

令和元年6月21日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06507

研究課題名(和文) 扇状地の自由地下水帯による洪水調節機能の評価

研究課題名(英文) Estimation of flood control function in unconfined aquifer of alluvial fan

研究代表者

大橋 慶介 (Ohashi, Keisuke)

岐阜大学・工学部・助教

研究者番号：20452170

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：出水期間において扇状地の自由地下水帯の貯留量を算定し、洪水調節の規模を推算した。対象地域は岐阜市長良川扇状地である。砂州の地下水位観測から得た動水勾配、およびADCP観測から得た砂州周辺での失水流量を用いて広域の自由地下水帯を代表する透水係数約0.04m/sを得た。これは材料試験による局所的な透水係数0.0018 m/sより1桁大きい値である。この値を流況計算プログラムRiver2Dに与え、2013年1月から2014年12月までの2年間の扇状地の水の動きを解析したところ、2014年8月の出水では扇状地の水の貯留量は総流入量の約5%に相当する6,300万m³が洪水調節容量として求まった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

洪水時の河川表流水が扇状地の地盤内に浸透して一時的に貯留されることで、洪水流量を軽減し氾濫の危険性を低減していることが明らかになった。研究対象とした岐阜市長良川扇状地における2014年8月の洪水では総流入量の5%に相当する6,300万m³が扇状地地盤に貯留されていることが数値計算から明らかになり、正確な河川流量の把握には地盤内の貯留量を考慮する必要があることが示された。また、扇状地の洪水調節能力を推算する過程において、広域の透水係数の決定手法、河川表流水と地下水を統合的に解析する数値計算の有効性も確認された。

研究成果の概要(英文)：Water storage volume in unconfined aquifer of alluvial fan and its flood control capacity was estimated. In Nagara River's alluvial fan located Gifu City, macroscopic coefficient of permeability was about 0.04 m/s based on observation of lost river discharge and hydraulic gradient of water table. The value was one order larger than the local coefficient from permeability test. By using river and groundwater simulation program, River2D, water movement among 2013-2014 was calculated. In the flood of August 2014, water storage volume was 63 million m³ as flood control capacity, which was 5 % of total inflow volume.

研究分野：河川工学

キーワード：扇状地の洪水調節 自由地下水 広域の透水係数

1. 研究開始当初の背景

河川整備は既往最大の観測流量に基づいて決定されるため、不可分なものとして既に地下浸透の効果が加味されており、あらためて浸透による洪水調整への寄与を評価する研究例は少ない。しかし、地下浸透現象のプロセスを考えたとき、長期間の降雨等の影響で自由地下水帯に河川水を受け入れる余地が少なかった場合、これまで通りの地下浸透を期待した洪水調整が機能しないことも考えられる。従って、自由地下水帯に事前に涵養されている量と洪水時に新たに地下水として供給される量の応答を知り、扇状地の地下浸透による正味の洪水調節効果を知ることが、現代の高度化した防災対策を立てる上で避けて通れない課題である。

2. 研究の目的

長良川を対象とした先行研究によると、扇状地面の流下に伴う河川流量の減少量は、豊水～濁水のいずれの流況であっても河川流量に対して 20% 前後とほぼ一定であった[1]。一方、想定を超える集中豪雨の頻発により、これまでの築堤やダムを主とする洪水防御の限界が指摘され、その対策として流域貯留の重要性が社会的に認知されてきている。扇状地への地下浸透を流域貯留のひとつだと考えると、その影響範囲の大きさから地形を活かした有効な洪水対策として利用出来る可能性がある。本研究では、出水期間を通じた観測によって、扇状地面から地下浸透し自由地下水帯に蓄えられた地下水量を推定することで、扇状地河川の洪水調節機能の評価を試みる。

[1] 沖積平野における地下水の動態解明と涵養量の推定, 大橋慶介, 神谷浩二, 児島利治, 河川技術論文集, 第 20 巻, 461-466, 2014.

3. 研究の方法

洪水調節機能の評価には、扇状地内の水の貯留量の変動を評価する必要がある。この広域な扇状地の貯留量評価には精度の高いシミュレーションモデルが必須であるが、同時に扇状地全体を代表する適切な透水係数の決定も不可欠である。そこで、シミュレーションには河川表流水と地下水を統合的に解析できる流況計算プログラム River2D を導入した。一方、広域の透水係数は観測から求めることとした。失水区間の砂州に観測孔を設け、地下水面の動水勾配を観測すると同時に、砂州通過による失水流量を ADCP 流量観測から求め、両者からダルシーの透水係数を求めた。そして、その透水係数を River2D のモデルに与えた。対象期間は検証用の広域地下水位・河川流量同時観測データが存在する 2013 年 1 月～2014 年 12 月の 2 年間とした。貯留量は、ある時刻に存在する河川表流水と地下水の合計と定義した。地下水の貯留量は計算期間で最低の地下水位を記録した時刻の貯留量をゼロにして基準化している。そして、特定の出水前後において河川流量および水位変化に対する貯留量の応答を調べることで洪水調節機能の評価した。

4. 研究成果

(1) 広域を代表する透水係数の算出

砂州に設置した観測孔によって地下水面を連続観測し動水勾配を得た。出水によって観測孔が水没した際の水位差のデータは自由地下水流動での水頭差として扱えないため、ここでは、観測孔が水没していない期間に限定して検討している。得られた透水係数の変化を図-1 に示す。出水時には透水係数が最大 0.2 まで増大しているが、平常時は約 0.04 m/s であった。この推定で得られた広域の平均透水係数は粗礫の透水係数に相当する値であったが、河床表層材料のサンプルによる透水試験結果の 0.0018 m/s と比較すると 1 桁大きいものであった。このことは、地下水は透水性の高い経路を選択的に流動する性質であるため、局所的な材料試験の値を広域に適用することの難しさを示している。

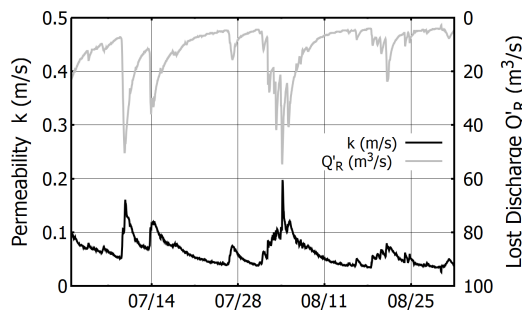


図-1 失水流量と平均透水係数 \bar{k} (2016)

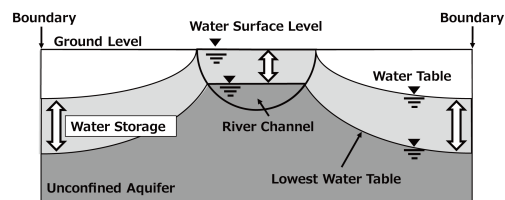


図-2 扇状地領域内の貯留量の概念図

(2)洪水調節機能の評価

扇状地の鉛直断面を考えたとき、ある瞬間の河道内には流動性の高い表流水が存在し、不圧帯水層には流動性の低い地下水が存在している。その状況を表す概念図を図-2に示す。ここでの解析では、貯留量のある時刻における扇状地領域内の表流水と地下水の体積の合計値として考える。また、貯留量の基準値として、対象期間を通じたモデル計算結果において最低の地下水位を記録した2014年7月3日19時の貯留量をゼロと置き、そこからの増分をこの解析での貯留量と定義する。

対象期間全体の貯留量の時間変化を図-3に示す。左縦軸は上流端流量としての芥見流量観測所での流量、右縦軸は貯留量 (m³) および貯留量を対象領域の全面積で除した貯留高 (m) である。貯留量および貯留高の最低値は定義によりゼロである。貯留量および貯留高の最大値はそれぞれ、2014年8月17日18時に記録した6,600万 m³、1.13 m である。最大貯留量を記録した出水前後の扇状地の等水位線と動水勾配を図-4に示す。河川流量と貯留量の関係を類推すると、先行する洪水波の一部が地下浸透することで扇状地の地下水位を上昇させたのち、地下水位が一定時間を経て徐々に元に戻るが、その時間を経る前に後続の洪水波が到達すると単独で到達したときより大きな貯留量および貯留高を示すことが予想される。ピークカットの最大値は2014年8月出水の7%、流量として330 m³/s であり、ダム等の治水構造物と比較するとその効果は大きくない。しかし、貯留量 6,600 万 m³ はダムの洪水調節容量と比較しても相当に大きな容量であることが明らかになった。

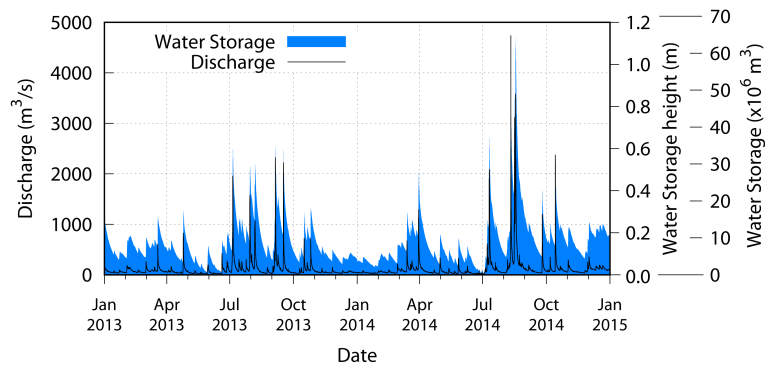


図-3 河川流量と貯留量の時間変化 (2013年1月～2014年12月)

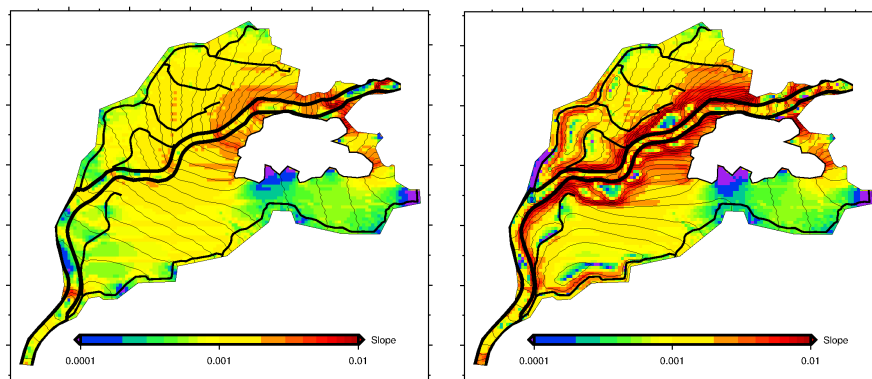


図-4 平水時と最大貯留時の等水位線図と動水勾配の比較 (2014年8月)

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

大橋慶介, 扇状地における洪水調節の評価, 土木学会論文集 B1 (水工学), 2019 (査読あり・投稿中).

大橋慶介, 坂口絢香, 児島利治, 扇状地河道における失水現象に着目した表流水および地下水の統合解析, 土木学会論文集 B1 (水工学), I_325-I_330, 2018 (査読あり).

坂口絢香, 大橋慶介, 児島利治, 観測に基づく扇状地河川における失水率の推定, 河川技術論文集, pp. 285-290, 2018 (査読あり).

〔学会発表〕(計 2 件)

大橋慶介, 扇状地河道における失水現象に着目した表流水および地下水の統合解析, 第 63 回水工学講演会, 2018 年.

坂口絢香, 観測に基づく扇状地河川における失水率の推定, 2018 年度河川技術に関するシンポジウム, 2018 年.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。