SURE 静岡大学学術リポジトリ
Shizuoka University REpository

環境負荷の少ない持続的な大型ダム構造を考える ： 佐久間ダムについての提案

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2016-12-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 戸田, 三津夫 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/9924

陸の水（*Limnology in Tokai Region of Japan*）**74** : 63 - 66（2016）

意見（**Opinion**）

環境負荷の少ない持続的な大型ダム構造を考える：佐久間ダムについての提案

戸田三津夫[1)]

Challenging proposal of sustainable Large Dam with low negative impacts: The case of SAKUMA dam

Mitsuo TODA[1)]

摘　要

ダムによる灌漑や水力発電は，人間社会が河川の恩恵を享受する有効な手法であり，世界恐慌後の米国や戦後の日本で経済発展の礎となった。ダムは現代においても，特に発展途上国にとって国家発展の起爆剤として期待される非常に魅力的な社会インフラである。しかし一方で，建設が始まって，100年ほどの歴史しかない近代大型ダムには，原子力とはまた異なる困難がある。河川を横断する構造物を建設して貯水池を作るダムは，河川の機能を著しく損なう。それは，流量の減少に加えて，河川を上流下流に行き来する生物の往来や水上交通の阻害，貯水池が存在することによる河川水質などの環境変化，栄養塩流下の阻害，ダム下流域の長期濁水化，貯水池への堆砂，下流および海域への土砂供給阻害などで，人体における血栓に例えられることもある。本報では，河川を長い期間利用しつつ，これらの弊害を軽減するための可能な限り持続的なダム構造について提案する。

キーワード：巨大ダム，環境負荷の低減，サンドイッチダム，佐久間ダム

Key Words: Large dam, Reduction of Negative Impact, Sandwich dam, SAKUMA dam

（2016年7月10日受付；2016年8月20日受理）

はじめに

前稿（戸田，2014）では，浜名湖の水量に匹敵する3億 m^3 強の容量を有する佐久間ダムで，容量の1/3以上の1億 m^3 を超える堆砂を人間の技術で下流域や河口にまで運ぶ唯一の現実的な手段として鉄道を提案し，（戸田，2015）では清水（せいすい）バイパスと水窪川へのトンネル魚道によりダム下流の長期濁水と生物の往来阻害を軽減する提案をした。佐久間ダムは，天竜川中流域の深く長い谷が続く地点に建設されており，かつて川伝いにあった飯田線（当時国鉄，現 JR 東海）は，当時日本一の建設単価ともいわれた経費を費やしてダムを迂回する水窪経由に付け替えられた。貯水池の長さはゆうに20 km を超える。また，東側の谷には水窪川が流れており，トンネル魚道はその立地があってこその提案であった。まず，ダムは何よりも地勢を巧みに利用して綿密な計画立案ののちに建設されるものであるため，土地ごとに異なる状況にあわせ，その弊害の内容や程度，考えられる解決策も異なる。今回は，前報に比べ，より抜本的に諸問題の解決をはかるダムの提案を行う。ただし，すでに大量の堆砂があるため，あらかじめ大部分の堆砂除去を行うことと，下流ダムとの連携を別途検討することは避けられない。

ダムの構造と機能，そして弊害

まず，ダムの機能と構造についてあらためて考えてみる。人間が近代以降，巨大ダムを建設してきた主な目的は発電と利水である。通常，これに治水が加えられ多目的ダムとされるが，発電，利水，治水の三つの目的では，最適な目標貯水

[1)] 〒432-8561 静岡県浜松市中区城北3-5-1 静岡大学大学院総合科学技術研究科，Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University, Jyohoku 3-5-1, Naka-ku, Hamamatsu, Shizuoka 432-8561, Japan

©2016　日本陸水学会東海支部会

率がそれぞれ違うため運用方針は相反してしまう。すなわち，利水目的では貯水量は多い方が好都合で，治水を目的とすると貯水量はできるだけ少ない方が良い。そのため，多目的ダムでは目的間で互いに妥協せざるを得ず，それぞれの機能を最大限に発揮することができない。一方，発電においては貯水量よりも水位が重要で，潤沢に発電水が流れさえすれば，ダムが満杯になるほどの堆砂があってもほとんど支障がないともいわれる。また，多くのダムが経済効果を期待して作られていて，治水のためだけに巨大ダムを建設した例は多くない。

ダムは，河川を横断する堤体を建設して河の流れを塞き止めるという単純な発想と構造を持つが，ごうごうと流れる川の中に建設するわけにはいかない。そのため，建設時には，「仮排水トンネル」などにより水流を施工場所から迂回させ，堤体建設地点の河床を露出させて工事を行う。「仮排水トンネル」は河川のバイパスであり，佐久間ダム建設時においても二本の仮排水トンネルが設けられ，2年足らずの短期間ではあったが河川の機能を代替した。仮排水トンネルは，通常ダム完成後には閉塞され埋められる。一方，堤体が完成してしまうと，その瞬間から堆砂が始まる。人間がとどめたいのは土砂ではなく水であるが，水が流れるから土砂も動くのであって，水流が弱まると比重のより大きい土砂がまず移動を停止する，つまり，水は液体であって土砂の方が水よりも密度が高く移動しにくい。水は透水性のある土壌や管の中であっても，高い位置からのダム堰堤の越流であっても下流へと通過することができるが，土砂は河川が運んできたほぼそのままの量が容易に堆砂としてダム湖にたまる。これは，人間の過去の経験から容易に予見できることであって，ダムはあらかじめ堆砂を見込んだ設計がなされている。通常はおおよそ100年，その機能を失わないよう堆砂容量を考慮して設計されるがその見込みが外れることも珍しくない。しかし，真の問題はその先にある。50年か500年かは別にしても，ダムは，いずれは埋まる運命にあるにもかかわらず，ほとんどの巨大ダムについて，問題の解決策や最終的な施設の「始末」の具体的なビジョンがないのである。策を打たず放置してそうなれば，その障害物を撤去することがますます困難になり，ほぼ不可能になってしまうにも関わらず，である。

一方，前報で提案した清水バイパスシステムで水を土砂と分離することができるように，実は水と土砂は，比較的容易に分離することができる。炊飯にさきがけ米を研ぐ作業を思いこせばわかるが，水だけを逃がして上澄みを捨てることに高度な技術は必要ない。一方，一旦止まった土砂は，陸揚げして輸送でもしない限り運ぶことができない。このように考えると，ダムに土砂を流入させないためには土砂と水を分けて水だけをとる仕掛けを作り，土砂を運ぶ手だてを考える必要がある。そのためには，既存の手法でダム湖の上流に小規

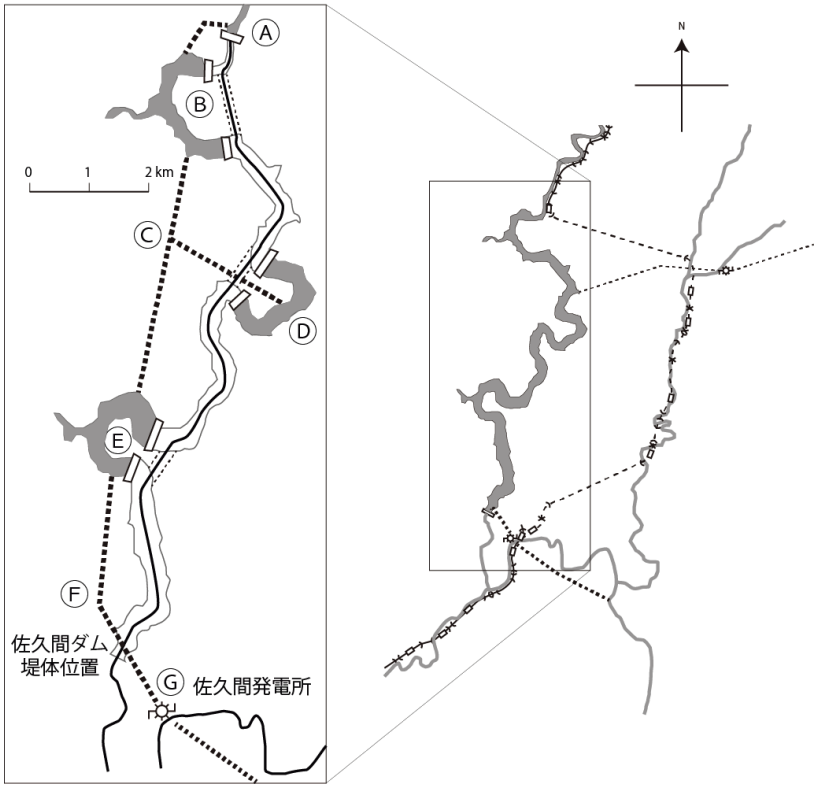

図1. 佐久間ダムを持続的運用するための改善案，A: 前ダム，B, E, D: 貯水ダム，C: 配水路（清水バイパス），F : 発電所への配水路，G: 発電所。

©2016　日本陸水学会東海支部会

模な「前ダム」を建設し，平水時は水のみを清水バイパスを経由して貯水用のダムに送り，貯水ダムへの堆砂のほとんどを回避させればよい。前ダムは比較的小規模であるので，出水時には越流により土砂が堤体上を通過し，下流に流下する。しかし，直下に貯水池があったのでは土砂が流れ込んでしまうので何にもならない。したがって，貯水池を河道から隔離し，それとは別に河川本来の機能を発揮するバイパス河道を用意すれば土砂はそれを通って流下する。以上の要素：（1）清水分離のための前ダムと清水バイパス，（2）河道から隔離した貯水ダムとそれを迂回する河道，を組み合わせればほとんど堆砂がたまらないダムが実現可能である。佐久間ダムにおいては，もともと河道が蛇行しており，Ω（オメガ）型になった箇所が三カ所ある。この地形を利用すれば本解決策が実現できると思われる。図１にその概要を示す。同様の地形を有するダムとしては、ほかに，穴内川ダム（高知県），肱川ダム（愛媛県），早明浦ダム（高知県），池原ダム（奈良県），風屋ダム（奈良県）などがある。

新構造ダムの提案：その構造，機能，コスト

これまでのダムは，川を塞き止めるための頑丈な堤体を１つ建設し，特に発電目的ダムでは竣工からの一定期間，あるいは，埋まったのちでも効率的に発電することのみを考えて作られてきた。水を漏らすことなく利用しようとして周辺のダムの発電所からの放流水もふたたび集める。実際，出水時をのぞき流量の100% に近い水を利用して発電するダムもめずらしくない。大井川水系では富士川水系への放流や，大量の水が送水管の中を流れることから本流の水がしばしば枯れる事態が頻発し，毎秒3~5 t の維持放流量を困難の末にとりもどしている。（宇沢弘文，大熊孝，2010）（高橋裕，1998）今回提案するダム構造は以上の考えとはかなり異なる。本案では，現佐久間湖の範囲に貯水池を挟むようにサンドイッチダムを3つ建設し，貯水量合計は1/3以下になると思われる。貯水量とコストの上で発電には不利となるが，新豊根ダムとの連携による揚水発電システムは温存でき，水量豊富な天竜川の特性から今までと変わらない定常出力をほぼ維持できると思われる。また，貯水量が大幅に少なくなることは必ずしもマイナスではない。いまの堤体を残し，普段は穴あきダムとして運用すれば，平水時は土砂を通し，いざ大洪水の際に閉じれば，治水能力はいまよりか格段にあがる。（図3）土砂にダムを迂回通過させるために，かなりの割合の水を発電に使わず土砂運搬のために流下させる。平水時の1/4程度をそれにあて，反復的に2/3程度まで水量の増減を繰り返して流砂を促進し，出水時には一挙に掃流させる。図2に佐久間ダム現地における構想を示す。流域変更により現在豊川水系に供給している送水系統の改修も必要になる。

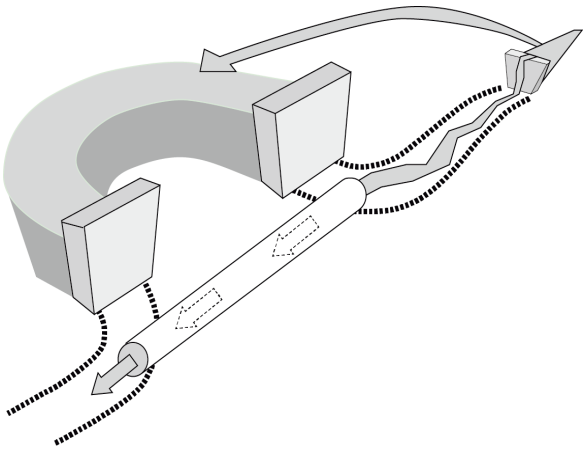

図2. 前ダム，貯水用ダム湖と平水時の河道の関係：一部の水が河道を通過することにより河川本来の機能（土砂運搬，生物移動，物質移動）を果たす。

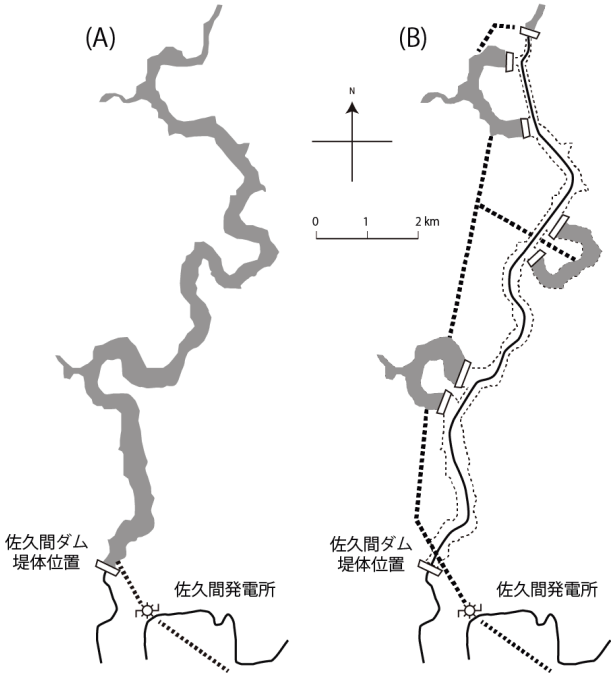

図3. 構造変換前後の佐久間ダムの機能変化：（A）ダム湖が一体で運用されるため，総容量を発電，利水，治水に振り分けざるを得ない。（B）隔離された3つの貯水湖が発電と利水機能を担い，河川機能を取り戻した河道には平水時は貯水しない。しかし，旧堤体を利用すれば緊急時に2億 t 程度の大きな治水容量を行使することができる。

おわりに

人間は罪深く，しかも欲深い。競争の名のもとに経済性やコストカットに精を出す。しかし，そのほとんどが近視眼的で全体を見通しておらず，しばしば LCA の観点を欠く。多くの道路，橋梁，その他社会インフラについてさえ，現状では公共の福祉という観点からのトータルの対費用効果算定が

©2016　日本陸水学会東海支部会

妥当であるということの「一般市民への積極的な説明」が十分になされているとは思えない。巨大ダムでは，たとえ土砂ですべて埋まったとしても発電には支障がないという説明がされるが，すでに述べたように根本的メンテナンスや施設としての最終的な着地点のビジョンがいまだに用意されていない。佐久間発電所は最大出力35 万 kW で，60年間稼働し続けている。平均出力は20 万 kW を少し下回り，年平均発電電力量は日本一の13億7000万 kWh とされる。60年間の総発電電力量は，約800億 kWh となる。これに電力量単価として一般家庭への売価に相当する20円 /kWh をかけると約1.6兆円となるが，実際には，電力会社への電力の卸値は10円 /kWh よりもいくぶん安いと推定される。仮にこれまでの電力量の総売上が約1兆円であるとすると，これはダムと発電所建設に要した建設費用に比べて十分に大きく，堆砂対策費用など「始末」の費用を考えないならば，着工時の想定で対費用効果が事業費の数倍をはるかに超えるためきわめて効果的な事業であるという説明が妥当である。また，発電による波及効果としての経済波及効果はさらに大きいと思われ，利水による経済効果もかなり大きなものがあるのも確かであろう。しかし，現在の堆砂，推定約2億 t をトラック輸送することを想定すればその費用は，1兆円以上，悪くすると2兆円に近くなることもありうる。佐久間ダムが戦後日本の経済発展に貢献した功績は絶大だが，最後の着地点，持続的利用法を想定しないとき，その対費用効果計算は破綻してしまうのではないだろうか。現状では，巨大ダムを撤去することは想定されていない感すらある。そうではなく，持続的な多目的ダムを目指すならば，堤体が複数必要で貯水量も縮小して初期投資が通常プランの数倍に及ぼうとも，また発電による売り上げが2~3割くらい減少しても，はるかに長期の持続的運用が可能となって生態系への阻害効果が大幅に減じることができる本提案に，一考の価値がないだろうか。実際，佐久間ダムではこれまでも発電量の一部を犠牲にして「流砂促進」という堆砂対策を行ってきている。

近年，生態系維持のための水利や，水産資源を豊かにするための農業用水ならぬ漁業用水という考え方もある。人は河川を利用させてもらわないと生きていけないが，いまの状態は収奪が過ぎているのではないか。節水技術が進歩し，人口が減少に向かい，極東の特異な自然環境が世界的に魅力的な観光資源となり，観光がこれからの有望な産業になると期待されることを考えたとき，このような選択もあり得るのではないだろうか。

文献

高橋裕（1998）：河川にもっと自由を，山海堂 .

戸田三津夫(2014)：ダム堆砂をどうする：天竜川「佐久間ダム」での最善解決策を考える．陸の水，**64**：39-42.

戸田三津夫（2015）：ダムのある川の機能を回復させる：佐久間ダムでの提案．陸の水，**70**：55-59.

宇沢弘文・大熊孝（2010）：社会的共通資本としての川，東京大学出版会 .

（担当編集委員：野崎健太郎，椙山女学園大学教育学部）

©2016　日本陸水学会東海支部会