

원자력 시설에서의 인적 오류 발생 최소화를 위한 인간공학적 단기대책수립에 관한 연구

이동훈¹ · 변승남² · 이용희³

¹한국원자력안전기술원 계측제어실 / ²경희대학교 테크노공과대학 기계·산업시스템공학부 /

³한국원자력연구원 계측제어 및 인간공학부

Short-Term Human Factors Engineering Measures for Minimizing Human Error in Nuclear Power Facilities

Dhong Hoon Lee¹, Seong Nam Byun², Yong Hee Lee³

¹Department of Instrumentation & Control, Korea Institute of Nuclear Safety, Daejeon, 305-338

²Department of Industrial Engineering, College of Advanced Technology, Kyunghee University, Yongin, 444-701

³Instrumentation & Control-Human Factors Division, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, 305-353

ABSTRACT

The objective of this study is to develop short-term prevention measures for minimizing possible human error in nuclear power facilities. To accomplish this objective, a group of subject matter experts (SMEs) were formed, which is consisting of those from regulatory bodies, academia, industries and research institutes. Prevention measures were established for urgent execution in nuclear power facilities on a short-term basis. This study suggests short-term measures for reducing human error on three different areas; (1) strengthening worker management, (2) enhancing workplace environments and working methods, and (3) improving the technologies regulating human factors. Under the leadership of the Ministry of Science and Technology, these short-term measures will be pursued and implemented systematically by utility and regulatory agencies. The details of prevention measures are presented and discussed.

Keyword: Short-term human error prevention measures, Nuclear power facility

1. 연구배경 및 목적

산업시설에 대한 연구조사 결과에 따르면, 사람이 포함된 시스템에서 발생한 사건(events)들 중 상당 부분이 부적절한 인적 행위(inappropriate human action)로 인한 것으로 밝혀졌다. 예를 들어 항공 및 철도 산업에서 발생한 사건들 중 상당수가 부적절한 인적 행위 및 조직요인(organizational factors)에 의한 것으로 알려졌으며, 외국에서 발생한 원자

력 산업시설에서 보고된 사건들 중 약 절반 정도가 부적절한 인적 행위로 인한 인적 오류와 관련된 것으로 알려졌다(Reason, 1997 and Reason & Hobbs, 2003).

또한 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency; IAEA)에서 발행한 원전사고고장 원인 분석보고서에 따르면 사고발생원인으로 기계적인 원인에 의해 발생한 사건이 가장 많고 다음으로 전기적인 원인과 인적 오류에 의한 사건발생이 많은 것으로 나타났으나, 실제로는 사고원인의 잠재성 및 사고신고의 어려움 등을 고려할 때 인적 오

교신저자: 변승남

주 소: 444-701 경기도 용인시 기흥구 서천동 1번지, 전화: 017-339-7081, E-mail: snbyun@khu.ac.kr

류에 의한 사건이 가장 많은 것으로 예측되었다(Reason, 1997). 실제 사고원인으로 인적 오류가 가장 많은 것으로 예측되나 실제 신고건수가 적은 이유는 무엇보다도 인적 오류 발생 시 해당 종사자에게 처벌위주의 현실이 반영된 것이다.

우리나라 원자력발전소의 경우 최근 5년간 원자력발전소 고장사고의 원인 중 표면적으로는 약 24%가 인적 오류에 기인한 것으로 보고되었다(한국원자력안전기술원, 2007). 인적 오류에 기인한 발전소 불시정지 발생원인은 주 제어실 및 현장기기의 인간공학 설계원칙 적용 미흡에 따른 시스템 설계측면, 운전대응미숙, 오 조작, 판단오류, 운전원간의 사소통 미흡 등과 같은 운전원 직무수행 측면, 시험, 보수, 정비, 교정 등의 부적절한 업무수행 및 관리소홀, 운전경험 반영 미비 등에 따른 발전소 운영 측면 등 세 가지 유형으로 분류할 수 있다. 이러한 인적 오류에 의한 원자력발전소 시설의 고장사고에 대한 근본적인 예방을 위해서는 인간공학 관련분야 연구를 포함한 인적 요소 기술을 고려한 종합대책이 시급히 요구된다.

전술한 배경에 따라 과학기술부 부총리를 의장으로 한 우리나라 원자력안전 최종 의사결정기구인 원자력안전위원회(Nuclear Safety Committee; NSC)에서는 원자력 시설에서의 인적 오류에 의한 사건 및 사고발생을 최소화하기 위해 단기 및 중장기적으로 추진되어야 할 종합대책수립을 의결하였다. 따라서 본 연구의 목적은 원자력발전소를 포함한 각종 원자력 시설에서의 인적 오류 발생 가능성 최소화를 통한 안전성 확보를 위해, 인간공학 측면에서 단기적으로 추진하여야 할 예방대책을 종합적으로 수립하는 데 있다.

2. 연구방법

본 연구는 원자력 시설 규제기관, 산업계, 학계, 연구계에 근무하는 인간공학분야 전문가로 연구팀을 구성, 수행하였다. 본 연구팀은 역할분담을 통해 총괄반과 실무 추진반으로 분리하여 운영하고 총괄반의 경우 도출된 단기 대책안의 검토, 이행점검 등을 실무 추진반은 단기 대책안의 실제적인 수립을 수행하였다. 실무 추진반은 최근 5년간 발전소 고장사고의 인적 오류 발생원인별로, 원자로운영분야, 운전원 직무원, 시스템설계관련 대책수립 연구팀 등 세 가지 전문분야별로 참여 연구원을 분리, 대책수립을 이행하였다. 실무 추진반은 국내·외 인적 오류 예방대책 사례검토, 문헌조사 등을 통해 대책안을 수립하다.

대책안 수립은 우선 전문분야별 소속 연구원이 개별적으로 대안을 제시하는 것으로 추진하였다. 대책안의 제시는 그

동안 원자력 시설에서 발생한 사건 및 사고 사례 연구를 바탕으로, 현재 시설운영에서의 명확한 문제점으로 판단되는 것을 제안함을 원칙으로 하였다. 특히 원자력발전소의 경우 가동 중 발전소에서 지속적으로 이행된 주기적안전성평가(Periodic Safety Review; PSR) 결과에 의해 규명된 인적 오류 유발가능성의 문제점이, 대책안 제시의 중요 자료로 활용되었다. 제안된 대책안은 총 3회에 걸쳐 연구팀이 참여한 대책안 적합성 검토회의를 거쳐 최종 대책안으로 선정되었다. 여기에서 대책안에 대한 우선 순위는 고려하지 않았으며, 그 이유로는 초기에 제안된 대책안의 중요도를 정량적으로 규명하기는 어렵다는 데 있다. 특히 인적 오류는 특성상 그 발생원인이 오직 중요한 한가지 요인에 발생하는 것이 아니라, 복합적인 요인에 의해 발생하기 때문에 그 중요도를 판단하기는 불가능하기 때문이다.

3. 연구결과

본 연구결과 종사자 근무관리 강화, 작업환경 및 작업방식 개선, 인적 요소 규제기술제고 및 향상 등 3개 분야 총 9개 사항의 인적 오류 저감화 단기대책을 수립되었다. 현재의 현황 및 문제점을 바탕으로 수립된 인적 오류 예방대책의 주요내용을 제시하면 다음과 같다.

3.1 종사자 근무관리 강화

3.1.1 운전원 신체상태 관리 개선

현재 원자력발전소 운전직무는 육체적 및 정신적으로 긴장한 자에 한하여 참여하여 함을 규정하고 있다. 이에 대해 원자력발전소 발전부 교대근무자는 육체적 및 정신적 상태를 년 1회 정기적으로 검진받고 있으며, 이 결과에 따라 근무적합성이 평가된다. 특히 약물복용 및 정신검진 그리고 업무 투입 전 음주상태 확인은 발전부 교대근무자의 근무적합성을 평가하는 중요 요인이다. 그러나 현행 약물복용 검사대상 항목이 미비하여, 신중 약물복용 가능성에 따른 운전 부적격자 확인의 신뢰성 및 실효성에 의문이 제기되고 있다. 또한 2단계에 의해 진단되는 정신검진의 경우, 1차 정신검진이 형식적인 자가진단만으로 이행, 근무 부적격자를 최종적으로 확인하는 심층검진 즉 2차 검사대상이자 선정이 너무 적어 1차 검진결과의 신뢰성 결여되어 있는 실정이다. 음주상태 확인도 이와 유사하여 발전부 교대근무 투입 전 운전원 음주상태는 체계화된 절차 및 신뢰성 있는 방식에 의해 확인되는 것이 아니라 발전부장(shift supervisor)이 형식적으로 점검하고 있어 음주에 따른 실질적인 근무적합성 확인

이 미흡하다. 따라서 피로감, 약물검사, 알코올, 정신건강 등 발전정지에 영향을 주는 발전 종사자의 신체상태 파악 및 체계적인 관리가 시급히 필요한 실정이다.

이상과 같은 현황 및 문제점에 대해 다음과 같은 단기대책이 수립되었다. 우선 현재 약물복용 검사를 더욱 강화하여 마약, 대마, 신종 향정신성 의약품, 알코올 중독관련 검사항목 보완 등 약물복용 및 중독 검사항목 추가를 통한 근무적격 여부 확인을 강화한다. 또한 국제기구(WHO, ILO 등) 기준에 부합되는 정신건강 검진방법 수립 및 이행을 통해 근무적격 여부 확인을 강화하고자 한다. 음주상태 확인과 관련해서는 근무 부적격 알코올 농도기준 수립 및 음주 측정기에 의한 음주 측정 시행을 통해 교대근무 투입 전 음주 측정을 통한 신체상태 관리를 강화하는 것이 주요 단기대책으로 선정되었다.

3.1.2 협력업체 정비 종사자 자격관리

원자력발전소에서의 주요 시험, 교정, 보수, 정비 등과 관련된 실무는 각 전문분야별 협력업체 종사자에 의해 이행되고, 발전소 운영자에 의해 최종관리된다. 따라서 협력업체 종사자의 업무품질은 곧 원자력발전소의 운영 신뢰성에 대한 품질을 결정하는 중요 요인이며, 이에 대한 관리는 발전소 안전에 큰 영향을 미칠 수 있다. 그러나 현재 원자력발전소의 주요 시험, 교정, 보수, 정비 등에 참여하는 협력업체 정비 종사자의 기술능력은 관련 업체의 자체평가 결과에만 의존하는 상태로, 발전소 운영자에 의한 세부 기준 및 절차가 전문한 실정인 것으로 파악되었다. 이와 함께 설비 및 기기 즉 원자로, 증기발생기, 비상디젤발전기, 터빈발전기 등의 중요도에 따른 협력업체 정비 종사자의 직종 및 등급(초급, 중급, 고급)이 세분화되지 않아, 현장작업 투입 적격성을 판단하기 위한 기술 전문성 확인 과정이 미흡한 것으로 확인되었다. 협력업체 정비 종사자에 대한 교육과 관련하여 인적 오류 예방 관련 전문 교육 이행이 미흡하여, 정비 불량에 의한 발전소 고장사고발생 가능성이 다분히 잠재되어 있는 것으로 확인되었다.

이상과 같은 현황 및 문제점에 대해 다음과 같은 단기대책이 수립되었다. 우선 설비 및 기기의 중요도에 따른 등급별 정비 종사자 투입기준 표준화와 더불어 협력업체 정비 종사자의 작업 현장 투입기준을 표준화하고자 한다. 또한 발전소 전문기술직종별 정비 종사자의 전공, 학력, 훈련 및 정비경험 등에 대한 확인 절차 수립하고 사내·외 전문 인력 활용을 통한 전문 직종 및 등급(초급, 중급, 고급)별 직종 세분화 및 평가방법 보완, 협력업체 정비 종사자의 전문기술능력 확인 절차 및 자격관리 기준을 종합적으로 개선하고자 한다. 이러한 협력업체 종사자에 대한 전문기술능력 및 자격관리 체계화와 함께 인적 오류 사건·사고 예방기법 및 인적 오

류 발생 경험사례에 대한 종합적인 교육을 정기적으로 시행하는 것이 주요 단기대책으로 선정되었다.

3.1.3 SAT를 적용한 종사자 교육·훈련 개선

최근 5년간 원전 사고고장 사례 분석결과 약 50%가 재발 방지를 위해 운전원 및 정비 종사자의 교육·훈련이 요구되는 것으로 확인되어, 인적 요소를 고려한 체계적인 보강이 필요한 것으로 확인되었다. 물론 원자력발전소 운영자는 현재에도 여러 교육 및 훈련프로그램을 통해 발전업무뿐만 아니라 시험, 교정, 보수 및 정비에 대한 교육 및 훈련을 다양하게 이행하고 있다. 그러나 현재의 교육 및 훈련 운영방식은 각 해당업무에 대해 체계화된 절차에 의해 이행되는 것이 아니라 일방적인 교육 및 훈련과정에 의한 주입식으로 수행되고 있는 실정이다. 즉 요구되는 교육 및 훈련 수요조사, 계획, 이행, 평가, 결과반영 등의 활동을 종합적으로 관리할 수 있는 체계가 미흡, 종사자에 대한 교육·훈련 프로그램 내실화가 필요하다.

이상과 같은 현황 및 문제점에 대해 우선 인간공학 분야에서 널리 활용중인 SAT(Systematic Approaches to Training) 기법 적용을 통한 교육 및 훈련체계를 개발하는 것을 단기대책으로 제시하였다. 여기에서 SAT란 종사자의 직무에 따른 교육·훈련의 필요성, 요구사항, 계획, 이행, 평가 등의 일련의 과정을 체계적으로 적용하는 교육·훈련 이행 기법이다. 이에 따라 교육 커리큘럼 및 교육 지침서 등을 통한 현재 교육·훈련체계를 종합적으로 검토하고 직무분석을 통한 교육·훈련 상세 요건 개발, 교육·훈련 계획, 시행, 평가, 결과반영 등을 종합적으로 관리할 수 있는 이행 절차를 개발하는 것을 주요 단기대책으로 선정하였다.

3.1.4 훈련용 모의제어반(training simulator) 형상관리 및 운영 개선

원자력발전소에서의 운전직무의 경우 각 부지(site)별 교육훈련 센터 내에 설치된 훈련용 시뮬레이터(모의제어반)를 활용하여 정기적으로 훈련을 수행하고 있다. 여기에서 모의제어반이 가져야 할 기능 중 가장 중요한 원칙은 훈련에서 활용하는 모의제어반은 현장의 주 제어실에 설치된 제어반(main control board)과 기능적 및 물리적으로 동일하여야 한다는 것이다. 그러나 조사결과, 현장 주 제어반과 훈련용 모의제어반의 물리적 형상차이가 존재하여 전술한 중요원칙에 위배되고 있으며, 이에 따라 운전원에 대한 실질적인 운전훈련 효과를 기대하기 어렵다는 문제점이 도출되었다. 또한 실제 운전환경을 반영한 실습평가가 이루어지지 못하여 훈련의 현실감이 결여되고, 훈련결과를 정확하고 객관적으로 평가할 수 있는 체계가 미흡하다는 것 또한 주요 문제점으로 지적되었다. 이에 따라 주 제어반과 훈련용 모의제어

반의 물리적 형상차이를 규명하여 이를 개선하고, 훈련결과 평가의 신뢰성을 보장할 수 있는 실습평가에 대한 근본적인 개선이 필요한 것으로 파악되었다.

이상과 같은 현황 및 문제점에 대해 우선 전 발전소에 설치된 훈련용 모의제어반 형상관리 실태조사를 통해 주 제어반과 모의제어반에 대한 물리적 형상차이를 개선하는 것을 단기대책으로 도출하였다. 또한 긴급한 운전상황 및 현실감을 반영한 실습훈련 방안을 수립하고 훈련 평가요원 확충을 통한 평가결과의 신뢰성 확보방안 마련, 운전원 실습평가에 대한 종합적인 운영을 개선하는 것을 주요 단기대책으로 선정하였다.

3.2 작업환경 및 작업방식 개선

3.2.1 현장 작업환경 및 작업방식 개선

발전직무, 시험, 교정, 보수 및 유지, 정비 등이 이루어지는 현장에서의 소음, 조명, 온·습도, 작업공간 등 작업환경은 발전소 운영품질에 지대한 영향을 미칠 수 있는 요인으로 지목되고 있으나 현재 이에 대한 체계적 관리가 미흡하다. 특히 부적합한 작업방식에 의한 현장 작업 종사자의 근골격계(Musculoskeletal System) 부담과 질환은 인적 오류에 따른 작업품질 저하에 대한 결정적 요인으로 작용할 수 있으나, 이에 대한 관리 또한 미흡한 실정이다. 여기에서 근골격계 질환이란 반복적인 동작, 부적절한 작업 자세, 무리한 힘의 사용, 진동 및 온도 등의 요인에 의해 발생하는 건강장애로 근육, 건(tendon), 신경 등에 일어나는 통증을 동반한 질환을 총칭한다.

이상과 같은 현황 및 문제점에 대해 우선 인적 오류 발생에 영향을 미칠 수 있는 작업환경 요인 도출 및 개선을 위해 전문기관에 의한 현장 작업환경 진단 및 개선을 이행할 것을 단기대책으로 제시하였다. 특히 이 단기대책은 유해 작업환경 평가결과에 따라 종사자의 특수검진과 연계 이행하는 것을 주요 골자로 하고 있다. 또한 산업안전보건법 제24조에 의거하여 전문기관을 통한 근골격계 질환에 대한 진단, 작업방법 실태조사 및 개선 이행을 이행하는 것을 주요 단기대책으로 선정하였다.

3.2.2 현장작업도구 개선

원자력발전소에서의 시험, 교정, 보수 및 유지, 정비 등의 활동에 사용되는 현장 작업도구의 인간공학설계측면에서의 적합성(즉 사용자 적합성)은 작업품질 향상을 통한 인적 오류 발생 가능성 최소화에 기여할 수 있는 것으로 알려졌다. 실제 발전소 설비 및 기기의 시험, 정비, 계기 교정 등에 사용되는 현장 작업도구의 부적합한 설계로 인해 인적 오류 사례 발생 빈번하게 발생되며, 1978년 이후 총 36건의 고장

사고가 현장 설비 및 기기의 사용 부적합으로 기인한 것으로 파악되고 있다(한국원자력안전기술원, 2007).

이상과 같은 현황 및 문제점에 대해 현장 작업에 사용하는 계측 장비의 인간공학적 적합성 검토 및 개선을 단기대책으로 제시하였다. 이 대책에는 현장 작업도구 적합성 평가 점검표 개발, 평가결과에 따른 작업도구 설계개선 및 해당 작업 절차서 보완을 모두 포함하고 있다.

3.3 인적 요소 규제기술 제고 및 향상

3.3.1 정기검사 인적 요소 점검 강화

현재 규제기관에서는 원자력발전소의 계획예방 정비기간 중 정기검사를 통해 안전성을 확보한다. 정기검사 내용은 크게 두 가지로 발전소 운영기술 능력분야 및 발전소 기기성능분야로 분류할 수 있다. 여기에서 발전소 운영기술 능력분야는 발전소 운영조직, 자격 및 교육, 인적 요소의 관리, 비상운영절차서, 운전경험의 반영 등 총 5개 항목에 대해 수행하고 있다. 현재는 이 분야 검사에 대해 각 검사항목별로 독립적으로 정기검사를 수행하고 있으나 검사항목 간 밀접한 상호 연관성을 고려하여 팀 검사 수행을 통한 규제품질의 제고가 필요하다. 또한 발전소 기기성능 분야의 경우 주요 시험, 보수, 교정에서의 성능 측면에서만 정기검사가 집중적으로 이행되고 있으나 실제 이러한 과정에서의 인적 오류에 의한 발전소 불시정지가 빈번하게 발생하고 있는 실정이다. 따라서 정기검사 이행 시 기기성능에 초점을 맞춘 검사에서 작업 이해도, 기기 이해도, 근무시간, 작업자 능력 등과 같은 인적 요인검사가 보완되어야 할 실정이다.

이상과 같은 현황 및 문제점에 대해 정기검사 시 발전소 운영기술능력 분야에 검사 지침서 및 절차서 개발을 통한 팀 검사 이행을 단기대책으로 제시하였다. 또한 기기성능 분야와 관련하여 인적 요소검사 점검표 및 절차서 개발, 인적 요소 중심검사를 위한 검사원 교육·훈련 이행을 통해 발전소 기기성능 분야 검사 시 인적 요인에 대한 검사를 강화하는 것을 주요 단기대책으로 도출하였다.

3.3.2 인적 오류 사고의 조사절차 체계화

현재 원자력발전소가 여러 가지 이유로 인해 불시정지 되면 한국원자력안전기술원은 관련 전문가를 현지에 파견하여 24시간 이내 사고조사 보고서를 작성, 과학기술부에 보고하게 된다. 그러나 불시정지를 유발시키는 여러 가지 원인 중 인적 오류에 의한 사건의 경우 전문가에 의해 체계적이고 신뢰성 있는 원인조사 활동 수행에 많은 어려움이 있는 것이 현실이다. 이러한 이유로 특히 불시정지에 대한 대응방안 수립이 불확실하여, 조사결과에 의한 개발방지 대책 추진과정에서 애로점이 있다. 따라서 발전소 고장사고의 발생 및

전개과정에서 개입된 인적 원인요소에 대하여 효과적인 방지벽(barrier)을 구축할 수 있는 대응방안을 도출하도록 조사절차 개발이 시급히 필요한 실정이다.

이상과 같은 현황 및 문제점에 대해 해외 사례조사를 통한 인적 오류조사 방법을 비교·검토하고, 인적 오류의 대응 방안 설정방법 개발하여 대응방안 중심의 인적 오류 사고 조사방법 수립을 단기대책으로 제시하였다. 또한 보다 세부적으로 인적 오류관련 사고 분석 절차를 개발, 사고조사 시 실무적으로 활용 가능한 검사원 절차서 개발 적용을 단기대책으로 수립하였다.

4. 결론 및 기대효과

원자력 시설의 경우 그 동안 하드웨어(시스템 및 설비) 관련 안전성은 급격하고 분명하게 개선되고 있으나, 인적 오류에 대비한 안전성 확보는 상대적으로 미진한 상태이다. 특히 고 신뢰도 및 안전성이 요구되는 원자력 시설과 같은 대형체계에서는 사고에 대한 인적 오류의 상대적 비중이 증가하게 되므로, 예방의 방향이나 그 효과에 대한 정확한 실태 파악도 어렵다. 따라서 원자력 발전이 경제적 및 산업적 측면에서 그 효과와 역할을 인정받으면서도, 인적 오류와 같은 취약점에 대한 안전성에 신뢰를 갖추지 못한다면 예기치 못한 새로운 차원에서의 사회적 거부에 직면할 수 있으므로 이에 대한 예방조치 마련이 시급하다.

이상의 관점에서 본 연구는 원자력 시설 인적 오류 발생 저감화를 위해 단기적으로 원자력 시설운영자 및 규제기관이 추진하여야 할 세부이행 대책을 구체적으로 수립하고 제시하였다. 여기에서 종사자 근무관리 강화, 작업환경 및 작업방식 개선에 포함된 6개 대책안은 원자력발전소를 포함한 원자력 시설운영자에 의해 추진되며, 인적 요소 규제기술 제고 및 향상에 포함된 2개 대책안은 한국원자력안전기술원 및 본 연구팀에 의해 추진된다. 또한 본 연구에서 제시된 단기대책안은 과학기술부 산하 원자로안전계통분과회의의 심의의결을 거쳐, 현재 의무적으로 이행되고 있다. 그리고 인적 오류 발생 저감화를 위해 향후 중장기적으로 이행되어야

할 대책안은 현재 연구팀에 의해 수립 중이며, 이러한 일련의 활동들은 비단 경제·산업적 효과뿐만 아니라 최상의 원자력 안전수준 유지를 통한 대국민 신뢰를 제고하는 데 기여할 것으로 기대된다.

참고 문헌

한국원자력안전기술원, 원전 안전운영정보시스템, www.opis.kins.re.kr, 2007.
 International Atomic Energy Agency (IAEA), AIRS(Advanced Incident Reporting System), 2005.
 Reason, J., Managing the risks of organizational accidents, Ashgate, 1997.
 Reason, J. and Hobbs, A., Managing maintenance error; A practical guide, Ashgate, 2003.

● 저자 소개 ●

- ❖ 이 동 훈 ❖ dhlee@kins.re.kr
 경희대학교 산업공학과 공학박사
 현 재: 한국원자력안전기술원연구소 계측제어실 선임연구원
 관심분야: 원자력인간공학, 산업안전, 제품안전
- ❖ 변 승 남 ❖ snbyun@khu.ac.kr
 미국 미시간대학교 공학박사
 현 재: 경희대학교 기계산업시스템공학부 교수
 관심분야: 인간공학, 안전공학
- ❖ 이 용 희 ❖ yhlee@kaeri.re.kr
 서울대학교 공학석사
 현 재: 한국원자력연구원 계측제어 및 인간공학부 팀장
 관심분야: 원자력인간공학, 산업안전

논문접수일 (Date Received) : 2007년 06월 26일

논문수정일 (Date Revised) : 2007년 09월 21일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2007년 09월 27일