

電力スマートメータによるマンホールポンプ場の雨天時浸入水解析

(公財) 愛知水と緑の公社 〇藁科 亮
中日本建設コンサルタント (株) 中根 進

1. はじめに

分流式下水道において誤接合、管路老朽化などによる雨天時浸入水の問題があり、流量調査や水温調査によりその把握に努めている。

本稿ではマンホールポンプ場（以下、MP場）の流入区域の単位ではあるが流量調査などによらずに雨天時浸入水を解析する。MP場の多くは、流入管きょやポンプ吐出管にも流量計が設置されていないことから、ポンプ運転回数や発停水位、マンホール直径などから推定計算したものをポンプ送水量として維持管理の記録としていることが多い。推定計算されたポンプ送水量と降雨量を使って雨天時浸入水量やその割合を推定できるが、MP場の電力メータは、近年スマートメータに置き換わっており、WEB 上で電力会社から入手できる電力使用量を使って雨天時浸入水量割合を推定し、雨天時浸入水の発生領域を絞り込む手法を提案する。

2. 維持管理記録にあるポンプ送水量と電力スマートメータの電力使用量

4つのMP場について、1日当たりのポンプ送水量を維持管理記録として保存しているが、この維持管理記録から抽出した 2021 年度分の各MP場のポンプ送水量と降雨量の推移を図 2.1 に示す。

この4つのMP場の内、代表としてY 1号MP場のポンプ仕様を表 2.1 に示す。

表 2.1 MP場のポンプ仕様

MP場名	台数	仕様	備考
Y 1号	2	φ 80 mm×0.48 m ³ /min× 揚程32 m×11 kw×200V	単独交互運転

MP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。電力メータはスマートメータであり、電力会社のWEB 上の「料金・使用量の照会サービス」では、30 分、1 時間、1 日単位の電力使用量を確認することができ、CSV ファイルでデータをダウンロードできる。

以下に電力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する。

維持管理記録にある降雨量（1日当たり）と「料金・使用量の照会サービス」から入手した電力使用量（1日当たり）の推移を図 2.2 に示す。

図 2.1 から 2021 年度分の Y 1号MP場ポンプ送水量（1日当たり）を抽出し、図 2.2 からは 2021 年度分の Y 1号MP場電力使用量（1日当たり）を抽出したものを、図 2.3、図 2.4 に示す。

ポンプ送水量と電力使用量の関係は良く一致しており、電力使用量を送水量と見立てることができる。

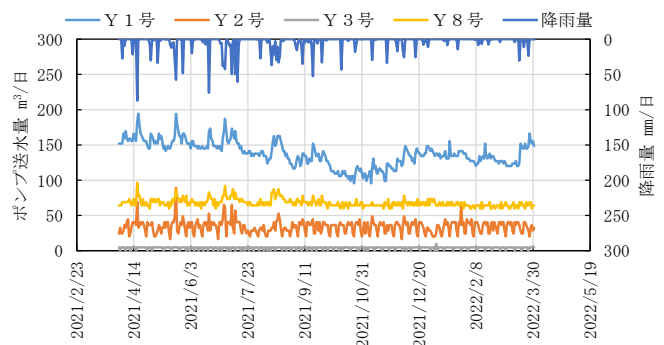


図 2.1 各MP場のポンプ送水量と降雨量の推移

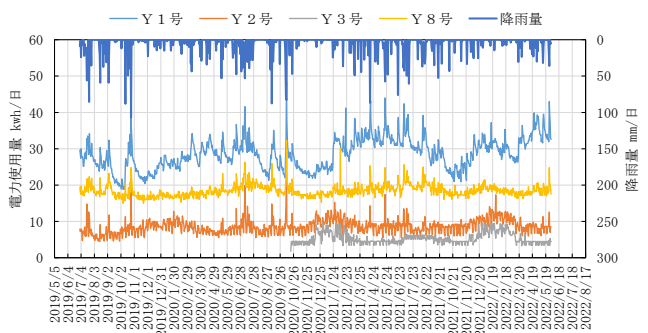


図 2.2 各MP場の電力使用量と降雨量の推移

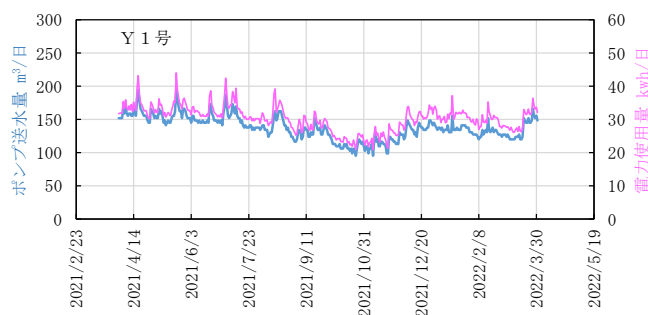


図 2.3 ポンプ送水量と電力使用量の推移(Y 1 号 2021 年度)

Y 1 号MP場の晴天日のみの電力使用量を抽出し、図 2.5 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MP場に流入する汚水量が変動していると考えられる。

3. 電力使用量による雨天時浸入水量割合の推定

電力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手順を示す。

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わすと、図 3.1 となる。その累積確率は図 3.2 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、降雨影響日の電力使用量は、晴天日に較べて大きくなっていることを表している。

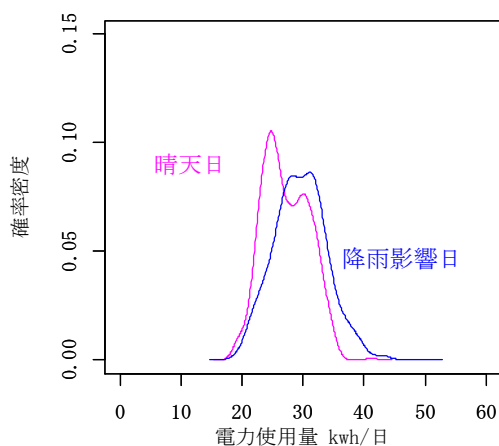


図 3.1 晴天日と降雨影響日の電力使用量の分布 (Y 1 号)

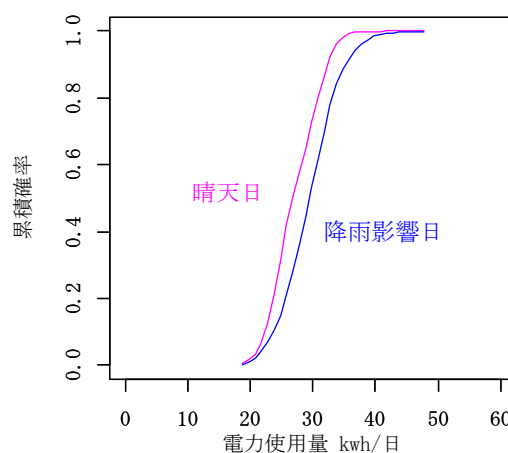


図 3.2 晴天日と降雨影響日の電力使用量の累積確率 (Y 1 号)

図 3.2 に示す降雨影響日の電力使用量が晴天日より大きくなっていることを利用して、雨天時浸入水量割合を推定する。図 3.2 を再掲し、図 3.3 とし、推定手法を説明する。

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、これを降雨の影響のない電力使用量（推定晴天日電力使用量）とする。また、この差(30kwh－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なる。

図 2.2 の降雨量と Y 1 号MP場電力使用量を抽出し、推定晴天日電力使用量を加えたものを図 3.4 に示す。

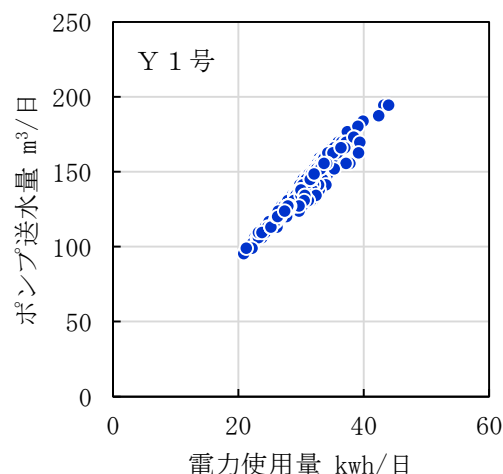


図 2.4 電力使用量とポンプ送水量の関係 (Y 1 号 2021 年度)

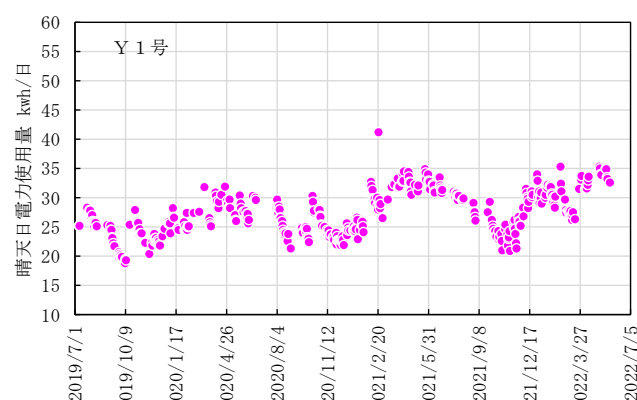


図 2.5 晴天日電力使用量の推移(Y 1 号)

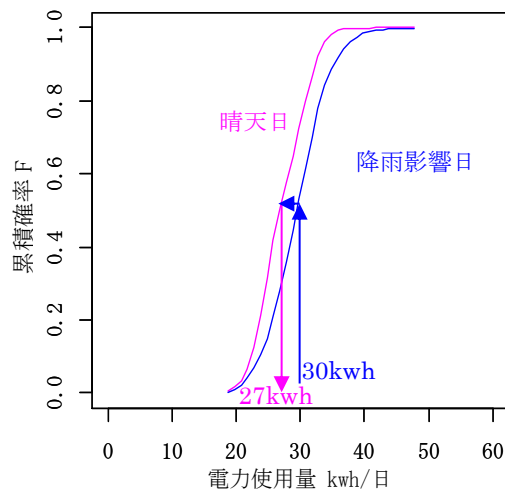


図 3.3 累積確率を使った降雨影響日の降雨の影響の無い電力使用量の推定 (Y 1 号)

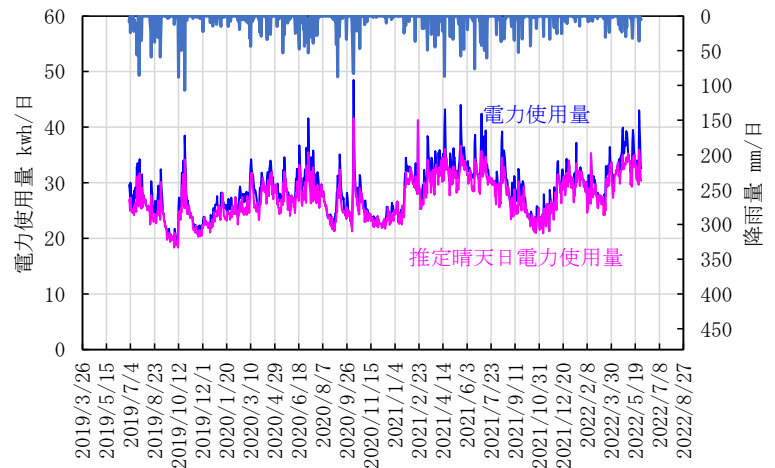


図 3.4 電力使用量、晴天日推定電力使用量と降雨量の推移 (Y 1 号)

期間中の電力使用量と推定晴天日電力使用量を使って次式から雨天時浸入水量割合 r と雨天時浸入水量割合 r' を算出する。

電力使用量に対する雨天時浸入水量割合 r

$$= \Sigma \text{差(電力使用量} - \text{推定晴天日電力使用量)} / \Sigma \text{電力使用量}$$

晴天日電力使用量に対する雨天時浸入水量割合 r'

$$= \Sigma \text{差(電力使用量} - \text{推定晴天日電力使用量)} / \Sigma \text{推定晴天日電力使用量}$$

Y 1 号 MP 場の雨天時浸入水量割合 r' は、表 3.1 に示すように 5.3% であった。本稿では具体的に示していないが、前掲図 2.2 の中の Y 2 号 MP 場のようにカーネル密度分布(図 3.5)、累積確率(図 3.6)から明らかのように晴天日と降雨影響日の電力使用量に差がなく雨天時浸入水量が極めて小さい MP 場もあった。

このような解析を行うことで、雨天時浸入水の発生領域を絞り込むことができるものと考えられる。

表 3.1 雨天時浸入水量割合 (Y 1 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 kWh	30,545
推定晴天日総電力使用量 kWh	29,017
降雨影響日増加電力使用量 kWh	1,528
雨天時浸入水量割合 r	0.050
雨天時浸入水量割合 r'	0.053

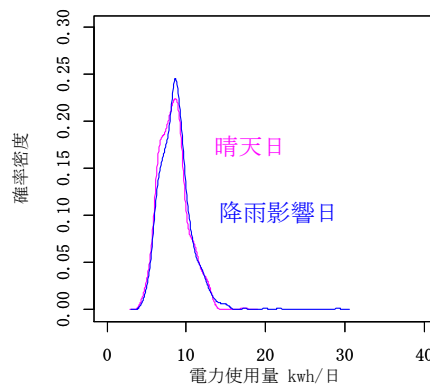


図 3.5 晴天日と降雨影響日の電力使用量の分布 (Y 2 号)

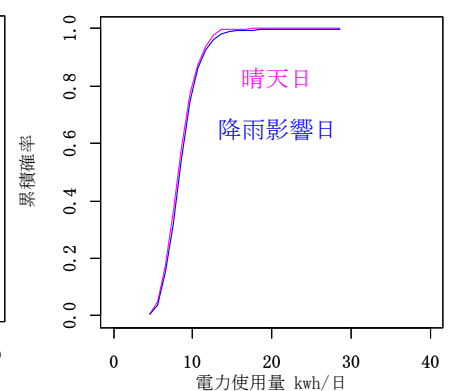


図 3.6 晴天日と降雨影響日の電力使用量の累積確率 (Y 2 号)

4. まとめ

現地での流量調査を実施することなく、電力会社の WEB 上で入手できる時間単位の電力使用量を使い、雨天時浸入水量割合を把握することができた。MP 場の流入区域単位ではあるが複数の MP 場の解析を行うことにより、雨天時浸入水の発生領域を絞り込むことができると考えられる。

本稿では日単位での解析を示したが、時間単位で解析すれば、時間単位の推定晴天時電力使用量に対する雨天時電力使用量の割合から管きょを流下する流量の増加具合を示すことができ、管きょからの溢水の危険性も評価できるものになると思われる。

問い合わせ先：中日本建設コンサルタント（株）水工技術本部 中根 進

T E L 052-232-6055 E-mail s_nakane@nakanihon.co.jp