

PF5) 전기 부상 공정에서의 기포 발생량 고찰

박영식*, 김동석¹

대구대학교 보건과학부, ¹대구가톨릭대학교 환경과학과

1. 서 론

슬러지 농축법 중 부상 농축방법에는 용존공기 부상, 진공 부상, 분산공기 부상의 세 가지 방법이 잘 알려져 있으며, 최근에는 전기부상법이 새로이 연구되고 있는 추세이다. 미국에서는 용존공기 부상법(DAF, Dissolved Air Flotation)이 슬러지 농축에 널리 이용되고 있다. 부상 농축은 활성슬러지법이나 부유성장 질산화 공정과 같은 부유 성장의 생물학적 처리 공정에서 배출되는 폐 슬러지를 농축시키는데 효과적으로 사용된다. 1차 슬러지, 살수여상 슬러지, 호기성 소화슬러지, 화학적 처리로 인하여 금속염을 함유한 슬러지도 역시 부상 농축시킬 수 있다.(고광백 등, 1995)

부상 농축법 중 가압부상법은 슬러지 팽화에 대한 문제가 없고, 농축슬러지의 총고형물 농도가 2-3%로 중력침강식에 비해 고효율 농축공정이다. 그러나 가압부상법은 기포발생을 위해 추가적인 설비가 필요하고, 높은 압력을 유지하기 위한 동력비가 소요되는 단점이 있다.(박용호 등, 2003) 전기부상법은 폐수 중에 설치된 양극과 음극의 전극판에 전류를 통과시켜 물의 전기분해로부터 발생하는 수소와 산소기포를 이용하여 고액분리를 행하는 기술로 발생하는 기포의 크기 분포가 비교적 작고, 복잡한 기계 장비가 필요하지 않기 때문에 최근 들어 각광을 받고 있는 기술이다.(윤창곤, 2005) 전기부상에서 발생한 미세기포 크기는 약 20~40 μm 정도로 매우 작고, 이렇게 작은 크기로 인하여 수리학적 표면부하율(Hydraulic loading rate)은 4 m/h이하로 제한되어 있다. 부상공정에서 작은 크기의 기포들은 기포-입자간의 충돌 효율에 있어 좋은 영향을 미칠 수 있으나, 그 작은 기포와 기포-입자 집합체들이 유출수와 함께 쓸려 갈 수 있기 때문에 매우 큰 처리용량을 갖는 수처리에서는 적합하지 않다. 그러므로 전기부상 공정의 이용은 슬러지 농축이나 처리용량이 10~20 m³/h 정도의 범위를 갖는 작은 산업폐수 처리장에 사용될 수 있도록 제한하고 있다.(AWWA, 1999)

전기부상법의 일반적인 주요 장점으로는, 전기분해를 통해 발생하는 기포의 크기가 비교적 일정하고, 전류 밀도의 변화를 통하여 기포 발생량을 변화시킬 수 있으며, 적절한 전극과 용액조건을 선택하여 원하는 분리공정의 최적 조건을 얻을 수 있다는 점을 들 수 있다.(Hosny, 1996)

본 연구에서는 전기부상을 이용하여 보다 안정적인 고액분리를 위해 전기부상법에서 기포발생량에 미치는 인자를 고찰하였다.

2. 재료 및 실험 방법

발생하는 기포의 양은 Fig. 1과 같이 전극을 반응기 하부에 평행하게 설치 한 뒤 전기부

상조의 상부를 막고 물이 들어 있는 눈금을 새긴 실리콘 관(내경 8 mm)에 연결하여 전기 부상조에서 발생하는 기포가 관 속의 물을 밀어내는 길이를 측정하여 실리콘 관의 면적을 곱하고 각각을 더하여 발생하는 기포의 양을 측정하였다.

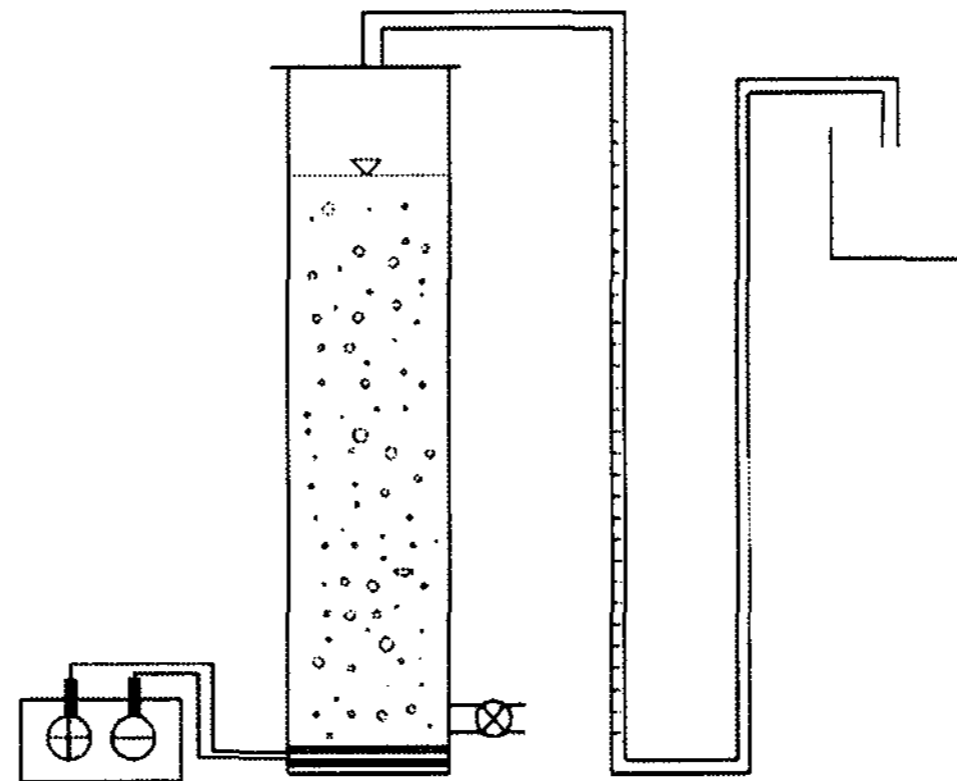


Fig. 1. Schematic diagram of measuring device of bubble generation quantity.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2에 NaCl을 첨가하였을 경우의 각 전극에서 기포 발생량을 나타내었다. NaCl 첨가로 인한 효과는 각 전극에 따른 기포 발생량 차이를 줄여주는 효과를 나타내고 있으며, 특히 티탄 판의 경우 NaCl이 첨가되지 않았을 경우 300초에서 7.1 cm³에서 NaCl이 첨가되었을 경우 21 cm³으로 3배 증가하였다. 그러나 다른 전극의 경우 기포 발생량이 2-3 cm³ 감소하는 결과를 나타내었다. 각 전극에 걸리는 전압은 티탄 판은 20.3 V, Pt는 8.5 V, Sn-Sb는 9.5 V, Ru는 10.7 V, Ir은 8.4 V, Ir-Sn-Sb는 8.2 V, Ru-Sn-Sb는 9.1 V, Ru-Sn-Ti는 10.9 V로 나타났다.

NaCl 첨가로 인해 전류의 흐름이 원활해져 소요되는 전압이 적어져 전체의 전력소비량은 3배 감소하는 결과를 얻을 수 있으며, 이로 인한 기포 발생량의 감소는 적은 것으로 나타났다. 실험에 사용한 전극 중 Pt 전극이 타 전극에 비해 기포 발생량이 많고, 상업적으로 이용가능하기 때문에 Pt 전극을 이용하는 것이 바람직하다고 사료되었으나 전극의 최종 선정은 기포 크기와 실제 슬러지 부상 실험을 통해서 최종적으로 판

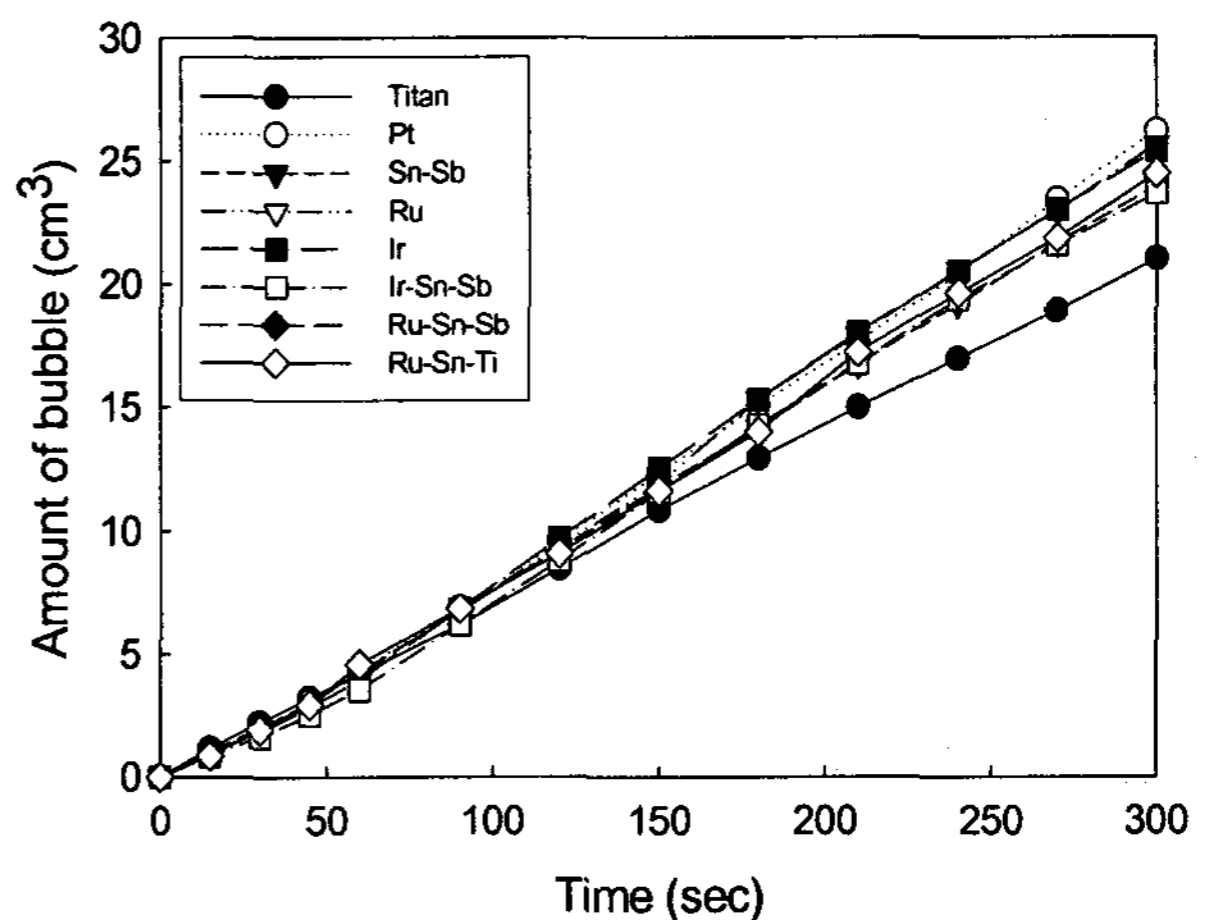


Fig. 2. Effect of electrode materials on the amount of bubble. (Tap water + NaCl 0.5 g/L; Current, 0.5 A; Electrode distance, 2 mm)

단하여야 한다고 사료되었다.

상부 전극을 -, 하부 전극을 +로 하여 Fig. 3과 같은 형태의 백금이 코팅된 전극을 이용하여 전극의 모양과 배열을 다르게 하였을 때의 기포 발생량을 측정하였다.

Fig. 4에 mesh형 전극과 longish 전극의 배열을 서로 엇갈리거나(cross), 평행하게(parallel) 배열하였을 경우의

기포 발생량을 나타내었다. 그림에서 보듯이 mesh형 전극을 같이 배열한 경우의 기포 발생량이 가장 높았으며, mesh형 전극이 longish 형보다는 기포 발생량이 많았다. 기포 발생량이 가장 많은 mesh형 전극을 같이 배열한 상태를 선정하였다.

기포 발생량이 가장 많았던 mesh형 전극을 같게 배열하고, 전류를 변화시켜 전류 변화에 따른 기포 발생량을 Fig. 5에 나타내었다. 그림에서 보듯이 기포 발생량은 전류가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다.

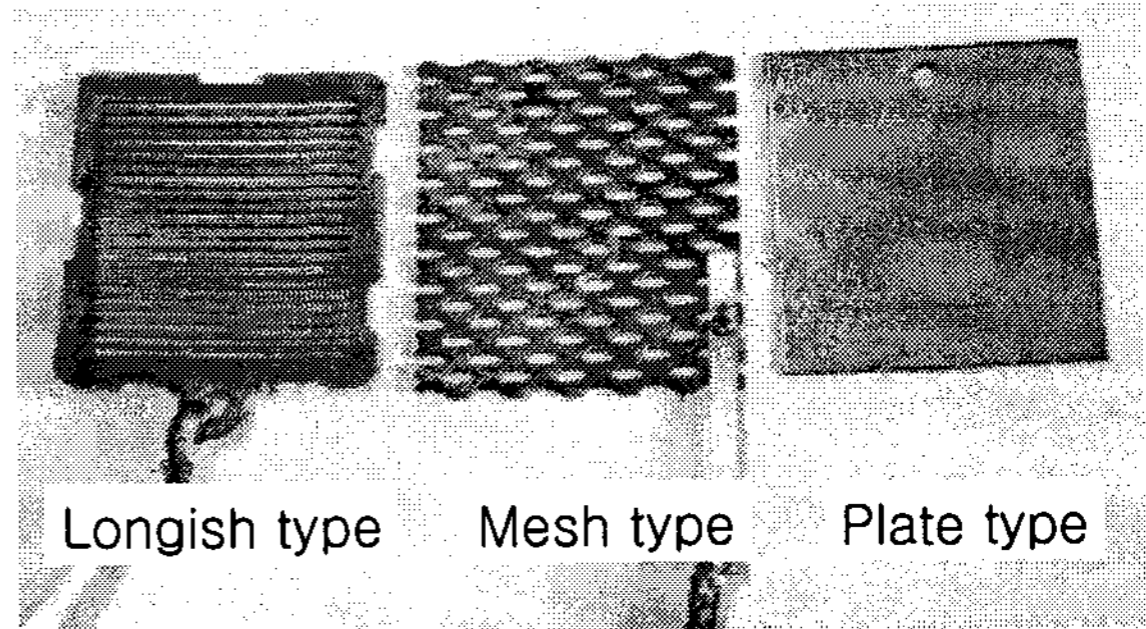


Fig. 3. photograph of electrode type.

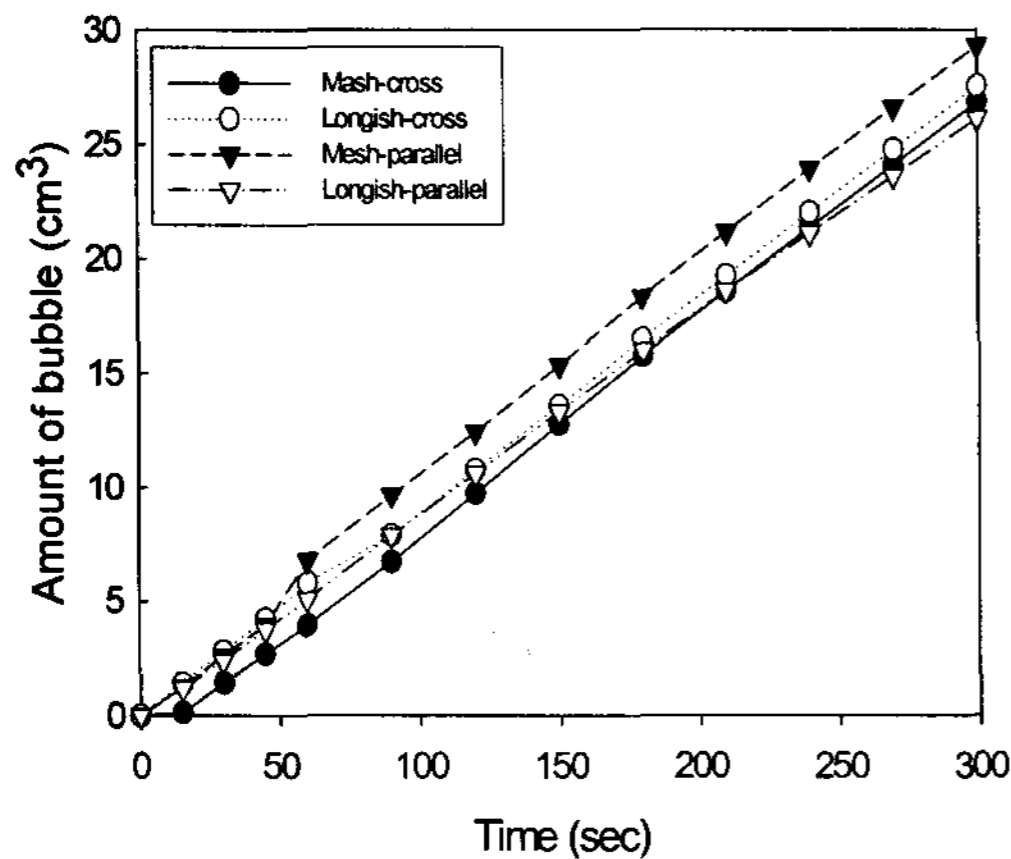


Fig. 4. Effect of electrode arrangement on the amount of bubble. (Tab water; Current, 0.5 A; Electrode distance, 2 mm)

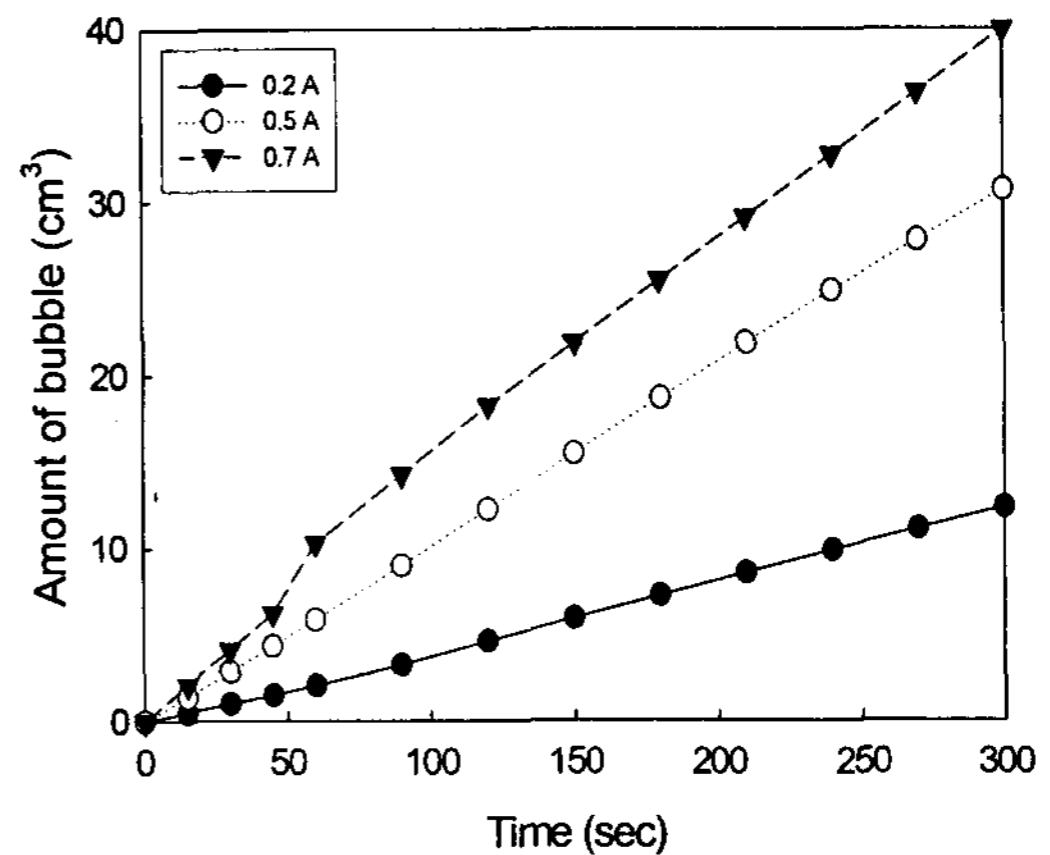


Fig. 5. Effect of current on the amount of bubble. (Tab water; Electrode distance, 2 mm)

Fig. 6에 NaCl 첨가량을 0.25 g/L에서 1 g/L로 변화시키면서 전류를 0.2 - 1 A로 변화시켰을 경우의 기포 발생량을 나타내었다. 그림에서 보듯이 모든 NaCl 농도에서 전류가 증가함에 따라 기포발생량이 증가하는 경향을 나타내었다.

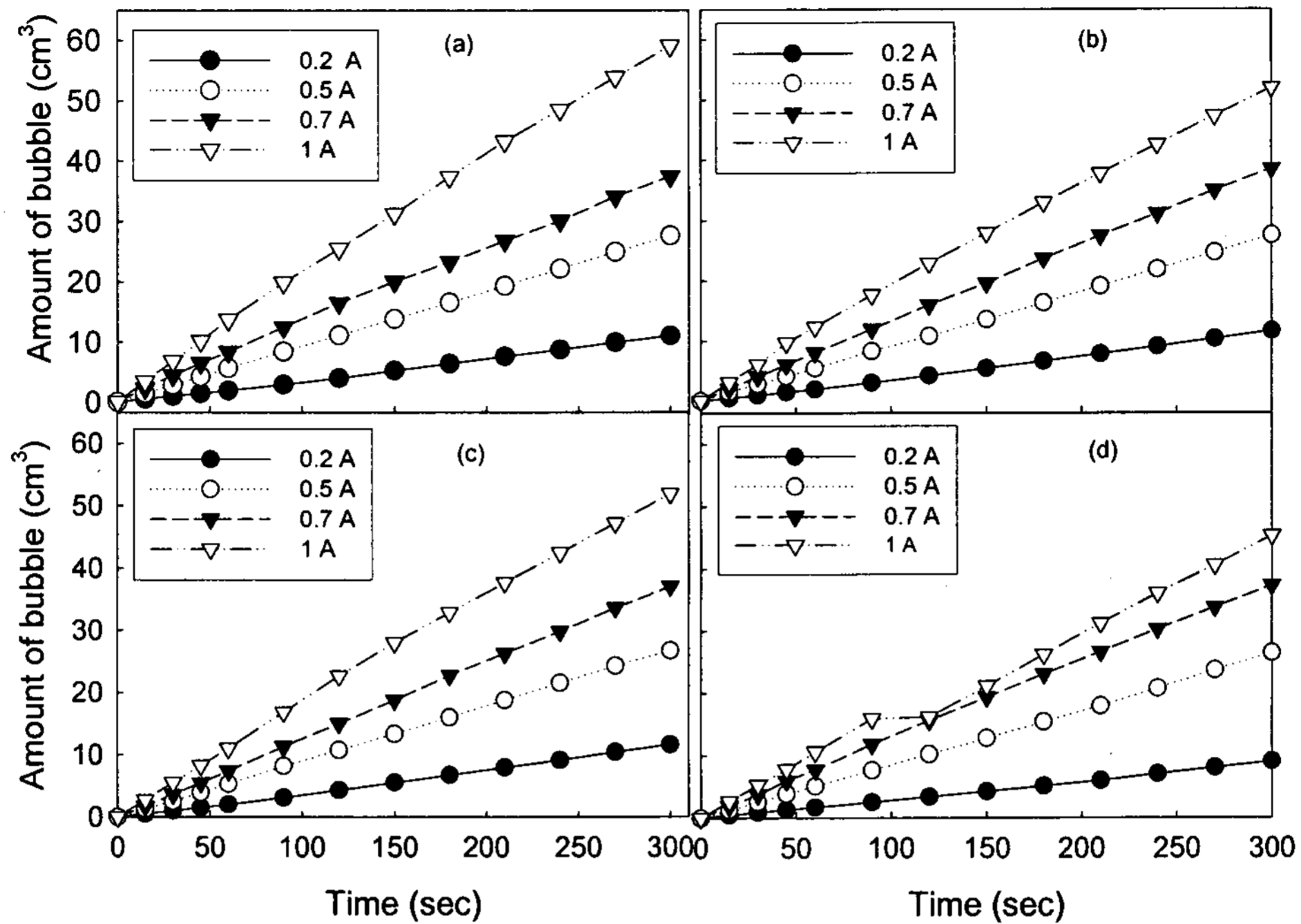


Fig. 6. Effect of current and NaCl dosage on the amount of bubble. (a) NaCl 0.25 g/L (b) NaCl 0.5 g/L (c) NaCl 0.75 g/L (d) NaCl 1 g/L (Tap water + NaCl ; Electrode distance, 2 mm)

4. 요약

현재까지 연구된 결과를 요약하면 아래와 같다.

실험에 사용한 전극 중 Pt 전극이 타 전극에 비해 기포 발생량이 많고, 상업적으로 이용 가능하기 때문에 Pt 전극을 이용하는 것이 바람직하다고 사료되었다.

Mesh형 전극을 같이 배열한 경우의 기포발생량이 가장 높았으며, mesh형 전극이 longish 형보다는 기포 발생량이 많았다. 기포 발생량이 가장 많은 mesh형 전극을 같이 배열한 상태를 선정하였다. 기포 발생량은 전류가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. NaCl이 첨가되지 않은 경우의 기포 발생량이 가장 많았으며, NaCl 첨가량이 증가함에 따라 기포 발생량이 감소하였으나 감소량은 적었다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 산학협동재단의 지원을 받아 진행되었으며, 이에 감사드립니다

참고 문헌

고광백, 김영관, 윤주환, 이병헌, 임봉수, 임재명, 한무영, 1995, 폐수처리공학, 동화기술, 서울, pp. 245-248.

- 박용호, 한무영, 안현주, 허창원, 2003, 전해부상법에 의한 슬러지 농축특성, 대한환경공학회 춘계학술발표회, pp. 271-274.
- 윤창곤, 2005, 전해부상을 이용한 하수슬러지 고액분리의 최적화, 성균관대학교 석사학위논문, pp. 1-15.
- American Water Works Association, 1999, Water Quality and Treatment 5th ed., McGraw Hill.
- Hosny, A. Y., 1996, Separating oil from oil-water emulsions by electro-flotation technique, Separation Technology, 6, pp. 9-17.