

8. 悪臭発生源の特定に関する調査

前節までに、下水道施設に悪質なビルピット排水を流下させないためには、法的拘束力を持った規制を行うことが最も効果的である。筆者らは、ビルピット排水に起因する悪臭規制に対応できる法律として、悪臭防止法（第8条他）に着目し、苦情発生時のビルピット排水に対する対応手法を提案した。

また、提案した臭気苦情対策に必要な、汚水柵の気相中硫化水素濃度から、ビルピットの液相中硫化水素濃度や臭気指数を推定し、悪臭防止法に抵触する恐れがあるかを判定する手法について検討し、汚水柵における規制管理基準値（目安値）として 100ppm を得た。

しかしながら、1つの問題点として、汚水柵で検知した硫化水素濃度が、そこに接続されているビルピットの排水が原因で生じたものであることを証明することは難しいことが挙げられる。これは、硫化水素や臭気がガス体であり、汚水柵より下流の下水道本管から逆流してくることもあり得るからである。

ここでは、発生源特定に関する新たな取り組みに関し述べる。

8. 1 発生源特定手法に関する調査

汚水柵で生じた硫化水素が、まさしく当該汚水柵に接続されているビルピット排水によるものであることを証明することは、ビル管理者を指導する上で非常に重要なことである。

特定方法としては、汚水柵の硫化水素ピークはビルピットからの排水時に現れることから、ビルピットからの排水時間が分かればよい。

例えば、東京都千代田区で実施している方法は、ポンプの配電盤外面にあるポンプの作動を知らせるランプに、点灯を検知する記録計を設置し、ポンプの稼働時間を把握するものである。排水時刻を直接的に知ることができるため非常に有効ではあるが、配電盤はビル内に設けられている場合が多く、立ち入りや機器設置にはビル管理者の事前承諾が必要であることや、配電盤の種類等によっては機器の調整等が必要であるという問題がある。

そこで、先の苦情対策で下水道管理担当者が作業を実施する汚水柵で、排水時刻を知る方法がないか検討した。

なお、排水時刻を知るための作業条件は以下の通りとした。

- ・汚水柵内で作業（計測器の設置）が可能。
- ・直接/間接的に排水時刻の把握が可能。
- ・拡散式硫化水素計の計測と同様に連続計測が可能。
- ・蓋を閉めたままで計測が可能。
- ・自動計測（無人観測）が可能。
- ・汎用計測機器を用いること。
- ・他系統の流入との識別が可能。

ここで、これまでの現地調査の経験より、ポンプ排水により汚水柵が一時的に負圧になる現象に着目し、汚水柵内の気圧の変化からビルピット排水時刻を検知する方法として、気圧計を用いた手法について検討することとした。また、気圧計及び硫化水素計により同時測定が可能な、温度と湿度についても同様の検討を行った。以下に、気圧計を用いた発生源特定への適用性に関し、東京都内のビルピットで実施した調査の結果を述べる。

8. 2 実験の概要

(1) 調査方法

平成 22 年 2～3 月に、東京都内の 9 箇所のビルピットにおいて、計 15 回の汚水桝の気相中硫化水素濃度及び汚水桝内の気圧の測定を行い、ポンプ排水のタイミングと気圧・温度・湿度の変化の関係について調査した。

調査手順は、**図-8.1** に示すように、市販の小型気圧計（T&D 社製：TR-73U）を汚水桝内の気相部に設置後（桝蓋は閉）、手動によりビルピットのポンプを稼働させ強制排水し、排水終了後に気圧計を回収、ポンプ排水中及び前後の気圧・温度・湿度の変化を解析した。

使用した計測器は、大気圧データロガー（T&D 社製：TR-73U）であり、機器の仕様は、**表-8.1** の通りである。

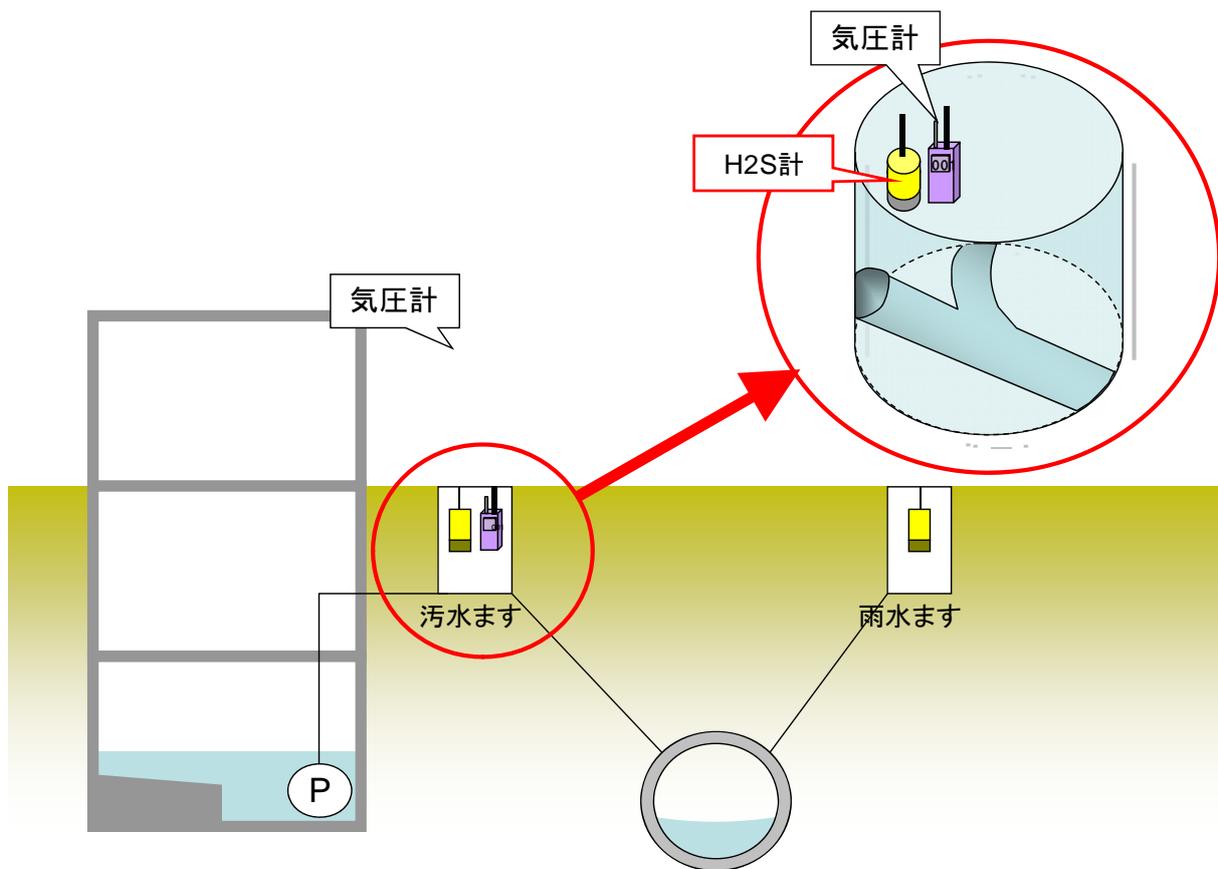
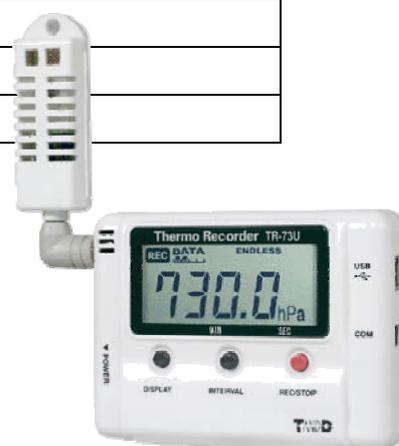


図-8.1 調査概要図

表-8.1 気圧計の機器仕様 (T&D社製: TR-73U)

項目	仕様
測定要素	温度・湿度・大気圧
チャンネル数	温度・湿度・大気圧各1チャンネル
測定範囲	温度: 0~50°C・10~95%RH (付属センサ) 湿度: -10~60°C (内蔵センサ) 大気圧: 50~1100hPa (内蔵センサ)
測定精度	温度: 平均±0.3°C (-10~60°C) 湿度: ±5%RH (25°C, 50%RHにおいて) 大気圧: ±1.5 hPa
内蔵センサ熱時定数	12分
分解能	0.1°C・1%RH・0.1hPa
記録間隔	1・2・5・10・15・20・30秒 1・2・5・10・15・20・30・60分 より選択
記録容量	8000データ×3チャンネル
本体寸法	H55mm × W78mm × D18mm
本体質量	約62g (電池含む)



(2) 調査対象ビルピット

調査対象のビルピットは、表-8.2 に示す東京都内の9箇所のビルピットであり、対象施設の抽出条件は、先述のビルピット排水の硫化水素と臭気に関する実態調査と同様の条件(6.2参照)とした。

表-8.2 調査対象ビルピットの概要

ビル	ビル種別	排水の種類	ピット容量	ポンプの運転方法	測定回数
A	事務所系ビル	雑排水	129.2m ³	タイマー+水位制御併用	1
B	商業系ビル1	汚水	34m ³	水位制御	1
C	商業系ビル2	雑排水	33.6m ³	水位制御	2
D	商業系ビル3	混合水	30.0m ³	タイマー+水位制御併用	1
E	商業系ビル4	混合水	24.0m ³	タイマー+水位制御併用	1
F1	商業系ビル5	汚水	39.9m ³	タイマー+水位制御併用	1
G2	商業系ビル8	汚水	11.7m ³	タイマー+水位制御併用	1
H1	商業系ビル10	汚水	20.0m ³	水位制御	1
H2	商業系ビル11	雑排水	29.6m ³	水位制御	1
I	居住系ビル	混合水	45.0m ³	タイマー+水位制御併用	2

8.3 調査結果

(1) ポンプ排水が気圧に与える影響

表-8.2 に示す各ビルピット毎に、汚水桝の気相中硫化水素濃度と汚水桝内の気圧の関係を調査した。調査結果を、図-8.2~8.13 に示す。

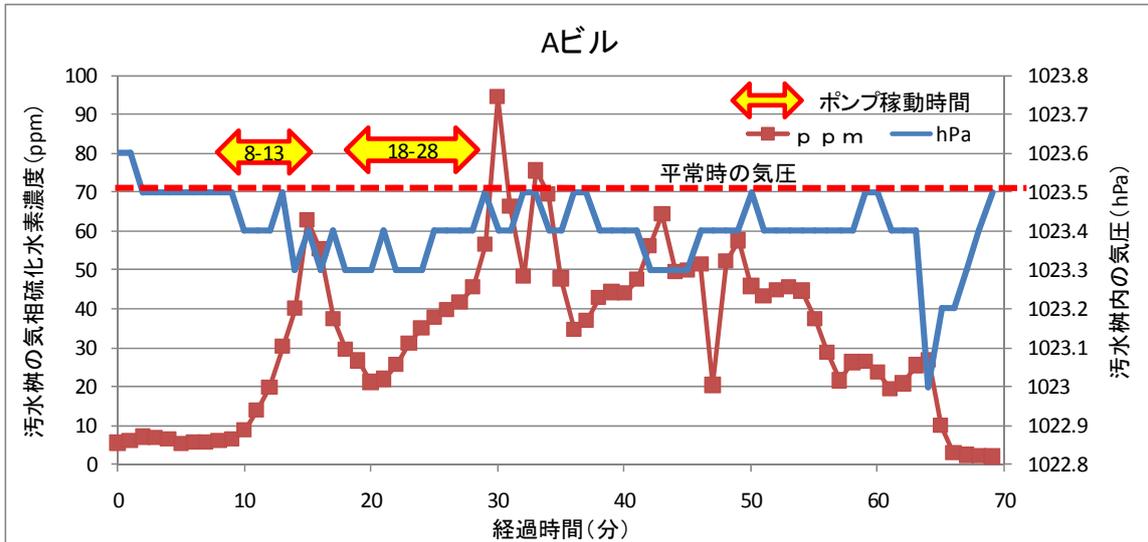


図-8.2 汚水桝の気相中硫化水素濃度と汚水桝内の気圧の関係 (Aビル)

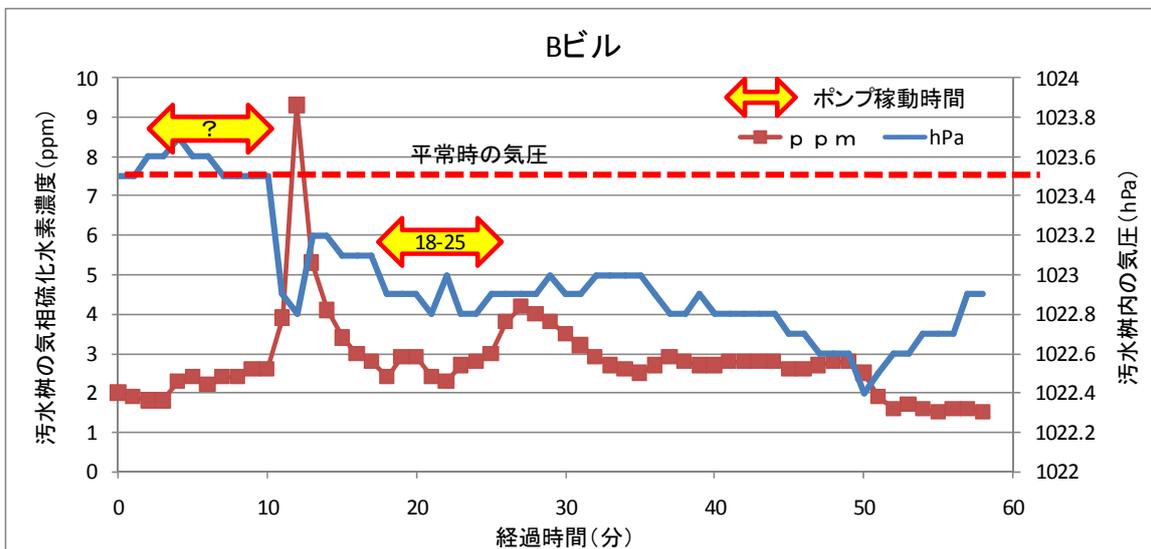


図-8.3 汚水桝の気相中硫化水素濃度と汚水桝内の気圧の関係 (Bビル)

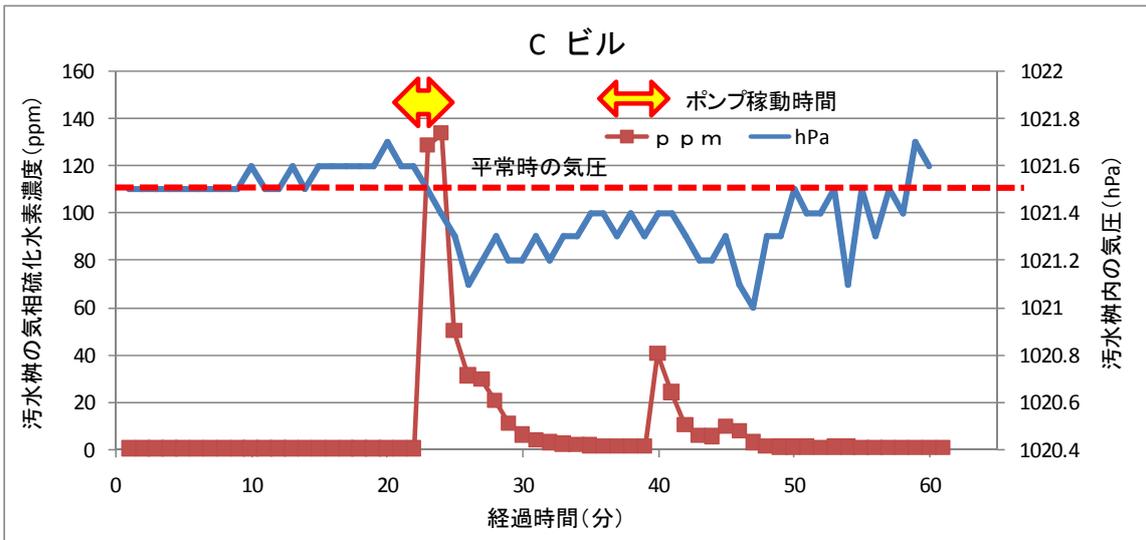


図-8.4 汚水枡の気相中硫化水素濃度と汚水枡内の気圧の関係 (Cビル・1回目)

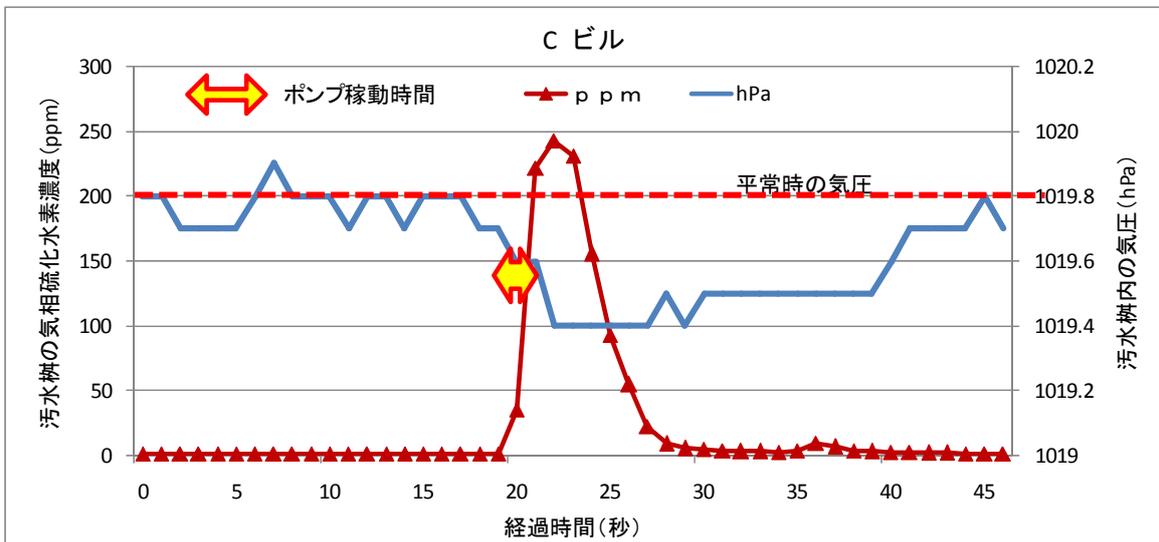


図-8.5 汚水枡の気相中硫化水素濃度と汚水枡内の気圧の関係 (Cビル・2回目)

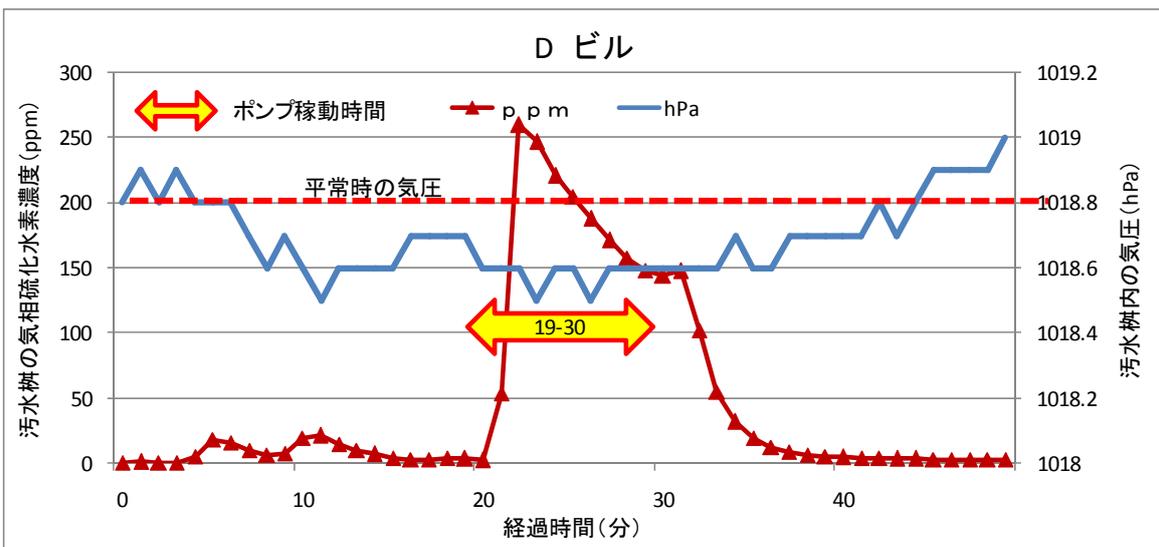


図-8.6 汚水枡の気相中硫化水素濃度と汚水枡内の気圧の関係 (Dビル)

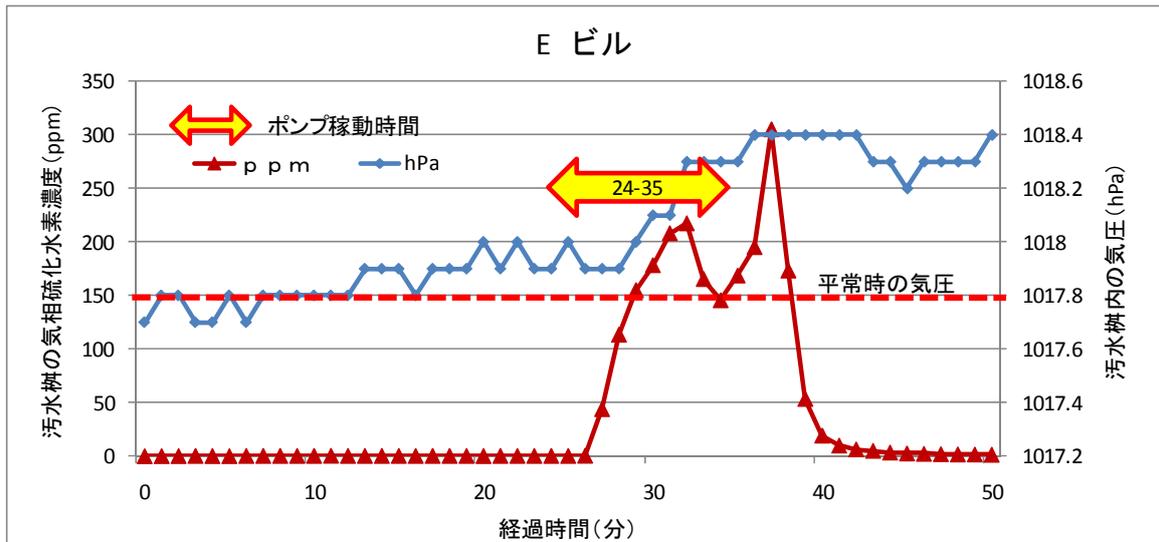


図-8.7 汚水樹の気相中硫化水素濃度と汚水樹内の気圧の関係 (Eビル)

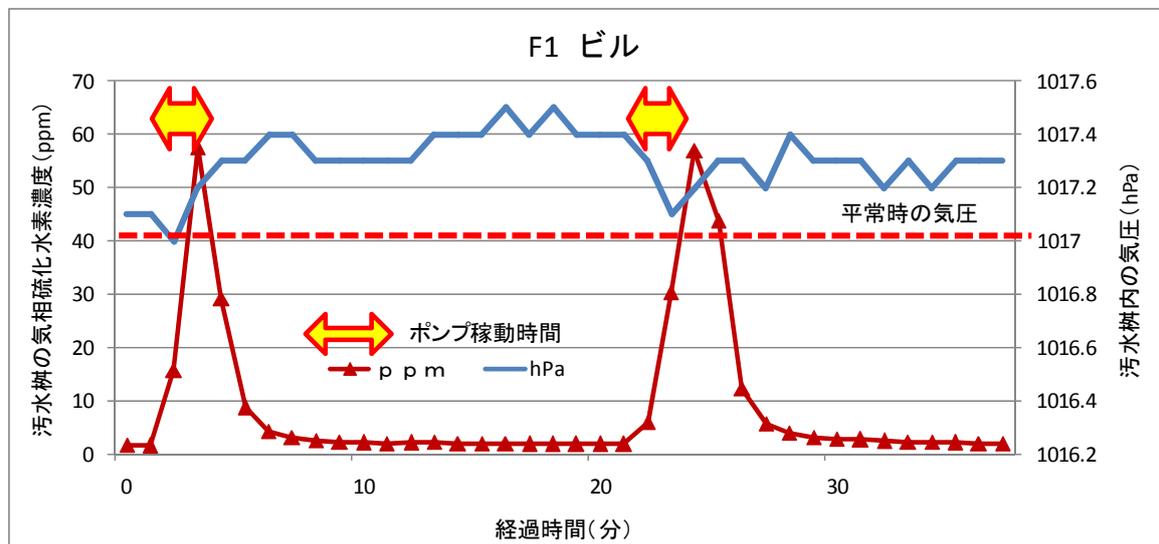


図-8.8 汚水樹の気相中硫化水素濃度と汚水樹内の気圧の関係 (F1ビル)

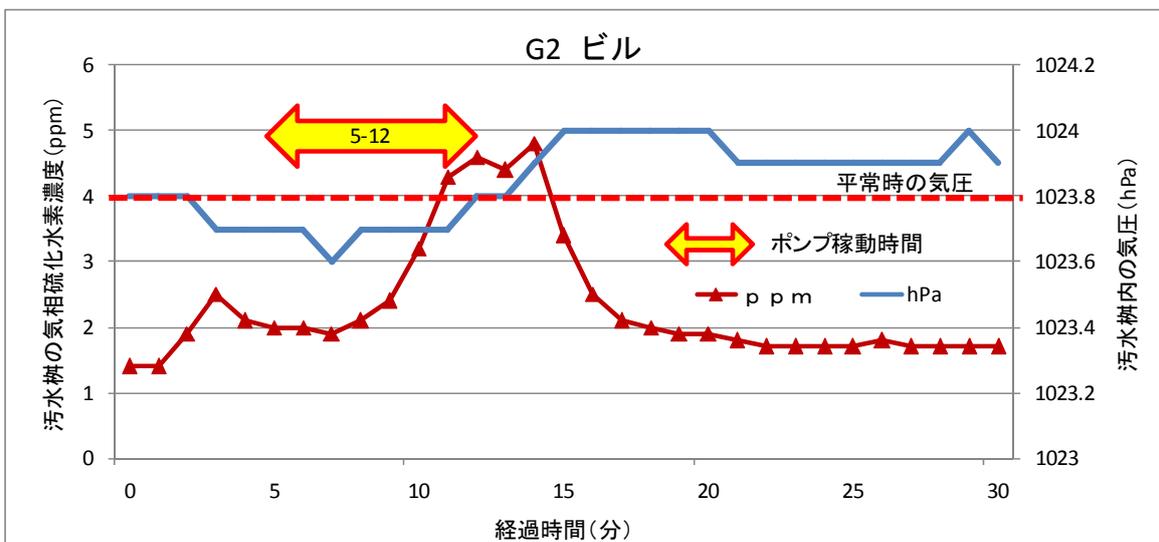


図-8.9 汚水樹の気相中硫化水素濃度と汚水樹内の気圧の関係 (G2ビル)

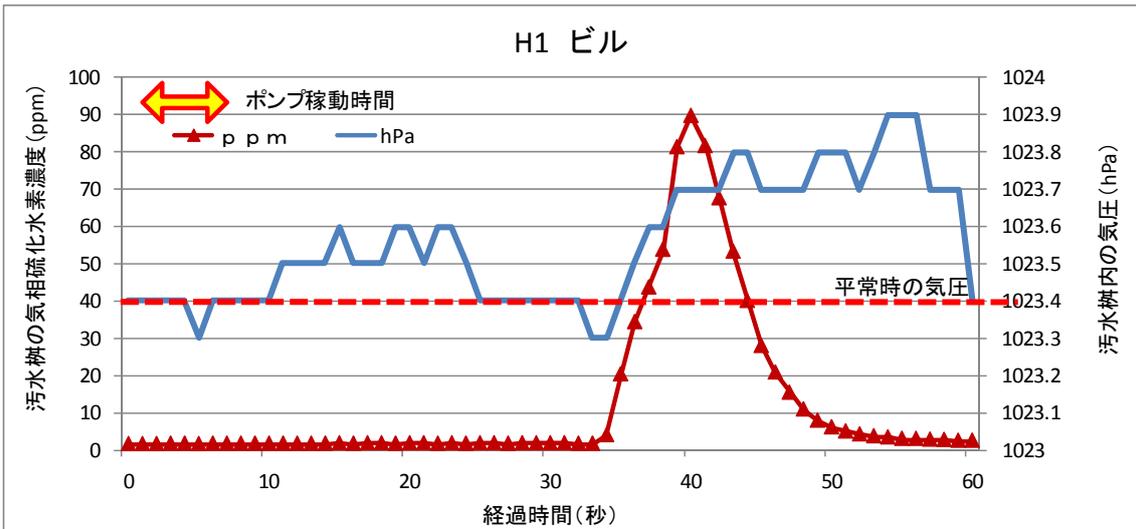


図-8.10 汚水桝の気相中硫化水素濃度と汚水桝内の気圧の関係 (H1ビル)

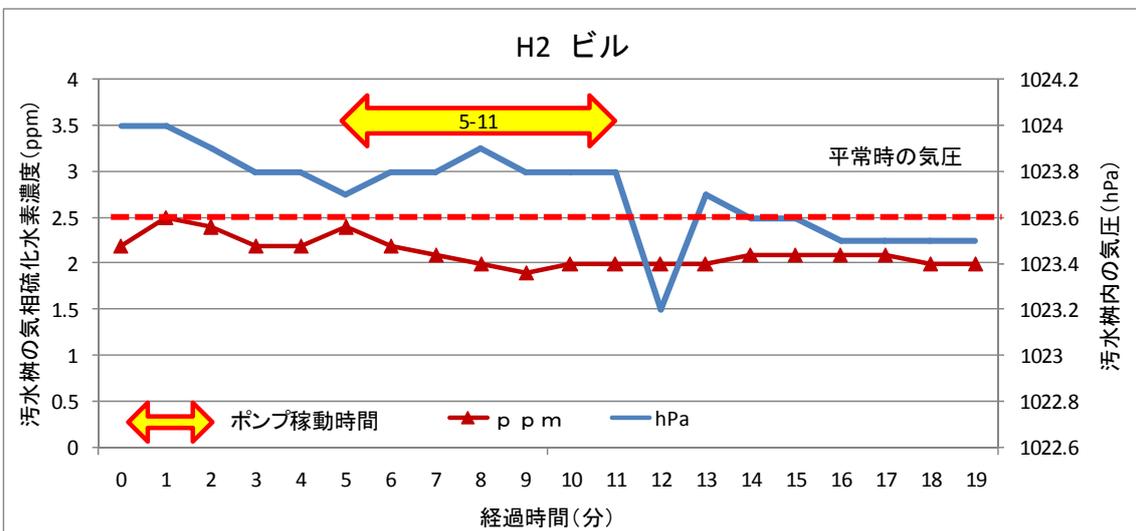


図-8.11 汚水桝の気相中硫化水素濃度と汚水桝内の気圧の関係 (H2ビル)

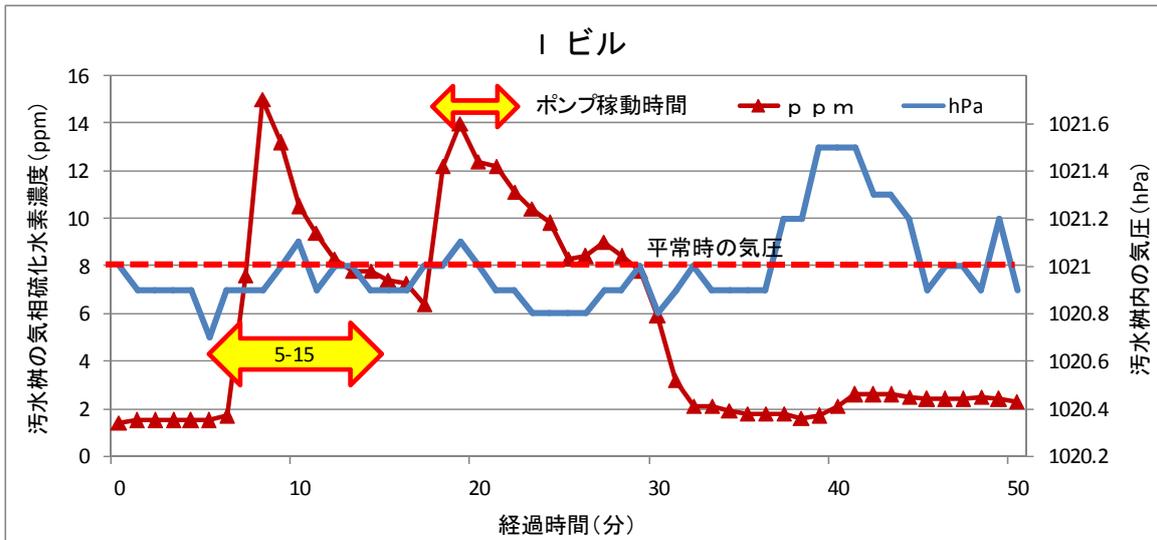


図-8.12 汚水枡の気相中硫化水素濃度と汚水枡内の気圧の関係（Iビル・1回目）

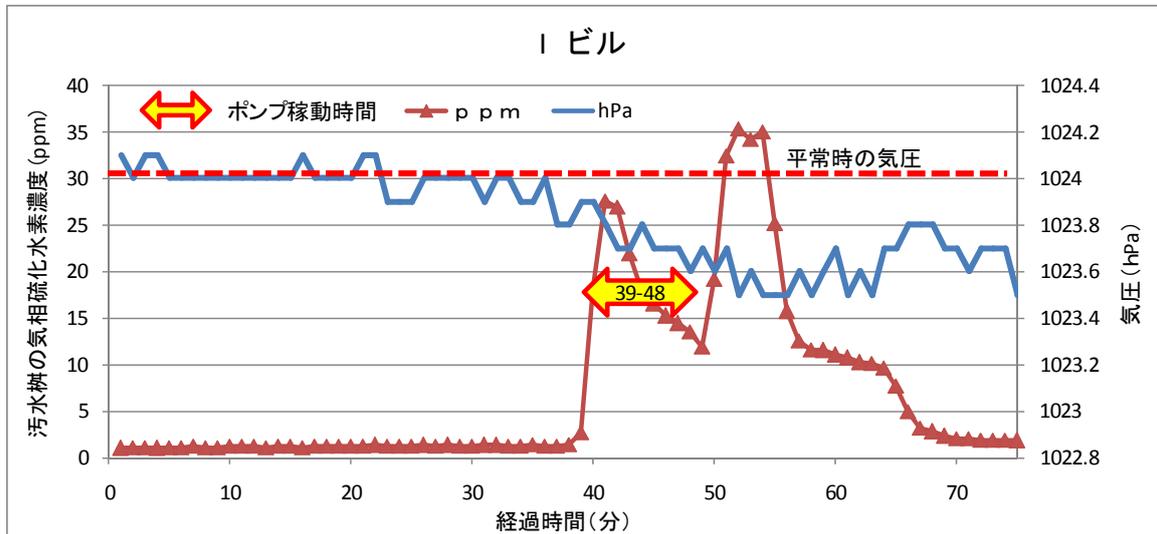


図-8.13 汚水枡の気相中硫化水素濃度と汚水枡内の気圧の関係（Iビル・2回目）

汚水枡内の気圧は、手動によるポンプ強制排水後、大きく変動する傾向が見受けられた。

なお、一般的に気圧は、測定地点の位置及び高度、季節、天気、時刻等の様々な要因により変動する。また、気圧計の分解能が 0.1 hPa であることに注意する必要がある。

表-8.3 に各ビルピットにおける調査結果一覧を、図-8.14 に各ビルピット毎のポンプ排水直前直後の気圧変動幅を示す。

ポンプ排水開始直前と排水操作終了直後の気圧変動幅の絶対値は、0.1~0.7hPa であるが、12 実験ケース中 11 ケースで 0.2 hPa 以上の変動幅の絶対値が観測された。

ポンプ排水時に気圧が低下するパターンや上昇するパターンが見られたが、汚水枡やビルピットと汚水枡を接続する排水管の構造、ポンプの仕様等が何らかの影響を与えているものと推察される。

表-8.3 各ビルピットにおける調査結果一覧

ビル	ピット容量	気圧変動幅 (hPa)	最大H ₂ S濃度 (ppm)	備考
A	129.2m ³	-0.2	94	タイマー+水位制御併用
B	34m ³	-0.7	9	水位制御
C	33.6m ³	-0.4	134	水位制御
		-0.4	242	
D	30.0m ³	-0.3	260	タイマー+水位制御併用
E	24.0m ³	0.6	305	タイマー+水位制御併用
F	39.9m ³	-0.3	57	タイマー+水位制御併用
G2	11.7m ³	0.2	5	タイマー+水位制御併用
H1	20.0m ³	0.3	90	水位制御
H2	29.6m ³	-0.4	2.5	水位制御
I	45.0m ³	-0.1	15	タイマー+水位制御併用
		-0.4	35	

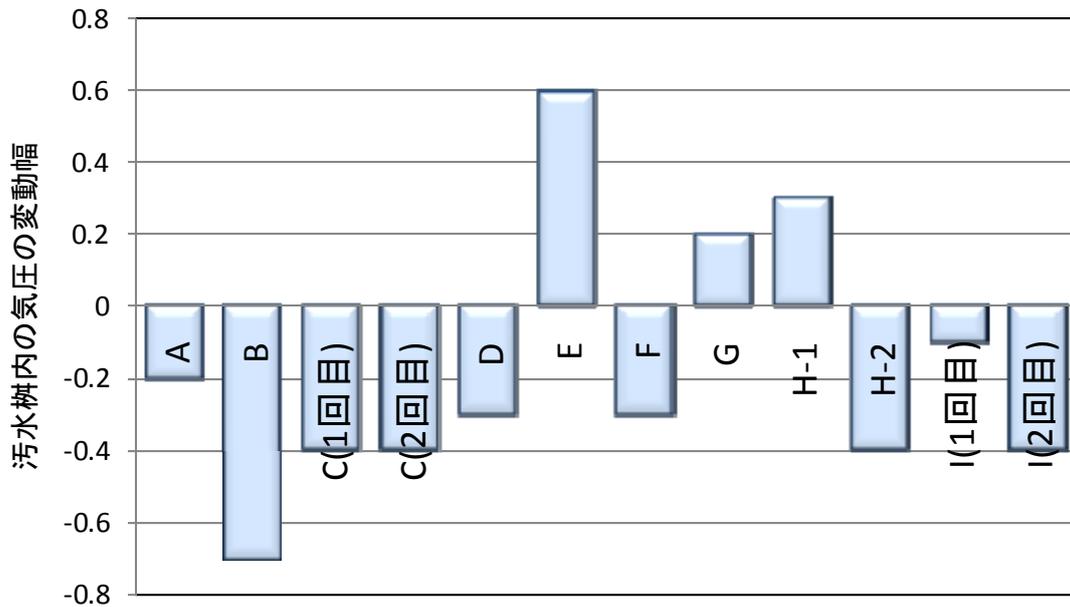


図-8.14 各ビルピット毎の気圧変動幅

図-8.15 は、汚水枳内の気圧変動量（絶対値）と汚水枳の気相中硫化水素濃度の関係を示したものである。気圧変動量が大きいと汚水枳の気相中硫化水素濃度も大きくなる傾向があるが、これは強烈なポンプ排水により汚水枳内の気圧が大きく変化するとともに激しい混合・攪拌が汚水枳内で発生したためと考えられる。

なお、気圧変動量が大きくても、硫化水素濃度が低いケースが存在するが、これは、ピッ

ト内下水の性状及びピット内での貯留時間によるもの（硫化物が生成される環境にない）と推測される。

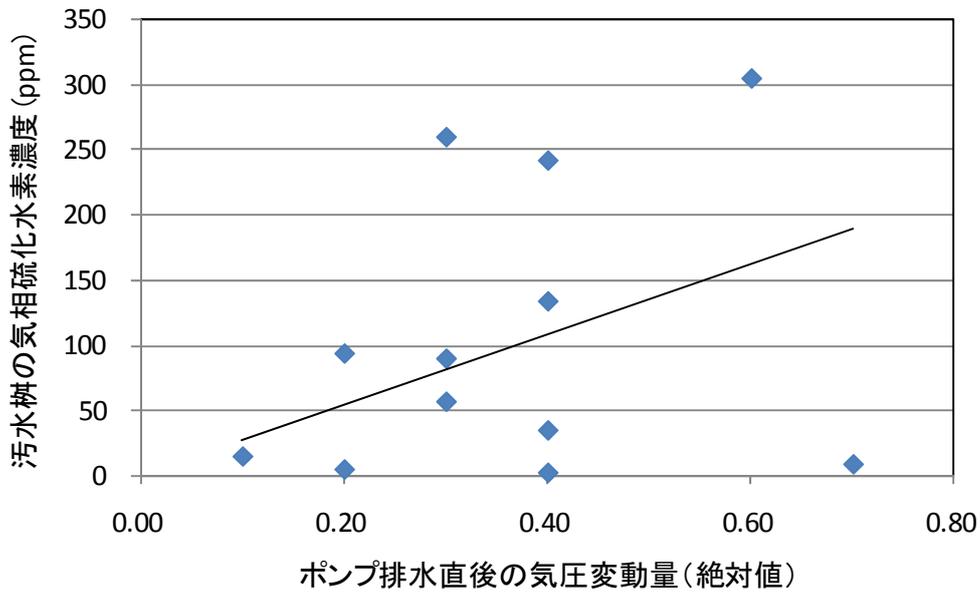


図-8.15 汚水枳の気相中硫化水素濃度と汚水枳内の気圧変動量の関係（全箇所）

以上の調査結果より、ポンプ排水は汚水枳内の気圧に影響を与えることが確認できた。場所や気候による自然的な変動があるものの、1分毎の気圧変動幅が0.2hPa以上の場合に、ビルピットからの排水があったと判定することを1つの目安にすることができると考える。

(2) ポンプ排水が湿度に与える影響

表-8.2 に示す各ビルピット毎に、汚水柵の気相中硫化水素濃度と汚水柵内の湿度の関係を調査した。調査結果を、図-8.16~8.27 に示す。

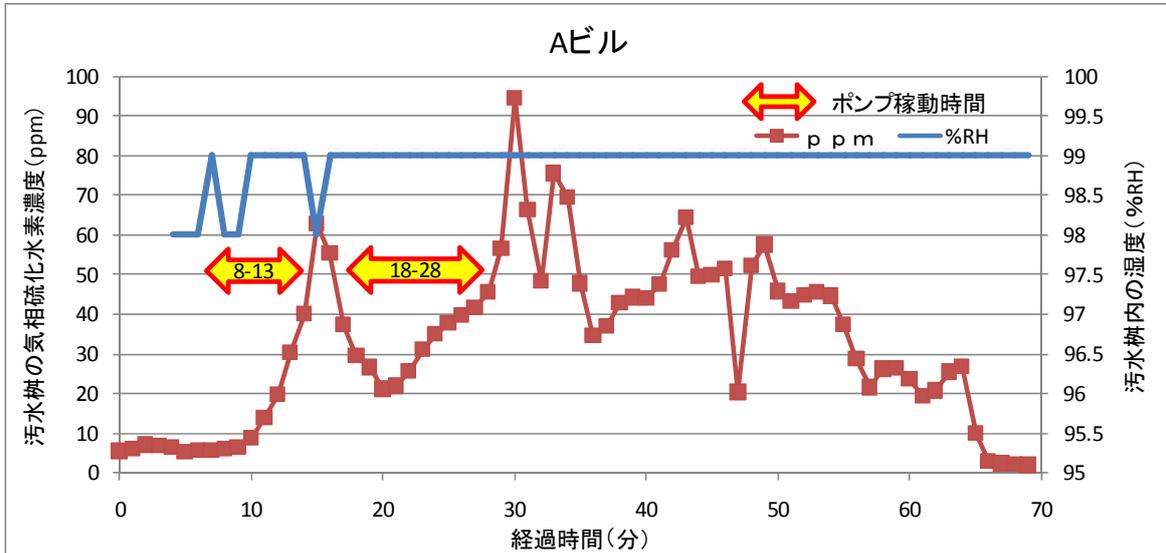


図-8.16 汚水柵の気相中硫化水素濃度と汚水柵内の湿度の関係 (Aビル)

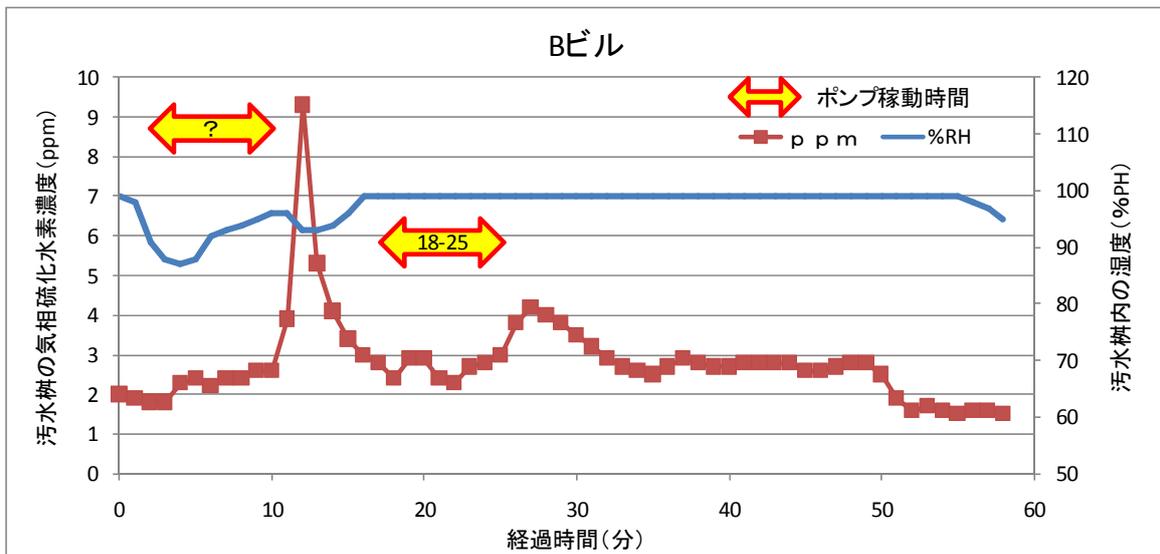


図-8.17 汚水柵の気相中硫化水素濃度と汚水柵内の湿度の関係 (Bビル)

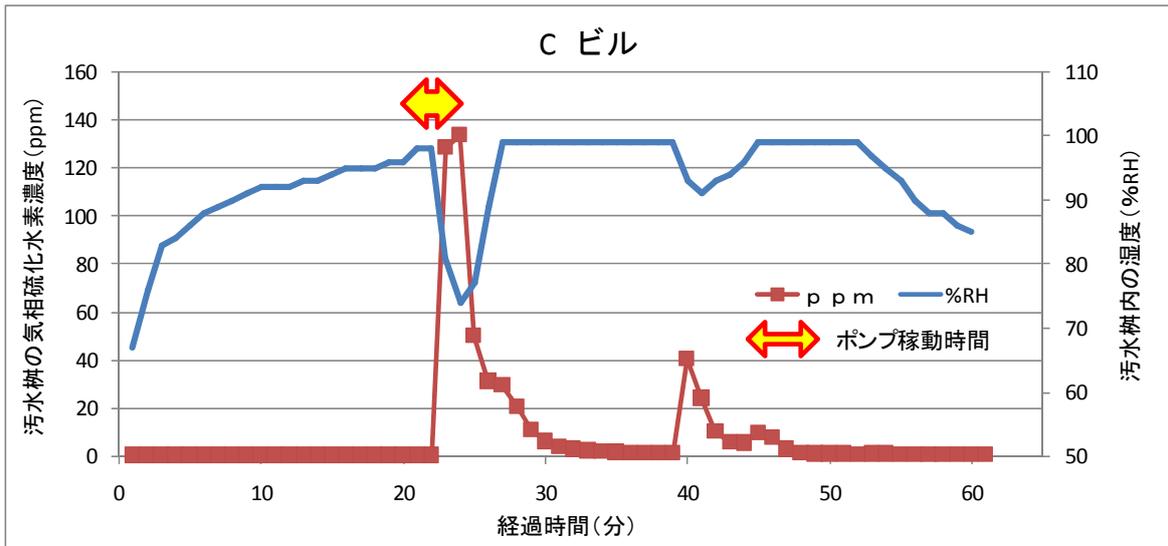


図-8.18 汚水枡の気相中硫化水素濃度と汚水枡内の湿度の関係 (Cビル・1回目)

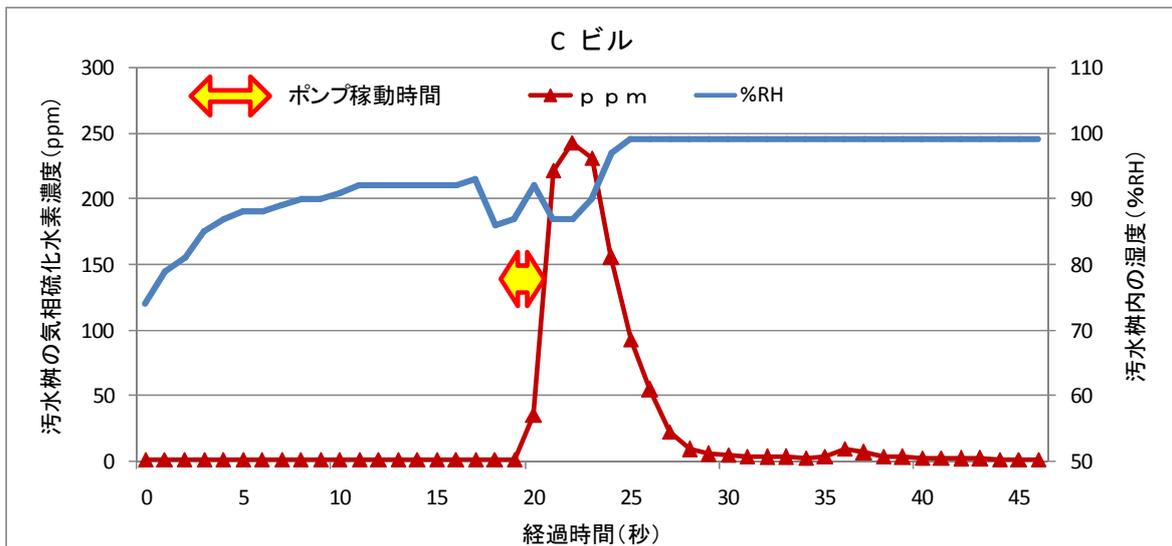


図-8.19 汚水枡の気相中硫化水素濃度と汚水枡内の湿度の関係 (Cビル・2回目)

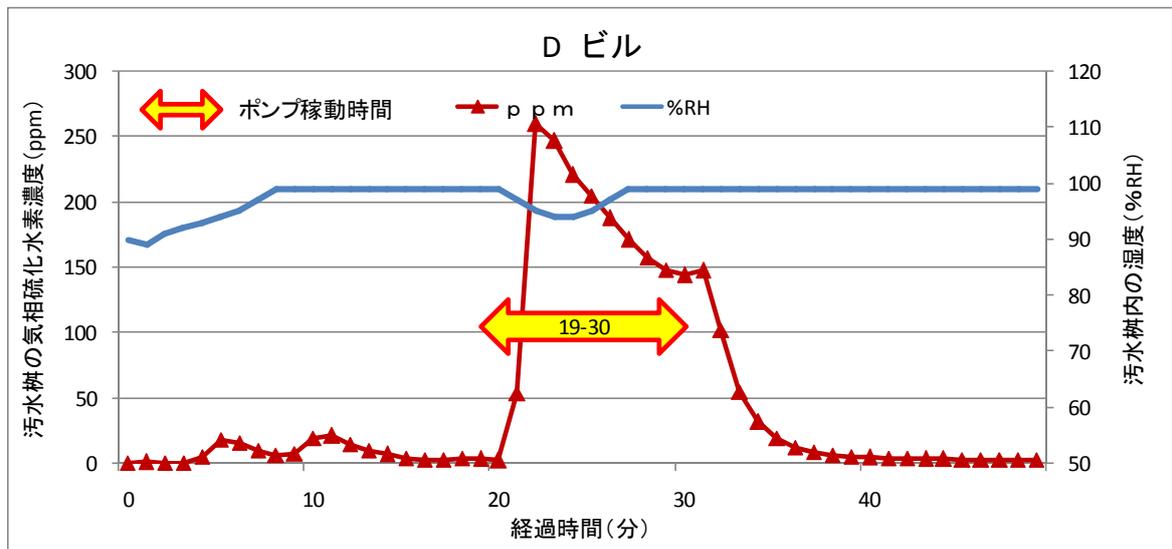


図-8.20 汚水枡の気相中硫化水素濃度と汚水枡内の湿度の関係 (Dビル)

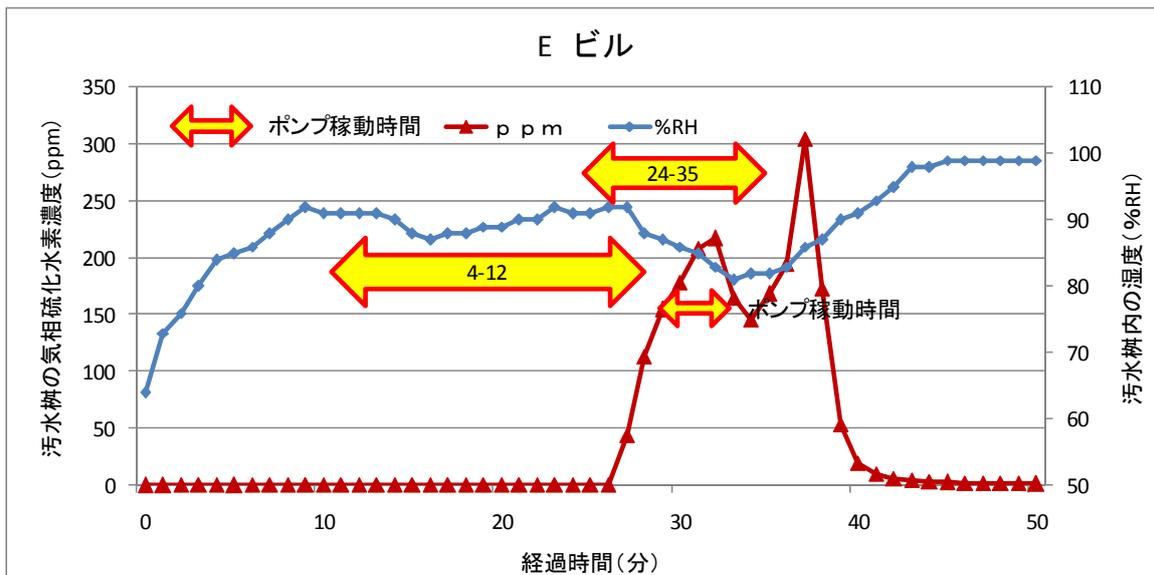


図-8.21 汚水枳の気相中硫化水素濃度と汚水枳内の湿度の関係 (Eビル)

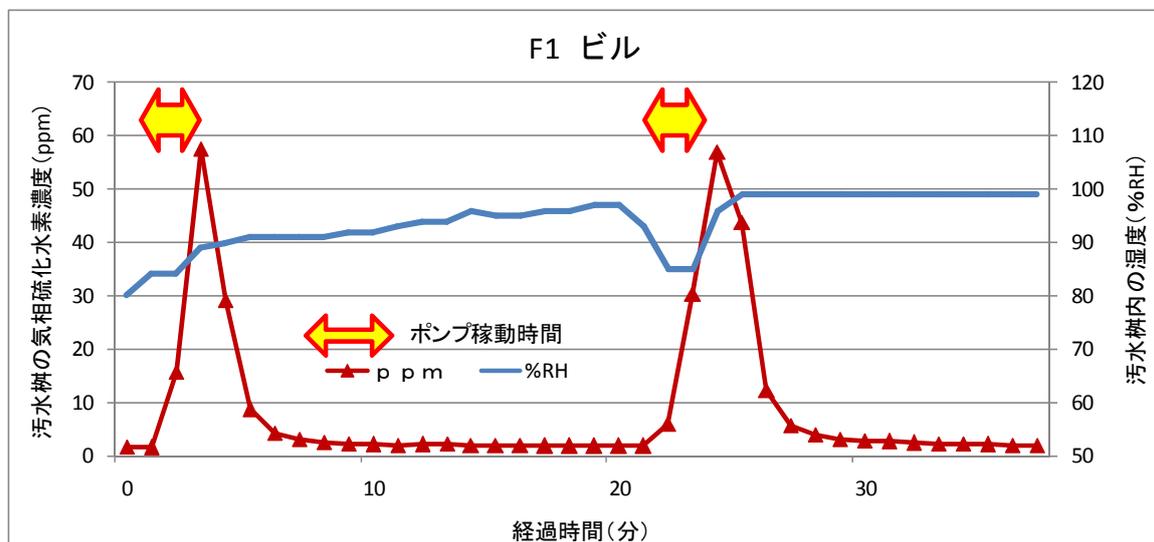


図-8.22 汚水枳の気相中硫化水素濃度と汚水枳内の湿度の関係 (F1ビル)

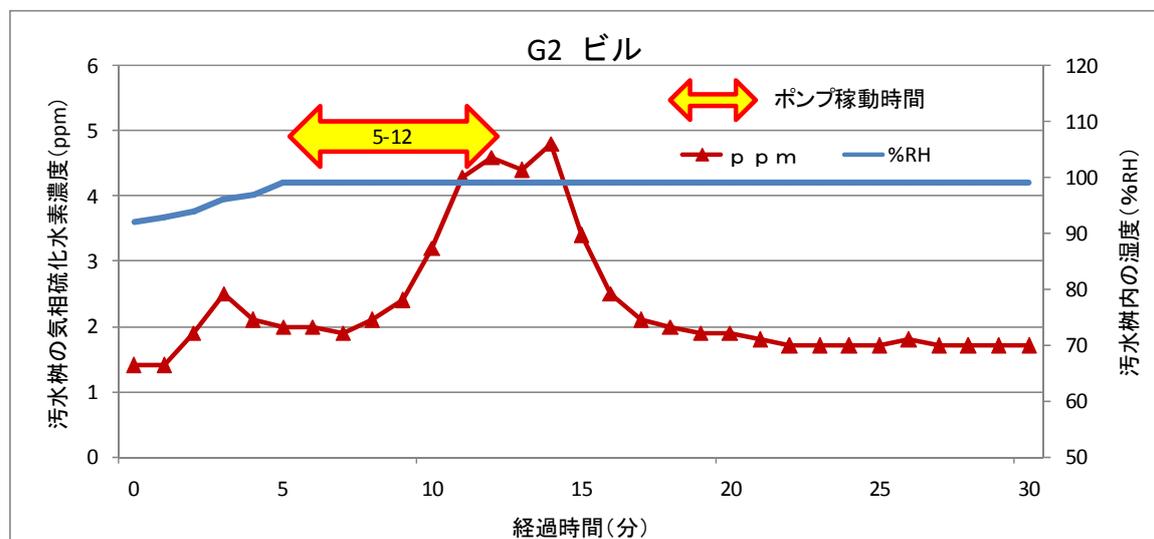


図-8.23 汚水枳の気相中硫化水素濃度と汚水枳内の湿度の関係 (G2ビル)

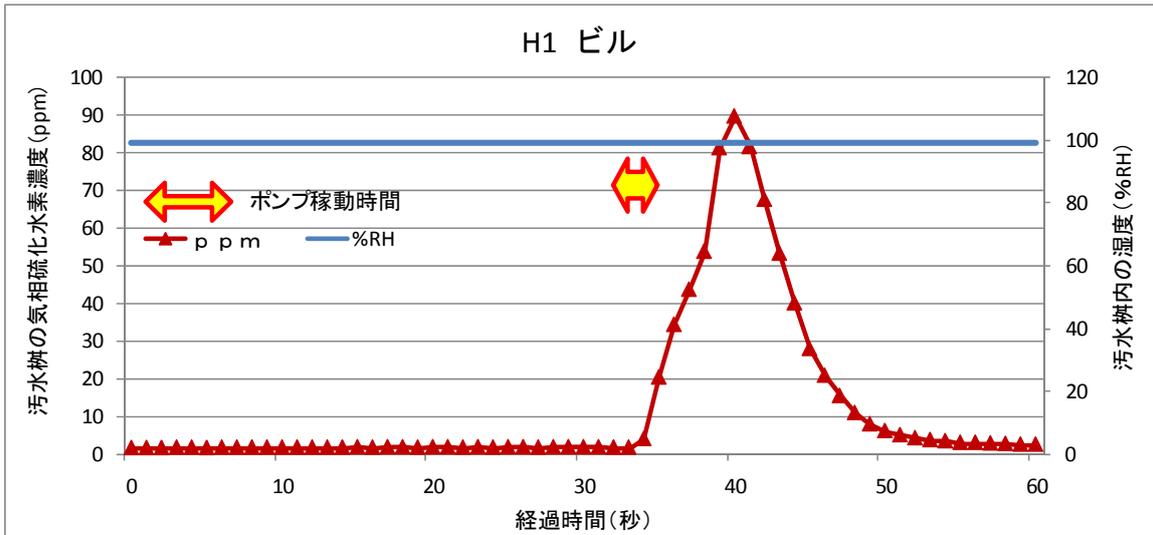


図-8.24 汚水桝の気相中硫化水素濃度と汚水桝内の湿度の関係 (H1ビル)

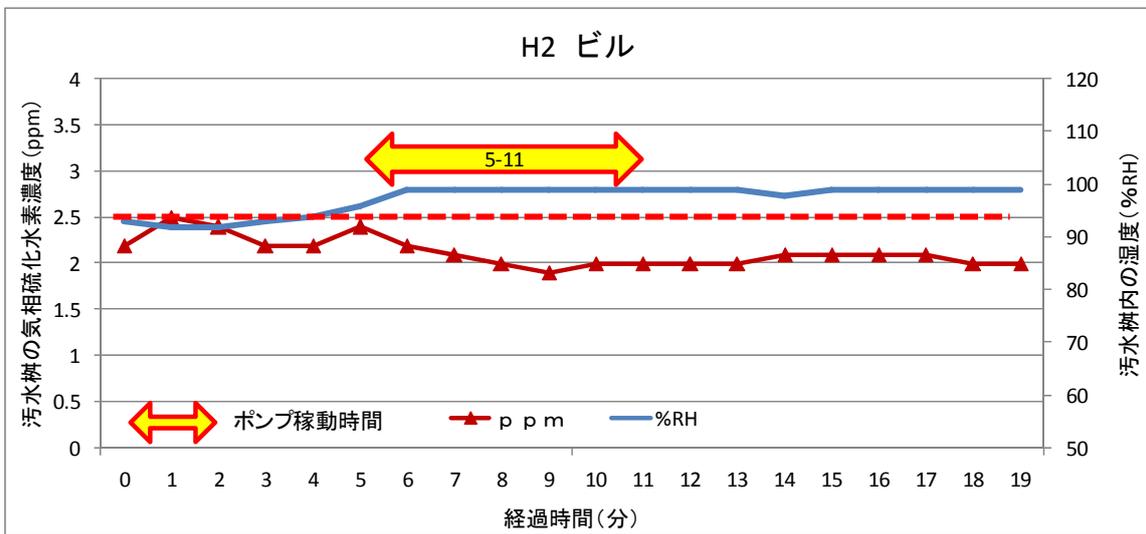


図-8.25 汚水桝の気相中硫化水素濃度と汚水桝内の湿度の関係 (H2ビル)

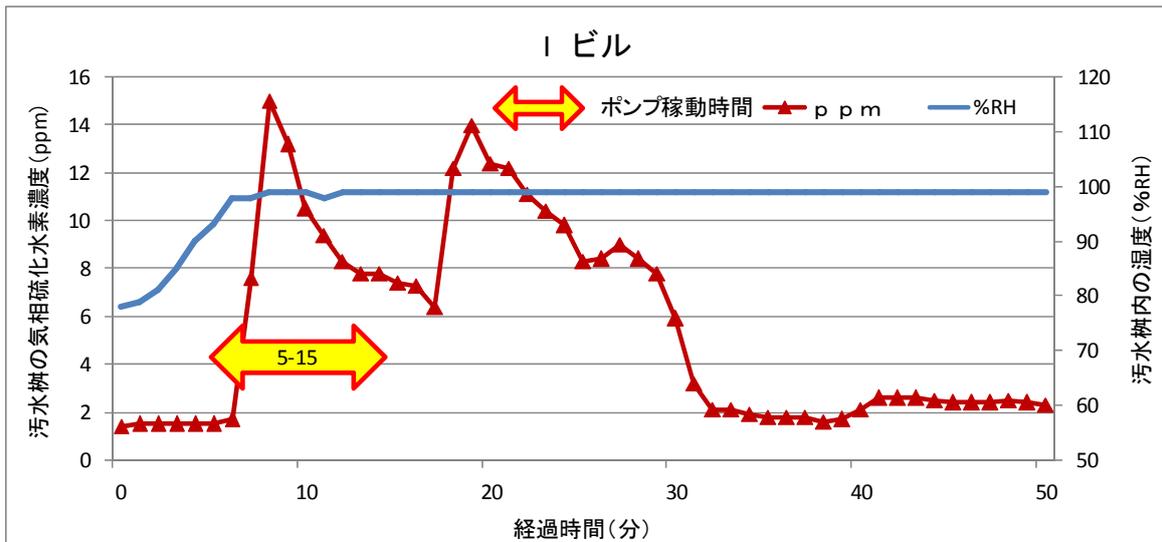


図-8.26 汚水柵の気相中硫化水素濃度と汚水柵内の湿度の関係（Iビル・1回目）

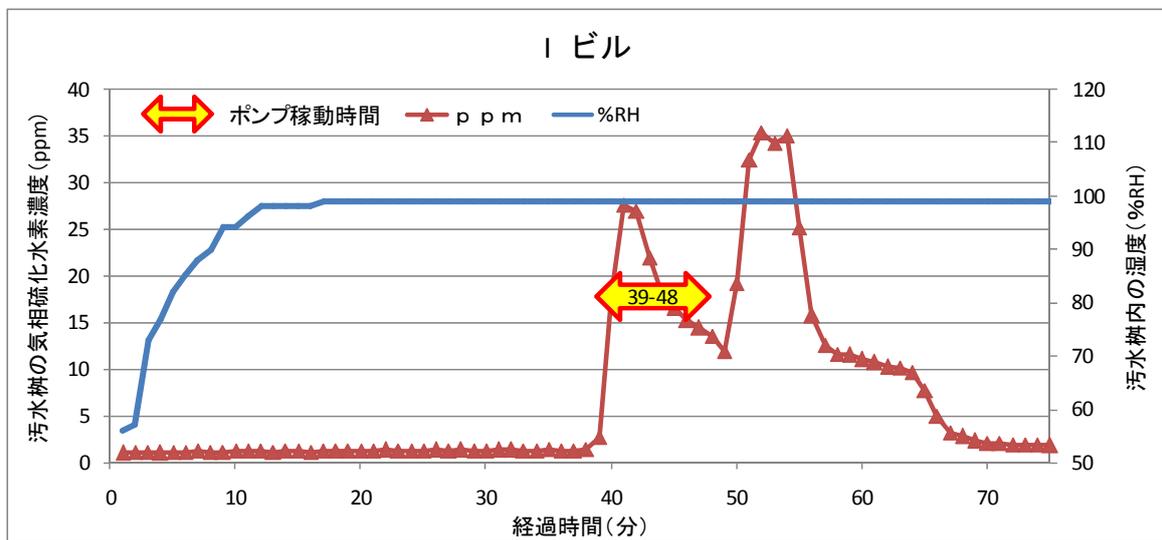


図-8.27 汚水柵の気相中硫化水素濃度と汚水柵内の湿度の関係（Iビル・2回目）

汚水柵内の湿度は、手動によるポンプ強制排水後、一旦低下した後、100%近くまで大きく上昇する傾向が見受けられた。この傾向は、A・B・C（全2回）・D・E・Fビルにおいて顕著に見られた（10ビル中6ビル）。

G2・H2・I（1回目）ビルについては、ポンプ強制排水後の低下は見られなかったが、ポンプ強制排水後に100%近くまで上昇する傾向が見られた。（10ビル中3ビル）。

一方、同様の傾向が確認できなかったビルは、H1、I（2回目）の2ビルであった。理由としては、H1及びI（2回目）とも、ポンプ排水前から湿度が100%であったためと考えられる。

以上の調査結果より、ポンプ排水は汚水柵内の湿度に影響を与えることが確認できた。

平常時の汚水柵内における湿度は、密閉された空間であることから変動が少なく、ポンプ排水による影響を受けやすいと考えられる。

よって、湿度を指標として、ポンプ排水のタイミングを見極めることは十分に可能であると考えられる。

(3) ポンプ排水が温度に与える影響

表-8.2 に示す各ビルピット毎に、汚水樹の気相中硫化水素濃度と汚水樹内の温度の関係を調査した。調査結果を、図-8.28~8.39 に示す。なお、ここに示す温度は、拡散式硫化水素計の記録値である。

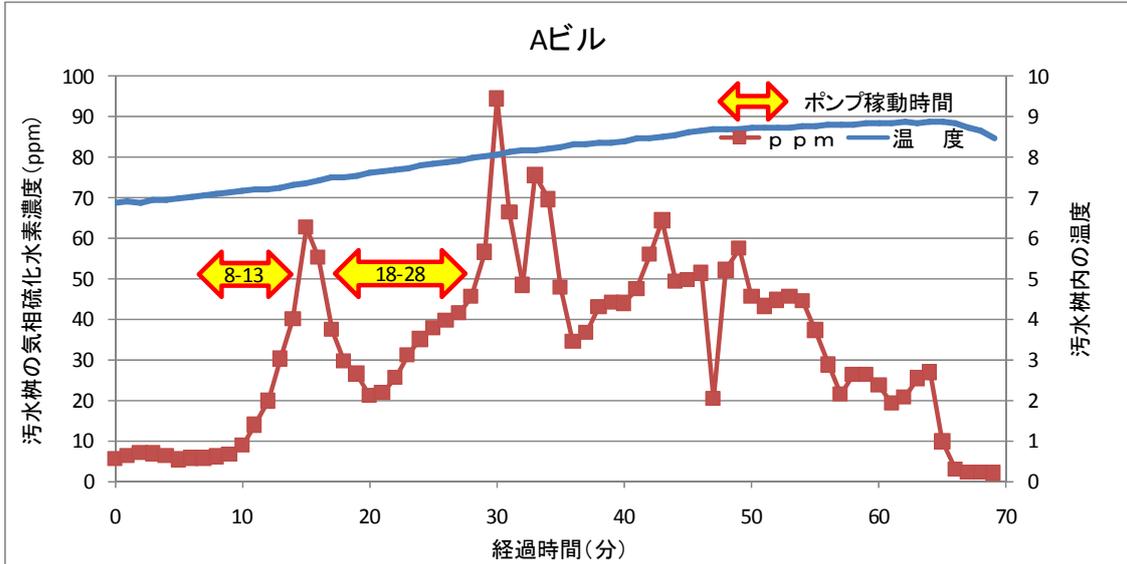


図-8.28 汚水樹の気相中硫化水素濃度と汚水樹内の温度の関係 (Aビル)

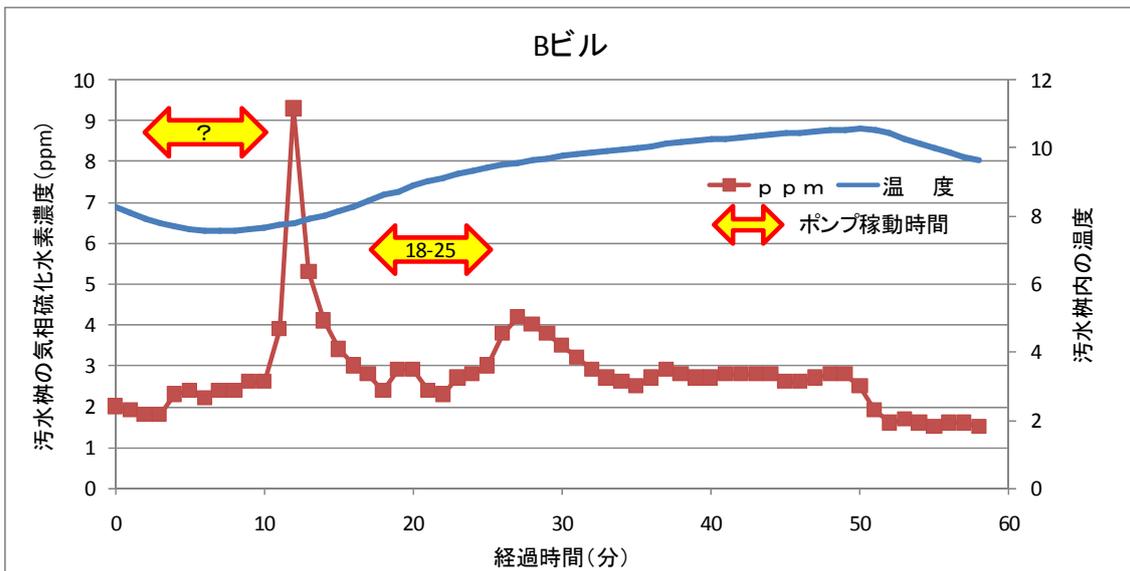


図-8.29 汚水樹の気相中硫化水素濃度と汚水樹内の温度の関係 (Bビル)

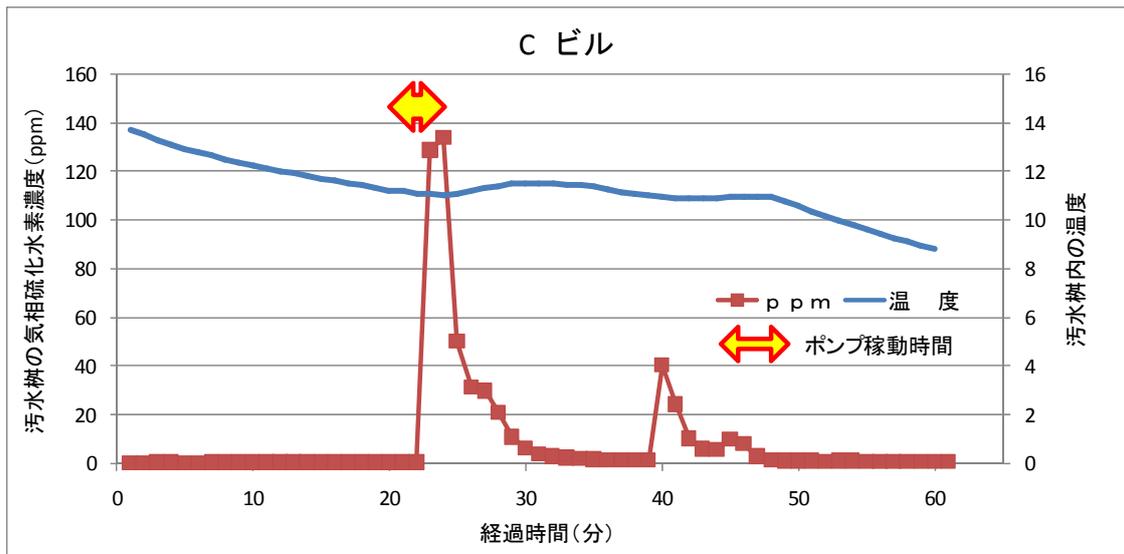


図-8.30 汚水枳の気相中硫化水素濃度と汚水枳内の湿度の関係 (Cビル・1回目)

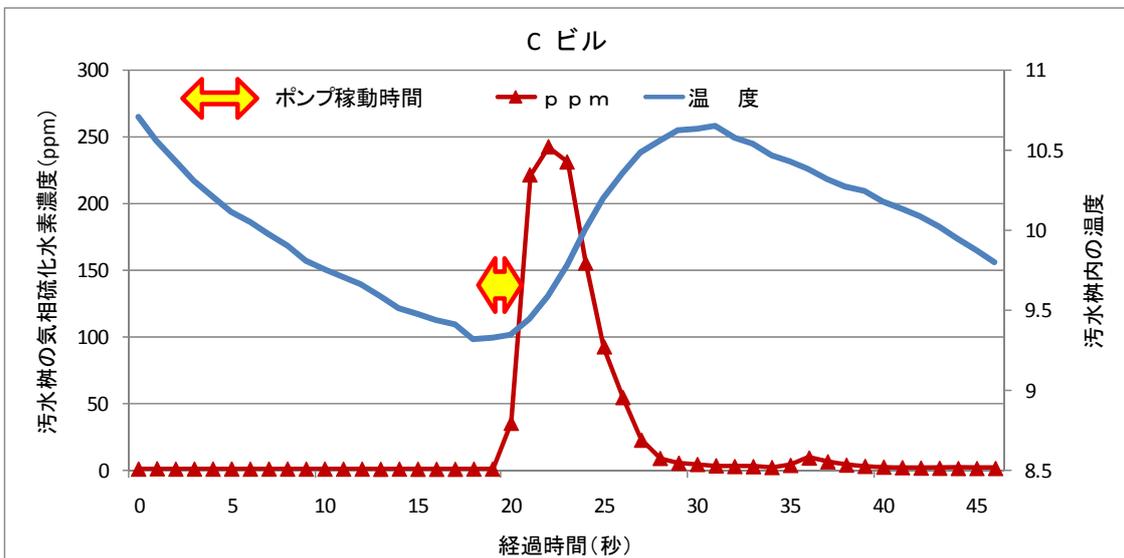


図-8.31 汚水枳の気相中硫化水素濃度と汚水枳内の湿度の関係 (Cビル・2回目)

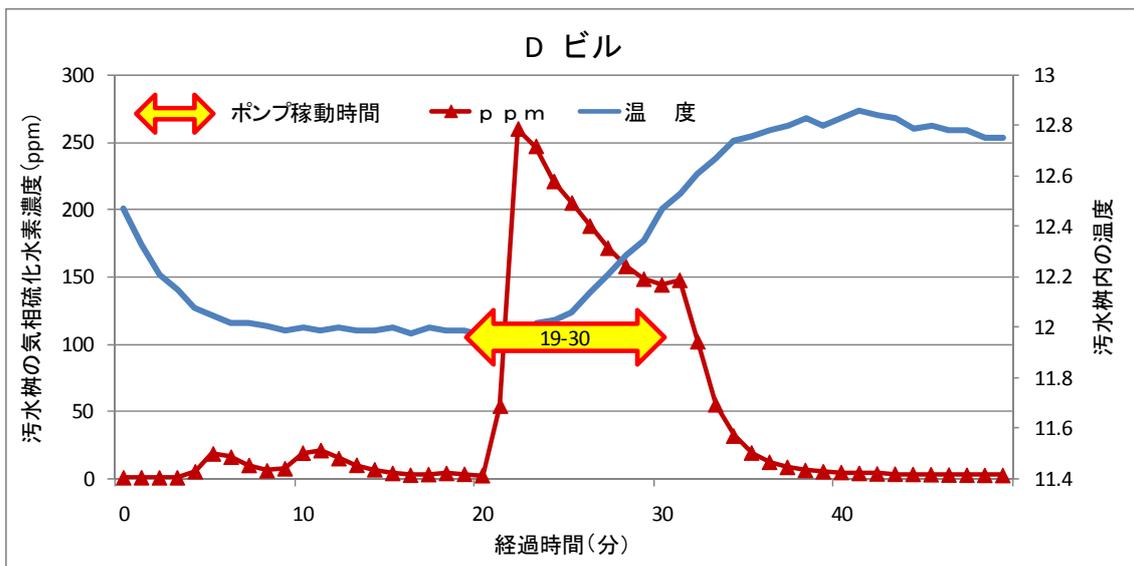


図-8.32 汚水枳の気相中硫化水素濃度と汚水枳内の湿度の関係 (Dビル)

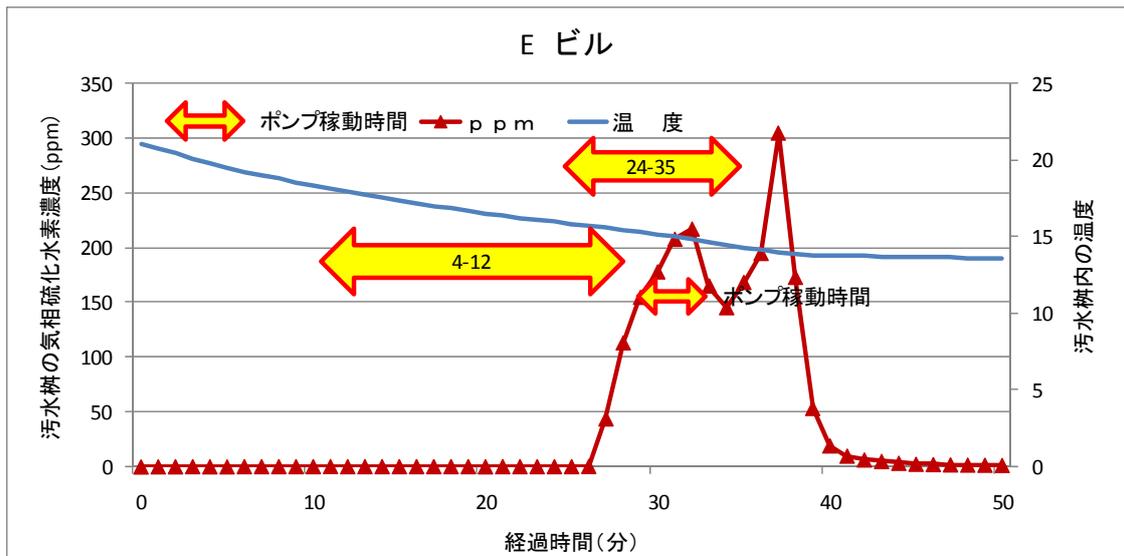


図-8.33 汚水樹の気相中硫化水素濃度と汚水樹内の湿度の関係 (Eビル)

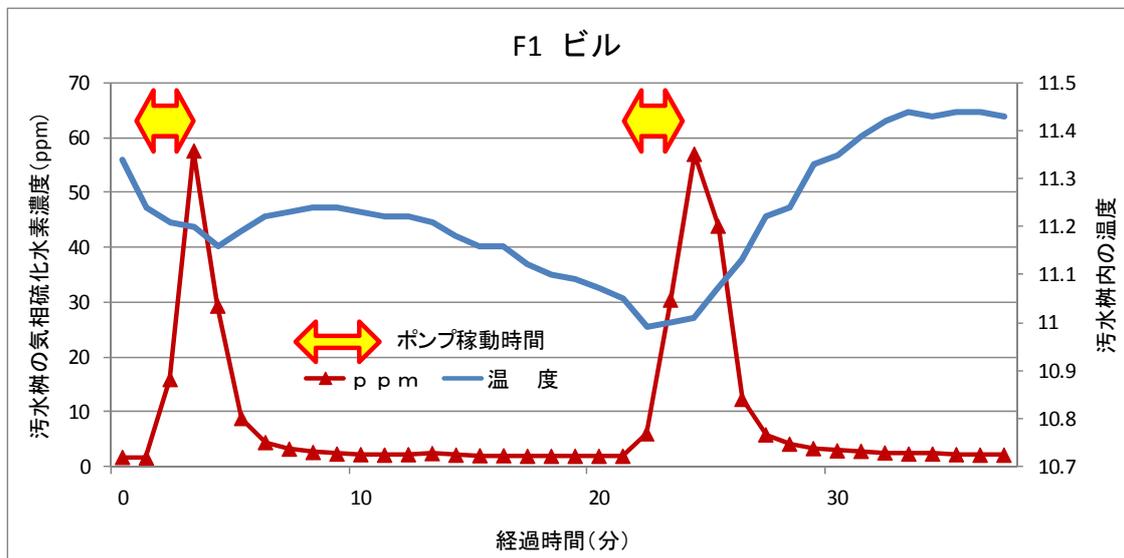


図-8.34 汚水樹の気相中硫化水素濃度と汚水樹内の湿度の関係 (F 1ビル)

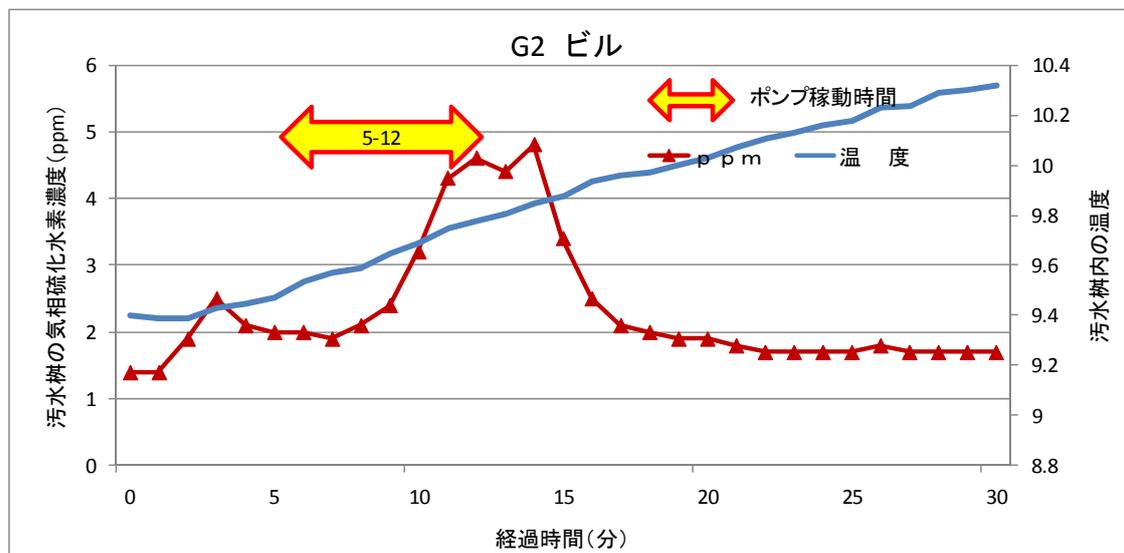


図-8.35 汚水樹の気相中硫化水素濃度と汚水樹内の湿度の関係 (G 2ビル)

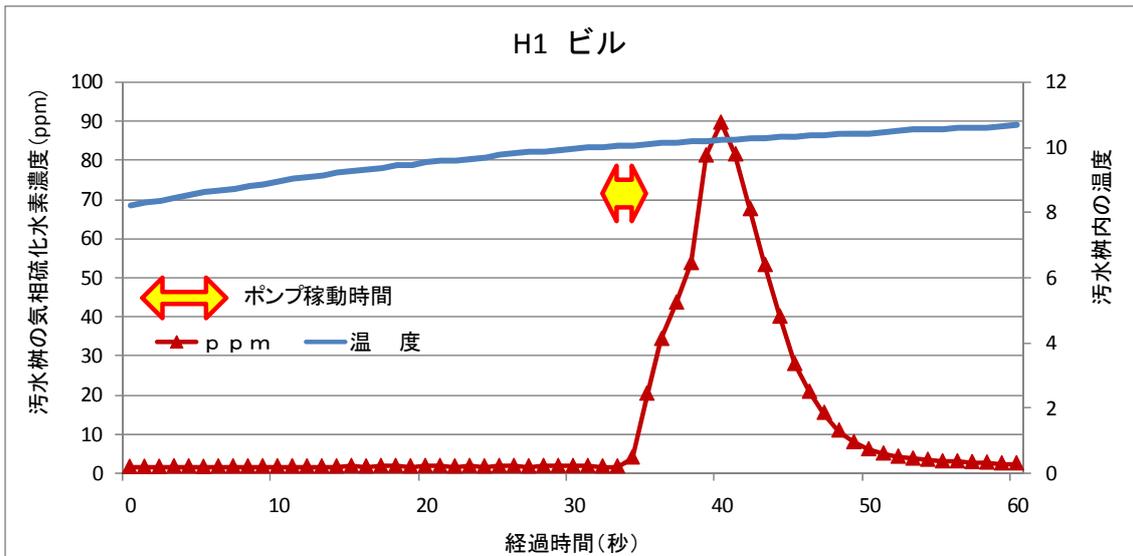


図-8.36 汚水柵の気相中硫化水素濃度と汚水柵内の湿度の関係 (H1ビル)

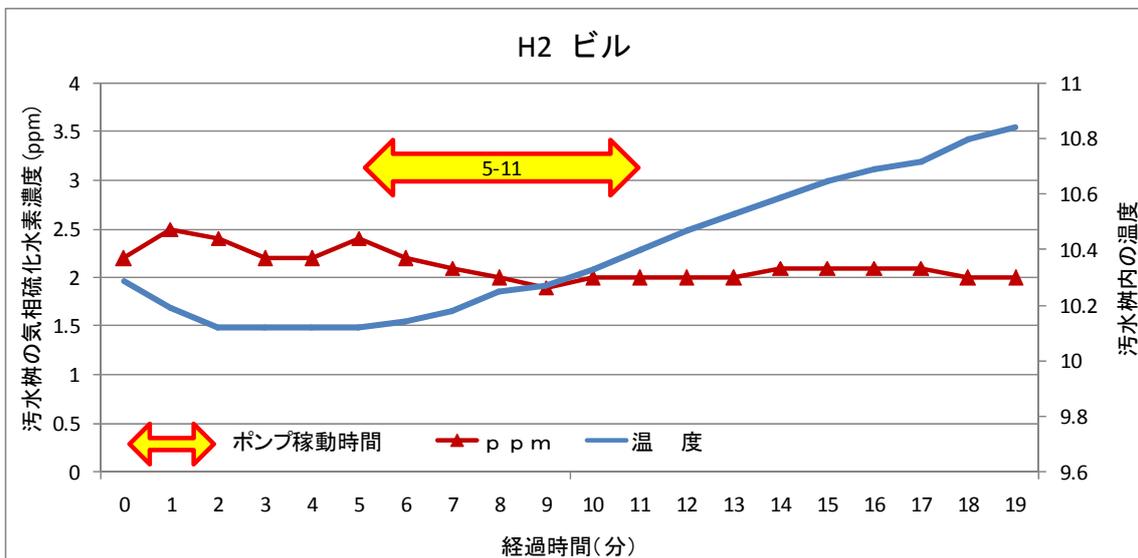


図-8.37 汚水柵の気相中硫化水素濃度と汚水柵内の湿度の関係 (H2ビル)

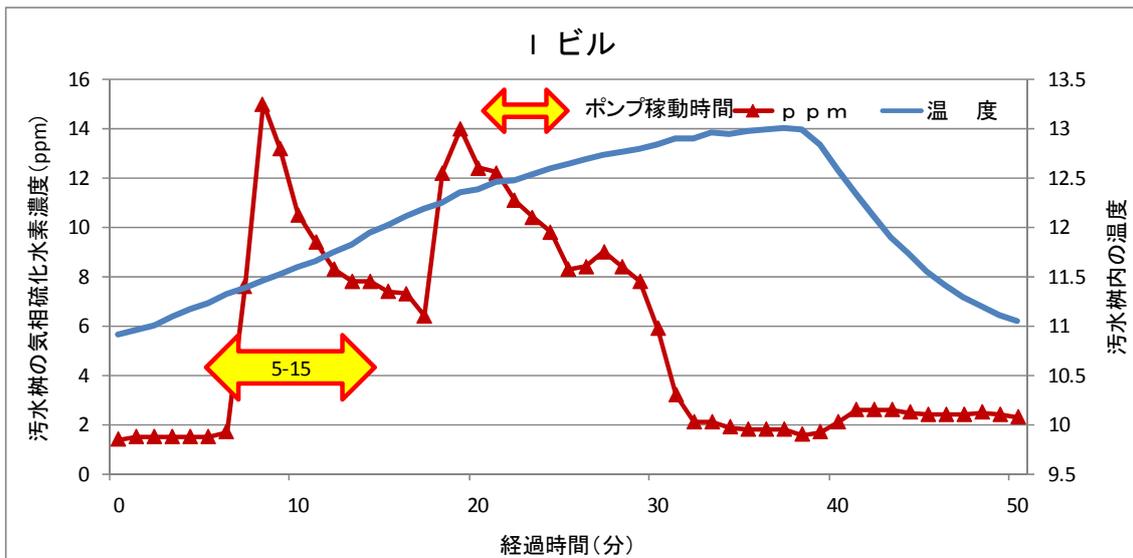


図-8.38 汚水桝の気相中硫化水素濃度と汚水桝内の湿度の関係（Iビル・1回目）

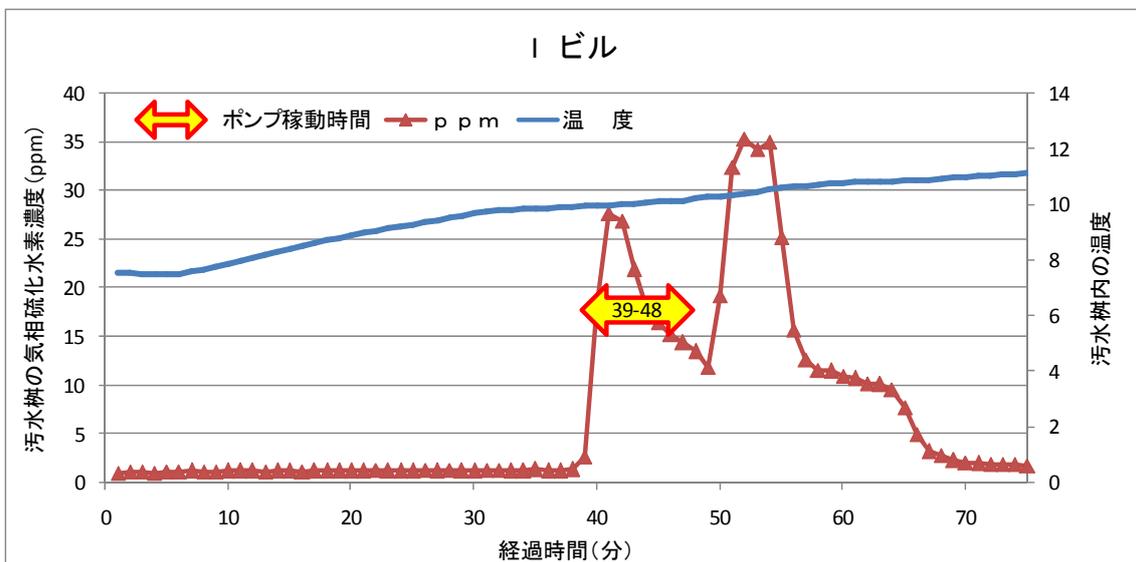


図-8.39 汚水桝の気相中硫化水素濃度と汚水桝内の湿度の関係（Iビル・2回目）

汚水桝内の温度は、手動によるポンプ強制排水後、急激な変動はないものの、緩やかに変動する傾向があると考えられた。

しかしながら、ポンプ排水による温度変化であると明確に言えるほどの関連性は薄く、夏季等の高温時には差が出にくいとも考えられることから、温度のみで排水タイミングを見極めることは困難であると考えられた。

8.4 気圧計を利用した発生源特定手法

汚水樹の気相中硫化水素濃度と汚水樹内の気圧・湿度・温度の関係を調査した結果、ポンプ排水により汚水樹内の気圧や湿度に変化が現れることが分かった。ここでは、この現象を活用した発生源特定手法について述べる。

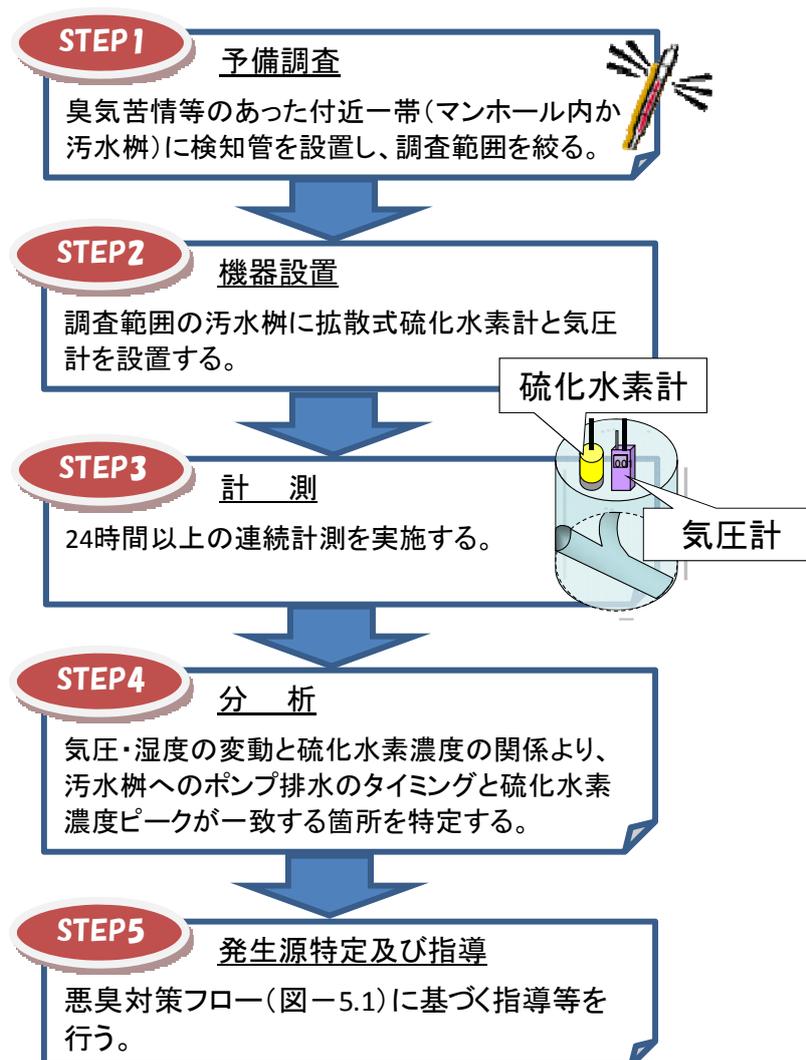
(1) 発生源特定手法の概要と調査フロー

。従来の発生源特定は、硫化水素用検知管や拡散式硫化水素計をマンホールや汚水樹に設置し、硫化水素濃度が高く検知された箇所付近のビルピットを発生源候補として抽出するものであった。

しかしながら、硫化水素はガス体であることから、下水道管きよを通じて広い範囲に拡散する傾向にあり、抽出するには多くの箇所の硫化水素データの収集と比較作業が必要となる。このため、発生源を特定するには多くの時間と労力を必要とする。また、同様の理由により、硫化水素濃度だけではビルピット排水との因果関係が証明しきれないため、問題のあるビルピットを特定する材料としては不十分であった。

本手法は、気圧計を使用することで、汚水樹へのピット排水のタイミングと硫化水素濃度のピークが一致することを証明し、発生源を容易に特定するものである。

調査のフローは、次に示すとおりである。



(3) 発生源特定調査の手順と内容

① 予備調査

悪臭苦情のあった付近一帯（マンホール内 or 汚水桝）に簡易に硫化水素濃度が計測できる検知管を設置・計測するとともに、地階の有無やビルピット構造・運転手法等の既存情報を元に、発生源となりうるビルを選定する。

② 機器設置

①で選定したビルのビルピット排水が流入する汚水桝に、拡散式硫化水素計と気圧計を設置する。

この際、使用する計測器に求められる仕様は、バッテリー式、高耐久性（高湿度、高濃度硫化水素、防水）、ポータブルサイズ、データロガー搭載等である。

硫化水素の計測にあたり、拡散式硫化水素計を用いる場合には、計測レンジが数種類あるので適切なものを選定する必要がある。なお、苦情時に問題となるのは高濃度の硫化水素であることから、250ppm や 500ppm 用のセンサーを用いることが望ましい。

③ 計測

設置した硫化水素計と気圧計は、最低でも1～2日の連続計測を行うことが望ましい。これは、ビルピットからの排水が自動制御で行われており、その排水タイミングの予測が困難なためである。また、時間帯により、ビルピットにおける下水の滞留時間が変化する（人の出入りが多い時間帯は頻繁に排水されることから貯留時間が短い）ことから、発生する硫化水素濃度も大きく変動することにもよる。

④ 分析

得られたデータは、硫化水素濃度の計測結果と気圧・湿度の計測結果を重ね合わせ、両者の変動のタイミングが一致する時刻があるかどうかを調べる。

なお、気圧及び湿度データは、気圧計のデータを用い、硫化水素濃度は拡散式硫化水素計データを用いて解析を行う。

気圧の変動量については、ポンプ排水前後の変動幅の絶対値が0.2hPa以上となる場合にポンプ排水があったとして判断することが適当と考えられるが、変動幅の絶対値が小さくても排水されている場合もあるため、湿度データも補完材料とする。

湿度は、ポンプ排水と同時に一旦急激に低下し、その後、排水前の湿度以上に上昇する傾向がある。汚水桝内は通常、密閉された状態であり、ポンプ排水の無い時間帯における湿度の時間的変動は少ないと考えられ、変動傾向は顕著になりやすい。しかしながら、梅雨期の高湿度期や常時下水が流入する汚水桝、汚水桝の蓋に穴がある場合には、傾向が確認しづらくなる場合があるので注意が必要である。

⑤ 発生源特定及び指導

④において分析したデータにより、硫化水素濃度、気圧、湿度の変動のタイミングが一致した汚水桝については、当該汚水桝で計測された硫化水素濃度が、そこに接続されるビルピットから排水された下水が原因で発生したものとほぼ断定される。これにより、発生源の特定を行い、悪臭対策フロー（図-5.1）に基づく指導等を行う。