

# 방염복의 인간공학적 평가 및 비용 대비 효과 분석

정정림<sup>1</sup> · 조자영<sup>2</sup> · 연수민<sup>3</sup> · 장준호<sup>1</sup> · 김희은<sup>3</sup> · 유희천<sup>1</sup>

<sup>1</sup>포항공과대학교 산업경영공학과

<sup>2</sup>한국패션산업연구원 기업지원본부

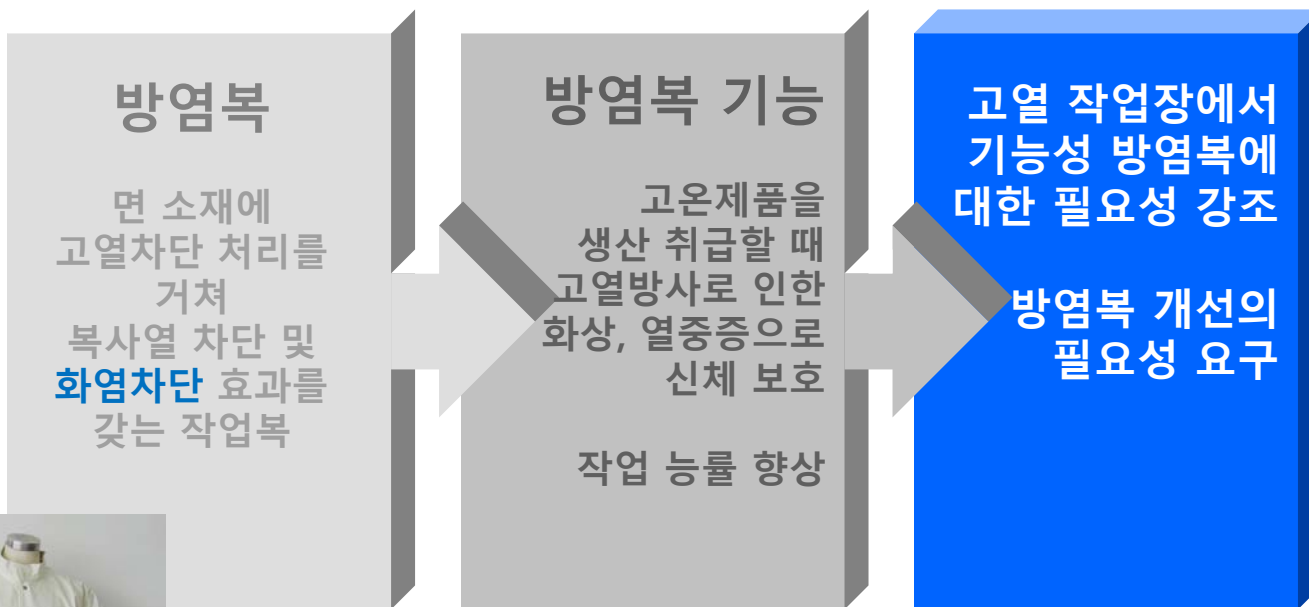
<sup>3</sup>경북대학교 의류학과

2010. 10. 22

# Agenda

- 연구 필요성 및 목적
- 인간공학적 평가 체계
- 기존 방염복의 인간공학적 평가 체계 적용
- 개선 방염복의 평가 및 비용 대비 효과 분석
- 토의

# 연구의 필요성



## 기능성 방염복 설계 시,

착용자 신체 특성과 작업에 따라 요구되는 성능 및 유해 요인 다르므로,  
사용자 특성, 작업 및 환경 특성 등의 파악 필요

도출된 요구 사항을 종합적으로 설계에 반영하는 것이 중요

(Rosenblad-Wallin, 1985; 최혜선 등, 2003)

# 작업복 관련 기존 연구의 한계

연구자 (연도)	연구 내용
Huck et al. (1997)	의복설계요소인 여유량의 배치가 개선효과에 미치는 영향을 정량적으로 평가
Coca et al. (2008)	소방보호복이 착용자의 운동성과 수행능력에 미치는 영향 파악
Coca et al. (2010)	소방복의 수행능력에 대해 ROM, job-related task 평가 실시 및 주관적 평가를 동시 수행
McLellan & Selkirk (2004)	인체생리 반응과 주관적 감각 평가를 통해 소방복 형태 제안 및 착용성 개선 효과 파악
Ilmarinen et al. (1990)	기존 work clothing에 대한 특성 분석 후, new functional work clothing 3종 개발하고 착용 평가를 통해 사용자들의 반응 분석

## Advantage

- 인간공학적 평가의 유용성 제시

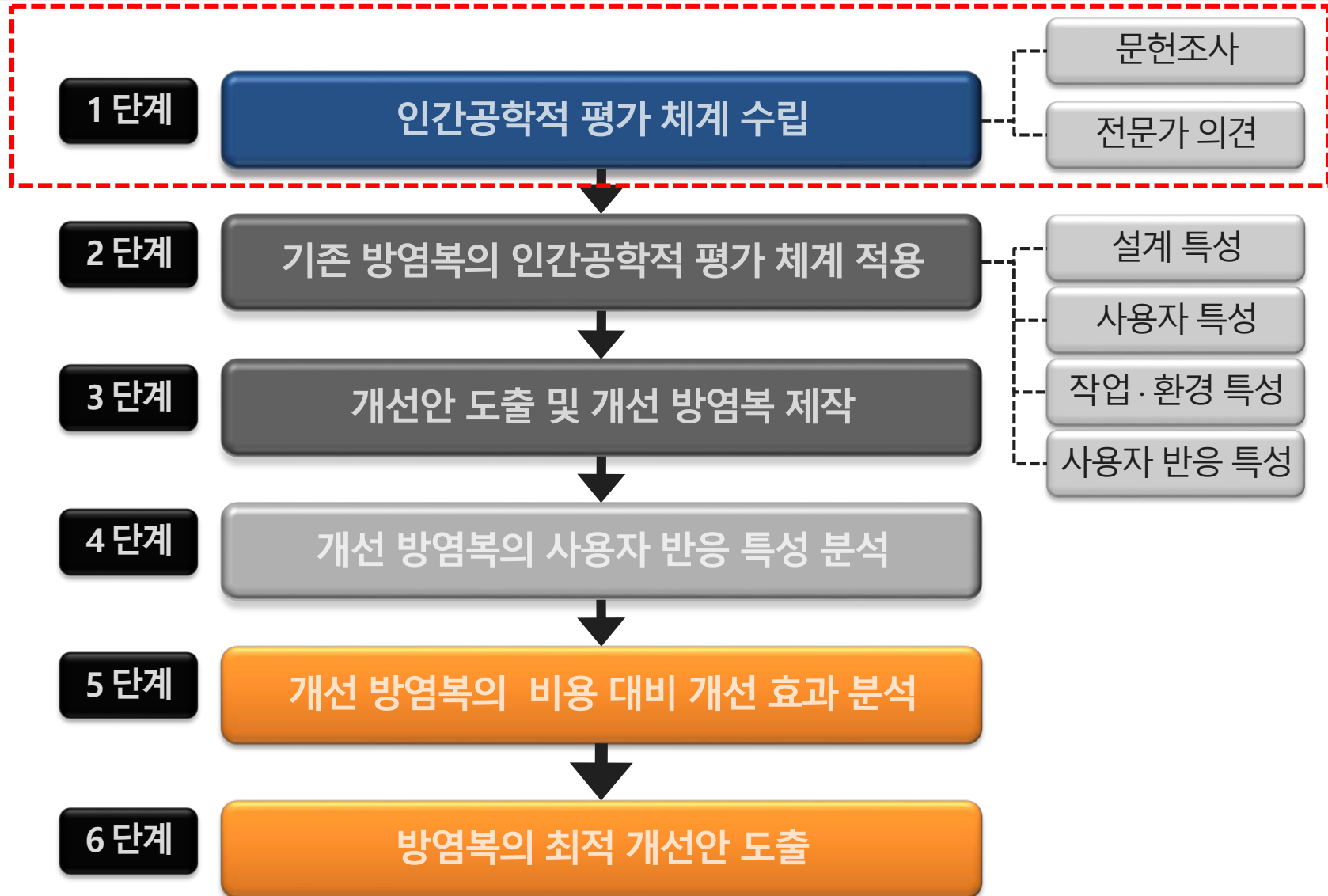
## Limitations

- 의복 착용 성능과 연관된 많은 설계 변인 배제
- 개선안의 설계 요소 제한적
- 비용 대비 효과분석 (설계 개선안 선정 시 유용한 판단 근거) 연구 부족

# 연구 목적

1. 방염복의 인간공학적 설계 개선
2. 방염복의 특성을 인간공학적 측면에서 종합적으로 분석할 수 있는  
평가체계 수립
3. 비용 대비 효과 측면에서 사용자 반응 특성을 최대화 할 수 있는  
방염복의 최적 개선안 도출

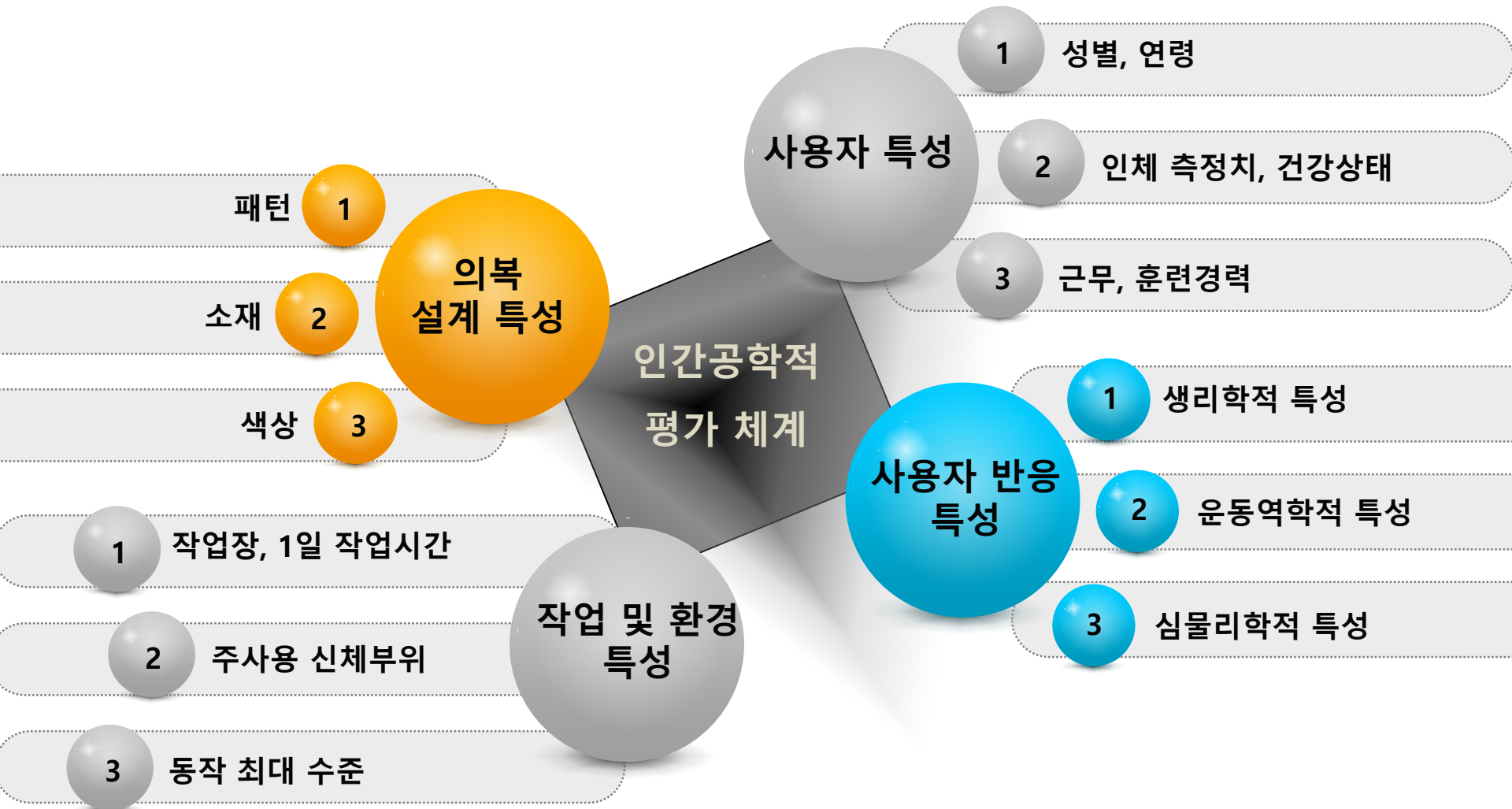
# 연구 접근 방법



# 인간공학적 평가 체계 수립 방법

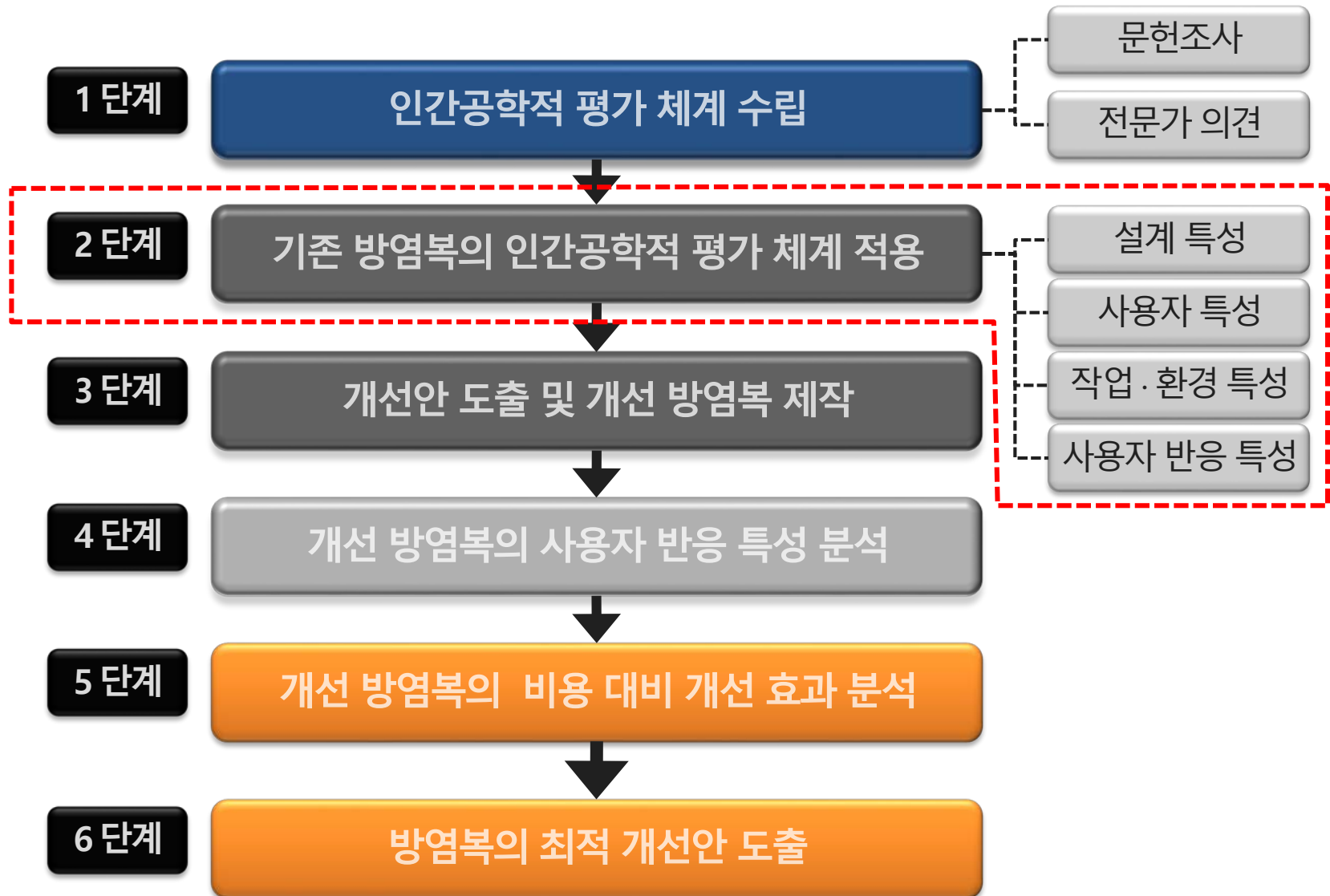


# 인간공학적 평가 체계



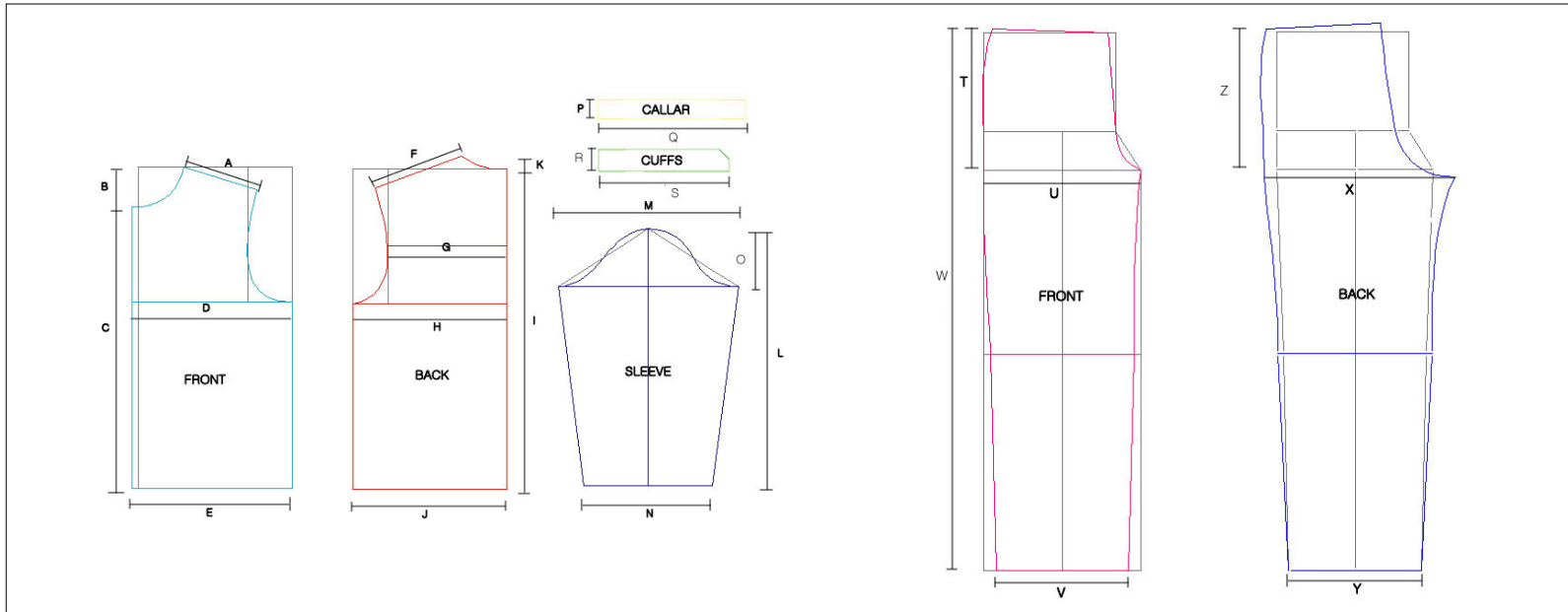


# 연구 접근 방법



# 기존 방염복의 설계 특성 분석

## ■ 패턴 분석



- L 사이즈 (한국 산업규격 성인 남성복 치수 KS-K0050 2004(안)) 패턴 분석
  - 상의: standing collar, 직선형 한 장 소매, 등부위 yoke 형성, yoke 부위는 mesh 소재
  - 하의: 벨트 대신 서스펜더 사용

# 기존 방염복의 설계 특성 분석

## ■ 소재 및 색상 분석

Fabric Characteristic	Characteristic Value	Legal Standard (Article 12 of the Fire Services Act Enforcement Ordinance, 2002)
fiber contents	100% cotton	-
fabric construction	plain weave	
density (number of yarns in the warp direction /inch × number of yarns in the weft direction/inch)	85/inch × 50/inch	
weight	350 g/m <sup>2</sup>	
tensile strength	dip direction: 784 N weft direction: 490 N	
color	bright yellow (absorptance 1.65)	
after-flame time <sup>1</sup>	0 sec	
after-glow time <sup>2</sup>	0 sec	≤ 5 sec
carbonization length <sup>3</sup>	10 ~ 12 cm	within 20 cm
carbonization area <sup>4</sup>	18 cm <sup>2</sup>	within 30 cm <sup>2</sup>

# 기존 방염복의 작업 및 환경 · 사용자 특성 분석

## ■ 조사 방법 및 내용 (P 제철소 고열 작업장)

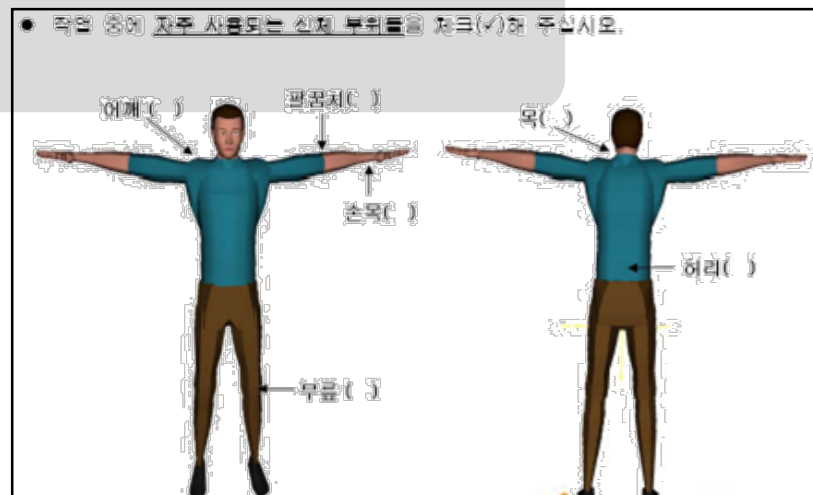
### Interview (관리자)

- 작업자 신상정보 획득
- 1일 작업 시간, 고열 환경 노출시간, 작업장 온도 및 습도 조사

### Questionnaire (작업자)

- 신체 부위별 동작의 최대 수준
- 자주 사용하는 신체 부위
- 부자연스러운 자세 발생 부위
- 착용 시 불편한 신체 부위
- 개선 요구 사항

[Questionnaire의 예]

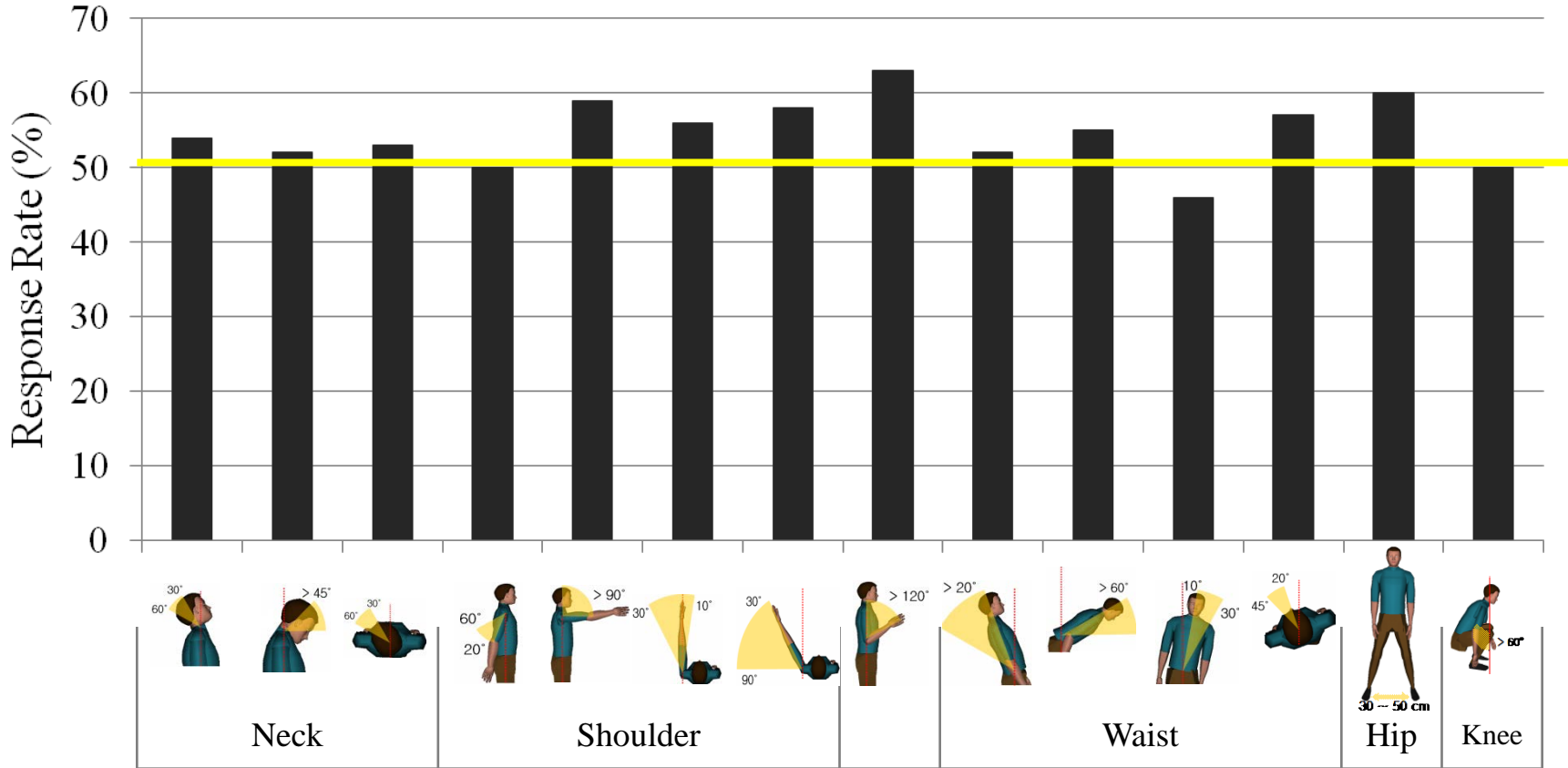


# 작업 및 환경 특성 분석 결과

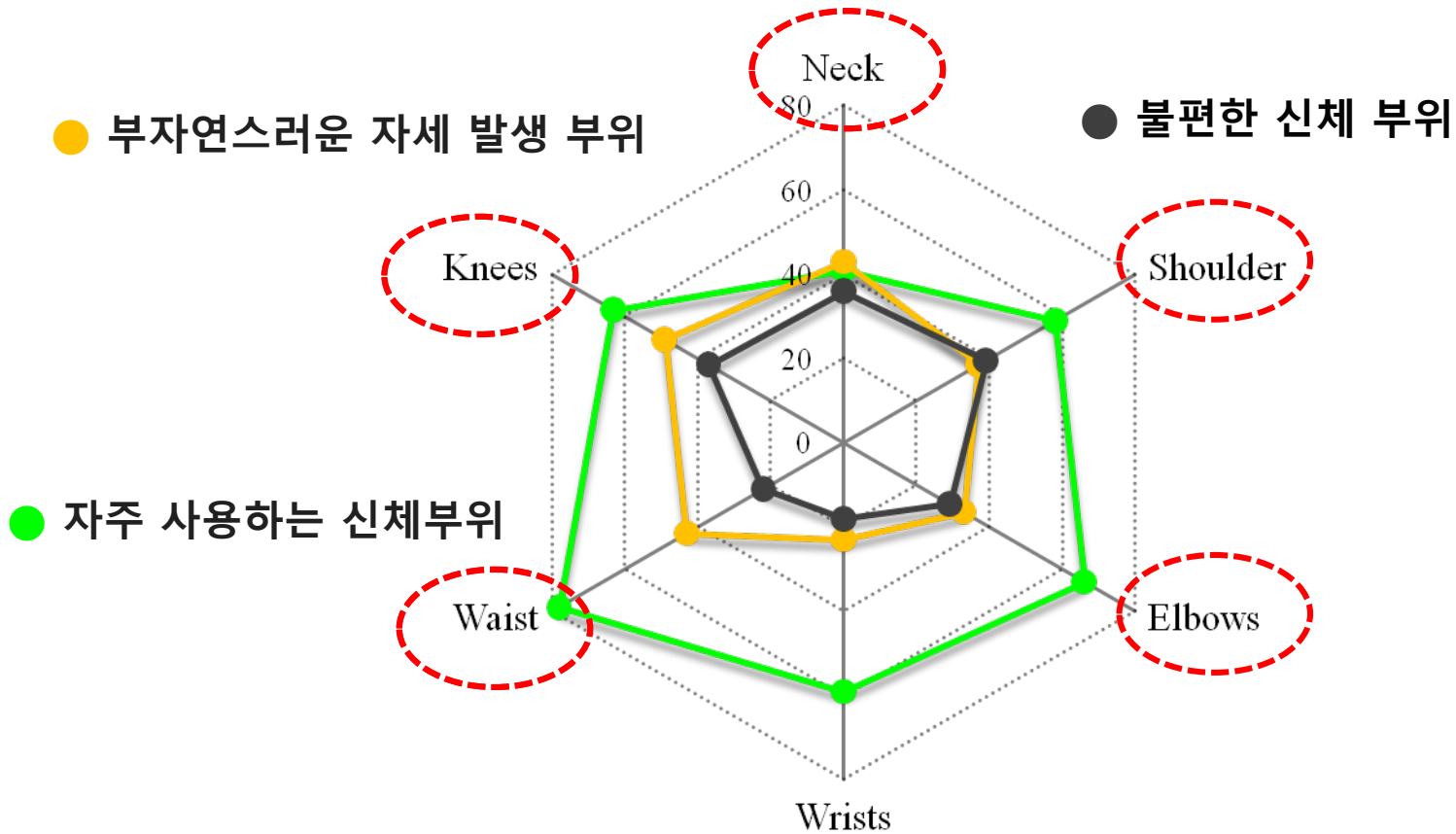
- 작업자의 연령 및 성별: 30~50대 남성
- 1일 평균 작업복 착용 시간: 약 8시간
- 1일 평균 40°C 이상의 고열 환경 노출 시간: 약 45분
- 작업장 온습도
  - 계절에 따라 변동
  - 작업자의 열적 스트레스가 최고에 도달하는 7~8월: 온도 40°C, 상대습도 30%

# 사용자 특성 분석 결과

## 신체 부위별 동작의 최대 수준



# 사용자 특성 분석 결과



# 기존 방염복의 사용자 반응 특성 분석 방법

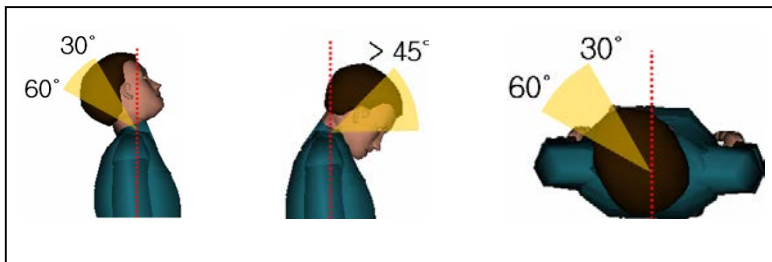
- 피험자: 20대 남자 대학생 7명  
(신장  $178.0 \pm 3.9$ cm, 체중  $70.0 \pm 2.9$ kg (Mean $\pm$ SD))
- 평가 항목: 착용편이성, 착용감, 의복내기후



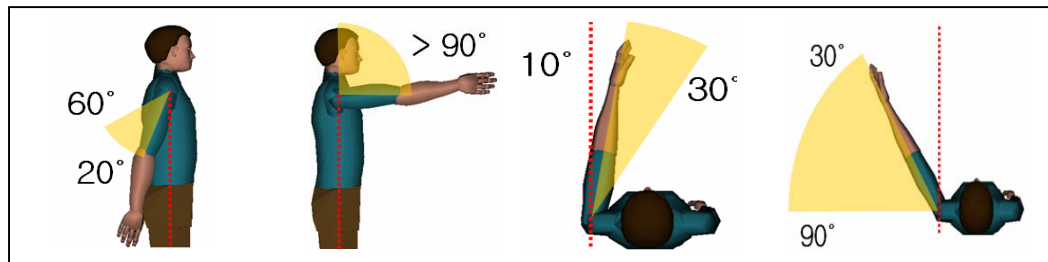
- 쾌적 환경 조건: 25 °C, RH 50%
- 방염복 착용후 동작 실시
  - 목, 어깨, 팔꿈치, 허리, 골반, 무릎 부위 동작
- 의복 부위별 연관된 세부 착용편이성 항목에 대해 평가
  - 착의성, 여유성, 착의용이성, 탈의용이성, 동작용이성 (5점 Likert 척도)



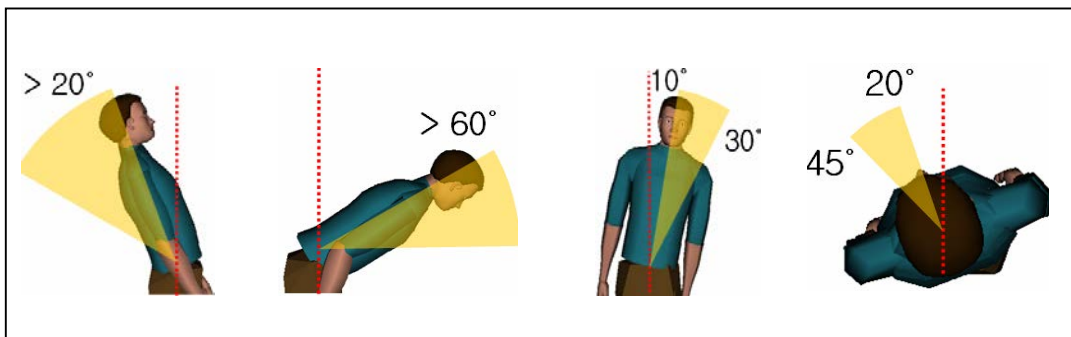
## [동작의 종류]



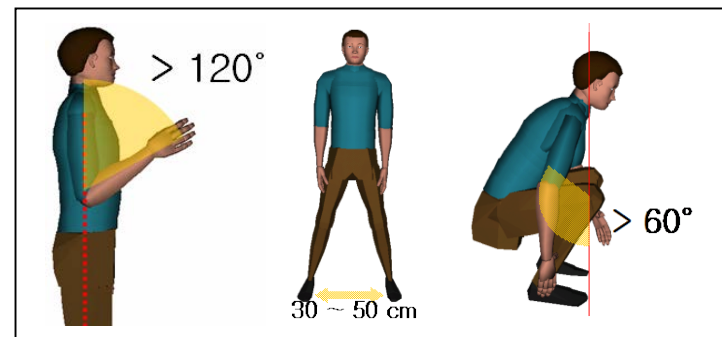
<Neck>



<Shoulder>



<Waist>



<Elbow/ Hip/ Knee>

# 기존 방염복의 사용자 반응 특성 분석 방법

- 피험자: 20대 남자 대학생 7명  
(신장 178.0±3.9cm, 체중 70.0±2.9kg (Mean±SD))

[Questionnaire의 예]

- 평가 항목: 착용편이성, 착용감, 의복내기후

1. 착의성 평가(fitness) 본 고열 작업복이 본인의 신체에 잘 맞는 정도를 1~5점으로 평가하여 주십시오.						
구 분	항 목	평가				
		1 거의 맞지 않음	2 조금 맞지 않음	3 보통	4 조금 맞음	5 아주 잘 맞음
상의	목둘레	1	2	3	4	5
	앞폭	1	2	3	4	5
	뒷폭	1	2	3	4	5
	어깨선부위	1	2	3	4	5

- 쾌적 환경 조건: 25 °C, RH 50%
- 방염복 착용후 동작 실시
  - 목, 어깨, 팔꿈치, 허리, 골반, 무릎 부위 동작
- 의복 부위별 연관된 세부 착용편이성 항목에 대해 평가
  - 착의성, 여유성, 착의용이성, 탈의용이성, 동작용이성 (5점 Likert 척도)

## [의복부위-착용편이성 항목 연관성 분석]

Clothing Design Components		Upper garment							Pants						
		Neck Circumference	Breast Width	Back Width	Shoulder Line	Armscye Circumference	Sleeve Length	Sleeve Width	Length of Upper Garment	Waist circumference	Hip Circumference	Crotch Length	Length of Pants	Width of Pants	Suspenders
Convenience in Use															
Fit		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Ease		○	○	○		○				○	○	○		○	
Efficiency of Wearing		○	○	○									○	○	
Efficiency of Taking off		○	○	○									○	○	
Efficiency of Movement	Neck	Extension	○												
		Flexion	○												
		Twisting	○												
	Shoulder	Extension		○	○		○	○	○	○					○
		Abduction		○	○		○	○	○	○					○
		Flexion		○	○		○	○	○	○					○
		Adduction		○	○		○	○	○	○					○
	Elbow	Flexion					○	○	○						
		Extension		○	○					○	○	○	○		○
	Waist	Flexion		○	○					○	○	○	○		○
		Lateral bending								○	○	○	○		○
		Twisting		○	○	○									
		Abduction									○	○	○	○	
Hip	Abduction									○	○	○	○		
	Flexion									○		○	○	○	
Knee	Flexion									○		○	○	○	

# 기존 방염복의 사용자 반응 특성 분석 방법

- 피험자: 20대 남자 대학생 7명  
(신장  $178.0 \pm 3.9$ cm, 체중  $70.0 \pm 2.9$ kg (Mean $\pm$ SD))
- 평가 항목: 착용편이성, 착용감, 의복내기후

[Questionnaire의 예]

1. 온열감 평가					
항목	평가				
	0 어느쪽도 아니다	1 조금 따뜻하다	2 따뜻하다	3 덥다	4 아주 덥다
전체	0	1	2	3	4
이마	0	1	2	3	4
가슴	0	1	2	3	4
어깨	0	1	2	3	4
팔	0	1	2	3	4
다리	0	1	2	3	4
손발	0	1	2	3	4

- 고온 환경 조건: 35 °C, RH 45%
- 방염복 착용후 동작 실시
  - 목, 어깨, 팔꿈치, 허리, 골반, 무릎 부위 14개 동작+도보
- 의복 부위별 연관된 세부 착용감 항목에 대해 평가
  - 온열감, 습윤감, 압박감, 쾌적감, 촉감, Softness, 중량감

# 기존 방염복의 사용자 반응 특성 분석 방법

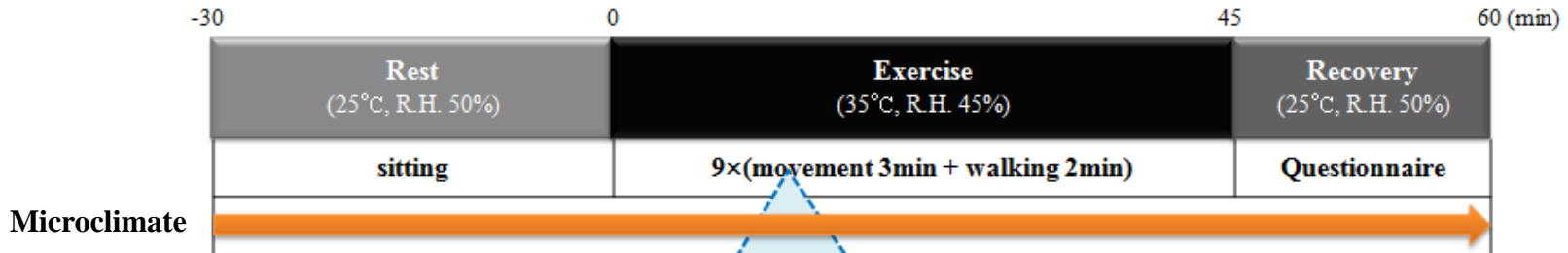
- 피험자: 20대 남자 대학생 7명  
(신장  $178.0 \pm 3.9$ cm, 체중  $70.0 \pm 2.9$ kg (Mean $\pm$ SD))
- 평가 항목: 착용편이성, 착용감, 의복내기후

- 착용감 항목과 병행하여 측정 실시
- 측정 부위: 가슴
- 측정 기기: Thermo recorder  
(TR-72S, T&D Co., Japan)



# 기존 방염복의 사용자 반응 특성 분석 방법

## [실험 protocol]



Neck 40 seconds	Extension (30°~60°) for 10 seconds Flexion (over 45°) for 10 seconds Twisting (30°~60°) for 10 seconds Rest for 10 seconds
shoulder 50 seconds	Extension (20°~60°) for 10 seconds Flexion (over 90°) for 10 seconds Adduction (10°~30°) for 10 seconds Abduction (30°~90°) for 10 seconds Rest for 10 seconds
elbow 20 seconds	Flexion (over 120°) for 10 seconds Rest for 10 seconds
waist 50 seconds	Extension (over 20°) for 10 seconds Flexion (over 60°) for 10 seconds Lateral bending (10°~30°) for 10 seconds Twisting (20°~45°) for 10 seconds Rest for 10 seconds
hip 10 seconds	Abduction (30~50cm) for 10 seconds
knee 10 seconds	Flexion (over 60°) for 10 seconds





# 기존 방염복의 사용자 반응 특성 분석 결과

- 착용편이성

- 목둘레, 뒷품, 겨드랑둘레, 소매길이, 허리둘레, 밑위길이, 서스펜더 부위에서 낮은 평가치
- 특히 서스펜더 부위가 가장 많은 동작에서 낮은 결과



- 착용감

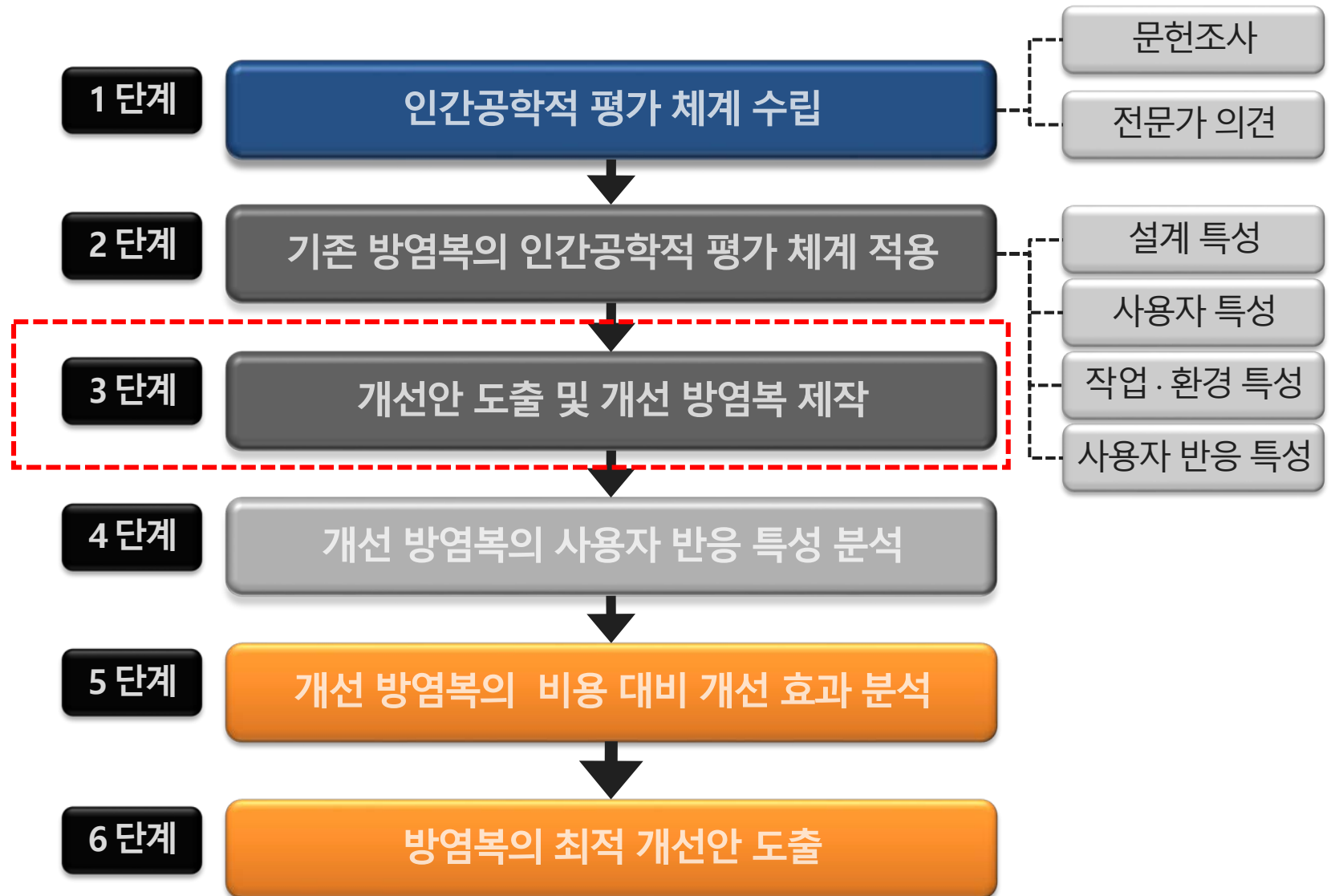
- 전반적으로 **덥고 습하며**, 약간 험거우며, 불쾌감을 주고, 약간 **뻗뻗하고**, 조금 무거운 반면, 촉감은 좋은 것으로 파악
- 신체부위별 온열감: **등 부위가 가장 덥다**고 평가



- 의복내 기후 변화

- 운동 전 휴식기에 비해 **운동기**와 **회복기**에서 의복내 온습도 **현저히 상승**

# 연구 접근 방법

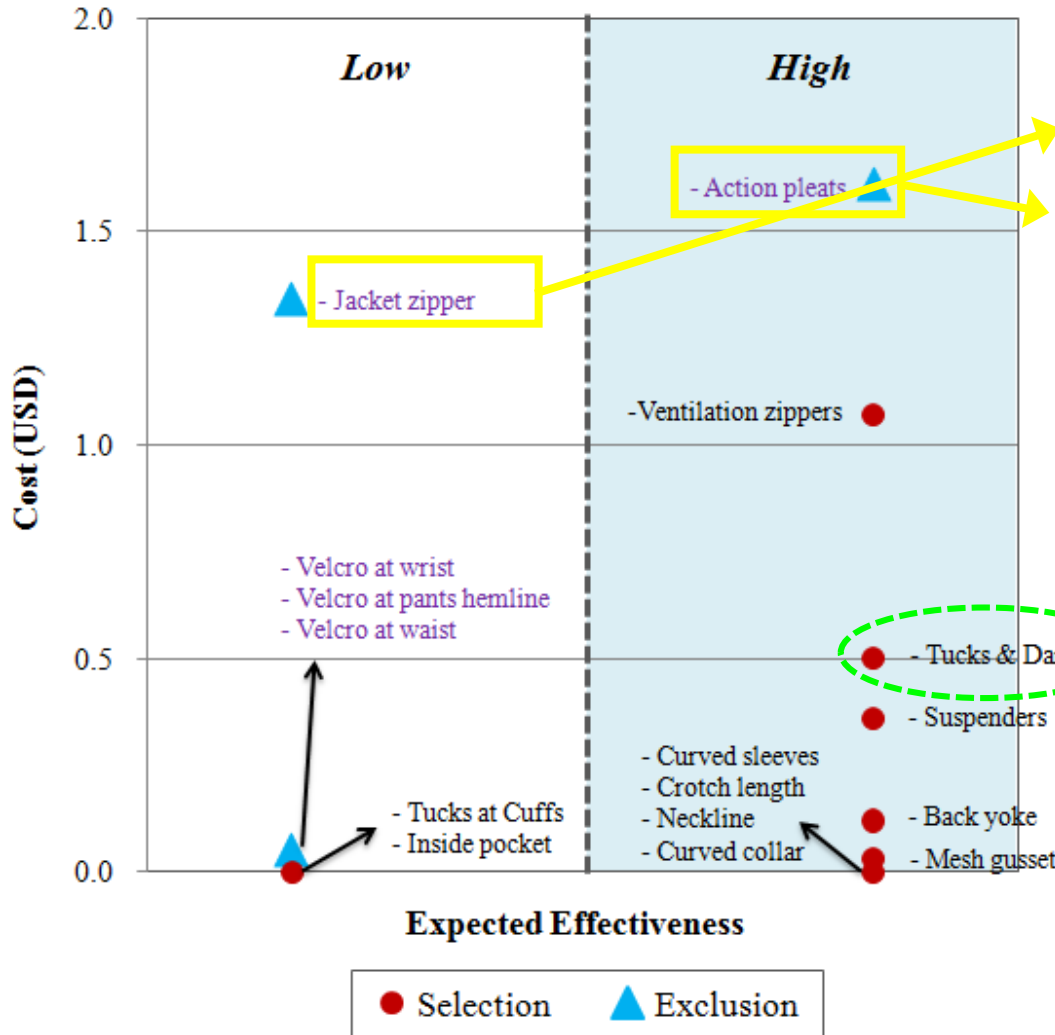




# 개선안 선정

개선 요구 사항	개선안	비용
통기성	1. 등부위 yoke 트임 확대	130원
	2. 바지 - 통기성을 위한 안쪽 지퍼	1200원(지퍼 700원, 공임 500원)
	3. 상의 겨드랑 부분 mesh 소재 무 삽입	30원
진동둘레 운동성	3. 상의 겨드랑 부분 - mesh 소재 무 삽입	30원
팔꿈치, 무릎부위 운동성	4. 턱 또는 다트 삽입	560원(팔꿈치 260원, 무릎 300원)
	5. 액션 플리츠	1800원(원단 1300원, 공임 500원)
	6. 소매의 곡선화	0원
	7. 밑위 길이 증가	0원
목부위 운동성	8. 목중심점 낮추기	0원
	9. 칼라의 곡선화	0원
손목부위 너비 조정	10. 커프스에 턱 삽입	0원
	11. 벨크로 여밈	20원
바지단 너비 조정	12. 벨크로 여밈	20원
안쪽 포켓 위치 조정	13. 안쪽 포켓 위치 낮추기(가슴 → 복부 부위)	0원
서스펜더 신축성	14. 신축성 부여	400원
바지 여밈 방법	15. 벨크로 여밈	20원
상의 여밈 방법	16. 지퍼 여밈	1500원(지퍼 1000원, 공임 500원)

# 비용대비 효과를 고려한 개선안의 정성적 분석



[제외 항목 및 선정 이유]

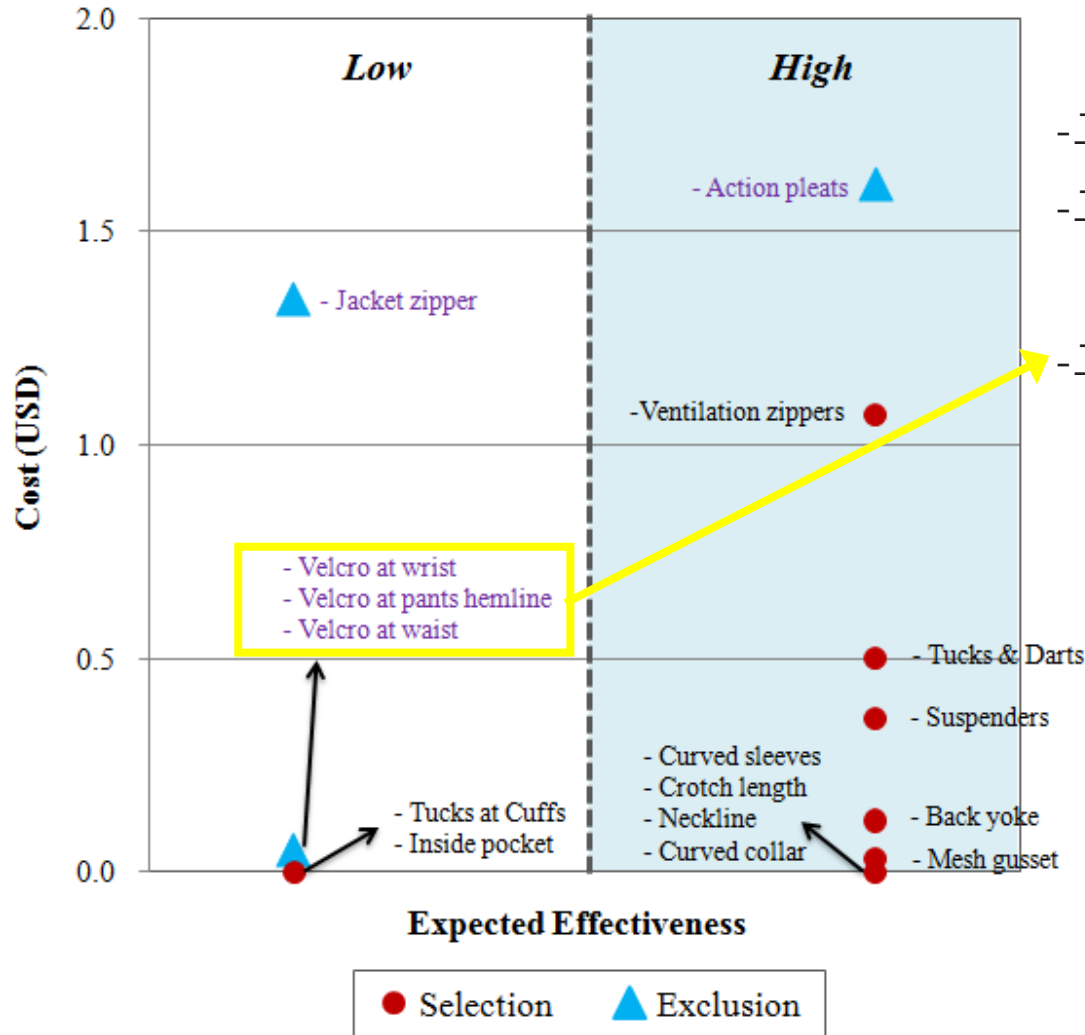
-고비용/저효과 항목 (상의 지퍼)

-고비용/고효과, but 다른 항목으로

대체 가능 (action pleats)

-고열작업장의 안전성 고려 (velcro 항목)

# 비용대비 효과를 고려한 개선안의 정성적 분석



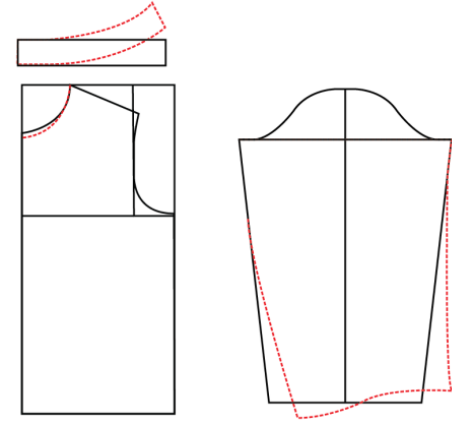
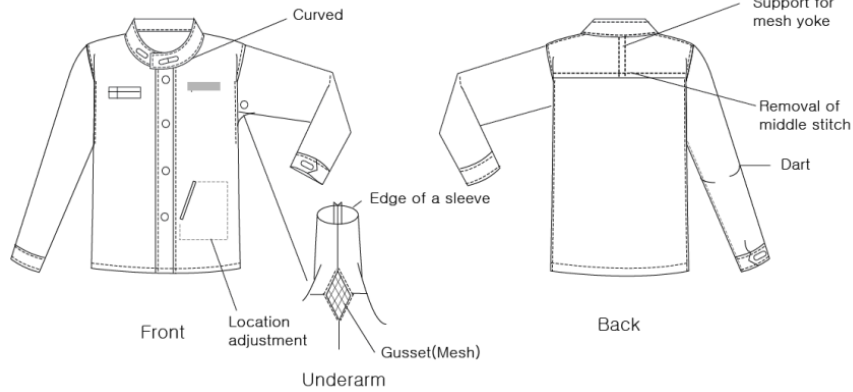
- [제외 항목 및 선정 이유]
- 고비용/저효과 항목 (상의 지퍼)
  - 고비용/고효과, but 다른 항목으로 대체 가능 (action pleats)
  - 고열작업장의 안전성 고려 (velcro 항목)

# 개선 방염복 제작

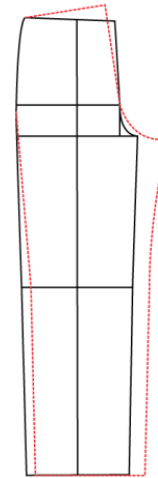
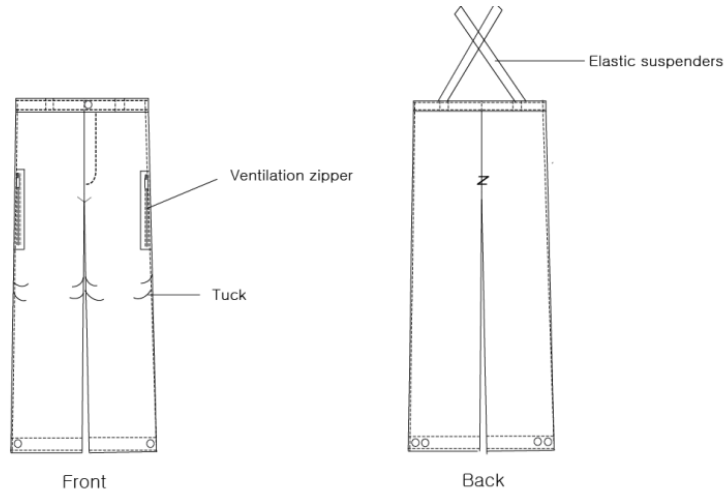
도식화

패턴

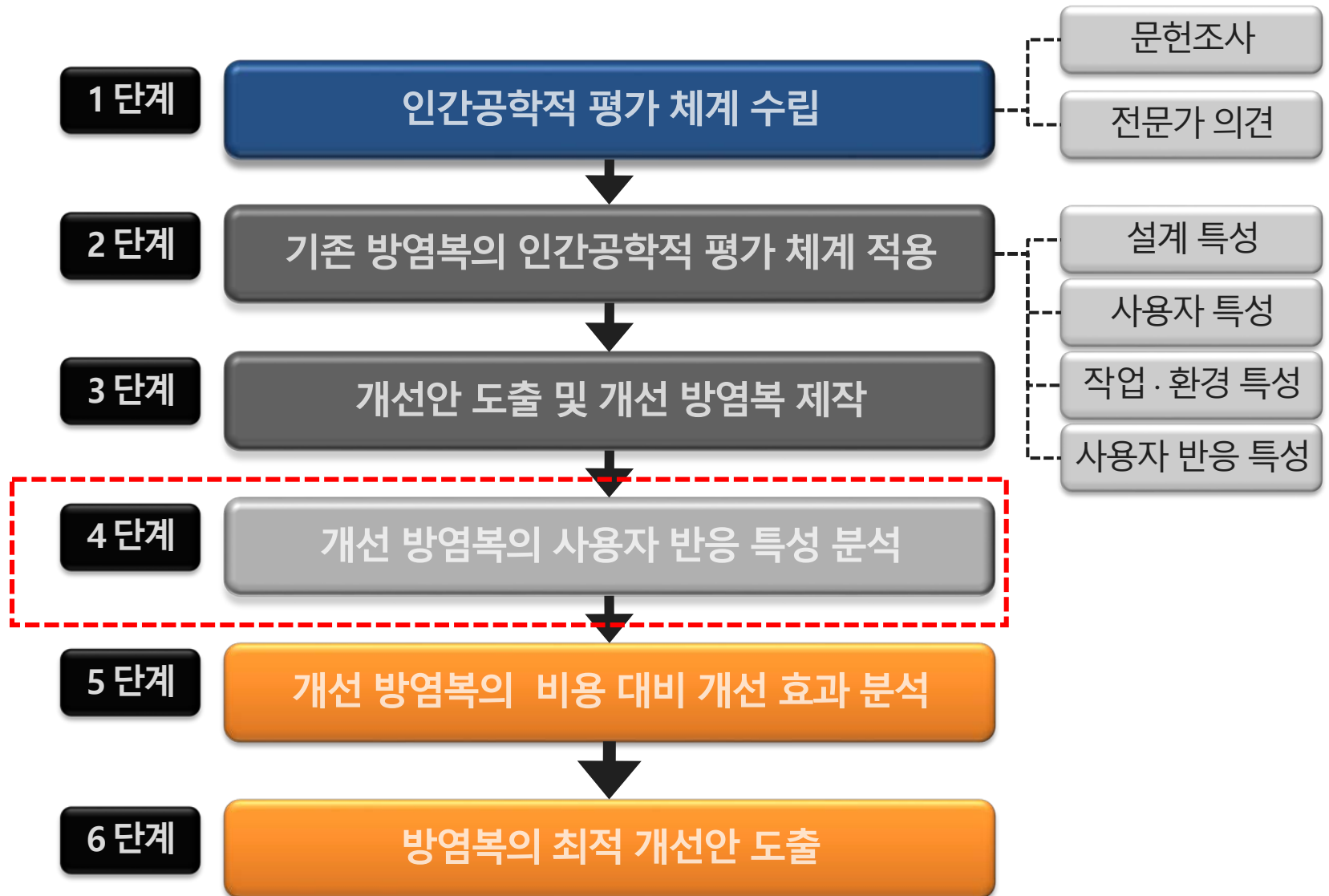
상의



하의



# 연구 접근 방법



# 개선 방염복의 사용자 반응 특성 평가 방법

- 기존 방염복 평가 방법과 동일
- 피험자: 20대 남자 대학생 7명  
(신장  $178.0 \pm 3.9$ cm, 체중  $70.0 \pm 2.9$ kg (Mean $\pm$ SD))
- 평가 항목: 착용편이성, 착용감, 의복내기후

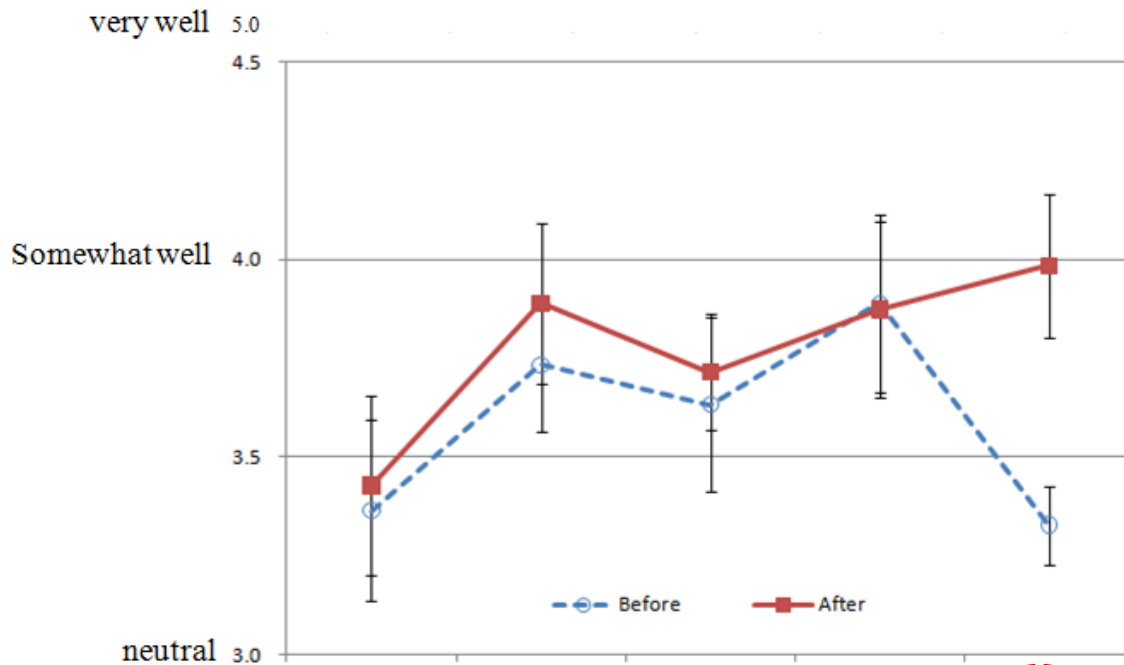
# 개선 방염복의 착용편이성 항목 평가 결과

Clothing Region		Jacket								Pants						Mean improvement rate (%)
		Neck circumference	Breast width	Back width	Shoulder ire	Armsye circumference	Sleeve length	Sleeve width	Length of upper garment	Waist circumference	Hip circumference	Crotch length	Length of pants	Width of pants	Suspender	
Fit	Difference	0.91 (0.05)	0.20 (0.42)	0.20 (0.23)	-0.24 (0.44)	0.50 (0.24)	0.03 (0.97)	-0.13 (0.81)	-0.50 (0.20)	-0.03 (0.96)	-0.49 (0.47)	-0.74 (0.05)	-0.06 (0.91)	0.43 (0.24)	0.81 (0.13)	
	Improvement rate (%)	<b>18.3</b>	<b>4.0</b>	<b>4.0</b>	<b>-4.9</b>	<b>10.0</b>	<b>0.6</b>	<b>-2.6</b>	<b>-10.0</b>	<b>-0.6</b>	<b>-9.7</b>	<b>-14.9</b>	<b>-1.1</b>	<b>8.6</b>	<b>16.3</b>	<b>1.3</b>
Ease	Difference	1.33 (0.00)	0.16 (0.59)	-0.19 (0.49)		0.36 (0.32)		0.36 (0.32)		-0.31 (0.44)	0.03 (0.93)	-0.24 (0.59)		-0.09 (0.84)		
	Improvement rate (%)	<b>26.6</b>	<b>3.1</b>	<b>-3.7</b>		<b>7.1</b>		<b>7.1</b>		<b>-6.3</b>	<b>0.6</b>	<b>-4.9</b>		<b>-1.7</b>		<b>3.1</b>
Efficiency of Wearing	Difference	0.13 (0.81)	0.40 <sup>a</sup> (0.16) 0.34 <sup>b</sup> (0.49)					-0.19 (0.62)		0.36 <sup>c</sup> (0.32) 0.10 <sup>d</sup> (0.80)				-0.53 (0.18)	0.47 <sup>e</sup> (0.38) -0.36 <sup>f</sup> (0.49)	
	Improvement rate (%)	<b>2.6</b>	8.0 <sup>a</sup> 6.8 <sup>b</sup> <b>-7.4</b>					<b>-3.7</b>		-7.2 <sup>c</sup> -2.0 <sup>d</sup> <b>4.6</b>				<b>-10.6</b>	-4.6 <sup>e</sup> 0.8 <sup>f</sup> <b>-1.9</b>	<b>1.6</b>
Efficiency of Taking off	Difference	0.49 (0.34)	-0.14 <sup>a</sup> (0.62) 0.00 <sup>b</sup> (1.00)					-0.19 (0.62)		-0.20 <sup>c</sup> (0.58) -0.34 <sup>d</sup> (0.22)				0.06 (0.89)	0.23 <sup>e</sup> (0.60) -0.04 <sup>f</sup> (0.91)	
	Improvement rate (%)	<b>9.7</b>	-2.80 <sup>a</sup> 0.00 <sup>b</sup> <b>-1.4</b>					<b>-3.7</b>		-4.00 <sup>c</sup> -6.80 <sup>d</sup> <b>-5.4</b>				<b>1.1</b>	4.60 <sup>e</sup> 0.80 <sup>f</sup> <b>1.9</b>	<b>-0.3</b>

\* 1: not well at all, 2: not so well, 3: indifferent, 4: somewhat well, 5: very well; inside the parenthesis is the standard deviation  
a: front closings location, b: front closings type, c: waist closings location, d: waist closings type, e: suspender length, f: suspender closings  
Shaded space: evaluation value < 3.0

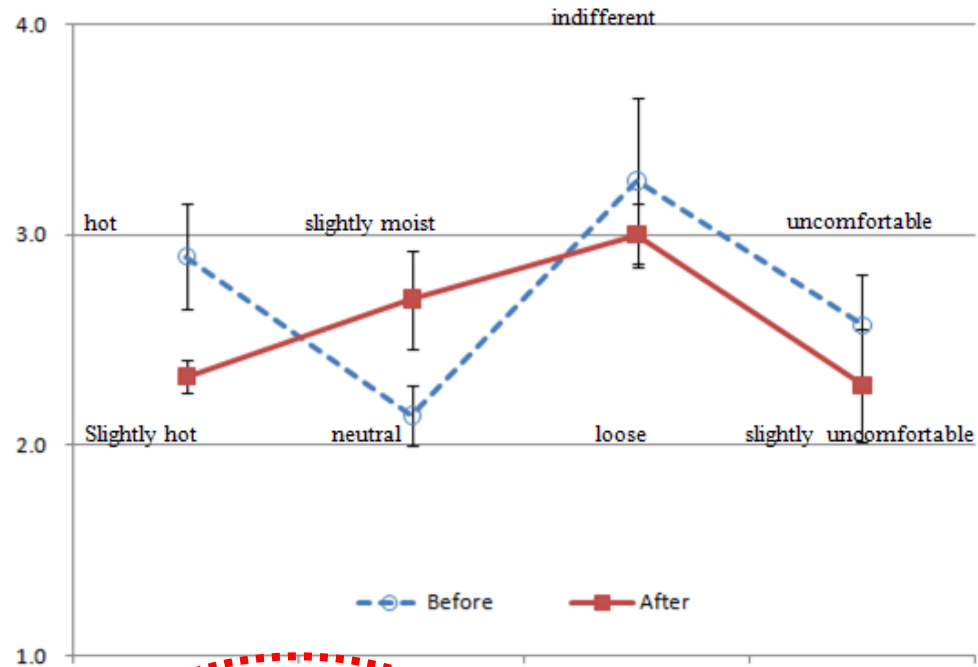
Clothing Region				Jacket								Pants						Mean improvement rate (%)
				Neck circumference	Breast width	Back width	Shoulder line	Armsyce circumference	Sleeve length	Sleeve width	Sleeve width	Length of upper garment	Waist circumference	Hip circumference	Crotch length	Length of pants	Width of pants	
Convenience in use																		
Efficiency of movement	neck	Extension	Difference	0.36 (0.46)														
		Flexion	Difference	1.66 (0.00)														
		Twisting	Difference	0.70 (0.14)														
	Shoulder	Extension	Difference		0.21 (0.50)	0.20 (0.52)		0.31 (0.44)	0.36 (0.49)	0.40 (0.16)	0.69 (0.07)					0.81 (0.04)		
		Flexion	Difference		0.40 (0.30)	0.81 (0.04)		1.11 (0.01)	1.83 (0.04)	0.27 (0.29)	0.80 (0.06)					0.62 (0.10)		
		Adduction	Difference		0.69 (0.04)	1.31 (0.01)		0.97 (0.04)	0.63 (0.16)	-0.03 (0.91)	0.54 (0.13)					1.06 (0.00)		
		Abduction	Difference		0.69 (0.04)	0.99 (0.01)		0.76 (0.05)	0.86 (0.05)	0.40 (0.23)	0.54 (0.08)					0.90 (0.01)		
	Elbow	Flexion	Difference				0.84 (0.02)	0.50 (0.14)	0.80 (0.04)									
	Waist	Extension	Difference		0.60 (0.13)	-0.04 (0.86)					0.60 (0.08)	0.63 (0.02)	0.33 (0.13)	0.89 (0.03)			1.20 (0.01)	
		Flexion	Difference		0.59 (0.07)	1.10 (0.02)					0.50 (0.20)	0.53 (0.07)	0.36 (0.45)	0.94 (0.02)			1.79 (0.00)	
		Lateral bending	Difference							0.59 (0.07)	0.53 (0.07)	0.39 (0.25)	0.64 (0.12)			1.14 (0.02)		
		Twisting	Difference		0.69 (0.04)	0.40 (0.23)	0.83 (0.04)											
	Hip	Abduction	Difference									0.24 (0.44)	-0.04 (0.86)	0.06 (0.88)	0.34 (0.22)			
	Knee	Flexion	Difference								0.44 (0.06)		1.01 (0.02)	0.51 (0.20)	0.27 (0.50)	1.31 (0.00)		
Improvement rate (%)				18.1	11.1	13.6	16.6	16.0	17.0	7.4	12.2	10.7	6.6	13.8	5.7	6.1	22.1	12.6





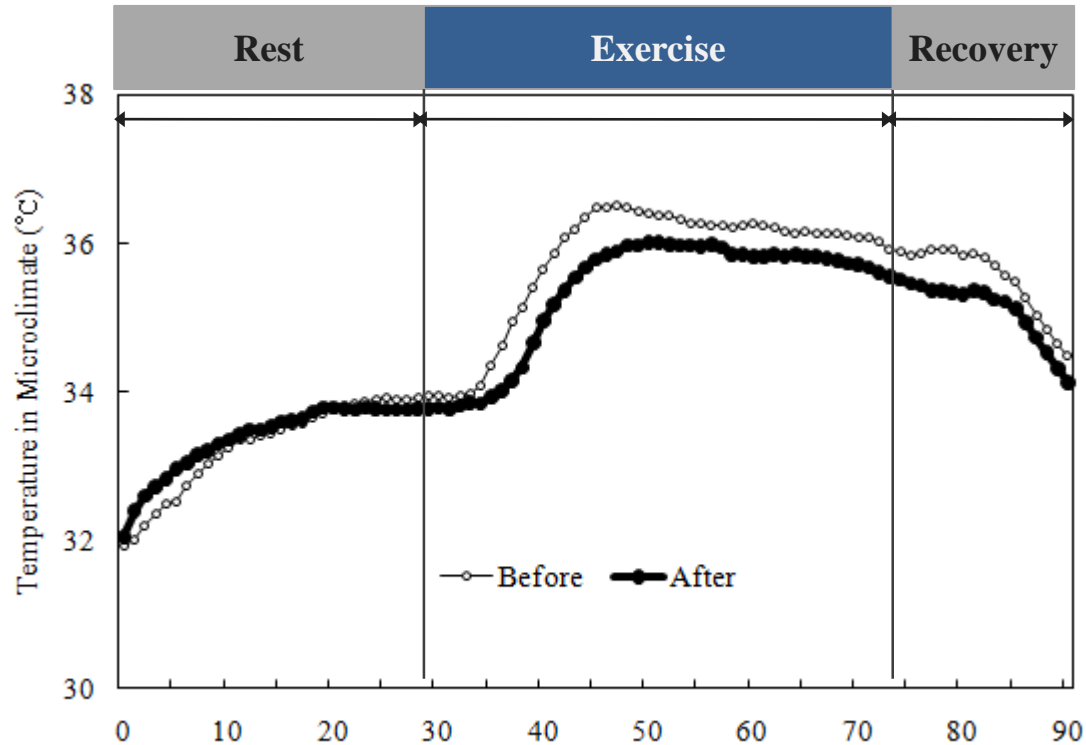
	Fit	Ease	Efficiency of wearing	Efficiency of taking off	Efficiency of movement
Difference (After-Before)	0.06	0.16	0.08	-0.02	0.63
t-value	+0.279	+0.854	+0.428	-0.067	+4.847*
Improvement rate (%)	1.3	3.1	1.6	-0.3	12.6

# 개선 방염복의 착용감 항목 평가 결과



	Thermal sensation	Humidity sensation	Pressure	Comfort
Difference (After-Before)	-0.57	+0.55	-0.26	-0.28
t-value	-2.851*	+2.681*	-0.812	-1.044
Improvement rate (%)	11.5	7.9	3.7	7.0

# 개선 방염복의 의복내온도 평가 결과



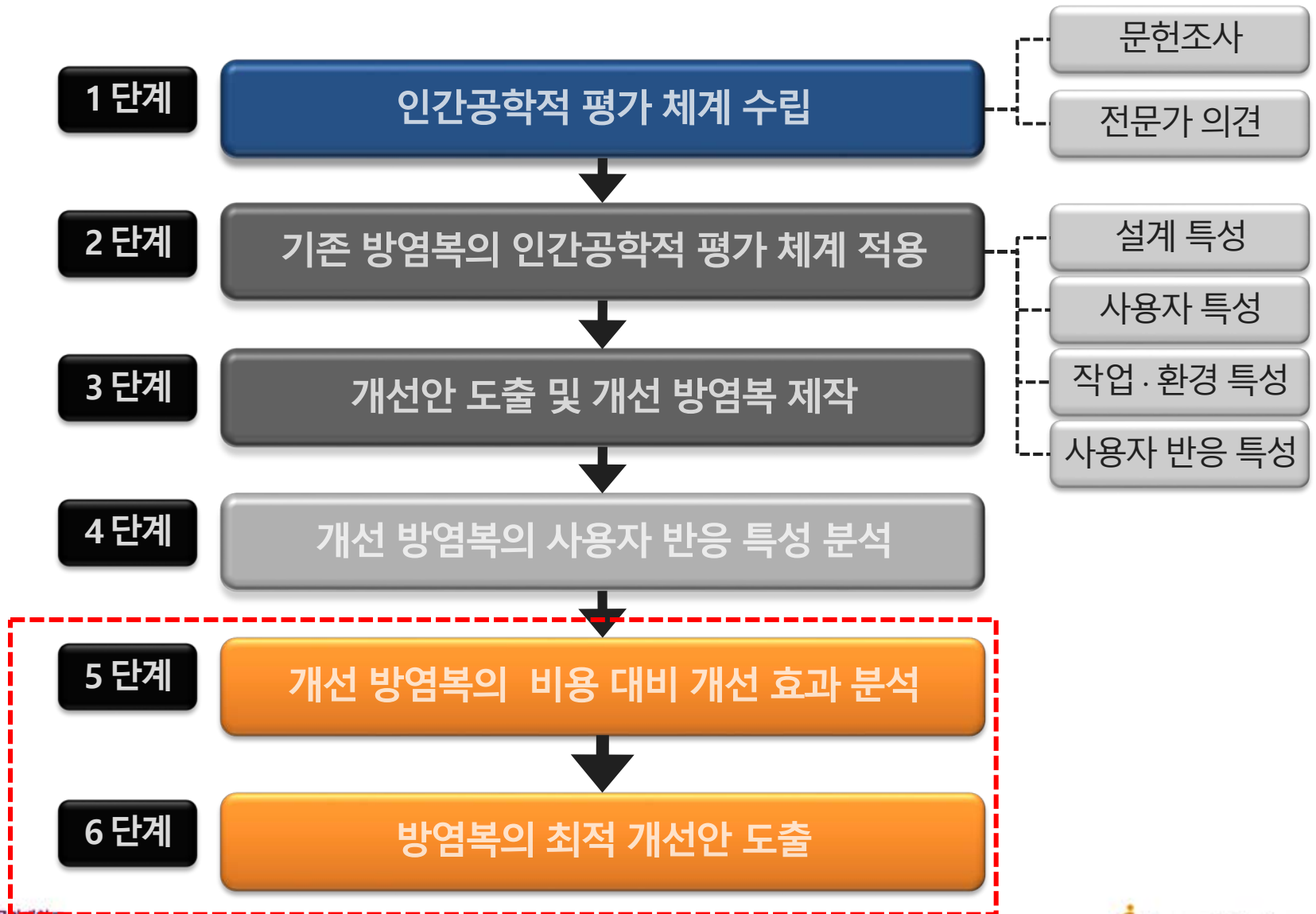
Mean temperature	Rest (30 min)	Exercise (45 min)	Recovery (15 min)
Before	33.4±0.5 °C	35.8±0.3 °C	35.5±0.4 °C
After	33.5±0.5 °C	35.4±0.3 °C	34.9±0.5 °C
Difference	+0.1 °C	-0.4 °C	-0.6 °C
<i>t-value</i>	+0.447	-2.709*	-2.362*

# 개선 방염복의 의복내습도 평가 결과

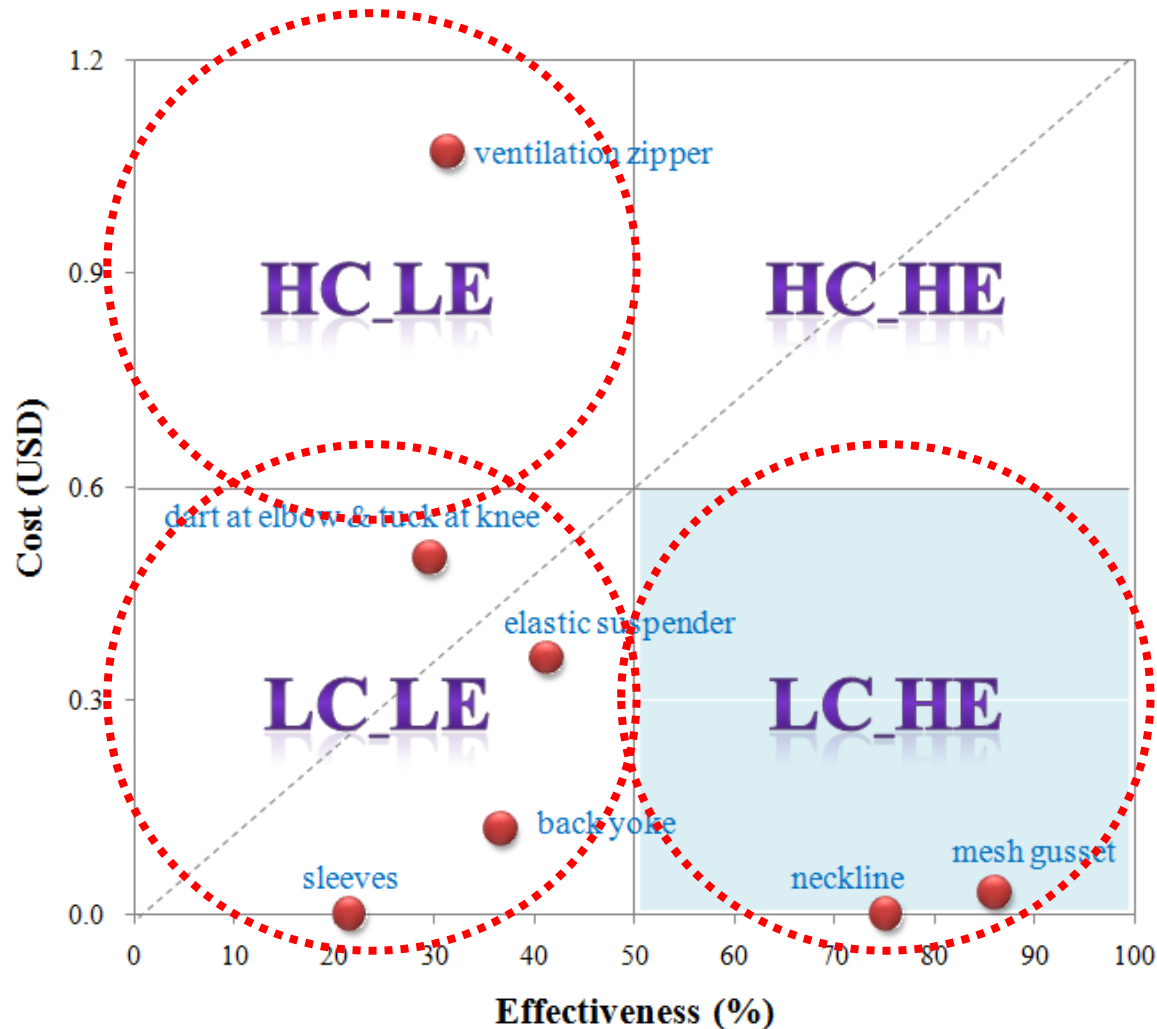


Mean temperature	Rest (30 min)	Exercise (45 min)	Recovery (15 min)
Before	43.9±5.9%	64.1±3.3%	77.6±4.6%
After	45.8±6.8%	60.8±4.5%	74.0±4.1%
Difference	+1.9%	-3.3%	-3.6%
<i>t-value</i>	+0.530	-6.374*	-1.428

# 연구 접근 방법



# 비용대비 효과분석을 통한 개선 방염복의 정량적 평가



H: high  
L: low  
C: cost  
E: effectiveness

## 1. 인간공학적 평가의 체계화

- 다양한 기능성 보호복의 평가 시 적합한 항목 선정에 유용한 참고 자료
- 종합적이고 세부적인 의복 평가
- 의복의 문제점을 체계적으로 분석

## 2. 사용자 설문 조사와 실험실 평가의 병행 수행

- 의복의 개선 대상 도출에 있어 상호보완 효과

## 3. 의복 설계 요소-인간공학적 평가 요소간의 연관성 분석

- 의복의 설계 문제점을 구체적이고 종합적으로 파악하는데 유효

## 4. 비용 대비 효과 분석

- 효율적인 개선안 평가 및 선정을 위한 최적 의복 설계를 위해 유용





# Thank you