

初期降水除去型低コスト雨水利用装置の開発とその効果

中 村 圭 三

1. まえがき

地球上に存在する水の約98%は海水で、人類にとって利用可能な水は、約0.01%であるといわれている。

しかし近年、このわずかな水が、地球温暖化などの影響を受け、世界的に深刻な水不足に直面している。地球の砂漠化の進行とともに乾燥地域が拡大し、中国では、国土の1/3の地域が水不足となり、乾燥地域からの黄砂が日本にも大量に飛来

するようになって来た。

このような状況下において、とりわけ飲料水の不足は深刻である。著者は、1995年8月、1996年8月および1998年3月の3回にわたり、メコンデルタにおける生活用水（井戸水・河川水・運河の水・雨水など）の水質とその利用に関する調査を実施した（中村・立澤：1997，中村：2002，K. Nakamura：2003）。その結果、最も良質な水は雨水であることが判明した。また、同じ雨水でも降水開始直後の雨は汚染されているが、その後は、

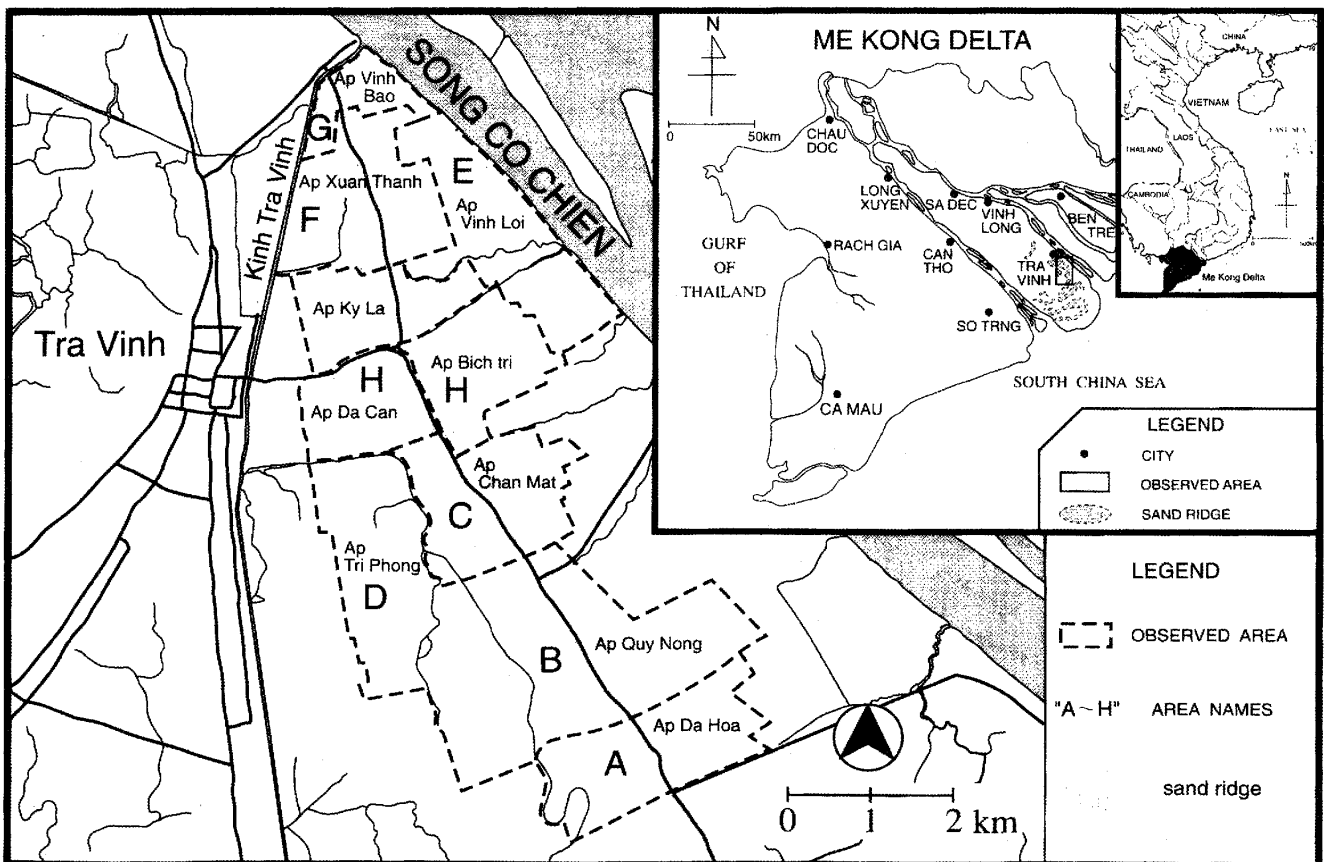


図1 観測地域（中村・立澤，1997）
破線内が観測対象のホア・トゥアン村
村内中央をNNWからSSE方向に走る道路は砂丘列上に位置する

非常にきれいな雨水となることも明らかになった。

そこで、雨の降り初め直後の初期降水を除去し、良質な雨水を貯蔵するための低コストな装置の開発、およびこの装置の効果についての評価を試みた。

2. 雨水の特性

2.1 雨水と他の生活用水との水質比較 (メコンデルタの場合)

(1) 調査地域・方法

ベトナムのメコン河河口部のコ・チェン (Co Chien) 河とハウ・ザン (HauGiang) 河に挟まれた中州にあるチャヴィン省チャウ・タン (Chau Thanh) 県のコ・チェン河に沿った南北約10kmのホア・トゥアン (Hoa Thuan) 村 (図 1) において、1996年8月22日から30日までの期間に生活用水の水質に関する調査を実施した (中村・立澤:1997)。この村は面積2710ha、人口17180人 (1995年10月現在) で、村のほぼ中央部を北北西から南南東に向かって標高2-3m、幅数百mの砂丘列が走る。この砂丘列上に集落が形成されていて、周辺には二期作の水田が広がる。

1996年8月現在、ホア・トゥアン村には、浅井戸 (深さ3~5m) 459本、深井戸 (深さ80~100m) 71本が存在した。そのうちの浅井戸15本、深井戸 (UNICEF等の援助により掘削) 16本、および雨水5カ所、湧水池6カ所、河川・運河6カ所などの水質について調査した。

これらの水のECは東亜電波・CM-14P型、pH、RpHは東亜電波・HM-14P型によって現地で測定した。また、水質の分析は、NH₃-N、PO₄³⁻、Fe、全硬度については、テストキット (HACH) により現地で分析した。さらに、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、

Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻については、サンプリングの後、島津製作所製イオンクロマトグラフ・LC-10A型で分析した。

(2) 調査結果

砂丘列上の集落で利用されている浅井戸、深井戸、湧水池、運河、河川、雨水などについて、砂丘列上の位置、生活用水の種類などによる成分濃度の差異を知るために、ヘキサダイアグラム (図 2) を作成した。このダイアグラムでは、陽・陰

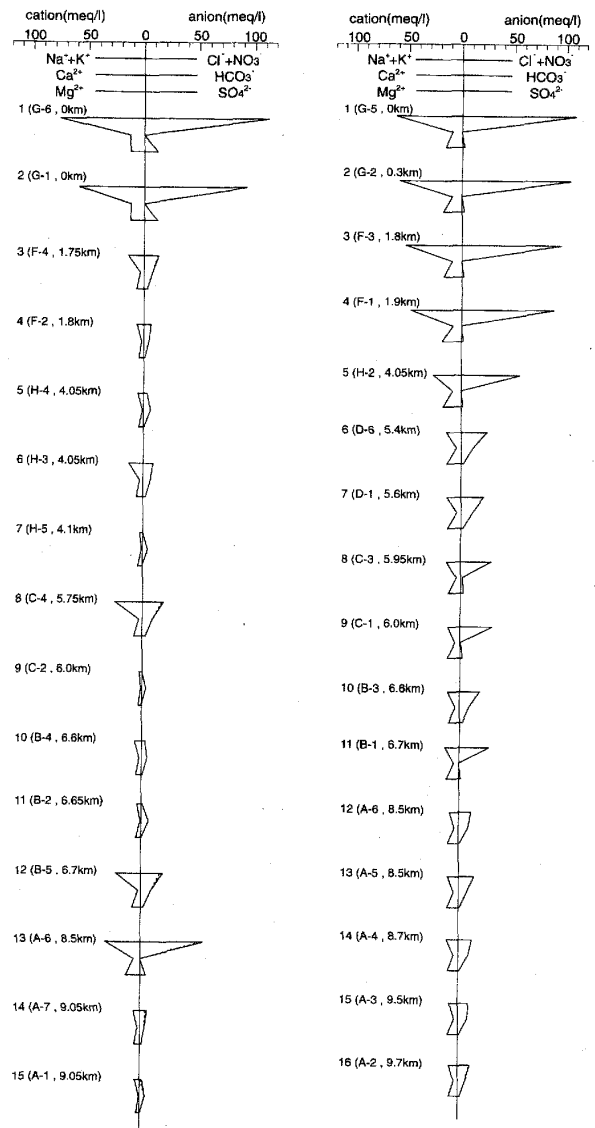


図2.1 1996年8月のホア・トゥアン村の砂丘列上における浅井戸 (左図) と深井戸 (右図) のヘキサダイアグラム (中村・立澤, 1997) ヘキサダイアグラムは、砂丘列の北端部から南に順に並ぶ (以下の図も同様)

雨水の飲料水化をめざしたローコスト雨水利用装置の開発

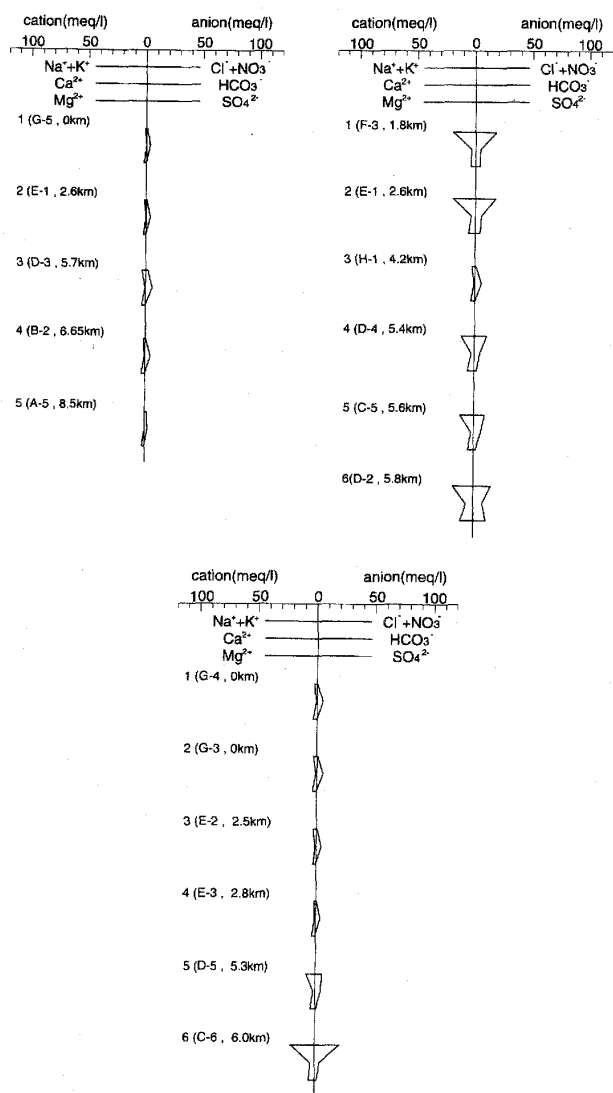


図2.2 1996年8月のホア・トゥアン村における雨水（上左図）、湧水地（上右図）、運河・河川（下図）のヘキサダイアグラム（中村・立澤，1997）

両イオンをそれぞれ次の3成分系にグループ分けした。

陽イオン：Na⁺+K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺

陰イオン：Cl⁻、NO₃⁻、HCO₃⁻、SO₄²⁻

濃度はmeq/lの単位で表し、生活用水の種類ごとに、各調査地点のダイアグラムを砂丘列の北から順に配置した。

その結果、砂丘列上における井戸水の成分濃度は、深井戸よりも浅井戸の方が低く、また、その濃度は北から南に向かって低下する傾向が認めら

れる。その原因としては、南に行くに従って、砂丘列が、コ・チェン河から離れていくためと考えられる。

また、運河・河川・湧水池・雨水などの各成分濃度についてみると、いずれも井戸水よりも低く、その中でも、雨水の成分濃度が、最も低いことがわかる。この雨水は、雨季にニッパヤシで葺いた屋根に降った雨を、雨樋で瓶に導いて溜めたものである。そのため、この雨水には降水以外の成分も含まれてはいるが、その濃度は極微量であり、この地域における飲料水として最適であるといえる。

2.2 初期降水の水質変化

(1) 採水方法

敬愛大学環境情報研究所においては、2000年4月から小笠原計器製作所製自動雨水採水器（US-300、写真1）により、降水を1mmから5mmまで分割採水してきた。この採水器（以後自動開閉式採水器と称す）は、直径35cmの円形のガラスロートに蓋がついていて、降水を感知すると蓋が自動的に開閉し、降水1mmごとに各100mlずつ分割して採水するように設計されている。これとは別に、同径のポリプロピレン製ロートを使用し

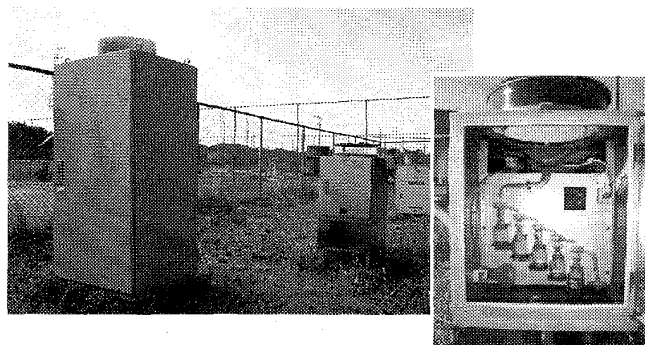


写真1 雨水採水装置の全景および自動開閉式採水器の内部
全景手前が露出式採水器、手前から2番目が自動開閉式採水器

て、屋根から降水を採水する場合と同様の条件にするために蓋をなくし、ロートを常に露出した状態で降水 1 mm から 10 mm までを 1 mm ごとに分割して各 100 ml ずつ採水できる装置（以後露出式採水器と称す）を自作した（写真 1）。自動開閉式採水器では、一降水ごとにロートおよび採水ビンを洗浄したが、露出式採水器では、屋根に当たるロートは洗浄せず、採水ビンのみを一降水ごとに洗浄した。ここでは、2001年 9 月から 2002 年 8 月までの 1 年間のデータを対象とした。この間のデータを秋（9～11月）、冬（12～2月）、春（3～5月）、夏（6～8月）および年の期間に分け、上記の自動開閉式採水器で採水した試料と比較しつつ、屋根からの採水に相当する露出式採水器で採水した降水の水質について解析した（中村：2003）。

(2) 解析結果

自動開閉式採水器で採水したサンプルでは、最初の 1 mm 目の酸性が最も強く、次第に酸性が弱まる酸性雨の一般的特徴を示している。それに対して、露出式採水器で採水したサンプルでは、逆に最初の 1 mm 目の酸性が最も弱く（夏を除く）、3 mm までは次第に強まるという一般的傾向が見られた（図 3）。露出式採水器では、降雨時にはロートの表面に付着した乾性沈着物およびその他の地上から舞い上げられた物質等が、降水によって洗い流され、サンプルビン内に流れ込む。特に最初の 1 mm 目のサンプルビン内には、これらの物質が高濃度で供給される。このことは、露出式採水器と自動開閉式採水器で採水したサンプルの EC および成分濃度等の差から顕著に認められる（図 4）。例えば、EC の 1 mm 目の両者間の差は、冬に 49.09 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、春には 41.71 $\mu\text{S}/\text{cm}$ にもおよんでいる。

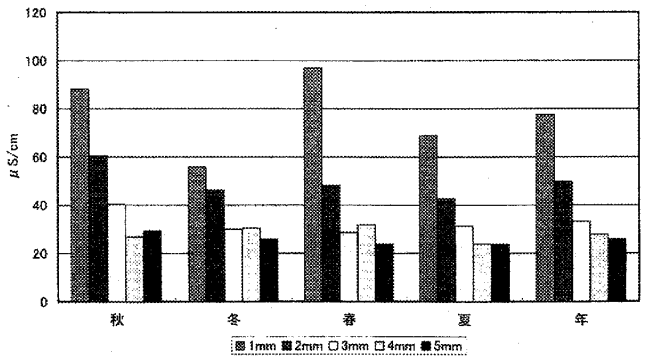
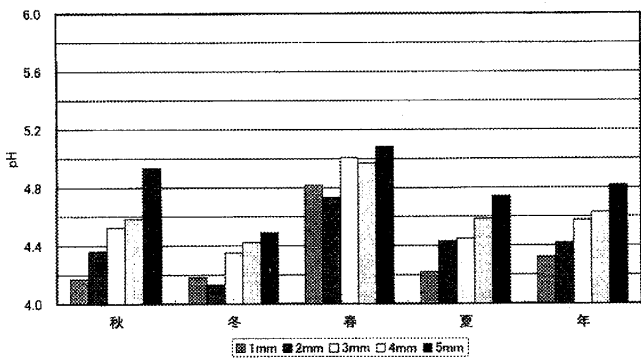


図 3 自動開閉式採水器により 1 mm ごとに分割採水した降水における pH (左図) と EC (右図) の季節別変化 (中村, 2003)

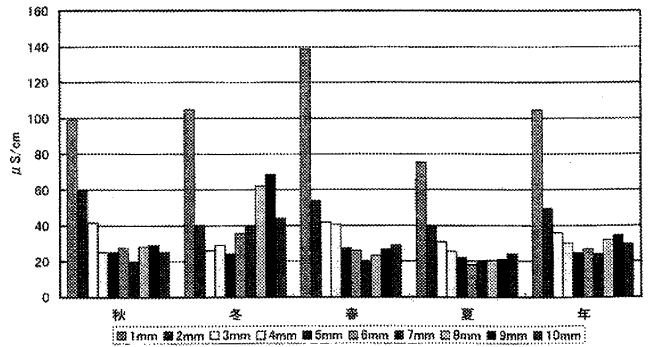
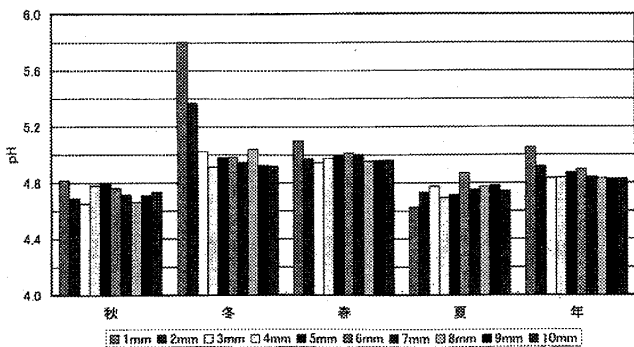


図 4 露出式採水器により 1 mm ごとに分割採水した降水における pH (左図) と EC (右図) の季節別変化 (中村, 2003)

雨水の飲料水化をめざしたローコスト雨水利用装置の開発

さらに、各成分について見ていくと、 Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} などの海洋起源の成分は、海洋の波浪が高くなる秋季に両者間の差が最大となる。

一方、陸上から供給される NH_4^+ 、 Ca^{2+} などの成分は、乾燥した強風の吹く冬季に他の季節と比べて突出して高い値（他の季節の2倍程度）を示す。また、酸性のイオン成分である NO_3^- 、 SO_4^{2-} は、露出式採水器、自動開閉式採水器ともに春季・夏季に高い傾向を示す。これは、この時期には日照時間が長く、人間活動に伴うこれらの物質の大気中への放出量が多いことに起因するものと考えられる。ただし、 SO_4^{2-} について露出式採水器と自動開閉式採水器による採水の両者間における差に関しては、季節的な変動は比較的小さい。

以上のことから、露出式採水器で採水した降水において、特に1mm目の成分濃度が極端に高い原因は、降雨時にロートの表面に付着した乾性沈着物およびその他の地表から供給された物質が、降水によって洗い流され、サンプルビン内に大量に流れ込むことによるものと判断される。これらの露出式採水器および自動開閉式採水器によって採水されたサンプルの両者間における水質の差は、成分や季節によって差はあるものの、3mm程度で解消されることも明らかになった。

3. 予備実験装置の作成

3.1 作成方法

初期降水を除去し、その後の比較的きれいな水を貯水する雨水利用装置については、その仕組み等が紹介され（グループ・レインドロップス：1994、和田・三浦：2002など）、すでに製品化されたものもある。ここでは、一般に市販されている材料を使用し、初期降水除去機能を有した雨水利用装

置を低コストで作成することを試みた。この試作に関しては、著者の指導する2006年度3年次専門研究のテーマとして取り上げた。いくつかの案が検討・実験されたが、その中で最も安価で確実な方法であるとして試作されたのが写真2に示す予備実験装置である。この装置は、1辺1.5mのビニルシートで集めた雨水を、中央部の穴からビニルホースで下の1次タンクに導く。1次タンクの容積は、ビニルシートで集水した降水量4mmまでの雨水を9ℓで満杯になるように調整した。満杯になった雨水は切替え装置（フロート）より1次タンクへの雨水の流入を閉ざし、以後の降水は2次タンクに流入するように設計した（写真2）。なお、切替え装置は500ml用ペットボトルとピンポン玉を利用して作成した（写真3）。

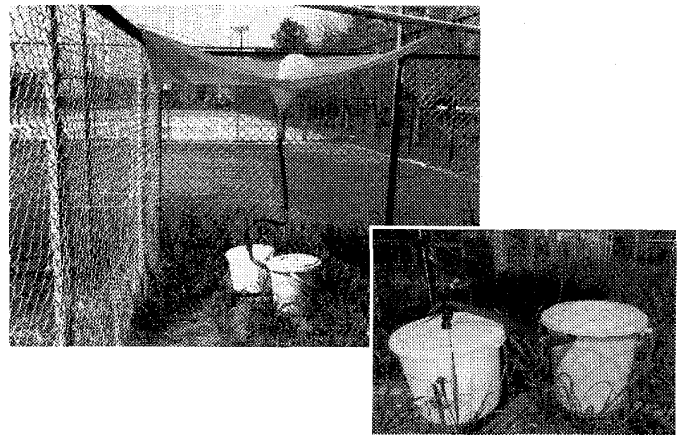


写真2 雨水利用予備実験装置の全景および1次タンク（左側）・2次タンク（右側）

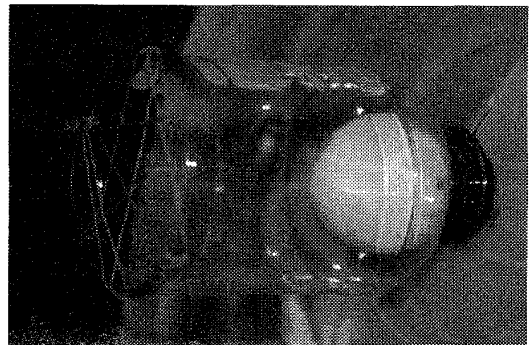


写真3 500mlペットボトルとピンポン玉を利用して作成した切替え装置

3.2 実験データ

3.2.1 pH, EC

2006年8月19日から10月30日までの期間に10回の実験を実施、降水4mmまでの初期降水を貯えた1次タンク水と5mm以降の降水を貯水した2次タンク水とに関するpHおよびECとの比較データを表1に示した。

表1 雨水利用予備実験装置で貯水した1次タンク水と2次タンク水のEC(μS/cm)およびpH

Sample No.	Tank No.1		Tank No.2	
	EC	pH	EC	pH
N1	33.4	4.20	25.5	4.29
N2	43.0	4.58	27.3	4.46
N3	20.9	4.73	6.6	5.18
N4	145.7	3.65	88.6	3.83
N5	24.6	4.56	15.3	4.77
N6	15.6	4.83	8.2	5.12
N7	11.0	5.18	7.6	5.34
N8	24.9	4.45	14.3	4.68
N9	3.7	5.55	3.6	5.61
N10	33.8	4.34	14.6	4.69
Average	35.6	4.61	21.1	4.79

1次タンク水：降水量4mm以前の雨水
2次タンク水：降水量5mm以後の雨水

その結果によると、1次タンクにおいて、ECの最大値は145.7 μS/cm、最低値は3.7 μS/cmで平均値は35.6 μS/cmであった。また、pHは、3.65~5.55の範囲にあり、平均値はpH4.61であった。

次に、2次タンク水におけるECは最大88.6 μS/cm、最小は3.6 μS/cm、平均21.2 μS/cmであった。また、pHは3.83~5.61の範囲にあり、平均はpH4.75であった。

これらのことから、平均的にみると、2次タンク水においては、1次タンク水に比べてECは約40%減少、pHは0.18ほど高くなっていることがわかる。

3.2.2 成分濃度

10回の観測の内、7回については、成分についても分析し(表2)、図5を作成した。その結果、

表2 雨水利用予備実験装置で貯水した1次タンク水と2次タンク水の各成分濃度(mg/ℓ)

Sample No.	Tank No.1 (<4mm)							
	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
N1								
N2								
N3								
N4	2.91	1.54	0.57	0.62	1.63	5.44	8.47	12.23
N5	0.82	0.59	—	0.45	1.06	1.45	1.18	2.13
N6	0.91	0.38	0.35	0.30	0.71	1.60	0.39	1.14
N7	0.82	0.29	0.26	0.29	0.66	1.40	0.42	0.71
N8	0.84	0.58	0.31	0.25	0.90	1.44	1.68	1.48
N9	0.32	0.27	0.31	—	0.14	0.36	—	—
N10	0.17	0.23	0.32	—	1.07	0.29	1.42	3.54
Average	0.97	0.55	0.35	0.38	0.88	1.71	2.26	3.53

Sample No.	Tank No.2 (>5mm)							
	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
N1								
N2								
N3								
N4	1.08	1.06	0.43	0.34	0.71	2.04	5.76	6.34
N5	0.45	0.40	—	0.17	0.55	0.68	0.77	0.96
N6	0.53	0.27	0.20	0.16	0.26	0.77	—	0.45
N7	0.63	0.22	0.30	0.20	0.28	0.97	—	0.41
N8	0.74	0.77	0.52	0.14	0.38	1.06	0.75	1.09
N9	0.34	0.31	0.25	—	0.16	0.43	—	—
N10	0.16	0.23	—	0.08	0.70	0.20	0.36	1.29
Average	0.56	0.47	0.34	0.18	0.43	0.88	1.91	1.76

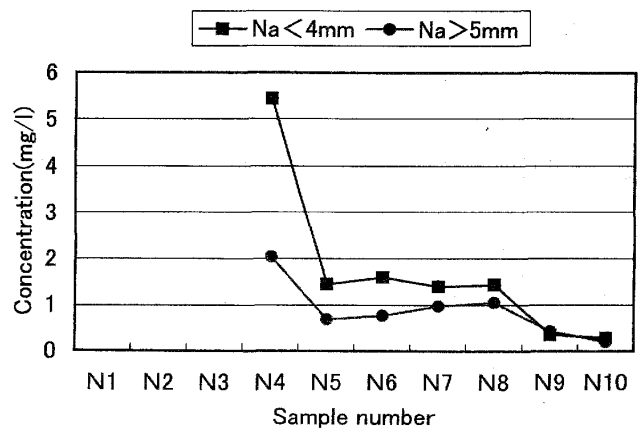
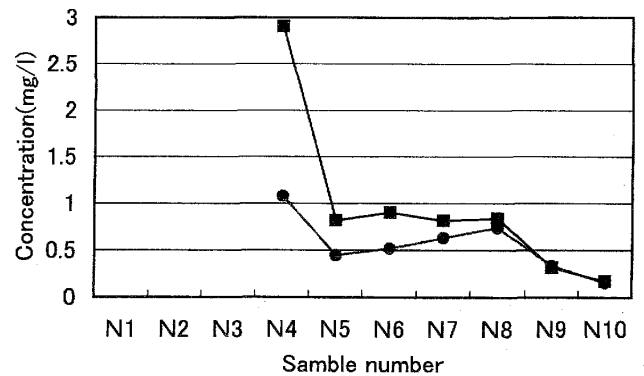


図5.1 雨水利用予備実験装置における1次タンク水と2次タンク水の成分濃度比較
上図：Na⁺ 下図：Cl⁻

雨水の飲料水化をめざしたローコスト雨水利用装置の開発

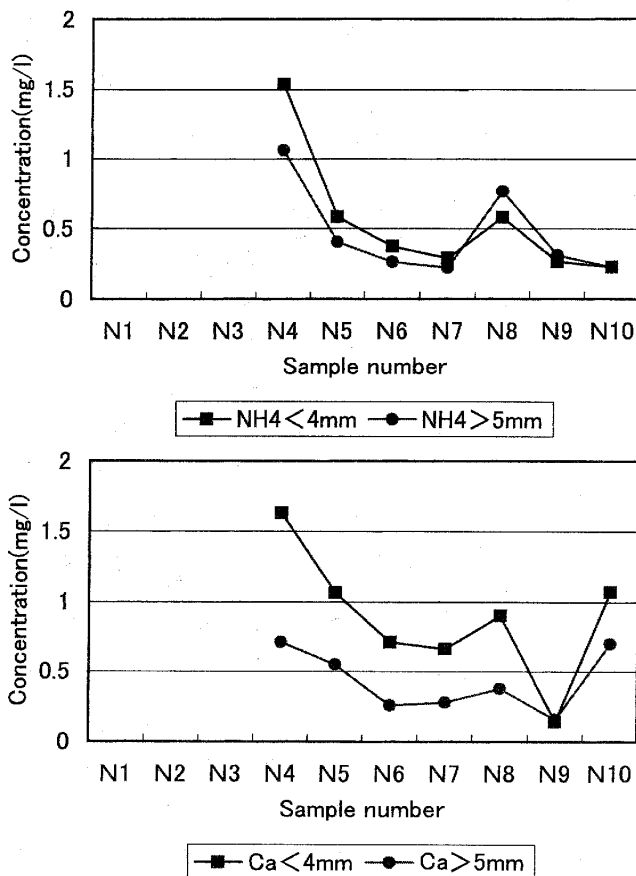


図5.2 雨水利用予備実験装置における1次タンク水と2次タンク水の成分濃度比較
上図： NH_4^+ 下図： Ca^{2+}

ほとんどの成分濃度は、降水量4mm以前の1次タンク水に比べて5mm以降の2次タンク水で減少していることがわかる。観測期間中における1次タンク水のECが最高値 $145.7 \mu\text{S}/\text{cm}$ を示す2006年9月8日回収の降水では、各種成分濃度も最高値を示した。また、それに伴い1次タンク水と2次タンク水の濃度差も最大であった。一方、低濃度の場合には減少量も小さい傾向が認められた。

4. 本実験装置

4.1 設置方法

予備実験装置での実験結果を基に、実際の建築物での本実験に着手した。その対象とした建物は敬愛大学佐倉キャンパス正門に位置する守衛所である。この建物は、1998年に建築され、東西5.8

m、南北2.5mの長方形をし、建坪 14.5m^2 の平屋建てである。切り妻の屋根はクボタコロニアル葺きで、屋根面積は 22.8m^2 であり、劣化の少ない北側の屋根の雨水を貯水した。集水に当たっては雨樋を洗浄し、1次タンクおよび2次タンクに導水した(図6、写真4)。1次タンクには、市販のプラスチック製45ℓゴミ容器を利用し、降水量3mmまでの雨水を貯水できるように調整した。また同タンクの排水口には、500mlペットボトルのふたの部分を使用するなどして、低コスト化に務めた。1次タンクから2次タンクへの切替え装置は、予備実験と同様の構造としたが、サイズが大きくなるため、500mlの広口ポリビンと軟式テニスボールを組み合わせて作成した(写真5)。

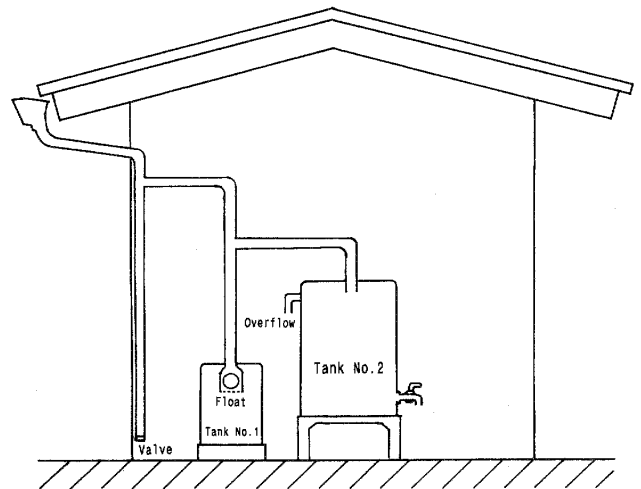


図6 雨水利用予備実験装置における1次タンク水と2次タンク水の成分濃度比較
上図： NH_4^+ 下図： Ca^{2+}



写真4 雨水利用本実験の建物および1次タンク(左側)・2次タンク(右側)

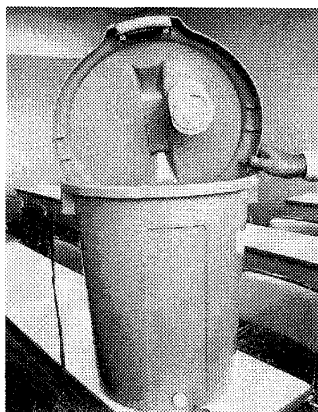
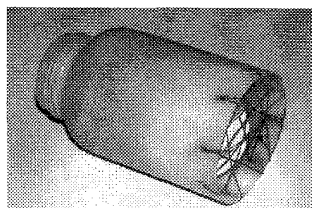


写真5
雨水利用本実験装置の
1次タンクの内部およ
び500ml広口ポリビン
と軟式テニスボールを
利用して作成した切替
え装置



4.2 実験データ

4.2.1 pH, EC

2006年12月から2007年7月までの期間に、19回の実験を実施した。その結果を、表3および図7に示す。降水量3mmまでの1次タンク水のECは $35.0 \mu\text{S/cm}$ ~ $138.4 \mu\text{S/cm}$ の範囲内にあり、平均値は $68.6 \mu\text{S/cm}$ であった。また、pHは6.40~7.09

表3 雨水利用本実験装置で貯水した1次タンク水と2次タンク水のEC ($\mu\text{S/cm}$) およびpH

Sample No.	Tank No.1		Tank No.2	
	EC	pH	EC	pH
1	77.4	6.50	50.3	6.64
2	50.8	6.78	38.4	6.85
3	42.7	6.60	13.3	6.67
4	53.3	6.76	15.7	5.96
5	78.0	6.78	36.0	6.52
6	77.2	6.59	64.1	6.68
7	106.7	6.77	44.6	6.87
8	59.7	6.46	46.0	6.68
9	84.8	6.71	53.4	6.92
10	60.0	6.93	30.9	7.11
11	40.5	6.96	25.1	6.93
12	59.3	6.80	38.6	6.94
13	43.6	6.73	22.1	6.73
14	70.5	6.80	27.5	6.62
15	58.6	6.90	29.1	6.66
16	75.3	6.97	36.5	6.65
17	138.4	6.96	51.6	6.64
18	83.2	7.09	46.5	6.70
19	35.0	6.40	25.4	6.21
Average	68.6	6.78	35.6	6.67

1次タンク水：降水量3mm以下の雨水
2次タンク水：降水量4mm以上の雨水

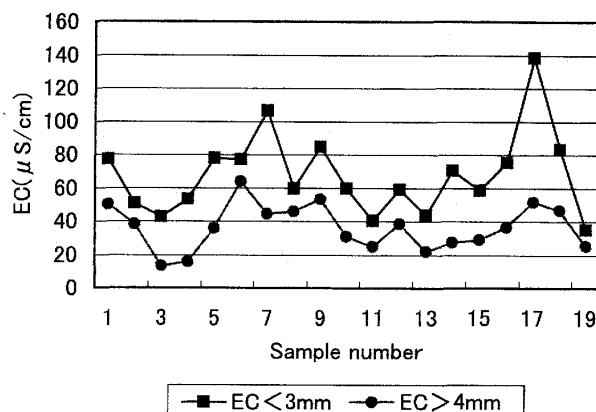
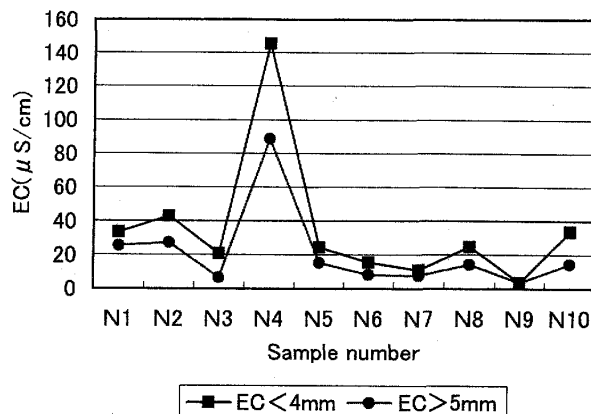


図7.1 1次・2次タンク水におけるpHの予備実験（上図）と本実験（下図）との比較

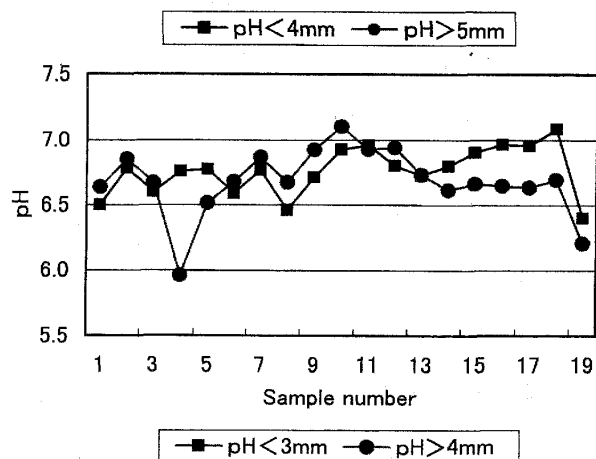
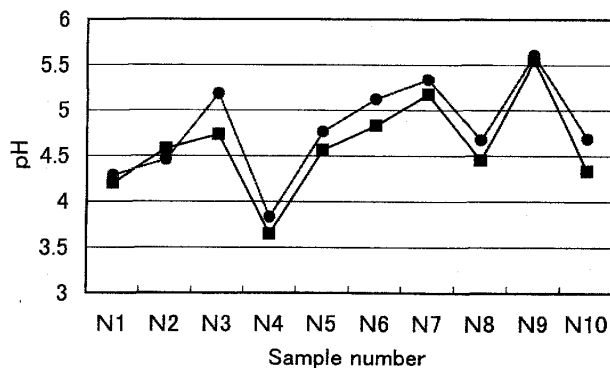


図7.2 1次・2次タンク水におけるECの予備実験（上図）と本実験（下図）との比較

雨水の飲料水化をめざしたローコスト雨水利用装置の開発

の範囲にあり、その平均値は6.78であった。一方、降水量4mm以降の2次タンクのECは $13.4 \mu\text{S/cm}$ ～ $64.1 \mu\text{S/cm}$ 、pHは5.96～7.11の範囲にあり、平均値はそれぞれ $35.7 \mu\text{S/cm}$ およびpH6.67であった。本実験の1次タンク水におけるECの最大値 $138.4 \mu\text{S/cm}$ は、2次タンク水では $51.6 \mu\text{S/cm}$ まで減少した。また、このときのpHは6.96からpH 6.64へと0.32減少した。

2次タンク水のECは、1次タンク水と比較してすべて減少した。予備実験では1次タンクを降水量4mmまで、本実験では3mmまでとしたことによる違いはあるが、本実験の方が、ECの値は1次タンク水、2次タンク水ともに高くなっている。また、pHは、予備実験では1次・2次タンク水ともにpH 4台の値で、酸性雨としての一般的な値の範囲内にあった。しかし、本実験では、1次タンク水、2次タンク水ともにほとんどがpH 6台後半の値を示し、予備実験とは大きな差異を示した。

4.2.2 成分濃度

成分分析結果を、表4に示す。どの成分においても、2次タンク水において、1次タンク水よりも成分濃度が低くなり、予備実験と類似の傾向を示した。 Ca^{2+} の濃度は、予備実験においては1次タンク水の最大値でさえ 1.63mg/l で、その他はほぼ 1mg/l 以下であった。ところが、本実験における Ca^{2+} の濃度は、1次タンク水で 8.02mg/l ～ 24.10mg/l （平均 12.06mg/l ）2次タンク水でも 2.94mg/l ～ 9.91mg/l （平均 6.71mg/l ）であり、1桁高い濃度を示した（図8）。この高濃度の Ca^{2+} による中和作用の結果、本実験におけるpHは、予備実験におけるpHよりも高い値を示した。高濃度の Ca^{2+} の供給源は、おもに屋根材である

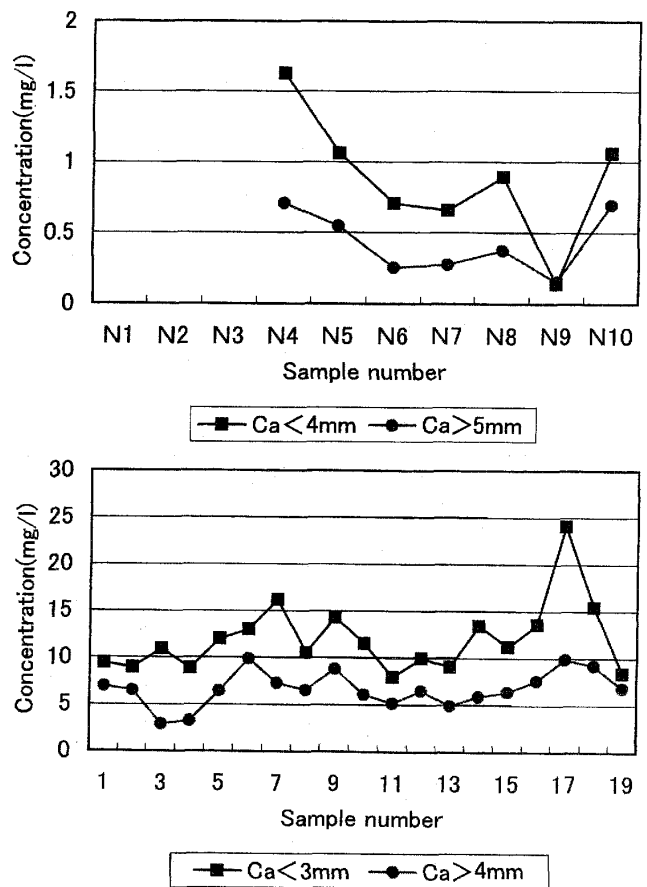


図8 1次・2次タンク水における Ca^{2+} 濃度の予備実験（上図）と本実験（下図）との比較

と考えられる。その他の成分濃度に関しては、オーダー的には、両実験間の差異は小さかった。

次に、各成分に関する1次タンク水から2次タンク水への濃度低下の実態を知るために、図9を作成した。これらの図から両者間の関係式を求め、それぞれの傾きおよび相関係数を表5にまとめた。これによると、pH、 NH_4^+ 、 K^+ においては両者間の相関が低い、それ以外の成分では相関係数6以上の高い正相関を示す。EC、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} の傾きは0.33～0.38の範囲にあり、2次タンク水におけるこれらの成分濃度は、1次タンク水に対して約1/3に減少したことを示している。これに対し、 Cl^- の傾きはやや小さく0.28、逆に NO_3^- の傾きは大きく0.51であった。

表 4 雨水利用本実験装置で貯水した1次タンク水と2次タンク水の各成分濃度 (mg/ℓ)

Sample No.	Tank No.1 (<3mm)							
	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
1	3.51	0.28	0.57	0.49	9.39	2.44	3.16	8.32
2	1.70	0.23	0.50	0.35	8.93	1.14	1.76	4.28
3	1.40	0.46	0.39	0.36	10.92	3.96		2.08
4	1.50	0.25	0.52	0.35	8.87	0.93	1.43	3.28
5	2.73	0.18	0.64	0.53	11.99	3.91	4.68	7.35
6	2.29	0.17	0.52	0.54	13.01	1.93	9.05	7.69
7	3.79		0.60	0.65	16.18	6.29	4.06	7.14
8	1.42	0.13	0.45	0.35	10.58	1.10	5.05	5.82
9	2.28	0.17	0.57	0.50	14.33	1.85	3.70	5.70
10	1.25	0.20	0.64	0.34	11.54	0.32	1.29	1.92
11	0.69	0.18	0.35	0.23	8.02	0.27	1.70	1.97
12	1.81	0.16	0.42	0.33	10.00	2.91	2.78	4.29
13	1.06	0.16	0.46	0.24	9.13	1.86	1.00	2.20
14	1.38	0.18	0.85	0.40	13.45	0.83	3.17	3.29
15	1.05	0.22	0.67	0.32	11.22	0.48	1.46	1.76
16	1.38	0.19	0.76	0.41	13.56	1.80	3.67	4.40
17	2.57		1.21	0.71	24.10	3.47	7.06	11.15
18	1.42	0.17	0.69	0.43	15.45	2.08	2.05	6.09
19	0.86	0.18	0.48	0.22	8.42	0.54	0.79	1.99
Average	1.79	0.21	0.59	0.41	12.06	2.01	3.21	4.77

Sample No.	Tank No.2 (>4mm)							
	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
1	1.43	0.23	0.43	0.36	6.94	2.40	1.41	3.75
2	0.85	0.17	0.26	0.25	6.52	0.96	1.11	2.52
3	0.61	0.22	0.27	0.14	2.94	0.98		0.56
5	0.55	0.20		0.14	3.27	0.76	0.24	0.71
10	1.38	0.28	0.32	0.26	6.46	1.97	1.71	3.59
12	1.87	0.38	0.29	0.42	9.90	2.35	5.59	6.22
13	1.53	0.33	0.37	0.32	7.31	2.17	1.96	3.18
14	1.14	0.38	0.40	0.25	6.59	1.37	3.12	4.35
15	1.35	0.30	0.35	0.34	8.86	1.60	2.78	4.65
16	0.71	0.25	0.30	0.19	6.12	0.61	1.09	2.46
17	0.51	0.22	0.26	0.16	5.19	0.44	1.11	2.09
18	1.16	0.38	0.35	0.25	6.53	2.18	1.56	3.22
19	0.54	0.24	0.26	0.15	4.97	0.66	0.83	1.61
21	0.53	0.16	0.28	0.21	5.92	0.71	2.60	2.23
22	0.52	0.19	0.25	0.19	6.43	0.45	1.22	1.35
23	0.69	0.15	0.38	0.23	7.60	0.85	1.85	1.95
24	0.87	0.20	0.41	0.28	9.91	1.30	3.73	3.52
25	0.85	0.14	0.33	0.25	9.22	1.16	3.13	4.46
26	0.62	0.20	0.32	0.23	6.83	0.69	1.29	2.30
Average	0.93	0.24	0.32	0.24	6.71	1.24	2.02	2.88

雨水の飲料水化をめざしたローコスト雨水利用装置の開発

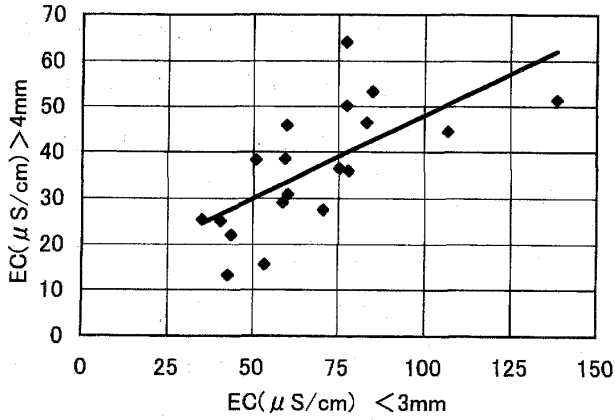


図9.1 雨水利用本実験装置における1次タンク水のECと2次タンク水のECとの関係

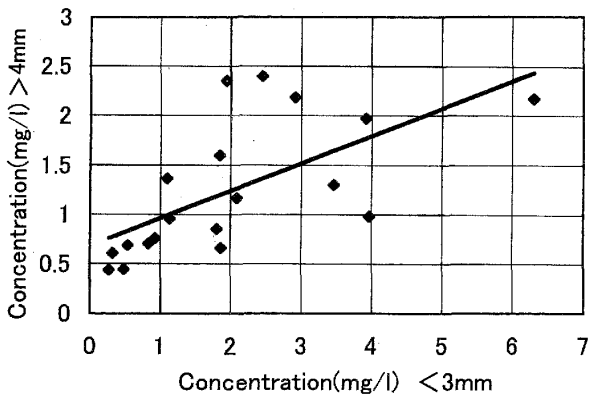


図9.2 雨水利用本実験装置における1次タンク水と2次タンク水の成分濃度の関係
上図：Na⁺ 下図：Cl⁻

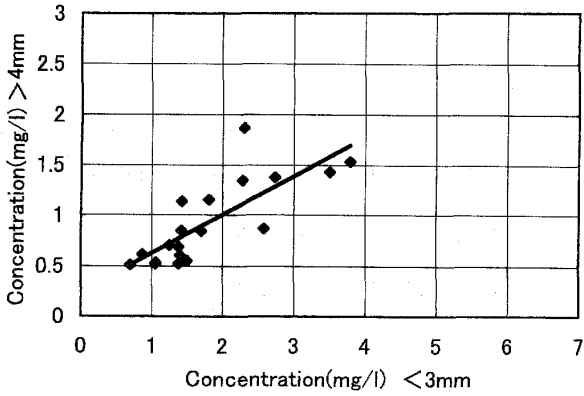


表5
雨水利用本実験装置で貯水した1次タンク水と2次タンク水の各成分濃度について求めた両者間の関係式の傾き(a)および相関係数(r)

	a	r
pH	0.47	0.33
EC	0.36	0.67
Na	0.38	0.79
NH ₄	0.3	0.29
K	0.1	0.37
Mg	0.38	0.67
Ca	0.33	0.65
Cl	0.28	0.64
NO ₃	0.51	0.867
SO ₄	0.37	0.7

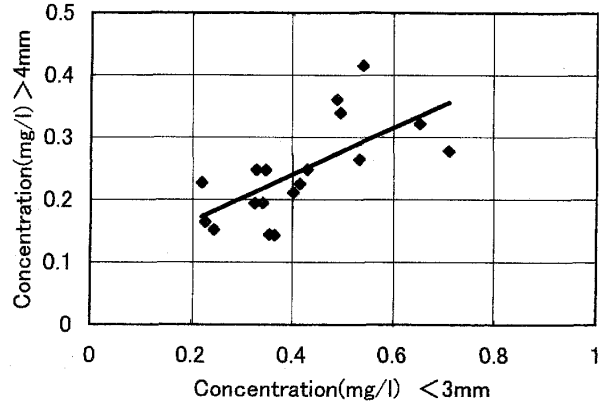


図9.3 雨水利用本実験装置における1次タンク水と2次タンク水の成分濃度の関係
上図：Mg²⁺ 下図：Ca²⁺

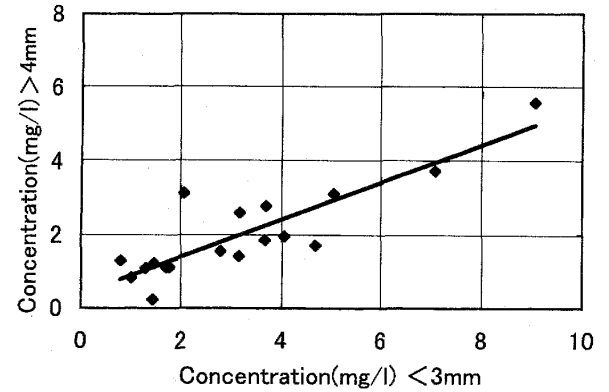
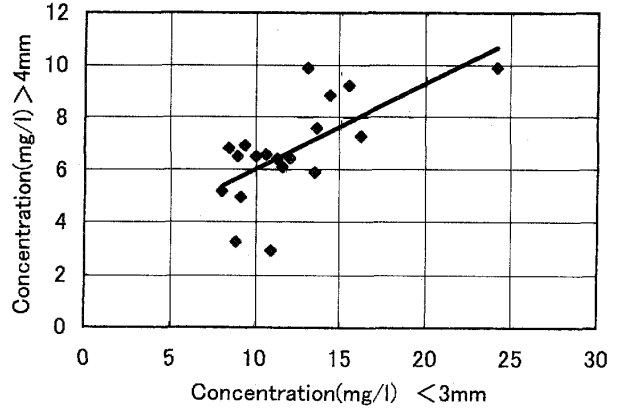
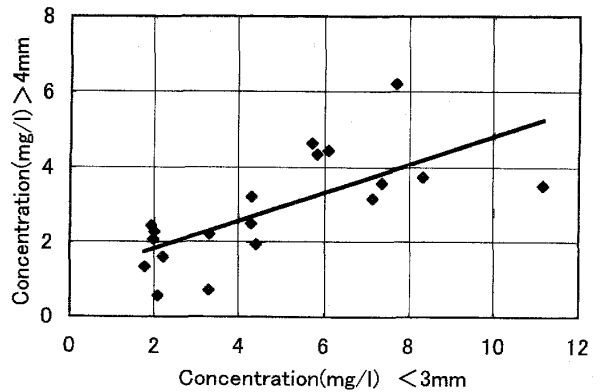


図9.4 雨水利用本実験装置における1次タンク水と2次タンク水の成分濃度の関係
上図：NO₃⁻ 下図：SO₄²⁻



5. 考 察

予備実験と本実験における本質的な違いは、降水に対する集水面の材質の差である。予備実験ではビニルシートで集水したが、水質に関しては、ポリプロピレン製のロートを用いた露出式採水器と、類似の結果が得られた。ところが、本実験では、実際の屋根から集水したため、屋根材の影響が大きく反映された。特に、屋根材から主として供給されたと考えられる Ca^{2+} の濃度は、予備実験の10倍にも達した。その結果として、降水は中和され、pH 6 台後半の中性に近い値を示した。

露出式採水器による調査結果によると、大気中の浮遊物と屋根面の汚れを洗浄するには、3 mm程度の降水が必要とされる。降水量 3 mmまでの初期降水を貯水した1次タンク水と、その後の降水を貯水した2次タンク水の水質について比較すると、2次タンク水のECおよび Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} などの濃度は、1次タンク水と比較して約1/3に、 NO_3^- は1/2に減少している。

このようにして、低コストで試作された本実験装置の使用により、初期降水を除去した雨水の貯水が可能であることが実証された。ドイツでは、このような雨水利用装置が工業規格化され（エコ地域デザイン研究所：2006）、実用化している。今後は、このような規格をも参考にし、より低コストですぐれた装置の開発を目指したいと考えている。

6. ま と め

露出式採水器による調査結果および予備実験をへて、雨の降り初め直後の初期降水を除去し、良質な雨水を貯蔵するための装置の開発、およびこ

の装置の効果についての評価を試みた。その結果、低コストで試作された本実験装置の初期降水除去効果、および屋根材の貯蔵水への影響が次のように確認された。

- (1) 降水量 3 mmまでの初期降水を貯水した1次タンク水と、4 mm以降の降水を貯水した2次タンク水の水質について比較すると、2次タンク水の各種成分濃度は、約1/3に減少した。
- (2) 屋根から集められた降水の水質には、屋根材の影響が大きく繁栄され、スレート材の場合には、 Ca^{2+} 濃度が約10倍に増加した。
- (3) Ca^{2+} 濃度が増加すると、その中和作用によりpH値が増加して酸性が弱まる。スレート材の場合には、pH 6 台後半のほぼ中性に近い値を示す。

謝 辞

本研究の実施に当たり、本研究所特別研究員高橋莞爾氏、および2006年度3年次専門研究のゼミ学生に多大なご協力を頂きました。ここに記して、心より深く感謝申し上げます。

文 献

- グループ・レインドロップス (1994) 『やってみよう雨水利用 まちをうるおすみんなの工夫』、北斗出版。
- 中村圭三・立澤誘一 (1997) メコンデルタにおける生活用水の雨季の水質について—ホア・トゥアン村における1996年8月の調査結果—、環境情報研究, 5号, 11-22.
- 中村 圭三 (2002) メコンデルタの生活用水利

雨水の飲料水化をめざしたローコスト雨水利用装置の開発

- 用に関する実態調査結果. pp.37-48, 法政大学比較経済研究所編：『東南アジアの環境変化』, 法政大学出版局.
- 中村圭三 (2003) 降水の採水方法の違いによる水質の比較. 環境情報研究, 11号, 9-22.
- 法政大学大学院エコ地域デザイン研究所 エコプロジェクト都市生態学チーム (2006) DIN1989 雨水利用装置 ドイツ工業規格 (DIN) で定める雨水規格. 法政大学大学院エコ地域デザイン研究所.
- 和田安彦・三浦浩之 (2002) 『水を活かす循環環境都市づくり -都市再生を目指して-』. 技報堂出版.
- K. Nakamura (2003) Results of Field Study on Daily Life Water Utilization in the Mekong Delta. Journal of International Economic Studies, No.17, 1-11.

ABSTRACT

The Development of Rain Water Utilization Equipment of the Type which removes Initial Precipitation made by the Low Cost and its Effect

Keizo NAKAMURA

The rain water utilization equipment of the type which removed initial precipitation was developed low-cost in order to store the good rain water. And, the effect of this equipment was evaluated.

The results are as follows.

1. The first tank stored the precipitation initial stage 3mm precipitation. And, the secondary tank stored the precipitation after 4mm. In comparison with the water quality of two tanks, component concentration of the secondary tank water variously decreased further than it of the first tank in about 1/3.
2. The water quality of the precipitation collected from the roof greatly receives the effect of roof material. it increased at about 10 times at the Ca^{2+} concentration.
3. The increase of the Ca^{2+} concentration is made to increase the pH value by the counteraction. pH of the water collected from the roof of the slate material shows the value in the latter half on the order of pH6 which is almost approximate to the neutrality.