

# 효과적인 구리 제거제 합성 및 처리 기술 개발에 관하여 Synthesis of Removal Agent and Development of Treatment Technology on Copper

조병락\*  
Byeung-Rak Cho\*

## <Abstract>

This paper synthesized the new copper removal agent(PW-2001) and investigated removal efficiency of copper, COD, calcium, SS and sludge amounts. Removal efficiency of copper were 96.1% and 99.1% with the lime and PW-2001, respectively while COD removals reached up to 38% and 69.6% with the use of lime and PW-2001. The concentrations of calcium and SS with PW-2001 were decreased 2.68 and 4.95 times lower than those with lime. Amount of sludge with PW-2001 was 60% smaller than lime. Quantity of PW-2001 needed for coagulation only reached 58.7, compared to lime standard quantity(100), and total cost of copper removal with PW-2001 was saved 25% more than lime.

**Keywords :** New copper removal agent(PW-2001), COD, Calcium, SS, Sludge amounts

## 1. 서 론

구리는 황동석, 휘동석, 적동석, 반동석, 공작석, 남동석 등의 구리 광물로 현재 165종 정도가 알려져 있고<sup>1)</sup>, 특유한 적색 광택을 가지는 금속으로 전성·연성·가공성이 뛰어나고 강도가 좋고 열 및 전기의 전도성이 우수하여<sup>2,3)</sup> 구리 그 자체뿐만 아니라 황동·청동·알루미늄청동·베릴륨·구리 등 합금으로서의 용도도 매우 넓으며, 특히 전선을 비롯하여 신동품(伸銅品)으로서 많이 쓰이고 있다.

그러나 미량의 구리는 적혈구성에 필요하여<sup>4)</sup> 빈혈환자에게 철과 함께 처방되기도 하지만, 만성 중독에서 간 경변을 유발하고<sup>5)</sup> 식물성 플랑크톤에 독성이 강하여<sup>4)</sup> 생태계에 유출시에는 적절한 농도의 관리가 필요하다.

구리 폐수는 수질 환경 분야에서 주요한 관리대상 물질로 규정되어 있으며, 전자, 반도체, 도금공업, 농약, 구리정련공업, 전선 제조업, 철강산업 등에서 많이 배출되고 있다<sup>6)</sup>.

이 중에서 전자, 반도체 산업에서 배출되는 구리의 농도는 평균 200mg/ℓ 정도의 고농도로 폐수처리장에서 구리를 제거하여 배출허용기준 3mg/ℓ 이하로 유지하는 데에는 많은 어려움이 따르고 있다.<sup>7)</sup>

폐수 중의 구리는 황화물, 수산화물 등의 침전법으로 제거할 수 있으며<sup>8,9)</sup> 지금까지 전자산업 폐수 중의 구리 제거는 lime을 이용하여 Cu(OH)<sub>2</sub>로 침전시키는 수산화물침전법이 주로 사용되어 오고 있다<sup>10)</sup>. 그러나 이 방법은 고농도의 구리를 제거하는데 있어 처리효율, 슬러지

\*정회원, 영남이공대학교, 보건과학계열, 교수, 工博,  
E-mail:brcho@ync.ac.kr

\*Prof., Div of Health & Science Yeungnam College  
of Science & Technology, Ph.D.

발생량, 처리약품 비용, 운영관리 등에서 많은 문제점을 내포하고 있다.

그러므로 본 연구에서는 전자산업 폐수 중에 존재하는 고농도의 구리를 보다 효과적으로 제거하기 위한 방안의 하나로 lime을 대체할 새로운 구리 제거제 PW-2001을 합성하고, pilot-plant 연속실험으로 구리 제거의 최적기법을 제시함으로써 보다 효과적으로 구리를 제거하는데 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 폐수처리 공정 및 수질

본 연구에 적용된 사업장은 D시에 위치한 전자, 반도체 제품을 주로 생산하는 주식회사 S전자이며 이 공장 폐수처리장의 구리 폐수 처리 공정도는 Fig. 1과 같고 유입 원수와 lime 처리 후의 처리수 평균 수질은 Table 1과 같다.

Table 1을 보면 유입 원수는 강산성으로 구리 농도가 197mg/l, COD 값은 460mg/l으로 상당히 높은 농도 분포를 나타내고 있다. lime으로 응집처리 하였을 때 처리수의 구리 농도는 방류수 수질기준 3mg/l을 초과할 수도 있으며, 생성된 슬러지는 구리 및 기타 중금속을 포함하고 있어 슬러지 전문 처리업체에 위탁처리하고 있는 바 폐수처리장의 운영 및 관리에 있어 기술적, 경제적으로 많은 어려움이 있음을 알 수 있다.

Table 1. Water quality of raw and treated water with lime on S company

항 목	유입 원수	lime 응집 처리수
pH	2.3	7.1
Cu(mg/l)	197	3.0
Fe(mg/l)	1.56	0.01
Zn(mg/l)	0.30	0.12
Mn(mg/l)	0.70	0.15
SS(mg/l)	12	104
탁도(NTU)	24.5	1.3
COD(mg/l)	460	285
Ca(mg/l)	27.1	2,295

### 2.2 시료수와 실험장치

시료수는 Fig. 1의 주식회사 S전자 폐수처리장의 유입 원수를 사용하였으며, 구리 제거 실험장치의 모식도는 Fig. 2와 같고 실험에 사용한 pilot plant는 Photo. 1과 같다.

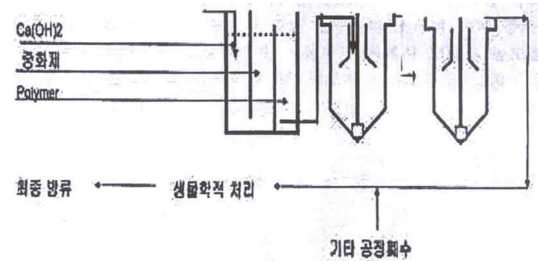


Fig. 1. Wastewater treatment process of copper on S company.

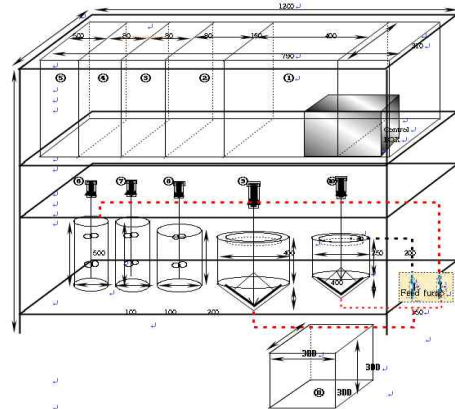


Fig. 2. Sketch of experimental apparatus on copper removal.



Photo. 1. Photograph of pilot plant on copper removal.

### 2.3 실험 및 분석방법

본 연구에서 합성한 구리 제거제 PW-2001과 현장에서 사용하고 있는 기존의 lime에 의한 구리 제거는 회분식 실험으로 jar test를 행하고 수질을 분석 · 평가하여 최적조건을 도출하였으며, 이 조건에서 Photo. 1의 pilot plant 실험장치를 이용하여 연속공정으로 다음과 같이 실험하였다. 즉 시료수 ①과 합성한 구리 제거제 PW-2001 ②를 급속교반기 ⑥의 하부로 주입시켜 1분간 응집하고 중화제 ③을 반응기 ⑦에 주입하여 1분간 더 급속반응시켰다. 계속하여 중화제 ④와 고분자 응집제 ⑤를 완속교반기 ⑧에 주입하고 20분간 응결시킨 후 침전조 ⑨에 유입시켜 침전물과 상등액을 분리하였으며 상등액은 처리수조 ⑩에 모은 후 수질을 분석하였고, 수질 분석은 수질오염공정시험법과<sup>11)</sup> 표준법으로 하였다<sup>12)</sup>.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 PW-2001의 합성과 조성

Lime으로 구리를 제거할 때 발생되는 낮은 처리효율, 관내 scale 문제, 많은 양의 슬러지 발생과 이에 따른 처리 비용 증가 등의 문제를 해결하기 위하여 M(II)와 M(III)를 주성분으로 하는 새로운 구리 제거제, PW-2001을 합성하였다.

PW-2001은 또한 산성영역에서 탄산이온을 masking시켜  $Ca^{2+}$ 가  $CaCO_3$ 로 침전하는 것을 방지할 수 있도록 일명 SP-14와 GOH-3을 첨가하였으며, 폐수 중에 중금속을 제거하고 응집 반응 속도가 빠르며 floc이 크고 단단하여 고액 분리가 잘 일어나도록 M(III-A) 및 M(IV)를 첨가하였다. 합성한 PW-2001의 개략적인 조성은 Table 2와 같다.

Table 2. Composition of PW-2001

구분	PW-2001	비고
외관	녹회색	
비중	1.4~1.5	
pH	13± 0.5	
성분	Ca, Mg, K, Na :10%↑ PO <sub>4</sub> , 글리세린 등 기타 무기물 : 5%↓	

#### 3.2 구리 및 유기물 제거효과

3.1에서 합성한 새로운 구리 제거제 PW-2001과 현재 사용하고 있는 구리 제거제 lime을 사용하여 시료수의 구리 제거에 필요한 최적 응집조건을 jar tester로 각각 조사한 후, Photo. 1의 pilot plant 실험장치를 이용하여 연속공정으로 구리 제거 실험을 행한 결과는 Fig. 3과 같다.

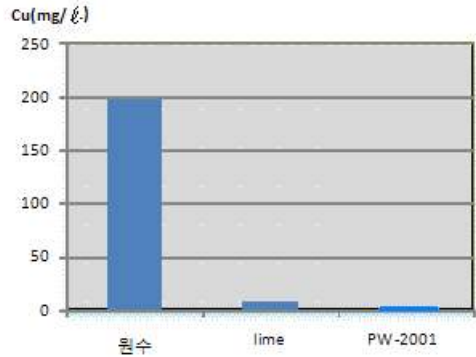


Fig. 3. Removal effect of copper with the PW-2001 and lime.

유입 원수의 구리 평균 농도 197mg/l을 최적 조건에서 응집처리하였을 때 lime은 처리수의 구리 농도가 7.6mg/l으로 배출허용기준 3mg/l을 많이 초과하고 있으며, PW-2001은 1.7mg/l으로 99.1%의 높은 제거 효율을 나타내고 있어 본 연구에서 합성한 구리 제거제 PW-2001이 기존의 lime 보다 훨씬 효과적인 구리 제거제임을 알 수 있다.

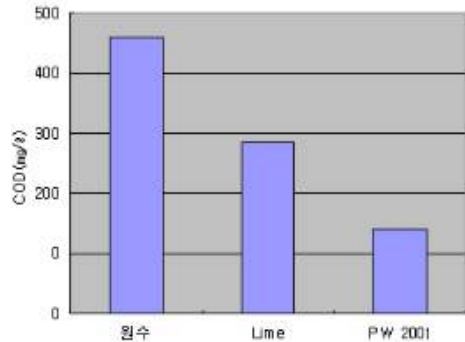


Fig. 4. Removal effect of COD with the PW-2001 and lime.

또 동일한 조건에서 유기물 제거효과를 조사한 Fig. 4를 보면 유입 원수의 COD 농도 460mg/l에서 lime으로 처리한 것은 잔류 농도가 285mg/l, PW-2001로 처리한 것은 140mg/l으로 제거효율이 각각 38%, 69.6%로 합성한 PW-2001이 유기물 제거에도 기존의 lime 보다 탁월한 효과가 있음을 나타내고 있다.

### 3.3 Ca, SS 및 슬러지 발생량

3.2의 구리 제거 최적조건으로 응집처리하였을 때 부가적으로 생성되는 Ca, SS의 농도 변화 및 슬러지 발생량을 조사하여 Fig. 5, Fig. 6 및 Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 5를 보면 구리 폐수를 PW-2001로 응집 처리한 것은 처리수의 Ca 농도가 855mg/l, lime으로 응집한 경우는 2,295mg/l을 나타내고 있어 PW-2001을 사용하면 lime 보다 Ca 농도가 2.68배 정도나 크게 감소하고 있으며, 이는 현재의 lime으로 구리를 제거할 때 문제가 되고 있는 CaCO<sub>3</sub>의 관내 스케일, 최종침전지의 핀플록 현상 및 방류수의 SS 농도 문제 등을 감소시키는데도 효과가 매우 클 것으로 사료된다.

또 SS 농도 변화를 조사한 Fig. 6을 보면 lime은 원수 농도 12mg/l에서 104mg/l으로 크게 증가하고 있으나 PW-2001을 사용한 것은 21mg/l으로 lime 보다 4.95배나 크게 감소하고 있으며, lime을 사용하면 SS 농도가 배출허용기준 100mg/l을 약간 상회하고 있어 폐수 처리장 관리에도 다소 어려움이 따를 수 있음을 알 수 있다.

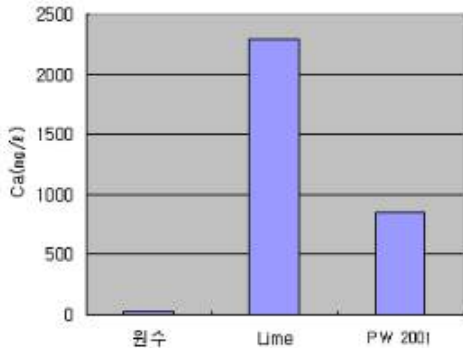


Fig. 5. Change of calcium concentration after coagulation with the PW-2001 and lime.

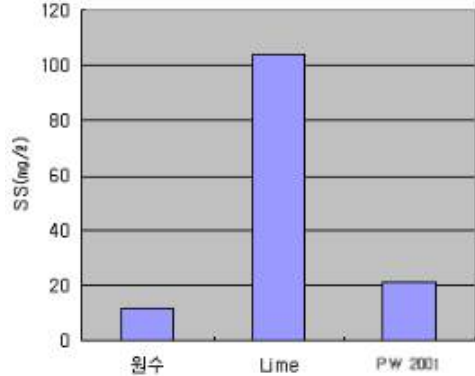


Fig. 6. Change of SS concentration after coagulation with the PW-2001 and lime

또한 슬러지 발생량을 조사한 Fig. 7을 보면 합성제 PW-2001로 응집 처리한 것은 슬러지 발생량이 9kg/m<sup>3</sup>폐수로서 lime의 22.5kg/m<sup>3</sup>폐수에 비해 60% 정도나 적게 발생되어 PW-2001을 구리 제거제로 사용하면 슬러지 저감에도 그 효과가 매우 큰 것으로 나타났다.

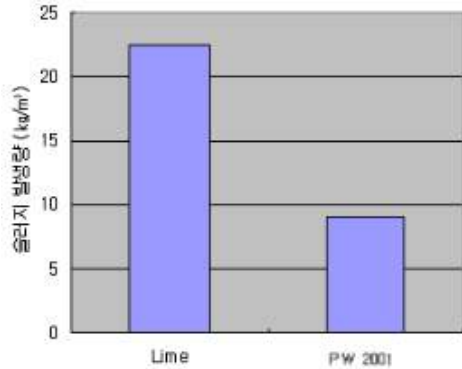


Fig. 7. comparison of sludge production after coagulation with the PW-2001 and lime.

### 3.4 약품 소모량과 처리 비용

Lime과 PW-2001을 사용하여 구리를 응집 제거할 때 최적조건에서 투입량을 기준으로 lime의 약품 소모량을 100으로 하였을 경우 PW-2001의 소모량은 58.7이였으며, 이를 순수 약품 비용면에서 분석해 보면 PW-2001을 사용하는 것이 lime보다 10% 정도 절감됨을 알 수 있었다.

더욱이 Fig. 7의 슬러지 발생량을 고려하여 처리 비용을 생각하면 PW-2001의 사용이 lime을 사용하는 것 보다 총 25% 정도 비용이 절감될 수 있고 관내 scale, SS 제어 등을 고려하면 경제적 절감 효과는 더욱 증가할 것으로 보인다.

#### 4. 결 론

전자산업 폐수 중에 존재하는 고농도의 구리를 보다 효과적으로 제거하기 위하여 새로운 구리 제거제 PW-2001을 합성하고, pilot-plant 연속실험을 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 구리 농도 197mg/ℓ에서 lime은 96.1%, PW-2001은 99.1%, COD는 460mg/ℓ일 때 lime은 38%, PW-2001은 69.6%의 제거효율을 나타내어 PW-2001이 lime에 비하여

구리와 유기물 제거에 보다 효과적임을 알았다.

(2) 구리 제거에 따른 Ca와 SS의 농도 증가는 PW-2001을 사용하면 lime 보다 2.68배 및 4.95배 크게 감소하고 있으며, 슬러지 발생량도 PW-2001이 lime 보다 60% 정도 적었다.

(3) 약품 소모량은 lime을 100으로 하였을 때 PW-2001은 58.7이였으며, 총 처리 비용은 PW-2001이 lime 보다 25% 절감되었다.

#### 사 사

본 연구는 산학연공동기술개발사업의 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- 1) k.daum.net/qna/view.html?category\_id=QNP006&qid=0CXLO
- 2) 조병락 외 : 일반화학. 도서출판 동화기술, pp.116-117. (2009)
- 3) 김병희 외 : 이화학 사전. 교육출판공사, pp.112.(1994)
- 4) 김좌관 : 수질오염개론. 도서출판 동화기술, pp.82.(1993)
- 5) <http://blog.daum.net/edenlife0401/7688410>
- 6) 기문봉 외 : 산업폐수처리. 도서출판 동화기술, pp.114.(2001)
- 7) 환경부 : 수질오염물질의 배출허용기준 (2012)
- 8) 조병락 외 : 분석화학. 형설출판사, p.202-204 (2001)
- 9) 조병락 외 : 수질오염방지기술. 도서출판 학촌, pp.168-172.(2013)
- 10) James W Patterson : Wastewater Treatment Technology, Ann Arbor Science, pp.74. (1975)
- 11) 환경부 : 수질오염공정시험법, (2012)
- 12) APHA, AWWA and WPCF. : "Standard method for the examination of water and wastewater." 15th, ed.. (1981)

---

(접수:2013.03.05, 수정:2013.04.09, 게재 확정:2013.05.24)