

ISSN 2186 – 3989

市販飲料水中の溶存水素濃度
—水素水商品の比較—

小川 紗知、西村 香奈、佐藤 安訓、木村 敏行

Concentration of dissolved hydrogen in commercial drinking water
-Comparison of hydrogen water products-

Sachi Ogawa, Kana Nishimura, Yasunori Sato and Toshiyuki Kimura

北 陸 大 学 紀 要
第54号(2023年3月)抜刷

市販飲料水中の溶存水素濃度

—水素水商品の比較—

小川 紗知^{*a}、西村 香奈^{*}、佐藤 安訓^{*}、木村 敏行^{**}

Concentration of dissolved hydrogen in commercial drinking water
-Comparison of hydrogen water products-

Sachi Ogawa^{*a}, Kana Nishimura^{*}, Yasunori Sato^{*} and Toshiyuki Kimura^{**}

Received November 30, 2022

Accepted January 23, 2023

抄録

近年、水素水は健康に良い水として注目され、ドラッグストアやコンビニエンスストアなどの実店舗及びインターネット上で簡単に入手可能となっている。水素は体内で活性酸素と結合して素早く消去することで 20 種類以上の疾患や症状に対する効果・効能を有すると言われている。市販されている水素水製品にはアルミパウチ型、アルミ缶型、ペットボトルをはじめスティック型、浄水器型およびタブレット型など様々な形態のものがある。本研究では、一般家庭で入手可能で主流となっているアルミパウチ型、アルミ缶型及び水素生成剤型（スティック型・錠剤型）の市販水素水製品 17 種類を水素水試料として、実際に溶存水素が表示どおり含有しているか否か溶存水素濃度を測定するとともに、開封後の保存状況により溶存水素濃度に変化があるのか否かについて検討した。溶存水素濃度の測定は、ポータブル溶存水素計またはメチレンブルー滴定法を用いて行った。市販水素水製品の多くは、一部の例外を除いてほぼ表示通りの溶存水素濃度であった。開封後の溶存水素濃度について検討した結果、アルミパウチ型タイプの試料では脱気状態で保存することで開封後 5 日間以上まで溶存水素濃度が保持された。アルミ缶型の脱気不可能な容器では開封 1 日後には溶存水素濃度は 0 ppm になっていた。以上の結果、水素水は、開封後は速やかに飲むべきであることが示唆された。

Key Words (キーワード) : Dissolved hydrogen (溶存水素) , Hydrogen water (水素水)

*北陸大学薬学部 Faculty of Pharmaceutical Sciences, Hokuriku University

**責任著者 木村敏行 Toshiyuki Kimura t-kimura@hokuriku-u.ac.jp

a本論文は、平成 28 年度薬学部卒業生の卒業研究「飲料水中の水素・溶存水素について」を元にしたものである。

はじめに

ヒトは生命活動を維持するためには、水分並びに栄養素を補給していかなければならない。ヒトの水分量は、加齢とともに変化していくが、一般に成人において生体成分の 50～60%、乳幼児の場合約 70%が水分で構成され、10%以上が失われると脱水症状を起し、20%以上の不足で生命の危機を招くと言われている。つまり、「水」は、生命活動において必要不可欠なものであり、一般に 1 日に約 2 L の水分を補給しなくてはならないとされている¹⁾。

生命を維持していく上で必要なエネルギーは、生体内細胞のミトコンドリアにおいて生成しているが、この過程において活性酸素種を副産物として生成してしまう。この活性酸素種は、外因性の細菌やウイルスに対する防御作用を有している一方、細胞膜破壊や細胞の酸化、DNA の損傷など様々な障害を引き起こしてしまう。この活性酸素種に対して水素が有効であることが報告されている^{2,3)}。動物モデルに水素水を投与したところ、動脈硬化症におけるアテロームの増加、糖尿病における脂肪代謝、ストレスによる認知機能低下、薬物によるドパミン神経細胞の変性、シスプラチンの腎毒性、慢性移植腎症、心臓や肺の放射線障害などがそれぞれ改善された。しかしながら、水素及び水素水の作用機序については未だ不明点が多く、効果の検証についても臨床レベルの大規模な研究が必要である。一般に水素は安全性が高く人への投与も容易であることから、酸化ストレスや炎症に関連する多くの疾患で新たな治療法となることも期待されている^{4,5)}。

市場では多くの飲料水が出回り、還元水、酸性電解水、オゾン水、アルカリイオン水などが知られ、日本機能水学会では、機能水を「機能水とは、人為的な処理によって再現性のある有用な機能を獲得した水溶液の中で、処理と機能に関して科学的根拠が明らかにされたもの、及び明らかにされようとしているもの」と定義している^{6,7)}。近年、水素水が注目を集め、テレビやインターネット、雑誌や週刊誌などで健康に良い水として取り上げられている。水素水とは、医学的には水素豊富水といい、水の中に水素原子同士が結合した水素分子が豊富に含まれている水のことをいう。この水素分子の作用により、多くの疾患や症状に対する効果効能が医学的な臨床検査によって証明されている^{4-5,8-11)}。

市販の水素水にはサーバーあるいはアルミパウチ型、アルミ缶型、ペットボトルをはじめスティック型、浄水器型およびタブレット型製品がある。特に、アルミパウチ型では、製品説明に特殊フィルムや多層構造を採用している旨の表記があるものがあり、低分子の水素の保持に関連性が示唆される。また、容器に溶存水素濃度が表示されているものや表示されていないものがある。そこで本研究では、一般販売もしくはインターネット販売されている水素水製品について、実際に溶存水素が表示通り含有しているのか否かについて測定した。あわせて、開封後に溶存水素濃度がどのように変化していくのか、容器の種類（アルミパウチ型、アルミ缶型、水素生成剤型など）を比較検討し考察した。

表1 試料の原水・特徴・商品表記水素濃度

	#	使用原水	特徴（メーカー記載）	水素濃度（表記濃度）
アルミパウチ型	A	池水	水素が逃げにくい気密性の高い4層アルミパウチ容器を採用	1.4ppm以上（充填時）、 0.8ppm以上（お届け時）
	B	湧水	水素を充填	1.25ppm以上
	C	地下水	中性域	0.8～1.2ppm（製造時）
	D	天然水	酸化還元電位が-650～-800mV以上	2.0～2.5ppm以上（充填時）
	E	湧水	特殊フィルターに通して粒子を細かくした「ナノ水素水」、加圧方式。特殊構造のアルミパウチを使用。	0.7～1.4ppm
	F	天然水	シラス多孔質ガラス（SPG）フィルターにより、口当たりまるやかで身体への透過率が高いのが特徴。原水に水素を飽和状態近くまで直接含有させる技術の加圧式水素溶存法を採用	0.8～1.2ppm
	G	伏流水	特許製法で水素をたっぷり溶け込ませている。水素が抜けにくい4層構造のオリジナルアルミパウチパッケージを使用。	0.7～1.4ppm（出荷時）
	H	伏流水	水素をたくさん溶け込ませるために特殊なフィルターを透過させている。	0.7～1.4ppm（出荷時）
	I	天然水	気液旋回方式でより高濃度に水素を溶け込ませている。4層構造のアルミパウチ容器を使用している。サルフェート（体に不要なものの排出や代謝に働きかける成分）を含んでいる。	1.2～1.6ppm
	J	天然地下水	水素を溶かし込んだ高濃度水素水。水素を逃がしにくい独自のアルミパウチを使用。	包装容器に記載なし

	K	天然水	新技術で高濃度水素を注入している。水素を逃しにくい独自のアルミパウチを使用している。	1.1~1.6ppm
	L	河川水	独自製法で水素分子を高濃度に溶かし込んでいる。	0.8~1.2ppm
	M	地下水	新技術で高濃度水素を注入している。水素を逃しにくい独自のアルミパウチを使用している。	包装容器に記載なし
アルミ缶型	N	天然水	体液に近い弱アルカリ性の軟水を水素の抜けにくいアルミ缶に入れている。	表示溶存水素濃度：包装容器に記載なし。 ホームページ表示 0.3-0.8ppm(未開封時)、1.6ppm以上(製造時)
	O	天然水	日本でも珍しい硬度10の超軟水を使用。高気密のアルミ容器を採用し、水素を抜けにくくしている。	包装容器に記載なし。
水素生成剤型	P	水道水他	水道水で簡単に水素還元水が作れるタイプ。金属マグネシウムが水と反応して水素を発生させ、水道水の酸化還元電位をマイナス値に下げて活性酸素を抑制する。	0.8~0.92ppm(8~12時間後)
	Q	水道水他	溶かして水素水、飲めばサプリになる錠剤。 1食1錠を目安に500ccの水に溶かしてお召し上がりください。または、そのまま水またはお湯と共にお召し上がりくださいと表記されている。	

実験方法

1. 溶存水素水（水素水）試料

本実験では、市販水素水として形態上からアルミパウチ型（水素ガス充填方式）、アルミ缶型及び水素生成剤型の3つのタイプに分類し、入手可能な製品を試料として用いた。保管は4℃に設定した冷蔵にて行った。

アルミパウチ型は、水素ガス充填方式であり、特殊なアルミパウチを容器として、各種の使用原水に水素ガスを吹き込んだものである。アルミパウチ型の水素水については、開封後、できる限り空気を除いて再度、栓をして保管した。

アルミ缶型は、高気密なアルミ缶に水素水を充填したものである。

水素生成剤型は、スティック型である金属マグネシウム反応方式とタブレット型を用いた。スティック型マグネシウム及びタブレットを500 mLの水道水ペットボトルに入れ、水素水を調製した。

各試料の使用原水、特徴及び表記水素濃度は表1に示したとおりである。

2. 水素濃度の測定

試料中の溶存水素濃度は、ポータブル溶存水素計（佐藤商事（株））またはメチレンブルー一滴定法キット（MIZ（株））を用いて測定を行った。

・ポータブル溶存水素計

ポータブル溶存水素計（写真1）の測定対象は、溶液中の溶存水素であり測定方式は水素還元方式、測定範囲は0～2,000ppb(0～2ppm)、検出単位は2ppb(0.02ppm)、精度は±10ppbである。試料水を50 mLビーカーに35 mL入れ、ポータブル溶存水素計の先端を試料液に浸し、溶存水素濃度を3分間測定した。



写真1 ポータブル溶存水素計

・メチレンブルー滴定法¹²⁾

メチレンブルー滴定法は、MIZ 株式会社の溶存水素濃度判定試薬を使用して行った（写真3）。白金コロイド含有メチレンブルー溶液(Pt-Mb 溶液)には白金コロイド触媒が存在し、試料水中に存在する化学的に不活性な分子状の水素分子の引き起こす還元反応により白金コロイド含有メチレンブルー溶液が青色から無色透明になる化学反応を利用している（図1）。白金コロイド触媒を含むメチレンブルー溶液の呈色変化時点までの滴下量から試料水中の溶存水素濃度を簡易的に測定することができる（写真2-3）。約 0.6 mL の試料水を容器に入れ、メチレンブルー溶液を滴下し、溶液の呈色変化を目視で確認した。呈色変化が起こらなくなった滴下量を終点として、白金コロイド含有メチレンブルー溶液のメチレンブルー濃度と同溶液の合計滴下量から試料水中の溶存水素濃度を求めた。

滴下したメチレンブルーの量を以下の算出式に代入して水素濃度を求めた。

$$\text{体積モル濃度} \times \text{滴下した量} = \text{メチレンブルー分子量} = \text{水素分子量}$$

溶存水素濃度判定試薬成分：エタノール、メチレンブルー、白金コロイド

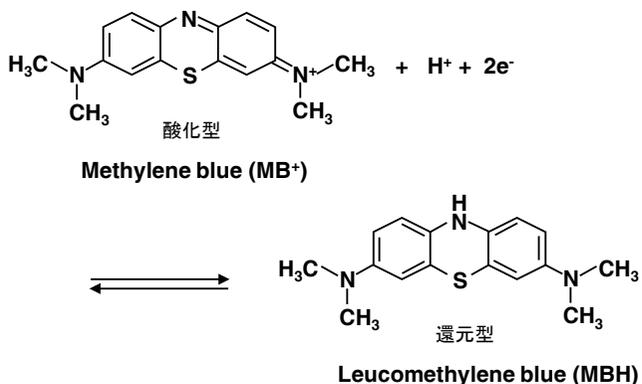


図1 メチレンブルー溶液と水素の還元反応



写真 2



被検定水



測定試薬を添加した直後

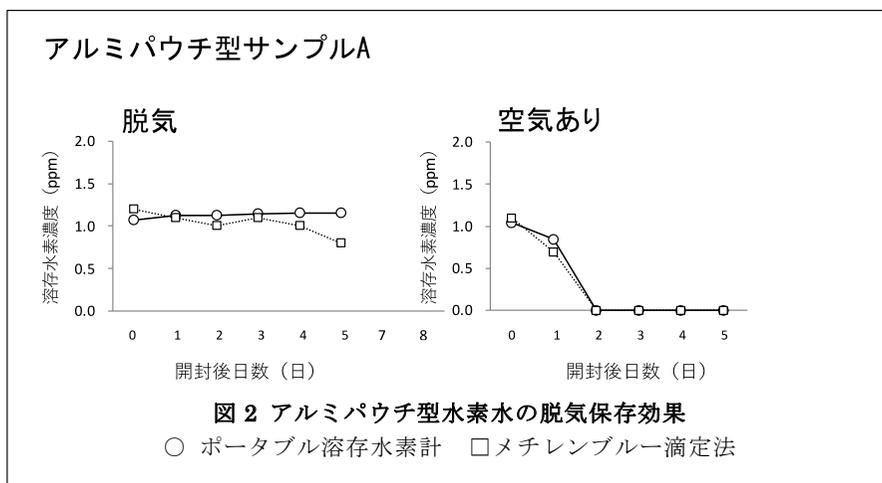


還元反応により無色透明化

写真 3

結果と考察

まず、アルミパウチ型水素水（試料 A）を用いて、ポータブル溶存水素計及びメチレンブルー滴定法キットによる溶存水素濃度の測定を行った。図 2 に示したように両測定法において開封後、ほぼ表記通りの溶存水素が確認できた。製品記載の濃度は、充填時 1.4ppm 以上、お届け時 0.8ppm 以上となっていたため、測定濃度はいずれの測定方法においても適合していた。測定条件設定の一要因となる開封後の空気による影響については、開封後に空気をできるだけ除いて（脱気）保管することで 5 日間以上溶存水素が保持されたが、空気を脱気しない場合は 3 日目には溶存水素はほぼ 0 ppm になっていた。よって、以降の測定では、試料を開封した際には、できる限りの空気を排除して保管を行い、水素濃度の測定を行った。また、予備実験において、室温保存と冷蔵庫での保存効果について検討した結果、温度の上昇に伴い溶存水素濃度の低下が認められたため、試料は冷蔵（4℃）保管した。



アルミパウチ型水素水の多くは、両測定法ともに図 3 及び図 4 に示したように製品表記通りの溶存水素濃度を保持していた。また、同一商品の中でも、パックのロットにより溶存水素濃度にバラツキが認められるものもあった。充填された水素水は、いずれの試料でも開封時濃度が 1.2ppm 付近であり、長期間でも水素濃度が維持されていることが明らかとなった。多くの試料において、水素濃度が 1.2ppm 付近であったことから、この濃度が水に溶ける飽和濃度と予測される。水素水製造メーカーのホームページでは、水素水は圧力をかけると、1.6ppm を超える高濃度の水素水を製造することが出来ると記載があったことより、本実験での測定値は妥当であったといえる。

試料 C、試料 H、試料 I では、開封後、容器中の水素水の量が少なくなったため溶存水素量が大きく減少した。これは、残存する少量の水素水が空気と触れることによって水素水中の水素が容器内の空気に抜けやすい状態になっていたと考えられる。試料 J、試料 K、試料 L では開封後 2 日目から 3 日目にかけて大きく水素濃度が減少した。考えられる原因としては、これは容器が一度開封すると密閉状態での保存は出来ない構造となっており、

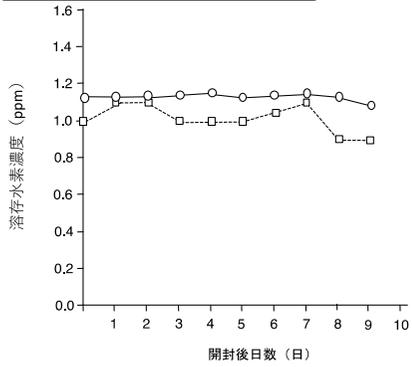
空気を抜いて保存しておいても一晩経つと容器内に空気が入り込んでしまっていたために一気に溶存水素濃度が 0ppm になったと考えられる。少なくともこれら製品の 1 つは、近年、浸透性が高いという特長を持つ水素の分子が逃げやすく保存が難しいという難点を克服するため、一般的な口栓付アルミパウチの弱点である口詮を改善し、溶存水素濃度が逃げにくくなった構造に改良している。

試料 M 及び試料 N においては、アルミ缶に水素水が充填されているものであり、構造上、一度開封すると保存する時に空気を抜いた状態を維持することができず、水素水が空気に触れたままの状態であるため開封した翌日には溶存水素濃度は 0ppm になったと考えられる。試料 C と試料 H では、ポータブル溶存水素計とメチレンブルー滴定法キットによる測定値に差があった。この 2 種以外の試料では両側定法間の測定値に差が認められていないことより、試料 C と試料 H にはメチレンブルー滴定法において測定を妨害する成分が含まれていた可能性を示唆するものである。

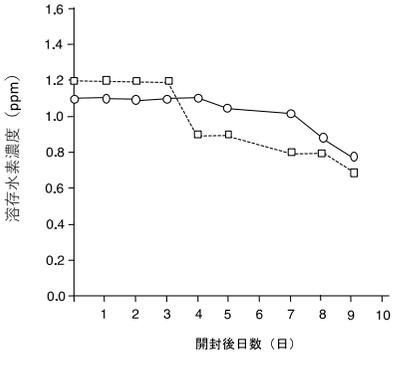
図 6 は、水素生成剤型水素水中の水素濃度を示した結果である。マグネシウムスティックは、ペットボトル中の水道水に入れると 4 時間後より水中での発泡が確認され、6 時間後に溶存水素濃度は 0.7 ppm となり、20 時間で 1.1ppm とアルミパウチと同程度の水素水を生成することが明らかとなった。20 時間以降は徐々に溶存水素濃度は低下していった。タブレット型では、水道水に錠剤を入れると直後から水素が発生し 20 分後に 0.5ppm となり、その後、徐々に低下していった。本測定結果は、水道水中の錠剤の崩壊に時間を要すること並びに空気中に生成気体が放出されたことなどが溶存水素濃度が低くなった原因ではないかと推察された。むしろ、錠剤をそのまま飲んだ方が効果的であると考えられる。また、水素濃度の低下として考えられる原因としては、これらサンプルをペットボトルに入れて操作を行ったこと及びペットボトル内の空気への放出なども、水素濃度を低くした一要因である可能性も考えられた。市販水素水製品でペットボトルが殆どないのは、水素分子がペットボトルの層を通過しやすく機密性が保持できないことによるのではないかと推察できる。

以上、市販されている水素水では、概ねの試料が表示どおりの溶存水素濃度を保持していたが、中には表示濃度より若干低いものもあった。これは水素水を容器に充填するとき水素が抜けてしまったと考えられる。試料の中には溶存水素濃度の表記に「充填時」と記載されているものが数種類あった。このように水素水が充填されている容器の違いによっても溶存水素濃度を保持する時間が異なることが明らかになった。今回、各種容器に充填された溶存水素濃度を測定した結果、アルミパウチ構造の容器に充填されたものが一番溶存水素を維持することができることが明らかになった。また、ペットボトル内で発生させた水素水は溶存水素濃度を維持しにくいということが示唆された。いずれの場合も水素水は開封すると溶存水素濃度は徐々に減少することが明らかになったため、保管は冷所保存して、速やかに飲みきることが大切であると考えられる。

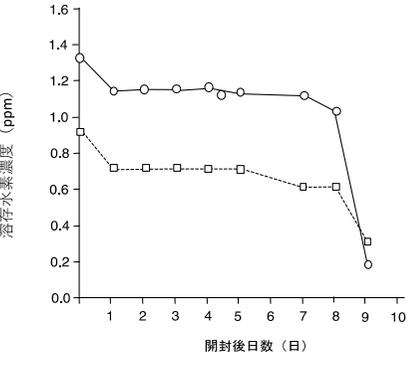
アルミパウチ型サンプルA



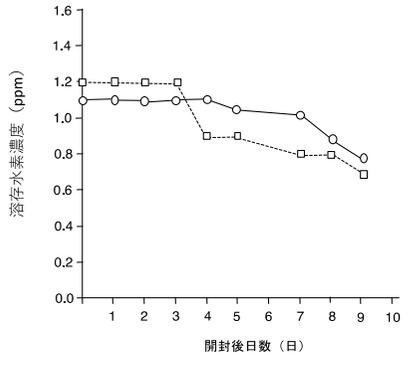
アルミパウチ型サンプルD



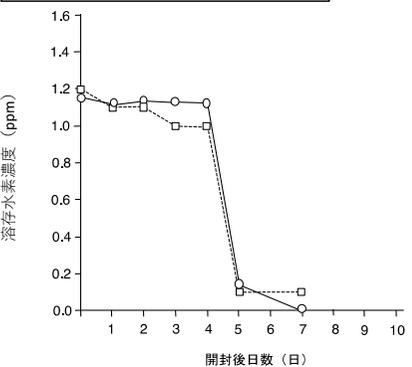
アルミパウチ型サンプルB



アルミパウチ型サンプルE



アルミパウチ型サンプルC



アルミパウチ型サンプルF

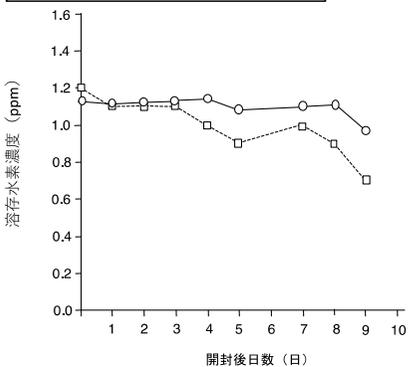
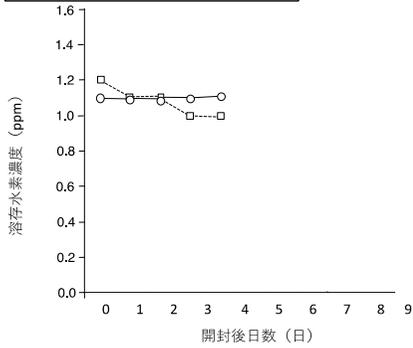
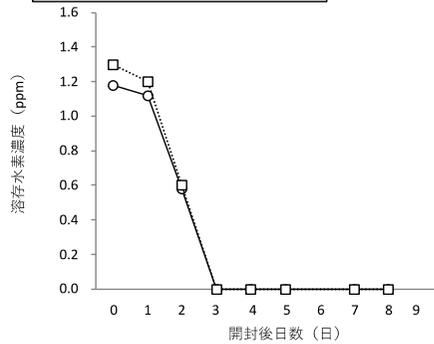


図3 アルミパウチ型水素水の溶存水素濃度の変化 (1)
 ○ポータブル溶解水素計 □メチレンブルー滴定法

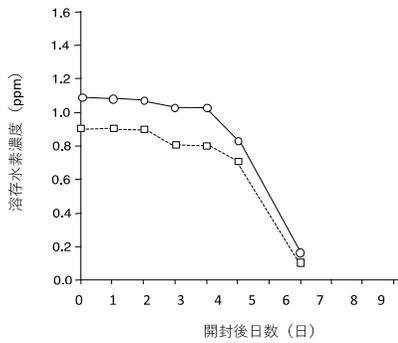
アルミパウチ型サンプルG



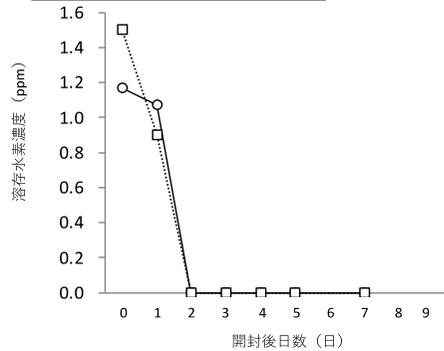
アルミパウチ型サンプルJ



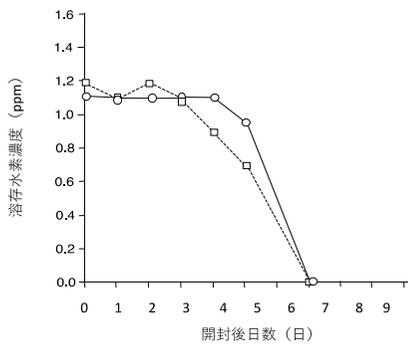
アルミパウチ型サンプルH



アルミパウチ型サンプルK



アルミパウチ型サンプルI



アルミパウチ型サンプルL

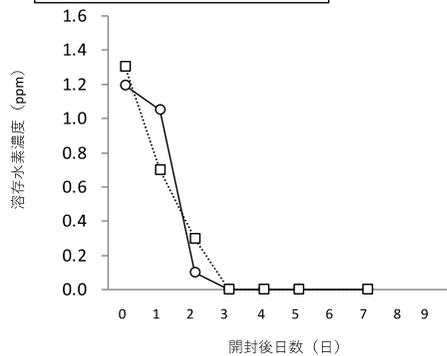
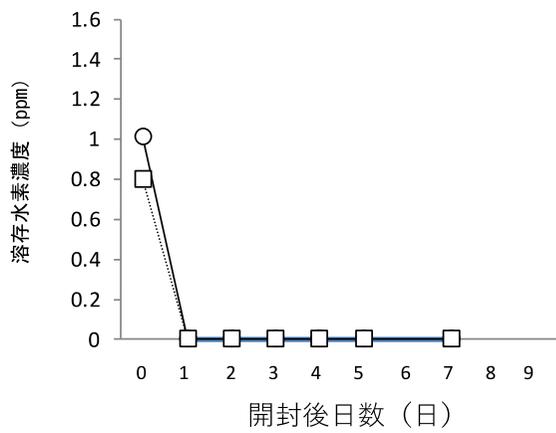


図4 アルミパウチ型水素水の溶存水素濃度の変化(2)

○ポータブル溶解水素計 □メチレンブルー滴定法

アルミ缶型サンプルM



アルミ缶型サンプルN

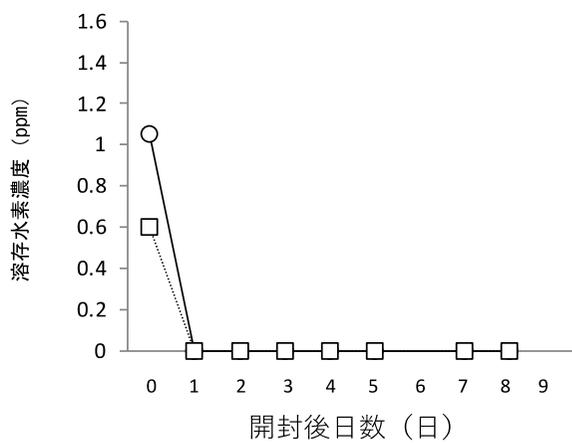
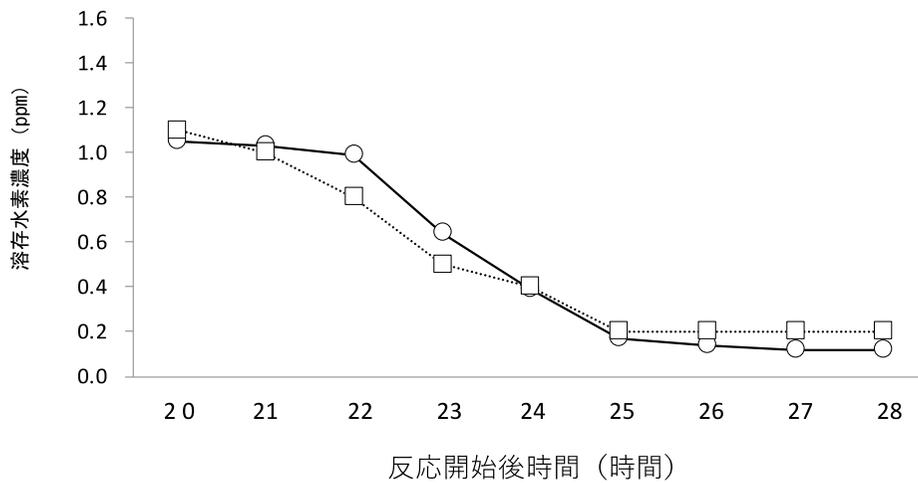


図5 アルミ缶型水素水の保存効果

○ ポータブル溶解水素計 □ メチレンブルー滴定法

スティック型サンプル0



タブレット型サンプルP

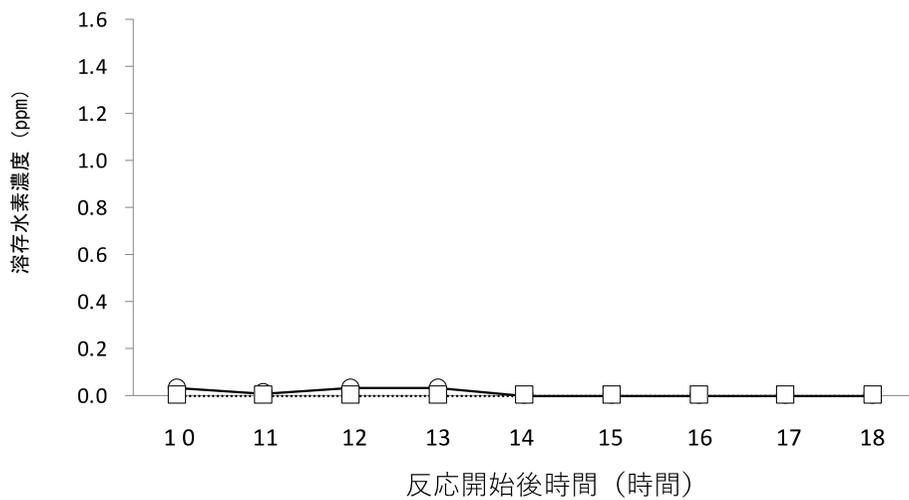


図 6 水素生成剤型水素水の保存効果

○ ポータブル溶存水素計 □ メチレンブルー滴定法

参考文献

- 1) 今井浩孝他. 衛生薬学 基礎・予防・臨床 改訂第3版. 南江堂, 590-591 (2021).
- 2) Yasunori Sato, Shizuo Kajiyama, Akiko Amano, Yoshitaka Kondo, Toru Sasaki, Setsuko Handa, Ryoya Takahashi, Michiaki Fukui, Goji Hasegawa, Naoto Nakamura, Hikohito Fujinawa, Toyotaka Mori, Mitsuhiko Ohta, Hiroshi Obayashi, Naoki Maruyama, Akihito Ishigami, Hydrogen-rich pure water prevents superoxide formation in brain slices of vitamin C-depleted SMP30/GNL knockout mice. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 375: 346-350 (2008).
- 3) 大澤 郁朗. 水素分子の生理作用と水素水による疾患防御. 日本老年医学会雑誌. 49:680-688 (2012).
- 4) Ikuroh Ohsawa, Masahiro Ishikawa, Kumiko Takahashi, Megumi Watanabe, Kiyomi Nishimaki, Kumi Yamagata, Ken-ichiro Katsura, Yasuo Katayama, Sadamitsu Asoh, Shigeo Ohta, Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals, *Nature Medicine*, 13: 688-694 (2007).
- 5) Qiang Sun, Tomohiro Kawamura, Kosuke Masutani, Ximei Peng, Qing Sun, Donna B. Stolz, John P. Pribis, Timothy R. Billiar, Xuejun Sun, Christian A. Bermudez, Yoshiya Toyoda, Atsunori Nakao, Oral intake of hydrogen-rich water inhibits intimal hyperplasia in arterialized vein grafts in rats, *Cardiovasc. Res.*, 94: 144-153 (2012).
- 6) 花岡孝吉. 新しい「水の力」の発見 生命とエコをサポートする. イースト・プレス, (2009).
- 7) 白畑實隆, 川村宗典. 人間の体に「本当に良い水」はこれだ!! 電解還元水の全て. フォーシーズンプレス, (2003).
- 8) Shigeo Ohta, Recent Progress Toward Hydrogen Medicine: Potential of Molecular Hydrogen for Preventive and Therapeutic Applications, *Current Pharm. Design*, 17: 2241-2252 (2011).
- 9) Atsunori Nakao, Yoshiya Toyoda, Prachi Sharma, Malkanthi Evans, Najla Guthrie, Effectiveness of hydrogen rich water on antioxidant status of subjects with potential metabolic syndrome-an open label pilot study, *J. Clin. Biochem. Nutri.*, 46: 140-149 (2010).
- 10) 太田成男. 水素水とサビない身体—悪玉活性酸素は消せるのか. 小学館, (2013).
- 11) 太田成男. ここまでわかった水素水最新Q & A～続・水素水とサビない身体～. 小学館, (2017).
- 12) 菊地憲次. 簡便な溶存水素濃度測定法の評価. *機能水研究*, 10:1-6 (2015).