

貯水池堆砂量と降雨・流量との相関について

Relationship between Sedimentation of Reservoir and Rainfall, Discharge

九津見 生哲*・矢澤 聖一*・尾畑 伸之*・中村 俊六**・久保田 稔***

By Takanori KUTSUMI, Seichi YAZAWA, Nobuyuki OBATA,

Syunroku NAKAMURA and Minoru KUBOTA

Generally, sedimentation for reservoir planning was decided with reference to sedimentation of unit catchment area for near or in same channel network existing dams

However, sedimentation in the existing dams is controlled by the flood discharge and is changeable each year, so annual mean sedimentation in existing dams are changeable with the period which use for the planning

In this paper, the author discuss to present a sedimentation in reservoir with daily rainfall and flood peak discharge

Key words Sedimentation, Reservoir, Discharge, Calculation Method,

1. まえがき

ダム貯水池の堆砂量や堆砂形状の推定は、ダムの計画、設計及び管理からみて、大変重要な課題である。従来より多くの研究がなされ数多くの推定式が提案されているが、これらの式を用いて計画堆砂量を定めることはごく稀で、多くの場合近傍のダム貯水池の実績堆砂量から面積比などにより推定することが多い。しかしながら、この方法では、今後起こり得る降水量等の水理量の変化に対応することは困難であり、また求めた実績堆砂量が気象条件からみた平穩期であれば過小な値を与えることにもなる。

そこで、本論では、筆者らが管理している天竜川水系の美和ダムおよび小渋ダムの貯水池の実績堆砂量を降雨や流量等の相関で捉え、堆砂量を降雨量・流量で表現する方法について検討したので、その内容について報告する。

-
- * 正会員 建設省天竜川ダム統合管理事務所 所長、管理第2係長、美和ダム管理係長
(〒399-38 長野県上伊那郡中川村大字大草6884-19)
- ** 正会員 工博、豊橋技術科学大学教授、建設工学系
(〒441 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)
- *** 正会員 工博、大同工業大学教授、建設工学科
(〒457 愛知県名古屋市南区白水町40)

2. 調査方法

ダム貯水池の堆砂量の算定方法には、

- ①同一水系ないしは近傍の実績の比堆砂量（単位面積当りの堆砂量）
- ②貯水池上流端河道における貯水池流入量の土砂の混入率
- ③貯水池上流端河道での流砂モデルによる流砂量や集水域の土砂動態モデルによる流砂量の算定
- ④流域の地形、地質、植生などの関係因子からなる推定式

などがある。このうち、多くの場合①による方法が採用され、③、④の方法などで求めた値を参考値として比較検討される。しかしながら、堆砂量は後述するように年（洪水の規模）によって大きく異なるので、採用した対象期間によって年平均値も大きく異なることとなる。

天竜川水系には建設省の直轄ダムとして三峰川に美和ダムが昭和34年に、小渋川に小渋ダムが同45年完成し、それぞれ堆砂量に関する資料が蓄積されていることから、この資料の整理・分析によって堆砂量と降雨・流量との関係について検討する。

堆砂量を支配する要因には、流域特性（地形、地質、地被）と水文特性（降雨、流量）があるが、両ダム流域とも図-1、2に示すようによく似た流域特性を持っているので、ここでは水文特性を対象に検討を進める。

3. 美和ダム・小渋ダムの概要

天竜川流域は図-1に示すように我が国の中央部に南北に羽毛状に広がっている。流域の両翼には東に赤石山脈、西に木曽山脈があり、いずれもその主稜は3,000m級の高峰で、地形は急峻である。

美和ダムは仙丈ヶ岳（3,033m）に源を発する左支川三峰川に建設された電力式コンクリートの多目的ダムであり、小渋ダムは赤石岳（3,120m）に源とする左支川小渋川に建設されたアーチ式コンクリートの多目的ダムである。

両ダムが建設されている伊那谷の中央部を拡大して示したのが図-2である。美和ダムの建設されている三峰川と小渋ダムの建設されている小渋川は、いずれも幹川が中央構造線に沿って南北に流れている。両流域には中央構造線の他にも列島形成期の大きな構造線が南北に平行に延び、地質構造を支配するとともに、地質の脆弱化の主要な原因となっている。地形の急峻さと相まって脆弱な地質構造は流出土砂を多いものとし、両ダムの年平均堆砂

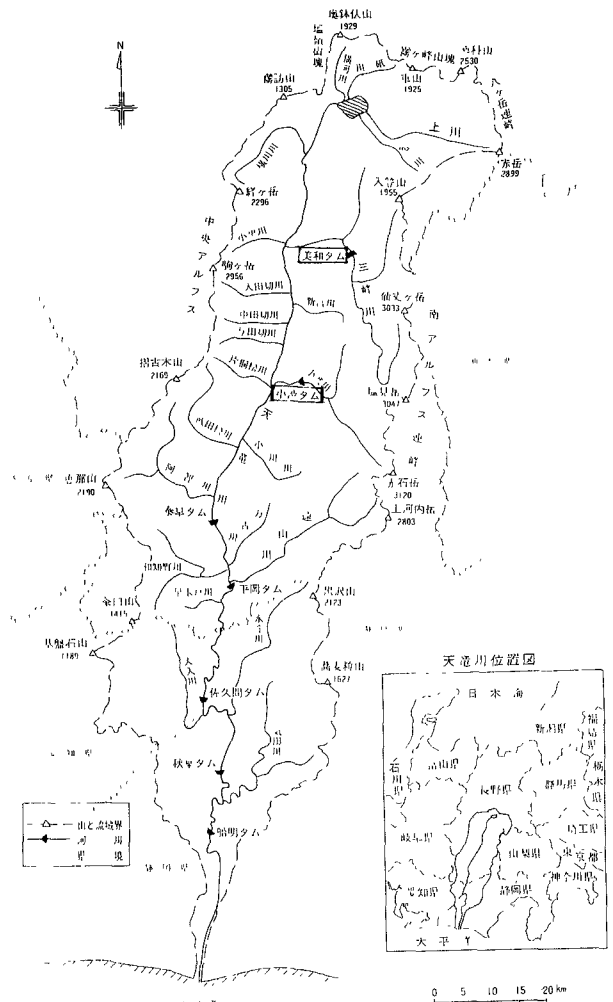
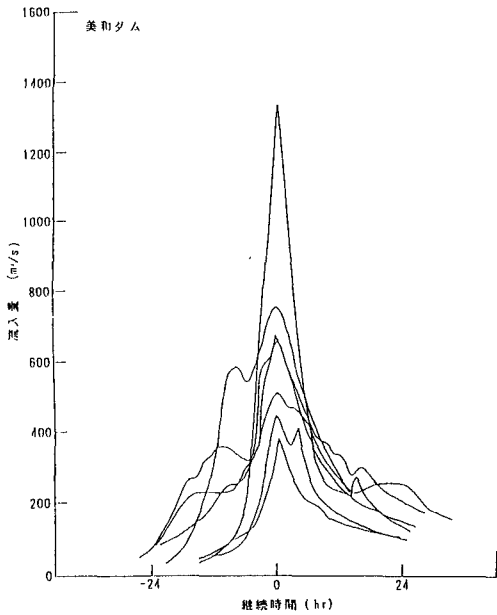


図-1 天竜川流域図

表-1 ダム及び貯水池の諸元

	美和ダム	小渋ダム
形 式	重力式コンクリート	アーチ式コンクリート
堤 高	69.1m	105.0m
堤 長	367.5m	293.3m
堤 頂 標 高	E.L 817.6m	E.L620.0m
集 水 面 積	311.1km ²	288.0km ²
湛 水 面 積	1.79km ²	1.67km ²
総貯水容量	29,952千m ³	58,000千m ³
有効貯水容量	20,745千m ³	37,100千m ³
計画高水量	1,200m ³ /s	1,500m ³ /s
計画放流量	500m ³ /s	500m ³ /s
現 堆 砂 量	14,353千m ³	12,685千m ³



(a) 美和ダム

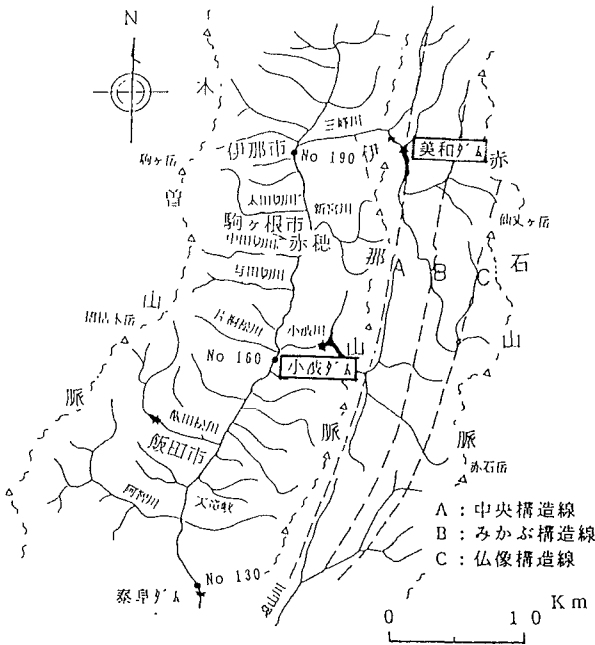
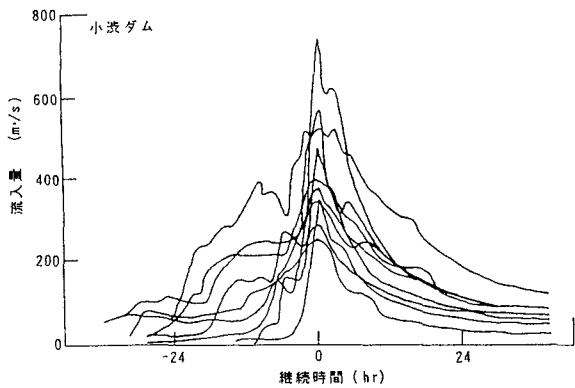


図-2 伊那谷中央部



(b) 小渋ダム

図-3 美和・小渋ダム貯水池への洪水の流入波形

量は50万m³から70万m³と膨大な量となっている。両ダムおよび貯水池の概要を示すと表-1のとおりである。

図-3は、美和、小渋ダムの完成後、両ダムが経験した主要洪水の洪水波形を、ピーク流量の発生時刻を一致させて重ね合わせたものである。この図より両ダム貯水池に流入する洪水特性を整理すると次のとおりとなる。

- ①洪水の支配時間（継続時間）は24時間程度
- ②洪水波形は美和ダムの方が鋭く立ち上がっており、降雨の集中度が高いことが推定される
- ③洪水流出（一次流出）は150～200m³/s以上

そこで、ここでは洪水の支配時間を24時間として、24時間雨量と洪水流量との関係を見たのが図-4、図-5である。図-4は、縦軸に洪水のピーク流量をそれぞれのダムの流域面積で除した比流量を、横軸に24時間雨量をとってピーク流量との相関を表している。図-5は150m³/s以上の流量を洪水流出量とみて、洪水流出量

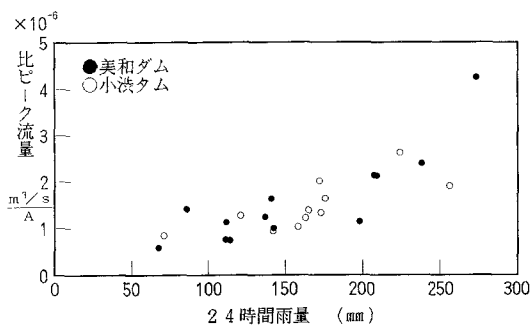


図-4 24時間雨量と比ピーク流量の関係

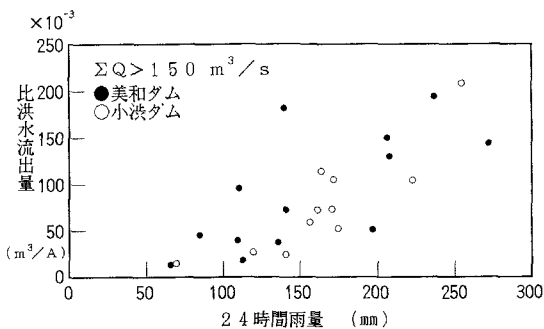


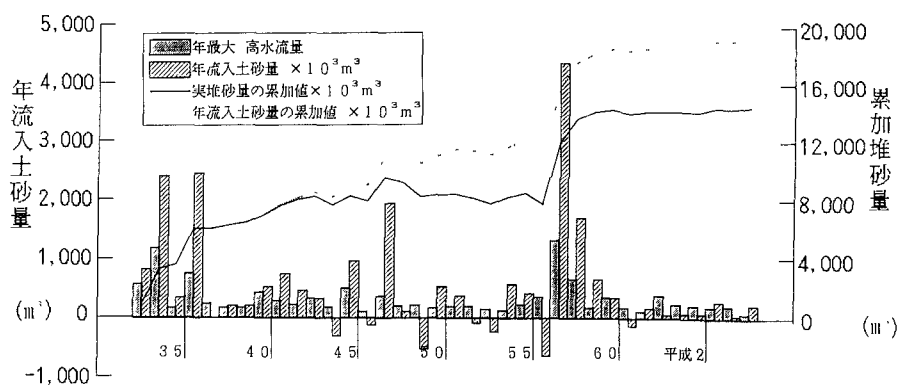
図-5 24時間雨量と比洪水流出量の関係

($\Sigma Q > 150 \text{ m}^3/\text{s}$) と24時間雨量の相関をみている。これらより、ピーク流量の方が相関が高いことがわかる。

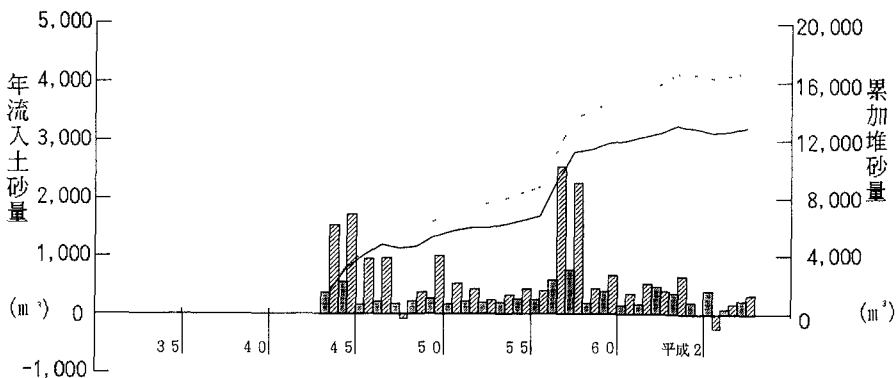
4. 検討結果と考察

4.1 美和、小渋ダム貯水池の堆砂の実態

図-6に、ダム完成後の堆砂量の経年変化を示す。各年の流入土砂量と年最大洪水流量を棒グラフで、累計の堆砂量を実線の折線で示している。また、破線は掘削量も含めた貯水池への流入土砂量の累計である。両



(a) 美和ダム



(b) 小渋ダム

図-6 美和・小渋ダムの堆砂量の推移

ダムとも①ダム完成直後は堆砂が急速に進行し、②大きな洪水のあった年には200～300万 m^3 （57年の美和ダムは400万 m^3 ）の土砂が堆積し、③既に美和ダムでは1,400万 m^3 、小渋ダムでは1,250万 m^3 程の堆砂量に達しており、④年平均の堆砂量は小渋ダムの方が若干大きいことがわかる。

図-7は、小渋ダム貯水池の堆砂形状の変化を縦断的に示したものであり、併せてボーリング調査から得られた堆積土の土質分布を示している。堆砂形状は低水位付近をデルタの先端として下流に向かって逐次成長し、土質区分はこのデルタの先端付近から上流には礫質土が、堤体前面のDensity current bedと呼ばれる水平の部分には、シルトや粘土層が、その中間に砂質土が堆積している。この堆積形状と土質区分から、現在の美和、小渋ダムの堆積土に占めるシルトや粘土層の割合を推定すると表-2のとおりとなり、シルトや粘土の占める割合が高いことがわかる。

4.2 水理量との相関

4.1で示した図-6より、実堆砂量はその年のピーク流量と相関が高いと推測されるため、堆砂量とピーク流量の関係を整理したのが図-8である。ここで、縦軸は年堆砂量、横軸はその年に発生した最大洪水のピーク流量である。また、図中の実線は堆砂量と流量との関係を示した回帰式であり、それぞれ直線で近似した場合と指数関数（流量の2乗）で近似した場合を示している。

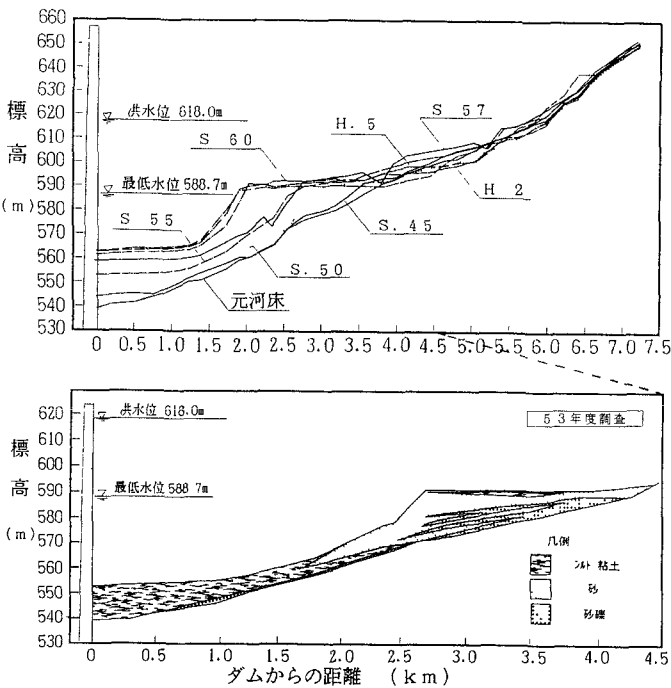


図-7 小渋ダム貯水池の堆砂形状と堆積土の粒度

表-2 堆積土に占めるシルト・粘土層の割合（平成5年現在）

ダム名	全堆砂量*1 $\times 10^3 \text{ m}^3$	シルト・粘土分 $\times 10^3 \text{ m}^3$	割合 (%)	備考
美和	14,356	6,974	49	L<2.2km H<790m
小渋	13,740	5,646	41	L<2.0km H<565m

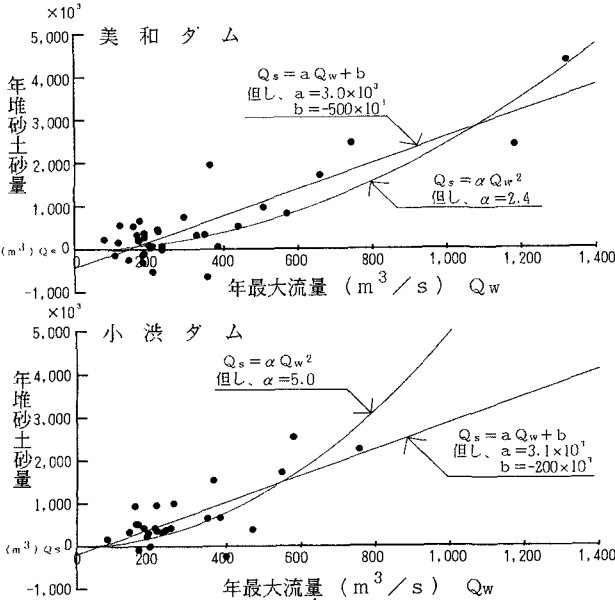


図-8 堆砂量と年最大流量との関係

ここで、近似式を

$$Q_s = a Q_w + b$$

$$Q_s = \alpha Q_w^\beta$$

とおくと両ダムの a、b、α、β は表-3の通りとなる。
またこの式の適用限界は図-8からも推定されるようにピーク流量150m³/s以上である。

表-3 近似式の諸係数

ダム名	a (×10 ³)	b (×10 ³)	α	β
美 和	3.0	-500	2.4	2.0
小 渋	3.1	-200	5.0	2.0

5. まとめ

以上、ダム貯水池の堆砂量を降雨・流量で表現することを試みた。

その結果、堆砂量は洪水ピーク流量と相関の高いことが明らかとなり、美和、小渋両ダムで見える限り、洪水のピーク流量は洪水の流出時間に相当する雨量との相関の高いことも明らかとなった。したがって、これらのことから堆砂量は洪水の流出時間雨量で表現することの可能性が明らかになったので、図-9には一般

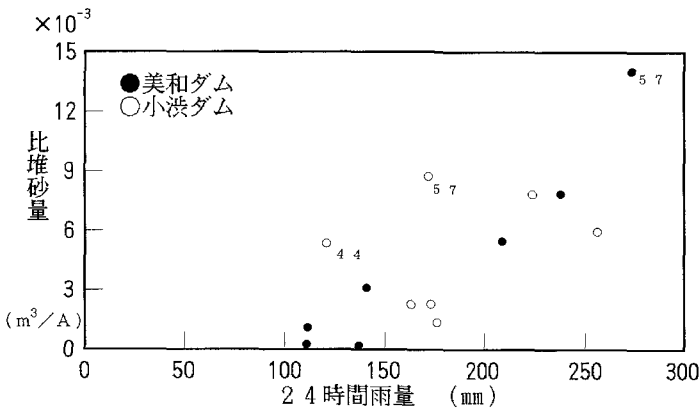


図-9 比堆砂量と24時間雨量

性を持たせるために、縦軸には年堆砂量を集水面積で除した比堆砂量を取り、横軸には洪水の流出時間に相当する24時間雨量をとって、比堆砂量と24時間雨量の関係を示した。図中の一部には年号（昭和）を合わせて示しているが、比堆砂量と洪水の流出時間に相当する雨量との相関がかなり高いことが明らかになった。

雨量の観測期間は長く、資料も整備されているので、堆砂量を雨量で表現することが可能となれば、ダム計画の計画雨量に対する堆砂量や、それぞれの確率雨量に対する堆砂量を算定することもでき、ダム貯水池の堆砂計画や堆砂対策に対して有効な手段となる。

美和、小渋の両ダムの流域は近隣し、いずれも南アルプスの高峰を水源に持ち、流域の中央部を中央構造線が南北に縦断している。地形、地質構造はよく類似しているとともに、洪水調節を主体とした多目的ダムで、貯水池の運用もよく類似している。

今後は他ダムの資料を集め、流域特性（地形、地質、地被）も含めて検討を行い、一般性の高い堆砂量の推定手法の提案へと結びつけたい。

参考文献

田中治雄；わが国における貯水池の埋没に関する応用地学的研究、電力中央研究所技術研究報告、土木57011、1957
石外 宏；貯水池の堆砂土砂量について、発電水力、86、1967
江崎一博；貯水池の堆砂量の予測に関する研究、土木学会論文報告集、第262号、1977
吉良八郎；貯水池の堆砂問題、水工学シリーズ74-A-5、土木学会水理委員会、1974