

矢作川における河床砂礫の調査、特にアーマ化の指標探し

986042 加藤大典

986072 末松朋浩

986107 西山正臣

1. はじめに

一般に、自然状態の河川では洪水が起こると多量の砂礫が流れ、河床の礫も移動する。しかし、ダムが建設されると洪水時にも水量は制御され、砂礫はその下流へ流れなくなる。そのためダムの下流では河床から細かい礫と砂が洗い流されて表層には大きい礫だけが残し、その礫が鎧(armor)のようにはまり込んだ状態となる。このような河床の変化をアーマ化(河床表層の粗粒固化)と呼ぶ(島谷・皆川, 1998; 田中, 1999, 2000)。

近年、矢作川中流部(愛知県豊田市付近)の河床はアーマ化が進み、大形糸状藻カワシオグサの繁茂など底生生物への影響、さらにそれがアユの不漁を引き起こすことが懸念されている(内田, 1997, 1998, 2000)。この底生生物への影響は、大型糸状藻類についても(内田, 2001)水生昆虫を主とした底生動物についても(青山ほか, 2001)、百月ダム(旭町)から明治用水頭首工(豊田市)までの中流域の区間において顕著である。そこでこの区間をアーマ化が顕著な区間と見なし、河床砂礫においてこの区間で指標となる特徴が認められるかどうか調べることにした。

既に2000年度の卒業研究によると、早瀬の河床砂礫の調査結果だけではアーマ化の指標になりにくいとされている(内田ほか, 2001)。すなわち、ダム上流のアーマ化が起こってない河床でも、中流域のアーマ化が進んでいると言われている河床でも、1層・2層ともに常に粗粒で明瞭な差が見られなかった。そこで今年度の私たちの卒業研究では矢作川において、早瀬だけでなく平瀬と淵での採取を加えて、河床表層砂礫の粒度分布にアーマ化の指標となる特徴を見出すことを目的とした。

なお、この研究は豊田市矢作川研究所の河川環

境復元総合調査研究事業(矢作川古崩プロジェクト)の一部である。

2. 調査地点と調査日

調査地点は下に示す愛知県内矢作川の6地点である(図1)。これより下の本文、図では太字で示した地名で調査地点を略称する。

A 稲武町**大野瀬**(根羽川)(河口から約90km)

B 旭町**池嶋**(同62km)

藤岡町上川口(同61km)

C 豊田市西**広瀬**町(同49km)

D 豊田市扶桑町(**古崩**)(同44km)

E 岡崎市細川町(**葵大橋**)(同32km)

F 岡崎市矢作町(**矢作橋**)(同23km)

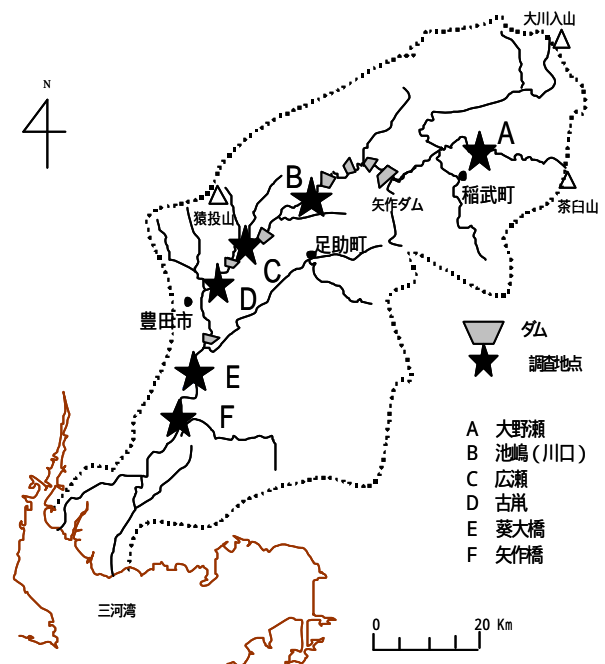


図1. 矢作川流域地図と調査地点

前年度の卒業研究と合わせ、6 地点とも早瀬、平瀬、淵でそれぞれ 3 回ずつ採取した。

調査日とそれぞれの調査地点、調査箇所は下記に示す。これより下の本文、図では、調査日は記さず単に 1 回目、2 回目、3 回目とする。

なお、池嶋で河川工事の期間中（2001 年 5 月から 10 月）は川口を池嶋の代替地点とした。また犬伏川合流地点での調査砂礫は未分析である。

2001 年

- ・2 月 20 日 大野瀬、池嶋、広瀬（平瀬）
- ・2 月 27 日 古崩、葵大橋、矢作橋（平瀬）
- ・3 月 21 日 大野瀬（淵）
- ・3 月 23 日 古崩、葵大橋、矢作橋（淵）
- ・5 月 25 日 広瀬（早瀬）
- ・5 月 29 日 古崩、葵大橋、矢作橋（早瀬）
- ・7 月 27 日 大野瀬、川口（早瀬）
広瀬（平瀬）
- ・7 月 30 日 古崩、葵大橋、矢作橋（平瀬）
- ・8 月 13 日 大野瀬、川口（平瀬）
- ・10 月 30 日 犬伏川合流地点（早瀬）
- ・12 月 4 日 大野瀬、池嶋、広瀬（平瀬）
古崩、葵大橋、矢作橋（平瀬）

池嶋、広瀬（淵）

2002 年

- ・1 月 16 日 大野瀬、池嶋、広瀬（淵 2 回）
古崩、葵大橋、矢作橋（淵 2 回）

3. 早瀬・平瀬・淵と砂礫堆

河川生態学では、瀬を早瀬と平瀬に分けている。瀬と淵はいわば山と谷のような形をしている。そうして、山の下流側に早瀬が、その上流側に平瀬が、それぞれ形成されている。

瀬と淵の成因は次のように説明されている。出水時の流れは発散と集中を繰り返すが、流れの発散した部分に土砂が堆積して瀬となり、集中した部分は洗掘されて淵となる。すなわち、淵は深掘れ部と言える。出水時には河道全幅を流れても、平水時には河道の一部が流路となるので、淵は流路の曲がり角に位置することになる（玉井ほか、1993）。

この堆積と洗掘は砂礫堆（砂洲）と呼ばれる特徴的な微地形をつくる。砂礫堆は左右岸交互に形成され、河道が直線であっても、水は左岸から右岸へ、右岸から左岸へと蛇行して流れ水衝部を生ずる（図 2）。

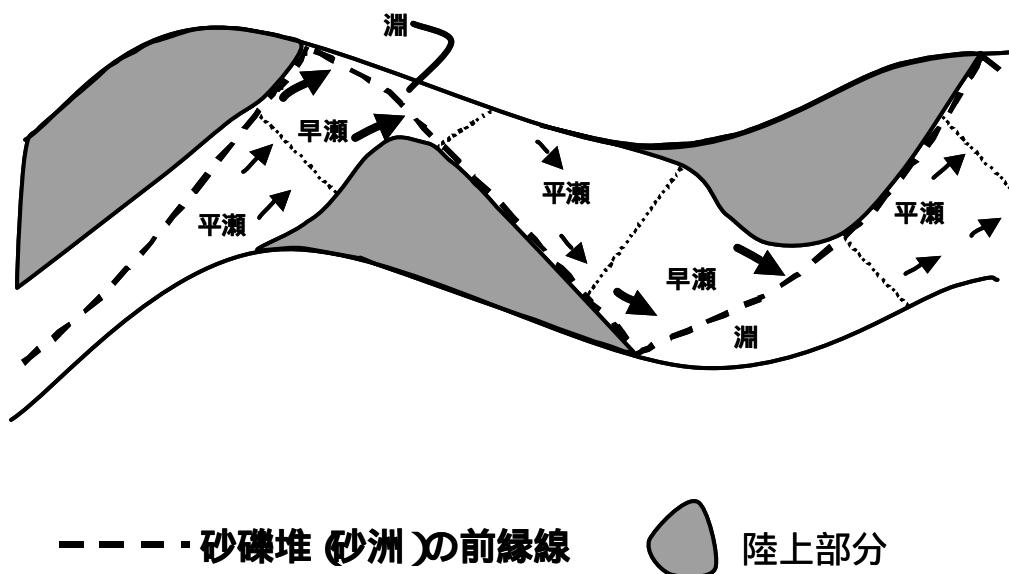


図 2. 河川の微地形を表した模式図

4. 採取・測定方法

調査は早瀬・平瀬・淵で行い、それぞれ1層・2層に分けて採取した。

早瀬では各地点で50 cm×50 cm 方形枠を4箇所設けて計1 m²採取した。早瀬の表層砂礫は粒径が大きいので、それぞれの層の大きめの礫の粒径を1層・2層の層厚の目安にした(図3)。

平瀬では各地点で1 m×1 m 方形枠を1箇所設け早瀬と同じ1 m²を採取し、層厚の目安は早瀬の場合に準じた。

しかし、この採取方法は一般的に河川工学で推奨されている河床砂礫の採取方法(山本, 1971)とは異なる。それはこの調査では並行して底生生物の調査が行われており、それとの関係で表層部分を区別して調べたためである。

淵では平瀬と同様に各地点で1 m×1 m 方形枠を1箇所設けた。粒径が小さいため層厚は1層・2層ともに約10 cmとした。水中での採取が望ましいが水深が深く正確な採取が困難なため、淵の川岸の陸上部に方形枠を設置し採取を行った(図4)。

砂礫の粒径分布の測定には、JIS Z 8801-1: 2000に準拠した125, 63, 31.5, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5 mmの9種類のふるいを使用し、粒径256 mm以上のときは巻尺で粒径を測定し、各ふるい目の大きさに分け、重量を測定した。はかりの精度は、粒径64 mm以上は100 gまで、それ未満は1 gまで測定できるものを使用した。

5. 調査結果

採取した砂礫の重量は表1, 2に示すとおりであった。この内訳を粒径加積曲線(図5)と粒径階級別重量百分率のグラフ(図6)で示し、粒度分布を調べた。その結果、両グラフを概観すると、早瀬、平瀬ともに上流から下流へ次第に細粒になる傾向、及び1層より2層が細粒になる傾向は認められる。しかし、池島、広瀬、古峯のアーマ化が顕著な区間に特有の特徴は認め難い。

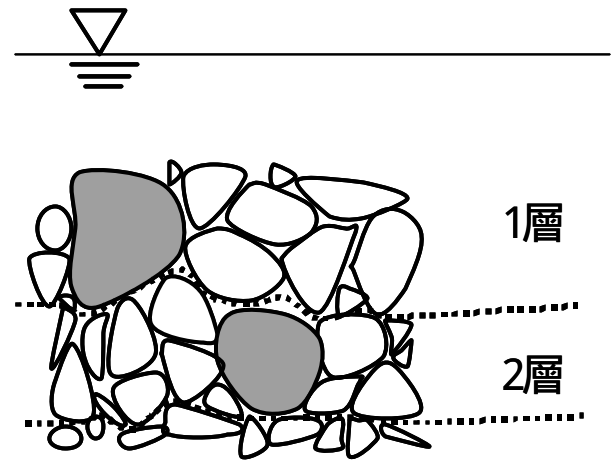


図3. 1層と2層の区別(早瀬、平瀬)

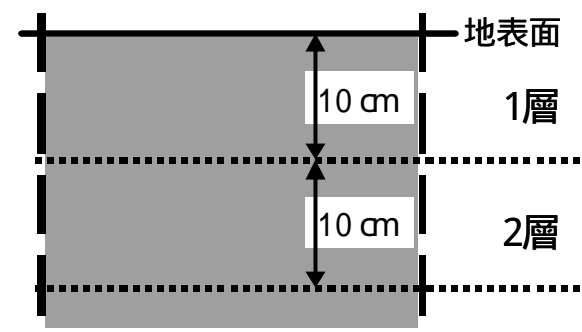


図4. 1層と2層の区別(淵)

表1. 早瀬で採取した河床砂礫の重量(kg)

		方形枠				合計	
		No.1	No.2	No.3	No.4		
2001.7	大野瀬	1層	15.9	34.6	7.9	42.0	100
		2層	2.0	1.7	3.9	4.0	11.6
2001.7	川口	1層	47.1	44.9	36.3	41.8	170
		2層	3.0	2.3	4.3	8.4	18.0
2001.5	広瀬	1層	15.9	21.1	18.1	29.5	84.6
		2層	8.6	1.7	3.0	2.5	15.8
2001.5	古峯	1層	27.8	19.7	28.1	24.8	100
		2層	12.2	10.5	5.9	7.2	35.8
2001.5	葵大橋	1層	9.1	10.9	14.6	9.4	44.0
		2層	3.6	5.9	6.1	4.8	20.4
2001.5	矢作橋	1層	1.9	1.6	1.7	1.0	6.2
		2層	3.6	3.8	2.2	3.5	13.1

表2. 平瀬と淵で採取した河床砂礫の重量(kg)

		大野瀬 池島(川口) 広瀬 古峯 葵大橋 矢作橋						
		大野瀬	池島(川口)	広瀬	古峯	葵大橋	矢作橋	
2001.2	平瀬	1層	113	77.3	123.4	254.1	47.0	18.0
		2層	36.1	11.2	34.2	37.7	32.7	16.7
2001.3,12	淵	1層	12.9	9.7	9.5	15.3	21.6	5.5
		2層	20.2	6.8	7.2	22.9	17.5	7.0
2001.7,8	平瀬	1層	43.7	32.7	18.5	38.4	9.6	5.6
		2層	15.6	25.6	7.8	14.4	12.4	5.1
2001.12	平瀬	1層	77.3	63.6	70.5	92.2	19.7	45.0
		2層	22.0	56.1	18.3	16.0	8.7	7.3
2002.1	淵	1層	7.6	3.6	4.5	2.6	4.6	4.3
		2層	4.1	4.4	4.1	4.7	5.2	4.9
	淵	1層	4.3	4.0	2.9	4.0	4.7	4.8
		2層	3.0	6.7	5.0	4.2	5.2	6.9

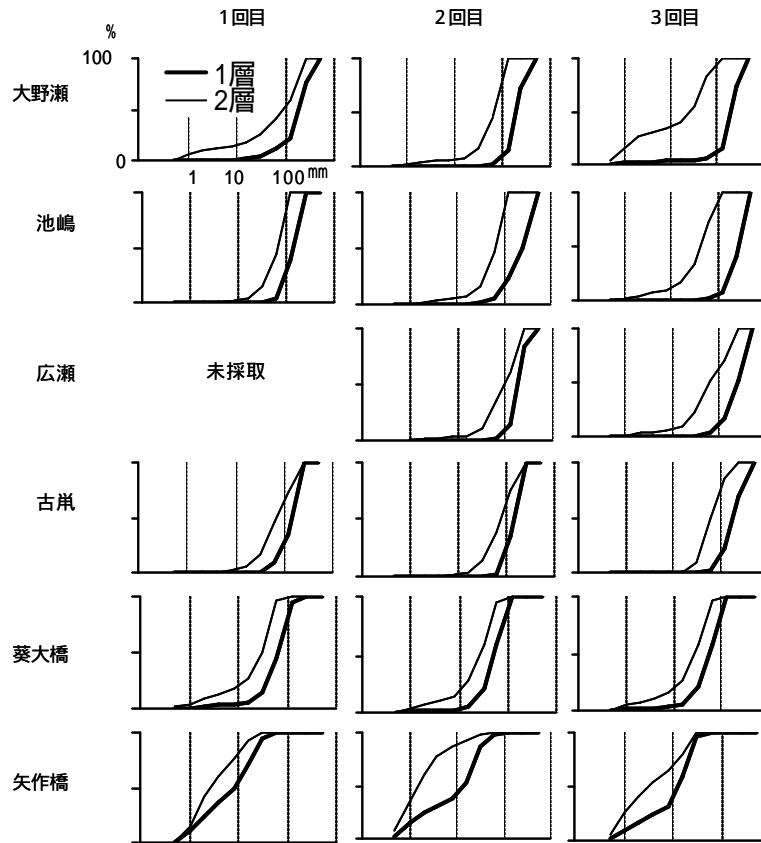


図 5-1. 粒径加積曲線（早瀬）

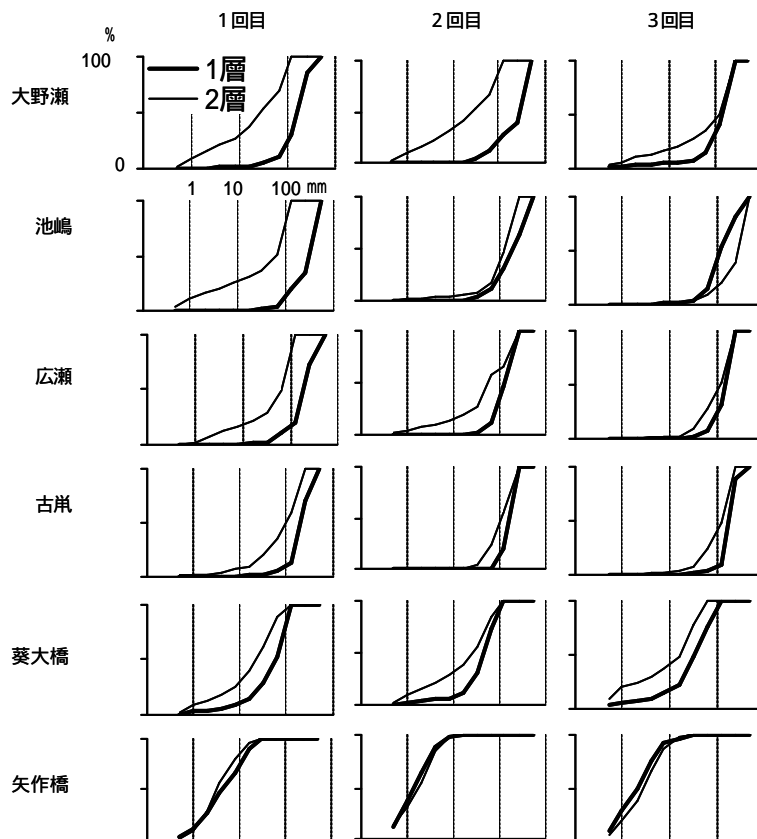


図 5-2. 粒径加積曲線（平瀬）

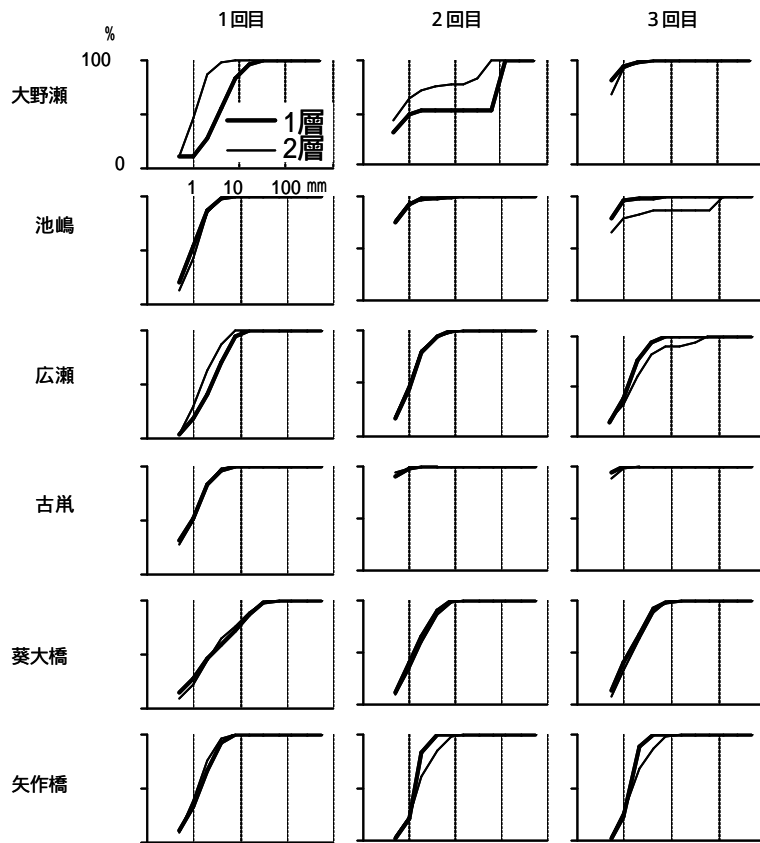


图 5-3. 粒径加積曲線（淵）

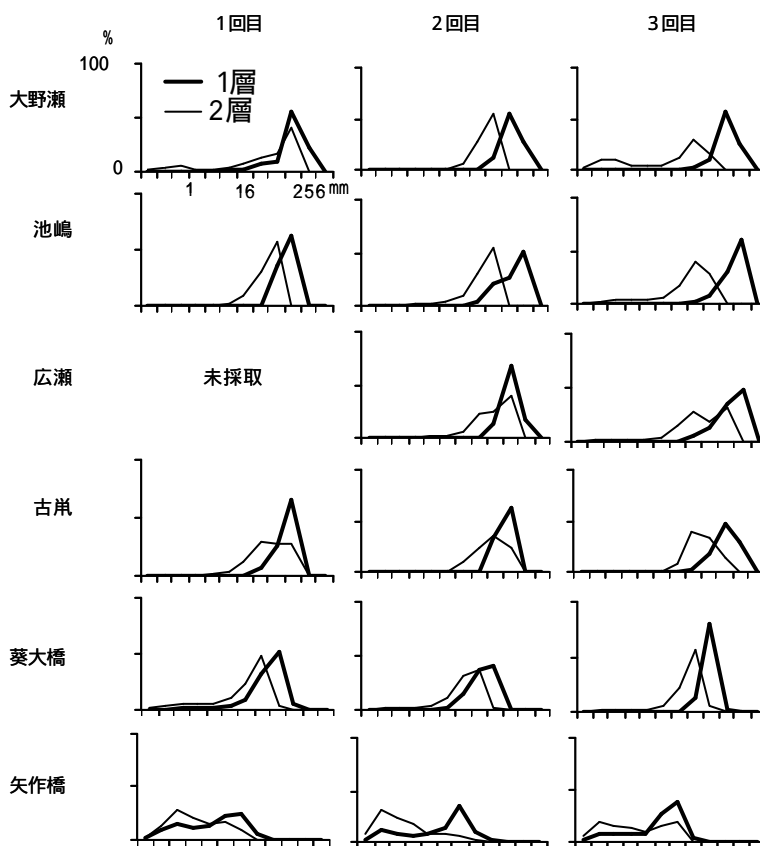


图 6-1. 粒径階級別重量百分率（早瀬）

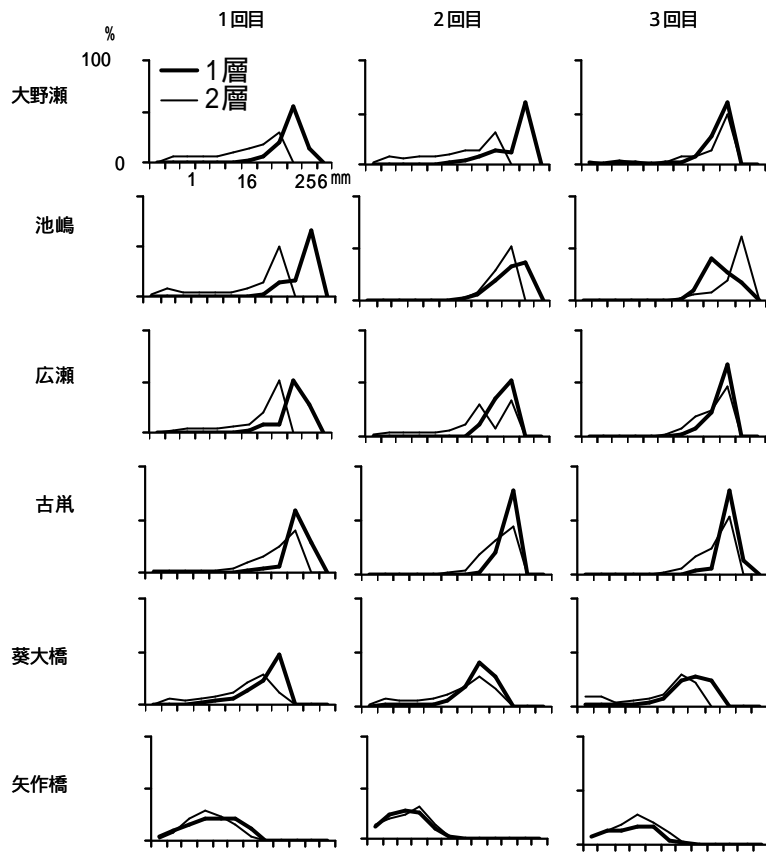


图 6-2. 粒径階級別重量百分率（平瀬）

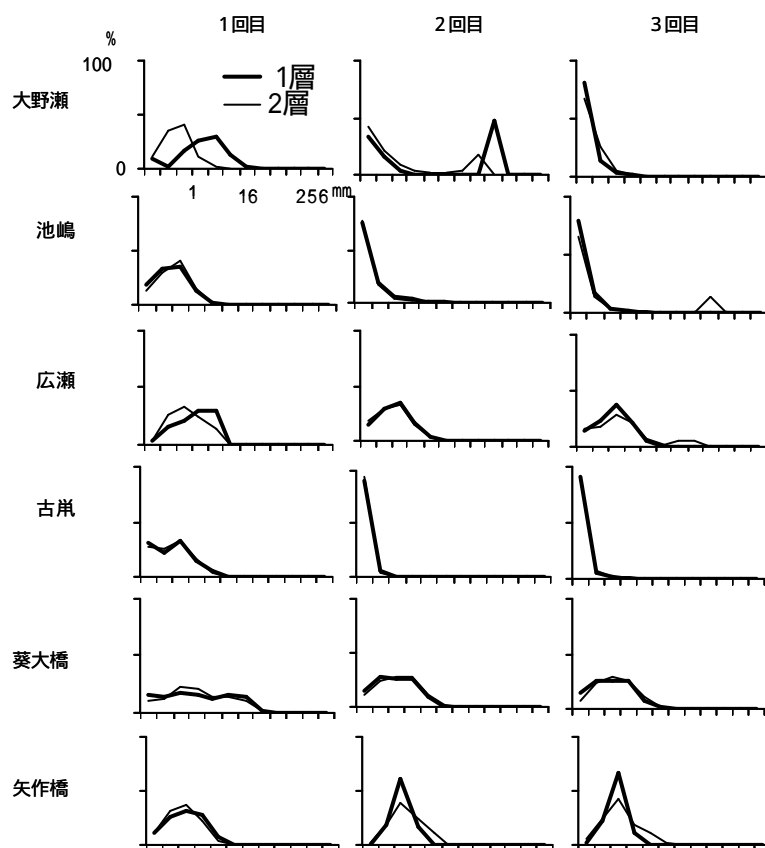


图 6-3. 粒径階級別重量百分率（湍）

そこで、アーマ化によって失われると考えられている細粒成分に着目して、様々な粒径を境として、ある粒径未満の砂など細粒成分の割合を比較したところ、中流域（池嶋・広瀬・古峯）と上・下流域（大野瀬・葵大橋・矢作橋）では、次のように微妙ではあるが明瞭な差異がみられた。

早瀬の2層では、上・下流域では粒径1mm未満の砂が全て2%以上あり、中流域では全て2%に満たなかった（図7）。しかし、早瀬の1層では地点間で明瞭な差異は見られなかった。

また、平瀬の1層では、上・下流域では粒径32mm未満の中礫・細礫・砂が全て4%以上あり、中流域では、全て4%に満たなかった（図7）。しかし、平瀬の2層では同一個所にも関わらず粒度分布が大きく異なり、地点間での明瞭な差異も認められなかった。

また、淵については1層・2層とも上・下流域と中流域を比較しても明瞭な差異は見られなかった。

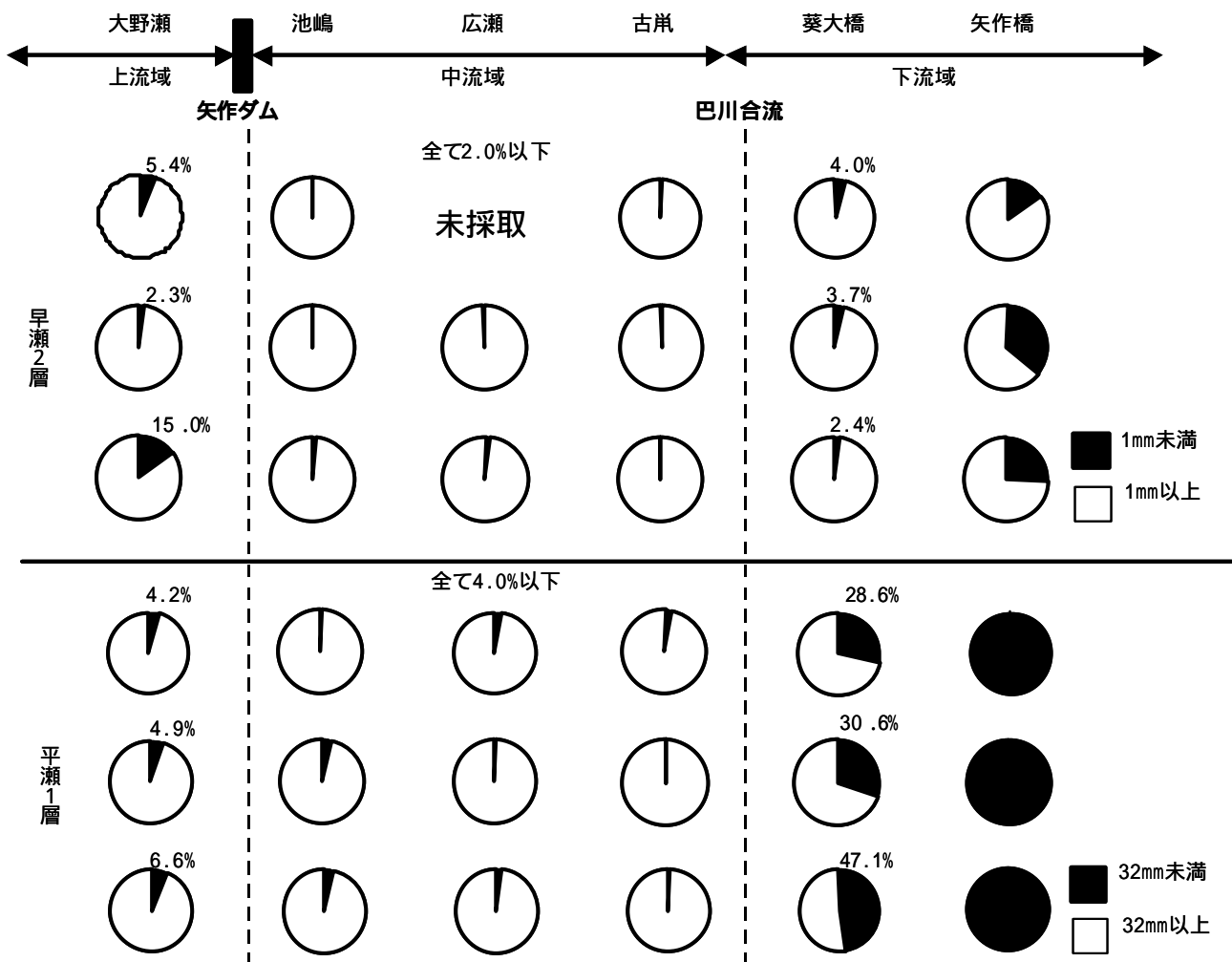


図7. アーマ化の指標に成り得る粒径、及び重量百分率の特徴

6. 平均粒径

早瀬、平瀬、淵でそれぞれ平均粒径をグラフに表したところ、全体的に上流域の大野瀬よりも中流域の池嶋、広瀬、古峯のほうが、平均粒径が大きい傾向が見られる（図8）。特に2層でその傾向

は顕著である。これは、上流域では中礫・細礫・砂などの細粒成分が多いのに対して中流域では細粒成分があまり存在しないため、平均粒径が上流域よりも中流域で大きくなってしまったと思われる。

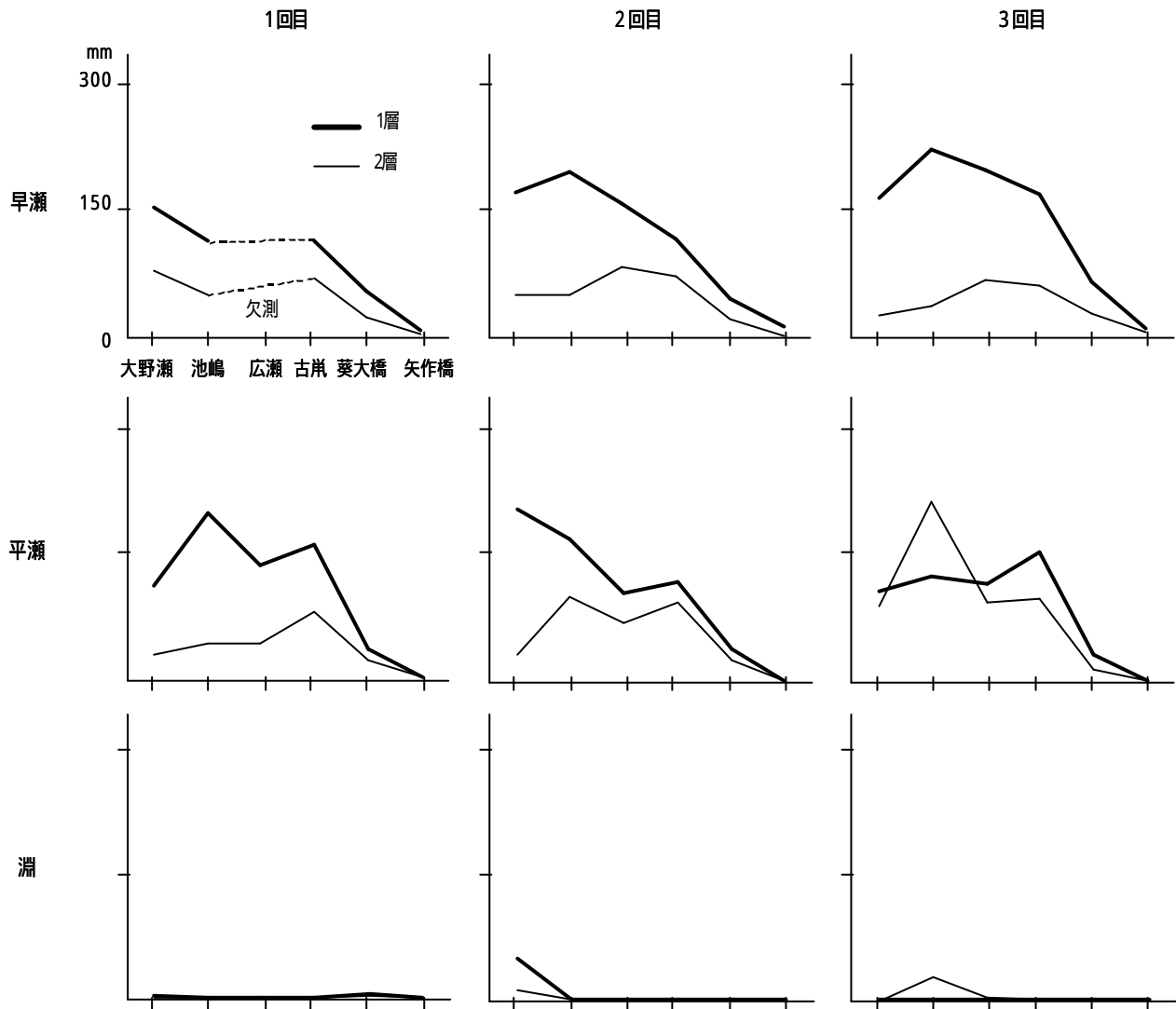


図8. 平均粒径を表したグラフ

7. 考察

昨年度の調査結果（内田ほか, 2001）によると、池嶋、広瀬、古兎の中流域の早瀬では他の地点と比べ河床が粗粒化している兆候は見られないとされていた。しかし、その結果を詳細に調べ、加えて平瀬でも河床砂礫を調べたところ上記のようにアーマ化の指標と成り得る砂礫の粒度分布の特徴を見つけることができた。すなわち、自然状態とアーマ化した状態では早瀬の2層と平瀬の1層に存在する砂（早瀬2層）あるいは中・細礫と砂（平瀬1層）の割合が異なる。これを模式的に図9で表す。

この特徴に着目して、さらに多数の地点、あるいは他の河川で調査を行い、この特徴が当てはまるならばアーマ化した河床一般に共通する指標として認めることができるかもしれない。

また、一般にアーマ化が起こるのは河床砂礫のうち表面に露出する最表層と考えられている（山本, 1994）。しかし、本研究の調査結果では少なくとも早瀬においては、アーマ化はそれよりはるかに深く2層（最大礫の粒径の倍程度の深さ）まで及んでいる。これは矢作川中流域でのアーマ化の進行の程度が大きく、深刻な状況を示していると言えるのかもしれない。

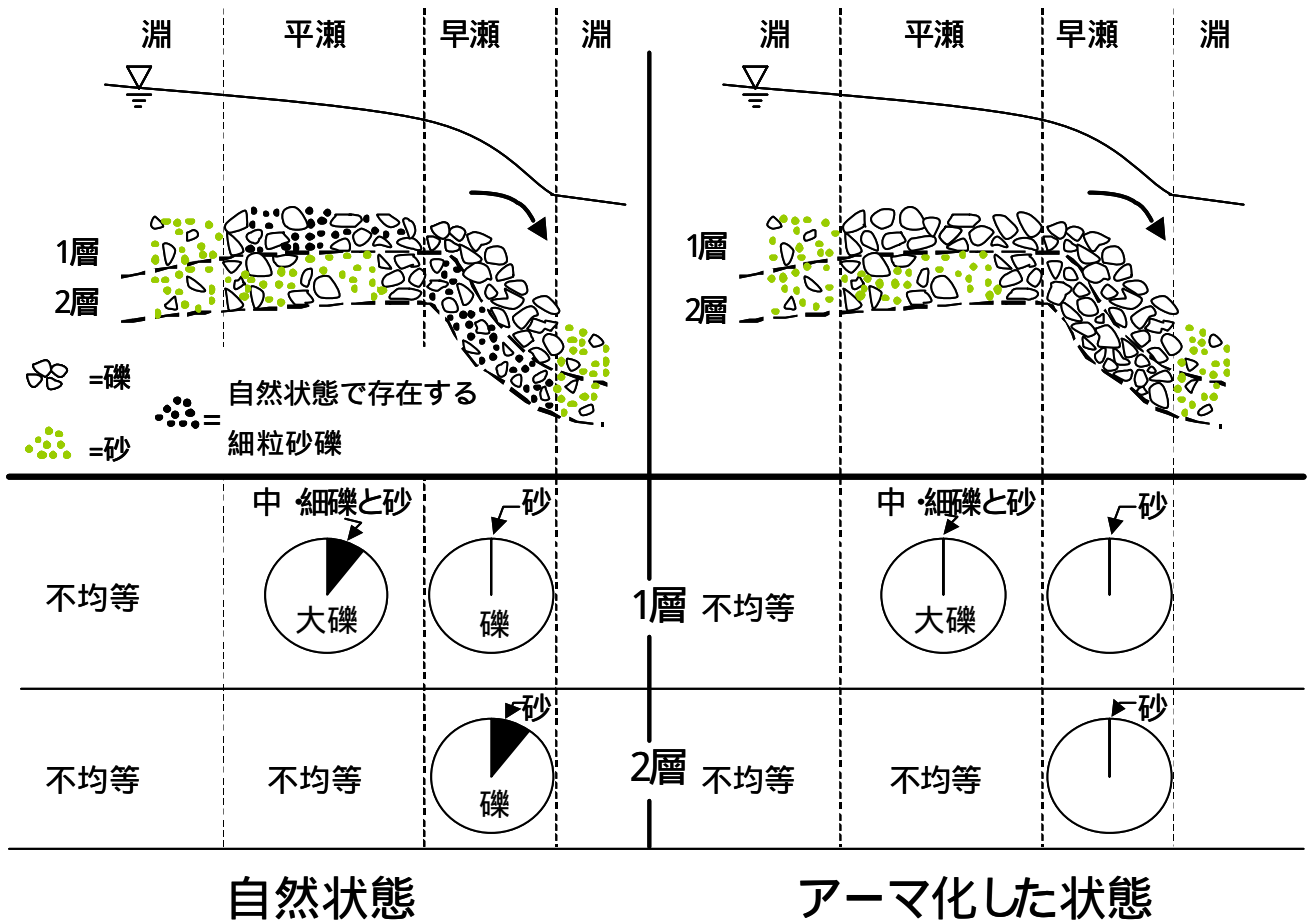


図9. 調査結果を表した河床の縦断面模式図

8. 引用文献

- 青山謙司・安部将之・松尾誠司・白金晶子・内田臣一, 2001. 矢作川の瀬における2000年9月出水後の底生動物. 「河川環境復元総合調査研究事業調査報告書」, pp. 38-43.
- 島谷幸宏・皆川朋子, 1998. 日本の扇状地河川の現状と自然環境保全の事例. 「河川の自然復元に関する国際シンポジウム論文集」, pp. 191-196.
- 田中蕃, 1999. 砂利投入による河床構造の回復の試みとその効果. 矢作川研究, 3: 203-229.
- 田中蕃, 2000. 砂利投入による河床構造の回復の試みとその効果. 矢作川研究, 4: 135-141.
- 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六, 1993. 河川生態環境工学. 東京大学出版会, 174 pp.
- 内田朝子, 1997. 矢作川における付着藻類底生動物の基礎調査報告. 矢作川研究, 1: 59-80.
- 内田朝子, 1998. 矢作川における付着藻類底生動物 その2. 矢作川研究, 2: 19-32.
- 内田朝子, 2000. 矢作川における付着藻類底生動物 その4. 矢作川研究, 4: 5-16.
- 内田朝子, 2001. カワシオグサの生態 その1. 2001年度古川プロジェクト中間報告会要旨, 2pp.
- 内田臣一・大村泰章・神尾孝弘・守屋良平, 2001. 矢作川の瀬における2000年9月出水後の河床砂礫の粒径. 愛知工業大学研究報告, 36B: 127-132.
- 山本晃一, 1971. 礫河床のサンプリングと統計的処理. 土木技術資料, 13: 354-358.
- 山本晃一, 1994. 洪水時における土砂の移動形態. 「沖積河川学」, 山海堂, pp. 77-95.