

京都大学	博士 (工学)	氏名	岩 木 真 穂
論文題目	The Response of Lake Water Levels to Precipitation -Case Study of Lake Biwa- (降水に対する湖の水位応答-琵琶湖での事例研究)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、琵琶湖の湖面水位と集水域における降水のデータを用いてインパルス応答関数により、河川流出から中間流出までの降水滞留時間を求め、湖とその集水域地殻表層における降水の流出入動態を把握することを目的に研究した結果をまとめたものであって、5章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、本論文の意義を説明している。陸域の貯水量や水循環を正確に把握することは、水管理上重要であるにも関わらず、地表面においてどのように流出するのかということに加えて、地下水の流れ、貯留、移流等を含めると非常に複雑であり、降雨から湖までの流出過程、特に降水に対する湖の応答についての理解は十分に進んでいない。そこで、ある水塊に対し直接降水が開始した時刻から中間流出成分流入終了の時刻までの時間を降水滞留時間と定義し、降水に対する湖水位の応答についてインパルス応答関数を用いて遅れ時間を算出し、琵琶湖集水域における降水滞留時間について議論する本論文での研究のアプローチが重要である。</p> <p>第2章では、湖の固有振動である静振(表面静振と内部静振)について調べている。この静振についての記述は湖の水位変化を扱う際の前段階として、降水による水位変化と湖の固有振動による水位変化を区別するために必要である。過去の表面静振のレビューと水位観測から表面静振の周期として、第1モードの約4時間、2011年東北地方太平洋沖地震時の水位変化から得た表面波の振動による約3時間、そして内部静振による約60-70時間に表面静振と内部静振の周期を確認している。ただし、これらの固有振動(表面静振と内部静振)による周期的な水位変化が一旦生じると、その影響がしばらく続くが、風や地震などによる駆動力が無くなると次第に減衰して止むものである。</p> <p>第3章では、琵琶湖の南湖にて得られた高時間分解能な水位観測値を用い、インパルス応答関数により河川流出による遅れ時間を算出している。そして、算出された遅れ時間から流出パターンを考察・検証し、河川流出による降水滞留時間を推定している。琵琶湖に流入する河川で、集水域が最大かつ最長の野洲川の河川流出による遅れ時間を24時間程度と推定し、降水後24時間以内の早い応答について河川長と集水域面積から河川流出による降水滞留時間を推定する方法を提案している。遅れ時間と河川長や集水域面積との関係は比較的長い川ではほぼ線形であり、短い川を含めると指数関数で近似できることが示されている。この近似式を用いれば、河川水位が観測されていない川を含む450本以上ある琵琶湖の流入河川による遅れ時間を集水域スケール(河川長と集水域面積)から推定することが可能になる。</p> <p>第4章では、中間流出による降水滞留時間の推定を行っている。国土交通省の1983年から2013年までの31年間の琵琶湖の日水位のデータ(1992年までは鳥居川観測地点のデータ、それ以降は5観測地点の平均値)を用いて、4ヶ月間の降水量-水位(ならびに降水量-水量)の応答関数を計算し、中間流出による降水滞留時間</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	岩 木 真 穂
<p>を推定している。中間流出による平均降水滞留時間の推定結果の検証には、積雪水量の季節変化や融雪時期と湖内での溶存酸素濃度の変化に着目している。季節により最も顕著な平均降水滞留時間を示す時期にずれは生じるものの、観測された積雪水量やそこから推定された融雪期についての議論から、中間流出による平均降水滞留時間をおおよそ45日と推定している。ただし、季節ごと(4ヶ月毎)に調べた結果、中間流出による平均降水滞留時間は季節により変化する(融雪期は早く、収穫時期後や乾燥した時期は遅くなる)ことが示唆されている。</p> <p>第5章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。各章にて得られた知見から、降水滞留時間は応答の速い順に、①湖面への直接降水、②河川長2km程度の小規模な河川による河川流出、③河川長10-15km程度の河川による河川流出、④河川長20km程度の同規模の河川が重なることによる強い応答の河川流出、⑤野洲川による河川流出、⑥早い復帰流、⑦野洲川の遅い復帰流、⑧平均中間流出とした。河川長20km程度の河川からの河川流出の水位応答に関しては、これまでの申請者の先行研究でスペクトル解析において強く応答が表れていたため、河川長10-15km程度の河川からの河川流出や野洲川による河川流出とは分けて扱っている。ただし、河川長2km程度の小規模な河川からの河川流出と河川長20km程度の河川からの河川流出の間に表面静振による水位応答、野洲川による河川流出と野洲川の遅い復帰流の間に内部静振による水位応答が見られるが、表面静振と内部静振は湖の固有振動であり、湖の水量の増減に関係しないことから降水滞留時間には含まれていない。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、ある水塊に対し直接降水が開始した時刻から中間流出成分流入終了の時刻までの時間を降水滞留時間と定義し、琵琶湖の湖面水位と集水域における降水のデータを用いてインパルス応答関数により、遅れ時間を算出し、河川流出から中間流出までの降水滞留時間を求め、湖とその集水域地殻表層における降水の流出入動態の把握を目標に研究した成果について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. 湖の水位変化を扱う際の前段階として、降水による水位変化と湖の固有振動による水位変化を区別するために表面静振と内部静振の周期を確認した結果、第1モードの約4時間、2011年東北地方太平洋沖地震時の水位変化から得た表面波の振動による約3時間、そして内部静振による約60-70時間に表面静振と内部静振の周期を確認している。

2. 琵琶湖で得られた高時間分解能の水位観測値を用い、インパルス応答関数により河川流出による遅れ時間(降水滞留時間)を算出している。各河川の河口部での水位観測データから、遅れ時間と河川長や集水域面積との関係は比較的長い川ではほぼ線形であり、短い川を含めると指数関数で近似できることが示されている。この近似式を用いれば、河川水位が観測されていない川を含む450本以上ある琵琶湖の流入河川による遅れ時間を集水域スケール(河川長と集水域面積)から推定することが可能になる。

3. 国土交通省の1983年から2013年までの琵琶湖の日水位のデータを用いて、4ヶ月間降水量-水位の応答関数を計算し、観測された積雪水量や融雪期についての議論から、中間流出による平均降水滞留時間を推定した結果、おおよそ45日と推定しているが、これは季節により変化することも示唆している。

4. 降水滞留時間は、①湖面への直接降水、②河川長2km程度の小規模な河川による河川流出、③河川長10-15km程度の河川による河川流出、④河川長20km程度の同規模の河川が重なることによる強い応答の河川流出、⑤野洲川による河川流出、⑥早い復帰流、⑦野洲川の遅い復帰流、⑧平均中間流出の成分に分解できることが示された。

本論文は、琵琶湖の湖面水位と集水域における降水のデータを用いてインパルス応答関数により、遅れ時間を算出し、河川流出から中間流出までの降水滞留時間を求めたものであり、琵琶湖集水域の降水の流出過程の解明に大きく寄与するとともに、降水滞留時間の推定方法に関しては、他の湖さらには各ダム湖にまで適用できることが期待でき、学術上、実際上寄与するところが少なくない。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6年1月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。