

ダム計画と堆砂(その1)

——堆砂問題の重要性——

吉 良 八 郎*

I. はじめに

30年前話題を呼んだ故中谷吉郎博士の論説「ダムの埋没——これは日本の埋没にも成り得る」¹⁾は、省エネルギー時代を迎えた現在、ダム工学の分野に警鐘を鳴らし、多くの教訓・示唆を含んでいることに驚かされる。最近ようやく、新聞、雑誌、テレビなどを通じて、この種のダム堆砂問題が広く社会問題の一つとして取上げられるようになってきており、他方、ダムの建設分野においては建設省サイドで貯水池保全事業が予算化され、また農林水産省サイドでも河川管理施設等構造令に伴う土地改良事業計画設計基準(設計ダム)の改訂に際して、ダムの設計堆砂量や堆砂分布形状の予測、または堆砂対策などの諸事項が新たに加えられるに至っている。

この種のダム堆砂問題は、もちろん近年始まったものでなく、古くは約5,000年前築造されたといわれるエジプトの遺跡ダムにおける堆砂実績の例(Sadd el-Kafaraダム遺跡)²⁾を初めとして、近代的なダムの建設歴史とともに山積してきており、古くかつ新しい問題として緊急性がきわめて高い。

わが国には、水文・地形則の関係もあり、有史以来稲作農業を対象にした人工貯水池の築造が多く、その数は全国で約29万箇所にあふぶものと推定されており、これらのうち約97%は小規模な灌漑用溜池群である。他方、堤高15m以上の大ダム数は約2,000余カ所を数え、国際的にみても、米国に次ぐ大ダム保有国になっており、このうち約70%近くが多目的を含めた農業用大ダムである。このような実状からみてわが国の農業土木技術者こそ、この種のダム堆砂問題を深刻に受け止める必要があることを痛感する。また、これら大ダム群は平均して年々約1%の貯水能が堆砂により減少しつつあり、とくに最近では、背砂上昇に伴う洪水災害の危険性が、社会問題としてダム計画の前途に大きな課題になってきている。

このような観点から、まず今回はわが国における貯水ダム堆砂問題の重要性について解説し、続いてダムの堆

砂支配因子を挙げ、ダム建設に伴う河床変動の予測法について解説、最終回には、堆砂進行に伴う諸障害に対し、貯水機能の回復や2次的災害の危険性軽減を目的としたダムの堆砂防除対策について述べる予定である。

II. 河川環境の変化と土砂収支

近年、経済社会の高度な発展と人口・産業の都市への集中に伴って水の需要が著しく増加してきている。これに伴って水資源の有限性、人類の生活・経済に不可欠である水の重要さ、または水資源開発の重要性が再認識され、必要な量的な確保と質的な保全が重要課題の一つとして提起されてきている。この水の資源的な意義の高まりとともに、経済的な観点からその利用と配分のあり方が問題となりつつある。

他方、自然の水循環に伴う環境の変化は、一般的には緩慢に進行するものであるが、現在の水系河川においては、自然力のみでなく、人間の開発力が加わってその進行が加速され、環境変化に起因する災害の潜在的な危険性が増大してきている。そのため、それら危険性に対する適切な防災対策がきわめて緊急を要する課題となっている。

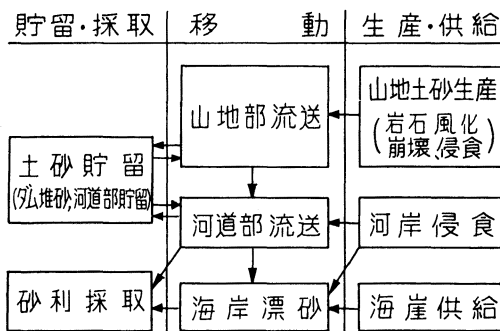
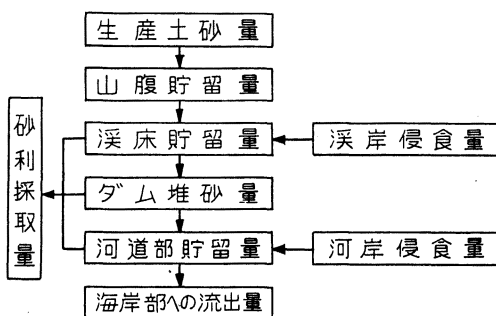
わが国の約2/3は山地であり、その生産・生活の場は河川扇状地や海岸地域に集中しているので、土砂収支の面からみると、河川流域からの土砂の流送・運搬に伴う自然環境の変化に大きく支配されている。たとえば、ダムの建設、宅地造成、観光開発など河川流域の急速な開発は、土砂の生産・流送に関する自然条件を変化させ、河床変動や海岸侵食を助長して、さらに砂利採取は、都市周辺をはじめとして全国各地で河床低下をきたし、また海岸地域の利用に伴う構造物の築造と相まって、海岸漂砂の不均衡を生じ、海岸侵食の原因となっている現状である³⁾。

このように、河川流域の開発に伴って土砂の生産・輸送・堆積に関する自然条件が大きく変化し、ダムの堆砂や河床変動、さらには海岸地形の変動が広範囲に生じてきており、この地形変動に基づいた河川環境の変化に伴って災害ポテンシャルが高まりつつある。また、その主

* 神戸大学農学部(きら はちろう)

キーワード

堆砂分布、堆砂圧、堆砂量、堆砂機構、流砂、滞積(移動床)、河床変動

図-1 土砂収支の主要素³⁾図-2 山地・河道部における土砂収支図³⁾

要因としてダムの堆砂や砂利採取などの影響が強いものとされている。この場合、ある領域における地形変動は、この領域への土砂の流入量と流出量および採取量の不均衡によって生じるものであるから、この地形変動を明らかにするためには、これらの土砂収支を山地から海岸の領域まで、一貫した立場で検討する必要がある。

このような背景のもとに、河川・海岸の全域における土砂収支の実態と、その不均衡に伴う自然環境変化の予測法を明らかにすることを目的として著者も参加して計画的な研究³⁾ が始められたが、図-1 はこの際示した海川・海岸の全域における土砂収支主要素の相互関係図である。

このような場合、地形変化を定量的に予測するためには、少なくとも土砂の収支式に基づいた考察が必要となる。図-2 は山地・河道部における土砂収支図を示したもので、ある期間における土砂の収支は、この図を参照して、(1)式で表わすことができ、またある地点を通過する土砂量をその地点における流出土砂量 Q_T と定義すると、一般に(2)式で表わされる³⁾。

$$Q_F + Q_{LE} + Q_{RE} - (Q_X + Q_{ST} + Q_S) = Q_T \quad \cdots (1)$$

$$Q_T = Q_W + Q_{BS} + Q_{BB} + Q_M \quad \cdots (2)$$

ここに、(1)式における Q_F 、 Q_{LE} および Q_{RE} はそれぞれ

崩壊、表面および海岸侵食による土砂生産量、 Q_X 、 Q_{ST} および Q_S はそれぞれ山腹貯留量（残土量）、溪床貯留量およびダム堆砂量 Q_T は考えられている区間の最下流端から流出する砂礫量である。また(2)式における Q_W 、 Q_{BS} 、 Q_{BB} および Q_M はそれぞれ wash load、浮流砂量、掃流砂量および集合運搬による土砂の輸送量である。

(1)式における各項は、時間的、空間的に変動する量であって、その変動特性の予測が、地形変化を予測する上での最も重要な課題である。生産土砂量は Q_F 、 Q_{LE} および Q_{RE} の和であり、このうち崩壊量の Q_F は、突発的であって、平均的取扱いはできないが、ある期間を取って考えると、大きな比重を占める場合が多い。表面侵食量の Q_{LE} は主として崩壊斜面または裸地斜面上の表面流によりガリー侵食に基づいたものであって、ある程度年平均的な取扱いができ、その値は侵食を受ける面積（主として崩壊面積と裸地面積）と年間侵食深の積として表わせる。また溪岸侵食量の Q_{RE} は、洪水時における溪岸の侵食によってもたらされ、大豪雨時には一般に生産土砂量の中でかなりの比率を占めるものである。次に(1)式の（ ）内は土砂の貯留量を示すもので、これには山腹貯留量（残土量の Q_X ）、溪床貯留量の Q_{ST} およびダム堆砂量の Q_S がある。一般に崩壊量 Q_F の中で、かなりの部分が山腹貯留量 Q_X として残るが、その割合は、崩壊地の地形と位置、崩壊した砂礫の粒度分布や降雨量などによりかなり相違し、かつ土砂収支の上に大きな影響を持っている。また溪床貯留量の Q_{ST} は溪床へ供給される土砂量とその溪流の持つ土砂輸送能力との差によって決まり、前者の方が多い場合には、その一部が溪床に貯留されることになり、後者が多い場合には、貯留されている砂礫は侵食され、供給土砂量に加わって流出するが、貯留量がなくなった時点において基岩が露出し、供給土砂量はそのまま流出するようになる。またダムの堆砂量 Q_S は本講座で取上げているので割愛する。

(2)式において、山地部では、流出土砂の中で wash load Q_W の占める割合が多い。ここで wash load とは、河床砂礫の粒度分布において5～10%粒径以下の粒径範囲のものをさし、ダムの堆砂量から逆算をして求める方法もある。次に浮流砂量 Q_{BS} 、掃流砂量 Q_{BB} はそれぞれ浮流砂量式および掃流砂量式により算定することができ、さらに Q_M を的確に算出するためには、集合運搬の発生条件や流砂量式が明らかにされていなければならないが、この点今後の研究にまつべき点が多い。

以上のように、山地流域の変化および流出土砂量を定量的に予測するためには、(1)式に示す土砂収支式に基づいた解析が必要となってくる。このような観点から、ダ

表-1 日本における主要貯水池の全国・地域別堆砂指標 (1971 年調) (吉良)

地域別	供試ダム	貯水容量 $C(10^8\text{m}^3)$		堆砂量 $Q_s(10^8\text{m}^3)$		堆砂率 $R_s(\%)$	年堆砂率 $r_s(\%)$	経過年数 $Y(\text{year})$	承水係数 C/F (m^3/m^2) 1971	比堆砂量 q_s ($\text{m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{year}$)	設計比 堆砂量 q_{sd} ($\text{m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{year}$)	捕捉率 $E_T(\text{m})$	起伏量 $R_f(\text{m})$	備 考
		計	平均	計	平均									
北海道	25	796,764	31,871	36,361	1,454	16.93	1.27	20.24	0.1360	323	267	70.0	560	$R_s = 100(Q_s/C)$ $r_s = R_s/Y$ $q_s = Q_s/FY$ $E_T = 100 \left\{ \frac{Q_{US}}{Q_{US} + Q_{US}} $
東北	53	2,373,233	44,778	93,023	1,755	14.42	0.97	17.24	0.1442	328	269	54.9	573	
関東	38	1,012,958	26,657	28,289	744	25.76	1.25	22.20	0.1318	360	461	58.5	707	
東海	40	1,150,208	28,755	275,442	6,886	35.91	1.80	21.06	0.0794	807	449	51.3	668	
北陸	51	1,514,150	29,689	105,319	2,065	21.67	1.32	16.49	0.1755	550	269	62.0	626	
近畿	21	956,102	45,529	27,953	1,331	10.47	0.47	12.50	0.2110	517	333	54.7	611	
中国	41	775,049	18,904	13,422	327	7.59	0.44	17.32	0.1196	149	205	60.9	400	
四国	34	551,098	16,209	39,675	1,167	15.25	1.02	15.41	0.1446	819	407	57.1	650	
九州	51	773,401	15,165	63,122	1,237	17.98	0.87	20.89	0.0852	299	244	64.1	637	
全 国	354	9,902,963		682,596										
ダム数		354	354	354	354	354	354	354	340	335	105	125	348	
全国平均			28,617		1,928	18.80	1.06	18.40	0.1312	469	442	58.1	589	

ダム計画と堆砂 (その1)

表-2 日本におけるダムの堆砂量 (比堆砂量) をもとに評価した生産・流出土砂量の全国・地域別分布 (1971 年調) (吉良)

地 域	総 面 積	山地面積*	ダム流域 面 積*	山 地 率 面 積	ダム流域面積率		比生産土砂量 q_{SY} ($\text{m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{year}$)	山地からの 年間生 産土砂量 $Q_{SY}(10^8 \text{m}^3/\text{year})$	ダム流域 からの年 間堆砂量 $Q_S(10^8 \text{m}^3/\text{year})$	下流域の 年間供給 土 砂 量 $Q_T(10^8 \text{m}^3/\text{year})$	Q_S/Q_{SY}	Q_T/Q_{SY}	備 考
	$F_1(\text{km}^2)$	$F_2(\text{km}^2)$	$F_3(\text{km}^2)$	F_2/F_1	F_3/F_1	F_3/F_2							
北 海 道	78,509	50,400	16,700	0.64	0.21	0.33	461	23,234	5,394	17,840	0.23	0.77	F_2 : 標高 100m以上の面積 $q_{SY} = q_s/E_T$ $Q_{ST} = q_{SY} \cdot F_2$ $Q_S = q_s \cdot F_3$ $Q_T = Q_{SY} - Q_S$ *: 芦田, 奥村調
東 北	66,887	40,900	27,600	0.61	0.41	0.67	597	24,417	9,053	15,364	0.37	0.63	
関 東	32,079	14,000	13,000	0.44	0.41	0.93	615	8,610	4,680	3,930	0.54	0.46	
東 海	66,602	47,600	33,300	0.71	0.50	0.70	$1,573$ 887	57,501	22,444	35,057	0.39	0.61	
北 陸													
近 畿	32,962	28,800	11,900	0.87	0.36	0.41	945	27,216	6,152	21,064	0.23	0.77	
中 国	31,678	21,100	12,200	0.67	0.39	0.58	245	5,170	1,818	3,352	0.35	0.65	
四 国	18,757	12,400	6,400	0.66	0.34	0.51	1,434	17,782	5,242	12,540	0.29	0.71	
九 州	41,335	26,400	13,500	0.64	0.33	0.51	466	12,302	4,037	8,265	0.33	0.67	
全 国	372,050	241,600	134,500					176,932	58,820	118,112			
全国平均				0.65	0.36	0.56	808				0.33	0.67	

ムの堆砂実績を基にして巨視的に解析した結果を示して
みる。

たとえば、表-1 および 表-2 は、わが国におけるダムの堆砂実績（354 個）を収集して土砂収支に関する各指標を評価し、全国・地方別にその概要を示したものである^{3,4)}。これらの表には、貯水容量 C (m^3)、堆砂量 Q_s (m^3)、経過年数 Y (年)、流域面積（総面積 F_1 、山地面積 F_2 、ダム流域面積 F_3 , km^2 ）、標高 (m) などの諸資料から、堆砂率 $R_s(\%) = 100(Q_s/C)$ 、年堆砂率 $r_s(\%) = R_s/Y$ 、比堆砂量 $q_s(\text{m}^3/\text{km}^2, \text{年}) = Q_s/FY$ 、承水係数 $C/F(\text{m}^3/\text{m}^2)$ 、捕捉率 $E_r(\%) = 100\{Q_{us}/(Q_{us} + Q_{ds})\}$ 、起伏量 R_f (m)、山地面積率 F_2/F_1 (F_2 は標高 100m 以上の山地面積 km^2 で芦田・奥野調³⁾)、ダム流域面積率 F_3/F_1 、 F_3/F_2 、比生産土砂量 $q_{sy}(\text{m}^3/\text{km}^2, \text{年}) = q_s/E_r$ 、山地からの年間生産土砂量 $Q_{sy}(\text{m}^3/\text{年}) = q_{sy} \cdot F_2$ 、ダム流域からの年間堆砂量 $Q_s(\text{m}^3/\text{年}) = q_s \cdot F_3$ 、下流への年間供給土砂量 $Q_T(\text{m}^3/\text{年}) = Q_{sy} - Q_s = q_{sy} \cdot F_2 - q_s \cdot F_3 = q_{sy}(F_2 - F_3) + F_3(q_{sy} - q_s)$ 、または Q_s/Q_{sy} 、 Q_T/Q_{sy} などの土砂収支に関連する各指標をまとめてある。

表-1 によると、全国的にみて総堆砂量は $6.83 \times 10^8 \text{m}^3$ となり、総貯水容量 $99.03 \times 10^8 \text{m}^3$ の約 6.9% に達している現状であり、個々のダムでは平均して貯水容量 $C = 2797 \times 10^4 \text{m}^3$ 、堆砂量 $Q_s = 193 \times 10^4 \text{m}^3$ 、全堆砂率 $R_s = 18.8\%$ 、年堆砂率 $r_s = 1.06\%$ 、比堆砂量 $q_s = 469 \text{m}^3/\text{km}^2, \text{年}$ 、捕捉率 $E_r = 58.1\%$ および起伏量 $R_f = 589 \text{m}$ とそれぞれ評価される。また地域的にみると、全堆砂量、全堆砂率などの指標は、東海地方が最も高く評価され、全堆砂量でみると、中部山岳地帯を含んでいる東海・北陸地方が全国の約 1/2 程度を占めている現状である。また比堆砂量は、台風常襲地帯である四国地方、次いで東海地方が最も高いが、北陸・近畿地方でも全国平均以上の値を示し、これらの地方でとくに土砂の生産・流出が顕著であることを暗示している。

次に、表-1 で評価した q_r や E_r などの堆砂指標に、流域面積 (F_1 , F_2 , F_3) を関連づけて全国・地方別に生産・流出砂量を概算推定したのが 表-2 である。その総括によると、全国的には国土総面積の約 2/3 が山地で、その約 1/2 近くがダム流域として占められていることになり、いま比生産土砂量の全国平均を $q_{sy} = 808 \text{m}^3/\text{km}^2, \text{年}$ とすると、山地面積 $24.16 \times 10^4 \text{km}^2$ から年間生産土砂量は $Q_{sy} = 1.77 \times 10^8 \text{m}^3/\text{年}$ 、さらに一時的な溪床貯留量 Q_{st} や山腹貯留量 Q_x および下流域への年間供給土砂量 Q_T を含めたものが $1.18 \times 10^8 \text{m}^3/\text{年}$ と概算推定できる。

III. わが国におけるダム堆砂の実態

わが国の年平均降水量は 1,750 mm（全面積年降水量は約 6,500 億 m^3 ）で世界平均の 730 mm からすれば水資源は一応豊富にみえる。しかし、狭い国土と人口密度が高いという点からすれば、人口一人当りの年降水量は約 6,500 m^3 で全世界平均 32,000 m^3 の約 1/5 に過ぎず、水資源は相対的にみて潤沢とはいえない。また、わが国の開発可能な河川水量は年間約 1,350 億 m^3 とされており、このうち開発済の約 660 億 m^3 を除いた限られた水資源を有効に利用するためには、ダム建設等による水源開発を待たねばならない。すなわち、取水ダムによる河川からの直接取水のみでなく、貯水ダムを築造、一時貯水して目的・需要に応じた利水または治水の用に供する必要がある。

表-3 わが国の目的別ダム数（1977年現在）⁹⁾

目 的	農業用水	都市用水	洪水調節	水力発電	多目的	計
ダ ム 数	1,271	101	93	357	238	2,060
百分率 (%)	61.7	4.9	4.5	17.3	11.6	100

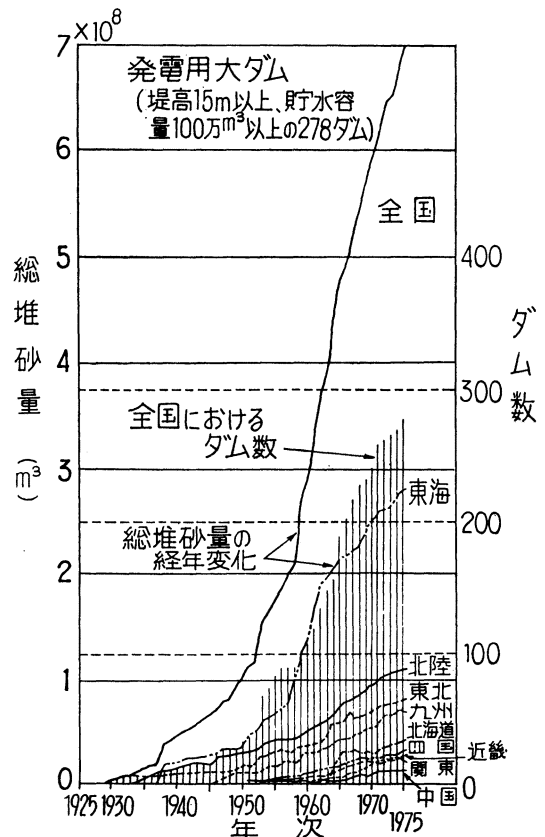
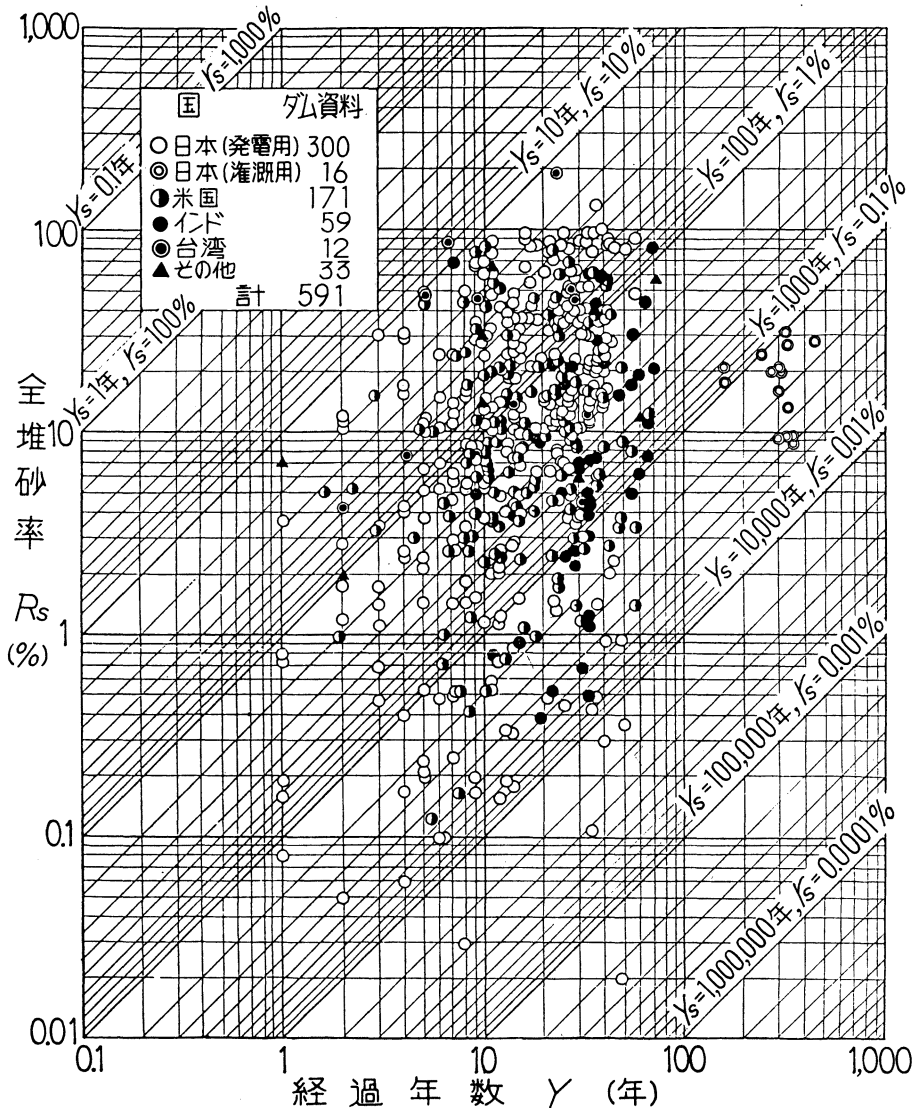


図-3 全国・地方別の総堆砂量経年変化(石川による)⁷⁾

表-4 世界主要ダム保有国におけるダム当り堆砂指標の比較 (Dendy, 吉良)^{8,9)}

国	供試ダム数	ダム当り平均貯水容量 $C(m^3)$	ダム当り平均全堆砂量 $Q_s(m^3)$	ダム当り平均全堆砂率 $R_s(\%)$	ダム当り平均年堆砂率 $r_s(\%)$	ダム当り平均比堆砂量 $q_s(m^3/km^2, 年)$	ダム当り平均経過年数 $Y(年)$	備考
日本	349	28.2×10^6	1.9×10^6	18.24	1.02	460	18.24	吉良資料 ⁹⁾
米国	969	78.0×10^6	3.07×10^6	3.9	0.72	—	18.2	Dendy 資料 ⁸⁾

図-4 経過年数 Y と全堆砂率 R_s の関係 (吉良)¹⁰⁾

この点わが国には、水文・地形則の関係もあり、有史以来稲作農業を対象とした人工貯水池（溜池）の築造が多い。その数は前川⁵⁾によると全国で約29万個（総貯水容量は約22億 m^3 ）に及ぶものと推定されており、これらのうち約97%は堤高10m以下の小規模な灌漑用溜池群である。他方、堤高15m以上の大ダム数も、表-3⁶⁾に示す

ように全国で約2千余カ所を数え、国際的にみても米国に次いだ大ダム保有国となっており、その総貯水容量も約120億 m^3 に達している。

しかし、国土の約2/3が標高100m以上の山地であり、自然の地形条件は極度に悪く、ダム建設費に対する貯水容量の規模はきわめて小さい。それと同時に山地流域における地形・地質は急峻で地殻変動が激しく、しかも危険降雨としての局地降水量が大きい。そのため、山地の侵食速度が世界平均の約4倍以上大きい。したがって、前述のように土砂収支の面からみると、全国で年間約1億 m^3 以上の土砂が生産される。そして、その約1/3程度の土砂が主要な貯水ダム群に堆砂として捕捉され、他の約2/3相当の土砂が山

腹や溪床に貯留され、さらにダム下流側にも供給されて、それぞれ、後述のように河川環境の変化に基づいた利害・功罪をもたらしているものと推定されている⁴⁾。

たとえば、石川による図-3⁷⁾は、わが国の発電用ダム（堤高15m以上、貯水容量100万 m^3 以上の貯水ダム）278カ所を対象にした全国・地方別の総堆砂量の経年変

化を示したものである。この図によると、1957年ごろから急激に堆砂量が増加しており、その増加量は、1926年ごろから1956年までの年平均 $2,600 \times 10^4 \text{ m}^3$ に対して、1957年以降では $4,500 \times 10^4 \text{ m}^3$ で2倍近くの値を示している。また1975年現在の全堆砂量は $7 \times 10^8 \text{ m}^3$ で総貯水容量 $87.54 \times 10^8 \text{ m}^3$ の約8%に達している。これは、1950年代におけるダム建設の影響がこの時点より順次現われていると同時に、流域開発の進展も大きく影響しているものと考えられている。さらに表-4は、大ダム保有国の1位(米国)⁸⁾ および2位(日本)⁹⁾ の主要ダム当り堆砂指標を巨視的に比較したものである。これによると、わが国のダム当り平均貯水容量は米国の約1/3相当で比較的小さいのに対し、ダム当り平均全堆砂率 R_s は米国の約5倍近くできわめて高く、さらにダム当り平均年堆砂率 r_s も米国の約1.5倍近くに評価される。すなわち、ダム当り平均経過年数がほぼ同じ($Y \approx 18$ 年)である彼我の堆砂指標からみると、一般にわが国の貯水ダム群は米国のそれに比較して、貯水能は小さく、堆砂による埋没速度が比較的高いものと判断できる。

以上は巨視的にみた貯水ダム群の堆砂実態であるが、図-4¹⁰⁾ は、全堆砂率 R_s (%)と経過年数 Y (年)の関係を、埋没曲線 Y_s (年)をパラメーターにとって両対数紙上にプロットしたものである。これには、わが国316個(発電用貯水ダム300個および $Y = 160 \sim 450$ 年の灌漑用貯水ダム16個を含む)、米国171個、インド59個、台湾12個、その他の国33個、計591個の貯水ダム堆砂実績が含まれており、 $Y < 70$ 年を示す世界の主要ダムでは、特殊な例を除いて、予想埋没年数が $Y_s = 10$ 年のはなはだ短いものから、 $Y_s = 10,000$ 年に至るはなはだ長いものまで、その変化のふれが著しい。

たとえば、写真-1は、経過年数 $Y = 45$ 年で貯水容量 $C = 4950 \times 10^3 \text{ m}^3$ の約98%が堆砂により埋没した大井川水系における千頭ダムの堆砂状況(NHKの好意による1980年撮影の満水時航空写真)を示したものであり、デルタ肩(前置堆積層)がすでにダム付近に達していることがうかがえる。これに対し、写真-2は、 $Y = 1,200$ 有余年の歴史をもつ香川県金倉川の満濃池における空虚

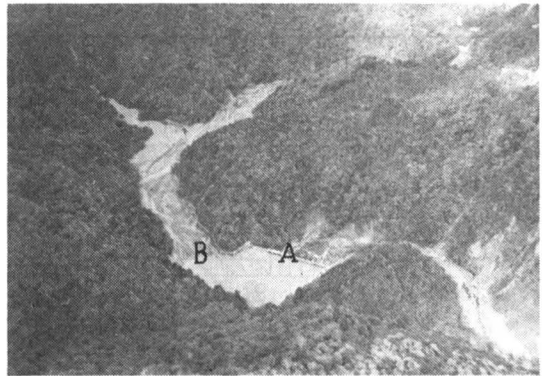


写真-1 経過年数45年で貯水容量の約98%が埋没した大井川水系千頭ダムの堆砂状況 A: 堤高64mの重力式コンクリートダム(発電用) B: 満水時におけるデルタ肩(前置堆積層)

時露出した堆砂状況(香川県の好意による1956年かさ上げに伴う取水塔ならびに洪水吐工事中の航空写真)を示したものである。この池は大宝年間(701~704年)に、時の国守道守朝臣が、初めて灌漑用溜池として築造したといわれる全国的にも有名な讃岐最古の一大名池であり、その後僧空海をはじめとするたびかさなる改修・増築がなされたとはいえ、現在でも貯水容量 $C = 15414.45 \times 10^3 \text{ m}^3$ として、讃岐平野の灌漑に貢献している長寿の貯水

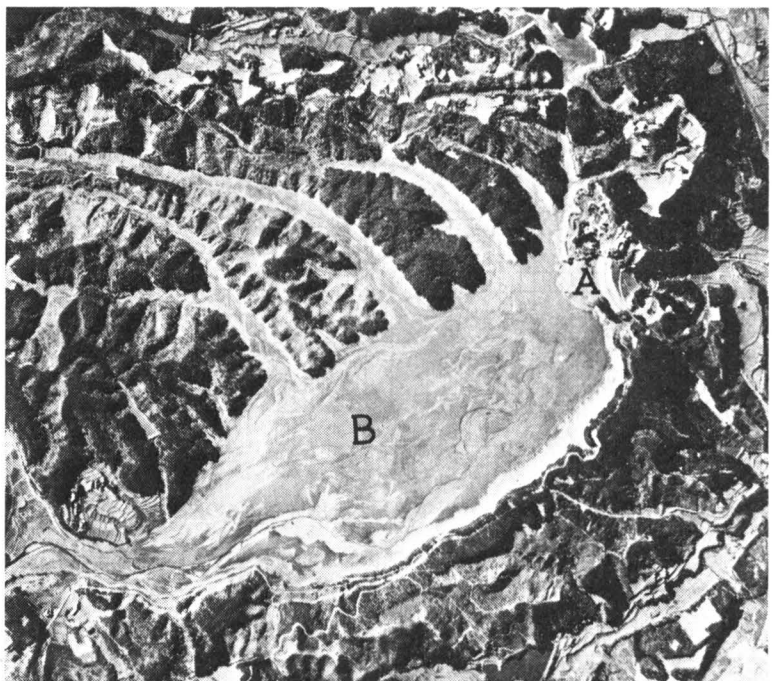


写真-2 1,200有余年の歴史をもつ満濃池における空虚時露出した堆砂状況 A: フィルダム B: 前置堆積層

ダムの著例である。この場合、長短両寿命の貯水ダムを直接流域 F を基にした C/F 比で比較すると、満濃池は $C/F \approx 0.609$ に対し千頭ダムでは $C/F \approx 0.037$ できわめて小さく、環境・立地条件からみた堆砂支配要因が強く働いていることがうかがえる。

IV. 貯水ダムにおける堆砂現象の利害・功罪

河川開発のため治水・利水目的の貯水ダムが河道に築造されると、自然環境の変化により新しい平衡関係を得るため河道全体の形態を変え、ダム上流側ではダムアップによって河川流況が変化して堆砂現象が起こる宿命にある。この堆砂現象は、一応砂防効果や河川砂利資源の積極的な活用面で効用をもたらすものである。しかし、次に示す負の側面を頻発することも事実である。すなわち、ダムの堆砂現象は貯水容量を減少させ、農業用水をはじめ、水力発電、都市用水、洪水調節等本来の治水・利水目的である貯水機能を低下喪失させ、その堆砂進行に伴ってダム付属構造物の機能障害を誘起する。また貯水池上流側では、堆砂段丘や背水区間の遡上によって、河床はもちろんのこと洪水位や地下水位の上昇現象を誘起するに至る。その結果として、冠水や排水不良区域の増大による内水災害やまたは池岸・地山の崩壊、地すべり等の土砂災害の多発激甚化の原因となることもある。とくに最近においては、ダム築造に伴ったデメリットの面として、背砂上昇に伴う洪水障害や湛水化に伴った池岸・地山の土砂災害等発生の危険性を初めとして、ダム建設に伴う河川水質の変化、冷水放流による稲作への冷水障害、または濁水長期化など、多くの社会的諸問題を顕在化させている。

他方において、ダムの下流側河道では、堆砂現象に基づいた流砂の遮断、河川流量の変化、または流下水勢による河床洗掘や流砂の分級などによって、一般にダム下流側河床が低下し、次第に粗砂礫で被われるアーミング現象 (armor coat の生成) を示すようになる。このようなダム建設による流砂阻止、これに基づいた下流側河床の粗化ならびに低下は、洪水位を下げた河道を安定させ、地下水位低下による排水不良農地の改良などの面でメリットを示す場合もある。しかし、逆にデメリットとして、護岸・橋脚などの浮き上りや洗掘・倒壊、河床埋設利水施設の露出・損傷など河川構造物への被害、堤内地の地下水位低下に基づいた井戸取水不能、塩水の遡上、地盤沈下、さらには海岸侵食の助長など、多くの治水・利水機能上の諸障害を誘起することもある。

V. ダム計画と環境アセスメント

ダム建設技術の進歩発展が、人類の生活・生産の場で多大な貢献をしてきたことは事実であり、また治水・利水両面からみたメリットが、前述のようなデメリットに勝るため、今後も積極的に河川開発が進められるものと考えられる。しかし自然の水環境、とくに河川環境を人為的に改変することによって、新たに多様な反応を示し、別の問題を生じたこともまた事実である。このように局部的に加えた人為的な改変に対して、なんらかの反応を示し、その影響が全体に波及するという点で、河川は生きものであり、一つの有機的なシステムを構成しているものといわれている。したがって、従来はダム建設という技術に基づいた河川への働きかけによる直接の成果が、そのダム工事の評価となったが、今後のダム計画における重点的課題としては、ダム建設技術の深化・開発を初めとして安全性の確保、地域社会への適応、または環境保全への配慮など、多様な問題が挙げられており、とくに河相を含んだ事前評価、すなわち環境アセスメントが河川計画にとって重要な意味をもってくる。

以上のように、ダム計画における環境アセスメントとしての堆砂問題の解決は、国の内外を問わず緊急性がきわめて高く、とくにダムの計画・設計段階で、堆砂量、堆砂分布形状または背砂などの予測が、ダムの安定計算などに勝るとも劣らない重要性を帯びてきている。さらにダムの保全・管理の面からみると、負荷要因の多様性と相まって画一的で抜本的な堆砂防除法が確立していない現状であるが、貯水ダムの有効利用を図るとともに、貯水機能を回復して堆砂による2次の諸災害を防止・軽減するため、たとえば既設ダムにおいては堆積土砂の除去・利用、今後の計画ダムにおいては総合的な堆砂防除システムの確立など、実現性のある手法を積極的に開発・駆使して貯水ダムの保全に努める必要がある。

引用文献

- 1) 中谷宇吉郎：ダムの埋没——これは日本の埋没にも成り得る——，(11)，(1951)
- 2) Biswas A. K. : History of Hydrology, pp. 5~7 (1972)
- 3) 石原藤次郎代表：土砂の流送・運搬に伴う自然環境変化に関する研究，文部省科学研究費自然災害特別研究成果，(A50—9)，(1975)
- 4) 吉良八郎：日本における貯水池の捕捉率と土砂収支，農土論集，78，(1978)
- 5) 前川忠夫：灌漑用貯水池相に関する研究(予報)，香川大学農学部学術報告，8(1)，(1956)
- 6) 日本ダム会議：日本ダム台帳(1979年)，(1979)
- 7) 石川晴雄：発電用貯水池土砂堆積状況調査，電力中央研究所土木技術研究所河川環境研究室，(1978)
- 8) Dendy F. E. : Sedimentation in the Nation's reservoirs, Journal of Soil and Water Conservation, July, August, (1968)
- 9) 吉良八郎・石田陽博・畑武志：日本における貯水池堆砂の実態，神戸大学農学部研究報告，11(12)，(1975)
- 10) 吉良八郎：貯水池の堆砂問題について，土木論集，193，(1971)

[1982. 6. 7. 受稿]