超高層集合住宅用ディスポーザ排水配管システムの性能検証手法に関する研究 ESTIMATION METHOD OF DRAINAGE PIPING SYSTEMS WITH FOOD WASTE GRINDERS IN HIGH-RISE APARTMENT HOUSES

新村浩一*, 大塚雅之**, 山海敏弘***, 長野晃弘****
*Kouichi SHINMURA, Masayuki OTSUKA, Toshihiro SANKAI
and Akihiro NAGANO*

We examined estimation method of drainage piping systems in order to apply wastewater treatment systems with food waste grinders to real high-rise apartment houses. The piping systems were set up in the high-rise experimental tower, had drainage stack of 90m height and house drain of 90m length, were supposed the models in real buildings. In this study we investigated how factors influence the performance and pressure in branch, were 4 types forms of drainage fittings, and 2 types diameters of grind garbage particles or characteristics of discharge by food waste grinders. Further we examined influence of offset in lower floor, relief vent pipe for back pressure in stack closure at the bend, and house drain length. As a result, special drainage fittings systems are able to decrease negative pressure than usual sanitary T fittings system, using food waste grinders break to pieces finely are able to decrease positive pressure than using its break to pieces roughly, and offset has effect of making horizontal transport smooth, were found.

Keywords : *drainage piping system with food waste grinders, high-rise apartment houses, drainage fitting, grind particles diameters, offset, house drain*

ディスポーザ排水配管システム, 超高層集合住宅, 排水継手, 破砕粒度, オフセット, 排水横主管

1. はじめに

土地の高度有効利用を目的とした超高層集合住宅の建設は、主に首都圏で実施されている再開発プロジェクトの中心的な役割をなすものである。特に都心型の超高層型居住において、日常生活で発生する生ごみは家庭ごみの33.2%⁶⁾を占めること、保管や運搬に係る労力も要することから、合理的な処理設備の開発は、今後の超高層集合住宅設備の課題と言える。その方策の一つとしてディスポーザ排水処理システムがあげられ、有機質資源としてのリサイクル利用の可能性も考えると、スケールメリットが期待できる超高層集合住宅で、その可否が問われている。同システムの性能評価は、先に旧建設省総合技術開発プロジェクト「ディスポーザによる生ごみリサイクルシステムの開発」の一環として実施されてきた⁷⁾。しかしながら、そこではディスポーザ本体や排水処理槽の性能評価が中心で、排水立て管や排水横主管などの配管系統については4層程度の中層規模の配管モデルに限定されており、超高層集合住宅に適用する場合の安全性、すなわち封水損失や管内圧力といった指標に基づく排水能力を検証するまでには至らなかった。

その後、高層集合住宅を対象とした幾つかの特殊継手排水システ

ムに関する実験は実施されたが^{8,9)}、超高層集合住宅を対象とした検討事例は非常に少ない。特に超高層用の既往の排水実験では、参考となる実験条件や設計上の留意点は示されているが^{10,11)}、汎用性の高い成果として実務的に用いるには、次のような課題点が指摘できる。まず、実験に用いた特殊継手排水システムとディスポーザの種類が限定されていること、更には、実際の超高層排水配管でみられる下層階でのオフセット配管、排水立て管基部の正圧緩和用に計画されることが多い逃がし通気管、排水横主管の配管長などの要因が充分に加味されていないことから、それらが性能に及ぼす影響が定量的に把握できていない点である。

よって本報では、高さ90m規模の排水立て管と長さ90m規模の排水横主管を有する超高層集合住宅用ディスポーザ排水配管システムを一つの実在モデルとして想定し、排水用継手形状、ディスポーザの破砕粒度と排出特性、オフセット配管、逃がし通気管、排水横主管が、同システムの排水性能に及ぼす影響を超高層排水実験タワーを用いて実験的に検討した。その結果から、今後、超高層排水配管システムの性能試験法を策定する際や、配管設計を行う上で重要な留意点を提示することを目的とする。

* 三機工業技術研究所 所員
兼 関東学院大学大沢記念建築設備工学研究所 研究員

** 関東学院大学工学部建築設備工学科 助教授・工博

*** 国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部 室長

**** 三機工業技術研究所 グループマネージャ・工博

R & D Division, Sanki Engineering Co., Ltd.
Osawa Memorial Institute of Architectural Environmental Engineering, Kanto-Gakuin Univ.
Assoc. Prof., Dept. of Architectural Environmental Engineering, Kanto-Gakuin Univ., Dr. Eng.
Building Research Institute, National Institute for Land and Infrastructure Management
R & D Division, Sanki Engineering Co., Ltd., Dr. Eng.

2. 実験方法

2.1 供試排水配管システム

実験は、都市基盤整備公団技術センター内にある超高層住宅実験タワー（地上37階規模、高さ108m）で行った。供試排水配管システムを、図1に示す。排水立て管（管径100mm）は、負荷最上階34階から3階の脚部継手までの高さ93mとした。3階部では、排水立て管基部に長さ6.5mの排水横主管（以下、一次排水横主管、同図(c)）

図1 供試排水配管システム

図2 供試排水継手

を接続し、その終点から高低差3.6mの落とし込み配管（同図(d)）を行っており、この部分を供試オフセット配管と呼ぶ。この端部に接続する排水横主管（以下、二次排水横主管）は、途中で45°の横曲がりを6箇所設置し、58m地点に落差0.35mの段差配管を設置し、オフセット基部から排水橋まで全長97mとした。また、排水立て管は、取り替えの都合上後述の図2の継手AとBの実験時にI系統を、継手CとDの実験時にII系統を使用した。

各部位の詳細については、伸頂通気管部を同図(a)に、排水負荷階となる排水横枝管を同図(b)に、一次排水横主管の平面を同図(c)に、排水立て管基部からオフセット基部までの立面を同図(d)にそれぞれ示す。排水立て管基部廻りの通気バルブの開閉により、逃がし通気管の有無を設定した。

供試排水継手として、排水立て管継手と脚部継手の寸法図を図2に示す。排水立て管継手は、同図(a)～(c)の高層・超高層対応用の旋回型排水用特殊継手3種と、同図(d)の従来型ST継手1種の合計4種類とした。この3種の排水用特殊継手は、市販される中で形状および性能が代表的なものである¹²⁾。また、結果を比較する際には、排水用特殊継手Bを用いて先に実施した参考文献10)の実験結果も引用し、検討した。

2.2 供試ディスポーザ

既往文献¹³⁾および予備調査により11種類のディスポーザを比較し、メジアン粒径が0.6mm未満となる最小のもの（機種A、バッチ式）、2.0mmとなる最大のもの（機種B、連続式）の2機種を供試ディスポーザとした¹¹⁾。その破碎粒度分布について、既往文献¹³⁾に準じて測定した結果を図3に示す。また、同機種の器具排水特性として累積器具排水量 w [L]、器具平均排水流量 q_d [L/s]、および破碎時間 t [s]について、既往文献¹³⁾に準じて測定した結果を表1に示す。破碎時間 t は、破碎粒度の細かい機種Aが76秒に対し、粗い機種Bで

図3 供試ディスポーザの破碎粒度分布

表1 供試ディスポーザの器具排水特性

	機種A	機種B
メジアン粒径 [mm]	0.6 未満	2.0
累積器具排水量 w [L]	11.4	6.4
器具平均排水流量 q_d [L/s]	0.13	0.13
破碎時間 t [s]	76	40

*) メジアン粒径は測定3回の平均値、その他は測定5回の平均値
**) 破碎時間 t は、既往文献¹³⁾での騒音レベル記録結果を読みとって求める方法と異なり、ディスポーザの稼働時間を次式により求めた。

$$t = (w/q_d) - 10 \quad (10 = \text{破碎前後の給水時間})$$

は40秒と短い時間で生ごみを排出するので排出特性も異なる。

2.3 排水負荷条件

(1) 単独負荷条件：参考文献¹⁰⁾を参考に、最大同時排水個数 M 、負荷の与え方等を決定した。その結果、 $M=5$ 個となるため、ディスポーザ付きシンクを、負荷最上階34階から30階までの各階に1個ずつ計5個設置した。この単独負荷条件を、表2に示す。投入生ごみ量は、ディスポーザ1個あたりに標準生ごみ250gとした。給水方式は、給水流量8L/minで累積給水量を5L^(注2)とした。運転スケジュール管理は制御盤を用い、ディスポーザ運転と電磁弁の給水を同時に開始し、負荷最上階から下層へと0.5秒ずつ遅らせて排水を開始し、37.5秒後^(注3)に停止した。この運転方法を同時排水とみなした。

(2) 単独過負荷条件：生ごみ量を500gとした場合の、逃がし通気管の効果を把握した。その他の条件は、前項と同じとした。

(3) 合流負荷条件：一次排水横主管で2系統の排水立て管から排水を合流させた場合の、逃がし通気管の効果を把握した。継手A設置のI系統は、主管として影響を確認するものとし、継手C設置のII系統は、合流管として排水を流すのみに用いた。この合流負荷条件を、表3に示す。累積給水量を1個あたり35Lとし、合流管の運転開始から20秒後に、主管で5個同時排水した。

2.4 測定方法

(1) 管内風速：伸頂通気管端部のペルマウスから2mの位置（図1(a)）に熱線風速計（範囲0.05～10m/s、誤差±0.2m/s）を設置し、伸頂通気管内中心風速を測定し、平均風速（ $=0.82 \times$ 中心風速）に換算した。

(2) 管内圧力：排水立て管中心から250～500mmの排水横枝管上部で、4～34階のうち22階、28階、33階を除いた階に、拡散型半導体圧力変換器（範囲±10kPa、繰り返し精度±10Pa、一次共振周波数6kHz以上）を設置し、排水横枝管内圧力を測定した。排水負荷階の圧力は、排水横枝管での満流による影響が生じないように配慮し、排水用特殊継手では2口タイプに接続したキャップ止めによる排水横枝管、従来継手では排水横枝管を50mmから80mmに拡径した後部にセンサを設置した。各階の圧力変動から、各階の最大正圧と最大負圧を読みとった。HASS218¹⁵⁾に準拠し、その値からシステム最大値とシステム最小値を読みとり、±400Pa以内におさまることを検証した。

表2 単独負荷条件

最大同時排水個数 $M^{10)}$	5個 (30～34階) $M = Q_L / q_d = 4.1 / 0.75 = 5.47 \rightarrow 5$ Q_L : 定常流量法から算出した負荷流量 ¹⁴⁾ [L/s] q_d : 台所流しの器具平均排水流量 ¹⁴⁾ [L/s]
投入生ごみ ¹⁰⁾	標準生ごみ 250g/個 (一人一日の排出量に相当 ⁷⁾)
給水方式	1個あたり 8 L/min ¹⁰⁾ × 37.5 s (5 L/個)
運転スケジュール	①実験開始前に生ごみ投入 ②制御盤の運転ボタンと計測を同時に開始 (単位: 秒)

表3 合流負荷条件

排水立て管	主 管: I系統に継手Aを設置 合流管: II系統に継手Cを設置
投入生ごみ	主 管: 250g × 5個 (30～34階) 合流管: 0g × 3個 (32～34階、清水排水) + 250g × 2個 (30～31階、厨芥排水)
給水方式	1個あたり 8 L/min × 262.5 s (35 L/個)
運転スケジュール	合流管 5個同時排水、20秒後に主管 5個同時排水

(3) 管内水位：排水立て管基部から4.5mと6mの一次排水横主管上部（図1(c)）、オフセット基部から3.5mと5mおよび71.5mと73mの二次排水横主管上部（図1）に、超音波式変位センサ（範囲60～300mm、アナログ出力精度±7.5mm）を設置し、排水横主管内水位を測定した。この水位変動から、水位センサ間の平均速度として搬送速度（ $=$ 水位センサ間距離1.5m/水位の立ち上がり時間差）を求めた。

(4) 残留状況：排水横主管での残留物の有無を目視確認した。

上記(1)～(3)のアナログ信号をAD変換器（精度±0.2%）とパソコンにより100Hzサンプリングした。サンプリングは、制御盤運転開始ボタンと同時に開始した。生データは、管内圧力と管内水位にローパスフィルタ（3Hz、バターワース型）をかけ、デジタル処理した。

3. 結果および考察

3.1 排水継手形状の影響

図4は、図2の4種類の供試排水継手を用いた場合（機種A、単独負荷条件（生ごみ量250gの5個同時排水））の、伸頂通気管内平均

図4 排水継手による平均風速変動・圧力変動の比較

風速および、34階、24階、最下階4階の管内圧力変動を示したものである。同図より、風速の最大値は、従来継手Dが最も大きく、次いで排水用特殊継手A、排水用特殊継手BおよびCが同程度で小さい。また、伸頂通気管内の圧力損失指標となる34階の圧力変化がいずれも小さいことから、風速変化は排水流下速度の指標とみなせる。これより、流下速度の最大値は継手D、A、B・Cの順に小さく、旋回羽根が大きいほど減速効果が著しいことが推察できる。基準となる従来継手Dでシステム最小値が発生した24階の圧力を例に比較すると、どの継手においても一旦最大正圧まで増加した後に、最大負圧まで減少する特徴がみられるが、従来継手Dでは排水用特殊継手A～Cの場合と比べ急激に減少している。また、最下階4階の圧力を比較すると、この程度の負荷では、どの継手においても明瞭なピークがみられない。

圧力変動から各階の最大正圧・負圧を読みとり、圧力分布を示したのが図5である。同図より、11～26階の範囲の負圧は、従来継手Dで大きく変化しているのに対し、排水用特殊継手A～Cでは変化がみられない。その平均値は、排水用特殊継手Aで -114Pa （標準偏差 $\sigma=4\text{Pa}$ ）、排水用特殊継手Bで -77Pa （ $\sigma=6\text{Pa}$ ）、排水用特殊継手Cで -76Pa （ $\sigma=5\text{Pa}$ ）となり、 σ 値も小さいので変化は小さく一定とみなせる。排水用特殊継手A～Cの正圧は、下層になるほど減少する傾向がみられる。

同図からシステム最大値・最小値を読みとり、示したのが図6である。同図より、4種類のシステム共に判定値 $\pm 400\text{Pa}$ 以内におさまっているが、従来継手Dでは -291Pa で判定値の73%に達する。しかし、排水用特殊継手Aは -122Pa で30%、排水用特殊継手BとCはほぼ同等の $-83\sim-91\text{Pa}$ で21～23%となり、負圧が大きく緩和されている。また、同一の排水用特殊継手Bを用いた今回と参考文献10)の結果を比較すると、今回の方が正圧は 161Pa と大きく、負圧は -91Pa と小さい。これは、排水横主管長さが参考文献10)では 20m あるのに対し、今回は 107.1m （排水立て管基部以降の全長）と長いため、その排水横主管の通気抵抗が影響したものと推察される。今回は実施していないが実際の台所系統では、洗い桶を用いた溜め排水等の厳しい負荷が加わるため、従来継手Dでは更に危険度が高まり、判定値を超える可能性もある。よって以降では、従来継手を対象から除き、排水用特殊継手の中で判定値との比が最も厳しい継手Aを用いて検討する。

3.2 ディスポーザ破碎粒度と排出特性の影響

図7に、表1に示した破碎粒度と排出特性の異なる2種類のディスポーザを用いた場合（継手A、単独負荷条件（生ごみ量 250g の5個同時排水））の、各階の最大正圧・負圧を読みとった圧力分布を示す。同図より、破碎粒度の細かい機種Aでは、粗い機種Bよりも正圧が各階ともに小さくなる。これは、破碎時間が長い機種Aでは、破碎厨芥がゆっくりと排出されることから、排水立て管に流入するスラリー濃度が緩和された影響と推察できる。逆に負圧は、機種Aが各階ともに大きくなる。

図8に、システム最大値・最小値を示す。同図より、両機種とも判定値以内であるが、負圧側に比べ正圧側に大きい。正圧は、機種Bが $+279\text{Pa}$ と判定値の70%に達するが、機種Aでは $+187\text{Pa}$ で47%となり、機種Bの方が大きい。よって以降では、正圧に厳しい条件となる機種Bを中心に検討する。

図5 排水継手による圧力分布の比較

図6 排水継手形状の圧力影響

図7 ディスポーザ機種による圧力分布の比較

図8 ディスポーザ破碎粒度と排出特性の圧力影響

3.3 過負荷時と合流負荷時の逃がし通気管の影響

生ごみ量を250gから500gに増加させた場合(継手A, 単独過負荷条件(生ごみ量500gの5個同時排水))の, 最下階4階の管内圧力変動を図9に示す。同図より, 図4(生ごみ量250g)では生じなかったが, 機種Bでは65秒に, 参考として行った機種Aでは55秒に, 大きな正圧変動が生じる。これは参考文献10)でも指摘されたように, 排水立て管流下中に破碎厨芥と水が分離した後, 脚部に先に堆積した破碎厨芥に排水が衝突する, 超高層でのディスポーザ排水に特有の現象である。

図10の最大正圧分布は, この単独過負荷条件における脚部の逃がし通気管の影響を示したものである。大きな正圧変動が生じると, システム最大値は最下階でみられる。逃がし通気管により, 最下階の最大正圧は+356Paから+264Paに減少しており, 92Paの緩和がみられた。

図11は, II系統の合流用排水時に, I系統を生ごみ量250gで5個同時排水した場合(合流負荷条件(表3))の, 逃がし通気管の影響を確認したものである。同図より, この程度の負荷条件では大きな正圧変動が生じず, システム最大値は最下階4階で生じず, 同階の正圧は13Pa緩和した程度であった。これより, 2つの実験による最下階の正圧緩和は13~92Paであり, 逃がし通気管の効果は判定値の3~23%と顕著には確認できなかった。

3.4 供試オフセット配管と排水横主管の搬送性

3.2の排水負荷条件での, 排水横主管内の搬送速度を求め, 図12に示す。同図には, 参考文献10)での搬送速度約0.6m/sも参考に示したが, 今回のオフセットの流下前での0.54~0.60m/sとほぼ一致する。オフセットの流下後には, 搬送速度が0.80~0.87m/sに達し, 0.26~0.27m/sの加速効果がみられる。これは, 脚部後でみられる, 破碎厨芥を後段の水が押し流す堰状流れが, オフセット流下時に堰が水と混合して性質が弱まり, 横搬送がスムーズに行われるためである。オフセット後から段差配管を経由し, 排水横主管の後半では0.42~0.50m/sまで低下する。この値は, 参考としてHASS206の横管での必要最小流速0.6m/sと比較すると厳しい値となった。しかし, 排水横主管内の残留物は卵殻の一部(写真1)であり, 堰状厨芥は滞留せず排水槽まで搬送された。これは, HASS206の必要最小流速の対象である砂と比べて^{註4)}, 堰状厨芥の密度が小さいためと推察される。卵殻が同写真のように残留し易いのは, 厨芥の中で比較すると密度が大きいためと推察される。長期使用による厨芥の残留状況を明確にすることはできなかったが, 使用初期の搬送性能は確保できた。

写真1 卵の殻の残留例

4. まとめ

高さ90m(32層), 排水横主管長さ90m規模の伸頂通気方式の超高層集合住宅用ディスポーザ排水配管システムについて, 最大同時排

図9 過負荷時における最下階4階の正圧変動現象

図10 過負荷時における逃がし通気管の正圧影響

図11 合流負荷時における逃がし通気管の正圧影響

図12 排水横主管位置による搬送速度影響

水負荷を想定した排水実験を行った結果、性能試験法策定と設計に資する以下の知見を得た。

- ① 市販の代表的な3種類の排水用特殊継手と1種類の従来型ST継手を用いた排水システムの性能評価を、HASS218の性能判定基準(管内圧力 $\pm 400\text{Pa}$ 以内)により行った。その結果、従来型ST継手のシステム最小値が最も大きく基準値の73%に達したが、排水用特殊継手では21~30%と1/4程度におさまった。負圧緩和設計には、特殊継手排水システムの採用は有効である。
 - ② 市販のディスボーズの中から破砕粒度と排出特性を指標に2種類を用いて、機種の違いが排水システム性能に及ぼす影響を調べた。その結果、破砕粒度が粗く(メジアン粒径 2.0mm)破砕時間が短い(破砕時間 $t=40\text{ [s]}$) 機種のシステム最大値が最も大きく基準値の70%に達したが、破砕粒度が細かく(メジアン粒径 0.6mm 未満)破砕時間が長い($t=76\text{ [s]}$) 機種では47%と1/2程度におさまった。正圧緩和設計には、生ごみ排出が緩やかなディスボーズの選定は有効である。
 - ③ 排水立て管基部に逃がし通気管を設置し、生ごみ量を2倍とした過負荷、2系統の排水立て管から排水を合流させた合流負荷を与え、逃がし通気管の有無が排水システム性能に及ぼす影響を調べた。その結果、逃がし通気管がある場合はない場合と比べて、排水立て管最下階の正圧を13~92Pa緩和した程度であり、効果は顕著には確認できなかった。下層階の正圧が増大する場合の対応として、今回のような逃がし通気管の設置に大きな効果は期待できない。
 - ④ オフセットを有する排水横主管の性能評価を、HASS206の必要最小流速 0.6m/s を参考に行った。その結果、排水立て管基部直後は搬送速度 $0.54\sim 0.60\text{m/s}$ であったが、その後のオフセット通過後では $0.80\sim 0.87\text{m/s}$ に達し加速効果がみられた。また、排水横主管の後半では $0.42\sim 0.50\text{m/s}$ まで低下し参考値以下であったが、堰状厨芥は排水枡まで搬送できた。排水横主管内の搬送性能を高めるためには、オフセットの計画は有効である。
- 今後は、実在建物での性能検証や排水負荷の実態調査を行うとともに、卵殻等の残留物や付着スケールによる排水性能の劣化度も考慮した性能検証手法を検討する予定である。

謝辞

本研究は、旧建設省建築研究所の委託により「ディスボーズによる生ごみリサイクルシステム研究会(委員長:前島健,事務局:財団法人建築センター)」内に設けられた「超高層排水配管実験WG(主査:興水知)」の活動の一環として行ったものである。委員各位に感謝の意を表します。並びに、実験タワーを利用させて戴いた都市基盤整備公団総合研究所技術センターの方々、有益な助言を戴いた単管式排水システム協会の方々、実験や生ごみ製作に協力して戴いた方々に記して感謝の意を表します。

- 注1) 11機種のうち、3機種がメジアン粒径 0.60mm 未満のため、最小篩 0.60mm の透過率が最大のものを細かい機種(機種A)とし、3機種がメジアン粒径 1.7mm 程度のため、最大篩 3.35mm の残留率が最大のものを粗い機種(機種B)とし、選定した。
- 注2) 既往調査⁷⁾より、ディスボーズ使用水量は $5\text{L}/(\text{d}\cdot\text{人})$ であった。
- 注3) ディスボーズ運転時間は 37.5秒 と表1の破砕時間に比べて短い、実際には投入生ごみのほとんどが時間内に破砕できることを確認したので、運転時間は給水時間と合わせた。
- 注4) ディスボーズ排水のHASS206必要最小流速への適用性については、堰状流れの解明が不十分であるため、今後の課題とする。

本論文に関連した口頭発表および委託研究報告

- 1) 大塚雅之,他:超高層住宅用ディスボーズ排水配管の実験的研究(その1.排水継手による排水能力への影響),日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1巻, pp.581-582, 2000年
- 2) 新村浩一,他:超高層住宅用ディスボーズ排水配管の実験的研究(その2.ディスボーズによる排水能力及び搬送性能への影響),日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1巻, pp.583-584, 2000年
- 3) 長野晃弘,他:ディスボーズ排水システムに関する実証的研究(その4.超高層集合住宅排水配管実験・排水継手の影響),空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, III巻, pp.1737-1740, 2000年
- 4) 新村浩一,他:ディスボーズ排水システムに関する実証的研究(その5.超高層集合住宅排水配管実験・ディスボーズの破砕粒度の影響),空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, III巻, pp.1741-1744, 2000年
- 5) 建設省建築研究所,他:ディスボーズによる生ごみリサイクルシステムの開発(システムの有効性に関する実証的研究)平成9年度~平成11年度報告書, pp.159-295, 2001年

参考文献

- 6) 環境庁:環境白書(平成12年版,総説), p.138, 2000年, (株)ぎょうせい
- 7) 生ごみリサイクルシステム研究会:ディスボーズによる生ごみリサイクルシステムの開発, p.127, 1999年, (財)日本建築センター
- 8) 例えば,河村憲彦,他:高層集合住宅のディスボーズ特殊継手排水システムに関する研究(その1.立て管径80Aシステムでの排水性能),空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, III巻, pp.1761-1764, 2000年
- 9) 仙石正雄,安部嘉孝,他:高層集合住宅のディスボーズ排水に適する排水立て管システムの検討,空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, III巻, pp.1757-1760, 2000年
- 10) 大塚雅之,他:超高層集合住宅ディスボーズ排水配管システムに関する実験研究(その1.基本配管システムの初期性能),空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, II巻, pp.1085-1088, 1999年
- 11) 米田千瑛夫,他:超高層集合住宅ディスボーズ排水配管システムに関する実験研究(その2.排水横主管と排水立て管系統合流),空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, II巻, pp.1089-1092, 1999年
- 12) 高橋秀樹,仙石正雄:排水技術の動向(4)特殊継手排水システム,空気調和・衛生工学, 第75巻第3号, pp.41-44, 2001年
- 13) 興水 知,他:ディスボーズの破砕性能と排水特性および性能評価に関する研究,空気調和・衛生工学会論文集, No. 80, pp.59-68, 2001年
- 14) 空気調和・衛生工学会:HASS206「給排水設備規準・同解説」, p.79, pp.227-231, 2000年
- 15) 空気調和・衛生工学会:HASS218「集合住宅排水立て管システムの排水能力試験法」, p.4, 2000年
- 16) 金子順也,他:SI住宅における横枝管排水性能に関する研究(その7.ディスボーズを用いた台所流し排水性能について),空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, II巻, pp.1121-1124, 2001年
- 17) 都市基盤整備公団総合研究所:集合住宅の生ごみ処理方式に関する研究(その3)生ごみ処理機の利用状況及びディスボーズ排水性能試験法の立案, pp.73-94, 2001年

(2002年3月12日原稿受理, 2002年7月2日採用決定)