

# 建築物における雨水利用に関する研究（その2）

——大林組技術研究所本館における実測調査——

岩 波 洋

## Study on Utilization of Rain Water in Building (Part 2)

——Actual Measurements on Main Building  
of Ohbayashi-Gumi Technical Research Institute——

Hiroshi Iwanami

### Abstract

At the main building of Ohbayashi-Gumi Technical Research Institute rain water drained from the building roof and paved roads is collected, treated through sedimentation, and then used for miscellaneous purposes such as water closet flushing and cooling tower make-up. This paper describes a one-year survey of the water volume and water quality at the subject building. The results obtained are summarized as follows:

(1) Hardly any runoff of rain water from the building roof and paved roads occurred from start to 0.2~0.4 mm of precipitation, but thereafter, the runoff coefficient was 87~94%. (2) According to the one-year survey, 85.5% of toilet flushing water and 34.8% of total water consumption of the building were covered by utilizing rain water and equipment drainage water. (3) The quality of rain water was good enough for miscellaneous uses except for slightly high pH and bacteria content. (4) Little dissolution of tank surface material due to long storage of rain water was recognized, but proliferation of bacteria was pronounced. (5) According to the results of a questionnaire it was found that most people did not feel it objectionable to flush toilets with rain water.

### 概 要

大林組技術研究所本館では、屋上・道路面と芝生面に降った雨を集水し、沈砂・沈殿処理を施した後、水洗便器用水や空調用冷却水などの雑用水として利用している。当雨水利用施設において1年間、水量・水質調査を実施し、以下の様ないくつかの知見が得られたので報告する。

(1) 屋上・道路面よりの雨水流出は、降雨開始から降水量で0.2mm~0.4mmまではほとんどないが、それ以降は87~94%の流出率を示した。(2) 雨水（機器ドレン水などを含む）による上水の代替率は、年間で対水洗便器用水量85.5%、対建物全使用水量34.8%であった。(3) 当施設で集水した雨水は、pHと細菌数が若干高いことを除いては、水洗便器用水や空調用冷却水などの雑用水として十分に給水に供せられる良好な水質であった。(4) 雨水は、水槽内長期貯留において、水槽壁面からの材料成分の溶出はほとんど認められなかったが、細菌の増殖は顕著であった。(5) アンケート調査の結果、雨水による便器洗浄に対しては、ほとんどの人が不快感を持っていないことが判明した。

## 1. はじめに

近年、都市域において雨水利用を行なっている建物が増えている。これに伴い雨水利用施設に関する実測データの紹介も水量・水質の両面で見受けられるようになってきた。しかし、いまだその数は少なく、種々の条件での各種実測データの報告が待たれるところである。

我々は以上の様な諸事情から、建築物における雨水利用に関する一連の研究を実施しているが、今回はこのうち、当社技術研究所本館の雨水利用施設の1年間の実測

調査結果について水量・水質の両面から報告する。

## 2. 調査方法

### 2.1. 調査建物の雨水利用施設の概要

調査した建物の雨水利用施設の概要を表-1に示す。

また、雨水利用のフローを図-1に、雨水貯留槽の制御方式を図-2にそれぞれ示す。

### 2.2. 調査内容

調査期間は昭和57年6月1日より昭和58年5月31日までの1年間である。

水量調査は、雨量計（建物屋上面に設置して降水量を計測）・電磁流量計（雨水集水管に設置して雨水の流出量を計測）・量水器（使用側の給水管に系統別に設置）・水位計（雨水貯留槽に設置）を用い、降水時の雨水流出率、雨水（機器ドレン水——空気調和機・ファンコイルユニットの凝縮水および加湿ドレン水など——を含む）による上水の代替率などを測定した。

また、水質調査は、自動測定（雨水集水管に pH・導電率センサーを設置）および手動による採水・分析により流出した雨水、機器ドレン水、雑用水（大便器ロータンクへの給水）などについて実施した。なお、水質分析方法は上水試験法(1978)および JIS-K0102(1981)によった。

### 3. 水量調査結果

#### 3.1. 雨水流出率

まず、降水時に建物屋上面および道路舗装面より流出する雨水の流出率について述べる。屋上・道路面の集水面積は約 1,140 m<sup>2</sup> である。図-3 および 図-4 に降水量と雨水の累加流出量の関係を示す。図中、実線は雨水の流出量 (m<sup>3</sup>) = 雨水の流出率 (1.0) × 降水量 (mm) × 集水面水平投影面積 (m<sup>2</sup>)/1,000 とした時の雨水の累加流出直線であり、破線は実測データの回帰直線である。図から、雨水の流出は降雨開始から降水量で 0.2~0.4 mm まではほとんどないが、それ以降は流出率 87~94% 程度ではほぼ一定の流出をすることがわかる。ここで流出率は以下の意味である。

$$\text{雨水の流出率(\%)} = \frac{\text{雨水流出量 (m}^3\text{)}}{\text{降水量(mm)} \times \text{集水面水平投影面積 (m}^2\text{)/1,000}} \times 100$$

次に、建物屋上面および道路舗装面より流出する雨水の流出率と降雨強度の関係について述べる。図-5 にその関係を示した。雨量計（降水量）と電磁流量計（雨水流出量）の間に時間遅れが若干あるために流出率がばらばらになっているが、多数のデータの平均としてとらえれば、

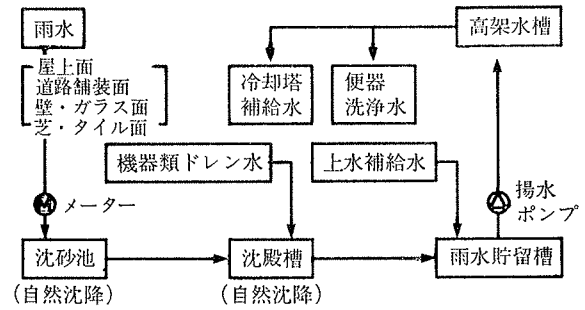


図-1 雨水利用のフロー

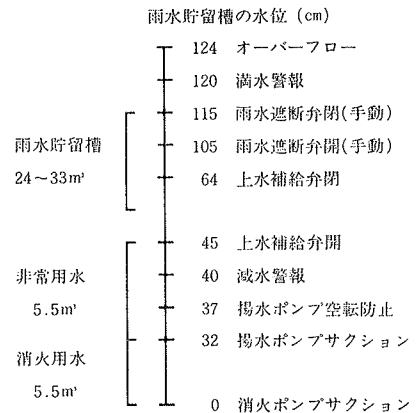


図-2 雨水貯留槽の制御方式

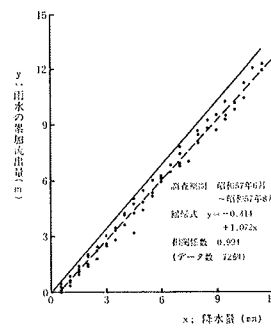


図-3 雨水の累加流出量 I

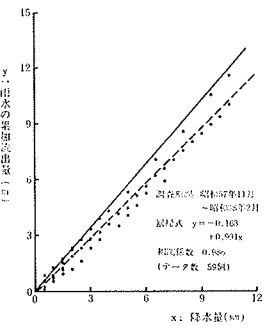


図-4 雨水の累加流出量 II

建物名称	大林組技術研究所本館	
所在地	東京都清瀬市下清戸4-640	
建物用途	事務所	
構造	RC造(地下1階、地上3階、塔屋1階)	
延床面積	3,775.84m <sup>2</sup> (建築面積886.85m <sup>2</sup> )	
集水面積	屋上面 (軽量コンクリート面570m <sup>2</sup> )	870m <sup>2</sup>
	(長尺カラー折板面 300m <sup>2</sup> )	
	道路面(アスファルト舗装)	270m <sup>2</sup>
	壁・ガラス面(南側600m <sup>2</sup> 、東側100m <sup>2</sup> )	700m <sup>2</sup>
	芝・タイル面(芝面490m <sup>2</sup> 、タイル面20m <sup>2</sup> )	510m <sup>2</sup>
水槽容量	沈砂池(コンクリート製)	4m <sup>3</sup>
	沈殿槽(地下ピット利用)	9m <sup>3</sup>
	雨水貯留槽(地下ピット利用)	28m <sup>3</sup>
	雑用系高架水槽(FRP製)	2m <sup>3</sup>
処理方式	沈砂・沈殿処理	

表-1 雨水利用施設の概要

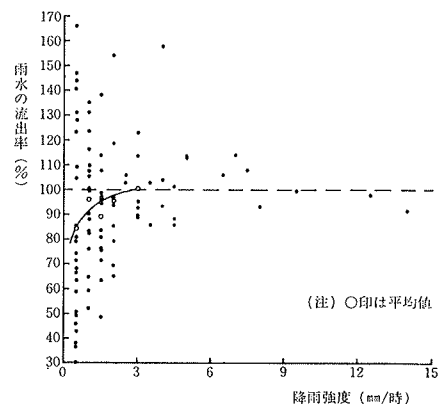


図-5 雨水流出率と降雨強度の関係

このことは無視できるものとする。図から、降雨強度が0.5mm/時の時の雨水流出率は85%程度であり、降雨強度の増加に伴い雨水流出率も増加しているのがわかる。降雨強度3.0mm/時以上では雨水流出率はほぼ一定である。

なお、芝生面からの雨水流出は、屋上・道路面に比べ降雨に対する応答が遅く、雨水流出率も昭和57年6月から昭和58年5月までの1年間の平均で約3.8%と低い値を示した。

3.2. 雨水の集水量と上水代替率

まず、表-2に雨水貯留槽の年間の水量バランスを示す。雨水の流出量および雨水の集水率を、それぞれ以下の様に定義すると、建物屋上面および道路舗装面より流出する雨水の集水率は37.8%となった。

$$\begin{aligned} \text{雨水の流出量 (m}^3\text{)} &= \text{雨水の流出率(0.9)} \times \\ &\text{降水量(mm)} \times \text{集水面水平投影面積 (m}^2\text{)} / 1,000 \\ \text{雨水の集水率 (\%)} &= \\ &\frac{\text{雨水集水量(m}^3\text{)} - \text{オーバーフロー水量(m}^3\text{)}}{\text{雨水の流出量(m}^3\text{)}} \times 100 \end{aligned}$$

また、図-6に雨水貯留槽の月別の水量バランスを示す。図から明らかなように、水洗便器用水量は年間を通じてほとんど一定である。上水の補給水量は降水量が比較的少ない冬期(12~2月)に増加している。

次に、図-7に雨水(機器ドレン水等を含む)による上水の代替率を示す。1年間の代替率は、代替率1および代替率2がそれぞれ85.5%、34.8%であり、水洗便器用水の多くが雨水によりまかなわれたことがわかる。ここで、代替率とは次の意味である。

代替率1(%) =

$$\frac{\text{水洗便器用水量 (m}^3\text{)} - \text{上水補給水量 (m}^3\text{)}}{\text{水洗便器用水量 (m}^3\text{)}} \times 100$$

代替率2(%) =

$$\frac{\text{水洗便器用水量 (m}^3\text{)} - \text{上水補給水量 (m}^3\text{)}}{\text{建物全使用水量 (m}^3\text{)}} \times 100$$

4. 水質測定結果

4.1. 流出した雨水の水質

まず、屋上・道路面から流出した雨水の自動測定センサーによる水質測定結果について述べる。図-8および図-9にpHと導電率の測定結果を示す。pHの値は8~9とアルカリ性を示し、導電率は降雨初期に100~300μS/cmと高くその後漸減し20~50μS/cm程度でほぼ一定となった。

次に、建物屋上面から流出した雨水の水質測定結果の一例を表-3に示す。pHの値は7~8で屋上表面のコンクリートなどセメント使用材料からの遊離石灰の溶出のため弱アルカリ性を示している。導電率は降雨初期に200μS/cm程度と高くその後漸減している。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>、硬度などの溶解成分は全体的に低い値を示している。SSおよびCODについても降雨初期に高くその後漸減する傾向にある。また、細菌は一般細菌で30~700個/ml程度、大腸菌群はときどき検出される程度であった。

さらに、表-4に道路舗装面から流出した雨水の水質測定結果の一例を示す。道路面から流出した雨水の水質は屋上面と比較し、細菌数が多いほかは屋上面のそれと近似しており、比較的良好な水質であった。ただし、当

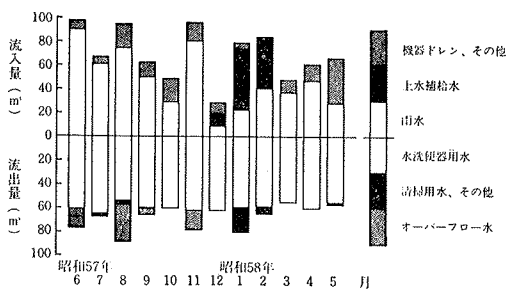


図-6 雨水貯留槽の月別水量バランス

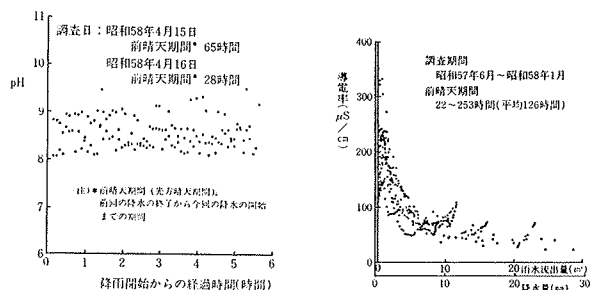


図-8 雨水流出水のpH 図-9 雨水流出水の導電率

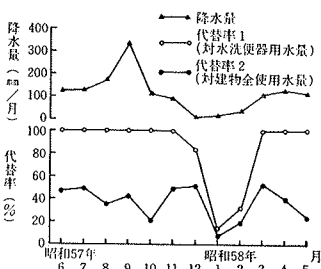


図-7 雨水による上水の代替率

	雨水貯留槽への流入量(832.95m <sup>3</sup> /年)					雨水貯留槽からの流出量(814.58m <sup>3</sup> /年)		
	雨水の集水量		機器ドレン水量	上水補給水量	※ その他	水洗便器用水量	オーバーフロー水量	※※ その他
	屋上・道路面からの集水量	芝生面からの集水量						
水量(m <sup>3</sup> /年)	545.82	22.71	87.87	102.52	74.03	708.70	67.23	38.65
割合(%)	65.5 { 屋上50.0 道路15.5	2.7	10.5	12.3	8.9	87.0	8.3	4.7

(注) ※ 冷却給排水、清掃排水、蒸気発生器水など ※※ 清掃用水など

表-2 雨水貯留槽の年間水量バランス(昭和57年6月~昭和58年5月)

該道路は当建物東側に位置し袋小路となっているため車両の通行はほとんどない。

なお、芝生面から流出した雨水の水質は、導電率センサーによる測定では、降雨初期に200~300 μS/cm と高くその後漸減して20~30 μS/cm でほぼ一定となった。

4.2. 機器ドレン水の水質

空気調和機・ファンコイルユニットの凝縮水(冷房期)および空気調和機の加湿ドレン水(暖房期)を排水管の中間部において採水し水質測定を行なった。測定結果を表

一5に示す。表中、採水日が昭和57年9月1日および昭和58年8月31日のものが凝縮水であり、昭和57年10月27日および昭和57年11月25日のものが加湿ドレン水である。

表から明らかなように、凝縮水・加湿ドレン水ともほぼ良好な水質であった。このうち、凝縮水はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>、硬度などが極端に低く、COD・一般細菌が若干高いのが特徴である。加湿ドレン水はCOD・SS・細菌数が比較的多いことを除いては水道水に近い水質である。

4.3. 雑用水の水質

試料番号	累積雨水流出量 (降水量換算mm)	水温 ℃	pH	溶存酸素 mg/l	導電率 μS/cm	M-アルカリ度 CaCO <sub>3</sub> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	全硬度 CaCO <sub>3</sub> mg/l	Ca硬度 CaCO <sub>3</sub> mg/l	溶解性蒸 発残留物 mg/l	COD mg/l	SS mg/l	一般細菌 個/ml	大腸菌群 個/ml
1	流出開始~0.04	欠測	7.3	欠測	206	20	31	11.3	49	40	122	24.0	85.0	65	0
2	0.04~0.08	欠測	7.4	欠測	176	24	25	8.3	41	33	109	18.5	44.5	57	0
3	0.08~0.12	欠測	7.4	欠測	165	25	23	7.0	38	30	104	16.7	32.7	140	15
4	0.12~0.16	欠測	7.4	欠測	152	25	20	6.0	34	29	106	15.6	22.4	43	3
5	0.16~0.20	欠測	7.4	欠測	135	24	17	6.0	30	24	83	11.8	12.5	34	0
6	0.20~0.24	欠測	7.4	欠測	123	20	15	6.3	26	21	33	10.4	6.5	24	0
7	0.76~0.80	欠測	7.5	欠測	83	20	10	3.4	18	13	32	6.3	7.1	42	0
8	1.06~1.10	欠測	7.5	欠測	90	24	10	3.2	22	14	49	5.9	5.7	40	0
9	1.36~1.40	欠測	7.5	欠測	65	18	5	2.9	15	9	43	4.6	3.4	36	1
10	1.76~1.80	欠測	7.5	欠測	77	20	6	3.8	19	13	47	4.9	3.2	29	0

表一3 建物屋上面から流出した雨水の水質（採水日；昭和58年4月12日，前晴天期間；30時間）

試料番号	累積雨水流出量 (降水量換算mm)	水温 ℃	pH	溶存酸素 mg/l	導電率 μS/cm	M-アルカリ度 CaCO <sub>3</sub> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	全硬度 CaCO <sub>3</sub> mg/l	Ca硬度 CaCO <sub>3</sub> mg/l	溶解性蒸 発残留物 mg/l	COD mg/l	SS mg/l	一般細菌 個/ml	大腸菌群 個/ml
1	流出開始~0.04	欠測	7.8	欠測	115	25	14	2.0	48	41	108	20.8	27.2	130,000	4
2	0.04~0.08	欠測	7.8	欠測	98	23	11	1.5	41	35	82	14.8	10.4	91,000	5
3	0.08~0.12	欠測	7.8	欠測	90	22	9.9	0.9	37	31	72	13.5	15.8	96,000	5

表一4 道路舗装面から流出した雨水の水質（採水日；昭和58年6月20日，前晴天期間；41時間）

採水月日	水温 ℃	pH	溶存酸素 mg/l	導電率 μS/cm	M-アルカリ度 CaCO <sub>3</sub> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	全硬度 CaCO <sub>3</sub> mg/l	Ca硬度 CaCO <sub>3</sub> mg/l	溶解性蒸 発残留物 mg/l	COD mg/l	SS mg/l	一般細菌 個/ml	大腸菌群 個/ml
昭和57.9.1	25.0	7.5	4.2	79	27	0.2	0.0	5	0	21	27.9	0.1	3,200	0
10.27	17.4	8.0	9.8	156	37	12	9.6	54	37	92	4.3	0.6	1,400	3
11.25	17.8	8.0	8.4	183	45	22	9.0	67	55	88	7.3	0.8	870	0
昭和58.8.31	28.8	7.9	6.0	111	44	0.2	0.0	5	0	13	23.0	1.4	140,000	0

表一5 機器ドレン水の水質

採水月日	水温 ℃	pH	溶存酸素 mg/l	導電率 μS/cm	M-アルカリ度 CaCO <sub>3</sub> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	全硬度 CaCO <sub>3</sub> mg/l	Ca硬度 CaCO <sub>3</sub> mg/l	溶解性蒸 発残留物 mg/l	COD mg/l	SS mg/l	一般細菌 個/ml	大腸菌群 個/ml
昭和57.6.14	欠測	9.5	欠測	152	欠測	13	5.4	33	28	欠測	2.5	1.8	6,600	0
7.2	欠測	9.3	欠測	147	45	11	欠測	欠測	欠測	欠測	2.8	0.9	8,000	0
8.9	欠測	8.9	欠測	101	35	6.1	1.8	20	17	79	1.6	0.6	5,700	0
9.1	22.0	8.4	3.2	148	43	9.5	8.4	33	28	100	3.6	2.9	100,000	1
10.5	20.0	9.2	5.7	126	41	8.1	3.6	34	30	82	1.5	0.8	4,200	0
11.25	17.0	8.8	5.6	159	45	12	6.5	45	36	62	2.0	1.1	26,000	0
12.14	13.0	7.9	8.9	84	25	3.3	3.2	26	18	53	1.4	0.3	5,200	0
昭和58.1.11	13.0	7.6	9.4	195	43	21	10.3	60	47	121	1.9	0.5	2,600	0
2.3	12.0	7.3	9.9	276	41	41	22.5	79	55	146	1.2	0.2	0	0
3.7	10.8	7.8	8.7	171	37	20	9.5	46	33	103	2.2	0.7	13,000	0
3.31	13.2	8.1	8.9	136	37	13	5.2	38	30	81	1.7	0.6	110	0
5.10	17.3	8.7	欠測	126	43	5.9	3.8	37	32	72	1.6	0.5	730	0
平均	15.4	8.5	7.5	152	40	14	7.3	41	32	90	2.0	0.9	16,000	0

表一6 雑用水（大便器ロータンク内の給水口）の水質

雨水の利用上で最も重要な使用末端での雨水(雑用水)の水質について報告する。採水は使用末端の大便器ロータンク内の給水口より行なった。

1年間の測定結果を表一6に示す。水温は夏期高く冬期に低い値を示した。pHは雨水利用開始時若干高目であったが、それ以後8~9程度でほぼ一定であった。溶存酸素は細菌類の増殖の影響で夏期に低下の傾向がみられた。導電率は100~200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度であった。 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、硬度などの溶解成分は全体的に低い値を示した。CODは2~4 mg/l, SSは1~2 mg/l程度でともに集水当初の値よりも低く、沈砂・沈殿処理の効果が顕著であることが判明した。また、細菌は一般細菌で2,000~100,000個/ml程度であり、貯留時、特に夏期における細菌の増殖が認められた。大腸菌群はときどき検出される程度であった。

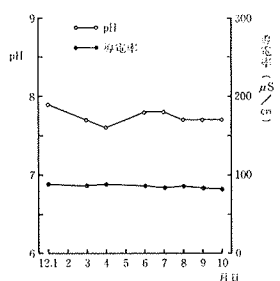
次に、雨水の長期貯留に伴う水質の経時変化の調査結果を図一10および図一11に示す。雨水は降水時に集水してから実際に雑用水として使用されるまでの間(当施設の場合、平均10日前後)水槽内に貯留されている。その間の水質の経時変化を調査した。調査期間は昭和57年12月1日から10日までである。なお、調査開始前日、昭和57年11月30日の大雨により雨水貯留槽は雨水で満杯となっていた。(この日、新たに流入した雨水量は雨水貯留槽の全水量の約80%程度であった。)図から明らかなように、pHと導電率はほぼ一定であり、水槽壁面からの遊離石灰などの溶出はほとんど認められなかった。(雨水利用開始当初は、若干溶出があったものと考えられる。)水温は増加傾向にあった。溶存酸素は減少の傾向がみられるが、これは細菌の増殖による酸素消費のためであり貯留雨水中の有機成分がもともと低いので接触空気とのバランスで溶存酸素は今後垂下曲線を描くものと考えられる。

以上の調査結果から、本調査時の雨水はpHと細菌数が若干高いほかは、水洗便器用水や空調用冷却水などの雑用水として十分に給水に供せられる良好な水質であると言える。また、現在のシステムでも雑用水として充分良好な水質の雨水を得られると考えるが、これにpH調節・塩素消毒などの処理施設を付加すれば、さらに申し分のない水質とすることができると判明した。

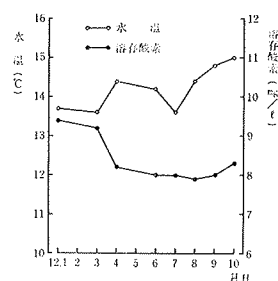
#### 4.4. トイレ使用に関するアンケート調査

アンケートは、雨水利用開始から2カ月後の昭和57年8月上旬に、当建物が在席者167名(男79%,女21%)を対象に実施した。アンケート内容と結果を表一7に示す。

本調査から、雨水の便器洗浄に対してはほとんどの人が不快感を持っていないこと、大便器の一回の洗浄水量は8l(従来は12~15l程度)でも支障がないことが判明



図一10 雨水のpH・導電率の経時変化



図一11 雨水の水温・溶存酸素の経時変化

問. トイレについてお尋ねします

- ①雨水の便器洗浄に不快感を感じますか  
(1時々感じる-1%、2感じる時がある-2%、3感じない-97%)
- ②現在の大便器の一回の洗浄水量(約8l)は  
(1多い-2%、2丁度良い-79%、3少ない-10%)無解答-9%

表一7 アンケートの内容と結果

した。

## 5. 結語

以上、今回の調査から次のことが判明した。

- (1) 建物屋上面および道路舗装面からの雨水流出は、降雨開始から降水量で0.2~0.4mmまではほとんどないが、それ以降は流出率87~94%でほぼ一定の流出をした。
- (2) 屋上・道路面からの雨水流出で、降雨強度0.5mm/時の時の流出率は85%程度であり、降雨強度の増加に伴い流出率も増加し、降雨強度3.0mm/時以上では流出率はほぼ一定となった。
- (3) 芝生面から流出する雨水の流出率および集水量は、それぞれ3.8%、22.71m<sup>3</sup>/年と低い値を示した。
- (4) 屋上・道路面から流出する雨水の集水量は545.82m<sup>3</sup>/年、雨水集水率は37.8%であった。
- (5) 当建物における雨水(機器ドレン水等を含む)による上水の代替率は、年間で、対水洗便器用水量85.5%、対建物全使用水量34.8%であった。
- (6) 屋上・道路面から流出する雨水の水質は、降雨初期以外は溶解成分が全体的に低く良好であった。
- (7) 機器ドレン水(空調凝縮水・加湿ドレン水)は、ほぼ良好な水質であった。
- (8) 雨水は水槽内長期貯留により、水槽壁面からの材料成分の溶出は少ないが、細菌類の増殖は顕著であった。
- (9) 本調査時の雨水は、pHと細菌数が若干高いほかは、水槽貯留後においても、水洗便器用水や空調用冷却水として十分に給水に供せられる良好な水質であった。
- (10) アンケート調査の結果、雨水の便器洗浄に対してはほとんどの人が不快感を持っていないこと、大便器の一回の洗浄水量は8lでも支障がないことが判明した。