

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 9 日現在

機関番号：37702

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420592

研究課題名(和文) 資源ゴミの洗浄に係わる環境負荷とその低減化に関する検討

研究課題名(英文) Study on the Reducing Means of the Energy Consumption, the Water Supply Load on Washing Recyclable Waste

研究代表者

石渡 博 (Ishiwatari, Hiroshi)

第一工業大学・工学部・客員教授

研究者番号：50290739

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：多くの自治体で、容器包装リサイクル法により回収される資源ゴミについては、洗浄するように指導しており、新たな水使用が発生して排水負荷も増加し、湯使用によりエネルギー消費も増加している。本研究では新たにつけ置き洗いに関するアンケート、洗浄実験を行った。更にこれまで行ったアンケートおよび被験者実験の結果を補完し再確認するためのアンケートを行い、それまでの成果と包装容器毎の内容物の残渣量と洗浄水量から求めた洗浄排水の水質測定結果の一部を空気調和・衛生工学会、new環境展、エコプロダクツ2017で発表した。

研究成果の概要(英文)： Since the Containers and Packaging Recycling Law was in force in 1997, sorted collection of containers and packaging is going on, and we are supposed to wash recyclable waste under the local council's guidance. The important point is that as a result, energy consumption, water supply load and discharge load have correspondingly increased in spite of focus on environmental concerns, and that it is unexpected circumstances. We conducted a new supplementary questionnaire survey for previous study results about washing recyclable waste. And we had tried washing in soak which they frequently run in the home. We had made the study results public in SHASE, New Environmental Exposition, and Ecoproducts Exposition.

研究分野：建築環境・設備

キーワード：資源ゴミの洗浄 つけ置き洗い アンケート 水使用量 エネルギー消費量 排水負荷

1. 研究開始当初の背景

ゴミの減量化とリサイクルの推進を目的として、平成9年4月「容器包装に係わる分別収集及び再商品化の促進等に関する法律」(容器包装リサイクル法)が施工された。これ以降、分別方法は多少異なっているものの、多くの自治体がゴミの分別収集を行っており、容器包装プラスチックなどが回収されている。

自治体のほとんどは、この資源ゴミについては洗浄するように指導しており、当該地域ではこの洗浄用の水使用量が増えていることは明らかである。そのため、従来のデータをもとに設計・建設されている上下水道施設等については、供給能力が不足することや、包装容器の汚れや油脂分の洗浄に湯が使用され、新たなエネルギー消費が発生していること、また、その一方で洗浄の煩わしさを嫌って多くの貴重な資源が可燃ゴミまたは埋め立てゴミとして廃棄されていることなど、新たな社会問題が生じている可能性が高い。

2. 研究の目的

既往研究「資源ゴミの洗浄に係わる新たな水使用負荷の推定法と低負荷資源ゴミのあり方の提案」では、資源ゴミに関するアンケート(その1~3)¹⁾、資源ゴミの洗浄に関する被験者実験等(冬期²⁾及び夏期³⁾)から、住宅における資源ゴミの洗浄により発生する新たなエネルギー消費、水使用負荷等について明らかにした。本研究「資源ゴミの洗浄に係わる環境負荷とその低減化に関する検討」では、その発展的継続研究として、まず「つけ置き洗浄に関するアンケートと被験者実験」を行ってつけ置き洗浄における資源ゴミの主な組み合わせの水(湯)使用量、(給湯)エネルギー消費量を明らかにし、次に「資源ゴミの洗浄に関する新たなアンケート調査」を行って資源ゴミの保管場所と資源ゴミ回収の間隔などとの関係について検討する。

3. 研究の方法

(1)「つけ置き洗浄に関するアンケートと被験者実験」では、既往研究での冬期および夏期の水(湯)使用実験時に行った被験者へのアンケートにおいて、つけ置きを行っていると答えた被験者が比較的多かったことから、あらたに金沢市内の住民につけ置き洗浄に関するアンケートを行い、つけ置き洗浄を想定した洗浄実験を行った。

(2)「資源ゴミの洗浄に関する新たなアンケート調査」では、これまで行ったアンケートおよび被験者実

験の結果を補完して再確認をし、資源ゴミの保管場所と資源ゴミ回収の間隔などとの関係について検討するために、新たにアンケートを行った。

4. 研究成果

(1) つけ置き洗浄に関するアンケート

アンケート概要

冬期および夏期の水(湯)使用実験時に行った被験者へのアンケートにおいて、つけ置きを行っていると答えた被験者が比較的多かったことから、あらたに金沢市内の住民を対象に主につけ置き洗いに関するアンケートをおこなった。

アンケート調査項目を表1に示す。

アンケート結果

アンケート票の配布回収期間は平成26年11月下旬~12月初旬とし、配布は訪問配布、回収は郵送とした。

表2に配布・回収結果を、表3に回答者の属性を示す。60代未満が69.3(%)であり、比較的若い世代の回答者が多かった。

「汚れのひどいものは、つけ置きして洗浄をしていますか」(図1)については、「している」「ときどきしている」が60.3(%)となり、つけ置き洗浄をしている回答者が多くいた。また、その対象品目(図2)については、ビン類(25.5%)、食品トレイ(19.9%)、ボトル・チューブ類(17.5%)等の順であったが、参考文献²⁾³⁾から油脂分の多い内容物のチューブ類、レトルパウチは洗浄せずに廃棄されることが多いため、少なくなっている。

つけ置き洗浄の手順(図3)については、Cの「内容物(残滓)を捨てる すずぐ つけ置き すずぐ」が最も多く(34.3%)以下のつけ置きの洗浄実験では、この組み合わせを洗浄手順とした。

つけ置き洗浄時における湯使用(図4)については、冬期には34.3(%)が「湯を使用する」としていたが、「資源ゴミによる」を加えると、74.3(%)が「湯を使用している」ことになる。この割合は中間期(春期・秋期)では51.5(%)、夏期でも35.7(%)となっている。

つけ置き時間については、水による場合(図5)は品目による差違は余り大きくなく10分以内が最も多くなっている。湯を使用する場合(図6)には油脂分の除去を目的としているためか、水と同様に10分以内が最も多くなっているが、品目による差違が大きくなっている。通常、洗浄されないで廃棄されることが多い

と思われるレトルトパウチについては、つけ置き時間は21～30分が最も多くなっている(46.2%)

「つけ置き後のすすぎに洗剤を使用するか」(図7)については、「使う」(24.3%)と「資源ゴミによる」(51.4%)を加えると、75.7(%)が「洗剤を使っている」ことになる。

既報¹⁾でのアンケート結果では、回答者の94.1(%)が資源ゴミの洗浄を行っていた。一般に「資源ゴミ」の回収は「燃えるゴミ」のように頻繁には行われないため、一定期間、各家庭で保管する必要がある。保管場所の有無は資源ゴミの洗浄の定着に関連があると考えられるため、今回、保管場所の有無を調査したところ、「保管場所がない」(39.4%)(図8)にもかかわらず、これらの住戸の多くは、「資源ゴミ」を「可燃ゴミ」としての出すことなく洗浄していると考えられ、環境意識が高いと予想される。

「普段からリサイクルする意識」(図9)については多くの回答者がリサイクルの意識がある(81.6%)と答えている。また「自分の住んでいる地域の分別方法の理解」(図10)についても多くの回答者が理解しており(87.7%)、ゴミの分別・リサイクルの意識が高い人が多いことが分かった。

「資源ゴミを洗浄する理由」(図11)については「自治体の指示に従って」が23.2(%)、「臭気を防ぐため」が34.8(%)、「その両方」が36.6(%)であったが、39.4(%)の住宅にはゴミの保管場所がなく⁴⁾、資源ゴミは燃えるゴミほど頻繁に回収されないために、保管時の臭気防止を考慮して洗浄する回答者が少なくないと考えられる。同じ理由で洗浄できない資源ゴミについては燃えるゴミとして廃棄されている¹⁾。

回収の頻度と保管場所の有無の関係が、一方で洗浄の定着を促進させたとともに、他方では貴重な資源の廃棄につながっていることは明らかである。

表1 アンケート調査項目

・回答者の属性
・環境問題、資源ゴミ、リサイクルについて
・資源ゴミの量、洗浄方法について
・つけ置き洗い、資源ゴミの保管について

表2 アンケートの配布・回収

アンケート票 配布数 145票
有効回答数 116票
回収率 80.0%

表3 回答者の属性

属性	回答数	構成比
性別		
男	12	10.3%
女	102	87.9%
無回答	2	1.7%
合計	116	100.0%
年齢		
10代	2	1.7%
20代	2	1.7%
30代	22	19.0%
40代	21	18.1%
50代	18	15.5%
60代	25	21.6%
70代	16	13.8%
80代以上	10	8.6%
合計	116	100.0%
家族構成		
高齢者同居(3世代)	2	1.7%
家族(2世代)	53	45.7%
夫婦のみ	32	27.6%
単身	27	23.3%
無回答	2	1.7%
合計	116	100.0%

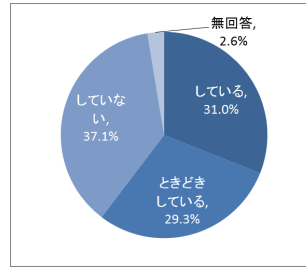


図1 つけ置き洗浄

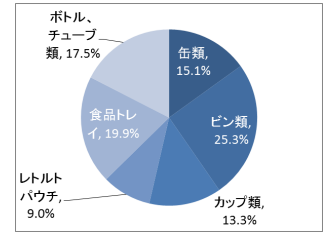
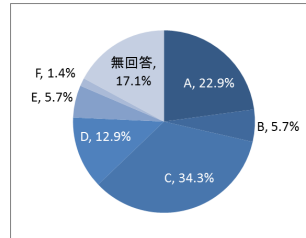


図2 つけ置き洗浄する品目



A	1	3	2
B	3	1	2
C	1	2	3
D	1	2	3
E	3	2	
F	2	3	2

図3 つけ置き洗浄の手順

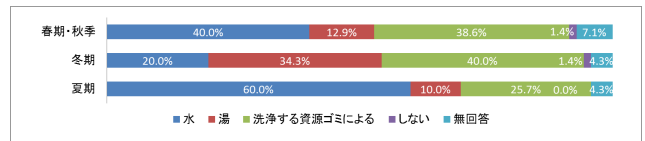


図4 つけ置き洗浄時の湯使用(季節)

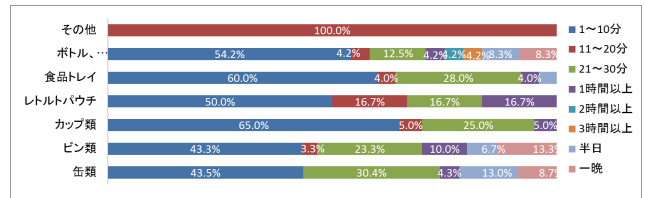


図5 つけ置き時間(水)

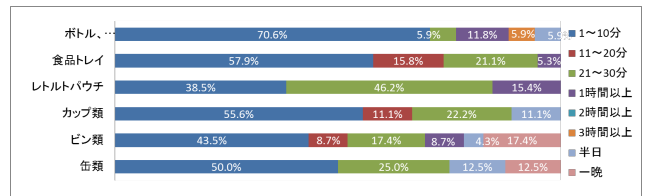


図6 つけ置き時間(湯)

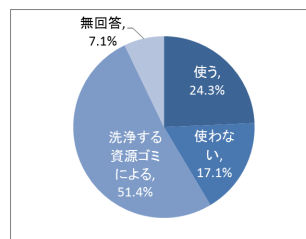


図7 すすぎ時の洗剤の使用

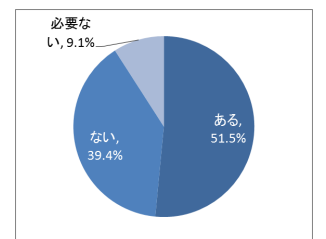


図8 資源ゴミの保管場所

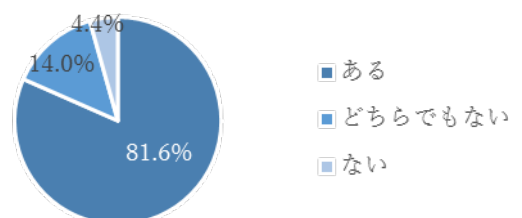


図9 普段からリサイクルする意識

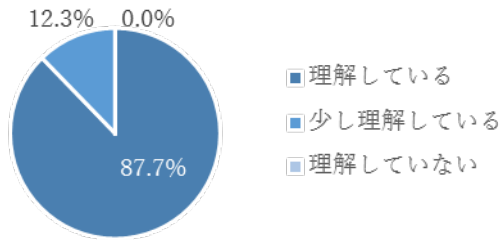


図 10 分別方法の理解

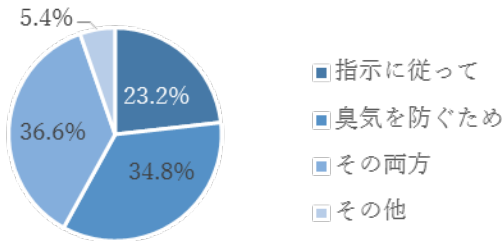


図 11 資源ゴミを洗浄する理由

(2) 被験者実験

実験装置

実験装置は「資源ゴミの洗浄に係わる新たな水使用負荷の推定法と低負荷資源ゴミのあり方の提案」と同じ装置を使用した。同報告書を参照されたい。

実験対象

日常的に資源ゴミの洗浄を行っている石川県内在住の主婦等 20 人を対象とした。

実験概要

内容物の残滓で汚れた資源ゴミについて、つけ置き洗浄における使用湯温と水使用量およびエネルギー消費量を求めるため、被験者実験を行った。洗浄する資源ゴミは、アンケート調査³⁾から得られた資源ゴミ量をもとに汚れの種類と内容量の異なる 18 品目を選定した。つけ置き洗浄の手順は、上記のアンケート結果をもとに「内容物(残滓)を捨てる すずぐ(前) つけ置き すずぐ(後)」とした。被験者には実験前に実験目的、内容、手順、必ずしも全ての汚れを落とす必要はなく、あくまで被験者の普段通りの洗浄を行ってもらうことを伝え、洗浄を行う前に通常使用している水(湯)温、吐水量に調節してから洗浄を始めてもらった。18 品目を連続して洗浄してもらうため、2 人 1 組を基本としてつけ置き前の洗浄(すずぎ)とつけ置き後のすずぎを 1 回とし交互に 2 回洗浄を行った。つけ置き前の洗浄(すずぎ)は内容物の残滓で汚れた包装容器を洗い、溜めてある洗剤水につけるまでとし、つけ置き後のすずぎは洗剤水から取り出した包装容器をすずぎ終えるまでとした。

実験は平成 27 年 2 月 13 日～同年 2 月 27 日に行い、実

験室内は天井カセット型ヒートポンプエアコンによる通常の暖房運転(17～20℃)とした。表 4 に洗浄対象の資源ゴミ 18 品目を示す。

実験結果

つけ置き前の洗浄は資源ゴミの種類によっては洗浄を行わない被験者がいたが、これについては欠損値として処理した。

表 4 洗浄対象の品目

容器 NO.	包装容器(資源ゴミ)の種類	内容物
dw1	缶	コーヒー
dw2	ビン(小)	ジャム
dw3	ビン(中)	餃子のたれ
dw4	ビン(大)	ポン酢
dw5	ボトル(汚れ 少)	塩胡椒
dw6	ボトル(汚れ 多)	ドレッシング
dw7	ボトル(油)	油
dw8	チューブ類	マヨネーズ
dw9	レトルトパウチ	親子丼
dw10	レトルトパウチ	カレー
dw11	トレイ(小)	肉(小)
dw12	トレイ(中)	肉(中)
dw13	トレイ(大)	肉(大)
dw14	プラスチックカップ(小)	プリン
dw15	プラスチックカップ(中)	キムチ
dw16	プラスチックカップ(中)	ヨーグルト
dw17	プラスチックカップ(大)	パスタ
dw18	缶	みかん

表 5 すずぎ(前・後)時の品目ごとの水使用負荷(平均)

容器 NO.	使用湯温(℃)		水使用量(L)		エネルギー消費量(kJ)	
	前	後	前	後	前	後
dw1	34.1 (6.14)	36.1 (6.68)	0.25 (0.22)	0.73 (0.61)	25.6	82.5
dw2	34.6 (6.20)	34.5 (8.90)	0.53 (0.40)	0.65 (0.34)	51.9	67.9
dw3	35.1 (6.03)	35.2 (7.75)	0.23 (0.21)	1.54 (1.48)	24.8	160.4
dw4	35.0 (5.71)	33.8 (8.76)	0.37 (0.33)	2.31 (2.84)	38.1	226.0
dw5	34.5 (5.55)	32.4 (9.69)	0.33 (0.31)	0.62 (0.32)	33.3	63.5
dw6	34.7 (5.79)	32.9 (8.76)	0.44 (0.44)	1.09 (0.73)	44.9	112.5
dw7	34.1 (6.41)	31.9 (9.98)	0.66 (0.68)	1.51 (1.20)	67.8	143.6
dw8	33.5 (7.35)	32.6 (8.95)	1.52 (1.30)	0.99 (0.66)	156.6	98.1
dw9	33.5 (8.44)	32.2 (9.59)	0.68 (0.55)	0.67 (0.36)	69.7	64.3
dw10	33.5 (8.90)	32.2 (9.90)	0.77 (0.49)	0.69 (0.49)	80.7	63.5
dw11	34.5 (8.95)	34.4 (8.91)	0.34 (0.29)	0.29 (0.17)	33.0	29.3
dw12	35.4 (8.54)	34.3 (8.68)	0.36 (0.24)	0.37 (0.19)	38.2	37.6
dw13	35.3 (8.46)	34.8 (8.59)	0.38 (0.29)	0.44 (0.23)	40.4	46.0
dw14	33.9 (9.52)	35.2 (8.46)	0.32 (0.20)	0.35 (0.19)	32.9	37.8
dw15	34.4 (9.10)	34.9 (8.01)	0.87 (0.52)	0.83 (0.40)	88.4	88.2
dw16	35.1 (8.56)	35.7 (5.59)	0.70 (0.36)	0.75 (0.30)	76.1	79.7
dw17	35.9 (8.06)	34.9 (8.42)	1.03 (0.64)	0.87 (0.42)	112.6	92.4
dw18	37.1 (6.59)	35.1 (8.92)	0.47 (0.37)	0.56 (0.26)	52.4	59.6

* () 内は標準偏差を示す

・すずぎ時の品目ごとの使用湯温

品目ごとの使用湯温(℃)を表 5 に示す。つけ置き前の洗浄の使用湯温には品目ごとの差違はほとんどないが、つけ置き後の使用湯温については多少の差違が見られた。

・すずぎ時の品目ごとの水使用量

品目ごとの給湯量と給水量から求めた水使用量(ℓ)を表 5 に示す。ポン酢のビン(dw4-2.68ℓ)やサラダ油のボトル(dw7-2.17ℓ)、マヨネーズのチューブ(dw8-2.52ℓ)などの汚れの付着部の洗浄およびすずぎが困難と思われる品目について水使用量が多くなった。また、つけ置き水(洗剤)の水切れのよくない容器(ビンなど)の水使用量(後)が多くなった(dw3,4,6,7)。

・すずぎ時の品目ごとのエネルギー消費量

品目ごとの給湯量と給湯温度および給水温度から求めたエネルギー消費量(kJ)を表 5 に示す。算定に用いた水の比熱は 4.19kJ/(kg・K)とし、給水温度は実験期

間中の平均水温（11.7℃）とした。

品目ごとの使用湯温に大きな差が見られなかったため、水使用量の多い品目のエネルギー消費量が多い結果となった。

（3）つけ置き洗浄と個別洗浄との比較

資源ゴミ量のアンケート調査結果³⁾をもとに、つけ置き洗浄を行う資源ゴミの組み合わせを抽出し、つけ置き洗浄における組み合わせごとの水使用量とエネルギー消費量を、前述の被験者実験で得られた品目ごとの水使用負荷（水使用量、エネルギー消費量）を用いて算出した。算定結果の例を表6に示す。なお、つけ置き量は組み合わせの全品目が浸る程度（5～7ℓ程度）とし、湯温は組み合わせの品目のうち最も高い使用湯温とした。比較対象は個別洗浄²⁾における組み合わせ品目の水使用負荷の合計とした。

水使用量の比較

最も多かった組み合わせ（1）について、個別洗浄の場合は26（ℓ）となり、つけ置き洗浄の7.8～9.8（ℓ）の方が大きくなった。また、組み合わせ（2）についても個別洗浄の場合は24（ℓ）となり、同様につけ置き洗浄の7.4～9.4（ℓ）の方が大きくなり、その他の組み合わせについても同様の結果であった。

エネルギー消費量の比較

最も多かった組み合わせ（1）について、個別洗浄の場合は283（kJ）となり、つけ置き洗浄の801～1006（kJ）の方が大きくなった。また、組み合わせ（2）についても個別洗浄の場合は257（kJ）となり、同様につけ置き洗浄の767～972（kJ）の方が大きくなり、その他の組み合わせについても同様の結果であった。

なお、水によるつけ置きの場合（図5参照）には、ほぼ同量のエネルギー消費量となる。

表6 つけ置き洗浄の水使用負荷（例）

資源ゴミの組み合わせ	水使用量の小計(ℓ)	エネルギー消費量の小計(kJ)	つけ置き	水使用量の合計(ℓ)	エネルギー消費量の合計(kJ)
1 dw1+dw2+dw11	2.8	290	5ℓ	7.8	801
			6ℓ	8.8	904
			7ℓ	9.8	1006
			5ℓ	7.4	767
2 dw1+dw11+dw13	2.4	256	6ℓ	8.4	870
			7ℓ	9.4	972
			5ℓ	9.2	985
3 dw9+dw10+dw11+dw13	4.2	425	6ℓ	10.2	1097
			7ℓ	11.2	1210
			5ℓ	9	930
4 dw11+dw13+dw14+dw17	4	424	6ℓ	10	1032
			7ℓ	11	1133
			5ℓ	9.3	958
5 dw1+dw2+dw11+dw13+dw14	4.3	447	6ℓ	10.3	1061
			7ℓ	11.3	1163
			5ℓ	9.2	985

（4）新たなアンケート

アンケート概要

これまで行ったアンケートおよび被験者実験の結果を補完し、再確認するために新たなアンケートを平成

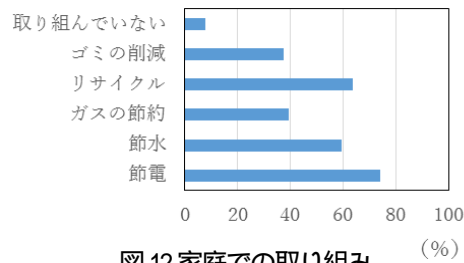
28年3月に金沢市内の住民を対象に行った。

アンケート票の配布回収期間は平成28年3月上旬～4月初旬とし、配布は訪問配布、回収は主に郵送による回収とした。アンケートの調査項目は、回答者の属性、環境問題の取り組み、資源ゴミの排出及び洗浄、リサイクルについてとした。

アンケート結果

230部配布し、165部（回収率71.7%）の回答を得た。女性の回答数は81.2%を占めており、60代以上が45.5（%）とほぼ半数を占めており比較的高齢の方の回答が多かった。

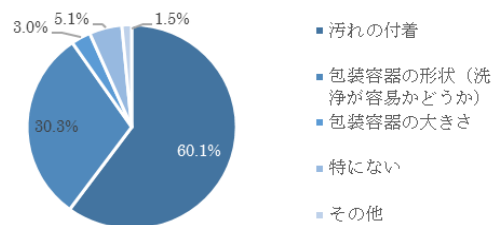
・「家庭で行っている環境問題に対する取り組み」（図12）については、節電への取り組みが最も多い結果となったが、リサイクルへの取り組みも63.6（%）の家庭が取り組んでいた。



・「資源ゴミを洗浄しているか」については、「している」（84.0%）「ときどきしている」（12.3%）が96.3（%）となり、資源ゴミの洗浄をしている回答者がほとんどであった。リサイクルに取り組んでいると答えていない人でも資源ゴミを洗浄していたため、洗浄をリサイクルにつながる行為とは考えていないと思われる。

・「排出される資源ゴミの中で特に汚れのひどいもの」については、ボトル・チューブ（28.8%）、レトルトパウチ（23.8%）、食品トレイ（16.0%）等の順であった。また「洗浄せずに燃えるゴミとして出すことの多い資源ゴミ」についてもほぼ同じ回答傾向にあり、洗浄せずに燃えるゴミとして回収に出される傾向があった。

またアンケートの自由回答欄にて洗浄する・しないの明確な基準が欲しいと答えている人が複数人いた。



・「資源ゴミを洗浄する・しないの判断基準」（図13）

については「汚れの付着」(60.1%)、「包装容器の形状(洗浄が容易かどうか)」(30.3%)、「包装容器の大きさ」(3.0%)となっており、資源の大きさよりも汚れの付着の具合や洗浄が容易な形などを判断基準とする傾向がみられた。

・「湯の使用」については「冬のみを使用」が48.6(%)と半数近くを占め、続いて「夏以外に使用」(20.8%)、「使わない」(19.1%)の順であった。なお、既往文献では、「冬に使う」は64.1(%)であり、回答者のほぼ半数が30~40歳代であった。今回の60歳以上の調査とは回答者の属性が異なっていることから、この影響とも考えられる。また、「冬に湯を使用する理由」については、「汚れを落としやすくするため」が72.7(%)、「水が冷たいため」が27.3(%)であった。冬にのみ湯を使う人の回答だけでも「汚れを落としやすくするため」が72.5(%)と資源ゴミの汚れの除去が目的で湯を使用している人が多い結果となった。

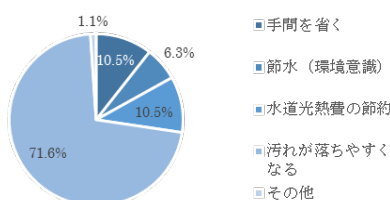


図14 つけ置き洗浄をする理由

・「つけ置き洗浄をする理由」(図14)については、「汚れが落ちやすくなる」が71.6(%)、「手間を省く」「水道光熱費の節約」が10.5(%)の順であった。これについても汚れの除去が目的でつけ置き洗浄を行う人が多い結果となった。参考文献⁴⁾の結果では、流し洗いよりもつけ置き洗浄のほうが水使用量とエネルギー使用量が多くなるとの算定結果が出たが、「汚れの落ちやすさ」については考慮しておらず、実験方法を再度、検討する必要があると思われる。

・「資源ゴミの再資源化・燃料化」については「再資源化がよい」が44.9(%)、「燃料化がよい」が20.9(%)であった。資源ゴミは洗浄してリサイクルに出している人でも、資源ゴミは燃やして燃料にした方がよいと考えている回答が複数見られた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

高野典礼、高 幹矢、石渡 博「資源ゴミの洗浄に係わる水使用負荷、エネルギー消費量、排水負荷に関する研究(その8)資源ゴミの洗浄による下水道

への影響」平成28年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集 2016.9 pp.129-132 査読なし

高 幹矢、高野典礼、石渡 博「資源ゴミの洗浄に係わる水使用負荷、エネルギー消費量、排水負荷に関する研究(その7)資源ゴミの洗浄に関する新たなアンケート調査」平成28年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集 2016.9 pp.125-128 査読なし

高 幹矢、高野典礼、石渡 博「資源ゴミの洗浄に係わる水使用負荷、エネルギー消費量に関する研究(その6)つけ置き洗浄に関するアンケートと被験者実験」平成27年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集 2015.9 pp.125-128 査読なし

[学会発表](計3件)

高野典礼、高 幹矢、石渡 博「資源ゴミの洗浄に係わる水使用負荷、エネルギー消費量、排水負荷に関する研究(その8)資源ゴミの洗浄による下水道への影響」平成28年度空気調和・衛生工学会大会(鹿児島大学)2016.9.15

高 幹矢、高野典礼、石渡 博「資源ゴミの洗浄に係わる水使用負荷、エネルギー消費量、排水負荷に関する研究(その7)資源ゴミの洗浄に関する新たなアンケート調査」平成28年度空気調和・衛生工学会大会(鹿児島大学)2016.9.15

高 幹矢、高野典礼、石渡 博「資源ゴミの洗浄に係わる水使用負荷、エネルギー消費量に関する研究(その6)つけ置き洗浄に関するアンケートと被験者実験」平成27年度空気調和・衛生工学会大会(大阪大学)2015.9.16

6. 研究組織

(1)研究代表者

石渡 博 (ISHIWATARI HIROSHI)

第一工業大学・工学部・建築デザイン学科・教授

研究者番号: 50290739

(2)研究分担者

高野典礼 (TAKANO MORIHIRO)

石川工業高等専門学校・建築学科・准教授

研究者番号: 00369969