

■ 真空排水システム / 新しい次世代排水システム

液（汚水）のみによる吸引とした新しい真空排水システム（サイレント真空排水システム）を開発し、2018年11月にサイレント真空排水（SVD）システムコンソーシアムを開設しました。

「サイレント真空排水システム(SVD システム)」の紹介

株ジェス 技術シニアマネジャー 山本慈朗

1. はじめに

既存技術である真空式下水道システムを応用した真空式排水システムが色々考案されているが、騒音・振動が発生し実用化に結びつかないのが現状であった。

しかしながら、勾配を必要としない排水設備システムは、今後わが国で需要がますます増えると予測され、リニューアル工事やコンバージョン対応設備システムとして、必要不可欠な排水システムと考えられる。

真空汚水処理システムは、1969年にスウェーデン人リリエンドールによって開発された技術である。日本でもこの技術を基に、1992年9月に働下水道新技術推進機構が創立し、下水道における新技術として研究され、1995年3月に真空式下水道システムの「技術マニュアル」及び「設計マニュアル」が一般公開された。

しかし、下水道システムでは長い汚水の搬送が望まれ、気液比1：3という気液混合吸引方式を行っているために、騒音・振動が発生したのである。

今回、従来の吸引方式である、気液混合吸引方式を取り止め、液（汚水）のみによる吸引とした新しい真空排水システム（サイレント真空排水システム）を開発し、

2018年11月にサイレント真空排水（SVD）システムコンソーシアムを開設して教育・広報に努めている。

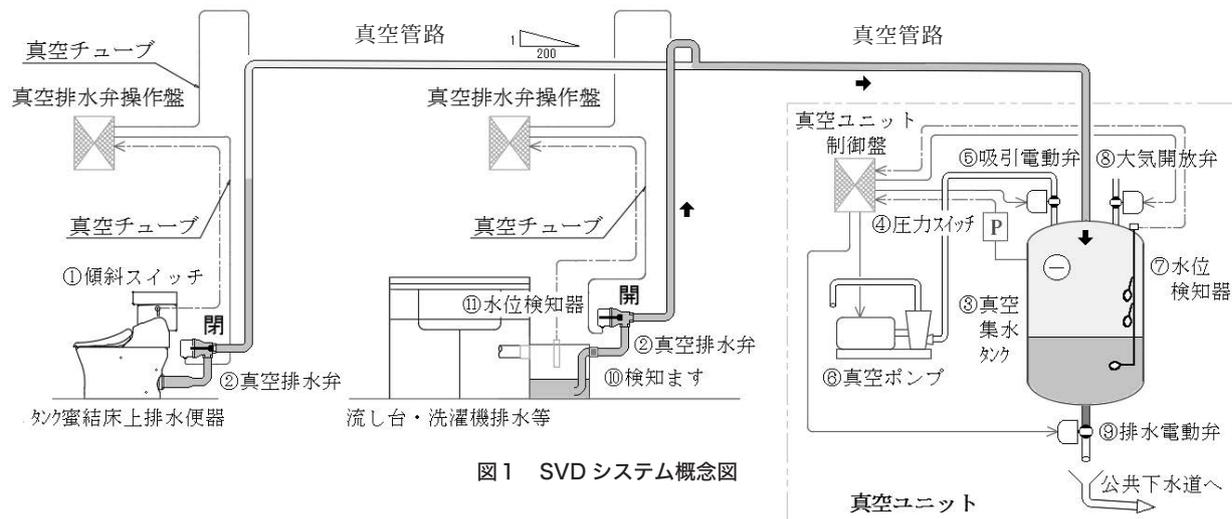
また、建築学会においては坂上恭助氏を主査とし「次世代排水システム適用小委員会」が開催され、「拡張排水システム」の一つとして、設計手法の協議が行われている。

2. サイレント真空排水(以下 SVD と記す) システムとは

当該システムは、真空ポンプにより負圧を作成し排水を吸引・貯留する「真空ユニット」、排水を吸引し移送する「真空管路(吸引管路)」、及び負圧を保持する「真空排水弁」、真空排水弁を動作させる「真空チューブ」・「真空排水弁操作盤」などにより構成され、必要に応じて検知ますを設ける。

検知ますを設ける理由は、吸引時に空気が混入すると、騒音・振動の原因となるので、空気を吸わず一定量の排水のみを吸引できるようにするためである。概念を図1に示す。

SVDシステムの動作原理は、ストローでジュースを



飲むことを想像するとよい。

便器や検知ますがコップ、真空管路がストロー、真空集水タンクが口腔、真空ポンプが肺に当たる。今、ストローでジュースを吸いながらストローを指で挟むとジュースは飲めないが、指を放すとジュースが口内に流入してくる。この指で挟む動作の替わりを行うのが、真空排水弁である。

真空集水タンクの負圧で吸引していても、真空排水弁が開かない限り、便器や検知ます内の汚水は吸引されないが、何らかの信号により真空排水弁が開くと、汚水は真空集水タンク内に吸引されるのである。

このように、システム全体が負圧のため、清潔で臭気漏れが無く、真空管路や真空集水タンクに亀裂(孔など)が発生しても、汚水が飛散しない。

表1にSVDシステムが、シーズとなりうる要求事項(ニーズ)を示す。

全ての排水システムをSVDシステムにて構築することは可能であるが、コスト(イニシャルコスト、ランニングコスト共)や非常時対応、省エネルギーの観点から、重力式排水システムとの共存が望ましい。

3. システム構成及び動作説明

図2～5に、システム構成部材と動作説明を行う。

1) 大便器よりの吸引 (図2)

- (1)排泄終了後
- (2)ロータクレバーに取り付けた①傾斜スイッチ、若しくは他の電気信号により、②真空排水弁が開き、便器内の汚水が、真空管路によって③真空集水タンクに吸引される。
- (3)一定時間経過すると②真空排水弁が閉まり、スタンバイ状態となる。

2) 検知ますよりの吸引 (図3)

- (1)検知ますに排水が流れ込み、①水位検知器が作動すると
- (2)②真空排水弁が開き、検知ます内の汚水を吸引する
- (3)一定時間が経過すると、②真空排水弁が閉まり、吸引を停止する

表1 SVDシステムで対応できる要求事項

要求事項(ニーズ)	現行排水システムでは対応できない	
排水管を敷設したい。	勾配が確保できない。	水場を設けたいが、下階の天井配管ができない(区分所有 etc.)。
		床上転がし配管では、床下配管スペースが高くなる(コンバージョン etc.)。
		床スラブ貫通が出来ない(下階が使用中)。
	配管ルートが凸凹となる。	障害物(既存構造体 etc.)があり、配管が出来ない。
		地盤沈下の可能性があり、将来的に問題が生じる。
		縦管を敷設できない。
勾配をとると、配管が下がりすぎる。	土中配管が深くなり過ぎ、計画が成り立たない。	
	膨大な根伐工事が発生する。	
便所を改修したい。	1階に便所がある。	床下ピットが無く、土間研りが発生する。
居室の臭気・衛生害虫を防止したい。	下階に排水槽がある。	建築計画上、排水槽の上部が居室となる。
電車軌条上を配管したい。	電車軌条の保護が必要。	2重スラブが必要となる。
		夜間工事(保全)となる。
厨房部の床高を低くしたい(フラット厨房)。	シンダーコンクリートが必要。	厨房器具排水が床転がし配管で、シンダーコンクリート内配管となる。

3) 真空ポンプの運転 (図4)

(設定圧が $-0.045 \sim -0.055\text{MPa}$ の場合)

- (1) ③真空集水タンク内の圧力が上昇 (-0.045MPa 以上) すると、④圧力スイッチが検知し、⑤吸引電動弁を開き、⑥真空ポンプが起動する
- (2) ③真空集水タンク内の負圧が増す (-0.055MPa 以下)

と、⑥真空ポンプが停止し、⑤吸引電動弁が閉まる

- (3) ③真空集水タンク内の負圧 ($-0.045 \sim -0.055\text{MPa}$) を保持しながら、吸引動作を行う

4) 真空集水タンクの排水排出 (図5)

- (1) ③真空集水タンク内の排水が、設定水位になると、⑦

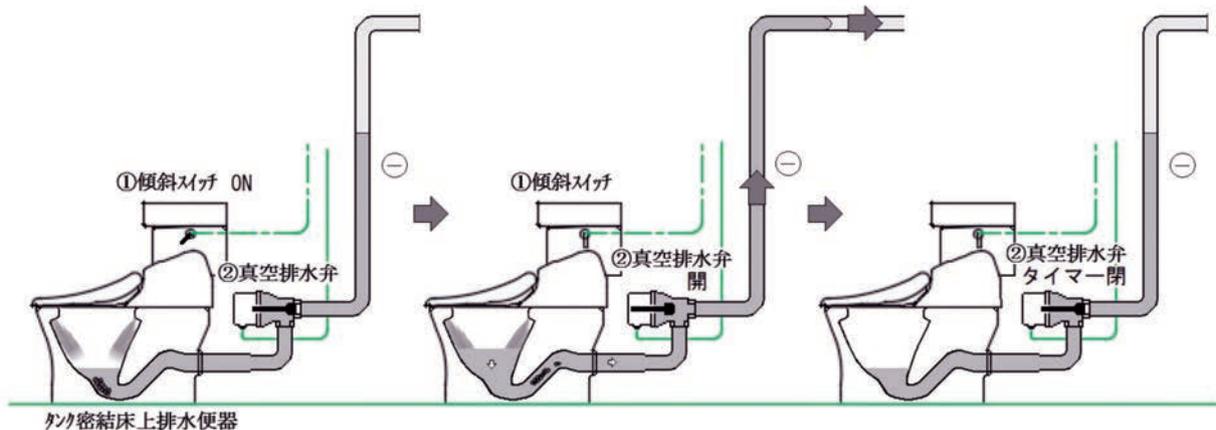


図2 大便器よりの吸引

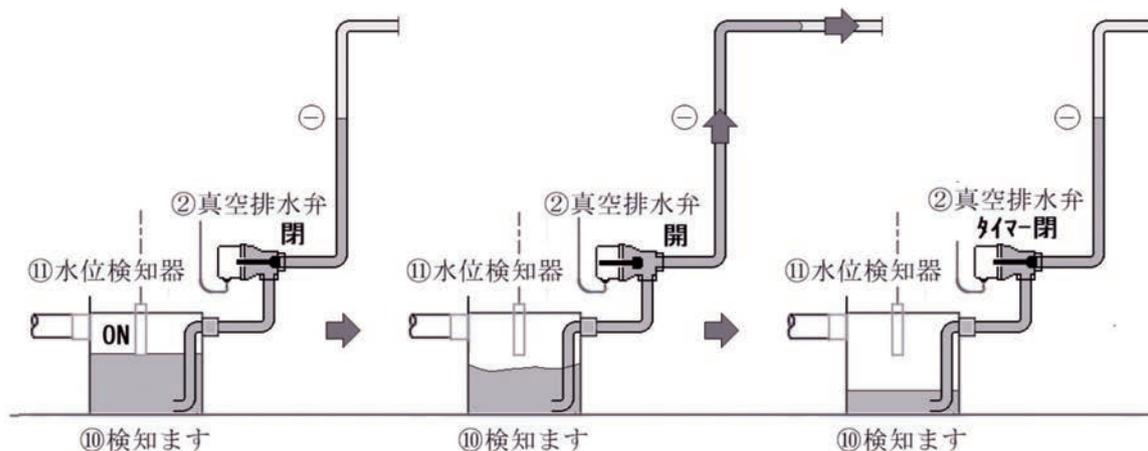


図3 検知ますよりの吸引

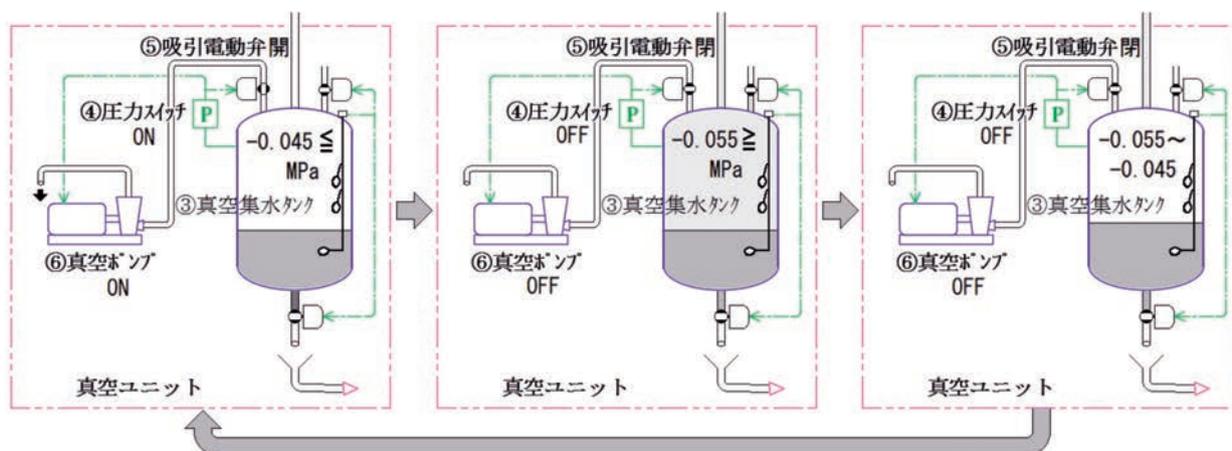


図4 真空ポンプの運転

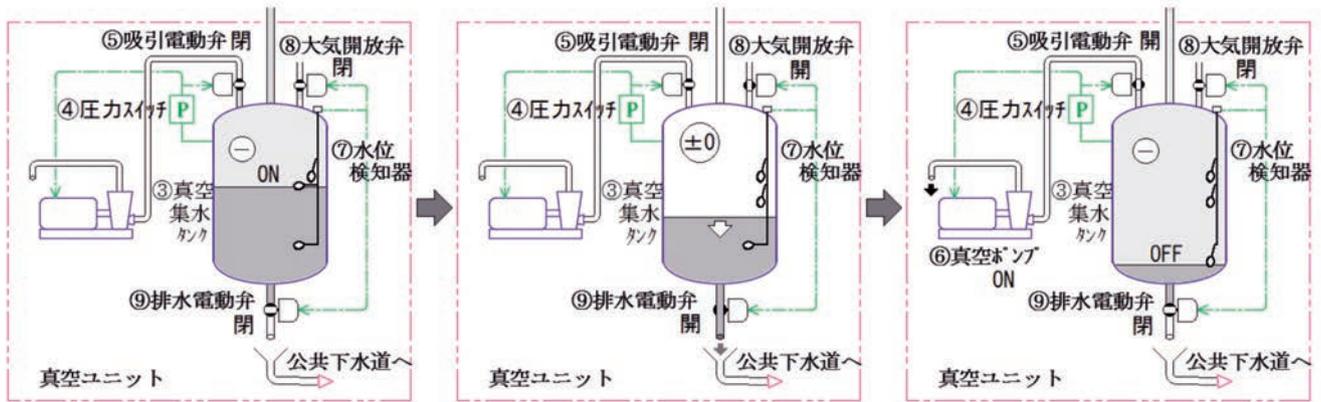


図5 真空集水タンクの排水排出

水位検知器が作動する

- (2) ⑦水位検知器の信号を受け、⑧大気開放弁及び⑨排水電動弁が開き、③真空集水タンク内の排水が排出される。
- (3) ③真空集水タンク内の排水が排出されると、⑧大気開放弁、⑨排水電動弁が閉まり、⑤吸引電動弁が開き、⑥真空ポンプが起動し、③真空集水タンク内の圧力を、④圧力スイッチの設定範囲に保持し、スタンバイ状態となる。

現在、SVDシステムの真空集水タンクとして、以下の5種類をプロトタイプとしている。

連続吸引型のシステムは、真空集水タンクを2基保有し、各々単独でシステムを構築し、自動交互運転を行う「C-1型」。

主の集水タンクが排水している間、副集水タンクにて吸引を行う「C-2型」及び集水タンクを上下に設置し、下部タンクが排水を排出している間、上部タンクで排水を吸引する「C-3型」の3種類をプロトタイプとしている。

非連続吸引型のシステムは、排水負荷が予測でき、使

表2

吸引形態	真空集水タンク	設置スペース	排水能力		備考 (参考制御例)
			排水流量	排水量	
連続吸引	C-1 φ 800×1400H×2基	2800 × 1600 × 2500H	190L/min	/	真空集水タンクを2基設置し、交互に吸引し連続排水に対応(図6)。
	C-2 φ 800×1100H×1基 φ 650×900H×1基	2300×1600×2000H	80L/min	/	1基を主集水タンクとし、主集水タンクが排水を行っている間、副集水タンクにて吸引(図7)。
	C-3 φ 400×530H(上部) φ 400×415H(下部)	1150×1100×2100H	60L/min	/	上下集水タンク吸引し、下部集水タンクが排水を行っている間は、上部集水タンクのみで吸引(図8)。
非連続吸引	I-1 φ 800×1400H×1基	1650 × 1350 × 2500H		約 475L	1日の排水量(475L以下)を吸引貯留し、指定時間に強制的に貯留水を排出し、スタンバイする。 システム停止時間約 150秒(実測値)
	I-2 φ 650×900H×1基	1200 × 1200 × 1800H		約 150L	約 150ℓ吸引すると、貯留水を排出する。 システム停止時間約 120秒(実測値)

注) 1、上記排水流量の値は、真空ポンプ能力6.2[L/s]、設定圧力45kPa～55kPaの場合
2、C-3型は、宇都宮大学古賀研究室、(株)芝工業、(株)ジェスの3者にて特許出願中

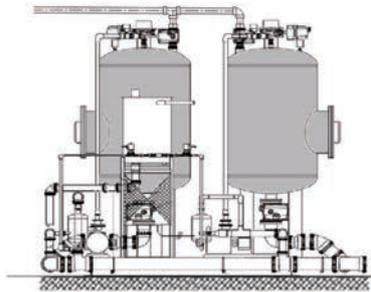


図6

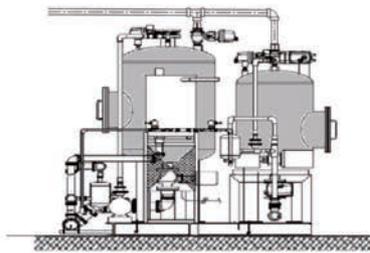


図7

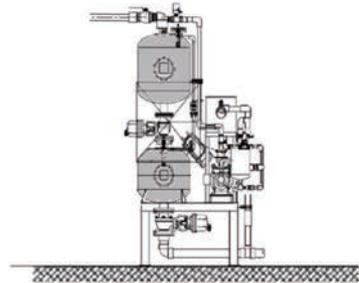


図8

用時間も限定される場合に、余裕を考慮した排水集水量を貯留し、ある時間に強制的に貯留排水を排出して、翌日の吸引に備える「I-1型」。成り行きタイプの「I-2型」をプロトタイプとしている。

学校であるため、休息時間に集中的に使用されること。また、使用頻度が高いと考えられることより、連続吸引式の「C-2型(排水能力80L/min)」を採用した。

ii) 設置場所の決定

既設屋外排水が便所の直近に在り、設置スペースも十分確保できるので、屋外排水柵直近に設置し、教育と安全のため、ネットフェンスにて囲うよう計画した(写真1参照)。

4. 採用例

(1)某高等学校(神奈川県)

①要求事項

1階男子便所を改修したい。

②要求事項の具体的阻害理由

床下ピットが無く、既存配管が全て土間配管となっているため、床研り工事が必要となる。

また、夏期休暇中に改修したいが、学校行事のため実質工期日数が少ない。

③具体的設計

SVDシステムを採用し、大便器・小便器はライニング・プースを用い床上排水とした。

a) 真空ユニット

i) システムの決定

設置器具は、表3の通りであった。



写真1

表3

器具名	個数	器具排水量	平均排水間隔	定常流量	定常流量計	備考
洋風便器	4	15L	600s	0.025L/s	0.1L/s	
小便器	6	5L	90s	0.06L/s	0.36L/s	
掃除用流し	1	40L	600s	0.07L/s	0.07L/s	
水栓	6	3L	60s	0.05L/s	0.3L/s	
				合計	0.83L/s	

b) 真空管路

i) 敷設ルート決定

図9のように、1階天井部を露出配管にて計画した。

ii) 真空チューブの検討

真空配管に凸凹が無く、真空排水弁を作動させる負圧は、真空排水弁以降の真空管路頂部より取り出した(図10の写真参照)。

③検知ます

i) 設置場所の決定

器具の配列より、大便器4組とその他の2ゾーンに分け、吸引を行った(図9参照)。

ii) 容量の検討

設置スペースを考慮し、MU-1(大便器側)は

450×450×400H(吸引量約36.5L)、MU-2(小便器側)は、500×450×310H(吸引量約16L)とした。

(2)某駅舎(静岡県)

①要求事項

駅務室、ホーム売店、飲食店(店舗面積約14.9㎡)の排水を行いたいが、排水管が直近に無かった。

②要求事項の具体的阻害理由

排水管に接続するための排水管経路が凸凹となり、ポンプアップでは不可能であった。

③具体的設計

SVDシステムを採用し、排水管を有するホームまで排水を吸引した(図11参照)。

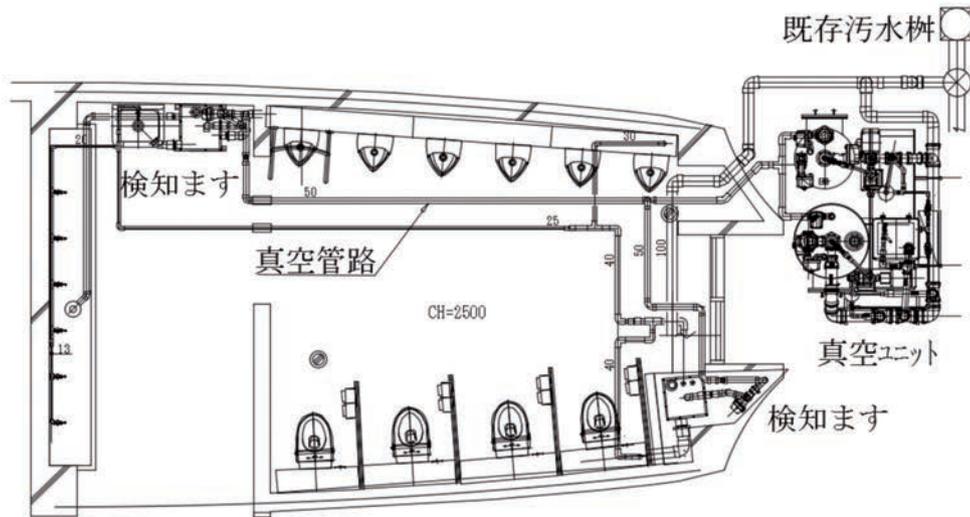


図9

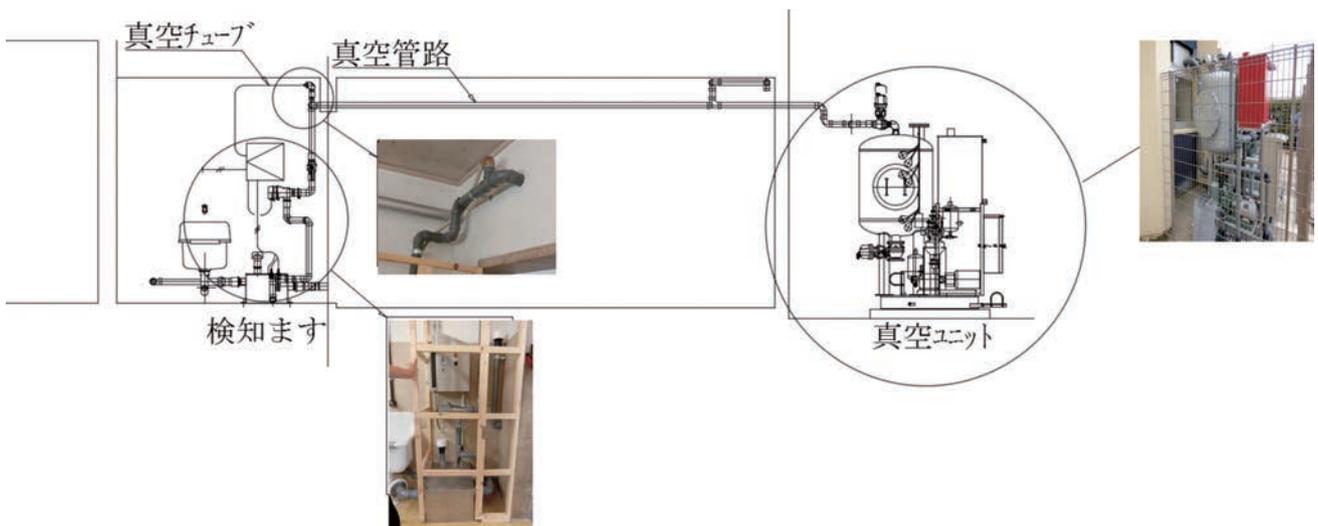


図10

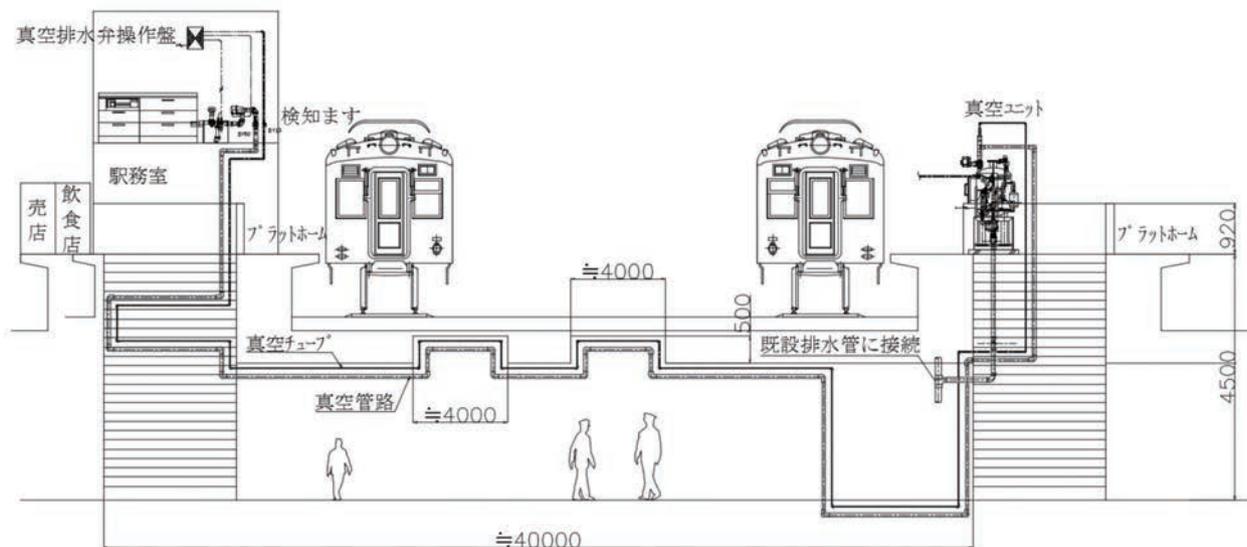


図 11

a) 真空ユニット

i) システムの決定

真空ユニットは、設置スペースの関係で、非連続吸引のI-2型とした。

ii) 設置場所の検討

既設排水管があるプラットフォーム上に設置し、フェンス囲いを設けた(写真2参照)。



写真 2

b) 真空管路

i) 敷設ルートの決定

敷設ルートは電車軌条下の隧道天井部のみで、各ホームへの案内板等を避け、前述図 11 のように、凸凹配管ルートにて計画した。

ii) 真空チューブの検討

真空管路が凸凹となるため、真空排水弁部分に確実な負圧を供給するため、真空ユニット部より単独にて、真空チューブ(管)を設けた。

c) 検知ます

i) 設置場所の決定

ア) 駅務室

流し台の隣に検知ます(450×450×400H)のスペースが確保できた。

イ) ホーム売店

図 12 のように設置スペースが狭く、検知ますサイズを 350×350×350H とした。

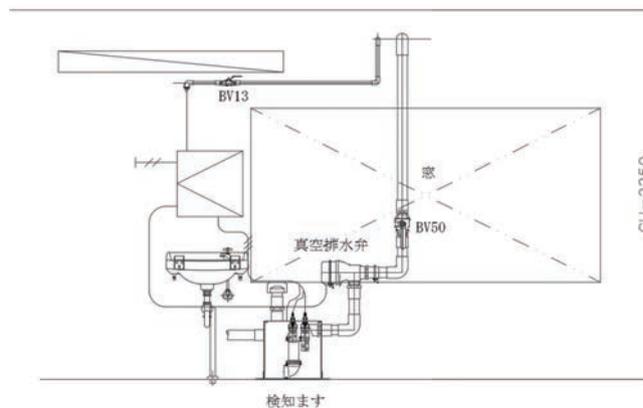


図 12

ウ) 飲食店

ホーム下の既存グリス阻集器を撤去するため、そのスペースを利用して検知ます(350×450×550H)を図 13 のように設置した。

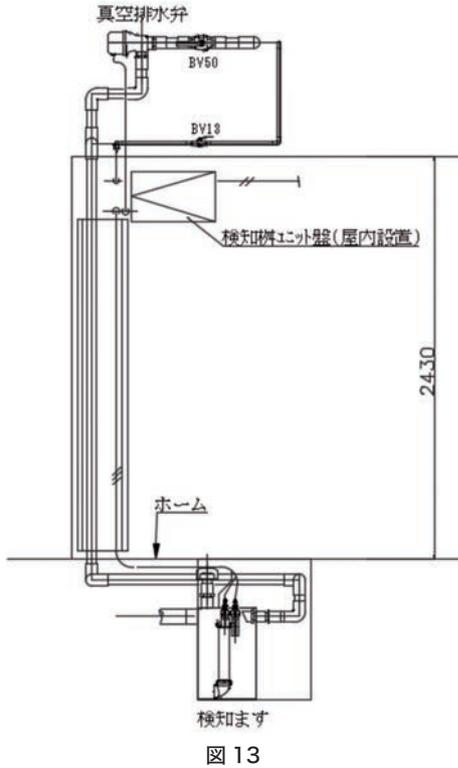


図 13

ii) 容量の決定

I-2型は真空集水タンクが1基のため、真空集水タンク内の排水を行っている間はシステム停止(約120秒)となる。システム停止時においても、各々の排水に支障が無いように吸引水位及び警報水位を計画した。

a) 駅務室

大便器1組、流し台1組が排水負荷対象で、検知ます底板より175(77+98)mm溜まった時に電極が感知し吸引を開始するが、この時、真空集水タンクが排水を行っていて、システム停止状態に成っていても、警報水位に達する貯留量を

$$0.45 \times 0.45 \times 0.181 \approx 0.037 (\text{m}^3) = 37\text{L}$$

となるように調整を行った(図14参照)。

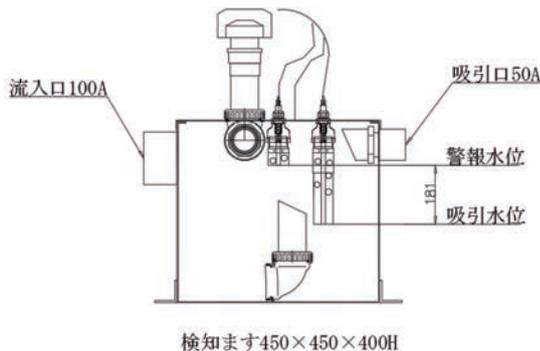


図 14

この量は、φ13の水栓の標準流量17L/minの2分間分以上、また、大便器洗浄水量(8L)の4回分以上となる。

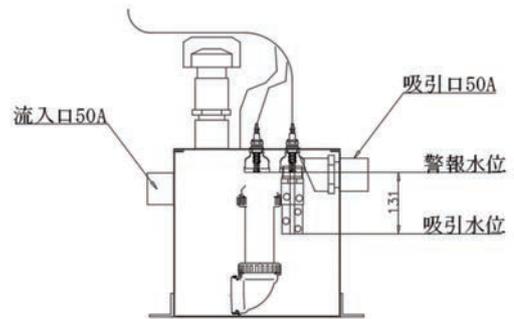
b) ホーム売店

手洗器1組が排水負荷対象で、吸引水位より警報水位までの貯留量を

$$0.35 \times 0.35 \times 0.131 \approx 0.016 (\text{m}^3) = 16\text{L}$$

となるように調整を行った(図15参照)。

この量は、手洗器の平均使用水量(7.5L/min)の2分以上となる。



検知ます350×350×350H

図 15

c) 飲食店(そば店 店舗面積約14.9㎡)

店舗面積に基づくグリズ阻集器の選定計算より

$$Q = A \times Wm \times (n/No) \times (1/t) \times k$$

Q: 流入量 [L/min]

A: 店舗全面積 [㎡]

Wn: 店舗全面積1㎡・1日当たりの使用水量 [L/(㎡・日)]

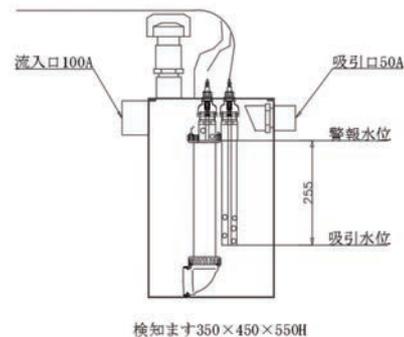
n: 回転数(1席・1日当たりの利用人数 [人/(席・日)])

nO: 補正回転数 [人/(席・日)]

t: 1日当たりの厨房使用時間 [分/日]

k: 危険率を用いて定めた時の平均流量に対する倍率

$$Q = 14.9 \times 150 \times (5.0/2.9) \times (1/720) \times 3.5 \approx 18.8 \text{ [L/min]}$$



検知ます350×450×550H

図 16

前述と同様に、吸引水位から警報水位までの貯留量を

$$0.35 \times 0.45 \times 0.255 \div 0.01 \text{ [m}^3\text{]} = 40\text{L}$$

と、流入量(Q)の2分以上とした(図16参照)。

(3)某駅構内(神奈川県)

①要求事項

駅構内施設(2カ所)の生活排水を処理している単独処理浄化槽を撤去し、直接公共下水道に放流したい。

②要求事項の具体的阻害理由

単独処理浄化槽への流入管底が低く、約150M先の公共下水道へ放流するための勾配が確保できない。

また、屋外配管を再施工するためには、多量の土工事が発生し、施工費用が廉価とにならない。

③具体的設計

SVDシステムを採用し、検知ます部分以外は一切土工事を行わずに、地上転がし配管とした。

a) 真空ユニット

i) システムの決定

経済性、設置場所を考慮し、I-2型を採用した。
流入負荷対応は、検知ますが深くなるので貯量で調整することとした。

ii) 設置場所の決定

公共下水道直近の屋外設置とした(写真3参照)。

b) 真空管路

i) 敷設ルート決定

地上転がし配管にて、敷地境界フェンスに沿って敷設した(写真4参照)。



写真3



写真4

真空排水弁

ii) 真空チューブの検討

配管ルートの障害物を避けるため、凸凹配管が予測されたので、真空チューブは真空ユニットより単独にて計画した(図17参照)。

c) 検知ます

i) 設置場所の決定

各々施設の単独処理槽撤去後のスペースに設置した。

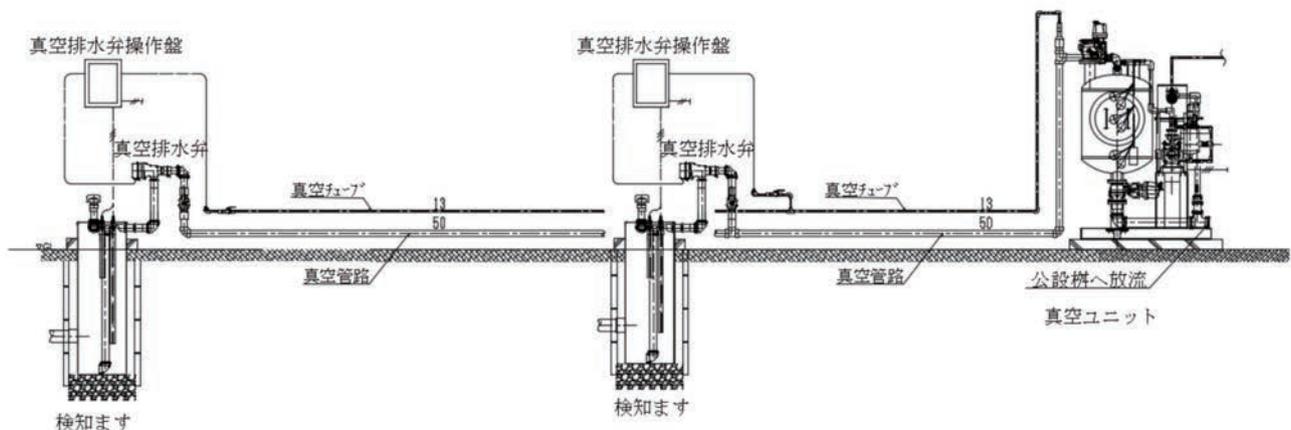


図17

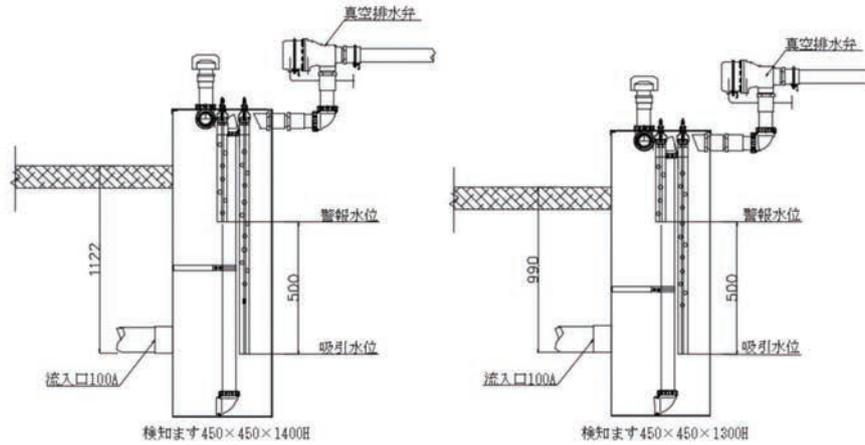


図 18

ii) 容量の検討

真空ユニットに、非連続排水の I-2 型を採用したため、システム停止時間が約 2 分となる。

この間の汚水流入量を 100L 確保できるように、吸引水位と警報水位間を 0.5m 確保した(図 18 参照)。

$$0.45 \times 0.45 \times 0.5 \approx 101L$$

5. 今後の展開と課題

前述のような「サイレント真空排水システムコンソーシアム」にて、公共施設並びに建築物などにおける生活排水を、真空力をもって集水・排水する通称「真空排水システム」の技術開発・普及支援を行っているが、従来の重力式排水システムでは対応の難しい領域の排水を可能とすることで、今後のストック建築物や施設の有効な利活用につなげたい。

足立区梅田に C-3 型の実機(写真 5 参照)を設置し、排水の吸引動作が観察できるよう透明配管を敷設し見学が可能な状態にしている。

現在、某商業施設の物販フロアを医療用スペースへのコンバージョン対応や、駅舎ホーム上のトイレ増設対応の計画を行っている。今後、真空ユニット、検知ますに



写真 5

は設置スペースが必要となるため、小型化の開発や低コスト化の工夫を行い、ますますの需要に結び付けたいと願っている。

◆SVDシステム及びSVDコンソーシアムに関する問い合わせ先

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 3-4-4 (第五田中ビル) (株)ジェス 電話 03(3263)1578 FAX 03(3264)4845 担当者: 山本