Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 27, No. 4 pp.45-58, November 2008

의복 개선 설계의 비용 대비 인간공학적 효과 분석: 방염복의 평가 및 최적 설계 도출*

조자영[1] · 정정림[2] · 연수민[2] · 장준호[3] · 유희천[3] · 김희은[2]

[1]한국봉제기술연구소 / [2]경북대학교 의류학과 / [3]포항공과대학교 기계산업공학부

Cost-effectiveness Analysis for Clothing Design Improvement Using Ergonomic Methods: Evaluation of Flame-proof Clothing and Design Optimization

Jayoung Cho[1], Jungrim Jeong[2], Soomin Yeon[2], Joonho Chang[3], Heecheon You[3], Heeeun Kim[2]

[1]Korea Sewing Technology Institute, Daegu, Kyungbuk 702-813
[2]Department of Clothing and Textiles, Kyungbook University, Daegu 702-701
[3]Department of Industrial & Management Engineering, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Kyungbuk 790-784

ABSTRACT

Ergonomic techniques have been required to analyze the effectiveness of functional clothing design improvement in a systematic and analytic manner. The goals of the present study are to: (1) comprehensively and analytically examine the effectiveness of clothing improvement by using the relationship analysis between clothing design components (D) and ergonomic evaluation measures (E) and (2) prove the usefulness of cost-effectiveness analysis for clothing design optimization. The cost effectiveness analysis is comprised of the preliminary evaluation based on expertise and the in-depth evaluation where the D-E relationship analysis is applied. As a result of the cost effectiveness analysis applied to flame-proof clothing, an optimal design was identified by analyzing costs and qualitative/quantitative effects. In the preliminary evaluation, the expected effectiveness of each design alternative on wear efficiency and wear comfort was estimated. In the in-depth evaluation, however, the effectiveness of each design alternative was analyzed by quantitative evaluation in a wearing test using a questionnaire prepared based on the D-E relationship analysis. It was concluded that the D-E relationship analysis and the cost-effectiveness analysis are useful for comprehensive evaluation and optimization of functional clothing design.

Keyword: Ergonomics evaluation system, Relationship analysis, Design improvement, Functional clothing, Flame-proof clothing, Effectiveness analysis

*본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(No. R01-2007-000-20754-0) 지원으로 수행되었음.
교신저자: 유희천
주 소: 790-784 경북 포항시 남구 효자동 산 31, 전화: 054-279-2210, E-mail: hcyou@postech.ac.kr

1. 서 론

기능성 의복의 설계시 착용 상황과 착용자의 특성을 고려한 인간공학적 접근이 필요하다. 기능성 의복은 특정 환경에서 적합하게 사용되기 위한 보호복과 특정 사용자 집단을 수용하기 위한 의복으로 구분되므로(최혜선, 2003), 다양한 사용 환경 특성과 사용자 특성에 따라 요구되는 성능을 고려한 의복 설계가 요구된다(Rosenblad-Wallin, 1985). 따라서, 의복의 사용 환경 특성과 사용자 특성을 반영한 기능성 의복의 설계 및 평가에 인간공학적 정보나 기법을 적용한 연구들(Baker et al., 2000; Bellingar and Slocum, 1993; Faerevik and Reinertsen, 2003; Havenith and Heus, 2004; Huck, 1988; McLellan and Cheung, 1988; McLellan and Cheung, 2000; McLellan and Selkirk, 2004; 이윤정 외, 2002)이 활발히 수행되어 왔다.

체계적이고 분석적인 인간공학적 평가 기법을 기능성 의복에 적용하는 것은 의복 설계의 문제점 및 개선 효과의 파악에 유용하다. 의복의 설계와 개선을 위해 적용되고 있는 인간공학적 평가 기법으로는 생리학적, 운동역학적, 심물리학적 기법이 있다. 그 예로서 McLellan and Selkirk(2004)는 소방복 하의 길이에 따른 온열쾌적성 비교를 목적으로 피복 생리 반응 측정과 주관적 평가를 시행하여 선호되는 형태 제안 및 하의 길이에 따른 착용성 개선 효과를 파악하였다. 한편, Huck et al.(1997)은 의복 여유량 배치에 따른 ROM 분석과 주관적 평가를 통해 의복 설계 요소인 여유량의 배치가 맞음새의 개선 효과에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다. 이들 연구들은 사용성 측면에서 적합한 의복 설계 방안을 도출하고 개선 효과를 파악함에 있어 인간공학적 기법의 유용성을 보여주고 있다.

기능성 의복의 최적 설계 개선안 도출을 위해서는 설계 개선안에 대한 인간공학적 효과를 종합적으로 평가하고 이를 비용과 연계시키는 분석이 필요하다. 의복 설계 및 평가에 인간공학적 기법을 적용한 연구는 많으나(Baker et al., 2000; Bellingar and Slocum, 1993; Faerevik and Reinertsen, 2003; Havenith and Heus, 2004; Huck, 1988; McLellan and Cheung, 1988) 의복 개선 효과를 인간공학적 평가 항목과 의복 설계 요소의 측면에 있어서 종합적으로 고찰한 연구는 없어 의복 개선 효과의 전반적 파악이 미흡하였다. 예를 들어, Huck et al.(1997)은 ROM을 고려한 의복 여유량 설정을 위해 밑위 여유량의 배치가 주관적 맞음새에 미치는 영향을 평가하였는데, 이는 의복 착용 성능에 연관된 많은 설계 변인이 배제되어 있어 설계 요소가 제한적일 뿐만 아니라 인간공학적 평가 항목 또한 다양하게 고려되지 않은 한계가 있다. 한편, 비용 대비 효과 분석은 실질적 측면에서 설계 개선안 선정시 유용한 판단 근거가 되나, 의복 개선 효과를 비용과 연계함으로써 설계안의 유효성을 분석한 연구는 부재하였다.

본 연구는 비용 대비 효과 측면에서 사전 평가와 심층 평가의 두 단계를 거쳐 기능성 의복의 최적 개선안 선정 과정을 제안하고자 한다. 사전 평가는 전문가 의견에 의한 정성적 정보를 활용하며, 심층 평가는 의복 설계 요소와 인간공학적 평가 요소 간 연관성 분석을 기반으로 실험을 통해 도출된 종합적이며 정량적인 분석 결과를 이용한다. 본 연구에서 제안된 비용 대비 인간공학적 효과 분석 과정은 고열 작업장에서 착용되는 방염복에 적용하여 그 유용성을 고찰하였다.

2. 사전 평가에 의한 개선안의 비용 대비 효과

2.1 개선 비용 및 효과 추정

P 제철 회사에서 사용되고 있는 방염복에 대한 도출된 개선 요구 사항에 대해, 의류학 전문가의 의견을 취합하여 표 1과 같이 16가지 개선안이 도출되었다. 사용자 설문 조사와 실험실 평가를 통해 도출된 개선 요구 사항(김희은 외 a, 2005; 김희은 외b, 2006)을 공통점을 기준으로 분류하면 통기성, 동작성(팔꿈치, 무릎, 목, 서스펜더, 안주머니), 맞음새(손목둘레, 바짓단), 착탈용의성(허리와 상의 여밈 방식)과 관련된 사항이 대두되었다. 이러한 개선 요구 사항에 대한 개선안은 의류학 전문가 3인의 의견을 종합하여 도출되었다. 개선안의 예를 들면, 통기성을 향상시키기 위해 등 요크(back yoke)와 뒷판(bodice) 간의 개구부(opening)를 확대하거나, 상의 겨드랑이에 메쉬 소재의 무를 삽입하거나, 하의 옆 솔기에 환기용 지퍼를 추가하는 안이 제안되었다. 이 중, 겨드랑이에 메쉬 소재의 무 삽입은 팔 동작에 의한 연통 효과(chimney effect)를 유도하여 통기성을 높일 뿐만 아니라(Watkins, 1984) 소매와 몸통 연결 부위의 패턴에 여유분을 부여함으로써 동작성 향상이 기대되었다.

도출된 개선안들에 대한 비용 대비 효과를 근거로 선호되는 개선안을 일차적으로 파악하기 위해, 정량적 개선 비용과 정성적 효과를 추정하였다(표 1). 개선안에 대한 비용은 의류 제작 전문가의 자문을 받아 재료비와 공임을 추정함으로써 분석되었다. 개선안에 대한 예상 효과는 의류학 전문가와 인간공학 전문가 각 3명의 의견을 종합하여 작업자의 착용편의성과 착용감에 미치는 예상 영향 정도에 따라 2점 척도(높음과 낮음)로 평가되었다.

표 1. 개선안별 비용 및 효과 추정

개선 요구 사항	개선안	비용	예상 효과 ◎=높음 ○=낮음
통기성	1. 등 요크 개구부 확대	130원 (기둥 30원; 요크 100원)	◎
	2. 하의 옆선 환기지퍼 삽입	1,200원 (지퍼 700원; 공임 500원)	◎
	3. 겨드랑 부분 – 메쉬 무 삽입	30원 (메쉬 30원)	◎
겨드랑둘레 동작성	3. 겨드랑 부분 – 메쉬 무 삽입	30원 (메쉬 30원)	◎
팔꿈치, 무릎 부위 동작성	4. 턱 또는 다아트 추가	560원 (팔꿈치 260원; 무릎 300원)	◎
	5. 액션 플리츠 추가	1,800원 (원단 1,300원; 공임 500원)	◎
	6. 소매 곡선화	0원	◎
	7. 밑위 길이 앞뒤 차 부여	0원	◎
목 부위 동작성	8. 앞목점 1cm 낮춤	0원	◎
	9. 칼라 곡선화	0원	◎
손목둘레 사이즈	10. 커프스 여밈에 턱 추가	0원	○
	11. 벨크로 여밈으로 교체	20원 (벨크로 20원)	○
바짓단 너비 조절	12. 벨크로 여밈으로 교체	20원 (벨크로 20원)	○
안주머니 위치 수정	13. 안주머니 하향 (가슴 → 복부)	0원	○
서스펜더	14. 신축성 서스펜더로 교체	400원 (서스펜더 400원)	◎
허리여밈 장치	15. 벨크로 여밈으로 교체	20원 (벨크로 20원)	○
상의여밈 장치	16. 지퍼로 대체	1,500원 (지퍼 1,000원; 공임 500원)	○

2.2 사전 평가에 의한 개선안 선정

개선안별 비용 및 효과 추정을 통한 사전 평가와 안전성을 고려하여 16개 개선안 중 11개가 선정되었다(그림 1). 개선 비용이 낮은(≤ 200원) 개선안들은 작업 안전에 우려가 없는 한 모두 선정되었다. 반면, 상대적으로 비용이 높은 개선안들 중 예상 개선 효과가 낮거나(16. 상의 여밈 지퍼 대체) 다른 개선안에 의해 대체가 가능한 경우(예, 5. 액션 플리츠는 4. 턱, 다아트에 의해 대체 가능)는 선정에서 제외되었다. 벨크로 여밈은 화재시 용융에 의한 화상 위험성이 높아 안전상의 이유로 제외되었다.

3. 심층 평가에 의한 개선안의 비용 대비 효과

3.1 개선 방염복 제작

사전 평가에 의해 선정된 11개 개선안을 패턴 설계에 적용하여 기존 방염복과의 효과 비교에 활용될 개선 방염복이 제작되었다(그림 2). 상의의 설계 개선 예를 들면, 목 부위 마찰 감소와 동작용이성 향상을 위해 앞목점 하향(A)과 스탠딩 칼라의 곡선화(B)가 이루어졌고, 통기성과 팔 동작성 향상을 위해 메쉬 소재의 무(H)가 겨드랑이에 추가되었다. 한편, 하의의 설계 개선 예를 들면, 동작시 여유량을 주고자 무릎 부위에 턱을 추가(J)하였고, 통기성 향상을 위해 엉덩이 옆 솔기에 환기용 지퍼를 장착(L)하였다. 개선 방염복은 심층 평가에서의 착용 실험을 위해 L 사이즈 규격(가슴둘레 93~101cm, 허리둘레 80~90cm, 엉덩이둘레 92~99cm)에 맞게 제작되었다.

3.2 방염복 평가 방법

3.2.1 피험자 선정

방염복 L 사이즈 규격을 충족하는 신체 건강한 20대 남자 대학생 7명이 피험자로 참여하였다. 피험자들의 평균 신장(표준편차)과 체중(표준편차)은 178.0(3.9)cm와 70.0(2.9)kg이었으며, 본 실험 참여에 대한 보상이 이루어졌다.

3.2.2 실험 방법

<u>실험 의복 및 측정 항목</u>

기존 방염복과 개선 방염복을 대상으로 주관적 반응(착용편이성, 착용감) 평가와 피복 생리 반응(의복내 기후) 측정이 이루어졌다. 심층 평가의 착용 실험에 사용될 개선 전후 방염복의 규격은 L 사이즈로 준비되었다. 주관적 반응은 착용편이성의 5가지 세부 항목(착의성, 여유성, 착의용이성, 탈의용이성, 동작용이성)과 착용감의 4가지 세부 항목(온열감, 습윤감, 압박감, 쾌적감)에 대해 평가되었다. 또한, 피복 생리 반응을 평가하기 위해 의복내 온도와 의복내 습도가 측정되었다.

<u>실험 환경</u>

방염복에 대한 평가 항목에 따라 쾌적한 환경 혹은 고온의 환경이 설정되었다. 착용편이성 평가는 쾌적한 온 습도 상태(약 25℃, RH 50%)의 전실에서 시행되었다. 반면, 착

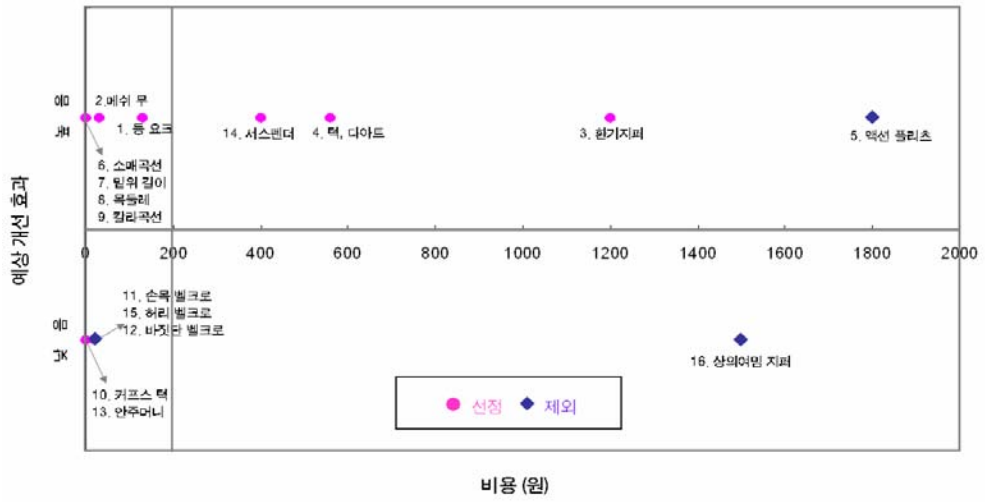
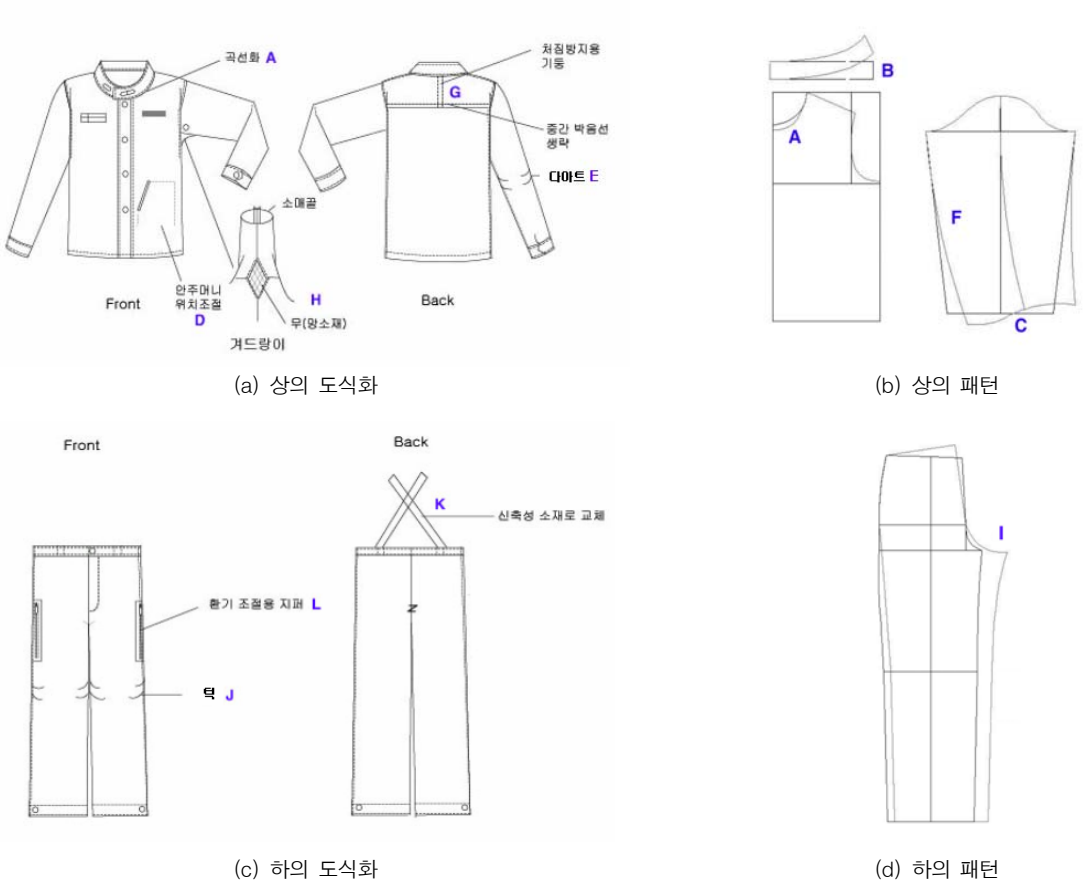


그림 1. 비용 대비 예상 개선 효과에 의한 개선안 선정



(a) 상의 도식화 (b) 상의 패턴

(c) 하의 도식화 (d) 하의 패턴

그림 2. 개선 방염복

용감 평가와 피복 생리 반응 측정은 고열작업장의 환경 조건을 고려하여 연중 기온이 최고로 상승하는 7~8월의 작업장 환경 조건(35℃, RH 45%)에 맞춘 인공기후실 내에서

<u>측정 장비 및 측정 방법</u>

피복 생리 반응은 의복내기후 측정기(Thermo recorder TR-72S, T&D Corporation, Japan)를 사용하여 측정되

표 2. 의복 부위-착용편이성 평가 항목 연관성 분석

착용편이성 \ 의복 부위			상의								하의					
			목둘레	앞품	뒷품	어깨선	겨드랑둘레	소매길이	소매폭	상의길이	허리둘레	엉덩이둘레	밑위길이	바지길이	바지폭	서스펜더
착의성			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
여유성			○	○	○		○		○		○	○	○		○	
착의용이성			○	○	○				○						○	○
탈의용이성			○	○	○				○						○	○
동작용이성	목	폄	○													
		굽힘	○													
		비틂	○													
	어깨	폄		○	○		○	○	○	○						○
		굽힘		○	○		○	○	○	○						○
		모음		○	○		○	○	○	○						○
		벌림		○	○		○	○	○	○						○
	팔꿈치	굽힘					○	○	○							
	허리	폄		○	○					○	○	○	○			○
		굽힘		○	○					○	○	○	○			○
		좌우측구부림								○	○	○	○			○
		비틂		○	○	○										
	골반	벌림										○	○	○	○	
	무릎	굽힘									○		○	○	○	○

었다. 휴대용 의복내기후 측정기를 가슴과 등 부위에 부착하여 1분 간격으로 의복내 온도와 습도가 측정되었다.

반면, 주관적 반응 평가는 의복 부위별 또는 신체 부위별로 관련된 세부 평가 항목 분석을 적용한 설문지를 사용하여 이루어졌다. 착용편이성 평가 설문지는 본 연구에 참여한 의류학 전문가들에 의해 분석된 의복 부위별 연관된 세부 평가 항목(표 2 예시)에 대해 Likert 척도를 적용하여 작성되었다. 표 2는 앞품과 관련된 착용편이성 세부 항목으로 착의성, 여유성, 착의용이성, 탈의용이성, 어깨와 허리의 동작용이성이 있음을 예시하고 있다. 표 2의 분석 결과를 근거로 작성된 설문지는 표 3와 같으며, 착용편이성의 하위 항목에 대해 1~5점의 Likert 척도(표 4)로 평가되었다. 한편, 착용감 평가용 설문지는 신체 부위별로 관련 있는 평가 항목 분석(표 6)에 근거하여 제작되었으며, 조사되는 평가 항목에 따라 전반 평가, 전반+세부 신체 부위 평가, 세부 신체 부위 평가로 구분되어 설문 문항이 구성되었다. 표 5를 근거로 작성된 착용감 설문지는 표 6에 제시한 바와 같으며, 착용감의 하위 항목(온열감, 습윤감, 압박감, 쾌적감)에 대해 4~7점 척도로 평가되었다(표 4).

표 3. 착용편이성 평가 설문지(예)

1. 착의성 평가

본 방염복이 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
	앞품	1	2	3	4	5
	뒷품	1	2	3	4	5
	어깨선부위	1	2	3	4	5

평가 절차

방염복의 평가 절차는 전실에서의 착용편이성(40분) 평가와 인공기후실에서의 착용감 평가 및 의복내기후 실험(90분) 순으로 진행되었다(표 7). 착용편이성 평가는 쾌적한 환경의 전실에서 먼저 실험복을 착용한 후 착의용이성, 착의성, 여유성, 동작용이성에 대해 이루어졌고, 다음은 실험복을 탈의한 후 탈의용이성에 대해 진행되었다. 착용감 평가는 쾌적한 환경의 전실에서 적응하고(준비기), 고온 환경

표 4. 착용감 평가를 위한 평정 척도

항목	평가 척도	참고문헌
온열감	0 어느 쪽도 아니다 1 조금 따뜻하다 2 따뜻하다 3 덥다 4 아주 덥다	ASHRAE, 1972
습윤감	1 아주 습하다 2 습하다 3 조금 습하다 4 어느 쪽도 아니다 5 조금 건조하다 6 건조하다 7 아주 건조하다	ASHRAE, 1972
쾌적감	1 쾌적하다 2 조금 불쾌하다 3 불쾌하다 4 아주 불쾌하다	中橋美智子와 吉田敬一, 1990
압박감	1 너무 헐겁다 2 헐겁다 3 조금 헐겁다 4 어느 쪽도 아니다 5 조금 조인다 6 조인다 7 너무 조인다	岡部和代와 山名信子, 1991
촉감	1 아주 나쁘다 2 나쁘다 3 조금 나쁘다 4 어느 쪽도 아니다 5 조금 좋다 6 좋다 7 아주 좋다	정찬주와 이순원, 1988
Softness	1 아주 뻣뻣하다 2 뻣뻣하다 3 조금 뻣뻣하다 4 어느 쪽도 아니다 5 조금 부드럽다 6 부드럽다 7 아주 부드럽다	
중량감	1 아주 무겁다 2 무겁다 3 조금 무겁다 4 어느 쪽도 아니다 5 조금 가볍다 6 가볍다 7 아주 가볍다	정찬주와 이순원, 1988

표 5. 인체 부위-착용감 평가 항목 연관성 분석

인체 부위 / 착용감	전반적 평가	이마	가슴	등	팔	다리	손발	목둘레	어깨	복부	허리	둔부
온열감	○	○	○	○	○	○	○					
습윤감	○	○	○	○	○	○	○					
압박감								○	○	○	○	○
쾌적감	○											
촉감	○											
Softness	○											
중량감	○											

표 6. 착용감 평가 설문지(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
등	0	1	2	3	4
팔	0	1	2	3	4
다리	0	1	2	3	4
손발	0	1	2	3	4

의 인공기후실에서 일련의 동작과 걷기를 반복 수행한 후(운동기), 다시 전실에서 휴식을 취하며(휴식기) 시행되었다. 의복내기후 측정은 착용감 평가와 병행하여 90분간 측정되었다. 본 평가 절차는 개선 전후 방염복에 대해 하루 이상의 휴식기를 갖고 무작위로 시행되었다.

3.2.3 방염복 개선 요구 사항 분석 결과

현 방염복의 개선 요구 사항에 대해 95명의 작업자를 대상으로 한 설문을 통해 도출된 요구 사항을 패턴, 소재, 색상 관련 사항으로 분류하였다(표 3). 응답 빈도가 높은(빈도수 > 5) 요구 사항으로는 패턴에 대해 통기성 개선, 서스펜더 신축성 및 길이 조절, 그리고 치수체계의 다양화와 소재에 대해 부드러운 재질 사용과 옷 무게 감량이 파악되었다. 본 연구는 비용과 시간 대비 개선 효과가 높을 것으로 예상되는 패턴 수정을 중심으로 방염복 개선안을 제시하기로 하였다.

표 7. 실험 프로토콜

<table>
<tr><th colspan="2">순서</th><th>실험 환경</th><th colspan="3">부하 작업</th><th>소요 시간</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">착용편이성 평가</td><td rowspan="3">전실 25℃,
RH 50%</td><td colspan="3">실험복 착의 4분.</td><td rowspan="3">40분</td></tr>
<tr><td colspan="2">설문지 작성 33분.</td><td>착의용의성 1분.
착의성 1분.
여유성 1분.
동작용이성 30분.</td></tr>
<tr><td colspan="3">실험복 탈의 3분.</td></tr>
<tr><td rowspan="11">착용감 평가 및
의복내기후
측정</td><td>준비기</td><td>전실 25℃, RH 50%</td><td colspan="3">의자에 앉아서 휴식</td><td>30분.</td></tr>
<tr><td rowspan="9">운동기</td><td rowspan="9">인공기후실 35℃,
RH 45%</td><td rowspan="8">동작 3분.</td><td>목
40초</td><td>젖힘(30~60°) 10초
숙임(45°이상) 10초
돌림(30~60°) 10초
휴식 10초</td><td rowspan="8">(동작+도보)
×9회 = 45분</td></tr>
<tr><td>어깨
50초</td><td>폄(20~60°) 10초
굽힘(90° 이상) 10초
모음(10~30°) 10초
벌림(30~90°) 10초
휴식 10초</td></tr>
<tr><td>팔꿈치
20초</td><td>굽힘 120° 이상 10초
휴식 10초</td></tr>
<tr><td>허리
50초</td><td>젖힘(20° 이상) 10초
숙임(60° 이상) 10초
측면구부림(10~30°)10초
비틀림(20~45°) 10초
휴식 10초</td></tr>
<tr><td>골반 10초</td><td>벌림(30~50cm) 10초</td></tr>
<tr><td>무릎 10초</td><td>굽힘(60° 이상) 10초</td></tr>
<tr><td colspan="3">도보 2분</td><td></td></tr>
<tr><td>휴식기</td><td>전실 25℃, RH 50%</td><td colspan="3">설문지 작성 15분</td><td>15분</td></tr>
</table>

3.3 개선 효과 분석

3.3.1 착용편이성 평가 결과

의복 설계 요소-착용편이성 평가 항목 간 연관성 분석 결과(표 2 참조)를 기반으로 표 8과 같이 착용편이성 개선이 의복 부위별로 상세하게 파악되었다. 표 8의 분석 결과, 착의성과 여유성은 목둘레 부위에서 유의하게 개선(18.3%, 26.6%)된 반면, 착의용이성과 탈의용이성에서는 두드러진 개선 부위가 없었다(개선율 10% 미만). 동작용이성을 가장 크게 향상시킨 의복 설계 요소로는 서스펜더(22.1%), 목둘레(18.1%), 소매 길이(16.7%) 순으로 나타났다. 이 중, 서스펜더 변경은 어깨(폄, 0.8%; 모음, 1.1%; 벌림, 0.9%), 허리(폄, 1.2%; 굽힘, 1.8%; 좌우측 구부림, 1.1%), 무릎(굽힘, 1.3%)의 동작용이성을 개선시켰으며, 목둘레 부위 변화는 목(굽힘, 1.7%)의 동작용이성 향상에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그리고, 소매 길이 변화는 어깨(굽힘, 1.8%; 벌림, 0.9%) 동작용이성을 향상시킨 것으로 나타났다.

의복 부위별로 분석된 착용편이성 결과를 평가 항목에 따라 종합한 결과(표 9), 개선 방염복이 세부 평가 항목(착의성, 여유성, 착의용이성, 탈의용이성, 동작용이성) 중 동작용이성 측면에서만 12.6% 정도의 유의한 개선 효과를 주는 것으로 파악되었다. 방염복의 동작용이성은 개선 전 '보통'(3.3점)에서 개선 후 '조금 쉬움'(3.9점)으로 $\alpha = 0.05$에서 유의하게 향상된 반면, 착의성, 여유성, 착의용이성, 탈의용이성의 개선 효과는 미미(5% 미만)하였다.

개선 전후 방염복에 대한 동작용이성을 신체 부위별로 비교한 결과(그림 3), 전반 신체 부위(목, 어깨, 팔꿈치, 허리, 골반, 무릎)에서 향상된 것으로 나타났다. 개선 방염복의 모

표 8. 의복 부위별 착용편이성 평가 결과* (n=10)

				상의								하의						평균 개선율 (%)
				목둘레	앞품	뒷품	어깨길이	겨드랑둘레	소매길이	소매폭	상의길이	허리둘레	엉덩이둘레	밑위길이	바지길이	바지폭	서스펜더	
착의성		전후 차이		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)	
		개선율(%)		18.3	4.0	4.0	−4.9	10.0	0.6	−2.6	−10.0	−0.6	−9.7	−14.9	−1.1	8.6	16.3	1.3
여유성		전후 차이		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)		
		개선율(%)		26.6	3.1	−3.7		7.1		7.1		−6.3	0.6	−4.9		−1.7		3.1
착의 용이성		전후 차이		0.13 (0.81)	0.40[a] (0.16)					−0.19 (0.62)		0.36[c] (0.32)				−0.53 (0.18)	0.47[e] (0.38)	
					0.34[b] (0.49)							0.10[d] (0.80)					−0.36[f] (0.49)	
		개선율(%)		2.6	8.0[a] 6.8[b] −7.4					−3.7		−7.2[c] −2.0[d] 4.6				−10.6	−4.6[e] 0.8[f] −1.9	1.6
탈의 용이성		전후 차이		0.49 (0.34)	−0.14[a] (0.62)					−0.19 (0.62)		−0.20[c] (0.58)				0.06 (0.89)	0.23[e] (0.60)	
					0.00[b] (1.00)							−0.34[d] (0.22)					−0.04[f] (0.91)	
		개선율(%)		9.7	−2.80[a] 0.00[b] −1.4					−3.7		−4.00[c] −6.80[d] −5.4				1.1	4.60[e] 0.80[f] 1.9	−0.3
동작용이성	목	폄	전후 차이	0. 36 (0.46)														7.2
		굽힘	전후 차이	1.66 (0.00)														33.2
		비틂	전후 차이	0.70 (0.14)														14.0
	어깨	폄	전후 차이		0.21 (0.60)	0.20 (0.52)		0.31 (0.44)	0.36 (0.49)	0.40 (0.16)	0.69 (0.07)						0.81 (0.04)	8.5
		굽힘	전후 차이		0.40 (0.30)	0.81 (.004)		1.11 (0.01)	1.83 (0.04)	0.27 (0.29)	0.80 (0.06)						0.62 (0.10)	16.7
		모음	전후 차이		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)	14.8
		벌림	전후 차이		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)	14.7
	팔꿈치	굽힘	전후 차이					0.84 (0.02)	0.50 (0.14)	0.80 (0.04)								14.3
	허리	폄	전후 차이		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)	12.0
		굽힘	전후 차이		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)	16.6
		좌우측 구부림	전후 차이								0.59 (0.07)	0.53 (0.07)	0.39 (0.25)	0.64 (0.12)			1.14 (0.02)	13.2
		비틂	전후 차이		0.69 (0.04)	0.40 (0.23)	0.83 (0.04)											12.8
	골반	벌림	전후 차이										0.24 (0.44)	−0.04 (0.86)	0.06 (0.88)	0.34 (0.22)		3.0
	무릎	굽힘	전후 차이									0.44 (0.06)		1.01 (0.02)	0.51 (0.20)	0.27 (0.50)	1.31 (0.00)	14.2
		개선율(%)		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

* 괄호 안은 t−test 결과 중 p−value; $p<0.05$인 경우 음영 처리

a: 앞여밈위치, b: 앞여밈종류, c:허리여밈위치, d: 허리여밈종류, e: 서스펜더길이, f: 서스펜더 여밈

표 9. 착용편이성 평가 결과* (n=7)

평가항목	개선 전(A)	개선 후(B)	전후 차이(B−A)	*t*−value	*p*−value	개선율(%)
착의성 (1: 거의 맞지 않음 ~ 5: 아주 잘 맞음)	3.37(0.94)	3.43(0.75)	0.06	+0.279	0.784	1.3
여유성 (1: 아주 여유롭지 못함 ~ 5: 아주 여유로움)	3.73(0.69)	3.89(0.73)	0.16	+0.854	0.406	3.1
착의용이성 (1: 아주 어려움 ~ 5: 아주 쉬움)	3.63(0.93)	3.71(0.71)	0.08	+0.428	0.675	1.6
탈의용이성 (1: 아주 어려움 ~ 5: 아주 쉬움)	3.89(0.73)	3.87(0.70)	−0.02	−0.067	0.948	−0.3
동작용이성 (1: 아주 어려움 ~ 5: 아주 쉬움)	3.27(0.70)	3.90(0.66)	0.63	+4.847	<0.001	12.6

*괄호 안은 표준편차

표 10. 신체 부위별 착용감 평가 결과* (n=7)

		신체 부위												
		전반적	이마	가슴	등	팔	다리	손발	목	어깨	배	허리	엉덩이	평균개선율(%)
온열감 (0: 어느 쪽도 아니다 ~ 4: 아주 덥다)	전후 차이	0.14 (0.34)	0.86 (0.12)	0.43 (0.34)	0.43 (0.09)	0.86 (0.03)	0.86 (0.03)	0.43 (0.27)						
	개선율(%)	2.8	17.2	8.6	8.6	17.2	17.2	8.6						11.5
습윤감 (1: 아주 습하다 ~ 7: 아주 건조하다)	전후 차이	−0.14 (0.55)	−0.86 (0.06)	−0.43 (0.27)	−0.14 (0.75)	−0.86 (0.03)	−1.00 (0.02)	−0.43 (0.09)						
	개선율(%)	2.0	12.3	6.1	2.0	12.3	14.3	6.1						7.9
압박감 (1: 너무 헐겁다 ~ 7: 너무 조인다)	전후 차이								0.29 (0.59)	0.86 (0.04)	0.14 (0.70)	−0.29 (0.59)	0.29 (0.55)	
	개선율(%)								4.1	12.3	2.0	−4.1	4.1	3.7
쾌적감 (1: 쾌적하다 ~ 4: 아주 불쾌하다)	전후 차이	0.28 (0.32)												
	개선율(%)	7.0												7.0

*괄호 안은 *t*−test 결과 중 *p*−value; *p*<0.05인 경우 음영 처리

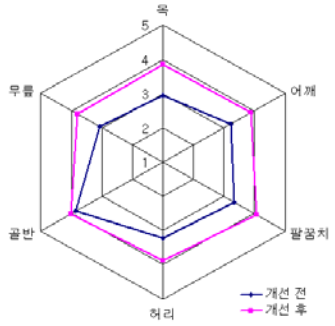


그림 3. 개선 전후 방염복의 동작용이성 비교

든 신체 부위의 동작용이성 평가 점수는 '조금 쉬움(4점)'에 근접하여 우수한 성능을 보이는 것으로 파악되었다. 또한, 개선 전에도 우수한 평가를 받은 골반을 제외한 다른 신체 부위에서 상당한 개선 효과를 나타내었다.

3.3.2 착용감 평가 결과

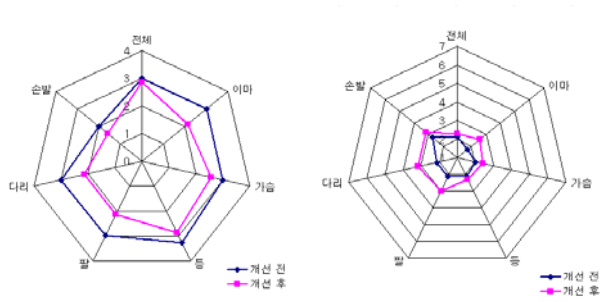
신체 부위와 착용감 평가 항목 간 연관성 분석을 통해 분석한 신체 부위별 착용감 개선율은 팔과 다리 부위에서 크게 향상된 것으로 나타났다. 착용감을 관련 신체 부위별로 분석한 결과(표 10), 온열감과 습윤감은 팔과 다리 부위에서, 압박감은 어깨 부위에서 유의하게(>12%) 향상되었다. 온열감 개선율과 습윤감 개선율은 서로 유사한 경향을 보여, 팔과 다리, 이마 부위의 효과가 가슴, 등, 손발에 비해 더욱 높게 나타났다. 압박감은 어깨 부위의 개선 효과(12.3%)가 목, 배, 허리, 엉덩이에 비해 두드러졌다.

개선 전후 방염복 착용시의 온열감 및 습윤감을 신체 부위별로 비교한 결과(그림 4) 팔과 다리 부위에서의 개선이 두드러진 것으로 파악되었다. 팔과 다리 부위의 온열감과 습윤감은 개선 폭이 상대적으로 큰 반면, 개선 폭이 작은 가슴과 등(<10%) 부위에 대해서는 개선 후에도 '덥다(3점)'

표 11. 착용감 평가 결과* (n=7)

평가 항목	개선 전(A)	개선 후(B)	전후 차이(B−A)	t−value	p−value	개선율(%)
온열감 (0: 어느 쪽도 아니다 ~ 4: 아주 덥다)	2.90(0.55)	2.33(0.68)	−0.57	−2.851	0.015	**11.5**
습윤감 (1: 아주 습하다 ~ 7: 아주 건조하다)	2.14(0.73)	2.69(0.52)	+0.55	+2.681	0.020	**7.9**
압박감 (1: 너무 헐렁하다 ~ 7: 너무 끼인다)	3.26(0.56)	3.00(1.03)	−0.26	−0.812	0.433	**3.7**
쾌적감 (1: 쾌적하다 ~ 4: 아주 불쾌하다)	2.57(0.53)	2.29(0.49)	−0.28	−1.044	0.317	**7.0**

*괄호 안은 표준편차



(a) 온열감 (b) 습윤감

그림 4. 개선 전후 방염복의 착용감 비교(예)

와 '아주 습하다(1점)'에 가깝게 평가되었다.

신체 부위−착용감 평가 항목 간 연관성(표 5 참조)에 근거하여 분석된 착용감 평가는 온열감(11.5%)과 습윤감(7.9%)에서 유의한 개선 효과가 있음을 나타내었다(표 11). 개선 방염복은 착용감의 모든 세부 항목(온열감, 습윤감, 압박감, 쾌적감)에서 향상된 평가 결과를 보였으며, 특히 개선 정도가 유의하였던 온열감과 습윤감은 개선 전 '덥다'(2.9점)와 '습하다'(2.1)에서 개선 후에는 '따뜻하다'(2.3점)와 '약간 습하다'(2.7)로 평가되었다.

3.3.3 의복내 기후 측정 결과

서열 환경에서 운동 부하에 따른 의복내 기후를 준비기, 운동기, 휴식기에 걸쳐 측정한 결과, 운동기 동안의 평균 의복내 기후는 준비기에 비해 온도 20.8%, 습도 25.7%가 감소되었다(그림 5). 수식 1은 준비기의 의복내 온도($T_{준비기}$)를 baseline으로 하였을 때, 개선 전후 의복 착용시 운동기 동안의 의복내 온도($T_{운동기}$) 감소율을 나타내며, 수식 2는 개선 전후 의복 착용시 운동기 동안의 의복내 습도($H_{휴식기}$) 감소율을 나타낸다. 이와 같은 방식으로 휴식기 동안의 의복내 온도($T_{휴식기}$)와 의복내 습도($H_{휴식기}$)도 계산되었다. 개선 방염복의 의복내 온도 변화(그림 5(a))는 운동 시작 약 5분 후부터 기존 방염복과 차이를 보이기 시작하여, 운동기에는 20.8%, 휴식기에는 33.3%의 유의한 감소($p<0.05$)를 보였다. 또한, 의복내 습도는 운동 시작 약 10분 후부터 차이가 나타나기 시작하여, 운동기에는 25.7%, 휴식기에는 16.3%의 감소 효과가 있었다.

운동기에서의 의복내 온도(T) 감소율(%)

$$= 1 - \frac{\text{개선 방염복 착용시의 } T_{운동기} - T_{준비기}}{\text{기존 방염복 착용시의 } T_{운동기} - T_{준비기}} \times 100$$

... 수식 1

여기에서, $T_{운동기}$ = 운동기의 평균 의복내 온도;
$T_{준비기}$ = 준비기의 평균 의복내 온도

운동기에서의 의복내 습도(H) 감소율(%)

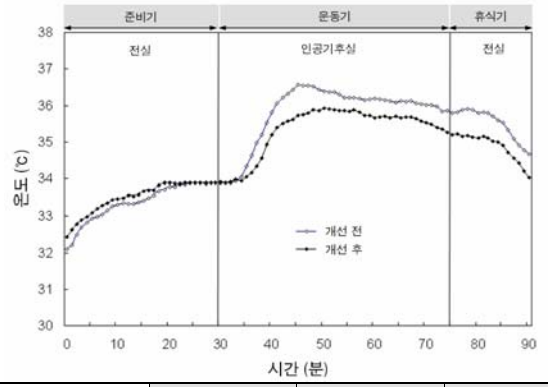
$$= 1 - \frac{\text{개선 방염복 착용시의 } H_{운동기} - H_{준비기}}{\text{기존 방염복 착용시의 } H_{운동기} - H_{준비기}} \times 100$$

... 수식 2

여기에서, $H_{운동기}$ = 운동기의 평균 의복내 습도;
$H_{준비기}$ = 준비기의 평균 의복내 습도

3.4 비용 대비 개선 효과 분석

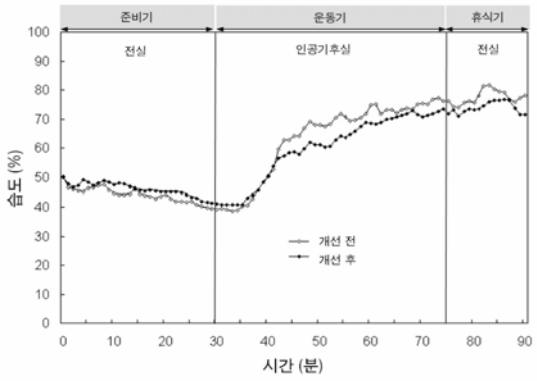
착용편이성과 착용감 측면에서 파악된 개선율을 통합한 결과(표 12), 겨드랑이 메쉬 소재 무 삽입(86.2%)과 목 부위 패턴 변화(75.3%)가 상대적으로 높은 개선 효과를 도출하였다. 개선안별 효과 파악은 각 개선안과 관련된 설계 요소를 파악하여 해당 개선율을 합산(착용편이성+착용감)함으로써 이루어졌다. 예를 들어 겨드랑이 메쉬 무 첨가의 경우, 관련된 설계 부위(앞품, 뒷품, 겨드랑둘레, 상의 길이)에서의 착용편이성 개선율(73.4%)과, 개선안 관련 신체 부위(등과 가슴)에서의 착용감 개선율(12.7%)를 합산하여 총 개선율이 86.1%임이 파악되었다.



구간별 평균 온도	준비기	운동기	휴식기
개선 전	33.4℃(0.5)	35.8℃(0.3)	35.5℃(0.4)
개선 후	33.5℃(0.5)	35.4℃(0.3)	34.9℃(0.5)
전후 차이	+0.1℃	−0.4℃	−0.6℃
t	+0.447	−2.709	−2.362
p−value	0.666	0.027	0.046
의복내온도 (T) 감소율	−	20.8 %	33.3%

*괄호 안은 표준편차

(a) 의복내 온도



구간별 평균 습도	준비기	운동기	휴식기
개선 전	43.9%(5.9)	64.1%(3.3)	77.6%(4.6)
개선 후	45.8%(6.8)	60.8%(4.5)	74.0%(4.1)
전후 차이	+1.9%	−3.3%	−3.6%
t	+0.530	−6.374	−1.428
p−value	0.608	<0.001	0.184
의복내온도 (H) 감소율	−	25.7 %	16.3 %

*괄호 안은 표준편차

(b) 의복내 습도

그림 5. 개선 전후 의복내 온습도 변화

개선안 별 비용 대비 통합된 개선 효과(C/B ratio)를 분석한 결과(표 12), 목둘레나 소매 패턴과 관련된 수정안이 방염복의 최적 개선안으로 추천되었다. C/B ratio는 일정 정도의 개선 효과를 얻기 위해 투자되어야 하는 비용을 의미하므로, 이 값이 클수록 개선에 요구되는 비용이 증가한다. 따라서, 추가 비용 없이 해결 가능한 개선안들(①②③)이 가장 이상적(C/B ratio=0원/%)이다. 유사한 정도의 효과를 보이는 개선안(④등요크 박음 수정(36.7%)과 ⑧환기용 지퍼(31.5%))이라 하더라도 약 11배의 C/B ratio(38.1원/%, 3.5원/%) 차이가 유발되었다.

비용과 개선 효과를 양 축으로 하여 개선안을 네 개 영역으로 구분한 portfolio 분석(그림 6)은 영역별 개선안에 대한 특성 파악에 용이하였다. 비용과 개선 효과를 기준으로 구분된 네 개의 영역(A~D)에서, A 영역(메쉬 무 삽입과 목둘레 수정 포함)은 저비용과 높은 효과를 추구할 수 있어, 채택 가능성이 가장 높았다. D 영역은 비용 대비 개선 효과가 가장 낮아 제외될 가능성이 높으므로 저렴한 비용의 대안 모색이 요구된다. B와 C 영역에서는 소요 비용에 따라 개선 효과가 증가(대각선 상에서는 비용 대비 개선 효과 일정)하므로, 가용 자원의 수준에 따라 개선안 선택의 범위가 결정된다.

4. 토 의

본 연구에서 실시한 사전 평가와 심층 평가는 평가 소요 시간과 정보의 질적 측면에서 상충관계(trade−off)를 가지나 효율적인 개선안 평가 및 선정을 통한 최적 의복 설계를 위해 유용한 것으로 파악되었다. 사전 평가 단계에서 이루어진 전문가의 의견에 의한 정성적 분석은 상대적으로 짧은 시간이 소요되나 정보의 질적 수준은 상대적으로 낮았다. 반면, 심층 평가 단계에서 실시된 착용 평가에 의한 실증적 분석은 상대적으로 오랜 시간이 소요되었으나 비용 대비 개선 효과(C/B ratio)에 대해 종합적이고 심층적인 정보를 제공하였다. 사전 평가와 심층 평가의 2단계를 거쳐 개선안들을 선별하는 접근 방법은 비용 대비 효과 측면에서 최적 개선안의 도출뿐만 아니라 제한된 자원(연구인력, 시간, 비용)으로 연구진행의 효율성을 제고하는데도 유용하다고 추천된다.

의복설계 요소와 평가 요소간의 연관성 분석은 의복 개선안이 착용감 및 착의용이성에 미치는 정량적 효과를 종합적이고 분석적으로 비교할 수 있게 하였다. 기존 연구에서 다양한 인간공학적 기법이 의복 평가에 적용되었으나, 의복 설

표 12. 개선안의 비용 대비 개선 효과

개선안	개선비용 (원)	개선 효과				C/B ratio* (원/%)
		개선 성능	개선 부위	개선율(%)	개선율 합(%)	
① 목 부위 패턴 변화	0	착용편이성	목둘레	75.3	75.3	0
② 밑위 길이 앞뒤 차 부여	0	착용편이성	밑위 길이	−5.8	−5.8	0
③ 소매 곡선 제도 소매 커프스 턱 추가	0	착용편이성	소매 폭 소매 길이	4.4 17.3	21.7	0
④ 등 요크 박음선 생략	130	착용편이성	뒷품	13.8	36.7	3.5
		착용감	온열감_등 습윤감_등 압박감_어깨	8.6 2.0 12.3		
⑤ 팔꿈치 다아트 추가, 무릎의 턱 추가	260 300	착용편이성	소매 길이 소매 폭 바지 길이 바지 폭	17.3 4.4 4.5 3.5	29.7	18.9
⑥ 서스펜더 신축성 소재로 교체	400	착용편이성	서스펜더	41.3	41.3	9.7
⑦ 겨드랑이 메쉬 소재 무 첨가	30	착용편이성	앞품 뒷품 겨드랑 둘레 상의 길이	24.3 13.8 33.2 2.2	86.2	0.4
		착용감	온열감_등, 가슴 습윤감_등, 가슴	8.6 4.1		
⑧ 하의 환기조절용 지퍼 부착	1,200	착용감	온열감_다리 습윤감_다리	17.2 14.3	31.5	38.1

*C/B ratio = cost/benefit ratio

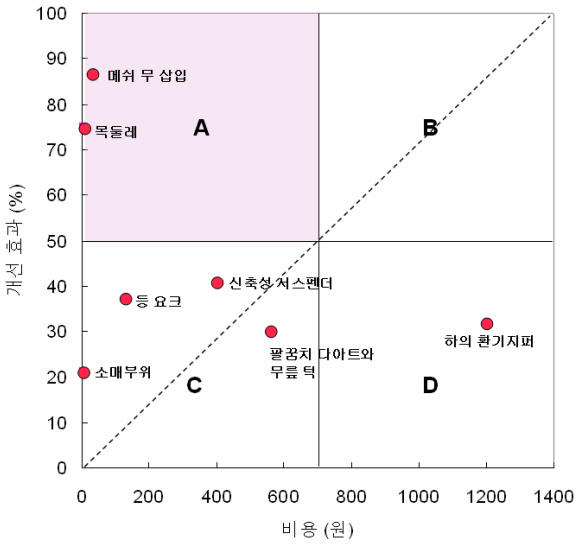


그림 6. 비용 대비 개선 효과의 포트폴리오

계 요소와 인간공학적 평가 요소간의 연관성을 종합적이고 체계적으로 분석하지 않아 의복의 최적 개선안 도출에 한계가 있었다. 예를 들어, Huck et al.(1997)은 의복 여유량의 배치 부위에 따른 동작성을 ROM과 주관적 평가로 파악함으로써 단일 설계 요소에 따른 인간공학적 효과를 분석하였으나, 의복 설계 요소가 지나치게 한정적으로 다루어졌고 종합적 평가 체계에 대한 고려가 부족하였다. 반면, 본 연구는 의복 설계 요소와 인간공학적 평가 요소 간 연관성 분석을 적용함으로써 종합적 측면에서 개선안의 효과를 정량적으로 파악하여 개선안 선정에 용이하였다.

방염복 개선안으로 선정된 설계 요소들에 대한 심층적 평가 결과는 기존 연구 결과와 대체로 부합하는 것으로 파악되었다. 착의 평가 실험에서 개선 효과가 높은 것으로 파악된 방염복 개선안들 중 겨드랑이 메쉬 무 삽입, 등 요크 개구부 확대, 환기조절용 지퍼는 의복의 열적 쾌적성과 동작용이성 향상을 위해 적용되는 방법이다. 예를 들어, 방염복 하의에 적용된 환기조절용 지퍼는 슬릿 벤틸레이션 시스템을 도입한 것이라 할 수 있는데, 연수민과 김희은(2005)은 동작기능성과 펌핑 효과를 고려하여 의복의 팔꿈치와 무릎 부

위에 벤틸레이션 시스템을 스포츠웨어에 도입하여 착용 실험을 통해 의복 성능을 평가한 결과, 생리적, 주관적 평가에서 벤틸레이션 시스템의 유효성을 확인하였다. 본 연구에서 동작 변화가 큰 하지의 옆선에 지퍼로 슬릿 벤틸레이션을 형성하고 등의 개구부를 확대한 설계 개선안은 의복 내부의 더운 공기 배출을 통한 착용감 향상에 효과적이었던 것으로 파악되었다. 또한, 겨드랑이 부위의 무 삽입은 팔동작시 뒤어깨견갑과 소매 겨드랑 부위에서 받는 압박 스트레스를 해결하기 위해 사용된 것으로서, 홍경희 등(1996)은 정비 작업복의 소매에 무 삽입을 적용한 결과 견갑과 겨드랑 부위의 기능성이 향상되었다고 보고하였다.

한편, 본 연구는 기능성 의복의 설계 개선시 사용자의 만족도 향상뿐만 아니라 작업 특성과 작업 환경에 따른 안전성에 대한 고려가 이루어졌다. 의복에 활용되는 여러 가지 여밈 장치 중, 벨크로는 지퍼나 단추에 비해 착탈이 손쉬워 노인이나 장애인, 또는 장갑 착용에 의해 손의 기민성이 떨어지는 작업자를 위한 기능복 등에 다양하게 활용되고 있다(Watkins, 1984). 따라서, 벨크로 여밈은 방염복의 손목 둘레와 바짓단, 그리고 허리 여밈 장치로서 제안되었으나, 소재 특성상 고열에 의한 피부 융착 위험성으로 인해 고열작업장 작업자의 안전성을 고려하여 제외하였다.

비용과 개선 효과 측면(C/B ratio)에서 개선안들에 대한 portfolio 분석은 전략적 개선안 선정에 유용하였다. 개선 비용과 개선 효과의 portfolio 분석은 개선안의 비용 대비 효과를 네 개의 영역으로 나누어 선호되는 개선안을 체계적으로 파악할 수 있게 하였다. 또한, 유사한 수준의 C/B ratio를 갖는 개선안들에 대해 가용한 비용에 따른 개선안 채택 결정시 유용한 방법으로 파악되었다.

추후 연구로는 방염복이 실제 사용되는 작업장에서 개선 전후 방염복에 대한 평가를 실시함으로써 실험실 평가에 한정된 본 연구 결과를 검증할 필요가 있다. 본 연구는 실험실 평가를 통해 의복 개선 효과가 파악되었으나, 작업자에 의한 현장 평가를 통해 연구자가 예상하지 못한 문제점을 보완하고 실제 사용자의 의견이 설계 과정에 반영되도록 함으로써 개선안 도출 과정이 보완될 수 있을 것이다.

참고 문헌

연수민, 김희은, 스포츠웨어의 슬릿 벤틸레이션 시스템이 인체 생리 반응에 미치는 효과, *한국의류산업학회지*, 7(1), 1-6, 2005.

김희은a, 연수민, 정정림, 이민정, 장준호, 유희천, 기능성 작업복의 인간공학적 평가: 방염복을 중심으로, *한국의류산업학회 추계 학술대회 초록집*, 293-296, 부산, 2005.

김희은b, 연수민, 정정림, 이민정, 장준호, 유희천, 기능성 작업복의 인간공학적 평가: 방염복을 중심으로, *한국의류산업학회지*, 8(5), 597-603, 2006.

이윤정, 정찬주, 정재은, 고청정 작업 환경에서 방진복 디자인이 인체 생리 반응에 미치는 영향, *한국의류학회지*, 26(6), 811-820, 2002.

정찬주, 이순원, 면과 폴리에스테르의 혼방비율에 따른 착용감에 관한 연구, *한국의류학회지*, 12(3), 285-294, 1988.

최혜선, 손부현, 도월희, 김은경, 강여선, *테크니컬 웨어 설계*, 수학사, 2003.

홍경희, 박길순, 권애현, 송양숙, 오승희, 정유미, 동작기능성 향상을 위한 작업복 연구, *한국의류학회지*, 20(2), 311-322, 1996.

岡部和代, 山名信子, ボディスーツ着用による寸法變化と壓迫感, *日本纖維製品消費科學誌*, 32(2), 72-78, 1991.

中橋美智子, 吉田敬一, *新しい衣服衛生*, 南江堂, 東京, 1990.

ASHRAE, *ASHRAE Handbook of Fundamentals*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, New York: NY, 1972.

Baker, S. J., Grice, J., Roby, L. and Matthews, C., Cardiorespiratory and thermoregulatory response of working in fire-fighter protective clothing in a temperate environment, *Ergonomics*, 43(9), 1350-1358, 2000.

Bellingar, T. A. and Slocum, A. C., Effect of protective gloves on hand movement: an exploratory study, *Applied Ergonomics*, 24(4), 244-250, 1993.

Faerevik, H. and Reinertsen, R. E., Effects of wearing aircrew protective clothing on physiological and cognitive responses under various ambient conditions, *Ergonomics*, 46(8), 780-799, 2003.

Havenith, G. and Heus, R., A test battery related to ergonomics of protective clothing, *Applied Ergonomics*, 35, 3-20, 2004.

Huck, J., Protective clothing systems: A technique for evaluating restriction of wearer mobility, *Applied Ergonomics*, 19(3), 185-190, 1988.

Huck, J., Maganga, O. and Kim, Y., Protective overalls: evaluation of garment design and fit, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 9(1), 45-61, 1997.

McLellan, T. M. and Selkirk, G. A., Heat stress while wearing long pants or shorts under firefighting protective clothing, *Ergonomics*, 47(1), 75-90, 2004.

McLellan, T. M. and Cheung, S. S., Impact of fluid replacement on heat storage while wearing protective clothing, *Ergonomics*, 43(12), 2020-2030, 2000.

McLellan, T. M. and Cheung, S. S., Influence of hydration status and fluid replacement on heat tolerance while wearing NBC(nuclear, biological and chemical) protective clothing, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(1-2), 139-48, 1988.

Rosenblad-Wallin, E., User-oriented product development applied to functional clothing design, *Applied Ergonomics*, 16(4), 279-287, 1985.

Watkins. S. M., *Clothing: The Portable Environment*, Iowa State University Press, 1984.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 조 자 영 ❖ cjy5104@empal.com
연세대학교 의류환경학 박사
현 재: 한국봉제기술연구소 선임연구원
관심분야: 인간공학적 의류 설계, 스마트의류 및 텍스타일 설계

❖ 정 정 림 ❖ limi2101@lycos.co.kr
경북대학교 의류학과 석사
현 재: 경북대학교 의류학과 박사과정
관심분야: 피복환경학, 피복인간공학, 의복구성학

❖ 연 수 민 ❖ fdyeon@yahoo.co.kr
경북대학교 의류학과 석사
현 재: 경북대학교 의류학과 연구원
관심분야: 피복환경학, 피복인간공학, 의복구성학

❖ 장 준 호 ❖ junozard@postech.ac.kr
성균관대학교 시스템경영공학부 학사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 석사과정
관심분야: 인간공학적 제품설계, 사용자 중심의 제품설계

❖ 유 희 천 ❖ hcyou@postech.ac.kr
미국 펜실바니아 주립대학교 산업공학과 박사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 부교수
관심분야: 인간공학적 제품설계 기술, 사용자 중심의 제품설계, 가상 환경 기반 인간공학적 제품 설계 및 평가, 사용성 공학, 근골격계질환 예방 및 통제

❖ 김 희 은 ❖ hekim@knu.ac.kr r
일본 나라여자대학교 생활환경학과 박사
현 재: 경북대학교 의류학과 교수
관심분야: 인간공학적 의류제품 설계, 쾌적성 의류 설계, 의복착의평가

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2008년 08월 20일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2008년 11월 27일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2008년 11월 28일