

京都大学	博士（工学）	氏名	猪股 広典
論文題目	アンサンブル予測雨量を用いた洪水時ダム操作決定方法に関する研究		
<p>本論文は、大規模な洪水に対する既設ダムの洪水調節機能を向上させることを目的に、予測雨量の不確実性を考慮した上で効果的な洪水時操作を行う手法として、アンサンブル予測雨量を用いた洪水時操作決定方法について行った研究を取りまとめたものであり、7章から構成されている。</p> <p>第1章では、論文の背景と研究目的として、近年の豪雨時におけるダムの洪水調節操作の概要及び、今後の洪水激甚化への対応に向けた既設ダムにおける洪水調節機能向上の必要性について述べている。その上で、今後の既設ダムの洪水調節機能向上の手段として、予測雨量の不確実性を考慮した操作を考える必要があることを指摘し、その方法論としての予測雨量の不確実性を定量的に示すアンサンブル予測雨量を用いた操作決定方法の基本的な考え方について整理している。</p> <p>第2章では、国土交通省所管ダムの洪水時操作において、これまでどのように予測情報が活用されてきたかという観点から、既設ダムにおける洪水調節機能の向上に関する既往研究、アンサンブル予測雨量を用いた洪水予測等に関する既往研究についてレビューを行っている。その上で、アンサンブル予測雨量から得られる予測の不確実性情報を用いてどのように放流量を決定するか、具体的には、ダムの事前放流操作、洪水調節操作等、洪水時ダム操作のそれぞれの段階に応じて求められる要件を考慮した操作決定方法にどのように反映させるかを研究目的とすることを示している。</p> <p>第3章では、アンサンブル予測雨量を用いることで、より効果的に洪水をダムに貯留して下流の流量を低減させる方法について論じている。アンサンブル予測雨量として、気象庁 GSM の 84 時間予測を初期値・境界値として、WRF (Weather Research and Forecasting Model) により空間解像度 5km, 20 通りのアンサンブルメンバーを算出している。これを対象ダムに適用し、一定量放流による複数の洪水調節操作を実施した複数の洪水イベント（平成 23 年の 3 つの台風）を対象として提案方法の適用性を確認した結果、アンサンブル予測雨量を用いた操作は現行操作ルール（本則操作）よりもダムからの放流量を低減でき、その結果、下流のピーク流量を低下させることができることを示している。</p> <p>第4章では、予測雨量に基づいて洪水貯留準備水位からの事前放流操作を実施する際に発生しうるリスクとして、「洪水貯留準備水位まで貯水位が戻らず利水容量が回復しないリスク」及び「洪水調節容量が不足して異常洪水時防災操作に至るリスク」という 2 種類のリスクを定義してアンサンブル予測雨量を用いて定量化し、これを基に放流操作を決定する方法を示した。ここでアンサンブル予測雨量は、GSM の 84 時間予測のうち 63 時間分を切り出して利用しており、本手法を平成 25 年台風第 18 号において異常洪水時防災操作を実施した日吉ダムに適用した結果、本則操作よりも異常洪水時防災操作の開始時間を 6 時間程度遅らせ、最大放流量も $712 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 260 \text{ m}^3/\text{s}$ と大幅に低減させることができることを示している。</p> <p>第5章では、ダムの弾力的管理における活用水位からの事前放流操作及び特別防災操作について第4章と同様にそれぞれの操作の実施に係るリスクを定量化し、アンサンブル予測雨量を活用して放流量を決定する方法について論じている。ここでアンサンブル予測雨量は、GSM の 84 時間予測のうち 39 時間分を切り出して利用しており、本手法を、第4章で述べた洪水貯留準備水位からの事前放流操作に関する操作決定方法と併せて、洪水イベントに対する一連のダム操作として対象ダムに適用してその妥当性を示している。</p> <p>第6章では、アンサンブル予測の予測先行時間の影響について論じている。ここでは、気象庁が運用</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	猪股 広典
------	---------	----	-------

しているメソアンサンブル予測の 39 時間の予測先行時間に対して、これより長い予測先行時間が提供された場合、利水面でのリスクに配慮しつつも、治水面において効果的な事前放流操作を行うことが可能となることを示している。その一方で、中小規模洪水において全てのアンサンブルメンバーが実際の雨量（正解）を過大評価（空振り）する場合、洪水調節操作終了時点で利水容量が回復しないリスクが発生することを明らかにした。なお、この利水面でのリスクは洪水調節終了後の貯水位回復操作により対応可能であり、利水面でのリスクに配慮しつつも、長い予測先行時間のアンサンブル予測雨量を用いて治水面での効果的な事前放流操作を行うことが望ましいことを示した。

第 7 章では、本研究の主要な結論をまとめるとともに、アンサンブル予測雨量の精度向上などの今後の課題について整理を行っている。本研究の成果は、洪水時ダム操作において予測雨量を用いる操作である活用水位からの事前放流操作、洪水貯留準備水位からの事前放流操作及び特別防災操作について、各操作に係るリスクを定義してアンサンブル予測雨量を用いてそのリスクを定量化し、その値に基づいて放流量を決定する方法を示したことである。従来の確定的な予測雨量では操作の実施に係るリスクの程度が不明であることに起因して操作の実施判断が困難であったが、この方法を用いることで従来よりも円滑な意思決定が行われることが期待される。また、洪水調節を目的としない利水ダムにおける事前放流操作についても応用可能であり、予測雨量を用いた洪水時ダム操作の合理的な実施に向け、今後の展開が期待される。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、大規模な洪水に対する既設ダムでの洪水調節機能を向上させることを目的に、予測雨量の不確実性を考慮した上で効果的な洪水時操作を行う手法として、アンサンブル予測雨量を用いた洪水時操作決定方法について行った研究を取りまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 気象庁 GSM の 84 時間予測を初期値・境界値として、WRF (Weather Research and Forecasting Model) を用いて空間解像度 5km, 20 通りのアンサンブルメンバーを作成し、洪水調節操作を実施した複数の洪水イベントを対象として提案方法の適用性を対象ダムにおいて確認した結果、アンサンブル予測雨量を用いた操作は現行操作ルール (本則操作) よりもダムからの放流量を低減させ、その結果、下流のピーク流量を低下させることができることを示した。
2. 予測雨量に基づいて洪水貯留準備水位からの事前放流操作を実施する際に発生するリスクとして、「利水容量が回復しないリスク」及び「洪水調節容量が不足するリスク」という 2 種類のリスクを定義してアンサンブル予測雨量を用いて定量化し、これを基に放流操作を決定する方法を示した。
3. ダムの弾力的管理における活用水位からの事前放流操作、洪水貯留準備水位からの事前放流操作及び特別防災操作の一連のダム操作について、それぞれの操作の実施に係るリスクを定量化し、アンサンブル予測雨量を活用して放流量を決定する方法について提案し、その妥当性を示した。
4. 気象庁が運用しているメソアンサンブル予測の 39 時間の予測先行時間に対して、これより長い予測先行時間が提供された場合、利水面でのリスクに配慮しつつも、治水水面においてより効果的な事前放流操作を行うことが可能となることを示した。

以上のように、本研究は、ダムの洪水時操作において、予測雨量を用いる操作である活用水位からの事前放流操作、洪水貯留準備水位からの事前放流操作及び特別防災操作について、各操作に係るリスクを定義してアンサンブル予測雨量を用いて定量化し、その値に基づいて放流量を決定する方法を示したものである。提案された方法によって、従来の確定的な予測雨量による方法よりも円滑な意思決定が行われることが期待される。本研究は、利水ダムを含む今後のダム管理に大いに貢献し、学術上、實際上寄与することが少なくない。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、令和 3 年 5 月 21 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。