

## 長崎県五島列島赤島における雨水利用状況調査\*

笠井 利浩<sup>\*1</sup>, 近藤 晶<sup>\*2</sup>, 野村 利空<sup>\*1</sup>, 表寺 佳奈<sup>\*1</sup>

### Survey on Rainwater Usage in Akashima, Goto Islands, Nagasaki Prefecture

Toshihiro KASAI<sup>\*1</sup>, Sho KONDO, Rikuu NOMURA and Kana OMODERA

<sup>\*1</sup> Faculty of Environmental and Information Sciences, Department of Environmental and Food Sciences

Akashima is a small island located in the Goto Islands, Nagasaki Prefecture. The island area is 0.52 km<sup>2</sup>. Only 18 people reside here. As there are no water facilities on the island, the islanders live off rainwater. In summer 2017, Kasai laboratory and Kondo laboratory of Fukui University of Technology have begun the “Akashima activation project.” We investigated the water quality in the rainwater tanks on the island and the islanders’ water consumption. The stored rainwater’s pH, hardness, and electric conductivity values were higher due to the dissolution of alkaline components from the concrete storage tanks. In addition, a bacteria examination of the stored rainwater detected E. coli in several storage tanks. Therefore, it was not suitable for drinking. The islanders consumed very little water. “It was determined that they excelled in water conservation, using only 62 L/day of water.”

**Key Words** : Rainwater Harvesting, Rainwater Utilization System, Remote Island Promotion, Uninhabited Island

## 1. 緒 言

赤島は、長崎県五島列島福江島の南方に位置する有人島の一つである（図1）。玄武岩質溶岩が露出した比較的なだらかな地形<sup>1)</sup>と、住居を囲うように高く積み上げられた石塀が独特の景観を生み出している<sup>2)</sup>。面積は0.52 km<sup>2</sup>で、東京ディズニーランドとほぼ同じ大きさの小さな島であり、その島内に13世帯、18人の島民が暮らしている。ライフライン面では、電力は福江島から海底ケーブルで供給されており、インターネット環境においても福江島の電波を受信することで、一部の場所を除いて不安定ながら接続が可能である。またガスは、プロパンが渡海船（1日2便）によってボンベ供給されている。一方、水道水は供給されておらず、また島内には河川や利用可能な地下水源もないことから生活用水を一般的な淡水源に頼ることはできない。それゆえ、全生活用水を天水に依存した生活が昔から営まれており、島内全戸に数～10 m<sup>3</sup>規模の雨水貯留槽が備えられている（図2）<sup>3)</sup>。しかしながら、近年問題となっているPM2.5等の大気汚染による貯留雨水の水質悪化から、飲用には不向きであるのが実情であり、家庭によっては煮沸消毒をしたうえで飲用等に利用している。また元来、生活用水として利用可能な貯留雨水量は降水量によって影響を受けるため、常に渇水の不安が付きまとう。さらに、近年の気候変動によって生活用水の不足が顕著化する可能性が高まっている。

2017年度から福井工業大学の笠井研究室では、同大学デザイン学科の近藤研究室と共働で「赤島活性化プロジェクト」を開始した。本プロジェクトは、①赤島島内に水質と水量の両面から安心して使える雨水を水源とした給水システムの開発・構築と②赤島の特色である雨水生活のブランディング化による島の持続的活性化の二つから構成されている。①については既に設置が始まっており、「雨畑」と呼ばれる雨水集水面、大気中の汚れを含む初期雨水を効率的に除去するコンピュータ制御式の初期雨水除去装置、大型雨水貯留槽および浄水装置等で構成される。水質面においては、島内での宿泊施設の営業等を視野に入れた場合、一定基準の残留塩素濃度を満たす必要があるため、次亜塩素酸等の薬剤による殺菌が不可欠である。しかしながら、このような薬剤が入った生

\* 原稿受付 2018年2月28日

<sup>\*1</sup> 環境情報学部 環境・食品科学科

<sup>\*2</sup> 環境情報学部 デザイン学科

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

活用水を島民は望んでいない。以上のことから、営業等用の薬剤で殺菌した雨水、精密ろ過後 UV 殺菌した雨水および未処理の雨水も含めた複式水質給水システムを採用する予定である。また水量面では、現在島内で既設の雨水貯留槽に IoT を導入して連携稼働させ、島内全体で集水した雨水を効率的に利用できるスマート給水システムを構築する。一方、②の雨水生活のブランディング化については、2018 年春に小学生を対象とした雨の環境教育（雨水生活体験プログラム）の第一段を実施した。このプログラムは、赤島特有の雨水生活を環境教育用教材として活用し、自然界における水循環を再認識すると共に日常生活における雨水の有効利用を広く一般に発信するものである。将来的には、先の給水システムによって支えられる様々な施設の営業活動による経済活性化と並行し、島への移住者増加による人口増を目指し、離島にとって最も大きな問題である無人島化解決の糸口を探る。



図1 長崎県五島市赤島の航空写真



図2 赤島島内の一般的な戸建住宅と雨水貯留槽

## 2. 赤島島内における雨水利用水量調査

赤島は、国内では希な全生活用水を雨水に頼っている島である。島民への聞き取り調査から、夏季等の降水量が少ない季節には、年によってシャワー用の水すら不足するとの情報を得ている。以上の事から、島内の家庭の水使用実態調査を行った。

### 2.1 使用水量計測装置設置家庭の検討

赤島には、住民票上は 18 人が居住していることになっているが常住しているわけではなく、実際には伊勢エビ漁の期間中だけ居住している住民や、定期的に長崎等の他地域にある別宅とを交互に行き来している島民がいる。従って、島に常在する島民の数は 10 名以下である。赤島の各家庭の構成人数と居住状況を、表 1 に示す。今回は、赤島島内の代表的な家庭の水使用パターンを計測調査するため、選定条件として 2 人以上で常在している家庭の中から最も若い（50 代後半）世帯である B 邸を選定した。

表 1 赤島の各家庭の構成人数と居住状況（2017 年 6 月現在）

No.	名前	在宅状況	世帯人数(人)	年齢等	No.	名前	在宅状況	世帯人数(人)	年齢等
1	A 邸	○	1	76 歳	9	I 邸	○	1	77 歳
2	B 邸	◎	2	50 代後半	10	J 邸	◎	2	77 歳
3	C 邸	◎	1	73 歳	11	K 邸	○	2	60 歳
4	D 邸	×	0	空き家	12	L 邸	△	1	60 代前半
5	E 邸	×	0	空き家	13	M 邸	◎	2	66 歳
6	F 邸	△	1	70 歳前半	14	N 邸	◎	2	80 歳
7	G 邸	△	1	80 歳近い	15	O 邸	○	1	60 代前半
8	H 邸	○△	1	70 歳前半					

◎：常時居住 ○：常時居住（月 1 回 1 週間程度留守） △：時々島に居る程度 ×：空家

## 2.2 使用水量計測装置

赤島島内に設置した水使用量計測用の装置の概要を、図3に示す。赤島島内のB邸（50代後半2人世帯）の雨水貯留槽に、パルス式水量メータ（愛知時計電気㈱社製：MG700M-A-3、以降、水量メータ）、ワイヤレスデータロガー（親機：RTR-500MBS-A、子機：RTR-505-VL、共に㈱T&D社製）等を設置した。水量メータのスイッチ切り替え区間と水量との関係を、図4に示す。水量メータの仕様では、水量によりスイッチがON、OFFと切り替わり、20 L使うと内部のマグネットが360°回転する仕組みになっている。スイッチON区間は110°、OFF区間は250°である。ON区間では6.11 Lの水が流れ、一方、OFF区間では13.89 Lの水が流れる仕様となっている。この水量メータを用いて、スイッチON時にはLEDが点灯すると共にワイヤレスデータロガー子機（以下、子機）に乾電池から約3Vの電圧が印加される簡易な回路を製作した。今回設置した使用水量計測装置電圧測定部とワイヤレスデータロガー子機を、図5に示す。子機は回路のON、OFFの電圧変化を5秒に1回計測して一時保存し、保存したデータを6時間に1回無線でB邸屋内のワイヤレスデータロガー親機（以下、親機）に送信する。親機は子機から受け取ったデータを3G回線によってT&D社のおんどとりWeb Strageにアップロードする。このデータは、ネット環境さえあればどこからでも確認やCSV形式等でダウンロードできる。

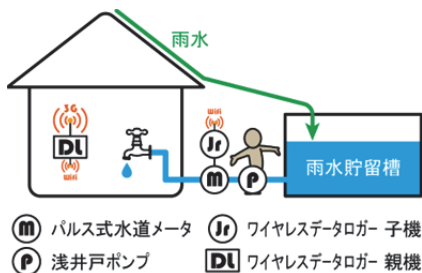


図3 使用水量計測装置の概略図

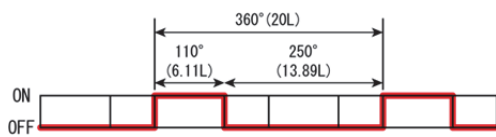


図4 水量メータのON-OFFと水量の関係



図5 使用水量計測装置電圧測定部とワイヤレスデータロガー子機

## 2.3 データ解析

6時間ごとに親機からおんどとりWeb Strageにアップロードされたデータには、「年月日時分秒」、「日付シリアル値」、「電圧」の3項目が記載されている。このデータは、T&D社から配布されているおんどとりWeb Strage用データ読込・グラフ表示ソフト（T&D Graph）を用いて一連のデータとしてCSV形式で保存できる。データ解析は、Microsoft社の表計算ソフトExcelのVBA（Visual Basic for Application）を用いて行った。データ解析は、記録されている各時刻の約0～3.1Vの電圧値を閾値1VとしてスイッチのON（1）、OFF（0）値に変換後、スイッチのON-OFFが切り替った時刻と前述の水量メータのON-OFFと水量の関係から集計して行った。スイッチON区間では6.11 L、OFF区間では13.89 Lを秒数（5秒単位）で除して単位時間使用水量を求めた。これらの値を基に0時0分0秒～24時0分0秒までの5秒単位の平均水使用量を算出し、その後、1時間使用水量および1日使用水量を求めた。

## 2.4 使用水量調査結果および考察

計測データを基に解析を行って得られた、今回の調査期間中（2017/8/27～10/1）の赤島における日別水使用量を、図6（図中、使用水量未記載の日はデータ欠測により値が得られなかった）に示す。今回の使用水量調査から得られた赤島の家庭の水使用量は1人1日当り62 L/日/人であり、日本国内における一般的な1人1日当りの水使用量（219 L/日/人<sup>3)</sup>）と比較して約30%と非常に少ない超節水生活が実現されている。このことから、赤島の島民は高い水ストレス下におかれていることが分かる。

次に、赤島と国内一般家庭における時間別水使用量を、図7に示す。赤島の家庭の水使用量のピークは18～

19時に現れているが、これは入浴と炊事（特に洗い物）によるものである。この家庭では、節水のため日々発生する食器類などの洗い物は夕食後に一括して行っている。入浴に関しても、貯水量に余裕が有る場合にはシャワーを利用するが余裕が無い場合には体を拭くだけで我慢しなければならない。一方、国内の一般的な家庭では、朝と夕方から夜間にかけての大きな水使用量のピークがある。今回調査を行った家庭は漁師であり朝が早い。従って夜も早い時間帯に就寝することから夜間には水使用量のピークが無いと推測される。

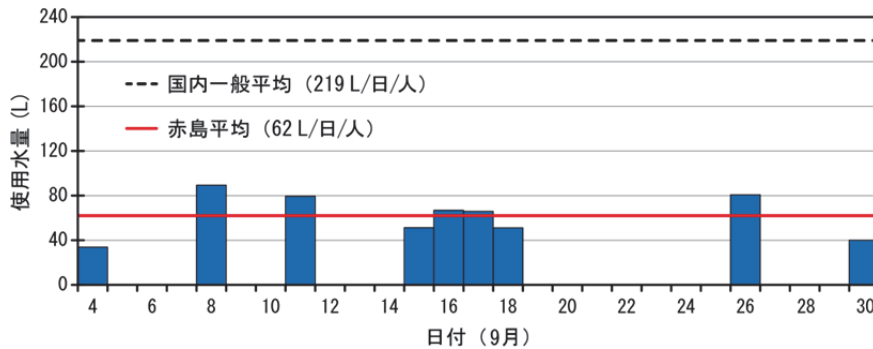


図6 赤島における日別水使用量 (L/日/人)

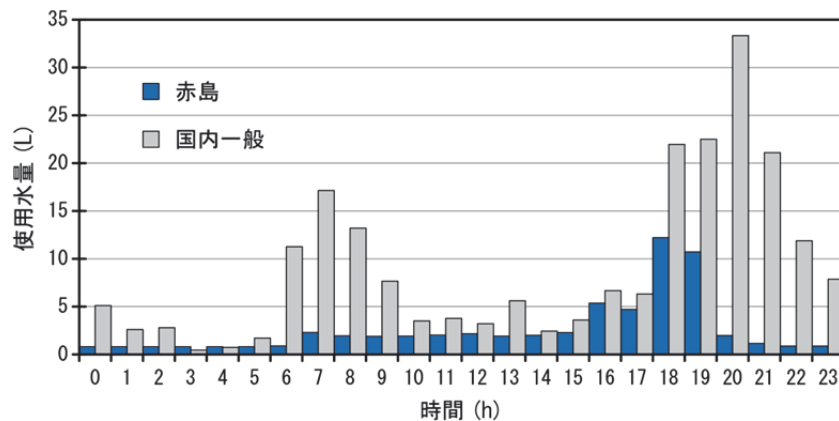


図7 赤島と国内一般家庭における時間帯別水使用量 (L/時/人)

### 3. 雨水貯留槽内の水質調査

#### 3.1 水質調査方法

今回水質調査を行う家庭は、①一般家庭に近い夫婦二人暮らしである事 ②赤島に滞在している時間が比較的長い事 ③島内で年齢が比較的若い事 の三条件をできるだけ満たすように選定した。また公民館については、赤島活性化プロジェクトの一環として雨の集水面である「雨畑」を製作するために、我々8名が3週間滞在していた場所である事から選定した。

水質分析先として選定した各建物の集水面の様子を、図8に示す。公民館の屋根は、屋根勾配コンクリート、B邸およびJ邸はセメント瓦葺きである。B邸とJ邸の屋根の状態を比較すると、B邸の瓦はまだ塗膜が残っているのに対して、J邸の瓦は塗膜が全て剥がれており劣化が著しい。水質測定用試料水のサンプリングは、J邸および公民館は台所の蛇口、B邸は庭の水栓から2日おきに直接サンプル瓶に行った。なお、サンプリングに際しては毎回事前に1分間程度水を流した後、汚染が無いよう慎重に100 mL 蓋付きガラス瓶に採水した。

水質分析は、一般的なpH、硬度、電気伝導度（以下、EC）および排気ガスの影響を考慮して硝酸塩濃度とした。また、「嵐の後は作物が塩害により枯れてしまう」や「貯留雨水は一度煮沸消毒して飲まないと体調が悪くなることがある」等の島民の声があった事から、塩害の指標となる塩化物濃度の測定を行うと共に長崎県食品衛生協会による飲用井戸等の水質検査（11項目）の依頼分析を行った。硬度、塩化物および硝酸塩については、ポータブル吸光光度計（HACK製、DR1900）を使用した。各項目の測定方法は、硬度（カルマイト比色法）、塩化物（チオシアン酸水銀法）および硝酸塩（カドミウム還元法）で行った。一方、pHおよびECについては、ポー

ダブル pH・水質分析計（㈱堀場製作所製，D-74，pH 電極 9430-10D，導電率電極 9382-10D）で測定した．



図 8 各家の集水面の画像

### 3.2 水質調査結果および考察

8 月 13～21 日（公民館のみ 27 日）の pH，EC，硬度，塩化物濃度および硝酸塩濃度の測定結果を，表 2 および表 3 に示す．また，食品衛生協会による水質検査（11 項目）の結果を，表 4 に示す．

表 2 赤島島内の貯留雨水の EC および硬度の測定結果

採取場所	採取年月日	採取時刻	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	陽イオン濃度( $\text{mg}/\text{L}$ )		硬度 ( $\text{mg}/\text{L}$ )
				$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	
B 邸	2017/08/13	01:00	94.7	0.00	3.58	14.73
	2017/08/15	08:15	94.2	9.71	0.29	25.47
	2017/08/17	08:28	94.7	9.84	0.27	25.70
	2017/08/19	08:30	91.9	10.31	0.38	27.35
	2017/08/21	08:32	92.4	10.88	0.26	28.27
J 邸	2017/08/13	13:35	94.7	10.84	0.57	29.43
	2017/08/15	08:07	121.7	10.16	0.61	27.91
	2017/08/17	07:53	127.9	11.68	0.60	31.66
	2017/08/19	19:00	135.1	11.42	0.63	31.15
	2017/08/21	08:10	132.6	10.28	0.68	28.47
公民館	2017/08/13	13:50	87.1	9.21	0.43	24.79
	2017/08/15	08:32	81.0	7.52	0.53	20.99
	2017/08/17	07:53	75.4	7.54	0.39	20.13
	2017/08/19	08:09	75.6	7.22	0.43	19.83
	2017/08/21	08:00	73.8	6.44	0.47	18.02
	2017/08/23	23:45	44.5	4.15	0.28	11.52
	2017/08/25	11:00		5.10	0.32	14.07
	2017/08/27	17:10		4.99	0.38	14.56

表 3 赤島島内の貯留雨水の塩化物濃度，硝酸塩濃度および pH の測定結果

採取場所	採取年月日	採取時刻	塩化物 (mg/L)	硝酸塩 (mg/L)	pH
B 邸	2017/08/13	01:00	7.4	0.01	8.82
	2017/08/15	08:15	6.7	0.03	8.93
	2017/08/17	08:28	7.9	0.02	9.11
	2017/08/19	08:30	6.6	0.11	8.38
	2017/08/21	08:32	6.8	0.33	9.02
J 邸	2017/08/13	13:35	13.5	0.13	6.24
	2017/08/15	08:07	14.3	0.28	6.38
	2017/08/17	07:53	11.4	0.26	8.55
	2017/08/19	19:00	18.9	0.22	8.36
	2017/08/21	08:10	12.3	0.27	8.61
公民館	2017/08/13	13:50	5.7	0.05	6.29
	2017/08/15	08:32	6.2	0.03	6.46
	2017/08/17	07:53	5.0	0.02	6.23
	2017/08/19	08:09	6.2	0.02	6.30
	2017/08/21	08:00	5.3	0.13	6.33
	2017/08/23	23:45	2.8	0.06	6.35
	2017/08/25	11:00	3.9	0.07	
	2017/08/27	17:10	4.1	0.03	

表 4 長崎県衛生協会による赤島島内の貯留雨水の検査結果

測定項目	公民館	公民館 (臭素系殺菌 剤投入後)	B 邸	J 邸
一般細菌(CFU/mL)	3000 以上	3000 以上	65	23
大腸菌	検出する	検出しない	検出する	検出しない
亜硝酸態窒素(mg/L)	0.038	0.004 未満	0.004 未満	0.004 未満
硝酸態窒素および亜硝酸態窒素 (mg/L)	0.4	0.1	0.5	0.5
塩化物イオン(mg/L)	7.7	3.6	8.7	14.7
有機物(全有機炭素)量(mg/L)	0.8	1.1	0.4	0.3
pH	7.5	7.1	9.5	9.3
味	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
臭気	カビ臭	カビ臭	異常なし	異常なし
色度(度)	3.1	2.9	1.7	1.2
濁度(度)	1.1	0.9	0.3	0.2

硬度の主な要因は  $\text{Ca}^{+}$  であり，コンクリート製タンクや集水面（セメント瓦）の劣化により溶出したと考えられる．そのため，雨水本来の pH が 5.6 あるにも関わらず，今回測定した pH 値の平均値は，J 邸で 7.6，B 邸で 8.9，公民館で 6.3 と，一般的な雨の pH 値と比較してアルカリ性側によっている（表 2）．塩化物濃度は，高い方から J 邸，B 邸，公民館となっており，海岸から近い順に高濃度になっている（図 8）．しかしながら，J 邸と B 邸では海岸からの距離がほぼ同じであるのに対して，B 邸の塩化物濃度は J 邸の 1/2 程度になっている．これは，B 邸側の海岸は防波堤によって囲まれ，外界の波が和らげられて波飛沫の飛散が緩和されたためと考えられる．一方，硝酸塩濃度については全て約 0.3 mg/L 以下であり，非常に低い値を示している．これは，近隣の島々を含め島内

においても排気ガスを出す車等の汚染源が少ないためと考えられる。

細菌類やカビ臭については、以下のような傾向が見られた（表 4）。公民館の貯留雨水中からは一般細菌が 3000 CFU/mL 以上、大腸菌およびカビ臭も検出された。また、B 邸でも大腸菌が検出されており、公民館および T 邸は共に飲用水として不適である結果となった。1 回目の検査の後、公民館の貯留槽に臭素系殺菌剤（錦海化学㈱社製：DBDMH）を投入した結果、大腸菌のみ検出されなくなった。一般細菌が減少しなかった原因として、今回用いた臭素系殺菌剤の投入量が足りなかったことが考えられる。また、臭素系殺菌剤は粉末状ではあるが水に溶けにくい性質を持っているため、投入した薬剤が沈殿してしまい十分に殺菌能力を発揮できていなかった可能性がある。臭素系殺菌剤は有機溶剤に可溶性であるため、次回以降は消毒用アルコール等で溶かした後、投入することを検討している。公民館の貯留槽内の雨水からカビ臭が検出された原因として、公民館の雨水貯留槽の水は普段殆ど利用されないことが挙げられる。そのため水の循環が殆ど無く、菌やカビが繁殖したと考えられる。

本来雨水は不純物を含まない蒸留水に近い水質を持っている。しかしながら、今回測定した貯留雨水は、集水面であるセメント瓦の表面やコンクリート製貯留槽からのアルカリ分の溶出によって、pH、硬度および電気伝導度の値が高くなっている。雨水のより有効な利用方法を考えた場合、雨本来の水質的な特徴を活かした貯留方法にすることが望ましい。雨水の水質は蒸留水に近く、不純物が少ない事が大きな特徴としてあげられる。その水質を維持するためには、集水面であるセメント瓦の塗膜の補修や貯留槽内の樹脂コーティング等の対策が考えられる。これによって、軟硬度を維持することができ、例えば洗濯時等において洗剤が十分に洗浄力を発揮できるなどの効果が得られる。また菌類による汚染に関しては、主な原因として長期的な雨水の滞留が考えられるため、貯留槽内の洗浄を行った後、普段から雨水貯留槽の水を利用して新しい水を循環させるような運用が求められる。

#### 4. 結 言

2017 年度から開始した赤島活性化プロジェクトでは、赤島島内に雨水を水源とした給水システムを構築する。本報では、その設計の前段階として赤島島内における水の利用状況と島内各戸に設置された雨水貯留槽内の貯留雨水の水質を調査した。水質面では、コンクリート製の雨水貯留槽からアルカリ分が溶出して硬度を高めており、雨水の蒸留水に近い水質を維持するためには樹脂コーティングする等の対策が必要である。また、海塩粒子の飛散による塩害も確認される事から、雨水を貯留するに当たって効率的な初期雨水の排除が求められる。一方、島内の家庭は国内の一般家庭と比較して極度の水ストレス下に置かれていることが分かった。今後はさらなるデータ収集を行い、より精度の高い情報を基にした給水システムの規模の検討を行う。また、雨水を水源とした給水システムによる給水量には制限があるため、島内各戸の水使用パターンを常時モニタリングし、効果的に配水するシステムのスマート化にも取り組まねばならない。

#### 謝 辞

赤島活性化プロジェクトは、赤島自治会の方々の他、計 23 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したい。

#### 文 献

- (1) 財団法人日本離島センター，日本の島ガイド SHIMADAS，第 2 版(2004)，pp. 924-926，三州社。
- (2) 竹内清文，田尻宏太郎，“長崎県の離島における水資源と水利用―久賀島・赤島・黄島を例として―”，長崎大学教育学部社会科学論叢，No. 42 (1991)，pp. 1-12。
- (3) 東京都水道局，もっと知りたい「水道」のこと，<https://www.waterworks.metro.tokyo.jp/faq/qa-14.html#1>（参照日 2018 年 2 月 28 日）。

（平成 30 年 3 月 31 日受理）