

시스템 다이내믹스(System Dynamics) 모형을 이용한 안전관리효과 분석에 관한 연구

황호근, 홍인기, 백종배, 고재욱*
충주대학교, 광운대학교*

A Study on Impacts Analysis of Safety Management using System Dynamics Model

Hwang ho-keun, Hong in-gi, Baek jong-bae, Go jae-ouk*
Chungju National Univ. Kwangwon Univ.*

1. 서론

규제완화 이후부터 증가한 산업재해를 우려한 학계를 비롯한 단체에서는 규제복원 및 보완을 주장하고 있다. 그러나 단순히 산업재해통계의 증가가 규제완화로 인해 초래된 것인지 기존의 산업재해통계에 문제가 되었던 산업재해 은폐비율이 감소한 것인지에 대한 실증자료를 제시하지 못하고 있는 실정이다.

이러한 국내 현실에서 볼 때, 산업안전규제가 실제로 사업장의 안전관리개선에 영향을 미쳐 산업재해를 감소시키거나 산업재해의 증가를 억제하는 효과가 있는지를 실증적으로 분석하는 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 노동부의 산업안전규제가 사업장에 미치는 안전관리 효과 분석연구를 수행하기 위한 토대를 마련하고자 시스템 다이내믹스(system dynamics)를 이용해 산업안전감독이 사업장에 미치는 영향을 분석하기 위한 방법론과 분석모형을 제시하고 감독수행빈도에 따른 정책실험을 통해 산업안전감독의 영향을 분석하였다. 그 결과 산업안전 감독이 사업장 안전관리에 많은 영향을 주고 있는 것으로 분석되었다. 따라서 향후, 정부에서는 이러한 규제영향에 대한 실증 연구자료에 기초하여 기업의 경제적인 부담을 줄여주면서 산업안전수준을 향상시킬 수 있는 적절한 규제정책을 수립할 수 있을 것이다.

2. 산업안전규제 영향 분석 방법

2-1 규제영향분석 방법론 선정의 문제

정부의 산업안전규제에 대한 영향을 분석하는 것은 매우 어렵고 논란의 소지가 많다.

연구대상집단 선정과 관련해서는 업종이나 사업장규모, 사업장 수 등에 따라 연구결과가 상이하게 다를 수 있으며 평가방법에서는 통계분석인지 사례연구를 했는지에 따라 서로 그 결과가 다를 수 있을 것이다. 또한 평가요소가 무엇인지에 대한 문제도 논란이 될 수 있을 것이다.

W. K. Viscusi(1979, 1986)는 두 차례에 걸쳐 사업장에 대한 감독의 영향을 회귀분석을 통해 평가하였다. 먼저 '79년 연구에서는 '72~75년까지 4년간 감독수행빈도가 높은 사업장과 감독수행빈도가 낮은 사업장을 대상으로 OSHA감독과 재해율, 안전관리 투자비용과 관계를 분석하였지만 OSHA의 감독빈도가 두 가지 변수 모두에 영향을 미치지 못하는 것으로 분석되었다. 또한 '86년에 수행한 연구는 '73~83년까지의 자료를 가지고 분석대상을 제한하여 제조업종을 대상으로 연구를 수행하였으며 OSHA의 감독이 단지 상해 및 질병 등 재해로 인한 근로손실에만 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

이러한 회귀분석을 이용한 업종별, 사업장별 산업안전감독의 영향에 관한 연구들은 대부분 관할기관의 감독이 비효과적이라고 제시하였지만 Crawford(1988)는 이 방법론에서 두 가지 사항을 지적하였다. 첫째, 변수를 측정하기 위해 사용된 자료가 불완전하다는 것과 둘째는 사례연구를 통한 연구에서 관할기관의 영향이 회귀분석을 통해 제시한 결과보다 복잡한 과정을 통해 사업장에 영향을 미친다는 것이다. 즉 현실적인 측면을 감안했을 때 회귀분석을 통한 연구방법은 복잡한 변수들의 관계를 규명할 수 없다는 한계가 있음을 지적하였다. 위에서 진술한 기존의 사업장에 대한 산업안전감독영향평가 연구들의 문제를 정리해보면 첫째, 기존 회귀분석을 이용한 연구대상 사업장의 범위와 평가요소 선정시 논란의 소지가 많으며 사업장에 대한 산업안전감독의 복잡한 영향관계를 규명하지 못하였다. 둘째, 특정 사업장에 대한 사례연구는 감독의 영향을 보다 구체적으로 분석할 수는 있지만 연구결과를 일반화시킬 수 없으며 또한 사업장 내부의 복잡한 피드백구조를 파악하지 못하였다.

이러한 통계분석과 특정 사업장에 대한 사례연구의 문제점을 극복하고자 감독에 대한 사업장 내부의 영향관계를 구조화하여 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 모형을 개발하였고 정책실험을 통해 감독수행빈도에 따라 시뮬레이션을 수행함으로써 산업안전감독의 영향을 분석해 보았다.

3. 산업안전 규제 영향 분석

3-1 모형의 구성

사업장에 대한 산업안전감독의 영향을 분석하기 위한 변수로서 Crawford(1988)의 연구에서 산업안전감독의 영향분석변수로 사용했던 재해보고율변화, 안전교육프로그램 수의 변화, 안전설비투자비용의 변화를 선정하였다.

이 3가지 변수들의 변화상태를 살펴보기 위해 사업장내에서 변수들의 변화에 영향을 미치는 다른 변수들과 산업안전감독간의 구조적인 특성을 파악하여 이를 SD모형으로 구축하였으며 다음과 같이 4가지 부문으로 분류하였다.

첫째, 재해보고부문은 크게 실제 재해자 수와 보고된 재해자 수를 도출하기 위한 변수들의 인과구조로 구성되었다. 실제 재해자수를 유도하는 인과구조는 대상 사업장의 기본재해율과 안전설비의 개선비율, 안전교육변화비율 등의 영향을 받는 실제 재해율이 재해변화율에 영향을 미치면서 실제 재해자 수가 결정되고 있다.

둘째, 안전교육부문은 사업초기의 안전교육프로그램 수와 감독의 영향등이 안전교육프로그램 수의 변화율에 영향을 미치는 구조와 초기의 안전교육프로그램 수에 대한 현재의 비율이 재해발생에 영향을 미치는 과정을 보여주고 있다.

셋째, 안전설비투자부문은 사업초기의 안전설비투자비용과 안전설비에 대한 감독의 영향으로 인해 안전설비에 대한 투자가 현재의 안전설비투자비용을 결정하는 영향관계를 보여주는 것으로서 안전설비에 대한 투자에 의해 현재의 안전설비투자비용이 증가하지만, 반대로 안전설비의 수명에 따라 설비에 대한 투자가치가 하락하는 구조를 나타내고 있다.

넷째, 감독영향부문은 대상 사업장의 재해율에 의해 결정된 감독영향이 재해보고율과 안전교육, 안전설비투자에 미치는 영향을 보여주고 있다.

4. 정책실험

4-1 분석방법

본 연구에서는 사업장에 대한 산업안전감독의 영향을 분석하기 위해 감독빈도에 따른 재해보고율과 안전교육프로그램 수, 안전설비투자비용의 변화형태를 측정하였다. 사업장에 대한 산업안전감독의 영향을 분석하기 위한 정책실험은 감독주기별로 표 1과 같이 총 3회에 걸쳐 수행되었으며 모형수행기간은 120개월로 설정하여 1개월 단위로 모형변수의 형태변화를 살펴보았다.

표 1. 정책실험 설정

실험	감독주기	감독변수의 초기입력값	분석기간	시간단위
실험 1	1년	12	10년 (120개월)	1개월
실험 2	2년	24		
실험 3	3년	26		

모형에 대한 시뮬레이션은 120개월동안 반복수행(Loop)되며 그 결과를 시간흐름에 따른 그래프로 표현하게 되며 각 실험의 결과에 근거해 산업안전감독의 영향을 분석할 것이다.

4-2 분석결과

4-2-1 재해보고율의 변화

산업안전감독빈도에 대한 사업장의 실제재해자 수와 재해보고율의 변화를 보면, 감독의 영향이 빈도에 따라 매우 큰 차이를 보이면서 효과가 있음을 보여주고 있다.

감독주기가 1년인 경우에는 실제재해자 수와 보고된 재해자 수가 유사한 증가비율을 보이고 있으며 단지 보도된 재해자 수의 증가곡선이 다소 완만한 형태를 나타내고 있다.

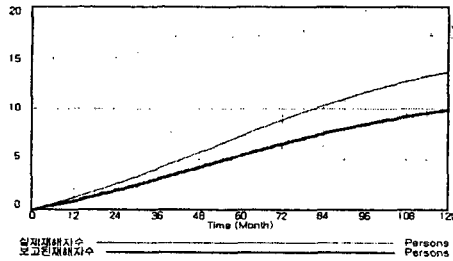


그림 1. 감독주기가 1년인 경우의 재해자수 변화

감독 주기가 2년인 경우에는 실제재해자 수와 보고된 재해자 수의 증가비율이 감독 주기가 1년인 경우보다 매우 큰 폭으로 증가하였으며 두 그래프의 변화형태도 매우 상이한 모습으로 보이고 있어 시간에 따른 재해보고율의 감소 비율이 감독주기가 1년인 경우보다 더 크게 감소하고 있음을 알 수 있다.

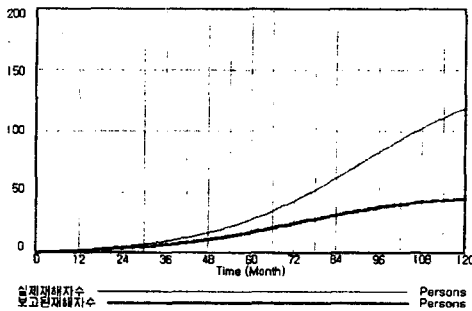


그림 2. 감독주기가 2년인 경우의 재해자수 변화

감독주기가 3년인 경우에는 재해보고율이 실험 1,2에서의 감소보다 더욱 큰 폭으로 감소하고 있음을 알 수 있다.

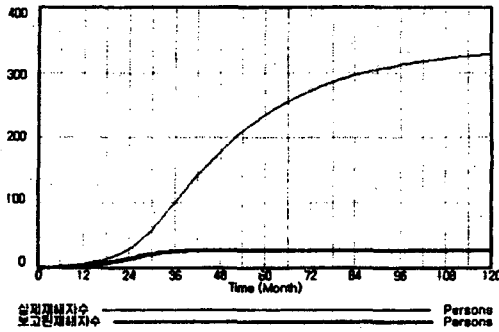


그림 3. 감독주기가 3년인 경우의 재해자수 변화

4-2-2 안전교육 수의 변화

감독주기별 안전교육프로그램의 수는 초기에는 별다른 차이를 보이지 않다가 감독주기 1년인 경우 60개월 이후부터 상대적으로 큰 폭으로 증가하였고 감독주기가 2년인 경우에는 96개월 이후부터 감독주기가 3년인 경우와 차이를 보이면서 증가하기 시작하였다.

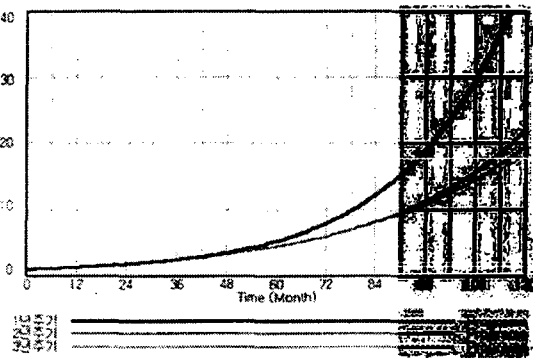


그림 4. 감독주기별 안전교육수의 변화

4-2-3 안전설비투자비용의 변화

산업안전감독에 대한 사업장의 안전설비투자비용의 변화형태도 안전교육 수의 변화와 유사한 형태를 보이고 있으며 단지 안전설비는 제품의 생산과 직접적으로 관련된 부분이기 때문에 감독의 영향과 함께 사업장 자체적으로도 증가율에 영향을 미치기 때문에 모형실행 이후 18개월부터 그 차이가 발생하기 시작했다. 안전설비투자비용의 경우에도 마찬가지로 산업안전감독이 크게 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다.

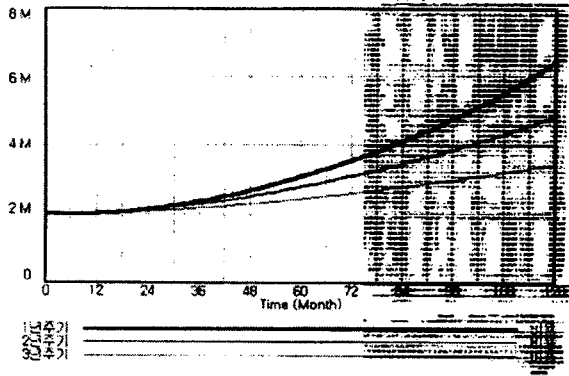


그림 5. 감독주기별 안전설비투자비용의 변화

5. 결론 및 제언

정책실험결과 산업안전감독주기가 1년인 경우의 재해보고율과 안전교육 수, 안전설비투자비용의 증가비율이 2년 및 3년 주기인 상황보다 매우 큰 것으로 분석되어 본 연구에서 개발한 감독영향분석모형에 근거한 감독영향분석에서는 산업안전감독이 사업장의 안전성과에 많은 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다. 물론, 현실적인 측면을 반영하기 위한 모형개발이 매우 어려운 과제임은 틀림없지만, 본 연구가 산업안전규제영향을 분석하기 위한 방법론상의 진일보함을 제시하였다는 측면에서 본 연구의 가장 큰 의의를 찾을 수 있을 것이다.

본 연구에서 보완되어야 할 많은 한계점을 가지고 있다. 향후 연구에서 보완되어야 할 사항들을 열거해 보았다.

첫째, 보다 현실적인 측면을 반영할 수 있는 모형을 개발하는 것이다. 정보 및 시간적인 제약으로 인해 사업장내부와 산업안전감독 수행의 실제적인 시스템을 모두 반영하지는 못하였다. 궁극적으로 이 문제를 해결하기 위해서는 사업장의 안전관리담당자, 산업안전감독관, 시스템 다이내믹스 전문가 등 3명이 상호 정보교류를 통한 공동연구를 수행함으로써 현실적인 측면을 반영할 수 있는 모형이 개발될 수 있고 그 연구결과 또한 매우 가치가 클 것이다.

둘째, 현실적인 측면을 반영할 수 있는 모형개발을 통해 산업안전규제가 완화된 경우와 강화된 경우의 차이를 분석하는 것이다.

셋째, 모형개발 시 사업장의 전반적인 부분을 모형에 반영하는 것이다. 산업안전규제의 영향을 받는 모든 부분과 사업장의 매출액 및 원가 등의 재무측면이 모형에 반영되면 규제와 사업장의 전체 시스템간의 전반적인 관계의 흐름 파악이 가능하기 때문에 사업장 자체적으로나 정부에 매우 의미 있는 자료로 활용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

1. 김도훈 외, "시스템다이내믹스", 대영사, 1998
2. 노동부, "산업안전보건법, 시행령, 시행규칙", 2001
3. 박두용, "산업안전보건규제완화의 문제점과 대책", 2001. 10.
4. 한국산업안전공단 산업안전보건 연구원, "국내·외 산업안전감독관의 수행내용 비교 연구", 2000
5. Catherine. M. Crowford, "Endogenous safety process: a model of regulation and safety in industrial firms", System Dynamics Review 7(Winter 1991): 20-40
6. Craig W. Kirkwood, "System Dynamics Methods", Arizona State University, 1998
7. Jay W. Forrester, "Industrial Dynamics", Productivity Press, 1991
8. "Vensim[®] 4 Modeling Guide", Ventana System, Inc., 1999
9. Viscusi, W. K., :The Impact Occupational Safety and Health Regulation. 1973-1983", The RAND Journal of Economics, 17(Winter 1986): 567-580