

## 민원 다발 대기 오염 배출시설(다림질시설)의 개선 방안 연구

- 다림질 시설에 대한 세정 집진시설 운영사례 -

유은철\* · 김시영

산업환경과

### Study on the Improvement of Tenter Facility Occurred Frequent Odor Nuisance

- A Case of the Tenter Facilities and Wet Scrubber -

Eun-Chul Yoo<sup>†</sup> and Si-Young Kim

Industrial Environment Division

#### Abstract

The odorous pollutants emitted from various industrial sources are increasing during the past decades. The complaint of odorous nuisance is also being raised by people suffered from odorous pollutants. This study was carried out to improve odorous pollutants and visual nuisance emitted from tenter facility and pollution control facilities in the Busan textile industry complex.

In this study, we investigated that the characteristics of odorous substances emitted from tenter and pollution control facilities. The average concentrations of major odorous substances(Aldehydes, styrene) emitted from tenter are 2 ~ 3 times lower than wet scrubber.

As a results of this study, [chemical scrubber + Bio-treatment] process was cost- effective, but [thermal oxidation or catalytic oxidation + chemical scrubber] process was effective in degradation of odorous substances, VOCs and even visual nuisance than other process. It is suggested that the effective deodorized hybrid system is thermal oxidation or catalytic oxidation + chemical scrubber in the tenter facilities.

Key words : Odor, tenter facilities, pollution control

#### 서 론

악취는 공업의 발전과 더불어 발생되며 특히 인구밀도가 높고 생산시설과 주거시설이 근접한 지역에서 악취민원의 형태로 발생하는 사회적 현상으로, 감각적이고 주관적인 오염물질로 상황에 따라 또는 개인의 성향에 따라 문제의 심각성 여부와 정도가 판단되기 때문에 정량적인 측정이 어려운 물질이다. 가용면적으로 인구밀도 세계 1위인 우리나라의 경우 공업화 및 소득향상에 따라 갈수록 심화될 것으로 예상되고 악취로 인한 민원이 계속 발생하고, 쾌적한 대기질을 원하는 요구가 점점 커지기 때문에 이를 충족시키기 위해서는 반드시 악취 문제를 해결해야만 한다. 우리나라는 좁은 국토를 효율적으로 이용하기 위해 다양한 종류의 산업단지를 조성하여 왔고, 대부분 주거단지가 산업단지와 인접하고 있어 악취로 인한 오염이 계속되고 있다. 구미의 경우 사업장과 주거지가 상당히 떨어져 있어서 악취가 주거 또는 상업지역까지 흘러가는 경우가 흔하지 않으며 따라서 악취 민원이 매우 적는데 반해, 우리와 유사한 경험을 겪은 바 있는 일본의 경우 악취방지법과 각 지방자치단체의 조례 및 요강에 의해 강력한 규제를 실시하여 악취를

관리하고 있으며, 따라서 악취 민원에 대해서도 매년 상세한 통계조사를 하고 있다. 악취 민원은 생활수준, 소득, 환경에 대한 관심도 등과 밀접한 관계가 있으며 우리나라 뿐 만 아니라 우리와 요건이 비슷한 중국을 비롯하여 동남아시아, 인도 등 인구밀도가 높고 경제성장이 빠른 국가에서도 점차 문제가 될 것으로 예상되며 이를 해결하기 위한 제도 및 기술도 함께 그 필요성이 부각될 것으로 기대된다.

악취민원은 규제의 강화, 사업장의 방지시설 설치 등 꾸준한 악취저감 정책을 펼치고 있으나 단순히 민원건수로만 볼 때 증가하는 경향을 보이며 이는 소득이 높아질수록 사소한 악취도 민원을 제기하는 경향이 높아지기 때문이다. 일본의 경우 악취방지법이 선포된 후 30년이 지나 최근에 다시 2만건으로 급증하고 있는데 내용면으로 볼 때 갈수록 사소한 악취에 대해 민원을 제기하는 경향을 보인다는 것을 통계에 의해 알 수 있다. 우리나라에서는 악취민원에 대해 상세한 통계를 작성하고 있지 않으며 일부 자치단체에서 악취발생건수를 조사하였거나 악취관련 연구를 위해 일시적으로 통계를 잡은 예가 있을 정도이다. 본 연구에서는 수년간 발생된 악취가 주거지로 흘러들어 민원을 유발시키는 섬유제조업종의 다림질시설에 대한 악

<sup>†</sup> Corresponding author. E-Mail: yooeagfe@busan.go.kr  
Phone: 051-757-6937, Fax: 051-757-2879





Fig. 2. Photographs of tenter facilities.

텐터시설(Fig. 2)은 탈수(Hydro-extracting), 패딩(Padding Mangle)시설과 함께 후가공 공정중하나로서 원단에 유연제, 발수제, 대전방지제 등의 약품을 사용하여 가공한 원단을 부드럽게 하거나 색상이나 광택을 지니게하며 원단을 반반하게 펴 말리거나 다림질한다.

운전방법은 가이드에 걸린 원단에 수용성조제약품을 묻혀 탈수 roller에서 일정 함수율을 유지시켜 chamber에 유입시

Table 2. Summary of pollution results from textiles manufacture process<sup>1)</sup>

공정 오염물	Air Emissions	Waste water	Residual Wastes
Fiber Preparation	little or no air emissions generated	little or no waste water generated	fiber waste; packaging waste and hard waste
Yarn Spinning	little or no air emissions generated	little or no waste water generated	packaging wastes; sized yarn; fiber waste; cleaning and processing waste
Slashing/Sizing	VOCs	BOD; COD; metal; cleaning waste, size	fiber lint; yarn waste; packaging waste; unused starch-based sizes
Weaving	little or no air emissions generated	little or no waste water generated	packaging waste; yarn and fabric scraps; off-spec. fabric; used oil
Knitting	little or no air emissions generated	little or no waste water generated	packaging waste; yarn and fabric scraps; off-spec. fabric
Tufting	little or no air emissions generated	little or no waste water generated	packaging waste; yarn and fabric scraps; off-spec. fabric
Desizing	VOCs from glycol ethers	BOD from water-soluble size; synthetic size; lubricants; biocides; antistatic compounds	packaging waste; fiber lint; yarn waste; cleaning materials, such as wipes, rags, and filters; cleaning, and maintenance wastes containing solvent
Scouring	VOCs from glycol ethers and scouring solvents	disinfectants and insecticide residue; NaOH; detergent, fat; oils, pectin; wax; knitting, lubricants; spin finishes; spent solvent	little or no residual waste generated
Bleaching	little or no air emissions generated	hydrogen peroxide, sodium silicate or organic stabilizer; high pH	little or no residual waste generated
Singeing	small amounts of exhaust gases from the burners	little or no waste-water generated	little or no residual waste generated
Mercerizing	little or no air emissions generated	high pH; NaOH	little or no residual waste generated
Heat Setting	volatilization of spin finish agents applied during synthetic fiber manufacture VOCs	little or no waste-water generated	little or no residual waste generated
Dyeing		metals; salt; surfactants; toxics; organic processing assistants; cationic materials; color; BOD; COD; sulfide; acidity/ alkalinity; spent solvents	little or no residual waste generated
Printing	solvent, acetic acid from drying and curing oven emissions; combustion gases; particulate matter	suspended solids; urea; solvent; color; metals; heat; BOD; foam	little or no residual waste generated
Finishing	VOCs; contaminants in purchased chemical; form aldehyde vapors; combustion gases; particulate matter	BOD; COD; suspended solids; toxics; spent solvents	fabric scraps and trimmings; packaging waste
Product Fabrication	little or no air emissions generated	little or no residual waste generated	fabric scraps

<sup>1)</sup> Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry, EPA, Office of Research and Development, 1995; ATMI, Comments on draft document, 1997.

키고 열매체 더운 공기를 순환 송풍기를 통해 chamber내에 공급하며 이때 원단이 지나 가면서 수분은 건조되고 유연 처리 된 원단은 부드럽고 흡수성을 좋게 한다.

표 1은 국내에서 일반적으로 설치·운영하고 있는 텐터시설의 사양이며 표 2는 섬유 제조과정에서 발생하는 오염의 종류와 특성을 나타내었다. 방직, 방사와 같은 사(絲)제조공정이나 제직, 편직과 같은 직물제조 공정은 물이나 약제의 사용이 거의 없고, 원자재로부터의 오염발생 물질이 없으므로 대기 또는 수질의 오염에 미치는 영향은 무시할 정도이다. 다만 이러한 공정에서 발생하는 폐기물로는 포장재료, 섬유 찌꺼기 등을 볼 수 있으나, 이들에 의한 오염은 습식공정인 염색, 가공, 날염에 비하여 처리가 용이하고, 발생량 자체도 적으므로 섬유공업에서의 오염발생은 주로 염색, 가공 등의 습식공정에 초점이 주어지고 있다.

**다림질시설의 오염물질 배출특성**

섬유산업은 생산특성상 다량의 오염물질을 배출하는 사업장으로 알려져 있다. 종래에는 폐수의 배출과 처리가 관심사였으나 최근 들어 생활수준이 향상됨에 따라 대기오염물질 및 악취의 발생까지도 필수적으로 처리를 해야 하는 상황에 이르렀다. Tenter 및 Coating기에서 배출되는 오염물질은 사용목적이 다른 관계로 다소의 차이는 있을 수 있으나 배출오염원 및 상태는 유사하다. 다량으로 배출되는 고온의 열풍, 원단에 유연제, 발수제, 대전방지제 등의 약품을 사용하여 가공한 섬유에서 탈리된 먼지 및 악취를 유발하는 VOCs를 함유하여 인근 지역민들의 민원이 끊이지 않고 있는 실정이다. 또한, 다림질시설에서 배출되는 연기는 배출가스중 많은 수분이 포함되어 있어 그림 3에서 보듯이 시각적으로도 많은 민원을 유발하고 있다.

텐터시설에서 배출될 수 있는 대기오염물질은 다림질시 원단의 종류, 사용되는 유연제, 발수제, 대전방지제 등의 종류 그리고 방지시설의 종류 등에 따라 달라질 수 있으며 텐터에서 배출되는 악취성분은 오일류, 염색조제가 복합적으로 작용하

는 것으로 나타났다. 섬유산업에서 사용되는 유연제 등 화학약품의 종류 및 특성은 Table 4에 나타나 있다.



Fig. 3. Photographs of plume emitted from tenter facilities.

**결과 및 고찰**

**조사대상**

본 연구에서는 다림질시설의 오염물질 배출특성을 파악하기 위해 신평·장림 염색공단지역에 위치한 섬유제품제조업체 2 곳을 선정하여 배출시설 및 방지시설, 배출오염물질의 특성 등에 대하여 조사하였으며 대상 사업장의 배출시설(다림질시설) 및 방지시설 등의 특성은 표 3과 같다.

A업체는 사염(울, A/C)을 전문적으로 처리하는 업체로서 텐터시설(215 m<sup>2</sup>)에 대한 방지시설의 설치가 면제된 사업장으로

Table 3. Summary of source and control facilities

배출시설	오염물질 종류	방지시설 및 배출농도	비고
A사 다림질(텐터)시설 215 m <sup>2</sup> × 1	유량(Sm <sup>3</sup> /hr)	방지시설설치면제	
	온도(°C)	12,714.7	
	먼지(mg/Sm <sup>3</sup> )	65	사염(울, A/C)
	유속(m/s)	3.8	
H사 다림질(텐터)시설 48 m <sup>2</sup> × 1	유량(Sm <sup>3</sup> /hr)	4.1	
	온도(°C)	세정식 집진시설	
	먼지(mg/Sm <sup>3</sup> )	21,219	전단부
	유속(m/s)	170	직염(P/E)
	유량(Sm <sup>3</sup> /hr)	26.7	
	온도(°C)	세정식 집진시설	
	먼지(mg/Sm <sup>3</sup> )	5,596.9	후단부
	유속(m/s)	50	
	유량(Sm <sup>3</sup> /hr)	74.3	
	온도(°C)	5.1	
	먼지(mg/Sm <sup>3</sup> )		
	유속(m/s)		

서 배출가스온도 65℃, 먼지배출량 0.048 kg/hr로서 일반적인 배출특성은 양호한 상태인 반면에, H업체는 직염(P/E)을 전문적으로 처리하는 업체로서 배출시설은 텐터시설(48 m<sup>2</sup>)에 대한 방지시설은 세정 집진시설(210 Sm<sup>3</sup>/min)이 설치 운영되고 있으며 전단부에서는 먼지배출량 0.172 kg/hr, 온도 170℃이며 후단부에서는 먼지배출량 0.416 kg/hr, 온도 50℃로서 방지시설을 거친 후에 더 악화된 오염물질 배출 특성을 보였다. 방지시설의 설치 면제된 A업체 다림질시설에서 배출되는 연기는 수분량이 낮으며 백연 등이 발생되지 않아 시각적으로도 매우 양호한 상태를 보였다.

시료채취 및 분석방법

시료채취

본 연구에서는 다림질시설에서 배출되는 오염물질의 특성을 살펴보기 위해서 입자상 물질과 가스상 물질의 시료를 동시에 채취하였다. 시료채취는 H사의 경우에는 섬유제조시설의 다림질시설에 대한 방지시설로서 가장 널리 설치·운영되는 세정집진시설의 전·후단의 측정공에서 시료를 동시에 포집하였으며 A사는 방지시설 설치면제 대상으로 전·후단의 차이가 없어 최종배출구의 측정공에서만 시료를 채취하여 분석 하였다. 시료채취방법으로 입자상 물질(먼지)은 대기오염공정시험방법에 의거하여 반자동식 채취기[CAE(미국), M-5]에 의한 방법으로 등속 흡인하여 먼지를 포집하였으며, 가스상 물질은 자동가스분석기[Horiba(일), PG-250]를 이용하여 현장에서

Table 4. Analysis conditions of odorous pollutants

황화합물		Agilent 5973i (TD-GC/MS법)			
7100 Preconcentrator		GC		MSD	
Sample Vol.	500 mL	Detector	MSD	Mode	SIM
Flow rate	60 mL/min	Column	HP-1MS (30m x 0.2mm x 1.0 μm)	MS Source	230
Trapping	-10℃	Split ratio	20:1	MS Quad	150
Desorb	20℃				
Oven Temp.		35℃(3 min)→120℃(1 min)→100℃(3 min)→260℃(2 min) 4℃/min 10℃/min 20℃/min			
트라이메틸아민		HP 5890			
GC-NPD		SPME			
Detector	NPD	Fiber	85 μm Carboxen/PDMS		
Column	HP-5 (60m x 0.35 mm x 1.05 μm)	흡착시간	15 분		
Detector Temp.	280℃	탈착시간	3분		
Oven Temp		40℃(13 min)→ 220℃(1 min) 10℃/min			
알데하이드류		Agilent 1100series (HPLC 법)			
Detector		360 nm inj.			
Column		ODS(C18) 4.6 mm × 250 mm			
mobile phase		CH3CN : 물 = 60 : 40			
flow rates		1.0 mL/min			
inj.		20 μL			
스타이렌		Agilent 5973i (TD-GC/MS법)			
7100 Preconcentrator		GC		MSD	
Sample Vol.	500 mL	Detector	MSD	Mode	SIM
Flow rate	60 mL/min	Column	HP-1MS (30 m x 0.2mm x 1.0 μm)	MS Source	230
Trapping	-50℃	Split ratio	20:1	EM Volts	965
Desorb	20℃			MS Quad	150
Trapping	-90℃				
Desorb	180℃				
Cool down temp.:	-180℃				
Injection temp	80~90℃				
Desorb	180℃				
Oven Temp.		80℃(20 min)→220℃(1 min) 10℃/min			

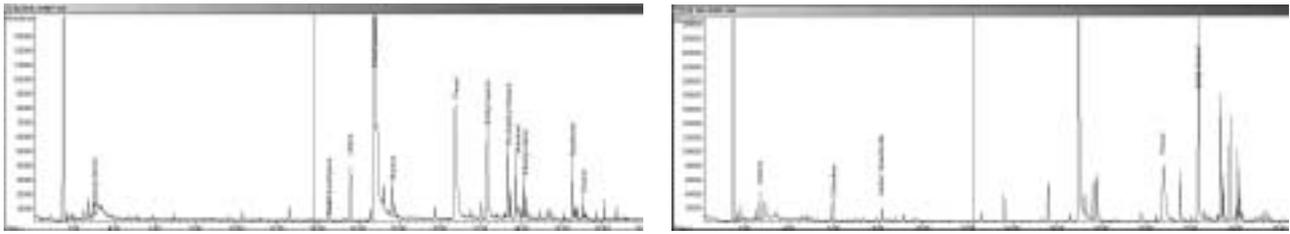


Fig. 5. Chromatograph of odorous pollutants ; (a) A company (b) H company.

실시간 측정 분석하였으며 악취 성분은 악취공정시험법에서 정한 기기분석법에 따라 포집 후 분석하였다.

**분석방법**

본 연구에서는 악취물질을 분석하기 위해 Canister 및 테들러 백을 이용하는 간접채취방법으로 현장에서 악취 시료를 포집한 후, 실험실에서 GC/MSD, HPLC를 이용하여 분석하였으며 악취물질별 분석기기 및 분석조건은 표 4와 같으며 회사별 텐터시설에서 배출되는 악취물질의 크로마토그래프는 그림 5와 같다.

**다림질시설에서 배출되는 오염물질 배출특성**

**악취물질 배출특성**

다림질시설에서 배출되는 오염물질의 특성을 살펴보기 위해 방지시설의 전단 및 후단에서 측정 분석한 악취오염물질, 먼지 등의 농도결과를 표 5에 나타내었다. 다림질시설 지정악취물질을 방지시설의 전·후단 위치에 따른 H업체 악취물질의 농도변화를 살펴보면, 황화합물 계통인 메틸머캅탄, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드와 트라이메틸아민은 세정집진시설(scrubber) 전·후단에서 동시에 검출되지 않았다. 반면에 황화수소, 스타이렌, 알데하이드 물질들은 전단부 보다 방지시설의 후단부에서 더 높은 농도를 보였다.

방지시설 전·후단에서의 악취물질별 농도변화를 살펴보면, 황화수소는 전단부 0.006 ppm보다 후단부 0.0008 ppm으로

감소된 농도를 제외하고는 스타이렌, 알데하이드류 모두 방지시설 후단부에서의 악취물질 농도가 전단부에서 보다 높게 나타났다. 특히, 방지시설의 후단부에서 스타이렌 0.097 ppm, 아세트알데하이드 0.145 ppm으로 전단부에 비해 2~3배 정도 높게 나타났다. 이는 다림질시설에서 배출되는 고온의 오염물질이 덕트와 세정집진시설을 거치는 과정에서 더 증가하는 경향을 보여 방지시설, 세정액 등의 부적절한 사용으로 초래한 결과로 판단된다. A업체 역시 황화합물 계통의 모든 지정악취물질과 트라이메틸아민은 불검출된 반면에 스타이렌과 알데하이드류가 모두 검출되어 각 업체별 다림질시설에서 사용되는 원단과 사용약품 등은 다소 차이가 있지만 사용되는 약품의 주요성분 등이 유사한 것으로 생각된다.

표 6에는 2005년도 부산지역에서의 분기별 악취실태조사결과에 따른 신평염색단지 주변지역의 악취물질농도를 나타낸 것이다. 염색공단 주변지역의 악취실태를 조사한 결과를 보면 본 연구에서 대상인 A, H 업체의 악취 물질 배출특성과 유사하게 황화수소, 아세트알데하이드의 악취농도는 높게 나타났으나 스타이렌과 트라이메틸아민 등의 악취성분은 대상 업체의 배출시설에서 배출되는 물질과 염색공단 주변지역에서 관측된 악취물질과는 다소 다른 분포특성을 보였다. 이는 염색단지 주변에 대한 악취실태조사시 섬유업체 등에서 배출되는 악취물질뿐만 아니라 주변에 타 업종(주물제조, 철강업 등) 업체들이 혼재되어 있어 이들 업체로부터 배출된 악취물질의 영향이 있었을 것으로 생각된다.

Table 5. Odorous pollutants from before and after scrubber

Odorous pollutants		company H		companyA
		Input <sup>1)</sup>	output <sup>2)</sup>	
Sulfur compounds	Methyl mercaptan	ND <sup>3)</sup>	ND	ND
	hydrogen sulfide	0.006	0.0008	ND
	Dime thyl sulfide	ND	ND	ND
	Dime thyl O <sub>2</sub> sulfide	ND	ND	ND
Trimethyl amine		ND	ND	ND
Styrene		0.041	0.097	0.062
Aldehydes	Acetaldehyde	0.056	0.145	0.112
	Propionaldehyde	0.015	0.029	0.020
	Butyraldehyde	0.016	0.024	0.013
	n- Valeraldehyde	0.001	0.007	0.004
	i- Valeraldehyde	0.002	0.003	0.003
Dust(mg/Sm <sup>3</sup> )		8.1	74.3	3.8

<sup>1)</sup> before scrubber, <sup>2)</sup> after scrubber, <sup>3)</sup> Not detectable

Table 6. Summary of odorous pollutants around Sin-pyeong dyeing industrial area in 2005

(Unit : ppm)

분기	암모니아	황화합물				트라이메틸아민	알데하이드류					스타이렌
		메틸머캅탄	황화수소	다이메틸설파이드	다이메틸다설파이드		아세트	프로피온	뷰티르	n-발레르	i-발레르	
2/4	0.17	ND	ND	ND	ND	0.003	0.004	0.002	ND	ND	ND	ND
3/4	0.05	ND	0.001	ND	ND	0.001	0.001	ND	0.002	ND	ND	ND
4/4	0.05	ND	0.001	ND	ND	0.001	0.001	ND	0.002	ND	ND	ND

**다림질시설의 발생악취 개선방안**

일반적으로 악취문제를 다루는 방법으로는 제1단계<예방처리>로 산패·부패에 따른 악취발생을 항균·항산화작용으로 악취발생원을 예방하는 것이며 제2단계<악취제거>는 악취발생원으로부터 배출되는 오염물질을 물리·화학·생물학적인 방법으로 저감하거나 분해하는 단계이며 제3단계는 <후각처리>로 방향제, 소취제, 탈취제 등을 사용하여 악취에 의한 불쾌감을 없애는 것이다.

악취문제를 해결하기 위해서는 예방처리단계가 가장 중요하지만 예방처리단계는 섬유제품의 종류, 제조공정 및 용도에 따라 다양한 여러 가지의 약품 사용내역과 시스템 등에 대한 충분한 정보를 얻어야 하나 현장에서는 전문가 부재, 기술적인 노하우 등 현실적인 문제로 정보의 수집이 어려움 등의 이유로 인해 본 연구에서 예방처리단계보다는 악취제거단계에 대해서 검토하고자 한다.

악취물질을 효율적인 제거를 위해서는 배출되는 악취물질의 특성, 농도 등과 운영중인 방지시설의 성능, 유지관리비용 등

에 대한 정보의 수집이 요구된다. 다림질시설에서 발생하는 악취물질은 섬유의 가교제 등으로 널리 쓰이는 포름알데히드와 섬유유연제, 대전방지제 등의 약품사용으로 다림질시 열에 의해 발생하는 증기에 포함되어 배출되는 각종 휘발성 오염물질과 이를 처리하기 위해 설치 운영하는 방지시설 등의 부적절한 처리과정 등에서 악취물질이 복합적으로 반응함으로써 생성·배출될 수 있다.

본 연구에서는 우선 연구대상 업체의 다림질시설에서 배출되는 악취물질의 측정분석한 결과를 근거로 세정액 등과의 반응성을 고려한 그 제거방법에 대해 검토해 보았다. 앞에서도 언급되었지만 A, H 업체의 다림질시설에서 배출되는 주요악취물질은 스타이렌, 알데하이드류 계통의 악취물질이 가장 많이 검출되는 것으로 나타났다. 표 7은 악취물질과 약품들 간의 반응에 대한 실험결과를 나타내었다. 일반적으로 암모니아, 트라이메틸아민 등은 염기성계 악취물질로 황산, 염산, 차아염소산나트륨에 의한 반응으로 제거가 가능하며 산성계 악취물질인 황화수소, 메틸머캅탄, 프로피온산, 노말부티르산 등은 수산화

Table 7. Examples of reaction between odorous pollutants and chemicals

악취 물질		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl	NaOH	NaOCl
염기성계	암모니아(NH <sub>3</sub> )	2NH <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> →(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub> +HCl →NH <sub>4</sub> Cl	반응 없음	2NH <sub>3</sub> +3NaCl →N <sub>2</sub> +3NaCl+3H <sub>2</sub> O
	트리메틸아민	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N+H <sub>2</sub> O →(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N·H <sub>2</sub> O	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N+HCl →(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N·HCl	반응 없음	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N+NaOCl →(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N+NaCl
산성계	황화수소(H <sub>2</sub> S)	-	-	H <sub>2</sub> S+2NaOH→Na <sub>2</sub> S+H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> S+4NaOCl Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 4NaCl Na <sub>2</sub> S+ 4NaOCl →H <sub>2</sub> OS+NaCl+ 2NaOH
	메틸머캅탄(CH <sub>3</sub> SH)	-	-	CH <sub>3</sub> SH+NaOH→CH <sub>3</sub> SN+H <sub>2</sub> O	CH <sub>3</sub> SH+3NaOCl →CH <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> H+3NaCl
	프로피온산	-	-	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH →+NaOH CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa+H <sub>2</sub> O	-
	노르말부틸산	-	-	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH+ NaOH →CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COONa+ H <sub>2</sub> O	-
	노르말발레르산	-	-	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH+ NaOH →CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COONa+ H <sub>2</sub> O	-
이소발레르산	-	-	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> COOH+ NaOH →(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> COONa	-	
중성계	황화메틸(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	-	-	-	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S+ 3NaOCl →(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> + NaCl
	이황화메틸(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	-	-	-	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S+ 5NaOCl →2CH <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> H+5NaCl
	아세트알데히드 CH <sub>3</sub> CHO	-	-	-	CH <sub>3</sub> CHO+ NaOCl+NaCl →CH <sub>3</sub> COONa+NaCl+ H <sub>2</sub> O

나트륨으로, 중성계 악취물질(황화메틸, 이황화메틸 및 아세트알데하이드 등)은 차아염소산나트륨에 의한 반응으로 제거가 가능함을 보여 준다.

섬유산업에서 가장 환경에 악영향을 미치는 물질은 셀룰로오스 직물에 방추성과 형태안정성을 부여하기 위해 사용되는 포름알데히드에 근간을 둔 가교제이다. 포름알데히드는 가공 폐수 뿐만 아니라 수지 가공된 섬유제품에서도 유리될 수 있는데, 이는 가교반응 중 미 반응된 포름알데히드가 유리되거나 혹은 수지 처리된 제품의 저장 중에 미 반응된 포름알데히드가 유리되는 것이다. 본 연구에서도 다림질시설에서 가장 많이 검출된 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 노말부타르알데하이드 등은 사용된 포름알데히드의 반응 등에 의한 영향이 많은 것으로 판단되며 표 8에서 나타난 바를 고려하여 산성계와 중성계 악취물질들을 제거하기 위한 효과적인 세정액으로서 NaOH, NaOCl 등을 이용할 경우 저감효율이 증가될 것으로 판단된다.

악취물질의 제거 또는 저감을 위한 장치로서 본 연구에서 대상으로 한 H업체 다림질시설의 방지시설은 물 세정장치와 같은 단순한 구조를 가지는 세정집진시설로 방지시설 전·후단에 대한 악취물질의 측정분석 결과(표 4)와 악취물질별 탈취방법(표 8)을 비교 검토하여 보면 악취물질별 탈취방법에 선정에 따른 성능과 일치함을 보여준다. 본 연구에서 조사한 결과를 토대로 볼 때, 섬유제조업종의 다림질시설에 대한 방지 시설

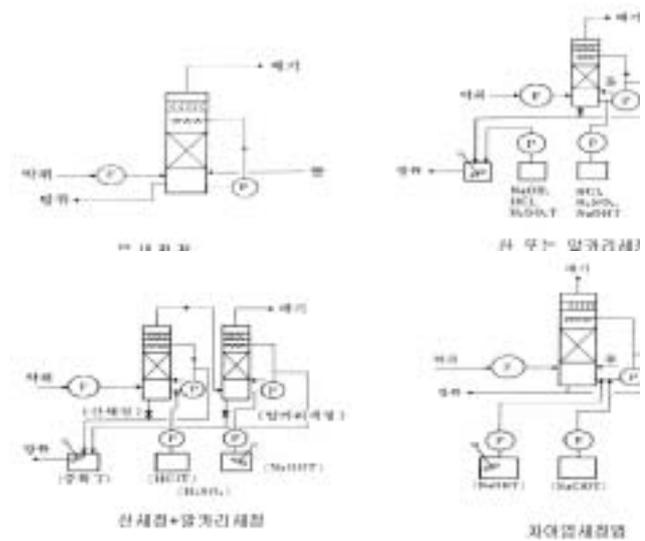


Fig. 6. Type of deodorization system.

로 가장 널리 사용되고 있는 물 세정방법만으로는 배출되는 각종 악취물질을 제거하기에는 그 효율이 저조하고 방지시설의 효율을 높이기 위해서는 그림 6에서 보여주는 시례의 탈취시스템의 흐름 변경, 악취물질의 특성 등을 고려한 세정액 개발 등을 보완, 개선할 필요가 있을 것으로 나타났다.

악취물질의 일반적인 탈취방법은 표 8에 나타난 것처럼 세

Table 8. Method of deodorization classified by odorous pollutants<sup>4)</sup>

물질명	화학식	세정법	오존 세정법	흡착법	연소법	생물 탈취법	소취제 분무
암모니아	NH <sub>3</sub>	○	○	○	○	○	○
메틸메르캅탄	CH <sub>3</sub> SH	○	○	○	○	○	○
황화수소	H <sub>2</sub> S	○	○	○	○	○	○
황화메틸	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	○	○	○	○	○	○
이황화메틸	CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub>	○	○	○	○	○	○
트리메틸아민	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	○	○	○	○	○	○
아세트알데하이드	CH <sub>3</sub> CHO	○	○	○	○	○	○
프로피온알데하이드	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CHO	×	△	○	○	○	×
노르말부틸알데하이드	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CHO	△	○	○	○	×	
이소부틸알데하이드	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCHO	×	△	○	○	○	×
노르말발레르알데하이드	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CHO	△	○	○	○	×	
이소발레르알데하이드	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CHO	×	△	○	○	○	×
이소부탄올	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> OH	×	△	○	○	○	×
아세트산에틸	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	×	△	○	○	○	×
메틸이소부틸케톤	CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	×	△	○	○	○	×
톨루엔	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	×	○	○	○	△	×
스티렌	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH=CH <sub>2</sub>	×	○	○	○	△	×
자일렌(크실렌)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	×	○	○	○	△	×
프로피온산	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	○	○	○	○	○	○
노르말부티르산	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH	○	○	○	○	○	○
노르말발레르산	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH	○	○	○	○	○	○
이소발레르산	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> COOH	○	○	○	○	○	○

※ 비교 1. ○ : 처리가능, △ : 처리가능(적절한 접촉시간), × : 처리 불가

Table 9. Comparison of deodorization system and running cost in Korea

구 분	계	시설비용 (천원)	연간 유지비용 (천원/년)
생물탈취장치	76,501	70,000	6,501
활성탄 흡착장치	59,426	35,000	24,426
약액세정장치	62,426	50,000	12,426
직접연소장치	61,976	30,000	31,976
촉매연소장치	81,141	60,000	21,141

정법, 오존산화법, 연소법, 흡착법, 생물탈취법 및 소취제분무법 등이 있다. 이들 탈취방법 중 흡착법, 연소법은 모든 악취물질의 처리를 위해 적용 가능하며 그 다음으로는 오존산화법, 생물탈취법 등이 악취물질을 제거하기 위한 방법으로 널리 적용되고 있다.

본 연구에서 검토하는 대상방법인 세정법은 암모니아 등 일부 악취물질의 제거는 가능하나 일부 알데하이드류, 스타이렌 등의 악취물질은 처리가 불가능한 것으로 나타나 악취물질 제거를 위해서는 다른 탈취방법과의 조합 등을 통한 시스템의 개선 및 보안이 필요할 것으로 판단된다.

탈취설비의 초기설치비와 연간운전비에 대한 비교사항을 표 9에 2000년도 기준으로 나타내었다. 악취 물질 제거를 위해 방지시설의 설치 및 연간운전비를 2000년도를 기준으로 비교 검토해 보면, 총비용은 촉매연소장치가 81,141천원으로 가장 높았으며 그 다음은 생물탈취장치 76,500천원, 본 연구에서 검토대상인 약액세정장치는 62,426천원으로 활성탄 흡착장치, 직접연소장치에 비해 약간 높은 비용이 소요되었다.

설치비 대비 연간유지비용은 생물탈취장치가 약 9.3%로 가장 낮으며 약액세정장치 약 24.9%, 촉매연소 장치 35.2%, 활성탄 흡착장치 69.8%, 직접연소장치 106.6% 순으로 높았다.

일반적으로 사업장에서 방지시설의 선정은 전문적인 시설업체 등에 의뢰하여 설치하여 운영하지만 설치 후 방지시설의 유지관리를 위해 많은 노력과 비용이 투입되어야 하나 관리자 등의 환경오염방지를 위한 의지부족, 경제적인 문제 등으로 인한 부적절한 관리 및 유지로 효과적인 오염물질의 배출량을 저감하지 못하는 실정이다. 다림질시설에서 배출되는 악취 등 각종 오염물질의 효과적인 제거를 위해 초기설치비, 연간 운전비 등의 경제성과 방지시설의 조합방법을 고려한 최적의 방법을 검토해 보았다.

약액세정장치와 다른 장치의 조합을 고려한 10년간 비용을 검토한 결과는 살펴보면, 최초 1년은 약액세정+활성탄 흡착장치의 조합이 가장 적은 비용이 소요되며 다른 3가지 조합과도 큰 비용적인 차이를 보이지 않지만 운전기간이 2년 이상으로 증가될 경우는 집진적으로 큰 비용적인 차이를 보여 생물탈취+약액세정장치의 경우가 가장 적은 비용이 드는 반면에 직접연소+약액세정장치가 가장 높은 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

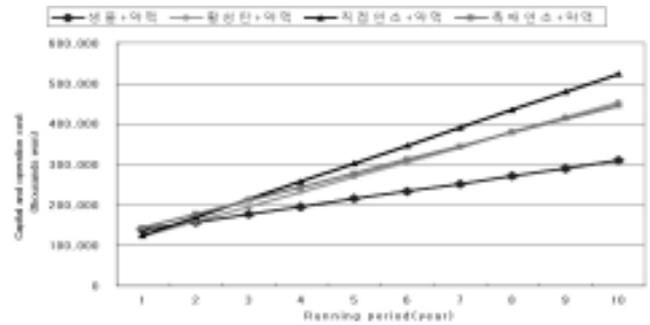


Fig. 7. Comparison of running cost vs. deodorization system operating periods in Korea, 2000.

따라서 다림질시설에서 배출되는 악취 및 오염물질의 제거를 위해 2년 이상의 운전기간동안 설치비용 및 연간 운전비용만을 산정한 가장 효과적인 조합으로는 생물탈취+약액세정장치이지만 악취물질의 제거효과 및 운전조건 등을 고려할 경우는 달라질 수 있을 것으로 판단된다.

직접 연소법은 700℃ 이상의 고온으로 연소 분해하는 방법으로, 신뢰성이 높고, 온도관리만으로 효과를 기대할 수 있는 방법이며 또한, 촉매 연소법은 백금이나 팔라듐(palladium)계의 촉매층을 이용하여 250~350℃ 에서의 저온에서 악취를 산화 분해시키는 방법으로, 직접 연소법과 같이 안정된 탈취법으로 약액세정방법과 조합을 하여 사용할 경우 다림질시설에서 배출되는 거의 모든 악취물질을 분해 처리가 가능하고 배출되는 백연을 제거함으로써 시각적인 문제도 동시에 해결할 수 있을 것으로 판단된다. 아세트알데히드 등과 같은 악취물질에 대해서는 산화 티타늄에 빛을 비추어, 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)와 수산화 라디칼(radical) OH를 발생시켜 아세트알데히드와 같은 악취물질을 탄산가스와 물로 분해시킬 수 있는 광촉매탈취법 등도 다림질시설에서 배출되는 악취물질의 저감에 효과가 클 것으로 보인다.

### 결 론

본 연구에서는 섬유산업의 다림질시설에서 배출되는 악취물질 등의 특성과 이를 개선하기 위한 방안으로 사업장에서 설치 운영중인 탈취장치의 탈취효율을 개선하고 사업장의 유지보수

에 대한 부담을 경감시킬 수 있는 방안을 검토하여 다음과 같은 결론을 제시하고자 한다.

1. 배출시설(다림질시설) 및 방지시설의 오염물질 배출특성 등을 조사한 결과, 오염물질 농도는 방지시설(세정집진시설)의 전단부가 후단부보다 훨씬 양호한 상태를 보여 방지시설이 없을 경우 시각적인 문제도 크게 개선될 수 있음을 보였다.

2. 다림질시설의 주요악취물질은 알데하이드류, 스타이렌으로 나타났으며 방지시설(세정집진시설) 전단부의 농도가 후단부보다 2~3배가량 높은 경향을 보여 기존의 방지시설(세정집진시설)만으로는 악취저감에 큰 기대를 할 수 없다.

3. 다림질시설에서 발생하는 악취물질의 효율적인 탈취장치의 조합방법으로는 약액세정+생물탈취장치가 경제적인 비용 측면에서는 최적의 처리시스템이나 직접연소 또는 촉매연소+약액세정장치는 신뢰성이 높고 거의 모든 악취물질을 분해처리 가능한 시스템으로 세정장치에서 배출되는 白煙의 시각적인 문

제도 궁극적으로 해결할 수 있는 최선의 방법으로 판단된다.

4. 원료 내지는 용제 등에 사용되는 악취가 강한 약품의 사용량은 최대한 삭감하고 섬유제품제조와 관련되는 각종 약품을 대체함으로써 방지시설의 설치면적을 통한 배출환경의 근본적인 개선을 유도할 수 있다.

## 참 고 문 헌

1. “평성9년도 악취방지법 시행 상황조사” 평성11년3월, 일본 환경청 대기보전국 대기생활환경실
2. 일본 환경청 대기보전국 대기생활환경실 조사 자료
3. Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry, EPA, Office of Research and Development, 1995; ATMI, Comments on draft document, 1997.
4. 후가와 냄새물질, (주)수도팩, 양성봉 외, 2004
5. 악취배출원관리 업무편람, 2003, 환경부 국립환경연구원