

원자력 발전소 작업복의 착용만족도에 관한 연구

김영희[†] · 조경숙

성균관대학교 의상학과

A Study on the Satisfaction of Working Uniform on Nuclear Power Plant

Younghee Kim[†], and Kyungsook Cho

Dept. Fashion Design, Sunkyunkwan University, Seoul, Korea

Abstract : The purposes of this study were to investigate the satisfaction of working uniform in Nuclear Power Plant and to suggest the improvement of dissatisfaction. 150 workers in control area of Nuclear Power Plant were participated in survey and 30 questionnaires were asked and subjective description was allowed. 65%/35% Poly/Rayon coverall type working uniform was investigated for this survey which had been wearing usually and basically in control area in Nuclear Power Plant. According to the results, respondents were most highly dissatisfied with the wearing convenience aspect of current coverall among any other aspects, like textile and management. In wearing convenience aspects, wrist and ankle opening band system, the design, number and placement of pocket, waist belt design, the width of sleeve and pants, and ADR opening system were dissatisfied and requested for improvement. In textiles aspects, weight, protection from radiation materials, prevention from static electricity, moisture absorption, ventilation and flexibility/elasticity were dissatisfied and requested for improvement. In management aspect, washing uniform and size variation were dissatisfied and requested for improvement. Therefore, for more comfortable human interfaced working uniform, wearing convenience system as well as textile and management system must be compensated and should be newly developed for improving worker comfort, mobility, and productivity.

Key words : nuclear power plant(원자력 발전소), control area(관리구역), working uniform(작업복)

1. 서 론

경제발전과 산업의 성장으로 인해 에너지의 소비가 증가되고 있는 반면 부존자원이 부족한 우리나라에서는 많은 에너지를 외국으로부터 수입에 의존하고 있는 실정이라서 에너지 자립은 국가적인 중대한 사안으로 대두되어 왔다. 이에 따라 1970년대부터 시작된 원자력 발전은 오늘날 우리나라의 전력 생산량의 약 30%를 차지하는 주력에너지원으로 부상하고 있다(Nuclear Power Generation, 2015).

1978년 고리 1호기를 시작으로 현재 우리나라에는 영광(한빛), 울진(한울), 고리, 월성의 총 24기의 발전소가 운영 중이며, 정부는 앞으로도 더 많은 원자력 발전소를 가동할 예정으로 있다. 이에 따라, 원자력 발전소에 관한 국가적인 관심은 점차 증대되고 있으며, 원자력 발전소에 근무하는 작업자의 안락

감과 쾌적성은 작업능률 향상에 중대한 영향을 미치는 요인으로 대두되고 있다.

작업자의 생산성 및 쾌적성에 영향을 미치는 요소를 연구한 Adams는 작업복의 형태 및 재질, 작업 동작의 종류, 작업자의 신체 특성, 작업환경의 요인은 작업복의 형태 변화, 및 작업자 신체의 열적 균형에 영향을 미친다고 하였다. 이러한 요인은 작업자의 움직임을 둔화시키고, 생리적 균형을 무너뜨리며, 나아가서는 상황이나 환경에 즉각적인 반응에 어려움을 줄 수 있는 원인으로 작용한다고 하였다(Adams, 1993). 이와 같이 작업환경 및 작업동작에 적응하기 위하여 착용하는 작업복 및 작업용품은 작업의 안전성 및 생산성에 직접적으로 영향을 주는 요인으로써, 작업자의 쾌적성 및 작업 수행 능력에 많은 영향을 미치기 때문에 작업복 및 작업용구에 대한 연구가 절실히 요청되고 있다.

원자력 발전소의 작업복에 관한 연구는 Thermal manikin을 이용한 작업복의 단열력과 발한 증발력 측정으로 인한 열적 쾌적성을 연구한 Hong(1996)의 연구와 방사능 방호복의 온열 쾌적성을 측정한 Kim(1999)의 연구 및 원자력 발전소 작업복에 대한 생리적 반응을 대학생을 대상으로 연구한 Im(1998)의 연구 등이 있으나, 실제 원자력 발전소 내의 작업복 착용자의 착용 만족도 등에 대한 연구는 전무한 상황이다. 따라서 원자력

[†]Corresponding author; Younghee Kim

Tel. +82-70-8773-5649

E-mail: kyhee3062@hanmail.net

© 2016 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

발전소 작업자들의 신체를 보호하고, 주어진 작업에 대한 동작 적응성을 높이기 위한 작업복 개발을 위하여 원자력 발전소 내의 작업복 착용자의 착용만족도에 의한 연구가 요청되고 있다.

이에 본 연구는 원자력 발전소 내의 관리구역 작업자들의 작업복 착용만족도를 조사, 분석하여 보다 기능적이며, 착용이 편안한 작업복을 개발하기 위한 기초자료를 제시하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 이론적 배경

2.1. 원자력 발전소 작업복에 관한 선행연구

원자력 발전소의 작업환경, 특히 관리구역에서의 작업환경은 방사선의 노출뿐 아니라 열 및 수증기 등의 열적 환경 속에서, 그리고 화학적 물질 및 낙상, 낙하 등의 위험 속에서 주어진 작업을 감당해야하는 상황에 노출되어 있다. 이와 같은 환경 속에서 민첩하게 작업을 처리 하기 위해서는 무엇보다도 착용하고 있는 작업복의 기능성 및 효율성이 영향을 주고 있다. 따라서 원자력 발전소의 관리구역의 작업복은 외부 환경으로부터의 방호와 더불어 운동기능성 및 착용감, 효율성이 고려되어야 한다.

방사능 방호복의 연구들을 살펴보면 Im(1998)의 “방사능 방호복의 착용감에 관한 연구”에서는 남자 대학생 3명을 피험자로 선정하여 원자력 발전소에서 사용하고 있는 세 종류의 작업복(일회용 부직포 방호복 2종류 및 재사용 가능한 작업복 1종)을 실험복으로 하여 제한된 온도 및 습도 하에서 일정한 운동을 하게 한 후, 피험자의 피부온, 의복내온, 습도, 체온, 혈압, 맥박, 발한량, 눈 피로도, 착용감, 온열감, 습윤감, 쾌적감 등을 측정하였다. 결과로는 세 종류의 작업복 간의 유의성이 있는지를 비교, 분석하였으며, 이의 과정을 통하여 각 작업복 착용 시 인체의 생리적 변화 및 특성을 보여 주었다.

Kim(1998)의 “방사능 방호복의 온열 쾌적성 평가에 관한 연구”에서는 원자력 발전소 작업자가 착용하는 방호복의 온열 쾌적성 평가모델 개발을 위하여 4종류의 환경조건과 3종의 방호복(부직포로 된 일회용 타이백 PP와 PE, 재사용가능한 T/C 방호복)을 선정하여 생리적 반응 및 주관적 감각을 조사하였으며, 이의 결과를 바탕으로 의복의 종류와 작업환경 조건별로 고찰하여 온열쾌적감 모델을 제안하였다.

Hong(1996)의 연구 “발한 Thermal manikin과 국제 표준 7730을 이용한 원자력 발전소 작업복의 열적쾌적성 판별”에서는 원자력 발전소 내의 관리구역에서 착용되고 있는 3종의 Coverall(가장 많이 착용되고 있으며, 반복 세탁하여 착용하는 Polyester 65%/Rayon 35%로 된 Reusable Coverall과 100% polypropylene non woven으로 된 1회용 작업복, 작업환경의 오염도가 높을 경우에 PET/Rayon Coverall 위에 겹쳐 입는 PVC coverall)을 미국 KSU의 Thermal manikin을 통하여 단 열력과 발한력을 측정하였다.

이와 같은 연구들을 통하여 원자력 발전소 내의 다양한 작업복 착용 시 인체의 생리적 반응을 알아볼 수 있었고 이의

활용은 향후 원자력 발전소 내의 방호복 제작에 도움이 될 것으로 본다. 그러나 실제 작업현장에서는 작업복에 의한 생리적 반응뿐 아니라, 착용되고 있는 작업복의 기능, 효율성이 작업자의 생산성 및 쾌적성에 영향을 주므로, 작업복의 기능성에 관한 연구가 요청되고 있으며, 이를 위하여 현 작업복에 대한 착용만족도에 관한 연구가 필요한 것을 시사하고 있다.

2.2. 원자력발전소 작업구역 및 작업복

원자력 발전소 내의 작업구역은 관리구역 및 보전구역(사무구역)으로 나뉘며, 원자력 발전소 주변에 일정 부지를 확보하여 방사선에 의한 인체, 물체, 및 공공의 재해를 방지하기 위하여 제한구역(주변감시구역)을 두어 관리하고 있다.

관리구역이란 원자력 발전소 내의 원자로 건물, 사용 후 핵연료 저장시설, 방사성 폐기물 처리시설 등의 장소로써, 외부 방사선량을, 공기 중, 또는 수증의 방사성 물질의 농도, 또는 방사성 물질로 오염된 건물의 표면 오염도 등이 원자력법에서 정한 값을 초과하거나 또는 초과할 우려가 있는 구역으로써, 안전관리를 위하여 사람의 출입을 제한하고, 물품 반입 및 반출 규제 등 방사선 장해 방지를 위하여 원자력 법 및 관련규정에 의거하여 조치를 취하고 있는 구역을 말한다(Park, 1990). 또한 관리구역 내에서도 외부 방사선량 율, 벽, 바닥의 표면 오염도, 공기 중 오염도에 따라, 공기 오염구역, 표면 오염구역, 방사선 구역, 고방사선 구역으로 구분, 관리하고 있다.

원자력 발전소 방사선 관리구역에서 작업 시에는 방사선 관리구역 작업용품 제작규격에 따른 작업복 및 작업용품을 착용해야하는데, 현재 우리나라 원자력 발전소 관리구역에서 공통적으로 착용되고 있는 작업복은 Polyester 65%/Rayon 35% 혼방의 작업복(이하 P/R작업복)으로써 기타 장비 등을 착용 시에 가장 기본적으로 신체 위에 착용하는 작업복이다. 작업복 착용 시에는 작업복과 함께 작업모, 안전모, 안전화, 관리구역후드, 면장갑, 양말 등과 같은 작업용품을 작업복과 함께 착용하여 신체의 외부접촉을 가능한 한 차단하고 외부 공기로부터 인체를 보호해 주어야 한다. 또한, 필요시에는 고무장갑, 고무장화, 신발덮개, 마스크 등을 착용하도록 규정되어 있으며, 작업복 좌측 상단에 TLD와 ADR과 같은 개인 선량계를 착용하도록 하여 수시로 방사능 오염여부를 측정하도록 되어 있다. 열 형광 선량계(TLD)는 체외피폭을 평가하는 주 방사선량 측정기로서 작업복 상의 왼쪽주머니(가슴 부위)에 착용하는데, 베타, 감마, 및 중성자선으로부터 개인별 1개월 동안의 전신 및 외부 피폭량을 측정, 정기 판독하며, 고 방사선 작업 후 피폭선량 관리가 필요한 경우 외부 피폭선량을 측정, 수시 판독하기도 한다. 자동선량계(ADR) 역시 체외피폭을 평가하는 직독식 개인 방사선량 측정기로서 작업복 상의 왼쪽 주머니(가슴 부위)에 착용하며, 작업자가 현장에서 피폭 선량 확인이 가능하다. TLD 판독 전 까지 보조측정기로서 역할하며, 체외피폭 관리용으로 사용한다.

이밖에도, 상황에 따라 중량을 줄인 경량화 작업복(중량

140g/m² 이하, Nylon 또는 Polyester/Rayon 혼방)을 착용하기도 하며, 오염이 없거나 오염이 극히 낮은 관리구역 출입 시, 통로의 작업감독이나 점검 시에는 P/R 작업복 대신 가운을 착용하며, 가운에도 왼쪽 가슴 부위에 개인 선량계 주머니가 있어, 개인 선량계 착용을 통하여 체외 피폭량을 조사할 수 있도록 되어 있다. 관리구역 내의 젖은 오염원이나 공기 오염으로부터 전신을 방호하거나, 고 오염구역 작업 시에는 PVC 재질의 비닐 작업복을 P/R작업복 위에 덧입기도 하며, 상황에 따라 1회용 작업복을 착용하기도 한다.

고 방사선 구역 작업 시 상체(가슴 부위)를 방호하기 위하여 P/R 작업복 위에 납 조끼를 착용하고, 공기 중 오염농도에 따라 전면, 또는 반면마스크, 연속 공기공급마스크, 자체 공기공급마스크 등을 착용하기도 한다.

관리구역 출입 시에는 방사선 작업허가서(RWP)의 승인을 받고, 준수사항을 이행하여야 하며, 개인선량계(TLD, ADR)를 착용하여야 한다. 관리구역 내에서는 음식물의 경구섭취가 제한되며, 관리구역에서 나올 때는 오염여부가 검사되어 이상이 발견되면 관리자에 의해 제명 등 적절한 조치를 받게 된다. 검사 장비로는 전신 오염감지기(Portal Monitor), 손발 오염감지기(Hand & Foot Monitor) 등이 사용된다(Protection Education from Nuclear Power, 2015).

보전구역(사무구역)이란 원자력 발전소 내의 관리 구역 외에 구역, 즉 사무실 및 정비 작업 공간 및 터빈건물 등을 말하며, 표지를 설치하여 구분하고, 출입제한, 물품 및 열쇠 등을 관리한다. 주변감시구역(제한구역)이란 원자력 발전소 설치운영상 방사선(능)에 의한 인체, 물체 및 공공의 재해를 방어하기 위하여 원자력 발전소 주변 일정범위의 부지를 확보하여 이 구역 내의 일반인의 출입이나 거주를 제한하는 등의 통제 및 관리를 하고 있는 구역을 말한다(Park, 1990).

보전구역의 방사능 오염도는 일반 주거 구역과 특별히 다르지 않으므로 일반적인 사무복을 착용하고 있었으며, 주변감시구역(제한구역)의 방사능의 오염도 또한 일반 주거구역과 특별히 다르지 않으므로 특별한 복장의 규제 없이 일상복을 허용하고 있다.

3. 연구방법

3.1. 조사 대상 및 자료 수집

본 연구를 위하여 영광시에 위치한 원자력 발전소의 관리구역 내 작업자를 대상으로 예비조사 및 인터뷰를 실시하였으며, 본 설문 조사는 이를 바탕으로 원자력 발전소 내 관리구역 작업자 150명을 대상으로 2013년 7~8월까지 실시하였다.

3.2. 조사 대상 작업복 선정

현재 우리나라 원자력 발전소 내 관리구역에서 가장 많이 공통적으로 착용되고 있으며, 다른 방호복 및 방호용구 착용 전에 기본적으로 착용하고 있는 작업복을 조사 대상 작업복으로

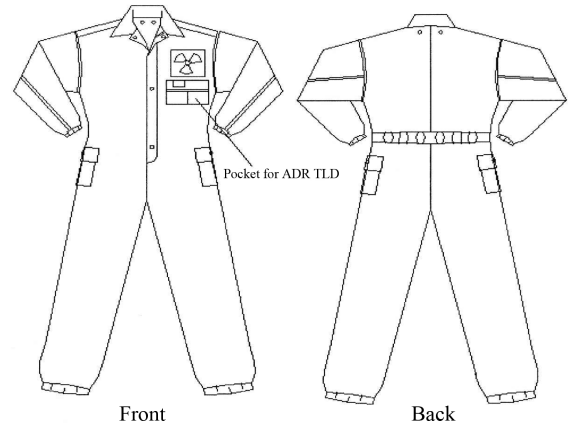


Fig. 1. Working uniform for nuclear control area.

선정하였다. 조사 대상 작업복은 Polyester 65%/Rayon 35%의 재질로써, 중량은 280g/m²이다. 색상은 고동색으로, 칼라부분에 size별로 이색의 원단을 사용하여 특대(검정), 대(녹색), 중(노랑), 소(빨강), 등 크기별로 구분하여 사용하고 있으며, 왼쪽 가슴 부위에 방사능 위험을 알리는 방사선 마크가 있고, 그 밑에 개인 방사선량 측정기 주머니가 있다. 소매 부리 및 발목 부분에 고무 밴드로 조이게 되어 있으며, 앞여밈 부위는 지퍼와 단추로 되어 있다. 다리 양 옆으로 뚜껑이 있는 Flap Pocket이 있으며, 뒤 허리 부분에는 고무 밴드 처리가 되어 있다(Fig. 1).

3.3. 설문지 구성

설문지 구성은 작업복 및 의복의 기능성에 관한 연구의 문헌 자료 및 예비 설문을 바탕으로 하였으며, Cho(1996) 및 Yun(1990)의 선행연구를 참조하였다. 설문 내용은 작업복 착용에 관한 필요성 및 일반적 만족도(3문항), 디자인 및 기능성 만족도(7문항), 소재 만족도(7문항), 작업복 착용 시 불편동작(2문항), 불편 신체 부위(2문항), 오염 부위(2문항), 손상 부위(2문항), 관리효율성(3문항), 색상선호도(1문항), 작업환경(1문항)에 관한 질문으로 구성하였다. 이밖에도, 중간 서술 항목을 두어 피설문자가 의견을 자유롭게 기술하도록 하여 분석에 참고하였다.

3.4. 자료분석

배부한 설문지 총 150부 중 응답이 불충분한 42부를 제외하고 총 108부를 자료 분석에 사용하였으며, SAS 통계 Program을 사용하여 빈도, 백분율, 평균, 표준편차 등의 기술 통계분석을 통한 전반적인 착용만족도 및 불만족도를 조사하였다.

4. 결과 및 논의

4.1. 작업복의 필요성 및 만족도

작업복 필요성 및 만족도를 조사한 결과, 작업 시 작업복 착용이 매우 필요한 것(95%)으로 나타났으며(Table 1), 현 작업

Table 1. Necessity of working uniform

Classification	N(%)
Very necessary	103(95)
Average	5(5)
Un necessary	0(0)
Total	108(100)

- Shading indicates that frequency is the most.

Table 2. Satisfaction of working uniform

Classification	N(%)
Improvement is not needed.	16(15)
Average	43(40)
It should be improved.	49(45)
Total	108(100)

- Shaded area indicates that frequency is the most.

Table 3. Necessity of improvement for working uniform

Classification	N(%)
Design	13(12)
Fabric	38(35)
Wearing convenience	48(45)
Maintenance	8(8)
Total	108(100)

- Shaded area indicates that frequency is the most.

복에 대한 개선의 요구(45%)가 높은 것으로 나타났다(Table 2). 개선되어야 할 부분으로는 ‘착용편의성’(45%)이 가장 높았고, 그 다음이 소재(35%), 디자인(12%) 순으로 나타나, 작업 시 작업자의 착용감 및 직무수행에 있어서는 작업복의 소재뿐 아니라, 디자인 및 착용편의적 요소가 중요하게 영향을 미치는 것을 알 수 있었다(Table 3).

4.2. 디자인 및 착용 편의성의 만족도

작업복의 디자인 및 착용편의성의 만족도를 평가하기 위하여 ‘칼라 디자인’, ‘앞여밈 방식’, ‘손목, 발목의 조임 방식’, ‘허리 밴드 디자인’, ‘소매, 바지통의 넓이’, ‘주머니 디자인, 위치, 개수’, ‘개인 선량계 주머니 개폐방식’ 등 총 7문항을 질문하였다. 각 문항을 5점 척도로 하여 ‘가장 만족한다’를 5점으로 하고 ‘가장 만족하지 않는다’를 1점으로 하여 평가하도록 하였으며, 이의 평균과 표준편차를 구하여 척도의 평균값인 3점 (1-5점 척도의 중간값 3을 의미함)과 비교, 분석하였다(Table 4).

칼라에 대한 만족도를 살펴볼 때, 만족도의 평균이 3.17로 척도의 평균 3을 초과하여 현재 셔츠 칼라 형태 대하여 대부분 만족하고 있는 것으로 분석할 수 있다. 앞여밈 방식 역시 현재 방식으로 열고 닫는 기능에는 별 불만이 없는 것으로 볼 수 있으나(3.16), 현재 앞여밈 방식에 있어서 단추는 매우 힘을 주어야 겨우 여닫을 수 있게 되어 있으며, 지퍼는 지퍼의 이빨

이 매우 적은 것으로서, 고장의 위험이 있어 보이므로 보다 크고 견고한 형태로 개선되는 것이 바람직한 것으로 보인다. 현재 시판용 작업복(A사)와 비교해 볼 때, 관리구역 작업복의 지퍼 이빨 한 개의 세로길이는 1.2mm이고, 시판용 작업복은 3mm로 조사되었다.

소매, 바지 부리의 조임 방식 항목을 살펴보면, 개선의 요구를 가장 강하게 나타내고 있는 항목으로써(2.65), 현재 소매, 바지부리 조임 방식은 약 1cm의 밴드로 손목과 발목을 조이게 되어있으며, 개인적인 조절이 불가능한 상태이어서, 작업복 착용 시 손, 발목을 조여, 불편함과 혈액순환 장애를 일으키는 것으로 나타났다. 따라서 착용자의 신체 치수 및 작업복의 사이즈를 감안하여 손, 발목의 조임 밴드의 길이를 적절하게 차별을 두어야 할 것으로 보이며, 가능하다면, 손, 발목 조임을 개인적으로 조절할 수 있는 인간공학적 개선도 필요하다고 생각된다.

허리벨트 부분의 조절 방식은 현재 뒷부분에만 밴드 처리된 것으로서 이에 대한 선호도는 현재 상태에 대하여 크게 불만족하지는 않은 것으로 나타났다(3.11). 그러나 주관식 서술형 답변에서 응답자들은 현재 뒷부분에만 밴드 처리되어 있는 현재의 디자인은 허리가 너무 헐렁하여 불편하다고 하여 허리부분의 여유분을 적절히 조절함과 동시에 신체 사이즈와 활동성에 맞는 패턴연구가 필요할 것으로 보인다. 현재 시판용 작업복(A사)과 비교해 볼 때, 관리구역 작업복의 허리둘레가 시판용보다 약 14cm 정도 큰 것으로 조사되었다(L size).

소매, 바지통 넓이에 있어서도 개선의 요구를 나타내고 있었는데(2.90), 현재 작업복의 소매, 바지통의 넓이는 너무 넓어 불편하며, 기계 조작 시에 위험함도 있음을 호소하고 있어서, 체형과 활동성에 맞는 패턴의 연구가 필요한 것으로 보인다. 현재 시판되고 있는 작업복(A사)과 비교해 볼 때, 관리구역 작업복 소매통(상완 부위)은 시판용 작업복보다 약 14cm 크고, 관리구역 작업복 바지통(허벅지 부위)은 시판용 작업복보다 약 8cm 큰 것으로 조사되었다(L size).

주머니의 형태, 위치, 개수 항목을 살펴볼 때, 현재 주머니의 위치는 왼쪽 가슴에 개인 선량계 주머니와 양 허벅지에 각각 한 개씩 부착되어 있으며, 선호도 조사에 의하면 현재 방식에 있어서 개선의 필요성을 보여주고 있다(2.67). 주관식 서술형 응답을 살펴보면, 위치에 있어서는 휴대 물품을 넣고 다니기 편한 곳에 배치할 것을 요구하였고, 작업 시 공구가 잘 빠지지 않으며, 공구를 잘 빼고 넣을 수 있도록 잠금 처리의 개선이 필요하며, 주머니의 위치 및 개수도 보다 적절하게 개선되었으면 하는 의견이 있었다.

선량계 주머니 잠금 방식 항목을 살펴볼 때, 먼저 선량계란 직독식 개인 방사선량 측정기로서, 작업복의 좌측 상단에 있는 주머니에 넣고 다니며 관리구역 작업 시 수시로 방사선량을 확인토록 되어 있으며, 비교적 고가의 장비이므로 착용 시 주의가 필요한 실정이다. 현재 선량계 주머니 잠금 방식은 지퍼로 열고 닫도록 되어있으나, 잠금 방식에 사용되는 지퍼는 고장이

Table 4. Satisfaction of working uniform in aspect of design & wearing convenience (N/%)

Classification	Very satisfied	Satisfied	Normal	Unsatisfied	Very unsatisfied	Mean(S.D.)
Collar design	16(15)	23(21)	45(42)	11(10)	14(13)	3.17(1.17)
Front opening system	15(14)	22(20)	45(42)	17(16)	9(8)	3.16(1.11)
Wrist/ankle opening band system	12(11)	13(12)	30(28)	32(31)	19(18)	2.65(1.23)
Waist band system	13(12)	25(23)	40(37)	21(19)	10(9)	3.11(1.12)
Width of sleeve, pants	13(12)	19(18)	36(33)	25(23)	16(15)	2.90(1.20)
Pocket design, place, numbers	11(10)	11(10)	35(32)	31(29)	18(17)	2.67(1.19)
TLD, ADR pocket opening system	13(12)	16(15)	30(28)	32(30)	16(15)	2.77(1.23)

- Shaded area indicates a lower mean.

찾아 잠금 방식의 개선 요구를 강하게 나타내고 있다(2.77). 따라서 보다 크고 견고한 지퍼로 교체하거나, 보다 개선된 형태의 잠금 방식이 필요하다고 본다.

4.3. 작업복 소재의 만족도 및 개선요구

소재 개선 필요성 여부를 조사하기 위하여 ‘중량’, ‘방사선 오염물질로부터의 보호’, ‘정전기 발생 방지’, ‘흡습성’, ‘통기성’, ‘신축성’, ‘오염물질로부터의 방호’ 등 총 7문항을 질문하였으며, 각 문항을 5점 척도로 하여 ‘가장 만족한다’를 5점으로 하고 ‘가장 만족하지 않는다’를 1점으로 평가하도록 하였으며, 이의 평균과 표준편차를 구하여 척도의 평균값인 3점과 비교하여 분석하였다. 또한, 주관적 의견을 알아보기 위하여, 주관서술형 문항을 넣어 기술하게 하였다(Table 5). 결과를 살펴볼 때, ‘오염 물질로부터의 보호’ 항목을 제외한 거의 모든 문항의 만족도 평균이 척도의 평균 3에 미치지 못하여, 개선되어야 한다는 의견이 지배적이었다. 특히, ‘통기성’ 항목에서 최저의 만족도 평균(1.89)을 보이고 있어, 이 부분의 개선이 더욱 시급하다는 것을 알 수 있었다. 주관서술 항목에서는 현재 착

용하고 있는 작업복의 중량이 무겁고, 여름에는 너무 덥다는 의견과 함께 여름에는 시원하게 통기성이 좋으며, 겨울에는 따뜻한 보온성이 있는 소재를 요구하고 있는 것으로 나타나, 계절별 작업복 착용과 layout이 필요한 것을 보여주고 있다. 가볍고 땀 흡수성이 좋은 소재로써 세탁 시에는 오염 제거가 잘되며, 무릎, 팔꿈치에는 신축성이 있었으면 좋겠다는 의견도 제시되었다.

4.4. 관리 효율성 부분에 관한 만족도

작업복의 관리 효율성 부분에 관한 만족도를 조사하기 위하여 세 부분으로 나누어 응답토록 하였으며, 각 문항을 5점 척도로 하여 ‘가장 만족한다’를 5점으로 하고 ‘가장 만족하지 않는다’를 1점으로 평가하도록 하였으며, 이의 평균과 표준편차를 구하여 척도의 평균값인 3점과 비교하여 분석하였다(Table 6). 또한, 주관적 의견을 알아보기 위하여, 주관서술형 문항을 넣어 기술하게 하였다. 세탁 방법 및 횟수에 있어서는 만족도 평균(2.69)이 척도 평균 3에 미치지 못하여, 보다 체계적인 세탁과 관리가 요구되고 있음을 알 수 있었다. 지급방법에 있어

Table 5. Satisfaction of working uniform in aspect of fabric (N/%)

Classification	Very satisfied	Satisfied	Normal	Unsatisfied	Very unsatisfied	Mean(S.D.)
Weight	5(5)	8(7)	36(33)	28(26)	31(29)	2.35(1.10)
Protection from radiation materials	4(4)	14(13)	51(47)	24(22)	15(14)	2.70(0.98)
Prevention from static electricity	8(7)	25(24)	33(31)	21(19)	21(19)	2.79(1.21)
Moisture absorption	4(4)	5(5)	28(26)	32(30)	27(25)	2.12(1.06)
Ventilation	3(3)	3(3)	17(16)	42(39)	42(39)	1.89(0.95)
Flexibility/elasticity	8(7)	5(5)	28(26)	35(32)	32(30)	2.27(1.15)
Prevention from contaminated material	6(6)	25(24)	53(49)	14(13)	9(8)	3.02(0.98)

- Shaded area indicates the lowest mean.

Table 6. Satisfaction of working uniform in aspect of management (N/%)

Classification	Very satisfied	Satisfied	Normal	Unsatisfied	Very unsatisfied	Mean(S.D.)
Washing uniform	15(14)	18(17)	25(24)	16(15)	32(30)	2.69 (1.43)
Distribution of uniform	19(18)	23(21)	45(42)	5(5)	15(14)	3.24 (1.31)
Variation of size	17(16)	12(11)	36(33)	21(19)	23(21)	2.84 (1.33)

- Shaded area indicates the highest mean.

서는 대체적으로 만족하고 있는 것으로 볼 수 있으나(3.24), 주관의견에 의하면, 개인 작업복 및 사용도 요구되고 있었다. 사이즈의 다양화의 경우, 개선의 요구가 강함을 알 수 있었다(2.84). 현재 소, 중, 대, 특대의 4종의 사이즈로 나뉘어 있는데, 좀 더 다양한 인체에 대한 사이즈의 개선의 요구를 보이고 있는 것으로 나타났다.

4.5. 작업복 착용 시 불편동작

작업복 착용 시 불편동작을 상, 하 부위를 분리하여 조사하였다. 조사결과, 상체에서는 허리를 굽히는 동작(44%)이 가장 불편한 동작으로 나타났으며, 그 다음으로 불편한 동작은 팔을 위로 뻗는 동작(34%)으로 나타났다. 팔을 구부리는 동작(7%) 및 팔을 앞으로 뻗는 동작(15%)은 작업복 착용 시 큰 불편함이 없는 것으로 나타났다(Table 7).

작업복 착용 시 하체의 불편동작에 관하여 조사한 결과, 가장 불편한 동작은 쭈그리고 앉는 동작으로써 총 45%를 차지하였으며, 그 다음으로 불편한 동작은 앉았다 일어나는 동작으로 총 38%를 차지하였다(Table 8). 또한, 걷기(5%)와 층계 오르기(12%)는 착용 시 크게 불편함을 느끼지 않음을 알 수 있었다.

4.6. 작업복 착용 시 불편한 신체부위

작업복 착용 시 불편한 신체부위를 상, 하부위로 나누어서 조사하였다. 상체 부위에서 가장 불편한 신체부위는 소매부리으로써, 총 39%를 차지하였으며, 그 다음이 어깨진동 부위로 나타났다(28%). 그 외 부위는 등(15%)과 앞여밈 부위(18%)로 나타났다(Table 9). 소매부리가 불편하게 나타난 것은 소매의 밴드가 심하게 손목을 조이는 것이 이유인 것으로 분석할 수 있으므로, 손목 부위에 밴드의 길이를 체형에 맞게 조절함과 동시에 인간공학적 디자인이 필요한 것으로 생각된다.

Table 7. Discomfort upper body movement with uniform

The upper part of the body	N(%)
Stretch the arm the upper direction	37(34)
Bend the waist down	47(44)
Bend the arm	8(7)
Stretch the arm front	16(15)
Total	108(100)

- Shaded area indicates that frequency is the most.

Table 8. Discomfort lower body movement with uniform

The lower part of the body	N(%)
Walk	5(5)
Squat and stand	41(38)
Squat down	49(45)
Go up the stairs	13(12)
Total	108(100)

- Shaded area indicates that frequency is the most.

Table 9. Discomfort upper body part with uniform

The upper part of the body	N(%)
Armpit	30(28)
Back	16(15)
Sleeve band(wrist)	42(39)
Front facing	20(18)
Total	108(100)

- Shaded area indicates that frequency is the most.

Table 10. Discomfort lower body part with uniform

The lower part of the body	N(%)
Waist	13(12)
Crotch	42(39)
Knee	22(20)
Pants band(Ankle)	32(29)
Total	108(100)

- Shaded area is that frequency is the most.

작업복 착용 시 가장 불편한 하체 부위는 밑위 부위로써 총 39%를 차지하였으며, 그 다음이 바지부리 부위(29%)로 나타났다. 그밖에 허리 부위(12%)와 무릎 부위(20%)로 나타났다(Table 10). 밑위 부위의 불편함은 작업복이 상, 하 일체형인 Coverall 형으로 인하여 상체를 굽힐 때, 하체가 당겨 올라가는 이유로 인한 것으로 보이며, 발목 부위가 불편한 것은 발목의 밴드가 발목을 너무 심하게 조임으로 나타난 현상으로 해석된다. 따라서 발목의 조임 부위에 사용되는 밴드의 길이를 신체 사이즈 및 체형 별로 적절한 길이의 조절 및 보다 인간공학적 디자인이 필요한 것으로 보인다.

4.7. 작업복 착용 시 쉽게 오염되는 부위

작업복 착용 시 쉽게 오염되는 부위를 상, 하부위로 나누어서 조사하였다. 상체 부위를 살펴보면, 소매부리 오염도(61%)가 가장 높았고, 그 다음이 앞단 부위(23%)로 나타났으며, 등 부위(1%)와 팔꿈치 부위(15%)는 상대적으로 적게 오염되는 것으로 나타났다(Table 11). 따라서 쉽게 오염되는 부위는 보다 세심하게 세탁 및 제염이 필요할 것으로 보인다.

작업복 착용 시 쉽게 오염되는 하체 부위를 살펴보면, 엉덩이 부위가 39%로 가장 높았고, 그 다음이 앞여밈 부위로

Table 11. Most easily contaminated upper part of uniform

The upper part of the body	N(%)
Elbow	16(15)
Sleeve band	66(61)
Front facing	25(23)
Back	1(1)
Total	108(100)

- Shaded area indicates that frequency is the most.

Table 12. Most easily contaminated lower part of uniform

The lower part of the body	N(%)
Thigh	16(15)
Hip	42(39)
Front facing	28(26)
Pants band(ankle)	22(20)
Total	108(100)

- Shaded area indicates that frequency is the most.

26%, 팬츠 밴드 부위 20% 순서로 쉽게 오염되는 부위로 나타났으며(Table 12), 허벅지 부위 또한, 15%를 나타내어 하체 부위에서는 작업 시 하체가 비교적 골고루 오염되고 있는 것으로 분석된다. 따라서 이와 같은 부위에 보다 세심한 세탁과 제염이 필요할 것으로 보인다.

4.8. 작업복 착용 시 쉽게 손상되는 부위

작업복 착용 시 쉽게 손상되는 부위를 상, 하 부위로 나누어 살펴보았다. 먼저, 상체 부위를 살펴보면, 앞단 지퍼 부위(45%)가 가장 많이 손상되는 것으로 나타났으며, 그 다음으로 선량계 주머니 잠금 지퍼 부위(35%)도 쉽게 손상되는 부위로 나타났으며(Table 13). 그밖에 소매 밴드 부위(15%)나 팔꿈치 부위(4%), 진동부위(1%)는 상대적으로 덜 손상되는 것으로 나타났다. 이상에서 볼 때, 상체 부위에서는 주로 지퍼 부위의 고장이 잦은 것으로 볼 수 있는데, 앞단 부위의 지퍼는 보다 크고 견고한 것으로 교체되는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

또한, 선량계 주머니는 이동식 방사선량계를 넣고 잠그게 되어 있어 선량계의 이탈을 막기 위하여 지퍼의 기능이 중요한데

Table 13. Most easily damaged upper part of the uniform

The upper part of the uniform	N(%)
Armpit	1(1)
Front zipper	49(45)
Sleeve band	16(15)
Elbow	4(4)
Opening system of ADR pocket	38(35)
Total	108(100)

- Shaded area indicates that frequency is the most.

Table 14. Most easily damaged lower part of the uniform

The lower part of the body	N(%)
Crotch	20(18)
Pants band	41(38)
Thigh	2(2)
Hip	9(8)
Knee	36(33)
Total	108(100)

- Shaded area indicated that frequency is the most.

이의 고장이 잦으므로 불편을 주고 있으므로 이의 보완도 필요한 것으로 보인다.

작업복 착용 시 하체 부위의 손상 정도를 살펴보면, 마치 밑단 부위(38%)가 가장 많이 손상되는 부위로 나타났으며, 그 다음으로 무릎 부위(33%), 밑위 부위(18%)도 쉽게 손상되는 부위로 나타났으며(Table 14). 따라서 작업복 제작 시 이 부위의 강도에 대한 보완이 더욱 필요할 것으로 생각된다.

4.9. 작업복 선호 색상

응답자들이 작업복으로 적당하다고 느끼는 색상을 조사하기 위하여, 주관 서술형 문항을 넣어 개인의 의견을 기술하도록 하였다(Table 15). 이에 대해, 가장 적당하다고 느끼는 색은 청색(28%)으로 나타났으며, 그 다음으로 현재 작업복 색상인 갈색(17%)을 선호하였다. 현재 착용하고 있는 작업복의 색상은 갈색으로 너무 어두워 조명이 밝지 않은 곳에서는 분별이 어렵다는 의견과 동시에 밝고 경쾌한 색상 및 어두운 곳에서도 잘 보일 수 있는 야광의 재질도 첨가하였으면 하는 의견도 있었다. 또한 투톤의 색상과 작업 시 자부심을 느낄 수 있는 디자인으로 개선되었으면 하는 요구사항도 있었다.

4.10. 작업환경 및 위험요인

작업복 착용 시 작업 환경 중 위험하다고 느끼는 요인에 관한 질문에서는, 복수선택 및 주관서술도 가능하도록 하였다. 이에 대해, 방사능 피폭(36%)을 가장 위험한 요인으로 선택하였으며, 열(20%) 및 화학물질(14%)에 대한 위험도 상당한 것으

Table 15. Most desired color for uniform

Classification	N(%)	Classification	N(%)
Blue	30(28)	Orange	5(5)
Brown(present color)	18(17)	Black	4(4)
Green	14(13)	Light green	4(4)
Sky blue	12(11)	Light brown	2(2)
Yellow	10(9)	Purple	2(2)
Grey	5(5)	Total	108(100)

- Shaded area indicates that frequency is the most.

Table 16. Most dangerous working environment

Classification	N(%)
Radioactivity	62(36)
Heat	34(20)
Hot vapor	23(14)
Chemical materials	29(16)
Falling/impact	23(14)
Total	171(100)

- Total answers are exceeded the numbers of whole answers because of plural choices.

- Shaded area indicates that frequency is the most.

로 나타났다. 이밖에도, 작업복의 바지통의 폭이 너무 넓어 주위 물건에 걸리거나, 회전기기에 휘말려 들어갈 위험이 있다는 지적도 있었다(Table 16).

5. 결 론

원자력 발전소의 관리구역에서 착용하고 있는 작업복은 작업 시 신체를 보호하고 작업능률을 향상시키기 위하여 매우 필요한 장비이며, 다른 보호구를 착용하기 전에 가장 기본적으로 착용되어야 하는 중요한 의복이라 할 수 있다. 본 연구에서는 현재 원자력 발전소 관리구역에서 공통적으로 착용하고 있는 작업복을 선정하여 그 기능성 및 만족도를 조사하여 작업복 생산에 지표를 제시하고, 더 나아가 작업자들의 안락감과 안전성 및 생산성 향상에 기여하고자 한다.

연구의 대상으로 한 작업복은 Polyester 65%/Rayon 35% 작업복으로써, 관리구역 작업자들이 일상적 업무를 수행할 때 보편적으로 착용하는 작업복으로, 기타 장비 등을 착용 시에 가장 기본적으로 신체 위에 착용하는 작업복이다. 조사결과, 현 작업복 착용 시 작업자들은 착용 만족도 측면에서 볼 때, 외부 환경에 대응하여 신체를 보호하는 소재 부분에서뿐 아니라, 특정 작업 시 작업의 용이함 및 편리성을 줄 수 있는 디자인 및 착용편의성의 개선이 필요한 것으로 나타났다.

1) 디자인 및 착용편의성 측면에 있어서 현 작업복의 가장 불편한 요인으로 지적된 부분은 소매, 바지부리의 조임 방식으로써 현재 방식은 작업복의 소매, 바지부리에 고무 밴드를 사용하여, 착용 시에 조임이 신체를 압박하여 혈액순환 장애 등의 불편함을 주고 있는 것으로 나타났다. 따라서 착용자의 신체 치수 및 작업복 사이즈를 감안하여 손, 발목 밴드의 길이에 차별을 두는 개선이 필요하다고 본다. 또한, 현 작업복의 앞여밈 방식은 지퍼와 단추로 되어있는데, 단추는 매우 힘을 주어야 겨우 맞물려지는 상태에서 대부분 채우지 않고 있으며, 지퍼도 지퍼의 이빨이 매우 적은 것으로써, 보다 크고 견고한 지퍼로 바뀌는 것이 바람직할 것으로 보인다. 현재 시판용 작업복(A사)와 비교해 볼 때, 관리구역 작업복의 지퍼의 이빨 한 개의 세로 길이는 1.2mm이고, 시판용 작업복은 3mm로 조사되었다.

선량계 주머니의 크기 및 잠금 방식에 있어서도 문제점이 지적되고 있었는데, 현재 잠금 장식인 지퍼의 고장이 잦아 불편하다는 의견이 개선점으로 지적되었으므로 보다 견고한 지퍼의 사용 등 잠금 방식의 개선이 필요한 것으로 보인다. 또한, 현 작업복의 허리둘레 및 소매, 바지통의 넓이가 너무 넓다는 의견도 있었으며, 간혹 작업 시에 기계에 휘말려 들어갈 수도 있다는 지적도 있었다. 시판용 작업복(A사)과 비교해 볼 때, 허리둘레는 약 14cm 정도 크며, 소매, 바지통의 넓이 또한 시판용보다 각각 소매통이 약 14cm, 바지통이 약 8cm 정도 큰 것으로 조사되었다(L size). 따라서 착용자의 신체 사이즈 및 활동성을 감안한 패턴 분석이 필요한 것으로 보인다.

2) 소재 개선의 필요성에 관하여서는 중량과 흡수성 및 통기성, 신축성 방오성, 방사선 오염 물질 제거, 정전기 발생 등에서 모두 개선되기를 원하고 있어, 그중에서도 보다 가볍고 시원하며, 통기성, 땀 흡수성이 좋은 재질을 요구하고 있는 것으로 나타났다. 현재 착용하고 있는 작업복의 중량이 무겁고, 여름에는 너무 덥다는 의견과 함께 여름에는 시원하게 통기성이 좋으며, 겨울에는 따뜻한 보온성이 있는 소재를 요구하고 있는 것으로 나타나, 계절별 특징에 맞는 작업복 착용과 layout이 필요한 것을 보여주고 있다.

3) 관리 효율성 부분에서는 세탁의 횟수와 방법에 있어서 개선이 요구되었고, 사이즈의 다양화에 있어서도 개선이 요구되고 있었다. 작업복의 색상에 있어서는 현재 색상인 갈색의 선호도 보다, 청색 계열의 선호도가 높았으며, 보다 자부심을 가질 수 있는 디자인이 요구되고 있었다. 작업 시 가장 위험하게 느끼는 환경요인으로는 방사는 피폭이 가장 높았으며, 이밖에도 열, 화학물질 순으로 나타났다. 또한, 작업복의 넓은 소매, 바지통이 위험요소가 될 수도 있다는 지적이 있는데, 이는 기계 작동 시 빨려 들어갈 위험이 있기 때문에, 적당한 소매, 바지통에 대한 인간공학적 패턴 연구가 필요하다고 본다.

4) 작업복 착용 시 불편동작으로는 상체는 허리를 굽히는 동작, 하체는 쪼그리고 앉는 동작으로 나타났다. 작업복 착용 시 불편한 신체 부위로는 상체에서는 소매부리 부위와 하체에서는 밑위 부위로 나타났는데, 소매부리가 불편한 이유는 고무 밴드로 인한 것으로 착용 시 손목이 조임 때문이며, 밑위 부위가 불편한 이유는 상하연결된 디자인 때문인 것으로써 이 부위에 대한 기능적, 패턴적 보완이 필요할 것으로 생각된다. 작업복 착용 시 쉽게 오염되는 부위로 상체 부위에서는 소매부리 부위, 하체에서는 엉덩이 부위로 나타났으며, 이 부위에 대한 세탁 및 제염이 더욱 필요할 것으로 보인다. 작업복 착용 시 쉽게 손상되는 부위로는 상체는 앞단 지퍼 부위, 하체는 바지 밑단 부위로 나타났으므로 이 부위에 대한 보완이 필요할 것으로 보인다.

이상으로 현재 우리나라 원자력 발전소 관리구역의 작업복 착용 만족도 및 선호도, 개선 사항을 알아본 결과, 현 작업복으로는 작업자의 작업효율 및 쾌적성에 문제점이 발견되었으며, 착용자의 신체 특성을 고려한 인간공학적 연구 및 개발이 필요하다고 본다.

감사의 글

본 연구를 위하여 협조해 주신 한국수력원자력, 영광원자력본부 관계자 여러분께 감사의 말씀드리는 바입니다.

References

Adams, P. S. (1993). *The effect of protective clothing on worker performance: A study of size and fabric weight effects on range-*

- of-motion*. Unpublished doctoral dissertation, The University of Michigan, Ann Arbor.
- Cho, H. R. (1996). *A study of the working clothes of car repair men*. Unpublished master's thesis, Sungshin Women's University, Seoul.
- Hong, S. A. (1996). Determining thermal comfort properties of coverall worn in the atomic power plant using a sweating thermal manikin and ISO 7730. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 15(1), 91-103.
- Im, M. A. (1998). *Physiological responses and garment wearing sensation to radiation protective clothing*. Unpublished master's thesis, Konkuk University, Seoul.
- Kim, E. J. (1999). *Evaluation of thermal comfort on protective clothing worn in an radiation power plant*. Unpublished doctoral dissertation, Sangmyung University, Seoul.
- Korea Hydro & Nuclear Power Corporation, Youngkwang Nuclear Power Head Office. (2015). *Protection Education from Nuclear Power*. Youngkwang: Author.
- Ministry of Trade Industry & Energy. (2015). *Nuclear Power Generation*. Sejong: Author.
- Park, Y. S. (1990). The present situation of radiation safety management for nuclear power plant. *The Journal of Korean Society of Radiation Protection*, 5(1), 19-28.
- Yun, E. J. (1990). *A study on the development of working clothes design of male workers of the manufacturing industry in Korea*. Unpublished master's thesis, Hongik University, Seoul.

(Received 31 May 2016; 1st Revised 13 June 2016;
2nd Revised 13 September 2016; 3rd Revised 7 October 2016;
Accepted 15 October 2016)