

スマートメータの電力使用量による 雨天時浸入水発生領域の絞り込み

中根 進 藁科 亮

要 旨： 分流式下水道において管路老朽化，誤接合などによる雨天時浸入水の問題があり，これらに対して効果的，効率的な対策の検討や実施に向けて令和2年1月に雨天時浸入水対策ガイドライン（案）が発行された。この中で雨天時浸入水の発生領域を絞り込むスクリーニング調査を実施し，その後，浸入箇所，浸入原因を把握するための詳細調査を実施することが有効であるとしている。

マンホールポンプ場の流入区域の範囲ではあるが，スクリーニング調査としてスマートメータの電力使用量を使って雨天時浸入水量割合を推定し，その割合から雨天時浸入水発生領域を絞り込む手法を提案する。雨天時浸入水量割合推定に際しては，降雨日における降雨の影響の無い電力使用量は，晴天日と降雨日の電力使用量の累積確率を使って推定する手法を新たに導入する。

キーワード： スマートメータ，電力使用量，雨天時浸入水量割合，累積確率，ポンプ送水量

1. はじめに

分流式下水道において管路の老朽化などにより雨天時に下水流量が増加し，污水管からの溢水や終末処理場での処理量負荷の増加を招いている。

国では，このような雨天時の浸入水に対して効果的，効率的な対策の検討や実施に向けて令和2年1月に雨天時浸入水対策ガイドライン（案）¹⁾ を発行している。

この中で雨天時浸入水の発生領域を絞り込むスクリーニング調査を実施し，その後，浸入箇所，浸入原因を把握するための詳細調査を実施することが有効であるとしている。

スクリーニング調査の方法として，公益財団法人日本下水道新技術機構発行のストキャスティック手法を用いた雨天時浸入水対策に関する技術マニュアル²⁾によると，流量調査の結果を事例ベースモデリング技術，ベクトル自己回帰モデルなどによって雨天時浸入水発生領域を絞り込む手法が紹介されている。

筆者の一人は，水温法による絞り込み方法^{3), 4)}を公表しているが，水温法にせよ流量・水位調査にせよ管路に計測器を設置し，調査する期間が必要となり，多額の経費が必要となる。

また，筆者の一人は，污水中継ポンプ場⁵⁾の送水量からAI学習によって雨天時浸入水量を把握する方法⁶⁾を示した。この方法によって処理区全体の中

で污水中継ポンプ場の流入区域の範囲における雨天時浸入水発生領域の絞り込みが可能となる。

自治体の中には，污水中継ポンプ場だけではなくマンホールポンプ場⁷⁾も多数設置されている処理区を有するところもある。その場合，これらマンホールポンプ場の流入区域単位で雨天時浸入水量割合が把握できれば更なる発生領域の絞り込みも可能となる。

マンホールポンプ場には一般的にポンプ吐出管に流量計は設置されておらず，ポンプ送水量は，運転回数やポンプ発停水位，マンホール直径などから維持管理会社が推定計算し，記録していることが多い。

マンホールポンプ場のような低圧受電においても電力会社の電力メータは，スマートメータに置き換わりが進んでいる。電力会社では，WEB上で料金，使用量の照合サービスを提供しており，30分，1時間，1日単位の電力使用量を確認でき，CSVファイルでダウンロードできる。

本稿では，このスマートメータの電力使用量から雨天時浸入水量割合を推定する方法を提案し，発生領域の絞り込みに利用できることを示す。

2. 電力使用量とポンプ送水量

2.1 マンホールポンプ仕様

本稿ではある自治体で管理している4か所のマンホールポンプ場のポンプ仕様を表-1に示す。

マンホールポンプ場では、動力用として200Vを、操作盤の盤内照明、非常通報装置として100Vを受電している。

表-1 各ポンプ場のマンホールポンプ仕様

マンホールポンプ場名	台数	仕様	備考
Y1号	2	Φ80 mm×0.48 m ³ /min×揚程32 m×11 kw×200V	単独交互運転
Y2号	2	Φ80 mm×0.48 m ³ /min×揚程32.5 m×11 kw×200V	単独交互運転
Y3号	2	Φ80 mm×0.48 m ³ /min×揚程34 m×15 kw×200V	単独交互運転
Y8号	2	Φ80 mm×0.48 m ³ /min×揚程47 m×22 kw×200V	単独交互運転

2.2 各ポンプ場の電力使用量の推移

スマートメータによる電力使用量は、30分、1時間、1日単位で取得できるが、1日単位の電力使用量を利用する。電力使用量には前述した200Vと100Vが含まれているが、マンホールポンプ場全体の電力使用量を使って解析した。

入手した電力使用量データは、2019年7月1日～2022年5月31日の約3年間である。Y3号ポンプ場（以降各ポンプ場とも○号と略記する）についてはスマートメータに置き換わった以降のデータとなっている。この間の調査日数と降雨影響日数を表-2に示す。表-2に示す降雨影響日数は、降雨日と降雨日後2日の雨天時浸入水が認められると考えられる日数である。

表-2 調査期間と降雨影響日数

調査日数	1,066 日
降雨影響日数	640 日

本稿に示すマンホールポンプ場の1日毎の電力使用量と降雨量の推移を図-1に示す。

降雨時には電力使用量が増加しており、雨天時浸入水によりポンプ稼働時間が増加していると考えられる。

各ポンプ場の3年間の電力使用量は、ほぼ一定とみられるが、Y1号については、汚水量の増加によ

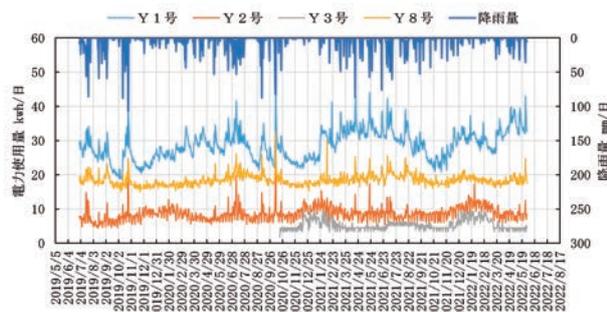


図-1 各ポンプ場の電力使用量と降雨量の推移

る電力使用量の増加があるか指数平滑法を使って確認する。指数平滑法によって算定した電力使用量の推移をみると図-2となり、汚水量の増加はないと考えられる。今回の事例の解析に当たっては、各ポンプ場ともに汚水量の増加は考慮する必要はないが、増加がある場合には補正する必要がある。

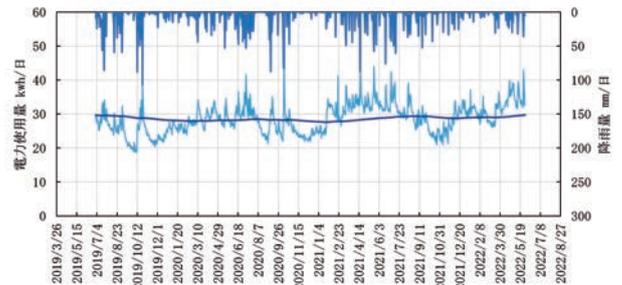


図-2 Y1号の指数平滑法による電力使用量の推移

2.3 各ポンプ場のポンプ送水量の推移

維持管理記録には、1日毎のポンプ送水量が示されている。2021年度分のポンプ送水量と降雨量の推移を図-3に示す。Y3号のポンプ送水量は他のポンプ場と比べて極めて低流量である。

データ区間：2021年4月1日～

2022年3月31日（2021年度）

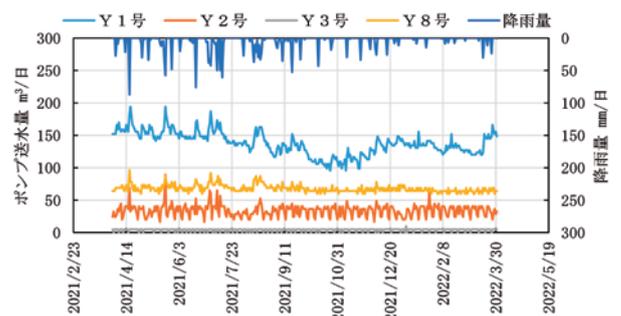


図-3 各ポンプ場のポンプ送水量と降雨量の推移

2.4 電力使用量とポンプ送水量

2021年度分の維持管理記録にあるポンプ送水量（1日毎）と電力使用量（1日毎）の推移とそれらの関係について、Y1号を図-4、図-5に示す。Y2号については図-6、図-7に示し、Y3号、Y8号については、電力使用量とポンプ送水量の関係を図-8、図-9に示す。

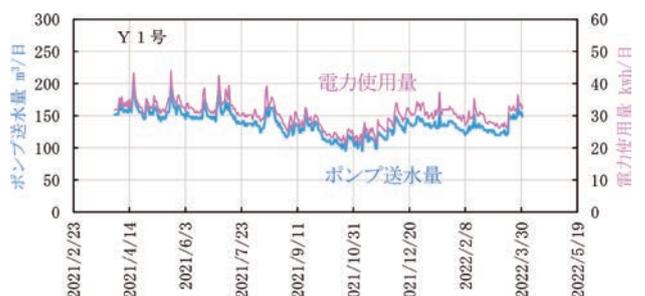


図-4 ポンプ送水量と電力使用量の推移（Y1号）

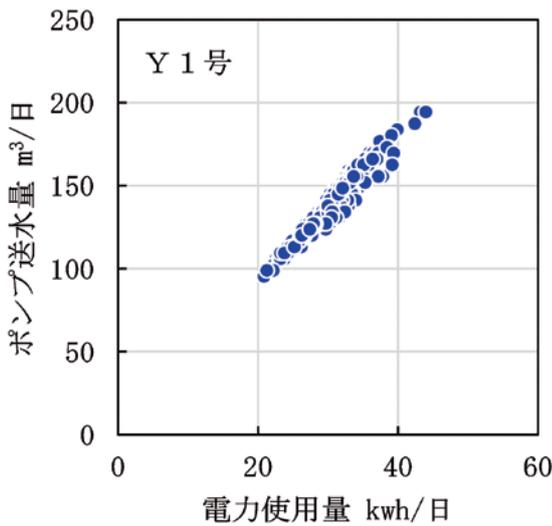


図-5 電力使用量とポンプ送水量の関係 (Y1号)

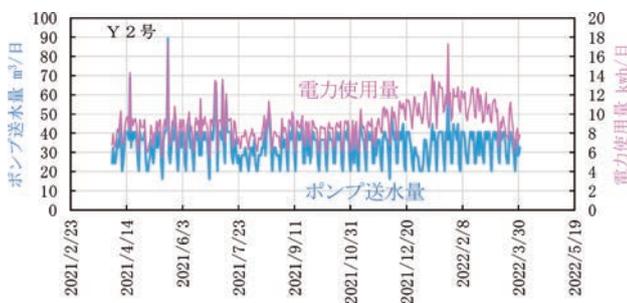


図-6 ポンプ送水量と電力使用量の推移 (Y2号)

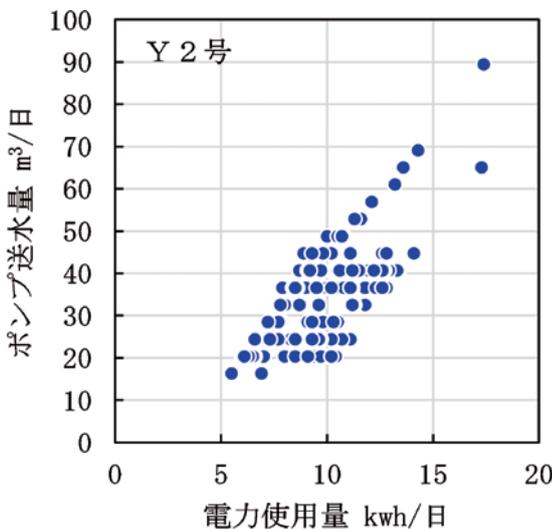


図-7 電力使用量とポンプ送水量の関係 (Y2号)

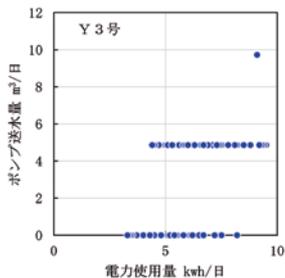


図-8 電力使用量とポンプ送水量の関係 (Y3号)

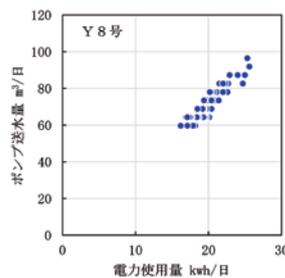


図-9 電力使用量とポンプ送水量の関係 (Y8号)

Y1号とY8号は、ポンプ送水量と電力使用量の関係は比例しているが、Y2号とY3号については、送水量が少なくポンプの停止時間もありポンプ送水量と電力使用量の関係は一致しない。

筆者の一人は、ポンプ場での雨天時浸入水を送水量で解析、検討⁶⁾していたが、ポンプ吐出管に流量計を持たないマンホールポンプ場では、維持管理記録のY2号やY3号の送水量では、解析、検討ができない場合があることが明らかになった。

3. 電力使用量による雨天時浸入水量割合の推定手順

雨天時浸入水量割合を推定するため、平均法と累積確率法を示す。平均法は、新たに提案する累積確率法の妥当性を示すための手法とする。

3.1 平均法の手順と雨天時浸入水量割合

Y1号のスマートメータによる電力使用量を例にして平均法の手順を示す。

平均法に用いる晴天日と降雨影響日の定義を図-10に示す。ここで晴天日は降雨影響日を除いた日をいう。

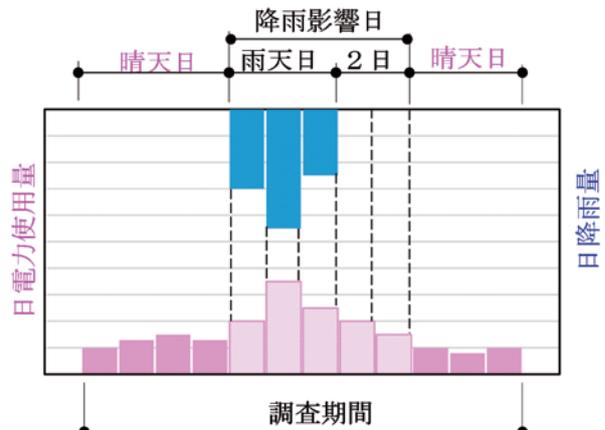


図-10 晴天日と降雨影響日の定義

調査期間の晴天日数、降雨影響日数及びそれぞれの電力使用量から1日毎の平均電力使用量を次式で求める。

$$\text{晴天日平均電力使用量} = \frac{\text{晴天日電力使用量}}{\text{晴天日数}}$$

$$\text{降雨影響日平均電力使用量} = \frac{\text{降雨影響日電力使用量}}{\text{降雨影響日数}}$$

降雨影響日平均電力使用量と晴天日平均電力使用量との差を使い、次式でそれぞれ雨天時浸入水量割合を求める。期間中が全て晴天日であると仮定した場合、それぞれの日に使用すると推定される電力量(推定晴天日電力使用量)の総和(推定晴天日総電力使用量)に対する割合を雨天時浸入水量割合 r'

とし、電力使用量の総和（総電力使用量）に対する降雨影響日増加の総和の割合を雨天時浸入水量割合 r とする。

晴天日電力使用量に対する雨天時浸入水量割合 r'

$$= \text{降雨影響日増加電力使用量} / \text{推定晴天日総電力使用量}$$

総電力使用量に対する雨天時浸入水量割合 r

$$= \text{降雨影響日増加電力使用量} / \text{調査期間中の総電力使用量}$$

ここで、

$$\text{降雨影響日増加電力使用量} = \text{総電力使用量} - \text{推定晴天日総電力使用量}$$

また、降雨影響日増加電力使用量は雨天時浸入水量に相当し、雨天時浸入水量割合 r' は期間中全て晴天日と仮定した晴天時流量に対する雨天時浸入水量の割合に相当し、雨天時浸入水量割合 r は期間中の総流量に対する雨天時浸入水量の割合に相当する。

平均法で推定した Y 1 号含め各マンホールポンプ場の雨天時浸入水量割合を表-3 に示す。

表-3 平均法による各ポンプ場の雨天時浸入水量割合

項目	ポンプ場名	Y 1 号	Y 2 号	Y 3 号	Y 8 号
調査日数 ①		1,066	1,066	589	1,066
晴天日数(降雨影響日を除いた日数)		426	426	254	426
総電力使用量②kwh		30,545	9,148	4,867	19,680
晴天日平均電力使用量③kwh		27,215	8,418	8,216	18,054
推定晴天日総電力使用量④kwh ③×①		29,011	8,973	4,839	19,246
降雨影響日増加電力使用量⑤kwh ②-④		1,534	175	28	434
雨天時浸入水量割合 r ⑤/②		0.050	0.019	0.006	0.022
雨天時浸入水量割合 r' ⑤/④		0.053	0.020	0.006	0.023

3.2 累積確率法の手順

前掲図-1 の 1 日毎電力使用量と降雨量の推移を日降雨量と電力使用量の関係に替える。

その際、図-11 に示す独立した 1 降雨（次の降雨までの間隔 2 日）の降雨量の最大値とその間の最大増加電力使用量に着目し、それらの関係を図-12 に示す。

図-12 に回帰式を示すが、降雨量が増えると電力使用量が増加する傾向にある。しかし、降雨量に対

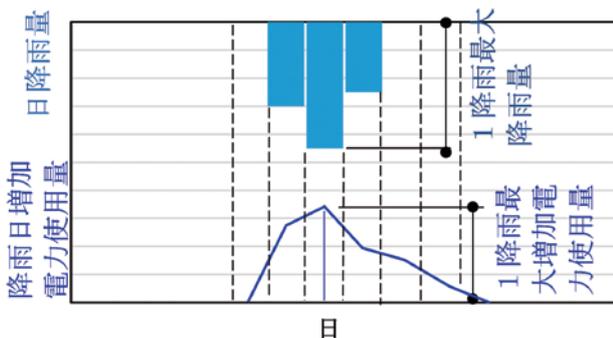


図-11 1 降雨（次の降雨までの間隔 2 日）の最大降雨量と最大増加電力使用量

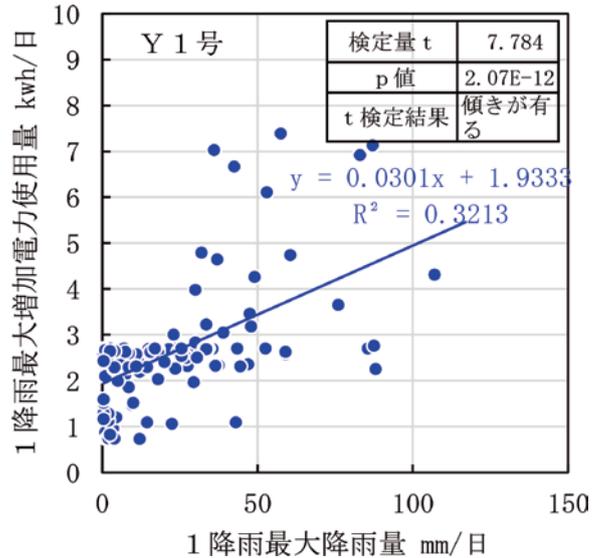


図-12 1 降雨の最大降雨量と最大増加電力使用量の関係 (Y 1 号)

する電力使用量の寄与率 R^2 は 0.3213 と小さく、回帰式の傾きがあるかどうかを t 検定で確かめる。

この回帰式の t 検定の帰無仮説は回帰式の傾き（降雨量による電力使用量の増加）がないことである。検定結果は図中に示すが p 値 $2.07e-12 < 0.025$ となり、有意水準（両側 95%）で傾きがあると判定され、電力使用量は降雨量の影響を受けている。

(1) 晴天日電力使用量の変動

図-1 に示す Y 1 号の電力使用量の記録から晴天日を抽出し、図-13 に示す。晴天日であっても電力使用量は大きく変動している。これは日によってポンプ場に流入する汚水量が変動しているためと考えられる。

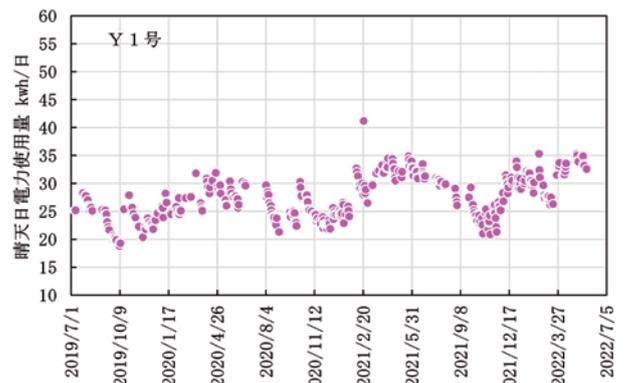


図-13 晴天日電力使用量の推移 (Y 1 号)

晴天日と降雨影響日の電力使用量を分けて、それぞれカーネル密度分布で表すと、図-14 となる。その累積確率は図-15 となる。降雨影響日の電力使用量分布は、晴天日の分布より右側にあり、降雨影響日には、晴天日に比べて電力使用量が多くなっていることを表す。

この例では、晴天日と降雨影響日の電力使用量の確率密度や図-15 の累積確率の各曲線にズレがあ

り、晴天日と降雨影響日では電力使用量に差があることは判断できるが、ウィルコクソンの順位和検定を使って差を確認する。検定の結果を表-4に示す。ウィルコクソンの順位和検定の帰無仮説は分布に差がないことである。

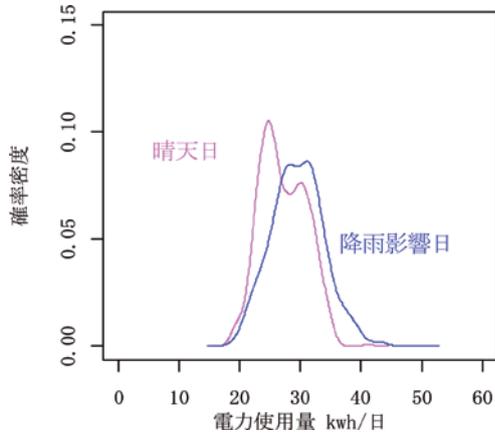


図-14 晴天日と降雨影響日の電力使用量の分布 (Y1号)

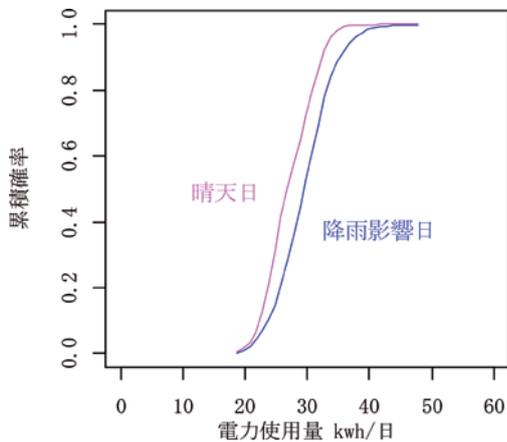


図-15 晴天日と降雨影響日の電力使用量の累積確率 (Y1号)

表-4 分布の差のウィルコクソンの順位和検定

検定量W	93,222
p値	$< 2.2e-16$
中央値の差	-2.40
W検定結果	分布に差がある

この例ではp値 $2.2e-16 < 0.025$ となり、帰無仮説は棄却され有意水準（両側 95%）で分布に差があると判定される。

(2) 晴天日電力使用量の推定

降雨影響日の降雨の影響のない電力使用量（推定晴天日電力使用量という）は、図-15を再掲し、図-16とし、晴天日と降雨影響日の電力使用量の累積確率を使って推定する。本稿ではこの手法を累積確率法と呼ぶ。Y1号ポンプ場を例にして、ある降雨影響日の電力使用量が30kwhであったとすると、降雨影響日の累積確率Fを求め、同値となる晴天日の累積確率に対する電力使用量27kwhを求め、推

定晴天日電力使用量とする。その差（30 - 27kwh = 3kwh）が降雨影響日を晴天日とした場合に低下する電力使用量とする。

この推定晴天日電力使用量27kwhは、降雨影響日の累積確率と同値の晴天日累積確率と仮定したことによる推定値であり、前節平均法の雨天時浸入水量割合と比較して妥当性を調べる。

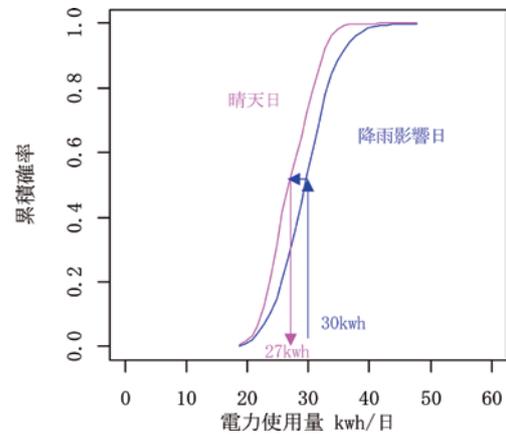


図-16 累積確率を使った晴天日電力使用量の推定

図-1の電力使用量、降雨量と推定した晴天日電力使用量を加え、それぞれの推移を図-17に示す。

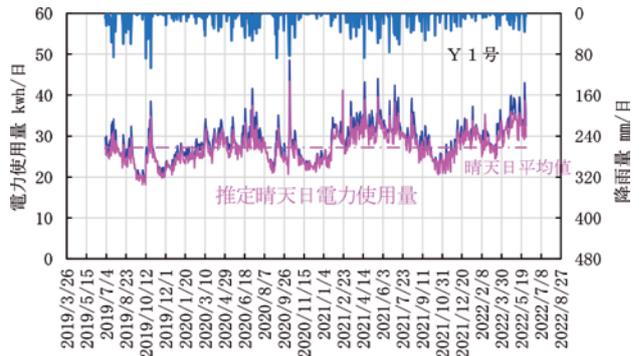


図-17 電力使用量、推定晴天日電力使用量と降雨量の推移

累積確率法の期間中の雨天時浸入水量割合rと雨天時浸入水量割合r'の計算式とその結果を表-5に

表-5 累積確率法による雨天時浸入水量割合 (Y1号)

調査日数	1,066
降雨日数	340
降雨影響日数	640
総電力使用量① kwh	30,545
推定晴天日総電力使用量② kwh	29,017
降雨影響日増加電力使用量③ kwh	1,528
雨天時浸入水量割合r ③/①	0.050
雨天時浸入水量割合r' ③/②	0.053
最大倍率	1.20
平均倍率 ①/②	1.05

示す。

表-5に示す最大倍率は、1日毎の推定晴天日電力使用量に対する1日毎の電力使用量の比で調査期間中の最大値、平均倍率は調査期間中の推定晴天日総電力使用量に対する総電力使用量の比である。

3.3 累積確率法による各ポンプ場の雨天時浸水水量割合

Y1号で示した手順でY2号、Y3号、Y8号の各ポンプ場の1降雨（間隔2日）の最大降雨量と最大増加電力使用量の回帰式のt検定を示すとともに、晴天日と降雨影響日の電力使用量の分布の差をウィルコクソンの順位和検定で確認する。これらに使用した過程を図-18～図-26に示す。

(1) Y2号ポンプ場

図-18の回帰式のt検定の結果は、p値 1.13×10^{-8} < 0.025 となり、有意水準（両側 95%）で傾きがあると判定され、電力使用量は降雨量の影響を受けている。

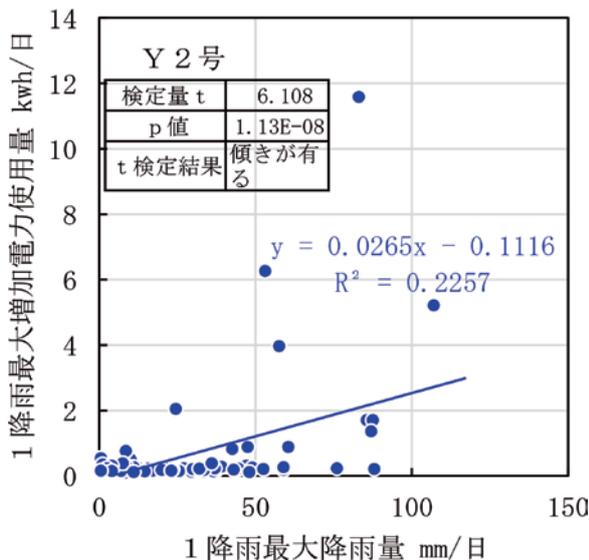


図-18 降雨（間隔2日）の最大降雨量と最大増加電力使用量の関係（Y2号）

晴天日と降雨影響日の電力使用量の分布に差がないことは図-19の分布や図-20の累積確率の重なり具合で示されるが、ウィルコクソンの順位和検定による分布の差は、p値 $0.06748 > 0.025$ となり、帰無仮説（分布に差がない）は棄却されず、差がないと判定される。上述のt検定とは異なる結果となった。

図-18に示す回帰式より上に大きく打点された個数は5点ほどである。この5点は図-19の分布（頻度分布）の右側裾野に表れることになるが、数が少ないため分布に表れにくく、ウィルコクソンの順位和検定では晴天日と降雨影響日の電力使用量に差がないと判定されてしまう。回帰式のt検定による差があるという判断が妥当と考えられる。

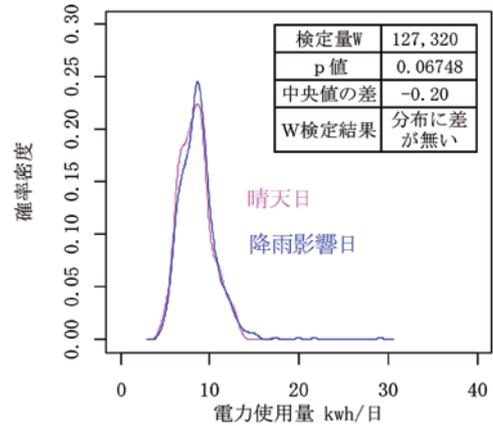


図-19 晴天日と降雨影響日の電力使用量の分布（Y2号）

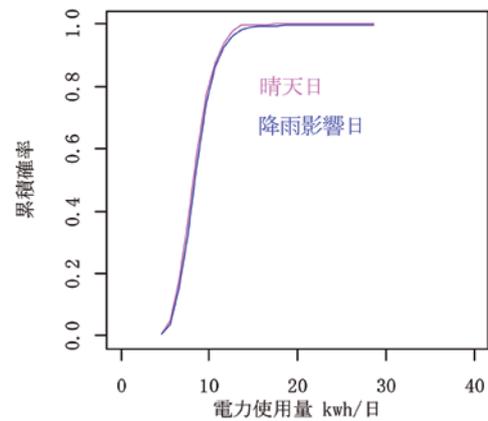


図-20 晴天日と降雨影響日の電力使用量の累積確率（Y2号）

(2) Y3号ポンプ場

図-21の回帰式のt検定の結果は、p値 $0.805752 > 0.025$ となり、有意水準（両側 95%）で傾きがないと判定され、電力使用量は降雨量の影響を受けていない。

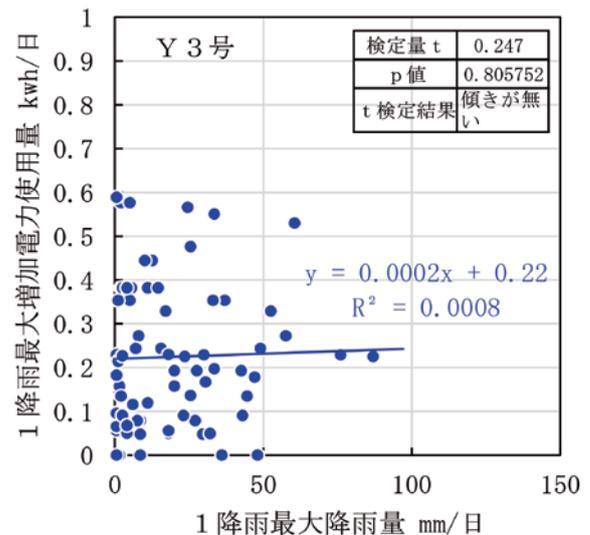


図-21 1降雨（間隔2日）の最大降雨量と最大増加電力使用量の関係（Y3号）

図-22、図-23に示すようにウィルコクソンの順位和検定において、p値 $0.4557 > 0.025$ となり、帰無仮説は棄却されず、差がないと判定される。

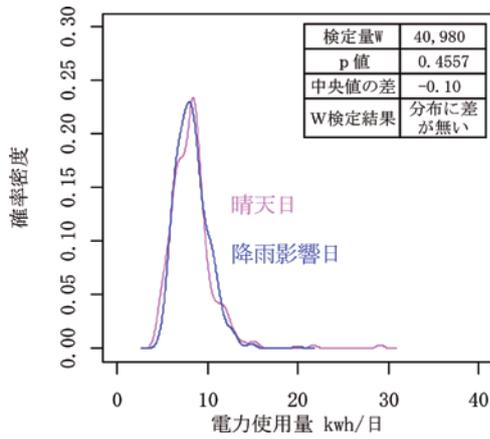


図-22 晴天日と降雨影響日の電力使用量の分布 (Y 3号)

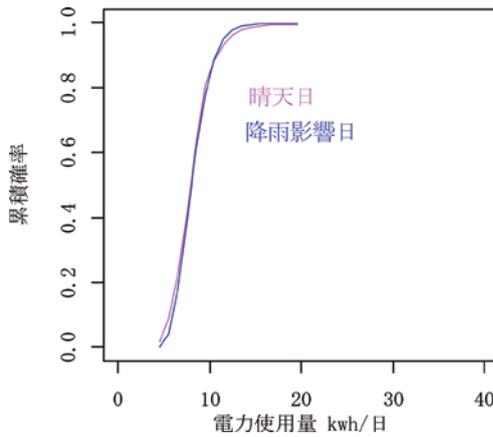


図-23 晴天日と降雨影響日の電力使用量の累積確率 (Y 3号)

(3) Y 8号ポンプ場

図-24 の t 検定では p 値 $8.6e-26 < 0.025$ となり、有意水準 (両側 95%) で傾きがあると判定され、電力使用量は降雨量の影響を受けている。

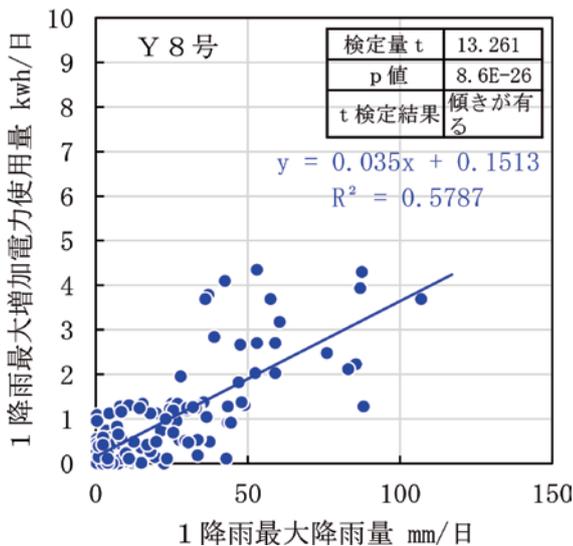


図-24 1 降雨 (間隔 2 日) の最大降雨量と最大増加電力使用量の関係 (Y 8号)

また、図-25、図-26 に示すようにウィルコクソンの順位和検定において、p 値 $1.84e-09 < 0.025$ となり、帰無仮説は棄却され有意水準 (両側 95%) で分布に差があると判定される。

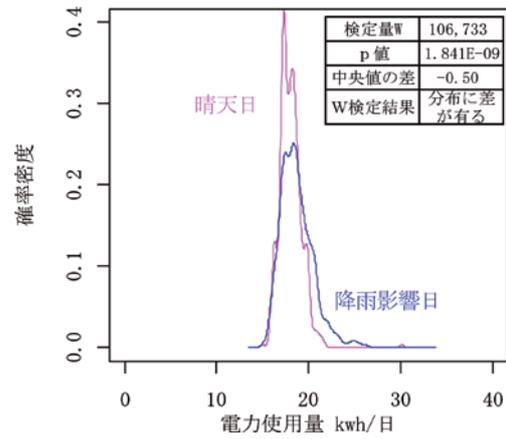


図-25 晴天日と降雨影響日の電力使用量の分布 (Y 8号)

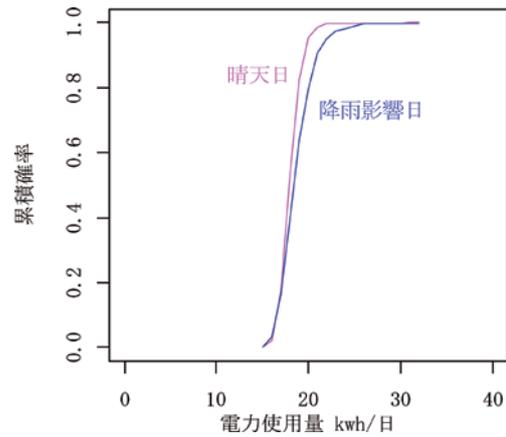


図-26 晴天日と降雨影響日の電力使用量の累積確率 (Y 8号)

(4) 各ポンプ場の雨天時浸入水量割合と降雨による電力使用量増加の検定結果

3. 2 に示した Y 1 号を含め各ポンプ場の結果を表-6 に示す。表-6 のうち雨天時浸入水量割合を図示すると図-27 となる。

Y 1 号の雨天時浸入水量割合 r' は、他の 3 ポンプ場と比べて最も大きく、5.3 % となっているが、筆者の調査報告には、2 か月間の調査で 10 %⁴⁾、1 年間の調査で 35 %⁶⁾、3 か月間の調査で 35 %⁹⁾ の計測点もありこれらに較べ、小さな割合であり、比較的良好と思われる。

Y 2 号ポンプ場は晴天日と降雨影響日の電力使用

表-6 各ポンプ場の雨天時浸入水量割合などまとめ

項目	ポンプ場名	Y 1 号	Y 2 号	Y 3 号	Y 8 号
調査日数		1,066	1,066	589	1,066
降雨日数		340	340	166	340
降雨影響日数		640	640	336	640
総電力使用量① kWh		30,545	9,148	4,867	19,680
推定晴天日総電力使用量② kWh		29,017	8,993	4,853	19,239
降雨影響日増加電力使用量③ kWh		1,528	155	14	440
雨天時浸入水量割合 r ③/①		0.050	0.017	0.003	0.022
雨天時浸入水量割合 r' ③/②		0.053	0.017	0.003	0.023
最大倍率		1.20	1.66	1.14	1.20
平均倍率 ①/②		1.05	1.02	1.02	1.02
ウィルコクソンの順位和検定		分布に差が有	分布に差が無	分布に差が無	分布に差が有
検定による中央値の差		-2.40	-0.20	-0.10	-0.50

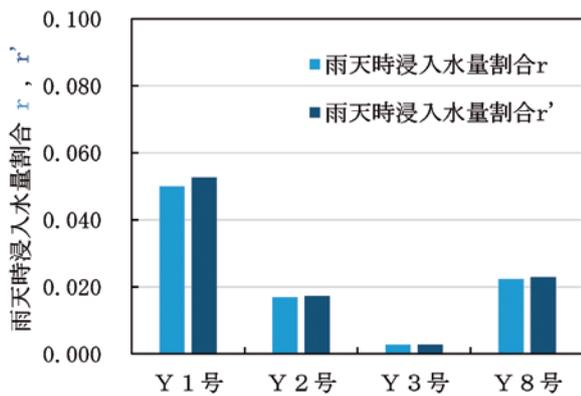


図-27 各ポンプ場の雨天時浸入水量割合

量分布の差は無い結果となったが日によって1.66倍流入している。その他のポンプ場は1.2倍以下であった。

調査期間中の全量に対する平均倍率はY 1号が1.05倍で最大となっている。

各ポンプ場電力使用量より雨天時浸入水量割合を推定でき、発生領域の絞り込みができ、スクリーニング調査として活用できると考えられる。

3.1の平均法と3.2の累積確率法で推定した雨天時浸入水量割合 r' を比較して図-28に示す。

累積確率法による雨天時浸入水量割合と平均法の結果は同じ傾向になり、新たに提案する累積確率法も利用できると考える。

雨天時浸入水量割合 r' が大きかったY 1号、Y 8号ポンプ場については、累積確率法と平均法は同値であり、割合 r' が小さいY 2号、Y 3号について累積確率法が平均法に較べて小さい値となった。

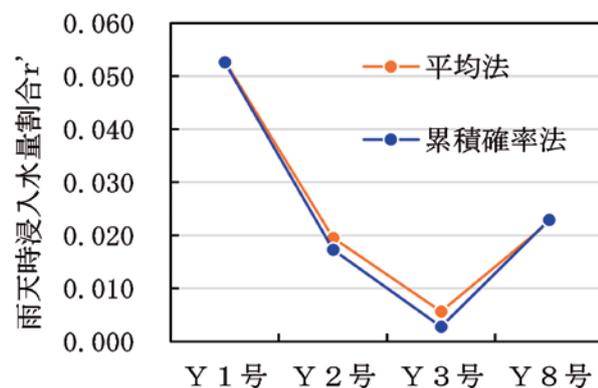


図-28 各ポンプ場の雨天時浸入水量割合

晴天日の電力使用量は、日によって大きく変動しており、前掲3.1に示す晴天日平均電力使用量と降雨影響日平均電力使用量の差を降雨影響日増加電力使用量としている。降雨影響日は降雨量による増加分が加わり変動しているが、その降雨影響日電力使用量から一定値の晴天日平均値を差し引くため、降雨影響日増加電力使用量には変動する晴天日電力使

用量が考慮されていない結果となり、累積確率法は平均法に較べて雨天時浸入水量割合が小さくなる。

3.4 温室効果ガス排出削減効果

下水道事業は自治体の事務事業の中でも多量の温室効果ガスを排出すると言われ、エネルギー消費量の低減を求められている。

マンホールポンプの電力使用量は、下水道全体から見ればわずかではあるが、管さよの修繕などを実施し、雨天時浸入水量を削減すれば、電力使用量を減らすことができ、温室効果ガスの抑制に繋がる。

本稿では、電力使用量を使って解析しているので直接、温室効果ガスの削減量が算定できる。表-5に示す電力使用量などを使ってCO₂削減量を以下に計算する。使用した排出係数は文献⁸⁾による。なお、電力会社の料金、使用量の照合サービスにはCO₂排出量も示されている。

雨天時浸入水割合が最も大きかったY 1号を例に温室効果ガス排出削減効果を示す。対策前の温室効果ガス排出量は以下となる。

$$\text{総電力使用量① } 30,545\text{kwh} / \text{調査日数 } 1,066 \text{日} = 28.654\text{kwh/日}$$

$$28.654\text{kwh/日} / 1,000 \times 0.555\text{t-CO}_2/\text{千kwh}$$

$$(\text{排出係数}) = 0.0159\text{t-CO}_2/\text{日}$$

温室効果ガス排出削減量は以下に算定できる。

$$1,528\text{kwh} (= \text{総電力使用量①} - \text{推定晴天日電力使用量②}) / 1,066 \text{日} = 1.433\text{kwh/日}$$

$$1.433\text{kwh/日} / 1,000 \times 0.555\text{t-CO}_2/\text{千kwh}$$

$$(\text{排出係数}) = 0.00080\text{t-CO}_2/\text{日}$$

4.まとめ

ある自治体が管理している4か所のマンホールポンプ場のうちY 2号、Y 3号の2か所については、ウィルコクソンの順位和検定等の結果、雨天時浸入水量の影響が認められない結果となり、Y 1号、Y 8号に雨天時浸入水量の影響が認められた。どちらも晴天時汚水量に対する雨天時浸入水量の割合は、5.0%、2.2%と小さいものであった。筆者らの事例からこの割合は小さいもので、早急な対策は必要がないと考えられる。

雨天時浸入水のスクリーニング調査の1つとして、スマートメータの電力使用量を使って雨天時浸入水量割合を推定することができ、マンホールポンプ場の流入区域単位ではあるが雨天時浸入水量の発生領域の絞り込みに利用できることを示した。

本稿の事例ではマンホールポンプ場の近くにある終末処理場の降雨量データを使用した。マンホー

ルポンプ場の集水面積は小さく、流達時間も短いこともあり、降雨量データはその近傍から取得する必要があり、入手の可否が課題である。

平均法に代わって累積確率法によって雨天時浸入水量割合を推定できることを示した。

Y 1 号の図-13、図-17 に示す晴天日の電力使用量は日によって大きく変動しており、その平均値（晴天日平均値）を基準に電力使用量との差を雨天日浸入水による電力使用量の増分とすると、

差 = 電力使用量 - 晴天日平均値 ≤ 0 では、雨天日浸入水がない。

差 = 電力使用量 - 晴天日平均値 > 0 では、雨天日浸入水がある。

となるため、晴天日平均値以下の電力使用量の雨天日浸入水は計上されず、差 > 0 のみ雨天日浸入水と計上することになるため、晴天日の電力使用量の変動が大きいと雨天日の増加電力使用量が課題となってしまうことがある。

累積確率法は、一定の晴天日平均値を使うことなく、図-13 のような晴天日の電力使用量を変動値として扱うことができる。

本稿では日単位での解析となったが、累積確率法により時間単位で解析すれば、時間単位の晴天時流量に対する雨天時浸入水量の倍率、すなわち管きよを流下する流量や水位の上昇具合を示すことができ、管きよからの溢水の危険性を評価できるものになると思われる。

電力使用量を使った解析のメリットとして、管きよの雨天時浸入水対策による温室効果ガスの削減効果を電力使用量から直接計算できることなどが挙げられる。

〈参考文献〉

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局下水道部：雨天時浸入水対策ガイドライン（案）令和2年1月
- 2) 公益財団法人日本下水道新技術機構：ストキャステック手法を用いた雨天時浸入水対策に関する技術マニュアル－2018年3月－
- 3) 佐藤克己，中根進，高橋岩仁，保坂成司，森田 弘昭：時系列データの成分分解による下水量解析，下水道協会誌，Vol.57，No.698，pp.88-96，2020
- 4) 佐藤克己，中根進，高橋岩仁，保坂成司，森田 弘昭：流量・水温法データの AI 機械学習による雨天時浸入水量解析の研究，下水道協会誌，Vol.58 pp.88-99，2021
- 5) 公益社団法人日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説 前編－2019年版－ p.457
- 6) 中根進：ニューラルネットワークを用いた雨天時浸入水を含む流量の再現，下水道協会誌 Vol.45，pp.162-169，2008
- 7) 公益社団法人日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説 前編－2019年版－ pp.374-375
- 8) 環境省・国土交通省：下水道における地球温暖化対策マニュアル～下水道部門における温室効果ガス排出抑制等指針の解説～平成28年3月 p.30
- 9) 佐藤 優斗 中根 進：下水水温の成分分解による雨天時浸入水量割合の推定 技術報告集 第35号 令和3年3月 AWS CJ

(R4.9.26 受付)



なかね すすむ
中根 進

中日本建設コンサルタント(株) 技師長
技術士(上下水道部門)
日本下水道協会 特別会員



わらしな りょう
藁科 亮

(公財)愛知水と緑の公社
下水道部 管理課 管理G

Abstract

Narrowing down the area of infiltration stormwater by smart meter electricity usage

Susumu Nakane , Ryo Warashina

In January 2020, the Guidelines for Countermeasures against Water Intrusion during rainstorms (Draft) were issued to study and implement effective and efficient countermeasures against the problem of water intrusion during rainstorms due to aging pipelines and cross connection in separate sewer system.

The guidelines state that it is effective to conduct a screening survey to narrow down the area where infiltration occurs, followed by a detailed survey to determine the location and cause of the intrusion.

Although the area is within the inflow area of a manhole pumping station, we propose a method to estimate the percentage of water infiltration during rainy weather using smart meter electricity consumption as a screening survey, and to narrow down the area where water infiltration occurs during rainy weather based on the percentage.

In estimating the percentage of water infiltration during rainy weather, a new method is introduced to estimate the amount of electricity used without rainfall on rainy days by using the cumulative probability of electricity use on sunny and rainy days.