

황산알루미늄수화물에 의한 비산방지 효과 평가

이병대[†]

위덕대학교 보건학과
(2010년 10월 1일 접수 ; 2010년 11월 29일 채택)

Assessment of Anti-Scattering Effect by Aluminium Sulfate

Byung-Dae Lee[†]

Department of Health, Uiduk University, Gyeongju, Gyeongbuk 780-713, Korea
(Received October 1, 2010 ; Accepted November 29, 2010)

Abstract : Various anti-scattering agents for suppression of dust scattering at waste depository were compared in this study. Based on the price, easy of usage, and no toxicity, 1% of $Al_2(SO_4)_3$ was selected as surface hardening agents. Only lower than 2% of total weight were flied when wind speed was monthly maximum velocity during 1 hr. These results were quite good with comparison of S anti-scattering agents which was made by C company in Korea. When $Al_2(SO_4)_3$ was spread, the surface waste became hard therefore the effect of suppression of scattering dust was long lasting. It was recommend that 2% of $Al_2(SO_4)_3$ was spread to keep suppression of scattering dust when sudden gust of wind such as natural disaster was occurred.

Keywords: anti-scattering agents, aluminium sulfate, monthly maximum velocity, temperature effect.

1. 서론

제철소, 광산, 시멘트 공장 등에서는 철광석, 석탄류, 시멘트 등과 같은 분말 원료를 통상적으로 보관 시설을 이용하여 보관하거나 야적하여 사용하고 있다. 분말상태의 원료가 야적 상태로 보관됨에 따라 바람에 의해 비산되거나 강우에 의해서 유실되어 적지 않은 경제적 손실을 피할 수 없다[1-2]. 또한 건물내부에서 석면 등과 같은 유해물질의 비산 방지도 많은 관심이 집중되고 있다[3]. 비산되거나 유실된 분말 원료나 유해물질이 주변 하천이나 공기

등을 오염시키는 오염원으로 작용하여 심각한 환경 문제를 야기하는 문제점도 갖고 있다 [4-5]. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 간단한 방법으로 물이나 빗물을 살포[6-7]하거나, 스티렌과 부타디엔을 주성분으로 하는 액상 고무 계열의 비산방지제를 제안한 바 있다[8]. 물을 사용하는 경우에 결빙의 문제 때문에 동기에는 사용할 수 없고 자주 살포해야하는 단점이 있고, 부타디엔이 주성분인 비산방지제는 분진 비산방지 효과는 우수하나 야적층 표면에서의 결합력이 떨어져 강한 바람이 불 경우 야적층 표면에 균열이 발생하는 단점과 가격이 상대적으로 높다는 단점이 있다. 시멘트 계열의 비산방지제도 많이 이용되고 있으나 철광석, 석

[†]주저자 (E-mail : bdlee@uu.ac.kr)

탄류 야적장에는 사용될 수 없고 비탈면의 표면경화에만 제한적으로 사용되고 있다. 그러므로 본 연구에서는 가격이 저렴하고 인체에 무해한 황산알루미늄수화물 수용액을 사용하여 비산억제 방지 목적의 비산방지제로서의 적용 가능성에 대해 살펴보았다. 또한 황산알루미늄수화물 수용액의 비산방지 효과를 기존의 비산방지제와 비교 검토 하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 비산방지제로서 경제성, 사용의 용이성, 안전성 등을 고려하여 1 vol% 황산알루미늄수화물 수용액[Al₂(SO₄)₃]을 선정하였다[9]. 여기서 상기 황산알루미늄 수화물이 희석되는 용매는 물이 적당하며 세부적으로, 지하수, 공업용수, 빗물, 하천수 등이 이용될 수 있으며, 수온은 물이 얼지 않는 정도면 가능하여 0-80℃ 범위면 가능하다. 분말 상태인 황산알루미늄은 물에 아주 잘 용해되므로 100-150 rpm 정도로만 교반 시켜도 단시간에 완전히 용해된다.

분말 상태인 폐기물 100g을 대상으로 1% 황산알루미늄수화물 수용액과 비산방지 성능을 비교하기 위해 C사의 1% S 비산방지제를 사용하였다. 대조실험으로는 증류수를 사용하였다. 폐기물 100g을 5개씩 준비하여 1% 황산알루미늄수화물 수용액, 1% S 비산방지제, 증류수 20ml를 각각의 폐기물 표면에 골고루 살포하였다. 상기 3가지 비산방지제를 살포하고 1시간이 경과한 후 30분간 풍속 실험을 진행하였다. 본 연구에서는 비산방지제가 살포된 시료와 살포되지 않은 시료를 대상으로 풍속 실험을 진행하고 각 시료의 중량차를 분석하여 비산방지제의 성능을 평가하였다. 모든 실험 결과는 상기 실험을 동일하게 5회 반복하여 나타난 평균값이다.

비산방지 방지효과를 평가하기 위해 기온과 풍속을 고려하였다. 기온의 영향을 고려하기 위해 폐기물을 미리 냉동고 또는 건조기 넣어두었다가 온도를 일정하게 맞춘 후 실험에 이용하였다. 실험에 사용된 평균 풍속은 3.2-4.5 m/s 정도이다. 평균 풍속을 3.2-4.5 m/s로 설정

한 이유는 2005년에서 2009년 사이의 우리나라 내륙지방의 월 최대 풍속이 이 범위로 조사되었기 때문이다[10-14]. 참고로 비산방지 방지효과를 평가하는데 강우의 영향을 고려하지 않은 이유는 대부분의 폐기물 보관소에는 지붕을 덮어서 보관하기 때문이다.

3. 결과 및 고찰

3.1 폐기물의 특성

포항시에 위치한 A업체에서는 폐기물을 재활용하여 시멘트 부원료인 규석을 생산하는 업체이다. 사업특성상 폐기물을 장기간 야적해 두어야 하므로 강우, 바람 등에 의한 폐기물의 비산방지가 필요한 실정이다. Fig. 1에 본 연구의 대상인 폐기물의 날림 정도를 나타내었다.

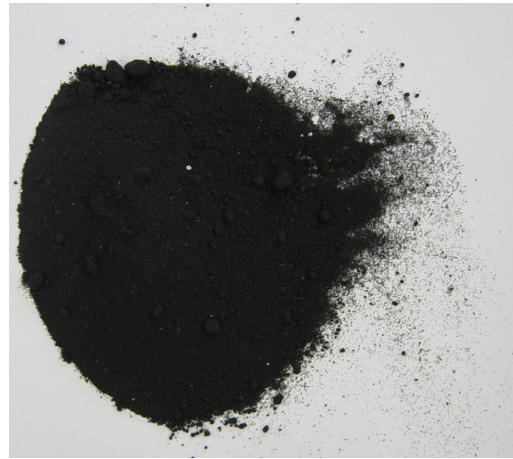


Fig. 1. Waste scattering (wind velocity: 3.2m/s).

당 사업체의 폐기물에 함유된 중금속 함량을 Table 1에 나타내었다. Table 1에 나타난 것처럼 중금속 함량이 폐기물 재활용에 있어 문제가 없는 것으로 조사되었다.

폐기물의 입자크기는 Table 2에 나타난 것처럼 매쉬 No. 20번 이상의 크기가 전체 중량의 90% 정도를 차지하는 것으로 조사되었다.

Table 1. Waste component analysis[15-16]

Items	unit	result	Methods
SiO ₂	wt%	74.9	KS E 3806 : 1994
Al ₂ O ₃		2.15	KS E 3806 : 1994(ICP)
K ₂ O		0.26	KS E 3806 : 1994(ICP)
Na ₂ O		1.78	KS E 3806 : 1994(ICP)
Cl		0.0039	KS F 2515 : 2002
	mg/l		Standard of harmful compounds concentration of designation Waste
Pb		0.08	> 3mg/l
Cu		0.017	> 3mg/l
As		0.000	> 1.5mg/l
Hg		0.0000	> 0.005mg/l
Cd		0.000	> 0.3mg/l
Cr ⁶⁺		0.00	> 1.5mg/l
CN		0.00	> 1mg/l

Table 2. Waste particles analysis[15]

Mesh Size	Weight percent(%)
<10	9.2
10<20	21.2
20<30	31.1
>30	38.5

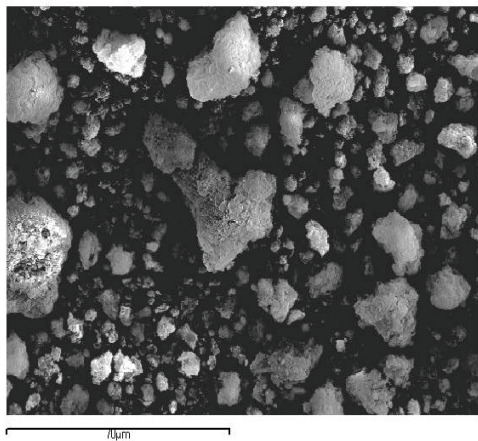


Fig. 2. Scanning electron microscope photograph of waste after aluminium sulfate spread.

Fig. 2는 황산알루미늄수화물 수용액을 폐기물에 살포한 후의 주사현미경사진을 나타내고 있다. 입자크기가 작은 폐기물(70µm 미만)까지 황산알루미늄수화물이 잘 도포되었음을 알 수 있었다.

3.2 풍속에 의한 비산억제 평가

Fig. 3에 바람의 세기에 따른 비산억제 효과를 평가하기 위해 풍속 1.5-6.5m/s 범위에서 폐기물 날림 정도를 나타내었다. 풍속을 6m/s 정도까지 실험한 이유는 강풍에 의한 비산방지의 안전율을 확보하기 위함이었다.

중류수만을 살포한 경우에는 2m/s 전후의 낮은 풍속에서부터 폐기물이 날리기 시작하여 풍속 6m/s 전후에서는 전체중량의 약 12%가 비산됨을 알 수 있었다. S비산방지체를 살포한 경우에는 풍속 4m/s까지는 전체중량의 2% 내외의 비교적 소량이 비산하였으나, 풍속 6m/s 전후에서는 급격히 비산하는 양이 많아져 전체중량의 약 8%가 비산됨을 알 수 있었다. 알루미늄수화물 수용액을 살포한 경우에는 풍속 5m/s 정도까지는 전체중량의 1% 내외의 소량이 비산하였고 풍속 6m/s부근에서도 전체 중량의 2% 전후만 비산하는 매우 안정적인 비산방지 효과를 나타내었다.

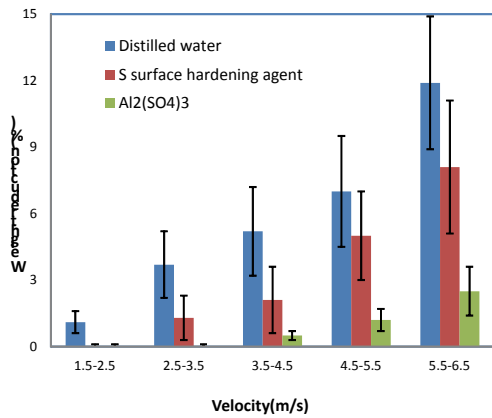


Fig. 3. Dust weight reduction according to wind velocity increase.

3.2 기온에 의한 비산억제 평가

2005년에서 2009년 사이의 우리나라의 최저 기온과 최고 기온이 -20℃-40℃ 범위인 것으로 조사되어 실험은 -10℃-30℃ 범위에서 실시하였다. 풍속은 가장 대표성을 가지고 있는 4.5-5.5m/s에서 실시하였다. Fig. 4에 기온이 비산에 미치는 영향을 나타내었다. -10℃에서는 증류수, S 비산방지제, 황산알루미늄수화물수용액 살포한 경우 모두 비산하는 먼지의 양이 거의 없음을 알 수 있었다. 기온이 0℃ 인 경우에서 증류수 살포한 경우에 약 3% 정도의 먼지가 비산하였고, S 비산방지제는 1% 미만 그리고 황산알루미늄수화물수용액 살포의 경우에는 전혀 비산하지 않는 것으로 조사되었다. 기온이 상승함에 따라 비산하는 먼지의 양도 증가하여 기온이 30℃인 경우에는 증류수 살포한 경우에 약 12% 정도가 비산하였고, S 비산방지제는 8.5% 미만 그리고 황산알루미늄수화물수용액 살포의 경우에는 2% 미만인 것으로 조사되었다. 이러한 결과로부터 황산알루미늄수화물수용

액이 기온의 증가에도 안정된 비산방지효과를 나타내는 것으로 판단된다.

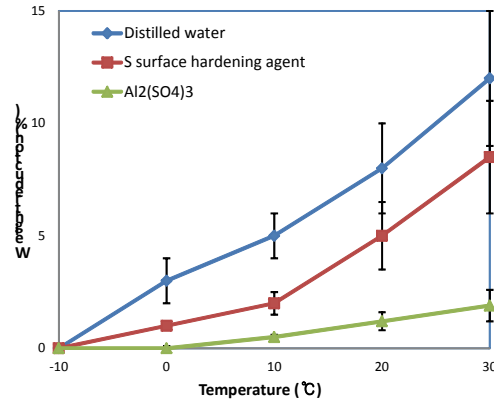


Fig. 4. Dust weight reduction according to temperature increase.

3.3 비산방지제의 비산억제 비교

상기에서 언급한 바람의 지속정도에 따른 비산억제 평가와 바람의 세기에 따른 비산억제 평가결과를 바탕으로 비산방지제로서 C사의 S 비산방지제와 황산알루미늄수화물 수용액을 비교한 결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 3에 나타낸 바와 같이 폐기물에 비산방지제를 첨가하지 않은 상태에서 30분간 풍속 실험을 시행한 결과 12g의 폐기물이 비산하는 것으로 조사되었다. 폐기물의 날림 정도를 Fig. 1에 나타내었다. 육안으로도 풍속개시 초기부터 상당량의 폐기물이 날리는 것을 알 수 있었다.

C사의 S비산방지제를 첨가 후 30분간의 풍속 실험에서 가장자리의 폐기물이 비산하기 시작함을 알 수 있었다. 또한 S비산방지제가 부타디엔 계열이라서 살포 후 약간의 냄새를 유발하여 실제 적용시에 인근 주민들로부터의 민원

Table 3. Results of dust scattering according to wind velocity at 20℃

Sample	Average wind velocity	Weight reduction	Scattering degree
Raw waste	3.2m/s	12g	Very scattered
After distilled water spread	3.8m/s	5-9g	Some scattered
After 1% of S anti-scattering agent spread	4.3m/s	3-6g	Little scattered
After 1% of aluminium sulfates spread	4.5m/s	<2g	Very little scattered

이 제기될 수 있다고 판단된다.

1%의 황산알루미늄수화물 수용액을 살포한 경우, 풍속 4.5m/s에서 30분간 실험하여도 거의 폐기물이 비산하지 않음을 알 수 있었다. 황산알루미늄수화물 수용액 살포 후에도 냄새, 색깔 등을 유발하지 않는 것으로 조사되었다.

4. 결론

폐기물 야적장의 비산방지목적으로 비산방지제로써 1%의 황산알루미늄수화물 수용액을 사용하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 비산방지역제 효과를 비교분석하기 위해 증류수, C사의 S비산방지제와 비교한 결과 같은 농도 및 살포량에서 황산알루미늄수화물 수용액이 우수한 비산방지효과를 나타내었다.
2. 과거 5년간의 내륙지방 평균 풍속 및 돌풍을 가정한 풍속에서도 황산알루미늄수화물 수용액이 증류수 및 C사의 S비산방지제보다 우수한 비산방지 효과를 나타내었다.
3. -10℃-30℃ 범위에서도 황산알루미늄수화물 수용액 살포의 경우에는 비산하는 먼지의 양이 2% 미만인 것으로 조사되어 우수한 비산방지 효과를 나타내었다.
4. 비산방지 목적의 비산방지제로써 황산알루미늄수화물 수용액이 C사의 S비산방지제와 비교한 결과 사용이 간편하고(중량이 가볍고 농도 조절이 용이), 가격이 저렴하며, 인체에 무해한 장점이 있다.

이러한 결과로부터 황산알루미늄수화물 수용액이 폐기물(폐 주물사 등), 철광석 원료, 석탄류 분말, 시멘트 분말 등이 풍속에 의해 비산되거나 강우에 의해 유실되는 것을 효과적으로 방지할 수 있다. 또한 최악의 기상조건(일 최대 풍속, 일 최대 강우량)과 안전을 까지 고려한다면 황산알루미늄수화물 수용액 농도를 1%보다 높여 비산방지제로 사용하는 것이 바람직할 것이다.

참고문헌

1. Y. O. Choi, "Prevent device for scattering

- dust of stacker", Korea patent, No. 1020040112451 (2004).
2. C. W. Park, and S. J. Lee, Wind Tunnel Experiment on Porous Wind fence for Abating Wind Erosion of Coal Dusts in POSCO Kwang Yang Open Storage Yards, *J. Wind Eng. Ins. Kor.*, **2**, 115 (1998).
3. T. H. Song, Y. H. kim, and S. H. Lee, Application of Dust Suppressant to prevent Flying-Asbestos from Fire-Resistant Coat according to Vibration and Wind Velocity Conditions, *J. Kor. Soc. Waste Mana.*, **26**, 428 (2009).
4. http://www.constimes.co.kr/article/article_view.asp?boardid=1&num=8278.
5. http://www.siminilbo.co.kr/article.aspx?cat_code=02020000N&article_id=20100404192300295
6. C. H. Kim, "Water Sprinkling Apparatus preventing Dust of Construction Scrapped Material", Korea patent, No. 1020030024583 (2003).
7. S. I. Park, "Scattering Dust Remove device used Rain Water Road", Korea patent, No. 1020090045622 (2009).
8. K. H. Lee, "Surface Hardening Agent for Suppression of Scattering Power Dust" No. 1019980012681 (1998).
9. B. D. Lee, "Suppression of Scattering Dust at Waste Depository", *Sym. Kor. Oil Chem. Soc. 2009*, 85 (2009).
10. Korea Meterological Administration, Annual Report (2005).
11. Korea Meterological Administration, Annual Report (2006).
12. Korea Meterological Administration, Annual Report (2007).
13. Korea Meterological Administration, Annual Report (2008).
14. Korea Meterological Administration, Annual Report (2009).
15. Ministry of Environment, Korean Standard Method (Waste) (2009).
16. Ministry of Environment, Korean Standard Method (Water) (2009).