

河床変動と集水区域内の荒廃地状況との関係

三 輪 潔*

1. ま え が き

一般に河床変動は、河川流量ならびに流下土砂量に変化がないかぎり生じ得ない。したがって、河川流量が調整され、かつ河相に相応した流下土砂が供給されるならば、河床変動は生じないこととなる。流下土砂の供給源は集水区域内にあり、しかも、特に荒廃地の状況に左右される点が多い。そこで集水区域内の荒廃地の面積、斜面勾配、標高などをパラメーターとして、河床変動との相関性を検討し、河床変動機構の一端を明らかにしようとするものである。

まず、集水区域内に多くの荒廃地を有する北陸地方の河川を対象として、5万分の1の地図からスケールアップにより、荒廃地の状況を調べた。一方、筆者は先に、河床変動は、河床付近の流速に比例するとの考えに基づき、北陸地方の主要7河川を対象として、過去10数年間にわたる延べ100余回の河川横断測量ならびに毎日行なう定時観測の河川流量などの諸資料から、各測量時点間の河床変動量を求め、この値を当該時点間における日最大流量に対して比例配分し、日々の最大流量に対応する平均河床変化高(Δh)を求めた。なお、ここでいう日々の最大流量は、洪水時のピーク流量に相当するものであり、ハイドログラフの代表値としての意義をもつ。したがって、平均河床変化高は一出水期間中の河床変動量

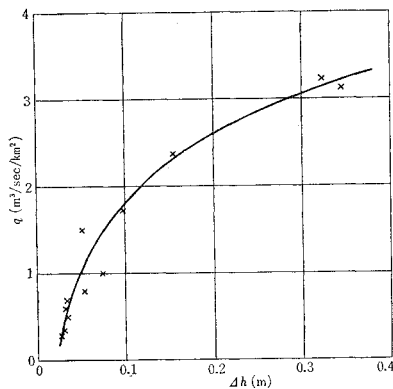
を示すこととなる。また、河床変動量を日最大流量に比例配分する場合、河床変動の起きる限界の河川流量を把握しなければならない。これは各観測結果を比較検討するとき、河床変動のほとんど生じない期間があり、この間における最大流量が限界流量といえる。このようにして見出した限界流量は一般に比流量で $0.2\sim 0.3\text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ の範囲にある。

以上から、今回は平均河床変化高を用いて河床変動量を表わすこととし、以下、本文で対象としている北陸地方の地形、地質の概要を述べ、平均河床変化高と荒廃地状況との相関性を検討することとした。

2. 北陸地方の地形、地質の概要

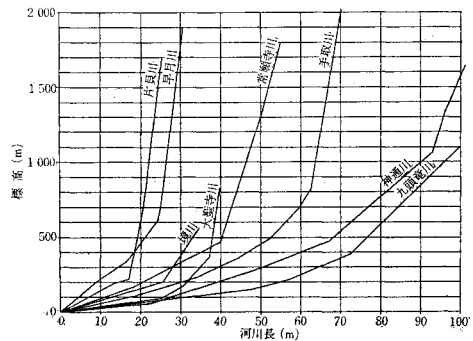
日本の屋根といわれる本州中部に位置する北陸地方は、標高3000m前後の峰頭が軒をつらね、北アルプスを形成している。これらの高峰を水源地とする各河川は日本海へほぼ直角に流入しており、しかも、北アルプスの山々が日本海にせまっているため、河川勾配は非常に急で、河川全体があたかも滝のごとき感がある。代表的河川を二、三例にとってみれば、穂高岳、乗鞍岳など3000m級を水源地とする神通川を始めとして、鹿島槍ヶ岳・白馬岳(2900m)の黒部川、剣岳(3000m)の早月川、立山・薬師岳(3000m)の常願寺川などがあげられる。このようにして、標高3000m級の高峰が軒をならべているなかで、特に槍ヶ岳と穂高岳の間、ならびに立山と剣岳の間が最も高山性の地形を表わしている。このよう

図-1 $q-\Delta h$ 関係図



* 正会員 北陸電力(株)西勝原第三発電所建設所土木課

図-2 北陸地方主要河川縦断面図



な急峻な地形を背景とした北陸地方は、当然山地の占める面積が大きく、富山県の場合を例にとってみれば、県総面積4 252.7 km² に対して、森林面積が66%を占め、そのうち4.4%が崩壊地、はげ山、地すべり地帯などとなっており、しかも山地の約1/3は土砂流出、崩壊などの防備が必要といわれている。このように、地形的には全般に荒れはてた急峻な姿を示しているのが、北陸地方の特徴といえる。

北陸地方の地質については、近年詳細な調査が行なわれるようになり、現在、相当明らかとなってきた。北陸地方の3県下に断片的に、しかもかなり広い範囲にわたりユラ系岩石である手取層群が存在し、飛騨山脈では被覆の状態で礫岩が存在しており、その大部分は陸上の過去の沖積層である。なかでも、その大きな塊は、九頭竜川、手取川、常願寺川などの各上流、ならびに神通川中流に散在している。一方、裏日本一帯に分布する緑色凝灰岩の一部である新第三系は北陸地方も例外ではなく、上部が碎屑岩類で、下部は火山岩、火山碎屑岩類を主体として広く分布している。また、飛騨コンプレックスと呼ばれる花崗岩に類する地帯が、神通川、黒部川ならびに、手取川上流にかなり広く分布しており、それをユラ系の手取層群が下整合に被っている。そのほか、神通川を始めとする北陸の各所に片麻岩が露出している。

北陸地方を対象として荒廃性の山地と地質との関係を述べるならば、片麻岩を主体とし、結晶片岩、石灰岩より成る飛騨変成岩類、新期花崗岩、礫岩、砂岩、頁岩類から成る手取層群などが、最も荒廃しやすい岩質といえる。なかでも、新期花崗岩は、その分布する所に必ず荒廃地ありといっても過言ではなく、荒廃地の面積全体からみても、最も広い分布割合を占めている。

3. 河床変動量と集水区域内の荒廃地状況との関係

ここでは、河床変動量が集水区域内の状況によって変化するものとすれば、土砂生産源である集水区域内の荒廃地と河床変動との間に、相関性が認められなければならないとの前提にたち、両者の関係を究明することとした。

(1) 荒廃地状況

ここでいう荒廃地とは、国土地理院発行の地図に図示されている雨裂、崩土、流土などを指し、荒廃地の状況を把握するために、その面積、斜面勾配、標高等を地図を利用して求めることとした。

まず、荒廃地の面積は図面からスケールアップして求めた。つぎに斜面勾配は荒廃地の平面長と上下端部の標高差を用いて $\tan \theta$ によってあらわした。また荒廃地の標高は、上下端部の標高の平均値を用いることとした。一方、荒廃地面積の集約に当って集水区域内に占める割合を示す意味から、集水面積との比率を求め、斜面勾配ならびに標高とともに、水系別に集約した。

(2) 荒廃地面積と平均河床変化高との関係

ここでは、平均河床変化高が集水区域内に占める荒廃地面積の多少によって、どのように変化するかを究明することを目的とした。両者の関係を調べるにあたり、その相関性を検討する考えで、相関係数簡便計算法により相関係数を算出した。

$$r = \frac{N \sum_{i=1}^m v_i V_i - \sum_{j=1}^n u_i f_i \sum_{j=1}^n v_j f_j}{\sqrt{N \sum_{i=1}^m u_i^2 f_i - (\sum_{i=1}^m u_i f_i)^2} \sqrt{N \sum_{j=1}^n v_j^2 f_j - (\sum_{j=1}^n v_j f_j)^2}}$$

ここに

$$r = \text{相関係数}, N = \text{資料数}, V_i = \sum_{j=1}^n v_j f_j$$

計算結果に基づき、両者の相関性を検討すれば、つぎのとおりである。

比流量 $q=0.5(\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2)$ における平均河床変化高

表一 各河川の集水区域内の荒廃地状況

名称	箇所数	荒廃地面積		斜面勾配 I_s	標高 h_e (m)	$RA/CA \times 100 \times h_e$
		RA(m ²)	$RA/CA \times 100$			
片貝川		1 552 640				
雨裂	36	743 440		0.785	1 655	
崩土	3	94 500		0.958	1 750	
流土	14	714 700		1.005	1 830	
平均			0.938	0.854	1 745	1 637
境川		74 000				
雨裂	4	74 000		0.736	1 105	
平均			0.130	0.736	1 105	144
早月川		321 140				
雨裂	22	35 400		0.758	2 070	
崩土	2	113 950		0.833	1 020	
流土	32	171 790		0.868	905	
平均			0.228	0.824	1 334	304
手取川		1 593 500				
雨裂	39	1 300 050		0.867	1 540	
流土	21	293 450		0.763	1 775	
平均			0.197	0.830	1 586	312
上市川		91 600				
雨裂	11	91 600		0.730	695	
平均			0.086	0.730	695	60
神通川		4 063 800				
雨裂	103	2 162 500		0.734	1 550	
崩土	8	488 800		0.700	1 880	
流土	36	1 412 500		0.718	2 180	
平均			0.120	0.726	1 800	216

注：ここに、RA；集水区域内の荒廃地面積、CA；流域面積

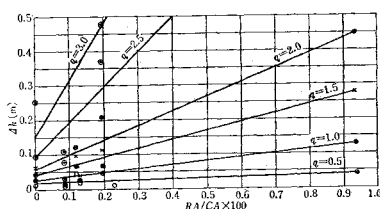
表-2 各河川の平均河床変化高と集水区域内の荒廃地状との関係

河川名	各比流量における平均河床変化高 (m)						RA CA × 100	斜面勾配 I _s	標高 h _e (m)	RA CA × 100 × h _e
	q=0.5	q=1.0	q=1.5	q=2.0	q=2.5	q=3.0				
片貝川	0.037	0.128	0.275	0.450	—	—	0.938	0.854	1745	1637
早月川	0.010	0.013	—	—	—	—	0.228	0.824	1335	304
手取川	0.048	0.070	0.144	0.207	0.370	0.480	0.197	0.830	1585	312
境川	0.020	0.027	0.040	—	—	—	0.130	0.736	1105	144
神通川	0.044	0.070	0.096	0.112	—	—	0.120	0.726	1800	216
上市川	0.008	0.011	0.016	0.032	0.078	0.111	0.086	0.730	695	60
大聖寺川	0.012	0.027	0.042	0.058	0.095	0.254	0	—	—	—

注：ここに、q；比流量，RA；集水区域内の荒廃地面積，CA；流域面積

(Δh) と集水面積に対する荒廃地面積との比を百分率で表わした値 (RA/CA) との相関係数 r=0.33 で、

図-3 集水区域内の荒廃地面積と平均河床変化高との関係



ほとんど無相関に近い値である。

q=1.0 における Δh と RA/CA との相関係数 r=0.85 となり、かなり積極的な相関性が認められる。

q=1.5 における Δh と RA/CA との相関係数 r=0.95 となり、積極的な相関関係がある。

q=2.0 における Δh と RA/CA との相関係数 r=0.94 となり、積極的な相関関係がある。

q=2.5 における Δh と RA/CA との相関係数 r=0.97 となり、完全相関に近い値となる。

q=3.0 における Δh と RA/CA との相関係数 r=0.99 となり、ほとんど完全相関となる。

以上の関係から明らかなことは、河川流量が比流量で 1.0 未満のときは、河床変動が荒廃地面積の多少によって、ほとんど影響されることがないことを示しており、このことは降雨量の少ないときには土砂生産があまり進行しないことと、河川流量の少ないときの掃流力が僅少で、しかも掃流力自体にある限度があり、元来流砂現象がはなはだしくないことなどによるものと考えられる。つぎに、q=1.0 以上のときは、相関係数が 0.9 以上の完全相関に近い、非常に積極的な関係のあることを示している。このことは集水区域内に荒廃地を有する河川で、しかも河川流量の大なるときの河床変動は、荒廃地面積との関係を考慮した究明を行わなければならないことを意味するものであり、単に河床構成砂礫のみを対象としていては、河床変動を論じ得ないことを明示している。

(3) 荒廃地斜面勾配と平均河床変化高との関係

ここでは、平均河床変化高が集水区域内に占める荒廃地の斜面勾配の急緩によってどのように変化するかを究明することを目的とした。(2)項と同様に相関係数を求め

ればつぎのとおりである。

q=0.5 における Δh と荒廃地の斜面勾配 (I_s) との相関係数 r=0.31 となり、ほとんど無相関に近い値である。

q=1.0 における Δh と I_s との相関係数 r=0.50 となり、ほとんど相関性が認められない。

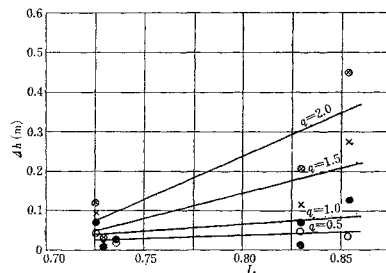
q=1.5 における Δh と I_s との相関係数 r=0.83 となり、かなり積極的な相関性が認められる。

q=2.0 における Δh と I_s との相関係数 r=0.87 となり、積極的な相関性が認められる。

q=2.5 および 3.0 については資料不足のため不明である。

以上より、全般的な傾向としては (2)項の場合とほぼ同様、比流量の増加にともなって平均河床変化高との間に相関性を認めることができるが、(2)項ほど積極的な相関性を認めることができない。一方、荒廃地の斜面勾配はいずれの水系においても大差なく、急峻な山地を集水区域内にもつことの多いわが国の河川においては 0.7 ~ 0.9 程度の斜面勾配を示すものと思われる。このことは荒廃しやすい地質構造自体に、自然勾配としてこの程度の勾配を示す元来の性状があるものと考えられ、したがって、荒廃地の斜面勾配と平均河床変化高との間に積極的な相関性が認められない理由の一つと考える。

図-4 集水区域内の荒廃地斜面勾配と平均河床変化高との関係



(4) 荒廃地の標高と平均河床変化高との関係

ここでは、平均河床変化高が集水区域内の荒廃地の標高の高低によって、どのように変化するかを究明することを目的とした。(2)項の場合と同様にして、相関係数を求めればつぎのとおりである。

q=0.5 における Δh と荒廃地の標高 (h_e) との相関係数 r=0.86 となり、かなり積極的な相関性が認められる。

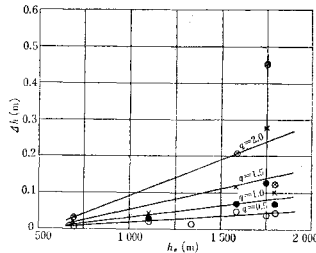
$q=1.0$ における Δh と h_e との相関係数 $r=0.80$ となり、相関性が認められる。

$q=1.5$ における Δh と h_e との相関係数 $r=0.75$ となり、相関性が認められる。

$q=2.0$ における Δh と h_e との相関係数 $r=0.66$ となり、多少の相関性が認められる。

以上より、比流量の値が大きくなるにしたがって、相関性が大となる(2),(3)の場合とは異なり、比流量が小さいときに最も強く相関性が現われている。このことは、標高が高くなるにしたがって風

図-5 集水区域内の荒廃地標高と平均河床変化高との関係



化作用ははげしく、また、それだけ荒廃地が高所にあるか、低所にあるかによって土砂生産量が異なるものであり、その影響の現われ方が比流量の小さいときに大きいことを意味する。すなわち、比流量の小さいときの平均河床変化高に対しては、標高の高低が重要な要素となっている。一方、土砂生産の過程において、すでに多量の細粒化された土砂が生産されており、土砂生産量の多いことはとりもなおさず、細粒化された土砂の生産量につながり、比流量の少ないときでも掃流されやすい材料を多く含んだ河床を構成していることとなる。このこともこのような相関性の現われた一因と考える。

(5) 荒廃地の面積と標高の積と平均河床変化高との関係

前記の各項における相関性の検討結果から、荒廃地の面積と標高がそれぞれ河床変動と積極的な相関性をもっていることが明らかとなった。なかでも、荒廃地の標高が河川流量の少ないときの河床変動に対して、比較的重要な要素となっていることを考え、荒廃地の面積と標高の積と平均河床変化高との相関性を検討することとした。(2)項と同様にして、相関係数を求めればつぎのとおりである。

$q=0.5$ における平均河床変化高 (Δh) と荒廃地の面積と標高の積 $\{(RA/CA \times 100) \times h_e = A\}$ との相関係数 $r=0.28$ となり、無相関である。

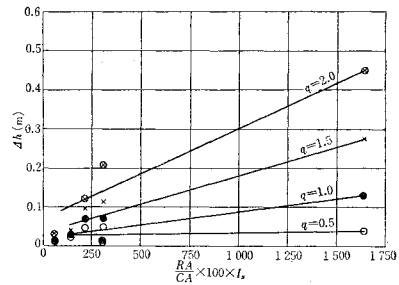
$q=1.0$ における Δh と A の相関係数 $r=0.85$ となり、積極的な相関性が認められる。

$q=1.5$ における Δh と A の相関係数 $r=0.97$ となり、完全相関に近い。

$q=2.0$ における Δh と A の相関係数 $r=0.95$ となり、完全相関に近い。

$q=2.5$ および 3.0 については資料不足のため、不明

図-6 荒廃地の面積率と標高の積と平均河床変化高との関係



である。

本項での検討結果から、単相関において示された荒廃地標高と河床変動との相関性は、荒廃地面積と河床変動との相関性にくらべ、影響力が小さいものと推定される。すなわち、荒廃地が標高の高低、いずれの箇所にあっても河川流量が比流量で1.0未満のときの降雨による風化作用には大差なく、したがって、土砂生産量にあまり大きな変化を与えるものではないといえる。

4. 結 語

以上で、河床変動と集水区域内の荒廃地の面積、斜面勾配ならびに標高などの相関性について種々検討を行った。その結果、比流量で1.0未満の河川流量における河床変動は、集水区域内の荒廃地状況に関係なく生ずるが、比流量で1.0以上になると荒廃地の面積が、河床変動を左右する最も大きな要素となっていることが明らかとなった。このことから、流砂が集水区域内の荒廃地状況に大きく左右される現状をあわせ考えるとき、先に筆者が提案した河床変動を基とする河川流砂量の算定方式に、妥当性を認めることができる。一方、集水区域内に荒廃地を有する河川の河床変動は、単に河床構成材料のみを対象とせず、集水区域をも含めた河川全体の現況を十分把握検討した上で、総合的に論じられなければならないものとする。

参 考 文 献

- 1) 植山次郎：日本地方地質誌，中部地方
- 2) 中部日本鉱業研究所：富山県地質図説明書
- 3) 科学技術庁資源局：石狩川河道変遷調査，昭和36年11月1日，第36号
- 4) 科学技術庁資源局：河川の変遷に関する調査資料および研究論文，昭和32年3月31日，第8号
- 5) 建設省淀川工事事務所：河床変動に関する研究，第18回建設省技術研究会発表，昭和39年11月
- 6) 吉川秀夫：河床変動論，土木学会水工学シリーズ64-03，1964年7月
- 7) 田中・石外：貯水池の堆砂量と集水区域の地形および地質との関係について，土木学会誌，第36巻，第4号，昭和26年4月
- 8) 三輪 潔：河川流砂量算定についての一提案，土木学会誌，1965年5月 (1968. 8. 21・受付)