

인지과정모형에 기반한 원자력발전소 인적오류 분석 Human Error Analysis in Nuclear Power Plants Based on a Cognitive Model

윤완철* · 이용희* · 김영수*

ABSTRACT

The paper presents a new scheme and a support system for the analysis of human errors in nuclear power plants based on a cognitive model. We discuss the problems identified in current managerial analysis, and propose a new approach that frames the description of human activities according to a human decision making model, so that it could provide a better reconstruction of a sequence of event suspected of involving human errors. This sophisticated approach becomes practical for the field application with the support of a computerized aiding system. The model-based event re-construction method is expected to enable the analysts to produce more informative reports, which in turn help to derive appropriate countermeasures to reduce the possibility of the analyzed human errors.

1. 연구의 배경

원자력발전소의 안전관리는 대규모 인간-기계체계의 문제의 한 전형이 되어있다. 안전보장을 위한 엄청난 시설장치에도 불구하고 그 사건 또는 사고의 반수 이상이 인간 즉 운전원이나 보수원등의 실수에서 비롯되고 있어, 인적 안전이 긴급과제가 되어 있는 것도 원자력 발전소와 항공기를 포함한 대규모 인간-기계체계의 특성이다. 특히 만일의 경우에 입게 되는 사회적 손실이 직간접적

경우에 입게 되는 사회적 손실이 직간접적으로 막대한 원자력 발전소의 경우, 인적 오류를 줄이기 위하여 운전원의 훈련, 지원, 시스템 설계등을 위한 수많은 연구와 방법론의 도입, 그리고 제도의 실시가 이루어져 왔다.

자연스럽고 가장 기초적이라 할 수 있는 인적오류 감소방법은 사건 및 사고가 발생할 때 마다 그 과정에서 일어난 오류나 부적절한 인적 행위를 점검하여 그 원인과 파생과정을 분석하고 이를 시스템의 설계나 운전원 훈련등에 반영하는 제어이론적인 관리방법이

* 한국과학기술원 산업공학과

본 연구는 한국전력공사 출연연구과제(KRC-92N-J09)로 지원받아 이루어졌음을 밝힙니다.

다. GEMS [5] (Generic Error Modelling System)나 HEA [2] (Human Error Analysis), 그리고 Rasmussen의 Human Malfunction Taxonomy [3] 등은 모두 이러한 유형의 대안들로 제시된 것이다. 이들은 학문적 체계에 따라 인적오류의 심층적 분석을 수행하는 데 효과적이지만, 관리목적상 행해야 하는 현장의 일차적 분석에 적용하는 데에는 적당하지 못한 점이 있다. 현장분석자는 그 특정 발전소에 대해 풍부한 운전경험을 가지고 있어야 하며, 그러한 기술요원이 인지심리학이나 인지공학적 배경지식을 겸비하리라고 기대할 수는 없기 때문이다.

미국의 INPO에서 개발한 HPES(Human Performance Evaluation System) [1] 는 인적행위에 대해 관리적 측면이 강조된 분석체계로서 미국외에도 여러 나라에서 사용하고 있는 대표적 시스템이다. 우리나라에서도 지난 수년간 그 체계를 시험적으로 적용하여 경험을 축적한 바 있다. 그러나 그 결과, 많은 보고서 작성 경험자들이 분석과정의 모호성을 지적하였으며 따라서 그 효용에도 한계가 노출되었다. 또한 위에 열거한 인지적 분석기법들과 달리 HPES는 운전원의 인지과정을 규명하는데 미흡하다는 문제가 있으며 따라서 인적 행위의 개선을 위한 실질적 대안의 도출에 제약을 가지고 있는 것으로 판단된다.

본 연구는 HPES 를 발전시켜 한국에서 표준으로 사용할 K-HPES를 수립하는 노력의 일환으로 행하여졌으며, 이 과정에서 위에 거론한 문제점들의 해결을 포함하여 인지적 오류분석을 강화하려는 목적으로 수행되었다.

2. HPES(Human Performance Enhancement System) 분석과 그 문제

HPES분석은 여러 단계로 나누어져 있다. 사건경위에 대한 시간순서적 기술, 행위요인

분석(behavioral factor analysis), 원인요소분석(causal factor analysis), 상황분석(situational analysis), 사건및 원인요소 도표(event and causal factor chart)의 작성, 그리고 대안의 도출등 적어도 6부분으로 구성된다. 행위요인분석, 원인요소분석, 상황분석의 부분들은 발생한 오류의 배경과 직간접 원인에 관련된 많은 수의 선택식 문항에 답하는 것으로 수행된다. 대안의 도출을 제외한 부분의 공통된 목표는 인적오류의 유형을 파악하고 그 원인을 규명하는 것이다.

HPES에 대한 주요한 비판의 하나는 인지적 문제, 즉 운전원의 내적인 정보처리와 의사결정에 대한 분석이 취약하다는 것이었다. HPES의 목적이 인적오류의 원인을 규명하여 방지하자는 것임을 생각하면 이러한 취약점은 필히 개선되어야 할 것이다. 더우기 원자력발전소의 제어실에서는 인간이 범하는 대부분의 실수가 정보관측, 상황판단, 작업의 결정및 수행방법 선택등 인지적인 문제임을 고려할 때 인지적 분석의 보완은 필수적이라고 말할 수 있을 것이다.

본 연구팀은 국내에서 수년간에 걸쳐서 행하여진 HPES의 시험적 사용 경험을 조사하였다. 그 결과 현재의 INPO-HPES가 인적오류의 분석과 대안도출에 보다 실질적 효능을 갖기 위하여는 몇가지 점에서 중요한 개선을 요하고 있음을 발견하게 되었다. 이 시험기간 동안에 작성된 HPES 보고서는 각각이 방대한 분량임에도 불구하고 정작 발생한 인적오류의 원인과 발전과정을 이해하는데 중요한 인지공학적 정보가 과도히 누락되어 있는 경우가 대부분인 것으로 판단되었다. 물론 그 이유중 하나는 현장의 분석자들이 원전운전에 대한 경험자일 뿐 이러한 분석이나 인지심리학적 배경을 전혀 갖지 못하였다는 데 있다. 그러나 원전경험과 인지심리학의 양쪽 지식을 지닌 분석자를 상정하기 어려운 상황에서 원전경험자쪽이 1차적 현장정보의 수집과

기술에서 보다 유리한 것 또한 사실이다. 더우기 국내에서도 여러 다른 유형의 원자력발전소가 존재하며 그 각각은 서로 다른 운전규칙들과 비상절차, 진단방법등을 가지고 있기 때문에, HPES 분석에 필요한 발전소에 대한 지식은 일반적인 것을 넘어서서 각개 현장에서의 오랜 경험을 요구하는 것이다. 정리하면, HPES 분석에서 개선해야 할 가장 중요한 부분은 인지과정에 대한 분석을 강화하는 것인 반면, 그 분석의 담당자는 인지심리학적 배경이 없는 현장기술자라는 모순이 노출되고 있으며 이는 앞으로 쉽게 해결될 수 없을 것으로 예상되는 것이다.

여기에서 합리적 대안은 두가지의 측면을 가져야 하는데, 첫째, 현장분석자가 발휘할 수 있는 기능을 최대화하고, 둘째, 깊은 인지심리학적 지식이 없어도 인지공학적으로 필요한 정보를 기술할 수 있도록 기술체계를 보완해야 한다는 것이다. 본 연구팀은 첫째 측면에 대한 대안으로서 분석의 첫번째 절차에 해당하며 가장 객관적 입력을 요구하는 부분인 사건전개과정의 기술을 보강하는 것을 택하였고, 둘째 측면에 대하여는 인간의사결정의 인지과정보형을 적용하는 것이 불가피하다고 판단하여 현장분석자가 실무적으로 사용할 수 있는 간략한 모형을 제안하였다. 그러나 이러한 개선이 현장분석자에게는 어려움을 가중시켜 결과적으로 실효를 못 거둘 가능성이 크기 때문에, 본 연구팀은 사건경위구성을 지원하되 인지과정보형을 통해 그 구성을 유도 및 점검하는 컴퓨터 지원시스템을 구축하였다.

3. 사건경위구성의 중요성과 그 강화

본 연구에서 HPES 분석의 핵심으로 간주하고 가장 중점적으로 강화하려는 부분은 바로 사건전개에 대한 순서적 기술, 즉 사건경위

(Event Sequence)의 구성부분이다. 사건경위 구성이란 시스템의 상태나 운전원의 행동을 개조식으로 발생시간을 명기하여 순서대로 기술하는 것이다. 이 부분에 대하여는 주어진 정형이 없어 분석자의 판단에 따라 중요한 사항들을 추려 적도록 되어 있다. 더우기 이 부분이 후속되는 오류의 분류나 원인해석 부분과 논리적 연결을 가지도록 규정되어 있지 않은 것도 사건전개의 기술이 임의적이고 불충실하게 될 수 있는 원인이 되었다. 실제로 국내에서 작성된 여러 건의 보고서를 검토한 결과, 사건전개의 기술이 형식요건을 지키는데 치우치고 충분한 정보를 갖고 있지 않아 오류의 분류나 원인등 분석부분에 대해 조명을 제공하지 못한다는 문제가 대부분의 보고서에서 명백히 노출되었다.

사건경위의 구성은 HPES 분석 전체에 걸쳐 대단히 중요한 위치를 점하는 것이다. HPES 보고서의 대부분은 오류의 환경, 원인, 유형등에 대한 판단을 선택형으로 기술하는 것으로 되어 있다. 그 중 많은 선택항목은 주관적 판단을 요구하고 있다. 그에 반해 상황에 대한 기술은 사건경위구성 한 군데이므로 이 부분에서 분석자가 형성하고 또 사용하게 되는 관점은 이후 분석에서 행해지는 각종 판단의 근거가 된다. 또 시간이 지난 후에 HPES 보고내용을 토대로 하여 그 상황을 다시 검토하려는 분석자의 경우, 이 사건경위 부분에 의존할 수 밖에 없어 독립적인 판단은 불가능해진다.

사실 현장에서 일차적인 분석을 하는 경우에 그 현장성이 가장 상대우위를 가지는 분석의 부분이 바로 사건 경위의 구성이다. 시간적, 공간적으로 사건에 가장 근접한 상황에서 당사자들을 참고하여 분석할 수 있는 것이 현장분석임을 고려하면, 이 현장분석은 사건의 원인이나 유형도 중요하지만 우선 실제로 무슨 일이 어떤 과정으로 일어났는가를 면밀히 밝혀 기록화하여야 하는 임무를 띠는 것이다. 시간이 흐른 후에는 같은 정확도를 기하여 다

시 할 수 있는 일이 아니기 때문이다. 그러므로 기존 HPES방식에서 사건경위 기술의 내용이나 상세도를 분석자의 임의에 맡기는 것은 중요한 결함이라 지적할 수 있다.

기존의 사건전개기술이 가지는 또 하나의 약점은 그 기술내용이 인간의 인지적 활동을 담아내지 못하고 있다는 것이다. 현재의 기술 방식은 사건에 관련되었다고 여겨지는 물리적으로 수행된 외적행동만 포함하게 되어있기 때문이다. 운전원의 행위의 부적절성은 단순실수(Slips)와 오류(Mistake)로 구분할 수 있다. 오류에는 인간의사결정 과정이 개재되어 있다. 하나의 잘못된 운전 조작은 사실상 물리적 오류가 아니고 의사결정상의 오류일 경우가 대부분이며, 의사결정은 다단계에 걸쳐 성격이 다른 정보처리 행위로 이루어지므로 그 내적 정보처리 행위를 밝혀내고 그들 상호간의 인과관계, 또 시스템의 상태와 인적 행위간의 관계를 규명하는 것이 반드시 필요하다. 그러지 않고서는 오류의 과정을 이해하였다고 할 수 없고, 오류를 방지하는 대안을 도출할 수도 없기 때문이다. 따라서 이 여러 단계의 의사결정과정은 대략적이거나 사건경위구성에 분리되어 나타나야 한다.

그럼에도 불구하고 사건에 최근접한 시간 내에 조사하지 않으면 이러한 내적 과정은 빠르게 소실되어 버린다는 문제가 있어 현장의 HPES분석에서 반드시 이를 수행해야 한다. 그러나 이렇게 내적 사고과정의 단계를 문서화하는 것은 분석자의 인지공학적 지식을 요구할 뿐 아니라 임의성을 규제할 수단이 마련되어야 하기 때문에 기존체계에서는 쉬운 일이 아니다. 따라서 현장분석자가 이해하고 사용할 수 있는 쉽고 유용한 인지과정 모형을 수립하여 적용해야 할 필요가 있다. 표준적 인지모형의 채택 및 준용이 없이는 분석자 임의에 흐르지 않는 인지적 행위 기술이 불가능함은 명백하다.

4. 인지적 의사결정 모형

Rasmussen [4] 은 인간의 의사결정과정을 8단계로 구분한 사다리 모형을 제시하였다 (그림 1). 이 모형은 대부분의 연구자에 의해 받아들여지고 있지만, 본 연구에서 그대로 적용하는 데에는 문제가 있다. 즉, 깊은 인지공학적 지식이 없는 현장분석자가 인간의 사고과정을 추적하여 면밀히 각 단계를 구분한다는 것은 어려운 일이고 따라서 그 결과도 신뢰성있는 것이 될 수 없다는 점이다. 특히 추상적이고 내면적 특성을 가지는 최상층에 가까운 단계들은 전문가로서도 아주 구별이 곤란하며 실제로 시간상 명확히 구분될 수 없는 경우도 많다. 본 연구에서는 현장실무자들을 대상으로 모형에 대한 이해와 사용능력을 검증해 본 결과, 전체 인지과정을 5단계로 줄였을 때, 큰 어려움 없이 명확하고 비교적 객관적인 단계구분이 가능함을 알게 되었다. 그림 2는 이 5단계 모형을 다이어그램으로 나타낸 것이다. 두 인지단계에 해당하는 사각형은 다른 것들보다 위에 위치하는데, 이들은 실제로 추상정도가 높은 단계임을 나타낸다. 현장분석에서 구분하기 어려운 것으로 나타난 Rasmussen 모형에서의 최상층의 두 단계는 그 바로 아래단계에 해당되는 이 두 단계에 흡수되어 있다.

이 모형에 주어진 또 다른 변형은 시스템 변수들의 관찰, 즉 정보취득의 단계가 시스템 상태 파악의 전단계로 되어 있는 Rasmussen의 모형과 달리 상태파악에 딸린 단계로 정의되어 있다는 점이다. 인간의사결정을 논리적 인과관계의 관점에서 다룬다면 Rasmussen의 모형에서의 순서에 문제가 없지만 그 순서를 시간적 선후관계로 인식하는 데에는 무리가 있다. 실제의 경우 어떠한 정보가 수집되는가 하는 것은 상태파악에 관계된 맥락, 즉 특정한 가설이나 목적에 의존하게 되는 경우가 많다. 그러므로 비록 상태파악의 결말은 정보수

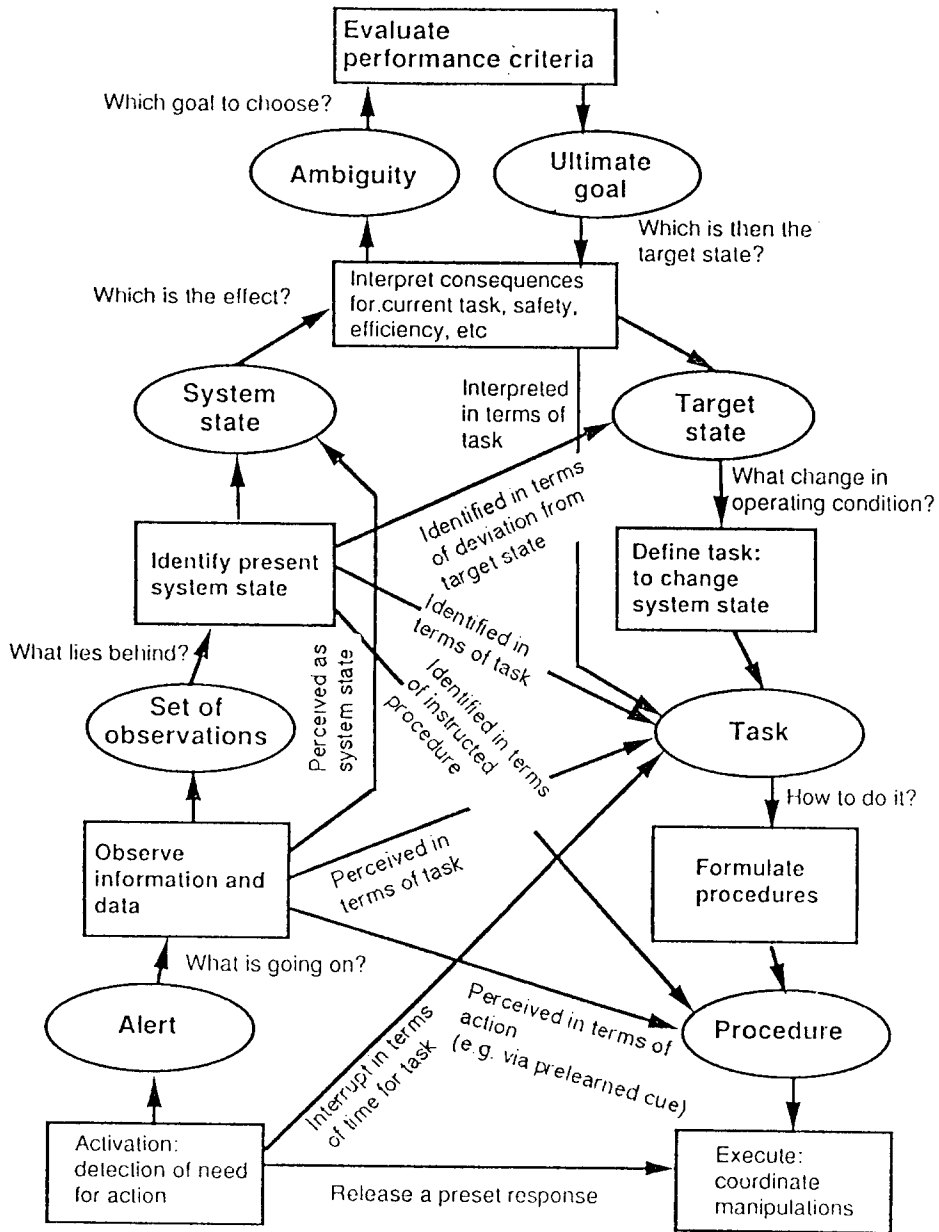


그림 1. Rasmussen의 의사결정 모형 (Ladder Model)

집이 완료된 후 일어난다고 하여도 상태파악 단계의 시발이 정보수집 완료 후에 일어나는 것은 아니다. 상태파악의 의도가 형성되기 이전에 이루어지는 정보의 취득은 감시 또는 문제발견의 과정으로 이해하는 것이 비교적 명확한 단계구분을 가능케 하는 정의이다.

비슷한 맥락으로 Rasmussen의 모형의 마지막 두 단계인 작업방법의 형성(또는 계획수립)과 작업의 물리적 수행도 본 연구에서는 한 단계로 간략화되었다. 작업의 실제적 수행은 물론 논리적으로는 작업방법의 형성에 의존하지만 시간적으로는 많은 부분 병행될 수 있기 때문에 실제 상황의 기술에서는 두 단계의 행동을 구분하여 쓸 수 없는 경우가 많다. 한 작업은 여러 개의 부분조작을 포함하며 그 앞부분 일부가 수행되는 동안에도 계속하여 남은 부분의 작업방법에 대한 결정이 일어나게 되기 때문이다. 실제로 본 연구의 과정에서도 현장분석자들은 그 두 단계를 분리하는데 많은 애로를 겪는 것으로 관찰되었다. 따라서 본 연구의 모형에서는 이 두 단계를 구분치 않고 기술토록 하였다. 그러나 이렇게 하는 결과로 오류분석에 모호성이 개입될 가능성은 거의 없다. 발생한 오류는 작업방법의 형성이나 물리적 수행중 한 단계에 명확히 귀속되기 때문이다. 즉 시간적인 분리가 어렵거나 무의미하여 두 단계를 통합하여 기술할 뿐 내용면에서 그 두 단계의 구분이 불확실한 것은 아니다.

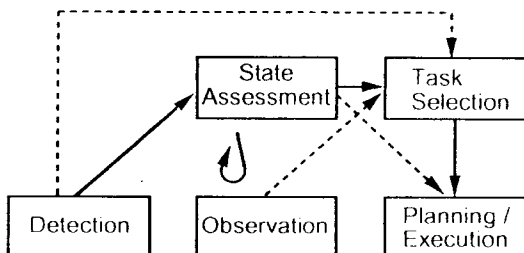


그림 2. 의사결정 인지과정 모형

오류가 개재된 상황의 발전과정을 이 모형에 입각하여 기술할 수 있다면 운전원의 행동에 대한 최대한의 정보를 보고서에 담을 수 있고 이는 후속적인 인지공학적 분석에 지대한 도움을 주게 될 것이다. 특히 인적 오류의 유형 원인파악과 파생과정에 대한 이해가 쉽고 명료하여지므로 대안수립 등 HPES의 기본목적 달성에 직접적으로 기여할 것으로 판단된다.

5. 컴퓨터 분석지원 시스템

위와 같이 인지적인 측면이 강화된 사건 경위 구성과 인지모형의 사용을 위하여는 현장 분석자에 대한 훈련의 강화가 물론 필요하겠으나, 훈련만으로는 목적인 대로의 효과를 갖는 보고서 작성이 쉽지 않으리라 판단된다. 분석업무의 분량이 적지 않을 뿐 아니라 분석중 기술되었거나 기술될 내용들을 분석자들이 염두에 두어 선후관계를 합치시킨다는 것이 분석자 자신의 인지적 능력을 초과할 가능성이 크기 때문이다. 따라서 본 연구팀은 업무량을 경감할 뿐 아니라 오류분석을 내용면에서도 지원할 수 있는 HPES분석지원 시스템인 COSFAH(Computerized Support-system For Analyzing Human-errors)를 구축하였다.

이 분석지원시스템은 일반적 지원, 즉 문서작성과 도형 및 도표작성을 지원하고 온라인 도움기능을 제공할 뿐 아니라, 사건경위구성 등 기초입력을 토대로 하여 HPES보고서의 다른 부분들을 자동작성하여 주므로 많은 노력이 경감되도록 한다. 그러나 이 시스템의 최대 특징은 바로 사건 경위 구성을 인지공학적으로 지원해 주는 지능적 지원기능에 있다. 사건경위구성의 중요성과 이를 인지과정 모형에 입각하여 수행해야 함은 이미 앞에서 기술한 바 있다.

GOSFAH

사건 경위 구성

도움말

발생시간

기술대응상황

장비상황

상황내용

상황변경

경위요인

발생장소

기타

순	발생시간	기술대응상황	장비상황	상황내용	상황변경	경위요인	발생장소	기타
AA	06/15-16:08:35	감지	.	주중기관 격리밸브 제어기, HS-108B, 이중지시상태(열림/단함)	.			
AB	06/15-16:01:35	관측	.	F: 수소 OIL check 밸브의 상부실린더 압력증가,	.			
AC	06/15-17:02:45	관측	*	F: P.O. check 밸브가 일정위치 유지,	.			
AD	06/15-19:03:45	파악	*	F: OIL accumulator 하부에 설치된 P.O. check 밸브의 내부 누출,,	.			
AE	06/15-19:04:45	관측	.	주중기관 격리밸브, HV-108, 일복기방	.			
AF	06/15-20:05:45	파악	F	주중기관 격리밸브, HV-108, 비동작 시험가능	.			
AG	06/16-15:09:45	관측	.	F: ST차단 릴레이가 여자되면서 백색램프 점등유지 및 녹색램프점등,,	.			
AH	06/16-18:12:45	수행	.	주중기관 유회밸브, HS-109, 개방	.			
AK	06/16-19:12:45	수행	.	F: 시멘스워치 'S809'를 누름,,	.			

생성기

생년월일

신체상태

A

보완기능

<작업목록 설정> 단계에서의 어떤 작업으로 인해서
황색선으로 표시된 행의 작업을 수행했습니까?

이미 기술

주기기술

기술원료

보안필요시건 >

입력 종료

주행 종료

그림 3. 사건 경위 구성의 지원 화면

인간의 인지과정을 모형에 입각하여 기술한다는 것은 그 자체 양적으로나 인지적으로나 부담이 큰 일이다. 그러므로 관련된 모든 인적행위에 대해 그 구성단계를 열거할 수는 없으며, 오직 오류와 관련된 의사결정 단계들에 대하여 누락없이 기술함이 중요하다. COSFAH는 인적 오류 또는 시스템 상태의 문제가 제기되는 경위항목이 입력되었을 때 논리점검기능을 가동한다. 이 논리점검 기능은 후진추론을 채택한 규칙기반 시스템으로 구축되어 있다. 그리하여 문제와 관련된 한 인지 단계의 항목이 입력되면 모형의 단계 연관관계를 고려하여 보충이 필요한 다른 단계들을 작성한다는 목적을 생성하고 이것이 충족되도록 분석자를 인도한다. 만일 문제되는 현 단계로 이어지는 이전의 인지단계가 이미 기술되었으면 그 두단계를 내부적으로 연관지어 의사결정 주기를 보완하고, 아직 기술되지 않았으면 이를 분석자에게 요구하여 기술토록 한다. 한편 현 단계의 후속단계로서 기술이 되지 않는 부분은 일단 전체경위 구성이 완료되기를 기다려서 보완을 요구하게 된다. 이러한 요구를 작성 중간에 하게되면 그 가치치의 수가 많아지므로 분석자에게 불필요한 부담을 주고 그 분석진행과정을 방해하게 될 우려가 있기 때문이다. 그림 3은 사건경위 구성 중에 인지모형에 의한 보완을 시도하고 있는 COSFAH의 화면을 보이고 있다.

COSFAH가 점검하는 논리적 관계는 인지모형단계의 선후연관만이 아니다. 원자력 발전소 운전에는 방대한 절차서와 지침이 사용되고 있으며, 비상시의 조치와 진단과정에 대하여도 절차와 지침이 있다. COSFAH는 이에 대한 규칙베이스를 내장하고 있어서 기술된 행위 항목이나 시스템 상태 항목에 관련되어 요구되는 선후행작업이 존재하면 이의 수행 여부에 대해 분석자에게 질문하여 사건경위에 포함하여 보완하거나 아니면 지침의 위반으로서 오류로 등록하는 지원을 한다. 그

추론 방식은 인지단계의 점검과 같은 방식을 취하고 있다. 또 하나 COSFAH가 논리적으로 점검하는 것은 시스템자체의 인과관계에 대한 것이다. 만일 불시정지를 유도하는 조작을 행하였음을 기술하고 나서 불시정지 또는 그 미수에 해당하는 기술이 없다면 COSFAH는 그 결과를 묻고 그 결과를 사전경위에 첨부하게 된다.

문제상황에는 일어나지않아야 할 일이 일어나는 경우 못지않게 빈번히 일어날 것으로 예측내지 기대되는 행위나 사건이 일어나지 않는 경우가 개재된다. 그러나 사건경위의 기술에서는 일어난 일을 위주로 하는 나머지, 음각적인(Negative) 사항들, 즉 일어나지 않았음이 중요한 사실들에 대하여는 기술을 누락할 위험이 대단히 높다. 따라서 위와 같은 세가지의 논리적 점검은 사건경위구성이 유효한 수준의 정보를 지니도록 보장하는데 중요한 의미를 지닌다. 이러한 보완은 인적오류나 시스템이상으로 기술되는 항목 주변에 집중적으로 일어나게 되기 때문에 일종의 부분확대(Zooming) 기능이라 생각할 수 있다. 즉 경제적으로 분석과정 및 보고서의 정보능력을 증가시키는 효과를 갖는 것이다.

이와같은 여러가지 논리적 관계의 점검을 가능하게 하기 위하여는 사건경위의 구성이 컴퓨터에 의해 쉽게 인식될 수 있는 형태로 행해지지 않으면 안된다. 따라서 COSFAH는 원전 시스템의 각 부분시스템의 계층별 명칭과 각 부분에서 가능한 조작등을 방대한 메뉴 시스템으로 지원하고 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 원자력발전소 인적 행위에 대한 분석에서 인지적 측면을 강화하되, 우리나라의 상황에서 실제적으로 적용될 수 있는 가능성을 확보하려는 노력을 기하였다. 운전

원의 의사결정 과정을 기술하는데 인지과정 모형을 적용하되, 그 모형의 각 단계를 누구나 쉽게 구분할 수 있을 정도를 간략화한 것이다. 사건경위의 기술과정을 논리적으로 점검하여 보완해 주는 지원 시스템을 구축한 것 등은 모두 실용성의 확보를 위한 것이다.

이 분석방법과 지원 시스템은 국내 각 발전소의 운전책임자 14명이 검증한 바 있으며 기존의 HPES에 비해 보다 정보가 충실한 보고서를 쉽게 작성할 수 있으리라는 결론을 내린 바 있다.

여기서 소개된 지원시스템은 매킨토시 컴퓨터에 Supercard를 사용하여 원형으로서 제작되었으나, 인공지능적 추론기관등은 완전한 상태로 작성되어 사용되었다. 실용을 위하여는 본격적 전산화의 과정을 거쳐야 할 것이며, 또한 통합성을 기하기 위하여 이 논문의 범위에 포함되지 않은 오류분석 방법등에 대한 추가적 보완 및 검증이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] INPO, HPES Coordinator Manual(revision 03), INPO 86-016, 1991.
- [2] Kontogiannis, T. & Embrey, D. E. (1992), "Human Reliability Assessment", Practical Techniques for Assessing and Reducing Human Error in Industry: Course and Workshop, Human Reliability Associates.
- [3] Rasmussen, J.(1981), "Classification System for Reporting Events Involving Human Malfunctions", RISO-M-2240, RISO, Roskilde, Denmark.
- [4] Rasmussen, J.(1986), Information Processing and Human Machine Interaction :An Approach to Cognitive Engineering, New York : Elsevier Science Publishing Co. Inc.
- [5] Reason, J.(1990), Human error, Cambridge : Cambridge university press
- [6] Yoon, W. C. & Kim, Y. S.(1993), "Development of Korean HPES for Nuclear Power Plants(I)", Technical Report, Korea Advanced Institute of Science and Technology.