

## 第1章 序論

我が国において、ダムが初めて建設されたのは、弥生時代の末期であり、西暦6年に大阪府大和川支川西除川上流に狭山池が造られたという記録が日本書紀に記述されている。その後、大和時代に入り、貯水池は西日本において盛んに造られるようになり、多くのアースダムが江戸時代末期までに主に灌漑用ため池として我が国固有の技術により建設された。

明治時代に入るとコレラの流行に対処するため、欧米の技術を取り入れつつ、水道水源として本河内高部ダム（長崎県）、五本松ダム（神戸市）などの大規模なダムが建設された。本河内高部ダムは、ゾーン型フィルダムの形式であり、五本松ダムは、コンクリートという新しい素材を日本で初めて適用したダムであり、いずれも近代的な土木施工法により建設されている<sup>1)</sup>。

その後も、水道や灌漑用のダムが続々と建設され、大正元年には鬼怒川黒部ダム（33.9m）、大正13年には、木曾川大井ダム（53.4m）、昭和5年には庄川小牧ダム（79.2m）と発電用のハイダムも次々に建設された。

大正15年に物部長穂は、論文<sup>2)</sup>を發表し、多目的ダム建設による洪水調節の優位性を説いた。その主要な考えは次のとおりである。

- 1) 河道が全能力を発揮する期間は極めて短いので、貯水による河川水量の調節は洪水防御上有利である。
- 2) 発電が渇水に苦しむのは冬期であり、その季節には大洪水の心配がないので、洪水調節容量は発電に利用できる。夏期渇水に対しては多目的として貯水池を多少大きくしておけばよい。
- 3) 貯水池地点は、我が国では一般に有利な所が少ないので多目的に利用すべきである。治水、灌漑用のものはなるべく平地の近くに設けるべきであり、発電用には上流部のものが有利である点から、水系的に効率的・有機的に運用すべきである。

内務省（当時）等は、物部の考え方を踏まえ、公共事業として治水、利水を行う河水統制事業を提唱し、予算要求した結果、昭和12年に予算が認められ、利根川、淀川など16水系において内務省（当時）直轄による事業が開始された。

戦後の昭和25年には、国土の保全、食糧増産、水力の開発を目的として国土総合開発法が施行されるとともに、胆沢川石淵ダム、鬼怒川五十里ダム等は河川総合開発事業と改称された。

この後、多目的ダムの費用負担者である治水、各種利水者と施工者間の委託契約の煩雑さと施工工程や維持管理への影響を解消するため、昭和32年には、特定多目的ダム法が制定され、建設省（当時）直轄ダムについて、建設省（当時）が施工し、維持管理することとなった。

以上に示したように、我が国においては、技術の進歩や法制度の整備とともに、ダム事業が推進され、2008年までに全国で2,890のダムが完成している<sup>3)</sup>。また、国土交通省所管事業に限ってみれば、河川総合開発事業によって、治水容量として58億4千万 $m^3$ を確保したほか、都市用水173億 $m^3$ /年、農業用水34億 $m^3$ /年を新規に開発するとともに水力発電として最大出力898万kWを開発している。

これら国土交通省所管既設ダムの効果の検証については、平成13年6月に制定された行政機関が行う政策の評価に関する法律に基づき、国土交通省が平成13～14年においてプログラム評価の項目として「ダム事業」を取り上げ、実施している。プログラム評価とは、実施中の施策等を目的や政策課題等に応じて一括して対象とし、それが目的に照らして初期の効果をあげているかどうかを検証するとともに、結果と施策等の因果関係について詳しく分析し、課題とその改善方策等を発見するものである。

平成15年3月に国土交通省が発表したプログラム評価書<sup>4)</sup>によれば、ダムの役割と効果として、洪水被害の軽減効果を次のように記述している。

「ダムは、洪水被害の軽減を図るため、融雪期、梅雨期、台風期を中心に、1年の大半の期間を通じ洪水調節を行っている。国土交通省所管の406ダム（補助ダム、生活貯水池を含む）における実績を見ると、平成3年から平成12年までの10年間の洪水調節回数が約4千回に及んでいる。また、こうした洪水調節による被害軽減、回避の事例も数多く挙げられている。

これまでに国土交通省所管の洪水調節を目的に持つ直轄、水資源開発公団のダムを93ダム建設してきたが、その投資額（治水分）は約3.7兆円（平成13年単価）となっている。これらのダムの洪水調節による洪水被害軽減効果について、金額に換算してみると、昭和62年から平成13年の15年間だけでも約4.2兆円（平成13年単価）を超える規模であったと推計される。

また、ダムによる洪水調節により下流河川の水位が下がることは、水防活動を行う沿川の水防団の負担を大幅に軽減するなどの効果を併せ持っている。

なお、ダムは洪水時の流量を低減する以外にも、上流からの流木を捕捉し、下流の河川における橋脚等での流木による塞き止めを回避し、これに伴う氾濫を防止するなどの効果を発揮することもある。」

以上に示したように、洪水調節について見れば、ダムはこれまで発生した多くの洪水について、一定の効果を発現し、流域の治水安全度向上に寄与してきた。しかし、従来に比して近年は宅地等の水害区域面積は小さくなってきているものの、氾濫区域における人口、資産は著しく集積し、災害ポテンシャルは増大していること<sup>5)</sup>、近い将来発生が予測される地球温暖化に伴う気候変動により、我が国における洪水被害は極めて大きくなることが予測されていること<sup>6)</sup>から、適切な対応策を講じる必要がある。一方、ダム建設を取り巻く環境は、ダム建設適地の減少、財政の硬直化、環境保全への関心の高まりなど、大変に厳しいものがあり、今後は新規ダムの建設が極めて困難な状況にあ

る。これらの現状を踏まえれば、現在保有する一定数の既設ダムを適切に維持管理、とりわけ洪水調節方法について最適化を図り、最大限にその効果を発揮させることが重要な課題と考えられる。

ここに、ダムによる洪水調節は、下流河川の被害を防止し又は軽減することを目的としているため、洪水を適切に制御する必要がある。このため、洪水規模の大小、洪水波形を問わずさまざまな形で発生する洪水に対して、安定して確実に効果を発揮することが必要であり、ヒューマンエラーを防止する観点からも、適切な操作規則の制定と操作員による確実な操作が求められる。その前提条件として、人為操作により住民の生命、財産が危険にさらされることは避けるべきであり、洪水調節は慎重かつ安全に行う必要がある。さらには、ダムや関連構造物の安全性を確保しなければならないことも重要であり、確実性、安全性、即応性の原則を遵守することが求められる。

以上の観点から、現在多くのダムにおいて採用されている洪水調節操作は、操作規則において「所長は、次の各号に定める方法により洪水調節を行わなければならない。ただし、気象、水象その他の状況により特に必要があると認める場合においては、この限りでない。」と規定している。これは、「固定ルール調節方式」と呼ばれるもので、あらかじめ十分な技術的検討を行って洪水調節方法を定めるものであり<sup>7)</sup>、一般的に一定量放流方式、一定率一定量調節方式、自然調節方式などが多く採用されてきた。これらの操作方式は、治水計画で定めた超過確率以下の洪水にあつては、一定の効果を確実に発揮し、さらに操作の過程において操作員に適応判断を要しない利点がある。

これらの操作方法は、洪水の襲来を控えて、将来の流入量が予測できないことを大前提として策定されており、計画を超える大きな洪水が襲来した場合や中小洪水に終わることが確実な場合には、なお操作方法について改善の余地がある。特に、超過洪水の発生に対する事前放流については、これまで必ずしも十分には実施されていないほか、治水容量が不足することが明らかになった場合に採用される但し書き操作については、ダムによる洪水調節効果を低下させ、下流における洪水被害を十分には防御できない結果となってきた。また、多目的ダムにあつては、迎洪水位が制限水位よりも低い場合に、利水容量内において洪水調節操作に移行する時期は規定されておらず、利水と治水が背反する操作のあり方について、ダム管理所の操作員を悩ませてきた。

国土交通省河川局が、平成 20 年に 105 の直轄及び水資源機構管理ダム・堰管理所職員を対象に実施した聞き取り調査によれば<sup>8)</sup>、ダム操作に関する課題として、立ち上がりの急な洪水時の放流の遅れ、予備放流実施の困難さ、融雪洪水への対処、但し書き操作における下流地域の浸水及び治水容量の不十分な活用、洪水調節未実施にもかかわらず発生する下流浸水、統合ダム管理所における洪水調節に係わる統合運用、気象庁から提供される予測雨量の不活用など多くの問題点が浮き彫りとなった（具体的には、第 2 章にて詳述する）。

ここに、全球モデルによる解析技術を駆使した気候モデルの技術進歩はめざましいも

のがあり、オーストラリア連邦科学産業機構、ドイツマックス・プランク研究所において、それぞれ 1870～2000 年及び 1860～2000 年について現況の地上降雨量を再現したほか、気候変動(A1B シナリオ)を踏まえた将来の予測として、地上の降雨量及び上空の水蒸気量を含めた水量をそれぞれ 2000～2300 年(上空のデータは、この期間のうち 84 年分のみ)、2001～2100 年についてシミュレーションを行い、結果を公表するなどしている。また、米国においては、メソスケール気象モデルとして現業用、研究用に開発された WRF (Weather Research and Forecasting Model) が公開され、1km 程度での非静力学モデルによる計算を行うことが容易に可能となっている。従来の天気予報業務で使用されてきた気象モデルと異なり、WRF は、集中豪雨、雷雨などの水平スケールが 10～100km の気象現象を扱うことが可能である。近年、実測雨量などにより、予測計算を補正する同化技術の導入などにより、精度向上が進んでいる。具体的には、洪水予測に活用すべく、48 時間以内までの降雨予測が相当程度の信頼性で実行可能となっており<sup>9)</sup>、これらの降雨予測を活用することにより、ダムへの流入量をあらかじめ把握することが可能となるならば、前述したダム操作の問題点の多くは解決される可能性が高い。すなわち、WRF による降雨予測により、ダム流入量を正確に把握し、治水容量のみならず利水容量も含めたダム空き容量を最大限に活用し、最大放流量と下流被害を極力低減する手法が実行可能となる。

また、今村が提唱した水位放流方式によるダム操作は、貯水池情報を基に、放流開始時期及び放流量を決定するダム操作方法であり、迎洪水位が制限水位に比べて低い場合においてダム操作を行う際に適した手法である<sup>10)</sup>。放流の開始時期は、ダムの空き容量、下流河川の水位上昇速度から求められる限界流入量を指標とし、限界流入量が流入量と等しくなった時点で放流を開始することとされている。これにより、放流開始時点を一意的に決定するとともに、治水容量内に余分に洪水を貯留するような状況を最小限に抑えることが可能である。

さらに、VR 方式(Water storage Volume with the Ratio of discharge to the flow method)は、裏戸が超過洪水時における有効なダム操作手法として提案している方式であり、その時点の空き容量から判断して、以後の洪水をその空き容量内で貯留できない場合に、放流量を逐次増加していく操作方式<sup>11)、12)</sup>である。すなわち、ダムの現時点の空き容量  $V_e(t)$  と現時点の放流を継続した場合に今後必要となる調節容量  $V_m(t)$  を等しくなるように放流量  $Q_o(t)$  を変化させ、限られた貯水容量を最大限活用して洪水調節効果を高めようとする洪水調節手法である。VR 方式の導入により、但し書き操作を早い時点から開始し、治水容量を有効かつ最大限に活用して、超過洪水発生時にあっても、下流への最大放流量を極力下げることが期待される。

本研究は、以上に示した 3 つの洪水操作手法を適切に組み合わせて、上述したダム操作の課題の解決を試みたものである。すなわち、予備放流や事前放流、後期放流の適切な実施、下流河道の流下能力不足への対応、複数ダムの統合管理、超過洪水時の但し書

き操作による被害の緩和などの問題については、将来におけるダム流入ハイドログラフが把握できれば、ダム空き容量との比較により、利水容量を含めたダム容量を十分に活用しつつ下流被害の最小化を図ることが期待され、また予備放流や事前放流、後期放流も円滑に実施することが可能である。このため、本研究では、WRF による降雨予測を活用してダム流入量を予測し、予測時点でのダム空き容量と比較しつつ、放流量の最小化問題を解くことにより、現行の操作規則によった実績操作よりも最大放流量の低減等合理的な洪水調節操作を行うことを目指した。また、洪水初期において放流量を適切な時期に所定の放流量に引き上げる、すり付け操作については、水位放流方式を適用することにより、限界流入量を用いて一義的にすり付け開始時刻が決定され、治水容量内に治水計画で想定していない流水をため込む過貯留も大きく縮小することが見込まれる。これを踏まえて、洪水初期において WRF を活用した操作を補完することを目指して、水位放流方式の適用性を検証するとともに、下流水位上昇速度の遵守に向けた改良策について検討した。さらには、超過洪水発生時にあっては、WRF による降雨予測において、誤差による影響を完全には除去できないことから、その問題を補うべく裏戸の提案した VR 方式の適用を試み、適用性を検証を行うとともに基準流入波形の適切な設定方法を明らかにし、ダム空き容量に応じた VR 方式適用の可否について検討を行った。これら 3 方式とも、国土交通省、水資源機構、県が管理するダムを全国からバランス良く選抜し、過去に発生した洪水を用いてシミュレーションを行って、最大放流量の最小化と下流被害の軽減を目的とした合理的な洪水調節手法の提案を目指した。

以下に、各章毎の要約を述べる。序章に続く第 2 章では、国土交通省が実施したダム管理所職員からの聞き取り調査を分析、整理してダム操作上の問題点についてとりまとめた。そして、現在、国土交通省所管ダムにおいて一般的に採用されている洪水調節方法について解説を行い、これに変わる操作手法について検討を行った研究事例について取りまとめた。近年提案されている新たな操作手法の主要なものとしては、前述した水位放流方式、VR 方式のほか、秋葉ら<sup>13)</sup>、戸谷ら<sup>14)</sup>、下坂ら<sup>15)</sup>、腰塚ら<sup>16)</sup> は、総降雨量と総流出高の関係等から事前放流量を算出し、事前放流によりダムの治水機能向上を図る運用方法を提案した。松木ら<sup>17)</sup> は、予測降雨を用いたダム操作の一環として、流入量又は降雨量ピーク後について洪水到達時間、実績の降雨量及び 6 時間予測雨量からダムへの流入量を予測し、事前放流を実施する手法を提案している。青山<sup>18)</sup> は、超過洪水に対して大きな被害を回避するため、計画最大放流量を上回る流量の放流により、下流氾濫を最小化する手法を考案した。小尻ら<sup>19)</sup>、加藤ら<sup>20)</sup>、長谷部ら<sup>21)</sup>、高棹ら<sup>22)</sup> は、最適放流操作について、DP (Dynamic Programming) を応用して、ファジィ理論、AI 理論、ニューラルネットワークを用いた操作支援システムの構築に関する研究が行われている。森ら<sup>23)</sup> は、地球温暖化の影響として GCM20 の予測値を用いて分布型流出計算を行い、ダム流入量へ与える影響を検討している。さらに、本研究において提案するダム操作の中核となる降雨予測を支える WRF の改良経過について述べた。すなわち、

WRF による降雨予測を実施するにあたっては、擾乱の予測精度について、空間分布を考慮する必要があることや、日本のような島国においては、海上の水蒸気量の情報を得ること、放射過程や雲微物理課程の解析にあつて精度向上を図る必要があることなどが課題として認識されていたが、これらに対する改良策について説明した。

第3章では、第2章で指摘された超過洪水発生時における下流被害の緩和や遅れ操作の解消、中小洪水発生時における被害の解消を目指して、WRF による降雨予測を活用しつつ、治水容量と利水容量を一体的に運用する合理的な洪水調節手法を確立すべく、その手法の説明を行った。さらに、その適用性を確認すべく、全国の国土交通省、水資源機構、県が管理する12ダムにおいて実際に発生した超過洪水6洪水を含む69洪水を対象として、シミュレーションを行い、最大放流量やダム容量の貯水状況を検証した。提案する手法の合理性の検証については、現在実施されている操作規則に基づいた洪水調節を行った実績操作と比較しつつ、最大放流量を低減できているか、さらには、計画最大放流量や無害流量以下に抑え、下流河道における被害を皆無又は小規模に抑えることができているかに着目した。降雨予測は、実績降雨と比較して誤差を伴うものであるが、未だ48時間程度の降雨実績と比較しつつ信頼性について明らかにした研究事例は存在しないことから、ここでは気象庁の実施した時間降雨毎の予測降雨と実績降雨の乖離率を参考に誤差率を設定し、予測降雨を推定した。損失雨量について、洪水後期の流量低減曲線の傾きを参考に地中保水能をダム流域毎に設定し、予測降雨総量から控除することにより、ダム流入総量を算定した。ダム管理所において、多くの技術者が容易に利用可能とする観点から、ここでは流出解析を行うことをあえて避け、ダム流入総量とその時点での空き容量を比較することにより、事前放流の実施を判断するとともに放流量を求めた。洪水調節に入ってから放流は、ダム治水容量を完全に使い切るとともに、下流における被害を最小化することを念頭に置き、一定量放流とした。

事前放流の実施にあたっては、災害弱者の河川内における歩行能力（水深、流速）を考慮して、十分安全に河川から待避できる時間を確保して、放流を実施することとした。この結果、ほとんどのダムにおいては、実績の操作よりも最大放流量を低減させることに成功した。鶴田ダム H18.7 洪水にあつては、東シナ海上の水蒸気、水滴等を多く含んだ海域の評価が十分ではないため、予測降雨量が実績降雨量に比べて著しく小さくなり、これが原因となって、実績操作に比べて本方式による操作の方が最大放流量を大きくする結果となった。WRF による降雨予測の誤差率を正確に把握することは、ダム操作を設定する上で重要であるため、ここでは、10ダム14洪水と数少なく、信頼性には未だ不十分ながら、今後の研究の礎とするべく、ダム流域における WRF による予測降雨と実績降雨の比較を行い、その乖離率について分析を行った。

今後の課題として、WRF による予測降雨の誤差率について、多くのデータを収集するとともに、合理的な設定手法を開発する必要性が挙げられる。また、現場への本方式の導入については、事前放流は比較的容易に実施できうるものと考えられるが、洪水調

節に入ってから放流量を操作規則から変更することは、予測降雨誤差の評価が向上することを待ってから実施すべきと考えられる。

WRF による降雨予測を用いて洪水調節を行う場合にあっては、迎洪水位が低い場合には、適切な時期にダム放流量を適切な放流量に段階的に引き上げるすり付け操作を行う必要がある。また、前述したようにその誤差率が未だ不確定であるため、予測した降雨量よりも実際に多く降る場合も想定され、その際には、現在の但し書き操作とほぼ同様の操作を強いられることから、その対応について改善を図る余地が残されている。これらを踏まえ、WRF による降雨予測を活用したダム操作を補完する手法として、2つの手法の適用性を検討した。まず、第4章においては、洪水時立ち上がり時の操作の支援として、今村が提案した水位放流方式の現場への適用を試みた。ここでは、国土交通省、水資源機構、県が管理する多目的ダムで迎洪水位が低い状態で比較的大きな洪水が発生した場合を取り上げて、本方式のシミュレーションを行い、洪水防御計画で定めた以上の過貯留が治水容量内に発生しないか、下流河道における水位上昇速度は規定された範囲内に収まるかのほか、すり付け操作開始時刻について検証した。この結果、過貯留とすり付け操作開始時刻については、効果が明快に見られたものの、下流河道水位上昇速度については、通常の規則操作によった場合よりもかえって改悪となるケースも多く、課題として残った。

これを踏まえて、水位放流方式の欠点を克服するべく、限界流入量の規定や下流河道上昇速度の規定を厳しくするなどの改善策を提案し、一定の効果を見いだした。さらに、短所を完全に克服する手法として、下流河道の水位が、河川利用者が存在する可能性のある水深 1m までは、通常の操作によることとし、それ以上の水深にあっては、本操作による手法を適用した結果、過貯留と下流河道上昇速度という必ずしも両立はしない事項について、双方とも満足する結果を得た。限界流入量の算定によって求められるすり付け操作開始時刻は、現状の規則操作に基づいて操作を行う場合にあっては、ダム操作員に対してすり付け操作の開始時刻到来を知らせるアラームとして使用することが可能であり、今後の現場への導入が期待される。

第5章においては、裏戸が開発した VR 方式による洪水操作の適用性について、検討を行った。超過洪水の発生時にあっては、規則操作によった場合、治水容量が不足することから、ダムのオーバートッピングを避けるため、放流量を流入量にすり付ける但し書き操作が実行されるが、この結果、ダムは、相当の洪水調節効果を発揮したものの、下流河道において氾濫が発生し、大きな被害が発生したケースも存在した。このため、超過洪水発生時に効果があるとされている VR 方式について、但し書き操作実績の多い国土交通省、県管理ダムにおいて、過去に発生した実際の洪水波形やダム貯水位を用いてシミュレーションを実施し、操作実績と比較してその有効性を検証した。結果は、極めて降水量の大きな長雨洪水や洪水ピーク時に治水容量が満杯又は相当程度貯留されている洪水を除いて、最大放流量を低減させる効果が確認された。また、但し書き操作

開始水位程度で洪水調節が終了する洪水にあつては、VR 操作の導入により、但し書き操作を回避する大きなメリットがあることが理解できた。

VR 方式の適用にあたっては、将来の流入量を予測するにあたって必要となる洪水の低減傾向を指数関数でハイドログラフに示した基準流入波形を適切に与えることが重要であり、洪水の低減傾向を表すパラメータ  $b$  について、過去の洪水群を参考にしつつ適切な値を設定することが焦点となる。ここでは、実績洪水に対して  $b$  の値をさまざまに変化させて感度分析を行い、適切な値の設定手法について、提案を行った。また、洪水ピーク時に治水容量貯水率が大きい場合の VR 操作適用の是非についても、さまざまな貯水率を設定して分析を行い、洪水ピーク時にダム貯水率が概ね 70~90% の場合に本方式が効果を発揮することを見いだした。

第 6 章においては、以上の分析を総括して、現場への導入を図るためのフローとして取りまとめた。すなわち、洪水発生時において、すり付け操作から洪水調節、超過洪水に至った場合の円滑な処理までの洪水対応について、3 つの操作手法を組み合わせた新たなダム洪水調節操作手法を提案するとともに、実際に現場へ導入するにあたっての課題を述べた。

本資料は、三石 真也が学位論文として行った研究「超過洪水等に対する合理的な洪水調節手法に関する研究」及び、水資源研究室において実施した研究の内容をもとにして、国土技術政策総合研究所資料として取りまとめたものである。

#### 参考文献

- 1) (財) ダム技術センター、多目的ダムの建設第 1 巻計画・行政編、pp.33、2005.
- 2) 物部長穂、我国に於ける河川水量の調節並貯水事業に就て、1926.
- 3) (財) 日本ダム協会、ダム年鑑 2009 年版、2009.3
- 4) 国土交通省、平成 13 年度～平成 14 年度プログラム評価書、ダム事業 2003.
- 5) 国土交通省、国土交通白書 2007、平成 18 年度年次報告、2007.5
- 6) 藤 歩、川越清樹、風間 聡、沢本正樹、降雨極値データを利用した気候変動に伴う全国浸水被害額評価、水工学論文集、第 52 巻、pp.433-438、2008.
- 7) (財) ダム技術センター、多目的ダムの建設第 7 巻管理編、pp.76-77、2005.
- 8) 国土交通省河川局河川環境課、各ダムの洪水調節と下流河川の状況調査、2008.
- 9) 豊田康嗣、気象予測モデルと連携した出水予測手法の開発、電力中央研究所報告 No8058、2009.
- 10) 今村瑞穂、ダム貯水池における洪水調節の工学的特性の分析と改善に関する研究、九州大学博士論文、1998.
- 11) 裏戸 勉、洪水時のダム操作について、ダム技術、No.86、pp.4-12、1993.



- 12) 裏戸 勉、異常洪水時のダム操作手法について、第 10 回ダム工学会研究発表会講演集、pp.40-42、1999.
- 13) 秋葉雅章、腰塚雄太、宮本 守、戸谷英雄、佐藤直良、山田 正、流出特性に応じたダム放流量の決定方法とその洪水水位低減効果に関する研究、河川技術論文集、第 10 巻、PP.89-94、2004.6
- 14) 戸谷英雄、秋葉雅章、宮本 守、山田 正、吉川秀夫、ダム流域における洪水流出特性から可能となる新しい放流方法の提案、土木学会論文集 B Vol.62 No.1、PP.27-40、2006.2
- 15) 下坂将史、呉 修一、山田 正、吉川秀夫、既存ダム貯水池の洪水調節機能向上のための新しい放流方法の提案、土木学会論文集 B Vol.66 No.2、PP.106-122、2009.6
- 16) 腰塚雄太、下坂将史、戸谷英雄、山田 正、確率予報を用いた事前放流量の決定手法に関する研究第 33 回土木学会関東支部技術研究発表会、2006.3
- 17) 松木浩志、齋藤 源、清水直樹、上谷昌史、より効果的なダムによる洪水調節方法の考え方について、平成 19 年度水資源機構技術研究発表会発表論文、2007.
- 18) 青山俊樹、大被害発生水位を睨んだダム操作方法に関する提案、リザーバー2007.3、PP.1-2、2007.3
- 19) 小尻利治、池淵周一、十合貴弘、ファジィ制御によるダム貯水池の実時間操作に関する研究、京都大学防災研究所年報、第 30 号 B-2、PP.323-339、1987.
- 20) 加藤純一、長谷部正彦、鈴木喜晴、ファジィ及びニューラルネットワークシステムを用いたダム操作支援システムの比較検討、土木学会第 59 回年次学術講演会、PP.153-154、2004.9
- 21) 長谷部正彦、長山八州稔、桑川高德、ニューラルネット・ファジィ理論による治水型ダム操作支援制御システムの適用について、水文・水資源学会誌第 10 巻 3 号、PP.213-225、1997.
- 22) 高棹琢馬、池淵周一、小尻利治、水量制御から見たダム群のシステム設計に関する DP 論的研究、土木学会論文報告集、第 241 号、PP.39-50、1975.9
- 23) 森 英祐、浜口俊雄、小尻利治、田中賢治、ダム貯水池を含む流域水資源分布の地球温暖化影響評価に関する研究、平成 20 年度土木学会関西支部年次学術講演会、PP. II -59、2008.

