

井の頭池の水収支に関する考察および水循環解析

明星大学理工学部 正会員 ○藤村 和正

東京都土木技術支援・人材育成センター 正会員 高崎 忠勝

1. はじめに

井の頭池は、かつては神田上水を通じた江戸の水源であり、豊富な湧水に恵まれていた。しかし、昭和 30 年頃より、周辺地域の都市化や地下水利用のため池水は減少し、今日では地下水をポンプ揚水して池に補給している。湧水の減少は、結果的に池の透明度の低下やアオコの発生など水質環境に影響が表れている。現在、井の頭恩賜公園の開園 100 年となる 2017 年に向けて、井の頭池再生の様々な活動や取り組みが行われており、その一環として水質改善のためかいぼり計画が進められている。池の自然環境再生のためには、水文・水質的な実態を把握し、水循環機構を明らかにすることが肝要である。そこで 2007 年 6 月から雨量、地下水位等の連続観測を開始し、水循環モデルにより地下水位変動解析を行ってきた¹⁾。その結果、降雨に対する地下水位応答は概ね再現できた。しかし、池の流出量の実測値がなかったため、水循環解析を行ってもその再現性を検討することができず、水循環の構造が未解明のままであった。例えば、地下水涵養域や浸透域、不浸透域の面積も推定できていない。今回、井の頭池の流末直下の神田川に流速計、水位計が設置され、流量の連続計測が可能となった。そこで本研究では、井の頭池の水収支について考察するとともに、2007 年 6 月 7 日から 2013 年 1 月 9 日までの水循環解析を行い、実測流量が得られた 2011 年 8 月 25 日から 2012 年 2 月 5 日まで 165 日間について流出ハイドログラフの再現性について検討し、井の頭池の水循環機構について考察することを目的とする。

2. 井の頭池の水収支の考察

(1) 井の頭池の概要

井の頭池は、北西を東南に向けた Y 字形であり、それぞれ弁天池、お茶の水池、ボート池に分かれている (図 1)。池の水量は、昭和 38 年に枯渇して以来、ポンプ揚水により地下水を池に投入し、現在は日量約 3,600 m³を補給している。池面積は 4.2 ha、池貯留量は約 69,000 m³、平均水深約 1.6 m である。池の色は、夏は藍藻が繁殖し緑色となり、冬は珪藻が繁殖し茶色となり、一年中透視度がない。数年に一度の大雨後に湧水が出現することがあり、近年では 2004 年と 2008 年に確認されている。2004 年には弁天池やお茶の水池の上端が清水状態になった。

池の水文観測は、明星大学が 2007 年 6 月から管理事務所の井戸水位、池水位、降雨量を測定している。東京都土木技術支援・人材育成センターが池下流の神田川に流速計と水位計を設置したことにより、2011 年 8 月から流量の 10 分データの計測が可能となった。

(2) 水収支構造

井の頭池の水循環機構は明らかではないが、これまでの水文観測および地下水位解析から、図 2 の様な水収支構造が推察できる。池への入力は、池水の補給、地下水流出 (湧水)

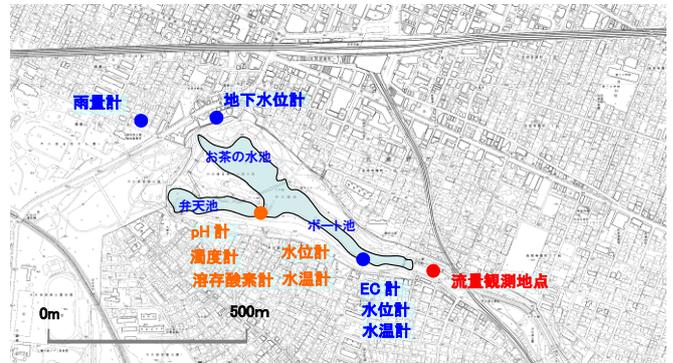


図 1 井の頭池の概要図

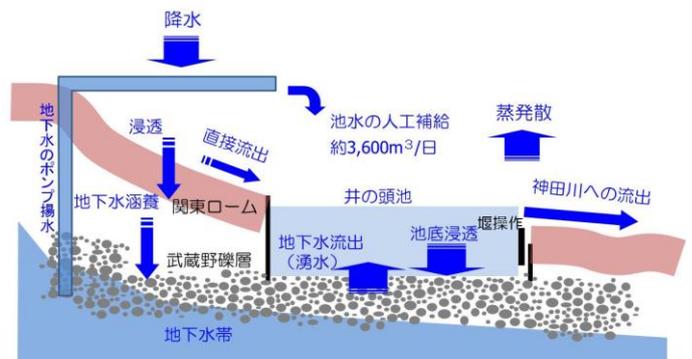


図 2 井の頭池の水収支の概念図

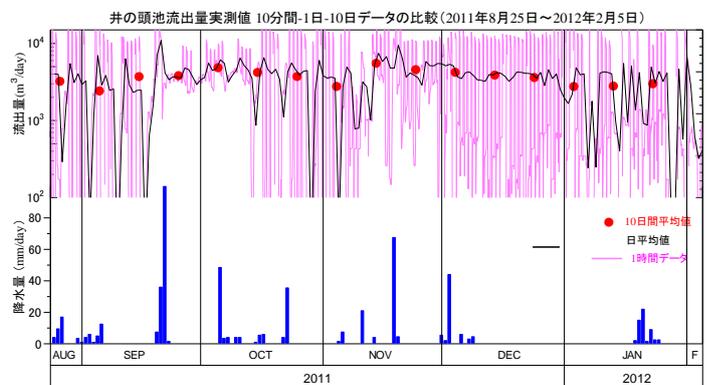


図 3 井の頭池の流出量実測値

水)、直接流出があり、出力としては、神田川への流出、池底から地下への浸透、蒸発散がある。地下水面が高いときは、池への地下水流出 (湧水) が卓越し神田川への流出量が多くなり、地下水面が低い時は、池底浸透が卓越し、池水補給量もほとんど浸透し、神田川への流出量は少なくなると考えられる。池流末に堰が設置されており、公園の管理上、堰の開閉操作が頻繁に行われている。神田川への流出量は、地下水位の変化と地下水流出 (湧水) および池底浸透の関係、地下水揚水の時間変化そして堰の開閉操作に影響される。図 3 に流出量の実測値として、1 時間データ、日平均値、10 日平均値を対数軸で示す。1 時間データ、

日平均値のデータは大きく変動しているが、10 日平均値の変化は緩やかとなり、これは地下水流出（湧水）など自然要因に起因するものと考えられる。

3. 水循環解析

(1) 水循環モデルの概要

本研究で用いる水循環モデルは、安藤・藤村・荒井²⁾が国分寺万葉園内の湧泉を対象に水循環解析を行ったモデルを改良したもので、藤村・安藤³⁾が多摩ニュータウンの乞田川流域に適用したモデルである。モデルの構造は Diskin-Nazimov の雨水浸透モデル、地下水位涵養モデル、地下水流出モデルから構成される。計算時間ステップは 1 時間である。

(2) 解析結果と考察

対象期間は 2007 年 6 月 6 日から 2013 年 1 月 9 日として、その期間内で実測流量が得られた 2011 年 7 月 31 日から 2012 年 2 月 5 日まで 165 日間についてハイドログラフの解析値と比較する。

図 4 には対象期間の解析ハイドログラフを流出高として表す。直接流出成分は細い縦棒の瞬間的な値で示されており、地下水流出（湧水）に起因する流出は数ヶ月単位で増減していることが分かる。地下水流出成分のピーク値は、大きくても 10 mm/day 程度以下となっている。流量実測期間のハイドログラフの実測値と解析値の比較を図 5 に示す。実測値は、1 時間データや日平均値では変動が大きいため 10 日平均値として表す。10 日平均値は旬データの意味がある。解析値には池水補給量の日量 3,600 m³を加えている。解析値と実測値に差異が見られる部分もあるが、増減の傾向は概ね再現されている。次に解析で得られたモデルパラメータの値を表 1 に示す。これらの値は、これまでの解析で適用された値を参考に、ハイドログラフの計算値が実測値に適合するように試算により得られたもので、現段階では決定値ではない。それは、例えば、本流出モデルにおいて地下水流出の減水現象に直接関与する部分は、Diskin-Nazimov モデルにおける表層水分保留量の最大値、地下水涵養・地下水流出モデルにおける最小容水量及び不圧地下水減水定数があるが、この 3 つの要素の関係性はまだ明確になっていないためである。今回の解析では、地下水涵養域は主に井の頭公園敷地内の浸透域と考え、浸透域面積率を 90 %、不浸透域面積率を 10 %、地下水涵養域の面積を 0.5 km²と仮定した。公園周辺には住宅街が広がっており、この地域も地下水涵養域と考えると、その面積は 0.5 km²より大きくなる一方、浸透域面積率が小さくなることも考えられる。

4. おわりに

本研究では、井の頭池からの流出量の実測値が得られたことから、水循環解析を行いモデルの再現性を表すとともに、水循環構造の基本となる地下水涵養域の面積や浸透域、不浸透域面積率について考察を行った。今後、さらに長期間の実測流量と解析値を対応させることにより、井の頭池の水循環機構が明らかになると考えている。本研究は東京都西部公園緑地事務所、東京都土木技術支援・人材育成センターおよび明星大学との「井の頭恩賜公園池の水質改善・湧水保全に関する共同研究」の一環として行われた。関係各位に記して感謝の意を表す。

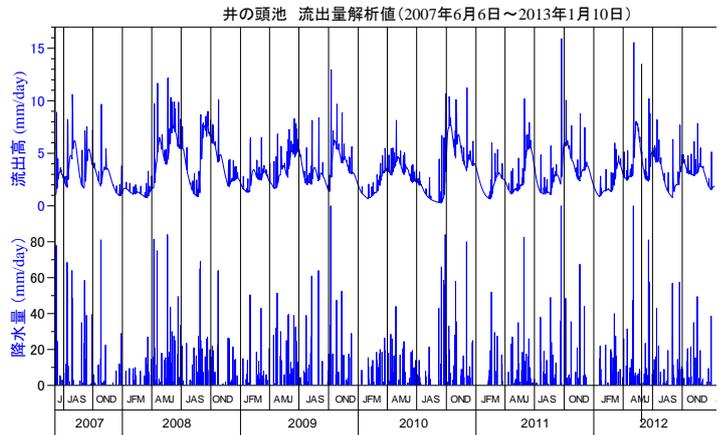


図 4 全期間の水循環解析結果（流出高）

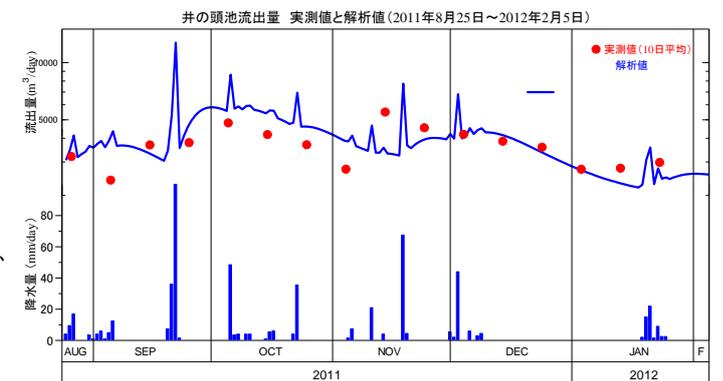


図 5 流出ハイドログラフの実測値と解析値の比較

表 1 主なモデルパラメータの諸数値

名称	記号	値
〈Diskin - Nazimov 雨水浸透モデル〉		
初期浸透能	f0	70 mm/h
終期浸透能	fc	50 mm/h
表層水分保留量最大値	Sm	100 mm
地下水涵養域面積		0.5 km ²
浸透域面積率／不浸透域面積率		90 %／10 %
〈地下水涵養・地下水流出モデル〉		
不圧減水定数	Au	0.02
最小容水量	Mn	100 mm
地下水涵養の定数	β	0.10
蒸発散の補正係数	e	0.50

【引用文献】

- 1) 藤村和正・高崎忠勝：井の頭池における降雨と地下水位との対応関係及び地下水位解析、土木学会第 37 回環境システム研究論文発表会講演集、pp. 1-6、2009。
- 2) 安藤義久・藤村和正・荒井竜司：武蔵野台地の湧泉の水循環解析と流域管理、水工学論文集第 40 巻、pp. 225-230、1996。
- 3) 藤村和正・安藤義久：表層浸透能の変化を考慮した多摩丘陵都市流域における水循環解析、水工学論文集第 46 巻、pp. 271-276、2002。