

降雨区分自動採取装置の開発*

笠井 利浩^{*1}, 野村 利空^{*2}

Development of an Automatic Rainfall Classification Sampling Device

Toshihiro KASAI^{*1} and Rikuu NOMURA^{*2}

^{*1} Faculty of Environmental and Information Sciences, Department of Environmental and Food Sciences

In recent years, the deterioration of rainwater quality owing to air pollution caused by yellow sand or PM2.5 has become a problem. Therefore, it is necessary to accumulate data on rainwater quality; for this, it is necessary to collect rainwater. However, it is difficult to collect rainwater. In this study, we developed an automatic rainwater sampling system to automatically collect rainwater. The precipitation category of rainwater collected by this device is 0.63 mm/bottle, and it can collect up to 6.3 mm of rain water. In addition, the collection time of each section is recorded on the SD card by the microcomputer. By conducting a sampling experiment and analyzing the water quality, we confirmed a typical change in the water quality of the initial rainwater.

Key Words : Rainwater, Initial Rainwater, Sampling Device, Water Quality

1. 結 言

雨水本来の水質は、自然の水循環による浄化作用のために極めて良い。しかしながら、小原ら⁽¹⁾が行った降水量 0.5 mm 毎の水質分析結果 (Fig.1) では、降り始めから降水量 0.5~1 mm 間の不純物濃度が高くなっている。これは雨水の特性の一つであり、このような降り始めの雨は初期雨水と呼ばれている。雨水中に不純物が含有する原因として、雨滴生成過程、雨滴降下過程、雨滴着地・収集過程の3つの過程が考えられる⁽²⁾。雨滴生成過程については、核となる物質の径が 0.1 μm 以下と微細なため、これによる汚濁物質濃度への影響は極めて少ない。一方、雨滴降下過程および雨滴着地・収集過程については、降水が進むにつれ空気中や集水面の汚染物質が少なくなるため、このような水質変化が生じる。また、現在普及している雨水集水システムには初期雨水を貯水せずに本降りの雨水のみを貯水するための初期雨水除去装置が設置されていることも多い。これによってより貯留雨水の水質が向上し、水資源としての価値が高まる。

しかしながら、近年大きな問題となっている黄砂や PM2.5 等の飛来物質は、雨滴降下過程において初期雨水以降の雨滴にも少量ではあるが混入する可能性があるため、初期雨水除去システムによる除去が難しい。加えて、近年では東アジア等から飛来した PM2.5 や黄砂による大気汚染問題が大きく報道されており、気象庁の年別黄砂観測のべ日数 (Fig.2)⁽³⁾ によると、黄砂観測日数は多くなると共にめまぐるしく変化していることが分かる。このことから、今後の黄砂や PM2.5 による雨水の水質悪化が懸念されており、継続的な降雨区分雨水の水質データの収集が必要である。一方、過去の論文等に記載されている初期雨水の水質データは 1980 年代のものが多く、近年の水質データが少ない。

本報では、今回開発を行った継続的な降雨の水質データの蓄積に役立つ降雨区分自動採取装置の紹介と、その性能確認実験を兼ねた初期雨水の水質分析結果について報告する。

* 原稿受付 2019年3月29日

^{*1} 環境情報学部 環境・食品科学科

^{*2} 環境情報学部 環境・食品科学科 3年

E-mail: kasai@fukui-ut.ac.jp

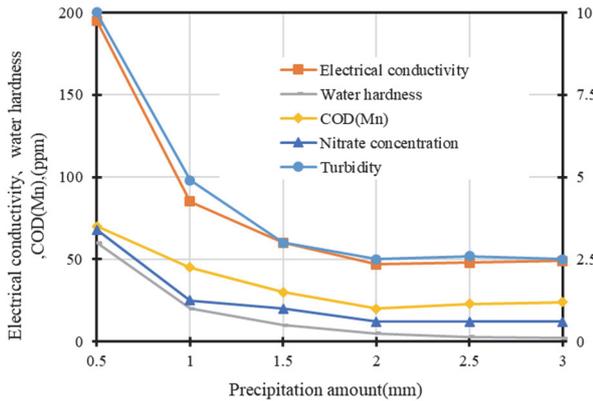


Fig.1 Changes in water quality of initial rainwater measured around 1987 (Average value)

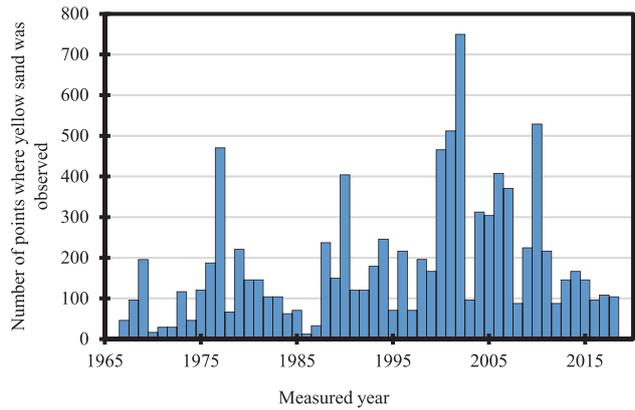


Fig.2 Number of yellow sand observation days by year (Statistics of 59 domestic points)

2. 採取装置の概要

降雨区分間隔は、降り始めの降水量 1~2mm 程度が初期雨水といわれていることと⁽¹⁾、降雨区分採取の先行事例を参考に⁽¹⁾、降水量 0.5 mm 間隔で 5 mm まで採取するものとした。また、集水面の面積は区分間隔や水質分析に必要な水量を考慮して、面積約 1 m² (1523*655 mm) とした。材質は成分の溶出が比較的少ない、ポリカーボネート製の波板を使用し、勾配は雨水の流れる勢いによって雨どいを超えてしまう可能性や耐風性を考慮して、2/10 勾配 (約 11°) とした。

雨どいは収納性を考慮して、VP50 塩ビパイプを縦に半分に切断したものを使用した。雨どいから各ボトルには、漏斗状に加工した 500 ml ペットボトルを用いて受水し、VP20 塩ビパイプを用いて採水ボトルに配水した。採水ボトルへの分岐箇所には水センサーが取り付けられており、配水管上部に搭載されたマイクロコンピュータ (ATMEGA 328) に入水時間を SD カードに記録させている。入水時間記録装置のセンサー部分には 1.6 mm VVF ケーブルの導線部を用いた。また、センサー部分と接続ケーブルの接着部分はホットメルトで耐水加工を施した。骨組みは強度や加工のしやすさを考慮して矢崎化工株式会社製のイレクターパイプ (樹脂巻鋼管パイプ) を用いた。集水面と骨組みの接着には、再利用や可搬性を考慮してアルミ製の L 字アングルを使用した。作成した装置の設計図を、Fig.3 および Fig.4 に示す。また装置の写真を、Fig.5 に示す。

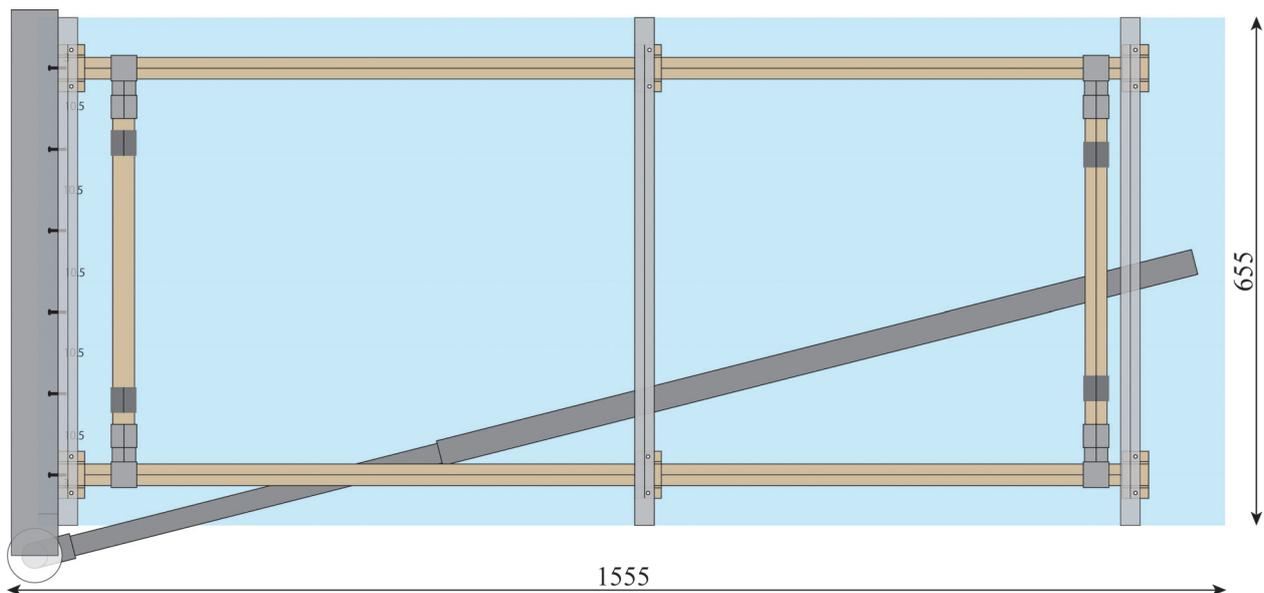


Fig.3 Blueprint of Automatic Rainfall Classification Sampling Device (Plan view)

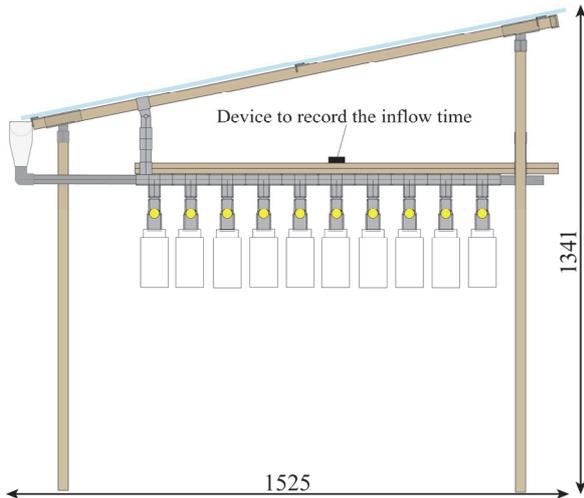


Fig.4 Blueprint of Automatic Rainfall Classification Sampling Device (Side view)



Fig.5 Photograph of installed device

2.1 採水ボトルの構造

採水ボトルには 500 ml の広口ボトルを採用した。ボトルのキャップにホットメルトを用いて 20*25 の塩ビ異径ソケットを接着した。また、ボトルの中にはあらかじめ栓の役目をする磁石入りの小さなピン球（径 27 mm）が入っており、ピン球が水の浮力により上昇することで異径ソケットに付けた鉄管に磁力で固定されて栓となる仕組みである。そのため、水は異径ソケットの中間まで溜まり、実際の降雨区分間隔は降水量 0.63 mm 程度となった。採水ボトルの設計図および実物を、Fig.6 および Fig.7 に示す。

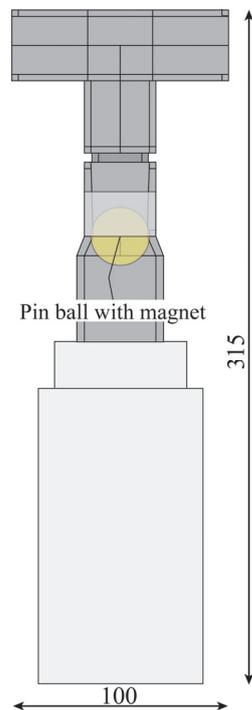


Fig.6 Blueprint of collection bottle



Fig.7 Photograph of collection bottle

2.2 入水時間記録装置について

採水ボトルに入水した時刻を記録するための装置回路を Fig. 8 に示す。今回作成した回路は、センサー部分が水に触れることで微弱な電流が流れることを利用したものである。この微弱な電流をマイクロコンピュータ

(ATMEGA 328) で検出できるようにトランジスタで増幅して、設置後からの各ボトルへの入水経過時間を SD カードに記録する。また、本装置は単三電池（8 本）を電源とし、2 日間以上連続稼働できる。

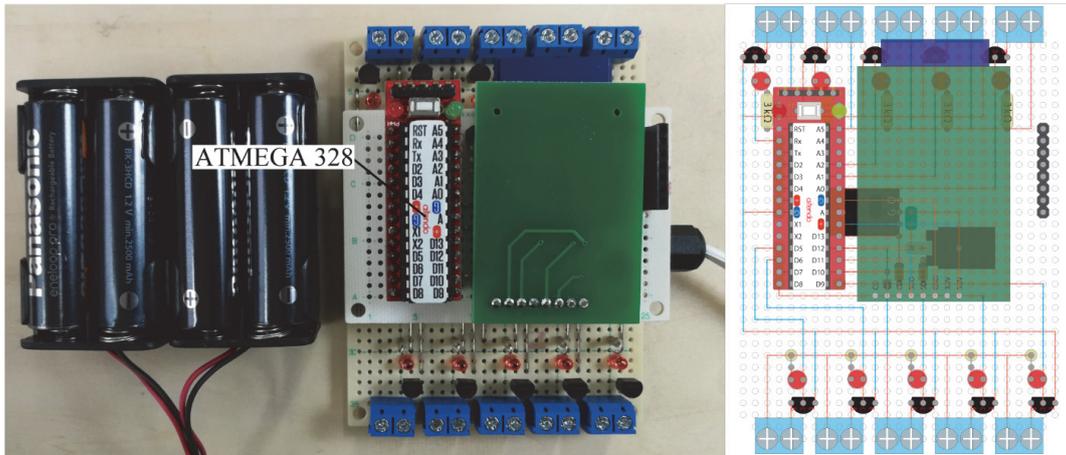


Fig.8 Inflow time recording device (Left: Photograph, Right: Circuit diagram)

2. 3 集水装置の持ち運びについて

作製した梱装箱および収納物の写真を、Fig.9 に示す。作成した装置のイレクターパイプは最長 1400 mm あり、発送は容易ではない。そのため、イレクターパイプをそれぞれ 1 m 以下の長さに切断し、脱着式にした。脱着方法は、VP16 塩ビパイプの外形（22 mm）よりイレクターパイプの内径（24.1 mm）が 2 mm 大きいため、VP16 塩ビパイプを 400 mm に切断し、ガムテープを巻いて太くしたものを、イレクターパイプ間のジョイントとして用いた。繋ぎ合わせたイレクターパイプの長さが 1000 mm になるよう組み合わせ、1020 mm に切断した VU125 塩ビパイプを梱装箱とした。

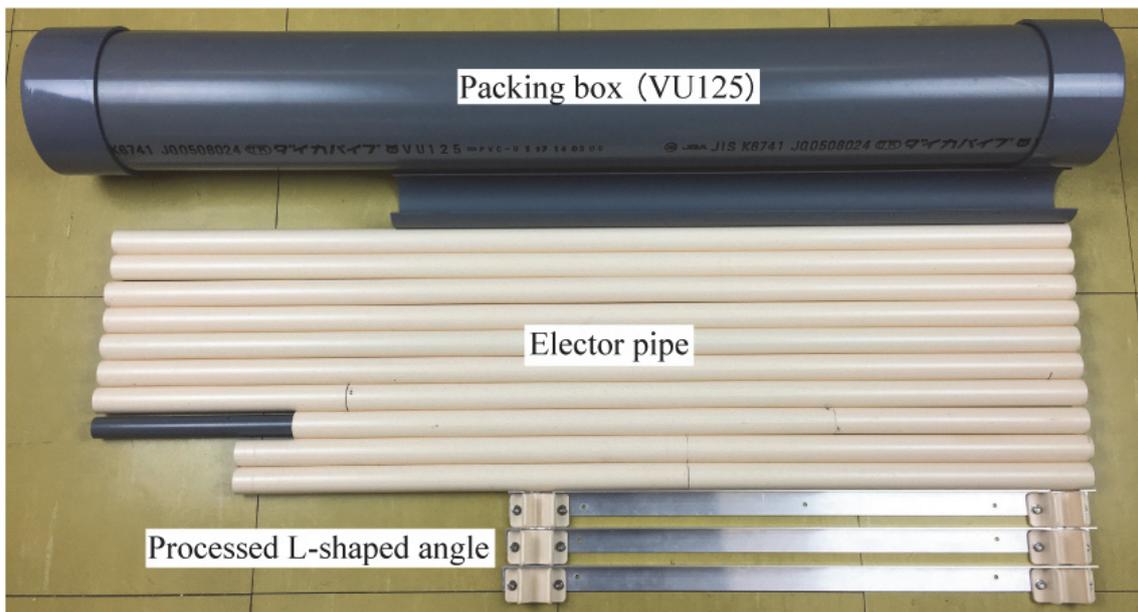


Fig.9 Photograph of the things stored in the packing box

3. 降雨区分雨水採取実験

3. 1 水質分析項目

雨水の飲用水としての利用が最終目的であるため、測定項目の選定は水道法水質基準を中心に行った。今回は機能確認実験として塩化物、硝酸塩、亜硝酸性窒素、硬度、電気伝導度、pH、 Ca^{2+} 、 Na^{+} 、大腸菌・大腸菌群数、一般生菌数および酵母・カビ等の測定を行った。

3. 2 水質調査結果および考察

作成した降雨区分雨水採取装置の機能確認実験を、長崎県五島市赤島で1回(2018/8/16)、福井工業大学で3回(2018/12/16, 2019/2/3, 2/4)行った。また、天気予報により降雨が予想される約1時間前に装置を設置し、集水面を消毒用アルコールでふき取った後、採取時間記録装置の電源を入れた。各回の水質分析結果を、Fig.10~13に示す。

まず、硝酸塩濃度、電気伝導度、硬度および塩化物濃度は降水量とともに数値が低下しており、典型的な初期雨水の水質変化が確認されたことから、降水量別に分取できていると考えられる。しかしながら、弱い雨を6時間程度かけて採取した2/3および2/4の水質データでは電気伝導度および塩化物濃度等の値が降水量2.5mm以降で上昇している。一方、強い雨により20分程度で採取した2018/12/16の水質データは降水量に反比例して不純物濃度が低くなっている。このことから弱い雨が長時間続く場合、雨によって洗浄された大気が入れ替わっていると考えられる。また、福井工業大学および赤島で採取した降雨区分雨水の水質を比較した。2018/12/16および2019/2/3の分析結果を、図14および15に示す。Ca²⁺、電気伝導度および塩化物濃度については赤島の濃度が福井工業大学より高かった。特に塩化物濃度については赤島の方が10倍程度高く、これは塩害の影響によるものと考えられる。しかしながら初期雨水以降の塩化物濃度は安定して1ppm程度を示しており、塩害地域においても初期雨水除去による貯留槽の水質向上が期待されることが分かった。一方、硝酸塩濃度については赤島の方が低濃度を示しており、車等の排ガス等による影響が少ないことが分かる。次に2/3降水量は気象庁によると⁽⁴⁾採取時間中に降水量6.3mm以上あり、採取量が少ないことが分かった。この日は気象庁の風向データ⁽⁴⁾によると、校舎側(南南東および南)から風が吹いていたため、校舎によって雨が遮られていたことが原因と考えられる。

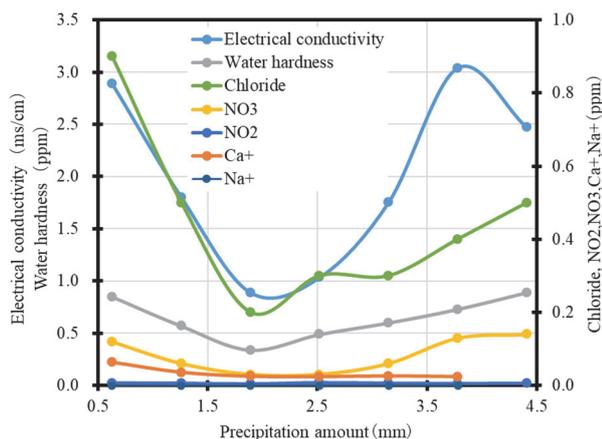


Fig.10 Results of water quality analysis of rainwater collected at Fukui Institute of Technology (2019/2/3)

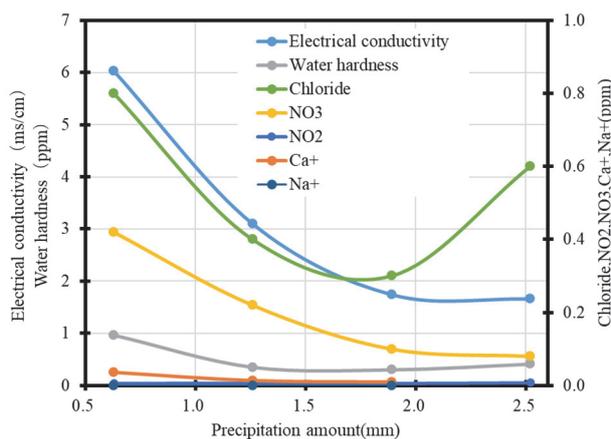


Fig.11 Results of water quality analysis of rainwater collected at Fukui Institute of Technology (2019/2/4)

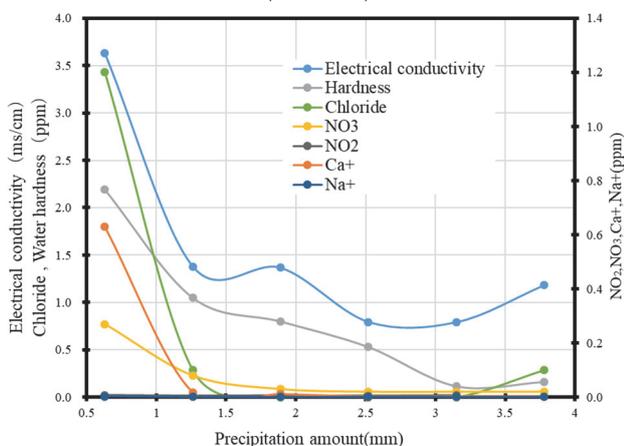


Fig.12 Results of water quality analysis of rainwater collected at Fukui Institute of Technology (2018/12/16)

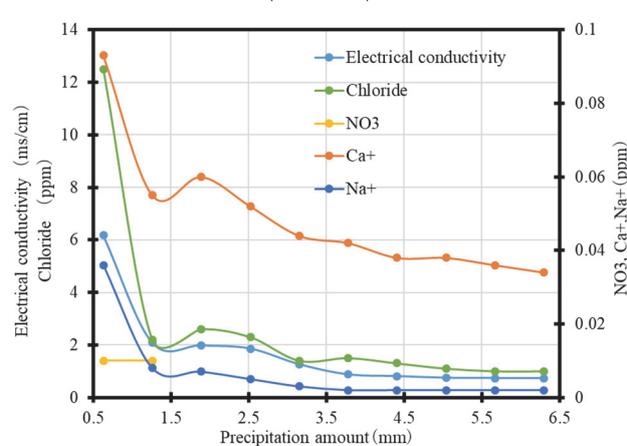


Fig.13 Results of water quality analysis of rainwater collected at Akashima (2018/8/16)

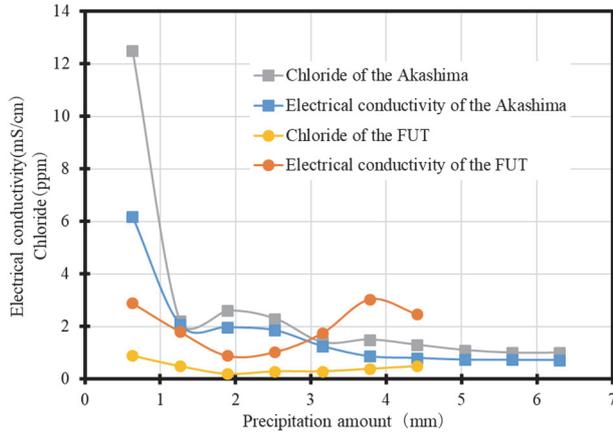


Fig.14 Comparison of electrical conductivity and chloride of rainwater collected at Akashima(2018/8/16) and Fukui Institute of Technology(2019/2/3)

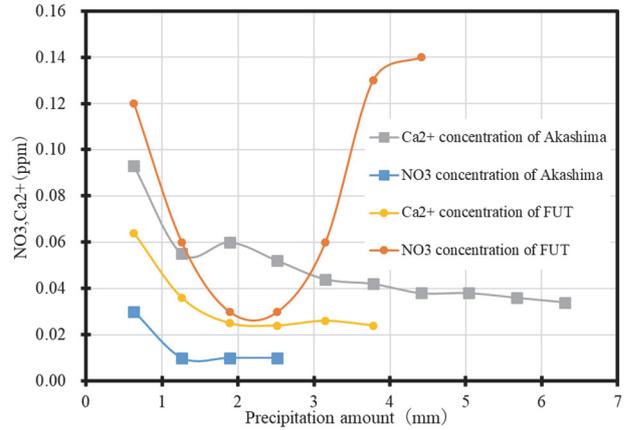


Fig.15 Comparison of nitrate and calcium ion of rainwater collected at Akashima(2018/8/16) and Fukui Institute of Technology(2019/2/3)

4. 結 言

近年、黄砂やPM2.5等の大気汚染問題に伴って、雨水の水質悪化が懸念されており、改めて雨水の水質データの蓄積が必要とされている。しかしながらある地点に対する降水量の予測は難しく、多大な労力と時間を要する。そこで降水量ごとの区分採取を自動化した降雨区分雨水自動採取装置を開発した。降水区分は降水量 0.63 mm、全体で 6.3 mm まで採取する。骨組みはイレクターパイプで作成し、集水面はポリカーボネート製の波板を使用した。また、マイクロコンピュータで各ボトルへの入水時間を SD カードに記録させ、降雨強度に対する水質変化も観測する予定である。この装置を用いて採取実験および水質分析を行った結果、水質データに初期雨水の傾向が見られたため、降雨区分ごとに区分して採取されていると考えられる。しかしながら降雨強度が弱い場合は途中で不純物濃度が上昇していることが分かった。今回は水質データが少ないため、今後様々な降水状況における水質データを集積する予定である。

謝 辞

赤島活性化プロジェクトは、これまでに赤島自治会の方々の他、計 30 の企業、団体から後援・協力等を得て活動を行っている。本プロジェクトに関係する方々にこの紙面をお借りして感謝の意を表す。また、本研究は、日本私立学校振興・共催事業団の学術研究振興資金および JSPS 科研費 16K06618 による助成を受けました。

文 献

- (1) 小原 伸一, "市街地における雨水利用を目的とした初期雨水の性状とその排除量に関する検討", 空気調和・衛生工学会論文集 (1987/10/6~8), pp.53-56.
- (2) 越川康夫, 村川三郎, "収集雨水水質に影響する沈積じんの検討", 日本建築学会計画系論文集, 第 536 号 (2000), pp.71-77.
- (3) 気象庁, "黄砂観測日数の経年変化", 気象庁, https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosahp/kosa_shindan.html (参照日 2019 年 3 月 20 日) .
- (4) 気象庁, "過去の気象データ検索", 気象庁, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (参照日 2019 年 3 月 20 日) .

(2019 年 4 月 26 日受理)