

## サイホン雑排水システムの流れ特性と設計法

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-11-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 光永, 威彦 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10291/19703">http://hdl.handle.net/10291/19703</a>

# 2016年度 理工学研究科

## 博士学位請求論文（要旨）

### サイホン雑排水システムの流れ特性と設計法

(Flow Characteristics and Design method of Siphonic drainage system for Grey water)

学位請求者 建築学専攻  
光永 威彦

#### 内容の要旨

##### 1. 本研究の背景と目的

現在の日本の給排水システムの技術は、アメリカのフーバースコード (1932)、および ASA A40.8-1955 (American Standard National Plumbing Code; Minimum Requirements for Plumbing) 「アメリカ規格全国給排水工事規準」(以下、NPC と称する) を参考として発展してきた。1967年に空気調和・衛生工学会で規定された HASS 206 (現 SHASE-S206 給排水設備規準) は NPC を骨子として作成された。その後、改訂を重ねる過程で排水設備における排水勾配や管径の算定法などが検討されたが、排水管内の流れを非満流とした前提条件は変わることはなかった。

排水横枝管および排水横主管では、管内流速が 0.6m/s 以上 1.5m/s 未満となるように管径と排水勾配を決定する。そのため、波打ちといった自然流下を阻害する配管は回避され、配管の自由度が低い。また現行の排水システムでは、管内の圧力変動を緩和するため常時、通気を確保する必要があり、非満流が前提となっている。これより、排水管の管径は他の衛生配管と比較して相対的に大きくなる。サイホン排水システム (Siphonic drainage system) は、現行の排水システムとは排水流れが大きく異なる新しい排水方式である。排水時に管内を満流とすることにより、サイホン (Siphonage) を発生させ駆動力とし、排水を搬送する。搬送力が強いことから、小口径かつ無勾配配管が可能であり、建築計画の自由度の向上や工事費の縮減が期待できる。

サイホン排水システムは、非住宅建物の屋根雨水排水システムとして、1968年にフィンランドの Olavi Ebeling によって開発された。屋根雨水排水ではすでに一般的に使用されている。一方、屋内の雑排水器具への適用は、1999年に

塚越により提案された。屋内の雑排水におけるサイホン排水システム (以降、サイホン雑排水システムという) の設計法に関しては、著者も委員として参画した日本建築学会の「次世代排水システム小委員会 (2010年～2013年)」、企画刊行運営委員会傘下の「次世代排水システム刊行小委員会 (2014年～2016年現在)」を経て、「機械・サイホン排水システム設計ガイドライン (AIJES-B0003-2016)」(以降、設計ガイドラインという) が刊行された。しかしながら、設計ガイドラインは、サイホン雑排水システムの基本的な設計指針を示すものに留まっており、設備設計者が求める具体的な流れ特性や、設計法の解説までに至っていない。

そこで本研究では、サイホン雑排水システムの実用化のため、設計ガイドラインを補完することを目的に、サイホン雑排水システムの基本構成や基礎理論から流れ特性、設計法および課題について、既往研究の成果および追加実験の実施により、体系的にまとめ、設計法を提案した。

##### 2. 本研究の構成ならびに各章の要約

本研究の構成ならびに各章の要約は以下の通りである。

- 第1章 序論
- 第2章 サイホン雑排水システムに関する基本事項
- 第3章 長配管モデルにおける流れ特性と封水損失
- 第4章 ディスポーザ排水モデルにおける流れ特性と封水損失
- 第5章 サイホン雑排水システムの設計法
- 第6章 結論

第1章では、序論として、本論文の背景、目的を示し、既往研究をサイホン雑排水システムにおける研究テーマごとにまとめることにより、既往研究の内容を整理している。また、本研究の位置づけと、その意義を示している。

第2章では、主題である、サイホン雑排水システムの基本事項として、その原理や構成、現行の排水システムとの比較および適用範囲などの整理を行い、加えて、サイホン雑排水システムの流れ特性および特徴を示している。また、サイホン雑排水システムの構成部材とその抵抗係数を取りまとめ、次項で導出する理論算定式の物性値として代入できるようにしている。理論算定式は、サイホンにおけるベルヌーイの式を基礎式として、管内流速とサイホン負圧の算定式を導出している。

サイホン雑排水システムの基本構成を図1に示す。

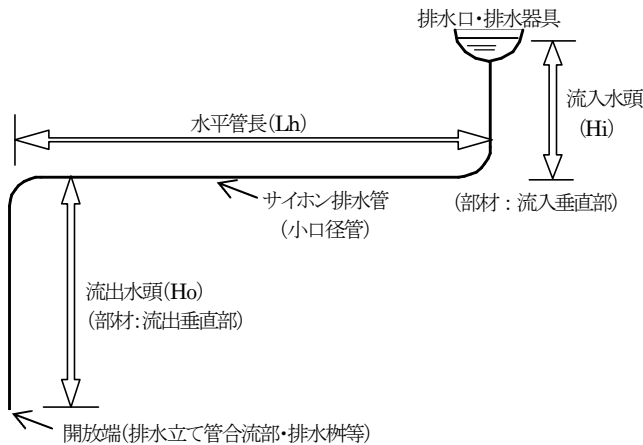


図1 サイホン雑排水システムの基本構成

現行の排水システムとサイホン雑排水システムの比較を表1に示す。

表1 現行排水システムとサイホン雑排水システムの比較

項目	現行排水システム	サイホン雑排水システム
(1) 排水横枝管口径	・概ね 40A 以上	・サイホン排水管 20A 程度の小口径管
(2) 排水勾配	・排水横枝管の口径に応じて、1/50～1/100	・必ずしも必要でない ・部分的に不陸配管も可能
(3) 排水枝管合流	・合流可	・基本的に不可 (1器具1排水管)
(4) 排水トラップ	・原則、水封式トラップ	・破封に対する工夫が必要
(5) 配管材料	・硬質ポリ塩化ビニル管、鋼管	・硬質ポリ塩化ビニル管、可とう管
(6) 合流継手	・JIS 継手や集合管継手など	・専用特殊継手
(7) 排水立て管	・—	・現行排水システム同様
(8) 排水横主管	・—	・現行排水システム同様
(9) 伸頂通気管	・—	・現行排水システム同様
(10) 納まり (シャフト)	・サイホン排水管の流出垂直部の立ち下がりスペースは必要ない	・上階のサイホン排水管の流出垂直部が立ち下がってくるため、その分のスペースが必要となる
(11) 納まり (床スラブ下)	・排水勾配を確保するため、階高や天井高さに影響する可能性がある	・原則、排水勾配が不要のため、階高や天井高さに影響する可能性が低い

第3章では、工場や病院などの平面計画の大きい建物用途において、水使用場所が排水立て管や排水柵から離れている場合、現行の排水システムでは排水勾配が必要となることから高さ方向に大きな配管スペースが求められる。一方で、サイホン雑排水システムを適用することにより、小口径かつ無勾配での配管が可能となる。本章では、水平管長 100m と 20m の長配管モデル 2 通りの実験装置を構築し、管材、管径、トラップや通気弁の有無および排水流量による流れ特性や封水損失について、実験を行っている。

(1) 水平管長 100m における実験結果および考察

- ①サイホン負圧は、管材、管径による差異はみられず、流出水頭によって大きく影響する傾向がみられた。
- ②ポリブテン管 25A において、他管材、管径条件より、流入部の最大水位が大きくなった。これは施工不良に伴う水平配管の凹凸により、システム全体の抵抗が増大したことに起因したと考察する。
- ③塩ビ管 20A、25A およびポリブテン管 20A の動水勾配  $I'$  (流入水頭  $H_i$  / 流入部から流出管頂部までの相当管長  $L_e'$ ) は、0.09 前後となった。

(2) 水平管長 20m における実験結果および考察

- ①サイホン起動に要する時間、サイホン負圧および管内流速について、通気弁やトラップの有無による差異はみられなかった。
- ②サイホン負圧は流出水頭に影響され、またその高さにより、サイホン負圧の分布幅が広がる傾向がみられた。
- ③流れの様相は、通気弁からの空気の流入による相違も確認されず、通気弁の有無による流れ様相への影響がほとんどないことを確認した。
- ④封水損失は、通気弁の設置により、軽減できることが確認でき、サイホン雑排水システムの特有の自己サイホンによる破封に対して、有効であることが示された。
- ⑤通気弁の設置により、自己サイホンによる封水損失への効果が異なり、トラップ頂部 (封水の流入部側) に設置した場合が、通気弁の作動速度が速く、最も封水保護の機能が有効であった。(図2)

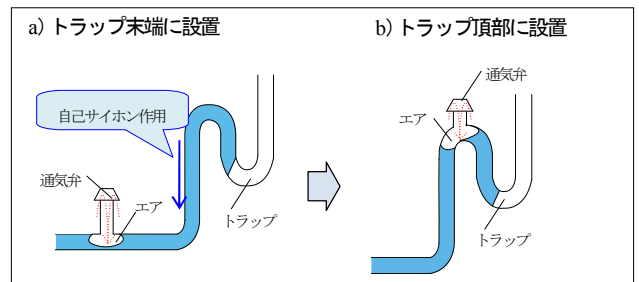


図2 通気弁の設置位置

第4章では、集合住宅用ディスポーザシステムにサイホン雑排水システムを適用することにより、台所のレイアウト計画におけるフレキシブル性の向上に寄与するため、本システムの実現に際して、課題の一つとなっている排水後のトラップの封水保護に焦点をあてている。課題のうち、搬送性能については、フィールド試験がすでに実施され、課題が整理されていることから、本章では、トラップの封水保護を焦点に、水平管長4mの台所排水モデルを設け、実験を行った。実験条件としては、排水種類は、清水と厨房排水の2種類、通気弁の有無、排水量はため洗いと流し洗いで計6種類とした。また、トラップを水封式ではなく、非水封式とした場合の実験も行っており、トラップの差異に伴う影響についても検証している。

(1) 水封式トラップ設置時の実験結果と考察

- ①通気弁による、最大負圧、管内流速および流れの様相への影響はほとんどみられなかった。
- ②小型通気弁（口径 30mm）により、封水損失の減少がみられた。小型の通気弁においても、封水保護に有効であることが確認された。
- ③厨房残さは、ディスポーザの後追い洗浄機能とサイホン雑排水システムの搬送力により、一部ため洗い時を除き、管内に残さはほとんどみられなかった。

(2) 非水封式トラップ設置時の実験結果と考察

- ①流速とサイホン負圧において、非水封式トラップ設置時と水封式トラップ設置時に有意な差異はみられなかった。
- ②厨房残さについて、ディスポーザからの後追い洗浄がないため洗いの場合、配管内に残さがみられ、改めて後追い洗浄機能の重要性が認識された。
- ③非水封式トラップのメンブレンより、排水時に振動音を確認された。それはディスポーザによる厨房破砕音や洗浄音よりも低いものであったが、静音性の求められる住宅用途において、今後追加検証が必要と考える。

第5章では、サイホン雑排水システムの設計法を提案している。現行の排水システムにおいては、器具排水負荷単位法を主に用いて排水管口径などを決定するが、サイホン雑排水システムは、小口径を用いているため、流れ特性が異なり、新しい設計法が必要となる。第2章から第4章までで得られた知見より、求められる要件、起因する要素、整理すべき設計条件を整理した。

- ①サイホン排水管が小口径であることから、サイホン作用が生じ排水流量が大きくなるまで、一定の時間（増

水期から充水期へ移行する時間）を要する。排水器具から溢流しないように、増水期から充水期へ円滑に移行するための条件を示した。

- ②前章までのサイホン排水管内の流れの様相で示されているように、充水期における管内の流れの様相は大きく低位流、間欠流、気泡流および満流の4種となる。その4種の発生条件を、充水率（負荷排水流量÷サイホン排水流量）を用いて分類した。
- ③充水率による流れの様相の分類より、サイホン作用の生じる、間欠流、気泡流および満流となる範囲を流量線図を用いて示した。なお、充水率が1.0以上となる場合は、衛生器具での溢流する懸念より不適合とした。
- ④管内がサイホン作用により著しく負圧になりやすいことから、排水終了時である減水期にトラップ封水も搬送し破封させる懸念がある。適正に通気弁を設置することで、破封防止を図ることができる。

これらの結果を用いて、実際の設計に際して、条件の整理を行いやすいことが求められる。サイホン雑排水システムの設計フローを図3に示す。これより、衛生器具の選定や管路の設定より、相当管長 $L_e$ を算定し、動水勾配 $I$ や流量線図により、その妥当性を確認することができる。また設計時が容易となるよう、流入水頭や抵抗係数を一覧にまとめている。

第6章では、各章で得られた知見を総括し、今後の課題をまとめた。

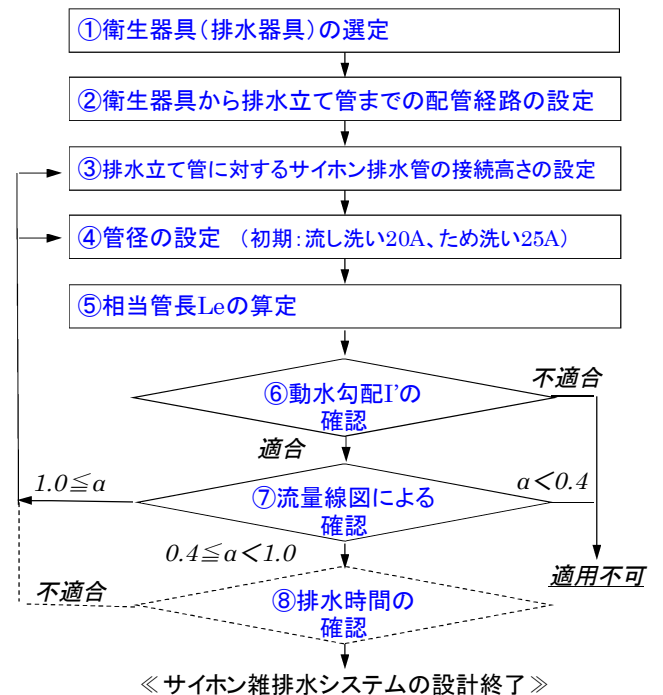


図3 サイホン雑排水システムの設計フロー