

---

## 水資源の有効利用を目的とした建物内給排水システムの分析

Analysis of water supply and drainage systems in the building for the purpose of effective uses of water resources

- 代表研究者 明治大学工学部教授 篠原隆政  
Prof., Faculty of Eng., Univ. of Meiji Takamasa SHINOHARA
- 協同研究者 武蔵工業大学建築科教授 紀谷文樹  
Prof., Dept. of Arch., Musashi Inst. of Tech. Fumitoshi KIYA
- 武蔵工業大学建築科技士補 金杉憲幸  
Research Assist., Dept. of Arch., Musashi Inst. of Tech.  
Noriyuki KANASUGI
- 武蔵工業大学建築科大学院生 青木一義  
Grad., Dept. of Arch., Musashi Inst. of Tech. Kazuyoshi AOKI
- 東京大学工学部技官 塚越信行  
Tech., Faculty of Eng., Univ. of Tokyo Nobuyuki TSUKAGOSHI
- 広島工業大学建築科専任講師 浅野義晴  
Lecturer, Dept. of Arch., Hiroshima Inst. of Tech. Yoshiharu ASANO
- 明治大学工学部専任講師 坂上恭助  
Lecturer, Faculty of Eng., Univ. of Meiji Kyosuke SAKAUE

The problem of water demand should be examined synthetically considering the functional water supply and drainage systems in buildings. The purpose of this study is to suggest the proper means for effective uses of water resources based on the analysis of the water supply and drainage systems from above viewpoint, and we studied the following themes in two-year plan.

### 1. Fact investigation on used fixtures and water in buildings

We investigated water consumption at the universities (2) and the theater (1) and actual usage of fixtures at the theater (1). From the results, the relation between water consumption and factors such as total floor area and the characteristics of forms of waiting type-use were clarified.

### 2. Experiment on hydraulic phenomena around fixtures

#### (1) Performance of fixtures

We examined discharge characteristics of water closet with a flush value regarded bigger design load by the experiments changing the supply pressure and the pressing time of flush value and estimated dynamic characteristics of it using the transfer functions. Besides, we made clear discharge characteristics of lavatory which was a standard fixture.

#### (2) Siphonage of traps

On self-siphonage, we examined experimentally the relation of occurring times of plug flow and the trap-seal loss to piping conditions on the lavatory whose discharge condition was continuous.

On induced siphonage, we examined power spectrum of pressures in drains on the basis of experimental results and the natural period and the damped ratio of various traps.

#### (3) Discharge and vent characteristics of stacks

We carried out the discharge experiment on the single stack system, and examined the pressure fluctuation in drains, the change of trap seals and flow rates of venting air.

### 3. Examination on effective uses of water

We examined the volume of saving water and the problems with practice on the basis of the results investigation on effective uses of water outside the country and calculation of the model of effective uses in Japan.

From the studies described above, the elementary data of relevancy between the water supply system and the drainage system were obtained and the proper means for effective uses of water were examined. In the future, when they will examine the proper means for effective uses of water we desire to attempt curtailment of the volume of using water in a limit that harms the performance of the water supply and drainage systems and the sanitation of the dwelling environment, in the opposite way to strive for development of the water supply and drainage systems being able to hold these functions to the volume of water curtailed and to store up the data considering the regional characteristics.

## 研究目的

長期水需要予測においては大幅な水不足が見込まれているが、従来はこれを給水側から量的にとらえる場合が多く、排水系の機能との有機的なつながりの中で論じたものは少ない。また、都市レベルでの検討例はあるが建物を基本とした検討はほとんどなされていない。水需要は本来、人がいかに水を使うか、どのような設備がそこに存在するかということが基本にある。また、排水系をいかに設計するかによって大きな差異を生ずるものであり、水処理や水質汚濁の問題とも密接なかわりをもっている。したがって、このような給排水システムの有機的な働きをふまえて総合的に水需要問題を検討することが必要である。そのためには、生活領域における設備の必要性と使われ方の検討より始め、さらに給排水システムの中での水の挙動をとらえつつ、その解析結果を設計にフィードバックすることによって、建築における水需要の最適化をはかることが重要である。

本研究は以上の観点に立ち、従来進めてきた設備の使われ方に関する基礎的研究と器具まわりにおける水の流動現象の実験的解明とを継続発展せしめるとともに、給排水システムの分析から水資源の有効利用に関して有力な方策を見いださんとするものである。

## 研究経過

### 1. 建物内の器具および水使用実態調査

水需要問題を検討する基礎資料として、実際の建物における器具および水使用の実態を調査し

た。従来事務所や住宅における調査例は多くあるが、大学・劇場などの調査例は少ないので、本研究においては大学 3、劇場 1 を対象として選び、代表研究者らが慣用している調査方法を用いて調査を実施するとともに、既存の資料を含めてその特徴について分析した。

### 2. 器具まわりの水の流動現象の実験

#### (1) 器具の性能

排水システムにおける排水負荷の大部分を占める大便器排水について、給水圧力と洗浄弁の押し時間とを変化させた排出実験を行なった。そして大便器の動特性を伝達関数で表わし、その性能を明らかにしている。また使用頻度の大きい器具として、洗面器のため洗い時の排水実験を行なった。

#### (2) トラップのサイホン作用

器具の重要な部分であるトラップは、器具の排水性能、衛生機能に対して大きな影響を与えている。そこで第一に自己サイホン作用の実験を行なった。流し洗いの場合におけるブラグフローの発生回数に関しては、オーバーフローの有無、トラップ口径あるいは給水量を変えて実験した。さらに封水損失量に関して、器具排水の排水横枝管への流入角度および同時排水の状況による影響を明らかにした。

第二に、誘導サイホン作用の実験を行なった。配管内圧力変動のスペクトル解析を行ない、各種トラップの固有周期と減衰比の実験と解析を進めた。

### (3) 排水立て管内の排水・通気特性

既設の実験装置を使用し、単管式排水システムにおける排水負荷流量（定常、非常）と管内圧力変動、封水の水位変動、伸頂通気管における吸入通気量との関係について実験を行なった。そして封水損失量に関して、排水横主管および通気管の抵抗による影響を明らかにした。

### 3. 水の有効利用の検討

水の節約と建物内の給排水システムの性能とは相互に関連していることから、給排水システムの持つ衛生上の機能を低下させないように、水の有効利用はなされるべきである。そこで、国外における水の有効利用の例、および我が国における可能な有効利用の算定例を示し、それによって節約される水量、および実施に伴う問題点を明らかにした。

## 研究成果

### 1. 建物内の器具および水使用実態調査

前述のとおり大学 3、劇場 1 を対象とした使用水量の調査、および劇場 1 を対象とした器具利用の調査を実施した。

大学の使用水量については、過去にも代表研究者らが実施した調査例が数例あるため、これらを

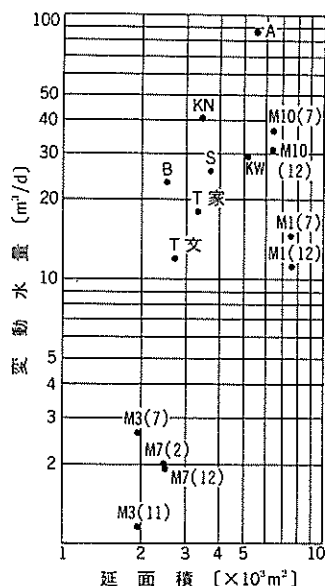


図 1. 延面積と変動水量

合わせて分析した。その結果を図 1、表 1 に示す。ここで変動水量とは、昼間の学生数に比例すると考えられる使用水量である。今回の調査対象は KN, KW, S 大学である。図 1 によれば、講義室が主体で密度の高い A, KN, B のグループ、

表 1 ピーク率、定常水量

	ピーク時間	ピーク値 m <sup>3</sup> /h	平均値 m <sup>3</sup> /h	ピーク率	定常水量	
					m <sup>3</sup> /h	%
M大1号館(7月)	13~14	3.544	2.518	1.41	2.065	82.00
同上(11月)	14~15	3.018	1.783	1.69	1.192	66.85
M大3号館(7月)	15~16	0.384	0.133	2.89	0.026	19.62
同上(11月)	14~15	0.201	0.048	4.19	0.0004	0.08
M大7号館(12月)	10~11	0.734	0.583	1.24	0.542	92.95
同上(2月)	9~10	0.477	0.319	1.50	0.281	88.18
M大10号館北(7月)	14~15	4.582	1.933	2.37	0.538	27.81
同上(12月)	15~16	3.274	5.153	1.57	2.258	68.96
M大10号館東(7月)	12~13	0.476	0.335	1.42	0.229	62.28
同上(12月)	12~13	1.505	0.583	2.58	0.319	54.76
K N 大	12~13	5.481	2.341	2.34	0.672	28.71
S 大	12~13	5.380	1.399	3.85	0.347	24.79
K W 大	10~11	4.300	1.243	3.46	0.042	3.38
T短大文科	12~13	3.375	0.545	6.19	0.054	9.93
T短大家政	12~13	5.102	1.278	3.99	0.532	41.60
A 短大(A)	13~14	9.249	2.626	3.52	0.758	28.87
同上(B)	13~14	4.233	1.090	3.88	0.357	32.75
B 短大(A)	12~13	1.540	0.378	4.07	0.015	3.84
同上(B)	12~13	2.565	0.612	4.19	0.023	3.76

講義室が主体でやや密度の低い KW, S, T文のグループ、水を使う実験、実習の多い M<sub>10</sub>, T家のグループ、講義室または研究室・事務室よりなる M<sub>1</sub>, M<sub>3</sub>, M<sub>7</sub> のグループに4分され、それぞれのグループではほぼ延面積に比例して使用水量の増加がみられる。表1のピーク率と常水量については、学生の移動状況、実験・諸設備の水使用状況などの詳細を含めてさらに分析する必要があるが、有効利用について検討する可能性を示唆するものである。

器具の利用状況については、A市文化会館において3日間4回の公演を対象として調査した。結果の一例を図2、表2に示す。待時式利用形態となる劇場の特徴が明らかとなっている。すな

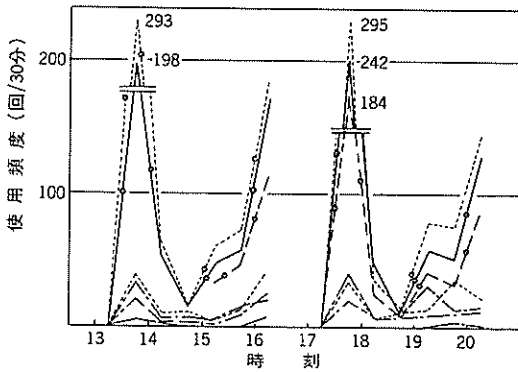


図2. 器具使用頻度 (全体)

わち使用頻度は公演時間の前後に集中し、使用時間は事務所などに比較して短くなっている。

## 2. 器具まわりの水の流動現象の実験

### (1) 器具の性能

大便器の排出実験における給水流量のパターンは、給水圧力と押し時間により変化する。そこで押し時間を2秒として、給水圧力を0.8 kgf/cm<sup>2</sup>から2.8 kgf/cm<sup>2</sup>まで変えた場合の給水流量のパターンを図3に示す。同図では、給水圧力が高い場合には瞬時最大流量は大きくなるが、給水時間は短くなる傾向が見られる。このことは押し時間を1秒あるいは3秒とした場合にも同じ結果が認められた。さらに押し時間が長くなるものの、

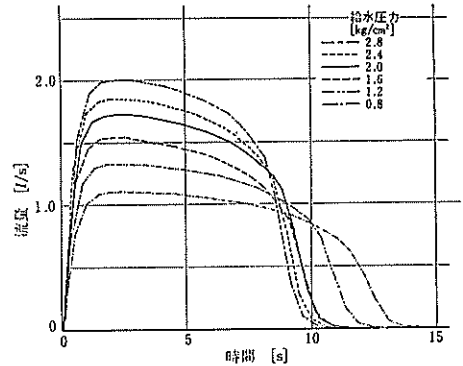


図3. 給水流量パターン (洗弁の押し時間2sの場合)

表2 器具使用時間分布

公 演 階 数	器 具 名								
	男 子				女 子				
	大便器	小便器	洗面器	水 栓	便 器	洗面器	水 栓		
T大・S短大 管弦楽発表会	1F・2F	τ	214.95	27.25	13.70	6.77	73.52	19.52	6.45
		k	2	4	2	1	3	1	1
		n	24	334	535	357	369	1346	670
歌謡ショール 昼の部 夜の部	1F	τ	89.70	25.07	14.38	7.22	70.17	16.08	4.38
		k					5	1	1
	2F	τ	23	123	171	109	812	919	388
		k	96.50	26.70	11.69	9.79	66.97	14.87	4.36
	1F・2F	τ	4	71	71	19	266	416	229
		k	90.71	25.66	13.59	7.60	69.38	15.70	4.37
	n	1	2	1	1	3	1	1	
	n	27	194	242	127	1078	1335	617	

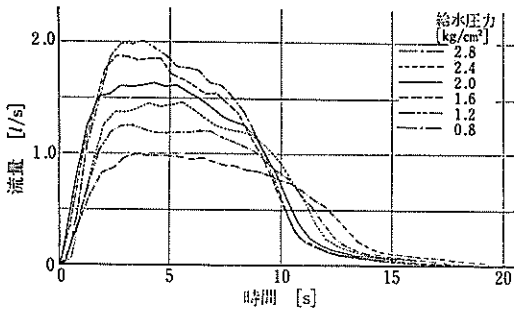


図 4. 洗い落し式大便器の排水流量パターン (洗浄弁の押し時間 2s の場合)

瞬時最大流量は変化しないことが明らかになった。

次に図 3 に示したような流量パターンで給水された場合における各供試大便器から排出される排水の流量パターンについて測定した結果を示す。洗い落し式大便器の排水流量パターンを、洗浄弁の押し時間 2 秒とし、各給水圧力値ごとに図 4 に

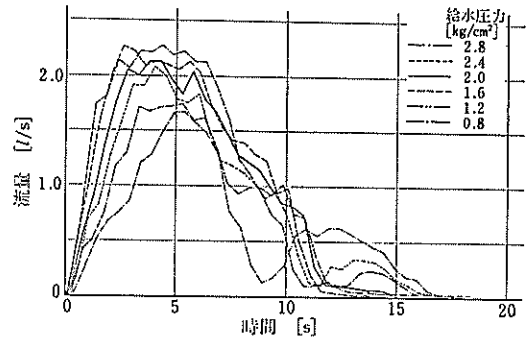


図 5. サイホン式大便器の排水流量パターン (洗浄弁の押し時間 2s の場合)

示す。さらに同様にして、サイホン式大便器について図 5 に示す。

次に、大便器に入る段階での流量特性が排出される段階には変化していることから、そこにおける大便器固有の動特性を考え、伝達関数  $G(s)$  を給水流量曲線  $x(t)$  と排水流量曲線  $y(t)$  を用いて

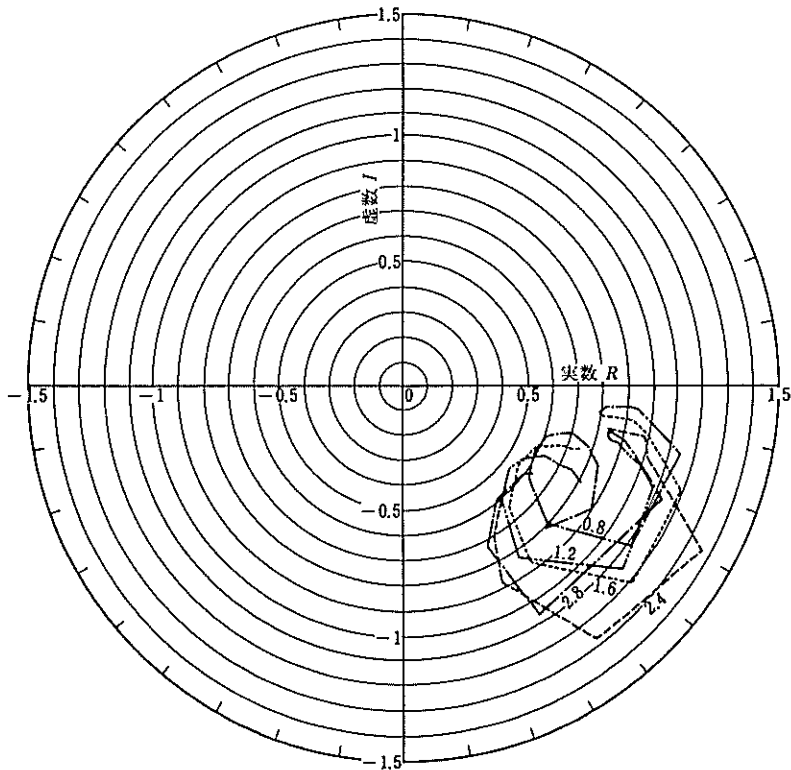


図 6. ベクトル軌跡図 (洗い落し式大便器に関して洗浄弁の押し時間 1s の場合)

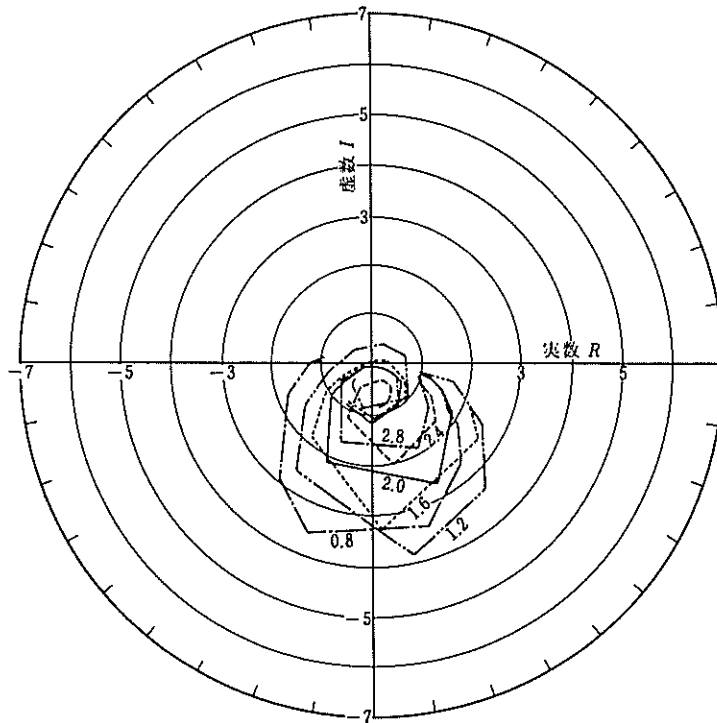


図 7. ベクトル軌跡図 (サイホン式大便器に関して押し時間 1s の場合)

次式で表す。

$$G(s) = \frac{\int_0^{\infty} y(t) e^{-st} dt}{\int_0^{\infty} x(t) e^{-st} dt} \quad (1)$$

式 (1) より周波数伝達関数は、次式で表わされる。

$$G(j\omega) = \frac{\int_0^{T_y} y(t) e^{-j\omega t} dt}{\int_0^{T_x} x(t) e^{-j\omega t} dt} \quad (2)$$

周波数伝達関数のベクトル軌跡について算定した結果の洗い落し式大便器の場合を図 6 に示し、サイホン式大便器の場合を図 7 に示す。

洗い落し式大便器のベクトル軌跡は図 6 の第 4 象限にあり、これは一次の遅れを表している。そして給水圧力が高くなるに伴って外へふくらんでいく傾向が認められた。サイホン式大便器のベクトル軌跡は図 7 の第 3, 4 象限にわたっており、これは二次の遅れを表している。そして給水圧力

が低くなるに伴って外へふくらんでいく傾向が認められた。

次にため洗い時の洗面器の排水特性を図 8 に示す。トラップの形状により異なっていることが明らかである。

(2) トラップのサイホン作用

洗濯流し 1 個と洗面器 3 個を順に取り付け、それぞれ 30 l、および 7 l の水で留め洗いを行なった場合の洗面器の封水損失を図 9 に示す。(a) は同時排水を行ない、排水が横枝管に流入する角度

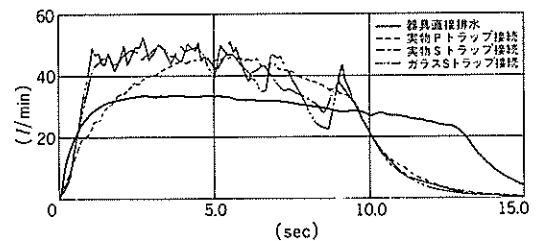


図 8. トラップ形状による影響

を変化させた場合の影響を示す。これによれば、水平と垂直より流入させた場合に差異を生じている。すなわち水平から流入させた場合の方が封水

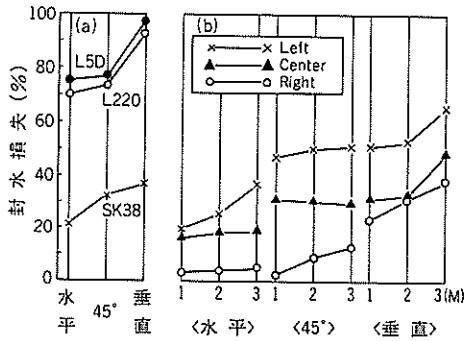


図 9. 封水損失

損失は小さい。これは器具排水管の水平部分に排水が滞流を生じ、器具からの排水速度に影響を及ぼすためと思われる。(b) は洗面器 1 個を残し他器具を同時排水された場合に、排水しない器具の封水に与える影響を示す。これによれば (a) と同様に流入角度による差異が見られる。また取り付け位置による差異が顕著であり、上流側より下流側に順次封水損失は小さくなる。これは比較的大流量で排水時間の長い洗濯流しの影響と思われる。

次に誘導サイホン作用を生じさせる管内圧力変動について、種々の定常排水負荷によって生じた管内圧力変動を 1, 3, 5 F の箇所で測定し、電算機処理を行なった結果の 1 例を図 10 に、その自

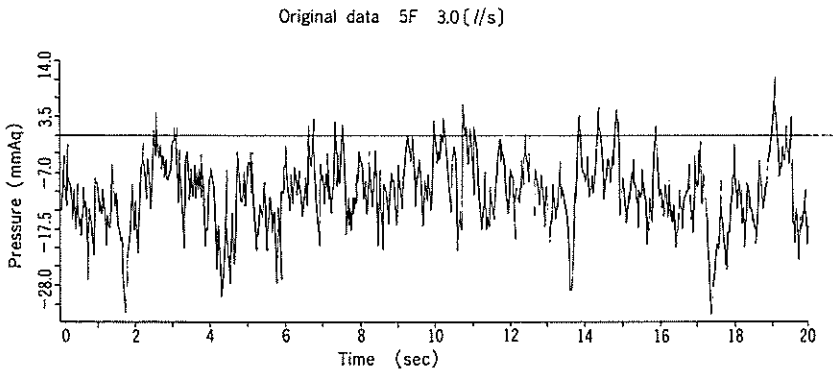


図 10. 管内圧力変動の例 (排水流量 3.0 l/s, 測定箇所 5 F)

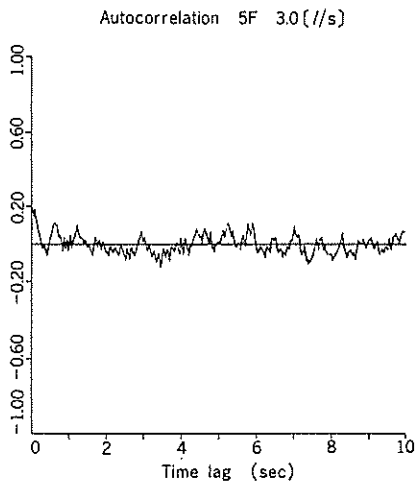


図 11. 管内圧力変動の自己相関関数 (排水流量 3.0 l/s, 測定箇所 5 F)

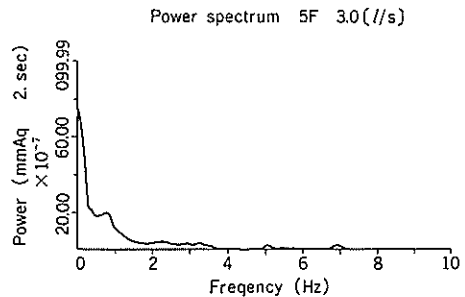


図 12. 管内圧力変動のパワースペクトル (排水流量 3.0 l/s, 測定箇所 5 F)

表 3. 各種トラップの固有周期と減衰比

トラップ	固有周期		減衰比 (実験値)
	実験値	計算値	
P トラップ (30%)	0.660	0.665	0.0472
わんトラップ (a)	0.355	0.345	0.0810
わんトラップ (b)	0.354	0.337	0.0840
逆わんトラップ	0.342	0.377	0.0486
ボルトトラップ	0.306	0.407	0.0454

自己相関関数とパワースペクトルを図 11, 図 12 に示す。これより、管内圧力変動は不規則振動波とみなせること、卓越パワーは排水流量と測定箇所によって異なるがトラップの固有振動数の範囲内にも存在し、封水が共振する恐れは十分あることが明らかになった。一方、封水変動は基本的には減衰振動であり、その特性は固有周期と減衰比によって表わされる。表 3 に各種トラップの固有周期と減衰比を示す。固有周期に関して、実験値と

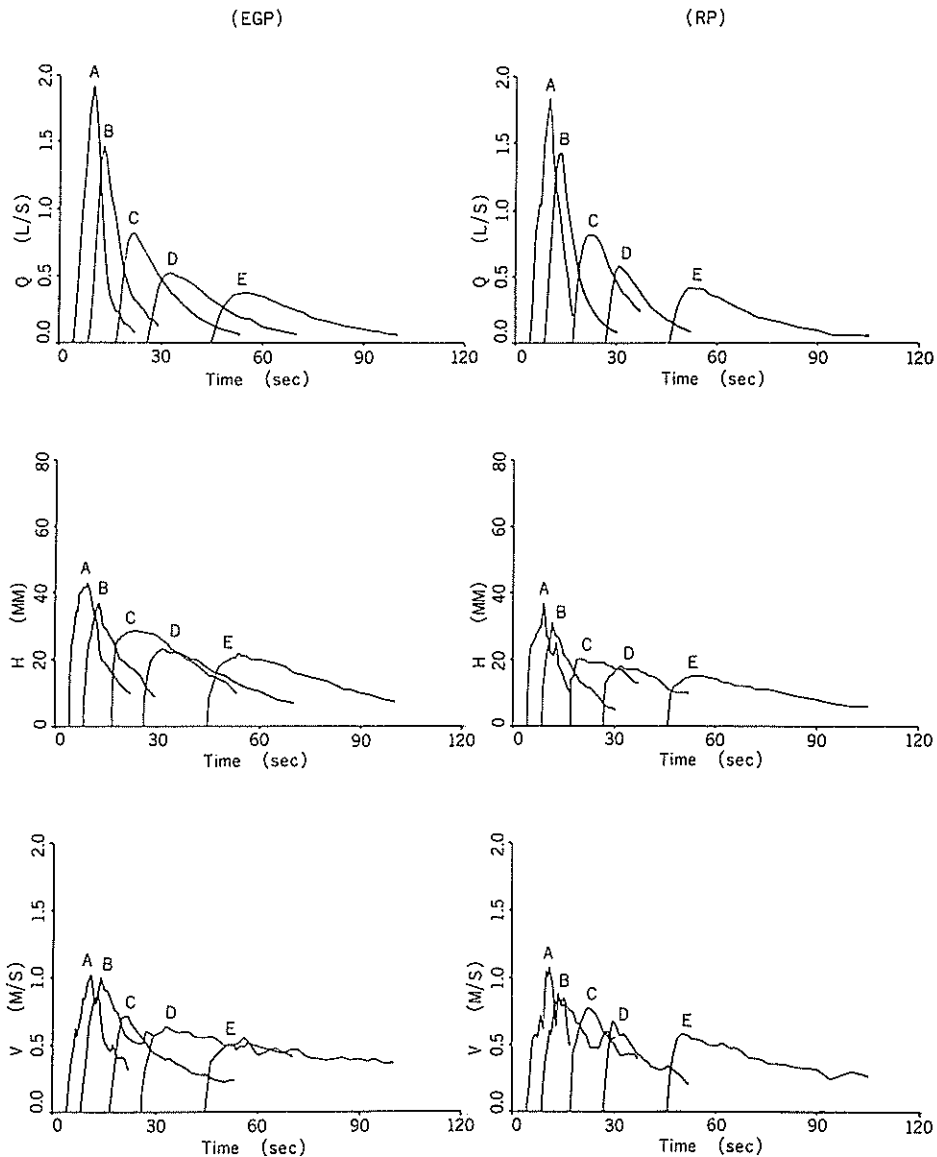


図 13. 排水横枝管における排水パターンの変化 (W. C. 排水)



計算値はよく一致している。減衰比はわんトラップが最も大きく、他のトラップの減衰比の約 1.8 倍になっている。これは、わんトラップの封水路が最も狭く、流水抵抗が大きいことによると考えられる。

(3) 排水立て管内の排水・通気特性

排水システムを流下する衛生器具類からの排水流量は一般的に大きな時間的変動がある。そしてこの時間一排水流量の変動パターンは管路を流下する距離（時間）に応じて図 13 に示すように変化することが実験により明らかになった。

一方、排水立て管を流下する排水はその流量に

対応する管内空気を誘引し排水システムの上層部を負圧に、下層部を正圧にし、さらに流れの乱れが管内気圧変動を誘起し、流量がある段階まで増加するとトラップの封水は破封される。したがって建築における排水システムの設計標準化や洗浄水量の節水を行なって水使用の有効利用を計るには、排水管内を流れる排水の実態を知る必要があり、それに伴う管内気圧変動とトラップ封水損失の相関を明らかにしたものが図 14 である。その結果、単一立て管排水システムにおいて伸頂通気管より流入する通気量は管径と排水流量の関係だけでなく、排水負荷の発生階の違いや伸頂通気

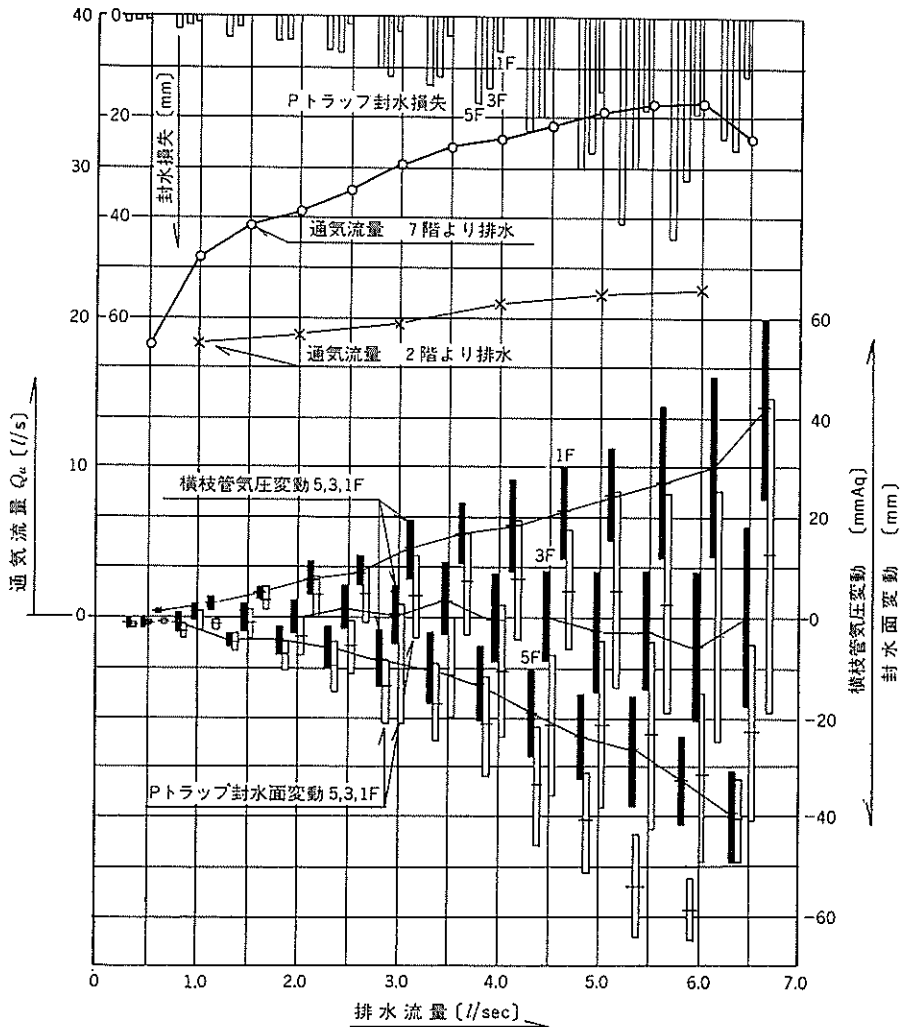


図 14. 単一立て管方式の排水・通気特性

管の通気抵抗などの影響を大きく受けること、および管内圧力変動は排水流量の増加とともに増大し、その時間平均値は下層階で正圧、上層階で負圧となることが明らかとなった。

### 3. 水の有効利用

水の有効利用の第1歩は水の使用量を削減することであり、それに耐える性能を有する給排水システムを施設することが必要である。従来の給排水システムは、日米形と欧州形に大別することができる。日米形は比較的使用水量の多い器具を使用し、欧州形はかなり以前から省資源形の器具を使用してきた。そのような状況の中で、さらにそれぞれが改善策を検討しているのが現状である。

英国においては1976年の異常気象に対処するための湧水法を成立せしめ、あるいは種々の水使用量削減の試算と提案が行なわれている。一試算例<sup>\*1</sup>によれば、標準世帯の使用水量 140 l/日・人を器具の改良や使用法の改善によって 20 l/日・人ほど削減しようとしている。我が国の従来の使用

水量が 200~250 l/日・人であることを比較すると、その少ないことが際だっている。欧州各国はこれに準じていると考えられる。

米国<sup>\*2</sup>では 1977 年の湧水が引き金となって節水策が進められたが、これは料金制度を変えとともに、さまざまな水の使い方を PR することによって総量を削減しようとするものであった。また、海水の淡水化や排水の再利用なども意欲的に検討し、あるいは実施されている。

香港における水事情は、やや特殊ではあるが示唆に富んだものである。少ない降水を貯水する他に、中国本土から水を買入れたり、海水の淡水化を計る一方、水洗便所用水として海水を供給しており、その量は全給水量の 20% にも及んでいる。<sup>\*3</sup>

我が国では排水システムをも変更して節水を実現しているものとして M ビルの例<sup>\*4</sup>がある。すなわち、真空汚水収集システムの導入である。これはスウェーデンで開発された UT システムと呼ばれるものであり、従来の大便器洗浄水量が10

表 4. 試算例

項 目	内 容	計 算	節 水 量
小形浴槽の使用	長辺 1200 mm を 800 mm とすれば 325 l → 240 l、1 日おきに入浴するものとする。なお別途上り湯など 10 l/日・人程度は変わらない。	$325 - 240 = 85 \text{ l}$ $85 \text{ l} \div 4 \text{ 人} \div 2 \text{ 日} = 10 \text{ l}$	10 l/日・人
シャワーの利用	夏期において入浴の代りにシャワーを利用すれば上記小形浴槽と上り湯で 320 l。ただし毎日シャワーを浴びると逆に 128 l の増加となる。	$7 \text{ l/分} \times 8 \text{ 分/人} \times 4 \text{ 人} = 224 \text{ l}$ $(320 - 224) \div 4 \text{ 人} = 24$	24 l/日・人 (+32 l/日・人)
洗濯機のすすぎ方の改善	流しながらすすぐことをやめ、ためすぎをすれば 1 回につき約 60 l の節約となる。	$60 \text{ l} \div 4 \text{ 人} = 15 \text{ l}$	15 l/日・人
泡沫水栓の取付け	1 回の手洗いは約 20 秒であり、1 日 3 回使用するとして、従来形 10 l/min と泡沫形 3 l/min の差。	$10 - 3 = 7 \text{ l}$	7 l/日・人
節水便器の使用と小便器の独立	従来形便器 15 l/回、節水形 10 l/回、小便器 4 l/回の洗浄水量とし、1 日に大 1 回、小 3 回使用するとすれば従来形 60 (27) l。節水形 40 (22) l。ただし ( ) 内は大小切換えまたは小便器の独立。	$60 - 40 = 20 \text{ l}$ $27 - 22 = 5 \text{ l}$	5~20 l/日・人
洗車の改善	ホースで洗車すると 240 l/回を要し、バケツとスポンジで洗車すると 40 l/回ですむ。2 週間に 1 回洗車するものとする。	$240 - 40 = 200 \text{ l}$ $200 \text{ l} \div 4 \div 14 = 4 \text{ l}$	4 l/日・人
合計			65~80 (9~24) l/日・人

\*1 E.F. Ball: 家庭における現行の節水方法, 給排水設備研究 2-2 (1977-5), p. 25

\*2 節水特集 (文献抄録), 水道協会雑誌 535 (1979-4) p. 46

\*3 齊藤博康: 外国における湧水時の対策, 水道協会雑誌 538 (1979-7), p. 52

\*4 内村正明: 節水対策・ゴミ処理対策, 建築設備と配管工事 16-14 (1978-12), p. 131

～20 l/回 であるのに対して 1.0～1.5 l/回 でよく大幅な節水となる。ただし排水系を低圧にして吸引する方式であるため騒音を発し、さらに高濃度の汚水を処理する技術を必要とするなど、派生する問題点も多い。

都市活動用水の中で大きな部分を占める生活用水の有効利用の可能性について、標準世帯として4人家族の住宅を対象に試算した結果は、表4のとおりである。中間的な値として50 l/日・人の節約が可能であるとすると、1世帯1年間では $50\text{ l} \times 4\text{ 人} \times 365\text{ 日} = 73,000\text{ l} = 73\text{ m}^3$ の節約となる。世帯数<sup>\*5</sup>は全国で約 $33 \times 10^6$ 、東京都で約 $4 \times 10^6$ であるから、年間全国で約 $2.4 \times 10^9\text{ m}^3$ 、東京で約 $0.29 \times 10^9\text{ m}^3$ の節約となる。東京の場合、これは1日使用量で約20%の節約となる。ただし、これらを実現するためには、節水と衛生の保持に関する十分な情報の提供と、節水器具および給排水システムの機能に関する適切な指針を作成する必要がある。

#### 今後の課題

建物内で使用する水は農工業で使用される水とは質的に異なり、相対的に高価なものである。そこで、水の有効利用を行なうことは大きな価値をもたらす。方法としては水の節約が重要な項目であり、そのために現在より少量の水しか使わない器具の開発が行なわれつつある。これに対しては建築排水システムのもつ機能、すなわち、汚物、汚水、排水をすみやかに建物外へ排出するか、ま

たは処理するという衛生上の機能を十分に果しうることが重要な論点ともいえる。また少量の水で汚物を排出する器具の開発は排水システムの設計に大きな影響を与えており、節水器具は水の有効利用の切り札とはいいがたく、給排水システムの性能評価と結びつけて水の有効利用方法を検討する必要がある。また、水事情は地域によって異なり、それぞれの地域にふさわしい有効利用の対応策を検討することも必要である。

#### 発表論文

- 1) 浅野良晴, 紀谷文樹, 松井昌幸, 小林陽太郎: 大便器の排水特性に関する研究, 日本建築学会関東支部研究発表会研究報告集, (1979-7).
- 2) 青木一義, 紀谷文樹: 大学における使用水量の調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1979-9).
- 3) 金杉憲良, 紀谷文樹: 排水システムにおける流れ性状に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1979-9).
- 4) 坂上恭助, 篠原隆政, 貝塚正光: トラップ封水の蒸発に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集 (1979-10).
- 5) 坂上恭助, 篠原隆政, 貝塚正光: 排水管内圧力変動のスペクトル解析, 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集 (1979-10).
- 6) 浅野良晴, 紀谷文樹, 松井昌幸, 小林陽太郎: 大便器の動特性の評価法について, 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集 (1979-10).
- 7) 紀谷文樹, 木下博久, 杉村 優, 竹内英文, 前田司郎: A 市文化会館における器具利用実態調査, 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集 (1979-10).
- 8) 鎌田元康, 塚越信行: 排水システムにおける管内圧力変動・通気特性の研究, 東京大学工学部総合試験所年報, 第38巻 (1979).
- 9) 浅野良晴, 紀谷文樹, 松井昌幸, 小林陽太郎: 大便器排水特性の評価法に関する研究, 空気調和・衛生工学会論文集, No. 12 (1980).

\*5 建設省計画局: 建築統計年報