

# ミネラル添加量の調節可能なポット型浄水器

## Pot Type Water Purifier with Adjustable Mineralization

平井 利明\* · 小玉 誠\*\* · 西川 壽一\*\*\* · 田中 喜典\* · 小関 正道\*\*\*  
Toshiaki Hirai      Makoto Kodama      Toshikazu Nishikawa      Yoshinori Tanaka      Masamichi Koseki

ポット型浄水器において、カートリッジ上部に配置した添加剤層，そこへ水を導入するための添加部給水口，および両者の外周を覆うカバーから成り，カバーの高さを上下に切り替えて水と添加剤の接触量を変化させることにより，添加するミネラル量を容易に制御できる機構を開発した。

また，ミネラル成分の濃度指標である硬度と水の味との相関関係を明らかにし，開発品である浄水器においては増加する硬度を3段階に設定できるとともに，精度良く制御可能であることを確認している。

In a pot type water purifier, a mechanism for easily controlling the level of mineral content has been developed by placing an additive compartment in the top portion of a cartridge, a water inlet for supplying water to the compartment, and an enclosure to cover the compartment and water inlet, and selecting the height of the enclosure for changing the contact level of the additive and water.

In addition, the correlation between the water taste and hardness which is the concentration indicator of and the concentration indicator of mineral components, has been clarified. Water hardness obtained by the developed water purifier has been set to 3 levels and confirmed to be accurately controllable.

## 1. ま え が き

国内では軟水から硬水まで膨大な種類のミネラルウォーターが販売されており，水の味に対する消費者の関心は高い。

一方，国内の水道水は一部地域を除いてミネラル成分濃度を示す指標である硬度の低い軟水である。

このような水道水を一般の浄水器で処理しても，異臭味成分，濁り，残留塩素，微量に含まれるトリハロメタンや鉛といった健康上好ましくない成分は除去されるものの，硬度が増加することはない。また，アルカリイオン整水器もpHを増加させるが，硬度を増加させるものではない。

そこで筆者らは，水の硬度が味に与える影響を明らかにするとともに用途に応じたミネラル分添加量の調節機構を開発することによって，種々の好ましくない成分の除去機能とミネラル分の添加機能を有し，持運びが可能で冷蔵庫で冷やすこともできる取扱いが簡便なポット型浄水器を実現したので以下に報告する。

## 2. 水の味に対する硬度の影響

### 2.1 硬度

硬度とは水中に含まれるカルシウムイオンとマグネシウムイオンの濃度を炭酸カルシウム換算値として表示する指標であり，WHO（世界保健機関）が示すガイドラインでは硬度60 mg/L未満を軟水，60～120 mg/Lを中程度の軟水，120～180 mg/Lを硬水，180 mg/L以上を非常な硬水としている。また国内の水道水水質の基準値は，300 mg/L以下となっている。

国内の水道水は図1に示すとおり，一部の地域を除いて硬度が低い軟水であるといわれている。これは，日本の水道水の主な水源が山間から短期間で平地に流れて来た水であることから，土壤環境中の成分が溶解する十分な時間がないためと考えられている。

\* 電器事業本部 電器R&Dセンター Research & Development Center, Home Appliance Manufacturing Business Unit

\*\* 電器事業本部 アクア・デバイス事業部 Water Processing Products & Device Division, Home Appliance Manufacturing Business Unit

\*\*\* 山脇学園短期大学 食物科 Department of Food Science, Yamawaki Gakuen junior college

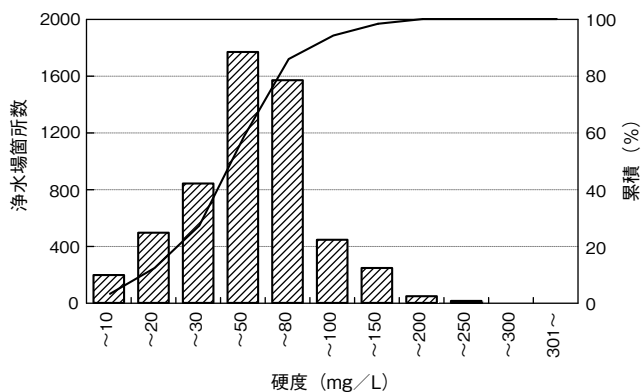


図1 全国水道水源の硬度分布\*1)

一方、市販のミネラルウォーターは一般的に、国内水源のものは硬度が低く、国外水源のものは硬度が高い傾向にあり300 mg/Lを超えるものも多く、なかには1000 mg/Lを超えるものもみられる。

このような多種にわたるミネラルウォーターが市販されている理由としては、消費者の水の味に対する関心の高さとともに、飲用以外にも調理など用途の多様化が挙げられる。

## 2.2 硬度と味

水の味に対する研究は過去にも幾つかの事例がある。たとえば、水中に含まれるカルシウムイオン、カリウムイオン、珪酸イオンの濃度の総和を、硫酸イオンとマグネシウムイオンの濃度の総和で除した値が「おいしい水インデックス (O Index)」として提示されている<sup>1)</sup>。また、市販飲料水のpH、過マンガン酸消費量、硬度、蒸発残留物、塩素イオン濃度などの水質とおいしさの関連性については、pHと味の評価に強い相関があるという調査報告もある<sup>2)</sup>。しかし、水質と味、とくに硬度と味の関連については嗜好の問題もあり、いまだ不明確な部分が多い。

## 2.3 味の官能評価

そこで筆者らは、水の硬度と味の相関を調べるため、硬度範囲が30～1400 mg/Lで7種の水を調製し、125名のパネルを対象に官能評価を実施する。

評価法は「大変おいしい」、「おいしい」、「どちらでもない」、「おいしくない」、「大変おいしくない」の評点をおのおの2, 1, 0, -1, -2として実施する<sup>3)</sup>。この結果を図2に示す。

この図に示すとおり、硬度の味への影響は50～150 mg/L程度まではプラスに働くが、200 mg/Lを超えるとマイナスへ働くことがわかる。

しかし、広範囲にわたる硬度のミネラルウォーターが市販され普及している現状から考えると、多様な嗜好に応えるために200～300 mg/Lの水も生成できることが望ましい。そこで、原水の水道水硬度を軟水である60 mg/Lを前提とし、ミネラル分添加による硬度の増加範囲を50～

200 mg/Lに設定することで中程度の軟水から非常な硬水の範囲で所望の硬度に変えることをねらう。

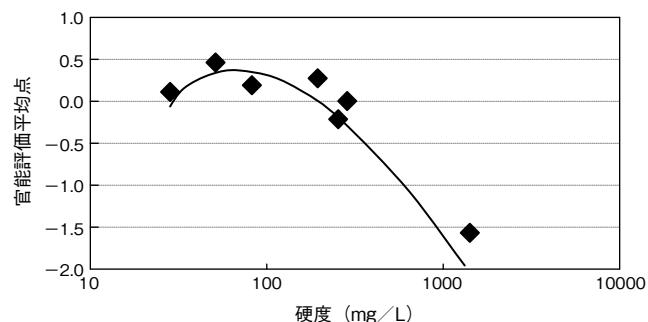


図2 水の硬度と味

## 3. ポット型浄水器のミネラル分添加量調節機構

### 3.1 ポット型浄水器とは

ポット型浄水器は図3に示すように、水を浄化するカートリッジと原水を入れるカートリッジタンク、浄水を溜める本体容器、およびふたから構成されるきわめて簡易な構造である。



図3 ポット型浄水器の構成

このポット型浄水器の使用方法は、カートリッジタンク内に所望量の水道水を入れて水が本体容器の下部に溜まるのを待つだけというシンプルなものであり、この待ち時間に冷蔵庫などで冷して飲用する。

この浄化過程において、カートリッジ内部では以下の工程が水の自重で連続的に行われる。

- (1) 水がカートリッジの最下部の穴から流出して内部の空気を排出する。
- (2) 水がカートリッジ内部に充填されて空気をすべて排出

する。

(3) 水が浄水部を通過することで浄化される。

一方、ミネラル分の添加機能を有する従来ポット型浄水器では、麦飯石などの天然石から構成したミネラル添加剤層とポンプなどの送液機構を搭載しており、所定時間だけミネラル層を循環させてミネラルを溶出させるものが主である。

前述の方法を応用すれば、送液機構を必要とせずに1回の濾過でミネラル分が添加された水を生成できる。

しかし、大きさは冷蔵庫への収納を考慮すると、新たに機構部分を外部に付加できない。

### 3.2 添加剤

ミネラル分の添加剤として使用するためには、飲食用に使用可能で安全な材料の選択が前提である。したがって、食品添加物として認可されているカルシウム材およびマグネシウム材が適切である。また選定にあたっては、次のことを配慮する必要がある。

- (1) 水中の他の成分と容易に反応しないこと。
- (2) 添加剤の濃度制御が可能なこと。
- (3) 製造時の取扱い上、粒状に成形可能なこと。

まず、マグネシウム塩は苦味を生じることや使用可能なものが少ない点から、選択対象から除外する。

次に、添加剤として使用可能なカルシウム塩のうちで有機酸の塩は、長期間高湿度の環境にあると微生物の繁殖や空気中の酸素による変質などの可能性が否定できないため、無機カルシウム塩に限定する。

対象となる食品添加物であるカルシウム塩の溶解度を表1に示す。

表1 カルシウム塩の溶解度\*2)

成分	水温		
	0℃	20℃	40℃
炭酸カルシウム	$1.3 \times 10^{-4}$	$9.1 \times 10^{-5}$	$5.5 \times 10^{-5}$
塩化カルシウム	37.3	42.7	53.4
硫酸カルシウム	0.18	0.21	0.21

飽和水溶液 100 g 当り

炭酸カルシウムは水にきわめて難溶であり、高濃度で溶解させるためには酸も添加して促進する必要がある。しかし、ポット型浄水器の簡単な構造の中に酸を制御しながら添加する機構を追加するのは容易ではなく、硬度を安定させることも難しい。

また塩化カルシウムは水に易溶であるが、水の流れが遅いポット型浄水器では水との接触時間が長く目標硬度よりも高くなる可能性があることから、所定範囲内に制御する

ためには非常に複雑な流路構造が必要となり不適切である。

一方、硫酸カルシウムは水溶性であるが、その溶解度は著しく高いものではない。また、添加剤として粒状に加工することも容易なため、粒径サイズにより水との接触面積を調節することで溶解性の制御が可能である。

これらの理由から、添加剤の原材料として硫酸カルシウムを選定する。

### 3.3 ミネラル分添加量の調節法

ミネラル分の添加量を安定に調節可能な機構を開発するためには、次に示すようなこの機器特有の制約条件がある。

- (1) 添加剤の溶解による減量で浄水の流量や硬度に変化がないこと。
- (2) 空気と水の置換が迅速に行われること。
- (3) 添加量の設定が手動で簡単に行えること。

さらに一般的な知見から、このミネラル分の溶出反応は固体表面と流体との接触時間と面積に依存すると予想されるため、これを制御することにより、硬度を調節できることが予測できる。

硫酸カルシウムの溶解特性を調べるため、内径 30 mm × 長さ 150 mm のカラムに 2 ~ 5 mm の粒状にした 30 ~ 90 g の硫酸カルシウムを充填し、これにイオン交換水を流したときの出口の水の硬度を測定した結果を図4に示す。

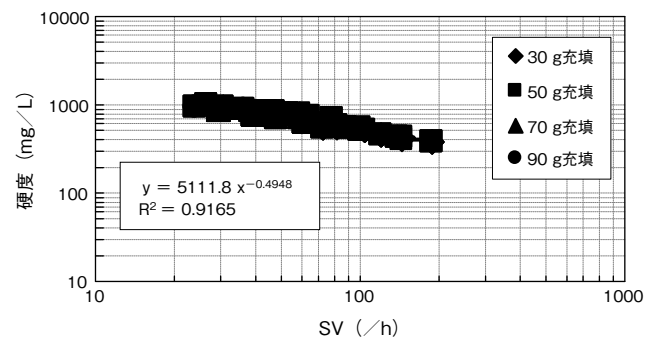


図4 硫酸カルシウムのSVと硬度

ここでSV（空間速度）とは、所定の空間容積に対する単位時間当りに通過する流体の体積の比であり、式(1)で表される。このカラムにおける空間容積は、硫酸カルシウムを充填した部分の容積となる。

$$SV (\text{/h}) = \frac{\text{通水流量 (m}^3/\text{h)}}{\text{空間容積 (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

この図から、硬度とSVには強い相関関係が認められる。これは、硫酸カルシウム表面と水の接触面積および接触時間に依存して溶出したカルシウムにより硬度が増加していることを示す。つまり、接触面積や接触時間を可変にす

る構造を採用することにより、増加する硬度の制御が可能であることを示唆している。しかし、硬度が低い領域での制御は困難である。

そこで流路を別に設け、硫酸カルシウムと接触した水と接触しない水とを混合する構造を併用することにより、硬度が低い水も制御可能とする。

これにより、従来方式のように循環時間や循環送液機構を必要とせず、簡単な構造で取扱いが容易なポット型浄水器が実現できる。

## 4. ポット型ミネラル浄水器

### 4.1 ミネラル分添加量の調節機構

SVに依存して硬度が変化する特性を利用し、新たにミネラル分添加量の調節機構を開発する。

図5に示すとおり、添加剤層をカートリッジの上部に配置し、この部分を覆うカバーを上下方向に移動可能になるように設ける。このカバーは、添加剤層を外部の水から遮蔽する空間を内部に形成し、この中に位置する添加剤層の量を可変にすることにより、水と接触する添加剤量を制御できる構造とする。

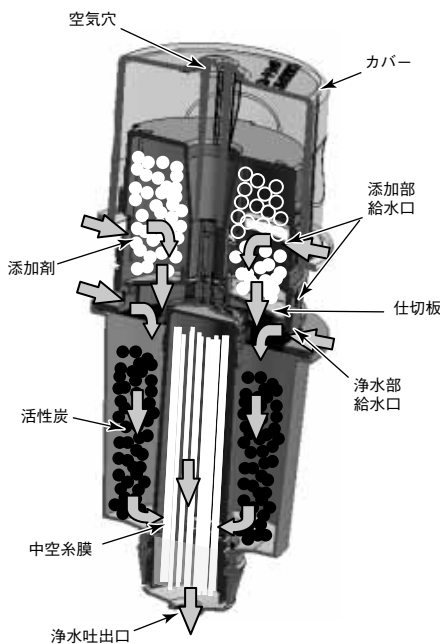


図5 カートリッジの基本構造

また、このカバーによって添加剤層に水を導入する添加部給水口の開口面積も変化する。

さらにカートリッジへの水の導入路を2系統設け、一つは浄水部給水口から直接活性炭層や中空糸膜を備えた浄水部へ流入する経路とし、もう一つは添加部給水口から添加剤層を経由して浄水部へ至る経路とする。

図6のようにカバーを押し下げた位置にすると水-空気境界面は添加剤層より下方に位置することから、ここを水が流れることがないためミネラル分が添加されない。

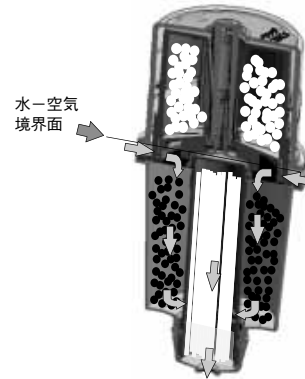


図6 カバーを押し下げた状態

図7のようにカバーを上方向に引き上げた状態で添加剤層を通過する水は仕切板に設けたスリットを通して下方へ流れるため、二つの給水口からカートリッジ内に流入する水は浄水部へ流入する前に混合される。

この状態では水-空気境界面は図の位置となり、添加剤層が部分的に水に浸漬される。上部に浸漬されない添加剤層を設けることにより、下部の添加剤が溶出して減量すると、上部が自重で下部に落ちて添加剤が補充される。

つまり、カートリッジ内部にカバーによって調節される水-空気境界面を設けることにより水と接触する添加剤層の厚みを調節し、ミネラル分の添加量を調節して増加する硬度を制御することが可能となる。

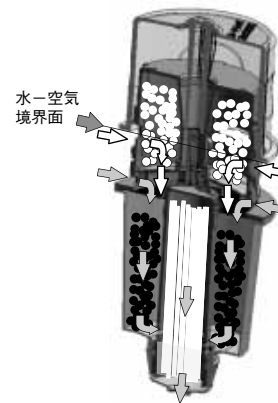


図7 カバーを引き上げた状態

### 4.2 添加剤浸漬量と硬度

前述の基本モデルを試作し、評価した結果を図8に示す。カバーの上下位置を変化させたときの、水中に浸漬される添加剤容積と硬度は高い相関を示していることから、硬度増加分の切替が可能であることがわかる。

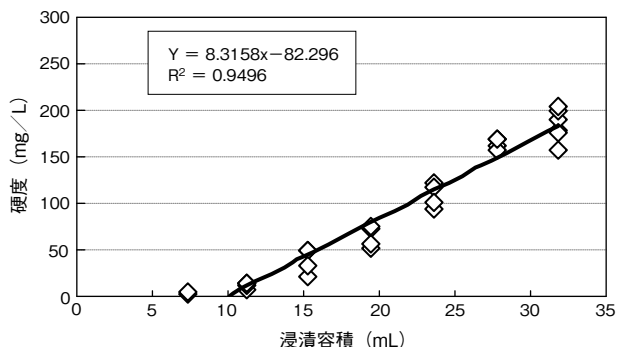


図8 添加剤浸漬容積に対する硬度の変化

### 4.3 ミネラル分添加量切替機構

4.1節で述べたミネラル分添加量調節機構を採用し、以下の具体的な増加する硬度の目標値を設定する。

- (1) レベル0：増加する硬度 10～60 mg/L  
(原水硬度 60 mg/Lとして 70～120 mg/L)
- (2) レベル1：増加する硬度 50～150 mg/L  
(原水硬度 60 mg/Lとして 110～210 mg/L)
- (3) レベル2：増加する硬度 140～260 mg/L  
(原水硬度 60 mg/Lとして 200～320 mg/L)

この目標値に対し、カバーの位置を0, 1, 2の三つのレベルに切り替えて固定可能なガイドをカートリッジ上部の外周に設け、使用者がカバーの高さを容易に切り替えられる構造とする。

つまり、レベル0ではカバーは最低の位置であり、原水のおほとんどが浄水部給水口からカートリッジ内部へ流入するため、溶出するミネラル分は最小となる。逆にレベル2ではカバーは最高の位置であり、水と接触する添加剤の量は最大となるため溶出するミネラルの量は最大となる。

このミネラル分添加量切替機構により増加する硬度の変化を確認した結果、図9に示すようにレベル切替に応じて設計目標の硬度となっている。

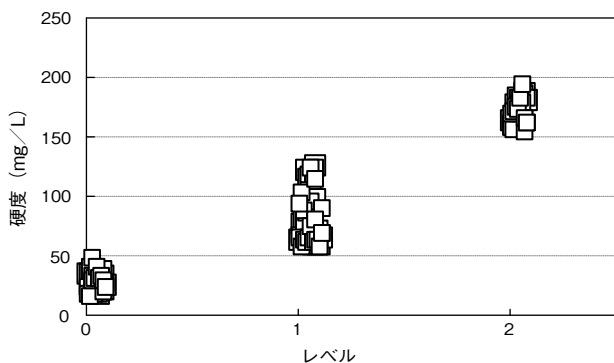


図9 レベル切替による硬度変化

この機構を採用したポット型ミネラル浄水器を図10に示す。



図10 ポット型ミネラル浄水器「TK-CP20」

## 5. あとがき

ポット型浄水器において、カートリッジ上部に配置した添加剤層、そこへ水を導入するための添加部給水口、および両者の外周を覆うカバーから成り、カバーの高さを上下に切り替えて水と添加剤の接触量を変化させることにより、添加するミネラル量を容易に制御できる機構を開発した。

また、ミネラル成分の濃度指標である硬度と水の味との相関関係を明らかにし、開発品である浄水器においては増加する硬度を3段階に設定できるとともに、精度良く制御可能であることを確認した。

---

●注

- \* 1) 日本水道協会 平成 18 年度水道統計 水質分布表 (浄水 (給水栓等)) の水質 (上水道事業) をもとに当社でまとめたもの  
\* 2) 社団法人 日本化学会編「改定 4 版 化学便覧」(2003 年) をもとに当社でまとめたもの

●参考文献

- 1) 橋本 奨: 健康な飲料水とおいしい飲料水の水質評価とその応用に関する研究, 空気調和・衛生工学, Vol. 63, No. 6, p. 463-468 (1989)  
2) 西田 耕之助, 大迫 政浩, 木原 和子, 長 文, 今井 幹子, 西本 智: 市販飲料水のおいしさに関する調査研究, PPM, Vol. 21, No. 2, p. 21-30 (1990)  
3) 古川 秀子: おいしさを測る, 幸書房, p. 24, p. 29, p. 55 (1994)

◆執筆者紹介



平井 利明  
電器 R & D センター



小玉 誠  
アクア・デバイス事業部



西川 壽一  
アクア・デバイス事業部



田中 喜典  
電器 R & D センター  
博士 (工学)



小関 正道  
山脇学園短期大学 食物科  
農学博士