

建築物における雨水利用に関する研究 (その3)

——細菌衛生上の検討——

岩 波 洋

Study on Utilization of Rain Water in Building (Part 3)

——A Hygienic Approach——

Hiroshi Iwanami

Abstract

Recently, in urban areas, various buildings have been equipped with rain water utilization systems, and generally, these facilities do not have disinfecting apparatus. The results of an investigation concerning such a situation may be summarized as follows: (1) Bacteria content in rain water is 10 to 1,000 col/ml at the time of water collection. (2) These bacteria increase due to proliferation during the storage period. (3) While water temperature and retention time are factors in proliferation of bacteria, addition of city water reduces the bacteria through dilution and the bactericidal effect of residual chlorine in the city water. The studies below were conducted and points requiring attention in planning of a rain water utilization system were indicated: measurement of chlorine demand of rain water, experiments on mixture of rain water and city water, prediction of daily variation of mixing proportions of rain water and city water, and retention times in storage tanks by computer simulations of various model buildings.

概 要

近年、都市域において、雨水利用システムを採用する建物が増えているが、これらの施設は一般に消毒設備を有していない。しかし、今回の調査の結果、次のような事実が明らかとなった。(1) 雨水中には集水時においても10~1,000個/ml程度の細菌が存在している。(2) これらの細菌は貯留時にさらに増殖する。(3) 貯留時の細菌の増殖には水温・滞留期間などが大きく関与するが、このほかに上水(水道水)の補給時には上水による希釈および上水中の残留塩素の殺菌作用により雨水中の細菌数がかなり減少する。

そこで、これらの結果をもとに以下の検討を行ない、雨水利用施設設計計画上の留意点をいくつか指摘した。●雨水の塩素要求量の測定 ●雨水と上水の混合実験 ●シミュレーションによる各種モデルビルでの上水の補給割合および雨水の水槽内貯留期間の日変化の予測検討。

1. はじめに

近年、都市域において雨水利用システムを採用するビルが増えてきた。これらのうちの多くは、建物の屋上面に降った雨を集水・貯留し、水洗便器用水や空調用冷却水などの雑用水として利用するものである。このシステムでは集水した雨水の水質は比較的良好であり、その処

理は浮遊物質の除去が中心で消毒施設は持たないのが一般的である。

しかし、その利用は雨水と人体とが直接接触しない用途に限られているとは言え、誤飲その他の危険も皆無ではなく、この意味で細菌衛生上の検討が必要であると思われる。今回、一般細菌の消長を中心に雨水利用システムの衛生面の検討を行なったので、ここに報告する。

2. 雨水中の細菌数

2.1. 集水時の雨水中の細菌数

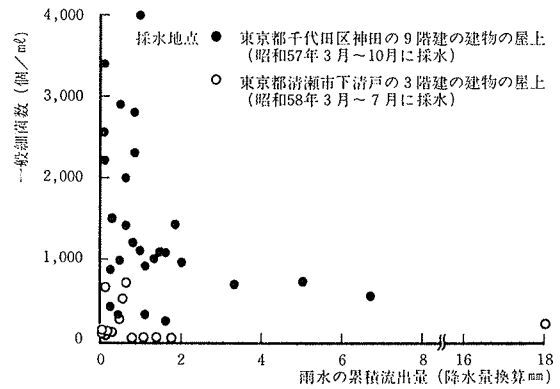
まず、雨水は実際どのくらいの細菌を含んでいるのか実測結果を基に紹介する。

図一に集水時の雨水中の細菌数の一例を示す。本調査からも明らかなように、雨水は雨滴の形成時および降水中・流出中に細菌により汚染されるので、季節・地域・建物条件などによる違いはあるものの集水時にはすでに数十～数千個/ml 程度の細菌を含んでいる。

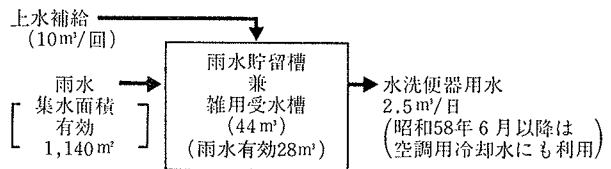
2.2. 利用時の雨水中の細菌数

次に、利用時の雨水中の細菌数の一例として、大林組技術研究所本館雨水利用施設における実測結果を表一に示す。当施設の雨水フローは図二のとおりである。

雨水利用システムでは、雨水は集水されてから実際に利用されるまでの間、数日から数週間程度貯留槽に滞留している。そのため、本調査からも明らかなように、貯留期間中に雨水中の細菌は増殖してその数を増やしているのが通常である。また、当然のことながら、貯留中の細菌の増殖には水温・貯留期間の長さなどが大きく関与するが、このほかに本調査により上水（水道水）の補給時には、上水による希釈および上水中の残留塩素の殺菌作用により雨水中の細菌数がかなり減少することも新たに判明した。



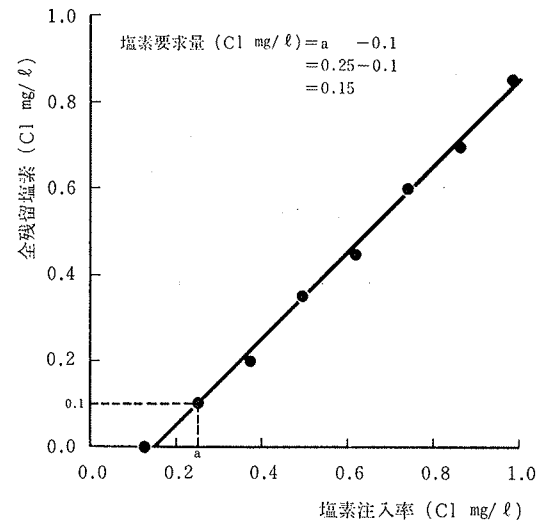
図一 集水時の雨水中の細菌数



図二 大林組技術研究所本館における雨水フロー

採水年月日	一般細菌 (個/ml)	水温 (°C)	上水の割合 (%)	貯留期間 (日)	最新の上水補給よりの期間 (日)
昭57.					
6.14	6,600	欠測	9	7.1	14.1
6.21	2,200	欠測	9	13.0	21.0
7.2	8,000	欠測	5	17.6	31.9
7.23	10,000	21.0	1	15.8	53.0
8.9	5,700	欠測	0	12.1	70.1
9.1	100,000	22.0	0	15.1	93.0
10.5	4,200	20.0	0	16.7	126.9
10.27	18,000	17.6	0	22.3	149.0
11.25	26,000	17.0	0	24.2	178.1
12.14	5,200	13.0	0	14.3	196.9
昭58.					
1.11	2,600	13.0	41	12.0	5.8
2.3	0	12.0	87	5.8	1.9
3.7	13,000	10.8	22	16.9	18.6
3.31	110	13.2	4	16.7	42.6
5.10	730	17.3	0	24.0	82.6
6.1	2,600	19.0	0	18.5	104.6
7.24	72,000	20.5	0	15.3	156.7
7.26	8,300	21.2	0	15.8	158.6
8.31	7,300	22.9	33	14.8	17.8
9.1	0	21.5	70	6.5	0.3
9.29	2,900	20.0	10	10.9	22.6
10.26	1,600	18.1	4	23.1	49.6
11.30	12,000	16.5	30	9.4	9.0
12.26	2	11.8	82	7.4	2.7
昭59.					
1.25	9,400	11.2	40	9.1	6.8
2.28	22,000	9.8	9	5.3	11.7
3.29	7,400	11.1	1	13.8	41.7
4.26	2,500	15.5	11	9.1	9.9
5.31	2,200	18.0	2	19.4	44.9

表一 利用時の雨水中の細菌数



図三 雨水の塩素要求量の測定結果

3. 雨水と上水の混合実験

3.1. 雨水の塩素要求量

前記の理由から、貯留槽での上水の補給時を想定し、雨水（貯留水）と上水（水道水）の混合実験を試みた。実験に先立ち、雨水の塩素要求量を測定した。図一三に測定結果の一例を示す。

雨水の塩素要求量は、おおむね 0.1～0.2 mg/l と低い値であった。これは、貯留後の雨水中には、アンモニア・第一鉄イオン・硫化物などの還元性物質が少ないためであると考えられる。

3.2. 混合実験

実験に用いた雨水と上水の水質を表-2に、実験結果を図-4および図-5に示す。実験は1リットルのガラスビン（水深は約13cm、ビンの口には綿栓を施した）を用い、遮光された20°Cのインキュベーター内で静置状態で行なった。

本実験では、残留塩素は混合数日で消失し、その消失速度は残留塩素の初期濃度によらず一定であった。また、残留塩素による雨水中の細菌の殺菌率は上水の混合割合が多いほど高かった。なお、残留塩素消失後数日のうちに細菌は再び活発な増殖を開始した。

	一般細菌 個/ml	全残留塩素 mg/l	pH	導電率 μS/cm	溶存酸素 mg/l	SS mg/l	COD mg/l	水槽内貯留期間 日
雨水	72,000	0.0	7.8	105	4.0	1.1	1.4	15.3
上水	0	0.6	7.3	116	7.5	0.1	0.1	—

表-2 実験に用いた雨水と上水の水質

3.3. 大林組技術研究所本館における実測結果

参考に、表-3および図-6に大林組技術研究所本館の雨水利用施設における実測結果を示す。

実測結果は、前記実験と比較して、残留塩素の消失速度は遅いが、他は実験結果とほぼ同様の傾向を示した。残留塩素の消失速度の違いは、主に貯留槽の水深(水量/気液接触面積)の違いに起因しているものと思われる。

	一般細菌 個/ml	全残留塩素 mg/l	pH	導電率 μS/cm	溶存酸素 mg/l	SS mg/l	COD mg/l	水槽内貯留期間 日
雨水	4,400	0.0	8.5	136	7.0	0.5	2.4	21.4
上水	0	0.5	7.5	176	8.0	0.1	0.1	—

表-3 測定時の雨水と上水の水質

4. モデルビルにおけるシミュレーション例

4.1. シミュレーション例

前記の実験結果をふまえ、雨水利用施設における水槽内での雨水と上水の混合割合および雨水の水槽内貯留期間についてその経時変化を把握するためシミュレーションを行なった。上記シミュレーションのために表-4に示した2種類のモデルビルを想定した。図-7および図-8にその計算結果を示す。なお、計算は水槽内で完全混合が成り立つものと仮定して行なった。

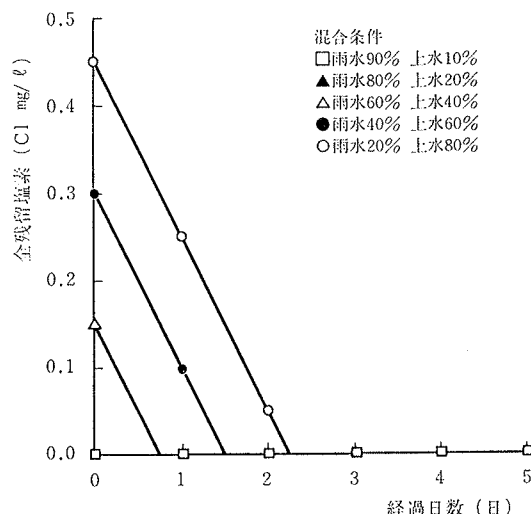


図-4 雨水と上水の混合割合と残留塩素量

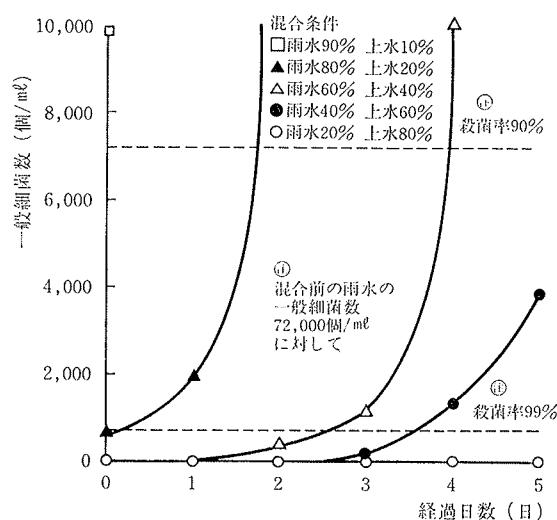


図-5 雨水と上水の混合割合と細菌数

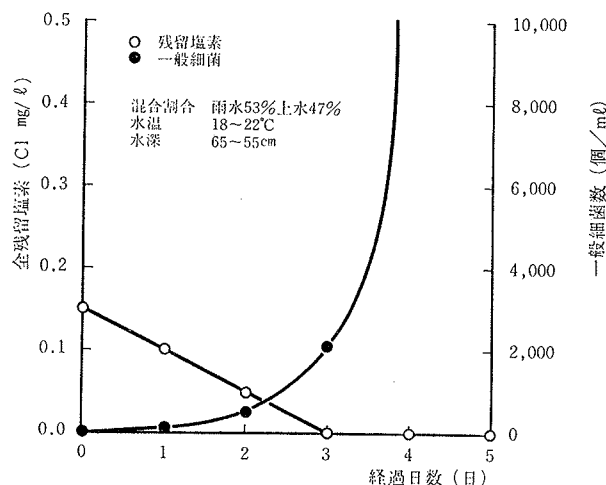


図-6 大林組技術研究所本館における実測結果

モデル1（事務所ビル）の建物では、年間を通じて雨水が不足しがちで上水の補給割合が多く、雨水の水槽内貯留期間も短い。このような建物では、衛生上の問題はほとんどないものとする。

また、モデル2（工場）の建物では、降水量の少ない12～2月の冬期を除き雨水が余りがちで上水の補給がほとんどなく、雨水の水槽内貯留期間も平均14.4日と長い。このような建物では、貯留時の雨水中の細菌の増殖が懸念されるので、衛生上の留意が必要となる。

4.2. 大林組技術研究所本館における実測結果

参考に、実施例として、図-9に大林組技術研究所本館の雨水利用施設における実測結果を示す。当建物は、降水量の少ない12～2月の冬期を除き上水の補給割合が少なく、雨水の貯留期間も平均14.0日と比較的長いモデル2に似た建物である。そのため、表-1に示したように、利用時の雨水中には冬期を除きかなりの細菌数が検出された。

そこで、当建物では対応措置として、雨水の利用用途を雨水と人体とが直接接触しない用途（水洗便器用水・空調用冷却水・消火用水）に限定するほか、定期的な水質検査を実施し、大腸菌群数の増減に気を配っている。

5. 結語

以上、実測調査・実験・シミュレーションの実施ならびに検討の結果、雨水利用施設のうち年間を通じて上水

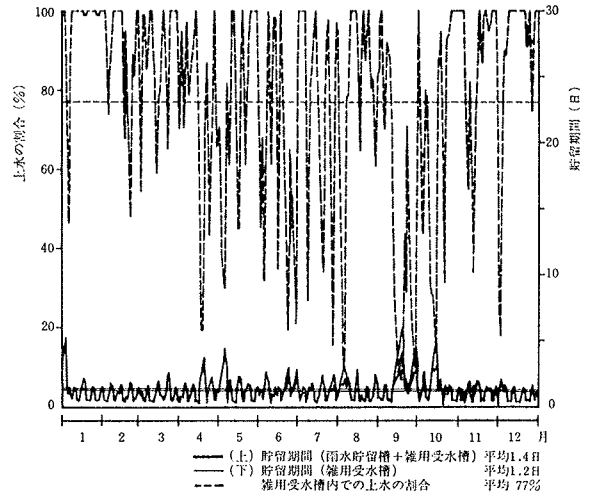


図-7 モデル1（事務所ビル）の計算結果

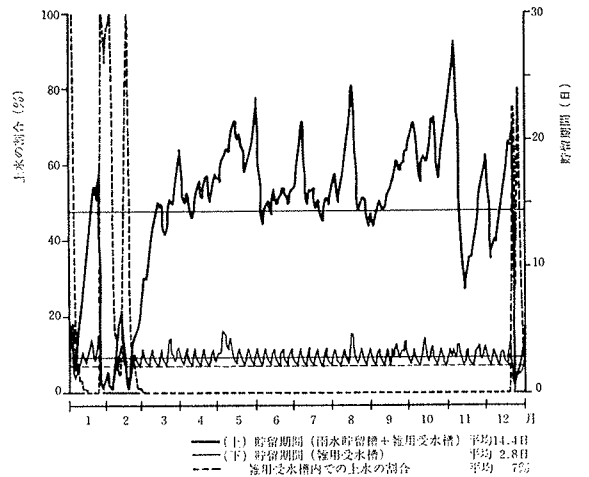


図-8 モデル2（工場）の計算結果

	モデル1	モデル2
建物用途	事務所	工場
建物延床面積	10,000m ²	3,000m ²
集水面積	1,000m ²	2,000m ²
雨水貯留槽の容量	50m ³	50m ³
雑用受水槽の容量	50m ³	10m ³
雨水の用途	水洗便器用水20m ³ /日	水洗便器用水4m ³ /日
雨水のフロー	上水補給 → 雨水貯留槽 → 雑用受水槽 → 利用	
計算年・地域	昭和57年・東京	

表-4 計算条件

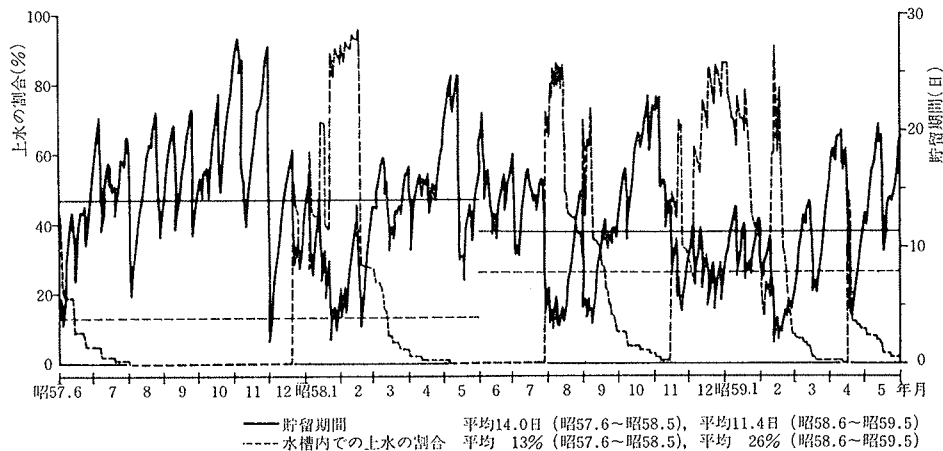


図-9 大林組技術研究所本館における実測結果

の補給割合が少なく雨水の水槽内での貯留期間の長い施設は、貯留時に雨水中で細菌が増殖し、衛生上好ましくない状態になりやすいことが判明した。

そこで、以下の内容について提案したい。

- (1) 雨水利用施設の設計時には、前記シミュレーションその他の方法により、細菌衛生上の検討を行なう。
- (2) 上記検討により細菌の増殖が懸念される場合には次のような衛生上の処置を行なう。

- 雨水の利用用途の限定（雨水と人体とが直接接触しない用途に限定する。）
- 定期的な水質検査の実施
- 間欠的あるいは連続的な塩素消毒の実施
- 衛生上改善されたシステムの検討および採用

（例えば、図-10のようなシステムを採用してある一定値以上の上水割合の確保および上水混合後の雨水の水槽内での貯留期間の減少をはかる。）

最後になったが、雨水の殺菌を上水（水道水）中の残留塩素に期待することは、本来の上水の利用方法から逸脱しているかもしれない。しかし、雨水利用施設において細菌衛生上の懸念が存在する以上、設計時に前記したような細菌衛生上の検討を行なうことは不可欠であると考えられる。

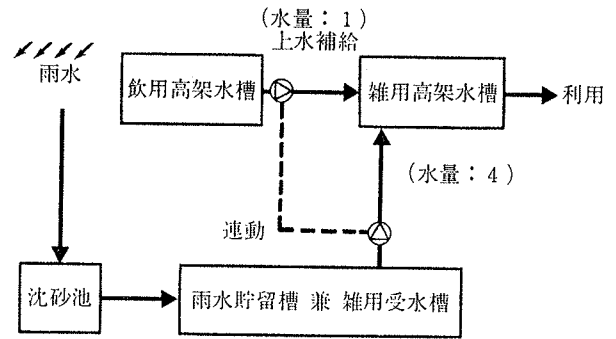


図-10 雨水利用施設のフロー例
（衛生上の改善の1手法）

参考文献

- 1) 田中辰明, 岩波 洋: 建築物における雨水利用に関する研究(その1)—東京大林ビル本館における雨水水質実測調査—, 大林組技術研究所報, No. 28, (1984), pp. 138~142
- 2) 岩波 洋: 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—, 大林組技術研究所報, No. 29, (1984), pp. 16~20