節水型台所水栓を用いた食器洗浄による節水効果

節水・節湯器具の評価に関する研究 その2

EFFECT OF WATER SAVING FIXTURE FOR DISHWASHING

Study on performance test of water saving fixture Part 2

近藤 武士*, 岩本 静男**, 鎌田 元康***

Takeshi KONDO, Shizuo IWAMOTO and Motoyasu KAMATA

For the purpose of evaluating the performance of water saving fixture for dishwashing, water saving and energy conservation effects of styles of faucets with flow pattern and stop valves were examined by subject experiment. Subjects used a faucet with flow pattern options of shower flow or aerated flow, and with on/off control systems that included a foot-switch stop valve and a sensor stop valve. An experiment using a combination of the flow pattern and the on/off control function with the highest water-saving performances was also conducted.

As a result of subject experiment, the water-saving rate of each device was as follows: shower-flow faucet, 29.1% (9.4 L); aerated flow faucet, 3.7% (1.3 L); sensor stop valve, 5.2% (1.7 L); and foot-switch stop valve, 8.3% (2.6 L). The combination of shower-flow faucet and foot-switch stop valve achieved water-saving rate of 44.0% (13.0 L), confirming the additive effect.

Keywords: Water saving Fixture, Dishwashing, Shower Flow Faucet, Aerated Flow Faucet, Sensor Stop Valve, Foot Switch Stop Valve

節水器具、食器洗浄、シャワー水栓、泡沫水栓、センサー止水栓、足踏み止水栓

1. はじめに

省エネルギー、省資源の観点から、住宅における節水・節湯の必要性が高まってきている。本研究は節水・節湯器具の評価を目的としており、節水・節湯、省エネルギー効果の期待できる水栓器具について、その効果を把握する。これらの効果が期待できる水栓器具として、浴室、台所、洗面所などの水栓が挙げられるが、本研究では、台所用混合水栓について検討を行った。

著者ら⁴⁻⁷⁾は、浴室用節水・節湯器具として、サーモスタット付混合水栓、手元止水機能付シャワーヘッドの節水・節湯効果を被験者実験にて検討し、手元止水機能付シャワーヘッドを使用することにより約27%(14L)の節水・節湯効果を確認し、前報⁸⁾にて報告した。また、節水型シャワーヘッド散水板を用いることによって、適流量を約25%低減できることを示した⁹⁾。節水器具として知られている泡沫吐水を用いて永石ら¹⁰⁾は、パブリックトイレでの気泡混入水栓の節水効果を、実証実験にて示し、一般水栓に比べ80%以上の節水効果があることを示している。しかし、台所用節水器具の節水効果に関する研究は、メーカーの試算を除いてはほとんど例がない。

台所用混合水栓としては、ストレート吐水のシングルレバー水栓が一般的に広く普及している。これに対して、市販されている水栓

器具の中で節水・節湯効果が期待できる台所用混合水栓として、吐水形状をシャワーや泡沫形状とするもの、止水を容易に行うためのセンサー止水栓や足踏み止水栓などがある。本報では、これらの水栓器具による節水・節湯効果を、被験者実験により把握した。節水・節湯効果は既報⁴⁻⁸⁾同様、標準水栓に対する節水・節湯器具の使用湯量削減率で示す。使用湯温が同等であるならば、混合水栓に至る水と湯の比率は同等であり、全使用水量の削減比率と混合水栓に至る湯の削減比率、および省エネルギー効果は等しくなる。本報ではこの仮定に則って全使用水量の削減比率のみを評価することとした。

図1 吐水実験用水栓器具

本論文は、本研究に関する既発表論文¹⁻³⁾をもとに加筆・修正し、まとめたものである。

* 神奈川大学工学部建築学科 助手・博士(工学)

** 神奈川大学工学部建築学科 助教授・工博

*** 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 教授・工博

Research Assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kanagawa University, Dr. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kanagawa University, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, Dr. Eng.

2. 吐水形状による節水効果把握

2.1. 実験概要

水栓器具により吐水形状を変化させ、被験者に食器洗浄をさせる実験（以下、吐水実験）を行った。使用した水栓器具は、図1に示すストレート吐水を標準吐水とし、吐水形状をシャワー吐水、または泡沫吐水^{注1}とした場合の評価を行った。止水栓は、全ての実験ともシングルレバー水栓を使用した。

実験概要を表1に示す。被験者は38～63歳の主婦で、冬期実験23名、夏期実験25名である。実験は神奈川大学工学部の給湯実験室において行った。実験室は、冷暖房された室内に設置されており、実験室内もエアコンにより、冬期は約23℃、夏期は約26℃設定で冷暖房を行った。給湯設備は、給湯機は自然冷媒ヒートポンプ給湯機を用い、配管は架橋ポリエチレン管のサヤ管ヘッダ方式である。給湯機の出湯温度は60℃に設定した。実験開始直前に約40℃で吐水を行い、実験開始時には給湯配管に湯が満たされ、捨て水がない状態とした。

測定は、水温（給水、給湯、吐水）、流量（給水、給湯）を2秒間隔で測定した。洗い・すすぎなどの行為別の使用湯量把握のため、実験の様子をビデオによって記録した。実験時はスポンジ、タワシ、洗剤、洗い桶（容量5L）、ペーパータオル、ゴム手袋を用意し、必要に応じて使用させた。1回あたりの洗浄食器数は4名分とし、食器数は表2に示す11種類を各4点の合計44点である。各食器を表2括弧内に示す食材により汚染した。食器種類、および汚染方法は（財）ベターリビング「食器洗い機」性能試験方法¹⁰⁾に従った。被験者は各器具を使用して1回ずつ食器洗浄を行った。標準吐水、シャワー吐水、泡沫吐水の3種類の器具による実験を同日に行うが、実験順序による影響を避けるため使用器具の順序は被験者によって変えた。洗浄方法は、被験者が日常的に行っている通りにするように指示し、湯温・流量調整は被験者に任せた。使用量が極端に異なる被験者による影響を避けるため、各実験での使用量が平均値 $\pm 2\sigma$ （ σ ：標準偏差）以内の被験者を解析対象とした。

2.2. 実験結果

図2、表3に吐水実験による平均使用量、被験者による標準偏差を示す。標準吐水は、冬期29.4L、夏期33.7Lと冬期に比べ夏期の使用量が約14%(4.3L)増加した。一方、シャワー吐水は逆の傾向となった。シャワー吐水は、吐水後の湯の拡散のため湯温低下が他の吐水形状より大きい。しかし、冬期は湯の熱量を維持するため湯量が増加しているものと考えられる。平均値では、標準吐水31.5L、シャワー吐水22.1L、泡沫吐水30.3Lとなり、シャワー吐水で大きな節水効果が確認できた。標準吐水に対するシャワー吐水、泡沫吐水の節水量、節水率を図3、表3に示す。シャワー吐水での節水率は、冬期16.9%(5.0L)、夏期41.3%(13.9L)となった。しかし実験終了後のヒアリングにおいて、シャワー吐水は使い勝手が悪いと答えた被験者もあり、主な原因は、水が跳ねることであった。本実験では、泡沫吐水は、夏期は8.6%(2.9L)の節水率であったが、冬期は節水効果が得られなかった。平均すると、シャワー吐水で29.1%(9.4L)、泡沫吐水で3.7%(1.3L)の節水率であり、シャワー吐水を用いることにより大きな節水効果が得られることを把握した。

図4に平均使用流量、図5に出湯時間を被験者による標準偏差と

表1 実験概要

	冬期実験		夏期実験		冬期節水器具併用実験
	吐水実験	止水実験	吐水実験	止水実験	
水栓器具	標準 シャワー 泡沫	標準 センサー 足踏み	標準 シャワー 泡沫	標準 センサー 足踏み	標準 併用 (シャワー+足踏み)
実験期間	2003/12/16 ～ 12/28		2004/8/23 ～ 9/10		2005/1/11 ～ 1/14
被験者数[人]	23 (22)	23 (22)	25 (24)	21 (20)	10 (10)
洗い桶使用状況	使用	18 (17)	20 (19)	15 (14)	10 (10)
別被験者数[人]	不使用	5 (5)	5 (5)	6 (6)	0 (0)
共通被験者数[人]	12		22		-
平均年齢[歳]	48.7	52.3	49.8	49.4	51.9
(標準偏差[歳])	(7.0)	(6.9)	(7.2)	(6.7)	(6.7)

※()内の被験者数は、解析対象被験者数
水栓器具(標準)は、ストレート吐水+シングルレバー止水

表2 食器の種類・汚染用食材

食器種別	食器(汚染用食材)
グラス類	グラス(牛乳・トマトジュース)、湯のみ(緑茶)
皿類	大皿(カレー、卵)、中皿(とんかつ、ソース)、小皿(ハムエッグ)
茶碗類	茶碗(ご飯)、汁碗(味噌汁)
箸類	箸(ご飯)、スプーン(カレー、卵) ナイフ・フォーク(とんかつ、ソース、ハムエッグ)

※食器各1を1名分とする。

図2 吐水実験平均使用量・標準偏差

図3 吐水実験節水量・節水率

表3 吐水実験平均使用量・節水量・節水率

		標準吐水	シャワー吐水	泡沫吐水
冬期	使用量[L]	29.4	24.4	29.7
	節水量[L]	-	5.0	-0.3
	節水率	-	16.9%	-1.1%
夏期	使用量[L]	33.7	19.8	30.8
	節水量[L]	-	13.9	2.9
	節水率	-	41.3%	8.6%
平均	使用量[L]	31.5	22.1	30.3
	節水量[L]	-	9.4	1.3
	節水率	-	29.1%	3.7%

共に示す。表4に平均使用流量、出湯時間を示す。使用流量ではシャワー吐水の流量が低く、節水効果に大きく影響している。泡沫吐水では、使用流量が多少減少しているが、出湯時間が増加したため使用量減少には至らなかったと思われる。図6、表4に平均使用湯温と被験者による標準偏差を示す。夏期に比べ、冬期は標準偏差が大きく、被験者によるばらつきが大きいことが分かる。平均使用湯温は、夏期に比べ冬期が2℃程度低い結果となったが、吐水形状による差はほとんど見られなかった。

3. 止水方法による効果把握

3.1. 実験方法

水栓器具により止水方法を変化させた実験（以下、止水実験）を行った。使用した水栓器具は、図7に示すシングルレバー止水栓を標準止水とし、赤外線センサーを使用した止水（以下、センサー止水）、足踏み式のスイッチを使用した止水（以下、足踏み止水）とした。センサー止水は、吐水口付近にセンサー受信部があり、センサー受信部に手などをかざすことにより、給水・給湯配管に接続されたモータバルブを閉鎖し、止水する。再度、センサー受信部に手などをかざすと吐水が開始される。足踏み止水は、足踏み式のスイッチを押すことにより、センサー止水と同様のモータバルブを閉鎖し、止水する。再度、足踏み用スイッチを押すと吐水が開始される。これらの止水栓を用いることにより、手が汚れている場合でも容易に止水できるため、湯不要時の止水の機会が増え、節水が期待できる。

実験概要を表1に示す。被験者は40～63歳の主婦で、冬期実験23名、夏期実験21名である。冬期実験では12名、夏期実験では22名が、吐水実験、止水実験両方を行っているが、実験は異なる日に行った。実験設備、食器の汚染方法などは吐水実験と同様である。被験者は、標準止水、センサー止水、足踏み止水の各水栓器具を使用して1回ずつ食器洗浄を行った。3種類の水栓器具による実験を同日に行い、器具の順序は被験者によって変えた。

洗浄手順などは、被験者が日常的に行っている通りとするが、センサー止水、足踏み止水の場合、止水時はセンサーまたは足踏み式スイッチを使用するよう指示した。ただし、流量・湯温調整はシングルレバーを用いて行う。センサー止水、足踏み止水は頻繁に止水することで節水効果を得るため、本研究では快適性を損なわない範囲での平均的な使用量・節水効果把握を目的として、湯が不要な時には出湯を停止するように指示した。

3.2. 実験結果

図8、表5に止水実験による平均使用量、被験者による標準偏差を示す。季節による差はほとんどなく、平均値では標準止水31.5Lに対して、センサー止水29.8L、足踏み止水28.9Lと僅かながら節水効果が確認できた。図9、表5に標準止水に対するセンサー止水、足踏み止水の節水量・節水率を示す。冬期・夏期平均でセンサー止水では5.2%(1.7L)、足踏みでは8.3%(2.6L)の節水効果であった。センサー・足踏み止水など、使い勝手の良い止水水栓を用いることによって、5～8%程度の節水効果を得られることが分かった。

図10に平均使用流量、図11に出湯時間を被験者による標準偏差と共に示す。表6に平均使用流量、出湯時間を示す。使用流量は、冬期に比べ夏期に僅かに減少したが、止水方法による差はほとんど

図4 吐水実験平均使用流量・標準偏差

図5 吐水実験平均出湯時間・標準偏差

図6 吐水実験平均使用湯温・標準偏差

表4 吐水実験使用流量・出湯時間・使用湯温

		標準吐水	シャワー吐水	泡沫吐水
冬期	使用流量[L/min]	5.5	4.3	5.3
	出湯時間[sec]	320	338	335
	使用温度[°C]	34.7	34.1	34.4
夏期	使用流量[L/min]	5.9	3.1	5.2
	出湯時間[sec]	349	386	370
	使用温度[°C]	36.1	35.7	36.8
平均	使用流量[L/min]	5.7	3.7	5.3
	出湯時間[sec]	335	362	352
	使用温度[°C]	35.4	34.9	35.6

図7 止水実験用水栓器具

図8 止水実験平均使用量・標準偏差

図9 止水実験節水量・節水率

表5 止水実験平均使用量・節水量・節水率

		標準止水	センサー止水	足踏み止水
冬期	使用量[L]	31.4	30.0	28.5
	節水量[L]	-	1.4	2.9
	節水率	-	4.5%	9.3%
夏期	使用量[L]	31.6	29.7	29.3
	節水量[L]	-	1.9	2.3
	節水率	-	6.0%	7.3%
平均	使用量[L]	31.5	29.8	28.9
	節水量[L]	-	1.7	2.6
	節水率	-	5.2%	8.3%

図10 止水実験平均使用流量・標準偏差

図11 止水実験平均出湯時間・標準偏差

図12 止水実験平均使用湯温・標準偏差

表6 止水実験使用流量・出湯時間・使用湯温

		標準止水	センサー止水	足踏み止水
冬期	使用流量[L/min]	5.8	5.9	5.5
	出湯時間[sec]	327	318	315
	使用温度[°C]	36.3	38.1	35.4
夏期	使用流量[L/min]	5.4	5.3	5.3
	出湯時間[sec]	355	339	335
	使用温度[°C]	34.8	37.6	36.0
平均	使用流量[L/min]	5.6	5.6	5.4
	出湯時間[sec]	341	328	325
	使用温度[°C]	35.6	37.9	35.7

見られなかった。出湯時間は、センサー止水、足踏み止水とも、標準止水に比べ約 5% (15 秒程度) の短縮であった。実験に参加した被験者は、節水意識が高いためか、通常でもこまめに止水を行っている人が多かったと思われる。図 12、表 6 に平均使用湯温と被験者による標準偏差を示す。センサー止水時に、他より 2℃程度高い結果となったが、理由については検討中である。季節による差は、全ての止水栓で冬期の標準偏差が大きく、被験者によるばらつきが大きいことが分かるが、平均値では季節による差はほとんど見られなかった。

4. 節水器具併用実験

4.1. 実験方法

吐水実験と止水実験で効果の高かったシャワー吐水と足踏み止水を組み合わせた節水器具併用実験を行った。実験概要を表 1 に示す。夏期実験の被験者の中から、ストレート吐水とシングルレバー止水の標準水栓での使用量が平均に近かった 42～60 歳の主婦 10 名を被験者として、冬期に実験を行った。標準水栓についても同時に実験を行った。その他の実験条件は、止水実験と同様である。

4.2. 実験結果

図 13 に平均使用量、被験者による標準偏差、および使用流量、表 7 に節水量、節水率、使用流量、使用湯温などを加えて示す。平均使用量は、標準水栓 29.5L に対して、節水器具併用では 16.5L と大きな節水効果が確認できた。節水率、節水量は 44.0% (13.0L) となり、吐水・止水実験での節水効果を加えた効果が得られることが確認できた。使用流量は、標準水栓 6.5L/min に対して、節水器具併用では 3.1L/min となっており、使用量削減は使用流量低減による影響が大きいことが分かった。

5. 洗い桶の使用・不使用による使用量把握

5.1. 解析概要

食器洗浄時に洗い桶の使用・不使用によって、使用量が異なることが考えられる。吐水実験と止水実験における使用量を、洗い桶の使用・不使用によって検討した。解析には、ストレート吐水とシングルレバー止水の標準水栓での実験結果のみを使用した。本研究の被験者実験では、洗い桶の使用は被験者に任せており、基本的には被験者の自宅での使用実態と同様である。

同季節に吐水実験と止水実験の両実験に参加した被験者は 1 名分として扱い、実験結果は 2 回を平均して解析に用いた。洗い桶使用の有無による被験者数を季節別に表 8 に示す。解析には前項までと同様に使用量が、平均 $\pm 2 \times \sigma$ を越える被験者は、解析対象から除外した。被験者数は、冬期実験 33 名、夏期実験 35 名で、うち 70%以上の冬期 24 名、夏期 25 名が洗い桶を使用して食器洗浄を行った。

5.2. 解析結果

図 14、表 9 に洗い桶の使用状況による使用量を季節別に示す。全被験者平均使用量は 31.1L であり、行程別に見ると洗い行程 7.5L、すすぎ行程 23.8L であった。洗い桶の使用・不使用による比較を行うと、夏期の洗い行程において、洗い桶使用者が約 30% (2.3L) 使用量が多い結果となり、合計使用量で約 5% 洗い桶使用者の使用量が多

図 13 水栓器具併用実験使用量・標準偏差・使用流量

表 7 水栓器具併用実験実験結果

	標準	節水器具併用
使用量 [L]	29.5	16.5
節水量 [L]	13.0	
節水率	44.0%	
使用流量 [L/min]	6.5	3.1
使用湯温 [°C]	34.6	36.4

表 8 洗い桶使用・不使用別被験者数

	冬期実験	夏期実験
洗い桶使用	24 (23)	25 (24)
洗い桶不使用	9 (9)	10 (10)
合計	33 (32)	35 (34)

※ () 内の被験者数は、解析対象被験者数
吐水・止水両実験を行った被験者も 1 名として計算

図 14 洗い桶使用・不使用別使用量・標準偏差

図 15 洗い桶使用・不使用別平均出湯時間

い結果となった。しかし、冬期は概ね同等の使用量となり、洗いや桶の使用・不使用による使用量の顕著な差異は見られなかった。洗いや桶の使用状況による出湯時間を図 15、使用流量を図 16、および表 9 に季節別に示す。夏期の洗いや桶使用の場合に出湯時間の増加、冬期の洗いや桶不使用の場合に流量低下が見られる。しかし、平均では、出湯時間、使用流量とも洗いや桶の使用・不使用による差異は 5% 以下であり、洗いや桶の使用・不使用による違いはほとんどないものと推測される。

図 16 洗いや桶使用・不使用別平均使用流量

表 9 洗いや桶使用・不使用別使用量・出湯時間・流量

		桶使用	桶不使用	平均
使用量 [L]	冬期	30.5	30.4	30.4
	夏期	32.8	30.9	31.8
	平均	31.6	30.6	31.1
吐水時間 [sec]	冬期	333	324	329
	夏期	348	327	338
	平均	341	326	333
使用流量 [L/min]	冬期	5.6	5.5	5.6
	夏期	5.8	5.6	5.7
	平均	5.7	5.6	5.6

6. まとめ

本研究では、節水型台所用混合水栓の節水効果を把握するため、吐水形状をシャワーや泡沫形状とするもの、止水を容易に行うためのセンサー止水栓や足踏み止水栓を用いた被験者実験を行った。水栓器具を変えた場合の食器洗浄を、冬期・夏期に被験者を用いて行った。各実験についての被験者数は 20～25 名程度ではあるが、使用量などの測定結果より以下の知見を得た。

- (1) シングルレバー水栓で吐水形状のみを変更した実験より、ストレート吐水に対して、シャワー吐水では 29.1%(9.4L)、泡沫吐水では 3.7%(1.3L) 節水効果を確認した。
- (2) ストレート吐水で止水方法のみを変更した実験より、シングルレバー止水に対して、センサー止水では 5.2%(1.7L)、では足踏み止水 8.3%(2.6L) の節水効果を確認した。
- (3) シャワー吐水では、ストレート吐水に比べ使用流量が低下することによって使用量が低下した。特に夏期にその影響が顕著であった。泡沫吐水では季節による差は少なかった。
- (4) シャワー吐水と足踏み止水を併用した節水器具併用では、44.0%(13.0L) の節水効果を得られ、シャワー吐水、足踏み止水

それぞれの効果を加えた節水効果があることが分かった。

- (5) 洗いや桶使用の有無による使用量の違いは、ほとんどないことが分かった。

謝辞

機器を提供していただいた東陶機器(株)、実験に協力していただいた方々に謝意を表します。

注

注 1) ストレート吐水は吐水口径 15mm、泡沫吐水は吐水口径 17mm、シャワー吐水は穴径 0.7mm、穴数 36 個が直径 32mm の円周上に配置されている。

本論文に関連する既発表論文

- 1) 布野裕子, 近藤武士, 岩本静男, 鎌田元康: 節水・節湯器具の評価に関する研究(その 4) 食器洗浄における冬期被験者実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 分冊, P573-574, 2004.8
- 2) 新井麻理亜, 近藤武士, 岩本静男, 鎌田元康: 節水・節湯器具の評価に関する研究(その 6) 食器洗浄における冬期・夏期被験者実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 分冊, P427-428, 2005.9
- 3) 近藤武士, 岩本静男, 大塚雅之, 鎌田元康: 節水・節湯器具の評価に関する研究(その 7) 食器洗い乾燥機と手洗い実験の比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 分冊, P429-430, 2005.9

参考文献

- 4) 近藤武士, 岩本静男, 他 4 名: 節水・節湯器具の評価に関する研究(その 1) サーモスタット付混合栓による効果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 分冊, P467-468, 2003.9
- 5) 布野裕子, 近藤武士, 岩本静男, 他 2 名: 節水・節湯器具の評価に関する研究(その 2) 手元止水機能付シャワーヘッドによる効果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 分冊, P469-470, 2003.9
- 6) 近藤武士, 布野裕子, 岩本静男, 市川憲良, 鎌田元康: 節水・節湯器具の評価に関する研究(その 3) 節水シャワー水栓による夏期・冬期被験者実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 分冊, P571-572, 2004.8
- 7) 佐野隆之, 近藤武士, 岩本静男, 鎌田元康: 節水・節湯器具の評価に関する研究(その 5) 節水型シャワー水栓 2 種による夏期・冬期被験者実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 分冊, P425-426, 2005.9
- 8) 近藤武士, 岩本静男, 市川憲良, 鎌田元康: サーモスタット混合水栓、手元止水機能付シャワーヘッドによる節水効果 節水・節湯器具の評価に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 No.607, pp87-92, 2006.9
- 9) 近藤武士, 花尾美智子, 高須直子, 大塚雅之, 鎌田元康: シャワーヘッド散水板の設計法に関する研究 穴径・散水角が適流量、快適性に及ぼす影響, 日本建築学会計画系論文集 No.563, pp61-67, 2003.1
- 10) 永石昌之ほか 2 名: 気泡混入水栓の節水効果に関する検討, 日本建築学会技術報告集 第 13 号, pp.141-146, 2001.7
- 11) (財)ベターリビング優良住宅部品性能試験方法書「食器洗い機」BLT DW:2003

(2006年7月10日原稿受理, 2006年11月29日採用決定)