

第2章 涸沼川流域における流砂量観測

本研究は実際の河川において実施された流砂量観測及び地形変化測量から得られた結果を考察して水理量と流砂量、あるいは水理量と河床変動量の関係を把握するとともに河床変動計算の精度向上に向けた検討を行うことを目的としている。研究対象フィールドは、茨城県に位置する涸沼川である。本章では、涸沼川の特徴と現地観測の概要について述べる。

2.1 涸沼川流域の概要

涸沼川の流域特性と河道特性、河床変動実態について述べる。

1) 涸沼川の流域特性

涸沼川は、一級河川那珂川の右支川であり、茨城県に位置する流路延長 65km、流域面積 459km² の指定河川である。図-2.1.1 に、涸沼川の流域図を示す。源は標高 300m～500m の低平地にあり、比較的緩やかな流れを有する河川である。下流域には、8.0km～16.4km に涸沼が存在する。涸沼の面積は 9.1km² であり、平均水深 2.1m、最大水深 3.1m と浅く、水面は潮汐の影響によって変動を繰り返す。平均水面は、T.P.+0.0m～T.P.+0.5m である。また、上中流域には、寛政川、涸沼前川、枝折川、桜川、二反田川、稲田川、片庭川、飯田川など多数の支川が存在する。

図-2.1.2 に地質図を示す。涸沼前川、枝折川、寛政川の流域を含む中下流域は、主に沖積層と洪積層から成っている。一方、二反田川、稲田川、片庭川、飯田川の流域を含む上流域の地質は花崗岩及び砂岩、粘板岩が主体である。このため、上流の花崗岩域で生産されたマサが、流水によって下流側へ運ばれ中流域、下流域に堆積すると考えられる。また、上流域には、稲田川に代表されるとおり荒地が多数存在する。図-2.1.3 には、稲田川流域の荒地分布状況を示す。荒地が流域内に多く分布する状況がわかる。したがって、土砂生産量は比較的多い流域と推定できる。

表-2.1.1 と図-2.1.4 に各流域の土地利用状況を示す。流域全体としては森林の占める割合が多いことがわかる。また、下流域では、建物用地と畑の占める割合が上流に比べて高いことがわかる。



図-2.1.1 濁沼川の流域



図-2.1.2 濁沼川流域の地質

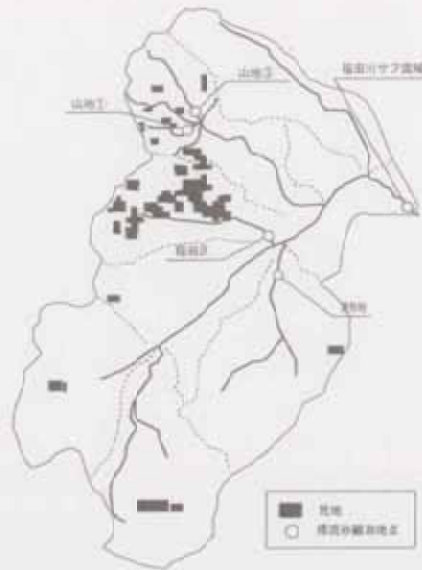


図-2.1.3 稲田川流域における荒地分布状況

表-2.1.1 澗沼川流域の土地利用

土地利用	本川上流部	片森川	稲田川	稲田川 ～ 桜川	桜川	枝折川	澗沼前川	寛政川
田	4.89	0.97	6.76	7.82	2.19	1.61	16.97	3.10
畑	2.81	1.04	3.38	12.95	1.39	3.86	21.62	8.53
果樹園	0.06	0.01	0.09	6.13	2.58	1.31	2.43	1.85
その他木材	0.80	0.00	0.12	1.91	0.28	0.31	1.61	0.85
森林	35.40	5.12	22.84	37.31	15.83	4.08	23.91	7.77
荒地	0.51	0.77	1.16	0.68	0.32	0.01	0.49	0.03
建物用地	1.12	0.42	1.48	6.26	2.41	2.28	7.10	1.41
幹線交通地	0.00	0.00	0.05	0.12	0.02	0.11	0.06	0.00
その他の用地	0.07	0.01	0.15	1.87	0.59	1.00	3.50	0.32
湖沼	0.01	0.00	0.02	0.24	0.04	0.06	0.54	0.04
河川	0.08	0.03	0.00	0.60	0.13	0.06	0.36	0.00

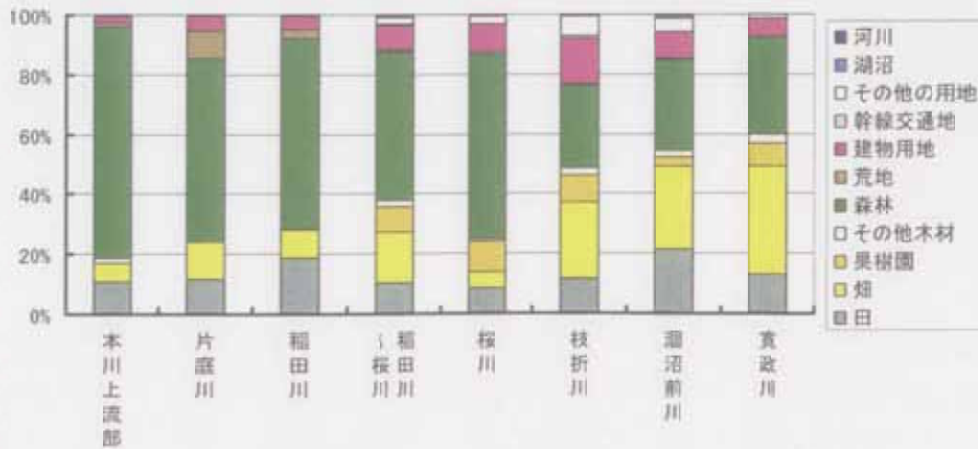


図-2.1.4 澗沼川流域の土地利用

2) 涸沼川の河道特性

涸沼川の縦断形状と粒径集団区分を示し、涸沼川の河道特性と土砂の分級状況について述べる。

① 涸沼川の河道特性

涸沼河口（16.4km）上流における河床縦断図とセグメント区分を図-2.1.6に示す。涸沼前川合流地点（19.4km）～涸沼河口（16.4km）の河床勾配は緩く $1/2,500$ であり、セグメント3に属する。河床材料はシルト、砂であると考えられる。また、涸沼前川合流地点（19.4km）～35.4kmまでは、セグメント2に属する。この区間は、河床勾配の変化によってセグメント2-3（ $1/1,420$ ）、セグメント2-2（ $1/1,000$ ）、セグメント2-1（ $1/640$ ）に分割される。35.4km～40.4kmは、河床勾配 $1/470$ の岩河道である。さらに、40.4km～46.4kmは河床勾配 $1/590$ のセグメントB（盆地河道）、46.4kmから上流は河床勾配 $1/240$ のセグメントM（山地河道）である。

このように、涸沼川は46.4kmより上流部に $1/240$ の急勾配区間が存在するが、46.4km地点より下流は $1/500 \sim 1/2500$ の比較的緩やかな勾配である。

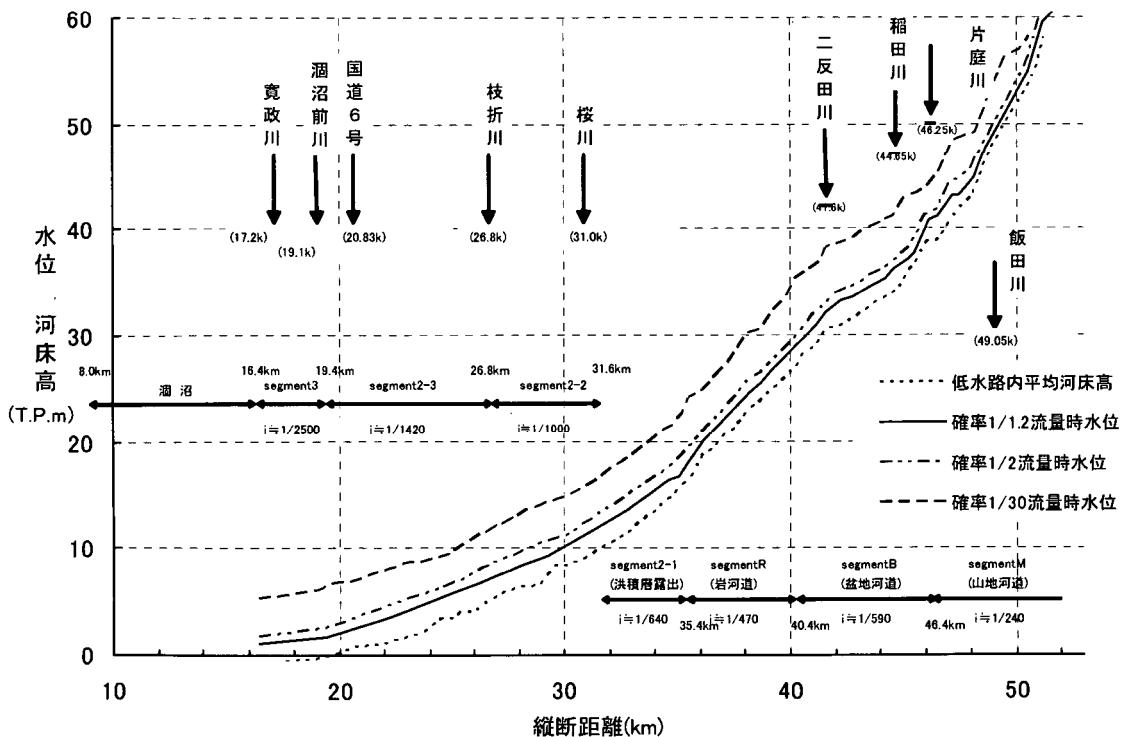


図-2.1.6 涸沼川の河床勾配とセグメント区分

表-2.1.2 各セグメントとその特徴¹⁾

	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分	山間地	扇状地	谷底平野	自然堤防帯	デルタ
河床材料の代表粒径 d_R	さまざま	2cm以上	3cm~1cm	1cm~0.3mm	0.3mm以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が出ていることが多い	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物	シルト、粘土	
勾配の目安	さまざま	1/60~1/400	1/400~1/5000	1/5000~水平	
蛇行程度	さまざま	曲りが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きい所では8字蛇行または島の発生	蛇行が大きいものもあるが小さいものもある	
河岸侵食程度	非常に激しい	非常に激しい	中、河床材料が大きい方が水路はよく働く	弱、ほとんど水路の位置は動かない	
低水路の平均深さ	さまざま	0.5~3m	2~8m	3~8m	

② 粒径集団区分

底質材料調査結果をもとに涸沼川の粒径集団区分を設定する。粒径集団とは、ある区間の河道を構成する粒径範囲のことであり、主にセグメント毎に設定される。流域全体の粒径集団を明らかにすれば、流砂系の全体像が把握でき、土砂収支と地形変化を合わせて分析することができるため、合理的な検討を行うことができる。

粒径集団は図-2.1.7 に示すとおり、流砂系内の各セグメント・地形を構成する土砂の粒径加積曲線を1枚の図に重ねて、セグメント毎に線種を分けることにより設定しやすくなる。

図-2.1.7 は、涸沼川の粒径集団区分である。5つの粒径集団によって河道が構成されていることがわかる。16.4km 下流の涸沼は、主に粒径集団4 (0.01mm~0.1mm のシルト、細砂) の土砂によって構成されていることがわかる。また、涸沼前川合流地点~涸沼河口のセグメント3は、粒径集団3 (0.1mm~1.0mm) の土砂によって構成され、中流部のセグメント2-3、セグメント2-2は粒径集団2 (1.0mm~5.0mm) の土砂によって構成されていることがわかる。

次に、流砂系の全体像を明らかにするため、セグメントと粒径集団区分(A集団、B集団、C集団)との関係を表-2.1.2 に示す。このような整理を行うことによって土砂の分級状態を縦断的に把握することができる。涸沼川では、上流域で生産された粒径集団1の礫は40.4kmより上流部のセグメントR、セグメントMに堆積していることがわかる。また、中流部のセグメント2-1~セグメント2-3には、1.0mm~5.0mm の粒径集団2が堆積して河床を構成していることがわかる。さらに、涸沼

前川合流部より下流においては、細砂、中砂からなる粒径集団3が堆積していることがわかる。

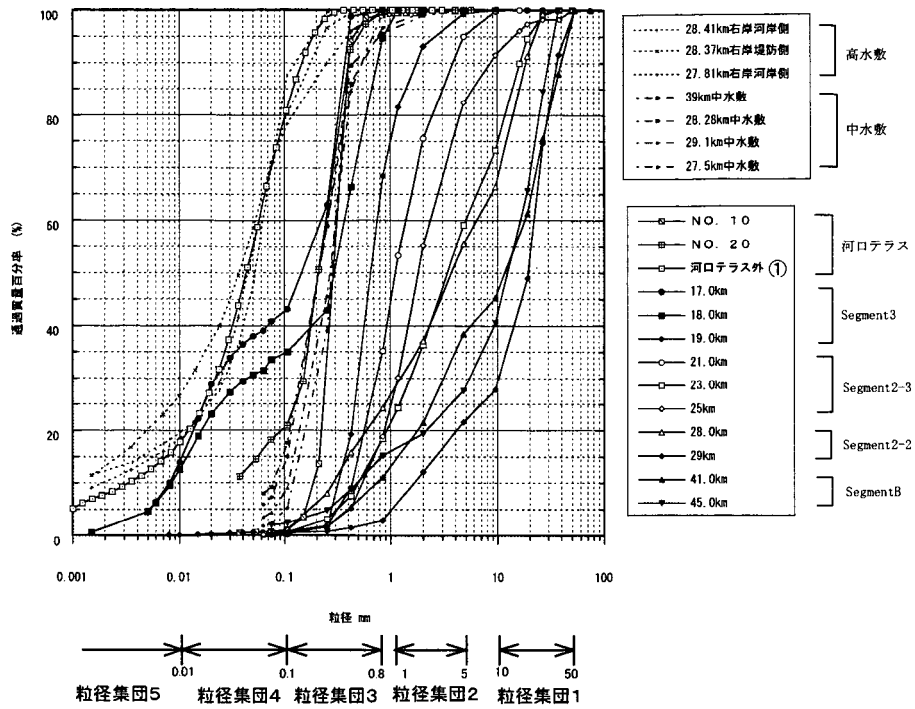


図-2.1.7 濁沼川の粒径集団区分

表-2.1.2 濁沼川の流砂系の全体像

	粒径集団1 d=50.0 ~10.0mm (礫)	粒径集団2 d=5.0 ~1.0mm (粗砂・小礫)	粒径集団3 d=0.8 ~0.1mm (細砂・中砂)	粒径集団4 d=0.1 ~0.01mm未満 (シルト)	粒径集団5 d=0.01mm未満 (粘土)
Segment-M (46.4km~)	↑ A' 集団	↑ A" 集団	↑ B 集団		
Segment-B (40.4~46.4km)	↓	↓	↓		
Segment-R (35.4~40.4km)					
Segment-2 (26.8~31.6km)	2-1 (31.6~35.4km)	↑ C 集団	↑ A 集団		
	2-2 (26.8~31.6km)	↑ A' 集団	↑ A" 集団	↑ B 集団	
	2-3 (19.4~26.8km)	↑ C 集団	↑ A 集団		
Segment-3 (16.4~19.4km)		↑ C 集団	↑ A 集団		
濁沼 (8.0~16.4km)	河口テラス		↑ A 集団 (0.4~0.1mm)	↑ B 集団	
	河口テラスより下流		↑ C 集団 (0.4~0.1mm)	↑ A 集団	↑ B 集団
	湖心			↑ C 集団(?)	↑ A 集団(?)
沼下流 (0.0~8.0km)			↑ A 集団(?)	↑ B 集団(?)	
高水敷形成			↑ C 集団 (0.4~0.1mm)	↑ A 集団	↑ B 集団
中水敷形成			↑ A 集団 (0.4~0.1mm)	↑ B 集団	

3) 河床変動状況

澗沼川では定期的に河道横断測量が実施されていないため、河床変動実態を経年的に把握することはできない。しかし、平成 62 年と平成 11 年に澗沼河口 16.4km から澗沼川洪水観測施設下流 1.0km に位置する 26.8km 地点まで横断測量が実施されている。昭和 62 年に実施された測量では、低水路と高水敷の横断形状を測量していたが、平成 11 年の測量では、低水路のみが測量されている。これらの測量結果をもとに低水路平均河床高を計算して、河床縦断図に示すと図-2.1.8 のとおりである。図-2.1.8 から考察される内容は以下のとおりである。

- ・ 19.0km 付近の河床が約 0.5m 上昇している。この付近はセグメント 2 - 3 からセグメント 3 へ変化する地点である。河床勾配は、1/1420 から 1/2500 に変化する。河床勾配が緩くなることで掃流力が低下して土砂が堆積したものと考えられる。また、澗沼前川の合流地点でもあり、澗沼前川からの供給土砂が堆積して河床が上昇した可能性もある。
- ・ 19.0km 付近の河道は粒径集団 3 によって構成されている。粒径集団 3 は 0.1mm ~ 1.0mm の細砂であり、本川上流及び澗沼前川から粒径集団 3 の土砂が運ばれて堆積したものと考えられる。
- ・ 25.0km ~ 28.0km の区間では、僅かであるが、河床が低下している。何らかの要因によって上流域からの土砂供給量が減少したものと考えられる。
- ・ 河床上昇区間の 19.0km ~ 16.4km、河床低下区間の 25.0km ~ 28.0km の区間を除く区間の河床は安定傾向である。

4) 川幅の変化

川幅の変化状況を図-2.1.9 に示す。川幅は下流に行くに従って次第に広くなる。局所的に変動しているものの縦断変化に大きな変化はなく、比較的安定していると考えられる。

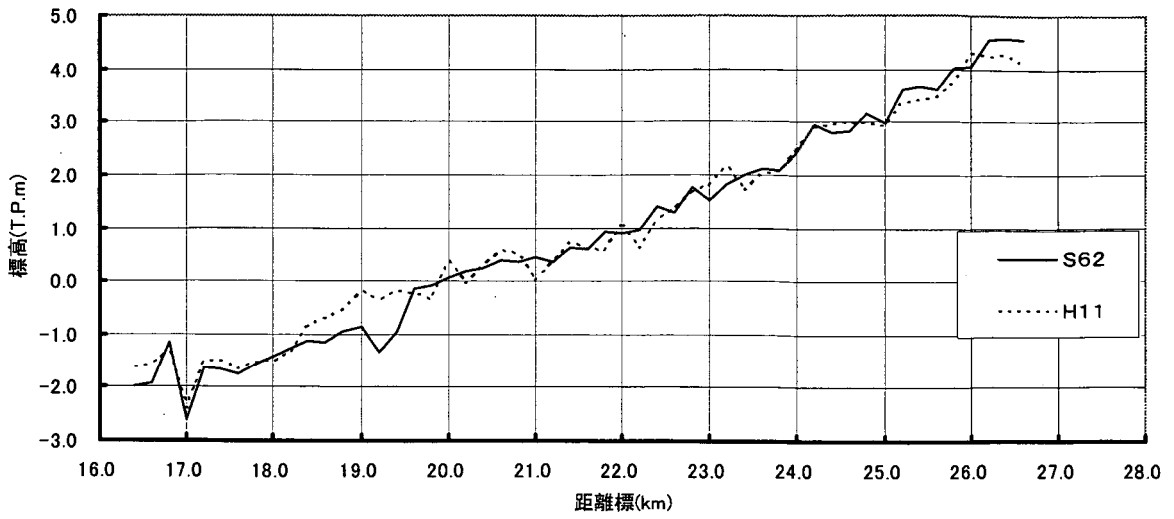


図-2.1.8 平均河床高の変化

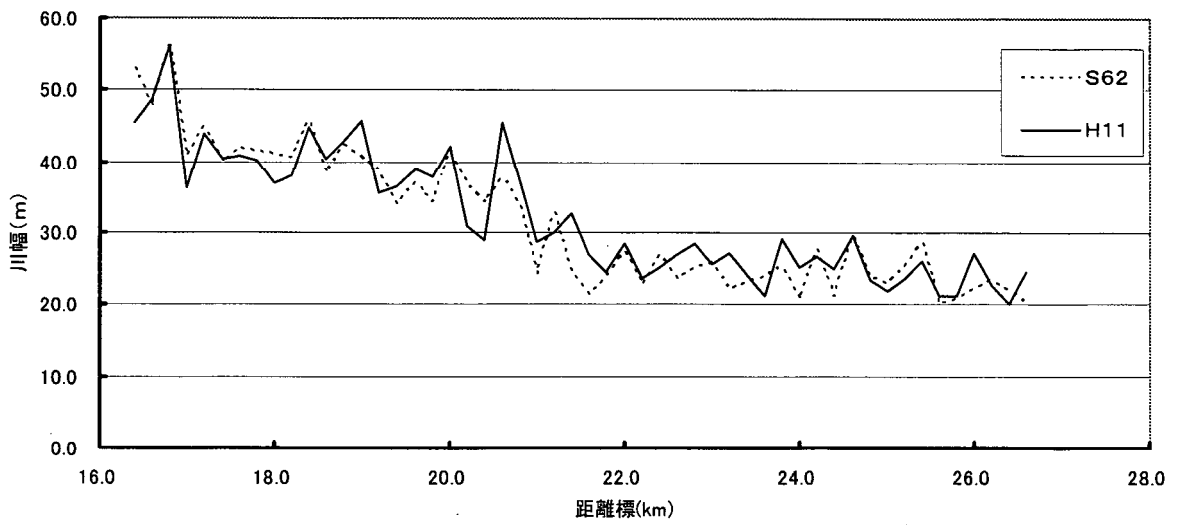


図-2.1.9 川幅の変化

5) 河床材料の変化

涸沼川における河床材料の変化について既往の底質調査結果をもとに考察する。図-2.1.12と図-2.1.13に、代表地点における昭和62年と平成10年の粒径加積曲線を比較した。図-2.1.12及び図-2.1.13から考察される内容は以下のとおりである。

- ・図-2.1.12より、17.0kmと18.0kmでは、昭和62年当時、粒径0.01mm～0.1mmの粒径集団4に相当する土砂の割合は約40%であったが、平成10年には10%程度まで減少している。粒径集団4は、河口テラスを構成する河床材料であることを踏まえると、昭和62年当時は17.0km～18.0km付近は河口と同様の細砂、シルトの堆積空間であったと推定される。
- ・一方、図-2.1.8より、17.0km～18.0km区間の河床高は、ほとんど変化していないことから、何らかの要因によって粒径集団4の土砂が河口へ流された後に粒径0.1mm～1.0mmの粒径集団3の土砂が堆積したと考えられる。
- ・図-2.1.13より、19.0km～25.0kmの区間では、粒度分布に大きな変化は無い。河床材料は比較的安定しているものと考えられる。

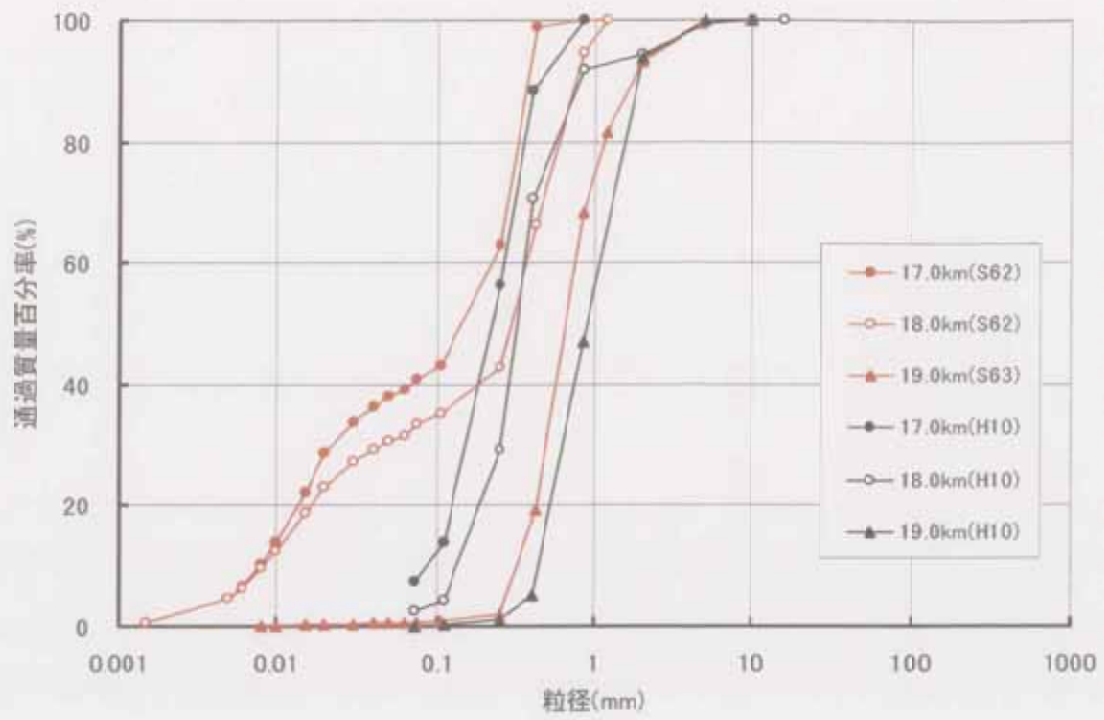


図-2.1.12 澗沼川の河床材料の変化（昭和63年～平成10年：セグメント3）

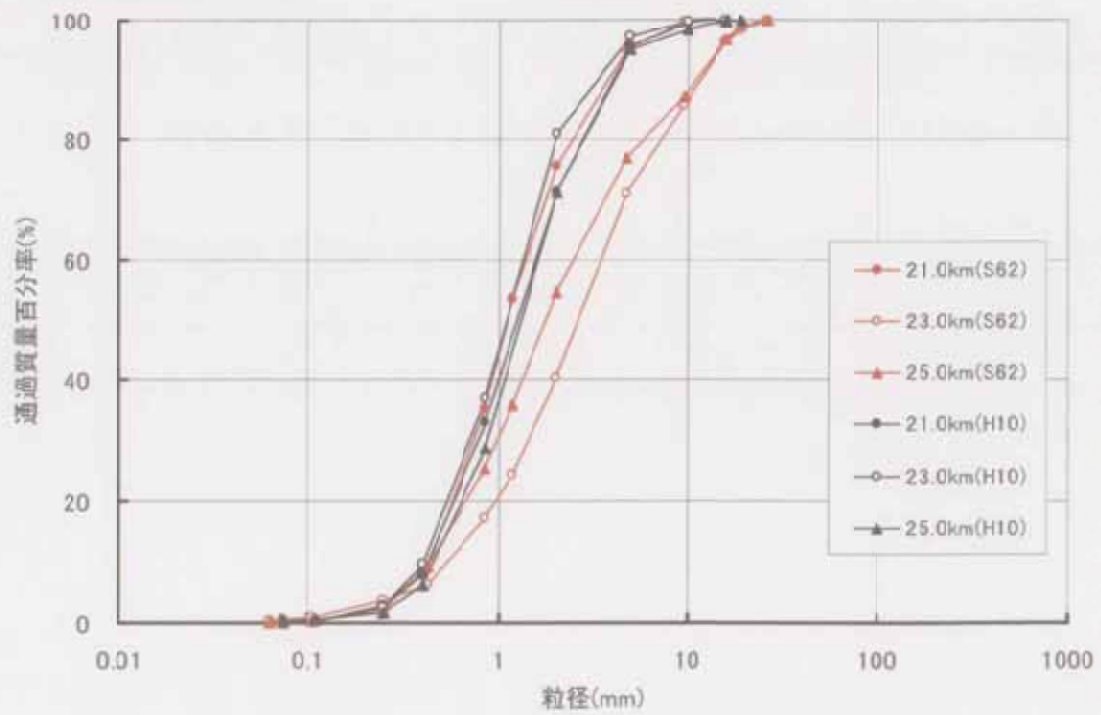


図-2.1.13 澗沼川の河床材料の変化（昭和63年～平成10年：セグメント2-3）

6) 涸沼テラスの変動状況と底質状況

涸沼川 8.4km～16.4km 下流は沼となっている。沼は川幅が急激に拡大するため、掃流力が急激に低下して、土砂の堆積空間となりテラスを形成する。形成されたテラスでは、横断測量が2回、河床材料調査が2回実施されている。これによって、沼への流入土砂量を粒径別に把握することができる。これは、1次元河床変動計算の検証材料として貴重なデータとなる。

図-2.1.14に、涸沼河口テラス深淺測量の位置図を示す。涸沼河口テラスでは、平成6年、平成8年、平成9年、平成10年に深淺測量が実施されている。深淺測量結果をもとに、河口テラスの体積を計算して土砂変化量を把握した。平成6年の河口テラスを基準にして平成9年、平成10年の土砂変化量を縦断的に示すと図-2.1.15のとおりである。涸沼河口の直下流に位置するNo.3～No.6に多量の土砂が堆積していることがわかる。また、図-2.1.14から、河口テラスが横断方向に広がっていることから、河口へ供給される土砂は横断方向に広く拡散していると推定できる。

図-2.1.16と図-2.1.17には河口テラスの粒度分布を示す。この底質調査結果と図-2.1.17に示した堆積土砂量から粒径別堆積土砂量を推定すると図-2.1.18のとおりである。これより、涸沼河口テラスには0.4mm～0.2mm(400 μ ～200 μ)の土砂が多く堆積していることがわかる。1年当たりの堆積土砂量は全粒径で約1,200m³/年であり、粒径範囲0.2mm～0.4mmの堆積土砂量は、約800m³/年と推定できる。

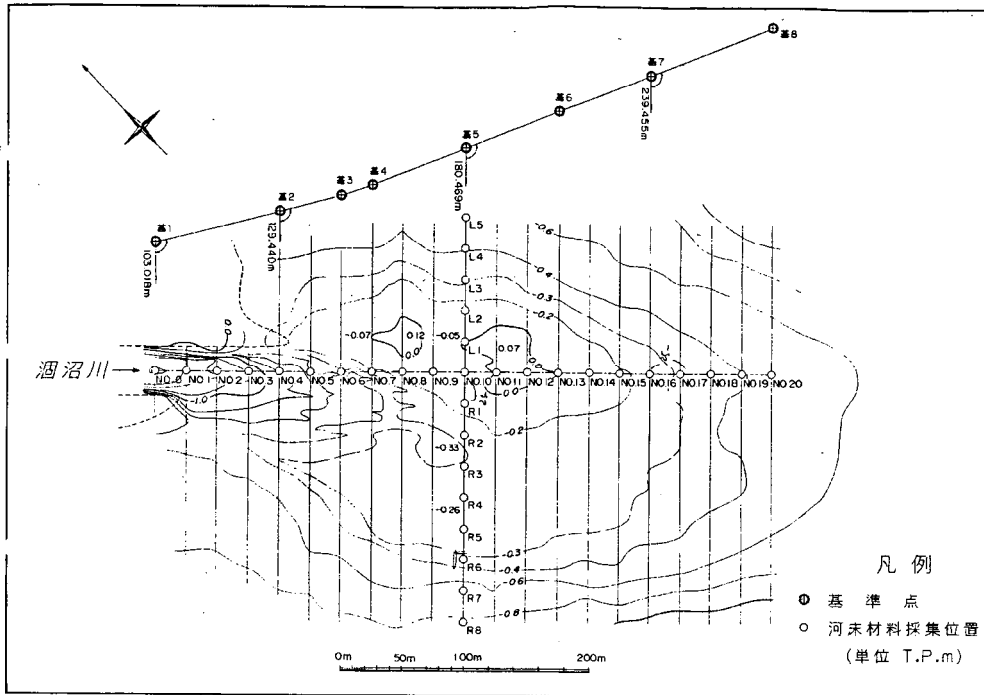


図-2.1.14 河口テラス深淺測量位置図

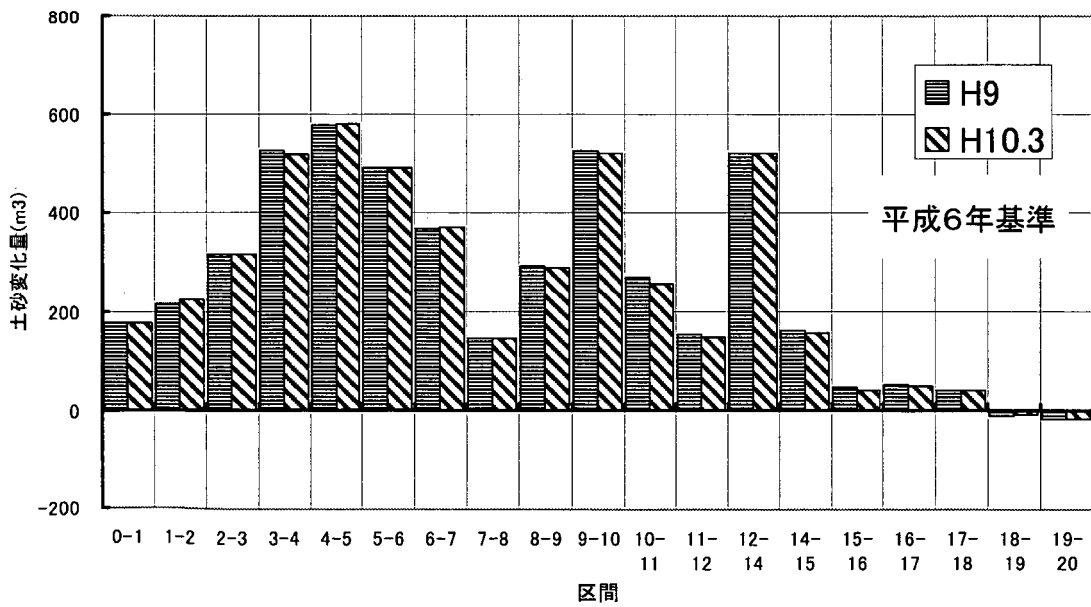


図-2.1.15 澗沼川河口テラス区間土砂変化実態

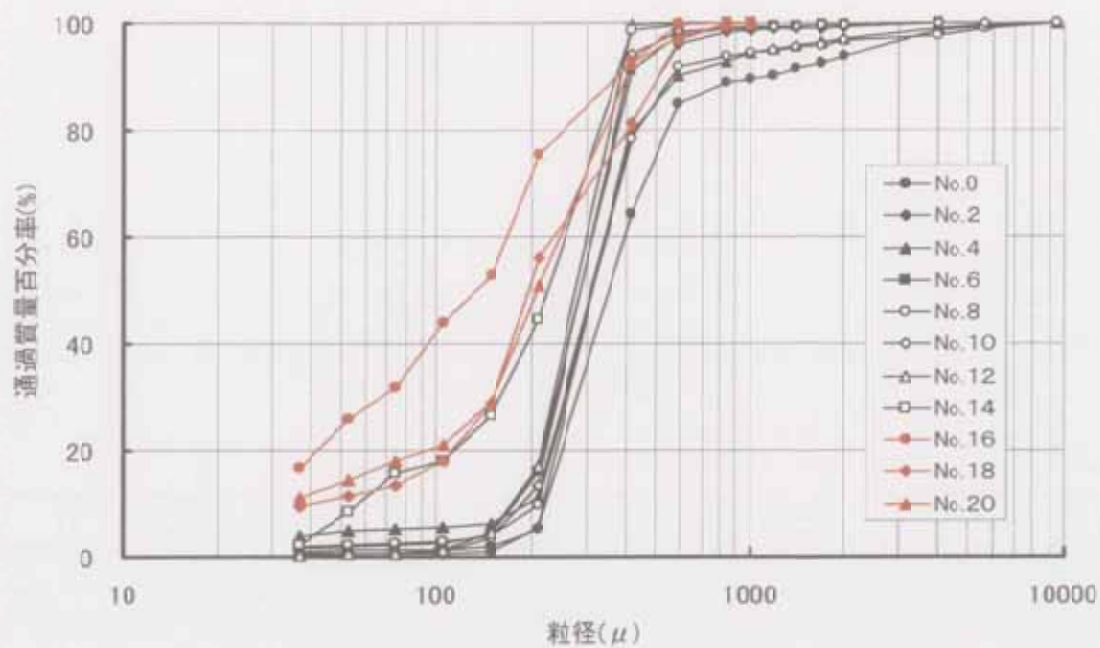


図-2.1.16 湊沼河口テラスの粒度分布（縦断方向）

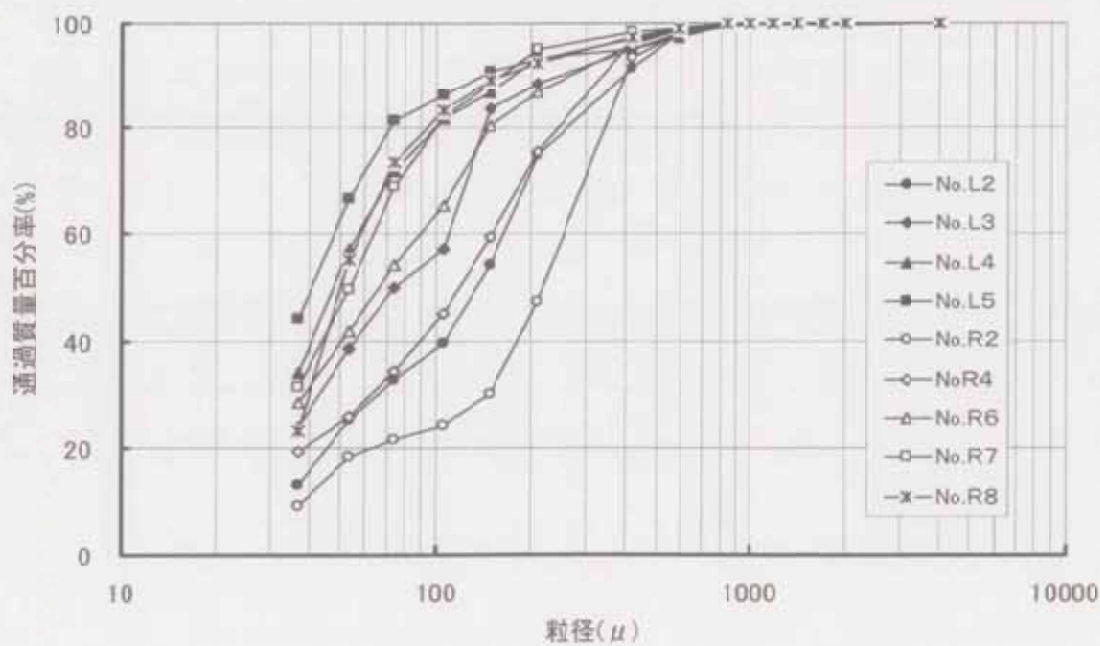


図-2.1.17 湊沼河口テラスの粒度分布（横断方向）

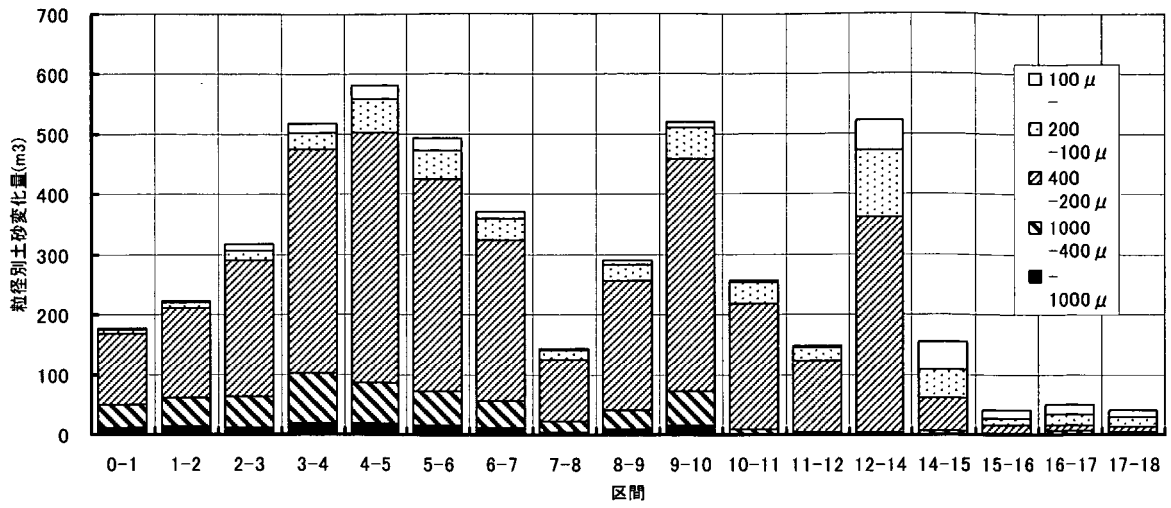


図-2.1.18 瀬沼河口テラスの粒径別堆積土砂量

2. 2 涸沼川流域における流砂量観測実績

涸沼川流域には、旧建設省土木研究所河川研究室（現国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究室）によって1988年（昭和63年）から現在に至るまで流砂量観測が行われている^{2)・3)}。当初はバケツによる浮遊砂・ウォッシュロード観測が中心であったが、1995年（平成7年）に本川28.1km地点に掃流砂量観測と浮遊砂鉛直分布の観測が可能な世界的にも珍しい観測柱を設置して流砂量観測を実施してきた。観測は出水時と平水時に行われ、幅広い水理条件下の流砂量が観測されてきた。近年では、濁度計・自動採水器など自動化された観測装置が流域内に多数設置されており、随時、流砂量を流域規模で観測している。これらの観測から得られた成果・知見は、すでに様々な報告書、論文で報告している^{2)・3)・4)・5)・6)}ので、詳細については、それらの報告書、論文を参考にして頂きたい。本節では、涸沼川で実施した流砂量観測の概要について述べることとする。

1) 観測地点及び観測項目

河川研究室が涸沼川流域に設置した観測地点を図-2.2.1に示す。観測地点は流域全体に12箇所存在する。各観測地点における観測項目を整理すると表-2.2.1のとおりである。流砂量観測の目的は、以下の3つに大別できる。

- ①掃流砂量・浮遊砂量の観測
- ②水系スケールにおける細粒土砂動態の把握
- ③生産土砂量の把握

①は、河川研究が開発した観測柱によって観測が行われている。②は、バケツ採水、自動採水器、濁度計、ADCPによって観測を実施している。また、③はバケツ（ポリ容器）採水、濁度計が中心である。

河川研究室が開発した観測柱の構造と外観を図-2.2.2及び写真-2.2.1に示す。観測柱は涸沼川28.1km地点の涸沼川洪水観測施設にあり、河道中央部に設置されている。観測柱内には、掃流砂量観測装置と浮遊砂量観測装置が内蔵されている。浮遊砂量観測は、観測柱上流側よどみ点の鉛直方向5点に設置したノズルからポンプで吸引・採水し、各地点の土砂濃度を測定する。この浮遊砂量観測はウォッシュロード観測も兼ねている。掃流砂量観測は、河床に設置したトレンチ内に昇降可能なバケツ（直径20cm、深さ26.5cm）を河床と同じ高さになるまで降下させ、バケツ内に落ち込んだ土砂を採取する（写真-2.2.2）。採取した土砂は、篩い分け試験を実施して粒径別土砂量を計測し、バケツ幅とバケツ投入時間を除して掃流砂量を計算する。さらに、洪水観測施設には自動採水器と濁度計が装備されており、細粒土砂成分の移動量も観測している。濁度計は連続観測を実施しており、濁度を数分間隔で観測している。

涸沼川の各支川には、濁度計と自動採水器を設置している。自動採水器は、写真-2.2.3に示すとおり現地の備え付けの観測小屋の中に格納している。動力はバッテリーである。あらかじめ設定した時間間隔（例えば1時間、2時間）で採水を行

い、容量1リットルの採水ボトルに貯水される。採水後、乾燥させて残った土砂をレーザー式粒度分布計で計測して浮遊砂、ウォッシュロードの土砂量を粒径別に把握する。

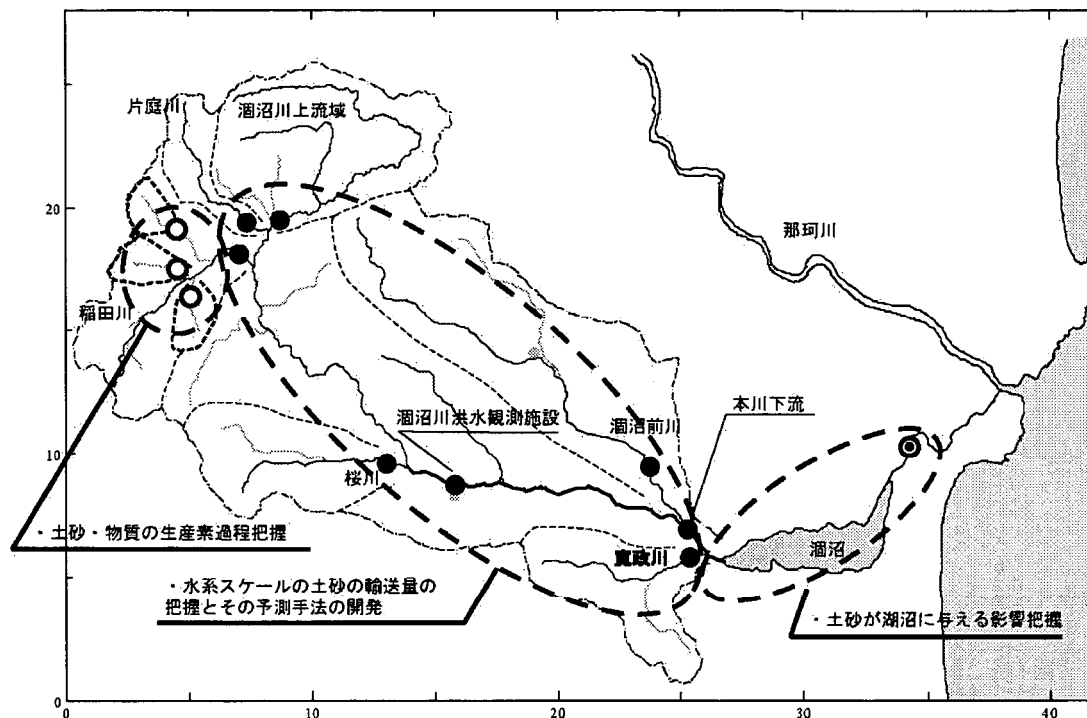


図-2.2.1 酒沼川流域における流砂量観測状況

表-2.2.1 主要観測地点における観測項目

観測地点	流量観測	水位(水深)観測	掃流砂観測	浮遊砂、ウォッシュロード観測			
			バケツ式	ポンプ採水	自動採水器	濁度計	バケツ採水
本川下流	○						○
酒沼前川	○	○			○	○	
寛政川	○						○
酒沼洪水観測施設	○	○	○	○	○	○	○
桜川	○	○			○	○	
稲田川	○	○			○	○	
片庭川	○	○			○	○	
本川上流	○	○			○	○	

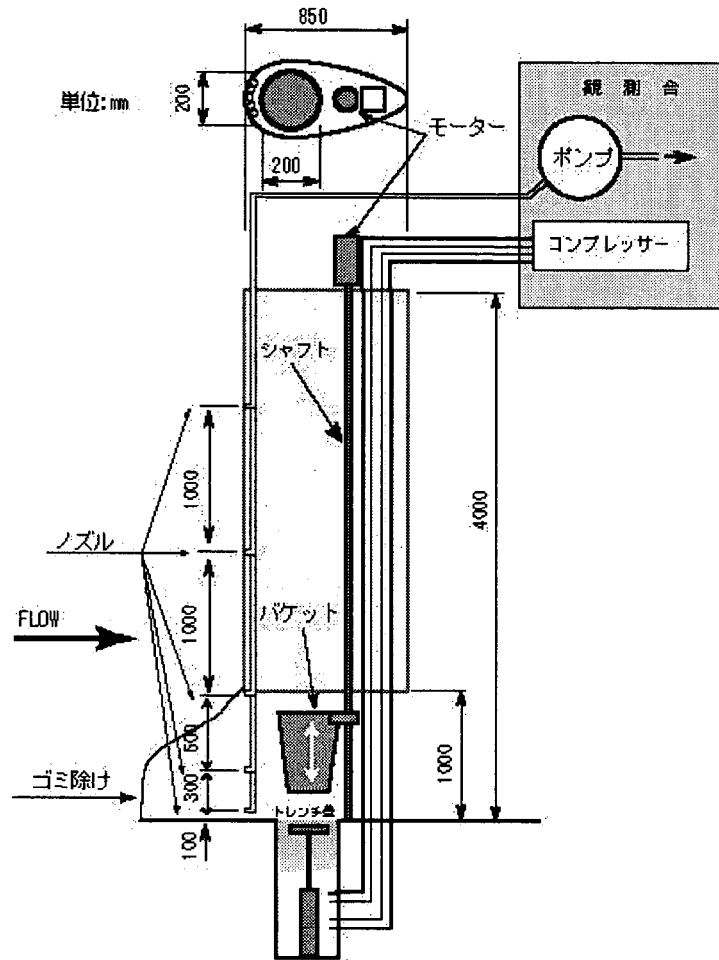


図-2.2.2 涸沼川洪水観測施設の観測柱

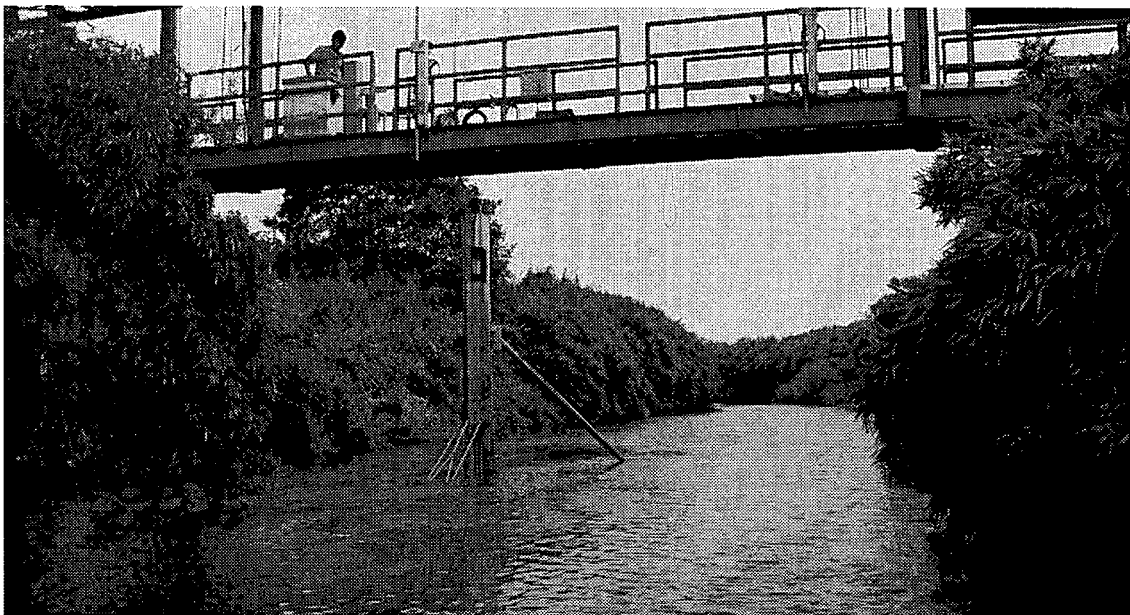


写真-2.2.1 涸沼川洪水観測施設



写真-2.2.2 掃流砂量採取状況



写真-2.2.3 自動採水器設置状況

2. 3 濁沼川洪水観測施設における流砂量観測結果

すでに述べてきたとおり、濁沼川洪水観測施設に設置した観測柱では、掃流砂量、浮遊砂量、ウォッシュロード量の観測を実施している。本節では、その観測結果の例を示す。

ウォッシュロード量は濁度計と自動採水器、観測柱によって観測した。濁度計によって観測された濁度を水位と合わせて時系列で示すと図-2.3.1 のとおりである。濁度が、水位に対応して変動する状況がわかる。水位上昇に伴い流量が増加することを踏まえると、濁度は流量の増加に伴い高くなるといえる。次に、濁度をもとに算出した土砂濃度と流量の関係を図-2.3.2 に示す。土砂濃度はあらかじめバケツ採水等によって得られた土砂濃度と濁度の関係から求めた。濁沼川洪水観測施設における濁度と土砂濃度の関係は以下のとおりである。

$$S = 1.41 \times SS$$

S : 土砂濃度(ppm)
SS : 濁度(ppm)

図-2.3.2 より、土砂濃度は流量に対して増加傾向にあることがわかるが、明確な相関関係は無く、ある幅の中で変動している。また、同じ洪水の中でループを描くこともある。これらは、流域・溪岸に堆積した土砂の流出、雨の降り方が洪水によって異なることによって生じたものと考えられる。これから、ウォッシュロード量を水理量から推定することは困難であり、濁度計による連続観測が適しているといえる。

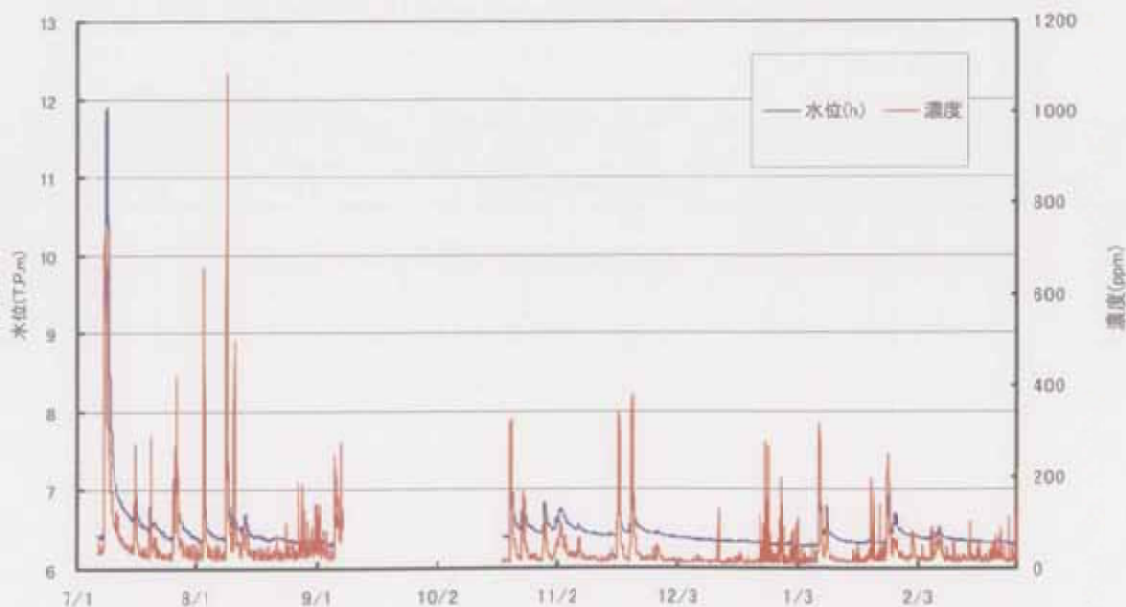


図-2.3.1 濁度計による濁度観測結果

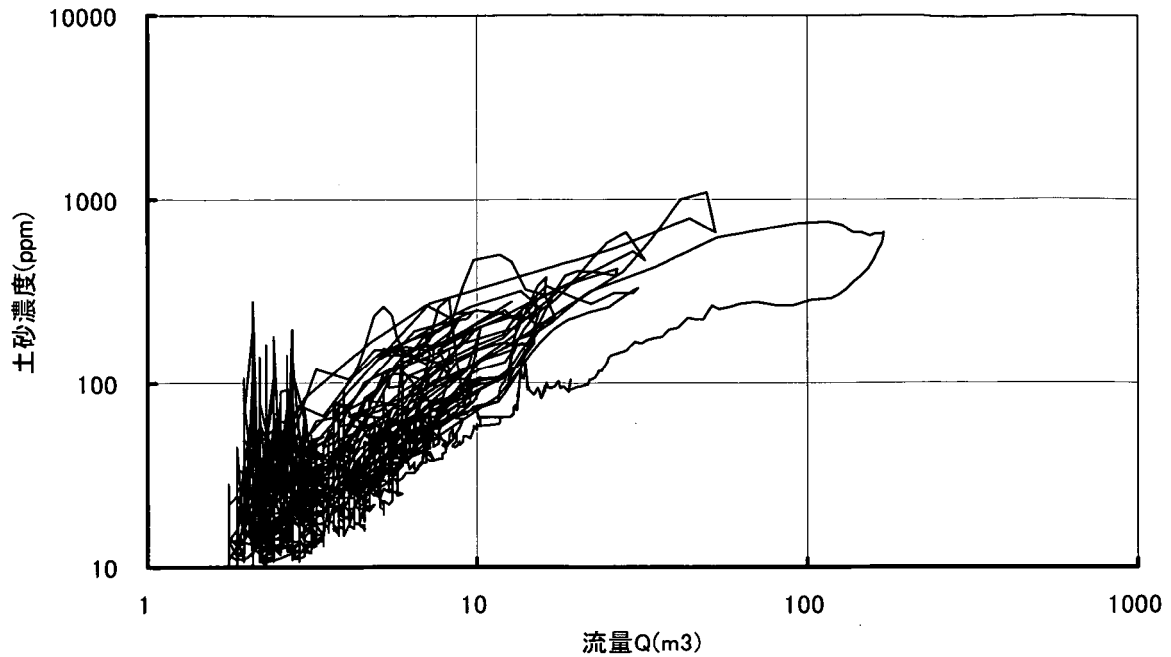


図-2.3.2 流量と濁度の関係

掃流砂量の観測結果を図-2.3.3に示す。これは、1992年～2001年の期間に観測柱及びトレンチ観測によって得られた全粒径の掃流砂量と水理量の関係を示したものである。参考のため、河床波が発達した場合と平坦河床の場合における芦田・道上の式⁷⁾を示した。なお、芦田・道上の式は河床材料が6.0mmの一樣砂礫と仮定して計算した。図-2.3.3から、掃流砂量も水理量に対して幅を有していること、出水毎に掃流砂量と水理量の関係が異なることがわかる。この掃流砂量の幅は河床波や砂州の発達に起因していると考えられる。河床波や砂州が発達すると掃流力も変化する。掃流砂量は掃流力の関数であることから、河床波や砂州の規模によって変化する。また、河床波の前縁と後縁では掃流砂量が異なると考えられる。さらに、河床波と砂州は平面的に移動・変化するので掃流砂量は横断方向、縦断方向に変化する。次に、図-2.3.3を粒径別に整理した結果を図-2.3.4(1)～図-2.3.4(3)に示す。図中には、芦田・道上の掃流砂量式を粒径別に計算した結果も示す。粒径別掃流砂量式を計算する際に必要となる粒径別限界掃流力は芦田・道上によるEgiazaroffの修正式⁷⁾を用いた。粒径別に見ても掃流砂量は水理量に対して幅を有していることがわかる。また、芦田・道上の式との関係に着目すれば、19.1mm～0.21mmの範囲で観測値が、芦田・道上の式と比較的良く合っていることがわかる。

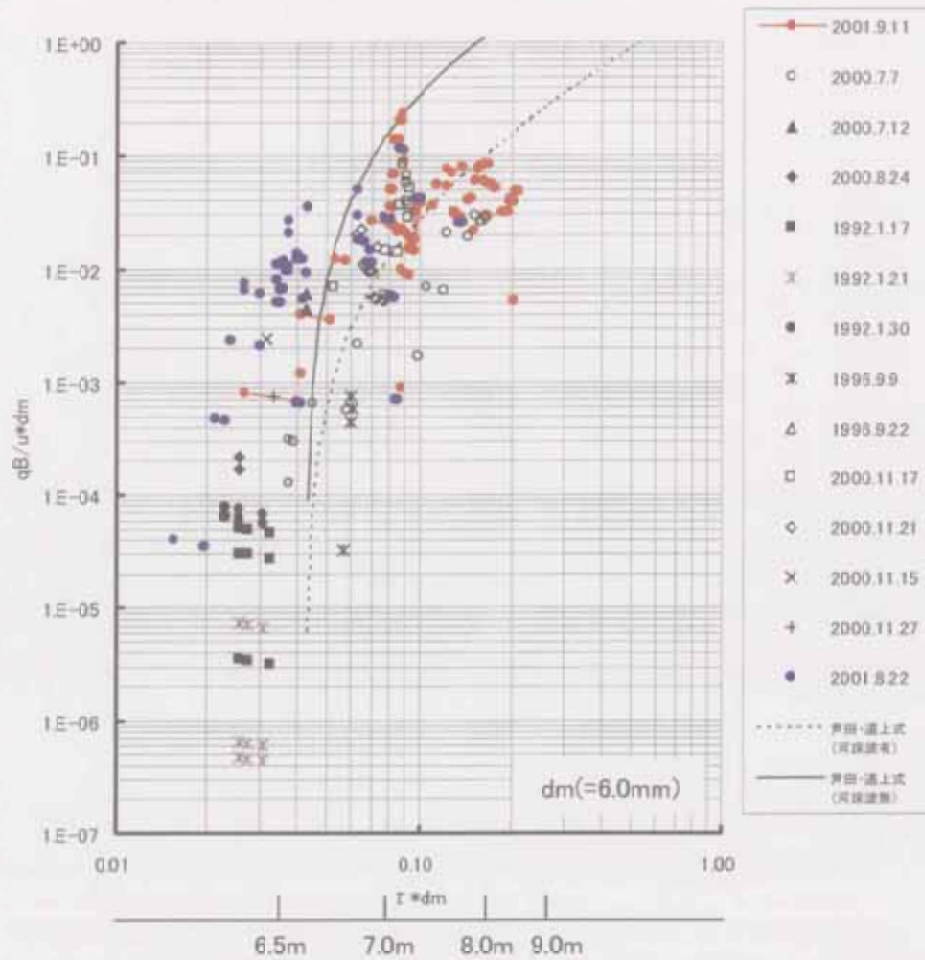


図-2.3.3 掃流砂量観測結果と芦田・道上式の比較（代表粒径 6mm で計算）

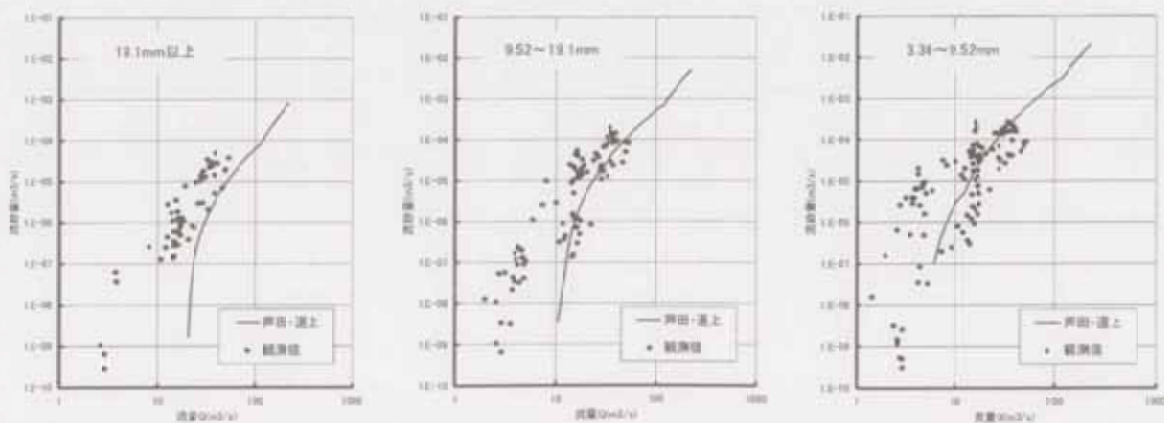


図-2.3.4(1) 掃流砂量観測結果と芦田・道上式の比較（粒径別）

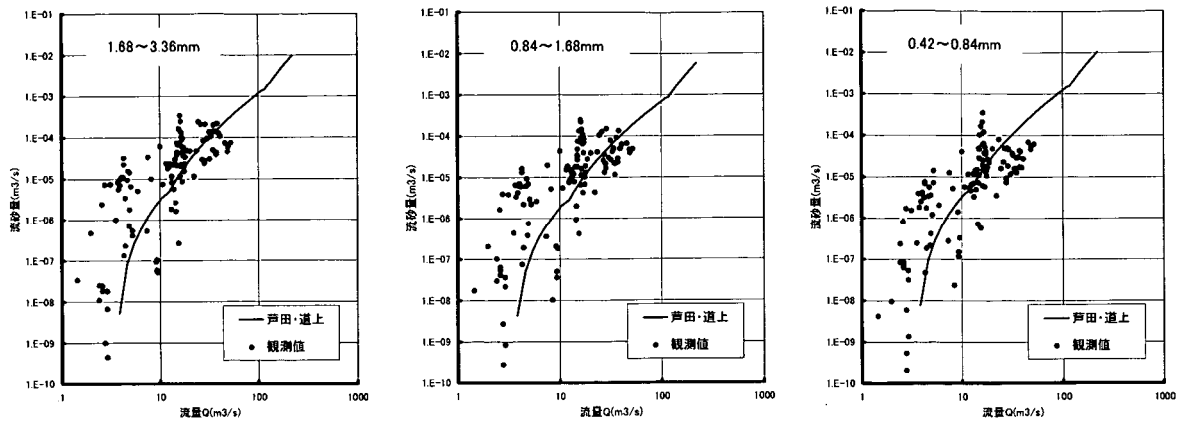


図-2.3.4(2) 掃流砂量観測結果と芦田・道上式の比較（粒径別）

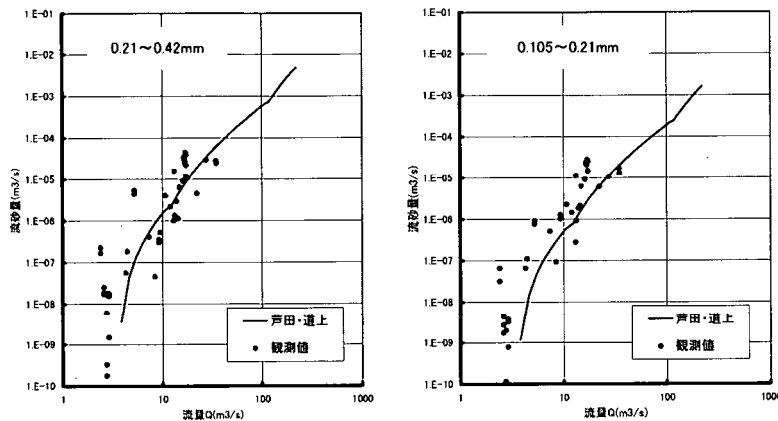


図-2.3.4(3) 掃流砂量観測結果と芦田・道上式の比較（粒径別）

浮遊砂は河床付近の攪乱によって河床材料が巻き上げられ、流れに乗って移動する。このため、鉛直方向に濃度分布が生じる。浮遊砂量を観測するためには、この鉛直濃度を精度良く観測することが必要である。涸沼川洪水観測施設の観測柱に設置されている浮遊砂採取装置は鉛直方向に複数のノズルが設置されているため、浮遊土砂の鉛直濃度を観測することができる。図-2.3.5には、観測柱によって観測された土砂の鉛直濃度分布を粒径別に示す。文献3)、4)では、摩擦速度と掃流力の関係から、涸沼川洪水観測所付近における土砂の運動形態を推定している。例えば、粒径範囲0.01mm~0.1mmの粒径集団3に属する土砂は、鉛直方向に土砂濃度が変化する浮遊砂的運動形態に、0.01mm以下の粒径集団4と粒径集団5は鉛直方向に土砂濃度が一様であるウォッシュロード的運動形態で移動すると推定している。図-2.3.5より、粒径集団3は、河床面付近の土砂濃度が高く、水面付近の土砂濃度が低い浮遊砂的運動形態の土砂濃度の特徴を良く表している。一方、粒径集

団4, 粒径集団5は、土砂濃度が、100ppm~200ppmの範囲でほぼ一様な値となっており、ウォッシュロード的運動形態特有の土砂濃度分布を表している。この結果から、摩擦速度と掃流力の関係をもとに土砂の運動形態が推定可能であることが確認できた。次に、観測された浮遊砂量を粒径別に示すと図-2.3.6のとおりである。浮遊砂量もウォッシュロード量、掃流砂量と同様に幅を有していることがわかる。図-2.3.6には、浮遊砂量の計算に良く用いられる Lane-Kalinske 式⁸⁾による浮遊砂量と観測値を示す。0.105mm~0.21mmの比較的細かい粒径範囲において観測結果と Lane-Kalinske 式の整合性は良いが、その他の粒径範囲における整合性はあまり良くない。第5章で後述するが、浮遊砂量は河床付近の底面濃度と土砂の鉛直濃度によって決定される。しかし、土砂の底面濃度や鉛直濃度分布は河床形態や河床材料の変化によって変化する。Lane-Kalinske 式にはこのような河床形態、河床材料の変化の影響が考慮されていないばかりか、均一粒径の河床が基本となっていることによって精度が低下したと考えられる。

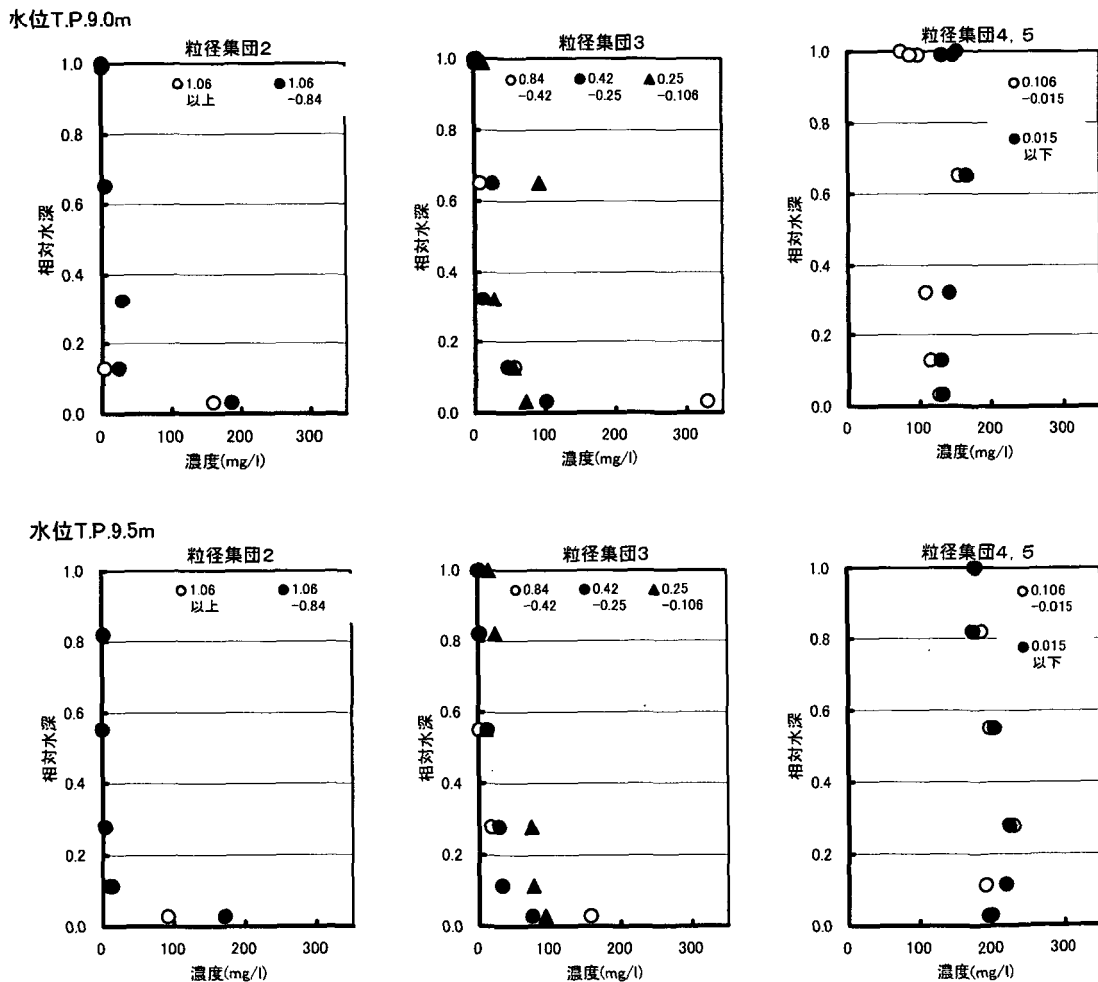


図-2.3.5 浮遊砂の鉛直分布

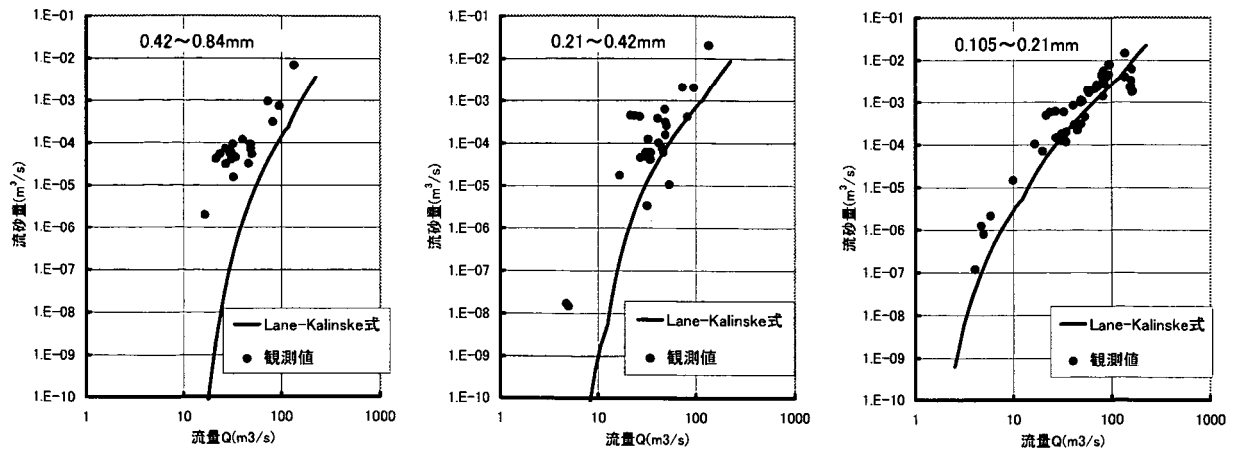


図-2.3.6 浮遊砂・ウォッシュロード観測結果（粒径別）

【 第 2 章 参考文献 】

- 1) 山本晃一：沖積河川学、pp. 6、山海堂、1994. 9
- 2) 山本晃一ほか：澗沼川洪水観測レポート [1]、土木研究所資料第 2895、1990. 10
- 3) 藤田光一、末次忠司ほか：澗沼川洪水観測レポート [2] 1990～2000、土木研究所資料第 3798 号、2001. 3
- 4) 平舘治ほか：澗沼川観測施設における流砂観測と粒径別年間土砂移動量の把握、第 56 回土木学会年次学術講演会講演概要集、II-066、2001. 10
- 5) 諏訪義雄ほか：澗沼川洪水観測施設における流砂観測結果の評価から明らかになった流砂観測の留意点、土木技術資料 44-1、pp. 62-67、2002. 1
- 6) 二村貴幸ほか：澗沼川洪水観測施設における掃流砂観測結果、第 57 回土木学会年次学術講演会講演概要集、II-168、2002. 9
- 7) 芦田和男、道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究、土木学会論文報告集、第 206 号、pp. 59-69、1972
- 8) Lane, E. W. and A. A. Kalinske : The relation of suspended to bed material in river, Trans., A. G. U., pp. 637-640、1939