

배가스 내 산성가스 흡수능 향상을 위한 흡수제 특성 연구

정현수*, 김재현*, 변성제*, 문병현*, 박아린*, 김희진**, 김성수**†

*경기대학교 일반대학원 환경에너지공학과

**경기대학교 환경에너지공학과

e-mail:sskim@kgu.ac.kr

Investigation of Absorbent Properties for Enhanced Acid Gas Absorption in Flue Gas

Hyeonsu Jeong*, Jae Heon Kim*, Seongje Byun*, Byung Hyun Moon*, Arin Park*,
Hee Jin Kim**, Il-Gun Park**, Sung Su Kim**†

*Department of Environmental Energy Engineering, Graduate School of Kyonggi university

**Department of Environmental Energy Engineering, Kyonggi university

요약

본 논문에서는 사업장에서 배출되는 가스 내 대기오염물질을 저감하기 위한 연구를 수행하였으며, 사업장마다 배출되는 대기오염물질이 VOCs 등 다양하다. 대기오염물질 저감 시 습식 스크러버 기술은 규제 기준 충족과 안정적 운영이 가능한 대표적인 기술 중 하나이다. 하지만 습식 스크러버 내 주요 영향인자 중 하나인 pH는 안정적으로 유지되는 시간과 흡수능이 비례하다는 것을 알 수 있다. 하지만 배가스 내 산성가스가 포함되어 있으면, pH는 크게 불안정해지며, 흡수 성능이 크게 감소된다. 따라서 배가스 내 산성가스 존재 시 습식 스크러버를 이용한 산성가스 제거 효율 향상을 목적으로 다양한 시약을 이용하여 적용가능성을 평가하고, 흡수제의 최적 조성 및 운전 조건을 도출하고자 한다.

1. 서론

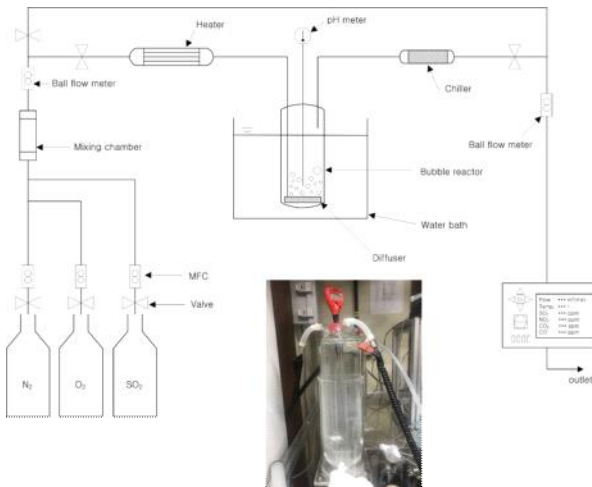
대기오염은 인류의 건강과 생태계에 심각한 위협을 가하고 있으며, 이에 대한 국제적 관심과 대응 노력이 점차 확대되고 있다. 특히 산성가스는 대기오염의 주요 원인 중 하나로서, 미세먼지 및 산성비 발생을 유발하는 핵심 물질이다. 산성가스는 주로 황산화물(SO_x)과 질소산화물(NO_x)로 구성되어 있으며, 이러한 물질은 주로 화석연료를 사용하는 산업 공정과 발전시설에서 발생한다. 또한 배가스 내 존재하는 산성가스는 휘발성유기화합물(VOCs) 등 다른 대기오염 물질의 흡수를 방해할 수 있으며, 이는 환경 관리와 규제 이행에 추가적인 어려움을 초래한다. 각국의 산업 현장별 배출 규제 기준은 기술적, 경제적 상황에 따라 상이하게 설정되고 있으나, 전반적으로 규제가 강화되는 추세이다. 산성가스 배출 문제를 해결하기 위해 신재생에너지의 활용 확대가 장기적인 대안으로 제안되고 있지만, 기술적 완성도와 경제성 확보까지는 많은 시간과 투자가 요구된다. 따라서 산업 현장에서 즉시 적용 가능한 현실적인 기술 솔루션의 중요성이 강조되고 있다. 이 중 습식 스크러버는 산업 현장에서 산성가스 배출 규제 기준을 효과적으로 충족할 수 있는 대표적인 저감 기술로 인식되고

있다.

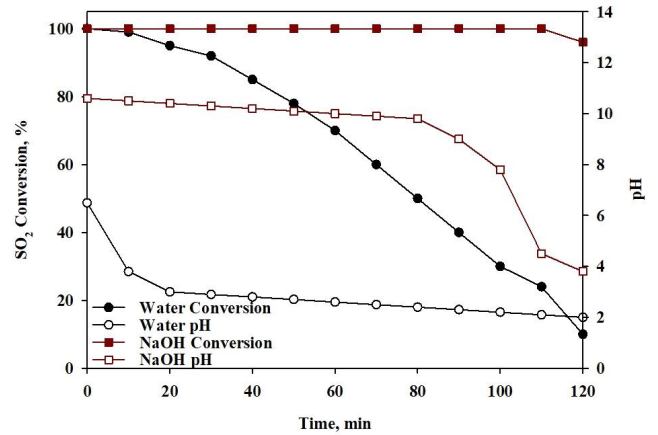
습식 스크러버 기술의 성능은 주로 사용되는 흡수제의 특성과 운전 조건에 따라 크게 달라질 수 있으며, 특히 흡수제의 pH는 산성가스 흡수 효율에 결정적 영향을 미치는 주요 인자이다. 본 연구에서는 습식 스크러버의 산성가스 제거 효율 향상을 위해 여러 흡수제의 특성과 조성을 면밀히 분석하고, 최적화 방안을 도출하여 산업 현장에서의 적용성을 높이하고자 한다. 이를 통해 보다 효율적이고 경제적인 산성가스 저감 기술을 제공하여, 대기 환경 개선에 기여하고자 한다.

2. 연구 방법

버블리액터라고 하는 기-액 반응기를 통해 실험을 수행하였으며, 흡수제는 증류수 기반으로 알칼리 용액(NaOH, CaO 등)을 첨가 후 교반하여 500 mL를 제조하였다. 대표적인 산성가스는 인체에 덜 유해하고 흔히 주변에서 배출되는 SO₂로 선정하였다. SO₂ 농도는 500 ppm이고, 총 유량은 1 L/min이다. 온도 별(20–80 °C), mole ratio 별(0.1–0.5) 조건에서 흡수제의 흡수 성능 평가를 수행하였다.



[그림 1] 버블리액터 사진 및 개략도



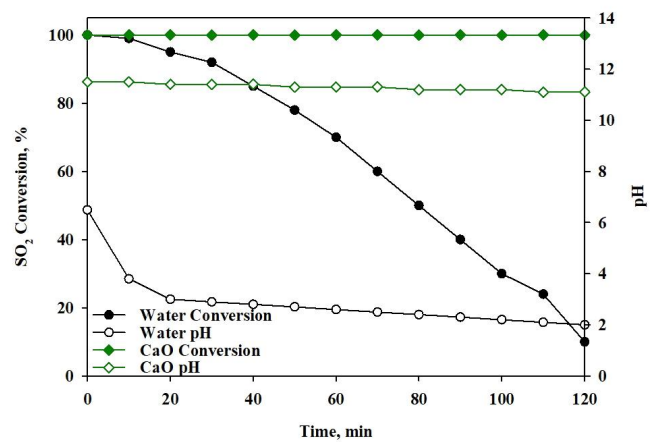
[그림 2] Sodium계 흡수제의 SO₂ 흡수성능평가

[표 1] SO₂ 농도 및 가스 유량 조건

SO ₂ conc., ppm	Flow, cc/min			
	Total gas	SO ₂ gas	N ₂ gas	O ₂ gas
500	1,000	10	780	210

[표 2] 흡수제의 온도 및 반응 mole ratio에 따른 실험조건

Absorbent	Case	Temperature, °C	Mole rate (SO ₂ : Absorbent)		
			Run-A	Run-B	Run-C
Sodium & Calcium	Case 1	20	1:0.1	1:0.25	1:0.5
	Case 2	40	1:0.1	1:0.25	1:0.5
	Case 3	60	1:0.1	1:0.25	1:0.5
	Case 4	80	1:0.1	1:0.25	1:0.5



[그림 3] Calcium계 흡수제의 SO₂ 흡수성능평가

3. 실험 결과

SO₂ 흡수성, pH 지속성 측면에서 CaO가 우수하였지만, 막힘 현상, 낮은 용해도, 비싼 가격으로 인해 공정 적용에 어려움이 존재한다. 따라서 SO₂ 흡수성능, 용해도, 경제성 측면을 포함하여 전체적으로 검토하였을 때, NaOH로 선정하였다. Mole ratio는 0.5M > 0.25M > 0.1M 순으로 우수한 흡수성능을 나타냈으며, 0.25M 이상 부터는 흡수성능이 크게 차이 안나므로 최적 조건은 0.25M 이상으로 선정하였다.

4. 결론

흡수제 종류별, 농도별 실험을 통해 흡수제가 pH 5 이하 도달 시 흡수성능이 저하됨을 확인하였다. CaO 흡수제가 NaOH 보다 황산화물 전환율, pH 지속성에 있어 안정적이지만, 경제성 및 막힘현상 등을 고려하였을 때 실공정 적용에 문제가 있을 것으로 판단하였다. SO₂ 뿐만 아니라 HCl 등 다양한 산성가스의 영향을 확인할 필요가 있으며, 배가스와 같은 모사가스를 만들어 실공정 적용 시 공존가스에 의한 영향 등에 대한 연구 수행의 필요성이 존재한다.