

京都府流域下水道経営審議会 調査部会（第3回）

流域関係市町の排水量確定に係る 流量計測について

令和4年12月

今回（第3回調査部会）の流れ

- 1 第2回調査部会での府課題等について
（府から説明）
- 2 意見交換（資料1 関連）
- 3 第2回調査部会での宇治市課題等について
（宇治市から説明）
- 4 意見交換（資料2 関連）

第2回調査部会での課題について

3

第2回調査部会で出された意見とその対応

課題①

年度ごとの雨の降り方の違いを調べ、
宇治市の水量増加に影響していないか確認すること。

- 「ひとまとまりの雨」の総降雨量と当該降雨に係る雨水流入高の関係から、宇治市水量への影響を確認(京都府から説明)

課題②

管内貯留時に正確な計測が出来る範囲(計測可能範囲)を推算するため、
さらにデータ分析して水理学の専門家に再確認すること。

- 専門家に確認方法のアドバイスをいただき、宇治3(常流部)水深と計測限界時の人孔水位の関係を計算し、計測可能範囲について専門家から意見をいただいた(京都府から説明)

課題③

現在の計測可能範囲を超え推計値を採用すると仮定した場合の
年間流量への影響度合いを確認すること。

- 宇治2流量計で推計値を採用した日すべてで、宇治3流量計の推計値を試算し、年間流量への影響度合いを確認(京都府から説明)

4

第2回調査部会で出された意見とその対応

課題④

水道使用量減少の一方、下水使用量は増加という市の説明に対し、
定量的にその関係が説明できるよう情報を整理すること。

課題⑤

宇治市排水量の増加について、接続戸数の増加だけでなく、
大規模事業場の増加なども影響していないか確認すること。

課題⑥

雨天時浸入水について、対象とすべきものが他にないか精査すること。

→ (宇治市より説明)

5

第2回調査部会で出された意見とその対応

課題①

年度ごとの雨の降り方の違いを調べ、
宇治市の水量増加に影響していないか確認すること。

6

(課題①) 雨の降り方の違いと宇治市水量への影響 (分析方法)

雨の降り方の違いによる宇治市水量への影響を確認するため、個別に委員から御提案いただいた以下の考え・方法により分析を行った。

○通常、数ミリ程度の雨であれば、雨天時浸入水は発生しない。したがって、月間降雨量が同じでも、降り方のパターンによって雨天時浸入水量は違ってくる。

○そこで、「ひとまとまりの雨」の総降雨高と当該降雨に係る雨水流入高の関係を算出。

○「ひとまとまりの雨」とは、一定量以上の降雨が観測された後、降雨が途切れるまでの雨を指す。加えて、雨が止んでも雨天時浸入水は続くことから、降雨が途切れた後、一定期間を「ひとまとまりの雨」の期間に含める。

※「ひとまとまりの雨」のイメージは、次頁のとおり。

○また、雨水流入高は、雨天時浸入水量(排水量－晴天時平均流量)を排水面積で除したものの。

○なお、晴天時平均流量は、月毎、平日・土日祝で異なるため、それぞれ求める。



2mm以上の降雨後、2日間を「ひとまとまりの雨」の期間として、各年度毎の「ひとまとまりの雨」の総降雨量及び当該降雨に係る雨水流入高を算出することとした。

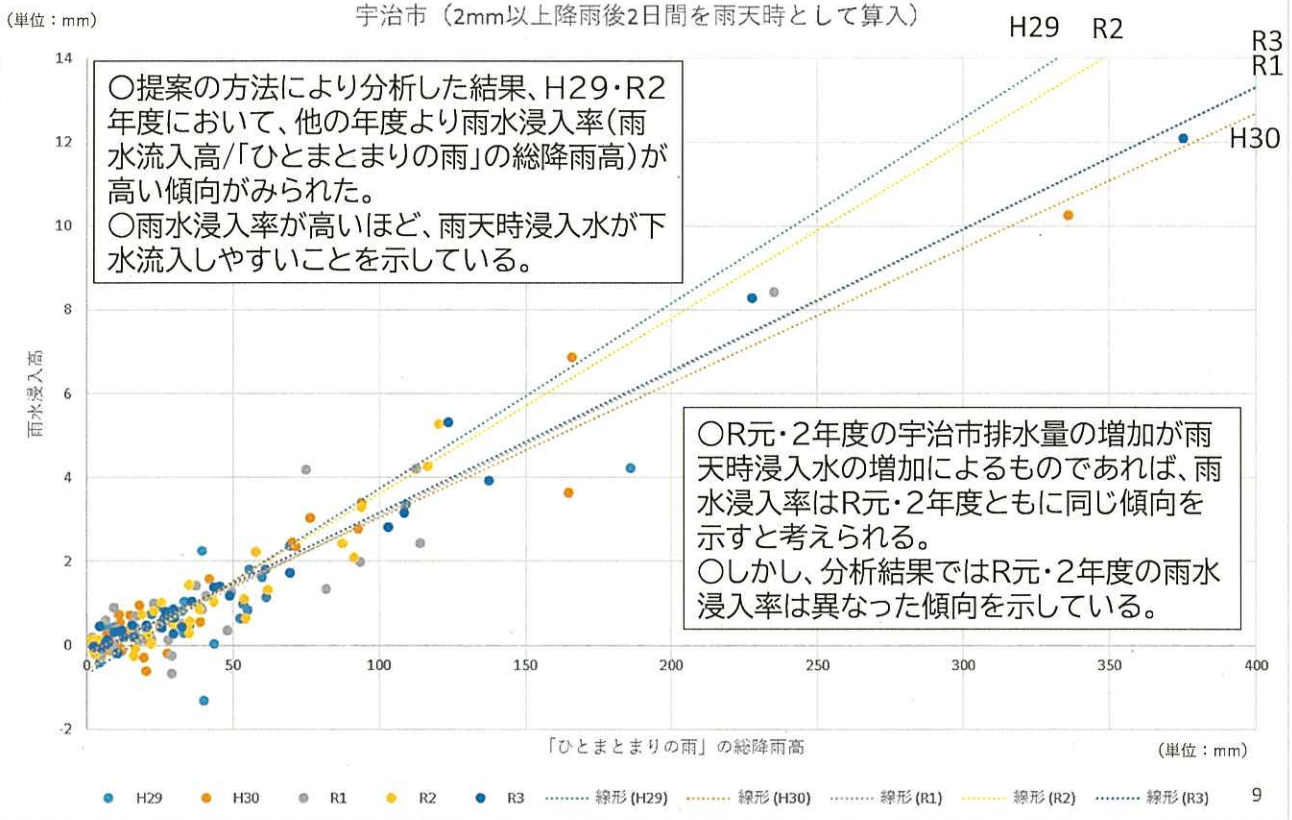
7

(課題①) 雨の降り方の違いと宇治市水量への影響 (参考：ひとまとまりの雨のイメージ)

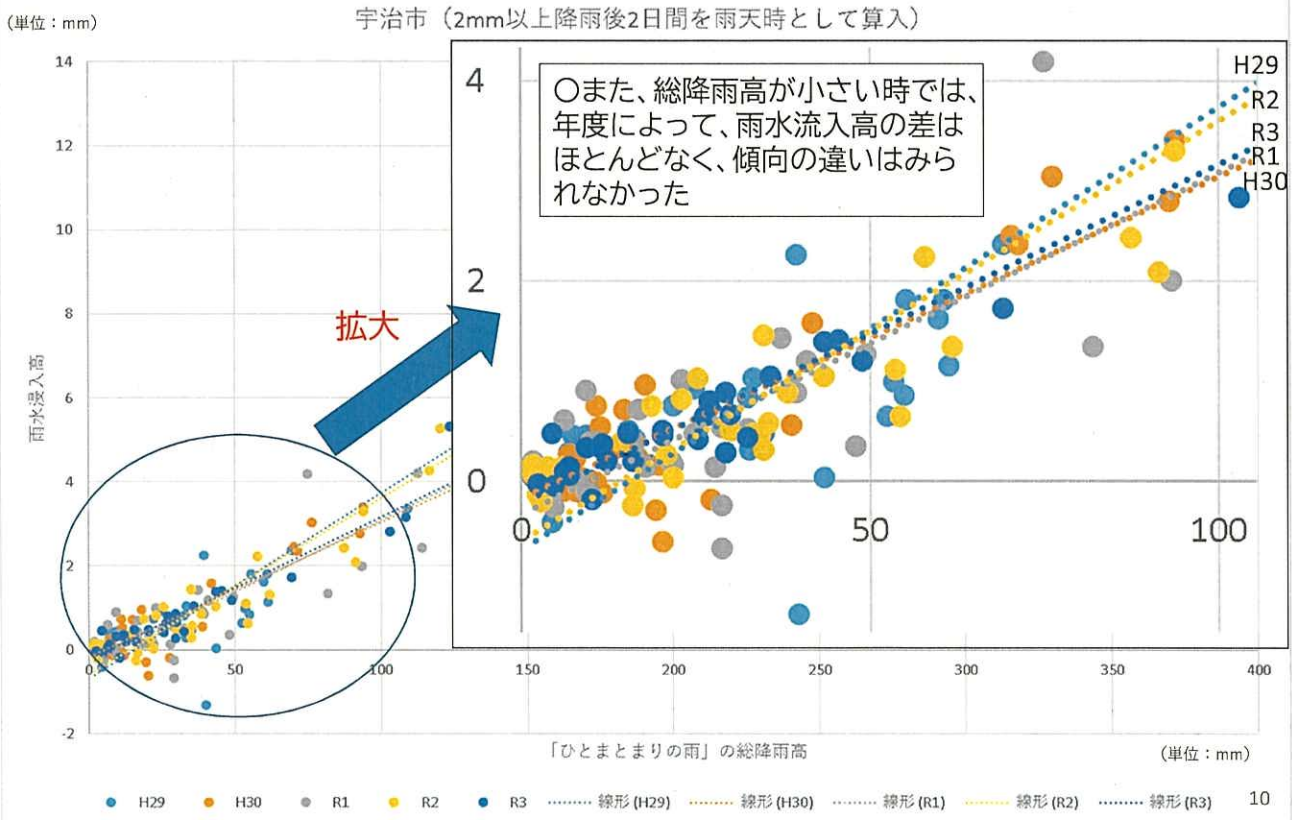
日付	曜日	雨水流入高 (mm)	日雨量 (mm)	日付	雨水流入高 (mm)	総雨量 (mm)
H30.4.1	日	-0.11	0	H30.4.1		
		-0.05	0	H30.4.2		
		0.01	0	H30.4.3		
		-0.02	0	H30.4.4		
		-0.07	0	H30.4.5		
H30.4.6	金	0.19	20	H30.4.6		
H30.4.7	土	0.01	0	H30.4.7		
H30.4.8	日	-0.04	0	H30.4.8		
H30.4.9	月	0.03	0	H30.4.9	0.16	20
H30.4.10	火	0.04	0	H30.4.10		
H30.4.11	水	-0.02	0.5	H30.4.11		
H30.4.12	木	0.18	2	H30.4.12		
H30.4.13	金	0.12	0	H30.4.13		
		0.03	16	H30.4.14		
		1.10	40	H30.4.15		
		0.22	0	H30.4.16		
		0.26	10	H30.4.17		
		0.63	8.5	H30.4.18		
H30.4.19	木	0.30	0	H30.4.19		
H30.4.20	金	0.20	0	H30.4.20		
H30.4.21	土	0.02	0	H30.4.21	3.04	76.5
H30.4.22	日	0.07	0	H30.4.22		
H30.4.23	月	0.08	0	H30.4.23		
H30.4.24	火	0.25	10	H30.4.24		
H30.4.25	水	0.93	32	H30.4.25		
H30.4.26	木	0.29	0	H30.4.26		
H30.4.27	金	0.11	0	H30.4.27		
H30.4.28	土	0.03	0	H30.4.28	1.58	42
H30.4.29	日	-0.12	0	H30.4.29		
H30.4.30	月	0	0	H30.4.30		

8

(課題①) 雨の降り方の違いと宇治市水量への影響 (分析結果1)



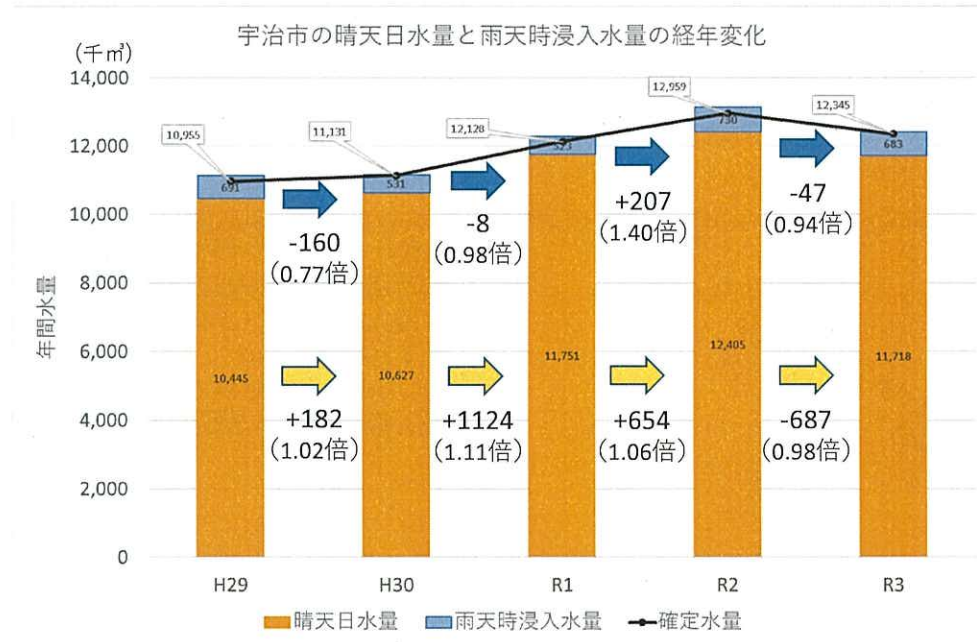
(課題①) 雨の降り方の違いと宇治市水量への影響 (分析結果2)



(課題①) 雨の降り方の違いと宇治市水量への影響 (晴天日水量と雨天時浸入水量の経年変化)

○晴天日流量(汚水量)と雨天時浸入水量を経年比較すると、雨天時浸入水量はR元→R2で比較的増加しているが、H30→R元では減少している。

○一方、晴天日流量(汚水量)は、H29からR2にかけて増加し続けており、その増加量も雨天時浸入水量の変化と比べて大きく、雨天時浸入水量の変化が宇治市水量の増加に大きく影響していないと考えられる。



11

(課題①) 雨の降り方の違いと宇治市水量への影響 (まとめ)

○雨の降り方の違いによる宇治市水量への影響を確認するため、「ひとまとまりの雨」の総降雨量と当該降雨に係る雨水流入高の関係を分析したところ、年度によって、雨水浸入率(雨水流入高/「ひとまとまりの雨」の総降雨量)に若干の差があることが確認できた。

○一方、宇治市水量が増加したR元・R2年度においても、雨水浸入率は異なっていた。

○晴天日水量(汚水量)と雨天時浸入水量を比較すると、晴天日水量(汚水量)の変化の方が大きかった。



雨の降り方の違いによる雨天時浸入水量の変化が宇治市水量へ影響しているとは確認できなかった。

第2回調査部会が出された意見とその対応

課題②

管内貯留時に正確な計測が出来る範囲(計測可能範囲)を推算するため、さらにデータ分析して水理学の専門家に再確認すること。

13

(課題②) 計測可能範囲の推算 (専門家への再確認)

正確な計測が出来る範囲(計測可能範囲)を推算するため、専門家(京都大学大学院工学研究科山上准教授)へ相談したところ、以下のとおりアドバイスをいただき、アドバイスに基づき推算を行った。

【アドバイス】

①宇治3水深と人孔水位の関係は、宇治3以外からの流入や流量が時間変化する非定常性等の影響があるため、現状の手持ちの観測データのみから人孔水位と宇治3水位を対応づけ、「正確に測定できている」とすることは難しい。

②例えば、パーマポーラスフリューム式流量計では、射流が発生している場合、ある流量に対する常流部水深は一つに定まるため、何点かの流量における宇治3(常流部)水深と計測限界時の人孔水位の関係を計算し、計測可能範囲を推算してみてもどうか。

【推算方法】

⑦代表的な流量4,000・6,000・8,000m³/hに対する宇治3水深から、各流量における射流部水深を算出。

⑧射流部水深に人孔水位までの損失水頭を加味し、各流量における宇治3水深と人孔水位の関係(※1)を導出。

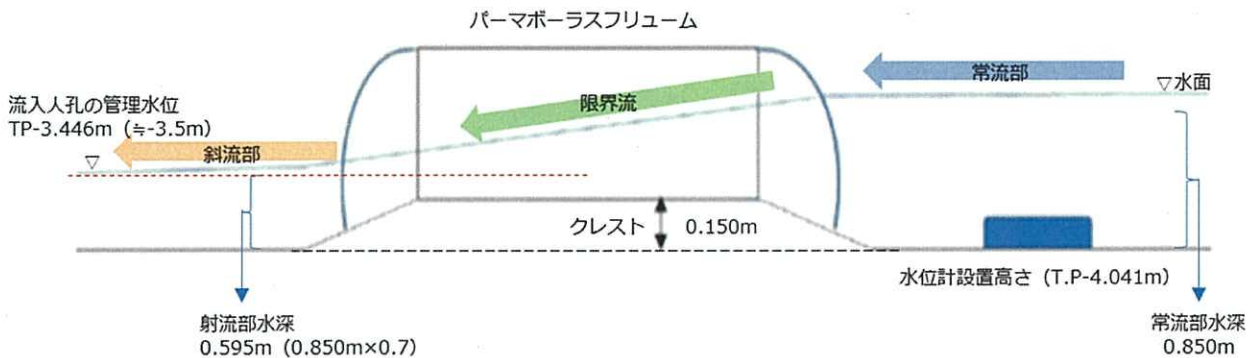
※1 宇治3水深(m)×0.7(※2)+宇治3管底高さ(-4.041m)-損失水頭
=人孔水位(m)

※2 常流部水深に対する限界流水深は、エネルギーの保存則から一つに定まり、宇治3設置の流量計では、その割合は0.8倍以上。よって、常流部水深に対して射流部水深が、余裕をみて0.7倍あれば、射流が発生していると判断できる設計となっている。

14

(課題②) 計測可能範囲の推算

(参考：宇治3常流部と射流部の関係) 【第2回調査部会資料から再掲】



①水位計設置部高さTP-4.041m

②管内貯留時の代表的な管きよ内流量を、雨天時浸入水を考慮し4,000m³/hと安全側で想定。その際の常流部水深は0.850mである。(なお、流量がさらに多くなると、常流部水深も大きくなる)

③射流が発生している場合、射流部水深は常流部水深の0.7倍程度(メーカー設計値)以上。この水深程度までは、管内貯留によりフリューム下流部水位が上昇しても計測は可能としている。

$$\text{射流部水深は①～③より } \frac{-4.041\text{m} + (0.850\text{m} \times 0.7)}{\text{水位計設置高さ}} = -3.446\text{m} \approx -3.5\text{m (TP)}$$

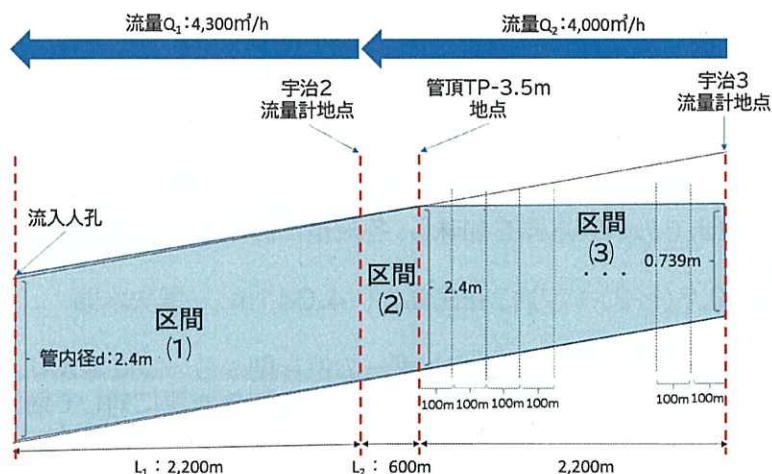
15

(課題②) 計測可能範囲の推算 (損失水頭の推算1)

○流入人孔から宇治3流量計地点までの損失水頭を求めるため、次のとおり推算を行った。

○人孔水位TP-3.5m、宇治3流量4,000m³/hの時に、幹線管渠内は下図のように、流入人孔から管頂TP-3.5m地点(流入人孔から2,800m)までは管は満水と考えられ、その時、宇治2流量計地点より下流側では流量4,300m³/h。

○そこで、流入人孔から宇治3流量計地点までを区間(1)「流入人孔－宇治2流量計地点」、区間(2)「宇治2流量計地点－管頂TP-3.5m地点」、区間(3)「管頂TP-3.5m地点－宇治3流量計地点」の3つに区切って損失水頭を推算する。



16

(課題②) 計測可能範囲の推算 (損失水頭の推算2)

○満管状態の「流入人孔－管頂TP-3.5m地点」間(区間Ⅰ及びⅡ)の損失水頭の推算にあたっては、ヘーゼン・ウィリアムスの公式($V=0.849 \times C \times R^{0.63} \times I^{0.54}$ 、V:流速、C:流量係数、R:径深、I:動水勾配)を採用。

⇒損失水頭 $h_f=I \times L$ であり、 $C=110$ (管屈曲部損失を含めた一般的な値)とすると、
区間Ⅰ「流入人孔－宇治2流量計地点」間の損失水頭 h_{f1} : 0.0767 (m)
区間Ⅱ「宇治2流量計地点－管頂TP-3.5m地点」間の損失水頭 h_{f2} : 0.0183 (m)
よって、「流入人孔－管頂TP-3.5m地点」間の損失水頭は、0.0950m

○開水路状態の「管頂TP-3.5m地点から宇治3流量計地点」間(区間Ⅲ)の損失水頭の推算にあたっては、マンニングの式($V=(1/n) \times R^{2/3} \times I^{1/2}$ 、n:粗度係数)を採用。

⇒「管頂TP-3.5m地点－宇治3流量計地点」間では水深が変化することから、同2地点間を100m間隔で区切って、それぞれの損失水頭 h_f を求め、累計すると、
区間Ⅲ「管頂TP-3.5m地点－宇治3流量計地点」間の損失水頭 h_f : 0.201(m)

(参考)管頂TP-3.5m地点と宇治3流量計常流部の2断面における全水頭の差から、ベルヌーイの式により損失水頭を求めると約0.03mであったが、マンニングの式による結果(0.201m)を安全側として採用する。

17

(課題②) 計測可能範囲の推算 (損失水頭の推算結果)

○「流入人孔－管頂TP-3.5m地点」間の損失水頭:0.0950m、
「管頂TP-3.5m地点－宇治3流量計地点」間の損失水頭:0.201(m)より、
流入人孔から宇治3流量計地点までの損失水頭は、0.296m(≒0.3m)と推算される。



○流入人孔から宇治3流量計地点までの損失水頭には、管屈曲部(流入人孔から宇治3流量計地点間で6箇所)、マンホール設置部(同7箇所)及び流量計設置部(宇治2・宇治3)での形状変化による損失水頭も考えられるが、上述で計算した摩擦による損失水頭と比べると十分に小さく、損失水頭全体への影響はほとんどないと考えられる。

○計測可能範囲の推算にあたっては、推算された損失水頭0.3mよりさらに余裕をみて、損失水頭0.5mとして推算する。

(課題②) 計測可能範囲の推算

○各流量における宇治3水深は、パーマボラスフリューム式流量計測定原理(常流部水深から流量を算出)の逆算から求められ、その時の人孔水位を前出の推算方法中①の関係式から求めると下表のとおりであった。(損失水頭0.5mとして推算。)

流量	宇治3常流部水深	人孔水位
4,000m ³ /h	0.850m	TP-3.95m
6,000m ³ /h	1.009m	TP-3.83m
8,000m ³ /h	1.142m	TP-3.74m

【推算方法(再掲)】

⑦代表的な流量4,000・6,000・8,000m³/hに対する宇治3水深から、各流量における射流部水深を算出。

⑧射流部水深に人孔水位までの損失水頭を加味し、各流量における宇治3水深と人孔水位の関係(※1)を導出。

※1 宇治3水深(m)×0.7(※2)+宇治3管底高さ(-4.041m)-損失水頭
=人孔水位(m)

※2 常流部水深に対する限界流水深は、エネルギーの保存則から一つに定まり、宇治3設置の流量計では、その割合は0.8倍以上。よって、常流部水深に対して射流部水深が、余裕をみて0.7倍あれば、射流が発生していると判断できる設計となっている。

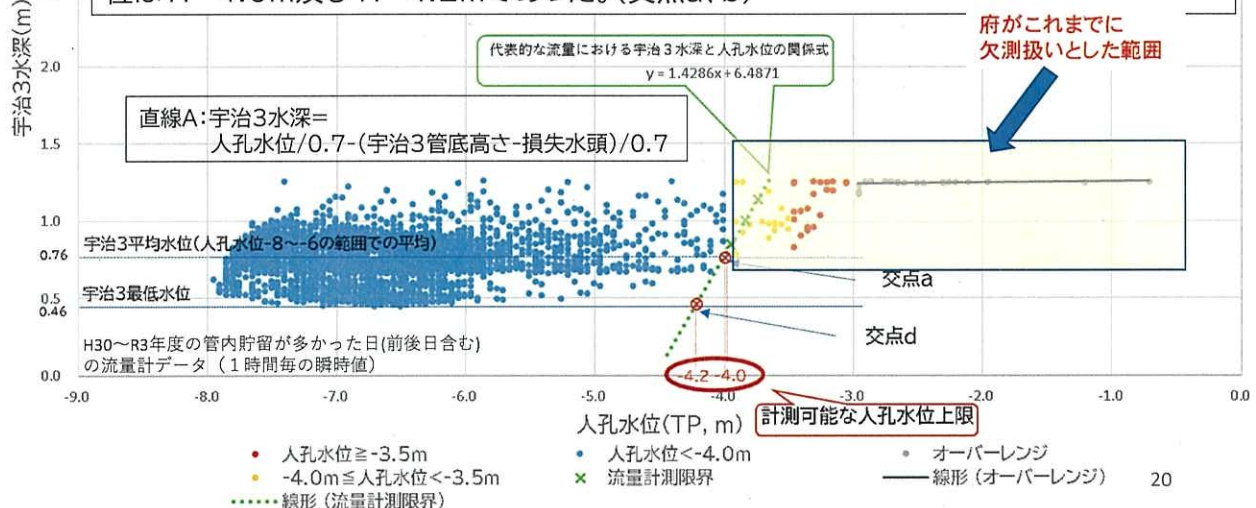
19

(課題②) 計測可能範囲の推算 (分析結果1)

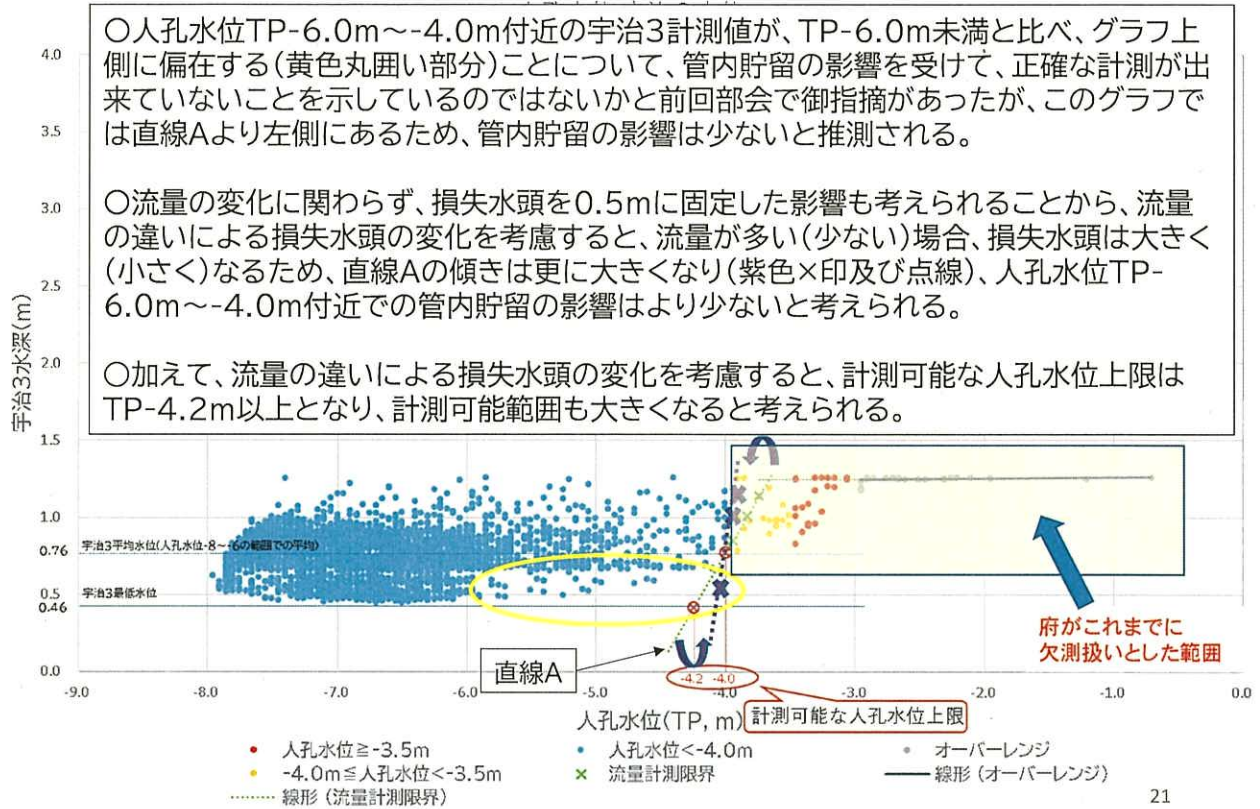
○専門家提案の方法により計算・分析した結果、代表的な流量における宇治3水深と人孔水位の関係は、下図(緑色の×印及び点線)のとおり直線の関係式(「直線A」という。)であった。

○直線Aより左側では、射流部水深が常流部水深の0.7倍より小さい(=射流が発生している)ため、正確に測定できていると推測される。

○宇治3の平均的な水深及び最低水深から、計測可能な人孔水位上限を求めると、その水位はTP-4.0m及びTP-4.2mであった。(交点a、b)



(課題②) 計測可能範囲の推算 (分析結果2)



(課題②) 計測可能範囲について (分析結果に対する専門家コメント)

分析結果について、専門家(京都大学大学院工学研究科山上准教授)に再確認いただいたところ、次のコメントをいただいた。

- 流入人孔水位と宇治3水位の関係には、複数の不確定要素(雨量、宇治3地域以外からの人孔水位への影響等)があるため、流量計測において、管内貯留の影響を完全に否定することはできないが、水理学的根拠に基づいて、宇治3流量計から流入人孔までの損失水頭を加味し、管内貯留時に正確な計測ができる範囲(計測可能範囲)を簡易的に分析することが妥当と考えられる。
- 宇治3流量計から流入人孔までの損失水頭の推算方法は妥当と考えられる。なお、損失水頭には、管の曲がり等の形状によるものもあるが、管渠内を流れる水に生じる摩擦によるものと比べると十分に小さく、損失水頭全体への影響はほとんどないと考えられる。
- 人孔水位TP-6.0m~4.0m付近における宇治3水位が、TP-6.0m未満の場合と比べ、グラフ上側に偏在することについて、人孔水位が高いときは、一般的に雨量が多く、宇治3を含むこの地域全体の下水量が増加しているためと考えられる。人孔水位TP-4.2m以下の範囲は、フリウム下流で射流が発生していると考えられるため、管内貯留の影響は小さい(流量の違いによる損失水頭の変化を考慮すると、影響はより小さくなる)と想定される。
- 以上より、計測可能範囲は、損失水頭分等に余裕をもたせても、人孔水位TP-4.2m以下とする府の推算結果は、妥当と考えられる。

第2回調査部会が出された意見とその対応

課題③

現在の計測可能範囲を超え推計値を採用すると仮定した場合の年間流量への影響度合いを確認すること。

23

(課題③) 推計値を採用した場合の年間流量への影響

○現在、管内貯留時に計測可能としている範囲を仮に狭めた場合、どの程度影響があるか確認するため、下流の宇治2流量計で推計値を採用した(人孔水位がTP-5.7m以上になった)日すべてで、宇治3流量計の推計値を試算した。

(参考)流量の推計値に係る計算方法

当該日の浄化センター流入量に推定値算出係数(※)を乗じた値を当該日の流量とする。

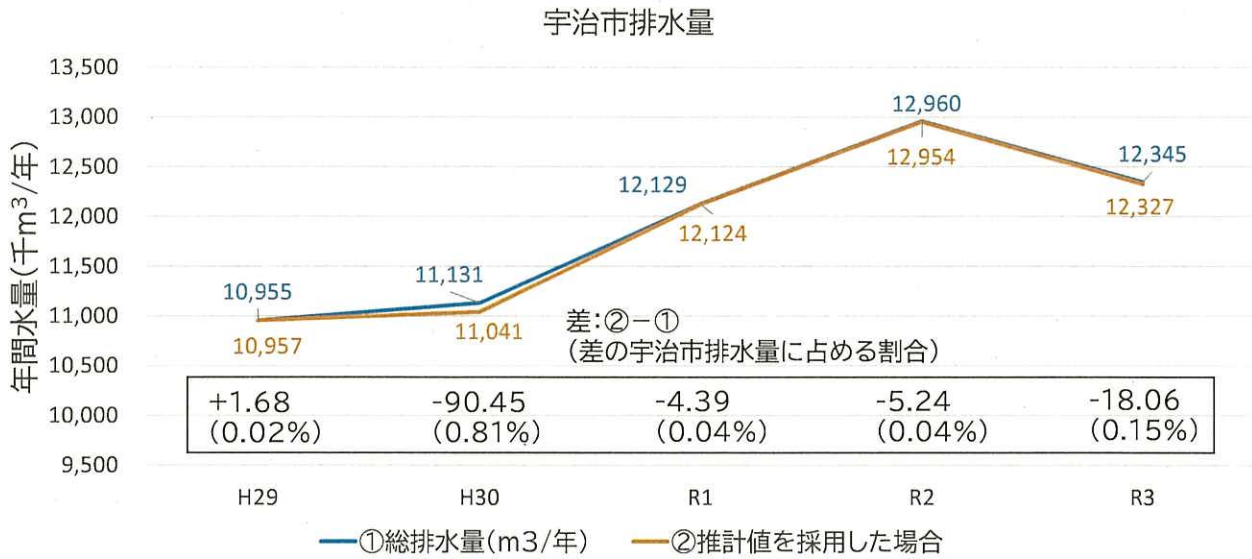
※ 推定値算出係数:前年度下半期の浄化センター流入量平均値に対する
同時期の各流量計の日平均値の割合

(参考)流量に推計値を採用する状況

- 計測値が測定可能最大値を超過した場合(レンジオーバー)
- 管内貯留による影響を受けた場合
- 機器の故障が疑われる場合(計測値が急変を繰り返す又は欠測)

24

(課題③) 推計値を採用した場合の年間流量への影響 (試算結果)



○宇治3流量計で推計値を採用した場合の試算として、宇治2流量計で推計値を採用した日すべてについて、宇治3流量計でも推計値を採用した場合、年間排水量は数千m³から9万m³の差であった。



推計値を用いることによる宇治市排水量への影響はほとんどないと考えられる。

25

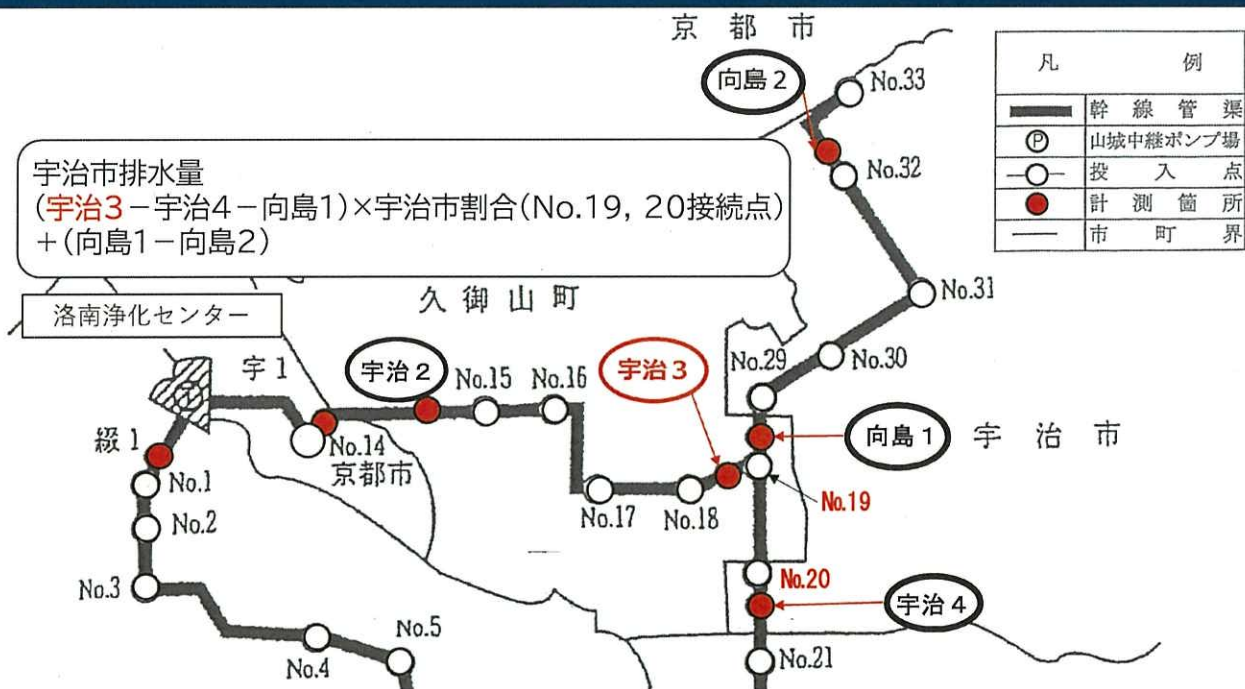
流量計計測値の時間変動について (追加調査)

追加調査 背景

- 宇治市から本府へ「令和元年度から、本来久御山町分として算定されるべき汚水量が宇治市分として算定されているのではないか」という疑義が出され、両市町の排水量算定に係る宇治3流量計の計測値に不備がないか調査・確認を進めてきた。
- これまでの調査部会及び第2回調査部会での課題を整理していく中で、
 - ・府の流量計は、下水管渠での流量測定で一般的なものを採用しており、精度管理等も適切に行われていること
 - ・雨水管内貯留の影響を受ける位置に流量計が設置されているため、流量計の計測可能範囲を検討した結果、宇治3で現在設定している水位範囲では、流量測定値に問題があるとは言えないこと
 が見えてきた。
- 第3回(今回)調査部会に向けて、流量計計測値以外に起因する宇治市排水量の増加要素を検討していく中で、委員から、有収水量に計上されていない水の流入により、宇治市排水量が想定以上に増加している可能性が考えられるため、
 - ・府に対しては、1時間毎の流量計計測値の年度間差を確認し、流入増加があった時間帯や接続点の絞り込み
 - ・市に対しては、絞り込まれた接続点の排水区において大規模事業場の立入調査等を行うよう追加提案があった。

27

府追加調査 概要

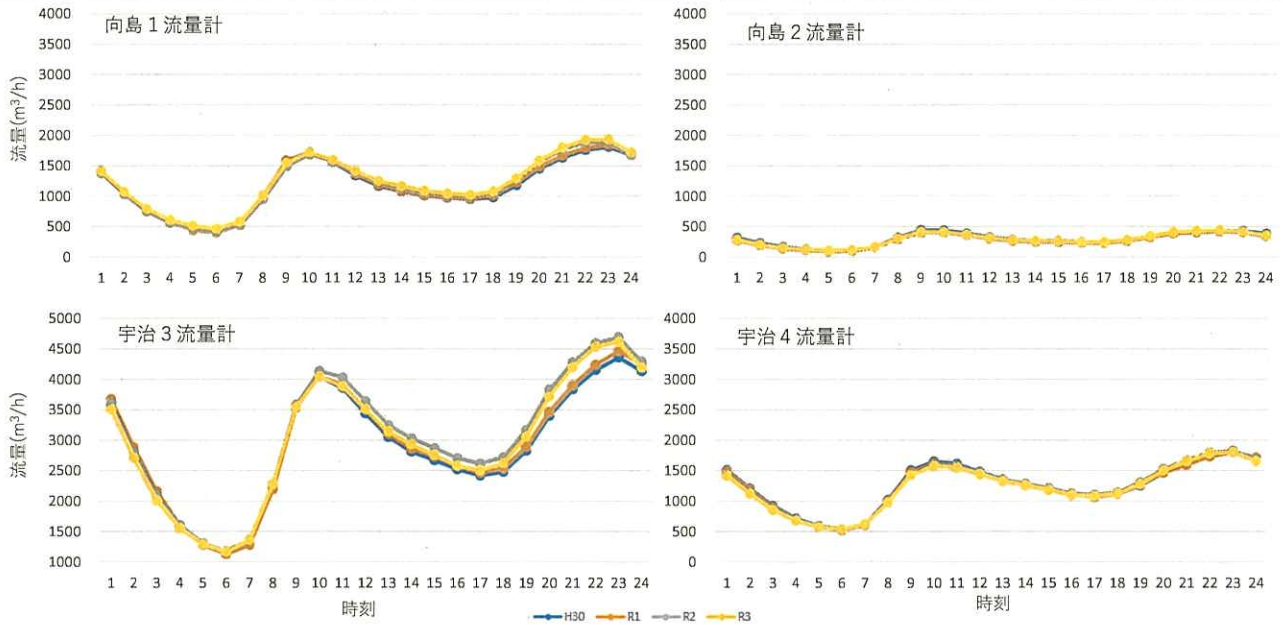


- 宇治市排水量算出に係る向島1・向島2・宇治3・宇治4及び下流の宇治2(久御山町水量に係る)の各流量計について、各年度の1時間毎の平均流量(欠測日を除く)を算出し、年度間差がないかを確認する。

- 年度間差が生じている時間帯や場所(接続点)の絞り込みを行う。

28

[結果] 流量計計測値の時間変動①（宇治市関係）

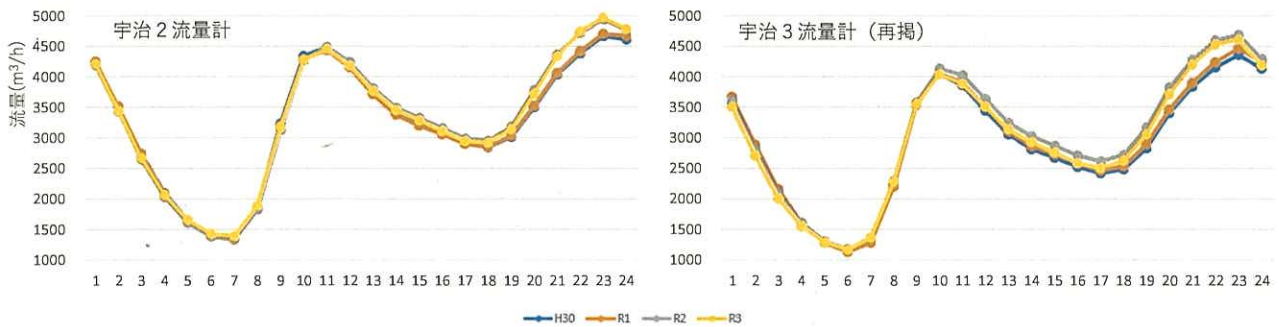


○宇治4・向島1・向島2の流量計では、年度間の流量差は小さい。

○一方、宇治3流量計では、明らかに年度間差が生じている時間帯がある。

29

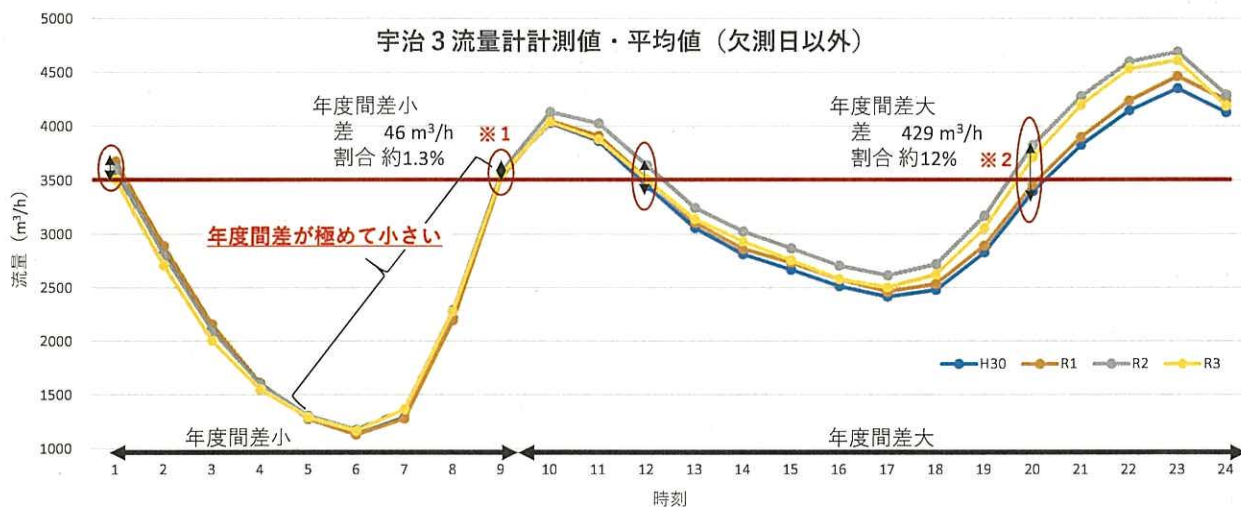
[結果] 流量計計測値の時間変動②（下流流量計）



○宇治2流量計(宇治3流量計の下流)は宇治3流量計と同様に、年度間差が生じている時間帯がある。

30

[結果] 流量計計測値の時間変動③ (宇治3流量計)



○宇治3流量計のデータを詳細に確認すると、0~9時は年度間差が小さく、その中でも極めて小さい時間帯(5~9時)がある(9~24時の活動時間帯では年度間差大)。

○3,500m³/h程度の流量は、1時, 9時, 12時, 20時に見られるが、12時, 20時は年度間差が見られる(年度間差が最小の9時(※1)と最大の20時(※2)では9倍以上の開き)。

これまでの府調査で確認したことについて
(府まとめ)

これまでの府調査で確認したことについて (府まとめ)

●府の流量計は、下水管渠での流量測定で一般的なものを採用しており、精度管理等も適切に行っていた。

●流量計による測定では一定の誤差が生じる(宇治3流量計の許容誤差:3%F.S.)が、平成30年度以降の点検時に確認した実測値と計測時の誤差は許容範囲内に収まっていた。(最大0.6%F.S.)

●管内貯留時、貯留水が流量計測に及ぼす影響を確認したが、影響を受けている測定値は採用せず、流域市町で合意している手法による推計値を採用していた。また、貯留水の影響を大きく見積もっても、宇治市排水量への影響はほとんど確認できなかった。

●雨天時浸入水による宇治市排水量への影響について、雨天時浸入水量の変化量は晴天日水量(汚水量)の変化量に比べて小さく、雨天時浸入水量の変化が宇治市排水量へ大きく影響しているとは確認できなかった。

●宇治3流量計の1時間毎流量の年度間差を確認したところ、年度間差の極めて小さい時間帯と大きい時間帯があることが判明した。

一方、宇治3流量計より上流にある3つの流量計では時間帯による年度間差は確認できなかった。