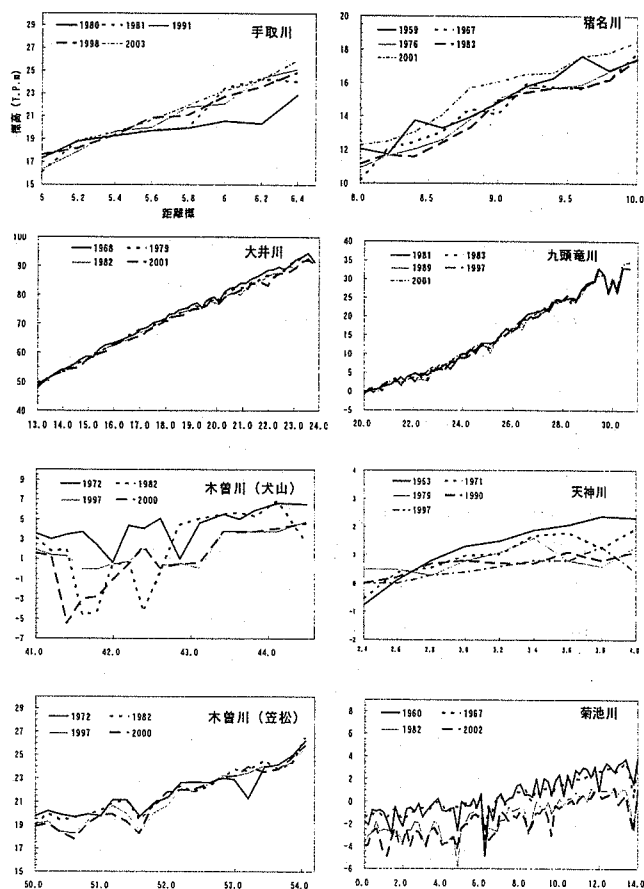


図-2 各年の最深河床高の縦断的变化

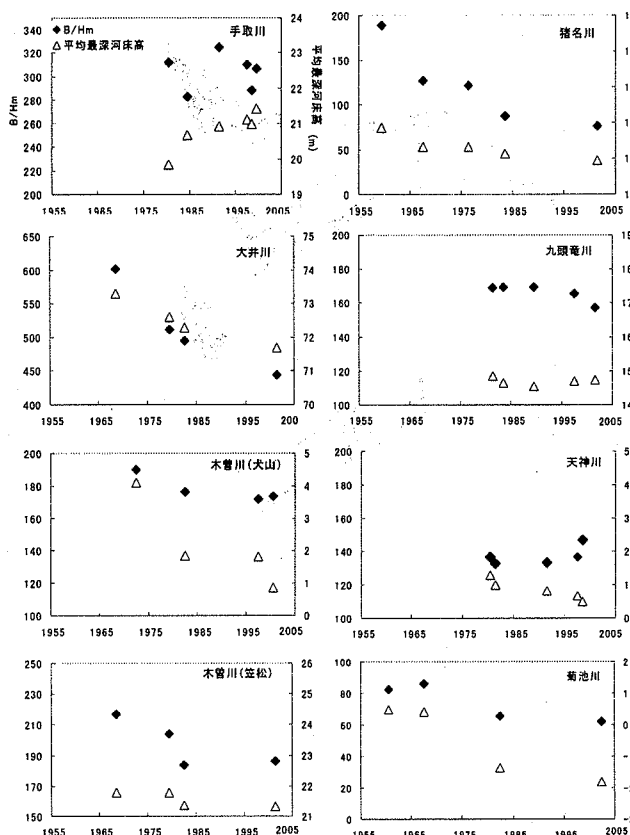


図-3 各河川の川幅水深比 (B/Hm) と平均最深河床の経年変化—大井川、猪名川を除きB/Hmは10刻み、平均最深河床高は5m刻みで図示した—

している。対象区間全体の縦断変化をみると、最深河床高は、1968年から徐々に低下してきており、2002年までに2～3m程度の低下がみられる。

木曽川(犬山)については、1972年以降の変化図を示している。41.6kmおよび42.3km付近をみると、1972年～1982年の10年間に、最深河床高は約8m低下している。1997年に最深河床高は上昇するものの、1972年と比較すると全体的に約2m低い。また、1992年と比較し、2000年には、42.2kmより上流において、河床の低下はみられないものの、それより下流は、徐々に低下し、41.4km付近で約7mの局所的な低下がみられる。

木曽川(笠松)については、1972年以降の変化図を示している。53.2km付近の変化をみると、1972年～1982年の間に約2m上昇している。対象区間全体の縦断変化についてみると、53kmより下流では、2000年までに約2m低下している。

猪名川については、1956年以降の変化図を示している。9.6km付近、8.4km付近の変化をみると、1959年～1967年の8年間に1～2m程度、河床の低下がみられる。対象区間全体の縦断変化についてみると、河床は、1983年までに徐々に低下する傾向にあるが、他河川と比較しても低下の程度や変動量は小さく、比較的安定しているといえる。

九頭竜川については、1981年以降の変化図を示してい

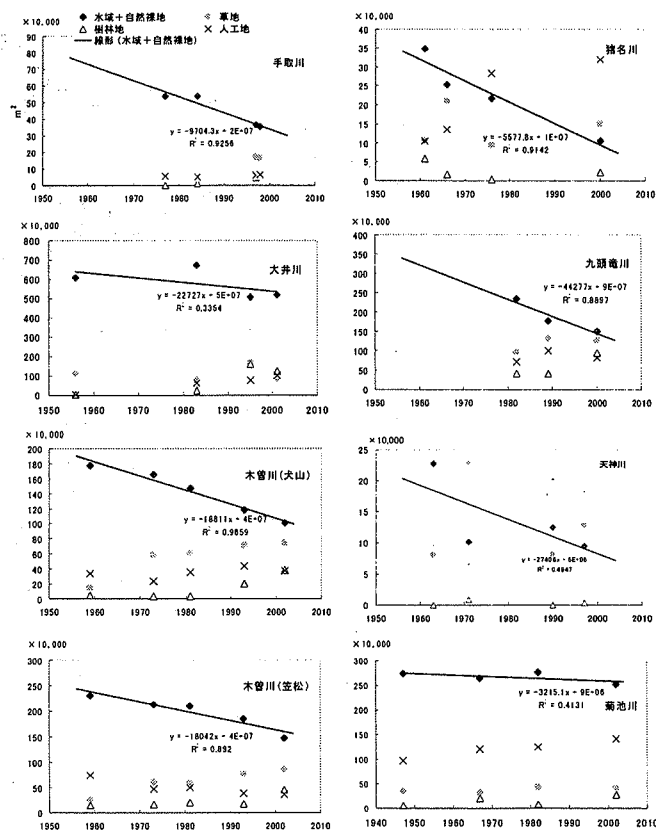


図-4 各河川の地被状態の面積変化

る。1980年以前と比較し、局所的な低下区間はみられないものの、対象区間の縦断変化をみると、1981年以降、断続的に約2m低下している箇所がみられる。

天神川については、1963年以降の変化図を示している。2.8km付近より上流測では、1963年以降、最深河床高は徐々に低下し、2000年までに約1.5m低下している。対象とした区間も短いことも相まって、他河川と比較すると最深河床の変動は小さい。

菊池川については、1960年以降の変化図を示している。1967年を除き、局所的に2～5m程度の河床の上下変動がみられる。対象区間全体の縦断変化をみると、1982年までに区間全体において、2～3m程度、河床の低下がみられる。

以上のように、1970年以降、ほとんどの河川で河床の低下がみられるものの、河床低下した年代も違えば、最深河床高の低下の程度や変動幅にもばらつきがみられる。また、手取川や九頭竜川などのように、1980年代以降の横断測量図との比較では、他河川と比較し、明確な河床の低下がみえにくい場合や、天神川や猪名川のように、対象区間全体における縦断変化の変動幅の小さい河川もある。

b) 平均川幅水深比と平均最深河床高の経年的変化

横断測線ごと(200m間隔)の川幅水深比を平均して求めた平均川幅水深比(B/Hm)と横断測線ごとの最深河床高を平均して求めた平均最深河床高の経年変化を示す(図-2)。

手取川では、1981年以降、B/Hmは、低下と上昇が繰り返しながら330～300を変動している。平均最深河床高は、年々増加傾向にある。

大井川では、1968年にB/Hmが約600であったが、年々減少し、B/Hmは約450となった。また、平均最深河床高も年々減少し、1968年と比較して2001年までに約1.5m低下している。

木曽川（犬山）、木曽川（笠松）は、同様の傾向を示し、1982年まではB/Hmは低下傾向にあるが、それ以降は、横ばいという結果となった。B/Hmの変動幅は、20～40程度であった。また、平均最深河床高についても、1982年までに減少したあと、1982年以降横ばいの傾向を示した。

猪名川は、1965年までにB/Hmが約70低下したあとに横ばい傾向を示し、さらに、1983年に約35低下し、それ以降、ほぼ横ばいの傾向を示した。平均最深河床高については、低下量は約50cmと少ないものの、B/Hmに対応するように低下と横ばい繰り返していた。

九頭竜川では、B/Hmについてみると、1997年以前のデータと比較し、近年はやや低下傾向にある。B/Hmの変動幅は、約15であり、他河川と比較しても小さい。平均最深河床高は各年ともほぼ横ばいの傾向を示した。

天神川では、他の河川と違いB/Hmは一度下がった後に、再び上昇する他河川とは違った傾向を示した。

菊地川では、B/Hmについてみると、低下傾向にあるものの、1960年と比較し、2002年には、約30低下しているが大きな低下量ではなかった。一方、平均最深河床高は、約2.5mの低下が見られた。

以上のように、ほとんどの河川でB/Hm、平均最深河床高ともに減少傾向にあることがわかった。ただし、B/Hm変動幅は各河川で異なり、1960年代以降のデータを有する河川について比較しても、大井川のように、2001年までに、B/Hmは約150低下している河川もあれば、木曽川（笠松）のように、約40しか低下していない河川もあるなど、その変動幅にはばらつきがみられる。B/Hmの変動幅の傾向としては、そもそもB/Hmが小さい箇所では、その低下の程度も小さいという傾向がうかがえる。

c) 地被状態の経年的変化

図-3 に各年の地被状態の経年的変化を示す。全対象河川において、無植生地（水域＋自然裸地）の面積は減少傾向にあり、線形的に回帰すると6箇所（5河川）で相関が高い。その減少面積の速度をみると、年間に5,000～40,000(m²/year)、割合でみると1～3(%/year)の速さで減少してきている。一方、草地、樹林地、人工地の面積は、1970年以降上昇傾向にあることがわかる。とくに猪名川（1976年以降）、天神川（1990年以降）において、人工地の面積は無植生面積よりも大きな値を示している。これらは、それまで草地、樹林地であった場所が、グラウンド、建造物、護岸などに変化しているためである。また、1970年以前に人工地が大きい箇所は、耕作などの人工地の面積が大きい傾向にあった。

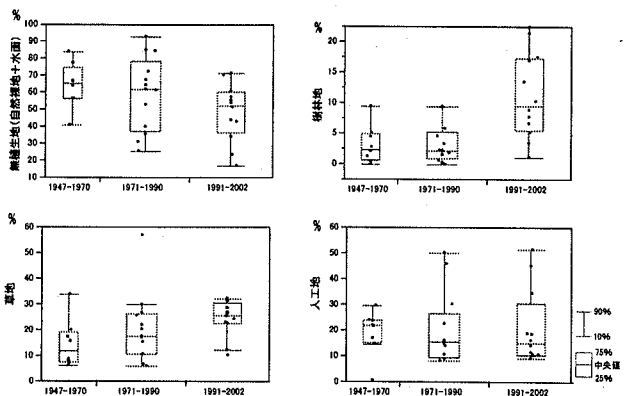


図-5 全対象河川における各地被状態の面積割合の経年的変化—x軸の幅は、標本数に比例したものとしている—

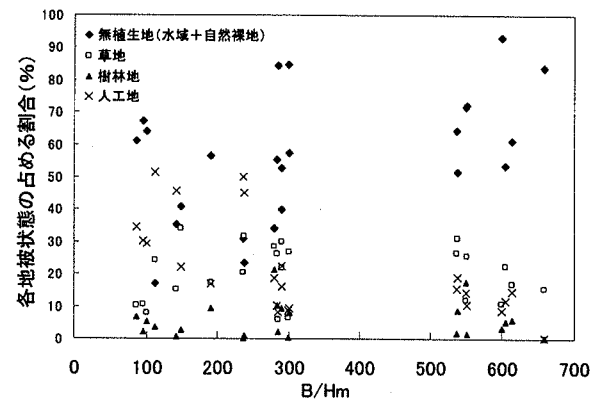


図-6 対象河川におけるB/Hmの違いによる各地被状態の面積割合の変化

(2) 全対象河川の河道内地形と地被状態の変化

a) 全対象河川における地被状態の面積割合の経年的変化について

図-4は、全対象河川を対象に、全地被状態に占める各地被状態の面積の割合の経年変化を示した図である。ここでは、過去から現在までの動向を知るため、1970年以前まで、1971年～1990年、1991年以降から現在までの3つの期間のデータに分け、四分位の箱ヒゲ図を用いて示している。

無植生地については、年が経るにつれて、分布の中央値、最小値が低下傾向にある。樹林地については、1990年以前は分布の中央値が横ばいであるが、1991年～2002年には大幅に増加している。草地については、中央値は徐々に増加傾向にあり、1991年～2002年での四分位範囲（25%～75%）は、中央値の方へ狭まる傾向にあった。1970年以降の人工地については、それ以前と比較し、増加傾向にあることがわかった。

b) B/Hmと地被状態の面積割合との関係について

図-5 にB/Hmとそれに対応する各地被状態の面積割合との関係（表-2中の*を除くデータ）について示す。全体的に、B/Hmが小さくなるに従い、無植生地の面積割合

は減少する傾向にある。一方で、草地、樹林地、人工地の面積割合を総計した値は、大きくなる傾向にある。それらの内訳をみると、人工地の増加傾向が顕著であり、 B/Hm が小さいところでは、その割合が最大で50%を超えている。また、 B/Hm が減少するに従い、草地、樹林地は増加傾向にありながら、300程度でピークを迎えているが、これは、本来、草地、樹林地であったような箇所が人為的改変により、人工地へ変化していると考えられ、実際に、グランドなどの整備などが進んでいた。つまり、 B/Hm が小さく、100を切るような河川では、交互砂州のような単列的な砂州が発達する¹³⁾ことが多いため、川が安定化してきたと考えられる。そのことが、草地や樹林地に代わり、人為的な利用による影響を拡大する結果となったと考えられる。

4. まとめ

本報告では、全国7河川を対象に川幅、水深、河床低下量といった河道特性や空中写真から読み取った地被の長期変動の実態について報告をおこなった。

その結果、河床低下の変動についてみると、1970年以降、ほとんどの河川で河床の低下がみられるものの、河床低下した年代も違えば、最深河床高の低下の程度や変動幅にもばらつきがみられた。

また、ほとんどの河川において、 B/Hm 、平均最深河床高ともに減少傾向にあることがわかった。ただし、 B/Hm 変動幅は各河川で異なり、1960年代からデータのある河川を対象にその低下の程度を比較してみると、約40～150の間で低下していた。 B/Hm の低下の程度については、そもそも B/Hm が小さい箇所では、その低下の程度も小さいという傾向がうかがえた。

空中写真より読み取った各地被状態のうち、無植生地（水域＋自然裸地）の面積は、6箇所（5河川）で線形的に減少する傾向を示し、年間に1～3%の割合で減少していた。他方で、草地、樹林地、人工地の面積は、1970年以降上昇傾向にあることがわかった。

B/Hm と各地被状態の面積割合の違いについてみると、 B/Hm が小さくなるに従い、草地、樹林地が増えていたが、とくに人工地の面積割合は最大で50%を超えるところみられるなど、人為的影響が大きく関与していた。

以上のように、2つの指標値と地被状態の経年的な変化とその関連性について、巨視的な観点からではあるが、定量的に整理できたと言える。しかしながら、土砂採取量の違いによる変動や出水のタイミングによる変動などによる影響について十分に考察できたものとは言えず、その点については、今後の課題としたい。

謝辞：本研究は、国土交通省直轄技術研究会で課題とし

てとりあつかった河床低下と樹林化との関連性について検討した資料をもとに編集した成果報告であり、資料提供いただいた国土交通省河川局河川環境課、各地方整備局の担当の方々には大変お世話になった。ここに感謝の意を記す。

参考文献

- 1) 皆川朋子，島谷幸宏：扇状地における河川の自然環境保全・復元目標の指標化に関する研究，環境システム，vol. 27，pp. 237-246，1999.
- 2) 萱場祐一，島谷幸宏：扇状地河川における地被状態の長期的変化とその要因に関する基礎的研究，河道の水理と河川環境論文集，pp. 191-196，1995.
- 3) Dave Rosgen: APPLIED RIVER MORPHOLOGY, 1996.
- 4) Lacey Gerald: Stable channels in alluvium. London: Institution of Civil Engineers. Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers, vol. 22, 1929.
- 5) 山本晃一，藤田光一，佐々木克也，有澤俊治：低水路川幅変化における土砂と植生の役割，河道の水理と河川環境シンポジウム論文集，pp. 233-238，1993.
- 6) 泉典洋，池田駿介：直線砂床河川の安定横断河床形状，土木学会論文集，No. 429，II-15，57-66，1991.
- 7) 藤田光一，Moody, J. A, 宇多高明，Meade, R. H：川幅縮小機構についての考察－パウダー川と川内川の観察結果から－，河道の水理と河川環境シンポジウム論文集，pp. 183-190，1995.
- 8) 藤田光一，宇多高明，藤井政人：ウォッシュロードの堆積による高水敷の形成と川幅縮小，水工学論文集551，II-37:47-62，1996.
- 9) 関根正人，鯨岡史歩：非定常流中のウォッシュロードの堆積とそれに伴う川幅縮小過程，水工学論文集，第41巻，pp. 877-882，1997.
- 10) 石川慎吾：揖斐川の河川植生．I．扇状地の河床に生育する主な種の分布と立地環境，日生態会誌，38，pp.73-84．1988.
- 11) 渡辺敏，藤田光一，塚原隆夫：安定した砂礫州における草本植生発達の有無を分ける要因，水工学論文集，第42巻，439-444，1998.
- 12) 大石哲也，天野邦彦：河川植生の生育場を評価するための現場調査方法とその適用，土木技術資料，vol. 46-5，pp. 32-37，2004.
- 13) 山本晃一：構造沖積河川学，pp. 149-155，690p，山海道，2004.
- 14) 服部敦，瀬崎智之，伊藤政彦，末次忠司：河床変動の観点で捉えた河原を支える仕組みの復元-多摩川永田地区を事例として-，pp. 85-90，2004.
- 15) 荒木正夫，椿 東一郎：水理学演習（下巻），pp. 138-147，334p，森北出版，2004

(2005. 4. 7 受付)