

### 3.6 河川からの供給土砂量の検討手法

#### 3.6.1 検討概要

荒川（東京湾）、豊川及び矢作川（三河湾）を対象に、河川から海域へ供給される土砂量の昭和30年代からの経年変化を検討する。検討内容と検討フローを以下に示す。

##### (1) 河床及び河床材料の変化

荒川、豊川及び矢作川の各河川の最終セグメント（感潮区間）を対象に、河床高と河床材料の経年変化を整理し、河床材料が大きく変化していると認められる時期を抽出する。また、「河床高及び河床材料の変化」と「ダム築造履歴、河道改修履歴、砂利採取、浚渫、横断工作物築造履歴等」の関係について整理する。

##### (2) 河川からの供給土砂量の経年変化

荒川、豊川及び矢作川を対象に、河川からの供給土砂量及び河口域における粒径別土砂の堆積特性の経年変化を検討する。検討は次の2項目について行う。

- ・ 流域土砂生産量による河川からの供給土砂量の経年変化
  - 全粒径土砂を対象とした年代別土砂収支計算
  - 細粒土砂（シルト・粘土）の流出量の経年変化
- ・ 河口域の河床変動に伴う粒径別土砂の堆積特性の変化
  - 掃流砂を対象とした河床変動計算（3年代・流量別）
  - 浮遊砂を対象とした河床変動計算（3年代・流量別）

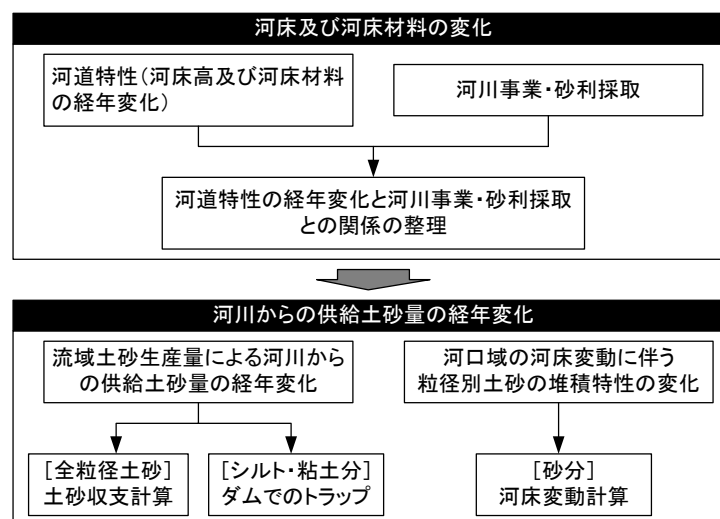


図 3.6.1.1 検討フロー

### 3.7 荒川における供給土砂量の経年変化

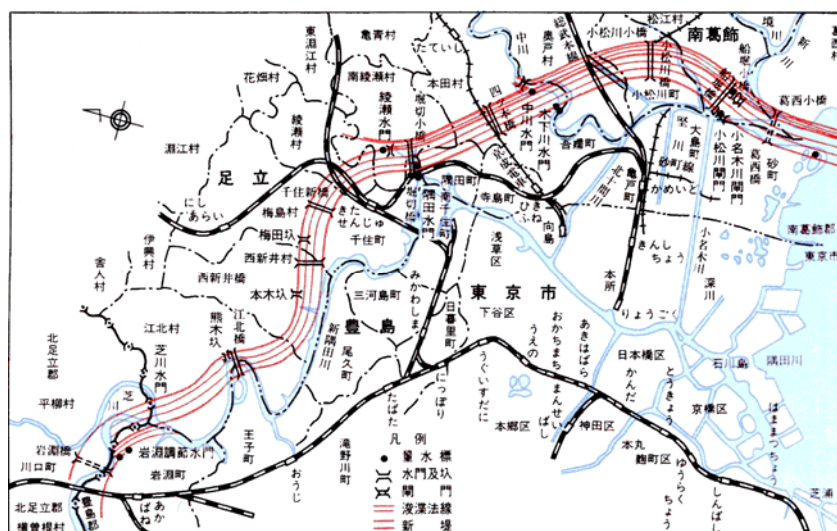
#### 3.7.1 河床高の経年変化

##### (1) 河川事業履歴等の収集整理

###### 1) 概要

土砂の流下に影響を及ぼすと考えられる河川事業を表 3.7.1.1 に示す。また、荒川の流域面積の一覧を表 3.7.1.2 に、荒川水系の概略図を図 3.7.1.2 に示す。荒川の主な特徴は、以下のとおりである。

- ・荒川下流部（0～22k 区間）は、1911 年（明治 40 年）から 1930 年（昭和 5 年）にかけて開削された、人工の河道である。また、1973 年（昭和 48 年）に工事实施基本計画が改定され、これには荒川本川の流量改訂が含まれている。
- ・ダムは、1960 年代（大洞、二瀬、玉淀）か最近（有馬、浦山、合角、滝沢）築造されたものであり、その間には築造されていない。
- ・玉淀ダムは荒川本川の中流部に位置するダムであるが、構造としては可動堰型のダムで、土砂を通過させる構造となっている。
- ・六堰頭首工及び江南サイフォン（明戸サイフォン）は、1939 年（昭和 14 年）に農業土木事業で建設された施設で、施設の老朽化に伴い、平成 10 年度から 14 年度にかけて改修されている。
- ・荒川水系では、1965 年までに砂利採取が禁止されているが、その後も河道の維持浚渫が行われている。



出典：「都市を往く荒川 荒川下流工事事務所七十五年史」

図 3.7.1.1 荒川放水路改修平面図（明治44年当時）

表 3.7.1.1 土砂の流下に影響を及ぼす主な河川事業（荒川）

河川横断構造物関係

年	土砂の流下に影響を及ぼす主な河川事業
1939	六堰頭首工、江南サイフォン(別名明戸サイフォン)竣工
1960	大洞ダム竣工
1961	二瀬ダム竣工
1964	玉淀ダム竣工
1964	秋ヶ瀬取水堰竣工
1985	有馬ダム竣工(入間川)
1998	浦山ダム竣工
2001	合角ダム竣工
2003	六堰頭首工改修
2004	荒川第1調節池竣工
2007	滝沢ダム竣工予定

河道改修関係

年	土砂の流下に影響を及ぼす主な河川事業
1911	荒川下流改修工事(荒川放水路開削、築堤等)着手
1918	荒川上流改修工事(河道掘削・浚渫、築堤等)着手
1930	荒川下流改修工事竣工(0k~22k区間)
1954	荒川上流改修工事竣工
1973	荒川水系工事実施基本計画改定
1975	荒川第1調整池の囲ぎよう堤着工
2004	荒川第1調整池の囲ぎよう堤竣工

砂利採取関係

年	土砂の流下に影響を及ぼす主な河川事業
1960~1965	荒川本川13~18k地点で、河道を浚渫
1965	荒川の河床低下が問題となったため、この頃までに、荒川の砂利採取は禁止された。
1966~1975	荒川本川0~19k区間で、河道を浚渫
1976~1985	荒川本川10~28k区間で、河道を浚渫
1980	右岸4.0k下流の高水敷を造成時に、付近の河道を掘削

備考:「荒川上流改修六十年史」「都市を往く荒川 荒川下流工事事務所七十五年史」「ダム年鑑」にインターネットで得られた情報を加えて作成

表 3.7.1.2 荒川の流域面積一覧

河川名	流域面積	面積比	山地面積	着手年	竣工年
荒川水系	2940. km <sup>2</sup>		1431.8 km <sup>2</sup>		
荒川本川	2219. km <sup>2</sup>	75.5%	967.3 km <sup>2</sup>		
寄居上流	905. km <sup>2</sup>	30.8%			
寄居～古谷本郷	395. km <sup>2</sup>	13.4%			
古谷本郷～河口	919. km <sup>2</sup>	31.3%			
入間川	721. km <sup>2</sup>	24.5%	464.5 km <sup>2</sup>		
入間川上流	227.4 km <sup>2</sup>	7.7%			
入間川上流	37.7 km <sup>2</sup>	1.3%			
越辺川	455.9 km <sup>2</sup>	15.5%			
都幾川	154.0 km <sup>2</sup>				
高麗川	90.4 km <sup>2</sup>				
小畔川	48.5 km <sup>2</sup>				
越辺川	163.0 km <sup>2</sup>				
ダム	909.9 km <sup>2</sup>	30.9%			
荒川本川	893.0 km <sup>2</sup>	30.4%			
二瀬ダム	170.0 km <sup>2</sup>	5.8%		1952	1961
浦山ダム	51.6 km <sup>2</sup>	1.8%		1972	1998
滝沢ダム	108.6 km <sup>2</sup>	3.7%		1969	2007
合角ダム	32.1 km <sup>2</sup>	1.1%		1970	2001
大洞ダム	72.9 km <sup>2</sup>	2.5%		1958	1960
玉淀ダム	893.0 km <sup>2</sup>	30.4%		1962	1964
入間川	16.9 km <sup>2</sup>	0.6%			
有間ダム	16.9 km <sup>2</sup>	0.6%		1969	1985

出典:「荒川上流改修六十年史」、「ダム年鑑」  
 ※ダムの流域面積には、上流に存在するダムの流域も含まれる。

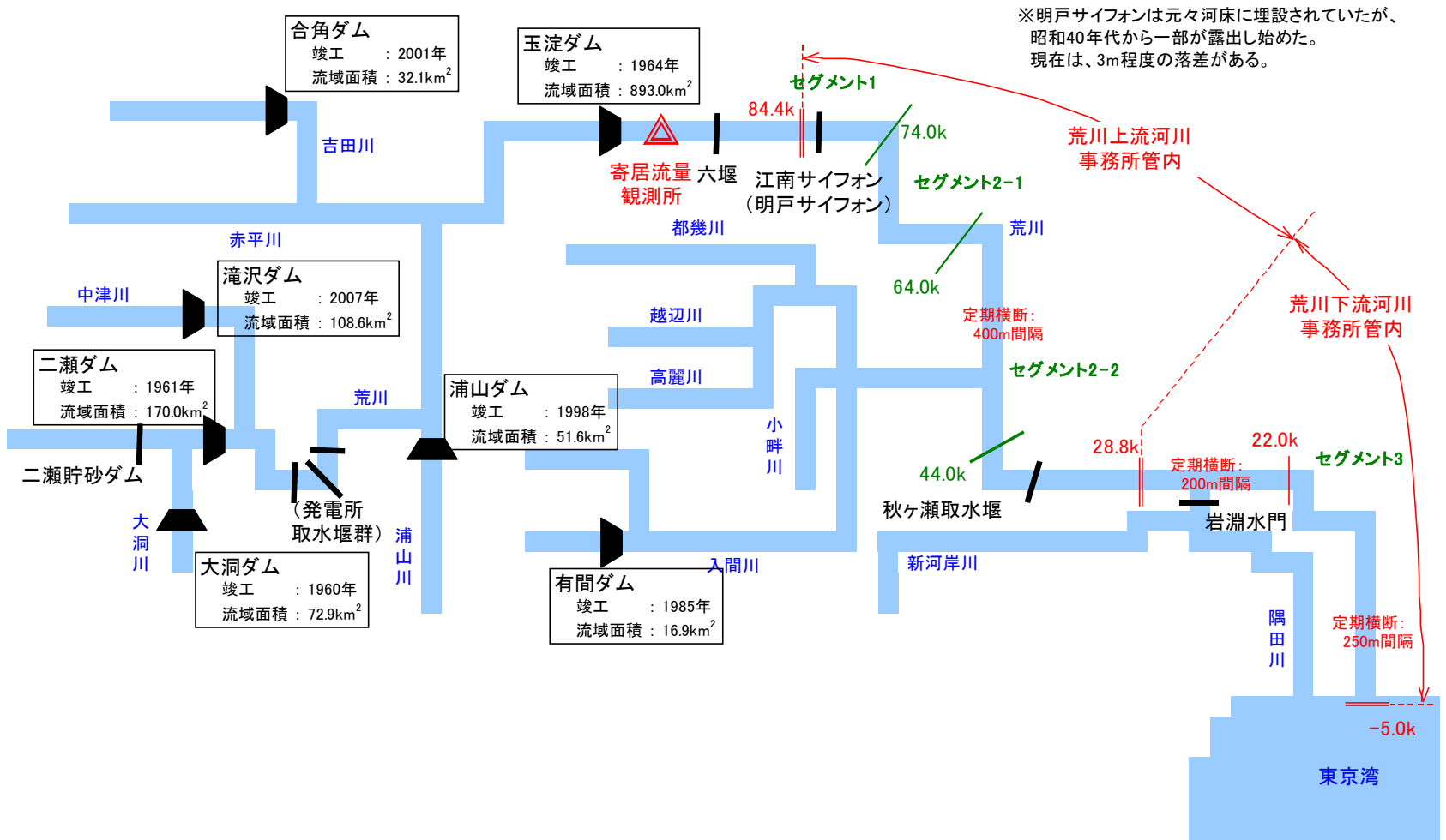


図 3.7.1.2 荒川水系の概略図

注) セグメント分割は、「荒川水系河道計画資料【荒川本川】」(2005)に基づく。

2) 浚渫及び砂利採取

荒川では、昭和 30 年代に河床が著しく低下したため、昭和 40 年ごろまでに砂利採取が全面禁止となっている。なお、砂利採取量に関する資料は得られなかった。

荒川では、河積確保・河道維持を目的として、河道の浚渫が継続的に行われてきた。荒川下流部における主な浚渫土量を表 3.7.1.3 と図 3.7.1.3 に示す。荒川では、河口から 5km までの範囲で、1976 年以降 1990 年までに 200 万 m<sup>3</sup> 以上と他区間に較べて多量の浚渫が行われている。

表 3.7.1.3 荒川下流部の主な浚渫土量

年度	工事土量(m <sup>3</sup> ) 浚渫 (掘削)	年度	工事土量(m <sup>3</sup> ) 浚渫	
1951 昭和26	25,005	50,000	1977 昭和52	112,240
1952 27	58,000	48,000	1978 53	91,950
1953 28	3,480	38,650	1979 54	700,390
1954 29	13,755	21,712	1980 55	179,750
1955 30	85,402	18,900	1981 56	1,099,570
1956 31	82,601	17,701	1982 57	499,970
1957 32	57,580	14,603	1983 58	861,610
1958 33	108,929	20,745	1984 59	83,880
1959 34	26,334	10,083	1985 60	205,360
1960 35	87,900	12,200	1986 61	21,910
1961 36	49,000	7,440	1987 62	424,140
1962 37	62,800	16,700	1988 63	16,770
1963 38			1989 平成元	0
1964 39			1990 2	104,100
1965 40			1991 3	257,000
1966 41			1992 4	0
1967 42			1993 5	0
1968 43			1994 6	35,990
1969 44			1995 7	0
1970 45			1996 8	188,900
1971 46			1997 9	15,900
1972 47			1998 10	0
1973 48			1999 11	26,200
1974 49			2000 12	50,800
1975 50			2001 13	0
1976 51	652620		2002 14	76,700

出典：1975 年以前「都市を往く荒川 荒川下流工事事務所七十五年史」  
1976 年以降「荒川下流河川事務所資料」

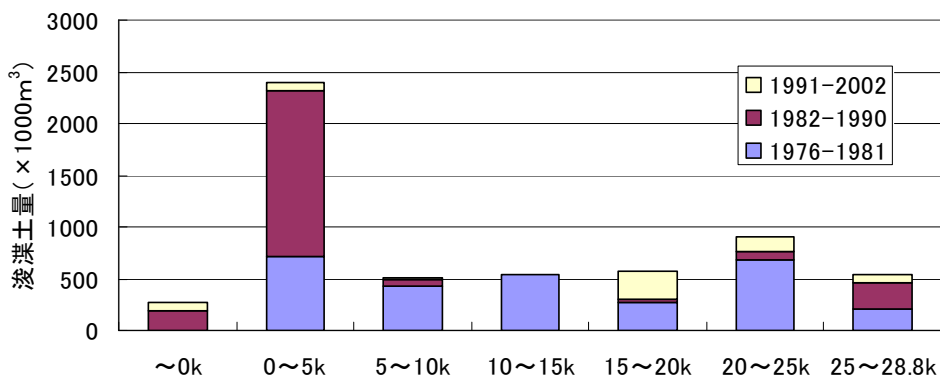


図 3.7.1.3 浚渫土量の箇所別経年変化

(2) 既存資料の収集整理

1) 横断測量データ

収集した横断測量データを表 3.7.1.4 に、寄居における年最大流量の経年変化を図 3.7.1.4 に示す。荒川における収集対象年は、1972 年（荒川上流河川事務所管内は 1974 年）、1982 年、1991 年、2002 年の合計 4 カ年（約 10 年おき）とした。なお、以下の解析においては、測量年度を測量年として表記する。

なお、荒川流域では、1982 年に大規模な台風出水があった。1982 年の測量月は入手できなかったが、定期横断測量は、1 月～3 月に行われるのが通例であるから、1982 年の定期横断測量は、この出水の後に行われていると考えられる。

表 3.7.1.4 荒川の定期横断測量取得状況

測量年度	横断データ		寄居 年最大流量 (m <sup>3</sup> /s)	ダム等建設	備考
	荒川上流 河川事務所 所管データ	荒川下流 河川事務所 所管データ			
1955年 昭和30年					
1956年 昭和31年					
1957年 昭和32年					
1958年 昭和33年					
1959年 昭和34年					
1960年 昭和35年				大洞ダム竣工	
1961年 昭和36年				二瀬ダム竣工	
1962年 昭和37年					
1963年 昭和38年					
1964年 昭和39年				玉淀ダム竣工	
1965年 昭和40年					
1966年 昭和41年			2,260		
1967年 昭和42年			611		
1968年 昭和43年					
1969年 昭和44年			146		
1970年 昭和45年			228		
1971年 昭和46年			2,247		
1972年 昭和47年		●	1,100		荒下:11.50km、12.00km欠
1973年 昭和48年			86		
1974年 昭和49年	●		3,968		
1975年 昭和50年		●	112		荒下:20.50～22.00km欠
1976年 昭和51年			143		
1977年 昭和52年			1,862		
1978年 昭和53年		●	283		
1979年 昭和54年			920		
1980年 昭和55年		●	243		
1981年 昭和56年			3,082		
1982年 昭和57年	●	●	5,512		
1983年 昭和58年		●	3,388		
1984年 昭和59年			142		荒下:21.50～22.20km欠
1985年 昭和60年		●	2,112	有間ダム竣工	
1986年 昭和61年			2,056		
1987年 昭和62年	●		527		
1988年 昭和63年		●	1,149		荒下:0～11.75km欠
1989年 昭和64年			2,394		
1990年 平成2年			1,294		
1991年 平成3年	●	●	2,573		
1992年 平成4年			601		
1993年 平成5年	●		2,468		
1994年 平成6年			1,226		
1995年 平成7年			786		
1996年 平成8年	●	●	2,032		荒下:-5.00kmまでデータ有
1997年 平成9年		●	633		荒下:-5.00kmまでデータ有
1998年 平成10年			3,460	浦山ダム竣工	
1999年 平成11年		●	5,174		
2000年 平成12年	●	●	1,713		荒下:-5.00kmまでデータ有
2001年 平成13年		●	3,888	合角ダム竣工	荒下:-5.00kmまでデータ有 2003年と同データ
2002年 平成14年	●	●			
2003年 平成15年		●			荒下:-5.00kmまでデータ有 2001年と同データ
2004年 平成16年					

■ 解析年次

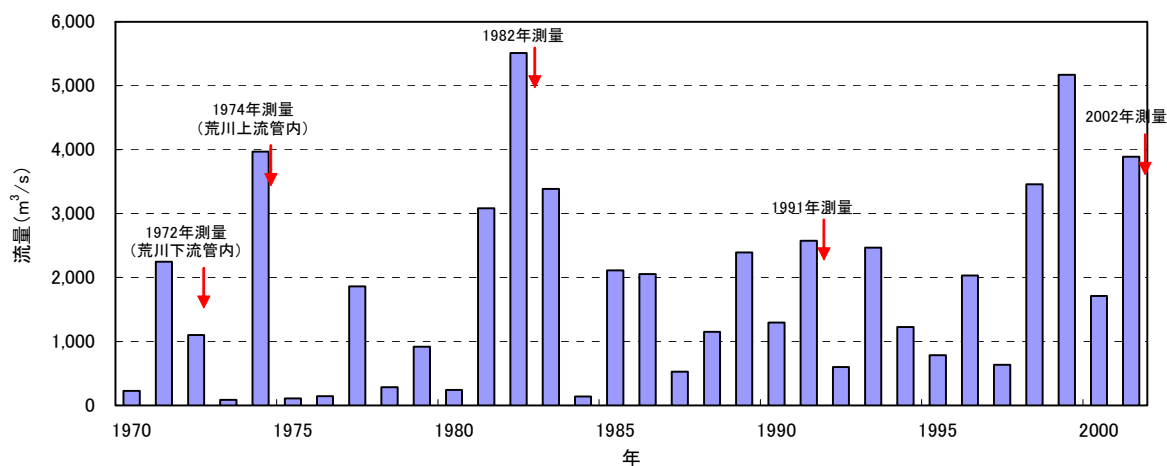


図 3.7.1.4 寄居（セグメント1上流側）の年最大流量（1970年～2002年）

注)年最大流量とは当年の時間流量の中で最大の値

## 2) 河床材料データ

本業務で収集した荒川下流部の河床材料データは、以下のとおりである。

- ・ 荒川及入間川筋河床材料調査報告書 昭和 46 年 3 月（調査年月不明）
- ・ 荒川下流部河床土質調査報告書 昭和 55 年 1 月（1979 年 11 月調査）
- ・ 荒川下流河床地質調査報告書 平成 8 年 6 月（1996 年 4 月調査）
- ・ 平成 16 年度 荒川下流部河床材料調査報告書 平成 17 年 1 月（2004 年 10 月調査）
- ・ 平成 16 年度 荒川上流河床材料調査報告書 平成 17 年 2 月（2004 年 10 月調査）

各調査における調査年及び調査地点を 図 3.7.1.5 に示す。なお、以下の解析においては、調査年度を調査年として表記する。



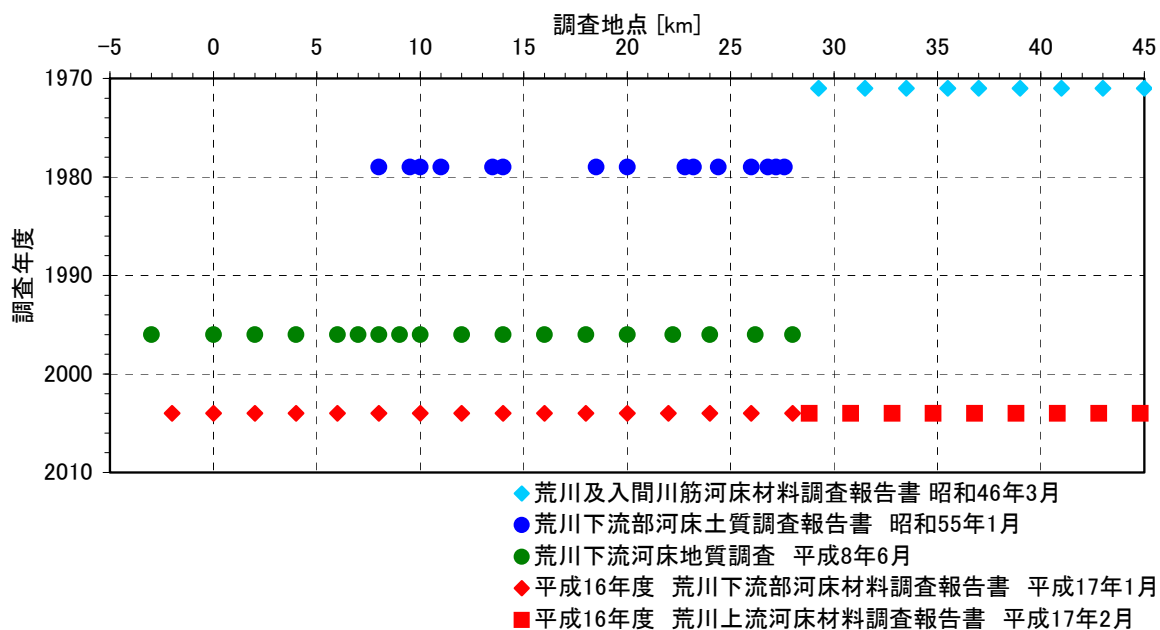


図 3.7.1.5 各河床材料調査の調査時期及び調査地点（セグメント3）

### 3) ダム堆積土砂の組成

#### 二瀬ダムの粒径別堆積土量と堆積土砂の組成

二瀬ダム貯水池に関して、ダム本体内の地質別堆積土量及び上流の貯砂ダムにおける粒径分布のデータを収集し、ダム貯水池内の粒径別土量の推定を行った。その結果を表 3.7.1.5 に示す。

ダム本体内の堆積土量は地質別に記載されており、粒径別とはなっていなかった（表 3.7.1.5a）。そのため、地質毎の粒径組成を表 3.7.1.5b) のように仮定し、これに地質別堆積土量の構成比を掛けて粒径別土量を推定した。その結果が表 3.7.1.5c)である。あらか流域では、各粒径でほぼ均等に（約 2 割前後）土砂が生産されていると考えられる。

なお、二瀬ダム貯砂ダムの粒径分布では、礫以上の粗い粒子が大半を占め、細砂・シルト粘土は含まれていなかった。これは、貯砂ダムでは、粒径の粗い土砂のみがトラップされ、粒径の細かい土砂はそのまま貯水池内に流入するためであると考えられる。

表 3.7.1.5 二瀬ダム貯水池における粒径別堆積土量（ボーリング調査からの推計）

a) 地質別堆積土量

二瀬ダム貯水池内堆砂量(地質別、H15年度)		
地質区分	土量(m <sup>3</sup> )	構成比(%)
浮泥	229,386	5.4
粘性土	715,195	16.9
砂質土	24,921	0.6
腐食土	56,473	1.3
礫砂混り玉石	2,088,965	49.3
砂礫	192,512	4.5
砂質土～礫質土	925,696	21.9
合計	4,233,148	100.0

b) 地質分類と粒径組成の推定

備考				
地質別の粒径区分(推定値、%)				
玉石	礫	粗砂	細砂	シルト粘土
				1
				1
		1/2	1/2	
		1/3	1/3	1/3
1/2	1/4	1/8	1/8	
	1/3	1/3	1/3	
	1/3	1/3	1/3	

c) ダム貯水池内堆積土砂の粒径組成および粒径別堆積土量

二瀬ダム貯水池堆積土砂の組成	24.7	21.1	15.7	15.7	22.8	合計
二瀬ダム貯水池堆積土砂の粒径別土量(m <sup>3</sup> )	1044483	894977	665141	665141	963405	4,233,148
(参考) 二瀬ダム貯砂ダム堆積土砂の組成	30.4	60.8	8.7	0.0	0.0	

※ 二瀬ダム貯水池内堆砂量は、「H16土砂還元による下流河川環境の再生検討業務」に基づく。

### 二瀬ダムの堆積状況

二瀬ダムの堆砂状況として、ボーリング調査結果による有効容量内堆砂土の土質区分図を 図 3.7.1.2 に示す。また、ボーリング調査結果及び平成 15 年度横断測量成果に基づいて推定された、地質区分毎の堆積土量を 表 3.7.1.6 に示す。全体的に、礫、玉石の堆積量が多く、砂分の堆積量は相対的に少ないという結果となっている。

表 3.7.1.6 二瀬ダムの累加堆積量（地質区分別、平成15年度）

地質区分	土量 (m <sup>3</sup> )	観察記事
① 浮泥（ヘドロ）	229,386	高含水のヘドロ状を呈する粘性土で、非常に軟質である。木片や腐植物が多く混入し、臭気がある。BV-1～BV-3の湖水内の堆砂物上部に層厚1～2m程度で分布する。
② 粘性土	715,195	全体に非常に軟質で、含水量が非常に多く標準貫入試験では自沈する。全体に腐植物が混入し、臭気がある。一部で微細砂や礫、玉石が混入し、下部になるにつれ砂混入量が多くなる。BV-1及びBV-2で浮泥下に層厚6～13m程度で確認され、堤体に近いほど厚く堆積する。
③ 砂質土	24,921	（コメント無）
④ 腐植土	56,473	BV-1及びBV-3で層厚1m程度で確認された。木の葉や木片等を主体とする腐植物であり、粘土や砂分が混入する。
⑤ 礫砂混り玉石	2,088,965	φ100～300mmを超える玉石が主体の堆積物であり、各ボーリング孔の旧河床付近及びBV-3から上流部の現河床部で確認された。粘板岩主体の玉石で、非常に硬質である。マトリックス分は流されて少なくなっている。全体に木片などの腐植物が混入する。
⑥ 砂礫	192,512	BV-2の粘土層下部に層厚7m程度で茶灰色の礫交じり土として確認された。礫はφ5～10mm程度の粘板岩～チャートの角礫が主体であり、玉石も混入する。マトリックスは粘土混じり砂質土が主体で、地すべり等による2次堆積物と考えられる。
⑦ 砂質土～礫質土	925,696	BV-3より上流で主に確認され、暗灰色の中砂～粗砂主体で、φ10～60mm程度の粘板岩を主体とする垂円礫が混入し、砂～砂礫状を呈している。含水量は多く、木片などの腐植物も多く混入する。なお、BV-1の粘土層下部にも層厚2m程度の細砂層が確認された。
総計	4,233,149	

資料：H16 土砂還元による下流河川環境の再生検討業務報告書

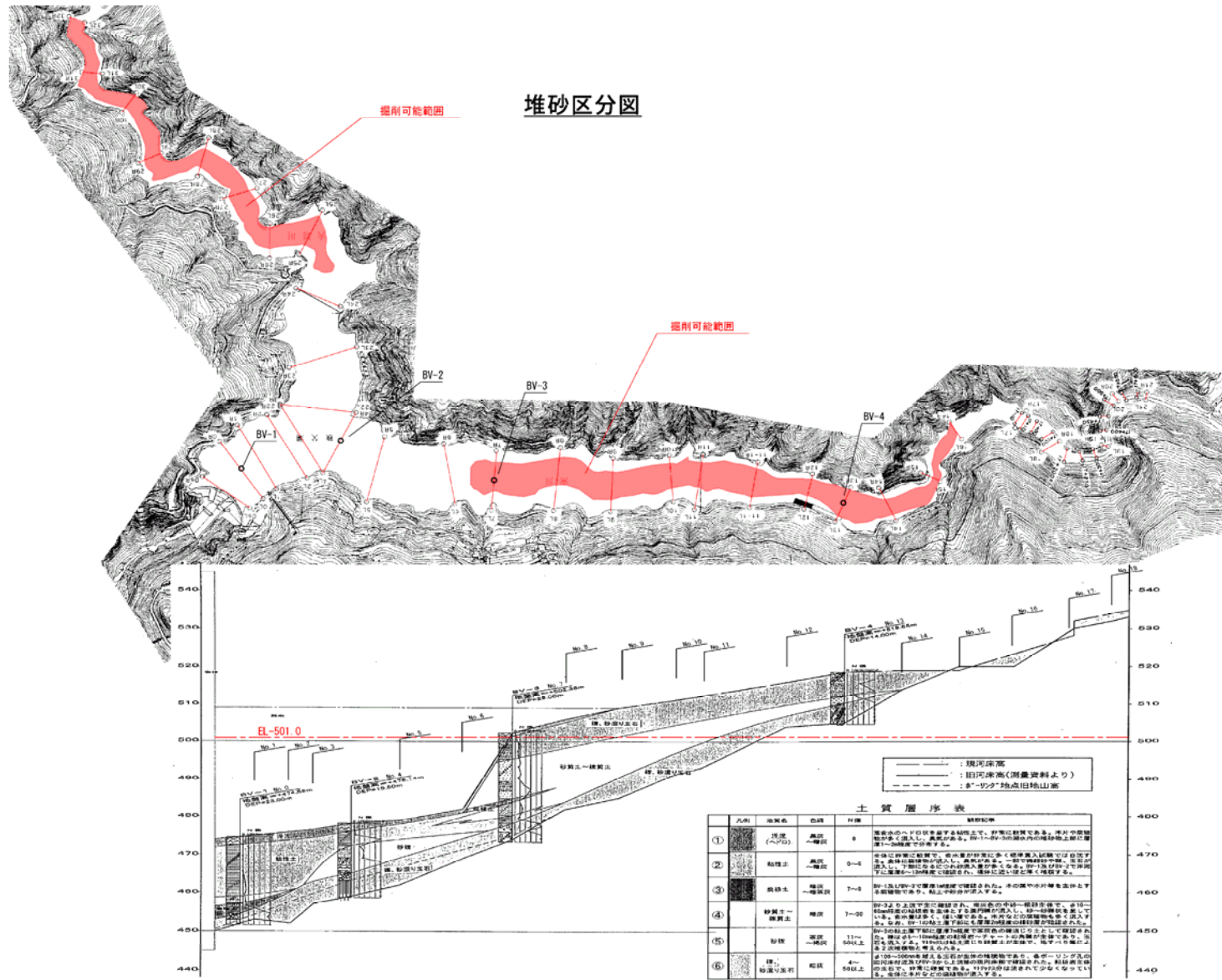


図 3.7.1.6 二瀬ダム貯水池の堆積区分図 (出典: H16土砂還元による下流河川環境の再生検討業務報告書)

### (3) 河床及び河床材料の経年変化

#### 1) 平均河床高の算定

荒川においては、高水敷の利用が進んでいること、低水路の位置が1972年以降殆ど変化していない事を考慮して、河床変動量の解析対象を低水路部に限定し、最近の2002年定期横断測量成果における低水路の位置を基準として解析を行った。

荒川の河床高の集計表を表 3.7.1.7 に、代表的な横断面を図 3.7.1.7 に示す。後述する河床変動量の算定にあたっては約 10 年毎の年代に区切って解析を行うものとし、前掲の表 3.7.1.4 に示されている各年度の定期横断測量データのうち、1972 年（上流部は 1974 年）、1982 年、1991 年及び 2002 年のデータを代表として用いた。

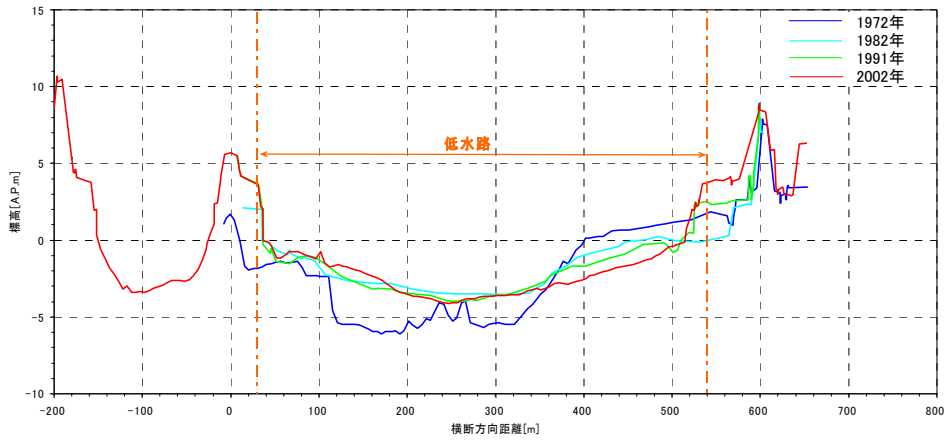
表 3.7.1.7 荒川の平均河床高と河床変動量

	河床変動量		
	1972-1982	1982-1991	1991-2002
	m <sup>3</sup> /年	m <sup>3</sup> /年	m <sup>3</sup> /年
セグメント3	-19131	-328239	-147975
セグメント2-2	-48391	-96704	-85005
セグメント2-1	53284	-132054	14015
セグメント1	144820	-48942	42138
TOTAL	130583	-605941	-176827

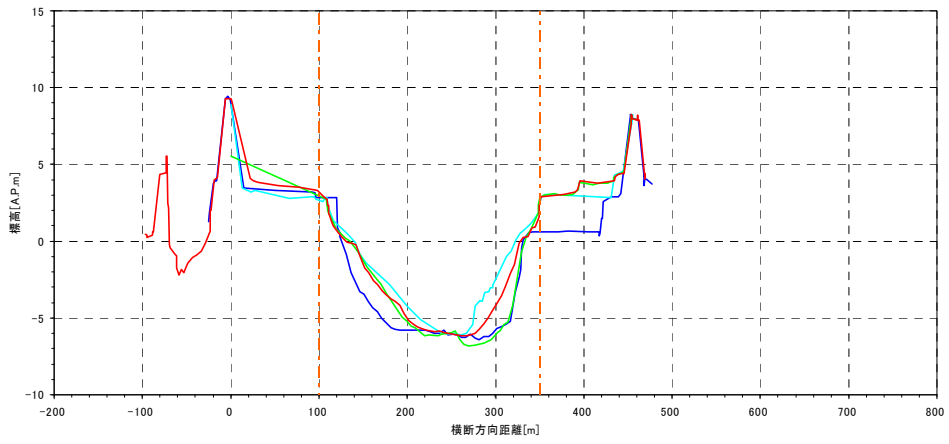
距離標	追加距離		低水路幅 m	低水路平均河床高				河床変動量					
				1972年	1982年	1991年	2002年	1972-1982		1982-1991		1991-2002	
	m	km		A.P.m	A.P.m	A.P.m	A.P.m	m	×1000m <sup>3</sup>	m	×1000m <sup>3</sup>	m	×1000m <sup>3</sup>
0.0k	0	0.00	510	-2.653	-1.833	-1.988	-2.078	0.819	209.0	-0.155	-39.6	-0.090	-22.9
1.0k	1000	1.00	485	-3.457	-1.938	-2.322	-1.927	1.518	736.3	-0.383	-185.9	0.394	191.3
2.0k	2000	2.00	460	-2.652	-2.652	-1.911	-1.659	0.000	-0.1	0.742	341.2	0.251	115.5
3.0k	3000	3.00	400	-1.911	-1.863	-3.418	-1.988	0.049	19.4	-1.555	-622.0	1.429	571.7
4.0k	4000	4.00	370	-2.785	-2.341	-2.127	-2.060	0.444	164.2	0.214	79.2	0.067	25.0
5.0k	5000	5.00	320	-3.646	-3.150	-2.434	-2.279	0.496	158.8	0.716	229.0	0.156	49.8
6.0k	6000	6.00	315	-1.716	-2.097	-2.630	-2.631	-0.382	-120.2	-0.532	-167.7	-0.001	-0.4
7.0k	7000	7.00	290	-2.681	-2.524	-2.522	-2.521	0.157	45.5	0.002	0.6	0.002	0.4
8.0k	8000	8.00	275	-1.873	-2.205	-2.622	-2.886	-0.332	-91.2	-0.417	-114.7	-0.264	-72.5
9.0k	9000	9.00	225	-2.158	-2.647	-3.164	-3.324	-0.489	-110.0	-0.517	-116.4	-0.160	-35.9
10.0k	10000	10.00	250	-3.823	-2.344	-3.444	-3.001	1.479	369.8	-1.100	-275.0	0.443	110.7
11.0k	11000	11.00	329	-0.742	-0.648	-2.185	-3.111	0.094	31.0	-1.537	-505.6	-0.926	-304.6
12.0k	12000	12.00	215	-1.749	-2.222	-2.420	-3.043	-0.473	-101.7	-0.199	-42.7	-0.623	-133.9
13.0k	13000	13.00	225	-1.534	-2.033	-2.380	-2.595	-0.498	-112.1	-0.347	-78.1	-0.216	-48.5
14.0k	14000	14.00	265	-2.753	-1.662	-1.799	-1.977	1.091	289.0	-0.136	-36.2	-0.178	-47.3
15.0k	15000	15.00	205	-2.812	-2.830	-2.683	-3.282	-0.018	-3.6	0.147	30.1	-0.599	-122.8
16.0k	16000	16.00	215	-1.486	-2.418	-2.608	-2.822	-0.932	-200.4	-0.190	-40.8	-0.214	-46.0
17.0k	17000	17.00	220	-1.454	-1.502	-1.547	-3.528	-0.048	-10.6	-0.045	-9.9	-1.980	-435.7
18.0k	18000	18.00	210	-1.350	-1.954	-2.128	-3.034	-0.603	-126.7	-0.174	-36.6	-0.906	-190.3
19.0k	19000	19.00	190	-1.307	-1.867	-2.076	-2.367	-0.560	-106.3	-0.209	-39.6	-0.292	-55.4
20.0k	20000	20.00	200	-1.475	-1.508	-1.776	-2.481	-0.033	-6.6	-0.268	-53.6	-0.704	-140.9
21.0k	21000	21.00	275	-1.564	-1.373	-2.278	-2.311	0.191	52.5	-0.904	-248.7	-0.033	-9.1
22.0k	22000	22.00	235	-2.298	-2.206	-2.290	-3.153	0.091	42.9	-0.083	-39.2	-0.863	-405.8
24.0k	24000	24.00	150	-2.528	-3.558	-3.329	-3.580	-1.030	-308.9	0.229	68.8	-0.251	-75.2
26.0k	26000	26.00	180	-0.610	-0.618	-2.296	-2.807	-0.008	-3.0	-1.678	-604.2	-0.510	-183.8
28.0k	28000	28.00	215	0.386	-1.078	-1.830	-2.325	-1.465	-629.8	-0.752	-323.4	-0.494	-212.5
30.0k	30000	30.00	175	-0.407	-0.899	-1.175	-1.195	-0.492	-172.2	-0.277	-96.8	-0.020	-7.0
32.0k	32000	32.00	175	-0.620	-1.069	-1.191	-1.055	-0.449	-157.3	-0.122	-42.6	0.135	47.3
34.0k	34000	34.00	150	0.003	-0.422	-0.387	-0.279	-0.425	-127.6	0.035	10.5	0.108	32.4
36.0k	36000	36.00	140	-0.731	-0.441	0.088	-0.157	0.290	81.2	0.530	148.3	-0.245	-68.7
38.0k	38000	38.00	140	0.046	0.035	0.267	-0.247	-0.011	-3.2	0.233	65.2	-0.514	-143.9
40.0k	40000	40.00	95	-1.179	-1.019	-0.801	-1.331	0.160	30.4	0.218	41.4	-0.530	-100.7
42.0k	42000	42.00	90	-0.129	0.025	-1.333	-0.899	0.154	27.7	-1.358	-244.5	0.434	78.1
44.0k	44000	44.00	95	0.856	0.251	0.203	0.349	-0.605	-115.0	-0.048	-9.1	0.146	27.7
46.0k	46000	46.00	85	3.073	2.697	2.715	2.440	-0.375	-63.8	0.017	2.9	-0.275	-46.7
48.0k	48000	48.00	95	4.607	4.474	4.144	3.849	-0.133	-25.3	-0.330	-62.8	-0.295	-56.1
50.0k	50000	50.00	85	5.682	4.711	4.645	3.818	-0.970	-164.9	-0.067	-11.4	-0.826	-140.5
52.0k	52000	52.00	85	5.669	5.676	4.947	4.478	0.007	1.2	-0.729	-124.0	-0.468	-79.6
54.0k	54000	54.00	90	6.228	6.938	6.444	4.627	0.709	127.7	-0.494	-88.9	-1.817	-327.1
56.0k	56000	56.00	180	9.079	9.303	9.368	9.268	0.223	80.3	0.066	23.7	-0.100	-36.2
58.0k	58000	58.00	90	9.678	9.075	8.959	8.839	-0.603	-108.5	-0.116	-20.9	-0.120	-21.6
60.0k	60000	60.00	65	12.037	10.974	9.866	9.384	-1.062	-138.1	-1.108	-144.0	-0.482	-62.7
62.0k	62000	62.00	100	14.339	13.779	12.506	12.967	-0.560	-112.0	-1.273	-254.6	0.462	92.3
64.0k	64000	64.00	210	17.223	17.114	16.229	14.939	-0.110	-46.1	-0.885	-371.7	-1.290	-541.6
66.0k	66000	66.00	155	16.750	16.571	15.224	15.506	-0.179	-55.4	-1.347	-417.4	0.282	87.4
68.0k	68000	68.00	155	16.965	17.033	16.360	16.760	0.069	21.3	-0.673	-208.7	0.399	123.8
70.0k	70000	70.00	175	18.937	19.516	18.665	19.010	0.579	202.8	-0.851	-298.0	0.345	120.9
72.0k	72000	72.00	330	21.380	21.688	21.449	21.556	0.308	203.4	-0.239	-157.9	0.107	70.4
74.0k	74000	74.00	330	22.782	23.339	23.579	23.648	0.557	367.4	0.240	158.7	0.068	44.9
76.0k	76000	76.00	390	26.497	26.959	26.891	27.320	0.462	360.2	-0.067	-52.6	0.428	334.1
78.0k	78000	78.00	435	31.770	32.157	32.454	32.611	0.386	336.2	0.297	258.7	0.157	136.5
80.0k	80000	80.00	680	38.308	38.652	38.563	38.787	0.344	467.8	-0.088	-120.0	0.224	304.6
82.0k	82000	82.00	445	43.717	43.617	43.224	42.816	-0.100	-89.0	-0.393	-349.8	-0.408	-363.4
84.0k	84000	84.00	595	51.326	51.644	51.213	51.262	0.318	189.2	-0.431	-256.2	0.049	29.1

注) 河口 0.0k ~ 84.0k 区間の荒川低水路の面積は、およそ 20km<sup>2</sup>であるから、仮に、河床高変動量に 1cm/年の誤差が生じた場合、河道全体で約 200,000m<sup>3</sup>/年の土砂収支量の誤差を生じる。

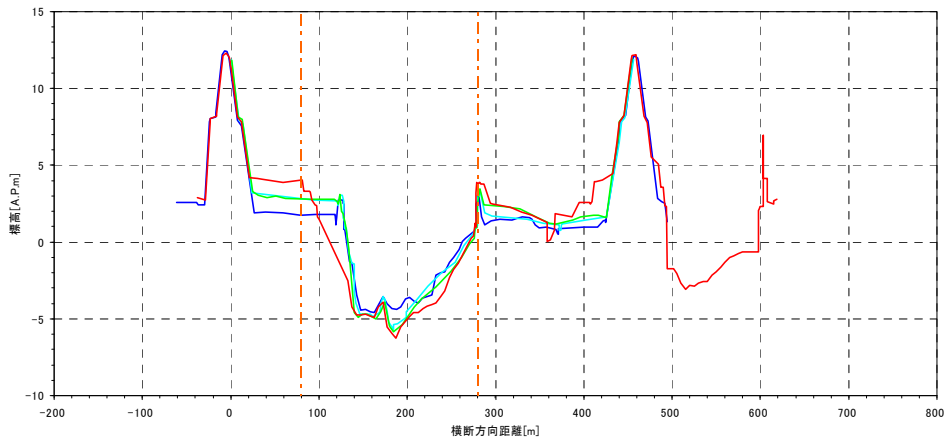
a) 0.0km



b) 10.0km



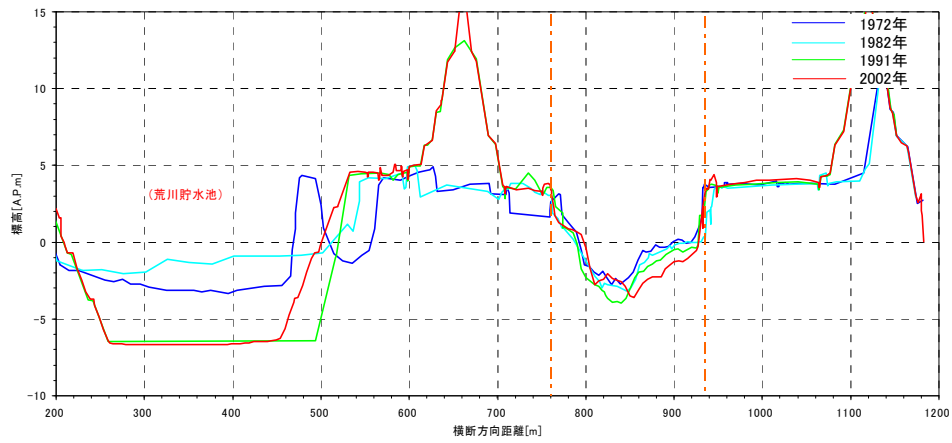
c) 20.0km



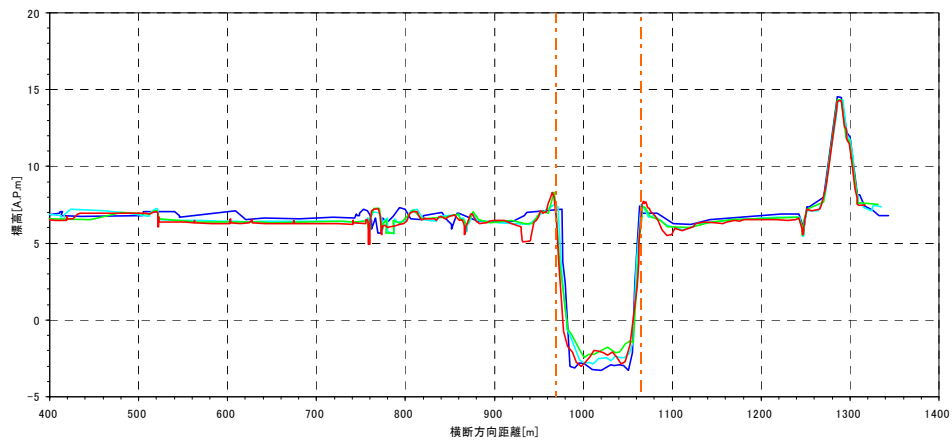
注) 低水路は、2002年河道を基準として設定した。

図 3.7.1.7 (1) 荒川下流部の横断面形状

d) 30.0km



e) 40.0km



f) 50.0km

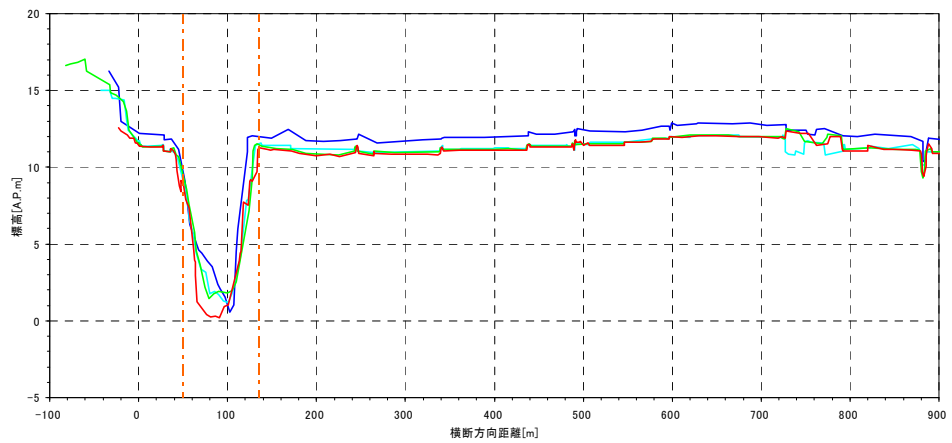
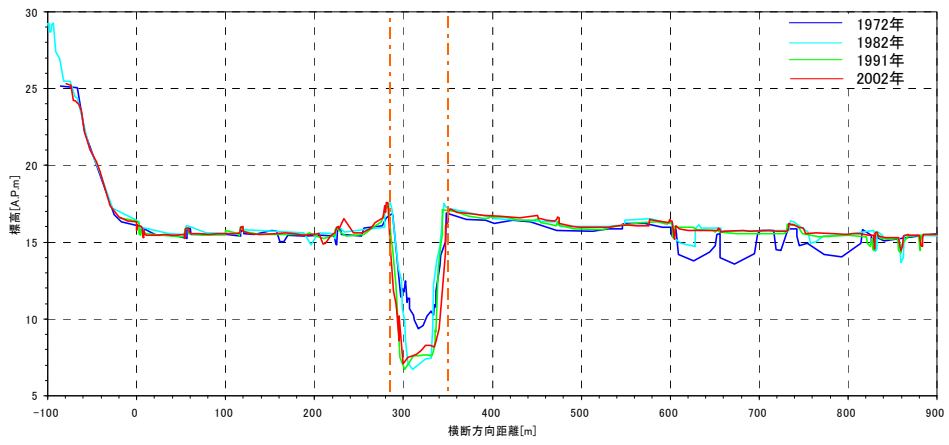


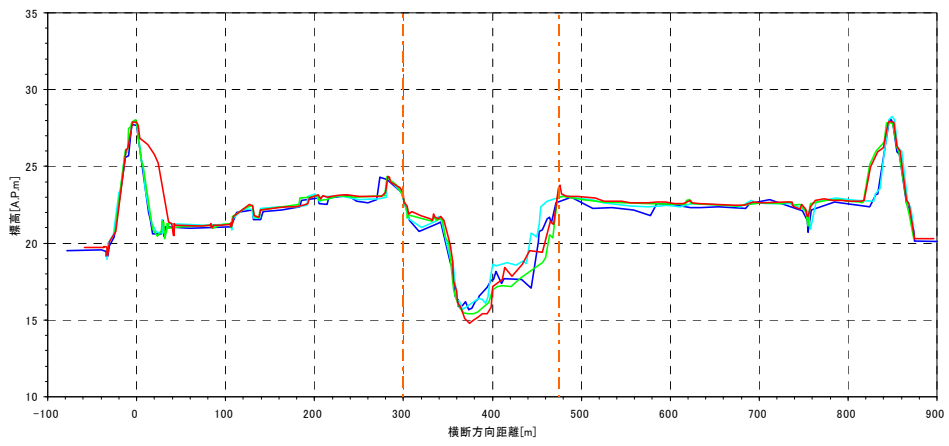
図 3.7.1.7 (2) 荒川下流部の横断面形状



g) 60.0km



h) 70.0km



i) 80.0km

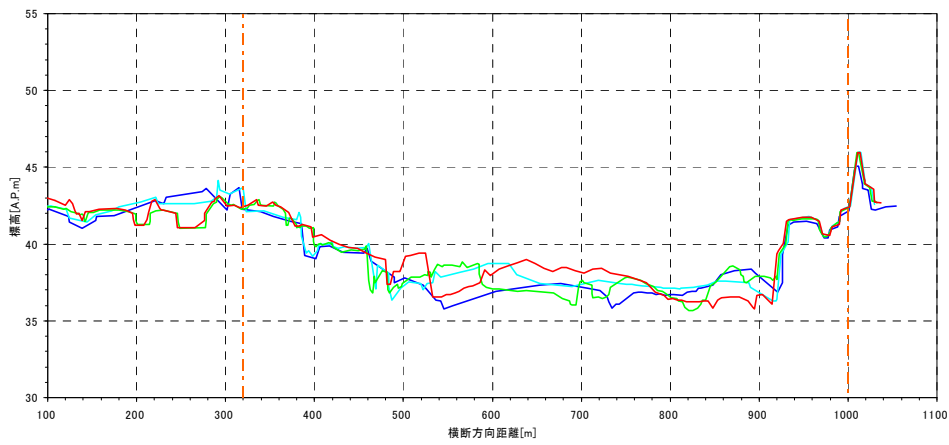


図 3.7.1.7 (3) 荒川下流部の横断面形状

## 2) 平均河床高の経年変化

表 3.7.1.7 で求めた平均河床高の経年変化を 図 3.7.1.8 に示す。また、図中には、2002 年の低水路幅、および 1911 年（明治 44 年）当時の荒川放水路計画河道の、低水路高・低水路幅を併記した。

荒川放水路（0～22km）では、もともとの河道幅は上流部（20km）・中流部（10km）で 109m、河口（0km）で 255m、河床勾配は 1/5000、河床高は河口で A.P.-3m とされていた。しかし、その後計画流量を上回る出水に再三見舞われたこと、また流域の開発が急速に進んでいたことから、1973 年（昭和 48 年）に工事实施基本計画が改定された。このとき、計画高水流量なども見直されており、例えば岩淵地点の計画高水流量は、 $4170\text{m}^3/\text{s}$  から  $7000\text{m}^3/\text{s}$  へと大幅に引き上げられた。なお、上述のような大規模の出水に見舞われていることから、1951 年（昭和 26 年）以降、暫定的に低水路の拡幅が施されている。

河口から入間川が合流する地点下流の 44km まで（セグメント 3）では、全般的にみて 1972 年以降、河床は低下傾向であり、特に、5km～20km 及び 24～30km 区間で大幅に河床が低下している。しかしながら、この区間の浚渫土量（図 3.7.1.3 参照）は、河口付近（0～5km 区間）に比べて少ないことから、浚渫のみによって河床低下が生じたとはいえ、河道特性の変化により土砂動態が変化した可能性が考えられる。また、河口付近において河床高は上昇傾向であるが、これは低水路幅の拡大により単位幅流量及び掃流力が低下し、土砂の堆積が進みやすい場所であるためと考えられる。逆に、48～66km の区間では河床は低下傾向であるが、これは当該区間の低水路幅が上流から下流に向かって狭くなる区間であり、これにより河床が洗掘されたためと考えられる。

平均河床勾配の経年変化を 表 3.7.1.8 に示す。河口付近（0～20km）と秋ヶ瀬取水堰の下流（20～35km）では、河床が緩勾配から逆勾配になる傾向が見られる。また、セグメント 2-1（64～74km）では、河床が急勾配になる傾向がみられる。

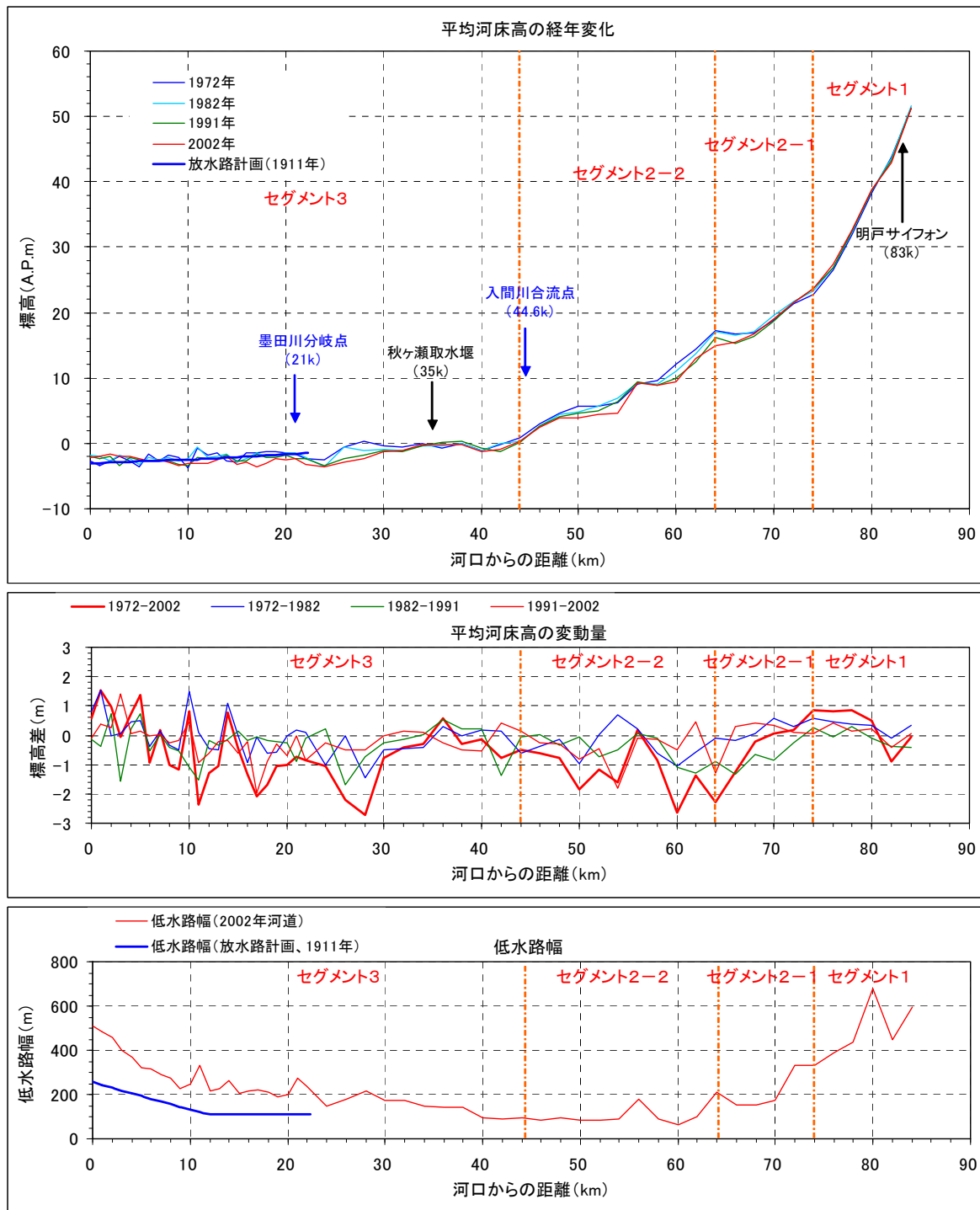


図 3.7.1.8 荒川低水路部の平均河床高・低水路幅

表 3.7.1.8 平均河床勾配の経年変化

年	セグメント3			セグメント2-2	セグメント2-1	セグメント1
	1-20k	20-34k	34-44k	44-64k	64-74k	74-84k
1972	1/13000	1/6800	1/14000	1/1400	1/1600	1/350
1982	1/42000	1/9700	1/19000	1/1400	1/1400	1/350
1991	1/46000	1/8100	-1/29000	1/1500	1/1200	1/360
2002	-1/21000	1/5800	-1/400000	1/1500	1/1100	1/370

3) 河床材料の経年変化

河床材料変化の概略を 表 3.7.1.9 に、代表的な底質の変化例を 図 3.7.1.9 に示す。平成 16 年度調査における下流部の調査地点を 図 3.7.1.10 に、表層底質の粒径別構成比を 図 3.7.1.12 に示す。また、参考として、東京湾浅海域の底質の粒度組成を 図 3.7.1.11 に示す。

表 3.7.1.9 河床材料の変化の概略（セグメント3）

区間	河床材料の変化の特徴	河床高の変化	河川工事
0km	<p>↑ ↓</p> <p>1979年から2005年の間に、大きな変化は見られない。</p>	<p>↑ ↓</p> <p>1972年から2002年の間に、河床高は増加し、河床勾配は緩勾配又は逆勾配に変化。</p>	<p>↑ ↓</p> <p>浚渫 (1966～1975年)</p>
10km	<p>↑ ↓</p> <p>1979年から2005年の間に、シルト粘土含有率が大幅に低下し、細砂・中砂の占める割合が増大している断面が見られる。</p>	<p>↑ ↓</p> <p>1972年から2002年の間に、河床高は減少傾向。河床勾配は緩勾配又は逆勾配に変化。</p>	<p>↑ ↓</p> <p>浚渫 (1960～1965年)</p>
20km	<p>↑ ↓</p> <p>1979年から2005年の間に、シルト粘土含有率が高くなっている。</p>	<p>↑ ↓</p> <p>1972年から2002年の間に、河床高は大幅に減少。</p>	<p>↑ ↓</p> <p>浚渫 (1976～1985年)</p>
30km		<p>↑ ↓</p> <p>1982年から1991年の間に、河床高は減少。河床勾配は緩勾配又は逆勾配に変化。</p>	<p>↑ ↓</p> <p>荒川貯水池の建設 (2004年竣工)</p>
40km			
44km			

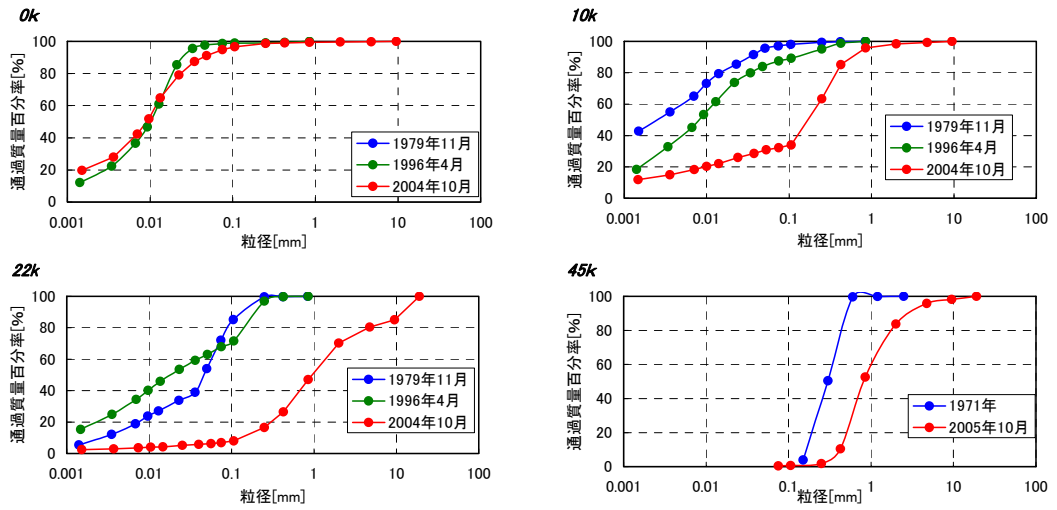


図 3.7.1.9 荒川下流部の底質の変化 (0km、10km、22km、45km地点)

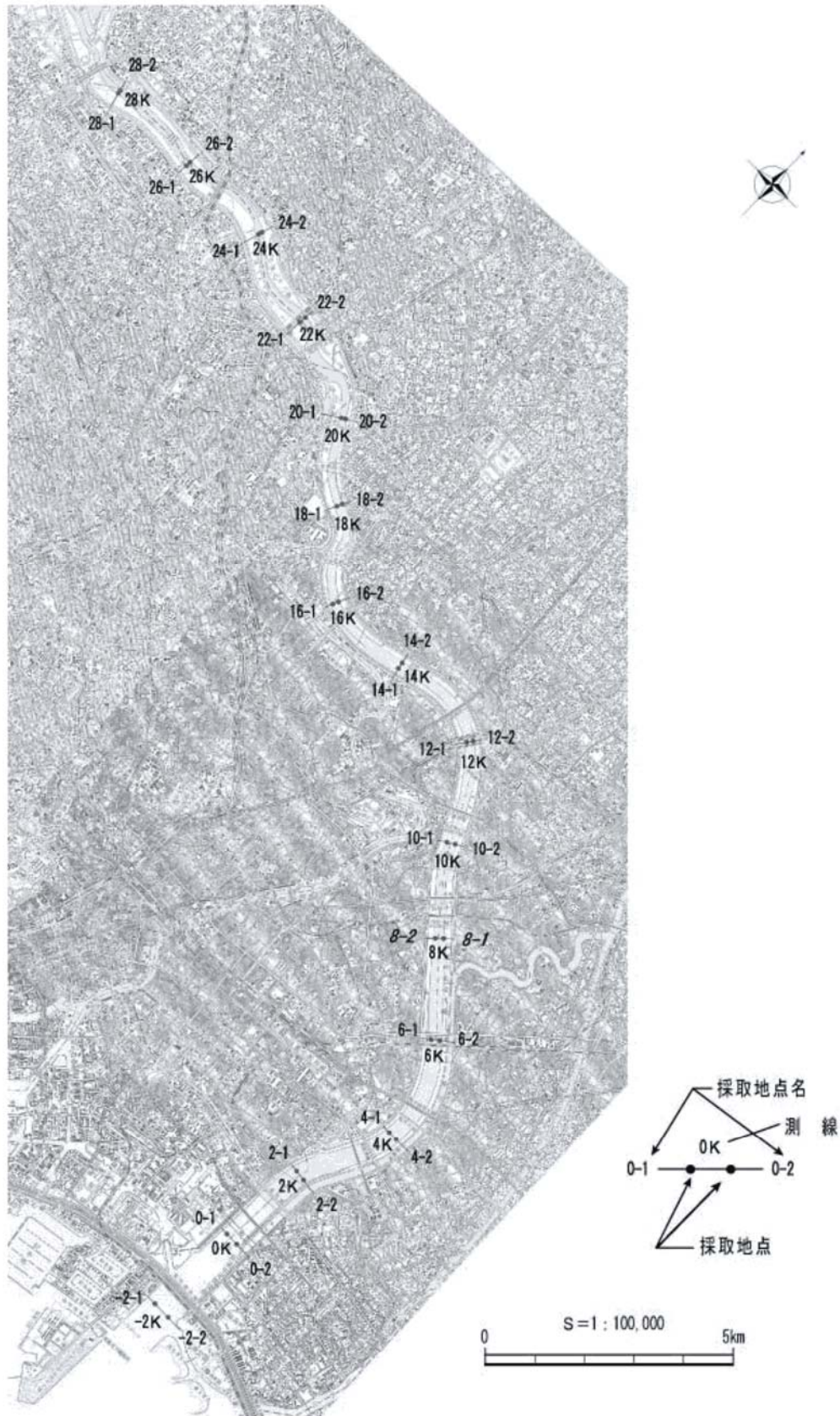
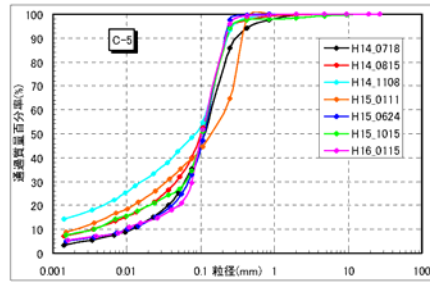


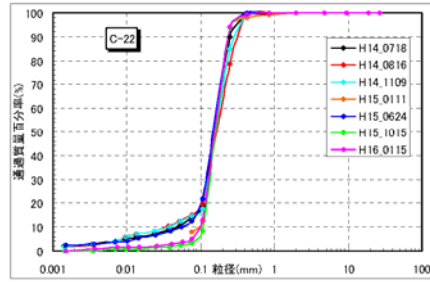
図 3.7.1.10 荒川下流部河床材料調査地点（セグメント3）

出典：平成16年度 荒川下流部河床材料調査報告書（平成17年1月）

■ 猫実川河口部の粒度組成変化



■ 市川浅海域の粒度組成変化



■ 船橋浅海域の粒度組成変化

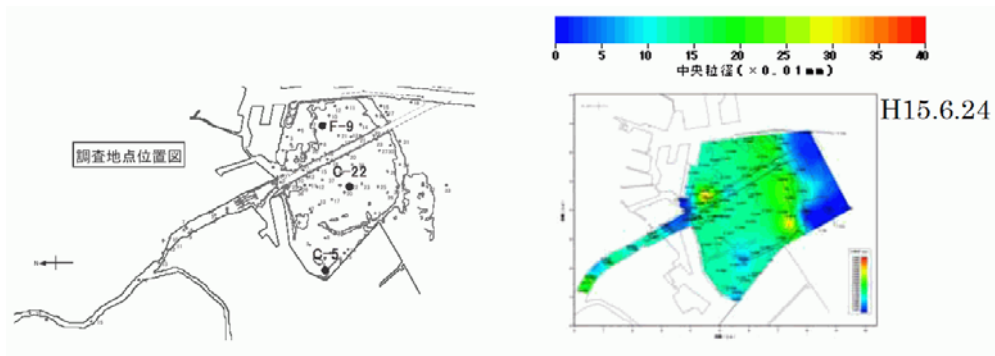
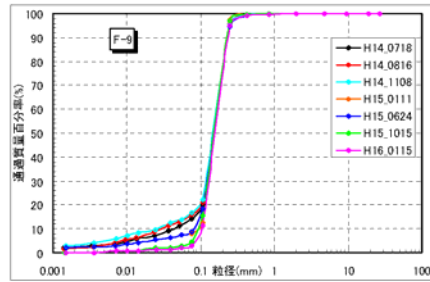


図 3.7.1.11 東京湾内の浅海域の底質粒度組成例 (江戸川河口)

出典：東京湾河口干潟保全再生検討報告書 (平成 16 年 3 月)

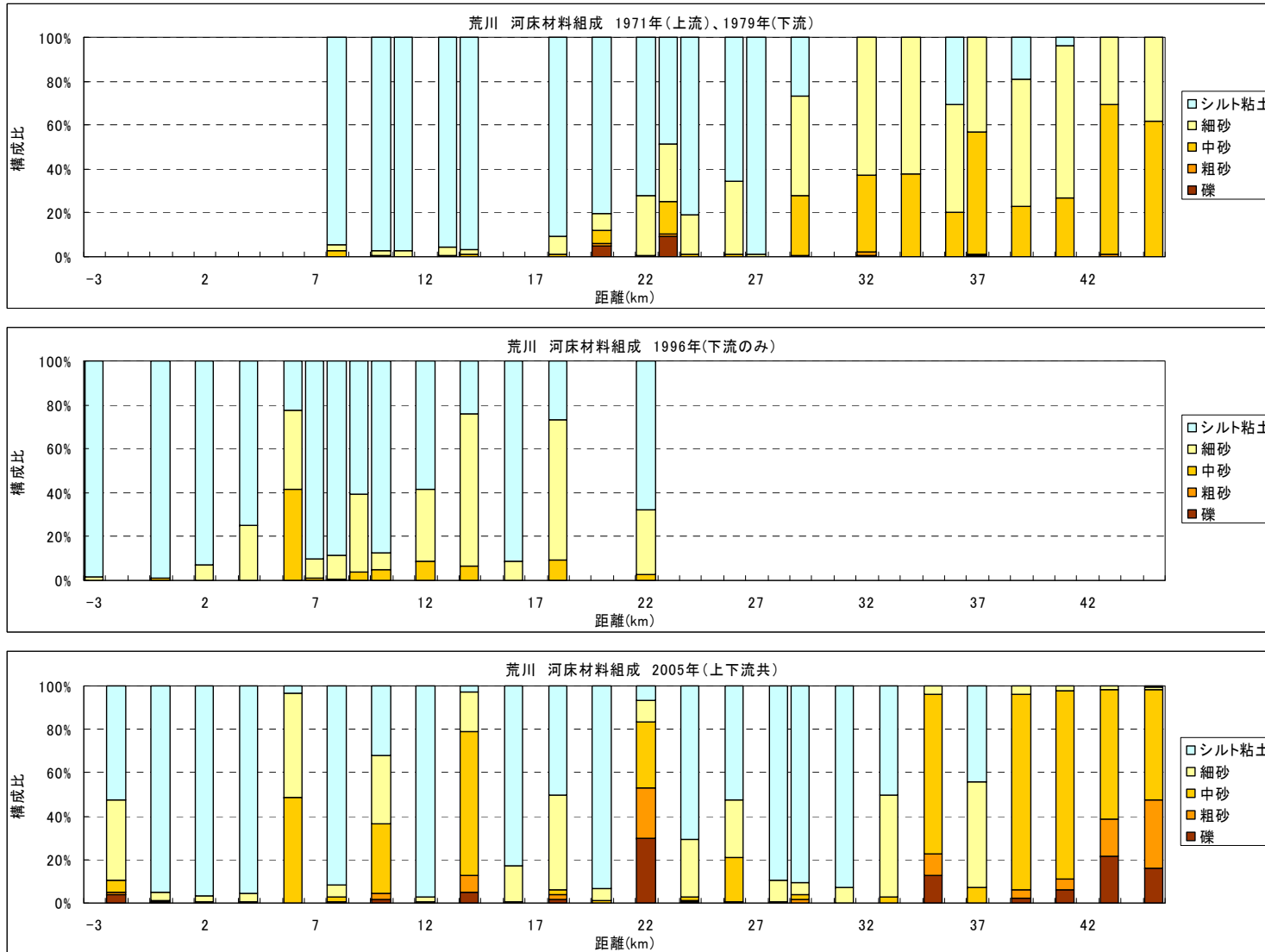


図 3.7.1.12 荒川下流部の底質組成



### 3.7.2 河川からの供給土砂量の経年変化の推定

#### (1) 全粒径土砂を対象とした年代別土砂収支計算

##### 1) 土砂収支の算定方法

土砂収支の概念図を 図 3.7.2.1 に示す。荒川の土砂収支を検討するにあたって、必要となる項目は次のとおりであり、⑤土砂輸送量、⑥河川から海域への供給土砂量は、①～④の収支によって算定できる。

- ① 河床変動量 (定期横断測量結果)
- ② 山地から荒川本川への供給土砂量
- ③ 入間川からの荒川本川への供給土砂量
- ④ 砂利採取・浚渫量

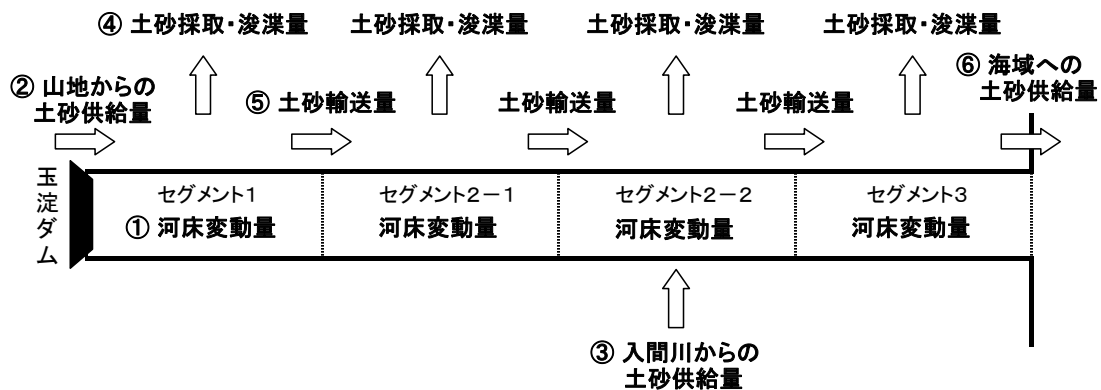


図 3.7.2.1 土砂収支の概念図 (荒川)

土砂収支の算定は、横断測量成果 (表 3.7.1.4 参照) がある 1972 年以降を対象とし、約 10 年毎に行った。

浚渫土量は表 3.7.1.3 に示したとおりである。なお、昭和 30 年代に河床が著しく低下したため、昭和 40 年ごろまでに砂利採取が全面禁止となっている (表 3.6.1.1 参照)。本検討の対象期間はそれより後の時期であるため、砂利採取量はゼロとして取り扱った。また、セグメント 1、2 においては大規模な浚渫は確認されていない。

##### 2) 山地からの供給土砂量の算定方法及び算定結果

###### ダム築造前後の山地からの供給土砂量の推定

流域における土砂の生産過程は、気候、地形、地質、植生などの条件に支配され、任意の時間スケールで土砂流出量を予測することは、かなり難しい。また、必要となる時間スケールに応じて、その推定手法も異なる。そこで、まず東京湾に注ぐ荒川における供給土砂量を、経験式に基づいて検討する。

芦田・奥村は、わが国の主要河川のダム堆砂量に基づいて、図 3.7.2.2 のような結果を得ている。(水理公式集)図中の各直線 (①~⑤) は次式で与えられる。

$$q_s = KA^{-0.7}$$

ここで、 $q_s$  : 年平均比流出土砂量( $m^3/km^2/year$ )、 $A$  : 流域面積( $km^2$ )、 $K$  : 定数。流域面積が大きいほど比流出土砂量が小さくなるのは、大流域ほど生産土砂が貯留される機会が多くなることや、土砂生産の少ない平地部が相対的に増加するなどの影響である。

荒川水系の二瀬ダムにおいては、計画堆砂量は  $51,000m^3/year$  であり、これは平年の堆砂量にほぼ一致する。竣工後 43 年間 (1961~2003 年) では、出水時を含め  $4,233,000m^3$  (約  $98,000 m^3/year$ ) の堆砂があった (表 3.7.2.1、平成 15 年度)。二瀬ダムの流域面積は  $170km^2$  であるから、二瀬ダム流域の比流出土砂量は、

平年 :  $q_s = 300 m^3/km^2/year$ 、 $K \doteq 11000$

45 年間 :  $q_s = 579 m^3/km^2/year$ 、 $K \doteq 21000$

と求まる。この結果を図 3.7.2.2 中にプロットすると、直線③~④の間に入る事が分かる。同じ分類の中に利根川や多摩川なども含まれており、おおむね妥当な結果と考えられる。

荒川の全流域面積は約  $2940km^2$  であり、そのうち山地面積は約 50% (荒川本川の山地が約 30%、入間川水系の山地が約 20%) を占める (荒川上流改修六〇年史)。

現在の年間供給土砂量は、流域面積を(山地面積)-(ダムの流域面積 (玉淀ダム及び堰を除く))とし、 $K = 20000$  として概算すると、荒川本川で約  $125,000m^3/year$ 、入間川で約  $134,000m^3/year$  となる。一方、ダム等が建設される以前の荒川流域の年間供給土砂量を推定すると、荒川本川で約  $153,000m^3/year$ 、入間川で約  $135,000m^3/year$  となる。

- |            |        |        |
|------------|--------|--------|
| ○ 石狩川、十勝川  | ● 木曾川  | ◇ 十津川  |
| ● 只見川、阿賀野川 | ○ 信濃川  | ● 吉野川  |
| ○ 三面川      | ● 黒部川  | ◇ 物部川  |
| ● 赤川       | ● 神通川  | ◇ 四万十川 |
| ○ 利根川      | ◇ 常願寺川 | ◇ 耳川   |
| ○ 多摩川      | ● 庄川   | × 一瀬川  |
| ● 大井川      | × 桂川   | ◇ 中国地方 |
| ● 天龍川      | ○ 相模川  |        |

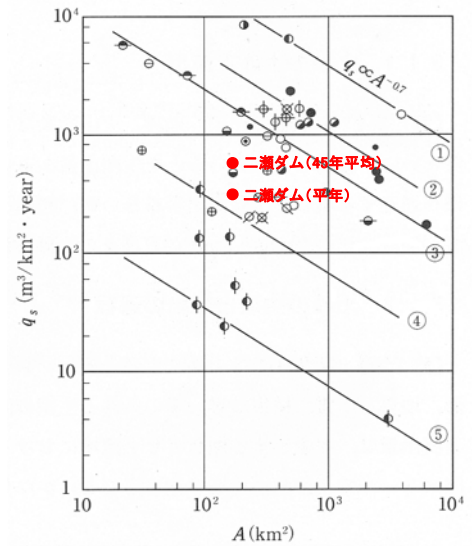


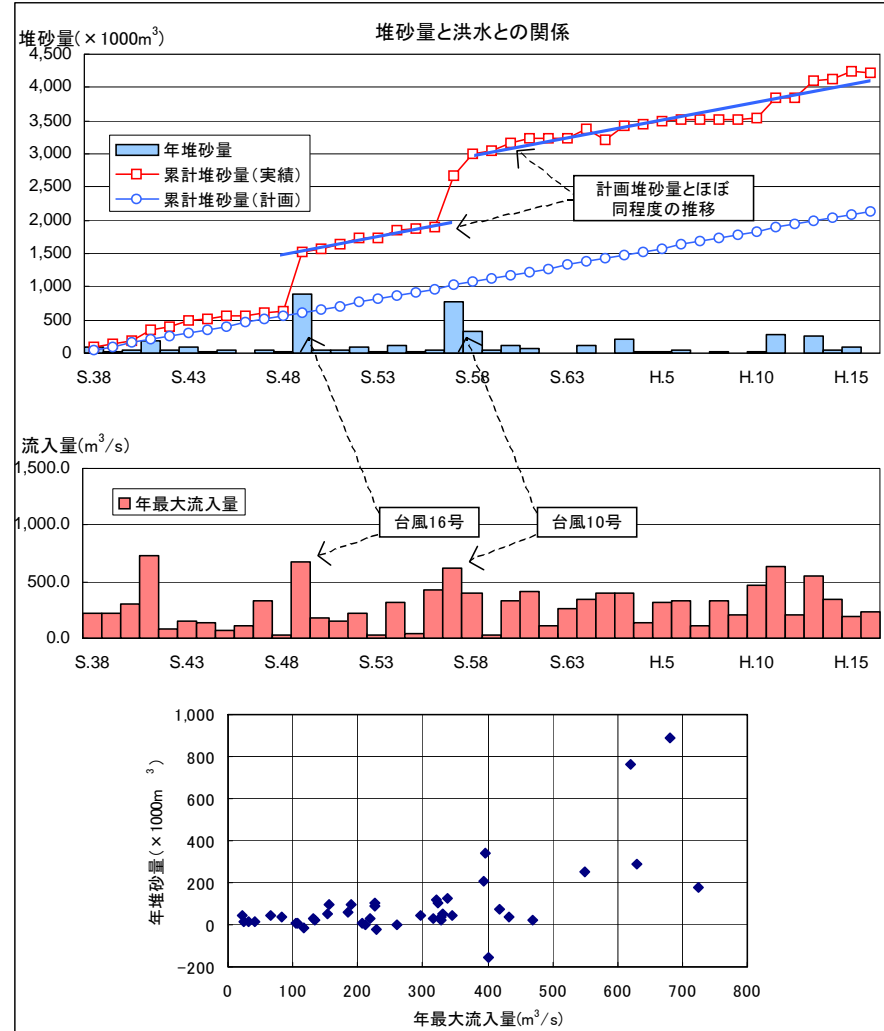
図 3.7.2.2 流域面積とダム堆砂量の関係

出典:水理公式集(平成 11 年版)

表 3.7.2.1 二瀬ダムの堆砂量と堆砂率

二瀬ダム堆砂量と堆砂率

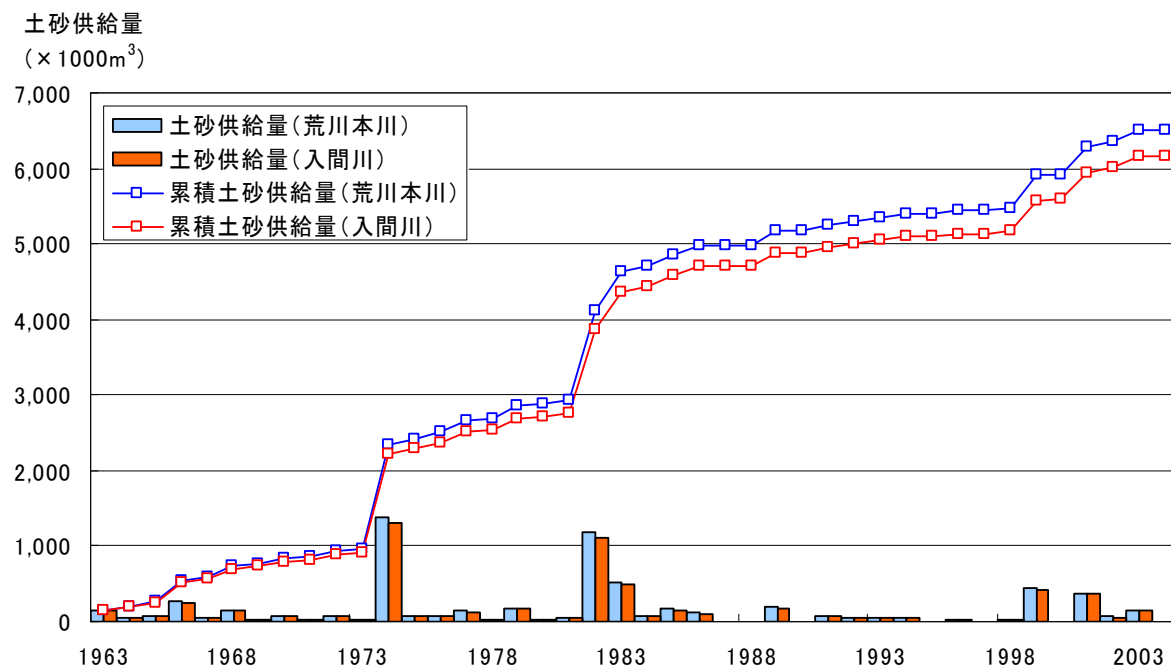
年度	年堆砂量	累計堆砂量	年最大流入量	洪水回数	計画累計堆砂量	堆砂率	測定方法	備考
S.38	101	101	226.8	1	51	2.0%	音響法	計画の2.0倍の堆砂
S.39	28	129	217.8	1	102	2.5%	〃	
S.40	47	176	297.5	2	153	3.5%	〃	
S.41	176	352	724.2	2	204	6.9%	〃	計画の3.5倍の堆砂
S.42	36	388	82.2	0	255	7.6%	重錘法	
S.43	94	482	155.0	0	306	9.5%	〃	
S.44	22	504	133.1	0	357	9.9%	〃	
S.45	48	552	65.5	0	408	10.8%	〃	
S.46	10	562	106.4	0	459	11.0%	〃	
S.47	52	614	331.2	1	510	12.0%	〃	
S.48	17	631	23.9	0	561	12.4%	〃	
S.49	892	1,523	681.1	1	612	29.9%	音響法	計画の17.5倍の堆砂
S.50	56	1,579	185.1	0	663	31.0%	〃	
S.51	55	1,634	154.3	0	714	32.0%	〃	
S.52	91	1,725	226.3	1	765	33.8%	〃	
S.53	17	1,742	30.8	0	816	34.2%	〃	
S.54	116	1,858	320.5	1	867	36.4%	〃	計画の2.3倍の堆砂
S.55	13	1,871	41.4	0	918	36.7%	〃	
S.56	37	1,908	432.0	1	969	37.4%	〃	
S.57	763	2,671	620.0	2	1,020	52.4%	〃	計画の15.0倍の堆砂
S.58	338	3,009	396.4	2	1,071	59.0%	〃	計画の6.6倍の堆砂
S.59	48	3,057	21.4	0	1,122	59.9%	〃	
S.60	107	3,164	324.4	1	1,173	62.0%	〃	計画の2.1倍の堆砂
S.61	74	3,238	418.1	1	1,224	63.5%	〃	
S.62	6	3,244	105.6	0	1,275	63.6%	〃	
S.63	2	3,246	259.6	1	1,326	63.6%	〃	
H.元	125	3,371	338.6	2	1,377	66.1%	〃	計画の2.5倍の堆砂
H.2	-155	3,216	400.4	2	1,428	63.1%	重錘法	
H.3	207	3,423	393.3	2	1,479	67.1%	音響法	計画の4.1倍の堆砂
H.4	29	3,452	132.3	1	1,530	67.7%	〃	
H.5	30	3,482	315.9	3	1,581	68.3%	〃	
H.6	38	3,520	329.3	1	1,632	69.0%	〃	
H.7	-16	3,504	116.7	0	1,683	68.7%	〃	
H.8	21	3,525	328.6	1	1,734	69.1%	〃	
H.9	1	3,526	211.8	1	1,785	69.1%	〃	
H.10	22	3,548	470.0	1	1,836	69.6%	〃	
H.11	290	3,838	629.9	2	1,887	75.3%	〃	計画の5.7倍の堆砂
H.12	4	3,842	206.2	1	1,938	75.3%	〃	
H.13	252	4,094	549.7	1	1,989	80.3%	〃	計画の4.9倍の堆砂
H.14	42	4,136	346.5	1	2,040	81.1%	〃	
H.15	97	4,233	188.6	0	2,091	83.0%	〃	
H.16	-23	4,210	229.3	2	2,142	82.5%	〃	



### 土砂収支解析における山地からの供給土砂量の推定

二瀬ダムの堆砂量が荒川流域の土砂生産を代表していると仮定し、二瀬ダムの比堆砂量の経年変化から流域の供給土砂量を推定した結果を図 3.7.2.3 と表 3.7.2.2 に示す。

二瀬ダムの堆砂量の特徴としては、平年の堆砂量は計画堆砂量とほぼ同じであるが、台風時など大規模な出水時に計画堆砂量の数倍以上の土砂が流入する事が分かる。ただし、1983年以降は、計画堆砂量の10倍を超える規模の土砂流入は発生していない。二瀬ダム集水域の土砂流出特性が荒川流域のそれを代表しているとするれば、荒川流域の供給土砂量は、1973～1982年をピークとし、それ以降はほぼ安定していると言える。



注) 供給土砂量は流域から河川流入した時の値。荒川本川は玉淀ダムまで、入間川は荒川本川までの値を集計。

図 3.7.2.3 供給土砂量の経年変化

表 3.7.2.2 年平均供給土砂量の変化

年	年平均供給土砂量(m <sup>3</sup> )		
	荒川本川	入間川	合計
1963-1972	94,000	89,000	183,000
1973-1982	316,000	298,000	614,000
1983-1991	128,000	121,000	249,000
1992-2002	99,000	95,000	194,000

注) 供給土砂量は流域から河川流入した時の値。荒川本川は玉淀ダムまで、入間川は荒川本川までの値を集計。

#### 3) 土砂収支算定結果

土砂収支の算定結果を表 3.7.2.3 に示す。玉淀ダム下流や入間川から供給される土砂量は、二瀬ダムが竣工した1961年(昭和36年)以降、台風などの影響で多くなる年はあるものの、大規模な河川横断施設の建設がないことから、供給土砂量が減少するような経年変化はみられなかつ

た。また、河川から海域へ供給される土砂量は、供給量に大きな変化がないことから、河床が最も低下した 1982～1991 年の多く流出している結果となっている。

表 3.7.2.3 土砂収支の算定結果（荒川）

(1972-1982)

項目	セグメント1	セグメント2-1	セグメント2-2	セグメント3
① 河床変動量 (平均河床高変動量)	145,000 m <sup>3</sup> /年 3.0 cm	53,000 m <sup>3</sup> /年 2.5 cm	-48,000 m <sup>3</sup> /年 -2.4 cm	-19,000 m <sup>3</sup> /年 -0.2 cm
② 上流からの土砂流入量 (上流セグメントの⑤)	316,000 m <sup>3</sup> /年	171,000 m <sup>3</sup> /年	118,000 m <sup>3</sup> /年	464,000 m <sup>3</sup> /年
③ 支川からの土砂流入量			298,000 m <sup>3</sup> /年	
④ 砂利採取・浚渫量				334,000 m <sup>3</sup> /年
⑤ 下流への土砂輸送量 (=②+③-①-④)	171,000 m <sup>3</sup> /年	118,000 m <sup>3</sup> /年	464,000 m <sup>3</sup> /年	149,000 m <sup>3</sup> /年

(1982-1991)

項目	セグメント1	セグメント2-1	セグメント2-2	セグメント3
① 河床変動量 (平均河床高変動量)	-49,000 m <sup>3</sup> /年 -1.0 cm	-132,000 m <sup>3</sup> /年 -6.1 cm	-97,000 m <sup>3</sup> /年 -4.7 cm	-328,000 m <sup>3</sup> /年 -3.4 cm
② 上流からの土砂流入量 (上流セグメントの⑤)	128,000 m <sup>3</sup> /年	177,000 m <sup>3</sup> /年	309,000 m <sup>3</sup> /年	527,000 m <sup>3</sup> /年
③ 支川からの土砂流入量			121,000 m <sup>3</sup> /年	
④ 砂利採取・浚渫量				219,000 m <sup>3</sup> /年
⑤ 下流への土砂輸送量 (=②+③-①-④)	177,000 m <sup>3</sup> /年	309,000 m <sup>3</sup> /年	527,000 m <sup>3</sup> /年	636,000 m <sup>3</sup> /年

(1991-2002)

項目	セグメント1	セグメント2-1	セグメント2-2	セグメント3
① 河床変動量 (平均河床高変動量)	42,000 m <sup>3</sup> /年 0.9 cm	14,000 m <sup>3</sup> /年 0.6 cm	-85,000 m <sup>3</sup> /年 -4.1 cm	-148,000 m <sup>3</sup> /年 -1.5 cm
② 上流からの土砂流入量 (上流セグメントの⑤)	99,000 m <sup>3</sup> /年	57,000 m <sup>3</sup> /年	43,000 m <sup>3</sup> /年	223,000 m <sup>3</sup> /年
③ 支川からの土砂流入量			95,000 m <sup>3</sup> /年	
④ 砂利採取・浚渫量				36,000 m <sup>3</sup> /年
⑤ 下流への土砂輸送量 (=②+③-①-④)	57,000 m <sup>3</sup> /年	43,000 m <sup>3</sup> /年	223,000 m <sup>3</sup> /年	335,000 m <sup>3</sup> /年

※河床変動量は、堆積方向を正とする。  
 ※上流・支川からの土砂供給量は、流入方向を正とする。  
 ※土砂採取・浚渫量は、持ち出す方向を正とする。  
 ※セグメント3の⑤が、河川から海域への供給量となる。  
 ※セグメント3の浚渫量は、荒川下流河道計画等諸元検討(H17)業務において使用されている浚渫土量である。

注1) 1974年、1982年の出水は、1972～1982年の解析結果に含まれる。

注2) 河口 0.0k～84.0k 区間の荒川低水路の面積は、およそ 20km<sup>2</sup> であるから、仮に、河床高変動量に 1cm/年の誤差が生じた場合、河道全体で約 200,000m<sup>3</sup>/年の土砂収支量の誤差を生じる。

(2) 細粒土砂（シルト・粘土）の流出量の経年変化

1) 検討方法

流域から海域へ供給される細粒土砂（シルト・粘土）の経年変化を以下の仮定のもとに解析する。

- (a) 土砂はダムに流入すると全量が堆積する。
- (b) 細粒土砂は土砂の6割を占める。
- (c) 山地から流出した土砂が全量ダムに流入する。
- (d) 山地の単位面積あたりの流出土砂は、地域によらず一定である。

(流出土砂量式の定数 K を設定)

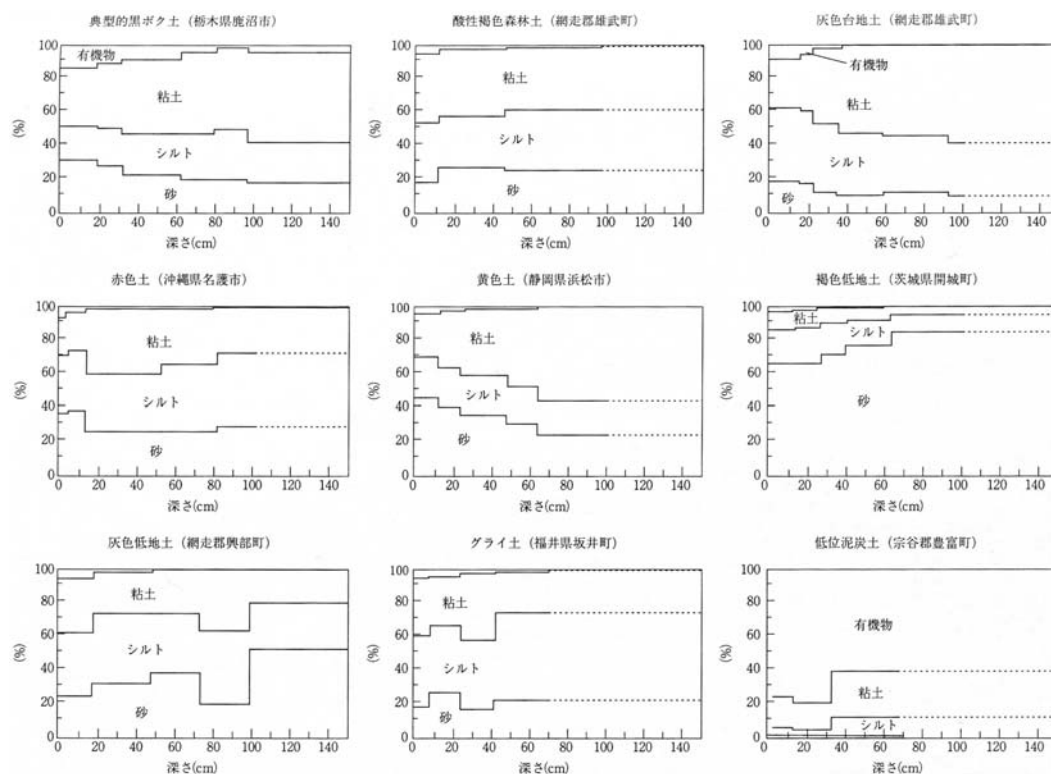
$$q_s = KA, \quad q_s: \text{年平均比流出土砂量 (m}^3/\text{km}^2/\text{年}), \quad K: \text{定数 (m}^3/\text{km}^4/\text{年}), \quad A: \text{流域面積 (km}^2\text{)}.$$

- (e) 山地面積、山地からの流出特性は、経年的変化が生じていない。

表 3.7.2.4 流出土砂量式の定数を設定するダム

流域			代表ダム		
名称	流域面積 (km <sup>2</sup> )	山地面積 (km <sup>2</sup> )	名称	流域面積 (km <sup>2</sup> )	堆砂データ取得年
荒川	2,940	1,431.8	二瀬ダム※1	170.0	1963年(昭和38年)～

注) 二瀬ダムの流域には大洞ダム(流域面積 72.9 km<sup>2</sup>)が含まれる。

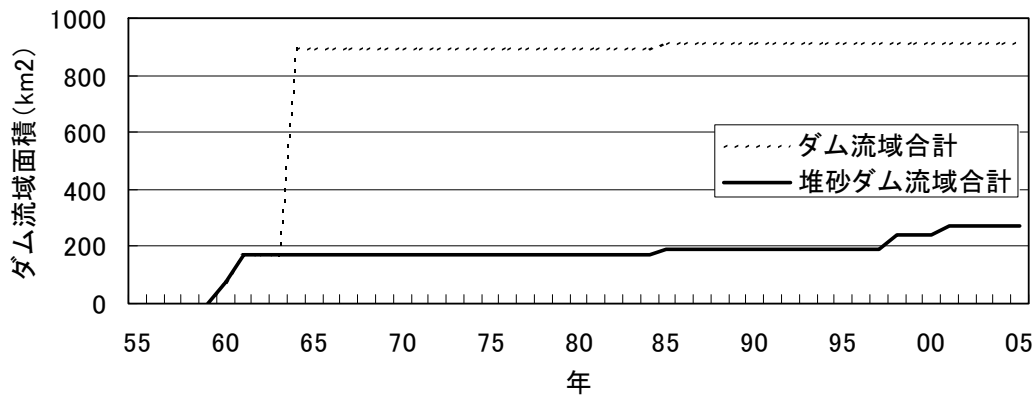


出典：土の環境圏（株式会社フジテクノシステム、1997年）

図 3.7.2.4 日本の代表的土壌の有機物含有量と粒径組成

## 2) ダム流域面積の経年変化

1960年に大洞ダムが、翌1961年に二瀬ダムが竣工し、山地面積の約12%がダム流域となった。その後は、1985年に有間ダム、1998年に浦山ダム、2001年に合角ダムが竣工し、現在は山地面積の約19%がダム流域で占められている。



注) 堆砂ダム流域は、玉淀ダム（排砂機構あり）以外のダム流域。

竣工年	ダム名	流域面積(km <sup>2</sup> )	備考
1960	大洞ダム	72.9	
1961	二瀬ダム	170.0	大洞ダム流域を含む
1964	玉淀ダム	893.0	排砂機構有り、有間ダム以外のダム流域を含む
1985	有間ダム	16.9	支川（入間川）
1998	浦山ダム	51.6	
2001	合角ダム	32.1	

図 3.7.2.5 ダムの建設とダム流域面積の経年変化

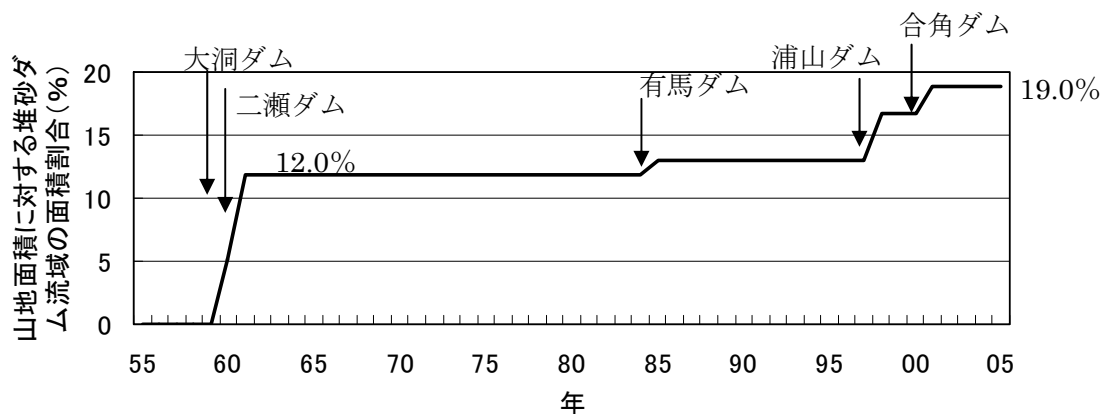


図 3.7.2.6 山地面積に対する堆砂ダム流域の面積割合

### 3) ダムの堆積砂状況

荒川水系の二瀬ダムにおいては、竣工後 43 年間（1961～2003 年）では、出水時を含め 4,233,000m<sup>3</sup>（約 98,000 m<sup>3</sup>/year）の堆砂があり、大規模出水を除くと、堆砂量はほぼ一定の割合で増加している。

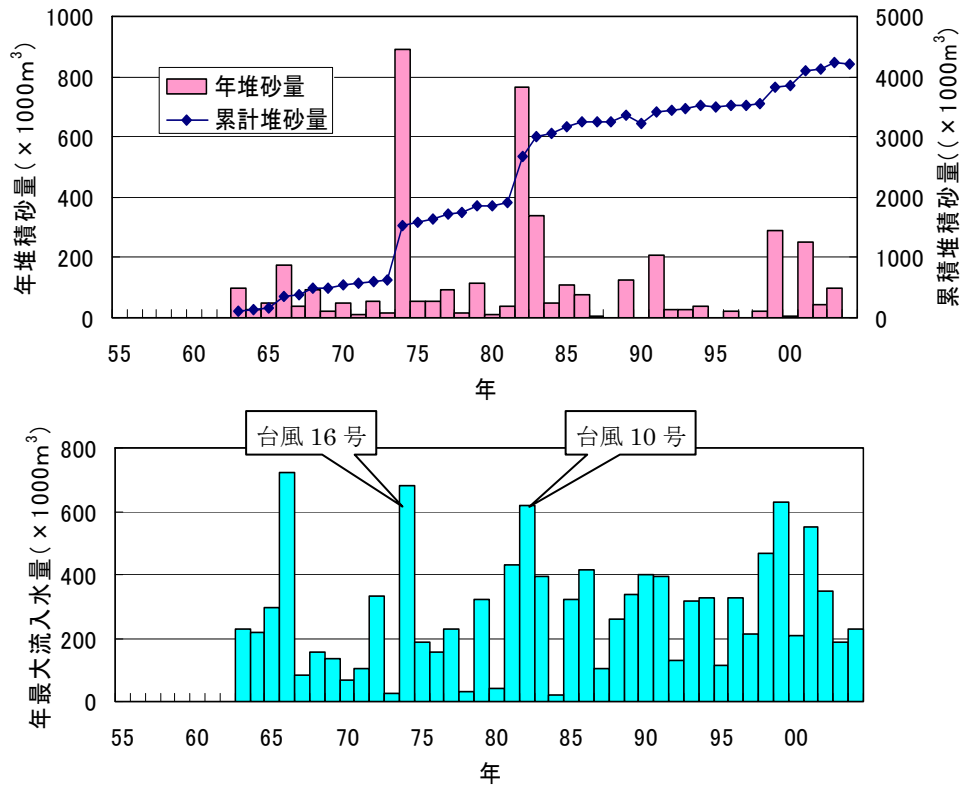


図 3.7.2.7 二瀬ダムの堆砂量と年最大流入水量



#### 4) 土砂生産量

前記のダムの堆砂状況から、次式に基づき荒川流域の土砂生産量を算定した。

$$\text{荒川流域の土砂生産量} = \text{二瀬ダムの堆砂量} / \text{二瀬ダム流域面積} \times \text{荒川流域山地面積} \\ (\uparrow 170.0 \text{ km}^2 - 72.9 \text{ km}^2) \quad (\uparrow 1,431.8 \text{ km}^2 - \text{ダム流域面積})$$

土砂生産量に占める細粒土砂（シルト・粘土分）の割合は6割と仮定する。なお、1962年以前はダム堆砂データがないことから、1963年以降の平均値とした。

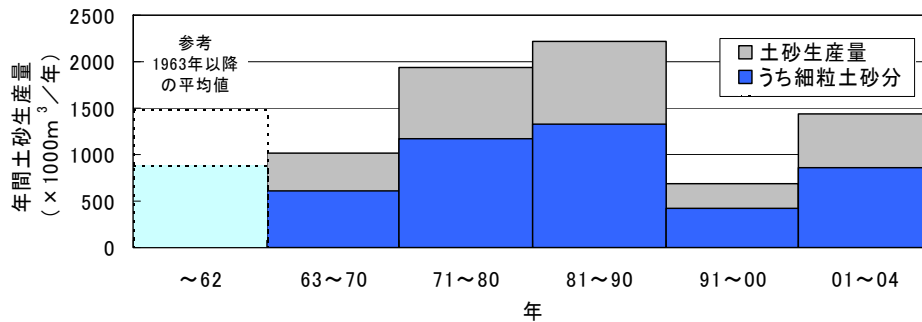


図 3.7.2.8 荒川流域の平均土砂生産量（期間平均値）

5) 細粒土砂の海域への供給量とダム堆積量

荒川流域では、平均年間 900 千 m<sup>3</sup> 程度の細粒土砂が生産されている。ダムがなかった 1959 年以前はその全量が海域へと供給されていたと考えられる。ダムが建設され始めた 1960 年代は生産された細粒土砂の 1 割程度がダムで堆積し、2001 年以降は約 2 割が堆積していると考えられる。

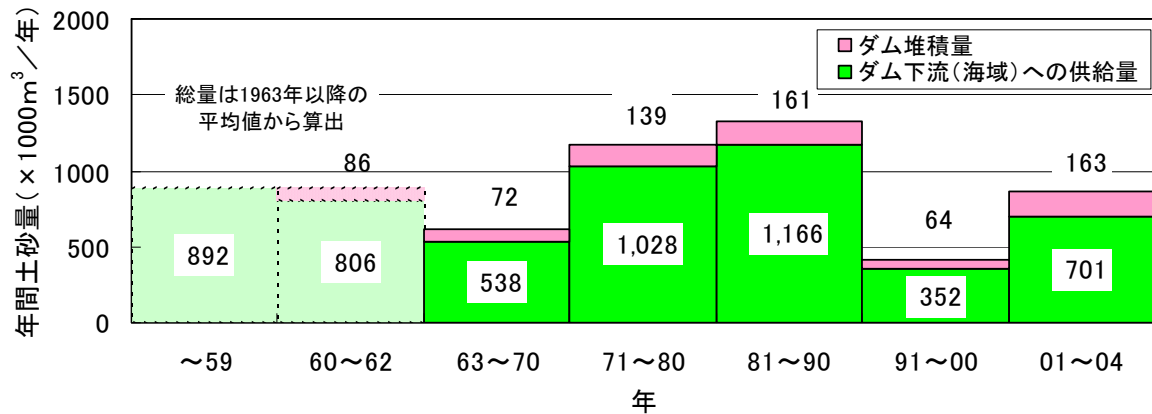


図 3.7.2.9(1) 細粒土砂のダム堆積量とダム下流（海域）への供給量の経年変化（期間平均値）

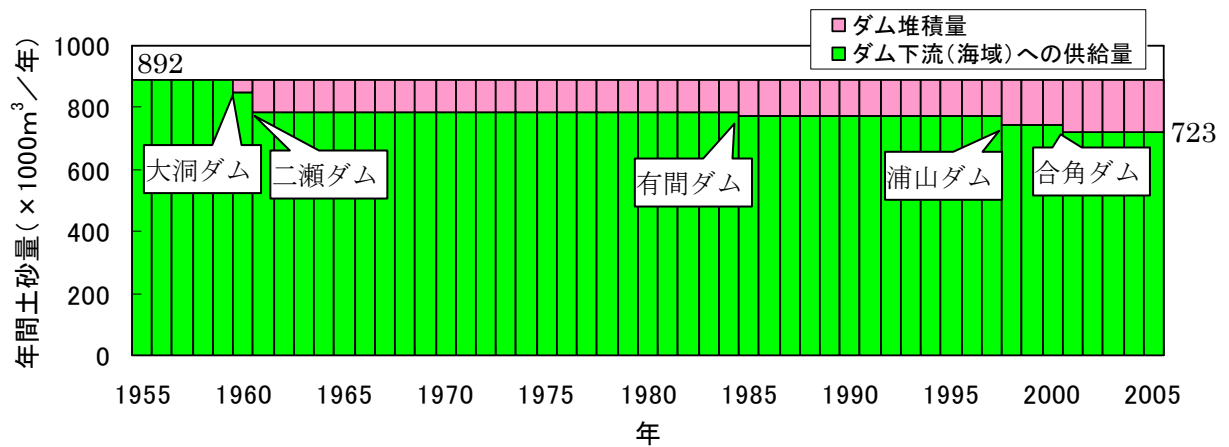


図 3.7.2.9(2) 細粒土砂のダム堆積量とダム下流（海域）への供給量の経年変化  
（年間生産量を1963年以降の平均値とした場合の経年変化）

6) 河口付近での河床変動及び浚渫との比較

荒川河口から 44kmまで（セグメント 3）は、長い区間にわたって河床勾配が緩やかとなっている。このため、河床材料は細粒土砂（シルト・粘土）が大半を占めている。前述した細粒土砂の海域への供給量と、河口付近での河床変動及び浚渫量との比較を行った結果を表 3.7.2.5 に示す。比較に当たり、セグメント 3 の河床材料に占める細粒土砂（シルト・粘土）は、2005 年の荒川下流部底質調査の結果を参考に、8 割と設定した。

表 3.7.2.5 より、細粒土砂による河床変動量及び浚渫量は、前記で算出した海域への供給量に対して 1～2 割程度の量となっている。すなわち、1970 年代では、山地で生産された細粒土砂の 8 割程度が海域に供給されていたと考えられ、1980 年代以降は、ほぼ全量が海域に供給されていると考えられる。

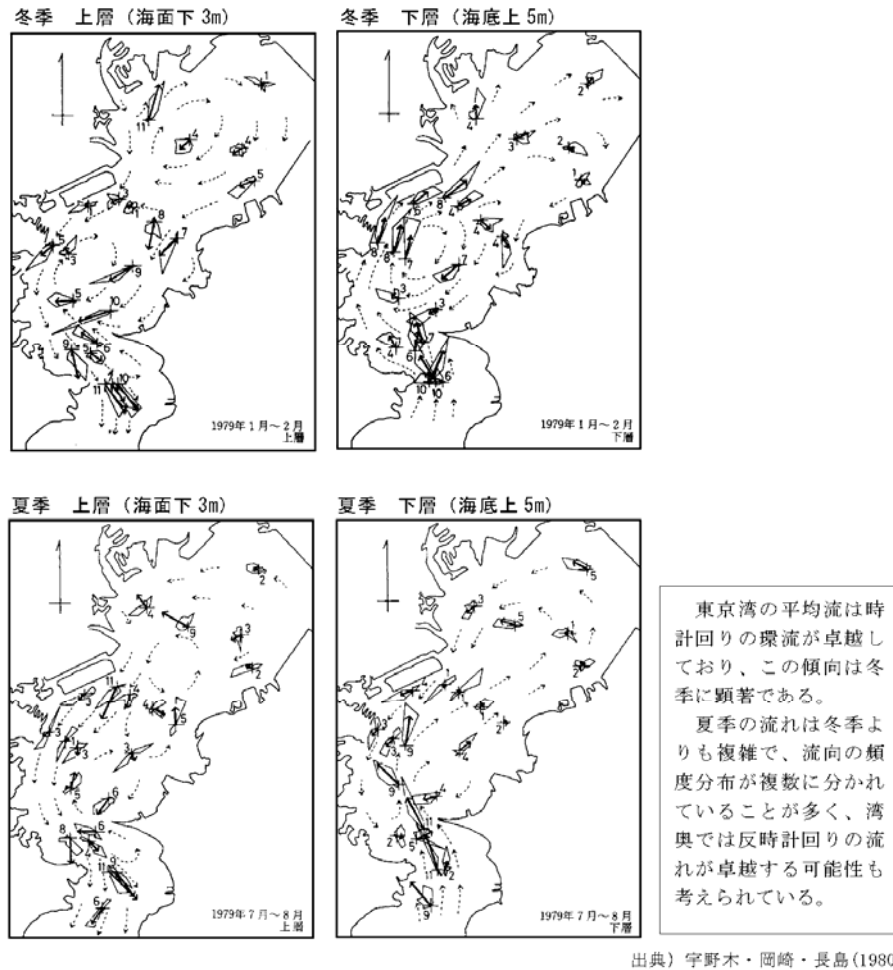
表 3.7.2.5 細粒土砂のダム下流（海域）への供給量と河床変動及び浚渫量との比較  
(単位：千 m<sup>3</sup>/年)

年代	ダム下流（海域）への供給量 ①	河床変動量 ②	浚渫量 ③	河床変動、浚渫計 ②+③ ((②+③)/①)
1972-1982 年	1,327	-15	267	252( 19%)
1982-1991 年	956	-262	175	-87( -9%)
1991-2001 年	480	-118	29	-90(-19%)

注：河床変動は堆積した場合が正、流出した場合が負とした。

7) 細粒土砂の海域での挙動

冬季・夏季における東京湾の平均的な流れを 図 3.7.2.10 に示す。東京湾の湾奥では、出水が集中する夏季には反時計回りの流れが発生すると考えられている。このため、荒川から流出する土砂は、東京湾の北西側に堆積すると考えられる。

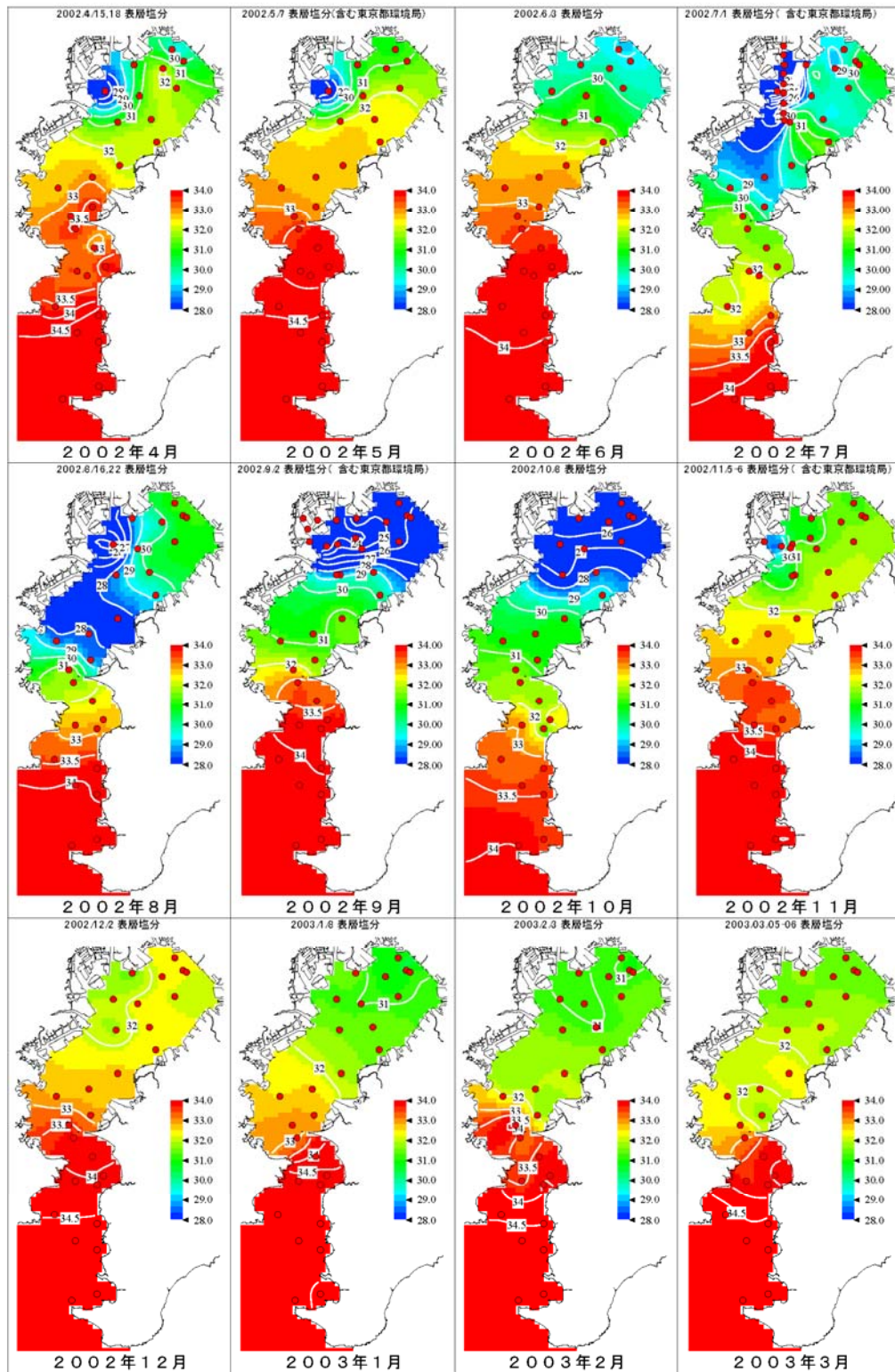


注) 太い矢印: 1ヶ月間の平均流 (cm/s)  
カレントローズ: 毎時の恒流 (25時間移動平均) の流向の頻度分布  
波線矢印: 想定される平均流環流パターン

図 3.7.2.10 東京湾の平均流

2002年4月から2005年3月までの東京湾表層の塩分分布を 図 3.7.2.11 に示す。

4月から9月にかけて、荒川河口沖の表層で塩分が低下している様子が多く見られ、これは荒川の出水による塩分低下と考えられる。

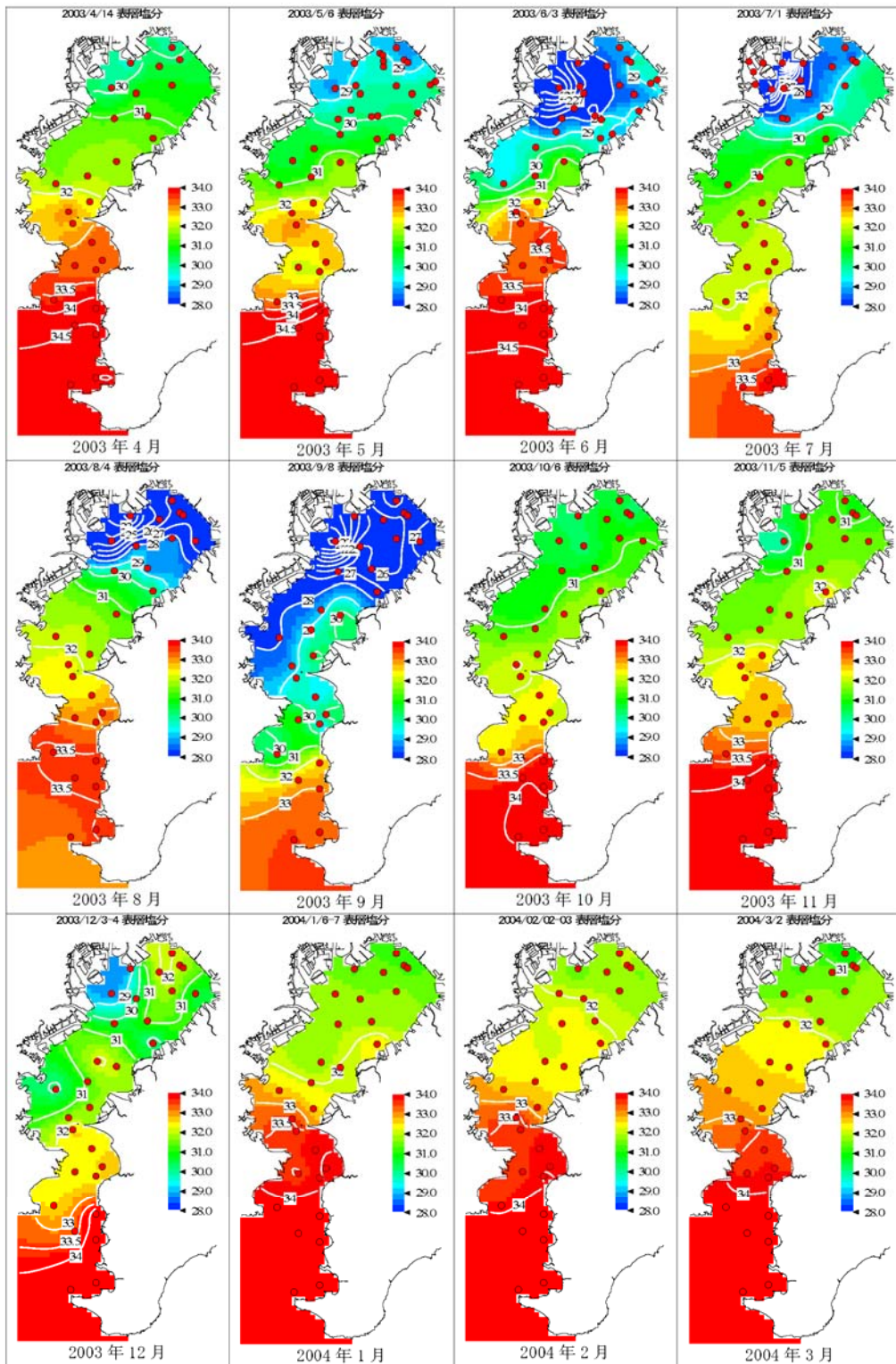


東京湾の塩分分布（表層，2002年4月～2003年3月）

図 3.7.2.11(1) 東京湾の表層塩分分布(2002年4月～2003年3月)

出典)東京湾海況情報(千葉県水産総合研究センター)

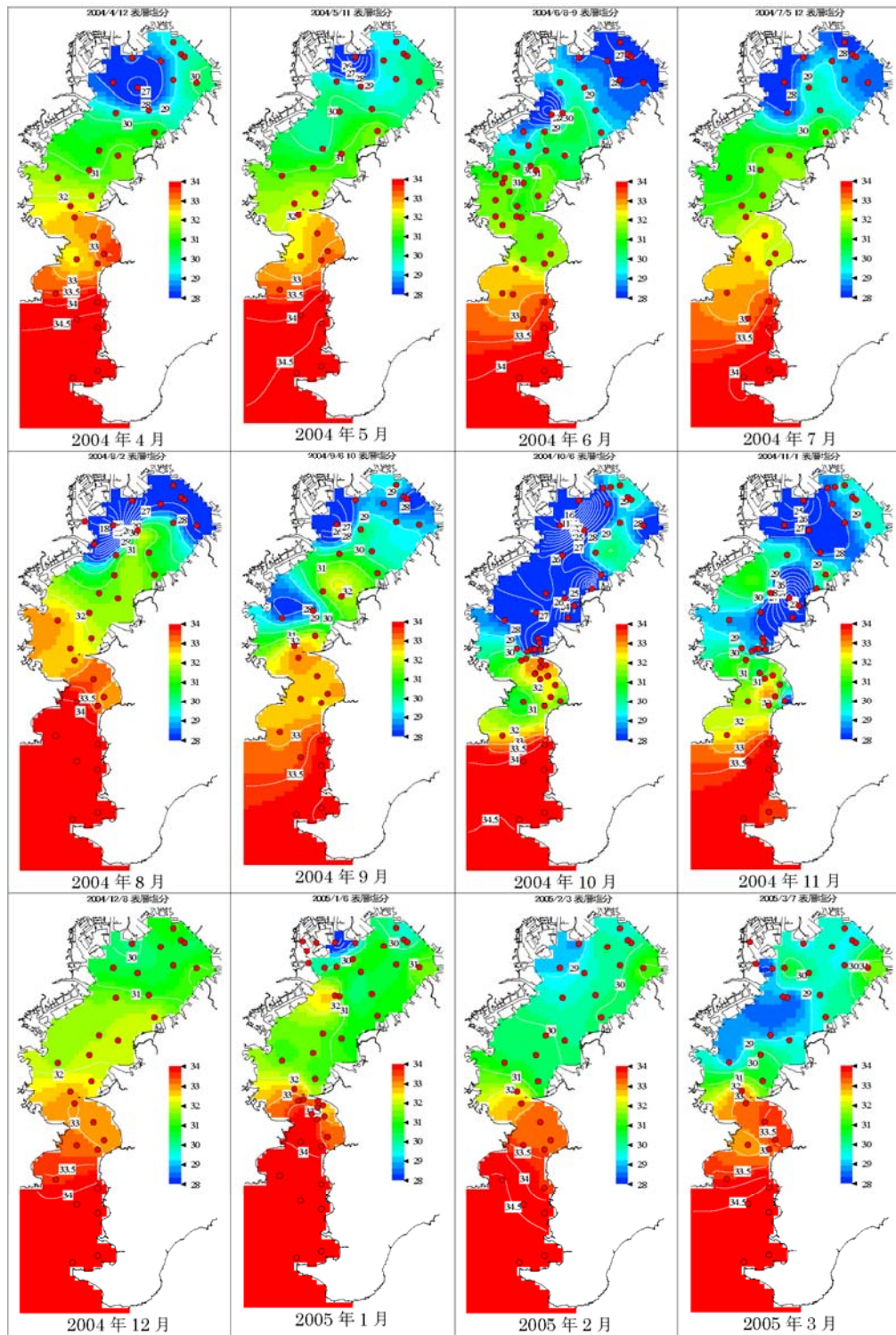




東京湾の塩分分布（表層，2003年4月～2004年3月）  
 分布図には内湾底びき網研究会連合会，東京都環境局，海上保安庁海洋情報部のデータも含まれます。

図 3.7.2.11 (2) 東京湾の表層塩分分布(2003年4月～2004年3月)

出典)東京湾海況情報(千葉県水産総合研究センター)



東京湾の塩分分布（表層，2004年4月～2005年3月）  
 分布図には内湾底びき網研究会連合会，神奈川県水産総合研究所，東京都環境局，海上保安庁海洋情報部，千葉県環境研究センターのデータも含まれます。

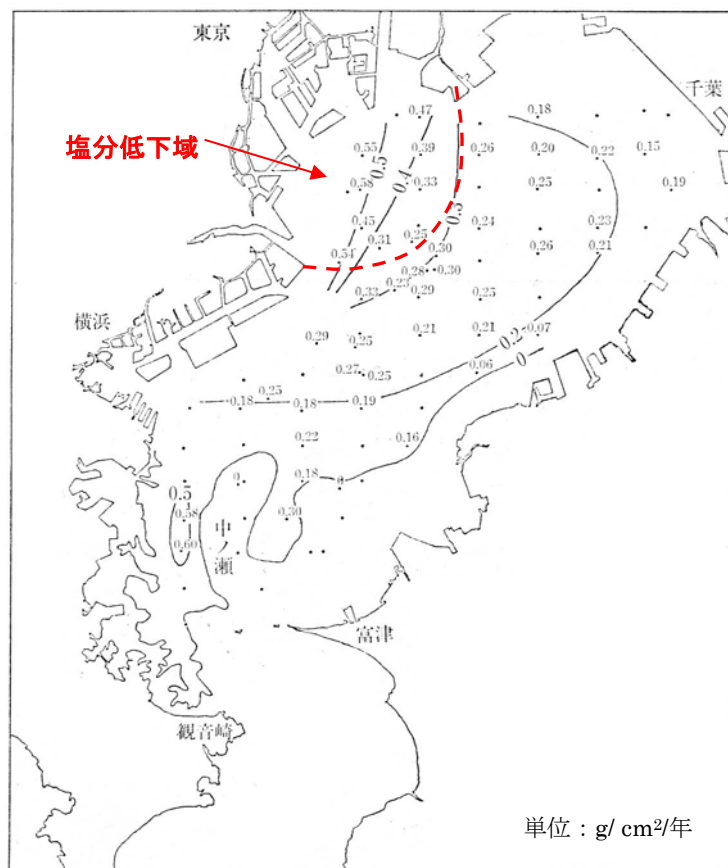
図 3.7.2.11 (3) 東京湾の表層塩分分布(2004年4月～2005年3月)

出典)東京湾海況情報(千葉県水産総合研究センター)

前述した出水に伴い低塩分化する水域は、主として浦安と羽田を結ぶ半円形の範囲であり、図 3.7.2.12 に示す東京湾の堆積速度で  $0.3\text{g}/\text{cm}^2/\text{年}$  以上の水域に概ね対応する。

荒川河口から多摩川河口までの距離は約  $10\text{km}$  であるので、堆積速度が  $0.3\text{g}/\text{cm}^2/\text{年}$  以上の範囲を  $100\text{km}^2$  とし、荒川から流出した  $800 \times 10^3 \text{m}^3/\text{年}$  の細粒土砂がその範囲に堆積したと仮定すると、堆積厚は  $8\text{mm}/\text{年}$  となる。

土砂の比重を  $2.6\text{g}/\text{cm}^3$  とすると、堆積厚  $8\text{mm}/\text{年}$  は  $2\text{g}/\text{cm}^2/\text{年}$  となり、図 3.7.2.12 の調査より多い値となっていることから、沈降速度が小さい細粒土砂はより広範囲に拡散し堆積しているものと推察される。



出典：東京湾-100年の環境変遷- (小倉紀雄編 1993年)

図 3.7.2.12 東京湾の堆積速度

### 3.7.3 河道の掃流力に基づく荒川の土砂輸送特性

荒川河口部において、河床材料として細粒土砂（シルト・粘土）が卓越することから、砂礫成分の流下量がきわめて少ないことが予想された。このことを確かめるために、砂成分（細砂： $D=0.23\text{mm}$ 、粗砂： $D=1.4\text{mm}$ ）について、移動限界掃流力と河道の掃流力を算定し、それらの関係から土砂輸送特性を把握した。



(1) 計算式

水深に比べて川幅が十分に広いと仮定し、密度  $\rho$ 、水深  $h$ 、エネルギー勾配  $I$ 、粗度係数  $n$ 、重力加速度  $g$  に対して、無次元掃流力  $\tau_*$  は次のように算出される。

$$\text{せん断応力} : \tau_0 = \rho g h I$$

$$\text{摩擦速度} : u_* = \sqrt{\tau_0 / \rho} = \sqrt{g h I}$$

$$\text{平均流速} : U = \frac{1}{n} h^{2/3} I^{1/2} \quad (\text{Manning の平均流速公式})$$

なお、水深  $h$  は河川流量に依存する物理量である。等流状態（河床勾配  $i_0 = I$ ）を仮定し、単位幅流量を  $q = Uh$  とすると、等流水深  $h_0$  は、

$$q = \frac{1}{n} h_0^{5/3} i_0^{1/2} \Rightarrow h_0 = \left( \frac{n^2 q^2}{i_0} \right)^{0.3}$$

また、土粒子の水中比重を  $S (\cong 1.65)$ 、土粒子の粒径を  $d$  とすると、

$$\text{無次元掃流力} : \tau_* = \frac{\tau_0}{\rho S g d}$$

岩垣公式によれば、無次元限界掃流力  $\tau_{*c}$  は粒径  $d$ （単位：cm）の関数として以下のように表される。

$0.303 \text{ cm} \leq d$	$: \tau_{*c} = 0.050$
$0.1180 \leq d < 0.303 \text{ cm}$	$: \tau_{*c} = 0.083 d^{9/22}$
$0.0565 \leq d < 0.1180$	$: \tau_{*c} = 0.034$
$0.0065 \leq d < 0.0565$	$: \tau_{*c} = 0.0052 d^{-21/32}$
$d < 0.0065$	$: \tau_{*c} = 0.14$

従って、礫、粗砂、中砂、細砂の各粒径について、無次元限界掃流力及び限界掃流力（ $\tau_c = \tau_{*c} \cdot \rho S g d$ ）を求めると、以下ようになる。

礫 ( $d = 2.0\text{mm}$ )	$: \tau_{*c} = 0.043, \tau_c = 1.4 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$
粗砂 ( $d = 1.4\text{mm}$ )	$: \tau_{*c} = 0.037, \tau_c = 0.87 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$
中砂 ( $d = 0.63\text{mm}$ )	$: \tau_{*c} = 0.034, \tau_c = 0.35 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$
細砂 ( $d = 0.23\text{mm}$ )	$: \tau_{*c} = 0.062, \tau_c = 0.23 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$

なお、図 3.7.1.9、図 3.7.1.11 から、東京湾・荒川河道内の代表的な粒径集団（A 集団）を読み取ると、おおむね表 3.7.3.1 のようになる。

表 3.7.3.1 東京湾・荒川の底質の代表粒径

		—	—	2002～2004 年
海域		—	—	0.08～0.4
		1979 年	1996 年	2004 年
セグメント 3	0k	—	0.008～0.04	0.008～0.04
	10k	～0.04	～0.04	0.1～0.4
	22k	0.04～0.1	～0.1	0.1～
		1971 年	—	2005 年
セグメント 2-2	45k	0.2～0.6	—	0.4～2

単位：mm

上述の代表粒径は、これらの代表粒径の粒径範囲及び粒度分析に使用されるふるいの目の大きさを参考に、細砂（0.075～0.4mm）、中砂（0.4～0.85mm）、粗砂（0.85～2.0mm）の平均粒径として設定した。

(2) 計算条件

計算条件を表 3.7.3.2 に示す。荒川の平均河床高及び河床勾配は、図 3.7.1.8、表 3.7.1.8 に示すとおりである。また、粗度係数は荒川の計画粗度係数（後述）を用いた。なお、当該区間の流況が下流端水位により影響を受けること、平均河床勾配が逆勾配になることを踏まえ、不等流計算を行うことによりエネルギー勾配（≒水面勾配）、平均水深を算定した。

なお、1970 年～2001 年までの寄居の平均年最大流量は、およそ 1800m<sup>3</sup>/s である。

表 3.7.3.2 掃流力検討に用いた計算方法及び計算条件（荒川）

計算種別		計算方法及び計算条件
計算領域		河口（0km）～入間川合流点（44km）
河道条件	対象年	4 ケース（1972 年、1982 年、1991 年、2002 年）
	河道断面	低水路を矩形断面と仮定し平均河床高、川幅を用いて表現する
流動計算	計算方法	1 次元不等流計算（潮汐変化を考慮する）
	粗度係数	河川整備計画で検討されている計画粗度係数を平均化して与える。
	上流端境界条件 （流量条件）	年平均流量※、2002 年河道において細砂・粗砂が河口に到達する流量、及び平均年最大流量
	下流端境界条件 （潮汐条件）	T.P.0m（A.P.1.134m）

※出典：平成 13 年流量年表、昭和 27 年（1952 年）～平成 13 年（2001 年）の平均値。

### (3) 計算結果

各年代の掃流力を算定した結果を **図 3.7.3.1** に示す。

荒川の 44km 地点より上流（セグメント 2-2）においては、平水時においても無次元掃流力は十分大きくなっている。これは、44km 横断面が支配断面となり、これより上流側では射流状態となって、水深が浅く、流速が大きくなるためである。この事から、砂分は常にセグメント 3 上流端に供給されていると考えられる。一方で、セグメント 3 は感潮域を含み、かつ河床勾配がほとんど水平であるため、細砂を輸送するだけの掃流力は出水時以外には発生しない事が分かる。従って、セグメント 3 上流端より供給された砂分は、ほとんど海域まで到達せず、その多くがセグメント 3 の上流部に堆積すると考えられる。

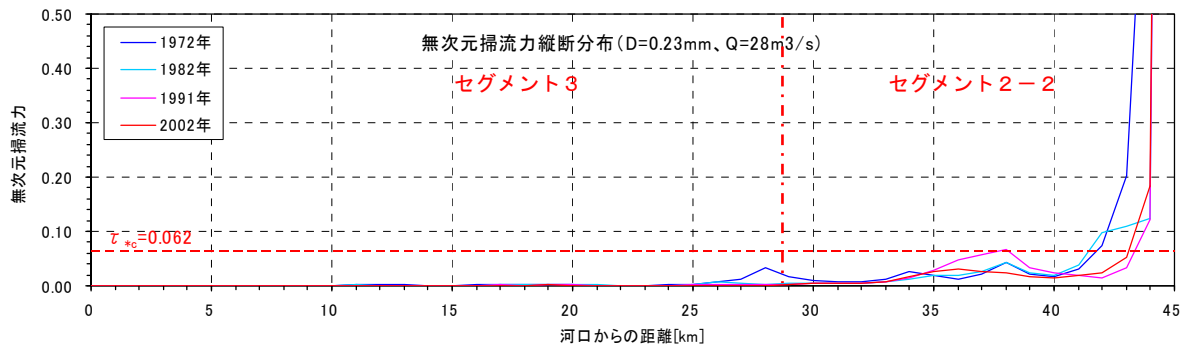
なお、細砂分 ( $d=0.23\text{mm}$ ) が河口まで輸送されるためには、河川流量として  $500\text{m}^3/\text{s}$  程度は必要であるが、これは荒川の年平均流量の 15 倍以上の流量である。同様に、粗砂分 ( $d=1.4\text{mm}$ ) が河口まで輸送されるためには、河川流量として  $1000\text{m}^3/\text{s}$  程度は必要であり、これはセグメント 3 の低水路満杯流量 (1400) (山本ら,2004) の約  $2/3$  に相当する。なお、年平均最大流量時には、細砂・粗砂共に河口まで到達すると考えられる。

また、経年的な変化としては、セグメント 3 における掃流力が年々低下している傾向が見られるが、これは、河床高の低下と低水路の拡幅が原因であると考えられる (**図 3.7.1.8**、**表 3.7.1.8** 参照)。特に、30km 地点 (荒川貯水池付近) を境に下流側は掃流力が低下し、上流側は掃流力が増加している。また、5km~20km 及び 24km~30km の区間では、1972 年から 2002 年の間に掃流力が大きく低下しているが、この区間は、**図 3.7.1.8** において、平均河床高が大幅に低下している区間に相当する。

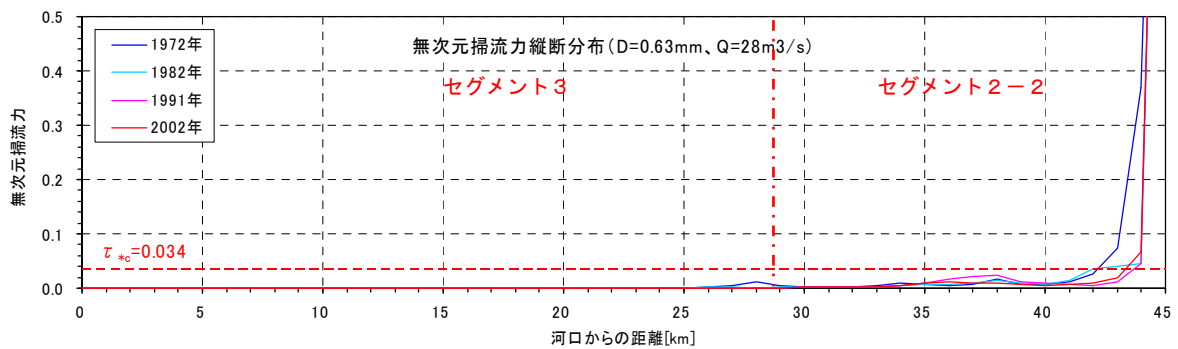
以上より、荒川下流域の土砂動態の変化として、以下のようなシナリオが考えられる。

- ① セグメント 3 上流部 (30~44km) では、築堤 (1975 年着工) による川幅の縮小により、掃流力が増加し、下流部への供給土砂量は増加した。
- ② しかし、セグメント 3 下流部 (0~30km) においては、低水路の拡幅、河床高は低下傾向、河床勾配もほぼ平坦になった。
- ③ その結果として、セグメント 3 下流部では掃流力の低下に伴い土砂の流総能力が低下し、河口部に土砂が到達しにくくなった。
- ④ 河口部では、砂成分の限界掃流力相当流量は、細砂で  $500\text{ m}^3/\text{s}$ 、粗砂で  $1000\text{ m}^3/\text{s}$  程度であり、砂成分の流下土砂量はきわめて少量であることが推定される。

1) 細砂分 ( $d = 0.23\text{mm}$ )、年平均流量時 ( $Q = 28\text{m}^3/\text{s}$ )



2) 中砂分 ( $d = 0.63\text{mm}$ )、年平均流量時 ( $Q = 28\text{m}^3/\text{s}$ )



3) 粗砂分 ( $d = 1.4\text{mm}$ )、年平均流量時 ( $Q = 28\text{m}^3/\text{s}$ )

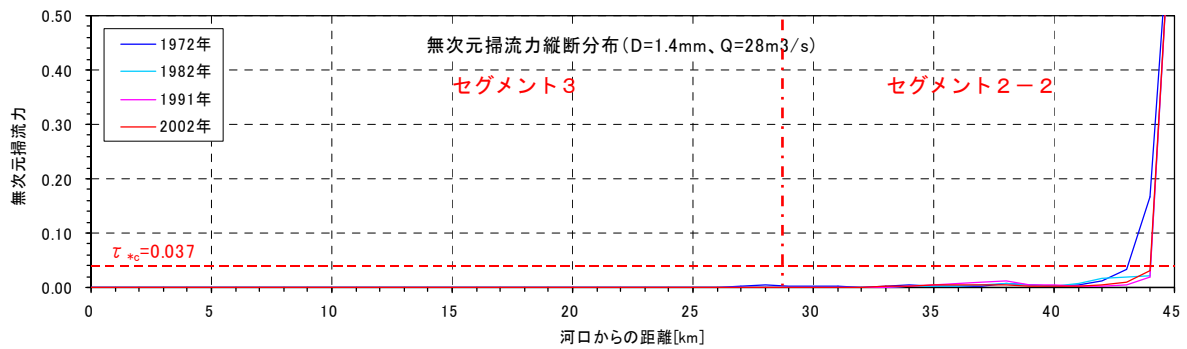
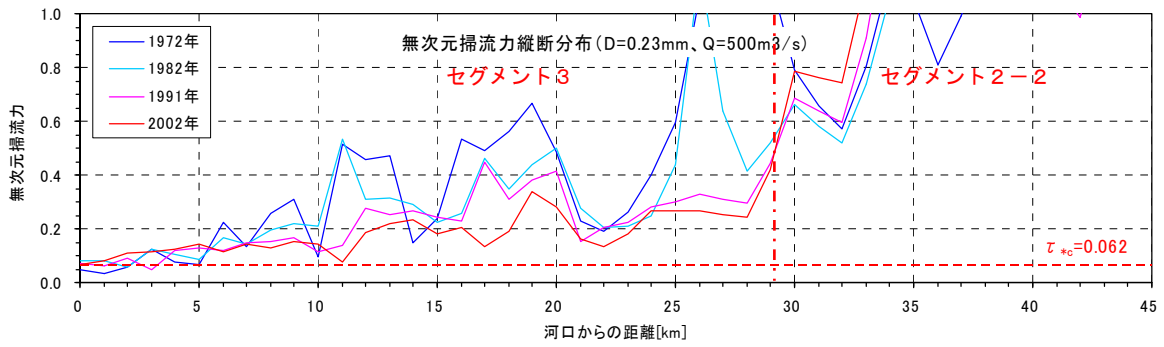
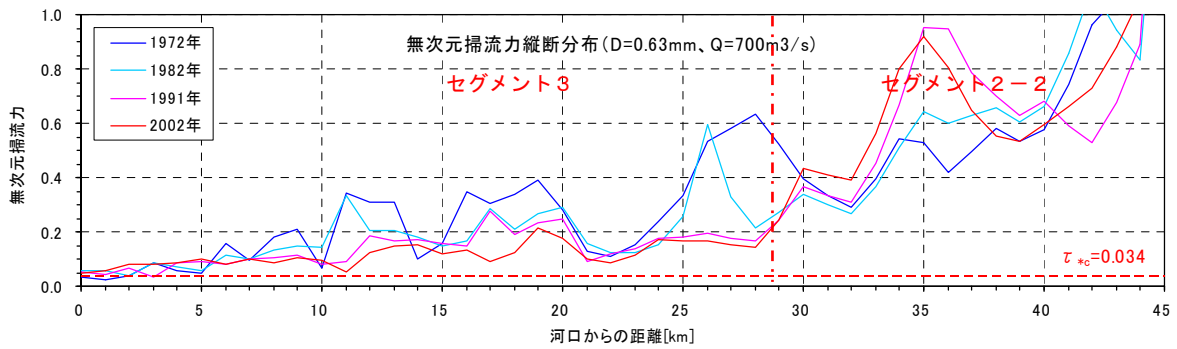


図 3.7.3.1① 荒川下流部の無次元掃流力縦断分布

4) 細砂分 ( $d = 0.23\text{mm}$ )、2002年河道において河口に到達する流量 ( $Q = 500\text{m}^3/\text{s}$ )



5) 中砂分 ( $d = 0.63\text{mm}$ )、2002年河道において河口に到達する流量 ( $Q = 700\text{m}^3/\text{s}$ )



6) 粗砂分 ( $d = 1.4\text{mm}$ )、2002年河道において河口に到達する流量 ( $Q = 1000\text{m}^3/\text{s}$ )

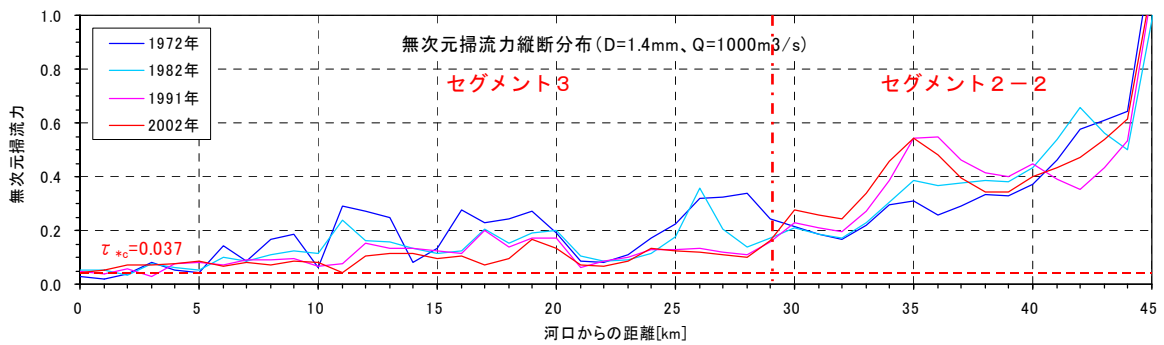
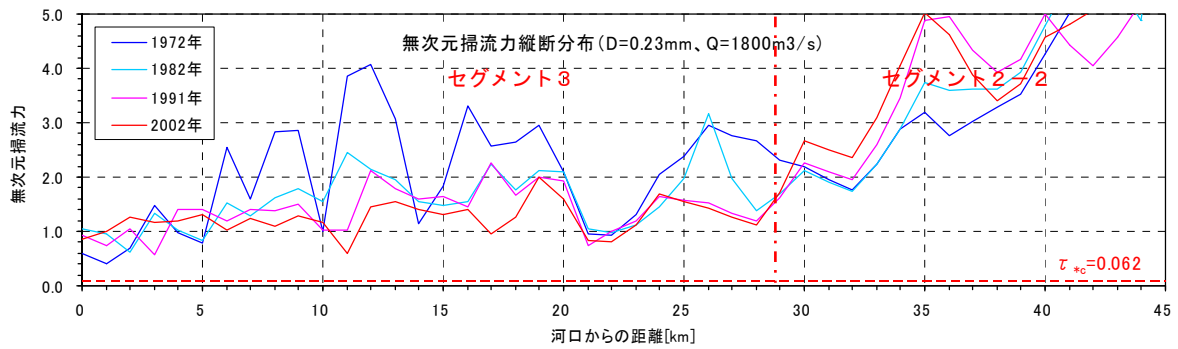
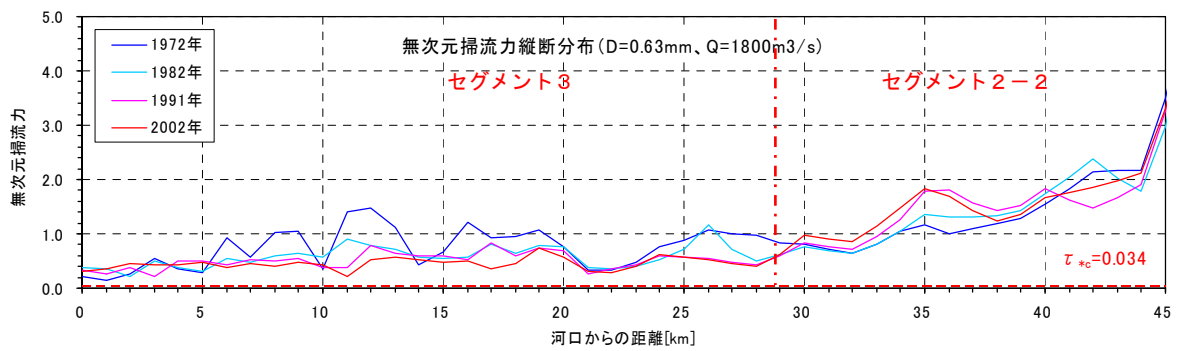


図 3.7.3.1② 荒川下流部の無次元掃流力縦断分布

7) 細砂分 ( $d = 0.23\text{mm}$ )、平均年最大流量 ( $Q = 1800\text{m}^3/\text{s}$ )



8) 中砂分 ( $d = 0.63\text{mm}$ )、平均年最大流量 ( $Q = 1800\text{m}^3/\text{s}$ )



9) 粗砂分 ( $d = 1.4\text{mm}$ )、平均年最大流量 ( $Q = 1800\text{m}^3/\text{s}$ )

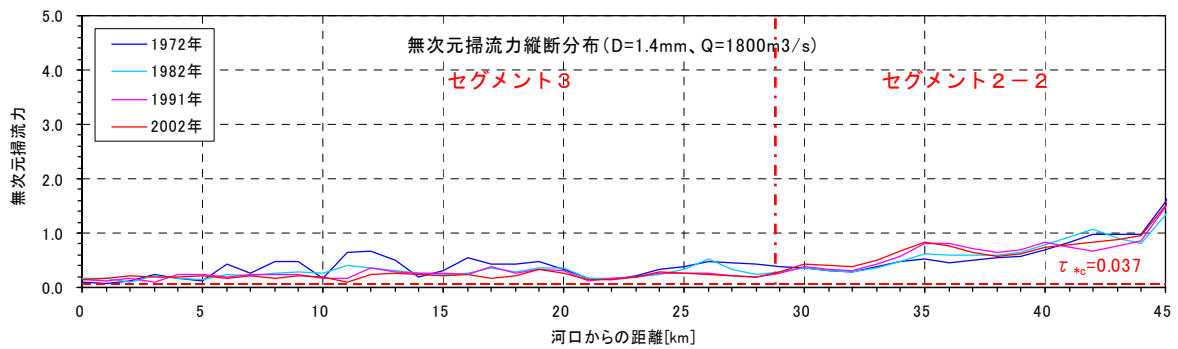


図 3.7.3.1③ 荒川下流部の無次元掃流力縦断分布

### 3.7.4 河口域の河床変化に伴う粒径別土砂の堆積特性の変化

荒川のセグメント3では、1972年～2002年にかけて河床が低下傾向にある。前項の河道の掃流力と移動限界掃流力の検討から、河床低下に伴い無次元掃流力が減少することが確認された。このことから、河床低下に伴い海域へ供給される砂礫の量がきわめて少ないことが予測される。このことを検討するために、砂礫の移動量を河床変動計算によって年代別に計算し、河床低下による海域への砂礫の供給量の変化を定量的に把握する。

河床変動計算を行う年代は以下のとおりである。

#### ■砂礫の移動量を求める年■

- ① 1972年 : 最も古い河道横断測量成果
- ② 1991年 : 荒川調節池整備後（河床低下量は大きい）
- ③ 2002年 : 現在（河床低下量は少ない）

なお、河床低下が砂礫の移動量に与える影響を把握するため、各年代に同じ外力を与えることとし、本検討では、2002年（1年間）の流況を用いて砂礫の移動量を算出した。また、河床変動計算モデルの河床材料設定においては、砂礫の移動特性を見ることに主眼を置くことから、細粒土砂（シルト・粘土）を除いた仮想的な粒度構成とした。

上流端の供給土砂量は、河道の動的平衡流砂量を把握することを想定し、初期河床高と計算後の河床高がほぼ同じになるように上流端からの供給土砂量を **try and try** によって設定した（詳細は「(3)計算条件 5) 上流端供給土砂量を参照」）。

(1) モデルの設定

掃流砂及び浮遊砂を対象とした河床変動計算を実施し、河口域の河床変動に伴う粒径別土砂の堆積特性の変化を推定する。計算方法及び計算条件は表 3.7.4.1 に示すとおりである。

表 3.7.4.1 河床変動計算の計算方法及び計算条件（荒川）

計算種別		計算方法及び計算条件
計算領域		河口（0km）～入間川合流点（44km）
河道条件	対象年	3 ケース（1972 年、1991 年、2002 年）
	河道断面	高水敷・低水敷の二つに区分できるものとし、それぞれ矩形断面と仮定し平均河床高、川幅を用いて表現する
外力（流動） 計算	計算方法	1 次元不等流計算（潮汐変化を考慮する）
	粗度係数	河川整備計画で検討されている計画粗度係数を平均化して与える。
	上流端境界条件 （流量条件）	上述の期間における、治水橋流量観測所（42km）の毎正時流量
	下流端境界条件 （潮汐条件）	上述の期間における、南砂町水位観測所（-1km）の毎正時水位
河床変動計算	流砂量式	掃流砂：芦田・道上の式 浮遊砂：芦田・藤田の式
	河床材料の組成	平成 17 年河床材料調査の結果を平均化して与えた
	上流端境界条件 （供給土砂量）	掃流砂量及び浮遊砂量ともに平衡流砂量を与えた。



(2) 計算条件

荒川における計算条件を以下に示す。

1) 計算領域

入間川合流による土砂移動量の変化、流量配分など不明な点があるので、入間川合流点下流を計算領域に設定した。

計算領域 : 荒川河口 (0.0 k) ~ 入間川合流点 (44.0 k)

2) 粗度係数

粗度係数は、計画粗度係数に基づき、表 3.7.4.2 に示すとおり設定した。

表 3.7.4.2 粗度係数の設定 (荒川)

河道区間	粗度係数		
	左岸高水敷	低水路	右岸高水敷
0.0 ~ 3.0 km	0.020	0.015	0.020
3.0 ~ 6.5 km	0.076	0.015	0.036
6.5 ~ 17.0 km	0.043	0.015	0.036
17.0 ~ 20.0 km	0.043	0.020	0.036
20.0 ~ 28.0 km	0.025	0.020	0.036
28.0 ~ 29.0 km	0.040	0.020	0.036
29.0 ~ 44.0 km	0.040	0.020	0.046

### 3) 初期河床材料

計算の初期条件として与える河床材料の組成には、2005年（平成17年）河床材料調査結果に基づく河床材料組成（シルト粘土を除く）を計算対象区間に平均化して与えた。設定した河床材料組成を表 3.7.4.3、図 3.7.4.1 に示す。

なお、シルト・粘土については流砂量式の精度が悪いため、計算条件から除外した。

表 3.7.4.3 設定した河床材料の組成

計算期間	粒径範囲（代表粒径）、%単位			
	礫 (2.0mm)	粗砂 (1.43mm)	中砂 (0.63mm)	細砂 (0.23mm)
1972年、1991年、 2002年	0.11	0.51	31.35	68.03

（上：2005年（平成17年）河床材料調査結果、下：設定した河床材料）

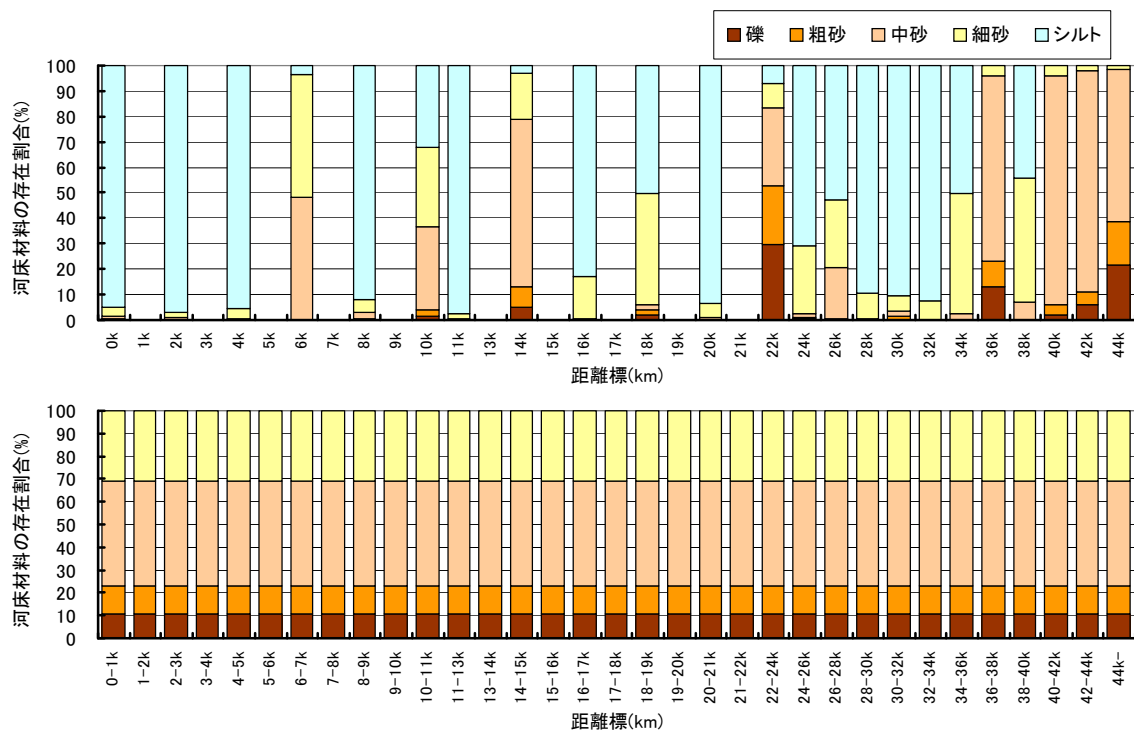


図 3.7.4.1 設定した河床材料の組成

#### 4) 上流端流量及び下流端水位

なお、上流端流量及び下流端水位には、2002年の治水橋流量及び南砂町水位を与えた。なお、計算対象となる荒川下流部では、21k地点（岩淵水門）において荒川本川と隅田川が分岐しているが、本計算では、隅田川への分派量は考慮しないものとした。

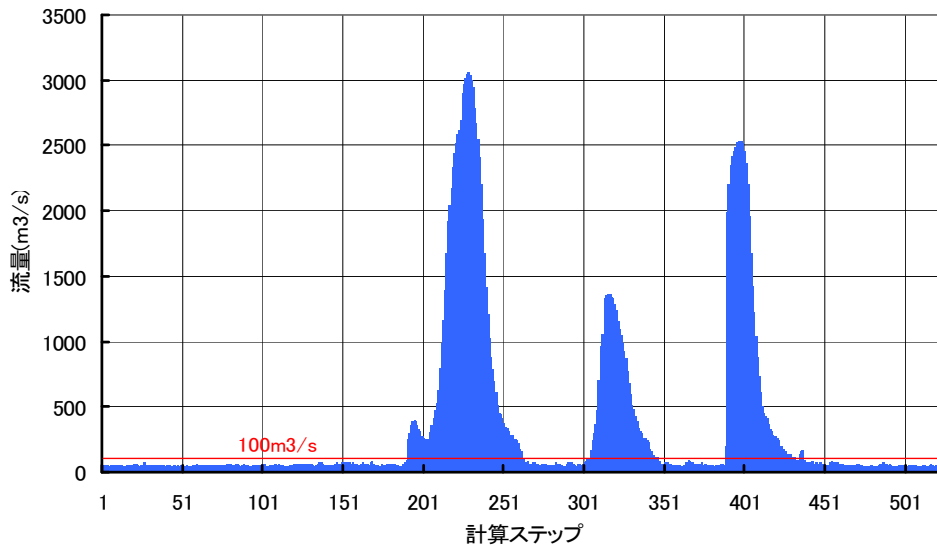


図 3.7.4.2 治水橋流量 (2002年)

寄居流量観測所における年最大流量を大きい順に並べると 図 3.7.4.3 のとおりである。2002年の流量は平均年最大流量より大きくその確立規模は凡そ 1/5 であり、大規模程度の洪水規模といえる。今後は大規模出水を含む流況について検討を行う必要がある。

なお、計算時間の短縮を図るため、日平均流量が  $100\text{m}^3/\text{s}$  以下の場合は、1ステップを24時間とし、日平均流量を与えた。日平均流量が  $100\text{m}^3/\text{s}$  を越える場合は、1ステップを1時間として毎正時の流量を与えた。

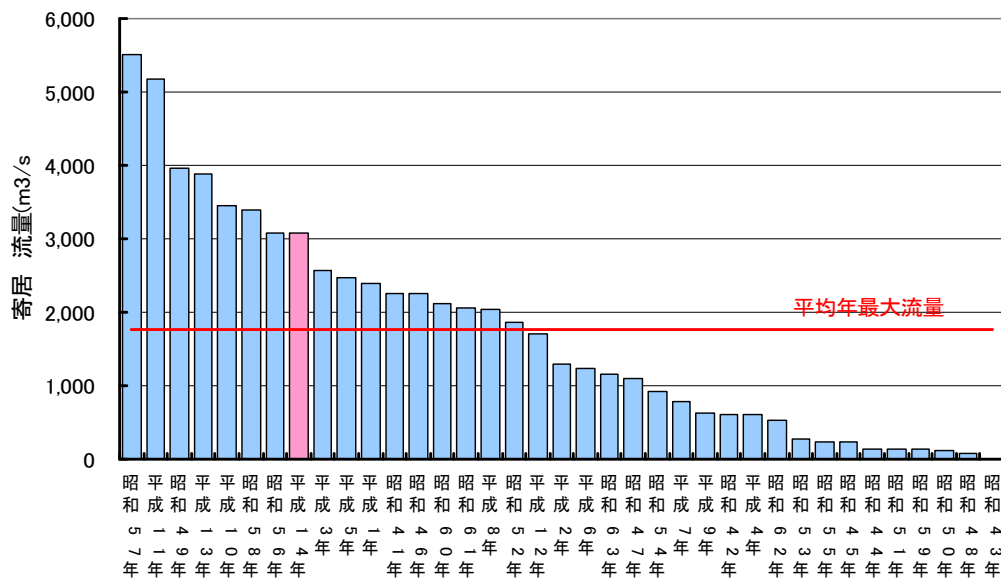


図 3.7.4.3 年最大流量 (寄居)

5) 上流端供給土砂量

上流端 (44.0km) 周辺の河床高は安定しており、変化が少ない。このような箇所では掃流砂量、浮遊砂量共に縦断変化が少ないので、上流端に平衡流砂量 ( $\alpha = 1.0$ ) を与える。

### (3) 計算結果

1972年、1991年及び2002年の河道地形を初期地形として高水敷・低水路を設定し、河床変動及び河床材料変化の計算を行った。各計算ケースにおける水位・河床変動高、計算期間の累積堆砂量、河床材料組成の計算結果を図3.7.4.4～図3.7.4.6に示す。また、河道内の粒径別流砂量を図3.7.4.7に示す。

#### 1) 河床高と河床材料の再現性

図3.7.4.4、図3.7.4.5、図3.7.4.6から、計算後河床高はほぼ初期河床高に一致しており、目標とする再現性を得られたと考える。また、計算後で河床材料が大きく変化していないことから、本モデルは妥当であると判断できる。

#### 2) 砂礫の輸送能力

図3.7.4.7に各ケースの粒径別流砂量を示す。各ケースともに中砂、粗砂、礫分の流砂量は20.0k付近でほぼ $0\text{m}^3/\text{年}$ となり、中砂、粗砂、礫分の多くは20.0kに到達するまでに河道に堆積し、海域へ供給されないと思われる。

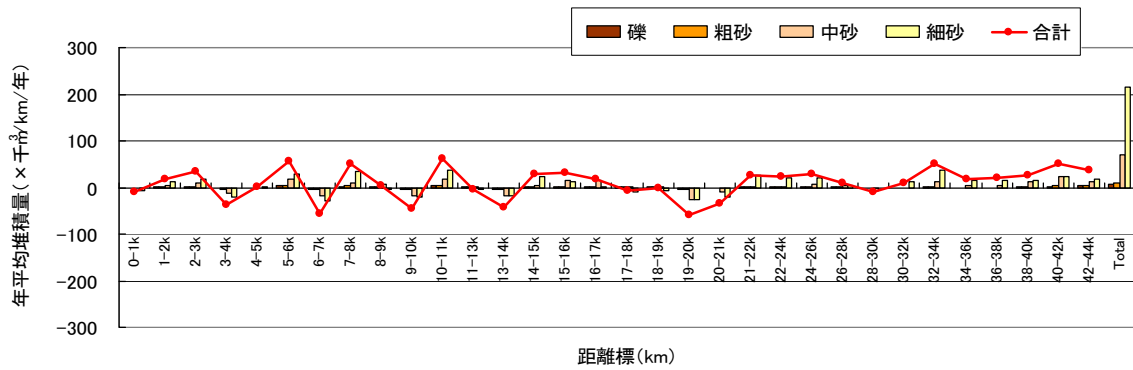
また、河床低下に伴う流砂量の変化は確認されず、1972年当時と現在では土砂の移動状況は大きく変わらないと考えられる。

#### 3) 土砂移動量の考察

河床低下と土砂移動量の間に関連関係は無い。一方、中砂、粗砂、礫分の多くは20.0k付近に到達するまでに河道に堆積するため、海域へは中砂、粗砂、礫分はほとんど供給されていなかったと思われる。この状況は1972年当時と2002年と大きく変わらない。

(a) 堆積・侵食土量 (1972年)

	堆積量 (%)		侵食量 (%)		堆積-侵食 (%)	
細砂	557.9	61.8	168.6	49.3	389.3	69.4
中砂	262.8	29.1	122.2	35.7	140.6	25.1
粗砂	46.6	5.2	28.0	8.2	18.6	3.3
礫	36.0	4.0	23.4	6.8	12.6	2.2
Total	903.3	100.0	342.2	100.0	561.1	100.0



(b) 河床變動高 (1972年)

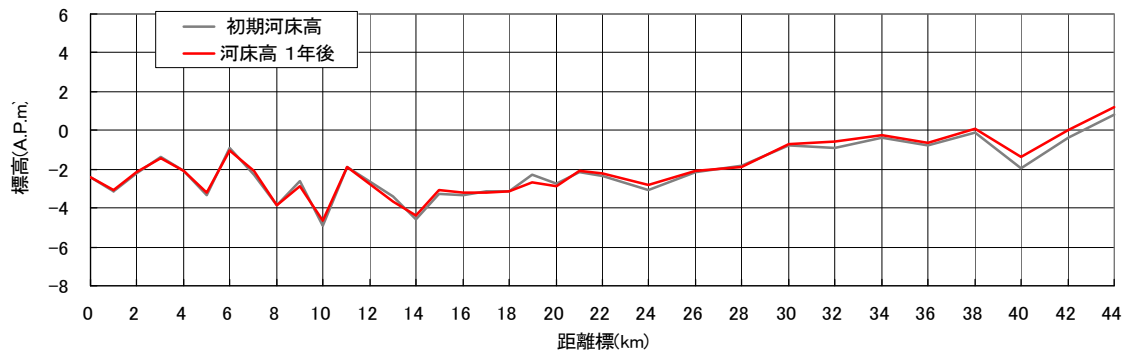


図 3.7.4.4 (1) 河床變動計算結果 (荒川、1972年)

(c) 河床材料の組成（上：平成 17 年度調査結果/中：初期条件/下：計算結果）

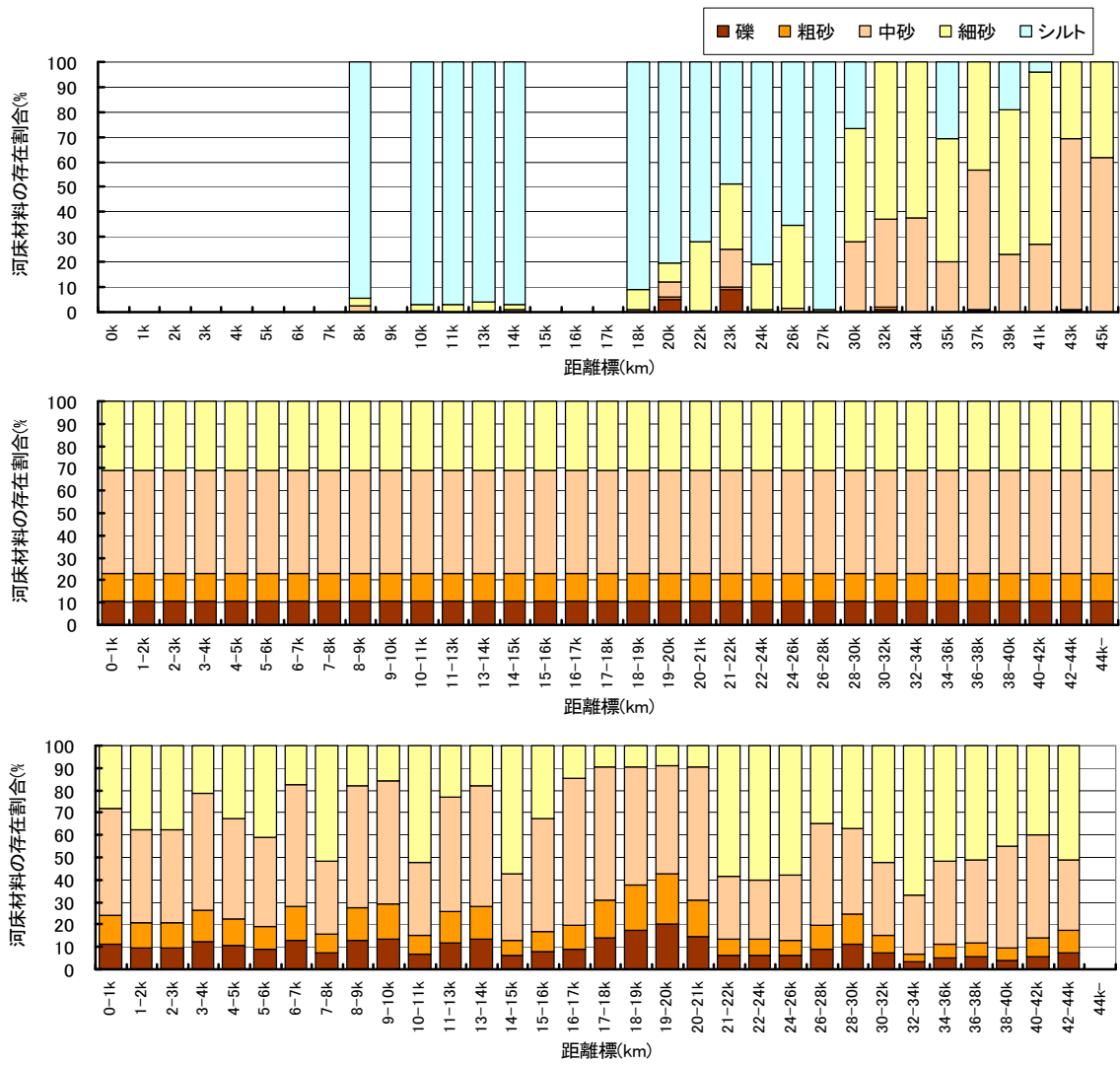
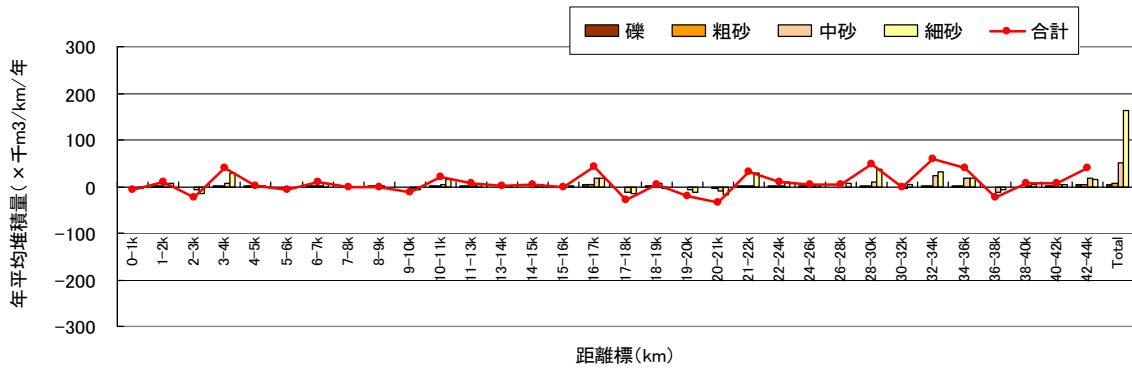


図 3.7.4.4 (2) 河床変動計算結果（荒川、1972年）

(a) 堆積・侵食土量 (1991年)

	堆積量 (%)		侵食量 (%)		堆積-侵食 (%)	
細砂	382.4	60.8	88.7	42.4	293.7	69.9
中砂	193.3	30.7	86.3	41.3	107.0	25.5
粗砂	30.4	4.8	18.4	8.8	12.0	2.9
礫	23.1	3.7	15.5	7.4	7.6	1.8
Total	629.2	100.0	208.9	100.0	420.3	100.0



(b) 河床變動高 (1991年)

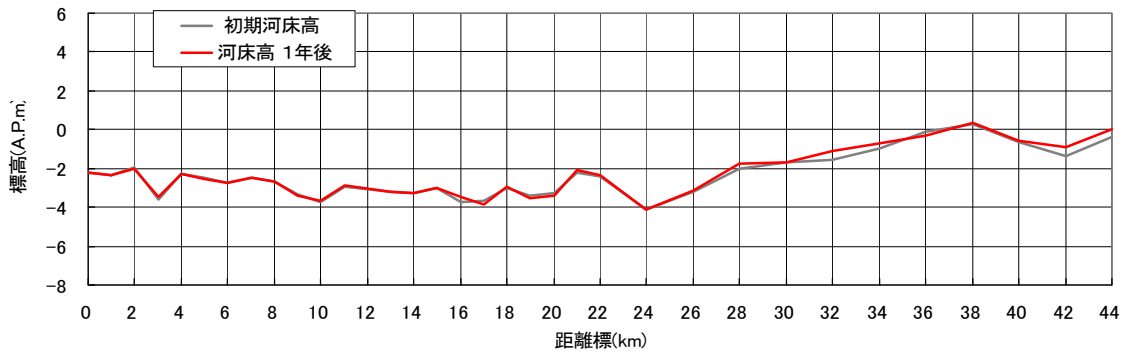


図 3.7.4.5 (1) 河床變動計算結果 (荒川、1991年)



(c) 河床材料の組成（上：平成 17 年度調査結果/中：初期条件/下：計算結果）

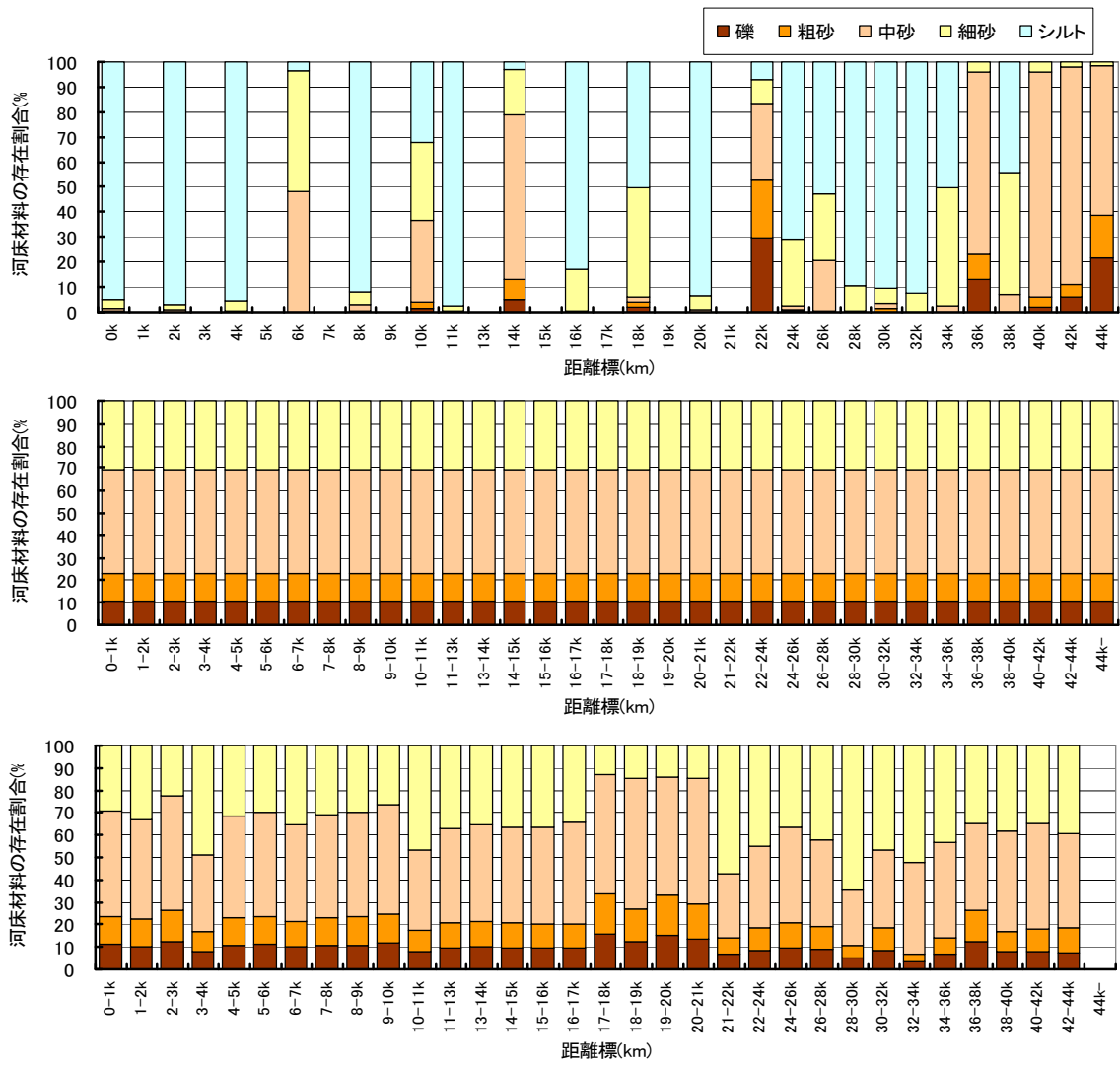
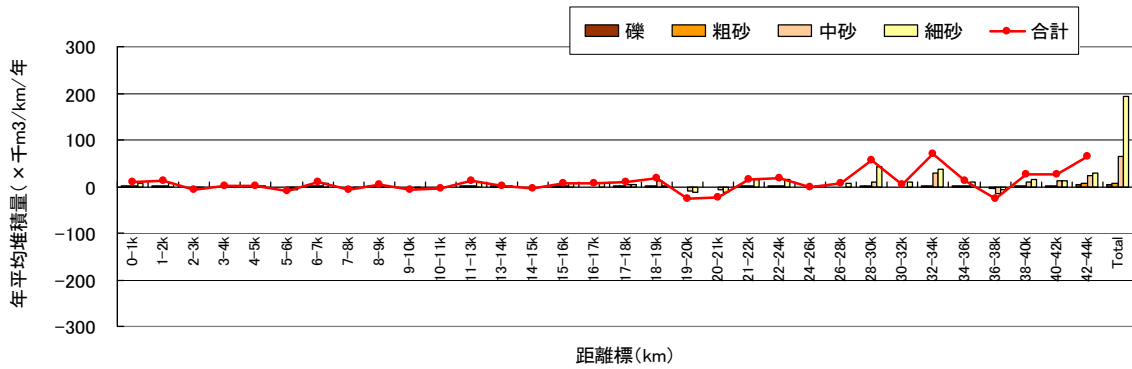


図 3.7.4.5 (2) 河床変動計算結果（荒川、1991年）

(a) 堆積・侵食土量 (2002 年)

	堆積量	(%)	侵食量	(%)	堆積-侵食	(%)
細砂	430.2	61.5	56.9	35.8	373.3	69.1
中砂	210.6	30.1	72.5	45.6	138.1	25.5
粗砂	33.7	4.8	16.2	10.2	17.5	3.2
礫	25.1	3.6	13.5	8.5	11.6	2.1
Total	699.6	100.0	159.1	100.0	540.5	100.0



(b) 河床變動高 (2002 年)

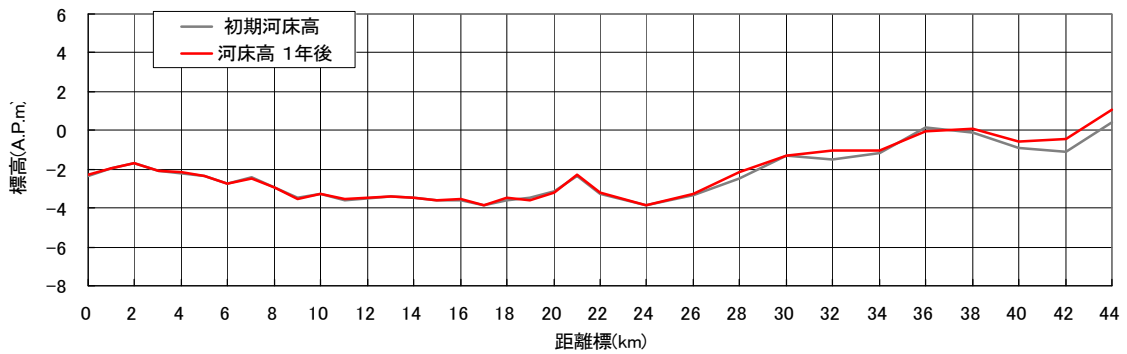


図 3.7.4.6 (1) 河床變動計算結果 (荒川、2002年)

(c) 河床材料の組成（上：平成 17 年度調査結果/中：初期条件/下：計算結果）

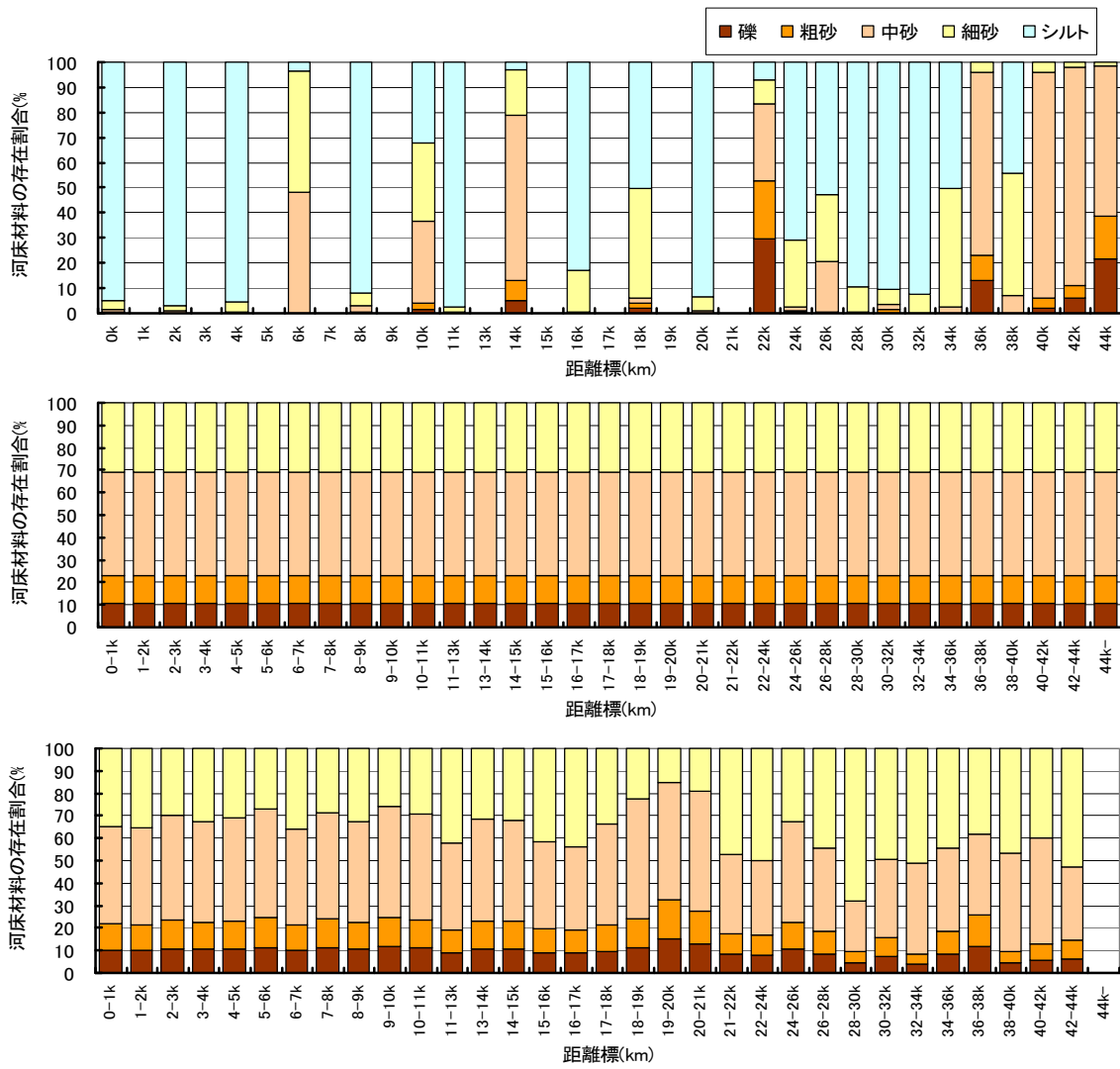


図 3.7.4.6 (2) 河床変動計算結果（荒川、2002年）

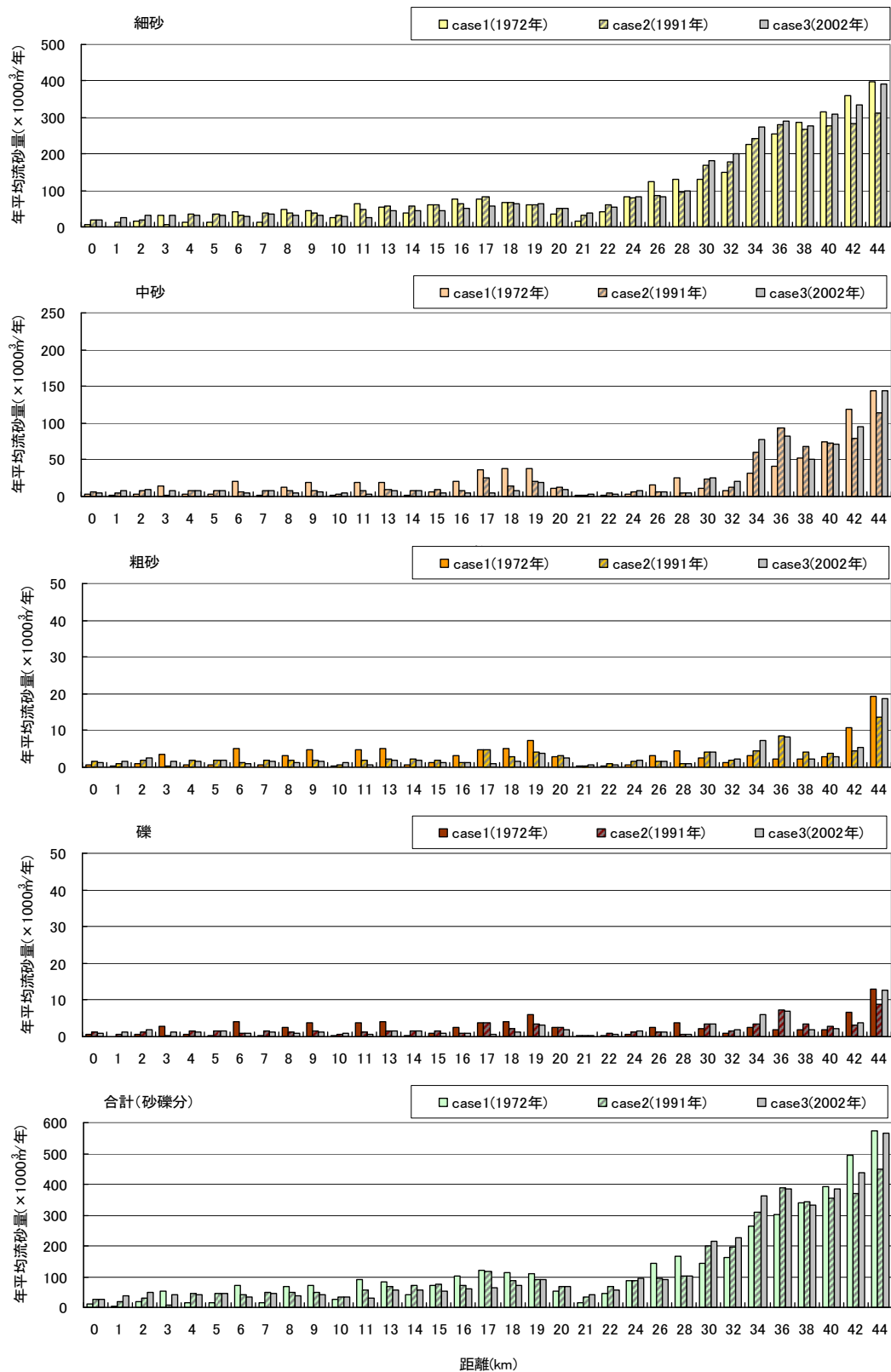
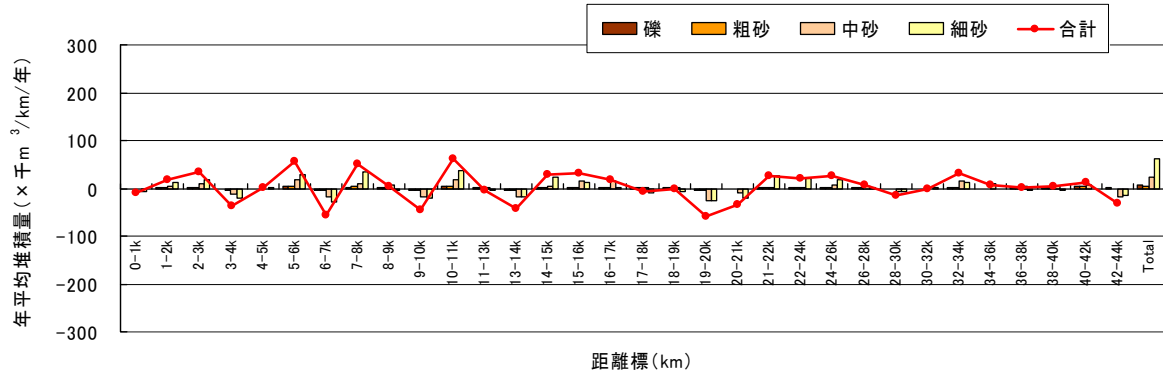


図 3.7.4.7 年代ごとの粒径別流砂量 (荒川)

(参考：上流端浮遊砂量に定数 ( $\alpha=0.1$ ) を乗じた場合)

(a) 堆積・侵食土量 (1972年)

	堆積量 (%)		侵食量 (%)		堆積-侵食 (%)	
細砂	304.7	51.8	222.2	51.3	82.5	53.2
中砂	206.8	35.1	157.7	36.4	49.1	31.7
粗砂	39.5	6.7	30.3	7.0	9.2	5.9
礫	37.3	6.3	23.1	5.3	14.2	9.2
Total	588.3	100.0	433.3	100.0	155.0	100.0



(b) 河床変動高 (1972年)

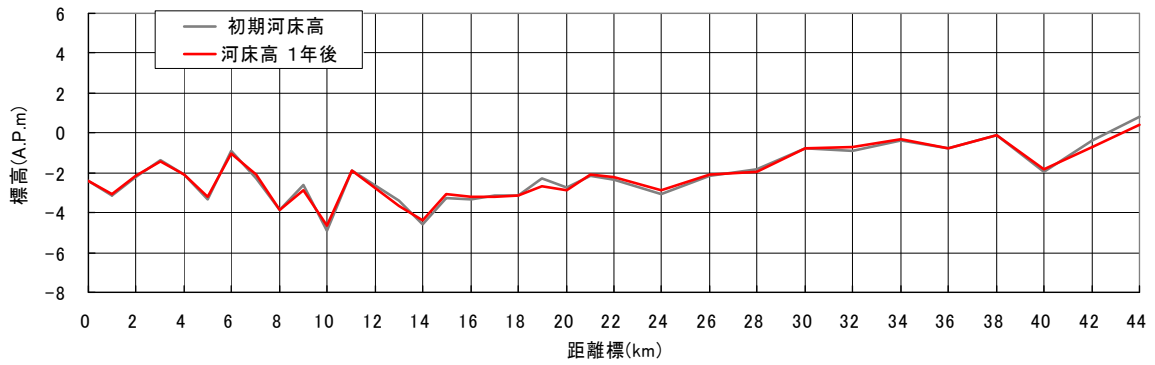


図 3.7.4.8(1) 河床変動計算結果 (荒川、1972年)  $\alpha=0.1$

(c) 河床材料の組成（上：平成 17 年度調査結果/中：初期条件/下：計算結果）

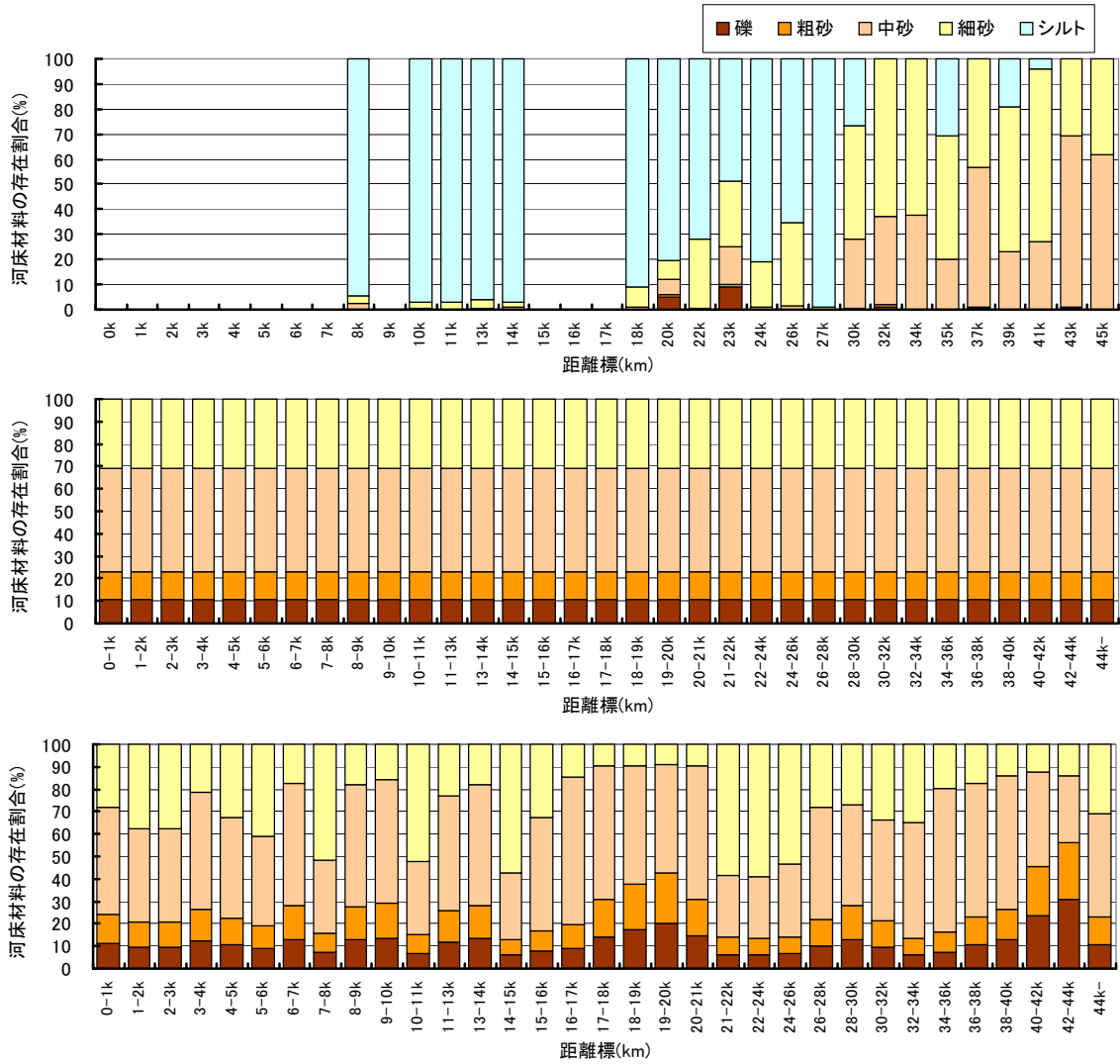
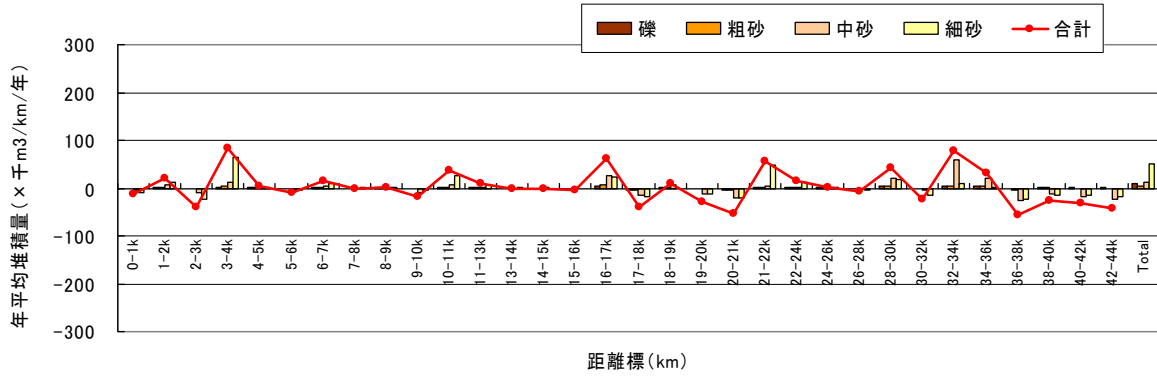


図 3.7.4.8(2) 河床変動計算結果（荒川、1972年）  $\alpha = 0.1$

(a) 堆積・侵食土量 (1991年)

	堆積量 (%)		侵食量 (%)		堆積-侵食 (%)	
細砂	281.0	43.0	271.9	46.6	9.0	12.8
中砂	282.3	43.2	251.3	43.1	31.0	44.0
粗砂	45.1	6.9	35.0	6.0	10.2	14.4
礫	45.5	7.0	25.3	4.3	20.3	28.8
Total	654.0	100.0	583.5	100.0	70.4	100.0



(b) 河床變動高 (1991年)

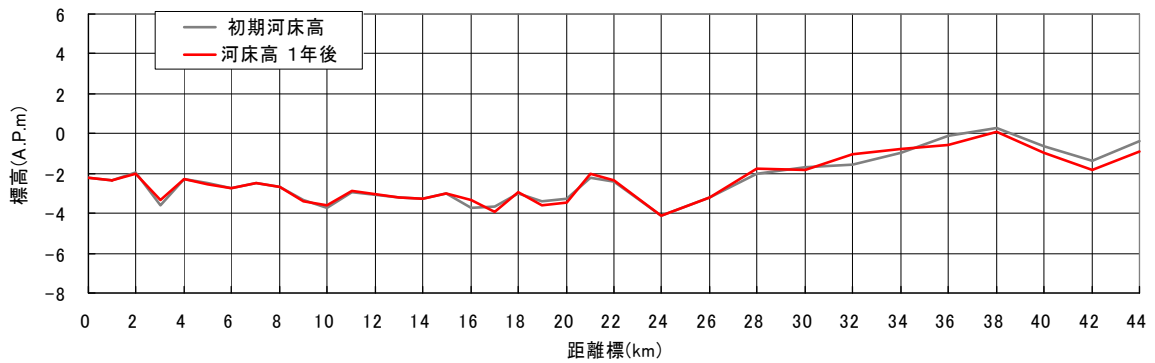


図 3.7.4.9 (1) 河床變動計算結果 (荒川、1991年)  $\alpha=0.1$

(c) 河床材料の組成（上：平成 17 年度調査結果/中：初期条件/下：計算結果）

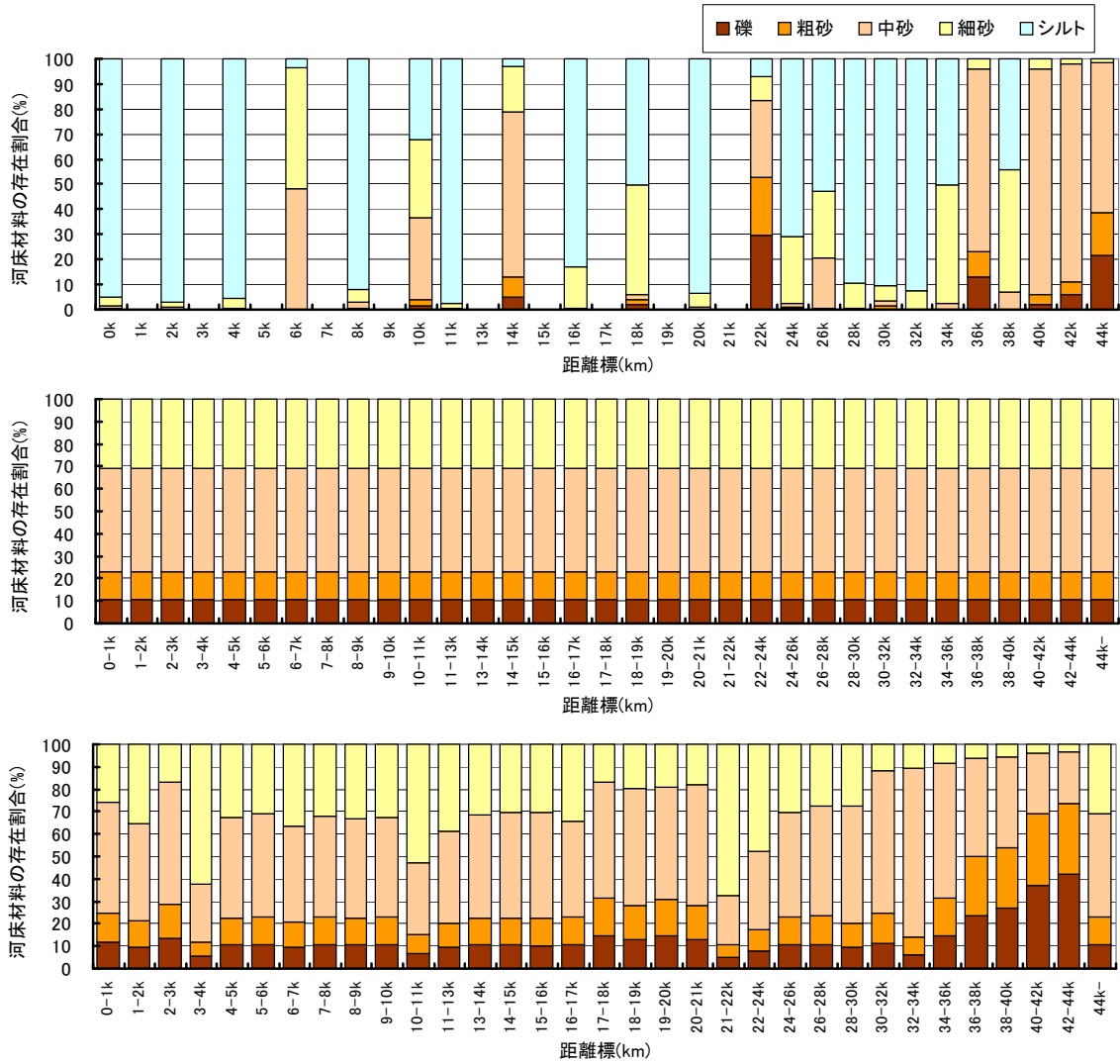
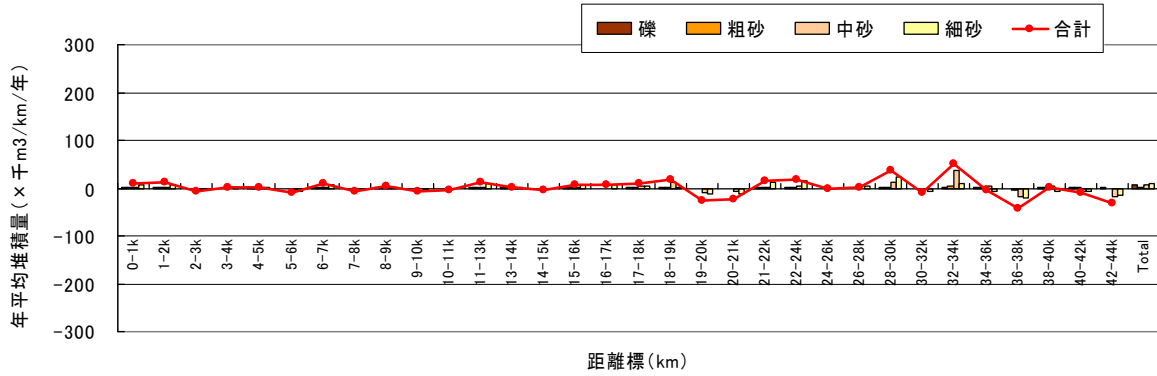


図 3.7.4.9(2) 河床変動計算結果（荒川、1991年）  $\alpha = 0.1$



(a) 堆積・侵食土量 (2002 年)

	堆積量 (%)		侵食量 (%)		堆積-侵食 (%)	
細砂	181.1	48.1	174.8	53.4	6.2	12.8
中砂	145.0	38.5	121.9	37.2	23.1	47.2
粗砂	24.2	6.4	17.1	5.2	7.1	14.5
礫	26.0	6.9	13.4	4.1	12.5	25.6
Total	376.2	100.0	327.3	100.0	49.0	100.0



(b) 河床變動高 (2002 年)

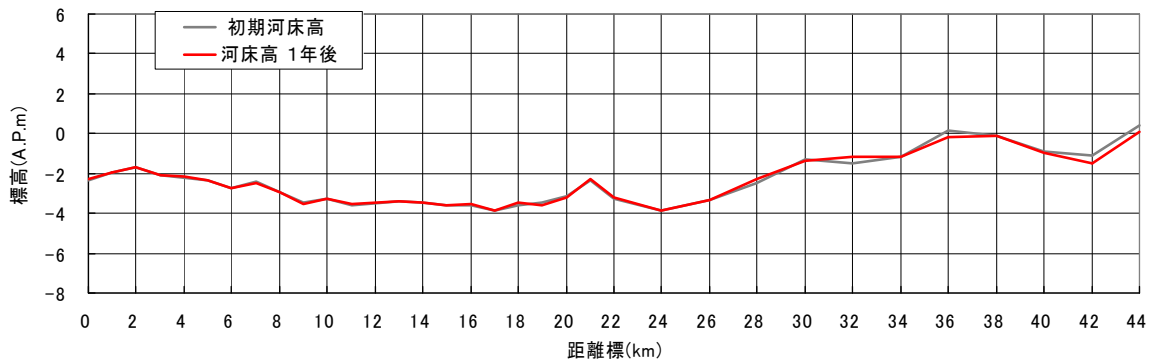


図 3.7.4.10 (1) 河床變動計算結果 (荒川、2002年)  $\alpha = 0.1$

(c) 河床材料の組成（上：平成 17 年度調査結果/中：初期条件/下：計算結果）

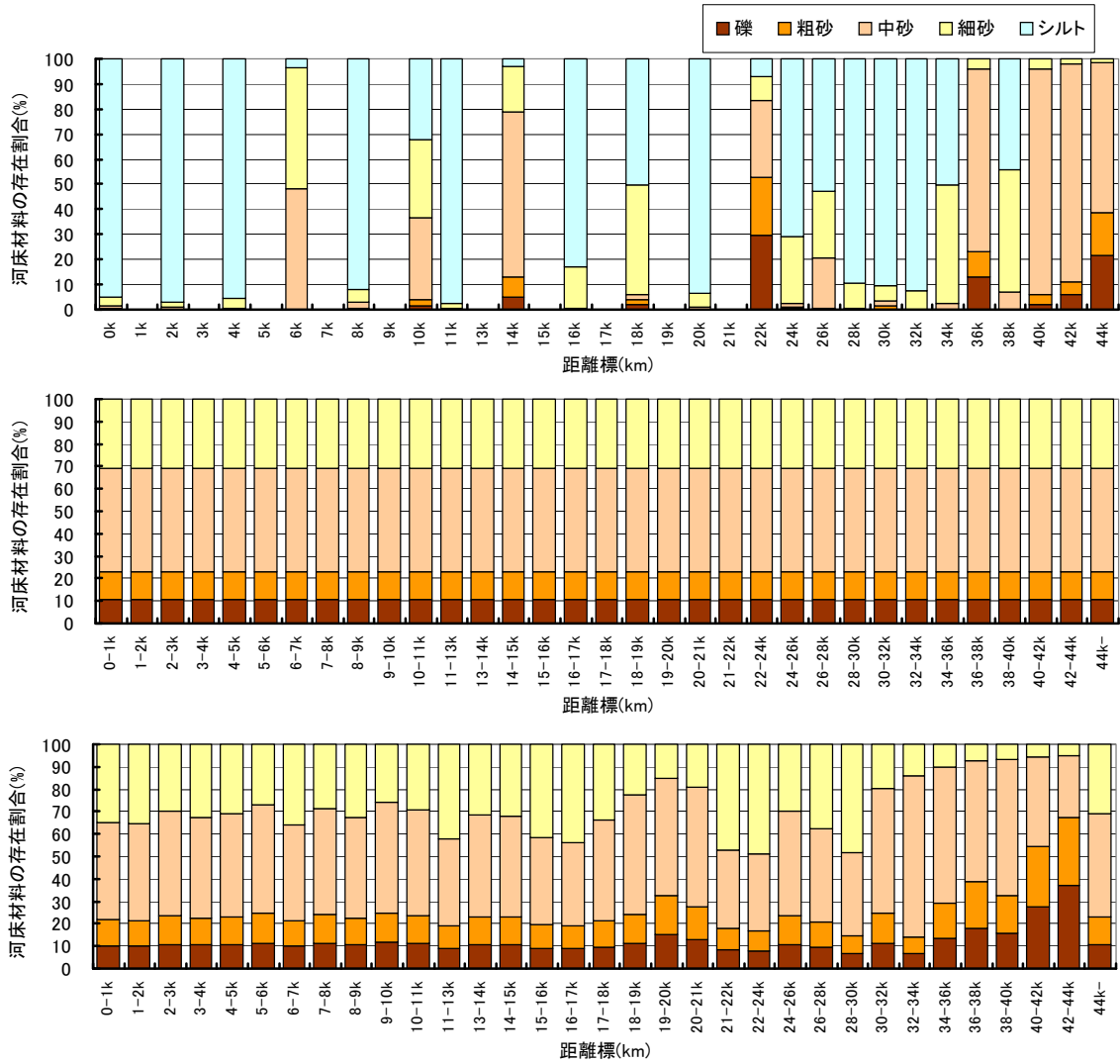


図 3.7.4.10(2) 河床変動計算結果（荒川、2002年）  $\alpha = 0.1$

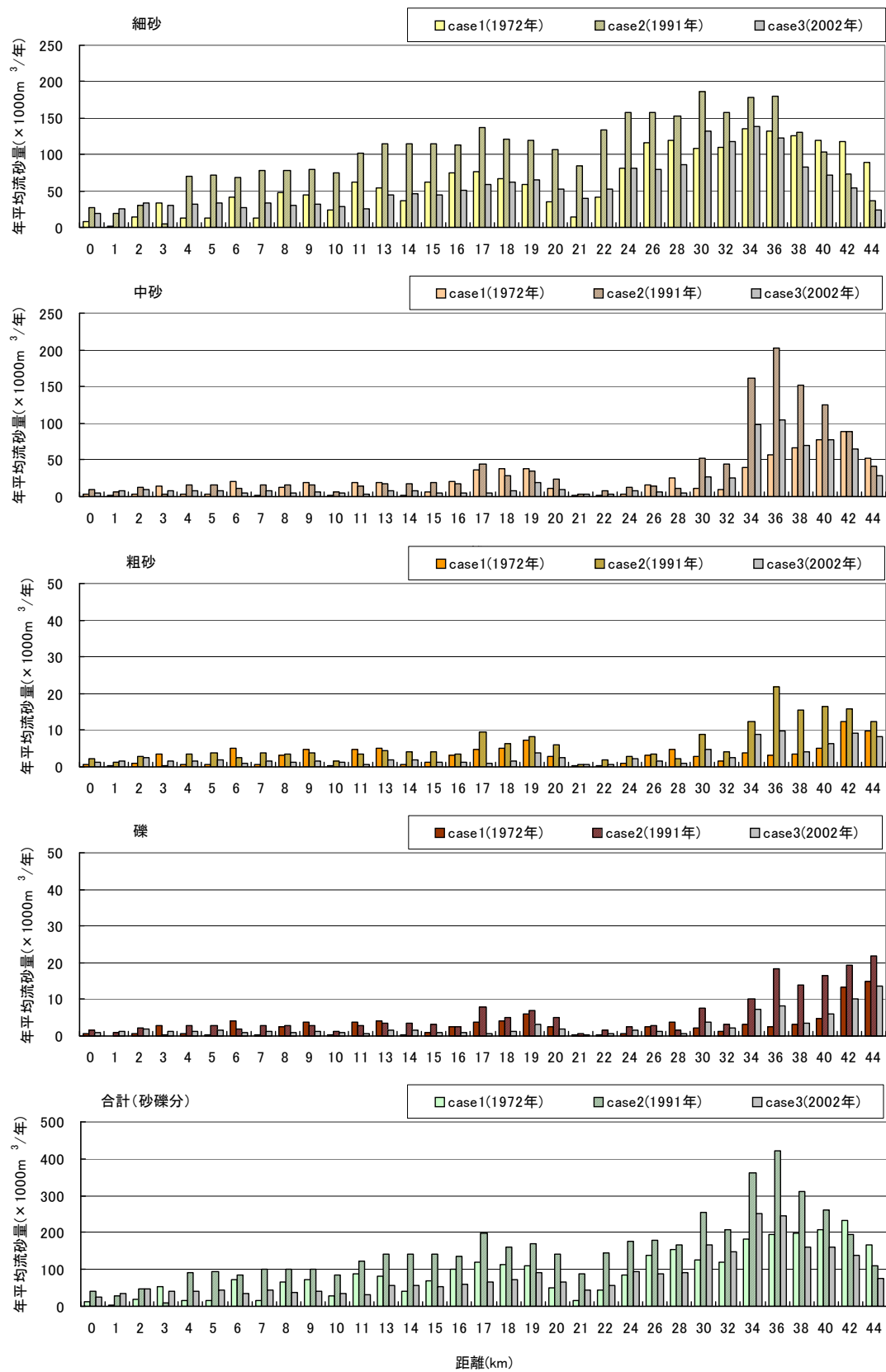


図 3.7.4.11 年代ごとの粒径別流砂量 (荒川)  $\alpha = 0.1$

(4) 感度分析

1) 流量規模別の洪水条件の設定

収集した治水橋の流量観測期間（平成 8 年～平成 14 年）の流量データをもとに期間大規模洪水年、期間平均洪水年、期間小規模洪水年を設定する。以後、これらをそれぞれ大規模出水年、中規模出水年、小規模出水年と呼ぶことにする。寄居流量観測所における年最大流量を整理すると図 3.7.4.12 のとおりである。年流砂量を算出した 2002 年の年最大流量は 8 番目に大きく、上位 25%に入ることから比較的大規模であり、大規模出水年に位置づける。また、平均年最大流量に近い年を中規模出水年、治水橋の流量を収集した中で平均年最大流量が一番低い年を小規模出水年とする。

【設定した代表年】

- 大規模出水年 : 平成 14 年（寄居年最大流量 3,073m<sup>3</sup>/s）
- 中規模出水年 : 平成 12 年（寄居年最大流量 1,713m<sup>3</sup>/s）
- 小規模出水年 : 平成 9 年（寄居年最大流量 633m<sup>3</sup>/s）

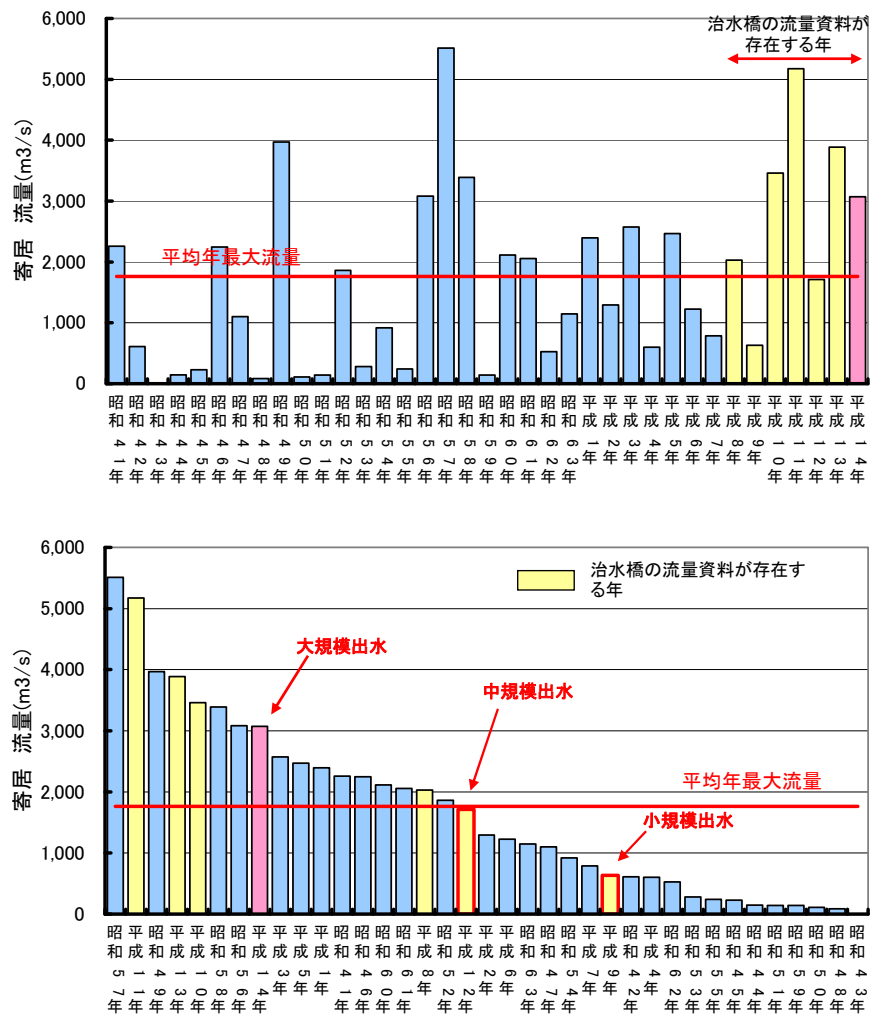


図 3.7.4.12 寄居流量観測所における年最大流量

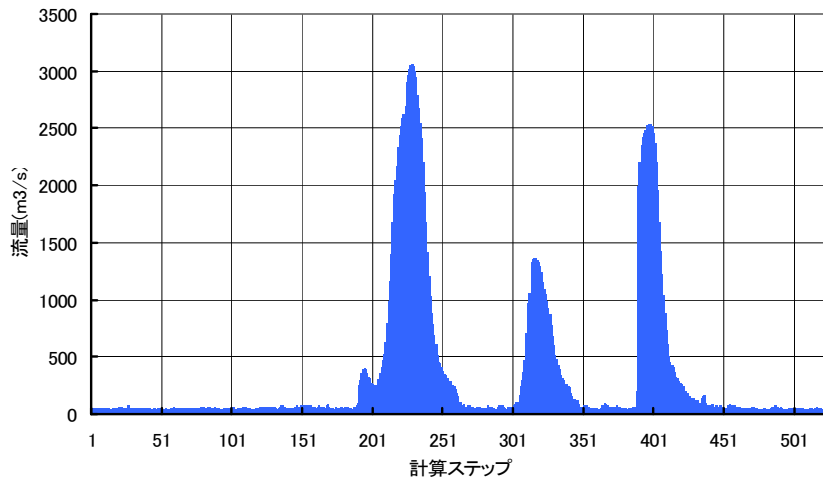


図 3.7.4.13 大規模洪水年（平成14年（2002年））の流量

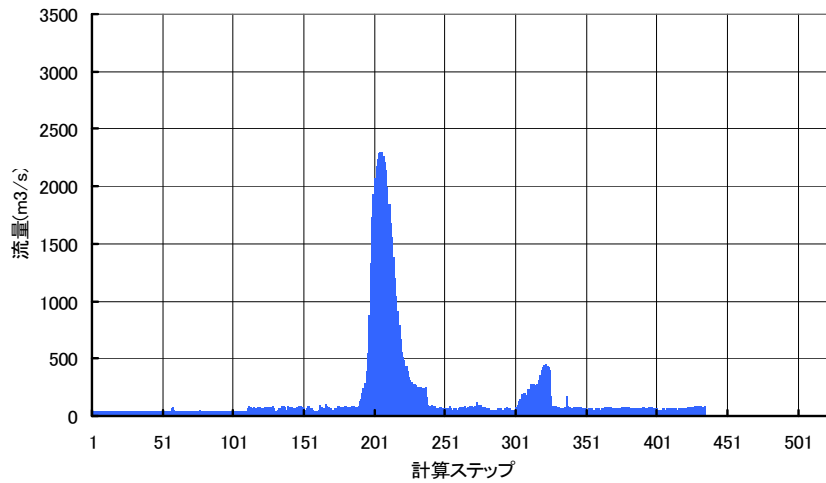


図 3.7.4.14 中規模洪水年（平成12年（2000年））の流量

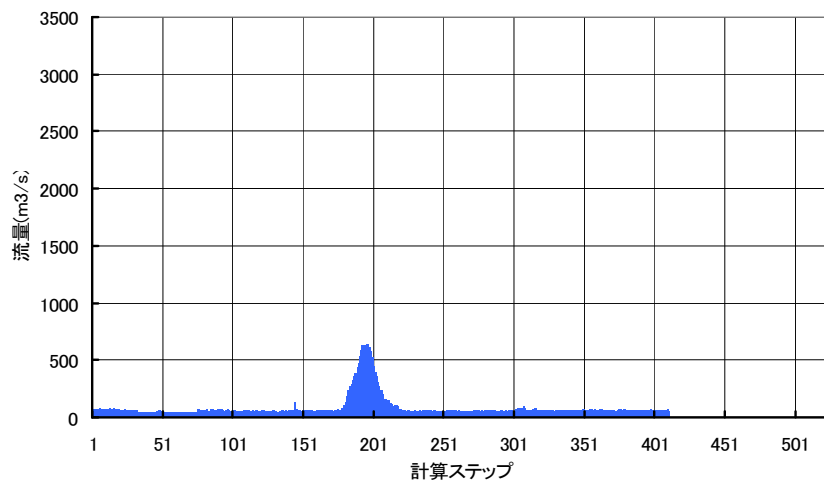


図 3.7.4.15 小規模洪水年（平成9年（1997年））の流量

## 2) 感度分析結果

図 3.7.4.16 と図 3.7.4.17、表 3.7.4.4 に感度分析の結果を示す。図 3.7.4.16 は年流砂量の縦断分布を比較した図であり、図 3.7.4.17 は 0k（河口）、34k（秋ヶ瀬取水堰下流）、44k（計算範囲の上流端）の年通過土砂量を比較した図である。

図 3.7.4.16 より流砂量の縦断分布を見ると全般的に大規模出水、中規模出水、小規模出水の順番で流砂量が多い。また、44k～34k にかけて流砂量は減少する傾向にある。流砂量は 30k 下流でほぼゼロになる傾向にある。以上から、供給された土砂の多くは 30k 付近に堆積することがわかる。粒径別に見ると、細砂は大規模出水、中規模出水で供給され、30k 付近に堆積する。中砂も大規模出水、中規模出水で供給され 30k 付近に堆積する。粗砂と礫も大規模出水、中規模出水で供給されるものの年間流砂量は 20 千  $m^3$ /年以下と少ない。小規模出水では、細砂から礫について供給量が少ないため、河道内に堆積する土砂はほとんど堆積しない。

表 3.7.4.4 より、流砂量を定量的に見ると上流からの土砂は主に大規模出水と中規模出水で供給され、その量は細砂が 150 千  $m^3$ /年～400 千  $m^3$ /年、中砂が 46 千  $m^3$ /年～150 千  $m^3$ /年である。大規模出水の供給土砂量は中規模出水の 2.5～3.0 倍である。一方、海域への供給土砂量（0k の流砂量）は、20 千  $m^3$ /年～0 千  $m^3$ /年であり、供給土砂のほぼ全量が河道内に堆積する。小規模出水では、上流から細砂が 50 千  $m^3$ /年供給されるものの、中砂～礫の供給量は 12 千  $m^3$ /年以下であり、河道内に堆積する土砂量と海域に供給される土砂量は極めて少ない。

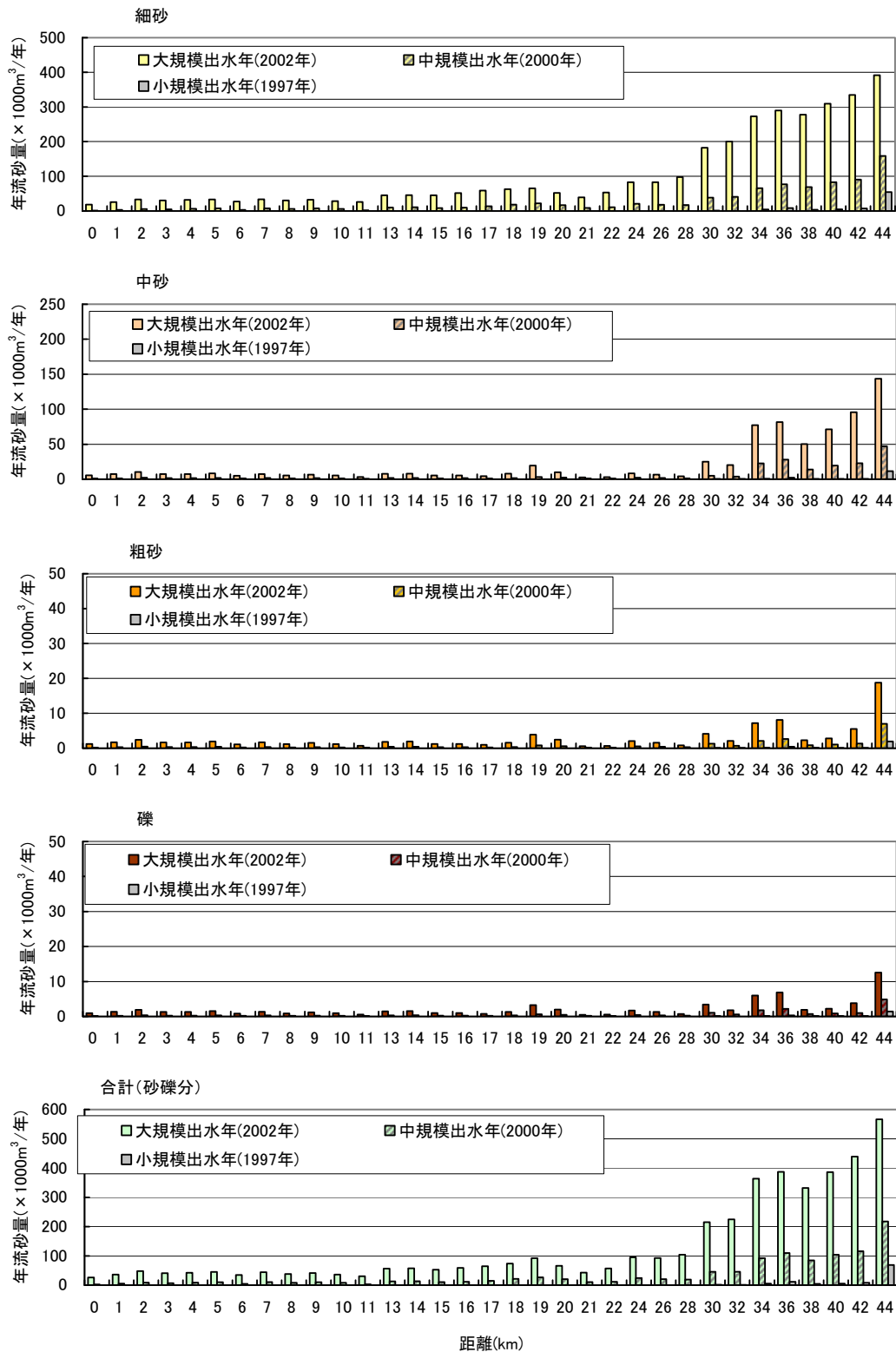


図 3.7.4.16 年流砂量の縦断図

表 3.7.4.4 流砂量の比較

	0kの年流砂量×1000(m <sup>3</sup> /年)				44kの年流砂量×1000(m <sup>3</sup> /年)			
	細砂	中砂	粗砂	礫	細砂	中砂	粗砂	礫
①大規模出水 (2002年)	18.3	5.4	1.2	1.0	391.6	143.5	18.8	12.6
②中規模出水 (2000年)	1.4	0.8	0.2	0.1	158.6	46.9	7.0	4.8
③小規模出水 (1997年)	0.0	0.0	0.0	0.0	54.2	11.4	1.9	1.4
①/②	13.0	7.0	8.0	9.0	2.5	3.1	2.7	2.6

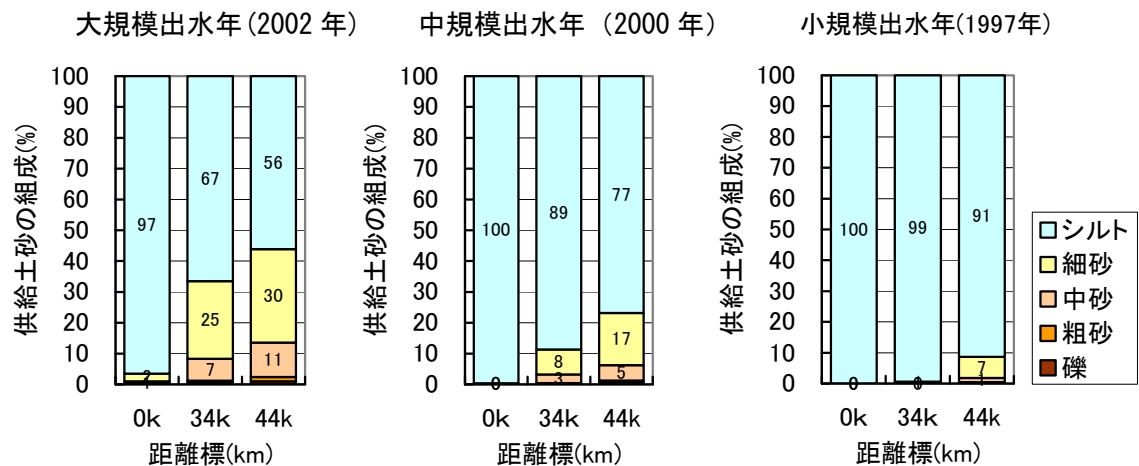
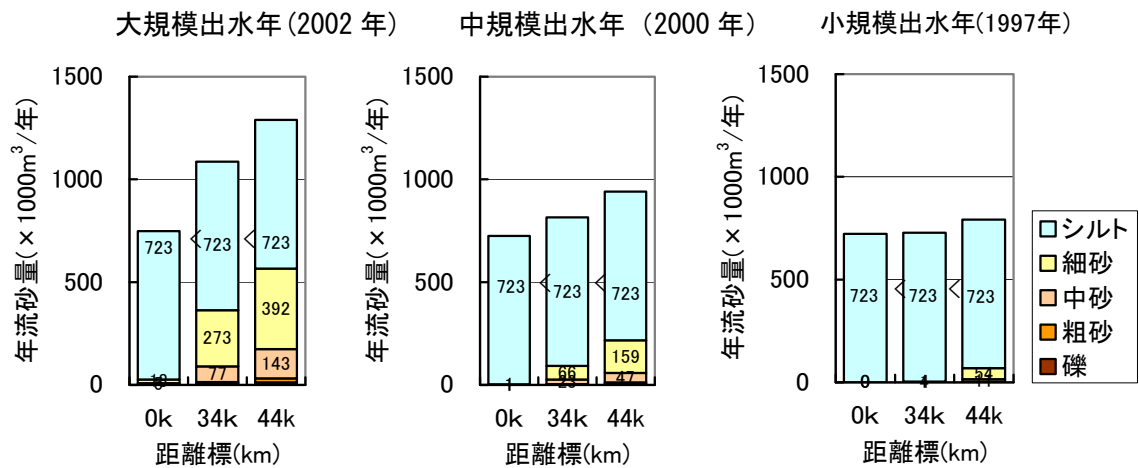


図 3.7.4.17 供給土砂量と構成の変化



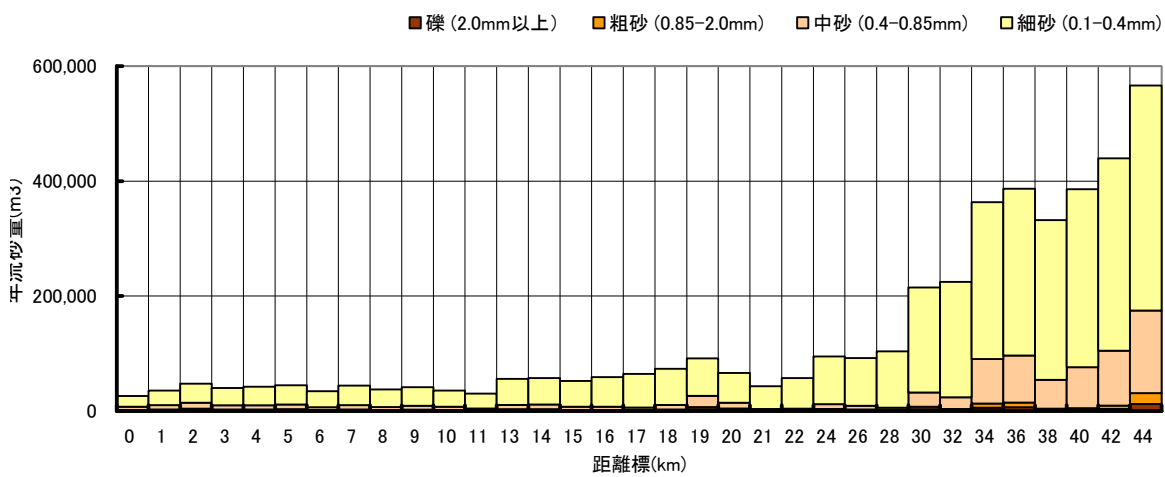
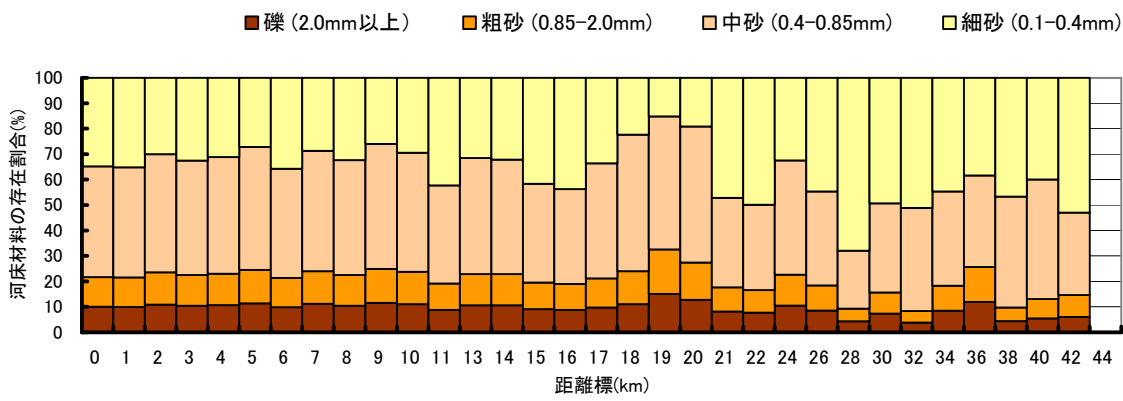
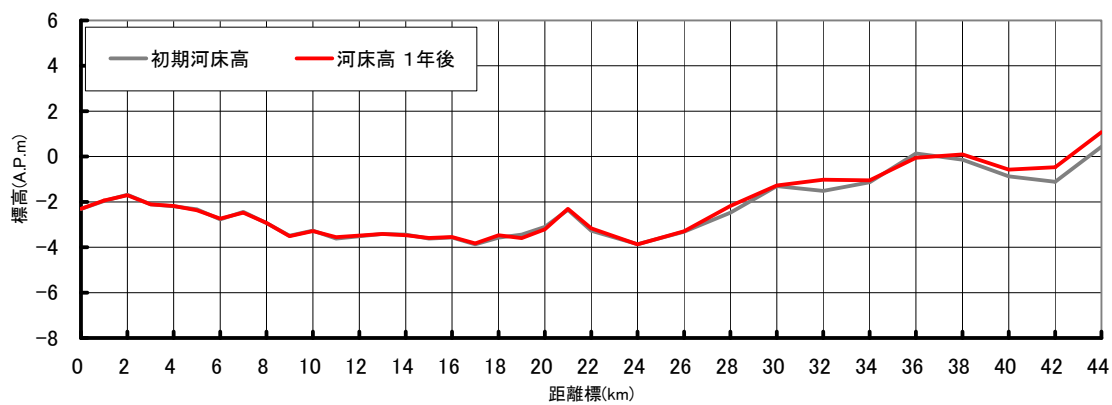


図 3.7.4.18 大規模洪水年（平成14年型（2002年型））における河床変動計算結果

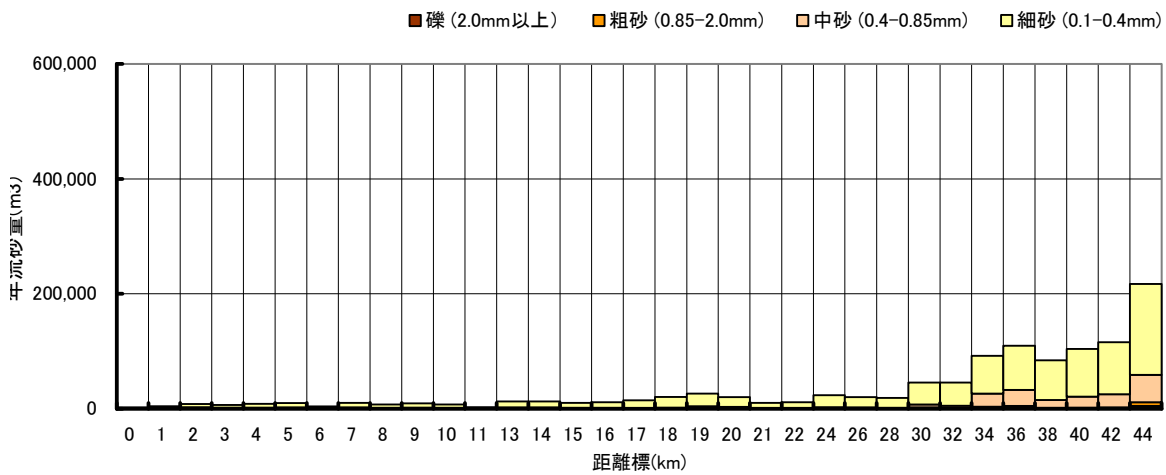
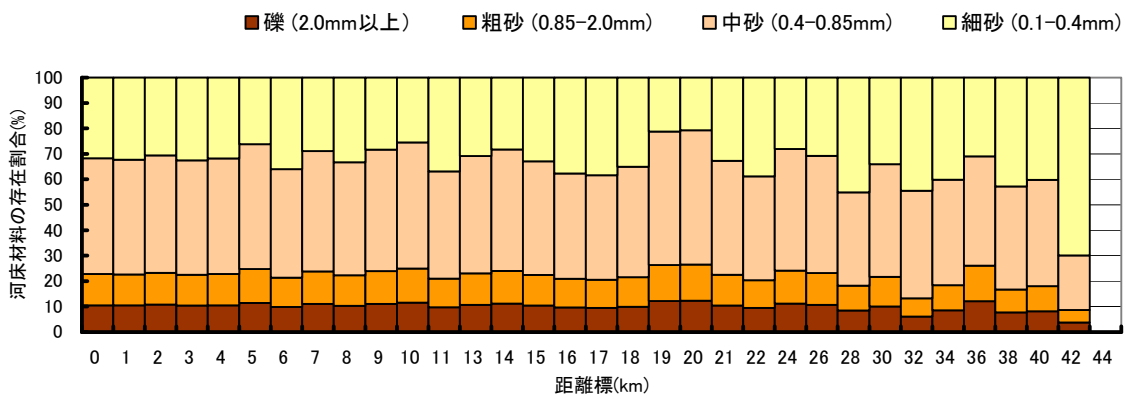
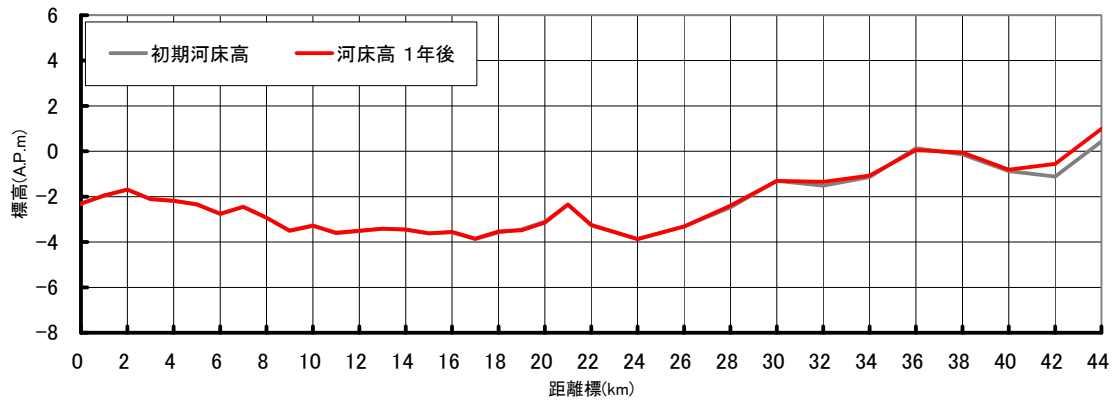


図 3.7.4.19 中規模洪水年（平成10年型（2000年型））における河床変動計算結果

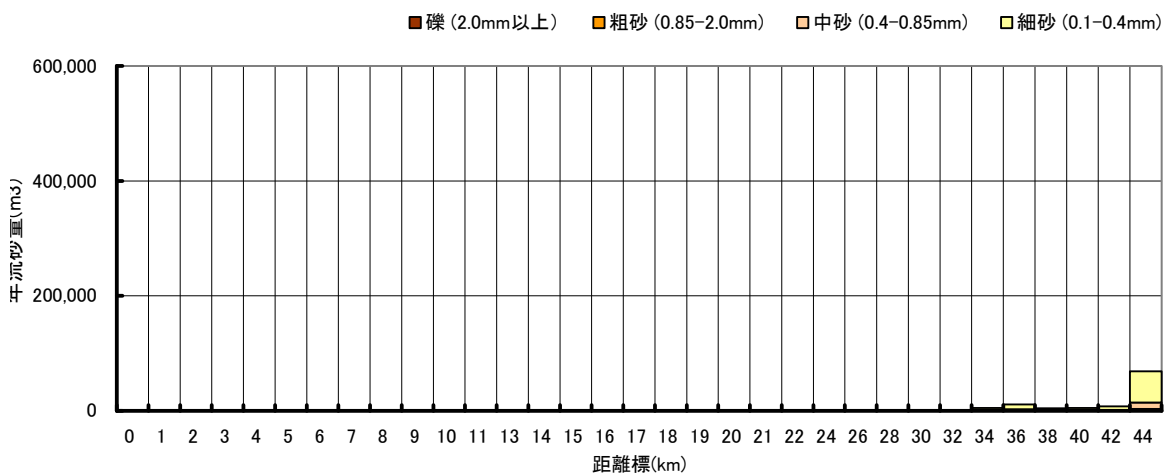
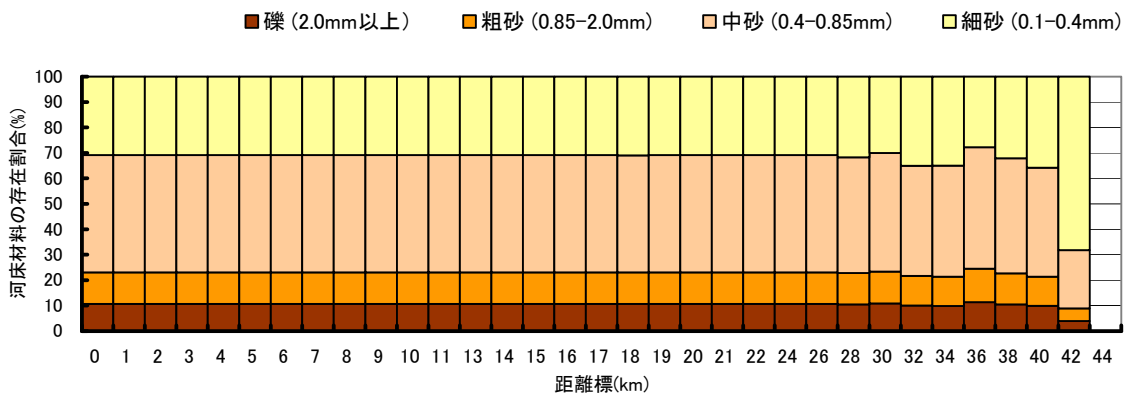
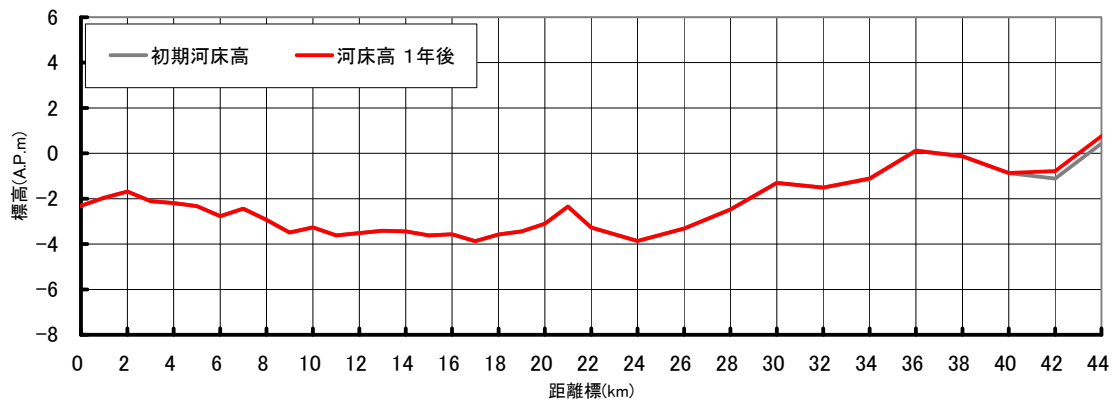


図 3.7.4.20 小規模洪水年（平成9年型（1997年型））における河床変動計算結果

### 3.7.5 荒川からの供給土砂量の経年変化のまとめ

本検討では、東京湾に流入する荒川を対象に、河川から海域へ供給される土砂量の昭和30年代からの経年変化を把握するため、河床高及び河床材の経年変化の把握と、流域からの供給土砂量及び河道内の土量変化について、既存資料に基づいて検討した。

また、掃流砂及び浮遊砂を対象とした河床変動計算を実施し、荒川河口域の河床変動に伴う粒径別土砂の堆積特性の変化を推定した。

**ダム堆砂量・山地面積から見積もられた土砂生産量と、計算結果による供給土砂量の比較**を表 3.7.5.1に示す。計算区間の上流端及び下流端における粒径別の供給土砂量を図 3.7.5.1に、その粒度組成を図3.7.5.2にそれぞれ示す。検討結果の概要を以下に示す。検討結果のとりまとめは表 3.7.5.2に示すとおりである。

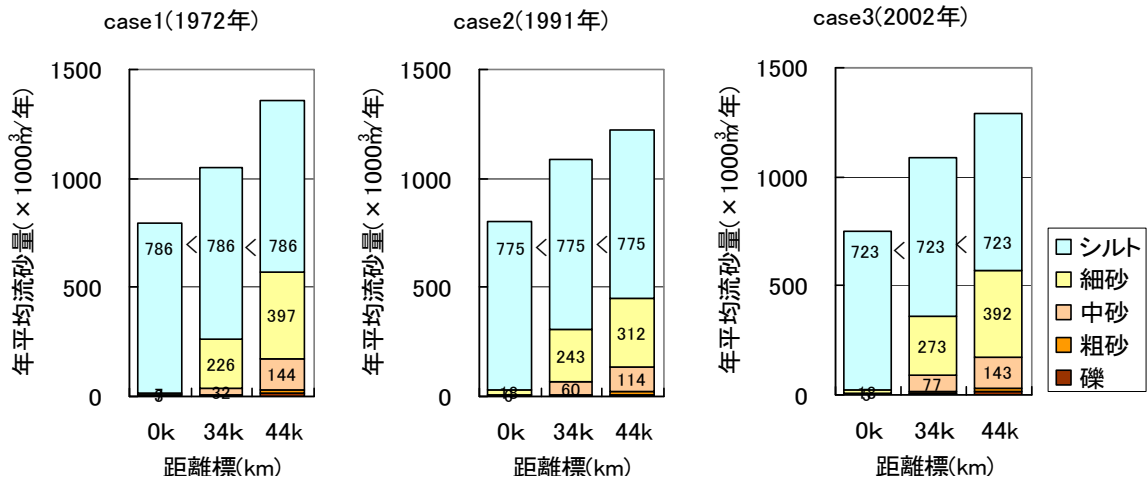
- 荒川について、平均河床高の経年変化を約 10 年間隔で把握したところ、平均河床高は低下傾向であることが分かった（セグメント 3 で、約 55cm/30 年）。下流部では維持浚渫が行われており、これにより河床が低下している可能性が考えられるが、浚渫時期と河床低下時期は必ずしも一致しない。また、無次元掃流力の縦断分布を作成したところ、粗砂分が移動するには 1000m<sup>3</sup>/s 級の出水が必要なことが把握できた。しかし、無次元掃流力は 25.0k~20.0k の区間で急激に低下するため、供給された粗砂成分の多くは 25.0k~20.0k 周辺に堆積するものと考えられる。
- 河床変動計算を実施し、荒川の河床低下に伴う砂礫分輸送量の変化を定量的に評価した。対象河道は 1972 年、1991 年、2002 年である。また、流量データは 2002 年のデータを用いた。なお、河道浚渫量は計算に反映させていない。計算結果から、河口への供給土砂量は各年ともに僅かであり、1972 年当時から中砂、粗砂、礫成分は河口へほとんど供給されていなかったと考えられる。
- これらの結果から、荒川セグメント 3 へ供給される土砂は 20.0k~25.0k 周辺に堆積するため、1972 年当時から海域への砂礫成分の供給量はほとんど絶たれていたと推定できる。
- 24.0k~21.0k にかけて川幅は 150m~275m に広がり、掃流力が低下する。このため、20k~25k 周辺で土砂が堆積する傾向にある。
- セグメント 3 の低水路面積は 9874 千 m<sup>2</sup> である。仮にセグメント 3 の河道内にシルト・粘土が 1cm 堆積した場合、98.74 千 m<sup>3</sup> のシルト・粘土がセグメント 3 の河道に堆積する。これは、荒川流域で 1 年間に生産されるシルト・粘土量 723 千 m<sup>3</sup>/年の凡そ 14% に相当する。実際には、シルト・粘土もセグメント 3 で幾分沈降し、河道内に堆積するため、海域へ供給されるシルト粘土量は 723 千 m<sup>3</sup>/年より少なくなる。セグメント 3 の河道にシルト・粘土が 1cm 堆積した場合、海域へ流出するシルト・粘土量は 13% 減少し、623m<sup>3</sup>/年が海域へ流出すると考えられる。
- 計算結果によれば、おおよそ 30 千 m<sup>3</sup>/年程度の砂礫が海域に供給されているものとなっているが、実際には、荒川下流部の底質組成はシルト粘土が 9 割以上を占めることから、実質的な砂礫の海域への供給量は計算結果より大幅に少ないと考えられる。仮に、海域への供給量が計算結果の 1/10 の 3 千 m<sup>3</sup>/年であったとし、図 3.7.2.12 の検討から土砂の堆積域の面積を 100km<sup>2</sup> とすると、堆積速度は 0.03mm/年となる。すなわち、荒川から供給される砂礫は、東京湾の干潟形成にほとんど寄与しないといえる。

表 3.7.5.1 上流端・河口流砂量の比較

	1972年			1991年			2002年		
	河口	上流端	推定値	河口	上流端	推定値	河口	上流端	推定値
砂礫	11	573	524	28	448	517	25	566	482
シルト粘土	(786) ≦ (786) ≦ 786			(775) ≦ (775) ≦ 775			(723) ≦ (723) ≦ 723		
合計	797	1359	1310	803	1223	1292	748	1364	1205

\* 1) 推定値：ダム堆砂量・山地面積による推定値、単位：千 m<sup>3</sup>/年

\* 2) 実際にシルト・粘土は沈降するため、流砂量は下流に向かって減少する



注) 34k 地点はセグメント 3 とセグメント 2-2 の境界地点であり、44k は入間川合流点である。

図 3.7.5.1 供給土砂量の変化 (荒川)

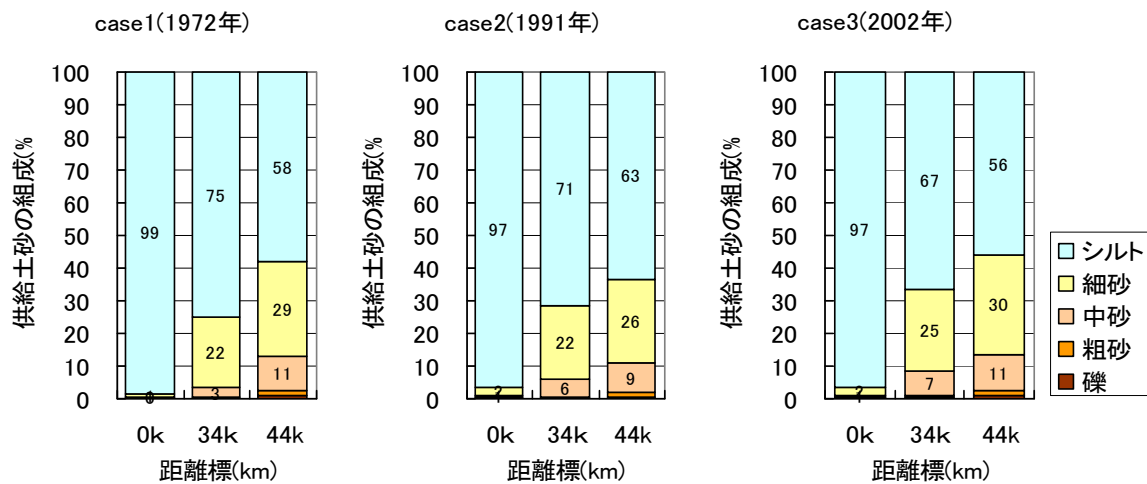


図 3.7.5.2 供給土砂の構成 (荒川)

表 3.7.5.2 供給土砂量の経年変化の検討のまとめ（荒川）

	河床		河川内の 砂利採取	河川内の 浚渫	流域から河川へ の土砂供給	河川から海域 への土砂供給	ハビタットへ の影響
	河床高の変化	河床材の変化					
1955 (S30)	測量データがないため不明		砂利採取による河床低下(採取量不明)		ダム堆砂データがないため、経年変化は不明	砂礫の供給は僅かで、大半は細粒土砂(シルト・粘土)である	
1960 (S35)							
1965 (S40)		測定データがないため不明	(1965) 砂利採取の全面禁止	(1960) 13 ~ 18km 区間で浚渫 (1965) 0 ~ 19km 区間で浚渫 (1966)	●1961年 二瀬ダム竣工 二瀬ダム流域は、荒川水系全流域の約6%、山地面積の約12%		●1961年~ 供給土砂の減少?
1970 (S45)	(1972) 全般的には河床が若干高くなっている。		砂利採取は行われていない。	(1975) 10 ~ 28km 区間で浚渫 (1976)	●1974年 台風16号による大量土砂	(1972) 河川へ供給されたシルト・粘土の8割が海域へ流出	●1974年 大量の土砂供給?
1975 (S50)							
1980 (S55)	(1982) 全般的に河床が低下しており、特に24 ~ 30km、58 ~ 68km区間で大幅	(1980) 幾つかの地点で粗粒化しているが、全般的な傾向は認められない。		(1985)	●1982年 台風10号による大量土砂	(1982) 河床低下から、河川へ供給された土砂量以上の量が海域へ流出	●1982年 大量の土砂供給?
1985 (S60)							
1990 (H2)	(1991) 全般的には河床が若干低下しており、特に48~56km区間で低下				この期間、大規模な河川横断施設の建設がなく、経年的な変化はみられない。	(1991) 河床低下から、河川へ供給された土砂量以上の量が海域へ流出したが、大規模出水がないため前二期間より少ない。 (2002)	(1991) 大規模出水がないことによる土砂供給量の減少 (2002)
1995 (H7)							
2000 (H12)	(2002)	(2004)					

### 3.7.6 荒川河道の遷移

本検討では、建設省（現国土交通省）が行った河道横断測量成果をもとに無次元掃流力を算出した。しかしながら、建設省では1972年から河道横断測量を行っているため、1972年以前の無次元掃流力を把握することは困難である。

1972年以前の土砂流出特性を考察するため、河道の変遷を旧版地形図により把握した。図3.7.6.1～図3.7.6.5は下流部を中心とした5つの区間（0k～10k、10k～20k、20k～30k、30k～40k、40k～50k）について、昭和40年代（1965～1974）、昭和20年代（1945～1954）、大正時代（1912～1926）の3年代の地形図を整理したものである。

これによると、荒川の河道は大正時代から昭和40年代にかけて大きく変化しており、この間に行われた河川事業によって、蛇行していた河道が直線状に変更（ショートカット）され、川幅（低水路幅）は広がる傾向となっていることが確認できる。また、改修工事の竣工時期は荒川下流が1930年、荒川上流が1954年であり、荒川放水路（0k～22k）の整備が概ね済んでいることが大正時代の地形図で確認できるのに対し、これより上流の河道は大きく蛇行しており昭和40年代の河道と異なっていることが分かる。

地形図により把握した大正時代から昭和40年代にかけての川幅の拡大傾向は、掃流力が低下する方向に作用すると考えることができる。一方で、河道のショートカットは、河床勾配が急になり掃流力を増大させる傾向に働くものと考えられる。これらが複合した場合の掃流力に与える影響については、河道横断測量成果を基にした推定ができないため、定量的に評価することはできない。

①大正



②昭和 20 年代



③昭和 40 年代



図 3.7.6.1 荒川河道の変化(その1 : 0k~10k)



①大正



②昭和 20 年代



③昭和 40 年代



図 3.7.6.2 荒川河道の変化(その2 : 10k~20k)

①大正



②昭和 20 年代



③昭和 40 年代

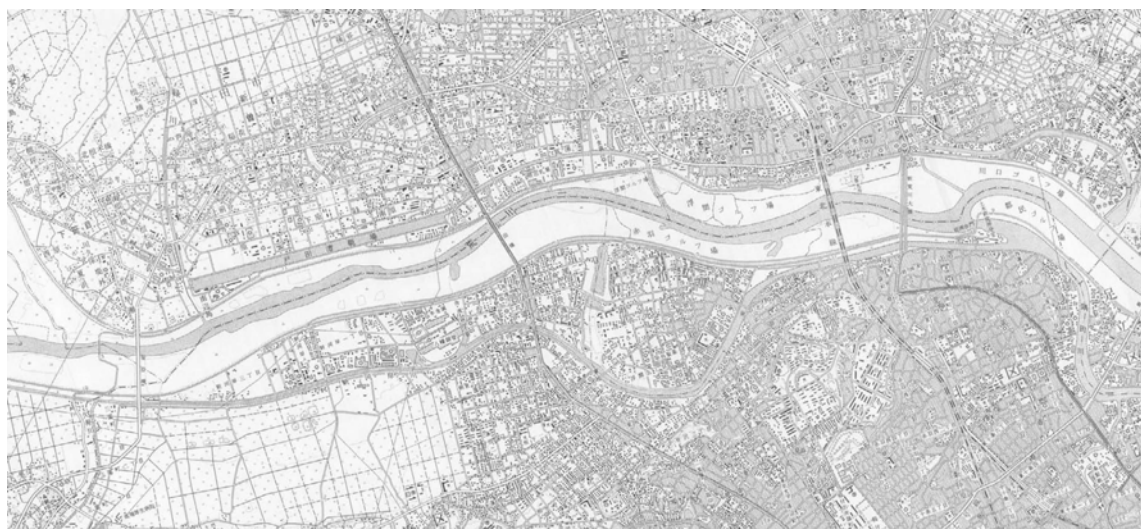


図 3.7.6.3 荒川河道の変化(その3 : 20k~30k)

①大正



②昭和 20 年代



③昭和 40 年代



図 3.7.6.4 荒川河道の変化(その4 : 30k~40k)



①大正



②昭和 20 年代



③昭和 40 年代

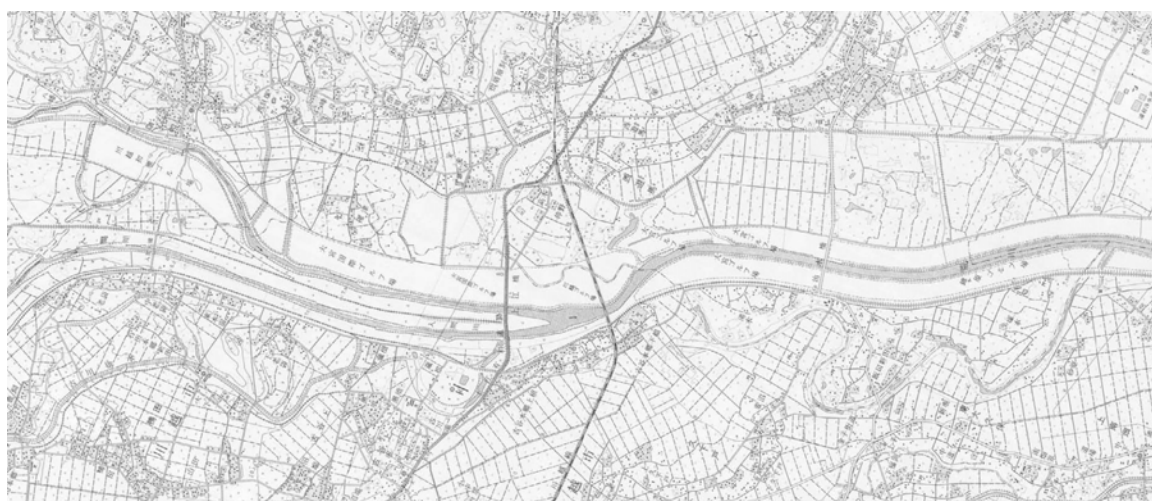


図 3.7.6.5 荒川河道の変化(その 5 : 40k~50k)

### 3.8 豊川における供給土砂量の経年変化

#### 3.8.1 基本データのレビュー

河川事業履歴、浚渫及び砂利採取、横断測量データ、河床材料データ、ダム堆積関連データ等をレビューする。

##### (1) 河川事業履歴

土砂の流下に影響を及ぼすと考えられる河川事業を表 3.8.1.1 に示す。また、豊川の流域面積の一覧を表 3.8.1.2 に、豊川水系の概略図を図 3.8.1.1 に示す。

表 3.8.1.1 土砂の流下に影響を及ぼす主な河川事業

##### 河川横断構造物関係

年	土砂の流下に影響を及ぼす主な河川事業
永禄10 (1567)	松原用水堰完成(現在の牟呂松原頭首工より9.5km下流)
昭和33 (1958)	宇連ダム竣工
昭和36 (1961)	大野頭首工竣工
昭和43 (1968)	牟呂松原頭首工竣工
平成8 (1996)	牟呂松原頭首工改築
平成9 (1997)	寒狭川頭首工竣工
平成13 (2001)	大島ダム竣工

##### 水路関係

年	土砂の流下に影響を及ぼす主な河川事業
明治20 (1887)	牟呂用水開削
昭和18 (1943)	豊川放水路工事着手
昭和40 (1965)	豊川放水路竣工
昭和43 (1968)	豊川用水竣工
昭和63 (1988)	豊川支川間川の改修工事概成

##### 砂利採取

年	土砂の流下に影響を及ぼす主な河川事業
昭和35 (1960) ～現在	昭和35年度(1960年度)以降、大規模な土砂採取があったが、その後は年々採取量が減少している。(<「流域土砂調査」中に、昭和35(1960)～昭和55(1980)年度の砂利採取量累積値の記載がある。年別の採取実績が把握されているのは、昭和41年度(1966年度)以降。>)

出典:「母なる豊川 流れの軌跡」「ダム年鑑」「流域土砂調査(中部地方建設局)」

表 3.8.1.2 豊川の流域面積一覧

河川名	流域面積 km <sup>2</sup>	面積比 %	山地面積 km <sup>2</sup>	着手年	竣工年
豊川水系	724.	76.2	551.7		
ダム名	流域面積 km <sup>2</sup>	面積比 %	山地面積 km <sup>2</sup>	着手年	竣工年
宇連ダム	28.3	3.9		昭和24(1949)	昭和33(1958)
大島ダム	18.4	2.5		平成元(1989)	平成13(2001)

出典:「豊川流域図」、「ダム年鑑」、「国土数値情報」

※ ダムの流域面積には上流に存在するダムの流域分も含まれる

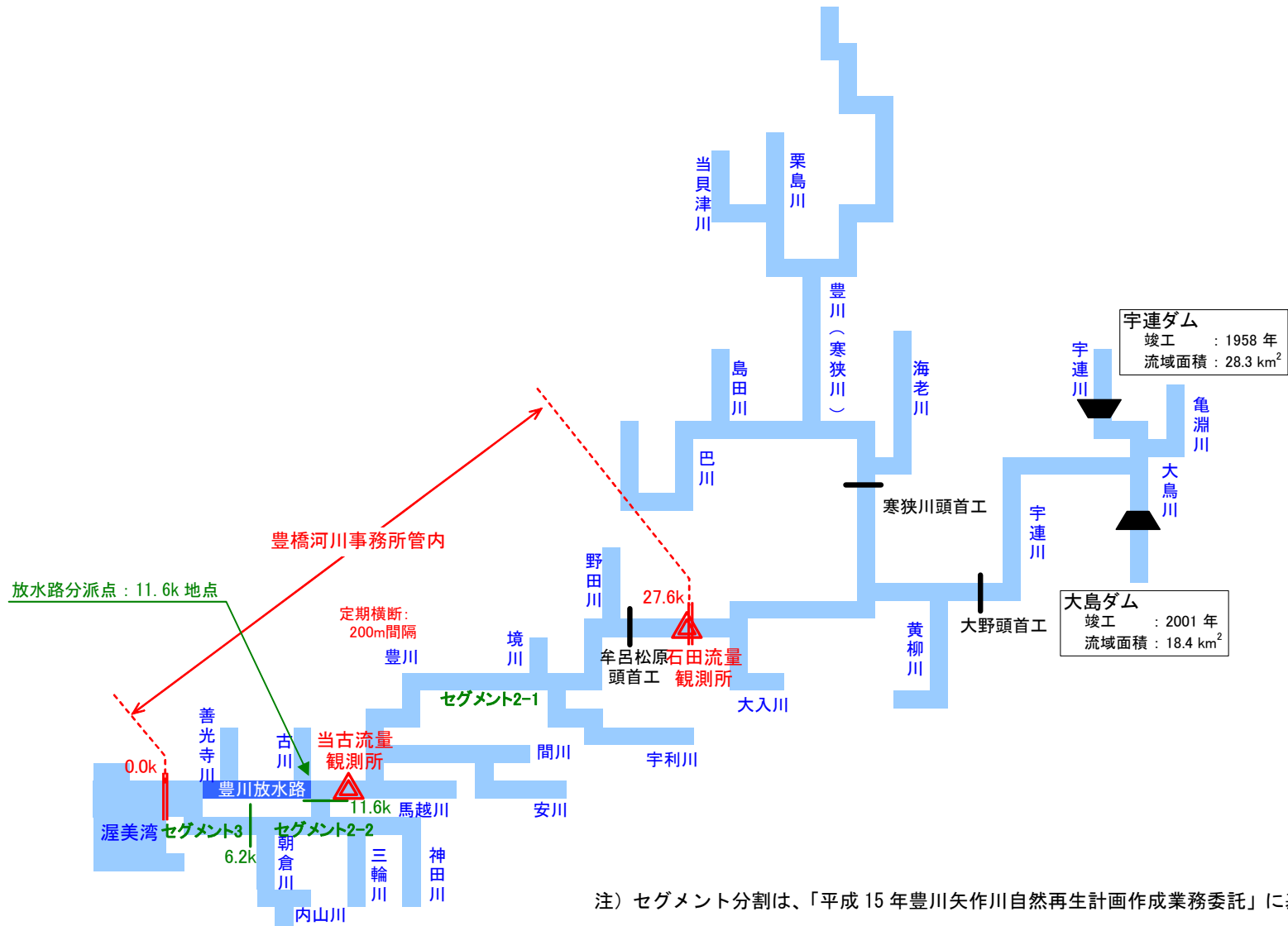


図 3.8.1.1 豊川水系の概略図

(2) 浚渫及び砂利採取

豊川では、浚渫量に関する既存資料は得られていない。

砂利採取については、豊川本川における昭和41年度以降の砂利採取等の採取実態として「豊川砂利採取量の統計」（豊橋河川事務所資料）に実績が整理されており、その推移を図 3.8.1.2 に示す。

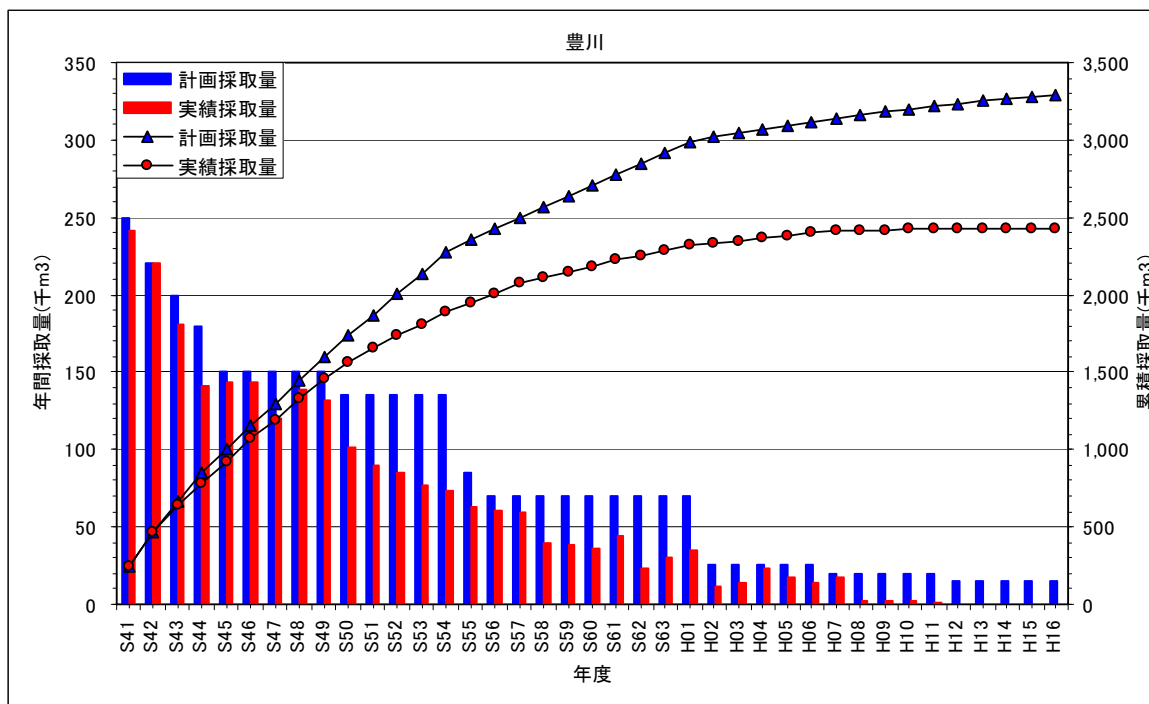


図 3.8.1.2 豊川本川における砂利採取量の推移

表 3.8.1.3 豊川本川砂利採取量の統計

単位:千m<sup>3</sup>

項目	年度	計画採取量		実績採取量	
		年間	累積	年間	累積
第一次特定採取計画	S41	250	250	241	241
	S42	220	470	220	461
	S43	200	670	181	642
	S44	180	850	141	783
第二次特定採取計画	S45	150	1,000	143	926
	S46	150	1,150	143	1,069
	S47	150	1,300	120	1,189
	S48	150	1,450	139	1,328
第三次特定採取計画	S49	150	1,600	132	1,460
	S50	135	1,735	102	1,562
	S51	135	1,870	90	1,652
	S52	135	2,005	85	1,737
第四次特定採取計画	S53	135	2,140	77	1,814
	S54	135	2,275	74	1,888
	S55	85	2,360	63	1,951
	S56	70	2,430	61	2,012
第五次特定採取計画	S57	70	2,500	60	2,072
	S58	70	2,570	40	2,112
	S59	70	2,640	39	2,151
	S60	70	2,710	36	2,187
第六次特定採取計画	S61	70	2,780	44	2,231
	S62	70	2,850	23	2,254
	S63	70	2,920	30	2,284
	H01	70	2,990	35	2,319
第七次特定採取計画	H02	26	3,016	12	2,331
	H03	26	3,042	14	2,345
	H04	26	3,068	23	2,368
	H05	26	3,094	17	2,385
第八次特定採取計画	H06	26	3,120	14	2,399
	H07	20	3,140	17	2,416
	H08	20	3,160	2	2,418
	H09	20	3,180	2	2,420
第九次特定採取計画	H10	20	3,200	2	2,422
	H11	20	3,220	1	2,423
	H12	15	3,235	0	2,423
	H13	15	3,250	0	2,423
第十次特定採取計画	H14	15	3,265	0	2,423
	H15	15	3,280	0	2,423
	H16	15	3,295	0	2,423

注)平成6年度に規制計画を追加した間川及び豊川放水路、平成4年に直轄編入した豊川本川(寒狭川)及び海老川については、過去の採取実績はない。

(3) 横断測量データ

収集した横断測量データを表 3.8.1.4に、石田(27.6k)における年最大流量の経年変化を図 3.8.1.3に示す。なお、以下の解析においては、測量年度を測量年と表記する。また、豊川放水路竣工以前の横断測量データは得られなかった。

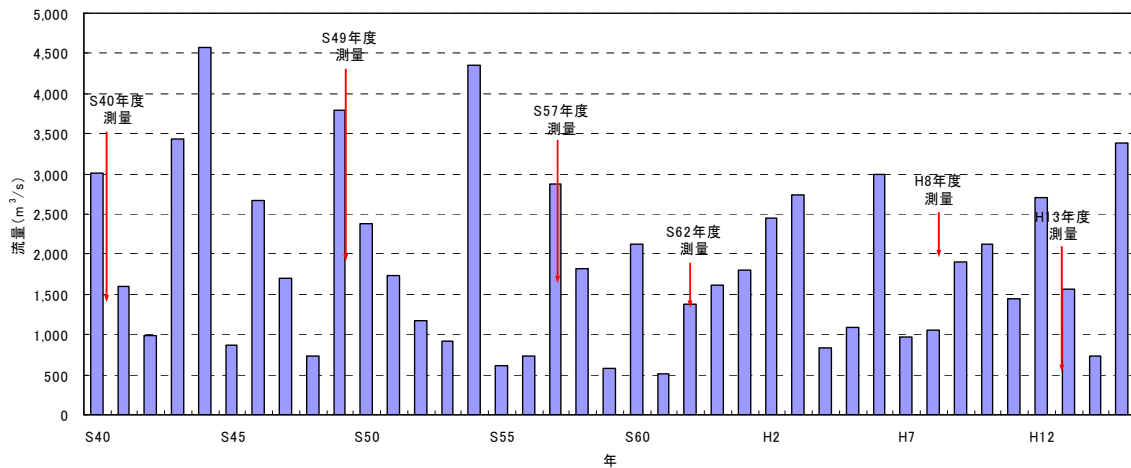


表 3.8.1.4 豊川本川の定期横断測量取得状況

測量年度	測量年月	横断データ	石田 年最大流量 (m <sup>3</sup> /s)	ダム等建設	備考
S30 (1955)					
S31 (1956)					
S32 (1957)					
S33 (1958)				宇連ダム竣工	
S34 (1959)					
S35 (1960)					
S36 (1961)				大野頭首工竣工	
S37 (1962)					
S38 (1963)					
S39 (1964)					
S40 (1965)	S40.12~S41.1	●	3,006 (S40.9)	豊川放水路竣工	
S41 (1966)	S41.11~12	●	1,591		
S42 (1967)	S43.1~2	●	994		
S43 (1968)	S44.1~2	●	3,430	牟呂松原頭首工、豊川用水竣工	
S44 (1969)	S45.2	●	4,569		
S45 (1970)	S46.1~3	●	872		
S46 (1971)	S47.2~3	●	2,663		
S47 (1972)	S47.11~12	●	1,701		
S48 (1973)	S49.1~2	●	729		
S49 (1974)	S49.12	●	3,785 (S49.7)		
S50 (1975)	S50.12	●	2,381		
S51 (1976)	S51.12	●	1,730		
S52 (1977)	S52.11~12	●	1,171		
S53 (1978)	S53.10~11	●	926		
S54 (1979)	S54.12~S55.2	●	4,357		
S55 (1980)	S55.12~S56.2	●	618		
S56 (1981)	-		724		
S57 (1982)	S57.11~12	●	2,879 (S57.8)		
S58 (1983)	S58.11~S59.1	●	1,822		
S59 (1984)	S59.11~S60.2	●	572		
S60 (1985)	S61.2	●	2,119		
S61 (1986)	-		503		
S62 (1987)	S62.11~12	●	1,375 (S62.5)		
S63 (1988)			1,610	豊川支川間川の改修工事概成	
H1 (1989)			1,811		
H2 (1990)	H2.12	●	2,451		
H3 (1991)			2,736		
H4 (1992)			834		
H5 (1993)			1,088		
H6 (1994)			2,997		
H7 (1995)			967		
H8 (1996)	H9.6~7	●	1,061 (H8.7)	牟呂松原頭首工改築	
H9 (1997)			1,911 (H9.6)	寒狭川頭首工竣工	
H10 (1998)			2,120		
H11 (1999)			1,451		
H12 (2000)			2,701		
H13 (2001)	H13.11~H14.2	●	1,563 (H13.8)	大島ダム竣工	
H14 (2002)			729		
H15 (2003)			3,388		
H16 (2004)					

■ 解析年次

注)年最大流量: 当年の時間流量の中で最大の値



注) 年最大流量とは当年の時間流量の中で最大の値

図 3.8.1.3 石田 (27.6k) の年最大流量 (昭和40～平成15年)

#### (4) 河床材料データ

本業務で収集した河床材料データは以下のとおりである。

- ・昭和 32 年度 豊川河床材料調査成果(昭和 32 年 8 月調査)
- ・昭和 34 年度 豊川河床材料調査成果(昭和 35 年 1～2 月調査)
- ・昭和 59 年度 豊川本川及び豊川放水路河床材料調査 報告書(昭和 59 年 6～7 月調査)
- ・平成 9 年度 豊川河床材料調査業務委託 報告書(平成 10 年 3 月調査)
- ・平成 10 年度 豊川河床材料調査業務委託 報告書(平成 10 年 5～6 月調査)
- ・平成 16 年度 河川を軸とした底質移動による良好な生態系の保全施策に関する検討調査報告書(平成 17 年 1 月調査)
- ・国土交通省豊橋河川事務所貸与資料 (平成 17 年 9 月調査)

各調査における調査年度及び調査地点を図 3.8.1.4 に示す。

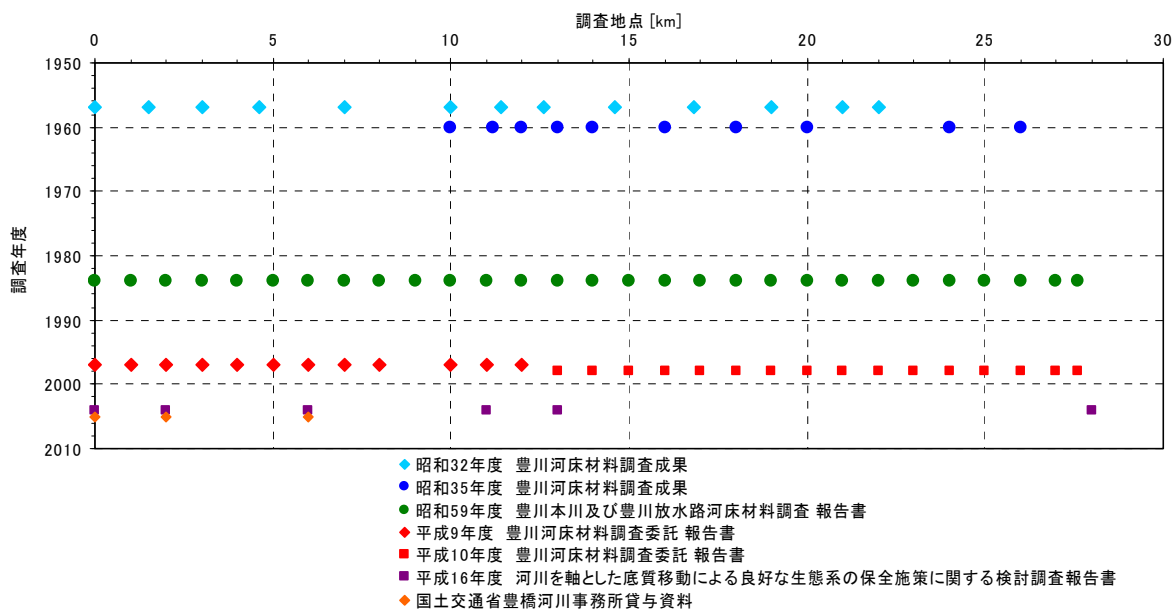


図 3.8.1.4 各河床材料調査の調査年度及び調査地点

(5) ダム堆砂関連データ

1) ダム流域面積の経年変化

1958年(昭和33年)に宇連ダムが竣工し、山地面積の約5%がダム流域となった。その後、2001年(平成13年)に大島ダムが竣工し、現在は山地面積の約8%がダム流域で占められている。

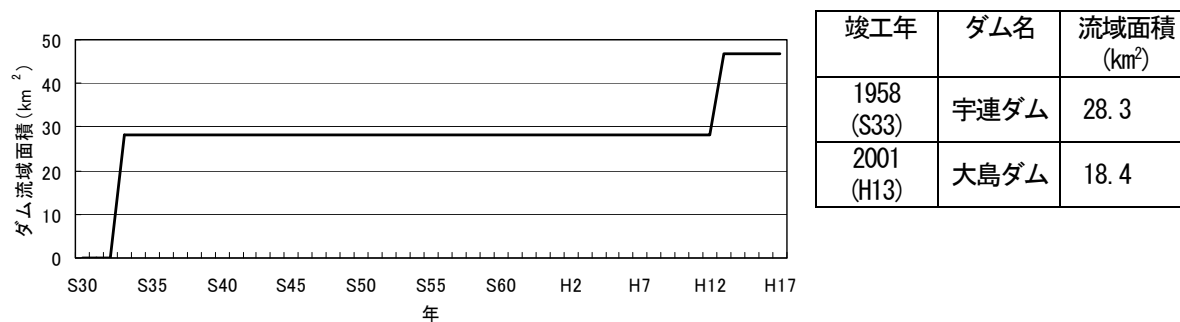


図 3.8.1.5 豊川流域のダム流域面積の経年変化

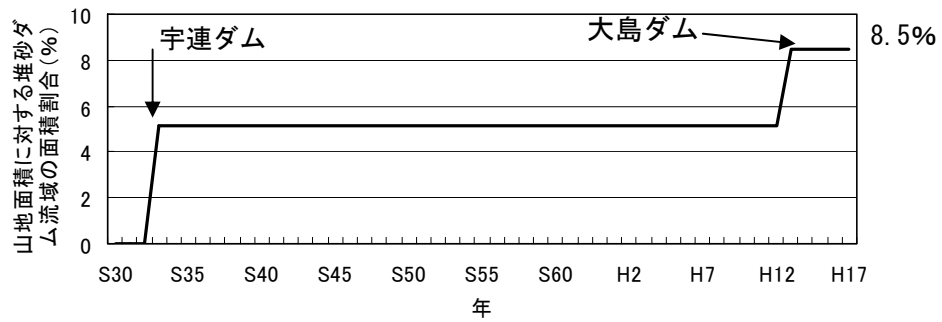
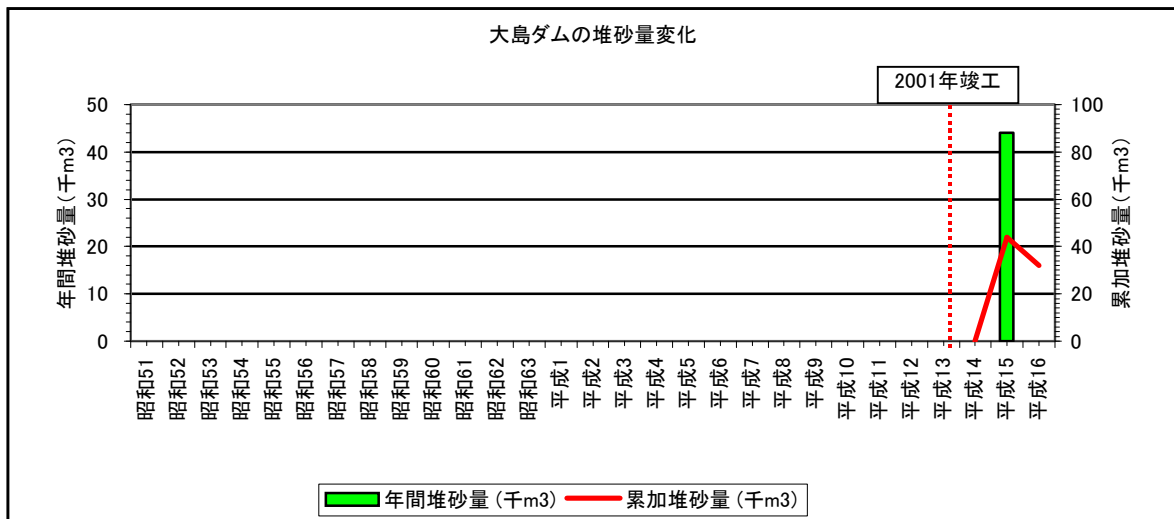
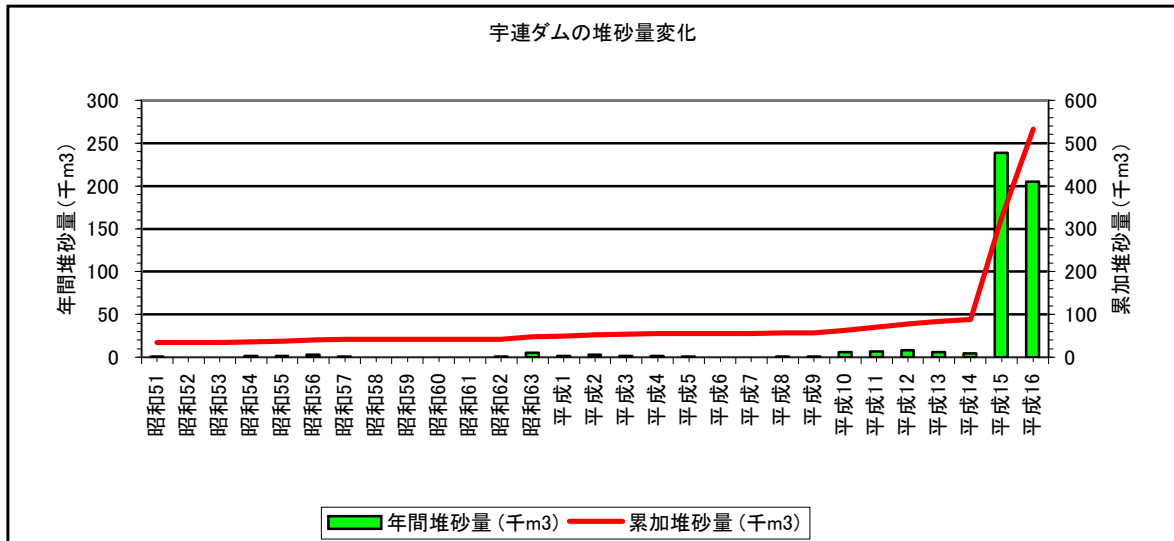


図 3.8.1.6 堆砂ダム流域の面積割合の経年変化

2) ダム堆砂データ

宇連ダムでは、平成 15 年と平成 16 年に多量の土砂が堆積している結果となっている。水資源機構にヒアリングを行った結果、この 2 ヶ年の堆砂量の大きな変化についての見解は以下のとおりである。

- 宇連ダムでは、年堆砂量の測定を平成 14 年までは重錘法で、平成 15 年以降は音響測深機で実施している。
- 平成 15・16 年が豊水年であったため、出水による影響も考えられる。



注：宇連ダムでの堆砂量を求めるための調査は、平成14年までは重錘法で、平成15年以降は音響測深機で実施

図 3.8.1.7 豊川水系のダム堆砂状況

[参考]

平成 15 年については、台風 10 号による出水があり、例年と比べると多いことが想定される。また、平成 15 年は、大島ダムにおいても大量の土砂が堆積している（図 3.8.1.7）。ただし、平成 16 年の大島ダムの堆砂量は負の値となっており、平成 15 年の値が過剰である可能性を示している。

一方で、宇連ダムの昭和 51 年から平成 14 年までの堆砂量の平均値は  $2\text{m}^3/\text{年}$  と極めて少ない値となっている。単位流域面積当たりで土砂生産量としてみると、宇連ダムの昭和 51 年から平成 14 年までの土砂生産量は、矢作川の矢作ダムや荒川の二瀬ダムと概ね一致する。



出典：豊橋河川事務所ホームページ

写真 3.8.1 豊川における平成15年8月9日 台風10号による豊川の出水状況

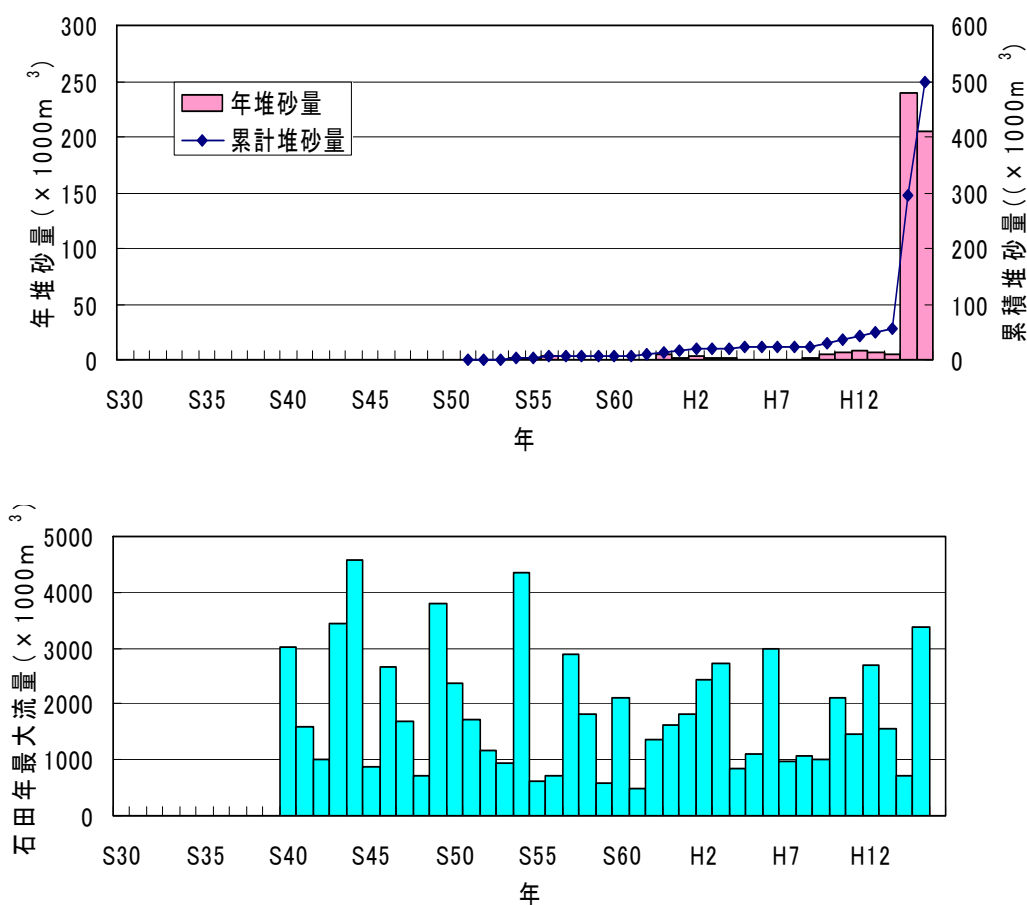
表 3.8.1.5 集計の違いによる年堆砂量、単位面積当たりの土砂生産量の比較

河川	ダム	流域面積 ( $\text{km}^2$ )	集計年	年堆砂量 ( $\text{千 m}^3/\text{年}$ )	単位流域面積当たりの土砂生産量 ( $\text{千 m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ )
豊川	宇連ダム	28.3	H15 年	238.7	8.44
			H16 年	204.9	7.24
			S51-H14 年	2.0	0.07
			S51-H16 年	17.2	0.61
大島ダム	18.4	H16 年	44.0	2.39	
		H16 年	-12.0	—	
矢作川	矢作ダム	504.5	S51-H13 年	298.1	0.59
荒川	二瀬ダム	97.1	S38-H16 年	100.2	1.03

注：二瀬ダムの流域面積は大洞ダム流域面積を含まず。

### 3) ダム堆砂量と出水との関係

宇連ダムでは、平成 15 年と平成 16 年に多量の土砂が堆積しており、河川流量（流域雨量）との関係はみいだせない。



注) 年最大流量とは当年の時間流量の中で最大の値

図 3.8.1.8 宇連ダムの堆砂量及び豊川の年最大流量（石田観測所、27.6km地点）

### 4) ダム堆積土砂の組成

宇連ダム貯水池（鳳来湖）に関して、ダム本体内の堆積土砂の粒径分布及び累積堆積土砂量のデータを収集し、ダム貯水池内の粒径別土砂量の推定を行った。底質組成を表 3.8.1.6 上段に、平成 16 年度末時点の宇連ダムの全堆積土砂量から、粒径別土砂量を推定した結果を表 3.8.1.6 下段に示す。調査は、鳳来湖湖心で行われたもので、湖心においては、堆積物の大半がシルト粘土分で占められている。

表 3.8.1.6 宇連ダム貯水池（鳳来湖）における粒径別堆積土砂量

項目	粒径区分					合計
	礫	粗砂	中砂	細砂	シルト粘土	
堆積土砂の組成(%)	2.4	0.9	1.5	1.5	93.7	100.0
粒径別堆積土砂量(m <sup>3</sup> )	12,777	4,791	7,985	7,985	498,821	532,360

※ 宇連ダム(鳳来湖)堆積土砂の組成は、「河川を軸とした底質移動による良好な生態系の保全施策に関する検討調査報告書」で2005年1月7日に実施したものである。

※ 宇連ダム(鳳来湖)堆積土砂量の合計値には、平成16年度までの堆積土砂量を用いた。

5) 山地からの供給土砂量の推定

宇連ダムの堆砂特性が豊川流域の土砂生産を代表していると仮定し、宇連ダムの比堆砂量の経年変化から山地からの供給土砂量を推定した結果を図 3.8.1.9 に示す。山地からの供給土砂量の昭和 51 年～平成 16 年の平均は 308 千m<sup>3</sup>/年となった。

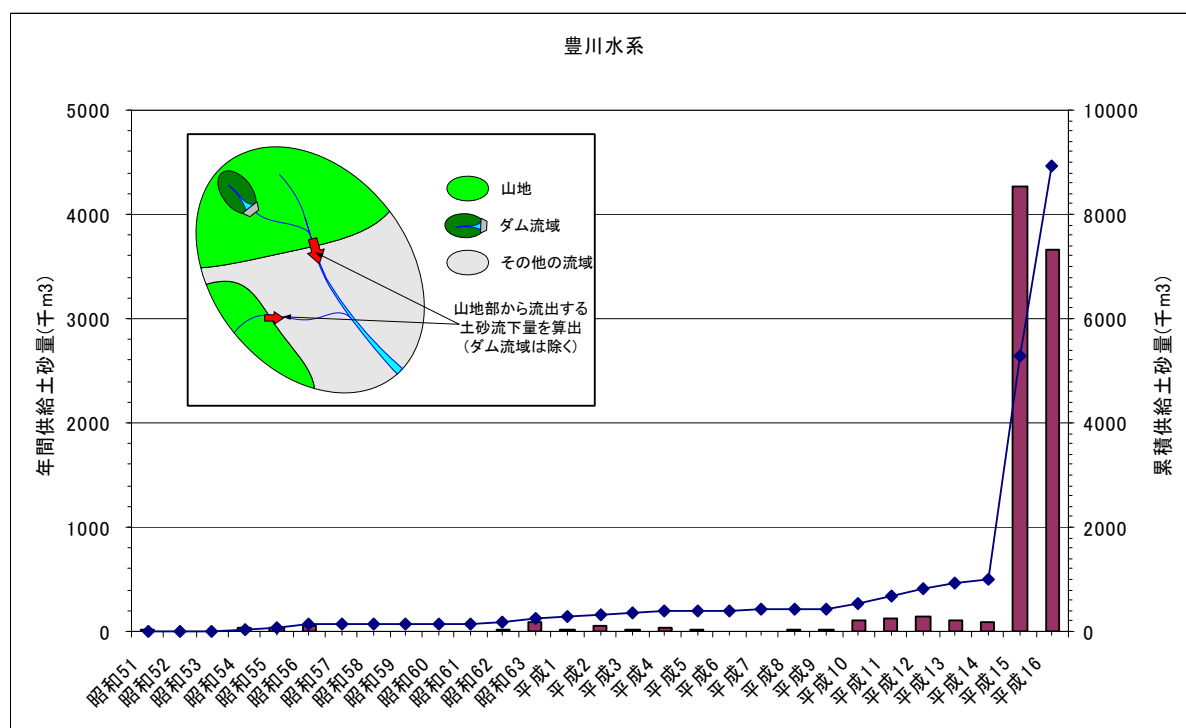


図 3.8.1.9 山地からの供給土砂量の経年変化

6) 河口からのシルト・粘土分の供給土砂量の推定

・推定方法

流域から海域へ供給される細粒土砂（シルト・粘土）の経年変化を以下の仮定のもとに解析した。細粒土砂の土砂動態イメージ（仮定）は図 3.8.1.10 に示すとおりである。



- (a) ダム上流域の山地から流出した土砂が全量ダムに流入する。
- (b) ダムに流入した土砂は全量が堆積する。
- (c) 細粒土砂は土砂の6割を占める。
- (d) 山地の単位面積あたりの流出土砂は、地域によらず一定である。
- (e) (a)～(d)の仮定から、流出土砂量式の定数Kを設定する。  
 $q_s=KA$ 、 $q_s$ :年平均比流出土砂量 ( $m^3/km^2/年$ )、 $K$ :定数 ( $m^3/km^4/年$ )、 $A$ :流域面積 ( $km^2$ )。
- (f) 山地面積、山地からの流出特性は、経年的変化が生じていない。
- (g) (e)の流出土砂量式により、ダム流域以外の山地からの流出土砂量を算出し、その6割が細粒土砂(シルト・粘土)とする。細粒土砂は河道内ではウォッシュロードとして移動すると考えられることから、河道内では捕捉されず、全量が海域に到達する。

表 3.8.1.7 流出土砂量式の定数を設定するダム

流域			代表ダム		
名称	流域面積 ( $km^2$ )	山地面積 ( $km^2$ )	名称	流域面積 ( $km^2$ )	堆砂データ取得年
豊川	724.	551.7	宇連ダム	28.3	1976年(昭和51年)～

注) 宇連ダムは1958年(昭和33年)竣工

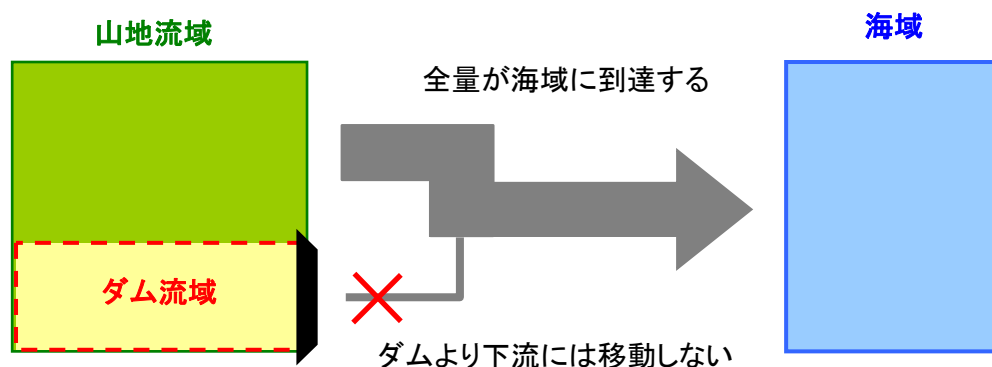
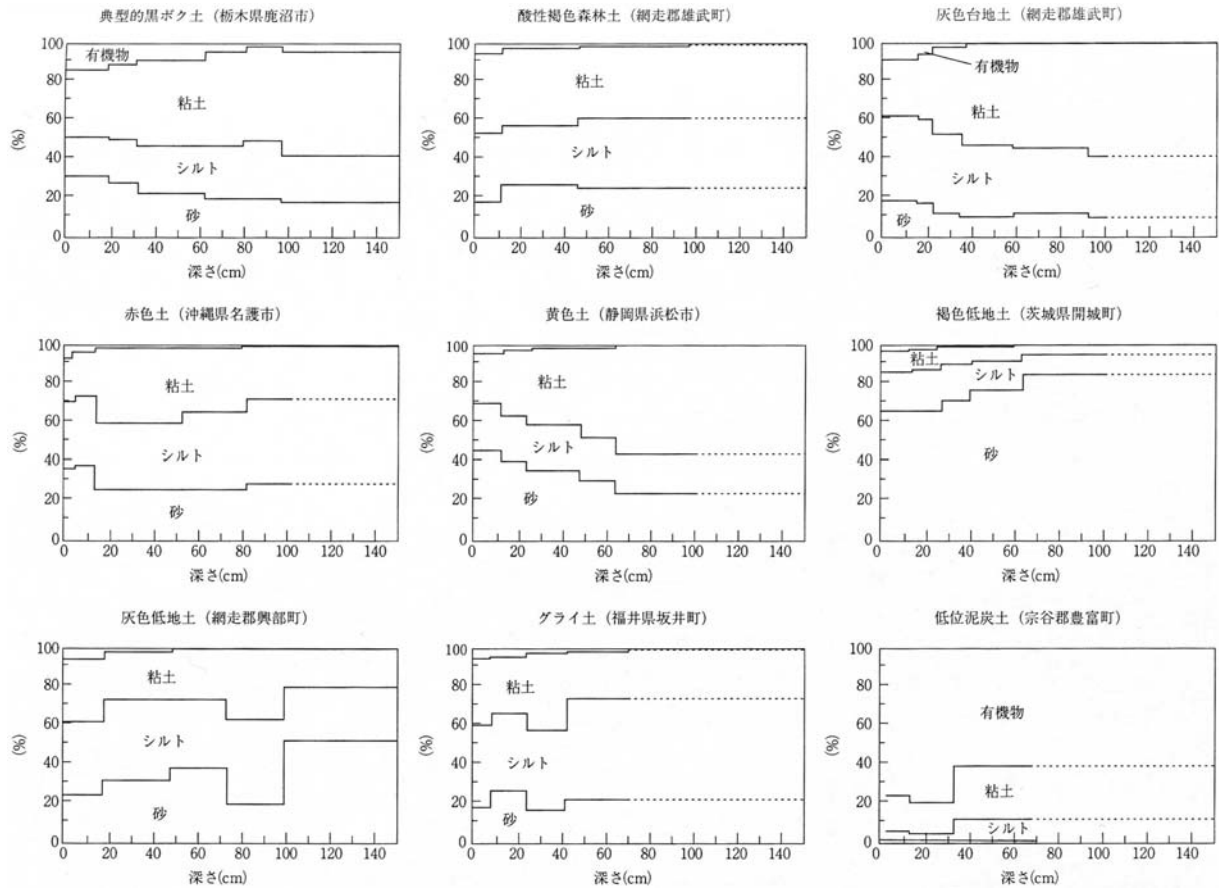


図 3.8.1.10 細粒土砂(シルト・粘土分)の土砂動態イメージ(仮定)



出典：土の環境圏（株式会社フジテクノシステム、1997年）

図 3.8.1.11 日本の代表的土壌の有機物含有量と粒径組成

・土砂生産量

宇連ダムの堆砂状況から、次式に基づき豊川流域の土砂生産量を算定した。また、先に述べたとおり、流出土砂量に占める細粒土砂の割合は6割と仮定する。なお、宇連ダムの堆砂状況から経年的な検討はせず、期間平均値で検討することとする。

$$\text{豊川流域の土砂生産量} = \text{宇連ダムの堆砂量} / \text{宇連ダム流域面積} \times \text{豊川流域山地面積}$$

(↑ 498.6 千 m<sup>3</sup>/29年)      (↑ 28.3 km<sup>2</sup>)      (↑ 551.7km<sup>2</sup>)

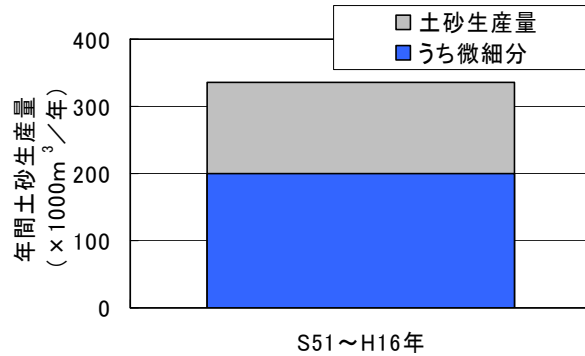


図 3.8.1.12 豊川流域の年間土砂生産量 (期間平均値)

・細粒土砂の海域への供給量とダム堆積量

豊川流域では、年間約 200 千 m<sup>3</sup> の細粒土砂が生産されている。ダムがなかった 1957 年 (昭和 32 年) 以前は、その全量が海域へと供給されていたと考えられる。宇連ダム竣工 (1958 年、昭和 33 年) 以降は 5%程度がダムに堆積し、大島ダムが竣工した 2001 年 (平成 13 年) 以降は 1 割程度がダムに堆積していると考えられる。

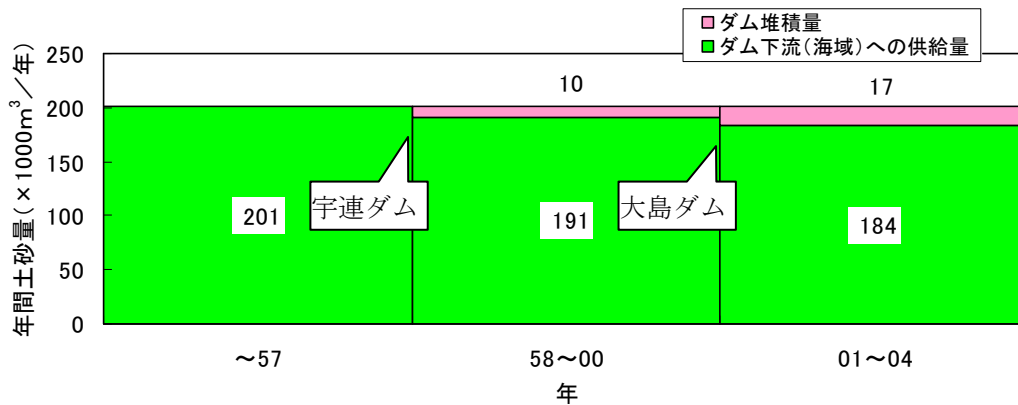


図 3.8.1.13 細粒土砂のダム堆積量とダム下流 (海域) への供給量の経年変化

3.8.2 河床高の経年変化

(1) 平均河床高の設定

豊橋河川事務所提供の低水路平均河床高 (以下、平均河床高という)・低水路幅(1k 間隔)を使用したケース 1 と、0.2km 間隔で設定したケース 2 の 2 つのケースを設定した。

1) 1km間隔（ケース1）

昭和49年、昭和57年、昭和62年、平成8年及び平成13年については、豊川本川低水路部の平均河床高(1k間隔)を入手できたため、これを利用した。昭和40年については、紙媒体の横断測量図のみが入手できたため、昭和49年の定期横断測量成果における低水路の位置を基準として、低水路河床高（1k間隔）を設定した。

（計：昭和40年、昭和49年、昭和57年、昭和62年、平成8年、平成13年の6年）

2) 0.2km間隔（ケース2）

河床変動計算区間(0～11k、豊川放水路分派点下流)を対象に、豊川本川0.2k間隔の横断測量図を用いて河道条件（低水路幅、平均河床高）を再設定した。なお、対象年は昭和40年、昭和62年、平成8年及び平成13年である。

1k間隔（ケース1）との平均河床高の比較を図3.8.2.1に示す。1k間隔の平均河床高との違いは最大1.0mとなっている。

（計：昭和40年、昭和62年、平成8年、平成13年の4年）

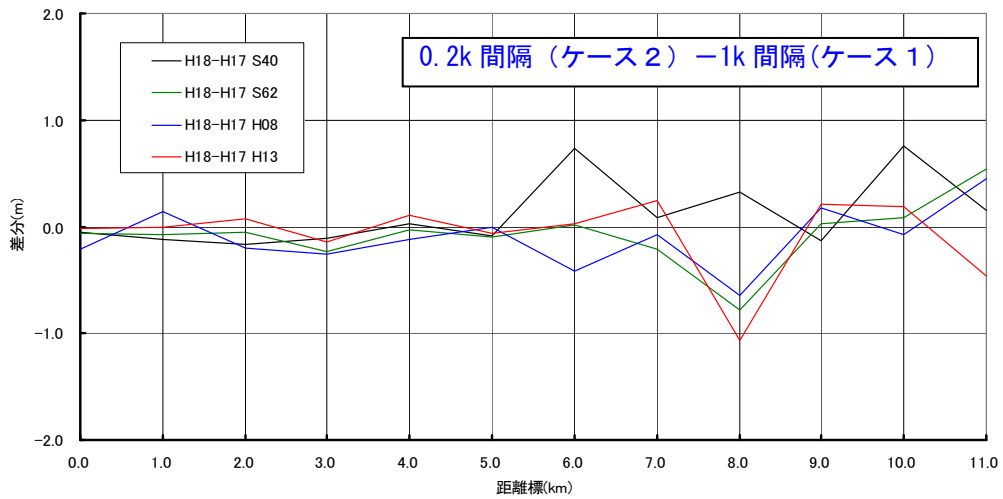
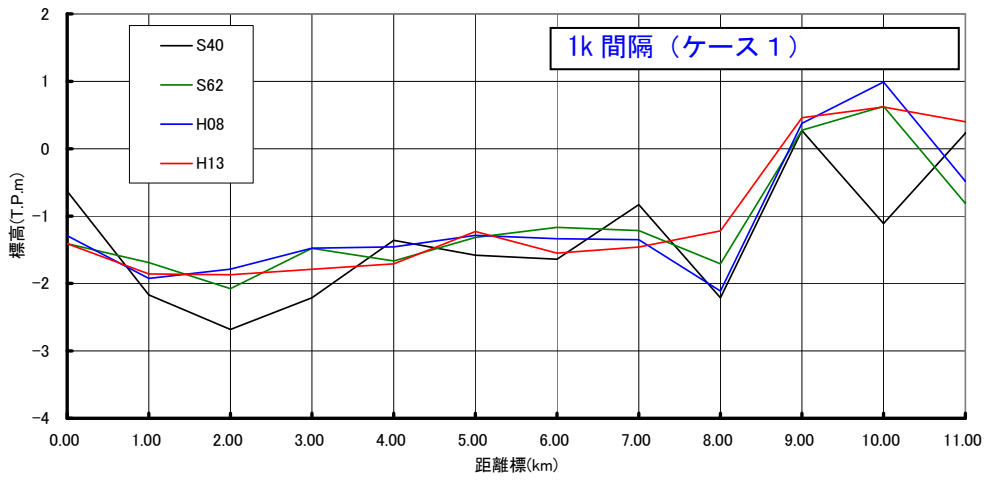
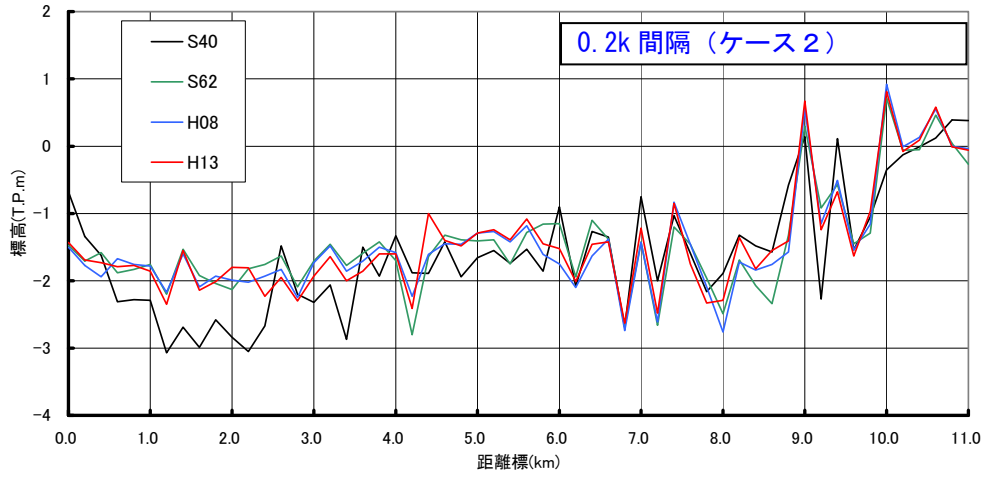


図 3.8.2.1 豊川河床高縦断面図と河床高の変化 (0.2k間隔、1k間隔)

(2) 平均河床高の経年変化（直轄区間：0.0～27.0k）

・平均河床高の経年変化

豊川放水路竣工（昭和40年）以前の横断測量データは得られなかった。豊川放水路以降における豊川本川の平均河床高をみると、昭和40年～昭和49年にかけてセグメント3（1.0k～4.0k）の河床が概ね上昇していることがわかる。また、セグメント2-1の下流部（11.0k～17.0k）の河床は低下している。昭和49年以降は多少の河床変動があるものの顕著な変動は見られず、河床は安定している。（図3.8.2.3）。

河床勾配は、昭和40年～昭和49年にかけてセグメント3では $-1/53000$ から $1/38000$ へと急になっている。土砂堆積ともなって河床勾配が急になったと考えられる。セグメント2-2とセグメント2-1では、河床勾配の変動（セグメント2-2で $1/3300\sim 1/2000$ 、セグメント2-1で $1/860\sim 1/810$ ）がみられるものの概ね安定傾向にある。

なお、セグメント2-1では、河道拡幅がみられることから、昭和40年から昭和49年におけるセグメント2-1下流部（11.0k～17.0k）の河床低下は人為的影響の可能性もある。

表 3.8.2.1 豊川本川の平均河床勾配の経年変化

	セグメント3 0-6k	セグメント2-2 6-11k	セグメント2-1 11-27k
昭和40年	$-1/53000$	$1/3200$	$1/860$
昭和49年	$1/38000$	$1/3300$	$1/820$
昭和57年	$1/136000$	$1/2600$	$1/810$
昭和62年	$1/15000$	$1/3800$	$1/820$
平成8年	$1/19000$	$1/2500$	$1/820$
平成13年	$1/28000$	$1/2000$	$1/860$

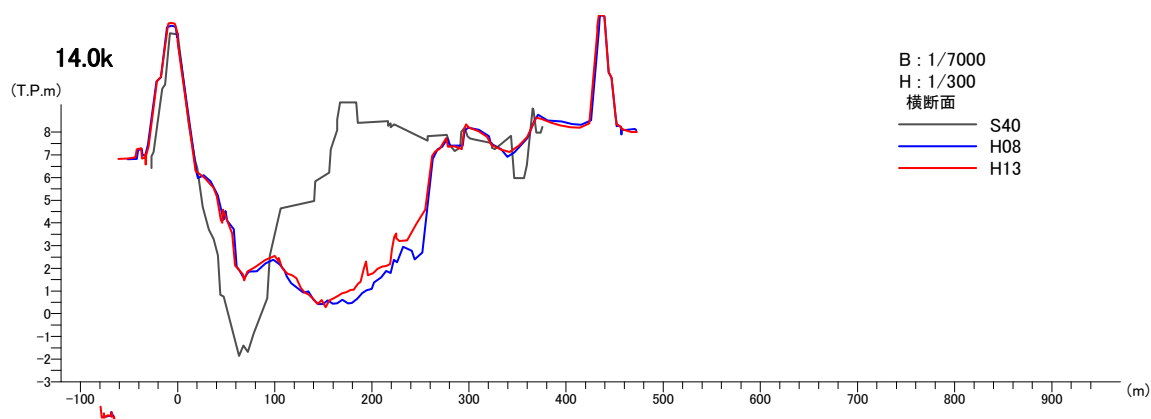


図 3.8.2.2 豊川14.0kにおける河道横断形状の変化

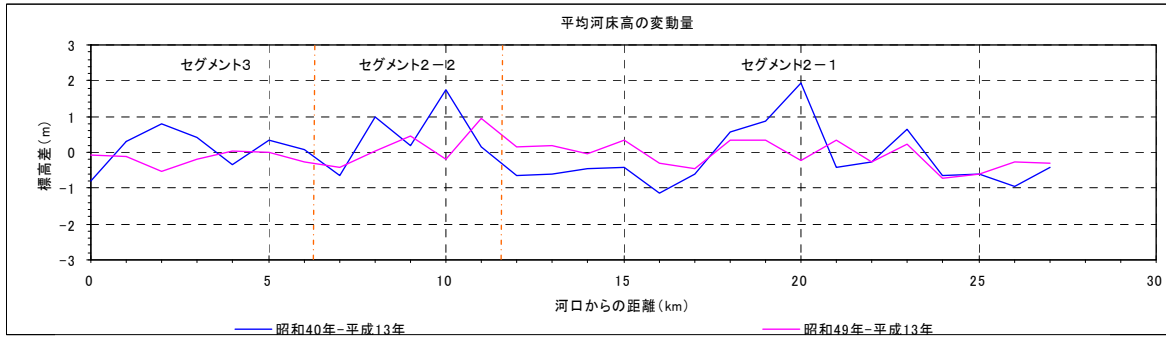
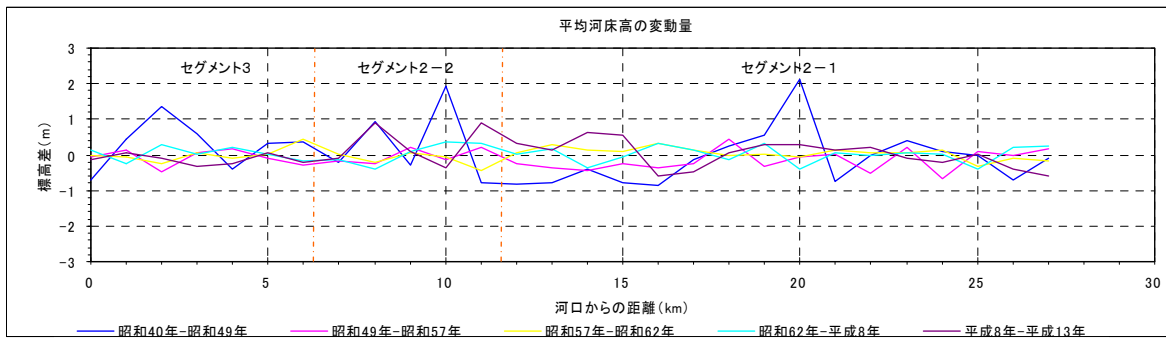
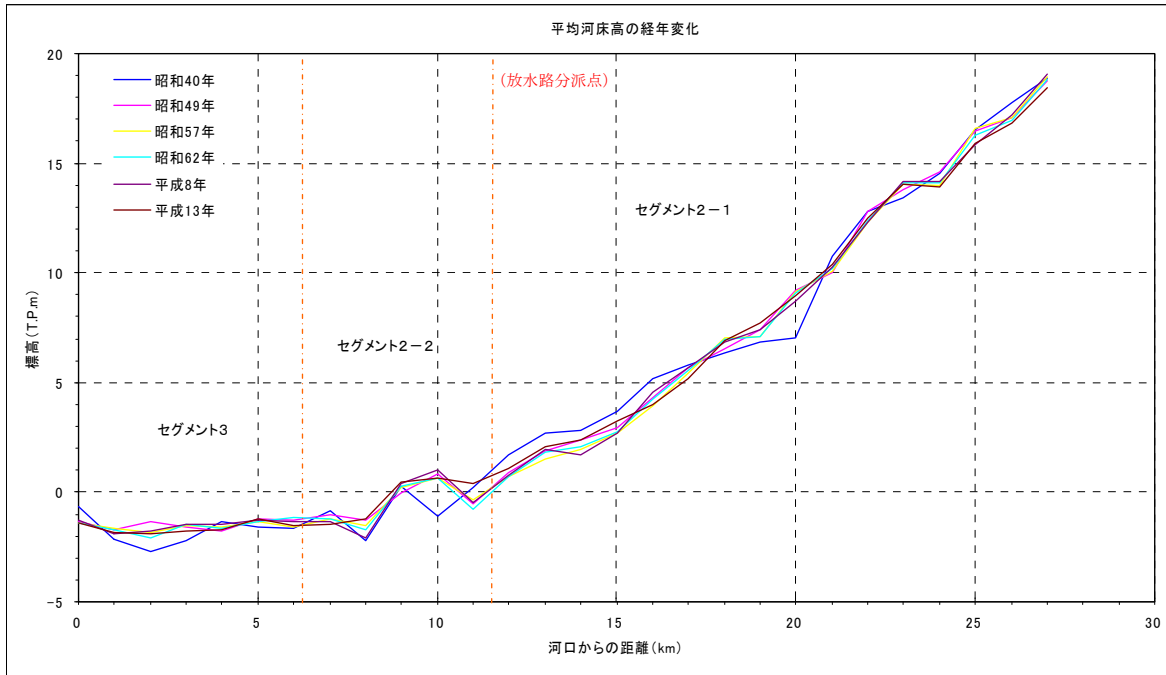


図 3.8.2.3 豊川本川の平均河床高 (1k間隔)

・河床変動量と砂利採取量の関係

河床変動量と砂利採取量に明確な関係は認められない。砂利採取が多かった昭和 40 年代では、セグメント 2-1 (11.6k~27.6k) では侵食しているが、全川では堆積となっている。

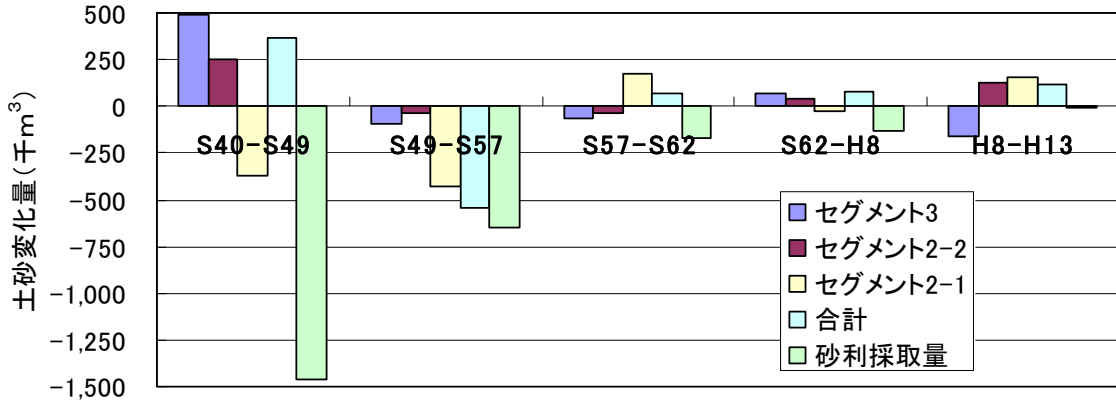


図 3.8.2.4 河床変動量と砂利採取量の関係

昭和 50 年～平成元年度の砂利採取量については、採取位置の情報があるので、昭和 49 年～昭和 62 年の河床変動量と比較する。砂利採取量と河床変動量には、明確な関係がないことがわかる。

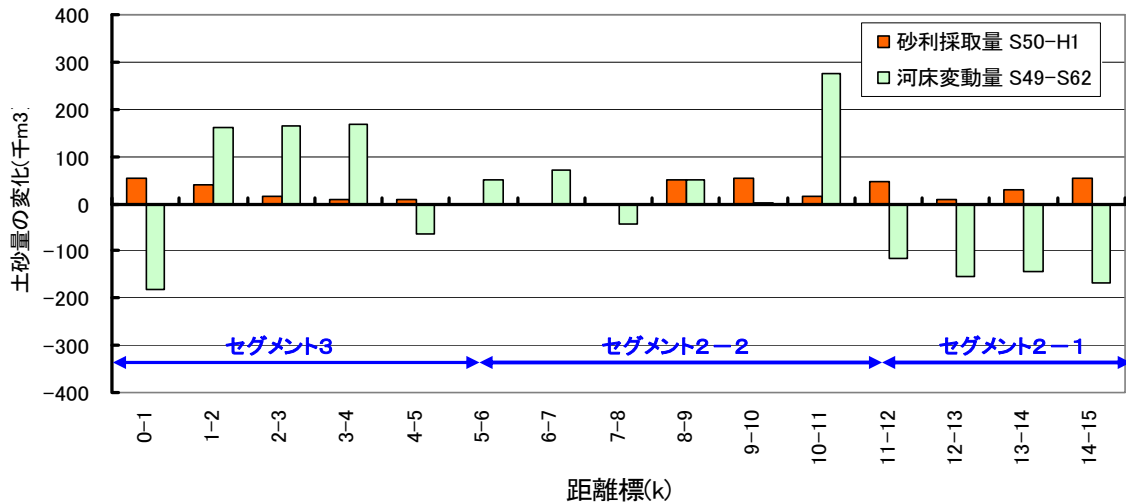


図 3.8.2.5 河床変動量と砂利採取量の関係 (豊川本川)



### (3) 平均河床高の経年変化（下流区間：0～11k）

#### ・平均河床高の経年変化

豊川本川の放水路分派点（11.6k）より下流域の平均河床高の経年変化を 図 3.8.2.6 に示す。昭和40年～昭和62年にかけて約1.0k前後から約3.0k前後の河床上昇、0～0.6kの河床低下が特徴的である。昭和62年（1987年）以降の河床は、数10cmの変動幅はあるが概ね安定している。

昭和40年当時におけるセグメント3の河床勾配は逆勾配（ $-1/4400$ ）であったが、徐々にフラット（凡そ $-1/10000$ ～ $-1/3000$ ）になりつつある。セグメント2-2については、 $1/2000$ ～ $1/2900$ の間で変動しているものの安定している。

土砂変動量に着目するとセグメント3において昭和40年から昭和62年の堆積が目立つ。

これまでの検討内容を整理すると以下のとおりである。

- 砂利採取量と河床変動量に明確な関係はみられない
- 昭和40年から昭和62年にかけて、セグメント3で顕著な土砂堆積があり、河床は逆勾配であったものが土砂堆積によってフラットになりつつある。
- その他の区間は概ね安定している。
- なお、豊川放水路が昭和40年に竣工していることを踏まえると、放水路整備に伴い、本川への流量が低下し、土砂の輸送能力が低下した。特にセグメント3では河床勾配が逆勾配であったため土砂が堆積しやすい状況であった。

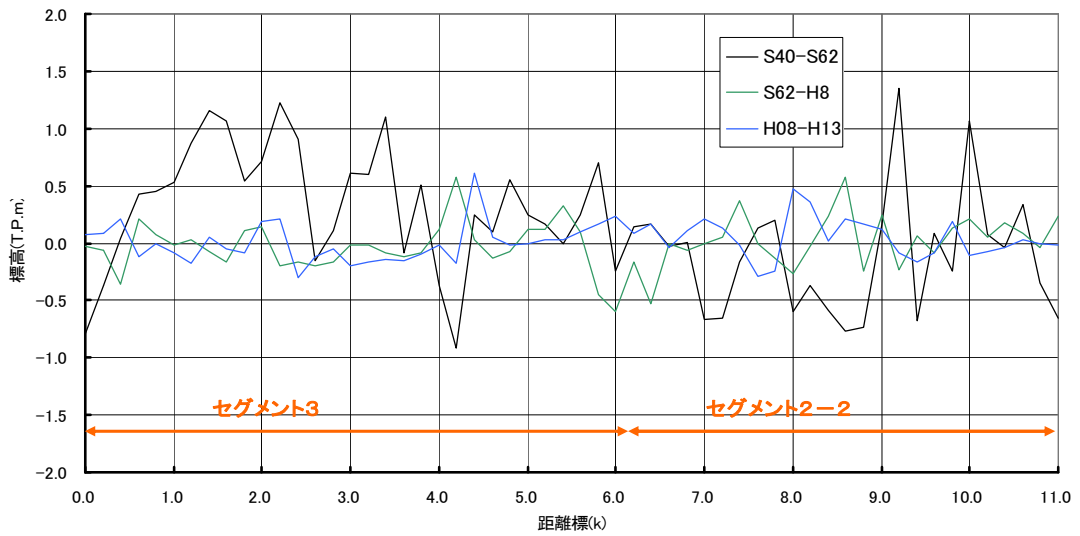
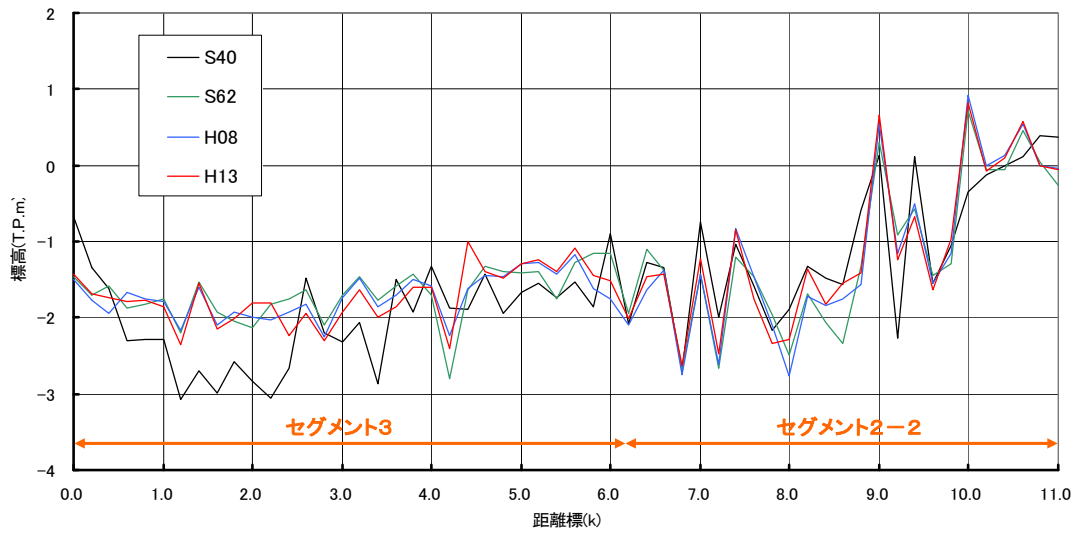


図 3.8.2.6 豊川本川の平均河床高 (0~11k区間、0.2k間隔)

表 3.8.2.2 豊川本川の平均河床勾配の経年変化 (0~11.0k)

	セグメント3 (0.0k-6.2k)	セグメント2-2 (6.2k-11.0k)
S40	-1/4400	1/2000
S62	-1/13200	1/2900
H08	-1/10300	1/2300
H13	-1/10700	1/2500

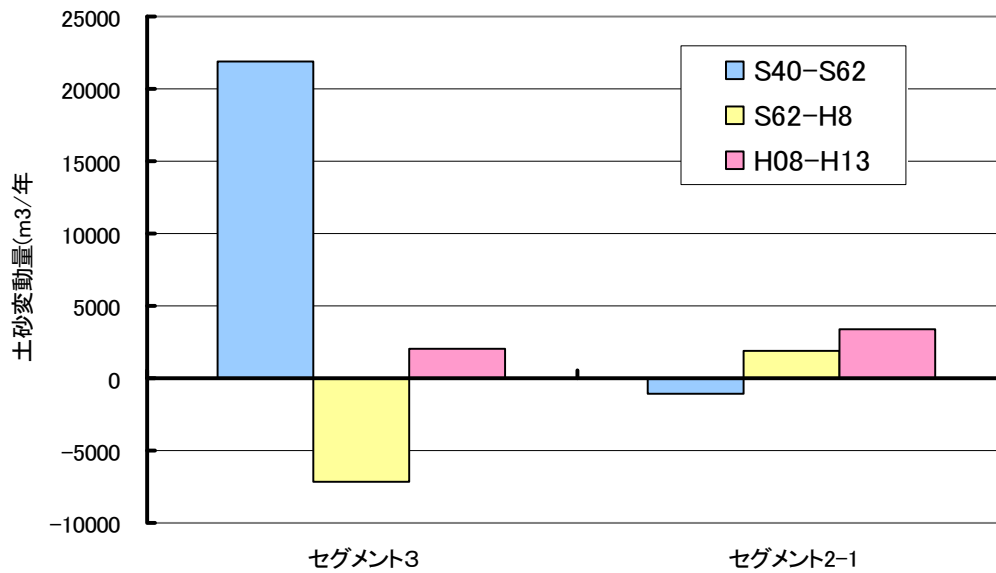


図 3.8.2.7 セグメント毎の土量変化

### 3.8.3 河床材料の経年変化

河床材料変化の概略を表 3.8.3.1 に、表層底質の粒径別構成比を図 3.8.3.1 に示す。

表 3.8.3.1 河床材料の変化の概略

区間	河床材料の変化の特徴	河床高の変化	河川工事
0km	<p>昭和 32 年には中砂・粗砂が多かったが、昭和 59 年に細砂分が多くなり、平成 16 年には再び中砂・粗砂が多くなった。</p> <p>昭和 32 年には粗砂が多かったが、昭和 59 年に礫分が多くなった。</p>	<p>昭和 40 年から昭和 49 年の間に、河床高が上昇。その後の河床高変化は、比較的小さい。</p>	<p>昭和 50 年から平成元年の間に、この区間で砂利採取を確認。</p> <p>昭和 50 年から平成元年の間に、この区間で砂利採取を確認。</p>
10km	<p>昭和 32 年には中砂・粗砂が見られたが、昭和 59 年に礫分が多くなり、平成 16 年には再び中砂・粗砂が見られるようになった。</p>	<p>昭和 40 年から昭和 57 年の間に、河床高が低下。</p>	<p>12k 豊川放水路分派点</p>
20km	<p>昭和 32 年には中砂・粗砂が見られたが、昭和 59 年に礫分が多くなり、平成 16 年には再び中砂・粗砂が見られるようになった。</p>	<p>昭和 40 年から昭和 49 年の間に、河床高が上昇。</p>	

なお、平成 9 年・10 年の河床材調査では、豊川河口付近で細粒化（シルト粘土分が増加）する傾向が見られているが、「河川を軸とした底質移動による良好な生態系の保全施策に関する検討調査（平成 16 年度）」で、平成 17 年 1 月に実施した河床材料調査結果によれば、河床材の細粒化が見られず、粗砂が大半を占めている。これは、平成 17 年 1 月の調査は、流心で実施しているのに対し、平成 9 年度及び平成 10 年度の調査は河川兩岸の構造物（護岸・水制等）近傍において調査が実施されていることによると考えられる。一般的には、河床材料は下流から上流に向かうにつれて粒径が大きくなる傾向があるはずであるから、平成 9 年度・10 年度調査のように、礫とシルト粘土が交互に現れるような河床材料分布を、その年度の代表的な河床材料分布とするには問題がある可能性がある。

これらのことから、豊川河口付近の河床材料は砂質が多く、分派点（11.6km）上流側では、礫が大半を占めているといえる。また、分派点下流側では、放水路開削後に礫分が増える傾向にある。

図 3.8.3.2 には豊川の代表地点における粒径加積曲線の経年変化を示す。経年的に粗粒化、細粒化の明確な傾向は確認できない。むしろ、河床材料は大きく変動しており、粗粒化と細粒化を繰り返している。全般的に平成 17 年度と昭和 59 年度の河床材料は細かく、平成 9 年度、平成 16 年度の河床材料は粗い。平成 16 年は台風 6 号、23 号により警戒水位を超える規模の出水が発生した後の調査（平成 17 年 1 月）であるのに対し、その後平成 17 年度の調査

(平成17年9月)までは大きな出水がなく、河道内に細砂・シルト質が堆積した可能性が考えられる。

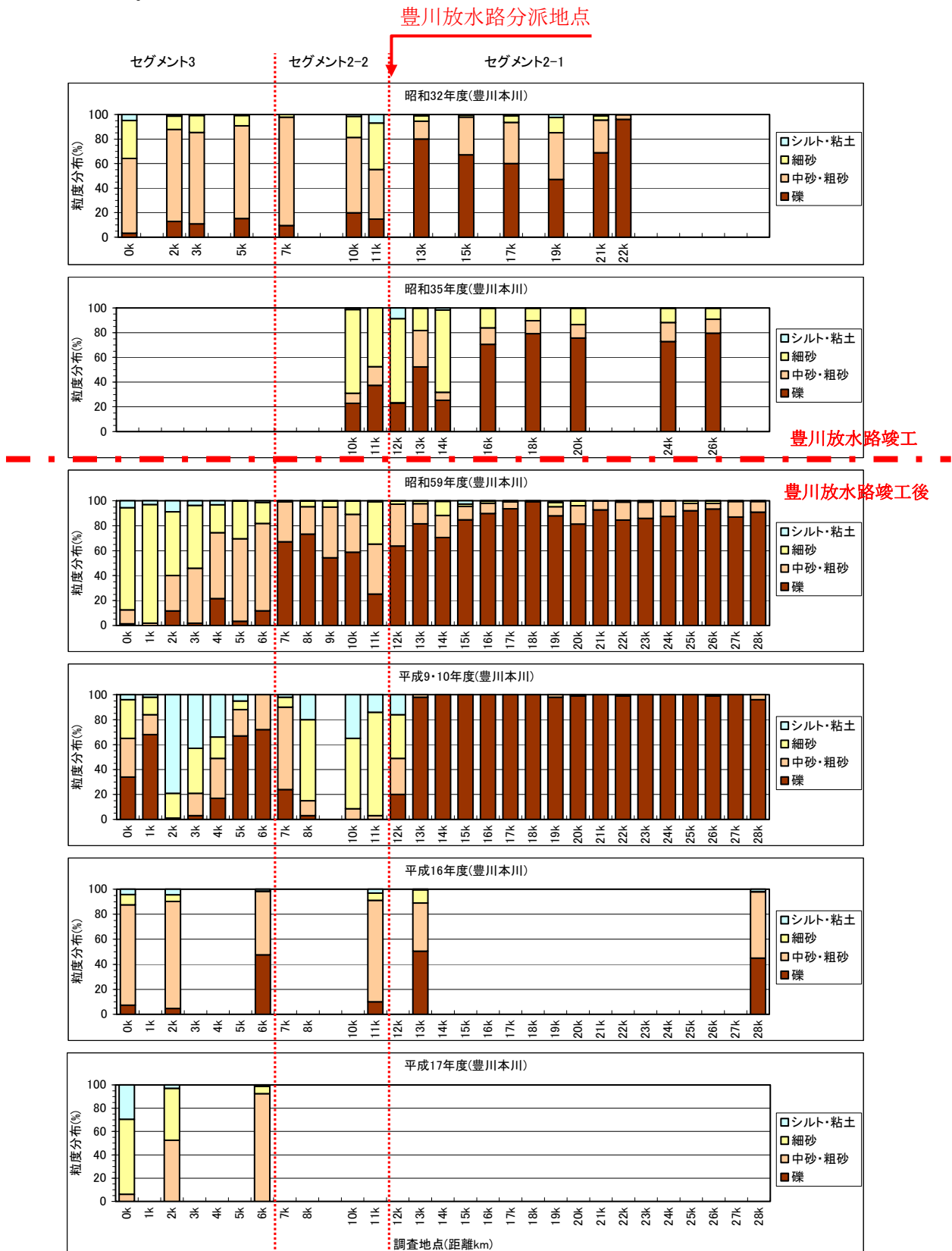


図 3.8.3.1 豊川本川の底質組成

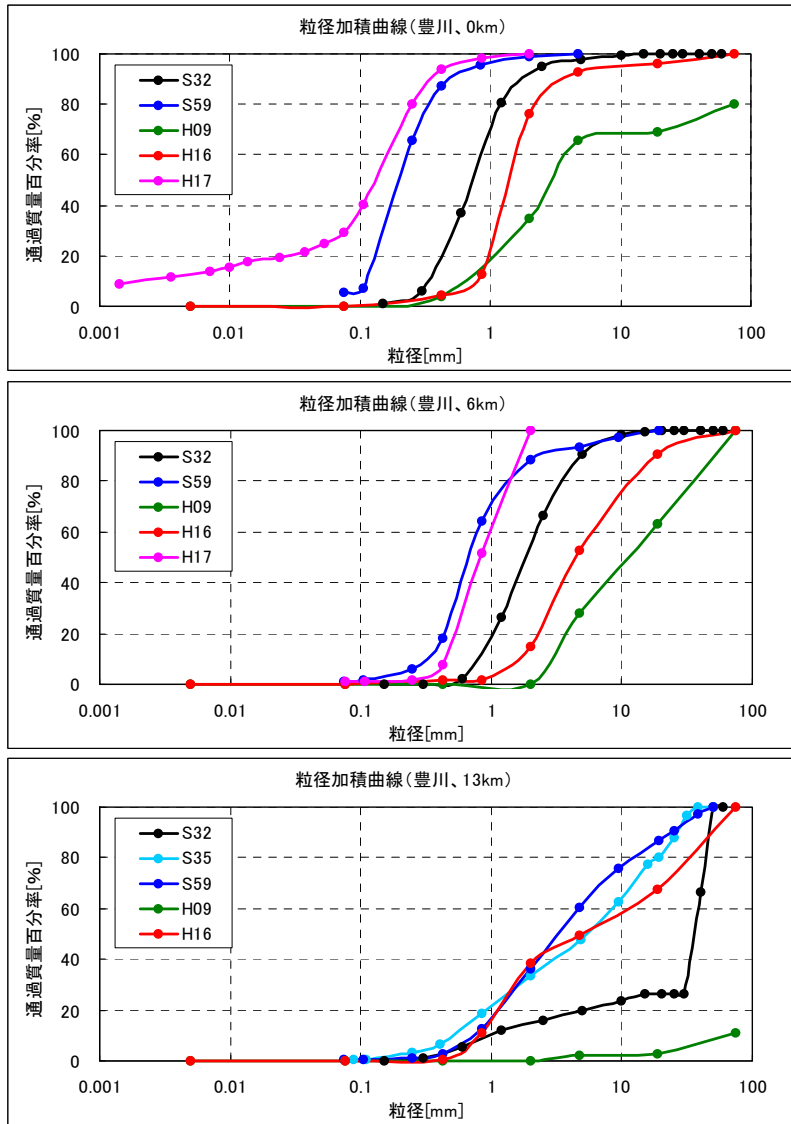


図 3.8.3.2 豊川の河床材料

表 3.8.3.2 豊川の河床材料調査位置

河口からの距離	昭和32年度	昭和35年度	昭和59年度	平成9・10年度	平成16年度	平成17年度
0km	左岸水際、左岸中程上層、下層		中央流水部	左岸	河口部中央	河口部中央
1km			中央流水部	右岸		
2km	左岸水際、左岸中程		中央流水部	右岸	河道中央	河道中央
3km	右岸河原水際、右岸河原中程		中央流水部	右岸		
4km			中央流水部	左岸、中央、右岸		
5km	左岸河原		中央流水部	左岸		
6km			中央流水部	左岸	河道中央	河道中央
7km	左岸河原上層、下層		中央流水部	中央		
8km			右岸流水部	左岸		
9km			中央流水部			
10km	左岸河原上層、下層	左岸洪水敷、右岸水際	中央流水部			
11km	左岸河原上層、下層	左岸水際	中央流水部	右岸	河道中央	
12km		右岸洪水敷	中央流水部	左岸		
13km	右岸河原	左岸河原、左岸水際	中央流水部	左岸	河道中央	
14km		右岸水際、右岸洪水敷	中央流水部	左岸、中央、右岸		
15km	右岸河原水際、右岸河原中程		中央流水部	左岸、中央、右岸		
16km		左岸水際	中央流水部	左岸、中央、右岸		
17km	右岸水際、右岸中程		中央流水部	左岸、中央、右岸		
18km		左岸水際	中央流水部	左岸、中央		
19km	右岸河原水際、右岸河原中程		中央流水部	中央、右岸		
20km		左岸水際、右岸水際	中央流水部	中央、右岸		
21km	左岸水際、左岸河原中程		中央砂洲	左岸、中央、右岸		
22km	左岸河原		中央流水部	中央、右岸		
23km			中央流水部	中央、右岸		
24km		左岸水際	中央流水部	左岸、中央		
25km			中央流水部	左岸、中央、右岸		
26km		左岸水際	中央流水部	左岸、中央		
27km			中央流水部	中央		
28km			中央流水部	左岸、中央、右岸		
備考		貸与資料中で「洪水敷」と表記				

### 3.8.4 無次元掃流力による河川からの供給土砂量の評価

豊川本川下流区間（放水路分派後）を対象に 0.2k 間隔の河道データを用いて無次元掃流力を算出し、放水路整備が「下流区間の砂礫の土砂輸送」及び「河川からの供給土砂量」に与えた影響を評価する。

#### ・計算区間

豊川放水路における分派量不明なため、放水路分派点（11.6k）より下流を計算区間とする。

計算区間： 豊川河口（0.0k）～豊川放水路分派点下流（11.0k）

#### ・粗度係数

粗度係数は、計画粗度係数に基づき、表 3.8.4.1 に示すとおり設定する。

表 3.8.4.1 粗度係数の設定

河道区間 (セグメント区分)	粗度係数		
	左岸高水敷	低水路	右岸高水敷
0.0～6.2k (セグメント3)	0.035	0.020	0.035
6.2～11.6k (セグメント2-2)	0.040	0.024	0.040

#### ・計算対象河道

豊川では昭和 62 年以降、河床の変動は小さく河道が安定している。河床が安定しはじめた昭和 62 年の河道を対象に無次元掃流力を算出する。

#### ・流量条件

「放水路なし」と「放水路あり」について流量条件を設定する。

「放水路なし」の流量条件は、放水路分派地点上流に位置する当古の平均年最大流量規模流量を与える。放水路分派地点上流に位置する当古の平均年最大流量は、1,861m<sup>3</sup>/s（昭和 62 年～平成 8 年）であるため、平均年最大流量規模 2,000m<sup>3</sup>/年を流量条件とした。また、参考のため、大規模出水、小規模出水を想定し 3,000m<sup>3</sup>/s、1,000m<sup>3</sup>/s の流量についても検討を行う。

なお、「放水路あり」の流量条件は「放水路なし」の流量条件をもとに整備計画流量配分で本川の流量を推定し、「放水路あり」の流量とした。なお、整備計画流量配分は以下のとおりである。

$$(\text{本川流量}) : (\text{放水路流量}) = 2850 : 1800 \quad (\cong 6 : 4)$$



表 3.8.4.2 年平均最大流量（当古：豊川13.2k）

年	年最大流量 (m <sup>3</sup> /s)
S62	1652
S63	2024
H01	2239
H02	2430
H03	2910
H04	1015
H05	1312
H06	2642
H07	1118
H08	1265
平均年最大流量	1861

・計算代表粒径

河口からの供給土砂量の特性を把握するため、放水路分派後の本川下流区間（セグメント3、セグメント2-2を構成する細砂、中砂・粗砂、礫に対する無次元掃流力を把握する。計算代表粒径は、粒度試験における各粒径区分の平均値として（礫は除く）、表 3.8.4.3 のように設定する。

表 3.8.4.3 計算代表粒径

粒径区分	粒径範囲	計算代表粒径
細砂	0.075～0.4mm	0.23mm
中砂・粗砂	0.42～2.0mm	1.21mm
礫	2.0mm～	2.0mm

注）計算代表粒径は各粒径の粒径範囲の平均値とした（礫は除く）。

### ・無次元掃流力による河川からの供給土砂量の評価

0.2k間隔断面での無次元掃流力の計算結果を 図 3.8.4.1～図 3.8.4.3、1k断面での計算結果を 図 3.8.4.4～図 3.8.4.6 に示す。

#### 【1k 間隔（ケース 1）との比較】

0.2k 断面で無次元掃流力を算出すると、1k 間隔の結果（ケース 1）と比較して、無次元掃流力の変化が大きい。これは、河道特性が場所による比較的異なることを意味している。

#### 【河道内の土砂移動】

セグメント 2-2 では局所的に無次元掃流力の急増地点があるものの、6.2k～10.k では、下流に向かって無次元掃流力が増加傾向にあり、河床低下傾向を示す。一方、セグメント 3 では、6.2k から 2.0k にかけて無次元掃流力は減少しており、土砂の堆積傾向を示す。しかしながら、昭和 62 年以降で大きな河床変化は見られず、河床は安定している。上流からの供給土砂量の減少によってセグメント 3 の河床上昇が抑制され、また、河床の粗粒化によって、セグメント 2-2 の河床低下が抑制されていると考えられる。

#### 【放水路の影響】

放水路あり・なしで比較した場合、放水路による流量低減に伴い無次元掃流力も低下し、豊川本川への供給土砂量は低下する。

また、無次元掃流力の式から流量規模が大きい時の方が放水路整備による無次元掃流力の低下が大きく、放水路整備による土砂移動への影響は大きな洪水時の時に顕著に現れる。

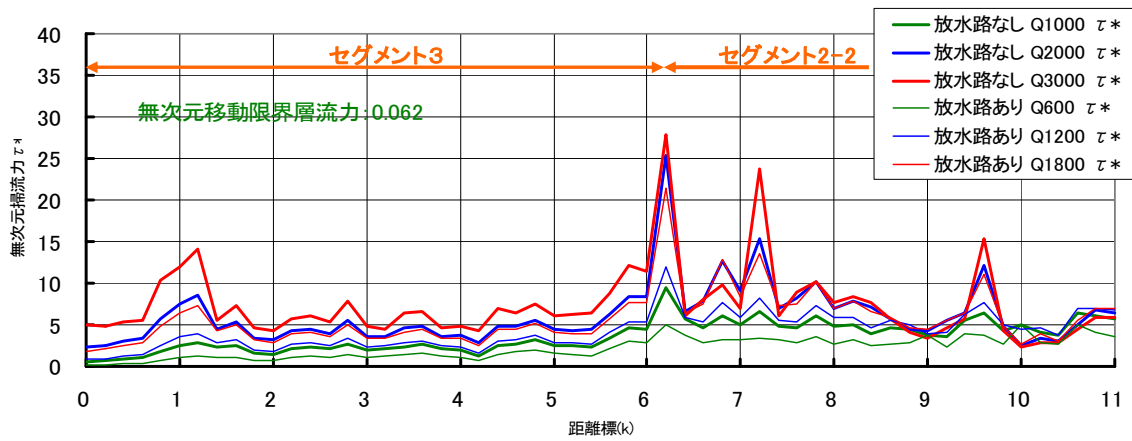


図 3.8.4.1 無次元掃流力の計算結果（昭和62年河道、細砂0.23mm）

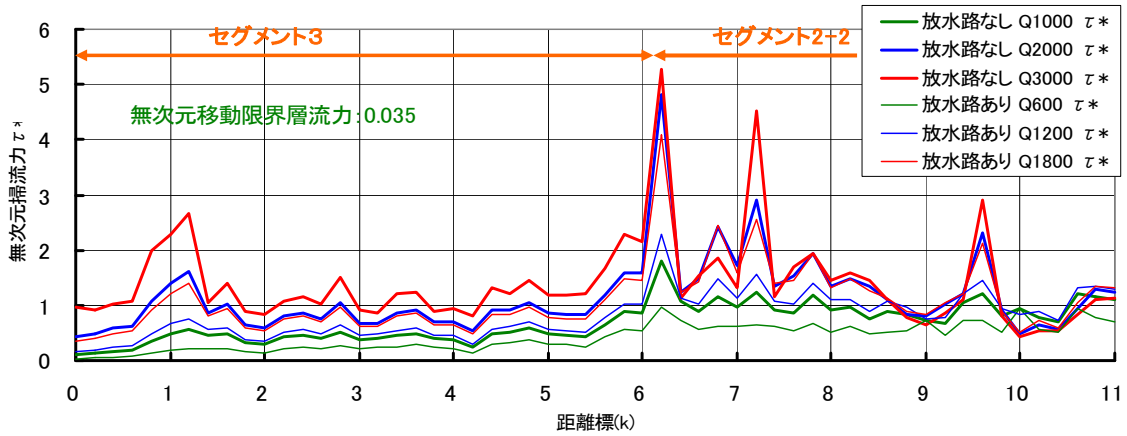


図 3.8.4.2 無次元掃流力の計算結果（昭和62年河道、中砂・粗砂1.21mm）

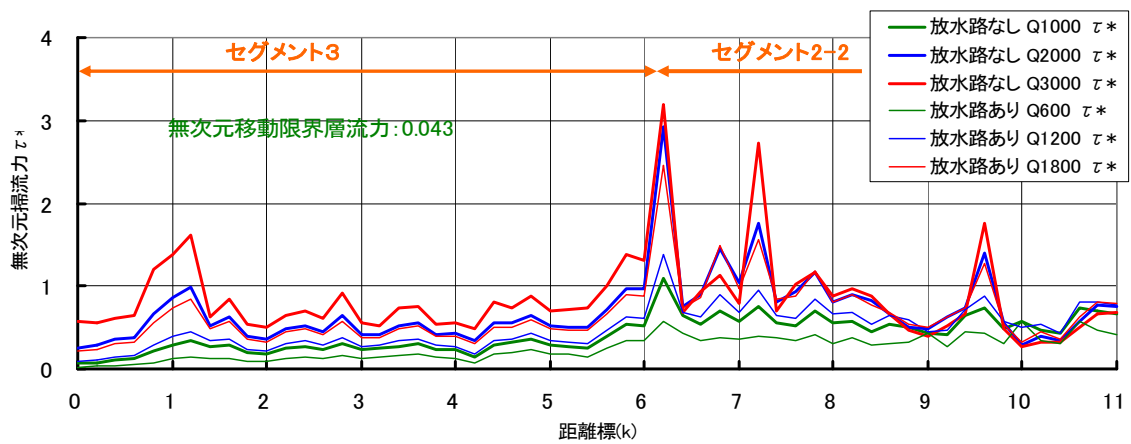


図 3.8.4.3 無次元掃流力の計算結果（昭和62年河道、礫2.0mm）

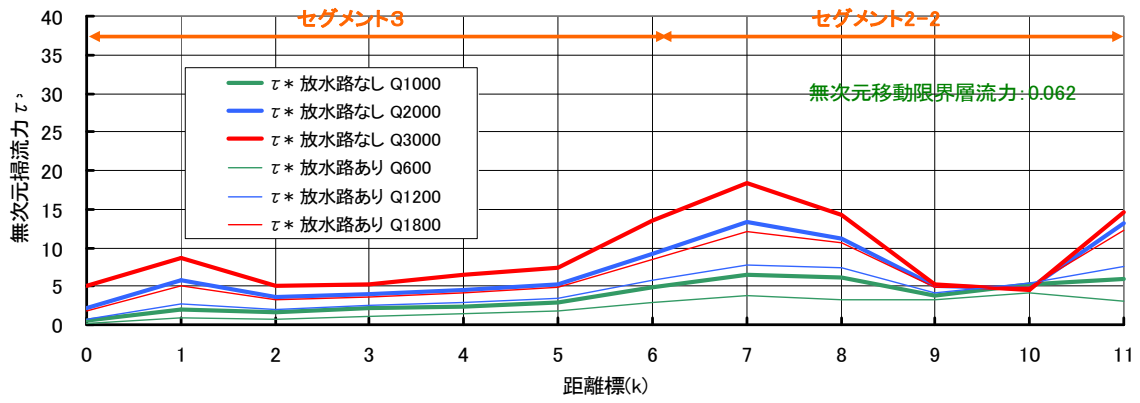


図 3.8.4.4 1k間隔における無次元掃流力の計算結果（昭和62年河道、細砂0.23mm）

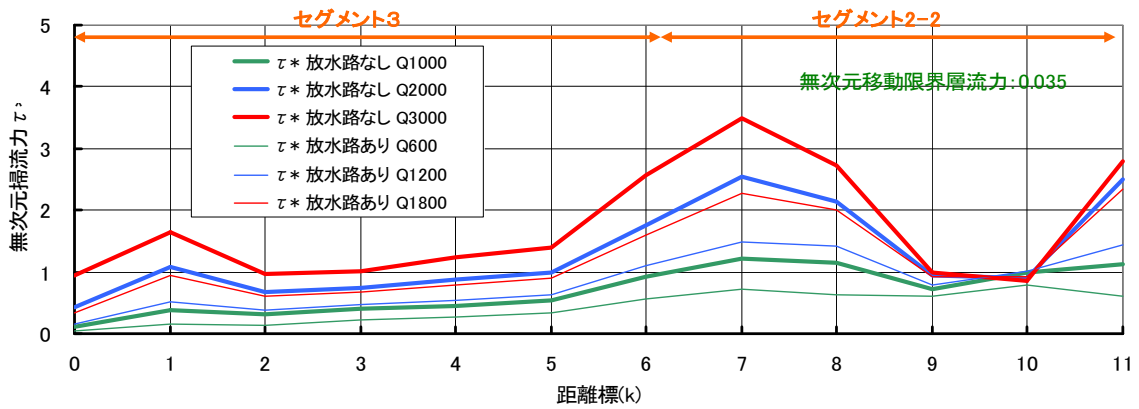


図 3.8.4.5 1k間隔における無次元掃流力の計算結果（昭和62年河道、中砂・粗砂1.21mm）

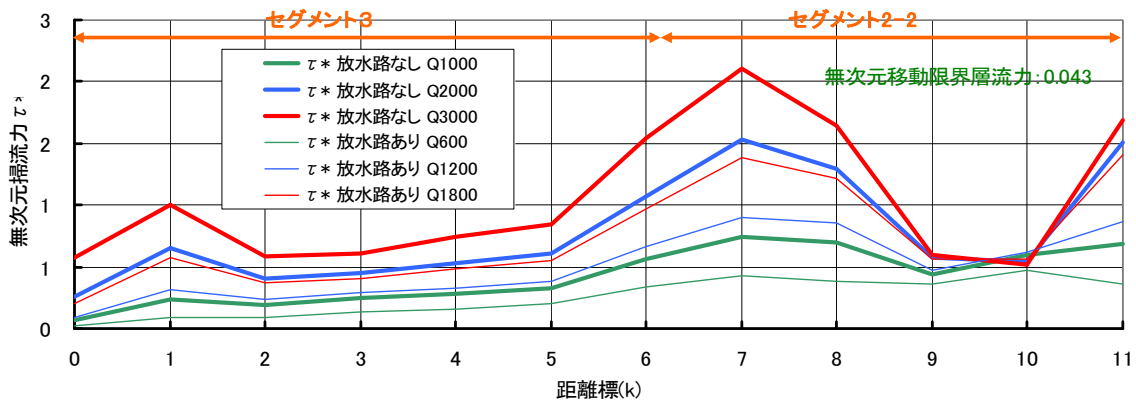


図 3.8.4.6 1k間隔における無次元掃流力の計算結果（昭和62年河道、礫2.0mm）

### 3.8.5 河床変動計算による河川からの供給土砂量の評価

豊川本川下流区間（放水路分派後）を対象に 0.2k 間隔の河道データを用いて河床変動計算を実施し、放水路整備（出水時の本川下流区間の流量低下）が「下流区間の砂礫の土砂輸送（粒径別土砂の堆積特性）」及び「河川からの供給土砂量」に与えた影響を評価する。なお、放水路整備前（昭和 40 年以前）の河道データや流量データ（当古）がないため放水路整備後の河道を対象に、「放水路あり」の再現計算を行うとともに、再現計算で得られたパラメータ等を利用して「放水路なし」の想定計算を行うことにより、放水路整備による影響を評価する。

#### (1) 計算条件

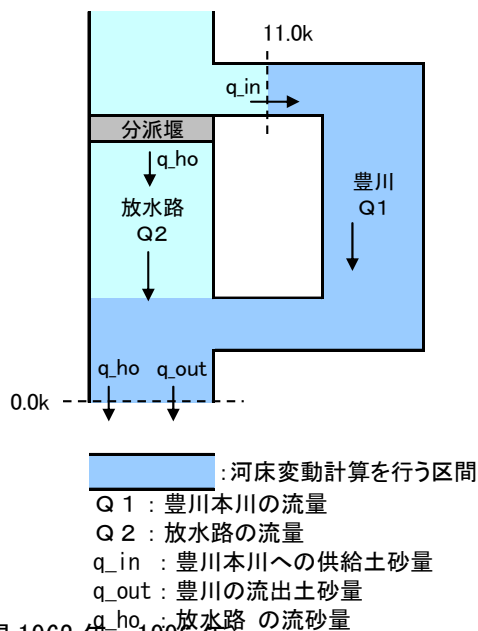
計算条件は表 3.8.5.1 に示すとおりである。「放水路あり」と「放水路なし」のモデル概要図を図 3.8.5.1 に示す。

表 3.8.5.1 計算条件

計算条件の項目		計算条件の内容
計算区間		河口（0km）～分派点直下（11km）
河道 条件	対象年	昭和 62 年～平成 8 年 ※河床が安定している期間
	感度分析	Case1：放水路あり（再現計算） Case2：放水路なし（想定計算）
外力 (流動) 計算	計算方法	1次元不等流計算（潮汐変化を考慮する）
	粗度係数	計画粗度係数を与える。
	上流端境界条件 (流量条件)	上述の期間における、当古流量観測所（13km <del>mm</del> ）の毎正時流量
	下流端境界条件 (潮汐条件)	上述の期間における、豊橋験潮所（豊橋港）における推算潮位
河床変 動計算	流砂量式	掃流砂：芦田・道上の式 浮遊砂：芦田・藤田の式
	河床材料の組成	既往調査結果を参考に与える。
	上流端境界条件 (供給土砂量)	①平衡流砂量を与える ②対象期間における河床変動量を再現するように浮遊砂量を設定する。

**STEP1 : 「放水路あり」の再現計算 (再現期間 1962 年～1996 年)**

- ①再現計算によって本川への供給土砂量  $q_{in}$  と本川から河口への流出土砂量  $q_{out}$  を計算する。
- ②整備計画流量配分比で放水路への流砂量  $q_{ho}$  ( $q_{in} \times$  整備計画流量比) を計算する。
- ③放水路で土砂は堆積しないと仮定し、河口への供給土砂量  $q_{out} + q_{ho}$  を計算する



**STEP2 : 「放水路なし」の想定計算 (計算期間 1962 年～1996 年)**

- ①本川からの供給土砂量が  $q_{in} + q_{ho}$  になるように上流端の供給土砂量を設定して河床変動計算を行い、 $q_{out\_2}$  を計算する。
- ②河口への供給土砂量  $q_{out\_2}$  (放水路なし) と  $q_{ho} + q_{out}$  (放水路あり) を比較する。

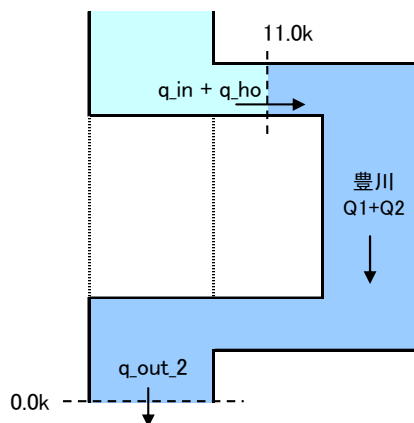


図 3.8.5.1 「放水路あり」、「放水路なし」のモデル概要

・ 計算区間

無次元掃流力で設定した計算区間と同じとする（0.0k～11.0k（放水路分派地点下流））。

・ 粗度係数

無次元掃流力の評価と同様に計画粗度係数を与える。

・ 計算対象期間

河床が安定している昭和60年～平成8年の期間を対象とする。

・ 初期河床材料

粒径区分及び各粒径区分の代表粒径は、無次元掃流力の計算と同様に、細砂（0.23mm）、中砂・粗砂（1.21mm）、礫（2.0mm）とする。

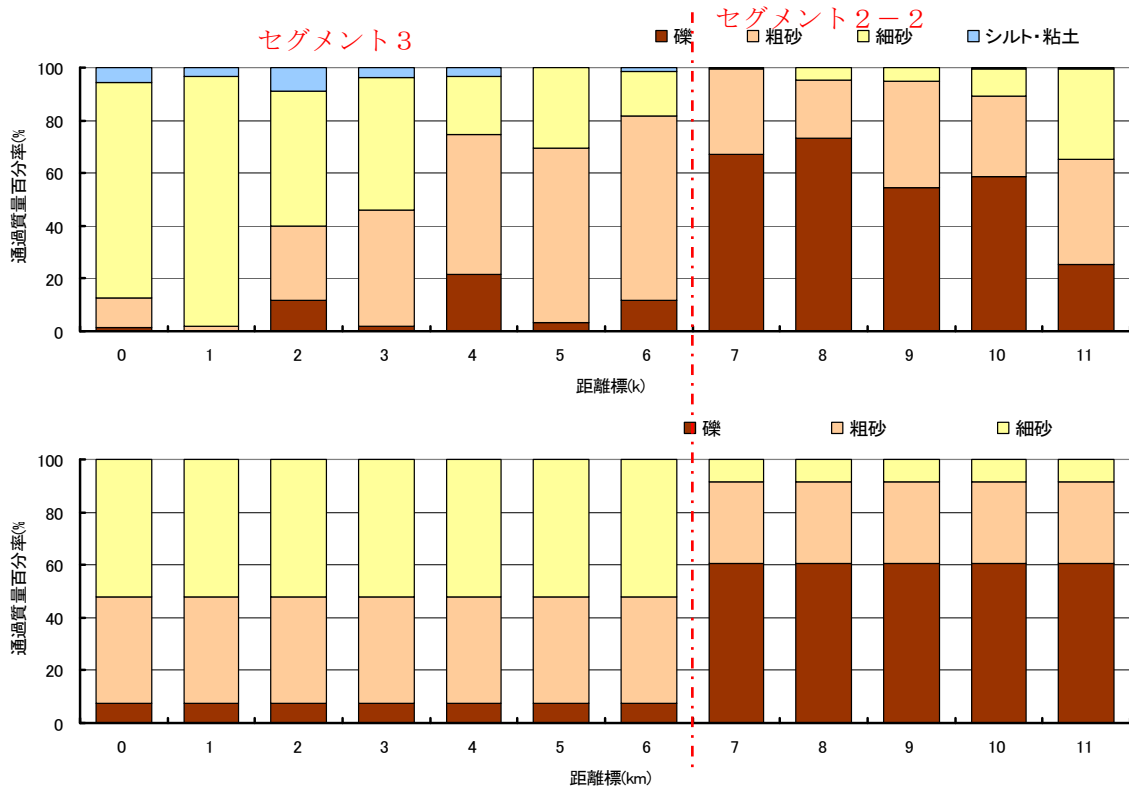
代表粒径の粒度組成は、計算開始年（昭和62年）に最も近い河床材料調査である昭和59年の調査結果（図3.8.3.1）を、それぞれのセグメント区間で平均化した値を用いる（図3.8.5.2）。なお、流砂量算定式ではシルト・粘土の計算精度が低く、シルト・粘土を計算で考慮しないため、細砂、中砂、粗砂及び礫の粒度組成の合計値が100%となるように計算条件を設定する。

表 3.8.5.2 初期河床材料

河道区間 (セグメント区分)	粒度組成（代表粒径毎）、%単位		
	礫 (2.0mm)	粗砂・中砂 (1.21mm)	細砂 (0.23mm)
0.0～ 6.2k (セグメント3)	7.65	40.39	51.96
6.2 ～11.0 km (セグメント2-2)	60.71	30.79	8.50

注) 粒度組成は、昭和59年の河床材料調査結果を、それぞれセグメント区間で平均化した値（礫、粗砂・中砂、細砂の合計が100%になるように補正）

(上：昭和 59 年河床材料調査結果、下：計算初期河床材料)



注) 河床変動計算ではシルトは考慮しない。従って、計算初期河床材料は礫～細砂が 100%になるように設定している。

図 3.8.5.2 計算初期河床材料の組成

・上流端流量及び下流端水位

上流端流量及び下流端水位には、昭和 62 年～平成 8 年における当古流量及び豊橋検潮所の推算潮位を与える。計算に使用した流量時系列を図 3.8.5.3 に示す。

なお、計算時間の短縮を図るため、日平均流量が 100m<sup>3</sup>/s 以下の場合には、1 ステップを 24 時間とし、日平均流量を与える。日平均流量が 100m<sup>3</sup>/s を越える場合は、1 ステップを 1 時間として毎正時の流量を与える。

「放水路あり」のケースの流量条件としては、当古流量（放水路なしのケースの流量）を以下に示す計画流量配分で割り引いた流量を与える。

$$(本川流量) : (放水路流量) = 2850 : 1800 \quad (\square 6 : 4)$$



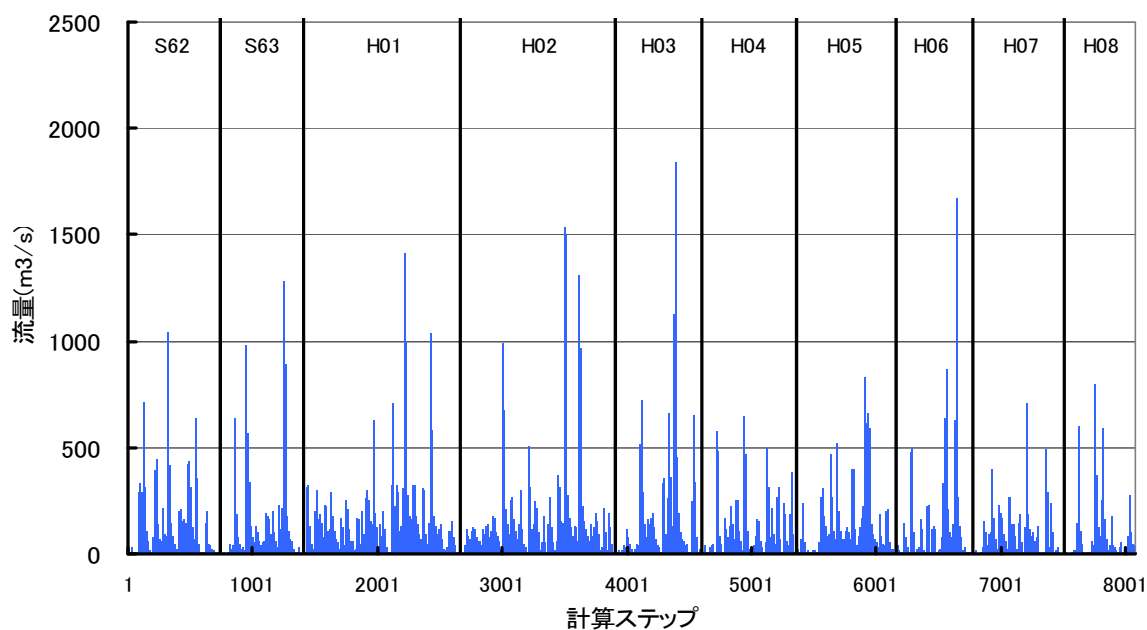


図 3.8.5.3 上流端流量の時系列（昭和62年～平成8年）

#### ・上流端供給土砂量

上流端供給土砂量には、掃流砂・浮遊砂量の式から算定した値を与える。計算対象期間中では、全体的な河床変動は見られないことを考慮し、まず「放水路あり」の計算において、実績河床変動量を再現するように浮遊砂基準面濃度の係数 $\alpha$ を調整する。つぎに、「放水路なし」の上流端供給土砂量が「放水路あり」の供給土砂量 $\times$ 計画流量配分比 $((2850+1800)/2850)$ になるように、「放水路なし」の計算を実施する。

なお、上流端付近の河床は安定していることから、掃流砂量の上流端境界条件には平衡流砂量を与える。

#### ・砂利採取量

検討対象期間において豊川では、平均して年間 19 千  $m^3$ /年の砂利採取が行われた。仮に砂利採取が 0.0k～11.0k の間で行われていたと仮定すると、豊川本川における低水路幅は狭いところで 70m であるので、検討対象区域 (0.0k～11.0k) では砂利採取による河床低下量は最大 3cm であり、河道に与えた影響は小さいと判断し、砂利採取を考慮しないこととした。

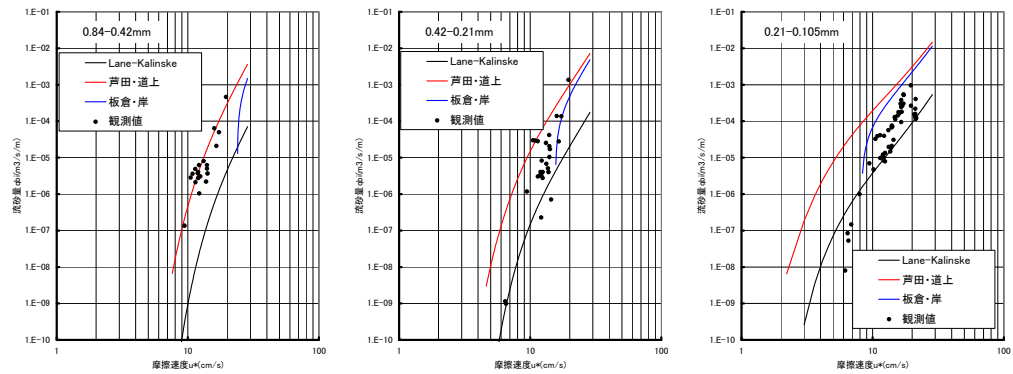
### (2) 計算結果

#### ・計算精度（再現性）

- 図 3.8.5.3 に示すとおり、1k間隔（ケース1）の計算結果と実測値の標準偏差は 0.35mであり、0.2k間隔（ケース2）の計算結果の実測値の標準偏差は 0.39mであり、

ほぼ同程度と考えられる。

- なお、浮遊砂量式を粒径別に評価した場合、土砂が細くなるにしたがい（特に0.21mm以下）、推定精度が劣ることが国総研河川研究室の研究により確認されており、細砂については検討対象から外すこととする。



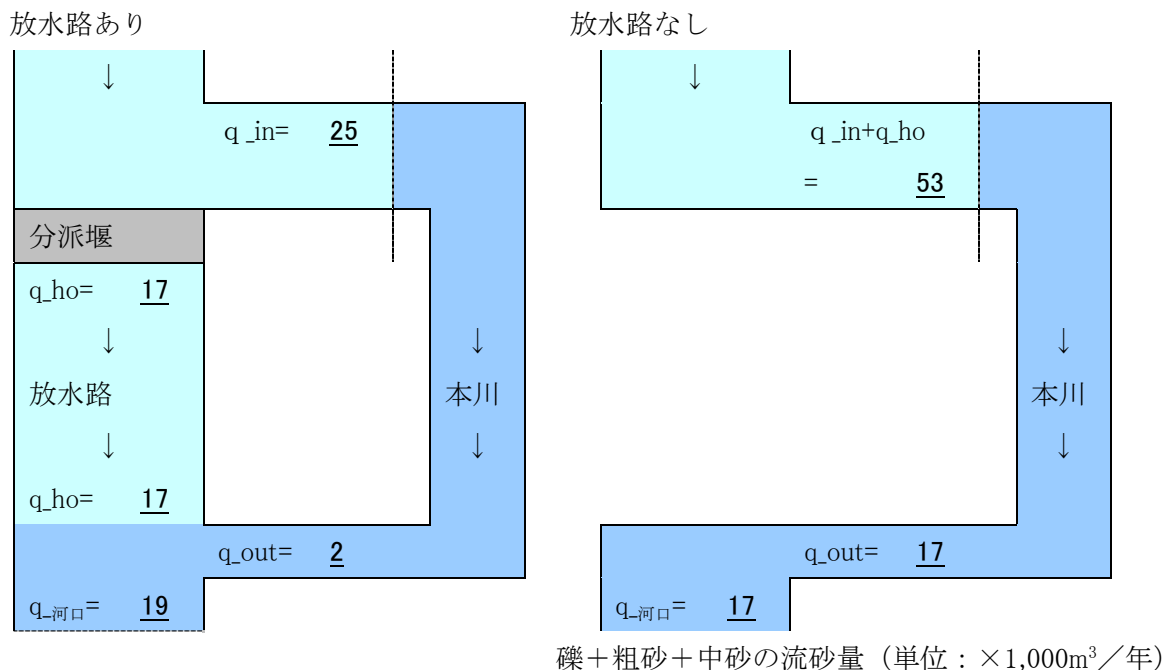
出典：「土砂動態予測のための河床変動モデルの改良－涸沼河を事例として－」、国総研資料第 69 号,p82

図 3.8.5.4 浮遊砂量観測結果と流砂量式の比較

- 豊川本川 11.0k における中砂～礫の供給土砂量は 1k 間隔（ケース 1）で 42 千  $m^3$ /年、0.2k 間隔（ケース 2）で 25 千  $m^3$ /年であり、減少した。0.2k 間隔（ケース 2）では、計算値が実績と比べて若干低くなっており、そのため、0.2k 間隔（ケース 2）が 1k 間隔（ケース 1）に比べて減少したと考えられる。

・計算結果の考察

- ・ 豊川放水路竣工に伴い豊川本川を通過する中砂から礫分は減少している。
- ・ 「放水路あり」では、中砂～礫成分が 4.0k～6.0k の区間に堆積していることがわかる。一方「放水路なし」では、中砂成分が 0.0k～1.0k の区間に堆積しており、中砂成分が河口まで運ばれることがわかる。豊川本川 0.0k を通過する中砂の土量は「放水路あり」で 2 千 m<sup>3</sup>/年であり、「放水路なし」で 16 千 m<sup>3</sup>/年であり、放水路の整備により、豊川本川を通過する中砂の土量は 1/8 になった。
- ・ 豊川本川における中砂の堆積量（流入量－流出量）は「放水路あり」で 23 千 m<sup>3</sup>/年であり、「放水路なし」で 37 千 m<sup>3</sup>/年で、放水路整備に伴い、堆積土砂量が 6 割程度（23/37=0.62）に減少した。放水路整備によって本川流量は 6 割に減少しており、流量の減少率と概ね同じ割合で堆積土砂量も減少した。
- ・ 本検討では、豊川放水路内では土砂が堆積しないと仮定した。計算結果から得られた放水路流入土砂（17 千 m<sup>3</sup>/年、中砂～礫）が放水路内に堆積すると、堆積厚は約 2.1cm/年となるが（代表的な川幅約 120m、放水路延長約 6,600m）、豊川放水路竣工（昭和 40 年）から約 40 年経過した現在でも放水路内に顕著な堆積がみられないことから、放水路に流入した土砂は長期的には全量排出すると考えられ、本検討の仮定は妥当であると考えられる。



・河口から海域への供給土砂量

河口から海域へ供給される礫・粗砂・中砂の土砂供給量について整理すると以下のとおりである。

1k 間隔（ケース 1）（礫・粗砂・中砂） 放水路なし：約 20 千 m<sup>3</sup>/年

放水路あり：約 30 千 m<sup>3</sup>/年

0.2k 間隔（ケース 2）（礫・粗砂・中砂） 放水路なし：約 20 千 m<sup>3</sup>/年

放水路あり：約 20 千 m<sup>3</sup>/年

なお、総供給土砂量（シルト・粘土～礫）における中砂～礫の割合は「放水路あり」で約 5%であり、「放水路なし」で約 4%でありほぼ同じである。一方、細砂～礫の割合は「放水路あり」で 54%であり、「放水路なし」で 57%であり、ほぼ同じ割合である。

なお、計算結果に示しているシルト・粘土の流砂量は以下のように算定した値であり、河床変動計算領域内では一定値となっている。

細粒土砂(シルト粘土)の供給土砂量は平成 1 年～平成 4 年のダム堆砂量(184 千 m<sup>3</sup>/年)から推定し、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定している。なお、「放水路あり」の計算は計画流量配分(本川：豊川放水路=6:4)に基づき、本川 110 千 m<sup>3</sup>/年、豊川放水路 74 千 m<sup>3</sup>/年のシルト粘土の供給土砂量を設定する。

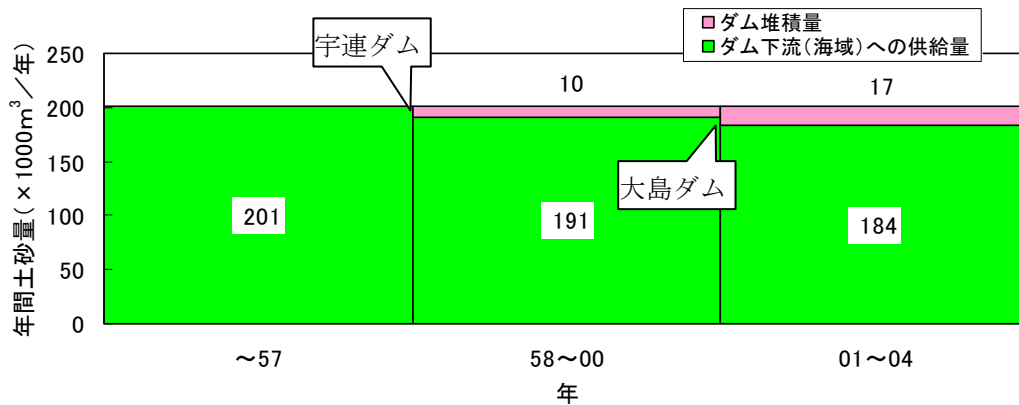


図 3.8.5.5 細粒土砂のダム堆積量とダム下流（海域）への供給量の経年変化（豊川）

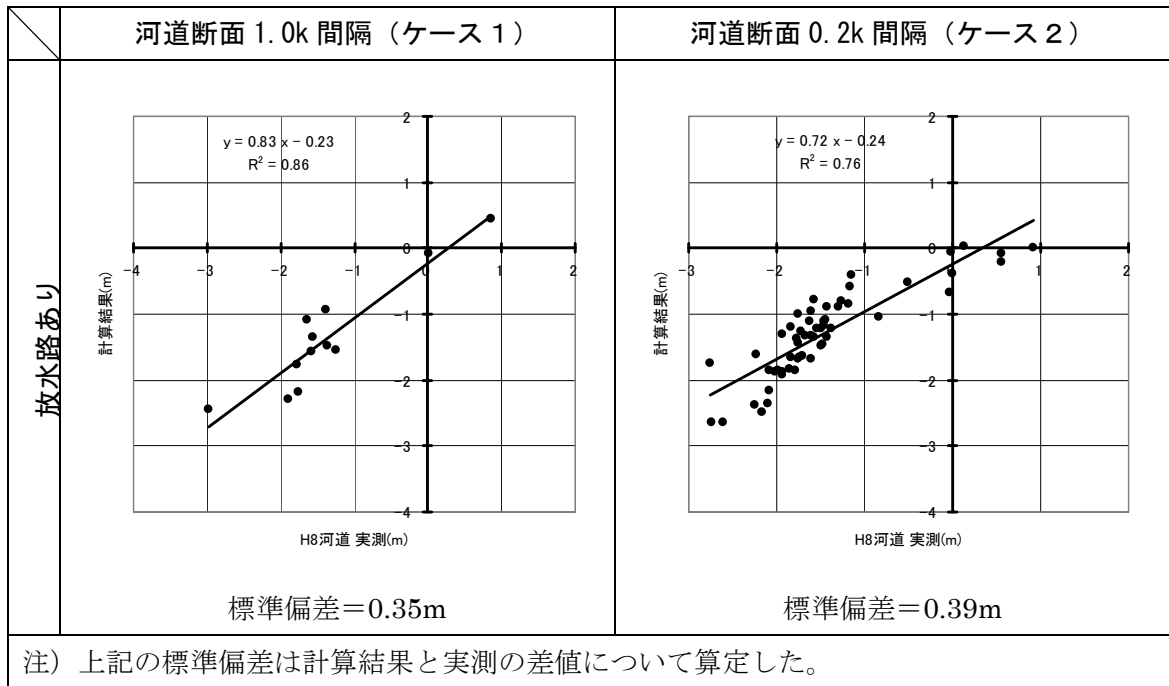


図 3.8.5.6 河床高の実測値と計算値の比較

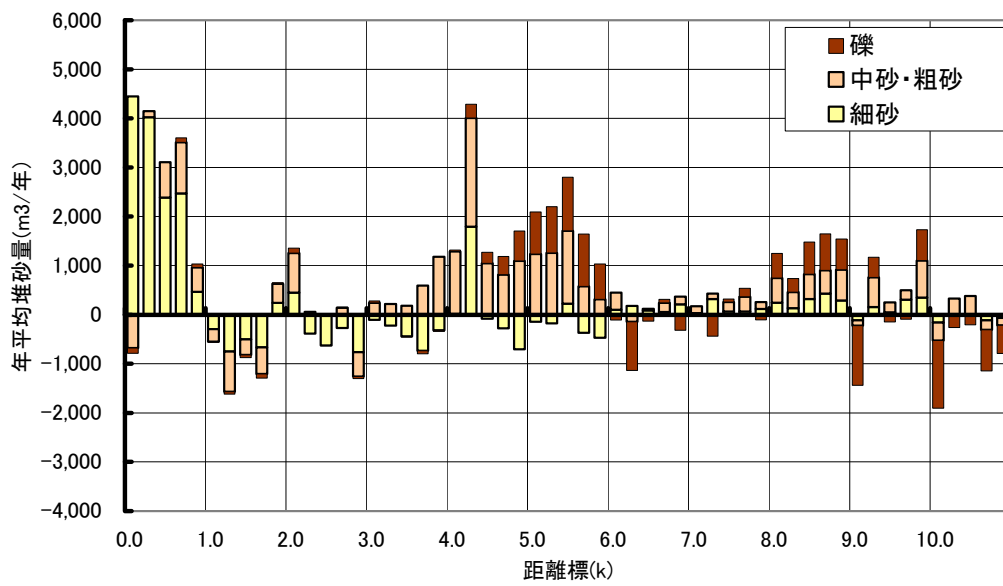
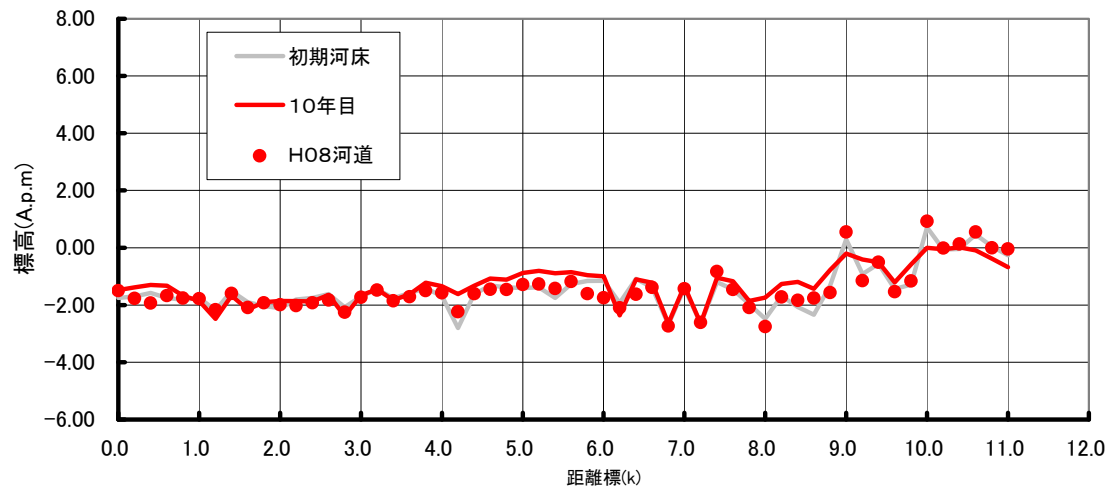


図 3.8.5.7 河床変動計算結果（昭和62年～平成8年、放水路あり）

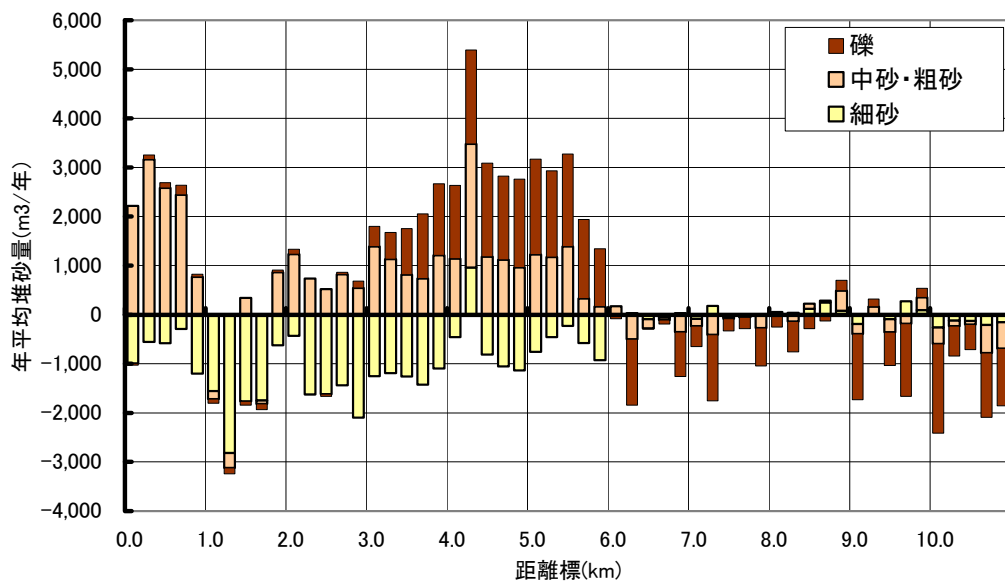
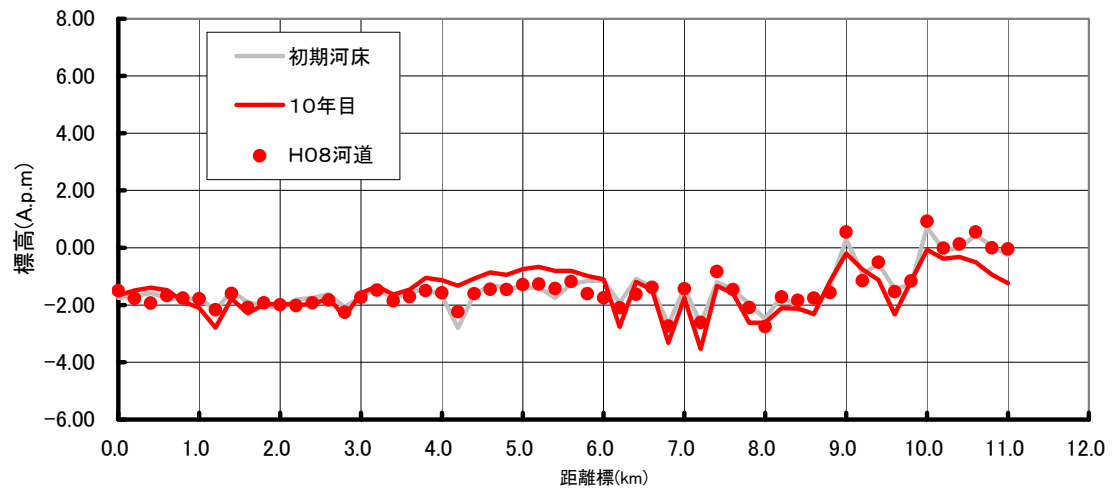


図 3.8.5.8 河床変動計算結果（昭和62年～平成8年、放水路なし）

表 3.8.5.3 各地点の流砂量（河道断面1.0k間隔（ケース1））

単位：×1000m<sup>3</sup>/年

		放水路あり				放水路なし	
		河口	本川0.0k	上流端11k	放水路0k	本川0.0k	上流端11k
砂礫	礫	5	0	6	4	1	11
	中砂・粗砂	25	3	36	21	21	58
	細砂	169	118	83	50	207	134
砂礫合計		199	121	125	75	229	203
シルト・粘土		184	110	110	74	184	184
合計		383	231	235	149	413	387

※1) 河口＝本川 0.0k＋放水路 0k

※2) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定

表 3.8.5.4 各地点の流砂量（河道断面0.2k間隔（ケース2））

単位：×1000m<sup>3</sup>/年

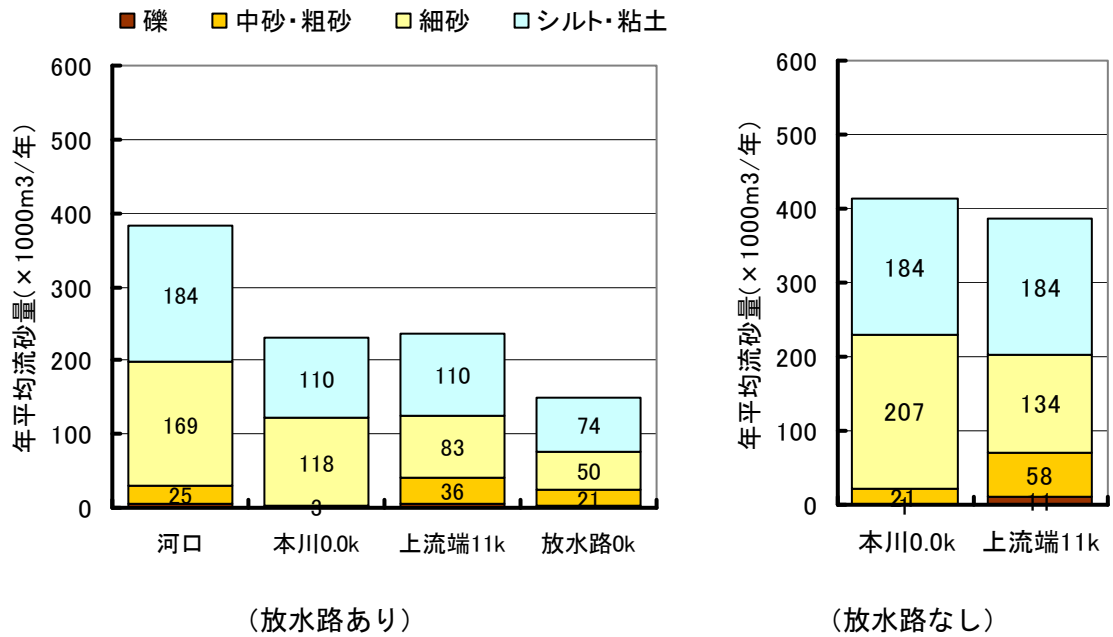
		放水路あり				放水路なし	
		河口	本川0.0k	上流端11k	放水路0k	本川0.0k	上流端11k
砂礫	礫	2	0	3	2	1	8
	中砂・粗砂	17	2	22	15	16	45
	細砂	198	115	125	83	237	206
砂礫合計		217	117	150	100	254	259
シルト・粘土		184	110	110	74	184	184
合計		401	227	260	174	438	443

※1) 河口＝本川 0.0k＋放水路 0k

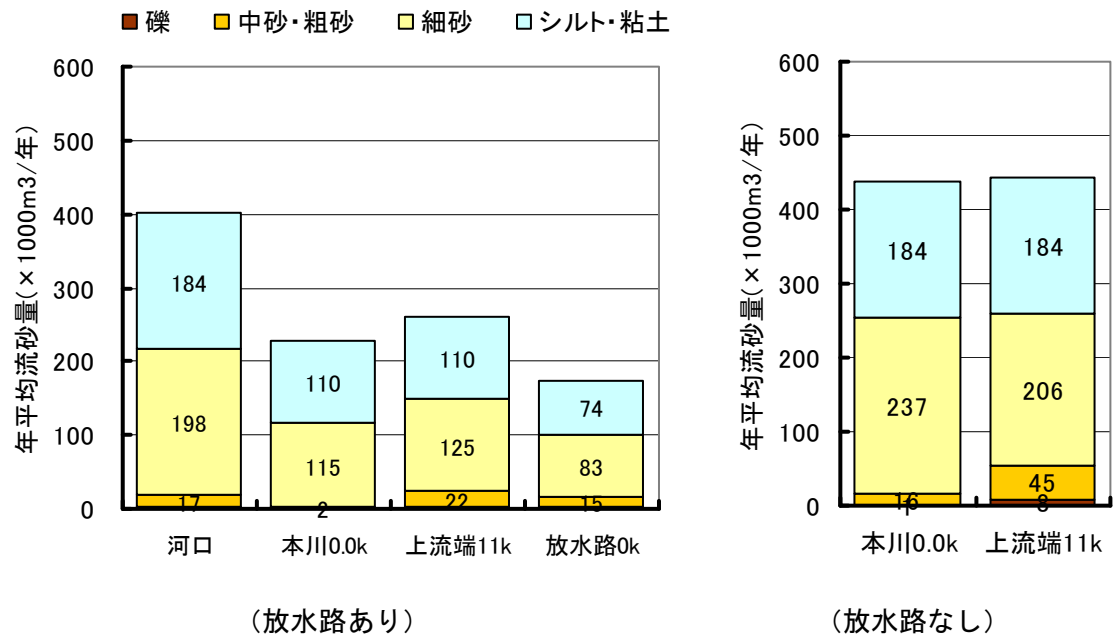
※2) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定



●河道断面 1.0k 間隔 (ケース 1)



●河道断面 0.2k 間隔 (ケース 2)

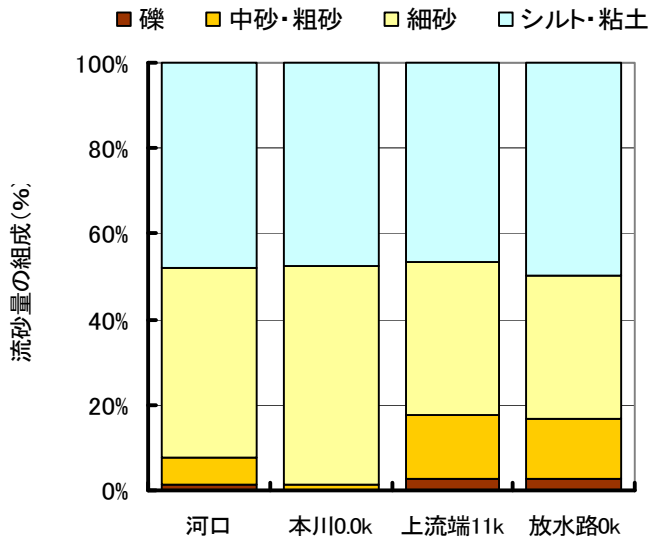


※1) 河口 = 本川 0.0k + 放水路 0k

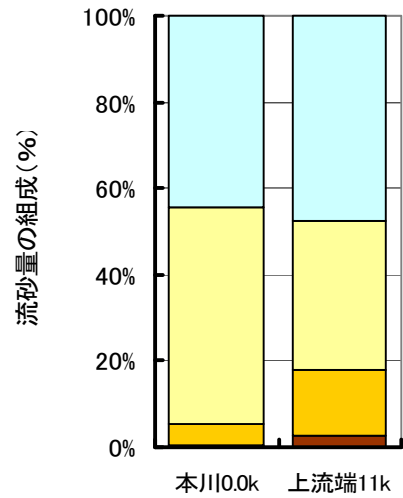
※2) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定

図 3.8.5.9 各地点の流砂量の比較

●河道断面 1.0k 間隔 (ケース 1)

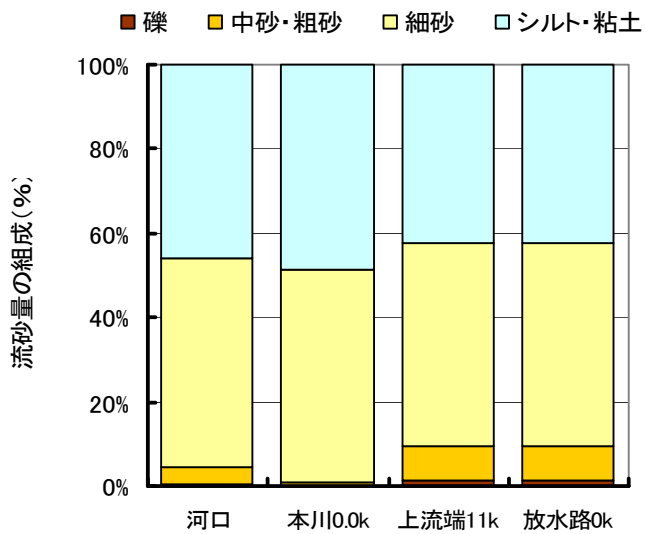


(放水路あり)

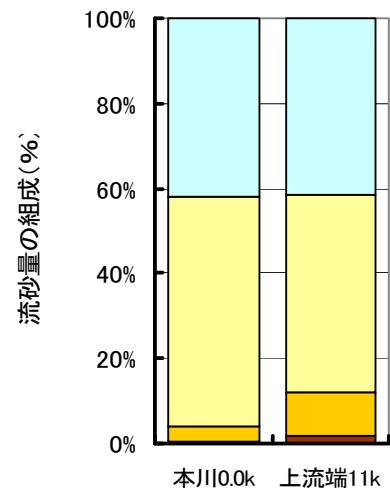


(放水路なし)

●河道断面 0.2k 間隔 (ケース 2)



(放水路あり)



(放水路なし)

※1) 河口 = 本川 0.0k + 放水路 0k

※2) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定

図 3.8.5.10 各地点の流砂量の粒度組成

### 3.8.6 河床変動計算の感度分析による河川からの供給土砂量の評価

#### (1) 感度分析計算の目的

豊川放水路の竣工に伴う本川河口からの砂礫分供給量の減少は、本川における流量の低下が大きな要因と考えられる。そこで、流量をパラメータとした感度分析計算を実施し、流量規模と河川からの供給土砂量の関係を定量的に評価する。

#### (2) 流量規模別の洪水条件の設定

計算対象期間（昭和 62 年～平成 8 年）の流況をもとに、大規模出水年、中規模出水年、小規模出水年を設定する。計算対象期間の年最大流量は図 3.8.6.1 上図に示すとおりであり、流量を大きい順に並べたものを図 3.8.6.1 下図に示す。これより、最大の年最大流量が発生した年を大規模出水年、年最大流量が平均値に近い年を中規模出水年、最小の年最大流量が発生した年を小規模出水年とする。

#### 【設定した代表年】

大規模出水年： 平成 3 年（年最大流量 1,822m<sup>3</sup>/s）  
 中規模出水年： 昭和 63 年（年最大流量 1,268m<sup>3</sup>/s）  
 小洪水出水年： 平成 4 年（年最大流量 635m<sup>3</sup>/s）

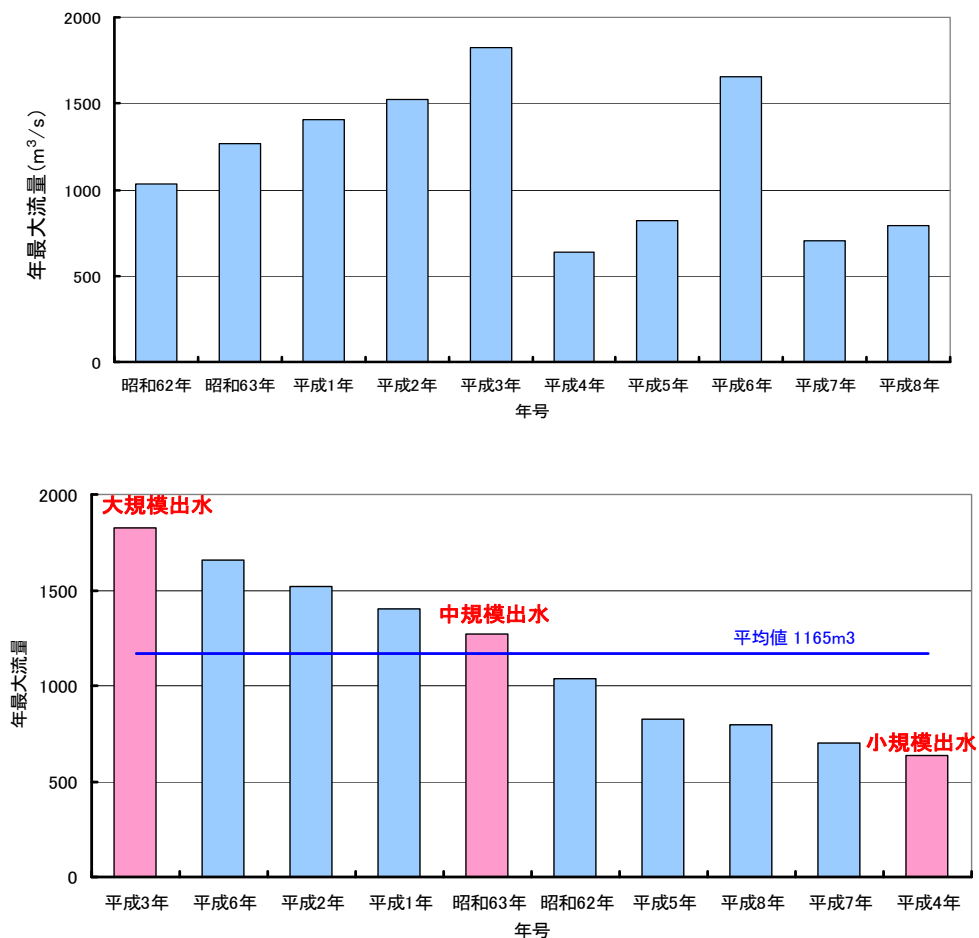
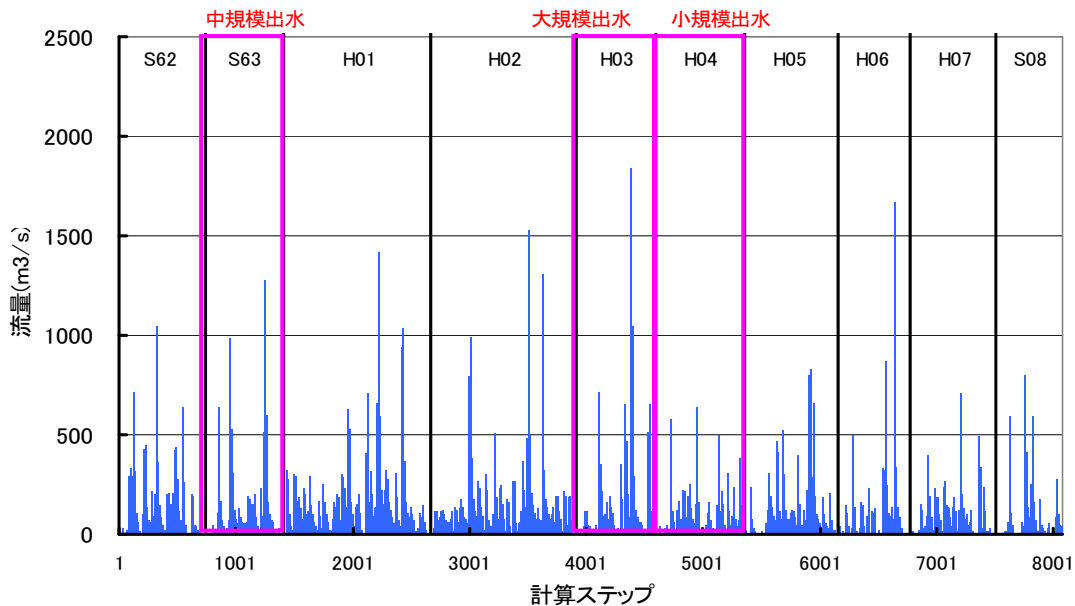


図 3.8.6.1 年最大流量（当古観測所）

(3) 計算ケースの流量条件

各計算ケースの流量条件は図 3.8.6.2～図 3.8.6.5 に示すとおりである。分派量の扱いを明記すること



注) 計算時間の短縮を図るため、以下の処理を行っている。

- ・日平均流量が  $100\text{m}^3/\text{s}$  以下の場合：1 ステップを 24 時間、日平均流量を与える
- ・日平均流量が  $100\text{m}^3/\text{s}$  以上の場合：1 ステップを 1 時間、毎正時の流量を与える

図 3.8.6.2 感度分析の流量条件 (当古観測所)

(4) 浮遊砂量の境界条件

「放水路あり」において設定した条件と同様の  $\alpha$  を用いた。

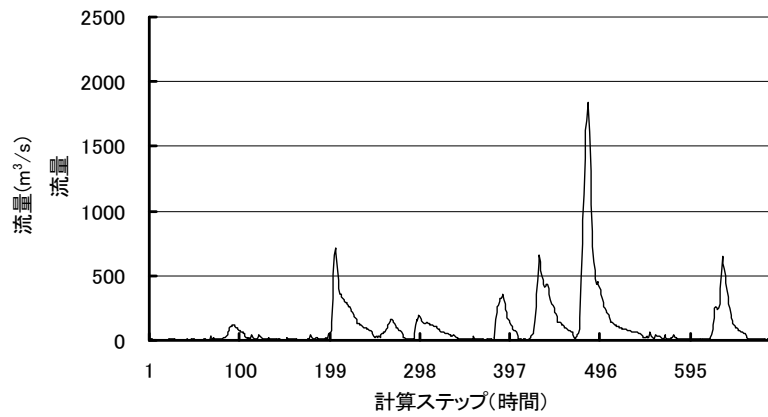


図 3.8.6.3 大規模出水年（平成3年）の流量

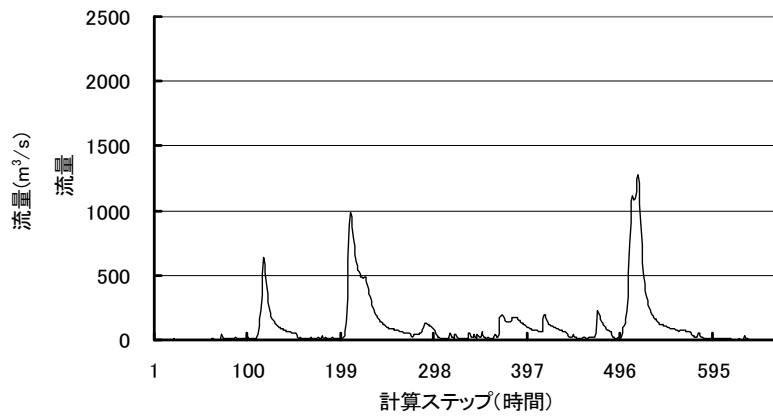


図 3.8.6.4 中規模出水年（昭和63年）の流量

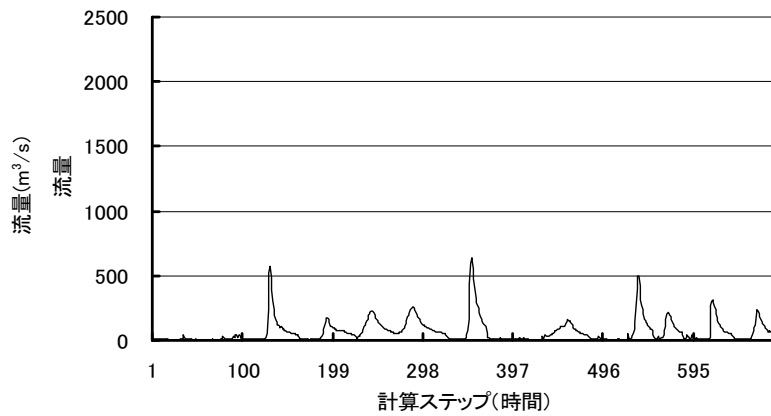


図 3.8.6.5 小規模出水年（平成4年）の流量

(5) 計算結果

流量規模別の流砂量を表 3.8.6.1、図 3.8.6.6 に示す。

- 大規模出水年と中規模出水年において、11.0k における中砂～礫の供給土砂量は大規模出水で 61 千  $m^3$ /年、中規模出水で 54 千  $m^3$ /年で大規模出水年の方が若干多い。また、0.0k では、大規模出水年で 2 千  $m^3$ /年であり、中規模出水年で 10 千  $m^3$ /年であり中規模出水年の方が若干多い。今回の計算ケースにおいて、中砂～礫の土砂移動量については中規模出水年と大規模出水年では大きな違いはないと思われる（中砂～礫の河道内の土砂堆積傾向もほぼ同じである）。
- 一方、小規模洪水年における中砂～礫の供給土砂量は 11.0k で 4 千  $m^3$ /年であり、0.0k で 0 千  $m^3$ /年である。中規模洪水年では若干量の中砂～礫が供給され、そのほとんどが河道内に堆積し、海域へは供給されないと考えられる。
- 大規模出水年と中規模出水年で流砂量に大きな差違が生じていない原因は、洪水継続時間が関係していると思われる。大規模出水年（H3）における  $500m^3/s$  以上の洪水時間の累計時間は 28 時間である。一方、中規模出水年（S63）における  $500m^3/s$  以上の洪水時間の累計は 34 時間でほぼ同じである。年間流砂量は洪水規模の他に洪水時間についても影響を受けると考えられる。

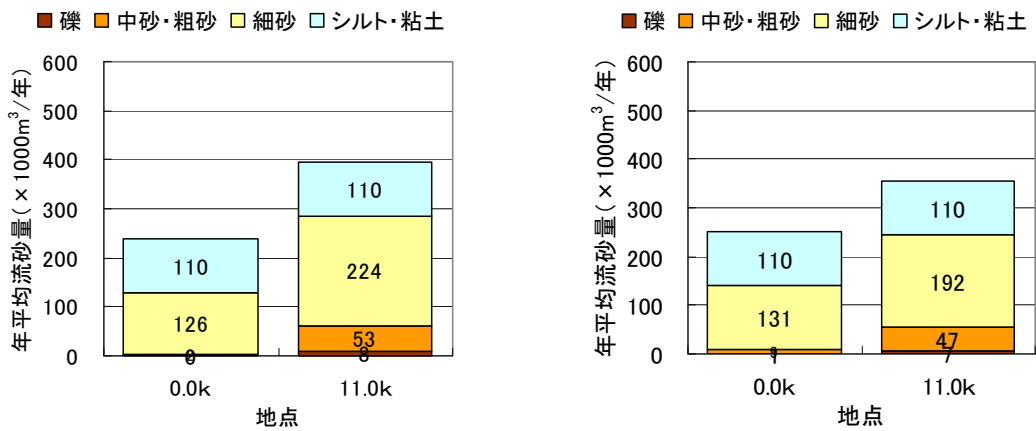
表 3.8.6.1 流量規模別の流砂量（豊川本川）

単位：×1000m<sup>3</sup>/年

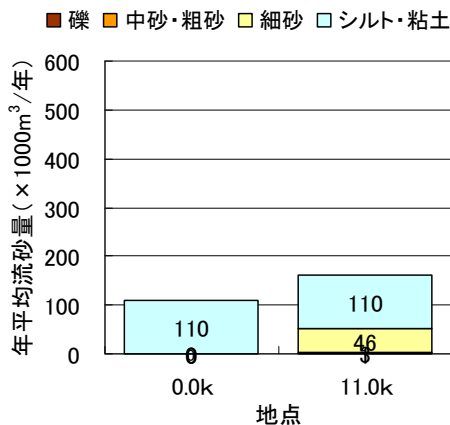
		大規模出水年(H3)		中規模出水年(S63)		小規模出水年(H4)	
		0.0k	11.0k	0.0k	11.0k	0.0k	11.0k
砂礫	礫	0	8	1	7	0	1
	中砂・粗砂	2	53	9	47	0	3
	細砂	126	224	131	192	0	46
砂礫合計		128	286	141	246	0	50
シルト・粘土		110	110	110	110	110	110
合計		238	396	251	356	110	160

※)シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定

大規模出水年 (H3、年最大流量 1,822m<sup>3</sup>/s)      中規模出水年 (S63、年最大流量 1,268m<sup>3</sup>/s)



小規模出水年 (H4、年最大流量 635m<sup>3</sup>/s)



※)シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定

図 3.8.6.6 洪水規模別の流砂量

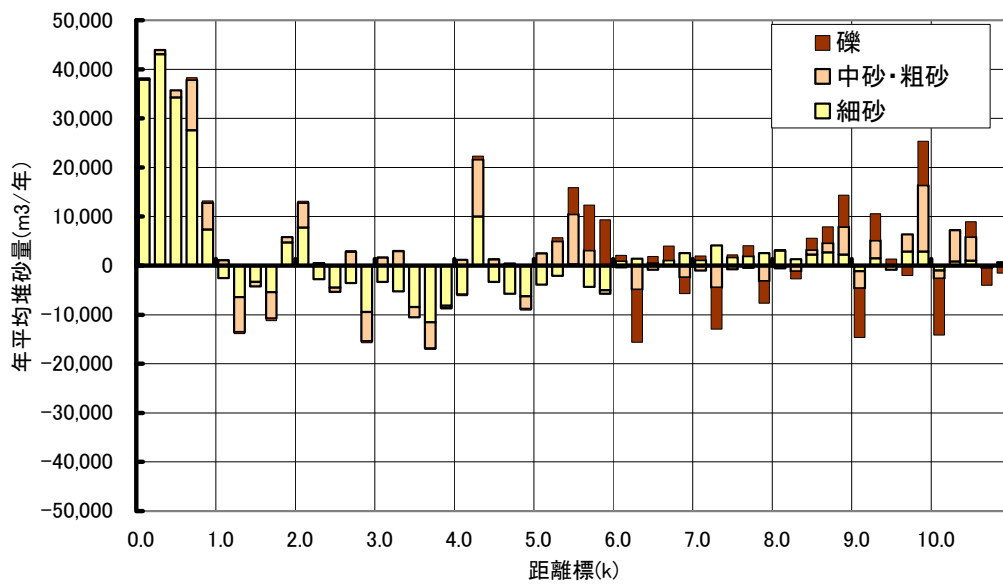
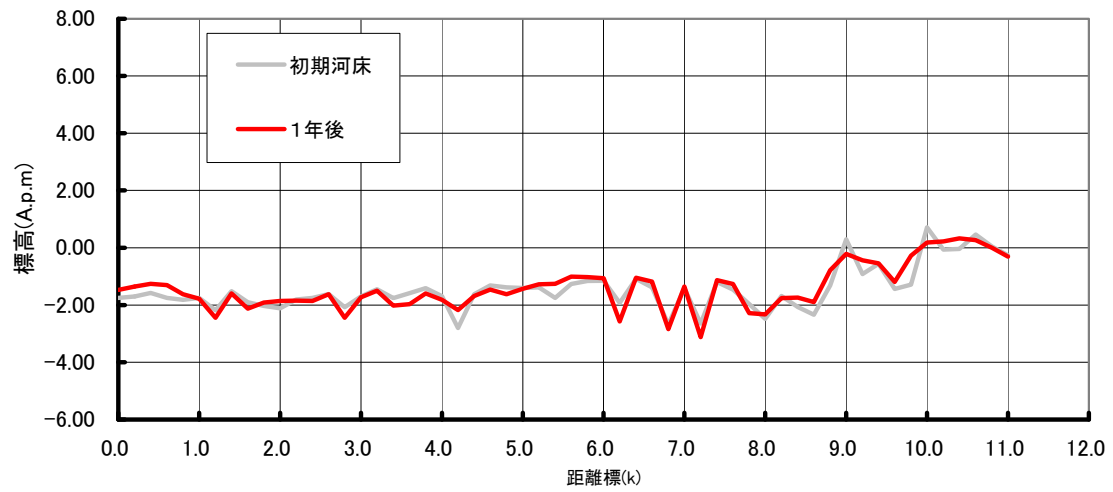


図 3.8.6.7 大規模出水年（平成3年）における河床変動計算結果



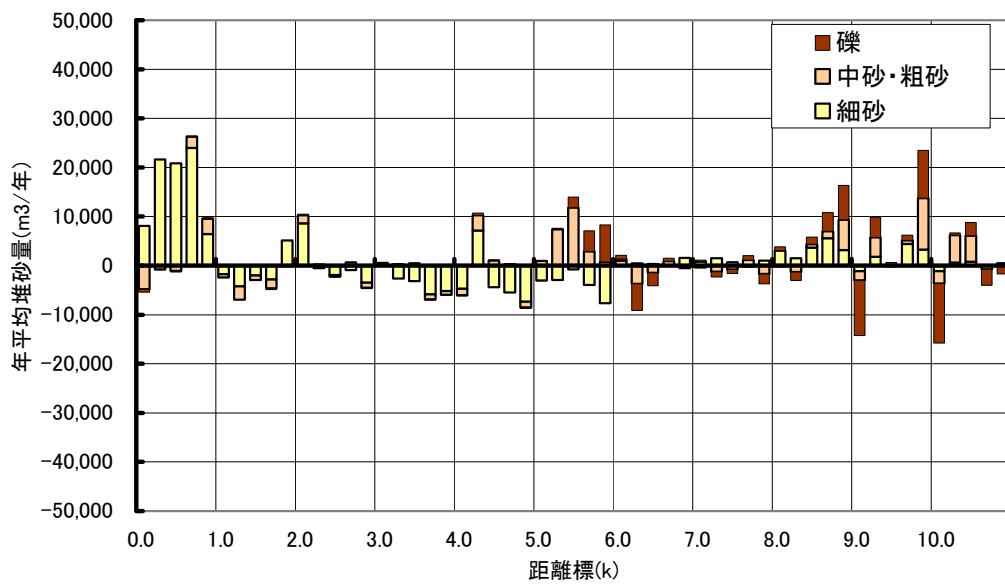
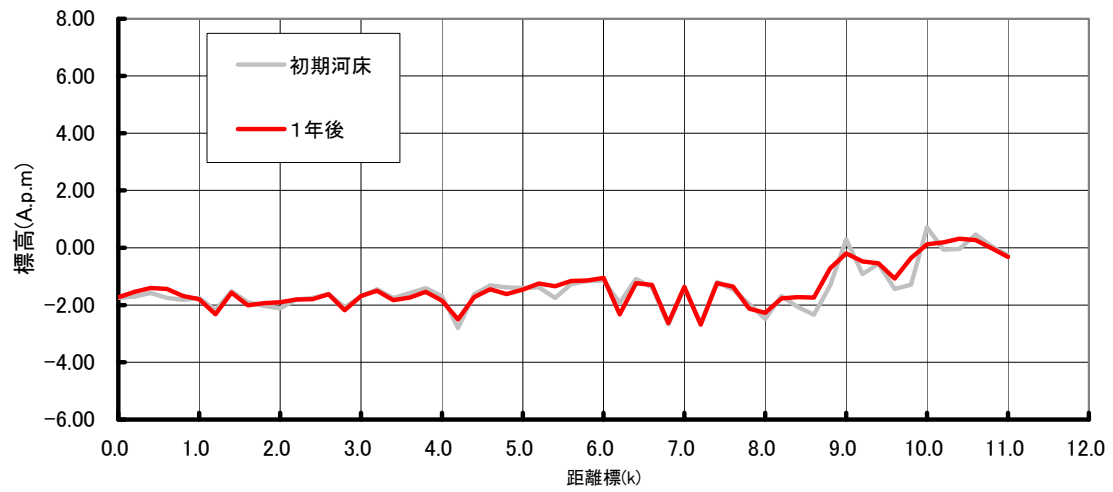


図 3.8.6.8 中規模出水年（昭和63年）における河床変動計算結果

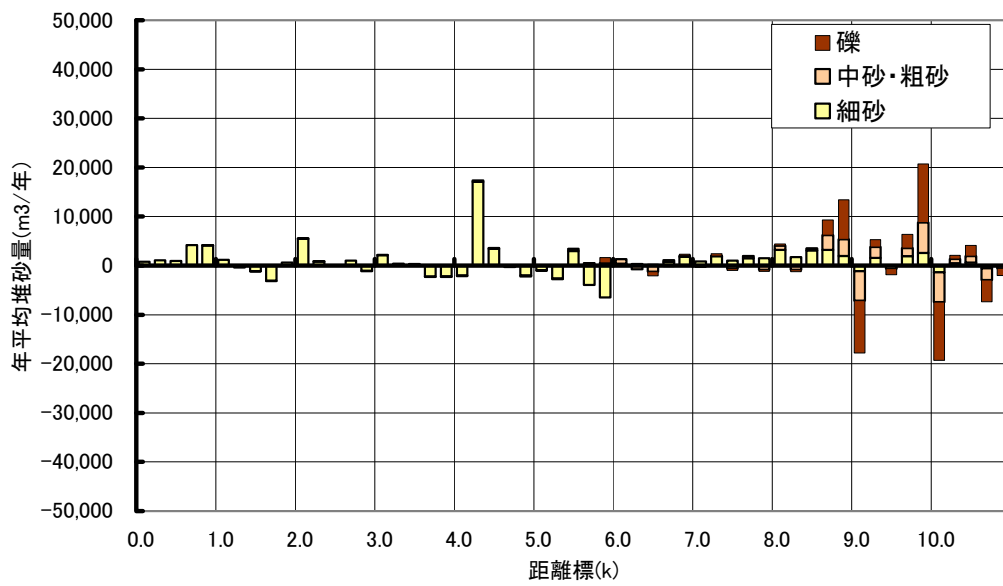
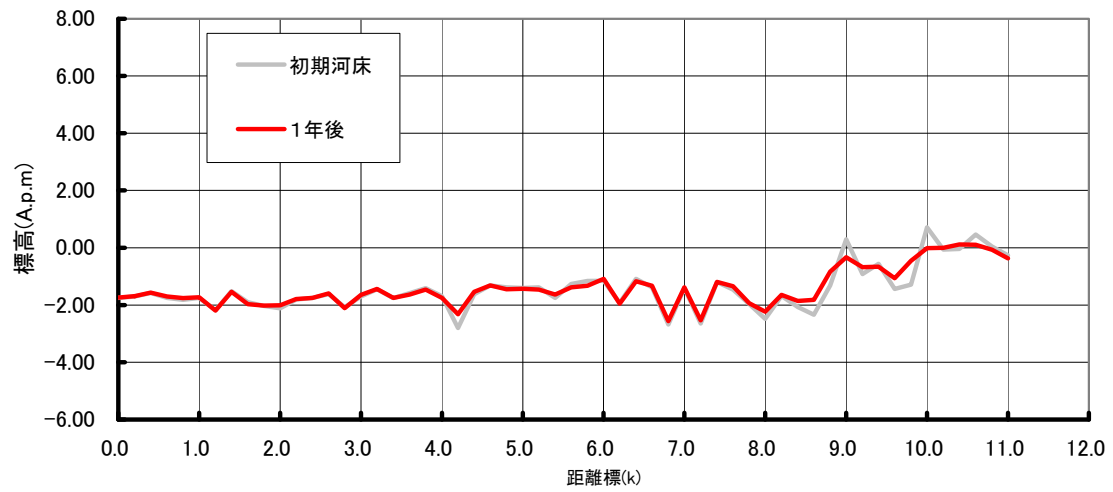


図 3.8.6.9 小規模出水年（平成4年）における河床変動計算結果

### 3.8.7 豊川からの供給土砂量の経年変化のまとめ

- ・ 河道断面を 1.0km から 0.2km に細分化し平均河床高を算定した結果、昭和 40 年(1965 年)～昭和 62 年(1987 年)にかけて河床縦断形状が大きく変化しており、これは豊川放水路の竣工(昭和 40 年)により流況が変化した影響の可能性はある。昭和 62 年(1987 年)以降の河床は、数 10cm の変動幅はあるが概ね安定している。
- ・ 豊川流域には宇漣ダムが昭和 33 年に竣工し、大島ダムが平成 13 年に竣工した。ダム貯水池にはダム整備前におけるシルト・粘土の生産土砂量の約 1 割が堆積していることから、海域へのシルト・粘土の供給土砂量はダム整備によって 9 割に減少した。
- ・ 無次元掃流力と河床変動計算を実施し、放水路竣工に伴う砂礫輸送量の変化と海域へ供給される土砂量の経年変化を定量的に把握した。豊川本川と豊川放水路の計画流量配分(6:4)を考慮して流量規模別の無次元掃流力を計算した結果、豊川放水路竣工に伴い本川の流量および無次元掃流力が低下していることが示された。
- ・ 豊川本川から海域へ供給される土砂量は、「放水路なし」で 17 千 m<sup>3</sup>/年であり、「放水路あり」で 2 千 m<sup>3</sup>/年であり、放水路整備によって豊川本川から海域へ供給される土砂量が大きく減少したことがわかる。11.0k における供給土砂量も「放水路なし」で 53 千 m<sup>3</sup>/年であり、「放水路あり」で 17 千 m<sup>3</sup>/年であり、放水路整備によって供給土砂量が 36 千 m<sup>3</sup>/年減少した。これは、放水路整備に伴う流量の低下による土砂流送能力の低下及び上流(11.0k)からの供給土砂量の減少が要因と考えられる。
- ・ 一方、放水路への供給土砂量を整備計画流量配分に応じて与えると、「放水路あり」で 17 千 m<sup>3</sup>/年であり、放水路内に顕著な土砂堆積が確認されないことから全量が通過すると仮定すれば、豊川河口から海域へ供給される土砂量は 19 千 m<sup>3</sup>/年であり、放水路なしの供給土砂量(17 千 m<sup>3</sup>/年)とほぼ同じであり、両者に大きな差は見られない。
- ・ 総供給土砂量(シルト・粘土～礫)における中砂～礫の割合は「放水路あり」で約 5%であり、「放水路なし」で約 4%でありほぼ同じである。一方、細砂～礫の割合は「放水路あり」で 54%であり、「放水路なし」で 57%であり、ほぼ同じ割合である。
- ・ 豊川放水路の竣工に伴う豊川本川への砂礫分供給量の減少は、本川流量の低下が大きな要因と考えられた。そこで、流量をパラメータとした感度分析計算を実施し、流量規模と海域への供給土砂量の関係を定量的に評価することを検討した。その結果、中規模出水年(最大 1,268m<sup>3</sup>/s)における 11.0k の中砂～礫分の供給土砂量は大規模出水年(最大 1,822m<sup>3</sup>/s)と大きな差はなく、ほぼ同程度であった(中規模出水で 54 千 m<sup>3</sup>/年、大規模出水で 61 千 m<sup>3</sup>/年)。放水路に流量配分に応じて土砂量が供給され、全量が海域へ供給されるとすると、大規模出水年と中規模出水年における海域への供給土砂量に大きな差はないこととなる。しかし、小規模出水年(最大 635m<sup>3</sup>/s)では 4 千 m<sup>3</sup>/年であり、小規模洪水年には中砂～礫の海域への供給土砂量は大きく減少する。

以上の検討結果を踏まえ、豊川土砂動態のシナリオを構築する。

【豊川土砂動態のシナリオ】

- 放水路竣工による流量の低減によって本川から海域への砂礫の供給量が減少した  
(→掃流力の評価、河床変動計算結果から得た結果)
- 一方、放水路に流量配分に応じた土砂量が供給されると仮定すると、放水路内に顕著な土砂堆積が確認できないことから、供給土砂流の全量が海域へ供給されたこととなる。
- 豊川本川に放水路からの供給土砂量を加えると河口から海域へ流出する中砂から礫分は大きく変化していない (2万 m<sup>3</sup>/年)
- しかし、小規模出水年が継続して発生した場合は、海域への中砂～礫分の土砂量は4千 m<sup>3</sup>/年以下となる。

※)本川だけでなく、豊川放水路から海域への供給土砂量も考慮してシナリオを見なしている。

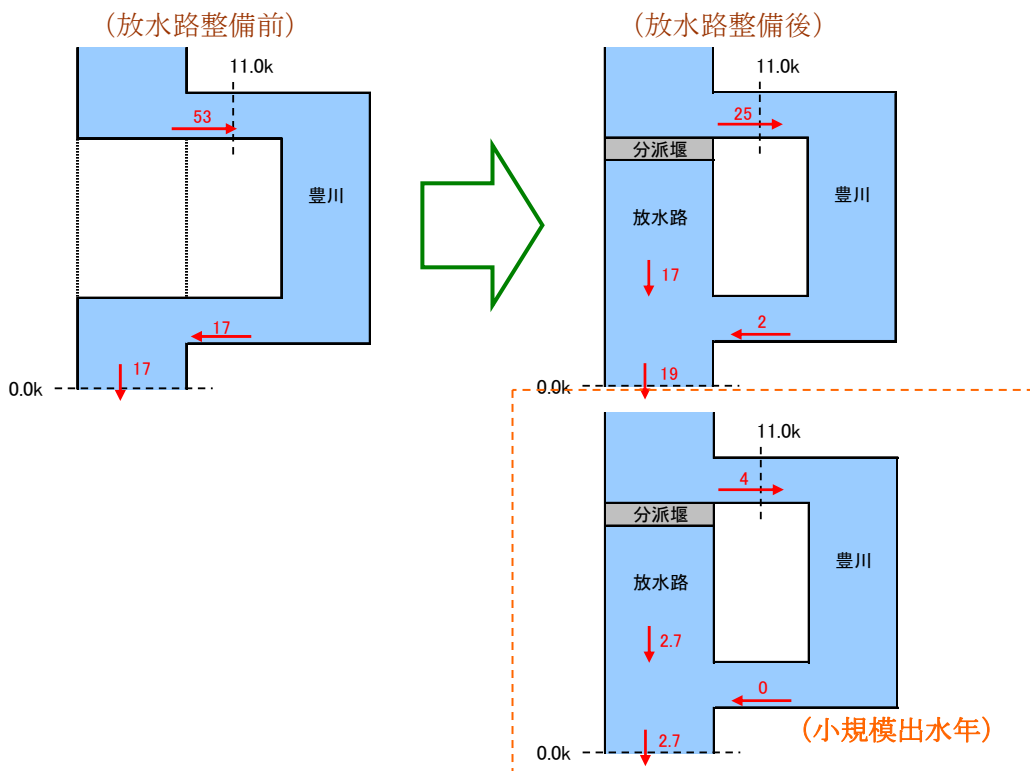


図 3.8.7.1 土砂動態のシナリオ

### 3.9 矢作川における供給土砂量の経年変化

#### 3.9.1 基本データのレビュー

河川事業履歴、浚渫及び砂利採取、横断測量データ、河床材料データ、ダム堆積関連データ等の整理結果をレビューする。

##### (1) 河川事業履歴

土砂の流下に影響を及ぼすと考えられる河川事業を表 3.9.1.1 に示す。また、矢作川の流域面積の一覧を表 3.9.1.2 に、矢作川水系の概略図を図 3.9.1.1 に示す。

表 3.9.1.1 土砂の流下に影響を及ぼす主な河川事業（矢作川）

##### 河川横断構造物関係

年	土砂の流下に影響を及ぼす主な河川事業
1879	明治用水堰(旧堰)竣工
1929	越戸ダム竣工
1951	明治用水頭首工着工
1956	明治用水頭首工通水
1962	羽布ダム竣工
1970	矢作ダム・矢作第2ダム竣工
1978	明治用水頭首工補修工事
1980	黒田ダム竣工

##### 砂利採取

年	土砂の流下に影響を及ぼす主な河川事業
1950年代 ～現在	昭和30年代以降、大規模な砂利採取があったが、その後は年々採取量が減少している(採取実績が把握されているのは1974年度以降)。1989年度(平成元年度)以降は、砂利採取は行われていない。

出典:「母なる豊川 流れの軌跡」「矢作川改修六十周年記念誌」「ダム年鑑」

表 3.9.1.2 矢作川の流域面積一覧

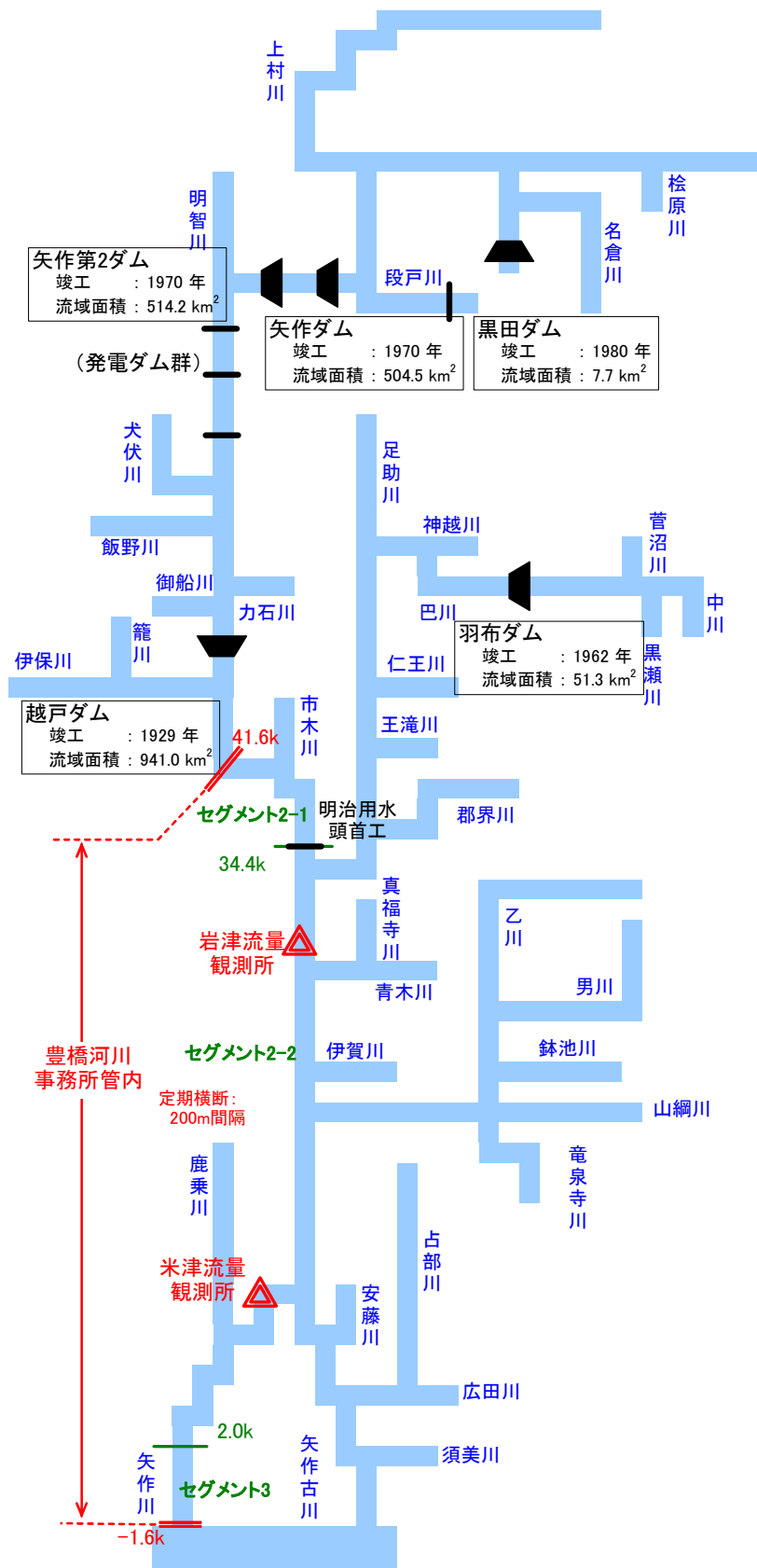
河川名	流域面積 km <sup>2</sup>	面積比 %	山地面積 km <sup>2</sup>	着手年	竣工年
矢作川水系	1915.4	70.6	1352.6		

ダム名	流域面積 km <sup>2</sup>	面積比 %	山地面積 km <sup>2</sup>	着手年	竣工年
黒田ダム	7.7	0.4		1973	1980
矢作ダム	504.5	26.3		1962	1970
矢作第2ダム	514.2	26.8		1967	1970
越戸ダム	941.0	49.1		1926	1929
羽布ダム	51.3	2.7		-	1962

出典:ダム年鑑

※ ダムの流域面積には上流に存在するダムの流域分も含まれる



注) セグメント分割は、「平成 15 年豊川矢作川自然再生計画作成業務委託」に基づく。

図 3.9.1.1 矢作川水系の概略図

(2) 浚渫及び砂利採取

矢作川では、浚渫量に関する既存資料は得られていない。

砂利採取については、矢作川における昭和 49 年度以降の砂利採取等の採取実態として「矢作川砂利採取量の統計」（豊橋河川事務所資料）に実績が整理されており、その推移を表 3.9.1.3、図 3.9.1.2 に示す。

矢作川では昭和 50 年代まで、年間 300 千 $m^3$ 程度の砂利採取が行われていたが、河床の低下により河川管理等に支障が生じたため、平成元年度以降は砂利採取が行われていない。

表 3.9.1.3 矢作川砂利採取量の統計

項目	年度	計画採取量		実績採取量	
		年間	累積	年間	累積
第一次特定採取計画	S49	290	290	282	282
	S50	385	675	382	664
	S51	385	1,060	379	1,043
	S52	385	1,445	388	1,431
	S53	385	1,830	382	1,813
第二次特定採取計画	S54	385	2,215	384	2,197
	S55	385	2,600	385	2,582
	S56	385	2,985	385	2,967
	S57	385	3,370	378	3,345
	S58	385	3,755	283	3,628
第三次特定採取計画	S59	211	3,966	211	3,839
	S60	209	4,175	209	4,048
	S61	139	4,314	130	4,178
	S62	95	4,409	81	4,259
	S63	116	4,525	41	4,300
計画なし	H01		4,525	0	4,300
	H02		4,525	0	4,300
	H03	計画なし	4,525	0	4,300
	H04		4,525	0	4,300
	H05		4,525	0	4,300
第三次規制計画	H06	※	4,525	0	4,300
第四次規制計画	H07	※	4,525	0	4,300
	H08	※	4,525	0	4,300
	H09	※	4,525	0	4,300
	H10	※	4,525	0	4,300
	H11	※	4,525	0	4,300
第五次規制計画	H12	※	4,525	0	4,300
	H13	※	4,525	0	4,300
	H14	※	4,525	0	4,300
	H15	※	4,525	0	4,300
	H16	※	4,525	0	4,300

単位:千 $m^3$

※管理上支障のない範囲で採取可能な量

注)矢作川における砂利採取は、昭和 49 年度より特定採取制度に基づく採取計画を策定し、矢作川砂利生産共同組合外 3 組合により、昭和 63 年度までに 4,300 千  $m^3$  の採取を行ったものであるが、全川に亘る河床低下に伴い河川管理施設等に支障が生じ、各組合同意のもとに平成元年度以降においては、採取許可は行っていない。

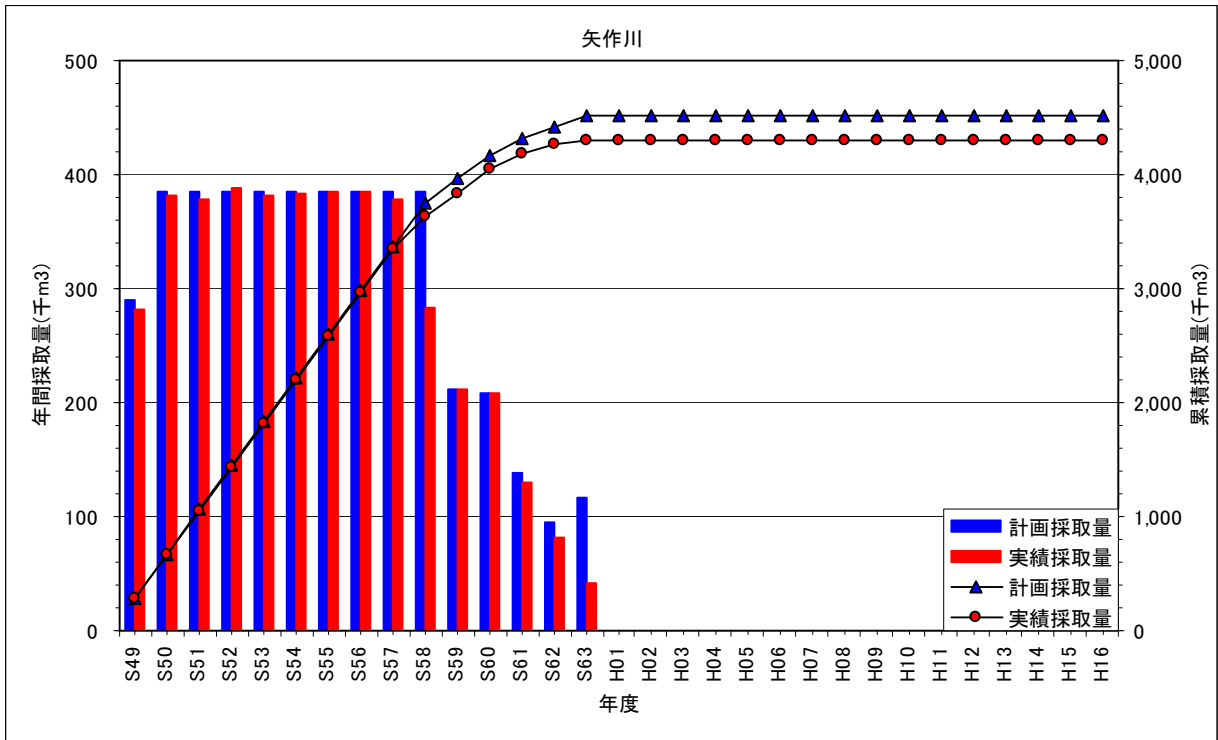


図 3.9.1.2 矢作川における砂利採取量の推移



(3) 横断測量データ

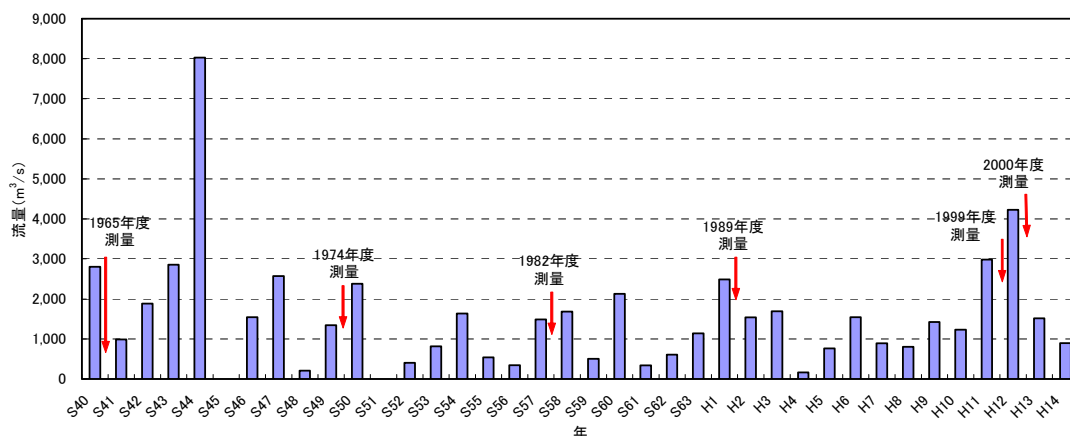
収集した横断測量データを表 3.9.1.4 に、岩津(河口から 29.2k)における年最大流量の経年変化を図 3.9.1.3 に示す。なお、以下の解析においては、測量年度を測量年と表記する。

表 3.9.1.4 矢作川の定期横断測量取得状況

測量年度	測量年月	横断データ	岩津 年最大流量 (m <sup>3</sup> /s)	ダム等建設	備考
S30	1955				
S31	1956			明治用水頭首工通水	
S32	1957				
S33	1958				
S34	1959				
S35	1960				
S36	1961				
S37	1962			羽布ダム竣工	
S38	1963				
S39	1964				
S40	1965	S40.11~12	● 2,805 (S40.9)		
S41	1966	S41.10~12	● 986		
S42	1967	S42.12~S43.2	● 1,882		
S43	1968	S44.1~2	● 2,854		
S44	1969		8,027		
S45	1970	S46.1~3	● -	矢作、矢作第二ダム竣工	流況は一部欠測のため未算定
S46	1971	S47.1~2	● 1,542		
S47	1972	S47.11~12	● 2,572		
S48	1973	S48.12~S49.3	● 208		
S49	1974	S50.1~2	● 1,345 (S49.8)		
S50	1975	S50.11~S51.1	● 2,376		
S51	1976	S51.11~S52.1	● -		流況は一部欠測のため未算定
S52	1977	S52.11~12	● 403		
S53	(1978)	S54.1~S54.2	● 817	明治用水頭首工補修工事	
S54	(1979)	S54.10~S55.1	● 1,634		
S55	(1980)		538	黒田ダム竣工	
S56	(1981)	S56.10~12	● 346		
S57	(1982)	S57.11~12	● 1,488 (S57.8)		
S58	(1983)	S58.11~12	● 1,687		
S59	(1984)		505		
S60	(1985)		2,126		
S61	(1986)	S61.10~S62.1	● 340		
S62	(1987)	S62.11~12	● 605		
S63	(1988)	H1.2~3	● 1,140		
H1	(1989)	H1.1~H2.2	● 2,484 (H1.9)		
H2	(1990)	H3.1~2	● 1,538		
H3	(1991)		1,693		
H4	(1992)		163		
H5	(1993)		765		
H6	(1994)		1,543		
H7	(1995)		889		
H8	(1996)	H9.3~8	● 806		
H9	(1997)		1,425		
H10	(1998)		1,230		
H11	(1999)	H12.3~12	● 2,982 (H11.6)		
H12	(2000)	H12.12~H13.3	● 4,227 (H12.9)		東海豪雨
H13	(2001)		1,514		
H14	(2002)		898		
H15	(2003)				
H16	(2004)				

■ 解析年次

注)年最大流量: 当年の時間流量の中で最大の値



注) 年最大流量とは当年の時間流量の中で最大の値

図 3.9.1.3 岩津(河口から29.2k)の年最大流量(昭和40年～平成14年)

#### (4) 河床材料データ

収集した河床材料データ(豊橋河川事務所資料)は以下のとおりである。

- ・ 昭和40年度(昭和40年11～12月調査)
- ・ 昭和56年度
- ・ 昭和58年度(昭和58年8月調査)
- ・ 平成11年度
- ・ 平成12年度

各調査における調査年度及び調査地点を図3.9.1.4に示す。なお、以下の解析においては、調査年度を調査年として表記する。

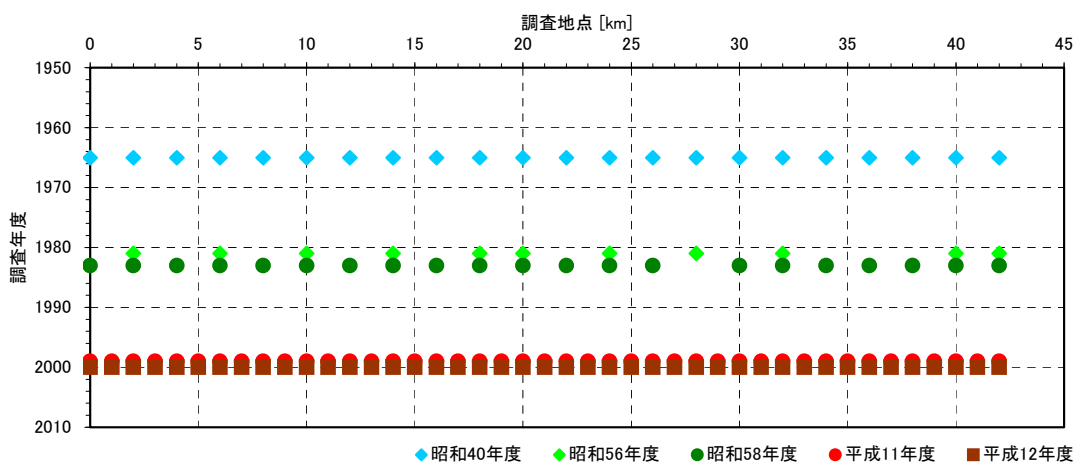


図 3.9.1.4 各河床材料調査の調査年度及び調査地点

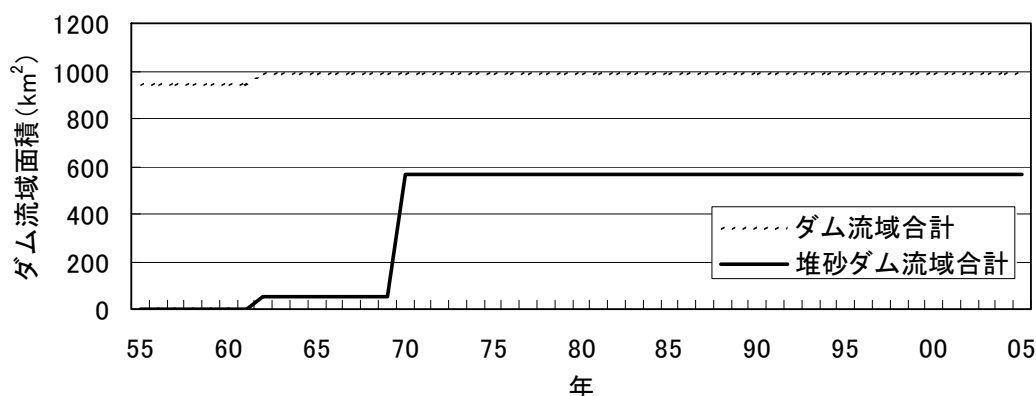
(5) ダム堆砂関連データ

1) ダム流域面積の経年変化

昭和4年に越戸ダムが竣工しているが、このダムは発電専用ダムであり、大型のクレストゲートを備えている。越戸ダムの堆砂量データを収集した結果、堆砂量に増加が見られなかった(図 3.9.1.7)。その後、羽布ダムが昭和37年に竣工し山地面積の4%がダム流域となり、矢作ダム及び矢作第二ダムが昭和45年に竣工し、以降、山地面積の約4割がダム流域で占められている。

表 3.9.1.5 矢作川流域のダム建設状況

竣工年	ダム名	流域面積(km <sup>2</sup> )	備考
昭和4(1929)年	越戸ダム	941.0	堆砂量に増加が見られないことから、土砂は堆積しないと仮定 羽布ダム以外のダム流域を含む
昭和37(1962)年	羽布ダム	51.3	
昭和45(1970)年	矢作ダム	504.5	黒田ダム流域を含む
	矢作第二ダム	514.2	矢作ダム、黒田ダム流域を含む
昭和55(1980)年	黒田ダム	7.7	



注) 越戸ダムは堆砂ダム流域に含めない。

図 3.9.1.5 矢作川流域のダム流域面積の経年変化

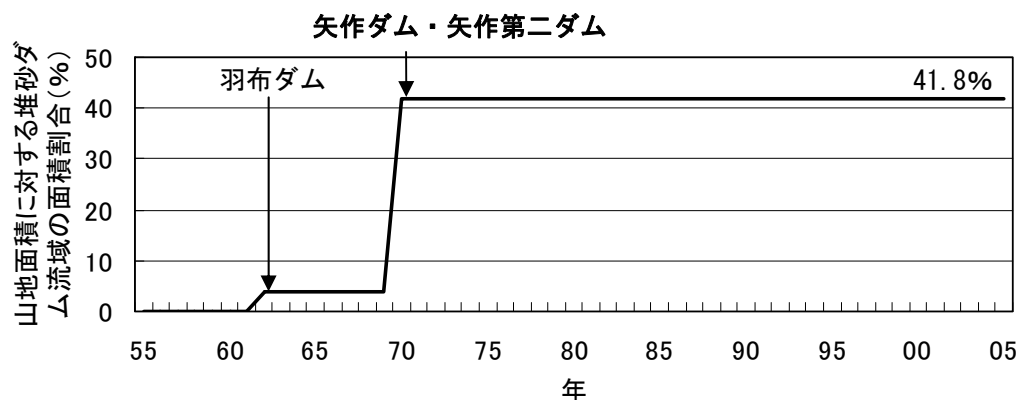
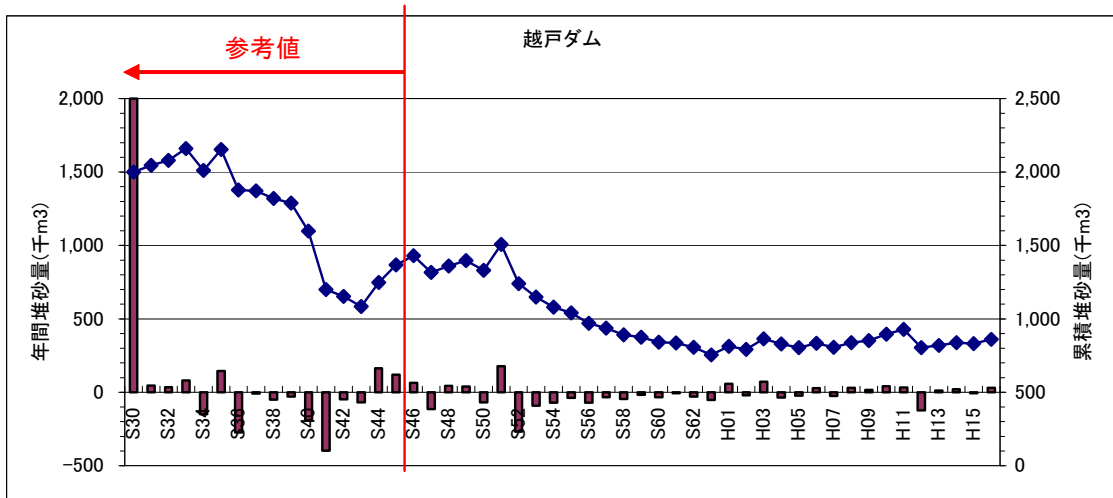
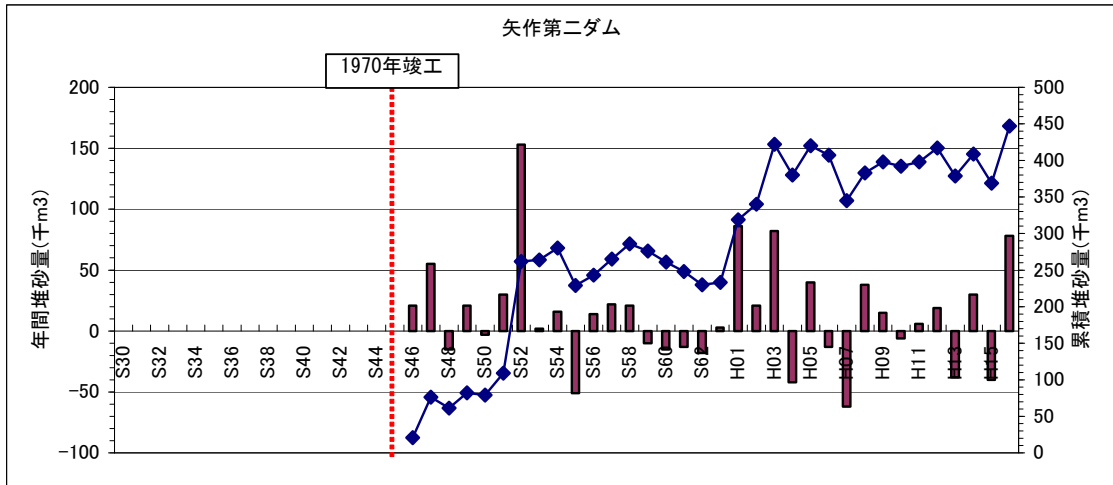
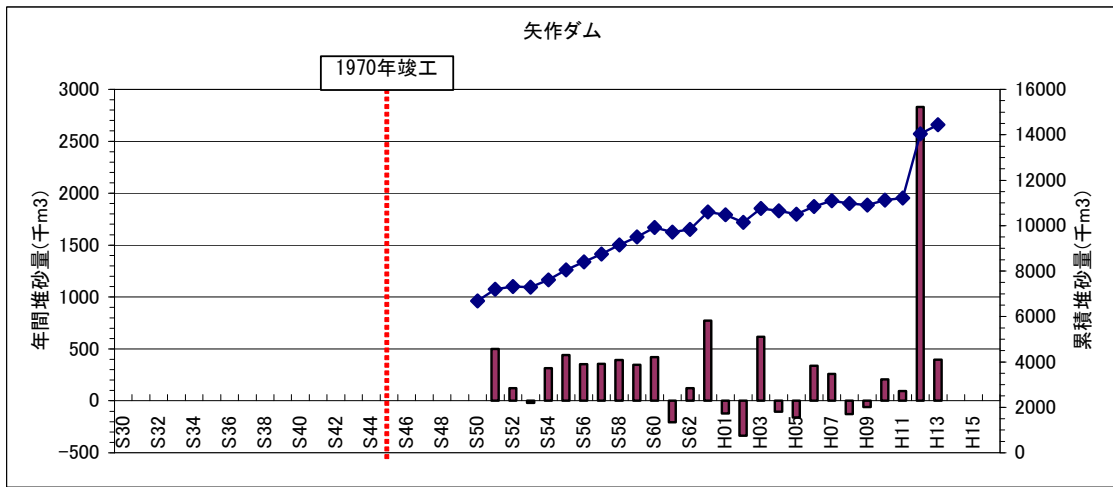


図 3.9.1.6 堆砂ダム流域の面積割合の経年変化

2) ダム堆砂データ

矢作ダム、矢作第二ダム及び越戸ダムの堆砂状況を示す。

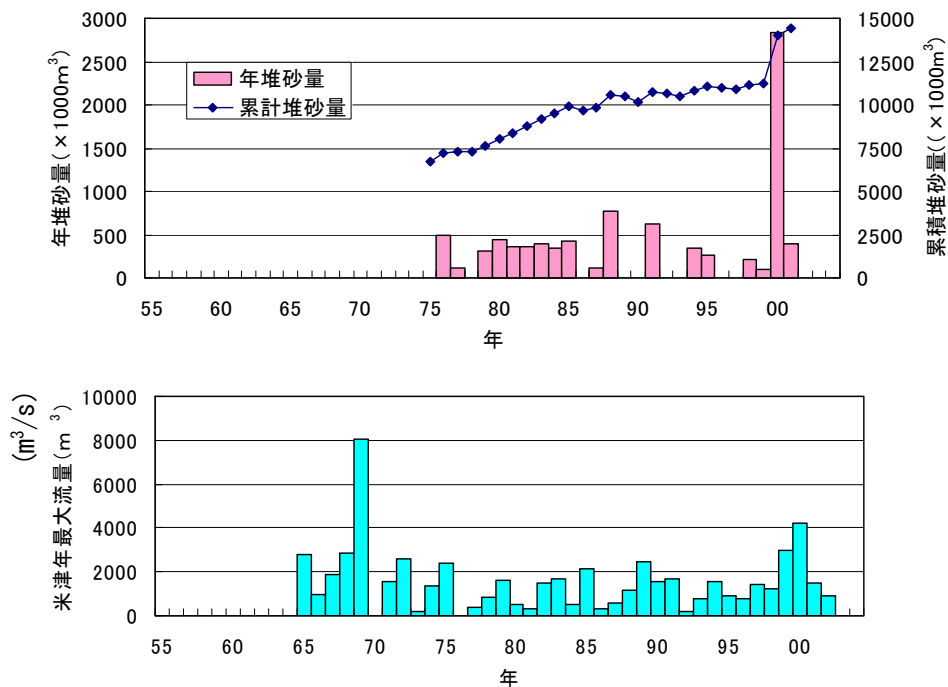


注) 越戸ダムについては、「堆砂量データ(報告)」(中部電力資料)に「参考値」と記載されていた。

図 3.9.1.7 矢作川水系のダム堆砂状況

### 3) ダム堆砂量と出水との関係

矢作ダムでは、2000年（平成12年）の東海豪雨で大量の土砂が流入しているが、その他の年にはほぼ一定量の土砂が堆積している。



注) 年最大流量とは当年の時間流量の中で最大の値

図 3.9.1.8 矢作ダムの堆砂量と矢作川の年最大流量（米津観測所、約9k地点）

### 4) ダム堆積土砂の組成

矢作ダム貯水池に関して、ダム本体内の堆積土砂の粒径分布及び累積堆積土砂量のデータを収集し、ダム貯水池内の粒径別土砂量の推定を行った。その結果を表 3.9.1.6 に示す。

矢作ダムにおいては、2000年(平成12年)9月に発生した恵南豪雨時の堆積土砂量が粒径別に把握されている。その組成を表 3.9.1.6 上段に示す。また、下段には、平成13年当時の矢作ダムの全堆積土砂量から、粒径別土砂量を推定した結果を示す。矢作ダムでは、礫、砂、シルト粘土がそれぞれ 1/3 程度の構成で堆積している。

表 3.9.1.6 矢作ダム貯水池における粒径別堆積土砂量

項目	粒径区分					合計
	玉石	礫	粗砂	細砂	シルト粘土	
堆積土砂の組成(%)	0.0	35.6	20.2	13.4	30.8	100.0
粒径別堆積土砂量(m <sup>3</sup> )	0	5,140,676	2,916,900	1,934,973	4,447,551	14,440,100

※ 矢作ダム堆積土砂の組成は、「矢作ダム貯水池総合管理計画検討委員会報告書」に記載されている、矢作ダム貯水池内の全堆積土砂の粒径別の堆積割合より算定したものである。

※ 矢作ダム堆積土砂量の合計値には、平成13年度までの堆積土砂量を用いた。

5) 山地からの供給土砂量の推定

矢作ダムの堆砂特性が矢作川流域の土砂生産を代表していると仮定し、矢作ダムの比堆砂量の経年変化から山地からの供給土砂量を推定した結果を図 3.9.1.9 に示す。山地からの供給土砂量の昭和 56 年～平成 12 年の平均は 243 千m<sup>3</sup>/年となった。

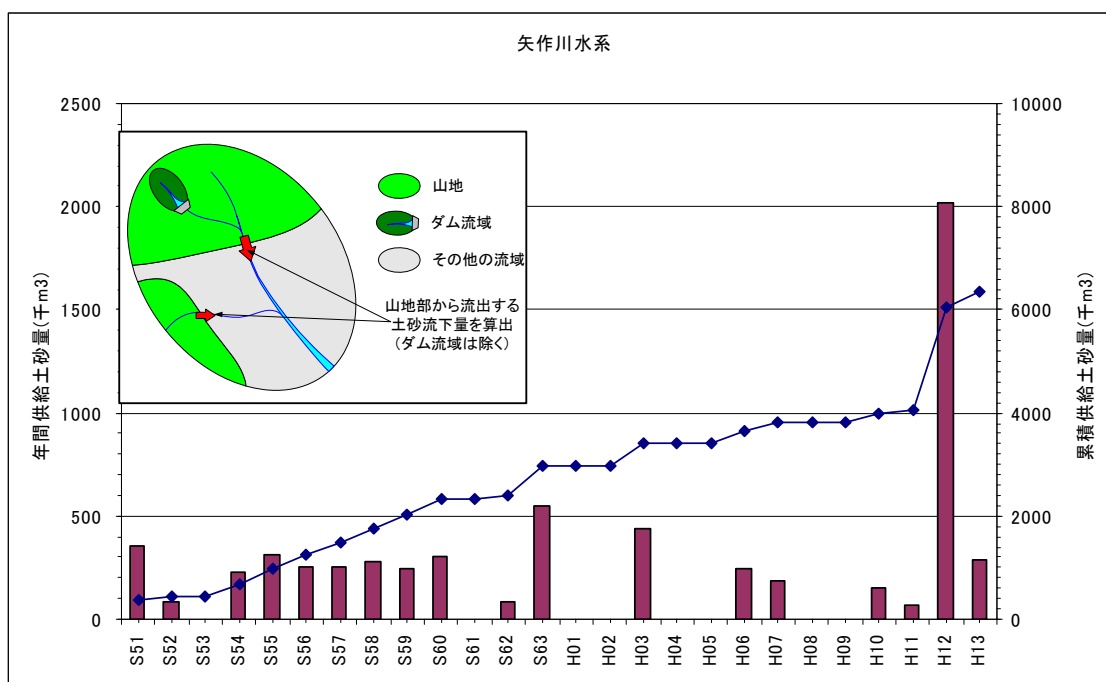


図 3.9.1.9 山地からの供給土砂量の経年変化

6) 河口からのシルト・粘土分の供給土砂量の推定

・推定方法

流域から海域へ供給される細粒土砂（シルト・粘土）の経年変化を以下の仮定のもとに解析した。細粒土砂の土砂動態イメージ（仮定）は図 3.8.1.10 に示すとおりである。

(a) ダム上流域の山地から流出した土砂が全量ダムに流入する。

(b) ダムに流入した土砂は全量が堆積する。

(c) 細粒土砂は土砂の6割を占める。

(d) 山地の単位面積あたりの流出土砂は、地域によらず一定である。

(e) (a)～(d)の仮定から、流出土砂量式の定数Kを設定する。

$$q_s = KA, \quad q_s: \text{年平均比流出土砂量 (m}^3/\text{km}^2/\text{年}), \quad K: \text{定数 (m}^3/\text{km}^4/\text{年)}$$

$$A: \text{流域面積 (km}^2\text{)}.$$

(f) 山地面積、山地からの流出特性は、経年的変化が生じていない。

(g) (e)の流出土砂量式により、ダム流域以外の山地からの流出土砂量を算出し、その6割が細粒土砂（シルト・粘土）とする。細粒土砂は河道内ではウォッシュロードとして移動すると考えられることから、河道内では捕捉されず、全量が海域に到達する。

表 3.9.1.7 流出土砂量式の定数を設定するダム

流域			代表ダム		
名称	流域面積 (km <sup>2</sup> )	山地面積 (km <sup>2</sup> )	名称	流域面積 (km <sup>2</sup> )	年間堆砂データ取得年
矢作川	1915.4	1352.6	矢作ダム	504.5	1976年(昭和51年)～

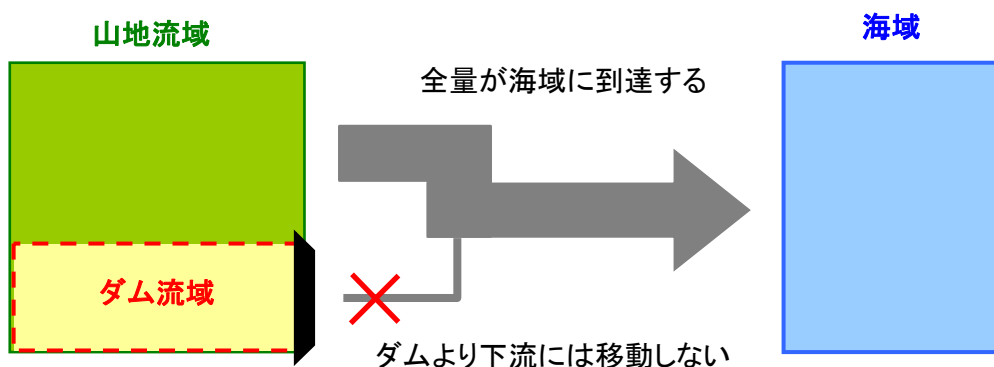
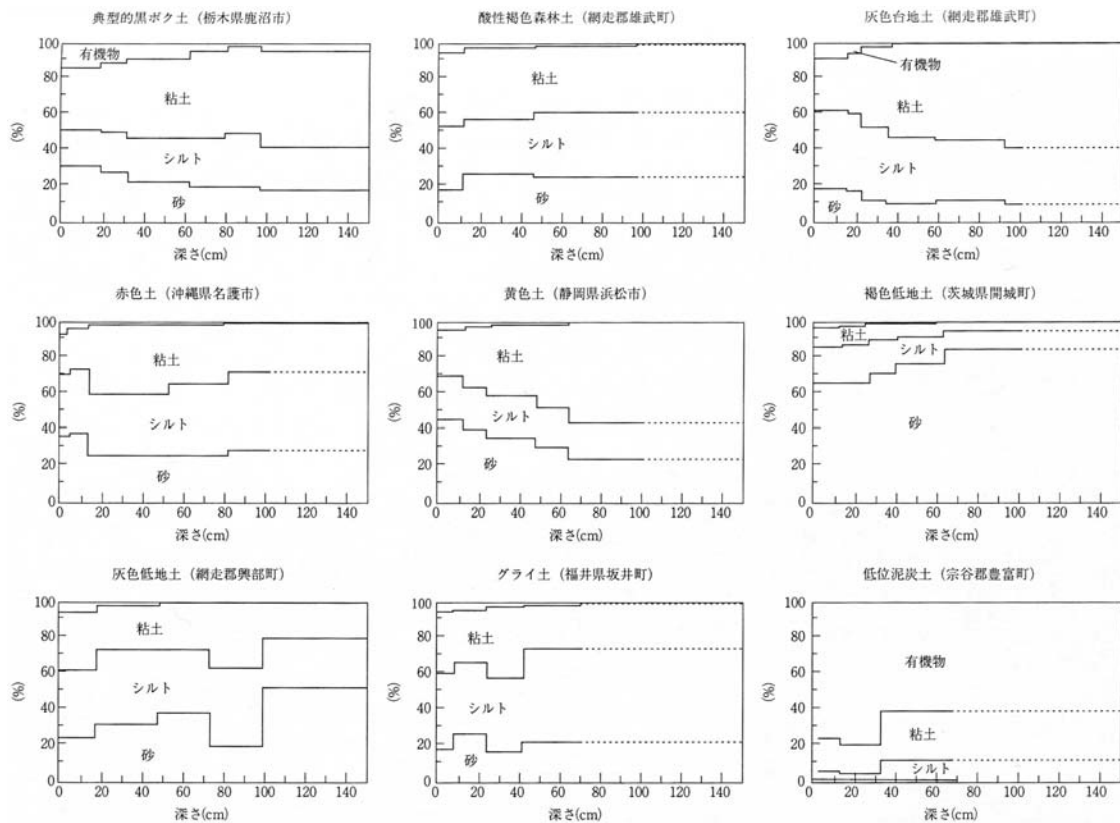


図 3.9.1.10 細粒土砂（シルト・粘土分）の土砂動態イメージ（仮定）



出典：土の環境圏（株式会社フジテクノシステム、1997年）

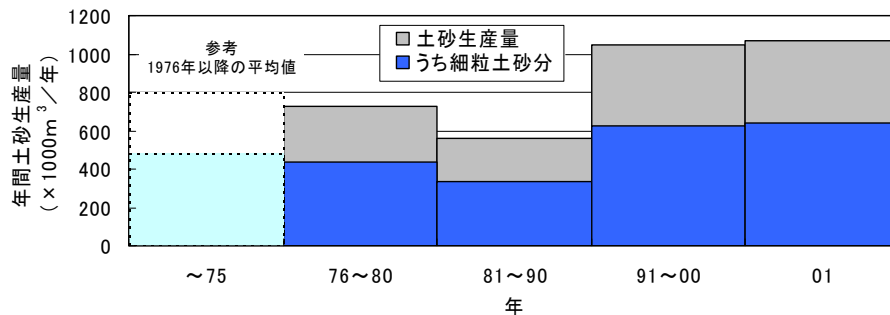
図 3.9.1.11 日本の代表的土壌の有機物含有量と粒径組成

・土砂生産量

矢作ダムの堆砂状況から、次式に基づき矢作川流域の土砂生産量を算定した。また、先に述べたとおり、流出土砂量に占める細粒土砂の割合は6割と仮定する。

$$\text{矢作川流域の土砂生産量} = \text{矢作ダムの堆砂量} / \text{矢作ダム流域面積} \times \text{矢作川流域山地面積}$$

(↑ 504.5 km<sup>2</sup>)                      (↑ 1,352.6km<sup>2</sup>)



注) 1975年以前はダム堆砂データがないため1976年から2001年までの平均値とした。

図 3.9.1.12 矢作川流域の年間土砂生産量の経年変化（期間平均値）



・細粒土砂の海域への供給量とダム堆積量

矢作川流域では、年間 500 千 m<sup>3</sup> 程度の細粒土砂が生産されている。羽布ダムが竣工した 1960 年代は生産された細粒土砂の数%がダムで堆積し、矢作ダム及び矢作第二ダムが竣工された 1970 年以降は約 4 割がダムで堆積していると考えられる。

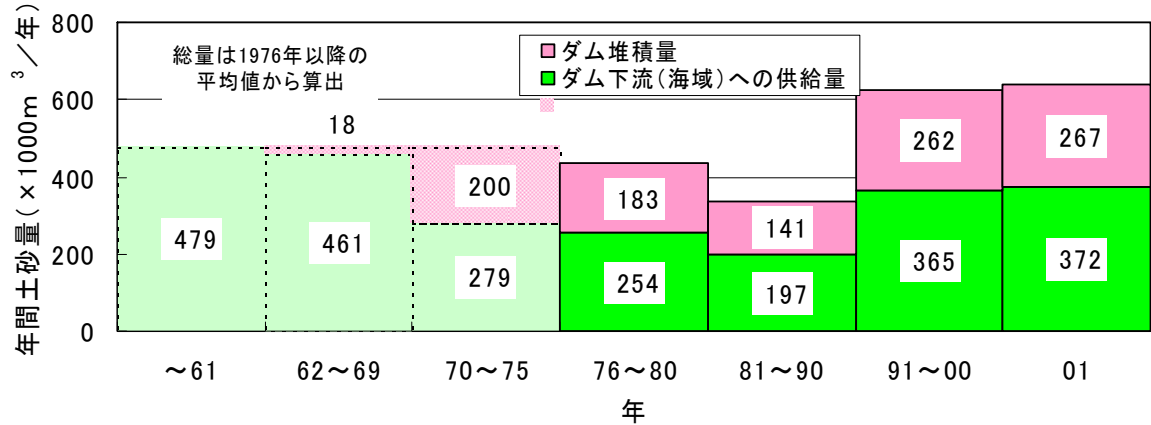


図 3.9.1.13 細粒土砂のダム堆積量とダム下流（海域）への供給量の経年変化  
(期間平均値)

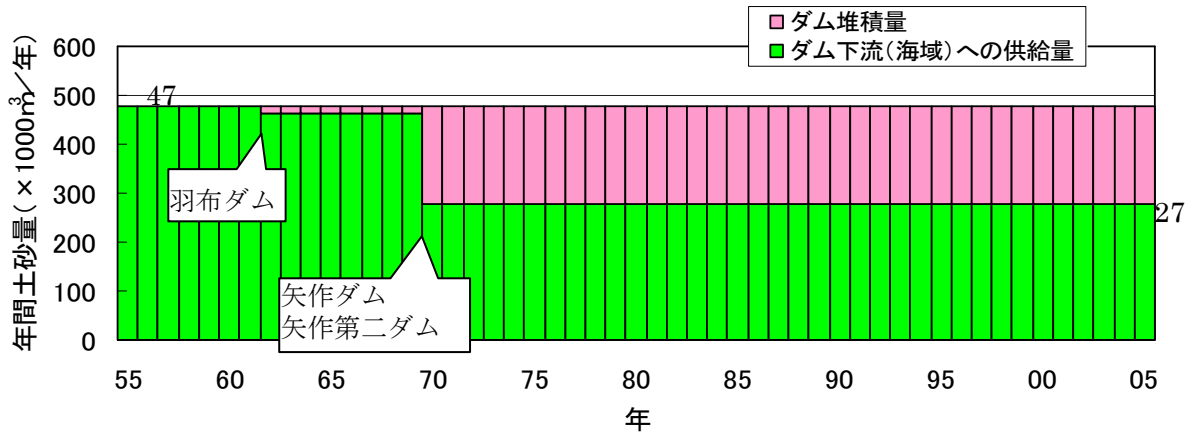


図 3.9.1.14 細粒土砂のダム堆積量とダム下流（海域）への供給量の経年変化  
(年間土砂生産量を1976年以降の平均値とした場合の経年変化)

### ・細粒土砂の流出に関する既往知見

田中ら（2003）の調査によると、2000年9月の東海豪雨により、矢作川河口全面海域の広範囲にわたって、1cm以上の堆積が確認されている。図 3.9.1.15 より堆積土砂量を見積もると、おおよそ 500 千 $m^3$ となる。

前述の方法で求めた 2000 年の海域へ供給される細粒土砂量は 2,600 千  $m^3$ /年となり、これが全て東海豪雨時のものとする、田中らの調査による堆積土砂量の約 6 倍となる。また、三河湾の面積は 600 $km^2$ であるから、その 1/6 に相当する 100  $km^2$ の範囲に細粒土砂が堆積したと仮定すると、堆積厚は 2.6cm となりオーダーとしては一致することとなる。

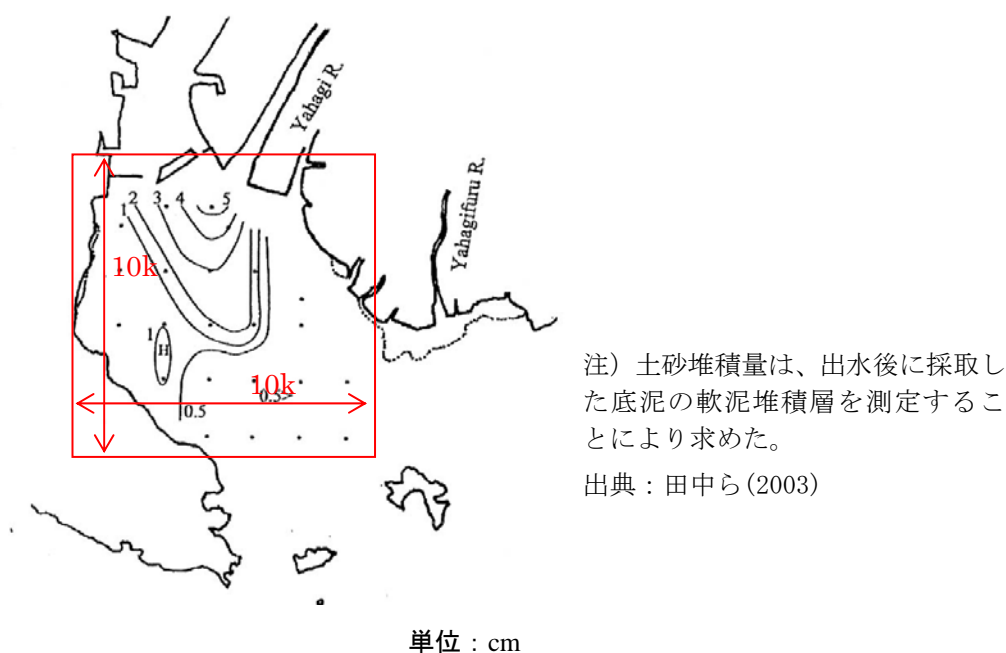


図 3.9.1.15 東海豪雨（2000年9月）による土砂堆積量

### 3.9.2 河床高の経年変化

#### (1) 平均河床高の設定

豊橋河川事務所提供の低水路平均河床高（以下、平均河床高という）・低水路幅（1k間隔）を使用したケース 2 と、0.2km 間隔で設定したケース 2 の 2 つのケースを設定した。

### 1) 1km間隔（ケース1）

昭和 57 年、平成元年、平成 11 年及び平成 12 年については、矢作川低水路部の平均河床高(1k 間隔)を入手できたため、これを利用した。昭和 40 年については、紙媒体の横断測量図のみ、昭和 49 年については紙媒体及び電子媒体の横断測量図が入手できたため、昭和 57 年の定期横断測量成果における低水路の位置を基準として、平均河床高(1k 間隔)を設定した。

(計：昭和 40 年、昭和 49 年、昭和 57 年、平成元年、平成 11 年、平成 12 年の 6 年)

### 2) 0.2km間隔（ケース2）

河床変動計算区間(-1~12k)を対象に、0.2k 間隔の横断測量図を用いて河道条件（低水路幅、平均河床高）を再設定した。なお、対象年は昭和 40 年、昭和 49 年、平成元年及び平成 11 年である。

### 3) 1km間隔（ケース1）と 0.2km間隔（ケース2）

の平均河床高の比較を 図 3.9.2.1 に示す。1k間隔の平均河床高との違いは最大約 0.7mとなっている。

(計：昭和 40 年、昭和 49 年、平成元年、平成 11 年の 4 年)

薄線 : 1.0k 間隔 (ケース 1)  
 太線 : 0.2k 間隔 (ケース 2)

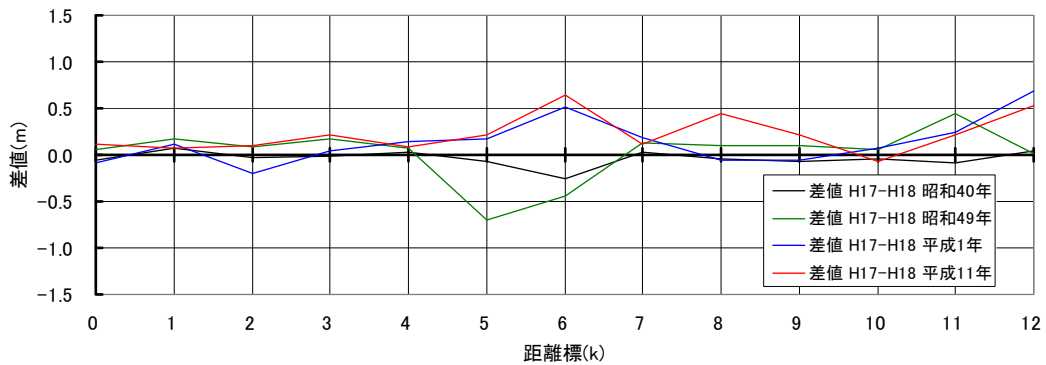
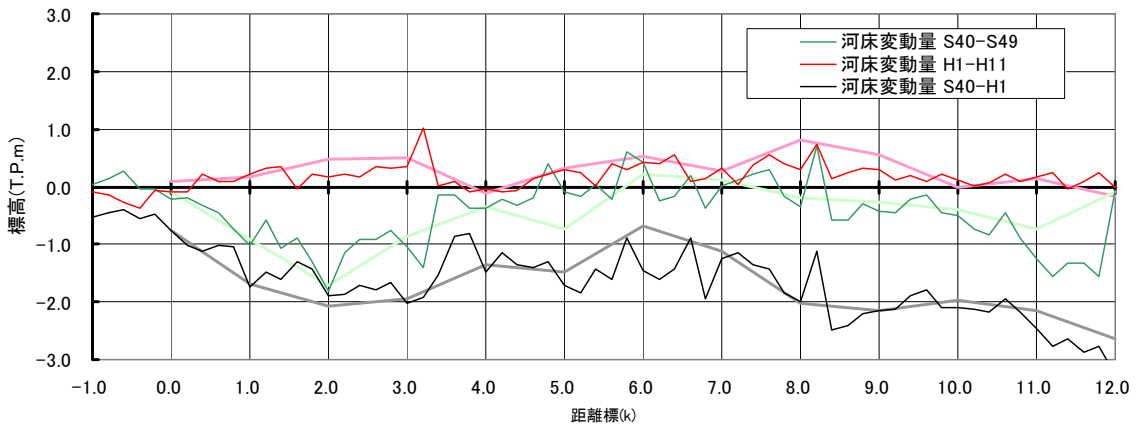
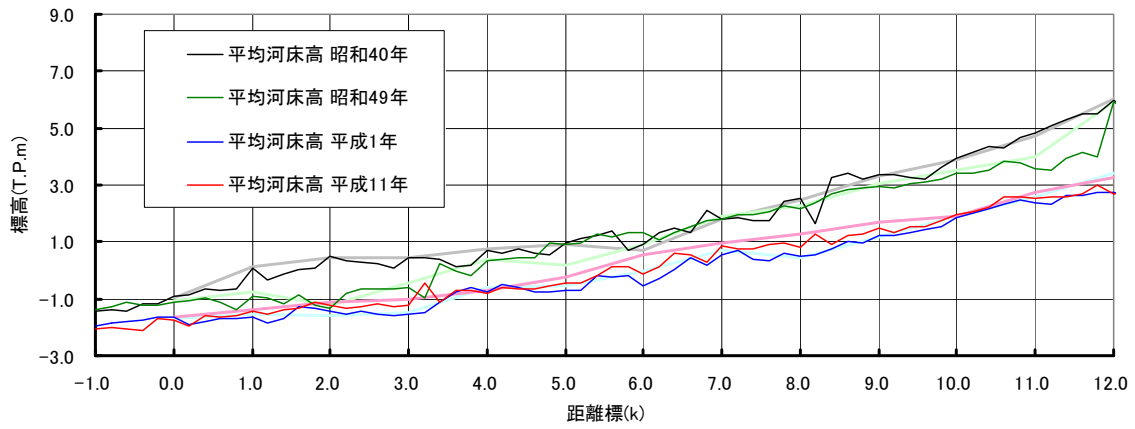


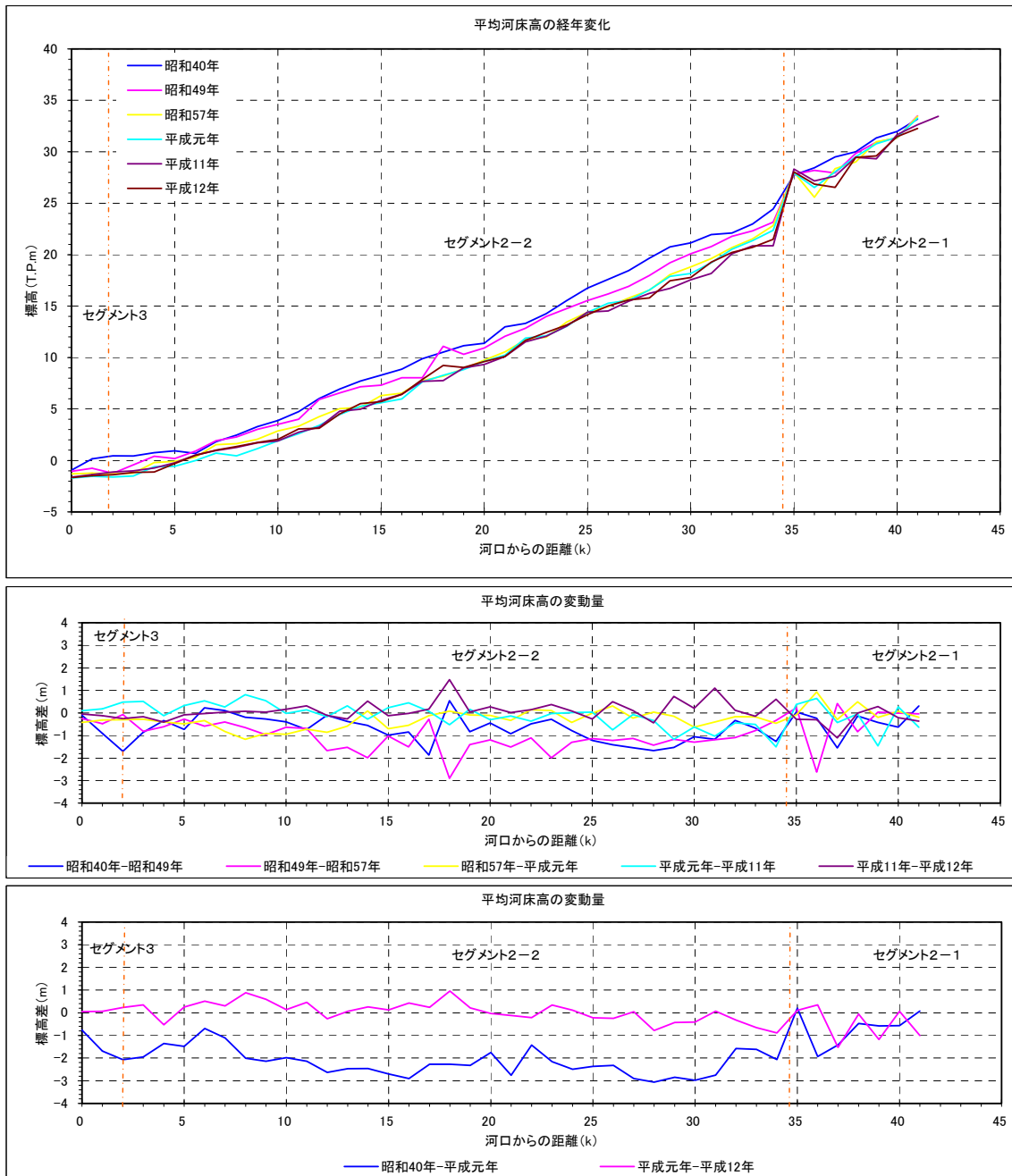
図 3.9.2.1 矢作川平均河床高 (0.2k間隔と1k間隔の比較)

(2) 平均河床高の経年変化（全区間：0～41k）

1k間隔の平均河床高の経年変化を図 3.9.2.2 に示す。昭和40年から平成元年にかけて河床の低下がみられ、これに伴って、2～10k付近で河床勾配が緩やかになる傾向が見られる（表 3.9.2.1）。「矢作川流域委員会 第2回資料6」（平成15年9月29日、国土交通省中部地方整備局）においても同様の傾向が示されており、矢作川の河床変動の傾向について「平均河床高は、昭和30年代からの砂利採取等により低下し、砂利採取を中止した平成元年以降大きな変化はない。」としている。

表 3.9.2.1 矢作川の平均河床勾配の経年変化

	セグメント3	セグメント2-2		セグメント2-1	
	0-2k	2-10k	10-25k	25-34k	34-41k
昭和40年	1/ 1400	1/ 2300	1/ 1300	1/ 1200	1/ 920
昭和49年	-1/ 10500	1/ 1700	1/ 1300	1/ 1100	1/ 840
昭和57年	-1/ 200000	1/ 1900	1/ 1300	1/ 1100	1/ 780
平成元年	1/ 18200	1/ 2400	1/ 1200	1/ 1100	1/ 780
平成11年	1/ 4100	1/ 2400	1/ 1300	1/ 1200	1/ 780
平成12年	1/ 6900	1/ 2100	1/ 1300	1/ 1200	1/ 810



注) 平成12年は、東海豪雨(平成12年9月)の後に測量を実施

図 3.9.2.2 矢作川の平均河床高 (1k間隔 (ケース1))

(3) 平均河床高の経年変化（下流区間：-1～12k）

砂利採取実施期間中の昭和40年～昭和49年では、1.0k前後～3.0k前後と10.0k前後～約12.0kにおいて河床低下が生じている。特に、2kと11.6k付近では大きく河床低下が生じており、図3.9.2.4に横断変化を示すが、2.0kにおいては河床の低下状況が不自然であり、砂利採取の影響と考えられる。さらに砂利採取実施期間の昭和40年～平成元年では、全体的に河床がほぼ2.0m低下している。

一方、砂利採取が禁止された平成元年以降は比較的河床が安定していることから、先に述べたとおり、河床低下の主な要因は砂利採取であると考えられる。砂利採取によって平成40年～平成元年にかけて河床がほぼ平行に約2.0m低下したと考えられる。

河床勾配は、砂利採取が行われていた期間（昭和40年～平成元年）においては、セグメント3において勾配が1/1400から1/8700に変化しており、河床勾配が緩くなっていることがわかる。セグメント2-2では、河床勾配は1/1700から1/1900に変化しており、河床勾配は若干緩くなった。砂利採取実施期間では、河口部の河床勾配が緩くなり、掃流力が低下したと考えられる。

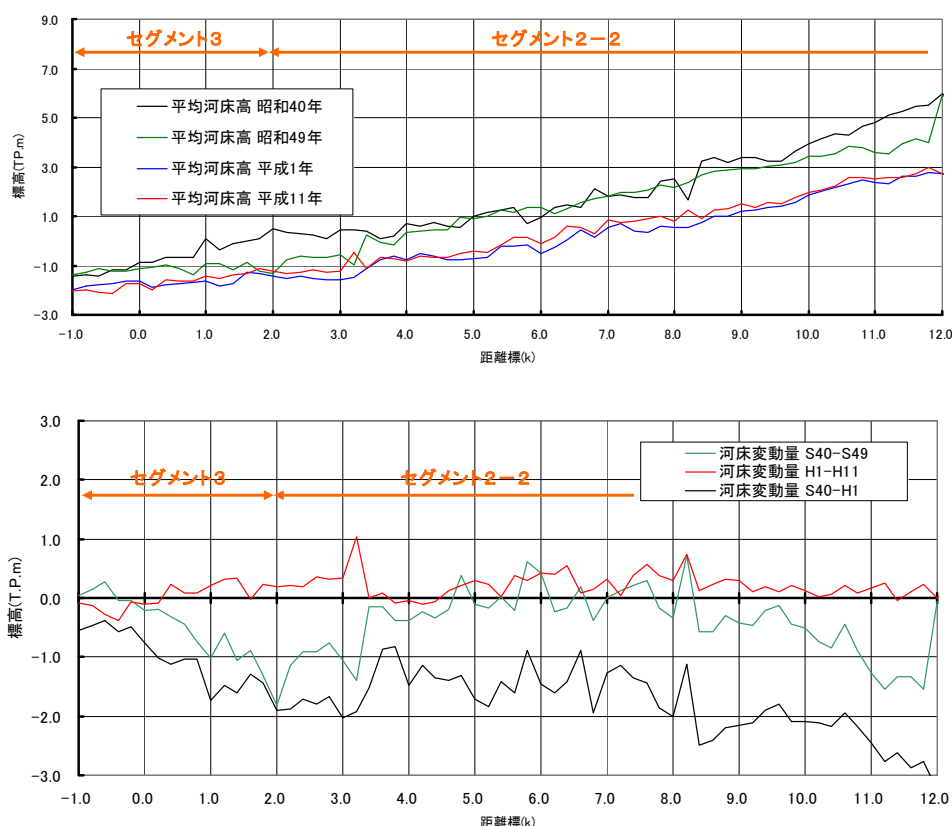


図 3.9.2.3 矢作川の平均河床高（-1～12k 区間、0.2km 間隔（ケース 2））

表 3.9.2.2 矢作川の平均河床勾配の経年変化（-1～10k区間）

	セグメント3 0-2k	セグメント2-2 2-10k
昭和40年	1/1400	1/1800
昭和49年	-1/9100	1/1400
平成1年	1/8700	1/2400
平成11年	1/3900	1/2500

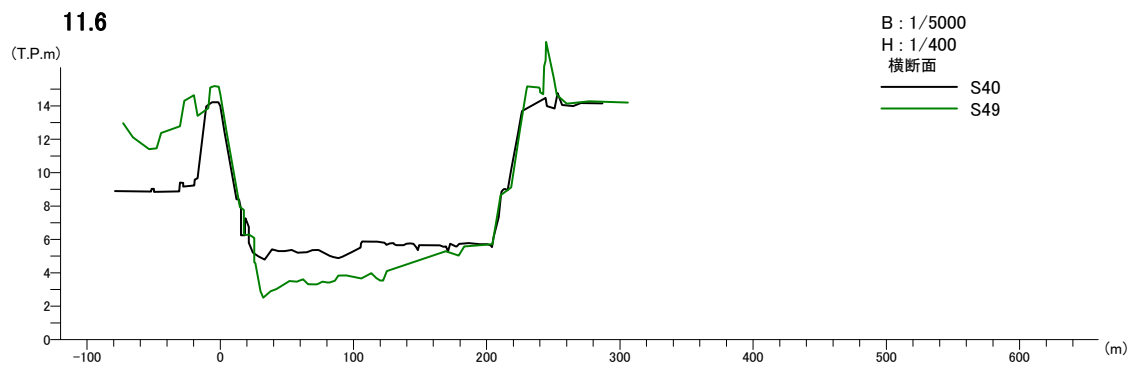
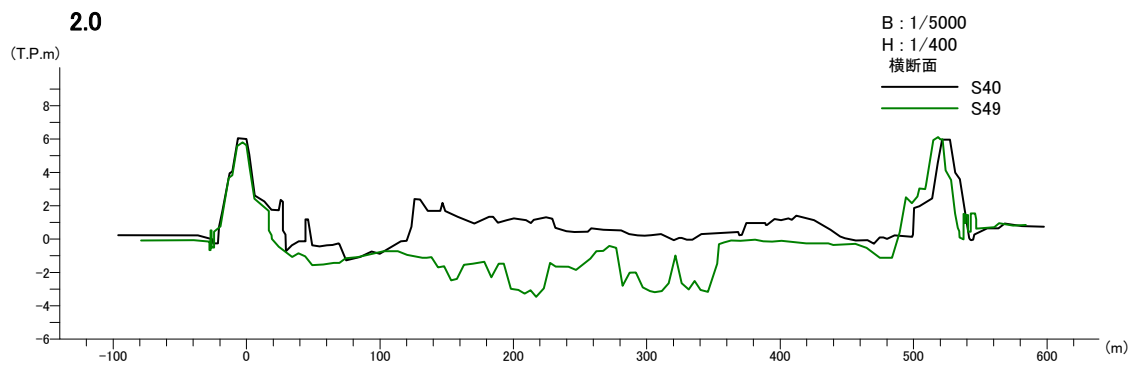


図 3.9.2.4 河床低下状況（上：2.0k、下：11.6k）



### 3.9.3 河床材料の経年変化

河床材料変化の概略を表 3.9.3.1 に、表層底質の粒径別構成比を図 3.9.3.1 に示す。

表 3.9.3.1 河床材料の変化の概略

区間	河床材料の変化の特徴	河床高の変化	河川工事
0k	<p>↑ 昭和 40 年には中砂～礫の割合が 60%～80% ↓ であったが、昭和 58 年には細砂分が多くなり、中砂～礫の割合は 40%以下となり、変わって細砂が増加した</p>	<p>↑ 昭和 40 年～平成元年の間、河床が低下</p>	<p>↑ 昭和 30 年代(1950 年代後半)以降、平成元年まで砂利採取があった。砂利採取量が把握されているのは、昭和 49 年～昭和 63 年(正確な採取場所は把握されていない)。</p>
10k	<p>↑ 昭和 40 年から平成 12 年までに、礫分の割合が多くなる傾向が見られる。細砂・中砂については、年毎のばらつきが大きく経年的な変化傾向は不明瞭である。</p>	<p>↓</p>	
20k			
30k		<p>34.4k 明治用水 頭首工</p>	
40k	<p>↑ 礫分の占める割合が多くなり、平成 12 年以降はほとんど礫となった。</p>		

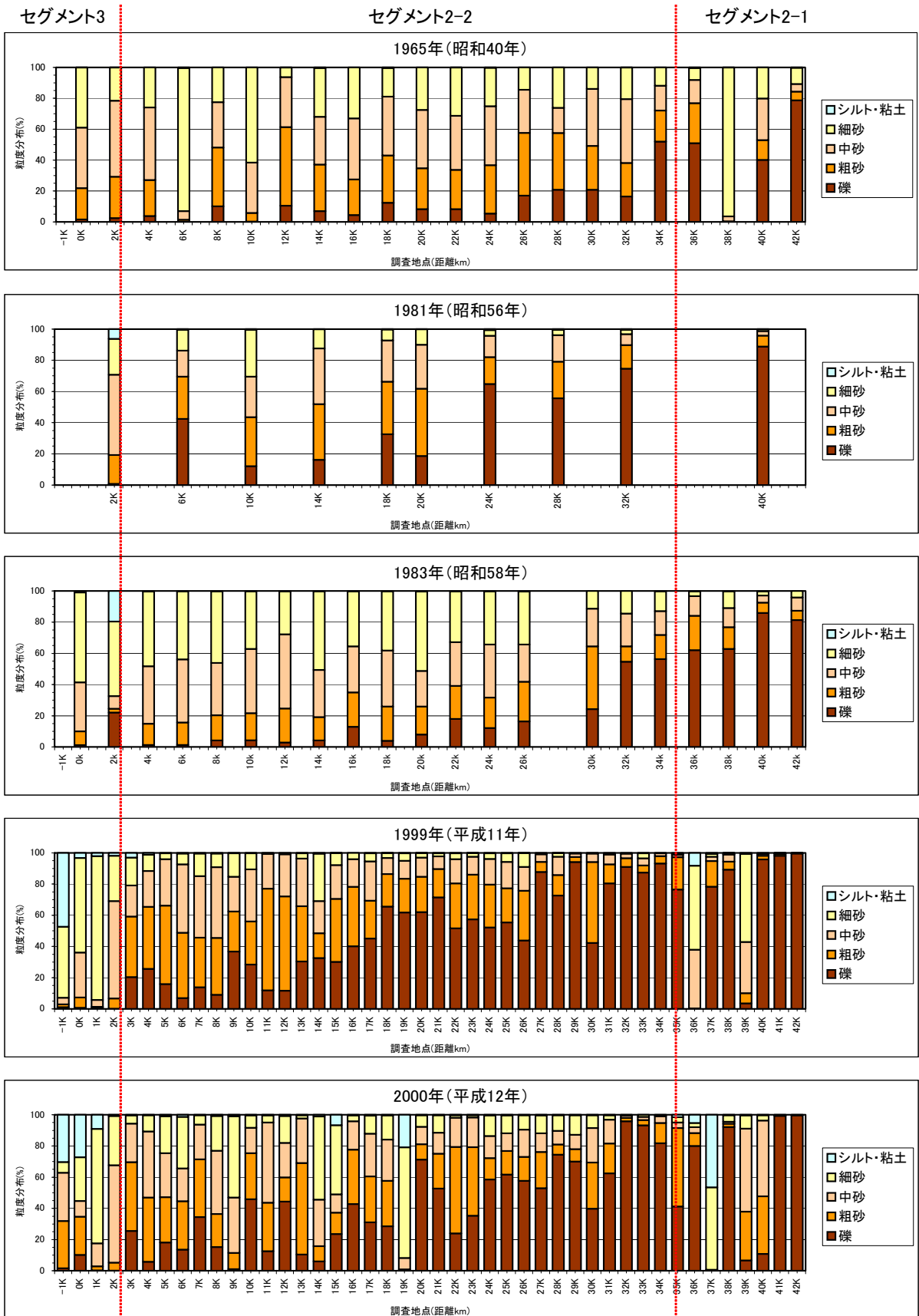


図 3.9.3.1 矢作川の底質組成 (表層)

### 3.9.4 無次元掃流力による河川から供給土砂量の評価

矢作川下流区間を対象に 0.2k 間隔の河道データを用いて無次元掃流力を算出し、河道特性の変化（河床低下及び河床勾配の変化）が「下流区間の砂礫の土砂輸送」及び「河川からの供給土砂量」に与えた影響を評価する。

#### ・計算区間

矢作古川における分派量が不明なため、矢作古川分派後の河道を計算区間とする。

計算区間 : 矢作川河口 (-1.0k) ~ 矢作古川分派地点下流 (12.0k)

#### ・粗度係数

粗度係数は、計画粗度係数に基づき表 3.9.4.1 に示すとおり設定する。

表 3.9.4.1 粗度係数の設定

河道区間 (セグメント区分)	粗度係数		
	左岸高水敷	低水路	右岸高水敷
0.0 ~2.0k (セグメント 3)	0.076	0.015	0.066
2.0~9.0k (セグメント 2-2)	0.045	0.029	0.049
9.0~12.0k (セグメント 2-2)	0.045	0.032	0.049

#### ・計算対象河道と流量条件

河床低下前（昭和 40 年）、河床低下後（平成元年）の河道を対象に無次元掃流力を算出する。

流量条件は、河道の特徴を決定する河道特性量である「平均年最大流量規模の流量（米津流量観測所）」を与える。ここでは河道特性の変化による無次元掃流力の変化を評価するため、河床低下前後の計算ともに同じ流量を与えることとし、後述の河床変動計算の計算期間（河床低下期間：昭和 40 年～昭和 49 年、河床低下後の安定期間：平成元年から平成 11 年）の 21 年間の年最大流量（表 3.9.4.3）の平均値  $1,699\text{m}^3/\text{s}$  を参考に  $2,000\text{m}^3/\text{s}$  とする。なお、昭和 40 年代と平成元年以降で平均年最大流量が大きく異なる（表 3.9.4.3）。

表 3.9.4.2 計算対象河道と流量条件

河道特性	計算対象河道	流量条件
河床低下前	昭和40年 (-1.0~12.0k)	2,000m <sup>3</sup> /s
河床低下後	平成元年 (-1.0~12.0k)	2,000m <sup>3</sup> /s

表 3.9.4.3 平均年最大流量 (米津：矢作川9k)

昭和40年～昭和49年

年	年最大流量 (m <sup>3</sup> /s)
昭和40年	3,770
昭和41年	722
昭和42年	1,467
昭和43年	2,973
昭和44年	3,170
昭和45年	1,644
昭和46年	2,795
昭和47年	2,279
昭和48年	139
昭和49年	1,547
平均年最大流量	2,051

平成元年～平成11年

年	年最大流量 (m <sup>3</sup> /s)
平成元年	2,256
平成2年	1,783
平成3年	1,697
平成4年	253
平成5年	894
平成6年	1,643
平成7年	889
平成8年	811
平成9年	1,092
平成10年	1,123
平成11年	2,740
平均年最大流量	1,380

・計算代表粒径

河口域であるセグメント3 (0~2k) は主として細砂で河床が構成されており、セグメント2-2 (2k~34k) は主として中砂、粗砂、礫によって河床が構成されている (図 3.9.3.1)。河川からの供給土砂量を把握するため、セグメント3とセグメント2-2の河床を構成する細

砂、中砂、粗砂、礫に対する無次元掃流力を把握する。計算代表粒径は、各粒径の粒径範囲の平均値として（礫は除く）、表 3.8.4.3 のように設定する。

表 3.9.4.4 計算代表粒径

粒径区分	粒径範囲	計算代表粒径
細砂	0.075～0.4mm	0.23mm
中砂	0.4～0.85mm	0.63mm
粗砂	0.85～2.0mm	1.73mm
礫	2.0mm～	2.0mm

注) 計算代表粒径は各粒径の粒径範囲の平均値とした（礫は除く）。

・無次元掃流力による河川からの供給土砂量の評価

- 1k 間隔（ケース 1）、0.2k 間隔（ケース 2）ともにセグメント 3 (2k 下流)で昭和 40 年の掃流力より平成元年の掃流力が低くなる傾向を得た。
- 昭和 40 年と平成元年を比較すると 2.0k より上流では平成元年の方が無次元掃流力が大きく、1.0k より下流では昭和 40 年と比べて平成元年の方が小さい。この傾向は全ての粒径に共通している。昭和 40 年から平成元年にかけて河床は概ね 2.0m 低下した。その河床低下に伴い、セグメント 3 (2.0k 下流)では河床勾配は緩くなり (1/1400→1/8700)、セグメント 2-2 では大きな変化はなかった (1/1800→1/2400)。セグメント 3 における掃流力の低下は河床勾配が緩くなったことに起因していると考えられる。また、セグメント 2-2 は、掃流力が増加しているものの河床勾配は緩くなっている。しかし、掃流力が増加した区間 (2-7k) について河床勾配を見ると、急になっていることから (1/3800→2600)、2k 上流における掃流力の増加は河床勾配が急になったことに起因していると考えられる。

	セグメント3 0-2k	セグメント2-2 2-7k	セグメント2-2 7-10k
昭和40年	1/1400	1/3800	1/1400
昭和49年	1/9100	1/1600	1/1800
平成1年	1/8700	1/2600	1/2300
平成11年	1/3900	1/2400	1/2700

- これより、平成元年は 2.0k 下流では河床低下に伴って河床勾配が緩くなり、土砂が堆積しやすい環境になったと考えられる。

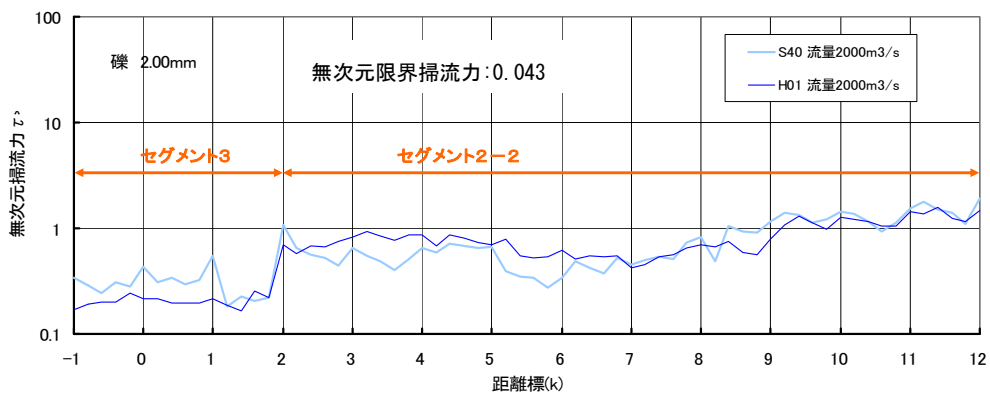
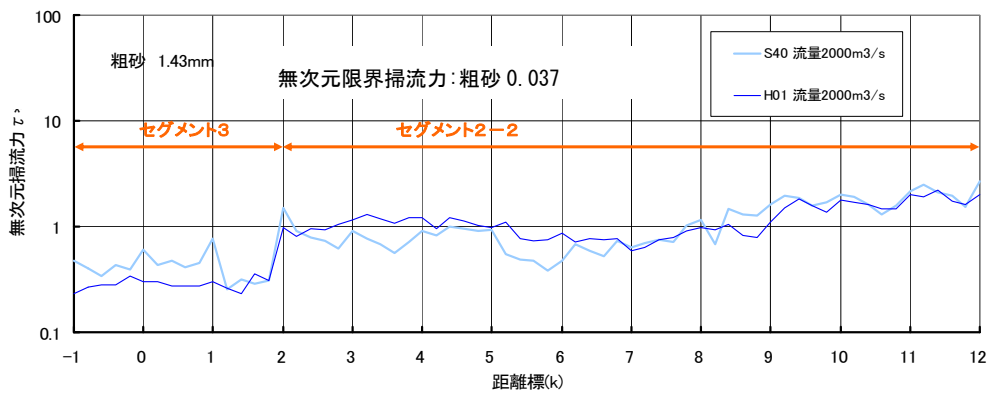
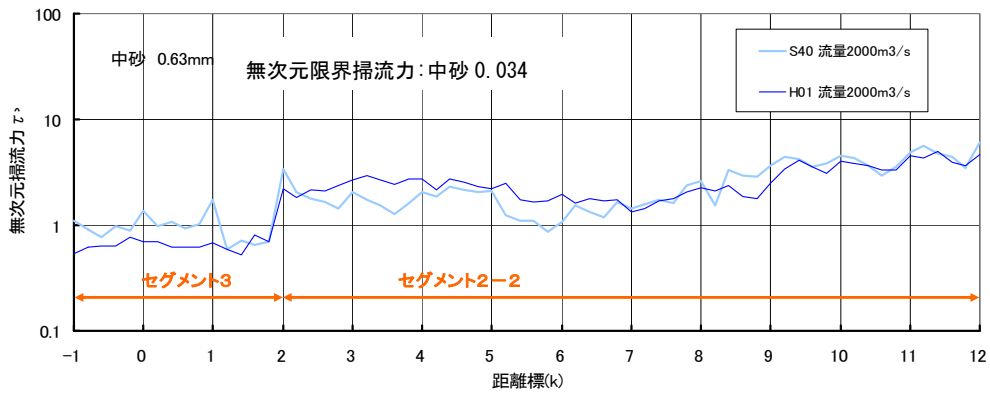
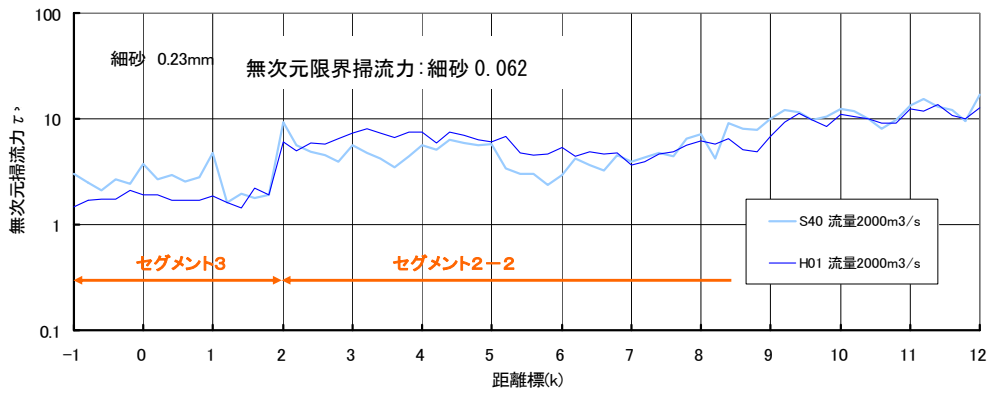


図 3.9.4.1 無次元掃流力の計算結果

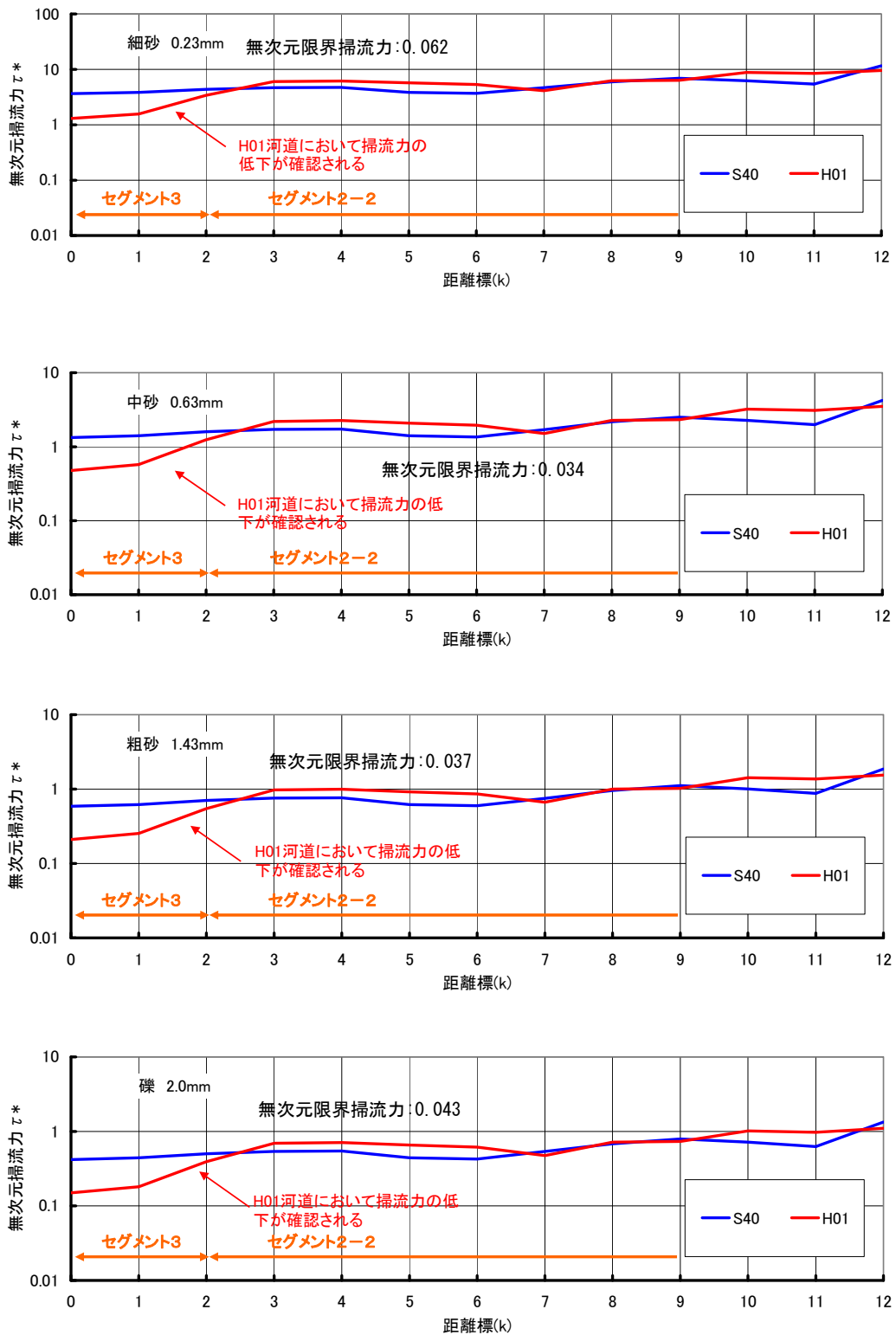


図 3.9.4.2 平成17年度における無次元掃流力の計算結果



### 3.9.5 河床変動計算による河川からの供給土砂量の評価

矢作川下流区間を対象に 0.2k 間隔の河道データを用いて河床変動計算を実施し、河道特性の変化（河床低下及び河床勾配の変化）が「下流区間の砂礫の土砂輸送」及び「河川からの供給土砂量」に与えた影響を評価する。

#### (1) 計算条件

計算条件は以下のとおりである。

表 3.9.5.1 計算条件

計算種別		掃流砂による計算
計算区間		河口 (-1.0k) ~ 矢作古川分派点下流 (12k)
河道 条件	対象年	2 ケース ① 昭和 40 年～昭和 49 年（河床低下期間） ② 平成元年～平成 11 年（河床低下後、河床安定期間）
	河道断面	高水敷・低水敷の二つに区分できるものとし、それぞれ矩形断面と仮定し平均河床高、川幅を用いて表現する
外力 (流動) 計算	計算方法	1 次元不等流計算（潮汐変化を考慮する）
	粗度係数	計画粗度係数を与える。
	上流端境界条件 (流量条件)	上述の期間における、米津流量観測所 (9k) の毎正時流量
	下流端境界条件 (潮汐条件)	上述の期間における、武豊験潮所（衣浦港武豊岸壁）における推算潮位
河床変 動計算	流砂量式	掃流砂：芦田・道上の式 浮遊砂：芦田・藤田の式
	河床材料の組成	既往調査結果を参考に与える。
	上流端境界条件 (供給土砂量)	掃流砂：平衡流砂量を与える 浮遊砂：対象期間における河床変動量を再現するように設定する。

### ・計算区間

無次元掃流力で設定した計算区間と同じとする(-1～12k (矢作古川分派点下流))。

### ・粗度係数

無次元掃流力の評価と同様に計画粗度係数を与える。

### ・計算対象期間

河床低下期間： 昭和 40 年～昭和 49 年

河床低下後の河床低下期間：平成元年～平成 11 年

### ・初期河床材料

粒径区分及び各粒径区分の代表粒径は、無次元掃流力の計算と同様に、細砂(0.23mm)、中砂(0.63mm)、粗砂(1.43mm)、礫 (2.0mm) とする。

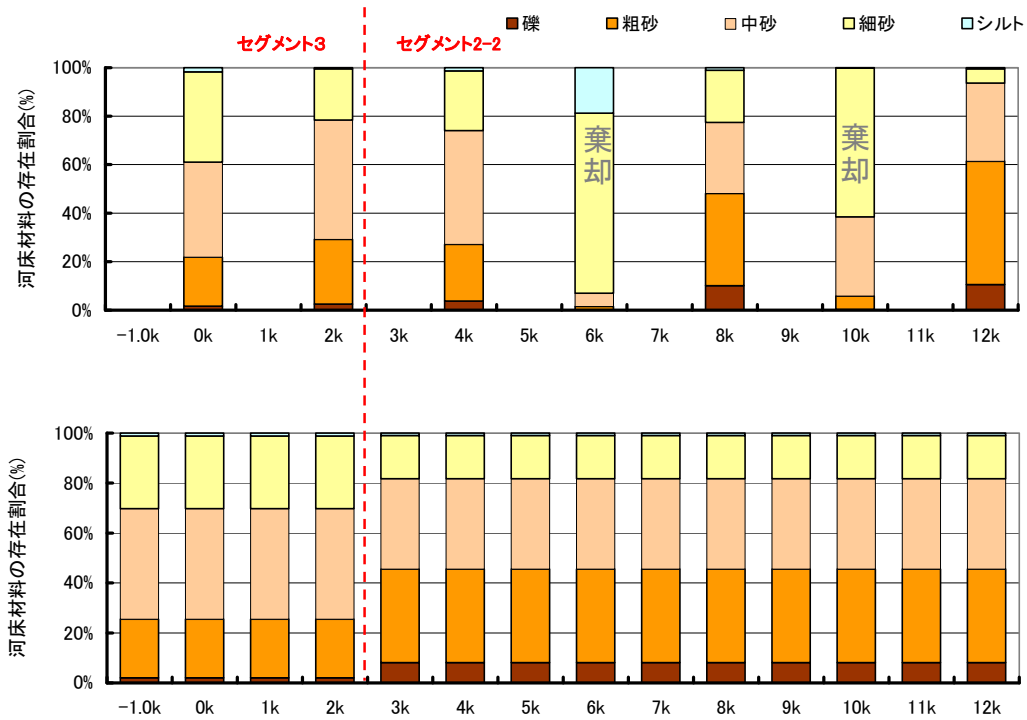
代表粒径の粒度組成は、計算領域内及び計算対象期間内で実施された河床材料調査結果 (図 3.9.3.1) をもとに設定する。昭和 40 年代計算 (計算期間：昭和 40 年～昭和 49 年) では、昭和 40 年の河床材料調査結果を、平成元年以降計算 (計算期間：平成元年～平成 11 年) では平成 11 年の河床材料調査結果を、それぞれセグメント区間で平均化した値を用いる。なお、流砂量算定式ではシルト・粘土の計算精度が低く、シルト・粘土を計算で考慮しないため、細砂、中砂、粗砂及び礫の粒度組成の合計値が 100%となるように計算条件を設定する。

表 3.9.5.2 初期河床材料

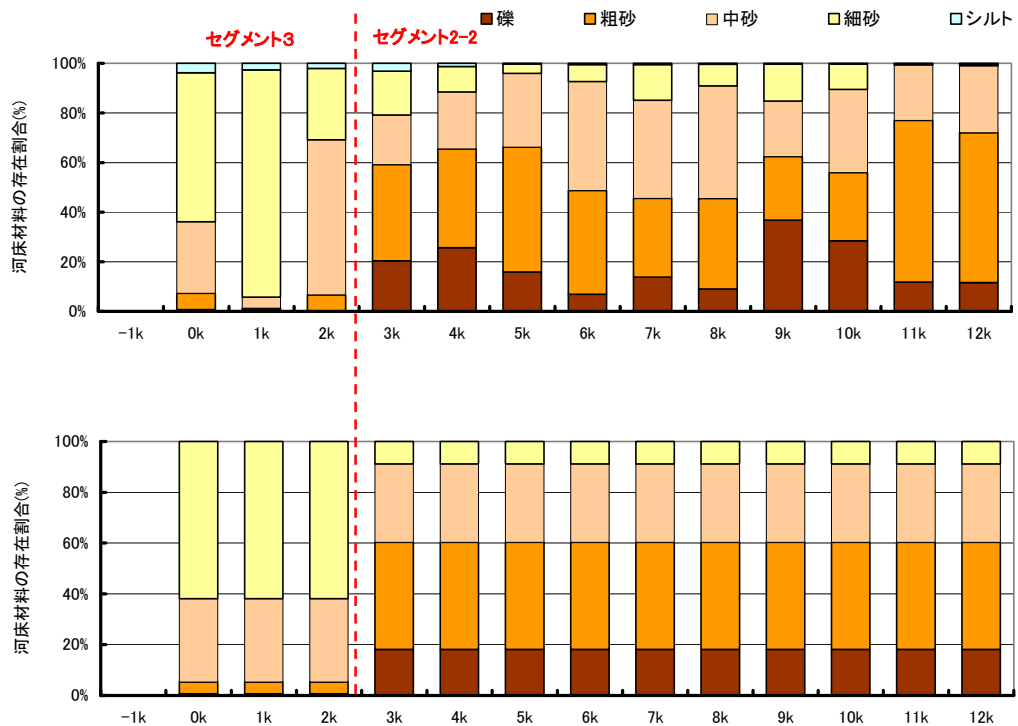
計算対象区間	河道区間 (セグメント区 分)	粒度組成 (代表粒径毎)、%単位			
		礫 (2.0mm)	粗砂 (1.43mm)	中砂 (0.63mm)	細砂 (0.23mm)
昭和 40 年代 (昭和 40 年～ 昭和 49 年)	0.0 ～ 2.0k (セグメント3)	2.1	23.7	44.7	29.5
	2.0 ～ 12.0k (セグメント 2-2)	8.2	37.7	36.5	17.5
平成元年以降 (平成元年～ 平成 11 年)	0.0 ～ 2.0k (セグメント3)	0.6	4.6	32.8	62.0
	2.0 ～ 12.0k (セグメント 2-2)	18.2	42.0	30.9	8.9

注) 粒度組成は、昭和 40 年代計算では昭和 40 年の河床材料調査結果を、平成元年以降計算では平成 11 年の河床材料調査結果を、それぞれセグメント区間で平均化した値 (礫、粗砂、中砂、細砂の合計が 100%になるように補正)

1) 昭和 40 年代計算（上：昭和 40 年河床材料調査結果、下：計算初期河床材料）



2) 平成元年以降計算（上：平成 11 年河床材料調査結果、下：計算初期河床材料）



注) 河床変動計算ではシルトは考慮しない。従って、計算初期河床材料は礫～細砂が 100%になるように設定している。

図 3.9.5.1 計算初期河床材料の組成

### ・上流端流量及び下流端水位

上流端流量及び下流端水位には、昭和 40 年～昭和 49 年及び平成元年～平成 11 年における米津観測所流量及び武豊験潮所における推算潮位を与える。計算に用いた流量時系列を図 3.9.5.2 に示す。

なお、計算時間の短縮を図るため、日平均流量が  $100\text{m}^3/\text{s}$  以下の場合は、1 ステップを 24 時間とし、日平均流量を与える。日平均流量が  $100\text{m}^3/\text{s}$  を越える場合は、1 ステップを 1 時間として毎正時の流量を与える。

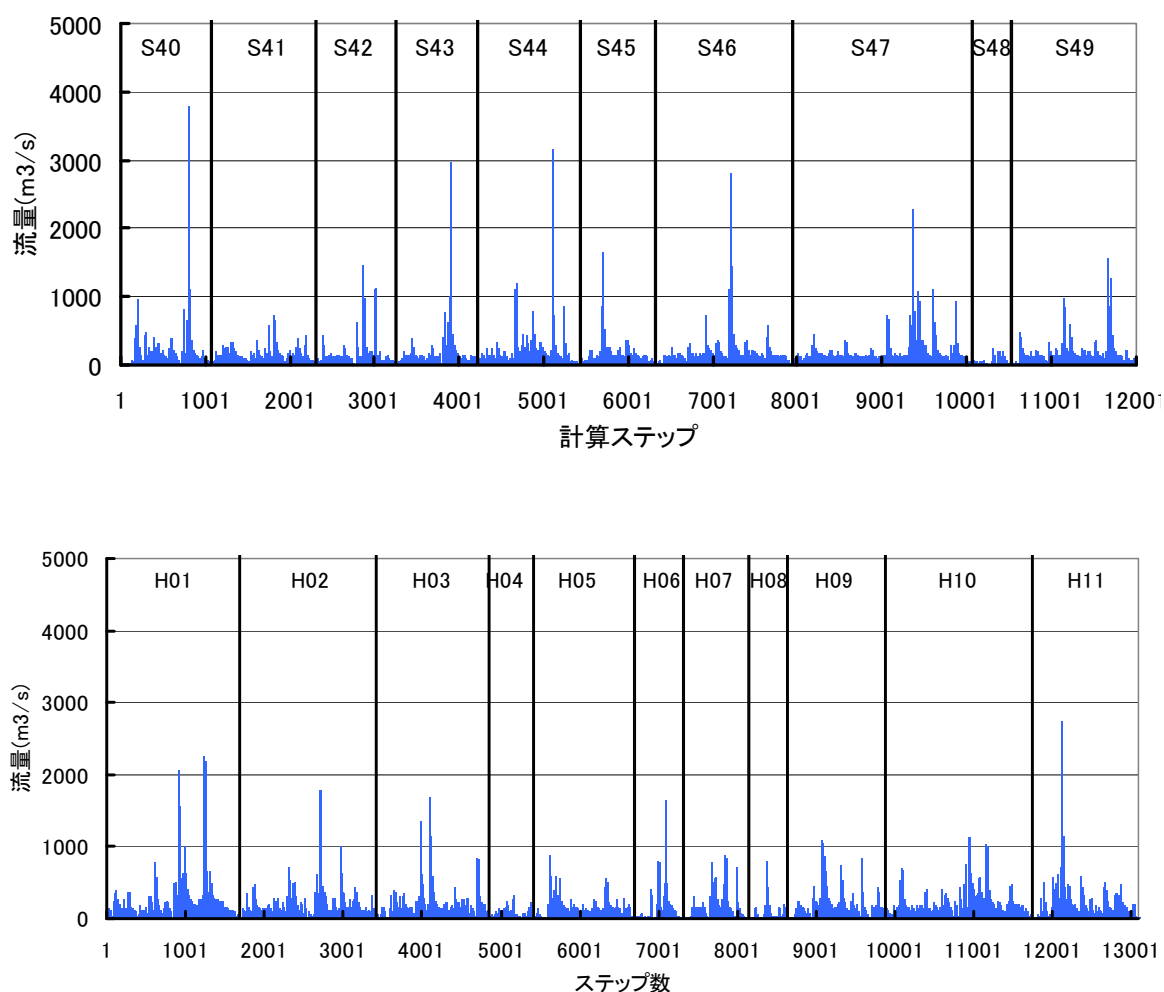


図 3.9.5.2 上流端流量の時系列（上：昭和40年代計算、下：平成元年以降計算）

### ・上流端供給土砂量及び砂利採取量

上流端の掃流砂量に平衡流砂量を与え、一方、浮遊砂量は河床高の安定箇所においても縦断的に大きく変化するため、目標とする河床変動量を再現する浮遊砂濃度を上流端に与える。具体的には、豊川と同様に実績河床変動量を再現するように浮遊砂基準面濃度の定数 $\alpha$ を調整する。

砂利採取については、砂利採取区間の情報がないため、以下のとおり、計算区間で砂利採取量を2ケース設定する。本検討における計算ケースを表 3.9.5.3 に示す。

- (a) 昭和40年から昭和49年の間では、0k～41kの区間で年平均すると約850千 $\text{m}^3$ の河床低下があった(表 3.9.5.4)。このうち、下流部0k～12k区間の河床低下量は約210千 $\text{m}^3$ /年であり、河道全体の河床低下量の約25%を占める。
- (b) 一方、昭和49年の砂利採取量として、282千 $\text{m}^3$ /年の実績が報告されている。
- (c) そこで、河床低下量と砂利採取量は比例すると仮定し、282千 $\text{m}^3$ /年の25%にあたる70.5千 $\text{m}^3$ /年が砂利採取区間(0k～12k)の砂利採取量であるとして、この量を河道から除去した。  
(case-1)
- (d) 一方、採取された砂利は主にコンクリートの骨材として利用されると考えられるため、河川では主に砂分の採取が多かった可能性がある。矢作川の河床材料は、上流部では礫分が、下流部では砂分が多い事が分かっている。そこで、砂利採取は、専ら矢作川下流部において行われたと仮定し、矢作川の砂利採取量である282千 $\text{m}^3$ /年が砂利採取区間(0.0k～12.0k)で行われたとして、この量を河道から除去する。(case-2)
- (e) なお、砂利採取した土砂の粒度組成は、設定した河床材料と同様である。

表 3.9.5.3 上流端供給土砂量及び砂利採取の設定

計算ケース	河道条件	上流端供給土砂量条件	砂利採取 (計算区間内の採取量)
Case1	昭和 40 年代	掃流砂: 平衡流砂量を与える。	考慮する (70.5 千 m <sup>3</sup> /年)
Case2	昭和 40 年代	浮遊砂: 対象期間における河床変動量を再現するよう	考慮する (282 千 m <sup>3</sup> /年)
Case3	平成元年以降	うに設定する。	考慮しない

表 3.9.5.4 矢作川の平均河床高と河床変動量

	河床変動量				
	1965- 1974	1974- 1982	1982- 1989	1989- 1999	1999- 2000
	m <sup>3</sup> /年	m <sup>3</sup> /年	m <sup>3</sup> /年	m <sup>3</sup> /年	m <sup>3</sup> /年
セグメント3	-28,675	-29,487	-41,078	9,254	-53,074
セグメント2-2	-794,556	-1,291,371	-429,028	-51,059	1,339,255
セグメント2-1	-28,273	-42,458	14,288	-8,891	-192,577
TOTAL	-851,504	-1,363,315	-455,818	-50,695	1,093,604

距離標	追加距離		低水路幅 m	低水路平均河床高							河床変動量									
	m	km		1965年	1974年	1982年	1989年	1999年	2000年	1965- 1974	1974- 1982	1982- 1989	1989- 1999	1999- 2000						
				T.P.m	T.P.m	T.P.m	T.P.m	T.P.m	T.P.m	m	m	m	m	m						
0.0k	0	0.00	517	-0.95	-1.05	-1.30	-1.72	-1.62	-1.67	-0.100	-51.7	-0.250	-129.3	-0.420	-217.3	0.100	51.7	-0.050	-25.9	
1.0k	1000	1.00	454	0.15	-0.76	-1.23	-1.54	-1.36	-1.48	-0.910	-412.7	-0.470	-213.1	-0.310	-140.6	0.180	81.6	-0.120	-54.4	
2.0k	2000	2.00	445	0.46	-1.24	-1.31	-1.61	-1.13	-1.38	-1.700	-756.0	-0.070	-31.1	-0.300	-133.4	0.480	213.5	-0.250	-111.2	
3.0k	3000	3.00	359	0.44	-0.42	-1.23	-1.51	-1.00	-1.16	-0.860	-308.7	-0.810	-290.8	-0.280	-100.5	0.510	183.1	-0.160	-57.4	
4.0k	4000	4.00	324	0.75	0.41	-0.20	-0.60	-0.72	-1.13	-0.340	-110.1	-0.610	-197.5	-0.400	-129.5	-0.120	-38.9	-0.410	-132.8	
5.0k	5000	5.00	273	0.92	0.19	-0.08	-0.56	-0.23	-0.31	-0.730	-199.0	-0.270	-73.6	-0.480	-130.9	0.330	90.0	-0.080	-21.8	
6.0k	6000	6.00	321	0.68	0.91	0.33	-0.01	0.53	0.50	0.230	73.7	-0.580	-185.9	-0.340	-109.0	0.540	173.1	-0.030	-9.6	
7.0k	7000	7.00	340	1.82	1.93	1.53	0.71	0.97	1.01	1.110	37.4	-0.400	-136.0	-0.820	-278.8	0.260	88.4	0.040	13.6	
8.0k	8000	8.00	288	2.47	2.28	1.63	0.46	1.27	1.34	-0.190	-54.7	-0.650	-187.1	-1.170	-336.8	0.810	233.2	0.070	20.2	
9.0k	9000	9.00	261	3.29	3.03	2.06	1.15	1.70	1.74	-0.260	-67.9	-0.970	-253.4	-0.910	-237.7	0.550	143.7	0.040	10.4	
10.0k	10000	10.00	209	3.89	3.50	2.86	1.91	1.89	2.05	-0.390	-81.6					-0.020	-4.2	0.160	33.5	
11.0k	11000	11.00	176	4.74	4.40	3.22	2.60	2.74	3.06	-0.740	-130.2					-0.140	24.6	0.320	56.3	
12.0k	12000	12.00	154	6.03	5.93	4.26	3.40	3.24	3.13	-0.100	-15.4					-0.160	-24.6	-0.110	-16.9	
13.0k	13000	13.00	203	6.93	6.56	5.04	4.46	4.78	4.52	-0.100	-15.4					-0.320	64.9	-0.260	-52.8	
14.0k	14000	14.00	254	7.72	7.16	5.17	5.26	4.99	5.52	-0.560	-142.0	-1.990	-504.5	0.090	22.8	-0.270	68.4	0.530	134.4	
15.0k	15000	15.00	250	8.30	7.32	6.30	5.60	5.84	5.72	-0.980	-244.8	-1.020	-254.8	-0.700	-174.9	-0.240	60.0	-0.120	-30.0	
16.0k	16000	16.00	244	8.88	8.03	6.53	5.98	6.43	6.41	-0.850	-207.4	-1.500	-366.0	-0.550	-134.2	0.050	109.8	-0.020	-4.9	
17.0k	17000	17.00	410	9.90	8.03	7.75	7.63	7.70	7.87	-1.870	-765.9	-0.280	-114.7	-0.120	-49.2	0.10	28.7	0.170	69.6	
18.0k	18000	18.00	475	10.54	11.09	8.19	8.27	7.75	9.23	0.550	261.5	-2.900	-1378.9	0.080	38.0	-0.520	-247.3	1.480	703.7	
19.0k	19000	19.00	383	11.15	10.32	8.92	8.83	8.99	9.04	-0.830	-318.1	-1.400	-536.5	-0.090	-34.5	0.160	61.3	0.050	19.2	
20.0k	20000	20.00	277	11.39	10.94	9.75	9.64	9.34	9.61	-0.450	-124.5	-1.190	-329.2	-0.110	-30.4	-0.300	-83.0	0.270	74.7	
21.0k	21000	21.00	402	12.99	12.07	10.56	10.23	10.09	10.11	-0.920	-370.0	-1.510	-607.3	-0.330	-132.7	-0.140	-56.3	0.020	8.0	
22.0k	22000	22.00	343	13.32	12.84	11.74	11.89	11.53	11.68	-0.480	-164.6	-1.100	-377.2	0.150	51.4	-0.360	-108.2	0.160	71.4	
23.0k	23000	23.00	257	14.26	13.98	11.99	12.10	12.07	12.44	-0.280	-90.0	-1.990	-511.7	0.110	28.3	-0.030	1.4	0.000	0.000	
24.0k	24000	24.00	297	15.55	14.77	13.47	13.05	13.07	13.16	-0.780	-231.4	-1.300	-385.7	-0.420	-124.6	0.020	0.000	0.000	0.000	
25.0k	25000	25.00	299	16.76	15.54	14.40	14.39	14.43	14.17	-1.220	-364.3	-1.140	-340.4	-0.010	-3.0	0.040	0.000	0.000	0.000	
26.0k	26000	26.00	269	17.60	16.19	14.97	15.28	14.53	15.03	-1.410	-378.6	-1.220	-327.6	0.310	83.2	-0.750	-201.4	0.500	134.3	
27.0k	27000	27.00	247	18.46	16.92	15.79	15.56	15.49	15.60	-1.540	-380.2	-1.130	-279.0	-0.230	-56.8	-0.070	-17.3	0.110	27.2	
28.0k	28000	28.00	314	19.65	17.98	16.55	16.59	16.25	15.81	-1.670	-523.7	-1.430	-448.4	0.040	12.5	-0.340	-106.6	-0.440	-138.0	
29.0k	29000	29.00	223	20.75	19.22	18.05	17.90	16.73	17.47	-1.530	-340.7	-1.170	-260.5	-0.150	-33.4	-1.170	-260.5	0.740	164.8	
30.0k	30000	30.00	203	21.16	20.10	18.81	18.18	17.56	17.77	-1.060	-215.1	-1.290	-261.8	-0.630	-127.9	-0.620	-125.8	0.210	42.6	
31.0k	31000	31.00	216	21.96	20.79	19.61	19.21	18.18	19.28	-1.170	-252.9	-1.180	-255.1	-0.400	-86.5	-1.030	-222.7	1.100	237.8	
32.0k	32000	32.00	276	22.12	21.79	20.70	20.54	20.10	20.22	-0.330	-91.1	-1.090	-301.0	-0.160	-44.2	-0.470	-121.5	0.120	33.1	
33.0k	33000	33.00	204	22.99	22.32	21.54	21.37	20.86	20.71	-0.670	-136.7	-0.780	-159.1	-0.170	-34.7	-0.610	-104.1	-0.150	-30.6	
34.0k	34000	34.00	153	24.44	23.17	22.84	22.38	20.88	21.49	-1.270	-194.5	-0.330	-50.5	-0.460	-70.4	0.500	-229.7	0.610	93.4	
35.0k	35000	35.00	157	27.75	27.80	28.03	27.95	28.33	28.05	-0.050	7.8	0.230	36.1	-0.080	-12.5	0.380	59.6	-0.280	-43.9	
36.0k	36000	36.00	123	28.45	28.21	25.59	26.52	27.17	26.87	-0.240	-29.5	-2.620	-322.4	0.930	114.4	0.650	80.0	-0.300	-36.9	
37.0k	37000	37.00	86	29.49	27.94	28.36	28.07	27.64	26.54	-1.550	-133.5					-0.430	-37.0	-1.100	-94.7	
38.0k	38000	38.00	108	29.99	29.85	29.02	29.51	29.46	29.45	-0.140	-15.2					-0.050	-5.4	-0.010	-1.1	
39.0k	39000	39.00	112	31.35	30.93	30.97	30.77	29.31	29.59	-0.420	-47.1					-1.460	-163.6	0.280	31.4	
40.0k	40000	40.00	96	31.98	31.35	31.34	31.41	31.68	31.47	-0.630	-60.4					0.270	25.9	-0.210	-20.1	
41.0k	41000	41.00	76	33.19	33.50	33.46	33.27	32.63	32.27	0.310	23.4	-0.040	-3.0	-0.190	-14.3	-0.640	-48.3	-0.360	-27.2	

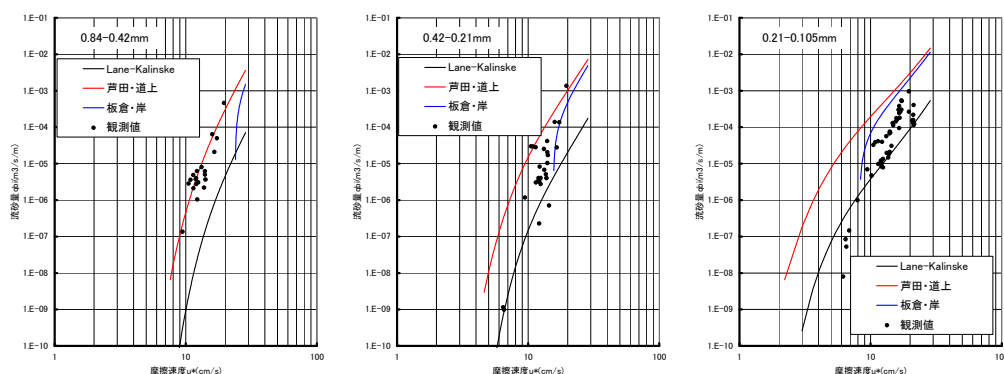
注 1) 平均河床高と河床変動量は、1k 間隔断面データを用いて算定している。

注 2) 矢作川(河口 0~41.0k 区間)の低水路の面積は約 12km<sup>2</sup> であるから、仮に河床高変動量に 1cm/年の誤差が生じた場合、河道全体で約 120,000m<sup>3</sup>/年の土砂収支量の誤差を生じる。

## (2) 計算結果

### ・計算精度（再現性）

- 各Caseの計算精度は図 3.9.5.5 に示すとおり、ほぼ同程度と考えられる。
- なお、浮遊砂量式を粒径別に評価した場合、土砂が細くなるにしたがい(特に 0.21mm 以下)、推定精度が劣ることが国総研河川研究室の研究により確認されており、細砂については検討対象から外すこととする。



出典：「土砂動態予測のための河床変動モデルの改良－涸沼河を事例として－」、国総研資料第 69 号,p82

図 3.9.5.3 浮遊砂量観測結果と流砂量式の比較

### ・計算結果の考察

- 河床低下期間 (Case1 と Case2) における 12.0k からの中砂～礫の供給土砂量は約 20 万  $m^3$ /年～約 29 万  $m^3$ /年である。一方、河床安定期間 (Case3) における 12.0k における中砂～礫の供給土砂量は約 25 万  $m^3$ /年である。これより、上流からの供給土砂量については 20 万  $m^3$ /年～29 万  $m^3$ /年の間にあり、砂利採取が 12.0k の通過土砂量に与えた影響は少ないと考えられる。
- 12.0k～0.0k における河道内の土砂移動に着目すると河床低下期間 (Case1 と Case2) では、6.0k～12.0k で粗砂と礫の堆積が目立ち、1.0k～2.0k では中砂～粗砂の堆積が目立つ。共に河床低下が顕著な箇所である。河床低下が顕著な箇所では、河床勾配が緩くなっており、掃流力の低下によって中砂～礫が堆積したものと考えられる。一方、河床安定期間の Case3 では 0.0k～3.0k の区間の堆積が目立つ。これは、上流から供給された中砂～礫が河道内を移動し、勾配が緩くなるセグメント 3 (2.0k

下流) 周辺に土砂が中砂～礫が堆積したと考えることができる。

- 次に、河口 0.0k に着目する。河床低下期間 (Case1 と Case2) では、河口 0.0k から海域へ供給される中砂～礫の土砂量は 16 万 m<sup>3</sup>/年～14 万 m<sup>3</sup>/年であったと推定される。一方、河床安定期間 (Case3) では、約 12 万 m<sup>3</sup>/年と推定される。河床低下期間には 16 万 m<sup>3</sup>/年～14 万 m<sup>3</sup>/年の中砂～礫の土砂が海域へ供給されていたが、河床安定期間では 12 万 m<sup>3</sup>/年に減少したと考えることができる。
- 河床低下期間においてセグメント 3 (2.0k 下流) の河床勾配が緩くなり (1/1400→1/9100)、河床安定期間にはセグメント 3 の河床勾配が急になっていること (1/8700→1/3900) を踏まえると、土砂動態のについて以下のとおり考察できる。①12.0k における中砂～礫の供給土砂量は 20 万 m<sup>3</sup>/年～29 万 m<sup>3</sup>/年である。②河床低下期間では、供給される中砂～礫が河床低下箇所捕捉されるものの、昭和 40 年当初の河床勾配が 1/1400 と急であったため 0.0k を通過する中砂～礫の土砂量は 16 万 m<sup>3</sup>/年～14 万 m<sup>3</sup>/年であった。③河床安定期間になると河床低下によって河床勾配が緩くなったセグメント 3 (河床勾配 1/8700) に中砂～礫の土砂が堆積し、0.0k を通過する土砂量は 12 万 m<sup>3</sup>/年に減少した。④しかし、河床安定期間においてセグメント 3 の河床勾配は土砂堆積にともなって 1/8700→1/3900 と急になる傾向であり、中砂～礫の海域への供給量は今後増加するものと考えられる。



・河口から海域への供給土砂量

河口から海域へ供給される礫・粗砂・中砂の土砂供給量は、平成 17 年度と今年度の検討で河床低下前はほぼ同じであるが、河床低下後の土砂供給量は 70 千 m<sup>3</sup>/年～120m<sup>3</sup>/年に増加した。1k 間隔（ケース 1）検討における河床低下後（平成元年～平成 11 年）のセグメント 3 の河床勾配は 1/18200～1/4100 であり、0.2k 間隔（ケース 2）における河床低下後（平成元年～平成 11 年）のセグメント 3 の河床勾配は、1/8700～1/3900 であり、平成 18 年度検討の河道の河床勾配が平成 17 年度検討の河道に比べ急であることが原因である。

1k 間隔（ケース 1）（礫・粗砂・中砂） 河床低下前：約 200 千 m<sup>3</sup>/年

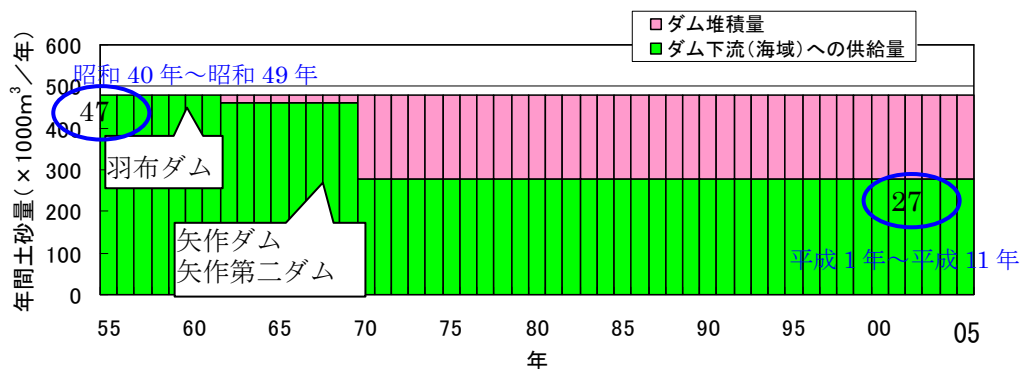
河床低下後：約 70 千 m<sup>3</sup>/年に減少

0.2k 間隔（ケース 2）（礫・粗砂・中砂） 河床低下前：約 140 千 m<sup>3</sup>/年～約 160 千 m<sup>3</sup>/年

河床低下後：約 120 千 m<sup>3</sup>/年に減少

なお、シルト・粘土の流砂量の推定値をもとに中砂～礫の構成割合を算出すると、河床低下前が 15%～13%、河床低下後は 16%である。また、計算結果に示しているシルト・粘土の流砂量は以下のように算定した値であり、河床変動計算領域内では一定値となっている。

細粒土砂(シルト粘土)の供給土砂量はダム堆積量から推定し、昭和 40 年～昭和 49 年は 479 千 m<sup>3</sup>/年、平成元年～平成 11 年は 279 千 m<sup>3</sup>/年とする。シルト粘土の細粒土砂は、ダム堆積量(山地からの生産量)の全量が河口に到達すると仮定している。



注) 年間土砂生産量を 1976 年以降の平均値とした場合

図 3.9.5.4 細粒土砂のダム堆積量とダム下流（海域）への供給量の経年変化(矢作川)

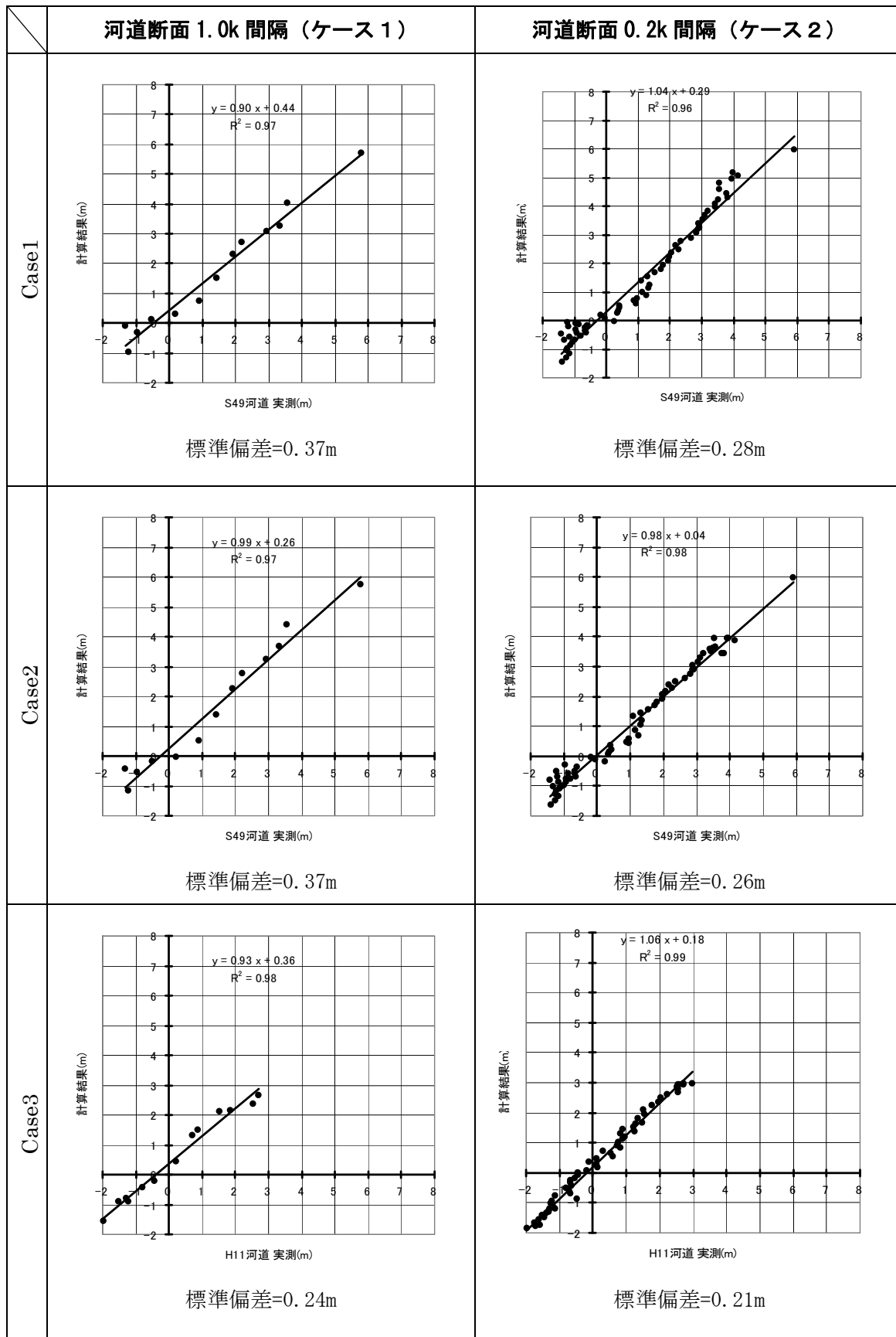


図 3.9.5.5 河床高の実測値と計算値の比較

表 3.9.5.5 河口地点(0k)と計算上流端地点(12K)の流砂量(1k間隔(ケース1))

単位: ×1000m<sup>3</sup>/年

		Case1		Case2		Case3	
		0.0k	12.0k	0.0k	12.0k	0.0k	12.0k
砂礫	礫	4	22	3	30	0	55
	粗砂	49	122	39	184	0	85
	中砂	194	171	189	259	70	128
	細砂	335	291	374	333	285	260
砂礫合計		582	606	605	806	355	528
シルト・粘土		479	479	479	479	279	279
合計		1061	1085	1084	1285	634	807

※) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定

表 3.9.5.6 河口地点(0k)と計算上流端地点(12K)の流砂量(0.2k間隔(ケース2))

単位: ×1000m<sup>3</sup>/年

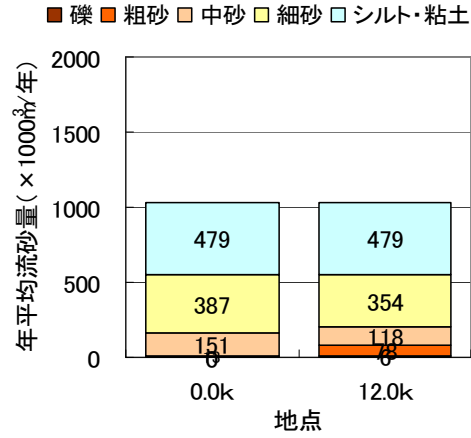
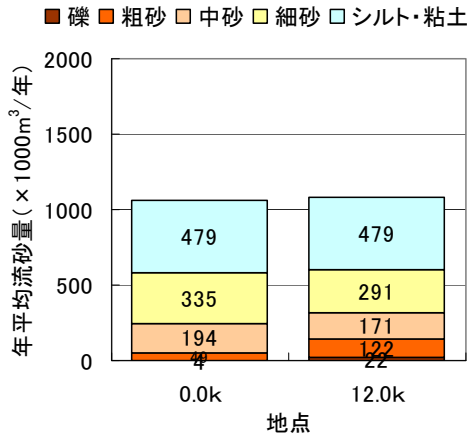
		Case1		Case2		Case3	
		0.0k	12.0k	0.0k	12.0k	0.0k	12.0k
砂礫	礫	0	6	1	16	5	39
	粗砂	13	78	11	170	20	67
	中砂	151	118	127	105	94	151
	細砂	387	354	367	331	318	302
砂礫合計		551	556	506	622	437	559
シルト・粘土		479	479	479	479	279	279
合計		1030	1035	985	1101	716	838

※) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定

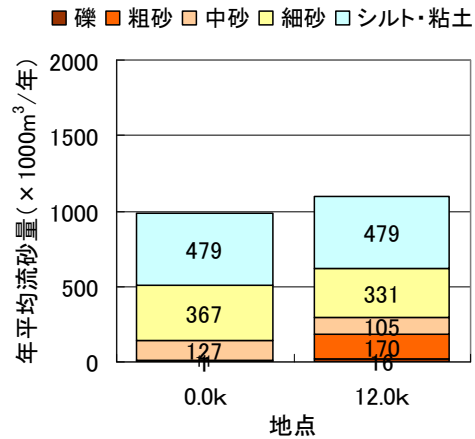
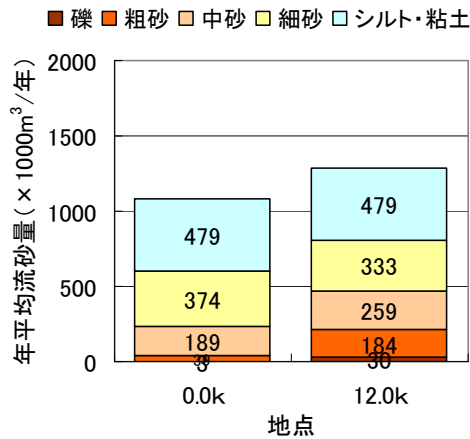
河道断面 1.0K 間隔 (ケース 1)

河道断面 0.2K 間隔 (ケース 2)

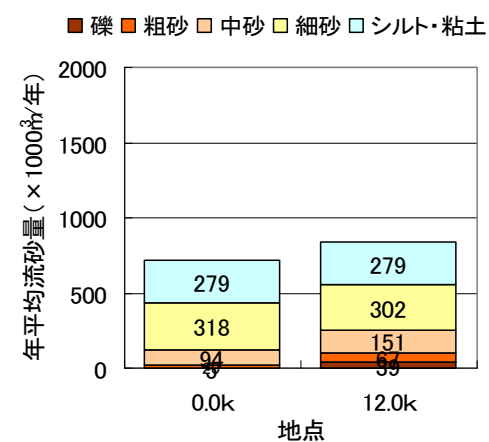
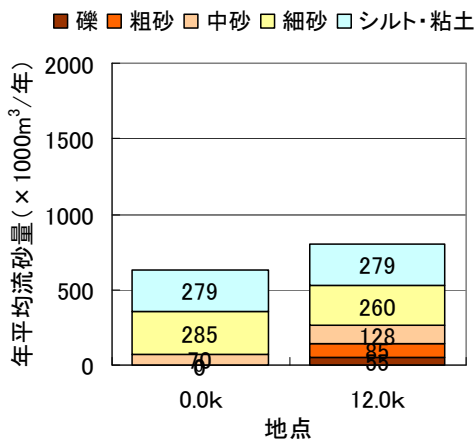
Case1(河床：昭和 40 年、流量：S40～S49、砂利採取 70.5 千 m<sup>3</sup>/年)



Case2(河床：昭和 40 年、流量：S40～S49、砂利採取 282 千 m<sup>3</sup>/年)



Case3(河床：平成元年、流量：H1～H11、砂利採取なし)



※)シルト粘土はダム堆砂量(山地からの生産量)の全量が河口に到達すると仮定

図 3.9.5.6 河口地点(0k)と計算上流端地点(12K)の流砂量の比較

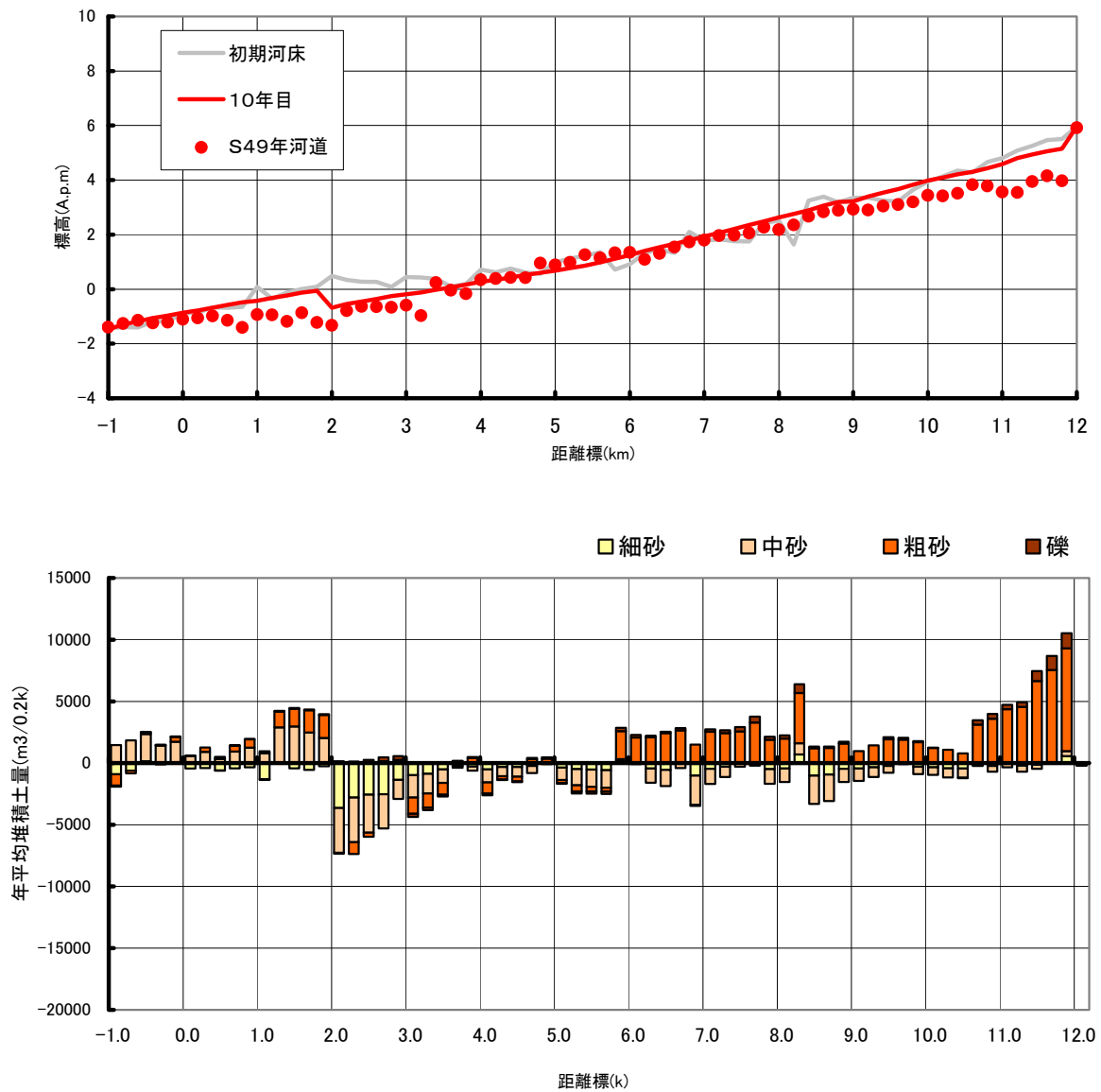


図 3.9.5.7 Case1計算結果（昭和40年～昭和49年、砂利採取量70.5千m³/年）

※年平均堆積量は流砂量の差から算出しているため、砂利採取量は反映されていない

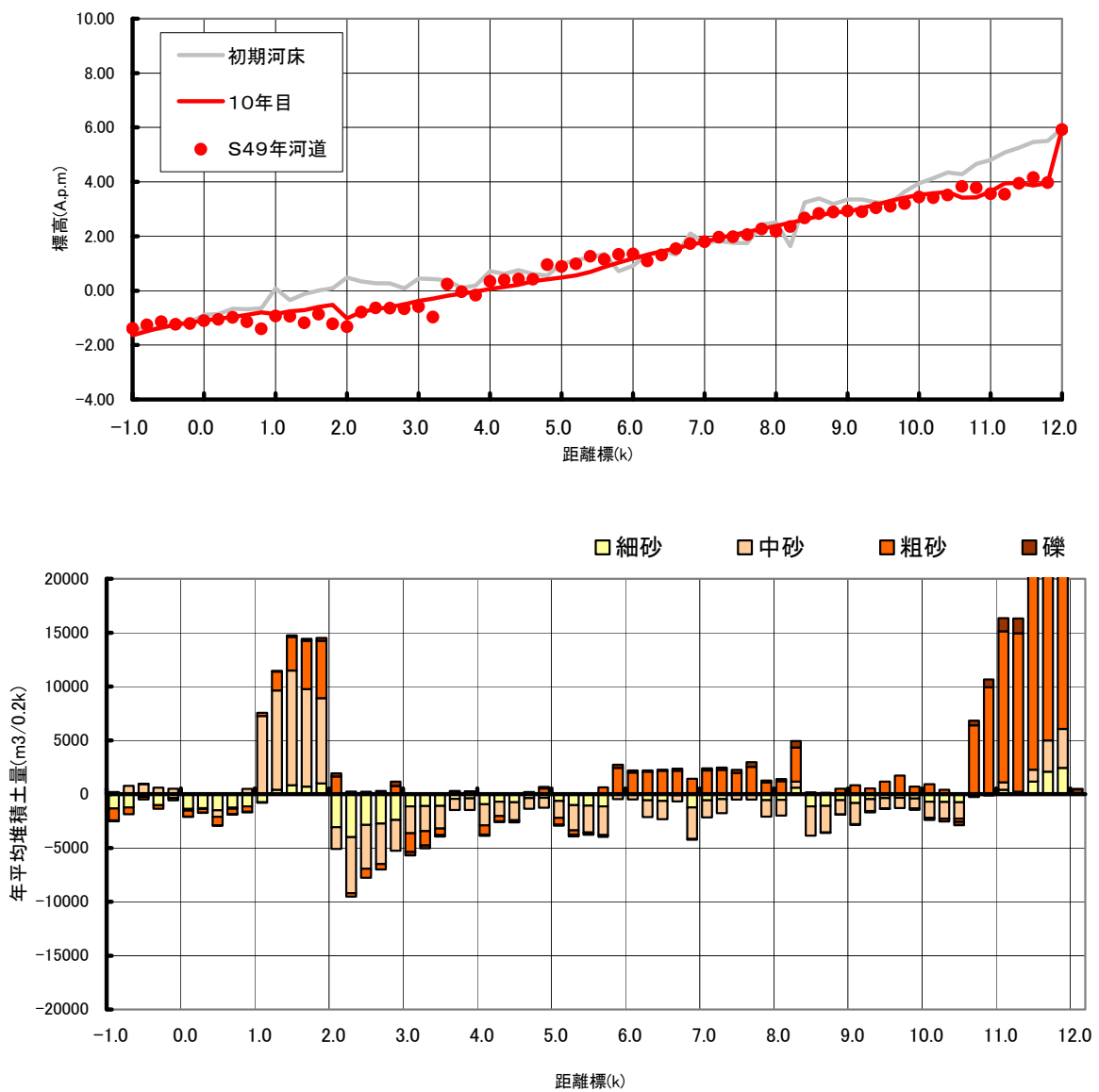


图 3.9.5.8 Case2計算結果 (昭和40年~昭和49年、砂利採取量282.0千m³/年)

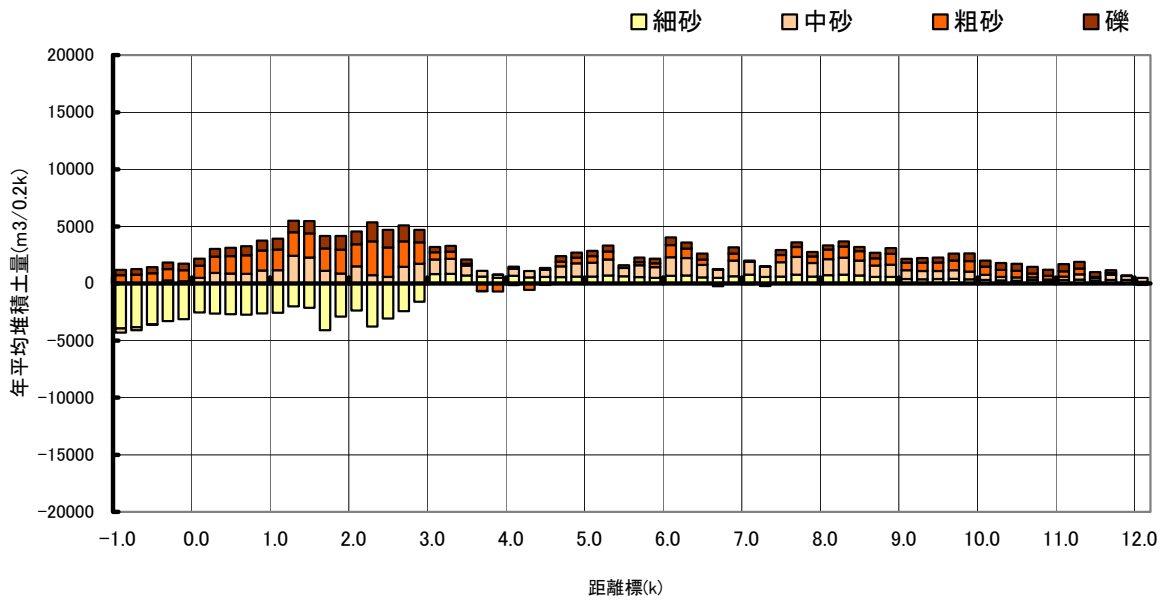
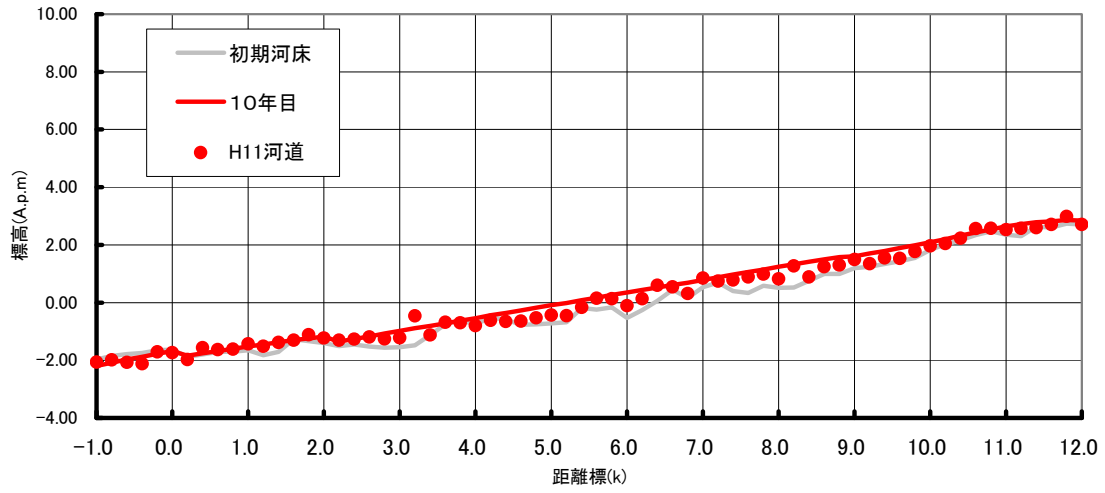


図 3.9.5.9 Case3計算結果 (平成元年~平成11年、砂利採取量なし)

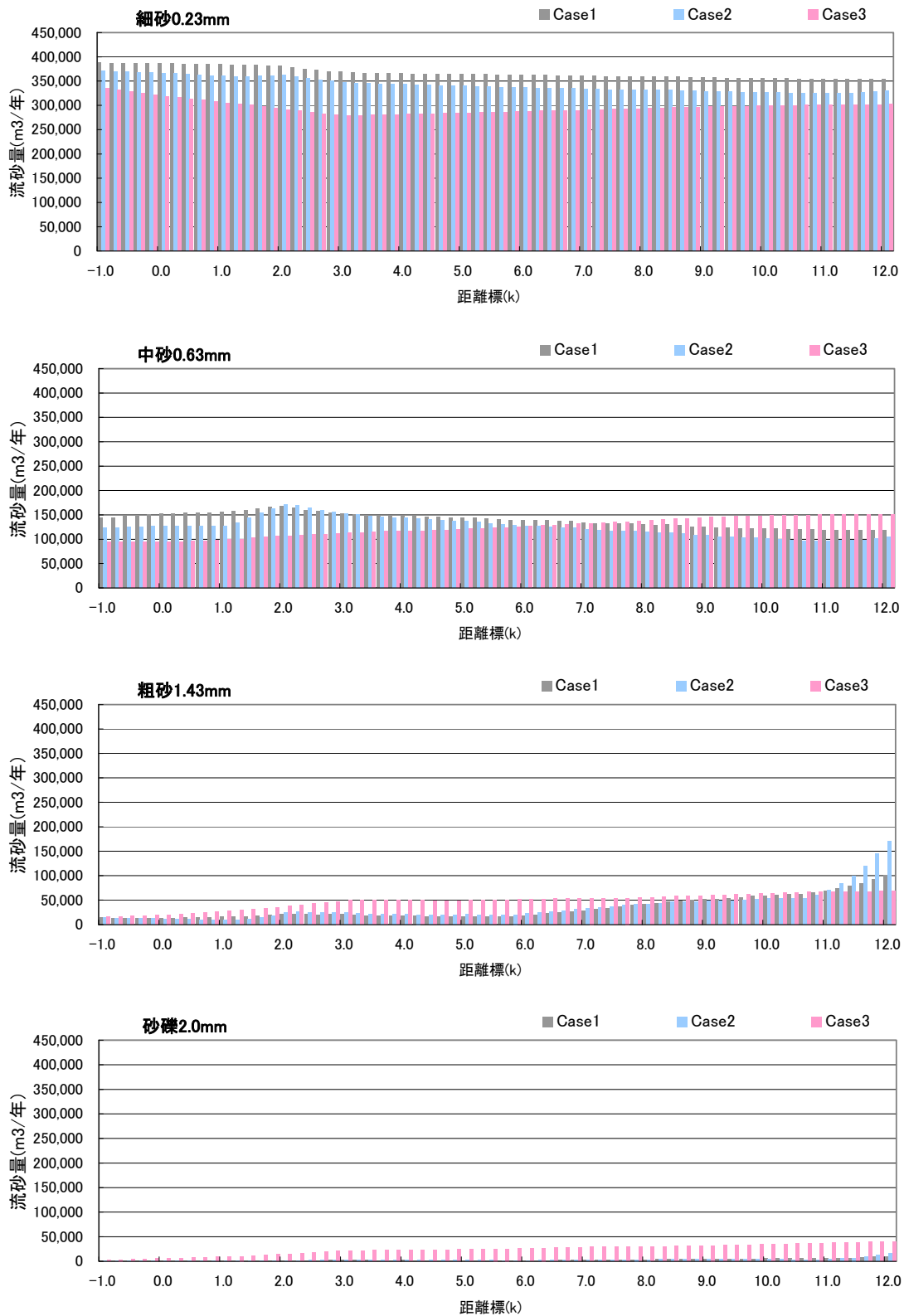


図 3.9.5.10 流砂量の縦断図



### 3.9.6 河床変動計算の感度分析による河川からの供給土砂量の評価

#### (1) 感度分析の目的

##### 【①昭和40年代と平成元年以降の土砂移動特性の分析】

昭和40年代（河床低下前）と平成元年以降（河床低下後）の期間について、砂利採取、河床高及び流量の実態を条件として河床変動計算を実施した結果、河川からの供給土砂量（中砂～礫）は昭和40年代の160～140千m<sup>3</sup>/年から平成元年の120千m<sup>3</sup>/年に減少していることが示された。一方で、平成元年以降は流量が小さくなっている傾向がある（表3.9.4.3）。上記2期間の供給土砂量の違いは砂利採取、河床高、流量によるものと考えられるが、各要因と供給土砂量の関係について定量的な評価が必要である。そこで、砂利採取、河床高、流量をパラメータとした感度分析計算を実施し、各要因が河川からの供給土砂量に与える影響を検討する。

##### 【②河床低下後の土砂移動特性の分析】

砂利採取が中止された平成元年以降では河床が安定しており、河川からの供給土砂量は流量規模により異なると考えられる。平成元年河道を初期河床条件として、流量をパラメータとした感度分析計算を実施し、流量が河川からの供給土砂量に与える影響を検討する。

#### (2) 検討ケース

感度分析の計算ケースを表3.9.6.1に示す。

表 3.9.6.1 感度分析の計算ケース

目的	計算Case	河道条件		流量	砂利採取	上流端供給土砂量条件		感度分析比較		
		初期	再現目標			掃流砂計	浮遊砂	砂利採取	河床高	流量
①	1	S40	S49	S40～S49	70.5 千 m <sup>3</sup> /年	平衡流砂量	α設定	●		
	2	S40	S49	S40～S49	282 千 m <sup>3</sup> /年	〃	Case1のα値	●		●
	3	H1	H11	H1～H11	なし	〃	α設定			●
	4	S40	-	H1～H11	282 千 m <sup>3</sup> /年	〃	Case1のα値			●
	5	H1	-	S40～S49	なし	〃	Case3のα値		●	●
	6	S40	-	S40～S49	なし	〃	Case1のα値	●	●	
②	7	H1	-	大規模出水年(S40)	なし	〃	Case3のα値			■
	8	H1	-	中規模出水年(S45)	なし	〃	Case3のα値			■
	9	H1	-	小規模出水年(S48)	なし	〃	Case3のα値			■

目的①：昭和40年代（河床低下前）と平成元年以降（河床低下後）の土砂移動特性の分析

目的②：河床低下後の土砂移動特性の分析

※1) 砂利採取量は1974年実績値から推定した平均値と最大値

※2) 浮遊砂量計算式のαは実績河床変動量を再現するように設定

(3) 昭和 40 年代と平成元年以降の土砂移動特性の分析

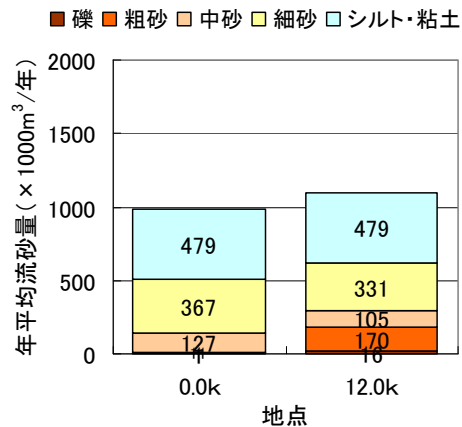
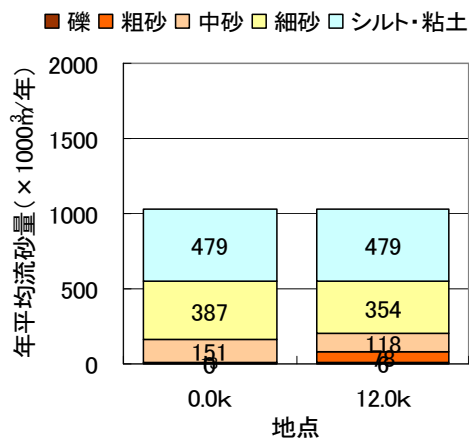
1) 砂利採取の影響

河床高、流量は同一条件とし、砂利採取量を変化させた場合の感度分析結果を 図 3.9.6.1 と表 3.9.6.2 に示す。

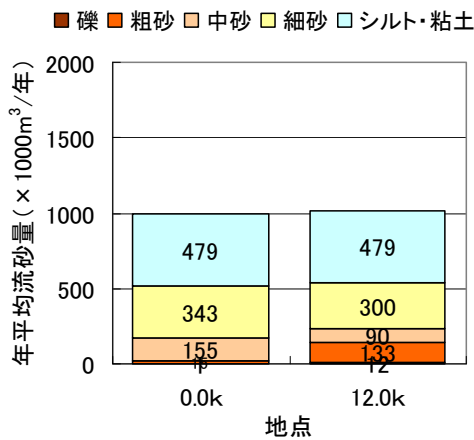
- ・ 砂利採取なし(Case6)場合の河口 0k における中砂～礫の土砂供給量は 171 千 m<sup>3</sup>/年である。砂利採取量を 70.5 千 m<sup>3</sup>/年とした場合(Case1)には供給土砂量は 96%に減少しており (164 千 m<sup>3</sup>/年)、282 千 m<sup>3</sup>/年とした場合 (Case2) には供給土砂量は 81%に減少している (139 千 m<sup>3</sup>/年)。砂利採取によって海域への供給土砂量は減少し、その割合は 81%~96%であった。
- ・ 仮に砂利採取が無かったと仮定した場合、河床低下はほとんどなく、中砂～砂礫の海域への供給土砂量は 1.0 倍~1.2 倍であったと想定される。

Case1 : 砂利採取量 70.5 千 m<sup>3</sup>/年

Case2 : 砂利採取量 282 千 m<sup>3</sup>/年



Case6 : 砂利採取なし



- ※ 1)初期河床は昭和 40 年
- ※ 2)流量は昭和 40 年~昭和 49 年
- ※ 3)シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出  
土砂量の全量が河口に到達すると仮定

図 3.9.6.1 砂利採取量による感度分析結果

表 3.9.6.2 砂利採取量による感度分析結果

		Case1		Case2		Case6	
		砂利採取量70.5千m <sup>3</sup> /年		砂利採取量282千m <sup>3</sup> /年		砂利採取なし	
		0.0k	12.0k	0.0k	12.0k	0.0k	12.0k
砂礫	礫	0	6	1	16	1	12
	粗砂	13	78	11	170	15	133
	中砂	151	118	127	105	155	90
	細砂	387	354	367	331	343	300
シルト・粘土		479	479	479	479	479	479
礫～中砂の合計		164	202	139	291	171	235
礫～中砂の変化率(%)		96		81		100	
合計		1030	1035	985	1101	993	1014

注1) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定

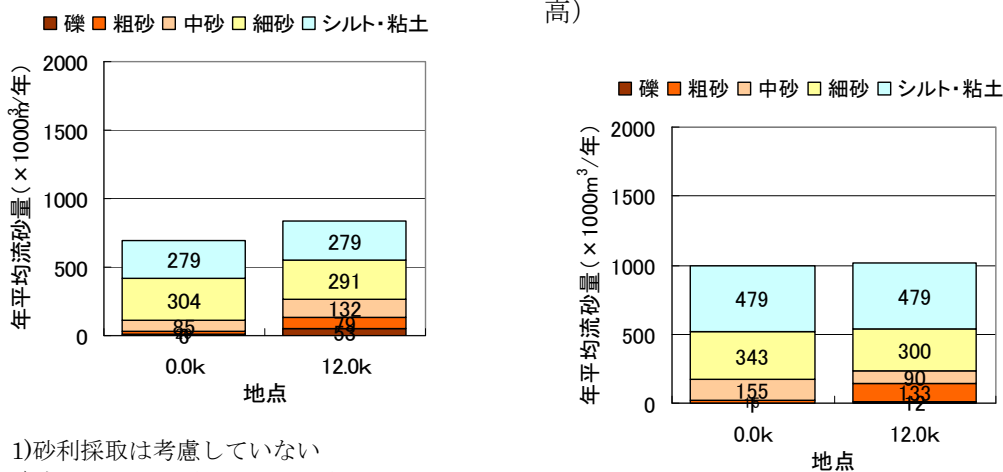
注2) 変化率は Case6 を基準とした値

## 2) 河床高の影響

砂利採取、流量は同一条件とし、初期河床高を変化させた場合（昭和40年、平成元年）の感度分析結果を図3.9.6.2と表3.9.6.3に示す。

- 昭和40年と平成元年の平均河床高を比べると、平成元年の方が平均的に2m程度低く、約2kより下流では河床勾配も緩やかになっている。河床低下後の平成元年の河床高を初期値とした場合（Case5）の供給土砂量は111千m<sup>3</sup>/年、河床低下前の昭和40年河床高を初期値とした場合（Case6）のそれは171千m<sup>3</sup>/年であり、河床高が低くなることにより、供給土砂量が65%に減少した。
- 河床低下及び河床勾配が緩やかになったことにより、2kより下流の無次元掃流力が低下し、中砂～礫分が凡そ0～3kの河道内に堆積し易くなったことが河川からの供給土砂量減少の要因と考えられる(図3.9.6.3)。

Case5：初期河床高は平成元年（河床高；低） Case6：初期河床高は昭和40年（河床高；高）



- ※ 1) 砂利採取は考慮していない
- ※ 2) 流量は昭和40年～昭和49年
- ※ 3) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定

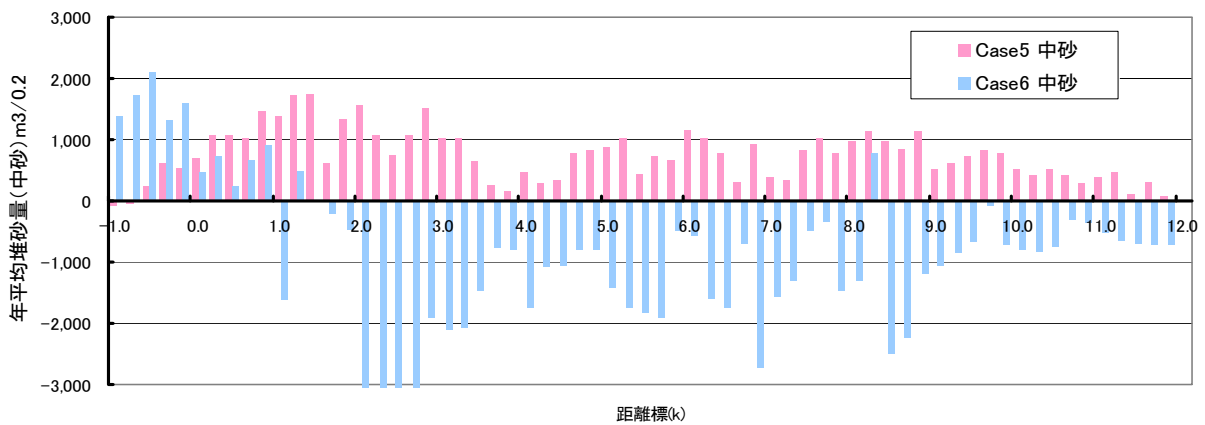
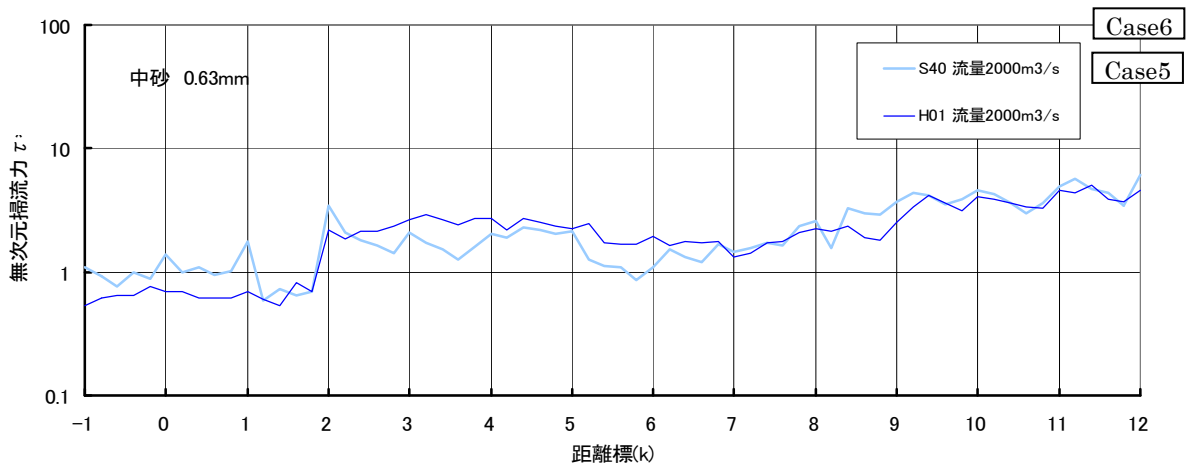
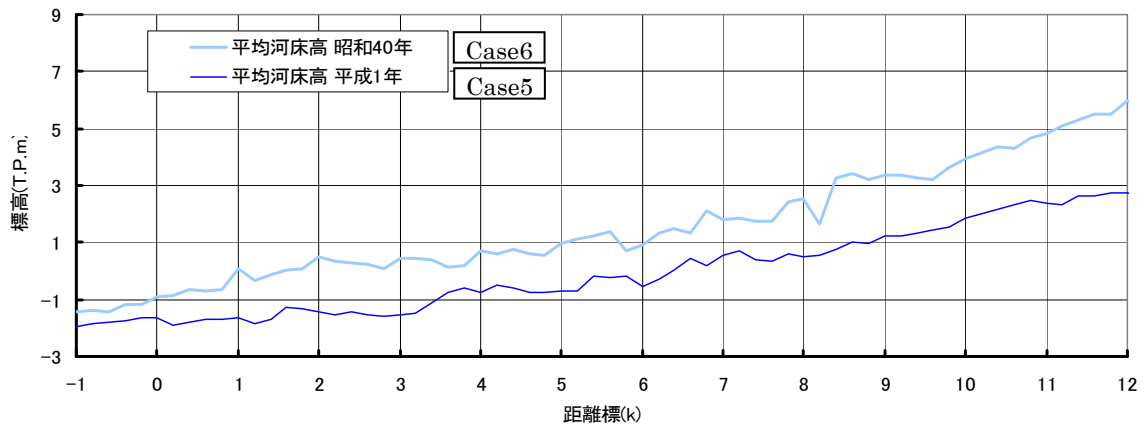
図 3.9.6.2 初期河床高による感度分析結果

表 3.9.6.3 初期河床高による感度分析結果

単位：x1000m³/年

		Case5		Case6	
		河床：平成1年		河床：昭和40年	
		0.0k	12.0k	0.0k	12.0k
砂礫	礫	6	53	1	12
	粗砂	20	79	15	133
	中砂	85	132	155	90
	細砂	304	291	343	300
シルト・粘土		279	279	479	479
礫～中砂の合計		111	555	171	535
礫～中砂の変化率(%)		65		100	
合計		694	834	993	1014

- 注1) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定
- 注2) 変化率はCase6を基準とした値



注) 無次元掃流力の算定における流量  $2000\text{m}^3/\text{年}$  は、計算期間の平均年最大流量規模である。

図 3.9.6.3 初期河床高、無次元掃流力(中砂)及び年平均堆砂量(中砂)の比較

### 3) 流量の影響

砂利採取、初期河床高は同一条件とし、流量を変化させた場合の感度分析結果を図 3.9.6.4 と表 3.9.6.4 に示す。

- ・昭和 40 年の初期河床に対して平成元年～平成 11 年の流量を与えた場合、供給土砂量の変化は 6%減となった (Case2 と Case4 の比較)。また、平成元年の初期河床に対して昭和 40 年～昭和 49 年の流量を与えた場合、供給土砂量の変化は 7%減となった (Case3 と Case4 の比較)。

- ・平成元年～平成 11 年の年最大流量は、昭和 40 年～昭和 49 年のそれに比べて小さくなっている傾向があるものの(平均値  $2051\text{m}^3/\text{s} \rightarrow 1380\text{m}^3/\text{s}$ )、例えば  $500\text{m}^3/\text{s}$  程度の小規模出水の発生頻度が逆に高くなっていることから ( $500\text{m}^3/\text{s}$  を越える流量の作用時間は昭和 40 年～昭和 49 年で 469 時間、平成元年～平成 11 年で 653 時間)、感度分析の供給土砂量の違いに大きな差が見られない結果となった。

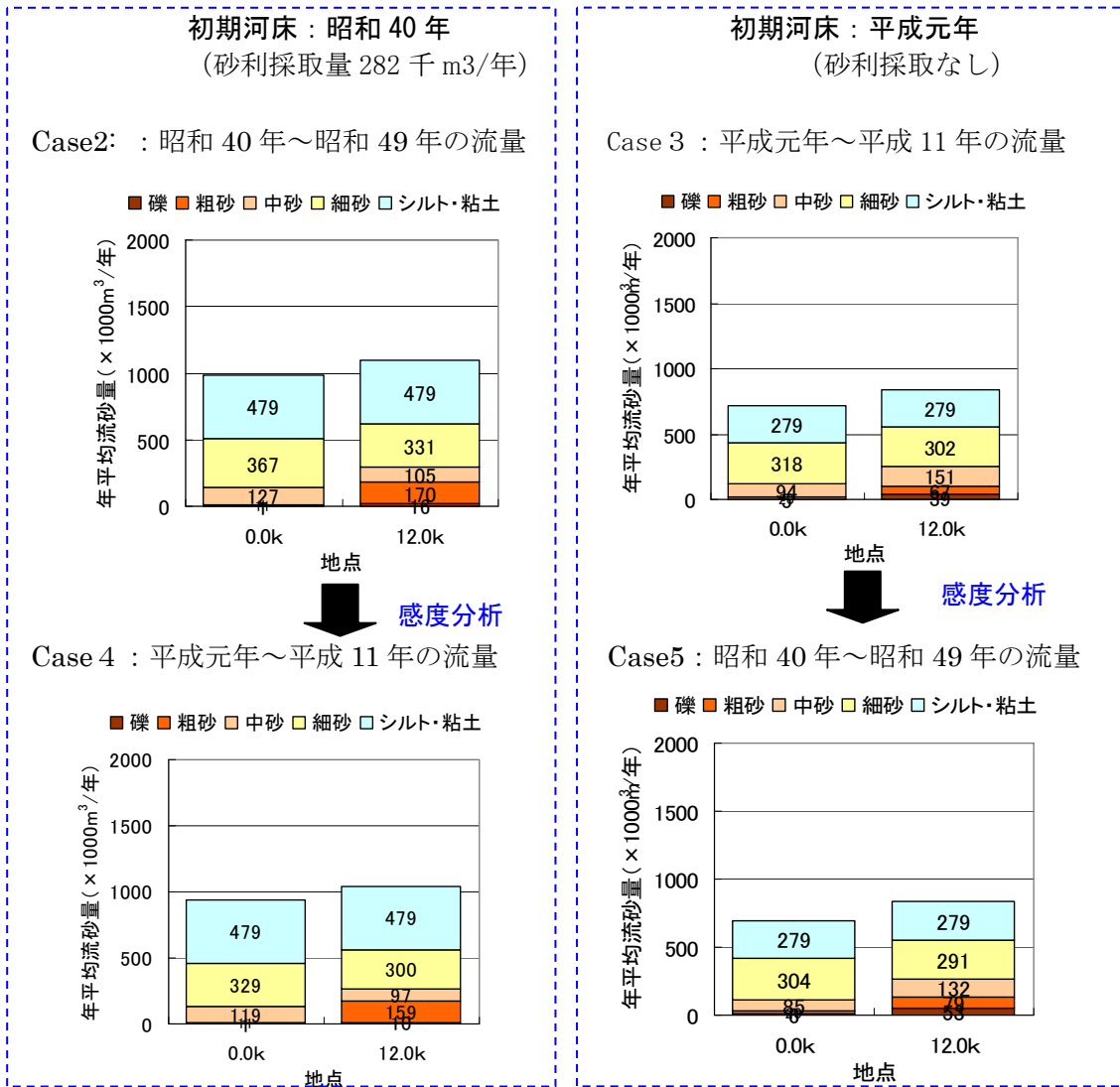
### 4) 昭和 40 年代と平成元年以降の土砂移動特性の分析結果のまとめ

昭和 40 年代 (河床低下前) と平成元年以降 (河床低下後) の 10 年間について、砂利採取、河床高及び流量の実態を条件として河床変動計算を実施した結果、海域への供給土砂量は昭和 40 年代の  $140 \sim 160 \text{ 千 m}^3/\text{年}$  から平成元年以降の  $120 \text{ 千 m}^3/\text{年}$  に減少していることが示された。

砂利採取・河床高・流量をパラメータとした感度分析計算結果によると、砂利採取を辞めたことで供給土砂量は  $104 \sim 123\%$  ( $10 \sim 30 \text{ 千 m}^3/\text{年}$ ) 増加し、河床低下による河床勾配の変化 (緩勾配化) によって供給土砂量は  $65\%$  ( $60 \text{ 千 m}^3/\text{年}$ ) 減少し、流況の変化 (10 年間の総流量) によって供給土砂量は  $93 \sim 94\%$  ( $10 \text{ 千 m}^3/\text{年}$ ) 減少する結果となった。

昭和 40 年代の供給土砂量を  $150 \text{ 千 m}^3/\text{年}$  とすれば、平成元年以降の矢作川供給土砂量は  $30 \text{ 千 m}^3/\text{年}$  減少したことになり、これは昭和 40 年代の供給土砂量の 2 割に相当する。一方、感度分析計算から得られた各要因の土量変化量を用いて昭和 40 年代～平成元年以降の供給土砂変化量を推定すると  $(+20(\text{砂利採取}) - 60(\text{河床低下}) - 10(\text{総流量低下}) = -50(\text{TOTAL}))$  となり、上述した昭和 40 年代と平成元年以降の土量変化量に概ね一致する。

以上より、矢作川から海域への供給土砂量は  $140 \sim 160 \text{ 千 m}^3/\text{年}$  (昭和 40 年代) から  $120 \text{ 千 m}^3/\text{年}$  (平成元年以降) に減少し、①砂利採取の停止で  $10 \sim 30 \text{ 千 m}^3/\text{年}$  の増加、②河床低下と河床勾配の緩勾配化により  $60 \text{ 千 m}^3/\text{年}$  の減少、③総流量が低下したことにより  $10 \text{ 千 m}^3/\text{年}$  が減少したものと考えられる。



※) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定

図 3.9.6.4 流量による感度分析結果

表 3.9.6.4 流量による感度分析結果

		単位: × 1000m <sup>3</sup> /年				単位: × 1000m <sup>3</sup> /年			
		Case2		Case4		Case3		Case5	
		S40～S49流量(河床S40)	H1～H11流量(河床S40)	H1～H11流量(河床H1)	S40～S49流量(河床H1)				
		0.0k	12.0k	0.0k	12.0k	0.0k	12.0k	0.0k	12.0k
砂礫	礫	1	16	1	10	5	39	6	53
	粗砂	11	170	11	159	20	67	20	79
	中砂	127	105	119	97	94	151	85	132
	細砂	367	331	329	300	318	302	304	291
シルト・粘土		479	479	479	479	279	279	279	279
礫～中砂の合計		139	622	131	566	119	559	111	555
礫～中砂の変化率(%)		100		94		100		93	
合計		985	1101	939	1045	716	838	694	834

注1) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定  
 注2) 変化率はCase2もしくはCase3を基準とした値

(4) 河床低下後の土砂移動特性の分析

1) 流量による感度分析

河床低下後の平成元年河道条件を対象に流量条件を変えた感度分析を行い、流量規模が河川からの供給土砂量に与える影響を評価した。

・ 流量条件の設定

河床変動計算の計算対象期間（昭和 40 年～昭和 49 年、平成元年～平成 11 年）における年最大流量（時別流量、米津観測所）をもとに、大規模出水、中規模出水、小規模出水の代表年を設定する。計算対象期間の年最大流量は図 3.9.6.5（上図）に示すとおりである。年最大流量を大きい流量から順番に並べ図 3.9.6.5（下図）、最大の年最大流量が発生した年を大規模出水年、年最大流量が平均値に近い年を中規模出水年、最小の年最大流量が発生した年を小規模出水年とする。

【設定した代表年】

- 大規模出水年 (Case7) : 昭和 40 年 (年最大流量 3,770m<sup>3</sup>/s)
- 中規模出水年 (Case8) : 昭和 45 年 (年最大流量 1,644m<sup>3</sup>/s)
- 小洪水出水年 (Case9) : 昭和 48 年 (年最大流量 139m<sup>3</sup>/s)

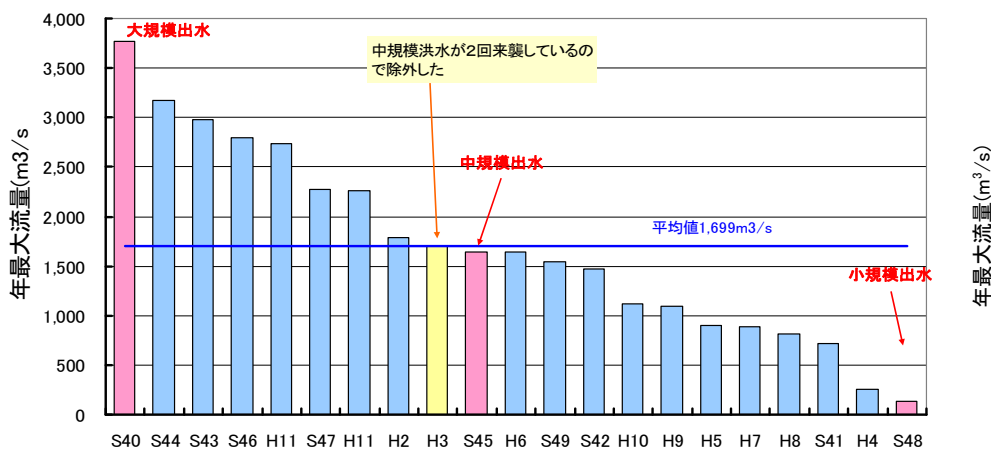
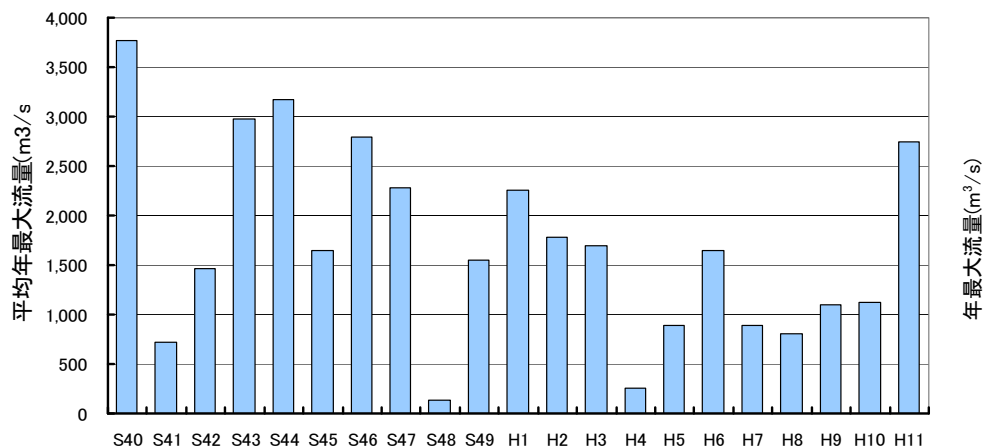
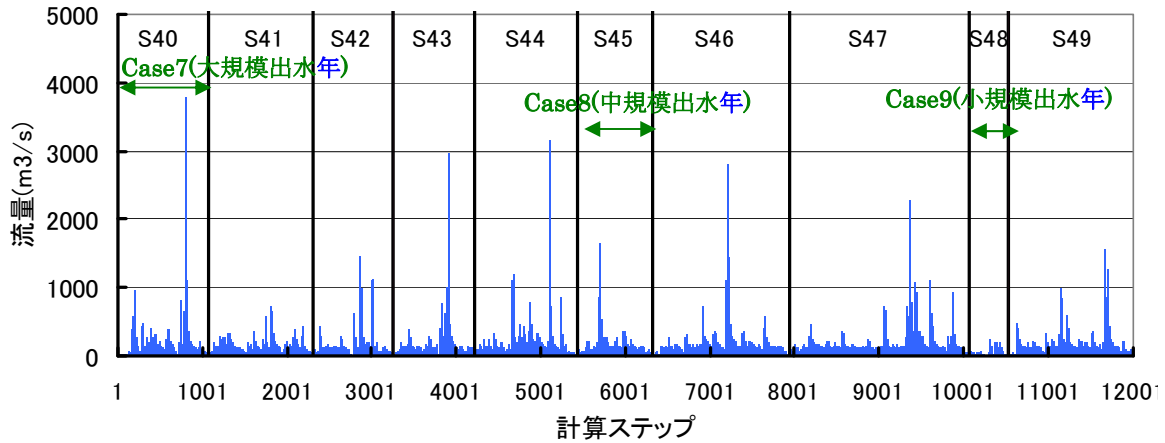


図 3.9.6.5 計算対象期間における年最大流量（米津観測所）



### ・計算ケースの流量条件

各計算ケースの流量条件は図 3.9.6.6 に示すとおりである。



注) 計算時間の短縮を図るため、以下の処理を行っている。

- ・日平均流量が  $100\text{m}^3/\text{s}$  以下の場合：1 ステップを 24 時間、日平均流量を与える
- ・日平均流量が  $100\text{m}^3/\text{s}$  以上の場合：1 ステップを 1 時間、毎正時の流量を与える

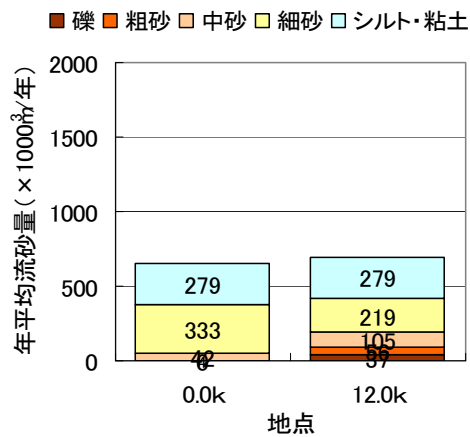
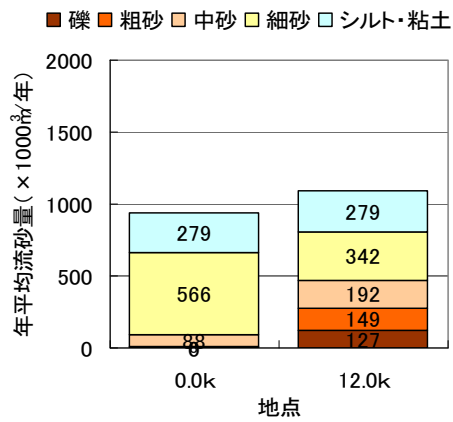
図 3.9.6.6 感度分析の流量条件（米津観測所）

### ・感度分析結果

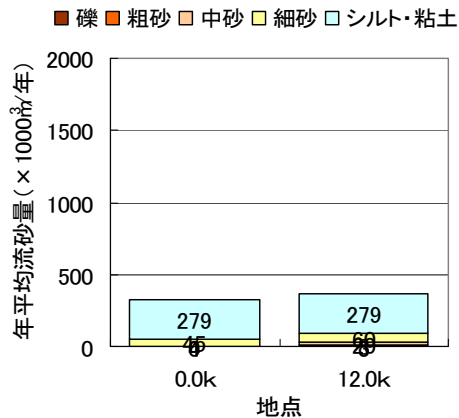
流量規模別の河川からの土砂供給量を比較すると(図 3.9.6.7、表 3.9.6.5)、大規模出水年 (Case7)では  $96 \text{ 千}\text{m}^3/\text{年}$ 、中規模出水年(Case8)では  $46 \text{ 千}\text{m}^3/\text{年}$ 、小規模出水年(Case9)では  $4 \text{ 千}\text{m}^3/\text{年}$ という結果を得た。すなわち、流量規模により河川からの供給土砂量は大きく変動すると考えられる。

Case7：大規模出水年(昭和40年)の流量

Case8：中規模出水年(昭和45年)の流量



Case9：小規模出水年(昭和48年)の流量



※ 1) 砂利採取量なし  
 ※ 2) 初期河床高は平成元年  
 ※ 3) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定

図 3.9.6.7 流量による感度分析結果 (河床低下後)

表 3.9.6.5 流量による感度分析結果 (河床低下後) 単位: x1000m³/年

		Case7(大規模出水年)		Case8(中規模出水年)		Case9(小規模出水年)	
		昭和40年		昭和45年		昭和48年	
		0.0k	12.0k	0.0k	12.0k	0.0k	12.0k
砂礫	礫	0	127	0	37	0	3
	粗砂	8	149	4	56	0	8
	中砂	88	192	42	105	4	20
	細砂	566	342	333	219	45	60
シルト・粘土		279	279	279	279	279	279
礫～中砂の合計		96	810	46	417	4	91
礫～中砂の変化率(%)		100		48		4	
合計		941	1089	658	696	328	370

注1) シルト・粘土は、ダム流域以外の山地からの流出土砂量の全量が河口に到達すると仮定  
 注2) 変化率は Case7 を基準とした値

## 2) 河川への供給土砂量の年間値の評価

感度分析の結果から、流量規模と河川からの供給土砂量に関係があることがわかった。そこで、先に示した平成元年～平成11年の河床変動計算（Case3、初期河床は平成元年）における年最大流量と河川からの供給土砂量（年間値）の関係を図3.9.6.8に示す。両者はかなりバラツキが認められ（相関係数0.3955）、これは先に述べたように、小規模洪水程度の出水の影響と考えられる。そこで、年総流量と河川からの供給土砂量（年間値）の関係を

図3.9.6.9に整理してみると、比較的良い関係が得られる（相関係数0.7314）。よって、河川からの供給土砂量の変化を表すパラメータとしては年総流量が良いと考えられる。

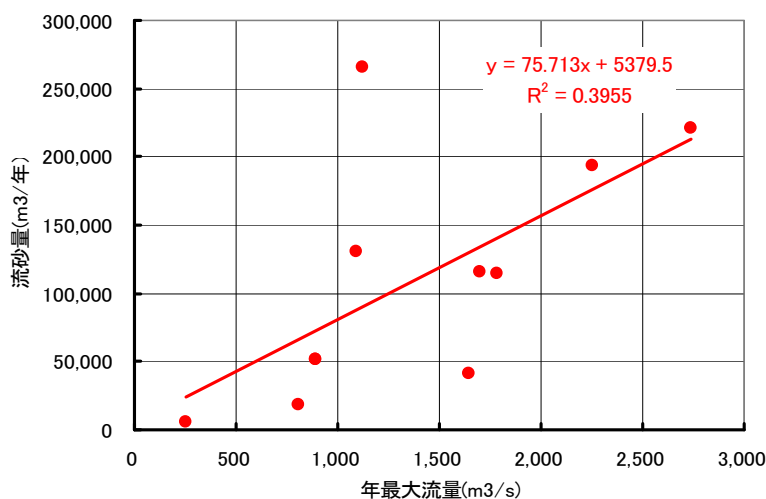


図 3.9.6.8 年最大流量と河川からの供給土砂量（年間値）の関係

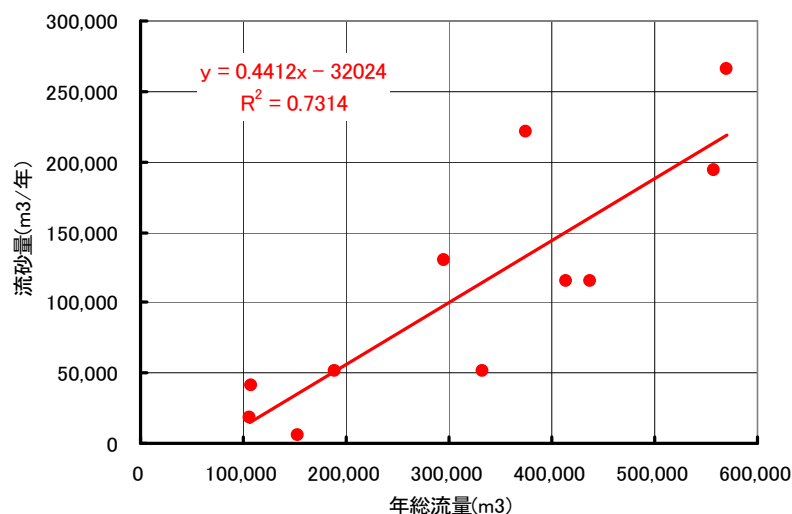


図 3.9.6.9 年総流量と河川からの供給土砂量（年間値）の関係

### 3.9.7 矢作川からの供給土砂量の経年変化のまとめ

- 矢作川は、江戸時代以降近年まで天井川として知られた堆積河川であるが、平均河床高の経年変化を約 10 年間隔で確認したところ、河口から 17k の区間では、1965 年から 1982 年にかけて平均河床高の低下が認められるとともに、河床低下にともなって河口～10k の区間では河床勾配が緩やかになった。河床低下の主な要因は、砂利採取の影響と考えられ、砂利採取を中止した平成元年以降の平均河床高の変化はほとんどない。なお、砂利採取量は 1974 年以降の全量の資料しか収集できなかった（すなわち、採取位置や 1960 年代の採取量は不明である）。
- 無次元掃流力の計算より、河床低下後で河床高が安定化した平成元年の河道は 2.0k から無次元掃流力の低下が見られ、上流から供給される砂礫の一部は 1.0k～2.0k に堆積すると考えられる。このため、海域への砂礫の供給量が減少したと考えられる。
- 河床変動計算を実施し、河床低下や河床勾配の変化に伴う河口から供給される砂分の変化を定量的に評価した。河床が高いケースの計算期間は 1965 年～1974 年（砂利採取期間）とし、河床が低いケースの計算期間は 1989 年～1999 年（砂利採取規制後）とした。計算期間の平均河床高と河床材料が再現できるように、各種パラメータを設定した。なお、砂利採取期間の計算については、10 年間の計算期間のうち 1 年間しか砂利採取量がわかっていないこと、また、砂利採取位置については全く不明であり、厳密な再現計算ができていない。計算結果から河床低下と河床の緩勾配化に伴い 2.0k 下流の掃流砂力が低下し、海域へ流出する中砂、粗砂、礫分が減少したと判断される（140～160 千 m<sup>3</sup>/年から 120 千 m<sup>3</sup>/年に減少）。なお、細砂分については、流砂量式による推定精度が低いため、検討の対象とはしなかった。
- 砂利採取、河床低下、流量を指標とした感度分析計算を実施した結果、昭和 40 年代から平成元年以降にかけての海域への土砂供給量は①砂利採取をやめたことで 10～30 千 m<sup>3</sup>/年増加し、②河床低下と河床勾配の緩勾配化により 60 千 m<sup>3</sup>/年減少し、③総流量が低下したことにより 10 千 m<sup>3</sup>/年減少し、昭和 40 年代の土砂供給量(140～160 千 m<sup>3</sup>/年)の約 2 割に相当する土量が減少したものと考えられる。
- また、シルト分の海域へ供給量の経年変化をダムでのトラップ（ダム流域で山地生産量を全量トラップ）を考慮して概算した結果、1970 年の矢作ダム・第二矢作ダムの築造により、480 千 m<sup>3</sup>/年から 280 千 m<sup>3</sup>/年に減少していると推定された。

- シルト分と砂分（細砂・中砂・粗砂・礫）の供給量の比率は、河床低下期間で約 45 : 55 であり、河床安定期間は約 40 : 60 に変化している。ただし、細砂分（河床変動計算結果）やシルト分（ダムトラップの評価）の推定精度は高いとは言えないため、定量的な評価としては、「海域へ流出する中砂、粗砂、礫分が減少した（140～160 千 m<sup>3</sup>/年から 120 千 m<sup>3</sup>/年）」というところまでであろうと考える。

以上の検討結果を踏まえ、矢作川土砂動態のシナリオを構築する。

#### 【矢作川土砂動態のシナリオ】

昭和 40 年代から平成元年以降にかけての海域への中砂・粗砂・礫分の土砂供給量は①砂利採取をやめたことで 10～30 千 m<sup>3</sup>/年増加し、②河床低下と河床勾配の緩勾配化により 60 千 m<sup>3</sup>/年減少し、③総流量が低下したことにより 10 千 m<sup>3</sup>/年減少し、昭和 40 年代の土砂供給量(140～160 千 m<sup>3</sup>/年)の約 2 割に相当する土量が減少した。

（シルト・細砂は推定精度が高いとは言えないため、定量的な評価は困難）

現在、矢作川の河道内(3km より下流)では粗粒土砂が堆積し急勾配化(1/8700→1/3900)する傾向にあり、今後は中砂～礫分の海域への供給量が増加する可能性がある。

### 3.10 検討対象フィールドの選定

以上の検討を踏まえて、これ以降、分析を進めるためのモデル地域として、本研究では三河湾を選定した。選定の理由は以下のとおりである。

- ・大都市に隣接する東京湾については、既に多くの流域圏再生に関する研究がなされている。
- ・三河湾流域圏は、都市とともになお農地や自然地を有しており、環境劣化を修復・再生し、持続可能な流域管理を行うために、自然共生型の再生技術も含めた多分野にわたる幅広い施策検討が対象になりうると考えたため。