

기능성 의복의 인간공학적 평가 체계 개발 및 방염복 평가 적용 (Development of an ergonomic evaluation model for functional clothing and application to fire-protective clothing)

이민정, 장준호
포항공과대학교 기계산업공학부

Abstract

기능성 의복에 대한 인간공학적 평가는 의복 설계 특성, 사용자 특성 등을 고려하여 종합적으로 평가되어야 하나, 현재까지 단편적 측면만이 평가되고 있는 실정이다. 본 연구는 기능성 의복을 평가하기 위한 종합적이고 분석적인 인간공학적 평가 체계를 개발하고, 방염복의 평가에 적용한 사례를 제시하였다. 인간공학적 평가 체계는 의류학, 생리학, 인간공학 관련 분야에서 기능성 의복의 평가와 관련된 항목을 수집하여 네 개의 부문(의복 설계 특성, 사용자 특성, 작업 및 환경 특성, 사용자 반응 특성)의 세부 40개의 항목으로 구성되었다. 제안된 평가 체계의 활용 방법은 방염복의 평가 적용 사례를 통해 제시되었다. 본 연구의 종합적이고 분석적인 인간공학적 평가 체계는 기능성 의복의 평가에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

인간공학적으로 설계된 기능성 의복은 동작 용이성, 착용 편이성, 쾌적감의 향상을 통해 작업 능률과 생산성 증대를 도모한다. 기능성 의복은 인간의 작업 능률과 안전성을 향상시키기 위해 필요로 하는 기능들을 강조함으로써 미적인 요인을 강조하던 일반 의복과는 구분된다. 이러한 기능성 의복에 작업 환경과 작업자의 생리적, 심물리학적 특성 등을 고려한 인간공학적 설계를 응용함으로써 착용 편이성, 착용감, 기능성뿐만 아니라, 작업 능률과 생산성 등의 향상을 도모할 수 있다. 따라서, 현대 산업 사회에서 기능성 의복의 인간공학적 설계에 대한 요구가 높아지고 있으며, 동시에 기능성 의복의 인간공학적 평가 체계의 개발에 대한 필요성이 제기되고 있다.

기존의 기능성 의복 평가에 관한 연구에서는 의복 평가를 위해 몇 가지 평가 항목만을 고려하여 단편적으로 평가한 연구는 있었으나, 이를 전반적이고 종합적으로 평가할 수 있는 체계에 대한 연구는 미흡하였다. 국내에서 수행된 기능성

의복 평가에 대한 연구의 경우, 이윤정 등(2002)이 방진복 디자인이 인체 생리 반응에 미치는 영향을 조사하여 기능성 의복의 디자인에 따른 생리학적 평가에 대해 연구하였고, 정정숙과 이연순(2002)은 소방방수복 소재 선정에 관해 연구함으로써 기능성 의복의 소재에 대한 평가 기준을 제시하였다. 또한, 손부현과 최혜선(2001)은 지리탐지용 방호복의 방호성능 및 착용감을 평가하여 기능성 의복의 성능 평가와 주관적 만족도의 평가 기준을 제시하고자 하였다. 국외 기능성 의복 평가 연구의 경우, Huck (1988)이 방호복 착용시의 동작성 저하와 관련하여 기능성 의복의 동작성 평가에 대한 연구를 수행하였고, Havenith and Heus (2004)는 방호복의 디자인과 사이즈가 동작성에 미치는 영향에 대한 기준을 제시하였다. 또한, McLellan and Cheung (2000)은 방호복 착용시 수분 공급 상태가 열 스트레스 수용에 미치는 영향을 연구하여 기능성 의복이 착용자에게 미치는 생리학적 심리학적 영향에 대한 평가 기준을 제시하였다. 그러나 대부분의 연구가 기능성 의복에 대한 부분적인 평가에만 머무르고 있으며 전반적이고 종합적인 평가 방법 체계의 개발은 이루어지고 있지 않음을 알 수 있었다. 따라서, 기능성 의복을 종합적이고 분석적으로 평가 및 개선할 수 있는 인간공학적인 평가 체계가 요구된다.

본 연구는 기능성 의복의 종합적이고 분석적인 인간공학적 평가 체계를 제안하고, 이를 방염복의 평가에 적용한 사례를 제시하였다. 인간공학적 평가 체계는 의류학 및 인간공학 관련 학술지를 조사하여 수합된 평가 항목으로 구성되었다. 그리고 수립된 평가 체계는 방염복의 평가와 개선에 적용되어 평가 체계의 활용 방법 및 유용성이 제시되었다.

2. 기능성 의복의 인간공학적 평가

기능성 의복에 대한 종합적이고 분석적인 평가를 위한 인간공학적 평가 체계는 세 단계를 통해 설정되었다. 첫째, 의복 및 인간공학 관련 문헌을 조사하여 기능성 의복의 평가 항목이 수집

되었다. 의류학, 생리학, 인간공학 등의 학술논문에서 의복 평가와 관련된 37편(국내 15편, 국외 22편)에 대하여 문헌 조사를 실시한 결과, 총 32개의 평가 항목이 파악되었다.

둘째, 문헌조사를 통해 수집된 평가 항목들은 항목간의 유사성을 기준으로 크게 네 개의 범주로 분류되었다(그림 1 일부 참조). 상위 범주는 의복 설계 특성, 사용자 특성, 작업 및 환경 특성, 사용자 반응 특성으로 분류되며 각 범주는 하위 범주를 갖는다. 예를 들어, 의복 설계 특성의 경우 패턴, 소재, 색상의 하위 범주를 갖는다.

셋째, 전문가 집단의 논의를 거쳐 8개의 평가 항목이 추가 되어 최종 40개의 평가 항목이 선정되었다. 평가 항목 추가 및 최종 선정에는 인간공학 전문가 3인과 의류학 전문가 3인이 참여하였다. 전문가들의 논의를 통해 주사용 신체 부위, 신체 부위별 동작 범위 등의 8개의 평가 항목이 신규 첨가 되었다. 예를 들어, 주사용 신체 부위 항목의 경우, 동작성 향상을 위한 설계요소를 의복 설계 시에 반영하여 기능성을 향상시킬 수 있으므로 평가 항목으로 추가하였다. 이러한 평가 항목 보완을 통해 총 40개의 의복 평가 항목이 최종적으로 선정되었다.

상기 세 단계를 통해 최종적으로 그림 1과 같은 종합적인 기능성 의복의 평가 체계가 제안되었다. 제안된 평가 체계는 종합적이고 분석적인 의복 평가에 활용될 수 있으며, 평가 대상 의복의 특성에 따라 평가 항목의 일부를 선별적으로 활용할 수 있다.

3. 방염복 평가 적용

본 연구에서 제안된 기능성 의복의 평가 체계(2장 참조)에 근간하여 대표적 고열 작업장인 철강 업체의 방염복을 평가하였다. 방염복의 평가 절차는 그림 2와 같이 방염복 특성 분석, 방염복 평가, 문제점 분석 및 개선안 제시 순서로 진

행되었다.

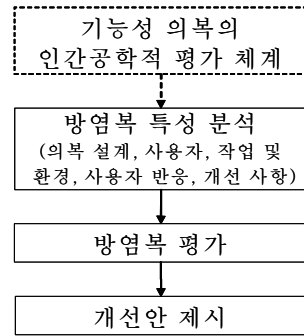


그림 2. 방염복 평가 절차

3.1 방염복 특성 분석

방염복의 특성은 의복 전문가에 의한 설계 특성 분석과 고열작업장 근로자를 대상으로 한 설문조사를 통해 파악되었다. 전문가에 의한 설계 특성 분석을 통해 방염복의 패턴, 소재 등이 파악되었다. 그리고 철강 업체에 종사하는 95명의 근로자를 대상으로 한 설문 조사를 통해 방염복의 사용자 특성, 작업 및 환경 특성, 사용자 반응 특성, 개선 사항이 분석되었다.

첫째, 방염복의 패턴, 소재, 색상에 대한 설계 특성이 의복 전문가의 체계적 분석을 통해 파악되었다. 방염복의 패턴은 칼라, 소매 등의 부위가 직선형으로 설계되었고(그림 3 참조), 등부위의 통풍을 위해 망소재가 구비되었으며, 하의 착용을 위해 서스펜더가 부착되었다. 방염복 소재는 방염처리 된 100% 면이며, 소방법 기준에 준하는 인장강도 및 방염도를 가진다. 방염복의 색상은 복사열의 흡수가 낮도록 미색을 사용하는 것으로 파악되었다.

둘째, 방염복의 사용자 특성은 일개 철강업체 방염복 착용 근로자를 대상으로 한 설문조사를 통해 개인 특성(예: 나이, 성별) 및 근무 특성

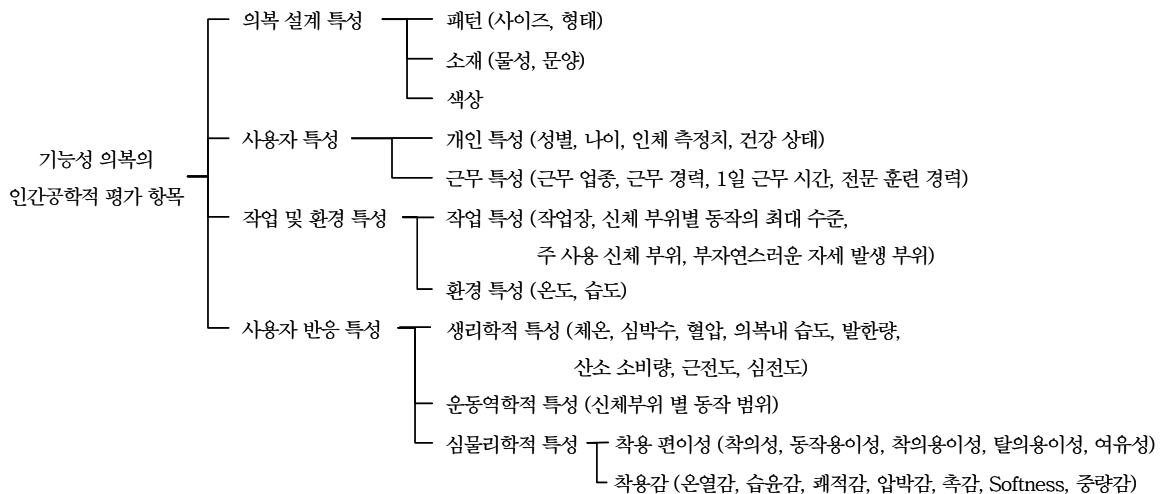


그림 1. 기능성 의복의 인간공학적 평가 체계

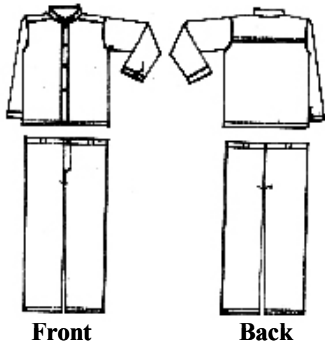


그림 3. 방염복의 설계 특성 분석

(예: 1일 근무 시간)이 파악되었다. 방염복 착용자는 30대~50대의 남성으로 하루 평균 8시간 방염복을 착용하는 것으로 파악되었다. 그러나 실제 고열환경 노출 시간은 45분으로 조사되었다.

셋째, 설문 조사 결과를 토대로 작업 특성(예: 주사용 신체부위)과 작업장 환경 특성(예: 온도)이 파악되었다. 사용 빈도가 높은 신체 부위는 목, 어깨, 무릎으로 나타났으며, 이들 사용 빈도가 높은 부위에서 높은 주관적 불편도를 보였다. 그리고 작업장의 온도는 40℃이고, 상대습도는 30%로 조사되었다.

넷째, 사용자 반응 특성인 운동역학적 특성은 그림 4와 같이 작업 동작 범위에 대한 설문을 통해 작업 시 모든 신체부위가 동원되는 것으로 파악되었다. 이는 동작 용이성이 향상된 방염복 설계 시 모든 신체부위의 동작 범위를 고려해야 함을 시사한다.

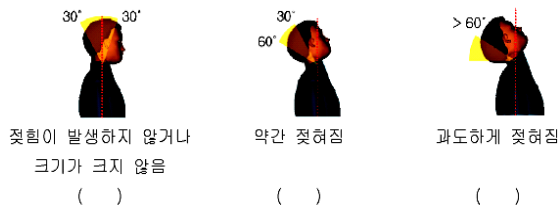


그림 4. 작업 중 발생하는 동작 범위 설문 (예)

마지막으로, 현장 근로자들이 요구하는 방염복의 개선 요구 사항이 파악되었다(표 1 참조). 예를 들어, 현장 근로자들은 등부위 통풍구의 크기가 충분치 않아 통풍이 원활하지 못하다고 호소하였다.

3.2 방염복 평가

방염복 착용으로 인한 생리학적, 심물리학적 반응 특성은 방염복 착용 실험을 통해 파악되었다. 방염복 평가에는 20대 남자 7명이 참여하였으며, 실험 환경은 고열 작업장 환경과 유사하도록 온도와 습도를 설정하였다. 실험은 고열 작업장 노출 시간을 고려하여 45분 동안 모든 부위가

표 1. 방염복의 개선 요구 사항

범주	항목	개선 요구 사항 (빈도수)
패턴	사이즈	· 치수 체계의 다양화(7)
	형태	· 통기성 개선(13) · 서스펜더 개선-신축성 부여, 길이 조절(8) · 허리 벨트 사용(2) · 바지 하단부 통조절 개선 (2) · 팔꿈치, 무릎 부위 개선(2) · 손목 부위 사이즈 개선(1) · 목 부위 마찰 개선(1) · 안주머니 장착(1) · 유동성 작용성 향상(1) · 이름 기재란 크기 확장(1) · 목 부위 스냅 단추 탈락 방지(1)
소재	물성	· 부드러운 소재 사용(13) · 옷 무게 감량(6) · 약품 냄새 제거 (5) · 방열 효과 개선(3) · 옷 두께 감량(3) · 피부 자극 감소(3) · 세탁 후 수축 개선(3)
		색상

전반적으로 사용되는 동작을 반복적으로 실시하였다.

착용 실험 중 피실험자의 생리학적 반응 특성(예: 의복 내 습도)과 심물리학적 반응 특성(예: 착용 편이성, 착용감)이 분석되었다. 의복 내 습도 변화는 가슴 부위에 thermo recorder를 부착하여 1분 간격으로 측정되었다. 착용 편이성과 착용감 평가는 착의성, 온열감 등의 12개 항목에 걸쳐 5 또는 7점의 Likert scale로 주관적으로 평가되었다(그림 5 참조).

1. 착의성 평가(fitness)						
본 방염복이 본인의 신체에 잘 맞는 정도를 1-5점으로 평가하여 주십시오.						
구분	항목	평가				
		1 거의 맞지 않음	2 조금 맞지 않음	3 보통	4 조금 맞춤	5 아주 잘 맞춤
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

그림 5. 착용 편이성 평가 (예)

실험실 평가를 통해 파악된 생리학적, 심물리학적 반응 특성을 종합하여 주요 개선요구 사항이 파악되었다. 예를 들어, 현행 방염복의 목둘레의 패턴이 직선형으로 설계되어 동작 용이성과 압박감 측면에서 개선이 필요한 것으로 나타났다. 또한 온열감, 습윤감 평가로부터 방염복의 통기성이 시급히 개선되어야 함이 파악되었다.

표 2. 개선 요구 사항 별 개선안 제시

개선 요구 사항	개선 항목
목 부위 동작성	1. 상의 목둘레 부위 - 앞중심과 목둘레가 만나는 부위 1cm 내려서 제도 2. 칼라제도 - 곡선화 하여 제도
손목 부위 size	3. 소매 커프스부위 - 잠금으로 인해 발생하는 개더 주름 고려하여 여유분 추가
안주머니	4. 가슴 위치의 안주머니를 상의의 3~4번째 단추 사이 위치로 하향 조절, 손 삽입하기 쉬운 형태로 변형
팔꿈치 부위 동작성	5. 개더 주름 첨가 6. 소매제도 - 직선에서 곡선으로 변형하여 제도(소매길이 앞뒤차 발생)
통기성 뒷폭/진동둘레 동작성	7. 상의 back부분 요크 길이 1inch 늘리고 중간 박음선 생략 (처짐방지용으로 동일 소재의 기둥 첨가) 8. 상의 겨드랑이 부분 - 망소재의 무 첨가
무릎 부위 동작성	9. 하의제도 - 밑위길이 앞뒤차 부여 10. 개더 주름 첨가
서스펜더	11. 신축성 소재로 대체
통기성	12. 하의 대퇴부분 - 옆선에 환기 조절용 지퍼 첨가

3.3 개선안 제시

방염복 특성 분석(3.1 참조) 및 방염복 평가(3.2 참조)를 통해 파악된 방염복 개선 요구사항에 대해 개선 비용 대비 개선 효과가 큰 9개 항목을 선정하고 개선안을 표 2와 같이 제안하였다. 예를 들어, 목둘레는 동작 용이성 향상을 위해 기존의 직선형 패턴에서 곡선형 패턴으로 설계를 개선하였다(표 2와 그림 6 참조). 기존 방염복과 개선 방염복의 의복 내 습도는 실험 초기에는 유사하였으나 작업 시간이 지속될수록 기존 방염복 대비 평균 6~10% 감소하는 것으로 파악되었다(그림 7 참조). 또한, 개선된 방염복의 부위별 착용 편이성과 착용감이 기존 방염복보다 전반적으로 향상됨이 파악되었다(그림 8과 표 3 참조).

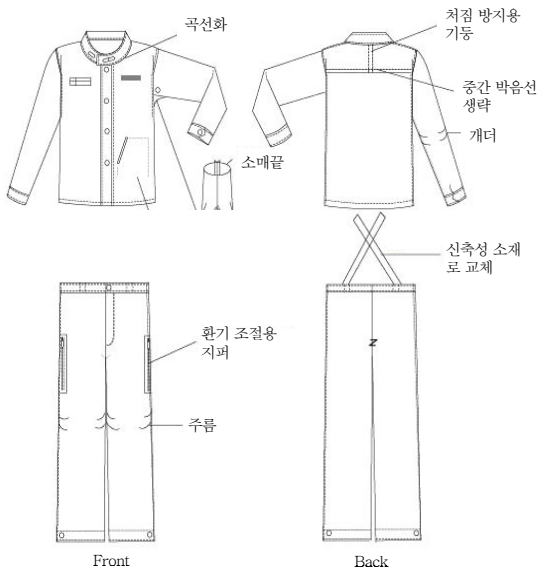


그림 6. 방염복 개선안 도식화

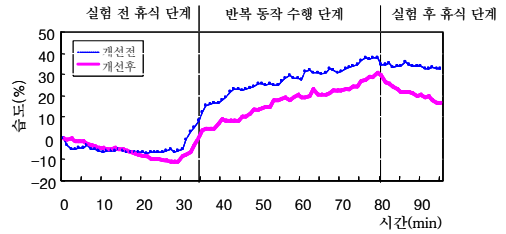
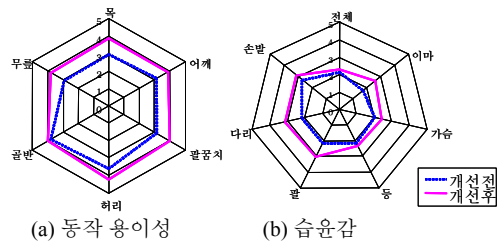


그림 7. 개선 전후의 의복 내 습도 변화



(a) 동작 용이성 (b) 습윤감
그림 8. 착용 편이성 및 착용감 비교 (예)

표 3. 평가 항목별 개선률

평가 분류	평가 항목	개선 전	개선 후	개선률(%)
착용 편이성	착의성	3.2	3.4	6.3
	동작용이성	3.2	4.0	25.0
	여유성	3.7	3.9	5.4
	착의용이성	3.4	3.7	8.8
	탈의용이성	3.7	3.9	5.4
계				약 10% 향상
착용감	온열감*	2.9	2.3	20.7
	습윤감	2.1	2.7	28.6
	쾌적감*	2.6	2.3	11.5
	압박감*	3.3	3.0	9.1
계				약 17% 향상

* 값이 낮을 수록 긍정적인 평가에 해당

4. 결론

본 연구는 기능성 의복을 종합적 분석적으로 평가할 수 있는 인간공학적 평가 체계를 수립하였다. 기능성 의복을 종합적, 분석적 평가 체계는 의류학, 생리학, 인간공학 분야의 학술 문헌조사를 통해 평가 항목을 수집하여 네 개 부문(의복 설계 특성, 사용자 특성, 작업 및 환경 특성, 사용자 반응 특성)의 세부 40개의 항목으로 구성되었다. 또한, 수립된 평가 체계를 방염복 평가에 적용한 사례를 통해 기능성 의복의 인간공학적 평가 체계의 유용성 및 활용 방법을 제시하였다.

기능성 의복의 인간공학적 평가 체계는 평가 대상 의복에 특화시켜 활용할 수 있으며, 평가를 통해 의복의 개선 효과를 정량적으로 확인할 수 있다. 본 연구에서 제안한 평가 체계는 다양한 의복에 범용적으로 활용할 수 있으며, 평가 대상 의복의 특성에 따라 평가 항목을 선별적으로 적용할 수 있다. 또한 사용자 반응 특성 등의 평가를 통해 정량적인 개선효과를 파악할 수 있다.

참고 문헌

- 이윤정, 정찬주, 정재은 (2002). 고청정 작업환경에서 방진복 디자인이 인체 생리반응에 미치는 영향. *한국의류학회지*, 26(6), 811-820.
- 정정숙, 이연순 (2002). 한국 소방대원 방수피복의 소재특성에 관한 비교연구. *대한가정학회지*, 40(5), 15-24.
- 손부현, 최혜선 (2001). 지뢰 탐지용 방호복 구성과 방호성능 및 착용감 평가. *한국의류학회지*, 25(4), 707-718.
- Huck, J. (1988). Protective clothing systems: A technique for evaluating restriction of wearer mobility. *Applied Ergonomics*, 19(3), 185-190.
- Havenith, G. and Heus, R. (2004). A test battery related to ergonomics of protective clothing. *Applied Ergonomics*, 35, 3-20.
- McLellan, T. M. and Cheung, S. S. (2000). Impact of fluid replacement on heat storage while wearing protective clothing. *Ergonomics*, 43(12), 2020-2030.