

天竜川水系の貯水池の堆砂軽減対策

Sedimentation-control for Reservoirs in The TENRYU RIVER

国土庁 正員 高 秀 秀 信
建中部 畑 中 博 文
〃 正員 九津見 生 哲

1. はじめに

天竜川はその源をホオツサマグナと呼ばれる地溝帯に噴き出した八ヶ岳連峯の主峯赤石岳に発し、一担諏訪盆地の水をすべて諏訪湖に集め、ここより天竜川と命名され伊那谷を南流する。伊那谷の辰野町から遠州平野の扇頭部鹿島にかかる延長約180kmの区間で、南及び中央アルプスに発する大小の支川を集めながら、広大な伊那盆地と天竜峽と呼ばれる山間峡谷を流れ、更に遠州平野の中央部を貫流して遠州灘に注ぐ流域面積5,090km²、幹川流域延長213kmの一級河川である。

図-1に見られるように、流域の中央部を中央構造線が縦断し、しかもこれと平行に仏像構造線・みかぶ構造線など日本列島形成期の大断層が何本も走っており、地質構造は複雑でしかも脆弱である。このため洪水の度ごとに運ばれる流出土砂は多く、洪水の処理とともにこの土砂対策が必要となっている。

また、天竜川はその急流を利用して古くより水力発電が盛んで現在までに治水ダムを含め、貯水量100万m³以上のダムが12基設置されている。

これらのダムにおいても流入土砂対策が必要で、すでに一部のダムにおいては堆砂の骨材化事業と平行して貯水池の保全対策がはかられ、将来への展望が期待されている。

本文では貯水池の堆砂実績から天竜川の土砂流出機構を検討するとともに、成功の気ざしのみえはじめた排砂事業例を紹介し今後の参考としたい。

2. 貯水池の堆砂の実態

(1) 全国の推移

わが国のダム貯水池の堆砂量及び排砂量の実績を見ると表-1のようになっている。総貯水量100万m³以上のダム425ヶ所について、その堆砂と排砂の状況を見たものであるが全国的に堆砂が急激に進行している。一方排砂は87ヶ所のダムで行なわれ、年間の排砂量は400万m³程度で年間の堆砂量の4,500万m³に比べ、その1/10程度が排砂されていることになる。

425ヶ所のダムの総貯水量の合計は132億m³で1ダム当りの平均値は310万m³である。これに対して堆砂量の合計は8.2億m³で堆砂率は総貯水量の6.3%に達している。このなかにあって群を抜いているのが中部地方の各ダムで、一基当りの平均堆砂量は30万m³を越えている。

表-2は中部地方の各水系のダム貯水池の堆砂状況を見たものである。堆砂率の高いのは大井川・天竜川・揖斐川水系に設置されているダムである。ダムの大小、設置後の経過年数なども関係してこようが、一基当りのダム堆砂量を見ると1,500万m³と他の水系のダムに比べ非常に大きな値となっている。

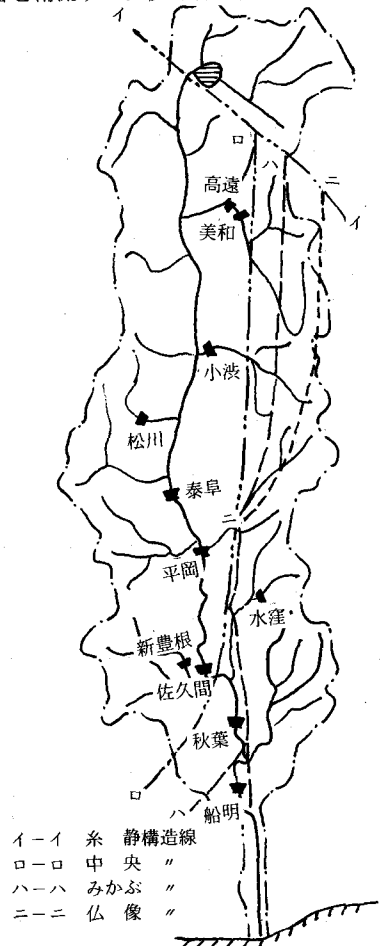


図-1 流域概要図

(2) 天竜川水系のダム貯水池の堆砂量

表-1 全国のダム貯水池の堆砂と排砂実績

天竜川水系には昭和11年に設置された泰阜ダムをはじめとして、大ダムの大型機械施工の契機となった佐久間ダムなど表-3に見られる10ヶ所のハイダムが造られている。ダムはこの他にも釜口水門・大久保・南方・船明ダムなど本支川に数多くあるが、これらはいずれもゲート式のダムなのでここでは割愛した。10ヶ所のダムの総貯水量の合計は5億9,590万 m^3 で、このうち堆砂量は1億5,860万 m^3 となっており堆砂率は2.7%である。

地方名	ダム数	総貯水容量 ($10^3 m^3$)	堆 砂 量 ($10^3 m^3$)			全堆砂率 (%)	年堆砂量 ($10^3 m^3$ /年)	1ダム当りの年堆砂量 ($10^3 m^3$)	年排砂量 ($10^3 m^3$ /年)	件数 (所)
			有効容量内	死水容量内	合 計					
北海道	39	1,349	12	40	52	3.9	3.10	79.5	66	3
東 北	38	980	13	31	44	4.5	2.54	66.8	155	5
関 東	36	1,173	19	16	35	3.0	2.02	54.6	134	5
北 陸	73	3,079	43	127	170	5.5	8.07	110.5	886	25
中 部	55	1,784	114	208	322	18.0	16.88	306.9	1,944	23
近 畿	38	1,553	19	37	56	3.6	4.25	114.9	78	8
中 国	47	1,033	7	9	16	1.5	0.91	19.4	127	6
四 国	37	965	36	24	60	6.3	4.23	114.3	67	4
九 州	62	1,284	29	41	70	5.5	3.54	57.1	266	8
全 国	425	13,199	292	533	825	6.3	45.54	107.2	3,723	87

(堆砂量は52年度調査・排砂量は49年実績である。)

表-2 中部地方の各水系のダム堆砂量

水系名	ダム数 (ヶ所)	ダムの総貯水容量 ($\times 10^6 m^3$)	堆 砂 量 ($\times 10^6 m^3$)	堆 砂 率 (%)	最近10ヶ間の搬出量 ($\times 10^3 m^3$)
大井川	12	288.5	63.3	22.0	341
天竜川	10	595.9	158.6	26.6	7,696
矢作川	5	117.4	6.7	5.7	734
木曽川	24	570.2	33.3	5.8	7,284
揖斐川	5	52.4	16.7	31.9	675
宮 川	3	83.7	2.5	3.0	0

表-3 天竜川水系に設置されているダムと比流砂量

ダム名	形 式	竣工年月	目 的	集水面積	ダム高	総貯水容量	堆 砂 量	比流砂量	元の床こう配	流域こう配	山地面積率
美 和	重カコ	S 34.11	F.P.N	$311.1 km^2$	69.1 m	$\times 10^3 m^3$ 29,952	$\times 10^3 m^3$ 8,454	m^3/km^2 /年 1,850	1/86	1/16	96.8%
高 遠	"	34. 3	P	(66.3) 377.4	30.9	2,310	410	—	—	—	—
小 沢	アーチ	44. 6	F.P.A	288.0	105.0	58,000	6,377	2,500	1/64	1/9	98.5
松 川	重カコ	50. 3	F.N.W	60.0	84.3	7,400	590	1,750	1/22	1/9	94.5
泰 阜	"	11. 1	P	(2,254.6) 2,980.0	50.0	10,761	9,099	400	1/269	1/21	91.6
平 岡	"	27. 1	P	(2,924.6) 3,650.0	62.5	42,425	38,213	820	1/270	1/25	92.9
佐久間	"	31. 1	P	(3,009.6) 3,827.0	155.5	326,848	76,294	960	1/250	1/34	93.0
新豊根	コアドームアーチ	48. 8	F . P	136.0	116.5	53,500	1,570	1,550	1/71	1/17	97.5
水 窪	ロックフィル	44. 6	P	—	105.0	29,981	3,075	—	—	—	—
秋 葉	重カコ	33. 7	P	(663) 4,490	89.0	34,703	14,245	1,000	1/406	1/39	93.9

(集水面積の()内は上流ダム流域を除いた値)

また、貯水池が満砂となった時点および上流の集水面積などを考慮して各ダム地点における比流砂量を表-3中に示した。比流砂量は流域の地形、地質状況や植生などによっても変るものであろうが、支川流域においては1,500~2,500 m^3/km^2 /年、本川流域で1,000 m^3/km^2 /年のオーダーと見る事ができる。今後更に詳細な検討を必要とするが、本川筋においては年間1,000 m^3/km^2 当りの土砂が移動し、支川筋においては2,000 m^3/km 当りの土砂が移動しているものと推測される。

図-2は各ダムの完成年度、累計堆砂量をみたものである。昭和11年に完成した泰阜ダムは15.16年頃にはすでに満砂となり、30年代初めに完成した佐久間・秋葉・美和ダム等によって堆砂量は急激に増大し、その後小渋・水窪ダム等が完成したが、40年以降は毎年 ± 370 万 m^3 づつの堆砂が進行している。

貯水池からの排砂は40年頃より始められ、現在までに約1,000万 m^3 が排砂され、現在毎年90万 m^3 が採取されている。

図-3は佐久間ダムの年堆砂量と年最大流量（日平均流量）を示したものである。年堆砂量は土砂移動に關与する流量の累計値との相関にあるのであろうが、詳細な検討は今後の課題として最大流量との関係を見ると図-4のようになる。

(3) 貯水池の形態と堆砂形状

貯水池の形態によって貯水池の堆砂形状や粒度構成にきわだった特徴を見せている。図-5は本川筋に設けられている中規模の調整池式のダムと、洪水調節を行なっている貯水池式のダムの堆砂形状と堆積土の粒度構成を示している。

(A)ダムでは、洪水時にクレストゲートが全開され流入量が即く放流され、しかも貯水池の幅もほぼ一様のため、堆砂形状は元河床に平行的に上昇し満砂に達する。未満砂の場合には粒径のフルイ分け作用もあったものと推定されるが、現在の堆積土は貯水池全域にわたりほとんど同じ粒度構成となっている。これに比べ(B)ダムでは洪水調節のための低水位を扇端とする舌状のデルタが下流へ向って平行的に前進する。これらの現象をとりまとめて列記すると次のようになる。

① 調整池型のダム

ムにおける堆砂は貯水池の形状にもよるが、元河床に平行に堆砂する。これに比べ貯水池型のダムにおいては洪水調節のための低水位付近を扇端とするデルタが舌状に下流側に前進する。

② 貯水池の堆砂

が進行し、満砂状態が近づくと、貯水池末端のい

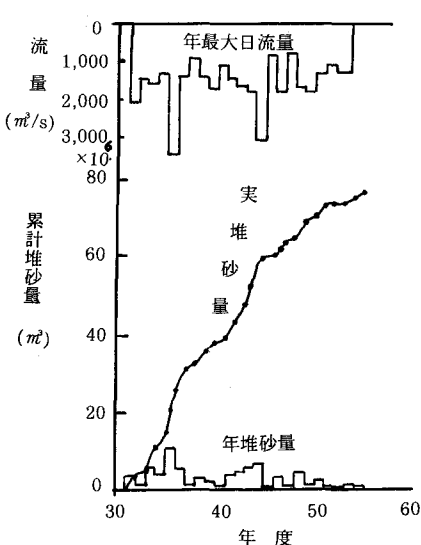


図-3 佐久間ダムの累加堆積土砂

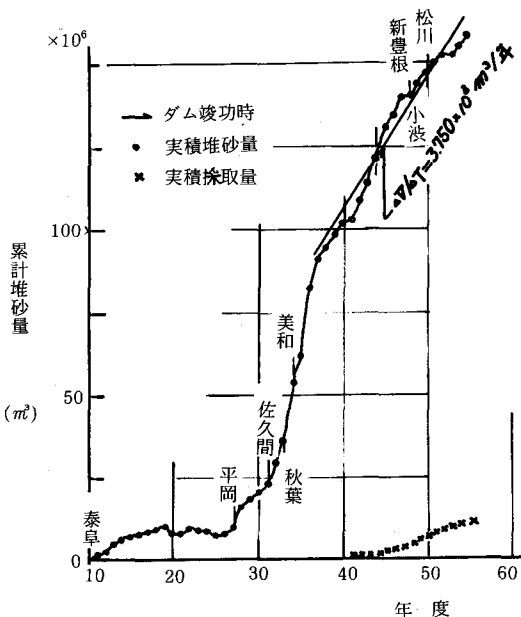


図-2 堆砂量の経年変化

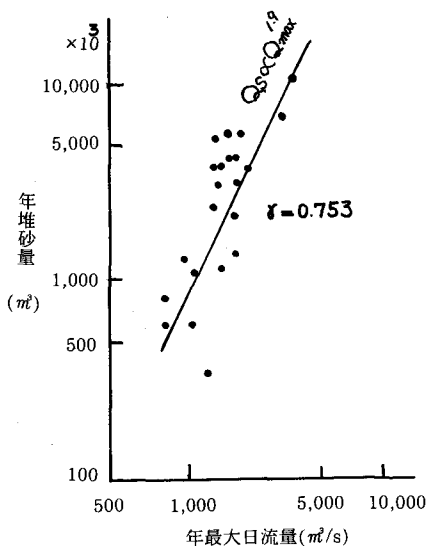


図-4 堆砂量と最大流量相関

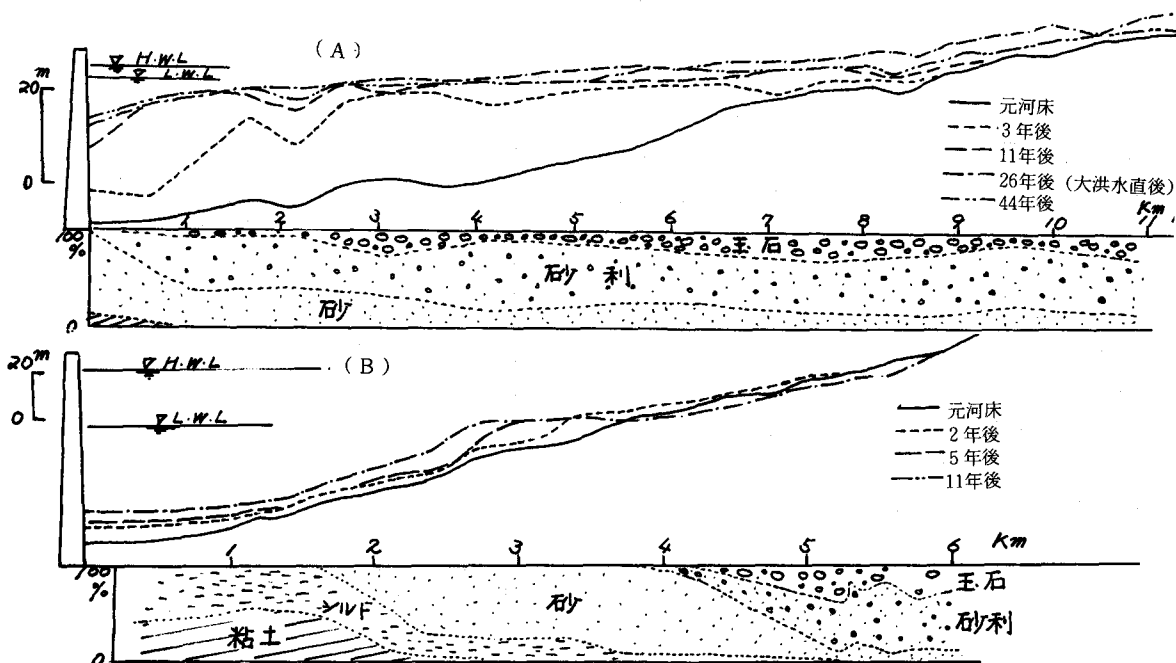


図-5 貯水池型態と堆砂形状

いわゆる Back - Sand の進長となる。

- ③ 又、満砂状態になると土砂調節機能を発揮し大洪水時には堆砂の縦断こう配は急となる。その後下流側のダム本体近くの河床が低下するにつれて徐々に上流側の土砂が下流へ移行する。
- ④ 堆積土砂の粒度構成をみると、満砂した調整池型のダムにおいては貯水池末端からダム本体近くにかけてほぼ一様な分布となる。
- ⑤ 貯水池型のダムにおいては、土砂のフルイ分け作用が行なわれ貯水池末端程大きな粒径の土砂が堆積し、下流に向う程細砂となる。
- ⑥ 特にデルタ先端を境としてそれより下流側はほとんどがシルトないしはそれ以下のヘドロ等の細粒分となる。

このことから推察して調整池型のダムにおいては、浮遊砂やWagh-Loard はほとんどたまることなく下

流へ洪水とともに流され、中小洪水によって沈澱したこれらの成分も大洪水時に洗い流されているようである。

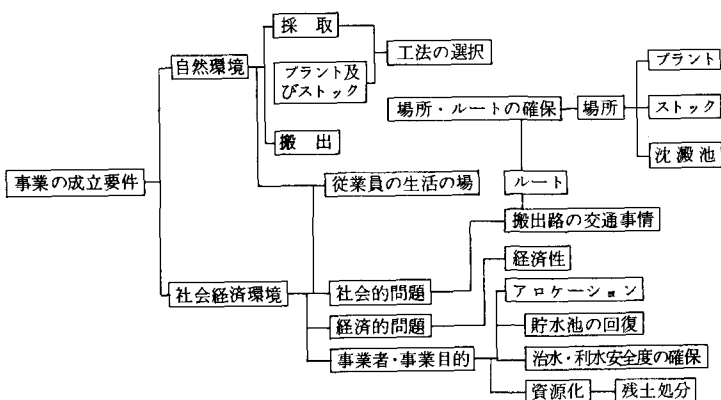


図-6 事業の成立要件

3. 堆積砂利の排除と貯水池の保全対策

以上述べてきたように、貯水池における多量の土砂の堆積は年々進行し、貯水機能の低下とともに貯水池末端の Back-Sand の影響、さらには下流河道の河床低下、局所

洗掘の増大、海岸侵食等と結びついている。水系全体の土砂環境の変化やそれぞれの因果関係は、今後更に詳細な検討を必要とするが、貯水池の堆砂対策は焦眉の急である。

このため、建設省ではその直轄ダムである美和・小渋ダムにおいて、堆砂砂利の骨材化事業を通じて貯水池保全対策を行なっている。

(1) 事業の成立要件

貯水池の堆砂砂利の排除のための事業の成立要件を整理してみると図-6 ようになる。一つは自然環境からみた成立要件で、多くのダムが山間峡谷部に設置していることから、貯水池への到達利便性や貯水池周辺でのプラントやストックヤードの確保の可能性である。他の一つは社会・経済性に関する課題で、事業目的や施行主体 経済性やアロケーションなどである。

(2) 美和ダムのサンドポンプによる排砂と骨材化

美和ダム貯水池の堆砂は昭和47年には計画堆砂量の140%にも達し、有効容量の減少による治水・利水機能の低下が懸念されるに至り、排砂による貯水機能の回復が急務となった。この為従前より行なわれていた貯水池末端の低水時の陸堀りによる骨材採取に加えて、幾多の試行錯誤の結果近年に至りようやくサンドポンプによる採取が連続的に行なわれるようになり、骨材の採取事業と貯水池保全が進められている。成功の見通しの立つに至った主要な事項をあげると以下ようになる。

- ① 堆砂砂利の採取・骨材化工程に対して精力的な努力が重ねられ各種の技術開発が行なわれた。
- ② 骨材プラント、濁水沈澱池等の用地が貯水池内及びその近傍に確保することができた。
- ③ 主要な消費地の近傍にストックヤードの確保ができ、採取地からストックヤードまでの輸送専用道路が整備され、又、沿道住民の理解が得られた。
- ④ 砂利採取事業として経済的に成り立つようになった。

特筆すべきことは①の技術開発である。堆砂砂利の中には洪水時に流れてきた沈木や玉石が混入しており、しばしば吸い込み口や排砂管の目づまりを起し、稼動時間の短縮や能率の低下となった。18回にもおよぶ吸い込み口の改良によって、現在のバスケット型カッターが開発された。カッターの原理は図からも推定されるように、カッタープレートで堆積土を掘削するとともに沈木を削り取り、カッター内部に導びかれる。カッター内部には見掛け上逆向きとなる固定羽根がとりつけられており、吸い込まれた土砂は一ヶ所に集中することなくカッター内部を攪乱しながら流走し木片、玉石などはバスケット後方に設けられた排出口より排出され、残りがストレーナによって吸い込まれる。

しかしながらこのバスケットカッターのみでは木片を完全に分離することはできず、次の課題として砂利と木片の分離が必要となり、この対策としては土砂と木片の比重を利用して分離するグラベルスクリーンなる装置が開発された。水槽内で逆流する巡環流を起こしその中に土砂を落下させるとこの流水と比重差によって木片と土砂が分離される。

(3) 小渋ダムの貯砂ダムにする流入土砂の低減

貯水池の堆砂対策としては美和ダムの例のように貯水池内に堆砂した土砂を陸上掘削やサンドポンプなどによって排砂する方法と、貯水池内に流入する土砂を少なくする方法とが考えられる。流入土砂を少なくする方法には、土砂の生産域の治山や砂防事業、貯水池末端からの排砂管による土砂バイパスなどが考えられるが、小渋ダムにおいては貯水池末端に流入土砂を扞止する貯砂ダムを設け、この貯砂ダムより土砂を排除

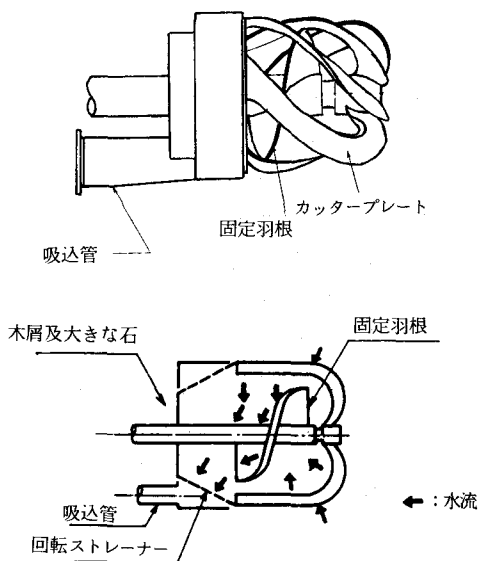


図-7 バスケットカッターの原理

することによって貯水池への流入土砂の低減を図っている。

表－４ 貯砂ダムからの排砂実績

($\times 10^3 m$)

小渋ダムはダム完成の昭和43年から現在まで年平均60万 m^3 の堆砂があり、これに採取量を加えると約76万 m^3 の土砂が貯水池に流入した。これは計画堆砂量の約2倍でこれを半減する目的で貯砂ダムを設け排砂することを計画した。貯砂ダムの効用としては、一般に次のことが考えられる。

年 度	全体流入 土砂量(A)	採 取 量			ダム貯水 池流入量	C/B	C/A
		全体(B)	貯砂ダム (C)	ダム貯水 池 (D)			
計画値	760	400	380	20	360	0.95	0.50
53	228	239	116	123	—11	0.48	0.50
54	311	71	65	6	240	0.92	0.21
55	422	164	130	33	258	0.75	0.31
平 均	320	158	104	54	162	0.65	0.32

- ① 貯砂ダムを貯水池上流末端に設けるため、堆積土砂を狭い区間で集中的に陸上掘削・搬出することができるため経済的である。
- ② ダム貯水池の水位低下による堆積土砂移動がなくなり、流水の土砂引きずりによる貯水池汚水現象が軽減される。
- ③ 貯砂ダムから採取された土砂は比較的粗粒で品質的に良好である。しかも採取土は脱水が計られている。

また、貯砂ダムの位置や規模の決定にあたっては、具体的に④貯砂ダムの土砂扞止量は年間流入土砂量の半分の40万 m^3 とし、貯砂容量は採取可能量から見て短期間に排砂可能な規模とする。⑤設置ヶ所及び高さは上流の家屋・耕地・発電施設に影響の与えない範囲とする。⑥年間の貯水位から見て出水期にも排砂が可能で発電その他ダム貯水池の利用に与える悪影響を最小限度に留めること。等を基本事項とし、更に月別の流出土砂パターン・掘削可能量を加案し年2～3回のローテーションを考えて貯砂容量15万 m^3 を決定した。

貯砂ダム本体は52年単年度で完成し、53年3月以後供用されている。

表－4は53～55年の3ヶ年の流入土砂量・採取量の実績を集計したものである。全流入土砂量は過去10年間の平均76万 m^3 と異なり、大きな出水もなく平均32万 m^3 と半分以下であった。また、貯砂ダム及び貯水池より採取された量も、3ヶ年の骨材需要の影響も受けてこれも半減している。

しかしながら、初期の目的であるダム貯水池への流入土砂を40万 m^3 以下に収める役目は十分にはたしていることが知れる。また貯水ダムに堆積した割合は、全流入土砂量に対して20～50%であるが、採取割合は50～90%と高く、砂利採取という面から見ると非常に役立ており、今後は如何に効率よく貯砂ダムで流入土砂を扞止するか、また採取のローテーションをどうするかが課題である。

4. あとがき

全国各地で貯水池の堆砂による貯水機能低下や貯水池末端のBack-Sandの影響等諸々の問題が提起されてきており、また一方では、補給土砂量の減少による河床低下のため各種用水の取水困難、護岸等の被災、骨材採取の制限、禁止等も行われてきた。

このため上流から下流まで、水系を一貫して体系だった、全体の土砂流下現象の解析が適正な土砂配分計画に必要であり、河川行政上も要望されている。この小報文は筆者達が職務上関係した天竜川水系の土砂流出や貯水池堆砂の実態についてふれ、堆砂対策についてその将来展望をこゝろみたものであるが、体系だった解析にはふみこめなかった。

天竜川上流部においては、昭和36年の大出水後小渋ダム等も完成し、美和ダムを含めて堆砂、さらには河床変動の資料もまとまりつゝあり、中・下流部及び海岸部の資料の整理をまって水系全体の土砂環境の変化、今後の土砂管理のあり方等更につこんだ報告を考えているので関係者のご指導をお願いする。

本報文のとりまとめにあたっては、建設省中部地方建設局・天竜川上流 浜松工事事務所、天竜川ダム総合管理事務所及び企画部、河川部の関係の諸兄に資料収集や整理で援助を得た。また中部電力、電源開発株式会社の資料を使わせていただいたことについて深く感謝申し上げる。