

유전체구 충전형 전극계의 코로나방전과 강전해수 발생특성

(Corona Discharge and Strong Electrolyzed Water Generation Characteristics of the Electrode System Bedded by Dielectric Pellets)

김진규*

(Jin-Gyu Kim)

요 약

본 논문은 전해수 발생장치내에 이온분리집속 격막을 설치하여 비유전율이 틀리는 유전체구를 충전한 구조로 함으로써 고효율의 강전해수 발생장치를 제안하였다. 염화나트륨이 용해된 수도수와 일반 수도수를 원료수로서 본 강전해수 발생장치에 인입하였을 때 충전된 유전체구의 비유전율 변화가 수중 이온분리집속성능에 미치는 영향을 연구 검토하였다. 실험결과로서 본 강전해수 발생장치에 원료수로서 수도수의 유속을 0.5[LPM]으로 인입시키고 구형과 펠스전류를 1.0[A]로 인가하였을 때 pH 3.1과 10.6의 전해수를 얻을 수 있었다. 그리고 염화나트륨이 0.1[wt%] 용해된 수도수의 경우 pH 2.8과 11.7의 전해수를 얻었다. 또한 비유전율이 가장 높은 BaTiO₃과 같은 유전체구를 전해수 발생장치에 충전한 경우 각각 pH 2.7, 11.7과 pH 2.4, 12.0의 전해수를 얻을 수 있었다.

Abstract

A dielectric pellets bedded parallel plates with a membrane centered have been proposed as an ion separation and collection system in water. And effects of the relative dielectric constant and the applied square wave pulse voltage on the characteristics of ion separation and collection in tap water and NaCl dissolved tap water have been investigated. As a result, electrolyzed water of pH 3.1 and 10.6 were obtained with only tap water at the pulse current of 1.0[A] and flow rate of 0.5[LPM]. And the higher ionized water of pH 2.8 and pH 11.7 were obtained in 0.1[%wt] NaCl dissolved water. When the dielectric pellets of BaTiO₃ having the highest dielectric constant were bedded in the ion separation and collection cell, the ionized water of pH 2.7 and pH 11.7 were obtained with only tap water. And the ionized water of pH 2.4 and pH 12.0 were obtained in 0.1[%wt] NaCl dissolved tap water with the dielectrics pellets bedded ones.

Key Words : Dielectric Pellets, Corona Discharge, Ion Separation and Collection, pH, Electrolyzed Water

* 주저자 : 상주대학교 전자전기공학부 전임강사
Tel : 054-530-5326, Fax : 054-530-5329
E-mail : kjg@sangju.ac.kr
접수일자 : 2002년 4월 22일
1차심사 : 2002년 4월 26일
심사완료 : 2002년 5월 24일

1. 서 론

유전체구 충전형 전극계에 의해 만들어지는 강전해수는 매우 뛰어난 살균소독효과와 생장효과를 가

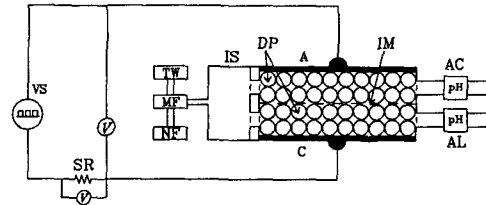
지고 있다[1~3]. 특히, 양전극측에서 만들어지는 강산성수의 경우 현존 소독수보다 약 20배의 살균소독 효과를 가지고 있어서 5초 이내에 바이러스나 미생물을 살균시키는 것으로 알려져 있으며, 병원균 감염방지 및 의료기구의 살균[4,5]이나 강한 내성을 갖는 포자류의 살균 등에 적용되고 있다[6]. 또한, 음전극측에서 만들어지는 강알칼리수의 경우 생명체에 필수적인 미네랄을 매우 풍부하게 함유하고 있어서 종자의 발아촉진[7], 작물의 성장효과[8] 및 음용수[9] 등 매우 다양하고 광범위하게 적용할 수 있다[10~12].

종래의 전해수 발생장치는 대향된 평행평판전극간에 이온분리막(membrane)을 설치하고 전극간에 맥류전압을 인가하여 수중의 하전입자를 양극과 음극으로 분리집속하는 것이 사용되고 있다. 이와 같은 종래의 전해수 발생장치에서는 인가전압을 맥류전압으로 사용하였기 때문에 전력소비와 전기분해에서 이온분리집속 효율이 pH 4.0 및 pH 10.0 정도로 비효율적이었다.

본 논문은 종래의 수중 이온분리집속 장치의 결점을 보완하고 고효율화를 위한 실험결과이다. 인입 원료수는 수도수와 수중 이온농도 증가를 위한 염화나트륨이 용해된 수도수를 적용하였다. 인입수중의 이온을 효과적으로 분리집속하기 위하여 종래의 평행평판전극상에 유전체구를 충전함으로써 전계분포를 집중하고 발생된 기포내의 방전을 유발시켜 전해작용과 이온분리집속효과를 크게 할 수 있는 가능성을 검토하고자 하였다. 따라서 수중에 이온분리격막을 중심으로 유전체구가 충전된 평행평판전극을 제작하여 비유전을 변화에 따른 수중 이온분리집속 및 강전해수 발생특성을 실험적으로 조사하였다.

2. 실험방법 및 장치

그림 1은 본 연구에 사용된 유전체구가 충전된 수중 강전해수 발생장치의 개략도이다. 인입 원료수인 수도수는 수도수 공급장치(TW)와 여과장치(MF)를 거쳐서 이온분리소자층의 이온분리공간으로 주입된다. 전계발생을 위한 Rogowski형 평행평판전극(SUS 306, 2.0mm, 60×100[mm²], 60×200[mm²])과 중앙부에 설치된 이온분리막을 통해서 양쪽 평행평판전



- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| A : anode | AC : acid water |
| AL : alkali water | C : cathode |
| DP : dielectric pellets | IS : ion separation cell |
| IM : ion separation membrane | MF : microfilter |
| NF : NaCl feeder | pH : pH meter |
| SR : shunt resistor | TW : tap water tank |
| V : voltmeter | VS : source voltage |

그림 1. 실험장치 개략도
Fig. 1. Schematic diagram of experimental setup.

극으로 이온들이 분리되어 배출되게 된다. 이온분리막과 양쪽 평행평판전극간의 거리는 본 실험에서 각각 5.0, 10.0[mm]로 고정 설치하였으며, 평행평판전극간의 이온분리공간으로는 수도수 및 수중이온농도 증가를 위한 염화나트륨이 용해된 수도수를 공급하였다. 이때 이온분리공간의 전계분포형성에 큰 영향을 줄 것으로 사료되는 비유전율이 틀리는 glass, BaTiO₃와 같은 2 종류의 유전체구를 그림 1과 같은 전해수 발생공간에 가득 충전(bedded)해서 이들이 이온분리집속 및 강전해수 발생에 미치는 영향을 검토하였다. 본 실험에 인가된 전압은 구형파펄스(square wave pulse)로서, 휴지시간(pulse off-time, t_{off})은 1.0[ms]와 펄스지속시간(pulse on-time, t_{on})을 100.0[ms]로 고정하여 실험하였다. 공급수의 온도는 20±3[°C]이며, 이온분리집속공간 내에서의 공급수의 유속을 0.5[LPM]으로 고정하여 실험하였다. 발생된 이온농도는 디지털 pH메타(pH meter HM-40V, Japan)로서 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2의 (a), (b)는 강전해수 발생장치의 크기를 200×60[mm²]로, 대향전극의 간격은 이온분리막을 기준으로 각각 10.0, 5.0[mm]로 고정하고, 이때, 강전해수 발생장치 내에 glass, BaTiO₃와 같은 유전체

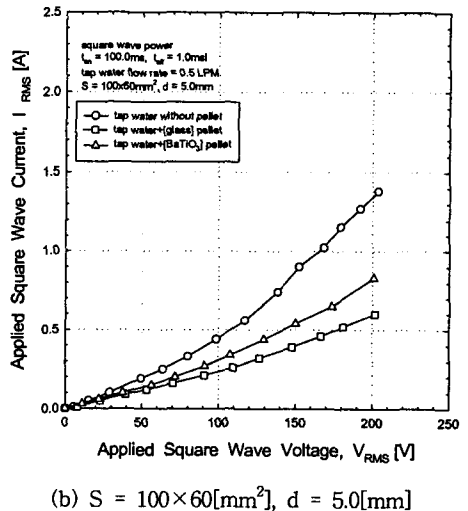
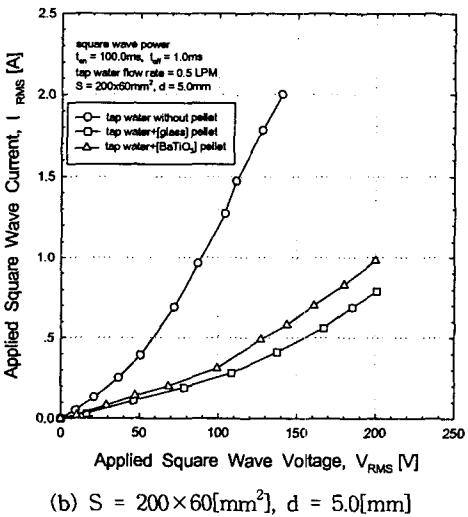
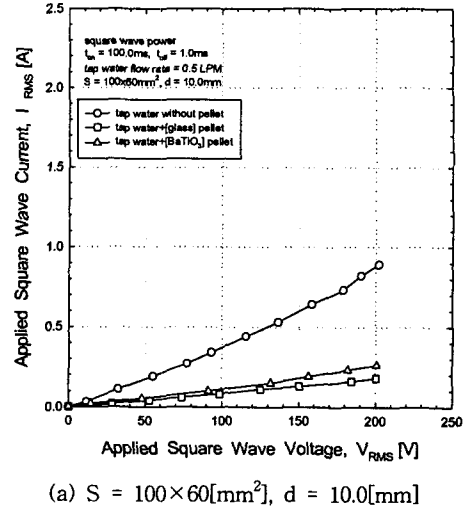
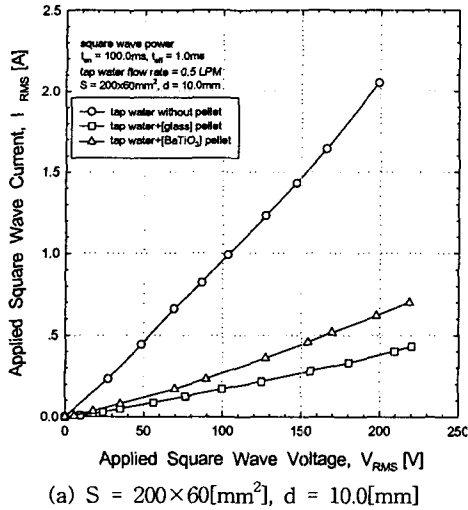


그림 2. 수도수에서 다른 종류의 유전체 소구가 충전된 경우 소자의 전류-전압특성
 Fig. 2. I-V characteristics of different dielectric pellets bedded cell in tap water

그림 3. 수도수에서 다른 종류의 유전체 소구가 충전된 경우 소자의 전류-전압특성
 Fig. 3. I-V characteristics of different dielectric pellets bedded cell in tap water

구를 충전하여 수도수를 0.5[LPM]의 유속으로, 인가된 구형파펄스전압의 t_{off} 는 1.0[ms], t_{on} 을 100.0[ms]로 고정하였을 때의 I-V특성을 나타낸 것이다. 비저항이 큰 유전체구를 강전해수 발생장치내에 충전한 경우가 충전하지 않은 경우에 비해 전기전도도($1/\Delta R = \Delta I/\Delta V$)를 나타내는 전압 상승분 ΔV 에 대한 전류 상승분 ΔI , 즉, 기울기(slope= $\Delta I/\Delta V$)는 약 1/3배 정도로 감소하는 것을 보여주었다. 그리고 유전체구

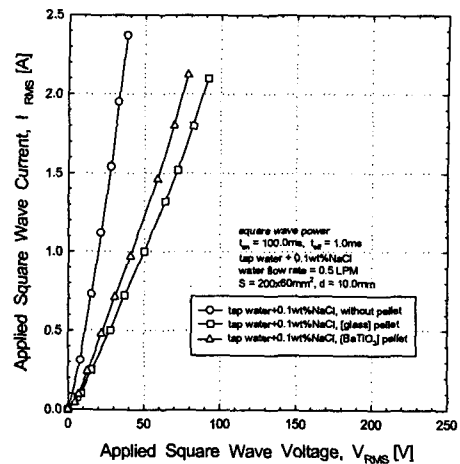
를 강전해수 발생장치 내에 충전한 경우나 충전하지 않은 경우가 약 10~20[V] 부근에서 기울기가 변곡하기 시작하였으며, 이는 추가의 전하발생 즉, 부분방전이 발생하는 것을 나타낸다.

그림 3의 (a), (b)는 강전해수 발생장치의 크기를 $100 \times 60 [mm^2]$ 로 고정하고 수도수를 0.5[LPM]의 유속으로 인입하였을 때의 I-V특성을 나타낸 것이다. 유전체구를 강전해수 발생장치 내에 충전하지 않은

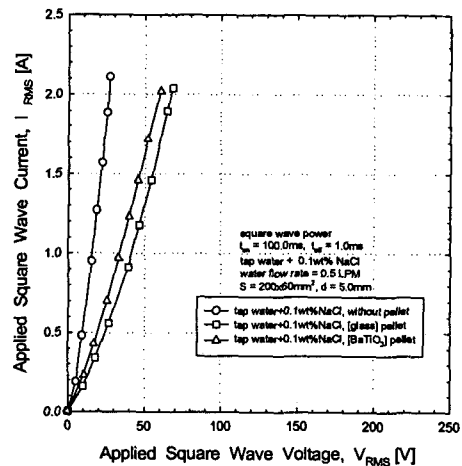
경우나 충전한 경우 모두 약 20~30[V] 부근에서 기울기가 변곡하기 시작하여 부분방전이 발생하였다. 그림 3(a), (b)의 경우는 그림 2(a), (b)의 경우보다 강전해수 발생장치의 대향전극 면적을 1/2인 100×60[mm²]로 축소하여 평행평판전극간의 I-V특성을 나타낸 것으로서 $\Delta I/\Delta V$ 는 전극면적이 큰 그림 2의 경우보다 감소하는 경향을 나타냈다. 그리고, 본 강전해수 발생장치 내에 유전체구를 충전해서 수도수를 인입한 경우가 충전하지 않고 수도수를 인입한 경우에 비해 $\Delta I/\Delta V$ 가 그림 3(a)의 경우는 약 1/3배로 감소하였으나, (b)의 경우는 약 1/6배로 감소하는 것을 보여주었다. 이는 비유전율과 비저항이 수도수에 비해서 매우 큰 유전체구에 의해 평행평판전극간의 임피던스가 커진 결과에 의한 것으로 사료된다.

그림 4의 (a), (b)는 강전해수 발생장치의 크기를 200×60[mm²]로 고정하고 염화나트륨 0.1[wt%]가 용해된 수도수를 0.5[LPM]의 유속으로 인입하였을 때의 I-V특성을 나타낸 것이다. 비저항이 큰 유전체구를 강전해수 발생장치내에 충전한 경우가 충전하지 않은 경우에 비해 전기전도도는 약 1/3배 정도로 감소하는 것을 보여주었다. 그리고 유전체구를 강전해수 발생장치 내에 충전한 경우나 충전하지 않은 경우가 약 0~10[V] 부근에서 기울기가 변곡하기 시작하여 부분방전이 발생하였다. 본 강전해수 발생장치에서 저전력에서 강전해수를 발생시키는 대향전극의 간격이 좁고 길이가 길어지는 전극형태인 그림 4의 (b)의 경우 동일전압 30[V]에서의 전류는 2.60, 0.85, 0.63[A]로 변화하였다. 이는 수도수만을 인입수로 사용한 경우인 그림 2(b)의 경우 0.20, 0.09, 0.08[A]에 비해서 인입수의 저항이 낮아져서 동일전압에서 높은 전류치를 나타내었다.

그림 5의 (a), (b)는 강전해수 발생장치의 크기를 100×60[mm²]로 고정하고 염화나트륨 0.1[wt%]가 용해된 수도수를 0.5[LPM]의 유속으로 인입하였을 때의 I-V특성을 나타낸 것이다. 강전해수 발생장치 내에 염화나트륨 0.1[wt%]가 용해된 수도수를 인입수로 흘린 경우에서는 수도수만을 인입수로 사용한 경우와 같이 BaTiO₃를 전해수 발생장치에 가득 충전한 경우가 충전하지 않은 경우에 비해 $\Delta I/\Delta V$ 가 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 대향전극간격이



(a) S = 200×60[mm²], d = 10.0[mm]



(b) S = 200×60[mm²], d = 5.0[mm]

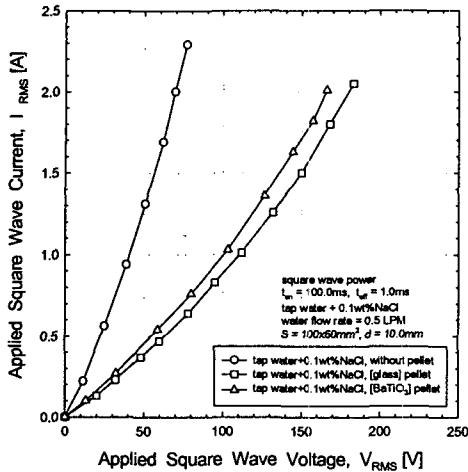
그림 4. 염화나트륨 0.1 [wt%] 가 용해된 수도수에 다른 종류의 유전체 소자가 충전된 경우 소자의 전류-전압특성

Fig. 4. I-V characteristics of different dielectric pellets bedded cell in 0.1 [wt%] NaCl dissolved tap water

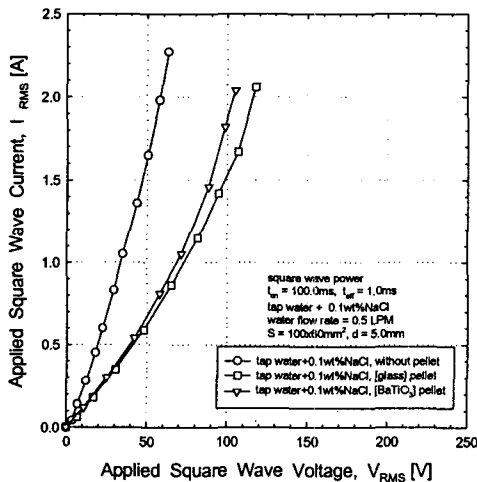
5.0[mm]로 좁은 경우는 $\Delta I/\Delta V$ 가 크게 증가하였고, 전극면적효과는 100×60[mm²]보다는 200×60[mm²]인 경우가 $\Delta I/\Delta V$ 가 증가했다.

본 전해수 발생장치는 평판전극간에 이온분리집속 격막을 설치하고, 이 전극간에 전압을 인가하면 식 (1), (2)와 같은 순수한 전기에너지만에 의해서 물의 분해작용이 일어나서, 양극에는 O₂가 그리고 음극에

유전체구 충전형 전극계의 코로나방전과 강전해수 발생특성



(a) $S = 100 \times 60 [\text{mm}^2]$, $d = 10.0 [\text{mm}]$



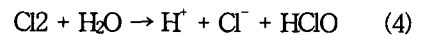
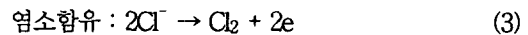
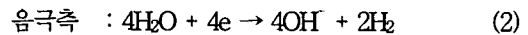
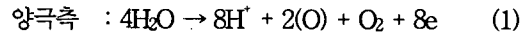
(b) $S = 100 \times 60 [\text{mm}^2]$, $d = 5.0 [\text{mm}]$

그림 5. 염화나트륨 0.1 [wt%] 가 용해된 수도수에 다른 종류의 유전체 소구가 충전된 경우 소자의 전류-전압특성
Fig. 5. I-V characteristics of different dielectric pellets bedded cell in 0.1 [wt%] NaCl dissolved tap water

는 H_2 가 발생된다. 또한 정전력(Coulomb Force)에 의해 양극에는 음이온(Ca^- , SO_3^- , S^- 등)이 집속되어 산성수가 되고, 음극에는 양이온(Ca^{++} , Fe^{++} , Mg^{++} , Na^+ , 등)이 집속되어 알카리수가 된다.

한편, 수도수중에 염분이나 염소가 존재하게 되면, 양극측에는 식(3)과 같은 반응이 일어나서 식(4)와 같

은 반응을 유발하게 되어 안전하면서도 살균력이 뛰어난 활성염소(HClO)를 생성하게 되어 양극측 수중에 용존하게 된다.

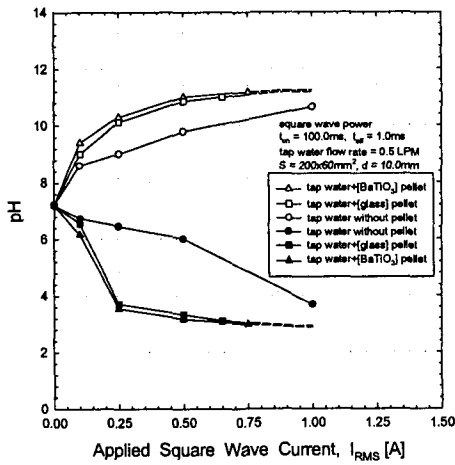


이상의 원리에 의해 음이온수(陽極側水)는 강한 산성을 가지며, 또한 뛰어난 살균력을 가지게 되는 것으로 알려져 있다. 따라서 음이온수는 식물체에는 물론, 의료가기용의 살균소독수로 적용될 수 있다. 한편, 양이온수(陰極側水)는 주로 양이온이 풍부한 이온수로서, 함유된 양이온으로는 주로 생명체에 매우 필수적인 미네랄(minerals, Ca^{++} , Fe^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ 등)을 매우 풍부하게 함유하고 있어서 생명체를 활성화하여 발아나 생장촉진효과를 가져오게 하는 것으로 알려져 있다. 특히 알카리수는 세포내에 흡수율이 빠른 장점 등이 확인되어 있어서 국내 및 일본과 대만에서는 환자용으로는 물론 많은 사람의 음용수로서도 널리 적용되고 있다[9].

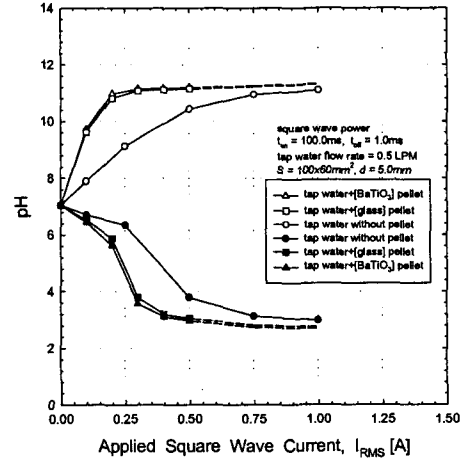
한편, 수중에 충전된 유전체구의 접촉점 또는 침전극과 같이 날카로운 전극형상에 고전압을 인가하면 물이 강하게 전해하여 식 (1) 또는 (2)와 같은 작용이 일어남은 물론 양극측에서는 식 (5), (6), (7)과 같이 강산화성물질이 용이하게 축전 생성될 수 있게 되고, 음극에서는 식 (2), (4)와 같은 반응이 일어날 수 있게 된다.



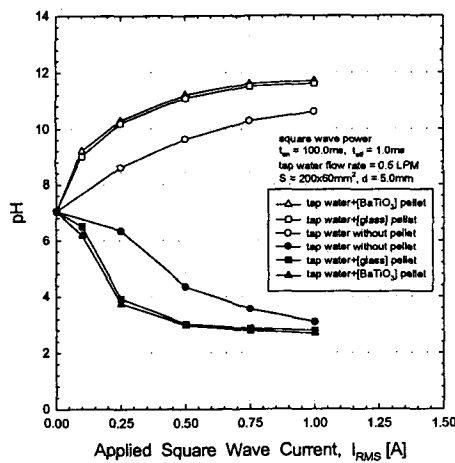
그림 6의 (a), (b)는 강전해수 발생장치의 크기를 $200 \times 60 [\text{mm}^2]$ 로 고정하고 수도수를 0.5[LPM]의 유속으로 인입하였을 때의 출력 수소이온농도특성곡선을 나타낸 것이다. 강전해수 발생장치내의 전극간격이 1/2로 축소된 (b)의 경우가 고농도의 강전해수를 발생시켰으며, 비유전율이 가장 큰 BaTiO_3 를 강전해



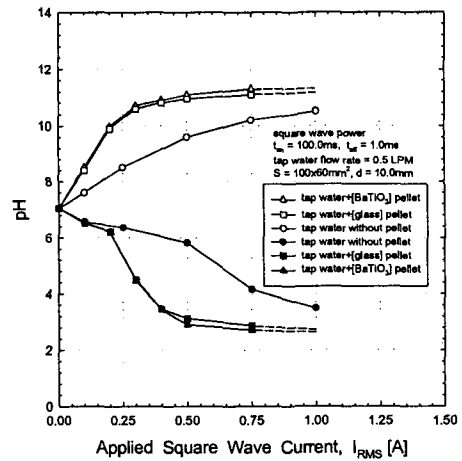
(a) $S = 200 \times 60 [\text{mm}^2]$, $d = 10.0 [\text{mm}]$



(a) $S = 100 \times 60 [\text{mm}^2]$, $d = 10.0 [\text{mm}]$



(b) $S = 200 \times 60 [\text{mm}^2]$, $d = 5.0 [\text{mm}]$



(b) $S = 100 \times 60 [\text{mm}^2]$, $d = 5.0 [\text{mm}]$

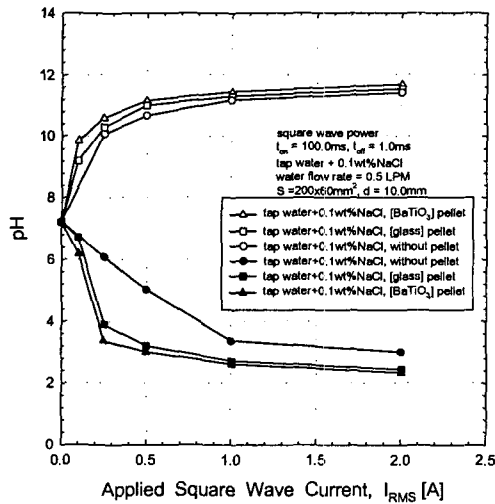
그림 6. 수도수에서 다른 종류의 유전체 소자가 충전된 소자의 수소이온농도-전류특성
Fig. 6. pH-I characteristics of different dielectric pellets bedded cell in tap water

그림 7. 수도수에서 다른 종류의 유전체 소자가 충전된 소자의 수소이온농도-전류특성
Fig. 7. pH-I characteristics of different dielectric pellets bedded cell in tap water

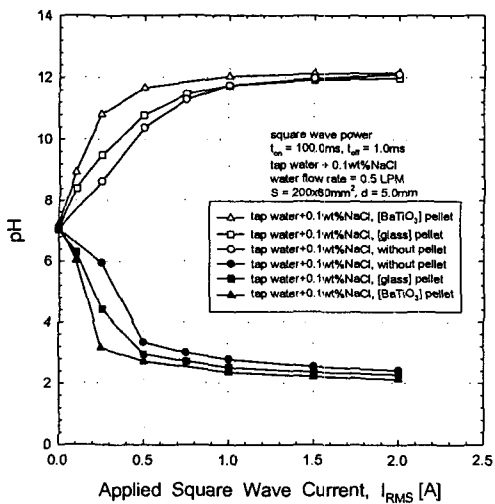
수 발생장치 내에 가득 충전한 경우가 유전체구를 충전하지 않은 경우에 비해서 고농도의 산성수 및 알칼리수를 발생시킬 수 있음을 보여주었다. 이러한 이유는 대향전극의 간격이 좁아지고, 전극의 유효길이가 길어질수록 인입된 수도수의 저항이 낮아지고, 이로 인하여 단위면적당의 전류밀도가 높아져서 수중 이온들을 효과적으로 분리집속하게 되기 때문이며, 또한 유전체구 접촉점 사이에 전해분포를 집중시키고 이 유전체구사이에서 산소와 수소기포들을 발생시킬

뿐만 아니라 물과 기포사이에 유전율차이로 기포내에 전계가 약 80배 높아져서 기포방전[13]을 유발시켜서 수중 전기분해작용을 크게 증가시킨 결과이다.

그림 7의 (a), (b)는 강전해수 발생장치의 크기를 $100 \times 60 [\text{mm}^2]$ 로 고정하고 수도수를 0.5[LPM]의 유속으로 인입하였을 때의 출력 수소이온농도특성곡선을 나타낸 것이다. BaTiO_3 를 강전해수 발생장치 내에 가득 충전한 경우가 유전체구를 충전하지 않은 경우에 비해서 고농도의 강산성 전해수 및 강알칼리 전해



(a) $S = 200 \times 60[\text{mm}^2]$, $d = 10.0[\text{mm}]$



(b) $S = 200 \times 60[\text{mm}^2]$, $d = 5.0[\text{mm}]$

그림 8. 염화나트륨 0.1 [wt%] 가 용해된 수도수에서 다른 종류의 유전체 소구가 충전된 소자의 수소이온농도-전류특성

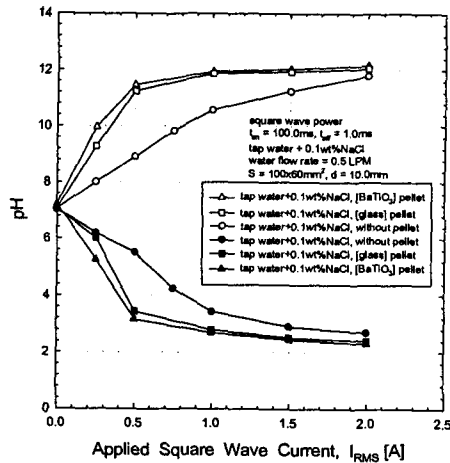
Fig. 8. pH-I characteristics of different dielectric pellets bedded cell in 0.1 [wt%] NaCl dissolved tap water

수를 발생시킬 수 있음을 보여주었다.

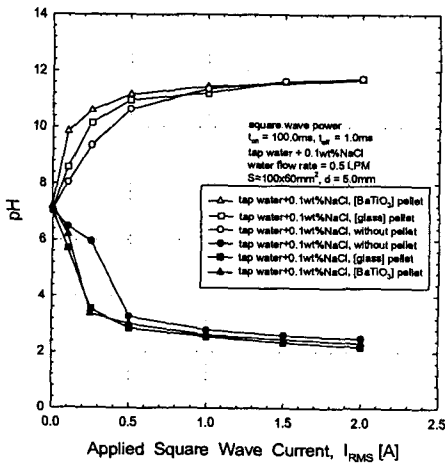
그림 8의 (a), (b)는 강전해수 발생장치의 크기를 $200 \times 60[\text{mm}^2]$ 로 고정하고 염화나트륨 0.1[wt%]가 용해된 수도수를 0.5[LPM]의 유속으로 인입하였을 때의 출력 수소이온농도특성곡선을 나타낸 것이다.

본 강전해수 발생장치에서 유전체구를 충전한 경우가 고농도의 산성수와 알카리수를 발생시켰다. 즉, 그림 8 (b)와 같이 전극면적효과가 크고 대향전극간격이 좁은 경우에서 유전체구를 충전하지 않은 경우 평균펄스전류가 1.0[A]일 때 pH 2.78의 강산성수와 pH 11.74의 알카리수를 발생시킴을 보여주고 있다. 이는 그림 6 (b)의 수도수만을 흘린 경우 pH 3.09과 pH 10.60에 비해 염화나트륨 용존수를 인입한 경우가 효과적임을 보여준다. 그리고 비유전율이 가장 큰 BaTiO_3 와 같은 유전체구를 충전하고 수도수만을 인입한 경우 그림 6의 (b)의 pH 2.70과 pH 11.69의 전해수를 얻었으며, 0.1[wt%] 염화나트륨 용해수를 인입수로 사용한 경우 수중 이온농도의 증가와 유전체구 접촉점에서의 기포방전효과가 합해져서 그림 8의 (b)와 같이 pH 2.36과 pH 12.03의 효과적인 전해수를 분리집속할 수 있었다.

그림 9의 (a), (b)는 강전해수 발생장치의 크기를 $100 \times 60[\text{mm}^2]$ 로 고정하고 염화나트륨 0.1[wt%]가 용해된 수도수를 0.5[LPM]의 유속으로 인입하였을 때의 출력 수소이온농도특성곡선을 나타낸 것이다. 본 강전해수발생장치에서 유전체구를 충전한 경우가 충전하지 않은 경우보다 저전력에서 고농도의 산성수와 알카리수를 발생시켰다. 수중 강전해수 발생장치에 유전체구를 충전하고 0.1[wt%] 염화나트륨 용해수를 강전해수 발생장치내에 인입수로 인입하여 실험한 결과 대향된 평행평판전극간에 인가된 구형파 펄스전압에 의해 형성된 전기력선이 유전체구 표면에 도달하게 되고 물과 다른 유전율을 가진 물질을 통과시 전기력선은 집중되었고, 유전체구의 접촉점 사이에서는 강한 불평등전계를 형성하였다. 그리고 유전체구와 소구사이에서의 전기분해현상에 의해 발생된 산소와 수소기포들이 기포($\epsilon_w \approx 1$)와 물($\epsilon_a \approx 80$)의 비유전율차이에 의해 유전상수가 적은 기포내에서의 전계가 물에 인가되는 전계의 약 80배 만큼 커져서 기포내에서 방전[13]을 먼저 유발시켜서 수중 전기분해작용을 크게 증가시켰고, 또한 수중에 용존될 수 있는 이온량을 증가시켜서 산성수의 경우 약 100배 알카리수의 경우 약 10배 정도의 강전해수를 발생시켰다.



(a) $S = 100 \times 60 [mm^2]$, $d = 10.0 [mm]$



(b) $S = 100 \times 60 [mm^2]$, $d = 5.0 [mm]$

그림 9. 염화나트륨 0.1 (wt%) 가 용해된 수도수에서 다른 종류의 유전체 소구가 충전된 소자의 수소이온농도-전류특성

Fig. 9. pH-I characteristics of different dielectric pellets bedded cell in 0.1 (wt%) NaCl dissolved tap water

4. 결론

유전체구가 충전된 평행평판형 강전해수 발생장치에 구형과 펄스전압을 인가하고, 수도수 및 염화나트륨이 0.1[wt%] 용해된 수도수에 glass, BaTiO₃와 같은 2가지 종류의 유전체구를 강전해수 발생공간의 체

조명 : 전기설비학회논문지 제16권 제4호, 2002년 7월

적비로 약 1/2을 충전하고 0.5[LPM]의 유속으로 일정하게 흘렸을 때의 코로나방전과 강전해수 발생특성을 실험적으로 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 수도수의 강전해수 발생 결과 구형과 펄스전류가 1.0[A], 유속 0.5[LPM]일 때 pH 3.1과 pH 10.6의 강전해수를 얻었으며, 염화나트륨이 0.1[wt%] 용해된 수도수의 경우 pH 2.8의 산성수와 pH 11.7의 알칼리수를 발생시킴을 보여주었다.

(2) 비유전율이 가장 큰 BaTiO₃와 같은 유전체구를 충전한 경우에는 수도수의 경우 pH 2.7과 pH 11.7의 전해수를 얻었으며, 염화나트륨 0.1[wt%] 용해된 수도수의 경우 pH 2.4과 pH 12.0의 효과적인 강전해수를 분리집속할 수 있었다.

(3) 수중 강전해수 발생장치에 유전체구를 충전한 경우 비유전율이 클수록 고농도의 전해수를 발생시킬 수 있었으며, 알칼리수의 경우 약 10배, 산성수의 경우 약 100배의 높은 이온수를 실험적으로 얻을 수 있음을 보여주었다.

(4) 수중 강전해수 발생장치에 유전체구를 가득 충전함으로써 유전체구의 접촉점 사이에서는 강한 불평등전계가 형성되어 발생된 기포내의 방전을 유발시켜서 수중 전기분해작용을 크게 증가시킴으로서 양전극측과 음전극측 모두 강전해수를 발생시킬 수 있었다.

References

- (1) 安倍 敏 等, “酸化電位水のHIVウイルスに對する不活化作用”, 日齒保誌, 37, 33, 1994.
- (2) 清水義信, “強酸性水の殺ウイルス作用”, The Medical & Test Journal, 第398號, 28, 1994.
- (3) 岩澤篤郎 等, “アクア酸化水の抗微生物效果”, 臨床検査, 37, pp.918~919, 1993.
- (4) 芝紀代子, 芝 輝彦, “アクア酸化水(強酸性電解水)の医療への應用”, Medical Technology, 22, pp.693~694, 1994.
- (5) 齊藤 毅, “醫用材料の殺菌と消毒”, 東齒醫師會誌, 42, pp.25~32, 1994.
- (6) 岸田, “機能水技術の農業への適用”, 新農林社, pp.97~99, 1996.
- (7) 日本 BW 技術資料 T-3.
- (8) 日本 BW 技術資料 T-2.
- (9) 문성명 역, (日本 醫學博士 林秀光 원저) 물과 우리 생활, 제6장 알칼리성 활성수를 응용하면 이렇게 변한다.

유전체구 증진영 전극계의 코로나방전과 강전해수 발생특성

- (10) 岡田 淳, “注目を集める強酸性電解水の效用”, The Medical & Test Journal, 388, 251, 1994.
- (11) 岩澤篤郎ほか, “アクア酸化水って何だろう”, EXOERT NURSE, 10, pp.40~45, 1994.
- (12) 電解水道水でエイズに効果, 東北大 歯科学部 田禮一等, 日本讀賣新聞, April 23, 1993.
- (13) A. H. Sharbaugh, J. C. davins and S. J. Rzd, “Progress in the Field of Electric Breakdown in Dielectric Liquids”, IEEE Insulation, Vol. E-13, 4, pp.249~276, 1978.

◇ 저자소개 ◇

김진규(金振圭)

1967년 2월 24일생. 1990년 경일대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학사). 1994년 경북대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 경북대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사), 2000년 경북대학교 전자전기공학부 BK21조교수. 현재 상주대학교 전자전기공학부 전임강사.