

野洲川流域における水循環の変遷について

HYDROLOGICAL CYCLE CHANGE IN THE YASU RIVER BASIN

立川康人¹・尾崎雄一郎²・KIMARO, T. A.³・寶 馨⁴

Y. TACHIKAWA, Y. OSAKI, T. A. KIMARO and K. TAKARA

¹正会員 博(工) 京都大学助教授 防災研究所水災害研究部門 (〒611-0011 宇治市五ヶ庄)

²正会員 学(工) 日本工営(株) (〒102-8539 東京都千代田区麹町 5-4)

³学生員 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻博士課程 (〒611-0011 宇治市五ヶ庄)

⁴フェロー会員 工博 京都大学教授 防災研究所水災害研究部門 (〒611-0011 宇治市五ヶ庄)

Long term hydrological data observed at the lower Yasu River basin are arranged and historical hydrological changes caused by basin variations are analyzed. In the lower Yasu River basin, the downward trend of groundwater table has emerged as a current problem of water environment. This will be due to the social expansions inevitably linked to land and water use changes such as land use changes by urbanization, constructions of the flood prevention works, and development of agricultural irrigation systems. To investigate the relationship between hydrological changes and basin changes, some data analysis is conducted by using hydrological data including daily basis of precipitation, river water stage, river discharge and groundwater stage, and impacts of basin changes on the hydrological variations are inferred. Also it is revealed that the lower Yasu River basin is classified into four areas having unique characteristics of groundwater changes.

Key Words : hydrological cycle, Yasu River basin, groundwater, basin change

1. はじめに

本研究は、琵琶湖流域に含まれる野洲川下流域(石部頭首工より下流部に広がる流路延長約14km、流域面積約100km²の湖成三角州)を対象とし、約30年間に渡って観測されてきた水文データを解析して、流域の変動が水文データの中にどのような変化として現れているかを明らかにすることを目的としている。

第二次大戦後、野洲川流域では下流域の栗東・野洲あたりから上流に向かって工業立地化が進み、大規模な工業集積地を形成するようになった。また、下流域では住宅が次々と建設され、近畿圏におけるベッドタウンとしての性格を持つようになってきている。この間、野洲川流域では琵琶湖総合開発事業を始めとして様々な流域開発事業がなされ、水資源の利用方式、土地利用形態も大きく変化してきた。特に水関連の事業としては、1979年の野洲川改修工事による放水路の開削や河道改修¹⁾、農地改良や河川水による灌漑地域の下流方向への拡大・琵琶湖湖水を用いた上流方向への逆水灌漑地域の拡大など農業水利システムの変化²⁾が代表的なものとして挙げられる。

こうした中で、野洲川下流域では湧水の枯渇や地下水位の低下が指摘されるようになった。これは上述の河道改修工事や河道からの砂利採取による河床低下、地

表面の舗装面積の拡大による地下水涵養源の減少、圃場整備や農業利水システムの再編による用排水の効率化などが相互に関連し、水循環の動態が変化してきていることが原因となって生じているものと思われる。

このような人間活動が流域の水循環にどのように関係しているかを理解することは、良好な流域環境を形成していくために必須の事項である。そこで本論では長年に渡って測定された水文データを解析し、データに現れる変化と流域の変動とがどのように関係付けられるかを理解することを目的とする。

2. 水文データに見られる長期的変動傾向

(1) 用いた水文データ

野洲川下流域(石部頭首工より下流域)に着目し、国土交通省によって観測されてきた降水量、河川流量、河川水位、浅井戸の地下水位データを用いる。図-1に観測所の位置を示す。降水量は野洲観測所での日データを用いる。この観測所では1953年から現在まで約50年間のデータが収集されている。河川流量は野洲流量観測所で観測された日流量データを用いる。ここでは1977年から現在まで約30年間のデータが存在する。河川水位は、野洲、服部、中郡橋地点で観測された日水位データを用いた。野洲地点については1975年から、服

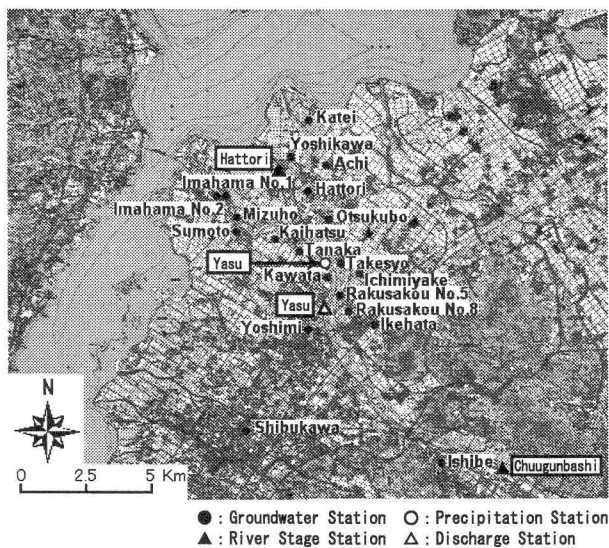


図-1 野洲川下流域における水文観測所位置

部・中郡橋地点については1978年から現在までの約30年間の毎時データが測定されている。地下水位に関しては、野洲川下流域で観測されている9箇所の浅井戸での日地下水位データを用いた。最も古いものは1966年に測定が開始されている。記録されているデータは基本的には6時と18時の1日2回の平均水位であり、12時間に4cm以上の変化がある場合は毎時のデータを平均したものとなっている。

(2) 水文学の長期変動傾向

図-2、図-3、図-4に野洲観測所での年降水量、年平均河川流量、年平均河川水位を示す。降水は年間約1500mmであり、特に目立った変化はない。河川水位は年々減少の傾向があるが、河川流量は雨量と同様に明瞭な変動傾向はない。

次に地下水位の変化を示す。図-5に最下流部の吉川地点、図-6に下流部の服部地点、図-7に中流部の行畑地点、図-8に上流部の石部地点でのデータを示す。最下流部に位置する吉川地点、最上流部に位置する石部地点では目立った変化はない。しかし、下流部にある服部地点では地下水位の明瞭な低下が認められ、1980年以降地下水の変動幅が増加していることがわかる。逆に、中流部にある行畑地点では水位の低下はなさそうだが、年を追って水位の変動幅が小さくなっている。

以上のように、この約30年間、年降水量、年平均流量には大きな変動はないものの、地下水位に関しては場所ごとに異なる変動傾向を持つことが分かる。

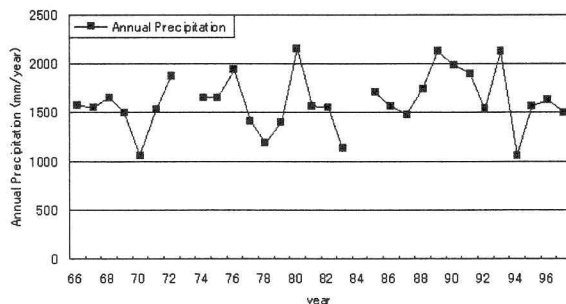


図-2 野洲観測所における年降水量

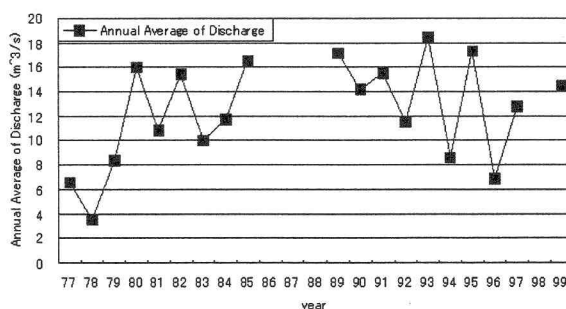


図-3 野洲観測所における年平均河川流量

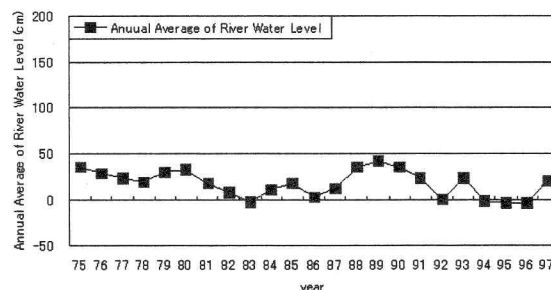


図-4 野洲観測所における年平均河川水位

3. 水文データの長期変動傾向と流域変化との関連

(1) 調査項目

それぞれの地下水位観測点ごとに

- 年平均地下水位の年々変化
- 地下水位の年最大変化幅の年々変化
- 年ごとに求めた降水量と地下水位との相関係数の年々変化
- 年ごとに求めた河川水位と地下水位との相関係数の年々変化

を調査した。降水量と地下水位との相関を求めたのは、土地被覆の変化や圃場整備によって降雨と地下水位との応答の仕方が変化してきていると考えられるため、それが相関係数の変動として表れる可能性があると考えたからである。この相関係数を求める場合、年ごとに日

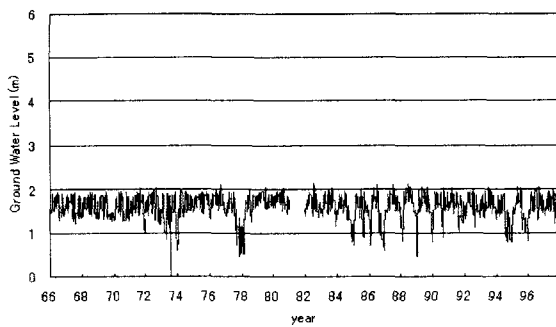


図-5 吉川地点における日平均地下水位

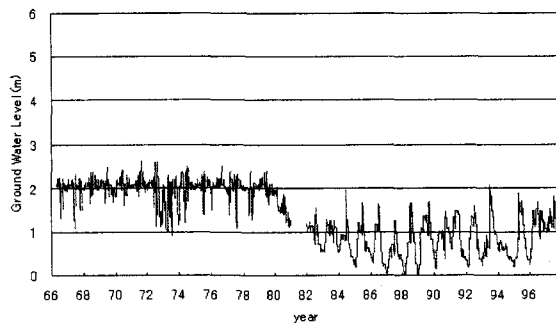


図-6 服部地点における日平均地下水位

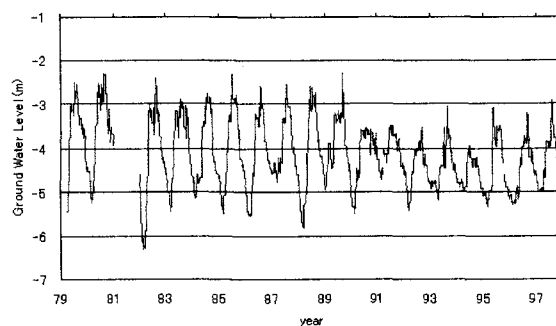


図-7 行畑地点における日平均地下水位

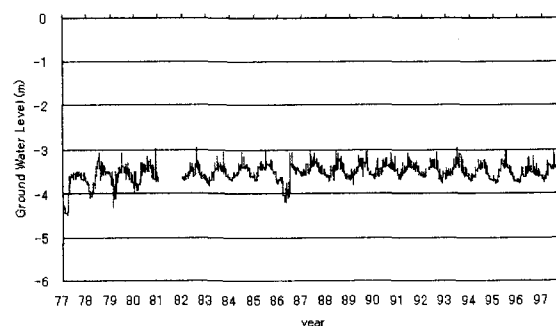


図-8 石部地点における日平均地下水位

平均地下水位とその観測日の1日前から8日前までの7日間平均日降水量との相関を取った。図-9に下流部の乙窪地点での地下水位データを用いて計算した降水量と地下水位との相関係数を示す。降雨終了後1日遅れて地下水位がピークを示すことが多いため、地下水位の観測日より1日前から始めて降雨を平均する日数

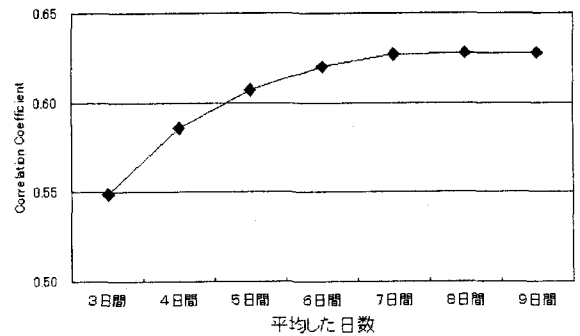


図-9 降雨平均日数と降雨-地下水位の相関係数の関係

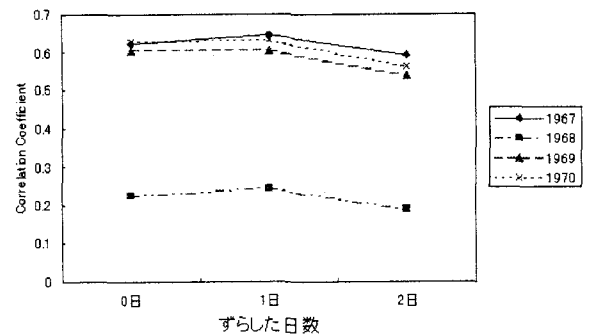


図-10 7日間平均降水量と地下水位との相関係数

を3日間から9日間まで変えて相関係数の値を計算した。図中の値は1967年から1970年の各年ごとに上記の値を求め、それらの平均値をプロットしたものである。7日間平均値を取った場合に相関係数は最も大きな値に達している。また、図-10は降雨を平均する日数を7日間と固定し、地下水位観測日より遡る日数を変えて降雨と地下水位との相関をとった結果である。どの年も1日ずらした場合に最も大きな相関を示していることが分かる。これらの結果から上記のような降水量を対象として地下水位との相関を取り、その年々変化を見ることが適当と判断した。

一方、野洲川下流域では野洲川放水路の開削、落差工の建設や砂利採取による河床の低下、河道改修など河道の様子が大きく変わってきている。こうした変化に地下水位が影響を受けていることが考えられるので、河川水位と地下水位との相関係数の年々変化を調べた。河川水位と地下水位との相関を取る場合、それらに高い相関関係がある場合は両者は時間遅れなく対応することが多いため、両者の同日の日データをそのまま対応させて相関係数を計算した。

(2) 結果と考察

上記の値を求めて結果を相互に比較したところ、地下水位の挙動は図-11に示すように最下流部、下流部、中流部、上流部の4つの区域で特徴が異なり、長期的

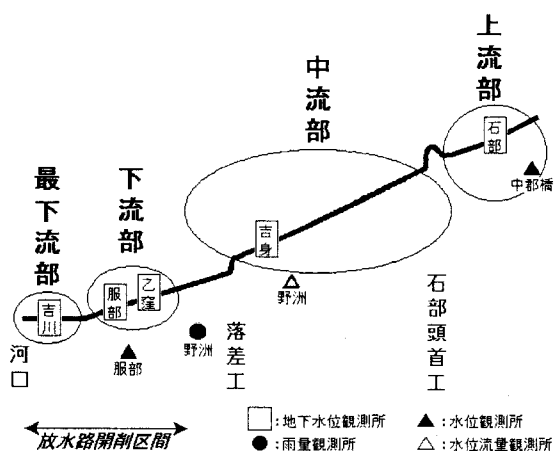


図-11 地下水の変動パターンから見た流域区分

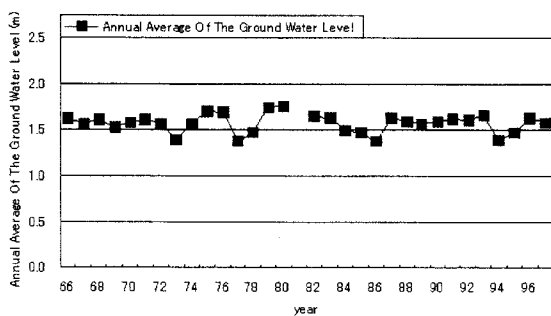


図-12 年平均地下水位の年々変化 (吉川地点)

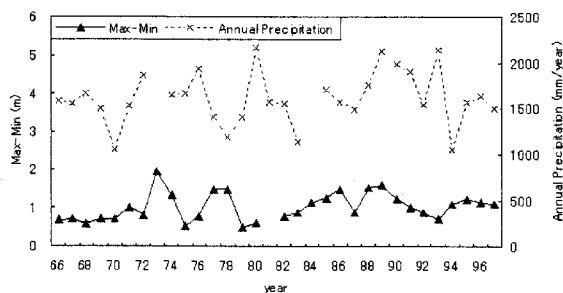


図-13 年最大地下水位変動幅の年々変化 (吉川地点)

な変動傾向もそれぞれの区域でパターンが異なることが分かった。以下で、それぞれの区域での地下水位の変動パターンと流域変化との関連を考察する。

a) 最下流部

吉川地点での年平均地下水位を 図-12 に、地下水位の年最大変動幅を 図-13 に示す。図-13 には年降水量を併せて示した。これらを見ると、地下水位に変動傾向はないものの、地下水位変動幅が年々大きくなっている。野洲川放水路は 1971 年に着工され 1979 年に通水が開始されている。変動幅が大きくなっている時期は、放水路完成後と対応しているように見える。また、放

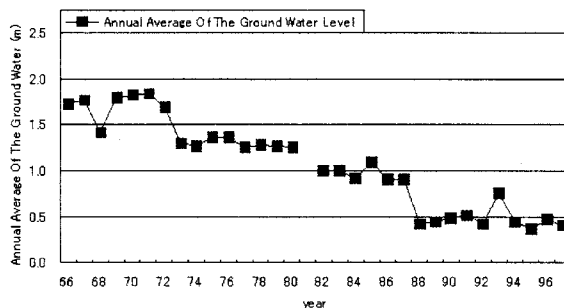


図-14 年平均地下水位の年々変化 (乙窪地点)

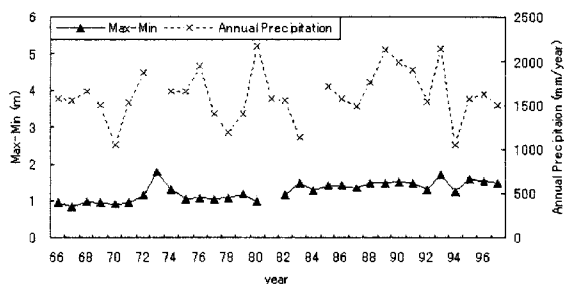


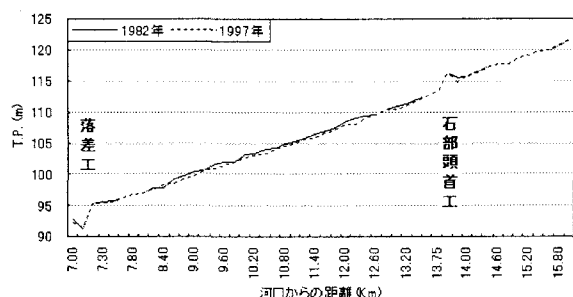
図-15 年最大地下水位変動幅の年々変化 (乙窪)

水路建設によって河床が下がったにも関わらず地下水位に変化がないのは、この地点が最下流部にあるために琵琶湖水位の影響が支配的なためと考えられる。なお、地下水位と降水量との間の相関係数の値は 0.6 程度あり年々変化は見られなかった。また、この地点では最も近い服部水位観測所の位置が 1989 年に変更されているため、地下水位と河川水位との相関係数の年々変化は評価しなかった。

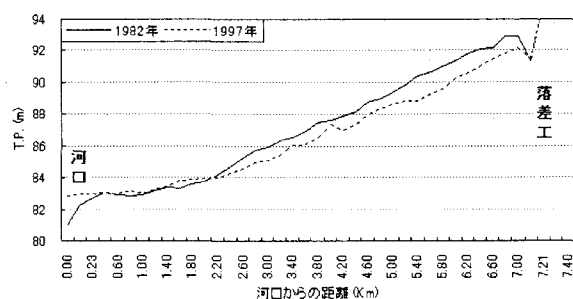
b) 下流部

乙窪地点での年平均地下水位を 図-14 に、地下水位の年最大変動幅を 図-15 に示す。図-6 に示す下流部の服部地点と同様に、この地点では年平均地下水位の低下傾向が明瞭である。1971 年から 1973 年にかけてと、1980 年から 1982 年、さらに 1987 年から 1988 年にかけて年平均地下水位が大きく低下している。これらは 1971 年の放水路着工の年、1981 年の旧南北流縮切工事完成の年と対応している。図-6 の服部地点においても 1981 年前後に地下水位が大きく低下している。これらは、放水路完成に伴う河床の低下と対応しているものと考えられる。図-16(b) に示すように放水路完成後も下流部の河床は低下しており、これが 1987 年前後の地下水位低下と関連するものと思われる。

地下水位の年最大変動幅については、ここでも増加傾向にあることが分かる。これは、放水路建設に伴って従来よりも河道と井戸との距離が大きくなったために、河川水による地下水涵養の効果が小さくなり、非



(a) 落差工～石部頭首工



(b) 河口～落差工

図-16 石部頭首工から河口までの河道縦断面の変化

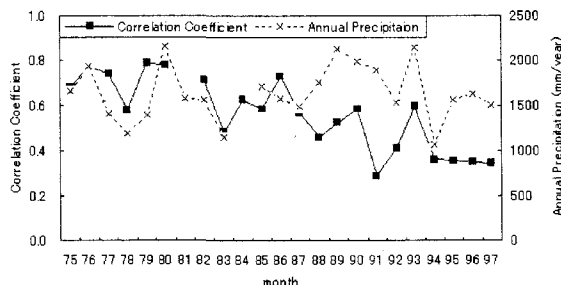


図-17 乙窪地点における河川水位と地下水位との相関関係

灌漑期において地下水位が以前よりも大きく低下するようになったことが原因であろう。実際、河道改修後、ここでの地下水位は降雨に鋭敏に反応するようになっており、降雨がないと地下水位は急激に下降する傾向にある。なお図-17に示すように、ここでの河川水位と地下水位との相関係数は年々小さくなっている。これも、河川水と地下水との関連が小さくなっていることを数値的に示している。

c) 中流部

吉見地点での年平均地下水位を図-18に、地下水位の年最大変動幅を図-19に示す。年平均地下水位に関しては目立った変化は見られない。図-16(a)は石部頭首工付近から落差工までの河道縦断面の変化である。中流部においては河床低下はなく、これが地下水位の減

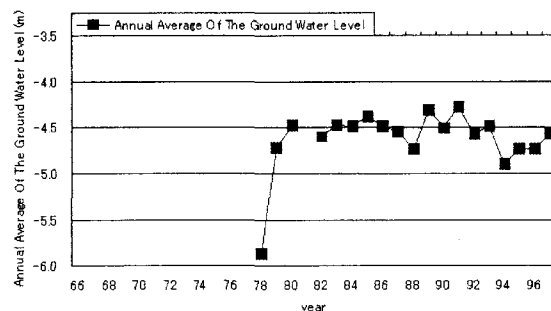


図-18 年平均地下水位の年々変化 (吉身)

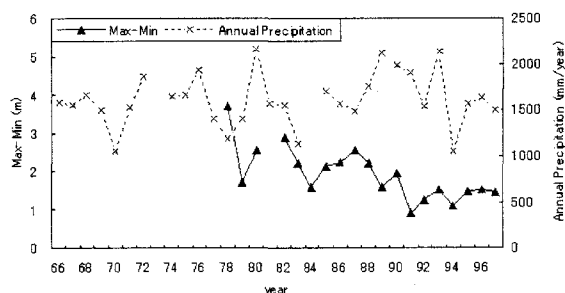


図-19 年最大地下水位変動幅の年々変化 (吉身)

少が見られない一つの要因であると思われる。一方、地下水位の年最大変動幅はこれまでの地点と異なった特徴を持っている。観測当初の1980年前後は最大変動幅は3m近くあったが、それが減少傾向を有している点である。同じ中流部の行畑地点、渋川地点も同様の性質を示している。この区域は1950年頃から1980年頃にかけて農業用水の灌漑方式が地下水灌漑から河川水灌漑に変更されており、大規模な農地改良が行われている。灌漑用水を得やすくなったことが地下水位の最大変動幅を小さくしてきている可能性がある。なお、中流部では降水量と地下水、河川水位と地下水位、ともに高い相関関係はなく、何か別の要因によっても地下水位変動が影響を受けているようである。

d) 上流部

石部地点での年平均地下水位を図-20に、地下水位の年最大変動幅を図-21に示す。年平均地下水位に大きな変化はない。地下水位は降水に鋭敏に反応し、地下水位と河川水位との相関も高い。地下水位が低下していない理由として、近くに石部頭首工があり、その水位が一定近くに保たれていることが考えられる。

e) まとめ

以上の結果を表-1にまとめる。年平均地下水位、年最大地下水位変動幅の年々変動パターンが、上記のような流域区分で概ね共通の性質を持つことがわかる。これらの地下水変動要因は以下のように推察される。

- 最下流部では地下水位の変動は顕著ではない。これは琵琶湖水位が地下水変動に支配的なためである。

表-1 調査結果一覧

観測所	流域位置	降水量-地下水位相関	河川水位-地下水位相関	年平均地下水位	地下水位変動幅
吉川	最下流部	0.6 → 0.6 (1966-1997)	—	→ (1966-1997)	↗ (1966-1997)
服部	下流部	0.6 ↘ 0.4 (1966-1997)	—	↘ (1966-1997)	↗ (1966-1997)
水保	下流部	0.2 → 0.2 (1969-1997)	—	↘ (1969-1997)	→ (1969-1997)
乙窪	下流部	0.6 → 0.6 (1966-1997)	0.8 ↘ 0.4 (1975-1997, 野洲)	↘ (1966-1997)	↗ (1966-1997)
竹生	中流部	0.4 → 0.4 (1982-1997)	0.4 ↘ 0.2 (1982-1997, 野洲)	↘ (1982-1997)	↘ (1982-1997)
吉身	中流部	0.4 → 0.4 (1978-1997)	0.4 → 0.4 (1978-1997, 野洲)	→ (1978-1997)	↘ (1978-1997)
行畑	中流部	0.4 → 0.4 (1978-1997)	0.4 → 0.4 (1978-1997, 野洲)	↘ (1978-1997)	↘ (1978-1997)
渋川	中流部	0.4 ↗ 0.6 (1979-1997)	0.5 → 0.5 (1979-1997, 野洲)	→ (1979-1997)	↘ (1979-1997)
石部	上流部	0.6 → 0.6 (1977-1997)	0.6 → 0.6 (1977-1997, 中郡橋)	→ (1977-1997)	→ (1977-1997)

表中の数字は相関係数, ↗: 増加 or 上昇, ↘: 減少 or 低下, →: 変化なし, —: 評価不可能, (): 評価期間

4. おわりに

野洲川下流域で測定されてきた約 30 年間の水文データを収集・整理し、水文データの長期的な変動を解析した。その結果、降水量、河川流量には目立った変化傾向は認められなかったものの、地下水位は流域の変化に対応して大きく変化していることが分かった。その変化パターンは流域全体で一様ではなく 図-11 に示すように最下流部、下流部、中流部、上流部の 4 つの区域で特徴が異なり、長期的な変動傾向もそれぞれの区域で傾向が異なることが分かった。

ここでは、地下水変化と流域変動との関連を考察したが推察の域を出ていない。今後、こうした変動を再現できる水循環モデルを構築し、水循環と流域変動との関連を定量的に理解できるようにするとともに、将来の流域変化や社会変動に対して流域水循環がどのように変化する可能性があるかを予測することを今後の課題としたい。

謝辞：本研究で用いた水文データは国土交通省琵琶湖工事事務所より提供いただきました。またデータの収集・整理にあたりまして日本建設コンサルタントの工藤氏、森田氏の助力を得ました。本研究を進めるにあたり、平成 12 年度日産学術研究助成(京都大学：椎葉充晴代表)、および平成 13 年度戦略的基礎研究推進事業(京都大学：寶 馨代表)の補助を得ました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所：野洲川放水路工事誌,1985.
- 2) 渡辺紹裕：琵琶湖(宗宮 功編), 2-3, 技報堂出版, pp. 33-39, 2000.

降水量と地下水位との相関係数に関しては、当初期待していたほどの年々変動パターンは得られなかった。今後、別の指標を用いて年々変動を抽出することを試みたい。

(2002. 4. 15 受付)