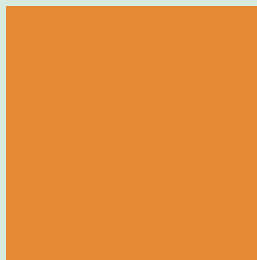
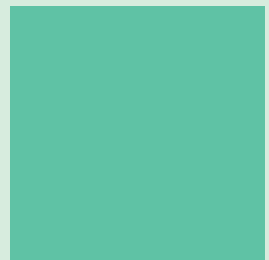
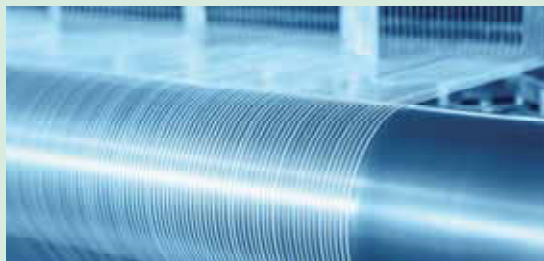


# ISC ISSUE REPORT

섬유제조·패션산업 인적자원개발위원회



## 섬유소재 저탄소공정 전문인력 양성방안





# ●●● 목 차 ●●●

## ■ 섬유소재 저탄소공정 전문인력 양성방안

[요약]	1
I. 개요	2
II. 섬유소재 저탄소공정 추진동향	9
III. 섬유소재 저탄소공정 전문인력 양성방안	16
IV. 결론 및 시사점	19

비상업 목적으로 본 보고서에 있는 내용을 인용 또는 전재할 경우 내용의 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있으며, 보고서 내용에 대한 문의는 아래와 같이 하여 주시기 바랍니다.

작성자 : 한국섬유수출입협회 심명희 이사 (mhshim@textra.or.kr)

※ 문의처 : 섬유제조·패션산업 인적자원개발위원회 사무국  
- 한국섬유산업연합회 (02-528-4042, js9751@kofoti.or.kr)

□ 섬유소재 저탄소공정 전문인력 양성방안

■ 개 요

섬유소재 저탄소공정은 제조환경에서 에너지 재활용, 에너지 효율 개선 등을 통해 온실가스 배출을 저감하는 최적의 공정조건을 갖춘 제조 프로세스를 의미하며, 폐열회수 열교환기, 자동제어 스팀트랩, 에너지 손실관리 시스템(FEMS), 저전력 설비교체 등으로 추진하고 있음. 섬유패션산업의 온실가스 배출량은 '19년 기준 10.25억톤CO<sub>2</sub>으로 추산되며 특히 제조 공정상에서 배출되는 온실가스는 5.9억톤CO<sub>2</sub>으로 56%를 차지함

■ 섬유소재 저탄소화 제조공정 추진동향

글로벌 수요기업(패션, 자동차 등)을 중심으로 친환경 실천이 가속화되면서 공급망에서의 친환경 소재, 저탄소 공정 전환, 폐섬유·의류 재활용 등에 대한 요구가 증대되고 있음. 국내 섬유소재 제조기업 중 염색 공장들은 고온 폐수 열교환기와 스팀 응축수 재활용 설비들을 구축하고 있으며, 국내 제직 공장들은 저전력 컴프레서 및 시스템을 통한 에너지 효율 최적화 등으로 온실가스 감축을 실현하고 있음

■ 섬유소재 저탄소공정 전문인력 양성방안

글로벌 수요기업은 저탄소 공정 확보를 강하게 요구하고 있으나, 섬유제조 공정과 에너지 관련 전문지식을 보유한 산업현장의 전문인력 양성이 부재한 실정임. 융합형 인재양성을 위한 커리큘럼 개설이 발 빠르게 이루어지지 않고 있으며, 재직자를 대상으로 하는 체계적인 교육훈련 프로그램이 부족한 상황임. 재직자 중심의 고용노동부 '국가인적자원개발컨소시엄'이 적극 추진되고 있으나 산업의 다양한 수요를 대응하기에는 여전히 부족한 실정임. 이에 섬유소재 제조현장의 재직자를 위한 저탄소공정 전문인력 양성을 위한 체계적인 인력 양성 프로그램이 요구됨

■ 결론 및 시사점

국내 섬유패션산업은 탄소중립 실현이라는 글로벌 아젠다에 대응하기 위해 제조현장의 친환경 공정 확보를 위한 설비투자와 산업 고도화를 위한 전문인력 양성으로 글로벌 시장을 선도할 기회를 다각적으로 준비해야 함. 이를 위해서는 민간 주도의 적극적인 투자와 전문인력 양성이 선행되어야 하며, 향후 섬유패션 ISC에서도 재직자 등을 대상으로 분야별로 특화된 교육훈련 프로그램 개발 등 친환경 섬유패션 전문인력 양성방안 마련이 요구됨

## □ 섬유소재 저탄소공정의 정의 및 범위

- **(정의)** 섬유소재 제조공정인 사가공-제직·편직-염색가공 등의 공정에서 에너지 재활용, 에너지 효율 개선 등을 통해 온실가스 배출을 저감하는 최적의 공정 조건을 갖춘 제조 프로세스를 의미함
- **(범위)** 섬유소재 저탄소 공정의 범위는 원단 중간재를 생성하는 단계까지의 공정을 대상으로 하며, 사가공-원단제조(제·편직)-염색가공 단계에서 에너지 재활용 및 효율 개선을 실현하는 공정
  - **에너지 재활용 설비** : 염색가공 공정에서의 고온 폐수 회수 열교환기, 배기가스 폐열회수 열전발전 설비, 자동제어 스팀트랩 등의 설비로 에너지 절감을 통한 온실가스 감축
  - **에너지 효율 개선설비** : 저전력 컴프레셔 등 노후 설비 교체, 텐타공정의 배기휀 제어 및 에너지 손실 관리시스템(FEMS)을 통한 에너지 효율 최적화 공정으로 온실가스 감축

## &lt; 주요 섬유소재 공정 저탄소화 설비 &gt;

에너지 재활용 설비			
	폐수열 회수 열교환기	배기가스 폐열회수 열전발전 설비	자동제어 스팀트랩
에너지 효율 개선 설비			
	에너지 손실관리 (FEMS)	텐타공정 배기휀 제어	저전력 설비 교체

□ 글로벌 온실가스 규제 현황 및 대응

○ (글로벌 온실가스규제) 기후변화로 자연재해 피해가 늘어나고 있는 가운데 전 세계는 파리 기후변화협정('15년)을 체결하고 자발적 온실가스배출 감축 노력 책임 이행을 약속함

- ('15년 파리 기후변화협정) 기존 교토의정서\*를 개선, 전 세계 195개국은 지구 평균기온 상승을 1.5℃로 제한하는 목표하에 2020년부터 자발적인 국가온실가스감축목표(NDC)를 5년 단위로 제출, 이행점검을 받도록 함

\* 기존 교토의정서('92)에서는 선진국(40개사)에만 의무부과 → 실효성 논란으로 미국, 일본 등의 탈퇴로 EU국가 등만 잔류 → 제21차 유엔기후변화협정 총회(COP)에서 보편적 협정체제 재마련

- (추진경과) 21차 COP(파리, '15년) 협정 채택 / 서명 및 발표(뉴욕, '16년) / 제26차 COP(글래스고, '20년) 세부이행 규칙 완성

< 파리협정상 국가온실가스감축목표(NDC) 관련 규정 >

- 목표 설정 : 당사국은 NDC를 준비, 통보, 유지하며 국내적 완화 조치 이행(제4조제2항)
  - 진전 원칙 : 차기 NDC 제출 시, 기존 NDC보다 진전된 목표 제시(제4조제3항)
  - NDC 갱신 : 당사국은 5년마다 NDC를 마련하여 통보(제4조제9항)
  - 이행 보고 : 당사국총회\*에 온실가스 배출량통계·NDC 이행 현황 보고(제13조제7항)
- \* UN 기후변화협약 당사국총회는 매년 개최하며 영국에서 제26차 당사국총회(COP26) 개최
- (전지구적 점검) '23년부터 5년마다 파리협정 이행에 대한 전지구적 점검 (제14조제1·2항)

<2030 주요국 국가온실가스감축목표(NDC)>

국가	2030 온실가스감축목표(NDC)	
	기준연도*	NDC 목표
EU	'90년 比	55% 감축
영국	'90년 比	68% 감축
미국	'05년 比	50~52% 감축
중국	'05년 比	60~65% 감축
일본	'13년 比	46% 감축
대한민국	'18년 比	40% 감축

출처 : 2030 NDC 상향안 (2021, 정부부처합동)

\* 기준연도는 국가별로 자체 결정(결정 사유는 미공개)하나, 대부분 배출정점(EU, 日), 인접 연도(美: 정점-'07년 / 기준-'05년, 英: 정점-'91년/기준-'90년)를 기준연도로 설정

○ (정부 대응계획) 정부는 기준연도('18년) 대비 '30년까지 40% 감축(△290백만톤 CO<sub>2</sub>)을 목표로 하여 부문별 NDC를 설정하고 이행계획을 수립('21년)

<2030 대한민국 분야별 국가 온실가스 감축목표(NDC)>

(단위: 백만톤CO<sub>2</sub>eq)

구분	부문	기준연도('18)	→	대한민국 NDC 목표('30)
<b>전체 배출량*</b>		727.6	40.0%(290백만톤) 감축	<b>436.6</b>
<b>배출</b>	전환	269.6	44.4%(120백만톤)감축	149.9
	산업	260.5	14.5%(38백만톤) 감축	222.6
	건물	52.1	32.8%(17백만톤) 감축	35.0
	수송	98.1	7.8%(37백만톤) 감축	61.0
	농축수산	24.7	27.1%(7백만톤) 감축	18.0
	폐기물	17.1	46.8%(8백만톤) 감축	9.1
	수소	-	-	7.6
	기타(탈루 등)	5.6	-	3.9
<b>흡수 및 제거</b>	흡수원	-41.3	-	-26.7
	CCUS	-	-	-10.3
	국외 감축**	-	-	-33.5

\* 기준연도('18) 배출량은 총배출량, '30년 배출량은 순배출량(총배출량 - 흡수·제거량)

\*\* 국내 추가감축 수단을 발굴하기 위해 최대한 노력, 보충적인 수단으로 국외 감축 활용

□ 섬유산업 온실가스 배출 특성

○ (섬유산업 = 온실가스 多배출) 염색가공 및 섬유산업은 자원(석유, 물 등)과 에너지 사용량이 높은 산업이며, 특히 폐의류 등을 처리하는 과정에서도 많은 에너지가 소비되어 온실가스 배출량이 높음\*

\* 전세계 온실가스 배출량: ('19) 17.15억톤CO<sub>2</sub> → ('30) 27.91억톤CO<sub>2</sub> (연평균 증가율 : 3.3)

전세계 섬유제품 소비량: ('19) 62백만톤CO<sub>2</sub> → ('30) 102백만톤CO<sub>2</sub> (연평균 증가율 : 3.4)

- (미국) 섬유산업은 1차금속, 비금속 광물산업, 석유 및 화학산업 다음으로 온실가스 배출량이 5번째로 큰 산업임 (출처 : 美에너지정보청)

- (유럽연합, UN) '17년 유럽에서 섬유제품을 구매하면 1인당(연간) 654kgCO<sub>2</sub> 온실가스 발생, '18년 UN에서는 섬유패션산업이 긴 공급망과 에너지 집약적 생산으로 직·간접적으로 배출되는 양을 모두 합치면 전세계 온실가스의 10% 이상 배출할 것으로 추산



- (세계 의류소비) 패스트 패션의 유행으로 생산품목수 증가와 생산속도가 빨라져 의류소비가 더욱 가중되고 있음('19년 6,200만톤 → 10년내 1억200만톤)
- (물 사용) 면생산에서 최종 제품이 배송되기까지 티셔츠 한 벌을 만드는데 필요한 물의 양은 약 2,700리터로, 이는 약 23.8kgCO<sub>2</sub>의 온실가스를 배출하는 것과 같음 (섬유패션산업 물 사용량 : '15년 790억m<sup>3</sup> →'19년 930억m<sup>3</sup> 증가 중)
- (염색폐수) 특히 폐수의 20%는 직물 염색 및 처리 과정에서 발생



출처: 2017 EEA Publications & 2018 UN 기후변화협의회(Climate Change) 홈페이지 News

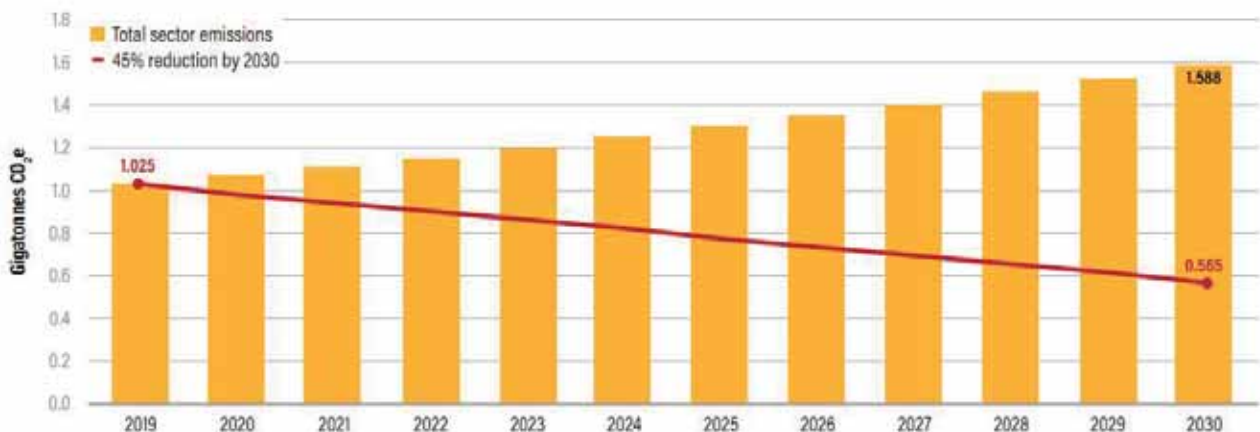
○ (업종특성 및 전세계 동향) 세계자원연구소(WRI)가 '21년에 발간한 보고서\*에 따르면 섬유패션산업의 온실가스 배출량은 '19년 기준 10.25억톤CO<sub>2</sub>\*\*으로 추산

\* 출처: WRI Roadmap to Net Zero: Delivering Science-Based Targets in the Apparel Sector (2021)

\*\* 단, 유통, 소비자 사용(세탁 등) 단계를 포함 할 경우 17.15억톤CO<sub>2</sub>eq 배출

- (30년 예측치) 산업규모 성장 등을 고려할 때 '30년 15.88억톤CO<sub>2</sub>으로 증가 예상  
→ 전세계 파리협정의 목표인 45%('19년非) 저감하기 위해서는 5.64억톤 CO<sub>2</sub>으로 감축 필요 (15.88억톤CO<sub>2</sub> 대비 11.02억톤CO<sub>2</sub> 감축 필요)

<온실가스 예상배출량 / 파리협정 요구 목표 배출량 (단위: 10억톤CO<sub>2</sub>eq)>





○ **(공정상 온실가스 최다)** 특히 제조 공정상에서 배출되는 온실가스는 5.9억톤 (56%)으로 가장 높은 요인임

- **(공정 분류)** 공정은 크게 '원사·실 제조공정\*', '원단 제조공정\*\*', '봉제·완제품 공정\*\*\*'으로 나눌 수 있음

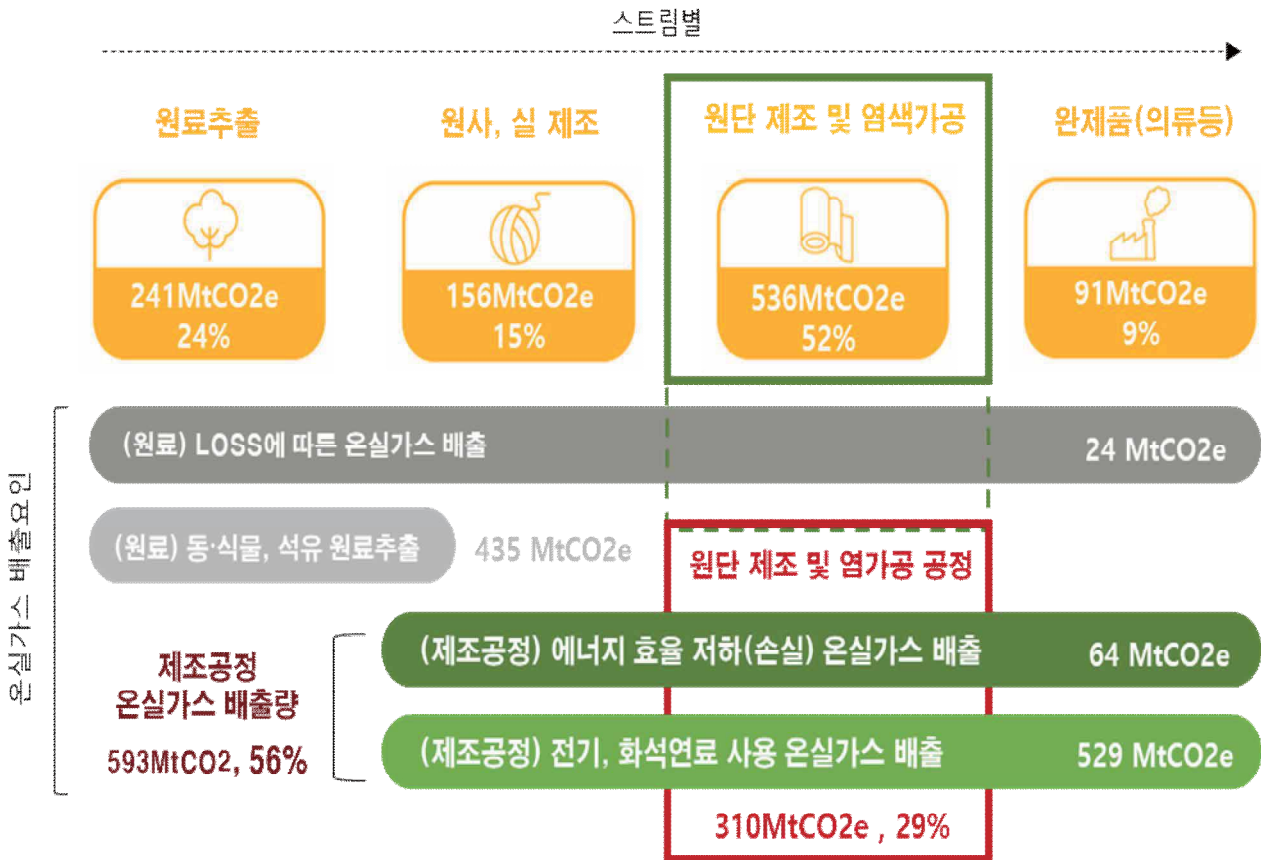
\* (원사·실 제조공정) 천연 또는 인조 원사, 실을 제조하는 공정

\*\* (원단 제조공정) 제직·편직 공정 등 원단 제조 → 염색·가공 공정

\*\*\* (봉제·완제품 공정) 최종 소비자 사용하는 의복, 침구류 등 완제품 제조

- **(스트림·배출요인별)** 전체 배출량 중 '원단제조 공정'과 '염색가공 공정'에서 배출되는 양이 3.1억톤CO<sub>2</sub>으로 전체 29%를 차지

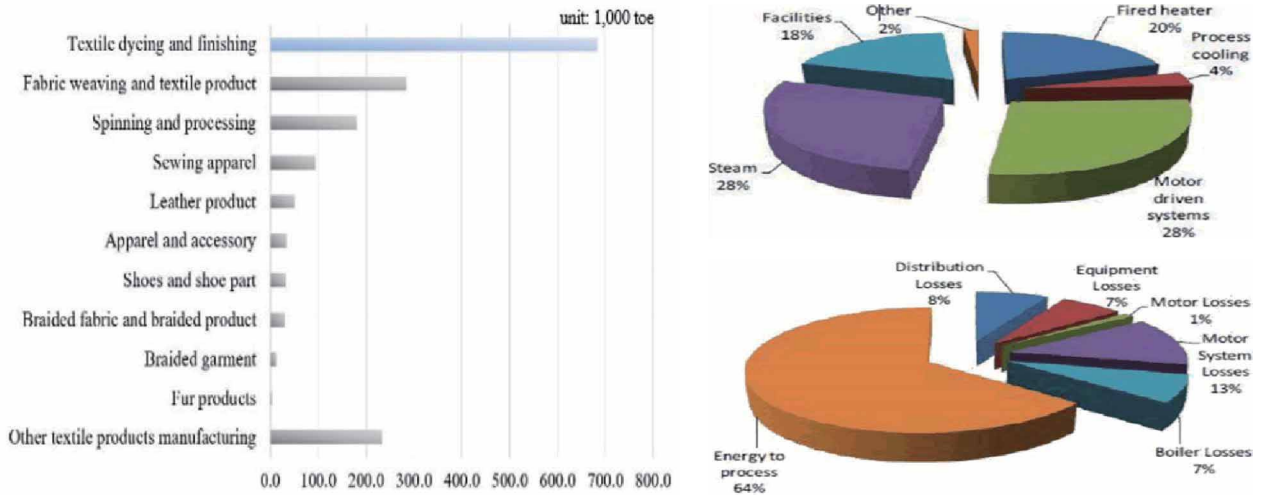
<공정별 온실가스 배출량 (출처: WRI 세계자원연구소)>



출처: WRI Roadmap to Net Zero: Delivering Science-Based Targets in the Apparel Sector (2021)

- **(열, 전기에너지 위주 손실 발생)** 에너지원 별로는 스팀 사용 비중이 가장 높으며(28%), 모터(28%), 히터(연료, 전기 등)(20%), 냉각(4%) 등의 순으로 전체 에너지의 36%가 손실됨 (주로 컴프레서, 보일러 등 에너지 전환 과정 손실)

<공정별 에너지 사용 (좌)에너지 사용량 (우)에너지 종류>



○ (국내 현황) '21년 기준 국내 섬유패션산업 전체 온실가스 배출량은 6.3백만 톤으로 원단제조(1백만톤), 염색가공(0.9백만톤) 순으로 배출 비중이 높음

\* 출처 : 한국에너지공단 국가온실가스배출량 종합정보시스템(NETIS)

\*\* 에너지 소비 비중 : 원단제조 28.5%, 염색가공 27.6%, 화학섬유 25.2% 등 (출처: 통계청)

<국내 섬유패션산업 온실가스 배출량 ('21년)>



- (국내 현황 및 한계) 국내 원단제조, 염색가공 기업 대부분 중소·영세기업으로 투자여력 부족, 정보 부족(기술, 시장동향), 분위기 조성 미흡

- (국가적 비용 발생) 국내 섬유기업 전체(약 4만5천개社)가 既보유 설비의 30%만 공정저탄소화 설비로 교체(연간 37만톤 온실가스 감축효과\*)할 경우, 약 3.4조원\*\*의 설비교체 비용 소요

\* 감축효과 : 631만톤(既보유 설비 배출량) X 교체 30% X 에너지저감효율 20%

\*\* 설비 교체비용: 4만5천개社 X 교체비 2.55억(열교환기 1대 기준) X 30%

□ 인력양성 현황 및 필요성

- '22년 산업부 '친환경 그린섬유 전문인력 양성사업'을 통해 석·박사급의 고급 인력 양성이 5개 대학(부산대, 한양대, 인하대, 영남대, 이화여대)을 중심으로 추진되고 있으나 대부분 생분해, 리사이클 등 친환경 섬유소재 개발을 위한 연구분야로 한정되어 있음
- 글로벌 수요기업을 중심으로 강하게 요구되고 있는 섬유 저탄소 공정의 융합형 인재양성은 그 어느때 보다 시급함. 특히 섬유공정의 다양한 파트별 소요되는 에너지원에 따른 온실가스 감축량 산정과 저탄소 공정의 지속적인 환경개선을 위한 섬유공정 전문가 양성이 시급함

<설비·사용에너지별 온실가스 감축량 산출식>

식1 : 폐수열교환기	$E_R (\text{톤CO}_2) = \text{고온폐수 처리량(톤)} \times \text{회수에너지 (TJ/톤)} \times \text{스팀 간접계수 } 61(\text{톤CO}_2/\text{TJ})$ ※ 회수에너지(TJ/ton) : 회수온도 $\Delta T(^{\circ}\text{C}) \times 1\text{kcal}/\text{kg}^{\circ}\text{C} \times 10^3\text{kg}/\text{ton} \times 4.184\text{kJ}/\text{kcal} \times 10^{-9}\text{TJ}/\text{kJ}$
식1-2 : 배기가스열 → 용수가열	$E_R (\text{톤CO}_2) = \text{가열된 용수량(톤)} \times \text{회수에너지 (TJ/톤)} \times \text{스팀 간접계수 } 61(\text{톤CO}_2/\text{TJ})$ ※ 회수에너지(TJ/ton) : 용수온도변화 $\Delta T(^{\circ}\text{C}) \times 1\text{kcal}/\text{kg}^{\circ}\text{C} \times 10^3\text{kg}/\text{ton} \times 4.184\text{kJ}/\text{kcal} \times 10^{-9}\text{TJ}/\text{kJ}$
식2 : 스팀 응축수 재활용	$E_R (\text{톤CO}_2) = \text{절약된 스팀량(톤)} \times \text{스팀발열량 (TJ/톤)} \times \text{스팀 간접계수 } 61(\text{톤CO}_2/\text{TJ})$ ※ 스팀발열량(TJ/ton) : $660\text{kcal}/\text{kg}^{\circ}\text{C} \times 10^3\text{kg}/\text{ton} \times 4.184\text{kJ}/\text{kcal} \times 10^{-9}\text{TJ}/\text{kJ}$
식3 : 전력절감	$E_R (\text{톤CO}_2) = \text{절약된 전력량(kWh)} \times \text{전력 간접계수 } 0.4781 \times 10^{-3}(\text{톤CO}_2/\text{kWh})$
식4-1 : LNG 절감	$E_R (\text{톤CO}_2) = \text{절약된 LNG량(Nm}^3) \times \text{LNG발열량 (TJ/Nm}^3) \times \text{LNG 간접계수 } 56(\text{톤CO}_2/\text{TJ})$ ※ LNG발열량(TJ/Nm <sup>3</sup> ) : $43.1 \times 10^{-6} (\text{TJ} / \text{Nm}^3\text{당})$

- 또한, 단순 저전력 설비 및 재생에너지 사용 외에도 직물제조 및 염색가공 공정별 사전 진단과 공정 최적화를 통한 저탄소 실현도 중요한 파트로 기계 설비와 공정설계 전문가 양성은 섬유산업 경쟁력 확보를 위해 시급함

직물제조기업	염색·가공기업
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ FEMS 효과 제고를 위한 센서 종류 및 배치</li> <li>■ FEMS 모니터링 및 조치 가이드 마련</li> <li>■ 에너지 저감을 위한 적정 가동시간 계산</li> <li>■ 에어젯 직기 압축공기 시스템의 적정 공기압</li> <li>■ 노후설비 성능저하정도 확인 및 재활용 방안</li> <li>■ 노후 소모품 점검 (벨브, 니플, 슬레노이드 등)</li> <li>■ 인버터형 컴프레서 사용 가이드 및 효과 제고 방안</li> <li>■ 가습 시스템 점검 및 에너지 효율 개선 방안</li> <li>■ 순환펌프, 교반기 등, 가습 시스템 펌프 VFD설치</li> <li>■ 스팀, 압축공기 배관 점검 (누수 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 염색기별 스팀 사용량 측정-&gt; 열교환기 배관설계</li> <li>■ 염색효율 증대 및 염색시간 단축 방안</li> <li>■ 열회수후 공정용수 보관탱크 적정 용량 점검</li> <li>■ 행굼물 온도 낮춤, 세탁 및 행굼수 재사용 방안</li> <li>■ 제트염색기 최적화, 마이크로파 염색장비 도입</li> <li>■ 스팀트랩 적정 응축수 높이 및 배출방안</li> <li>■ 오토클레이브에 뜨거운 폐수열 회수</li> <li>■ 과도한 건조, 중간건조 등 건조시간 최소화 방안</li> <li>■ 겨울철 열에너지 손실 위치 점검</li> </ul>

## □ 산업동향

○ (친환경 섬유 전환, SX) 각국 정부는 친환경 섬유로의 전환(SX) 지원정책을 발표하고, 글로벌 수요기업들은 앞다투어 탄소중립선언(~30년) 및 대책 마련

- (정책) 섬유산업의 친환경화 및 지속가능한 순환경제 정책 추진

- (EU) 「지속가능한 순환 섬유 6대 추진전략('22년 3월)\*」에서 섬유공정全过程의 친환경화를 통한 순환경제로의 섬유산업 전환 강조

\* 6대 추진전략 : 친환경 디자인 의무화, 섬유제품 폐기 금지, 미세플라스틱 오염 문제 해결, 디지털 제품 여권 도입, 그린워싱 통제, 생산자 책임 확대 및 재활용 촉진

- (일본) 「섬유기술로드맵('22.5월)\*」 및 「2030 일본 섬유산업 발전전략('22.5월)」에서 섬유산업이 취해야 할 방향으로 친환경화를 강조

\* 일본 섬유 친환경화 기술개발 과제 : 바이오 기반 화학섬유 제조기술 개발, 생분해 섬유의 고성능화, 친환경 저부하형 섬유공정 전환, 섬유 리사이클 기술 실용화 등

- (중국) 「고부가 섬유산업 육성 추진계획\* (14차 5개년 계획)」에서 친환경 기술역량 강화 추진

\* 최첨단 신재료 기술혁신, 녹색섬유 생산거점 건설, 무수 PET 원단 염색기술 등

- (수요기업) 글로벌 수요기업(패션, 자동차 등)을 중심으로 친환경 실천이 가속화되면서 공급망에서의 친환경 소재, 저탄소 공정전환, 폐섬유·의류 재활용 등에 대한 요구가 증대

- (친환경 섬유 시장동향) 전세계 친환경 섬유 시장은 연평균 4.6% 성장\*

\* '21년 489억 달러 (비중 4.9%) → '30년 1,019억달러(비중 7.2%) (출처 : GVR보고서, '20년)

- 아디다스 2024년, H&M, 나이키는 2030년까지 100% 친환경섬유 사용
- ZARA 산하 8개 패션브랜드 모두 2025년까지 친환경 섬유만 판매
- Gap Inc는 Banana Republic 등 전체 브랜드 제품의 50%를 친환경 제품
- Volvo는'25년부터 신규 모델 내장재 최소 25% 이상 리사이클 소재 사용

### <글로벌 패션브랜드 친환경섬유 사용 및 탄소중립 선언>



## □ 해외 저탄소 섬유공정 구축현황

### ○ 에너지 재활용 및 고효율 연료 대체

- **(염색공정 폐열 재활용 사례)** 온실가스배출 비중이 가장 높은 염색 기업들은 주로 열교환기와 스팀 응축수 재활용 등 폐수열 재활용을 위한 설비를 활용하여 에너지사용을 절감

• **(열교환기 설치사례)** 기능성 원단 기업인 National Spinning(미국)은 열교환기를 사용하여 석유 230만 리터 이상을 절약하고, 연료비 \$188,000/년 절감, 투자비용 \$570,700는 3년에 회수, 3,629kg/h의 증기를 절약

• **(스팀 응축수 활용 사례)** 인도 면사 생산 기업인 Alok와 Sutlej 등은 스팀의 응축수를 재활용 할수 있는 설비(CRP\*보일러 등)를 사용하여 에너지를 절감하였으며, RSWM는 응축수 회수로 연간 600톤, 폐열회수시스템(열교환기) 설치를 통해 연간 365톤의 연료 소비를 줄일 수 있었음

\* CRP(Condensate Receiver Package): 스팀 응축수 재활용 시스템

- **(고효율 연료 대체 사례)** 원단 제조업체 Cookshire Tex(캐나다)는 사용 연료를 중유→천연가스로 대체, 열회수 장치 등을 통해 5,000MWh/년 절약

### ○ 에너지 효율 개선 사례

- **(FEMS 활용 사례)** 실시간 전력량을 분석 후 적시·적소의 전기 사용을 조절하는 시스템으로 원단 제조기업인 Pacific Textile(중국)은 FEMS를 활용하여 19%(1,187,375GJ, 5년간)의 에너지를 절감

- **(텐터공정 배기가스 관리 시스템 사례)** Alok Industries(인도)는 텐터 공정의 온·습도 조절 과정에서 불필요한 가열을 최소화하기 위해 센서 데이터 기반의 배기가스 개폐장치를 도입

- **(노후부품→저전력 교체 사례)** 모터, 펌프 등을 저전력 부품으로 교체

• Sutlej Textiles(인도)은 오래된 모터와 펌프→저전력 부품으로 모두 교체하고 압축공기 공급라인의 재설계를 통해 624MWh의 전력에너지 절감

• Thomaston(미국)은 에어제트직기에 공급되는 압축 공기 시스템의 컴프레셔 교체(로터리→트림)를 통해 연간 3,431MWh(4%) 에너지 절감

• RSWM(인도)은 공정 가습을 위한 일반노즐을 젯(JET)노즐로 바꾸어 31MWh를 절감, Kanco는 20개의 V-벨트를 톱니형으로 교체 30MWh 절감



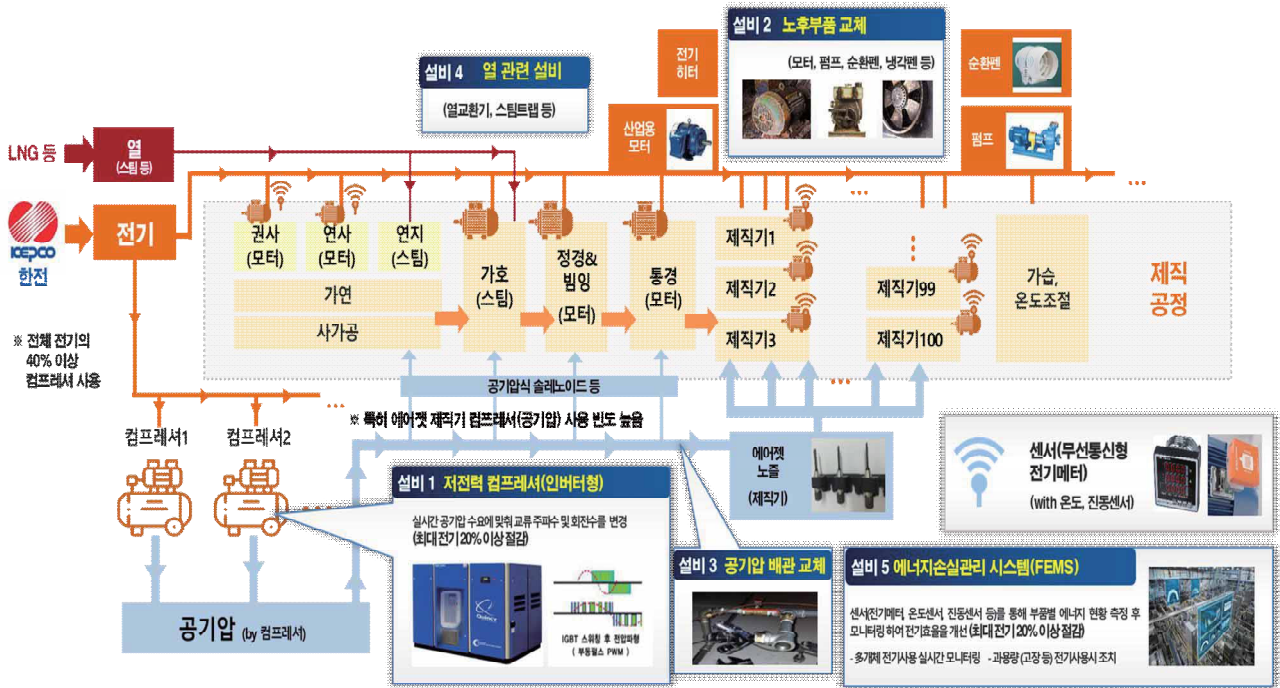
- **(배관 재설계 사례)** Alok은 냉각 효율을 증가시키기 위해 배관라인을 재설계하여 에너지 절감, 미국 섬유기업 대다수는 Ingersoll Rand(설계기업)의 지원으로 압축공기 배관 재설계를 통해 에너지 20% 절감
- **(생산성 향상 → 에너지 절약 사례)** Trelleborg(미국) 등 면방직 기업들은 OHTC\* 집진설비를 사용하여 생산성을 높여 에너지를 절약
- \* OHTC(Overhead Traveling Cleaner): 방직·방사설비의 생산성을 방해하는 미세먼지(섬유 잔여물 등)를 좁은 노즐을 통해 흡입·여과된 압축공기와 저전력 모터를 사용하여 제거하는 장치 (에너지 효율적, 내구성 높음)

## □ 국내 저탄소 섬유공정 구축현황

- **(에너지 재활용 사례)** 국내는 대구 염색산단 및 안산 시화공단 등의 염색 가공 단지를 중심으로 폐수열 회수설비 기업이 증가하는 추세이며 자동제어 스팀트랩 활용기업도 늘고 있음
  - 열교환기 설치 사례 : 송월(주) ('22년 8월 설치) - 염색공정 폐수열 회수
  - 스팀 응축수 재활용 사례 : 대영염공(주) ('22년 7월 설치) - 염색기 응축수
- **(에너지 효율 개선 사례)** 에너지 비용 절감과 친환경 역량 강화를 위해 청하 섬유, 호한직물 등의 기업이 'FEMS를 설치 운영 중이며, 태광산업 등은 텐타공정의 온습도 측정을 통한 배기휀 제어시스템도 도입, 덕산엔터프라이즈 등은 노후설비를 저전력으로 교체하여 에너지 효율을 개선
  - 에너지손실관리시스템(FEMS) 사례 : (주)건백 ('22년 7월 설치) - 방사기적
  - 텐터공정 배기휀 자동제어 사례 : (주)태광산업 대구사무소('14년 8/11월, '15년 8월 설치) - 원단 후가공용 배기 제어
  - 저전력 설비 교체 사례 : (주)명신염색가공 ('21년 3월, 4월 설치) - 고효율 인버터, 대신염직공업(주)('19년 1월, 5월 설치) - 저속비 염색기, 덕산엔터프라이즈('11년 2월, 4월 설치) - 에너지절약형 텐터기
- **공정별 저탄소화 설비**
  - 사가공 및 제직공정 : 저전력 컴프레서, 열교환기, 스팀트랩, 공기압 배관교체, 노후부품교체, 에너지 손실관리 시스템(FEMS) 등

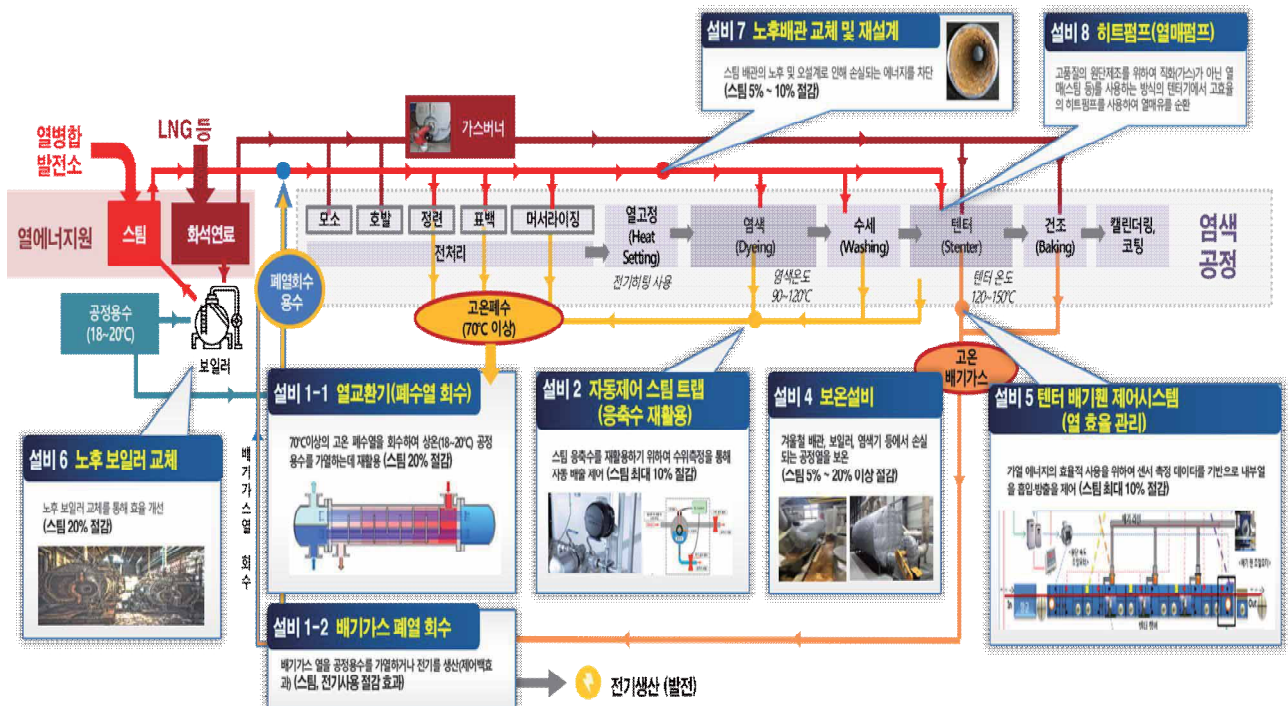


## <사가공 및 제직과정 흐름도 및 저탄소 설비 사례>



- 염색가공 공정 : 폐열회수용 열교환기, 배기가스 폐열 회수기, 자동제어 스팀 트랩(응축수 재활용), 노후보일러 교체, 텐터 배기팬 제어시스템, 히트펌프 교체, 노후배관 교체 및 재설계

## <염색가공 공정 흐름도 및 저탄소 설비 사례>



□ 섬유소재 저탄소 공정 관련 정부 정책

- (국가 산업정책과의 연관성) 정부 국정과제, 산업 정책방향 및 한국판 뉴딜 종합계획, 소재부품중장기 R&D계획, 산자부 섬유패션산업 발전전략 등에 포함
- (주력산업 고도화방안 부합) 중소·중견기업 대상 클린팩토리 구축 및 탄소 다배출산업 집적 지역의 저탄소 전환 지원사업 추진
- (‘22년 대통령 선거 정책공약집 시·도공약) 유연탄·LNG 발전설비를 수소 연료전지 발전설비로 교체, 에너지 공유시설 설치 및 에너지자립 탄소중립 건물로 전환, 탄소배출 저감 그린섬유소재산업 육성, 바이오매스 기반 생분해·자원순환형 리사이클 섬유소재 원천기술개발, 탄소저감 섬유공정 인프라 구축 및 기반기술 확립, 그린섬유소재산업 표준화 기술개발을 포함

<산업부, 섬유패션 친환경 전략中 (2022. 8.) >

<b>비전</b>	<b>친환경 · 저탄소화로 섬유패션산업의 그린 경쟁력 강화</b>
<b>목표</b>	▲ 친환경 섬유 내수 비중 30% 이상(현재 2% 수준) ▲ 글로벌 친환경 섬유 시장 10% 점유(현재 2% 수준) ▲ 기술수준 95%(현재 75% 수준), ▲ 탄소저감 15%(20년 대비)
<b>추진 전략 및 주요 과제</b>	<b>전략1</b> 친환경 섬유시장 창출
	① 수요기업의 친환경 섬유소재 사용 확대 ② 친환경 섬유제품 수요 촉진 ③ 친환경 소재·제품 사업화 지원
	<b>전략2</b> 친환경 기술개발 및 공정혁신
④ 친환경 소재·공정·재활용 핵심기술개발 ⑤ <u>친환경·저탄소 공정 전환</u> ⑥ 지속가능한 섬유패션제품 제조	
<b>전략3</b> 섬유패션산업의 순환경제 생태계 조성	
⑦ 폐섬유·의류 수거·재활용 체계 마련 ⑧ 업사이클링(재활용) 활성화 ⑨ 지원센터·인력양성 등 기반조성	

- (산업부, 섬유패션 친환경 전환 전략 발표) 산업통상자원부는 EU 등의 환경 규제 강화와 글로벌 패션기업의 친환경 선언 등으로 국내 섬유패션산업의 대책을 마련하고자 「섬유패션 친환경 전략」을 발표(2022.8월)
  - (핵심전략 공정 저탄소화 포함) 전략 2번 내에 노후설비 교체, 그린에너지 전환, 에너지 재활용 등 공정저탄소화 전략을 포함
- (법적근거) 「환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률」, 「에너지이용합리화법」에 의거 에너지 효율적 사용 및 온실가스 감축 이행을 위한 시설투자, 생산 공정 개선 등을 국가에서 지원하여 산업의 저탄소화를 촉진하는 것을 목적으로 함
  - 「환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률」 제4조(산업환경 실천 과제) 제2항 제2호, 제4조 제4항, 제8조(청정생산기술의 이전·확산) 제1항, 제12조(보조금의 지급) 제1항
    - (제4조 제2항 제2호) 생산공정에서의 에너지절약 및 온실가스배출의 저감, 환경오염의 제거·감축, 부산물의 효율적 이용, 용수의 재이용 확대 등 생산공정의 개선에 관한 사항
    - (제4조 제4항) 정부는 제3항에 따라 사업자단체가 지원을 요청하면 그 지원에 필요한 조치를 마련하여야 함
    - (제8조 제1항) 정부는 청정생산기술의 이전과 개발성과의 확산을 촉진하기 위하여 필요한 시책을 마련하여야 함
    - (제12조 제1항 제2호) 산업환경 실천과제의 발굴을 위한 사업
  - 「에너지이용합리화법」 제3조(정부와 에너지사용자·공급자 등의 책무) 제1항 및 제25조(에너지절약전문기업의 지원) 제2항
    - (제 3조 제1항) 에너지 효율적 사용에 의한 온실가스 배출감소 방안 제공
    - (제 25조 제2항) 에너지절약형 시설투자를 통한 온실가스 감축 이행을 위한 에너지 절약시설 설치 지원



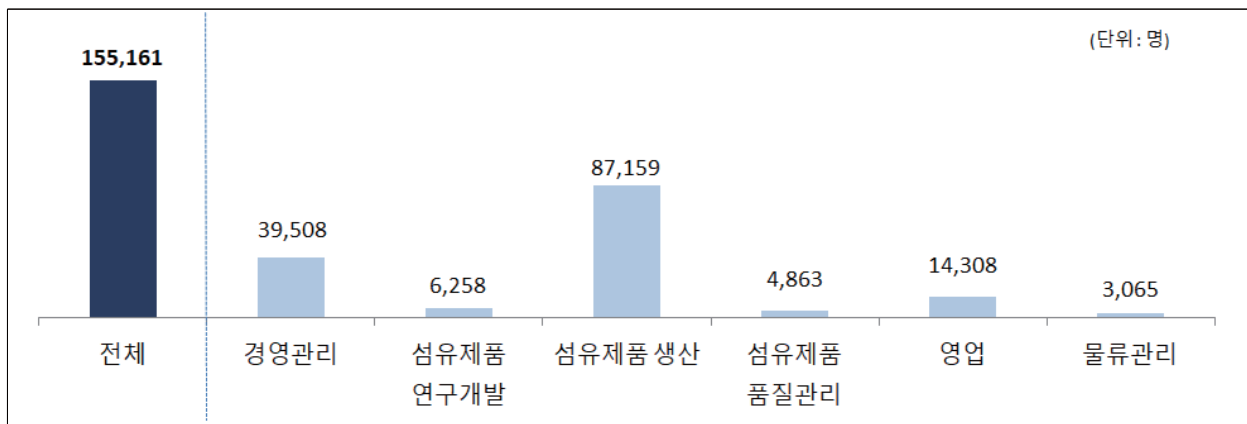
### III

## 섬유소재 저탄소공정 전문인력 양성방안

### □ 섬유제조산업 인력현황

- **(인력현황)** 섬유제조 산업의 종사자수는 155,161명으로, 직무별로는 경영관리 39,508명, 섬유제품 연구개발 6,258명, 섬유제품 생산 87,159명, 섬유제품 품질관리 4,863명, 영업 14,308명 등으로 나타남

<섬유제조산업 직무별 인력 현황>



출처 : 2022년 섬유패션산업 직무별 인력실태 조사(섬유제조·패션산업 ISC)

### ○ 섬유제조산업 채용인원 현황

- (직무별) '22년 섬유제조산업 채용인원은 6,978명으로, 직무별로는 섬유제품 생산 4,757명, 경영관리 818명 순으로 나타남
- (업종별) 제직 2,843명, 염색/가공 1,465명, 부직포/기타 섬유제품 1,018명, 화섬 732명 순으로 나타남
- (규모별) 10~49인 규모 기업은 2,838명, 10인 미만 규모 기업은 2,400명, 50~299인 규모 기업은 1,579명 순으로 나타남
- (지역별) 대구/경북 지역 기업은 2,548명, 경기/인천 1,552명, 서울 1,171명, 부산/울산/경남 724명 순으로 나타남

### ○ 인력부족 현황

- (전체) 섬유제조산업 인력부족률은 5.6%로, 직무별로는 섬유제품 생산(6.7%), 섬유제품 품질관리(5.9%) 순으로 나타남
- (직무별) 섬유제품 생산직의 인력부족률이 6.7%로 가장 높았고, 다음으로 섬유제품 품질관리(5.9%), 영업(4.4%) 순으로 나타남

- (업종별) 염색/가공의 인력부족률 6.7%로 가장 높았고, 다음으로 편직(6.5%), 제직(5.9%), 방직(4.8%) 순으로 나타남
- (규모별) 10~49인 규모 기업의 인력부족률이 6.1%로 가장 높았고, 다음으로 10인 미만(5.5%), 50~299인(5.0%) 순으로 나타남
- (지역별) 경기/인천의 인력부족률이 6.5%로 가장 높았고, 다음으로 대구/경북(6.0%), 부산/울산/경남(5.1%) 순으로 나타남

### ○ 저탄소·친환경섬유 전문인력 수요현황 분석

- 2024년 친환경섬유 전문인력수요 전망 : **7.9천명 이상**
  - 산출근거 : **28.5만명 × 70% × 석박사급 수요연구인력 4%**
  - 2024년 전체 섬유패션산업 70% 이상 전망 (2019년 30%)
  - 친환경섬유 관련 업계 비중 : '19년 30% → '25년 70% 추정
- 저탄소 공정을 통한 친환경 섬유제품으로의 산업전환과 소비패턴 변화 등으로 인해 이와 관련된 종사자가 중·장기적으로 증가할 것으로 전망됨

### □ 산업인력 공급 동향

#### ○ 섬유소재 저탄소공정 전문교육 현황

- 세계 9위의 섬유수출국, 기술력 세계 4위, 기업체수 기준 국내 전 제조업의 11.7%의 위상에도 불구하고, 그동안 대학(원)은 친환경섬유 제조공정 전문인력을 특화하여 양성하는 곳이 전무하였음
- 2022년 시작된 산업부 산업혁신인재양성사업의 '친환경 그린섬유 제조과정 전문인력 양성사업'이 추진되고 있으나 대부분 섬유공학 및 재료공학에서 생분해성을 중심으로 커리큘럼이 개발되어 저탄소공정 이해를 위한 교육과정은 부족함
  - 전문대학 및 대학의 섬유패션 관련 학과는 전국적으로 100여개에 달하지만 의류패션 소재, 산업용 섬유, 스마트 섬유 분야에 국한되어 교육이 진행되고 있으며, 친환경 섬유 뿐만 아닌 저탄소 공정에 대한 체계적인 교육을 담당하는 대학은 전무함
  - 산업 규모에 비해 기술기반 전문인력양성 프로그램은 거의 없는 실정임
- 글로벌 섬유소재 수요기업들은 최근 수출원단에 대하여 물사용량, 전기사용량, 폐기물 배출량 등 온실가스 감축을 위한 노력을 이행하는 데이터를 지속적으로 요구하고 있음. 이에 따라 저탄소 제조공정 확보를 위한 중소기업의 노력은 그 어느 때보다 높아지고 있으나 관련 전문인력 확보가 어려운 실정임

- 특히 저탄소공정 분야의 전문인력 양성과 확보를 위해서는 섬유소재, 섬유공정 뿐만 아닌 에너지 분야에 대한 전문지식까지 보유한 융합형 인력양성이 중요함
- 현 상황에서 섬유소재 저탄소공정 전문인력 양성을 준비하지 못한다면 탄소 중립 실현이라는 글로벌 아젠다에 뒤처지고 저탄소 공정 확보를 통한 글로벌 시장 선도에도 뒤쳐질 수 밖에 없음

## □ 저탄소 섬유공정 분야 주요 커리큘럼

### ○ (섬유공학) 저탄소-친환경 섬유 공정

- (친환경 공정 설계특론) 화학제품을 생산하는 일련의 공정들로 공장의 전체 물질수지의 계산, 열수지의 계산 등을 행하고 그것을 토대로 친환경적이고 경제적인 화학공정을 학습
- (그린섬유 고분자 공정) 친환경 고분자재료 제조공정에 관한 각 공정의 원리와 특징을 다루며 압출, 사출, 방사, 연신 등의 고분자 공정에 관한 동역학, 열전달, 물질전달 등에 대한 심화과정으로 고분자 신소재 제품을 설계하고 응용기술을 학습
- (친환경 가공학) 유기소재의 친환경 가공법에 이해하고 가공된 소재의 물성을 평가, 분석하는 방법에 대해 학습

### ○ (의류학) 지속가능 섬유 제품화

- (지속가능성 의류소재 개발연구) 자원 선순환을 고려한 지속가능한 산업으로의 의류소재의 활용과 패션제품 개발 및 산업 동향 연구
- (지속가능한 디자인 제품개발) 지속가능한 디자인 기본 개념을 이해하고, 창의적 디자인 제품 개발 및 선행 연구 사례조사 등을 통해 환경친화적 제품 및 디자인 특성과 창의적 프로세스 접근방식 학습

## □ 섬유제조·패션산업 인력실태 조사 결과 및 시사점

### ○ 환경변화에 따른 인력전망

- 글로벌 섬유패션산업은 가치 소비로의 전환, 글로벌 공급망 재편, 지속가능 성장, 디지털 전환 등 외부환경 요인으로 지속가능발전 전문가의 수요증가와 그에 따른 직무 변화에 큰 영향을 미칠 것으로 전망



- 특히, 국내외 환경규제 강화, 탄소중립 실현을 위한 제조기업을 향한 요구사항이 높아지고 있어 이에 대한 대응과 섬유산업 고도화를 위한 보다 선도적 차원의 공정혁신이 요구되며 그에 따라 친환경 소재개발, 저탄소 공정확보 관련 인력 수요도 증가할 전망

### ○ 탄소중립 실현을 위한 인력양성 개선 방안

- 섬유제조·패션산업 ISC는 글로벌 환경변화에 대응하기 위해 섬유패션산업 Supply Chain에서 관련 NCS를 지속적으로 개발·개선해 나가야 하며 탄소중립 실현이라는 보다 포괄적인 개념에서의 저탄소화 관점의 접근이 요구됨
- 현재 특성화고, 전문대학 등의 경우 섬유소재 공정 및 저탄소화를 위한 관련 NCS 개발 미흡으로 산업 현장에 투입될 인력양성이 이루어지고 있지 않음
- 대학의 경우 친환경 소재개발 및 지속가능 마케팅 전문인력 교육이 진행되고 있으나 LCA(전과정평가), 저탄소공정 등 빠르게 변화하는 산업수요를 충족하기에는 부족한 실정임
- 재직자·실업자 대상 교육훈련도 친환경 소재에 국한하지 말고 전공정 친환경화를 위한 생산공정단계의 저탄소화 추구를 위한 교육훈련이 중요하나, 섬유의복분야 NCS 미흡으로 교육훈련과정 개발 등에 애로가 있음
- 이에, 섬유소재 저탄소공정과 관련하여 섬유분야 NCS 개발·개선을 통해 NCS 학습모듈(특성화고·전문대), 일학습병행(재직자), 컨소시엄(재직자), 국민내일배움카드(실업자) 등 NCS 기반의 인력양성을 확대해 나가야 할 것임

- 섬유패션 산업에서의 저탄소 공정은 탄소중립 실현이라는 글로벌 아젠다에 대응하고 산업의 고도화, 선진화를 위한 정책적인 노력 이상으로 소비자의 가치소비 변화에 대응하기 위한 민간기업의 필수적인 요건으로 대두
- 특히, 섬유소재 제조공정은 많은 물과 에너지를 사용하는 제조공정이며 염색 공정을 통한 폐수 등으로 환경오염 주범 산업으로 평가되어 글로벌 수요기업을 중심으로 민간규제가 강화되고 있음. 특히 최근에는 공정 전과정에서 발생하는 에너지 관리 등을 통한 온실가스 감축 노력을 요구하고 있음
- 그러나, 섬유패션산업에서 친환경 공정 및 저탄소화 등에 대한 높은 관심과 변화에 적극 대응할 수 있는 전문성과 산업밀착형 전문인력은 턱없이 부족한 실정임
- 현재 산업부 ‘친환경 그린섬유 제조과정 전문인력 양성사업(석·박사과정)’과 고용노동부 ‘국가인적자원개발컨소시엄(재직자)’이 운영중에 있으나 제조공정 저탄소화 분야에 해당하는 산업 전반의 수요를 반영하기에는 전문인력 양성이 매우 부족한 상황임
- 이에 섬유패션 ISC에서도 섬유소재 저탄소공정 관련 NCS 개발 및 개선, NCS 학습모델 개발 등을 통해 특성화고, 전문대 등을 대상으로 현장 실무형 전문인력 양성을 위한 직무역량 강화 기반을 마련할 필요가 있음
  - 섬유소재 저탄소공정에 대한 산업 수요가 급증함에도 불구하고 관련 교육과정 개발은 미흡한 실정으로 NCS 개발 및 개선을 통한 NCS 학습모델을 개발하여 특성화고, 전문대, 대학 등의 교육과정을 개선할 필요가 있음
  - 섬유소재 저탄소공정 특화 분야별 기업 맞춤형 일학습병행, NCS 기업활용 컨설팅, 컨소시엄 훈련 등을 통해 재직자 역량도 함께 강화해야 함
- 글로벌 수요기업에 의해 요구되고 있는 공정 저탄소화는 민간규제 차원으로 강하게 요구되는 항목으로 이를 대응하기 위한 직무능력 표준 개발이 필요한 실정임

- 최근 글로벌 패션기업인 Allbirds, 파타고니아 등은 공정 저탄소화를 통해 얻어진 데이터를 활용하여 LCA(전과정평가), Footprint를 통한 섬유제품 생산 과정의 환경영향도를 정량화한 데이터를 마케팅에 적극 활용하는 사례가 증가하고 있음
  - 저탄소 공정보다는 에너지 절감뿐만 아닌 유통-마케팅으로 확장하여 활용되기 때문에 폭 넓은 산업 전문가 양성도 중요한 분야로 대두하고 있음
- 특히 섬유소재 저탄소공정 관련 분야는 재생에너지 활용, 에너지 소비 최소화 등을 통한 친환경 공정기술 최적화로 섬유공정 외에 에너지 분야의 전문성도 보유한 융합형 인재양성이 중요함
  - 염색가공 공정에서의 폐열회수 설비를 통한 재생에너지 사용, 에너지 손실관리 시스템 구축을 통한 CO<sub>2</sub> 감축 등은 향후 섬유제품 수출시 부과되는 탄소세 대응을 통한 글로벌 경쟁력 확보에도 필수 요건임
  - 친환경 공정 전문가 양성은 사업 수요의 급변하는 상황에 빠르게 대응하기 위해 재직자를 중심으로 한 기초, 심화 과정의 체계적인 전문인력 양성 과정 설계가 절실함
- 섬유패션 산업에서의 친환경 테마는 일시적 트렌드가 아닌 지속적으로 추구해야 하는 산업의 궁극적인 방향성이므로 친환경 소재 개발과 동시에 공정 개선을 통한 저탄소화 실현도 중요하게 다루어져야 하는 분야로 체계적인 인력양성 시스템 구축과 투자가 절실함

<참고문헌>

- 1) 섬유패션산업 인력실태 조사 보고서(2022), 한국섬유산업연합회
- 2) 섬유제조패션산업 인력현황 보고서(2022), 한국섬유산업연합회
- 3) 친환경·리사이클 섬유패션산업 육성 전략(2021), 이자연·박훈, 산업연구원
- 4) 섬유패션산업 한국판 뉴딜 실행전략(2020. 11), 산업통상자원부
- 5) 친환경 섬유 기술동향 및 전망(2021, PD 이슈리포트), 한국산업기술평가관리원
- 6) 친환경 그린섬유 제조과정 전문인력 양성사업(2022년 사업계획서), 한국섬유수출입협회
- 7) 섬유소재 저탄소공정 기반조성사업(2023년 사업계획서), 한국섬유수출입협회

2023년 2분기  
섬유제조·패션산업 ISC  
이슈리포트

---

발행처 : 한국섬유산업연합회  
홈페이지 : [www.kofoti.or.kr](http://www.kofoti.or.kr)  
주소 : 서울 강남구 테헤란로 518  
(대치동) 섬유센터 16층  
전화 : 02-528-4042  
발행일 : 2023. 6. 30.

---

<비매품>

Copyright©2023 by KOFOTI, All rights reserved.

[ 비매품 ] 본 보고서의 저작권은 한국섬유산업연합회에 있습니다.

저작권법에 의해 한국 내에서 보호를 받는 저작물이므로 무단전재와 무단복제를 금합니다.

# ISC ISSUE REPORT

섬유소재 저탄소공정 전문인력 양성방안