



## 재해예방을 위한 사업장 불안전 요인의 유형 예측

### Prediction of Unsafe Factors for Industrial Accident Prevention

임 현 교\* · 장 성 록\*\* · 김 주 홍\*\*\*

Hyeon-Kyo Lim · Seong-Rok Chang · Joo-Hong Kim

#### ABSTRACT

It is quite similar in the current automated works likewise in the past manual works that single trivial human error and/or unsafe acts may lead to serious industrial accidents.

Though the traditional approach for accident prevention focused on the serious injuries or losses, that was misled by failure of accident perception. As Heinrich pointed out, there are still enormous numbers of unsafe acts or near-misses before a real accident happen.

Thus, for industrial accident prevention, a research on unsafe acts was committed. With accident data occurred during the last decade, statistics were analyzed for extracting behavioral characteristics. After that, a practical method integrating AHP and statistics which shows possible accident factors and their priority at an individual factory was suggested. A computer program was developed also.

#### 1. 서 론

눈부신 기술혁신에 따라 생산설비나 유통설비를 비롯하여 에너지설비 등이 현저하게 대규모, 대용량화되고 상호 복잡하게 결합되며, 아울러 자동화되어가는 것이 최근 생산 현장의 추세이다. 그럼에도 불구하고 사소한 인간의 실수나 불안전 행동이

대부분의 재해의 시초가 되고 있다는 사실은, 과거의 수작업에서나 기술혁신이 계속 되고 있는 현대의 생산현장에서나 크게 다를 바 없다<sup>1,2)</sup>.

이미 오래전에 Hienrich가 지적하였던 바와같은 한 건의 중대재해가 발생하기 이전에 여러 차례의 비슷한 가벼운 재해사고가 발생한다는 것은 널리 알려진 사실이다. 따라서 효과적인 재해방지가 되려면 재해사고의 징후인 불안전 행동이나 불안전

---

\* 충북대학교 산업안전공학과

\*\* 부산공업대학교 산업안전공학과

\*\*\* 대한산업안전협회

상태 등 불안전 요인에 초점이 맞춰져야 함은 자명한 사실이다. 그러나 과거에는 진정한 재해사고의 의미를 오해했던 까닭에, 중대재해에만 너무 집착하는 어리석음을 보여왔다.

어떤 일이든 마찬가지로이지만, 재해사고를 예방함에 있어, 언제, 어디서, 어떠한 이유로, 어떻게 재해가 발생하는지만 알 수 있다면 그 예방에 만전을 기할 수 있을 것이다.

그러나 개개의 사업장은 업종도 다르고, 규모도 다르다. 또, 생산과정 역시 판이하며 그때 그때 작업자가 수행하는 작업내용도 상이하다. 게다가 안전관리 조직이나 운용방법에 따라 각 사업장이 지니고 있는 교육, 관리, 기술 등의 수준도 제각각이다. 이러한 상황에서 무작정 불안전 요인을 예방하려는 구호는 어떤 의미에서 맹목적이다.

안전관리에 더 효율을 기하기 위해서는 각각의 사업장 특성에 맞게 어떠한 불안전 행동이 발생할 소지가 높은지, 어떠한 불안전 상태가 돌발할 수 있는지, 어떠한 기인물이 더 재해와 연관이 높은지를 예측할 수 있어야 한다.

본 연구는 이러한 점에 초점을 맞추어, 과거의 재해발생 통계를 근거로 각 해당 사업장의 특성이란 측면에서 발생 가능성이 높은 불안전 행동, 불안전 상태, 기인물의 유형과 그 상대적 가능성을 제시하는 방법을 제안하였다. 또한 이를 곧바로 생산현장에서 응용할 수 있도록 컴퓨터 프로그램도 개발하였다.

## 2. 연구배경

일반적으로 아무리 작업자의 과실이 대부분의 사고를 야기시킨다 하더라도 기계적 장치나 공학적인 수단이 대부분의 사고를 예방하는 데에 중요한 요인임에는 틀림이 없다. 그래서 많은 사람들은 모든 사고가 여러가지 요인이 결합되어 발생한다고 믿고 있다.<sup>3)~5)</sup> 따라서 복합적인 원인이 작용하여 발생하는 재해를 예방하기 위해서 복합적 원인들의 상관성을 파악하여야 함은 당연한 일이다.

불안전 행동을 비롯한 재해의 직접원인의 예측은 통계자료의 분석으로부터 출발해야 한다. 왜냐하면 이미 발생한 위험으로부터 확률적 법칙을 파악하고 이를 추론의 근거로 삼아야 가장 손쉽

고도 실질적인 효과를 얻을 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 노동부가 발표한 과거의 산업재해 통계를 근거로 특성요인을 선택하고자 하였다.

일반적으로 무작위로(randomly) 변화하는 두 변량간에 변화 경향의 공통점이 있는가의 여부를 밝히는 것을 상관분석(Correlation Analysis)이라 한다. 재해 사고에 관계하는 수많은 변수들 중 어떤 변수의 발생이 다른 어떤 변수의 발생을 조장한다거나, 두 변수 이상 요인들의 동시발생이 재해발생에 결정적으로 작용하는 것을 파악하는 데에는 상관도 분석이 효과적이다.

이러한 분석을 안전에 이용하게 되면 어떤 요인과 어떤 요인이 상호작용하여 재해가 발생하는지 그 특성을 알 수 있고, 그 조합을 사전에 차단함으로써 효과적으로 재해를 예방할 수 있다.

그러나 정성적 요인들간의 상관관계를 분석하고 규명하는 방법은 그다지 많지 않다. 上田和彦과 上原陽一은 재해발생 결과로부터 재해요인을 역추론하는 방법을 제안하였으나<sup>6)</sup>, 이 기법은 방대한 양의 재해사고 통계를 직접 처리해야 하는 어려움이 있다. 연간 재해건수가 10만여건인 우리의 현실을 비추어 볼때, 6개 항목씩만 검토한다 하더라도 60만개 항목의 조합을 집계, 처리해야 하므로 실제로 상당한 양의 작업을 요구하기 때문이다.

또한 부분적으로는 재해 통계의 입수도 용이하지 않고, 입수된 자료도 활용에 적합치 않은 경우가 대부분이며, 실제로 재해발생 실적은 얼마되지 않지만 오히려 재해 가능성이 높은 상황도 얼마든지 존재한다는 전문가들의 견해를 분석에 반영할 수 없다는 단점도 있다.

그런데, 이렇게 복잡한 상황일수록 오히려 두개의 요인을 선택하여 그들간의 상대적 중요도를 비교 파악하는 절차를 모든 요인들의 조합에 대해 반복, 확장해 나감으로써 복잡한 요인들간의 상관관계를 분석하는 시도도 할 수 있다. 분석적 계층과정(Analytic Hierachy Process) 혹은 계층구조분석이라 불리는 기법은 이러한 단순한 논리를 응용하여 의사결정 대안의 우열을 가리는 기법으로 1970년대초 T.L. Saaty에 의해 개발되었는데<sup>7)~9)</sup>, 개발되자마자 미 국방성에서 처음 이용되었고, 이후 경제계획, 에너지 정착, 건강, 프로젝트 선택, 분할 투자 등을 포함한 매우 다양한 분야에 적용되어

왔다. 이 기법은 문제를 해결하기 위하여 분석대상에 영향을 끼치는 요인들을 계층구조로 파악, 재구성하고, 두 요인들간의 상대적 중요도들을 반복적으로 비교·분석한 다음, 이를 종합하여 여러 다중속성 대안들(multi-attribute alternatives)의 선택 기준을 제시한다.

따라서 주관적이거나 잠재적인 기준을 포함하는 복잡한 속성요인들의 영향력을 파악할 수 있으며, 과거의 축적된 통계자료가 적절치 못하거나 통계적인 검증력을 가지지 못할 때에도 경험으로부터 얻은 지식을 활용할 수 있고, 전문가들의 비교·판단의 일관성을 파악·측정할 수 있는 현실적인 문제 해결 방법이다.

### 3. 불안전 요인의 유형예측

#### 3.1 요인의 선정 및 범주화

사업장 속성 변수는 다음과 같은 논리에 따라 국내 산업재해 조사규정에 규정된 재해사고 보고양식의 항목들 중에서 선택하였다.

우선 안전관리자 선임여부, 보건관리자 선임여부, 재해구분 등은 재해발생에 영향을 줄 수 있을지는 모르지만 안전 이외의 행정적 요인에 좌우되는 경우가 많고, 또한 발생일시, 발생형태, 상해부위, 상해종류, 동시재해 유발자 수, 피재자 주민등록번호, 피재자 채용일자, 피재자 학력 등은 사후 변수에 해당되므로 분석에서 제외시키는 것이 타당하다고 판단되었다. 또한 재해발생시의 상해종류는 기인물과 상해부위와 중복되는 점이 많다고 판단되

어 분석에서 제외시켰다.

한편 담당직종은 작업자 개개인의 학력수준이나 담당작업의 위험도를 반영할 수 있다는 점에서 당연히 분석에 포함시켜야 하지만, 노동부의 재해사고 database의 예만 보더라도 그 분류코드가 다양하게 분류되어 있고, 그 자료를 일일이 입수하는데에도 어려움이 많아 부득이 제외시켰다.

반면 '업종과 근로자 수로 표시된 고용규모는 해당 사업장의 성격과 안전관리 형태의 윤곽을 대략적으로 반영할 수 있는 요인이라는 점에서 분석에 포함시켰다.

이렇게 검토된 재해사고 요인들은 관련분야의 database 시스템<sup>(6),(10),(11),(12)</sup>의 입력 사항들과 비교, 그 타당성을 검토하였으며, 이상의 과정을 거쳐 특성요인이라고 선택된 항목들에 대하여, 노동부의 산업재해 통계<sup>(13)</sup>를 근거로 Table 1과 같이 범주를 나누고 기호화 하였다.

이 범주는 각각의 사업장의 특성에 맞게 좀 더 세분하는 것이 실제적이겠지만, 일일이 개별 사업장에 맞추는 작업은 본 연구진의 능력범위를 초과하기도 하거니와, 개별 사업장에서 즉시 활용할 수 있도록 아무리 범주를 세분한다 하더라도 사용자의 입장에서는 흠족치 않으리라 판단되어 제조업 분야의 일반 사업장을 기준으로 분석 방법을 제시하는 수준에 초점을 맞추었다.

#### 3.2 수정된 계층구조분석

재해발생에 영향을 미치는 속성들로 구성된 계층구조는 Fig. 1과 같다.

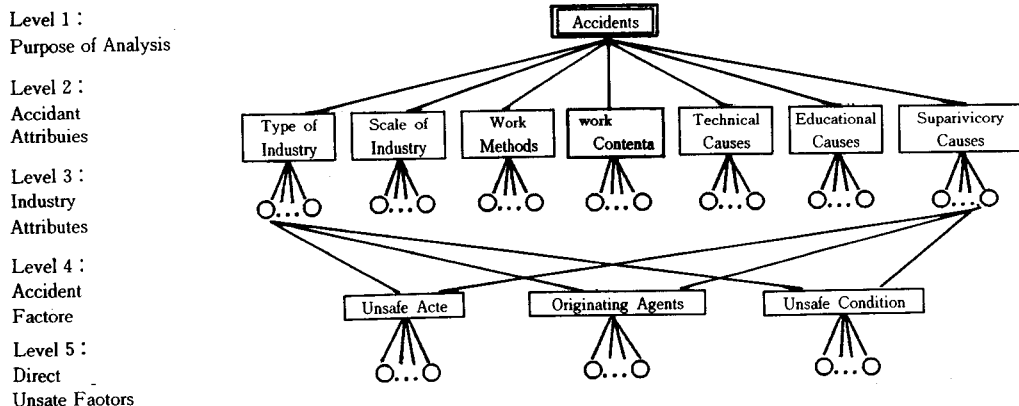


Fig. 1 Hierarchy of Accident Attributes

Table 1 Categorization of accident attributes

Attributes	No. of Categories
Types of Industries	6
Scale of Industries (No of Employees)	7
Work Contents	11
Technical Causes	5
Educational Causes	6
Supervisory Causes	6
Unsafe Acts	11
Unsafe Conditions	8
Originating Agents	21

제1계층은 재해사고 그 자체이다. 제2계층은 사업장에 관련된 재해사고의 속성 요인이다. 재해사고의 배경에는 눈에 보이지 않는 근본적이고 잠재적인 요인이 존재하는데, 앞서 선정된 업종, 고용규모, 작업내용 및 과정, 기술적 원인, 교육적 원인, 관리적 원인 등의 6가지 요인이 그것이다.

각각의 요인은 각각의 사업장 변수로 다시 세분되어 제3계층을 형성한다. 제4계층은 재해 사고발생에 직접적으로 영향을 미치는 사고 특성 요인들에 해당하며 불안전 행동, 불안전 상태, 그리고 기인물로 구성된다. 각각의 사고 특성 요인들은 사업장 속성요인들과 마찬가지로 각각의 범주로 세분되어 제5계층을 형성한다고 볼 수 있다.

이런 방법에 의해 구성된 요인들에 대해 각 요소들간의 필요한 모든 비교·판단 과정을 거친 후, 상대적 기여도나 중요성을 기준으로 Saaty의 방법<sup>7)</sup>에 따라 9점 척도를 이용, 이원 비교행렬(pairwise

comparison matrices)을 구성하였다. 그리고 수집된 이원비교 자료를 근거로 비교 요인들간의 우선도(priority)를 계산하고 일관성(consistency)을 분석하였다.

### 3.2.1 재해사고와 사업장 속성요인

Table 2에서 알수 있듯 전문가들의 견해에 따르면 재해사고 발생에 6가지의 사업장 속성요인들 중 가장 큰 영향을 미치는 것은 업종(우선도 0.3154)이며, 다음으로는 작업내용 및 과정(우선도 0.2481)이다. 그리고 고용규모(우선도 0.1541)와 교육적 원인(우선도 0.1524)은 거의 비슷한 영향력을 가지며, 그 다음에는 기술적 원인(우선도 0.0783), 관리적 원인(우선도 0.0516)의 순으로 영향을 미친다고 파악되어, 고용규모에 따른 안전관리 조직체계의 활용도가 무시할 수 없는 큰 요인으로 지적되었다.

### 3.2.2 잠재적 재해사고 요인과 사업장 변수

업종에 따라 재해사고율이나 재해사고의 가능성이 다르다는 것은 누구나 알고 있는 사실인데, 이 분석에는 과거의 통계자료의 백분율을 이용하였다. 왜냐하면 계층분석에 의한 우선도 평가보다는 실제치인 통계자료가 더 객관적이라고 판단되었기 때문이다. 그러나 산업재해 통계의 내용이 상당히 변화가 심하고, 적절한 통계자료를 입수하는 데에도 어려움이 많아 최근의 통계 범주를 기초로 과거의 통계자료를 재구성하여 분석의 근거로 하였다.

### 3.2.3 사업장 변수와 직접적 재해사고 요인

Table 2 Binary Comparison matrix for accident attributes  
Accident

Attributes	Type of Ind	Scale of Ind	Work Contente	Technical Causes	Educational Causes	Supervisory Causes	Priority
Type of Ind.	1	5	2	3	2	4	.3154
Scale of Ind	1/5	1	1/5	4	3	2	.1541
Work Contente	1/2	5	1	4	2	3	.2461
Technical Causes	1/3	1/4	1/4	1	1/3	3	.0783
Educational Causes	1/2	1/3	1/2	3	1	5	.1524
Ssupervisory Causes	1/4	1/2	1/3	1/3	1/5	1	.0516

해당 사업장의 성격이 정해진 후, 그 사업장의 특성에 맞게 불안전 행동과 불안전 상태, 그리고 기인물의 상대적 중요성을 판단하여야 하는데, 본

연구에서는 업종별 안전관리에 경험이 많은 현장 전문가와 연구진들의 종합토론에 의해 이원비교 행렬을 구성하였다. Table 3은 이렇게 작성된 이원비

Table 3 An example of binary comparison matrix(c. work content) c1. operation of machines/devices

Attributes	Unsafe Acte	Unsafe Conditions	Origin, Agents	Priority
Unsafe Acta	1	7	4	0.7014
Unsafe Conditions	1/7	1	1/3	0.0883
Origin Agents	1/4	3	1	0.2132

교 행렬중의 일부이다.

3.2.4 사고 특성요인별 분류

불안전 행동내에서도 재해사고 발생에 끼치는 영향은 과거의 통계자료를 이용하였는데, 업종별 불안전 행동간의 상호원인 분석표를 구성하여 그 백분율을 이용하였고, 또한 업종과 불안전 상태, 업종과 기인물의 경우에도 마찬가지로 방법을 이용하였다.

이상의 과정을 거친 계층간 분석결과는 다시 종합되어 각 사업장에서 발생 가능한 불안전 행동이나 불안전 상태 등 재해사고와 직접적으로 관련되는 요인들의 우선도를 제시한다. 따라서 수정된 계층구조 분석에 의해 결정되는 것은 직접적 요인들이 재해 사고 발생에 미치는 우선도 즉, 상대적인 비중이다.

3.3 컴퓨터 프로그램의 개발

그러나 실제로 이상의 기법들을 생산 현장에서 응용하기 위해서는 과거의 재해사고 통계, 산업재해 조사규정 등 여러가지의 관계자료를 입수하고 정리하여야 하므로 전문가라고 하여도 여간 까다롭지가 않다. 아무리 좋은 관리기법이라도 쉽게 이용할 수 없어 그 기법의 가치가 반감되고 만다는 것은 상식적인 일이며, 동시에 매우 안타까운 일이다.

그러나 이러한 문제는 현재 사업장이 보유하고 있는 개인용 컴퓨터를 응용하면 쉽게 해결될 수 있다고 판단하여, 본 연구에서는 이에 적합한 컴퓨터 프로그램도 개발하였다.

프로그램의 흐름도는 Fig. 2와 같다. 이 프로그램은 해당 사업장의 업종, 고용, 규모, 작업내용 및 과정, 기술적 원인, 교육적 원인, 관리적 원인-엄밀히 말하면 작업관리상 원인-을 입력하면 과거의 재해발생 통계를 근거로 재해발생에 영향을 미친다고 판단되는 사업장 속성 요인과 그 상대적 중요도를 도출하고, 이의 비중에 따라 해당 사업장에서

발생하기 쉬운 불안전 행동, 불안전 상태, 기인물의 유형과 상대적 발생 가능성을 보여준다.

또한 '총괄 분석'을 선택하면 이 세가지 분석을 종합하여 해당 사업장에서 발생하기 쉬운 직접적 요인들의 분류 범주와 상대적 발생 가능성을 상위 세가지씩 막대그래프로 표시한다. Fig. 3은 프로그램 가동중의 자료 입력화면이고, Fig. 4는 불안전 행동 유형의 예측분석결과 화면이다.

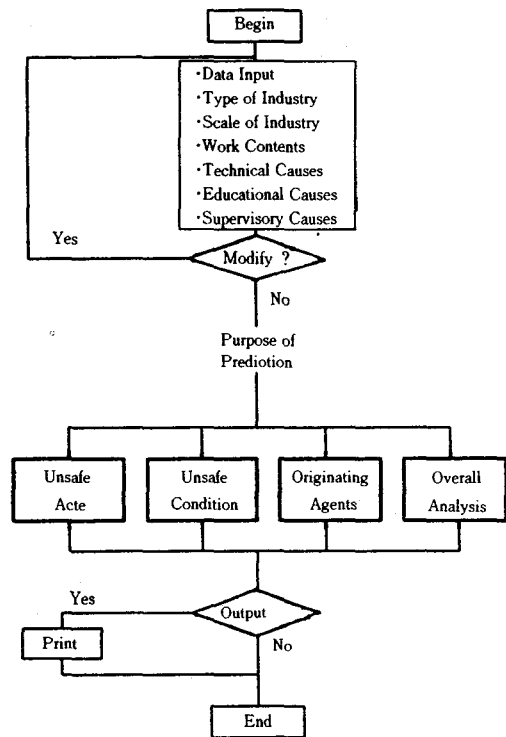


Fig. 2 Flowchart for category prediction of unsafe factors

그림에서 보는 바와같이 이 프로그램은 모든 화면을 컴퓨터 그래픽으로 처리하여 사용자의 흥미유발을 도모하였으며, pull-down 메뉴방식과 pop-up

메뉴방식을 적당히 응용하여 선택대안이 여러개일 경우에도 관련화면에 그 대안들을 자동적으로 나열함으로써 관련자료를 뒤적이지 않고도 누구나 사용할 수 있다.



Fig. 3 Screen for data input

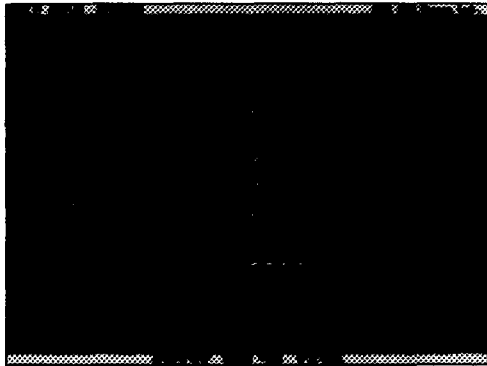


Fig. 4 Screen of analysis resulte

또한 컴파일된 C언어를 이용하였으므로 신속한 처리가 가능하며, VGA를 장착한 IBM PC/AT 이상의 어느 개인용 컴퓨터에서도 작동이 가능하므로 생산 현장에서 쉽게 이용할 수 있으리라 생각된다. 물론 분석결과는 필요한 경우 프린터로 출력할 수 있다.

#### 4. 결론 및 기대효과

이상의 연구분석을 통하여, 각 사업장에서 관심을 가지고 주의하여야 할 재해사고의 직접적

요인이 무엇이며 그 상대적 가능성은 어떤지를 분석, 제시하는 기법을 제안하고 그 응용 프로그램을 소개하였다. 따라서 이러한 기법이 제대로 활용될 경우에 얻는 효과는 다음과 같다.

- 1) 업종이나 고용규모 등을 고려, 해당 사업장에 적합한 분석자료를 제시하므로 안전관리의 효율성을 도모한다. 일반적이고 광범위한 재해통계가 아니라, 해당 사업장의 특성에 맞게 분석함으로써 재해예방의 효과는 더욱 높아질 수 있다.
- 2) 평가 및 분석에 객관성이 보장된다. 방대한 양의 관계지식이나 특별한 참고 자료가 없어도 관계 전문가들의 판단이 이미 프로그램 안에 보관되어 있으므로, 별도의 교육없이 프로그램 지시대로 따르기만 해도 평가의 객관성이 보장된다.
- 3) 컴퓨터 분석이라는 방법을 통해 안전관리 분야에도 전문성과 과학적 관리 기법이 요구됨을 사업주는 물론, 작업자들에게 이해시키는데 효과적이어서, 안전관계자들의 사기진작이나 안전관계부서의 위상정립에 기여할 수 있다.

이 기법이 각 사업장에서 실효를 거둘 수 있는 실제적인 기법이 되기 위해서는 업종이나 고용규모 등의 고정변수는 분석에서 제외시키고, 사업장 특성상 추가적으로 필요한 분석요인은 첨가하며, 요인들을 범주화하는데 보다 구체적이고 현실적이어야 하는데, 이는 추후과제로서 계속되어야 할 연구대상이다.

본 연구는 1993년도 노동부 학술연구 용역 사업에 의하여 수행된 연구결과의 일부로서 노동부의 지원에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 高橋恒彦, 人間の情報處理過程からみた誤判断・誤操作, 安全工學, Vol.18, No.6, pp.347~353, 1979.
- 2) 黒田勳, 安全におけるヒューンファクターへのアプローチ, 安全工學, Vol.26, No.5, pp.262~270, 1987.
- 3) McCormick, E. J., and Ilgen, D. R., Industrial

- & Organizational Psychology, 8th ed., 1985.
- 4) Rasmussen, J., A Taxonomy for Describing Human Malfunction in Industrial Installations, J. of Occupational Accidents, Vol. 4, pp. 311~333, 1982.
  - 5) Thomas, R.K., John, H.H., and Stanley, J. H., The Behavior-Based Safety Process, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
  - 6) 上田和彦, 上原陽一, 化學工場におけみ事故原因解析のためのエキスパートシステムの構築, 安全工学, Vol. 29, No. 3, pp. 175~181, 1990.
  - 7) Saaty, T.L., Decision Making for Leaders, University of Pittsburgh, Pittsburgh, 1986.
  - 8) Saaty, T.L., The Analytic Hierachy Process, McGraw-Hill, New York, 1980.
  - 9) Zahedi, F., The analytic hierachy process-a survey of the method and its application, Interfaces, Vol. 16, pp. 96~108, 1986.
  - 10) 井上威恭, 事故情報の活用, 安全工学, Vol. 28, No. 4, pp. 192~201, 1989.
  - 11) 이상도, 이병근, 계층분석 모형에 의한 안전조직의 평가, 대한인간공학회지, Vol. 9, No. 2, pp. 47~54, 1990.
  - 12) 정민근, 이중한, 강동석, 퍼스날 컴퓨터용 산업재해정보 시스템 AIMS의 개발, 산업공학, Vol. 2, No. 2, pp. 1~13, 1989.
  - 13) 산업재해신문사 편집국編, 산업재해분석총람, 산업재해신문사, 1992.
-