



## 私と給排水衛生設備

鎌田 元康\*

### My Studies on Plumbing System

Motoyasu KAMATA\*

#### 1. はじめに

私は、2007年3月に東京大学を定年退職し、4月から本学でお世話になっている。1968年に東京大学工学部建築学科を卒業後、1年間建設省(現・国土交通省)で勤めた後、大学院に入りなおし、「建物近傍における汚染物拡散に関する実験的研究」と題する学位論文で工学博士の学位を取得した後、1974年に助手に採用され、講師・助教授・教授として勤めてきた。

学位論文の題目が示すように、研究当初は空気環境、それに関連する建築設備を専門としていたが、講師として採用され、最初に勤務した東京大学工学部総合試験所の研究室に、空気調和・衛生工学会からの委託研究で設置された給排水設備の実験装置があり、その世話をしなければならぬことから、建築水環境、それらに関連する給排水衛生設備の研究を始めるようになった。本報では、「私と給排水衛生設備」と題し、私が行ってきた研究内容を中心に、給排水設備に関し、総論的に述べてみたい。

#### 2. 大便器からの汚物搬送<sup>A-1~A-4, B-1~B-2)</sup>

皆さんは、大便器を使用し、洗浄水を流した後の汚物が、排水管の中をどのように流れていくかには興味がないと思われる。私が、先に述べたように東京大学総合試験所に研究室をもって最初に受けた委託研究は、S社からのもので、同じ洗浄水量でも遠くまで便器から排出されたトイレトペーパー・大便などの汚物が搬送できる管を開発してほしいというものであった。委託者側にはある程度アイデアがあり、下水道などで用いられている卵形管を基本に考えようということになった。

委託者側が樹脂管の製造メーカーであったことから、望みの形状の管を提供してくれたが、問題となったのが、

試験に用いる大便の代用物と、流すトイレトペーパーの量である。医者が書いた大便に関する本を読み漁り、大便の太さ、長さなどを決定し、さらには、大便の水に対する比重が、ひどい便秘の後でも1.05程度であることをつきとめ、大便の代用物の試作に取り組んだ。研究室にいた技官の方が、熱心に検討し、乾いている時は固くて工作しやすく、含水するとやわらかくなるPVA(ポリビニールアルコール)スポンジに鉛の小球を入れて比重を調整することを提案してくれた。また、トイレトペーパーの量に関しては、衛生陶器のメーカーであるT社のデータなどを参考に決定し、実験を開始し、決定した図1に示す形状の管を、さらに敷地の広い住宅の長い排水管に施工し、半年ほどの実使用での実測を行い、市販品の完成にこぎつけた。

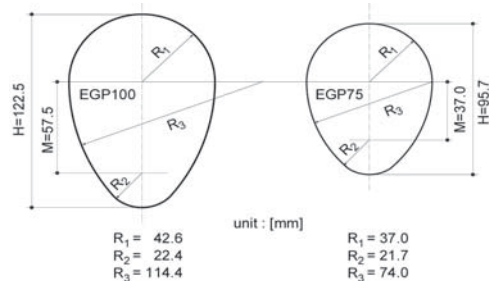


図1 卵形管

この管は、同じ勾配での汚物搬送距離が、従来の円形管に比べ2倍以上になることを学会などで発表した際に、以前より給排水設備に携わってきた方々から、空気調和・衛生工学会の規格である「HASS 206 給排水衛生設備標準」(現在は、「SHASE-S206 給排水衛生設備標準・同解説」)では、流速 $0.6\text{m/s}$ 以下となる勾配は認めていないことから、利用価値が低いことを指摘された。そこで、 $0.6\text{m/s}$ の根拠を質問すると、明確に答えてくださる方がおらず、文献調査を開始した。その結果判明したのが、 $0.6\text{m/s}$ が要求されるようになったのは、

\*教授 建築学科  
Professor, Dept. of Architecture

表1 日本での汚物搬送試験の例

試験法	代用汚物の内容	配管条件*5
BL*1	スポンジ2個+ペーパー4個 スポンジ：PVA*3(直径25mm×長さ80mm、比重：含水時で1.05) ペーパー：JIS規定のもの(幅114mm×長さ760mm、径50mmに丸めたもの) 【洗落し便器-超節水型*4】 ペーパー：JIS規定のもの1mを8折りし、これを6枚重ねてロール状にしたものを、内径40mm~50mmの筒に入れ、溜水部に入れ、完全浸水した後押し出したもの	管径：75mm、勾配：1/100 曲り：大曲り1個 管長：10m (1m+9m)
福岡市	スポンジ4個+ペーパー7個 スポンジ：PVA*3(直径22mm×長さ80mm、比重：含水時で1.05) ペーパー：JIS規定のもの(幅114mm×長さ760mm、径50mmに丸めたもの)	管径：75mm、勾配：1/50 曲り：排水ますによる曲り2個 管長：43m (3m+16m+24m)
メーカー*2	味噌5個(200g)+ペーパー7個 味噌：赤味噌、直径30mmの円筒状(数日間天火干し)、比重は1.25 ペーパー：JIS規定のもの(幅114mm×長さ760mm、径50mmに丸めたもの)	管径：75mm、勾配：1/50および1/100 曲り：なし 管長：43m (3m+16m+24m)
*1：(財)ベタリービング、 *2：T社の例、 *3：ポリビニールアルコール、 *4：6L/回、 *5：すべて便器下落差は0.5m		

アメリカでディスプレイが普及し、シーフードレストランで牡蠣の貝殻を砕いたものを排水管に流し込んでしまうことが多くなってからであること、土木で砂礫などが流れる力を求める掃流力の式を用いると、この数値が求められることを発表したところ<sup>A-4)</sup>、誤解がとけて採用してくれる自治体が出てきた。また、採用していただくために、整理用ナプキン・紙おむつ・布製おむつなど、本来大便器に流してはいけないものの実験をさせられたことも、苦い思い出として残っている。

日本では、このように汚物の排水管内の搬送距離に関する試験が行われているが、その例を表1に示す(表中のBLの基準は、私どもの研究に基づくものである)。

なお、アメリカでは、Energy Policy Actで厳しい節水の基準が定められ、住宅に関しては1994年1月1日から、その他の建物に対しては1997年1月1日から施行されている。この基準では、大便器の洗浄水量は1.6gpf(1.6gallon/回、約6L/回)以下となっているが、十分な検討が行われないうまま決められたため、1回の洗浄では汚物が便器から排出できない、詰まり事故が頻発するなどの問題を生じたが、一方では、日本のメーカーT社の製品が、問題を生じにくい便器として高く評価された。

なお、比重1.05の大便、水を含むとゆっくり沈む比重1.0程度のトイレットペーパーなどの搬送距離には、当然ながら水深が極めて重要となる。大便器から排出された

洗浄水の水深は、流下するに従い小さくなる。直管での水深変化を数値計算で求めることは比較的容易であるが<sup>A-1)</sup>、曲がりや合流がある場合の計算は難しい。後者の場合について検討したのが文献B-1)およびB-2)である。

### 3. 雨水利用<sup>C-1)</sup>

おなじみのアメダス(AMeDAS。降水量の観測個所数は全国で約1,300)による降水量のデータを基に、雨水利用設備における集水面積・雨水貯留槽と雨水による節水率の関係を計算することは比較的容易である。問題なのは、降水量には雪・あられなどの固形降水も含まれていることと、水平面で測定している点である。後者の問題に関して、雨水利用設備に興味を持った修士課程の学生に、勾配屋根を用いた実測を行わせ、その結果を基に、気象データの降水量と風向・風速のデータからまとめてもらったのが、図2に示す相当屋根面積係数=(勾配屋根で集水できる降水量)/(勾配屋根の水平投影面積に等しい面積での降水量)である。地域によって異なる結果が出ると予想はしていたものの、予想以上の差が生じ、驚いたことを思い出す。なお、平らな屋根・屋根傾斜角=0でも相当屋根面積係数が100%より小さくなるのは、蒸発などによりほとんど集水できない、少ない降水量の雨がしばしば降ることによる。

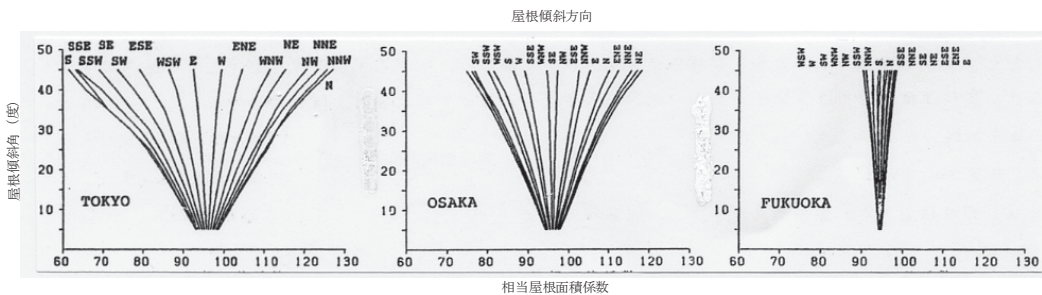


図2 相当屋根面積係数

表2 適正湯温・湯流量の提案値

行為	適温 ℃	適流量 L/min	注 意 事 項
食器洗浄	39.0	7.5	普通吐水 水栓の種類により、適流量は多少異なると思われる
		5.0	
洗顔	37.5	8.5	洗髪用の大型洗面器を使用した場合の値であり、小型・中型の洗面器での適流量は、これよりも多少小さい値になると思われる
手洗い洗濯	39.0	10.5	
洗髪	40.5	8.0	
入浴	40.5	—	浴槽への落とし込み時間に関しては、短いほど評価がよいため、適流量は提示せず
手持ちシャワー	40.5	8.5	入浴を伴う、Mタイプ*1・女性の実験から提案。条件が異なる場合は、以下のように扱うのが妥当と思われる 適温：シャワーヘッド散水板、男女によらず同じとし、入浴を伴わない場合は42℃。適流量：男性の場合はこの値より大きい。シャワーヘッド散水板が異なる場合は、図3などを参考に適宜決定（*1：総開口面積約43mm <sup>2</sup> ）
壁掛けシャワー	42.0	*2	*2：散水板の穴の総開口面積から図3に示す式で計算。散水角が大きい場合は1割程度多くする
備考	最も湯温・湯流量の変動を嫌うシャワーの許容湯温・湯流量変動幅は、それぞれ±1.5℃、±1.5L/min。ただし、適流量が極端に小さいシャワーヘッド散水板を使用の場合は、許容流量変動幅はこれより小さい		

4. 適正湯温・湯流量<sup>D-1~D-2</sup>

総合試験所での講師を終えて、建築学科で助教授になって半年も経たずに上司の教授に急進された。教授が住宅設備・住宅内の環境を専門にしていたことから、その方面での多くの委員会に参加せざるを得なくなった。その一つが、(財)ベタリーピングでの給湯機関連の委員会であり、認定基準の作成などに携わることとなった。そのため、空気調和・衛生工学会などでも給湯設備の専門家ということになり種々のデータ提供を求められたが、急速に普及していた家庭用給湯設備に関する設計用データが皆無であることに唖然とし、エネルギー会社の支援のもと、学会に設置してもらったのが「給湯設備の使用感に関する研究」委員会である。そこでは、単なる使用勝手のみならず、使用上感じる幅広い総合的な感覚を“使用感”と定義し、使用感の上で優れた給湯設備とはいかにあるべきかの検討を幅広く行った。まず最初に行ったのが、各使用用途での適正な湯温・湯流量に関する被験者実験であり、その結果を基に表2をまとめた。特に力を入れたのが、急速に定着しつつあったシャワー浴での適正流量を求める実験であり、図3に示す結果を得た。

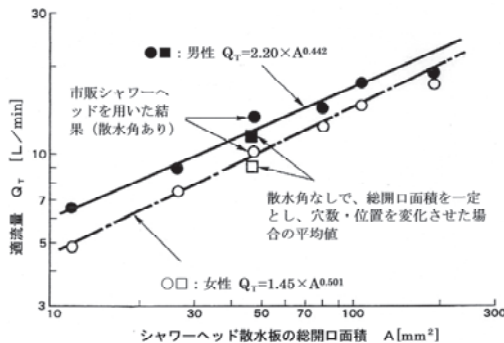


図3 シャワーでの適正流量

シャワーヘッド散水板の穴の総開口面積をA、流量をQ、流速をV、水の密度をρとすると、シャワーヘッド散水板の穴の出口での力の合計Fは、次のようになる。

$$F = (1/2) \rho V^2 \times A = (1/2) \rho (Q/A)^2 \times A = (1/2) \rho (Q^2/A)$$

したがって、力が一定として適正流量 $Q_T$ が決まるとすると、適正流量 $Q_T$ は $A^{1/2}$ に比例することになる。図3に示すように、適正流量と穴の総開口面積の関係がほぼこの仮定に合致することから、「適正流量は人体が受ける力で決まると思われる」とした論文<sup>D-1</sup>で空気調和・衛生工学会の論文賞を受賞した。その後、この仮定が正しいのか常に気にしていたが、学会賞受賞後約10年経って、修士課程の学生が詳細な実験を行い、ほぼ間違いのないことを確認してくれた<sup>D-2</sup>。

5. 湯使用に関するアンケート<sup>E-1~E-2</sup>

上記「4. 適正湯温・湯流量」で述べた委員会では、今後の住宅用給湯設備の望ましい姿を探る目的で、仕様の異なる給湯設備をもつ住宅居住者に対する、現状設備への満足度を聞くアンケートと、主として浴室の暖房・換気設備の現状での問題点を探るため、室温および浴槽湯温を測定する2本の温度計を同封してのアンケート調査を行った。その結果として、瞬間式給湯機では、当面4号まで絞れる機能が必要であること（1号は、1L/minの水温を25℃上昇させる能力）、追焚き装置には根強い要求があること、洗面・食器洗いとも流し洗いが多いこと、浴槽から湯を溢れさせた経験をもつ者が多こと、ガス給湯器に組み込まれている各種安全装置（立ち消え安全装置や不完全燃焼防止装置）を知らないで過度な心配をしている者が多いこと、北海道（札幌）では過当りの入浴回数が少ないこと、入浴・シャワーの目的は“清潔

のため”が圧倒的に多いこと、風呂の残り湯を半数以上の者が利用し、用途としては洗濯が多いこと、脱衣室・浴室の温熱環境には問題が多いこと、適切な浴室・脱衣室の暖房温度は20℃程度であること、換気設備にも問題が多く、結露・カビに悩んでいる人が多いことなど、その後の機器開発などに有効な知見を提供した。

## 6. 給湯使用モードによる熱効率試験法<sup>F-1~F-6)</sup>

家庭でのエネルギー消費量において、給湯用が暖房用を抜いたのは1975年のことであり、それ以降一貫して暖房用を上回り、全エネルギー消費量(2次エネルギー)の約1/3を占めている。そのようなこともあって、上記「給湯設備の使用感に関する研究」委員会以降も、多くの委員会が設置された。私が委員長を務めさせられた委員会だけでも、「給湯設備設計用基礎データの検討・整備に関する研究委員会(1994~1996年度、空気調和・衛生工学会)」「住宅用給湯設備の設計・評価手法に関する総合研究委員会(2000~2002年度、(財)ベターリビング)」「住宅用給湯設備の多様化に向けた設計・評価手法に関する研究委員会(2003~2004年度、(財)ベターリビング)」「運転モードによるガス石油給湯機のエネルギー消費効率測定方法の標準化調査研究委員会(2003~2005年度、(財)日本ガス石油機器工業会)」「新時代の省エネ型給湯設備の計画・評価手法に関する研究委員会(2006年度、(財)ベターリビング)」がある。

多くの研究をさせていただき、また、種々の提案・主張をさせていただいたが、常に主張し続けたのが、実使用状態に近い状態でのエネルギー効率測定法の確立の重要性である。多くの方々の協力により、現在、石油・ガス給湯機の使用モードによる試験法のJIS化のための検討作業が進められている。

なお、1993年の省エネ法の改正により、住宅を除く建築の給湯設備も建築設備として規制対象の一つに含まれることになったが、その省エネルギー基準、給湯消費エネルギー係数(CEC/HW)の基準値策定にも携わることになり、その後の改正作業のお手伝いもした。

## 7. 給湯設備のシステム効率の数値計算<sup>G-1~G-7)</sup>

皆様の家庭の給湯設備は、湯を沸かす熱源機器+配管+混合栓から成るシステムであると思われる。住戸への給水温度から混合栓で得られる湯の温度まで上昇させるに必要なエネルギー量を、熱源機器(給湯機)への投入エネルギー量で割ったものが給湯システムとしての効率ということになる。これを数値計算で解くための研究を行った。表3にガス瞬間式給湯機を用いた場合の、ある

給湯使用モードでの計算結果の一例を示すが、ほぼ2%以内の誤差で計算できるまでになっており、現在は、いかに少ない実験結果から、熱源機器の計算モデル構築が可能かの検討を行っている。なお、表3に示す実働効率とは、混合栓から得られる熱量ではなく、給湯機出口で得られる熱量を基にした効率であり、先分岐方式とは、従来からのメイン管から分岐した管で各給湯栓へ供給する方式であり、サヤ管・ヘッダー方式とは、最近集合住宅を中心に多用されている、給湯機近くに設けられたヘッダー(分岐用の管)から、各給湯栓へ個別に配管する方式である(サヤ管とあるのは、前もってヘッダーから各給湯栓まで敷設しておくための管で、仕上げ工事がすべて終わってから給湯管を通管することにより、釘による打ち抜き事故などを防ぐためのものである)。

上記のように各住戸に給湯用熱源機器がある場合を住戸セントラル給湯方式、集合住宅で熱源機器が中央にあり、そこから各戸に湯を供給する方式を住棟セントラル給湯方式というが、後者の場合に必要となる貯湯槽容量に関する研究<sup>H-1)</sup>や、計算の基礎となる配水管・給水管内水温の予測手法に関する研究<sup>I-1)</sup>なども行った。

表3 給湯設備システム効率の計算結果例

冬期モード		システム効率[%]	実働効率[%]	ガス消費量[kJ]
先分岐方式	計算	64.9	78.1	96040
	実験	63.7	76.9	97114
	誤差[%]	1.9	1.6	1.1
サヤ管・ヘッダー方式	計算	68.4	77.0	92153
	実験	67.7	77.0	91581
	誤差[%]	1.2	0	0.6

## 8. 浴槽からの放熱量<sup>J-1~J-2)</sup>

大規模な入浴施設では、浴槽からの放熱量をおぎなうため、多大なエネルギーを消費している。放熱としては、湯気として湯表面から出て行くもの、浴槽壁面から出て行くもの、人体に付着した湯により持ち去られるものなど、数多くの要因が考えられる。その放熱量の計算式が確立していないことから、実験結果・文献調査などから解説したものが文献J-1)である。ありがたいことに、この論説により、空気調和・衛生工学会論文賞(論説・報文部門)をいただくことができた。

文献J-2)は、家庭用の浴槽からの放熱量も馬鹿にならないことを私が話題にしたところ、T社の方々が徹底して放熱量を減らす工夫をしてくれた浴槽を開発してくれたが、その放熱量測定結果を示したものである。

## 9. 脱衣室・浴室などの温熱環境<sup>K-1~K-5)</sup>

脱衣室・浴室などでの問題ない暖房水準や換気方法を

探る目的で被験者実験を行った。その結果として、暖房温度としては17℃程度あれば問題ないこと、逆に、脱衣室の温度が高すぎると入浴後に不快になること、扉の中央サイドに換気口があると、上部・下部にあるより不快になる者が多いことなどを示した。「5.湯使用に関するアンケート」で述べたよりも低い暖房温度で問題ないという結果が得られたが、被験者の多くが青年男女であったことなどが影響していると思われ、暖房水準などの決定の難しさを痛感した。

10. 節水・節湯<sup>L-1~L-3)</sup>

浄水場で水を1m<sup>3</sup>浄化するのに約0.4kWh、下水処理場で同じく排水を1m<sup>3</sup>処理するのに約0.5kWhの電力を消費している。つまり、水を1m<sup>3</sup>節約すると、電力も約1kWh節約することになると、節水・節湯の重要性を指摘してきた。そこで、まず、シャワーおよび台所での食器洗浄での節水方法を検討した。

シャワー浴でサーモスタット付混合栓を使用すると、温度調節1回当たり約1Lの節水になること、シャワーヘッドに一時止水用のボタンがあるものを使用すると、25%以上の節湯効果があること、台所での食器洗浄では、シングルレバー水栓での止水に対し、止水方式を足踏み式とすると約8%の節水効果があることなどを示した。シャワーでの節水効果に関しては、先に述べたCEC/HWの計算でも算入できるようにした。

11. 排水管内圧力の予測手法<sup>M-1~M-5)</sup>

皆さんの家の洗面器の下を見ると、図4に示すような排水トラップが付いていると思う。この中にある水(封水)が、悪臭や衛生害虫が室内に侵入するのを防いでいる。この水が少なくなり、空気が流通できるような状態になることを破封といい、そのような状況を生じさせないことが排水設備設計の基本となる。破封の原因としては、自己サイホン作用(トラップが付いている器具自ら

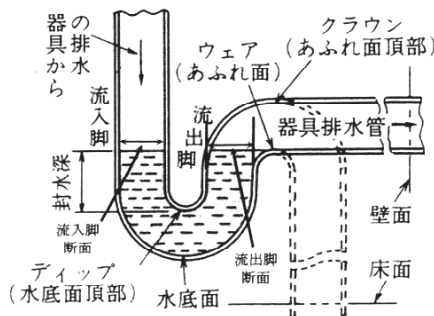


図4 排水トラップ各部の名称

の排水によるサイホン作用)、誘導サイホン作用(他の器具からの排水が、排水管内を流れることによる圧力変動によるもの)、毛細管現象(トラップのウェア部分に毛髪などが付着して生じる毛細管作用)、蒸発がある。この中で、排水管の許容流量と密接な関係にあるのが誘導サイホンによる破封である。これを解明するには、排水管内に生じる圧力変動を予測することが必要となるが、排水管内の流れは満流でなく、気液二相の複雑な流れであること、重力のみで流れているため模型実験も困難であることから、予測手法が確立していなかった。

図5に示す108mの実験タワーが、私も含めた排水設備を研究する者の強い要請の結果、住宅都市整備公団(現都市再生機構)の八王子にある試験場に完成し、その後急速に研究が進展した。まず、平均圧力の予測法に取り組み、種々試行錯誤の上完成させた。



図5 108mの実験タワー

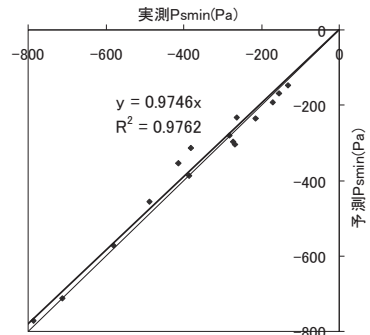


図6 システム最小値の予測結果例

しかしながら、空気調和・衛生工学会の規格である「S H A S E - S 218 集合住宅の排水立管システムの排水能力試験法」においては、排水能力を判定する基準として、3Hz ローパスフィルターをかけて各階で測定した圧力の最大・最小値のうち、最も大きな値、小さな値を

示すもの（これを、システム最大値、最小値という）が±400Pa以内であることとしている。そこで、このシステム最大・最小値を予測する手法の開発に取り組み、完成した予測式で予測した結果の例が図6であり、ほぼ満足のいく精度が得られたと考えている。

### 1 2. 排水トラップの性能評価<sup>N-1~N-4)</sup>

排水管内の圧力がある程度予測できるようになったが、圧力変動が小さくても破封を生じるようなトラップが用いられると問題を生じる。そのために、排水トラップの性能評価が必要となる。排水管内の圧力変動測定値を再現できる実験装置を試作し、種々検討の結果、試験に用いる圧力波を提案することができた<sup>N-4)</sup>。また、排水トラップ内封水流動の数値解析にも取り組んだ<sup>O-1~O-2)</sup>。数値解析結果の例を可視化実験の写真とともに図7に示すが、両者はよく一致している。

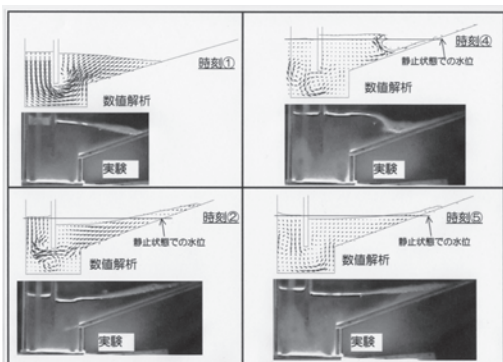


図7 封水トラップ内封水流動数値計算例

このような地道な研究ではあるが、香港の集合住宅でSARSが集団発生したのは、劣悪なトラップの使用によることが判明したため、海外からの問い合わせも多くなっている。なお、排水トラップの試験装置は、私が東京大学から神奈川大学へ移設した唯一の実験装置である。

### 1 3. おわりに

他にも、躯体と内装・設備を分離し長く使い続けられる住宅・S I住宅に関する研究<sup>P-1~P-2)</sup>、凍結防止に関する研究<sup>Q-1~Q-4)</sup>などを行った。興味を持たれた研究がある方は、連絡をいただければ幸いです。

## 参考文献

### A【汚物搬送性能】

A-1) Motoyasu Kamata, Yo Matsuo, Nobuyuki tsukagoshi : Studies on Flow and Transport of Feces in Horizontal Waste Pipes, Proceeding of C-IB W 62 Symp. (1979), pp.1-16

A-2) 塚越信行, 鎌田元康, “排水システムにおける汚物搬送性能に関する研究 その1 管路条件・汚物特性と搬送力の関係に関する基礎研究”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(1980), pp. 357-358

A-3) 鎌田元康, 塚越信行, “排水システムにおける汚物搬送性能に関する研究 その2 管路条件と汚物の搬送距離の関係に関する実験”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(1980), pp. 359-360

A-4) 鎌田元康, “横走排水管の最小必要流速について”, 季刊 給排水設備研究 第3巻第2号(1980), pp. 48-62

### B【排水横走管内流れの数値解析】

B-1) 山本祐司, 倉淵 隆, 塚越信行, 鎌田元康, 松尾 陽, “排水管内流れの数値解析手法に関する研究 同題(第2報)”, 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集(1988), pp. 197-200, (1989), pp. 1029-1032

B-2) Yamamoto Y., Kurabuchi T., Kamata M., Tsukagoshi N, Matsuo Y., Numerical prediction method of the flow in the horizontal drainage systems, Proceedings of CIB W 62 Symp. (1989), pp. 189-213

### C【雨水利用】

C-1) 古閑幸雄, 鎌田元康, 千田善孝, “住宅における雨水有効利用に関する研究”, 日本建築学会建築環境工学論文集(1983), pp. 207-213

### D【適正湯温・湯流量】

D-1) 坂上恭助, 新夕 格, 杉山淳子, 洪 玉珠, 市川憲良, 鎌田元康, 石渡 博, 炭田和宏, 大中忠勝, 坊垣和明, 田中正敏, “住宅用給湯設備の使用感に関する実験的研究 第1報 食器洗浄・手洗い洗濯・洗顔”, “第2報 シャワ・入浴”, “第3報 シャワーヘッド散水板・洗髪に関する検討および湯使用時の生理反応”, 空気調和・衛生工学会論文集 No. 43(1990. 6), pp. 97-111, No. 45(1991-2), pp. 43-59, No. 48(1992-2), pp. 59-72

D-2) 近藤武士, 花尾美智子, 高須直子, 大塚雅之, 鎌田元康, “シャワーヘッド散水板の設計法に関する研究一穴径・散水角が適流量、快適感に及ぼす影響一”, 日本建築学会計画系論文集 第563号(2003-1), pp. 61-67

### E【湯使用に関するアンケート】

E-1) 平手小太郎, 鎌田元康, 洪 玉珠, 市川憲良, 飯尾昭彦, 中山明宗, “住宅用給湯設備の使用感に関するアンケート調査 第1報 湯の使用全般について”, “第2報 浴室まわりの調査および湯使用時の要求条件”, 空気調和・衛生工学会論文集 No. 44(1990-10), pp. 23-35, No. 52(1993-6), pp. 71-71,

E-2) 鎌田元康, “お湯と生活”, 第4回 水資源に関するシンポジウム(1992-8), pp. 1-10

### F【給湯使用モードによる熱効率試験法】

F-1) 前 真之, 布野裕子, 石渡 博, 市川憲良, 鎌田元康, “湯・水消費の季節変動要因についての分析 都市型集合住宅にお

る給湯・給水の消費構造分析と評価方法に関する研究(その1)”,  
日本建築学会環境系論文集 No. 566(2003-4), pp. 73-80

F-2)前 真之, 飯尾昭彦, 石渡 博, 市川憲良, 大塚雅之, 坂上  
恭介, 鎌田元康, “湯量・湯熱量に基づく給湯負荷評価 集合住  
宅における給湯・給水消費に関する実態調査”, 空気調和・衛生  
工学会論文集 No. 90(2003-7), pp. 39-48

F-3)前 真之, 鍋島美奈子, 鎌田元康, “生活時間のパターン分  
類—都心部集合住宅居住者のライフスタイルとエネルギー消費  
に関する研究 その1—”, 日本建築学会環境系論文集 No. 573  
(2003-11), pp. 103-109

F-4)王 祥武, 前 真之, 岩本静男, 鎌田元康, “住宅用給湯シ  
ステムの熱効率および熱損失の検討 住宅用給湯システムの効  
率評価法に関する研究 第1報”, 日本建築学会環境系論文集  
No. 580(2004-6), pp. 61-68

F-5)前 真之, 鎌田元康, 福澤 清, 佐藤 誠, 岩本静男, 近藤  
武士, 佐野隆之, 江戸千恵子, “給湯使用モードによる家庭用ガ  
ス・石油給湯機の熱効率測定法の標準化調査研究(第1報)研究  
の概要とガス瞬間式給湯機の効率基礎実験”, “(第2報)貯湯式  
急速加熱型石油小型給湯機の効率”, “(第3報)給湯使用モード  
作成の基本概念とパラメータ抽出のための実測概要”, “(第4  
報)給湯使用モードの作成”, “(第5報)実験条件の検討ならび  
に標準条件における効率実験例”, 空気調和・衛生工学会平成 18  
年度大会学術講演論文集 I (2006-9), pp. 71-74, pp. 75-78,  
pp. 79-82, pp. 83-86, pp. 87-90

F-6)佐藤 誠, 前 真之, 福澤 清, 鎌田元康, 岩本静男, “給  
湯使用モードによる家庭用ガス・石油給湯機の熱効率測定法の標  
準化調査研究(第6報)測定条件の検討と再現性の確認”, 空気  
調和・衛生工学会平成 19 年度大会学術講演論文集 III (2007-9),  
pp. 1653-1656

#### G【住戸セントラル給湯システム効率の数値計算法】

G-1)岩本静男, 鎌田元康, 斎藤忠義, 崔 昶豪, 倉淵 隆, 石渡  
博, “給湯設計用データの検討・整備に関する基礎的研究(第10  
報)住戸セントラル給湯システムの実験結果と数値予測結果”, 空  
気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 II (1997), pp. 809-812

G-2)崔 昶豪, 鎌田元康, 斎藤忠義, 岩本静男, 倉淵 隆, 石渡  
博, “数値予測法による住宅用給湯システム効率の検討(その1)  
給湯配管の熱損失の影響について”, 空気調和・衛生工学会学術  
講演会講演論文集 I (1999), pp. 429-432

G-3)原 達範, 鎌田元康, 崔 昶豪, 村越春春, “ガス瞬間式給  
湯機の実働効率予測シミュレーション研究”, 空気調和・衛生工  
学会学術講演会講演論文集 I (1999), pp. 433-436

G-4)王 祥武, 鎌田元康, 前 真之, 樋口誠六, 岩本静男, 齋藤  
忠義, 富永直人, 森山哲司, 高木博司, “住宅用給湯設備の設計・  
評価手法に関する研究(その2)ガス瞬間式給湯機の計算モデル  
構築及び給湯システム効率の数値予測”, 空気調和・衛生工学会

学術講演会講演論文集 III (2001), pp. 1829-1832

G-5)浅野健太, 近藤武士, 岩本静男, 王 祥武, 前 真之, 鎌田  
元康, 斎藤忠義, 森田 哲, 森田哲司, 塚塚 宏, “住宅用給湯  
設備の設計・評価手法に関する研究(その10)住戸セントラル給  
湯システムの貯湯槽の熱効率に関する研究”, “(その11)住宅用  
給湯配管と混合水栓の熱損失に関する研究”, 空気調和・衛生工  
学会学術講演会講演論文集 III (2003), pp. 1597-1600,  
pp. 1601-1604

G-6)王 祥武, 米田千瑛夫, 前 真之, 岩本静男, 斎藤忠義, 鎌  
田元康, “住宅用給湯設備の設計・評価手法に関する研究(その  
12)給湯システムの効率予測に関する研究”, 空気調和・衛生工  
学会平成 16 年度大会学術講演論文集 I (2004), pp. 65-68

G-7)井原匡哉, 岩本静男, 近藤武士, 倉淵 隆, 前 真之, 鎌田  
元康, “住宅用自然冷媒ヒートポンプ給湯機の貯湯槽内温度分  
布”, 空気調和・衛生工学会平成 18 年度大会学術講演論文集 I  
(2006-9), pp. 67-70

#### H【集合住宅における給湯システム容量】

H-1)石渡 博, 鎌田元康, “集合住宅における給湯システム容量  
に関する研究”, 日本建築学会計画系論文集 第 508 号(1998-6),  
pp. 15-20

#### I【配水管・給水管内水温の予測手法】

I-1)坂上恭助, 岩本静男, 二宮秀典, 鎌田元康, 倉淵 隆, 生田紀  
夫, 近藤武士, “配水管・給水管内水温の予測法に関する研究 第  
1報—地域別浄水場水温の調査結果と配水管水温の推定方法”,  
“第2報—浄水場水温の分析と簡易予測法”, “第3報—浄水場水  
温の計算モデル”, 空気調和・衛生工学会論文集 No. 82(2001-7),  
pp. 121-128, No. 112(2006-7), pp. 33-39, No. 120(2007-3), pp. 1-7

#### J【浴槽からの放熱】

J-1)赤井仁志, 鎌田元康, 小川正晃, “大型浴槽からの損失熱量”,  
空気調和・衛生工学 Vol. 73 No. 1(1999-1), pp. 53-64

J-2)井田浩文, 鎌田元康, “ユニットバスの浴槽水保温性能に関  
する性能評価”, 空気調和・衛生工学会平成 17 年度大会学術講演  
論文集 II (2005), pp. 1493-1496

#### K【脱衣室・浴室などの温熱環境】

K-1)桑沢保夫, 千田善孝, 鎌田元康, 鶴本厚裕, “脱衣室・トイ  
レの暖房水準に関する研究”, 日本建築学会学術講演梗概集 D  
環境工学(1988-10), pp. 707-708

K-2)桑沢保夫, 鎌田元康, 千田善孝, “脱衣室・トイレの暖冷房水  
準に関する研究”, 日本建築学会学術講演梗概集 D 環境工学  
(1989-10), pp. 907-908

K-3)鎌田元康, 桑沢保夫, 千田善孝, “快適性からみた、浴室の  
換気方法に関する研究”, 日本建築学会学術講演梗概集 D 環境  
工学(1989-10), pp. 909-910

K-4)鎌田元康, 平手小太郎, 田中正敏, 浅野良晴, 飯尾昭彦, 紀  
谷文樹, 坊垣和明, 伊藤 肇, “脱衣室・浴室環境と湯の使用に

関するアンケート調査—給湯設備の使用感に関する研究 その10—”, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(1989-10), pp. 965-968

K-5) 高橋祐樹, 前 真之, 鎌田元康, “冬期入浴時の浴室暖房利用が湯消費量と消費エネルギーに与える影響についての研究”, 日本建築学会大会学術講演梗概集D-1 環境工学 I (2007-8), pp. 577-578

#### L【節水・節湯】

L-1) T. Kondo, S. Iwamoto, N. Ichikawa, M. Kamata “Study on water conservation by water saving fixture”, CIB W062 Symposium 2006, pp. A2-1-A2-12

L-2) 近藤武士, 岩本静男, 市川憲良, 鎌田元康, “サーモスタット混合水栓、手元止水機能付シャワーヘッドによる節水効果 節水・節湯器具の評価に関する研究”, 日本建築学会環境系論文第 607 号(2006-9), pp. 87-92

L-3) 近藤武士, 岩本静男, 鎌田元康, “節水型台所水栓を用いた食器洗浄による節水効果 節水・節湯器具の評価に関する研究 その2”, 日本建築学会環境系論文第 613 号(2007-3), pp. 65-70

#### M【排水管内圧力の予測手法】

M-1) 鄭 政利, 鎌田元康, 倉渕 隆, 坂上恭助, 田中 徹, “一箇所排水時の排水立て管内平均圧力分布の予測法 超高層住宅における排水立て管内圧力分布に関する研究 その1”, 日本建築学会計画系論文報告集 第 481 号(1996-3), pp. 83-91

M-2) C. L. CHENG, M. KAMATA, T. KURABUCHI, K. SAKAUE “Study on Pressure Distribution of Drainage Stack in High-Rise Apartment Houses - Prediction method in case of single-point discharge”, JOURNAL OF THE GRADUATE SCHOOL AND FACULTY OF ENGINEERING, THE UNIVERSITY OF TOKYO(1996), pp. 467-489

M-3) 符 立偉, 鎌田元康, 倉渕 隆, 坂上恭介, 大塚雅之, 鄭 政利, “特殊継手排水システムを含む排水立て管内平均圧力分布の予測手法 超高層住宅における排水立て管内圧力分布に関する研究 その2”, 日本建築学会計画系論文第 557 号(2002-7), pp. 81-87

M-4) 符 立偉, 鎌田元康, 倉渕 隆, “集合住宅における排水立て管の排水能力予測手法に関する研究”, 日本建築学会環境系論文第 No. 570(2003-8), pp. 53-60

M-5) 八木博史, 鎌田元康, 清水宏典, 小林直泰, 田中良法, 仲石正雄, “特殊継手排水システム排水能力予測手法の適用範囲拡大に関する研究 第1報—配管形態の変化による通気流量と管内圧力の挙動”, 空気調和・衛生工学会論文 No. 96(2005-1), pp. 95-105

#### N【排水トラップの性能評価】

N-1) 塚越信行, 鎌田元康, 坂上恭助, 倉渕 隆, 孫 星明, “トラップの性能評価法に関する研究 その1 トラップ性能試験装置の開発(1)”, “その2 トラップ性能試験装置の開発(2)”,

日本建築学会学術講演梗概集D-I 環境工学 I (1997), pp. 473-474, pp. 475-476

N-2) 張 月, 鎌田元康, 坂上恭助, 外山敬之, “トラップの性能試験法に関する研究(その4) 排水実験タワーおよびトラップ性能試験装置を用いた実験”, 空気調和・衛生工学会平成17年度大会学術講演論文集II (2005), pp. 733-736

N-3) 張 月, 鎌田元康, 坂上恭助, “トラップの性能試験法に関する研究(その5) 負圧側試験用圧力波の作成に関する基礎的な検討”, 空気調和・衛生工学会平成18年度大会学術講演論文集II (2006-9), pp. 773-776

N-4) 張 月, 鎌田 元康, 坂上 恭助, 栗山 華, 光永威彦, 柳澤 義己, “トラップの性能試験法に関する研究(その7) 負圧側試験用圧力波の作成に関する基礎的な検討(2)”, “(その8) 単・3正弦波による評価法の検討”, 空気調和・衛生工学会平成19年度大会学術講演論文集II (2007-9), pp. 759-762, pp. 763-766

#### O【排水トラップ内封水流動の数値解析】

O-1) 友成弘志, 王 耀輝, 鎌田元康, 坂上恭助, “トラップ内の封水流動の数値解析 第1報—モデルトラップの封水の固有振動数算定法の検討”, 空気調和・衛生工学会論文 No. 82(2001-7), pp. 49-57

O-2) 友成弘志, 王 耀輝, 鎌田元康, 坂上恭助, “トラップ内の封水流動の数値解析 第2報—トラップの形状因子と封水の固有振動数の関係”, 空気調和・衛生工学会論文 No. 84(2002-1), pp. 87-96

#### P【S I 住宅対応排水システム】

P-1) 陳 玉芳, 鎌田元康, 渋谷 巧, “K S I 住宅における雑排水横枝管の緩勾配に関する研究”, 日本建築学会技術報告集 第 17 号(2003-6), pp. 261-264

P-2) 陳 玉芳, 鎌田元康, 坂上恭助, 渋谷 巧, “排水横枝管の曲がり角が排水立て管負荷に及ぼす影響 第1報—公団S I 住宅の便器系統に関する検討”, 空気調和・衛生工学会論文 No. 102(2005-9), pp. 9-15

#### Q【凍結防止】

Q-1) 塚越信行, 鎌田元康, “ガス屋外給湯器ユニットの凍結に関する研究”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(1983), pp. 241-242

Q-2) 鎌田元康, 坂本雄三, 塚越信行, 倉渕 隆, “細銅管内水の凍結と気温0℃以下での風速について—ガス屋外給湯器ユニットの凍結に関する研究(2)—”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(1984), pp. 541-542

Q-3) 塚越信行, 鎌田元康, “給水装置の凍結防止に関する基礎研究 凍結環境の給水装置温測定”, 日本建築学会学術講演梗概集D 環境工学(1989), pp. 553-554

Q-4) 坂田光成, 鎌田元康, 塚越信行, “給水設備の凍結防止に関する研究(寒冷環境下の水道メータの被害予測法)”, 空気調和・衛生工学会学術講演会論文第(1990), pp. 417-420