

河川からの流出土砂量

土屋昭彦・星畑国松・本間勝一

建設省土木研究所河川研究室

Estimation of Sediment Discharge Through Rivers

By

Akihiko Tsuchiya, Kunimatsu Hoshihata and Katsuichi Homma

Public Works Research Institute, Ministry of Construction, Tokyo

Abstract

This paper describes the calculating method and the results of river sediment load for the river Joganji and the river Kurobe which flow into Toyama Bay.

As the main cause of coastal erosion in Toyama Bay is considered the recession of sediment runoff with the development in the works of river training and erosion control.

According to analysis of grain distribution along the coast, grains of coarse material are predominant, which are transported in rivers in the form of bed loads.

Bed loads which are carried through some river courses are calculated by the Sato-Kikkawa-Ashida formula.

The mean annual sediment discharge is calculated at 1,000,000 m³ for the river Kurobe and at about 20,000 m³ for the river Joganji.

目

1. まえがき	35
2. 流砂量の算定について	35
3. 流砂量公式の選定	36
4. 常願寺川における流出土砂量	36
4.1 流域の概要	36
4.2 計算資料	36
4.3 計算の方法	37

次

4.4 計算結果	38
5. 黒部川における流出土砂量	38
5.1 流域の概要	38
5.2 計算資料	39
5.3 計算の方法	39
5.4 計算結果	39
6. 結論と問題点	40

1. まえがき

富山湾海岸侵食の原因の一つとして、河川改修および砂防工事等の進展に伴う流入河川からの流出土砂量の減少が考えられている。

そこで本調査では、富山湾に流入する河川のうち、常願寺川、黒部川、庄川、小矢部川、神通川、早月川、片貝川、小川の8河川を調査対象河川として取り上げ、各河川からの流出土砂量を推定するものである。

本中間報告書では、これまで調査の進んでいる常願寺川、黒部川について調査方法およびその結果について述べる。

2. 流出土砂量の算定について

河川の流出土砂量を算定する方法として、1) 現地での実測資料から算定する方法、2) 計算により求める方法の二つが考えられる。

1)の実測資料としては、砂防ダムにおける堆砂量、河床変動量、高および低水時における流砂量の実測等がある。このうち、前2者の河床形状の変化から算定する方法が最も確実な方法と考えられるが、測定誤差および砂利採取量のはあく等の問題がある。

2)は現在いくつかある流砂量公式のいずれかを用いて計算する方法である。しかし、この場合に

は混合粒径の流砂量をどのように算定するか、また粒径の経年変化をどう計算に組み入れるか、あるいは河床の経年変化をどのように扱うかの問題がある。特に洪水時の流砂の中で大きな割合を占めるウォッシュロード (wash load)、河床砂より細かい粒子よりなる流砂、については、砂防ダムおよび上流崩壊地の調査を行なって推定する以外に方法がない。

流砂量を計算により求めようとする場合には以上のような問題が今後の課題として残されており、現在のところ計算結果をみて、これが、この河川の流砂量であるとは言いがたい状況である。計算結果と実績を比較し、実測資料を用いて公式を修正し計算値を実測値に近づけることがこの場合の解決法である。

以上が流砂量を算定する場合の方法と問題点である。

河川から海への流出土砂量は河口部の掃流力により定められ、本調査の目的も河口から海への流出土砂量を推定することにある。

しかし、河口部の土砂は上流より供給されるものであるから河口部での流出土砂量を推定するに当たり流砂量の縦断分布を調べておくことは大切なことである。

そのため調査の方法として、計算には前に述べたような問題はあっても、粒径および河床はそれほど変化しないものと仮定して、過去数年間の水文資料を用いて、まず計算により全川の流砂量の縦断分布を調べ、そのオーダーを押える。次に実測資料をもとにして流砂量公式の修正を行ない河口部から海への流出土砂量を算定することにした。

今回は常願寺川 (0.0~18.0km)、黒部川 (0.0~13.0km) について調査の終わっている流砂量の縦断分布調査の結果を報告する。

3. 流砂量公式の選定

流砂量計算を行なう場合、現在いくつかある流砂量公式のうちどの公式を用いるか、また、その公式中の係数をそのまま現地に適用することが可能であるかの二つが問題となる。

最初のどの式を用いるかの問題については、その河川の土砂輸送が浮遊形式が支配的か、あるいは掃流形式が支配的かにより判断できる。今回の調査河川についてこの問題を考えた場合、河床材

料の粒度特性から判断すると、特に浮遊砂が問題となるのは洪水時についてのみであり、平水時においてはすべての土砂が掃流形式にあり輸送されるものと考えられる。また、河床砂中においても浮遊砂への供給砂となるような粒径のものは少ない。ゆえに、洪水時の浮遊砂としてはウォッシュロード的なものが多いと考えられ、ウォッシュロードについては前に述べたようにその量と推定することは困難である。

そこで今回の計算では浮遊砂は考慮しないものとして掃流砂のみを対象として流砂量を算定することにする。

また、流砂量公式としては、現在まで比較的多くの実河川に適用されている(1)式に示したような掃流砂のみを扱った佐藤、吉川、芦田の公式を用い計算することにする。

$$q_B = \frac{\varphi \cdot F}{(\sigma/\rho - 1)g} \cdot U_*^3 \dots \dots (1)$$

ここに、 q_B : 単位時間、単位幅当たり掃流砂量、 σ, ρ : 粒子および水の密度、 g : 重力の加速度、 φ : マニングの粗度係数 n により定まる値、 $n \geq 0.025$ の場合には $\varphi = 0.623$ 、 $n \leq 0.025$ の場合には $\varphi = 0.623 (40n)^{-3.5}$ 、 F : τ_0/τ_c により定まる値、 U_* : 流れの摩擦速度。

次に流砂量公式の係数と現地への適応性の問題であるが、これについての検討は後ほど行なうこととして今回は公式の係数をそのまま用いて計算することにする。

4. 常願寺川の流出土砂量

4.1 流域の概要

常願寺川はその水源を北アルプスの立山連峰の浄土岳に発し、流路延長56km、流域面積368km² (内平地部17.8km²) のわが国屈指の荒廃河川である。

河床こう配は全川平均で1/66、山間溪流部で1/8~1/60、18kmより下流の扇状地においては1/110の急こう配の河川であり、流出土砂量も多く扇状地の末端付近では天井川を形成している。

4.2 計算資料

(1) 流量資料

流量資料としては河口より235kmの地点にある瓶岩自記量水標の流量を用いる。

期間は昭和37年~昭和41年の5年間のものを

使用し、このうち昭和39年～昭和41年の3年間については時刻水位旬表が整理されているので日流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ 以上のものについては時間ごとの流量を $H-Q$ 曲線を用いて計算し、洪水時の流量波形を考慮した。

(2) 河床材料資料

常願寺川においては昭和43年に河口より18.0kmまで1kmピッチで河床材料調査を実施した。その結果は図1のとおりであり、計算にはこの資料を用いた。

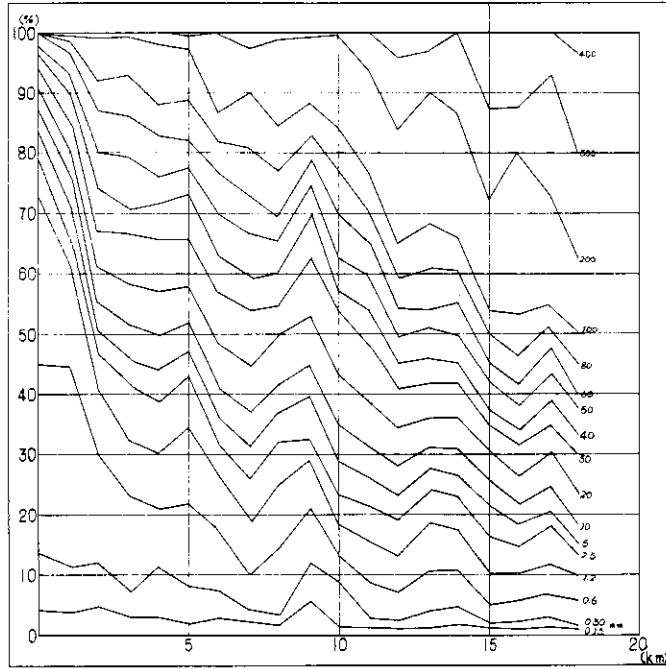


図1 常願寺川河床材料

4.3 計算の方法

(1) 流量の取り扱い方

(1)式の U_* と掃流力 τ_0 、水深 h 、エネルギーこう配 i の間には、 $\tau_0 = \rho U_*^2 = \rho g h i$ の関係がある。

また、鉛直方向の平均流速 U と U_* の比、 $U/U_* = \varphi_0$ とおき、 φ 、 F の値が一つの断面において変化しないと仮定し横断方向に積分すると(1)式は次

のようになる。

$$Q_B = \frac{\varphi \cdot F}{\varphi_0 (\sigma/\rho - 1)} \cdot Q \cdot i \quad (2)$$

ここに Q_B : 単位時間当たり流砂量、 Q : 流量、ゆえに、流砂量を計算するためには、(2)式よりエネルギーこう配、水深および流量を知る必要のある

表1 常願寺川流量分割表

年	範囲							
	0~15 m^3/s	15~35	35~65	65~150	150~300	300~800	1200~1700	
代表流量	10 m^3/s	25 m^3/s	50 m^3/s	100 m^3/s	200 m^3/s	600 m^3/s	1500 m^3/s	
S. 37	1,917.6	538.6	430.7	789.6	41.8			
38	2,400.0	1,260.3	402.6	316.8	69.6			
39	3,146.4	485.4	556.8	336.6	121.6	27.3	0.8	
40	1,996.8	1,261.9	810.9	364.8	298.5	26.9		
41	2,846.4	1,401.3	1,064.6	356.1	25.7	4.9		

単位は時間

ことがわかる。このうち流量は縦断方向に変化しないと考えると良いから、水深およびエネルギーこう配を各流量について求めておけば良いことになる。

実際の河川では高水から低水まで流量は広範囲にわたって変化し、その各流量について不等流計算を実施して水深、エネルギーこう配を求めるには大変な労力を必要とする。そこで、計算にあたっては流量のクラス分けを行ない代表流量を定めその代表流量について流砂量計算を行なう方法をとった。表1は瓶岩における流量をクラス分けして整理したものである。

(2) 河床材料の取り扱い方

流砂量計算を行なう場合、河床材料の粒度特性をどのように扱うかにより出てくる値も違ったものになる。粒径が大、小それほど変化のない河川では平均粒径を用いて流砂量計算を行なっても良いと考えられるが、常願寺川の場合には大きいものは300 mm以上、小さいものは0.15 mmとその差が大きいことから平均粒径で取扱うことは困難であると考えられる。

そこで河床材料の取り扱い方としては、粒度分布を考慮して粒径別に流砂量を計算することにした。

(3) 水理量の計算方法

常願寺川の河床縦断を图示すれば図2のとおりである。これによれば0.0~7.1 kmまでは約1/450のこう配でそれより上流は約1/75のこう配である。そこで0.0~7.1 kmまでは不等流計算により水面形の計算を行ない8.0~18.0 kmまでは等流計算により水面形を求め水深、エネルギーこう配を計算した。なお、下流端の出発水位は0.0 kmより海へ5 km離れた地点からの不等流計算により求めた。

4.4 計算結果

計算結果を图示すれば図3のとおりである。これによると河口から60 km付近までは年間約2万³m³の流砂量があり、上流部では約50万³m³となっており、その量は下流部の約25倍である。それではなぜこのよきな差が生じたのであろうか、この原因について考えてみる。(2)式においてφ・Fの値が上、下流でそれほど変わらないものとするとも流量一定の場合砂量はエネルギーこう配に比例することがわかる。前に述べたように常願寺川の河床こう配は下流部で約1/450、上流部で約1/75

となっている。今エネルギーこう配が河床こう配に等しいと考えると流砂量は河床こう配に比例することになる。すなわち、上、下流部での流砂量の差は河床こう配に基因していることがわかる。

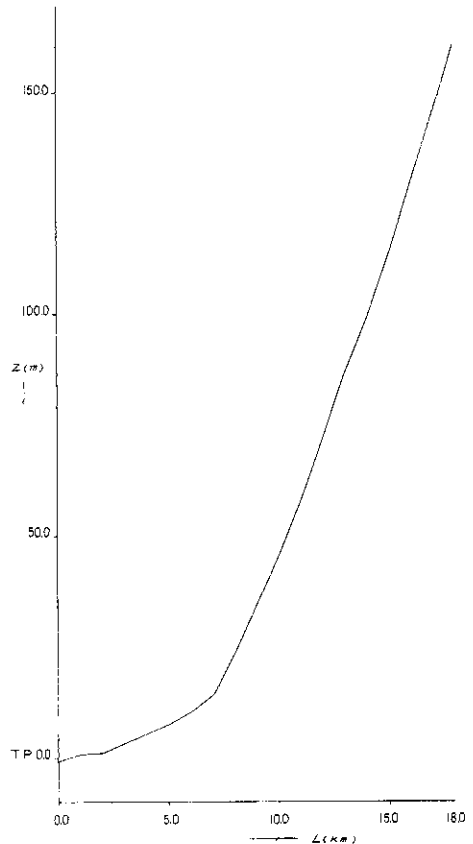


図2 常願寺川河床縦断図

常願寺川のように河口付近と上流部で流砂量に大きな差がある場合どの地点の流砂量をもって河川からの流出土砂量と考えるかは問題である。しかし、河床こう配および粒度分布とも6 km付近を境にして異なっておりそれが流砂量の差となって現われている。

そこで、常願寺川の場合の河川からの流出土砂量としては0.0~6.0 km間ぐらゐの流砂量の平均をもつて流出土砂量とする考え方が妥当と思われる。

ゆえに、常願寺川の流出土砂量は年間約2万³m³程度である。

5. 黒部川の流出土砂量

5.1 流域の概要

黒部川は北アルプスの鷲羽岳に源を発し、途中

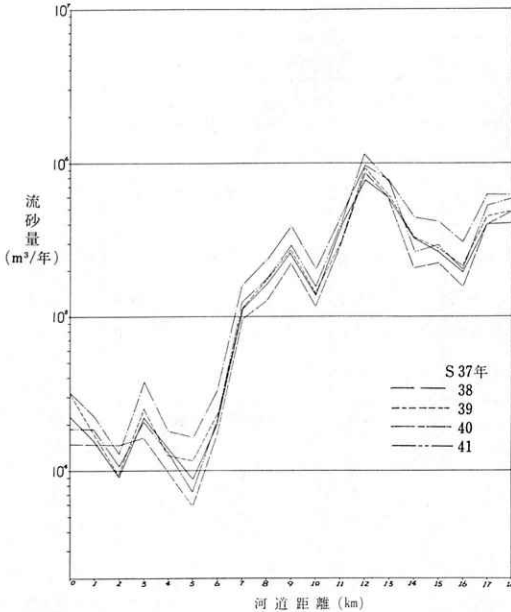


図3 常願寺川流砂量

に支川を合流し山間部を流れ愛本に至り、そこから黒部扇状地を流下して日本海に注ぐ流路延長85km、流域面積682km²の急流河川である。流域の岩質は花崗岩類が多くまた、急峻で寒冷多湿のため岩石の風化が激しく崩壊地も多数あり流出土砂量の多い河川である。上流には数多くの発電用ダムが建設されている。

5.2 計算資料

(1) 流量資料

黒部川における流量資料としては、河口より13kmの地点にある愛本における記録を用いる。期間は昭和35年～昭和41年までの7年間のものを用い、日流量200m³/s以上のものについては1時間ごとの流量を用いた。

(2) 河床材料資料

黒部川においても昭和43年0.0～13.0kmの間を1kmピッチで河床材料調査を行なった。計算にはこの資料を用いることにし、図4はその結果である。

5.3 計算方法

(1) 流量の取扱い方

黒部川においても常願寺川におけると同様、表2に示したように流量のクラス分けを行ない流砂量計算を行なうことにした。

(2) 河床材料の取り扱い方

河床材料についても常願寺川と同様、平均粒径扱いは困難と考えられるので、代表粒径を定め計算は粒径別に行なうことにした。

(3) 水理量の計算方法

黒部川の場合、河口から5.0kmまでは不等流計算で、またそれより上流13kmまでは等流計算により水面形を計算し、流砂量計算に必要な水理量を求めた。

図5は河床の縦断形状を示したものである。

5.4 計算結果

計算結果は図6に示した。黒部川の場合、流砂量は全川平均して2年間約100万m³であり、0.0と1.0kmで少なくなっている。黒部川の場合河床こう配は上、下流ともほとんど同じであるから、0.0と1.0kmでの流砂量の減少はこう配の減少によるものではなく、平水時の河口付近でのせき上げ背水の影響によるものである。

黒部川の流出土砂量は、こう配、粒径ともに全川のほとんど等しいことから、全川的な流砂量としてとらえた方が妥当と考えられるので年間約100万m³程度と判断される。

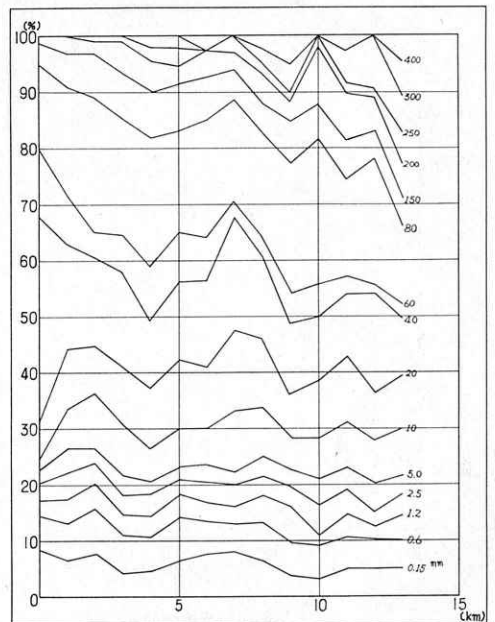


図4 黒部川河床材料

表2 黒部川流量分割表

範囲 代表流量 年	0~70 m ³ /s	70~150 m ³ /s	150~300 m ³ /s	300~800 m ³ /s	800~1200 m ³ /s	1200~1700 m ³ /s	1700~m ³ /s
	50 m ³ /s	100 m ³ /s	200 m ³ /s	600 m ³ /s	1,000 m ³ /s	1,500 m ³ /s	2,000 m ³ /s
S. 35	4,7 1 5.6	2,4 1 2.9	6 1 0.2	7 2.2	2.2		
36	3,8 8 0.3	2,6 3 2.2	1,2 1 8.4	2 7 8.7	2 4.2	5.8	4.3
37	4,8 7 6.7	2,3 0 6.8	6 4 5.6	7 3.9	6.9	2.8	
38	4,4 7 1.3	1,9 2 0.3	9 8 9.4	1 5 5.2	1 0.9		
39	4,6 4 0.2	2,2 6 7.3	6 8 1.2	4 4 3.7	1 6.4	4 1.7	0.8
40	4,0 4 9.8	2,0 4 4.1	1,3 2 4.0	2 7 8.8	3 6.4	9.3	1.0
41	4,4 2 0.6	2,7 9 6.8	1,5 2 6.2	8 5.4	8.6		

単位は時間

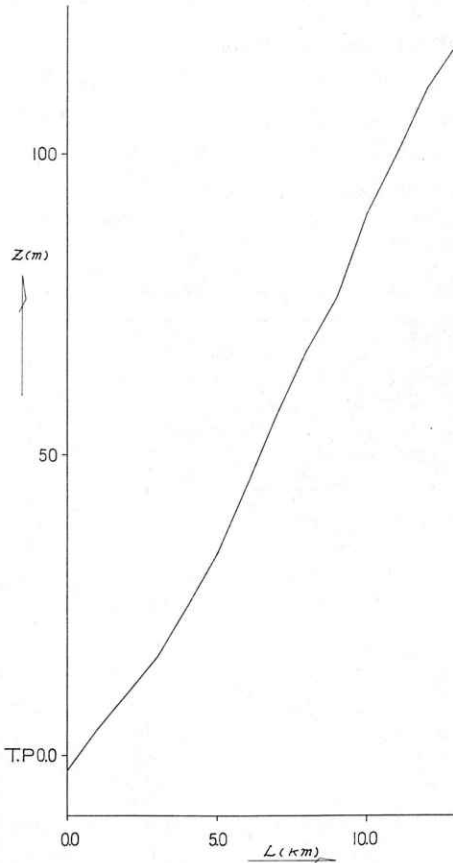


図5 黒部川河床縦断面図

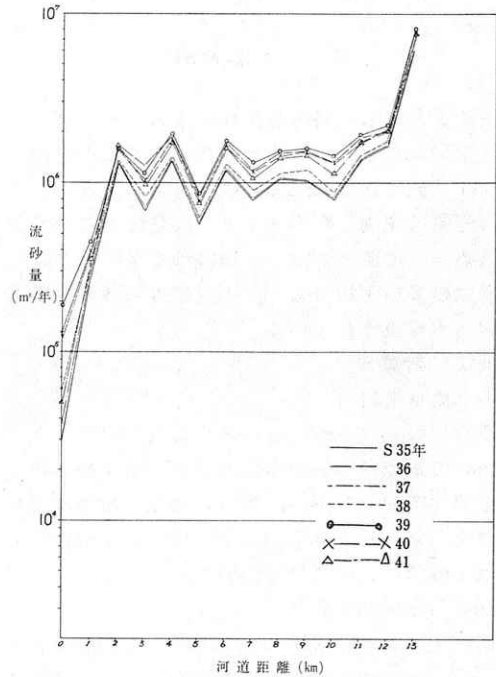


図6 黒部川流砂量

6. 結論と問題点

以上常願寺川および黒部川について佐藤, 吉川, 芦田の公式を用い流砂量計算を行ない河川からの流出土砂量の推定を行なってきた. その結果常願寺川については年間約2万m³の流出土砂があり,

黒部川においてはその量は年間約100万 m^3 であることがわかった。しかし、これらの値は流砂量公式をそのまま用い計算した値であるので、今後実測資料をもとにして公式を修正することにより若干変わることとも考えられる。

次に調査を通じて明らかになった問題点について述べる。図7は常願寺川6.0 km地点における河床砂の粒度分布と流量別の流砂の粒度分布を示したものである。図中の河床砂と流砂の粒度分布を比較すれば明らかなように、小流量の場合河床砂の約50%以上のものは流砂の中に含まれていないことがわかる。また、流量が大きい場合でも河床砂の全部が流砂中に含まれていないことがわかる。このように、小さな粒子が大きな粒子によりしゃへいされているような小流量の場合の流砂量をどのように取り扱うかが今後の大きな問題である。

図8は黒部川における小流量と大流量の場合の流砂量の縦断分布を示したものである。小流量の場合には河口付近の流砂量は上流部に比べ常に少

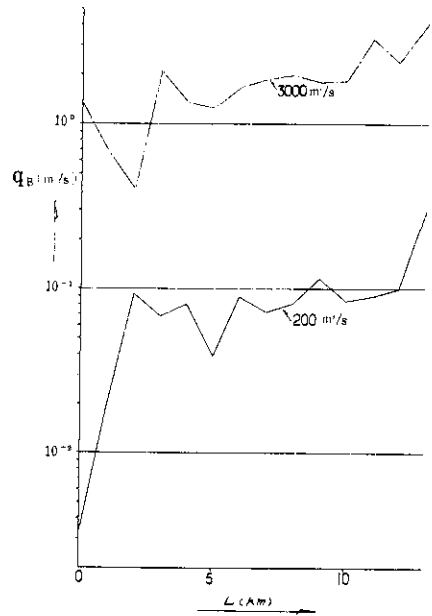


図8 黒部川における小流量と大流量の場合の流砂量の縦断分布

