

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：32704

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K04468

研究課題名(和文) オフィスコンバージョン等へ対応可能な小口径圧送排水システムの構築

研究課題名(英文) Establishment of small-diameter pressure pumping drainage system for office conversions, etc.

研究代表者

大塚 雅之 (OTSUKA, MASAYUKI)

関東学院大学・建築・環境学部・教授

研究者番号：20288088

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は新築・既築のオフィスビルを対象に、そのコンバージョンやリニューアルによって、水まわりの変更や増設が生じても対応できる新たな排水システムを提案し、その排水性能評価と計画・設計に資するデータの蓄積を図ることを目的とする。その対策として、圧送排水ポンプユニットと小口径圧送排水管を用いた圧送排水システムと自然流下による重力式排水横管システムを併用した排水システムをオフィスコンバージョン等に対応する「ハイブリッド排水システム」として提案した。同システムを排水実験及び実建物での検証を通し、その性能評価と計画・設計手法に資する知見を得るとともに実用化の可能性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

提案するハイブリッド排水システムは、新築時に水廻りの増設を考慮した場合と既存建物のリノベーションに対応する場合の両者に対応することができる。新築時にはフリーアクセスフロアの床ふところが確保されている場合、そのスペース内に小口径の排水横管を先行して施工し、使用時に衛生器具から圧送される排水をその配管を介して容易に排水立て管まで排除できる。既設時には天井部に配管された既設の排水横枝管などへ圧送排水管で衛生器具からの排水を揚水し、その排水横枝管を利用して排除できる。この排水システムにより建物の状況に応じて、水廻り空間を自由に設置でき、建築空間のデザインの創造の範囲を広げることができる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to propose a new drainage system for new and existing office buildings that can accommodate changes or additions to the water supply system due to their conversion or renewal, and to evaluate its drainage performance and accumulate data that will contribute to planning and design. As a countermeasure, we proposed a drainage system that combines a pressure-feeding drainage system using a pressure-feeding drainage pump unit and small-diameter pressure-feeding drainage pipes with a gravity-type drainage lateral pipe system using natural flow as a "hybrid drainage system" for office conversions. Through drainage experiments and verification of the system in actual buildings, we evaluated its performance and obtained knowledge that will contribute to planning and design methods, and clarified the possibility of its practical application.

研究分野：建築学

キーワード：建築設備 給排水衛生設備 コンバージョン 圧送排水システム 小口径排水管 排水横枝管 ハイブリッド排水システム 排水設備計画

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

新築または既築のオフィスの空間のコンバージョンやリノベーションに伴い、水廻り空間の増設や変更を伴う事例は多い。その際に、一般に衛生器具と排水立て管の設置されたパイプシャフトまで距離が長い場合は、その排水を排水横枝管に適正な勾配を設けて排水立て管まで排除する重力式排水方法が一般的である。

しかし、それには建築的に排水横枝管を収納スペースが確保できないことや排水管を新設するための建築・配管工事に労力とコストを要することなどが課題であり、水廻り空間の配置は、衛生器具と排水立て管を収納するパイプシャフトとの位置関係によって決定されている。これが、水廻り空間の自由な配置計画を制約している大きな要因であった。パイプシャフトを中心に設置範囲が広がれば、建築計画上も自由に水廻り空間が配置でき、その排水は円滑に排除できる先進的な排水システムの開発とその性能評価法、設計法の策定が必要であった。

## 2. 研究目的

本研究は、オフィスのコンバージョンやリノベーションに伴い、水廻り空間を排水立て管の設置されるパイプシャフトの位置に左右されることなく自由に設置でき、排水を円滑に排除できるコンバージョン対応の「ハイブリット排水システム」を提案し、その技術の構築するとともに排水性能評価法を確立し、実建物に導入するためにする技術的な知見を得ることを目的とする。

## 3. 研究の方法

ハイブリット排水システムは、衛生器具、圧送排水ポンプユニット、小口径圧送管（25～50mm程度）、それに必要に応じて重力式排水横枝管を設置し、圧送排水と重力排水を併用して排水させる包括的なシステムである。そのバリエーションは、(1) 天井配管新設システム、(2) 既存排水横枝管活用システム、(3) 床スラブ上配管システムの3つのシステムとし、その有効性を排水配管モデルでの性能検証及び実在建物の排水システムを用いて検証し、設計に資する知見を得る（図1）。

(1) 天井配管新設システム；基本的な排水配管モデルを用いて、大便器からの圧送排水が重力式の排水横枝管へ流入する際の適切な継手形状、流入後の器具排水特性を明らかにした後、実在建物に導入し長期の排水性能調査を実施し、その有効性を検証した。

(2) 既存排水横枝管活用システム；一般的なトイレ空間に設置される重力式連立大便器（4台）が接続された既設の排水横枝管システムに、リニューアル等で圧送式大便器（2台）を増設し、それらからの排水を合流させた場合の排水性能評価を行い、その実用性を検討した。

(3) 床スラブ上配管システム；スラブ上に小口径の25mm～50mmまでの排水横枝管を、勾配を変化させて設置し、オフィスの執務空間等へも自由に水回りを配置するための排水性能を検討し、その設計条件等を明らかにした。

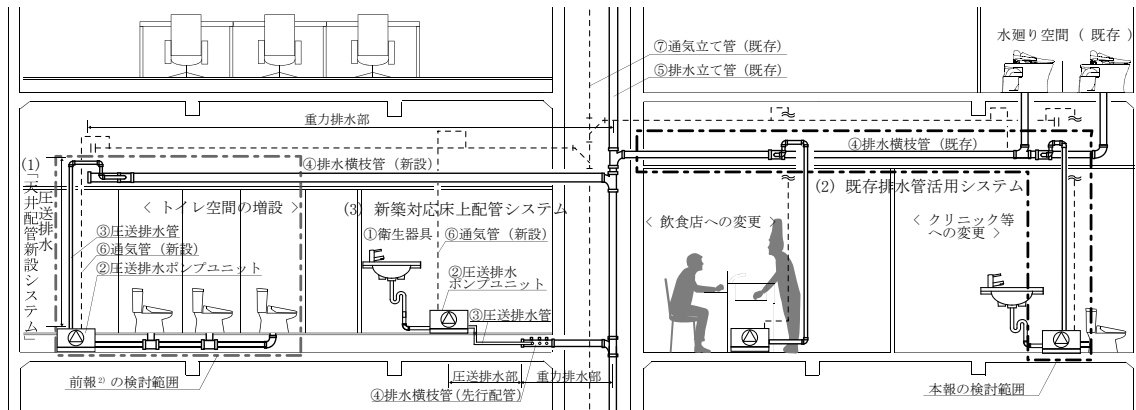


図1 ハイブリット排水システムの構成及びバリエーション

#### 4. 研究成果

##### (1) 天井配管新設システムの排水性能

###### ① 基本モデル配管システムでの検討

トイレ空間における3連大便器を設置した排水横枝管モデルを用いて基礎的な排水性能実験を行い、小口径圧送排水管(25A)と重力式排水横枝管との接続継手形状の影響、圧送排水ポンプユニットへの通気管の設置の有無の影響、重力式排水横枝管の配管条件(長さ、勾配、管径)の違いによる影響に関し、検討した。その結果、以下の知見を得た。

継手形状は、排水横枝管に45° Y継手を用いて流入させる方法が適当であること、圧送排水ポンプユニットには、管径20A程度の通気管の設置が必要であることがわかった。配管長さ及び勾配・管径の影響については、圧送排水を合流させる重力式排水横枝において配管長を3mから10mへ、また、大便器排水量を8.0Lから6.0Lに変化させることで、排水立て管へ流入する排水負荷は小さく抑えられること、配管勾配1/100、1/50の管径の違いによる影響は少ないことなどの知見を得た。(図2)

###### ② 実在建物への適用と調査

実在の超高層オフィスビルの1フロアにおいて、事務室から婦人科系クリニックへと用途を変更した際に、同システムを導入し、共用部トイレブース以外にクリニック内に多数の水まわりブースを増設した(図3)。約1年間に渡り実使用状態での排水負荷流量変動、管内圧力変動、通気管内の通気流量変動等を測定し、以下の知見を得た。

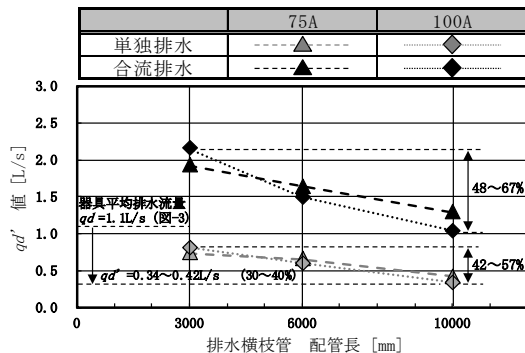
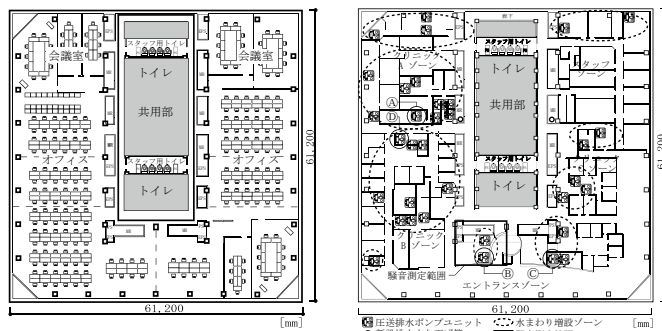


図2 配管径及び配管長の差異による排水流量  $q_d'$  の比較 (勾配 1/100)



(a) 改修前 (オフィス) (b) 改修後 (クリニック)

図3 コンバージョン前後の対象階平面図

排水横枝管から排水立て管への実排水負荷を推定したが、設計基準となる SHASE-S 206 ループ通気方式の排水横枝管・横主管の管径 100A (勾配 1/100) の許容流量値 5.6L/s の 1/2 程度、管径 75A (勾配 1/100) 許容流量値 2.6L/s と同等程度の実排水負荷流量となり、排水負荷を低減できた。(図 4)

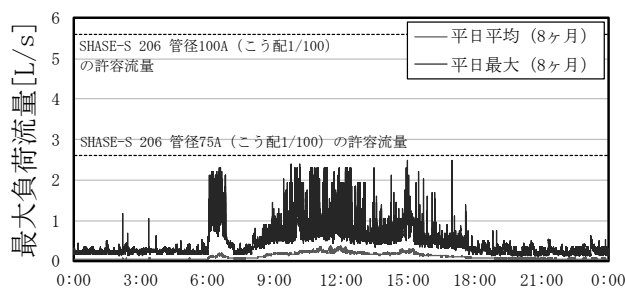


図 4 時間帯別の排水負荷流量変動の例 (平日)

4) 管内圧力変動より、管内圧力変動の最小値 (負圧) は-300Pa 以内、最大値 (正圧) は 180Pa 以内であり、SHASE-S 218 の判定基準値±400Pa 以内の範囲におさまった。よって、本研究の範囲では、圧送排水が合流しても、既存の排水立て管システムの衛生器具の排水トラップが破封に至る可能性は少ないことが立証できた。

## (2) 既存排水横枝管活用システムの排水性能

既存排水横枝管活用システムについて、圧送排水ポンプユニット及び排水横枝管を用いて排水性能実験を実施した (図 5)。まず、器具排水特性について、重力式大便器 (4 台)、それに増設の圧送排水式大便器 (2 台) を設置した排水横枝管 (管径 100A, 勾配 1/100) において、各大便器を用いた単独排水及び合流排水における器具排水特性を明らかにした。その結果、単独排水、合流排水において、概ね SHASE-S 206-2019 に規定する浴槽の器具平均排水流量 (1.00L/s) 程度と見なせる。

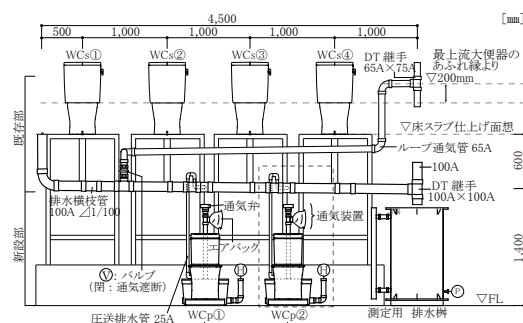


図 5 供試排水横枝管システム  
印は図-6 に詳細を示す。

また、合流排水では SHASE-S 206-2019 のループ通気方式の排水横枝管の許容排水流量の 75% 以下の排水負荷流量である。管内圧力変動とトラップ封水損失については、合流排水時においても通気が確保でき、管圧力変動は排水箇所で最小圧力 (負圧) が-400Pa を超え-600~-700Pa 程度まで達するが、排水終了後には封水が補給され、破封に至ることはない。また、最大圧力 (正圧) も+400Pa 以内におさまる。特に、通常判定指標となる非排水箇所の器具排水管の圧力変動も-390~-+20Pa 程度となり、判定基準値内におさまる (図 6)。

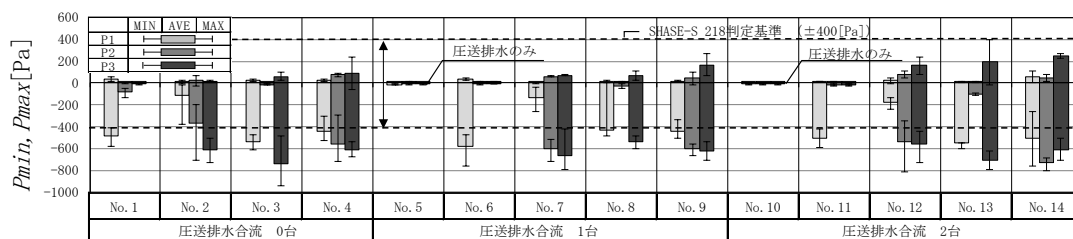


図 6 管内圧力変動

### (3)床スラブ上配管システムの排水性能

圧送式大便器 1 台（単独）の場合では、勾配 0 で 25A～50A の各配管径において、汚物等の停滞がみられ（図 7）、勾配 1/100 以上を確保することで実排水

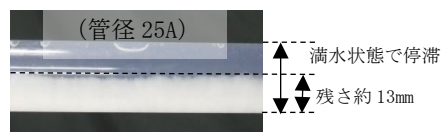


図 7 勾配 0 における汚物停滞の様子

時間、汚物排出率、汚物堆積状況より、清水排水・汚物排水において円滑に排水が概ね可能となり、システムの適用が可能であるとみなせる。圧送式大便器 2 台（合流）を設置し、合流排水がある場合でも、管径は 50A、勾配は 1/100 以上、配管長 13m 以内では、実排水時間や汚物排出率において若干判定条件を満たしていない点はあるものの、概ね対応可能であると判断した。

これより、今まで大便器のトラップの最小口径及びそれに接続する器具排水管及び排水横枝管の管径は、75A とされていたが、単独で 25A、40A、50A、2 器具の合流で 50A での対応も条件付きで可能であるとの知見を得た。

以上の（1）～（3）の排水性能評価と検証実験の結果から、衛生器具、圧送排水ポンプユニット、小口径圧送管（25～50mm 程度）、それに必要に応じて重力式排水横枝管を設置し、圧送排水と重力排水を併用したハイブリッド排水システムの有効性が確認できた。今後はオフィス空間におけるフリーアドレス化も進み、執務空間に自由にリフレッシュのための水回り空間が計画されることも増えるため、ハイブリッド排水システムの応用範囲が広がると考えられる。

#### <引用文献>

1) 大塚雅之、本村雄大、大場涼太、オフィスコンバージョン対応ハイブリッド排水システムの排水性能評価と計画・設計手法に関する研究、第 1 報コンセプト提案と排水性能評価に関する基礎検討、空気調和・衛生工学会論文集、No. 277、2020 年 4 月、pp. 29～38

2) 本村雄大、大塚雅之、田辺慎吾、水出喜太郎、川口俊哉、オフィスコンバージョン対応ハイブリッド排水システムの排水性能評価と計画・設計手法に関する研究、第 2 報実在建物における排水性能評価と騒音影響に関する調査結果、空気調和・衛生工学会論文集、No. 284、2020 年 11 月、pp. 45～53

3) 本村雄大、大塚雅之、大場涼太、田辺慎吾、水出喜太郎、オフィスコンバージョン対応ハイブリッド排水システムの排水性能評価と計画・設計手法に関する研究、第 3 報既存排水横枝管活用システムの排水性能検証、空気調和・衛生工学会論文集、No. 294、2021 年 9 月、pp. 19～26

4) 小野菜月、大塚雅之、本村雄大、大場涼太、水出喜太郎、田辺慎吾、オフィスコンバージョン対応ハイブリッド排水システムの排水性能評価と計画・設計手法に関する研究、第 4 報床スラブ上配管システムの排水性能検証、空気調和・衛生工学会論文集、No. 302、2022 年 5 月、pp. 31～39

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 大塚雅之, 本村雄大, 大場涼太	4. 巻 277
2. 論文標題 オフィスコンバージョン対応ハイブリッド排水システムの排水性能評価と計画・設計手法に関する研究 - 第1報コンセプト提案と排水性能評価に関する基礎検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会論文集	6. 最初と最後の頁 29, 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 本村雄大, 大塚雅之, 田辺慎吾, 水出喜太郎, 川口俊哉	4. 巻 284
2. 論文標題 オフィスコンバージョン対応ハイブリッド排水システムの排水性能評価と計画・設計手法に関する研究 - 第2報実在建物における排水性能評価と騒音影響に関する調査結果	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会論文集	6. 最初と最後の頁 45, 53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 G. Z. Wu, Masayuki. Otsuka, Yudai Motomura, Ryota Oba	4. 巻 1
2. 論文標題 Study on Force-Feed and Gravity Combined Drainage System Corresponding to Conversion of Business Building	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 45rd International Symposium of CIB W062 on Water Supply and Drainage for Buildings(AUSTRALIA)	6. 最初と最後の頁 145, 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Masayuki Otsuka	4. 巻 1
2. 論文標題 Development and Spread of Pump-to-Flush Toilet System Corresponding to Global Aging Population	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 45rd International Symposium of CIB W062 on Water Supply and Drainage for Buildings(AUSTRALIA)	6. 最初と最後の頁 379, 393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 佐藤奨悟, 大塚雅之	4. 巻 43
2. 論文標題 オフィスビルのトイレ改修に適応する簡易横枝通気システムの提案と計画・設計手法に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 関東学院大学大沢記念建築設備工学研究所報	6. 最初と最後の頁 3,9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大塚雅之	4. 巻 8
2. 論文標題 建築再生を可能にする排水システムの提案と性能検証-圧送排水システムを中心として-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 月間リフォーム	6. 最初と最後の頁 74,102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 呉光正, 大塚雅之	4. 巻 42
2. 論文標題 大便器の洗浄パターンによる給水負荷算定シミュレーション手法の検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 関東学院大学大沢記念建築設備工学研究所報	6. 最初と最後の頁 3,7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yudai Motomura, Masayuki Otsuka, Shingo Tanabe, Kaori Shiraishi	4. 巻 -
2. 論文標題 Applicability of a Force-Feed Type Drainage System in Pursuit of Sustainability of Sanitary Spaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Book of Papers: 2018 Conference on Innovative Low-Carbon and Green Buildings in Subtropical Area	6. 最初と最後の頁 75,85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大塚雅之
2. 発表標題 建築・環境のデザインの可能性を拓げる排水設備システム - 高齢化・コンバージョン・リニューアルへの対応
3. 学会等名 建築設備技術者協会・設備女子会（東京）（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井方奈子, 大塚雅之, 大場涼太, 須永伸吾, 松村弘慈
2. 発表標題 ALC鉄骨造低層住宅の多口継手を用いた排水システムの排水性能評価に関する研究
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会東北支部第9回学術・技術報告会（仙台）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 呉光正, 大塚雅之
2. 発表標題 オフィスコンバージョンに対応する圧送排水システムに関する研究その1 待ち行列理論を用いたシミュレーションによる排水負荷の推定
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会中部支部報告会（名古屋）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤奨悟, 大塚雅之, 小柴貞弘
2. 発表標題 節水形トイレユニットと簡易横枝管を併用した中小規模オフィスビル対応の排水システムの提案とその可能性
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会中部支部報告会（名古屋）
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 佐藤奨悟, 大塚雅之, 福田健太, 小柴貞弘
2. 発表標題 節水形トイレユニットと簡易横枝通気を併用した中小規模ビル対応の排水システムの提案と排水性能評価 その2 設計適用の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会(千葉・オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤奨悟, 大塚雅之, 小柴貞弘
2. 発表標題 節水形トイレユニットと簡易横枝通気を併用した中小規模ビル対応の排水システムの提案とその可能性
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会(名古屋・オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大塚雅之
2. 発表標題 建築再生を可能にする排水システムの提案と性能検証-圧送排水システムを中心として-
3. 学会等名 第24回 R&Rリフォーム&リニューアル建築再生展2019(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 呉光正, 大塚雅之
2. 発表標題 圧送排水システムを導入したオフィスビルコンバージョンのシステムの計画・設計手法に関する研究 その1 シミュレーションによる同一階連立式大便器の排水立管への排水負荷流量の推定
3. 学会等名 日本建築学会大会(金沢)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井 方奈子, 大塚雅之, 本村 雄大, 大場涼太
2. 発表標題 業務用ビルのコンバージョンに対応した圧送・重力併用ハイブリット排水システムに関する研究 その4 予備実験による 既存排水立て管の排水能力 に関して
3. 学会等名 日本建築学会大会(金沢)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大場涼太, 大塚雅之, 本村雄大
2. 発表標題 業務用ビルのコンバージョンに対応した圧送・重力併用ハイブリット排水システムに関する研究 その5 圧送排水システムを既存排水立て管へ導入した際の排水能力に関して
3. 学会等名 日本建築学会大会(金沢)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本村雄大, 大塚雅之, 大場涼太
2. 発表標題 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4 既存排水立て管に圧送排水システムが与える排水能力影響に関して
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会(札幌)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 呉光正, 大塚雅之
2. 発表標題 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5 待ち行列理論を用いたシミュレーションによる排水負荷の推定
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会(札幌)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本村雄太, 大塚雅之
2. 発表標題 オフィスコンバージョンに対応した圧送排水システムの性能評価と設計・計画手法に関する研究 その1 圧送排水が既存排水立て管の排水性能に与える影響の検討
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会東北支部第8回学術・技術報告会(仙台)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 呉光正, 大塚雅之
2. 発表標題 オフィスコンバージョンに対応した圧送排水システムの性能評価と設計・計画手法に関する研究 その2 待ち行列理論を用いたシミュレーションによる排水負荷の推定
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会東北支部第8回学術・技術報告会(仙台)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本村雄太, 大塚雅之, 大場涼太, 田辺慎吾, 水出喜太郎
2. 発表標題 業務用ビルのコンバージョンに対応した圧送・重力併用ハイブリット排水システムに関する研究 その3 既存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
3. 学会等名 2018年度日本建築学会大会(東北)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小野菜月, 大塚雅之, 篠塚利彦
2. 発表標題 オフィスコンバージョンに適用する排水立て管システムの性能評価と設計検討
3. 学会等名 日本建築学会関東支部研究発表研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野菜月、大塚雅之、篠塚利彦
2. 発表標題 オフィスコンバージョンへのハイブリット排水システム適用の研究-排水立て管システムの排水性能への影響と設計検討
3. 学会等名 日本建築学会大会（東海・オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野菜月、大塚雅之、篠塚利彦
2. 発表標題 中高層オフィスビルのコンバージョンに対応する排水立て管システムの性能評価と設計検討
3. 学会等名 空気衛生・調和工学会大会（福島・オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野菜月、大塚雅之
2. 発表標題 ニューノーマル社会のオフィス空間に対応した可変型排水システムの提案
3. 学会等名 日本建築学会関東支部研究発表研究会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	呉 光正 (G.Z. Wu) (40812053)	関東学院大学・建築・環境学部・助手  (32704)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------