

ゲート・バルブ開閉装置形式の変遷に関する研究*

Study on History of Gate-Valve System

竹林 征三**、渡辺 昭***、中田 利治****、河合廣治*****

By Seizo TAKEBAYASHI, Akira WATANABE, Toshiharu NAKATA, Kouji KAWAI

Dams, weirs, and flood-gates are composed of a fixed part and a movable part. The former includes a weir column. The latter contains a leaf and its moving system.

Almost all the dimensions of a leaf are decided by the cross-section of the channel and the river width. The movable part of a leaf is usually called a gate-valve system and has been improved with the development of machines and their control technology.

In this paper, the authors analyze the history of the gate-valve system. This analysis gives us the precious suggestion on the improvement of new types of gate-valve system.

1. まえがき

ダム、堰および水門は扉体等の可動部、それを支える堰柱等の固定部と可動部を駆動させる開閉装置で構成されている。

可動部のうち扉体は、放流に必要な通水断面や設置場所の河川幅から必然的に諸元の概略は規制されるが、開閉装置は機械および制御技術の進歩（高度化と多様化）とともに大幅な進歩が期待されるところである。

ゲート・バルブの開閉装置の歴史を分析することを通じゲート・バルブ形式の技術的変遷を考察することは、今後のゲート・バルブ形式の多様化への展開に対する多くの貴重な示唆が得られるとの判断から本論文を取りまとめるものである。

2. ゲート・バルブ開閉時の動きと開閉方式

ゲート扉体の開閉時の動きは上下方向の開閉、水平または鉛直軸回りの回転及び水平方向の移動に分

類される。開閉時の扉体の動きとゲート形式の関係は、表-1のようになる。

表-1 ゲート形式と開閉時扉体の動き

扉体の動き		ゲート形式
上	下	スライドゲート、ローラゲート
回 転	水平軸回りの回転	ラジアルゲート、フラップゲート、バットゲート
	鉛直軸回りの回転	シンクゲート、マイターゲート
そ の 他		ローリングゲート、翻転ゲート

開閉方式を左右するのは基本的には上に述べた扉体の動きとその移動量（揚程）および荷重方向の3要素である。

移動量（揚程）は、バルブや高圧スライドゲートのように扉高の1.0～1.5倍程度の場合と発電取水口や主放流設備の予備ゲートに採用されるローラゲートのように使用位置から常時の休止位置までの移動

* Keyword、ゲート・バルブ、開閉装置、ダム・堰、土木史

** フェロー会員、建設省土木研究所地質官（〒305 茨城県つくば市旭1番地）

*** 正会員、建設省近畿地方建設局技術管理課（〒540 大阪市中央区大手前1-5-44 合同庁舎1号館）

**** 正会員、日立造船（株）、鉄構設計部（〒592 堺市築港新町1-5-1）

***** 正会員、（株）栗本鉄工所、住吉工場（〒559 大阪市住之江区柴谷2-8-45）

量（揚程）が、扉高の数倍から数十倍に達する場合がある。

荷重方向としては、ほぼ鉛直方向の上下に開閉するローラゲートおよびラジアルゲートのように自重による閉鎖が可能で、作用荷重が開方向で決まる場合と、高圧スライドゲートやスイング形式のゲートのように、開・閉の両方向の荷重で決まる場合とがある。

開方向の荷重のみを考慮すればよい場合は、扉体を索状のもので吊って開閉することが可能で、チェーンからワイヤロープへと進んできた。

開・閉両方向の荷重を考慮しなければならない場合には、棒のような剛性のあるもので扉体を引き上げたり押し下げたり、またはスイングゲートのように両方向に回転さす方法であり、この棒がラックからスピンドルまたは油圧シリンダへと発達してきた。

揚程（移動量）と荷重方向の組合わせと開閉方式の関係は、表－２のとおりで、理論的には扉体の形式と開閉方式は種々の組合せが考えられる。

表－２ 移動量（揚程）と荷重（駆動）方向の組合せと開閉方式の関係

移動量（揚程）	開 方向荷重のみの場合の方式	開・閉 両方向の荷重の場合の方式
移動量 小 （小揚程）	油圧シリンダ式 スピンドル式 ラック式 油圧シリンダワイヤロープ式 ワイヤロープウインチ式 チェーンウインチ式	油圧シリンダ式 スピンドル式 ラック式 — — —
移動量 大 （大揚程）	ワイヤロープウインチ式 チェーンウインチ式	— —

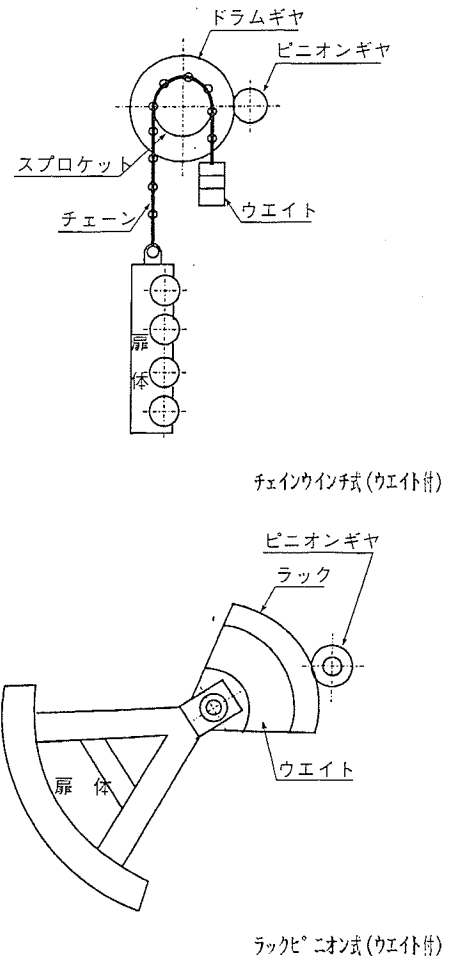
３．ゲート・バルブの開閉方式の変遷

（１）昭和30年以前の開閉方式の概史

我が国の近代的ダムの歴史は 約100年であり、ゲートは大正中頃から殆ど国産のものが設置されてきたといわれている。これらの開閉装置は、前述のいずれかの方式のものが設置されてきた。ここでは、水門鉄管技術基準が昭和35年に策定されたがそれ以前の開閉方式について概述する。

近年では開閉装置の動力は原則的には電動機が使

用されており、ワイヤロープウインチ式、スピンドル式および油圧シリンダ式の３形式が代表的な開閉方式となっているが、大正から昭和の初期に建設されたゲート設備には、専用の開閉装置のないゲート設備や手動スピンドル式、チェーンウインチ式の開閉装置の他、操作荷重を軽減するために扉体をチェーンやロッドを介して扉体重量にほぼバランスする重さのウエイトと結び、過不足分を手動または電動のピニオンでドラムやラックを駆動する形式の開閉装置（図－１参照）、あるいは伝導軸とドラムの間にクラッチを設け、１台の電動機で複数のドラムを順次駆動する形式の開閉装置等バラエティに富んだ形式が採用されていた。



図－１ ワイヤロープウインチ式以前の開閉装置の一例

ワイヤロープウインチ式開閉装置について、ワイヤロープの歴史から見ると、1800年代前期から欧州で鉄線索の研究および製造技術の開発が進み、1880年頃から鋼線索の製造が本格的になり、我が国では1897年から鋼索が製造されてきた。

このような背景から、大正時代にはワイヤロープウインチ式の開閉装置が、ゲートに採用され得る状況にあったことが推測される。

スピンドル式開閉装置は、ネジジャッキの歴史から判断して、昭和初期(1930年頃)にはゲート・バルブに採用され得る状況にあったことが推測される。

油圧シリンダ式開閉装置については、田瀬ダムで高压スライドゲート(昭和29年(1954年)完成・米国からの輸入品)に初めて採用され、五十里ダムに国産第1号の高压スライドゲートが設置され、昭和31年(1956年)に完成した。

昭和30年代(1955年以降)に入り、全国的に多目的ダムの建設が進み、主放流設備の主ゲートに採用された高压ローラゲート、高压ラジアルゲートおよびバルブの開閉方式として油圧シリンダ式が広く普及してきた。

図-2.1, 2.2, 2.3に現在採用されている代表的な開閉装置形式の模式図を示す。

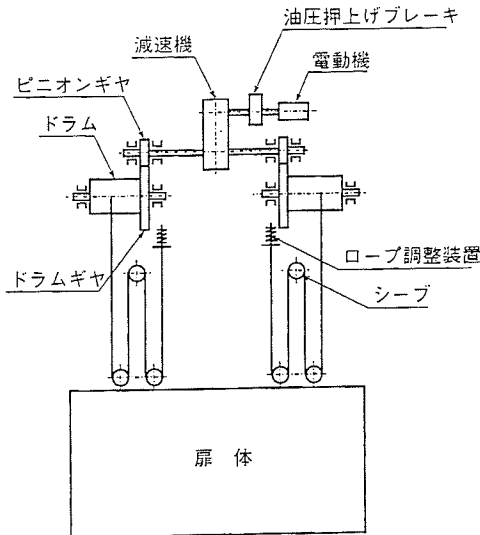


図-2.1 代表的な開閉装置形式(ワイヤロープウインチ式)

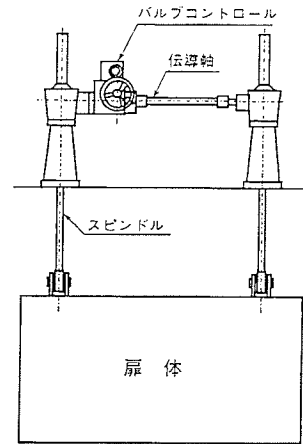


図-2.2 代表的な開閉装置形式(スピンドル式)

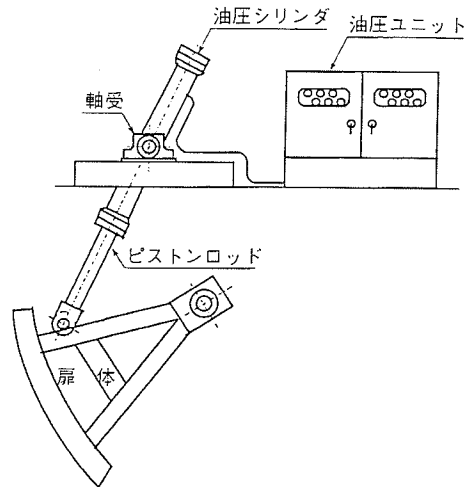


図-2.3 代表的な開閉装置形式(油圧シリンダ式)

(2) 昭和30年代以降のダムに設置されたゲートバルブの開閉装置形式の変遷

(社)ダム・堰施設技術協会発行「ゲート総覧」(第1～3巻)¹⁾²⁾³⁾の資料編に掲載されている形式別一覧表をベースに、昭和30(1955)年度から昭和59(1984)年度末の30年間に完成したダムについて、それらのダムに設置されたゲート・バルブの開閉装置形式の変遷の概要を検証する。

a) ゲート・バルブの設置数と開閉装置形式の推移

昭和30(1955)年度から昭和59(1984)年度末に完成した934ダムの3,533門のゲートおよびバルブの開閉装置の形式別推移を、図-3に示す。

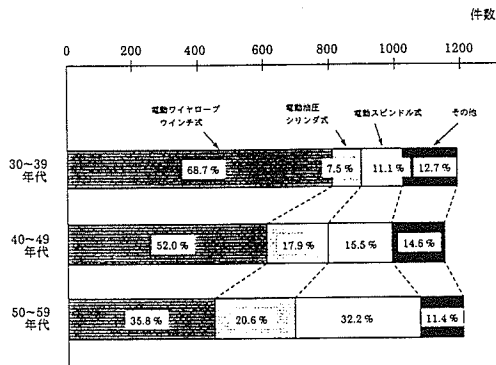


図-3 ゲート・バルブの設置数と開閉装置形式

この図から、各10年間にダムに設置されるゲートとバルブの総数は横這いであるが、ワイヤロープウインチ式を採用した設備が減少傾向にあり、逆に油圧シリンダ式とスピンドル式を採用した設備が増加傾向にある。

b) ゲートおよびバルブの設置数の推移

図-4 にゲートの図-5 にバルブのそれぞれ設置総数と開閉装置形式別の推移を示す。

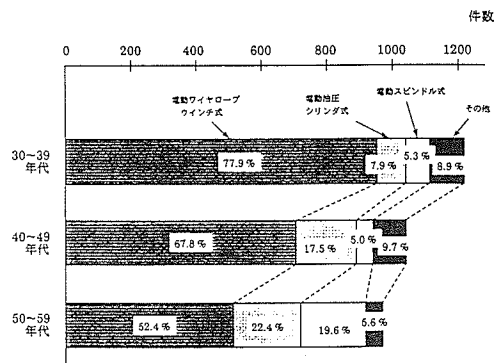


図-4 ゲートの設置数と開閉装置形式

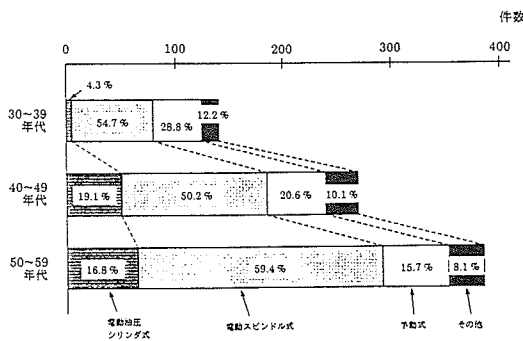


図-5 バルブの設置数と開閉装置形式

図-4 からは、年代が新しくなるほどゲートの設置数は漸減傾向にあり、さらにゲートの開閉装置のうちワイヤロープウインチ式は台数、比率とも減少している。

一方、図-5 からは、バルブは設置数が急増しそのうち油圧シリンダ式とスピンドル式は台数、比率とも急増していることが分かる。

これによると昭和50年代に設置されたバルブの台数は昭和30年代の3倍に増加している。そのなかでも50年代に油圧シリンダ式開閉装置が採用された設備は、対30年代比で台数は10倍、割合では4倍に増加している。スピンドル式バルブの台数は数量で3倍になっているが比率は50%と殆ど変化していない。

図-3、4、5の結果は、クレストゲートの自由越流化と利水放流設備の多様化の傾向を顕著に反映しているものと推測される。

即ち、近年、集水面積の比較的小さいダムの増加に伴い、自由越流式のクレストを有するダムが増加したことおよびゲートの大型化したことにより1ダムあたりの洪水吐きゲートの門数が減少したことによるものと考えられる。

一方、多目的ダムの増加に伴い、利水者間の調整から利水用設備はきめ細かい放流への対応が要求され、放流目的に応じた施設の使い分けや利水放流バルブの複数化が進んだ結果、バルブ設置数が増加したものと推測される。

更に、40年代にバルブ開閉装置に油圧シリンダ式が採用される例が増えたのは、放流バルブの大型化と高圧化が進んだことによるものと推測される。

c) ワイヤロープウインチ式開閉装置を採用している設備の推移

視点を变えて、図-3に示すワイヤロープウインチ式を採用している設備を詳細に分類した結果を図-6に示す。

これによると年代を問わず、ワイヤロープ式開閉装置が使用されているのは、クレストラジアルゲート、クレストローラゲート、高圧ローラゲートおよび取水ゲートで、これらで90%以上を占めそれ以外のゲート・バルブには殆ど採用されていないことが分かる。

しかも取水設備が漸増している以外、クレストラ

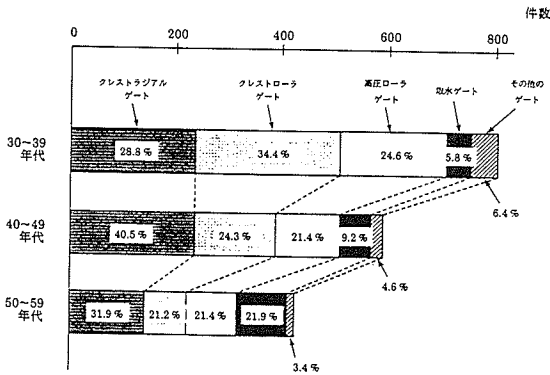


図-6 ワイヤロープウインチ式開閉装置とゲート・バルブの形式

ジアルゲート、クレストローラゲートおよび高圧ローラゲートは、全て年代が進むとともに減少傾向にある。

d) 油圧シリンダ式開閉装置とスピンドル開閉装置を採用している設備の推移

c) と同様に、図-3の油圧シリンダ式開閉装置とスピンドル式開閉装置を採用している設備を詳細に分類した結果を、図-7、8に示す。

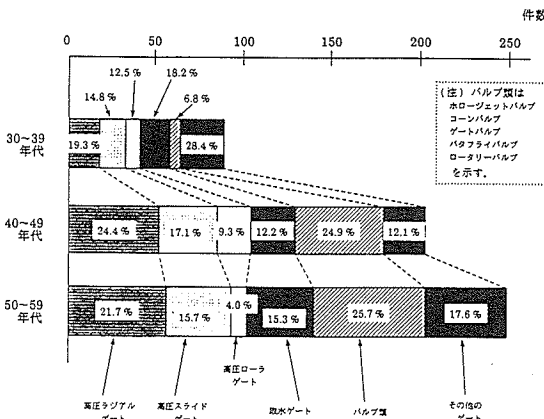


図-7 油圧シリンダ式開閉装置とゲート・バルブ形式

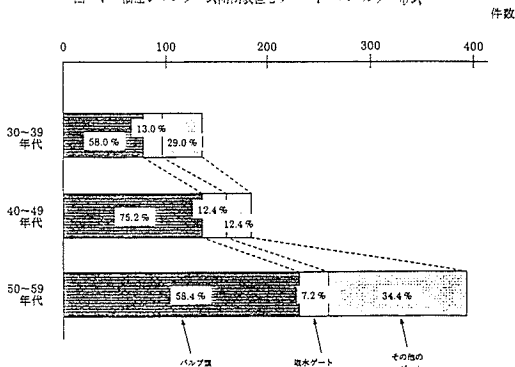


図-8 スピンドル式開閉装置とゲート・バルブ形式

油圧シリンダ式開閉装置が使用されているゲート・バルブの設置台数は年代が進むにつれ増加しており、50年代では30年代の約3倍になっているが、主な用途はバルブ、高圧ラジアルゲート、高圧スライドゲートでそれぞれの比率に大きな変化はない。

スピンドル式開閉装置が採用されている設備も、油圧シリンダ式と同様に年代が進むにつれ増加しており、50年代では30年代の約3倍になっているが、主な用途はバルブと取水ゲートでそれぞれの比率に大きな変化はない。

主な用途はバルブで全体の70%を占めている。

50年代ではその他のゲートの比率が高まっているがこれには、ゲートバルブや低圧のスライドゲートが含まれており実質的にはバルブと考えられるので、スピンドル式開閉装置は、殆どバルブの開閉装置に採用されていると見なしてよい。

e) 扉体形式と開閉装置形式の組合せの推移

上記の a) ～ d) で昭和30年から昭和59年まで30年間のダムゲートの扉体と開閉装置の組合せという観点から考えると、この間に目立った進展や新技術の導入は殆ど見られなかった。

即ち、クレストゲートやローラゲートはワイヤロープウインチ式、バルブの小型はスピンドル式、大型は油圧シリンダ式と画一化されている。航空機、自動車、産業機械などに見られるここ30年間の特に油圧技術の著しい進歩に比して、水門開閉装置の技術進歩の遅れの大きいことを確認した。

この検証はダムゲートのみにとどまったが、堰・水門のゲートについても同様と推察できる。

4. 油圧式開閉装置の展開

成熟機種であるゲートやバルブについて、ここ30年間は設計・製作に関する技術基準の整備や標準化が中心に行われてきた。これにより製作・据付のコスト削減や操作の信頼性を向上させ、またメンテナンスを容易にしてきたプラス面は評価できる。

しかし、固定部（土木構造物）を含めた全体的な合理性や地域の風土のマッチした景観重視の設備が要求されるようになってきた昨今、扉体と駆動部分だけを対象にした部分最適の組合せが、必ずしも全体的な最適になっていないのではとの反省に立って、扉体形式と開閉装置形式の組合せを根本から見直し

大胆に新技術を導入する時期にきていると判断する。特に、欧州を中心として油圧式開閉装置による各種の水門型式の展開は実に多様で学ぶべき点が多い。そこで、我国における油圧式開閉装置に焦点を当てて、その技術的変遷を考察する。

(1) 油圧式開閉装置の利点

堰・水門の大形ゲート設備やダムのクレストゲート、コンジット副ゲート等の開閉装置にはワイヤロープウインチ式が採用されている。

しかし、ワイヤロープウインチ式開閉装置には、「開閉装置を構成する機器を1平面に配置する必要があり、設置場所は殆どの場合、堰柱上のゲート直上に限定されるため、堰柱上に広い床面積の開閉装置室を必要とする。」という制約がある。^{7)・11)}

このように、ゲートの景観設計上、開閉装置の形式が大きなウエイトを占めており、ワイヤロープウインチ式を採用している限りは「広い開閉装置室を必要とする」根本的な問題が解消されず、改善に限度があり、大きな効果は期待できない。

従って、景観上の改善効果を期待するためには、ワイヤロープウインチ式に代わる開閉装置として、油圧式開閉装置が考えられる。^{4)・5)}

かつて、昭和30～40年代には多くのゲート設備で油圧式開閉装置が採用されていた。

しかし、当時の油圧式開閉装置は、油圧配管には一般に普通鋼材（炭素鉄鋼管）を使用しており、腐食により配管が損傷し、湯漏れ事故が多く発生した経緯がある。また、配管内に異物を混入させないのが原則であるが、現場施工においてこの原則の徹底が不十分であることによる異物混入のトラブルを生じている。

これらの油圧装置の事故から、油圧式開閉装置は、信頼性に劣るものと認識され、クレストゲート等では次第に採用されなくなり、ワイヤロープウインチ式に変わっていった。ただし、ワイヤロープウインチ式では対応不可能な高圧ラジアルゲート等では油圧シリンダ式が採用され続け、その間に従来の技術的弱点を順次克服し、配管のステンレス化、ずり落ち防止対策等の改良・改善を重ね、同時に現場施工管理も徹底されてきた。そして、クレストゲート以上に厳しい条件下の高圧ゲートにおいて油圧シリンダは多くの実績を踏まえて、高い信頼性のあるもの

との評価を得てきた。このような開閉装置選択の矛盾を含みつつ、30年が経過している。

昨今は、景観設計の重要性から、油圧式開閉装置を採用することによって、多彩な景観設計が可能になることが提唱された。^{4)・5)}

(2) 油圧式開閉装置の変遷の調査

本件の調査結果は、ダム・堰施設技術協会会員16社に、堰、ダム主放流設備、ダム利水放流設備、その他の設備について、各時代の代表的特徴を有する油圧式開閉装置をサンプリングし、調査を行ない、その技術的変遷について分析したものである。

(3) 油圧ユニットの形態の変遷

現在、堰やダムの油圧式開閉装置に使用されている油圧ユニットの形態は、作動油タンク上に電動機・油圧ポンプ、方向制御弁・流量制御弁等のバルブ類、圧力計他の計器類等、全ての機器を搭載し一体化したものが一般的である。

しかし、当初から現在のような形態であったわけではなく、現在の一体化された形態に至るまでには次のような3つの形態の変遷を経て現在に至っており、それぞれ次のような特徴を持っている。

① 単体機器配置形

昭和30年代前半に作られた初期段階の油圧式開閉装置に見られる形態である。作動油タンク、電動機・油圧ポンプ、バルブスタンド等の機器を操作室内に配置し、機器間を床面に露出した油圧配管で接続したものであり、操作室全体が油圧ユニットであるかのようなイメージを受ける。（図-7）

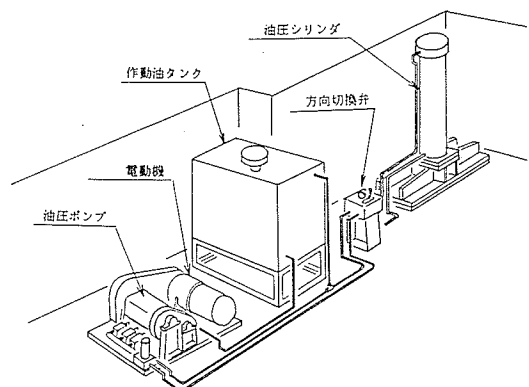


図-7 単体機器配置形油圧ユニット

この形式を単体機器配置形と称することとし、技術的変遷の第1ステージのものである。

② 分割形

ダムの放流設備等のように少数のゲートを1台の油圧ユニットで操作するものでは、昭和30年代前半に作られた初期段階の油圧式開閉装置から使用され始め、主に昭和30年代後半に多く採用されている形態であり、作動油タンク上に電動機、油圧ポンプを組込んだパワーユニットとバルブ類や計器類を組込んだ操作ユニットの2パッケージから構成されるものである。(図-8)

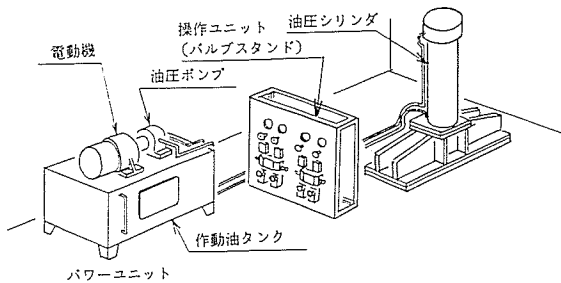


図-8 分割形油圧ユニット

なお、一体形の油圧ユニットが主流となる昭和40年代以降においても、ゲート規模が大きく、多量の油圧作動油を扱うため作動油タンクが大きくなる場合に採用されているケースがある。この形式を分割形と称することとし、技術的変遷の第2ステージのものとして位置付けられる。

③ 一体形

作動油タンク上に全ての機器を組込み一体化したものである。(図-9)

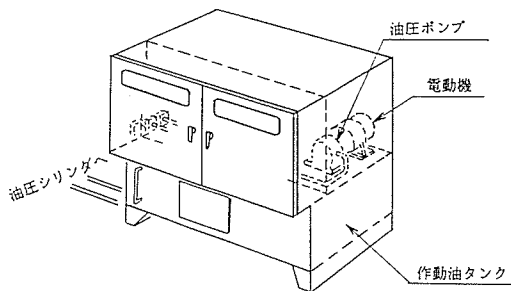


図-9 一体形油圧ユニット

油圧式開閉装置が発達するに従って、バルブ等の機器のコンパクト化も進んでおり、昭和30年代後半にはゲート数の少ない設備で、また、昭和40年代には殆どの設備において作動油タンク上に全ての機器を配置できるまで機器のコンパクト化が進み、一体形の油圧ユニットが製作されるようになった。この形式を一体形と称することとし、技術的変遷の第3ステージのものとして位置付けられる。

(4) 油圧式開閉装置圧力の推移

主要な堰、ダム主放流設備、ダム利水放流設備、その他の設備に採用されている定格圧力の推移を見ると図-10に示すようになる。

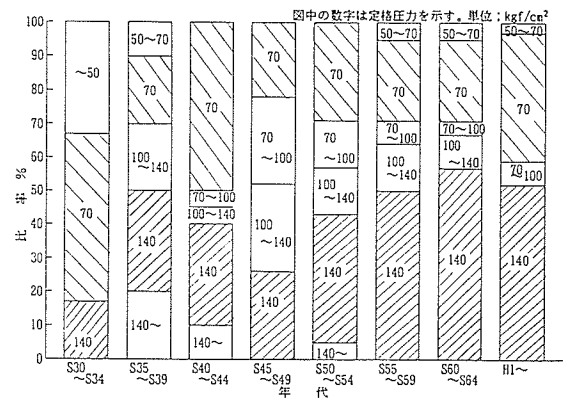


図-10 定格圧力の推移

[堰+ダム主放流設備+ダム利水放流設備+その他]

この図より次の傾向を示し、油圧式開閉装置の変遷が現れていることがわかる。

① 昭和30年代前半より現在まで、定格圧力の大部分が、70~140kgf/cm²の範囲内にある。

② 昭和30年代から昭和40年代前半までは、定格圧力は70kgf/cm²が主流であったが、昭和50年以降には140kgf/cm²に主流が移行している。

これは、年代の推移と共に、ゲート設備が大型化・高荷重化し、油圧式開閉装置が大型化していることと、制御の電気化や高度化により油圧ユニット内の機器が複雑化し、これらの機器で失われる損失圧力が増加してきたため、定格圧力を高める必要性が生じ、70kgf/cm²から140kgf/cm²へと主流が移行している。

③ 油圧機器の標準圧力は70、140、210kgf/cm²等であり、昭和30年代前半は標準圧力通りの定格圧力

を採用された比率が高いが、その後一時的にこの比率が低下し、昭和50年以降、再び標準圧力の採用される比率が高くなっている。

これは、次のような経緯によると推定される。

昭和30年代前半は、ゲート用の油圧装置と一般産業用の油圧装置との区別がなく、標準圧力を定格圧力に採用されていた。

昭和30年代後半になると、一般産業用では油圧装置の発達に伴い 140kgf/cm^2 を越える定格圧力のものが出てきた。また、多くのゲート設備で、ゲート用の油圧装置を一般産業用と区別し、ゲート用の安全率を高めるため、標準圧力の機器を標準圧力の80～90%の定格圧力で使用した。

昭和50年代以降になると、油圧装置の信頼性が向上し、大部分の設備で標準圧力通りの定格圧力で使用されるようになってきた。

④ 定格圧力が 140kgf/cm^2 を越えるものは昭和30年代後半から昭和50年代前半にかけて一部の設備で採用されているが、その後の設備では採用されていない。

これは、昭和30年代後半以降の一般産業用における油圧装置の発達に伴い、一部のゲート設備において、 140kgf/cm^2 を越える定格圧力が採用されたが、ゲート用の特殊性から油圧の高圧化が躊躇され、最大 140kgf/cm^2 が一般的になったものである。

ゲート用の油圧式開閉装置は全体としては以上のような定格圧力の変遷を経ている。しかし、堰の設備とダム設備とは設置条件が異なるため、それぞれ異なった定格圧力の変遷が見られる。

(5) 油圧式開閉装置を採用するゲート形式の変遷

ダム主放流設備、ダム利水放流設備、堰のそれぞれについて油圧式開閉装置を採用するゲート形式の推移を示すと表-3のようになる。

これによると、油圧式開閉装置を採用するゲート形式には次のような変遷が確認できる。

a) ダム主放流設備におけるゲート形式の変遷

ダムの主放流設備において油圧式開閉装置を採用するゲート形式には次に示すものがあり、それぞれ次のような変遷が確認できる。

① 高压スライドゲート

昭和30年代前半に建設された初期の主放流設備に採用された形式である。昭和30年代後半以降は、高

圧ローラゲート、高压ラジアルゲートに主流が移り、その採用実績は数少ない。

また、平成元年以降には採用実績が増加している。これは、近年のダム本体合理化施工として、拡張レア工法、RCD工法による施工が増えており、同時にダム本体に設置される主放流設備も合理化施工が要求されている。そこで、ボンネット型で管路途中に接続される高压スライドゲートの施工性に注目され、採用されたものである。

② 高压ローラゲート

昭和30年代後半以来、現在に至るまで、主にアーチダムにおいて多く採用されている形式である。この採用実績はアーチダムの施工実績に左右され、昭和50年代以降施工実績が減少している。

③ 高压ラジアルゲート

昭和30年代後半以来、現在に至るまで、主に重力式コンクリートダムにおいて多く採用されている形式である。しかし、近年のダム本体合理化施工に適合する主放流設備として高压スライドゲートの施工が増加し、中小型のものは高压スライドゲート、大型のものは高压ラジアルゲートが採用されるようになって考えられる。

④ ボンネット型高压ローラゲート

昭和30年代前半に建設された、初期の主放流設備に採用実績がある。同様に配置されるものに高压スライドゲートがあり、高压ローラゲートは高压スライドゲートに比べ開閉荷重が小さい利点があるが、管路途中に設けられるため中間開度時に扉体背後の圧力変動が激しく、扉体振動の防止のため扉体支持構造の安定した高压スライドゲートが主に採用されるようになった。

このため、初期の設備に採用例があるが、その後の実績は殆ど皆無となった。

⑤ ジェットフローゲート〔主ゲート〕

およびリングホロワゲート〔副ゲート〕

主にフィルダムに採用されている形式であり、トンネル内に敷設された放流管に接続して設置される。フィルダムの常用洪水吐き（主放流設備）は地山部分に設けられることが多く、トンネル内に設けることが少ないため、この形式の施工例は少ない。

b) ダム利水放流設備におけるゲート形式の変遷

ダム利水放流設備において油圧式開閉装置を採用

表-3 油圧式開閉装置を採用するゲート形式の推移

		S30	S35	S40	S45	S50	S55	S60	S64	H 1	H 5	施 工 中
堰	起伏ゲート (油圧シリンダ式)		←	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ローラゲート (油圧シリンダ・ワイヤロープ式)		←	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ローラゲート (油圧シリンダ・ワイヤロープ式以外)	ワイヤロープ式 油圧シリンダ式		油圧モータ	直吊	直吊						
	スライドゲート (油圧シリンダ式)		←	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	その他 (油圧シリンダ式) (油圧シリンダ式) (油圧シリンダ式)						ジェットフローゲート			サブマージナル ラジアルゲート		
ダム 主 放 流 設 備	高圧スライドゲート (油圧シリンダ式)	←	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	高圧ローラゲート (油圧シリンダ式)		←	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	高圧ラジアルゲート (油圧シリンダ式)		←	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	その他 (高圧ローラゲート) (高圧ローラゲート) (高圧ローラゲート)	ポンネット型高圧ローラゲート							ジェットフローゲート リンクローラゲート			
ダム 主 利 水 放 流 設 備	ホロージェット バルブ		←	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ジェットフロー バルブ					←	○	○	○	○	○	○
	高圧スライド ゲート					←	○	○	○	○	○	○
	その他 (高圧ローラゲート) (高圧ラジアルゲート)					高圧ラジアルゲート				高圧ローラゲート		
	高圧スライド ゲート		←	○	○	○	○	○	○	○	○	○
副 ゲ ー ト	リングホロー ゲート		←	○	○	○	○	○	○	○	○	○

するゲート形式には次のものがあり、それぞれ次のような変遷が確認できる。

〔主ゲートとして使用されるもの〕

① ホロージェットバルブ

昭和30年代後半以降、昭和50年頃までの利水放流設備の主ゲートに主に採用された形式である。

昭和50年代前半のジェットフローゲートの海外からの導入以降は、ジェットフローゲートに主流が移り、その後の採用実績は数少ない。

② ジェットフローゲート

昭和50年代前半に海外からの導入以降、現在に至るまで、利水放流設備の主ゲートに主に採用されている形式である。

③ 高圧スライドゲート

利水放流設備の主ゲートとしての採用実績は数少ないが、構造が簡単であるため一部の設備に採用実績がある。

④ その他

その他のダム利水放流設備の主ゲートにおける油圧式開閉装置を有するゲートとしては、高圧ローラゲート、高圧ラジアルゲートの施工事例が確認されるが、いずれも施工例は少なく特異なケースである。

〔副ゲートとして使用されるもの〕

① 高圧スライドゲート

利水放流設備の副ゲートとして、昭和30年代後半以来、現在に至るまで、主に採用された形式である。

② リングホロワゲート

利水放流設備の副ゲートには、高圧スライドゲートと共に、昭和30年代後半以来、現在に至るまで、多く採用された形式であるが、昭和50年代後半以降の採用実績は高圧スライドゲートが圧倒的に多くなっている。

これは、初期の利水放流設備では、流量係数に優れたリングホロワゲートを採用して管径を小さくする考え方の設計も多く採用されたが、昭和50年代後半以降は、構造の簡単な高圧スライドゲートを採用するように考え方の変化がある。

c) 堰におけるゲート形式の変遷

堰において油圧式開閉装置を採用するゲート形式には次のようなものがあり、それぞれ次のような変遷が確認できる。

① 起伏ゲート

昭和30年代以来、現在に至るまで、多く採用されている形式である。

② ローラゲート（油圧シリンダワイヤロープ式）

昭和30年代、40年代には多く採用されている形式である。

また、昭和50年代以降は殆ど途絶えているが、平成6年完成の岡堰で採用されたことが注目される。

昭和40年代後半以降、ローラゲートの開閉装置はワイヤロープウインチ式が主流となっているが、堰柱上部に大きく不安定な印象を与える開閉装置室が必要なことから、岡堰では油圧式開閉装置の開閉装置室がコンパクトなことに着目し採用されたものである。

③ ローラゲート（油圧シリンダワイヤロープ式以外のもの）

油圧シリンダワイヤロープ式以外のローラゲートの油圧式開閉装置として、ワイヤドラム油圧シリンダ式、油圧モータ式、油圧シリンダ直吊り式の実績が確認される。

これらの形式は、昭和30年代から昭和50年代前半までの間に、実績数が少ないながら確認される。

④ スライドゲート

昭和30年代、40年代には多く採用されている形式である。

また、昭和50年代以降は殆ど途絶えているが、非常に少ないながら一部の地方で、起伏ゲートに併設して設置実績がある。

⑤ その他

その他の堰における油圧式開閉装置を有するゲートとしては、ジェットフローゲート（油圧シリンダ式）、サブマージブルラジアルゲート（油圧シリンダ式）の施工事例が確認される。

(6) 油圧式開閉装置の現状と今後の展開

ゲート設備の油圧式開閉装置は次のような現状である。

① 油圧式開閉装置の採用されるゲート設備

起伏ゲートやダムの主放流、利水放流設備を中心に「圧縮荷重が作用する」「押下げ操作の必要がある」「開閉装置が水没する」「開閉装置の作用荷重が大きい」等の理由からワイヤロープウインチ開閉装置等が使用できないものに従来は限られていたが、鳴鹿大堰（工事中）において、油圧式開閉装置を採

用することにより、景観設計に資することが広く認識された。

鳴鹿大堰は、従来の開閉装置形式選手手法であればワイヤロープウインチ式となるが、開閉装置選定段階から景観設計を導入し、油圧シリンダ式が採用された。（図-11）

この事例から油圧式開閉装置が景観設計に寄与する次の利点が実証された。

- (イ) 堰柱の不安定感の原因である「幅方向の張出し」をなくし、構造に安定性を感じさせる。
- (ロ) 開閉装置室を含めたコンクリート構造部の全高さを低く抑さえ、突出感を少なくする。
- (ハ) 油圧シリンダは上方へ突出するが、遮蔽感を感じさせない。
- (ニ) 油圧シリンダを除く油圧ユニット等の機器は、配置が自由であるため、景観設計を優先した堰柱形状の採用が可能である。

さらに、信濃川分水堰をはじめ多くの堰で油圧式開閉装置による多様な景観設計へのアプローチが検討されはじめて来ている。

② 油圧式開閉装置の仕様の統一化

ゲートの油圧式開閉装置には、平成4年制定の「ダム用ゲート開閉装置(油圧式)設計要領(案)」までは統一された仕様がなかった。

現時点では、この設計要領に準拠した設備がまだ少ないため、次のような状況が見られる。しかし、

鳴鹿大堰の先進事例が出来たことにより本設計要領も下記の(イ)、(ロ)、(ハ)の課題を解決すべく出来るだけ速やかに増補改訂がなされるものと考ええる。

(イ) 設備毎の仕様の不統一

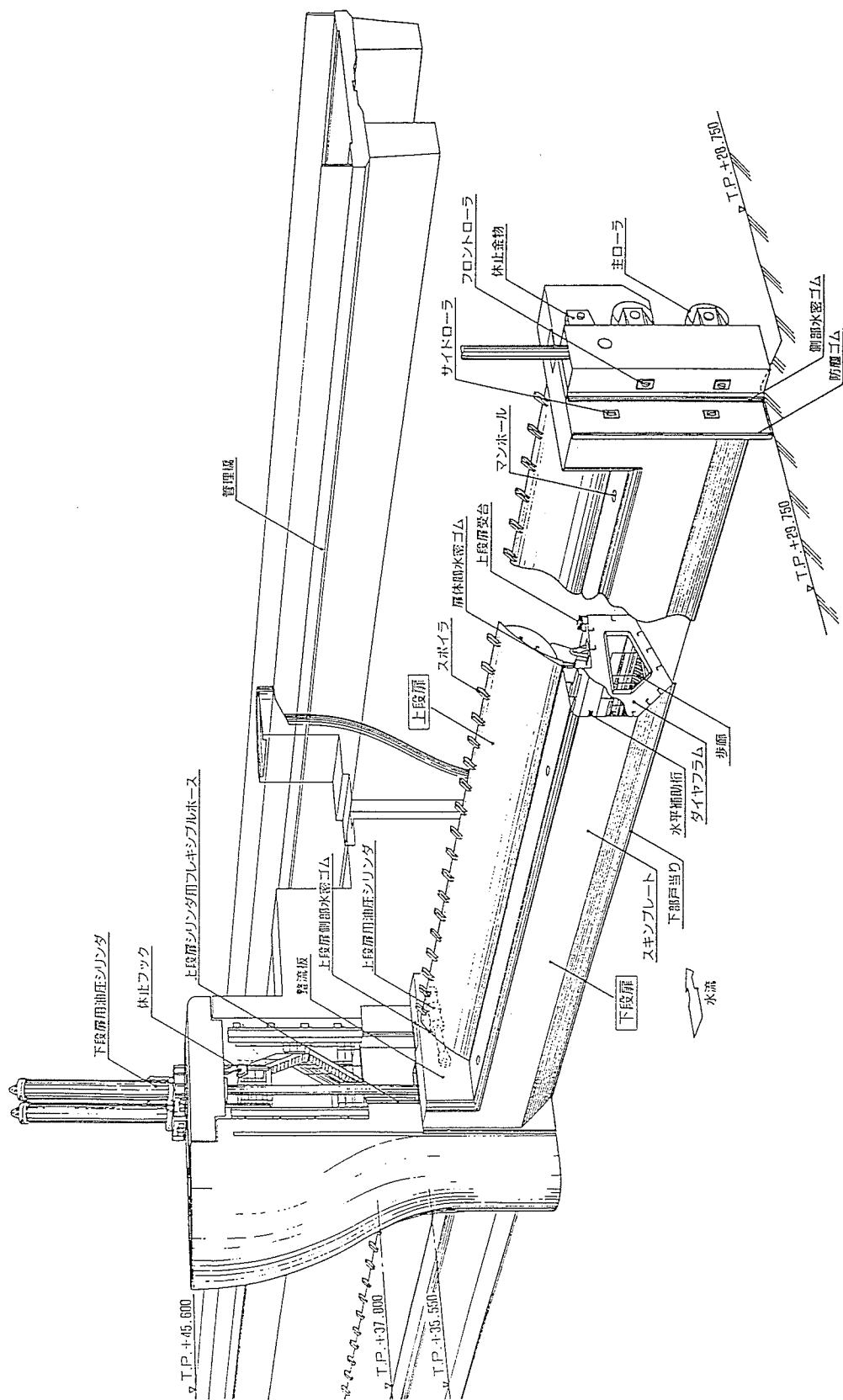
設備毎に設置条件が異なり、同種の設備が少なく、統一された仕様がなかったことにより、設備の信頼性、操作方法、点検・整備の作業方法、緊急時の対応等の思想が設備によって異なり、統一されておらず、入念に考慮され高い仕様が盛り込まれたものもあれば、基本回路のみのものまで多様である。

(ロ) 堰とダムとの仕様の格差

堰では起伏ゲートを中心とした中規模以下の設備に採用されているのに対し、ダムでは洪水時に流量制御を行う常用放流設備に採用されている。このため、ダム用では特に設備の信頼性、緊急時の対応等が考慮され高い仕様が盛り込まれたものが多い。反対に、堰用では基本回路のみであったり、多種のゲートを1台のポンプで駆動するものも見られる。

(ハ) 「ダム用ゲート開閉装置(油圧式)設計要領(案)」の適用

「ダム用ゲート開閉装置(油圧式)設計要領(案)」は新設のダム用設備には適用が徹底されている。しかし、堰用の設備では、主要な設備には適用されようとしているが、完全に徹底されているとはいえない。また、堰に特有の課題については取扱っていないため、統一された仕様がいないのが現状である。



図—1—1 鳴鹿大堰の事例

5. 結 論

ダム・堰の放流設備即ちゲート・バルブ類はダム・堰に対する社会的ニーズの高度化・多様化に答えるべく大型化・高機能化・多様化へと進展してきた。これらのゲート・バルブについての技術的進歩に合わせ、その開閉装置も信頼性・確実性向上の面で大きく進歩してきた。そこで、ゲート等の扉体本体とその駆動装置としての開閉装置とを比較する時、当然のことながら、開閉装置の方が創意工夫のバラエティに富んでいることは間違いない。そのような観点に立ち、開閉装置形式の歴史の分析を通してゲート・バルブ形式の技術的変遷を考察すれば、今後のゲート・バルブ形式のあり方が明確になってくると考え、本文は開閉装置形式の分析を行ったものである。

開閉装置形式とゲート・バルブ形式の組み合わせという見地から分析すると、ダムのクレストゲート及び堰のローラゲートの開閉装置は、かつて油圧式開閉装置が採用された事例もあるものの油漏れ等の事故等から殆ど採用されなくなり、その後その殆どがワイヤロープウインチ式となって以来、変化は見られなくなった。

一方、油圧式開閉装置はワイヤロープウインチ式が適用できない高压ゲート等で、油漏れ等の弱点を着実に克服しながら高压化、大容量化等の社会的ニーズにも技術的進歩で対応し、多くの実績を踏まえ、高い技術的信頼性を獲得してきている。^{7)~11)}

更に一方、堰・水門等の景観設計の要請を請け、いろいろな工夫がなされてきたが、ワイヤロープウインチ式では開閉装置室の頭デッカチ観は解決することが出来ないが、油圧式開閉装置の採用により、それらが技術的に解決できるのみならず多様な工夫が可能なが指摘されてきた。そしてその実施事例として鳴鹿大堰が完成しようとしている。

鳴鹿大堰の事例より油圧式開閉装置による多様な展開が可能なが広く認識されるところとなった。即ち、従来はゲート・バルブ形式と開閉装置は1対1の関係にあり、ゲート・バルブ形式に従属する形で開閉装置が変遷してきたが、昨今の油圧開閉シス

テムによる多様な景観設計技術の展開がなされてきたことにより、ゲート・バルブ形式選定の自由度が大幅に拡大してきた。

参考文献

- 1) 建設省河川局開発課監修：ゲート総覧Ⅰ，ダム・堰施設技術協会，1987年
- 2) 建設省河川局開発課監修：ゲート総覧Ⅱ，ダム・堰施設技術協会，1990年
- 3) 建設省河川局開発課監修：ゲート総覧Ⅲ，ダム・堰施設技術協会，1994年
- 4) 竹林征三：堰・水門の景観設計技術（そのⅠ），「ダム技術」Vol.78，ダム技術センター，1993年.3月
- 5) 竹林征三：堰・水門の景観設計技術（そのⅡ），「ダム技術」Vol.79，ダム技術センター，1993年.4月
- 6) 竹林征三、渡辺昭、河合廣治：油圧式開閉システムによる堰の景観設計技術，土木学会第49回年次講演会論文集，1994年.9月
- 7) 竹林征三：ダム・堰とダム湖水の景観（そのⅠ），「ダム技術」Vol.73，ダム技術センター，1992年.10月
- 8) 竹林征三：ダム・堰とダム湖水の景観（そのⅡ），「ダム技術」Vol.74，ダム技術センター，1992年.11月
- 9) 竹林征三：ダム・堰とダム湖水の景観（そのⅢ），「ダム技術」Vol.75，ダム技術センター，1992年.12月
- 10) 広瀬利雄、竹林征三：ダム・堰と湖水の景観 山海堂発行、1994年.11月
- 11) 竹林征三、高須修二、池田隆、伊藤淳、：河川環境に調和した堰の景観設計に関する考察、第4回水資源に関するシンポジウム、1992年.8月
- 12) 竹林征三：ダム技術の最近の課題、第29回 ダム施工技術講習会テキスト、p1~p34、(財)日本ダム協会、1991年.7月