

페톤산화 공정에서 발생하는 슬러지의 재활용 방안

구태완 · 조순행 · 최영수

아주대학교 환경 · 도시공학부

(1999년 6월 3일 접수, 2000년 3월 21일 채택)

Methodology Development for the Reuse of Sludge Generated from Fenton's Oxidation Process

Tai-Wan Koo · Soon-Haing Cho · Young-Soo Choi

Division of Environmental and Urban System Engineering, Ajou University

ABSTRACT

The objective of this study is to develop effective and economical treatment processes for the removal of non-biodegradable organics by reusing the sludge generated from Fenton's Oxidation Process.

It was found that about 50% of coagulants and 50% of catalyst can be reduced by reusing the sludge generated from Fenton's Oxidation Process. It was also found that the amount of sludge generation can be reduced in coagulation process and Fenton's Oxidation Process.

From the results of bench-scale test, it was found that the average removal efficiency increased to 8.5% and the amount of sludge generation was reduced up to 35% by reusing the sludge as coagulant. The average organic removal efficiency increased to 5.3% and the amount of sludge generation was reduced up to 14% by reusing the sludge as catalyst in Fenton's Oxidation.

It can be concluded that the reuse of sludge generated from Fenton's Oxidation Process would be reduced cost of chemical consumption and Fenton's sludge treatment.

Key Words : Non-biodegradable Organic, Coagulant, Catalyst of Fenton's Oxidation,
The Reuse of Sludge

요약문

본 연구는 펜톤산화 공정에서 발생하는 펜톤슬러지를 응집제와 펜톤산화 공정에서의 촉매로 재이용할 수 있는지 여부를 검토하여 고농도의 난분해성 유기물질을 함유한 침출수를 효과적이고 경제적으로 처리할 수 있는 기술을 개발하는데 그 목적을 두었다.

Batch-Scale 연구 결과 펜톤슬러지를 응집제와 펜톤산화 공정의 촉매제로 혼합사용하여 응집 공정과 펜톤산화 공정에 적용할 경우 약품만을 사용하는 경우보다 응집제의 사용량을 50%, 펜톤산화 공정의 촉매제 사용량을 50% 감소시킬 수 있었으며, 응집 공정과 펜톤산화 공정에서 발생하는 슬러지의 발생량도 감소시킬 수 있는 것으로 조사되었다.

실험실 규모의 연속식 처리 실험을 수행한 결과 펜톤슬러지를 응집제로 재이용함으로써 평균 8.5% 정도 유기물 제거효율이 증가하였으며, 슬러지의 발생량은 35% 감소하는 것으로 조사되었다. 또한 펜톤슬러지를 펜톤촉매제로 재이용함으로써 유기물 제거면에서 평균 5.3% 정도 효율이 증가하였으며, 슬러지의 발생량은 14% 정도 감소하는 것으로 조사되었다.

이상의 결과로 펜톤산화 공정에서 발생하는 슬러지의 재이용은 약품 비용이나 슬러지 처리 비용을 절감시킬 수 있을 것으로 결론지을 수 있다.

주제어 : 난분해성 유기물질, 응집제, 펜톤산화 촉매제, 슬러지 재이용

1. 서론

현재 수도권 매립지에서 적용되고 있는 침출수 처리 공정은 혐기성 소화 공정, 호기성 라군 공정과 화학적 처리 공정인 펜톤산화 공정으로 구성되어 있다. 이중 펜톤산화 공정은 생물학적으로 난분해성인 유기물질을 처리할 목적으로 적용되고 있으며, 이 공정은 복잡한 장치를 필요로 하는 타 고급산화 방법에 비하여 현장 적용이 용이할 뿐만 아니라 철염을 다량 함유하고 있는 폐수의 경우 이를 촉매로 이용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 수도권 매립지에 적용되는 펜톤산화 공정의 경우에는 유기물질을 원하는 수준까지 처리하기 위하여 약품비용이 과다하게 소요된다는 문제점이 있으며, 슬러지가 과량 발생되기 때문에 처리비용을 가중시키는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 선행된 연구 결과^{1~4)}에 의하면 수도권 매립지 침출수의 처리에는 펜톤산화 공정만을 적용하는 방안보다 응집처리 후 펜톤산화 공정을 적용하는 방안이 유기물질 제거 효율에 효과적일 뿐만 아니라 펜톤산화 공정에 소요되는 약품 비용을 절감시킬 수 있어 경제적인 측면에서 효과적인 것으로 조사되었다. 그러나 이

방법 역시 펜톤산화 공정에서 철염을 함유한 다량의 슬러지가 발생하는 문제점이 있는 것으로 조사되어 펜톤산화 공정에서 발생하는 슬러지의 양을 저감시킬 수 있는 해결 방안이 필요한 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 펜톤산화 공정에서 발생하는 슬러지의 양을 저감시킬 목적으로 이를 재이용하는 방안에 대하여 조사하였다. 구체적으로 펜톤산화 공정에서 발생된 슬러지를 응집 공정의 응집제로 재이용할 수 있는지의 여부와 펜톤산화 공정에서 촉매로 재이용할 수 있는지 여부에 대하여 조사하였다.

2. 실험

2.1. 펜톤슬러지 재이용 실험

2.1.1. 응집제로의 재이용 실험

펜톤산화 공정에서 과량 발생하는 슬러지를 응집 공정에서 재이용하여 응집제의 사용량과 응집 공정에서 발생하는 슬러지의 양을 저감시킬 수 있는지

여부를 조사하기 위한 실험을 수행하였다. 시료는 현재 수도권 매립지의 호기성 라군 공정을 거친 침출수를 대상으로 하였다. 응집제 종류, 응집제 주입량, 반응 pH 및 기타 실험 조건은 선행된 연구결과를 기초로 결정하였다.^{1~4)} 실험은 응집제만을 사용하는 경우와 응집제와 슬러지를 혼합 사용하는 경우의 유기물질의 제거 효율과 슬러지 발생량을 검토하여 두 방법의 효율성 및 경제성을 비교하였다. 또한 대상 원수 및 응집 처리수의 Zeta Potential(Lazer Zeta Meter : Model Delsa 440SX, Coulter Electronics)을 측정하여 최적 조건에서 응집제 주입량 및 펜톤슬러지 재이용 비율의 적정성 여부를 판단하였다. Table 1에 이 실험의 표준 실험 조건을 정리하였다.

2.1.2. 펜톤산화 촉매로의 재이용 실험

이 실험은 펜톤산화 공정에서 발생하는 슬러지를 펜톤산화 공정의 촉매제로 재이용 가능 여부를 조사하기 위하여 수행하였다. 대상시료는 호기성 라군 공정을 거친 침출수를 응집 처리한 후의 처리수로 하였다. 이 실험에서는 FeSO₄·7H₂O만을 펜톤산화 공정의 촉매로 사용한 경우와 FeSO₄·7H₂O와 슬러지를 혼합하여 펜톤산화 공정의 촉매로 사용하는 경우의 유기물질 제거효율을 검토하여 두 방법의 효율성 및 경제성을 비교하였다. 펜톤산화 후 잔류하는 과산화수소는 유기물질 측정시 방해 인자로 작용하므로 Na₂SO₃로 전처리하여 방해 인자를 제거한 후 유기물질의 농도를 측정하였다. Table 2는 펜톤산화 공정 조건을 요약한 것으로 펜톤 반응시간, 반응 pH 및 기타 조건은 기존의 연구결과를 기초로 하였다.^{2~4)}

2.2. Bench-Scale 연속식 실험

연속식 실험은 Batch-Test에서 도출된 인자를 Scale-up하였을 경우 발생하는 문제점의 파악 및 해결방안을 도출하고 현장에서의 적용 가능성을 검토하는데 목적을 두었다. 시료는 수도권 매립지의 호기성 라군 공정을 거친 유출수를 대상으로 하였다. Table 3에 연속식 실험 조건을 나타내었고 Fig. 1에 연속식 실험 공정을 도시하였다.

Table 1. Experimental condition of coagulation and flocculation

	Treatment Condition
Sample	Lagoon effluent
Coagulant	FeCl ₃
Reaction pH	5 ± 0.5
Rapid mixing	150 rpm, 5 min
Flocculation	20 rpm, 20 min
Settling time	1 hr
Factor	Coagulant dosage, Sludge recycle ratio

Table 2. Experimental condition of Fenton's oxidation

	Treatment Condition	
Oxidation	Sample	Coagulation effluent
	Oxidant	H ₂ O ₂
	Catalyst	FeSO ₄ ·7H ₂ O
	Reaction pH	3 ± 0.5
	Reaction time	1 hr
Coagulation& Flocculation	Rapid mixing	150 rpm, 5 min
	Flocculation	20 rpm, 20 min
	Reaction pH	above 8
	Settling time	1 hr
Factor	Catalyst dosage, Sludge recycle ratio	

3. 결과 및 고찰

3.1. 슬러지를 재이용하지 않을 경우

3.1.1. 응 집

Fig. 2는 수도권 매립지 침출수 처리 공정의 호기성 라군 유출수를 대상으로 응집제 주입량 변화에 따른 유기물질 제거 효율과 Zeta Potential 값을 나타낸 결과이다. 이 결과에 의하면 응집제를 800 mg/L로 주입하였을 경우 처리 후의 COD_{Cr}은 673 mg/L로 약 44% 정도가 제거되는 것으로 조사되었다. 응집제를 1,000 mg/L 주입하였을 경우 COD_{Cr}은 1208 mg/L에서 620 mg/L로 약 48% 정도가 제거 가능한 것으로 조사되었으나 응집제를 1,000 mg/L 이상 주입하여도 유기물질의 제거율은 크게 향상되지

Table 3. Experimental conditions of continuous treatment process

Unit Process		Experimental Conditions
Flow-rate		• 120 L/day
pH Adjustment		• pH adjust : 5.5±0.5 • Mixing Speed : 200 rpm • Retention Time : 30 min
Coagulation and Flocculation		• FeCl ₃ Dosage : variation • Reaction pH : 5±0.5 • Rapid Mixing Retention Time : 5 min Mixing : 150 rpm • Flocculation Retention Time : 20 min Mixing Speed : 15~30 rpm
Sedimentation		• Settling Time : 90 min
Fenton's Oxidation	Oxidation	• Influent pH : 5±0.5 • H ₂ O ₂ Dosage : variation Fe ²⁺ Dosage : variation • Mixing Speed : 200 rpm • Retention Time : 60 min
	pH adjustment	• pH adjust : above 8 • Mixing Speed : 200 rpm • Retention Time : 30 min
	Flocculation	• Mixing Speed : 15~30 rpm • Retention Time : 20 min
Sedimentation		• Settling Time : 90 min
Fenton sludge recycle	Recycle %	50%
Fenton sludge recycle	Injection point	Coagulation and Fenton's Oxidation

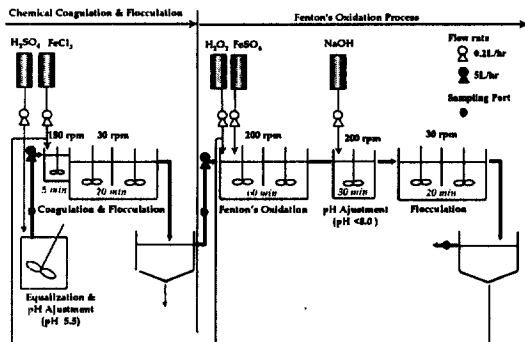


Fig. 1. Schematic diagram of continuous-flow system for leachate treatment.

않았다.

호기성 라군 유출수의 Zeta potential 값은 -61.4

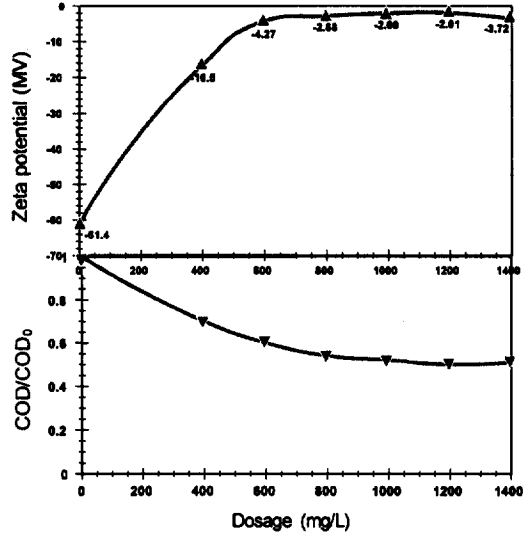


Fig. 2. Comparison of zeta potential and COD_{Cr} removal efficiencies on various dosage of FeCl₃ (COD₀: aerated lagoon process effluent).

mV 정도로 일반적인 자연수(Natural Water)의 Zeta potential 값인 -20~-40 mV보다 높게 나타났다.⁵⁾ 일반적으로 콜로이드성 입자의 불안정화가 일어날 수 있는 Zeta potential 값은 -10~-3 mV 범위인 것으로 알려져 있다.⁶⁾ 이를 기준으로 하면 대상 시료로 사용한 침출수의 콜로이드성 입자를 불안정화시키기 위해서는 응집제를 600 mg/L 이상 주입하여야 할 것으로 판단되었다. 그러나 유기물질의 제거 효율을 기준으로 적정 처리조건을 판단한다면 응집제를 800 mg/L 정도 주입하였을 경우가 적절한 것으로 판단된다. 이같은 결과를 근거로 침출수 처리에 있어서 응집제만을 사용할 경우 적정 응집제의 주입량은 800 mg/L인 것으로 결론지을 수 있다.

3.1.2. 펜톤산화

펜톤산화 공정에서 유기물질은 과산화수소와 철염이 반응하여 생성되는 OH 라디칼에 의하여 산화되거나 산화 반응 후 철염을 제거하는 과정에서 응집에 의하여 제거된다. 본 연구의 기초 실험 결과에 의하면 펜톤산화 공정에서 제거된 유기물질은 약 20% 정도가 산화 반응에 의하여 제거되고 나머지는 철염을 제거하기 위한 공정에서 응집에 의하여 제거

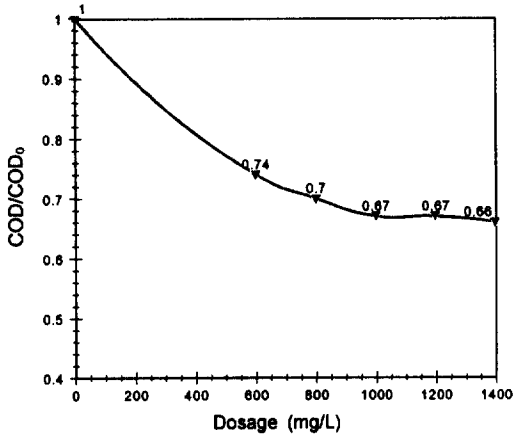


Fig. 3. Change of removal efficiencies of organic compounds by H₂O₂ dosage (after coagulation by aerated lagoon effluents).

되는 것으로 조사되었다. Fig. 3은 펜톤산화 공정에서 과산화수소 및 철염의 주입량에 따른 유기물질 제거효율을 나타낸 결과이다. 이때 과산화수소와 Fe²⁺의 중량비는 기존의 연구결과에 의거²⁻⁴⁾ 1 : 1.25로 하였다. 실험결과 과산화수소와 Fe²⁺의 적정 주입량은 각각 1,000 mg/L와 1,250 mg/L인 것으로 조사되었다. 이 경우 유기물질의 제거 효율은 COD_{Cr}을 기준으로 611 mg/L에서 410 mg/L로 감소되어 약 33% 정도 제거되는 것으로 조사되었다.

이상의 결과는 선행된 실험 결과²⁻⁴⁾와 일치하는 결과로 그간의 연구 결과를 종합하면 현재 수도권 매립지 침출수 처리에 응집과 연계하여 펜톤산화를 적용할 경우 응집공정에서의 적정 응집제 주입량은 800 mg/L, 펜톤산화 공정에서의 과산화수소 및 Fe²⁺의 적정 주입량은 각각 1,000 mg/L, 1,250 mg/L인 것으로 결론지을 수 있었다.

3.2. 슬러지를 재이용할 경우

3.2.1. 응집제로 재이용

침출수에 함유된 고형물질은 대부분 용존 상태로 존재하므로 이 침출수에 대부분 Fe(OH)₃로 존재하는 펜톤슬러지를 첨가할 경우 슬러지는 응집제로서의 역할뿐만 아니라 응집 보조제로서도 역할을 할

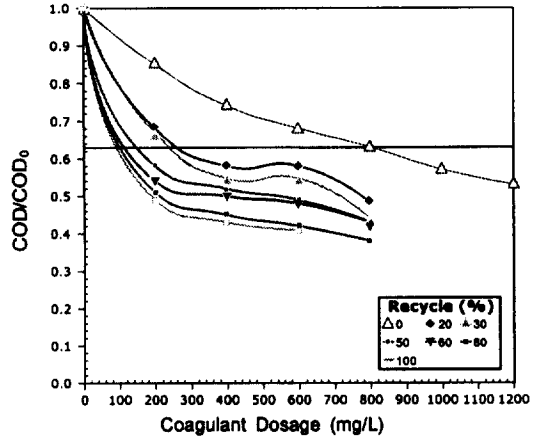


Fig. 4. Change of COD_{Cr} removal efficiencies by sludge recycle ratio.

수 있을 것으로 예상된다. Fig. 4는 FeCl₃만을 응집제로 사용한 경우와 펜톤슬러지와 응집제를 혼합하여 응집제로 사용한 경우의 응집 효율을 비교한 결과이다. 이 결과에 의하면 FeCl₃만을 응집제로 사용한 경우보다 응집제와 펜톤슬러지를 혼합 사용하는 경우가 유기물질 제거에 효과적인 것으로 나타났다. 또한 펜톤슬러지의 재이용비가 증가할수록 유기물질의 제거율도 높아졌으나 슬러지의 발생량을 고려해 볼 때 펜톤슬러지의 재이용비는 0.5 정도로 결정하는 것이 타당한 것으로 판단되었다. 따라서 펜톤슬러지를 응집제로 재이용할 경우의 최적 응집 조건은 FeCl₃의 주입량을 400 mg/L, 펜톤슬러지 재이용비는 0.5로 결정할 수 있었다. 이 조건에서 유기물질의 제거 효율은 COD_{Cr}을 기준으로 약 48%로 FeCl₃만을 800 mg/L 주입한 경우와 비교하면 제거 효율이 약 11% 정도 높았다.

응집제와 펜톤슬러지를 혼합 사용하는 방안이 효율적인 것으로 입증되었으므로 최적의 응집 조건에서 슬러지 재이용 비율에 따른 Zeta Potential을 측정하여 그 결과로 슬러지 재이용 비율의 적정성을 검토하고자 하였다.

Fig. 5는 응집제 400 mg/L와 펜톤슬러지를 재이용 비율에 따라 혼합사용하였을 경우 Zeta Potential의 값을 비교한 결과이다. 응집제만을 주입하였을 경우 최적 응집제 주입량인 800 mg/L에서 Zeta Potential의 값은 -1.91 mV이었으나 응집제 400 mg/L에 펜톤슬러지 발생량의 50%를 재이용할 경

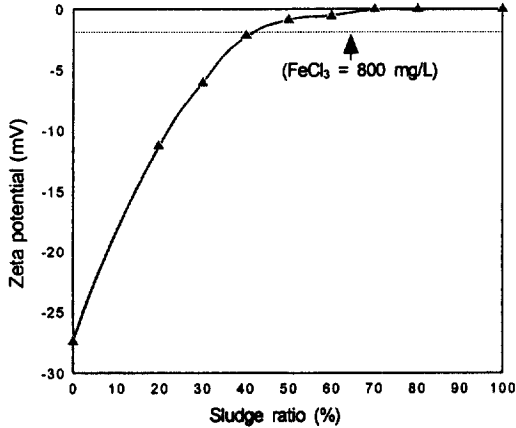


Fig. 5. Change of zeta potential by sludge recycle ratio (FeCl₃ = 400 mg/L).

우 Zeta Potential의 값은 -0.911 mV인 것으로 조사되었다. 이는 응집제만을 주입한 경우보다 응집제와 슬러지를 혼합하여 사용하였을 경우가 콜로이드성 물질을 불안정화 시키는데 더 효과적인 것으로 판단된다. 그러나 재이용비가 증가하여도 Zeta Potential의 값은 거의 변화가 없는 것으로 조사되어 재이용비를 무한정 증가시킨다고 하여 응집효율이 증가되는 것은 아닌 것으로 조사되었다. 따라서 최적의 재이용 비율은 0.5인 것으로 결론지을 수 있었다.

3.2.2. 펜톤 촉매제로 재이용

펜톤산화 공정에서 발생하는 슬러지의 50%는 응집제로 사용가능한 것으로 조사된 바 나머지 50%의 펜톤슬러지를 펜톤산화 공정의 촉매제로 재이용할 수 있는지의 여부를 검토하였다.

Fig. 6은 촉매로 FeSO₄ · 7H₂O만을 사용한 경우와 펜톤슬러지와 FeSO₄ · 7H₂O를 혼합 사용한 경우의 유기물질 제거 효율을 비교한 결과이다. 이 결과에 의하면 Fe²⁺ 주입량을 625 mg/L, 펜톤슬러지의 재이용비를 0.5로 하였을 경우의 유기물질 제거율은 42%인 것으로 조사되었으며 Fe²⁺만을 1250 mg/L 주입하였을 경우에는 41%로 나타나 제거효율이 비슷한 것으로 조사되었다. 따라서 펜톤슬러지를 FeSO₄ · 7H₂O와 혼합 사용할 경우 펜톤슬러지를 촉매로 재이용할 수 있을 것으로 판단된다.

펜톤슬러지와 FeSO₄ · 7H₂O를 혼합 사용할 경우

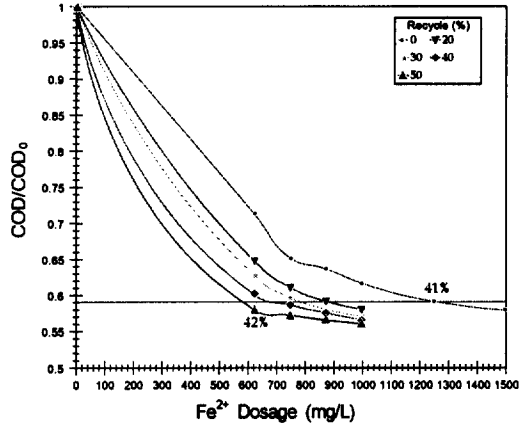


Fig. 6. Change of COD_{Cr} removal efficiencies by sludge recycle ratio.

Table 4. Various injection methods of H₂O₂, FeSO₄ · 7H₂O, sludge

Injection Method	First Stage		Second Stage	
	H ₂ O ₂	Catalyst	H ₂ O ₂	Catalyst
1	Once	Fe ²⁺ , Sludge	-	-
2	1/2	Fe ²⁺	1/2	Sludge
3	1/2	Sludge	1/2	Fe ²⁺
4	Once	Fe ²⁺	-	Sludge
5	Once	Sludge	-	Fe ²⁺
6	2/3	Fe ²⁺	1/3	Sludge
7	2/3	Sludge	1/3	Fe ²⁺

과산화수소가 잔류하여 슬러지 부상의 원인이 될 수 있다. 따라서 유기물질의 제거효율을 증가시키고 잔류하는 과산화수소를 줄이는 방안을 도출하기 위하여 산화제, 철염 및 펜톤슬러지의 주입방법에 변화를 주어 유기물질의 제거 효율을 조사하였다.

Table 4는 산화제, 철염 및 펜톤슬러지의 주입방법을 나타낸 것이며, Fig. 7은 산화제, 철염 및 펜톤슬러지의 주입방법에 따른 유기물질 제거율을 나타낸 결과이다. 이 실험의 경우 산화제의 주입량은 적정 주입량인 1000 mg/L, 철염은 기존의 주입량보다 50%를 저감하여 주입하였으며 펜톤슬러지 발생량의 50%를 재이용하였다. 다만 주입시간은 30 min으로 하였다.

실험결과 산화제, 철염 및 펜톤슬러지를 단일 주입하는 방법과 다른 주입방법들의 유기물질 제거율은 2~3% 정도 차이가 나는 것으로 나타나 거의 비

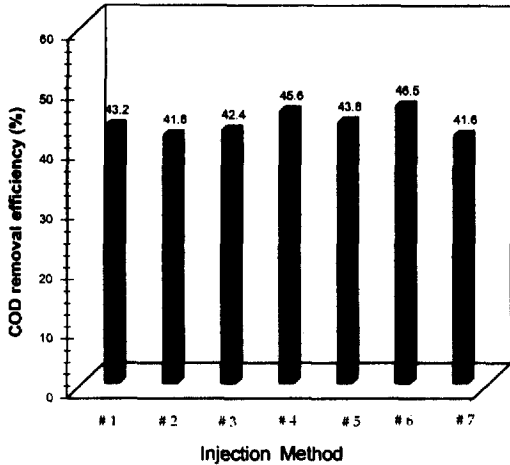


Fig. 7. Comparison of COD_{Cr} removal efficiencies by different injection methods.

스한 유기물질 제거율을 나타내었다. 또한 잔류하는 과산화수소의 양도 거의 비슷한 수준이었다. 따라서 주입방법의 변화에 따른 유기물질 제거 효율의 향상은 미미한 것으로 조사된 바 공정의 운전시 편의를 도모하기 위하여 산화제, 철염 및 펜톤슬러지의 주입방법을 단일 주입방법으로 하여 실험실 규모의 Bench-Test를 수행하였다.

3.3. Bench-Scale 연속식 실험을 통한 슬러지 재활용 적용성 검토

Batch 실험에서 도출된 운전조건을 Bench-Scale의 연속실험에 적용하여 처리성을 평가하였다. 매립지에서 발생하는 침출수의 경우 유기물질에 대한 규제는 현재 COD_{Cr}과 COD_{Mn}중 한 항목만을 선택적으로 적용가능하나 2001년부터는 COD_{Cr}만으로 규제하게 된다. 따라서 본 연구에서는 두 항목 중 COD_{Cr} 측정 결과를 근거로 유기물질의 제거효율을 평가하였다. Fig. 8은 시간에 따른 유기물질의 제거효율 변화를 나타낸 결과이다.

펜톤슬러지를 응집제로 사용하지 않고 응집제만을 사용하는 실험에서 응집 공정으로 유입된 유입수의 유기물질의 농도는 COD_{Cr}을 기준으로 1410~1529 mg/L 범위로 측정되었다. 이 유입수를 응집 공정에 적용시켰을 경우 유기물질의 농도는 COD_{Cr}을 기준으로 861~987 mg/L의 범위를 나타내어

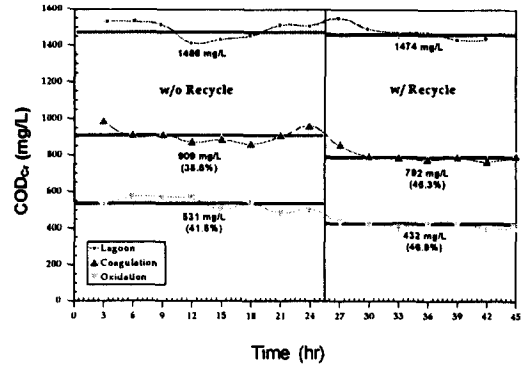


Fig. 8. Change of COD_{Cr} concentration in chemical treatment process (bench-scale).

응집 공정에 의하여 평균 38.8% 정도의 유기물질이 제거되는 것으로 판단되었다. 응집 처리수를 펜톤산화 공정에 적용하였을 경우 유출수의 유기물질의 농도는 COD_{Cr}을 기준으로 484~571 mg/L의 범위를 나타내어 펜톤산화 공정에 의하여 평균 41.6% 정도의 유기물질이 제거되는 것으로 조사되었다.

펜톤슬러지를 응집제 및 펜톤 촉매제로 재이용하는 실험에서 응집 공정으로 유입되는 유입수의 유기물질의 농도는 COD_{Cr}을 기준으로 1432~1548 mg/L 범위로 조사되었다. 이 유입수를 응집처리 하였을 경우 유기물질의 농도는 COD_{Cr}을 기준으로 765~852 mg/L의 범위를 나타내어 평균 46.3% 정도의 유기물질이 제거된 것으로 조사되었다. 또한 응집 처리수를 펜톤산화 공정에 적용하였을 경우 유출수의 유기물질의 농도는 COD_{Cr}을 기준으로 398~443 mg/L의 범위를 나타내어 펜톤산화 공정에 의하여 평균 46.9% 정도의 유기물질이 제거되는 것으로 조사되었다.

이상의 결과로 펜톤슬러지를 재이용하는 방법이 재이용하지 않는 방법보다 응집 공정에서는 8.5% 펜톤산화 공정에서는 5.3%가 유기물질 제거에 더 효과적인 것으로 조사되었다. 또한 침출수의 유기물질 규제 농도(COD_{Cr}=800 mg/L)보다 낮은 농도로 처리가 가능한 것으로 조사되었다.

Table 5는 Bench-Scale 처리 공정의 생물학적 공정에 의한 처리수를 대상으로 펜톤슬러지를 응집제 및 펜톤 촉매제로 재이용한 경우와 재이용하지 않은 경우의 유기물질 제거효율 및 슬러지 발생량을

Table 5. Comparison of treatment efficiencies and sludge production with and without sludge recycle(bench-scale)

		without sludge recycle	with sludge recycle
Coagulation	Influent COD _{Cr}	1,486	1,474
	Removal(%)	38.8	46.3
	Sludge Production(%)	12.9	8.4
Fenton's Oxidation	Influent COD _{Cr}	909	792
	Removal(%)	41.6	46.9
	Sludge Production(%)	30	25.7
Overall Removal (%)		64	71

비교한 결과이다. 이 결과에 의하면 펜톤슬러지를 응집제로 50% 재이용한 경우가 응집제만을 사용한 경우보다 평균 유기물질 제거 효율은 8.5% 정도 효율이 증가하였고 응집 슬러지의 발생량은 35% 감소하는 것으로 나타났다. 또한 펜톤슬러지를 펜톤 촉매제로 50% 재이용한 경우가 펜톤 촉매제만을 사용한 경우보다 평균 유기물질 제거 효율은 5.3% 정도 효율이 증가하였고 펜톤슬러지의 발생량은 14% 정도 감소하는 것으로 나타났다. 이상의 결과로 펜톤산화 공정에서 발생하는 슬러지의 재이용은약품 비용이나 슬러지 처리 비용을 절감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

- 1) 펜톤슬러지를 재이용하지 않는 경우 침출수 처리를 위한 약품의 적정 주입량은 응집 공정에서는 800 mg/L, 펜톤산화 공정에서 산화제의 적정 주입량은 1,000 mg/L, Fe²⁺의 주입량은 1,250 mg/L인 것으로 조사되었다.
- 2) 펜톤슬러지를 응집제와 혼합사용하여 응집 공정에 적용할 경우 최적 응집 조건은 응집제 주입량이 400 mg/L, 슬러지 재이용 비율은 펜톤산화 공정에서 발생하는 슬러지의 50%인 것으로 조사되었다. Zeta meter로 응집 처리수의 Zeta potential을 측정 한 결과 펜톤슬러

지를 응집제로 재이용할 수 있는 적정비율은 50%인 것으로 조사되었다.

펜톤슬러지를 펜톤산화 공정의 촉매제로 재이용 가능한 Fe²⁺의 주입량은 625 mg/L, 슬러지 재이용 비율은 50% 조사되었으며, 또한 산화제, 철염, 펜톤슬러지 주입방법의 변화에 따른 유기물질 제거효율의 차이는 미미한 것으로 조사되었다.

- 3) 연속식 처리 실험을 수행한 결과 펜톤슬러지를 재이용하는 공정이 재이용하지 않는 공정보다 유기물질 처리효율면에서 효과적이었다. 이 경우 응집 공정에서 유기물질 제거 효율은 8.5% 증가하였고, 슬러지 발생량은 35% 저감시킬 수 있는 것으로 조사되었다. 펜톤산화 공정에서 유기물질 제거 효율은 5.3% 증가하는 것으로 조사되었다.

이상의 연구 결과를 종합하면 수도권 매립지에서 발생하는 생물학적 처리수를 응집 공정과 펜톤산화 공정으로 처리할 경우 펜톤산화 공정에서 발생하는 슬러지를 응집제 및 펜톤산화 촉매제로 전처리없이 재이용하는 방안을 도입하여 과다하게 소요되는약품 비용을 절감하고 펜톤산화 공정에서 발생하는 과량의 슬러지 처리 문제를 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 최영수, 조순행, 윤제용, 박철휘, 유희찬, "수도권 매립지 침출수의 물리·화학적 처리(1)," 대한환경공학회지, 19(2), 141~152(1997).
2. 권철용, 조순행, 최영수, 장명훈, 이의신, 유희찬, "수도권 매립지 침출수의 물리·화학적 처리(II)," 대한환경공학회지, 20(7), 1015~1025(1998).
3. 권철용, 조순행, 최영수, 구태완, 이의신, 유희찬, "수도권 매립지 침출수의 물리·화학적 처리(III)," 대한환경공학회지, 21(6), 1129~1139(1999).
4. (주) 대우 건설기술연구소, Bench Scale 연구를 통한 침출수 처리 공정 조합의 최적화(1996).

5. Frederick W. P., Water quality and treatment, American Water Works Association, McGraw-Hill, Inc., Fourth Edition, New York, pp. 306~308(1990).
6. Dorica J. and Wong, A., "Application of

zeta potential for control of alum coagulation in the 'PPRIC' effluent treatment process," *Proc. 35th Industrial Waste Conference*, Purdue University, West Lafayette, Indiana, pp. 134~141(1980).