「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

STUDY ON POSSIBILITY OF ARCHITECTURAL PLANNING AND DESIGN BY “EXTRA DRAINAGE SYSTEM”

古賀 蒼章 — * 1 光永 威彦 — * 2
坂上 恭助 — * 3 岡内 繁和 — * 4

Takaaki KOGA — * 1 Takehiko MITSUNAGA — * 2
Kyosuke SAKAUE — * 3 Shigekazu OKAUCHI — * 4

キーワード：
設計の自由度, サイホン排水システム, 小型圧送排水システム,
真空排水システム, 非水封式トラップ

Keywords:
Design flexibility, Siphonic drainage system, Small pumping drainage system, Vacuum drainage system, Non-water seal trap

This paper aims to examine the applicability of “Extra drainage systems” which can complement conventional drainage system. Firstly, the authors asked participants about the difficulty using conventional drainage system and the idea using extra drainage systems. Then, the authors classified collected cases into 19 categories of drainage problems. After that, the authors got the evaluation of applicability of extra drainage systems to solve the problems by technical experts of those systems. The result showed those systems are effective to solve 16 categories of problems. Therefore, it is confirmed that extra drainage systems are useful to solve current problems of drainage.

1. 背景と目的

1.1 拡張排水システムについて

現在の排水システムは、動力を用いずに重力でおだやかに自然流下させ、水封式トラップで管内外の空気の連通を遮断させるという、約200年前に確立された非常に信頼性が高く合理的なシステムである。ただしそのために、排水が設計上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。他方で、日本では2000年ごろから排水設備の技術革新を目指した複数の開発研究が行われており、ようやく実用化または普及レベルに達しつつある。そこで、建築学会の拡張排水システム小委員会では、これらの技術を「拡張排水システム等」と総称し、2008年以来継続的に技術の体系化と普及のための活動を行ってきた。特に、これらの技術は従来からある排水設備の規定から外れるものであるため、基本的な技術規定として2016年には設計ガイドライン¹⁾を刊行している。

「拡張排水システム等」は、従来の排水設備では実現が難しい箇所に用いて排水システムを補完し、排水による制約を取り払って建築の可能性を拡張するシステムまたは装置である(図1)²⁾³⁾。拡張排水システムには、機械動力を用いた「小型圧送排水システム⁴⁾」「真空排水システム⁵⁾」、サイホン力を用いた「サイホン雨水排水システム⁶⁾⁷⁾⁸⁾」「サイホン雑排水システム⁸⁾⁹⁾」があり、いずれも小径管を満流で高圧・高速に流すことで、配管の自由度が向上し建築への負担や制約が軽減されたり、管内掃流力が向上するなどの利点を生む(表1)。また、「非水封式トラップ」は従来式排水システムの性能を向上させる装置(要素技術)であり、中でも「自封トラップ¹⁰⁾」を有望な技術として採り上げている。

本論を展開にするのに先立って、各技術の概要を以下に紹介して

おく。なお、各技術の課題等については、本論3章にて整理しているので、3.2の考察および表3・表4を参照願いたい。

1) 小型圧送排水システム (図2)

小型圧送排水システムは、一器具またはごく少数の器具からの排水をポンプで圧送するものである。地下階の圧送については既に規定化されているが、地上階の小規模圧送については規定がないまま、海外製品が輸入されると同時に、国内製品も開発され、既に多数用いられている。小径管(20A程度)・フレキシブル管を用いることができるが、そのために汚物は一旦破碎してから圧送する。応用例として、室内を移動できる介護用の「ベッドサイド水洗トイレ」が商品化されている。

2) 真空排水システム (図3)

真空排水システムは、管内を負圧にして排水を吸引する。ヨーロッ

図1. 拡張排水システムの全体像

表1. 従来排水システムと拡張排水システムの比較

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 安全・エコで合理的
拡張排水システム	・動力・サイホン力を用いる ・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 配管の自由度向上 管内掃流力の向上

本稿は2019年度日本建築学会大会学術講演会において発表した内容から、調査・分析を追加し加筆修正と再構成を行い、執筆したものである。

¹⁾ 宇都宮大学地域デザイン科学部 准教授・博士(工学)
(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2)

²⁾ 明治大学理工学部 専任講師・博士(工学)

³⁾ 元・明治大学理工学部 教授・工博

⁴⁾ 明治大学拡張給排水設備研究所 客員研究員

¹⁾ Assoc. Prof., Faculty of Regional Design, Utsunomiya Univ., Dr. Eng.

²⁾ Assistant Prof., School of Science and Technology, Meiji Univ., Dr. Eng.

³⁾ Former Prof., School of Science and Technology, Meiji Univ., Dr. Eng.

⁴⁾ Guest Researcher, Expansional Plumbing System Laboratory, Meiji Univ.

図2. 小型圧送排水システムの適用例

図3. 真空排水システムの適用例

図5. サイホン雑排水システムの適用例

図4. サイホン雨水排水システムの適用例

図6. 自封トラップの適用例

パでの歴史は長く、日本でも船舶や鉄道では馴染みがあるが、吸込音・振動が大きいという欠点があった。新しい真空排水システムでは、排水ますを設けて、空気を吸い込む前に吸引を止めることで音と振動の課題を解決した。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、大気圧に開放して排出する。排出中は発生した排水を吸引できないが、2タンク交互運転など工夫することで、連続使用を可能にしている。

真空排水システムの利点は、多数の器具からの排水を1つの真空ユニットで集水できること、遠隔からの長距離横引きが可能であることが挙げられる。また、管路に小さな穴があいても、管内が負圧のため漏水に至りにくいという特徴もある。

3) サイホン雨水排水システム (図4)

管径を絞り満流状態をつくることで、重力を駆動力としたサイホン力を使って排水を促す方式を「サイホン排水システム」という。排水流入口と従来排水システムに接続される出口との高低差によって最大排水能力が決まり、非動力でありながら途中の管路の上下はある程度許容できる。そのため、小管径(20A程度)のフレキシブル管を勾配なしで用いることができる。ただし、サイホン起動前の流量は小さく、起動前にあふれが生じないようにすることが重要である。また、排水がなくなってサイホンが終わるときには、空気を吸い込んで大きな音がする。

雨水排水にサイホンを用いるのは欧州では既に珍しいものではなく、英国では設計規格⁶⁾⁷⁾も存在する。サイホンの利用を許容することで、管径を細くしたり本数を削減したりでき、配管スペースの削減・外観意匠性の向上・建物周囲の埋設管工事の削減などが期待できる。

4) サイホン雑排水システム (図5)

雑排水にサイホンを利用するのは、日本独自の研究・開発である。基本原理や長所・短所はサイホン雨水排水と同じだが、油脂を含む固形物を搬送することとトラップが必要なことが異なる。システム構成としては、サイホンを起こすために原則器具ごとの配管とし、約1階分立ち下げてから従来排水システムの立て管などに合流させる。また、床に近い低位の排水はサイホンが起動するまでの時間が長くなるため、あふれないように排水ます(一時貯留槽)を設ける技術も考案されている。

5) 非水封式トラップ(自封トラップ) (図6)

トラップはシステムではなく装置だが、排水システムの中で最も重要な衛生性(防臭・防虫)を守る役割を担う。従来の水封式トラップは、誘導サイホン作用や蒸発によって封水がなくなり、機能が果たせなくなることがある。その問題に対して、封水を用いない非水封式トラップが開発されている。中でも、トラップ本体内に装着されたメンブレンが排水によって自然に開閉する「自封トラップ」は英国を中心に普及し、日本でも独自に改良が進められている。長期間排水のない排水口の閉鎖または封水の補給の手間が省けたり、小型なためシンク下空間が自由になり車いすへの対応が容易になったりなどのメリットが考えられる。

1.2 本稿の目的

これら拡張排水システム等の技術によって、建築は水場の設置や使用の制約条件から解放され、空間や生活が大きく変わると期待される。ただし、普及に向けた活用イメージの検討は、1.1に例示した典型的な適用例をはじめとして開発者側では様々に想定しているものの、十分とはいえないのが現状である。そこで本稿では、従来の排水設備の抱える課題や排水技術の進歩によって期待される新しい建築・空間のアイデアを収集してまとめ、拡張排水システムが課題の解決やアイデアの実現にどのように貢献するかを検討することによってその有用性を明らかにし、同時に、新しい建築・空間の可能性を示すことを目的とする。

2. 排水設備の課題と可能性の収集

2.1 調査1: 設計実務者へのインタビュー (図7左上)

まず、排水設備がいかに設計の制約となっているかを明らかにするために、意匠設計の設計実務者に対して一人またはグループでインタビュー調査を行った(2018年11月～2019年2月)。質問内容は、協力者の属性、これまでの実務経験の中で排水設備が設計の障害となった事例、拡張排水システムの適用により可能になる新しい建築・空間のアイデアの3項目で、協力者は22名(10団体)である。

2.2 調査2: ユーザへのインタビュー (図7中央上)

次に、空間の使い手からみたニーズを把握するために様々な施設の利用者にインタビュー調査を行った(2019年8月～11月)。こ

調査1: 設計実務者へのインタビュー調査		調査2: ユーザへのインタビュー調査		調査3: 学生へのアンケート調査
従来の排水システムの課題の把握・拡張排水システムの可能性の模索	対象者	意匠設計の設計実務者	就職経験のある排水設備ユーザ	大学院修士課程の学生
	調査期間	2018年11月～2019年2月	2019年8月～2019年11月	2017年～2019年(それぞれ7月)
	協力人数	22名	16名	36名
	調査形式	1～4人のグループでのフリートーク形式	1～4人のグループでのフリートーク形式	レポートでのアンケート形式
	質問項目	1) 属性(実務経験年数、経験建築物の建物用途) 2) 設計業務経験の中で排水設備が設計の障害になったこと 3) 拡張排水技術が可能にする新しい建築・空間のアイデア	1) 属性(勤続年数、仕事の内容) 2) 排水設備が原因で困ったこと 3) 水場の設置が自由になることによる新しい生活・空間のアイデア	1) 属性 2) 排水設備の技術革新による新しい建築・空間のアイデア
結果	参加者の詳細情報	[参加団体]10団体(建設会社2社6名、組織設計事務所3社7名、小規模設計事務所3社4名、大学1校2名、リノベーション設計事務所1社3名)	[経験した職種]カフェ、菓子店、美容師、生花店、農家パン屋、駅開発、教諭、県職員、保育士、介護職、薬剤師、看護師、障害児施設、保健師、看護師育成、消防士	大学院修士課程の建築または土木専攻学生
	拡張排水システムの適用可能性と課題の把握	調査4: 各拡張排水システムの技術者へのフィードバックとインタビュー 対象者 拡張排水システム等の各技術の技術者 参加人数 7名・5団体(5つの拡張排水システム等に対し1団体ずつ) 調査形式 調査1～3で得られた特徴的な事例・アイデアを提示し、フリートーク形式で評価を回答 質問項目 1) 参加者の属性、2) 調査1～3から得た代表的な事例に対する各技術の現状と見込の対応可能性、3) 各技術の特徴 調査期間 2019年12月		

図7. 調査概要

らも一人またはグループでのインタビュー形式で、質問内容は、協力者属性、排水設備が原因で困ったこと、水場の設置が自由になることによる新しい建築・空間のアイデアの3項目で、協力者は16名である。

2.3 調査3: 学生へのアンケート（図7右上）

建築系の大学院修士課程の学生から、排水技術の革新によって可能になる新しい建築・空間についてレポート形式でアイデアを収集した。調査は2017年～2019年の各7月で、協力者は全36名であった。

2.4 調査1～3で得られた事例・アイデア

調査1より排水設備が設計の障害になった事例（以下“困った事例”）が132件、新しい建築・空間へのアイデア（以下“アイデア”）が66件が得られた。調査2ではユーザの困った事例が40件・アイデアが40件、調査3ではアイデアが57件が得られ、計335件の困った事例・アイデアが得られた。それらから指摘内容を抽出し、分類・整理を行い、「排水設備の要求」「意匠設計の自由度」「トラブル対応」の3つに大別された計19項目の「排水設備の課題」に整理するこ

表2. 排水設備の課題19項目と課題別にみる調査1～3の回答事例

大分類		事例種類	困った事例・アイデアの例	回答者属性	回答者属性ごとの事例数										事例数	合計
		事例種類	困った事例・アイデアの例	回答者属性	設計者	ユーザ	学生									
排水設備の要求	高位排水	困った	[1]地下室を書斎に改修しエアコンをつけたが、ドレンアップしなければならコストがかかった	設計者	7										7	13
		アイデア	[2]コストアップせずに地下に水廻りを置ければ、地上の床のうちテナントに貸せる面積が大きくなる	設計者	2											
			[3]ホビットハウス（地中につくもの）を作りたい、水場も地中に入りたい	ユーザ	2										6	
			[4]床下浸水への対応がきたらよい	学生	2											
	超長距離搬送（屋外等）	困った	[5]外構排水はなるべく浅くしないと、流末でポンプアップを使わざるを得なくなる	設計者	3										7	21
		アイデア	[6]パン屋としてイベント出店をする際には、水の運搬が辛いため水が必要な商品は避ける	ユーザ	4											
			[7]水場が新設できればキャンプ場として利用できる場所が増えるのではない	ユーザ	8										14	
			[8]学校の校庭はある程度水道の位置がまとまっているが、もっと分散して水場を設置できれば便利	学生	6											
	長距離横引き（建物内等）	困った	[9]社員食堂のキッチンを後から計画する場合、PSから遠く勾配が取れないことがある	設計者	24										41	106
		アイデア	[10]スーパーの一部に入っている花屋では、流しの位置が店から遠い場合が多く、水を運ぶ作業が重労働	ユーザ	17											
			[11]店舗のレイアウトの制約が小さくなる（本屋カフェ等）	ユーザ	14											
			[12]ゲストハウスで各部屋に小さな洗面がつくると良い	学生	19										65	
	下階の天井裏配管	困った	[13]放射冷暖房を採り入れやすくなる（結露水用の配管を作りやすくなる）	学生	32											
		アイデア	[14]1階の配管スペース（天井ふところ）の高さを抑え、エントランスの天井高をできるだけ高くしたい	設計者	17										17	38
			[15]床をなるべくフラットに納めたいので、水場はあまり動かせない（バリアフリー、ルンバ）	設計者	16										17	
			[16]学校において和式のトイレが多く、怪我をした人や障がいのある人の負担が大きい	ユーザ	11											
	バリアフリー対応配管（床上げ・スラブ上配管）	困った	[17]オリンピック・パラリンピック用会場の改修で大会用の更衣室ゾーンがある時、バリアフリーに対応できる	設計者	20										21	
		アイデア	[18]低予算でバリアフリーに対応できるのは魅力的	ユーザ	11											
			[19]複数のますが出る際に、ますの深さ調節に苦労する	設計者	8										9	14
			[20]屋外運動場に水飲み場が少なく、あっても不衛生な場合が多い	ユーザ	11											
	土工事・土中配管の低減	困った	[21]保育園の園庭にトイレと炊事用の水場を簡単に新設できればもっと多様な活動ができる	ユーザ	4										5	21
		アイデア	[22]屋外の地面や室内の床に水槽を組み込み、熱帯魚を上からみるようなデザインがしやすくなる	学生	11											
			[23]梁貫通の場合、スリブをあげられる数や寸法が決まっているので、管をもう少しまとめて通したい	設計者	14										17	
			[24]駅の催事スペースでは、給排水設備の有無により飲食の催事をする場所に限られる	ユーザ	3										4	
意匠設計の自由度	構造体・区画の貫通	困った	[25]配管が細いことで、配筋のピッチの中にいられると、梁貫通がしやすくなる可能性がある	設計者	3											10
		アイデア	[26]管の径が細くなれば、梁に穴をあける必要がなくなり梁せいを小さく設計できる	学生	1											
			[27]勾配が取り合えず、2系統の排水管の交差や給排水ダクトがうまくいかないことがある	設計者	10										10	
			[28]雨水貯留や中水利用を行う場合、雑排水と汚水を分けるため系統が増え、中水を処理する設備も増える	設計者	18										21	
	他機能・他設備との取り合い	困った	[29]個人経営のカフェは業務用の食洗器が導入しにくい	ユーザ	3											24
		アイデア	[30]ますなどの高さ調節が楽になると、施工管理・品質管理の面で画期的である	設計者	2										3	
			[31]合併処理槽を家庭で気軽につくると良い	ユーザ	11											
			[32]地方の大規模敷地で雨水浸透が必要な場合、地中埋設物や植栽により浸透管・浸透ますの配置が難しい	設計者	6										6	
	雨水貯留・雨水浸透	困った	[33]動力を用いずに雨水貯留のオーバーフローに対応できる技術があると良い	設計者	1										1	7
		アイデア	[34]梁の場所との兼ね合いで配管を壁内に入れることができないため、ライニングがふかくなる	設計者	43										43	
			[35]タワーマンションの階高を抑えられるのは魅力的	設計者	35											
			[36]トイレ等に使いたいので、中水利用を簡単にできないか	ユーザ	22										45	
トラブル対応	配管の省スペース化	困った	[37]住居内のPSの縮小ができればその分収納スペースなどが増やせる	学生	8											88
		アイデア	[38]テナントの保育園で、衛生面への配慮のため個別にトイレを設けたいが配管ルートが難しい	設計者	38										43	
			[39]広い美容室では、水を捨てたりシャンプーしたりカラー剤をつくったりと、移動が多く大変	ユーザ	5											
			[40]マンションではPSの近くに水場を設ける制約がなくなる	設計者	13										29	
	機能的な平面プラン	困った	[41]避難所で、非常時に間仕切りで水場のフースを設けられれば、便利	ユーザ	14											72
		アイデア	[42]テナントオフィスなどで、社員食堂がつくりやすい	学生	14											
			[43]美術館では排水設備の配置を考慮しないと、水を使った展示ができない展示空間になってしまう	設計者	15										36	
			[44]消防士は現場後にホースや服を洗うが、屋外だと身体的に辛く、室内で洗うには床に水をきる場所が必要	ユーザ	21											
	自由な水使用機器配置（可動含む）	困った	[45]排水コンセントのようなものを作ることができれば、イベント時に水場の移動ができる等の可能性がある	設計者	22										93	129
		アイデア	[46]病院での介助の時に汚物を処理しながら水場を動かしたら便利	ユーザ	33											
			[47]オフィスのデスク周りに洗面台があると、飲み物を飲んだりマグカップを洗ったりする際に便利	学生	38											
			[48]底を薄く格好よくしたいので、雨水管を室内に隠蔽したが、漏水などに懸念がある	設計者	20										20	
	意匠性の向上	困った	[49]縦樋が細ければ出して見せるデザインが可能になるかもしれない	設計者	8											35
		アイデア	[50]雨樋が製品化されていなかった時代の伝統建築の保存に活用できるのではない	学生	7										15	
			[51]あまり使われない洗面や風呂のトラップが破封する	設計者	3										6	
			[52]集合住宅の5階で、1日水道を使わないだけで排水のにおいがあがってくる	ユーザ	3											
排水設備の要求	臭気・侵入物（破封）	困った	[53]マンションでは音とか振動に非常に敏感で、排水音が出てしまうと困る	設計者	4										5	6
		アイデア	[54]1階のシンクで水を多く一気に流すと2階の洗面台から大きな音がする	ユーザ	11											
			[55]排水音が低減できれば魅力的	設計者	1										1	
			[56]中庭型の公共施設ではオーバーフローをとるのが難しい（予備樋を設けるしかない）	ユーザ	9										36	
	騒音・振動	困った	[57]水道で習字で使った筆を洗いたいが、墨が詰まりやすいこと、洗面台が汚れることからできない	設計者	27											41
		アイデア	[58]硫黄などがつまりやすい温泉施設や土が詰まりやすい農業施設に適した詰まりにくい排水設備・配管は魅力的	設計者	3										5	
			[59]教室内で班ごとに砂を使った実験（水の流れる力を観察する実験等）が容易にできる（後始末が楽になる）	ユーザ	2											
			[60]ホテルの配管スペースはなるべく客室に入らずメンテナンスできるようにしたい	設計者	10										13	
	溢れ・漏れ・詰まり等	困った	[61]配管経路がアップダウンしている古い配管があり、メンテナンス性が悪くすづつまる	ユーザ	3											15
		アイデア	[62]配管が小さくなりフレキシブル管になったり継手が減ったりするとメンテナンス性があがる	設計者	1										2	
			[63]新しい排水設備を取り入れることで点検の頻度が増え、排水管の不具合の発見がしやすくなるのではない	ユーザ	1											
			[64]インフレーションが浅くて勾配が厳しく公設ますへの接続に苦労することがある（停電時を考慮し、汚水槽は避けたい）	設計者	11										1	
メンテナンス性	メンテナンス性	困った	[65]動力を用いずに雨水貯留のオーバーフローに対応できる技術があると良い	設計者	11										2	3
		アイデア	[66]震災時に心配のない水まわり機器ができると良い	学生	11											
			[67]停電時を考慮し、汚水槽は避けたい	設計者	11											
			[68]震災時に心配のない水まわり機器ができると良い	学生	11											
	停電	困った	[69]停電時を考慮し、汚水槽は避けたい	設計者	11										1	3
		アイデア	[70]震災時に心配のない水まわり機器ができると良い	学生	11											
			[71]震災時に心配のない水まわり機器ができると良い	設計者	11											
			[72]震災時に心配のない水まわり機器ができると良い	学生	11											

※ 全事例数=335件 表中右の事例数は、ひとつの事例が複数の課題に重複して該当することを許してカウントした数値

0 5 10 20 30 40 50 (件)

とができた。各項目の特徴的な事例・アイデアを表2に示す。また、図8はアイデアのイメージ例である。傾向を以下にまとめる。

1) 困った事例（排水設備の課題）

設計者の困った事例では、水場の位置の制約（表2[9][38]）や構造体や他設備との干渉（表2[23][27]）といった排水勾配に起因する事例や、自然流下で流せない場所の排水（表2[1]）、配管径（表2[34]）などに関する事例が多くみられた。また、「給排気ダクトと並んで排水設備が一番制約が多い」という意見も得られた。このように、従来の排水設備が建築設計の大きな制約となっていることが確認できた。一方、ユーザの困った事例では、水場の位置で生活に不便が生じている事例（表2[10][39][44]）が多くみられ、排水性能によるトラブル事例（表2[52][57]）も一定数存在した。したがって、排水設備の技術革新によって生活の質が向上する可能性があることが把握できた。

2) アイデア（排水設備の可能性）

設計者からは意匠の自由度を広げる発想を中心に多くの興味深い提案が得られた。水場の設定が自由なため、水場が点在する案（表2[11][40]・図8上）や、状況に応じて可動式の水使用機器を使う案（表2[45]）などが多く見られた。「放射冷暖房を採り入れやすくなる」（表2[13]）については、冷房・除湿に伴って発生する結露水の排水が容易になると、空調負荷のある場所や体感できる場所の近くに空調機を配置することが可能となり、省エネや快適性の向上につながる可能性がある。また、管径が細いことによるデザインの可能性に関するアイデア（表2[25][49]）もみられた。ただし、排水は制約が多いという固定観念から発想が広がらない設計者も一定数みられた。一方で、ユーザや学生からは、可動式の水使用機器に関するアイデア（表2[46]）や用途に合わせて付加価値として水場を設置するアイデア（表2[12][42][47]・図8下）が多くみられた。

3. 拡張排水システム等の現状と将来の適用可能性

3.1 調査4：各システム技術者へのフィードバックとインタビュー

調査1～3においては、排水設備の抱える課題や新しい建築・空間のアイデアを収集した。そこで調査4として、これらの課題やアイデアを拡張排水システム等の各技術の開発者にフィードバックするとともに、拡張排水システム等の現状や可能性をさらに詳しく把

図8. 水場の可能性に関するアイデア例のイメージ

握するために、各技術が排水設備の課題や可能性にどの程度対応できるかについて、詳細を知る開発者自身による精度の高い評価を得た（図7下）。調査は、拡張排水システム等の5つの技術の技術者各1～2名（計7名）に対してインタビューを行った（2019年12月）。インタビューでは、各技術者が専門とする技術の適用可能性について、収集した事例のうち代表的なもの（表2の例に準じた80例程度）を提示し、効果大・効果有り・課題有り・メリットなし・対応しないの5種類で、現状の技術での適用可能性と、開発に関係する者しかわからない今後見込まれる技術革新を含めた適用可能性の2つの観点で評価を得た。同時に各技術の特徴についても改めて聞き取りを行った。

3.2 事例の評価にもとづく各システムの適用可能性と特徴

調査4で各技術者から得られた代表的な事例に対する評価をもとに、調査1～3で得られた全事例に対して適用効果の評価づけを行った。そして、各技術の適応可能性について排水設備の課題19項目ごとにまとめた（表3）。全事例の評価から19課題の評価を得る際には、効果大・効果有・課題有・メリットなし・対応しないを4～0点とおき、各課題に属する複数の事例の評価からその課題の総合的な評価を得るために、順序尺度であることを考慮して平均値ではなく、評価点の中央値を代表値として用いて評価を行った^{注1)}。

表3より、現状では14/19項目、将来見込では16/19項目で拡張排水等の1つ以上の技術が課題への対策として“効果大”となった。

表3. 拡張排水システム等の各技術の適応可能性

大分類	排水設備の課題	小型圧送		真空		サイホン雨水		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	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	バリアフリー対応配管(床上げ・スラブ上配管)	◎	◎	◎	◎	×	×	◎	◎	◎	◎
	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	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)	◎	◎	△	◎	×	×	◎	◎	◎	◎
	意匠性の向上	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	×	×
トラブル対応	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	×	×	×	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎

評価凡例	評価判定の基準	評価点*
◎:効果大	困った事例の解決やアイデアの実現に非常に効果があり、その技術を導入する強い動機となる	4 (3<x≤4)
○:効果有り	困った事例の解決やアイデアの実現に一定程度効果がある	3 (2<x≤3)
△:課題有り	困った事例の解決やアイデアの実現に寄与できるが、課題がある/ 対象の事例にその技術を用いると別の課題が生じる	2 (1<x≤2)
—:メリットなし	その技術を適用しても事例の解決やアイデアの実現にはならず、その技術を導入する動機にならない/ 従来排水方式と同程度以下	1 (0<x≤1)
×:対応しない	課題の解決やアイデアの実現に寄与することはできない/ 事例の問題の解決やアイデアの実現には別途対策が必要	0 (x=0)

*サイホン雑排水は、事例の内容が地上階だとはつ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

*評価点欄の()内の式は、各課題の評価を算出する際に、該当事例の複数の評価点の中央値xに対する判定基準を示す

この結果を踏まえ、技術ごとに適用可能性を考察する。

1) 小型圧送排水システム（表4①）

現状でも10/19項目の課題に対して“効果大”という結果であり適用性は高い。ただし、ポンプを用いることによる、停電、騒音・振動、詰まり、メンテナンス性などの“トラブル対応”の項目に注意が必要と言える。

2) 真空排水システム（表4②）

現状では“課題有り”の評価が多い(13/19項目)がこれは主にコスト面の課題であり、改善できれば適用範囲の広い技術となりうる。1つの真空ユニットで複数の器具の排水をまとめて集水するため、比較的大規模な系統に適しているが、システムの小型化も計画されており、その場合はさらに適用可能性が広がる。停電については、負圧が維持されているしばらくの間は排水の受け入れが可能である。

3) サイホン雨水/サイホン雑排水システム（表4③）

サイホン雨水では“対応しない”の項目が多く見られるが、バリアフリー・機能的プラン・水使用機器・破封はいずれも雨水とは無関係であり、欠点とは言えない。一方、サイホン雑排水は意匠性の向上の効果が高い。双方とも動力を用いないため停電時にも使えるが、入口より高い位置に排水する“高位排水”には対応できない。また、必要なサイホン力を起動するためには一定の高さの配管の立下りが必要であり、高低差が確保できることが適用の重要な条件となる。

4) 自封トラップ（表4④）

水封式の欠点である破封を克服できるため“臭気・侵入物（破封）”の課題で効果が高い。また、配管スペースを抑えることができる。その他の項目では、水封式と同程度の効果が期待できるため“効果有り”の評価が多い。

以上のように、各技術には適用条件や特性があり、排水設備の課題ごとに適切な技術を整理することができた(表3・4)。一方で“雨水貯留・雨水浸透”、“騒音・振動”、“メンテナンス性”の課題では、どの技術も従来の排水設備と効果が変わらない、または課題があるという評価であった。特に“騒音・振動”については、拡張排水シ

表4. 拡張排水システム等の各技術の特徴と課題

特徴	①小型圧送	②真空	③サイホン雨水/ サイホン雑排水	④自封トラップ
種排水類	汚水・雑排水	汚水・雑排水	雨水/雑排水	雑排水
規模・容量	小型のポンプを使うため、排水容量は小さめ	一定規模の配管系統をまとめて負圧にすることで効果が発揮される	従来に比べて立て管を減らすことができる	同じ流量の水封式トラップに比べトラップ部分の径が太くなる
利用場所	利用場所に制限なし	地上では利用場所に制限なし、地下は6m程度まで利用可能	立下りの高さが一定以上あることが前提条件である(80cmまたは2m以上)	利用場所に制限なし(使用頻度が少ない場所に導入すると効果が大きい)
スペース	管の径を細くすることができるが、圧送装置を置くスペースが必要	管の径を細くすることができるが、真空ユニットを置くスペースが必要	管の径を細くすることができる	封水深をとらなくて良いため、少し配管スペースが小さくなる
他の応用	汚水利用可。雨水管としての利用は考えていない	汚水利用可。雨水管としての利用は考えていない	汚水(トイレ)への対応は課題有り(サイホン雑排水)	—
音	排水音とは別に、ポンプの機械音も発生する(対策可能)	排水音とは別に、真空ユニットから発生する機械音もある(対策可能)	排水終了時に大きな音が出る(対策可能)	排水音は従来と同程度だが、メンブレンが共振する音が出る場合がある
その他	温度の高い排水には不向き	コスト面が課題。温度の高い排水には不向き	凍ると不具合の影響が大きい(サイホン雨水)	異物・薬品に弱い

ステムの導入により、排水の流れが速くなったり機械の駆動音が発生したりと、従来の排水設備以上に注意が必要だと思われる。

4. まとめ

拡張排水システム等は現状の排水システムの抱える課題の多くを解決し、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と示すことができた。各技術の特徴を踏まえ、優れたシステムである従来の排水設備と組み合わせながら利用していくことで、排水設備のあり方が多様化することが期待される。今後の建築・空間がより豊かなものになるように、引き続き開発・普及を進めていきたい。

謝辞

本調査・研究は、建築学会「拡張排水システム小委員会」の活動の一環として、五ノ井とも氏(当時宇都宮大学)が修士研究において実施したものである。調査にご協力いただいた皆様および五ノ井氏に、この場を借りて御礼申し上げたい。

注

注1) サイホン雨水排水システムは雨水に限定した技術であり、サイホン雑排水システム・自封トラップは雑排水限定の技術、小型圧送排水システム・真空排水システムは雑排水・汚水用の技術である。元から適用しない排水に対する事例で“対応しない”と評価されることが評価の中央値を求める際に干渉しないよう、各技術ごとにその技術が適用する排水系統(雨水・汚水・雑排水)の事例を抜き出した上で中央値を算出した。

なお、本稿の目的は、排水設備の課題を網羅的に明らかにしたうえで、拡張排水システム等の有用性を探索的に示すことにあり、各課題の発生頻度や重要性等の軽重については重きを置いていない。それらについては、今後の精緻な調査研究が必要である。

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) 古賀孝章：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巻、第9号、pp.815-820、2018.9
3) 古賀孝章：[技術ノート第1回]排水から建築をかえる「拡張排水システム」、建築雑誌、Vol.133、No.1706、p.41、2018.1
4) 本村雄大、大塚雅之、田辺慎吾、水出喜太郎：業務用ビルの水廻りスペースのフリープラン化に対応する小型圧送排水システムに関する研究その3 排水横枝管への圧送排水合流の影響と圧送排水ポンプの通気システムに関する検討、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、第1巻、pp.125-128、2018.9
5) 石川浩、大塚雅之、石井隆敏、青井健史：コンバージョン対応型業務用真空排水システムの開発研究(その2.性能試験方法の整理と実使用調査)、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.743-746、2007.9
6) BS 8490:2007 Guide to siphonic roof drainage systems
7) BS EN 12056-3:2000 Gravity drainage systems inside buildings - Part3:Roof drainage,layout and calculation
8) 光永威彦、坂上恭助、古賀孝章、栗山華、藤村和也、稲田朝夫：サイホン排水システムに関する研究 第1報 -サイホン排水システムの基本構成と流れ特性、空気調和・衛生工学会論文集 No.214、pp.1-8、2015.1
9) 光永威彦、坂上恭助、稲田朝夫、藤村和也：サイホン雑排水システムの設計法の検討(第一報)設計上の要点と手順、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、第1巻、pp.93-96、2018.9
10) 須賀良平、坂上恭助、栗山華：自封式トラップの基本性能・特性に関する評価、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.797-800、2008.9

[2020年10月7日原稿受理 2021年1月5日採用決定]