

道内ダムの堆砂実績による流域生産土砂量算定式の提案

A Method for Evaluation of Sediment in River Basin by Dam Deposit data in Hokkaido

森田康志* 竹本成行**

河川流域の生産土砂量に関係する大きな因子として、地質と地形を考えた。地質は特性に応じて6区分し、地形は傾斜が3°以上の区域を生産土砂域として、ダムの堆砂量データとダム流域内生産土砂域の地質区分面積より、地質区分面積をパラメーターとする生産土砂量算定式を求めた。この式を用いて、道内14水系(1級河川13水系と増幌川)における生産土砂量を計算した。

《生産土砂量算定式; ダム堆砂量; 地質》

まえがき

河川流域において、土砂は上流山地部で生産され、河道内を流送されて河口にいたり海にでる。この過程において何度も流水による運搬・堆積が繰返され、ふるい分けられ、また粒径と掃流力との関係から移動形態が異なるなど、土砂の動きは非常に複雑である。

このような土砂の動きは、流域全体の土砂収支としてとらえる場合、特に流域上流山地部の生産土砂域からどれだけの生産土砂量があるのかという境界条件がわからない場合が多い。また、生産土砂量の大きさは、その河川の河相に対して大きな影響力を持つと考えられるから、生産土砂量が各流域ごとに推定できれば、河相の把

握に非常に有意義である。

本研究は、このような観点から、流域の山地部生産土砂域からの生産土砂量の推定を、道内ダムの堆砂実績をもとに行うものである。生産土砂は平地部あるいは河道内溪岸からもあると思われるが、本研究では除外している。また、ここで考えている生産土砂とは、生産土砂域で生産され、流水その他の外力で河道内に持ち込まれてくる土砂のことであり、風化作用を受けてもその場に残存しているような土砂は考えていない。

1. 研究概要

本報文は、道内の36ダムの堆砂量資料を集計・整理

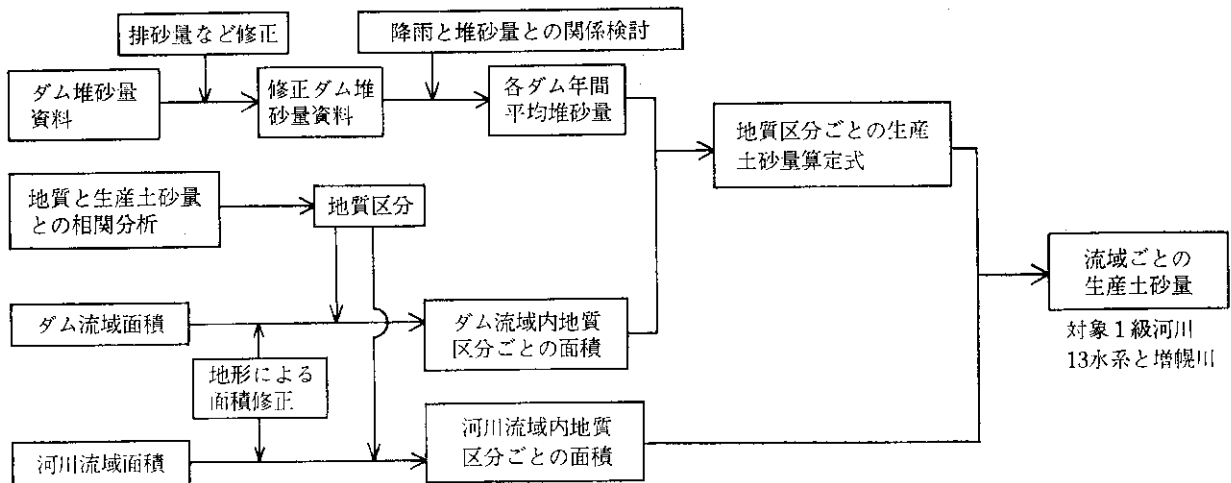


図-1 調査・解析の全体フロー

*前河川研究室主任研究員 現石狩川開発建設部札幌河川事務所第1工務課環境整備係長 **前河川研究室副室長 現企画課長補佐

し、このダム堆砂量データをもとに各地質区分(後述)ごとの生産土砂量算定式を求めたものである。さらにこの算定式を適用して、並行して求めた流域内の地質区分面積と合わせて、1級河川基準地点における生産土砂量を推定したものである。調査・解析の全体フローを図-1に示す。

流域の生産土砂量に影響を与える因子としては、(1)流域の地質、(2)流域面積、(3)地形的条件、(4)植生、(5)気象条件、(6)人工的諸作用、(7)その他(地震など)が考えられる。このうち、今回の検討では、流域の地質、流域面積、地形的条件、気象条件の4つを取りあげた。

2. 地質区分

本検討では、生産土砂量に影響を与える最も大きな因子として、流域の地質を考えた。生産土砂量に影響する因子として地質を扱う場合、その分類は、固結度、風化に対する抵抗力の強弱に視点をおいて行うべきである。また、既成の地質図を用いることから、それに則した分類法が必要である。

北海道の地質構成はきわめて多様であり、それぞれを特徴づけるさまざまな地層と岩石種が存在する。

また、地質・地層・岩石・岩盤の分類は、その目的により数多く存在するが、これらのうち、本報文では特に堆砂という問題に焦点をあて、地質を未固結層、弱固結

層、固結層に3分し、固結層についてはその成因によりさらに4分した。この分類を表-1に示す。

分類に基づいて、ダム流域は5万分の1地質図幅(地質調査所、北海道開発庁、道立地下資源調査所発行)、河川流域は20万分の1地質図(国土庁発行土地分類図)を用いて、地質区分図を作成した。ただし、20万分の1の地質図上では分類不能な岩盤もあり、若干の例外が生じた。それを以下に示す。

① 第四紀の火山碎屑物中熔結凝灰岩は他と異なり、弱固結層に分類できるものであるが、地質図では軽石流堆積物と一括した形で表示されており、未固結層として取扱った。

② 古期堆積岩類のうち、白亜系に属するものは軟岩に含むべきものもあるが、一括してこのカテゴリーに入れた。

③ 古期堆積岩類のうち、輝緑岩は半深成岩に分類すべきであるが、地質図では輝緑凝灰岩と一括して表示されているため、このカテゴリーに入れた。

④ 蛇紋岩はしばしば結晶片岩類に伴って分布するため、結晶片岩類に含めた。

特にダム流域内の地質区分については、5万分の1地質図を用いて行った。このさい、当該ダムの上流にダムがある場合、上流ダム流域内からの生産土砂はすべて上流ダムに堆砂すると考え、その面積を当該ダムの流域面積から除外している。

表-1 地質区分

分類	固結度	地質
I	未固結	第四紀層(崖錐・段丘など) 火山碎屑物(火山灰・ローム・スコリア・軽石流堆積物など)
II	弱固結 (軟岩)	新期堆積岩類(主として第三紀の泥岩・砂岩・礫岩) 火山性堆積岩類(火山角礫岩・凝灰角礫岩・凝灰岩など)
III-1	固結 (中～硬岩)	古期堆積岩類(主として先第三紀の砂岩・粘板岩・石灰岩・チャート・輝緑凝灰岩・輝緑岩・ホルンフェルスなど)
III-2		噴出岩類 (玄武岩・安山岩・変朽安山岩・流紋岩など)
III-3		深成岩・半深成岩および類似の変成岩類(花崗岩・閃緑岩・斑れい岩・石英斑岩・珪岩・片麻岩・ミグマタイトなど)
III-4		変成岩類, その他 (結晶片岩類・蛇紋岩など)

3. 地形区分

また、地形区分を行うにあたり、流域の地形的条件を次のように考慮した。地形的条件は複雑な要素を多く含むが、本検討では、傾斜区分によって山地部と平地部を区分し山地部を生産土砂域とした。傾斜区分は国土庁土地局編土地分類図のうちの傾斜区分図（北海道教育大学作図；1/200,000）によった。傾斜区分図上 $0^{\circ}\sim 3^{\circ}$ を平地部、 3° 以上を山地部と定義し、山地部についてのみ地質区分を行った。これは河川現況調査などで平地と山地を区分する際に、傾斜 3° を境界にしていることに従ったものである。傾斜区分上いくつかの問題点が生じたが、次のように処理した（図-2参照）。

(1) 山地部中の台地状部では、傾斜区分で $0^{\circ}\sim 3^{\circ}$ の範囲に入るものが多数あった。これらは当然土砂の生産域と考えられるため、山地部として扱った。

(2) (1)と逆に、海岸付近では砂丘などと考えられる地形が、平地部中に山地部として表現されるが、これらは平地部として扱った。

(3) 河川上流域では、河川沿いに小規模な平地部がしばしば認められるが、面積が約 5 km^2 以下のものは山地部と考えた。

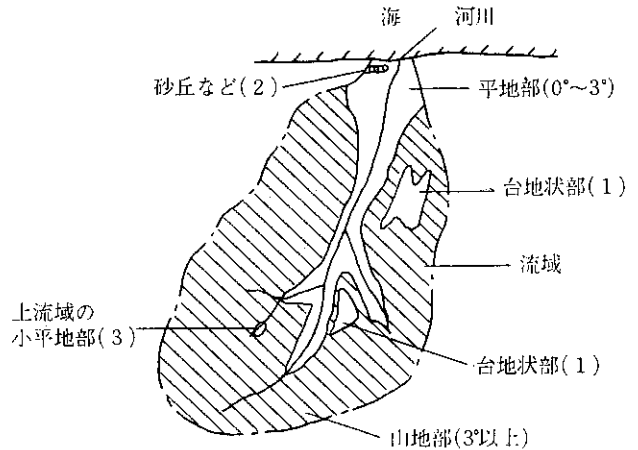


図-2 傾斜区分の概念図

4. ダム堆砂量の整理

本検討は、ダム内に経年的に堆積していく土砂量が、ダム流域内の生産土砂域（ 3° 以上の勾配を有する区域）から生産される土砂量であると考え、ダム堆砂量=生産土砂量として各地質ごとの生産土砂量を求めているものである。

道内のダムは全般に新しいものが多く、堆砂量資料も十分であるとはいえないが今回の検討では、表-2に示す36ダムについて堆砂量の集計整理を行った。

表-2 対象ダム

番号	ダム名	水系名	河川名	ダム所在地	資料収集年(昭和)
1	大夕張ダム	石狩川	夕張川	夕張市	42~56
2	川端ダム	〃	〃	夕張郡栗山町	47~56
3	鷹泊ダム	〃	雨竜川	雨竜郡多度志町	40~48
4	旭町第1ダム	〃	ボンポロカベツ川	夕張市	47~56
5	旭町第2ダム	〃	〃	(旭町第1ダムの上流)	47~56
6	清水の沢ダム	〃	清水沢川	夕張市	47~56
7	雨竜第1ダム	〃	雨竜川	雨竜郡幌加内町	42~56
8	雨竜第2ダム	〃	ウツナイ川	〃	42~56
9	芦別ダム	〃	空知川	芦別市本町	40~56
10	新野花南ダム	〃	〃	芦別市上芦別町	46~56
11	千歳第3ダム	〃	千歳川	千歳市字水明郷	42~56
12	千歳第4ダム	〃	〃	〃	42~56
13	清水沢ダム	〃	夕張川	夕張市	43~56
14	桂沢ダム	〃	幾春別川	三笠市	40~55

番 号	ダ ム 名	水 系 名	河 川 名	ダ ム 所 在 地	資 料 収 集 年 (昭 和)
15	奥芦別ダム	〃	芦別川	芦別市	40~56
16	金山ダム	〃	空知川	空知郡南富良野町	44~56
17	豊平峡ダム	石狩川	豊平川	札幌市南区定山溪	48~56
18	岩知志ダム	沙流川	沙流川	沙流郡日高町	41~56
19	双珠別ダム	鷓川	鷓川	勇払郡占冠村	40~56
20	大雪ダム	石狩川	石狩川	上川郡上川町	50~55
21	聖台ダム	〃	宇莫別川	上川郡美瑛町	51~55
22	古川ダム	〃	古川	上川郡上川町	39~55
23	当麻ダム	〃	当麻川	上川郡当麻町	48~55
24	日新ダム	〃	ピリカフラマイ川	空知郡上富良野町	51~55
25	岩尾内ダム	天塩川	天塩川	上川郡朝日町	51~55
26	忠烈布ダム	〃	忠烈布川	上川郡風連町	51~55
27	中和ダム	〃	剣湧川	上川郡和寒町	51~55
28	岩松ダム	十勝川	十勝川	上川郡新得町	36~56
29	富村ダム	〃	トムラウソ川	〃	54~55
30	幌加ダム	〃	幌加川	河東郡上士幌町	45~55
31	糠平ダム	〃	音更川	〃	43~55
32	糠南ダム	〃	糠南川	足寄郡足寄町	45~54
33	元小屋ダム	〃	音更川	河東郡上士幌町	43~55
34	宇煙ダム	〃	美里別川	中川郡本別町	46~55
35	活込ダム	〃	〃	〃	43~55
36	仙美里ダム	〃	利別川	〃	45~55

これらのダムのうち、千歳第3、第4ダム、中和ダムについては、堆砂量の増加がないため除外した。このうち、千歳第3、第4については生産土砂域が小さく植生が安定していることが堆砂量がほとんどないことの原因であると考えられる。また、富村ダムについては、完成年度が新しく堆砂量データが少ないため、宇煙ダムは原因不明の不規則な変動をしているので、それぞれ信頼性が乏しいものとして除外した。したがって、最終的には31ダムの堆砂量データを用いたこととなる。

各ダムのデータは排砂量などを調べて修正している。例を図-3に示す(例、岩知志ダム)。このように、横軸に測量年度、縦軸に堆砂量をとったグラフ上では、各値はほぼ1次直線上に回帰していることがわかる。そこで

各ダムの平均的な年間堆砂量を、この直線の傾きから求めた。年間堆砂量を求める際には、資料ができるだけ多年度にわたり、なおかつ相関性の高い区間(相関係数0.9以上)となるようにした。

また、排砂量などの修正を行った時点で、降雨量と堆砂量との関係を、年間降水量、年間日最大降雨量の点から検討したが、明確な相関はみつからなかった。実際は降雨量と生産土砂量との間には、時間遅れなどを介した密接な関係があるとも考えられるが、現段階では明確ではないので、以後の検討では降雨量の影響は除いて考えることとした。

地質区分	面積 (km ²)	面積比 (%)
I	4.3	7.6
II	60.8	10.7
III-1	187.5	33.1
III-2	0	0
III-3	196.6	34.6
III-4	79.1	13.9
小計	528.3	100
平地部	38.7	
合計	567.0	

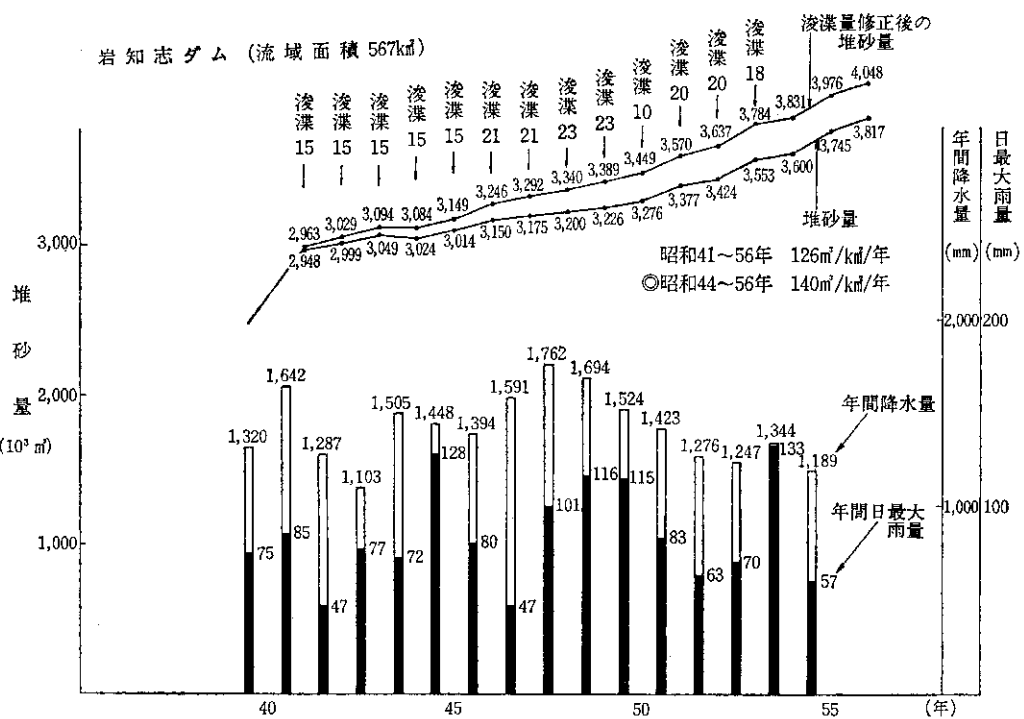


図-3 堆砂量変化図(岩知志ダム)

5. 生産土砂量の算定式

2で整理したダム流域の6地質区分ごとの面積, 4で整理した各ダムの年間堆砂量 (=年間生産土砂量) より, 次に地質区分をパラメーターとする生産土砂量算定式を求めらる。

算定式は基本的には式(1)で示す1次式で表わすものとし, 各項の係数は重回帰分析で求めた。ただし, 生産土砂域面積の大きいものについては, 面積増加に伴う生産土砂量の通減効果を考慮して, 式(2)の形とした。この使い分けは, ダムの流域面積と年間堆砂量の関係を検討し, 流域面積100~200 km²で, 年間堆砂量に大きな差があることから, 100 km²以下は式(1), 100 km²以上は式(2)とした。式(2)の係数は非線形最小2乗法で求めた。

$$Y_{c1} = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + a_{14}X_4 + a_{15}X_5 + a_{16}X_6 + C_1 \dots\dots\dots (1) \text{ (面積 } 100 \text{ km}^2 \text{ 以下)}$$

$$Y_{c2} = \frac{a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + a_{24}X_4 + a_{25}X_5 + a_{26}X_6}{bX_T + C_2} \dots\dots\dots (2) \text{ (面積 } 100 \text{ km}^2 \text{ 以上)}$$

- Y_c: 年間堆砂量 (千 m³/年)
- X₁: 地質区分 I の分布面積 (km²)
- X₂: 地質区分 II の分布面積
- X₃: 地質区分 III-1 の分布面積
- X₄: 地質区分 III-2 の分布面積
- X₅: 地質区分 III-3 の分布面積
- X₆: 地質区分 III-4 の分布面積

- X_T: 生産土砂域面積 (km²)
- a₁₁~a₂₁, b: 係数
- C: 定数

得られた算定式を(3), (4)式に示す。また, これらの

100 km² 以下

$$Y_{c1} = -0.09 X_1 + 0.62 X_2 + 0.20 X_3 + 0.26 X_4 - 0.23 X_5 + 0.71 X_6 \dots\dots\dots (3)$$

100 km² 以上

$$Y_{c2} = \frac{-0.23 X_1 + 0.71 X_2 + 0.20 X_3 + 0.43 X_4 + 0.06 X_5 + 1.80 X_6}{0.0043 X_T + 0.571} \dots\dots\dots (4)$$

式を用いた計算値 Y_c と実測値 Y₀ との比 Y_c/Y₀ を各ダムごとに求め, 図-4に示す。これを見ると面積 100 km² 以下でバラツキが見られるが, 実際には残差が ±5,000 m³/年以下のものがほとんどである。したがって, 式(3)に ±5,000 m³ を与えることにより, 31 ダム中 26 ダムについては, 0.7 < Y_c/Y₀ < 1.5 となる。

計算値と実測値が大きく異なるのは次の5ダムである。

- 1) No. 1 大夕張ダム
年間比堆砂量は 1,112 m³/年/km² で, 他のダムと比べてもきわめて多く, したがって Y_{c2}/Y₀ は 0.19 と低いものとなった。流域の地質は III-1 (古期堆積岩類) が約 80% を占めて主体となっており, III-4 (蛇紋岩・結晶片

岩
あ
て
度
ど
し
が
べ
堆
:
と
た
砂
:
い
台
:
す。

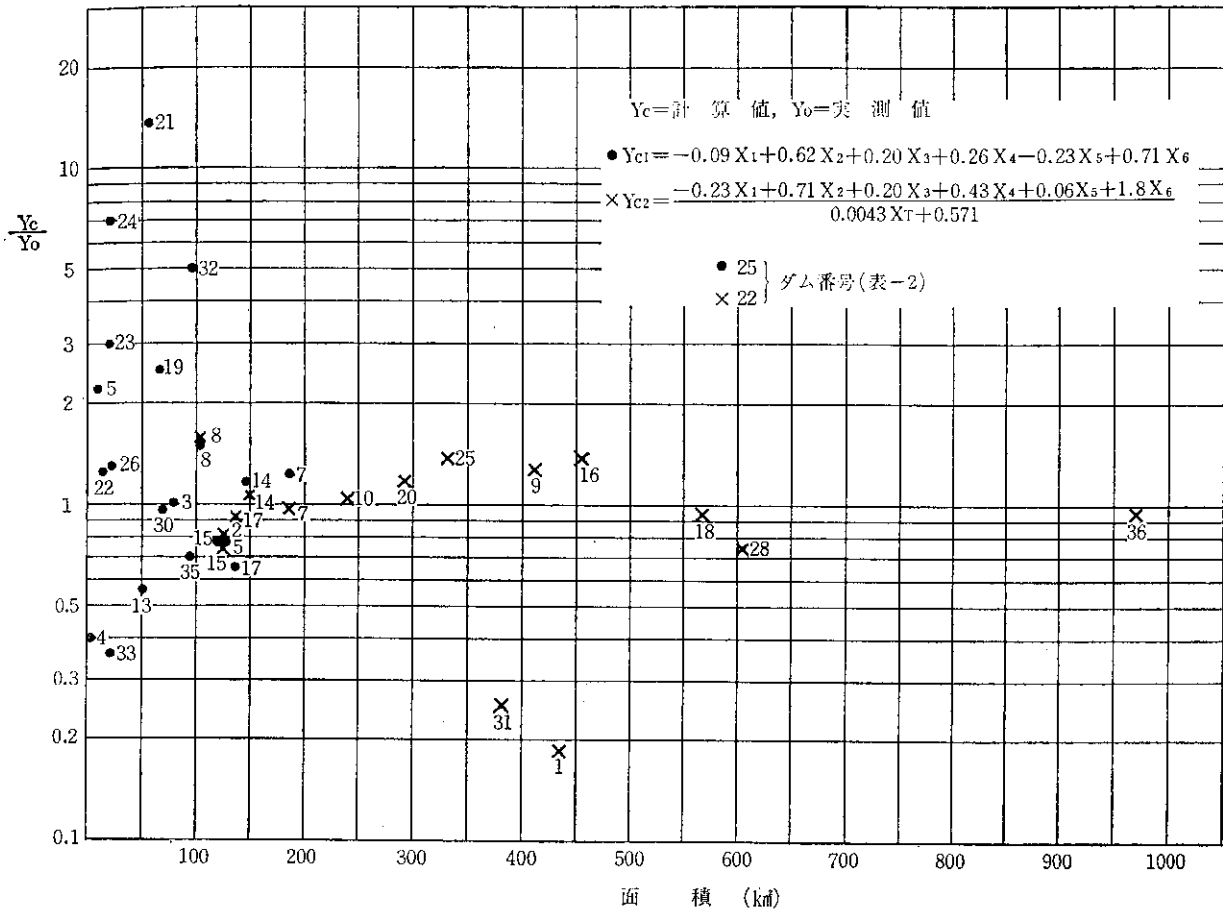


図-4 Y_c/Y_0 -面積相関図

岩類) が16%程度分布する。地質的に類似した状態にある桂沢ダムと比較すると、堆砂量が多くなる要素としては、① III-4の分布の面積が大夕張ダムでは16%程度であるのに対し、桂沢ダムでは0である。② 断層などの構造線の密度が高い、③ 林道・森林鉄道などが発達している、④ 上流部に炭鉱(大夕張炭鉱)がある、などがあげられる。これらのうち、④を除けばいずれも地すべり・崩壊などを発生させる要素であり、このあたりに堆砂量が多い原因があるものと考えられる。

2) No. 21 聖台ダム

年間比堆砂量は $26 \text{ m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ と低く、 Y_{c1}/Y_0 は13.73ときわめて大きい。しかし、流域面積が小さい (57.7 km^2) ため、残差は $-19,100 \text{ m}^3/\text{年}$ とさほど大きくはない。堆砂量が少ない理由としては、① 流域形状が細長く ($20 \text{ km} \times 3 \text{ km}$) 河川内での堆砂量が多い、② 枝沢の発達に乏しい、③ 熔結凝灰岩が約40%分布するが、平坦面を持つ台地形をなしている、などがあげられる。

3) No. 31 糠平ダム

年間比堆砂量は $625 \text{ m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ で、やや多い値を示す。 Y_{c2}/Y_0 は0.39、 $Y_0 - Y_{c2}$ は $68,000 \text{ m}^3/\text{年}$ である。特

に堆砂量が多くなる原因は認められないが、① 流域形状が円形で流入河川が多い、② 上流部に広く崩壊土砂の堆積区間がある、などが考えられる。

4) No. 32 糠南ダム

年間比堆砂量は $47 \text{ m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ と低く、 Y_{c1}/Y_0 は4.93、 $Y_0 - Y_{c1}$ は $-17,300 \text{ m}^3/\text{年}$ である。堆砂量が少ない原因は、① No. 21 同様流域形状が細長く、河川内での堆砂量が多いことが考えられる。

5) No. 33 元小屋ダム

年間比堆砂量 $786 \text{ m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ 、 Y_{c1}/Y_0 は0.36、 $Y_0 - Y_{c1}$ は $10,800 \text{ m}^3/\text{年}$ である。流域面積・堆砂量ともに小さいため、すぐ上流の糠平ダムの影響(土砂の流出、排砂など)が大きいものと考えられる。

以上、計算値と実測値に大きな差のあるサンプルについて、その原因を考察してきたが、指摘できたいくつかの問題点は、他のダムについても程度の差こそあれ問題として残るものであり、今後の課題となろう。

また、地質区分 I、III-3、III-4については、分布面積比の小さなものが多く、かつ III-3、III-4はサンプル数も少ないため、影響度が低い。よって、その係数 $a_{11} \cdot a_{21}$ 、

$a_{15} \cdot a_{25}$, $a_{16} \cdot a_{26}$ は他に比べて信頼度は低いものと考えられる。特に a_{11} , a_{21} , a_{15} は負の数字となっており、算定式を利用する際には注意する必要がある。

この点を補うために、I, III-3 の分類をそれぞれ類似した性質を有する分類である II, III-2 に併合した次の式を考える。

$$Y'_{c1} = a'_{11}(X_1 + X_2) + a'_{12} X_3 + a'_{13}(X_4 + X_5) + a'_{14} X_6 \dots \dots \dots (5)$$

$$Y'_{c2} = \frac{a'_{21}(X_1 + X_2) + a'_{22} X_3 + a'_{23}(X_4 + X_5) + a'_{24} X_6}{bX_T + C} \dots \dots \dots (6)$$

これを、式(1), (2)と同様に扱い、面積 100 km²以下と以上に分けて、それぞれの係数を求めると次式のようになる。

100 km² 以下

$$Y'_{c1} = 0.46(X_1 + X_2) + 0.19 X_3 + 0.14(X_4 + X_5) + 0.78 X_6 \dots \dots \dots (7)$$

100 km² 以上

$$Y'_{c2} = \frac{0.49(X_1 + X_2) + 0.21 X_3 + 0.28(X_4 + X_5) + 0.86 X_6}{0.00348 X_T + 0.672} \dots \dots \dots (8)$$

式(3), (4)および(7), (8)の計算値は、影響する面積が小さいために、ほとんど差はない。今後、地質区分 I, III-3, III-4 を広く含む他地域のデータを用いて、式の係数を修正していく必要があるが、次項で流域の生産土砂量を算出する際には、物理的意味を考えて、式(7), (8)を用いた。

6. 流域別生産土砂量の算定

5項で得られた式(7), (8)と、2項で行った流域内の地質区分結果を用いて、次に流域別の生産土砂量を計算する。

各流域の生産土砂量は図-5に示す方法で集計して求めた。つまり、各流域について上流のポイント(P-n)からその部分流域の生産土砂量 $Y_c(P-n)$ を求めて、下流へ順次累積する。また、ダムについては、そのダム流域の生産土砂は、すべてダムに堆積するものとして除いている。

各流域の計算結果を表-3に示す。

- P-1 流域での土砂生産量 = $Y_c(P-4) + Y_c(P-1)$
- P-2 流域での土砂生産量 = $Y_c(P-4) + Y_c(P-1) + Y_c(P-5) + Y_c(P-2)$
- P-3 流域での土砂生産量 = $Y_c(P-4) + Y_c(P-1)$

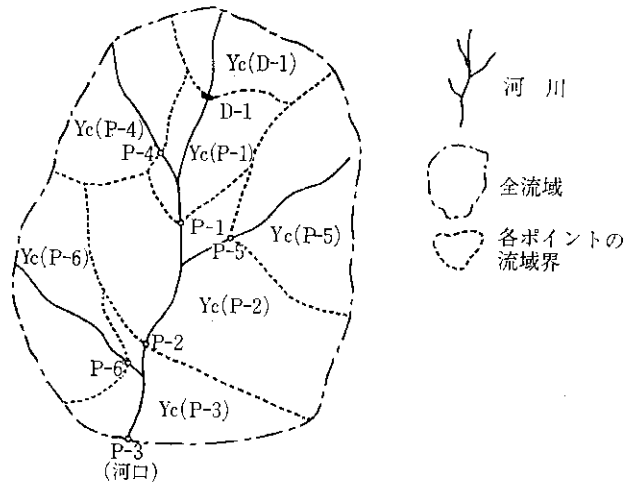


図-5 土砂生産量の集計方法

$$+ Y_c(P-5) + Y_c(P-2) + Y_c(P-6) + Y_c(P-3)$$

P-4 流域での土砂生産量 = $Y_c(P-4)$

P-5 流域での土砂生産量 = $Y_c(P-5)$

P-6 流域での土砂生産量 = $Y_c(P-6)$

ここで、D-n: ダム

P-n: 土砂生産量算定地点

$Y_c(P-n)$: 土砂生産量計算値

7. 考 察

本報文は、河川の流域全体を対象として、一定の地形的条件(傾斜が3°以上)を有する区域を生産土砂域と考え、そこからの生産土砂量を河川の縦断的に求めたものである。本来、河川においては、流域の大半から支川を通じて土砂が持ち込まれるはずであるが、河川改修が進み、一方で流域の地形の改変、土地の被覆が進んでいる今日では、生産土砂域は限定されていると考えるのが妥当であろう。また逆に開発過程における裸地化に伴い、一時的に生産土砂量が増加することも考えられる。したがって、流域別生産土砂量として計算された表-4の各値は、自然状態に近い河川および流域での生産土砂量、いいかえれば流域別生産土砂量ポテンシャルである。

この検討の主たる目的は、各河川間の比較(横並びの比較)、ある河川における縦断的な比較にあり、必ずしも実際の流出土砂量との比較を考えたものではなかったが、結果としては、流出土砂量と近い値になっている。例えば、石狩川河口の値は137万 m³/年である。一方、昭和56年8月洪水による河口からの流出土砂量は260万 m³/年と考えられており、両者は偶然の一致か、きわめて近い値となっている。この点については、今後の応用も含めて十分な検討が必要であろう。

表-3 流域別生産土砂量計算表

河川名	地点名	地質区分毎面積 (km ²)						計	生産土砂量 推定値 (千 m ³ /年)
		I	II	III-1	III-2	III-3	III-4		
石狩川	① 大雪ダム	45.2		124	107.6	11.2		288	48.65
	② 中愛別	168.4		231.6	326.8			726.8	69.55 (69.55)
	③ 旭橋	94	21.6	105.2	334.4	10.4		565.6	66.39
		262.4	21.6	336.8	661.2	10.4		1292.4	(135.94)
	④ 伊納	47.6	4	32	21.6		182.8	288	116.63
		710	25.6	410	1012.4	10.4	222.8	2591.2	(484.16)
	⑤ 納内橋	22.4	32		5.6		152.8	212.8	113.01
		732.4	57.6	410	1018	10.4	375.6	3816	(597.17)
	⑥ 妹背牛橋	31.2	16		14			61.2	23.67
		763.6	73.6	410	1032	10.4	375.6	3877.2	(620.84)
⑦ 石狩川橋	20	42.9		22			84.9	32.01	
	804.4	596.9	410	1067.2	10.4	485.2	4586.1	(773.67)	
⑧ 月形大橋	16.4	520	144	12			692.4	96.20	
	857.6	1231.3	558	1088	10.4	510.8	5468.1	(944.51)	
⑨ 岩見沢大橋		80.4	8				88.4	38.50	
	857.6	1311.7	566	1088	10.4	510.8	5556.5	(983.01)	
⑩ 石狩大橋	14.4	128	38				180.4	59.82	
	1089.6	1725.3	615.2	1117.6	10.4	510.8	6456.5	(1230.88)	
⑪ 石狩川河口	88.8	235.2	36				360	86.41	
	1227.2	2016.5	651.2	1152.4	10.4	510.8	5744.1	(1370.06)	
忠別川	⑫ 暁橋	54			196.8		250.8	52.80 (52.80)	
美瑛川	⑬ 西一区	58			60		118	41.77 (41.77)	
		200		41.2		40	281.2	85.46	
	⑭ 西神楽	346		41.2	132.8		40	760 (178.79)	
辺別川	⑮ 18号	88			72.8		160.8	51.56 (122.18)	

↑
番号は支川のあるものについて、上流からつけた。

↑
上段は各ポイント間の流域内の面積
下段は上流からの累積値

↑
上段は各ポイントの個別の計算値
下段()は累積値

トの

地形と考もの川をが進るが妥したの各量、

のしもったる。方、260きわの応

河川名	地点名	地質区分毎面積 (km ²)						計	生産土砂量 推定値 (千 m ³ /年)
		I	II	III-1	III-2	III-3	III-4		
雨 竜 川	⑪ 雨竜 第一ダム		153.6					153.6	62.38
	⑫ 鷹泊ダム	8.8	216.8	152			152	529.6	108.62
	⑬ 雨竜橋	20.8	480.4		13.2		109.6	624	120.82 (120.82)
空 知 川	⑮ 金山ダム	211.6		162.8	26	15.6	37.2	453.2	80.70
	⑯ 布部	140.8		282	3.2		30	456	68.58 (68.58)
	⑰ 新 野花南ダム	321.6	24.4	193.2	75.6		6.4	621.2	83.56
	⑱ 芦別ダム		129.6	364.8			18	512.4	63.37
	⑲ 赤平	36.8	114.4	4	8.8		25.6	189.6	74.64 (74.64)
幾 春 別 川	⑳ 桂沢ダム		8	144				152	28.44
	㉑ 西川向	6.4	8.8					94.4	43.42 (43.42)
夕 張 川	㉒ 大夕張ダム		11.6	350.8			69.6	432	63.99
	㉓ 川端ダム		292	15.2				307.2	84.01
	㉔ 円山	1.6	10					11.6	5.33 (5.33)
	㉕ 清幌橋	13.2	140	11.2				164.4	62.23 (67.56)
千 歳 川	㉖ 千歳 第三ダム	51.2	30		69.2			150.4	49.49
	㉗ 裏の沢	196.4	47.6		29.6			273.6	78.72 (78.72)

河川名	地点名	地質区分毎面積 (km ²)						計	生産土砂量 推定値 (千 m ³ /年)
		I	II	III-1	III-2	III-3	III-4		
豊平川	③① 豊平峡ダム		5.6		124.8			130.4	33.48
	③② 砥山ダム		150.8		193.2			344	68.48
	③③ 雁来橋	48.8	56		34.8			139.6	52.77 (52.77)
沙流川	岩知志ダム			302		173.2	92	567.2	72.2
	平取	18	133.6	439.6			65.2	656.4	75.32 (75.32)
	沙流川河口	14.8	24					38.8	17.85
		32.8	157.6	439.6			65.2	695.2	(93.17)
鷓鴣川	鷓鴣川橋	47.6	400.8	636.8		10	76.8	1172	88.89 (88.89)
									88.89
	鷓鴣川河口	47.6	400.8	636.8		10	76.8	1172	(88.89)
後志利別川	住吉橋	58.4	106.4	39.6	4			208.4	64.55 (64.55)
	今金橋	21.6	88.8	19.2	7.2	4.8		141.6	52.79
		80	195.2	58.8	11.2	4.8		350	(117.34)
後志利別川河口	75.2	138.4	3.2	23.6	9.2		249.6	74.33	
	155.2	333.6	62	34.8	14		599.6	(191.67)	
尻別川	名駒	421.6	208.8		549.2			1179.6	96.85 (96.85)
	尻別川河口	51.6	90.8		85.2			227.6	63.95
		473.2	299.6		634.4		1407.2	(160.80)	
留萌川	大和田		228	10				238	75.87 (75.87)
	留萌川河口		24					24	11.04
			252	10			262	(86.91)	
十勝川	① 岩松ダム	198		256	128.8	10.8	12	605.6	72.02

河川名	地点名	地質区分毎面積 (km ²)						計	生産土砂量 推定値 (千 m ³ /年)
		I	II	III-1	III-2	III-3	III-4		
十勝川	② 新清橋	86.4		14		5.2		105.6	44.96 (44.96)
	③ 芽室太	285.2		28.8		152.8		466.8	82.12
		371.6		42.8		158		572.4	(127.08)
	④ 帯広	144.4	54.8	141.2	114.8	17.6		472.8	70.91
		516	54.8	184	114.8	175.6		104.52	(197.99)
	⑪ 千代田	61.6	74.8	11.6				148	58.36
		608.8	129.6	458.4	216.4	331.6		1744.8	(354.32)
	⑯ 茂岩	28.4	102.4					130.8	56.86
		637.2	232	458.4	216.4	33.16		1875.6	(549.69)
⑰ 十勝川河口		227.2					227.2	76.11	
	849.2	678.4	480	216.4	331.6		2555.6	(625.30)	
利別川	⑫ 活込ダム	134.4	22.8	5.2	327.2		489.6	71.44	
	⑬ 仙美里ダム	68.4	757.6	185.6	388.4			1400	99.65
	⑭ 東橋	28.8	74.8	21.6				125.2	49.92
								(49.92)	
⑮ 利別	183.2	144.4					327.6	88.59	
	212	219.2	21.6				452.8	(138.51)	
札内川	⑤ 上札内橋			147.6		32		179.6	30.81
									(30.81)
	⑥ 第二大川橋			115.2		124		239.2	39.16
				262.8		156		418.8	(69.97)
⑦ 南帯橋								46.43	
			262.8		156		418.8	(69.97)	
音更川	⑧ 糠平ダム	71.2	112.4	47.6	159.6		390.8	71.19	
	⑨ 士幌	6			76			82	13.40
⑩ 音更	25.2			25.6			50.8	15.18	
	31.2			101.6			132.8	(28.48)	

河川名	地点名	地質区分毎面積 (km ²)						計	生産土砂量 推定値 (千 m ³ /年)
		I	II	III-1	III-2	III-3	III-4		
天 塩 川	①岩尾内ダム		101.6	75.2	36.3			213.1	53.58
	②九十九橋	20.8	33.2	128.8	91.6	53.6		328	51.93 (51.93)
	③名寄大橋	121.2	321.6	144	97.2		33.2	717.2	95.64
		142	354.8	272.8	188.8	53.6	33.2	1045.2	(147.57)
	⑥美深	92	34.8	11.2	268.4			406.4	66.93
		266.8	464.0	489.6	779.2	67.2		2066.8	(319.83)
	⑦誉平	32.4	350.8	438	181.6		35.6	1038.4	84.28
299.2		814.8	927.6	960.8	67.2	68.8	3138.4	(404.11)	
天 塩 川 下 流	⑧新聞寒別橋		28.4	39.2			19.6	87.2	35.80
		299.2	843.2	966.8	960.8	67.2	88.4	3225.6	(439.91)
	⑨天塩大橋	36.4	390	35.6			48.8	510.8	105.47
		335.6	1233.2	1002.4	960.8	67.2	137.2	3736.4	(545.38)
	⑩天塩川河口	48	303.6	41.2				392.8	88.74
383.6		1536.8	1043.6	960.8	67.2	137.2	4129.2	(634.52)	
名 寄 川	④下川	6.8		176.4	126.4	13.6		323.2	44.29
	⑤真勲別	26	74.4	29.2	195.6			325.2	61.04
32.8		74.4	205.6	322	13.6		648.4	(105.33)	
増 幌 川	四線橋	6.4	38	14.4				58.8	23.16
									(23.16)
	増幌川河口		35.6	5.6				41.2	17.44
6.4		73.6	20				100	(40.60)	
渚 滑 川	上渚滑	35.2	158.4	606.4	144	4.4		948.4	66.40
									(66.40)
	渚滑川河口	18.8	38.8	99.6	16.4	2.8		176.4	42.40
54		197.2	706	160.4	7.2		1124.8	(108.80)	
湧 別 川	武利ダム	134.8	56	90	8			288.8	68.35
	遠軽橋	162	52.4	279.6	114.4	8.8		617.2	70.31
								(70.31)	

河川名	地点名	地質区分毎面積 (km ²)						計	生産土砂量 推定値 (千 m ³ /年)
		I	II	III-1	III-2	III-3	III-4		
湧別川	開盛	34	155.6	45.2	113.2			348	71.21
		196	208	324.8	227.6	8.8		965.2	(141.52)
	湧別川河口	18.8	23.6	40.4	29.6			112.4	35.32
		214.8	231.6	365.2	257.2	8.8		1077.6	(176.84)
常呂川	北見	203.2	456	174.8	380			1214	95.19
									(95.19)
	上川沿	96	85.2	206				387.2	65.39
		299.2	541.2	380.8				1221.2	(160.58)
常呂川河口	6						6	2.76	
	299.2	547.2	380.8	380			1607.2	(163.34)	
網走川	美幌	108	494	58	115.6			775.6	100.72
									(100.72)
	本郷	178	18		30.8			226.8	71.63
		286	512		146.4			944.4	(172.35)
網走川河口	52.4	40.8		1.2			94.4	43.04	
	338.4	552.8	58	147.6			1096.8	(215.39)	
釧路川	① 屈斜路湖	56.8	48		66.4			171.2	55.17
	② 標茶	254.4	113.2		30.8			398.4	91.70
									(91.70)
③ 釧路川河口	676	299.4					975.4	117.54	
	1023.2	429		30.8			1483	(26.01)	
オソ川ベ	② 下オソベツ	92.8	16.4				109.2	50.86	
								(50.86)	
天塩川水系	岩尾内ダム	21.5	85.6	56.4	148.6	15.3	4.0	331.4	62.4
忠烈布ダム	15.7	6.3					22.0	10.3	
十勝川水系	岩松ダム	22.5	148.7	219.7	183.3	19.4	11.4	605.0	70.6
幌加ダム	2.7	5.5	8.2	40.4	12.3		69.1	12.9	

河川名	水点名	地質区分毎面積 (km ²)						計	生産土砂量 推定値 (千 m ³ /年)
		I	II	III-1	III-2	III-3	III-4		
十勝川水系	糠平ダム	15.6	242.4	31.5	81.7	9.6		380.8	107.7
	糠南ダム	10.1	1.1	1.1	81.9			94.2	16.8
	元小屋ダム	1.2	3.2		16.4	0.7		21.5	4.6
	活込ダム	37.5	41.4		15.5			94.4	38.7
	仙美里ダム	98.3	703.4	189.9	47.8			1039.4	103.6
鶴水川系	双珠別ダム	3.7	2.2	44.9		12.8	0.4	64.0	13.5
沙水流系川	岩知志ダム	43	60.8	187.5		196.6	79.1	567.0	80.5
石狩川水系	大雪ダム	50.2	128.7	14.7	98			291.6	70.1
	聖台ダム	9.4	24.0		24.3			57.7	19.0
	古川ダム		6.2	0.3	6.3			12.8	4.0
	当麻ダム	0.3	7.4	8.9	2.8		0.4	19.8	6.1
	日新ダム	1.2			19.1			20.3	3.4
	雨竜第2ダム	23.3	74.3	5.9				103.5	47.3
	雨竜第1ダム	45.3	134.6	7.2				187.1	67.5
	鷹泊ダム		16.4	20.5			41.4	78.3	43.8
	金山ダム	85.9	145.7	153.7	24.7	42.8		452.8	72.9

河川名	地点名	地質区分毎面積 (km ²)						計	生産土砂量 推定値 (千 m ³ /年)
		I	II	III-1	III-2	III-3	III-4		
石狩川水系	新野花南ダム	32.1	23.1	167.7	0.3		15.7	238.9	49.9
	芦別ダム	18.7	130.4	238.9			22.4	410.4	67.2
	奥芦別ダム			122.6				122.6	22.9
	桂沢ダム		7.6	138.1				145.7	27.2
	大夕張ダム		14.3	339.2			82.1	435.6	101.1
	川端ダム	5.5	118.8	2.7				127.0	55.0
	旭町第1ダム		0.1	1.2				1.3	0.4
	旭町第2ダム		3.4	3.6				7.0	2.4
	清水の沢ダム		5.4					5.4	2.6
	清水沢ダム	4.2	43.9	1.5				49.6	22.6
	豊平峽ダム	23.7	0.4		107.9	3.0		135.0	37.9

次に、本方法はダムの堆砂量より生産土砂量式を求めており、この点から従来ダムの堆砂量を推定するために用いられている方法との比較検討を行う。

既往算定式の中で、地質的条件を因子として取扱っているのは、「田中の方法」¹⁾・「石毛の方法」¹⁾ などであるが、このほか、「建設省河川砂防技術基準(案)」²⁾・北海道土木部「砂防技術指針」³⁾ でも堆砂量、流出土砂量の算定方法を扱っている。

これらのうち、「田中の方法」・「石毛の方法」はいずれも、地質的条件は補助的な因子として扱われており、地形条件・降雨量の関係式となっている。

北海道土木部の方法・「建設省河川砂防技術基準(案)」

の方法では、地質を5区分し1洪水当たりの比流出土砂量を推定したものであるが、土石流区域と掃流区域にわけている。ここでは北海道土木部の方法と比較検討を行う。北海道土木部の方法を以下に示す。

1) 土石流区域(溪床勾配が1/30以上であり土砂の流出が集合運搬の状態で行われる状態の区域)

- I; 花崗岩地帯 35,000~11,000 m³/km²/1洪水
- II; 火山噴出物地帯 50,000~150,000 m³/km²/1洪水
- III; 第三紀層地帯 25,000~75,000 m³/km²/1洪水
- IV; 破砕帯地帯 70,000~150,000 m³/km²/1洪水
- V; その他の地帯 20,000~55,000 m³/km²/1洪水

2)
I
II
III
IV
V

こ
10 km
いて
表
が、
であ
①
たは
km²
よっ
②
てお
を用
る。

土砂
にわ
を行
の流
洪水
洪水
洪水
洪水

流域面積 km ²	補正係数
0.1 以下	3.0 倍
0.1 を越え 0.3 以下	2.0
0.3 " 0.5 "	1.5
0.5 " 0.7 "	1.2
0.7 " 1.0 "	1.0
1.0 " 3.0 "	0.8
3.0 " 7.0 "	0.7
7.0 " 10.0 未満	0.6
10.0 以上	0.5

2) 掃流区域 (土砂の流出が各個運搬で行われる区域)

- I; 花崗岩地帯 30,000~40,000 m³/km²/1 洪水
- II; 火山噴出物地帯 40,000~55,000 m³/km²/1 洪水
- III; 第三紀層地帯 25,000~35,000 m³/km²/1 洪水
- IV; 破碎帯地帯 70,000~85,000 m³/km²/1 洪水
- V; その他の地帯 14,000~20,000 m³/km²/1 洪水

流域面積 km ³	補正係数
1.0 以下	3.0 倍
1.0 を越え 3.0 以下	2.0
3.0 " 5.0	1.5
5.0 " 7.0	1.2
7.0 " 10.0	1.0
10.0 " 30.0	0.8
30.0 " 70.0	0.7
70.0 " 100.0	0.6
100.0 以上	0.5

この方法では、標準流域面積は 1) で 1 km², 2) で 10 km² と小地域を対象にしており、さらに流域面積については、反比例するような補正係数が与えられている。

表-4 に本検討で求めた各地質ごとの比堆砂量を示すが、北海道土木部のものと比較するときわめて小さな値である。これは次のような理由によるものと考えられる。

① 対象となる流域面積が道土木部のものは 1 km² または 10 km² 程度であるのに対し、本報文では 100~200 km² のものが最も多く、最大では 1000 km² にまで及ぶ。よって、流域内、河川内での土砂の堆積の影響が大きい。

② 道土木部のものは、小流域のうえ洪水を対象にしており、点的であるのに対し本業務では多年間の平均値を用いているため、長期的、かつ広域的な値と考えられる。

表-4 地質区分別比堆砂量

地質区分	流域区分	
	流域面積 100 km ² 以下の場合	流域面積 100 km ² 以上の場合
I 第四紀層 火山砕屑物		
II 新期堆積岩類 火山性堆積岩類	620 m ³ /km ² /年	710 m ³ /km ² /年
III-1 古期堆積岩類	200 m ³ /km ² /年	200 m ³ /km ² /年
III-2 噴出岩類	260 m ³ /km ² /年	430 m ³ /km ² /年
III-3 深成岩・半深 成岩		60 m ³ /km ² /年
III-4 変成岩・その 他	710 m ³ /km ² /年	1800 m ³ /km ² /年

* 面積 100 km² 以上の場合には 0.0043 X_T+0.571 で除す。
X_T: 生産土砂域面積

ま と め

(1) 北海道内のダムの堆砂量データを用いて、地質区分ごとの面積をパラメーターとする河川流域の生産土砂量算定式を次式のように得た (X₁ などについては p. 14 を参照)。

$$Y'_{c1} = 0.46(X_1 + X_2) + 0.19 X_3 + 0.14(X_4 + X_5) + 0.78 X_6$$

(100 km² 以下の流域)

$$Y'_{c2} = \frac{0.49(X_1 + X_2) + 0.21 X_3 + 0.28(X_4 + X_5) + 0.86 X_6}{0.0034 X_T + 0.672}$$

(100 km² 以上の流域)

(2) 上の式を用いて、北海道内 14 水系の生産土砂量を基準地点ごとに縦断的に計算した。この結果を表-3 に示す。

(3) 表-3 のように、計算された生産土砂量の値は、石狩川などでは年間の流砂量の実績値にかなり近い値となっており、河川の河相の違いを生産土砂量の面から、ある程度定量的にとらえることができた。

あ と が き

本報文では、地質区分に基づく生産土砂量算定式を提案したが、データの不十分さから当初設定した式の係数が物理的に矛盾するなどいくつかの解決すべき問題点がかかえている。しかし、生産土砂量を河川流域全体について考えた研究は、筆者の知る限りでは例がなく、その点では意味があると考えている。今後、御批判を賜わり検討を進めていきたい。

参 考 文 献

1) 建設省河川局；多目的ダムの建設，第1巻。

- 2) 建設省河川局；河川砂防技術基準（案）。
3) 北海道士木部；砂防技術指針。

*

*

*

ま え
最近
におい
新工法
灰，を
合攪拌
この
ジェク
のまま
各地の
ある。
北流
まで種
で繊維
ことな
に疑問
拌工法
ある。
今回
粉体噴
300～9
炭の基
を行い
にその
を目的
以下
地盤に
する。

*土質