

## 방사성 유기폐기물의 전기산화분해장치의 성능평가

곽경길, 유영걸, 김기홍

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150

[nkkkwak@kaeri.re.kr](mailto:nkkkwak@kaeri.re.kr)

## 1. 서론

원자력시설에서 발생하는 EDTA 등의 킬레이트 착화합물은 처리되지 않은 상태로 직접 시멘트 등의 고형물질로 고형화하기가 어렵고, 또한 처분시 지하수내에서 방사성 핵종의 이동 가능성을 증진시키게 된다. 따라서 방사성 유기폐기물을 처리하고자하는 처리기술들은 반드시 유기물을 완전히 분해하여야하고, 배기체량이 적어야하며, 퓨란이나 다이옥신 등이 발생시키지 않아야 하며, 가급적 저온에서 운전 등이 가능하여야 한다. 이에 본 연구에서는 소각기술을 대체하면서 이러한 선택옵션들을 준수할 수 있는 전기산화법을 이용하여 처리하고자 하였으며, 실험실적으로 MEO(Mediated Electrochemical Oxidation)의 촉매로 Ce과 Ag를 이용하여 반응온도, 전류밀도, 전해질의 농도 등의 영향 등을 살펴보았으며, 현장에서 유기폐기물을 전기산화분해할 수 있는 장치를 제작하여 그의 성능평가를 수행하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

본 연구에서 처리코자한 유기폐기물은 원자력시설의 제염과정에서 발생된 EDTA 용액이며, 그의 농도는 16 wt.%(ASTM 3113-80)이고, TOC에 의한 분석 결과는 254,000ppm이었다. EDTA 농도를 고려할 경우 약 94,000ppm의 미지의 유기물이 함유되어 있음을 알 수 있다. 그리고 그의 방사능 농도는 매우 낮았으며(Co;  $1.24 \times 10^{-1}$ , Cs;  $1.14 \times 10^{-3}$  Bq/ml), Fe, Cu, Mn, Ni 등을 함유하고 있었다. Ce에 의한 전기산화분해에서는 0.1M-Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>과 양전해질로 3M-HNO<sub>3</sub>, 음전해질로 5M-HNO<sub>3</sub>를 사용하면서 반응 온도와 전류의 밀도변화에 따른 유기물의 산화율을 측정하였고, Ag에 의한 전기산화분해에서는 0.5M-AgNO<sub>3</sub>와 양전해질로 5M-HNO<sub>3</sub>, 음전해질로 8M-HNO<sub>3</sub>를 사용하면서 상온에서 전류의 밀도변화와 전해질 농도 변화에 따른 유기물의 산화율을 측정하였다. 이어서 파이롯 규모의 전기산화 분해장치를 제작하여 Ag를 촉매로 산화처리하면서 그의 성능을 평가하였다. Fig.1은 파이롯 규모의 장치로서, 유기폐액의 주입은 매개산화액이 충분히 생성된 후 수행하였으며, 유기물의 분해 진행도와 매개산화액의 산화-환원 상태를 일정한 시간간격으로 시료를 채취하여 ORP(Oxidation-Reduction Potential)로 측정하였다. 산화율은 반응액중의 EDTA를 분석하는 대신에 반응액내의 잔류 유기탄소량을 TOC 분석기(LACHAT IL500 TOC-TN)로 분석하여 계산하였다.

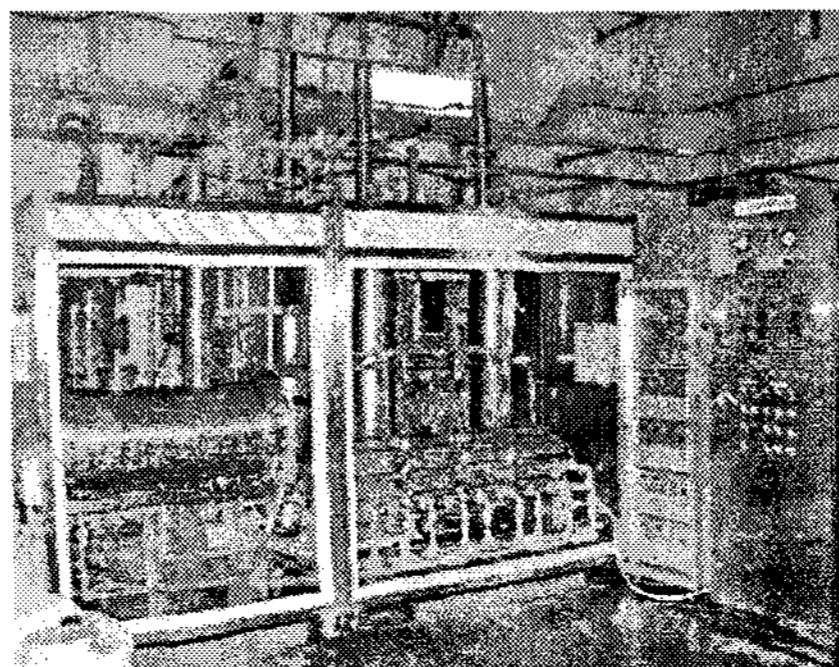


Fig. 1. Schematic diagram of MEO where using a catalyst Ce(IV), Ag(II)

3. 결과 및 고찰

Ce과 Ag에 의한 전기산화분해 결과는 각각 Fig. 2 ~ 3에 나타냈다.

Fig. 2 ~ 3에서 일정한 반응온도에서의 전류의 밀도가 클수록 유기물의 산화율은 높았으며, 무기물로 유기물의 산화율은 3A와 80 °C에서 85.6 %, 80 °C와 10A에서는 90.2 %이었다. 반면에 Ag에 의한 전기산화는 상온에서 시작하였는데 Fig. 3에서 보듯이 10A에서의 산화율은 3A에서의 산화율과 89.6%로 비슷하였지만 Ce-mediated oxidation에 비해 처리시간은 약 2.5배 정도 단축되었다. 또한 Ag의 농도는 크게 산화율에 영향을 미치지 않았다. 이 실험실적 결과에서 Ag가 Ce에 비해 산화력이 매우 높음을 알 수 있었으며, 전기산화분해법이 EDTA분해에 매우 효과적이었음을 알 수 있었다. Fig. 4는 파이롯 규모 장치의 성능평가 결과를 보여주고 있는데, Fig에서 보듯이 폐액공급량을 2L/hr의 속도로 주입하였으며, 반응초기에 산화율은 낮았으나, 일정 시간이후부터는 용액내의 TOC를 분석하여 공급 폐액의 TOC와 비교하여 계산한 결과 지속적으로 산화율이 90%이상이었음을 보여주고 있다. 결과적으로 본 전기산화분해법은 소각 기술을 완전히 대체할 수 있는 기술임을 알 수 있었다.

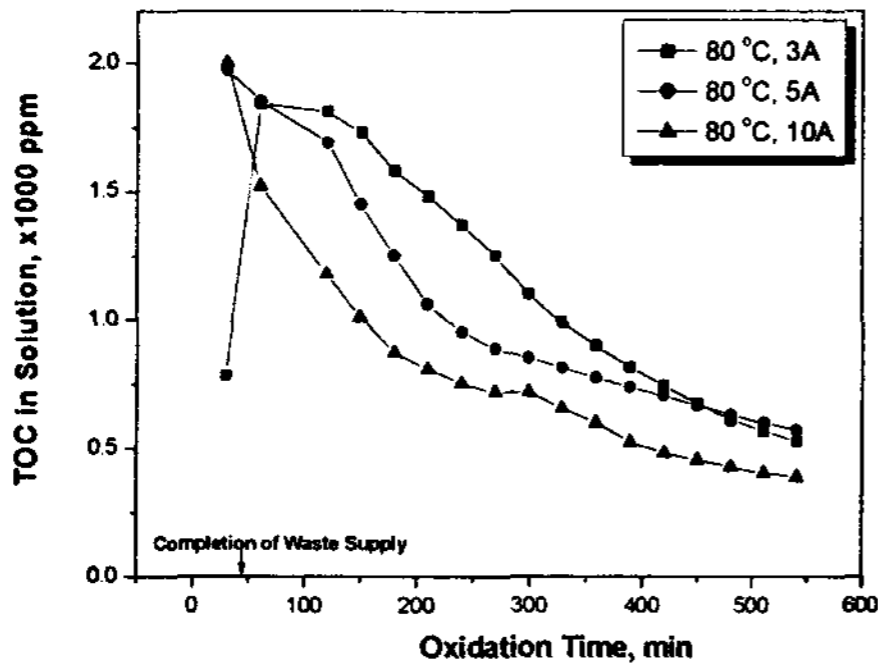


Fig. 2. Change of the TOC in the anolyte as a function of the oxidation time according to a change of the current density(Ce-mediated oxidation)

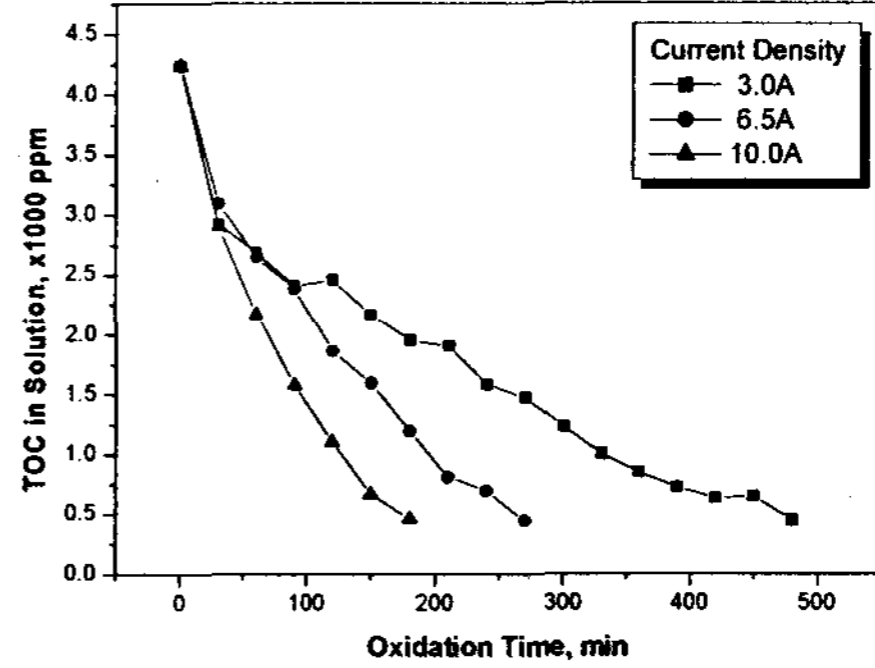


Fig. 3. Change of the TOC in the anolyte as a function of the oxidation time according to a change of the temperature (Ag-mediated oxidation)

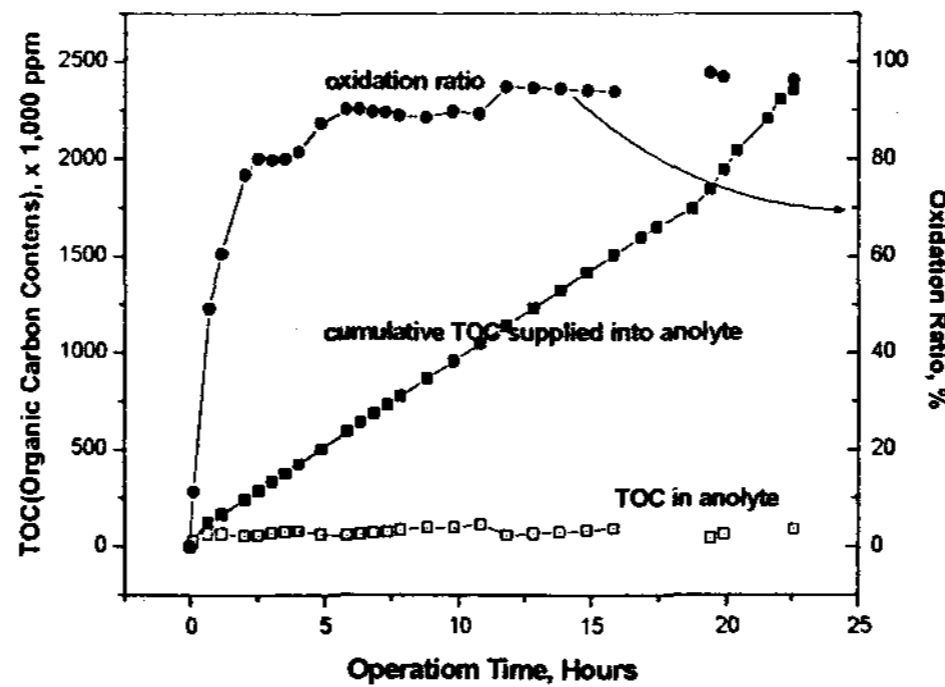


Fig. 4. Change of the TOC in the anolyte with a cumulative TOC and an oxidation ratio as a function of the operation time in a pilot-scale MEO system (Ag-mediated process)