アルカリイオン水の物理化学的性質

中　村　アツコ

多くの人が飲料水には関心をもっており，国産および輸入の各種銘柄水が飲料水として多量に消費されている。一方で，フィルターで塩素関連物質を除去する，特殊な物資を加えて水素豊富にする，電気分解によりイオン性をもたせるなど，水道水を何らかの方法で処理して付加価値を高めた飲料水を得るということも盛んに宣伝されている。それらの一つに健康維持・増進，愁訴改善などの効果を期待した電解機能水と呼ばれている飲料水があり，この水は水道水を市販の電解水生成器とかアルカリイオン整水器（メーカーにより呼称は異なる）などに通じれば，装置の陰極側から得られる。この電解装置は 1955 年に諏訪方季によって実用化され，1965 年に医療用物質生成器として当時の厚生省で薬事認可されている。この水は薬事効果としては，慢性下痢，消化不良，胃腸内異常発酵に対する効果があるとの知見が報告されている [1) ~ 6)]。生成装置は当初，貯水式であったが，その後，水道水直結方式に改良され，活性炭や中空糸膜などで構成される浄水機能部を通過した水が電解機能部に導かれる方式が主流になっている。

陰極水は水酸化物イオンを含んだアルカリイオン水である。水酸化物イオンの他に原水に含まれていたカルシウムやマグネシウムなどの陽イオンも引き寄せられて含まれている。以下この飲料水をアルカリイオン水と呼ぶことにする。電解装置の陽極側からは，酸性イオン水が得られ，肌に対する収斂作用や殺菌作用の効果があるとされて美容，医療の領域で利用されている。

アルカリイオン水の特性となる電解質成分とその量は原水によって変化する。また，加える電解電圧と処理水硫量を変化させることで，生成するアルカリイオン水と酸性イオン水の pH を変化させることができる。

さてこの度，先に記した「アルカリイオン水の電解質成分とその量は原水によって変化する」ことと関連して，A 社の電解水生成器に通水してアルカリイオン水を作り pH を測定したところ如何様にしても目的の pH 値のものが得られない水があることが解った。そこで，今研究では，各地の水から得たアルカリイオン水について，生成の際の電解電流値，pH，アルカリ濃度などを測定し，互いの相関について検討した。加えて，アルカリイオン水の食生活への利用に関して 2，3 の実験を試みた。

1.　実験方法

1-1. 試験水およびアルカリイオン水の調製

≪試験水≫　A 社大阪工場水，交野市水，京田辺市水，町田市水，札幌市水，福岡市水，蒸留水，標準合成水（日本ホームヘルス機器工業会で規定された電解性能試験用水で，1 dm^3 中に，炭酸水素ナトリウム 0.3 mmol , 塩化カルシウム, 0.5 mmol ，硫酸マグネシウム 0.17 mmol，炭酸水素カリウム 0.103mmol を溶解させた水）

≪アルカリイオン水の調製≫　町田市水については，A 社アルカリイオン水生成器試作器，電流計を接続し，流量を設定し，300 ml を放水した後 200 ml を採取した。他の試験水については，A 社で町田市水と同方法で調製したイオン水が原水と共に密閉容器に詰められ供給された。流量の設定はストップウォッチを用い蛇口の開け具合で調整した。

図 1，2 にアルカリイオン整水器のシステム構成と生成原理を示した。浄水部を通過した後にグリセロリン酸カルシウム剤添加筒をとおって電解

家政学部家政学科

部に流れる。

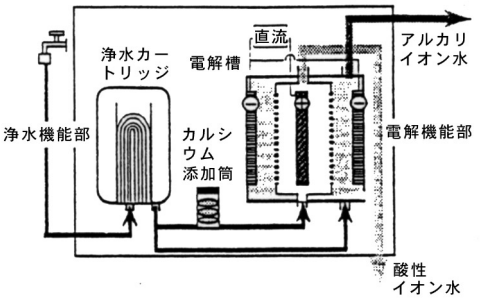

図１　アルカリイオン整水器のシステム構成

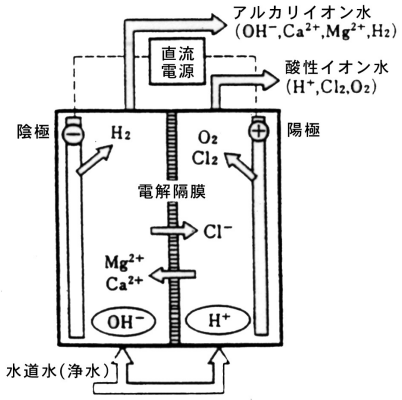

図２　アルカリイオン水の生成原理

1-2. pH および電解電流の測定

IWAKI pH メーター M225 および積算電力計（HIOKI MODEL3181-01）を使用した。

1-3. アルカリ濃度の測定

0.01 M 塩酸標準溶液 1.00 ml を滴定容器にとり，メチルレッドを指示薬とし，試験水をミクロビュレットから滴下する方法で求めた。この方法は工業用水試験法によるアルカリ度の求め方とはやや異なるが[7]，供給された試験水の量的問題を解決するために採用した。試験水間の比較は可能である。

1.4 アルカリイオン水の食品への効果

①　白インゲンを水に浸し体積膨張率を測定する。

白インゲンの縦（長半径 r_1），横 (短半径 r_2) ，厚さ (r_3) をマイクロメーターで測定し，10 粒ずつを，30℃で充分量の蒸留水とアルカリイオン水 (pH6.3) に 3 時間浸した後に，再び長さを測定する。体積は楕円球として

$$V=\frac{4}{3}\pi\cdot r_1\cdot r_2\cdot\frac{1}{2}r_3$$

で計算した。

②　煎茶からのカテキンの溶出

1.5 g の煎茶（1.4 mm 平方の目の篩にかけ，50 g から円錐四分割法で採取）を水と共に 100 ml のメスフラスコに入れ，1 分撹拌，9 分放置した後，迅速にろ過し，濾液 3 ml と酒石酸鉄試薬 5 ml とを 25 ml メスフラスコにいれ, pH7.5 の緩衝溶液で定容, 540 nm の吸光度を測定した。没食子酸エチルを標準物質とした検量線から定量した。

2.　結果および考察

生成器のモード強，中，弱ではそれぞれ約 pH10 , 9 , 8 のアルカリイオン水が得られることになっている。大学研究室の水道水（町田市水を校舎屋上の貯水槽から供給）から生成させたアルカリイオン水の pH とアルカリ濃度を表 1 に示した。実験日により得られる水の pH に変動は見られるが, 両要素間の相関係数は 0.994 であった。

各種水について，アルカリイオン水調製時の電解電流値，水流量，pH 値，アルカリ濃度を表 2 に示した。その中から，単位水流量あたりの電解電流と pH との相関性を図 3 にしてみた。

図 3 から解るように，電流量に対応して多くの

表１　アルカリイオン水の pH とアルカリ濃度

生成器モード	実験回数	pH	アルカリ濃度 (mmol/dm³)
強	0	9.22	0.714
	0	9.41	0.813
	0	9.35	0.722
	0	9.34	0.688
中	0	7.84	0.621
	0	8.21	0.709
	0	7.52	0.560
	0	8.20	0.576
弱	0	7.41	0.604
	0	7.48	0.662
	0	7.03	0.517
	0	7.23	0.509

表２　アルカリイオン水生成器のファクターおよび生成イオン水の pH 塩基濃度

試験水	イオン成水器モード	水流量 (dm^3/mim)	電解電流(A)	電解電流/水流量	pH	塩基濃度 (mmol/dm^3)
大東市A社工場水	強	2.34	1.08	0.462	9.26	0.782
	中	2.34	0.34	0.427	7.86	0.645
	弱	2.34	0.15	0.064	7.46	0.610
	強	1.46	0.64	0.438	9.37	0.802
	中	1.46	0.22	0.151	8.24	0.664
	弱	1.46	0.095	0.065	7.55	0.597
同上　原水					7.80	0.567
交野市水	強	2.30	1.74	0.757	7.75	1.282
	中	2.30	0.57	0.248	7.14	1.059
	弱	2.30	0.18	0.078	7.00	0.963
	強	1.10	0.65	0.591	7.44	1.129
	中	1.10	0.23	0.209	7.07	1.015
	弱	1.10	0.12	0.109	7.00	0.993
同上　原水					7.30	1.007
札幌市水	強	2.60	1.17	0.658	9.81	0.692
	中	2.60	1.14	0.438	9.68	0.502
	弱	2.60	0.05	0.192	8.65	0.376
	強	1.30	1.28	0.985	10.19	0.713
	中	1.30	0.49	0.377	9.59	0.505
	弱	1.30	0.35	0.269	9.38	0.446
福岡市水	強	2.50	1.02	0.658	9.80	0.589
	中	2.50	0.61	0.438	9.32	0.507
	弱	2.50	0.072	0.192	7.67	0.407
	強	1.04	0.35	0.985	9.75	0.563
	中	1.04	0.11	0.377	9.04	0.464
	弱	1.04	0.038	0.268	8.20	0.424
町田市水	強	2.00	0.59	0.295	9.44	0.754
	中	2.00	0.26	0.130	8.55	0.640
	弱	2.00	0.18	0.090	7.71	0.574
	強	1.00	0.38	0.380	9.17	0.684
	中	1.00	0.21	0.210	8.53	0.598
	弱	1.00	0.16	0.160	7.72	0.572
京田辺市水	強	2.48	0.7	0.282	8.18	1.107
	中	2.48	0.26	0.105	7.99	1.028
	弱	2.48	0.096	0.039	7.89	0.987
	強	1.67	0.69	0.413	8.75	1.168
	中	1.67	0.22	0.132	7.89	1.024
	弱	1.67	0.095	0.057	7.91	0.997
同上　原水					7.66	0.942
イオン添加合成水	強	2.85	1.66	0.582	9.84	0.583
	中	2.85	0.54	0.189	9.09	0.391
	弱	2.85	0.12	0.042	8.14	0.329
	強	1.72	1.11	0.645	9.99	0.696
	中	1.72	0.31	0.180	8.81	0.438
	弱	1.72	0.083	0.048	8.15	0.371
同上　原水					7.53	
蒸留水	強	2.80	0.44	0.157	10.11	0.278
	中	2.80	0.39	0.139	10.08	0.250
	弱	2.80	0.20	0.071	9.79	0.227
	強	1.65	0.48	0.291	10.48	0.403
	中	1.65	0.47	0.285	10.38	0.273
	弱	1.65	0.084	0.051	9.85	0.256

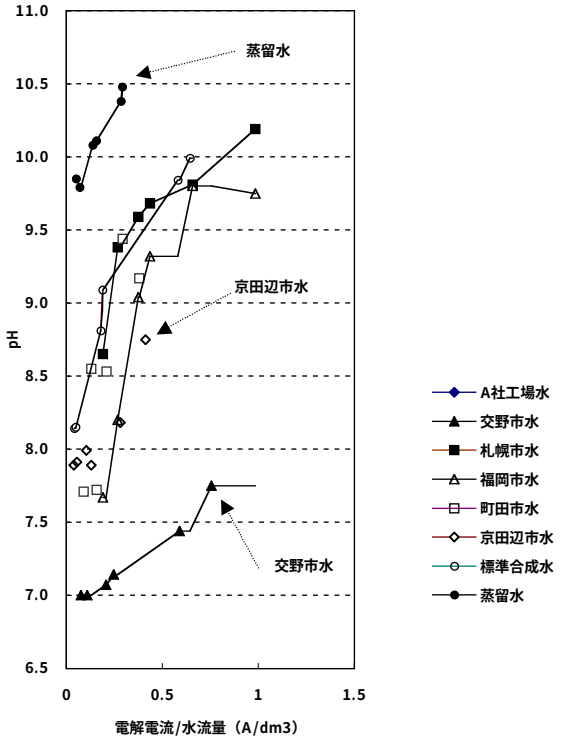

図３　単位水流量あたりの電解電流と pH との相関

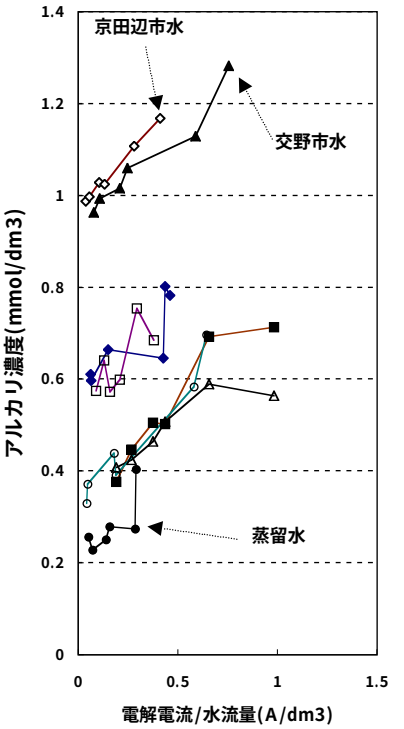

図４　単位水流量にたいする電解電流とアルカリ濃度との相関

水の pH は 7.5 ～ 10.2 の値を示したが，蒸留水からのイオン水は非常に高い値を，逆に交野市水は非常に低い値にとどまった。京田辺市水の pH もやや低い傾向にある。また多くのイオン水の pH 変化も蒸留水および標準合成水と同様の勾配を示したが，交野市水のみが勾配が小さい。あたかも pH からはアルカリイオン水が生成していないかのようにみえる。そこで単位水流量あたりの電解電流とアルカリ濃度との相関を図にしてみた。図 4 が示すように，いずれも同様の勾配を示し，通じた単位水流量あたりの電解電流に応じてアルカリ濃度が増加していることが解る。蒸留水のアルカリ濃度は最も低いが, pH は他のどれよりも高い。

pH が低かった京田辺市水と交野市水は，他のどのイオン水よりもアルカリ濃度が高く，通じた電流に応じて，さらに濃度が高くなっているが，この濃度が pH に反映されていないことが解った。すなわち pH 変化が小さく得られるはずの pH のイオン水が得られなくても，アルカリイオン水の生成は進んでいると考えることが出来る。測定により京田辺市水と交野市水は原水のアルカリ濃度が高いことが解った。因みに原水のアルカリ濃度が直接 pH に反映されるならばその pH は計算では 10 付近となる。蒸留水では緩衝作用もつイオン種が非常に少ないためアルカリ濃度が直接 pH に反映されるが，pH の変化しにくい京田辺市水や交野市水などには，炭酸水素イオンが標準水での濃度以上に多く含まれ，下式の反応で水酸化物イオンが消費され，緩衝作用を示すからであろう。

$$OH^- + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2O + HCO_3^{2-}$$

このような pH 変化が起きにくい水では，アルカリイオン水になっているかどうかは得られた水の pH ではなく, 電解電流量で判断せざるを得ない。

白インゲンの体積膨張の結果を表 3 にした。膨張率の平均では数％の差が見られたが，偏差が大きく，T 検定では有意差が認められなかった。

茶のカテキン溶出については表 4 に示したとおり，第 1 回から 3 回まで全て，イオン水の方によ

表３　浸水前後の白インゲン豆の体積変化

	豆	浸水前 縦	浸水前 横	浸水前 厚さ	浸水前 体積1	浸水後 縦	浸水後 横	浸水後 厚さ	浸水後 体積2	膨張率
蒸留水	1	1.745	2.695	0.800	1.969	2.085	3.370	1.090	4.008	103.6 *
	2	1.385	2.240	0.725	1.177	1.635	2.785	0.965	2.300	95.4
	3	1.720	2.625	0.855	2.020	2.030	3.270	1.090	3.787	87.4
	4	1.410	2.335	0.835	1.439	1.595	2.965	1.085	2.685	86.6
	5	1.535	2.435	0.825	1.614	1.720	3.000	1.060	2.862	77.4
	6	1.460	2.320	0.845	1.498	1.650	2.940	1.015	2.577	72.0
	7	1.715	2.595	1.000	2.329	2.040	3.090	1.175	3.876	66.4
	8	1.330	2.020	0.725	1.019	1.385	2.445	0.950	1.684	65.2
	9	1.270	1.860	0.830	1.026	1.370	2.255	0.955	1.544	50.5
	10	1.335	2.075	0.965	1.399	1.410	2.400	1.025	1.815	29.7 *
									平均	75.1
									標準偏差」	14.6

	豆	浸水前 縦	浸水前 横	浸水前 厚さ	浸水前 体積1	浸水後 縦	浸水後 横	浸水後 厚さ	浸水後 体積2	膨張率
イオン水	1	1.575	2.525	0.725	1.509	1.900	3.170	1.025	3.231	114.1 *
	2	1.625	2.240	0.975	1.857	2.020	2.860	1.215	3.673	97.8
	3	1.735	2.575	0.815	1.906	2.100	3.245	1.055	3.762	97.4
	4	2.000	2.915	0.820	2.502	2.370	3.610	1.055	4.724	88.8
	5	1.505	2.305	0.945	1.716	1.870	2.935	1.070	3.073	79.1
	6	1.730	2.510	0.820	1.863	2.120	3.175	0.925	3.258	74.9
	7	1.420	2.170	0.925	1.492	1.770	2.685	1.025	2.549	70.9
	8	1.330	1.950	0.750	1.018	1.600	2.415	0.845	1.709	67.9
	9	1.730	2.505	1.000	2.268	2.095	3.075	1.075	3.624	59.8
	10	1.670	2.445	0.865	1.848	1.965	2.990	0.940	2.890	56.4 *
									平均	79.6
									標準偏差	13.9

表４　浄水およびアルカリイオン水による緑茶抽出液中のカテキン量
（緑茶のカテキン含量：129mg/1.5g）

浸出液＼水の種類(pH)	浄水(7.56)	イオン水（9.31）
第１回抽出液中の量	35.0 mg	42.5 mg
第２回抽出液中の量	20.7 mg	22.9 mg
第３回抽出液中の量	12.4 mg	13.5 mg
第1～第３回合計液中の量	68.1 mg	78.9 mg
抽出率（%）	56.8	61.1

り多く抽出された。カテキンはポリフェノールであるからフェノール性ヒドロキシ基の電離がアルカリイオン水により促進されより多く溶解したと考えられる。

3.　要約

(1) 多くの水はアルカリイオン生成器に通水すれば，電気電流に応じて pH，アルカリ濃度ともに上昇した。特に，蒸留水では緩衝作用もつイオン種が非常に少ないためアルカリ濃度が直接 pH に反映された。

(2) アルカリイオン生成器に通水しても pH が 8 以上にならなかった交野市水，9 以上にならなかった京田辺市水はともに通じた電流に応

じてアルカリ濃度は高くなっており，電気分解は進行していた。すなわち pH 変化が小さく得られるはずの pH のイオン水が得られなくても，アルカリイオン水の生成は進んでいると考えることが出来る。

(3) アルカリ濃度の高い原水では，炭酸水素イオン，炭酸イオン等による，緩衝作用により，pH が変化し難い。

(4) 白インゲンの膨潤実験ではアルカリイオン水の効果は検証できなかった。

(5) 緑茶からのカテキンの抽出にはアルカリイオン水は有効であった。

謝辞　この研究の試験機と試料水をご提供くださいました（株）象印マホービン，ならびに，実験にご協力くださいました本学卒業生の中込智子さん，植松雅美さん，川掘千恵子さん，半渡貴子さんに感謝いたします。

参考文献

1) 内藤祐二，アルカリイオン水の細胞保護作用の検証，第 4 回機能水シンポジウム（1997）

2) 田代博一，アルカリイオン水の活性酸素への効果，第 4 回機能水シンポジウム（1997）

3) 生命の水研究会編，検証アルカリイオン水，メタモル出版，46（1994）

4) 北洞哲治等，アルカリイオン水の効用の検証，日本医学会シンポジウム（1999）

5) 田代博一等，アルカリイオン水の臨床的検討，日本医学会シンポジウム（1999）

6) 早川亨志等，アルカリイオン水の腸内発酵への影響，日本医学会シンポジウム（1999）

7) 日本分析化学会北海道支部編著，水の分析，化学同人（1971）