

河川における総合土砂管理の経済評価 - 矢作川におけるダム長寿命化と 環境改善を組み合わせた費用便益評価 -

ECONOMIC EVALUATION OF COMPREHENSIVE SEDIMENT MANAGEMENT IN RIVER
- COST BENEFIT ANALYSIS CONSIDERING RESERVOIR SUSTAINABILITY AND ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT IN YAHAGI RIVER -

富田邦裕¹ 角 哲也² 渡邊 守³

Kunihiro TOMITA, Tetsuya SUMI, Mamoru WATANABE

¹正会員 工修, 経修 京都大学経営管理大学院 (〒606-8501京都府左京区吉田本町)

²正会員 博士 (工) 京都大学教授 防災研究所水資源環境研究センター (〒611-0011京都府宇治市五ヶ庄)

³非会員 国土交通省中部地方整備局矢作ダム管理所長 (〒444-2841 愛知県豊田市閑羅町東畑67番地)

Sedimentation is an essential issue on long-term management of dam reservoirs. Cost and benefit of the sediment manage project is mainly analyzed based on the benefit of flood damage reduction by securing or keeping the reservoir capacity for flood control and the cost of construction and maintenance of dam structures. However, other important issues such as the improvement of downstream environment by necessary sediment supply, the effect of recycling of sediment, additional costs for downstream facilities such as electric power stations, CO₂ emission by excavating and transporting of sediment are not considered. In this study, we studied how to integrate these costs for the economic evaluation of comprehensive sediment management projects. The benefit of improving river environment was estimated by the results of CVM (Contingent Valuation Method) and Conjoint Analysis on Yahagi river.

Key Words : Reservoir sedimentation, Comprehensive sediment management, Reservoir sustainability, Economic evaluation, Cost benefit analysis, CVM, Conjoint Analysis

1. はじめに

流砂系河川においては、図-1「流砂系総合土砂管理の体系」に示すように、ダム建設前には山地から溪流を流れて河川に流入し、海岸まで供給されていた土砂が、ダム建設後はダムにより堰止められて、本来の河川流域系における土砂の動きに停滞が発生している。

現在、このようなダムによる土砂捕捉効果を緩和し、従来の流砂系における土砂循環を回復させる試みが行われている。ダム湖に堆積した土砂を掘削・運搬し、建設資材等に活用するとともに、最近では、河川管理者自らが河川環境の改善の要請を受けてダム湖の堆積土砂を洪水時に流して土砂の細粒分を補給することによる河川環境の改善（土砂還元）も試行されており、河川等へ与える影響のモニタリングが行われている¹⁾。現在は土砂量がまだ少量であり、モニタリングデータ数も少ないが、

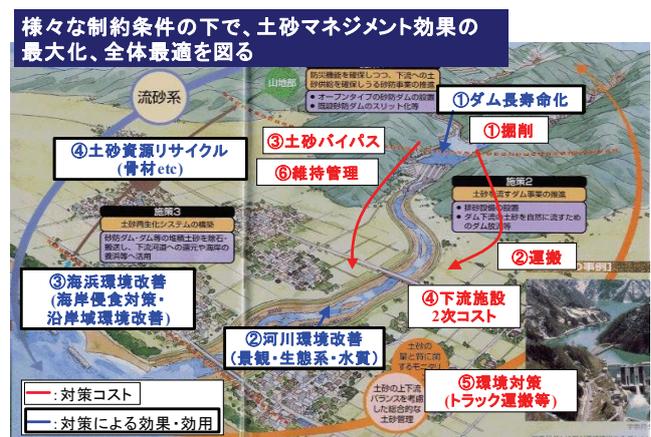


図-1 流砂系総合土砂管理の体系

確実にクレンジング効果が見られること、砂河床を好む底生生物が増加すること等が確認されている。



図-2 矢作川流域の土砂還元に関わる主な施設²⁾

矢作ダムでは、このような動きを受けて置土実験、覆砂実験によるモニタリング調査を行いつつ、本格的なダムからの土砂流下システムである土砂バイパス (BP) の計画が進められている。土砂バイパスは、ダム長寿命化によりトータルコストを縮減するだけでなく、土砂供給による河川環境の改善効果や土砂資源リサイクルの視点においても有意義なものである。しかしながら一方では、事業実施時のコストアロケーションのあり方や、発電ダムや漁協関係者等の利害関係者との調整など、解決すべき課題が多く残されている。

著者らは、矢作川をモデルに、矢作ダムの土砂バイパス (BP) 設置による河川環境改善効果を、CVMとコンジョイント分析を行って費用便益計算に組み入れるとともに、各種の対策費用についても推定計算を行い、土砂BPの有無による「総合土砂管理の経済評価」の比較検討を行った。さらに、流域全体の総合的な土砂マネジメントを考えた時に、土砂資源のリサイクル利用と河川環境改善利用とのアロケーションはいかに行うべきか、また、土砂資源リサイクル面からはどの位置から土砂を掘削し、どこまで運搬するのが最適か等についても考察を行った。

2. 矢作ダム土砂バイパス (BP) 事業の概要

矢作川には国土交通省の管理する多目的ダムである矢作ダムをはじめ複数の発電ダム等の施設が設置されている (図-2)。矢作川は豊かな自然環境を有し、釣り人やレクリエーション活動等を行う住民の生活と密接に係り地域とともに発展してきた。矢作ダムは昭和46年に管理開始以降、40年に亘る歳月で堆砂が進み、治水、利水機能にも支障をきたすことが懸念されており、早期の対策が望まれている。特に、平成12年の恵南豪雨災害では、平均年堆砂量の10倍近い280万 m^3 もの堆砂が発生した。

このような堆砂進行を受けて、矢作ダムの長寿命化のための土砂バイパス (BP) の設置が計画され、現在そのための技術検討が進められている。しかし、その実施にあたっては複雑な利害関係者との調整や、土砂BPを設置した際の流域全体での最適な土砂マネジメント方策の

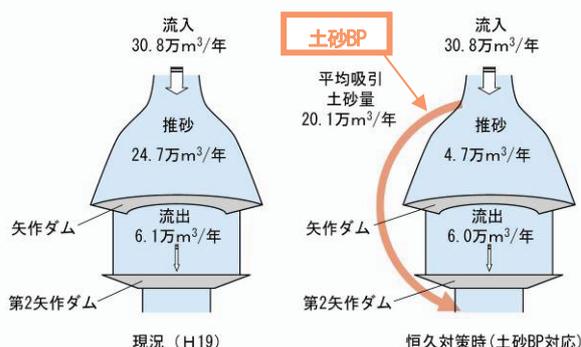
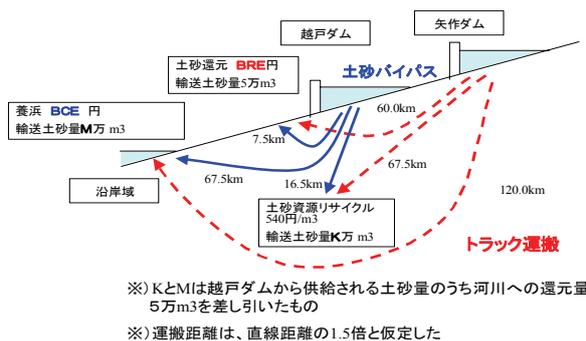


図-3 矢作ダムにおける土砂収支と土砂BPの効果²⁾



※) KとMは越戸ダムから供給される土砂量のうち河川への還元量5万 m^3 を差し引いたもの
 ※) 運搬距離は、直線距離の1.5倍と仮定した

図-4 矢作川における総合的な土砂マネジメントのイメージ

確立が求められており、それらを適切に説明できる総合土砂管理に関する経済評価分析が必要となる。

矢作川は従来、砂河川で有名であるが、現在は矢作ダムへの流入土砂量の年間約31万 m^3 のうち掃流砂・浮遊砂の約25万 m^3 がダム湖に捕捉されて堆砂し、細粒分のウォッシュロード約6万 m^3 が洪水吐きなどを通じてダム下流へ流下している状況である (図-3)。土砂BP完成後は、BPを通じて砂分を中心に年間約20万 m^3 が新たに下流に供給され、矢作川本来の流砂環境の回復が期待される。

3. 矢作ダム土砂BPを活用した土砂マネジメント

(1) 土砂マネジメントの概要

矢作ダム土砂BPの効果を計測する。その場合の効果には、図-4に示すように、ダムを通過するようになった土砂の新たな行き先として、河道への供給 (土砂還元) と資源リサイクルの両者の組み合わせを考慮する必要がある。土砂BP無しで、これをダム湖からの掘削とトラック運搬で実現しようとすれば、点線で示されるように多くの走行距離を運搬し CO_2 を多量に排出する。土砂BPが供用されれば、河道を通じて年間平均約20万 m^3 の土砂が流下し、河道内の好適な流砂環境が回復されるとともに、資源リサイクルの観点からは、需要地までの運搬距離が減少し、コスト面、運搬環境面からも有利となる。なお、土砂の流下に伴って、局所的に河道へ堆積して河床高が上昇することも想定されるが、ここでは、河道の流下能

力から判断した維持河床高を設定し、これを超過する分のみの維持掘削を経年的に行うものとした。

(2) 総合土砂マネジメントの経済評価項目と目標

総合土砂マネジメントの経済評価を行う際の評価項目は、①土砂BPありの場合と、②トラック運搬のみの場合の2ケースで整理した(表-1)。経済評価は土砂マネジメントに要する費用(C)と、それにより得られる便益(B)を算出し、費用便益比(B/C)、または差額(B-C)により行うことが多い。評価はリアルオプションの考え方で、現時点からの評価を行い、評価期間はダム施設の寿命を考慮して100年間、割引率を4%とした。

費用には土砂BPの建設費、維持費に加え、2次コストとして土砂が下流河道に現在より多く供給されることに対する発電ダム対策費、堆積による河床上昇に対する掘削等の維持管理費やダンプ運搬によるCO₂対策費として環境対策費を加算した。一方、便益には、ダム長寿命化による治水効果便益に加えて、河川環境改善効果と土砂資源リサイクルによる便益を算出して加算した。

総合土砂管理における土砂マネジメントの目標は、ダム貯水池からの排砂による「ダム長寿命化」を実現した上で、下流河川環境、海浜環境の改善や土砂資源リサイクルの促進等の社会的便益(余剰)の最大化を図りつつ、一方の費用面では、トータルコストの最小化を目指すものとし、これらにより、土砂マネジメントの河川流域としての全体最適化を図ることを目標とした。

4. 土砂マネジメントの経済評価

(1) 経済評価の基本的考え方

土砂移動の位置関係と輸送手段を図-4、表-1のとおり、「土砂BPを建設した場合」と、土砂BPを建設せずに「トラック運搬による場合(土砂BPなし)」の2ケースについて、費用便益評価を行って比較した。その際に実施する下流河川への土砂還元量は、土砂BP建設後の将来における下流河川各区分の治水・利水施設への経時的な影響や、河床高、平均粒径の変化の予測値から河川環境の改善効果、影響等を考慮し²⁾、著者らが適切と考える土砂量として5万m³/年を設定した。そして、残りの土砂を土砂資源リサイクル利用と海岸養浜利用にわけるとし、矢作ダム下流における土砂管理のトータルシステムとして、費用対効果が最大(最適)となる状況の検討を行った。具体的には、便益の総和の最大化とトータルコストの最小化、あるいはB/C、B-Cなどから全体最適となる状況を勘案して評価した。

(2) 費用(コスト)および便益(ベネフィット)の算定

ダム堆砂の排除に伴う費用は、現地調査等により、土砂BPの建設費と維持管理費、下流発電施設の対策改築費、減電補償、土砂掘削、運搬費、及びそれに伴うCO₂排出

表-1 総合土砂管理における経済評価項目

	土砂バイパスあり	トラック運搬のみ	
費用	ダム堆砂の掘削費(CD)	△	◎
	運搬費(CT)	△	◎
	土砂バイパス建設費(CB)	◎	—
	下流施設2次コスト(発電ダム対策)(CP)	◎	—
	環境対策費(ダンプ運搬等)(CE)	○	◎
	維持管理費(CM)	◎	○
便益	ダム長寿命化(BR)	◎	◎
	河川環境改善(BRE)	◎	○
	海浜環境改善(BCE)	○	○
	土砂資源リサイクル(BA)	○	○

※◎:影響大、○:影響あり、△:影響小

対策費を算出し計上した。一方、便益は、洪水被害軽減額(ダム長寿命化)と河川環境改善効果及び土砂資源リサイクルによる便益から算出した。このうち、ダム長寿命化による治水便益は、著者らが矢作川上流域での洪水被害軽減額期待値から、また、土砂資源リサイクルの便益は、土砂の買取価格と取引土砂量から試算した。

(3) 河川環境改善効果の算定

河川環境改善効果はCVMで算出し、国土交通省の事業評価で標準指定されている方法を用いて住民の支払意欲額(WTP)を求めた^{3) 4)}。また、同時にコンジョイント分析は、住民がどのような環境改善要因を評価しているかを把握しCVMを補完し、土砂マネジメントに活用するために行った。

土砂還元の効果に関するCVM調査はこれまで事例がないので、調査をより適切なものとするために、ダム周辺地域で性別・年齢が様々な任意の19名を対象にCVM、コンジョイント分析の予備調査を行った。予備調査ではデータのばらつきがないか、土砂還元の効果について説明書で正しく適切な理解が得られているかどうか、偏った回答や異常な回答がないか等を確認し、本調査の質問票を見直した。

また、CVM調査を実施するにあたり、調査対象範囲は以下のように設定した。排砂による影響範囲は矢作ダム下流地域と考えられるが、過去に類似地域で実施したCVM調査で、アンケートにより把握した河川利用と距離との関係が、家との距離が約10kmを超えると利用割合が低下しているため、土砂還元による流砂量の増加が顕著な区間を矢作第二ダムから越戸ダム区間と想定し、そこから概ね10kmの範囲に入る豊田市域(10kmを超える旧下山村を除く)をアンケート配布地域とした。

必要標本数は旧下山村を除く豊田市域の世帯数153,539世帯に対し(母数)、CVM指針⁴⁾に記載されている方法によると信頼度95%、絶対精度5%の場合の必要標本数は383票となる。CVMは多段階(5段階)二項選択式、コンジョイント分析はカード選択4問であり、過去の事例より回収率30%、有効回答率60%と想定して、アンケート配布数を1,000通とした。

アンケート票は、事業効果シナリオ、効果期待設問、CVM支払意志額設問、賛同理由、反対理由、コンジョイント分析の説明因子及び回答方法の説明、説明因子のイメージ、コンジョイント分析の設問、回答者属性より構成した。CVMの事業効果シナリオは、土砂還元による下流河川の環境改善効果（ヨシ原の回復、砂河原の回復、水遊び場の創出、生態系の保全）とし、コンジョイント分析では、さらに、水質・水の濁りを加えた5つの説明因子について、現状維持を含む3水準を提示した。WTP設問は、国土交通省の事業評価で標準指定されている方法⁴⁾とし、支払い形態は負担金、回答方式は多段階二項選択方式、段階数は標準の7～8段階から予備調査結果を踏まえて100円、200円、500円、1,000円、2,000円/（月・世帯）の5段階に縮約した。CVM支払意志額は、ランダム効用モデルを用い、誤差項がGumbel分布に従うと仮定してロジットモデルを適用し、指針⁴⁾で推奨されている平均値を用いた。

本調査では、豊田市域（旧下山村を除く）の153,539世帯から電話帳で乱数表から1,000世帯をランダムに抽出して郵送にて調査を行った。その結果、発送から2週間の締め切り期間の間に472通と言う高い確率の回答を得た。その中から「バイアス排除」の設問として設けた、「土砂BPにより水が綺麗になるから」、「川の水の量が増えるから」等の、土砂BPによる効果がないにもかかわらず誤認して支払意志額回答をされた無効回答を排除し、有効回答336名（有効回答率71%）について支払意志額の推定を行った。

CVMの設問では5段階の金額提示を行ったので、サンプル数は1,680票となり、信頼度95%が383票であることから十分なデータが得られた。CVMの支払意志額は、指針⁴⁾において一般に推奨されている「平均値」を採用し、**図-5**に示す通り317円/（月・世帯）となり、予備調査の結果である329円/（月・世帯）とほぼ同様な値が得られた。これより、年便益は、 $\text{年便益} = \text{CVM支払意志額} \times \text{豊田市域の世帯数} \times 12 \text{ヶ月} = 317 \text{円} \times 153,539 \text{世帯} \times 12 \text{ヶ月} \approx 584,000,000 \text{円/年}$ となった。

なお、WTP賛成率の推定曲線で、0円での賛成率は今回は計測していないので、このデータから全員が土砂還元賛成しているとは言えないが、WTP推定曲線より、住民が受け入れる代表値としてWTP平均値を算出した。また、今回の調査では、海浜環境や矢作川下流域は、環境改善効果の調査対象地域に含めていないので、今後、この地域の住民へのCVM調査等も行い、矢作ダムの土砂BPの効果を、流域全体として明らかにしていく必要がある。

次に、コンジョイント分析調査についても、予備調査の状況から調査方法の見直しを行った。予備調査の結果をみると、CVMで支払意志額（WTP）が2,000円を超える回答がなかったが、コンジョイント分析ではCVMでの支払意志額と乖離して大きな金額を選択している回答をして

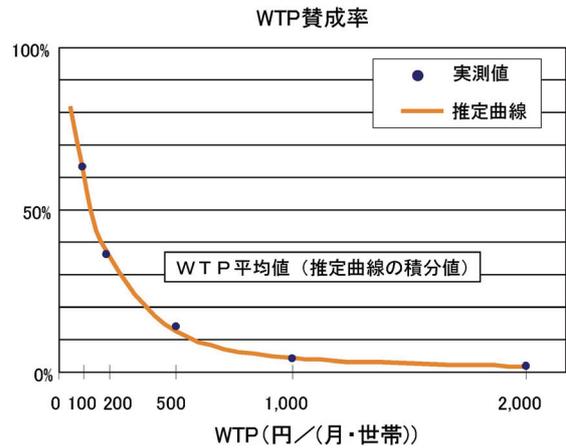


図-5 CVMの結果 (317円/（月・世帯）)

表-2 コンジョイント分析の結果

項目	限界支払意志額[円/（月・世帯）]	年便益(円/年)
水質	163	300,129,610
ヨシ原	106	196,161,047
砂河原	22	40,527,801
水遊び場	162	298,160,840
生態系	194	356,640,252

*）年便益は豊田市域(旧下山村除く)15.3万世帯を想定した

いるものがあつたので、これらを本調査では補正して、設問票の最高額を3,000円から2,000円に見直して実施した。その結果は、**表-2**の通りであり、これについても、各項目の限界支払意志額（WTP）は、予備調査とほぼ同じ傾向が得られている。

コンジョイント分析では、排砂による影響による変化項目や過去の矢作川の状況とその現在に至るまでの変遷、置土、覆砂実験におけるモニタリング調査結果等も考慮して説明因子を設定した。ここでは、土砂還元による効果（便益）について、どのような要因を重視して限界支払意志額を決定したのかを判別することが可能であり、その結果では「生態系の保全」と「水遊び場」、「水質（濁りの改善）」への期待が大きいことがわかった。すなわち、土砂BPによる土砂の河川還元による砂河原の復元そのものより、生態系の保全や、水遊び場等のレクリエーション利用に効果があると住民が判断していることがわかる。また、「水質（濁りの改善）」に対して住民の意識は高く、土砂管理と河川水質管理の関係を明確にしていくことが重要であることが示唆される。

なお、今回実施したランダムに行った郵送による調査では、50%近い回答を得た。これは類似の調査事例に対して高回収率であり、矢作川流域住民の矢作川に対する意識の高さや、ダムからの土砂還元に対する期待の大きさなど、様々な要因が想定される。また、予備調査においては、家からの距離や河川の利用頻度についても尋ねているので、これらと便益の帰着範囲やコンジョイント分析における説明因子との関係も含め、今後、調査して行きたいと考えている。

表-3 費用便益評価の計算表

		土砂バイパス (億円/100年)	トラック運搬 (億円/100年)
費用 (C)	ダム掘削費 (CD)	42.9	78.6
	運搬費 (CT)	99.3	487.0
	パイパストンネル+吸引 施設建設費 (CB)	128.8	—
	発電ダム対策費 (CP)	7.4	—
	環境対策費 (CE)	1.1	4.8 (CO ₂) + α
	維持管理対策費 (CM)	41.4	道路維持等
	合計	356.5	534.7
便益 (B)	ダム長寿命化 (BR)	2,346.2	2,346.2
	河川環境 (BRE) (上流域のみ)	149.2	149.2
	海浜環境 (BCE)	今後検討	今後検討
	土砂資源リサイクル (BA)	16.3	16.3
	合計	2,511.6	2,511.6
	費用便益費 (B/C)	7.1	4.7

*) 筆者らの試算値であり公式値ではない。

(4) 費用便益評価

以上より求まる費用と便益について、それぞれを、今後100年間で割引率4%で現在価値化し、表-3に示すように集計し、リアルオプションでの費用便益比 (B/C) を計算した。河川環境の改善効果は、一般的に間接便益とされており、国土交通省の指針^{3) 4)}に基づき実施したCVMの値を採用し、コンジョイント分析についてはWTPの判断要因を見るものとした。

費用Cを同一とし、ケース1は治水便益のみのB/C、ケース2は(上流域の環境改善効果+土砂資源リサイクル)の便益のみのB/C、ケース3は両者を合計して治水に環境改善等の間接効果を含めたB/Cを図-6に示した。今回は、海浜環境の改善効果や矢作川下流域における河川環境改善効果を計算に含めることが出来なかったが、環境改善や土砂資源リサイクル等の排砂事業による河川環境等への間接効果を定量化し確認することが出来た。

なお、ここでの治水便益 (BR) は十分に大きい値となっているが、これはももとの矢作ダム建設事業の治水便益であり、今回の土砂BPはその治水機能の一部を復元するものであることから、この値を採用している。しかし、一方では、費用についても矢作ダム建設事業の一部を含めるべきではないかという考え方もある。今回は現時点におけるリアルオプションとしての土砂BP建設事業の費用対効果を見ようとするものであるため、土砂BPに係る費用のみを採用した。

また、便益については、下流域や海浜域の環境改善効果を見ていないだけでなく、土砂資源リサイクルの便益評価も課題がある。現在は土砂資源の買い取り価格が低いために、河川環境改善に土砂資源が優先的に配分される結果となっているが、矢作川の土砂を高付加価値の商品へ使用することや、鉄道輸送等を使った効率的な掘削、運搬方法を組み合わせること等により、土砂資源リサイクルの便益が増大する可能性があり、今後の調査検討が必要である。

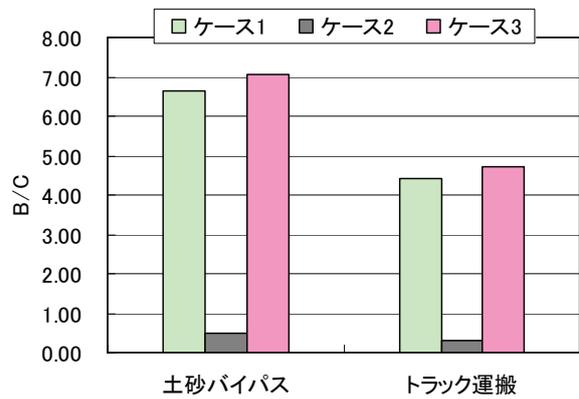


図-6 土砂BPとトラック運搬のB/C

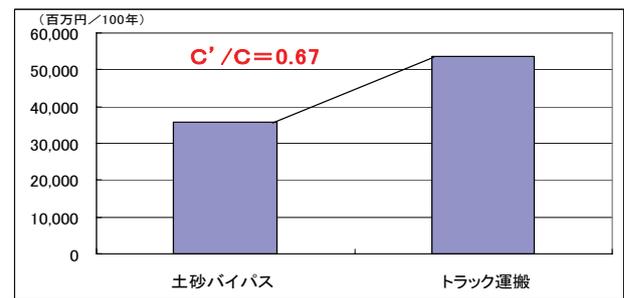


図-7 土砂BPとトラック運搬のC'/Cの比較

なお、ダムからの排砂手段を土砂BPとトラック運搬で行った場合で費用比較した。図-7に示すように、土砂BPによる場合がトラック運搬の2/3となり、土砂BPは、ダム長寿命化等のための手段としての治水だけでなく、間接効果も含めた総合的な土砂マネジメントにおいても、経済性に優れた有効な手段であることが確認された。

(5) 総合的な土砂資源マネジメントによる最適化の検討

矢作川の土砂BP建設後の状況をモデルに、総合的な土砂マネジメントを次の手順で検討を行なった。

- ① 下流河川や沿岸域の環境改善に活用する土砂と、土砂資源リサイクルに使用する土砂の割り振り (アロケーション) は、下流環境の改善はある程度の年月をかけて洪水による排砂を経験しながら実現されるものと考え、下流河川の河床高の経年変化や平均粒径の変化 (細粒化, d₆₀) 等の予測計算をもとに、越戸ダム下流への土砂還元量を年5万m³と設定し、土砂を河川等の環境改善のために優先的に先取りして使用する。
- ② 土砂資源有効利用は、土砂の掘削位置と運搬ルート、運搬距離、土砂仮置き場の位置により、費用と便益が変化することから、流域全体として費用が最小、便益が最大となる等、全体最適を目指すものとする。

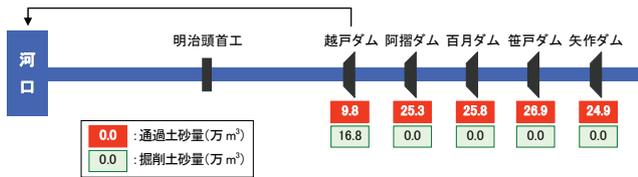


図-8 土砂BP供用後の土砂の通過と堆積状況

ここでの土砂BP供用後の土砂の通過と堆積は、発電ダムの改良等も考慮し、図-8の通りとなる。ここで、図-4の「総合土砂マネジメントのイメージ」のように土砂BPから流下した土砂を、河川、海岸への環境復元等のための還元と、土砂資源リサイクルのために使用することを想定しモデル化する。土砂資源リサイクルのロジスティクスを考えた場合、土砂のストックヤード（基点）を図-9のように上流部（越戸ダム辺り）、中流部（明治頭首工辺り）、下流部（河口部周辺）に設けるものとする。土砂マネジメントの最適化モデルは、費用（C）、便益（B）、B/Cを指標に総合的に考え、土砂のやりくりを行って、土砂還元による河川等の環境改善だけでなく、土砂リサイクルによる有効利用の効果も含めて構築するものとした。

その結果、先述のように河川には越戸ダムから下流河川に5万m³/年、残りは上流のストックヤードでリサイクル処理することが今回の設定では最適と考えられた。既存の別途調査⁴⁾によれば、1m³あたりの取引価格は540円と安価であり、便益はCVMによる環境改善効果と比べて非常に小さいことがわかる。つまり、環境改善とリサイクルはトレードオフの関係にあるが、このリサイクルの買取価格では、河川や海浜の環境改善への利用が優先され、残りが土砂資源リサイクルへ回ることになる。このため、売買価格を高め、矢作川の土砂の再利用付加価値を高める検討や、合理的で安価な最適運搬システム等について検討し、土砂マネジメントにより全体最適な状況を実現するシステムを構築する必要があると考える。

5. まとめ

本研究は、土砂BPを含めた総合土砂管理のモデル化と経済評価のモデル化を行い、矢作川上流域をケース・スタディに経済評価の試算を行ったものであり、得られた結論は以下のとおりである。

- ①矢作ダムの土砂バイパス（BP）設置による河川環境改善効果を、CVMとコンジョイント分析により評価を行った結果、50%近い高回収率により、CVMの支払意志額317円/(月・世帯)が得られ、コンジョイント分析から生態系の保全、水遊び場等のレクリエーション利用、水質に関する期待が大きかった。
- ②土砂BPにより土砂が下流に移動することにより、土砂

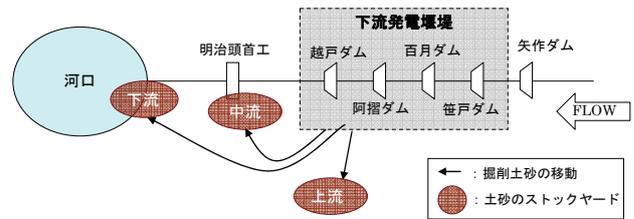


図-9 土砂BP供用後の土砂マネジメントのイメージ

資源リサイクルにおいては、運搬コストを低減し、それにより土砂資源リサイクルを促進する効果のあること、また、CO₂の削減や道路維持費、交通処理の課題対策においても効果があることが確認された。

- ③土砂BPと環境改善、土砂資源リサイクル等を総合的に考えた土砂マネジメントは、ダム長寿命化による直接効果に加えて、環境改善に伴う間接効果の計測により、流域社会における社会的便益が大きいことが示された。ただし、土砂による物理環境の変化が経年的に与える生態系への影響についても十分に考慮する必要があり、今後とも調査、検討する必要がある。
- ④土砂資源を考えた土砂マネジメントにおいて、河川に供給すべき土砂量を下流河道の河床高や粒度分布の変化等から考察したが、土砂資源リサイクル等も含めた総合土砂管理システムを考えた場合には、河川の上流、中流、下流部に基点（ストックヤード）を整備し、環境改善と土砂資源リサイクルの適切な割り振り比率を考えるとともに、需要と供給の適正なマッチングを行うことが重要である。

なお、本研究は、京都大学経営管理大学院におけるワークショップにおいて矢作ダム土砂BP事業をケース・スタディとして土砂マネジメントのモデル化、経済評価モデル化の検討を行ったものであり、矢作ダム土砂BP事業そのものを評価したのではない。

参考文献

- 1) 角 哲也、藤田 正治：下流河川への土砂還元の現状と課題、河川技術論文集、第15巻、pp.459-464、2009。
- 2) 国土交通省中部地方整備局矢作ダム管理所：矢作ダム土砂バイパス関連資料、2009。
- 3) 国土交通省：公共事業評価の費用便益分析（共通編）に関する技術指針、2009。
- 4) 国土交通省：仮想的市場評価法（CVM）適用の指針、2009。
- 5) 栗山浩一：EXCELのできるコンジョイント、環境評価フォーラム研究報告書、2000。
- 6) 池淵周一編著：ダムと環境の科学Ⅰ ダム下流生態系、京都大学学術出版会、2009。
- 7) 角 哲也・岡野眞久監訳：貯水池土砂管理ハンドブック、技報堂出版、2010。