

京都府流域下水道経営審議会 調査部会（第4回）

流域関係市町の排水量確定に係る 流量計測について （前回部会以降の追加分析結果）

令和6年3月

前回部会以降の追加分析項目

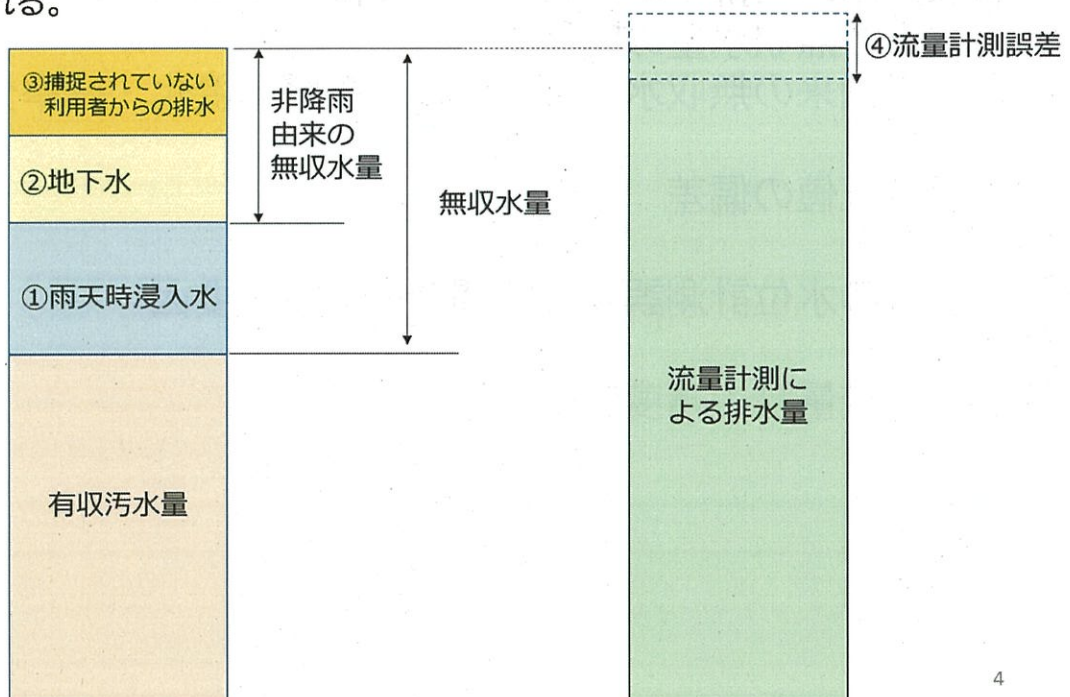
- 1 有収汚水量と排水量の差の構成要素
 - ・有収汚水量と排水量の月間・年度間の変動
 - ・降水量と無収水量の関係
 - ・非降雨由来の無収水量のバラつきの経年変化・確率分布
- 2 水位校正値の偏差
- 3 流量計の水位計測誤差の時間変化・発生要因
- 4 宇治2流量計の精度管理

有収汚水量と排水量の差の構成要素について

3

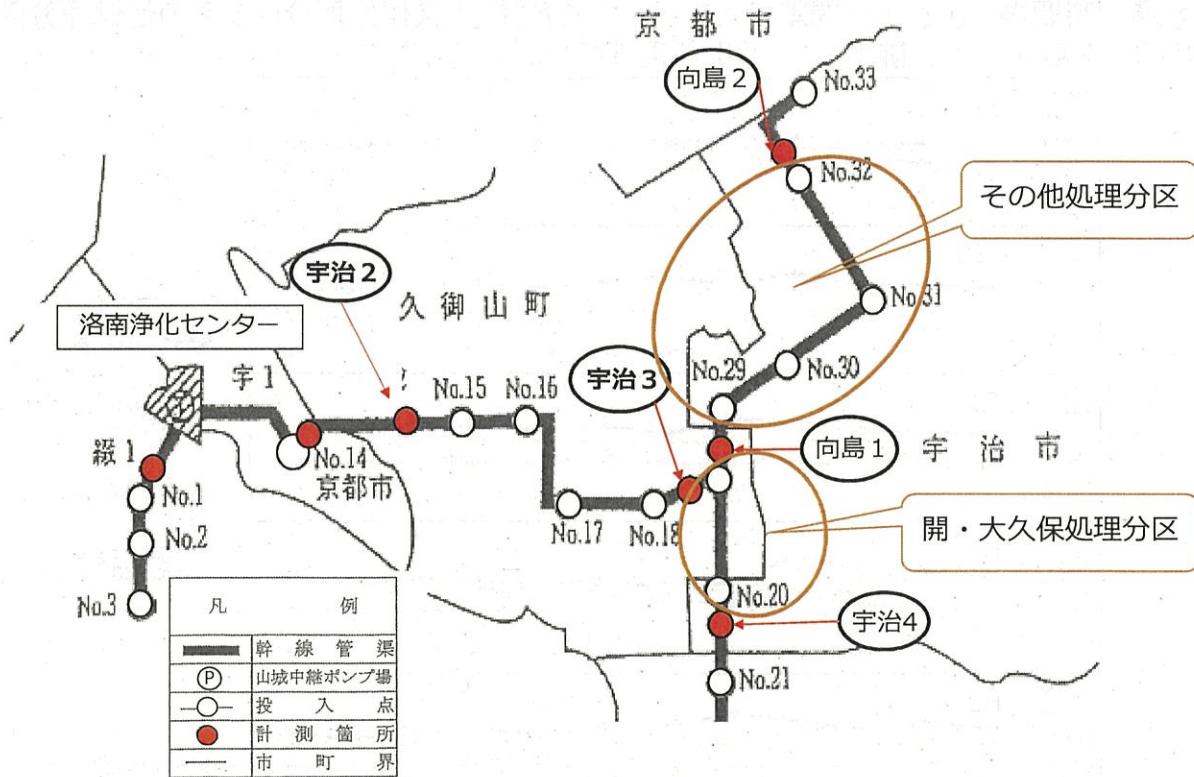
有収汚水量と排水量の差の構成要素

宇治市の有収汚水量と府の流量計測による排水量に差が生じる要素として、主に①雨天時浸入水、②地下水の流入、③捕捉されていない利用者からの排水、④流量計測誤差の4つが考えられる。



4

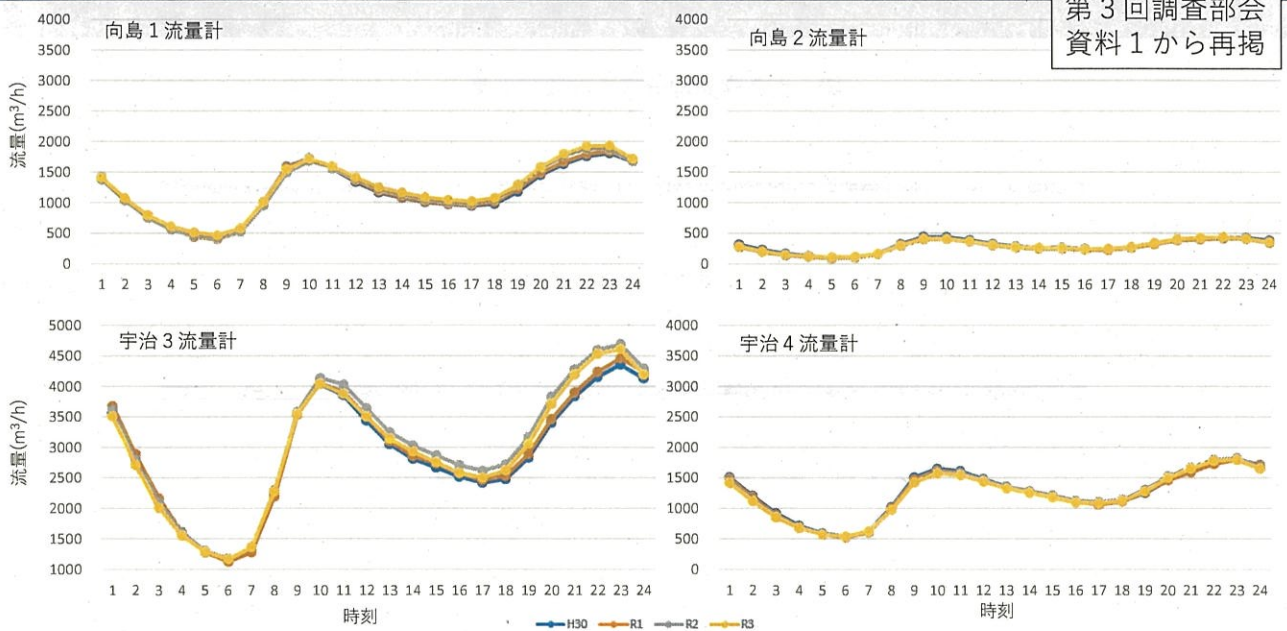
処理分区と流量計の位置関係



5

[結果] 流量計計測値の時間変動① (宇治市関係)

第3回調査部会
資料1から再掲

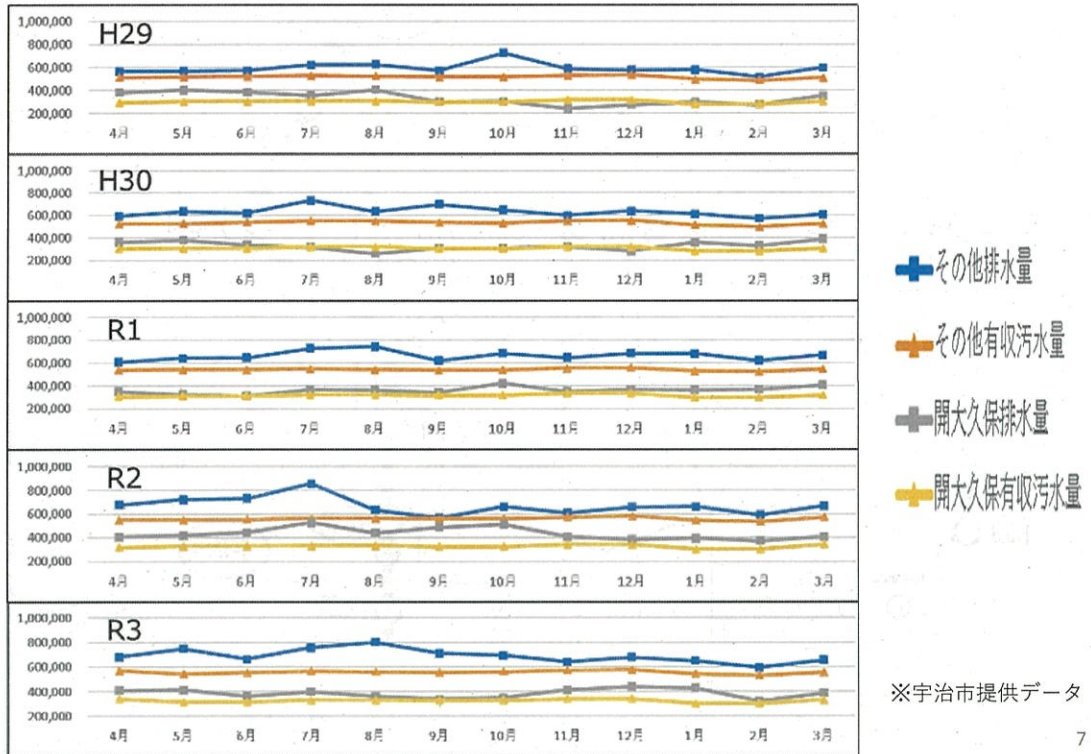


○宇治4・向島1・向島2の流量計では、年度間の流量差は小さい。

○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。

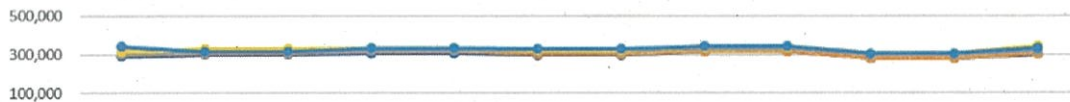
有収汚水量と排水量の月間・年度間の変動

排水量の時間帯による年度間差が大きいとされた開・大久保処理分区とその他処理分区に分けて、有収汚水量と排水量の月間・年度間の変動を確認した。

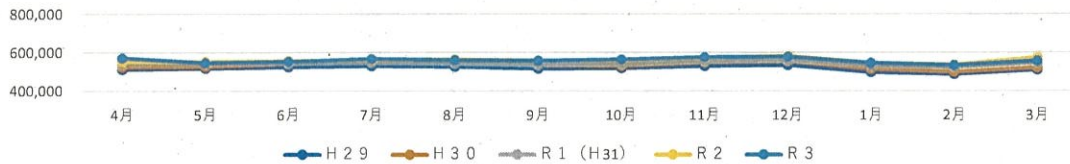


有収汚水量の年度間変動

開・大久保処理分区の有収汚水量



その他処理分区の有収汚水量

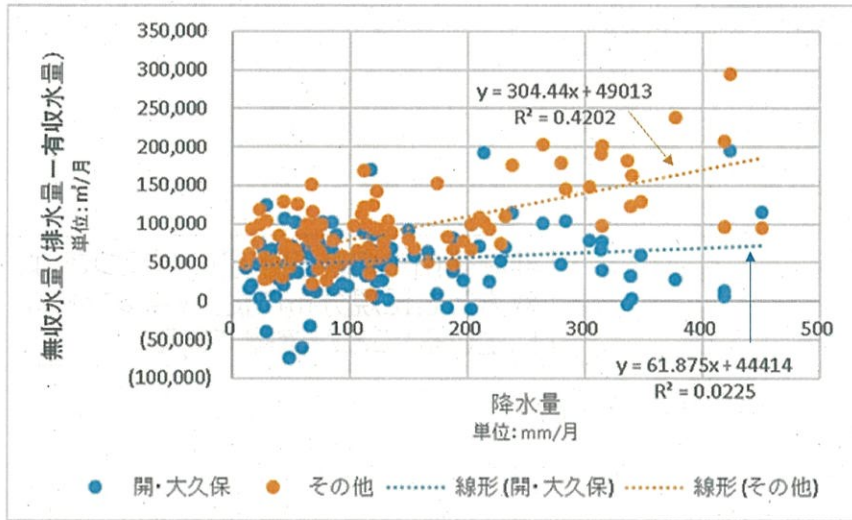


※宇治市提供データ

有収汚水量は、月間(季節)・年度間で大きな変動はみられないが、排水量は、月間・年度間で変動がみられる。

降水量と無収水量の関係

排水量に月間・年度間の変動がみられることから、H25からR3までの9年間(108か月)の排水量と有収汚水量の差(無収水量)について、月間降水量に対してプロットし、降水量と無収水量の関係性を確認した。

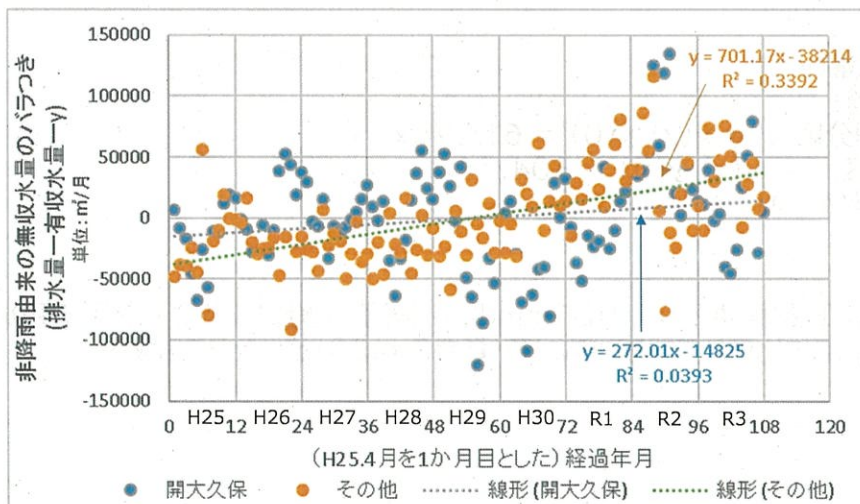


算出方法
「無収水量と降水量(x)の関係式から求めた水量」[y](m³/月)
開・大久保処理分区
 $y = 61.875x + 44414$
その他処理分区
 $y = 304.44x + 49013$
(x: 月間降水量(mm))

開・大久保処理分区では、降水量と無収水量の関係はほぼみられない($R^2=0.0225$)が、非降雨由来の無収水量が44,000m³/月程度みられる。
その他処理分区では、降水量と無収水量に一定の関係がみられる($R^2=0.4202$)上、非降雨由来の無収水量が49,000m³/月程度みられる。

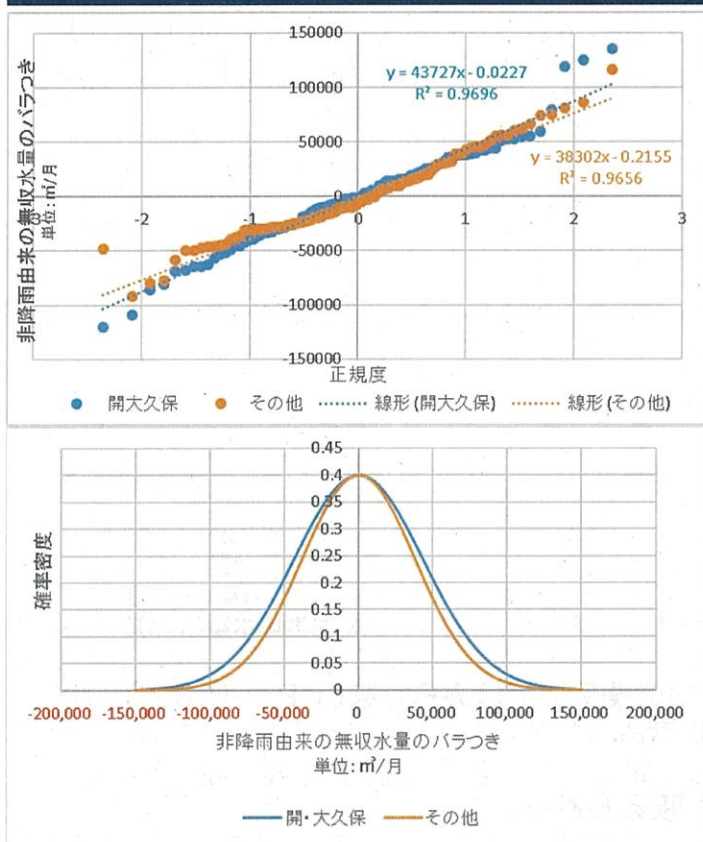
非降雨由来の無収水量のバラツキの経年変化

非降雨由来の無収水量について、その9年間平均値に対して、各月の値がどの程度バラツキしているかを算出し、経年変化を確認した。



各月の非降雨由来の無収水量のバラツキを経年的にプロットすると、開・大久保処理分区では、経年的なトレンドはみられない($R^2=0.0393$)が、その他処理分区では、経年的に増加トレンドがみられる($R^2=0.3392$)。

非降雨由来の無収水量のバラつきの確率分布



非降雨由来の無収水量のバラつきは、双方とも正規分布に従う(=ランダムに生じる)ことが確認できる。

11

有収汚水量と排水量の差分

排水量に月間・年度間で変動がみられる要因について、各要素がどの程度寄与しているか確認するため、各要素の水量を開・大久保処理分区及びその他処理分区で試算した。

算出方法:

<雨天時浸入水量(y')>

次の式から試算。

開・大久保処理分区: $y' = y(x) - y(0) = 61.875x$

その他処理分区: $y = y(x) - y(0) = 304.44x$

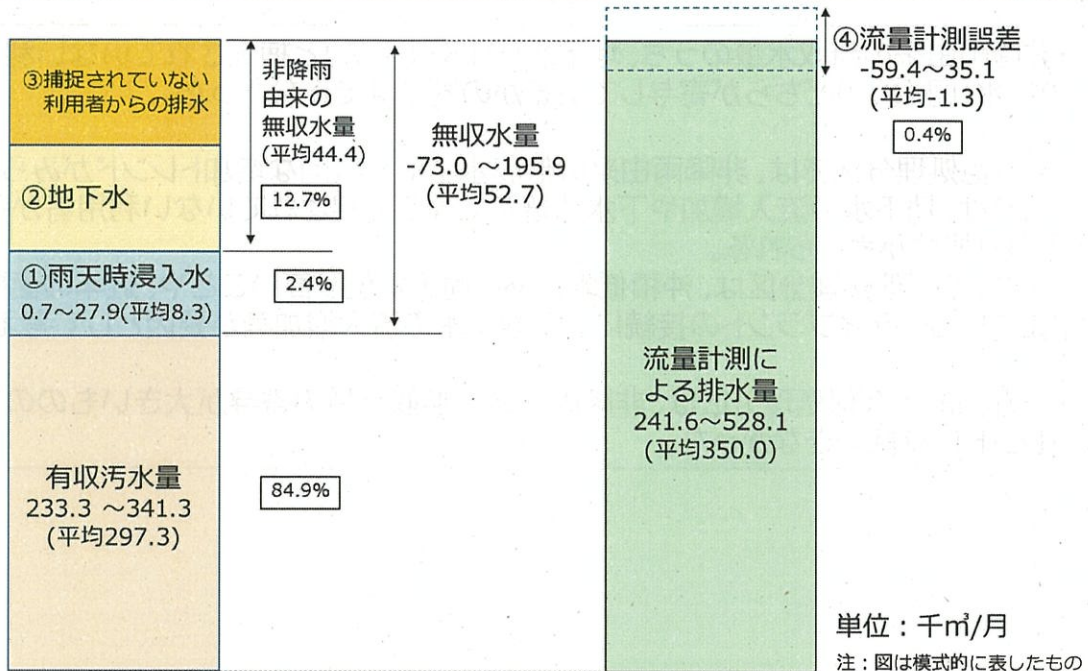
(x: 月間降水量(mm))

<流量計測誤差>

点検時の水位校正値(資料2 p.19)と1mmの計測誤差の水量(資料2 p.23)を用い、点検間で時間経過に比例して誤差が広がる(資料2 p.20)と仮定して試算。

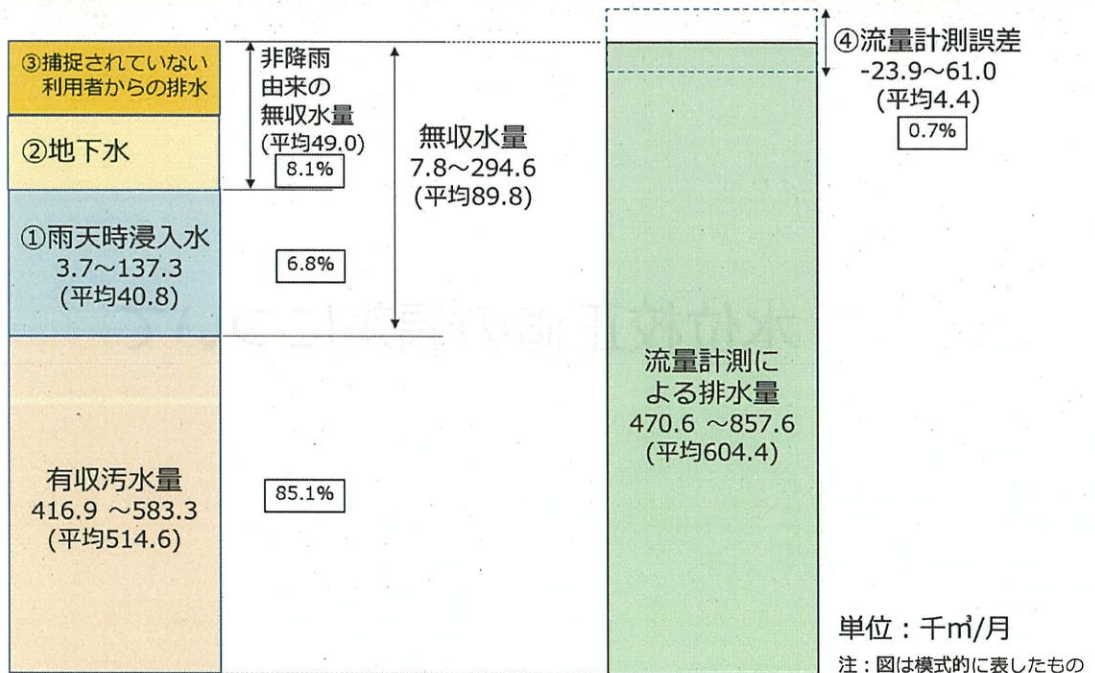
12

開・大久保処理分区における 有収汚水量と排水量の差分



開・大久保処理分区では
 ・非降雨由来の無収水量の寄与が大きい。
 ・雨天時浸入水や流量計測誤差の寄与は小さい。

その他処理分区における 有収汚水量と排水量の差分



その他処理分区では
 ・非降雨由来の無収水量と雨天時浸入水の寄与が大きい。
 ・流量計測誤差の寄与は小さい。

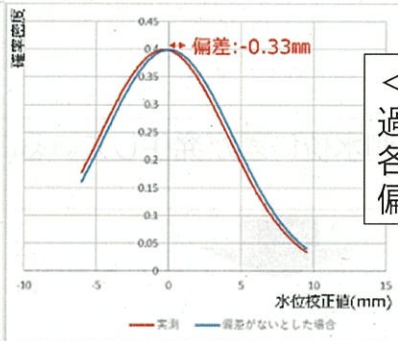
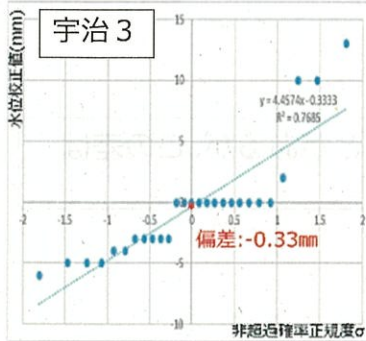
有収汚水量と排水量の差の構成要素（府考察）

- ・非降雨由来の無収水量のうち、地下水(p13・14 ②)と捕捉されていない利用者からの排水(同 ③)のどちらが寄与しているかの判別はできなかった。
- ・その他処理分区では、非降雨由来の無収水量に経年的な増加トレンドがみられた。
これは、地下水の流入増加や下水道普及に伴う捕捉されていない利用者からの排水増加の可能性が考えられる。
また、その他処理分区は、沖積低地にあり地下水位が高いことや、近年の面整備に伴う古いコミュニティプラントの接続による地下水の流入増加等が要因として考えられる。
- ・一方、開・大久保処理分区は、非降雨由来の無収水量の寄与が大きいものの、経年的なトレンドは確認できなかった。

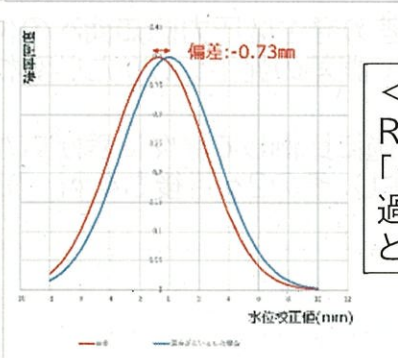
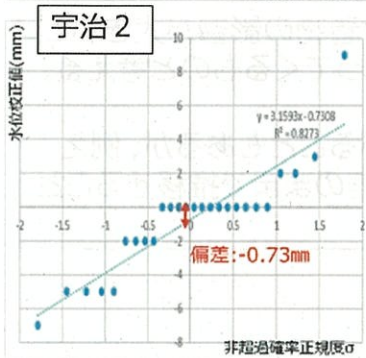
水位校正値の偏差について

水位校正値の偏差

各流量計の水位校正値について、「+（下振れ）」や「-（上振れ）」の偏り（偏差）の有無を確認するため、H25からR3までの9年間（27回分）の点検結果から、水位校正値の確率密度を確認した。



＜分析結果＞
過去9年間を通してみると、各流量計の水位校正値に偏差はほとんどみられなかった。



＜府考察＞
R1～R3の宇治3の水位校正値は「-」ばかりであるが、その「-」は、過去9年間の「+」と相殺されていると考えられる。

流量計の水位計測誤差の時間変化・発生要因について

流量計の水位計測誤差に係る時間変化

(流量計メーカーへのヒアリング結果1)

宇治市から、流量計点検時の水位計測誤差に応じた排水量補正の求めがあったことから、流量計の水位計測誤差に係る時間変化(点検間の時間経過に比例して誤差が広がるか)や水位計測誤差がプラス側・マイナス側に出る要因について、メーカーあて確認した。

メーカーあて確認1

流量計点検時に機器計測水位と実測水位に差が発生していることがあるが、この差は時間経過に比例して増加するか？



メーカーの回答1

圧力式水位計の場合、水位計測誤差の発生は圧力感知面への付着物の影響が大きいと思われるので、現場の汚泥の状況等で誤差の発生のかたも変わってくるものと考える。

点検直後から次回点検まで時間経過に比例して徐々に差が広がることもあるが、例えば点検から2ヶ月後に4mmの差が生じ、その2ヶ月後も4mmの差のままで推移することもある。

19

計測誤差の発生要因<誤差がプラス側に出る要因>

(流量計メーカーへのヒアリング結果2)

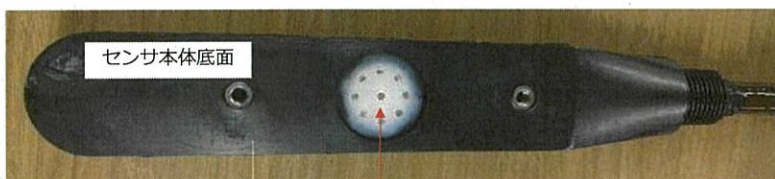
メーカーあて確認2

センサ圧力感知面への付着物によって、誤差はどのように発生するか。



メーカーの回答2

- ・センサ本体底面より窪んだところにあるセンサ圧力感知面に汚泥等が溜まることで、水圧によるダイヤフラムの歪みに影響を与え、誤差がプラス側(水位校正値が「-」)に出る要因になっていると推測している。
- ・センサは、センサ圧力感知面を管底方向に向けた状態で固定されており、清掃するには、管渠に取り付けるためのU字金具も外す必要がある。そのため、安全を考慮し、毎回、センサを取り外しての清掃までは行っていないが、誤差が大きい時等には、取り外して清掃している。



センサ圧力感知面



センサ

20

計測誤差の発生要因<誤差がマイナス側に出る要因> (流量計メーカーへのヒアリング結果3)

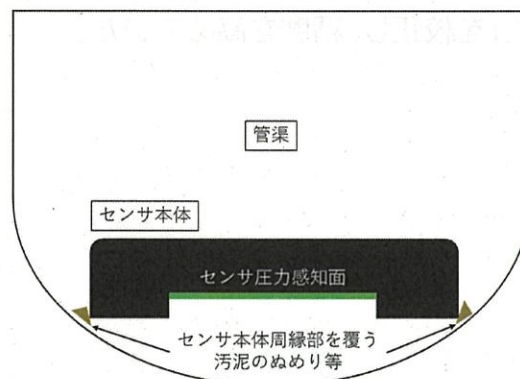
メーカーあて確認3

誤差がマイナス側(水位校正値が「+」)に出る要因はどのようなものがあるか。



メーカーの回答3

センサ本体は、管渠底面から浮いた状態にあり、汚泥のぬめり等によってセンサ本体周縁部が覆われることで、センサ感知面への圧力が弱まり、誤差がマイナス側に出る要因になっていると推測している。



イメージ図

宇治2 流量計の精度管理について

流量計の精度管理

○久御山町の排水量算定に関わる宇治2流量計について、流量計点検結果を再確認したが、計測誤差は許容範囲内であり、流量計の機器にも異常はなかった。

※ 宇治2流量計の許容誤差は、宇治3と同様に3%F.S.

⇒ 流量計「宇治2」のF.S.は10,000 m³/hであるため、

許容誤差は300m³/h(=7,200 m³/日、2,628,000 m³/年)

※ 宇治3流量計と同様に、メーカー点検を年3回行い、点検時に流量計計測値と実水位に差がある場合には、流量計を校正し、精度を高めていた。

23

流量計測誤差（宇治2）

宇治2流量計(宇治3流量計と同型)について、令和元年度以降の点検で確認された流量計測誤差は、許容誤差3%F.S.に対して最大0.3%F.S.(平均0.1%F.S.)であった。

宇治2流量計測結果表

(F.S. 10,000m³/h)

年度	日付	水位 (m)		水位 校正値 (mm)	水量 (m ³ /h)		水量差 (m ³ /h)	計測誤差 (%F.S.)	【参考】 実測水量 に対する誤差 (%)
		実測値	機器 表示値		実測値	機器 表示値			
R1	6/25	0.608	0.608	0	3,131	3,131	0	0	0
	10/21	0.602	0.601	0	3,075	3,066	9	0.1	0.3
	2/3	0.589	0.587	2	2,956	2,938	18	0.2	0.6
R2	6/24	0.601	0.603	-2	3,066	3,086	-20	-0.2	-0.7
	10/26	0.610	0.607	3	3,152	3,122	30	0.3	1.0
	2/22	0.613	0.614	0	3,179	3,189	-10	-0.1	-0.3
R3	6/9	0.760	0.758	2	4,420	4,410	10	0.1	0.2
	10/26	0.589	0.588	0	2,956	2,947	9	0.1	0.3
	2/1	0.610	0.612	-2	3,152	3,170	-18	-0.2	-0.6

24

(参考) 流量計測誤差 (宇治3)

第1回調査部会
資料1から再掲

令和元年度以降の点検で確認された流量計測誤差は、許容誤差3% F.S.に対して最大0.6%F.S.(平均0.3%F.S.)であった。

宇治3流量計測結果表

年度	日付	水位 (m)		水位 校正値 (mm)	水量 (m ³ /h)		水量差 (m ³ /h)	計測誤差 (%F.S.)	【参考】 実測水量 に対する誤差 (%)
		実測値	機器 表示値		実測値	機器 表示値			
R1	6/25	0.567	0.572	-5	2,760	2,804	44	0.4	1.6
	10/23	0.560	0.560	0	2,698	2,698	0	0	0
	2/4	0.566	0.567	0	2,751	2,760	9	0.1	0.3
R2	6/25	0.581	0.587	-3	2,884	2,938	54	0.5	1.9
	10/27	0.561	0.567	-4	2,708	2,760	52	0.5	1.9
	3/8	0.570	0.577	-6	2,787	2,848	61	0.6	2.2
R3	6/8	0.579	0.578	0	2,867	2,857	-10	-0.1	-0.3
	10/15	0.546	0.550	-4	2,579	2,613	34	0.3	1.3
	2/5	0.545	0.548	-3	2,571	2,595	24	0.2	0.9

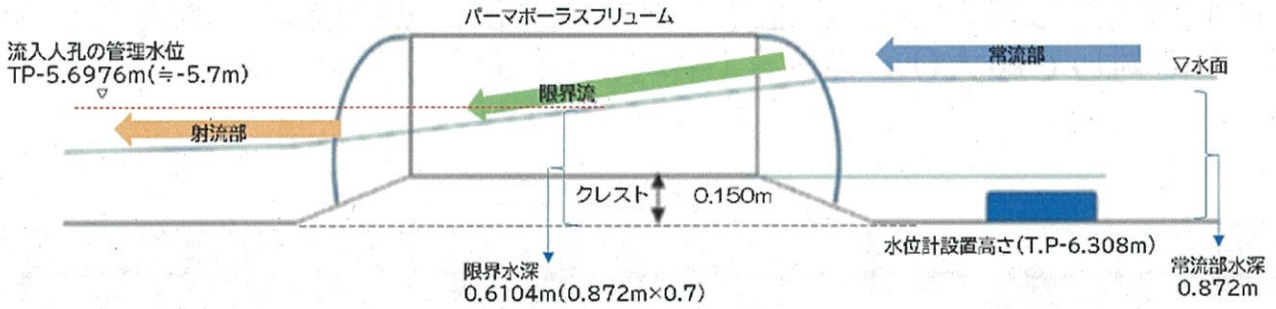
25

宇治2 流量計の計測可能範囲

○久御山町の排水量算定に関わる宇治2流量計について、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、宇治3流量計と同様のデータ分析を行った。

宇治2 流量計の計測可能範囲の推算

(宇治2 常流部と射流部の関係)



- ①水位計設置部高さTP-6.308m
- 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4,300m³/hと安全側で想定。その際の常流部水深は0.872m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。

射流部水深は①～③より
$$\frac{-6.308\text{m} + (0.872\text{m} \times 0.7)}{\text{水位計設置高さ} \quad \text{常流部水深}} \doteq -5.7\text{m (TP)}$$

27

宇治2 流量計の計測可能範囲の推算

(損失水頭の推算)

○流入人孔から宇治2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-5.7m、宇治2流量4,300m³/hの時に、幹線管渠内は下図のように、流入人孔から宇治2流量計地点(流入人孔から2,200m)まで開水路状態と考えられる。

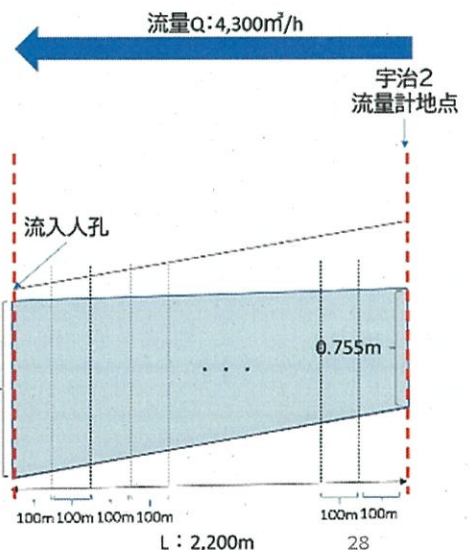
○そこで、「流入人孔から宇治2流量計地点」間の損失水頭について、マンニングの式 ($V=(1/n) \times R^{2/3} \times I^{1/2}$, n:粗度係数)を採用し、推算。

⇒「流入人孔から宇治2流量計地点」間では水深が変化するから、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、「流入人孔-宇治2流量計地点」間の損失水頭 $h_{f\text{計}}$: 0.194(m)

(参考)流入人孔と宇治2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(0.194m)を安全側として採用する。



○計測可能範囲の推算にあたっては、推算された損失水頭0.194mよりさらに余裕をみて、**損失水頭0.3m**として推算する。



28

宇治2 流量計の計測可能範囲の推算

○各流量における宇治2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下の推算方法中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0.3mとして推算。)

流量	宇治2 常流部水深	人孔水位
4,300m ³ /h	0.872m	TP-6.00m
6,000m ³ /h	1.009m	TP-5.90m
8,000m ³ /h	1.142m	TP-5.81m

【推算方法】

②代表的な流量4,300・6,000・8,000m³/hに対する宇治2水深から、各流量における射流部水深を算出。

①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2水深と人孔水位の関係(※1)を導出。

※1 宇治2水深(m)×0.7(※2)+宇治2管底高さ(-6.308m)-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2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。

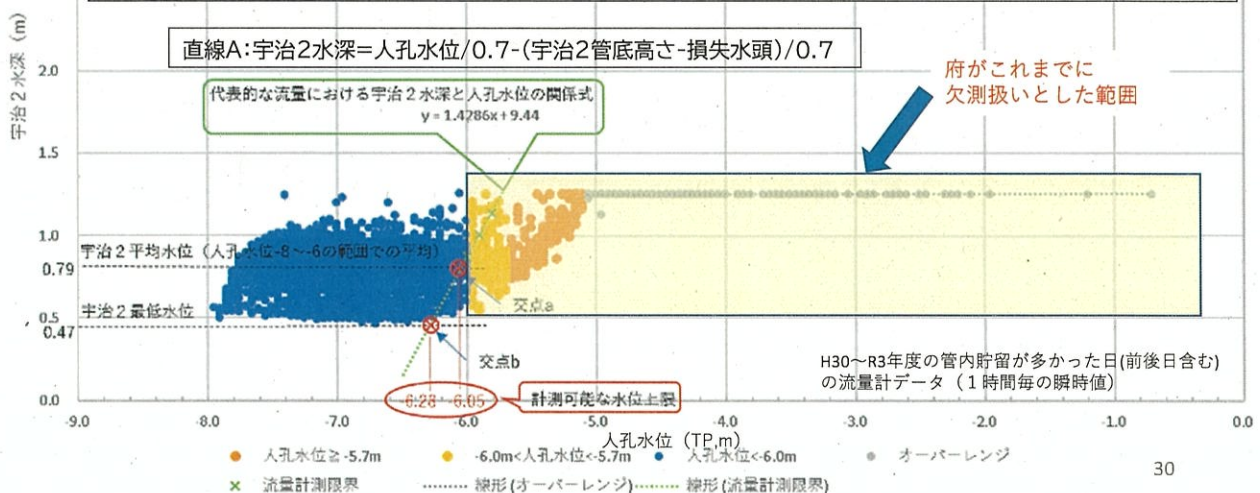
29

宇治2 流量計の計測可能範囲の推算 (分析結果 1)

○宇治3流量計と同様の方法により計算・分析した結果、代表的な流量における宇治2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2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-6.05m及びTP-6.28mであった。(交点a、b)



30

宇治2 流量計の計測可能範囲の推算 (分析結果 2)

○流量の変化に関わらず、損失水頭を0.3mに固定した影響も考えられることから、流量の違いによる損失水頭の変化を考慮すると、流量が多い(少ない)場合、損失水頭は大きく(小さく)なるため、直線Aの傾きは更に大きくなり(紫色×印及び点線)、計測可能範囲も大きくなると考えられる。



宇治2流量計についても、宇治3流量計と同様の方法により、管内貯留時に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しておらず、流量計測値に問題はないと考えられる。

