

## $P_2O_5-K_2O-FeO-CuO$ 계 유리형성 및 이온용출

김기민<sup>1</sup>, 강원호<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>단국대학교 신소재공학과

### Glass Formation and Ion Dissolution of $P_2O_5-K_2O-FeO-CuO$ Glasses

Won-Ho Kang<sup>1\*</sup> and Ki-Min Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept. of New Materials Science & Engineering, Dankook University

**요약**  $P_2O_5-K_2O-FeO-CuO$ 계 유리의 형성 및 이온용출에 대하여 연구하였다.  $P_2O_5$ 를 60mol%로 고정하고  $K_2O-FeO-CuO$ 의 mol%를 10mol%에서 40mol%까지 변화를 주었다 제조된 유리시편을 증류수에서 13시간 동안 침적시키며 2시간 간격으로 용출 특성을 평가 하였다. 초기 유리구조 내 Phosphate의  $P_2O_5$ 가 1차 용출이 일어나며 2차로 염기성 산화물의 용출이 일어나면서 Cu, Fe 이온이 함께 용출되는 것으로 관찰되었다. ICP 관찰시에는 유리의 형성 구조의 차이에 따라 용출량이 변화 하였고, 용출은 10K<sub>2</sub>O(mol%)함량일 때 CuO와 FeO의 용출량이 가장 많이 일어나는 것으로 관찰되었다.

**Abstract** The glass formation and the dissolution property in  $P_2O_5-K_2O-FeO-CuO$  system were studied. In the batch process, the content of  $P_2O_5$  was fixed at 60mol% and the other elements were varied from 10~40mol%. The prepared glasses were soaked in the D.I. water up to 13hr and the dissolution properties were investigated with the solutions sampled every 2 hr. The result shows that the  $P_2O_5$  was leached out firstly from Phosphate glass system and then Cu and Fe ions were observed according to atmosphere change in solution. ICP shows that the dissolution amount in Phosphate was depended on the glass structure and the highest dissolution amount of CuO and FeO ions was observed when the 10mol% K<sub>2</sub>O was added in batch process.

**Key Words** : Glass, Dissolution, Environment

## 1. 서론

Phosphate Glass는 일반적으로 낮은 용융 온도와 낮은 유리 전이온도(Tg) 및 연화온도(Ts)와 높은 열팽창계수를 가지고 있기 때문에 glass to metal seals, thick film paste, 광학적 소자의 molding 및 저온 enamels for metal 등 많은 공업적 응용성의 관심이 고조되고 있다. 그리고 유리 조성을 변화시킴에 따라 이온들의 용해 속도를 조절할 수 있으므로 사용목적에 맞는 적절한 유리를 제조할 수 있음을 의미하며, 용해된 성분들의 대부분이 생체에는 무해하다[1-2]. 이와 같은 Phosphate glass의 용출특성을 이용하여 가축에게 필요로 하는 필수 영양소를 위장 내에서 용출시켜서 가축 몸 안에서 흡수 될 수 있는 사료용으

로 적용하고자 하는 연구가 이루어지고 있고 연구를 진행 중이다[3].

본 연구에서는  $P_2O_5-K_2O-FeO-CuO$ 계 유리에서  $K_2O$ , FeO, CuO 함량의 변화를 준 유리를 제조하고, FT-IR과 ICP 분석을 이용하여 이온용출 및 유리 형성 구조를 파악하고 용출 변화 특성을 관찰하고자 하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 $P_2O_5-K_2O-FeO-CuO$ 유리의 제조

$P_2O_5-K_2O-FeO-CuO$ 계 유리를 제조하기 위하여 출발원료는 1급 시약인  $H_3PO_4$ (Duksan chemical, 85%),

이 연구는 2008학년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구되었음.

\*교신저자 : 강원호(Wonhkang@gmail.com)

접수일 09년 12월 30일

수정일 10년 02월 17일

게재확정일 10년 02월 24일

K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(Daejung, 99.5%)를 사용하였다. 첨가물로는 CuO(Duksan chemical, 99.5%), ZnO(Duksan chemical, 99.5%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(Duksan chemical)를 사용하였다.

본 연구에서 사용한 화학조성을 표 1에 나타내었다.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 60 mol%로 고정하고 K<sub>2</sub>O를 0mol에서 10mol%로, CuO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 성분 양을 0mol%부터 40mol%까지 변화시켜서 제조하였다. 100g 습식 Batch를 조제 한 후 시료를 Dry oven에 넣어 105℃에서 건조를 시킨 후 알루미나도가니에 넣어 고온 전기로에서 10℃/min의 승온 속도로 가열하였다. calcination을 위해 800℃에서 1시간 유지 후 1300℃에서 용융하였으며 용융유리물을 냉각된 철판위에 부어 급냉시키며 유리화 후 400℃에서 1시간 서냉 처리를 하였다.

[표 1] 유리의 조성 (mol%)

|    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | FeO  | CuO  |
|----|-------------------------------|------------------|------|------|
| 조성 | 60                            | 0-10             | 0.40 | 0.40 |

### 2.1 용출 특성 평가

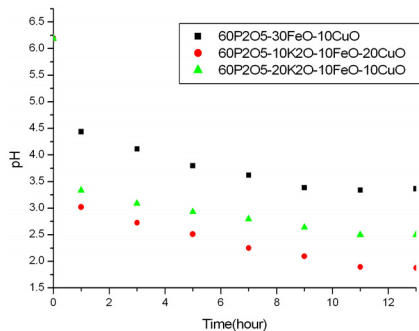
본 연구에서 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO계 유리분말을 증류수에 담지 하였을 때 pH 변화를 측정하였고, ICP분석을 통하여 첨가량에 따른 각원소의 용출량을 분석하였다.

그리고 FT-IR 분석을 통하여 조성변화에 따른 유리구조 변화를 고찰하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO의 pH 분석 비교

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO계 유리를 분말상태로 제작 후에 증류수 30ml에 담귀 2시간 마다 pH변화량을 13시간 측정한다. 그림 1.는 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO 유리의 13시간 동안 용출시의 pH변화 그래프를 나타내었다.

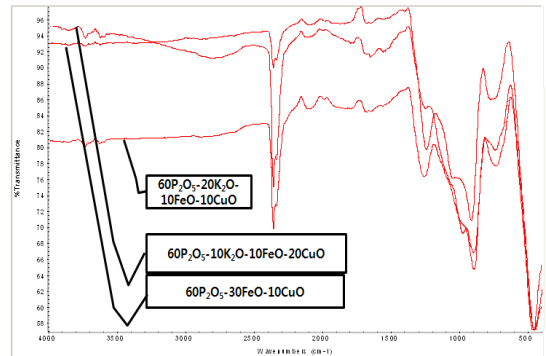


[그림 1] P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO계 유리의 시간당 pH 변화

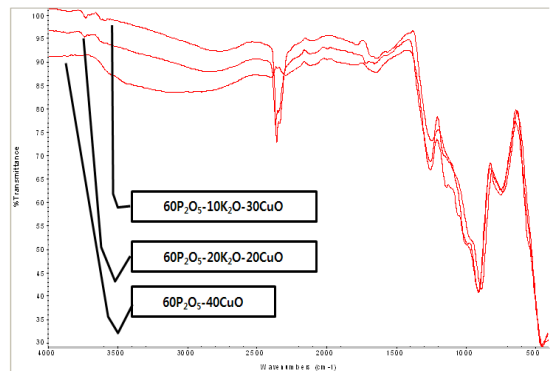
그림 1의 내용인 변화 내용을 보아 초기 용출반응에 의하여 pH 6.01에서 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>와 H<sub>2</sub>O와 반응하여 인산(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)이 되어, 이의 영향으로 1시간 이내에 pH 값이 4-5로 감소하는 것으로 판단되며, K<sub>2</sub>O함량에 따라라도 초기용출에 다소 영향을 주고 있다. 그 후 알카리이온의 용출에 의한 pH값의 상승이 일어나게 되나 CuO 및 FeO의 함량에 따른 pH변화는 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 함량과 용출량에 비하여 매우적어 pH 변화에 큰 영향은 끼치지 못하고 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 용출이 주도 하는 것으로 사료된다.

### 3.2 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO계 유리의 FT-IR 비교 분석

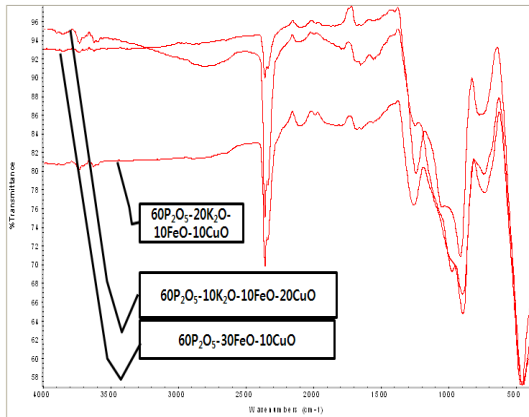
그림 2, 3, 4.는 FT-IR 비교 분석 그래프로 FeO, CuO 함량에 따른 비교 분석을 실시하였다.



[그림 2] P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO계 유리의 FeO 변화에 따른 FT-IR 분석 그래프



[그림 3] P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO계 유리의 CuO 변화에 따른 FT-IR 분석 그래프



[그림 4] P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO계 유리의 FeO-CuO 변화에 따른 FT-IR 분석 그래프

그림 2. 3. 4. 그래프로 보아 유리 구조는 FeO, CuO의 함량의 영향보다는 K<sub>2</sub>O의 영향이 더 큰 것으로 판단되어진다.

### 3.3 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO계 유리시편의 ICP 분석

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO계 유리의 증류수에서의 용출 특성을 2시간 마다 pH변화량을 측정하였다. 그림 1는 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO 유리의 13시간 동안 용출시의 pH변화 그래프를 나타내고 있다.

[표 2] P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO계 유리의 이온 용출에 따른 ICP 분석량

|   | unit                                 | result |
|---|--------------------------------------|--------|
| 60P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -10K <sub>2</sub> O-30FeO       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/L) | 47.5   |
|   | K <sub>2</sub> O (mg/L)              | 5.32   |
|   | FeO (mg/L)                           | 10.2   |
| 60P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -10K <sub>2</sub> O-30CuO       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/L) | 679.8  |
|   | K <sub>2</sub> O (mg/L)              | 70.7   |
|   | CuO (mg/L)                           | 149.2  |
| 60P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -10K <sub>2</sub> O-20CuO-10FeO | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/L) | 275.6  |
|   | K <sub>2</sub> O (mg/L)              | 28.9   |
|   | CuO (mg/L)                           | 40.1   |
|   | FeO (mg/L)                           | 21.7   |

표 2.에서 K<sub>2</sub>O의 함량이 10%(mo%)일 때 가장 많은 양의 원소가 용출되어 나오는 것으로 관찰 되었다. 이것으로 용출량에 제어에 K<sub>2</sub>O의 함량이 많은 영향을 끼치는 것으로 판단된다.

## 4. 결론

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-CuO계 유리의 pH 측정으로 초기 유리 구조 내 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 1차 용출이 일어나며 2차로 염기성 산화물의 용출이 일어나면서 Cu, Fe 이온이 함께 용출되는 것으로 판단되어진다. FT-IR의 측정으로 유리형성 구조에서 FeO, CuO의 영향보다 K<sub>2</sub>O의 영향이 더 크게 나타났다. 니있을 것으로 판단되어진다. ICP 관찰시에는 유리의 형성 구조의 차이에 따라 용출량이 변화 하였고, 용출은 10K<sub>2</sub>O(mol%)함량일 때 FeO와 CuO의 용출량이 가장 많은 양의 용출이 일어나는 것으로 관찰되었다.

## 참고 문헌

- [1] 윤영진, "A Study of Dissolution and Structure of K<sub>2</sub>O-CaO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Glasses", 단국대학교 석사학위 논문, 2001.
- [2] 윤태민, "Glass Formation and Dissolution of K<sub>2</sub>O-CaO-SiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>", 단국대학교 석사학위 논문, 2002.
- [3] 이희관, 채재천 이용수, 강원호, "Production of Environmentally Conscious Glass for Plant Culture Media and Development of Utilization Technology in Agriculture, ARPC, 2004.
- [4] 김기민, 강원호 "Dissolution Properties of K<sub>2</sub>O-CaO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Glass With Fe, Cu, Zn" 한국산학기술학회 추계 학술발표 논문집, 제9권, 제2호 .p459-462 .

### 강 원 호(Won-Ho Kang)

[정회원]



- 1971년 2월 : 한양대학교 요업공학 (공학사)
- 1973년 2월 : 한양대학교 무기재료공학 (공학석사)
- 1985년 2월 : 한양대학교 무기재료공학 (공학박사)
- 1989년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 신소재공학과 교수

<관심분야>  
재료, 환경, 유리

김 기 민(Ki-Min Kim)

[정회원]



- 2008년 2월 : 단국대학교 신소재 공학 (공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 신소재공학과 무기재료 석사 과정

<관심분야>

세라믹 재료, 유리, 전자재료