

PA26) 산단지역 복합악취와 개별악취물질의 상관성에 대한 연구

김종보*, 정상진¹

경기도보건환경연구원, ¹경기대학교 환경공학과,

1. 서 론

산업화로 인한 환경오염은 생태의 파괴와 먹이사슬을 통한 오염물의 인간의 체내축적 등 위해요소이자 생활에 불편을 주는 혐오요소이기도 하다. 이 중 악취는 생활에 불편을 초래하고 삶의 질을 저해하는 환경오염의 하나이자 감각오염으로 그 피해의 확산이 순간적이고 광범위하여 신속한 원인규명과 해결이 요구된다.

이와 관련하여 현행 악취방지법은 후각측정법인 복합악취와 기기분석법인 17개의 지정 악취물질에 대한 농도규제를 실시하고 있다. 후각측정법은 다양한 냄새물질에 대응이 가능하고 피해지역의 주민이 느끼는 피해감과 유사한 상황에서 냄새의 존재 여부를 측정할 수 있는 장점이 있으나 냄새의 강도를 표현함에 있어 개인별 생리적 요인과 후각 반응의 차이로 완전한 객관성을 보장하지 못한다. 반면 물질농도 규제의 의미로 도입된 기기분석법은 17종의 단일악취물질을 대상으로 하여 객관적인 자료를 제시할 수 있으나 이들 물질만으로 악취를 규명하기에는 미흡하다.(김종보 등, 2007)

현재 우리나라에서는 후각측정법인 복합악취가 주시험법으로 되어있고 이를 중심으로 기기분석법과 병행한 몇몇의 악취표현 방법이 연구되었지만 복합악취로 표현되는 악취현상을 해석하는 데 있어 가능성 있는 상관관계들을 결론적으로 유추하였고 통계학적 근거가 미약 하였다. 따라서 본 연구에서는 자료에 포함된 한 변수가 또 다른 하나 이상의 여러 변수들에 의해 어떻게 설명(explanation) 또는 예측(forecasting)되는지를 알아보기 위해 적절한 함수식으로 표현하여 자료 분석을 행하는 통계적 방법인 다변량 해석을 이용하여 복합악취와 개별 악취물질들의 관계를 알아보고자 한다.(SAS 회귀분석)

2. 연구방법

2.1. 현장측정

대상지점은 악취방지법 시행 이후 경기도내 악취관리지역으로 고시된 시화국가산업단지, 반월국가산업단지, 반월도금지방산업단지, 아산국가산업단지(포승지구) 4개 지역이며 각 지역별로 관리 지역내, 경계지역, 영향지역으로 구분한 38개 지점이다. 조사대상 항목으로는 현행 악취방지법이 규정하고 있는 복합악취 및 지정악취물질 12항목이고 조사기간은 2006년과 2007년 2년간이며 각 2, 4, 6, 8, 10월(야간은 2월 제외)에 주·야간 1회씩 실시하였다.

2.2. 통계분석

본 연구에서는 악취방지법상 주시험법으로 통용되고 있는 복합악취가 기기분석법에 의한 개별 지정악취물질들의 악취도를 반영하고 있는지를 알아보기 위해 다변량 회귀분석(Multi-variable Regression Analysis)을 사용하였다. 관심대상인 변수들에 대해 통계 소프트웨어 SAS(Version 9.1)를 이용하여 관련 있는 변수들 간에 상호관련성을 알아보는 통계적 방법 중의 하나인 회귀분석은 자료에 포함된 한 변수(복합악취)가 또 다른 하나 이상의 여러 변수(지정악취물질)에 의해 어떻게 설명 또는 예측되는지를 적절한 함수식으로 표현하여 자료를 분석한다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 공단별 악취현황

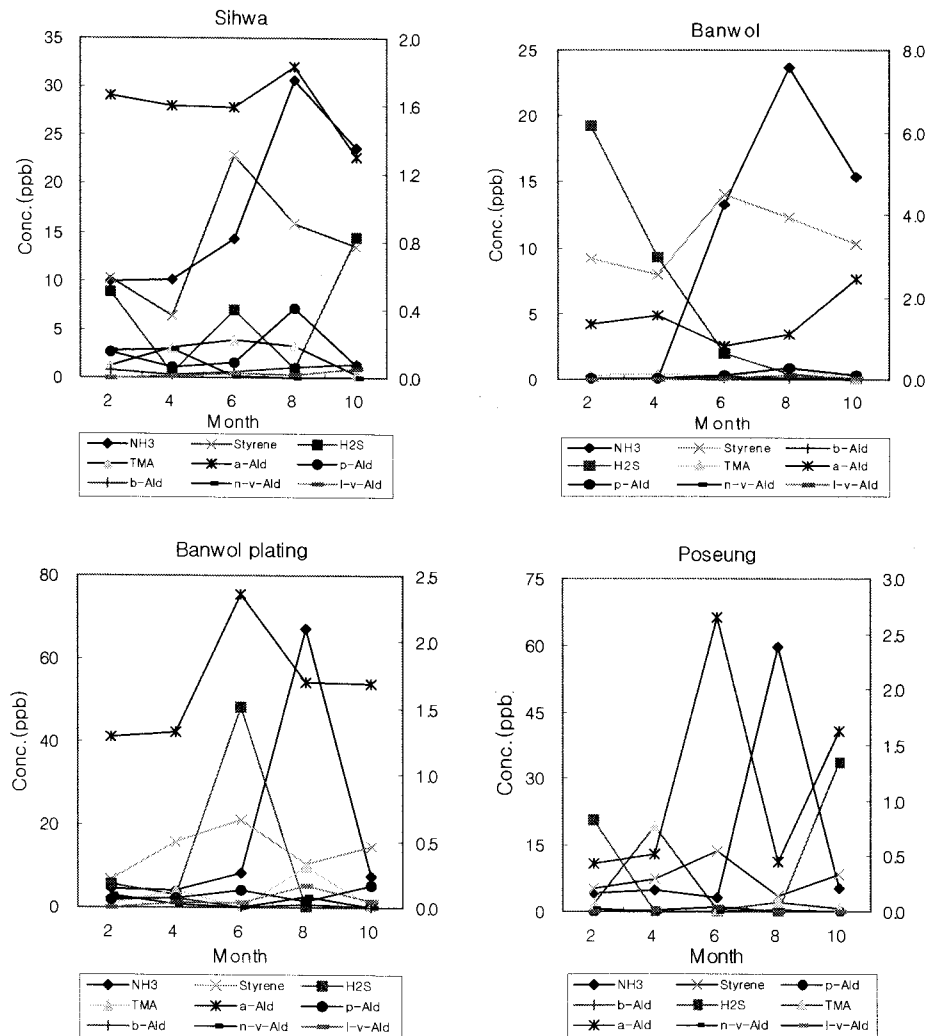


Fig. 1. The trend of odorous compounds concentration in source area

그림 1에서는 2년간 각 산업단지의 관리 지역내(Source area) 지점에 대하여 주요악취 물질의 월별 측정농도를 평균하여 나타낸 그림으로 NH₃와 Styrene이 수 ~ 수십 ppb(왼쪽 축)를, 그 외는 수 ppb이하의 낮은 농도를 보였다.

전반적으로 하반기에 악취물질의 농도 상승이 특징을 이루고 있고 특히 NH₃와 Acetaldehyde의 경우 6월과 8월에 최고 농도를 나타내었다, 공단별로는 시화공단과 반월도금공단에서는 비교적 NH₃와 Styrene이 높고 반월공단에서는 H₂S가 다른 공단에 비해 약 5배 정도 높은 평균농도를 보였으며 포승공단은 일반적인 배출 형태와 크게 다르지 않았다.

개별 악취물질의 기준초과 횟수는 2006년의 경우 관리 지역내가 5회, 경계지역 4회 이며 2007년에는 관리지역내 4회, 경계지역 5회, 영향지역 3회로 영향지역에서의 기준초과가 발생하였다. 아울러 공단별로는 2006년 시화공단 2회, 반월공단 5회, 반월도금 및 포승공단 각 1회로 나타났으며 2007년에는 시화공단 4회, 반월공단 5회, 포승공단 3회로 대규모 공단에서의 기준초과 횟수가 많은 것으로 조사되었다. 이 중 복합악취는 2006년 전체 기준초과 횟수 9회 중 8회, 2007년 전체 기준초과 횟수 12회 중 5회로 주요 지정악취물질보다 기준초과 비율이 매우 높게 나타났다.

3.2. 통계분석 결과

악취방지법상의 주시험법으로 통용되고 있는 복합악취와 지정악취물질들 간의 상호관련성을 알아보기 위해 통계 소프트웨어인 SAS를 이용하였다. SAS에서 사용한 분석절차는 반응변수 y에 영향을 미칠 가능성이 있는 변수 k개에 대해 2^k 개의 회귀모형을 적합시키는 Proc Rsquare와 변수소거법에 의한 변수선택을 수행하는 Backward를 사용하였으며 단계적 방법에 의해 변수선택을 수행하는 Stepwise를 통해 검정하였다.

Table 1. Backward elimination procedure for dependent variable OU

Backward Elimination						
Site	Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Slhwa	Intercept	6.85857	0.35709	4843.39493	368.90	<.0001
	H ₂ S	0.24735	0.03687	590.89768	45.01	<.0001
	TMA	-1.16901	0.64448	43.19800	3.29	0.0710
	Styrene	-0.03355	0.01548	61.68709	4.70	0.0312
	nvAldehyde	-3.90918	1.99572	50.37471	3.84	0.0514
Banwol	Intercept	5.22706	0.41195	2548.56026	161.00	<.0001
	H ₂ S	0.16092	0.02298	776.21715	49.04	<.0001
	aAldehyde	0.71361	0.24120	138.56231	8.75	0.0034
	bAldehyde	-1.26629	0.72924	47.72935	3.02	0.0839
Banwol Plating	Intercept	5.73538	0.34061	2467.44503	283.54	<.0001
	NH ₃	-0.01643	0.00729	44.16782	5.08	0.0268

반응변수(Response variable)는 복합악취이며 설명변수(Explanatory variable)는 NH₃, H₂S, Styrene, Acetaldehyde, Propionaldehyde, Butyraldehyde, n-Valeraldehyde, I-Valeraldehyde, TMA 이고 각 공단별 전체자료의 통계분석을 통해 복합악취의 특성을 알아 보았다.

표 1는 각 공단별 3개 지역의 측정자료를 이용한 통계분석의 결과로써 최종 단계의 각 회귀계수의 추정치(Parameter Estimate)와 표준오차(Standard Error) 등을 보여주고 있으며 이상의 결과에서 각 공단별 복합악취와 지정악취물질간의 관계는 다음의 회귀식으로 나타났다.

$$OU = 6.859 + 0.247H_2S - 1.169TMA - 0.034Styrene - 3.909nvAldehyde \text{ (Sihwa)} \quad (1)$$

$$OU = 5.227 + 0.161H_2S + 0.714aAldehyde - 1.266bAldehyde \quad \text{(Banwol)} \quad (2)$$

$$OU = 5.735 - 0.016NH_3 \quad \text{(Banwol Piating)} \quad (3)$$

식 (1)에서 시화공단의 복합악취는 H₂S, TMA, Styrene, nvAldehyde와의 관련성이 높은 것으로 조사되었는데 공단별 측정결과에서도 시화공단의 Styrene과 nvAldehyde의 농도가 타 공단에 비해 높은 농도로 나타나 통계분석의 결과를 뒷받침하고 있다. 아울러 반월공단의 H₂S의 농도가 다른 공단 대비 5배 정도 높게 검출되고 반월도금의 NH₃ 평균농도가 가장 높은 것도 회귀식과 무관하지 않음을 보여주고 있다. 한편 포승공단은 복합악취와 지정악취물질간의 관계에서 특별한 유의성을 보이지 않아 회귀식이 성립되지 않았으며 앞선 측정결과에서 특별한 고농도 물질 없이 일반적인 배출형태를 나타낸 점이 원인인 것으로 추정된다.

4. 요약

본 연구는 경기도내 악취관리지역으로 지정된 시화국가산업단지, 반월국가산업단지, 반월도금지방산업단지, 아산국가산업단지(포승지구) 4개 공단에 대하여 2006년과 2007년에 실시한 악취실태조사 자료를 이용하여 각 공단별 악취특성을 조사하였다. 또한, 측정된 자료를 통계분석 기법을 사용하여 복합악취와 지정악취물질간의 상관관계를 연구하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 시화공단과 반월도금공단에서는 비교적 NH₃와 Styrene이 높고 반월공단에서는 H₂S가 다른 공단에 비해 약 5배 정도 높은 평균농도를 보였으며 포승공단은 일반적인 배출형태와 크게 다르지 않았다.

2. SAS를 이용한 통계분석 결과 시화공단의 복합악취는 H₂S, TMA, Styrene, nvAldehyde와의 관련성이 높고 반월공단은 H₂S, aAldehyde, bAldehyde, 반월도금공단은 NH₃의 관련성이 높은 것으로 조사되었다.

참고 문헌

허명희, 서혜선, 2001, SAS 회귀분석, 자유아카데미.

강현철, 최병진, 김기영, 2005, SAS 데이터 분석 입문, 자유아카데미.

김중보, 정상진, 송일석, 2007, 반월·시화공단 주변 주거지역의 악취현황 및 황화합물의 체감도, 한국대기환경학회, 제23권, 제2호, pp.147-157.

Gostelow P. and S.A. Parsons (2000) Sewage treatment works odour measurement. Water Science and Technology, 41(6), 33-40.

김중보, 정상진, 이종필, 2008, 산단지역에서 복합취기강도와 개별 악취물질의 관계에 대한 연구, 한국대기환경학회, 춘계학술대회 논문집, pp.471-472.