

II - 52

河道網モデルを用いた年平均ダム堆砂量の推定

北海道大学工学部 ○学 生 員 萩野涼子  
 北海道大学大学院 学 生 員 堀江克也  
 佐藤工業株式会社 正 会 員 山本 徹  
 北海道大学大学院 フェロー会員 黒木幹男  
 北海道大学大学院 フェロー会員 板倉忠興

1. はじめに

流域の土砂生産量を的確に推定することは河川にとってはもちろんのこと、ダム、砂防、海岸など水と土砂に関わる多くの問題にとって重要な意義を持つにも関わらず、今日なお困難な問題であり十分解明されているとは言い難い。著者らは安定河道理論<sup>1)</sup>から導かれた河道網モデルを構築し<sup>2)</sup>、流量、流砂量の縦断分布を求め、地質別の流砂分布で検証を行いモデルの妥当性を確認している。この河道網モデルから導かれた流砂量の概念を拡張し、年当たりの支配流量の継続時間を導入すれば、流域の年生産土砂量または年堆砂量をもとめることができる。本研究では河道網モデルから得られた流砂量の結果を踏まえて、新たに年平均ダム堆砂量の推定方法の検討を行う。

2. 解析の手順

以下に解析の手順を述べる。

- 1) 年最大流入量と貯水池堆砂量資料の存在するダム流域を対象に河道網モデルを適用することによりダム地点の流砂量が具体量として得られる。また、流砂量と年平均堆砂量資料から支配流量のみかけの継続時間を求める。
- 2) ダム流域を対象にティーセン法により流域の降雨量を求める。対象とするダム流域の降雨量に対してのみかけの継続時間の関係が求められる。
- 3) 1)2)を北海道内の9つのダム流域を対象に地質時代区分別に降雨量に対応する継続時間をプロットしてその関係を調べる。

ここでは、金山、芦別、豊平峡、奥新冠、富村、春別、桂沢、漁川、定山溪ダム流域に適用する。そのうち定山溪ダム流域への適用を次に例示する。

3. 河道網モデルの適用例（定山溪ダム流域）

3-1. 見かけの継続時間Tの算出

定山溪ダム流域に河道網モデルを適用する。外部リンク流入流量、つまり、外部リンクにおける流量 $[Q_u]_1$ を全流域で一定とすると、流域の流量と流砂量は $[Q_u]_1$ のパラメーターで以下のように表現できる。

$$D_{am} Q = 85.41 [Q_u]_1 \quad (1)$$

$$D_{am} Q_B = 0.046 [Q_u]_1 \quad (2)$$

Estimation of sediment yields by Network Model

by Ryoko HAGINO, Katuya HORIE, Toru YAMAMOTO, Mikio KUROKI, Tadaaki ITAKURA

ダム地点の流量  $Q_{Dam}$  に年最大流量を導入し、1990年から1994年までは、図-1に示すように  $77\text{m}^3/\text{sec}$  であるので、式(1)より  $[Q_u]_1=0.90(\text{m}^3/\text{sec})$  である。得られた  $[Q_u]_1$  を式(2)に代入すると、ダムサイトでの流砂量  $Q_{Dam}$  は  $0.041\text{m}^3/\text{sec}$  となる。河道網モデルで求められるのはここまでであるが、支配流量下の流砂量の概念を拡張すると、任意の地点の年通過土砂量が求まる。ダムではこの大部分が堆砂すると考えられるので、これを年堆砂量と考える。次式のように、支配流量の見かけの継続時間  $T$  を定義する。

$$V_Y = T \times Q_B \tag{3}$$

ただし、 $V_Y$  : 年堆砂量( $\text{m}^3/\text{year}$ )、 $T$  : 支配流量の年あたりの見かけの継続時間( $\text{sec}/\text{year}$ )、 $Q_B$  : 流砂量( $\text{m}^3/\text{sec}$ )

定山溪ダムの平均年堆砂量は図-1に示すように、1990年から1996年までで  $10200\text{m}^3/\text{year}$  であるから、式(3)より  $T=2.82$  となる。

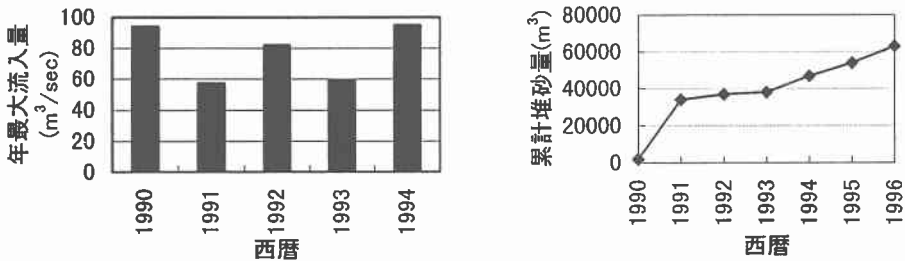


図-1 定山溪ダム流域における年最大流入量と累計堆砂量

### 3-2. テーセン法による降雨量の計算

定山溪ダム流域における降雨量を定めるにあたり、より正確を期して現在広く用いられているテーセン法を用いた。図-2のように、ダム流域内外の観測所を直線で結び三角網を作る。各三角形の垂直二等分線を引き多角形を描くと、それぞれの多角形に必ず一つの観測所が入る。各観測所の観測値は、それぞれを囲む多角形が示す範囲の地域に適用されると考える。よって、ダム流域全体の降雨量を求めるには、ダム流域全体の面積中、各観測値が適用される範囲の面積割合を配分することになる。この時、次式が成り立つ。

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A} \tag{4}$$

ここに、 $\bar{R}$  : ダム流域全体の降雨量  
 $A$  : ダム流域全体の面積  
 $A_1 A_2 \dots A_n$  : 観測値の適用範囲の面積  
 $R_1 R_2 \dots R_n$  : 観測値

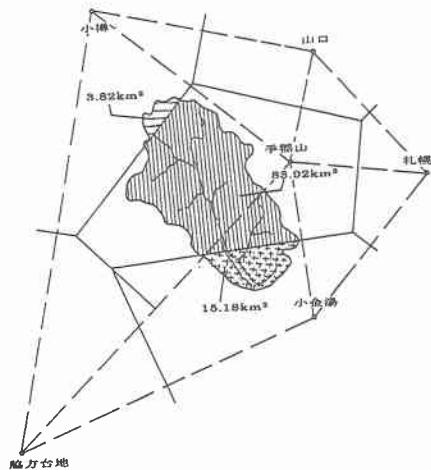


図-2 定山溪ダム流域のテーセン分割

図-2より、定山溪ダム流域周辺には、小金湯、手稲山、小樽の3つの観測所がある。表-1に、各観測所

の観測値が適用される範囲の面積とダム流域全体の面積、1986年から1996年までの平均日最大降雨量と平均月最大降雨量を示した。これらの値と式(4)より、ダム流域全体の平均日最大降雨量と平均月最大降雨量が求まる。

表-1 定山溪ダム流域のテーゼン法による降雨量

	面積(km <sup>2</sup> )	平均日最大降雨量	平均月最大降雨量
小金湯	15	81.8	211
手稲山	85	58.9	195
小樽	4	58.4	213
ダム流域全体	104	62.3	198

#### 4. 他のダム流域への適用

以上のような方法で、他の8つのダム流域で解析を行なったところ、表-2、表-3のような結果が得られた。

表-2 各ダム流域の流量、堆砂量（カッコ内は調査期間）

	流域面積 (km <sup>2</sup> )	平均年最大流入量 (m <sup>3</sup> /sec)	外部リンク流入 流量 [Q <sub>u</sub> ] <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /sec)	ダムでの流砂量 Q <sub>B</sub> (m <sup>3</sup> /sec)	平均年堆砂量 V <sub>Y</sub> (m <sup>3</sup> /year)
金山	470	152(1968~1994)	0.14	3.53×10 <sup>-2</sup>	10700(1981~1996)
芦別	126	82(1961~1994)	0.48	4.24×10 <sup>-2</sup>	20900(1967~1996)
豊平峡	134	197(1973~1994)	0.84	10.50×10 <sup>-2</sup>	23300(1982~1996)
奥新冠	53	97(1962~1994)	1.16	13.12×10 <sup>-2</sup>	37500(1976~1996)
富村	165	137(1978~1994)	0.54	7.88×10 <sup>-2</sup>	36900(1982~1996)
春別	129	201(1962~1994)	0.78	9.22×10 <sup>-2</sup>	12100(1982~1996)
桂沢	151	130(1964~1994)	0.52	7.60×10 <sup>-2</sup>	79600(1980~1996)
漁川	113	139(1981~1994)	1.11	5.11×10 <sup>-2</sup>	20300(1990~1996)
定山溪	104	77(1990~1994)	0.91	4.18×10 <sup>-2</sup>	10200(1990~1996)

表-3 支配流量の継続時間および雨量、地質資料（資料の調査期間は1986年~1996年）

	継続時間 T (日)	平均年降雨量 (mm) A	平均月最大降 雨量 (mm) B	平均日最大降 雨量 (mm) C	雨量継続時間 (日) B/C	地質時代区分
金山	3.52	180	198	67.4	2.94	第三紀前
芦別	5.70	508	198	59.3	3.34	第四紀
豊平峡	2.57	1280	221	84.1	2.63	第四紀
奥新冠	0.33	629	278	78.6	3.54	第三紀前
富村	5.45	664	221	62.0	3.57	第三紀前
春別	1.51	1096	240	97.3	2.47	第三紀前
桂沢	12.12	562	178	56.8	3.13	第四紀
漁川	5.37	1056	285	112.8	2.53	第四紀
定山溪	2.82	568	198	62.3	3.18	第四紀

## 5. 見かけの継続時間 T と降雨量の関係

流砂量から年堆砂量を推定するには、見かけの継続時間 T を確定する必要がある。(4)の結果から、見かけの継続時間 T と支配流量の要因である降雨量との関係を検討する。図-3 から図-6 は、それぞれ各ダム流域における継続時間 T と、雨量継続時間、平均日最大降雨量、平均月最大降雨量、平均年合計降雨量、との関係のグラフである。この時、地質時代区分に着目し、継続時間 T を軟らかいイメージの第四紀と硬いイメージのそれ以前の時代に分け求める事とする。図の×印が第四紀、●印が第三紀以前の時代の地質が多いダム流域であり、実線と破線でそれぞれの数値の近似直線を示してある。これらのグラフを比較すると、点のばらつきが少なく近似直線が継続時間 T を確定する上で有効だと考えられるのは図-3 である。

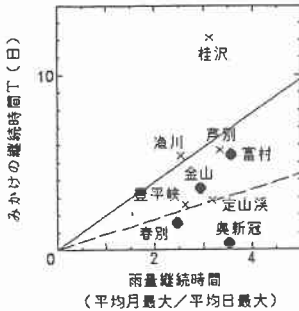


図-3 継続時間 T と雨量継続時間の関係

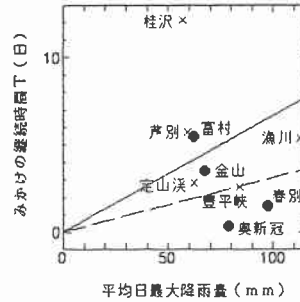


図-4 継続時間 T と平均日最大降雨量の関係

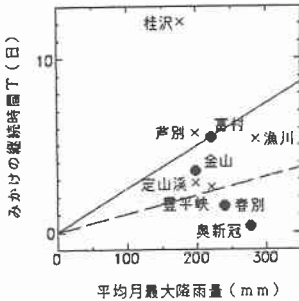


図-5 継続時間 T と平均月最大降雨量の関係

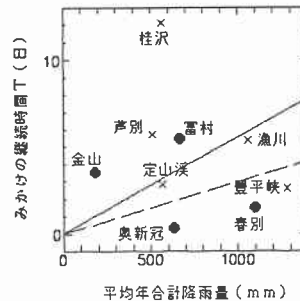


図-6 継続時間 T と平均年合計降雨量の関係  
(×、実線：第四紀 ●、破線：第三紀以前)

## 6. おわりに

北海道内の 9 つのダム流域において、河道網モデルの適用により得た流砂量と平均年堆砂量資料から、各流域の支配流量の見かけの継続時間 T を求めた。また、ティーセン法により各流域の降雨量を求め、地質時代区分が第四紀のものと第三紀以前のものとで分類を行った後、継続時間 T との関係を検討した。その結果、雨量継続時間との関係を用いるのが、継続時間 T を推定する上で有効であると判断できる。

## 参考文献

- 1) 黒木幹男、板倉忠興：安定河道縦断形状に関する研究、水工学論文集、第 39 巻、1996。
- 2) 山本徹、黒木幹男、板倉忠興：流出特性分布を考慮した河道網理論とその適用、北海道支部論文報告集、第 54 号(B)、1998