

水位チップ

# Tough Level CHIP

タフレベルチップ

シリーズ製品案内

水位計をチップにする。

## 1. 製品案内

- 1.1 圧式チップ(タフレベルC)
- 1.2 ゲージ圧チップ(タフレベルG)
- 1.3 超音波チップ(タフレベルU)
- 1.4 比較仕様
- 1.5 水位計測精度へのこだわり
- 1.6 シリーズ展望(カメラ・ガス・水質チップ)

## 2. チップを使った実務

- 2.1 水位スクリーニング
- 2.2 流量計算と不明水調査
- 2.3 流域下水道接続点調査
- 2.4 CSO 合流式下水道越流調査
- 2.5 SSO 浸水(内水)調査および緊急避難管調査
- 2.6 事業排水調査(排出量・下水熱・施設溢水)

## 3. タフレベルの仲間

- 3.1 定置型 SG/SU タイプ (ゲージ圧式・超音波式)
- 3.2 ポンプ repo(水中ポンプ制御)
- 3.3 タフネット&セサミシリーズ  
(下水・河川・ため池クラウド監視)

 ペンタフ株式会社

## 水位計をチップにする。

水位計をチップにすると、すぐに水位計測を始めることができます。

チップは用途に合わせて3種類。数分で仮設でき、内臓電池で1分毎でも2年以上連続計測をします。

いずれのタイプも国土交通省『下水道管きょ等における水位観測を推進するための手引き(案)』が求める性能に準拠しています。

圧力チップ(タフレベルC)は、水圧と大気圧(絶対圧)を各々計測して、差圧から水位を計算します。ケーブルがないので、とにかく設置が簡単で、短時間で仮設することができるため、水位スクリーニングに最適です。

ゲージ圧チップ(タフレベルG)は、用途に応じて交換できる大気圧補正アタッチメントを本体に装着して、さまざまな場面の水位をFS±0.1%の高精度で計測します。

超音波チップ(タフレベルU)は約1mまでの低水位を、FS±0.1%の高精度で計測する、チップ形状の空中超音波水位計です。

空中設置なので圧力チップよりも設置が簡単で、維持管理がほとんどありません。

タフレベルチップは、販売、リース、レンタルのほか、計測データだけをお渡しするサブスクリプションサービスでも承っています。

マンホールステーションシリーズと組み合わせ、ビッグデータ収集・AI解析にも適応します。



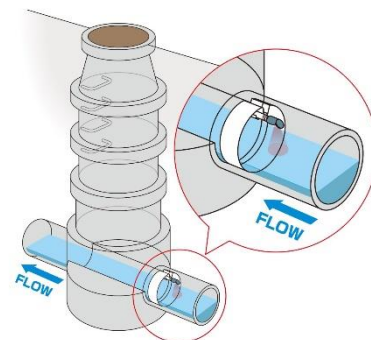
圧式チップ(タフレベルC)



圧力チップの内部構造



ゲージ圧チップ(タフレベルG)



超音波チップ(タフレベルU)

## 1. 製品案内

### 1.1 圧式チップ(タフレベルC)

#### (1) 簡易水位計として

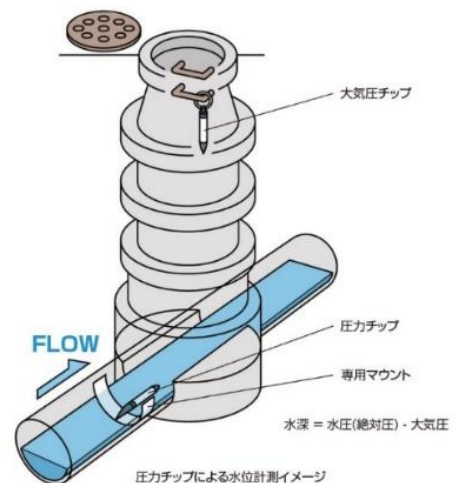
チップを水中に置くだけの、大気圧補正をしない方法では、簡易水位計になります。大気圧の変動は、通常 1013hpa±2%程度で、ありがちな台風時でも-5%程度です。これを水頭に直すと、通常 10m±2cm、台風時-5cm程度で、これが許容範囲であれば、1cm刻みの簡易水位計として使用することができます。



#### (2) 最強の水位スクリーニングツールとして

水圧チップと大気圧チップをN:1(又は少数)で組み合わせて、差圧から水位を計算する方法は、水位スクリーニングに最適です。チップ間の差圧誤差は、ゲージ圧(差圧)誤差よりも大きいですが、スクリーニングに必要なcm単位の精度は保持しています。大気圧チップは、水没やエアハンマーなどにより、内圧がかからない人孔内または大気開放された地上部に設置します。

1m以下の低水位でミリ単位の計測精度を実現するために、独自の2点補正機能(実用新案)を持っています。

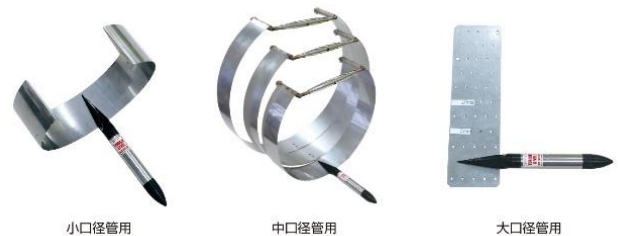


設置計測イメージ

#### (3) 冠水時でも水位計測ができます

圧力チップ最大の強みは、絶対圧計測なので人孔から水が溢れるような状態でも計測できることです。

浸水履歴のある下水ラインの水位調査に、ぜひご利用ください。



圧力チップと各種マウント

## 1.2 ゲージ圧チップ(タフレベルG)

### (1) 多用途・高性能水位計として

Gタイプ最大の特徴は、用途に合わせて大気圧補正アタッチメントを選択し、チップに装着できることです。

水位検出精度は、ゲージ圧計測(水压と大気圧との差圧)により、FS±0.1%を有します。

圧力チップと同じく、10mスパンでも低水位計測時用に、独自の2点補正機能(実用新案)でミリ単位の計測精度を実現しています。

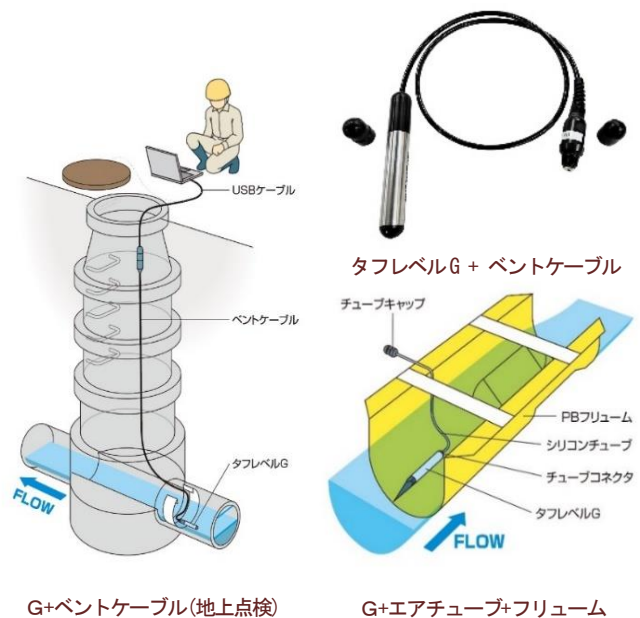


タフレベルG

### (2) ベントケーブルアタッチメント

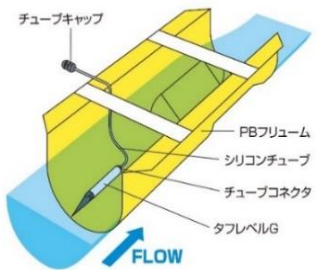
大気圧補正ベントを内蔵したケーブル式で、投げ込み式水位計相当になります。

人孔などの地下埋設施設の水位計測では、ベントケーブルを地上付近まで立ち上げて、通気防水コネクタ経由で、地上からチップの設定、計測値確認、データ収集をすることができます。



G+ベントケーブル(地上点検)

タフレベルG + ベントケーブル



G+エアチューブ+フリウム

### (3) エアチューブアタッチメント

せきやフリウム用の水位計測用で、通気・防水キャップが付属しています。

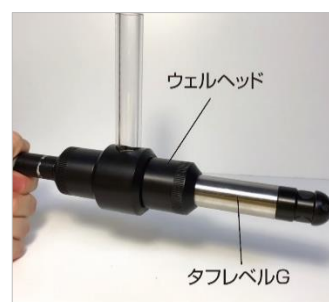
### (4) ウェルヘッドアタッチメント

人孔内や擁壁・法面から、地下水位を計測するために開発されました。

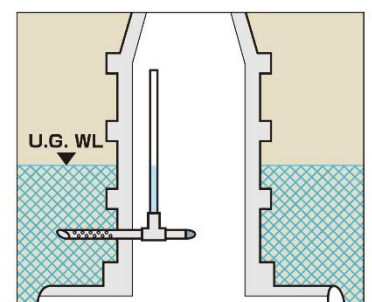
### (5) スペーサーアタッチメント

側溝・水路・貯水池等の水位計として開発されました。

スペーサー(継ぎ足しパイプ)自体が水位計を構成するので、設置が簡単です。



G+ウェルヘッド



地下水位計測(G+ウェルヘッド)



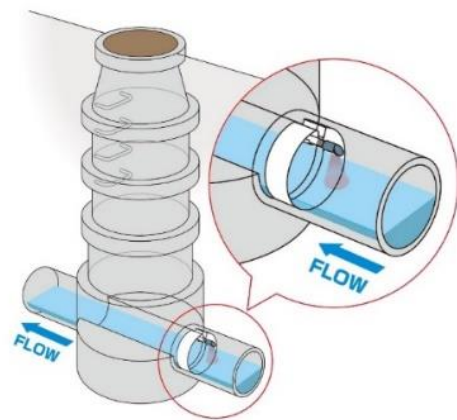
アタッチメント水路計測

### 1.3 超音波チップ(タフレベルU)

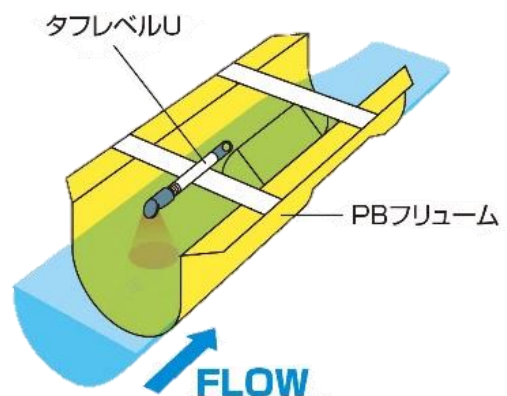
- (1) チップになった空中超音波式水位計  
ケーブルのない電池電源で、専用マウントを介してワンタッチで設置でき、1分毎でも2年以上、連続計測することができます。  
圧力・ゲージ圧チップでは不可能な、ゼロ水位からの計測が可能で、空中センサなので汚損し難く、ほとんど維持管理が不要です。  
65cmと1mの2スパン切り替え式(不感域6cm)、計測精度は滑らかな水面であれば、平均±1mm、最大±2mm以下です。
- (2) 管内水位計に最適です  
反射板アタッチメントと専用マウントを管内頂部にに取り付けて、φ250～φ1000mm管の流下水位を計測します。管頂側不感域は約3cmで、ほぼ管内頂付近までの水位を計測することができます。
- (3) せき・フリューム用の簡易流量計として  
各種せきやフリュームに対応する専用アタッチメントで固定して、予めオフセットを設定しておけば、現場調整なしで、せき・フリュームの簡易水位(流量)計になります。  
流量は、オフセット調整後の水位から、JISほかの水位-流量式を使用して計算します。



タフレベルU



タフレベルUの管内設置イメージ



タフレベルUのPBフリューム設置イメージ

## 1.4 比較仕様

	タフレベルC	タフレベルG	タフレベルU
水位検知センサ	絶対圧検知(ダイヤフラム式) 大気圧チップと水中チップとの 差圧から水位を計算	ゲージ圧検知(ダイヤフラム式) センサ内で大気圧を補正	空中超音波反射距離検知
装置構成	水位検出センサ、温度センサ、制御回路、フラッシュメモリ、 電源電池、通信端子、防水筐体、ノーズ or テールキャップ		
筐体材質	ステンレス鋼、デルリン樹脂他		焼結セラミック
計測範囲	0cm~10m 水位	G02 : 0cm~2m水位 G10 : 0cm~10m水位	0~590mm 水位 (60~650 mm) 0~940mm 水位 (60~1000 mm)
記録間隔	1 ~ 255 秒・1 ~ 255 分・1 ~ 255 時間可変		秒・分・時間可変(最大 4500 時間)
検出精度	最大±10mm/10m(平均±5mm)	G02 : 最大±2 mm/2m(平均±1mm) G10 : 最大±10mm/10m(平均±5mm)	標準±1mm、最大±2mm
分解能	±0.6mm		±1 mm
電源	リチウム1次電池		
電池寿命	1分(3分)間隔で約2年間(約6年間)連続計測が可能		
使用許容温度	-20~80°C		
フラッシュメモリ	128,000 レコード 1分(3分)間隔で88日(264日)記録(消去可能)		1,000,000 レコード 1分間隔で694日記録(消去可能)
通信規格	USB、RS232		USB、RS485、Modbus
通信速度	128,000 レコード/6分(21,333 レコード/分)		100,000 レコード/分
外形寸法	φ22.5mm × 163mm	φ22.5mm × 136mm	φ18.5 × 150mm
重量	約 200 g	約 160 g	約 100g

### 1.5 水位計測精度へのこだわり

#### (1) 国が求める水位計測精度

必要精度は、『下水道管きよ等における水位等観測を推進するための手引き（案）』平成28年4月 国土交通省水管理・国土保全局 下水道部「P33」には、下水道管きよ内等に設置する水位計の統一規格案として、目安としてFS±0.5%が、示されています。

#### (2) 分解能

スクリーニングで求められる水位の分解能は±1cm程度ですが、小口径管の水位計測では、ミリ単位の分解能を求められることが多いので、圧力・ゲージ圧チップは0.6mm、超音波チップは±1mmの分解能を有します。

#### (3) 圧力チップの差圧誤差

圧力チップは、水中チップと大気圧チップとの差圧から水位を計算するため、水位計測精度は合成誤差になります。

実証試験に拠る合成誤差 $\sqrt{(10^2+20.4^2)} = R.S \pm 22.7mm$ は10mFSの0.2%で、目安であるFS±0.5%を満足しています。

#### (4) Cタイプの水平距離誤差

水位スクリーニングでは、大気圧チップと絶対圧チップを1:Nに配置するため、チップ間の水平・垂直距離による誤差を生じます。

実証試験の約803m間の水平間の大気圧差は、器差補正および現場オフセット後の値として、最大6mm平均1.9mm(大気圧等高線勾配と風速揺れ依存)で、合成誤差は $\sqrt{(10^2+20.42+62)} = 23.4mm$ で、目安であるFS±0.5%を満足しています。

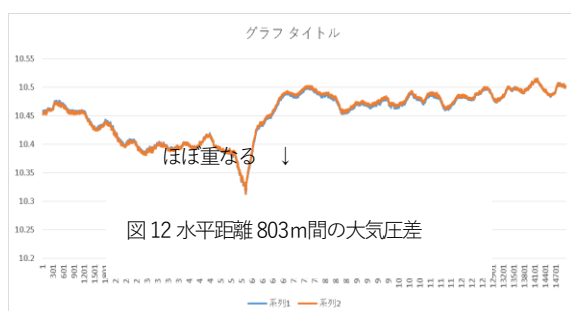
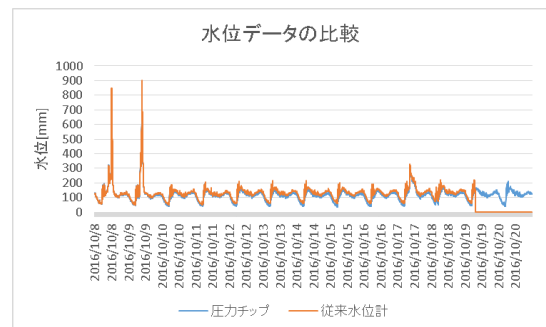


図 12 水平距離 803m間の大気圧差

水平間の大気差圧

#### (5) 圧力チップとゲージ圧チップの精度比較

各チップ(FS精度±0.1%/2m)の計測水位差は、平均±1cm程度で、スクリーニングレベルの精度を満たしています。(1)の手引きにもほとんど差がないことが記載されています。



圧力・ゲージ圧チップの収集データ比較

#### (6) 圧力チップの高低差誤差

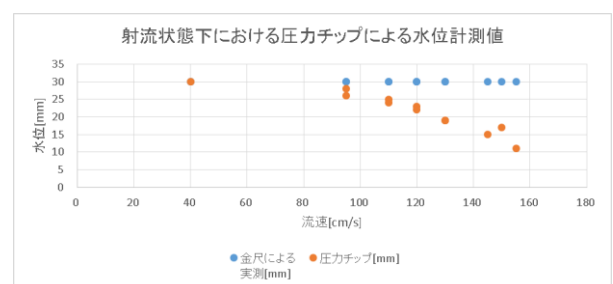
大気圧チップと絶対圧チップの高低差による計測誤差は、地上付近で高低差1m当り約1.27mmですが、実際は実測水位でオフセットするので無視できる範囲です。

高度差影響が懸念される時は大気圧チップの個数を適宜増やして対応します。

#### (7) 圧力・ゲージ圧チップの動圧影響誤差

流速がある場所で水位を計測するばあい、動圧の影響を受けます。

実証試験と調査実績から、動圧誤差はプローブ付近の低水位を除き、実測水位によるオフセット調整により無視できる範囲ですが、低水位・高流速の射流状態では、計測誤差が大きく実用に耐えません。

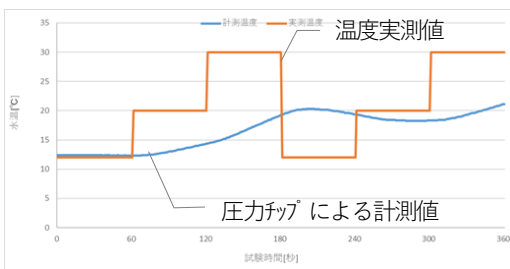


射流状態下の水位計測値

(8) 温度影響誤差

圧力・ゲージ圧チップは水温、超音波チップは気温を内蔵の温度センサで計測して水位を補正します。

一般的な生活排水のゆっくりとした温度変化には追従しますが、発生源に近い事業排水などの急激な温度変化や厳寒時には対応できないことがあります。



急激な温度変化による誤差

No	Date	時刻	温度	絶対圧
1	2018/8/22	9:00:00	26.062	10.305
2	2018/8/22	9:00:01	26	10.304
3	2018/8/22	9:01:01	25.938	10.307
4	2018/8/22	9:02:01	25.875	10.307
5	2018/8/22	9:03:01	25.875	10.309
6	2018/8/22	9:04:01	25.812	10.308
7	2018/8/22	9:05:01	25.75	10.316
8	2018/8/22	9:06:01	25.75	10.316
9	2018/8/22	9:07:01	25.688	10.316
10	2018/8/22	9:08:01	25.625	10.314
11	2018/8/22	9:09:01	25.625	10.315
12	2018/8/22	9:10:01	25.562	10.317
13	2018/8/22	9:11:01	25.562	10.317
14	2018/8/22	9:12:01	25.5	10.317
15	2018/8/22	9:13:01	25.5	10.317

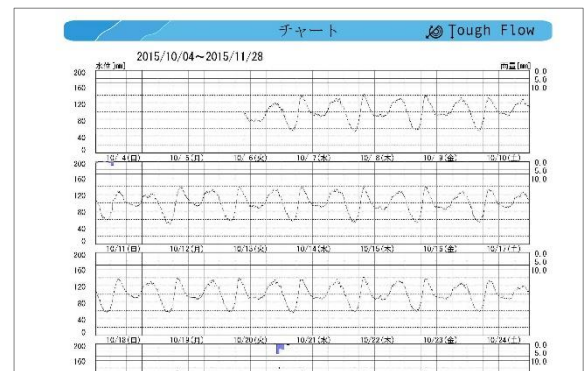
収集データ

(9) 精度管理

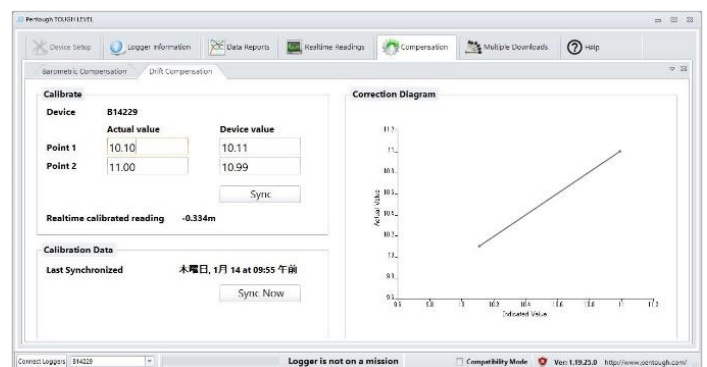
圧力チップは水圧・大気圧各々、ゲージ圧チップは差圧、超音波チップは超音波距離として、FS±0.1%精度を保持し、トレーサブルな標準器で厳密に検査・出荷されています。FS±0.1%精度は、10mスパンでは±1cm精度、2mスパンでは±2mm精度になります。

圧力・ゲージ圧チップは、低水位でmm単位の精度が必要な現場要求には、2点補正により対応が可能です。

圧力・ゲージ圧チップは、標準圧力または浸漬水槽の標準水位、超音波チップは反射板を使った0.1mm単位の標準距離により定期的に検査されます。



急激な温度変化による誤差



2点補正入力画面



## 1.6 シリーズ展望

### (1) カメラチップ

カメラチップそのものは現在、ボーリング孔内の壁面と水中を連続的に撮影する製品として販売しています。

さらにタフレベルGと連動させて、特定水位をトリガーにタイムラプスカメラチップを作動させるシステムを開発中です。

分水渠、雨水吐き、合流会所、ゲート施設などの簡易的な水位監視用として、たとえば通常水位では1日ごと、警戒水位では1時間ごと、危険水位では1分毎に出水現場を撮影・記録します。

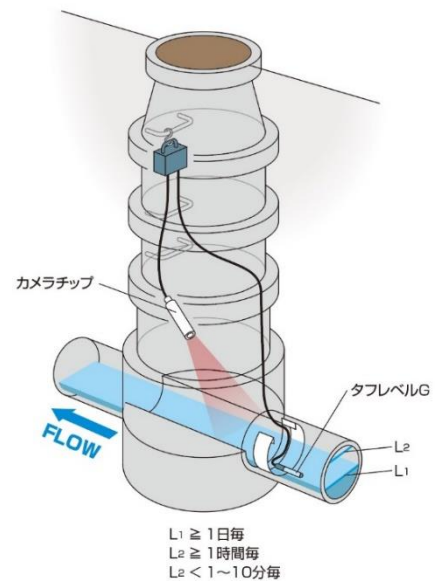
経済的なので遠隔監視システムの導入ための事前検討調査としても最適です。

### (2) ガス・水質チップ

硫化水素や電気伝導度については先行商品があるため、単体ではなくゲージ圧・超音波チップとの連動システムとして開発中です。



ボーリング孔確認用カメラチップ



高水位時タイムラプス撮影イメージ

## 2. 実務展開

### 2.1 水位スクリーニング

#### 2.1.1. 水位スクリーニングとは

スクリーニングとは「ふるい分け」のことで、管路施設を流下する汚水や雨水の水位を多測点で連続的に観測することにより、管路施設の機能不良と劣化<sup>1</sup>を、俯瞰的に判別するものです。

劣化による機能不良の増加、機能不良<sup>2</sup>による劣化の促進など、劣化と機能不良には相互因果関係があって、水位スクリーニングの結果から、不明水、CSO、SSO、雨水管理、下水熱利用などの様々な対策策定に展開してゆきます。

#### 2.1.2. 管路水位リスクアセスメント

「管路水位リスクアセスメント」は、管内水位を連続計測し、晴雨天時に満管(インバート高)を超えるかどうかをマトリクスで解析して、管路施設がもつ溢水リスクを俯瞰すると同時に、雨天時浸入水等の不明水発生の兆候を診断するものです。

水位だけの評価で、健康診断に相応しい、広範囲・多測点・迅速設置性能と経済性を有するため、予防保全管理に直結する定期調査に繋げることが期待されています。

##### (1) 調査方法

マンホール内に水位計測ロガー、建物屋上等に雨量計測ロガーまたは通信装置を仮設して、管内水位と降雨量を連続的に計測・記録します。

水位は系統ごと、雨量は5km 円ごとに1箇所程度を目安として、同時多測点で調査します。

水位計はCタイプを用い、マンホール内上流管内に仮設します。

雨量計は、転倒樹式雨量通信器(タフネットP雨量計)を用い、建物屋上等に仮設します。

##### (2) 評価方法

###### ① 基本的な考え方

リスクレベルの判定基準は、小口径管渠の計画最大汚水量に相当する半管(50%)水位と、溢水リスクが急に高まる満管水位以上とで区分される3段階とします

リスクレベル

晴天時リスクレベル			雨天時リスクレベル		
F II	満管 ≤ H		R II	満管 ≤ H	
F I	半管 ≤ H < 満管		R I	半管 ≤ H < 満管	
F 0	H < 半管		R 0	H < 半管	

###### ② 晴天時リスクのレベル判定

期間中の晴天時平均水位から計算される、時間最高水位を使用して、晴天時リスクレベルを評価します(F は晴天、O I IIはランクを示す)

F IIランク：満管 ≤ H (水位)  
水位が満管以上になる占有時間から、滞留(通水能力障害)等を判定します。

F Iランク：半管 ≤ H (水位) < 満管  
水位が半管以上になる占有時間から、通水能力等を判定します。

F 0ランク：H (水位) < 半管  
計画最大流量に達せず問題がない状態です。

<sup>1</sup> 管路施設の水密性不良、誤接、流下能力不足、計画外変化から生じる、不明水・溢水・滞留・汚損・堆積等の現象のことです。

<sup>2</sup> 全般的な老朽化、破損・クラックなどの物理的損傷、不陸・蛇行・勾配不良等の外的要因との相乗による不具合のことです。

③ 雨天時リスクのレベル判定

雨天時の時間最高水位から、同時間帯の晴天時平均水位を差し引いて、雨天時水位増加分を計算し、この値を晴天時平均水位の時間最高値に足したものを雨天時想定水位として、溢水リスク等を判定します(Rは雨天、O I IIはランクを示す)

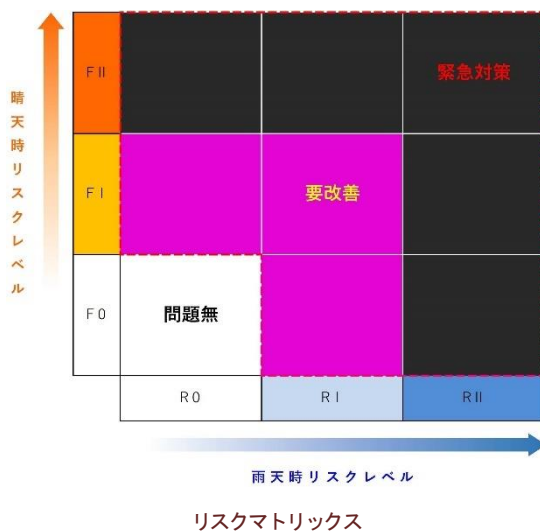
R IIランク：満管≦H（水位）  
水位が満管以上水位の占有時間から、滞留（通水能力障害）や雨天時浸入水に対する溢水耐力を判定します

R Iランク：半管≦H（水位）＜満管  
水位が半管以上水位の占有時間から、通水能力、雨天時浸入地下水の可能性、溢水リスク等を判定します

R Oランク：H（水位）＜半管  
計画最大流量に達しない問題がない状態です

④ リスクレベルのマトリックス評価

晴・雨天時のリスクレベルをマトリックスに統合する方法で、総合的なリスクレベルの分布傾向を全測点で評価します



(3) 評価手順

① データの日別分類

晴天日平均水位の計算や降雨日指定のために、全測定日を分類します

晴天日：前日を含め降雨影響がない晴天日

降雨日：降雨影響がある降雨日

影響日：降雨日翌日又は降雨影響がある降雨後日

欠測/特異値：計測開始日・終了日・計測異常等

解析結果に影響を及ぼすデータは除外されます

② 晴天日平均水位を計算します

調査期間を排水パターンの相違から、週日、土曜日、日曜日の3つに分類します

週日：月～金曜日（祝日を除く）の晴天日の時間平均水位

土曜日：土曜日（祝日を除く）の晴天日の時間平均水位

日曜日：日・祝日の晴天日の時間平均水位

週間：(週日×5、土曜日×1、日曜日×1)/7を週間の時間平均水位とします

$$\text{①} = \left[ \frac{\text{①週日} \times 5 + \text{②土曜日} \times 1 + \text{③日曜日} \times 1}{7} \right]$$

晴天時平均水位計算方法

③ 対象降雨日水位と晴天時平均水位の比較

解析対象降雨日<sup>3</sup>の雨量と水位データに晴天日の平均水位データを重ねてグラフにします

雨天時最高水位は1分値<sup>4</sup>を使用します

<sup>3</sup> 解析対象降雨は、月に1回程度の確率で降る理科年表の統計より、日降雨量30mm程度が望ましいですが、降雨特性は地域差があるため、適当な日降雨量を設定する必要があります。『理科年表 2019』参照

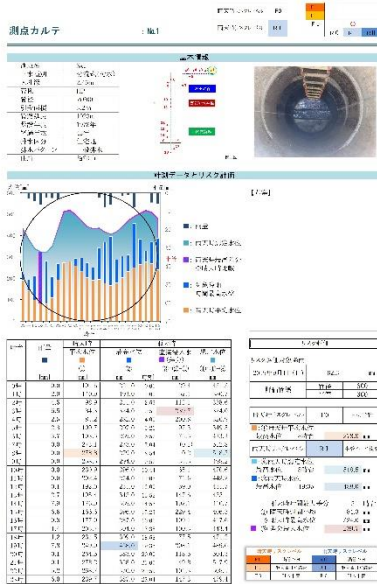
<sup>4</sup> 時間平均値では、降雨影響による水位上昇のピークが按分されるため、本来のリスクを見落としてしまう可能性があります。

(4) 測点毎のカルテ作成

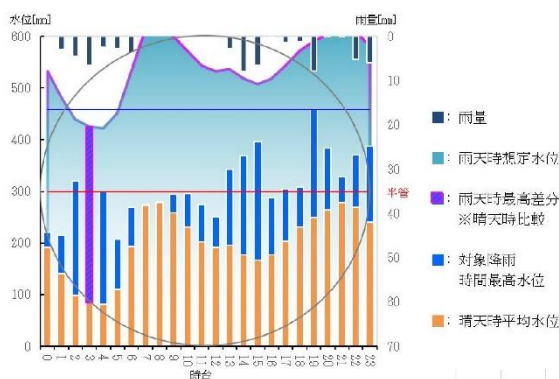
測点情報、晴天時と雨天時想定水位のリスクレベルを判定し、グラフに整理します。

雨天時リスクレベルの評価値である雨天時想定水位と晴天時平均水位の積み上げグラフを作成し、調査対象箇所の水位との管径比を示します。

晴天時平均水位のリスクレベル評価のほか、深夜帯の水位比率から常時浸入地下水の多寡を評価します。



測点カルテ

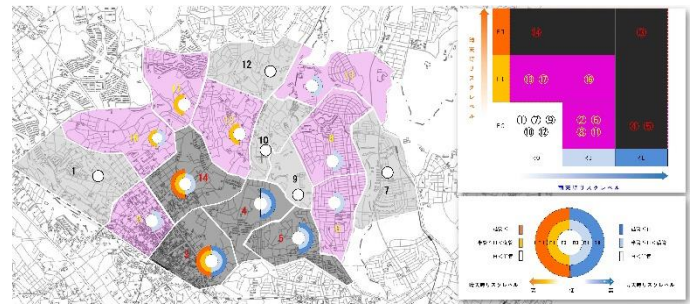


雨天時想定水位グラフ

(5) 管内水位リスクハザードマップ

① ハザードマップ作成

測点カルテの晴天時及び雨天時リスクレベルを指標化し、リスクレベルの傾向と位置情報を俯瞰できるハザードマップを作成します



管内水位リスクハザードマップ

② リスクレベル指標の説明

左側に晴天時リスクレベル、右側に雨天時リスクレベルを配置します

リスクレベルが高くなるにつれ、半円が外側に大きくなる方法で、リスクの傾向が見易く判断できます



### 2.1.3. アセットマネジメント(AM)との関係

#### (1) アセットマネジメント(AM)とは

AMとは、管路施設をストック(管路施設自体の資産価値)だけではなく、事業としての譲渡や貸与が可能な、管理技術のノウハウや各種サービスコンテンツを含んだ、総合的な証券的価値をもつ資産ととらえて管理することです。AMは、包括民間委託への展開など、事業としての譲渡や貸与の可能性を示す流通性が必要なため、システム化(AMSアセットマネジメントシステム)されています。

国際的な流通性と公共事業入札参加能力に不可欠な、AMSの国際標準品質認証であるISO55000シリーズが、下水道分野を中心に国交省主導で推進されおり、仙台市やリーディングカンパニー(日本水工設計、積水化学工業、日水コン、管清工業、水イング等)で、すでに導入されています。

AMSはメタ管理システム(システム自体を再帰評価して資産的価値を上げる経営的手法)なので、スクリーニングをはじめとするシステムコンテンツの仕様は、固定的なものではなく、経営目的に沿って逐次評価され、更新・改良されてゆきます。

水位スクリーニングは、下水道管路施設の資産価値の向上に資するAMSの診断技術であると、優れて認識されています。

#### (2) AMに不可欠なスクリーニング

予防保全(ヘルスケア)による、リスク管理(重篤になる前に問題個所を見つける)と、機会管理(良いものを無駄に直さない)に必要なスクリーニング(情報収集)は、アセットマネジメントにおける、パフォーマンス管理のコアです。スクリーニングの規模は、処理区、排水区、工業団地(悪水特定)、開発団地(施設移管)など、調査目的により変わります。

スクリーニングは、人に例えれば健康診断で、一定年齢に達した全ての管路施設が対象です。

健康診断と同じような経済性と迅速性を必要とし、精密検査・治療への経済合理的な展開性が求められます。

スクリーニングはまた、アセットマネジメントに不可欠な、定点観測(モニタリング・ベンチマーキング)計画に、合理的な根拠を与えます。

## 2.2 流量計算と不明水調査

### (1) 水位と流量は別もの

水位スクリーニングの結果から、流量を推定したいという相談を多く承ります。

水位スクリーニングの目的が不明水発生源の絞り込みであるばあい、削減浸水量の定量、すなわち流量の把握が必要になるためです。結論から言えば、定常流で等流に近い状態でもない限り、水位と流量との相関を求めることは困難です。

2.1.2 の水位リスクアセスメントでは、不明水の削減ではなく、溢水対策のための実情把握だけに焦点を当て、溢水の可能性が高い管路施設の改善の一環として不明水対策をとらえています。

水位から流量を把握する方法としては、マンニングの平均流速公式を利用する方法がありますが、代表粗度や計画勾配を当てて計算では後述のように3割以上誤差を生じる事があります。

マンニングの平均流速公式自体が等流(定型水路で流量が一定に保たれる流れ)を前提としているため、インバートを超える水位や、管径の9割水深を超えるような満管と非満管の水理的に不安定な流量では、水位から流量を推定することは本来困難で、それは流量計を使用したとしても同様です。

溢水時や浸水時など、管内滞留が発生する状況では、いかなる開水路流量計でも流量計測精度を確保できないため、流量や通水能力の定量は水位(水位差)情報からの間接計算にならざるを得ません。

溢水対策に必要な情報は、水位としての満管余裕率や、満管以上の水位変動であり、これらは流量情報よりも優先されます。

河川や大規模水路からの溢水・浸水対策では水位情報が優先され、流量は付随する水理解析から計算されることが多く、内水対策でも同様に水位観測がベースで、これが「水位主義」の所以です。

マンニング公式等の平均流速公式を利用すれば水位から流量を概算することは可能ですが、定量精度は良くありません。

圧力チップによる水位スクリーニングは、水位から問題個所を濃淡レベルで見つけだすための手法で、正確な水位観測とは次元を異にしますが、ほぼ等流状態であれば、マンニング公式を実測値で補正する方法により、概算レベルで水位から流量を計算することができます。

水位調査主体の業務：SSO 対策、雨水管理等の内水や浸水対策関連業務

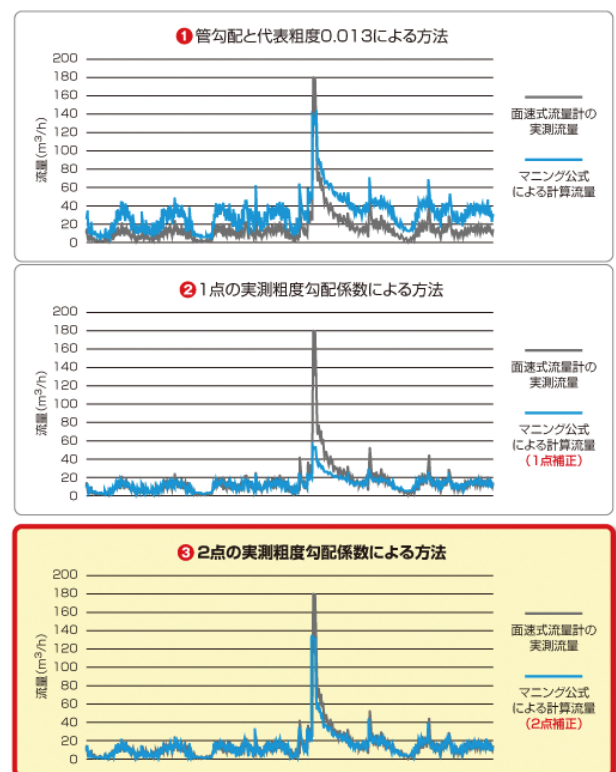
流量調査主体の業務：不明水対策、下水熱、CSO 負荷量調査(水位観測からの流量計算)、事業所排水負荷量調査

### (2) 水位から流量を概算する方法

大概算レベル：マンニング平均流速公式の代表粗度と計画勾配を使った水位・流量変換

概算レベル：実測した水位と平均流速でマンニング公式を補正する方法

定量レベル：流量観測精度を確保したいときは、開水路流量計を用いる。



弊社面速式流量計(精度±5%)との流量比較

弊社面速式流量計(精度±5%)との流量比較

## (3) マニング公式による水位・流量計算

水位データを、流量表の管径・管勾配（＝動水勾配）・粗度係数の代表値とマニング公式を利用して流量を計算します。

粗度係数の代表値や管路勾配は、厳密なものではなく、計測精度は目安レベルです。

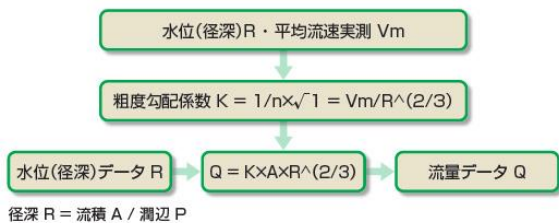
とくに微小流量や満管付近および満管以上の水位からの流量精度は期待できないので、簡易・目安・限定レベルで用います。

## (4) マニング公式を実測値で補正する方法

実測した水深と流速分布（平均流速）から、粗度勾配係数を計算し、マニング公式により流量に変換します。

代表粗度と計画管勾配を使った方法より流量精度が期待できます。

実測は頻度の高い時間帯や深夜（常時浸入水の定量精度が必要なケース）など、調査目的に合致する時間帯を選んでください。



水位-流量変換フロー

## (5) 開水路流量計を用いる方法

マニング公式（実測値補正）以上の精度を期待するとき、開水路流量計による流量調査を行います。

開水路流量計は、管径・流量・人孔内状況により、精度確保に適合する方式を選定します。



フリューム式・面速式流量計

## (6) 流量変換（観測）は全部ではなく必要なだけ

流量への変換は、管路水位リスクアセスメントで絞り込んだ、区域に限定することを推奨します。

## (7) 水位から計算される流量の実用精度

2年以上の知見をもとに、水位調査から得られた計算流量精度について述べます。

全般的な精度は、スクリーニングレベルにとどまり、これをもって不明水対策における定量評価や、合流改善における負荷量計算、流下水量の定量に用いることは困難です。

計測水位から流量計算を求められることは多く、簡易計算で精度に関する懸念をお伝えしてから計算を承っていますが、それでも流量計算値だけが独り歩きしがちなので、精度は出ないという事前了承を文書化できればと思っています。

試験水路の平均流速を異なる水位で実測し、粗度勾配係数を変数にした計算流量は、面速式流量計に近い精度を確保できますが、実際の下水管路では、さまざまな理由で精度を確保できないことを多く経験していることを、改めてお伝えしたいと思います。

## (8) 不明水対策

水位スクリーニングと管路水位リスクアセスメントによって、改善を示唆された区域やルートを中心に、不明水対策を行います。

詳細は、HP掲載の[「国のガイドラインから展開する雨天時浸入水対策」](#)をご覧ください。

## 2.3 流域下水道接続点調査

### (1) 流域接続点の水位スクリーニング

流域負担金に関わる調定水量は、流域関連公共下水道の管理上、悩ましく、資産管理上看過できない問題です。

流域下水道接続点は、処理区規模で数か所から数十か所あって、その形態は、

- ① 流量計設置箇所
- ② フリュームのみ設置箇所
- ③ 計測用人孔のみ設置箇所

など、さまざまです。

流域接続点の多い自治体では、流量計を全箇所に配置しているところは少なく、されているとしても諸事情により、流量検針量による調定水量決めはほとんど為されていないのが実情です。

接続点数の多い流域からは、処理場流入量不明水対策を兼ねて、実態を確認したいという要望が多かったが、経済的な理由で実施されてこなかった実情があります。

この問題解決には、全流域接続点を対象にした、Gタイプによる水位スクリーニングが有効です。

流域管理者より、水位スクリーニングとポンプ場排出量による、自治体単位の不明水コア管理で不明水削減を推進する、実務的な提案が為されています。

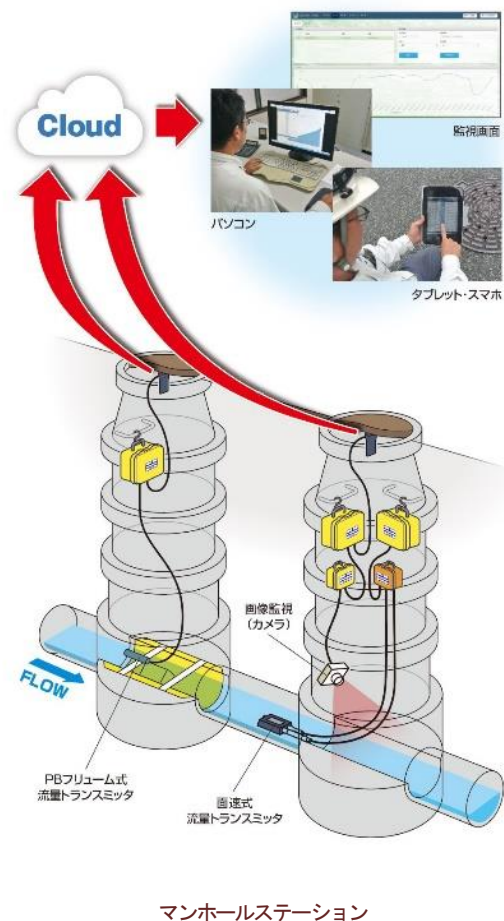
### (2) 流域接続点流量の定量方法

- ① 観測水位からの流量変換(マニング公式実測値補正)
- ② フリューム水位からの流量変換
- ③ 既存流量計データ利用(実測確認含む)
- ④ 開水路流量計による流量調査
- ⑤ 処理場・ポンプ場の揚水量データ利用

処理場付近の管内貯留エリアでは、流入流量の定量は不可能で、どのような方法を用いても定量精度は確保できません。測点を変更できないのであれば解析データから管内滞留期間を外します。

### (3) 流域接続点の定点モニタリング

水位スクリーニングの結果、不明水が多い接続点については、土木・電気工事が不要なマンホールステーションによる定点観測を推奨しています。





## 2.4 CSO 合流式下水道越流調査

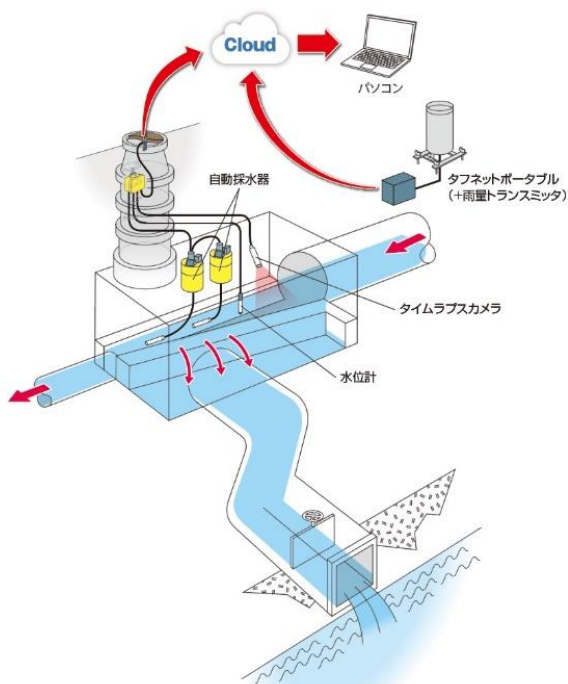
### (1) 残された課題

オイルボールの解消など、緊急対策事業としての CSO (合流式下水道雨天時越流) 対策は、目に見える形で顕著な成果を収めています。しかし依然として、雨水吐きからの放流の実態 (降雨強度と放流量・放流負荷量の、定量的な関係) は知られていません。

降雨初期負荷量調査も、手汲み採水による水質調査が主で、定量ベースの負荷量調査としては改善の余地があります。

放流 (越流) 負荷量定量システムとして、流入管と遮集管の差流量から流量を計測する流量計と、自動採水器の連動システムを納入した実績はありましたが、主に経済的理由で普及しませんでした。

この問題を解決するために、弊社では越流水位計測・越流時カメラ撮影と自動採水器を組み合わせた、タフネットリモート採水システムの開発を計画しています。



タフネットリモート採水システム

### (2) 水位スクリーニングによる越流量計測

CSO スクリーニングは、圧力チップによる水位スクリーニングを、雨水吐き放流量計測に応用したものです。

越流せき上流 2 か所 (流入渠および遮集渠付近) に圧力チップを仮設し、計測水位  $h$  の 2 か所平均と堰長  $B$  から、フォルヒハイマーの式 (水理公式集 発電編 横越流堰) を使用して流量を計算します。

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = 1.9018 \times B(\text{m}) \times h(\text{m})^3 / 2$$

JISK0102 の溢れ口への適用にある、フランシスの全幅堰公式 (係数 1.84) を適用しても、上式とは 3 ポイント程度しか変わらないので、スクリーニングレベルではどちらを適用するのも可です。

計測精度は、FS $\pm$ 10~20%程度だと推定します。L 字形せきなど、流量式の適用に問題があるケースもありますが、俯瞰・濃淡レベルの越流情報を得る目的には適合し、降雨初期負荷量調査の前段調査として位置づけることができます。



CSO スクリーニング (タフレベル C)

## 2.5 SSO 浸水(内水)調査および緊急避難管調査

### (1) SSO 浸水(内水)について

SSO(分流式下水道雨天時越流水)問題は、マンホール溢水やトイレの逆流、汚水処理場の雨天時過負荷などの現象により、多くの自治体や、被害住民によって広く認識されています。SSOは雨天時浸入水が根本原因ですが、溢水などの現象は、管路施設の流下能力不足と重なって生じることが多くあります。

2003年、下水道機構から『雨天時増水対策計画の手引き(案)』が発刊され、緊急対応としての実効性が高い管路施設の増強による溢水解消を中心とした対策が実施されてきました。

解析は、主要な下水管路2・3箇所で、流量を調査し雨天時浸入水を雨水とみなす方法で、流出解析モデルにあてはめる方法に拠っています。

対策は、主に施設増強(拡径・バイパス・貯留池・ポンプ増設等)シミュレーションにより流下能力不足による滞留溢水等を解消する方法に拠っています。

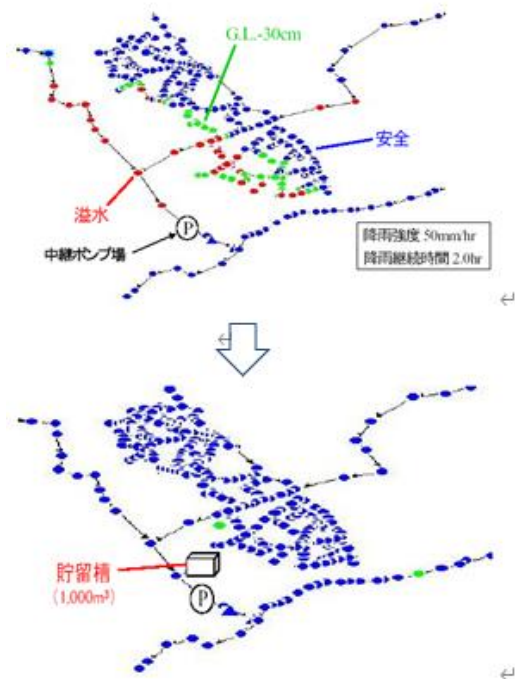
### (2) 水位スクリーニングによる内水調査

圧力チップを使った水位スクリーニングにより、溢水時も含めて、溢水人孔に連動するルート単位の水位変動を時系列で定量することができます。

合流や曲がりの影響など、実態に即した細かいパラメータ設定で、高度な流出解析にも適用できる可能性が高く、拡径・バイパス増設・ポンプ増設等の、施設増強後のパフォーマンス検証へも適用できます。

### (3) 流量スクリーニングによる流出解析

30か所以上の同時流量調査とコンサルタントの流出解析業務を組み合わせた施設増強提案により、顕著な浸水改善がみられた事例があります。



流出解析をもとにした施設増強

#### (4) 緊急避難管調査

緊急避難管対策では、簡易にはC/Gタイプを使った水位調査、正確には卵形フリームを使用した流量調査が有効です。

- ① C/Gタイプを緊急避難管と付近の既設污水管の2か所に仮設し、水位データから緊急避難管の使用実態を調べます
- ② 確認された未使用管は閉塞し、使用管は、使用頻度の軽減対策と下流ボトルネック解消対策を行い、事業効果を判定します
- ③ 軽減対策では、避難管流入口にL型管を接合して、越流水位を嵩上げし、使用回数が減るかどうかを確認します
- ④ 下流ボトルネック解消対策では、ボトルネックマンホールを特定した上の、污水管間同士のバイパス管設置に拠ります
- ⑤ バイパス工事と同時に、既設污水管、特定污水管、緊急避難管、放流先雨水管、ボトルネックマンホール、バイパス管の水位をGタイプで計測し、ボトルネックの軽減または解消が確認された時点で、緊急避難管の閉塞または嵩上げを実施します
- ⑥ 放流量を定量したいばあいは、吐出口用卵形フリームとG/Uタイプ使用します



緊急避難管（『朝日新聞ニュース』より）

## 2.6 事業排水調査(排出量・下水熱・施設溢水)

### (1) 事業所排出量調査

不明水の原因を追跡してゆく過程で、事業所排水を特定したい場合があります。

対応として簡単には、排出口人孔または排出口を挟む上下流2箇所の人孔に圧力チップを設置して、設置時の水位を実測してオフセットするだけで、水位の時系列変化から、排水の有無とおおよその流量の傾向（事業排水か生活排水か、バッチ排水か連続排水かなど）を知ることができます。

届出排出量と乖離があるときは、協議の上、流量を計測するか、取引証明用流量計を設置して、取引流量を適正化することを検討します。排水量取引では、JIS に適合する排水流量計の使用が義務付けられようとしています。

弊社では、これに適合する [JISFIT](#) シリーズを販売しています。



事業所排水流量計の設置現場  
(JISFIT シリーズ)

## (2) 下水熱調査

## ① 構想段階

熱源調査は、「採熱地点における既存の流量計測データの活用」や、「既存の流量データに基づく流量推計」など、実測以外の方法が主です。<sup>5</sup>

構想段階でも、可能であれば熱負荷量をスクリーニングができることが望まれます。

すでに推計されたデータや下水熱詳細ポテンシャルマップがある場合は、温度・水位スクリーニングによる FS 調査を兼ねた検証が有効です。

## ② FS(事業化)段階

Gタイプを使った水位スクリーニングが熱源調査に有効で、1分毎の計測水位と温度から、下水熱負荷量の分布を調査することができます。

水位データから流量計算を概算する方法は、2.2(3)からを参照してください。

細かい熱負荷量計測によって、降雨・融雪・大規模温浴施設影響など、下水熱利用の現場適合を判定します。

流量精度に厳密を期すばあいは、フリューム式や面速式の流量計を用います。

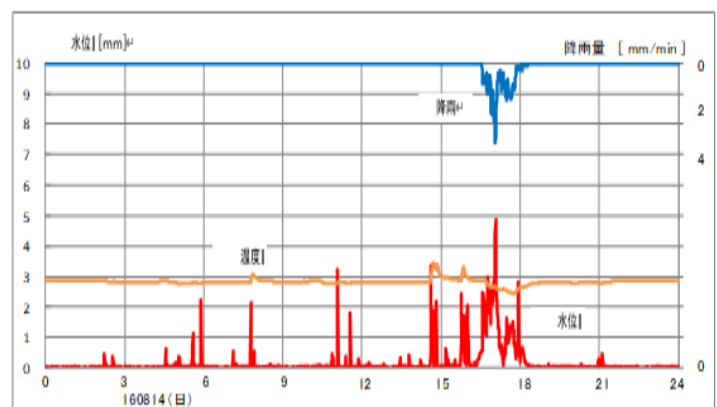
## (3) 施設溢水

施設内の出水事故原因の調査や予防のために、簡単には圧力チップを、溢水ルートの上流に複数設置する方法が有効です。

調査を待つことなく、改善が強く求められるばあいは、[タフネット](#)シリーズを利用した監視システムをお勧めします。



事業所排水流量計 (JISFIT シリーズ)



降雨量・温度・水位グラフ

<sup>5</sup> 『下水熱利用プロジェクト推進ガイドライン(案)』平成26年 国土交通省

### 3. タフレベルの仲間

#### 3.1 タフレベル SG/SU (定置型)

##### (1) 概要

商用電源ベースの定置型水位計です。10秒ごとに水位を検出し、1分平均値をSDカードに収録します。

水位検出方式の違いにより、SG(ゲージ圧式)とSU(空中超音波式)があります。

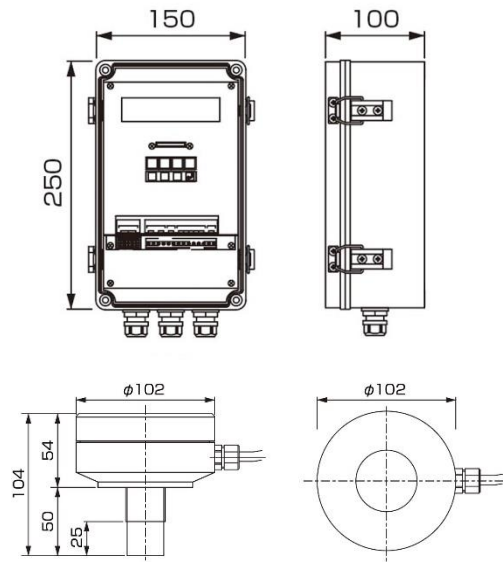
基本的な性能及び計測精度は、国交省『下水道管きよ等における水位観測を推進するための手引き(案)』が求める、運用性能に準拠しています。

タフネット+を、付加すればネット監視端末になります。詳細は[タフネットシリーズ製品案内](#)の、マンホールステーションをご覧ください。



##### (2) 本体仕様

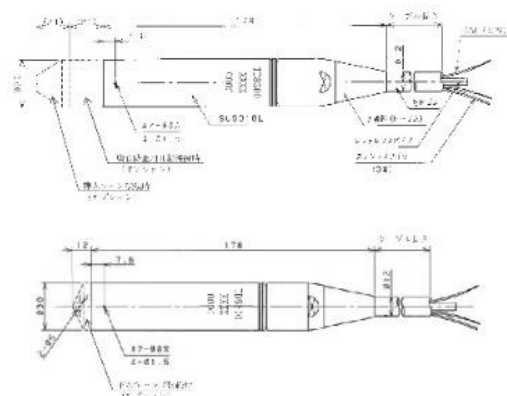
表示	16桁2行LCD巡回液晶表示
記録	SDカード CSV形式で収録
入力	水位検出器 ×1CH
出力	水位 4-20mA ×1CH 水位警報 接点 ×2CH
電源	商用 AC85~265V 消費電力 50W以下
筐体	ABS/ポリアポネ樹脂 壁掛型
重量	約2kg
付属品	SDカード データ出力ソフト



SUタイプ本体+水位検出器外形寸法

##### (3) 水位検知器仕様

	SGタイプ	SUタイプ
水位検知	投げ込み式水位計 ゲージ圧計測	単眼空中超音波式 時間距離計測
測定範囲	0~3m	0~1.8m不感域1cm
出力	4-20mA	
筐体	本体 SUS 送信部 保護等級 IP68	本体・送信部共 PVC 保護等級 IP68
ケーブル	2線式	6芯シールド
温度補正	内臓温度計による	
重量	約2.4kg 本体+ケーブル10m	約2kg 本体+ケーブル10m



SGタイプ水位検出器外形寸法

### 3.2 ポンプ repo (マンホールポンプ制御)

#### (1) 概要

ポンプ repo は、投げ込み式水位計で水位を監視しながら、設定水位によりポンプを稼働・停止させる装置で、マンホールポンプや真空圧下水人孔の水位制御用に開発されました。通信は携帯電話網を使用し、装置故障時の緊急対応は、別装備のフリクトスイッチで行います。

#### (2) 本体仕様

表示	7桁4行液晶表示 水位・通信状態・項目設定値
操作	4キー入力
入力	水位検出器×1CH ポンプ電流×2CH 接点×12CH
出力	水位 4-20mA×1CH 水位警報リレー B接5点+接1点
通信	携帯電話通信網を使用
記憶	バックアップ用 最大3日分
電源	AC100~240V (50/60Hz) 停電補償用外付電源 DC6V 3.4Ah
筐体	SPPC 製

#### (3) 水位検知器仕様

##### 3.1(3)SG タイプを参照



ポンプ repo 計装盤組込

### 3.3 タフネット&セサミシリーズ (下水・河川・ため池クラウド監視)

#### (1) マンホールステーション

マンホールステーションは、既存マンホールに、電気・土木工事なしで設置できる、クラウド水位遠隔監視システムです。

詳細は[タフネットシリーズ製品案内](#)の、マンホールステーションをご覧ください。

#### (2) 取引用の下水流量監視

流域接続点流量や事業排水流量を、取引用としての計測精度を求めるばあいは、水位計ではなく、取引用の開水路流量計であるタフフローJISFITまたはJISFIT-MSの使用を推奨しています。

詳細は[JISFITシリーズ製品案内](#)をご覧ください。

#### (3) 河川水位のクラウド監視

国交省指定の、危機管理型水位計に対応するクラウド監視水位計の性能を有しています。下水の水位計測と異なり異なる仕様は、観測間隔が10分単位であることで、商用電源ではなくソーラー電源で対応する点です。

詳細は、[タフネットシリーズ製品案内](#)の、クラウド型水位計をご覧ください。

#### (4) ため池のクラウド監視

ため池の水位監視も河川水位のクラウド監視と同様ですが、水位連動のカメラ監視が主になります。

詳細は、[タフネットシリーズ製品案内](#)の、ため池監視システムをご覧ください。

以上