

2000년도 대한전기학회 전문대학교육연구회 학계학술대회 논문집 2000. 7. 7-8

수중 슬릿형 평행평판전극계에 의한 효과적인 기능수 발생특성

이대희*, °김진규*, 문재덕**
부산정보대학 전기전자계열*, 경북대학교 전자전기공학부**

Effective Functionable Water Generation Characteristics of a Slit Type Parallel Plate Electrode System in Water

Dae-Hee Lee*, °Jin-Gyu Kim*, Jae-Duk Moon**

Faculty of Electricity & Electronic, Pusan Information Technology College*,
Dept. of Electrical Engg., Graduate School, Kyungpook National University**

Abstract - A novel oxidant generation and ion precipitation cell with slits on parallel plate electrodes system has been proposed and an effect of the number and size of slits on ion precipitation and oxidant generation characteristics. As a result, with the electrodes with 48 slits ($S = 200 \times 60 [\text{mm}^2]$, $d = 1.5, 5.0 [\text{mm}]$), it is found that the oxidant contained waters of 17.0 [ppmm] and 23.5 [ppmm] in acid water were obtained with 0.1 [wt%] NaCl dissolved tap water fed. And oxidant contained waters of 0.5 [ppmm] and 1.5 [ppmm] in alkali water were obtained with 0.1 [wt%] NaCl dissolved tap water fed. And the oxidant contained waters of 7.0 [ppmm] and 11.5 [ppmm] in mixed water were obtained with tap water and 0.1 [wt%] NaCl dissolved tap water fed. Consequently, very high ion precipitation and dense oxidant generation characteristics can be realized by having slits on the electrodes of conventional cells as these slits increase the electric fields and decrease the space charge limiting actions in interelectrode space.

1. 서 론

전계에 의한 전기분해작용과 수중 이온의 집속작용에 의해 만들어지는 강전해수는 매우 뛰어난 살균소독효과와 작물의 생장효과를 가지고 있는 것으로 알려져 있다¹⁻³⁾. 강산성수의 경우, 의료기구용 살균소독수^{4,5)} 및 작물의 병해방지⁶⁾ 등에 적용되고 있고, 강알카리수의 경우, 종자의 발아촉진⁷⁾, 작물의 생장효과⁸⁾ 등 매우 다양하고 광범위하게 적용할 수 있기 때문에 최근 선진 각국에서 학문적 및 기술적으로 큰 관심을 불러일으키고 있다^{6,9,10)}.

종래의 전해수 발생장치는 평행평판전극간에 이온분리막(membrane)을 설치하고 전극간에 직류전압을 인가하여 전해작용과 수중의 이온들(H^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Fe^{++} , Mg^{++} , Na^+ , OH^- , Cl^- , SO_4^{2-} , S^{2-} , 기타)을 양극과 음극전극으로 분리집속하는 것이 사용되고 있다. 종래의 전해수 발생장치에서는 효율 향상을 위한 인가 전압을 상승시키거나 동일 전압하에서 전계를 상승시키기 위하여 좁은 전극간격을 설정하게 되며, 이 경우 전해작용은 증가하나 상대적으로 고열이 발생되어 효율을 저하시키며, 또한 전극간의 집속이온들에 의한 공간전제한작용이 발생하여 이온집속을 방해하기 때문에 수중 이온의 분리 및 집속효율이 높지 못한 단점이 있었다.

본 논문은 종래의 전해수 발생장치의 결점을 보완하고

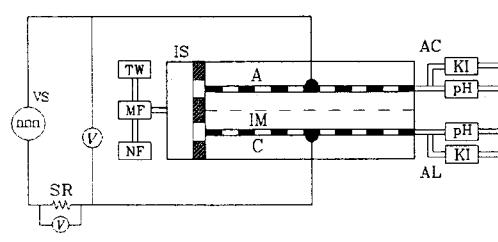
고효율화하기 위한 기초실험결과이다. 인입 원료수는 수도수와 수중 이온농도 증가를 위한 염화나트륨이 용해된 수도수를 적용하였다. 이온을 효과적으로 분리집속하기 위하여 종래의 평행평판전극상에 수류(水流)의 유통(流通)이 가능한 슬릿(開部, slit)을 형성함으로서 열을 외부로 방출시킴은 물론 공간전제한효과를 감소하게 하며, 또 슬릿변에의 전계를 상대적으로 크게 하여 전해작용과 이온분리 및 집속효과를 크게 할 수 있는 가능성을 검토하고자 하였다. 따라서 슬릿이 형성된 평행평판형 전극을 제작, 설치하여 슬릿면적과 분포상태가 강전해수 발생특성에 미치는 영향을 실험적으로 조사 검토하였다. 본 수중 슬릿형평판전극계에서 발생되는 강전수의 경우 양전극측이나 음전극측 모두에 산화성물질이 생성되며, 미량의 NaCl을 용존시킴으로써 매우 높은 농도의 산화성물질 용존수를 제조할 수 있음을 보여준다.

2. 본 론

2.1 실험방법 및 장치

그림 1은 본 실험에 사용된 수중 슬릿형 평행평판전극계의 실험장치 개략도이다. 인입수는 수도수 공급장치(TW)와 여과장치(MF)를 거쳐서 전해수발생장치(IS)주의 전해 및 이온분리공간으로 주입된다.

이때 인입수중의 이온들은 슬릿형(slit type) 평행평판전극(SUS304, 0.2[mm], 60x200 [mm²](A와 C))간의 공간중의 전계에 의해 중앙부에 설치된 이온분리막(IM)의 양측으로 분리집속되어 배출된다. 이온분리막과 양쪽



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

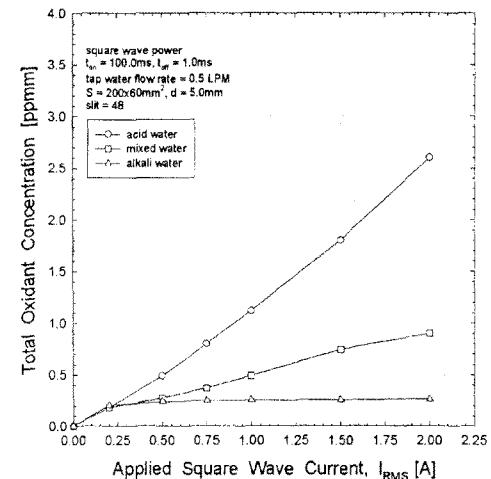
그림 1. 수중 슬릿형 평행평판전극계의 실험장치 개략도.

슬릿형 평행평판전극간의 거리는 각각 1.5 그리고 5.0 [mm]로 가변 설치하였으며, 개부의 면적은 전전극면적 (S)의 40%, 즉, $S = 60\% \text{ mm}^2$ 로 고정하고 전극폭과 길이와 개부의 폭과 길이는 동일하게 설정하였다. 이때 평행평판전극의 슬릿개수는 48개로 고정하였으며 이들이 수중 이온분리집속 및 전해특성에 미치는 영향을 실험적으로 검토하였다. 본 실험에 인가된 전압은 구형파펄스(square wave pulse)로서, 펄스지속시간(pulse on-time, t_{on})을 100.0 [ms], 휴지시간(pulse off-time, t_{off})은 1.0 [ms]로 고정하여 실험하였다. 공급수의 온도는 17 ± 3 [$^\circ\text{C}$]이며, 이온분리공간내에서의 공급수의 유속을 0.5 [LPM]으로 고정하여 실험하였다. 발생된 이온농도는 디지털 pH메타(pH meter HM-40V, Japan)로서 측정하였고, 발생된 강산화성 전해물질의 농도는 KI 적정법을 사용하여 측정하였다.

2.2 실험결과 및 고찰

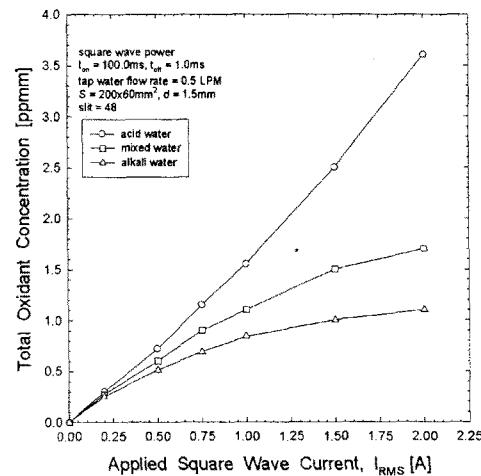
그림 2의 (a), (b)는 강전해수 발생장치에 슬릿형 평행평판전극을 설치하여 수도수를 0.5 [LPM]의 유속으로 인입하고 인가된 구형파전압의 $t_{off} = 1.0$ [ms], $t_{on} = 100.0$ [ms]로 고정하였을 때 슬릿형 평행평판전극의 간격을 1.5 [mm]에서 5.0 [mm]로 가변하고, 슬릿개수가 48개인 경우의 양전극측수, 음전극측수, 그리고 이들의 혼합수에서의 평균펄스전류 증가에 따른 산화성 물질 발생특성곡선이다. 실험결과, 슬릿형 평행평판전극의 간격이 좁아질수록 고농도의 산화성물질 용존수를 발생시켰으며 전극간격이 1.5 [mm], 슬릿개수가 48개이고 수도수를 강전해수 발생장치에 인입한 경우 양전극측수, 음전극측수 그리고 혼합수중의 산화성물질농도가 각각 수도수의 경우 각각 3.6, 1.1, 1.7 [ppmm]로 나타났다.

그림 3은 슬릿형 평판전극에서 발생한 기포의 형태와 전기력선을 나타낸 그림이다. 본 실험에서 사용된 슬릿형 평행평판전극의 경우 슬릿의 가장자리 부분은 침전극과 같은 역할을 하게 되며 슬릿의 가장자리 부분에는 강한 불평등전계가 형성되며 이로 인한 전기분해작용이 용이하게 진행되고, 또한 전기분해시에 발생한 산소와 수소기포들은 슬릿과 같은 날카로운 부분의 강력한 전계에 의하여 방전하기 쉬운 상태로 되며 기포발생시 방전을 촉진시키는 작용을 하게 된다. 전극에 발생된 기포에 방전이 발생하는 이유는 대향된 슬릿형 평행평판전극간에 인가된 전계가 물의 비유전율이 $\epsilon_w = 80$ 이고 공기의 비유전율이 $\epsilon_a = 1$ 인 이유로 물과 기포내에 인가되는 전계의 세기는 유전상수가 적은 기포내에서의 전계가 물에 인가되는 전계의 약 80배 만큼 커져서 기포내에 기체방전이 먼저 발생되고 이때 발생하는 열에 의하여 기포는 고온으로 되어 파열과 생성을 반복하면서 액체방전을 유도하게 되어 부분방전이 발생된다. 따라서 슬릿형 평행평판전극 구조를 가지게 되면 슬릿 개수가 많아질수록 전계분포를 집중시킬 수 있고 슬릿부분에 발생된 기포를 용이하게 방전시킬 수 있다. 그리고 평행평판전극상에 슬릿을 형성함으로써 불평등전계를 발생시킬 수 있는 구조를 채택하여 전계분포를 집중시키고, 또한 공간전하들이 슬릿을 통하여 용이하게 전극외측으로 확산되어 빠져나갈 수 있도록 유통개부를 형성함으로서 공간전하들이 전극표면에 축적되는 현상을 방지하여 종래의 평판전극에서는 가지지 못하는 공간전하효과를 가짐으로써 강전해수를 발생시키게 된다.



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

그림 2. 수도수에서 슬릿이 48개일 때의 총산화성물질 -전류특성.



(b) $S = 200 \times 60 \text{ mm}^2$, $d = 1.5 \text{ mm}$

그림 2. 수도수에서 슬릿이 48개일 때의 총산화성물질 -전류특성.

그림 4의 (a), (b)는 강전해수 발생장치에 슬릿형 평행평판전극을 설치하여 0.1 [wt%] NaCl 용해수를 0.5 [LPM]의 유속으로 인입하고 인가된 구형파전압의 $t_{off} = 1.0$ [ms], $t_{on} = 100.0$ [ms]로 고정하였을 때 슬릿형 평행평판전극의 간격을 1.5 [mm]에서 5.0 [mm]로 가변하고, 슬릿개수가 48개인 경우의 양전극측수, 음전극측수, 그리고 이들의 혼합수에서의 평균펄스전류 증가에 따른 산화성물질 발생특성곡선이다.

실험결과, 슬릿형 평행평판전극의 간격이 좁아질수록 고농도의 산화성물질 용존수를 발생시켰으며 전극간격이 1.5 [mm], 슬릿개수가 48개이고 0.1 [wt%] NaCl 용해수를 강전해수 발생장치에 인입한 경우 양전극측수, 음전극측수의 경우 산화성물질농도가 각각 23.5, 1.5 [ppmm]로 나타났다. 그리고 양전극측수와 음전극측수를 혼합한 경우 11.5 [ppmm]의 가능수를 발생시켰다.

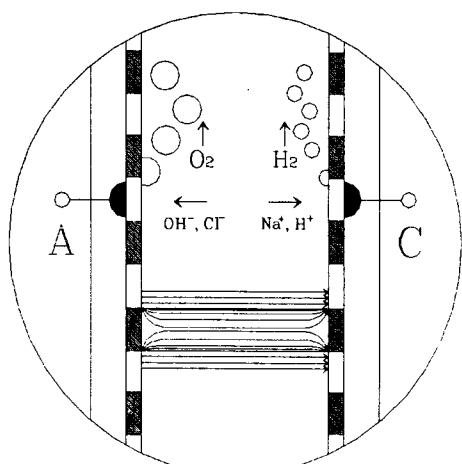


그림 3. 슬릿형 평판전극에서 발생한 기포의 형태와 전기력선

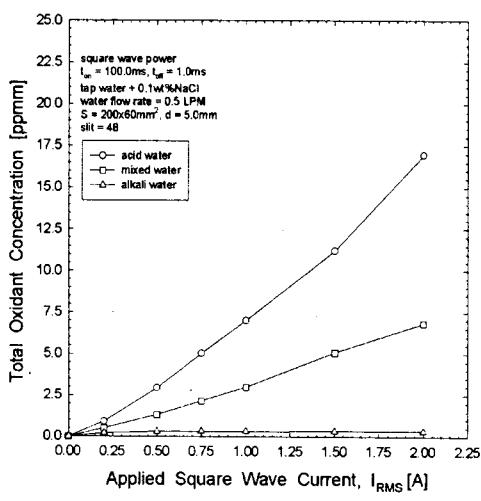
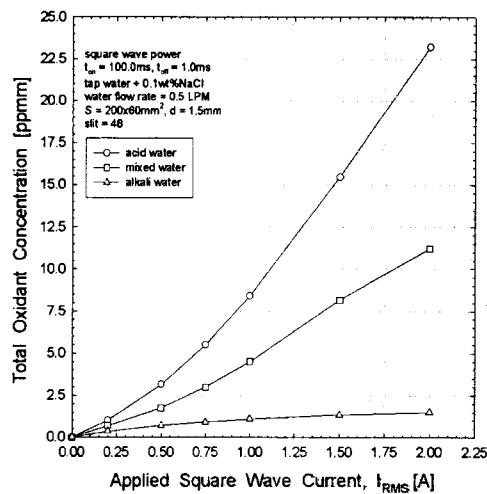


그림 4. 염화나트륨 0.1 [wt%]가 용해된 수도수에서 슬릿이 48개일 때의 총산화성물질-전류특성

본 강전해수 발생장치의 경우, 전극형상을 통하여 평행평판전극에 슬릿을 형성함으로써 수류의 유통이 가능한 개부가 형성되어 강한 불평등전계, 기포방전을 효과적으로 발생시키고 공간전하효과를 감소시킴으로써 양전극측이나 음전극측 모두에 산화성물질이 생성되며, 미량의 NaCl 을 용존시킴으로써 매우 높은 농도의 산화성물질 용존수를 제조할 수 있음을 보여준다. 이와 같은 경우, 양전극측수는 강산성수로 음전극측수는 강알칼리수로서 사용할 수 있으며, 이들을 혼합시킴으로써 pH 7의 중성수로 만들고 이 중성수중에도 산화성물질을 다소 용존하게 할 수 있을 뿐만 아니라 혼합비에 따라 pH 2에서 pH 12까지 가변 출력할 수 있는 다양한 목적의 기능수를 만들 수 있는 장점도 있게 된다.

3. 결 론

본 연구는 슬릿에 전계분포를 집중시키면서 발생한 기포내에 방전을 유발시켜 전기분해작용을 증가시키고, 또한 전극표면에 축적된 공간전하를 제어할 수 있는 전극구조인 슬릿형 평행평판전극을 제안하여 이들이 산화성



(b) $S = 200 \times 60 [\text{mm}^2]$, $d = 1.5 [\text{mm}]$

그림 4. 염화나트륨 0.1 [wt%]가 용해된 수도수에서 슬릿이 48개일 때의 총산화성물질-전류특성.

물질 농도증가에 미치는 영향을 실험적으로 연구 검토하였다.

- (1) 전극형상을 슬릿형으로 하여 전계분포를 집중시키고 공간전하효과를 크게 감소시킨 결과, 양 및 음전극측 모두에 수중 산화성물질을 효과적으로 발생시켰다. 슬릿개수가 48개인 평행평판전극을 사용한 경우는 수도수의 경우 3.6 [ppmm]과 1.1 [ppmm]의 산화성물질 용존수를 얻었으며, 염화나트륨 0.1 [wt%] 용해된 수도수의 경우 23.5 [ppmm]과 1.5 [ppmm]의 강산화성물질 용존수를 발생시켰다.
- (2) 강산성 전해수와 강알카리 전해수를 적절히 혼합시킴으로서 pH 7의 중성수로 만들고 이 중성수중에도 산화성 물질농도를 최고 11.5 [ppmm]까지 용존하게 할 수 있었다. 그리고 혼합비에 따라 pH 2에서 pH 12까지 얻을 수 있는 다양한 목적의 기능수를 만들 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] 安倍 敏 外, “酸化電位水のMRSAおよび綠膿菌に對する殺菌作用”, 日齒保誌, 37, 34 (1994)
- [2] 安倍 敏 外, “HBウイルスに對する不活性作用”, 日齒保誌, 37, 33 (1994)
- [3] 一色由紀惠 外, “アクア酸化水による消毒效果”, 医學検査, 40, 787 (1991)
- [4] 岩澤篤郎 外, “臨床分離株に對するアクア酸化水の效果”, 日環感, 8, 11-16 (1993)
- [5] 齊藤 毅, “醫用材料の滅菌と消毒”, 東齒醫師 會誌, 42, 25-32 (1994)
- [6] 岸田義典, “機能水農業”, 株式會社 新農林社 (1997)
- [7] 日本 EIW 技術資料 T-3
- [8] 日本 EIW 技術資料 T-2
- [9] J. D. Moon, J. G. Kim and D. H. Lee, “Discharges of Point-to-Plate Gaps in Pure Water”, Record of IEEE/IAS 1993 Annual Meeting, 1611-1616 (1993).
- [10] 岡田 淳, “注目を集める強酸性電解水の效用”, The Medical & Test Journal, 388, 351 (1994)