

加の傾向にあった。このように、濁水を経験しても、地域によってはそれが必ずしも水使用量の削減に結びつくとは言えないことがわかった。

以上より、地域によって生活用水の使用特性は様々で、その差を生み出す要因としては、気候、産

業形態、および住民の節水意識の違いが大きく影響しているものと推察された。この中で、家屋スケールでの水の有効利用を達成しようとするれば、水利用機器の更なる節水化はもとより、それを利用する住民の節水意識をいかに高揚させるかが重要である。

表 2 生活用水の地域別使用現況

地域	人口 (千人)	水道普及率 (%)	一人一日平均 使用量(L/人・日)	生活用水使用量 (億 m ³)	特徴他
北海道	5,683	96.2	261	6.3	一人一日平均使用量(平均使用量)は全国で最も小さい
東北	12,293	94.3	289	14.5	水道普及率は全国平均と比較して小さい
関東	臨海	33,418	98.4	54.5	都市活動が活発なため、水道普及率、平均使用量ともに大きい 人口の増加と比べて給水人口の伸びは小さい
	内陸	7,904	92.4		
東海	16,991	98.4	325	23.0	水道普及率は全国平均よりも高い
北陸	3,131	94.8	340	4.2	平均使用量は全国平均と比べて大きい
近畿	臨海	15,426	99.5	29.8	臨海ブロックの水道普及率は全国第2位 ベッドタウン化による人口増で平均使用量は全国平均より大
	内陸	5,430	98.8		
中国	山陰	1,375	94.8	9.0	水道普及率、平均使用量ともに、いずれのブロックも全国平均と比較して小さい
	山陽	6,358	93.0		
四国	4,154	93.2	344	5.7	水道普及率は低い、平均使用量は全国平均と比べて大きい
九州	北九州	8,630	91.8	14.7	平均使用量は北海道の次に小さい 水道普及率は全国で最も低い水準
	南九州	4,816	90.8		
沖縄	1,318	99.9	364	2.0	水道普及率は全国1位、平均使用量も全国最大
全国	126,926	96.4	322	143	

(注) 1. 「平成14年版 日本の水資源」のデータをまとめたもの(人口は平成12年国勢調査の値、その他数値は平成11年の値、)

2. 地域区分は以下のとおり

北海道：北海道
 東北：青森、岩手、宮城、秋田、山形、福島、新潟
 関東：(臨海ブロック) 埼玉、千葉、東京、神奈川 (内陸ブロック) 茨城、栃木、群馬、山梨
 東海：長野、岐阜、静岡、愛知、三重
 北陸：富山、石川、福井
 近畿：(臨海ブロック) 大阪、兵庫、和歌山 (内陸ブロック) 滋賀、京都、奈良
 中国：(山陰ブロック) 鳥取、島根 (山陽ブロック) 岡山、広島、山口
 九州：(北九州) 福岡、佐賀、長崎、大分 (南九州) 熊本、宮崎、鹿児島
 沖縄：沖縄

2-3-3. 家屋内での水使用状況の実態、および推定ライフスタイルの変化、多様化に伴い、家屋内での水使用状況も様々になってきたことから、個別住宅における生活用水の需要構造の分析が行われている^{3), 4), 5)}。

例えば、滋賀県大津市で行われたアンケート調査(平成6,7年、および11年に実施)の結果では、家族人口が変化していないにもかかわらず、生活用水の使用量は減少する傾向にあった³⁾。これは、様々な種類の節水型の水利用機器が普及したことで、生活用水の一人一日平均使用水量が減少(280L/日→274L/日)したことによるものと推察された。参考までに、代表的な水利用機器の普及率を表3に示すが、この中で、シャワー付洗面台、オートバス、温水

便座などは、生活用水の新たな使用用途として使用量を増加させるものである。しかし、技術の進歩による洗濯機、水洗トイレ洗浄水などの使用水量の減少、食器洗い機などの普及による節水効果が勝り、トータルとしての生活用水使用量の減少につながったことは明白であった。

上記の結果は、家屋内で新たな水使用機器が利用されていること、既存の機器の節水対策が進んでいることなどを良く表しており、家屋内での水使用状況の実態を表す例のひとつとして有用なデータである。

表3 住民へのアンケート調査から算出された
水利用機器の普及率の変化(%)⁴⁾

水利用機器	平成6年	平成11年
浄水器	38.6	48.6
食器洗い機	9.7	17.8
シャワー付洗面台	33.3	38.7
全自動洗濯機	67.4	82.7
循環式風呂	6.6	8.2
オートバス(自動湯張り式 風呂)	41.3	55.4
温水便座	28.0	42.0

さらに、給水栓取付式量水計による用途別の一人一日平均使用水量を比較すると、洗濯用水の使用量は、洗濯機の標準水量の変化に合わせて減少していることがわかった(表4)。しかし、表3より、食器洗い機の普及が進んでいるにも関わらず、台所での使用水量の減少は見られない。これは、ライフスタイルの変化により食事回数が増加(個食化)したこと、グルメ志向による食品数の増加で食器の使用数が増えたことなどが要因になっていると考えられる。なお、トータルでの使用水量を左右する用途として、風呂水(浴槽水、シャワー)が大きなウェイトを占めるが、これは個人のライフスタイルによって変動するため、家族構成、節水意識の違い等を含めて議論する必要がある。

表4 用途別一人一日平均使用量の実測調査結果
(中央値, L/人・日)⁴⁾

用途	平成6~8年	平成9~12年
台所	33.2	38.3
風呂	浴槽使用 (45.7)	59.0~74.0 (66.5)
	シャワーのみ	43.1
洗濯	47.6	42.0

また、生活用水の目的別使用水量、および時間変動特性などに関する調査、解析も行われており、これら検討の中では、水需要に対する影響要因を表5のように整理している。一般家庭を対象にした、約7年に渡る調査結果から、水需要に対する影響要因の項目と目的別一人一日平均使用水量の間に、以下の関係が見出されている。

- 1)曜日特性：休日には、在宅時間が長いためか、洗濯、台所、トイレの使用水量が増加
- 2)季節特性：夏場はシャワー、その他季節は風

呂での使用水量が多い

3)家族人数：家族人数が増えるほど、使用水量は減少する傾向にあるのは、共通利用機器である風呂、洗濯、台所の使用特性が影響している

4)水利用機器、水利用行動：節水機器活用の有無、すなわち、節水意識の有無で使用水量が増減する傾向が顕著に見られる

このような調査結果は、データを蓄積していくことで、目的別使用量の変動を予測するためのツールとして有効に活用できる可能性がある。

表5 水需要に対する影響要因とその項目⁵⁾

影響要因	各影響要因における項目
①社会的要因	家族人数、家族構成、曜日
②自然的要因	季節、気温、降水量、天候
③機器利用要因	水利用機器、水利用行動、節水意識
④水道事業要因	水圧、水質、水温、料金

この他、上記のような実態調査に基づき、家屋内での用途別使用水量を推定するための研究もいくつか行われている。例えば、階層型ニューラルネットワークモデルを用いて、用途別水量を試算した検討例がある⁶⁾。住宅の引き込み管における流動変動から末端の使用器具ごとのと水流量予測を行うモデルで、1回の水使用ごとの使用時間、使用水量、流量分布の標準偏差と推定最大値の4種類を統計量とし、台所、風呂、洗面、洗濯、トイレ、その他の6項目の各用途別使用割合を算出するものである。いくつかの住宅で検証した結果、推定値は実測値を良く表していたが、台所、洗面、風呂(シャワー)等、人の手により使用量調節が可能な用途に対しては、推定値と実測値がずれる傾向にあった。これより、精度の良い推定モデルを確立するためには、さらに多くの住宅で検証する必要があると考えられる。

さらに、非常時、緊急時における生命維持や衛生保持を考慮に入れた限界水量(ミニマム水量)について検討している例もある⁷⁾。これは、過去に実施された水使用の実態調査(文献値)、ならびにアンケート調査等の結果から、衛生的立場に立って、日常における用途別必要最低水量を合理的に算出しようとする試みである。本試算によれば、一人あたりの必要最低水量は約188L/人・日であり、各種文献の平均値(234L/人・日)と比較して約8割程度の値である(表6)。特に、炊事、入浴、洗濯の3項目は標準

偏差が大きく、個人差を反映していると推定されるため、高いレベルで節水意識の統一が図れれば、使用量を削減できる可能性が高い。このように、日常における必要水量は、個々の使い方によって大きく変動するため、正確に推定することは困難であるが、安全で快適な生活水準を確保しながら家屋内での水の有効利用を達成するためには、こうした概念を考慮に入れた上で、検討を行う必要があると考えられる。

表 6 用途別使用水量(文献値)と試算した必要最低水量(推定値)の比較⁷⁾

用途	使用水量(文献値, 平均値±標準偏差) (L/日・人)	必要最低水量(推定値) (L/日・人)
飲用	1.9±0.6	1.4~1.5
炊事	51.9±12.6	40
手洗い、洗面	15.3±6.4	17
入浴	51.1±13.5	40~42.5
洗濯	53.6±17.9	35
便所	38.6±8.2	36
掃除	7.9±1.2	8
洗車	13.7±0.3	8.7
合計	234.0±60.7	186.1~188.7

以上より、家屋内での水使用は、水洗トイレや風呂といった従来の用途に加え、洗浄機能付便座、シャワー付洗面台などの新たな用途が加わり、複雑化している。また、核家族化による家族数の減少、外食産業の充実による家事の外部化、各種節水機器の普及、節水意識の高揚などによって、トータルな使用水量は横ばい、あるいは減少の傾向にあった。したがって、今後、水需要構造式などを策定する際には、水使用を増加させる要因と併せて、減少要因についても考慮に入れ、統計的な分析/評価を行う必要がある。その際、非常時、緊急時においても、安全で衛生的な水が確保できる限界水量(ミニマム水量)の概念等を含め、より合理的に必要な水量の推定、算出を行い、現実的な指標を確立することが重要である。

2-3-4. 家屋内における水の有効利用の現状と課題

家屋内での水の有効利用は、節水、雨水利用、および再生水の利用に分けることができる。集合住宅や団地では、下水処理水の利用や大規模な雨水利用などの方法も考えられるが、水使用のスケールが小さい戸別住宅では、浴槽水の再利用、収集した

雨水の利用等に限られている。このため、主に水を利用する個人が節水を心がけて様々な水利用機器を使用することが、最大の水の有効利用方法となっている。

しかし、節水概念は一律でなく個人差があるため、最終的な判断は個々にゆだねられるが、行った水利用行動に対して、どの程度の節水効果があるのかといった指標があると、節水意識の高揚につながりやすい。例えば、用途別の水使用に着目し、節水指針のための基礎的研究を行った例では、各用途における節水方法に対して、安全性、利便性、快適性、実現性を判断するとともに、それぞれの節水率を試算している⁸⁾。その結果、水の使用回数を減らす、水を使いまわすといった単純な方法での節水効果が比較的高いことを示している。

また、このような住民の節水意識を高揚させるために自治体等が取り組んでいる方策として、補助金制度が挙げられる。現在、戸別住宅での排水の循環利用設備に対しては、福岡県が補助金制度を実施している(補助額は16万円)⁹⁾。一方、雨水利用設備については、いくつかの自治体で比較的大きな貯留設備(貯留容量が数 m³規模)の設置に対して助成を行っているが、小規模な雨水貯留タンクの設置に対しての補助金制度は、多くの自治体を実施している。この他、松山市公営企業局のように、家庭用バスポンプ、風呂水吸引ポンプ付節水型洗濯機、シングルレバー式湯水混合水栓、および食器洗い乾燥機(平成14年10月より)の4つの節水機器を導入する際、補助金を交付している例もある。松山市の例は、水を供給(販売)する側である水道局が節水を促進するための方策を講じているもので、今後の水使用量、水使用の形態を大きく左右する要因の一つとして理解しておく必要がある。

さらに、衛生設備メーカー、住宅メーカーなどから市販されている住宅用水循環利用設備の概要について、表7に示した。これを見ると、シンプルで安価な雨水貯留槽・タンクは、各メーカーから多く市販されており、東京都墨田区における登録事業者は十数社にのぼっている。一方、多くの発生源からの複合排水を処理して再利用するシステムは、戸別住宅用に開発・販売されたものの、設備費用がかかること、必要な処理水水質を安定して維持することが困難であることから、販売実績が伸びていない。現在、数社から販売されているのは、浴槽水を簡易処理して

トイレ洗浄水に利用するシステムである。これら設備、システムの販売実績は、雨水貯留槽・タンクについては数千程度、浴槽水の再利用システムで 100～200 程度であり、新築住宅数と比較して遥かに少なく、普及が進んでいるとは言えないのが現状であろう。

これら戸別住宅における雨水利用、排水再利用システムを設置している家庭に対して行った聞き取り調査では、上水使用量、および水道料金の低減等、目に見える効果が現れたと回答したのは約半数であった。これより、今後、このような住宅用水循環利用設備を普及させるためには、節水効果、水道料金の低減効果、導入費用、維持管理費用などの経費削減効果などを明確にした上で、補助金制度をさらに充実し、導入におけるガイドラインの制定なども

必要になると思われる。

以上より、戸別住宅における水の有効利用は、導入実績としてはあまり多くなく、そのシステムも、比較的水質の良い雨水、あるいは浴槽水をトイレ洗浄水へ利用するといった簡易なものが主流であった。技術的には可能でも、処理コスト、メンテナンス性等を考えた場合、台所排水やトイレ洗浄水を含めた家庭排水すべてを循環、再利用することは現実性に乏しい。したがって、家屋内における水の有効利用では、現在までに行われてきた、水そのものの循環・再利用という観点からだけでなく、水道水が有する水圧、水温といったエネルギーの活用などを視野に入れた検討を行うことにより、新たな水の利用手法を見出すことが今後の課題であると考えられる。

表 7 市販されている住宅用水循環利用設備の概要⁹⁾

企業名	製品名	循環利用対象	
		排水	雨水
TOTO	一般住宅向け雨水、風呂水利用設備 「コダムくん」(福岡県、松山市限定販売)	◎ 浴槽水	○
INAX	家庭用節水システム「アクアエコ2」	◎ 浴槽水	○
	「雨水利用システム」		○
ダイワハウス	環境共生住宅「環境光房」シリーズで「雨水・中水利用システム」を採用 設備はINAXの「アクアエコ2」	◎ 浴槽水	○
ソーラーシステム(長野市)	「ウスイクルミニ」「ウスイクル」	◎ 浴槽水	○
雨水リサイクル研究所(墨田区)	雨水貯留タンク「天水尊」		○
昭和鉄工(株)	「快適節水エコライフ」 → TOTO、INAX、ソーラーシステムと共に福岡県の実証試験に参加。現在、実質的には設備は販売していない模様	◎	
積水ハウス	戸建住宅用システム「浴排水リサイクルシステム」	○ 浴槽水	
ハウス(株)(高松市)	雨水・風呂水利用中水道システム「システムまいダム高松」	○ 浴槽水	○
	雨水利用中水道システム「まいダム高松」		○
雨水事業者の会(すみだ環境ふれあい館出展企業)	家庭用小型雨水貯留槽 出展企業：(有)大成、(有)安藤電気製作所、(株)トーエツ、(株)川本製作所、(株)エナジーシステム、(有)エネックス・シブス、(株)エコ・コーポレーション、風台地プロダクション、DTS(株)、(株)今野製作所、雨水リサイクル研究所など		○
雨水・再生水利用技術研究開発グループ(長崎県)	一般家庭用「雨水利用システム」		○

(注)「平成13年度 小規模循環システムによる水の有効利用に関する調査概要・中間報告(国土交通省/水資源部)」より

D. 考察

本研究により、家屋スケールでの水循環による水利用の合理化を達成することで、節水の促進による水の有効利用や環境負荷低減が推進され、以下のような効果が期待される。

- (1) 水道原水の取水量抑制による河川環境への影響低減と、需要水量の日変動抑制による浄水場の安定運転
- (2) 家庭排水の低減による下水道への負荷低減や、水道水圧などの未利用エネルギー活用による電力エネルギー等の環境負荷低減
- (3) 家屋内における再利用水の安全性の向上、および衛生面の確保
- (4) 住民側と水道事業者側の双方向情報公開による社会的合意形成の促進

このように、水道の有する未利用エネルギーを活用し、水の多段階利用を達成すること、そして、それぞれの使用段階における水質目標値を設定することにより、安全で衛生的、且つ快適な家屋内水循環を形成することができると考えられる。

E. 結論

本研究では、水使用の最小単位である家屋内での水利用に着目し、そこにおける水使用状況の実態、ならびに現在行われている水の有効利用手法等について精査した。

その結果、水道水圧等、水道が有する未利用エネルギーを有効に活用し、家屋内での多段階利用を達成すること、および、それぞれの段階における水質目標値を設定することにより、安全で衛生的、且つ快適な家屋内水循環が形成できる可能性が示唆された。

家屋内での水循環を健全に保つことは、流域圏での大きな水循環の一端を担う、河川や下水道への負荷、エネルギー消費量を軽減した健全な水循環を形成するために不可欠である。次年度以降、家屋内での水の有効利用システムを組み込んだ“アクアハウス”の実現に向け、水道水圧の有効利用手法等について実験装置による技術的な検討を行う。

F. 健康危険情報

特に記載する事項なし。

G. 研究発表

本年度は研究の初年度にあたっており、研究スタートした段階にあるため、研究発表の実績はない。

H. 知的財産権の出願・登録情報

1. 特許取得

以下の発明について出願予定。

発明の名称 : 光感知式水圧駆動開閉装置

出願人 : (株)荏原総合研究所

2. 実用新案登録

特に記載する事項なし。

3. その他

特に記載する事項なし。

(参考文献)

- 1) 宮川新平, アクアドライブシステム(ADS)を展望する, 油空圧技術, 2003年2月号, pp12-19(2003)
- 2) (社)日本フルードパワー工業会, アクアドライブシステム—技術資料(2001)
- 3) 山田淳ら, アンケート調査から見た最近5年間の家庭用水道需要構造変化, 第51回全国水道研究発表会講演集, pp34-35(2000)
- 4) 山田淳ら, ライフスタイルの変化を考慮した生活用水需要構造分析, 第52回全国水道研究発表会講演集, pp28-29(2001)
- 5) 山田淳ら, 生活用水の使用目的別使用水量詳細調査からみた時間変動特性, 第53回全国水道研究発表会講演集, pp70-71(2002)
- 6) 浅野良晴, 市川憲良ら, 戸建て住宅における用途別使用水量の推定に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, vol.527, pp53-59(2000)
- 7) 紀谷文樹, ミニマム水量に関する検討と提案, 空気調和・衛生工学会論文集, No.42, pp19-28(1990)
- 8) 中原美和, 紀谷文樹ら, 用途別の水使用に着目した節水指針のための基礎的研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp1121-1124(1999)
- 9) 国土交通省水資源部, 平成13年度 小規模循環システムによる水の有効利用に関する調査概要(中間報告)
国土交通省 土地・水資源局水資源部編, 平成14年度版 日本の水資源

(別表3)

家屋内での水有効利用と環境負荷低減に関する研究委員会
委員名簿

	氏名	所属
委員長	紀谷 文樹	神奈川大学 工学部 教授
副委員長	山田 淳	立命館大学 理工学部 教授
委員	市川 憲良	東京都立短期大学 都市生活学科 教授 空気調和・衛生工学会 給排水衛生設備委員会 委員長
委員	桂 真人	株式会社 INAX 営業本部 営業部 部長
委員	木村 照城	北九州市水道局 給水部 東部工事事務所長
委員	齋藤 享	積水ハウス株式会社 技術統括部 東京技術部 主任
委員	松崎 寿広	給水システム協会
委員	湯川 敦司	株式会社東芝 社会インフラシステム社 社会・産業システム事業部 公共システム事業開発部 公共事業推進・企画担当 参事

(委員長、副委員長、以下 五十音順、敬称略)