

健康と水—交流電解水素水の特性と機能の解明—

功 刀 彰（東京薬科大学名誉教授）

はじめに

水はヒトの生活環境において空気、土壌とともに必要不可欠な環境因子です。ヒトの体は約65%が水で構成されており、ヒトは体内に含まれている水のうち10%が失われただけでも危機的な状態に陥り、20%失われると死亡してしまいます。このように水は人間の生命維持に極めて重要な存在です。生体成分であるタンパク質、酵素や細胞自身も水との強い相互作用によってその形状と機能が維持されています。体内に含まれる各種ミネラルも水と強弱さまざまな相互作用をして水和イオンとなりその生理活性を發揮しています。また、抗酸化性があると言われていたフラボノイドなどのポリフェノールも体内で水と相互作用してその生理活性を發揮しています。

このように生命の営みの多くが水のさまざまな性質に負っています。しかし、近年私たちの飲み水が危険になってきています。そこで「健康によい水」、「からだによい水」の必要性が高まってきました。

水は人の組織に浸透し、塩類や分泌物を溶解し、人体諸器官の活動の媒体となっています。また、食物の消化や栄養素の吸収や運搬、老廃物の排泄、呼吸、循環、体温調節作用まで水が中心的な役割を果たしています。

健康によい水は（1）ヒトにとって有害な物質を含まないこと、（2）ミネラル成分をバランスよく含むこと、（3）弱アルカリ性であること、（4）酸素と水素が溶け込んでいること、（5）物質の溶解力が高く、表面張力が低いこと、（6）水分子のクラスターが小さいこと、（7）酸化還

元電位が低いことなどの条件を備えている必要があります。それにプラスして最近の健康ブーム、生活習慣病の予防、がん・老化の予防として（8）活性酸素を制御する（スーパーオキシドアニオン、ヒドロキシルラジカルの消去活性を有し、抗酸化力がある）ことが期待されています。

近年、種々の機能・効能を唱えた機能水が世に出され、「おいしい水」、「健康によい水」、「からだに良い機能水」など水が大きなブームとなっています。しかし、これらの水の物理化学的性質、特徴、機能発現のメカニズムはほとんど解明されておらず、いずれも感覚的、体験談的で科学的根拠に乏しいのが実状です。水が活性酸素消去能や抗酸化能などの機能を有するならば健康に有効であることが期待できます。

機能水は生成の原理により電気分解水（直流または交流）、磁気処理水、セラミック処理水、水素添加水、酸素添加水など数種類に分類されます。

電磁波などで処理した機能水

電気分解水（電解水）：水の電気分解によって得られる機能水

強電解水（強酸性水）：低いpH（2.2～2.7）と高濃度の残留塩素（有効塩素濃度20～60ppm）の相乗効果によって、高い殺菌効果を示すことが特徴

弱酸性電解水：弱酸性（pH4～6）を示し、残留塩素濃度も同じくらい含まれており強力な殺菌力を示す

アルカリ性電解水：強いアルカリ性（pH7～10）を示すために、制酸作用に有効である

磁気処理水

水道管の間に磁石を置き、磁場に対して直角の方向に水を通して処理した水
遠赤外線照射セラミック処理水
セラミックス球を円筒の筒の中に最密充したものの水中を充填筒の下から上へ水道水（原水）を通水処理した水

その他の機能水

超音波処理水：超音波を水に当て、空洞現象で出来た気泡を利用して生成した水
高周波処理水（電磁波処理水）：水に振動電磁力を加えて処理した水

高電圧処理水（活性水、電子水）：電気分解しない条件で、高電圧処理した水

放射線処理水：水に放射線を照射したもの

物理化学的処理水：水素ガス又は酸素ガスなどを種々の条件化で溶け込ませた水

など数種類に分類されますが、本報では交流電解水素水について、液性（pH）、溶存酸素（DO）、溶存水素（DH）、酸化還元電位（ORP）、微量金属元素量、物質の溶解力などの物性がどのように変化するか、低い酸化還元電位および電解によって生成する水素ラジカルにより活性酸素消去活性が発現するかなど検討し、さらに、ヒトを対象に行った臨床試験（血糖値の高めの症例における交流電解水素水摂取における空腹時血糖値への影響および安全性の検討）の結果を述べる。

交流電解水素水の特性

液性（pH）

電解時間と pH の変動を観察した結果、電解 0 分から 30 分において pH は 7.5~7.9 とほとんど変化がなく一定の値を示した。また、電解後の放置時間による pH の変動もほとんど見られなかった。

直流電気分解によるとアルカリイオン水と酸性水が生成し、pH が著しく変化するのに対して交流電気分解によると pH はほとんど変化せず、

弱アルカリ性を示し健康に良い条件を満たす。

溶存酸素（DO）：水中の溶け込んでいる分子状酸素

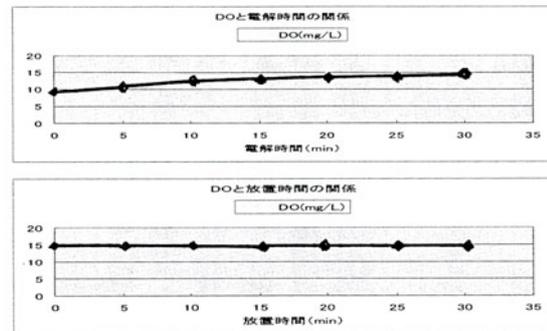


図1 溶存酸素(DO)と電解時間及び放置時間の関係

図1に示すように、電解時間に比例して増加し、電解開始時 9.36 mg/L から電解 30 後 14.63 mg/L と大きく変動し約 1.5 倍増加した。また、電解後の放置時間による DO の経時変化を調べた結果、保存条件により全く違い、常温保存では 36 時間後に電解開始時の値に戻ったが、冷蔵保存した場合には 14.5 mg/L とほとんど変化が見られなかった。この結果より冷蔵保存すれば溶存酸素は殆ど変動しないことが確認された。

溶存水素（DH）：水中に溶け込んでいる分子状水素

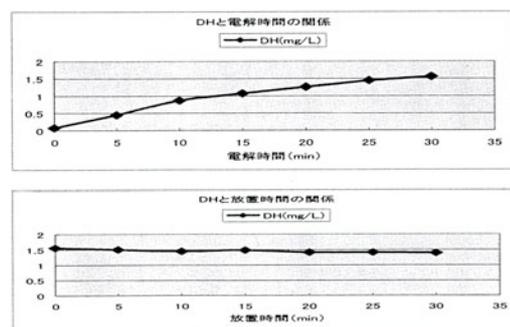


図2 溶存水素(DH)と電解時間及び放置時間の関係

図2に示すように、電解時間に比例して増加し、電解開始時 0.08 mg/L から電解 30 分後 1.55 mg/L と大きく変動し約 20 倍増加した。また、電解後の放置時間による DH の経時変化を調べた結果、放置時間に比例して減少し、36 時間後に電解開

始時の値に戻った。

酸化還元電位 (ORP) : 電子を与える物質と受け取る物質の化学反応が平衡状態にある電位をさす。また、酸化還元に関わるすべてのイオンや化合物などの総合的な電位を示したものとも言える。つまり、酸化還元反応が酸化の方向に進むか還元の方方向に進むか決定する要因であり、物質自身の持つ酸化力、還元力を表す。酸化還元電位が高ければ酸化力が強く、低ければ還元力が高いことを示す。

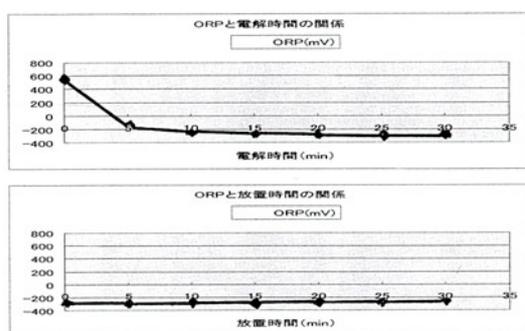


図3 酸化還元電位 (ORP) と電解時間及び放置時間の関係

図3に示すように、電解によって極めて大きく変動し、電解開始時+560mVであったものが電解30分後-270mVまで下がった。また、電解後の放置時間によるORPの経時変化を48時間後まで調べた結果、48時間後に電解前の水道水の値に近づいた。

微量金属元素

生命を維持するために必要な微量金属元素量が交流電気分解によりどのように変動するかICP-MSを用いて検討した結果、図4に示すように、30分間電解することによりマグネシウムが1.98mg/Lから3.24mg/L、亜鉛が0.21 μ g/Lから1.37 μ g、チタンが0.04 μ g/Lから2.20 μ g/L、白金が0から0.51 μ g/L、鉄が1.98 μ g/Lから3.66 μ g/L増加することが確認された。

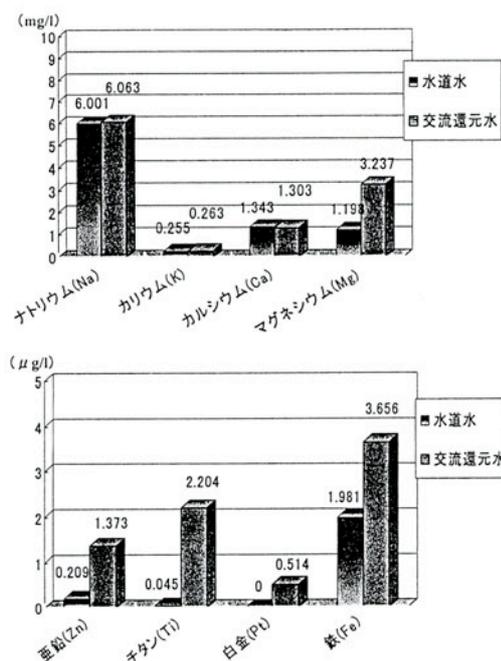


図4 交流電解した水道水における微量金属元素の増減

物質の溶解力

水は人の組織に浸透し、塩類や分泌物を溶解し、人体諸器官の活動の媒体として働いている。そこで水道水を電解することにより溶解力が変化するか植物成分(緑茶中のエピガロカテキンガレート、オウゴン中のバイカリン、カンゾウ中のグリチルリチン酸、シャクヤク中のペオニフロリン、ウウルシ中のアルブチンなど)を例として検討した。その結果、表1に示すように、水道水の溶解力を1としたとき電解水素水の溶解力は1.20~1.45倍増加することが確かめられた。

水素ラジカルの生成と活性酸素消去活性

図5に示すように、水道水の交流電解による水素ラジカルが生成することがDMPOをトラッピング剤として電子スピン共鳴装置(ESR)を用いて確認された。

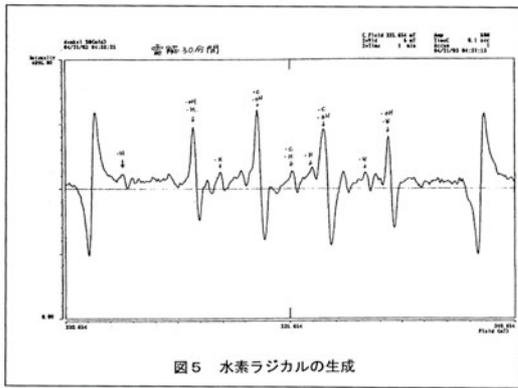


図5 水素ラジカルの生成

また、活性酸素消去活性は最も一般的な活性酸素種の一つであり、我々ヒトの体内でも大量に発生する、酸素分子に電子が1個取り込まれた1電子還元体であるスーパーオキシドアニオン (O_2^-) および活性酸素中で最も酸化力の強く、かつ生体内に消去・分解する酵素がないヒドロキシルラジカル ($\cdot OH$) について検討した。その結果、図6に示すようにヒポキサンチン-キサンチンオキシダーゼにより生成するスーパーオキシドアニオンの消去率より求めた結果、原水(水道水)の水質が日によって変動するためバラツキがあるが5~20%消去することが確認された。また、フェントン反応(過酸化水素と Fe^{2+} の反応)により生成するヒドロキシルラジカルの消去率より求めた結果、90%以上消去することが確認された。



図6 活性酸素(スーパーオキシドアニオン)の消去

交流電解水素水の機能 空腹時血糖値への影響

正常範囲ではあるものの血糖値が高い、いわば糖尿病予備軍の10名を対象に、ミネラル還元水

素水生成器を用いて20分間電解した水を8週間毎日1.5Lずつ飲む臨床試験を実施した。血液学的検査、血液生化学的検査、尿検査に分け40を超える項目の検査を行った。

血糖値、フルクトサミン、1,5-AGの有効性

図7に示すように、8週間飲用後、10名の平均空腹時血糖値は122.3mg/dLから99.8mg/dLに改善し、平均フルクトサミン値は299 μ mol/Lから291 μ mol/Lと改善した。1,5-AGは6 μ g/mLから6.5 μ g/mLと改善された。

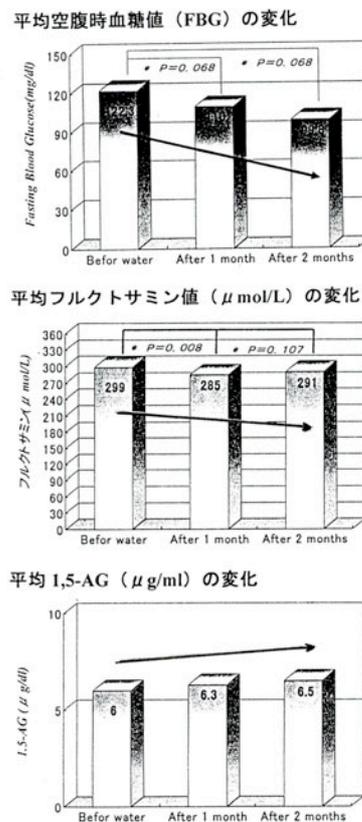


図7 空腹時血糖値、フルクトサミン値、1,5-AG の変化

酸化ストレスマーカー(8-ヒドロキシデオキシグアノシン: 8-OHdG) 関連の有効性評価

生体内で生成する活性酸素そのものを直接測定することは、寿命が短いことから現時点では非常に困難である。活性酸素による酸化ストレスを評価するにはストレスに敏感に応答して生成し、かつ生体内で安定な物質を測定する必要がある。

活性酸素によって損傷を受けた DNA は酸化修飾を受けてさまざまな物質を生じるが、なかでも最も有用なマーカーの一つである 8-OHdG は生体内で安定であり、細胞内で生成すると修復系によって細胞外に排出され、最終的には尿中に排出される。そこで交流電解還元水を 8 週間反復経口摂取したときの尿中 8-OHdG を測定した。図 8 に示すように、生体の酸化を抑制する効果指標である細胞中の DNA の酸化程度が分かる尿中 8-OHdG の平均は 7.7ng/mL から 3.7ng/mL と大きく減少し、8-OHdG 生成速度も 4.2ng/kg/hr から 2.5ng/kg/hr と大きく減少した。

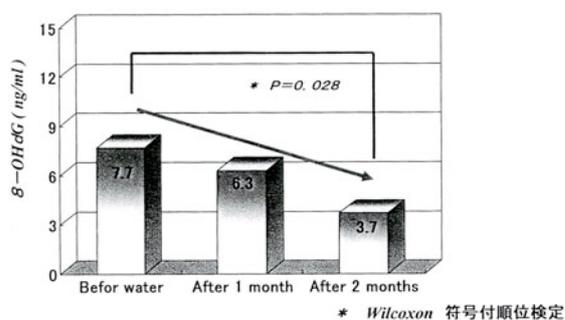


図 8 尿中 8-OHdG (ng/ml) の変化

有害事象および安全性の評価

試験期間中に被験者の有害事象に関する報告はなかった。また、臨床検査値における安全性の評価においてはいずれも臨床検査値基準範囲内の変動で、臨床上的の特記すべき所見や基準値範囲を超える異常な変動はなかったことから安全と評価し得た。

以上の結果より、交流電解水素水は活性酸素消去能を有し抗酸化能に優れた機能水であり、今回のヒト臨床試験において、糖尿病予備軍の血糖値およびフルクトサミン値を下げ、1,5-AG は改善され、尿中 8-OHdG の大幅な減少からも生体の酸化を抑制し、生体反応を酸化型から還元型へ変化させる可能性の働きが示唆された。

交流電解水素水の機能発現

交流電解水素水の種々の機能を纏めると次の

通りである。

- 電解による液性 (pH) の変化なし⇒弱アルカリ性⇒ミネラルの吸収、細胞の老化防止
- ミネラル類の増加⇒動脈硬化、心筋梗塞などの予防
- 溶存酸素 (DO) の増加⇒細胞の活性化
- 溶存水素 (DH) の増加⇒還元力増強⇒活性酸素消去⇒酸化ストレスを防ぐ
- 低い酸化還元電位 (ORP) ⇒還元力増強⇒酸化ストレスを防ぐ
- 水素ラジカルの生成⇒活性酸素消去⇒種々の疾患の改善
- 白金ナノコロイドの生成⇒活性酸素消去⇒種々の疾患の改善
- 酸化ストレスマーカー (8-OHdG) の減少⇒酸化ストレスに起因する諸疾病の予防

これらの機能は低い酸化還元電位 (ORP) による還元性、溶存酸素の増加による細胞の活性化、溶存水素の増加と水素ラジカルの生成による活性酸素の消去、細胞膜透過性の変化による栄養素の吸収と老廃物の排泄によるものと考えられる。これら以外の物性の変化として、表面張力、クラスターなどが考えられる。特にクラスターが小さくなったことにより細胞膜の水チャンネル(アクアポリン)を透過できることが関係していると考ええる。

なお活性酸素の消去の機構は次のようなものと考えられる。

- 交流電解時に電極より白金が溶出してナノコロイドを生成 (ゼータ電位が測定されたことによりコロイドの生成を確認)
- 電解により増加した溶存水素 (水素分子) が白金に触れて原子に解離

$$\text{H}-\text{H} \text{ 結合の切断にはつぎの 2 つがある。}$$

$$\text{H} : \text{H} \rightarrow \text{H} \cdot + \text{H} \cdot \quad \text{均等切断}$$

$$\text{H} : \text{H} : \text{H} \rightarrow \text{H}^+ + \text{H}^- \quad \text{不均等切断}$$
 プロトン ヒドリドアニオン

