

쓰레기 매립장 침출수에 대한 지구화학적 연구

박천영¹⁾, 정연중¹⁾, 박신숙¹⁾, 김성구¹⁾

1. 서론

우리나라는 경제성장과 생활수준 향상으로 쓰레기 발생량이 매년 증가하고 있으며 생활 폐기물 발생량이 49,000ton/day 이상으로 배출되고 있다. 생활폐기물은 매립에 의해서 처분되는 비율은 63.9%이고 재활용은 29% 그리고 소각은 7.1%으로 나타난다(환경통계연감, 1999). 매립장에 처분된 폐기물은 침출수가 발생되며, 침출수의 농도 변화는 폐기물의 종류, 매립연한, 강우특성, 토양의 투수성과 흡착특성에 따라 심하게 일어난다. 일반적으로 침출수의 pH는 신생매립지인 경우 4.5~7.5, 고령화된 매립지는 6.5~7.5로 변화한다. 쓰레기장에 매립된 폐기물은 단계적으로 분해가 진행되는데 강우, 폐기물중에 함유된 수분과 공기로 인해 호기성 분해가 일어나 CO₂와 H₂O가 생성된다. 매립장의 산소가 호기성분해로 소모되면 혐기성 분해가 진행되어 CO₂, CH₄등이 발생되며, 이 혐기성 분해는 20년 이상으로 장기간에 걸쳐 일어나게 된다(Popov and Power, 1999).

2002년 매립이 완료될 것으로 예상되는 광주광역시 북구 운정동 위생매립장은 조성계획면적 279,208m²에 매립계획량 4,369m³이고 순수 쓰레기 매립량은 3,739m³이다. 운정동 쓰레기 매립장에서 생성되는 침출수는 하루 평균 400ton이며 강우량의 변화에 따라 침출수의 발생량도 계절적으로 변화하고 있다. 운정동에서 생성된 침출수는 자체처리하지 않고 약 12Km 떨어진 광주시 유덕동의 하수종말처리장으로 침출수 이송관로를 통해 운반되어 처리 방류되고 있다. 침출수를 이송관로로 운반하는 과정에 관로가 침전물로 막혀 정기적으로 이송관로를 청소하고 교체하는 작업이 진행되어 막대한 경비와 인력이 소요되고 있다. 이에 본 연구의 목적은 강우량변화에 따른 침출수 성분의 변화를 파악하고 침출수 이송관로에 형성되는 scale에 대해 지구화학적 특성을 밝혀 침출수 정화에 필요한 기초자료를 얻는데 있다.

2. 시료채취 및 분석방법

침출수: 광주시 운정동 쓰레기 매립장에서 생성되는 침출수를 매월 채취하였다. 2000년 5월 부터 2001년 1월까지 9개의 침출수 시료를 채취하였다. 매월 침출수는 현장에서 온도, 수소이온농도(pH), 총용존물질(TDS), 산화환원전위(Eh), 전기전도도(EC)등을 측정하였다. 침출수는 수동진공펌프를 이용하여 pore size 0.45 μ m의 cellulose membrane filter에 통과시켜 부유물질을 제거하여 양이온과 음이온 분석 시료를 준비하였다. 양이온 분석 시료는 진한 질산을 가해 pH 2이하로 하여 4 $^{\circ}$ C 이하로 냉장보관하였다. 침출수에 대한 양이온은 기초과학연구원(광주분소)의 ICP-AES(Jobin Yvon, JY plus)를 이용하여 Na, Mg, Si, K, Ca, Fe, Sr, Mn, Al, Cr, Cu, Zn, As, Se, Cd, Sb, Hg, Th, U등을 분석하였다. 침출수에 대한 음이온은 서울대학교 자원공학과 IC(Dionex-II500)를 이용하여 F, Cl, NO₂, Br, NO₃, PO₄, SO₄ 등을 분석하였고 HCO₃는 현장에서 Phenolphthalein 용액과 Methyl red bromer cresol green과의 혼합용액을 사용하여 적정법으로 구하였다.

scale: 광주시 운정동 쓰레기 매립장에서 생성된 침출수를 처리하기 위하여 광주시 유덕동 하수종말처리장으로 약 12Km의 이송관로를 통하여 보내고 있다. 침출수 이송관로는 scale이 형성되어 침출수의 이동이 어려워 매년 정기적으로 이송관로를 청소하고 있다. scale 시료는 정기적으로 시행하는 이송관로 청소작업시 채취하였다. 채취된 scale은 실험실에서 자연건조시킨 후 XRD(Rigaku,

Geigerflex D/max rA)분석, IR(Nicolet 520P)분석, SEM 및 EDS(Japan, JEOL, JSM-840A)분석을 실시하였다. scale에 대한 정량분석은 기초과학연구원연구소의 XRF(부산분소, Philips, PW2400)와 EPMA(대전분소, CAMECA1500)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 침출수의 지구화학

침출수에 대한 pH변화는 7.09-9.15 범위로서 약알카리 환경을 나타내고 있다. 산화환원전위(Eh)는 -40mV~-285mV로 환원환경을 가리키고 총용존물질인 TDS는 12600mg/l~27800mg/l 범위를 보인다. Na 이온은 8.2mg/l에서 2218.2mg/l로 다양한 함량범위를 보이고 우리나라 장마철의 8월(8.2mg/l) 침출수에 가장 적게 나타나고, 우리나라 건기에 해당되는 1월(2218.2mg/l)에 가장 높은 함량으로 나타난다. K 이온은 8월(6.7mg/l)의 침출수에서 최저치를 보이고 5월(1499.4mg/l)에 최고치로 나타난다. 강우량이 많은 8월에 최저치를 보이는 성분은 TDS, Na 및 K 이온으로서, 이는 매립장에 침투한 8월의 우수가 다량으로 침출수를 생성하고 또한 침출수를 희석하여 강우량이 많은 8월에 TDS, Na 및 K 이온의 함량이 낮게 나타나는 것으로 해석된다. Ca 이온은 32.6mg/l에서 1449.8mg/l의 함량범위로 나타나며 5월의 침출수에서 최고치를 보인다. 역시 Fe 이온과 F 이온도 5월(각각 69mg/l, 880mg/l)의 침출수에서 최대 함량으로 나타나며, 강우량이 많은 8월(각각 2.1mg/l, 1.76mg/l)에 최저치로 나타난다. Mn과 Al 이온도 5월의 침출수에서 최고 함량을 보인다. Jonson 등(1999)에 의하면 강우량의 변화에 따라 침출수의 성분중 Al, W 및 Sb 함량은 비례하여 증가하고 전기전도도, Mo, Cu, V, Mn, Zn, 및 Cd 함량은 반비례하여 감소하여 나타난다고 발표하였다. 현재 광주시 윤정동 쓰레기 매립장의 침출수는 하루 평균 400ton의 침출수가 생성되며, 강우량이 많은 우기에는 400ton을 초과하여 발생되고 건기에 해당되는 계절에는 400ton 미만으로 생성되어 고농도의 침출수가 발생되고 있어 침출수 이송관로에 scale이 형성될 가능성이 매우 높다. 침출수에 대한 물리적-화학적 자료를 WATEQ4F(Hounslow, 1995)에 투입하여 calcite, aragonite, dolomite 및 halite의 포화도를 산출한 결과 calcite, aragonite 및 dolomite 등의 포화도는 전 시료 모두가 과포화로 나타났으며 halite의 포화도는 불포화로 나타난다. 이와 같이 calcite, aragonite 및 dolomite등이 과포화로 나타나는 것은 이들 탄산염광물들이 침출수 이송관로에 침전될 것으로 예상된다. 고농도의 침출수가 비위생매립장으로부터 누출되어 주변 토양층에 침투된다면 심각한 환경오염문제가 야기되고, 토양층에 침투한 침출수는 증발작용에 의하여 증발잔류광물이 생성될 것으로 예상된다. 이러한 가정 하에 매립장 침출수를 자연건조시켜 얻은 잔류물을 XRD분석과 SEM 및 EDS분석을 실시하였다. XRD분석에서 halite와 sylvite에 해당되는 x-선 회절선을 얻었고 역시 SEM 및 EDS분석에서 halite와 sylvite가 관찰되었다.

3.2. scale의 지구화학

침출수 이송관로에서 채취한 scale을 박편으로 제작하여 편광현미경으로 관찰한 결과 colloform growth-banding이 관찰된다. 이는 침출수 중에 고농도로 함유되어 있는 화학종들이 과포화되어 침전물로 퇴적된 것으로 해석된다. Colloform growth-banding 구조를 보이는 scale을 연마편으로 제작하여 EPMA 분석을 실시한 결과 Ca 성분이 가장 높은 함량으로 검출되고 소량의 Mg, Mn 및 Fe 성분이 검출된다. 침출수의 이송관로에 형성된 scale에 대해 XRD분석을 실시한 결과 calcite로 판명되었다. 이는 WATEQ4F에서 과포화로 산출된 calcite가 침출수 이송관로에 침전 퇴적된 것으로 판단된다.

Scale에 대해 XRF분석을 실시한 결과 CaO 성분이 43.25-49.35wt.%범위로 나타나고, SiO₂(1.96-4.01wt.%), Al₂O₃(0.16-0.39wt.%), MnO(1.49-1.36wt.%), MgO(1.68-2.11wt.%), K₂O(0.05-0.13wt.%), Na₂O(0.05-0.13wt.%), P₂O₅(2.31-2.25wt.%) 및 TiO₂(0.005-0.014wt.%)등이 적은 함량으로 검출된다. 그리고 scale에 대한 L.O.I가 40.28-42.03wt.% 범위로 나타난다. Scale에 대한 IR 분석에서 calcite에 해당되는 흡수밴드(Russell and Fraser, 1994)가 873cm⁻¹와 714cm⁻¹에서 뚜렷하게 관찰된다.

4. 결론

- 1) 쓰레기 매립장의 침출수는 pH가 7.09-9.15 범위로 나타나며 산화환원전위(Eh)는 -40mV~-285mV로 환원환경을 가리키고 총용존물질인 TDS는 12600mg/l~27800mg/l 범위를 보인다. 강우량에 영향을 받는 침출수 성분은 TDS, Na, K, Fe, F등으로 나타났다.
- 2) 침출수에 대한 물리화학적 자료를 WATEQ4F에 투입한 결과 calcite, aragonite 및 dolomite등이 과포화로 나타나 탄산염광물의 침전이 예상된다. 침출수를 자연건조시켜 얻은 잔류광물에는 halite와 sylvite가 관찰된다.
- 3) 침출수 이송관로에 퇴적된 scale은 colloform growth-banding구조가 관찰되며 XRD분석 결과 calcite로 판명되었다.

5. 참고문헌

- 환경부장관, 1999, 환경통계연감, 제12호(통계청승인 간행물:106-01호).
- Hunslow, A. W., 1995, Water quality data: analysis and interpretation, CRC Press, Inc. 397p.
- Jonson, C. A., Kaeppli, M., Brandenberger, S., Ulrich, A. and Baumann, W., 1999, Hydrological and geochemical factors affecting leachate composition in municipal solid waste incinerator bottom ash. Part II. The geochemistry of leachate from landfill Lostorf, 4)Switzerland, Journal of Contaminant Hydrology, v. 40. p. 239-259.
- Popov, V. and Power, H., 1999, Landfill emission of gases into the atmosphere, WIT Press, 189p.
- Russell, J. D. and Fraser, A. R., 1994, Infrared methods, In: Wilson, M. J.(eds), Clay mineralogy:spectroscopic and chemical determinative methods, Chapman & Hall, 367p.

주요어: 쓰레기 매립장, 침출수, scale, calcite

- 1) 조선대학교 자원공학과