IE Interfaces
Vol. 14, No. 1, pp. 106-110, March 2001.

# 체감 산업안전 평가지수 개발과 그 응용에 대한 연구

김유창[1] · 김의창[2]

[1]동의대학교 기계산업시스템공학부 / [2]동국대학교 정보산업학과

# Development of Effective Industrial Safety Index and Application

Yu-Chang Kim[1] · Yei-Chang Kim[2]

The importance of development of occupational safety index is truly great. It will contribute to the wise direction of safety program. In present, frequency and severity ratios were the standard measure. These terms express the incidence of major injuries and severity of the major injuries experience, each with relation to the employee-hours of work exposure during the period that is measured. But these measure don't expressed the dangerous feeling degree of worker. In this study, Effective Industrial Safety Index(EISI) was developed using dangerous feeling degree of worker, frequency of injuries, and severity of injury. EISI can be used as an aid for effective safety management in workplace

## 1. 서 론

한국에서 산업재해를 분석하여 보면 '97년 한국에서 4일이상 요양을 요하는 재해자가 66,770명 발생하였으며 이중 사망은 2,742명이었다. 산업재해로 인한 경제적 손실액은 77,802억 원으로 추정되며 매년 증가하고 있다(노동부, 1998). 산업재해를 줄이기 위한 산업안전 프로그램을 효과적으로 운영하기 위해서는 산업안전 평가지수 활용이 필요하다.

산업안전 평가지수로서 연천인율, 만인율, 도수율, 강도율, 평균강도율, 종합재해지수, 재해손실비용 등이 많이 이용되고 있으며, 외국에서는 각각 장단점을 갖는 많은 평가지수의 개발이 이루어지고 있으나 국내에서는 이러한 연구가 전혀 없는 형편이다.

외국뿐만 아니라 한국에서 현재 사업장의 안전평가를 위해서 산업안전 평가지수로서 재해빈도를 나타내는 도수율과 재해 강도를 나타내는 강도율을 많이 사용하고 있다. 산업재해가 발생하면 회사의 이미지 상실, 보험료 상승, 그리고 정부의 간섭 등의 이유로 재해 신고를 기피하고 있다. 따라서 우리나라의 산업통계는 도수율은 감소하고 있으나 강도율은 증가하고 있는 기형적인 자료가 나오고 있는 실정이다. 김유창(1998)을 비롯한 많은 학자들은 산업안전 평가지수로서 도수율보다는 강도율을 중점적으로 관리하여야 한다고 주장하고 있다. 그러나 도수율도 매우 중요한 요소이므로 이를 무시할 수 없다. 따라서 도수율과 강도율을 동시에 고려한 평가지수의 개발이 필요하다. Grimaldi (1980)는 도수율, 강도율, 평균강도율을 이용한 모델을 제시하였으나 이러한 지수들은 사람이 느끼는 안전의 정도는 나타내지 못하였다. 또한 많이 사용하는 종합재해지수($\sqrt{\text{도수율}\times\text{강도율}}$)도 도수율과 강도율의 가중치가 같은 단순한 수치일 뿐 어떤 큰 의미를 지니고 있지 못하다. 본 연구는 사람들이 느끼는 안전의 정도와 도수율과 강도율과의 관계를 밝히고, 이를 이용한 체감 산업안전 평가지수를 개발하여 효율적인 안전관리를 할 수 있는 토대를 제공하는 데 있다.

## 2. 안전 평가 지수

산업장의 안전평가와 안전프로그램을 평가하는 데는 많은 방법들이 제안되었다. 이러한 방법들은 크게 Systemic measure와 Organic measure로 구별된다. Organic measure는 안전 프로그램이 얼마나 잘 디자인되고 수행되었는가를 평가하는 지수이고, Systemic measure는 안전 프로그램의 효과를 측정하는 지수이다.

Organic measure는 안전검사(safety inspection), 안전인증(audit), 비교(comparison) 등이 있으며, Systemic measure는 연천인율, 도수율, 강도율, 평균강도율, 종합재해지수, 재해손실비용 등이 많이 이용되고 있다.

연천인율은 1년간 1000명당 발생한 재해 건수를 말하며, 이 수치는 간단히 계산할 수 있으나 각 나라와 사업장마다 일하는 평균 근로시간이 달라 각 나라와 사업장을 비교하는 데 한계가 있다. 1937년 미국 OSHA에서 발표한 도수율과 강도율이

표 1. 산업안전 평가지수의 특성과 장단점

| 안전평가지수 | 수 식 | 특성 및 장단점 |
|---|---|---|
| 연천인율 | $\frac{\text{재해자수}}{\text{년평균근로시간수}} \times 1000$ | · 장점 : 계산이 간단하다.<br>· 단점 : 근로시간, 출근율, 가동일수와 무관하다 |
| 도수율 | $\frac{\text{재해건수}}{\text{연근로시간수}} \times 1,000,000$ | · 재해발생빈도를 나타냄<br>(한국 : '96년 3.49, '97년 3.28 일본 : '93년 2.01)<br>· 재해의 기준이 나라마다 다름<br>미국 2일 이상 요양, 한국과 일본 4일 이상 요양 |
| 강도율 | $\frac{\text{근로손실일수}}{\text{연근로시간수}} \times 1,000$ | · 재해 강도를 나타냄<br>(한국 : '96년 2.19, '97년 2.32 일본 : '93년 0.18)<br>· 만인율 : 만명당 사망자수('96년3.27, '97년3.33) |
| 환산도수율 | $\frac{\text{재해건수}}{\text{연근로시간수}} \times 100,000$ | · 근로자의 평생근로시간치인 100,000시간으로 환산한 도수율<br>(8시간*25일*12개월*40년)+(100시간*40년) |
| 환산강도율 | $\frac{\text{근로손실일수}}{\text{연근로시간수}} \times 100,000$ | · 근로자의 평생근로시간치인 100,000시간으로 환산한 강도율 |
| 평균강도율 | $\frac{\text{강도율}}{\text{도수율}} \times 1,000$ | · 재해 1건당 평균손실일수<br>· 재해 건수에 대한 정보 없음 |
| 종합재해지수 | $\sqrt{\text{도수율} \times \text{강도율}}$ | · 도수율과 강도율의 가중치가 같음. 실제는 같지 않음 |
| 재해손실비용 | · 하인리히 방식<br>직접비용 + 간접비용<br>· 시몬즈 방식<br>보험비용 + 비보험비용 | · 장점 : 기업에 설득력이 있음<br>· 단점 : 계산이 복잡하여 전문가만이 계산할 수 있음<br>재해손실비용 산출이 시간이 많이 소요되어 적시에 계산 불가능할 때 있음 |

현재 표준처럼 활용되고 있다. 도수율은 재해 빈도를 나타내며 100만 시간당 발생한 재해 건수를 말하며, 강도율은 재해 강도를 나타내며 1000시간당 발생한 근로손실 일수를 말한다. 이와 유사한 환산도수율과 환산강도율이 있는데, 이는 우리나라 근로자의 평생근로시간이 10만 시간인 점을 착안하여 근로자들에게 쉽게 설명할 수 있도록 하기 위해 개발되었다. 즉, 10만 시간당 재해 건수를 환산도수율, 10만 시간당 근로손실 일수를 환산강도율이라 한다. 또한 강도율과 도수율을 이용한 평균강도율과 종합재해지수가 개발되었다. 평균강도율은 재해 한건당 발생한 근로손실일수로 표시되며, 종합재해지수는 $\sqrt{\text{도수율} \times \text{강도율}}$로 표시되며 가중치가 같다. 그 외에 재해손실비용으로 안전을 평가하려는 연구가 Heinrich, Simonds 등에 의해 행해졌다. 재해손실비용은 기업에 설득력이 더 있다는 연구결과가 있으나 계산이 복잡하고 재해로 인해 발생한 비용의 산출이 시간이 많이 소요되기 때문에 적시에 데이터를 얻기가 힘든다. 위의 산업안전 평가지수의 특성과 장단점을 <표 1> 에 요약하였다.

효율적인 안전평가지수를 개발하는 데는 기존의 여러 기준사항이 있으나 다음과 같은 기준 사항을 고려하여야 한다.

1) 안전평가지수는 그 평가방법을 교육받은 사람들이 쉽게 이해하고 응용할 수 있어야 한다.
2) 안전평가지수는 현실적이어야 하고 익숙하고 복잡하지 않아야 한다. 또한 최소한의 교육으로 안전평가지수의 소개와 사업장에서 쉽게 사용할 수 있어야 한다.
3) 안전평가지수는 안전작업과 위험관리의 효과를 비교할 수 있어야 한다.
4) 안전평가지수가 표준으로 정해지기 위해서는 노동부와 산업안전공단의 승인을 얻어야 한다.

위와 같은 기존의 안전평가지수의 장단점과 개발 기준사항을 고려하고, 실제로 사람이 피부로 느낄 수 있는 안전평가지수의 개발이 필요하다.

## 3. 연구방법 및 결과

### 3.1 연구방법

56명의 근로자에게 도수율과 강도율이 각각 1, 2, 4, 8, 16, 32인 36개의 사업장이 얼마나 안전한지를 설문지에 7점 등간척도로 나타내도록 하였다. 설문지는 도수율과 강도율이 각각 1, 2, 4, 8, 16, 32인 36개의 사업장 재해 상황을 나타내는 예제를 제시하였고 설문지에 각 예제는 무작위로 구성하였다. 재해가 발생하지 않았을 때 0을 기준으로 하고, 도수율이 32, 강도율이

표 2. 군집분석

| F \ S | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | B | C | E | F | G |
| 2 | A | B | C | E | F | G |
| 4 | A | B | C | E | F | G |
| 8 | A | B | C | E | F | G |
| 16 | B | B | C | D | F | G |
| 32 | C | D | D | D | F | G |

$F$ : 도수율, $S$ : 강도율

32 인 재해상황을 7을 기준으로 하여 각 36개 사업장의 안전 정도를 0과 7 사이에 나타내도록 하였다. 56개의 설문지 중 일관성이 결여된 15개의 설문지는 제거하고 41개의 설문지만 데이터로 사용하였다. 자료분석은 36개의 평균치를 SPSS 8.0을 사용하여 분석하였다. 자료의 신뢰성 테스트 결과 Alpha가 0.91로 높은 자료의 신뢰성을 보여준다(Cronbach, 1951).

### 3.2 체감 산업안전 평가지수 개발

설문지를 통해 얻은 근로자가 느끼는 안전의 정도, 도수율, 강도율의 데이터를 이용하여 SPSS의 군집분석을 한 결과는 <표 2>와 같다. <표 2>에서 근로자는 안전의 정도를 도수율의 차이에서 보다 강도율의 차이에서 훨씬 민감하게 느끼는 것을 알 수 있다. 예를 들면 도수율을 8에서 1로 줄이는 것보다 강도율을 2에서 1로 줄이면 훨씬 안전하다고 느낀다. 따라서 산업안전을 평가하는 데 도수율보다는 강도율이 훨씬 강조되어야 한다.

근로자가 느끼는 안전의 정도와 도수율과 강도율과의 관계를 맺는 모형을 아래와 같이 개발하였다. 사업장에 쉽게 응용할 수 있도록 간단하고 정확한 모형을 만들기 위해 도수율 8, 강도율 8 이하의 데이터만 사용하였다. 왜냐하면 도수율과 강도율이 8 이하에서 선형모형이 적합하였고 또한 대부분의 사업장이 여기에 해당되기 때문이다. 도수율 8, 강도율 8 이상에서 선형모형이 적합하지 않는 이유는 사람들에게 매우 큰 재해는 축소하려고 하는 사정효과(range effect)가 있기 때문이다.

체감 산업안전 평가지수
$= 0.073 \times$ 도수율 $+ 0.385 \times$ 강도율

이 모형은 R Square가 0.97로 사람이 느끼는 사업장의 안전의 정도는 도수율과 강도율로 대부분 설명할 수 있음을 나타낸다. 또한 사람들은 도수율보다 강도율이 클수록 더 위험하다고 느낀다. 위의 평가지수를 사업장에서 좀더 사용하기 편하게 하기 위해서 간단한 모형을 아래와 같이 제안하며, 이 모형에서 얻은 평가지수를 체감 산업안전 평가지수라고 정의한다. 본 체감 산업안전 평가지수 지수의 예는 <표 3>과 같으며 '97년 한국의 체감 산업안전 평가지수는 2.51이며, 93년 일본의 체감 산업안전 평가지수는 0.55이다.

표 3. 체감 산업안전 평가지수 예

| F \ S | 1 | 2 | 4 | 8 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.0 | 1.8 | 3.4 | 6.6 |
| 2 | 1.2 | 2.0 | 3.6 | 6.8 |
| 4 | 1.6 | 2.4 | 4.0 | 7.2 |
| 8 | 2.4 | 3.2 | 4.8 | 8.0 |

$F$ : 도수율, $S$ : 강도율

체감 산업안전 평가지수
$= 0.2 \times$ 도수율 $+ 0.8 \times$ 강도율

### 3.3 체감 산업안전 평가지수의 타당성 평가

체감 산업안전 평가지수의 타당도를 평가하기 위해 업종별 체감 산업안전 평가지수와 산업재해 보험료율과 상관관계를 조사하였다. 산업재해 보험료율은 돈과 직접 관련이 있기 때문에 사람들이 좀더 실질적인 평가지수로 생각한다. National Safety News 지의 논문에서 기업의 안전성적 평가는 도수율이나 강도율로 나타내는 것보다 손실금액으로 나타내는 것이 효과적이다라고 발표하였다(박필수, 1997).

업종별 체감 산업안전 평가지수와 산업재해 보험료율과 상관관계는 상관계수가 0.944로 매우 높으며 유의수준 0.01에서 유의하다. 그리고 산업재해 보험료율과 도수율과의 상관계수는 0.861, 산업재해 보험료율과 강도율과의 상관계수는 0.940이었다. 따라서 산업재해 보험료율과 체감 산업안전 평가지수의 상관계수가 도수율과 강도율과의 상관계수보다 높았다.

### 3.4 체감 산업안전 평가지수를 이용한 응용 : 업종별 산업재해 분석

한국에서 안전관리를 주로 건수 위주로 하여 왔기 때문에 '90년 도수율 6.70에서 '98년 2.29로 1/3 수준으로 떨어져 곧 산업안전 수준이 곧 선진국 수준에 도달할 것이라는 장미빛 전망을 내놓고 있다. 체감 산업안전 평가지수는 '90년 3.06에서 '98년 2.39로 조금 낮아 졌기 때문에 이에 근로자들은 별로 안전해진 것을 느끼지 못하고 있어 정부의 안전시책을 불신하고 있다. 이러한 문제점을 해소하기 위해 이제 산업재해를 건수 위주가 아닌 체감 산업안전 평가지수와 같은 산업안전평가지수로 관리하여야 한다.

'98년 한국은 IMF의 영향으로 많은 실직과 근무시간의 단축으로 산업재해는 '97년에 비해 급속히 감소하였다. 따라서 체감 산업안전 평가지수도 전 업종은 '97년 2.51에서 '98년 2.39로 감소하였다. 일본은 '93년 전업종 체감 산업안전 평가지수는 0.54로 한국보다 4.4배 정도 낮다.

'98년 산업재해를 산업별로 체감 산업안전 평가지수를 분석하면 광업이 51.67로 제일 높고, 어업 28.19, 농업 4.9, 임업 4.05, 건설업 3.24, 제조업이 2.69, 운수창고통신업이 2.63, 전기가스 및 상수도업이 0.98, 금융보험업 0.09 순이었다. '98년 어업, 농업, 임업의 산업재해 분석자료가 처음 공개 되었는 데, 안전하다고 생각되는 업종이 매우 위험함을 알 수 있어 이에 대한 대책이 필요하다.

'98년 산업재해를 체감 산업안전 평가지수를 이용하여 업종별 분석을 <표 2>와 같이 4개군으로 나누어 분석하였다. <표 2>에서 Ⅰ군은 한국 상황을 고려하여 선진국 수준(0.5) 보다 약간 높은 체감 산업안전 평가지수가 1 미만, Ⅱ군은 1 이상에서 우리나라 평균 수준인 2.5 미만, Ⅲ군은 2.5 이상에서 10 미만, Ⅳ군은 10 이상의 매우 위험한 업종으로 구분하였다.

Ⅳ군에 속하는 한국에서 가장 위험한 업종은 금속 및 비금속광업이며, 광업 이외에는 벌목업과 금속제품제조업이 매우 위험한 업종으로 분석되었다. 특히 사망재해가 많은 석탄광업과 근로자가 많은 금속제품제조업에 대한 철저한 안전관리가 필요하다. Ⅲ군에 속하는 업종에도 많은 안전관리의 노력을 집중하여 관리하여야 한다. 특히 근로자가 많은 건설공사, 수송용 기계 제조업, 화학제품 제조업, 식료품 제조업, 운수업에 많은 안전에 투자가 요망된다.

전체적으로 한국의 산업안전 수준을 획기적으로 높이기 위해서는 국가의 한정된 자원을 효율적으로 배분하여야 한다. 따라서 한국의 전체 업종을 4개군으로 나누어 여기에 알맞는 안전관리를 하여야 하며, 그에 대한 대책을 아래와 같이 제시한다.

1) Ⅳ군은 매우 위험한 업종으로 대부분 사양산업이거나 3D 업종으로 이 군에 속하는 업종에서 산업재해를 줄이기 위해서는 정부의 많은 기술과 자금지원을 필요로 하며, 또한 산업재해가 발생할 경우 강력한 행정제재가 필요하다. 또한 장기적

표 4. 체감 산업안전 평가지수를 이용한 업종별 분석

| 분 류 | 업 종 | 체감산업 안전평가 지수 | 업 종 | 체감산업 안전평가 지수 |
|---|---|---|---|---|
| Ⅴ (10이상) | 금속및비금속 광업 | 130.45 | 채석업 | 28.59 |
| | 벌목업 | 113.35 | 석회석광업 | 18.90 |
| | 석탄광업 (275) | 90.68 | 연탄 및 고체연료생산업 | 11.96 |
| | 금속제품제조업 또는 금속가공업 ★ | 36.65 | | |
| Ⅲ (2.5-10) | 건설기계관리사업 | 9.11 | 항만하역및화물취급사업 | 3.57 |
| | 제재 및 베니어합판제조업 | 7.95 | 건설공사(을) ★ | 2.78 |
| | 화물자동차운수업 | 6.07 | 수송용기계제조업(을) ★ | 3.20 |
| | 금속제 | 6.47 | 창고업 | 3.16 |
| | 품제조업(갑) | 5.14 | 항공운수업 | 2.38 |
| | 요업및토석제품제조업 | 4.93 | 제본및인쇄물가공업 | 3.00 |
| | 시멘트제조업 | 4.66 | 화학제품제조업 ★ | 2.90 |
| | 중건설공사 | 4.87 | 철도 또는 궤도신설공사 | 2.71 |
| | 펄프 및 지류제조업 | 5.39 | 소형자동차운수업 ★ (95) | 2.66 |
| | 목제품제조업 | 3.98 | 자동차여객운수업 ★ | 2.66 |
| | 선박건조수리업 | 4.00 | 섬유제품제조업(을) ★ | 2.77 |
| | 도금업 | 3.22 | 식료품제조업 ★ | 2.70 |
| | 건설공사(갑) ★★ (562) | 3.66 | 고무제품제조업 | 2.59 |
| | 기계기구제조업 ★ | | 수상운수업 | 2.93 |
| Ⅱ (1-2.5) | 인쇄업 | 2.44 | 담배제조업 | 1.41 |
| | 농수산물위탁판매업 | 2.85 | 골프장 및 경마장운수업 | 1.83 |
| | 유리제조업 | 2.52 | 통신업 | 1.14 |
| | 건물관리업 ★ (89) | 2.25 | 전기기계기구제조업 ★ | 1.39 |
| | 도자기제품제조업 | 2.24 | 금속제련업 | 1.04 |
| | 수송용기계제조업(갑) ★ | 1.69 | 계량기및정밀기구제조업 | 1.16 |
| Ⅰ (1미만) | 의약품 및 화장품제조업 | 0.91 | | |
| | 섬유제품제조업(갑) ★ | 0.82 | 제염업 | 0.29 |
| | 신문화폐발행 및 출판업 | 0.55 | 금융보험업 ★ | 0.09 |
| | 전자제품제조업 ★ | 0.43 | | |

★ 100,000명 이상의 근로자 근무 업종

★★ 1,000,000명 이상의 근로자 근무 업종

( ) 사망자 숫자

으로는 사업장을 해외로 이전하는 등과 같은 적극적인 대책을 검토하여야 한다. 이 군에 속하는 업종은 사양산업이라 고령자와 여성근로자의 비율이 증가할 것이므로 여기에 대한 적극적 예방대책이 필요하다.

2) Ⅲ군은 위험 업종으로 대부분의 제조업과 건설업이 포함되어 있어 많은 근로자들이 이 군에 속하는 업종에 근무하고 있다. 우리 나라의 재해를 획기적으로 줄이기 위해서는 Ⅲ군에 속하는 업종에 국가의 산업안전자원을 집중적으로 투자하여야 한다. 또한 이들 업종이 안전을 시스템적으로 경영할 수 있도록 선진기법을 도입할 수 있도록 교육과 기술지원을 하여야 한다.

3) Ⅱ군에 속하는 업종은 평균적으로 산업안전이 어느 정도 관리되고 있다. 산업안전이 자율적으로 운영될 수 있도록 안전을 잘 관리하는 업체는 행정규제를 면제시키는 등 적절한 보상으로 동기부여를 계속 부여하는 것이 필요하다.

4) Ⅰ군에 속하는 업종은 매우 안전한 업종으로 산업안전을 업체 자율에 맡기고 산업재해가 발생한 업체에만 안전관리를 하여도 충분하다. 또한 작업환경 관리를 좀 더 과학적으로 하여야 하며 근로자의 건강증진에 대한 욕구가 높아지고 있어 이에 따른 여건을 조성하여 주어야 한다.

또한 이러한 기준은 개별 업체에서도 각 업체의 체감 산업안전 평가지수를 이용하여 대책을 마련할 수 있다.

## 4. 결 론

한국에서는 날로 발전하는 산업사회의 산업시설 및 위험기계가 증가함에 따라 산업재해가 증가하고 그 피해액도 점차 확대되어 가고 있는 실정이다. 이러한 산업재해는 우리 나라의 국력손실은 물론 귀중한 인명까지도 앗아가고 있다. 따라서 현재 한국은 강력한 규제관리를 행하고 있다. 대부분의 한국에서의 관리는 재해율과 같은 건수 관리를 하고 있어 대부분 작은 재해는 신고를 기피하고 있어 통계상으로는 재해가 줄어든 것 같으나 실제는 그렇지 않다.

본 연구에서 제안된 체감 산업안전 평가지수는 이러한 문제점을 해결할 수 있으며, 사람들이 느끼는 안전의 정도를 알 수 있어 산업안전의 관리 목표를 세우는 데도 많은 도움이 될 것으로 생각된다. 또한 본 논문은 체감안전평가지수를 이용하여 근로자들이 느끼는 위험정도에 따라 업종을 4개의 군으로 분류하여 재해를 분석하고 이에 대한 효율적인 예방대책을 제시하였다. 국가는 산업안전에 투자될 한정된 자원을 가지고 있기 때문에 모든 업종에 똑같이 많은 돈을 투자할 수 없다. 따라서 산업안전관리를 잘하는 업종의 업체는 자율관리에 맡기고, 안전관리가 잘 행해지고 있지 않은 업종이나 업체는 안전을 철저히 관리할 뿐 아니라 이곳에 집중적으로 자원을 투자하여 산업재해를 획기적으로 줄여야 한다. 또한 산업안전관리는 수치만이 아닌 근로자가 체감하는 안전관리를 하여야 한다. 근로자가 느끼지 못한 수치의 관리는 국가의 안전시책에 불신만을 가져올 뿐 아니라 안전의 주체인 근로자를 안전 프로그램에 참여시키지 못한다. 체감 산업안전 평가지수는 이에 대한 대안으로 생각되며 국가차원에서 이 지수의 활용이 필요하다. 또한 체감 산업안전 평가지수의 여러 이용방안도 앞으로 연구되어야 할 것이다.

체감 산업안전 평가지수는 나라의 정책을 결정할 때나 규모가 큰 사업장의 평가에는 적합하나 규모가 작은 사업장에서는 적합하지 않을 경우도 있다. 따라서 규모가 작은 사업장에 적합한 평가지수의 개발이 필요하다.

## 참고문헌


김유창 (1998), 한국 산업재해 예측에 대한 연구, 한국산업안전학회 *'98 년 추계학술대회 논문집*, 185-190.

노동부 (1998), *'97 산업재해분석*.

박필수 (1997), *산업안전관리론*, 14장, 중앙경제사

Cronbach, L. J. (1951), *Coefficient alpha and the internal structure of tests*, Psychometrika, 16, 297-334.

Grimaldi, J. V. (1980), *The Measurement of safety engineering Performance*, in The Measurement of Safety Performance, ed. W. Tarrants, New York.

Heinrich, H. W. (1950), *Industrial accident prevention*, MaGraw-Hill.

Simonds, R. H., Grimaldi, J. V., R. H. (1963), *Safety management*, IRWIN.

Steen, J. (1996), *Safety Performance Measurement*, Gulf Publishing Company.

Steen, J. (1996), *Safety performance measurement*, Gulf Publishing Company.

**김 유 창**
고려대학교 산업공학과 학사
한국과학기술원 산업공학과 석사
한국과학기술원 산업공학과 박사
현재: 동의대학교 산업공학과 교수
관심분야: 인간공학, 산업안전

**김 의 창**
동국대학교 수학과 학사
동국대학교 컴퓨터공학과 석사
동국대학교 컴퓨터공학과 박사
Univ of Illinois at urbana-Champaign Post Doc.
현재: 동국대학교 정보산업학과 부교수
관심분야: 데이타베이스