仮設流量計を用いた現場測定の精度管理について

ペンタフ㈱　CEO 後藤

1.　目的に整合する計測方法

1.1.　合流改善

(1)　計測内容

1)　降雨時の合流管流下量の把握

2)　分水渠からの放流負荷量の実態把握

3)　事業の改善評価

(2)　計測対象と対応する計測方法

1)　合流管(中・大口径)を流下する降雨時の汚水量+雨水量

→面速式。フリューム式は計測範囲を超過する恐れがある

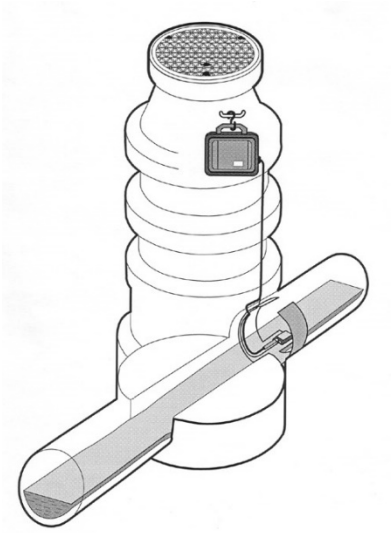


図 1 流量計測模式図（面速式）

2)　基礎データとしての晴天日汚水量

→微小流量で低水位時は、以下より現場条件に合わせて選択する

①　管径に比してサイズダウンしたフリューム式

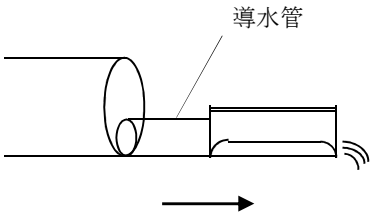


図 2 サイズダウンして計測した事例

© 2017 Pentough Corp.

ペンタフ㈱　CEO 後藤

② 測定範囲に適した形状とサイズのせき式(トレーサビリティが取れるなら、対象水路と流量計測範囲に合わせて、JIS にこだわらず各種せきから最適なものを選ぶ)

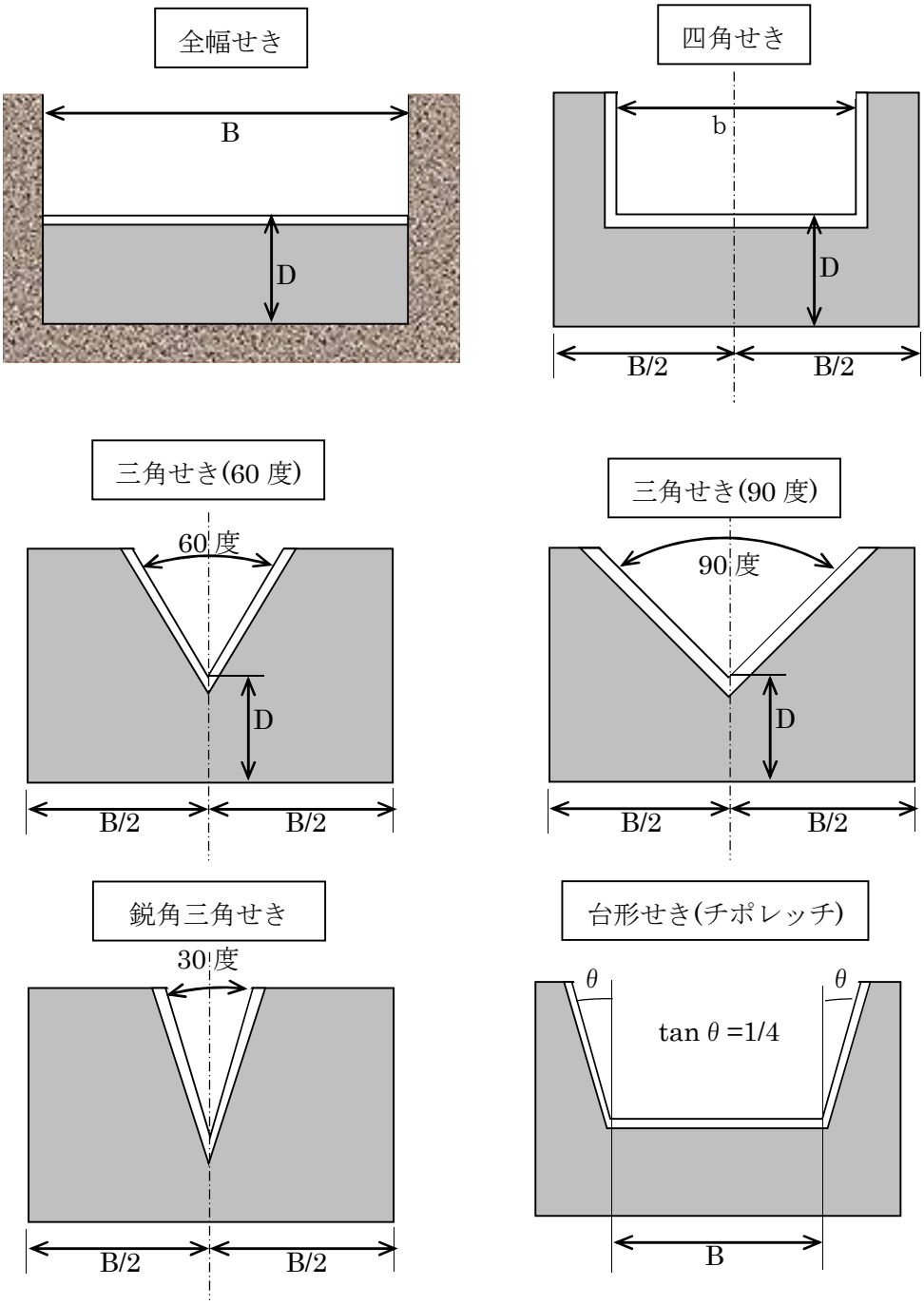


図 3 各種せきの模式図

© 2017 Pentough Corp.

③　下流にバッファを設けて水深を確保した面速式

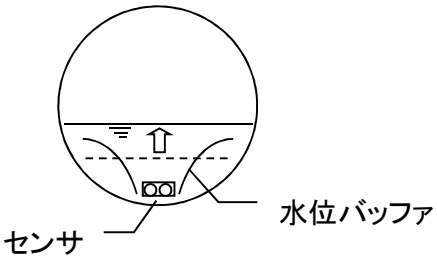


図 4 下流にバッファを設けた事例

© 2017 Pentough Corp.

3)　多量降雨時の分流渠からの放流量(面速式またはせき式から現場条件に合わせて選択する)

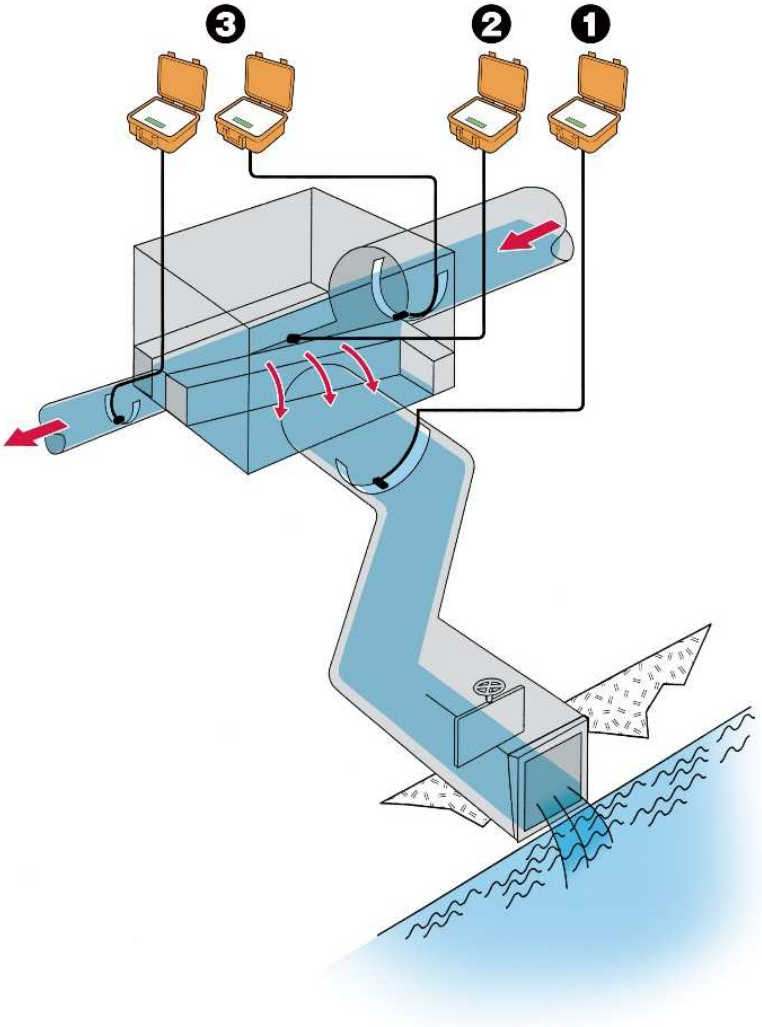


図 5 分水渠の流量計測方法

①面速式で放流渠流量を測る方法
②分水せきを利用してせき式で測る方法
④　流入渠と遮集渠 2 か所を面速式で測り差分流量を計算する方法

© 2017 Pentough Corp.

ペンタフ㈱　CEO 後藤

1.2.　浸水対策および雨水管理

(1)　計測内容

1)　浸水対策のための、降雨時の満管を超えるような水位と雨水流量の把握

2)　雨水流出解析ソフトによるシミュレーションに用いる原データの収集

3)　事業の改善評価

(2)　測定対象と計測方法

1)　雨水管(中・大口径)を流下する降雨時雨水流量と洪水時の満管を超えるような水位→面速式。水位は別途水位計を用いるか面速式流量計の水位検出器のスケールを変え満管超の水位を同時に測ることができるようにする

図 6　ボックス管に設置している例

2)　基礎データとしての晴天日汚水量主に直接計測法による。湧水流入等以外は通常ないので、静態調査かバッチ調査により把握する

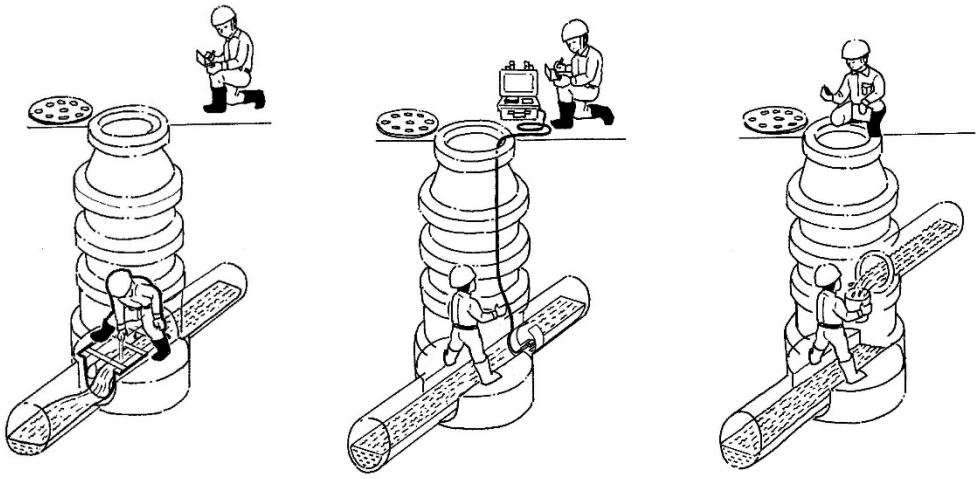


図 7 直接計測の 3 方式（左からフリューム式/面速式/容積・時間式）

© 2017 Pentough Corp.

1.3.　不明水対策

1.3.1.　不明水発生領域の絞り込み

(1)　計測内容

1)　不明水全般および雨天時浸入水の定量

2)　常時浸入水の定量および分布定量

3)　有収外汚水の定量

(2)　計測対象と計測方法

1)　分流管(主として中・小口径)を流下する主として豊水期の流量

①　小口径管はフリューム式

写真 8 フリューム式流量計の一例

②　中大口管は面速式

写真 9 面速式流量計測（左：中口径、右：大口径）

③　フリューム式および面速式に拠れないときは、流量規模に合うせき式を選択

写真 10 せき式流量計と人孔仮設用せき板の一例

© 2017 Pentough Corp.

④管径に比し流量規模が小さい時は、せき式・フリューム式またはバッファを設けた面速式から適宜、選択する

2)　分流管の事業排水・排水設備流量

①　1)と同様

②　公共桝における流量計測装置として、新しい方式の桝用フリュームとピンポイントの水深を計測できる水位計として、新型の触針式流量計が提案されている。ただし、適用できるインバート形状に制約があるので事前確認が必要である

図 11 桝用に開発されたフリュームと水位検出器

3)　分流管の水質・負荷量

①　温度や EC の分布調査による、不明水の分布調査が新技術として提案されている

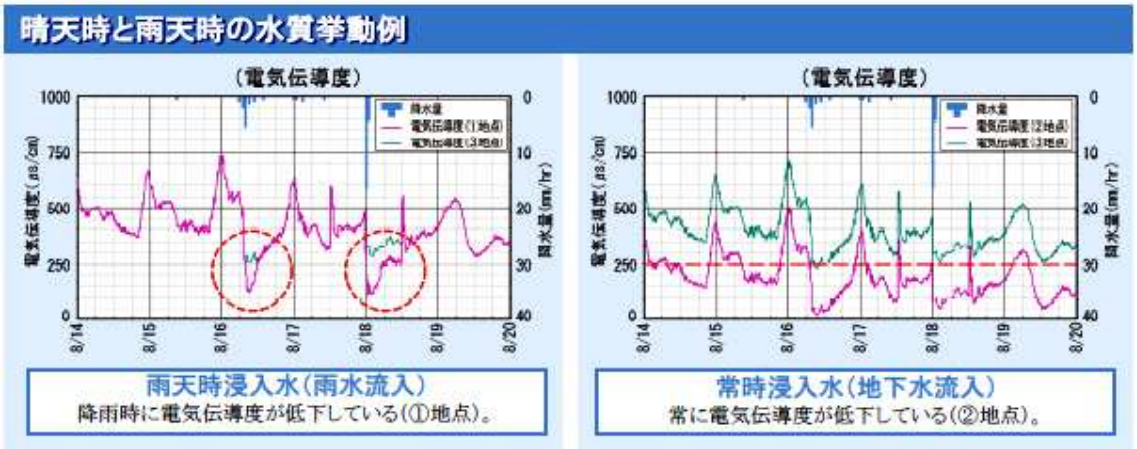
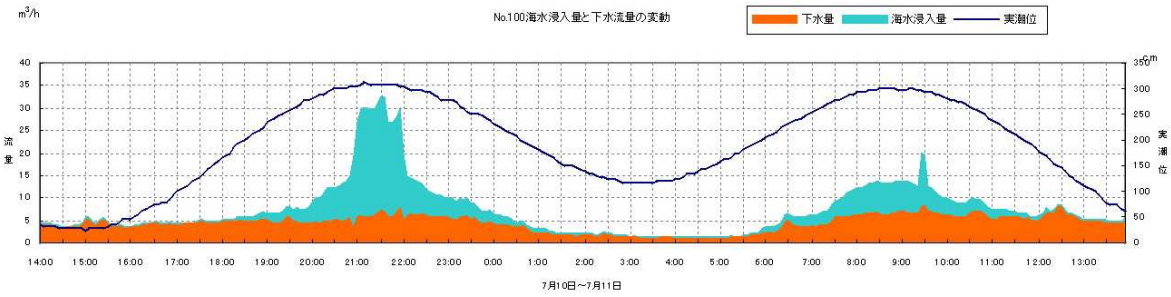


図 12 株式会社日水コン様 ホームページより

© 2017 Pentough Corp.

② EC 負荷量調査として、海水浸入水調査がある



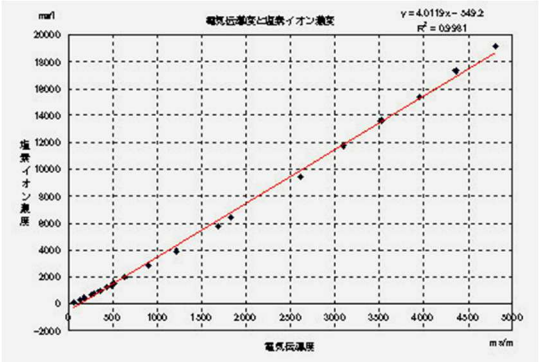


図 13 電気伝導度調査による海水浸入水の定量

4) 分流管の瞬時流量・負荷量調査
(常時浸入水など時系列変化の少ない不明水の静態・バッチ調査)
① 容積(重量)・時間法による直接計測
② 仮設せき・フリュームの流下水深の直接計測
③ 水深と流速分布を直接計測する方法
④ これらの直接計測値に EC 測定値を乗算した負荷量計測

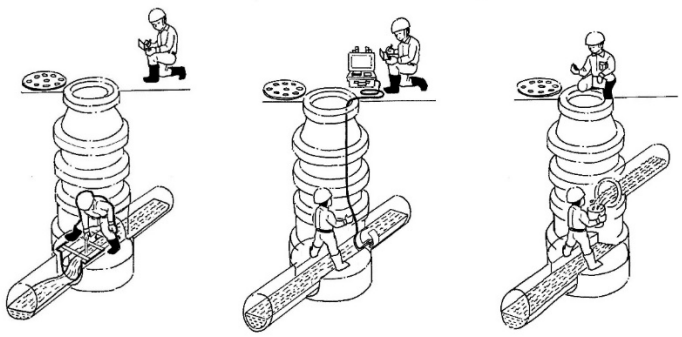


図 14 直接計測の 3 方式（左からフリューム式/面速式/容積・時間式）

© 2017 Pentough Corp.

ペンタフ㈱　CEO 後藤

1.3.2.　不明水削減効果の定量

(1)　計測内容

1)　1.3.1.で絞り込まれた地区や施設の、対策に伴う不明水削減効果の定量

(2)　計測対象と計測方法

1)　計測対象と計測内容は、　1.3.1.と同じ

2)　対策の規模や内容により、調査期間は対策工事前後、または工事前後+工事中になる

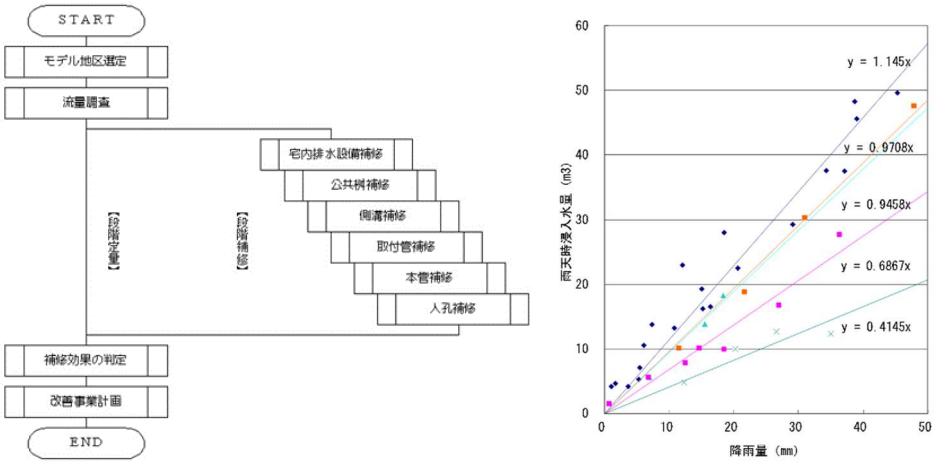


図 15 段階補修定量のフローと結果(模式図は団地下流で計測しているもの)

図 16 常時浸入水削減事例（左：施工前、右：施工後）

1.3.3.　雨天時増水対策

(1)　計測内容

1)　多量降雨・高強度降雨時の分流管流量。さらに溢水発生時や処理場・ポンプ場過負荷時の流量が含まれることが望ましい

①雨天時増水対策は、分流式下水の溢水対策であり、雨天時浸入水を含む雨天時下水量を雨水量に見立て以外、計測内容は、1.2.の溢水対策と同様である

②不明水削減ではなく、下水道施設の増強に資する流量データの収集が主目的であるため、降雨強度や１降雨グループに対応する増加流量の定量が必要である

© 2017 Pentough Corp.

(2) 計測対象と計測方法

1) 多量降雨・高強度降雨時の分流管流量

①面速式が基本。ただし計測範囲がフリューム・せき式の範囲であれば、この限りではない

写真 17 中口径面速式で流量が多い状態

2) 溢水発生時や処理場・ポンプ場過負荷時の内水位

① 洪水時水位計測

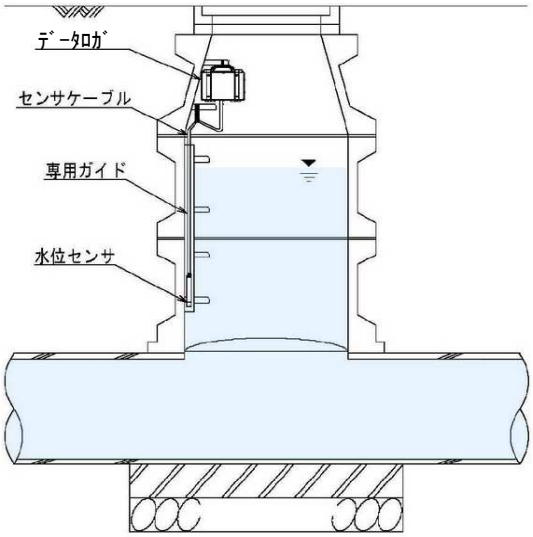


図 18 水位計測模式図（洪水時用）

© 2017 Pentough Corp.

ペンタフ㈱　CEO 後藤

2.　現場調査の測定精度

- 現場調査における測定精度は、計測器精度と現場仮設精度が組み合わさったもの
- 計測器精度は、検定(較正)により確保される必要がある。計測器精度を測定精度の現場適用に当たっては、フルスケール精度を読み値(積算)精度と取り違えないようにし、測定範囲の計測精度を明らかにする必要がある
- 現場調査では消去法的に現場精度条件が厳しくても測点を決めなければならないことがあり、このようなケースでは現場精度の管理や計測データの補正が必要になる

3.　計測器の精度管理

(1)　検定

- 検定とは、基準校正器(装置)との比較(較正・校正)による合否判定のこと。精度の根拠は、国際または国家標準器とのトレーサビリティによる
- トレーサビリティとは、特定計量器として認証を受けた電磁流量計を基準校正器とした精度追跡が可能な一連の校正のこと。製造者または第三者機関より検定を受けた流量計は、試験成績書が貼付されるので調査報告に当たっては、これまたは、これに準ずる社内検査成績書を添付する
- トレーサビリティに拠れないときは、せき式やパーシャルフリューム式では JIS 規格を可能な範囲で適用し、水位検出精度または、水位・流速検出精度から、計測器の精度を推定し、現場精度確認票として調査報告に添付することが望ましい
- 面速式は、原理的にトレーサビリティや JIS 規格に拠ることが困難なため、水位計測から推定される流積計算精度と、流速検出器の精度と「河川砂防技術基準」の方法により推定される平均流速値により、計測精度を推定し、現場精度確認票として調査報告に添付することが望ましい

(2)　フルスケール流量精度の取り扱い

- 読み値精度(積算精度)をもった基準校正器との校正によるトレーサビリティのある流量計以外は、水位検出器または水位・流速検出器のフルスケール精度から計算されるフルスケール流量精度で示されることが多い
- 例を挙げると、フルスケール 100 ㎥/h・精度 FS±5%の流量計は、指示流量に関わらず誤差範囲は±5 ㎥/h なので、流量比率が小さくなるにつれて実際はそうでないにしろ、名目上、急激に相対精度が低下する

© 2017 Pentough Corp.

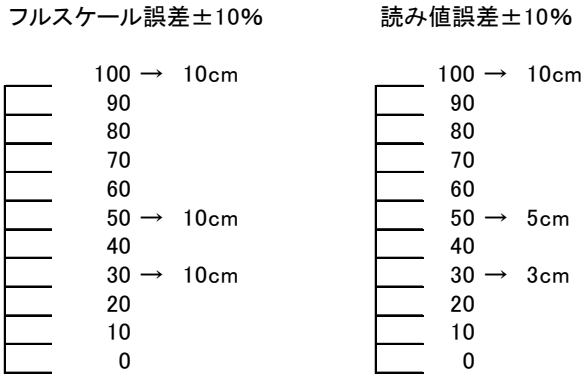


図 19　FS 精度と RS 精度の説明

- 流量計による、常時浸入水の定量や、合流管や雨水管の晴天時流量の定量精度が悪いケースでは、各調査に対応する平均的な流量比率時の読み値精度を確かめておいた方が良い

(3) 分解能、表示単位、有効桁数と計測精度の関係

- 分解能とはフルスケールをどこまで細かく分割してデジタル計測できるかという能力。細かいからと言って精度が高いこととは関係ない
- 表示単位は、様々な体積単位／時間単位の組み合わせたもので、これも細かいからと言って精度が高いこととは関係ない
- 指示計の表示やレポートにまとめる有効桁数は、精度 1%では３桁、5%では２桁である。細かくしても+１桁までに収める。いたずらに数字を並べて、精度高く解析されているように見せるのは間違いである

(4) 測定開始までの計測器精度管理の流れ

①製造者・第３者機関による検定：定期的な製品製造側の精度確認検査(試験成績票)

②社内定期検査：社内検査基準に基づく定期的な動作・精度チェック(社内検査記録)

② 計測前調整：計測前に行う簡易な動作・精度チェック(チェックリスト)

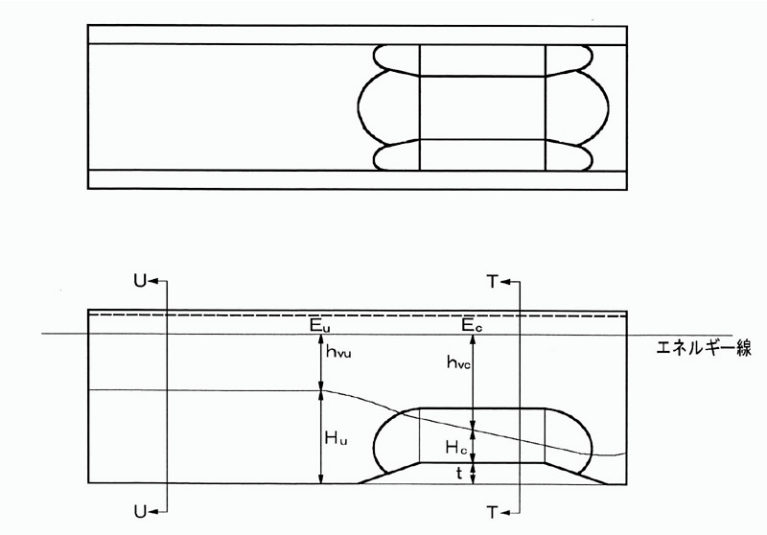
③ 現場オフセット調整および現場精度確認：現場設置時におこなう、指示値と実測値との整合調整(現場点検票もしくは現場精度確認票)

© 2017 Pentough Corp.

ペンタフ㈱　CEO 後藤

4.　計測方式と精度管理

(1)　フリューム式流量計



定義

①　速度水頭　$h_{vu}=\dfrac{V_u^{\,2}}{2g}$　　$h_{vc}=\dfrac{V_c^{\,2}}{2g}$

②　流量の連続性　$Q_u=Q_c$

③　限界流速　　$V_c=\sqrt{gH_c}$

④　開水路の比エネルギー　速度水頭＝流速、位置水頭＝水深＋鞍部高さ　圧力水頭＝0

計算手順

①　限界水深に適当な水深を仮定して、流量Q、限界速度水頭h_{vc}比エネルギーE_cを計算する

$Q_c=A_cV_c$　　$h_{vc}=\dfrac{V_c^{\,2}}{2g}=\dfrac{H_c}{2}$　　$E_c=h_{vc}+H_c+t$　　t:鞍部高さ

②　H_uを、$H_c+t+\alpha$　で適当に仮定して、流積と流量、速度水頭、比エネルギーを計算する

$A_u=f(H_u)$　　$V_u=\dfrac{Q_u}{A_u}$　　$h_{vu}=\dfrac{V_u^{\,2}}{2g}$　　$E_u=h_{vu}+H_u$

③　比エネルギーE_uとE_cとの差が、設定誤差の範囲の収まるよう、H_uを変化させて収束させ，水位－流量表にする

④　実験補正により、べき乗や多項式の相関回帰させることもある。
実験が困難な大口径フリュームは、水理の相似則に基づいて計算する

図 20　原理図と原理式

© 2017 Pentough Corp.

- 上流条件：フリューム計測点で常流かつ、水面形が滑らかで波立ちがないこと。合流、段差、曲り、急縮などが制約条件になる。人孔内径に比し大きなフリュームを無理に仮設すると、インバート上部で急拡が起こり水面形が乱れるため、精度が保持できないことがある

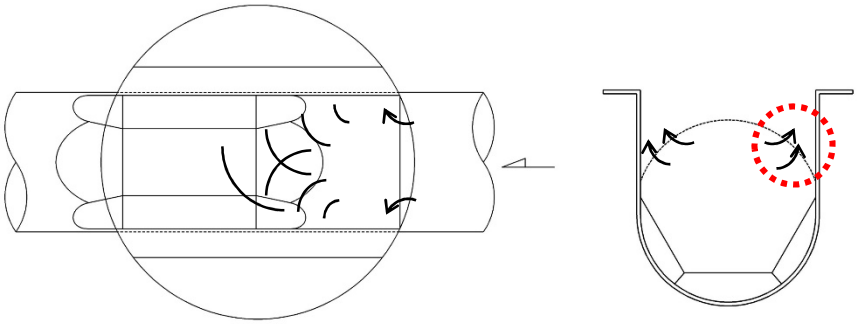


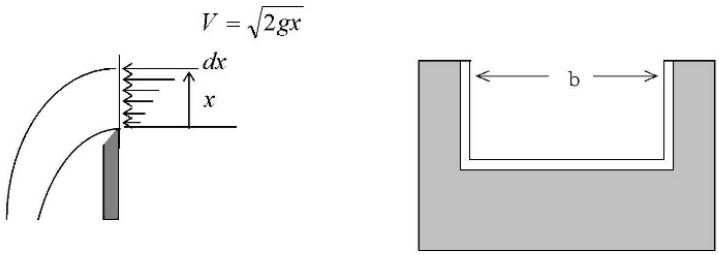
図 21　1 号人孔φ400 フリューム仮設および急拡部指摘図

- 下流側条件：フリューム出口で射流になっていること。
- フリュームの精度管理：水平設置、上流側水漏れ確認。上流側に堆積を生じる測点は避け、やむを得ない場合は超音波式水位検出器を用いる

写真 22 センサ付近に堆積を生じた事例

© 2017 Pentough Corp.

(2) せき式流量計



切り欠き幅bの任意の水深xの位置における微小水深をdxとすると、
微小流積はbdx、この部分を通る流速Vは、トリチェリーの法則から、

$V = \sqrt{2gx}$　　g : 重力の加速度

になり、せきを通過する流量は、次式になる。

$$Q = \int_0^h bdx\sqrt{2gx} \quad = b\sqrt{2g}\int_0^h \sqrt{x}dx \quad = \frac{2}{3}b\sqrt{2g}h^{2/3}$$

さらに接近流速や収縮影響の影響を流量計数cとして乗じると次式になる。

$$Q = \frac{2}{3}cb\sqrt{2g}h^{2/3} \qquad Q : 流量(m^3/\sec) \qquad h : 水深(m)$$

JIS B8302およびJISK0102に掲載されている式は、
計測範囲と設置条件を定めて、接近流速と収縮影響による誤差を補正している。

図 23　せきの模式図と流量計算式

- 適用：原則として、フリューム式や面速式に拠れない、複数流入箇所、射流流入箇所、流量の時間変動が大きすぎる小規模流入箇所等に用いる
- 上流側条件：JIS B8302 に準拠すれば整流版や矩形水路を必要とするが、マンホール内にせき板を設置するばあい不可能。上下流の直線水路条件の適用は不要。現実的な対応としては、波立たず、整流されたような流れになるようにする。そうならないときはバッファ板や副管を設けて越流部を上流側から押すような流れを緩和する。堆積物を生じる汚水は頻繁なメンテナンスを必要とする。切欠き付近の低水位では不完全ナップのために計測不良を起こすことがあるので通気を考慮する

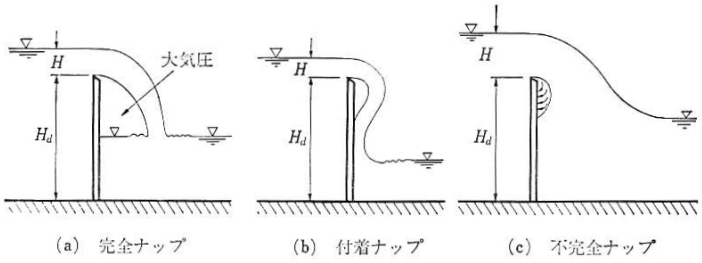


図 24　不完全ナップの事例（水理参考書より）

© 2017 Pentough Corp.

- 下流側条件：射流になることを満たせばよく、潜りせきにならぬよう下流水位とせきの切欠き下端との差が 15cm 以上あることが望ましい。
- せき設置条件：せき板の形状、垂直設置、切欠き深さ、側壁までの距離は JIS8302 で規定する範囲内とする　**資料 25（別紙）設置条件に関する説明**
- 水位計測点：原則は、常流から射流に向かう水面低下域を避けた上流側、かつ常流側の動水勾配の影響を受けない範囲で、目安はせき板上流 30cm 付近。現場制約があるときは、せき板の水面跡などから水面形を確認して、水面低下を無視できる付近より上流に計測点を設ける　**資料 26（別紙）計測点に関する JIS の説明**
- JIS 式の適用：原則、JIS B8302 を準用する。切欠き高さや切欠きから側壁までの長さはせき部分の長さで代用する。JIS K0094 の原理式を使用することも可能だが、調査目的に適う精度を確保できないことがあるので、両式を比較して適用を考える
- せき式は溜めることによって、三角・四角せきではさらに絞ることによって、重力の加速度だけの越流流速を作り出すという基本原理にたって、浅すぎる切欠きや壁面までの距離がない四角せきなどを使用しないこと

© 2017 Pentough Corp.

(3) 面速式流量計

・ 上下流条件：上下流の直線水路条件は次表を参照。これらの条件は、基本的には本設を想定したもので、仮設調査時に想定した測点が、これらの条件を満たさないことも多く、現実的な対応が迫られる

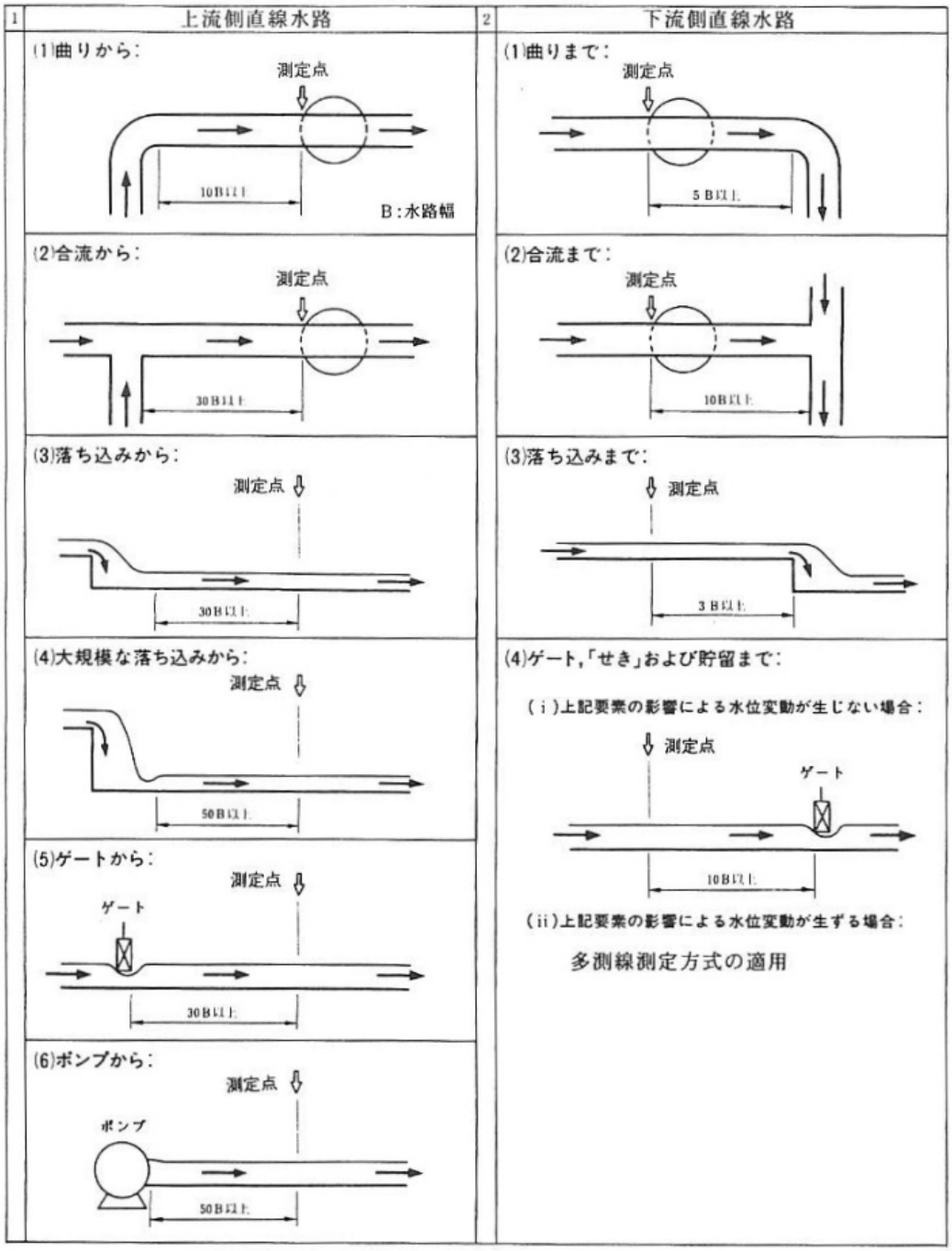


図 27 面速式流量計測の必要とする直線水路「流量計測 AtoZ 」P218 より

・ これらの直線水路条件は、仮設調査用としては目安で、開水路の場合、このような

© 2017 Pentough Corp.

条件を満たさなくても、水面形や流速分布を調べて、仮設するかどうかの判断をする。水深がほとんど同じなのに流速が変化したり、流芯が偏ったりする箇所は避ける。流芯が偏る測点しか選びようのない時は、流速の早い側と遅い側 2 か所に流速検出器を設置して、平均値をとるなどの工夫をする。大口径管測定において微量で水深が計測範囲に達しないケースでは水深確保のために下流側にバッファを設ける。このばあい下流直線水路条件は満たした方が良いが、管径比ではなくその時の水面幅比であることに留意。調査目的が微小流量計測ではなく欠測回避であるなら、この条件にこだわる必要はない

・　堆積条件：汚泥の堆積がある箇所は、できるだけ測点にしない。避けられないときは、堆積よりも上方に水位・流速検出器を設置し、汚泥面を管底と仮定した計測を行う。

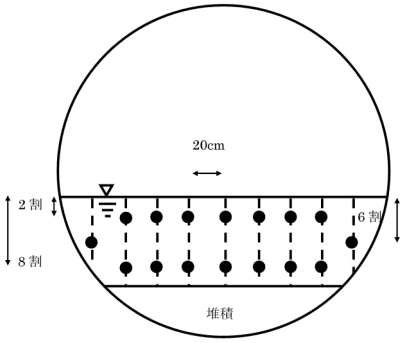


写真 28 堆積上に移動させたセンサ　図 29 堆積管路の流速分布

・　堆積の有無で、計測条件は変化するので、「河川砂防技術基準」に基づく流速分布調査で精度を確認しておくこと。堆積高さが変化する場合、程度にもよるが調査には不適である

5.　代表的な水位・流速検出方式と精度管理

(1)　超音波式の水位検出

写真 30 超音波センサ（左：1 眼式、右：2 眼式）

・　水位検出の原理は、水面に向けて発信した超音波が受信面に戻るまでの時間が距離

© 2017 Pentough Corp.

に比例することを利用したもの

- 強風や波立ち、スカム、途中障害物の影響、受発信面への水滴付着、受発信面からの測定不能域などの制約を受けて計測不能や誤差を生じるので、これらの制約を理解する
- 長時間スカムに覆われる水面計測は不可なので、圧力式を用いる
- 現場オフセットは、実測水深による方法と複数の疑似水深を使う方法があるが、信頼性は後者の方が高い

(2) 圧力式の水位検出

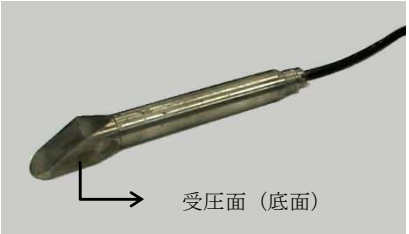


写真 31 圧力水位センサ(流水設置タイプ)

- 水位検出の原理は、ゲージ圧(静水圧と大気圧の差分)が水深に比例することを利用したもの
- 流水中にそのまま配置すると動圧の影響を受けて計測誤差を生じるので、静水圧に近づけるために、以下のさまざまな工夫がなされている。
- 観測井を使用する方法：連通管で水路と接続した観測井を設ける方法。汚水では連通管の詰りを起こしやすい

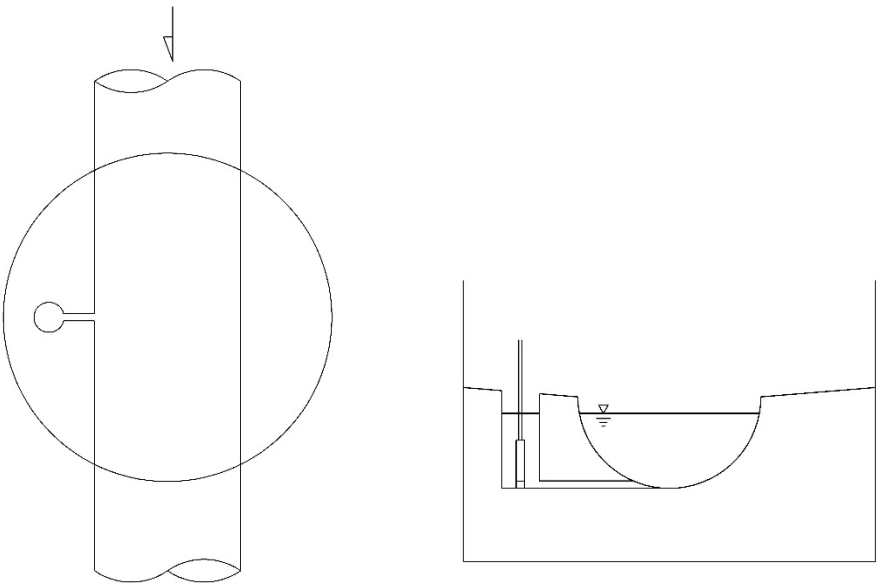


図 32 人孔内観測井の模式図

© 2017 Pentough Corp.

- 河床を利用する方法：河床の砂利中に受圧面を配置して動圧を回避する方法。下水汚泥では計測不能になるので不可
- 保護管を使用する方法：保護管を設けて動圧を緩和する方法：多孔保護管のなかに受圧面を配置して動圧を緩和する方法。動水圧が直接かかる部分を避けて穴を開けることが多い

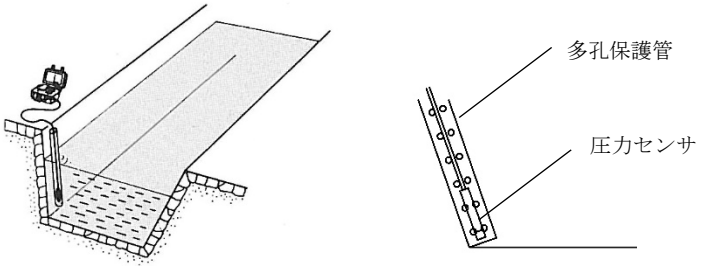


図 33 保護管使用イメージ

- 受圧面を移動する方法：動圧は流れに正対すると＋側、側面が流れをすり抜けると－側に働くことがあり、受圧部分を、動圧を受けにくい下方、後方、側方に設ける工夫がされている

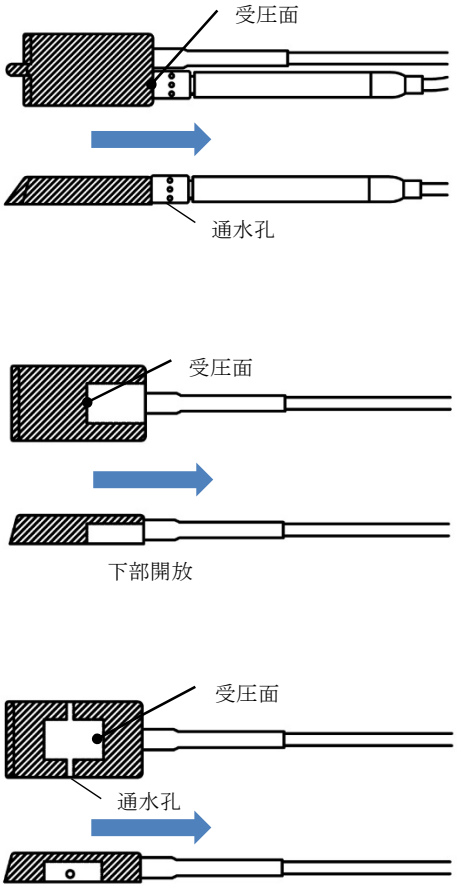


図 34 受圧面の移動

© 2017 Pentough Corp.

・　現場オフセットは、実測水深による方法と、物理的な受圧面高さと圧力計による校正とがあるが、現場では前者が実務的である。ただし、目印をつけて測定位置を一定にすることや、実測視差を小さくするため吃水の水面跡を実測するなどの工夫が必要

写真 35 チョークを塗った金尺による実測

(3) 超音波式の流速検出

写真 36 流速センサの一例

・　ドプラーの法則により受発信周波数の差分から特定位置の流速を検知する点流速検知方式から面流速検知方式に進化している。代表的なものとして、受発信波の位相差を利用して群として差分を抽出し、FFT 解析により流速群に変換し、流速分布と平均流速検出する方式などがある

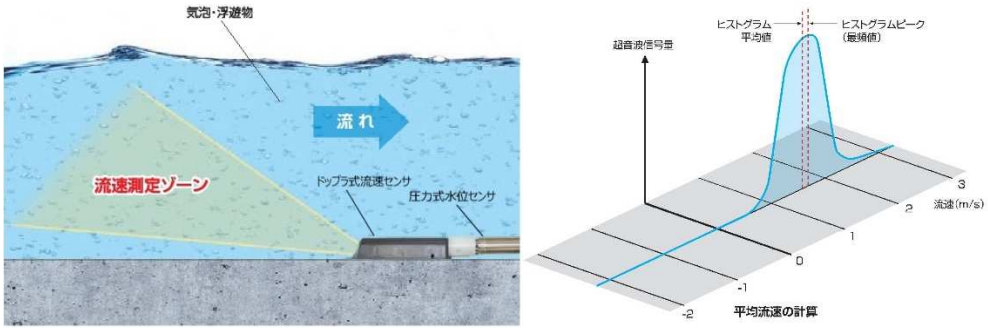


図 37 計測原理

・　水中の気泡や浮遊物に反射させるため、従来、清水計測には向いていないと言われ

© 2017 Pentough Corp.

たが、センサの感度や情報処理能力が著しく向上したため、清水のわずかな気泡にも反応して計測できるものが登場している

- 平均流速の現場オフセットは、実務上困難であるが、低水位かつ水面幅が長いケースなどでは「河川砂防技術基準」に則って複数測点の点流速測定値から計算した平均値で校正する
- 点流速については流速計の公的検定機関に準じる施設があり、検定は可能だが、面速式の流速計には対応していないというか、対応できないので、社内校正は基準校正器(トレーサビリティのある基準流量計)を使い、試験水路で基準流量と試験水位(流積)から平均流速を計算する方法による

写真 38 基準流量計による校正

(4) 電磁誘導式の流速検出

- 電磁誘導式はファラデーの法則を利用して、センサ周りの磁界を通過する水流の流速に比例して起電力が生じることを利用した流速検出方式
- センサにスケールが付着すると誤差を生じることがある
- 校正は公的検定機関による。現場校正は、水を張ったバケツに漬けて行うゼロ調整が一般的

© 2017 Pentough Corp.

ペンタフ㈱　CEO 後藤

6.　現場仮設の精度管理

(1)　計測に優先する安全

- 調査目的に合致する最適な測点であっても、高流速、高水深、低酸素、高濃度硫化水素・可燃ガス、異臭、足掛金物腐食など、安全管理に問題がある測点は、原則、対象にすることができない
- どうしても、その測点で計測する場合は、安全対策の詳細を予め明示し、周知徹底させること

(2)　現場仮設は応用問題

- 調査としての流量計の仮設と、本設による観測との違いは、測点の考え方にある。本設の場合は、観測目的に適う測点をつくることが基本であり、その過程で計測に支障をきたす制約条件を解消または緩和をする。これに対して仮設の場合は、現状の測点候補の中から、制約条件が少なく、より調査目的に適う測点を相対的に選ぶことが基本である。選択できる測点自体に制約があるときは、制約条件を緩和する現場の工夫が求められるが、それでも限られた選択肢から受ける制約を免れることは困難である
- 制約条件には、安全、計測可能範囲、水理・物理的障害、時期・時間的制約などがある。これらの制約の中で、どのように現場仮設流量計の計測精度を保持するかは、計測原理と現場状況を熟知した上での応用問題である
- 調査では、準備の現場踏査、据付、点検すべての作業をとおしても、これらの制約に気付かず、収集データの処理段階で分かることがある。複数測点のグループ調査では 1 測点のデータ不良により、全測点の再調査はあり得るが、実際は工期と費用の観点から、合理的な判断ができるのであれば補正することが実務に適う
- 現場仮設の精度管理は、制約条件がもたらす精度低下を、定量できないまでも有無と程度の定性をすることから始まる。定量的な精度管理は、点検データとの照合を出発点とした、合理的なデータ処理に委ねられる

© 2017 Pentough Corp.

(3) 測定流量規模と調査目的精度の確保

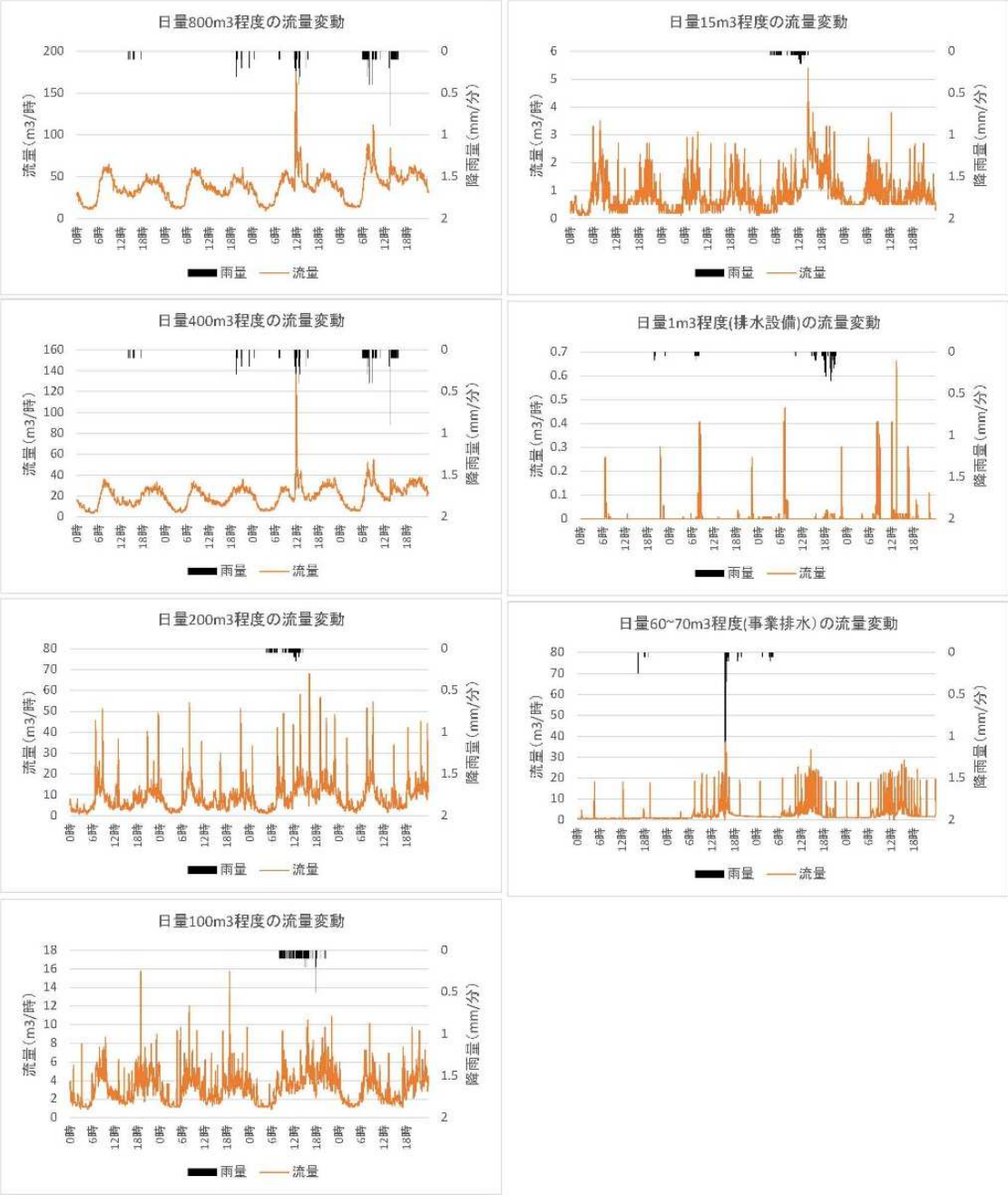


図 39 流量規模による流量パターンの比較

- 図は、様々な規模の流量パターン。定量そのものは、流量規模に関わらず可能。そのためにいろいろな計測方式が考案されている
- 雨天時浸入水量の定量では晴天時平均流量値を計算するが、流量規模が小さいほど雨天時の晴天時相当分と晴天時平均との間に、ばらつきを生じ誤差の原因になり易い。図では 100 ㎥/日未満のグラフにその傾向が見られる。このようなケースの精度

© 2017 © Pentough Corp.

確保の方法としては、
①管径などの施設規模ではなく流下量に合ったフリューム式やせき式流量計を選ぶ
②流量計に時定数(移動平均)調整機能があればそれを調整するか、データ処理時に移動平均処理をしてデータを見易くする
③切欠き高さを高くしたせき式で計測データの時系列変化を鈍らす
などの対処が考えられる

- ポンプ排水や家庭排水などで非常に短時間の間に流量が生滅するケースでは、計測間隔が流量生滅間隔よりも十分に短くなければ正確な定量は困難である。
  精度確保の方法としては、
  ①連続測定：電源消耗が大きくなるので、仮設流量計で短期間測定しかできない
  ②パターン解析による定量：家庭排水のように短時間で生滅する流れと、不明水のパターンは明らかに異なるので、波形の違いを利用して不明水分を抽出する
- 雨天時浸入水の定量：あらゆる規模で雨天時浸入水の定量は可能。図の家庭排水と事業排水の例は、雨天時浸入水がなかったケース。雨天時浸入水があれば、通常の排水パターンとは異なるパターンが見られる
- 常時浸入水の定量：汚水混入誤差の影響を受けやすいケースでは、電気伝導度や温度による負荷量補正により定量精度を上げることができる。必ず原因事象(地下水位・用水路水位・潮位等)とセットにして、原因事象との相関関係を確認しながら定量すること
- 事業所不明水(有収外汚水)の定量：有収水量比と晴雨天時の流量パターン分析により行う。既設のせき施設がない場合、小口径管では人孔・桝を利用してフリューム式、中・大口径では面速式を用いて計測する
- 排水設備の不明水：不明水の公私比率定量が目的。事前の雨天時踏査で不明水の有無までは確認しておくと、無駄な調査をしないで済む。図の排水設備の流量グラフは、桝用卵形フリュームを使用して 10 秒間隔で計測したもの。現場確認により、この計測間隔でも、瞬時に生滅するすべての生活排水を捕捉することはできなかったので連続測定が必要だが、雨天時浸入水の定量は、連続測定でなくても流量パターンの解析により可能である

© 2017 Pentough Corp.

(4) 管路規模に比べ流量が少ないケース

写真 40 管路規模比流量が少ない事例（左：フリューム式、右：面速式）

- 合流改善、雨水管理、浸水対策調査で、雨水管や合流管で晴天日流量を計測するケース。管路規模に対して流量が僅かなケースがこれに当たる
- 微小流量だけを対象とするならば、対象流量範囲に応じた、フリューム式やせき式を選択する。水路幅に比して非常に小さいフリュームを設置するときは、フリューム内の計測点が常流で波立ちがなくスムーズに流れることを確認すること。せき式は遡流があると必要な下流条件を満たさないことがあることに留意して仮設する
- 浸水レベルの流量も併せて計測したいときは面速式を用い、微量時の欠測を回避するために水深確保用のバッファを下流側に設ける

(5) 管路規模に比べ流量が多過ぎるケース

- 満管流量が発生するすべての調査がこれに相当
- 一時的な満管流量の計測が可能な面速式流量計を用いる
- フリューム式・せき式は適応不可
- 平均流速公式を用いる方法や検量線方式は用いる方法は、水理的・物理的に不可

(6) 付着・堆積が多いケース

- 付着や堆積が多い水路の流量計測はできるだけ避ける。やむを得ない場合は、堆積面を管底面と見做すか、頻繁な清掃を前提とした計測が必要になる。堆積深が降雨後頻繁に変化するような箇所は、どのような方式でも計測は困難である
- フリューム式のクレスト高さや、せき式の切欠き高さ付近までの堆積は、計測誤差の要因になる
- 汚泥などの堆積があるばあい、面速式では水位・流速センサを堆積物よりも上方の管壁に設置しないと計測できない。堆積が多い個所は、滞留になり易い場所であることも多いので、事前の精度確認が必要である
- フリューム壁へのスケール付着により、ない時よりも水位を上昇させるのでプラス側の誤差を生じる。流水中の管壁への付着も同様である

© 2017 Pentough Corp.

(7) スカムが多いケース

写真 41 スカムが多い事例

- 事業排水や、合流下水に混じって多量のスカムが発生することがあり、このケースでは、超音波水位検出器は使用できない
- せき式の場合、切欠きに引っかかると越流そのものが阻害されるので測定不良の原因になる

(8) 滞留や遡流箇所

写真 42　滞留箇所の事例

- 滞留や遡流は、処理場の流入ゲート操作や揚水能力以上の流入、幹線管渠と枝線管渠の水位差により生じる
- このケースの不明水調査は、水位観測としては意味があるが、流入浸入水量の定量調査としては目的精度を確保できない
- 面速式流量計は、正逆両方向の流量を計測できるものが大半だが、滞留・遡流状態の流量計測から、有用な不明水情報は得られない
- やむを得ない場合は、調査期間中だけ下流のゲートを開けたり、ポンプ揚水能力を上げたりする工夫が必要になる。短時間に滞留が発生するなら、その時間帯のデータを解析対象から外す方法もある

© 2017 © Pentough Corp.

(9) 複数流入箇所

- 複数流入箇所の合算流入量を定量したい場合、①複数の面速式流量計を流入渠に付けるか、下流側にせき式流量計を付ける方法がある
- 複数流入箇所の直線 1 方向だけ計測したい場合は、他方向はフリューム側に逃がす方法がある

写真 43 複数流入箇所の計測事例（フリューム設置）

(10) 曲がり箇所

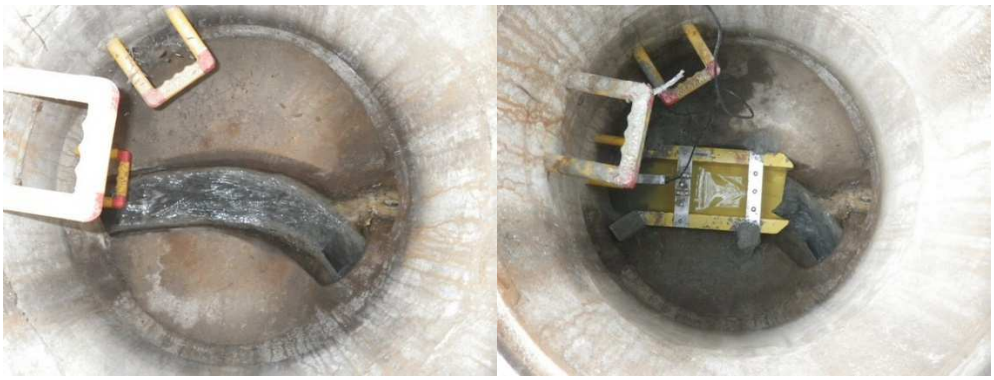


写真 44 曲がり箇所の計測事例（フリューム設置）

- 小口径管のばあい、写真のような方法でフリューム式を仮設できることがある
- フリューム式が困難な時は、次善の策としてせき式を用いることがある
- 面速式は、流速分布が偏心するので、精度が悪くなる。どうしてもつけなければならないときは、図のように 2 台つけて平均値をとる方法が考えられる

(11) 上流が射流である箇所

- 微小流かつ小口径管である場合、図のようにフリューム自体を嵩上げする方法で計測できることがある

© 2017 Pentough Corp.

(12) 区間箇所

- 下流測点と、単数または複数上流測点との差分流量でブロックを評価するケースでは、流入測点が多いほど、また上流の合計流量よりブロック流量が小さいほど、計測誤差が大きくなるので、できるだけ区間にならないよう測点を選ぶ
- 上流側と下流側の精度が正逆反対の時は区間(ブロック)の計測精度は一層悪くなる

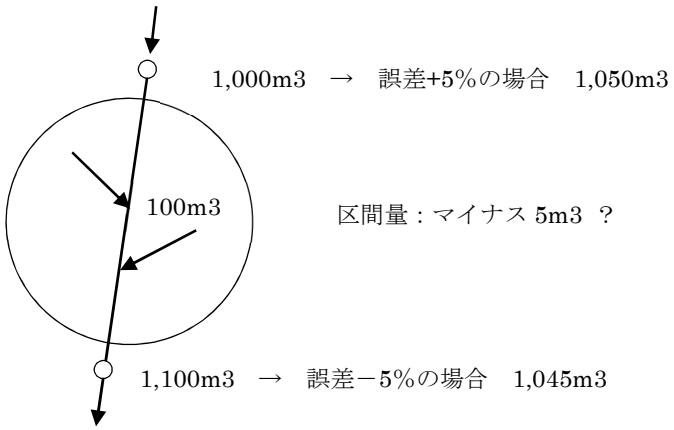


図 45 区間計算による誤差の影響

- 区間にならざるを得ないときは、上流域よりも下流区間を大きくすると差分誤差を軽減できる

(13) 調査規模が違い過ぎるケース

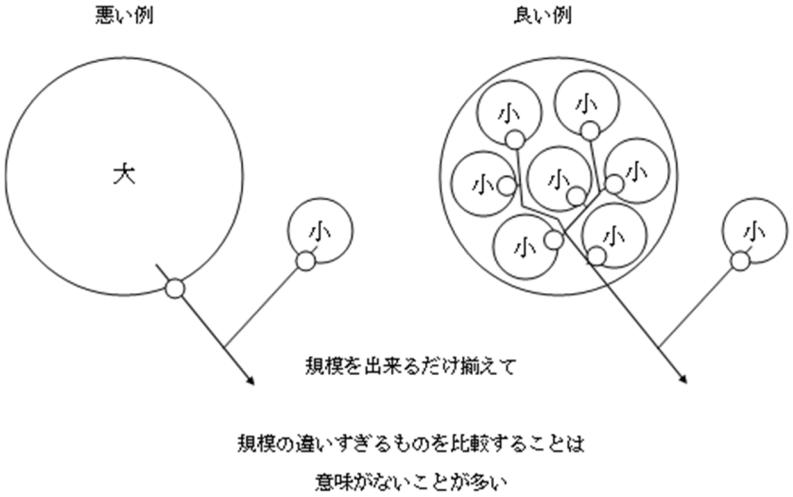


図 46　調査規模均等化の必要性

© 2017 Pentough Corp.

- 調査ブロックの規模が違い過ぎると、規模の大小に改善レベルが紛れて調査目的に適う判定ができない。単位規模で除した強度評価でも、規模が相対的に大きくなるにつれて、小さい規模を寄せ集めた平均値になるため、比較する意味が薄れてゆく

7.　現場測定に不可避なデータ補正

(1)　なぜデータの補正が必要か

- 現場仮設は応用問題。様々な制約条件のなかで収集した計測データには、計測器の誤差と現場仮設上の誤差が含まれる。現場仮設上の誤差はデータ解析過程で判明することも多く、合理的な判断による補正は必須である
- また、「河川砂防技術基準　調査編」（国土交通省　H26.4）の第 2 章　第 5 節-2 ページに「5.3 照査」「5.3.1 総説」として、次の記述があり、データ補正の重要さについて説明している。「水文観測データの照査は、観測データの異常値の検出、正常値、仮値及び欠測の処理並びに水位観測データの流量換算方法の妥当性の評価及び修正を行うものであり、水文資料の品質を確保するための重要なプロセスである。（以下省略）」

(2)　補正の基本は原データの併存

- 補正する場合は、原データを必ず残す。現場調査では無謬性にこだわるのは現実的ではなく、原データを併存させた状態から、合理的な判断かつその理由を示して補正を行う
- 原データは、必要があれば顧客の求めに応じて提出されなければならない

(3)　部分欠測への対処

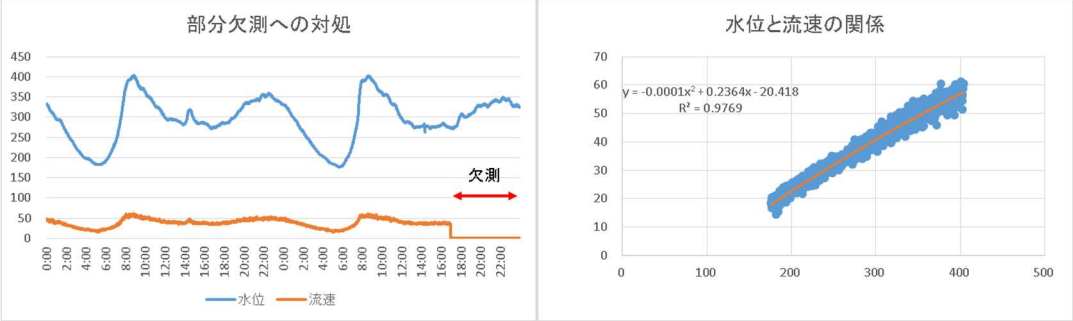


図 47 部分欠測への対処事例

- 原因：堆積、計器故障、電源不良ほか
- 補正１：数分など短期間の欠測は、補間曲線または平均値で補正する
- 補正２：面速式流量計では、水位または流速値が欠測した時、水位-流速の相関分析に基づいて回帰式により欠測部分を補完する

© 2017 Pentough Corp.

(4) 飛び値や瞬時欠測への対処

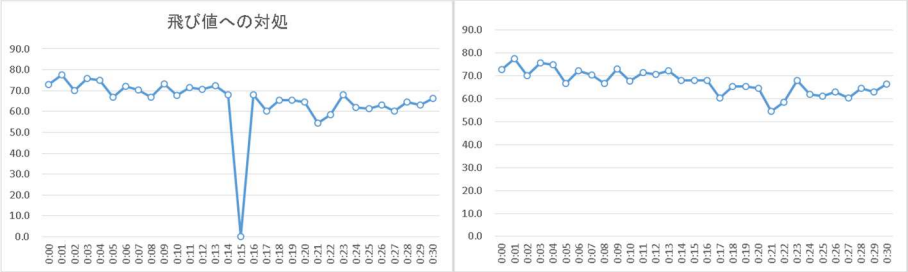


図 48 飛び値への対処事例（左：対処前、右：対処後）

- 原因：急激な外的条件の変化による一時的な計測不能、電源電圧低下、人為的な操作ミスなど
- 補正：前後データの保管曲線値または平均値による補完

(5) 計測範囲外データへの対処

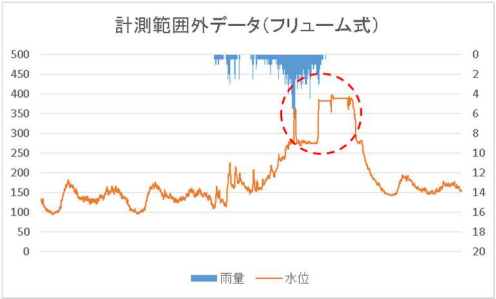


図 49 計測範囲を超えている事例

- 原因：計測範囲を超えるまたは下回る流量、滞留影響による水嵩増、ベース流量が少ない間欠排水など
- 補正１：チャートに計測上下限線を引いて、線を超過または下回っている状態を示し、その部分の精度が悪い、または実質的に計測できていないことを理解させる
- 補正２：超過部分のデータを、＊＊以上または＊＊以下として扱い、そのまま計算して順位評価等に当てる

(6) 部分異常(ある時間帯だけデータが並行移動)の対処

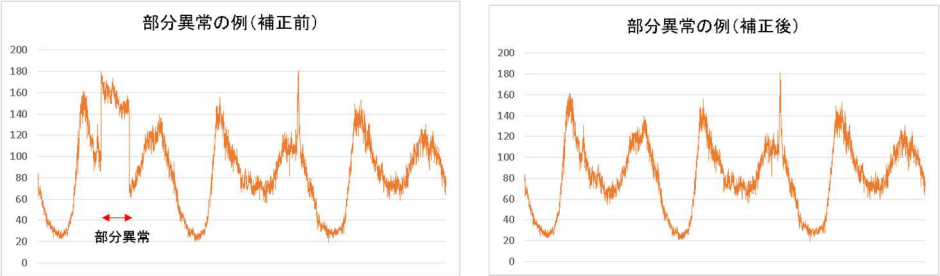


図 50 部分異常の例（左：補正前、右：補正後）

© 2017 Pentough Corp.

- 原因：一時的滞留、水位、流速センサへの付着
- 補正：欠測処理または平行移動処理。点検実測値がある場合は必ず照合する

(7) トレンド異常(データが逓増減)への対処

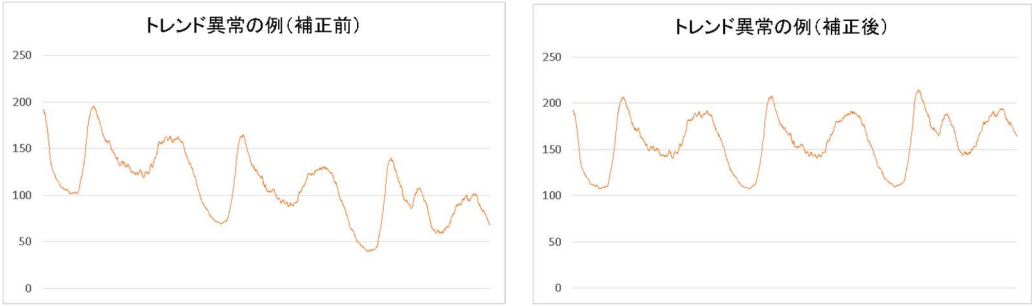


図 51 トレンド異常の例（左：補正前、右：補正後）

- 原因：センサの劣化、付着、電源電圧低下→
- 点検時現場対応；センサ交換、センサ面清掃、バッテリー交換
- 補正：欠側処理またはトレンド補正処理、

(8) 区間誤差を生じるケースへの対処

- 原因：区間計算上の誤差が、計測誤差に比して無視できないレベルにある
- 補正：区間計算上の問題があることを提示し補正はしない。

(9) ブロック規模が違い過ぎる時の対処

- 原因：当初設計への直対応。排水系統や住居区分などでやむを得ない場合
- 補正：補正はしない。評価の時の考慮事項として、規模が違い過ぎる時に生じる問題点を明示する(極端な例を挙げると分かりやすい。100 倍の規模差を考えて比較させると、比較する意味がないことが理解される)

以上

© 2017 Pentough Corp.