

[ノート]

ポットピッチャー型浄水器による水道水中のトリハロメタン，残留塩素， ジェオスミン及び鉄成分の除去効果に関する調査研究

川元 達彦^{1*} 上村 育代¹ 兼田 翔一郎² 武田 博²本多 三洋子² 矢野 美穂³ 吉田 昌史¹

Studies on the Removal Efficiencies of Five Pot Pitcher-type Water Purifiers for Trihalomethane, Residual Chlorine, Geosmin and Iron Contamination in Drinking Water

Tatsuhiko KAWAMOTO^{1*}, Ikuyo KAMIMURA¹, Shouichirou KANEDA², Hiroshi TAKEDA²,
Miyoko HONDA², Miho YANO³ and Masashi YOSHIDA¹

¹Life Science Division, Public Health Science Research Center, Hyogo Prefectural Institute of Public Health and Consumer Sciences, 2-1-29, Arata-cho, Hyogo-ku, Kobe 652-0032, Japan
²Consultation Division, Consumer Science Research Center, Hyogo Prefectural Institute of Public Health and Consumer Sciences, 4-2, Minatozimanaka-cho, Chuou-ku, Kobe 650-0046, Japan ,
 and ³Katou Health and Welfare Office

For the purpose of consumers' safety for drinking water and improvement of the quality of life, using commercially available five different pot pitcher-type water purifiers (each filter consists of: activated carbon, ion-exchange resin, ceramic particles and hollow yarn membrane), we have investigated the removal efficiencies of the water purifiers for trihalomethane, residual chlorine, geosmin and iron in drinking water. All of these contaminants are great concerns for consumers. The results of the study for water filtration volume of up to 200 liters were shown the following: All the water purifiers exhibited high removal efficiency for trihalomethane and residual chlorine. Adsorption removals by activated carbon for trihalomethane, residual chlorine and geosmin were effective. However, the purifiers with less volume of activated carbon filler showed a little lower efficiency for adsorption removal of geosmin. There was a difference between removal efficiencies for geosmin and iron depending on the volumes and types of filters. Use of porous filters, such as ceramic particles and hollow yarn membrane, was effective for removal of iron, because metals present in water as insoluble particles.

I はじめに

我が国の水道水は厳しい水質基準等¹⁾が適用されてお

り、世界的にも希有で安全な飲料水として供給されている。一方で、県民（消費者）の「臭いのない、おいしい水」志向の高まりに伴い、浄水器はカルキ臭といった僅かな臭いや鉄による金気などを除去できるため、一般家庭での使用が広がり、現在、普及率は約40%と日常生活に深く浸透している。

¹健康科学部，²相談事業部，³加東健康福祉事務所
 *別刷請求先：〒652-0032 神戸市兵庫区荒田町 2-1-29
 兵庫県立健康生活科学研究所 健康科学研究センター
 健康科学部 川元 達彦

II 材料と方法

1. 試料

1) 浄水器の種類

簡便、安価かつ汎用性の高いポットピッチャー型浄水器の例(写真)を Fig. 1 に示した。

浄水器の構造としては、中央部にはろ過剤が充填されたカートリッジが装着され、カートリッジ上部に水道水を満たすと自然落下方式でろ過剤の中を流れ、精製された水ができる仕組みとなっている。

また、すべてのカートリッジの交換の目安は通水量 200 L 程度、流量は概ね 0.1~0.2 L/min の範囲とした(製品表示に記載)。

2) 浄水器の評価試験項目

県民(消費者)からの問い合わせ・相談件数等の調査結果から、関心が高いと考えられる調査項目として、以下の 4 項目を選定した。また、各項目の水道水質基準値を()で記し、生成理由を記す。

2-1) トリハロメタン (0.1 mg/L) :

水道水の消毒に用いられる塩素と、水道水の有機物との反応によって生成する副生成物である。トリハロメタンは 4 種化合物であり、各々の化合物についても下記のような基準値がある。クロロホルム (0.06 mg/L)、ブロモジクロロメタン (0.03 mg/L)、ジブロモクロロメタン (0.1 mg/L)、ブロモホルム (0.09 mg/L) である。

2-2) 残留塩素 (1 mg/L) :

夏場のカルキ臭の原因物質である。

2-3) ジェオスミン (0.00001 mg/L) :

藻類が産生するカビ臭物質である。

2-4) 鉄 (0.3 mg/L) :



Fig. 1 Photograph of pot pitcher-type water purifier

貯水タンク、配管から溶出される金属成分である。

3) 試料水の調製方法及び分析方法

試料水の調製方法として、予め計量した 50 L タンク(ポリエチレン製)に 10 L 程度の水道水を満たし、各測定対象項目毎の標準液を JIS S 3201⁴⁾に基づいて添加した後、水道水で 50 L (水試料中濃度: クロロホルム 0.9 mg/L, ブロモジクロロメタン 0.6 mg/L, ジブロモクロロメタン 0.4 mg/L, ブロモホルム 0.1 mg/L, 残留塩素濃度; 2.0 mg/L, ジェオスミン 0.00005 mg/L, 鉄; 0.05 mg/L)とした。また、通水方法、除去率の計算方法についても JIS S 3201⁴⁾を参考に実施した。なお、各項目の分析方法については、水質基準に関する省令に基づき厚生労働大臣が定める方法(平成 15 年厚生労働省告示第 261 号)等³⁾に従って実施したが、具体的な分析方法は以下のとおりとした。

3-1) トリハロメタン :

厚生労働省告示第 261 号別表第 14 に規定された方法(ページ&トラップ-GC/MS 法)であり、ページ&トラップは GL サイエンス社製 Tekmar4000J を、GC/MS は Thermo Fisher Scientific 社製の Trace DSQ を用いた。

3-2) 残留塩素 :

厚生労働省健水発第 1010001 号による方法の DPD 法であり、関東化学社製の DPD 反応試薬を使用した。

3-3) ジェオスミン :

厚生労働省告示第 261 号別表第 25 の方法(ページ&トラップ-GC/MS 法)であり、ページ&トラップは GL サイエンス社製の Tekmar LSC2000 を、GC/MS は Agilent 社製の HP5972 を用いた。

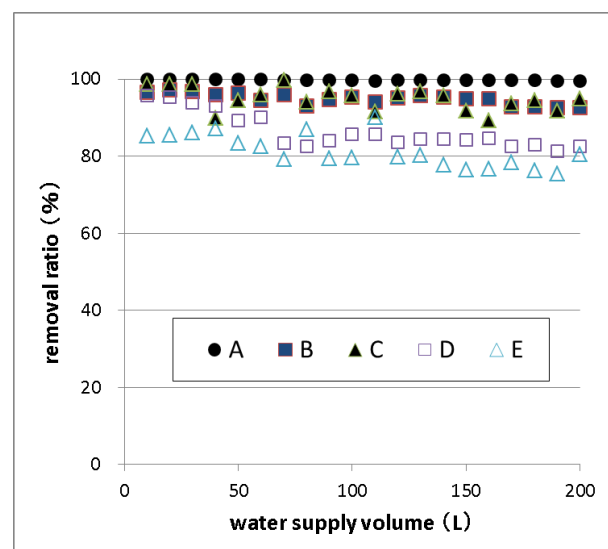


Fig. 2 Changes of trihalometane removal ratio after water sample filtration of five pot pitcher-type water purifier









Type	A	B	C	D	E
Volume	activated carbon / ion-exchange resin (38g)	activated carbon / ceramic particles (48g), hollow yarn membrane	activated carbon (38g), ceramic particles (11g), hollow yarn membrane	ion-exchange resin / activated carbon (54g)	ion-exchange resin / activated carbon (81g)
Photograph of Component					
	-	-		-	-
	-			-	-

Fig. 3 The cartridge components of each activated carbon, ion-exchange resin, ceramic particles and hollow yarn membrane packed with five pot pitcher-type water purifier

3-4) 鉄 :

厚生労働省告示第 261 号別表第 5 の方法 (誘導結合プラズマ発光分光 (ICP) 法) であり, Perkin Elmer 社製 Elan DRCe を用いて実施した⁵⁻⁷⁾.

なお, すべての浄水器の性能評価に関する検水は, 各項目毎に通水前に毎回, 採取し, 通水後は 10 L 毎に採取し, 200 L まで実施した. また, 試験に用いた水道水には, トリハロメタンが 0.0088 mg/L, 残留塩素は 0.1 mg/L 濃度で含有していたため, 除去率の計算には, これらの濃度値を差し引いて求めた.

III 結果及び考察

1. 浄水器によるトリハロメタンの除去挙動

5 種類の浄水器について, 通水量に対するトリハロメタン (クロロホルム, ブロモジクロロメタン, ジブロモクロロメタン及びブromoホルムの合計量) の除去率の変化を Fig. 2 に示した. いずれの浄水器においても, 通水量 0 から 200 L までの除去率は概ね 80% 以上を示し, 高い除去性能を有することが分かった.

本研究で調査対象とした 5 種類の浄水器カートリッジ (A, B, C, D 及び E) を分解して, 充填剤の種類・外観・重量を調査した結果を Fig. 3 に示した. 各浄水器に使用されている主な充填剤は, 活性炭, イオン交換樹脂, セラミック及び中空糸膜で, いずれもカートリッジ内に空隙なく充填された状態で装備されていた. 浄水器 A は活性炭を主成分としてイオン交換樹脂の混合体 38 g を

充填したもの, 浄水器 B は活性炭を主成分としてセラミックの混合体として 48 g を充填し, 別途, 中空糸膜を装備したもの, 浄水器 C は活性炭 (38 g) とセラミック (11 g) を区別して合計 49 g を充填し, 別途, 中空糸膜を装備したもの, 浄水器 D はイオン交換樹脂を主成分として活性炭の混合体として 54 g を充填したもの, 浄水器 E はイオン交換樹脂を主成分として活性炭の混合体として 81 g を充填したものであった.

また, Fig. 3 に示すように, 浄水器 A~E に共通して活性炭が含まれていることが分かった. トリハロメタンは活性炭表面に物理化学的吸着²⁾することが知られているが, 本調査で認められた高い除去率には, 充填された活性炭による除去効果が反映しているものと考えられた.

一方, 浄水器 A~C は活性炭が主成分で, 浄水器 D, E はイオン交換樹脂が主成分であった. 前者と後者の浄水器における僅かな除去率の差は, このことを反映した結果と推察された. また, 浄水器 A は粉末活性炭, 浄水器 B~E は粒状活性炭が充填されていたが, 浄水器 A の持続的かつ高い除去率には, 粉末活性炭の表面積 (微細細孔形成) の広さが起因しているものと推察された.

2. 浄水器によるトリハロメタン、残留塩素、ジェオスミン及び鉄の除去効果

5 種類の浄水器によるトリハロメタン, 残留塩素, ジェオスミン及び鉄の除去性の結果 (0, 50, 100, 150 及び 200 L の通水量) を Table に示した. トリハロメタンの評価結果は Fig. 2 に示したが, 残留塩素はトリハロメ

Table 1-1 Comparison of trihalomethane removal ratio (%) in five pot pitcher-type water purifier

Type	Filtration volume (L)				
	0	50	100	150	200
A	100	100	100	100	100
B	100	96	96	95	93
C	100	95	96	92	95
D	100	89	86	85	83
E	100	83	80	79	81

Table 1-2 Comparison of residual chlorine removal ratio (%) in five pot pitcher-type water purifier

Type	Filtration volume (L)				
	0	50	100	150	200
A	100	98	98	96	94
B	100	94	95	93	97
C	100	95	96	89	92
D	100	95	94	93	93
E	100	94	89	88	89

Table 1-3 Comparison of geosmin removal ratio (%) in five pot pitcher-type water purifier

Type	Filtration volume (L)				
	0	50	100	150	200
A	100	100	100	100	100
B	100	85	87	88	82
C	100	85	84	83	82
D	100	72	66	62	60
E	100	72	62	61	60

Table 1-4 Comparison of iron removal ratio (%) in five pot pitcher-type water purifier

Type	Filtration volume (L)				
	0	50	100	150	200
A	100	92	82	80	80
B	100	91	90	88	85
C	100	100	100	100	94
D	100	70	72	64	60
E	100	67	65	63	60

タンと同様に、すべての浄水器で高い除去性が認められた (Table 1-1, 1-2)。

また、ジェオスミンについては、通水当初、すべての浄水器で高い除去率が認められたが、浄水器 (D, E) は通水量の増加とともに徐々に減少する傾向が認められた。そこで、これらの浄水器について詳細に調査した結果、硬度が比較的高い水道水にも対応した製品であり、充填剤であるイオン交換樹脂の含有量が多く、活性炭の含有量が少ないことが分かった。従って、これらの充填剤の特性が除去率に反映されたものと考えられた (Table 1-3)。

一方、鉄については、セラミックや中空糸膜を含む浄水器 B, C において、特に高い除去率を示した。鉄は水中で酸化物を形成し、懸濁性の微粒子として存在しやすいため、水中の微細な懸濁性鉄 (微粒子) が、セラミックでは微細な孔にトラップされ、中空糸膜ではろ過膜で除去されているものと考えられた (Table 1-4)。

以上、上記の調査結果から、浄水器に充填された充填剤の特性が試験対象項目の除去性能に大きく影響することが明らかとなった。

IV 結 論

ポットピッチャー型浄水器 5 種類を対象として、県民 (消費者) の立場から関心の高いトリハロメタン、残留塩素、ジェオスミン及び鉄成分について、除去性を調査した結果、以下の知見が得られた。

1. トリハロメタンと残留塩素は、すべての浄水器 (A～E) において高い除去性が認められた。
2. ジェオスミンと鉄については、浄水器の充填剤の含有量、種類により差異が認められた。
3. トリハロメタン、残留塩素及びジェオスミンは、活性炭による吸着除去が効果的であったが、活性炭の充填量の少ない浄水器 (D, E) ではジェオスミンの吸着除去率に差が現れた。
4. 一方、鉄は水中で懸濁性微粒子となって存在していると考えられ、セラミックや中空糸膜の細孔による除去が効果的であった。

当研究センターには、試験分析技術を用いて科学的な

根拠結果を提供する役割がある。今回の取り組みは県民の科学的な生活の推進及び県民 (消費者) の利益の増進に寄与することを目指す生活科学総合センターとの連携事業として実施した。

本研究により、浄水器の性能評価を行い、充填剤によるトリハロメタン、残留塩素、ジェオスミン、鉄成分の除去特性などの科学的な根拠データを得ることができた。今後は本調査結果を活用し、生活科学総合センターを中心に、県民 (消費者)、県市町関係機関等に対して情報発信していくこととしている。

謝 辞

本連携事業を実施するにあたり、有益なご助言を賜りました。生活科学総合センター並びに健康科学研究センター関係諸氏に感謝いたします。

文 献

- 1) 厚生労働省：水質基準に関する省令。平成 15 年 5 月 30 日、厚生労働省令第 101 号 (2003)
- 2) 国民生活センター：浄水器の比較テスト結果。平成 9 年 6 月 6 日：http://www.hokusen.go.jp/news/data/a_W_NEWS_045.html
- 3) 厚生労働省：水質基準に関する省令の規定に基づき厚生労働大臣が定める方法。平成 15 年厚生労働省告示第 261 号 (最終改正；平成 27 年 3 月 12 日、厚生労働省告示第 56 号) (2015)
- 4) 経済産業省：家庭用浄水器試験方法。平成 22 年 3 月 23 日、日本工業規格 JIS S 3201 (2010)
- 5) 川元達彦、矢野美穂、森田寛子、三橋隆夫：水中 1,2,3-トリクロロベンゼンの P&T-GC/MS 法による高感度分析法の確立。兵庫健科研セ研究報告, **4**, 40-45 (2013)
- 6) 川元達彦、矢野美穂、上村育代、稲田忠明：水中プロチオホスの溶媒抽出-PTV-GC/MS 法による高感度分析法の開発。兵庫健科研セ研究報告, **6**, 26-31 (2015)
- 7) 矢野美穂、川元達彦：ダイナミックリアクションセル-誘導結合プラズマ質量分析法を用いる水道原水及び水道水中 20 種金属元素の高感度同時分析法の確立及び浄水処理過程における除去評価。分析化学, **60** (5), 433-440 (2011)

(平成 28 年 3 月 24 日受理)