

연구결과보고서

2020년도 연구개발사업에 따라 완료한 시화산단 대표 업종별 흡착탑에 사용되고 있는 활성탄의 물성 특성조사를 통한 대기질 개선 방안 연구에 관한 연구의 최종 보고서를 붙임과 같이 제출 합니다.

붙임 : 최종 보고서 20부. 끝.

연구기관 : 충남대학교

연구책임자 : 이 영 우 

연구기관장 : 충남대학교

산학협력단장  직인

시흥녹색환경지원센터장 귀하

제 출 문

시흥녹색환경지원센터장 귀하

본 보고서를 “시화산단 대표 업종별 흡착탑에 사용되고 있는 활성탄의 물성 특성조사를 통한 대기질 개선 방안 연구”에 관한 최종보고서로 제출합니다.

연구기관명 : 충남대학교

연구책임자 : 이 영 우 교수(충남대학교 응용화학공학학과)

연구 원 : 박지윤, 김동명, 서석원

시화산단 대표 업종별
흡착탑에 사용되고 있는
활성탄의 물성 특성조사를
통한 대기질 개선 방안 연구

이 영 우

시흥녹색환경지원센터

요 약 문

I. 연구개요

“시화산단 대표 업종별 흡착탑에 사용되고 있는 활성탄의 물성 특성조사를 통한 대기질 개선 방안 연구”

II. 연구의 필요성 및 목적

<필요성>

현재 악취방지설비에 적용되는 기상용 활성탄 품질 규정이 명확하지 않은 실정이며, 저급 또는 쏠에 가까운 활성탄을 사용하거나 재생이 충분히 되지 않은 활성탄을 재사용하는 상황이 발생하고 있다.

활성탄 흡착시설의 설계기준에 따르면 활성탄에 대한 명확한 규정은 없으며 준공검사 시에도 설계에 적용한 활성탄을 사용했는지 적절한 검수가 이루어지고 있지 않는 실정이다. 이에 따라 교체주기보다 오래 사용하는 경우가 존재하며, 지속적인 사후관리가 이루어지고 있지 않으므로 대기오염물질을 제대로 흡착하지 못하는 활성탄이 흡착탑에 적용되어 사용되고 있다.

활성탄에 대한 품질 기준이나 규정이 없기 때문에 이를 제지할 방법이 없어 산단 주변의 대기질 악화와 민원이 끊임없이 발생하고 있으며, 대기질 개선을 위하여 기체상 악취물질 제거에 적용하기 위한 활성탄 흡착탑에 사용되는 활성탄에 대한 기준의 마련이 불가피하다.

<목적>

따라서 업종별로 설치되어 있는 흡착탑에 적용된 활성탄의 물성 특성 실태를 정확히 파악하여 활성탄의 spec를 규정함으로써 흡착탑의 VOC 제거효율 제고 방안을 수립하고 시화산단의 대기질 개선에 기여할 필요가 있다.

III. 연구의 내용 및 범위

기존 센터내의 자료를 정리하고 업종별 활성탄 흡착탑 현황을 분석하여 1차년도 조사된 업종 및 업체를 제외하고 2차년도 조사대상을 선정하였다. 활성탄 흡착탑의 물성특성 실태를 파악하기 위해 다음과 같은 연구를 수행하였다.

- i. 선정된 업체의 활성탄 흡착탑 운영 실태 조사 분석 (업체 현장 조사)
 - 흡착탑을 가장 많이 사용하고 있는 2개 업종(화학물 및 화학제품 제조

업, 조립금속제품 제조업)을 제외한 8개 업종을 선정하고 총 17개의 업체를 선정

- 활성탄 흡착탑 운영 실태에 대한 정밀 조사 (활성탄 교체주기 등)
- 효율 검증을 위한 정상조업간 흡착탑 전·후단 THC 측정 및 활성탄의 물성특성(요오드가, TGA, BET) 분석

ii. 활성탄 spec 규정 마련을 위한 자료(자문) 조사

- 다양한 사전에서 제시된 활성탄의 사전적 정의 분석
- 국내의 산업규격 (KSM 1421) 조사 및 분석
- 타 과제에서 제안한 활성탄 품질기준 비교 및 분석
- 공공기관의 입상활성탄 구입시방서

iii. 분석결과를 종합하여 활성탄 흡착탑 효율을 위한 활성탄 spec 규정

- 1, 2차년도 업체 현장조사 결과를 종합하여 활성탄 물성 비교 및 분석
- 업체현장 조사 결과와 자료(자문) 조사를 종합하여 활성탄 spec 규정 제시

IV. 연구결과

본 연구에서는 모든 분석결과를 종합하여 업종에 관계없이 800 mg/g 이상의 요오드가를 나타내는 활성탄을 사용하도록 규정화하는 것을 제안하였다. 활성탄 흡착탑 설계 시, 활성탄의 요오드가 기준을 800 mg/g으로 정하여 설계하며, 활성탄의 교체주기도 고급 활성탄의 톨루엔 흡착력 기준이 아닌 실제 사용한 활성탄(요오드가 800 mg/g 이상)을 기준으로 교체주기를 계산하도록 제안한다. 준공 완료 시에 설계에 적용한 활성탄(요오드가 800 mg/g 이상)을 사용했는지를 검수하고 지속적인 사후관리 체제를 수립하여 시화·반월 산단지역의 대기 오염 문제를 개선할 것을 제안하였다.

V. 연구결과의 활용계획

본 연구를 통해 시화산단내 소재하는 흡착탑에 사용되는 활성탄의 물성특성 조사결과를 토대로 업종별 흡착탑 용도의 활성탄 spec을 규정하는 자료로 사용될 수 있다. 본 연구에서 업종별 흡착탑용 활성탄 spec 규정을 통하여 과학적인 근거를 제공하여 궁극적으로 흡착탑을 효율적으로 운영할 수 있게 될 것이며 향후 시화반월산단 지역의 대기질 개선에 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

목 차

- 요약문	i
- 제1장 연구개요	3
- 1.1 연구의 필요성	3
- 1.2 1차년도 연구 요약	7
- 제2장 기술개발 현황	14
- 2.1 VOCs 및 방지시설	14
- 2.2 업종별 악취발생 물질	16
- 2.3 흡착 기술	17
- 2.4 활성탄의 제조공정	21
- 2.5 활성탄 흡착시설의 설계기준	22
- 2.6 활성탄 소요량 및 교체주기 계산	24
- 2.7 악취 물질별 활성탄의 흡착 능력	26
- 2.8 흡착탑 화재방지	28
- 2.9 흡착제 성능 평가	29
- 제3장 연구개발 목표 및 방법	34
- 3.1 연구개발 목표	34
- 3.1.1 연구개발의 최종 목표	34
- 3.1.2 연구개발 목표의 성격	34
- 3.1.3 연차별 연구개발 목표 및 내용	34
- 3.1.4 추진전략 및 방법	35
- 3.1.5 연구개발 추진체계	36

목 차

- 3.2 시료채취 및 분석방법 -----	37
- 3.2.1 활성탄 흡착탑 THC 농도측정 -----	37
- 3.2.2 요오드가 측정 -----	38
- 3.2.3 TGA 측정 -----	40
- 3.2.4 BET 측정 -----	41
- 3.3 자료조사를 통한 분석 -----	42
- 3.3.1 활성탄의 사전적 정의 -----	42
- 3.3.2 흡착기술 평가 및 인증 기준 -----	42
- 3.3.3 한국수자원공사 활성탄 품질기준 -----	42
- 제4장 연구결과 -----	46
- 4.1 업종 분석 -----	46
- 4.2 업체별 분석결과 -----	53
- 4.2.1 KS사의 결과 -----	53
- 4.2.2 SS사의 결과 -----	57
- 4.2.3 JA사의 결과 -----	61
- 4.2.4 AT사의 결과 -----	65
- 4.2.5 DY사의 결과 -----	69
- 4.2.6 EK사의 결과 -----	73
- 4.2.7 TI사의 결과 -----	77
- 4.2.8 DR사의 결과 -----	81
- 4.2.9 DP사의 결과 -----	85
- 4.2.10 IC사의 결과 -----	89
- 4.2.11 OK사의 결과 -----	93

목 차

- 4.2.12 YJ사의 결과	97
- 4.2.13 MS사의 결과	101
- 4.2.14 AF사의 결과	105
- 4.2.15 HK사의 결과	109
- 4.2.16 HM사의 결과	113
- 4.2.17 JI사의 결과	117
- 4.2.18 업체별 분석결과 요약	121
- 4.3 자료조사 결과	123
- 4.3.1 자료조사의 내용	123
- 4.3.2 활성탄의 사전적 정의	125
- 4.3.3 국내 입상활성탄 산업규격	129
- 4.3.4 흡착기술 평가 및 인증 기준안	132
- 4.3.5 한국수자원공사 활성탄 품질기준	134
- 4.4 결론 및 제언	135
- 4.4.1 결론	135
- 4.4.2 제언	138
- 제5장 연구결과의 활용계획	142
- 5.1 기대효과	142
- 5.2 사업성과 활용방안	143
- 참고문헌	144
- 부 록	145

표 목 차

표 1-1. 기술지원 대상 업체별 활성탄 요오드가 -----	6
표 2-1. 산업별 VOCs 발생원과 종류 -----	14
표 2-2. VOCs 제거기술 -----	15
표 2-3. 물리적 흡착과 화학적 흡착의 비교 -----	20
표 2-4. A 업체의 톨루엔 발생 농도별 교체주기 -----	25
표 2-5. 기상 오염물질에 대한 활성탄의 흡착 능력 비교 -----	27
표 2-6. 활성탄 용도별 흡착능력 측정법 -----	30
표 4-1. 주요업종을 제외한 업종별 악취강도 분포 -----	51
표 4-2. 2차년도 수행된 업체 목록 -----	52
표 4-3. KS사의 체크리스트 -----	54
표 4-4. SS사의 체크리스트 -----	58
표 4-5. JA사의 체크리스트 -----	62
표 4-6. AT사의 체크리스트 -----	66
표 4-7. DY사의 체크리스트 -----	70
표 4-8. EK사의 체크리스트 -----	74
표 4-9. TI사의 체크리스트 -----	78
표 4-10. DR사의 체크리스트 -----	82
표 4-11. DP사의 체크리스트 -----	86
표 4-12. IC사의 체크리스트 -----	90
표 4-13. OK사의 체크리스트 -----	94

표 목 차

표 4-14. YJ사의 체크리스트 -----	98
표 4-15. MS사의 체크리스트 -----	102
표 4-16. AF사의 체크리스트 -----	106
표 4-17. HK사의 체크리스트 -----	110
표 4-18. HM사의 체크리스트 -----	114
표 4-19. JI사의 체크리스트 -----	118
표 4-20. 업체별 분석결과 요약 -----	121
표 4-21. KSM 1421 입상활성탄소 산업규격(2004) -----	129
표 4-22. KSM 1421 입상활성탄소 산업규격(2007) -----	130
표 4-23. 한국활성탄소 공업협동조합의 수처리용 입상활성탄 품질기준 -----	131
표 4-24. 자문자료에서 제안하는 약취처리용 입상활성탄 인증등급과 품질기준 -----	132
표 4-25. 요오드가 구분에 따른 업체 수와 비율 -----	136
표 4-26. 자료조사를 통한 제안된 활성탄의 요오드가 비교 -----	137

그림 목 차

그림 1-1. 시화 산단내 방지시설 종류별 설치 비율 -----	3
그림 1-2. 시화 산단내 표준산업분류에 따른 흡착탑 설치 비율 -----	4
그림 2-1. 활성탄의 세공구조 -----	18
그림 2-2. 활성탄의 세공분포 -----	19
그림 3-1. Gas Chromatography 분석 장치 -----	37
그림 3-2. 요오드가와 비표면적과의 상관관계 -----	39
그림 3-3. TGA 분석장치 -----	40
그림 3-4. 비표면적 분석장치 -----	41
그림 4-1. 주요 업종을 제외한 업종의 악취 강도에 대한 분포 -----	46
그림 4-2. 세부업종별 악취강도 분포(1) -----	47
그림 4-3. 세부업종별 악취강도 분포(2) -----	48
그림 4-4. 세부업종별 악취강도 분포(3) -----	49
그림 4-5. 세부업종별 악취강도 분포(4) -----	50
그림 4-6. KS사의 활성탄 입자 사진 -----	53
그림 4-7. KS사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	55
그림 4-8. KS사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	56
그림 4-9. SS사의 활성탄 입자 사진 -----	57
그림 4-10. SS사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	59
그림 4-11. SS사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	60
그림 4-12. JA사의 활성탄 입자 사진 -----	61
그림 4-13. JA사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	63
그림 4-14. JA사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	64
그림 4-15. AT사의 활성탄 입자 사진 -----	65
그림 4-16. AT사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	67
그림 4-17. AT사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	68

그림 목 차

그림 4-18. DY사의 활성탄 입자 사진 -----	69
그림 4-19. DY사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	71
그림 4-20. DY사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	72
그림 4-21. EK사의 활성탄 입자 사진 -----	73
그림 4-22. EK사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	75
그림 4-23. EK사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	76
그림 4-24. TI사의 활성탄 입자 사진 -----	77
그림 4-25. TI사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	79
그림 4-26. TI사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	80
그림 4-27. DR사의 활성탄 입자 사진 -----	81
그림 4-28. DR사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	83
그림 4-29. DR사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	84
그림 4-30. DP사의 활성탄 입자 사진 -----	85
그림 4-31. DP사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	87
그림 4-32. DP사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	88
그림 4-33. IC사의 활성탄 입자 사진 -----	89
그림 4-34. IC사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	91
그림 4-35. IC사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	92
그림 4-36. OK사의 활성탄 입자 사진 -----	93
그림 4-37. OK사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	95
그림 4-38. OK사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	96
그림 4-39. YJ사의 활성탄 입자 사진 -----	97
그림 4-40. YJ사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	99
그림 4-41. YJ사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	100

그림 목 차

그림 4-42. MS사의 활성탄 입자 사진 -----	101
그림 4-43. MS사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	103
그림 4-44. MS사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	104
그림 4-45. AF사의 활성탄 입자 사진 -----	105
그림 4-46. AF사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	107
그림 4-47. AF사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	108
그림 4-48. HK사의 활성탄 입자 사진 -----	109
그림 4-49. HK사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	111
그림 4-50. HK사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	112
그림 4-51. HM사의 활성탄 입자 사진 -----	113
그림 4-52. HM사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	115
그림 4-53. HM사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	116
그림 4-54. JI사의 활성탄 입자 사진 -----	117
그림 4-55. JI사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습 -----	119
그림 4-56. JI사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과 -----	120
그림 4-57. 조사된 업체의 요오드가와 비표면적의 상관관계 -----	122
그림 4-58. 요오드가 구분에 따른 업체 수와 비율 -----	136
그림 4-59. 본 연구에서 제안하는 활성탄의 요오드가 기준 -----	139

제 1 장 연구 개요

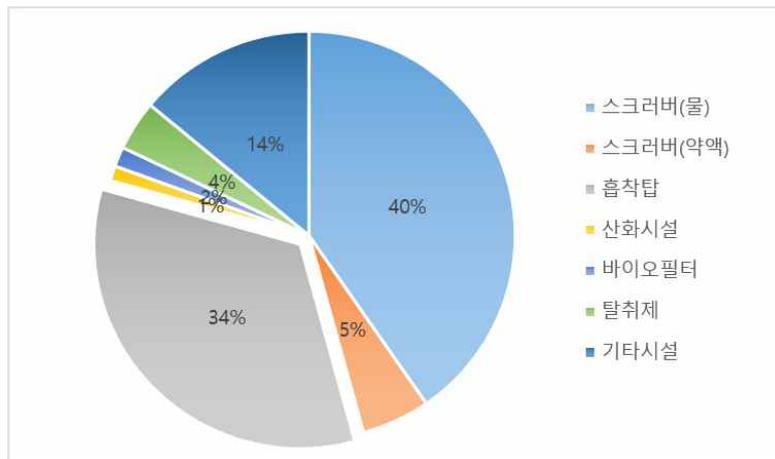
1.1 연구의 필요성	3
1.2 1차년도 연구 요약	7

제1장 연구개요

1.1 연구의 필요성

최근 가속화된 산업화와 더불어 경제성장으로 인하여 세계적으로 경제적, 산업적으로는 성장했으나 심각한 환경문제를 동반하면서 세계적으로 환경문제에 관한 관심과 규제가 높아지고 있다. 여러 가지 대기오염물질 중에서도 휘발성 유기화합물(Volatile organic compounds, VOCs)은 지구온난화 및 광화학 스모그의 원인이 되며 악취를 동반하고 휘발성이 강한 유기화합물의 경우에는 산단 내 작업자의 건강 장애까지 일으키는 물질로 2009년 환경부에서 발표한 대기환경보전법에 따르면 톨루엔, 스티렌 등 37가지의 물질을 휘발성 유기화합물로 규정하여 규제를 강화하고 있다.

시화·반월 산단의 경우 약 2만여 개의 업체가 있으며 이중 약 3,400여 개의 업체가 대기 및 악취 배출업체로 등록되어 있다. 여러 산업체와 더불어 주거단지가 함께 형성되어 있어 산단에서 배출되는 VOCs에 의한 피해는 산단 내 작업자뿐만 아니라 인근 주민에게까지 미치고 있어 VOCs의 효율적인 처리가 매우 중요하다.



[그림 1-1] 시화 산단내 방지시설 종류별 설치 비율.

시화·반월 산단 내에서는 이러한 피해를 방지하기 위해 다양한 형태의 악취 방지 시설이 설치 운용되고 있으며 2014년 기준으로 방지시설은 [그림1-1]과 같이 스크러버(물)와 흡착탑이 전체의 74%를 차지하는 것으로 나타났다. 이와 같이 스크

제 기능을 하지 못하고 있으며 효율성 제고를 위한 구체적인 방안 제시가 없는 상태이다. 특히 흡착탑의 효율 향상에 가장 중요한 핵심 요소인 활성탄의 VOC 제거 성능에 관한 업종별 조사연구 자료가 미흡한 상태이고, 흡착탑의 인허가 시 활성탄의 spec에 대한 요구 조건이 없어 현장에서 성능이 낮은 값싼 활성탄을 사용할 개연성이 높다.

따라서 업종별로 설치된 흡착탑의 활성탄의 물성 특성 실태를 정확히 파악하여 활성탄의 spec을 규정함으로써 흡착탑의 VOC 제거효율 제고 방안을 수립하고 시화산단의 대기 질 개선에 기여할 필요가 있으며, 현재까지 활성탄 흡착탑과 관련된 연구는 시흥녹색환경지원센터와 안산녹색환경지원센터를 중심으로 다음과 같이 지속해서 진행됐다.

- (2007년) 시화반월공단내 업종별 활성탄흡착탑의 효율성 평가 연구
- (2008년) 시화반월산단 소재 대기방지시설의 활성탄과 세정수의 적정한 교체주기 산정 및 관리운영방안 연구
- (2009년) 시화반월산단 소재 VOC 흡착시설에서 발생하는 폐활성탄으로부터 에너지 자원의 회수방안 조사연구
- (2011년) 저온활성탄 공동재생시스템 적용을 위한 최적의 활성탄 선정 연구
- (2013년) 시화산단 대표업종별 오염방지시설의 효율검증을 위한 방지시설 전후 단 오염물질 분석연구
- (2013년) 안산시흥스마트허브내 다량취급 유기화합물질의 흡수흡착능 검증
- (2018년) 시화산단에 적합한 흡착제의 이동식흡착 및 고농축 탈착 기술

그러나 위 연구 내용은 본 연구에서 제안하는 활성탄 흡착탑의 효율 제고를 위해 핵심 요소가 되는 활성탄의 이용 실태에 대한 체계적인 조사 연구를 취급하지 않았으며 본 연구 내용과 유사한 조사는 그동안 시흥·안산센터를 중심으로 한 업체기술 지원 과정에서 간헐적으로 진행되어 왔다.

2014년에 수행된 시흥녹색환경지원센터 기술지원보고서 자료에 다음 표와 같이 9개 기술지원 대상 업체의 흡착탑에서 직접 수거한 활성탄의 요오드가가 수록되어 있다.

[표1-1]에서 보는 바와 같이 대부분 활성탄 spec 규정 부재로 인해 흡착성능이 낮은 저렴한 활성탄이 사용되고 있어 근본적으로 흡착탑의 기능을 무력화시키는 상황이라 개선이 시급하다. 따라서 활성탄 흡착탑의 효율 제고를 위해 핵심 요소가

되는 활성탄의 이용 실태에 대한 체계적인 업종별 조사 연구 수행이 필요하며 이를 통해 활성탄 흡착탑의 실효성 제고 방안을 수립하고 궁극적으로는 시화·반월산단의 대기질 개선을 도모할 필요가 있다.

본 연구를 통하여 시화·반월 산단 소재 흡착탑에 사용되고 있는 활성탄의 물성 특성을 조사한 결과를 토대로 업종별 흡착탑 용도의 활성탄 spec을 규정하게 되면 흡착탑의 효율 개선과 그로 인한 시화산단의 대기질 개선에 크게 기여하게 될 것으로 기대된다.

[표 1-1] 기술지원 대상 업체별 활성탄 요오드가

업체명	요오드가(mg/g)	업체명	요오드가(mg/g)
C	368	J2	120
D	343	K	596
H1	596	P	171
H2	51	S	228
J1	159		

1.2 1차년도 연구 요약

① 연구개요

시화산단 대표 업종별 흡착탑에 사용되고 있는 활성탄의 물성 특성조사를 통한 대기질 개선 방안 연구

② 연구의 필요성 및 목적

산단 내 사업장에서 발생하는 VOC 제거용으로 업종별로 널리 설치 운영되고 있는 흡착탑의 효율 향상에 가장 중요한 핵심 요소인 활성탄의 VOC 제거 성능에 대한 업종별 조사연구 자료가 미흡한 상태이다. 또한, 흡착탑의 인허가 시 활성탄의 spec에 대한 요구 조건이 없어 현장에서 성능이 낮은 값싼 활성탄을 사용할 개연성이 높다. 따라서 업종별로 설치되어 있는 흡착탑의 활성탄의 물성 특성 실태를 정확히 파악하여 활성탄의 spec을 규정함으로써 흡착탑의 VOC 제거 효율 제고 방안을 수립하고 시화산단의 대기질 개선에 기여할 필요가 있다.

③ 연구의 내용 및 범위

기존 센터내의 자료를 정리하고 업종별 활성탄 흡착탑 현황을 분석하여 조사대상을 선정하였으며, 활성탄 흡착탑의 물성특성 실태를 파악하기 위해 다음과 같은 연구를 수행하였다.

③-1 업종별 조사 대상 업체 선정

- 시흥시, 안산시, 시흥녹색환경지원센터의 자료를 이용한 시화 산단 업종별 활성탄 흡착탑 설치 현황 분석
- 표준산업분류상 흡착탑을 많이 사용하고 있는 10대 업종별로 대표성이 있고 분석상 의미있는 과학적 자료를 산출할 수 있는 조사대상 업체 선정

③-2 선정된 업체의 활성탄 흡착탑 운영 실태 조사 분석(1)

- 흡착탑을 가장 많이 사용하고 있는 2개 업종 (화학물 및 화학제품 제조업, 조립금속제품 제조업)에 대해 각각 10개 업체 총 20개 선정
- 활성탄 흡착탑 운영 실태에 대한 정밀 조사
- 효율 검증을 위한 정상조업간 흡착탑 전·후단 THC 측정 및 활성탄의 물성 특성 분석

④ 연구결과

④-1 1차년도 조사 종합 결과

시화산단내 업종별 활성탄 흡착탑은 1222개가 설치되어있고, 주요 활성탄 흡착탑을 사용하는 20업종(화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외)과 25업종(금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외)에서 사용하고 있는 활성탄 흡착탑은 각각 216, 313개로 확인되었다.

1차년도에 해당되는 20업종과 25업종의 활성탄 흡착탑은 총 529개로 조사대상 업체의 한정된 수에 따라 활성탄 흡착탑 수와 업종내 세부업종, 악취강도에 따른 분포현황을 분석하였다. 20업종과 25업종의 세부업종과 악취강도에 관한 정규분포를 구성하기에는 악취강도의 분포가 작아 충분하지 못한 조건으로 판단되어, 가우시안 분포 곡선을 이용하여 분포현황을 분석하였으며, 20업종에 대해서는 악취강도 1을 중심으로 분포하고 있으며, 204, 201, 203, 202 순으로 분포하였다. 25업종 또한 악취강도 1을 중심으로 분포하고 있으며, 세부업종은 259, 251, 252 순으로 분포하고 있으며, 거의 대부분이 세부업종 259에 분포하고 있다.

방문 조사대상을 선정하기 위해 전문가 자문회의를 거쳐 각 업종에 따른 분포에 맞게 조사대상을 선정하는 것보다 활성탄이 제거능을 하지 못하여 휘발성 유기화합물이 흡착탑에 흡착되지 못하고 배출되는 대상을 조사대상으로 삼는 것으로 하였고, 간접적으로 악취강도 2이상의 업체를 방문 조사대상 업체로 선정하였다.

20업종과 25업종의 악취강도 2이상인 곳에 해당하는 업체는 각각 40, 29개 업체이며 20업종과 25업종 각각 10개씩 총 20개 업체를 방문 조사할 계획을 세우고 원활한 조사방문을 위해 시흥 녹색환경지원 센터와 자료를 공유하였으며, 경기도의 협조 공문을 받아 각 업체에 협조 요청을 하였다. 20업종에서 현재 운영 중인 곳은 24개였으며, 2개의 업체는 활성탄 흡착탑을 사용하지 않고, 10곳이 업체방문이 어려웠으며, 3곳은 담당자와 연락이 되지 않아 방문 일정을 잡지 못하고, 9개의 업체를 방문하였다. 25업종에서 현재 운영 중인 곳은 30개의 업체였으며, 1개 업체는 활성탄 흡착탑을 사용하지 않고, 14곳이 업체 방문이 어려웠으며, 3곳은 일정 조율이 어려워 방문하지 못하였고, 12개 업체를 방문하였다.

요오드가와 TGA 분석 결과 20업종은 대부분 저급활성탄을 사용하고 있으며 원주형과 파쇄형 활성탄을 고르게 사용하고 있었고, 요오드가가 1,000 mg/g 이상이 되는 활성탄을 사용하는 업체는 2곳(JI사, SD사)이었

다. 25업종은 대부분 파쇄형 활성탄을 주로 사용하고 있으며, 20업종보다 낮은 요오드가를 보였다. 저급 활성탄과 차콜의 흡착능력과 탄화수준은 비슷하게 나타났다.

THC 분석 결과 20업종에서 요오드가가 1,000 mg/g 이상인 J사와 SD사가 높은 제거율을 보이는 것을 확인하였으며, 25업종에서 THC 전단의 농도보다 후단의 농도가 높은 역전 현상이 나타나는 곳이 있었다.

BET 분석 결과 요오드가와 BET 비표면적은 선형적인 상관관계를 보이는 것을 확인하였으며, 주로 사용하는 활성탄 가격대(1,000~1,500원)에서의 BET 비표면적은 다양하게 나타나 가격과의 연관성은 없어 보였다.

톨루엔 흡착 분석 시 기존의 비표면적이 좋은 활성탄(요오드가 1,000 mg/g)과의 비교 분석을 위해 분석 실험을 하였으나 요오드가 120~190 mg/g의 활성탄을 사용하였을 경우, 흡착하자마자 파과점을 넘어 배출되는 현상이 발견되어 활성탄으로써 제 기능을 하지 못하는 것으로 확인되었다.

위의 분석 결과를 토대로 시화산단내 운영중인 업체의 활성탄 흡착탑내에 사용하고 있는 활성탄은 일부 고농도의 THC를 배출하는 업체의 경우에만 성능이 우수한 활성탄을 사용하고 있으며, 대부분 저급 활성탄이나 차콜을 사용하는 것을 확인하였다. 20업종에서 사용하는 활성탄이 25업종에서 사용하는 활성탄보다 성능이 우수한 경우가 많았고, 이러한 이유는 20업종에서 25업종보다 공정간 THC 농도가 높은 경우로 판단된다.

④-2 결과

시흥센터에서 보유하고 있는 자료에서 시화산단내에 활성탄 흡착탑수는 총 1,222개가 설치되어 있으며, 흡착탑을 가장 많이 사용하고 있는 화학물질 및 화학제품 제조업(20업종)과 금속 가공제품 제조업(25업종)에서 설치되어 있는 활성탄 흡착탑의 수는 각각 216, 313개였다.

화학업종과 금속업종 모두 악취강도는 1을 기준으로 고르게 분포하고 있으며, 전문가 자문 3회를 받아 악취강도 2이상을 기준으로 화학업종과 금속업종을 각각 10곳으로 총 20곳의 업체를 방문조사 할 곳을 선정하였다.

현장방문한 곳은 21개 업체 중 화학업종 9개 업체, 금속업종 12개 업체를 방문하여 활성탄 흡착탑의 사용 실태를 조사하였으며, THC 전·후단 농도 측정과, 요오드가 및 TGA 분석, BET 분석을 하였다.

화학업종에 해당하는 업체에서 사용하는 활성탄은 요오드가가 1,000

mg/g이상의 활성탄을 사용하는 업체도 있지만 대부분 저급 활성탄 또는 활성탄으로써 기능을 못하는 차콜을 사용하는 곳이 많았다. 금속업종 업체에서 사용하는 활성탄은 저급 활성탄 또는 차콜으로 판단된다.

⑤ 연구결과의 활용계획

본 연구를 통해 시화산단내 소재하는 흡착탑에 사용되는 활성탄의 물성특성 조사 결과를 토대로 업종별 흡착탑 용도의 활성탄 spec을 규정하는 자료로 사용될 수 있다. 본 연구에서 업종별 흡착탑용 활성탄 spec 규정을 통하여 과학적인 근거를 제공하여 궁극적으로 흡착탑을 효율적으로 운영할 수 있게 될 것이며 향후 시화반월산단 지역의 대기질 개선에 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

제 2 장 기술개발 현황

2.1 VOCs 및 방지시설	14
2.2 업종별 악취발생 물질	16
2.3 흡착 기술	17
2.4 활성탄의 제조공정	21
2.5 활성탄 흡착시설의 설계기준	22
2.6 활성탄 소요량 및 교체주기 계산	24
2.7 악취 물질별 활성탄의 흡착 능력	26
2.8 흡착탑 화재방지	28
2.9 흡착제 성능 평가	29

제2장 기술개발 현황

2.1 VOCs 및 방지시설

산업화로 인한 화석연료의 소비로 인해 최근 가장 심각한 문제 중의 하나로 휘발성 유기화합물의 배출을 들 수 있다. VOCs는 실내공기의 오염물질, 광화학적 스모그의 원인물질일 뿐만 아니라 발암물질, 지구온난화와 성층권 오존층을 파괴하는 물질이기도 하다. 또한, 대기 중 악취를 유발하고 배출량이 최근 증가함에 따라서 인체 및 지구환경과 생태계에 미치는 영향이 지대하여 전 세계적으로 배출규제가 강력히 요구되고 있다. VOC 물질 중 일부 유해물질들은 대기 중으로 배출되면 독성, 발암성이 강해 인체 및 생태계에 미치는 영향이 크기 때문에 일반기준보다 더 엄격한 규제가 필요하다. 그러나 현재 국내에서는 특정대기유해물질로 25 종만이 지정되어있고 이에 대한 배출허용기준만 설정되어 있다.

VOCs는 연료의 불완전 연소와 여러 가지 산업공정 등에서 인위적으로 배출되며 자연환경에서도 자연적으로 배출되기도 한다. 인위적인 VOCs 배출원은 산업별로 다양한 VOC물질을 배출하는데, [표 2-1]에 산업별로 VOCs 발생원과 VOCs 물질의 종류에 대하여 정리 하였다.

[표 2-1] 산업별 VOCs 발생원과 종류

공장의 종류	발생원	VOCs 물질의 종류
도장 및 잉크 제조 공장	자동차, 전자제품 도장 및 건조기 금속, 유리, 옵셋인쇄 건조기 에나멜, 니스 건조기	벤젠, 톨루엔, 크실렌, 납사, 알코올, 에스테르, 유기용매
용매, 접착제 및 합성수지제조공장	플라스틱, 합판 제조공정 등	스타이렌, 알데히드, 에스테르
화학공장	석유화학, 유기합성 공정 등	벤젠, 톨루엔, 크실렌, 알데히드, 알코올
악취물질취급 공장	비료, 사료, 소화기 제조과정 등	아민 및 황화합물
기 타	담배 건조기, 향료 제조과정 등	알코올, 에스테르
※대표적 VOC 물질 :		
지방족탄화수소, 방향족 탄화수소, 할로겐 탄화수소, 케톤류, 알데히드류, 알콜류, 글리콜류, 에테르류, 에폭시류, 페놀류 등		
※대표적 VOC 제외대상 물질 :		
메탄, 에탄, 일산화탄소, 이산화탄소, 금속카바이드 또는 카보네이트, 암모늄 카보네이트		

위와 같이 합성, 세정, 도장 등과 관련된 석유화학 공업 분야에서 다양한 유기 용매가 사용되고 있으며, 이에 따라서 자연적으로 배출되는 VOCs의 양도 늘어나고 있다. 따라서 이렇게 다량으로 배출되는 VOCs에 대한 처리 기술의 개발과 VOCs의 배출량을 줄일 수 있는 기술 개발이 중요한 과제로 떠오르고 있다. 이러한 각종 유기용매를 포함하는 배기가스의 처리방법으로는 냉각, 흡수, 흡착, 연소법 등이 사용되고 있으며 처리목적, 경제성, 운전 조작 조건 등 여러 가지 요인에 따라 적절한 방법이 선택되고 사용되어야 한다. [표 2-2]에 현재 사용되고 있는 VOCs 제거 기술과 장·단점에 대하여 나타내었다.

[표 2-2] VOCs 제거기술

처리기술	개 요	장 점	단 점
직접 연소법	약 750℃로 가열하여 무해한 탄산가스와 물로 분해처리 폐열 증기 보일러 병용 가능	다양한 VOCs 처리 가능 고농도에 경제적 증기, 온수, 열풍 이용가능	폐열회수가 없으면 운전비 높음 온도에 따라서 완전 처리 불가능 NOx 발생량이 많음
축열 연소법	높은 열효율의 연소장치 800~950℃로 가열산화분해	높은 연소온도로 완전처리 고농도에서도 낮은 운전비 NOx 발생량이 적음	장치 공간이 넓음 높은 장치설비 투자비
촉매 연소법	촉매에 의해 300~500℃의 비교적 저온에서 산화 분해	비교적 낮은 운전비 중-고농도에 적합 NOx 발생량이 적음	촉매 노화물질 대책 필요 높은 촉매교환비용
냉각 응축법	배기가스를 냉각시켜 유기용제를 응축회수	상당히 고농도에 경제적 고품질의 용제회수 가능	낮은 농도에서 회수율저하 특수 초저온 냉각 장치 필요
흡수법	배기가스를 고비점 용제로 접촉 흡수한 후 증류 회수	비교적 저농도에 적용가능 농도변화에 적용 가능	냉각 응축법에 비해 회수품 질이 낮음
막분리법	분리막으로 선택적 농축분리하여 냉각 또는 흡수법 회수	고농도일수록 경제적 소형장치로 낮은 운전비	높은 설비가격 저농도에서 낮은 효율
고정상 흡착법	활성탄 충전탑 몇 개를 설치 교대로 흡착, 탈착 운전회수 흡착 가스는 수증기	축적된 기술이 많음 조작이 간편함 단순한 장치 설비	폐수처리 필요 수용성용제는 회수 품질저하 발화 등 안전상 주의
유동층 흡착법	유동층에서 흡착 후 이동하여 가열 탈착하는 순환 연속 운전 탈착 가스는 질소	폐수 발생 거의 없음 회수 용제에 수분 거의 없어 수용성 용제도 고품질 회수	장치가 대규모 가스량, 농도 변화에 대응 미비 보수, 안전 기술 필요
생물학적 방법	미생물에 의해 분해제거	운전비가 매우 낮음	유럽에서 실시 예가 증가하 지만 관련 축적 기술이 적음

2.2 업종별 악취발생 물질

많은 업체가 밀집되어 산단의 특수한 환경을 감안해볼 때 각 업체별로 대표오염 물질을 선정하는데는 많은 연구가 필요하다. 그러나 대표적인 업종별로 그룹을 지어 대표오염물질을 분류하는 것은 상당히 의미있는 작업이라 볼 수 있다. 이러한 관점에서 안산환경기술센터(현 안산녹색환경지원센터)에서 2006년에 발간한 "업종별악취관리방안"은 최근 시화반월산단의 업종별 오염물질을 이해하는데 중요한 기초자료라 판단된다.

업종별악취관리방안 보고서에서는 산단내 업종을 크게 도금업종, 염색업종, 피혁업종, 폐기물처리업종의 네 가지로 분류하였으며 각 업종별로 배출공정을 분석하고 주요 악취물질 현황을 조사하여 그 공정에 적합한 악취방지시설을 제시하고 있다.

1) 도금업종

공정별 주요 악취물질을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 화성처리 공정: 암모니아, 알데하이드류
- ② 산처리공정: 암모니아, 알데하이드류

2) 염색업종

공정별 주요 악취물질을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 나염공정: 암모니아, 부틸알데하이드, 아세트알데하이드
- ② 실켓공정: 아세트알데하이드, 부틸알데하이드, 암모니아
- ③ 정련공정: 암모니아, 아세트알데하이드, 황화메틸
- ④ 염료 배합실: 암모니아, 아세트알데하이드, 부틸알데하이드
- ⑤ 텐타공정: 암모니아, 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드

3) 피혁업종

공정별 주요 악취물질을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 원피저장시설: 트라이메틸아민, 암모니아, 황화수소, 메틸머캅탄, 아세트알데하이드
- ② 석회적 공정: 황화수소, 메틸머캅탄, 암모니아, 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드
- ③ 세이빙공정: 황화수소, 메틸머캅탄, 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드
- ④ 도장공정: 암모니아, 황화수소, 아세트알데하이드, VOC
- ⑤ 폐수처리시설: 황화수소, 메틸머캅탄, 스타이렌, 톨루엔
- ⑥ 야적시설 : 황화수소, 메틸머캅탄, 암모니아, 아세트알데하이드

4) 폐기물처리업종

공정별 주요 악취물질을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 액상 폐기물 보관시설 : 톨루엔, 부틸알데하이드, 자일렌, 암모니아
- ② 고상 폐기물 보관시설 : 암모니아, 황화메틸, 아세트알데하이드, 자일렌, 프로피온알데하이드
- ③ 폐산/폐알칼리 보관시설 : 황화수소, 암모니아, 이소발레하이드
- ④ 폐수처리시설 : 암모니아, 부틸알데하이드, 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드
- ⑤ 소각재 보관시설 : 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 이소발레하이드
- ⑥ 폐기물 소각시설 : 암모니아, 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드

2.3 흡착 기술

활성탄(Activated Carbon : 활성탄소라고 명명함은 원칙이지만 편의상 활성탄이라 칭함)은 어떻게, 누가 발견해서 인류의 생활에 필수 불가결하게 되었는가에 대한 답은 오로지 자연 발생적 이었다고 밖에 말할 수 없다. 이것을 공업적으로 생활필수품인 정당, 조미료 등에 사용되기 시작한 것은 19세기 초 이었으며 제 1차, 제 2차 세계대전을 계기로 해서 가스마스크용 활성탄의 중요성이 인정되어 여러 방면으로 활발히 응용되었다.

국내도 하천, 호소 등의 부영양화가 여러 가지로 문제가 되고 있으며 그것들을 수원으로 하고 있는 정수장의 활성탄 사용량은 해마다 증가 추세에 있고 특히 생물활성탄에 의한 고도정수처리 기술이 도입되면서 정수장의 활성탄 사용량은 급격히 증가 되고 있다. 또한 배출시설 규제 강화와 더불어 종래의 응집침전 방법이나 생물학적 방법으로 처리하던 공장 폐수에 대해서도 BOD, COD를 제거하는 고도처리 방법으로 활성탄이 널리 이용되고 있다. 뿐만 아니라 VOCs와 같은 유기물과 질소산화물의 결합에 의해 대기 중 오존 농도가 허용치 이상으로 증가함에 따라 점차 활성탄에 의한 VOCs(Volatile Organic Compounds)제거 장치도 널리 사용되고 있다.

1) 활성탄의 흡착 특성

흡착현상을 잘 이해하기 위해서는 세공구조(Pore structure)와 세공분포(Pore distribution)를 알아 둘 필요가 있는데 이는 [그림 2-1]과 [그림 2-2]와 같다.

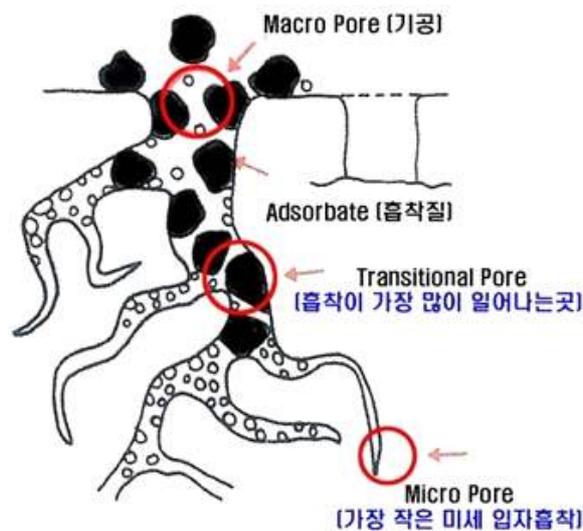
먼저 세공직경(Pore diameter) 분류를 살펴보면 Dubinin은 20Å 이하를 micro

pore, 20 ~ 200 Å은 transitional pore(또는 meso pore), 200 Å 이상을 macro pore 라고 제안했지만 IUPAC(International Union of Pure and Applied Chemistry)에서는 세공직경 20 Å 이하를 micro pore, 20 ~ 500 Å을 mesopore, 500 Å 이상을 macropore로 분류하므로 학술적으로도 이에 따름이 타당 할 것으로 본다. 그리고 흡착 현상에 있어 용어 해석을 예를 들어 설명하면 도장공정에서 발생된 유기용제를 활성탄으로 흡착시킬 때 활성탄을 흡착제(Adsorbent), 발생된 유기용제를 흡착질(Adsorbate)이라 한다.

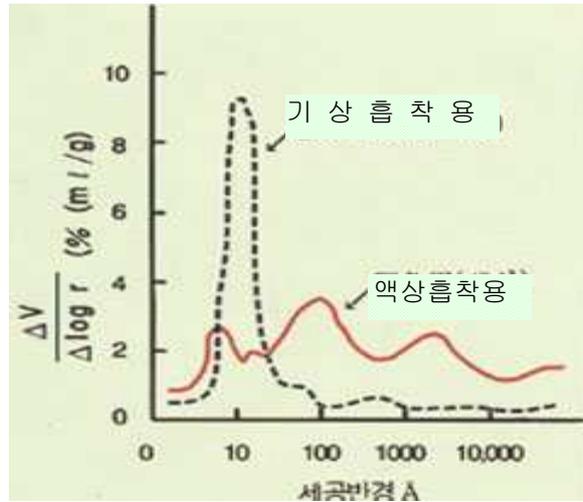
이때 흡착 공정은 다음과 같이 3단계로 구분할 수 있다.

- ① 흡착질이 액경막 즉 흡착제 외부 표면으로 이동
- ② 흡착질이 흡착제의 대세공, 중간세공을 통해 확산
- ③ 확산된 흡착질이 미세공 내부 표면과의 화학적 결합 또는 미세공에 물리적으로 채워짐

1단계와 2단계는 일반적으로 속도가 늦은 반면 3단계는 매우 빠르다고 간주된다. 다음으로 활성탄의 결정구조를 살펴보면 망평면이 평행한 등간격으로 되어있어 흑연 결정과 구조상 유사하나 그 층평면은 이간격으로 되어있다. 즉 층이 불규칙적으로 쌓여있는 불완전한 상태에 있는데 이러한 배열을 난층구조(Turbostratic structure) 또는 무정형 구조라고 하며 이렇게 기본 결정구조가 불규칙적으로 배열되는 것에 의하여 생긴 세공과 비결정 부분이 흡착에 관여한다.



[그림 2-1] 활성탄의 세공구조.



[그림 2-2] 활성탄의 세공분포.

활성탄은 각종 흡착제 중에서 최대의 비표면적을 갖고 거의 micropore로 되어 있으며 분자량이 작은 흡착질을 흡착했다가도 더 큰 분자량의 흡착질과 접촉하면 먼저 흡착하였던 흡착질을 탈착하고 더 큰 분자량의 흡착질을 흡착하는 선택성을 가진다. 분자량이 클수록 인체에 나쁜 영향을 끼치기 때문에 살신성인의 역할을 하고 있으며 이로부터 각종 응용이 시작된 것이다. 또한, 분자량의 증가와 더불어 흡착량도 증가하지만 분자량이 커질수록 활성탄 입자내의 확산속도가 느려져서 흡착력이 감소하게 된다. 물론 분자의 형상에 따라 다르지만 분자량이 500까지는 분자량이 클수록 흡착이 잘되나 그 이상이 되면 흡착속도가 크게 저하되고 흡착량도 적어진다. 흡착에 유효한 미세공의 크기는 흡착질 분자의 3~6배이다. 왜냐하면 이 차가 줄어들면 분자체작용에 의해 확산 저항이 증가하기 때문이다.

따라서 고분자 물질은 생물분해 혹은 오존산화 등 전처리 단계에서 어느 정도 저분자화 한 후 흡착시키면 흡착탑의 활성탄 부하도 적어지고 장치를 소형화할 수 있는 장점이 있다. 단, 이때 전처리에 의해서 난흡착성 물질로 변화할 경우에는 전처리를 그만두고 직접 활성탄 흡착 방법을 검토해야 한다.

2) 물리흡착과 화학흡착

활성탄의 흡착은 흡착력에 따라 [표 2-3]과 같이 물리흡착과 화학흡착으로 나뉜다. 물리흡착을 지배하는 힘은 비교적 약한 반데르발스 힘이고 화학흡착을 지배하는 것은 강한 이온결합 또는 공유결합 등의 화학결합이다. 물리흡착일 경우는 흡착제 표면과 흡착질간에 전자의 공유를 갖지 않기 때문에 흡착질은 소위 분자간 인력 즉 London의 분산력에 의해 흡착제의 표면 가까이에 일시적으로 붙잡힌 상태에 놓여 있다. 이렇게 약하게 흡착된 분자는 농도와 압력 변화나 온도(약 150℃)에서 수증기(2~3kg/cm²) 등으로 쉽게 짧은 시간에 탈착, 재생될 수 있기 때문에 가역적이라고 보며 대부분의 기상흡착이 이에

해당된다. 반면에 화학흡착은 흡착제와 흡착질간에 전자의 이동이 일어나며 그 결과 화학적 화합물이 형성되기 때문에 비가역적이라고 보는데 탈착시키기 위해서는 고온(약 850℃)에서 장시간 수성가스 등과 접촉시켜야 하며 대부분의 액상흡착이 이에 해당된다. 그러나 유기물 흡착은 물리흡착과 화학흡착이 동시에 일어나는 일이 많고 첨착활성탄에 의한 흡착은 여기에 해당되기 때문에 유기용매 회수나 악취가스 제거용으로 사용되며 흡착용량도 일반 활성탄보다 7~20배 만큼 크며, 흡착된 물질의 탈착이 어렵다.

3) 기상흡착

활성탄은 흡착질의 종류, 크기 및 구조 등이 본질적으로 다르므로 기상흡착과 액상흡착에 사용되는 흡착제의 종류도 다르다. 기상흡착 대하여 서술하며 특성은 다음과 같다.

- ① 온도가 상승할수록 흡착량은 감소하는데 이는 고온에서 분자의 확산 속도가 크게 되고 충돌의 횟수는 감소하기 때문이다.
- ② 흡착질의 농도 및 상대증기압이 높을수록 흡착량은 증가한다.
- ③ 비점 또는 임계온도가 높을수록 물질이 흡착되기 쉽다.
- ④ 두 성분의 혼합가스 경쟁 흡착에 있어서는 단독 흡착 시 강하게 흡착되는 성분 쪽이 더욱 강하게 흡착된다. 그러나 이때 각 기체의 흡착량은 혼합가스 내와 같은 분압에서 단독으로 흡착시켰을 때보다도 적다.
- ⑤ 저압(1mmHg이하)에서는 동족열 화합물의 분자크기에 따라 흡착량이 증가한다.

[표 2-3] 물리적 흡착과 화학적 흡착의 비교

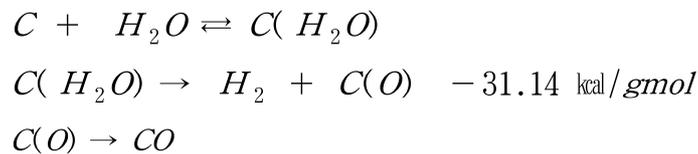
구분	물리적 흡착	화학적 흡착
결합	Vander walls 인력에 의한 약한 결합	자유전자의 재배열에 의한 강한 이온결합 또는 공유결합
흡착열	적음(2~10kcal/gmol) 응축열과 같은 정도	큼(10~30kcal/gmol) 반응열과 같은 정도
흡착속도	활성화에너지가 존재하지 않으므로 빠름	활성화에너지가 필요하며 느림
흡착질	임계온도 이하의 모든 기체를 흡착하는 비 선택성(다중흡착)	화학 반응성이 있는 피흡착질만 선택성(단일흡착)
가역성	항상 가역적 (약 150℃에서도 탈착 용이)	가역 또는 비가역적 (800℃ 이상에서 탈착 용이)
온도 의존성	온도가 높을수록 흡착량 감소	온도상승에 따라 흡착량이 증가하다가 감소

2.4 활성탄의 제조공정

활성탄의 제조 공정은 원료의 전처리, 탄화, 활성화 및 제품의 후처리로 구분할 수 있는데, 가장 중요한 공정은 탄화 공정과 활성화 공정이라고 볼 수 있다.

탄화 공정은 유기질 원료를 약 500℃ 정도로 가열하면 탈수, 탈산 등의 분해가 일어나서 표면 산소결합이 끊어지며 표면 산소가 물, 일산화탄소, 이산화탄소 등의 형태로 방출되고 휘발분은 거의 제거되는 공정으로 고정탄소가 많이 남게 된다.

활성화 공정은 800 ~ 1,000℃의 온도 범위에서 일어나는 탄소의 산화반응으로 탄화물의 표면을 침식시켜 탄화물의 미세공 구조를 발달시키는 공정이며 GAS(수증기, 이산화탄소, 공기 등 산화성 GAS) 활성화법과 약품(염화아연, 인산, 황산 등 각종 탈수성 무기 약품) 활성화법으로 구분되는데 주로 가스 활성화법이 널리 사용되고 있다. 그 이유는 장치부식, 2차 환경오염 및 제조공정의 복잡성 등의 약품 활성화법이 지닌 단점 때문이다. 일반적으로 가스 활성화법에서 사용되는 수증기와 탄소의 반응 기구는 다음과 같다.



활성탄의 흡착력에 영향을 주는 제조 요인은

- ① 활성화기체의 화학적 성질과 농도
- ② 반응 온도
- ③ 활성화 시간
- ④ 원료에 함유된 무기성분의 량과 종류
- ⑤ 로내부 압력과 교반방법 등이다.

활성화 기체로는 수증기가 이산화탄소나 공기보다 낫다고 알려져 있으며 염소가스, 아황산가스, 암모니아도 활성화 효과는 있지만 거의 사용되지 않는다.

분말 활성탄의 제조는 먼저 톱밥 등을 일정한 콘크리트 저조에서 일정시간 탄화시켜 소회로 만든 다음 분쇄기에서 미분화시켜 선회 유동층 로에서 짧은 시간 동안 수증기와 함께 선회 유통시켜 활성화시킨다.

입상 활성탄의 경우는 미리 탄화된 원료를 수증기로 활성화 시키는데 주로 다단로(Multi hearth furnace)와 회전로(Rotary kiln)를 이용하며 어느 한 가지 종류를 조건 변화 없이 생산할 경우에는 유동층로(Fluidized bed furnace)를 이용하기도 한다.

2.5 활성탄 흡착시설의 설계기준

활성탄 흡착시설은 VOCs 배출억제에 많이 사용되는 시설로 통상 400 ppm 에서 2,000 ppm의 VOC물질을 50 ppm이하로 처리하여 내보낼 수 있다.

최근 개발된 흡착기술은 처리전의 VOC 농도가 20 ppm부터 최저폭발한계(LEL : Lower Explosive Limit)의 1/4 농도까지 처리할 수 있도록 발전하였다. 이 범위 이하의 저농도 부분은 다른 처리기술이나 다른 흡착방법에 비해서 처리가 어려울 뿐만 아니라 비경제적이다. VOC 농도가 흡착시설의 처리상한선을 초과하는 경우 소각시설이나 막분리 또는 응축시설을 사용하는 것이 더 경제적일 수 있다. 한편, 흡착시설은 VOC의 회수가 가능하며 재사용이 가능하거나 값비싼 VOCs의 회수시 처리비용을 상당히 줄일 수 있다. 또한 흡착시설에서 VOCs를 농축시킨 후 소각시설에서 소각하거나 막분리 또는 응축시설을 이용하여 경제적으로 회수할 수도 있다.

1) 기본설계기준

VOCs가 흡착제의 표면에 흡착할 수 있는 한계까지 거의 흡착되었을 때 VOCs를 흡착제로부터 탈착시키고 탈착된 고농도의 VOCs는 이를 회수하거나 소각시켜야 한다. 실제 VOCs의 농도는 흡착시설을 사용할 수 있는지의 여부를 판가름하는 열쇠이다. 흡착제는 효율적인 흡착이 되지 않을 만큼 VOCs의 농도가 너무 낮은 경우에는 사용이 불가능하며, VOCs가 고농도인 경우에는 회수가 가능하다. 또, 안전 문제 때문에 최저폭발한계(LEL)의 1/4 이하농도에서 운전한 것이 바람직하며, 최저폭발한계 1/4 농도 이상일 경우에는 소각시설이나 막분리법 또는 응축시설로 회수하는 것이 더 경제적이다.

2) 설계 매개변수

일반적으로 활성탄 흡착시설의 크기와 구매 비용은 주로 네 가지 매개변수에 의존한다.

- ① VOCs를 포함하고 있는 가스의 유량
- ② VOCs의 부하량
- ③ 흡착 시간
- ④ 활성탄의 실제적인 용량

VOCs의 유량과 부하는 흡착시스템을 설계하고 비용을 산정하는 두 가지 중요한 요소이다. 유량은 도관의 크기, 필요한 송풍기와 모터의 용량, 내부 도관의 직경을 결정한다. 부하량은 활성탄 소요량을 결정한다. 남은 두 개의 매개 변수는 유량과 부하량보다 덜 영향을 미치지만 설계와 비용 산정 절차에 필요하다.

3) 배출가스의 전처리

① 냉각 : VOCs의 흡착은 낮은 온도에서 잘 일어난다. 배출가스의 온도가 54℃ 보다 높으면 열 교환기로 54℃ 이하로 배출가스를 냉각시켜야 한다.

② 제습 : 수분은 활성탄 표면의 흡착표면에서 배출가스내의 VOCs와 경쟁하기 때문에 습도(상대습도)가 50%를 초과하는 경우 제거효율을 저하시킬 수 있다. 배출가스의 VOCs 농도가 1,000 ppm을 초과하는 경우 상대습도 50%까지 가능하지만 VOCs 농도가 1,000 ppm이하이면 상대습도를 50%이하로 줄여야 한다. 제습은 배출가스내의 수증기를 냉각하고 응축함으로써 습기를 제거한다. 셸-튜브(shell-and-tube) 타입의 열교환기가 이러한 용도로 사용될 수 있다. 제습의 또 다른 대안은 희석공기의 습도가 상당히 낮을 경우 희석공기를 배출가스에 추가하는 것이다. 그러나 이것은 필요한 흡착시스템의 크기를 증가시키기 때문에 비용이 많이 들게 되고 또한 희석공기는 제거효율을 감소시킨다.

③ 높은 VOCs 농도 : 가연성 증기가 VOCs와 공기 혼합물인 배출가스 내에 존재 한다면 VOCs 성분은 보통 안전을 이유로 LEL의 25% 이하로 제한된다. 적절한 감시와 통제장치가 사용된다면 처리대상 VOCs 농도를 LEL의 40-50%로 증가 시킬 수 있다. 그리고 흡착 시 방출되는 열로 인해 높은 온도가 발생하기 때문에 높은 VOCs 농도를 감소시킬 필요가 있다. 여기서는 VOCs 성분이 25%의 LEL 이하로 제한하는 것을 가정한다.

4) 일반적인 운전상의 특징, 문제점, 흡착시설의 유형

정상적으로 운영하는 활성탄 흡착시설에서 VOCs 배출농도가 20-25 ppm을 유지하다가 50-150 ppm의 범위로 되는 경향이 있다. 이 농도는 보통 입구부하에 따라 제거효율이 95-99%로 변동되었기 때문이다. 흡착제가 포화되기 시작할 때 배출량이 급속히 증가하므로 이 증가 현상을 파과(breakthrough)라 하고 배출농도가 급속히 높아지게 된다. 흡착층은 포화상태에 도달하기 전에 흡착단계에서 교체단계(오프라인)로 운전상태가 변경되어야 한다.

5) 흡착제 선택

흡착제에는 여러 종류의 고분자 흡착제, 활성탄 흡착제 및 제올라이트 흡착제가 있다. 먼저 고려해야 할 것은 흡착물질의 최대크기와 흡착제의 입경크기이다.

6) 설계순서

규모 결정을 위해 다음과 같은 4가지 사항을 먼저 검토해야 한다.

- ① 흡착제를 통과하는 총 가스의 유량
- ② 흡착장치 입구와 출구의 VOCs의 함량
- ③ 흡착시간(흡착제의 사용시간)

④ 흡착제의 량

이외에도 먼지, 수분, 부식성물질 등이 존재할 경우에는 가스를 흡착시설에 유입하기 전에 이들을 전처리시설에서 제거하여야 하므로 이들 물질의 존재 여부를 파악하여야 한다. 방지시설의 규모와 관련된 덕트의 내경, 가스 이송을 위한 모터나 송풍기의 크기, 흡착제를 충전하는 용기의 크기는 공기의 흐름 등 주로 유량에 따라 결정된다. 또한 중요한 것은 입구와 출구의 VOCs 농도, 흡착시간, 활성탄의 처리용량(capacity)이다. 활성탄 사용량에 따라 장치의 크기가 결정되고 보조시설(냉각, 건조용 팬)의 크기도 달라진다. 처리가스의 유량이 많을수록 방지시설의 규모가 커지게 되며, 처리가스가 고농도일수록 활성탄의 소요량이 많아지게 되므로 용량이 커지게 된다.

2.6 활성탄 소요량 및 교체주기 계산

1) 소요량 계산

활성탄 소요량 산정은 일반 설계 파라메타(매개변수)처럼 간단치가 않다. 활성탄 소요량 산정 시 이용할 수 있는 여러 가지 정보를 종합하여야 하므로 정교한 접근 방법이 필요하다. 활성탄 소요량은 흡착상 내부에서 일어나는 여러 가지 비정상 상태의 에너지 및 물질전달현상을 고려하여야 비교적 정확해지기 때문이다. 현장 경험을 토대로 한 자료가 많이 있으면 실제 설계에 쉽게 적용할 수 있으며 경험식은 개략적이지만 필요한 활성탄 소요량을 산정하는데 크게 도움이 된다. 경험식은 실제 제거능력(VOC kg/활성탄 1kg)을 기초로 한다.

2) 교체주기 계산

활성탄의 교체주기는 방지시설로 유입되는 VOCs의 농도, 성분 및 유량이 가장 큰 변수로 작용하며 일반적으로 각 시설의 상황에 적합한 파과점 및 포화점을 아는 것이 중요하다. 이외에도 산업체에서 방지시설 운전 조건, 온도, 습도, 먼지 등이 변수로 작용한다.

예를 들어 계산하면 다음과 같다.

A 업체는 잉크 제조업체로 혼합 공정 후단에 활성탄 흡착탑이 설치되어 있다.

활성탄 흡착탑 운전조건은 다음과 같다.

- 유량 : 300m³/min
- 주요 발생 VOCs : 톨루엔
- 톨루엔 평균 발생 농도 : 100 ppm
- 활성탄 흡착탑 용량 : 6m³

다른 조건을 무시하고 활성탄 교체주기를 이론적으로 산정하면, 활성탄의 평균흡착량(Equilibrium adsorption capacity)은 방향족 화합물의 경우 최대 40%, 평균 35%이다. Working capacity는 최대 20%, 평균 15%이다. 그러므로 활성탄은 자기 무게의 15~20% 만이 사용가능한 용량이므로, 활성탄 1톤으로는 150~200Kg의 톨루엔을 흡착할 수 있다. 활성탄 흡착탑의 부피는 6m³를 사용하고 있고 활성탄의 비중은 평균 0.5 이하 이므로 활성탄 무게는 최대 3톤이 사용된다. 그러므로 흡착할 수 있는 톨루엔의 양은 최대 600Kg이다.

산출 조건을 상온(25℃), 1일 조업시간을 8시간으로 가정하면

$$300 \text{ m}^3/\text{min} \times 100 \text{ ppm}(\text{ml}/\text{m}^3) \times 92.14/24.45 \text{ (g/l)} \times 1 \text{ l}/1000 \text{ ml} \\ = 113\text{g}/\text{min}$$

$$113\text{g}/\text{min} = 0.113\text{kg}/\text{min}, 0.113\text{kg}/\text{min} \times \chi(\text{min}) = 600\text{kg} \text{ 하면}$$

$$\chi = 5310 \text{ min} = 88\text{hr} \approx 11 \text{ day} \text{ 된다.}$$

결론적으로 상온(25℃)에서 톨루엔의 농도를 100 ppm으로 가정하면 113 g/min의 톨루엔이 발생하는데 활성탄 흡착탑의 사용가능 용량이 최대 600 kg이므로 사용 가능 시간은 5300분이고 이는 88시간에 해당한다. 따라서 1일 조업시간을 8시간으로 보면 교체주기는 근무일수로 11일 정도이다. 같은 조건에서 톨루엔 발생 농도별 교체주기는 [표 2-4]와 같다.

[표 2-4] A 업체의 톨루엔 발생 농도별 교체주기

톨루엔 농도(ppm)	톨루엔 양(g/min)	활성탄 사용시간 (hr) (8시간/일 근무 기준)
1000	1130	8.8 (1.1일)
100	113	88 (약 11일)
10	11.3	880 (약 110일)
1	1.1	8800 (약 1100일)

※ 풍량 : 300m³/min, 활성탄 bed 적재량 3톤 기준(working capacity : 0.6 ton)

2.7 악취 물질별 활성탄의 흡착 능력

VOCs의 회수 및 처리기술은 처리방법에 따라 장·단점이 있어 수요자의 여건에 따라 여러 사항을 면밀히 검토한 후에 선택하여야 한다. 방지기술 선택 시 가장 중요한 선정 조건은 배출가스의 조성 및 농도이다. 일반적인 사업장에서 배출되는 악취물질에 대한 활성탄의 흡착능력을 [표 2-5]에 정리하였다. 흡착 능력을 고려하여 규제 및 법규를 준수하면서도 총비용이 가장 저렴한 방지기술을 선정하여야 한다. [표 2-5]는 일반적인 악취 물질별 흡착량(g-오염물질/g-활성탄)을 기준으로 4개의 등급으로 나누었고, 1등급부터 최상, 우수, 보통, 불량으로 표현하였다.

흡착 등급이 극히 우수한 물질은 benzene, chloro-benzene, chloroform, toluene, xylene 등의 휘발성유기화합물로 극성이 매우 높고 분자 크기가 활성탄의 세공 크기와 유사하여, 이들 물질은 활성탄을 이용하여 제거하는 것이 용이하다.

반면 질소계 악취물질인 ammonia, amine 등은 흡착량이 낮아 활성탄을 이용하여 제거하기에는 어렵다. 따라서 질소계 악취물질이 악취의 주요 성분인 배출원에는 활성탄 흡착법을 적용하기 보다는 다른 방지방법을 고려하는 게 적절하다.

또한 황계열 악취물질인 dimethyl sulfide와 methyl mercaptane 등도 휘발성유기화합물 보다 활성탄의 흡착능력이 낮아, 황계열 악취성분을 제거하기 위해서는 악취 활성탄 흡착탑 설계 시에 흡착탑 용량 등에 대한 충분한 고려가 필요하다. 따라서 황계열 악취성분을 효과적으로 제거하기 위해서는 단순 물리적 흡착보다는 활성탄 표면 개질을 통한 화학적 흡착법이 보다 효과적이라고 할 수 있다.

[표 2-5] 기상 오염물질에 대한 활성탄의 흡착 능력 비교

Acetic Anhydride	1	Chloro benzene	1	Ethyl acetate	1
Acrylic Acid	1	Chloro butadiene	1	Ethyl acrylate	1
Acrylonitrile	1	Chloro form	1	Ethyl benzene	1
Adhesives	1	Cleaning compounds	1	Ethyl bromide	1
Allyl chloride	1	Creosote	1	Ethyl silicate	1
Amyl acetate	1	Cresol	1	Ethylene chlorhydrin	1
Amyl alcohol	1	Cyclo hexane	1	Ethylene dichloride	1
Amyl ether	1	Cyclo hexanol	1	Ethyl alcohol	2
Antiseptics	1	Cyclo hexanone	1	Ethyl chloride	2
Asphalt fume	1	Cyclo hexene	1	Ethyl formate	2
Acetic acid	2	Chlorine	2	Ethyl mercaptan	2
Acetone	2	Combution odours	2	Ethyene oxide	3
Acrolein	2	Carbon dioxide	3	Ethane	4
Acetaldehyde	3	Corrosive gases*	3	Ethylene	4
Acetonitrile	3	Carbon monodioxide	4	Formaldehyde*	3
Acetylene	3	Dichloro benzene	1	Gasoline	1
Amines	3	Dichloro difluorometane	1	Heptane	1
Ammonia	4	Dichloro ethane	1	Heptylene	1
Benzene	1	Dichloro ethylene	1	Hexane	2
Bromine	1	Dichloro ethylether	1	Hexene	2
Butanone	1	Dichloro nitroethane	1	Hexyne	2
Butyl acetate	1	Dichloro propane	1	Hydrogen bromide	3
Butyl alcohole	1	Dichloro pentadiene	1	Hydrogen chloride	3
Butyl chloride	1	Diesel fumes	1	Methyl mercaptan	3
Butyl ether	1	Diethyl ketone	1	Methyl cyclohexane	1
Butyric acide	1	Dimethyl aniline	1	Methyl cyclohexanol	1
Butadiene	2	Dimethyl sulphate	1	Octene	1
Butyl aldehide	2	Dioxane	1	Octane	1
Butane	3	Dipropyl ketone	1	Toluene	1
Butylene	3	Dimethyl sulphide	2	Xylene	1

※ 등급(흡착량(W/W)) : 1등급 극히 우수(20~50%), 2등급 우수(10~25%).
3등급 보통(15%이하), 4등급 불량

2.8 흡착탑 화재방지

활성탄 흡착탑은 흡착하는 유입되는 가스 성분, 활성탄 종류, 온도 등에 따른 화재 발생이 빈번하므로 아래와 같이 운전 시 주의하여야 한다.

- 1) 발화온도는 산화물인 야자각 활성탄이 약 300℃, 석탄계 활성탄이 약 350℃이므로 석탄계 활성탄이 유리하며 축열에 의한 발열을 피할 수 있도록 형상이 균일한 조립상 활성탄을 사용한다.
- 2) Dead Zone이 있으면 축열이 일어나므로 활성탄층의 구조를 수직 또는 경사지게 하거나 활성탄 층의 두께(높이)를 0.5m 이하로 설치한다.
- 3) 접촉 시간을 2 sec 이하로 한다. 즉 선속도를 0.2m~0.4m/sec로 한다. 선속도가 0.2m/sec미만이면 유속이 낮아 축열 가능성이 있다.
- 4) 흡착탑 전단에 wet scrubber나 heat exchanger를 설치 또는 공기와 희석하여 온도를 70℃ 이하로 한다. 물론 질소와 같은 불활성 기체를 주입하는 방법이 가장 안전하나 대 용량에서는 현실적으로 불합리하다.
- 5) 운전 초기에 흡착열이 발생하여 15~30분 후에는 점차 낮아지므로 물을 충분히 뿌려 주어 30분 정도 공기를 공회전 시킨 다음 정상 가동한다. 활성탄은 소수성이고 유기용매의 분자량은 물분자량 보다 크기 때문에 초기에 첨가된 물은 가동 중 자연히 탈착되며 활성탄의 흡착능력을 전혀 감소시키지 않는다.
- 6) 흡착탑에 열전대 및 온도 감지 경보시스템(상한선 100℃)을 설치하여 온도 상승 시 water spray되도록 안전장치를 설치해야 한다.
- 7) 가스 배출구에 CO 또는 CO₂ 검지 meter를 설치하여 발화 초기에 water spray가 되도록 안전장치를 설치할 수도 있다.
- 8) 운전 정지 시 유입가스를 온도가 낮은 공기로 전환시키고 송풍기를 30분 정도 공회전시켜 흡착탑 내부 온도를 50℃ 이하로 낮춘 다음 운전을 종료한다.

2.9 흡착제 성능 평가

1) 활성탄 성능 측정방법

활성탄의 흡착능 측정은 개별 흡착질을 대상으로 흡착탑 운전 조건과 동일한 조건에서 실험하는 것이 가장 정확하지만, 항상 동일한 조건에서 대상 약취물질을 사용하여 실험하기 어렵기 때문에 흡착능을 간접적으로 측정할 수 있는 지표들을 활용한다. [표 2-6]에는 국내에서 사용되고 있는 용도별 활성탄 흡착능 측정법을 정리하였다.

액상용 활성탄의 흡착능력 측정법으로는 메틸렌블루 탈색력과 요오드흡착력 2 가지로 나뉘며, 이 방법은 국내뿐 아니라 국외 업체들에서도 활성탄 성능 검토용으로 사용되고 있다.

기상용 활성탄 흡착능력 측정법으로는 부탄가, 사염화탄소 흡착량, 벤젠 평형 흡착력 3가지가 있다. 특히, 벤젠 평형 흡착력은 주로 1/10 벤젠 평형 흡착력이 주로 검토 대상으로 이용되고 있다.

2) 활성탄 평가 방법

원소재와 제조방법이 다른 개별 활성탄을 비교 평가하기 위한 시험항목들은,

- ① 흡착성능 : 흡착능 지표, 탈색 성능, BET 비표면적 등
- ② 물리적 특성 : 입도, 입도 분포, 경도, 발화점, 충전 밀도, 건조 감량
- ③ 화학적 특성 : 회분비율, pH, 염화물, 철, 아연, 카드뮴, 납, 비소 성분

활성탄 시험방법들 중에서 흡착성능 시험방법은 액상의 경우 요오드가 평가방법이 기상 흡착의 경우 용제증기의 흡착량으로 평가하는 것이 가장 일반적이다. 그러나요오드 흡착능과 용제증기 흡착능 평가 결과가 비례하여 일반적으로 요오드 흡착능 평가로 대체하기도 한다.

[표 2-6] 활성탄 용도별 흡착능력 측정법

대상	흡착능력 측정법	측정방법
액상용	메틸렌블루 탈색력	- 1 mg/L 농도를 갖는 메틸렌블루 용액과 평형상태에서의 활성탄 1g에 의해 흡착된 메틸렌블루의 ml수
	요오드가 (Iodine number)	- 0.02N Iodine 여과 조건에서 활성탄 1g에 의해 흡착된 Iodine의 중량으로 나타냄 - 활성탄의 흡착성능을 측정하는 방법으로 세공이 발달한 활성탄의 경우 요오드 흡착력이 높고 피흡착 물질을 흡착할 수 있는 능력이 큼
기상용	부탄가 (butane number)	- 부탄으로 포화된 공기가 일정한 온도와 압력에서 활성탄 층을 통과한 후의 활성탄의 단위 중량당 흡착된 부탄의 부피
	사염화탄소 (Carbon Tetrachloride) 흡착량	- 사염화탄소(CCl ₄)로 포화된 공기가 일정한 온도에서 활성탄 층을 통과한 후의 활성탄 중량의 증가량(%)
	벤젠 평형 흡착력	- 활성탄의 벤젠 평형흡착량을 백분율로 표시 - 활성탄 흡착층에 1/n (포화도) 용제 증기를 함유하는 공기를 2 L/min의 속도로 통하여 증가한 시료 무게로부터 평형흡착성능을 구함

제 3 장 연구개발 목표 및 방법

3.1 연구개발 목표	34
3.2 시료채취 및 분석방법	37
3.3 자료조사를 통한 분석	42

제3장 연구개발 목표 및 방법

3.1 연구개발 목표

3.1.1 연구개발의 최종 목표

시화·반월 산단내 대표 업종별로 설치 가동 중인 흡착탑의 활성탄 물성 특성 조사를 바탕으로 대기질 개선을 위한 활성탄의 spec 규정 방안을 제시하고자 한다.

3.1.2 연구개발 목표의 성격

- | | | |
|--|--|-----------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 대기 | <input type="checkbox"/> 생활환경 | <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비 |
| <input type="checkbox"/> 수질 | <input type="checkbox"/> 기후변화대응 | <input type="checkbox"/> 사전오염예방기술 |
| <input type="checkbox"/> 폐기물 | <input type="checkbox"/> 건강위해성 | <input type="checkbox"/> 환경신기술개발 |
| <input type="checkbox"/> 토양 및 지하수 | <input checked="" type="checkbox"/> 도시환경 | <input type="checkbox"/> 환경애로사항해결 |
| <input type="checkbox"/> 자연환경(생태포함) | <input checked="" type="checkbox"/> 공단환경 | <input type="checkbox"/> 기타 |

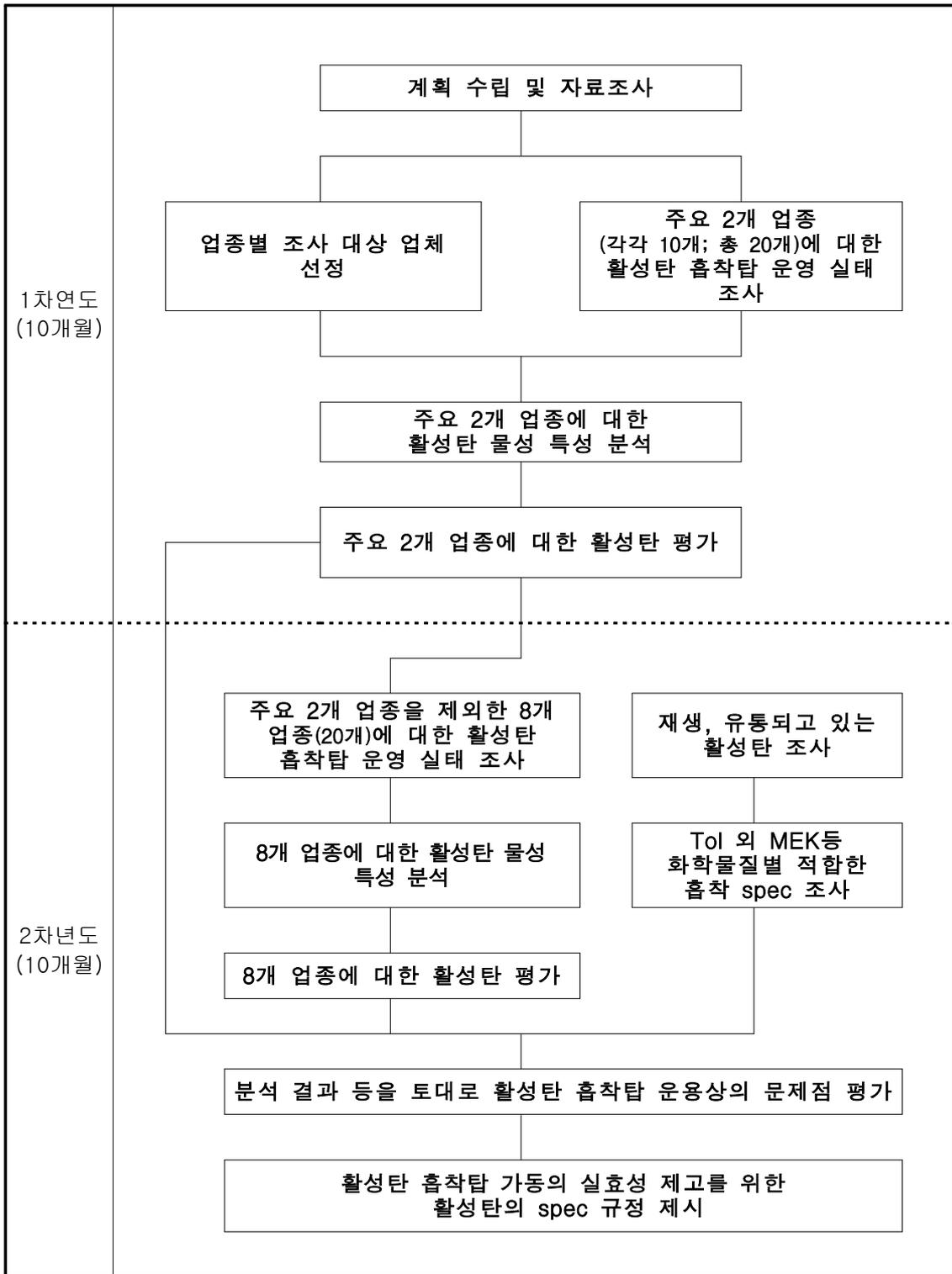
3.1.3 연차별 연구개발목표 및 내용

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용	연구비
1차 연도 (2019. 3. 27. ~ 2019.12. 31)	시화산단 대표 업종별 흡착탑에 사용되고 있는 활성탄의 물성 특성조사를 통한 대기질 개선 방안 연구	업종별 조사 대상 업체 선정	70,000
선정된 업체의 활성탄 흡착탑 운영 실태 조사 분석(1)			
2차 연도 (2020. 3. 16. ~ 2020. 12. 31)		선정된 업체의 활성탄 흡착탑 운영 실태 조사 분석(2)	50,000
선정된 업체의 흡착탑 운영 실태 조사 분석 및 활성탄 흡착탑 효율 제고 방안 수립			

3.1.4 추진전략 및 방법

연구 항목	추진 전략	방법	실행 기관
업종별 조사 대상 업체 선정	시화 산단 업종별 활성탄 흡착탑 설치 현황 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 시흥시, 안산시, 시흥녹색환경지원센터에 소장되어 있는 자료를 바탕으로 시화 산단 업종별 활성탄 흡착탑 설치 현황 및 활성탄 납품업체의 활성탄 종류 조사 - 표준산업분류상 흡착탑을 많이 사용하고 있는 10대 업종별로 대표성이 있고 분석상 의미있는 과학적 자료를 산출할 수 있는 조사 대상 업체 40개 선정 	주 관 기관
활성탄 흡착탑 운영 실태 조사 분석(1)	흡착탑 사용하는 주요 2개 업종에 대한 업체 선정	<ul style="list-style-type: none"> - 화학물 및 화학제품 제조업, 조립 금속제품 제조업에 대해 각각 10개 업체 총 20개 선정 	주 관 기관
	선정된 업체의 활성탄 흡착탑 운영 실태에 대한 정밀 조사	<ul style="list-style-type: none"> - 활성탄 흡착탑 정상조업 중에 흡착탑 전·후단의 THC를 측정함 - 흡착탑에 사용 중인 활성탄 시료를 채취하여 요오드가 및 물성특성을 분석함 - 활성탄 교체 후 시료 채취 시점까지의 활성탄 흡착탑 가동 이력 (가동 시간 등) 자료를 확인함 	주 관 기관
활성탄 및 흡착물질 흡착성능 조사		<ul style="list-style-type: none"> - 재생, 유통되는 활성탄 조사 - 흡착물질별 적합한 흡착성능 조사 	주 관 기관
활성탄 흡착탑 운영 실태 조사 분석(2)	주요 2개 업종을 제외한 8개 업종에 대한 업체 선정	<ul style="list-style-type: none"> - 1차년도에 수행한 2개 업종을 제외한 8개 업종에 대해 업종별로 각각 2개 업체 총 20개 선정 	주 관 기관
	선정된 업체의 활성탄 흡착탑 운영 실태에 대한 정밀 조사	<ul style="list-style-type: none"> - 활성탄 흡착탑 정상조업 중에 흡착탑 전·후단의 THC를 측정함 - 흡착탑에 사용 중인 활성탄 시료를 채취하여 요오드가 및 물성특성을 분석함 - 활성탄 교체 후 시료 채취 시점까지의 활성탄 흡착탑 가동 이력 (가동 시간 등) 자료를 확인함 	주 관 기관
활성탄 흡착탑의 효율 제고 방안 수립	활성탄 물성특성 분석 및 활성탄 흡착탑 효율을 위한 활성탄 spec 규정	<ul style="list-style-type: none"> - THC 분석과 요오드가 분석 결과를 토대로 활성탄 흡착탑 운용상의 문제점을 정량적으로 평가함 - 연구결과를 종합 평가하여 활성탄 효율과 성능분석을 통해 업체에 도움을 줄 수 있도록 활성탄 흡착탑 가동의 실효성 제고를 위한 활성탄의 spec 규정을 제시함 	주 관 기관

3.1.5 연구개발 추진체계



3.2 시료채취 및 분석방법

시화 산단 업체의 활성탄 흡착탑에서 사용되는 활성탄을 채취하기 위해서 흡착탑 가동을 일시 중지하고 흡착탑내 장입되어 있는 활성탄 시료를 100g 정도 채취 하였으며, 활성탄 흡착탑 전·후단 THC 농도 측정과 요오드가 분석을 하였다.

3.2.1 활성탄 흡착탑 THC 농도측정

활성탄 흡착탑의 전·후단의 THC 농도는 가스를 포집하여 Gas Chromatography 을 이용하여 분석하였다. 디텍터는 FID로 180℃에서 air를 이용하였으며, span gas 로는 methane을 밸런스 가스 air와 함께 사용하여 1000 ppm을 보정 한 후 포집가스의 농도를 측정하였다.



[그림 3-1] Gas Chromatography 분석 장치.

3.2.2 요오드가 측정

흡착은 액상 흡착과 기상 흡착이 있으며, 액상 흡착 성능은 요오드와 메틸렌 블루를 대표로 평가하고, 기상 흡착은 용제 증기의 흡착량에 따라 평가한다. 기본적으로 활성탄의 흡착능은 벤젠 평형 흡착력으로 평가하지만 벤젠은 1 군 발암물질로 지정되어 활성탄 시험 방법 M1802에 따라 요오드가 분석을 하였다. 모든 시료는 VOCs가 제거된 상태에서 측정하기 위하여 모두 250 °C에서 충분히 열처리 한 후 측정하였다.

1. 준비된 시료 0.5 g을 1 mg 자리까지 무게를 달아 취한 다음 100 ml 마개 있는 갈색 삼각 플라스크에 옮겨 넣고, 0.05M 요오드 용액 50 ml를 정확히 가한다.
2. 실온에서 진탕기를 이용하여 15분 동안 진탕 한후, 50 ml 원심 분리관에 옮겨 넣고 2000 rpm으로 5분 동안 원심 분리하여 시료를 침전시킨다.
3. 원심 분리관의 상등액 10 ml를 100 ml 비커에 옮겨 넣고 0.1 티오황산나트륨 용액으로 적정한다. 요오드의 갈색이 담황색으로 변하면 지시약으로 1% 녹말 용액을 3~4방울 가하고 다시 적정을 시작하여 용액의 청색이 없어지는 때를 종말점으로 한다.

계산 요오드 흡착 성능은 다음 식으로 산출한다.

$$I = \frac{(10 * f' - K * f)}{S * \frac{10}{50}} * 12.69$$

I = 요오드 흡착 성능 (mg/g)

S = 시료 첨가량(g)

K = 적정에 사용한 0.1 M 티오황산나트륨 용액의 양(mL)

f = 0.1 M 티오황산나트륨 용액의 농도 계수

f' = 0.1 M 티오황산나트륨 용액에 대응하는 0.05 M 요오드 용액의 농도 계수

12.69 = 0.1M 티오황산나트륨 용액 1 mL의 요오드 상당량(mg)

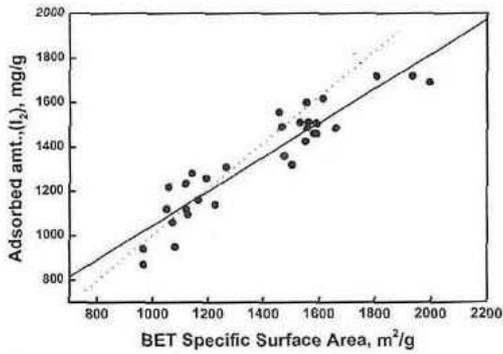


Fig. 7. Iodine adsorption capacity of ACF with respect to specific surface area.
 $q_a(I_2) = 275.93 + 0.7711S$ ($\gamma=0.9302$)

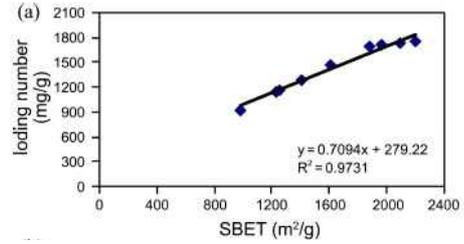


Figure 7. Correlation between, (a) = Iodine Number with S_{BET} , (b) = CCl_4 activity (%) with S_{BET} .

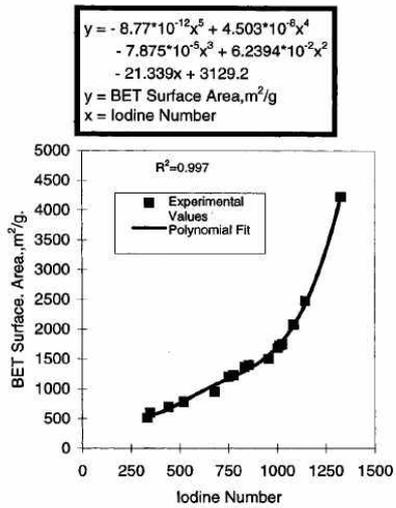


Figure 2. Correlation between the BET surface area and iodine number.

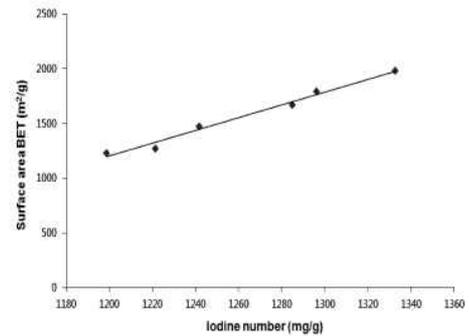


Fig. 3. Correlation between the surface area calculated according to the BET method and the iodine adsorption number as measured by the KS M 1802.

[그림 3-2] 요오드가와 비표면적과의 상관관계.

3.2.3 TGA 측정

활성탄에 흡착된 VOCs는 약 240 °C에서 대부분 제거되는 것으로 알려져 있으므로, 본 연구에서 활성탄의 TGA 분석은 240 °C까지 온도를 증가시켜 수분과 VOCs가 제거되는 곡선을 확인하였다. TGA는 Sinco사의 N-1000 장비를 사용하였다. 입자형태의 활성탄을 파쇄하여 150~300 µm의 입자를 선별하고 약 10 mg 내외의 샘플을 TGA pan에 올려주었으며 100 cc/min으로 질소를 흘려주며 10 °C/min으로 240 °C까지 온도를 증가시킨 후, 240 °C에서 3시간 동안 유지시켜 주었다. 모든 활성탄의 TGA 결과의 비교는 초기 입자의 무게가 다르기 때문에 각 활성탄마다 초기무게를 100% 기준으로 설정하여 무게 손실량을 %로 나타내었다. 연구에 사용된 TGA의 사진을 아래의 [그림 3-3]에 나타내었다.



[그림 3-3] TGA 분석장치.

3.2.4 BET 측정

각 기업의 흡착탑에서 채취한 활성탄은 동일한 조건에서 비교하기 위하여 모든 활성탄을 250 °C에서 열처리를 진행한 후 BET를 분석하였다. 각각의 활성탄을 알루미늄 도가니에 넣고 소성로에서 250 °C까지 온도를 올려 3시간 동안 유지시켜 활성탄에 흡착되어 있는 수분과 VOCs가 모두 제거되도록 하였다.

BET 분석에 사용된 장비는 Microtrac-BEL 사의 BELSORP-miniIII를 사용하였으며, 비표면적과 기공 부피와 평균 기공크기를 각각 측정하였다. 연구에 사용된 BET 장비의 사진을 아래의 [그림 3-4]에 나타내었다.



[그림 3-4] 비표면적 분석장치.

3.3 자료조사를 통한 분석

3.3.1 활성탄의 사전적 정의

“활성탄”이라는 용어의 사전적 정의를 정확히 파악하기 위하여 인터넷을 통하여 활성탄의 사전적 정의에 대하여 아래와 같이 다양한 사전을 참고하여 정리하였다. 사전적 정의에서 주목할 점은 비표면적에 대한 기준을 제시하고 있는 점으로 각각의 사전에서 비표면적을 중심으로 확인하고자 하였다.

- ① 화학대사전
- ② 두산백과
- ③ 위키백과
- ④ 물백과사전
- ⑤ 환경공학용어사전
- ⑥ 도금기술용어사전

3.3.2 흡착기술의 평가 및 인증 기준

① 시화·반월 산단 소재 흡착탑에 사용되고 있는 활성탄의 업종별 스펙을 규정하기 위하여 현재는 폐지되었지만, 기존에 존재했던 한국산업표준에서의 입상활성탄에 대한 기준(KSM 1421)에 대해 자료를 조사하였다.

② 또한, 한국냄새환경학회에서 수행된 과제 중 “악취방지설비 인증제도 및 기준안 마련”의 주제에서 흡착 부분과 관련된 연구를 담당한 연구자에게 다양한 자료를 공유받고 자문을 구하였다.

③ 다양한 시설에서 배출되는 폐활성탄에 흡착된 흡착질 성분을 분석하고 대기용 폐활성탄의 성능 현황을 분석한 연구자의 자료를 공유받고 자문을 구하였다.

3.3.3 한국수자원공사 활성탄 품질기준

한국수자원공사에서는 활성탄 물품구매계약을 체결함에 있어 발주 시 자체적으로 입상활성탄의 구입 시방서를 가지고 적용 범위, 품명 및 규격을 규정하고 있으며 해당 규격에 일치하는 제품만을 계약하고 있다. 본 연구에서는 한국수자원공사의 구입 시방서 및 발주서를 제공받고 자문을 구하였다.

제 4 장 연구결과

4.1 업종 분석	46
4.2 분석결과	53
4.3 자료조사 결과	123
4.4 결론 및 제언	135

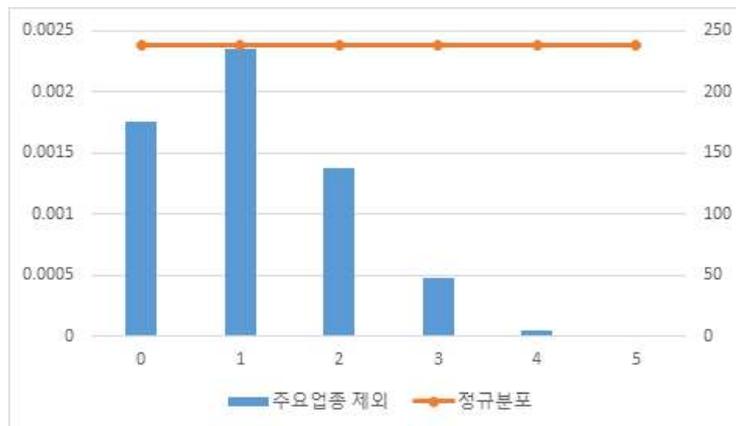
제4장 연구결과

4.1 업종 분석

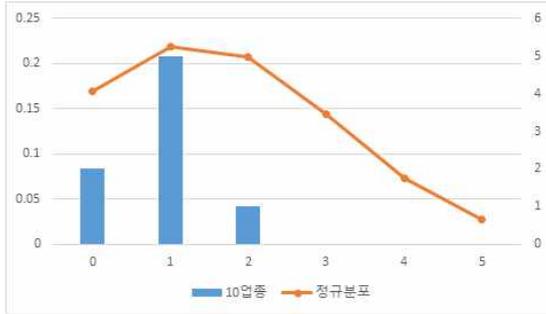
시흥시, 안산시, 시흥 녹색 환경지원센터에 소장되어 있는 자료를 바탕으로 시화산단내 업종별 활성탄 흡착탑은 1,222개가 설치된 것으로 확인되었다. 주요 활성탄 흡착탑을 사용하는 20업종(화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외)과 25업종(금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외)을 제외한 업종에 대해 조사한 결과 693개의 활성탄 흡착탑이 있는 것으로 확인되었다.

주요 업종을 제외한 업종을 대상으로 세부업종과 악취세기에 관한 활성탄 흡착탑 수를 표준 정규분포를 비교하였다. 각 세부업종별 활성탄 흡착탑 수 분포와 표준 정규분포 경향은 일치하지 않았으며, 이는 악취세기 구분 구간이 매우 짧아 표준 정규분포를 구성하기에는 충분하지 않은 조건으로 판단된다. 1차년도 결과와 같이 악취세기에 대해 분포현황에 대해 비교한 결과는 정규분포와 일치하지 않았다.

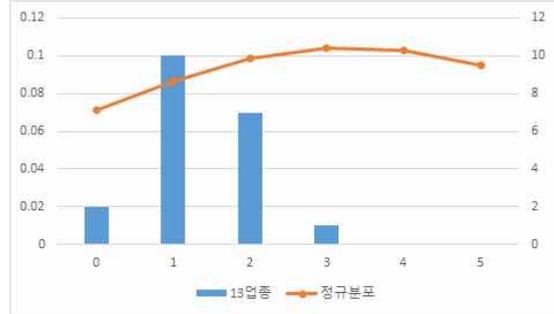
이전 전문가 자문을 토대로 높은 악취강도의 활성탄 문제를 해결하기 위해서 악취강도 2이상의 업체를 조사대상으로 선정하였다. 60개 이상 업종인 15, 22, 26, 28, 29 업종을 주요 대상(45개 업체)으로 조사하고 60이하의 업종수를 가진 적은 17, 18, 21, 24, 30, 95 업종(35개 업체)은 후보 순으로 총 80개의 업체를 선정하였다. 2차년도 조사대상인 20개 업체보다 4배수인 80개 업체를 대상으로 하였으며, 그중 업체수가 많은 업종에 대해 1차 조사대상 업체로 우선적으로 연락하여 방문 조사를 하였고 나머지 업종에 대해 2차 조사대상 업체를 선정하였다.



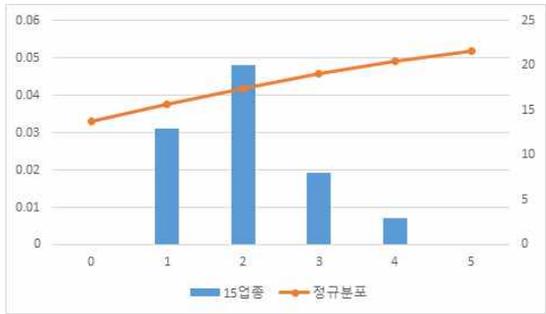
[그림 4-1] 주요 업종을 제외한 업종의 악취 강도에 대한 분포.



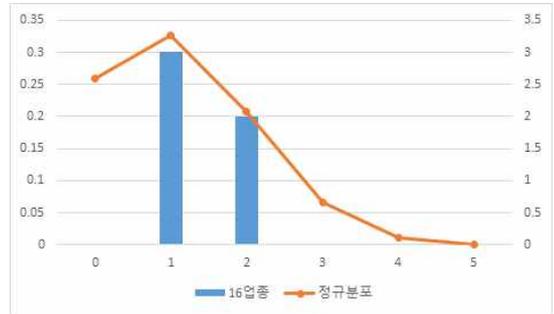
(1) 10 업종



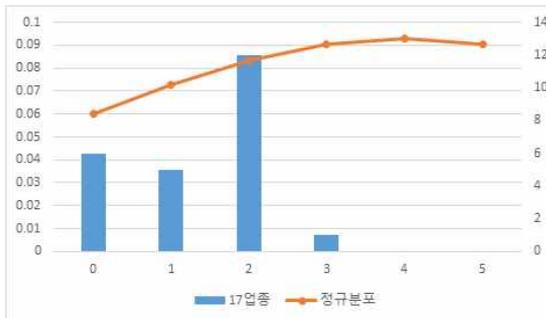
(2) 13 업종



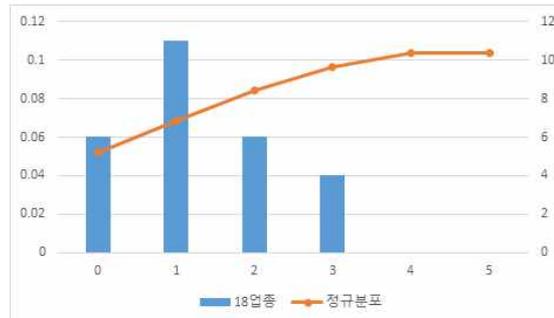
(3) 15 업종



(4) 16 업종

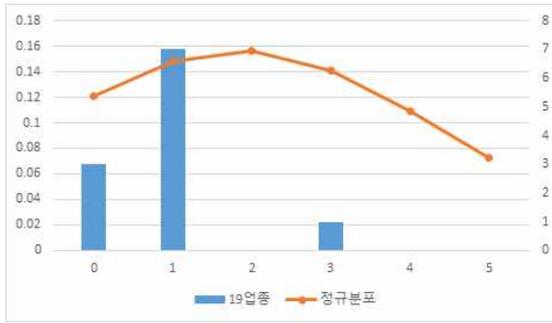


(5) 17 업종

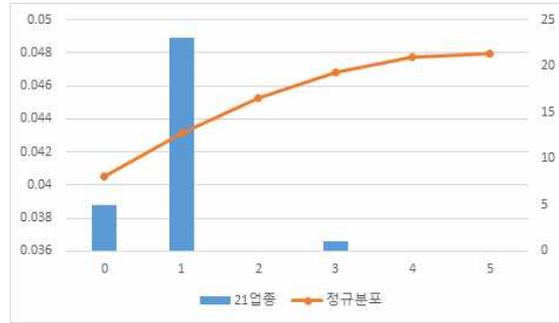


(6) 18 업종

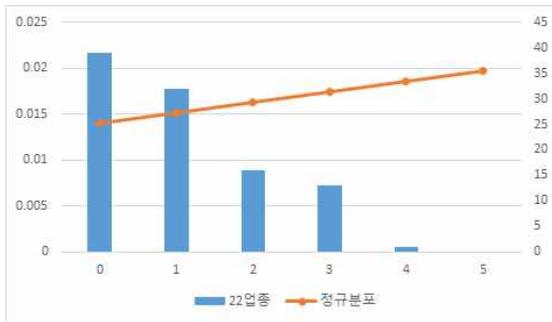
[그림 4-2] 세부업종별 악취강도 분포(1).



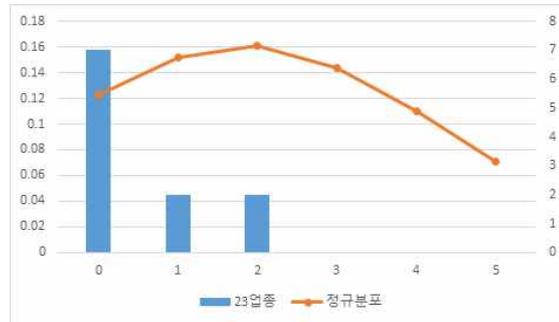
(7) 19 업종



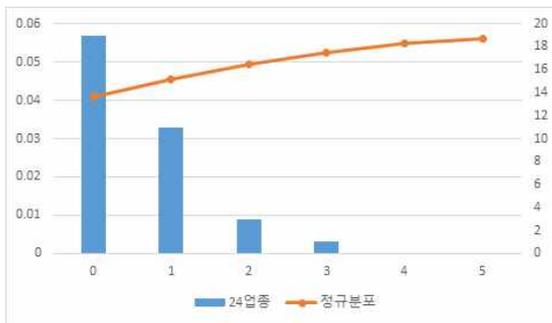
(8) 21 업종



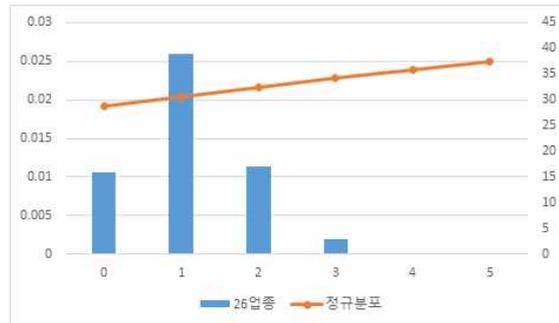
(9) 22 업종



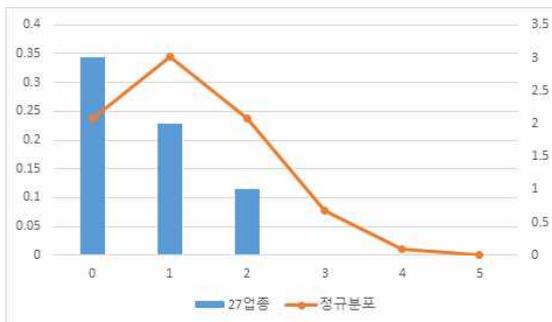
(10) 23 업종



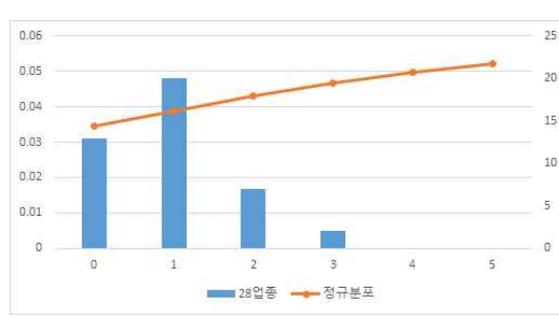
(11) 24 업종



(12) 26 업종

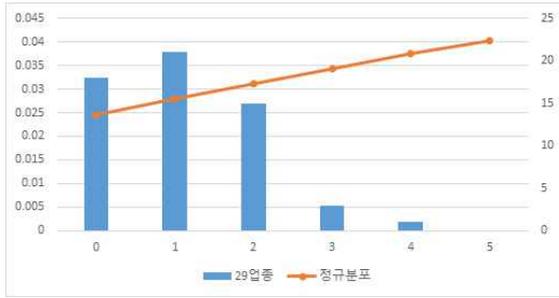


(13) 27 업종

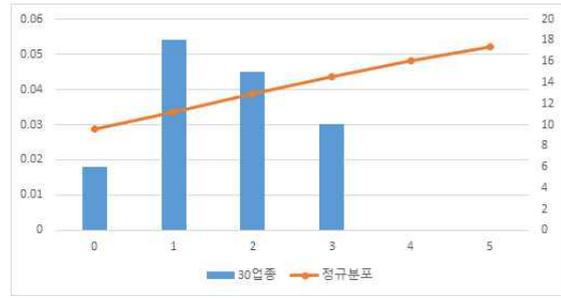


(14) 28 업종

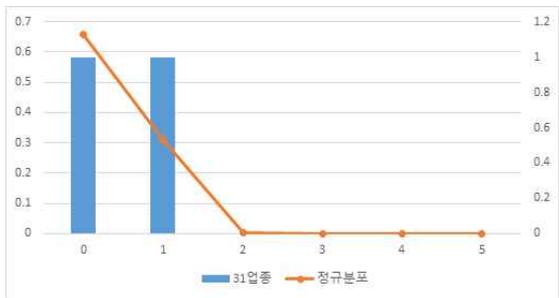
[그림 4-3] 세부업종별 악취강도 분포(2).



(15) 29 업종



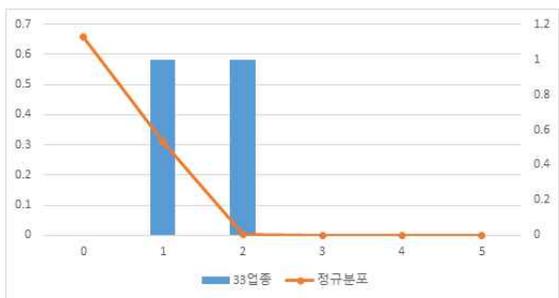
(16) 30 업종



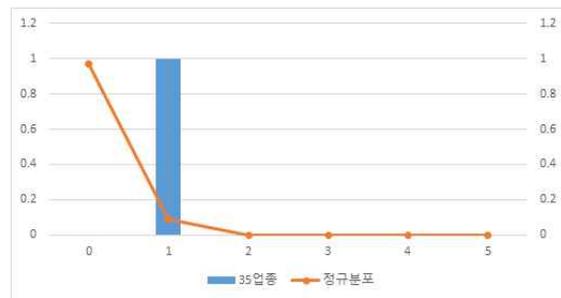
(17) 31 업종



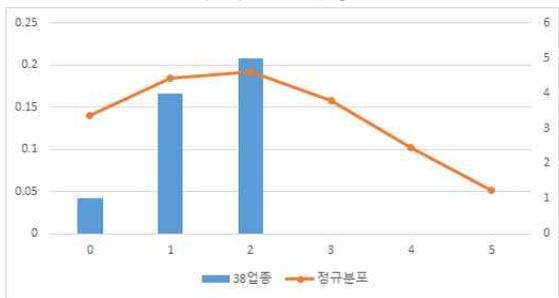
(18) 32 업종



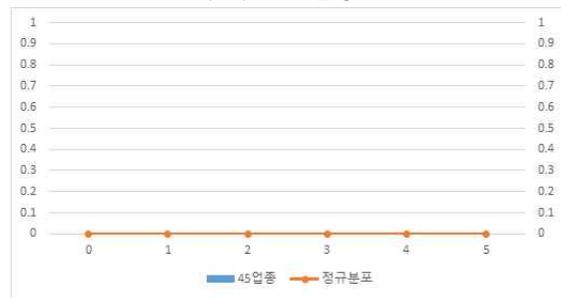
(19) 33 업종



(20) 35 업종

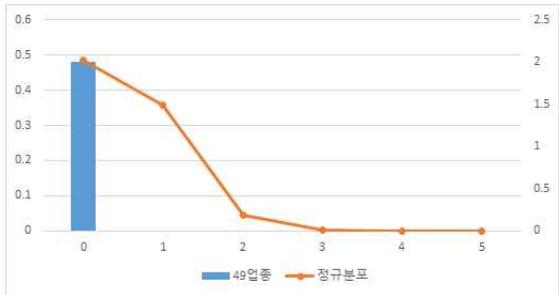


(21) 38 업종

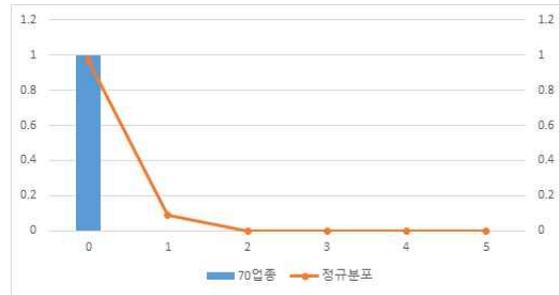


(22) 45 업종

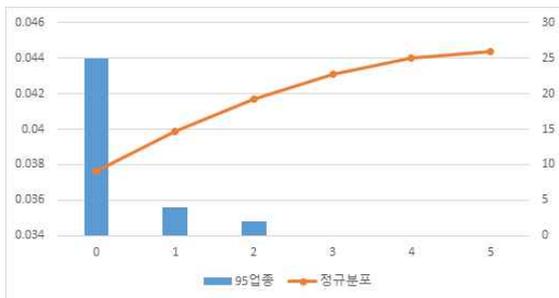
[그림 4-4] 세부업종별 악취강도 분포(3).



(23) 49 업종



(24) 70 업종



(25) 95 업종

[그림 4-5] 세부업종별 약취강도 분포(4).

[표 4-1] 주요업종을 제외한 업종별 악취강도 분포

악취강도	-	0	1	2	3	4	5
전체	92	176	235	137	48	5	0
10업종	0	2	5	1	0	0	0
13업종	3	2	10	7	1	0	0
15업종	2	0	13	20	8	3	0
16업종	0	0	3	2	0	0	0
17업종	10	6	5	12	1	0	0
18업종	13	6	11	6	4	0	0
19업종	1	3	7	0	1	0	0
21업종	5	5	23	0	1	0	0
22업종	7	39	32	16	13	1	0
23업종	0	7	2	2	0	0	0
24업종	1	19	11	3	1	0	0
26업종	10	16	39	17	3	0	0
27업종	3	3	2	1	0	0	0
28업종	9	13	20	7	2	0	0
29업종	15	18	21	15	3	1	0
30업종	6	6	18	15	10	0	0
31업종	0	1	1	0	0	0	0
32업종	3	1	2	5	0	0	0
33업종	0	0	1	1	0	0	0
35업종	0	0	1	0	0	0	0
38업종	2	1	4	5	0	0	0
45업종	1	0	0	0	0	0	0
49업종	0	2	0	0	0	0	0
70업종	0	1	0	0	0	0	0
95업종	1	25	4	2	0	0	0

2차년도에는 1차년도에 수행한 2개 업종을 제외한 8개 업종에 대하여 업종별로 각각 2개 업체를 선정하여 총 20개의 업체를 분석하고자 하였으나, 사전에 기업과의 협조의 어려움과 2020년 코로나 위기 상황으로 기업체의 방문이 어려워 17개의 업체가 선정되었으며, 결과를 확보한 업체의 목록을 [표 4-2]에 나타내었다. 업체는 기업명을 공개하지 않기 위하여 이니셜로 표기하였다.

[표 4-2] 2차년도 수행된 업체 목록

순서	약어	산업분류명	업종중분류명	약취세기
1	KS	인쇄회로기판 제조업	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	2
2	SS	인쇄회로기판 제조업	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	2
3	JA	인쇄회로기판 제조업	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	1
4	AT	인쇄회로기판 제조업	인쇄회로기판용 적층판 제조업 외 2종	
5	DY	산업용 비경화고무제품 제조업	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	3
6	EK	산업용 비경화고무제품 제조업	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	3
7	TI	산업용 비경화고무제품 제조업	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	2
8	DR	자동차 엔진용 부품 제조업	자동차 및 트레일러 제조업	2
9	DP	자동차 엔진용 부품 제조업	자동차 및 트레일러 제조업	3
10	IC	자동차 엔진용 부품 제조업	자동차 및 트레일러 제조업	1
11	OK	전동기 및 발전기 제조업	전기장비 제조업	3
12	YJ	액체 펌프 제조업	기타 기계 및 장비 제조업	2
13	MS	화공약품제조업	계면활성제, 전자재료	
14	AF	도장 및 기타 피막처리업	금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	3
15	HK	도장 및 기타 피막처리업	금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	2
16	HM	그외 기타 특수목적용 기계 제조업	기타 기계 및 장비 제조업	0
17	JL	기타 기초유기화학물질 제조업	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	2

4.2 업체별 분석결과

4.2.1 KS사의 결과

[표 4-3]은 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 본 업체는 인쇄회로기판 전문 생산 업체로 휴대폰, 메모리, LCD 등에 사용하는 인쇄회로기판과 반도체 패키지용 인쇄회로기판 등을 생산하는 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 550 m³/min으로 자동인쇄 공정의 인쇄시설과 건조시설과 연결되어 있으며 입상 활성탄을 사용하고 있다. 활성탄 교체 주기는 80일마다 교체하고 있다. 활성탄은 (주)씨앤씨테크에서 약 1,100원/kg으로 공급받아 사용하고 있다.

THC의 농도는 전단에서 19 ppm을 나타내고, 후단에서 170 ppm을 활성탄 흡착탑이 정상적인 가동을 하지 않는 것으로 여겨졌다. TGA 분석결과 240도에서 무게가 유지되지 않고 서서히 감소하였으며, 비표면적은 69 m²/g을 나타내었고 요오드가 역시 89 mg/g을 나타내어 매우 작은 비표면적과 요오드가를 나타냈다. 본 업체에서 사용하고 있는 흡착탑의 활성탄은 활성탄으로 보기 어려우며 차콜로 판단된다.



[그림 4-6] KS사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-3] KS사의 체크리스트

사업장명	KS사	
도로명 주소 (블록명 주소)	경기도 안산시 단원구 강촌로 1XX번길 X	
업종명 (업종분류 코드)	인쇄회로기판제조업(26221)	
전화번호(Fax)	031-436-56XX	
담당자	이○○ 주임	
주 생산품	인쇄회로기판	
주 사용원료(VOCs 종류)	인쇄회로기판용 잉크	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	550	
활성탄 총진량 (톤)	5.7 ton	
연결 공정	자동인쇄 공정의 인쇄시설, 건조시설	
활성탄 종류	입상 활성탄	
교체 주기	80일/회	
최근 교체일	2020.04.03	
교체 후 실제 가동시간	24 hr/day	
활성탄 교체 가격	1,100원/kg	
교체 사업체명	(주)씨앤씨테크	
요오드가 (mg/g)	89	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
19	170	
비고		



<업체 사진>

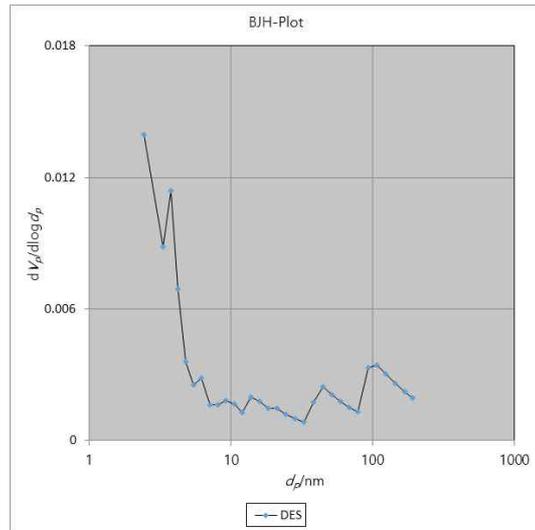
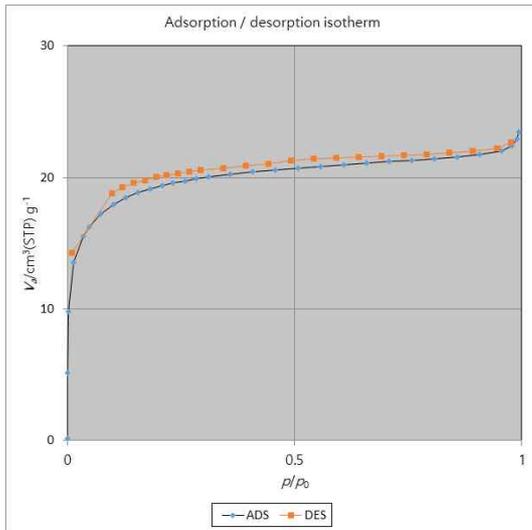
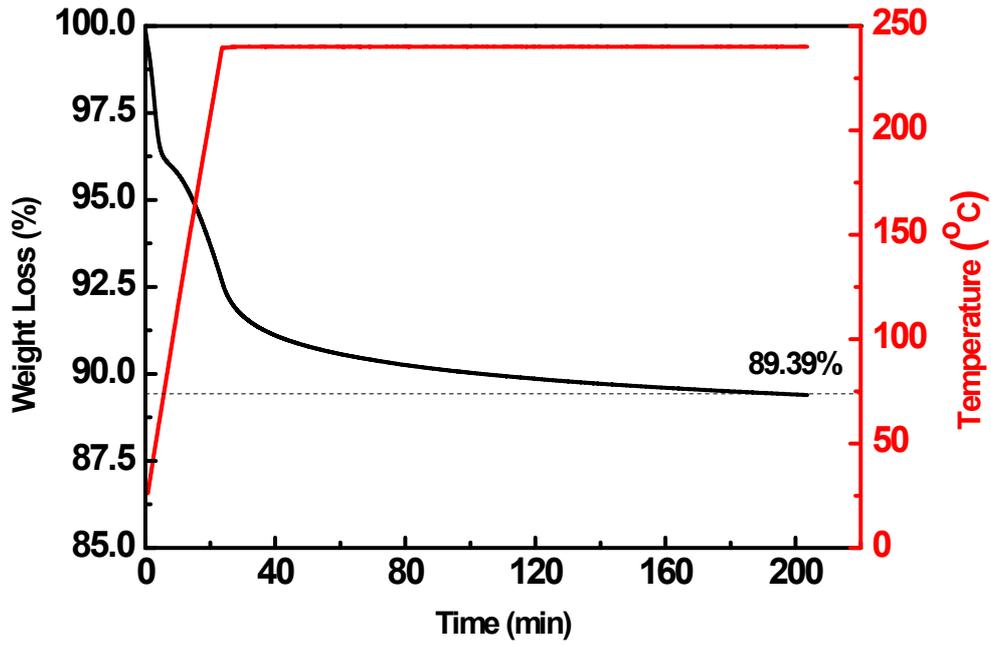


<흡착탑 사진>



<전, 후단 THC 측정 모습>

[그림 4-7] KS사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m ² /g)	Total pore volume (cm ³ /g)	Average pore diameter (nm)
69	0.035	2.05

[그림 4-8] KS사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.2 SS사의 결과

[표 4-4]는 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 본 업체는 인쇄회로기판을 제조하는 업체이다. 3개의 업체가 모여 기판을 제조하고 있으며 마지막 공정을 담당하는 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 $300 \text{ m}^3/\text{min}$ 으로 인쇄 및 건조 공정과 연결되어 있으며 파쇄 활성탄을 사용하고 있다. 활성탄 교체 주기는 6~8개월마다 교체하며, 활성탄 흡착탑은 하루에 6시간 동안 가동하고 있다. 활성탄은 SH케미칼에서 약 1,480원/kg 으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 54 ppm, 후단의 THC 농도는 37 ppm으로 나타났다.

활성탄의 요오드가는 약 376 mg/g으로 나타나 비교적 낮은 값을 나타내었으며, TGA 결과에서도 무게가 유지되지 못하고 지속적으로 감소하여 탄소성분이 제거되는 것으로 여겨졌다. 비표면적 역시 $0.3 \text{ m}^2/\text{g}$ 으로 비표면적이 전혀 없는 것으로 판단되어 활성탄으로 보기 어려우며 차콜로 여겨진다.



[그림 4-9] SS사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-4] SS사의 체크리스트

사업장명	SS사	
도로명 주소 (블록명 주소)	경기도 시흥시 신길동 10XX-XX (603 XX-X)	
업종명 (업종분류 코드)	전자제품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업 (26221)	
전화번호(Fax)	031-492-64XX (031-493-01XX)	
담당자	유○○	
주 생산품	인쇄회로 기판 제조	
주 사용원료(VOCs 종류)	가성소다, 탈지액, 염산	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	300	
활성탄 총진량 (톤)	0.27	
연결 공정	인쇄, 건조	
활성탄 종류	파쇄 활성탄	
교체 주기	6~8개월	
최근 교체일	2월 2일	
교체 후 실제 가동시간	6h/day	
활성탄 교체 가격	1,481원/kg	
교체 사업체명	SH케미칼	
요오드가 (mg/g)	376	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
54	37	
비고		



<업체 사진>

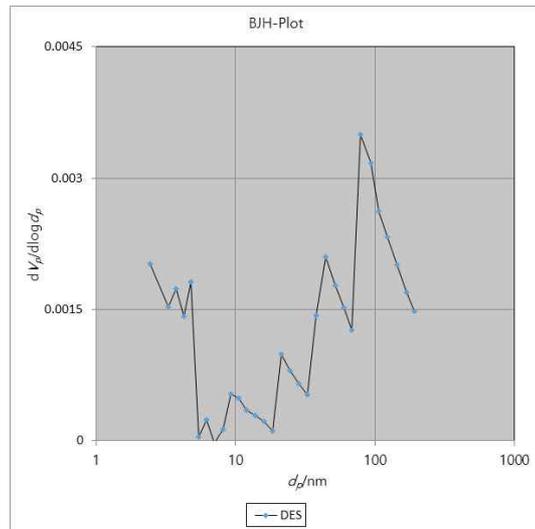
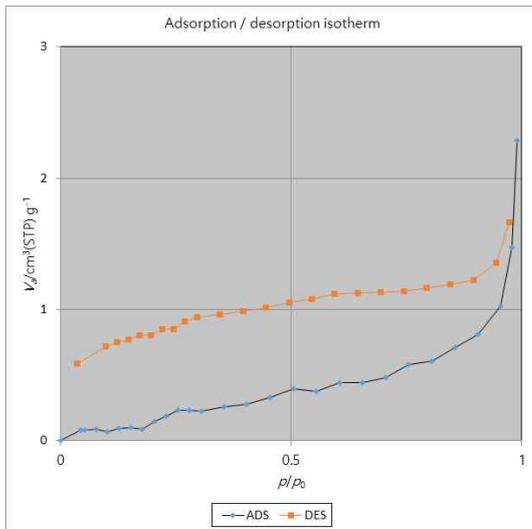
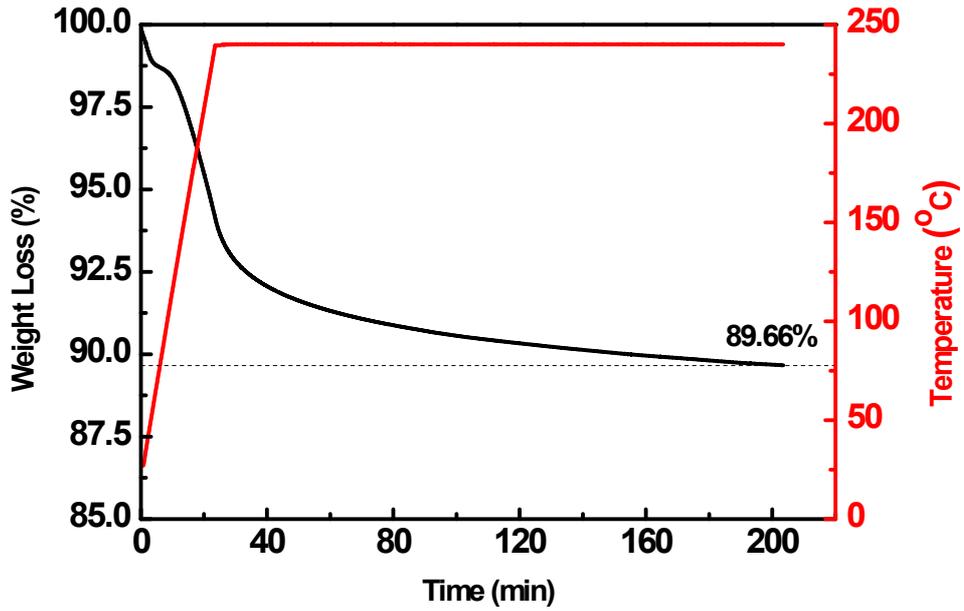


<흡착탑 사진>



<전, 후단 THC 측정 모습>

[그림 4-10] SS사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m^2/g)	Total pore volume (cm^3/g)	Average pore diameter (nm)
0.3	0.003	38.37

[그림 4-11] SS사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.3 JA사의 결과

[표 4-5]에는 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 본 업체는 인쇄회로기판을 제조하는 업체로 활성탄 흡착탑의 용량은 250 m³/min으로 인쇄, 건조 및 탈지 공정과 연결되어 있으며 입상 활성탄을 사용하고 있다. 활성탄의 교체 주기는 3개월마다 교체하며, 카트리지형 활성탄 흡착탑을 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑은 하루에 8시간 동안 가동하고 있다. 활성탄은 한국수자원공사에서 약 600원/kg으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 65 ppm, 후단의 THC 농도는 19 ppm으로 나타났다.

활성탄의 요오드가는 약 926 mg/g으로 나타나 비교적 높은 값을 나타내었으며, TGA 결과에서도 수분과 VOCs가 제거된 후 무게가 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 활성탄의 비표면적은 876 m²/g으로 비표면적이 매우 높게 나타났으며, 본 업체에서 사용하고 있는 활성탄은 정상적인 활성탄으로 판단된다.



[그림 4-12] JA사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-5] JA사의 체크리스트

사업장명	JA사	
도로명 주소 (블록명 주소)	경기도 시흥시 시흥스마트허브 1나 5XX호	
업종명 (업종분류 코드)	인쇄회로기판제조업(26221)	
전화번호(Fax)	031-500-66XX	
담당자		
주 생산품	인쇄회로기판	
주 사용원료(VOCs 종류)	잉크, 아세톤	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	250	
활성탄 총진량 (톤)	2.5톤	
연결 공정	인쇄, 건조 및 탈지 공정	
활성탄 종류	입상 활성탄	
교체 주기	3개월/회	
최근 교체일	20.09.13	
교체 후 실제 가동시간	약 200시간 (8 hr/d)	
활성탄 교체 가격	600원/kg	
교체 사업체명	한국수자원공사	
요오드가 (mg/g)	926	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
65	19	
비고	카트리지형 활성탄 흡착탑	

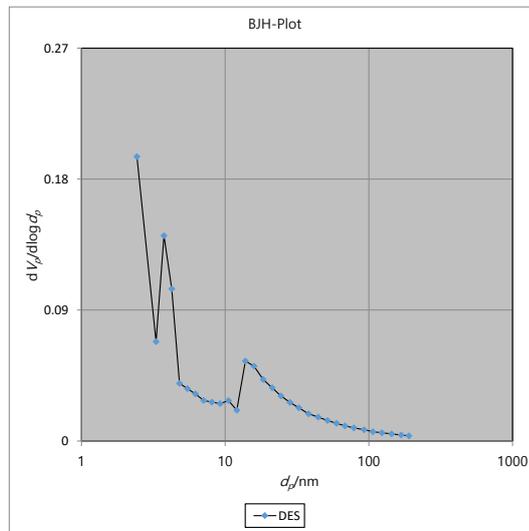
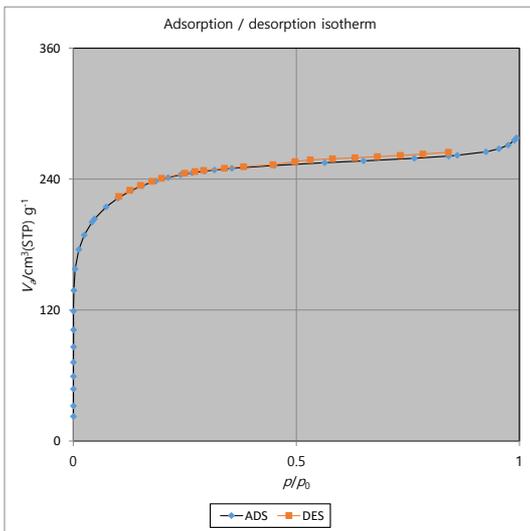
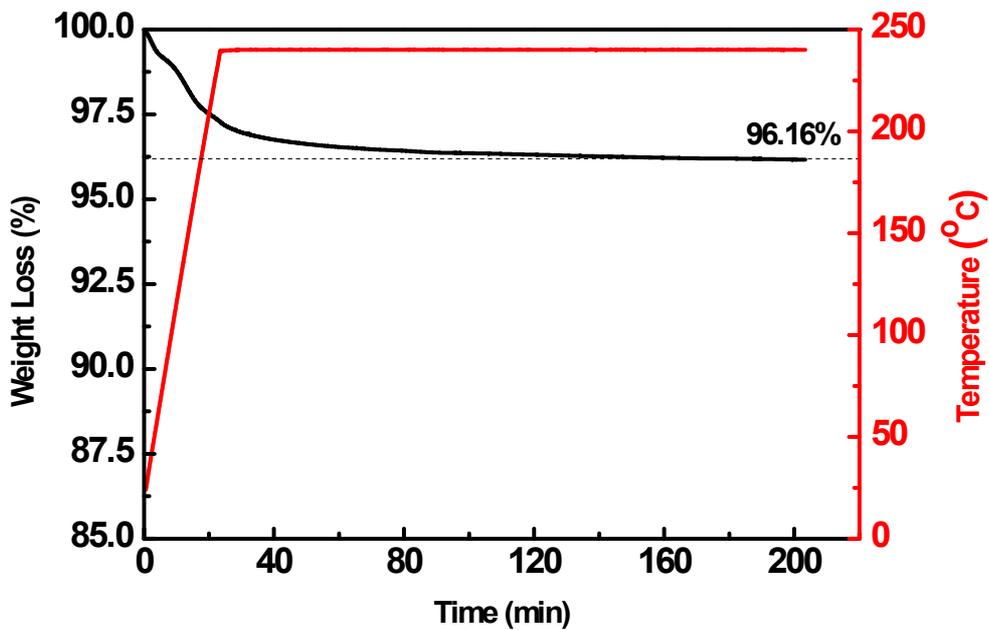


<흡착탑 사진>



<흡착탑 카트리지 사진>

[그림 4-13] JA사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m ² /g)	Total pore volume (cm ³ /g)	Average pore diameter (nm)
876	0.427	1.95

[그림 4-14] JA사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.4 AT사의 결과

[표 4-6]에는 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 본 업체는 인쇄회로기판을 제조하는 업체로 활성탄 흡착탑의 용량은 150 m³/min으로 인쇄, 건조시설과 연결되어 있다. 흡착탑에 사용되는 활성탄은 파쇄탄을 사용하고 있으며 1톤의 총진량으로 교체 주기는 6개월마다 교체하는 것으로 확인되었다. 활성탄 흡착탑은 하루에 8시간 동안 가동하고 있다. 활성탄의 단가는 약 1,300원/kg으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 29 ppm, 후단의 THC 농도는 16 ppm으로 나타났다.

활성탄의 요오드가는 약 318mg/g으로 나타나 비교적 낮은 값을 나타내었으며, TGA 결과에서도 수분과 VOCs가 제거된 후 무게가 지속적으로 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 활성탄의 비표면적은 141 m²/g으로 비표면적이 매우 낮게 나타났으며, 본 업체에서 사용하고 있는 입자는 활성탄으로 볼 수 없으며 차콜로 판단된다.



[그림 4-15] AT사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-6] AT사의 체크리스트

사업장명	AT사	
도로명 주소 (블록명 주소)	경기도 안산시 단원구 목내로 1XX번길 XX	
업종명 (업종분류 코드)	인쇄회로기판제조업(26221)	
전화번호(Fax)	031-494-02XX	
담당자	홍○○ 부장	
주 생산품	인쇄회로기판	
주 사용원료(VOCs 종류)	잉크, 아세톤	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	150	
활성탄 총진량 (톤)	1톤	
연결 공정	인쇄 및 건조시설	
활성탄 종류	파쇄탄	
교체 주기	6개월/회	
최근 교체일	20.10.24	
교체 후 실제 가동시간	약 80시간 (8 hr/d)	
활성탄 교체 가격	1,300원/kg	
교체 사업체명		
요오드가 (mg/g)	318	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
29	16	
비고		



<흡착탑 사진>

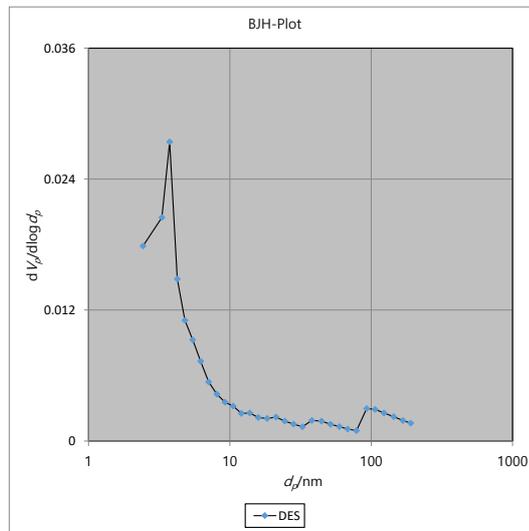
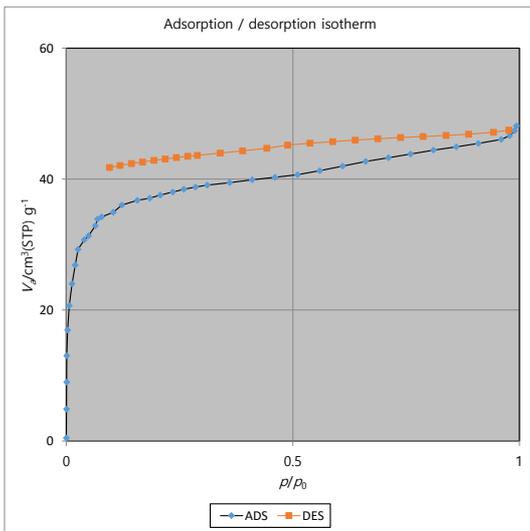
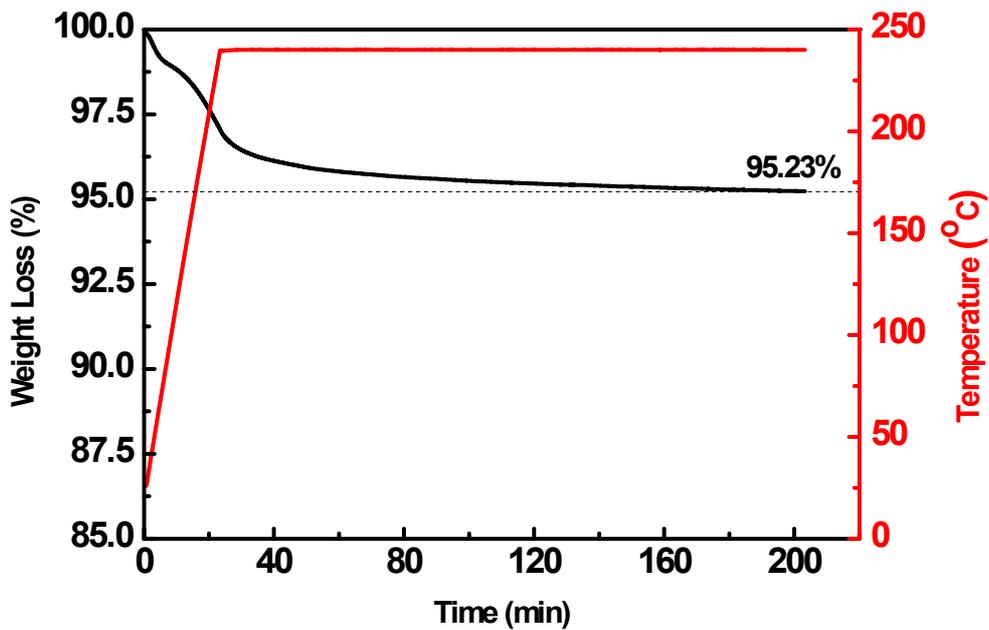


<흡착탑 내부 사진>



<전, 후단 THC 측정 모습>

[그림 4-16] AT사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m^2/g)	Total pore volume (cm^3/g)	Average pore diameter (nm)
141	0.0734	2.075

[그림 4-17] AT사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.5 DY사의 결과

[표 4-7]은 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 본 업체는 엔진, 흡기관, 제동장치, 냉각장치 등에 사용되는 고무 부품을 제조하는 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 850 m³로 성형공정과 연결되어 있으며 파쇄 활성탄을 사용하고 있다. 지난 (2019년) 4월에 동일 공정으로 연결된 650 m³ 용량의 흡착탑에서 측정된 대기측정 기록부에 따르면 THC는 28 ppm으로 측정되었다. 활성탄 흡착탑 전단에는 소제구가 없었으며, 성형시설에 설치된 유입구의 모습은 [표 4-7]의 비교에 있는 사진과 같다. 흡착탑에 차압계가 설치되어 있어서 THC 전단의 농도를 흡입구에서 측정하기보다는 차압계 라인을 통해 전단 가스를 포집하여 THC 농도를 측정하였다. 이번 현장방문을 통해 활성탄 흡착탑 전단의 THC 농도와 후단의 THC 농도는 각각 7 ppm과 6 ppm으로 나왔다.

활성탄의 요오드가는 558 mg/g 으로 나타나 저급 활성탄으로 판단된다. TGA는 비교적 낮은 온도에서 무게감소가 많이 일어나고 240 °C에서 일정하게 무게를 유지하였다. BET 결과도 마찬가지로 528 m²/g으로 저급 활성탄으로 판단되며, 비교적 일정한 크기의 기공을 나타내고 있는 것으로 확인되었다.



[그림 4-18] DY사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-7] DY사의 체크리스트

사업장명	DY사	
도로명 주소 (블록명 주소)	경기도 시흥시 정왕동12XX-X (2나 3XX)	
업종명 (업종분류 코드)	고무제품 및 플라스틱제품 제조업 (22191)	
전화번호(Fax)	031-433-23XX	
담당자	조○○	
주 생산품	내연기관용 고무 부품	
주 사용원료(VOCs 종류)	실리콘, EPDM	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	850	
활성탄 총진량 (톤)		
연결 공정	성형시설	
활성탄 종류	파쇄탄	
교체 주기	1980hr	
최근 교체일	없음	
교체 후 실제 가동시간	없음	
활성탄 교체 가격	원/ton or kg	
교체 사업체명		
요오드가 (mg/g)	558	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
7	6	
비고	<p>지난 4월 동일 공정에 연결된 650 m³ 흡착탑에서 측정된 대기측정기록부에 따르면 THC는 28 ppm, 활성탄 흡착탑 전단에 소재구 없음 차압계 라인을 통해 전단 가스 포집, 성형시설에 연결된 포집구는 아래와 같음</p> 	



<업체 사진>

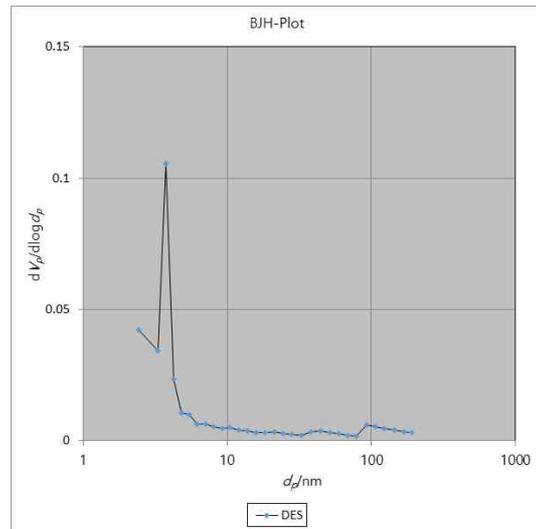
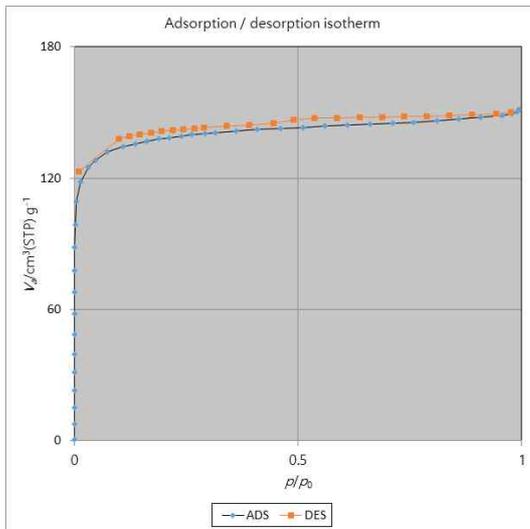
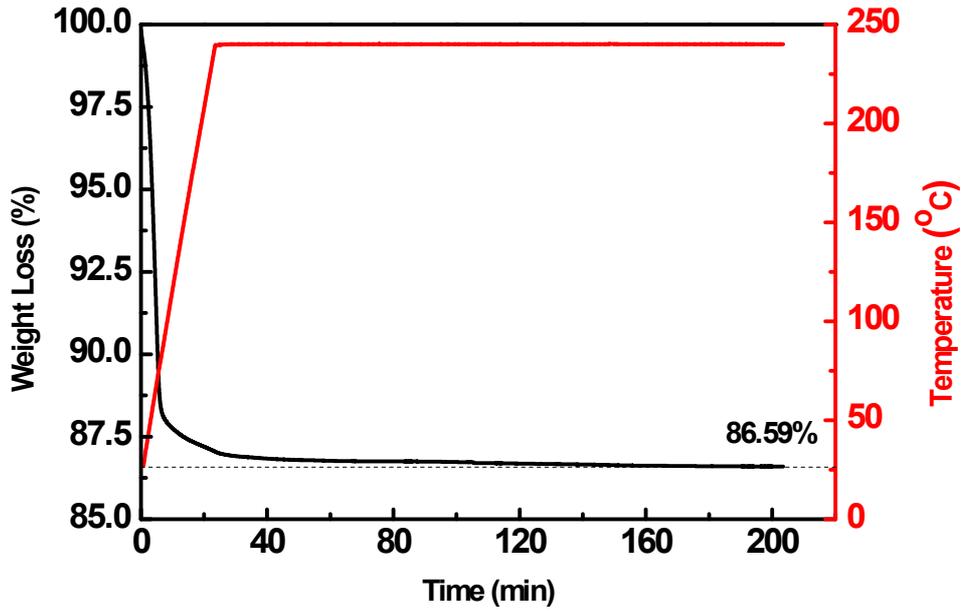


<흡착탑 사진>



<전, 후단 THC 측정 모습>

[그림 4-19] DY사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m ² /g)	Total pore volume (cm ³ /g)	Average pore diameter (nm)
528	0.23	1.76

[그림 4-20] DY사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.6 EK사의 결과

[표 4-8]은 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 본 업체는 각종 고무로라 코팅 및 제작을 하는 영세 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 25 m³로 피복 설비에 연결되어 있으면 입상 활성탄을 사용하고 있다. 활성탄 교체 주기는 300 시간마다 교체하고 있다. 활성탄은 현대카본에서 약 1,760원/kg 으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 91 ppm, 후단의 THC 농도는 66 ppm으로 나타났다.

활성탄의 요오드가는 약 237 mg/g 으로 나타났다. TGA 결과는 수분이 제거되는 곡선과 VOCs가 제거되는 곡선이 뚜렷하게 나타났으며 BET 분석결과 비표면적이 203 m²/g으로 비교적 낮은 값을 나타내어 본 업체에서 흡착탑에 사용하는 물질은 활성탄으로 보기 어려우며 차콜로 판단된다.



[그림 4-21] EK사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-8] EK사의 체크리스트

사업장명	EK사	
도로명 주소 (블록명 주소)	성곡동 77X-X (4바 10XX)	
업종명 (업종분류 코드)	고무제품 및 플라스틱제품 제조업 (22191)	
전화번호(Fax)	031-496-92XX (031-496-92XX)	
담당자	고○○	
주 생산품	실리콘	
주 사용원료(VOCs 종류)	타 업체에서 배합원료를 받아 정확히 모름	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	25	
활성탄 총진량 (톤)	0.25	
연결 공정	피복 시설	
활성탄 종류	입상 활성탄	
교체 주기	300h	
최근 교체일	5월 12일	
교체 후 실제 가동시간	2h/d	
활성탄 교체 가격	1760원/kg	
교체 사업체명	현대카본	
요오드가 (mg/g)	237	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
91	66	
비고	영세 업체	



<업체 사진>

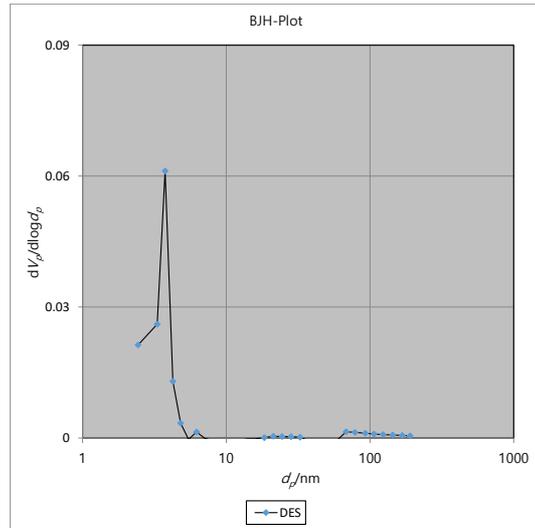
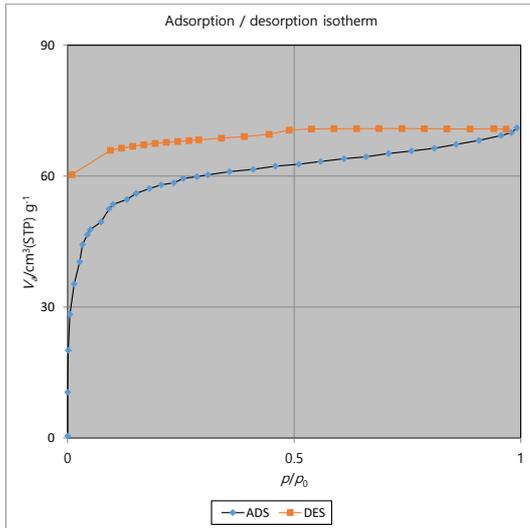
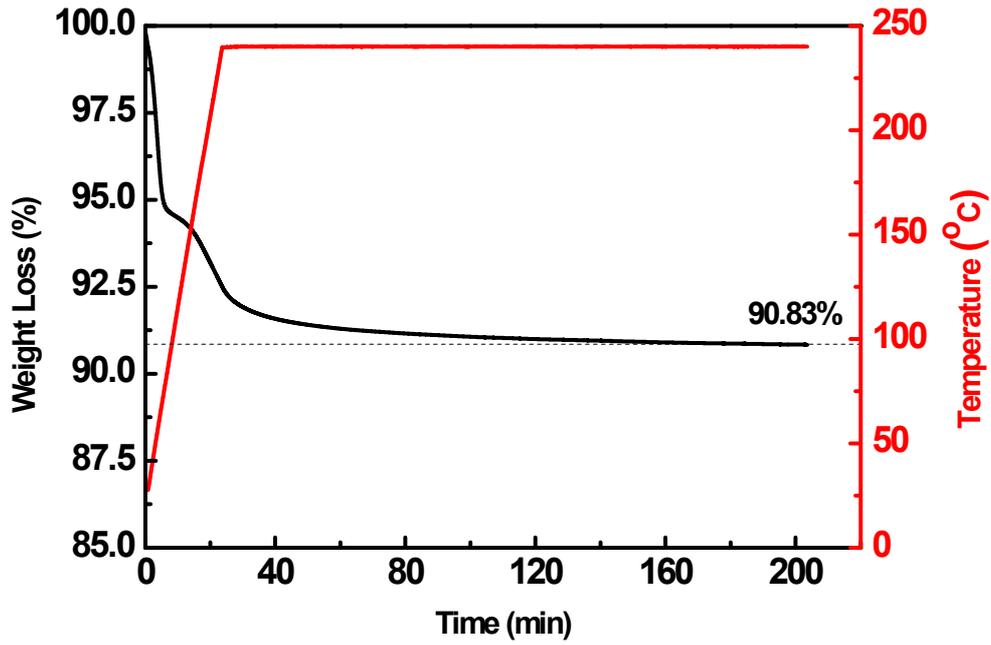


<흡착탑 사진>



<전, 후단 THC 측정 모습>

[그림 4-22] EK사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m^2/g)	Total pore volume (cm^3/g)	Average pore diameter (nm)
203	0.1097	2.1512

[그림 4-23] EK사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.7 T사의 결과

[표 4-9]는 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 본 업체는 준설 호스, 제설기부분, 우레탄 제품, 특장차 부품 등 산업용 비경화 고무제품을 제조하는 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 60 m³로 가열 공정과 연결되어 있으면 파쇄 활성탄을 사용하고 있다. 활성탄 교체 주기는 1년마다 교체하고 있다. 활성탄은 동호상사에서 약 1,200원/kg 으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 11 ppm, 후단의 THC 농도는 7 ppm으로 나타났다.

활성탄의 요오드가는 약 364 mg/g 으로 나타나 저급 활성탄으로 판단된다. 채취한 활성탄의 TGA 분석을 수행하였으며, 비교적 240 °C에서 유지가 잘 되는 것을 확인하였으며, 비표면적은 328 m²/g을 나타내어 요오드가와 비표면적 분석을 통해 저급 활성탄으로 판단된다.



[그림 4-24] T사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-9] T사의 체크리스트

사업장명	T사	
도로명 주소 (블록명 주소)	원시동 82X-X (88 6XX)	
업종명 (업종분류 코드)	고무제품 및 플라스틱제품 제조업 (22191)	
전화번호(Fax)	031-492-81XX (031-492-81XX)	
담당자	권○○	
주 생산품	산업용 고무호스	
주 사용원료(VOCs 종류)	성형	
흡착탑		
용량 (m³/min)	60	
활성탄 총진량 (톤)	0.35	
연결 공정	가열시설	
활성탄 종류	파쇄 활성탄	
교체 주기	1년	
최근 교체일	2019년 10월 29	
교체 후 실제 가동시간	5-10분/일	
활성탄 교체 가격	1200원/kg	
교체 사업체명	동호상사	
요오드가 (mg/g)	364	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
11	7	
비고	<p>일주일에 3~4일 정도로 가동하며, 1일 가동시간 5-10분으로 매우 짧음.</p> <p>매년 10월에 활성탄을 교체하며 고무 가열 시 170~200도에서 1-2시간 정도 찌며, 그로 인해 고무 냄새가 많이 남</p>	



<업체 사진>

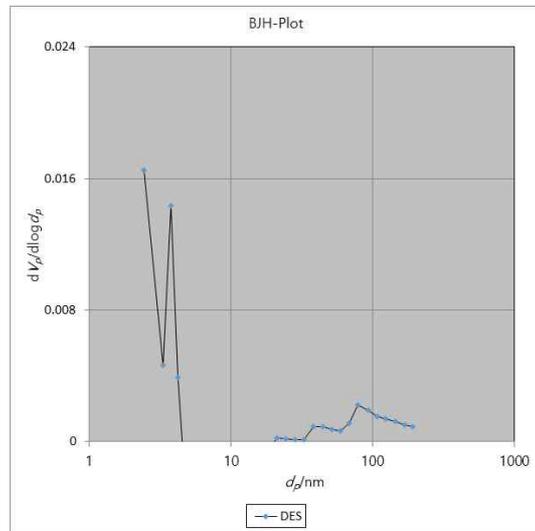
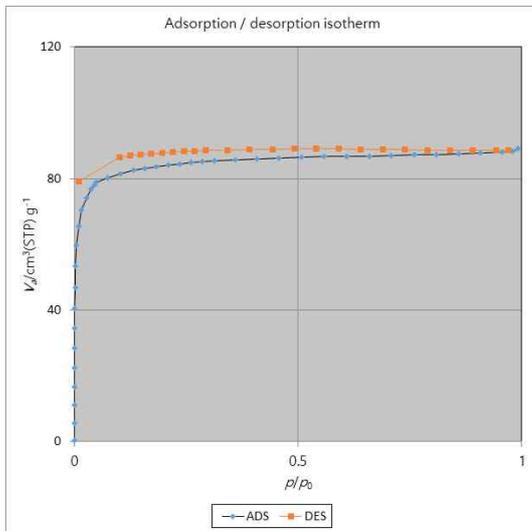
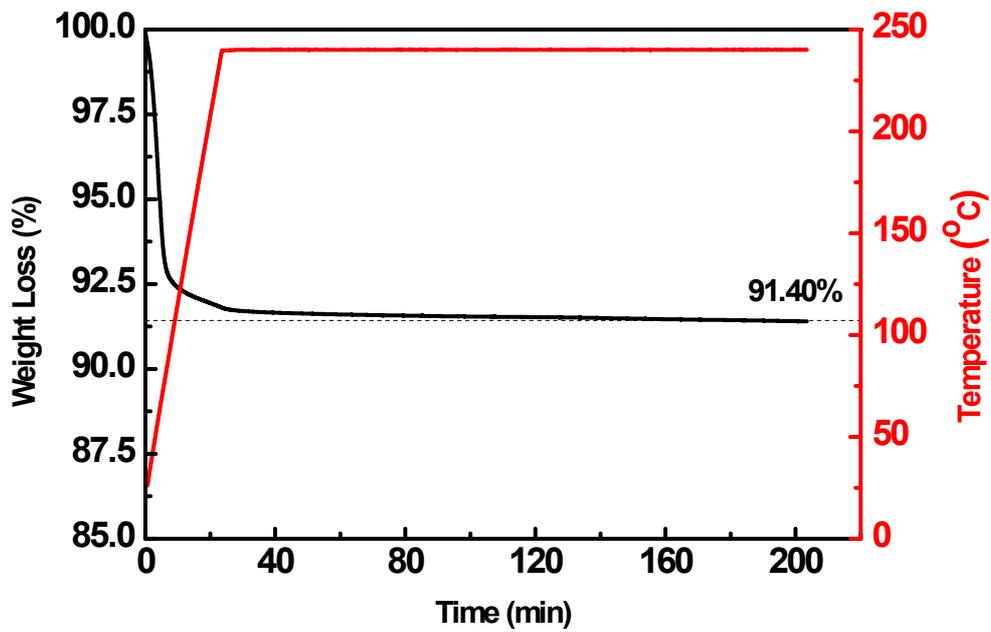


<흡착탑 사진>



<전, 후단 THC 측정 모습>

[그림 4-25] T사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m ² /g)	Total pore volume (cm ³ /g)	Average pore diameter (nm)
328	0.138	1.68

[그림 4-26] TI사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.8 DR사의 결과

[표 4-10]는 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 본 업체는 라디에이터와 오일쿨러를 제조하는 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 150 m³로 도장 공정과 연결되어 있으며 입상 활성탄을 사용하고 있다. 활성탄 교체 주기는 1년마다 교체하고 있다. 활성탄은 (주)원일씨엔씨에서 약 1,500원/kg 으로 공급받아 사용하고 있다.

이 업체는 월말과 월초에 주로 조업하고 있으며, 조업시간이 이른 아침에 30분여 정도 가동한다. 본 업체에 중순에 방문하여 활성탄 흡착탑은 가동하지 않는 상태로 흡착탑 전·후단의 THC 농도 측정을 위한 가스 포집을 하지 못하였다.

활성탄의 요오드가는 567 mg/g으로 비교적 낮았으며, TGA 무게 감량 곡선은 수분의 탈착 곡선과 VOCs의 탈착 곡선이 뚜렷하게 나타나고 240 °C에서 완전히 탈착되어 무게가 유지되는 것을 확인하였다. 비표면적의 경우 619 m²/g을 나타내었으며 본 업체는 저급 활성탄을 사용하는 것으로 판단된다.



[그림 4-27] DR사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-10] DR사의 체크리스트

사업장명	DR사	
도로명 주소 (블록명 주소)	성곡동 6XX (60X X)	
업종명 (업종분류 코드)	자동차 및 트레일러 제조업 (30310)	
전화번호(Fax)	031-494-44XX (031-494-90XX)	
담당자	백○○	
주 생산품	라디에이터 제조	
주 사용원료(VOCs 종류)	페인트(아크릴 우레탄계)	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	150	
활성탄 총진량 (톤)	1.4	
연결 공정	도장	
활성탄 종류	입상 활성탄	
교체 주기	1년	
최근 교체일	2019년 7월 6일	
교체 후 실제 가동시간	3h/w	
활성탄 교체 가격	1500원/kg	
교체 사업체명	(주)원일씨앤씨	
요오드가 (mg/g)	567	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
-	-	
비고	<p>월말·초에 주로 조업하고 있음</p> <p>조업시간이 적어서 활성탄만 채취하고 흡착탑 전 후단 가스 포집은 하지 못함 (후단 농도 포집할 수 있고, 전단 소제구 없어 차압계로 포집 가능할 듯함)</p>	

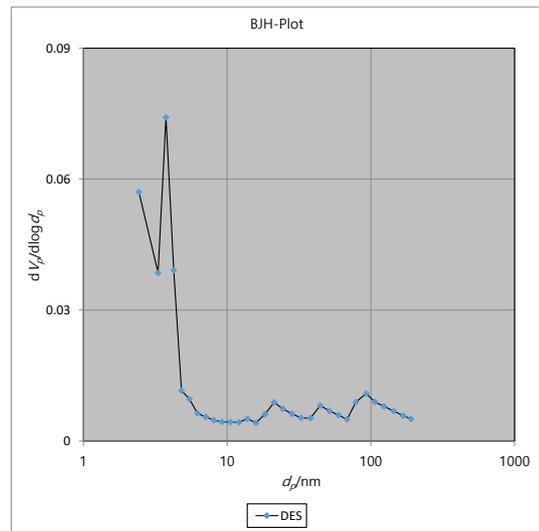
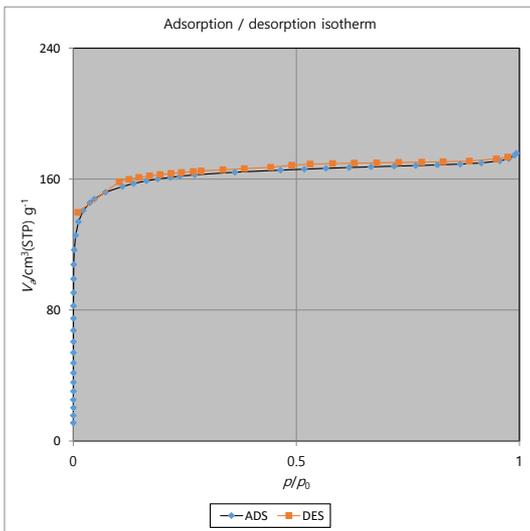
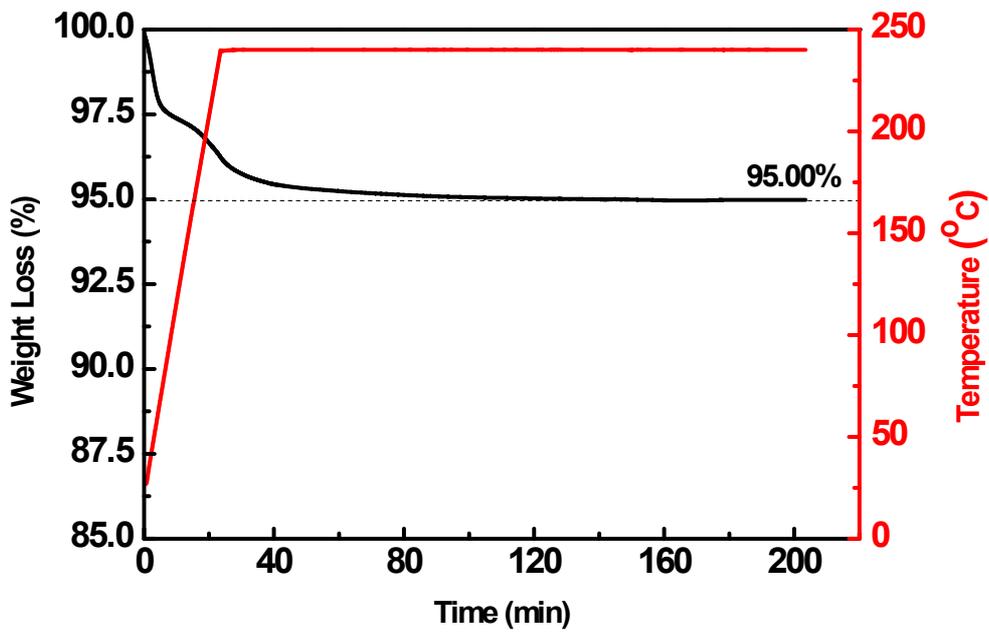


<업체 사진>



<흡착탑 사진>

[그림 4-28] DR사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m^2/g)	Total pore volume (cm^3/g)	Average pore diameter (nm)
619	0.2706	1.7469

[그림 4-29] DR사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.9 DP사의 결과

[표 4-11]는 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 본 업체는 승용 차량부터 상용 차량, 산업용 장비, 모터사이클 등 각종 휘발유 및 디젤용 엔진에 사용되는 피스톤을 제조하는 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 280 m³/min으로 건조 공정과 연결되어 있으며 입상 활성탄을 사용하고 있다. 활성탄 교체 주기는 3개월마다 교체하고 있다. 활성탄은 강서환경에서 약 2,500원/kg 으로 공급받아 사용하고 있다.

활성탄의 요오드가는 55 mg/g로 매우 낮았으며, TGA 무게 감량 곡선은 수분의 탈착 곡선과 VOCs의 탈착 곡선이 뚜렷하게 나타났지만 240 °C에서 온도가 유지되는 동안에도 무게가 지속적으로 감소하였다. 비표면적의 경우 3 m²/g을 나타내었으며 요오드가와 비표면적이 매우 낮아 본 업체는 활성탄을 사용한다고 볼 수 없으며 차콜로 여겨진다.



[그림 4-30] DP사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-11] DP사의 체크리스트

사업장명	DP사	
도로명 주소 (블록명 주소)	신길동 10XX (60X XX)	
업종명 (업종분류 코드)	자동차 및 트레일러 제조업 (30310)	
전화번호(Fax)	031-489-90XX	
담당자	김○○	
주 생산품	자동차엔진용 피스톤	
주 사용원료(VOCs 종류)	톨루엔	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	280	
활성탄 총진량 (톤)	1.3	
연결 공정	건조시설	
활성탄 종류	입상 활성탄	
교체 주기	3개월	
최근 교체일	6월 14일	
교체 후 실제 가동시간	20h/d	
활성탄 교체 가격	2500원/kg	
교체 사업체명	강서환경	
요오드가 (mg/g)	55	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
25	39	
비고		



<업체 사진>

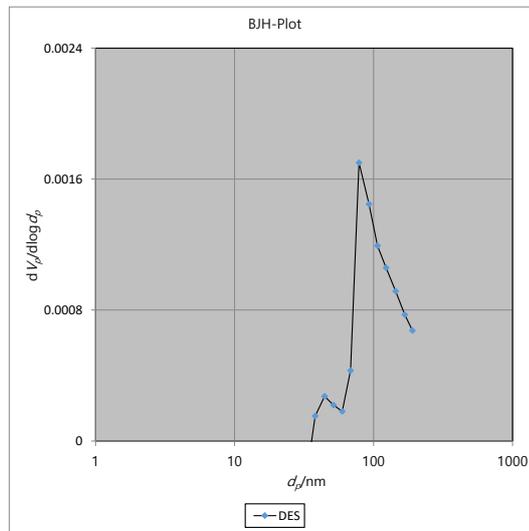
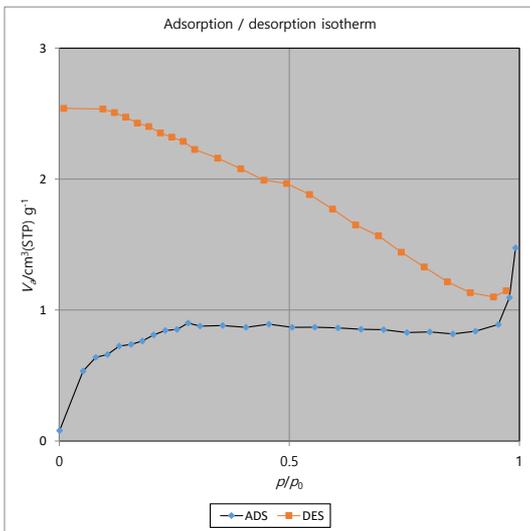
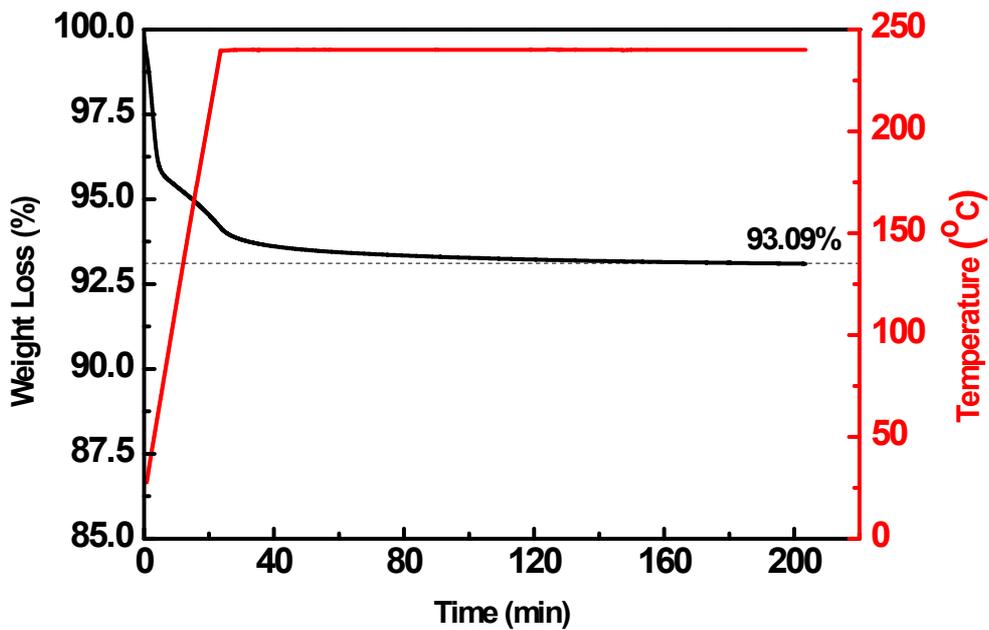


<흡착탑 사진>



<전, 후단 THC 측정 모습>

[그림 4-31] DP사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m^2/g)	Total pore volume (cm^3/g)	Average pore diameter (nm)
3	0.0022	2.9791

[그림 4-32] DP사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.10 IC사의 결과

[표 4-12]에는 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 본 업체는 자동차 부품을 제조하는 업체로 활성탄 흡착탑의 용량은 550 m³/min으로 혼합 및 건조 가열 공정과 연결되어 있으며 입상 활성탄을 사용하고 있다. 활성탄의 교체 주기는 3개월마다 교체하며, 카트리지형 활성탄 흡착탑을 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑은 하루에 8시간 동안 가동하며 활성탄은 한국수자원공사에서 약 600원/kg으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 10 ppm, 후단의 THC 농도는 5 ppm으로 나타났다.

활성탄의 요오드가는 약 825 mg/g으로 나타나 비교적 높은 값을 나타내었으며, TGA 결과에서도 수분이 탈착되는 곡선과 VOCs가 제거되는 곡선이 뚜렷하게 나타나며 무게가 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 활성탄의 비표면적은 804 m²/g으로 비표면적이 매우 높게 나타났으며, 본 업체에서 사용하고 있는 활성탄은 정상적인 활성탄으로 판단된다.



[그림 4-33] IC사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-12] IC사의 체크리스트

사업장명	IC사	
도로명 주소 (블록명 주소)	경기도 시흥시 군자천로 1XX	
업종명 (업종분류 코드)	자동차 부품제조업	
전화번호(Fax)	031-496-17XX	
담당자	신○○ 과장	
주 생산품	자동차부품	
주 사용원료(VOCs 종류)	에틸렌, 프로필렌	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	550	
활성탄 총진량 (톤)	5톤	
연결 공정	혼합 및 건조 가열 공정	
활성탄 종류	입상 활성탄	
교체 주기	3개월/회	
최근 교체일	20.09.13	
교체 후 실제 가동시간	약 200시간 (8 hr/d)	
활성탄 교체 가격	600원/kg	
교체 사업체명	한국수자원공사	
요오드가 (mg/g)	825	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
10	5	
비고	카트리지형 활성탄 흡착탑	

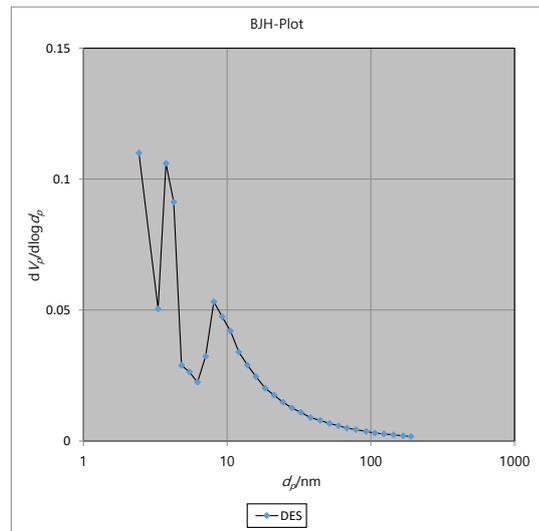
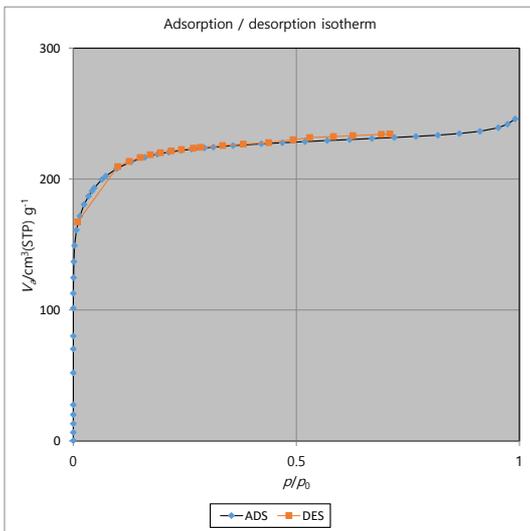
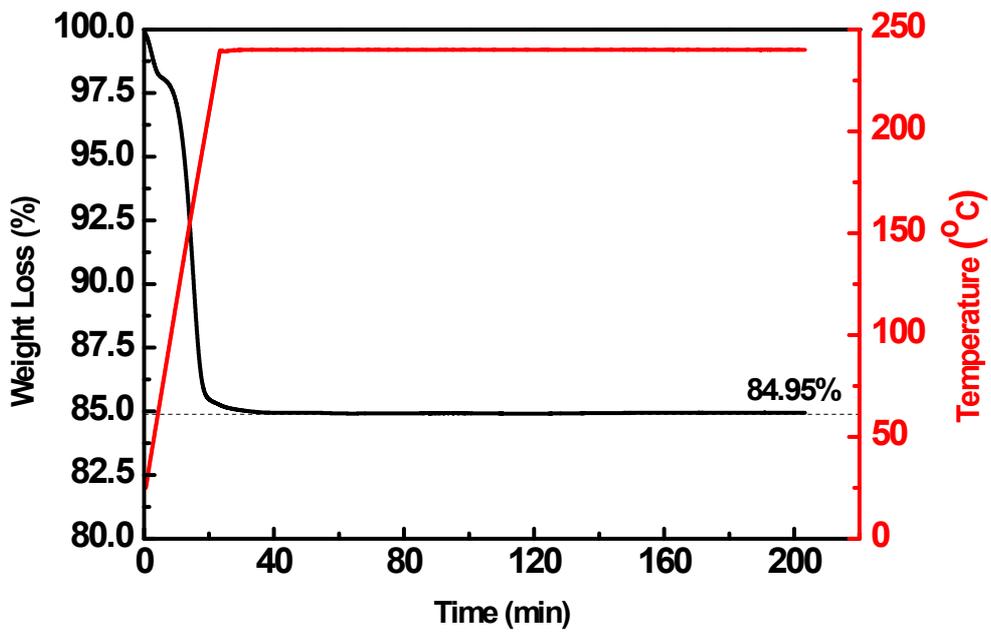


<흡착탑 사진>



<흡착탑 카트리지 사진>

[그림 4-34] IC사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m ² /g)	Total pore volume (cm ³ /g)	Average pore diameter (nm)
804	0.38	1.89

[그림 4-35] IC사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.11 OK사의 결과

[표 4-13]은 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 본 업체는 가전, 산업용, 냉·난방용 모터 및 선박용 spiral duct를 제조하는 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 300 m³/min으로 함침 공정과 연결되어 있으면 입상 활성탄을 사용하고 있다. 활성탄 교체 주기는 1년마다 교체하고 있다. 활성탄은 코엔텍에서 약 2,600원/kg 으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 108 ppm, 후단의 THC 농도는 114 ppm으로 나타났다.

활성탄의 요오드가는 431 mg/g으로 비교적 낮게 나타났으며 TGA 무게 감량 곡선은 무게 감량은 많이 일어나지만 240 °C에서도 온도가 유지됨에 따라 무게가 지속적으로 감소하였다. 비표면적의 경우 143 m²/g을 나타내었다. 본 업체는 전단과 후단의 THC 농도가 비슷하며, 낮은 요오드가와 비표면적으로 저급 활성탄 또는 차콜을 사용하는 것으로 판단된다.



[그림 4-36] OK사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-13] OK사의 체크리스트

사업장명	OK사	
도로명 주소 (블록명 주소)	원시동 8XX (1 XX)	
업종명 (업종분류 코드)	전기장비 제조업 (28111)	
전화번호(Fax)	03-492-03XX (031-492-03XX)	
담당자	김○○	
주 생산품	MOTOR	
주 사용원료(VOCs 종류)	함침용 바니쉬	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	300	
활성탄 총진량 (톤)	2.5	
연결 공정	함침공정	
활성탄 종류	입상 활성탄	
교체 주기	연 1회	
최근 교체일	2019년 10월 21일	
교체 후 실제 가동시간		
활성탄 교체 가격	2600원/kg	
교체 사업체명	코엔텍	
요오드가 (mg/g)	431	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
108	114	
비고	금속 냄새, 페인트 냄새	



<업체 사진>

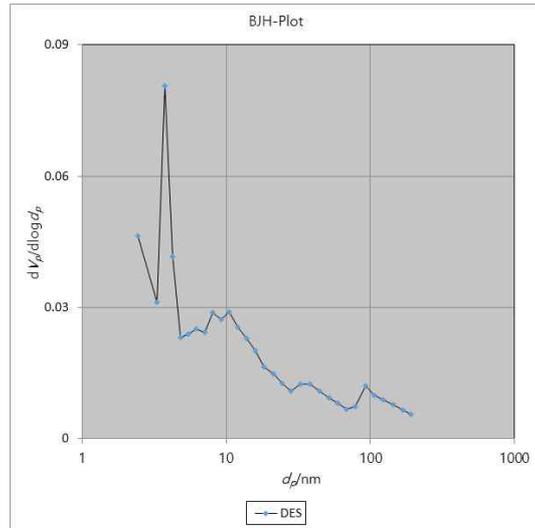
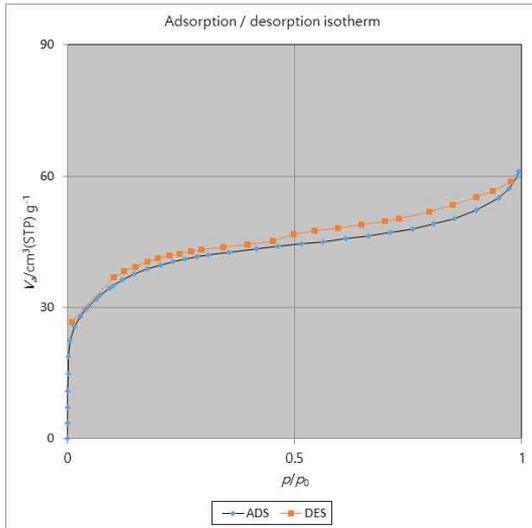
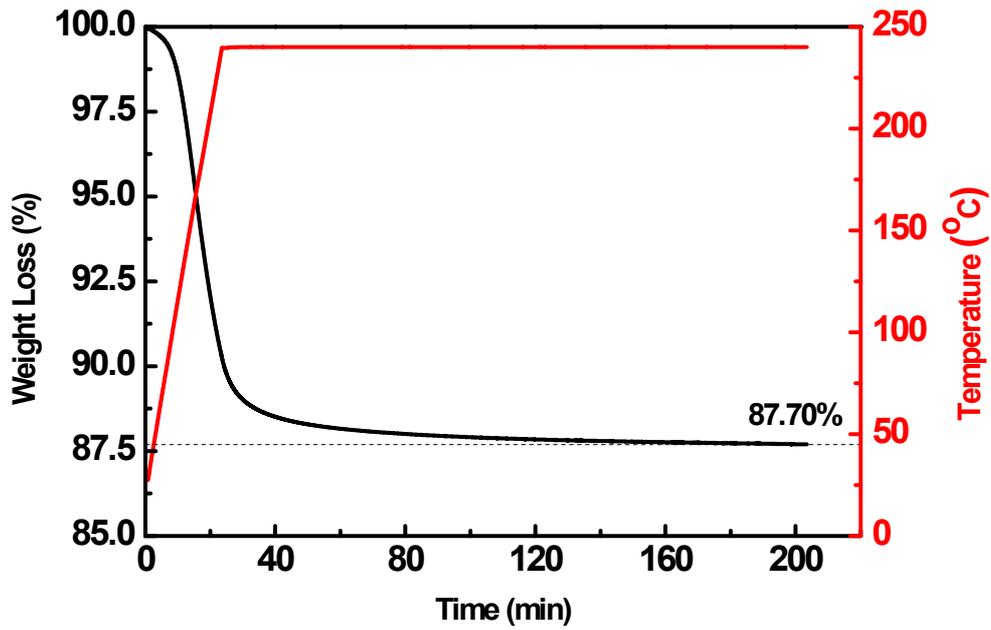


<흡착탑 사진>



<전, 후단 THC 측정 모습>

[그림 4-37] OK사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m ² /g)	Total pore volume (cm ³ /g)	Average pore diameter (nm)
143	0.093	2.60

[그림 4-38] OK사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.12 YJ사의 결과

[표 4-14]는 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 본 업체는 펌프 및 밸브 등 고품질의 금속 제품을 제조하는 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 200 m³/min으로 도장 공정과 연결되어 있으며 입상 활성탄을 사용하고 있다. 활성탄 교체 주기는 150일마다 교체하고 있다. 활성탄은 보국엔지니어링에서 약 1140원/kg 으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 161 ppm, 후단의 THC 농도는 59 ppm으로 나타났다.

활성탄의 요오드가는 약 525 mg/g으로 나타나 비교적 낮은 값을 나타내었으며, TGA 무게 감량 곡선은 수분이 탈착되는 곡선과 VOCs가 제거되는 곡선이 뚜렷하게 보이며, 무게가 서서히 감소하지만 비교적 일정한 경향을 나타내었다. 활성탄의 비표면적의 경우 427 m²/g을 나타내었다. 본 업체는 비교적 낮은 요오드가와 비표면적으로 저급 활성탄을 사용하는 것으로 판단된다.



[그림 4-39] YJ사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-14] YJ사의 체크리스트

사업장명	YJ사	
도로명 주소 (블록명 주소)	목내동 4XX-X (1X XX)	
업종명 (업종분류 코드)	기타 기계 및 장비 제조업 (29131)	
전화번호(Fax)	031-491-55XX (031-491-15XX)	
담당자	이○○	
주 생산품	산업용 펌프 제조	
주 사용원료(VOCs 종류)	페인트, 신나	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	200	
활성탄 총진량 (톤)	3.3	
연결 공정	도장	
활성탄 종류	입상 활성탄	
교체 주기	12h/d (150일)	
최근 교체일	2월 8일	
교체 후 실제 가동시간	2.19h/d	
활성탄 교체 가격	1140원/kg	
교체 사업체명	보국엔지니어링	
요오드가 (mg/g)	525	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
161	59	
비고		



<업체 사진>

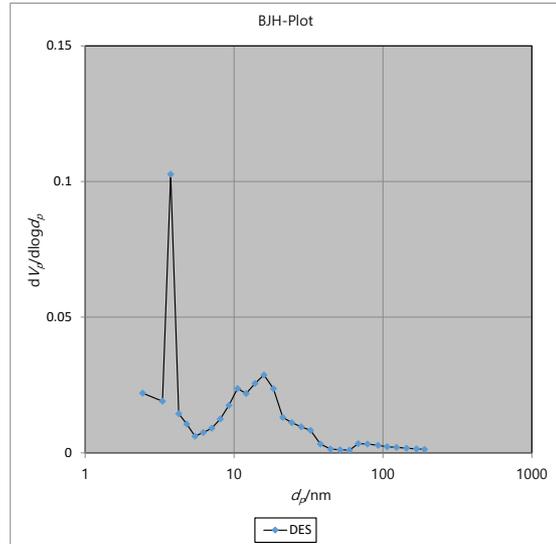
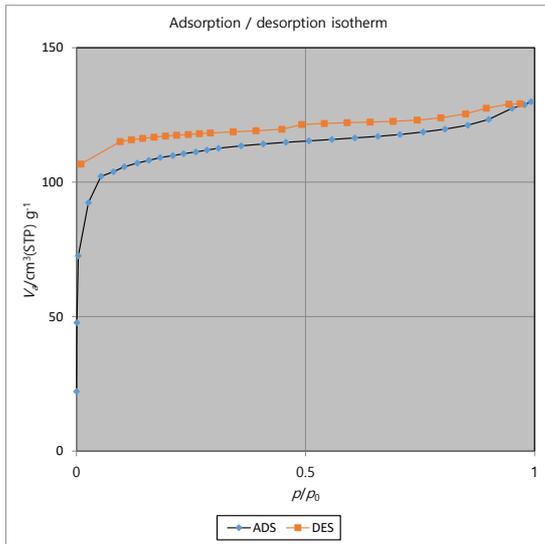
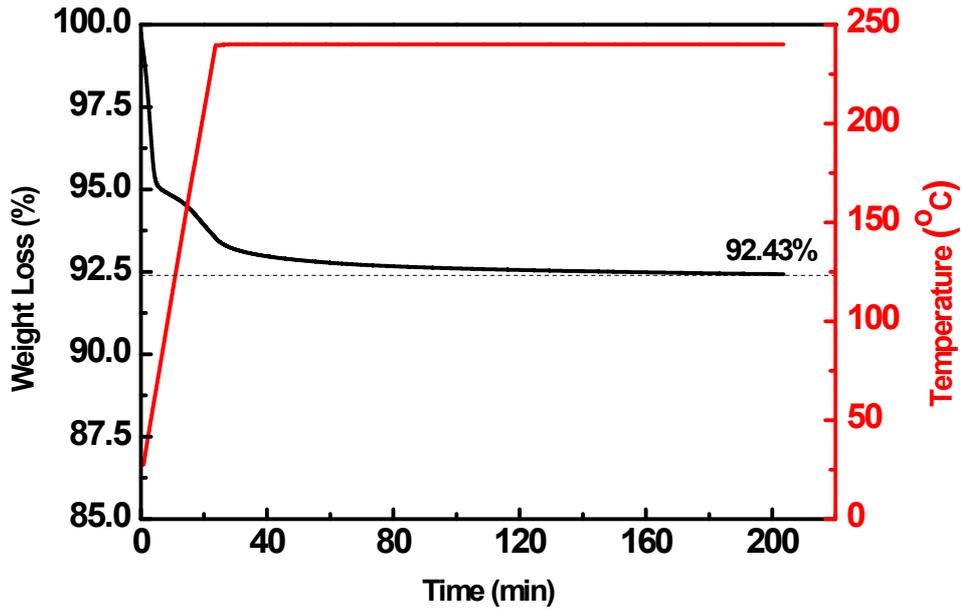


<흡착탑 사진>



<전, 후단 THC 측정 모습>

[그림 4-40] YJ사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m ² /g)	Total pore volume (cm ³ /g)	Average pore diameter (nm)
427	0.20	1.88

[그림 4-41] YJ사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.13 MS사의 결과

[표 4-15]는 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 기초 유기화합물질을 제조하는 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 150 m³/min으로 회수, 반응 및 응축 시설과 연결되어 있으며 파쇄탄을 사용하고 있다. 활성탄 교체 주기는 2160시간마다 교체하고 있다. 활성탄은 약 1,300원/kg으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 78 ppm, 후단의 THC 농도는 188 ppm으로 나타났다.

활성탄의 요오드가는 약 448 mg/g으로 나타나 비교적 낮은 값을 나타내었으며, TGA 무게 감량 곡선은 수분이 탈착되는 곡선과 VOCs가 제거되는 곡선이 뚜렷하게 보이며, 무게가 서서히 감소하지만 비교적 일정한 경향을 나타내었다. 활성탄의 비표면적의 경우 257 m²/g을 나타내었다. 본 업체는 비교적 낮은 요오드가와 비표면적을 나타내고 THC의 후단이 전단보다 높은 농도를 나타내어 저급 활성탄 또는 차콜을 사용하는 것으로 판단된다.



[그림 4-42] MS사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-15] MS사의 체크리스트

사업장명	MS사	
도로명 주소 (블록명 주소)	경기도 안산시 단원구 원시로 XX	
업종명 (업종분류 코드)	기타 기초유기화학물질제조업(20119)	
전화번호(Fax)	031-491-62XX	
담당자	김○○ 대리	
주 생산품	계면활성제	
주 사용원료(VOCs 종류)	디클로로메탄, 스틸렌	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	150	
활성탄 총진량 (톤)	1톤	
연결 공정	회수, 반응 및 응축시설	
활성탄 종류	파쇄탄	
교체 주기	2160시간/회	
최근 교체일	20.08.20	
교체 후 실제 가동시간	약 160시간 (8 hr/d)	
활성탄 교체 가격	1,300원/kg	
교체 사업체명		
요오드가 (mg/g)	448	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
78	188	
비고		

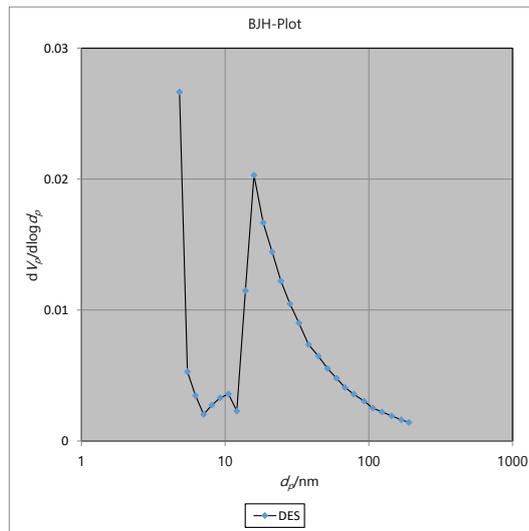
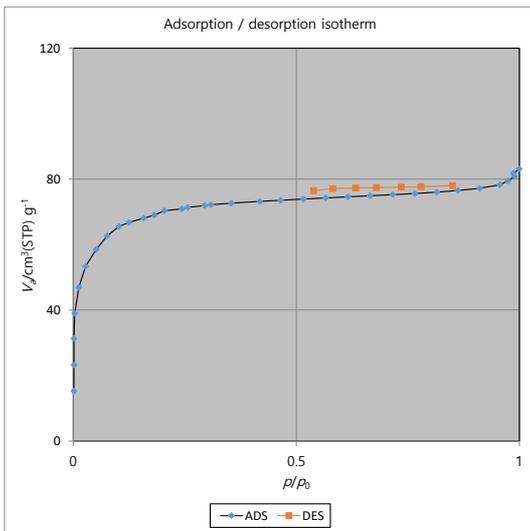
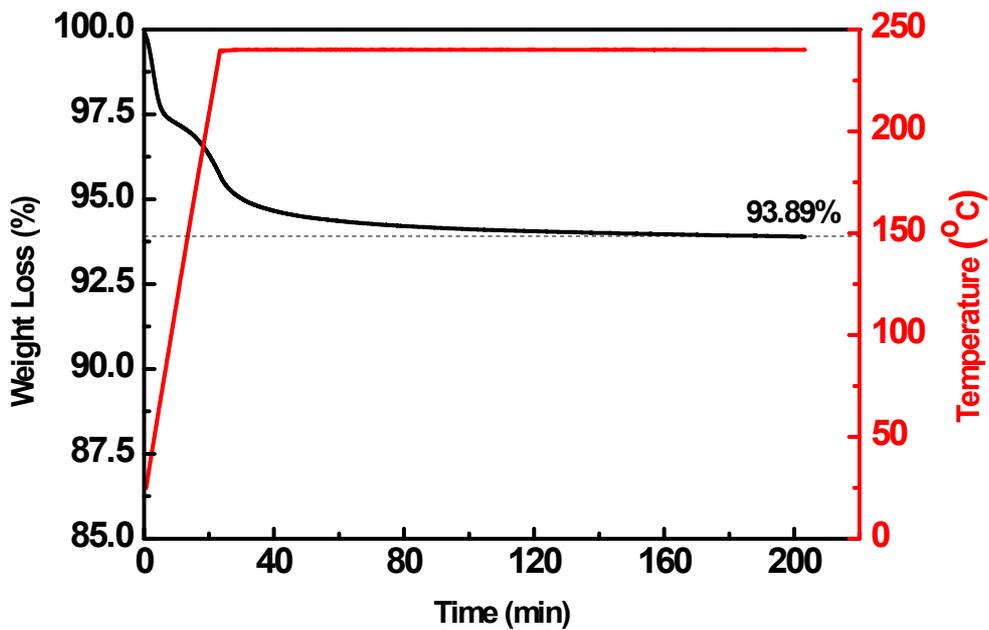


<흡착탑 내부 사진>



<THC 측정 모습>

[그림 4-43] MS사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m ² /g)	Total pore volume (cm ³ /g)	Average pore diameter (nm)
257	0.127	1.98

[그림 4-44] MS사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.14 AF사의 결과

[표 4-16]은 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 도장 및 피막을 처리하는 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 100 m³/min으로 회수, 도장 공정과 연결되어 있으며 입상 활성탄을 사용하고 있다. 활성탄 교체 주기는 100일마다 교체하고 있다. 활성탄은 유진 씨엔이텍으로부터 약 150~200 만원/2톤으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 5 ppm, 후단의 THC 농도는 26 ppm으로 나타났다.

활성탄의 요오드가는 약 288 mg/g으로 낮은 값을 나타내었으며, TGA 무게 감량 곡선은 240 °C에서 무게가 일정하게 유지되지만 감량되는 정도가 매우 낮았다. 활성탄의 비표면적의 경우 77 m²/g을 나타내었다. 본 업체는 낮은 요오드가와 낮은 비표면적을 나타내어 차콜을 사용하는 것으로 판단된다.



[그림 4-45] AF사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-16] AF사의 체크리스트

사업장명	AF사	
도로명 주소 (블록명 주소)	시흥시 정왕동 12XX-X	
업종명 (업종분류 코드)	도장 및 기타 피막처리업 (25925)	
전화번호(Fax)	010-8732-44XX	
담당자	이○○ 대표	
주 생산품	금형 코팅	
주 사용원료(VOCs 종류)	테프론™ (solvent에 녹아있는 상태)	
흡착탑		
용량 (m³/min)	100	
활성탄 총진량 (톤)	2 톤	
연결 공정	도장시설	
활성탄 종류	입상 활성탄	
교체 주기	100 일	
최근 교체일	2020년 7월	
교체 후 실제 가동시간		
활성탄 교체 가격	150 ~ 200 만원 / 2 ton	
교체 사업체명	유진 씨엔이텍	
요오드가 (mg/g)	288	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
5	26	
비고		

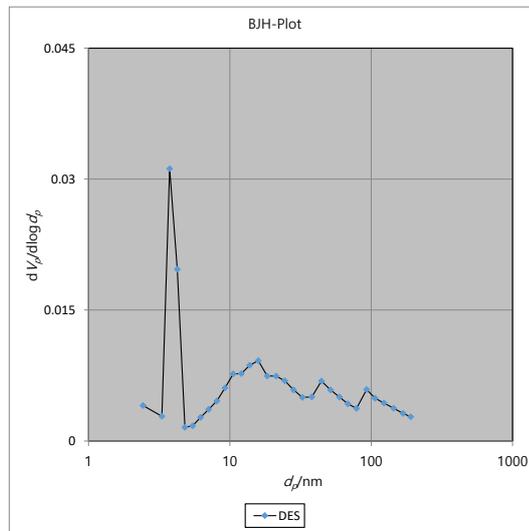
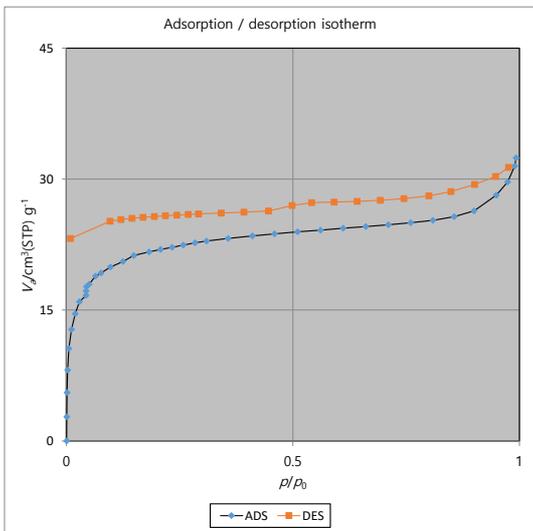
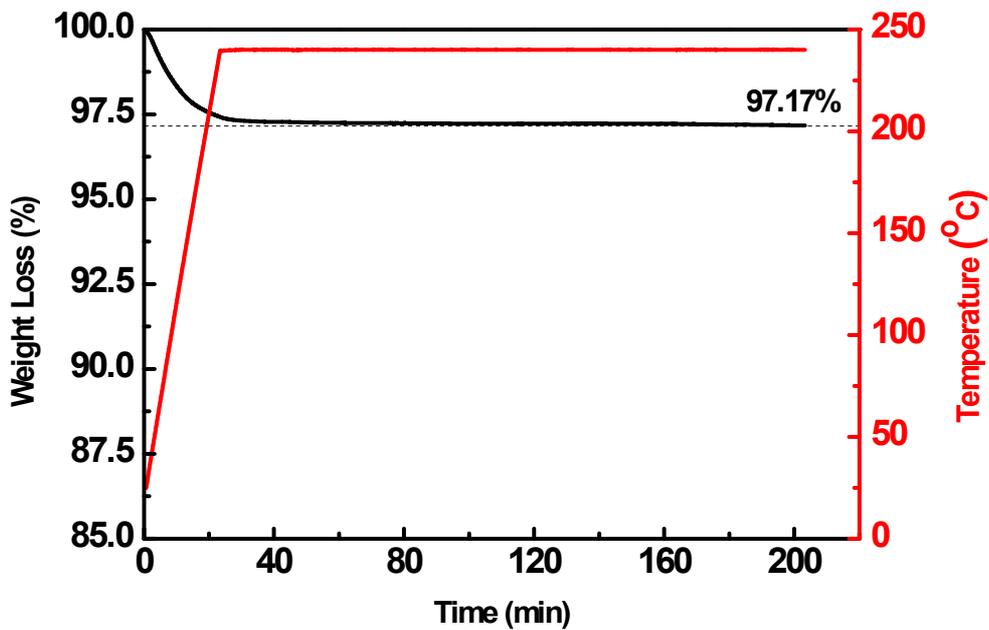


<업체 사진>



<전, 후단 THC 측정 모습>

[그림 4-46] AF사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m ² /g)	Total pore volume (cm ³ /g)	Average pore diameter (nm)
77	0.0489	2.51

[그림 4-47] AF사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.15 HK사의 결과

[표 4-17]는 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. 도장 및 피막을 처리하는 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 350 m³/min으로 회수, 도장 공정(액상)과 연결되어 있으며 파쇄탄을 사용하고 있다. 활성탄 교체 주기는 180일마다 교체하고 있다. 활성탄은 약 1,100원/kg으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 94 ppm, 후단의 THC 농도는 218 ppm으로 나타났다.

활성탄의 요오드가는 약 626 mg/g으로 비교적 낮은 값을 나타내었으며, TGA 무게 감량 곡선은 240 °C에서 무게가 일정하게 잘 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 활성탄의 비표면적의 경우 749 m²/g을 나타내었다. 본 업체는 중간 정도의 요오드가와 높은 비표면적을 나타내어 저급 또는 정상적인 활성탄을 사용하는 것으로 판단된다.



[그림 4-48] HK사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-17] HK사의 체크리스트

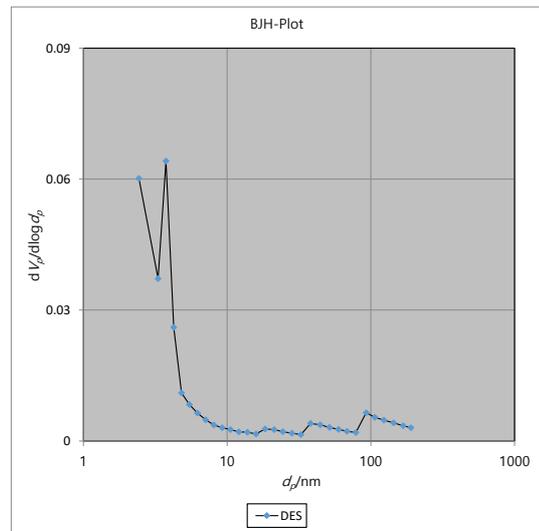
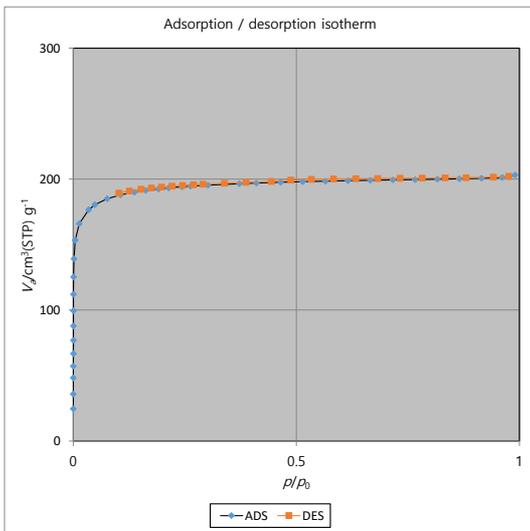
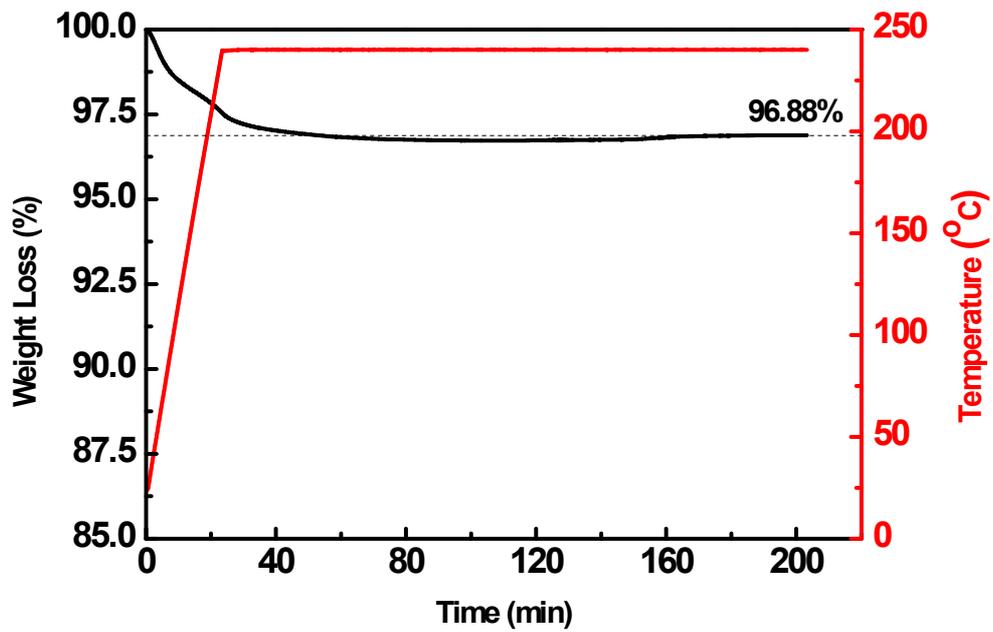
사업장명	HK사	
도로명 주소 (블록명 주소)	시흥시 마유로 70번길 XX	
업종명 (업종분류 코드)	도장 및 기타피막처리업(25923)	
전화번호(Fax)	031-497-40XX	
담당자	김○○ 대표이사	
주 생산품	자동차부품	
주 사용원료(VOCs 종류)	자일렌	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	350	
활성탄 총진량 (톤)	2톤	
연결 공정	도장시설(액상)	
활성탄 종류	파쇄탄	
교체 주기	180일/회	
최근 교체일	20.10.07	
교체 후 실제 가동시간	약 80시간 (8 hr/d)	
활성탄 교체 가격	1,100원/kg	
교체 사업체명		
요오드가 (mg/g)	626	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
94	218	
비고		



<흡착탑 사진>

<흡착탑 내부 사진>

[그림 4-49] HK사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m ² /g)	Total pore volume (cm ³ /g)	Average pore diameter (nm)
749	0.314	1.68

[그림 4-50] HK사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.16 HM사의 결과

[표 4-18]는 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. HM사는 특수 목적 용기제조 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 315 m³/min으로 회수, 도장 공정과 연결되어 있으며 삼천리 활성탄소를 사용하고 있다. 활성탄 교체 주기는 600시간 마다 교체하고 있다. 활성탄은 <RAM>사로부터 삼천리 활성탄소를 약 1,000원/kg으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 측정하지 못하였다.

활성탄의 요오드가는 약 440 mg/g으로 비교적 낮은 값을 나타내었으며, TGA 무게 감량 곡선은 240 °C에서 서서히 무게가 일정하게 잘 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 활성탄의 비표면적의 경우 277 m²/g을 나타내었다. 본 업체는 비교적 낮은 요오드가와 낮은 비표면적을 나타내어 저급 활성탄을 사용하는 것으로 판단된다.



[그림 4-51] HM사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-18] HM사의 체크리스트

사업장명	HM사	
도로명 주소 (블록명 주소)	안산시 단원구 신길동 11XX-X	
업종명 (업종분류 코드)	특수 목적 용기제조업 (2921)	
전화번호(Fax)	010-4359-40XX	
담당자	이○○ 부장	
주 생산품		
주 사용원료(VOCs 종류)	톨루엔, 자일렌, N-부틸아세테이트, 아세톤, 메탄올	
흡착탑		
용량 (m ³ /min)	315	
활성탄 총진량 (톤)	2.9 톤	
연결 공정	도장시설	
활성탄 종류	삼천리활성탄소(주)	
교체 주기	600 hr/회	
최근 교체일	2020. 08. 13.	
교체 후 실제 가동시간	104 hr	
활성탄 교체 가격	1,000 원/kg	
교체 사업체명	<RAM>	
요오드가 (mg/g)	440	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
비고		

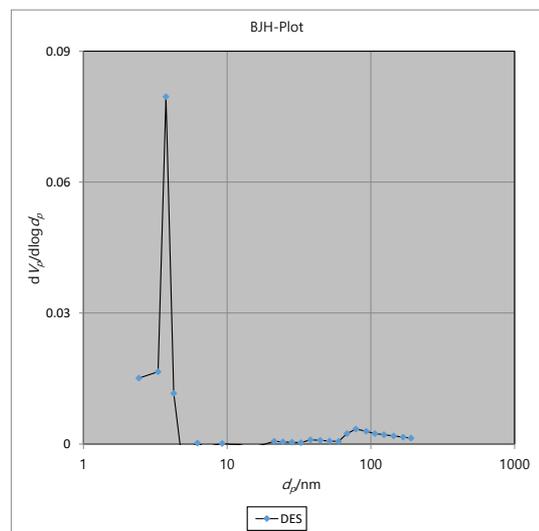
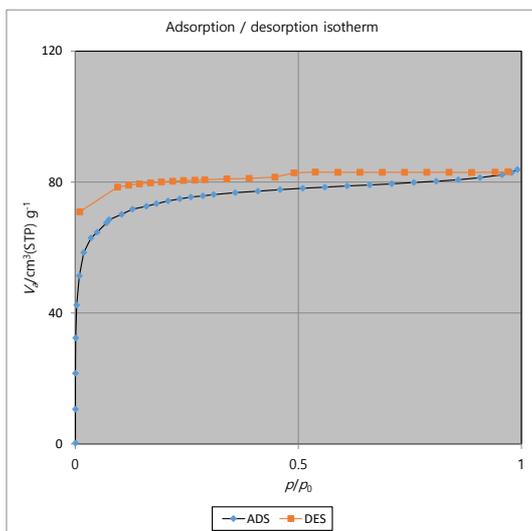
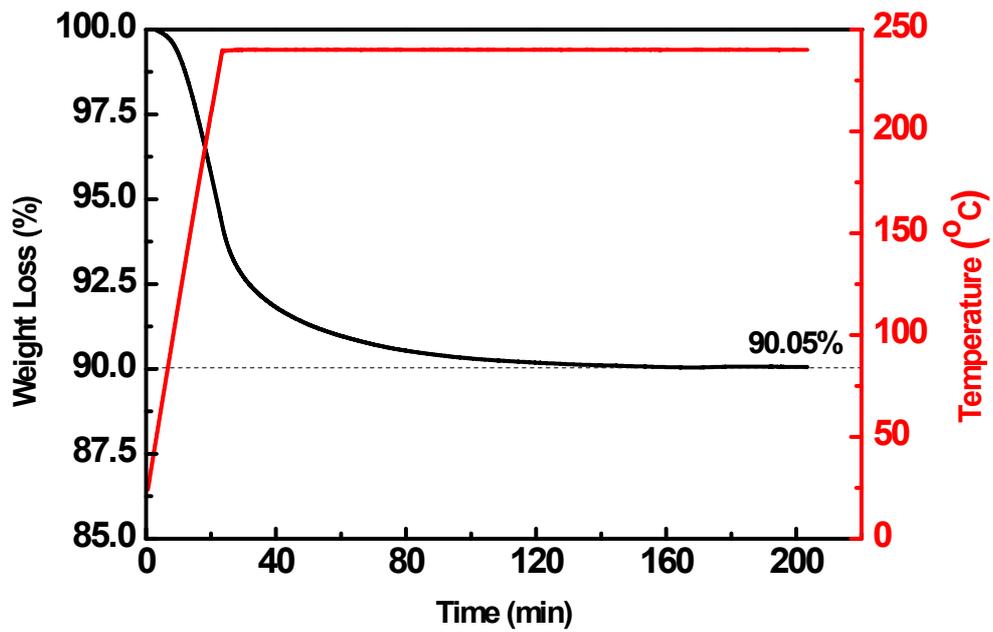


<업체 사진>



<전, 후단 THC 측정 모습>

[그림 4-52] HM사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m^2/g)	Total pore volume (cm^3/g)	Average pore diameter (nm)
277	0.130	1.87

[그림 4-53] HM사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

4.2.17 J사의 결과

[표 4-19]는 업체 방문 조사 결과를 나타내었다. J사는 기타 화학물질 제조 업체이다. 활성탄 흡착탑의 용량은 $450 \text{ m}^3/\text{min}$ 으로 3대가 있으며, 혼합, 건조 공정과 연결되어 있다. Norit 활성탄을 사용하고 있으며 활성탄 교체 주기는 회수율 98% 이상 시 교체하고 있다. 활성탄은 셀라스사로부터 Norit 활성탄을 약 8,000~10,000 원/kg으로 공급받아 사용하고 있다. 활성탄 흡착탑의 전단의 THC 농도는 17,052 ppm이며, 후단은 17 ppm으로 측정되었다.

활성탄의 요오드가는 약 821 mg/g 으로 높은 값을 나타내었으며, TGA 무게 감량 곡선은 수분이 제거되는 곡선과 VOCs가 제거되는 곡선이 뚜렷하게 나타났으며 $240 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 무게가 일정하게 잘 유지되며 그 감량되는 정도도 매우 높게 나타났다. 활성탄의 비표면적의 경우 $894 \text{ m}^2/\text{g}$ 을 나타내었다. 본 업체는 높은 요오드가와 높은 비표면적을 나타내어 정상적인 활성탄을 사용하는 것으로 판단된다.



[그림 4-54] J사의 활성탄 입자 사진.

[표 4-19] JI사의 체크리스트

사업장명	JI사	
도로명 주소 (블록명 주소)	시흥시 정왕동 13XX-X	
업종명 (업종분류 코드)	기타화학 제조업	
전화번호(Fax)		
담당자		
주 생산품		
주 사용원료(VOCs 종류)	톨루엔	
흡착탑		
용량 (m³/min)	450 x 3대	
활성탄 총진량 (톤)	10 톤 x 3대	
연결 공정	혼합, 건조공정	
활성탄 종류	Norit	
교체 주기	회수율 98% 이상 시	
최근 교체일	2015. 05.	
교체 후 실제 가동시간		
활성탄 교체 가격	8,000 ~ 10,000 원/kg	
교체 사업체명	셀라스	
요오드가 (mg/g)	821	
THC 농도 (ppm as CH₄)		
전단	후단	
17,052	17	
비고	*재생 후 사용 (5~6년 마다) *탈착 : 120 °C (스팀)	



<업체 사진>

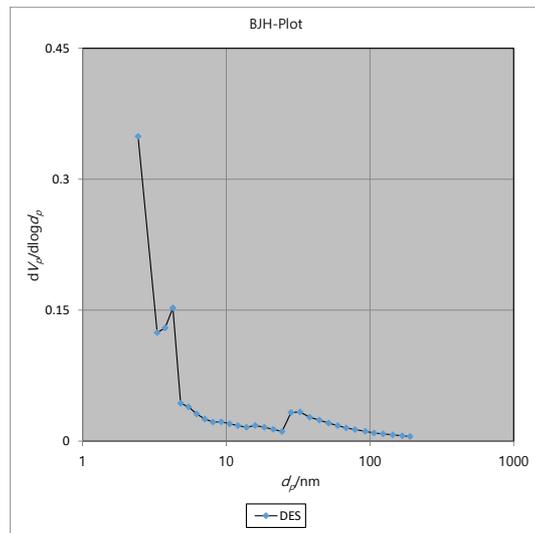
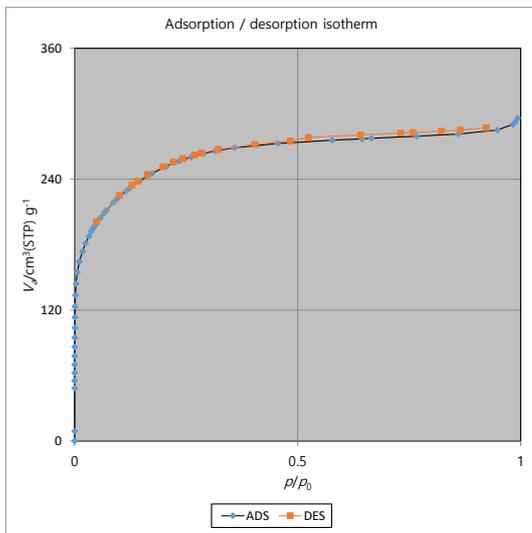
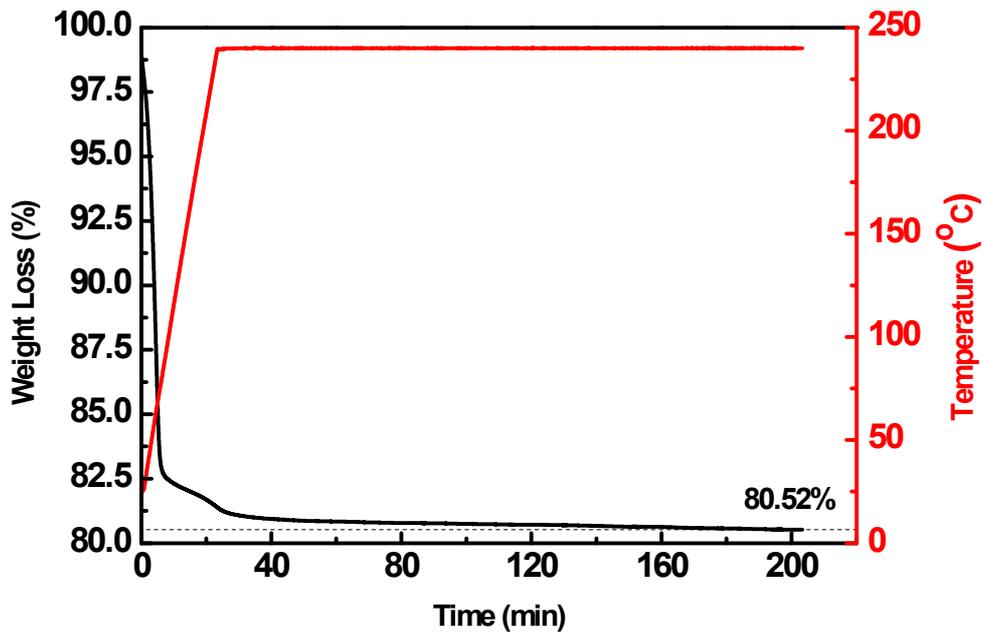


<흡착탑 사진>



<전, 후단 THC 측정 모습>

[그림 4-55] Ji사의 현장방문 사진 및 THC 측정 모습.



BET Surface Area (m ² /g)	Total pore volume (cm ³ /g)	Average pore diameter (nm)
894	0.454	2.03

[그림 4-56] JI사 흡착탑 활성탄의 TGA, BET 측정 결과.

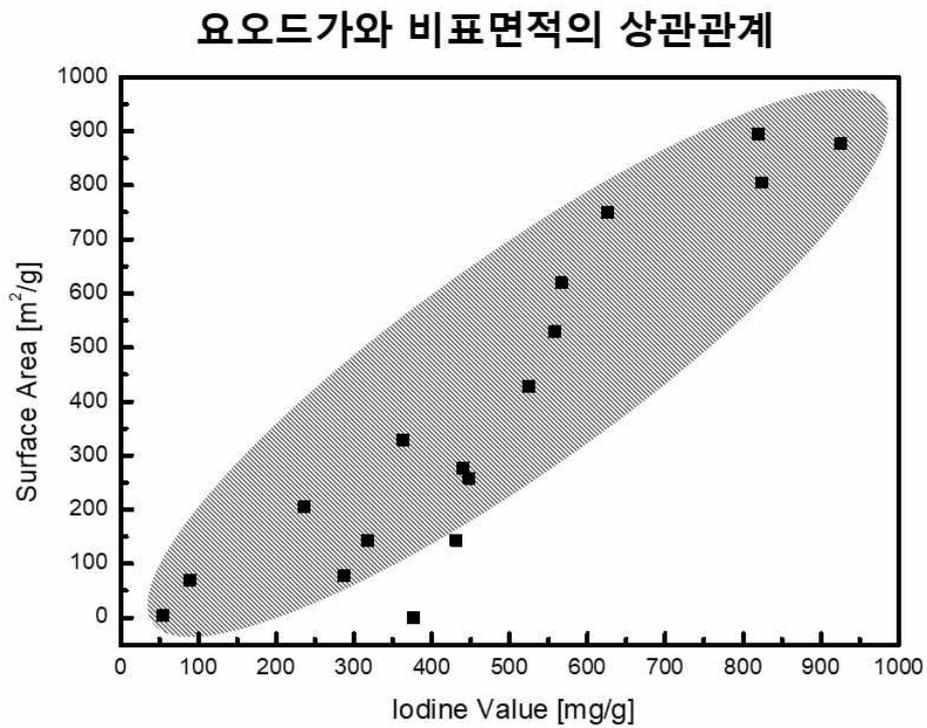
4.2.18 업체별 분석결과 요약

총 17개의 업체를 방문하였으며, 산업분류에 따라 업체 순서를 나열하였으며 요오드가와 비표면적을 종합하여 [표 4-20]에 나타내었다. 업종에 관계없이 사용하는 활성탄은 모두 달랐으며, 요오드가 흡착능과 비표면적도 모두 다르게 나타났다. 또한 활성탄이라고 제시할 수 있을 정도의 요오드가 흡착능이나 비표면적을 가진 활성탄을 사용하는 기업은 많지 않은 것으로 확인되었다.

[표 4-20] 업체별 분석결과 요약

순서	약어	산업분류명	요오드가 (mg/g)	비표면적 (m ² /g)	총탄화수소		가격 (원/kg)
					전단	후단	
1	KS	인쇄회로기판 제조업	89	69	19	170	1,100
2	SS	인쇄회로기판 제조업	376	0.3	54	37	1,481
3	JA	인쇄회로기판 제조업	926	876	65	19	600
4	AT	인쇄회로기판 제조업	318	141	29	16	1,300
5	DY	산업용 비경화고무제품 제조업	558	528	7	6	-
6	EK	산업용 비경화고무제품 제조업	237	203	91	66	1,760
7	TI	산업용 비경화고무제품 제조업	364	328	11	7	1,200
8	DR	자동차 엔진용 부품 제조업	567	619	-	-	1,500
9	DP	자동차 엔진용 부품 제조업	55	3	25	39	2,500
10	IC	자동차 엔진용 부품 제조업	825	804	10	5	600
11	OK	전동기 및 발전기 제조업	431	143	108	114	2,600
12	YJ	액체 펌프 제조업	525	427	161	59	1,140
13	MS	화공약품제조업	448	257	78	188	1,300
14	AF	도장 및 기타 피막처리업	288	77	5	26	1,000
15	HK	도장 및 기타 피막처리업	626	749	94	218	1,100
16	HM	그외 기타 특수목적용 기계 제조업	440	277	-	-	1,000
17	JL	기타 기초유기화학물질 제조업	821	894	17,052	17	10,000

조사된 총 17개 업체들의 요오드가와 비표면적과의 상관관계를 확인하기 위하여 아래의 그림과 같이 그래프로 나타내었다. 일반적으로 요오드가 흡착능이 높은 활성탄은 비표면적도 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었으며 그 관계는 거의 정비례 관계를 나타내었다. 따라서 활성탄 스펙을 규정하기 위하여 요오드가와 비표면적 중 하나만 제시해도 가능할 것으로 판단되었다.



[그림 4-57] 조사된 업체의 요오드가와 비표면적의 상관관계.

4.3 자료조사 결과

4.3.1 자료조사의 내용

활성탄의 스펙을 규정하기 위해서 본 연구과제에서는 1차년도에 주요 활성탄 흡착탑을 사용하는 업종에서 사용하는 활성탄에 대해 자료를 수집하고 활성탄의 물성을 분석하였으며, 2차년도에는 1차년도에 수행한 2개 업종을 제외한 8개 업종 중 총 17개의 업체를 선정하여 총탄화수소, 요오드가, TGA, BET 등의 물성 분석을 실시하여 분석하였다. 또한 활성탄 교체 후 시료 채취 시점까지의 활성탄 가동 이력 자료를 확인하고 요오드가와 비표면적 등의 분석결과 등을 토대로 활성탄 흡착탑의 운용상의 문제점을 평가하였다. 업체의 흡착탑의 활성탄을 분석한 결과 업종별로 활성탄의 spec을 규정하는 것은 불가능한 것으로 판단되었다.

4.2절의 “업체별 분석결과”를 참고하면 업체마다 사용하는 활성탄이 모두 다르며, 요오드가와 비표면적을 분석한 결과 활성탄 보다는 차콜에 가까운 것을 사용하는 곳이 대부분인 것을 확인할 수 있다. 또한 2.5절에서 “활성탄 흡착시설의 설계기준”을 참고하면 활성탄 흡착탑 설계 시 가스의 유량, 부하량, 흡착 시간, 흡착제의 양에 대한 고려사항은 존재하지만 활성탄에 대한 정확한 규정은 없는 것을 알 수 있다. 이와 같이, 활성탄에 대한 정확한 규정이 없으면 활성탄의 성능에 따라 활성탄 흡착탑의 규모가 달라질 수 있으며, 설계 후에도 흡착탑의 활성탄 교체 주기를 정확하게 예측하기 어렵다. 또한 활성탄 흡착탑의 준공 검사 시에도 활성탄의 스펙을 확인하지 않으며, 규제나 법이 존재하지 않기 때문에 활성탄이 아닌 값싼 차콜이나 흡착 기능을 하지 못하는 것을 사용하는 경우도 존재한다.

또한 국내에서 입상활성탄 산업규격 KSM 1421이 존재하였으나, 2007년에 폐지된 상태이며, 현재 국내에서 유일하게 적용할 수 있는 입상활성탄 품질기준은 한국 활성탄소 공업협동조합의 단체 표준이 유일하지만 제시된 대상 품목은 수처리용 한정되어 있어 기상용 품질기준은 제시되어 있지 않은 실정이다. 따라서 악취방지설비에 적용되는 기상용 활성탄 품질 규정이 명확하지 않은 실정이며, 이에 활성화가 제대로 되지 않은 저급 또는 숯에 가까운 입자(활성탄이 아닌)를 사용하거나 재생이 충분히 되지 않은 활성탄을 재사용하는 상황이 발생하고 있다. 이에 따라 대기질 개선을 위하여 기체상 악취물질 제거에 사용되는 활성탄 흡착탑에 사용되는 활성탄에 대한 기준의 마련이 불가피하다.

따라서 본 연구에서는 추가적으로 다양한 자료를 분석하고자 하였으며 연구자들의 자문을 구하고자 하였다. 첫째로 활성탄의 사전적 정의를 면밀히 살펴보고자 하였으며, 사전에서 제시하는 비표면적에 관해 살펴보았다. 둘째로 기존에 존재했던 한국의 활성탄의 공업 규격에 대해 자료를 정리하고 제시된 기준을 분석하였다. 셋째로 한국냄새환경학회에서 수행한 “악취방지설비 인증제도 및 기준안 마련”과제를 참고하고 흡착 부분을 담당했던 연구자의 자문을 구하였다. 넷째로 한국수자원공사에서 실시하고 있는 입상활성탄 구입시방서와 다양한 자료를 제공받아 분석하였다. 마지막으로 폐활성탄과 재생탄 분석 및 통합공정 평가 연구를 수행한 연구자(숭실대학교 교수)의 자문을 구하였다.

다양한 자료를 분석하여 본 연구에서는 활성탄 흡착탑에 적용하기 위한 활성탄의 spec을 제안하고자 하였다. 악취제거용 입상 활성탄에 대한 품질 기준과 등급화를 통해 국내에서 활성탄을 생산 또는 판매하는 기술력을 가진 업체의 산업 활성화를 도모할 수 있으며, 악취방지 설비로 활성탄 흡착탑을 사용하는 업체(사용자)에게 활성탄 품질에 대한 신뢰를 얻고 산업단지 내 업체들이 대기질 개선에 앞장서고 주변 지역의 민원을 최소화 할 수 있을 것으로 기대된다.

4.3.2 활성탄의 사전적 정의

활성탄의 사전적 정의를 조사하기 위하여 다양한 사전을 참고하였으며, 각 사전 별로 정리하여 나타내면 아래와 같다.

① 화학대사전

기체 또는 용액 중의 용질 등에 대해 강한 흡착성을 나타내는 탄소질 물질. 목탄 등의 활성화에서 만들어진다.

【역사】 예전에는 골탄이나 혈탄 등의 수탄(獸炭)이 이용된 일도 있으나 현재에는 오직 목탄에서 제조된다. 목탄이 흡착성을 갖는 것은 15세기경에 알려져 있었으나, 금세기의 제1차 세계 대전에서 가스 마스크용으로 흡착용 탄의 대량 생산이 필요해졌고, 현재는 다량으로 사용되고 있다.

【조성】 주체는 무정형 탄소. 이외에 원료 중의 불순물에 유래하는 무기 성분(실리카, 알루미늄, 철 등)을 포함한다.

【제법】 원료의 종류에는 목재, 톱밥, 야자열매 껍질, 리그닌, 소의 뼈, 혈액, 아탄, 갈탄, 토탄, 활성화 석탄 등을 들 수 있다. 제법은 원료를 탄화한 후 활성화해 정제한다. 제품의 형태에서 분말 활성탄과 입자 활성탄으로 구분된다. 표에 각각의 제조 방식을 나타낸다. 입자로 된 활성탄을 입자탄이라 부른다. 가늘게 부서진 활성탄을 파쇄탄이라 한다.

【성상】 흑색의 미세 분말 또는 입자 상태. 활성탄 내부는 뚜렷한 다공질이다. 즉 참밀도는 큼(~2)에도 불구하고 부피 밀도는 작다(~0.3). 그 내부 비표면적도 크다. 예를 들면 목탄의 400m²/g에 대해 활성탄은 1000~3000m²/g 정도. 그래서 각종 가스, 용액 중의 무기 또는 유기 물질, 콜로이드 입자 등에 대해 강력한 흡착력을 갖고 있다. 활성탄의 흡착제로서의 사용에서는 사용 조건과 흡착하려는 물질이 매우 광범위하므로 반응 기구가 각각 다르고, 그래서 성능의 비교는 간단하지 않다. 활성화의 기구로서는 내부 비표면적의 증대 외에, 표면에 부착하고 있는 이물질의 제거, 활성 중심의 증가 등을 들 수 있다. 활성탄이 촉매로서 이용될 때는 그 활성 본체가 탄소에 있는가, 회분 중에 포함되어 있는 무기 물질에 있는가 불분명한 점이 많다. 또한 촉매 운반체로서 이용되려면 비표면적이 클 뿐만 아니라 부(副)반응을 촉진하는 불순물 함유량이 적고 촉매 물질의 유지 용량이 크며, 또한 촉매 제품의 기계적 강도도 큰 것이 요구된다.

【용도】

1) 분말 활성탄은 각종 수용액, 유지, 석유 염료 중간체, 사진 약품, 고무 제품, 식품류(설탕, 물엿, 포도당, 글루탐산나트륨, 주류), 의약품 등의 탈색, 탈취, 정제용으로 사용된다. 탈색용으로 이용하는 활성탄을 탈색탄이라 한다. 또한 공기 건조지의 양극 합제용(合劑用)으로 이용된다.

2) 입자 활성탄은 분말 활성탄과 같은 목적의 용도 외에, 용제 회수용(알코올류, 아세톤, 벤젠, 에스테르류, 이황화탄소, 가솔린 등), 가스 정제용(탈진(脫塵), 탈황, 공기 정화 등), 가스 마스크용, 상수용(수도용 원수, 수도물, 지하수 등의 탈미, 탈취, 탈염소, 탈철, 탈오물 등), 폐수 처리용(탈페놀 기타), 액체상 흡착용(도금 용액에서의 귀금속 회수, 요오드 회수 등) 등의 용도를 갖는다.

3) 입자 활성탄은 촉매 또는 촉매 운반체로서 이용된다. 단, 단독 촉매로서 이용되는 일은 드물다. 그러나 운반체로서는 널리 이용되고 염화비닐 합성에서는 염화수은(II)의 운반체로서, 아세트산비닐 합성에서는 아세트산납의 운반체로서, 탈염화수소 반응에서는 염화바륨의 운반체로서 각각 이용되고 있다. 운반체용 활성탄에는 대부분의 경우 수증기 활성화에 의한 제품이 이용된다.

② 두산백과

흡착성이 강하고, 대부분의 구성물질이 탄소질로 된 물질로, 흡착제로 기체나 습기를 흡수시키는데, 또는 탈색제로 사용된다. 목재나 갈탄 등을 염화아연 등의 약품으로 처리, 건조시켜 제조한다.

제조방법은 목재·갈탄·이탄(泥炭) 등을 활성화제인 염화아연이나 인산과 같은 약품으로 처리하여, 건조시키거나 목탄을 수증기로 활성화시켜 만든다. 일반적으로 활성탄은 가루상태나 입자상태로 제조되는데, 가루인 것은 입자상태로 만들어 사용하기도 한다. 용도는 주로 흡착제로서 기체나 습기를 흡수시키는 데 사용되며, 그 밖에 용제(溶劑)의 회수제와 가스의 정제용 또는 탈색제로 쓰이는 등 용도가 다양하다. 원래 활성화란 복사(輻射)의 흡수나 고속입자선의 충격 등으로 인하여 원자나 분자 또는 이온 등이 고에너지 상태로 되어 화학반응이나 결정격자(結晶格子)를 일으키기 쉬운 상태로 변하는 것을 말한다. 또 촉매작용으로 그 표면상태의 변화나 다른 물질의 첨가로 그 기능이 훨씬 높아지는 것을 뜻하는 것이므로, 활성탄도 이와 같은 활성화제를 첨가하여 탄소질의 기능이 향상된 것을 뜻한다.

③ 위키백과

활성탄(活性炭, 영어: activated carbon 또는 activated charcoal)은 주성분이 탄소이며 다공성이므로, 표면적이 넓어 흡착성이 강하고, 화학 반응이 빨리 일어나는 물질이다.

활용 : 활성탄은 숯에 수증기 또는 인산과 같은 약품을 사용하여 표면적을 증가시킨 소재로서, 수원의 부영양화 방지, 고도 정수 처리(수돗물), 하수&폐수처리 등 수처리 시설에 널리 쓰이고 있다. 대나무 활성탄의 경우 진로 '참이슬' 소주 정제과정에 첨가하여 미네랄을 용출시켜 사용하고 있고 KT&G '에세 수' 담배의 필터에 첨가되어 해로운 물질을 걸러주는 등 생활 깊숙이 사용되고 있는 친환경 소재이다.

제법 : 목재등의 탄소를 활성화제인 염화 아연이나 인산과 같은 물질을 촉매로 건조시키거나, 목탄을 수증기로 활성화시켜 만든다. 대나무활성탄을 만드는 과정을 설명해보면, 국내의 경우 맹종죽을 숙아베기하여 사용하는데 맹종죽 1ton을 탄화시키면 300kg의 대나무 숯을 얻을 수 있고 300kg의 숯을 다시 수증기 부활법을 사용하여 활성화 시키면 120kg의 활성탄을 얻을 수 있다. 1차로 얻어진 대나무 숯의 비표면적은 약 600m²/g이며, 최종적으로 얻어진 대나무 활성탄의 비표면적은 1200m²/g 로서 일반 참숯에 비해 6배 이상의 비표면적을 갖게된다. 비표면적이 넓을 수록 흡착할 수 있는 양이 많아 오래 사용할 수 있으며 성능이 좋다고 할 수 있다.

④ 물백과사전

미세한 구멍으로 인한 표면적이 매우 넓게 되도록 만들어진 숯을 의미
탄소계 물질 흡착제 일종으로서 비표면적 500~1500m²/g, 세공반경 1~100nm 정도로 광범위한 표면적 및 미세공의 다공성 구조를 지니고 있다. 뼈, 석탄(갈탄, 역청탄 등), 야자껍질, 나무, 석유피치, 석유코크스 등의 탄소계 물질의 원료를 탄화·부착공정을 통해 제조한다. 활성탄의 형상으로는 분말 활성탄 및 입상 활성탄으로 분류되고 입상 활성탄은 파쇄탄 및 성형탄으로 분류된다. 정수 고도처리, 하수처리·분뇨의 고도처리, 설탕, 양조, 석유정제 등 폭넓게 이용되고 있다.

정수처리에서는 통상 오염물질을 응집, 침전, 여과를 통해 제거하고 용해성 유기물은 활성탄을 사용하여 흡착·제거하며 이러한 방법을 활성탄처리법, 활성탄 흡착법, 흡착처리법이라고 한다. 활성탄 흡착법은 유기물 제거에 아주 유효한 방법이고 이·취미물질, 잔류농약, 페놀류 등의 미량 유해물질, 합성세제, 색도성

분, 트리할로메탄의 전구물질을 처리하는 데 사용되고 친수성에 강한 당류 및 알코올류를 제거하는 데 사용된다.

활성탄처리법의 방식으로는 크게 분말활성탄처리와 입상활성탄처리로 분류된다. 분말활성탄은 필요량만큼 구입할 수 있어 경제적이며 기존의 시설을 이용하여 처리할 수 있다는 장점이 있다. 입상활성탄은 여과조를 만들어야 하므로 건설비가 상승하고, 단기 처리의 경우 비경제적인 단점이 있으나 장기간 처리할 경우 재상하여 사용할 수 있어 경제적이고 취급이 용이한 장점이 있다. 또한 미생물의 번식이 가능하므로 생물활성탄으로 사용가능하다.

⑤ 환경공학용어사전

과실 찌꺼기, 목재, 아탄, 석탄 등의 탄소 물질을 소성해 제조한 것으로, 흡착성이 강한 분상 또는 입상의 다공질 물질이다. 내부에는 1g당 500~1,500m² 정도의 커다란 표면적을 갖고 있다. 분말인 것은 각종 용액과 식품류의 탈색·탈취·정제용으로 쓰이고 있으며, 입상인 것은 가스 정제용으로 탈진·탈황·정수용으로 탈맛·탈취·탈염소·폐수 처리용으로 페놀·수은·세제의 제거, 그 외 용제 회수·공기 조화 등 다방면으로 폭넓게 사용되고 있다.

⑥ 도금기술용어사전

비(比)표면적이 크고 높은 흡착능을 가진 탄소질물질, 유기성 고분자물질에 대하여 극히 높은 흡착력이 있고, 도금욕 중에서 이들의 성분을 분리 또는 제거할 수 있다. 활성탄은 흑연(Graphite)형상의 평면결정자가 복잡하게 조합된 무정형 탄소로 되어 있고 다공질이다. 세공(細孔)의 평균 반경은 1~2nm, 비표면적은 800~1500m²/g이다. 원료는 목탄, 야자껍질, 톱밥, 석탄 등이 있으나, 도금에서는 불순물이 적은 야자껍질 활성탄을 사용하는 일이 많다. 도금에서는 도금욕 중의 유기성 불순물의 제거, 용제의 회수, 귀금속의 회수, 배수처리 등에 이용된다.

위의 총 6개의 사전적 정의를 고려하면 대부분 활성탄을 규정하는 비표면적을 제시하고 있으며 최소 500 m²/g에서 최대 3,000 m²/g으로 제시하고 있다. 사전적 정의를 통해 “활성탄”이라 함은 단순히 “비표면적이 높은”의 의미가 아닌 수치가 제시되어야 하며, 적어도 비표면적 500 m²/g 이상을 나타내어야 함을 알 수 있다.

4.3.3 국내 입상활성탄 산업규격

현재는 폐지되었지만 국내에서 제정되었던 입상활성탄 산업 규격 KSM 1421에 대해 자료를 정리해보았다. 국내에서 입상활성탄 시험방법 KSM 1802는 1985년에 제정되었으며, 입상활성탄 산업규격 KSM 1421은 1987년에 제정되었다. 입상활성탄 산업 규격 KSM 1421은 이후 1989년, 1993년, 1998년, 2003년, 2004년 일부 개정되었으며, [표 4-21]에는 2004년 9월에 개정된 입상활성탄 공업규격을 나타내었다. KSM 1421 입상활성탄소 산업규격 (2004)를 참고하면 산업용 또는 수처리용 입상활성탄에 대한 규정으로, 기상용에 해당하는 1종은 1, 2, 3급으로 분류하였고, 액상용에 해당하는 2종은 1, 2, 3급으로 분류하여 총 6종류로 분류하였다. 각 항목들에 대한 분석은 입상활성탄 시험방법 KSM 1802을 통해 규정하였다.

[표 4-21] KSM 1421 입상활성탄소 산업규격(2004)

항목	종류	1종 (입상활성탄)			2종 (액상용)		
		1급	2급	3급	1급	2급	3급
메틸렌블루 탈색력 (mL/g)		-	-	-	170 이상	150 이상	130 이상
요오드 흡착력 (mg/g)		1100 이상	1000 이상	900 이상	1000 이상	950 이상	900 이상
1/10 벤젠평형 흡착력 (%)		35 이상	31 이상	27 이상	-	-	-
입도 (%)		95 이상	90 이상	90 이상	95 이상	90 이상	90 이상
경도 (%)		90 이상					
충전 밀도 (g/mL)		0.48 이하	0.52 이하	0.56 이하	0.50 이하	0.53 이하	0.56 이하
건조 감량 (%)		5.0 이하	10.0 이하	10.0 이하	10.0 이하	10.0 이하	10.0 이하
중금속	아연 (ppm)	-			50 이하		
	카드뮴 (ppm)	-			1 이하		
	납 (ppm)	-			10 이하		
	비소 (ppm)	-			2 이하		

KSM 1421 산업규격에서는 입상활성탄 등급을 구분하기 위하여 메틸렌블루 탈색력, 요오드 흡착력, 1/10 벤젠 평형 흡착력, 입도, 경도, 충전밀도, 건조 감량, 중금속(아연, 카드뮴, 납, 비소) 함량으로 규정하여 물리적, 화학적인 방법을 통해 규정하고 있다. 기상용에 해당하는 입상활성탄의 흡착성능은 요오드 흡착력과 1/10 벤젠평형흡착력을 기준으로 삼고 있으며, 액상용 입상활성탄(2종)은 벤젠평형흡착력 대신 메틸렌블루 탈색력을 지표로 규정하고 있다.

그러나 KSM 1421 산업규격은 아래의 [표 4-22]와 같이 2007년 품질항목 및 품질규격이 변경되어 기상용과 액상용의 구분을 없애고 1, 2, 3급의 등급을 없애고 단일 기준으로 변경되었다.

[표 4-22] KSM 1421 입상활성탄소 산업규격(2007)

항목/품명		입상 활성탄소
성상		흑색 알갱이
메틸렌블루 탈색력 (mL/g)		150 이상
요오드 흡착력 (mg/g)		1,000 이상
1/10 벤젠평형 흡착력 (%)		32 이상
입도 (%)		90 이상
경도 (%)		90 이상
충전 밀도 (g/mL)		0.56 이하
건조 감량 (%)		10.0 이하
중금속	아연 (mg/kg)	50 이하
	카드뮴 (mg/kg)	1 이하
	납 (mg/kg)	10 이하
	비소 (mg/kg)	2 이하

한국활성탄소 공업협동조합은 2008년에 활성탄소의 품질이 다양하기 때문에 이에 적합한 용도와 사용목적이 다양하여 단일화된 KSM 1421 (2007)로 활성탄소의 우열을 가리는 일은 불합리하다고 판단하여 KSM 1421의 폐지를 요청하여 현재는 한국산업표준에서 입상활성탄의 기준이 폐지된 상태이다.

이후 한국활성탄소 공업협동조합은 [표 4-23]에 나타낸 바와 같이 단체표준으로 수처리용 활성탄 기준을 2008년 12월 24일 제정 발표하였으나, 일부 항목만 변경되었을 뿐 기존의 KSM 1421 품질기준과 매우 유사하다. 따라서 현재는 한국활성탄소 공업협동조합의 품질기준이 유지되고 있으며, 이는 수처리용에 대한 기준으로 기상용에는 적합하지 않으며, 올바른 규정이나 법규가 존재하지 않기 때문에 저급 또는 차콜이 활성탄으로 유통되고 있는 실정으로 기상용 활성탄 spec의 규정이 절실하다.

[표 4-23] 한국활성탄소 공업협동조합의 수처리용 입상활성탄 품질기준

항목/품명		입상활성탄소
성상		흑색 알갱이
메틸렌블루 탈색력 (mL/g)		150 이상
요오드 흡착력 (mg/g)		950 이상
입도 (%)		90 이상
경도 (%)		90 이상
충전 밀도 (g/mL)		0.56 이하
건조 감량 (%)		10 이하
중금속	아연 (mg/kg)	50 이하
	카드뮴 (mg/kg)	1 이하
	납 (mg/kg)	10 이하
	비소 (mg/kg)	2 이하
인증마크		

4.3.4 흡착기술 평가 및 인증 기준안

2012년 한국냄새환경학회에서 수행한 “악취방지설비 인증제도 및 기준안 마련”의 과제를 수행한 연구자의 자문을 얻은 내용을 나타내었다.

본 연구과제에서는 [표 4-24]에 나타낸 바와 같이 KSM 1421의 초기 기준과 같이 활성탄의 등급을 3등급으로 구분하고자 하였으며, 제품 생산자와 소비자(업체)에게 선택의 폭을 줄 수 있도록 제시 하였다.

[표 4-24] 자문자료에서 제안하는 악취처리용 입상활성탄 인증등급과 품질기준

인증등급	일반복합악취/ VOC성 흡착능	황계열 악취물질 제거능
AC1	요오드 흡착력 1000 mg/g 이상 또는 1/10 톨루엔 평형 흡착력 35 wt%	H ₂ S 제거량 30 wt% 이상
AC2	요오드 흡착력 900 mg/g 이상 또는 1/10 톨루엔 평형 흡착력 31 wt%	H ₂ S 제거량 20 wt% 이상
AC3	요오드 흡착력 800 mg/g 이상 또는 1/10 톨루엔 평형 흡착력 27 wt%	H ₂ S 제거량 10 wt% 이상

2012년 한국냄새환경학회에서 수행한 “악취방지설비 인증제도 및 기준안 마련” 보고서의 내용을 따르면 아래와 같으며 자문자료를 부록①에 첨부하였다.

- 악취처리용 입상흡착제의 인증등급은 KSM 1421 초기 기준과 같이 3등급 (AC1, AC2, AC3)으로 구분하여 제품 생산 판매자와 수요자에게 선택의 폭을 줄 수 있도록 한다.
- 입상흡착제의 품질기준은 악취의 특성을 고려하여 적용하는 대상 주요악취물질의 성분에 따라 일반 복합악취, VOC성 악취, 황계열 악취로 구분하고, 각각 요오드 흡착력, 톨루엔 평형흡착력, 황화수소 제거량으로 평가한다.
- 요오드 흡착력은 악취방지설비에 사용되고 있는 활성탄의 요오드 흡착력

자료를 검토한 결과, 최소 800 mg/g 이상이 되어야 설계 조건에 따라 악취 제거효과가 있다고 판단되어 800, 900, 1000 mg/g을 품질기준으로 선정하였다.

- 입상흡착제의 톨루엔으로 대표되는 VOC성 악취물질의 제거효율을 함께 고려하기 위해 1/10 톨루엔 평형흡착력을 품질기준으로 선정하였으며, 요오드 흡착력과 병행하여 사용할 수 있도록 하였다. 1/10 톨루엔 평형흡착력 시험은 1/10 벤젠 평형흡착력 시험과 동일한 방법으로 수행할 수 있다.
- 흡착제의 황계열 악취물질 제거는 물리적 흡착뿐만이 아니라 화학적 흡착도 동시에 일어나는 특성이 있으므로, 물리적 흡착을 주로 고려하는 요오드 흡착력이나 톨루엔 평형흡착력으로는 황계열 악취물질 제거용 활성탄의 품질기준을 결정하기 어렵다.
- 따라서 황계열 악취물질을 주로 제거하는 활성탄에 대해서는 기체상 황화수소 제거율을 별도로 고려하여 품질기준을 결정할 필요가 있다. 본 용역에서는 1/10 톨루엔 평형흡착력과 유사한 실험방법으로 입상활성탄 단위중량당 제거된 황화수소 질량을 결정하고, 이를 바탕으로 황계열 악취 제거용 3등급으로 구분하는 방식을 제안한다.

4.3.5 한국수자원공사 활성탄 품질기준

한국수자원공사는 활성탄 물품계약을 체결함에 있어서 자체적으로 입상활성탄 구입시방서를 적용하여 입상활성탄의 품명과 규격을 규정하고 있으며 자문받은 자료를 부록②와 부록③에 첨부하였다.

입상활성탄 구입시방서에 따르면 적용범위를 입상활성탄을 지름 4 mm 조립활성탄에 적용하여 환경에너지센터 활성탄 재생시설(환경에너지센터)에서 공급하는 카트리지 필터(활성탄 충전)에 적용하고 있다. 만족해야 하는 규격의 항목으로는 형상, 회분, 수분, 충전밀도, 입도, 요오드 흡착력, 발화온도, 경도를 고려하고 있다. 자문자료의 내용을 참고하면 특히 요오드 흡착력이 950 mg/g 이상을 만족하는 활성탄을 구입하고 있다.

따라서 한국수자원공사에서 제공받은 발주서류 부록③ 참고하면 4곳 이상의 분석기관에서 수행한 활성탄의 시험성적서를 필수로 제출하고 있는 것을 확인할 수 있다. 시험방법 KSM 1802 활성탄 시험방법에 따라 건조감량, 요오드 흡착력, 입도, 경도, 충전밀도, 회분을 분석한 결과를 시험성적서로 제출하고 이제 적합한 활성탄임을 확인한 후 구입하는 것으로 확인되었다.

한국수자원공사의 경우 자체적으로 입상활성탄 구입시방서를 적용하여 정상적인 활성탄을 구입하고 있으나 대부분의 업체에서는 특별한 규정이 없기 때문에 값싼 저급의 활성탄을 구입하는 경우가 대부분이며 자체적인 규정도 마련하고 있지 않다. 이러한 이유로 대기오염물질을 제대로 흡착하지 못하는 활성탄이 흡착탑에 적용되어 흡착탑의 기능을 제대로 수행하지 못하는 업체가 많으며 규정 또한 없기 때문에 이를 제지할 방법이 없어 산단 주변의 대기질 악화와 민원이 끊임없이 발생하고 있다.

4.4 결론 및 제언

4.4.1 결론

① 업체 현장 조사

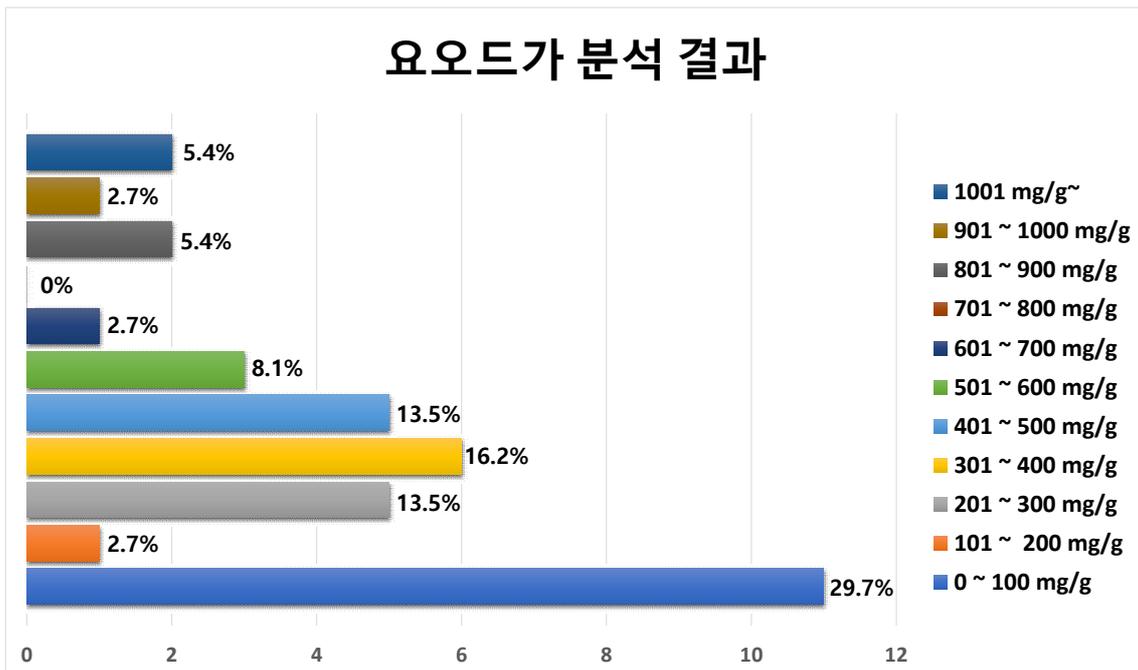
1차년도와 2차년도에 본 과제 수행을 통해 현장조사에서 총 37개 업체의 활성탄 흡착탑의 운영 실태가 조사되었으며, 채취한 활성탄의 물성을 분석한 결과 요오드가와 비표면적의 분포가 매우 다양하게 나타났다. 조사된 총 37개 업체의 요오드가를 100 mg/g 단위로 구분하여 [표 4-25]와 [그림 4-58]에 나타내었다. 1, 2차년도 현장 조사된 업체를 종합하여 정리하면 활성탄이라고 볼 수 없는 흡착기능이 떨어지는 활성탄(요오드가 700 mg/g 이하)을 사용하는 업체가 86.5%에 해당하는 것으로 확인되었다. 정상적인 활성탄을 사용하는 업체는 불과 13.5%에 해당하는 것을 확인하였다.

현재 활성탄 흡착탑에 사용되는 활성탄의 정확한 성능을 규제하는 법규가 마련되어 있지 않기 때문에 대부분의 업체에서는 활성탄 발주 시 별도의 시험성적서나 품질을 확인할 수 있는 과정을 거치지 않고 무분별하게 구입하고 사용하는 실정을 확인하였다. 이에 따라 시화·반월 산단 지역의 대기오염은 개선되지 않고 있으며 주변 지역에서 민원이 우려된다.

따라서 업체 현장 조사 결과를 통하여 실태를 파악하였으며, 연구결과를 종합하여 효율적인 활성탄 흡착탑의 운영을 통한 시화·반월 산단 지역의 대기오염개선을 위해 활성탄의 스펙 규정을 제시하고자 한다.

[표 4-25] 요오드가 구분에 따른 업체 수와 비율

요오드가 [mg/g]	업체수	비율 (%)
0 ~ 100	11	29.7
101 ~ 200	1	2.7
201 ~ 300	5	13.5
301 ~ 400	6	16.2
401 ~ 500	5	13.5
501 ~ 600	3	8.1
601 ~ 700	1	2.7
701 ~ 800	0	0.0
801 ~ 900	2	5.4
901 ~ 1000	1	2.7
1001 ~	2	5.4



[그림 4-58] 요오드가 구분에 따른 업체 수와 비율.

② 자료 조사 (자문포함)

본 연구에서 자문을 포함하여 자료조사 한 결과를 요약하여 나타내면 [표 4-26]과 같이 정리할 수 있다. 활성탄의 사전적 정의를 정리하면 모든 사전에서 비표면적을 제시하고 있는 것은 아니지만 최소 500 m²/g 이상의 비표면적을 나타내는 것을 활성탄으로 정의하고 있다. 따라서 500 m²/g 미만의 비표면적을 나타내는 입자는 활성탄이라고 부를 수 없으며 활성도가 완전히 되지 않거나 숯 상태인 것으로 여겨질 수 있다. 국내 산업규격 KSM 1421은 현재는 폐지된 상태이지만 기상용 입상활성탄을 기준으로 정리하면 1급은 요오드가 1,100 mg/g 이상 인 것, 2급은 1,000 mg/g 이상, 3급은 900 mg/g 이상으로 분류되었다. 국내 산업규격이 폐지되고 한국활성탄소 공업협동조합에서는 단체 표준 품질기준으로 요오드가 950 mg/g 이상인 것을 제시하고 있다. 자문을 받은 환경냄새환경학회 “악취방지설비 인증제도 및 기준안 마련” 과제에서는 국내 산업규격과 비슷하게 입상활성탄을 3등급으로 분류하였으며, 국내 산업규격보다는 완화된 내용으로 요오드가를 AC1급은 1,000 mg/g 이상인 것, AC2급은 900 mg/g 이상, AC3급은 800 mg/g 이상으로 과제에서 제안하였다. 한국수자원공사의 경우 자체적으로 입상활성탄 구입 시방서를 가지고 활성탄의 규격을 정하였으며, 요오드가는 950 mg/g인 것을 발주하고 있다.

[표 4-26] 자료조사를 통한 제안된 활성탄의 요오드가 비교

자료조사	요오드가 (또는 비표면적)
사전적 정의	<ul style="list-style-type: none"> • 최소 500 m²/g, 최대 3,000 m²/g
국내 산업규격(구) (KSM 1421) ¹	<ul style="list-style-type: none"> • 1급 : 1,100 mg/g 이상 • 2급 : 1,000 mg/g 이상 • 3급 : 900 mg/g 이상
한국활성탄소 공업협동조합	<ul style="list-style-type: none"> • 950 mg/g 이상
한국냄새환경학회 ²	<ul style="list-style-type: none"> • AC1 : 1,000 mg/g 이상 • AC2 : 900 mg/g 이상 • AC3 : 800 mg/g 이상
한국수자원공사 ³	<ul style="list-style-type: none"> • 950 mg/g 이상

1: 2004

2: 2012년 한국냄새환경학회 “악취방지설비 인증제도 및 기준안 마련”

3: 한국수자원공사의 입상활성탄 구입시방서

4.4.2 제언

본 연구과제를 수행하며 조사되고 분석한 결과를 종합하여 다음과 같이 제언을 하고자 한다.

① 우선, 활성탄 흡착탑의 활성탄의 교체주기를 살펴보면, 교체주기를 계산할 때 VOCs의 농도, 성분 및 유량이 가장 큰 변수로 작용하며, 톨루엔의 발생 농도에 따라 농도별 교체주기를 결정하고 있다. 이에 따라 활성탄의 흡착 능력(품질)은 크게 고려되고 있지 않은 것을 확인할 수 있었다.

② 실제로, 활성탄 흡착탑의 설계 시, 활성탄의 품질이 매우 높다는 가정 하에 흡착탑을 설계하고 있다. 따라서 실제 흡착탑에 들어가는 활성탄이 매우 저급의 제품이라면 교체주기가 일치하지 않게 되고 VOCs 등의 대기오염물질이 활성탄에 흡착되지 못하고 대기 중으로 배출 될 수 있다. 이는 조사된 업체들의 전단과 후단의 총탄화수소(THC)를 비교하여 확인할 수 있었다.

③ 현장분석결과 흡착 기능이 떨어지는 낮은 요오드가(800 mg/g 미만)를 나타내는 활성탄을 사용하는 업체가 무분별한 것을 확인하였다. 이에 따라 요오드가의 기준을 정해 일정 기준 이상의 요오드가를 가지는 활성탄을 사용하도록 규정할 필요가 있다.

④ 자료조사 결과, 활성탄 등급을 3등급으로 나누는 경우도 있었으며, 단일화된 기준을 마련한 경우도 있지만 본 연구에서는 분석결과를 통하여 업체의 입장을 고려해 적어도 800 mg/g 이상의 요오드가를 나타내는 활성탄을 사용하도록 규정화하는 것을 제안하고자 한다.

⑤ 또한 활성탄 흡착탑을 설계 시에도 활성탄의 요오드가의 기준을 800 mg/g로 정하여 설계하도록 하며, 활성탄의 교체주기도 마찬가지로 고급 활성탄의 톨루엔 흡착력 기준이 아닌 실제 사용한 활성탄(요오드가 800 mg/g 이상)을 기준으로 교체주기를 계산하는 것이 적합하다고 판단된다.

⑥ 마지막으로 준공검사 시에도 설계에 적용한 활성탄(요오드가 800 mg/g 이상)을 사용했는지를 검수하고 규제를 마련하여 지속적인 사후관리가 필요하다. 또한 활성탄 흡착탑의 운영매뉴얼을 작성하여 지속적인 관리가 이루어져야 하며 시화·반월 산단지역의 대기오염 개선에 앞장서야 함을 제안한다.

활성탄 흡착탑에 사용되는 활성탄의 spec 규정

요오드가 800 mg/g 이상

- ◆ 흡착탑 설계
- ◆ 준공 검사
- ◆ 활성탄 교체주기
- ◆ 지속적인 사후관리



시화·반월 산단 지역의 대기오염개선

[그림 4-59] 본 연구에서 제안하는 활성탄의 요오드가 기준.

제 5 장 연구결과의 활용계획

5.1 기대효과	142
5.2 사업성과 활용방안	143

제5장 연구결과의 활용계획

5.1 기대효과

가. 기술적 측면

- 1) 시화산단 소재 흡착탑에 사용되고 있는 활성탄의 물성 특성 조사
- 2) 업종별 흡착탑 용도의 활성탄 spec 규정

나. 경제·산업적 측면

- 1) 활성탄 흡착탑의 대기환경오염물질 제거 효율 개선
- 2) 사용된 활성탄의 정기적인 재생 활용을 통한 활성탄 교체 비용 감소
- 3) 시화·반월 지역의 대기오염저감 비용 절감

다. 사회·문화적 측면

- 1) 대기오염 방지시설의 효율적인 운용을 통해 대기 환경의 질을 높이는 방안에 대한 인식 확산
- 2) 공단 및 주변 시가지의 악취 및 대기 환경 개선
- 3) 환경오염물질의 노출로 인한 인체피해를 최소화하여 공중보건 향상
- 4) 친환경 산업단지 운영 및 사후 환경질 관리에 대한 중요한 기초자료 제공

5.2 사업성과 활용방안

- 가. 활성탄 흡착탑용 활성탄의 spec 가이드 라인을 제공하여 효과적인 대기오염 물질 제거에 활용

- 나. 활성탄 spec 규정을 통하여 흡착탑 효율을 제고함으로써 시화·반월 산단의 대기질 개선에 활용

<참 고 문 헌>

- [1] 저온 활성탄 공동재생 시스템 적용을 위한 최적의 활성탄 선정 연구.
- [2] 국립환경과학원, 2008, 중소형 도장시설에 적합한 VOC 저감기술개발(1).
- [3] 한국수자원공사, 2009, 2008년도 시화·반월산단 대기(악취)배출업체 전수조사.
- [4] 시흥환경기술개발센터, 2011, 시화·반월산단 활성탄 흡착탑 효율 평가.
- [5] 시흥녹색환경지원센터, 2007, 시화·반월산단내 업종별 활성탄 흡착탑의 효율성 평가 연구.
- [6] 한국대기환경학회지 24(4), 2008, 활성탄 흡착탑을 이용한 휘발성 유기화합물의 흡착특성.
- [7] 한국수자원공사, 2015, 활성탄 공동재생시설 기본구상 용역 - 활성탄 흡착탑 업체 조사.
- [8] 한국분석과학회 13(1), 2000, 활성탄소성유의 미세기공 분석 및 흡착특성.
- [9] 한국재료학회 23(11), 2013, 왕겨활성탄으로 부터 제조된 EDLC의 전극 특성.
- [10] Ind. Eng. Chem. Res. 36, 1997, Production of Activated Carbon from Coconut Shell Char in a Fluidized Bed Reactor.
- [11] Bull. Korean Chem. Soc. 34(2), 2013, Surface and Adsorption Properties of Activated Carbon Fabric Prepared from Cellulosic Polymer: Mixed Activation Method.
- [12] 활성탄 [活性炭, active carbon, activated carbon] (화학대사전, 2001. 5. 20., 세화 편집부)
- [13] 활성탄 [active carbon, 活性炭] (두산백과)
- [14] 활성탄 (위키백과)
- [15] 활성탄 [活性炭, activated carbon] (물백과사전)
- [16] 활성탄 [activated charcoal, activated carbon, active carbon, 活性炭] (환경공학용어사전, 1996. 4., 환경용어연구회)
- [17] 활성탄 [Active Carbon, Activated Charcoal] (도금기술 용어사전, 2000. 6., 성주창)
- [18] 국가기술표준원, e나라표준인증, KSM 1421
- [19] 한국활성탄소 공업협동조합, 수처리용 활성탄소, Activated carbon for water treatment, KACCO 1001 : 2008
- [20] (사)한국냄새환경학회, “악취방지시설 인증제도 및 기준안 마련” 최종보고서 (2012)

<부 록>

- ① 2012년 한국냄새환경학회 “악취방지설비 인증제도 및 기준안 마련” 중 흡착 부분
- ② 한국수자원공사 입상활성탄 성능 분석
- ③ 폐활성탄과 재생탄 분석 및 통합공정 평가

① 2012년 한국냄새환경학회 “악취방지설비 인증제도 및 기준안 마련” 중 흡착 부분

3. 사업추진 방법



2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

◆ 국내외에서 사용되는 흡착제의 종류 및 특성 조사

※ 흡착 방식에 따른 분류

구분	원리	흡착제 종류
물리적 흡착 (Physical Adsorption)	• 반데르발스 힘을 이용한 약한 결합력으로 물질이나 분자의 화학적 친화성이 필요하는 것 • 가역반응으로 흡착제의 재생이 가능하다.	활성탄, 실리카겔, 제올라이트
화학적 흡착 (Chemisorption)	• 흡착제의 표면에 화학결합을 형성하여 분해와 화학적 결합 • 강한 결합력을 갖기 때문에 비가역적이고 재생이 어렵다.	원형(산성 알카리성) 활성탄, 이온교환수지

1

2

2012년 한국냄새환경학회

2012년 한국냄새환경학회

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

◆ 국내외에서 사용되는 흡착제의 종류 및 특성 조사

※ 흡착제와 악취물질과의 주반응

물질	악취물질	주 반응 예
암모니아		$NH_3 \rightarrow (NH_4)_2P_2O_7$
포산 계열 화합물	트리메틸아민	$(CH_3)_3N \rightarrow [(CH_3)_3N]_2P_2O_7$
	황화수소	$H_2S \rightarrow S$
	메틸메르캅탄	$CH_3SH \rightarrow (CH_3)_2S_2$
황계 및 또는 산성 화합물	프롤피온산	$CH_3CH_2COOH \rightarrow CH_3CH_2COONa$
	노르일필리프산	$CH_3(CH_2)_2COOH \rightarrow CH_3(CH_2)_2COONa$
	노르일필리프산	$CH_3(CH_2)_3COOH \rightarrow CH_3(CH_2)_3COONa$
	이소빌레르산	$(CH_3)_2CHCH_2COOH \rightarrow (CH_3)_2CHCH_2COONa$

3

2012년 한국냄새환경학회

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

◆ 국내외에서 사용되는 흡착제의 종류 및 특성 조사

※ 흡착제와 악취물질과의 주반응

성상	악취물질	주 반응 예
중성 또는 취성 유기 화합물	용제계열	$(CH_3)_2S \rightarrow (C_2H_5)_2SO$
	이온화계열	$(CH_3)_2S_2 \rightarrow CH_3SO_3H$
	에스테르계열	$CH_3CHO \rightarrow CH_3COOH$
	스티렌	$C_6H_6 \rightarrow$ 폴리올록
	톨루엔	$C_6H_5CH_3 \rightarrow$ 폴리올록
	크실렌	$C_6H_4(CH_3)_2 \rightarrow$ 폴리올록
	페닐아세트알데하이드	$CH_3COCH_2CH(CH_3) \rightarrow$ 폴리올록
	에스테르계열	$CH_3CO_2C_2H_5 \rightarrow$ 폴리올록
	미소부탄올	$(CH_3)_2CHCH_2OH \rightarrow$ 폴리올록
	프로피온알데하이드	$CH_3CH_2CHO \rightarrow CH_3CH_2COOH$
	노르필필리프알데하이드	$CH_3(CH_2)_2CHO \rightarrow CH_3(CH_2)_2COOH$
	미소부틸알데하이드	$(CH_3)_2CHCHO \rightarrow (CH_3)_2CHCOOH$
	노르필필리프알데하이드	$CH_3(CH_2)_3CHO \rightarrow CH_3(CH_2)_3COOH$
	이소빌레르알데하이드	$(CH_3)_2CHCH_2CHO \rightarrow (CH_3)_2CHCH_2COOH$

4

2012년 한국냄새환경학회

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

◆ 국내외에서 사용되는 흡착제의 종류 및 특성 조사

※ 흡착제의 종류별 물도 및 물리적 특성

흡착제	물도
활성탄 (Activated carbon)	물리화수, 악취제거, 가스분해(가장 많이 사용)
알루미나 (Alumina)	가스, 공기 및 액체의 건조
제올라이트 (Zeolite)	물리화수
실리카겔 (Silicagel)	가연성 가스 분해 중 불순물 제거

흡착제	Bulk Density (g/cm ³)	Average pore size (Å)	Surface Area (BET, m ² /g)	Adsorptive capacity (g/adsorbent)
활성탄 (Activated carbon)	0.35~0.45	20~30	600~1500	0.4~0.8
알루미나 (Alumina)	0.7~0.8	40~70	200~400	0.2~0.3
제올라이트 (Zeolite)	0.7~0.8	20~60	600~900	0.3~0.5
Molecular Sieve	0.5~0.7	40~60	500~700	0.2~0.3

5

2012년 한국냄새환경학회

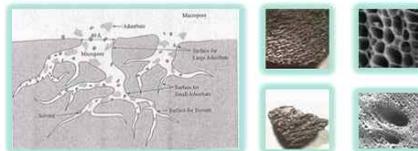
2012년 한국냄새환경학회

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

◆ 활성탄

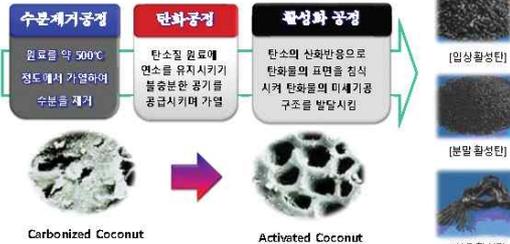
- 미세한 기공을 갖는 탄소로서, 이탄, 우드, 갈탄, 역청탄, 아자 등등 원료로 사용
- 고온의 스팀 또는 화학적 공정에 의해 제조됨
- 내부의 넓은 표면적을 이용하여 다양한 유기 물질 및 가스들을 흡착



3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

- ◆ 활성탄 제조 과정



2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

- ◆ 국내외에서 사용되는 흡착제의 종류 및 특성 조사

※ 산업용 활성탄의 물리화학적 특성

종류	상대 습도 (%)	표면적 (m ² /g)	수분 흡착률 (%)	수분 흡착량 (g/g)	수분 흡착률 (%)	수분 흡착량 (g/g)	수분 흡착률 (%)	수분 흡착량 (g/g)
가정용 활성탄	상대 습도	1,000	663	0.23	98.9	0.35	5.1	599.24
	표면적	800~950	786	0.30	63.6	0.32	6.2	566.63
	자갈	<400	626	0.29	87.2	0.29	9.2	626.11
조립성형탄 (공업용)	상대 습도	1,000	696	0.24	90.1	0.26	6.6	631.76
	표면적	700	793	0.36	66.4	0.36	14.4	607.36
	자갈	600	633	0.23	81.4	0.28	10.6	537.39

a: BET 비표면적 b: Micro-pore 부피
c: 총 세공 부피 d: 평균 세공 직경 e: 종격 모드
출처: "시정 탄화공정 내 인공비 활성탄 흡착제의 효율성 평가 연구"

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

- ◆ 국내외에서 사용되는 흡착제의 종류 및 특성 조사

※ 국내 시판되는 산업용 활성탄의 종류별 물리적 특성 비교

종류	시료	A	B	C	D	E	F	G	H
나뭇잎탄의 (m ² /g)		1428	1214	690	1166	146	1053	1416	969
사금탄의 (m ² /g)		0.73	0.78	0.83	0.82	0.58	0.55	0.71	0.52
평균세공크기 (Å)		13.4	7.6	3.7	7.5	66.1	6.5	12.6	6.7
요오드흡착량 (mg/g)		1030	1060	690	1000	10	970	1100	610

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

- ◆ 국내외에서 사용되는 흡착제의 종류 및 특성 조사

※ 흡착시험 Test 항목

✓ 일반적 Test 항목

<ul style="list-style-type: none"> • Iodine Number, • H₂S Capacity, • Butane Activity, • Benzene Adsorption, • Methylene Blue Decolorization 	<ul style="list-style-type: none"> • Moisture Content, • Effective Size, • Uniformity Coefficient, • Abrasion Number, • Screen Size Distribution, • Apparent Density
--	--

• Iodine Number (요오드 흡착량): 활성탄의 흡착능을 측정하는 방법으로 세공이 발달한 활성탄의 경우 요오드 흡착력이 높고 피 흡착물질을 흡수할 수 있는 능력이 큼

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

- ◆ 국내외에서 사용되는 기상 흡착제의 종류 및 특성 조사

국가	업체명	요오드흡착량	비고
미국	CALCON	400~1050 mg/g	• Butane activity : 15.6~23.3% • H ₂ S capacity : 16 ~ 54 %
	PURAFIL		• Hydrogen Sulfide capacity : 8~14 % • Sulfur Dioxide capacity : 4 ~ 7 % • Nitrogen Dioxide capacity : 10 ~ 15 % • Nitric Oxide capacity : 2.85 ~6.0 % • Formaldehyde capacity : 1.4 ~4.0 %
일본	KURARAY	900~2400 mg/g	• Benzene Adsorption : 22 ~90 % • Methylene Blue Decolorization : 270 ~ 380 mL/g
한국	재성케미칼	900~1100 mg/g	• 벤젠흡착량 : 33 ~35 % • 메틸렌블루 탈색량 : 130 ~ 150 g/mL
	해영케미칼	900~1100 mg/g	• 메틸렌블루 탈색량 : 150 ~ 200 g/mL

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

- ◆ 흡착제에 대한 약위 물질별, 적용 대상별 흡착능 평가

검출물 물질명	유기인			사염산	염화수소	불화수소	산화물
	흡착	탈착	흡착				
특수농약	○	○	○	○	○	○	○
사염산	○	○	○	○	○	○	○
염화수소	○	○	○	○	○	○	○
불화수소	○	○	○	○	○	○	○
산화물	○	○	○	○	○	○	○
유기인	○	○	○	○	○	○	○
염화수소	○	○	○	○	○	○	○
불화수소	○	○	○	○	○	○	○
산화물	○	○	○	○	○	○	○
유기인	○	○	○	○	○	○	○
염화수소	○	○	○	○	○	○	○
불화수소	○	○	○	○	○	○	○
산화물	○	○	○	○	○	○	○

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

◆ 업종별 활성탄의 재사용 범위

◆ 흡착제 종류별 흡착 효율과 재사용 비교

흡착제	종류	요오드가 (-%I ₂)	목회질		포회질			
			시간 (분)	흡착량 (%)	시간 (분)	흡착량 (%)		
가정용 활성탄	신탄	1,000	520	161	96.3	296	68.7	
	재사용	600~650	100	52	69.5	122	39.1	
	차질	~400	7	2	87.7	290	15	14.0
공업용 활성탄	신탄	1,000	160	66	63.4	660	236	61.0
	재사용	700	350	136	95.7	640	244	72.5
	차질	650	350	136	95.4	660	257	63.6

- 차질률 : 및포회율에서 흡착량의 흡수능도가 유입능도의 10%가 되는 지점

- 포회율 : 흡착량의 흡수능도가 남아있는 지점

출처: "시외탄활성탄 내 인명용 활성탄 흡착력의 포회성 평가 연구"

13

[4]전국내 지방환경청의

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

◆ 업종별 활성탄의 재사용 범위

◆ 재생및수질 저온탈착 효율 변화

활성탄	재생방식	요오드가 (-%I ₂)	분백	1차			2차		
				활착후	활착후	활착후	활착후	활착후	활착후
N (포회성활성탄)	1,050	1,050	내부표준액 (mg/g)	620	660	605			
			외부표준액 (mg/g)	0.42	0.46	0.42			
			평균회수율 (%)	18.6	19.6	18.6			
			요오드가 (mg/g)	610	570	790			
P (Palm 탄)	720	720	내부표준액 (mg/g)	497	387	312			
			외부표준액 (mg/g)	0.20	0.16	0.13			
			평균회수율 (%)	17.4	17.2	17.0			
			요오드가 (mg/g)	370	310	390			
J (포회성활성탄)	680	680	내부표준액 (mg/g)	636	606	606			
			외부표준액 (mg/g)	0.42	0.42	0.5			
			평균회수율 (%)	20.2	21.0	22.4			
			요오드가 (mg/g)	640	580	710			

14

[4]전국내 지방환경청의

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

◆ 흡착제 소재 평가 및 인증 기준 제시

◆ 활성탄 중도별 흡착능력 측정법

대상	측정능력 측정법	측정방법
적용용	예비검출부 검사법	- 1%가 농도를 갖는 예비검출부 용액과 평형상태에서의 활성탄 10g에 의해 흡착된 활성탄의 양을 측정하여 4.95 흡착된 iodine의 농도로 나타냄 - 0.02% iodine 용액 100ml에 활성탄 10g에 의해 흡착된 iodine의 농도로 나타냄
	요오드수 (iodine number)	- 활성탄의 흡착능을 측정하는 방법으로 사용이 일반적이며 활성탄의 양과 요오드 용액의 양이 일정할 때 흡착된 iodine의 양을 측정하여 비교 가능함
기능용	부탄가 (butane number)	- 부탄으로 포화된 공기 실린더 용액에서 활성탄 한 층을 통과한 후의 활성탄의 단위 중량당 흡착된 부탄의 양
	사염화탄소 (Carbon Tetrachloride) 흡착성	- 사염화탄소(CCl ₄)로 포화된 공기가 실린더 용액에서 활성탄 한 층을 통과한 후의 활성탄의 흡착능력
	변태 밀도 측정법	- 활성탄의 변태 밀도 측정법을 적용하여 활성탄의 흡착능을 측정하며 활성탄의 양과 요오드 용액의 양이 일정할 때 흡착된 iodine의 양을 측정하여 비교 가능함

15

[4]전국내 지방환경청의

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

◆ 흡착제 소재 평가 및 인증 기준 제시

◆ 활성탄 평가 방법

구분	시험방법
총착성능	총착능 지표, 활성 성능, BET 비표면적 등
물리적특성	입도, 입도 분포, 겉도, 밀도, 충전 밀도, 건조 강도 등
화학적특성	회분비율, pH, 염화물, 질, 이온, 카드뮴, 납, 비소 성분 등

16

[4]전국내 지방환경청의

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

◆ 활성탄의 공급 규격

한국산업규격 2004년 입상 활성탄 규격 (KSM 1421)

항목	종류	1급 (입상활성탄)			2급 (역상활성탄)		
		1급	2급	3급	1급	2급	3급
	예비검출부 검사법 (mL/g)	-	-	-	170 이상	150 이상	130 이상
	요오드 흡착력 (mg/g)	1100 이상	1000 이상	900 이상	1000 이상	850 이상	800 이상
	1/10 평면밀도 측정법 (%)	95 이상	31 이상	27 이상	-	-	-
	입도 (%)	65 이상	60 이상	60 이상	65 이상	60 이상	60 이상
	겉도 (%)	90 이상	90 이상	90 이상	90 이상	90 이상	90 이상
	충진 밀도 (g/mL)	0.46 이하	0.52 이하	0.56 이하	0.50 이하	0.53 이하	0.56 이하
	건조 강도 (%)	5.0 이하	10.0 이하	10.0 이하	10.0 이하	10.0 이하	10.0 이하
중금속	이온 (ppm)	-	-	-	50 이하	-	-
	카드뮴 (ppm)	-	-	-	1 이하	-	-
	납 (ppm)	-	-	-	10 이하	-	-
	비소 (ppm)	-	-	-	2 이하	-	-

[4]전국내 지방환경청의

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

◆ 한국 활성탄소제품 검출조항 표준 규격 (수처리)

항목	기준	
메틸렌블루 탈색력 (mL/g)	15.0 이상	
요오드 흡착력 (mg/g)	95.0 이상	
입도 (%)	9.0 이상	
겉도 (%)	9.0 이상	
충진 밀도 (g/mL)	0.56 이하	
건조 강도 (%)	1.0 이하	
중금속	이온 (mg/kg)	5.0 이하
	카드뮴 (mg/kg)	1.0 이하
	납 (mg/kg)	1.0 이하
	비소 (mg/kg)	2.0 이하

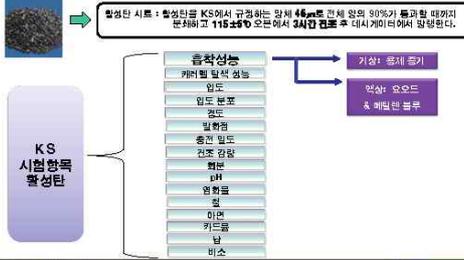
18

[4]전국내 지방환경청의

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

- ◆ 활성탄 성능 검토 (KS 활성탄 시험 방법)



19

한국환경산업기술원

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

- ◆ 흡착제 소재 평가 및 인증 기준 제시

※ 본 문헌에서 제안하는 **악취차단용 입상활성탄 인증등급과 흡착기준**

인증등급	입상활성탄/ VOC성 흡착능	한계값 악취물질 제거능
AC1	요오드 흡착력 1000 mg/g 이상 또는 1/10 흡무연 검정 흡착력 35 wt%	H ₂ S 제거량 30 wt% 이상
AC2	요오드 흡착력 900 mg/g 이상 또는 1/10 흡무연 검정 흡착력 31 wt%	H ₂ S 제거량 20 wt% 이상
AC3	요오드 흡착력 800 mg/g 이상 또는 1/10 흡무연 검정 흡착력 27 wt%	H ₂ S 제거량 10 wt% 이상

20

한국환경산업기술원

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 국내 흡착에 의한 악취방지시설 설치 현황조사 (2008 사회지역 방지시설 현황)

시설 종류	시설수	비율(%)
활성탄 흡착탑	1,145	34.1
스크러버 (습)	1,283	38.2
스크러버 (건)	110	3.3
산화 (RTO, CTO)	69	2.1
바이오필터	4	0.1
탈취제	108	3.2
이과점진시설	371	11.1
탈개시설	98	2.8
가막	189	5.6
총계	3,357	100



21

한국환경산업기술원

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 국내 흡착에 의한 악취방지시설 활성탄 교체 현황 (2008 사회지역 방지시설 현황)



22

한국환경산업기술원

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 국내 흡착에 의한 악취방지시설 운영실태 현황조사

구분	분류
설치형식에 따른 구분	· 가스의 종류와 농도에 따라 수평형, 수직형 · 활성탄층 수에 따라 단층형, 복층형
운영 방식에 따른 구분	· 미시행 방식: 층간 사용 중 계기 정돈 · 분시행 방식: 층간 사용 중 계기 정돈 및 교체 · 개행 방식: 시스템 내부에서 개행과 기동률 변경이 가능
흡착제 재생방식	사후내용
가압탈착법	· 고온의 가스나 수증기 사용 · 가장 활용적인 방법이고 내구성의 양을 연속적으로 재생 가능
악취제거법	· 흡착성이 완화된 경우에 사용가능 · 초기 투지비가 저렴
산화분해법	· 흡착제를 배로 교체할 때 사용가능 · 생산성과 경제성 면에서 불리

23

한국환경산업기술원

2. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 국내 흡착에 의한 입체형 악취방지시설 설계조건 조사

종목	도판입체	도강입체	고무 재조입체
원료물질	이소부틸렌, 글리세린, 지질렌, 솔벤트 등	합판	고무류, MEK, 흡무연
내충물질	흡무연, 이소도데실렌, 에틸아세테이트	복합라쉬	흡무연, 복합라쉬
규격	1600 x 2800 x 2500 (mm)	4400 x 1524 x 3800 (mm)	2440 x 3627 x 3300 (mm)
용량	100 m ³ /min	400 m ³ /min	500 m ³ /min
처리가스온도	25 ℃	25 ℃	25 ℃
공통속도	0.3 m/sec	0.5 m/sec	0.35 m/sec
필요면적	5.5 m ²	13.33 m ²	16.7 m ²
흡착탑 단면적	5.8 m ²	21.6 m ²	23.8 m ²
흡착층 두께	0.11 m	0.31 m	0.4 m
활성탄 사용량	300 kg	3350 kg	4735 kg
활성탄 교체주기	2160 시간/1회	800 시간/1회	1295 시간/1회

24

한국환경산업기술원

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 국내 흡착에 의한 악취방지시설 흡착탑의 설계 예시 (일반 VOCs)

기본사항	준전 현황
오염 물질	톨루엔, 스티리엔, 자일렌 등
오염 물질 농도	0.4~3.5 ppm
가스량	300 m ³ /min
가스 온도	20 ℃
기동 시간	8시간
흡착탑 형식	수직형 2단
흡착탑 통과속도	0.5 m/sec
흡착탑 종류	임상활성탄 4-8 mesh
흡착탑 충전규격	2400 x 2100 x 500 (mm)
흡착탑 충전량	2,520 kg
정화효율	0.3 kg/kg

- 혼합 용제 부하량 : 0.737 kg/hr
- 소요된 활성탄량 : 2.46 kg/hr
- 활성탄 수명(Tb)

$$T_b = \frac{\text{경합흡착량} \times \text{활성탄충진량}}{\text{제거해야할 혼합용제의 부하량}}$$

$$T_b = \frac{0.3 \times 2,520 \text{ kg/hr}}{0.737 \text{ kg}} = 1,026 \text{ hr}$$

→ 약 120일

25

[가]본국농산물경매관리

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 국내 흡착에 의한 악취방지시설 흡착탑의 설계 예시 (황화수소)

기본사항	준전 현황
오염 물질	황화수소
오염 물질 농도	5 ppm
가스량	100 m ³ /min
가스 온도	20 ℃
기동 시간	8시간
흡착탑 형식	수직형 1단
흡착탑 통과속도	0.5 m/sec
흡착탑 종류	임상활성탄 4-8 mesh
흡착탑 충전규격	1850 x 1850 x 500 (mm)
흡착탑 충전량	855 kg
정화효율	0.15 kg/kg

- 황화수소 용제 부하량 : 0.569 kg/hr
- 소요된 활성탄량 : 3.8 kg/hr
- 활성탄 수명(Tb)

$$T_b = \frac{\text{경합흡착량} \times \text{활성탄충진량}}{\text{제거해야할 혼합용제의 부하량}}$$

$$T_b = \frac{0.15 \times 855 \text{ kg/hr}}{0.569 \text{ kg}} = 225.4 \text{ hr}$$

→ 약 20일

26

[가]본국농산물경매관리

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 악취 배출허용 대상별 흡착에 의한 방지시설 설계, 설치 기준 제시

- 설계 기준 : 본체 설계 - 설치형태, 흡착층 두께, 흡착속도, 채류시간, 파괴시간, 흡착재량 부대 시설 - 입력 손실, 송풍기 사양 등.
- 재역 및 설치 기준 : 본체 크기 및 깊이 산정, 입·송풍관, 활성탄 투입 및 배출구, 굴뚝, 화재방지장치, 악취방지장치, 차압 측정기



27

[가]본국농산물경매관리

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 악취 배출허용 대상별 흡착에 의한 방지시설 운전 및 관리 기준 제시

- 본체 운전 및 관리 기준 : 흡착제 사용수량, 예류, 흡착제 첨가 및 충전방법, 흡착제 차압 및 온도 측정 방법 등
- 부대 설비 운전 및 관리 기준 : 송풍기 회전 점검기준, 송풍기 성능 점검기준, 전기 관련의 작동 기준



28

[가]본국농산물경매관리

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 설치 및 운영 기준(안)

1. 흡착탑 설계기준	<ul style="list-style-type: none"> - 흡착제 종류 및 성능 - 악취 가스의 흡착용 통과 속도 - 악취 가스의 흡착용 체류시간 - 입력 손실 - 충전밀도 - 파괴점 산출 및 교체주기
2. 흡착탑 설계 및 구성	<ul style="list-style-type: none"> - 흡착탑 본체 구조 및 차압 - 입출구 유입구 및 유출부 - 흡착제 - 흡착제 지지대 - 흡착제 투입구 및 제거부 - 기타 부속품
3. 흡착탑 부대 설계 및 구성	<ul style="list-style-type: none"> - 송풍기 - 제어반
4. 흡착탑 운영 기준	<ul style="list-style-type: none"> - 흡착탑 흡착성능 측정 및 흡착성능 유지관리 - 흡착제 교체 주기 준수 여부 - 흡착탑 운영일지 작성 및 관리

29

[가]본국농산물경매관리

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 설치 및 운영 기준안

1. 흡착탑 설계기준

흡착제 종류 및 성능	<ul style="list-style-type: none"> - 활성탄, 실리카겔, 알루미나, 제올라이트 등 - 입종기준에 따라 분류된 'AD-3등급' 이상
악취가스의 흡착용 통과 속도	- 적정통과속도 : 0.5 m/초 이하
악취가스의 흡착용 체류시간	- 적정체류시간 : 1초 이상
입력 손실	- 공허율 이용하여 산정
충전밀도	- 적정 충전 밀도 : 0.4 ~ 0.56 g/cm ³
파괴점 산출 및 교체주기	<ul style="list-style-type: none"> - 공허율 통하여 파괴점 산출 - 파괴시간에 도달하기 전에 교체

30

[가]본국농산물경매관리

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 설치 및 운영 기준안
- 2. 흡착탑 설비 및 구성

흡착제 분체 구조 및 사양	<ul style="list-style-type: none"> · 가스 흐름 방향에 따라 수직형과 수평형으로 적용가능 · 여러 단의 흡착층 적용 가능
흡착제 유입구 및 유출구	<ul style="list-style-type: none"> · 충분한 유거거리와 최소 90° 이상의 유입 각도를 두어야 함
흡착제	<ul style="list-style-type: none"> · 흡착제 안정기준에 따라 분류된 'AC-3등급' 이상의 제품 · 요구에 의해 흡착성능서 검정기준에 제출
흡착제 지지대	<ul style="list-style-type: none"> · maash 양 크기는 별첨된 크기를 고려하여 선정
흡착제 투입구 및 제거부	<ul style="list-style-type: none"> · 흡착제 투입구 : 분체의 상부 혹은 측부에 설치 · 흡착제 제거부 : 분체의 하부 혹은 측부에 설치
기타 부속물	<ul style="list-style-type: none"> · 전선케 블터, 작업기, 온도기, 소량용수 배관, 습도조절장치 등

31

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 설치 및 운영 기준안
- 3. 부대 설비 및 구성

송풍기	<ul style="list-style-type: none"> · 항분진 경압으로 설계 · 풍량은 20°C, 1기압, 85% 상대습도 조건을 기준으로 설계 · 공식을 이용하여 풍량 산출
제어반	<ul style="list-style-type: none"> · 각 설비의 안정성 확보하기 위해 유조, 브레이크 등을 설치 · 각 장비의 가동 확인이 가능하도록 예마 점

32

3. 흡착기술 평가 및 인증 기준안 마련

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 설치 및 운영 기준안
- 4. 흡착탑 운영 기준

흡착제 흡착성능 측정 및 흡착성능 유지 관리	<ul style="list-style-type: none"> · 흡착탑의 성능은 흡착제 유입구와 배출구에서 채취한 기체상 시료의 비활성화 피크면적을 기준으로 측정 · 교체주기 내에서 최소 2회 이상 측정하거나, 흡착제를 설치한 시험장과 악취관리 수단에 따라 적기 측정 · 신원된 환경기술인여 수행
흡착제 교체 주기 준수 여부	<ul style="list-style-type: none"> · 별첨된 교체 후 정량서 및 정량서 등 3시간 내 측정 · 필요시 검정기준에 제출
흡착제 운영일지 작성 및 관리	<ul style="list-style-type: none"> · 신원된 환경기술인은 업무일지를 시설에 기초하여 작성 · 작기 측정값 결과를 3일간 내지 · 악취예측시스템 및 악취시설 운영기록부는 별첨 함고

33

4. 결론



34

4. 결론

1) 흡착제 소재 평가 및 인증

- ◆ 흡착제 소재 평가 및 인증 기준 제시

※ 본 홈페이지에 재인하는 악취처리용 입상활성탄 인증등급과 품질기준

인증등급	일반배출악취/ VOC성 흡착능	환경밀 악취물질 제거능
AC1	요오드 흡착력 1000 mg/g 이상 또는 1/10 틀루엔 평형 흡착력 35 wt%	H ₂ S 제거량 30 wt% 이상
AC2	요오드 흡착력 900 mg/g 이상 또는 1/10 틀루엔 평형 흡착력 31 wt%	H ₂ S 제거량 20 wt% 이상
AC3	요오드 흡착력 800 mg/g 이상 또는 1/10 틀루엔 평형 흡착력 27 wt%	H ₂ S 제거량 10 wt% 이상

35

4. 결론

2) 흡착에 의한 악취방지시설 설치 및 운영기준

- ◆ 설치 및 운영 기준(안)

1. 흡착제 설계기준	<ul style="list-style-type: none"> - 흡착제 종류 및 성능 - 악취 기체의 흡착용 분자 속도 - 악취 기체의 흡착용 체류시간 - 입력습도 - 풍질정도 - 피마일 산출 및 교체주기
2. 흡착제 설비 및 구성	<ul style="list-style-type: none"> - 흡착제 분체 구조 및 사양 - 흡착제 유입구 및 유출부 - 흡착제 - 흡착제 지지대 - 흡착제 투입구 및 제거부 - 기타 부속물
3. 흡착제 투입 및 구성	<ul style="list-style-type: none"> - 송풍기 - 제어반
4. 흡착제 운영 기준	<ul style="list-style-type: none"> - 흡착제 흡착성능 측정 및 흡착성능 유지관리 - 흡착제 교체 주기 준수 여부 - 흡착제 운영일지 작성 및 관리

36

② 한국수자원공사 입상활성탄 성능 분석

시험 성적서

한국환경수도연구원

주소: 서울특별시 영등포구 당동로29가길 29 (영등포구 당동) 한국수자원공사
 TEL: 02-2631-3234 FAX: 02-2631-9787

1. 의뢰자: 한국수자원공사 사파사연구소
 주 소: 경기도 양주시 당함구 사파오수로 1001 환경에너지센터
 2. 시험대상 물질/물질/시험: 환경에너지센터 대기를 포함함
 3. 시험제 품도: 세출물
 4. 시험 기간: 2019. 12. 18. ~ 12. 19.
 5. 시험 방법: KS M 1802
 6. 시험 환경: 온도: (외부 20 °C, 최고 21 °C), 습도: (내부 30 % RH, 최고 32 % RH)
 7. 시험 결과

시험항목	단위	결 과			시험방법
		1	2	3	
질량	-	측정의 불명확	측정의 불명확	측정의 불명확	④
모오드흡착력	mg/g	1.011	1.013	1.001	④
필도 (4차후 후배)	%	99.8	99.9	99.8	④
경도	%	99.8	99.8	99.8	④
충전밀도	g/mL	0.48	0.48	0.49	④
탄도함량	%	0.7	0.4	0.5	④
화분	%	12.0	10.1	10.3	④

1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료(시정) 및 시료번호로 시험한 결과로서 현재 제출한 제원 증명서와 부합하는지 보증하지 않습니다.
 2. 이 성적서는 양자간으로서 모든 이외의 중보, 생산, 결과 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 시험실명 없이 재발행하지 못합니다.

2019. 12. 17

한국환경수도연구원장 (인)

FHCS-2B(14) Korea Environment & Water Works Institute A4(210-297)

www.koptri.co.kr
Test report No.: 19-0948
Page 1 / 2

TEST REPORT

1. 의뢰기관: 가 권 영: (의뢰인: 박민준 님)
 주 소: 경기 화성시 우창읍 매곡로237번길 46-171 주곡리 161-20

2. 의뢰일자: 2019. 12. 11.

3. 용도: 제출물

4. 시험대상품목 또는 물질, 시험명: 표 1 참조

5. 시료양상: 표 1 참조

6. 시험항목: 발화점

7. 시험방법: 표 2 참조

8. 시험기간: 2019. 12. 11. ~ 2019. 12. 18.

9. 시험결과: 표 2 참조

10. 시험자: 양주안 분석팀

파 면: 발화점: 양주안, 흡착력: 양주안, 충전밀도: 양주안, 탄도함량: 양주안, 화분: 양주안

본 Test report는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다.
 본 Test report는 사전협의 없이 안전, 발송 및 광고, 발행소 등의 용도로 사용될 수 없습니다.
 ※ 별도의 요청이 없는 경우, 제공된 시료는 시험 완료 2주 후 자동 폐기됩니다.

2019년 12월 19일

국재공인시험기관 한국고분자시험연구소(인)

(92079) 서울특별시 영등포구 당동로29가길 29(영등포구) TEL: 1588-1574 FAX: 02-963-2587

www.koptri.co.kr
Test report No.: 19-0948
Page 2 / 2

TEST REPORT

표 1. 시료명 및 시료사진

No.	의뢰자가 제공한 시료명	시험에 사용한 시료명	시료사진
1	환경에너지센터 (시화사업소) 대기용 활성탄	Koptri-19-05-18096	

표 2. 시험방법 및 시험결과

시료명	분석항목	단위	분석방법	분석결과
Koptri-19-05-18096	발화점	°C	발화점 측정장치	불검출

Note) 발화점 측정조건
 예) 시료량: 약 3g
 비) 시험온도: 25°C ~ 800°C

(92079) 서울특별시 영등포구 당동로29가길 29(영등포구) TEL: 1588-1574 FAX: 02-963-2587

www.koptri.co.kr
Test report No.: 19-0948
Page 2 / 2

HANDOK 주식회사 한독 카본

경기도 화성시 매곡로 237번길 46-171 (TEL: 031-355-2001)
 FAX: 031-355-2602 http://www.handokcarbon.co.kr

시험 성적서

품 명	4mm 조립활성탄소 대기용 활성탄		
업 체 명	시화 K-water	생 산 일 자	-
량 도	용 질 관리	시 험 일 자	2019. 12. 10
시 험 방 법	KS M 1802 : 2009	발 행 일 자	2019. 12. 19
시 험 자	관 령	책 의 지	양 주 안

※ 제품에 대한 시험결과는 아래와 같습니다.

No.	시 험 항 목	단 위	결 과		
			#1	#2	#3
1	행 상	-	측정의 불명확	측정의 불명확	측정의 불명확
2	화 분	%	10.1	10.7	10.5
3	건 조 감 량	%	0.4	0.8	1.2
4	충 전 밀 도	g/mL	0.48	0.48	0.48
5	량 도	%	98.4	98.9	97.4
6	관 이	mm	98.0	97.8	97.7
7	요오드 흡착력	mg/g	1015	1012	987
8	경 도	%	99.7	99.8	99.6

참고 : 1. 시료량: 500g
 2. 분석항목: 대기용 활성탄소

주 식 회 사 한 독 카 본
 대 표 이 사 박 덕 래

(92079) 서울특별시 영등포구 당동로29가길 29(영등포구) TEL: 1588-1574 FAX: 02-963-2587

③ 폐활성탄과 재생탄 분석 및 통합공정 평가

**폐활성탄과 재생탄 분석
및 통합공정 평가**

송실대학교 이태호

송실대학교

연구 목표

- ❖ 에너지원으로 사용하기 위한 폐활성탄의 탈착 가스 성분 분석
- ❖ 다양한 시설에서 배출되는 폐활성탄에 흡착되어 있는 흡착질 성분 분석
- ❖ 대기중 폐활성탄 성능 현황 및 분석
- ❖ 활성탄 재생 및 생산-통합공정 평가

연구 내용

- ❖ 에너지원으로 사용하기 위한 폐활성탄의 탈착 가스 성분 분석
 - GC/FID 또는 GC/MS를 활용한 가스 성분분석
 - 탈착 온도에 따른 탈착 프로파일 작성
- ❖ 다양한 시설에서 배출되는 폐활성탄에 흡착되어 있는 흡착질 성분 분석
 - TGA-DTG 또는 TD/GC/MS를 활용한 흡착질 성분 추정
 - 비가역적 흡착량 추정
 - 활성탄의 표면 분석을 통해 구조 파괴 유무 확인
- ❖ 대기중 폐활성탄 성능 현황 및 분석
 - 폐활성탄의 최대 성능 자료 조사 및 분석 (비표면적, 요오드가 등)

에너지원으로 사용하기 위한 폐활성탄의 탈착 가스 성분 분석

유기 장막 측정 온 vpc 온도 측정

- 150°C에서 5g 활성탄 탈착 주 성분분석

Sample명
비 흡착성질
비 흡착성질
이산화탄소
GC-DMF-A
GC-DMF-B
GC-DMF-C

에너지원으로 사용하기 위한 폐활성탄의 탈착 가스 성분 분석

GC/MS를 활용한 가스 성분분석

신용 관세(세로)가 출력된 고체 출력판

공정시험기준 별첨의 온도 140-200°C에서 시료 용도의 표준물질로 화학적 분석을 실시

최신된 표준물질용 고체 용출액이 출력된 시료 용도의 표준물질용 용출액

고체용출액을 실온의 장치에서 탈착된 용출액

GC/MS로 주입

이름	성분명	비율	이름	성분명	비율
1	Carbon	100.0000	41	Carbon	100.0000
2	Carbon	100.0000	42	Carbon	100.0000
3	Carbon	100.0000	43	Carbon	100.0000
4	Carbon	100.0000	44	Carbon	100.0000
5	Carbon	100.0000	45	Carbon	100.0000
6	Carbon	100.0000	46	Carbon	100.0000
7	Carbon	100.0000	47	Carbon	100.0000
8	Carbon	100.0000	48	Carbon	100.0000
9	Carbon	100.0000	49	Carbon	100.0000
10	Carbon	100.0000	50	Carbon	100.0000
11	Carbon	100.0000	51	Carbon	100.0000
12	Carbon	100.0000	52	Carbon	100.0000
13	Carbon	100.0000	53	Carbon	100.0000
14	Carbon	100.0000	54	Carbon	100.0000
15	Carbon	100.0000	55	Carbon	100.0000
16	Carbon	100.0000	56	Carbon	100.0000
17	Carbon	100.0000	57	Carbon	100.0000
18	Carbon	100.0000	58	Carbon	100.0000
19	Carbon	100.0000	59	Carbon	100.0000
20	Carbon	100.0000	60	Carbon	100.0000
21	Carbon	100.0000	61	Carbon	100.0000
22	Carbon	100.0000	62	Carbon	100.0000
23	Carbon	100.0000	63	Carbon	100.0000
24	Carbon	100.0000	64	Carbon	100.0000
25	Carbon	100.0000	65	Carbon	100.0000
26	Carbon	100.0000	66	Carbon	100.0000
27	Carbon	100.0000	67	Carbon	100.0000
28	Carbon	100.0000	68	Carbon	100.0000
29	Carbon	100.0000	69	Carbon	100.0000
30	Carbon	100.0000	70	Carbon	100.0000
31	Carbon	100.0000	71	Carbon	100.0000
32	Carbon	100.0000	72	Carbon	100.0000
33	Carbon	100.0000	73	Carbon	100.0000
34	Carbon	100.0000	74	Carbon	100.0000
35	Carbon	100.0000	75	Carbon	100.0000
36	Carbon	100.0000	76	Carbon	100.0000
37	Carbon	100.0000	77	Carbon	100.0000
38	Carbon	100.0000	78	Carbon	100.0000
39	Carbon	100.0000	79	Carbon	100.0000
40	Carbon	100.0000	80	Carbon	100.0000
41	Carbon	100.0000	81	Carbon	100.0000
42	Carbon	100.0000	82	Carbon	100.0000
43	Carbon	100.0000	83	Carbon	100.0000
44	Carbon	100.0000	84	Carbon	100.0000
45	Carbon	100.0000	85	Carbon	100.0000
46	Carbon	100.0000	86	Carbon	100.0000
47	Carbon	100.0000	87	Carbon	100.0000
48	Carbon	100.0000	88	Carbon	100.0000
49	Carbon	100.0000	89	Carbon	100.0000
50	Carbon	100.0000	90	Carbon	100.0000
51	Carbon	100.0000	91	Carbon	100.0000
52	Carbon	100.0000	92	Carbon	100.0000
53	Carbon	100.0000	93	Carbon	100.0000
54	Carbon	100.0000	94	Carbon	100.0000
55	Carbon	100.0000	95	Carbon	100.0000
56	Carbon	100.0000	96	Carbon	100.0000
57	Carbon	100.0000	97	Carbon	100.0000
58	Carbon	100.0000	98	Carbon	100.0000
59	Carbon	100.0000	99	Carbon	100.0000
60	Carbon	100.0000	100	Carbon	100.0000

폐활성탄의 TGA분석 및 최종탈착 탈착 가스 성분

TGA

탈착 온도에 따른 탈착량 및 고분자물 용출된 초기탈착 및 유기물함량 무게변화를 측정하여 분석

탈착 온도: 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, 550°C, 600°C, 650°C, 700°C, 750°C, 800°C, 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C

열중량 분석장치 및 온도 무게 변화 측정

TGA 분석 조건

3170-01-01-01-01

Method: TGA-01
 Atmosphere: Nitrogen
 Sample Size: 0.0100g
 Cell: Alumina
 Mod: 100°C/min
 Weight: 0.0100g
 TGA Run (TGA) (1.0000g) (1.0000g)
 Mod: 1.0000°C/min
 Gas: Nitrogen



주 의 문

연차연구보고서 (20-02-40-44-06)

시화산단 대표 업종별 흡착탑에 사용되고 있는 활성탄의 물성 특성
조사를 통한 대기질 개선 방안 연구

발행인 : 센터장 한신호

발행일 : 2021년 1월 29일

발행처 : 시흥녹색환경지원센터

주 소 : 경기도 시흥시 정왕동 2121

전 화 : 031-8041-0936

팩 스 : 031-8041-0939

e-mail : setec@setec.re.kr

※ 주 의

1. 이 보고서는 시흥녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업의
보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시
시흥녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업의 연구결과임을
밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는
공개하여서는 아니됩니다.