

電場水の物理的性質

内野, 敏剛
九州大学農学部農産機械工学講座

中司, 敬
九州大学農学部附属農場

山中, 捷一郎
九州大学農学部農業機械学講座

奥村, 晃美
九州大学農学部農産機械工学講座

<https://doi.org/10.15017/23633>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 54 (1/2), pp.61-67, 1999-11. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :

電場水の物理的性質

内野 敏 剛・中 司 敬¹⁾
山中 捷一郎²⁾・奥村 晃 美*

九州大学農学部農産機械工学講座

¹⁾九州大学農学部附属農場

²⁾九州大学農学部農産機械学講座

(1999年7月30日受付, 1999年8月24日受理)

Physical Properties of Water Exposed to the Electric Field

Toshitaka UCHINO, Kei NAKAJI
Shoichiro YAMANAKA and Terumi OKUMURA*

Laboratory of Agricultural Process Engineering,

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-8581

¹⁾ University Farm, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 811-2307

²⁾ Laboratory of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812-8581

緒 言

近年, 種々の機能水が製造・市販されている。これらは水を電磁場, 遠赤外線, 超音波, 天然石等に曝すことにより活性化し, 原水にないあらたな機能を持たせるとしたものである。機能水の一部は殺菌効果や脱臭, 洗浄力向上, スケール付着防止等の能力を持つとされ(久保田, 1997), 今村(1997)は酸化電解水で畜舎の殺菌・消毒に利用する研究を行うなど農業施設への応用も活発に検討されている。

高調波が重畳したひずみ波交流高圧電場に曝露した水は一般に電子水と呼ばれ, メーカーは生体に適した健康によい水としている。近年, 上水道の水質劣化から一般家庭の水質改善のために導入され, また, 一部農業生産の場にも利用されてきた。これはアースから絶縁されたタンク中の水に商用周波数の高圧電場を印加し, 水の性質を変化させようとしたもので, タンク中には電極を兼ねたステンレス籠の中に白炭(備長炭)が投入されており, 白炭及び電場の両者の効果で水の機能化ができるとされている。この水は生体によいとされることから有機スズで傷害を受けた細胞の機能回

復への応用研究(鈴木, 1993)や淡水魚の飼育への応用がなされ, 稚魚の死亡率や病気の発生の激減が報告されている(土屋ら, 1997)。また, 畜産施設内でも家畜の飲料用に用いたり, 家畜への散水を行うことにより, 家畜の健康状態の向上や畜舎の悪臭の低減に効果があるとして利用している畜産農家の事例がみられる。また, 製品の品質向上が図れることから種々の食品産業にも利用されている。

このように一般に電子水と呼ばれるひずみ波交流高圧電場に曝露した水(以下電場水と呼ぶ)は原水と異なる効果を示し, 機能水として利用されているが, この作用機作はいまだ明らかでない。本研究は電場水の物理的性質や溶融イオン濃度等を測定し, 作用機作解明の基礎データを提示することを目的とした。

なお, 本研究を遂行するにあたり, (株)クボタ並びに(株)ジェムには機材を貸与戴くなどの協力を賜った。また, (株)誠和にはイオンの測定を引き受けて戴いた。ここに記して心より謝意を表す。

実験装置及び方法

1. 電場水製造装置

電場水製造装置として日本電子物性研究所製エレクトロチャージャー(定格電圧・電流: 100V・0.4A)

* 農水省九州農業試験場畑地利用部

を供試した。本装置はトランスにより単相100Vを約3kVに昇圧するが、高圧端子の一方を絶縁してあり、電極として使用する他方の端子を接地線に短絡してもわずかな電流しか流れず、電場の効果のみが得られ、また安全性が高い。高電圧計（多摩電測製、TDV-20ADS）を用いて測定した本装置の入力電圧と出力電圧の関係は電極を負荷（水）に接続しない無負荷時には表1に示すとおり、100Vで2.83kVまで上昇するが、電場水の製造時（負荷時）は入力電圧100Vで2.08kVとなった。なお、負荷、無負荷にかかわらず入力電流は変化しなかった。

2. 電場水の製造

原水としてイオン交換した蒸留水および水道水を用いた。電場水の製造は図1に示すようにステンレスタンク（以下タンクとする）中の原水に白炭を入れたステンレス籠を浸漬し、これに本装置の高圧電極を接続して電圧を印加した。印加電圧は2.08kV、印加時間は6hrとし、タンク内の水量は通常10L、白炭量は1.7kgとし、対照区として小型のステンレス製容器に

表1 入出力電圧（無負荷時）

入力電圧 (V)	入力電流 (A)	出力電圧 (kV)
50	0.13	1.49
60	0.17	1.79
70	0.20	2.09
80	0.25	2.34
90	0.32	2.59
100	0.42	2.83

入れた原水を電場の影響がない位置のタンク近傍に置いて、同時間放置した。その際、外部から塵埃が混入しないよう注意した。対照区の水量、白炭量は、0.5l、0.085kgで、処理区と重量比で同一になるようにした。また、白炭が水の性質に及ぼす影響を調べるため、白炭を浸漬せずに電場水を製造した。このときは対照区にも白炭は浸漬しなかった。なお、 ^{17}O -NMRの測定時には、さらに詳細に白炭の影響等を検討するため、一部これらと異なる条件としたので、以下のNMRスペクトルの項で詳述する。

3. 測定項目

電場水の性質として導電率、pH、酸化還元電位（ORP）、 ^{17}O -NMRスペクトル、含有イオン濃度を測定した。これらは表2の装置で測定したが、含有イオン濃度については株式会社和に依頼した。

4. ^{17}O -NMRスペクトル

実験は3回にわけ、電圧印加時間、白炭の有無による ^{17}O -NMRスペクトル半値幅の経時変化、および原水の違いによる効果の差異を調べた。とくに記述していない実験条件は電場水の製造の項で述べた条件と同一である。

1) 実験1 原水を蒸留水とし、電圧印加時間の影響を検討した。処理区であるタンク内の蒸留水に電圧を印加し、40min、2hr、6hr後に処理区、対照区の両容器から水をそれぞれ0.55ml採取し、NMRスペクトルを測定した。

2) 実験2 原水を蒸留水とし、白炭浸漬の影響を検討した。

3) 実験3 原水を水道水とし、水道水の水質に及

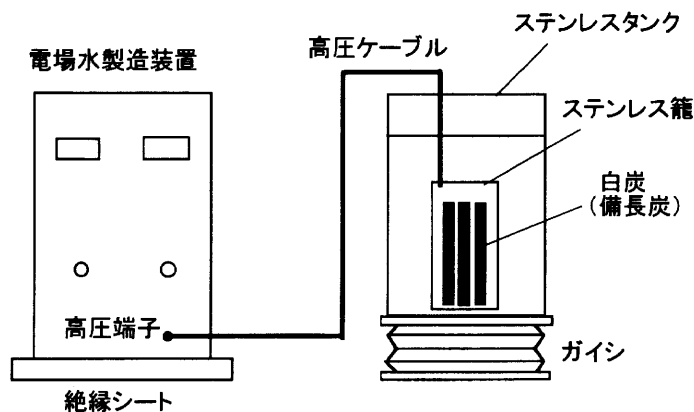


図1 電場水製造装置

表2 測定項目と測定装置

導電率	導電率計（堀場製作所製，ES-12） 電極（堀場製作所製，#3582-10D）
pH	pHメータ（東亜電波製，HM14P） 電極（東亜電波製，GST-2419C）
ORP	pHメータ（東亜電波製，HM14P） 電極（東亜電波製，PTS-2019C）
NMR スペクトル	核磁気共鳴装置（日本電子データム製，JNM-A400） 周波数：400MHz， ¹⁷ O共鳴周波数：54.1MHz
負イオン	キャピラリーイオン分析泳動装置（日本ウォーターズ製）
正イオン	誘導結合高周波発生分光装置（セイコー電子工業製，1700）
アンモニア イオン	イオンメータ（オリオン製，720A）

ばす電場と白炭の影響を検討した。タンクを2基用い、エレクトロチャージャーの電圧を分岐して両者に同時に印加し、一方には白炭を入れた。対照区は実験1と同様のステンレス製容器2個に水道水を入れ、一方には白炭を入れた。

結 果

1. 導電率・pH・ORP

電場水と対照および原水の導電率・pH・ORPの測定値を表3に示す。蒸留水の導電率は原水とそれを6時間放置した対照区ではほとんど変わらず、同時間電圧を印加した電場水では若干減少した。導電率の値は白炭を浸漬することで大きくなり、電場水で5倍、対照区では8倍に達した。水道水の導電率は種々の物質を含有することから蒸留水に比して高く、そのため電圧印加の有無、白炭の有無にかかわらず原水と処理水間で大差なかったが、白炭を加えない電場水のみが若干低い値を示した。

蒸留水のpHは処理を行う以前から酸性側の値を示した。これは蒸留水の導電率が極めて低いことから、pHメータの電極のガラスと比較電極間の抵抗が高くなり、pH測定に問題を生じた可能性が懸念されたが、リトマス試験紙による測定でも同程度の酸性度を示したことから、pHメータによる測定に問題はないと思われる。蒸留水のpHが低い理由は、純度の高い水はガスを溶解しやすいことから、とくに水に溶けやすい大気中のCO₂が溶解し、pHが酸性側にシフ

トしたものである。CO₂の溶解速度は純水を攪拌せずに大気中に置いた場合、約7分30秒で平衡に達し、そのときのpHは5.917になるとされており（大矢，1978），本実験のpHはこれと同等の値であることから蒸留水が酸性側にあるのは大気中CO₂の溶け込みによるものと思われる。

原水からのpHの変化は蒸留水では白炭を浸漬することで増加し、白炭を入れない電場水も若干大きな値を示した。水道水では原水を6hr放置することで、塩素等が大気中に放出されたためpHが大きくなるものと思われるが、導電率と同様に白炭の影響は顕著でなかった。また、電場水は対照に比べ、pHは小さくなった。

ORPは各試料間で若干の差がみられ、原水が最大で、長時間放置するか白炭を浸漬することで減少し、わずかではあるが還元されていると言える。しかしながら、NaCl等の電解質を加えない水道水から得られた酸性水、アルカリ性水のORPはそれぞれ800、-450mVとされ（小川，1995）本研究のORPの変化量はそれほど大きいと言えず、酸化力の差は原水、処理水ともに大差ないと思われる。同様に、蒸留水と水道水ではpHがかなり異なるが、ORPの差が小さいことから、両者の酸化力の差はほとんどないといえる。

2. ¹⁷O-NMR スペクトル

1) 実験1 電圧印加時間と¹⁷O-NMRスペクトル半値幅の関係を図2に示す。蒸留水を原水とした電場

表3 処理水の物性値

試料	導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		pH		ORP (mV)	
	蒸留水	水道水	蒸留水	水道水	蒸留水	水道水
原水	1.07	428	5.85	7.85	334	309
Cont.	1.08	429	5.75	8.36	296	223
EW	0.98	416	6.16	8.00	290	245
Cont.+CC	8.78	423	6.82	8.30	251	228
EW+CC	5.36	427	6.63	8.03	264	253

水温24.1~26.4℃

値は3回測定の平均

Cont.: 対照区, EW: 電場水, CC: 白炭

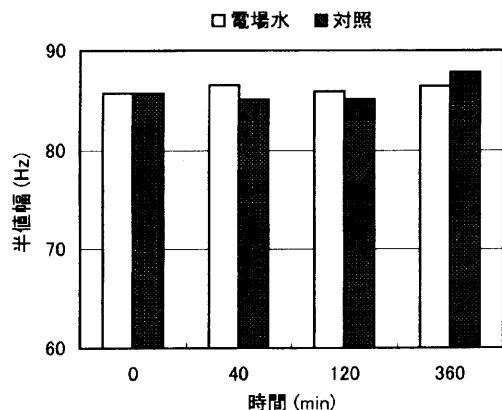


図2 電圧印加時間が電場水の ^{17}O -NMR スペクトル半値幅に及ぼす影響 (蒸留水)

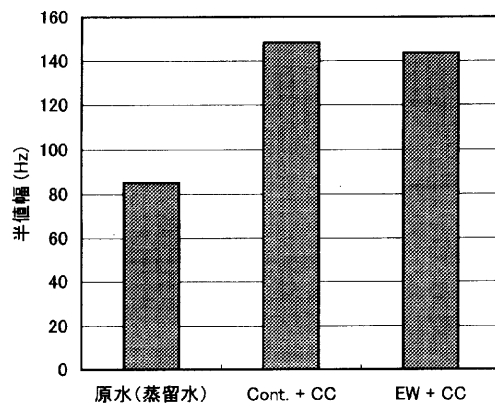


図3 白炭が ^{17}O -NMR スペクトル半値幅へ及ぼす影響 (蒸留水)
記号は表3に同じ

水は時間経過にともない若干スペクトルの半値幅が増加する傾向がみられるが、顕著ではなく、6時間後には対照区の半値幅も増加し、増分は対照区の方が大きかった。

2) 実験2 白炭が蒸留水の ^{17}O -NMR スペクトル半値幅に及ぼす影響を図3に示す。蒸留水に白炭を入れると電圧印加の有無にかかわらず、6時間後のNMR スペクトル半値幅は大きく増加した。また、白炭を投入した電場水は同様の対照区と比べて半値幅がやや小さかった。

3) 実験3 水道水における白炭の ^{17}O -NMR スペクトル半値幅に及ぼす影響を図4に示す。水道水の場合は原水の半値幅は大きいですが、これを6hr放置するだけでも半値幅は大きく減少した。白炭を加えると原水に比し、半値幅は減少するが、白炭を加えない対照区でも減少していることから、炭の吸着によるものと

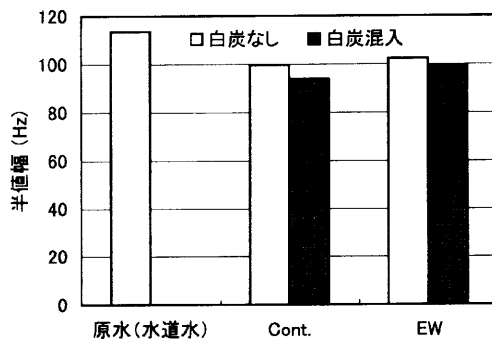


図4 白炭が ^{17}O -NMR スペクトル半値幅へ及ぼす影響 (水道水)
記号は表3に同じ

は考えにくい。蒸留水に白炭を加えた場合は半値幅が140Hzを越えており(図3)、水道水の100Hzよりかなり大きくなった。これは原水の違いにより白炭の効果が変わるといよりは、供試時における白炭の吸着状況の差によるものと思われるが、条件を全く同じに整えることは困難であった。さらに、水道水に電圧を印加しても半値幅が小さくなることはなく、白炭の有無にかかわらず逆に若干大きくなる傾向がみられた。

3. 含有イオン濃度

含有イオンの分析結果を表4に示す。水道水については原水の含有イオン濃度に時期的な変動が予測されるため、測定は2回行った。測定日は1回目が1996年10月7日、2回目が1997年3月10日である。

蒸留水では原水と比較した電場水のCl, SO₄イオンが減少するが、対照も同様なことから、これらが大気中へ放出されていることは明らかで、電場や白炭の効果とは言い難い。また、白炭を浸漬することにより、K, Ca, Mgイオンが増加し、これらは白炭から溶出しているものと思われる。白炭の有無にかかわらず、電圧の印加によりKイオンのみが減少した。

水道水では測定時期により含有イオン濃度が変化し、1回目の方がほとんどのイオンの濃度が高かった。1回目では、NO₃, K, Ca, Mg, SO₄等について白炭を混入しない電場水の含有量が対照区に比べ少ないが、2回目ではNO₃, Ca, SO₄が少なかった。これらの変化は白炭を浸漬するとみられなくなり、一般にいわれる白炭の吸着効果はFeイオンについてのみみられた。

考 察

本研究では電場の作用と白炭の効果を分離して考察し、電場水の物性変化が、電場、白炭のいずれに起因するかを明確にすることに重点を置き、白炭をタンク内に入れた慣行法と白炭を入れない電場水の物性を比較検討した。

蒸留水では白炭を加えることにより、NMRスペクトル半値幅やpH、導電率が変化するが、これは白炭が含んでいた成分の蒸留水中への溶出のためと考えられる。イオン分析の結果からも対照区と比較し多くのイオンの増加がみられた。

白炭を添加した場合に電場水と対照区とを比較すると、電場水のNMRスペクトル半値幅の変化、導電率の減少、CaやMgイオン等の減少がみられた。この導電率の減少は金属イオンの減少で説明がつき、電場を付与することで何らかの化学変化が生じ、水中のイオンが減少することも考えられるが、イオン化傾向の大きなCaやMgイオンが単純に析出するとは言い難い。ここで、実験区の設定時に電場水区と対照区の白炭の量の比は、両区の水量比(重量比)と一致させたが、白炭の持つ正・負の吸着能力は白炭の表面積に依存するので、重量比がそのまま表面積の比とは一致しない。このことから、白炭からのイオンの溶け込みは、電場水と対照区で同様であるとは言えず、電場水区のイオンの濃度が低いのを一概に電場の効果とすることはできない。この場合、白炭の量の設定法に問題があったといえるが、厳密に表面積を同一にすること

表4 含有イオン分析結果(ppm)

試料	NO ₃	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	B	Cu	Mo	Zn	Na	Cl	NH ₄	SO ₄	
蒸留水	原水	0.00	0.00	0.25	0.15	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.28	0.19	0.02	0.10
	Cont.	0.00	0.01	0.15	0.16	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.02	0.00
	EW	0.00	0.01	0.06	0.17	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.13	0.00	0.02	0.00
	Cont.+CC	0.00	0.02	0.76	1.06	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.09	0.02	0.13
	EW+CC	0.02	0.01	0.68	0.38	0.05	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.23	0.06	0.04	0.09
水道水 (1回目)	原水	2.22	0.05	6.19	54.51	8.78	0.16	0.01	0.06	0.01	0.01	0.15	15.44	22.46	0.01	30.47
	Cont.	2.06	0.03	6.39	54.71	8.92	0.14	0.01	0.06	0.01	0.01	0.09	16.66	21.50	0.01	29.53
	EW	1.79	0.03	5.77	51.35	8.39	0.14	0.01	0.05	0.01	0.01	0.38	16.00	20.89	0.01	28.64
	Cont.+CC	2.15	0.03	6.72	54.62	8.93	0.08	0.02	0.05	0.01	0.01	0.10	15.71	22.33	0.01	30.79
	EW+CC	2.67	0.03	6.36	53.41	8.80	0.09	0.01	0.05	0.01	0.01	0.20	15.46	21.39	0.02	30.08
水道水 (2回目)	原水	1.04	0.03	3.06	33.92	5.58	0.22	0.01	0.04	0.01	0.00	0.18	11.05	19.75	0.03	20.29
	Cont.	1.02	0.02	3.03	34.10	5.86	0.15	0.01	0.04	0.01	0.00	0.13	11.41	20.60	0.03	21.39
	EW	0.94	0.03	3.06	34.04	5.88	0.21	0.01	0.04	0.01	0.01	0.16	11.32	20.34	0.03	20.97
	EW+CC	0.92	0.03	4.53	34.10	5.84	0.17	0.01	0.03	0.01	0.01	0.19	11.74	19.26	0.03	18.65

試料の記号は表3に同じ

は困難であるし、同一にしても白炭の固体差もあり難しいところがある。むしろ定量のイオンが含まれる原水に白炭を入れずに電場をかける試験（例えば水道水を用いて）の方が客観性がある。pHの測定時も同様に白炭の浸漬量に問題がある考えられるので、蒸留水、水道水ともに対照区と電場水のみを比較すれば、電場の付与によりpHは中性側にシフトするといえる。

以上のように白炭を混入することで、処理区と対照区のイオン濃度が初期から異なることが懸念されるので、水道水では白炭の混入時の対照区と電場水の比較は考察しないこととする。水道水では、対照区に比し電場水でNMR半値幅の増加、導電率の減少、pHの減少がみられた。1回目の試験では、イオン濃度の差異は原水と対照区ではほとんどみられないが、対照区と電場水を比較すると、電場水で多くのイオン種の減少が少量ながらみられた。この原因については蒸留水の考察に述べたとおりであるが、現状では合理的な説明がつかない。そのため、2回目のイオン分析を行った結果、1回目ほど顕著ではないが、NO₃、Cl、SO₄の負イオンに減少傾向がみられた。1、2回目の電場水と対照との負イオンの濃度差の程度の違いや正イオンの傾向の違いがあり、明言は困難ではあるが、電場がイオン濃度に影響を与えている可能性は否定できない。鈴木（1993）は水道水を用いた予備実験で、電場をかけることによりFeが0.18から0.03ppmへ、Mnが0.001から0.02ppmへ変化したとし、本研究の結果とは必ずしも一致しないが、電場によるイオン濃度の変化を示している。

NMRスペクトルの半値幅 $\Delta\nu_{1/2}$ はスピンスピン緩和時間 T_2 と(1)式の関係があり、分子運動が極めて速いときには T_2 はスピナー格子緩和時間 T_1 と等しくなり、(2)式のように回転相関時間 τ_c と比例関係を示す。

$$\Delta\nu_{1/2} = \frac{1}{\pi T_2} \quad (1)$$

$$\Delta\nu_{1/2} = \frac{1}{\pi T_1} \propto \tau_c \quad (2)$$

回転相関時間 τ_c は分子運動の速さを表すことから、松下（1992）は、¹⁷O-NMRスペクトルの半値幅が狭い水は水分子の集団の運動速度が速い、すなわち集団の小さい割合が高いとし、NMRスペクトル半値幅でクラスターサイズを評価した。これを受けて、電場水製造装置メーカー等は電場水の¹⁷O-NMRスペクトル半値幅が原水に比し減少することを示したが、本研究の

水道水を供した結果では、電場水は原水に対し半値幅が小さくなるものの、同時間放置しただけの対照も同様の結果となり、メーカーの比較の方法と推論に問題を含んでいるといえる。大河内ら（1993, 1994）は、¹⁷Oと¹Hとのカップリングの影響に着目し、¹⁷O核の¹Hの交換時間 τ_{ex} は(3)式で表されることから、pHが高いときあるいは低いときは τ_{ex} が小さくなり、中間（pH7）付近で大きくなる、すなわち、pH7付近で¹Hと¹⁷Oのカップリングの影響が強まることを指摘した。このように¹Hの交換速度は中性付近で急激に遅くなり、(2)式が成立しなくなることから、大河内らは松下の仮説に異論を唱えた。¹Hの交換速度はスペクトルの形状（半値幅）に影響し、pHに依存することから、半値幅はクラスターの大小を評価する指標とは必ずしもなり得ないことを示した。

$$\tau_{ex} = \{2k_1[H^+]/3 + k_2K_w/[H^+]\}^{-1} \quad (3)$$

ここに、 k_1 、 k_2 ：プロトンの交換速度定数、 K_w ：水のイオン積、 $[H^+]$ ：水素イオン濃度。

本研究の半値幅を実験条件を問わずpHについてプロットすると、図5のようにpHに依存し、pH7の中性付近で大きくなった。これは前述のように、pH7付近ではプロトンの交換速度が遅くなり¹⁷Oとの結合が強まるためと思われ、半値幅が小さい水がそのままクラスターの小さな水と判断できないことが本研究でも確認された。¹⁷O-NMRスペクトルの半値幅はpHに依存することは明らかであり、白炭を浸漬することによりpHが変化すること、あるいは水道水を長時間放置

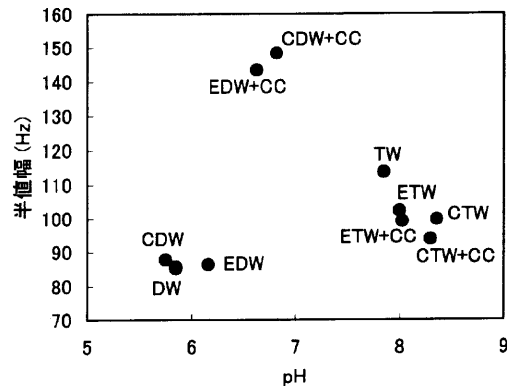


図5 pHと¹⁷O-NMRスペクトル半値幅の関係
DW：蒸留水原水，TW：水道水原水，CDW：蒸留水対照，EDW：蒸留水電場，CTW：水道水対照，ETW：水道水電場，CC：白炭

することで pH が変化することは白炭からのイオンの溶出や吸着、イオンの大気中へのガスとしての放出等で説明できる。一方、電場による pH の変動は前述のように中性側にシフトし、これはイオン濃度の変化によると思われるが、イオン濃度への電場の作用機作は明確でない。

当初は、電場水では水道水のカルキ臭が消えることなどから、一般にいわれる白炭の吸着効果に着目し、電子チャージャーによる水の改質は白炭の影響によるものではないかとの推論を行ったが、イオンの分析結果からはこれらの効果は明確でなく、むしろ電場の影響の可能性が残った。これについてはさらにデータを積み検討していかなければならない。

要 約

電場水の作用機作解明のための基礎データを提示することを目的とし、蒸留水、水道水を原水とした電場水の物理的性質およびイオン濃度を測定した。蒸留水では浸漬した白炭からのイオンの溶出により、 ^{17}O -NMR スペクトル半値幅、pH、導電率が変化した。また、蒸留水、水道水ともに、電場の印加により pH は中性に近づいた。 ^{17}O -NMR スペクトル半値幅は、原水の種類、電場印加、白炭の浸漬にかかわらず、pH に依存し、中性付近で最大となり、必ずしも水のクラスタサイズの指標とはなり得ない。

文 献

- 今村和彦 1997 畜舎および畜産物に対する酸化電解水の消毒効果. 岩元ら編: 生物・環境産業のための非熱プロセス事典, サイエンスフォーラム, 東京, 425-428頁
- 久保田昌治 1997 機能水の食品への応用に向けて水と基礎と活用水およびその利用. フレッシュフードシステム, 26(10): 4-10
- 松下和弘 1992 NMR 分光法からみた水の状態. 食品工業, 35(4): 18-23
- 小川俊雄 1995 強電解水の原理と応用. SLI 出版, 東京, 49頁
- 大河内正一・石原義正・荒井 強・上平 恒 1993 NMR 分光法による水評価. 水環境学会誌, 16(6): 409-415.
- 大河内正一・石原義正・上平 恒 1994 ^{17}O -NMR 分光法による電解質水溶液および浄・整水器通水水道水の評価について. 水環境学会誌, 17(8): 517-526
- 大矢晴彦 1978 膜利用技術ハンドブック. 幸書房, 東京, 182-183頁
- 鈴木鐵也 1993 水への交流高電圧電場負荷と生体賦活化. 食品加工技術, 13(1): 44-50
- 土屋碩夫・河村宗郎・平井雄司 1997 電場(静電誘導)利用による淡水魚の飼育法. 岩元ら編: 生物・環境産業のための非熱プロセス事典, サイエンスフォーラム, 東京, 435-439頁

Summary

In order to present the fundamental data for revealing the action mechanism of water exposed to the electric field, the physical properties of the water and the ion concentration in the water were measured. The half width of ^{17}O -NMR spectrum, pH, and the electric conductivity was changed after charcoal was soaked in the distilled water for 6 h. Applying the electric field, pH of the distilled water and the tap water was moved near the neutrality. The half width of ^{17}O -NMR spectrum depended on pH regardless of the experimental condition. Consequently it is not adequate to use the width as an index of the cluster size of water.