

## Co(III)/Co(II) 및 Fe(III)/Fe(II) 산화환원계에 의한 고분자량 폴리에틸렌글리콜류의 매개전해산화

박승조<sup>†</sup> · 김익성\*

동아대학교 환경공학과, \*부산광역시 상수도사업본부 화명정수사업소  
(2004년 7월 26일 접수, 2004년 12월 17일 채택)

### Mediated Electrochemical Oxidation of High Molecular Weight PEGs by Co(III)/Co(II) and Fe(III)/Fe(II) Redox Systems

Seung-Cho Park<sup>†</sup> and Ik-Seong Kim\*

Department of Environmental Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

\*Hwamyong Water Purification Office, Water Works HQ Busan Metropolitan City, Busan 611-830, Korea

(Received July 26, 2004; accepted December 17, 2004)

백금과 티탄늄-이리듐전극으로 0.5 M의 철(II)과 코발트(II) 이온을 함유한 8.0 M의 질산용액 중에서 분자량이 1000, 4000, 20000인 폴리에틸렌글리콜류의 매개전해산화를 하였다. Fe(III)/Fe(II)와 Co(III)/Co(II) 산화환원계를 이용하여 전류밀도, 전극종, 전해질농도, 제거효율 등을 검토하였다. 백금전극 상에서 0.67 A/cm<sup>2</sup>의 전류밀도로 180~210 min간 Fe(III)/Fe(II)와 Co(III)/Co(II) 전해환원계에서 매개전해산화에 의하여 폴리에틸렌글리콜류는 탄산가스로 분해되었다. 매개전해산화시 폴리에틸렌글리콜류의 제거효율은 Fe(III)/Fe(II) 산화환원계보다 Co(III)/Co(II) 산화환원계가 우수하였고 분자량이 1000, 4000, 20000인 폴리에틸렌글리콜류의 매개전해산화 제거효율은 100%이었다.

Mediated electrochemical oxidation (MEO) of polyethylene glycols (PEGs) of molecular weight of 1000, 4000 and 20000, was carried out on both platinum (Pt) and titanium-iridium electrodes in 8.0 M nitric acid solution containing 0.5 M Fe(II) and Co(II) ion. The electrochemical parameters such as current densities, kinds of electrode, electrolyte concentration and removal efficiency were investigated in both Fe(III)/Fe(II) and Co(III)/Co(II) redox systems. The PEGs was decomposed into carbon dioxide by MEO in Fe(III)/Fe(II) and Co(III)/Co(II) redox system during 180 min and 210 min at the current density of 0.67 A/cm<sup>2</sup> on the Pt electrode. Removal efficiency of PEGs by MEO was better in Co(III)/Co(II) redox system than Fe(III)/Fe(II) redox system, indicating mediated electrochemical removal efficiency was 100%.

**Keywords:** polyethylene glycol, Fe(III)/Fe(II) redox, Co(III)/Co(II) redox, mediated electrochemical oxidation, supporting electrolyte

### 1. 서 론

폴리에틸렌글리콜류(PEGs, HO(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>H)는 비이온계 에틸렌 산화물의 수용성 고분자물질이다. 이 화합물은 의약품, 화장품, 윤활유, 부동액, 목재처리 및 비이온계계면활성제 등의 제조 원료로 매년 수 백 만톤의 PEGs가 제조되어 공업적으로 이용된 후 환경 중으로 배출되고 있다. 환경 중에 배출된 PEGs의 생물분해 가능성에 대한 많은 연구가 있었다. Haines 등[1]은 토양미생물을 이용하여 PEGs의 호기성 분해를 검토한 결과 mono, di, tri, tetra-ethylene glycol과 분자량 20000 이상의 PEGs가 호기성미생물에 의하여 분해가능하다고 보고 하였다. 그리고 Obradors 등[2]은 강바닥에서 채취한 박테리아를 이용

하여 분자량 14000 이상의 PEGs를 호기적으로 생물분해 가능하다고 보고한 바 있다. Suzuki 등[3]은 오존처리 후 생물처리를 하면 생물분해성을 향상시킬 수 있다고 주장하였고 Ota 등[4]은 습식산화하면 분자량 10000 이상의 PEGs 분해효과가 생물처리를 하는 경우보다 우수한 효과를 얻을 수 있다고 하였다. 이상의 결과들을 종합하여 보면 PEGs의 분자량이 증가함에 따라 생물처리 결과가 만족할만한 효과를 얻을 수 없었다는 것을 알 수 있었다. 이러한 문제를 검토할 목적으로 전보 [5-7]에서는 Fe(III)/Fe(II)와 Co(III)/Co(II) 산화환원계에서 백금, 티탄늄-이리듐 전극을 사용하여 분자량 200, 400인 PEGs를 실험대상 물질로 선정하여 매개전해 산화시 전류밀도, 전극종, 통전량, 분자량에 따른 처리효율 변화를 ethylene glycol (EG)와 비교하였다.

따라서 본 연구에서는 매개전해 산화 처리과정에서 PEGs 분자량과 처리효율 간에 관계를 파악할 목적으로 분자량이 1000, 4000, 20000

<sup>†</sup> 주 저자(e-mail: sjpark@donga.ac.kr)

인 고분자량의 PEGs를 매개전해 산화하였다. PEGs의 분자량 증가가 전해산화시 전류밀도, 전극중, 통전량, 처리효율 등에 미치는 영향을 검토하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 장 치

실험에 사용한 장치는 전해조, 전원공급 장치, 전해생성가스 포집장치, 전량계 등으로 구성하였다. 전해장치의 전원은 자체 제작한 전원 공급장치(D.C. power supply, Korea electronic Co.,Ltd)를 사용하여 공급하였으며 통전량은 전량계(digital coulometer, Nikko keisoku Co., LTD)로 측정하였다. 전해조는 중앙에 Nafion 117 격막이 있는 H형 유리전해조를 사용하였으며 양극실과 음극실의 용량은 각각 130 mL로 하였다. 전해액의 온도는 항온조를 사용하여 20 °C를 유지하였고 양극실 용액은 교반하였으며 양극과 음극은 백금 전극과 티탄늄-이리듐(Ti-Ir) 전극(2×3 cm<sup>2</sup>)을 각각 사용하였다.

### 2.2. 시 료

실험에 사용한 PEGs 시료는 특급시약(Junsei chemicals, Co., LTD)을 사용하였다. PEGs는 무색으로 휘발성이 있는 점성물질로서 중합도 4000 이상인 것은 고체상이다. 본 실험에서는 중합도 1000, 4000, 20000인 PEG를 사용하였고 화학구조식, 분자량 및 특성은 Table 1에 제시하였다.

### 2.3. 전 극

전극재료로는 백금전극과 티탄에 이리듐을 피복한 티탄늄-이리듐(Ti-Ir) 전극을 사용하였다. 전극은 사용전에 1.0 N 질산 수용액 중에서 10 A/dm<sup>2</sup> 전류밀도로 약 10 min간 공전해 한 후 증류수로 반복 세정하였다[8].

### 2.4. 분 석

H형 유리 격막전해조에서 PEGs 용액을 분자량별로 전기화학적 매개 산화후 시간별로 시료를 채취하여 분석하였다. PEGs 분석은 stevenson 방법[9]을 적용하였으며 분석 장치는 UV (Varian Cary-3, USA)를 사용하였다.

### 2.5. 방 법

전기화학적 매개산화 실험에서 지지전해질은 8.0 M 질산용액을 사용하였고 양극전해조에 Fe(II)과 Co(II) 이온농도가 0.5 M이 되도록 조절하였다. 양극 전해용액에 1000 mg/L의 PEGs 1000, 4000, 20000을 주입한 후 매개전해 산화하였고 매개전해 산화반응 중 Fe(II)과 Co(II) 이온이 양극에서 음극으로 이동하는 것을 방지하기 위하여 Nafion 117을 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 전류밀도 변화에 따른 분해특성

8.0 M 질산용액을 지지전해질로 하고 양극 전해용액 중에 Fe(II) 농도가 0.5 M이 되도록 조절한 후 백금과 티탄늄-이리듐 전극을 각각 사용하여 전류밀도 0.33, 0.50, 0.67 A/cm<sup>2</sup>에서 1000 mg/L인 PEG 1000 용액을 매개전해 산화하였다. 양극실과 음극실은 Nafion 117 막으로 격막을 설치하였으며 분자량 1000인 PEGs를 시료로 하여 실험한 결과를 전류밀도와 제거효율을 관련시켜 Figure 1에 도시하였다.

Figure 1을 보면 전류밀도 0.33 A/cm<sup>2</sup>에서는 백금전극과 티탄늄-이리듐 전극에서 각각 120 min까지 제거효율이 20% 이하이었으나 그 후로 빠르게 상승하였다. 백금전극에서 전류밀도 0.33 A/cm<sup>2</sup>일 때 330 min, 0.50 A/cm<sup>2</sup>일 때 300 min, 0.67 A/cm<sup>2</sup>일 때 270 min 경과 후 제거효율은 100%가 되었다. 티탄늄-이리듐 전극에서도 전류밀도가 0.33 A/cm<sup>2</sup>일 때 360 min, 0.50 A/cm<sup>2</sup>일 때 330 min, 0.67 A/cm<sup>2</sup>일 때 300 min 경과 후 처리효율은 100%이었다. PEGs 1000은 티탄늄-이리듐 전극보다도 백금전극에서 산화분해가 빨리 진행되는 특성을 보였다.

분자량 4000인 PEGs를 시료로 하여 실험한 결과를 전류밀도와 제거효율을 관련시켜 Figure 2에 도시하였다.

Figure 2를 보면 티탄늄-이리듐 전극에서 0.33 A/cm<sup>2</sup>의 전류밀도로 210 min 전해하였을 경우 제거효율이 19.3%이었으나 그 후로 빠르게 증가하여 390 min이 지난 후 제거효율은 100%이었다. 백금전극일 경우 전류밀도가 0.33 A/cm<sup>2</sup>일 때 360 min, 0.67 A/cm<sup>2</sup>일 때 300 min간 매개전해 산화하였을 경우 제거효율은 100%가 되었다.

분자량 20000인 PEGs를 시료로 하여 실험한 결과를 전류밀도와 제거효율을 관련시켜 Figure 3에 도시하였다.

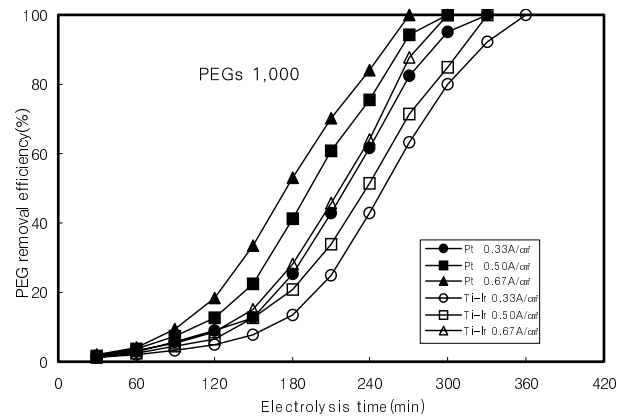


Figure 1. Relationship between removal efficiency and current density by mediated electrochemical oxidation on platinum and titan-iridium electrode with Fe(III)/Fe(II) redox systems in PEGs 1000 mg/L solution of PEG 1000.

Table 1. Chemical Formula and Properties of PEGs

PEGs	item	chemical formula	molecular weight	density (g/cm <sup>3</sup> )	melting point (°C)
PEG 1,000		HO-(CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> O) <sub>22</sub>	950~1050	1.20	33~40
PEG 4,000		HO-(CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> O) <sub>75.7</sub>	3,000~3,700	1.20	54~58
PEG 20,000		OCH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> ) <sub>453.1</sub> CH <sub>2</sub> OH	20,000	1.20	58~63

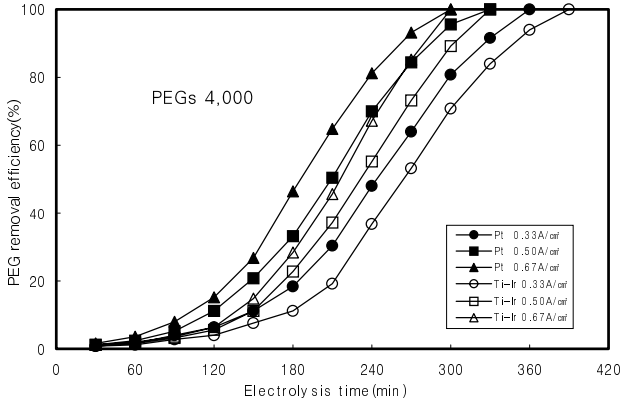


Figure 2. Relationship between removal efficiency and current density by mediated electrochemical oxidation on platinum and titan-iridium electrode with Fe(III)/Fe(II) redox systems in PEGs 1000 mg/L solution of PEGs 4000.

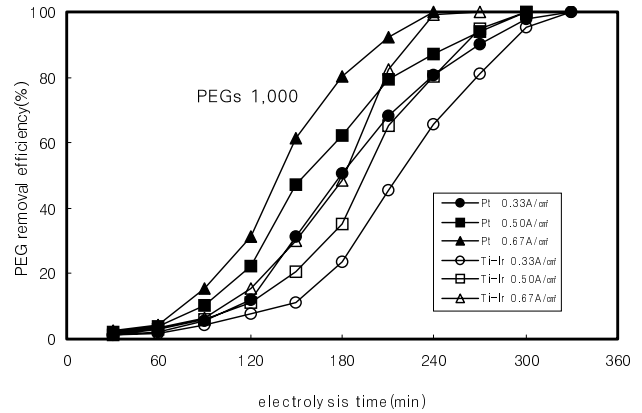


Figure 4. Relationship between removal efficiency and current density by mediated electrochemical oxidation on platinum and titanium-iridium electrode in Co(III)/Co(II) redox systems in PEGs 1000 solution of PEGs 1000.

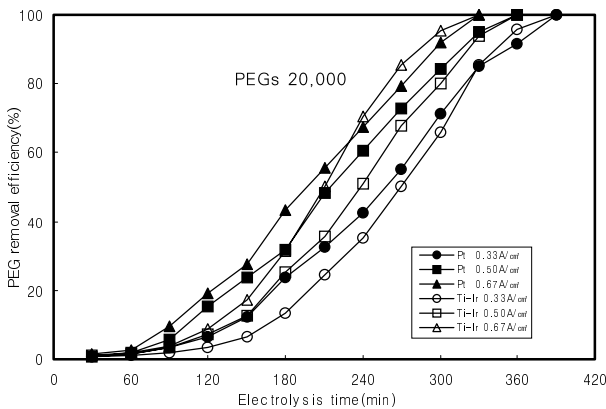
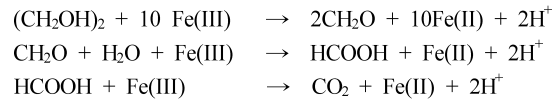


Figure 3. Relationship between removal efficiency and current density by mediated electrochemical oxidation on platinum and titan-iridium electrode with Fe(III)/Fe(II) redox systems in PEGs 1000 mg/L solution of PEGs 20000.

Figure 3을 보면 백금전극으로 매개전해 산화반응시작 120 min까지 제거효율이 20% 미만이었으며 티탄늄-이리듐 전극을 사용하였을 경우 150 min까지 제거효율이 20% 미만이었다. 백금전극에서는 전류밀도가 0.33 A/cm<sup>2</sup>에서는 390 min 반응 후 제거효율이 100%가 되었으며 0.50 A/cm<sup>2</sup>에서는 390 min, 0.67 A/cm<sup>2</sup>에서는 360 min 반응 후 제거효율은 100%이었다. 또한 티탄늄-이리듐 전극에서도 전류밀도가 0.33 A/cm<sup>2</sup>에서는 420 min 반응 후 제거효율은 100%이었으며 0.50 A/cm<sup>2</sup>에서는 410 min, 0.67 A/cm<sup>2</sup>에서는 360 min 반응 후 제거효율은 100%가 되었다.

이상의 결과를 검토하여 보면 백금전극과 티탄늄-이리듐 전극 모두 전해 반응시 폴리에틸렌글리콜류의 중합도가 증가함에 따라 전해시간도 증가하였다. 이는 중합도가 높을수록 분자간의 결합력이 높아 분자간 결합력을 파괴하는데 다량의 전기 에너지가 소비되었기 때문이라고 생각된다. 그리고 Fe(III)/Fe(II) 산화환원계에서 PEGs는 매개전해산화 과정에서 분자 말단에 존재하는 일급 알코올이 산화되어 알데히드와 유기산을 생성한다. 그 후 에테르 결합이 끊어지면서 EG로 유리된다는 Fusako 등[10]의 주장과 본 연구내용이 일치하는 것으로 생각된다. 전해반응조에서 Fe(II)가 산화되고 환원되는 과정에서 PEGs

는 EG로 유리되면서 산화되어 포름알데히드나 개미산과 같은 중간생성물을 거쳐 최종적으로 탄산가스로 전환되는 것으로 생각된다. 이 분해과정을 화학식으로 표현하면 아래와 같다.



그리고 8.0 M 질산용액을 지지전해질로 하고 양극전해 용액에 Co(II) 농도를 0.5 M로 조절한 후 상온에서 백금과 티탄늄-이리듐 전극을 사용한 전해조에서 전류밀도를 0.33, 0.50, 0.67 A/cm<sup>2</sup>으로 변화시키면서 분자량 1000인 PEGs 1000 mg/L를 매개전해 산화하였다. 실험결과를 전류밀도와 제거효율을 관련시켜 Figure 4에 나타내었다.

Figure 4를 보면 PEGs 1000을 대상물질로 하여 실험한 결과 전류밀도가 0.33 A/cm<sup>2</sup>에서는 백금전극과 티탄늄-이리듐 전극에서 각각 120 min까지 제거효율이 20% 이하이었으나 그 후로 빠르게 상승하였다. 백금전극을 사용하였을 경우 전류밀도가 0.67 A/cm<sup>2</sup>일 때 270 min 경과 후 제거효율은 100%이었다. 티탄늄-이리듐 전극에서도 전류밀도가 0.67 A/cm<sup>2</sup>일 때 270 min 경과 후 제거효율은 100%이었다.

분자량이 4000인 PEGs 1000 mg/L를 매개전해 산화하여 실험결과를 전류밀도와 제거효율을 관련시켜 Figure 5에 나타내었다.

Figure 5를 보면 티탄늄-이리듐 전극에서 전류밀도가 0.33 A/cm<sup>2</sup>에서 180 min 전해하였을 경우 제거효율이 19.3%로 서서히 증가하다가 그 후로 빠르게 증가하여 360 min이 지난 후 100% 제거효율을 보였다. 그리고 0.67 A/cm<sup>2</sup>일 때 300 min 경과 후 제거효율은 100%이었다. 백금전극을 사용하여 전류밀도가 0.67 A/cm<sup>2</sup>일 때 270 min간 매개전해 산화하였을 경우 100% 제거효율을 보였다.

분자량이 20000인 PEGs 1000 mg/L를 매개전해 산화한 실험결과를 전류밀도와 제거효율을 관련시켜 Figure 6에 나타내었다.

Figure 6을 보면 백금전극일 때 전류밀도가 0.33 A/cm<sup>2</sup>일 때 390 min, 0.50 A/cm<sup>2</sup>일 때 360 min, 0.67 A/cm<sup>2</sup>일 때 330 min간 매개전해 산화하였을 경우 제거효율은 100%이었다. 티탄늄-이리듐 전극에서도 전류밀도가 0.33 A/cm<sup>2</sup>일 때 390 min, 0.50 A/cm<sup>2</sup>일 때 360 min, 0.67 A/cm<sup>2</sup>일 때 330 min 경과 후 제거효율은 100%이었다.

그리고 전해반응조에서 Co(II)가 산화되고 환원되는 과정에서 PEGs

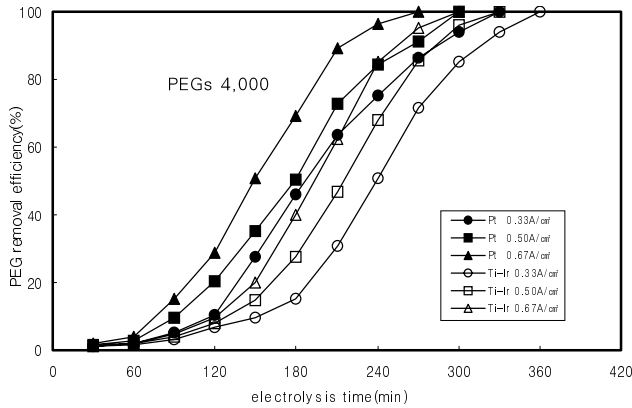


Figure 5. Relationship between removal efficiency and current density by mediated electrochemical oxidation on platinum and titanium-iridium electrode in Co(III)/Co(II) redox systems in PEGs 1000 solution of PEGs 4000.

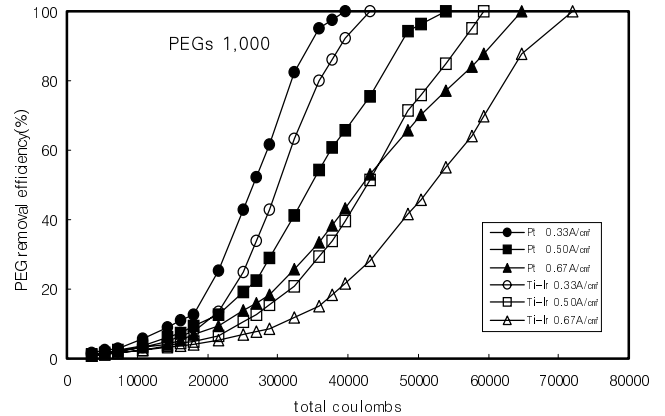


Figure 7. Removal efficiency plotted against total coulombs with the variation of applied current density and electrode in Fe(III)/Fe(II) redox systems in PEGs 1000 solution of PEGs 1000.

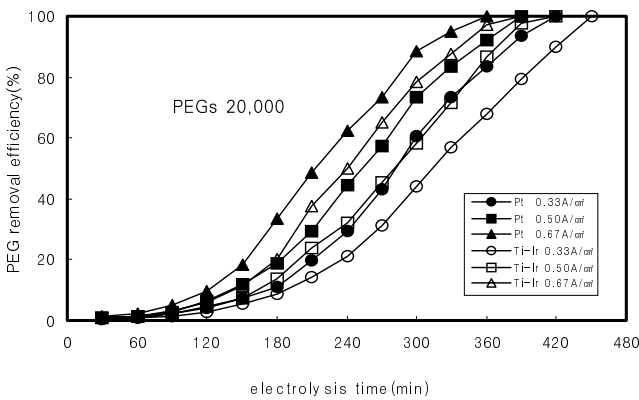


Figure 6. Relationship between removal efficiency and current density by mediated electrochemical oxidation on platinum and titanium-iridium electrode in Co(III)/Co(II) redox systems in PEGs 1000 solution of PEGs 20000.

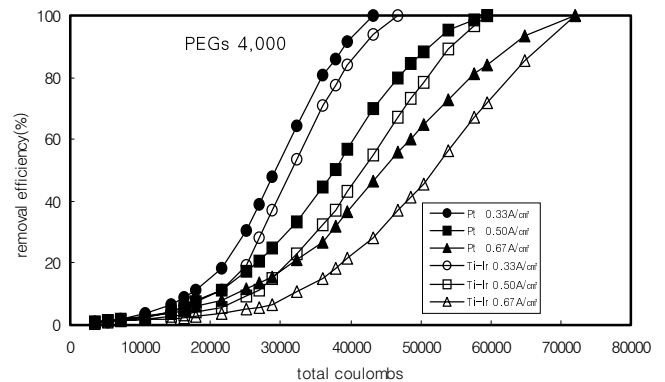
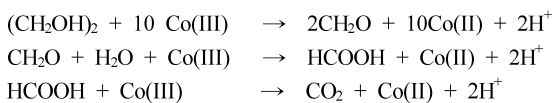


Figure 8. Removal efficiency plotted against total coulombs with the variation of applied current density and electrode in Fe(III)/Fe(II) redox systems in PEGs 1000 solution of PEGs 4000.

는 EG로 유리되면서 산화되어 포름알데히드나 개미산과 같은 중간 생성물을 거쳐 최종적으로 탄산가스로 전환되는 것으로 생각된다. 이 분해과정을 화학식으로 표현하면 아래와 같다.



이상의 결과를 종합하여 보면 백금전극이 티탄늄-이리듐 전극에서 보다 우수한 매개전해 산화력을 보였다. 이것은 백금전극의 전도성이 티탄늄-이리듐 전극보다 우수하기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 Co(III)/Co(II) 산화환원계가 Fe(III)/Fe(II) 산화환원계보다 산화력이 우수한 것은 Co(II)의 표준환원전위( $E^0 = 1.82 \text{ V}$ )가 Fe(II)표준환원전위( $E^0 = 0.77 \text{ V}$ ) 보다 전위가 귀측에 존재하기 때문인 것으로 생각된다.

### 3.2. 통전량에 따른 제거효율

Fe(III)/Fe(II) 산화환원계를 구성한 전해조에 8.0 M 질산용액 지지

전해질 중에서 백금전극과 티탄늄-이리듐 전극을 이용하여 상온에서 0.33, 0.50, 0.67 A/cm<sup>2</sup> 전류밀도로 PEGs 1000을 매개전해 산화하였을 경우 통전량과 제거효율의 관계를 Figure 7에 제시하였다.

Figure 7을 보면 전류밀도가 0.33 A/cm<sup>2</sup>일 때 백금전극에서 제거효율이 100%일 경우 통전량은 39600 coulombs이었고 티탄늄-이리듐 전극에서 제거효율이 100%일 때 통전량은 43200 coulombs이었다.

지지 전해질 농도가 8.0 M 질산용액에 Fe(III)/Fe(II) 산화환원계에서 백금과 티탄늄-이리듐 전극을 이용하여 상온에서 0.33, 0.50, 0.67 A/cm<sup>2</sup> 전류밀도로 PEGs 4000을 매개전해 산화한 결과를 통전량과 분해효율을 관련시켜 Figure 8에 제시하였다.

Figure 8을 보면 백금전극과 티탄늄-이리듐 전극에서 전류밀도 0.50 A/cm<sup>2</sup>에서 PEGs 4000을 전해산화 하였을 때 통전량은 54000 coulombs이었다. 그리고 백금전극과 티탄늄-이리듐 전극에서 PEGs 4000을 0.67 A/cm<sup>2</sup> 전류밀도로 매개 전해산화 하여 제거효율이 100%일 경우 통전량은 64800 coulombs이었고 티탄늄-이리듐 전극에서 산화될 때 통전량은 72000 coulombs이었다. 그리고 지지전해질 농도가 8.0 M 질산용액에 Fe(III)/Fe(II) 산화환원계에서 백금과 티탄늄-이리듐 전극을 이용하여 상온에서 0.33, 0.50, 0.67 A/cm<sup>2</sup> 전류밀도로 PEGs 20000을 매개전해 산화한 결과를 통전량과 분해효율을 관련시켜 Figure 9에 제시하였다.

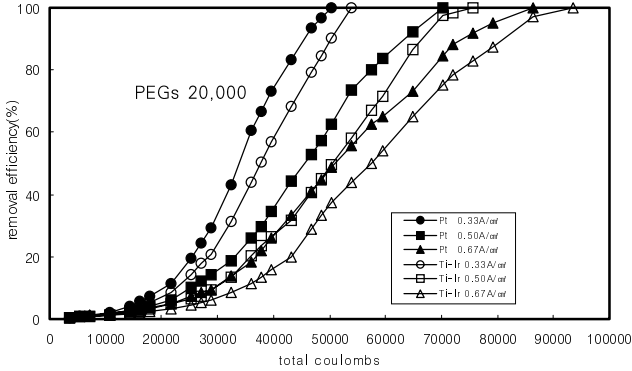


Figure 9. Removal efficiency plotted against total coulombs with the variation of applied current density and electrode in Fe(III)/Fe(II) redox systems in PEGs 1000 solution of PEGs 20000.

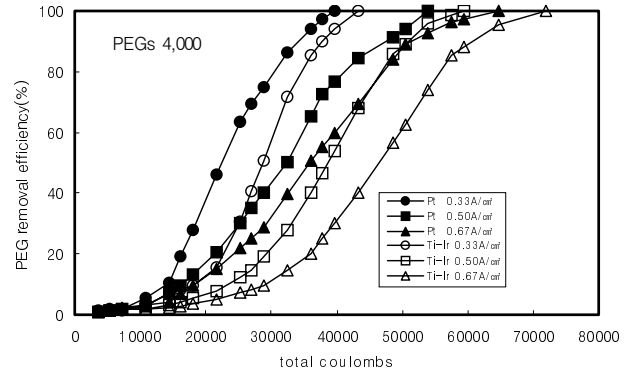


Figure 11. Removal efficiency plotted against total coulombs with the variation of applied current density and electrode in Co(III)/Co(II) redox systems in PEGs 1000 solution of PEGs 4000.

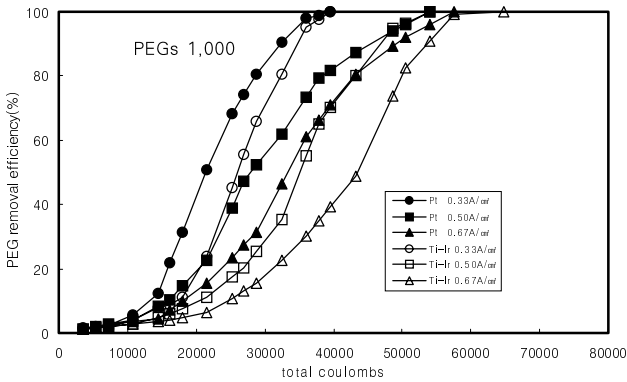


Figure 10. Removal efficiency plotted against total coulombs with the variation of applied current density and electrode in Co(III)/Co(II) redox systems in PEGs 1000 solution of PEGs 1000.

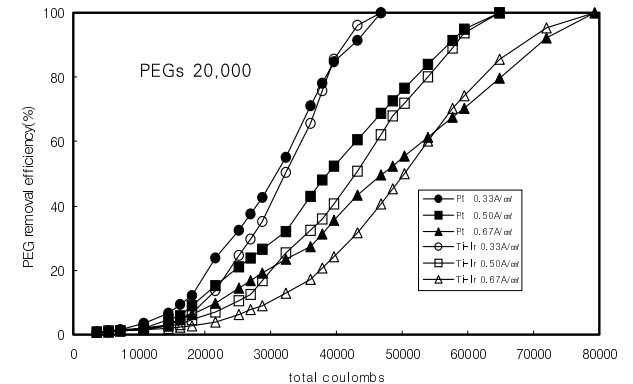


Figure 12. Removal efficiency plotted against total coulombs with the variation of applied current density and electrode in Co(III)/Co(II) redox systems in PEGs 1000 solution of PEGs 20000.

Figure 9를 보면 전류밀도가 0.33 A/cm<sup>2</sup>일 때 백금과 티탄늄-이리듐 전극에서 PEGs 20000이 100% 산화될 때 통전량은 46800 coulombs이었다. 전류밀도가 0.50 A/cm<sup>2</sup>일 때 백금과 티탄늄-이리듐 전극에서 100% 산화될 때 통전량은 64800 coulombs이었고 전류밀도가 0.67 A/cm<sup>2</sup>일 때 백금과 티탄늄-이리듐 전극에서 100% 산화될 때 통전량은 79200 coulombs이었다. 결국 통전량의 증가는 Fe(III)/Fe(II) 산화환원계에서 이루어 질 수 있는 반응속도를 증가시켜 단시간에 다량의 처리를 가능하게 하는 것으로 생각된다.

지지 전해질 농도가 8.0 M 질산용액에 Co(III)/Co(II) 산화환원계에서 백금과 티탄늄-이리듐 전극을 이용하여 상온에서 0.33, 0.50, 0.67 A/cm<sup>2</sup> 전류밀도로 PEGs 1000을 매개전해 산화한 결과를 통전량과 분해효율의 관계를 Figure 10에 제시하였다.

Figure 10을 보면 전류밀도가 0.33 A/cm<sup>2</sup>일 때 백금과 티탄늄-이리듐 전극에서 PEGs 1000이 100% 산화될 때 통전량은 39600 coulombs이었다. 전류밀도가 0.50 A/cm<sup>2</sup>일 때 백금과 티탄늄-이리듐 전극에서 100% 산화될 때 통전량은 54000 coulombs이었다. 지지 전해질 농도가 8.0 M 질산용액에 Co(III)/Co(II) 산화환원계에서 백금과 티탄늄-이리듐 전극을 이용하여 상온에서 0.33, 0.50, 0.67 A/cm<sup>2</sup> 전류밀도로 PEGs 4000을 매개전해 산화한 결과를 통전량과 분해효율을 관련시켜 Figure 11에 제시하였다.

Figure 11을 보면 전류밀도가 0.67 A/cm<sup>2</sup>일 때 백금 전극에서 PEGs

4000이 100% 산화될 때 통전량은 64800 coulombs이었고 티탄늄-이리듐 전극에서 100% 산화될 때 통전량은 72000 coulombs이었다.

지지 전해질 농도가 8.0 M 질산용액에 Co(III)/Co(II) 산화환원계에서 백금과 티탄늄-이리듐 전극을 이용하여 상온에서 0.33, 0.50, 0.67 A/cm<sup>2</sup> 전류밀도로 PEGs 20000을 매개전해 산화한 결과를 통전량과 분해효율을 관련시켜 Figure 11에 제시하였다.

Figure 12를 보면 전류밀도가 0.33 A/cm<sup>2</sup>일 때 백금과 티탄늄-이리듐 전극에서 PEGs 20000이 100% 산화될 때 통전량은 46800 coulombs이었다. 전류밀도가 0.50 A/cm<sup>2</sup>일 때 백금과 티탄늄-이리듐 전극에서 PEGs 20000이 100% 산화될 때 통전량은 64800 coulombs이었고 전류밀도 0.67 A/cm<sup>2</sup>일 때 백금과 티탄늄-이리듐 전극에서 PEGs 20000이 100% 산화될 때 통전량은 79200 coulombs이었다. 통전량의 증가는 Co(III)/Co(II) 산화환원계에서 이루어 질 수 있는 반응속도를 증가시켜 단시간에 다량의 처리를 가능하게 하는 것으로 생각된다. 그리고 매개전해반응에서 전극은 전자를 공급하는 역할을 하고 매개체는 반응에 직접적인 영향을 미치는 것으로 생각된다. 이상의 결과를 종합하여 보면 Co(III)/Co(II) 산화환원계가 Fe(III)/Fe(II) 산화환원계 보다 산화환원력이 우수하였다.

#### 4. 결 론

#### 참 고 문 헌

고분자량 폴리에틸렌글리콜을 효율적으로 처리할 목적으로 Fe(III)/Fe(II)와 Co(III)/Co(II) 산화환원계에서 백금, 티탄늄-이리듐전극을 사용하여 분자량이 1000, 4000, 20000인 폴리에틸렌글리콜 용액을 시료로 하여 매개전해 산화하였다. 전류밀도, 전극중, 통전량, 처리효율 등을 서로 관련시켜 고찰한 결과 백금전극이 티탄늄-이리듐 전극에서보다 우수한 매개전해 산화력을 보였으며 Co(III)/Co(II) 산화환원계가 Fe(III)/Fe(II) 산화환원계보다 산화력이 우수하였다. 이 기술은 생물학적으로 난분해성 물질인 PEGs 함유 폐수처리에 유용할 것으로 생각된다.

1. J. R. Hains and M. Alexander, *Appl. Microbiol.*, **29**, 621 (1975).
2. N. Obradors and J. Aguilar, *Appl. Environ. Microbiol.*, **57**, 2383 (1991).
3. J. Suzuki and M. Stieb, *Pelobacter venetianus sp. nov.* **45**, 1905 (1976).
4. E. Otal, D. Manzavinos, Delgado, M. V. Hellenbrando, R. Lebralo, J. Metcalfe, and I. S., *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, **70**, 147 (1997).
5. Ik-Seong Kim, Seong-Woo Choi, Chang-Du Heo, and Seung-Cho Park, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **13**, 33 (2002).
6. Ik-Seong Kim and Seung-Cho Park, *J. Kor. Soc. Env. Eng.*, **24**, 1595 (2002).
7. Seung-Cho Park, Chun-Ji Jin, and Ik-Seong Kim, *J. Korean Solid Waste Engin. Soc.*, **20**, 10 (2003).
8. Seung-Cho Park, Joo-Hwan Shon, and Chong-Woo Nam, *J. KICChE*, **22**, 31 (1984).
9. D. G. Stevenson, *Analyst.*, **79**, 504 (1954).
10. K. Fusako, O. Tadashi, and S. Tetsuya, *J. Ferment. Technol.*, **63**, 239 (1985).