

생활폐기물 매립지의 매립가스 발생특성 조사

○유만식 · 서창일 · 서동천* · 이동훈* · 김승도** · 이남훈*** · 김낙주****

환경관리공단 · *서울시립대 · **한림대 · ***안양대 · ****서울산업대

I. 서 론

매립가스의 성분은 다양으로 발생하는 주류가스와 매우 소량으로 발생하는 여러 종류의 미량가스로 구성되어 있다. 그 주류가스들은 매립된 폐기물이 유기물 분해에 의해 생산되며, 일부의 미량가스는 소량으로 존재하지만 유독할 수 있고, 공공의 위생에 위해를 주는 것으로 알려져 있다.

메탄과 이산화탄소는 도시폐기물의 생분해성 유기물질의 혐기성 분해에서 발생하는 주류가스로서 환경학적인 측면에서는 기후변화협약과 관련한 지구온난화가스로 그 처리방안에 대하여 큰 관심을 불러일으키고 있다. 특히 메탄은 지구온난화 기여도가 이산화탄소에 비해 약 21배나 높은 것으로 알려져 있으며 안전관리 측면에서도 공기 중에 5~15% 농도로 존재할 때 폭발할 수 있기 때문에 매립지의 관리에 있어서 중요한 인자중의 하나이다.

또한 악취성분이란 “황화수소, 메르캅탄류, 아민류, 기타 자극성 있는 기체상 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새”를 가진 물질로 매립가스내의 악취성분은 주로 황화수소를 포함한 메르캅탄류와 아민류가 주종을 이루고 있으며 개인의 후각 차이에 따라 피해정도가 크기 때문에 산술적으로 표현하기에는 어려움이 따르나 이 또한 주변지역 주민의 민원발생의 주원인으로 매립지 관리자들은 처리에 고심하고 있다.

최근에는 수도권매립지 자원화 사업을 계기로 매립가스에 대한 관심이 고조되고 있어 국내 매립지에서 발생하는 매립가스의 특성에 대한 조사가 활기를 띠고 있어 국내 매립가스의 연간 발생특성을 조사하여 매립가스 처리대책 수립뿐만 아니라 자원화사업을 추진하기 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

II. 연구개요 및 방법

1. 대상지역 및 조사항목

전국의 광역위생매립지를 대상으로 매립면적 16만㎡ 이상인 매립지중 12개소를 선정하여 각 매립지에 설치되어 있는 매립가스 배제공으로 배출되는 매립가스의 특성을 조사하였다. 조사지점은 각 매립지를 대상으로 최소 3개소 지점이상에서 기존 가스배제공에서 배출되는 가스를 채취하였으며 A 매립지, I 매립지, E매립지에 대해서는 세부조사를 위하여 기존의 가스 배제공외에 평균깊이 12m의 추출공(Fig. 1)을 각 3개소 시추하였다.

조사대상 매립지의 현황¹⁾은 Table 1과 같으며 조사시기 및 횟수는 계절별 1회(A매립지, E 매립지, I 매립지는 계절별 2회)를 기준으로 하여 발생하는 매립가스의 성분을 조사하였으며 일반적인 도시폐기물 매립지에서 발생하는 매립가스의 일반적인 성분의 구성비²⁾를 고려하여 연구에서의 조사항목으로는 매립가스의 주요성분으로 메탄, 이산화탄소, 산소 등을 측정하였고, 악취유인물질로는 암모니아 및 황화수소를 대상으로 하였으며, 휘발성 유기화합물로는 대표적인 성분인 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌을 측정항목으로 선정하였다.

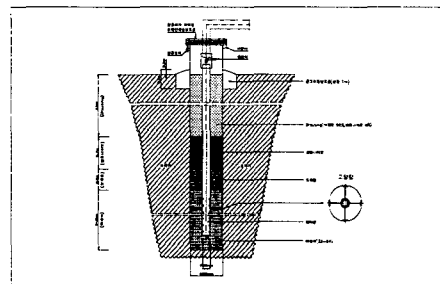


Fig. 1. Cross-Sectional view of Extraction Well.

서창일 : 135-010 서울특별시 강남구 논현동 4 - 15 환경관리공단 개발협력처 개발지원팀

Tel : (02) 519 - 0162, Fax : (02) 519 - 0294, e-mail : sci6183@emc.or.kr

Table 1. Brief description of Landfill Site larger than 160,000m' in Size

up to 1999

Site	Area (1,000m ²)	Capacity (1,000m ³)	Landfilled amount (1,000m ³)	Landfilled amount in 1999 (1,000m ³ /yr)	Remaining Capacity (1,000m ³)	Opening Year	Closing Year
W J	163.8	3,410.0	1,043.3	200.9	2,096.7	1995	2005
C C	176.9	2,036.6	43.2	153.2	1,993.4	1998	2011
D J	570.4	8,465.0	2,080.0	524.0	6,385.0	1996	2010
C J	210.5	1,860.0	1,587.0	274.8	273.0	1994	2000
K S	278.0	2,562.0	513.3	122.9	2,048.7	1996	2008
K J	279.2	4,369.0	3,267.4	465.1	1,101.6	1993	2002
M P	290.5	2,897.0	1,116.0	149.0	1,781.0	1995	2004
J J I	203.3	2,294.0	1,178.1	142.1	1,115.9	1992	2002
D G	585.3	9,224.5	6,402.1	725.6	2,822.8	1990	2005
M S	259.1	3,254.0	1,089.4	208.4	2,164.6	1995	2008
J J	261.5	5,855.0	1,012.8	177.2	4,842.2	1995	2011
C W	277.9	3,810.5	1,543.4	133.6	2,267.2	1994	2031

2. 조사방법

2.1 주요성분 및 악취성분 조사

매립가스의 성분 중 CH₄, CO₂, O₂ 및 H₂S는 매립지 현장에서 휴대용 측정기(Infrared Gas Analyzer)를 이용하여 미리 가스 포집공의 상단이나 시료 채취구를 비닐 등의 재질로 제작한 마개로 막아 공기의 유입을 최대한 억제한 상태에서 매립가스의 성분을 측정하였다. 가스 포집공이 유공관인 경우에는 밀폐시킬 수 없으므로 유공을 통하여 산소농도가 최저가 되는 가능한 한 깊은 위치까지 튜브를 넣은 후 가스성분의 변화가 관찰되지 않고 일정하게 유지되는 것으로 판단되는 시점까지 계속 가스를 배출시킨 다음, 안정된 각 성분의 측정값을 취하였다.

악취성분인 암모니아는 가스포집공에 시료채취용 Air Sampler를 연결하여 매립가스를 봉산용액에 통과시켜 매립가스 중의 암모니아 성분을 흡수하여 시료를 채취하였다. 이때의 매립가스 흡입유량은 1L/min, 흡입시간은 1min이었으며, 흡수액의 양은 30mL로 하였다. 매립가스를 통과시킨 흡수액은 샘플병에 옮겨 밀봉한 후 실험실로 옮겨 이온 크로마토그래프를 이용하여 흡수액 중의 암모니아의 농도를 구하고 매립가스 중의 암모니아 농도로 환산하였다.

매립가스에 포함되어 있는 VOCs(BTEX)의 경우도 흡인펌프를 이용하여 Charcoal Tube에 통과함으로써 매립가스 중에 포함되어 있던 성분 중 VOCs성분이 흡착시켜 이를 시료로 채취하였다. 매립가스의 흡입유량은 1L/min, 흡입시간은 1~2min이었으며, 실험실로 운반된 시료는 튜브로부터 2mL용량의 바이알에 넣고 추출용매인 디칼로로메탄을 사용하여 대상성분을 추출한 후 GC(Gas Chromatograph)에 주입하여 각각의 농도를 분석하였다.

2.2 메탄 표면발산량 조사

조사대상인 매립지 12개소에서 플럭스 챔버를 이용하여 각 매립지 표면을 통한 메탄발산량을 조사하였다. 시료의 채취를 위하여 챔버를 설치하고 주변의 흙을 이용하여 가스가 누출되지 않도록 주의하였다. 챔버 내의 기체는 Fan으로 교반하고, 시료는 3방향 cock를 조작하여, 주사기를 이용하여 배관내의 기체를 빨아들여 배출시킨 후에, 시료를 다른 주사기로 흡인하여 채취하였다.

시료의 채취는 챔버의 설치 후 첫 시료를 0분으로 하여 2분 간격으로 6분 경과시까지 4회에 걸쳐 시린지에 채취하

였으며 시료가 담긴 시린지를 마개로 밀봉하여 실험실로 운송한 후 가스시료의 CH₄농도를 분석하였다. 분석결과에 따라 메탄농도를 채취 시간에 대하여 plot하고 초기기울기(직선부분)를 이용하여 메탄의 표면발산량으로 계산하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 매립가스 성분조사 결과

1.1 주요성분

Fig. 2는 계절에 따른 메탄농도 분포에 대한 분석결과를 나타내었으며 전국의 매립지의 평균 메탄농도는 여름철 50.3%, 가을철 50.0%, 겨울철에는 49.0%, 그리고 봄철에는 44.5%를 나타내고 전체평균 농도는 48.5%로 조사되었고 지역별로는 I매립지(58.3%), A매립지(56.3%), J매립지(56.0%)가 50% 이상으로 배출되고 있었으며 B매립지(27.0%), H매립지(30.5%)가 40%미만으로 나타나 매립가스 중의 메탄농도는 계절에 따른 편차보다는 매립지별 편차가 큰 것으로 조사되었다.

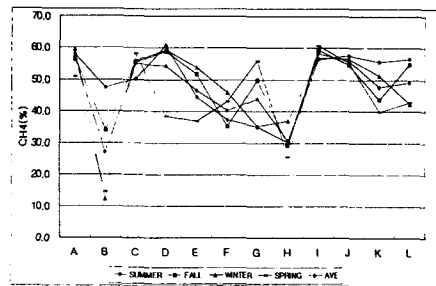


Fig. 2. Seasonal Variation of Conc. CH₄ from Gas Collection Well

B매립지의 메탄농도가 낮은 원인은 '98년 매립이 진행된 이래 주변 불량매립지의 매립폐기물을 굴착하여 이적한 폐기물이 매립폐기물의 주류를 이루고 있는데 그 원인이 있는 것으로 판단되며, H매립지의 경우에는 '95년이후 소각시설의 가동으로 소각재의 반입량이 크게 증가하여 유기성 폐기물의 비율이 상대적으로 감소하였기 때문으로 생각되어 진다.

1.2 악취성분 및 휘발성유기화합물

매립지의 대표적인 악취성분인 황화수소와 암모니아 가스를 조사한 결과를 다음 Fig. 3, Fig. 4에 나타내었다. 황화수소의 경우 전체 매립지의 평균값이 86.2ppm을 나타내었고 암모니아는 8.5ppm으로 조사되었으나 황화수소의 경우 측정기의 분석 한계치인 200ppm을 나타낸 가스배출공이 많아 실제로는 더욱 높을 것으로 예측된다. 계절별로는 황화수소의 경우 여름철이 87.1ppm, 가을철 90.5ppm, 겨울철에는 80.9ppm, 그리고 봄철이 79.6ppm으로 조사되었고 지역별로는 I 매립지(195.1ppm)이 최고농도를 H매립지(22.3ppm)가 최저농도로 배출되고 있다.

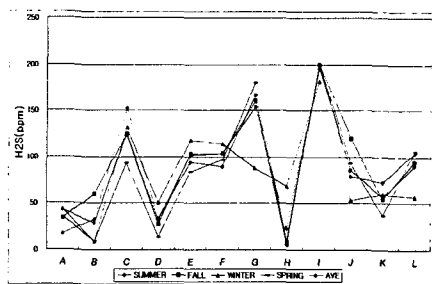


Fig 3. Seasonal Variation of Conc. H₂S from Gas Collection Well.

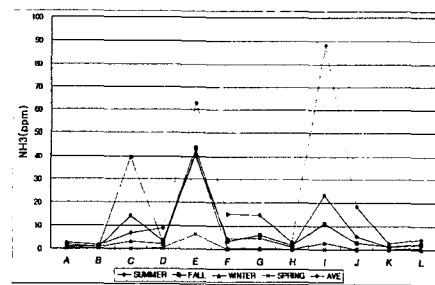


Fig 4. Seasonal Variation of Conc. NH₃ from Gas Collection Well.

또한 암모니아 평균 농도는 여름철이 19.1ppm, 가을철 9.7ppm, 겨울철 4.2ppm을 봄철이 0.6ppm으로 나타났고 지역별로는 E매립지(40.2ppm)가 최고농도를 B매립지(0.7ppm)가 최저농도로 조사되어 암모니아 농도는 황화수소와는 달리 계절별, 지역별 편차가 큰 것으로 조사되었다.

휘발성유기화합물(BTEX)의 경우에는 여름철을 제외한 3계절의 조사를 수행하였는데 가을철이 5.73ppm, 겨울철 1.18ppm, 봄철은 0.11ppm으로 가을철이 가장 높고 봄철이 가장 낮게 조사되었으며 지역별로는 E매립지(8.84ppm)이 최고농도를, H매립지(0.53 ppm)가 최저농도로 배출되고 있었으며, BTEX 분석결과를 보면 전체 매립지의 평균값이 2.48ppm으로 조사항목인 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌 중에 톨루엔이 차지하는 비중이 1.46ppm으로 가장 높게 나타나 농도의 차이는 있지만, 수도권매립지 등 국내 타지역 매립지의 조사 결과^{3,4)}와 유사한 것으로 나타났다.

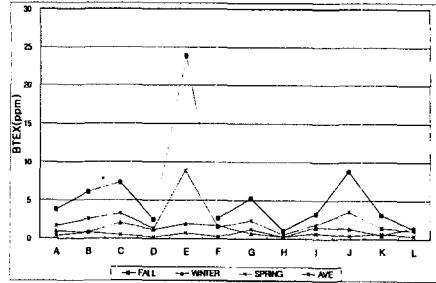


Fig 5. Seasonal Variation of Conc. VOCs (BTEX) from Gas Collection Well.

악취유인물질인 황화수소, 암모니아 및 휘발성유기화합물의 농도가 높게 조사된 I 매립지, E매립지의 경우에는 매립된 폐기물에 대한 산업폐기물의 반입 비율이 I 매립지가 54.8%, E매립지는 19.4%로 추정된다.

타매립지에 비해 크게 높은 것이 원인으로 추

2. 메탄가스의 표면발산량 조사결과

매립가스의 이동 및 확산속도를 측정하기 위하여 매립지 표면에 서의 메탄가스 발생속도는 Fig. 6에서 보는 것과 같으며, 챔버내의 온도와 대기압을 측정하여 표면발산량 산정시에 표준상태(0℃, 1기압)로 보정하였다.

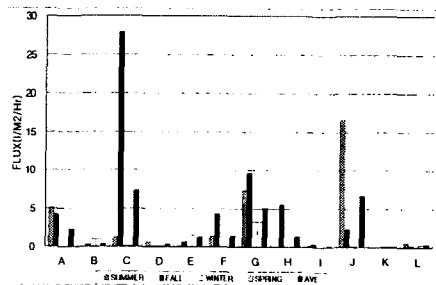


Fig. 6 Seasonal Variation of Surface Flux(CH₄)

계절별, 지역별 표면발산량 변화추이를 보면 계절별로는 가을철(4.6049 l/m²/hr), 여름철(2.7509 l/m²/hr)이 높고 겨울철(1.1285 l/m²/hr)과 봄철(0.5414 l/m²/hr)이 낮게 나타났으며 이는 지표면의 동결로 인하여 표면 발산량이 감소한 것으로 판단된다. 지역별로는 C매립지 7.3752 l/m²/hr 로 가장 높고 K매립지가 0.1077 l/m²/hr 로 가장 낮은 것으로 조사되어 메탄가스의 표면 발산량 또한 계절별, 지역별 편차가 매우 큰 것으로 조사되었다.

참고문헌

- 1) 환경부, 전국폐기물 발생현황 및 처리현황, 1990 ~ 2000
- 2) 김지형: 폐기물매립지에서의 유해가스 유출현황, 2000년 매립기술 심포지움, pp. 118-121(2000)
- 3) 이남훈외: 제주도 회천동 폐기물매립지 쓰레기 성분 및 매립가스 특성조사, pp. 19-25(2000)
- 4) 환경관리공단, 수도권매립지 매립가스 자원화사업 타당성 조사 및 기본계획 보고서, pp. 128-129(2000)