

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 16 日現在

機関番号：32704

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21560621

研究課題名(和文)水まわり空間のフリープラン化を可能にする排水設備システムに関する研究

研究課題名(英文)Study on Drainage System that Enables Free Planning of Water Circulation

## 研究代表者

大塚 雅之 (OTSUKA MASAYUKI)

関東学院大学・工学部・教授

研究者番号：20288088

研究成果の概要(和文)：本研究は、建物内に設置する従来の自然流下方式による重力式排水システムに排水ポンプ等を用い強制的に排水できる機械式排水システムを併用する方式（ハイブリッド排水方式）を提案し、水まわり空間の配置計画に自由度を高めることを目的としたものである。具体的には、集合住宅や業務用ビルを対象に、それらに節水型大便器等に用いたトイレスペース等の水まわり空間を、新設またはリニューアルし付加する際に、前記の方式を適用する場合の性能評価方法と設計手法を検討したものである。

研究成果の概要(英文)：This study proposes a hybrid drainage system to be installed in buildings, which combines a conventional, gravity-type drainage system using the gravity flow of wastewater and a mechanical drainage system using a drainage pump, etc. to drain by force, with the intention of increasing flexibility in planning the space for water circulation. To be more specific, the study discusses a method for evaluating the drainage performance of the aforementioned drainage system and a method for designing same, particularly when the system is applied to apartment housing and buildings for business use, in consideration of water circulation spaces, for water-saving toilets for example, which may be newly added or renovated.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：水まわり・フリープラン・排水設備システム・重力式排水・性能評価・設計方法

## 1. 研究開始当初の背景

建物の長寿命化や既存ストックの有効活用が国策に掲げられる中、多用な間取り変更やリニューアルにも適応できる建築や設備システムの開発が必要とされている。その中でも居住者の生活にとって不可欠となる水まわり空間の可変性は、建築計画・設計上も

重要なファクターである。しかし、新築や既築の建物の水まわり空間を計画する場合、排水設備システムは給水・給湯設備の配管に比べ、一般的に自然勾配による重力式排水方式であるため、床下への配管の納まり上、水まわり空間の配置が専有部の排水立て管(PS；パイプシャフト)の近傍に限定されること、専

有部や PS まわりでの多数の建築工事も発生し更新工事が難しくなることが課題とされてきた。そのため、躯体に極力、手を加えることなく、快適で衛生的な水まわり空間を計画できる排水設備システムの技術開発とその計画・設計手法が必要とされてきた。

## 2. 研究の目的

本研究は、水まわりの更新性、可変性に対応できる優れた排水横管設備システムを開発し、その性能評価と設計方法を策定するのに資する知見を得ることを目的とした。研究対象となる排水システムの構成を図 1(1)～(6)に示す。具体的には、以下の 3 点について詳細に検討を行う。

(1) 現在、新築の集合住宅を対象に、性能検証、設備配管の維持管理がしやすい重力式の排水設備配システムとして、SI (スケルトン & インフィル) 住宅に適応する排水ヘッダ方式の排水横枝管システム(図 1(1)(2))がある。本研究では、総配管長を短くし、専有部内で汚水系統と雑排水系統を合流させ、躯体貫通箇所も少なくし施工性も向上させた新たな方式(合流排水ヘッダ方式(図 1(3)))を提案し、その性能評価法とそれが排水立て管システムに設置された場合の設計方法に関する知見を得る。

(2) 新築はもちろん既存建築において、配管スペースが十分に確保されていない建築環境下でも配管こう配を確保することなく水まわりの空間を設計し、排水排除が可能な強制排水システムを提案し、その性能評価と設計方法について検討する。ここで対象とした強制排水システムとは、小型の圧送ポンプユニットを有する圧送排水システム(図 1(4))と、真空吸引装置を有する真空排水システム(図 1(5))の 2 つとする。

(3) (1) 及び (2) の検討を踏まえ、重力式排水とそれでは排水排除ができない部分を強制排水システムで補填する両排水システムを併用した方式(以下、ハイブリッド式排水システム(図 1(6)))を提案し、その性能評価と設計方法についての知見を得る。

以上の検討を実験的かつ理論的に実施し、性能評価法の確立と設計法のマニュアル化を行うためのコンセプトとそれに資する定量的なデータ収集を図ることを狙いとした。また、今後の展望として、最後にそれらの排水システムがループ通気管を有するループ通気方式などに設置する場合の可能性についても論じた。

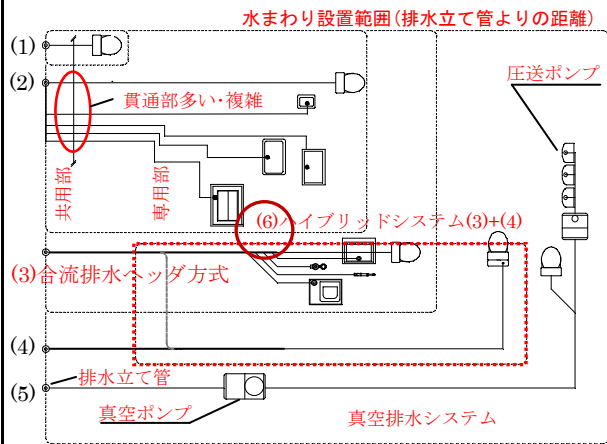


図 1 (1) ～ (6) フリープラン対応型排水システムの構成

## 3. 研究の方法

前記 2. で提案した(1)(2)に関して、本学実験室施設での基礎的な検討を踏まえ、実在超高層集合住宅の排水横枝管システム及び排水立て管システムに適用し、排水負荷実験を行い検討した。

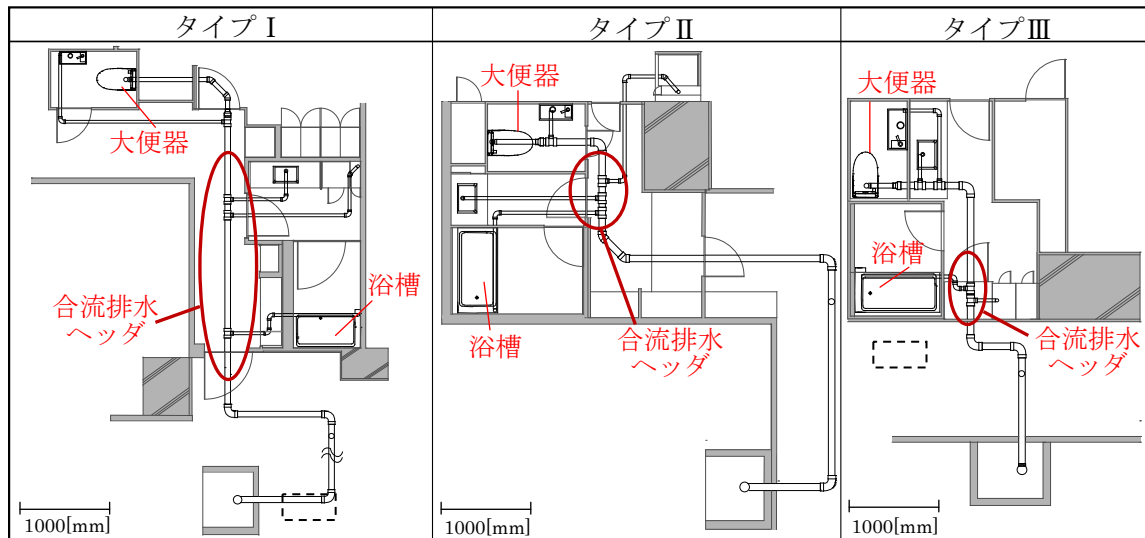


図 2 専有部合流式排水システム

### (1) 新たな排水ヘッダ排水方式の検討

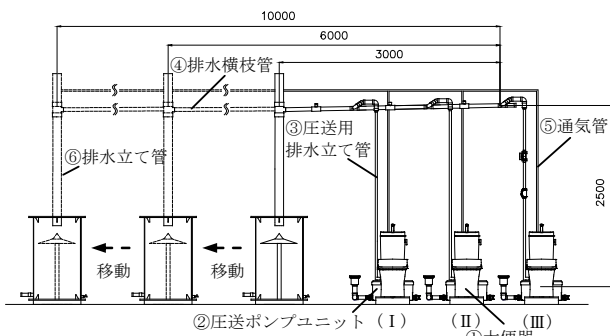
住戸内の汚水系統と雑排水系統の器具排水管を専有部内に設置した合流排水ヘッダに接続し、それ以降の配管を排水立て管へ接続する「専有部合流式排水システム」を提案し、**図2**に示す実在の超高層集合住宅でその効果を検証する。

### (2) 圧送排水方式及び真空排水方式の検討

主に集合住宅と業務用建物のトイレ空間の増改築に適用する方法として提案した。

#### ① 圧送排水方式の検討

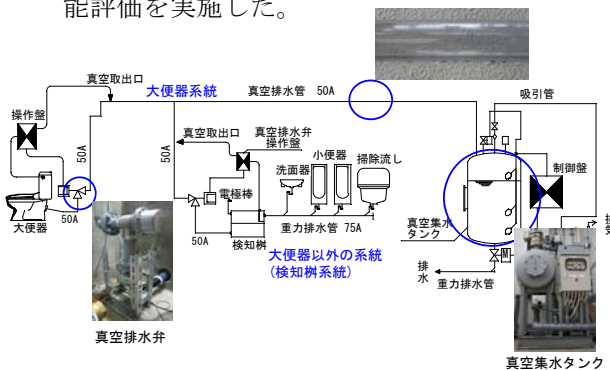
集合住宅と業務用ビルの連立便器に小型の圧送排水ポンプユニットを設置した方式を提案し、その性能評価と設計に資するデータを得た。**図3**は、業務用ビルの連立便器への適用を検討した実験配管である。



**図3 圧送排水方式の実験用排水システム (業務用ビル)**

#### ② 真空排水方式の検討

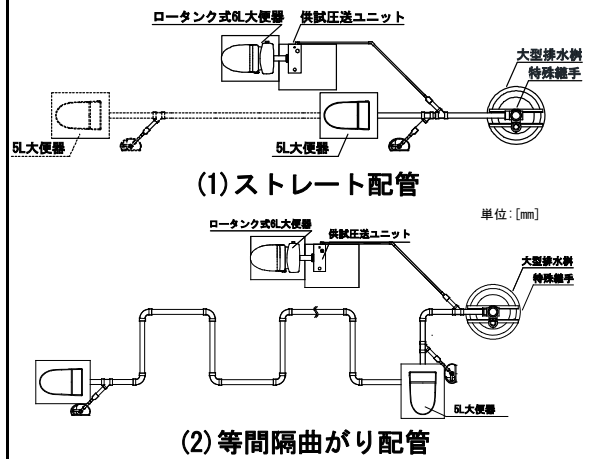
本学の既存トイレスペースの改修時に実際に**図4**に示す真空排水方式の排水システムを設置し、排水時騒音、衛生器具水位変動、排出性能、搬送性能、節水効果等を指標に性能評価を実施した。



**図4 真空排水方式の排水システム**

#### ③ ハイブリッド排水方式の検討

特に汚水系統に限定し、**図5**に示す重力排水方式と(2)で述べた圧送排水方式を併用したハイブリッド方式について排水性能試験を行い、特に集合住宅の専有部での適用範囲等を明確にした。



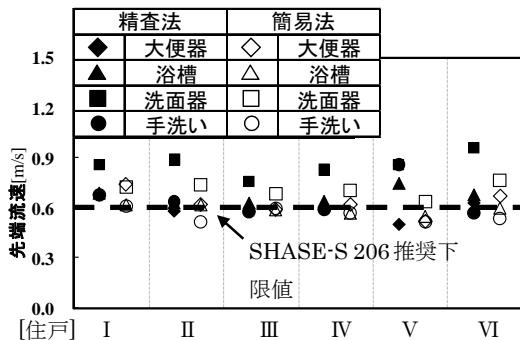
**図5 ハイブリッド式排水システム**

## 4. 研究成果

### (1) 新たな排水ヘッダ排水方式の検討

**図2**に平面図の一例を示した実在の超高層集合住宅の複数住戸に、汚水と雑排水を合流させた新たな排水ヘッダ方式の排水システムを設置し、排水性能試験を行った結果、以下の知見を得た。

①排水性能の評価指標として、器具排水特性値、先端管内流速、搬送性能、管内圧力変動とトラップ封水変動、設置トラップへの逆流の有無を指標に排水性能試験を行った結果、各評価項目共に判定基準値をクリアでき、同方式が有効であることが分かった。**図6**に各住戸 (I~VI) の排水系統に設置された大便器、浴槽、洗面器、手洗いの各衛生器具からの排水とその先端管内流速の関係を一例として示す。これより、最小流速限界値となる0.6m/sは概ね確保でき、同排水ヘッダ排水方式で十分な流速が確保でき搬送性能上も支障ないことが確認できた。



**図6 住戸別衛生器具の管内先端流速**

②排水横管長さを考慮した排水負荷算法を提案し、**図7**に示す排水負荷曲線と排水能力曲線の関係から適用高さを検討した結果、住戸内で発生する全ての器具排水負荷において管径100mm、125mm対応の特殊継手排水システムを用いてことで100mを超える建物に適用できることを示した。

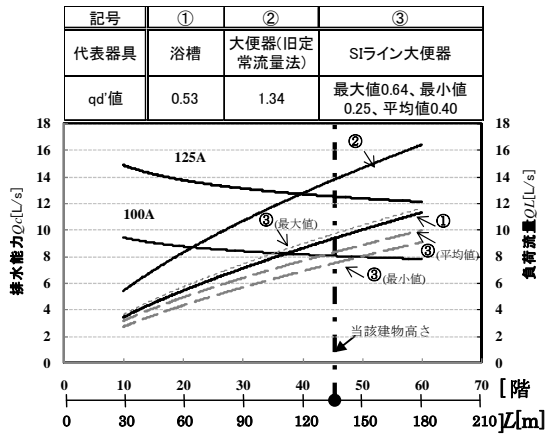


図7 排水負荷曲線と排水能力曲線の関係

(2) 圧送排水方式及び真空排水方式の検討

① 圧送排水方式

1) 集合住宅用排水システムとして、圧送ポンプユニットの排水特性、圧送排水配管が重力式排水配管系統に合流接続した場合の接続トラップの封水への影響などを確認した。図8に重力排水と圧送排水が排水横枝管上で合流した際の手洗い器トラップの封水損失を示したのであるが、その値は封水深の1/2以下におさまる支障を来すことなく従来の汚水系統へ合流接続を行う配管設計が可能であることが確認できた。

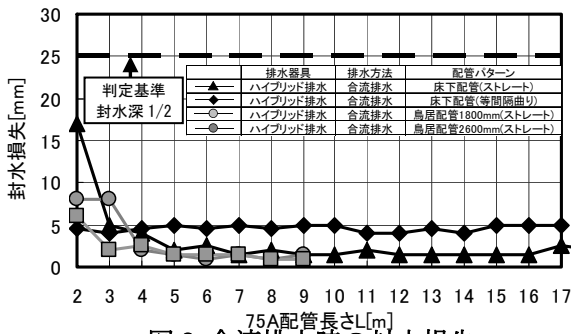


図8 合流排水時の封水損失

2) 業務用排水システムとして、圧送排水を合流させる排水管継手部の形状特性、器具排水特性、排水負荷特性、トラップの封水変動への影響等を明らかにした結果、圧送排水では圧送ポンプの円滑な運転上も、また接続トラップの封水確保の観点からも通気管の設置は必須であること、3) 排水負荷計算の結果より、同システムを接続する排水立て管システムにおいては径の管径変化をすることなく、図10に示す中小規模の事務所ビルへの適用が可能であることを推察できた。排水横枝管への接続箇所では図9のように排水の逆流の少ない合流継手等を用いることを指摘でき設計用の基礎データの蓄積ができた。

② 真空排水方式

1) 前記のとおり既存トイレの改修工事に同方式を適用し、作動時に発生騒音、大便器溜水面の変化、夾雑物を含む排出性能、搬送性

能、節水効果等を指標に有効性を検討した。

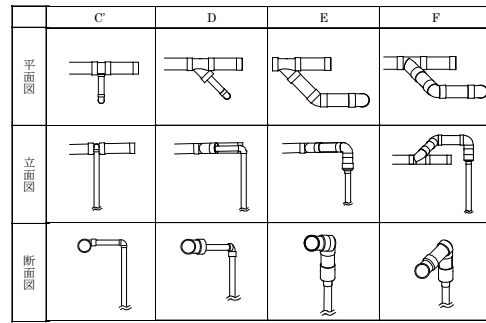


図9 各種合流継手形状

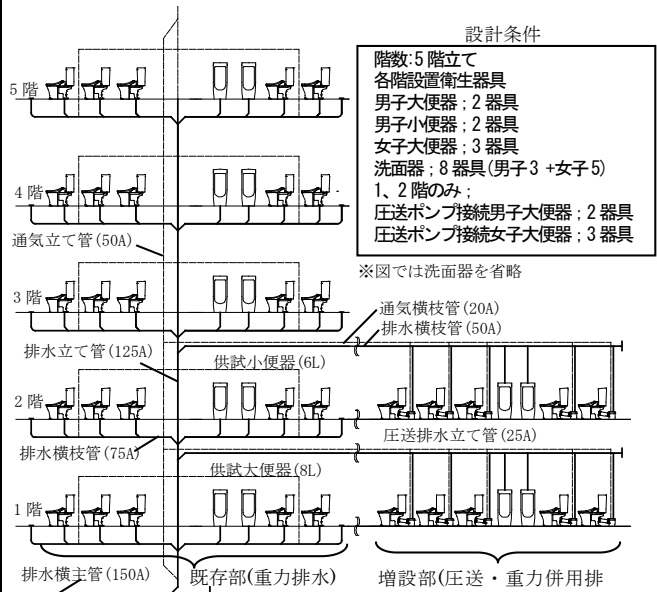
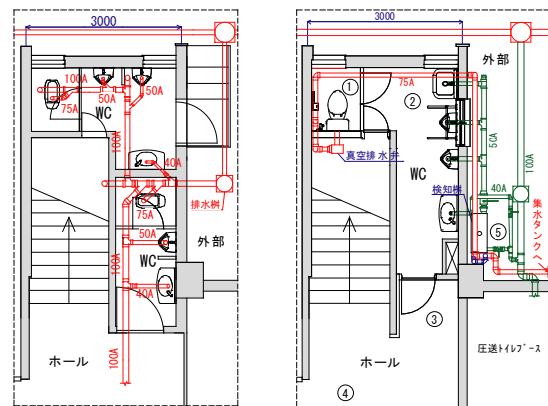


図10 圧送排水の合流した中規模事務所ビルの排水システム

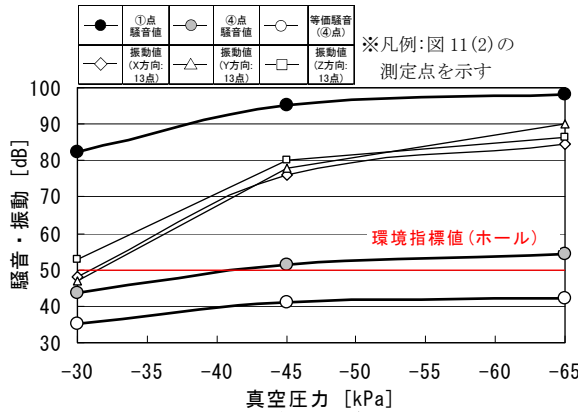
結果の一例を示せば、図11のように作動時の騒音レベルは既存の大便器と大差ないこと、作動時の大便器の溜水面の水位変化も図12のように±10mm以内におさまることが確認できた。



① 改修前

② 改修後

(1) 測定ポイントの概要



(2) 作動時の騒音・振動  
図 11 作動時の騒音レベルの比較

2) 夾雑物の投入した際の排出性能、トイレトペーパーの搬送性能の確認も行った。また、図 13 に搬送性能を搬送距離をもとに示したが、真空弁の作動時間は 4 秒間以上とすることで 10 以上の搬送距離は確保できること、洗浄水量を 8L から 4L 程度まで低減でき節水効果も期待できることがわかった。

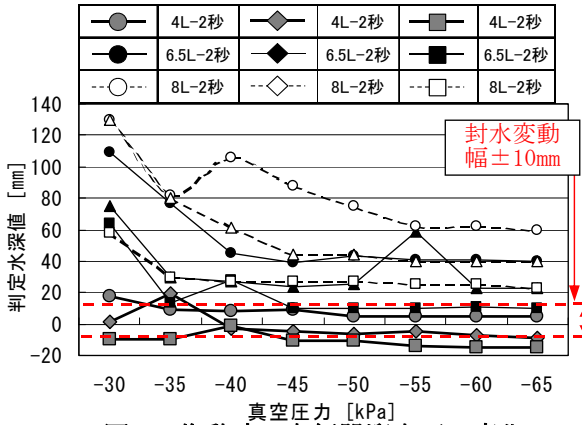
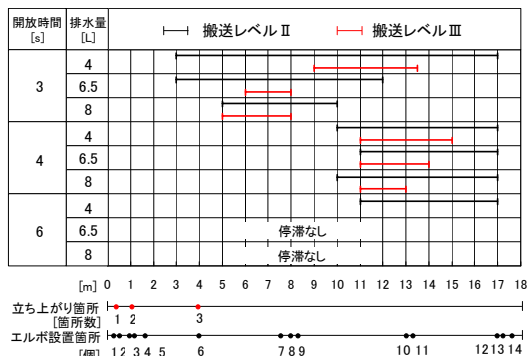


図 12 作動時の大便器溜水面の変化

クラス	クラスⅢ	クラスⅡ	クラスⅠ
長さ			
断面			
条件	ペーパーが塊で停滞した状態	ペーパーが細かく分散し停滞した状態	ペーパーの停滞がない状態

(1) の搬送レベル概要



(2) 搬送距離の比較  
図 13 真空弁作動時間・洗浄水量と搬送性能

### (3) ハイブリッド排水方式の検討

図 14 に集合住宅の専有部における重力排水方式で対応できる範囲、それを越えた範囲は圧送排水を適用するものとしたハイブリッド排水システムに設計計画範囲の例を今までの研究成果より示した。

この方式を設計に応用することにより、水廻り空間の計画範囲は広がり、フリープラン化を可能にする一つの方法となったことを述べた。

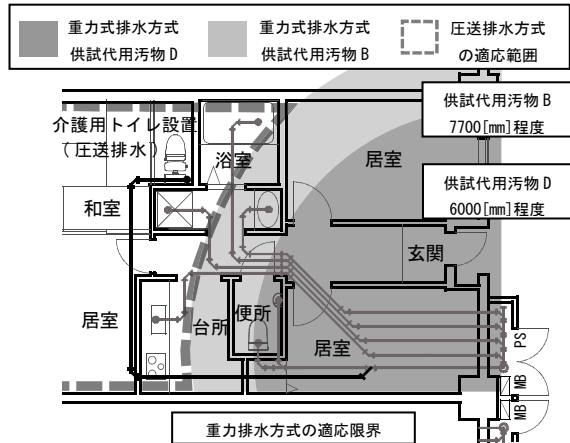


図 14 重力・圧送併用排水方式の適応範囲の考え方(ストレート配管)

### (4) 今後の展望

前記までの各種排水横枝管システムの提案により、主に 1 階層における平面上でのフリープラン化の可能性は把握できた。これらの排水横枝管システムが、例えば業務用で多く採用される各種通気方式の排水立て管システムに多数設置された場合には、どの程度の同時排水負荷に適用できるかを検討するために、高層排水実験タワー施設を用いて基礎的な排水能力値を図 15 のとおり求めた。ここで対象とした排水システムは、伸頂通気方式、通気立て管方式、通気弁排水システム、ループ通気方式等であり、今後はこの結果を踏まえ適用高さについても詳細な検討を行う予定である。

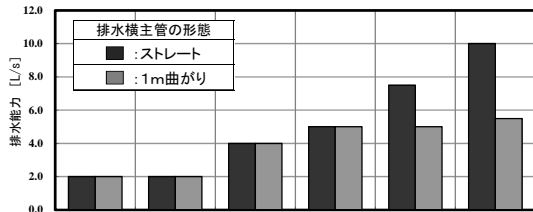


図 15 各種通気方式の排水能力値

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 9 件)

1) 大塚雅之, 河野慎, 張哲, 山田真之; 一箇所の排水横枝管に通気弁を設置した排水立て

管システムの排水能力の検討  
伸頂通気管と排水横枝管に通気弁を設置した高層排水立て管システムの排水能力と予測手法に関する研究(第1報), 日本建築学会環境系論文 NO. 674 P. 275~282, (2012. 4), 査読有

2) Shin Kouno, Masayuki Otsuka: A Study on the Understanding and Prediction Method of the Drainage Performance of the Loop Vent System for High-rise Buildings, Proceedings of CIB-W062 Symposium 37<sup>th</sup>, (Sep, 2011), pp. 191-204, 査読有

3) Keisuke Hirai, Masayuki Otsuka, Satoshi Kitamura: 4-Liter Water Closets With New Flushing Technologies, Proceedings of CIB-W062 Symposium 37<sup>th</sup> (Sep, 2011), pp. 350-358, 査読有

4) Tsubasa Ueno, Masayuki Otsuka: A Study on How to Ensure the Drainage Performance of a Drainage Pipe System for Low-rise Housings and a Piping Design Method of the Same, Proceedings of CIB-W062 Symposium 37<sup>th</sup>, (Sep, 2011), pp. 252-259, 査読有

5) Masayuki Otsuka, Kyosuke Sakaue: Formulation of SHASE-S220-2010 "Testing Method of Discharge Characteristics for Plumbing Fixtures" and A Suggested Application of the Method, Proceedings of CIB-W062 Symposium 37<sup>th</sup> (Sep, 2011), pp. 205-221, 査読有

6) Shin Kouno, Masayuki Otsuka: A Study on the Understanding and Prediction Method of the Drainage Performance of the Loop Vent System for High-rise Buildings, Proceedings of CIB-W062 Symposium 37<sup>th</sup> (Sep, 2011), pp. 191-204, 査読有

7) Masayuki Otsuka, Hiroaki Kubota: Development of an horizontal drainage fixture for connecting the apartment drainage system to the stack, allowing more planning freedom, Proceedings of 36<sup>th</sup> International Symposium CIBW062 on Water Supply and Drainage for Buildings, (Nov, 2010), pp. 282-301, 査読有

8) Zhe Zhang, Masayuki Otsuka: Drainage performance of stacks with branches equipped with multiple air-admittance valves, Proceedings of 36<sup>th</sup> International Symposium CIBW062 on Water Supply and Drainage for Buildings, (Nov, 2010),

pp. 227-244, 査読有

9) 大塚雅之, 石井隆敏, 土井章弘, 川原井大; SI住宅対応専有部合流排水配管方式の検討 集合住宅の水廻りのフリープラン化を目的とした排水横枝管システムの性能評価と設計手法に関する研究(第1報), 日本建築学会環境系論文 NO. 645, P. 1243~1252, (2009. 11), 査読有

[学会発表] (計5件)

1) 和田友貴, 大塚雅之, 各務紘史: 業務用建物への圧送・重力併用方式排水システムの適用の可能性—各性能評価と排水負荷の検討—, 空気調和・衛生工学会中部支部平成23年度(第13回)学術研究発表会, 名古屋市, (2012年3月14日)

2) 保科秀明, 大塚雅之: 建物内水まわりのフリープラン化を可能にする排水設備システムの研究—重力・圧送併用排水横枝管システムの配管設計に関する検討—, 平成23年度空気調和・衛生工学会大会, 名古屋大学, 名古屋市, (2011年9月15日)

3) 各務紘史, 大塚雅之, 保科秀明, 小林直史: 器具排水特性試験法に関する実験的研究—SHASE-S220-2010の検証—, 平成23年度空気調和・衛生工学会大会, 名古屋大学, 名古屋市, (2011年9月15日)

4) 金田直弥, 大塚雅之, 保科秀明: 超節水型大便器の排水特性と搬送能力に関する研究—大洗浄と小洗浄の効果の検討—, 平成23年度空気調和・衛生工学会大会名古屋大学, 名古屋市, (2011年9月15日)

5) 高橋裕二, 大塚雅之, 保科秀明: 建物内水まわりのフリープラン化を可能にする排水システムの研究 その2—ハイブリッド排水システムに関する基礎的検討—, 平成22年度空気調和・衛生工学会大会, 山口大学, 山口市, (2010年9月2日)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

大塚 雅之 (OTSUKA MASAYUKI)  
関東学院大学・工学部・教授  
研究者番号: 20288088

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

( )

研究者番号: