
섬유 텐터공정의 백연/악취발생
물질수지 조사 및 방지시설의
정량적 성능/효율 분석방법 도출

류 희 욱

시흥녹색환경지원센터

연구결과보고서

2017 년도 연구개발사업에 따라 완료한 “섬유 텐터공정의 백연/악취발생 물질수지 조사 및 방지시설의 정량적 성능/효율 분석방법 도출”에 관한 연구의 최종 보고서를 붙임과 같이 제출합니다.

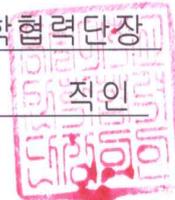
붙임 : 최종 보고서 (12)부. 끝.

연구기관 : 송 실 대 학 교

연구책임자 : 류 희 욱



연구기관장 : 송실대학교 산학협력단장



시흥녹색환경지원센터장 귀하

제 출 문

시흥녹색환경지원센터장 귀하

본 보고서를 “섬유 텐터공정의 백연/악취발생 물질수지 조사 및 방지시설의 정량적 성능/효율 분석방법 도출”에 관한 최종보고서로 제출합니다.

연구기관명 : 송실대학교 산학협력단

연구책임자 : 류 희 욱 교수 (송실대 화학공학과)

연구 원 : 홍자희, 양우영

섬유 텐터공정의 백연/악취발생
물질수지 조사 및 방지시설의
정량적 성능/효율 분석방법 도출

송실대학교 류 희 욱

시흥녹색환경지원센터

요 약 문

I. 연구개요

시흥시 스마트 허브내 섬유 텐터공정에서 배출되는 백연과 악취의 발생 거동 특성을 파악하기 위하여 관련 사업장을 전수조사하여 유연제 사용량, 미세먼지 발생량 등을 조사하고, 이들 인자들간의 상관성을 거시적 측면의 물질수지를 통해 분석하고, 현재 백연저감 시설의 백연저감 효과를 정량적으로 분석할 수 있는 분석방법 도출

II. 연구의 필요성 및 목적

- 시흥/안산스마트허브 내 섬유산업의 텐터공정으로부터 발생하는 백연 및 악취 물질 발생이 매우 시급한 지역환경 현안 문제가 되고 있음.
- 현재 적정 방지기술의 파일럿 시설 검토에 의해 백연/악취 저감을 위한 노력이 계속되고 있으나 기본적으로 텐터공정의 종류, 유연제의 사용량에 따라 각기 발생량 및 원인물질이 달라 발생 기작 및 물질수지에 대한 연구가 필요함.
- 더욱이 파일럿 시설의 성능 평가에 있어서 가시적으로 보여지는 백연저감효과를 정성적으로 비교하는 정도로 시행되고 있다는 점에서 향후 지역의 저감사업 진행시 정량적 성능지표의 도출이 매우 필요한 실정임.

III. 연구의 내용 및 범위

- 시흥/안산스마트허브 섬유산업 텐터공정 백연/악취 물질 발생에 있어서의 유연제 구성물질과 발생 백연/악취의 연관성 비교
- 유연제 사용량과 백연/악취 발생량의 상호관계 조사
- 배출가스의 주요 악취 구성물질의 정성/정량적 분석
- 현재 운전중인 습식전기집진 방식의 파일럿 저감장치 입출구의 백연 및 악취 성분 분석

IV. 연구결과

- 방지시설의 악취제거 및 비산먼지 제거능을 측정할 수 있는 방법으로 광산란법의 적용이 가능하였다. 광산란법은 측정의 시급성과 명확성면에서 방지시설의 성능을 현장에서 활용할 수 있는 유용한 도구중 하나이다. 다만, 텐더공정의 배출가스 중 수분 함유량이 높아 오류 발생 가능성이 있으므로 질량법과의 상관성에 대한 규명이 필요하다.
- 시흥/안산스마트허브 섬유산업 텐더공정 백연/악취 물질 발생 특성: 염색방식에 따른 대기비산량과 미세먼지 농도의 차이에 대한 상관관계는 없으나, 텐더기의 열원으로 직화방식이 열매체 방식이나 두 방식의 병행사용하는 경우보다 대기비산량이 낮다.
- 유연제 사용량과 백연/악취 발생량의 상호관계 조사 : 유연제 사용량이 증가함에 따라 미세먼지 발생량이 증가하였고, 유연제 사용량과 미세먼지의 발생 비율은 역의 상관관계를 보였다.
- 배출가스의 주요 악취 구성물질: 텐더공정에서 배출되는 주요 악취 및 VOCs 물질은 Toluene, Benzothiazole, 1,1'-[oxybis(methylene)]bis-Benzen 이며, 2-butoxy ethanol, Benzaldehyde, hexadecane, heptadecane, nonadecane, octadecane 등의 hydrocarbon류 등 다양한 물질들이 미량 검출된다.
- 현재 운전중인 습식전기집진 방식의 파일럿 저감장치 입출구의 백연 제거효율: 파일럿 방지시설치의 성능은 텐더공정 발생 미세먼지의 제거율이 스크러버가 17% 이고 EFC가 92%로 일반 스크러버 보다 EFC가 효과적이다. EFC가 텐더공정의 주요 발생 물질인 Toluene 및 1,1'-[oxybis(methylene)]bis-Benzene, Benzothiazole 등의 제거에도 효과적이다.

V. 연구결과의 활용계획

- 섬유 텐더공정에서 발생하는 백연/악취의 발생기작 및 물질수지를 이해함으로써 향후 효과적인 방지방안 수립의 기초적인 과학적 자료 구축 (자자체, 환경부)
- 방지기술의 정량적 효율 분석 방법 확보(지역 백연/악취 저감효율 관리지침에 반영)(지자체)
- 학회 논문 및 구두 발표(각 1건)

목 차

제1장 연구의 필요성	1
1. 시화염색단지의 염색업종의 문제점	3
2. 시화 염색단지의 염색업종 현황	4
3. 염색업종의 악취/백연 발생공정	6
4. 텐터공정으로부터의 백연 방지기술	9
5. 악취 및 백연 원인 물질	11
6. 연구의 필요성	12
제2장 연구개발 목표 및 내용	13
1. 연구개발의 최종목표	15
2. 연구개발 목표의 성격	15
3. 연차별 연구개발 목표 및 내용	16
제3장 연구 방법	17
1. 기존자료 분석	19
2. 현장 방문/조사/분석을 통한 각 업체별 현황 조사	19
3. 현장 시료 채취 및 분석을 통한 각 업체별 악취 및 Oil mist 발생량 조사	19
4. 백연 및 악취발생 물질수지 조사	20
5. 백연방지시설의 정량적 성능/효율 분석방법 도출	20
6. 조사방법	22
제4장 연구결과	27
1. 전수 조사	29
2. 물질수지 조사	48
3. 백연 방지시설의 정량적 성능/효율 분석방법	53
제5장 결론	67
제6장 기대성과 및 활용방안	71
1. 기대성과	73
2. 활용방안	73
부록 - 업체별 물질수지	75

그림 목차

그림 1. 시화공단 염색 단지의 백연 발생현황	4
그림 2. 시흥/안산스마트 허브내 염색단지 입주연혁	5
그림 3. 시화/반월염색단지 위치	5
그림 4. 염색공정 및 분류/정의	8
그림 5. 텐터기의 일반적 형태 및 열원에 의한 분류	8
그림 6. 유연제로부터의 백연/악취발생	9
그림 7. 습식 전기집진 방식의 EFC	10
그림 8. 멀티스크러버	11
그림 9. 텐터공정 배출가스에서의 악취물질 분포	12
그림 10. 무취공기 제조장치.	24
그림 11. VOCs 분석장치.	26
그림 12. 시화염색 단지 위치 및 조사전 파악된 염색업체 명단	29
그림 13. 시화 염색단지 배치도	34
그림 14. 유연제 종류 분포	44
그림 15. 텐터기의 종류 분포	44
그림 16. 업체별 텐터기수 분포	45
그림 17. 텐터기 종류 분포	45
그림 18. 방지시설 수	45
그림 19. 방지시설 배출온도 분포	46
그림 20. 방지시설 종류	46
그림 21. 방지지설 용량 분포	47
그림 22. 배출구 미세먼지 농도	47
그림 23. 유연제 물질수지 개념도	48
그림 24. 삼일니트 유연제 물질수지	49
그림 25 (a)유연제 사용량과 대기비산 발생량의 상관관계	50
그림 25 (b)유연제 사용량과 미세먼지 발생량의 상관관계	51
그림 26 유연제 사용량과 유연제 대기 비산비율의 상관관계	51
그림 27. 포터블측정기 (ISR-5000-1), Sensoronic	54
그림 28. 포터블 장치(ISR-5000-1)에 의한 측정예	55
그림 29. DustTrak(II)	55
그림 30. DustTrak(II)에 의한 입자연속 측정 결과	56
그림 31. EFC장치 광산란 및 시료채취 장소 <1: 유입부 좌측, 2: 유입부 우측, 3: 전단S/C 배출부, 4: EFC 출구>	57
그림 32. 일반 S/C 광산란 및 시료채취 장소, 5: 유입부 4: S/C출구	58
그림 33. 1번 시료(유입구 좌측)에서의 광산란 측정치	58
그림 34. 시료 2(유입구 우측)에서의 광산란 측정치	59
그림 35. 3번 시료(EFC 전단 S/C)에서의 광산란 측정치	59
그림 36. 4번 시료(EFC 배출구)에서의 광산란 측정치	60
그림 37. EFC 유입부 시료의 GC/MS 분석결과 그래프	62
그림 38. EFC 입출구 시료의 GC/MS 분석결과 그래프	63
그림 39. 일반 스크러버 입출구 시료의 GC/MS 분석결과 그래프	64

표 목차

표 1. 시화 염색단지 업체 리스트	6
표 2. 악취방지유 제조 공정	7
표 3. 복합악취 배출허용기준	22
표 4. 판정요원 선정용 시험액	23
표 5. 시흥시 보유 참고 조사표 2017	32
표 6. 시화 염색단지 조사 요약표	36
표 7. 업체별 미세먼지 발생량 및 대기 비산비율	52
표 8. 현장 시료 채취 장소 요약	57
표 9. 현장 시료의 광산란 분석결과 요약	60
표 10. 세정수 분석결과	65

제 1 장 서 론

1. 시화염색단지의 염색업종의 문제점	3
2. 시화 염색단지의 염색업종 현황	4
3. 염색업종의 악취/백연 발생공정	6
4. 텐터공정으로부터의 백연 방지기술	9
5. 악취 및 백연 원인 물질	11
6. 연구의 필요성	12

1 장. 서론

시흥/안산스마트허브 내 섬유산업의 텐터공정으로부터 발생하는 백연 및 악취 물질 발생이 매우 시급한 지역환경 현안 과제가 되고 있다. 현재 적정 방지기술의 파일럿 시설 검토에 의해 백연/악취 저감을 위한 노력이 계속되고 있으나 기본적으로 텐터공정의 종류, 유연제의 사용량에 따라 각기 발생량 및 원인물질이 달라 발생 기작 및 물질수지에 대한 연구가 필요한 실정이다. 더욱이 파일럿 시설의 성능 평가에 있어서 가시적으로 보여지는 백연저감효과를 정성적으로 비교하는 정도로 시행되고 있다는 점에서 향후 지역의 저감사업 진행시 정량적 성능 지표의 도출이 매우 필요한 실정이다.

1. 시화염색단지의 염색업종의 문제점

1970년대 수도권 정비와 더불어 조성된 시화반월 산업단지는 그 발전사에 따라 대기질이 급격히 악화되는 문제가 발생했다. 특히 90년대 중반부터 이루어진 주변 지역의 대규모 택지개발과 함께 심각한 사회적 문제 및 지역사회의 갈등요인으로 표출되었다. 악취와 대기오염 피해에 대한 주민들의 환경권 요구에서 시작된 이러한 갈등은 시화호를 둘러싼 수질 및 생태환경문제, 시화호 남측과 북측의 개발 계획이 이어지면서 사회적인 문제로 대두되었고, 이에 대해서 정부, 지자체, 한국수자원공사, 시민단체 등에서는 다양한 해소 노력들을 기울여왔다.

좀 더 범위를 좁혀보면 산업단지 내 타 업종의 업체들에서 발생하는 백연(흰색 연기)의 경우 대부분이 수증기에 의한 것으로 굴뚝을 통해 배출되는 경우 습도가 낮아져 사라지는 반면 시화반월염색단지 내에서 발생하는 백연은 그림 1과 같이 사라지지 않고 지속적으로 유지되고 있어 지자체와 시민단체 등의 환경개선 요구와 민원이 야기되고 있다.



그림 1. 시화공단 염색 단지의 백연 발생현황

염색단지의 민원의 대부분은 굴뚝에서 배출되어지는 백연에 의한 것으로 백연은 수증기와 일부 공정에서 사용되는 오일 등이 포함되어 있는 다중물질이다. 염색업체의 다림질 공정인 텐더(tenter)시설에서 발생하는 오일미스트(oil mist)는 작은 액체 입자종을 이르는 용어의 하나인 에어로졸(aerosol)의 한 종류로 가스 중의 입자성 부유물질을 크기분포에 따라 구분한 스모크(smoke), 흠(fume), 미스트(mist) 그리고 안개(fog) 등을 포함한다. 이때 백연에 함유된 오일미스트는 크기가 0.1 ~ 2.5 μm 정도로 매우 미세하여 기상조건에 영향을 받아 산업단지 주변으로 확산되어 악취 및 대기 오염의 주범이 되어 최근 미세먼지 이슈와 더불어 인근 주민들의 건강적, 심미적 감각공해를 야기시키고 있다.

2. 시화 염색단지의 염색업종 현황

1981년 먼저 입주한 반월염색조합에 이어 1993년 시흥스마트단지내 시화염색단지가 설립/입주하였다. 시화염색단지는 현재 신규입주중인 시화MTV 상업지구에 계절 또는 풍향에 따라 악취/백연의 영향을 줄 수 있다(반월염색단지는 고잔신도시에 영향).



그림 2. 시흥/안산스마트 허브내 염색단지 입주연혁
(자료출처:시흥녹색환경센터)



그림 3. 시화/반월염색단지 위치

이중 시화염색단지의 경우 24개 업체가 존재하며 그 위치와 위성사진을 지도에 표기하여 그림 3에 나타내었다(2017년 3월 현재). 또한 시화 산단내 염색업체 명단은 표 1과 같다.

표 1. 시화 염색단지 업체 리스트

순번	업체명	주소
1	경원염직	시흥시 정왕동 1700-10(시화공단 1바 411)
2	구영섬유(주)	시흥시 정왕동 1700-9 (시화공단 1바 410)
3	금강섬유	시흥시 정왕동 1700-7 (시화공단 1바 408)
4	(주)에스엠실업	시흥시 정왕동 1700-6 (시화공단 1바 407)
5	동일방직(주)	시흥시 정왕동 1701-5 (시화공단 1바 506)
6	디자인미광	시흥시 정왕동 1699-3 (시화공단 1바 304)
7	미래섬지	시흥시 정왕동 1701-3 (시화공단 1바 504)
8	(주)삼리염연	시흥시 정왕동 1701-3 (시화공단 1바 504)
9	삼일니트(주)	시흥시 정왕동 1700-1 (시화공단 1바 402)
10	성진섬유가공(주)	시흥시 정왕동 1698-5 (시화공단 1바 207)
11	(주)성창염직	시흥시 정왕동 1701-2 (시화공단 1바 503)
12	(주)성하	시흥시 정왕동 1701-7 (시화공단 1바 507)
13	신성섬유(주)	시흥시 정왕동 1698-6 (시화공단 1바 208)
14	신한염직(주)	시흥시 정왕동 1700-2 (시화공단 1바 403)
15	신흥섬유공업사	시흥시 정왕동 1700-11(시화공단 1바 412)
16	동주텍스타일(주)	시흥시 정왕동 1701-1 (시화공단 1바 502)
17	영신보고섬유(주)	시흥시 정왕동 1699-5 (시화공단 1바 306)
18	(주)에스디에프	시흥시 정왕동 1701-4 (시화공단 1바 505)
19	창신섬유(주)	시흥시 정왕동 1698-4 (시화공단 1바 206)
20	케이비무역(주)	시흥시 정왕동 1700-4 (시화공단 1바 405)
21	케이피레더(주)	시흥시 정왕동 1700 (시화공단 1바 401)
22	(주)현대특수나염	시흥시 정왕동 1698-2 (시화공단 1바 203)
23	(주)효창티앤티	시흥시 정왕동 1700-3 (시화공단 1바 404)
24	흥일염공(주)	시흥시 정왕동 1701-6 (시화공단 1바 507)

3. 염색업종의 악취/백연 발생과정

염색업체의 염색공정은 전처리, 본처리 및 후처리 공정으로 나누어져있다(표 2). 이중 최종 처리되는 후처리공정에서 텐터기로 다림질할 때 섬유 유연제, 광택제 등의 오일 성분을 혼합하여 운전하기 때문에 160°C ~180°C 이상의 고온에서는 이들 오일성분이 기화되어 백연 및 악취가 발생하며 주로 텐터기에 연결된 방지시설로

배출된다. 텐터기는 다림질을 하는 기계로써 고온으로 섬유를 압착하므로 전체 직물의 4~8% 정도 함유되어 있는 유연제가 이때 증발하여 백연을 발생시킨다.

표 2 악취방지유 제조 공정 (출처 : 2차 업종별 악취관리매뉴얼(염색/도료편))

대분류	소분류	
염색 전처리 공정	원료 입고 및 저장	
	원료 투입 공정	
	혼합공정	
	발효공정	
	정련공정	
	표백공정	
	머서화 가공 공정	
	알칼리 감량 공정	
염색 공정	방법에 의한 분류	침염
		나염
		사염
	섬유의 종류에 의한 분류	셀룰로오스계 섬유의 염색
		동물성 섬유의 염색
		합성 섬유의 염색
		반합성 섬유의 염색
	특수 염색	기포염색의 염색
		마이크로파 가열에 의한 염색
		전사날염
염색 후처리 공정	텐터공정	
	마무리 열처리 공정	
	제품 검사 및 제품 출하	

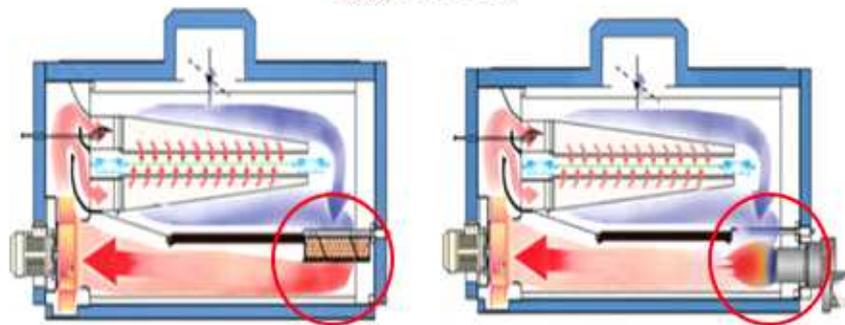
열원에 따라 전기히터나 직접 연소기를 이용하는 직화방식과 열매체유(광유 또는 합성유)를 사용하는 열매체방식으로 텐터기를 분류할 수 있다. 직화방식은 열효율이 좋고 기기성능이 저렴한 대신 잔사(실 보푸라기)가 많아지는 문제가 있고 열매체방식은 열효율이 다소 낮고 기기가격이 비싼 단점이 있다.

<p style="text-align: center;">전처리 공정</p> 	<p style="text-align: center;">염색 공정</p> 	<p style="text-align: center;">후처리 공정</p> 
<p>발호(날실에 먹인 풀 제거) 정련(불순물, 약제, 얼룩제거) 표백(유색물질을 무색으로) 머서화(광택을 부여)</p>	<p>사염(실염색 공정) 날염(부분염색) 침염(염료용액에 침지하여 염색)</p>	<p>텐터(다림질, 섬유유연제, 광택제 등을 혼합하여 건조) 유연제 종류(음이온, 카치온, 양성, 비이온, 폴리에틸렌, 실리콘)</p>
		<p>열원에 따라 직화(전기히터 등) 열매체(열매체유 간접열)</p>

그림 4. 염색공정 및 분류/정의



텐터 일반형태



열매(간접열 ; 광유 또는 합성 파라핀 이용) **직화**(직접열 ; 버너, 히터이용)

그림 5. 텐터기의 일반적 형태 및 열원에 의한 분류

이러한 텐터시설로부터 오일미스트가 발생하는 기작은 마찰에 의한 가공상의 문제를 줄이기 위해 제직바늘에 윤활성분의 유연제를 투입하여 천을 만드는데 이것이

다림질 공정과 더불어 증발함으로써 백연을 발생시키는데 이들 백연은 일반 수증기가 아닌 오일미스트로 물에 용해도가 낮고 대기중으로 희석되어도 백연이 사라지지 않고 뿌연 연기와 같은 형태로 확산하여 문제를 야기 시킨다.



그림 6. 유연제로부터의 백연/악취발생 (자료 출처 : 시흥녹색환경지원센터)

4. 텐터공정으로부터의 백연 방지기술

현재 텐터시설의 대기(악취)방지시설은 세정식집진시설(이하 ‘스크러버’)이 가장 많이 이용되어지고 있다. 스크러버는 타 방지시설에 비해 설치 금액이 저렴하고 운영 및 관리가 용이하여 염색업체에서 널리 사용되고 있다. 그러나 텐터기에서 배출되는 오일미스트 가스는 물에 대해 불용성이기 때문에 흡수에 의한 방식인 스크러버로 처리되지 못하고 세정수 탱크 내부에 오염된 상태로 적치된다. 이러한 세정수는 비중차 때문에 쉽게 배출되지 않고, 스크러버 내에 잔존하여 스크러버 내부 벽면을 오염시키고 스크러버 노틀 및 충전물의 수명을 단축시키며 순환배관 내부의 막힘 현상을 발생시킨다. 그동안 섬유업체의 기술지원을 통해 발굴한 문제점으로 유입가스의 온도가 매우 높고 물에 잘 섞이지 않는 오일성분 이어서 흡수율이 낮다는 것 등이 두드러지게 나타났다. 따라서 이 특수한 상황에서 백연/악취제거를 위

한 기술 확보를 위해 현재 시화/반월연석 단지에서는 두 가지 새로운 방식의 방지 기술에 대한 시범사업이 진행되고 있다.

첫 번째는 EFC(electric fume collector)방식으로 습식전기집진 기술을 적용한 것으로 오일회수가 뛰어나다고 보고되고 있다. 현재 시화연석단지의 한 업체에서 실증운전을 장기간 하고 있다.

두 번째는 필터와 스크러버를 하나로 합친 멀티스크러버 방식이다. EFC와 마찬가지로 시흥연석공단에 설치되어 실증 운전 중이다.

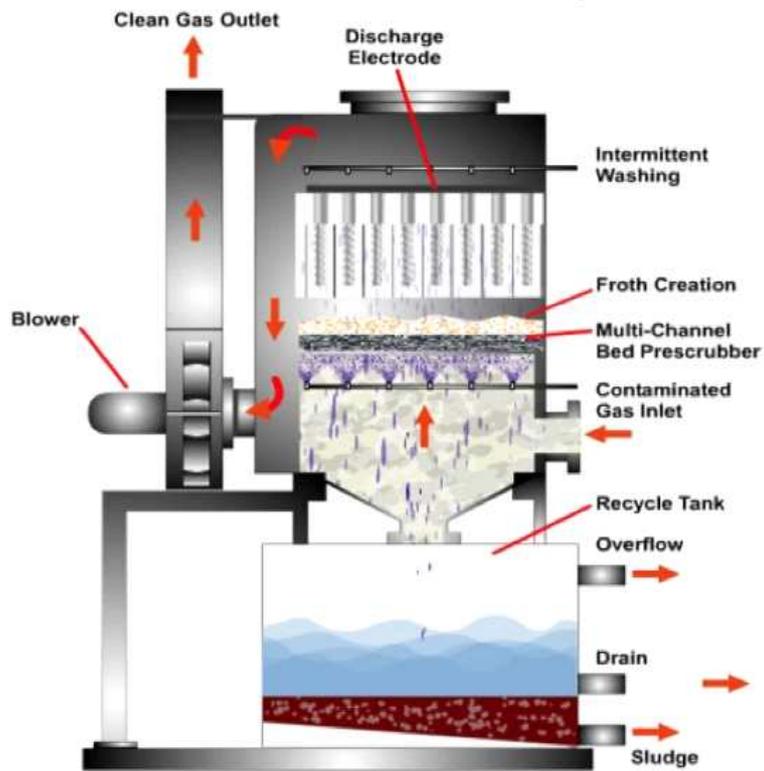


그림 7. 습식 전기집진 방식의 EFC



그림 8. 멀티스크러버

5. 악취 및 백연 원인 물질

염색 특히 텐터공정에서 발생하는 악취물질들은 이를 분석한 연구/용역들에서 결과를 추출해보면 알 수 있는데, 악취배출시설 업종별 관리 매뉴얼(2009년 환경부)의 결과에 따르면 주요 악취물질 중에는 이소부탄올과 톨루엔이 전체 조사대상 텐터공정에서 전반적으로 높게 나타난 것으로 보고되었다(2차 업종별 악취관리매뉴얼(염색,도료편), 환경부). 한편 이와는 달리, 시흥녹색환경센터의 조사보고서(EFC 실증 플랜트 연구, 2014, 한독이엔지)에 의하면 주로 유연제의 성분은 고휘분이 20~30%인 에멀전 상태이며 탄소수가 16~22개(평균 18개)인 n-alkyl compound 또는 iso-alkyl compound라고 보고되고 있으며 열에 의해 증발할 때는 일부 변형되어 옥타날, 노나날 같은 알데히드 및 지방산(아세테이트)의 악취물질이 발생한다고 보고하고 있다. 이런 long chain 알데히드는 그 친수성기에도 불구하고 물에 대한 용해도가 높지 않고 증기로 기화/확산되기 보다는 액체상태로 공기 중으로 분산됨으로써 백연같은 현상을 유발할 수도 있다.

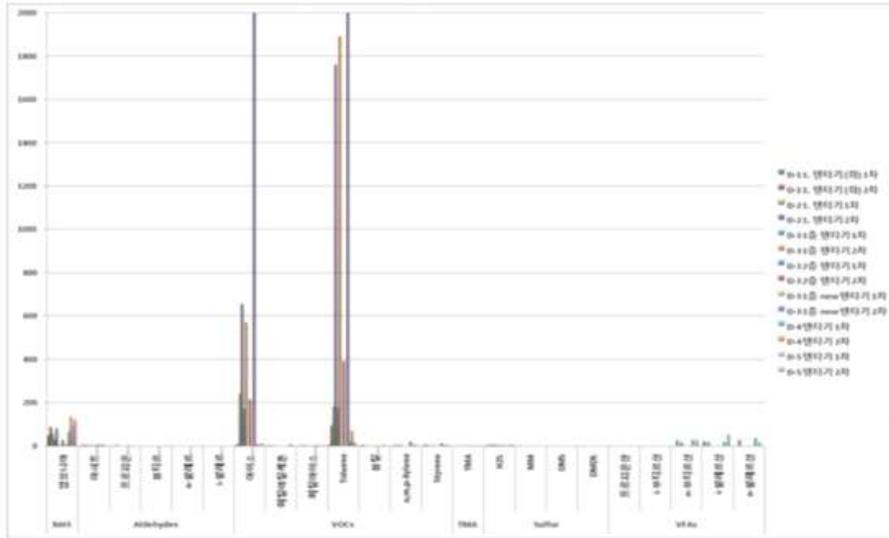


그림 9. 텐터공정 배출가스에서의 악취물질 분포> 출처 : (2차
 업종별 악취관리매뉴얼(염색,도료편), 환경부)

6. 연구의 필요성

현재 적정 방지기술의 파일럿 시설 검토에 의해 백연/악취 저감을 위한 노력이 계속되고 있으나 기본적으로 텐터공정의 종류, 유연제의 사용량에 따라 각기 발생량 및 원인물질이 달라 발생 기작 및 물질수지에 대한 연구가 필요하다.

더욱이 파일럿 시설의 성능 평가에 있어서 가시적으로 보여지는 백연 저감 효과를 정성적으로 비교하는 정도로 시행되고 있다는 점에서 향후 지역의 저감사업 진행시 정량적 성능지표의 도출이 매우 필요한 실정이다.

제 2 장 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발의 최종목표	15
2. 연구개발 목표의 성격	15
3. 연차별 연구개발 목표 및 내용	16

2 장 . 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발의 최종 목표

- 1) 유연제 사용량/구성물질과 발생 백연/악취의 연관성을 비교하고 사용량과 발생량의 관계를 조사한다.
- 2) 현재 운전중인 필터방식과 습식전기집진 방식의 저감장치 입출구의 백연 및 악취 성분 분석을 통해 그 제거효율을 정량적으로 분석할 방법을 도출한다.

2. 연구개발 목표의 성격(해당란 전부 ✓표시)

- | | | |
|--|--|-----------------------------------|
| <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 type="checkbox"/> 도시환경 | <input type="checkbox"/> 환경애로사항해결 |
| <input type="checkbox"/> 자연환경(생태포함) | <input checked="" type="checkbox"/> 공단환경 | <input type="checkbox"/> 기타 |

3. 연차별 연구개발목표 및 내용

(단위 : 천원)

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용	추정 연구비
<p>1차연도 (2017.3 ~ 2017.12)</p>	<p>1) 유연제 사용량/ 구성물질과 발생 백연/악취의 연관성을 비교하고 사용량과 발생량의 관계를 조사한다.</p> <p>2) 현재 운전중인 필터방식과 습식전기집진 방식의 저감장치 입출구의 백연 및 악취 성분 분석을 통해 그 제거효율을 정량적으로 분석할 방법을 도출한다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 시흥/안산스마트허브 섬유산업 텐터공정 백연/악취 물질 발생에 있어서의 유연제 구성물질과 발생 백연/악취의 연관성 비교 • 유연제 사용량과 백연/악취 발생량의 상호관계 조사 • 배출가스의 친수/소수성 용액 포집에 의한 주요 악취 구성물질의 정성/정량적 분석 • 현재 운전중인 필터방식과 습식전기집진 방식의 파일럿 저감장치 입출구의 백연 및 악취 성분 분석 • 백연 제거효율의 정량적 분석 방법 도출 	<p>50,000 천원</p>

제 3 장 연구방법

1. 기존자료 분석	17
2. 현장 방문/조사/분석을 통한 각 업체별 현황 조사	19
3. 현장 시료 채취 및 분석을 통한 각 업체별 악취 및 Oil mist 발생량 조사	19
4. 백연 및 악취발생 물질수지 조사	19
5. 백연방지시설의 정량적 성능/효율 분석방법 도출	20
6. 조사방법	22

3 장. 연구 방법



1. 기존자료 분석

- 시흥시 섬유/염색단지의 악취배출업체 현황자료 및 민원 현황자료 분석
- 전수조사 자료 및 기술지원 자료 분석을 통한 업체별 악취현황/공정 분석

2. 현장 방문/조사/분석을 통한 각 업체별 현황 조사

- 1) 업체별 주요 공정 조사
 - 업체별 염색방법(사염, 날염, 침염)
 - 섬유의 종류(면, 합성)
 - 텐터공정 열원 (직화, 열매체)
- 2) 유연제 사용량 현장 조사
 - 유연제의 종류 (일반, 대전, 실리콘 등)
 - 유연제 사용량 및 사용시간

3. 각 업체별 악취 및 Oil mist 발생량 조사

- 유연제 사용량 등 전수조사(24개 업체) 및 이를 통한 발생량 조사
- 유연제 사용량과 백연/악취 발생량의 상호관계 조사
- 주요 악취 구성물질의 정성/정량적 분석

4. 백연 및 악취발생 물질수지 조사

- 유연제 사용량과 백연/악취 발생량의 상호관계 조사
- 물질 수지 조사

5. 백연방지시설의 정량적 성능/효율 분석방법 도출

- 카트리지 필터에 의한 백연 또는 오일미스트양 측정 방법 제시
- 현재 운전 중인 필터방식과 습식전기집진 방식의 실증저감 장치, 기존 스크러버 입출구의 백연 및 악취 성분 분석 (수증기 응결과 오일미스트 산란에 대해 각기 평가방법 모색)
- 오일미스트 농도분석 적정성 확인
- 오일 회수량 평가



STEP. 1

- 시흥시 섬유/염색단지의 악취배출업체 현황 자료 및 민원 현황자료 분석
- 전수조사 자료 및 기술 지원 자료 분석을 통한 업체별 악취현황/공정 분석

STEP. 2

- 업체별 주요 공정 조사
- 유연제 사용량 현장 조사
- 유연제 성분 및 발생 악취 연관성 조사

STEP. 3

- 발생량 전수조사
- 유연제 사용량과 백연/악취 발생량의 상호관계 조사
- 배출가스의 친수/소수성 용액포집에 의한 물질의 정성/정량적 분석

STEP. 4

- 유연제 사용량과 백연/악취 발생량의 상호관계 조사
- 물질 수지 조사

STEP. 5

- 카트리지 필터에 의한 백연 또는 오일미스트량 측정 방법 제시
- 현재 운전 중인 필터방식과 습식전기집진 방식의 실증저감 장치 입출구의 백연 및 악취 성분 분석

< 연구 진행 단계 >

6. 조사방법

6.1 악취 측정 항목 및 방법

본 연구에서의 악취발생은 주로 텐터공정 중 증발하는 유연제 성분이 주요 원인이고 황, 질소, 지방산 계열보다는 VOC계열이 일반적이므로(이전 연구 결과도 주로 VOC물질), 일반적인 악취방지법상 지정된 개별 악취물질보다는 GC/MSD에 의한 정성/정량 동시분석을 통해 좀 더 다양한 물질의 추적이 필요하다고 판단되는 바 다음에 한정하여 분석한다.

6.1.1 악취물질 조사항목

복합악취 및 GC/MSD에 의한 정성/정량분석(정량분석은 톨루엔 기준)

6.1.2 악취물질 측정 및 분석방법

- 악취물질 측정 및 분석방법은 원칙적으로 환경부의 악취공정시험방법을 따른다. 다만, 배출원에 대한 시료 채취 시 적용할 수 없을 때에는 대기오염공정시험방법을 준용한다.
- 배출시설별 조사 횟수는 자료의 신뢰성 확보를 위해 각각 2회 시료채취를 실시한다.

(1) 복합악취

악취를 분석하는 방법 중 공기희석관능법은 인간의 후각을 이용하여 측정하므로 제기되고 있는 악취 민원의 정도를 파악하는 데 직접적으로 활용할 수 있으며, 기기분석법과 같이 정량적인 결과치가 제시되므로 기기분석법이나 직접관능법이란고 있는 단점을 보완할 수 있는 방법으로 평가되고 있다.

표 3. 복합악취 배출허용기준

구 분	배출허용기준(희석배수)		엄격한 배출허용기준의 범위(희석배수)	
	공업지역	기타지역	공업지역	기타지역
배출구	1,000 이하	500 이하	500 ~ 1,000	300 ~ 500
부지경계선	20 이하	15 이하	15 ~ 20	10 ~ 15

(가) 시료채취용기 준비

시료채취 용기는 테들러백을 이용하며, 실험실에서 반드시 고순도 질소(99.999%)를 테들러백에 주입하여 냄새의 유무와 누출 여부를 확인한 후 사용한다.

(나) 시료채취 방법

- 시료채취 용기 : 테들러백(TDC사, 일본)을 사용한다.
- 시료채취 : 시료는 채취지점에서 3회씩 시료를 채취한다.
- 시료주입방법 : 흡인펌프와 진공 상자를 이용하며, 주입구에 필터를 장착하여 미세먼지 등이 유입되는 것을 사전에 방지한다. 또한 흡인펌프는 테들러백을 진공상자에 장착 후 실험 시 5분 이내에 실험이 완료될 수 있는 펌프(10ℓ/min)를 사용한다.
- 시료운반 및 보관 : 시료채취가 끝난 테들러백은 상온(15~25℃)을 유지해야 할 뿐만 아니라 직사광선을 피할 수 있도록 차광용기나 차광막을 사용하여 운반 및 보관하며, 판정은 시료채취 후 48시간 이내에 이루어지도록 한다.

(다) 약취 판정원 선정방법

약취 판정원 선정 방법은 냄새종이 6장을 1 set로 하여 이중 4장의 종이에 임의의 냄새 시약을 바르고, 나머지는 무취의 유동파라핀에 담근 후 각각의 패널들에게 냄새가 나는 종이를 고르도록 하여 후각의 정상여부가 판정된 5명을 약취판정원(패널)으로 선정한다.

표 4. 판정요원 선정용 시험액

시 험 액	농 도	냄새의 성격
Acetic Acid	1.0 wt %	식초냄새
Trimethylamine	0.1 wt %	생선썩는 냄새
Methylcyclopentenolone	3.2 wt %	달콤한, 설탕타는냄새
β-Penylethylalcohol	1.0 wt %	장미향 냄새

* 모든 시험액은 밀봉 냉장보관

- 거름종이 : 길이(14cm), 폭(7mm), 냄새 없는 종이사용

(라) 무취공기 제조장치

무취공기는 아래의 그림과 같은 구조로 되어 있으며, 6방분배기에는 활성탄으로 채워져 펌프에서 나올 수 있는 공기 중의 불순물을 제거한다.



1. 먼지필터	2. 중류수	3. 공병
4. 실리카겔	5. 활성탄	6. Molecularsieve

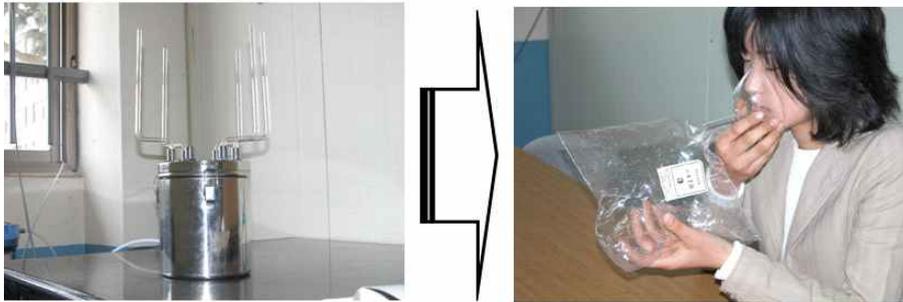


그림 10. 무취공기 제조장치.

(마) 판 정

희석배율의 산정은 아래와 같이 전체 판정요원의 시료희석 배수 중 최대값과 최소 값을 제외한 나머지를 기하 평균하여 판정요원 전체의 희석배수로 한다.

[평가과정 (예시) : 1차 희석배수 (2조의 평가 정답을 0.8)]

판정인 구 분	1차 평가		2차 평가 (×30)	3차 평가 (×100)
	1조(×10)	1조(×10)		
a	×	○		
b	○	○	○	○(이후 희석배수 평가 중지)
c	○	×		
d	○	○	○	×
e	○	○	×	

※“○” : 시료희석주머니 판정 시 정답, “×” : 냄새주머니 판정 시 오답

[계산과정 (예시)]

판정인구분	계산과정	비고	전체의 냄새감지한계 희석배수
a	$a = \sqrt{(3 \times 10)} = 5.477$	최소(제외)	$\sqrt[3]{(5.477 \times 30 \times 10)} = 11.8$
b	b = 100	최대(제외)	
c	$c = \sqrt{(3 \times 10)} = 5.477$	→	
d	d = 30	→	
e	e = 10	→	

※ 당해 희석배수에서 감지하지 못한 판정인의 계산값은 한 단계 아래의 희석배수 값을 적용한다(예: 10배에서 오답 일 경우 3배수로 산정)

(2) 휘발성유기화합물 (VOCs)

(나) 시료채취 방법

- 시료채취기 : 테들러백을 사용한다.
- 시료채취 : 시료는 채취지점에서 시료를 채취한다.
- 시료주입방법 : 등속흡인펌프(Gilian Pump)를 이용한다.

(다) 분석방법

- ㉠ 표준물질 : VOCs 표준물질은 미국 Supelco사의 TO-14, 1ppm을 사용하여 분석한다.
- ㉡ 분석방법
 - 분석전 사전조작 : 분석전 공실험을 실시하여 컬럼의 안정화 및 오염도 여부를 확인한다.
 - 분석방법 : VOCs 분석은 국립환경과학원의 악취공정시험방법에 준하여 실험하며, 분석기기는 GC/MSD/ATD를 이용하여 분석한다.
 - 분석기기 및 분석조건

구 분	분석기기 사양 및 분석조건
GC	HP-6890
Detector	HP-5973 inert
Column	DB-1 capillary column (60m×0.32mm×3 μ m)
Column temperature	40 $^{\circ}$ C(5 min) \rightarrow 70 $^{\circ}$ C(5 min) \rightarrow 150 $^{\circ}$ C(5 min) \rightarrow 200 $^{\circ}$ C(5 min) \rightarrow 220 $^{\circ}$ C(5 min)
Column flow	1.2ml/min
Ramp rate	5 $^{\circ}$ C/min to 200 $^{\circ}$ C, 10 $^{\circ}$ C/min to 220 $^{\circ}$ C
MS ion source temp	230 $^{\circ}$ C
MS scan 범위	45 ~ 350amu
Carrier gas	He(99.999 %)



그림 11. VOCs 분석장치.

제 4 장 연구결과

1. 전수 조사	15
2. 물질수지 조사	15
3. 백연 방지시설의 정량적 성능/효율 분석 방법	16

4 장. 연구 결과

1. 전수 조사

(1) 조사 방법

연구 대상지역인 시흥 스마트허브내 염색단지의 염색업체를 전수 조사하여 텐터 시설의 유무 등 조사항목에 대해 알아보았다.

아래 그림에 시화지역의 조사지역 현황을 시료지도 위에 표시하여 나타내었다.

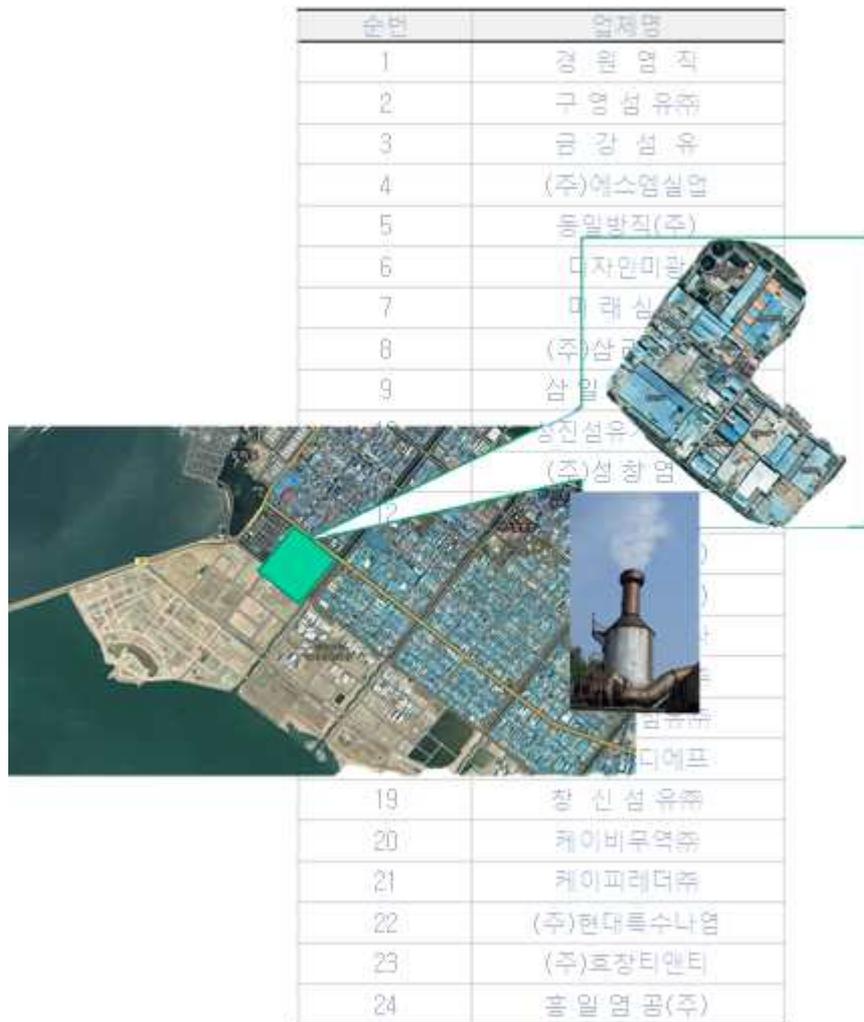
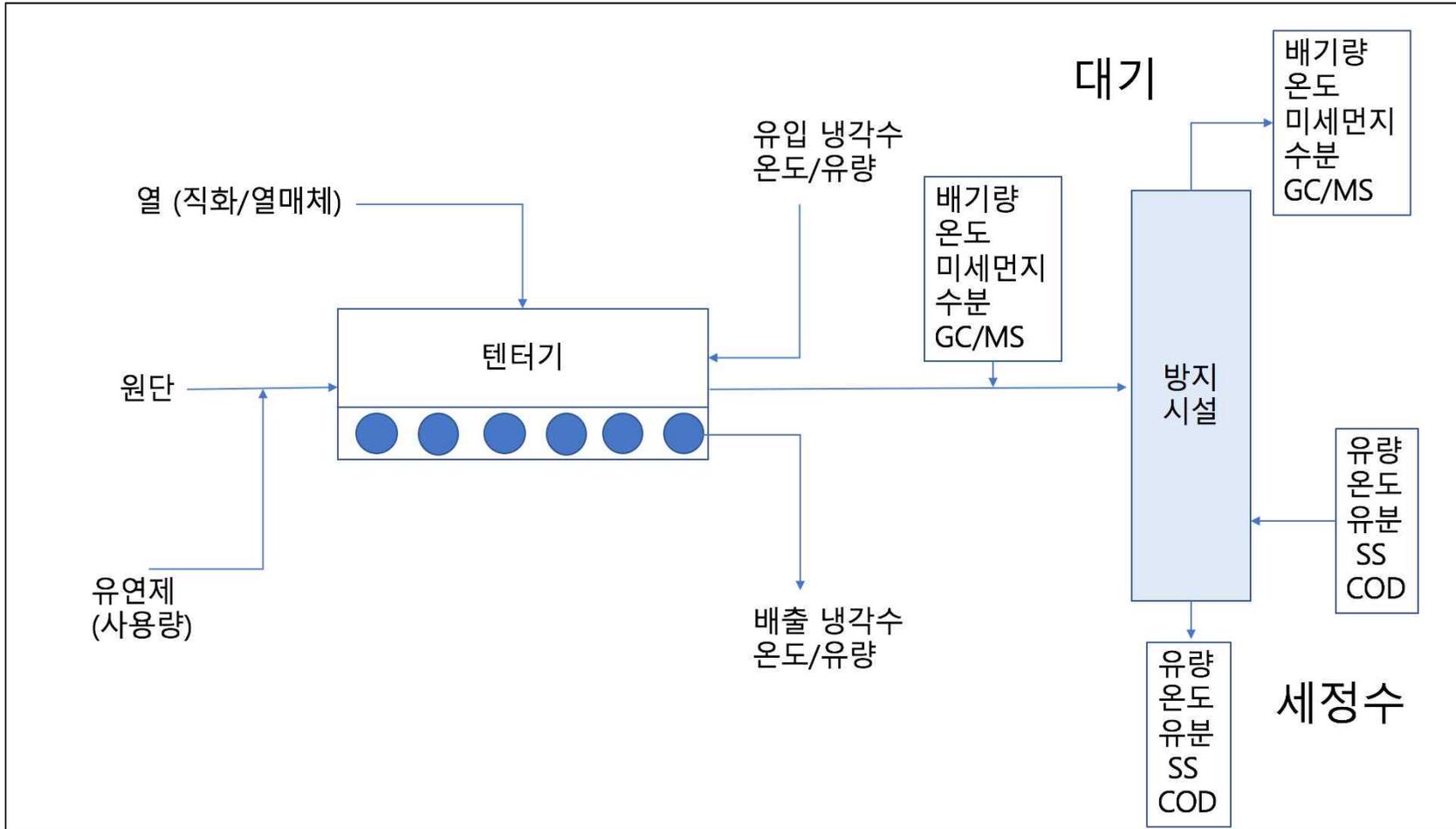


그림 12. 시화염색 단지 위치 및 조사전 파악된 염색업체 명단

조사에 사용된 항목표 공정도는 다음과 같다

< 현장 조사표 >

항목	업체명	섬유 종류	염색 종류	텐터 방식	유연제 종류 및 상품명
예시		화학/천연	침염/날염/사염	직화/열매체	얼만/실리코/대전
조사결과					
항목	유연제 사용량* (kg/월)	배기량 (m3/min)	예상 배출농도 (mg/m3)	텐터 유입 냉각수량/온도	텐터 배출 냉각수량/온도
예시				m3/day, °C	m3/day, °C
조사결과					
항목	방지시설 1 악취측정이력	방지시설 2 악취측정이력	방지시설 3 악취측정이력	백연 관찰 정도	조사당시 텐터 가동 여부
예시	스크러버, 복합악취 100배	스크러버, 복합악취 100배	스크러버, 복합악취 100배	0~5	가/부
조사결과					



<조사 공정도 : 방지시설 입출구 상세 분석사항은 지정 대상인 EFC 등에만 국한되어 분석 조사하고 일반 업체는 문진으로 같음함>

(2) 조사 결과

시흥시가 보유한 다음의 시화염색단지 현황과 시흥센터 자료를 종합하여 조사표와 단지 지도를 작성하고 이를 조사에 활용하였다.

표 5. 시흥시 보유 참고 조사표 2017

무 순	업체별	종 별	텐타열전달 방식		방지시설	비고	
			열매체 보일러 (kcal/h)	직화식 (kcal/h)			
1	(주)현대특수나 염	4	2,500,000	2,000,000	흡수예의한시설1대 (168.15㎡/분) X 1	직화식:의무면제 (168.15㎡/분) X 1	
2	창신섬유(주)	4		1,600,000 x 2	세정집진시설2 (350㎡/분) X2	텐타 X 2 (203,175㎡)	
3	성진섬유가공 (주)	4		1,760,000 1,250,000	흡수예의한시설1대 (960㎡/분) X1	텐타 X 2 (336,288㎡)	
4	신 성 섬 유 (주)	4	(주)풍아	1,500,000		흡수예의한시설1대 (330㎡/분)	텐타 X 1 (186㎡)
			(주)창일	1,200,000	1,600,000	흡수예의한시설2대 (320㎡/분)(350㎡/분)	텐타 X 2 (186㎡) X 2
			콜린텍		1,500,000	흡수예의한시설1대 (200㎡/분)	텐타 X 1 (150㎡) X 1
			(주)TFJ		1,600,000		(구) 대 연
5	(주)SDF	2	4,000,000		흡수예의한시설2대 (600㎡/분) X 2	텐타 X 2 (185.6㎡) X 2	
6	(주)미래심지	5		1,500,000	흡수예의한시설2대 (180,200㎡/분)		
7	(주)성창염직	4		2,000,000 1,920,000	흡수예의한시설2대 (350㎡/분) X 2	텐타 X 2 (137.5, 100㎡)	
8	동주텍스타일 (주)	3	2,500,000		흡수예의한시설3대 (330,670,400㎡/분)		
9	흥일염공(주)	3	3,529,050		흡수예의한시설1대 (570㎡/분) X 1	텐타 X 2 (137.5, 100㎡)	
10	(주)성 하	4	2,000,000		세정집진시설X1 (320㎡/분)	텐타 X 1 (137.5㎡)	

11	삼일니트(주)	4	2,000,000		흡수제한시설1대 (750㎡/분) X 1	텐타 X 2 (156, 175㎡)
				1,800,000	흡수제한시설1대 (640㎡/분) X 1	텐타 X 1 (175㎡)
				1,600,000	흡수제한시설1대 (350㎡/분) X 1	텐타 X 1 (175㎡)
12	신한염직(주)	4	1,200,000	2,000,000	흡수제한시설1대 (680㎡/분) X 1	텐타 X 2 (96, 96㎡)
13	주요창티엔티	4	3,370,787	1,200,000	흡수제한시설2대 (6000㎡/분) X 1	텐타 X 2 (384㎡)
					흡수제한시설1대 (100㎡/분) X 1	입자성발생시설 (35, 42㎡)
14	케이티무역(주)	5	898,876		흡수제한시설1대 (300㎡/분) X 1	텐타 X 1 (105㎡)
15	주에스엠실업	5		550,000	흡수제한시설1대 (300㎡/분) X 1	건조: 45.8㎡ X 2 증열:132.3 X 1
16	금강섬유	4	941,200		흡수제한시설1대 (180㎡/분) X 1	텐타 X 1 (110.7㎡/분)
17	주무아	4	1,000,000		흡수제한시설1대 (350㎡/분) X 1	텐타 X 1 (72.3㎡)
18	경원염직(흥일)	4	899,950		흡수제한시설1대 (200㎡/분) X 1	텐타 X 1 (106.9㎡/분)
19	신흥섬유(용원)	4			흡수제한시설1대 (250㎡/분) X 1	건조, 염색, 탈수시설 (32.16㎡)

염색단지 공장 배치도

(위치 : 시화공단 1바 201 ~ 506)

[단지개요]

- 면 적 : 149,378 m²(약 45,270 평)
- 투 자 액 : 약 2,000 억원
- 기반시설 : LNG 공급시설 (200m³/hr)
 공업용수 (50,000 m³/일)
 생활용수 (1,500 m³/일)
 폐수전용관로 (2km, 1일 배수량 100,000 m³)
 우수전용관로 (1.6km, 1일 배수량 3,000 m³)

사업	3개 업체
나염	3개 업체
포염	11개 업체
기타	8개 업체
계	25개 업체



그림 13. 시화 염색단지 배치도

상기 조사표에 따라 시화 염색단지를 전수 조사하였으며 그 중 폐업, 전업인 업체를 비교란에 분류하였으며 염색업체이나 의류 또는 실, 가죽 염색의 경우 텐터설비가 없어서 심층 조사에서는 제외하였다. 조사 결과를 다음 표에 요약하고 각각 업체별 상세 조사현황 및 물질수지는 별지에 참고자료로 최종 보고서에 수록할 예정이다. 애초에는 28여개의 업체가 있는 것으로 파악되었으나 현재 25개 업체가 입주해 있고 이중에서 부도 또는 폐업 그리고 텐터설비를 갖추지 않은 업체를 제외하면 총 15개 업체가 텐터공정을 가지고 있어서 백연발생 사업장에 해당된다고 볼 수 있다. 조사항목은 다음과 같다.

- 염색방식
- 텐터형식
- 텐터수
- 방지 시설수
- 방지사설 종류
- 방지사설 용량(CMM)
- 온도(oC)
- 미세먼지 (mg/Sm³)
- 수분량(%)
- 원단 처리량 (t/일)
- 유연제 사용량 (Kg/월)
- 유연제 종류(일반/실리콘/대전)
- LNG사용량 (m³/월)
- 세정탑 용수 (m³/일)
- 용수사용량(m³/일)

표 6. 시화 염색단지 조사 요약표

순번	업체명	대표자	주소	전화번호	환경담당자	핸드폰	염색방식	텐터형식	텐터수	방지 시설수
1	흥일염공(주)	안홍열	1바 507	432-7474	박준형 이사	010-5250-1982	침염	열매	2	2
2	(주)성하	박오식	1바 507	433-9901	김상돈 부장	011-784-2431	침염	직화	1	1
3	신성섬유(주) 창일텍스타일	문진석 임종영	1바 208	433-7400			침염	열매(1), 직화(1)	2	2
4	동주텍스타일(주)	김동오	1바 502	433-7000	이윤영 대리	010-6711-3050	침염	열매(2)	2	2
5	성진섬유가공(주)	이창희	1바 207	498-4692	이재경 이사	010-6432-2647	침염	직화(2)	2	1
6	미래섬지	신광철	1바 504-1	434-8403	최성원 과장	010-4550-3970	침염	직화	1	1
7	(주)에스디에프	구자하	1바 505	433-5185	권윤경 기관장	010-3926-0305	침염	열매(2)	2	2
8	삼일니트(주)	김재우	1바 402	070-8255-0937	차영환 부장	010-6370-6943	침염	열매(2), 직화(2)	4	3
9	신한염직(주)	문진	1바 403	499-6111	이영철 부장	010-6270-9408	침염	직화(1), 열매(1)	2	1
10	(주)효창티앤티	문홍미	1바 404	498-2070	양종국 부장	017-338-8173	침염	직화(1), 열매(1)	2	2
11	케이비무역(주)	전광배	1바 405	432-0107	조병출 과장	010-3765-6633	텐터만	열매	1	1
12	(주)무아	안형준	1바 409	417-0412	윤여옥 부장	010-3870-2463	포염	열매(1)	1	1
13	경원염직	조병욱	1바 411	010-9991-6441	김광택 상무	010-3723-6448	침염	열매(1)	1	1
14	(주)현대특수나염	최귀만	1바 203	499-9100	김병만 이사	010-3746-4922	날염	열매(1), 직화(1)	2	3
15	창신섬유(주)	주석순	1바 206	497-3144	오형준 차장	010-8713-6902	침염	직화(2)	2	2

표 6. 시화 염색단지 조사 요약표 (계속2)

순번	업체명	방지시설 종류	방지시설 용량(CMM)	온도(°C)	미세먼지 (mg/Sm3)	수분량(%)	원단 처리량 (t/일)	유연제 사용량 (Kg/월)
1	흥일염공(주)	S/C	320	32	7.1	11.50	4	1500
		S/C	320	30	8.6	11.77		
2	(주)성하	S/C	350	27	9.6	12.26	10	400
3	신성섬유(주) 창일텍스타일	S/C	350	42	9	3	7~8	500
		멀티필터	320					
4	동주텍스타일(주)	S/C	380	50	14.9	11.78	20	400
		S/C	400	54	18.7	11.38		
5	성진섬유가공(주)	S/C	700	자료없음			12 ~ 14	500
6	미래심지	S/C	180	68	11.1	3.1	* 60000yd	250
7	(주)에스디에프	S/C	600	34	9.4	6.87	자료없음	410
		S/C	600	33	11.3	7.07		
8	삼일니트(주)	EFC	750	46	-	7.0	-	13,000(회석액)
		S/C	350	35		8.04		
		S/C	640	35		8.61		
9	신한염직(주)	S/C	680	33	11.7	6.95	20 ~25	3000(회석액)
10	(주)효창티앤티	S/C	300, 300	66.7	2.3	11.19	8.2	1400(원액)
		S/C						
11	케이비무역(주)	S/C	300	57	11.8	4.59	2.2	650(원액)
12	(주)무아	S/C	350	신규	신규	신규	4	650(원액)
13	경원염직	S/C	200	27	7.4	4.1	데이터 없음	미량
14	(주)현대특수나염	S/C	500	28.9	1.8	1.02	8.9	5000(회석액)
		S/C	400	48.9	2.5	5.73		
		S/C	320	50	1.9	7.82		
15	창신섬유(주)	S/C	359	58	1.91	10.6	4	1500
		S/C	359	57	2.47	11.01		

표 6. 시화 영색단지 조사 요약표 (계속3)

순번	업체명	유연제 종류	LNG사용량 (m ³ /월)	세정탑 용수 (m ³ /일)	용수사용량(m ³ /일)	비고
1	흥일염공(주)	일반/실리콘/대전	35,263	30	1000	실시
2	(주)성하	실리콘/아민	28,336	30	800	실시
3	신성섬유(주) 창일텍스타일	일반/실리콘/대전	68,575	60	100	실시
4	동주텍스타일(주)	일반/실리콘/대전	94,453	50	2000	실시
5	성진섬유가공(주)	일반/실리콘/대전	39,356	30	1500	실시
6	미래심지	일반/실리콘/대전	15,000	3	200	실시
7	(주)에스디에프	일반/대전	55,000	30	1000	실시
8	삼일니트(주)	일반/실리콘/대전	140,000	90	50000	실시
9	신한염직(주)	일반/실리콘/대전	65,000	50	1600	실시
10	(주)효창티앤티	일반/대전	32,631	50	1000	실시
11	케이비무역(주)	일반/대전	11,020	4.4	-	실시
12	(주)무아	일반/대전	25,000	9	500	실시
13	경원염직	일반/대전	11,020	2	2500	실시
14	(주)현대특수나염	일반/실리콘	101,000	55	750	실시
15	창신섬유(주)	일반/실리콘/대전	31,484	30	* 2000만원/월	실시

표 6 시화 염색단지 조사 요약표 (계속4)

순번	업체명	대표자	주소	전화번호	환경담당자	핸드폰	염색방식	상세 조사 불가 사유
16	(주)에스엠실업	송재우	1바 407	499-1258	김영곤 대표	010-9594-1779	날염/탈수	텐터없음 (텐터는 케이비 무역)
17	금강섬유	남명수	1바 408	433-2742	정동찬 기관장	010-9095-0396		시흥시 공문 필요
18	신흥섬유공업사	남명수	1바 412	434-2779				대표자 사망으로 폐업, 현재 특수 도료 회사가 입주
19	(주)성창염직	남명수	1바 503	432-2900	허경만 이사	010-8889-6388		부도
20	(주)삼리염연	남명수	1바 504	432-8811	김덕순 과장	010-3459-8400	실염색	텐터없음
21	구영섬유(주)	남명수	1바 410	434-2973	이영필 대표	010-6323-5710	실염색	텐터없음
22	동일산자(주)	남명수	1바 506	432-6141	양재선 팀장	010-8892-6741	실염색	텐터없음
23	영신보고섬유(주)	남명수	1바 306	497-2123	장미수 실장	010-2432-4690	웃염색	텐터없음
24	케이피레더(주)	남명수	1바 401	499-9013	고성달 대표	011-276-6460	가죽염색	당 사업장은 최초 섬유 염색으로 인허가 되어 입주하였으나 근래 피혁 염색으로 전업하였으며 업체 비협조로 현장조사 불가
25	미광염색	남명수	1바 304	434-6611	임주택 이사	011-9700-7178	천연 염색	텐터없음

<조사 예시>

고유번호		현장조사결과보고서	
사업장 명칭		대표자	
사업장 소재지	경기도 시흥시 정왕동 시화공단	담당자	
지원일자	2017년 8월 일	시부터 시까지	
조 사 결 과			
수행범위	담당자 인터뷰 및 현장 조사		
악취/백연 발생현황 서류 조사 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 당 사업장은 2017년 2월 신규의 시설을 준공하여 가동하고 있음 - 기존 시설 철거 후 최신 시설 설치 가동 - 준공 후 도에서 측정(이직 자가 측정은 실시하지 않고 있음 - 별첨#2 조사표 참조 		
악취/백연 현장 측정/샘플링 내용	현장 사진 별첨		
<ul style="list-style-type: none"> - 작업시간 : 24시간/일, 280일/년(토,일, 공휴일 휴무) - 원단 생산량 : 4톤/일 - 공장 용수 사용량 ; 500톤/일 - 공정도 <p>원단 -- 세팅 -- 건조 -- 염색 -- 탈수 -- 건조(텐터) -- 롤링 -- 포장 -- 출하</p> <p>텐타기 주입 윤활유는 소량 사용(최신 시설)</p>			

현장조사 내용

1. 현장 사진(방문시 느낌 등, 작업장 분위기, 악취 강도 등)



업체 정문



사업장 내부



습식세정시설



세정수



세정수



배기용송풍기

최신의 설비로 습식 세정탑이 가동되고 있으며 세정수는 연속으로 공급하여 배출되고 있음

2. 현장조사 내용 및 방법

1. 공정현황

2. 악취발생원 현황

- 유연제 연간 사용량 조사
- 문진에 의한 조사 (표 1)
- 현장 조사 내용 (배기 풍량, 유입/배출 냉각수 온도/유량, 대기 배기량 및 온도)

항목	업체명	섬유 종류	염색 종류	텐터 방식	유연제 종류 및 상품명
예시	무아	화학/천연	침염/날염/사염	직화/열매체	일반/실리콘/대전
조사결과	무아	화학 혼방사, 라일론 스판	포염(원단염색)	열매체(LNG) 1,000m ³ /일	일반, 대전방지제, 정련제
항목	유연제 사용량* (kg/월)	배기량 (m ³ /min)	예상 배출농도 (mg/m ³)	텐터 유입 냉각수량/온도	텐터 배출 냉각수량/온도
예시	원액 600 ~ 700kg/월	습식 세정탑 (350m ³ /min)		m ³ /day, °C	m ³ /day, °C
조사결과	휘석하여 사용	세정수 : 9톤/일	공장 전체 용수: 500톤/일		
항목	방지시설 1 악취측정이력	방지시설 2 악취측정이력	방지시설 3 악취측정이력	백연 관찰 정도	조사당시 텐터 가동 여부
예시	스크러버, 복합악취 100배 자가측정 기록부	스크러버, 복합악취 100배	스크러버, 복합악취 100배	0~5	가/부
조사결과	없음(신규 시설 측정 예정)				

현장조사 결과를 분석한 그래프를 다음 그림에 나타내었다. 조사대상 25개사 중 조사가 가능했던 15개사만 수치로 나타내었다. 유연제의 종류는 일반/실리콘/대전 유연제를 다 사용하는 경우가 가장 많았고 동시에 2가지씩을 사용하는 경우도 있었다. 현재 시화염색단지내 텐터기 수는 2대가 가장 많은 9개사이며 1대가 5개사 4대가 1개사로 조사되었다. 텐터기의 종류는 직화가 4, 열매체가 6, 혼합이 5개사로 나타났다.

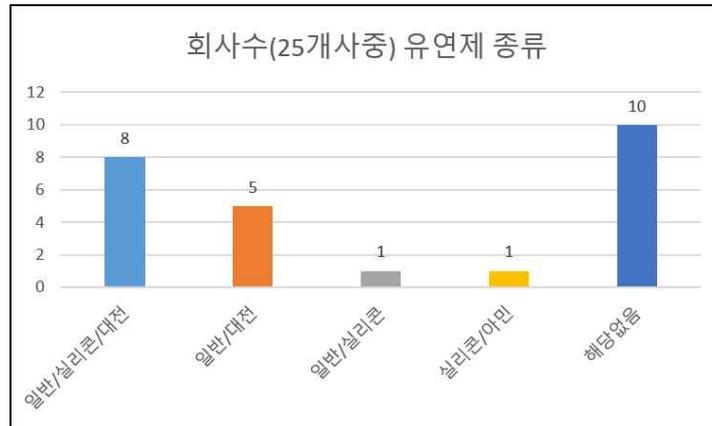


그림 14. 유연제 종류 분포

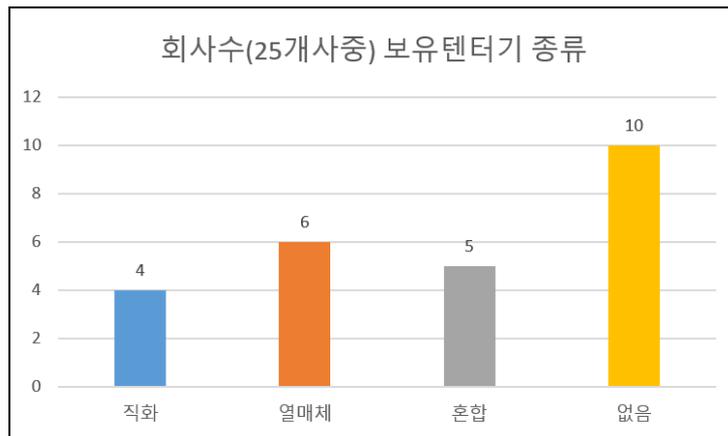


그림 15 텐터기의 종류 분포

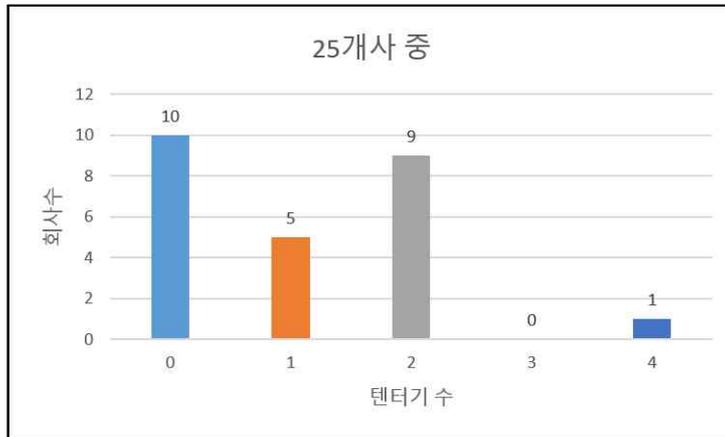


그림 16 업체별 텐터기수 분포

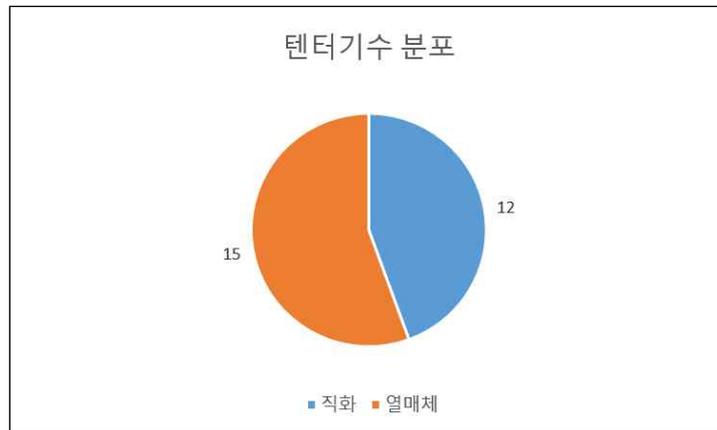


그림 17 텐터기 종류 분포

방지시설은 1~3대 사이로 조사되었다. 방지시설 배출온도는 30~50도 사이가 가장 많았으며 50도 이상으로 배출되는 경우도 7개사나 되었다.

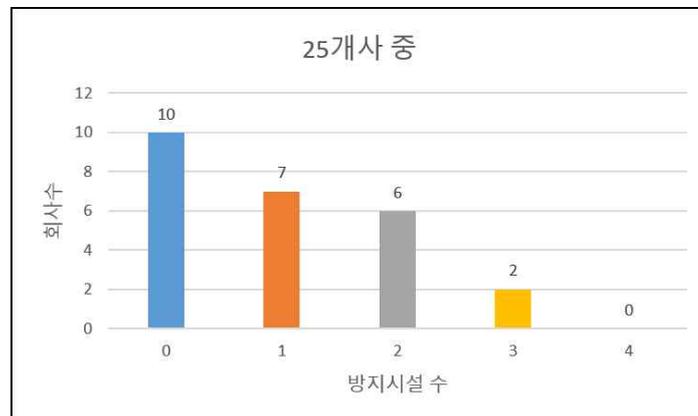


그림 18. 방지시설 수

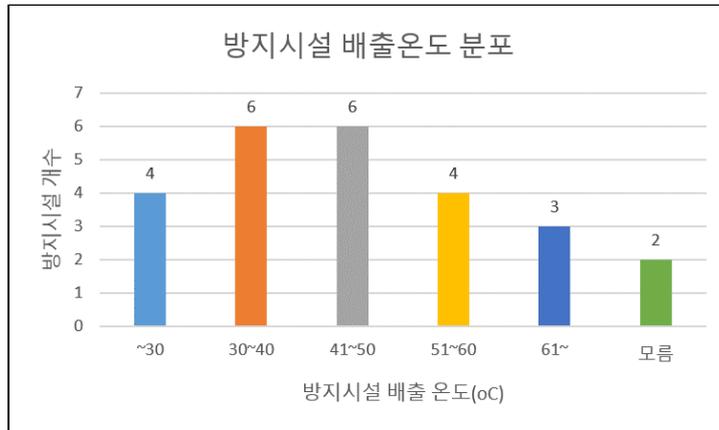


그림 19 방지시설 배출온도 분포

한편 방지시설은 대부분이 스크러버 형태이었으며 멀티필터 및 EFC가 각각 1기씩 설치되어 있다. 방지시설의 용량은 300~400 CMM 규모가 장장 많았고 500 CMM 이상도 6기가 설치되어있었다.

배출시설의 배출구 미세먼지 농도를 보면 5 mg/m^3 이하가 6개사이며 15 mg/m^3 을 초과하는 경우는 없었다.



그림 20 방지시설 종류

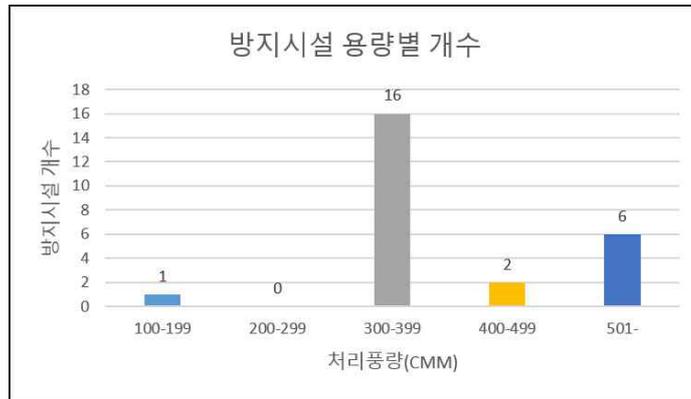


그림 21 방지시설 용량 분포

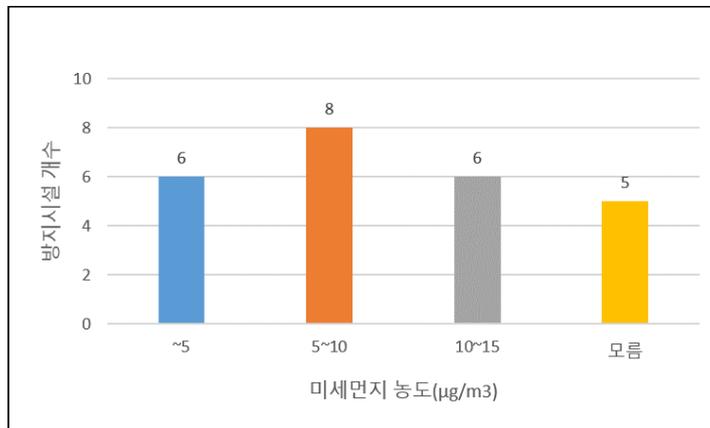


그림 22. 배출구 미세먼지 농도

2. 물질 수지 조사

물질수지의 경우 상기 조사한 전수조사 결과를 바탕으로 수집가능한 한도내에서 작성하였다. 크게 물질 수지는 전체 유연제 사용량은 조사에 의해 얻어졌고 물질수지 계산에서는 섬유내 잔류량, 세정수 배출에 의한 배출량, 대기비산량의 합으로 구성된다고 가정하였고 세정수 배출량은 일간 세정수 배출량에 COD값을 곱하고 조업일수 25일 곱하여 월간 배출량을 계산하였다. 대기 비산량은 수집된 업체별 미세먼지 농도에 풍량과 조업시간(10시간), 조업일수(25일)을 곱하여 계산하였다. 따라서 각 업체별 조업시간 및 조업일수가 이와 다를 경우 다소의 오차가 있을 수 있음을 감안해야한다. 자세한 물질수지 계산의 예시를 그림 23에 나타내었다.

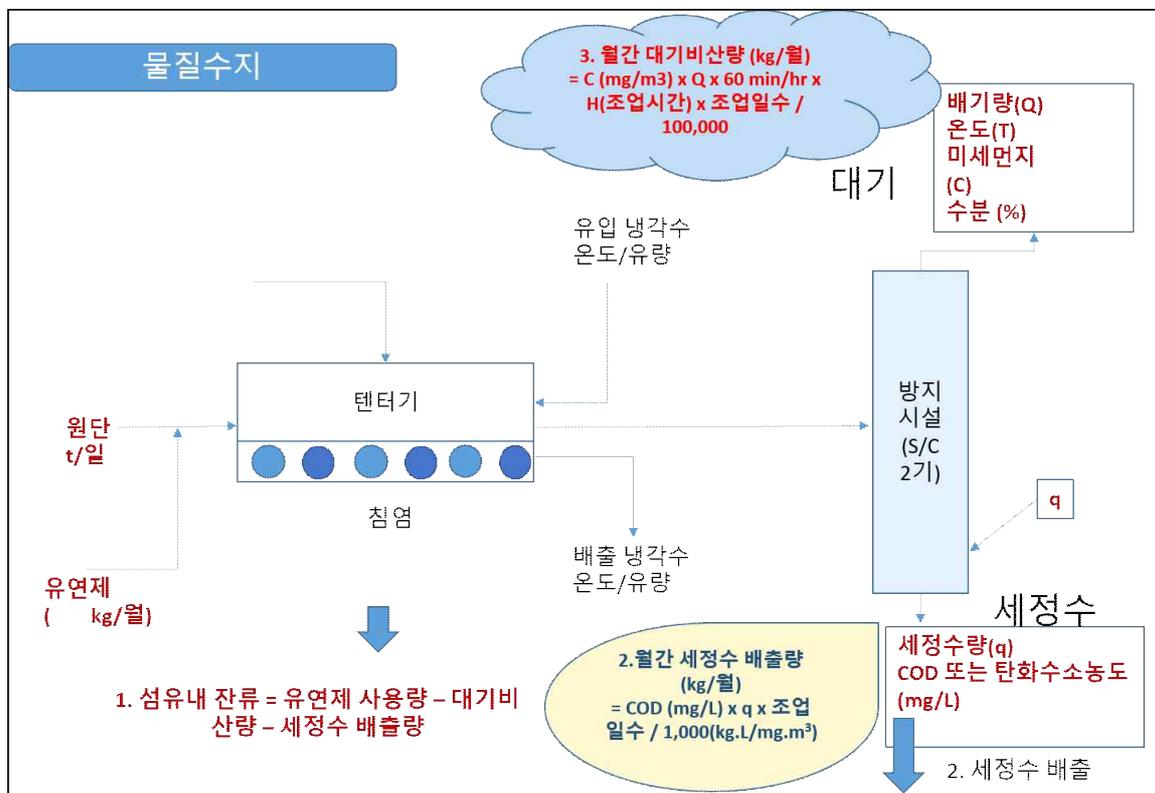


그림 23. 유연제 물질수지 개념도

이러한 계산법에 의해 세정수 수질 및 미세먼지 측정결과를 얻은 삼일니트에 대해 물질 수지를 도출하였다(그림 24).

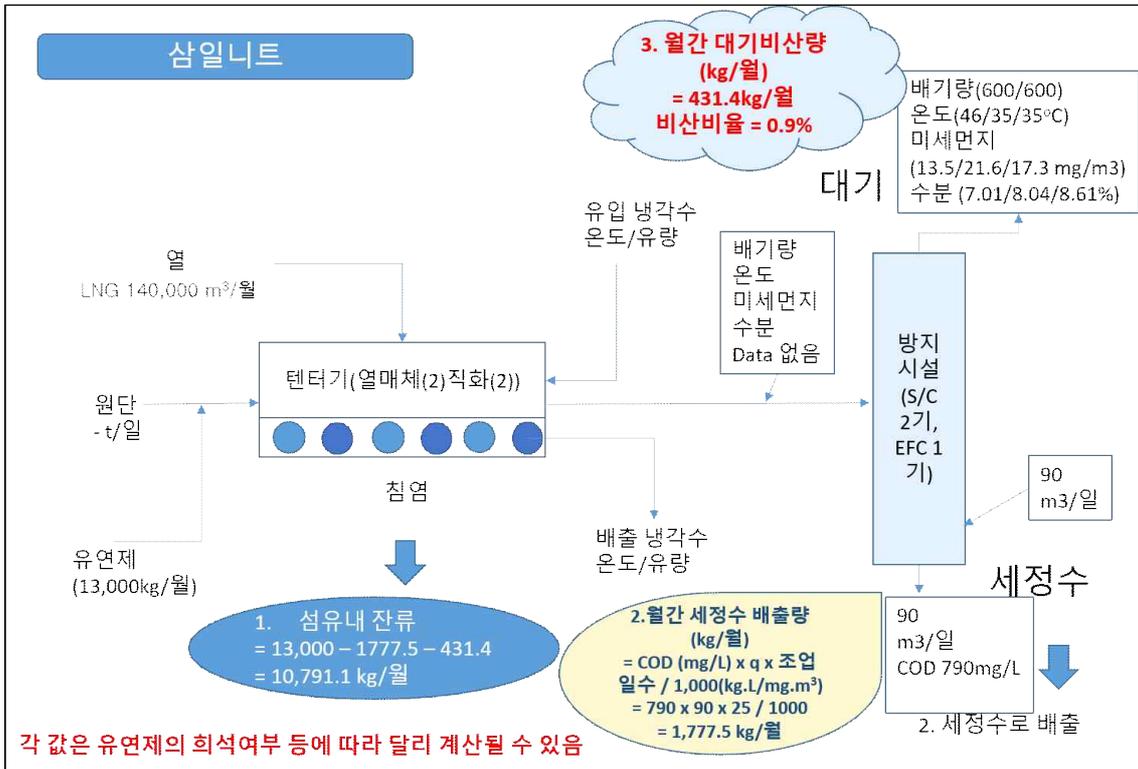


그림 24 삼일니트 유연제 물질수지

삼일니트의 경우 대기 비산량이 431.4 kg/월이며 사용하는 유연제의 양(13,000 kg/월)을 감안하면 약 0.9% 정도가 대기로 비산된다. 또한 세정수 교체량과 COD값을 감안한 세정수에 의한 유연제 배출량은 1,777.5 kg/월이며 나머지는 섬유에 잔류하거나 다른 경로(세탁 등)로 배출된다.

이와 같은 형태로 계산하여 다음과 같이 시화염색단지 조사가 가능 업체에 대해 대기 비산량을 도출하였으며 대기비산비율을 계산하여 표 7에 나타내었다. 삼일 니트외 다른 업체의 결과는 부록에 수록하였다. 대기 비산비율은 유연제의 사용량 조사시 희석액/원액 여부가 주체적이지 않은 경우가 있어서 부정확할 수 있다. 그러나 본 연구는 물질수지에 대한 기본적인 방향을 제시하고 향후 유연제 사용량 변동 및 대기방지시설 운영에 따른 미세먼지 농도 변화 등의 여건이 생기면 다시 물질 수지를 계산할 수 있는 근거를 확보한다는 목적으로 수행되었음을 밝혀둔다.

업체들의 유연제 사용량과 미세먼지 발생량 조사 data를 기반으로 두 요인들간의 상관관계를 분석하였다. 유연제 사용량이 증가함에 따라 미세먼지 발생량이 증가하는 약한 양의 상관관계를 보였다(Reg. Coefficient= 0.56). 미세먼지 농도는 방지 시설 출구에서 측정된 data 이므로 순수 발생량과의 관계로 평가하는데 무리가 있어 보이지만, 미세먼지 발생량이 많거나 적은 3개 업체를 제외하면 상관성((Reg.

Coefficient= 0.82)이 강함을 알 수 있다(그림 25.b).

한편 유연제 사용량과 미세먼지의 발생 비율은 역의 상관관계를 보였다(그림 26). 유연제 사용량이 증가할수록 미세먼지 발생 비율이 감소하고 있다. 유연제 사용량이 많은 업체는 희석된 유연제 사용량하고 있어 유연제의 농도에 대한 추가적인 정보가 필요하다.

한편, 염색방식에 따른 대기비산량과 미세먼지 농도의 차이에 대한 상관관계는 없으나, 텐더기의 열원으로 직화방식이 열매체 방식이나 두 방식의 병행 사용하는 경우보다 대기 비산량이 낮다(그림 25a, 그림 26).

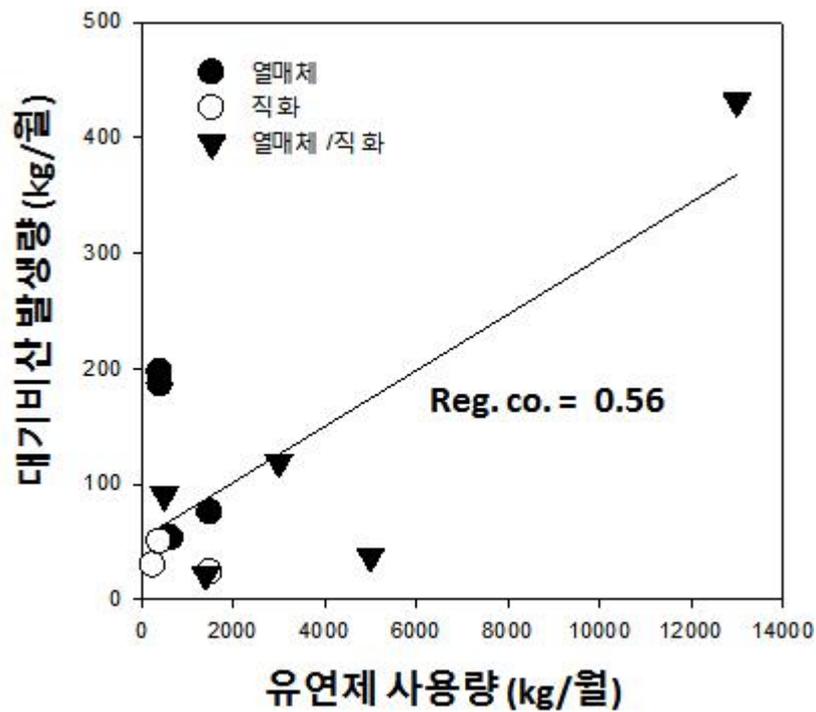


그림 25(a) 유연제 사용량과 대기비산 발생량의 상관관계.

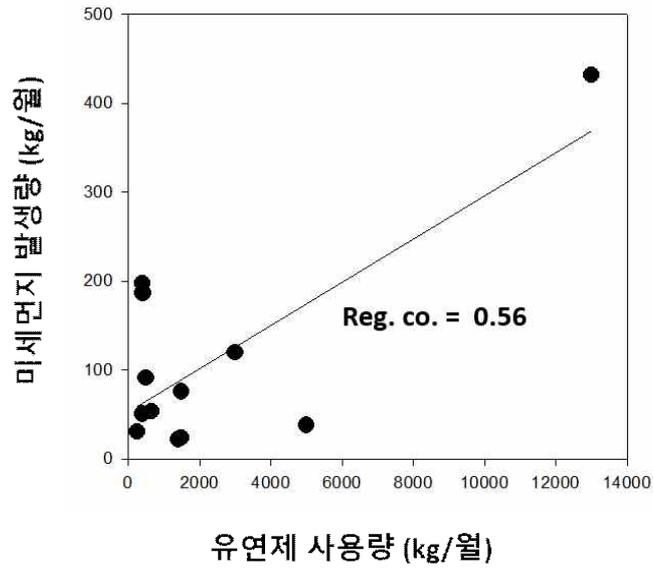


그림 25(b) 유연제 사용량과 미세먼지 발생량의 상관관계

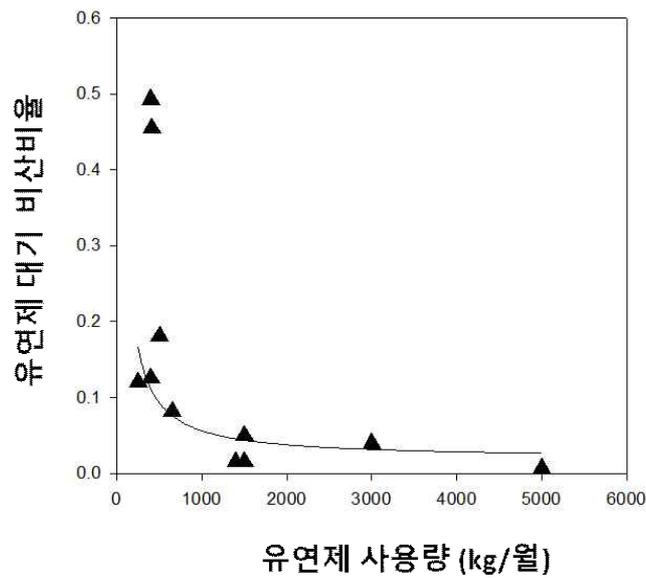


그림 26 유연제 사용량과 유연제 대기 비산비율의 상관관계

표 7. 업체별 미세먼지 발생량 및 대기 비산비율

업체명	방지시설 종류	용량(CMM)	미세먼지 (mg/Sm3)	유연제사용량 (kg/월)	월간 미세먼지 발생량 (kg/월)	유연제 사용량 대비 대기 비산비율
흥일염공(주)	S/C	320	7.1	1500	75.4	5.0%
	S/C	320	8.6			
(주)성하	S/C	350	9.6	400	50.4	12.6%
신성섬유(주)	S/C	350	9.0	500	90.5	22.6%
창일텍스타일	멀티필터	320	9.0			
동주텍스타일(주)	S/C	380	14.9	400	197.1	49.3%
	S/C	400	18.7			
성진섬유가공(주)	S/C	700	13		136.5	자료없음
미래심지	S/C	180	11.1	250	30.0	12.0%
(주)에스디에프	S/C	600	9.4	410	186.3	45.4%
	S/C	600	11.3			
삼일니트(주)	EFC	750	13.5	13000(희석액)	431.4	0.92%
	S/C	350	21.6			
	S/C	640	17.3			
신한염직(주)	S/C	680	11.7	3000(희석액)	119.3	4.0%
(주)효창티앤티	S/C	300	2.5	1400(원액)	21.6	1.5%
	S/C	300	2.3			
케이비무역(주)	S/C	300	11.8	650(원액)	53.1	8.2%
(주)무아	S/C	350	신규	650(원액)	신규	자료없음
경원염직	S/C	200	7.4	미량	22.2	자료없음
(주)현대특수나염	S/C	500	1.8	5000(희석액)	37.6	0.8%
	S/C	400	2.5			
	S/C	320	1.9			
창신섬유(주)	S/C	359	1.91	1500	23.6	1.6%
	S/C	359	2.47			

3. 백연방지시설의 정량적 성능/효율 분석방법 도출

3.1 현 상황

현재 백연의 경우 대기중 탄화수소를 n-hexane 흡수병을 통과시켜 포집된 탄화수소를 측정하는 방법이 있다. 그러나 헥산 추출법은 그 포집효율이 낮고 백연과의 연관성을 입증하기 쉽지 않다는 점에서 정확한 값을 기대하기 어렵다. 다른 방법으로는 디지털카메라 촬영에 의한 백연 불투명도 평가에 의해 진행되고 있다. 이 방법도 평가자에 따라 상당히 주관적일 수 있고 날씨가 흐린 경우나 하루 또는 연중에도 배경휘도가 변하므로 그 정확성을 담보하기 어렵다는 것이 현재까지 섬유 텀터유래 백연의 정량적 측정에 있어서의 문제점이라 하겠다.

3.2 광산란법 (Light Scattering Method)

본 연구에서는 이렇게 부정확성을 내포하는 기존 측정법을 개선하고자 광산란법을 도입하고 이에 의한 결과를 통해 정량적 백연 분석방법을 수립하고자 하였다. 일반적으로 대기중에 부유하고 있는 입자상물질에 빛을 조사하면 입자상 물질에 의하여 빛이 산란하게 된다. 물리적 성질이 동일한 입자상물질에 빛을 조사하면 산란광의 양은 질량농도에 비례하게 된다. 이러한 원리를 이용하여 산란광의 양을 측정하고 그 값으로부터 입자상 물질의 농도를 구하는 방법이다. 고정식 장비는 레이저 조사부(Laser)와 감지부(detector)를 연돌 통과부의 대치점에 두고 측정한다. 그러나 그 직경이 각기 다르고 연돌에 대척점 시료채취구가 있는 경우가 많지 않으며 점착성 입자의 경우 광원과 감지부가 오염되는 문제점을 가지고 있다. 따라서 최근에는 펌프에 의해 공기를 유입시키고 정해진 유로에서 광원과 감지기에 의해 광산란을 측정하는 기기도 도입되었으나 이 또한 시료공기에 직접 노출되어 오염된다는 문제점이 여전히 존재한다. 그림 27은 일반적인 휴대 가능한 미세먼지 측정기기이다.



그림 27. 포터블측정기 (ISR-5000-1), Sensoronic

이 장치의 포집 유량은 2.83 L/min이며 측정범위는 다음과 같다.

PM_{2.5} : 0 ~ 600 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 오차 $\pm 5\%$

PM₁₀ : 0 ~ 800 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 오차 $\pm 5\%$

다음 그림에 나타낸 바와 같이 이 장치는 약 $800(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ 이상에서는 농도 증가에도 불구하고 감지가 어려운 한계가 있어서 일반적인 대기 중의 미세먼지 측정에는 적합할지 몰라도 섬유텐터와 같이 고농도 백연이 발생하는 경우는 적용하기 어렵다는 결론을 얻을 수 있다.

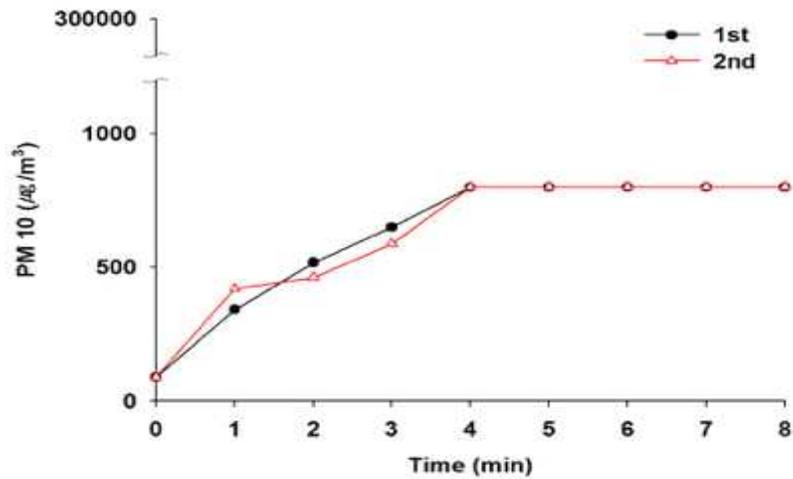


그림 28 포터블 장치(ISR-5000-1)에 의한 측정예

이러한 문제점을 극복하기 위해 오염을 최소화 할 수 있고 그 측정범위를 충분히 확보할 수 있는 새로운 분석기기를 모색하였다. 그 결과 TSI사의 DustTraK(II)를 선정할 수 있었다. DustTraK(II)는 펌프에 의해 포집된 샘플 기체가 들러오면 기체 흐름과 분리된 light trap을 설치함으로써 오염을 방지하여 고농도 입자를 측정하기 적합한 방식이다. 그림 29는 장치의 사진과 그 원리를 설명하는 도식도이다. DustTraK(II)는 Impactor kit를 통과시킴으로써 입자크기도 분류할 수 있다는 점이다.



그림 29 DustTraK(II)

이 장치의 포집 유량은 3.0 L/min이며 측정범위는 다음과 같다.

PM_{2.5} : 0 ~ 400,000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 오차 $\pm 0.1\%$

PM₁₀ : 0 ~ 400,000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 오차 $\pm 0.1\%$

부가 변동이 많은 경우에도 안정적으로 고농도까지 측정 가능하다.

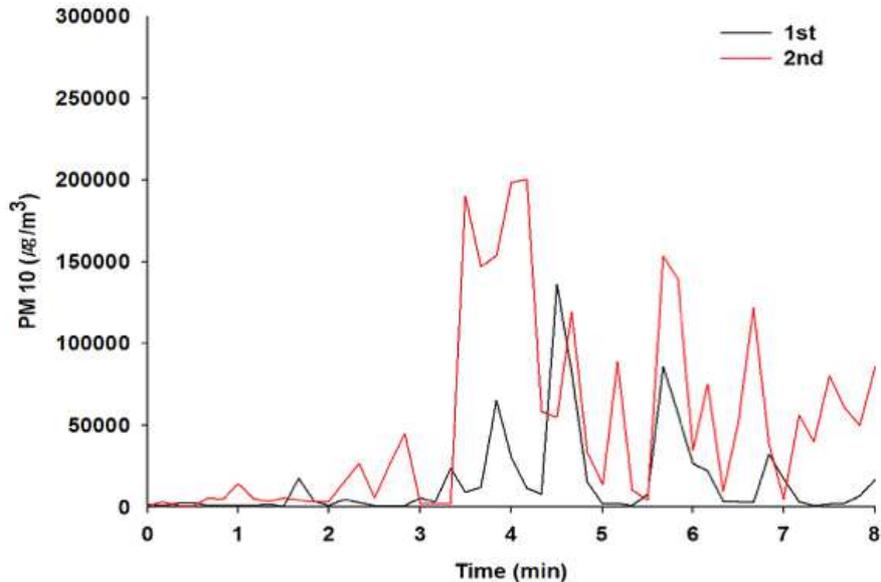


그림 30 DustTrak(II)에 의한 입자연속 측정 결과 : 세종대
송지현

3.3 연구결과

위에서 선정된 DustTrak 기기를 가지고 삼일니트의 텐터공정의 백연저감장치에 대한 분석을 수행하였다. 본 분석에서는 전기집진장치(EFC) 1기와 일반스크러버 1기에 대한 비교 연구가 수행되었다. 분석항목은 다음과 같다.

- 기체 : 온도, 습도, 미세먼지, GC/MS에 의한 물질분석, 유량, 광산란법
- 수조 : 온도, pH, SS, COD, Hexane 추출 후 분석

먼저 EFC의 경우 유입되는 유입구A/B가 있었으며 수분을 공급하는 전단S/C, 그리고 본체인 EFC를 포함하여 4군데에서 광산란을 측정하였다. 이를 사진에 숫자로 표기하였다.

표 8. 현장 시료 채취 장소 요약

시료 번호	장소	대기	수질	비고
1	EFC 유입부 좌측	광산란, GC/MS, 복합악취		측정구가 좁음
2	EFC 유입부 우측	광산란, GC/MS, 복합악취		측정구가 좁음
3	EFC 전단 S/C	광산란	SS, THC, COD, pH, T	
4	EFC 배출구	광산란, GC/MS, 복합악취, 미세먼지, 온도, 습도		
5	일반 S/C 입구	광산란, GC/MS, 복합악취		측정구가 좁음
6	일반 S/C 출구	광산란, GC/MS, 복합악취, 미세먼지, 온도, 습도	SS, THC, COD, pH, T	



그림 31. EFC장치 광산란 및 시료채취 장소, 1: 유입부 좌측, 2: 유입부 우측, 3: 전단S/C 배출부, 4: EFC 출구>



그림 32. 일반 S/C 광산란 및 시료채취 장소, 5: 유입부 4: S/C출구

3.3.1. 광산란 측정

광산란 측정결과는 다음과 같다. 1번 시료에 대해

Instrument Name	DustTrak II
Model Number	8530
Serial Number	8530172616
Firmware Version	3.5
Calibration Date	06/28/2017
Test Name	MANUAL_006
Test Start Time	12:13:11 PM
Test Start Date	08/18/2017
Test Length [D:H:M]	0:00:02
Test Interval [M:S]	0:30
Mass Average [mg/m3]	400
Mass Minimum [mg/m3]	400
Mass Maximum [mg/m3]	400
Mass TWA [mg/m3]	0
Photometric User Cal	0.38
Flow User Cal	0
Errors	Max Concentration
Number of Samples	4

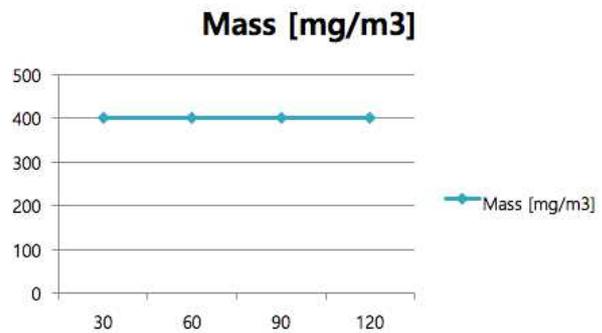


그림 33. 1번 시료(유입구 좌측)에서의 광산란 측정치

2번 시료에 대해서는 다음과 같은 결과를 얻었다.

Instrument Name	DustTrak II
Model Number	8530
Serial Number	8530172616
Firmware Version	3.5
Calibration Date	06/28/2017
Test Name	MANUAL_012
Test Start Time	1:28:05 PM
Test Start Date	08/18/2017
Test Length [D:H:M]	0:00:10
Test Interval [M:S]	0:30
Mass Average [mg/m ³]	129
Mass Minimum [mg/m ³]	120
Mass Maximum [mg/m ³]	139
Mass TWA [mg/m ³]	0
Photometric User Cal	0.38
Flow User Cal	0
Errors	
Number of Samples	20

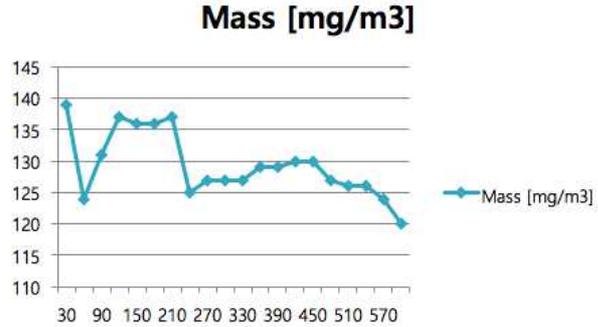


그림 34. 시료 2(유입구 우측)에서의 광산란 측정치

따라서 EFC 유입은 1/2은 상한치인 약 400 mg/m³ 이상의 고농도가 유입되고 1/2은 평균농도 129 mg/m³이 유입되는 것을 알 수 있었다.

유입된 텐터 배기가 EFC 전단의 S/C를 통과한 후인 “시료 3”에서는 결과에서 보듯이 400 mg/m³ 이상의 고농도 백연이 발생함으로써 결과적으로 1) S/C가 백연 저감효과가 없거나 2)유입 좌측(1번시료)의 값이 400 mg/m³을 훨씬 초과하여 제거 효율 측정이 불가능한 경우로 판단된다.

Instrument Name	DustTrak II
Model Number	8530
Serial Number	8530172616
Firmware Version	3.5
Calibration Date	06/28/2017
Test Name	MANUAL_009
Test Start Time	12:45:47 PM
Test Start Date	08/18/2017
Test Length [D:H:M]	0:00:02
Test Interval [M:S]	0:30
Mass Average [mg/m ³]	400
Mass Minimum [mg/m ³]	400
Mass Maximum [mg/m ³]	400
Mass TWA [mg/m ³]	0
Photometric User Cal	0.38
Flow User Cal	0
Errors	Max Concentration
Number of Samples	4

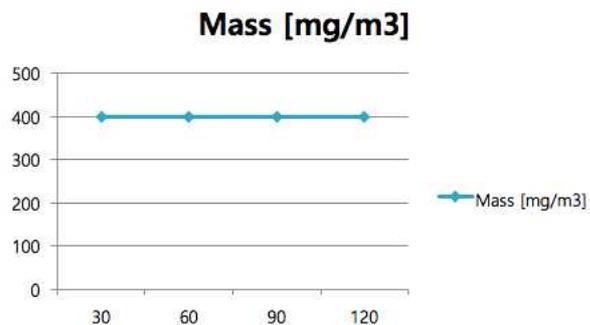


그림 35. 3번 시료(EFC 전단 S/C)에서의 광산란 측정치

EFC를 통과하여 처리된 이후인 4번 시료에서는 평균 33 mg/m³이 측정되어 EFC 자체는 광산란법상으로는 약 91.7%의 제거효율(400 mg/m³ → 33 mg/m³)을 보였다.(입구농도가 400 mg/m³ 이상일 확률이 있으므로 그 이상으로 추정할 수도 있으나 여기서는 단순히 최대치 대비로 계산함)

Instrument Name	DustTrak II
Model Number	8530
Serial Number	8530172616
Firmware Version	3.5
Calibration Date	06/28/2017
Test Name	MANUAL_005
Test Start Time	11:51:02 AM
Test Start Date	08/18/2017
Test Length [D:H:M]	0:00:10
Test Interval [M:S]	0:30
Mass Average [mg/m3]	33.7
Mass Minimum [mg/m3]	30.6
Mass Maximum [mg/m3]	58.4
Mass TWA [mg/m3]	0
Photometric User Cal	0.38
Flow User Cal	0
Errors	
Number of Samples	20

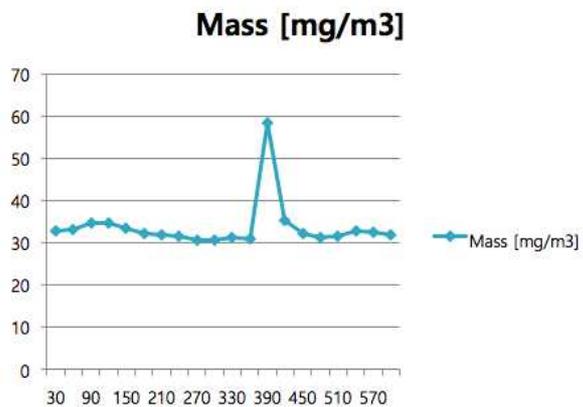


그림 36. 4번 시료(EFC 배출구)에서의 광산란 측정치

일반 S/C에서는 유입구에서는 평균 182 mg/m³이 측정되었고 배출구에서는 평균 151 mg/m³이 측정되어 약 17%의 제거효율을 나타내었다.

이를 요약하면 다음과 같다.

표 9. 현장 시료의 광산란 분석결과 요약

시료 번호	장소	광산란 측정 PM10 (mg/m3)	효율(%)
1	EFC 유입부 좌측	400	
2	EFC 유입부 우측	129	
3	EFC 전단 S/C	400	91.7
4	EFC 배출구	33	
5	일반 S/C 입구	182	17.0
6	일반 S/C 출구	151	

광산란법은 단지 오일미스트뿐만 아니라 수증기 역시 감지되므로 정확한 오일미스트의 농도를 추정하는 데는 어려움이 있으나 실제적인 백연의 시각적 정도를 반영하

는데는 오히려 더 적절하다고 사료된다. 이상의 결과로부터 광산란법에 의한 섬유 텐터 백연 측정은 충분히 타당성이 있는 것으로 사료되는 바 추후 정밀한 검증을 거쳐 시화/반월 염색단지 백연 측정방법의 하나로 가능성을 확인할 수 있었다.

3.3.2 미세먼지 분석

외부의뢰에 의한 질량법미세먼지 측정결과를 보면 EFC 입구에서 21.6 mg/m³, 출구에서는 13.5 mg/m³로 나타났다. 스크러버의 경우 입구는 측정구 미비로 측정이 어려웠고 배출구에서는 17.3 mg/m³의 미세먼지가 검출되었다.

질량법 (mg/m³)

- EFC : 입구 21.6 -> 배출구 13.5
- S/C : 입구 ? -> 배출구 17.3

분석 : 케이비엔텍(주)

3.3.3. 복합악취 분석

복합악취의 경우 EFC 유입 A와 유입B에서 각각 300배와 208배로 복합악취가 측정되었으며 EFC배출구에서는 144배로 측정되어 약 50% 저감 효과가 있었다. 일반 스크러버의 경우에는 유입은 EFC 유입과 유사한 300배이었으나 배출구에서는 오히려 증가한 1000배로 분석되어 효율에 문제가 있음을 알 수 있었다.

EFC

- 유입 A (400 CMM) : 300 배
- 유입 B (350 CMM) : 208 배
- EFC 배출구 144

S/C

- S/C : 입구 300 -> 배출구 1000

분석 : 성균관대학교

3.3.4. GC/MS 분석

GC/MS 분석은 일단 정성적으로 어떤 물질이 텐터공정에서 주로 발생하는지와 방지시설을 거치면 그 분포가 어떻게 변하는지를 알아보기 위해 수행되었다. 각 물질의 개별 표준검량선이 없으므로 일단 피크의 면적이 큰 것을 주요 물질로 판단하였다.

a. EFC 유입

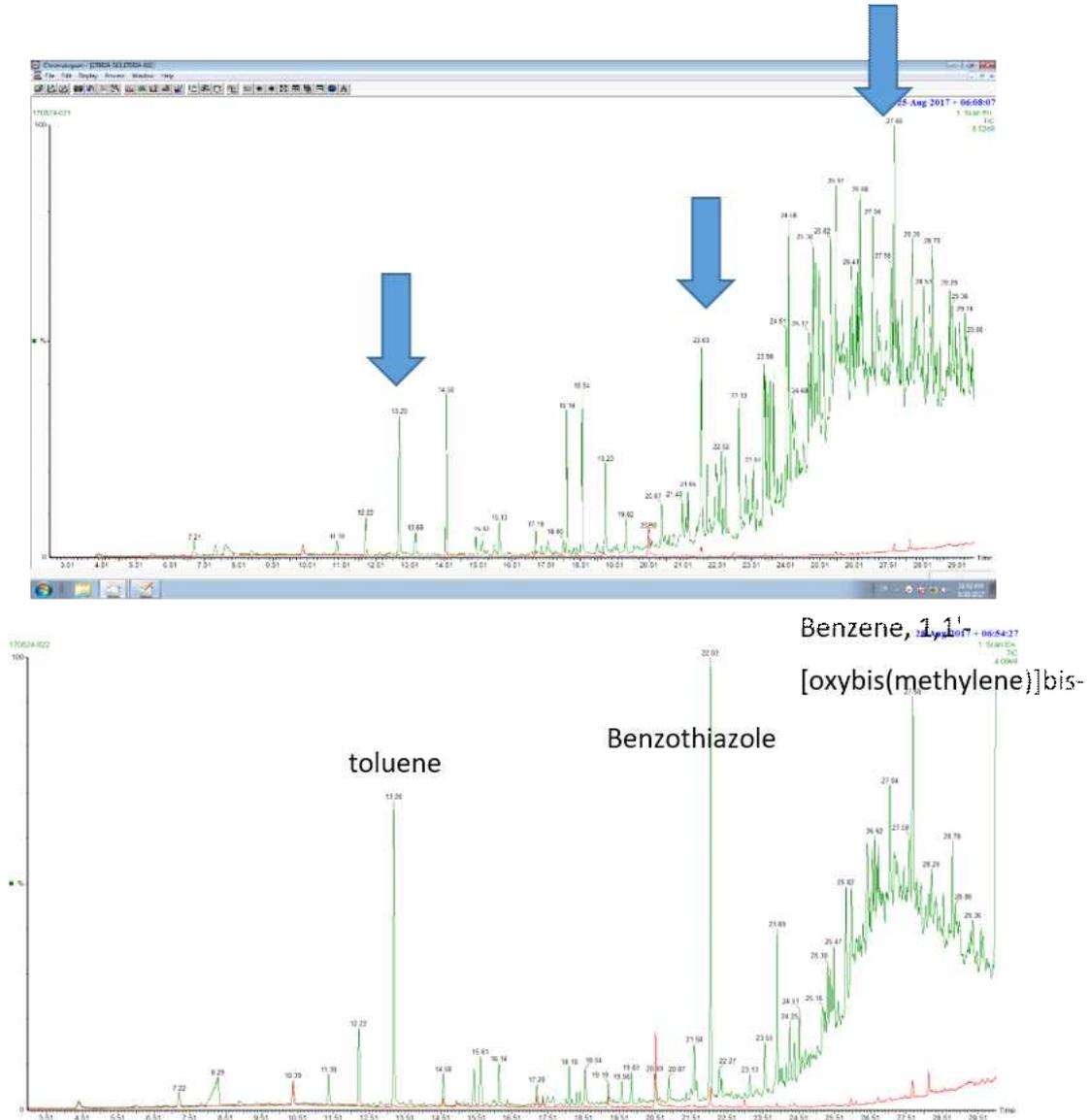


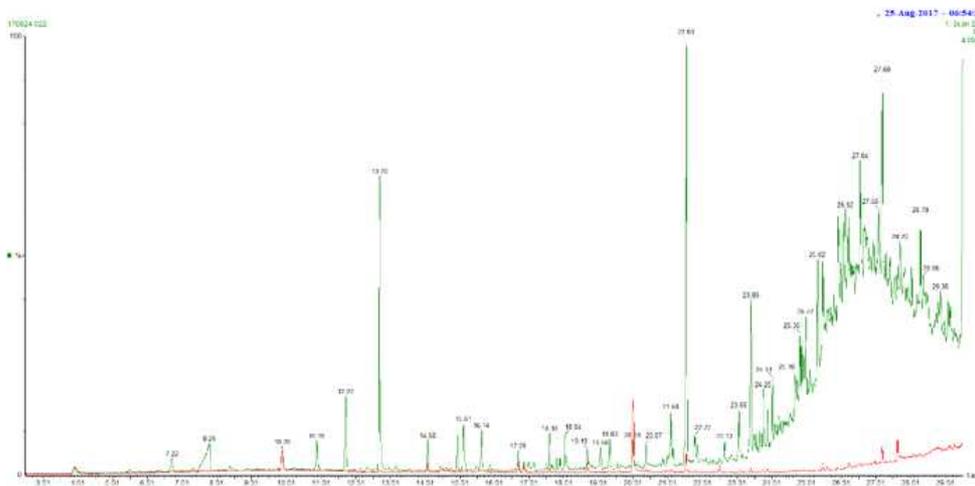
그림 37. EFC 유입부 시료의 GC/MS 분석결과 그래프

주요 약취물질로 분석된 것은 toluene, Benzothiazole, 1,1'-[oxybis(methylene)]bis- Benzene이며 그래프에 화살표로 표시하였다. 그밖에도 2-butoxy ethanol, Benzaldehyde 그리고 그밖에 hexadecane, heptadecane, nonadecane, octadecane 등의 hydrocarbon류 피크가 많이 검출되었다.

b. EFC 입출구

다음 그림에 결과를 보면 유입에 비해 전처리 스크러버 및 EFC에서 Toluene 및 1,1'-[oxybis(methylene)]bis- Benzene, Benzothiazole이 크게 감소했음을 알 수 있다. 다만 유입에 없던 5-Chloro-3-(p-ethylphernyl)-2- nitrothiophene이나 octamethyl- Cyclotetrasiloxane이 배출구에서 나타났는데 분석상 컬럼에서 발생하는 물질로 유추되며 실제로는 유효한 악취물질로는 판단하지 않았다.

input



Benzene, 1,1'-
[oxybis(methylene)]bis-

output

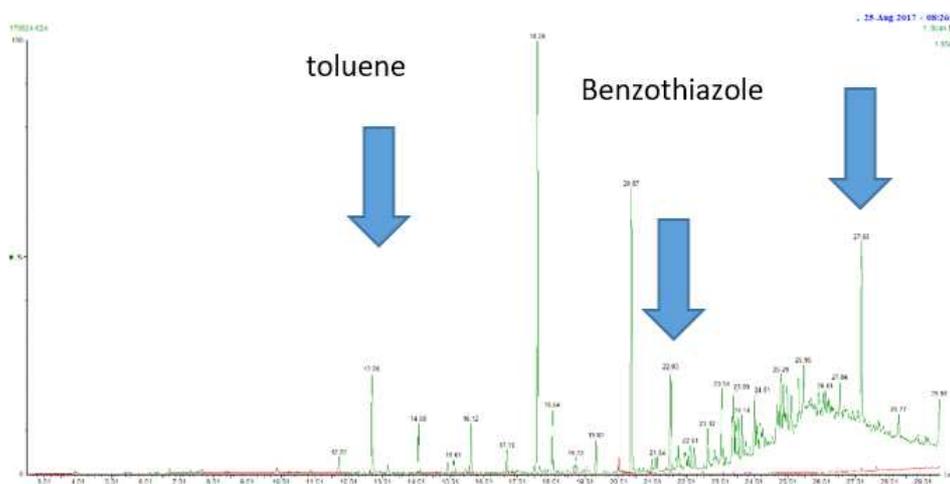


그림 38. EFC 입출구 시료의 GC/MS 분석결과 그래프

c. 일반 스크러버 입출구

입출구 분석결과 주요물질 구성은 비슷하나 output peak가 더 크다는 것을 알 수 있다. 복합약취 역시 배출구가 높은 것으로 나타나 이러한 분석 결과를 뒷받침해준다.

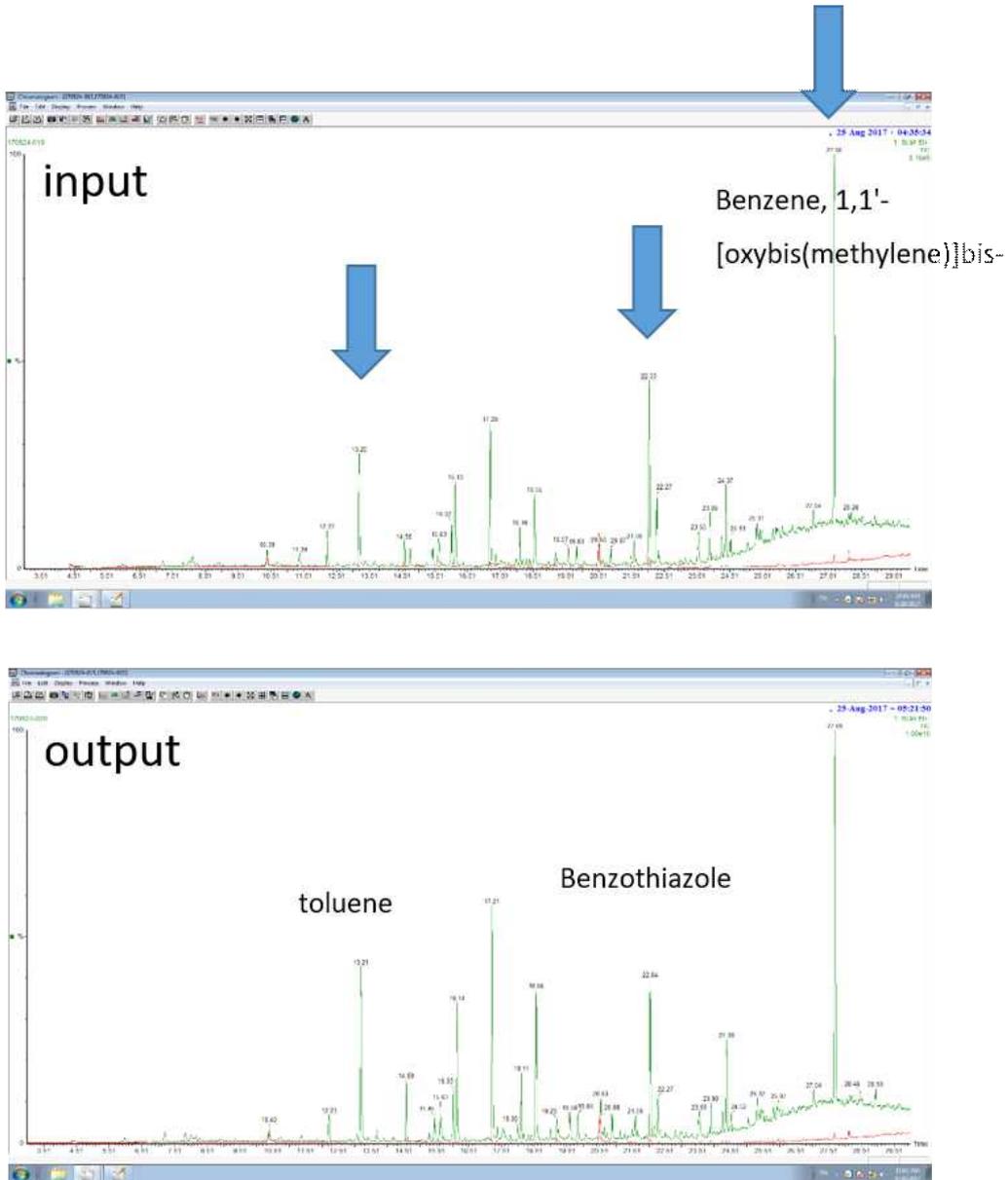


그림 39. 일반 스크러버 입출구 시료의 GC/MS 분석결과 그래프

전반적으로 광산란 및 복합약취, GC/MS 분석결과를 보때 EFC가 일반 스크러버에 비해 제거효율이 우수함을 알 수 있었다.

3.3.4. 세정수 수질 분석

세정수의 수질을 분석한 결과를 다음 표에 나타내었다. 분석결과 COD는 EFC와 S/C에서 각각 795.9, 612.2mg/L로 유사한 결과를 보였는데 SS의 경우에는 EFC쪽이 훨씬 높은 230mg/L의 결과를 나타내었다. EFC가 오일미스트를 많이 제거하므로 수조내 수질이 COD/SS가 높아지는 것으로 사료됨.

다만, EFC의 수조 수질이 더 좋지않음에도 불구하고 유입 및 배출 악취가 낮게 나타난 것은 순환수 수질보다는 배출가스내의 오일미스트가 악취기여에 더 큰 영향을 미치기 때문으로 판단된다.

표 10. 세정수 분석결과

시험항목	단위	분석결과		분석방법
		EFC	S/C	
pH	Mg/L	8.35	3.67	전극법
Temp	oC	50	47	온도계
COD	mg/L	795.9	612.2	과망간산칼륨법
SS	mg/L	230.0	2.0	유리섬유여과기
N-H	mg/L	불검출	불검출	무게분석

제 5 장 결론

제 5 장. 결 론

1. 방지시설의 악취제거 및 비산먼지 제거능을 측정할 수 있는 방법으로 광산란법의 적용이 가능하였다. 광산란법은 측정의 시급성과 명확성면에서 방지시설의 성능을 현장에서 활용할 수 있는 유용한 도구중 하나이다. 이러한 접근은 실제로 느끼는 시각공해 측면의 백연 제거성능 도출에 질량법보다 더 직관적으로 정량화가 가능하다는 점에서 의미를 가진다고 볼 수 있다. 다만, 텐더공정의 배출가스 중 수분 함유량이 높아 오류 발생 가능성이 있으므로 질량법과의 상관성에 대한 규명이 필요하다.
2. 시흥/안산스마트허브 섬유산업 텐더공정 백연/악취 물질 발생 특성: 염색방식에 따른 대기비산량과 미세먼지 농도의 차이에 대한 상관관계는 없으나, 텐더기의 열원으로 직화방식이 열매체 방식이나 두 방식의 병행사용하는 경우보다 대기비산량이 낮다.
3. 유연제 사용량과 백연/악취 발생량의 상호관계 조사 : 유연제 사용량이 증가함에 따라 미세먼지 발생량이 증가하였고, 유연제 사용량과 미세먼지의 발생 비율은 역의 상관관계를 보였다.
4. 배출가스의 주요 악취 구성물질: 텐더공정에서 배출되는 주요 악취 및 VOCs 물질은 Toluene, Benzothiazole, 1,1'-[oxybis(methylene)]bis-Benzen 이며, 2-butoxy ethanol, Benzaldehyde, hexadecane, heptadecane, nonadecane, octadecane 등의 hydrocarbon류 등 다양한 물질들이 미량 검출된다.
5. 현재 운전중인 습식전기집진 방식의 파일럿 저감장치 입출구의 백연 제거효율: 파일럿 방지시설치의 성능은 텐더공정 발생 미세먼지의 제거율이 스크러버가 17% 이고 EFC 가 92%로 일반 스크러버 보다 EFC가 효과적이다. EFC가 텐더 공정의 주요 발생 물질인 Toluene 및 1,1'-[oxybis(methylene)]bis- Benzene, Benzothiazole 등의 제거에도 효과적이다.

제 6 장 기대성과 및 활용방안

1. 기대성과	15
2. 활용방안	15

6장 기대성과 및 활용방안

1. 기대성과

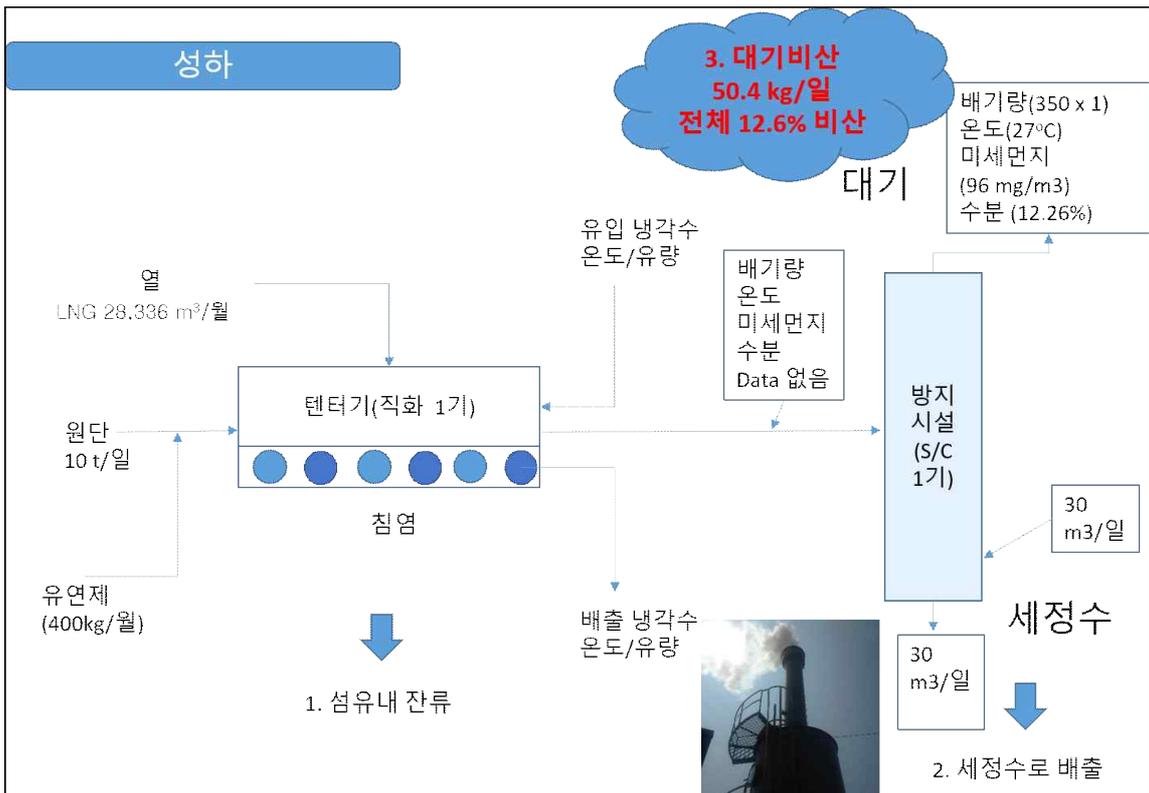
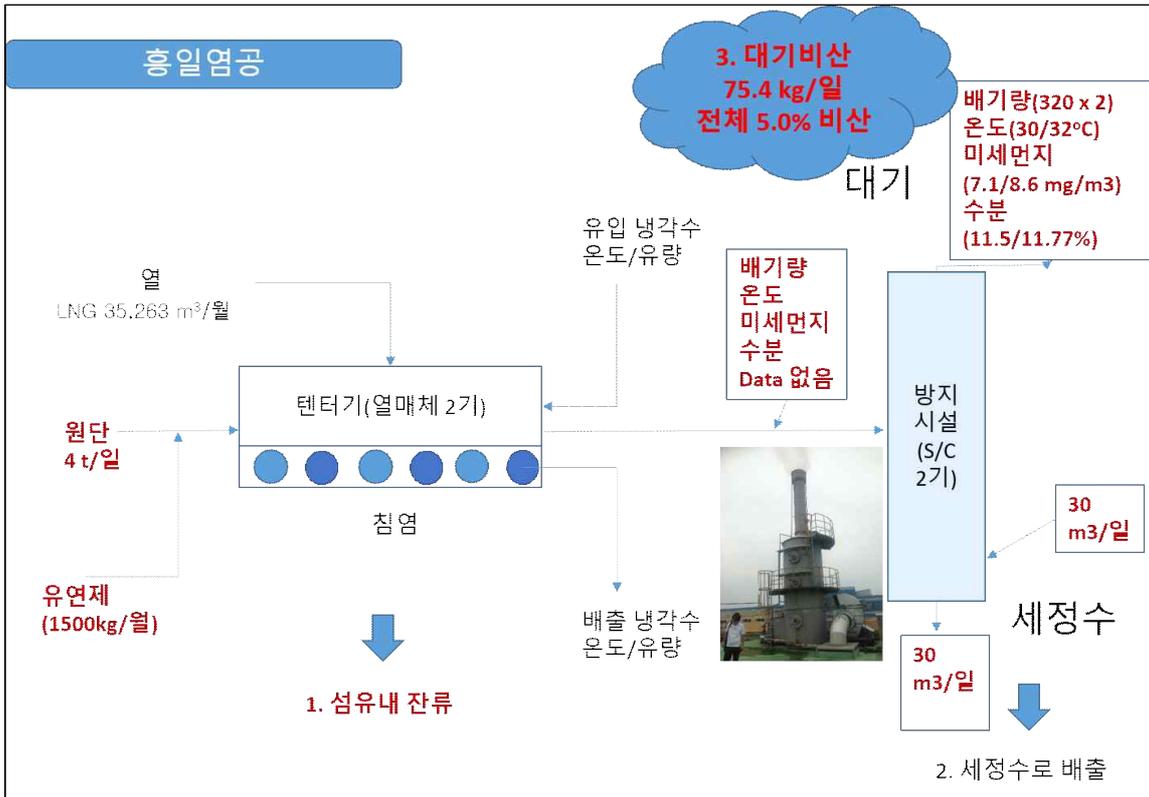
- 백연/악취 저감효과의 정량화에 의한 대기개선 효과의 명확한 가시화
- 섬유 텐터공정의 공정종류(직접/열매체) 및 유연제의 종류 또는 사용량에 따른 백연/악취 발생량에 대한 근본적인 자료 구축으로 지역내 발생량에 대한 이해도 증진
- 기존 파일럿 저감시설의 운전자료의 구체화

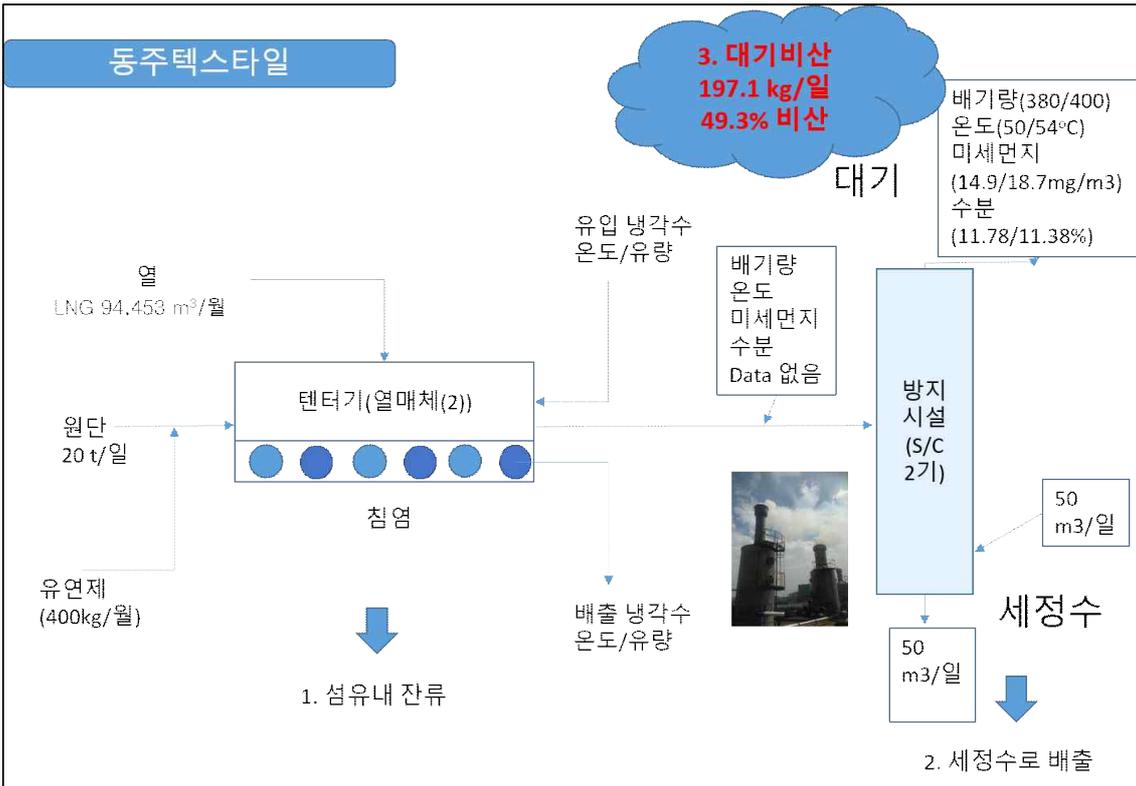
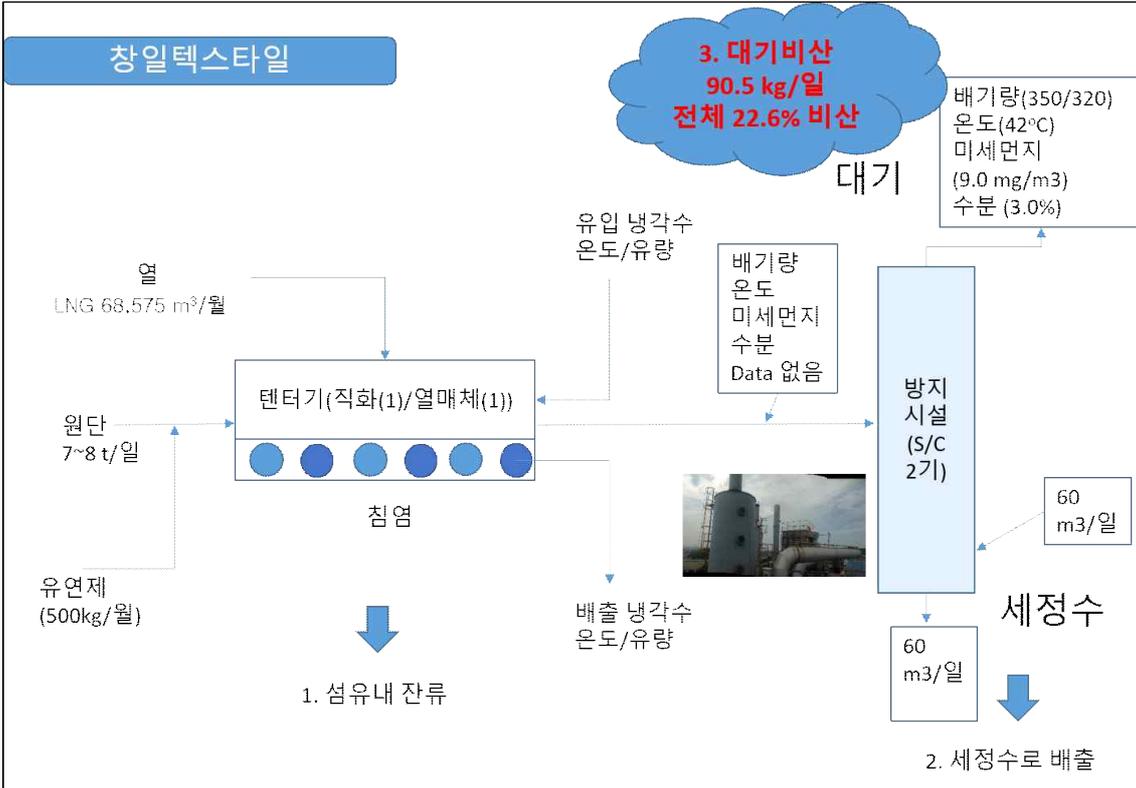
2. 활용방안

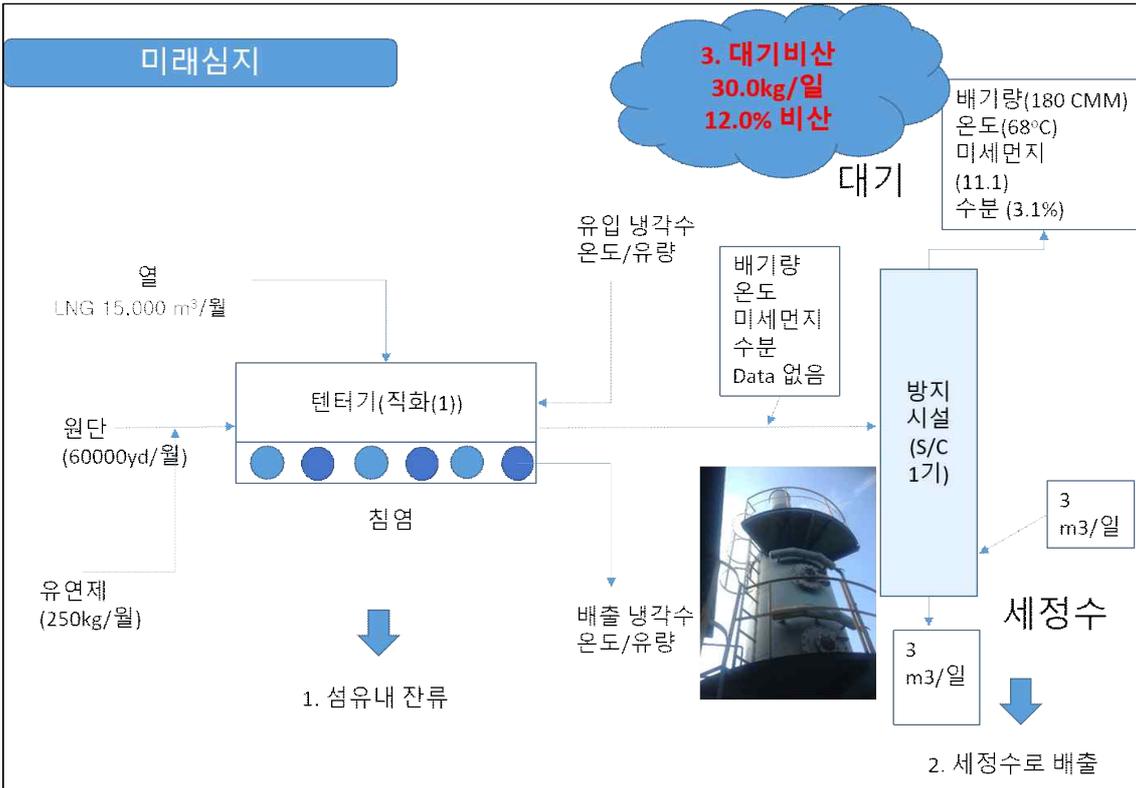
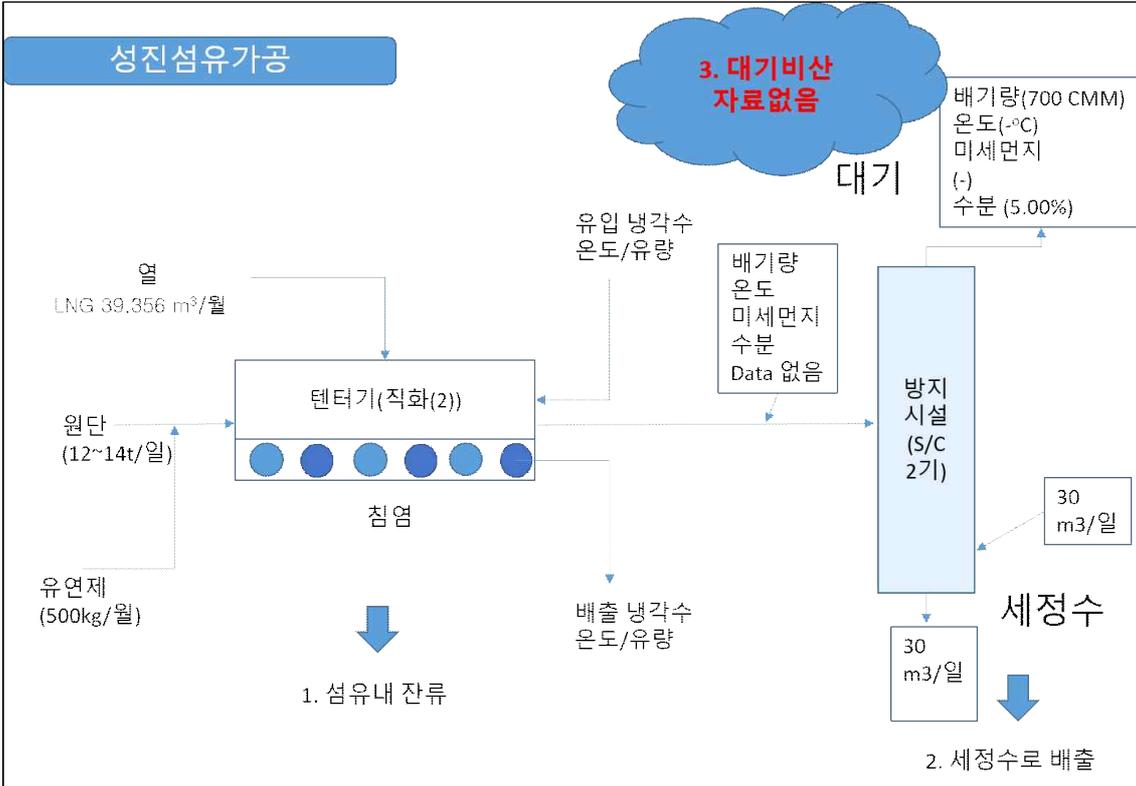
- 섬유 텐터공정에서 발생하는 백연/악취의 발생기작 및 물질수지를 이해함으로써 향후 효과적인 방지방안 수립의 기초적인 과학적 자료 구축 (자자체, 환경부)
- 방지기술의 정량적 효율 분석 방법 확보(지역 백연/악취 저감효율 관리지침에 반영)(지자체)
- 학회 논문 및 구두 발표(각 1건)

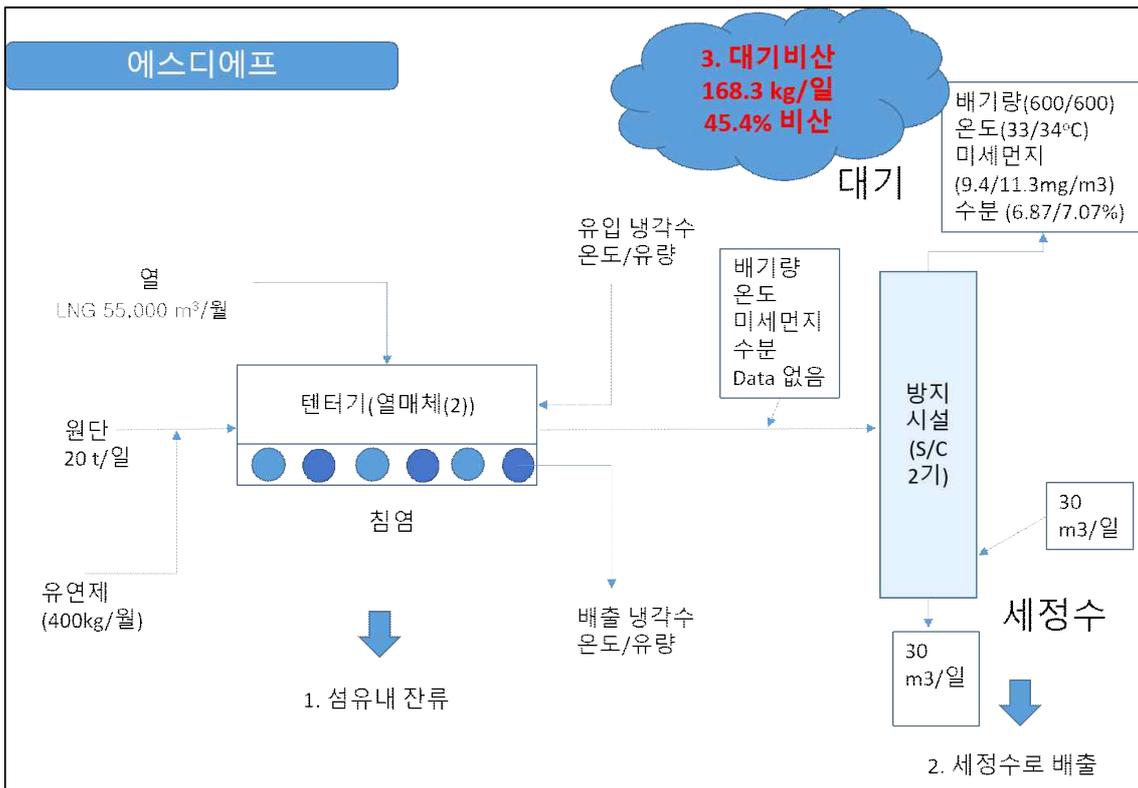
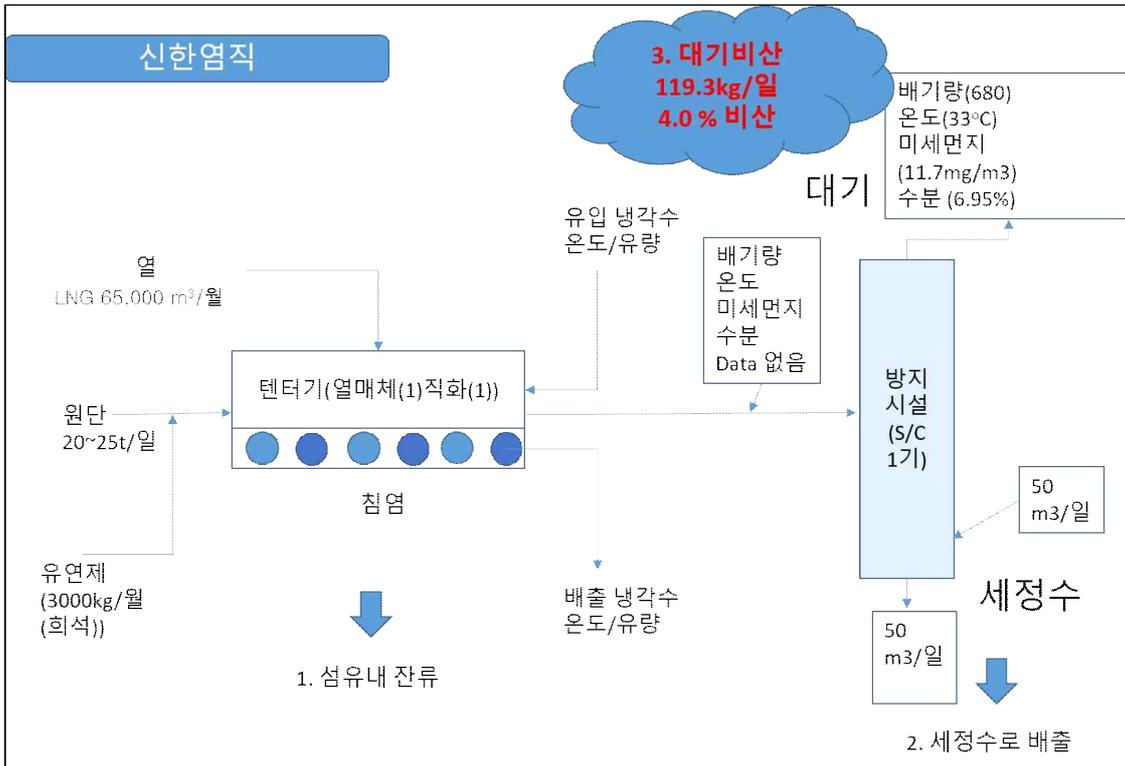
부
속

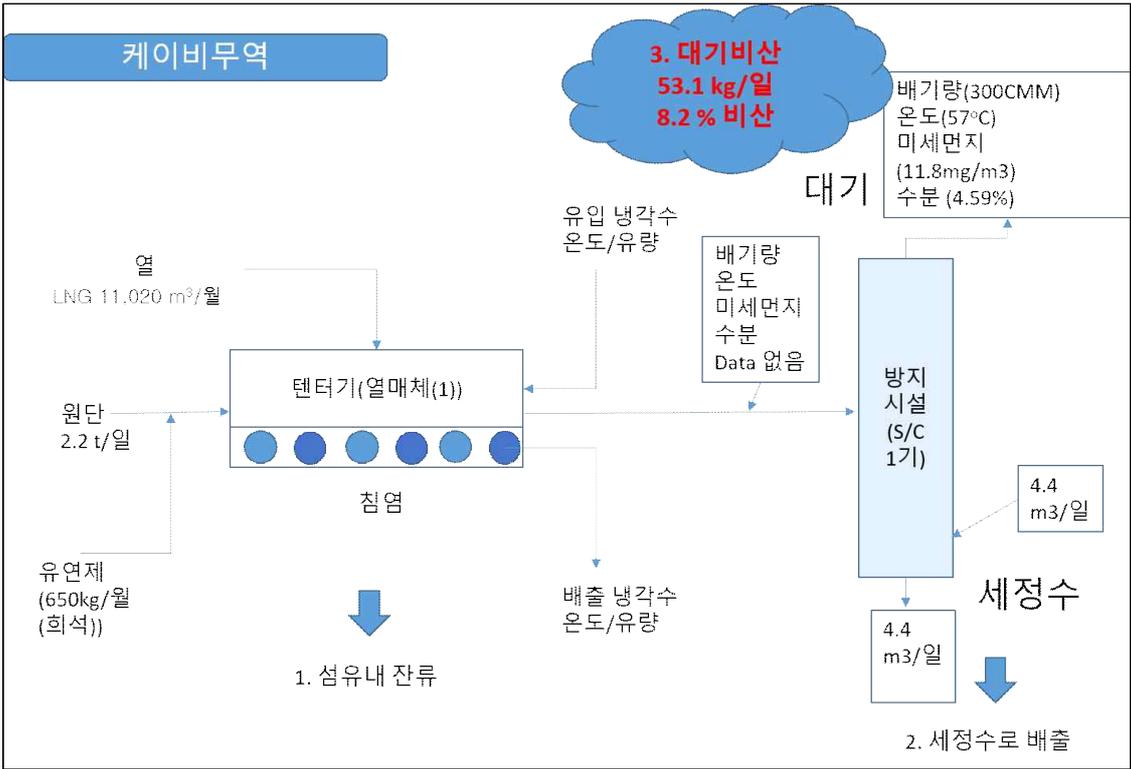
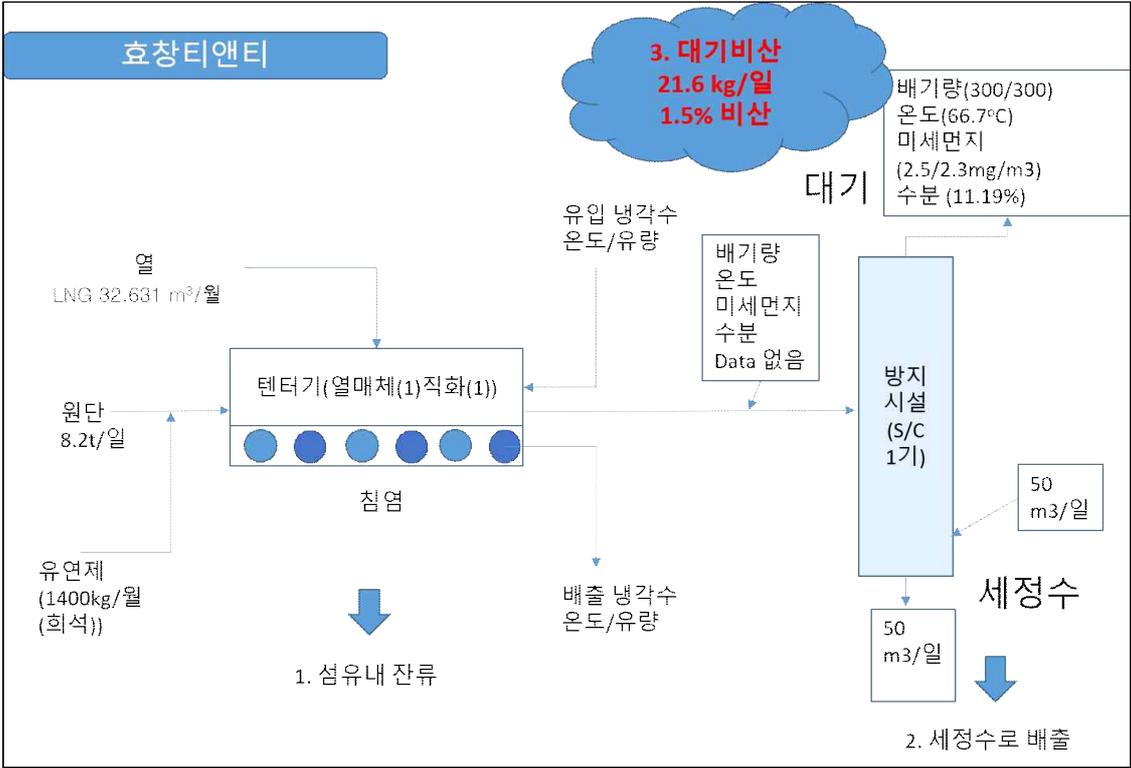
부록 - 업체별 물질수지

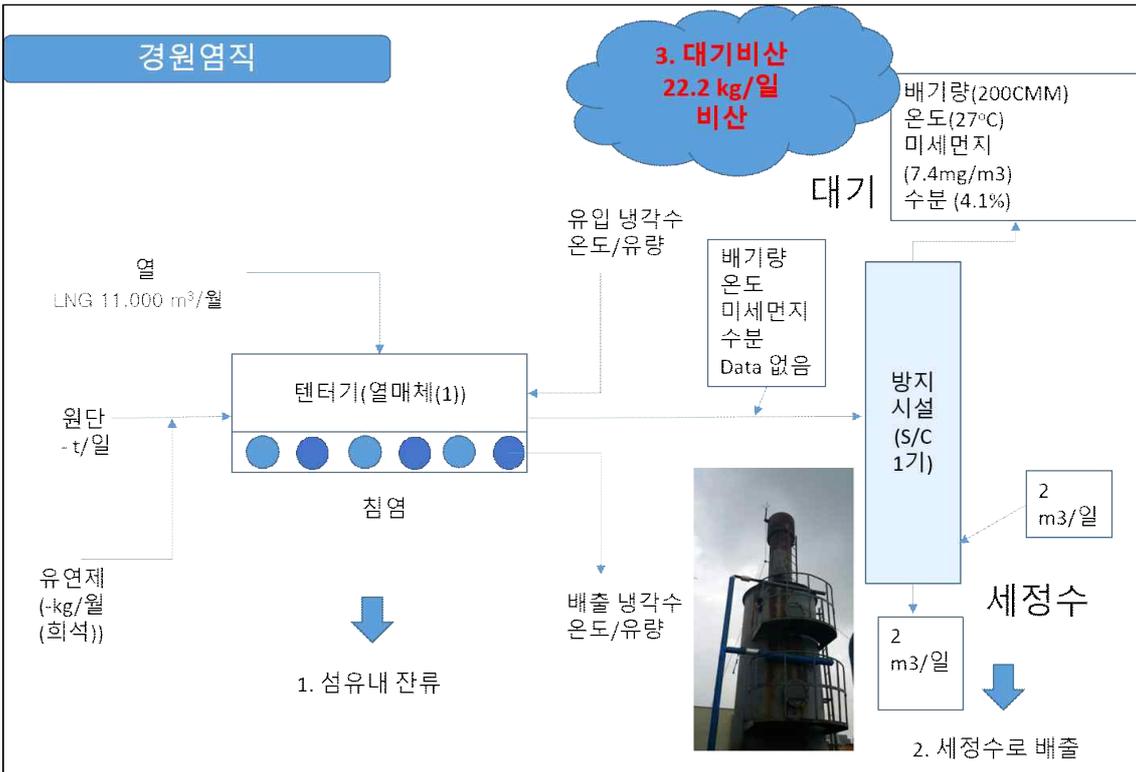
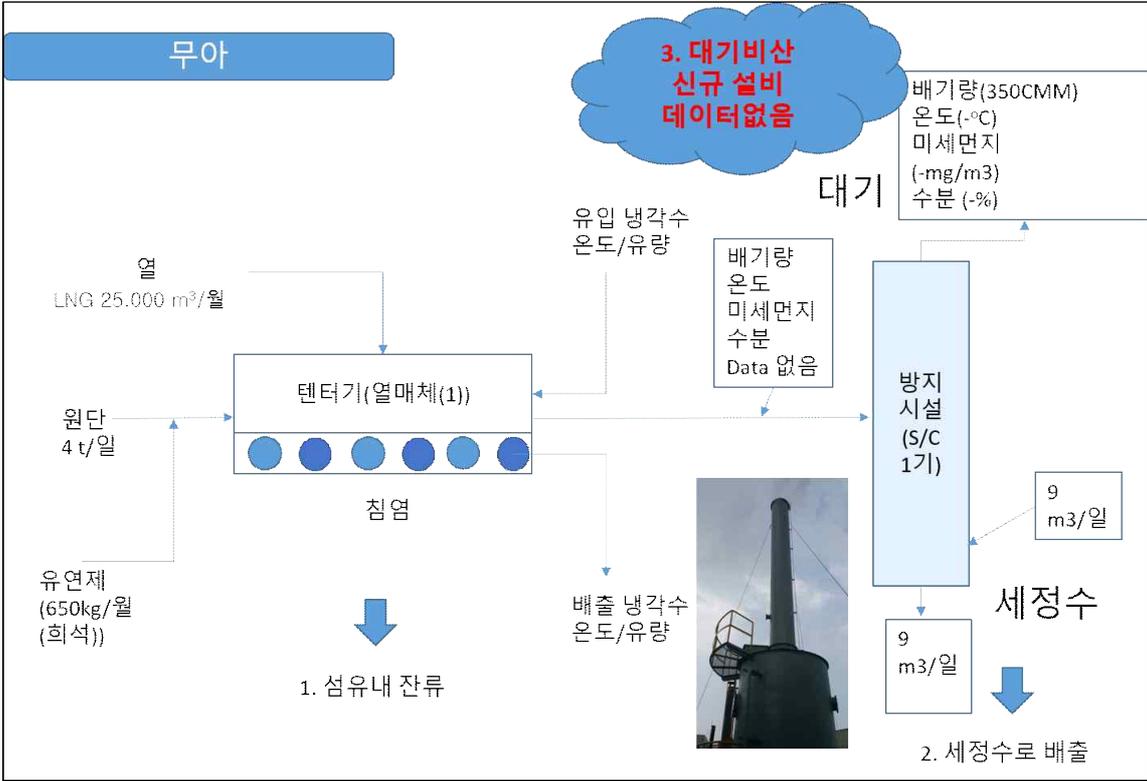


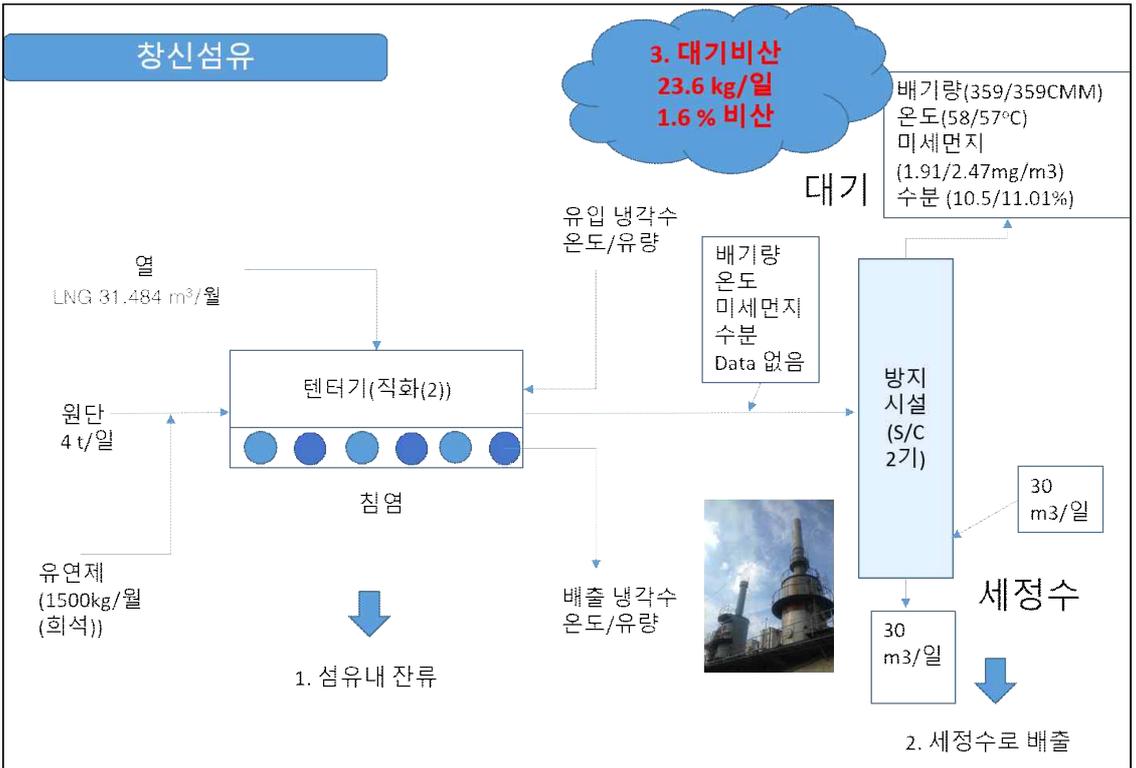
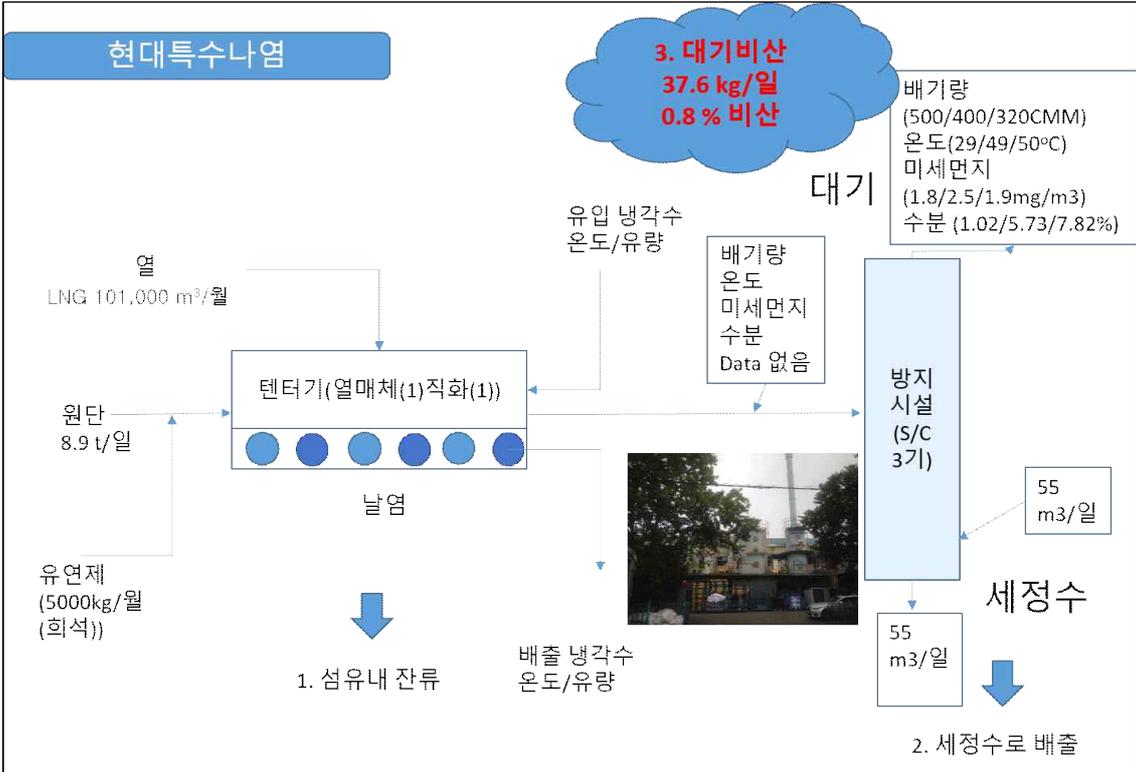


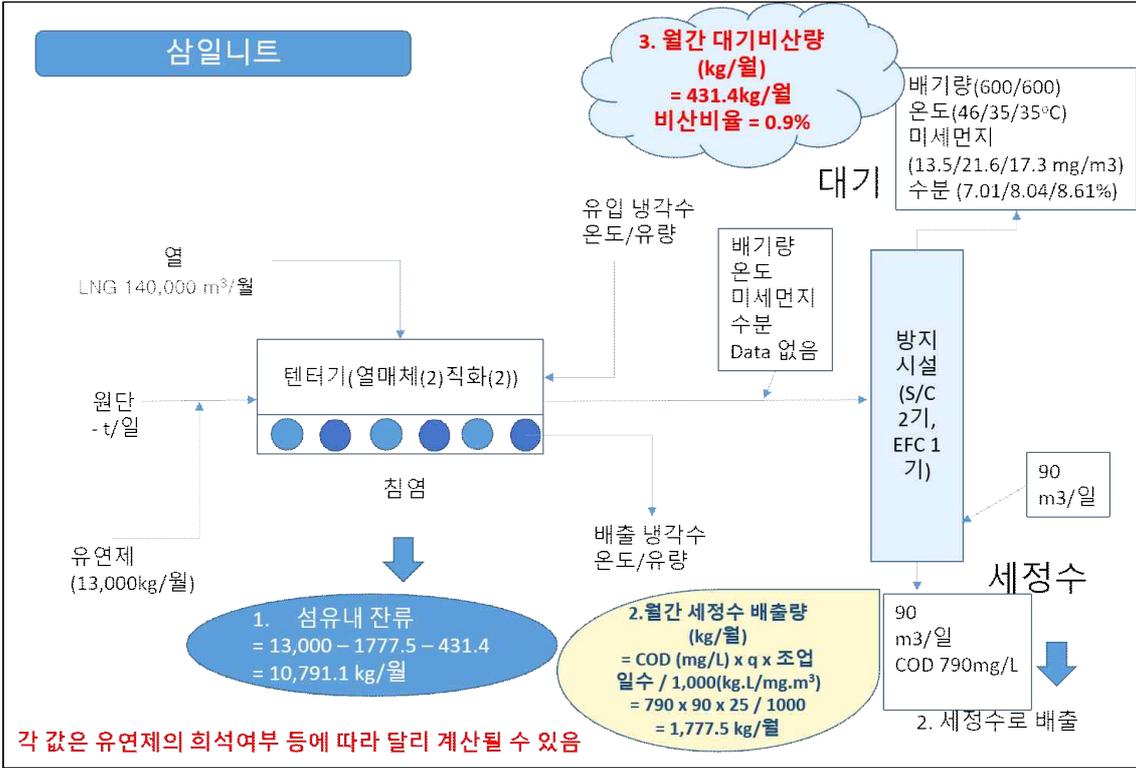












주 의 문

2017년 연구개발사업 보고서 (17-10-03-10-15)

섬유 텐터공정의 백연/악취발생 물질수지 조사 및 방지시설의
정량적 성능/효율 분석방법 도출

발행인 : 센터장 김덕현

발행일 : 2018년 1월 25일

발행처 : 시흥녹색환경지원센터

주 소 : 경기도 시흥시 정왕동 2121번지

전 화 : 031-8041-0936

팩 스 : 031-8041-0939

e-mail : yichoi@kpu.ac.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.