

**サイホン排水システムに関する実験的研究**  
**(その4) 配管トラップ・跨ぎ配管を設置した場合の流れ特性に関する検討**  
**Experimental Studies on the Siphon Drainage System**  
**(Part4) Experimental Studies on Discharge Characteristics of Siphon Drainage System**

学生会員○小清水 謙之 (明治大学大学院)    正 会 員 坂上 恭助 (明治大学)  
 正 会 員 塚越 信行 (明治大学)                      正 会 員 光永 威彦 (株式会社山下設計)  
 学生会員 永松 広行 (明治大学大学院)

Noriyuki KOSHIMIZU\*<sup>1</sup>    Kyosuke SAKAUE\*<sup>1</sup>    Nobuyuki TSUKAGOSHI\*<sup>1</sup>  
 Takehiko MITSUNAGA\*<sup>2</sup>    Hiroyuki NAGAMATASU\*<sup>1</sup>  
 \*1 Meiji University    \*2 Yamashita Sekkei inc.

In this paper I studied on experimental studies on characteristics of siphon drainage system. To know the discharge characteristics of siphon discharge system, the characteristics of foundational siphon system which doesn't have trap and cross piping, and pipe trap and cross piping model siphon system which has pipe trap and cross piping were analyzed.

はじめに

前報 (その3) では、サイホン排水システムを構成する、配管トラップおよび跨ぎ配管に関する検討を行った。これより、配管トラップの抵抗係数と固有振動数、封水強度、跨ぎ配管の抵抗係数を確認することができた。

本研究では、トラップや跨ぎ配管のない基本的な配管モデル (以下、サイホン排水基本配管モデルという) および配管トラップや跨ぎ配管を接続した配管モデルを製作し、流れ特性を調べることを目的として、実験的研究を行った。

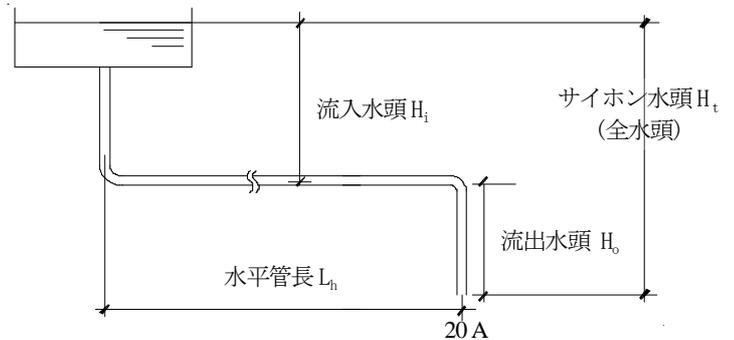


図1 サイホン排水システムの基本構成

1. サイホン排水基本配管モデルの流れ特性に関する実験

1.1 実験目的

トラップや跨ぎ配管を設置しない、サイホン排水基本配管モデルにおける流れ特性を調べることを目的とした。

1.2 実験概要

サイホン排水システムにおける、流入水頭  $H_i$ 、水平管長  $L_h$ 、流出水頭  $H_o$ 、サイホン水頭  $H_t$  の基本構成の定義を図1に示す。

(1) 実験装置

供試排水器具は、洗面器を想定し、排水器具底面から水平配管までの高さを 560mm、水平管長  $L_h=4,000, 6,000, 8,000\text{mm}$ 、流出水頭  $H_o=500, 1,000, 1,500\text{mm}$  に可変できる配管モデル (図2) を製作した。配管は、20A の透明な硬質ポリ塩化ビニル管を用いた。R80 の曲り管を、 $L_h=4,000\text{mm}$  においては2ヶ所、 $L_h=6,000, 8,000\text{mm}$  においては4ヶ所に設けた。排水器具は洗面器の代替として、430×600×320H の水槽を用いた。流速は、排水特性測定桝に水圧センサーを設置し、測定圧力値から算出した。圧力の測定には、表1に示す測定機器を用いた。

(2) 実験方法

流し形態は、表2の実験条件に示すように、流し洗いと

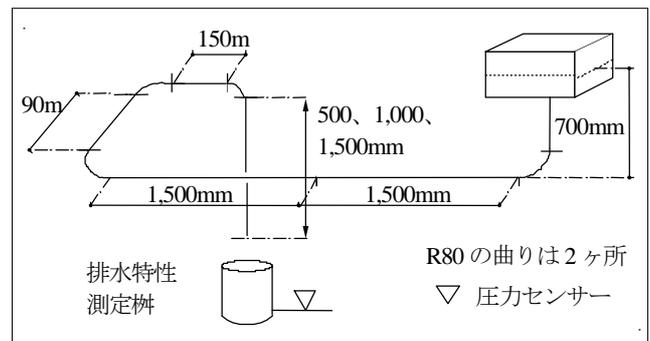


図2 サイホン排水基本配管モデルの例(水平管長 4000mm)

表1 測定機器の仕様

項目	装置	製造業者
管内圧力	拡散半導体型圧力センサー ／直流増幅器	豊田工機
データ収集	AD変換器	キーエンス

表2 実験条件

水平管長 [mm]	流出水頭 [mm]	流し形態 (排水流量など)	
		流し	洗い
4,000	500	4ℓ/min	8ℓ/min
		12ℓ/min	
6,000	1,000	ため洗い (H <sub>i</sub> =700mm)	

ため洗いで行った。流し洗いは、標準的な使用形態の給水流量と考えられる4、8、12ℓ/minにおいて、連続給水を行った。ため洗いは、排水器具底面から160mm貯水し、約40ℓ/minの連続給水を行い、水位を一定に維持した ( $H_i=700\text{mm}$ )。

### 1.3 実験結果と考察

流し形態に応じて、流量・流れの様相は異なった。図3に流れの様相を、図4に流量を示す。

#### (1) 流し洗い

流し洗い排水では、給水量に応じて流れの様相は異なったが、水平管長、流水頭の長さによらず、流量の平均値は給水量とほぼ同じとなった。流量は、給水量40ℓ/minでは一定の値を示し、給水量80ℓ/minでは激しく脈動し、給水量120ℓ/minでは再び一定の値を示した(図4)。以下、給水量40ℓ/minにおける流量が安定した流れの様相を「下位満流」、80ℓ/minにおける流量が脈動した流れの様相を「間欠流」、120ℓ/minの再び流量が安定した流れの様相を「気泡流」と呼ぶ。

#### (2) ため洗い

流れの様相は、いずれの配管モデルにおいても、空気が混入せず、サイホンが起動し、満流排水となった。また、流量は一定の値を示した(図4)。

運動エネルギー保存則より、全水頭と管路の諸損失水頭との関係を求め、流速の算定式を導出した(表3)。運動エネルギー保存則から導出した理論式に、各パラメータ ( $\lambda: 0.024, d: 0.02\text{m}, \zeta: 0.5$ ) を代入し、動水勾配  $I$  を  $I=H/L_e$  (ただし、 $L_e=1.2I+\Sigma\zeta+1$ ) とすると、流速と動水勾配の関係は、式(6)のように表すことができる。

これより、式(6)を用いた理論流速  $v_t$  と、実験流速  $v_e$  の比較を行った(図6)。理論式の比例定数が4.43となり、

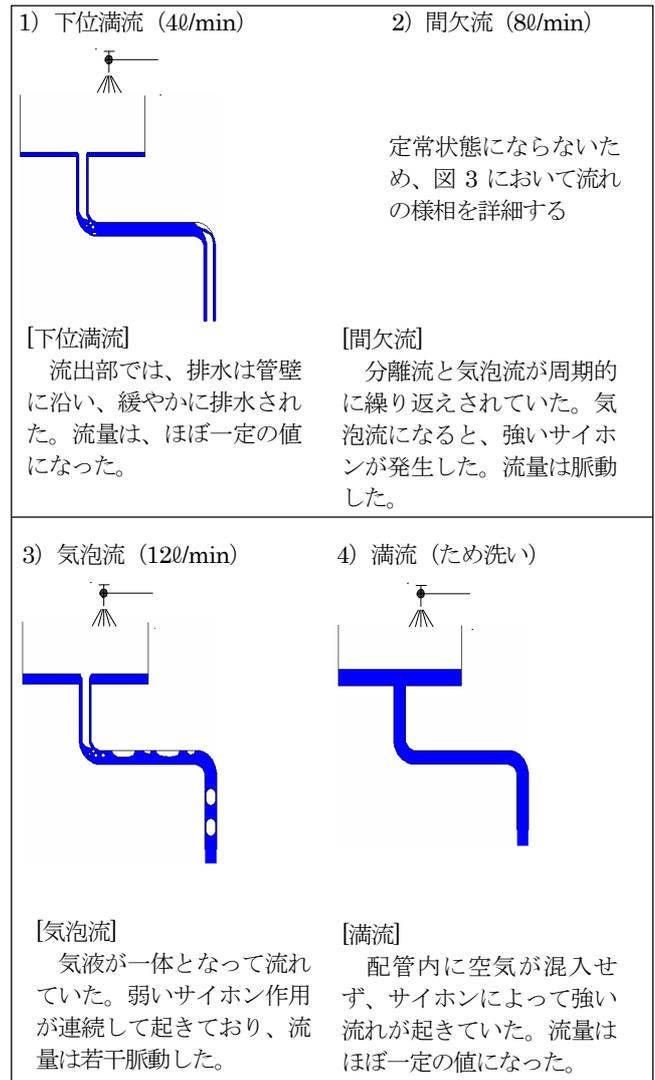


図3 各流し形態における流れの様相

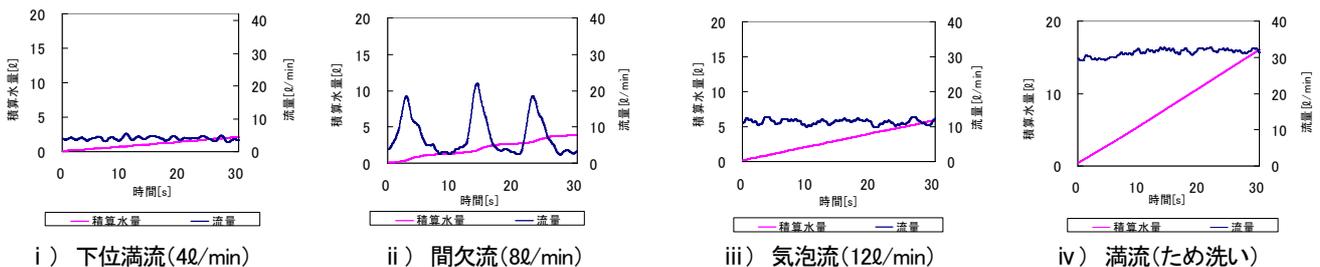


図4 排水流量と積算水量の例(水平管長4000mm、流水頭500mm)

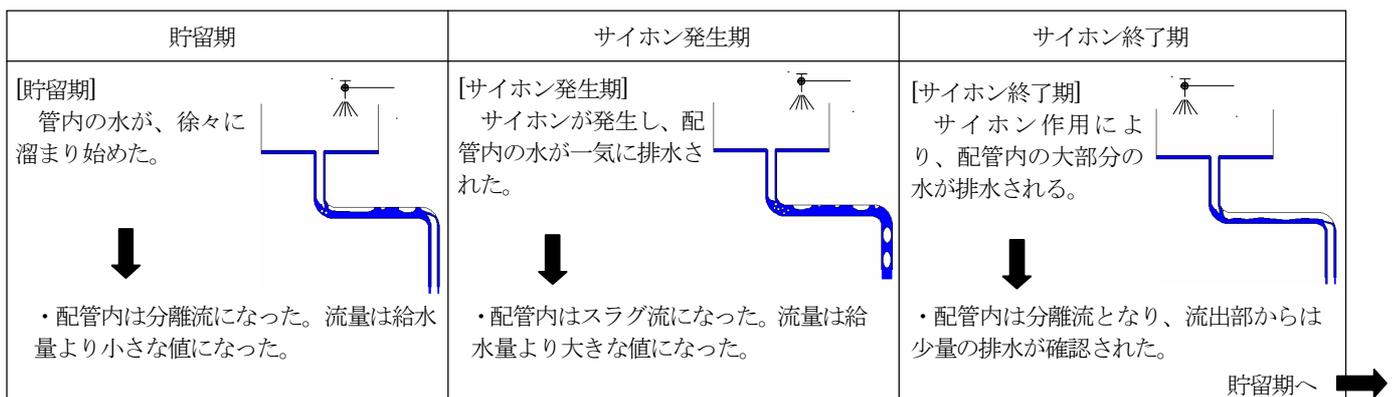


図5 間欠流における流れの様相

実験による回帰係数が 4.22 となり、極めて近い値を示した。これより、ため洗い排水において、配管トラップや跨ぎ配管のない、基本的な排水システムの管内流速を、式 (6) から予測することができると考えられる。

## 2. 配管トラップモデルにおける流れ特性に関する実験

### 2.1 実験目的

配管トラップを設置したサイホン排水システムにおける、流れ特性を確認することを目的とした。

### 2.2 実験概要

#### (1) 実験装置

実験装置は、図 2 の実験装置に配管トラップを接続した装置を使用した (図 7)。通水路長  $L_{nt}=500\text{mm}$ 、配管トラップから水平管長を 4,000、6,000、8,000mm、流出水頭  $H_o=500$ 、1,000、1,500mm の各条件において実験を行った (図 8)。流速の実測値の算出方法は、前節と同様とした。

#### (2) 実験方法

流し形態は、4、8、12l/min の流し洗い排水、および  $H_t$  が 700mm となるように排水器具を充水し、充水量が所定水位となったことを確認した後、器具の栓を開放し流出させるため洗い排水を行った。

### 2.3 実験結果と考察

配管トラップを接続しない排水システムと同様に、流し形態に応じて流れの様相は異なった。

#### (1) 流し洗い

流量の平均値は給水量とほぼ等しくなった。また、配管トラップを接続した場合においても、概ね、給水量 40l/min では下位満流、80l/min では間欠流、120l/min では気泡流となった。

#### (2) ため洗い

流れの様相は、配管トラップを設置しない場合と同様に、満流排水となった。

運動エネルギー保存則より、流速の算定式を導出した。 $L_e=1.2l+\sum\zeta+1$  とし、前報 (その 3) より求めた配管トラップの抵抗係数から、管摩擦による抵抗を減算した値 0.27 を  $\zeta$  に加算し、理論流速  $v_t$  と、実験流速  $v_e$  の比較を行った (図 9)。理論式の比例定数が 4.43 となり、実験による回帰係数が 4.27 となり、極めて近い値を示した。これより、ため洗い排水において、配管トラップを接続した場合におけるサイホン排水システムの管内流速を、式 (6) から予測することができると考えられる (ただし、 $L_e=1.2l+1.77$ )。

## 3. 配管トラップ・跨ぎ配管モデルにおける流れ特性に関する実験

### 3.1 実験目的

配管トラップと跨ぎ配管を設置したサイホン排水システムにおける、流れ特性を確認することを目的とした。

### 3.2 実験概要

表 3 運動エネルギー保存則から求めた流速の算出式

運動エネルギー保存則による全水頭と管路の損失水頭との関係は、次式で表される。

$$H_t = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} + (\sum \zeta) \frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g} \quad \dots\dots(1)$$

直管部分の  
損失水頭

形状変化の  
損失水頭

管路出口の  
速度水頭

式 (1) より、管内の流速を求めると、次になる。

$$v_t = \sqrt{\frac{2gH_t}{\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta + 1}} \quad \dots\dots(2)$$

式 (2) に各パラメータを代入すると、次になる。

$$v_t = 4.43 \sqrt{\frac{H_t}{1.2l + \sum \zeta + 1}} \quad \dots\dots(3)$$

この時、相当管長を  $L_e$  とすると、次になる。

$$L_e = 1.2l + \sum \zeta + 1 \quad \dots\dots(4)$$

また、動水勾配  $I$  は、次になる。

$$I = H_t / L_e \quad \dots\dots(5)$$

よって式 (3) に、式 (4) と式 (5) を代入すると

$$v_t = 4.43\sqrt{I} \quad \dots\dots(6)$$

ここに、

$v_t$  : 流速[m/s],  $g$  : 重力加速度,  $H_t$  : 全水頭[m],

$\lambda$  : 摩擦係数[-],  $l$  : 管長[m],  $d$  : 管径[m],  $\zeta$  : 抵抗係数[-]

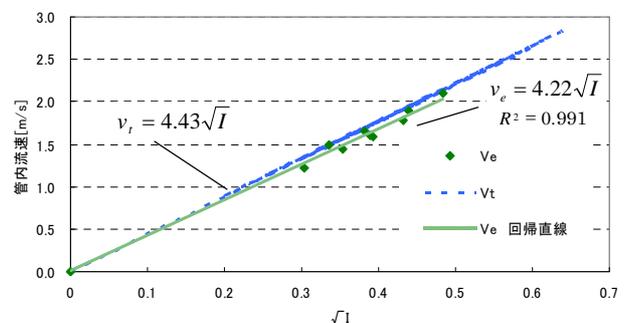


図 6 動水勾配  $I$  の平方根における  $v_e$  および  $v_t$  の比較

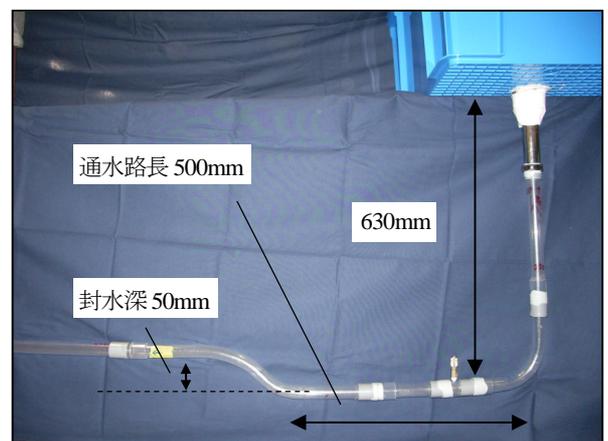


図 7 配管トラップの外観

(1) 実験装置

実験装置は、図 2 の実験装置に配管トラップ・跨ぎ配管 (図 10) を接続した装置を使用した。配管トラップの通水路長  $L_{ht}=500\text{mm}$ 、配管トラップから水平管長を 4,000、6,000、8,000mm、流出水頭  $H_o=500、1,000、1,500\text{mm}$  の各条件において実験を行った。跨ぎ配管は、トラップから 1,000mm の位置に設置した (図 11)。

(2) 実験方法

流し形態は、4、8、12ℓ/min の流し洗い排水、および  $H_i$  が 700mm となるように排水器具を充水し、充水量が所定水位となったことを確認した後、器具の栓を開放し流出させる、ため洗い排水を行った。

3.3 実験結果と考察

配管トラップを接続しない排水システムと同様に、流し形態に応じて、流れの様相は異なった。

(1) 流し洗い

流量の平均値は給水量とほぼ等しくなった。また、配管トラップと跨ぎ配管を接続した場合においても、概ね、給水量 4ℓ/min では下位満流、8ℓ/min では間欠流、12ℓ/min では気泡流となった。

(2) ため洗い

流れの様相は、配管トラップを設置しない場合と同様に、満流排水となった。

運動エネルギー保存則より、流速の算定式を導出した。 $L_e=1.2I+\Sigma\zeta+1$  とし、前報より求めた配管トラップ・跨ぎ配管の抵抗係数から、管摩擦による抵抗を減算した値 0.27、0.35 を  $\zeta$  に加算し、理論流速  $v_t$  と、実験流速  $v_e$  の比較を行った (図 12)。理論式の比例定数が 4.43、実験による回帰係数が 4.36 となり、極めて近い値を示した。これより、ため洗い排水において、配管トラップと跨ぎ配管を接続した場合のサイホン排水システムの管内流速を、式 (6) から予測することができると考えられる (ただし、 $L_e=1.2I+2.12$ )。

4. まとめ

本研究より、流し洗い排水における流れの様相を明らかにすることができた。また、トラップや跨ぎ配管を接続しない基本配管モデル、トラップと跨ぎ配管を接続した配管モデルのいずれにおいても、ため洗い排水の流速を式 (6) から算出できることが確認された。

今後の課題として、他の配管パターンにおいても実験を行い、算定式の妥当性を確認する必要がある。また、本報では洗面流しを想定したが、今後は、流入水頭の低い浴槽や洗濯機の流れ特性についても、検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 古賀章彦ほか：新排水システムの開発と実用化研究 (第 10 報) 間欠サイホンの挙動に関する研究, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集 (2006), pp.741-744

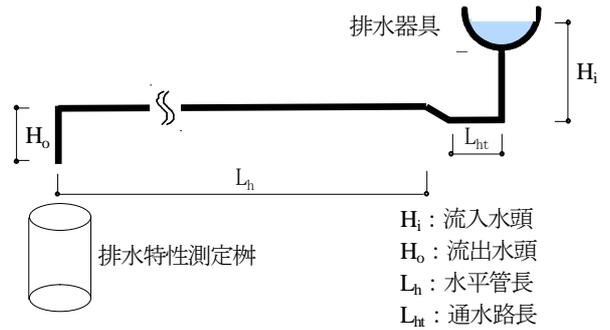


図 8 配管トラップモデルの概要

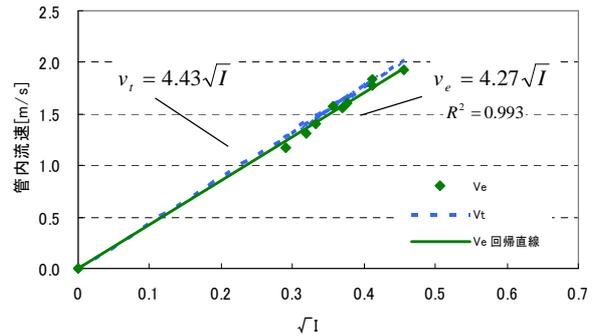


図 9 配管トラップモデルにおける動水勾配  $I$  の平方根と  $v_e$  および  $v_t$  の関係

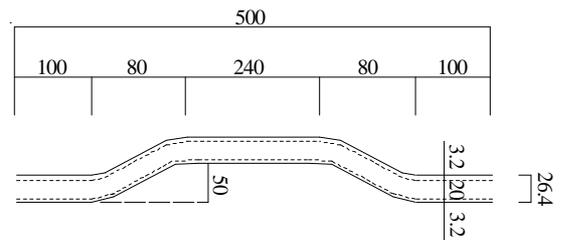


図 10 跨ぎ配管の断面形状と寸法

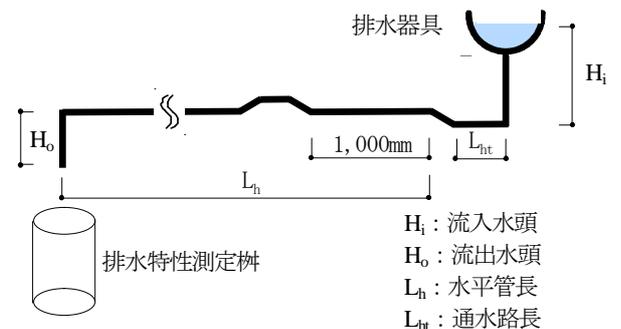


図 11 配管トラップ・跨ぎ配管モデルの概要

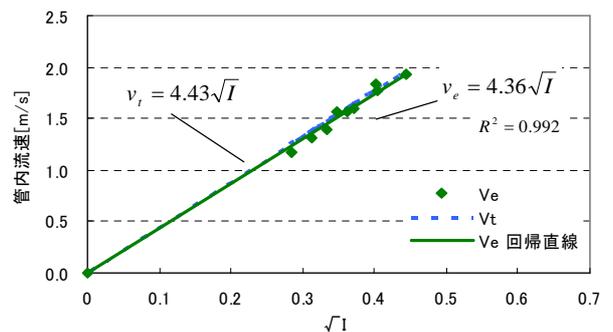


図 12 配管トラップ・跨ぎ配管モデルにおける動水勾配  $I$  の平方根と  $v_e$  および  $v_t$  の関係