

화학공장 사고에 대한 비용·편익 분석 Cost-Benefit Analysis for the Accident in Chemical Plants

정택상, 유진환, 고재욱
광운대학교 공과대학 화학공학과 공정시스템연구실

Taik-Sang Jeong, Jin-Hwan Yoo, Jae-Wook Ko
Process System Laboratory, Department of Chemical Engineering,
Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea

요약

화학공장의 취약점을 파악하여 안전성을 경제적으로 확보할 수 있는 대안에 대한 설비별 안전투자비용과 그에 따른 편익을 산출하고, 분석함으로써 경제적인 안전 투자 대안을 사업주에게 제시함으로써 안전투자 의사결정의 기초 자료로 활용하도록 한다. 이를 통하여 화학공장의 안전 활동 및 안전 투자의 효율성을 증진시키고 안전성 향상을 위한 화학공장의 안전투자 가치를 정립하기 위함이다.

Abstract

A Cost-Benefit Analysis which would help us to make optical decisions among safety investment alternatives, calculating and comparing costs and benefits for facilities in chemical plants. As well as offering the related information in the decision makings for safety improvement, it promotes on-site safety activities and the efficiency of safety investments. The developed Cost-Benefit Analysis will eventually contribute to our efforts in economically justifying the safety investments in chemical plants.

서론

화학공장에서 발생되고 있는 사고는 인적·물적 손실과 더불어 사회적 책임이 증가하고 있는 추세이다. 또한, 화학공장의 설비는 첨단화, 대형화,

고도화, 복잡화 되어가고 있고, 이로 인한 대형사고 발생 가능성은 확률적으로 더 높아지고 있다.

중대산업사고는 공장 내의 근로자뿐만 아니라 인근 공장 및 주민, 환경생태계에 미치는 영향이 심각하여 기업의 안전문제에 대한 사회적 책임을 요구받고 있다. 기업의 이러한 역할이 강조되는 것은 안전관리 문제와 직접적인 관련이 있는 생산과 소비활동이 기업에 밀접한 관련을 맺고 있기 때문이다. 이에 따라 기업은 안전관리 규제에 대한 수동적·소극적인 대응에서 벗어나 자발적이고 체계적인 안전관리를 수행해야 할 필요가 있다. 또한, 기업의 안전관리 문제의 속성상, 오랜 시간에 걸친 누적 결과이거나 주변 시설의 유해·위험물질 누출에 의한 상승·복합작용의 결과이다. 또한, 관리 부주의로 인한 갑작스런 안전사고 발생은 이러한 사고를 가능하게 할 수 있다. 이러한 사고는 그 범위나 피해의 정도가 클 경우에는 관련 기업의 사활과 직결되므로 기업은 효과적인 사고 예방관리 대책 수립이 필요하다.

본 연구에서는 비용·편익 분석을 통하여 국내 화학공장의 사고사례를 예로 들어 사고로 인한 비용과 효율적인 안전투자 비용으로 인한 편익을 분석해 보고자 한다.

본론

1. 비용·편익 분석 방법의 개념

비용·편익 분석이란 국가적인 차원에서 정해진 목표를 달성하기 위하여 예상되는 여러 대안들 각각의 비용과 편익을 측정하고 비교·평가하여 최선의 대안을 도출하는 기술적 방법이라고 규정할 수 있다. 따라서 이 분석은 사업대안들의 비용과 편익을 측정하고 평가하는 일반적인 절차를 모두 내포하고 있으며 이와 관련된 여러 원칙과 기준 하에서 분석을 해야 하는 것이다.

비용·편익분석 과정에서 몇 가지 주의해야 할 것은 다음과 같다.

첫째, 비용·편익분석은 행하는데 있어서 비용이나 편익으로 측정하기 어려운 요소들이 많이 있다. 다시 말하여 화폐가치로 환산하는데 있어서 어려움이 존재한다. 이러한 이유로 비용·편익분석은 무리한 환산으로 인하여 믿을 수 없는 억측에 의한 분석에 불과하다는 견해가 있을 수 있다. 그러나 측정할 수 있는 것은 최대한 측정하고, 측정할 수 없는 것은 그대로 지적하여 최선의 선택에 이르도록 도와주는 기법이 바로 비용·편익분석인 것이다.

둘째, 비용·편익분석은 실증적인 접근방법 이라기보다는 규범적인 방법이다. 규범적인 접근 방법에는 무엇을 어떻게 하는 것이 가장 이상적인가를 규명하는 가치판단이 내포된다. 가치판단에는 사회적·문화적인 제약들이 영향을 끼치게 되며, 이러한 이유로 경제 분석에 의해 도출된 비용·편익분석의 결과는 자칫 무용지물이 되기도 쉽다. 그러나 사회적·문화적 제약들을 적절

히 고려하면서 현실적으로 가능한 최선의 대안을 제시하는 것이 비용·편익 분석의 목적이라면 이것은 가치가 있는 분석이라 할 수 있다.

2. 비용·편익분석의 일반적인 체계

위험을 기반으로 하는 비용·편익분석 방법을 사용할 때의 일반적인 체계는 다음의 Fig 1.1 과 같이 4단계로 구성되어 있다.

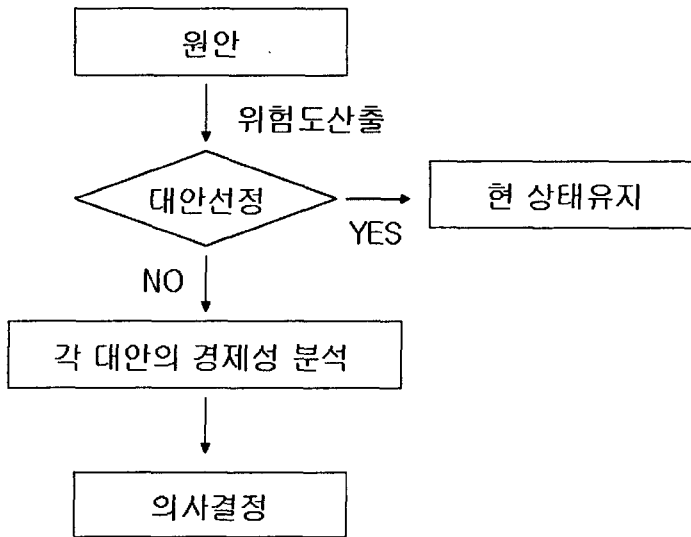


Figure 1. 비용·편익 분석 체계

가. 문제의 제기와 목표의 설정

비용·편익분석을 위해서는 먼저 현황분석을 통하여 문제가 제기되고, 이에 따라 투자사업의 필요성이 대두되면 투자사업과 연관된 목표를 선정할 수 있다. 이러한 문제제기와 목표설정과정은 투자사업의 평가과정 중 가장 우선되며, 이후 평가과정의 판단기준이 되므로 일반적이고 객관적이며 동시에 정확한 분석과정이 되도록 하여야 한다.

나. 대안의 설정 및 예비검토

제기된 문제를 해결하거나 설정된 목표를 달성할 수 있는 대안은 다양하게 설정될 수 있다. 사업의 내역뿐 아니라 그에 수반된 가정, 전제조건 등도 함께 명확히 정의되어야 한다. 그리고 충분한 대안이 설정되면 그 대안의 기술적 사항을 검토하고 소요투자비를 산출하기 위하여 예비설계를 실시하며 대안별 건설계획, 재원조달 방안 등도 예비적으로 검토한다.

다. 대안별 효과예측

분석대상이 되고 있는 대안은 하나 혹은 둘 이상일 수 있으며 이들 각 대안이 실제 시행되었을 경우 나타날 효과를 분석한다. 어떤 항목을 비용과 편익 중 어디에 포함시킬 것인가를 결정하는 데는 두 가지 방법이 있다. 첫째는 투입을 비용으로 선출을 편익으로 구분하는 것이고, 둘째는 사업의 부정적 결과를 사회적 비용으로 구분하는 것이다.

이때 중요한 것은 각각의 대안 프로젝트와 관련된 모든 투입과 산출을 예측해야 한다는 것이고 긍정적이든 부정적이든 모든 영향이 밝혀져야 한다는 것이다. 그리고 인식된 비용과 편익에 가치를 부여할 때에는 화폐단위로 해야 하므로 소비되는 자원과 생산되는 재화의 시장가치를 제대로 평가하여야 한다.

이러한 시장가치접근법은 개념상으로는 단순하지만 실제 측정에서는 시장가격이 존재하지 않거나 시장가격이 왜곡되어 있을 수 있으므로 심각한 문제에 직면할 수 있다. 이러한 경우 각 대안 프로젝트의 소비자가 어떤 재화나 서비스에 대해 지불하고자 하는 의사를 바탕으로 소비자잉여를 추정하는 것이 매우 중요한 것이 될 것이다.

라. 대안의 비교평가 및 최적대안의 선정

대안별 소요투자비 즉, 대안을 채택했을 경우에 소요되는 비용과 그로 인하여 얻게 되는 각종 효과를 비교하여 투자의 효율성을 판단한다. 비용·편익분석에 의한 프로젝트의 선택은 순편익(net benefit)을 극대화하는 것으로 해야 한다는 것이 기본원칙이다. 이때 대안선택을 위한 판단기준으로는 비용편익비(B/C), 순현재가치(NPV), 내부수익율(IRR), 자본회수기간(PBP), 초기년도 수익률(FYRR) 등이 있다.

3. 비용·편익 항목 선정

비용과 편익을 평가하기 위해서는 비용·편익 분석에서 고려하여야 하는 항목들을 선정할 필요가 있으며, 비용·편익 항목을 선정하기에 앞서 먼저 비용과 편익에 대한 일반적인 정의를 내리면 다음과 같다.

비용이란 어떤 사업을 수행하는데 있어서 지불해야 하는 일체의 비용을 금액으로 표시한 값을 의미한다. 이와 같은 비용을 경제적 비용이라 한다.

이에 반해 편익은 어떤 사업을 수행함으로써 그 결과 사회에 제공하는 일체의 직·간접적인 효과를 의미한다. 편익에는 직업창출, 안정성 향상 등과 같은 긍정적인 면과 환경오염 등과 같은 부정적인 면이 있을 수 있으며, 이 두 가지 측면을 모두 포함하는 사회 전체의 효과로 편익을 평가하는데 이를 사회적 비용이라고도 한다. 이와 같은 사회 전체의 효과를 비용·편익 분석에서는 총괄하여 편익이라고 한다.

화학공장에서 안전성 향상을 위해 투자되어야 할 것으로 기대되는 직·

간접적인 항목을 비용항목으로 선정하였으며, 발생 가능한 사고가 투자로 인하여 예방되었을 때 지불하지 않아도 되는 비용인 재해손실 회피비용을 편의 항목으로 고려하였다.

3.1. 비용항목

가. 초기 투자비

초기 투자비는 개선 설비를 설치하고 운전하기 전까지 들어가는 투자비용을 의미한다. 초기투자비에는 안전성 향상을 위한 대안 수행을 위해 초기에 투자해야하는 직·간접비용으로 기존에 사용 중이던 설비의 철거비, 새로운 설비와 관련 설비에 대한 설치비, 시운전비 및 위의 사항에 포함되지 않는 기타로 구분하였다.

여기서 철거비란 새로운 설비를 신설하기 위해 기존에 사용중이던 설비를 철거해야 할 경우 소요되는 비용을 의미한다. 설치비는 안전성 향상을 위해 추가 도입되는 설비의 비용을 뜻하며, 시운전비는 새로운 설비 설치 후 시운전을 위해 필요한 일체의 비용을 말한다.

나. 운영유지비

운영유지비는 설비를 운영하고 정비·보수하는데 들어가는 비용을 의미한다.

다. 처분 비용

처분 비용은 추가 설비 투자 시에 교체되는 기존 설비의 처분시 소요되는 비용(모터, 고철, 폐기물 등)을 고려한다.

3.2. 편익항목

편익항목은 설비 도입에 따른 직접적 편익과 재해손실이 발생함으로써 생가는 재해손실 회피에 따른 편익의 2가지로 분류하였다.

가. 보상비용

보상비용은 사고로 인한 사망자 및 부상자에 대해 보상되는 비용을 말한다. 보상비용은 다시 산재보험 등에 의해 처리되는 비용과 사고회사 자체적으로 지불해야하는 비용으로 구분할 수 있다.

▶법적 보상비

1) 요양급여

업무상 부상 또는 질병에 걸렸을 때 의료기관에서 치료에 소요되는 비용을 치유시기까지 지급하는 현물 급여

2) 휴업급여

의료기관에서 치료를 위하여 입원 및 통원하고 있는 기간(요양으로 취업하지 못하는 기간)에 대하여 피해근로자와 그 가족의 생활보호를 위하여 임금 대신 지급하는 급여

3) 장애급여

업무상 재해의 치유 후(의사가 더 이상 치료의 효과를 기대할 수 없다고 치료를 종결한 날) 당해 재해와 상당 인과관계가 있는 장애가 남게 되는 경우 그 장애의 정도에 따라 지급되는 급여

4)유족급여

사망재해시 그 유족의 생활보장을 위하여 지급되는 급여

5)장의비

실제로 장제를 실행한 자에게 평균임금의 120일분 지급(매년 9월 1일부터 8월 31일까지 적용될 최고, 최저 보상기준금액을 매년 노동부장관이 고시하여 변경됨)

▶법적외 보상비

산재보험으로 처리되는 부분을 제외하고 회사 자체적으로 지급하는 위로금, 입원중의 법적요양보상비, 퇴직금 할증액, 기타 피해 근로자 및 유족에 대한 법적 외 보상 경비를 포함하였다.

나. 인적손실비용

인적손실비용이란 근로자의 근로시간 손실로 인한 비용으로 재해로 인해 근로자가 사고를 당함으로써 일을 할 수 없었던 시간에 대한 손실 및 사고를 당하지 않은 근로자의 사고 처리 및 도움을 주기 위하여 일을 할 수 없는 근로시간에 대한 비용을 말한다.

다. 물적손실비용

물적손실비용은 직접적인 비용으로 사고로 인한 파손 설비 및 이에 대한 복구비용으로 구분한다. 이때 파손설비는 사고 회사 플랜트 내부만의 설비를 고려하지 않고 외부의 파손설비에 대해서도 고려한다. 예를 들어 플랜트 외부의 가옥이나 타 사업장에 대한 피해 또는 자동차 등의 피해에 대해서도 손실 비용 및 복구비용을 고려해야 한다.

라. 생산손실비용

생산손실비용은 생산설비의 가동 정지 또는 고장으로 인해 빚어지는 생산차질에 의한 손실과 생산차질로 인해 야기될 수 있는 계약 위반 등에 의한 위약금 지불을 고려하였다.

마. 환경영향비용

환경영향비용은 사고로 인한 손실되는 자연자원의 손실, 농작물 및 가축

등에 대한 보상비용, 식수 및 지하수 보호비용 그리고 사고 지역에서의 주민 소개비용 등을 고려할 수 있다. 즉, 대기, 수질, 토양오염과 관련된 사회적 비용으로 자연 생태계에 미치는 전반적인 영향 등을 포함한다. 이들에 대한 비용 평가는 사실상 어려움이 많이 따르지만 기존에 발간된 문헌, 뉴스, 인터넷상의 자료를 조사하거나 규제기관과의 상호 연락을 통하여 계산한다. 그러나 이러한 방법이 널리 사용되는 것은 아니다. 이런 접근 방법으로 환경에 미치는 영향을 정량화하기 위해서는 우선, 각 비용 항목에 대한 정확한 비용을 먼저 고려해야 할 것이다.

바. 이미지 손실비용

이미지 손실비용은 다소 주관적인 판단이 개입할 수 있는 사고에 따른 기업의 신용, 평판 손실 및 계열의 이미지 손실 등을 고려할 수 있다. 이미 지손실에 대한 평가를 위한 구체적인 방법은 아직 정립되지 않지만, 현재 기업의 신용도에 미치는 영향으로 이미지 손실비용을 추정하고자 한다.

사. 기타손실비용

앞서 언급된 것 이외에 사고 처리를 위해 필요한 기타 처리비용을 고려할 수 있는데 기타처리비용에는 규제 강화에 따른 비용, 사고 유발에 대한 벌금 등에 대한 비용을 고려할 수 있다.

4. 사례연구

사고사례를 예로 들어 사고로 인한 비용과 효율적인 안전투자 비용으로 인한 편익을 분석해 보고자 한다.

4.1. 여천공단 폭발화재사고 사례

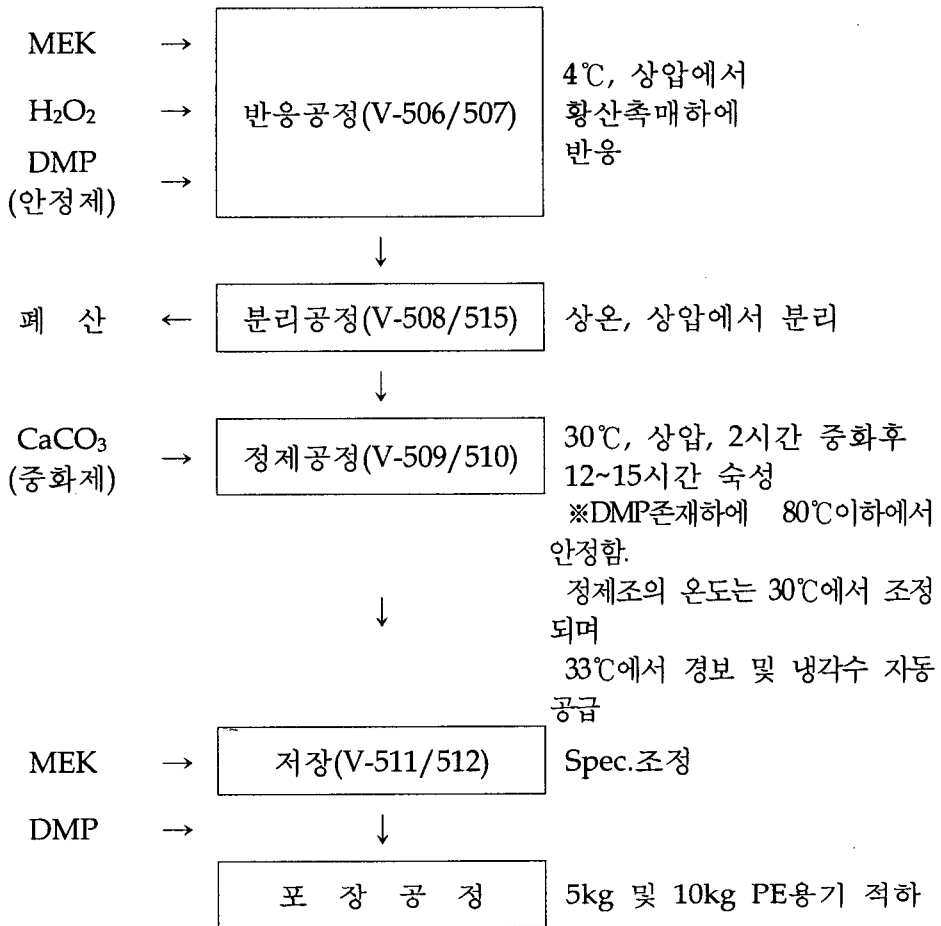
사건 발생 일시 : 2000년 8월 24일 10시 10분경

사건 발생 장소 : 메틸에틸케톤과산화물 제조공정

사고 개요 : H사 화학공장에서 포장작업을 하던 중 정상온도 30℃를 유지하여야 하나 온도가 급상승하여 메틸에틸 케톤 과산화물 제조공정이 분해 폭발한 사고로 6명 사망, 19명 중경상 등 피해 발생

조치 사항 : 즉시 인명구조 활동, 현장지휘소 및 응급의료소 설치 운영, 사고대책 본부설치 운영

※ 공정도 참조



대책

- ◇ 폭발 위험 설비에 대한 방폭벽 설치 등
- ◇ 작업 안전수칙 등 관리·감독 강화
 - 중화, 가온, 정지 공정의 야간 감시체제 강화
 - 설비의 가동, 정지 시 작업안전수칙을 준수토록 교육 및 관리 감독 강화

직접비용

요양급여 : 395,066,300
 휴업급여 : 94,815,900
 장해급여 : 221,237,130
 통원교통비 : 31,605,300

간접비용

회사자체 보상금 : 128,718,000

인적손실비용 : 143,868,000
 물적손실비용 : 25,200,000
 생산손실 : 4,900,950,000
 기타손실 : 397,320,000
 총 비용 : 6,368,780,630
 직접비 총계 : 742,724,630
 간접비 총계 : 5,626,056,000

편익(손실비-투자비용)

투자비용 : 1,556,200,000
 산재보험료 : 23,651,000
 인력유지비 : 6,814,000
 안전활동비 : 635,984,000
 시설장비 투자비 : 886,633,000
 안전교육비 : 998,000
 근로자 건강관리비 : 2,210,000

4.2. 고찰

사고로 인한 손실비용은 안전성 확보를 위한 경제적 투자를 미리 실행하였을 시 회피할 수 있는 기회비용으로 재해손실 회피에 따른 편익에 포함된다. 기업은 경제 상황이 좋지 못한 상황에서 투자를 결정하기도 쉽지 않을 뿐만 아니라, 그 투자를 아깝게 생각하는 경향이 있다. 물론 산업재해는 기업 내에서 발생하는 문제이고 사업장의 모든 결정권한이 최고경영자에게 있기 때문에 최고경영자의 안전경영의식은 산업재해예방에 결정적인 영향을 미치므로 비용-편익분석을 통해 최고경영자의 적극적인 지원을 유도하여 산업재해를 효율적으로 예방하고 최고경영자의 확고한 안전경영의식의 확립을 도모해야한다. 이는 재해가 발생할 경우 기업경영에 미치는 손실비용을 사전에 정량적으로 산출하고 그 손실을 예방하기 위해 소요되는 비용과 비교하여 이를 최고경영자에게 제시함으로써 안전투자 의사결정의 기초자료로 활용할 수 있다.

5. 기대효과

- 비용 효율적인 안전문화 정착에 기여
- 효율적인 안전비용 관리
- 안전경영의 투명성 확보의 기반 제공
- 안전관련 경쟁력 제고

결론

중대산업사고의 피해규모는 매우 크지만 발생가능성은 매우 낮기 때문에 화학공장 설비의 안전성 확보를 어느 정도까지 달성하여야 하는 지 결정하기가 어렵다. 또한 안전성 확보를 위한 추가적 조치는 일반적으로 많은 비용이 요구되며, 안전성의 확보 추가 조치비용과 경제적 투자는 투자의 기준이 되는 적정 위험도가 결정되어 있어야 가능 하게 된다. 따라서 국내에서 자체적으로 적정 위험도 선정 및 비용 편익분석 기법을 개발할 경우 상당한 파급효과가 있을 것으로 판단되며, 그에 따른 국내 기술력과 정보의 축적도 유도할 수 있을 것이다. 또한 국내 화학설비와 관련된 산업체 전반의 위험도 기준 설정 및 평가에 기여할 수 있으며, 이에 따른 데이터의 활용으로 파생되는 각종 정보들은 정부기관의 정책 수립 및 기업들의 안전 경영과 사고예방대책에 쓰이고 국내 안전 분야의 선진화에 기여할 것으로 사료된다. 이런 의미에서 화학공장의 위험성 평가 후 설비개선 등 안전성 향상 투자와 관련된 여러 대안 중 최적의 대안을 결정하는데 사용될 수 있는, 위험도에 기반한 비용·편익분석 기법을 개발하여 사업장의 안전성 향상 투자의 효율성을 제고하고, 화학공장의 정책 결정시 활용할 수 있는 위험도를 고려한 경제적 근거를 제시하여 과학적이고 경제적인 안전관리체계를 구축하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 김창수: "공공사업의 타당성 분석기법", 한국토지공사, 토지연구 7,3(96.6)
2. 양봉민, 김진현: "산업안전보건투자 4.6배 경제적 이익 가져와", 한국산업안전공단, 안전보건 44(93.4)
3. 강순중: "산재예방과 비용·편익 분석 이론의 실체", 한국산업안전공단, 안전보건 115(99.3)
4. 강순중: "산재예방과 비용·편익 분석의 접근방법", 한국산업안전공단, 안전보건 116(99.4)
5. <http://www.seri.org/forum/001751/>, 삼성경제연구소 비용편익분석포럼
6. 김태윤: "비용·편익분석의 이론과 실제", 박영사(04.8)
7. 최광만: "산업재해로 인한 직간접 손실비용 산출 프로그램 개발", 광운대학교 화학공학과 석사 논문, 48-57 (1999)
8. 서재민: "화학공장의 안전 설비 투자를 위한 비용·편익분석 시스템 개발" 광운대학교 화학공학과 박사 논문, 75-84 (2002)
9. (주)아스프, 광운대학교: "화학사고와 안전설비의 경제성 분석 모델 개발", 한국산업안전공단 기술개발 보고서
10. 한국산업안전학회: "산업재해로 인한 업종별 직·간접 손실액 산출기준에 관한 연구", 한국산업안전공단 산업안전보건연구원