

矢作川古峯の中州の発達過程とその侵食を促進する事業の効果

Evolution of a mid-channel bar and effect of soil stripping from the bar upon its erosion, in the Yahagi River, central Honshu, Japan,

安藤真也†, 内田臣一††

Shin-ya ANDO, Shigekazu UCHIDA

Abstract We surveyed the evolution of a mid-channel bar from 1960 to 2009 using aerial photographs and cross sections of river channel, and assessed the effect of vegetation and soil stripping from the bar in 2007 upon the erosion of the bar, in the Yahagi River, central Honshu, Japan. The stripping was also aimed to mitigate armouring of the extremely stable river-bed by supplying eroded sediment from the bar to the river-bed. The aerial photographs and cross sections of the channel show that the mid-channel bar grew in height from 1960's to 2007 in parallel to the development of vegetation. After the vegetation and soil stripping in 2007 until 2009, the upstream part of the bar tended to be eroded whereas deposition was dominant on the downstream part of the bar. As a whole of the bar, the deposition slightly exceeded the erosion. Vegetation survey in the spring, summer and autumn of 2009 suggests that recovered vegetation would tend to assist the deposition. Accordingly, the vegetation and soil stripping in 2007 hardly assisted the erosion of the mid-channel bar, and probably did not have an apparent effect upon mitigating the armouring.

1. はじめに

矢作川は木曾山脈南部の大川入山（1908 m）を源とし、中流部で豊田市、岡崎市を貫流し三河湾に注ぐ、流域面積 1830 km²、流路延長 117 km の一級河川である。

矢作川中流域では、1970 年に建設された矢作ダムを始めとする複数のダムにより土砂流出が減少し、矢作川中流域では河床のアーマ化（河床表層の粗粒固化）と呼ばれる現象が生じている。

アーマ化とは、河床表層が洗掘されるにつれ、砂や細粒な礫が流出し、粗粒の礫だけが残り河床が低下しにくくなる現象であり、アーマ化が生じることにより、河床が固定され、河床の攪乱がほとんど起こらない状態となる。生物多様性の維持機構として、攪乱の果たす役割は重要であり、その攪乱がほとんど起こらなくなっている矢作川では、アーマ化により様々な問題が生じており、1980 年代後半からはカワシオグサの異常繁茂、2004 年以降からはカワヒバリガイの異常繁殖が問題となっている¹⁾。

カワシオグサ（大型糸状緑藻）は、アユの良質な餌となる珪藻や藍藻を覆うように繁茂してしまうため、珪藻や藍藻の生育に支障をきたし、更にカワシオグサはアユに摂食されるもののほとんど消化されることはなく、アユの成長を阻害している可能性が高いといわれている²⁾。その影響を受けたのか、河床が固くなり、大型糸状緑藻が大発生した時期の後まもなく、矢作川でのアユの釣果が著しく低下した³⁾。

すでに 1980 年から、矢作川漁業協同組合は、砂や細粒の礫を人工的に重機を使って表層へ掘り出す河床の天地返しなどの漁場整備を行っているが、一時的な効果しかなく、大きな成果は出ていない^{4, 5)}。

さらに、1995 年から 3 年にわたり、豊田市矢作川研究所は矢作川中流域で人工的に砂利投入実験を行った。計 6000 m³の砂利が投入され、アーマ化緩和とカワシオグサの除去が期待されたが、あまり大きな効果は得られなかった⁶⁻¹⁰⁾。

その後、矢作川で繁殖するようになったカワヒバリガイ（環境省により特定外来生物に指定）は、大量に利水施設に侵入し、導水路やパイプに付着し、多大な被害が出ることが懸念されている¹¹⁾。実際、中部電力（株）越戸発電

† 愛知工業大学大学院 建設システム工学専攻

†† 愛知工業大学 工学部 都市環境学科（豊田市）

所の導水路にカワヒバリガイが大量に繁殖し、その影響により発電の出力が下がることが懸念されたため、水路の水を抜いて除去作業が行われた^{12,13)}。

そして、カワヒバリガイ、カワシオグサに加え 2008 年からオオカナダモの異常繁茂も問題となっており、2009 年春には矢作川漁業協同組合により、重機を使ってオオカナダモの除去作業が行われた。

一方、2007 年 3 月には河床のアーマ化を緩和させると同時に、河床を低下させ安全にするために、古巣水辺公園付近の中州（距離標 44.0 km 付近）の植生を表土とともに剥ぎ取る工事が愛知県豊田加茂建設事務所により行われた。この工事は出水時に河川の掃流力による侵食を促し、中州が削り取られることを期待して行われた。河道に植生が繁茂すると、出水時に浮遊砂が植生周辺に堆積し、河道の陸化を促すことや、更に植生帯は掃流力を低下させることもあるので¹⁴⁾、これを阻止することをねらったものである。しかし、現在は植生も回復しており、中州上流側ではツルヨシ、下流側ではオギが密集して生育している状態となっており、堆積を促している可能性もある。

本研究は、この中州を研究対象とし（図 1）、測量と植生調査の結果から、中州の侵食を促進させる事業の効果を検討・評価し、また、過去の空中写真や河床横断面図と比較することにより中州の経年変化を調べ、矢作川古巣の中州の今後の河道管理の一助とすることを目的に行った。

2. 研究方法

2.1 中州の経年変化

1979 年以前は建設省（現国土交通省）の管理下にあり、1960 年から毎年河床横断測量が行われてきた^{15,16)}。しかし、1980 年以降は愛知県管理に代わり、1989 年と 2002 年に河床横断測量が行われた¹⁷⁾。本研究対象となる、距離標 44.0 km と 43.8 km においては豊田市矢作川研究所により 1999、2000 年の河床横断測量が行われた¹⁸⁾。

そこで中州の経年変化を研究対象地点である距離標 44.0 km、43.8 km について過去に行われた河床横断測量から河床変動を、中州内の植生の変化を空中写真から調べた。

河床横断図については、1960、1965、1977、1989、1999、2000、2002 年のデータを用い、空中写真については、1965、1977、1987、1995、2000、2002 年（東海豪雨後）のものを用いた。

2.2 工事後からの河床変動量

2007 年 3 月に行われた表土剥ぎ取りの工事前後に、中州の横断測量が行われた。2009 年 4 月に中州内の水位標

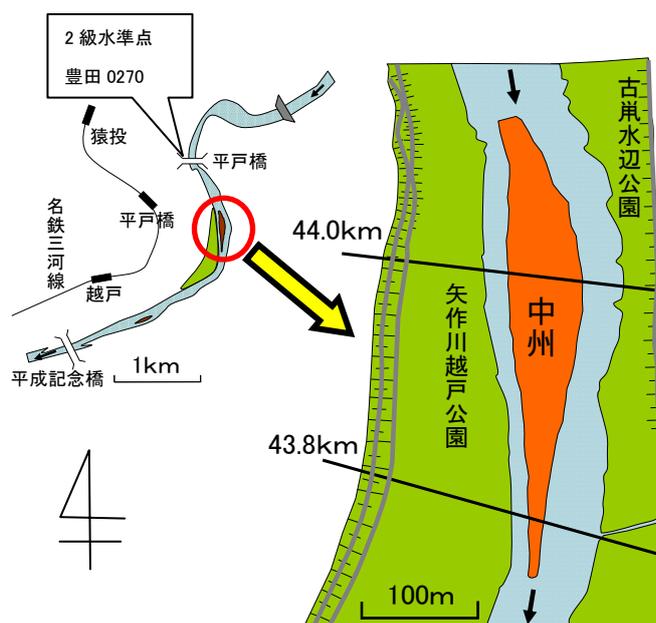


図 1 研究対象地区

を起点（No. 4）とし、10 m 間隔に水位標から上流側に 3 本（No. 1～3）と下流側に 38 本（No. 5～42）の計 42 本の測線をひき横断測量を行い中州の横断図を作成した。その横断図と工事後の横断図を比較し、河床変動量を求めた。工事が行われたのは測線 No. 5～No. 37 の間であり、その区間の変動量を工事後から 2009 年 4 月までの変動量とした。

2.3 2009 年の河床変動量

中州内に 42 本の測線をひき横断測量を 4 月と 11・12 月に行い、河床変動量を求めた。横断測量にはチルチングレベルを用い、地形に変化があるところにスタッフを立て測定した。横断面図を作成する際に、用いた標高は、平戸橋に設置してある 2 級水準点（豊田 0270 標高 51.761 m）を基準とした（図 1）。

測定日は次のとおりである（括弧内は測定した測線）。2009 年 4 月 24 日（No. 4～34）、28 日（No. 1～3、No. 35～42）、11 月 18 日（No. 4～16）、12 月 7 日（No. 7～38）、8 日（No. 1～3、No. 39～42）

2.4 植生調査

中州内の No. 6～No. 40 の偶数番号の測線付近に左岸側、右岸側、中央と計 54 箇所方形枠（2 m × 2 m）を設け春・夏・秋に行った。調査内容は方形枠内の植被率・高さ、方形枠内の植生個々の植被率・高さである。植被率は 0、+（ごくわずか）、10（1%以上 20%未満）、30（20%以上 40%未満）、50（40%以上 60%未満）、70（60%以

上 80%)、90 (80%以上 100%未満)、100 % の 8 段階で調査をし、植生高さは平均の高さを測定した。枯れている植物については、方形枠内に存在していたとしても除外した。

調査日は次のとおりである (括弧内は調査した測線)。2009 年 5 月 12 日 (No. 6~18)、20 日 (No. 20~40)、8 月 24 日 (No. 6~8)、26 日 (No. 10~16)、27 日 (No. 18~34)、28 日 (No. 36~40)、10 月 28 日 (No. 6~40)

3. 結果と考察

3.1 中州の経年変化

過去の河床横断面図に加え、工事前の横断面図と、2009 年 4 月に行った横断測量の結果から作成した河床横断面図の距離標 44.0 km を図 2 に、43.8 km を図 3 に示し、中州の空中写真を図 4 に、空中写真をもとに作成した距離標 44.0 km の植生の変遷の模式図を図 5、43.8 km の模式図を図 6

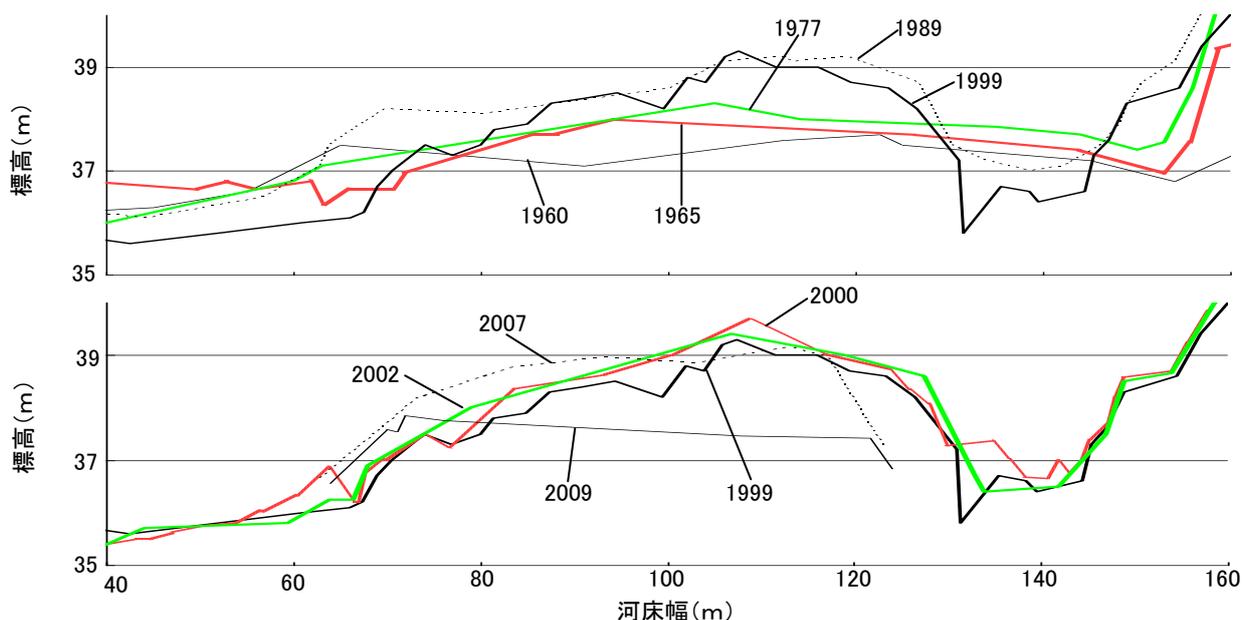


図 2 距離標 44.0 km の河床横断面図 上(1960~1999)、下(1999~2009)

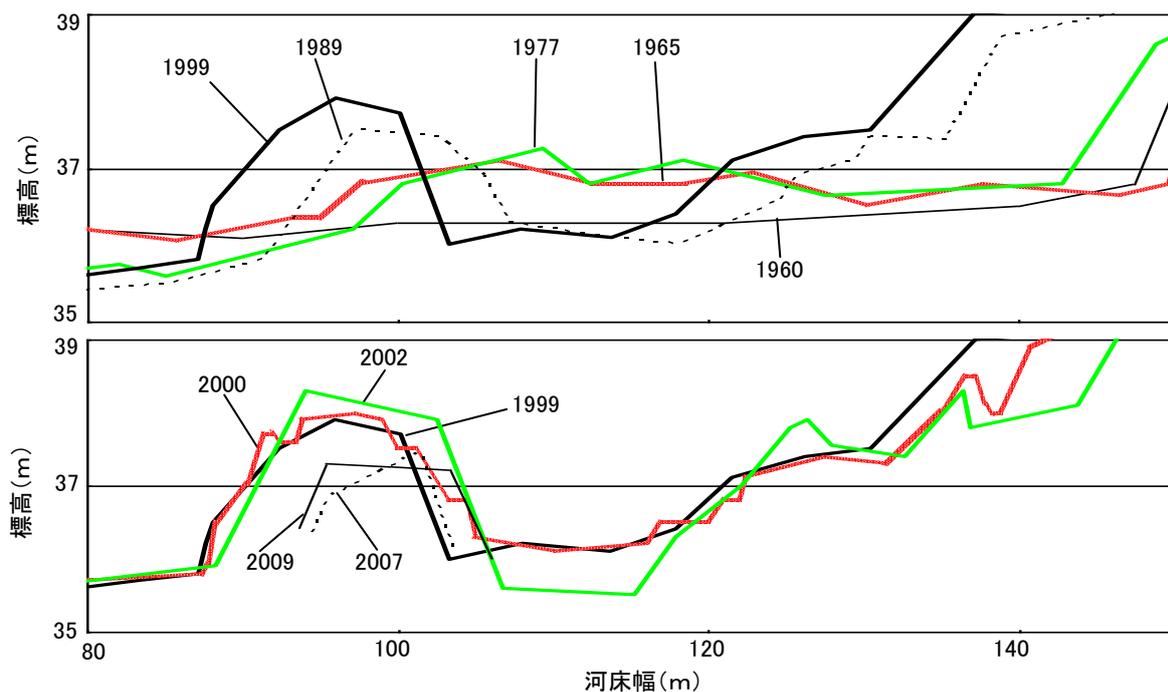


図 3 距離標 43.8 km の河床横断面図 上(1960~1999)、下(1999~2009)

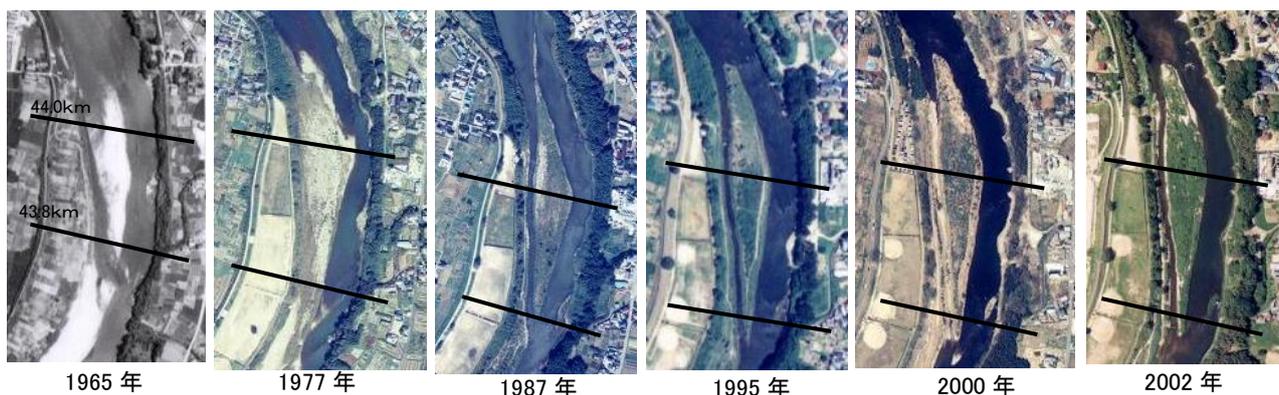


図 4 空中写真からみた中州の経年変化

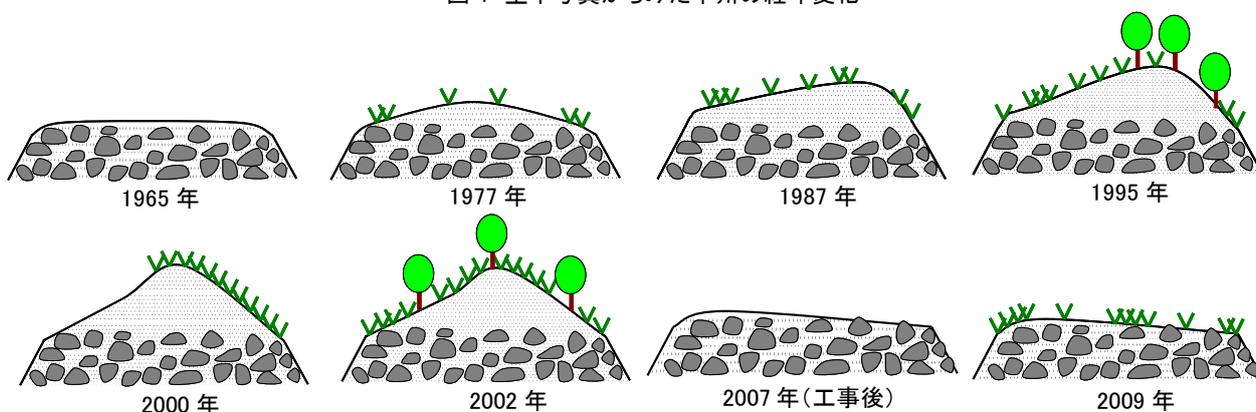


図 5 空中写真をもとに作成した植生の模式図(距離標 44.0 km)

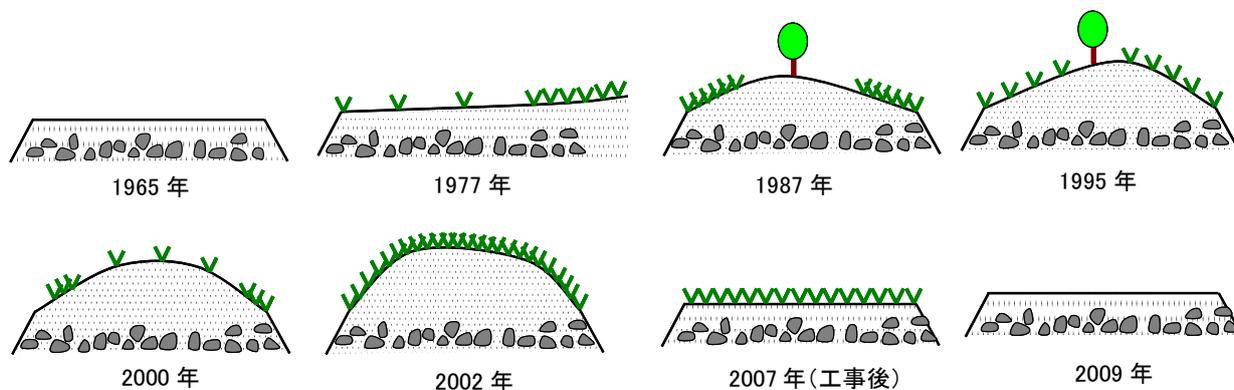


図 6 空中写真をもとに作成した植生の模式図(距離標 43.8 km)

に示した(2009年については植生結果をもとに作成)。
 距離標 44.0 km については、図 2 から 1965 年から 1977 年にかけて河床が上昇しているのが分かる。図 4 の空中写真で確認すると、1977 年には右岸側の河道が埋まり、中州ではなくなっている。次に図 2 から、1977 年から 1989 年にかけて右岸側の河道が大きく削られ、再び中州になっていたが、図 4 の空中写真で確認すると人工的に掘削された形跡がみられた。1977 年から 1989 年にかけて中州が大きく堆積し河床が上昇しているのがわかる。1989 年と 1999 年を見比べると、中州の左岸側が大きく侵食されているよ

うに見えるが、これは河道の左岸側で水制工作られた際に人工的に掘削されたものである。1999 年から 2000 年は、東海豪雨の影響で河床が上昇しているが、あまり大きな変化はみられなかった。
 図 5 の植生の変化をみると、年代が進むにつれ植生が繁茂している様子がみられる。1999 年と 2002 年にいたっては樹木(おそらくヤナギと松)も確認でき、2008 年 3 月に工事が行われて植生が表土と共に剥ぎ取られたが、2009 年には植生が回復をしてきている様子も植生調査結果より確認できた。

43.8 km 地点については、1960 年には中州ではなく、河床は水面下に存在した。1977 年から 1989 年にかけて中州に大きな堆積が見られ、さらに 1999 年になると大きく上昇し、その後東海豪雨で大きな出水があった影響のためか 2002 年が最も高くなっている。また 2002 年から 2007 年にかけては、2004 年に表土が剥ぎ取られる工事が行われたので、その影響で中州は低下している。そして、2007 年 3 月に表土剥ぎ取り工事が行われたが、2009 年になると堆積が進み、工事前よりも大きな中州になっていた。

植生の変化は図 6 より、44.0 km 地点と同様、年代が進むにつれ植生の繁茂がみられ、表土剥ぎ取り工事後の 2009 年には植生が回復した様子がみられた。

河床横断面図と、空中写真を調査した結果、中州は植生の繁茂と共に河床が上昇していたということがわかった。このことにより、植生が繁茂することにより、中州への土砂の堆積が促されている可能性があると考えられる。

3・2 工事後からの河床変動量

工事後（2007 年 3 月）から 2009 年 4 月にかけての河床変動量を図 7 に示す。河床変動量は、横断面を作成し、侵食量・堆積量を求め、起点である No. 5 は下流側に 5 m、終点である No. 37 は上流側に 5 m、その他の測線は上下流に 5 m（計 10 m）をその測線の変動量（ m^3 ）とし算出した。変動量の合計値は次のとおりである。

侵食量 約 $-2050 m^3$
 堆積量 約 $2146 m^3$
 合計 約 $96 m^3$

中州全体で約 $96 m^3$ の堆積がみられた。図 7 より、上流側では侵食が多くなり、下流側では堆積が大きくなっている。特に No. 27 より下流側ではほぼ堆積しかみられない。侵食が最も大きかった No. 12 と、堆積が最も大きかった No. 19 を図 8 に示す。No. 12 では約 $265 m^3$ の侵食、約 $0 m^3$ の堆積がみられた。No. 22 では約 $30 m^3$ の侵食、約 $200 m^3$ の堆積がみられた。

3・3 2009 年の河床変動量

図 9 は高橋（距離標 40.6 km）における水位であり、横断面測量を行った 2009 年 4 月から 12 月の間で起こった大きな出水は、8 月 1 日の出水があり、中州全体が冠水するほどの出水であった。

横断面測量の結果をもとに断面図を作成し、侵食量と堆積量を求めた。算出方法は、各測線の 2009 年 4 月と 12 月の横断面図より、侵食量・堆積量の面積を求め、測線 No. 1 は下流側に 5 m、No. 42 は上流側に 5 m、その他の測線は上・下流側に 5 m（計 10 m）をその測線の変動量とし算出した。それぞれの測線の変動量を図 10 に示す。変動量

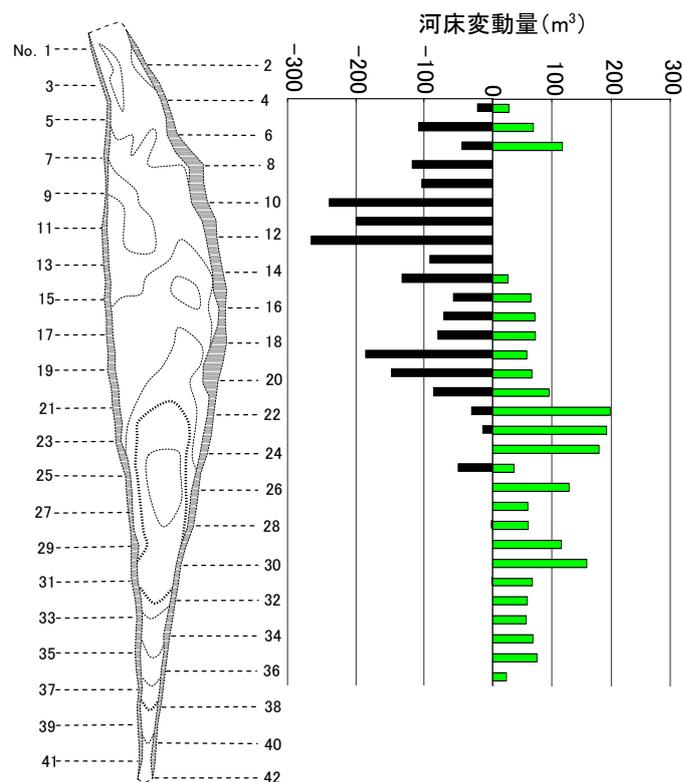


図 7 工事後から 2009 年 4 月の河床変動量

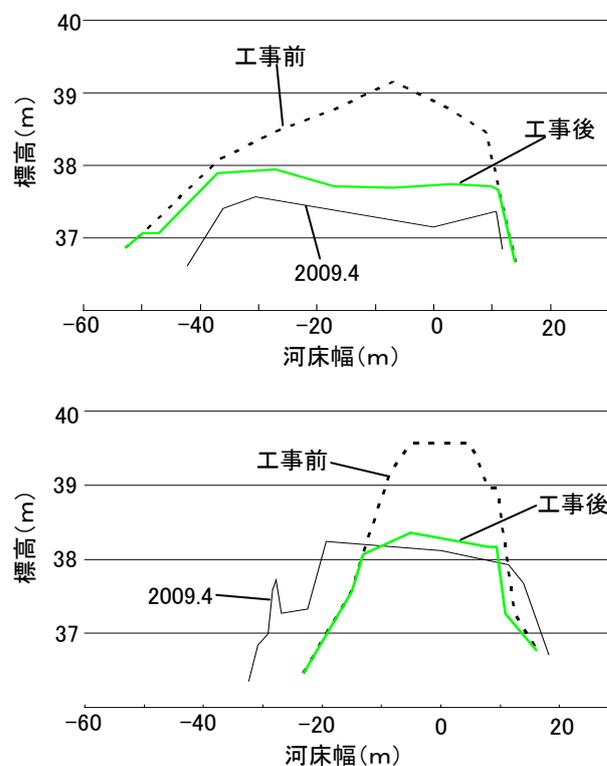


図 8 侵食が最も大きかった No. 12(上)と堆積が最も大きかった No. 22(下)

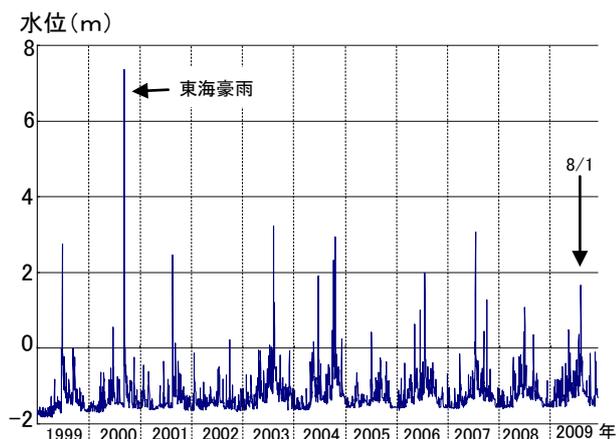


図 9 高橋(距離標 40.6km)の水位

の合計値は次のとおりである。

侵食量 約 -520 m³
 堆積量 約 547 m³
 合計 約 27 m³

中州全体で約 27 m³の堆積がみられた。図 10 をみると、上流側では侵食のほうが大きくなり、下流側では堆積のほうが大きくなるのが分かる。侵食が最も大きかった No. 10 と、堆積が最も大きかった No. 18 を図 11 に示す。No. 10 では約 60 m³の侵食、約 4 m³の堆積がみられた。No. 18 では約 14 m³の侵食、約 31 m³の堆積がみられた。侵食量が多かった測線では右岸側で大きな侵食がみられた。堆積量が多かった測線については、左岸側で堆積がみられた。

3・4 植生調査結果

春・夏・秋と植生調査を行い、その結果である方形枠内の植被率を図 12、方形枠内の植生平均高さを図 13、堆積量の大きかった下流側に多く生育していたオギの調査結果を図 14 に示す。植物の種数は 119 種の確認できた。植生は水辺に生育する植物、野山に生育する植物、帰化植物、園芸品種と様々なものが確認された。

8 月 1 日に大きな出水が起こったが、春・夏と植生結果を見比べてみても、出水により植生が流出した様子はみられず、植被率と植生高さは共に上昇しているところが多くみられた。夏から秋にかけては、全体的に植被率が減少したところが多く見られたが、調査を行った際に枯れている植物が多く見られたので、その影響で減少したと考えられる。オギは上流側ではあまり見られず、下流側で多くみられた。

3・5 植生と河床変動の相関

横断測定の測線と、植生調査を行った方形枠は一致して

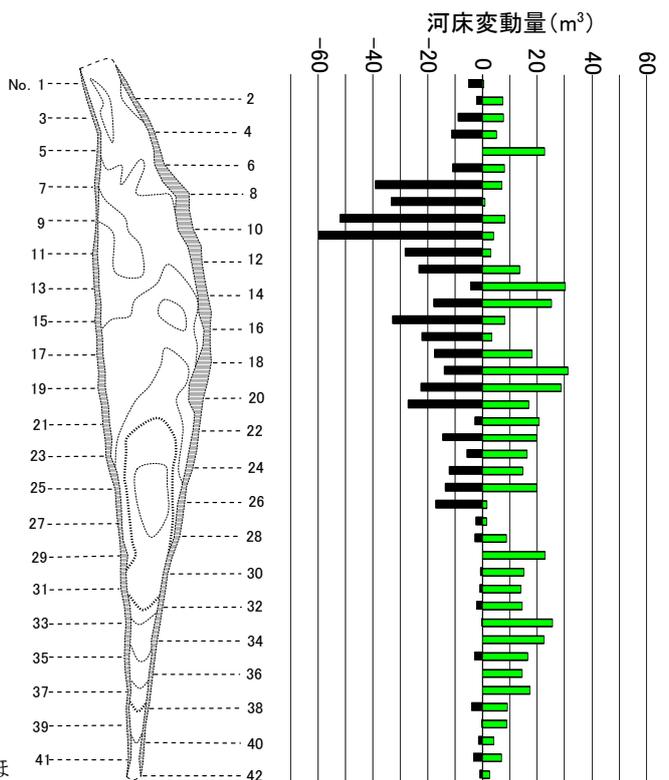


図 10 各測線の位置と河床変動量

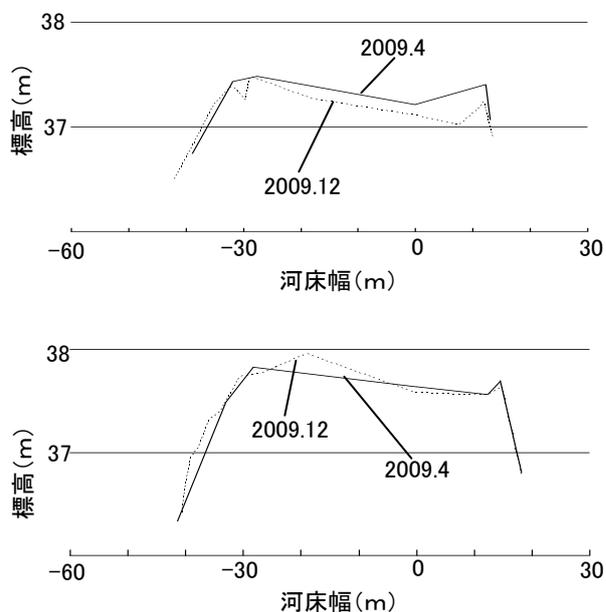


図 11 侵食が最も大きかった No. 10(上)と堆積が最も大きかった No. 18(下)

いないが、測線付近に方形枠を設けたので測線の河床の変動高さを各方形枠の変動高さとし、その相関を横軸に植被率(%)、縦軸に変動高さ(mm)をとり、相関図を作成

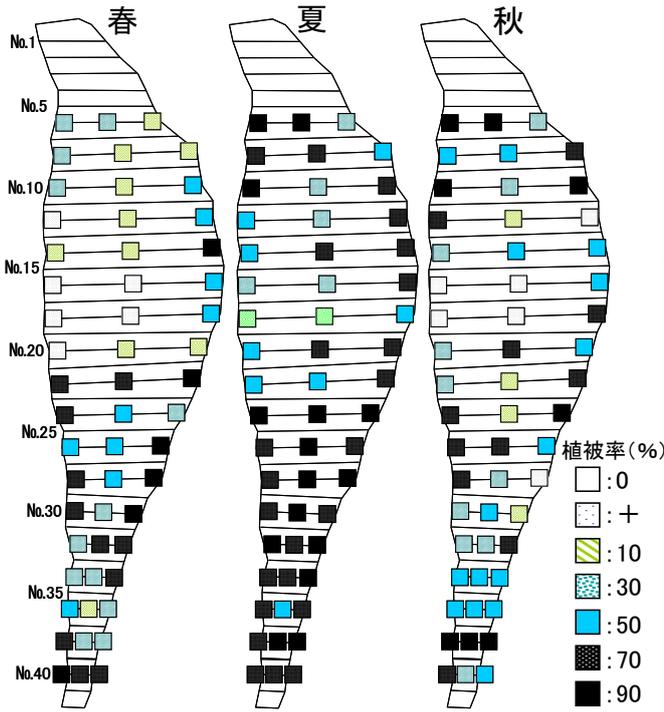


図 12 植生調査結果(方形枠の植被率)

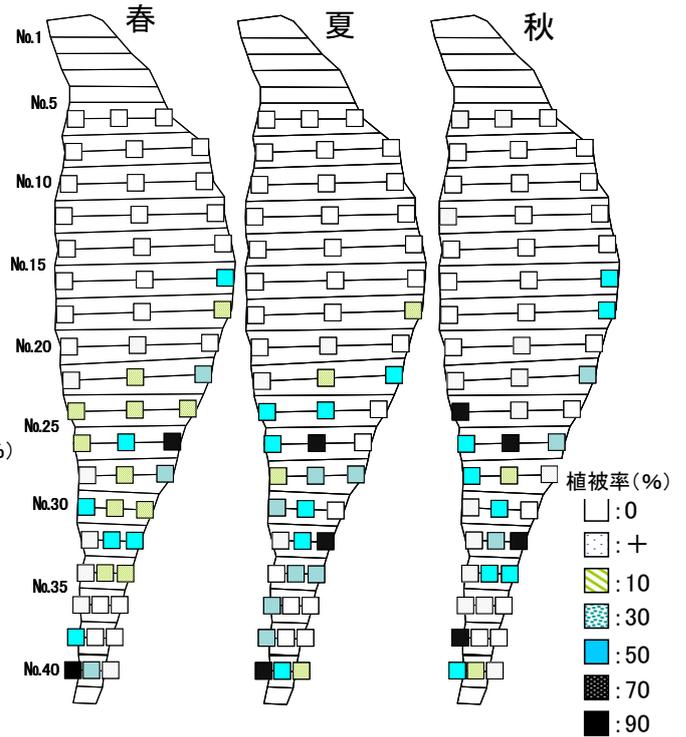


図 14 オギの植生調査結果(植被率)

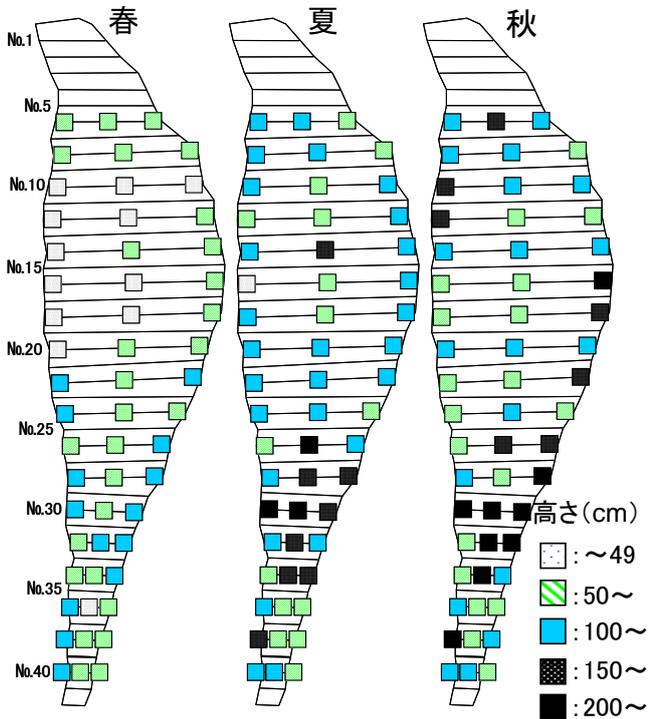


図 13 植生調査結果(植生平均高さ)

し、相関係数を求めた。植被率は方形枠、堆積傾向のあった下流側に多く生育していたオギ、最も出現頻度の多かったヨモギ、河道の陸化を促すとされているツルヨシの植被率を用いた。

2007年3月の工事後から2009年4月までの変動高さを

2007・8年分、2009年4月から2009年12月の変動高さを2009年分とし、中州全体の相関を調べ相関係数を表1に示した。その中の一例として2007・8年全体の方形枠春の相関図を図15に示す。これをみるとやや相関があるようにみえるが、他の相関係数を見ると、数値が低く相関があるようにはみえない。

次に、2007・8年の侵食が大きかったNo. 5～No. 21を上流、堆積が大きかったNo. 22～No. 37を下流、2009年は侵食が大きかったNo. 6～No. 27を上流、体積が大きかったNo. 28～No. 40を下流とし、上流側・下流側とわけ相関係数を求めた(表1)。その中の2007・8年上流のオギ夏の相関図を図16に示すが、この図では2点が大きく離れているため、相関があるとは考えられなかった。次に、2009年下流のツルヨシ秋を図17に示すが、こちらも1点の値が大きく離れているため、相関があるとは考えられない。

そして、次に河床変動量の侵食が大きい範囲を上流(2007・8年: No. 6～15、2009年: No. 6～12)、侵食・堆積が釣り合っている範囲を中流(2007・8年: No. 16～21、2009年: No. 13～26)、堆積が大きい範囲を下流(2007・8年: No. 21～37、2009年: No. 27～40)とわけ、更に河床変動高さと植被率の平均値を用い、様々な方法で相関図を作成し、相関係数を4つの条件で求めた。その条件を以下に示す。

表 1 河床変動高さと植生の植被率の相関係数

		方形柢			オギ			ヨモギ			ツルヨシ		
		春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋
2007・8年	全体	0.40	0.29	0.01	0.31	0.45	0.31	0.07	0.18	-0.05	-0.09	-0.17	-0.13
	上流	0.03	-0.04	0.02	0.24	0.38	0.16	0.02	0.04	-0.05	0.12	0.22	0.38
	下流	-0.43	-0.07	0.11	0.16	-0.02	0.17	-0.38	-0.29	-0.14	-0.29	0.18	0.36
2009年	全体	0.07	0.21	0.01	0.14	0.20	0.18	0.02	0.10	-0.37	0.06	0.16	0.11
	上流	-0.07	0.01	0.22	0.10	0.11	0.06	0.15	0.06	-0.52	0.05	0.08	0.06
	下流	-0.52	0.02	0.44	0.29	-0.28	0.06	-0.22	0.20	0.15	0.28	0.28	0.58

表 2 様々な条件下で求めた河床変動高さと植生の植被率の相関係数

		方形柢			オギ			ヨモギ			ツルヨシ		
		春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋
2007・8年	条件(1)	0.60	0.46	0.18	0.65	0.63	0.51	0.38	0.60	-0.04	0.08	-0.39	-0.41
	条件(2)	0.68	0.60	0.25	0.66	0.69	0.63	0.69	0.69	0.03	0.21	-0.52	-0.46
	条件(3)	0.77	0.58	0.23	0.83	0.80	0.65	0.92	0.92	0.18	0.37	-0.58	-0.46
	条件(4)	0.99	0.85	0.43	0.92	0.99	0.87	0.99	0.55	0.20	0.59	-0.54	-0.40
2009年	条件(1)	0.33	0.35	-0.08	0.47	0.57	0.50	0.26	0.44	-0.12	0.35	0.33	0.37
	条件(2)	0.57	0.55	-0.02	0.61	0.63	0.55	0.28	0.55	0.01	0.59	0.46	0.47
	条件(3)	0.54	0.57	-0.13	0.69	0.83	0.70	0.34	0.78	-0.66	0.92	0.83	-0.65
	条件(4)	0.97	0.91	-0.26	0.93	0.95	0.86	0.50	0.85	0.14	0.95	-0.73	-0.75

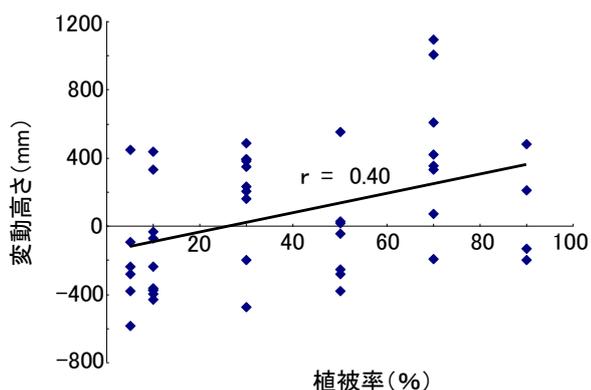


図 15 2007・8 年全体の方形柢春の相関図

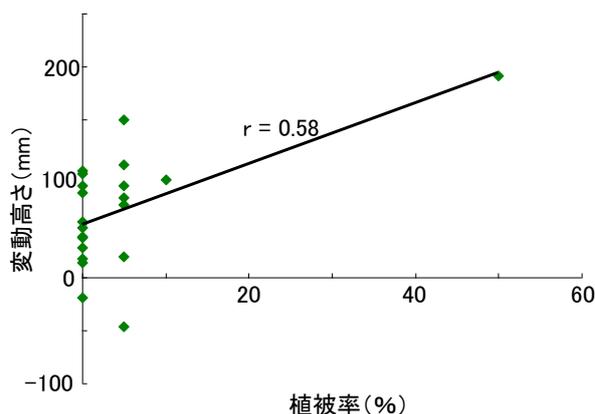


図 17 ツルヨシ(2009 年・秋下流)の相関図

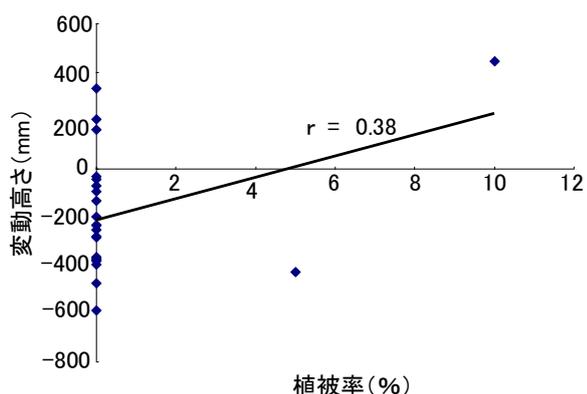


図 16 2007・8 年上流のオギ夏の相関図

- (1) 植被率を左岸・中央・右岸側のそれぞれの上流・中流・下流と平均値を求め 9 個のブロックにわけ、その範囲にある測線の河床変動高さとの相関。
- (2) 上流・中流・下流の植被率の平均を求め中州内を 3 つのブロックに分け、それぞれの範囲にある変動高

さとの相関。

- (3) 河床変動高さの左岸・中央・右岸側のそれぞれの上流・中流・下流と平均値を求め 9 個のブロックに分け、条件 (2) の植被率との相関。
- (4) 河床変動高さを上流・中流・下流と平均値を求め、条件 (2) との植被率との相関。

これらの結果である相関係数をまとめたものを表 2 に示す。中州内をブロック分けし、平均値を用いた結果、表 1 の結果と比べると植生と河床変動高さの相関がみられたところが多かった。2007・8 年の方形柢春の条件 (1) を図 18 に、条件 (2) を図 19 に、条件 (3) を図 20 に、条件 (4) を図 21 に示す。図 18~21 は総じて高い相関係数を得ることができた。条件 (4) (図 21) はプロット数が 3 点と少ないため、相関があると考えることはできないが、他の図をみると、大局的に相関を求めた結果、植生が繁茂しているほど堆積が促される傾向にあるという結果

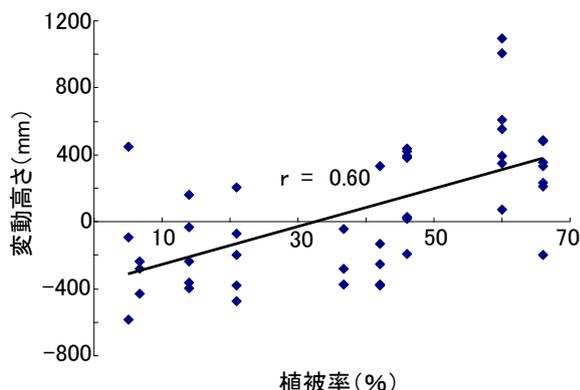


図 18 2007・8 年方形枠春条件(1)の相関図

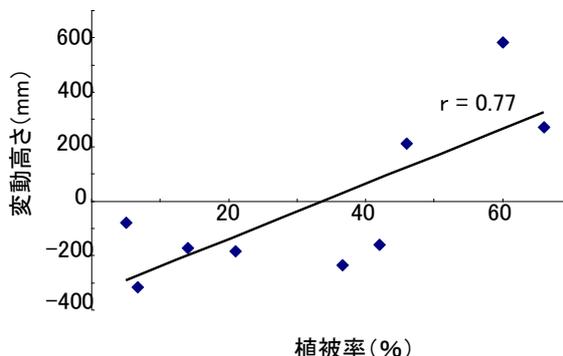


図 20 2007・8 年方形枠春条件(3)の相関図

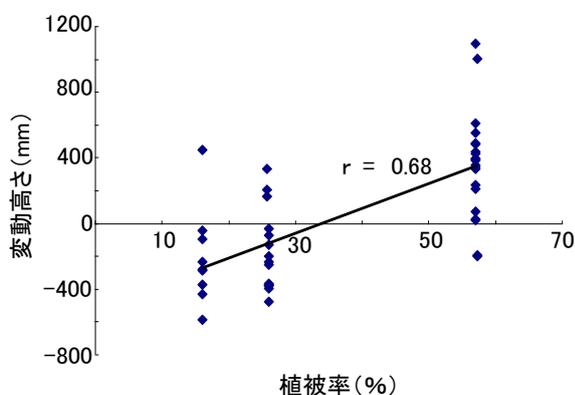


図 19 2007・8 年方形枠春条件(2)の相関図

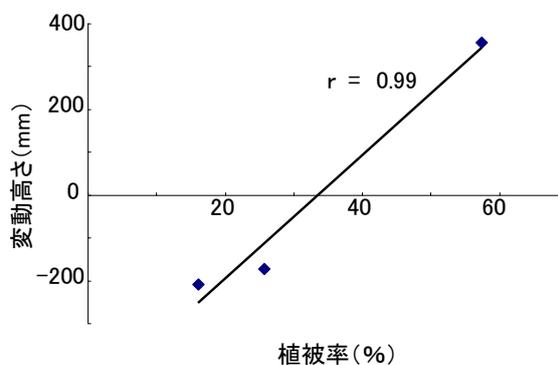


図 21 2007・8 年方形枠春条件(4)の相関図

が多くのところで見られた。ツルヨシはほとんどの係数が低い、もしくは負の相関がみられるところが多いが、ツルヨシは冠水頻度が多く、他の植物が生育しにくい場所に生育しているため、このような結果になったと考えられる。

3・6 中州の侵食を促す事業の効果

工事後（2007年3月）から2009年4月と、2009年4月から12月の河床変動量をみると、共に上流側では侵食量の方が大きくなったが、下流側では堆積量の方が大きくなった。侵食量と堆積量を合算すると、堆積量の方が大きくなっているため、現在中州は堆積傾向にあると考えられる。また、河床のアーマ化の緩和を期待され行われた事業であったが、工事が行われた直後である2007・8年は2050 m³、2009年は520 m³の侵食がみられ、約3年間で2570 m³の侵食がみられ、1995年から3年間にわたり行われた砂利の人工投入実験で投入された砂利の量（古叺では3000 m³）と比べると量が少ないため、アーマ化を緩和させる効果は乏しかったのではないかと考えられる。

本研究では植生と河床変動の相関は中州内をブロック分けをし、大局的に相関を求めることにより、植生が繁茂

していると堆積傾向になる可能性があるという結果になったため、植生が繁茂し続け、最も植生が繁茂していたと思われる2002年のようになってしまうと、植生の影響により、中州の堆積を更に促してしまう可能性があり、植生がこのまま繁茂しないよう対策が必要になるのではないかと考えられる。

以上のことにより、安全な河道を確保すると同時にアーマ化の緩和が期待され行われた事業であったが、このままでは中州が上昇し、十分な流下能力が望めなくなる可能性があり、アーマ化に対して効果は乏しかったと考えられる。

4. まとめ

1. 過去の横断図を調べた結果、矢作川古叺の中州は1960年代以降年々上昇してきたことがわかった。
2. 中州の侵食を促す事業が2007年3月に行われたが、2009年に横断測量を行った結果、再び堆積する傾向にあることがわかった。
3. 植生調査と河床変動量の相関を調べた結果、植生が

繁茂することにより、堆積を促す可能性があるということが示唆された。

4. 中州の侵食量は少なく、アーマ化の緩和には効果が乏しかったと考えられる。

謝辞

本研究をまとめるにあたり、豊田市矢作川研究所の洲崎燈子氏には植生の同定や調査方法、調査結果について指導と助言をいただいた。愛知県豊田加茂建設事務所(担当：西村薫氏)からは矢作川古巣で行われた表土剥ぎ取り工事前後の横断測量データを提供していただいた。中日本高速道路株式会社名古屋支社多治見保全・サービスセンターからは平戸橋に設置してある 2 級水準点の標高のデータをいただいた。そして、愛知工業大学都市環境学科河川・環境研究室の平成 21 年度卒研究生と修士 1 年の松下毅大君には、測量などの調査の際に補助をしていただいた。同研究室の四俵正俊教授、木村勝行教授、内田臣一教授には本研究への全般的な指導と助言をいただいた。

これらの方々のご指導、助言、ご協力に心から感謝の意を表したい。

引用文献

- 1) 豊田市矢作川研究所：カワシオグサの繁茂実態調査と抑制対策に向けた研究。矢作川研究, 12, pp. 16-21, 2008.
- 2) 内田朝子：矢作川中流域におけるアユの消化管内容物, 矢作川研究, 6, pp. 5-20, 2002.
- 3) 山本敏哉：アユ釣りの記録からたどった釣果の変異, 矢作川研究, 4, pp. 169-175, 2000.
- 4) 小川都編：漁場の確保から環境保全へ。「矢作川 100 年誌資料研究」, 豊田市矢作川研究所, pp. 48-51, 2002.
- 5) 新見幾男：ダム直下の悲劇。豊田市矢作川研究所月報 Rio, No. 9 : 4, 1991.
- 6) 田中蕃：砂利投入による河床構造回復の試みとその効果, 矢作川研究, 1, pp. 175-202, 1997.
- 7) 田中蕃：砂利投入による河床構造回復の試みとその効果Ⅱ, 矢作川研究, 2, pp. 191-223, 1998.
- 8) 田中蕃：砂利投入による河床構造回復の試みとその効果Ⅲ, 矢作川研究, 3, pp. 203-246, 1999.
- 9) 田中蕃：砂利投入による河床構造回復の試みとその効果Ⅳ, 矢作川研究, 4, pp. 135-141, 2000.
- 10) 田中蕃：砂利投入実験。矢作川漁協 100 年史編集委員会, 「環境漁協宣言 矢作川漁協 100 年史」, 矢作川漁協組合, pp. 284-286.
- 11) 白金晶子：警告!カワヒバリガイ。豊田市矢作川研究所月報 Rio, No. 90 : 4, 2005.
- 12) 豊田市矢作川研究所：矢作川でのカワヒバリガイを巡る最近の動向。豊田市矢作川研究所月報 Rio, No. 93 : 4, 2006.
- 13) 内田臣一・白金晶子・内田朝子・田中良樹・土井幸二・松浦陽介：矢作川におけるカワヒバリガイの大量発生後の大量死, 矢作川研究, 11, pp. 35-46, 2007.
- 14) 辻本哲郎：河床低下傾向の河川での景観変化。池淵周一編, 「ダムと環境の科学Ⅰ ダム下流生態系」, 京都大学学術出版会, pp. 128-132, 2009.
- 15) 建設省中部地方建設局企画室：直轄河川平面及縦横断面図(豊川 矢作川 出雲川), 1961.
- 16) 建設省中部地方建設局：河床横断面図集, 第 1 回～第 9 回, 第 11 回～第 16 回, 第 18 回, 1962～1980.
- 17) 愛知県豊田加茂建設事務所：1989, 2002 年矢作川河床横断面図.
- 18) 豊田市矢作川研究所：1999 年, 2000 年矢作川河床横断面図.

(受理 平成 22 年 3 月 19 日)