한국태양에너지학회
THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY
추계학술발표대회 논문집

CFD를 이용한 쓰레기 처리시설의 악취확산 예측에 관한 연구

경서경*, 김공숙**, 김병선***

*연세대학교 건축공학과(ksk6330@yonsei.ac.kr), **연세대학교 건축공학과(gs6740@hanmail.net),
***연세대학교 건축공학과(sean@yonsei.ac.kr)

A Study on Odor Dispersion Prediction of Waste Treatment Facilities Using CFD

Kyung, Seokyung*, Kim, Kongsook**, Kim, Byungseon***

*Dept. of Architectural Engineering, Yonsei University((ksk6330@yonsei.ac.kr),
**Dept. of Architectural Engineering, Yonsei University(gs6740@hanmail.net)
***Dept. of Architectural Engineering, Yonsei University(sean@yonsei.ac.kr)

Abstract

The purpose of this study is to estimate efficiently an odor dispersion from waste treatment facility for a crematory and a neighborhood facility, then propose planning, a location of an opening or the arrangement of the trees. Hence, offer a comfortable environment for a resident. For this, first the research data about estimating odor dispersion from waste treatment facility and odor are analyzed, then research an ingredient, characteristic, a direct effect for human and a method of measurement. Second, with on-site survey, check odorimetry and the source of odor dispersion, then apply this to the boundary condition of CFD simulation. Third, analyse by the hour for the 2008 standard weather data of Cheon-an, then apply summer data that odor dispersion is active, winter data relatively slow and an annual mean velocity and wind to the simulation. Even if a crematory and neighborhood facility located on south and north from waste treatment facility are at the low rate, the south and north wind will be applied to the simulation. Fourth, with CFD simulation result, predict an odor dispersion, then propose a solution which is considered an odor dispersion, a location of an opening and the arrangement of the trees. Consequently, this study will have an effect on an environment of a resident.

Keywords : 쓰레기 처리시설(Waste Treatment Facilty), CFD(Computational Fluid Dynamics), 악취확산(Order Dispersion), 황화수소(Hydrogen Sulfide), 악취방지법

1. 서 론

1.1 연구의 목적

만약 여러분의 거주시설에 쓰레기 처리시설이 건설된다고 한다면 무조건 반대만 할 것인가? 현재 국내에서 발생되는 쓰레기 중 약 43%는 재활용되고 있으나 재활용하고 남은 쓰레기 중 약 70%는 매립에 의존함으로써 매립지 확보 난을 가중시키고 있다. 이러한 상황에서 좀 더 환경 친화적인 쓰레기 처리시설 및 소각장의 건설이 필요한 실정이다.

하지만 혐오시설의 인근지역 입지를 반대하

* 연세대학교 대학원 석사과정
** 연세대학교 대학원 박사과정
*** 연세대학교 건축공학과 교수, 공학박사

는 님비현상(Not In My Back Yard)의 심화로 인하여 신규 쓰레기 처리시설의 설치가 매우 어려운 실정이다. 이에 악취, 분진, 소음, 유해가스 등 2차 공해를 유발하지 않는 쓰레기 처리시설을 설치함으로써 동 시설이 더 이상 혐오시설이 아닌 주민들이 선호하고 친근하게 여기며 자연환경 개선에 도움이 되는 편익시설로서의 인식이 필요하다. 따라서 쓰레기 처리시설의 경우, 단순히 오염원 발생을 줄이는 목적만이 아니라. 건물자체도 저소비, 친환경적 특성을 가지는 건물을 설계 시공하여 친환경적인 이미지를 높이는 작업이 필요하다.

건물의 형태나 수목의 배치 등에 따라 공기환경이 다를 수 있기 때문에 건물의 형태와 배치에 대한 분석이 필요하다. 대표적인 예로 대규모 아파트 단지의 경우, 부적절한 주동 배치로 인해 시설내의 공기정체로 인하여 공기질이 악화되고, 실내에서 배출된 폐열, 오염물질, 냄새가 효율적으로 단지 밖으로 배출되지 못하는 문제점을 유발시킬 수 있다. 이러한 시설 내 통풍성능 저하는 실내 공기를 악화시키고, 이로 인하여 다시 배출되는 열, 오염물질 등이 증가되는 악순환이 되풀이 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 건물의 계획시 설계단계에서부터 건물의 형태와 배치 등이 통풍에 대한 최대한의 성능이 발휘될 수 있도록 디자인 되어야 한다.

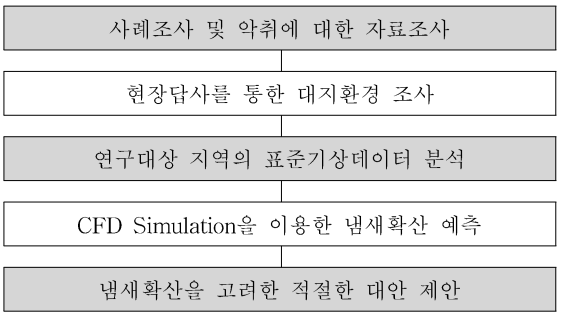
1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 천안시에 폐기물 소각장 및 주민편익시설을 대상으로 쓰레기 처리시설에서 나오는 악취의 확산을 효과적으로 예측하여 건물 및 수목의 적절한 배치 및 개구부를 제안함으로서 거주자들의 쾌적한 환경을 제공하는데 있다. 이를 위해 첫째, 쓰레기 처리시설에서 발생되는 악취의 확산을 예측한 사례와 악취에 대한 자료조사를 하여 악취의 성분, 특징, 인체에 미치는 영향 그리고 측정하는 방법 등에 대해 조사할 것이다. 둘째, 현장 답사를 통해 실제 사람이 느끼는 악취의 강도 및 주요 악취 발생 위치를 조사하여 추후 시뮬레이션 분석을 하는데 경계조건으로 활용 할 것이다.

셋째, 연구 대상이 위치한 천안시의 08년 표준기상데이터를 시간대 별로 분석하여 악취의 확산이 가장 활발한 여름철과 상대적으로 더딘 겨울철, 그리고 연간 주풍향과 주풍속을 시뮬레이션에 적용할 것이다. 또한 연구대상의 건물이 쓰레기 처리시설로부터 남, 북으로 위치하여 적은 비율이지만 남풍과 북풍을 분석하여 시뮬레이션에 적용할 것이다.

넷째, CFD Simulation을 이용하여 쓰레기 처리시설의 악취확산을 예측하고, 마지막으로 Simulation 분석결과를 토대로 악취확산을 고려한 적절한 대안을 제안할 것이다.

표 1. 연구의 방법 및 흐름도



2. 사례조사 및 문헌고찰

현재까지 국내에서 시뮬레이션을 이용한 쓰레기 처리시설의 냄새확산 예측을 통해 대안을 제시한 경우의 연구는 미비하다. 또한 국내에서는 해외에 비해 쓰레기 처리시설에서 발생되는 악취에 대한 연구가 많이 부족할 실정이다. 그러나 음식물 쓰레기 처리에 관한 연구는 몇몇 진행되었다. '음식물류 폐기물 처리시설의 악취관리대책에 관한 연구' (김성범 외, 2006)에 따르면 음식물류폐기물처리시설 중 대부분을 차지하는 시설은 사료화시설과 퇴비화시설이 있으며, 주요 악취성분은 황화

수소(H_2S), 메칠메르캅탄(CH_3SH), 암모니아(NH_3), 트리메칠아민($(CH_3)_3N$), 아세트 알데히드(CH_3CHO)이다. 또한 '초고층 공동주택의 스택효과가 단위주거에서 코어로의 냄새확산에 미치는 영향 분석' (김광호 외, 2007)에서도 음식냄새를 유발하는 악취의 종류와 주성분 및 취기강도를 표 3과 같이 분석했다.

2.1 악취의 정의 및 개요

악취는 세계적으로 대기오염, 수질오염, 소음·진동 등과 함께 독립된 오염으로 정의하고 있으며, 대기환경보전법에는 악취를 "황화수소, 메르캅탄류, 아민류, 그 밖에 자극성 있는 기체상태의 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새"라고 정의하고 있다.

즉, 악취라 함은 여러 가지 성분이 혼합된 상태로 존재하면서 사람의 후각을 자극하여 인간의 쾌적한 정서생활과 나아가 건강에 피해를 주는 나쁜 냄새를 의미한다. 악취는 감각적이고 주관적인 오염물질로 상황에 따라 또는 개인의 성향에 따라 문제의 심각성 여부와 정도가 판단되기 때문에 정량적인 측정이 어려운 물질이다. 또한 좁은 국토와 인구밀도가 높은 지역이 혼재하고 있는 상황에서 악취 등 감각공해에 의한 민원 발생 가능성이 높은 실정이다.

표 2. 악취도 및 감도

악취도	악취의 감도	Scale
0	무취(취기를 전혀 감지 못함)	None
1	감지취기(약간의 감지 취기)	Threshold
2	보통취기(보통 정도의 취기 감지)	Moderate
3	강한취기(강한 취기를 감지)	Strong
4	극심한취기(아주 강한 취기를 감지)	Very Strong
5	참기 어려운취기(견딜 수 없는 취기)	Over Strong

3. 분석과정

해석 대상 건물은 현장답사를 통해 악취발생 위치와 대지주변 현황을 파악하고, '08년 천안시의 풍속 및 풍향 데이터'를 매 시간별로

표 3. 화학측정법과 관능검사법에 의한 음식냄새별 주요 악취성분의 특징 및 취기강도

화학성분	냄새 종류	척도 (ppm)					냄새 역치	특 징
		1	2	3	4	5		
Hydrogen Sulfide (H2S) 황화수소	썩은 계란	0.00056	0.0056	0.063	0.72	8.1	0.0047	- 무색, 계란 및 우유 썩은 냄새 같은 자극성 기체. - 공기 중의 농도가 400ppm이상에서는 생명에 위험. - 두통, 현기증, 기침, 구토, 불규칙보행, 의식불명, 호흡마비.
Methyl Merchaptan (CH3SH) 메칠메르캅탄	양파	0.0001	0.00065	0.0041	0.026	0.16	0.0011	- 황화수소를 닮은 중독 작용을 가짐. - 자극성이 강함.
Ammonia(NH3)	암모니아	0.15	0.59	2.3	9.2	37	0.037	- 무색 자극성 기체로 사람의 지각한계는 53ppm - 동물의 배설물, 유기물의 부패에 의해 발생. - 코, 목을 자극하며, 눈과 접촉시 결막 및 각막염증 유발. - 고농도가스일 경우 두통 및 경련 유발.
Tri-methylamine ((CH3)3N) 트리메칠아민	생선	0.00011	0.0014	0.019	0.24	3.0	0.0021	- 생선 썩은 냄새와 암모니아 같은 악취의 기체, 강알카리성. - 동물의 조직 특히 물고기에 많이 포함. - 수산관계의 처리장에서 주로 발생.
Acetic Aldehyde (CH3CHO) 아세트 알데히드	곰팡이	0.0015	0.015	0.15	1.4	14	0.004	- 내연기관의 배기가스 중에 포함되는 알데히드류의 주성분. - 안면홍조, 두통, 의식혼탁, 기관지염, 현기증, 폐수종 등 유발.

분석하여 우선 쓰레기 처리장 악취의 영향이 큰 여름철과 겨울철을 기준으로 폐기물 소각시설과 주민편익시설을 CFD시뮬레이션을 이용하여 건물 주위 악취의 분포를 분석하였다.

3.1 현장 조사

연구 대상의 건물은 그림 1(좌)과 같이 구성되어 있고, 북쪽으로는 폐기물 소각시설의 기존동(우)이 위치하고 있으며, 두 건물의 중간에 신규 소각동, 남쪽으로는 주민편익시설이 건설될 예정이다.

건물간의 이격거리는 쓰레기 처리시설과 폐기물 소각시설 기존동과의 거리는 약 100m이며, 신규 소각동과는 약 70m이다. 또한 주민편익시설과는 약 200m정도로 충분히 확보되어 있는 것을 확인하였다. 답사 결과 연구 대상의 건물은 휴일이라 작업이 이루어지지 않고 있는 상황인데도 쓰레기 처리시설의 대지 내에서는 악취도 3.5 정도의 강한 악취가 풍기는 것을 확인하였다. 따라서 작업이 이루어지는 평일에는 주변 건물로 확산되는 악취의 강도가 클 것으로 예측되었다.

3.2 기상데이터 분석 및 해석조건

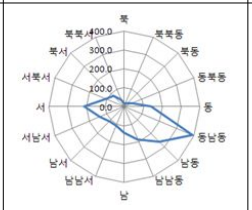
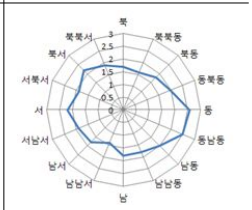
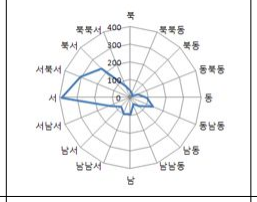
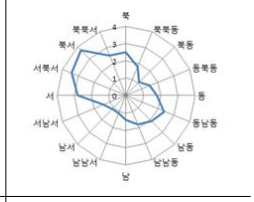
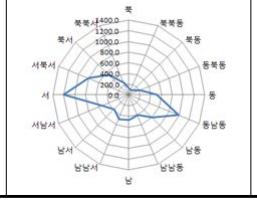
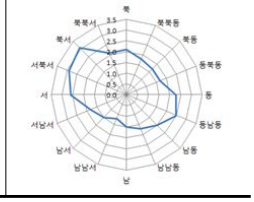
모델은 공간을 약 60만개의 Mesh로 분할하여 사용하였고, 난류모델은 $K-\varepsilon$을 적용하였다. 발생되는 악취는 표 3을 토대로 하였으며, 그 중 음식물 쓰레기의 주원인인 H2S를 기준으로 시뮬레이션 분석을 실시하였다.

그림 1. 해석 대상 건물

쓰레기 처리시설로부터 발생하는 악취의 발생강도는 악취도 5의 참기 어려운 취기인 8.1ppm으로 하였으며, 환경부에서 2005년 제정한 악취방지법 시행규칙을 살펴보면 H2S는 지정 악취물질로서 그 배출허용기준은 공업지역에서 0.02~0.06ppm으로 엄격하게 규정하고 있다. 현장조사 결과를 토대로 악취가 발생하는 지점은 차량이 출입하는 차고부분과 작업장 내의 창, 문으로 가정하였다.

풍향조건은 여름철(주풍속: 2.5m/s, 주풍향: 동남동풍), 겨울철(2.8m/s, 서풍), 연간(2.6m/s, 서풍)을 기준으로 해석하였으며, 표 5는 천안지역의 계절별 풍향 빈도수와 평균풍속의 바람장미도이다.

표 4. 천안지역 계절별 풍향빈도 및 풍속의 바람장미도

	빈도수	평균풍속
여름		
겨울		
연간		

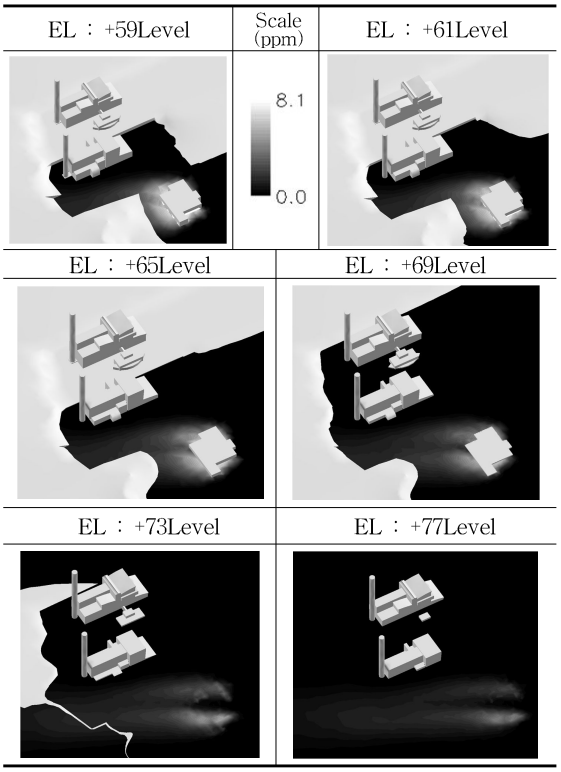
3.3 CFD 시뮬레이션 해석결과

다음 해석결과에서 EL +58은 쓰레기 처리시설의 GL을 나타내며, 쓰레기 처리시설과 소각시설 신규동과는 1m의 레벨차이가 있고, 소각시설 신규동과 기존동 사이에는 6m의 옹벽이 존재한다. 또한 쓰레기 처리시설과 주민편익

시설 사이에는 3m정도의 레벨차이가 있다. 다음 결과는 지면에서 약 1m 높이를 기준으로 각 높이에 따른 결과값을 나타내었다. 본 연구에서는 주변의 다른 공업시설 등을 배제한 체 쓰레기 처리시설과 소각시설을 중심으로 분석하였으며, 쓰레기 처리시설 내에서 화학약품에 의한 악취의 중화없이 악취가 확산될 경우를 분석한 것으로 그 정도가 더 클 것을 가정하고 분석하였다.

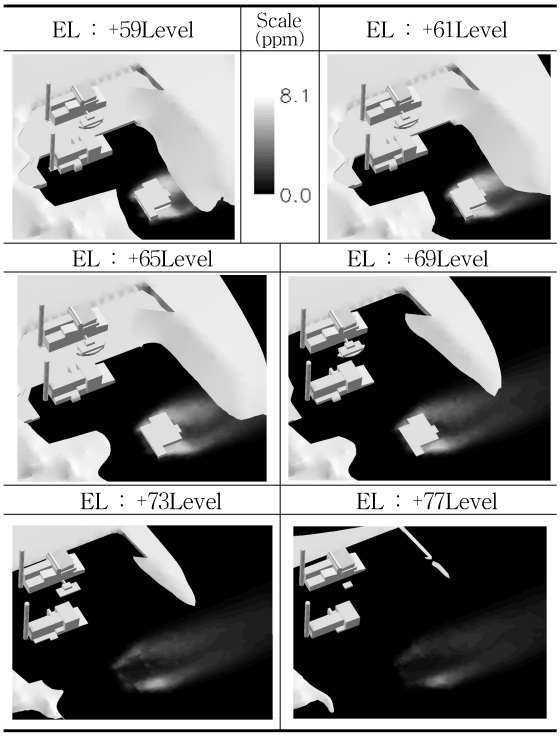
(1) 표 5은 여름철 주풍향인 동남동풍이 2.5m/s로 불 경우 쓰레기 처리시설 주변의 악취 확산 분포를 예측한 결과이다.

표 5. 쓰레기 처리시설 주변 악취확산 분포 예측결과 (여름철)



(2) 표 6은 겨울철 주풍향인 서풍이 2.8m/s로 불 경우 쓰레기 처리시설 주변의 악취 확산 분포를 예측한 결과이다.

표 6. 쓰레기 처리시설 주변 악취확산 분포 예측결과 (겨울철)



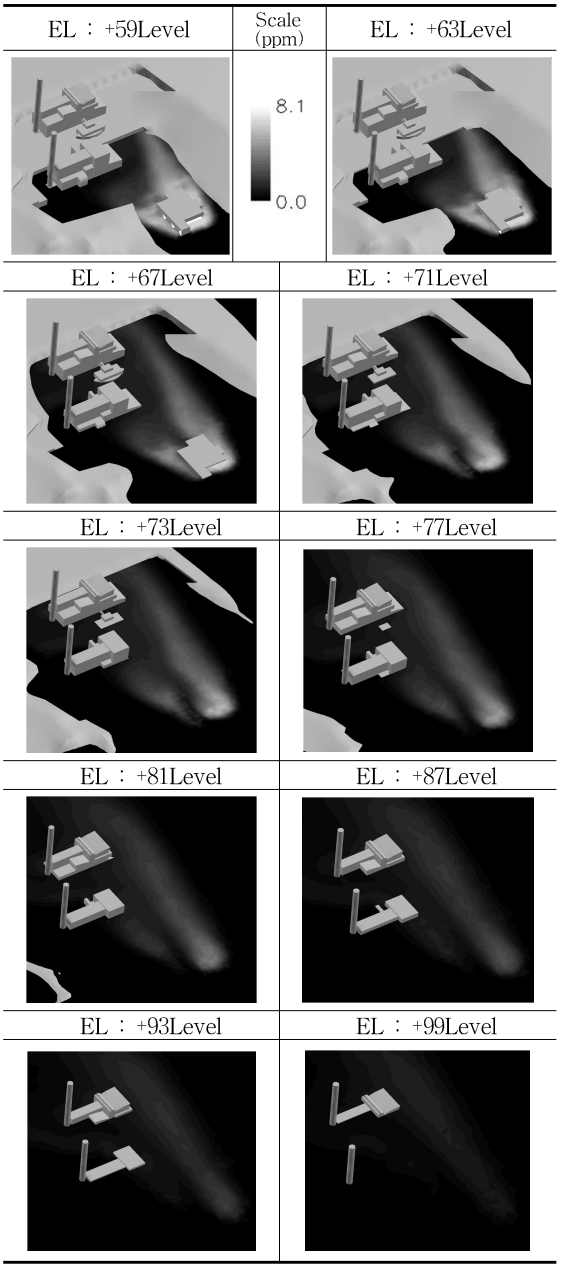
(3) 소결 I

(1)과 (2)를 분석한 결과 남, 북으로 위치한 소각시설과 주민편익시설로의 악취확산에 대한 문제는 없는 것으로 분석되었다. 따라서 연간 주풍향 분석 또한 제외하였다. 그러나 동, 서쪽으로는 악취방지법 시행규칙 중 공업지역의 배출허용기준인 0.06ppm을 뛰어넘는 농도가 약 200~300m까지 확산되는 것으로 나타났다. 또한 풍향분석결과 연간 약 472시간의 남풍과 연간 약 117시간의 북풍이 발생하는 것으로 나타나 이것에 의해 쓰레기 처리시설로부터 발생되는 악취가 주변에 영향을 미칠 것으로 예측되며, 이에 대한 분석이 필요하다.

(4) 표 7은 연간 약 472시간 발생하는 풍속

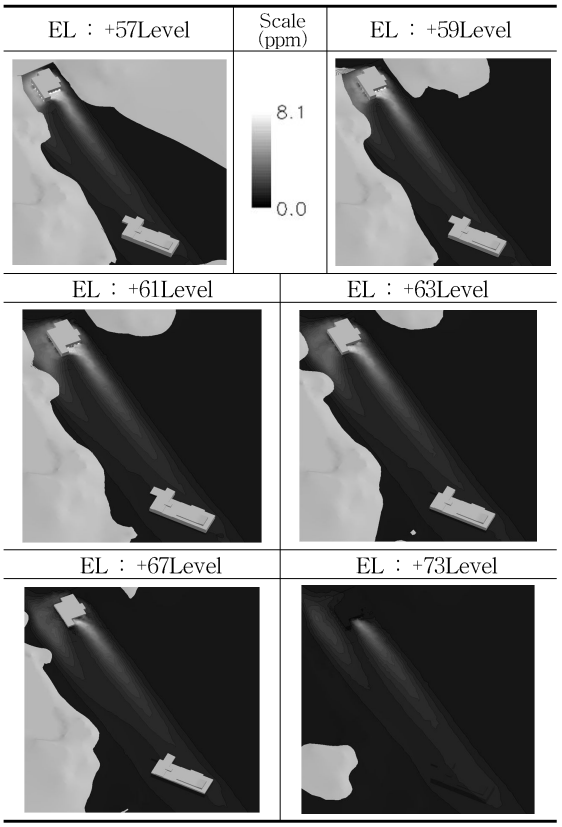
1.5m/s의 남풍으로 인해 쓰레기 처리시설로부터 발생되는 악취가 북측에 위치한 소각시설로 미치는 영향을 예측하였다.

표 7. 소각시설 주변의 악취확산 분포 예측결과
(남풍, 1.5m/s)



(5) 표 8은 연간 약 117시간 발생하는 풍속 2.1m/s의 북풍으로 인해 쓰레기 처리시설로부터 발생되는 악취가 남측에 위치한 주민편익시설로 미치는 영향을 예측하였다.

표 8. 주민편익시설 주변 악취확산 분포 예측결과
(북풍, 2.1m/s)



(6) 소결Ⅱ

북풍과 남풍을 토대로 분석한 쓰레기 처리시설의 악취확산 시뮬레이션 결과 북풍에 의해 주민편익시설로 악취도 약 3.0이상의 강한 악취가 확산되는 것으로 나타났다. 또한 남풍에 의해 소각시설로 악취도 약 3.0~4.5의 심한악취가 동측을 위주로 확산되는 것으로 나타났다. 따라서 소각시설의 경우 건물 내에서 거주자가 있는 실의 위치를 북측 또는 서측으로 계획

하거나 적절한 수목의 배치 등을 통해 악취의 확산을 제어할 필요가 있으며, 자연환기가 필요한 주민편익시설의 경우 개구부의 위치 조정 또는 수목 등 악취의 확산을 제어시킬 수 있는 방어벽의 역할이 필요할 것이다.

4. 결 론

현재까지 보고된 쓰레기 처리시설로부터의 악취확산이 주변건물에 미치는 영향에 대한 연구는 미비했으며, 주로 음식물 쓰레기의 악취관리대책에 관한 연구나 악취저감에 관한 연구가 주를 이루었다. 그러나 본 연구에서는 천안시에 폐기물 소각시설 및 주민편익시설을 대상으로 쓰레기 처리시설로부터 나오는 악취의 확산을 효과적으로 예측하여 거주자에게 쾌적한 환경을 제공하는데 있으며, CFD 시뮬레이션 분석을 통해 악취의 확산을 예측하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같이 정리하였다.

(1) 여름철 주풍향인 동남동풍과 겨울철 주풍향인 서풍의 경우를 CFD 시뮬레이션으로 분석한 결과 연구 대상건물들은 모두 남, 북으로 위치하여 악취확산에 의한 영향은 받지 않는 것으로 분석되었다. 따라서 겨울철 주풍향과 동일한 연간 주풍향인 서풍(2.6m/s)을 이용한 분석은 고려되지 않았다.

(2) 풍향분석결과 미비하지만 연간 약 472시간의 남풍이 발생하는 것으로 나타나 악취확산을 분석한 결과, 건물의 북측으로 확산된 악취의 강도가 악취도 약 3.0~4.5의 극심한 취기를 느끼는 것으로 분석되어 거주자가 있는 실의 위치를 가능한 서측으로 배치하거나 소각시설의 남동측으로 적절한 수목의 배치가 요구된다. 또한 남풍과 비슷한 남남서풍이나 남남동풍에 의한 확산까지 고려한다면 그 피해는 더욱 클 것으로 사료된다.

(3) 또한 연간 약 117시간의 북풍이 발생하는 것으로 나타나 악취확산을 분석한 결과, 악취도 약 3.0이상의 강한취기를 느끼는 것으로 분석되었다. 따라서 건설예정인 주민편익시설의 위치 변경 또는 건물의 북측으로 적절한 수목을 배치하여 악취의 확산방향을 분산시키는 것이 요구된다. 또한 비슷한 북북서풍이나 북북동풍의 악취확산까지 고려한다면 그 피해는 더 커질 것으로 사료된다.

이상의 연구결과를 종합하여 쓰레기 처리시설로부터 발생되는 악취를 예측하여, 적절한 대안을 제시하였다.

그러나 본 한계점으로서 쓰레기 처리시설 내에서 발생하는 악취를 미생물이나 화학약품을 통한 중화를 배제한 체 단순히 쓰레기 처리시설과 소각장 및 주민편익시설을 중심으로 분석하였으며, 주변의 기타 시설이나 지형 등을 모두 고려하지 않았다는 것이다. '미생물에 의한 음식물 쓰레기의 악취저감에 관한 연구' (김동원 외, 2006)에 따르면 발효능이 뛰어나고 생육속도가 빠르며 안정된 것으로 알려진 효모나 유산균, 고초균의 절적한 혼합이 황화수소나 암모니아 등의 복합 악취물질을 미생물의 대사과정에 이용하기 때문에 악취 유발 물질을 근원적으로 차단시킬 수 있다고 하고 있다. 위의 방법은 생물학적 방법이지만 본 연구에서 언급된 쓰레기 처리시설에서 발생하는 악취를 근원적으로 차단시킬 수 있는 해결책 중 하나로 고려되어야 할 것이다.

추후 연구에서는 건물의 배치나 개구부의 위치 등 건축적인 측면 뿐 아니라 악취를 보다 환경 친화적이며, 악취성분 자체를 분해함으로 악취를 없애는 효율적인 방법 중 하나인 생물학적으로 처리하는 연구진행이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 김광호 외, 초고층 공동주택의 스택효과가 단위주거에서 코어로의 냄새확산에 미치는 영향 분석, 한국건축학회논문집 제23권 제9호, 2007. 9
2. 김성범 외, 음식물류폐기물처리시설의 악취관리대책에 관한 연구, 유기성자원학회 학술저널, 2006
3. 김동원 외, 미생물에 의한 음식물 쓰레기의 악취저감에 관한 연구, 유기성자원학회 학술발표대회논문집, 2006
4. 김시영, 유기성폐기물 자원화시설로부터 발생되는 악취물질 발생특성, 부경대학교 산업대학원 석사학위논문
5. 송복주 외, 음식물쓰레기 처리설비의 악취성분에 관한 연구, 한국폐기물학회, 2004
6. 김기현 외, 음식물의 부패에 의한 악취발생 특성 및 미생물을 이용한 부패악취저감 연구, 한국환경분석학회지, 2006
7. 대기환경보전법, 법률 제9695호 일부개정 2009. 05. 21
8. 폐기물관리법 시행령 개정령, 대통령령 제20244호, 2007. 09. 06
9. 악취방지법령집, 환경부, 2005. 02. 10