

# 「建築を変える拡張排水システム～概要と適用事例～」

## 拡張排水システムの概要と設計アドバンテージ、事例紹介：真空排水システム

Overview and Design Advantages of Extra Drainage System,

and Case Studies : Vacuum Drainage System

宇都宮大学/Utsunomiya University

古賀 誉章/Takaaki KOGA

キーワード：高性能化（Advanced Performance）、満流（Full Water Flow）、小径（Small pipe diameter）、管勾配（Gradient of Pipe）、設計の自由度（Design Flexibility）

### はじめに

「拡張排水システム」とは、従来の排水システムを補完・拡張する排水システムの総称として新しく定義されたもので、サイホン作用や動力を用いて満流を許容することで排水設備を高性能化し、排水管の小径化・無勾配（もしくは緩勾配）化を実現し、水まわりのレイアウトの自由度向上や配管スペースの縮小などに寄与する。本研究会では、設計者をはじめとした技術者が拡張排水システムを認知し、実務において計画・活用されることを期待して、2022年6月に刊行された「建築を変える 拡張排水システムの設計法」<sup>4)</sup>に則して、適用事例を中心に分かりやすく解説する。

本稿では、拡張排水システム全体の概要と設計時にどのようなアドバンテージや効果があるかについて解説し、その中から真空排水システムについて概要と適用事例を紹介する。

## 1. 拡張排水システムの概要と設計アドバンテージ

### 1.1 拡張排水システムとは

従来の排水システムは、動力を用いずに重力によっておだやかに自然流下させ、水封式トラップで排水管内外の空気の連通を遮断させる構成が基本である。これは約200年前に確立された、きわめて安全で合理的なシステムである。ただそのために、排水設備が設計上の制約や使用上の問題となっても許容せざるを得ない状況となっている。しかし、従来の排水システムが確立した200年前とえば、電灯照明・電話器・電動機・冷凍機などが発明されたばかりの頃である。この200年の間に空調設備・電気設備や給水・給湯設備などが急速に技術を進化させて高性能化を究めてきたのに対して、排水設備はその姿をほとんど変えていない。したがって、排水設備に関しても他の設備と同様に技術革新を進めれば、上記のような課題を解決する策が見いだせるはずである。

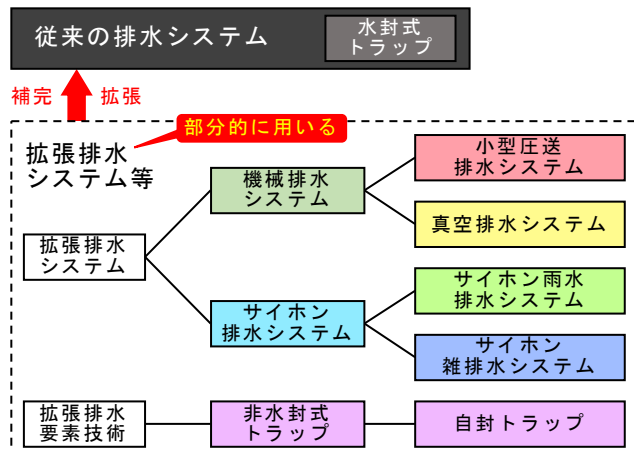


図 1.1 拡張排水システム等の全体像<sup>2)</sup>

表 1.1 従来の排水システムと拡張排水システムの比較<sup>3)</sup>

	性能的特徴	構造的特徴	メリット
従来の排水システム	・重力で自然流下 ・気液分離 ・搬送力を確保しつつ ・穏やかに流す	・太い管 ・一定の排水勾配 ・水封式トラップ	・安全 ・エコ ・合理的
拡張排水システム	・サイホン力・動力を用いる ・満流を許容し ・気液とも一気に流す ・動的（高圧・高速）	・小径管化（20～50A） ・勾配制限緩和 ・非水封式トラップ	・配管の自由度向上 ・管内掃流力の向上

この課題に対して、サイホン作用や動力を用いて満流を許容することで排水設備の高性能化を図り、排水管の小径化・無勾配（もしくは緩勾配）化などを実現する、各種排水システムが実用段階を迎えている。これらを日本建築学会では「拡張排水システム」と総称し、2016年に「設計ガイドライン」<sup>1)</sup>を発刊している。拡張排水システムは、従来の排水システムを置き換えるものではなく、補完的に従来の排水システムでは不可能または困難な状況の排水を可能とし、排水設備の可能性を拡張するものである。図1.1・表1.1に示すように拡張排水システムには、機械動力による小型圧送排水システム・真空排水システム、サイホン力によるサイホン雨水排水システム・サイホン雑排水システムがある。いずれも小管径・満流で動的に排水することで、配管自由度向上による建築への負荷低減、高流速による掃流力向上などの利点を生むことに加え、水場の設置が自由となり空間や生活を変える可能性がある。さらに、非水封式トラップは従来の排水システムの性能も向上させることのできる要素技術である。

## 1.2 拡張排水システムの設計アドバンテージ

ほとんどの設計者が、融通の効かない排水設備に困った経験があり、そういうものだと半ば諦めているのが現状ではないだろうか。意匠設計の設計実務者や様々な施設の一般ユーザに排水に関する”困った”についてインタビュー調査を行ったところ、表1.2に示すように「排水設備への要求」「意匠設計の自由度」「トラブル対応」の3つに大別できる計19項目の「排水設備の課題」に整理された<sup>3)</sup>。このうち、現状では14項目、将来見込みでは16項目に対して、拡張排水システムのうちの1つ以上の技術が、その対策として「効果大（表中◎）」となった。

さらに、これまで無理と思われてきた場所・場面での排水が可能になることによって、常識に縛られずにもっと新しい水を使った建築空間を作ることも可能になるはずである。図1.2のように手洗器や流し台・結露水の発生する空調器などが、距離や床面の制約なしに自由にレイアウトできたり、可動式にできたりする。このように拡張排水システムは、従来排水システムの抱える課題の多くを解決し、かつ新しい建築・空間を実現する可能性をもった技術群である。『排水から建築が変わる』、これが私たちの見据えている希望ある未来である。

表 1.2 排水設備の課題と拡張排水の各技術の適応可能性

大分類	排水設備の課題 19	従来	小型圧送排水		真空排水		サイホン雨水排水		サイホン雑排水*		自封トラップ	
			現状	見込	現状	見込	現状	見込	現状	見込	現状	見込
			排水設備への要求	高位排水	×	◎	◎	▲	◎	×	×	×
超長距離搬送(屋外等)	▲	○		○	▲	◎	▲	▲	▲	▲	○	○
長距離横引き(建物内等)	▲	◎		◎	▲	◎	◎	◎	○	○	○	○
下階の天井裏配管の回避	▲	◎		◎	▲	◎	○	○	◎	◎	○	○
バリアフリー対応配管(床上げ・スラブ上配管の回避)	▲	◎		◎	○	◎	×	×	◎	◎	◎	◎
土工事・土中配管の低減	▲	▲		◎	○	◎	○	◎	▲	▲	○	○
構造体・区画の貫通	▲	◎		◎	▲	◎	○	◎	◎	◎	○	○
他機能・他設備との取り合い	▲	○		○	○	◎	○	○	◎	◎	○	○
施工性・配管量・工事量の改善	▲	◎		◎	▲	◎	○	○	○	○	○	○
雨水貯留・雨水浸透	▲	×		×	×	×	▲	○	×	×	×	×
意匠設計の自由度	配管の省スペース化	▲	◎	◎	▲	◎	◎	◎	◎	◎	○	○
	機能的な平面プラン	▲	◎	◎	▲	◎	×	×	◎	◎	○	○
	自由な水使用機器配置(可動含む)	▲	◎	◎	▲	◎	×	×	◎	◎	○	○
トラブル対応	意匠性の向上	▲	○	○	▲	◎	◎	◎	◎	◎	×	×
	臭気・侵入物(破封)	▲	◎	◎	▲	◎	×	×	○	○	◎	◎
	騒音・振動	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	溢れ・漏れ・詰まり等	▲	—	—	▲	◎	○	○	◎	◎	▲	▲
	メンテナンス性	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○
停電	◎	×	×	×	▲	◎	◎	◎	◎	◎	◎	

凡例 ◎:効果大 ○:効果あり ▲:課題あり・条件つき —:メリットなし ×:対応しない

\*サイホン雑排水は、事例の内容が地上階だとはっきり分かるもの以外は、十分な立下りが確保可能として評価した。

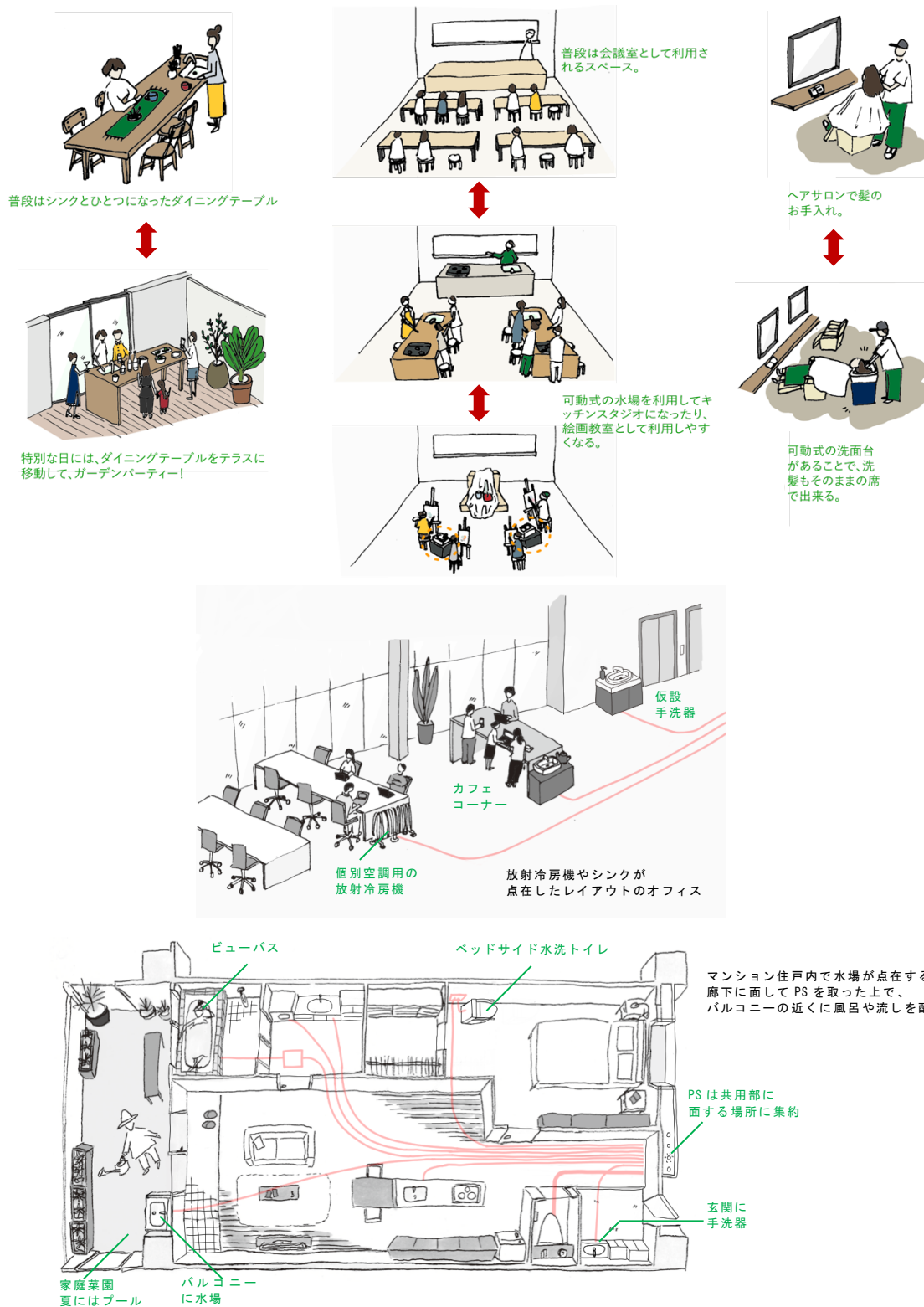


図 1.2 拡張排水システムが実現する新しい建築・空間のイメージ

(作画：五ノ井とも、青木香緒里、矢口奈緒美)

【引用・参考文献】

- 1) 日本建築学会編：日本建築学会環境基準 機械・サイホン排水システム設計ガイドライン(AIJES-B003-2016), 日本建築学会, 2016. 2
- 2) 古賀誉章：拡張排水システムのもたらす排水設備の高性能化, 空気調和・衛生工学, 第 92 卷, 第 9 号, pp. 815-820, 2018. 9
- 3) 古賀誉章・光永威彦・坂上恭助・岡内繁和：「拡張排水システム」による建築計画・設計の可能性に関する検討, 日本建築学会技術報告集, 第 27 卷, 第 66 号, pp. 871-876, 2021. 6
- 4) 日本建築学会編：建築を変える 拡張排水システムの設計法, 彰国社, 2022. 6

## 2. 真空排水システム

### 2.1 概要

真空排水システムとは、排水管内の圧力を標準大気圧より低い状態にすることにより、圧力差を利用して排水を吸引し（大気圧に押し込まれ）、集水するシステムである。ここでいう「真空」とは、完全な真空状態ではなく、大気圧の半分（大気圧 - 0.05MPa）程度の「低真空状態」（以下「負圧」という）のことを示している。

真空排水システム自体はかなり以前からあり、高低差に縛られない排水を可能とするほか、空気も搬送媒体に使うことによる大幅な節水効果、動力源の集中などをメリットとして、公共下水道や船舶・鉄道などでは一般的に用いられている。建築用としても 1970 年代頃に主に節水を目的として開発されたが、空気と水を一緒に吸い込むことによって音と振動が非常に大きかった。そのため真空排水はうるさいというイメージが定着し、建築用としては敬遠されてきた。

この音と振動の問題に対して、空気による節水効果を考慮せずに、排水が少なくなって空気が混じる前に吸い込みを止めるという制御を行うことによりこの問題を克服したのが、新しい真空排水システム（サイレント真空排水システム）である。1~2 階分程度の高さを吸い上げ、天井裏などを横引きしてタンクに集水する。タンクが満水になると、ポンプアップするか、一旦タンクを大気圧に開放して排出する。

真空排水は水使用機器より高い位置への排水が可能であり、一定の排水勾配を維持する必要もない。したがって、従来排水では不可能な場所からの排水が可能となり、建築物の計画性・施工性・管理性の向上につながる。また、吸い上げる際は空気を含まない（満流状態）ので、小径管（汚物を考慮した場合 50A 程度）を用いることができる。したがって、表 2.1 のような要求事項に対応可能である。さらに、真空排水は、一つの真空ユニットで複数の排水を吸い上げることができるので、ある程度の規模（箇所数）を受け持つほうが、効率が良い。加えて長距離横引きが可能なので、例えば多数の住戸の排水に対して空中配管を通じて一つの真空ユニットに集水することによって土工事を省くことができ、災害時の大規模仮設住宅の設営などにおいて効果的である。その他、万が一管路に穴があいても管内が負圧のため漏水に至りにくいという特徴も見逃せない利点である。

このように真空排水システムは、従来排水方式にはない多くの利点を有しており、まだ実施例は少ないものの今後の普及が期待される方式である。

表 2.1 真空排水システムで対応できる要求事項

要求事項 (例)	従来の排水システムでの課題と対応	
従来排水方式では設置困難な場所に配管したい	排水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（区分所有のためなど）。
		スラブ上転がし配管では、床下配管スペースが高くなる（コンバージョン等で発生）。
	凸凹配管となる	床スラブ貫通ができない（下階が使用中、区分所有など）。
1 階の便所を改修したい	排水勾配をとると、配管が下がりすぎる	障害物(既存構造体など)があり、配管できない。
		地盤沈下の可能性があり、将来的に問題が生じる。
労働環境改善のため厨房の床段差をなくしたい(フラット厨房)	床下に配管スペースが必要	下がり天井など工夫しないと、立て管(PS)に到達できない。
鉄道線路敷の上部に配管したい	線路敷の保護が必要	土中配管が深くなり過ぎ、自然流下では公共下水道に接続できない。
		深さに応じた根切工事が発生する。
下層の排水槽からの臭気・衛生害虫の侵入を防止したい	床点検口の変形・劣化への対応が必要	スラブ下げ・地下階・床下ピットなどが無い場合、土間はつりが発生する。
鉄道線路敷の上部に配管したい	線路敷の保護が必要	厨房器具排水は、作業動線確保のためスラブ上にシンダーコンクリートを打設し、その中に埋設配管とする。
		原則、二重スラブとして安全を確保する必要がある。
下層の排水槽からの臭気・衛生害虫の侵入を防止したい	床点検口の変形・劣化への対応が必要	鉄道営業終了後の夜間工事(保全)となる。
		点検口の修繕やパッキンの交換などの際に、内装・家具レイアウトの関係で作業が難しくなることがある。

## 2.2 システム構成・基本動作

真空排水システムは、大きく「検知ますユニット」・「真空管路」・「真空ユニット」の3つの部位で構成される。真空排水システムのプロットを図 2.1 に示す。

### 1) 検知ますユニット

空気を混入させず排水のみを吸引できるように、発生した排水はまず「検知ます」に集められる。水使用機器から検知ますまでの配管は従来の重力排水方式である。検知ますは複数個あってよく、大便器のように水使用機器が検知ますを兼ねることもできる。検知ますの水位を検知して、真空排水弁を開き排水を吸引する（大便器などは洗浄ボタンの信号をトリガとしても良い）。真空排水弁は「真空チューブ」で導いた真空管路内の負圧を駆動力とするので、別に動力を必要としない。真空排水弁を閉じるタイミングは、水位検知・開閉時間などの制御方法を選択できる。排水は真空吸引管によって必要な高さまで吸い上げられ（最大揚程 7.5m）、真空管路に合流する。真空吸引管の管径は汚物を考慮して 50A を標準とするが、汚物を扱わない場合はさらに小径化が可能である。

### 2) 真空管路

検知ますからの排水は、真空管路で他の検知ますからの排水と合流し、真空ユニットまで横引きされる。吸引管の最高位置までは満流であるが、横引きの真空管路内では従来の重力排水方式と同様に非満流も起こるので、管径は 50A 以上で一定の排水勾配がついていることが原則となる。ただし、適切な設計を行えば凸凹のある鳥居配管等も許容される。

### 3) 真空ユニット

真空ユニットは、吸い上げられた排水を一時的に貯めておく「真空集水タンク」と、管内圧が上昇してきた際に作動して負圧を保つ「真空ポンプ」から構成される。

タンクが満水になった際に貯留水を排水する方法として「強制排出方式」と「自然排出方式」がある。「強制排出方式」は、減圧状態を維持したままポンプで排出する方式で、排出の際もタンクを使用停止にせず済むが、負圧から大気圧に排水する相応の揚程のポンプが必要になる。一方、「自然排出方式」は、タンクと真空管路の間の弁を一旦閉じ、タンクを大気圧に戻して貯留水を自然流下で排出する。貯留水の排出中はタンクには集水できないが、大きなタンクに貯留し夜間にシステムを休止して排出する運用や、検知ますの容量を確保してバッファとして活用する、などが考えられる。また 2 つのタンクを並列または直列に設ければ、システムを止めない連続排水が可能である。

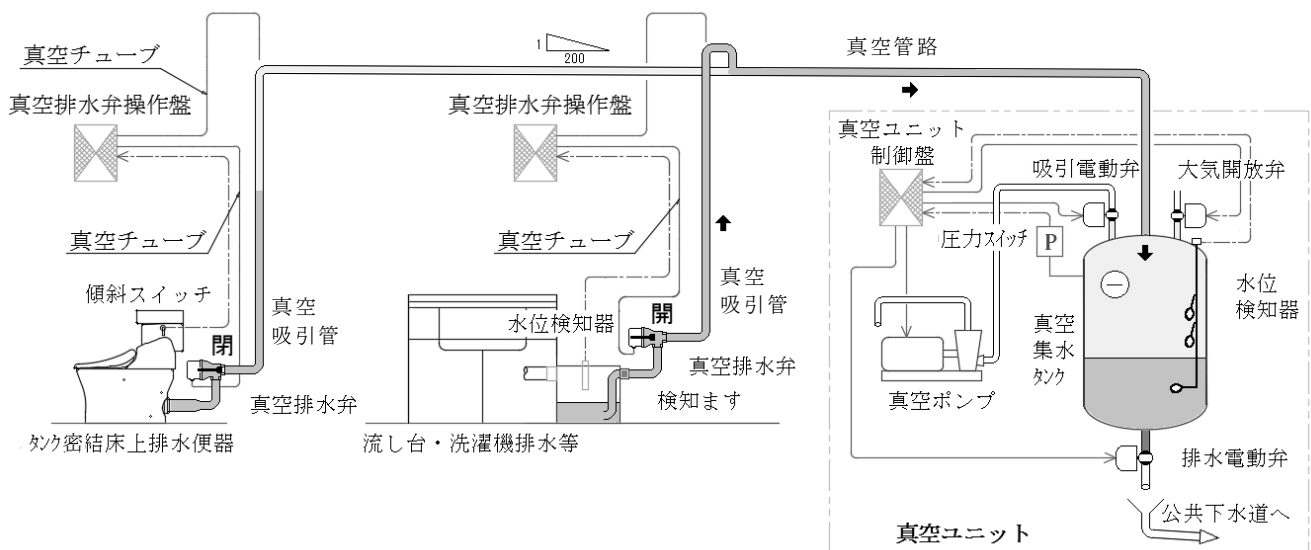


図 2.1 真空排水システムの概念図

## 2.3 採用・設計事例

### 2.3.1 事例① 高等学校の夏期休暇中に土中配管の1階便所を改修

#### (1) ニーズ

高等学校の1階男子便所を夏期休暇中に改修したい。

#### (2) 主な阻害要因

- ・床下ピットがなく、既存配管が全て土間配管となっているため、床はつり工事が必要となる。
- ・夏期休暇中であっても、学校行事があるため実質工期日数が少ない。

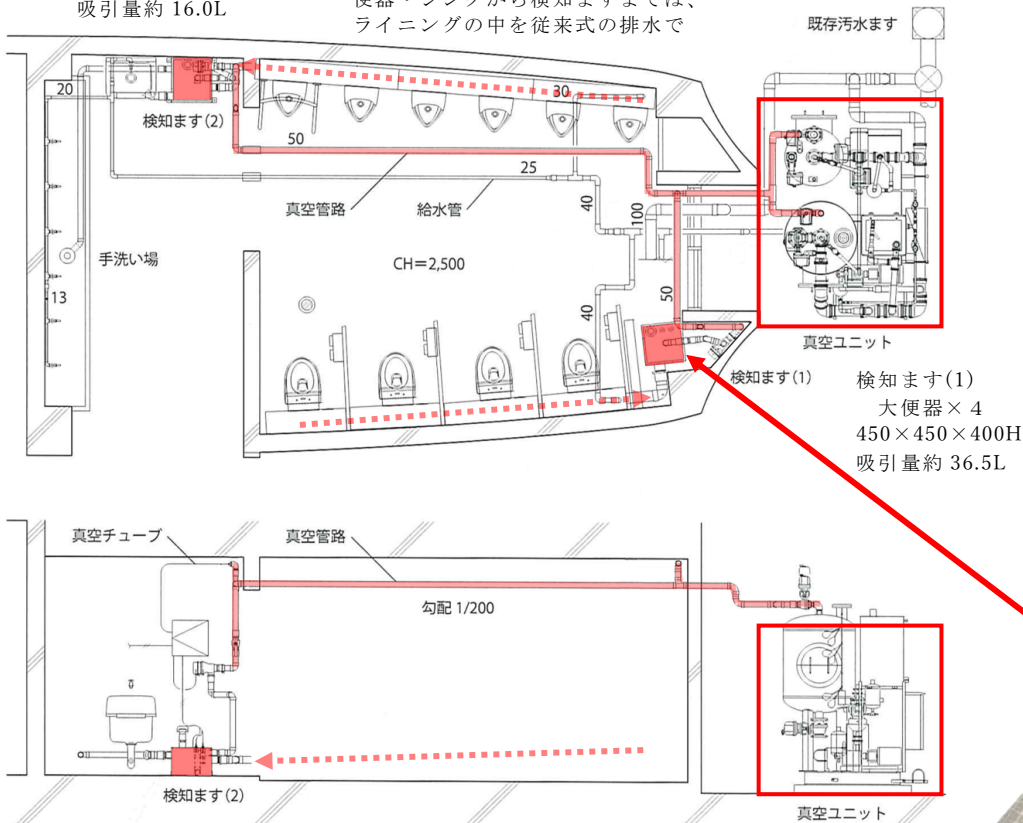
#### (3) 具体的な設計

- ・小型圧送システムでは、負担器具数・配置から室内のポンプ・タンクの設置場所に難があった。
- ・検知ますが小さくて済む真空排水システムを採用することとした。



検知ます(2)  
小便器×6、  
手洗い場(6水栓)、  
掃除用流し  
500×450×310H  
吸引量約16.0L

便器・シンクから検知ますまでは、  
ライニングの中を従来式の排水で



## 2.3.2 事例② 浄化槽を撤去し、駅構内を横断して150m先の公共下水道に接続

### (1) ニーズ

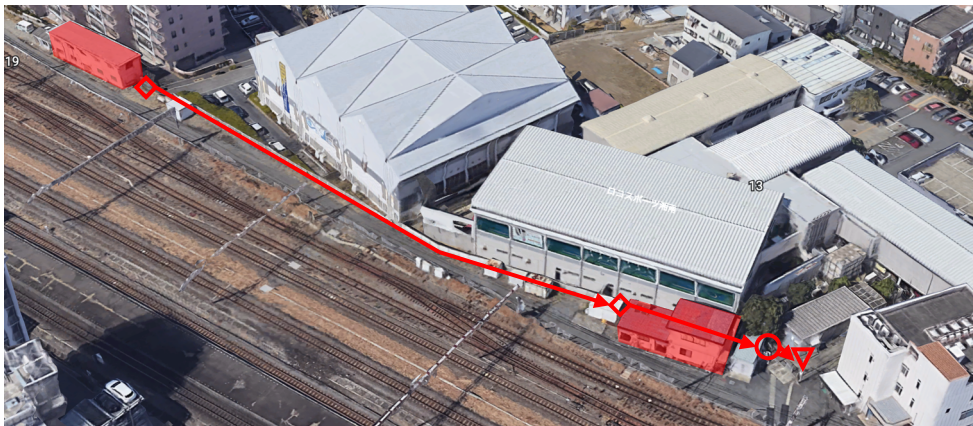
駅構内施設の2箇所の単独処理浄化槽を撤去し、排水を公共下水道に直接放流したい。

### (2) 主な阻害要因

- ・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勾配が確保できない。
- ・屋外の埋設配管を再施工するためには、多量の土工事が発生し、施工費用が廉価とならない。
- ・公共下水道への配管経路が、長距離かつ凸凹配管となるため、圧送排水方式では不適當。

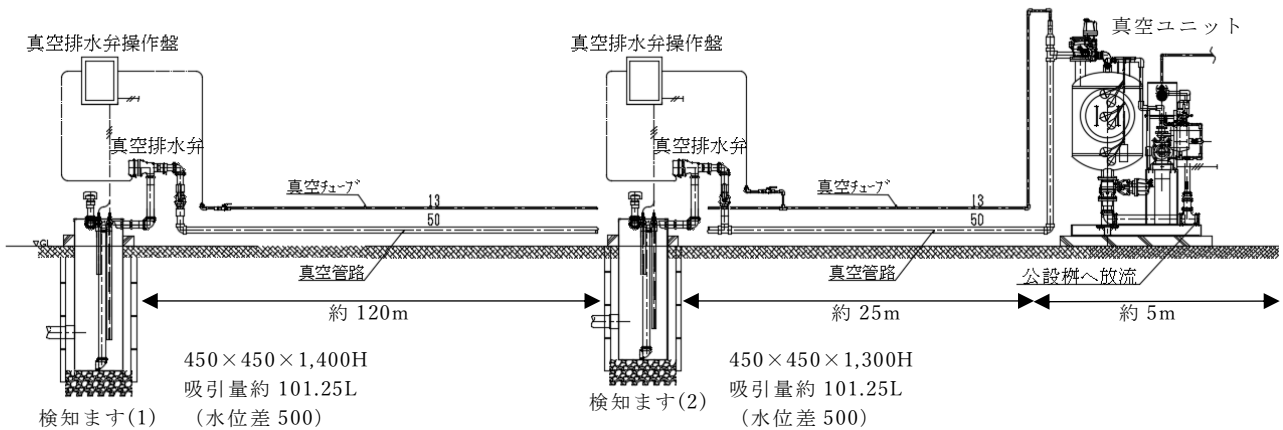
### (3) 具体的な設計

- ・真空排水システムを採用し、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。
- ・検知ますは撤去する浄化槽の跡に設置することとした。
- ・浄化槽の撤去跡は深く、検知ますの容量を十分に確保できたため、経済性・設置場所を考慮して真空ユニットは非連続型を採用し、吸引停止中は検知ますへの貯留で対応することとした。



- ◇：検知ます
- ：真空ユニット
- ▽：公共下水

Google Earth より



検知ます(1)



敷地際を転がし配管



真空ユニットと周辺環境



### 2.3.3 事例③ 駅ホーム上の排水を軌道下で障害物を避けながら排水ルートを確保

#### (1) ニーズ

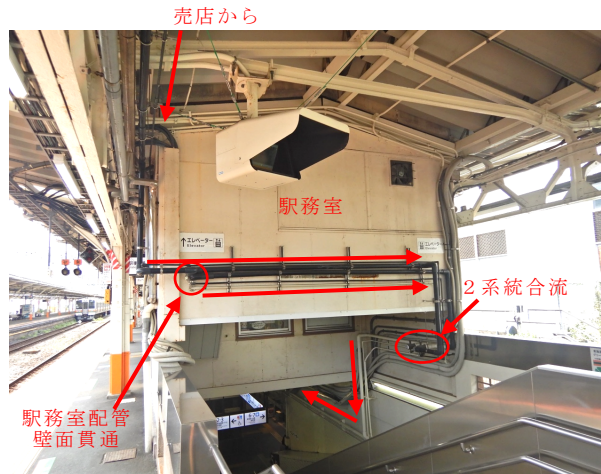
ホーム上にある駅務室、売店、飲食店（そば店）の排水を行いたい。

#### (2) 主な阻害要因

- ・既設の排水管が直近にない。
- ・既設の排水管に接続するためには凸凹配管となり、圧送排水方式では不可能。

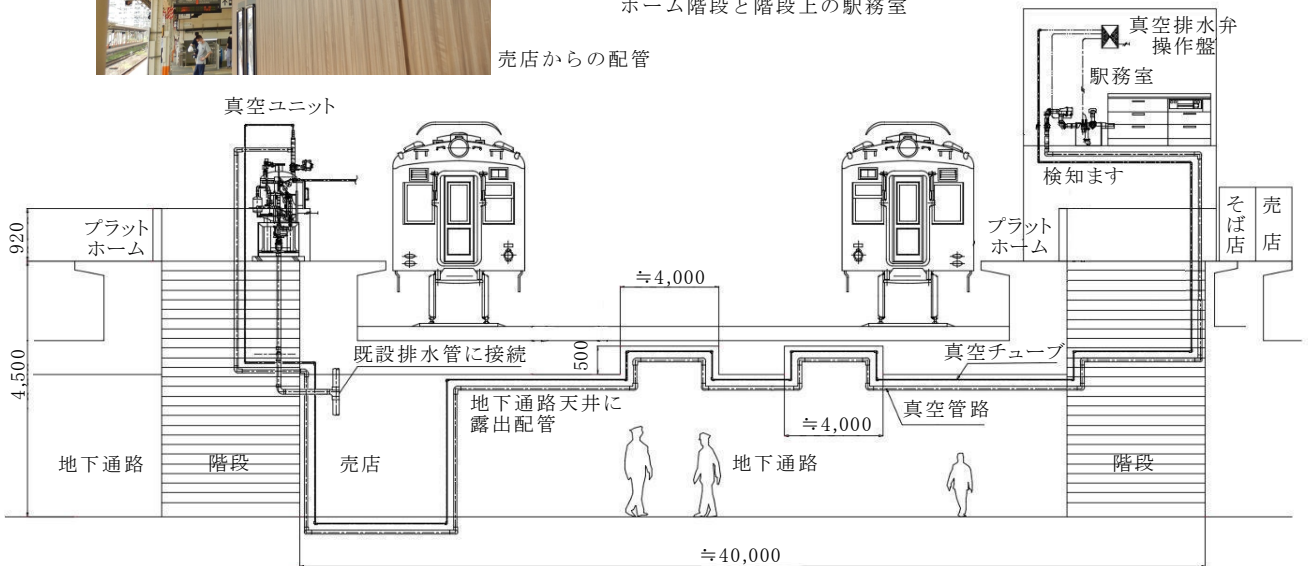
#### (3) 具体的な設計

- ・真空排水システムを採用し、排水管を有するホームまで排水を吸引した。



ホーム階段と階段上の駅務室

売店からの配管



別のホーム上にある真空ユニット

売店内の検知ます▶

▼地下通路天井に沿って鳥居配管  
真空管路、真空チューブ、電気配管

