

시계열 자료를 이용한 산업재해와 관련된 사회·경제적 요인

한림대학교 성심병원 산업의학과, 한강성심병원 산업의학과¹⁾,
인천산재병원²⁾, 인천광역시의료원 산업의학과³⁾

방예원 · 임형준 · 권영준¹⁾ · 조성식²⁾ · 이태경³⁾ · 윤인기 · 주영수

— Abstract —

The Effect of Socio-Economic Factors on Occupational Injuries in Korea: A Time Series Analysis

Ye-Won Bang, Hyung-June Im, Young-Jun Kwon¹⁾, Seong-Sik Cho²⁾,
Tae-Kyung Lee³⁾, In-Ki Yoon, Young-Su Ju

Department of Occupational and Environmental Medicine, Hallym University Sacred Heart Hospital
Department of Occupational and Environmental Medicine, Hangang Sacred Heart Hospital¹⁾
Department of Occupational and Environmental Medicine, Incheon Worker's Compensation Hospital²⁾
Department of Occupational and Environmental Medicine, Incheon MedicalCenter³⁾

Objective: We performed a time series analysis in order to identify the relationship between the occupational injury rate and socio-economic factors, and through this predict the occupational injury occurrence rate.

Methods: We reviewed 168 sets of monthly data. For the statistical analysis, we used the economic index data provided by Statics Korea and the occupational injury index provided by the Workers' Compensation & Welfare Service gathered from 1994 to 2007. We performed a correlation analysis to find relationship between the occupation injury rate and economic factors. Using the correlation analysis result, we used time series analysis for the data in order to find out the association between occupational injuries and socio-economic indicators. We performed time series analysis to find out association occupation injury rate with socio-economic factors. In addition we ran a prediction occupational injury rate for 2008 and compared the result to the actual value.

Results: The factors associated with occupational injuries were the daily worker index ($b=0.394$, $p<0.0001$), the mechanical index ($b=-0.023$, $p=0.0043$), the manufacturing operation index ($b=0.152$, $p<0.0001$), the workers compensation coverage expansion ($b=1.189$, $p=0.015$), the IMF index ($b=-2.05$, $p<0.0001$), and the after IMF index ($b=-1.565$, $p=0.01$). The daily worker index, manufacturing operation index, and workers compensation coverage expansion had an effect that increased the occupational injury rate. Conversely, the mechanical index and IMF variable tended to decrease the occupational injury rate.

Conclusions: This study suggests that the daily worker index, manufacturing operation index, workers compensation coverage expansion, and IMF variables are related factors in regards to occupational injury

Key words: Occupational injury, Socio-economic factor, Time series analysis, Prediction

서 론

노동부에서 발표하는 2010년 산업재해현황에 따르면 2010년 현재 산업재해율은 0.69%로 확인되고 있고 지난 10년간 재해천인률을 살펴보면 지속적으로 조금씩 감소되고 있는 추세이다. 사망 만인률도 2010년도에 1.55로 전년(1.57)대비 0.02% 감소하였고 10년간 추세를 보면 지속적으로 감소하고 있다¹⁾. 하지만 IMF(International Monetary Fund) 경제위기 이후 12년간 기록을 살펴보면 재해율은 감소하고는 있지만 절대적인 재해자 수는 지속적으로 증가하는 경향에 있음을 확인 할 수 있고, 재해로 인한 실질적인 근로손실을 나타내는 재해 강도율도 2000년을 기점으로 증가추세를 보이고 있다.

경제적인 측면에서도 기업의 활동규모가 커지고 다양해짐에 따라 산업재해에 따른 손실 및 기회비용이 국가적으로나 기업경영 측면에서도 점차 커지고 있다. 2009년도 노동부 산업재해현황분석에 따르면 산재보상금 지급액이 2008년 3조 4천2백억원에서 2009년에는 3조 4천6백억원 규모로 늘어났고(전년대비 1.21% 증가) 직·간접손실을 포함하면 경제적 손실액은 17조원까지 이르는 것으로 추정되었다²⁾. 이처럼 산업재해 발생률은 1%미만으로 유지되고는 있으나, 사회가 부담하는 경제적 비용은 지속적으로 늘고 있다. 노동부에서 발간한 제3차 산재예방 5개년 계획(2010년)에서도 현재의 산재예방을 위한 제도·정책은 산업구조 변화, 새로운 유해·위험요인에 대응할 수 없기 때문에 새로운 환경에 부응할 수 있는 중장기적 실천 방안을 마련할 필요가 있다고 언급하기도 하였다.

기존의 산업재해 관련 요인을 찾는 연구들은 개인적 차원의 데이터를 토대로 비교분석에 의존하여 기술적, 교육적, 사후관리적 결과들을 제시하는 경향이 많았고, 방법론적으로는 연령, 근무시간, 근속연수 등과 같은 개인요인을 바탕으로 단면적 접근을 하는 연구가 주를 이루었다. 예를 들면 고대석(1997)³⁾ 등은 산업재해 발생에 있어 시설·환경의 하자, 자신의 부주의, 미숙련 등을 원인으로 주장하면서, 산재예방을 위해서는 시설·환경개선, 안전교육의 강화가 우선적으로 이루어져야 한다고 강조하였으며, 특히 산재가 다발하는 소규모 사업장에 대해서는 사업장의 특성을 고려한 재해예방프로그램이 마련되어야 한다고 주장하였다. 신성환(2008)⁴⁾ 등도 수면시간, 수면의 질, 피로도, 작업시간, 교육수준 등 개인요인들이 산업재해를 일으키는 주요한 원인일 것으로 주장하였다. 이러한 단면연구는 산업재해의 귀책사유를 재해자에 찾음으로써 재해의 원인을 근로자의 부주의에서 찾으려는 관점이 반영된 것이 특징이다. 하지만 마눌(Manuele)의 다수요인 이론(multiple factor theory)에 의하면 산업재해는 안전과 관련된 '적절하지 못한' 정책, 표준 및 공정

이 사고의 가장 중요한 원인이라고 하였고, 산업재해는 경제현황과 정책제도의 변화에 무관할 수 없으며 민감하게 반응하게 된다.

이에 따라 산업재해와 사회·경제적 요인들의 관련성을 밝히기 위해 시계열자료를 이용한 연구가 수행되었는데, 처음으로 코소리스(Kossoris)⁵⁾ 등이 해당 연구결과를 발표한 바 있다. 코소리스(Kossoris)는 경제가 발전하면 당연히 산업재해가 증가하게 되는데 그 이유로 첫째 경제발달로 인하여 제품공급이 증가해야 하기 때문에 작업속도가 빨라져서 산업재해가 증가할 것이며, 둘째 작업미숙련자들이 작업에 충분히 숙련되기 전에 현장에 투입되기 때문에 산업재해가 증가할 것이라고 주장하였다. 그 이후 외국에서는 유사한 방식의 연구들이 지속적으로 수행된 바 있으며, 최근 데이비스(Davies)⁶⁾는 산업재해가 주기적 변동(cyclical fluctuation)을 보이는 원인으로, 첫째 고용상태의 변동, 둘째 신분보장의 관점에서 노동력구성조건의 변동, 셋째 미미한 손상(minor injury)의 보고로 인한 경제적 유인(economic incentive) 조성 등을 주장하기도 하였다.

이에 본 연구는 최근의 산업재해 공식자료를 이용한 시계열자료 분석방법론을 통해, 그 동안 잘 알려져 있지 않은 우리나라 산업재해와 사회·경제적 요인들과의 관련성을 확인하고, 향후 발생할 수 있는 산업재해 수준을 예측함과 동시에, 향후 산업재해 예방을 위한 시의 적절한 대응전략을 마련하기 위하여 수행되었다.

대상 및 방법

1. 자료의 특성

분석을 위해 이용한 자료기간은 1994년부터 2007년까지이며 표본 수는 총 168개(12개월*14년)이다⁷⁾. 월별재해자수는 근로복지공단에서 요양이 결정된 재해자수와 지방 노동 관서에 산업재해조사표가 제출된 재해자수를 합친 총 재해자수를 이용하였고, 전체근로자수는 산업재해조사 업무처리규정에 따라 매 연도 말까지 근로자수를 모수로 하는 노동부에서 제공한 산업재해자료를 이용하였다. 월별산재만인률은 (월별 총 재해자수/동년도 전체근로자수)×10,000으로 계산하였다.

본 연구에 이용된 경제지표 자료는 통계청에서 제공하는 2차 자료를 이용하였다. 경제지표로는 현 경기 상황을 반영하는 동행 종합 지수 중 산재와 관련성이 큰 제조업가동률 지수를 대리지표로 선정하였다. 동행종합지수는 실제 경기순환과 함께 변동하는 개별지표를 가공 종합하여 만든 지수로 현재 경기상황을 판단하는데 이용한다. 동행종합지수는 여러 가지 지수가 통합되어 만들어진 지

표로서 그 중 제조업 생산설비의 가동상태 추이를 보여주는 제조업 가동률지수를 이용하였다. 제조업 가동률지수는 생산설비와 생산능력과의 비율인 설비이용도를 나타내는 지표이고 기준년도 가동률을 100으로 하였을 때 비교시의 가동상태가 어느 수준인가를 나타낸다⁸⁾. 이 지표는 당시의 경기상황을 추정할 수 있는 간접지표이고, 제조업 가동률지수가 클수록 제조업에 투입되는 근로자수가 증가하여 산업재해가 증가될 것으로 생각된다. 이는 2005년도 제조업 가동률지수 평균이 100이 되도록 설정하여 상대지수로 표현된 통계청 자료를 인용하였고, 원 자료에서 비경기적 요소인 계절요인과 불규칙 요인을 제거한 자료이다.

고용지표인 임금근로자는 상용근로자, 임시근로자, 일용근로자로 분류된다. 상용근로자는 1년 이상 근무한 정규직 근로자를 말하고, 임시근로자는 1개월 이상 1년 미만 근무한 근로자를 말하며, 일용직 근로자는 1개월 미만으로 근무한 근로자를 말한다. 상용근로자지수는 노동부에서 매해 조사되는 연도 말 전체근로자수를 기준으로 월별 순 상용근로자수를 상대지수로 표현하였다. 임시근로자지수와 일용근로자지수도 상용근로자지수와 동일한 방법을 적용하였다.

설비투자지수는(월 설비투자액/기준년 월평균설비투자액)*100으로 구하고, 국내 설비투자 동향을 조기에 파악하기 위해 만들어진 지표이다. 설비투자란 생산과정에서 1년 이상 반복적 또는 지속적으로 사용되는 자산, 즉 설비투자에 이용되는 기계류 및 운송장비 등을 구입하거나 취득하는 행위를 말한다. 설비투자지수는 운송장비지수와 기계류지수로 구성되어 있다. 그 중에서 운송장비지수는 분석과정에서 기계류지수가 반영하는 결과와 동일한 결과를 보였기 때문에 두 변수 중 산업재해와 직접적으로 관련이 더 있을 것으로 생각되는 기계류 지수만을 분석에 이용하였다. 통계청에서 조사된 자료에 따르면 기계류 지수는 1995년 2월부터 자료 조사가 이루어져 그보다 과거 시점의 자료는 존재하지 않기 때문에 1994년 1월부터 1995년 1월까지의 1995년도 기계류지수 값의 평균치로 대체하였다. 기계류지수는 2005년도 월평균설비 투자액을 기준으로 하여 기준년도 설비투자지수 평균이 100이 되도록 설정하고 매월 상대지수로 표현된 통계청 자료를 인용하였고, 계절요인과 불규칙 요인을 제거한 시계열자료이다.

연구기간 동안 있었던 IMF시기를 전후로 하여 우리나라의 사회경제적 요인에 많은 변화가 있었으며, 이는 경제활동의 결과로 일어나는 산업재해 발생에도 영향을 주었을 가능성이 있다. 이에 따라 IMF시기와 산업재해와의 연관성을 파악하기 위하여 사회지표로서 IMF이전시기(1994년~1997년), IMF시기(1998년~2001년), IMF

이후시기(2002년~2007년)로 범주화 하였고, IMF이전시기를 기준으로 하여 가 변수(dummy variable) 처리하였다. 제도 지표로는 산재보험적용이 1인 이상 사업장으로 확대되는 시기(2000년 7월 이후)를 변수로 특정하였다.

2. 분석 방법

시계열자료는 자연적으로 일어나는 사건이나 행위를 시간의 흐름에 따라 반복적으로 관찰한다. 이럴 경우 서로 근접한 측정값들끼리 밀접하게 연관되는 경향이 있다. 그러므로 시계열자료를 보통 측정값들끼리의 독립성을 가정한 최소자승회귀식으로 분석한다면 모수 추정의 효율이 떨어지고 편향(bias)되거나 예측값의 신뢰구간 및 유의성 검정에 오류가 있을 수 있다⁹⁾. 시계열자료에서 발생하는 관찰값들간의 상호의존성과 변동을 설명하기 위해서 시계열모형을 쓰게 되는데, 이것에는 자기회귀오차모형(autoregressive error model), 이동평균법(moving average), 자기회귀통합이동평균(ARIMA, autoregressive integrated moving average)모형이 있다. 본 연구에서는 산업재해와 연관된 사회·경제적 변수를 찾고, 미래에 발생할 산재규모를 예측하기 위하여 자기회귀오차모형을 이용하였다. 사회·경제적 변수는 국내에서 수행된 선행연구¹⁰⁾에서 산업재해율과 경기종합지수간에 상관성이 보이는 지표를 참고하였고, 본 연구에서도 상관분석을 수행하여 연관성이 높은 변수를 취하였다.

산재월별 만인률 분포곡선에서 보듯이 약간 치우침이 있지만 정규분포모형에 많이 벗어나지 않아서 정규분포를 가정하였다(Fig. 1). 월별산재만인률과 관련이 있는 변수를 찾기 위하여 임시근로자지수, 일용근로자지수, 제조업가동률지수, 기계류지수를 설명변수로 하고 월별산재만인률과 상관분석을 수행하였다. 상관분석에서 P-value가 유의한 변수인 임시근로자지수, 일용근로자지수, 제조업가동률지수를 설명변수로 선택하였다. 기계류지수는 상관

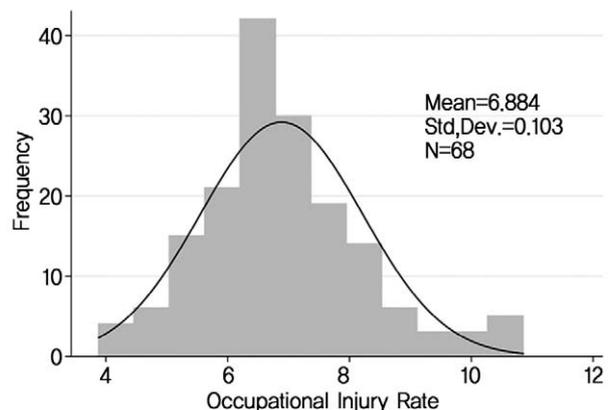


Fig. 1. Distribution of occupational injury rate.

분석에서 유의하지 않았지만 월별 산재만인률과의 관련성을 보기 위해 최종 model에는 포함하였다. 분석과정에서 다중공선성을 고려한 모형을 선정하였고, 유의한 변수는 5% 유의수준에서 결정하였다. 최종 model에서 잔차의 상관성 여부를 판단하기 위해 두빈-왓슨(Durbin-Watson) 검정을 수행하였고, 잔차분석은 잔차도표를 그려 등분산임을 확인하였다(Fig. 2).

또 독립변수로 사용된 제조업 가동률 지수는 산재에서 차지하는 비중이 40% 정도로 알려져 있다. 그러므로 전체 재해자수를 추정하는데 효율적이지 않을 것이라 판단하여 제조업 재해자수를 종속변수로 하고 다른 독립변수는 월별 산재만인률을 추정했을 때와 같은 변수를 취하여 model을 구축하였다. 그리고 구축한 model을 이용하여 2008년도 제조업 재해자 수를 추정하였다.

결 과

1. 산업재해지수 변화 추이

1994년부터 2007년까지 매월 발생한 산업재해율의 추세를 살펴보면 1994년 1월부터 2000년 8월까지 전반적인 월별 산재만인율은 점진적으로 감소하는 추세를 보이

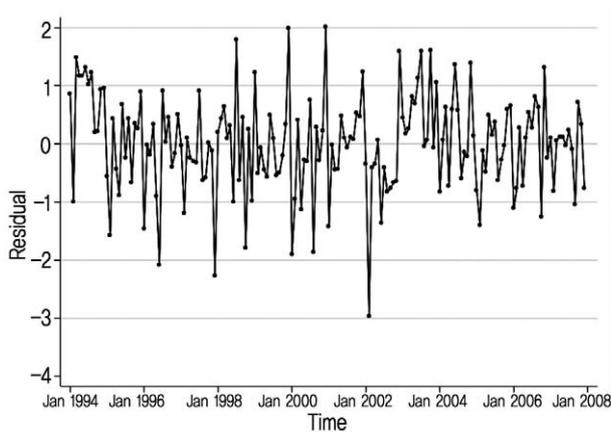


Fig. 2. The residual plot of predict model.

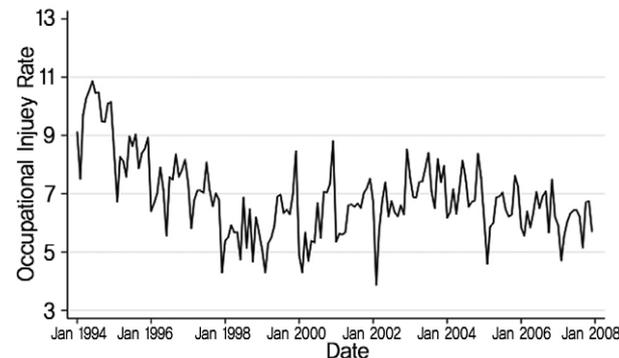


Fig. 3. Trend of occupational injury rate(1994.1~2007.12).

고 있다. 또 연내의 변동률을 살펴보면 1월 달은 월별산재만인율이 감소하다가 여름에는 증가되는 추세를 보이고 가을에는 약간 감소하면서 겨울에 다시 증가하며, 해가 바뀌는 1월에는 감소되는 계절적 특징도 보이고 있다. 이러한 규칙적인 패턴은 1997년까지 매년 반복되고 있다. 1998년 이후에는 월별 산재만인율이 감소되는 추세는 사라지고 새로운 패턴의 변화가 관찰된다. 1998년 이후부터 2002년까지는 조금씩 증가하는 추세를 보이다가 그 이후에는 다시 감소되는 즉 시간의 변동에 따른 2차 곡선의 형태가 관찰된다. 그러나 1998년 이후에는 새로운 패턴의 변화가 관찰되더라도 매해 관찰되는 계절적 특징은 지속적으로 관찰되고 있다(Fig.3). 1994년부터 2007년까지 발생한 산업재해 월별 산재만인률 평균은 6.88이고, 표준편차는 1.33이었으며 중앙값은 6.75이다.

2. 경제 지표 변화 추이

현 경기상황을 나타내는 동행 종합지수 중 제조업 가동률지수의 장기추세를 살펴보면 1994년부터 현재까지 큰 변화 없이 일정한 양상을 보였고, IMF시기에만 일시적으로 감소하였다. 제조업 가동률지수는 계절 요인과 불규칙 요인을 제거한 자료이기 때문에 계절적 변동은 찾을 수가 없다. 제조업 가동률지수의 평균값은 97.93이고 중앙값은 99.4이며 최소값은 81.7 최대값은 103.5이다.

임금 근로자지수는 상용근로자지수, 임시 근로자지수, 일용 근로자지수로 구성 되어있다. 상용 근로자지수의 시계열패턴은 1994년부터 1997년 말까지 천천히 감소하는 양상을 보이다가 1998년 1월에 급격히 증가하였고, 그 이후는 지속적으로 감소하고 있다. 2000년 1월에 가장 낮은 값을 보인 후 현재까지 조금씩 증가하고 있다. 임시 근로자지수는 1994년도부터 점진적으로 상승하였고 IMF시기에도 지속적으로 상승하였다. IMF시기 이후에는 큰 변화 없이 일정한 양상을 보이고 있다. 일용 근로자 지수

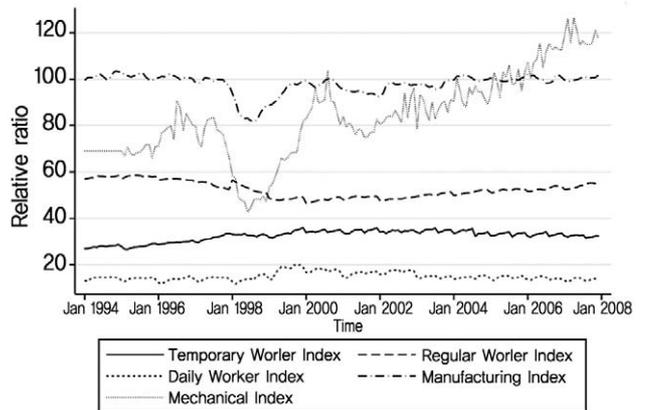


Fig. 4. Trend of economic variable index.

는 매년 1월에 연내 변동 값이 가장 낮은 값을 보이는 계절적 특징이 있다. 전반적인 추세는 1994년부터 현재까지 변동의 패턴이 크지는 않지만 IMF시기인 1998년도 상용근로자 지수가 감소할 때 상승추세를 보이고 있다. 이러한 상승추세는 임시 근로자지수에서도 보이는 특징이다. 설비투자 지수 중 하나인 기계류 지수는 1997년 7월부터 감소하여 1998년 6월까지 감소하였다. 그 이후 점진적으로 상승하여 현재까지 증가되는 추세이다(Fig. 4).

3. 산업재해와 관련된 사회 · 경제적 변수특징.

분석에 사용한 총 자료 수는 168개이다. 지난 14년간 상용 근로자 지수 평균은 52.48이었고, 임시 근로자지수 평균은 32.47이며, 일용직 근로자지수는 15.05이다. IMF 기간에 따른 평균 월별 산재만인률은 IMF이전기간(1994년~1997년)은 만 명당 7.57명 산재가 발생하였고, IMF기간(1998년~2001년)에는 6.23명, IMF이후 기간(2002년~2007년)에는 6.64명 발생하였다. 산재보험 확

대적용이 시행되기 전에는 만 명당 7.16명 산재가 발생하였고, 시행 후에는 6.64명이 발생하였다(Table 1).

월별 산재만인률과 경제적 지표의 관련성을 보기 위해 상관분석을 시행하였다. 일용 근로자 지수($r=-0.06$)와 기계류 지수($r=-0.14$)는 월별 산재만인률과 관련성이 없는 변수였고, 임시근로자 지수($r=-0.47$), 제조업 가동률 지수($r=0.43$)는 월별 산재만인률과 관련성이 있는 변수였다(Table 2).

4. 산업재해와 관련된 사회 · 경제적 변수의 시계열 분석

산업재해와 관련된 경제적 변수는 일용 근로자 지수($b=0.394$ $p<0.0001$), 제조업 가동률 지수($b=0.152$ $p<0.0001$), 기계류 지수($b=-0.023$ $p=0.043$)로 확인되었고 통계적으로도 유의하였다. 일용 근로자 지수와 제조업 가동률 지수는 한 단위 증가할수록 월별 산재만인률은 증가되는 방향으로 작용하였고, 기계류 지수는 월별 산재만인률을 감소시키는 방향으로 작용하였다. 임시근로자지수

Table 1. General characteristics of the independent variable

Variables	N(%)	Mean	S · D	Median	Min	Max
Employed worker						
Regular employee index	168 (100)	52.5	3.46	52.2	46.4	58.6
Temporary worker index	168 (100)	32.5	2.42	33.1	26.7	35.9
Daily worker index	168 (100)	15.1	1.74	14.6	11.6	19.9
Equipment investment index						
Mechanical index	168 (100)	83.8	18.3	82.9	42.8	126.5
Coincidence composite index						
Manufacturing operation ratio index	168 (100)	97.9	4.42	99.4	81.7	103.5
Monthly occupational injury rate for total period						
According to IMF						
Before IMF	60 (35.7)	7.6	1.63	7.5	4.3	10.9
IMF	36 (21.5)	6.2	1.05	6.5	4.3	8.8
After IMF	72 (42.8)	6.6	0.87	6.6	3.9	8.5
According to workers' compensation coverage expansion						
NO	79 (47.0)	7.1	0.19	7.0	4.3	10.9
YES	89 (53.0)	6.6	0.09	6.6	3.9	8.8

Table 2. Correlation analysis between occupational injury rate and economic index

	OIR	TWI	DWI	MORI	MI
OIR	1	-0.47 [†]	-0.06*	0.43 [†]	-0.14
TWI		1	0.58 [†]	-0.32 [†]	0.30 [†]
DWI			1	-0.14	-0.07
MORI				1	0.56 [†]
MI					1

OIR: Occupational injury rate, TWI: Temporary worker index, DWI: Daily worker index, MI: Mechanical index, MORI: Manufacturing operation ratio index.

*p-value: <0.01, †p-value: <0.0001.

Table 3. Socio-economic factors associated with occupational injury rate using autoregressive model for correlated data

Variables	B*	S · E	p-value	Total R-Square
Employed worker index				0.606
Temporary worker index	-0.117	0.089	0.187	
Daily worker index	0.394	0.089	<0.0001	
Equipment investment index				
Mechanical index	-0.023	0.011	0.043	
Coincidence composite index				
Manufacturing operation index	0.152	0.037	<0.0001	
Social & Economic index				
Workers' compensation coverage expansion	1.189	0.482	0.015	
IMF(1998~2001)	-2.05	0.489	<0.0001	
After IMF(2002~2007)	-1.565	0.603	0.01	

*non-standardized coefficient.

($b=-0.117$ $p=0.187$)는 통계적으로 유의하지 않았다. 사회적 변수인 산재보험적용이 확대된 시기($b=1.189$ $p=0.015$)는 월별 산재만인률을 증가시키는 방향으로 작용하였고, IMF시기($b=-2.05$ $p<0.0001$)와 IMF이후($b=-1.565$ $p=0.0104$)시기 모두 월별 산재만인률을 감소시키는 방향으로 작용하였다. 산재보험 확대시기, IMF시기, IMF이후시기 모두 통계적으로 유의하였다(Table 3).

또 실질적으로 월별 산재만인율에 영향을 미치는 가장 큰 변수를 알아보기 위하여 표준화 회귀계수를 구하였다. 표준화된 회귀계수에 따르면 IMF시기($\beta=-2.05$, $p<0.0001$)와 IMF이후시기($\beta=-1.565$ $p=0.0104$)가 월별 산재만인율에 가장 큰 영향을 미치는 변수로 나타났다. 이는 비 표준화된 회귀계수를 이용하여 분석한 결과와 동일하였다. 경제적 변수에서 월별 산재만인율에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 일용 근로자 지수($\beta=0.686$, $p<0.0001$)이고 다음으로 제조업 가동률 지수($\beta=0.672$, $p<0.0001$)였다. 이 결과도 비 표준화된 회귀계수를 이용하여 분석한 결과와 동일하였다.

5. 자기회귀모형을 이용한 추정모델

산재와 관련 있는 사회·경제적 변수를 이용하여 추정 model을 구축하고, 추정 model을 이용하여 과거 발생한 월별 산재만인율과 비교(Fig. 5)하였으며 2008년도에 발생할 월별 산재만인율을 예측하여 산재실측값과 비교하였다(Fig. 6). 추정 model은 다음과 같다.

$$Y(t) = -7.7559 - 0.1173X_1(t) + 0.3944X_2(t) - 0.0227X_3(t) + 0.1521X_4(t) + 1.189X_5(t) - 2.05X_6(t) - 1.57X_7(t) + \epsilon_t$$

$X_1(t)$ =Temporary Worker Index, $X_2(t)$ =Daily Worker Index, $X_3(t)$ =Mechanical Index

$X_4(t)$ =Manufacturing operation ratio index, $X_5(t)$ =Dummy of workers' compensation coverage expansion, $X_6(t)$ =Dummy of IMF, $X_7(t)$ =Dummy of after IMF, $\epsilon_t = -0.4 + \epsilon_{t-1} + a_t$

*All coefficients are non-standardized regression coefficient

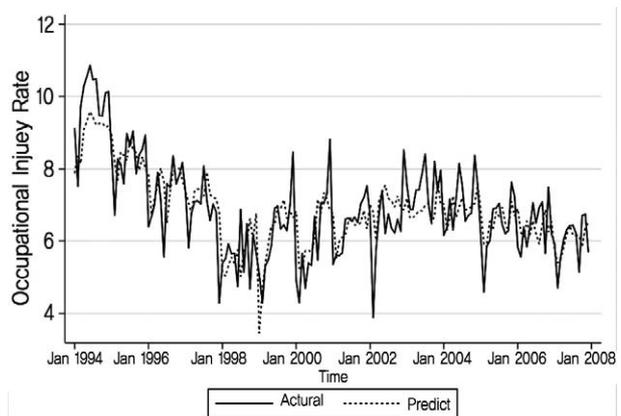


Fig. 5. Comparison actual value to predict value in occupational injury rate.

$Y(t)$ 는 월별 산재만인율을 의미하고 각 독립변수에 대하여 동일시점 t 에 대한 변화율을 나타내고 있다. 오차항인 ϵ_t 는 회귀모형에서 처럼 서로 독립이 아니고 1차 자기상관관계를 가지고 있으며 AR(1)모형을 따른다. AR(1)모형은 t 시점에서의 관측값을 반응변수로 하고 과거시점인 $t-1$ 시점에서의 관측값을 설명변수로 갖는 모형을 의미하고, 자기상관 정도에 따라 설명변수로 사용될 변수는 과거의 관측값 수에 의해 모형이 결정된다. 여기에서 a_t 는 백색잡음이다. 본 model을 이용하여 추정한 종속변수의 R-square은 0.606이다.

상기 모델은 독립변수에 제조업 가동률 지수를 사용하여 월별 산재만인율을 추정하였다. 산재만인율에는 제조업뿐만 아니라 건설업, 서비스업등 다양한 업종이 포함된 재해율이기 때문에 산재예측율을 높이기 위해 제조업 재해지수를 종속변수로 하고 기존에 사용하였던 사회·경제적 변수를 이용하여 제조업 월별 산재만인율을 추정해보았다. 결과는 전체 월별 산재만인율을 이용하여 분석했을 때와 변수간의 통계적 유의성이나 방향성에 변동이 없고 동일하였다. 또한 제조업 월별 산재만인율을 추정한 model을 이용하여 2008년도 제조업 월별 산재만인율을

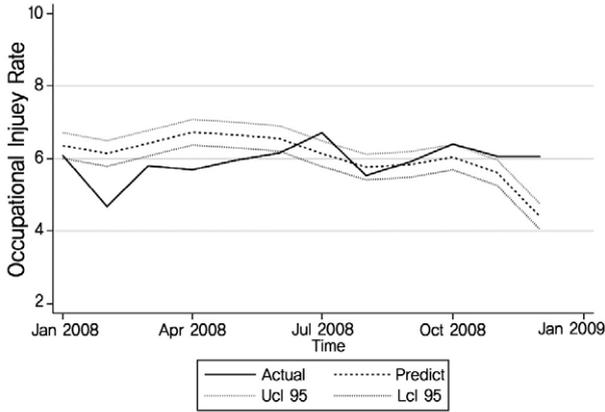


Fig. 6. Comparison actual value (occupational injury rate.2008) to predict value.

추정 하였는데 예측값이 실측값을 근접하게 반영함을 확인하였다(Fig. 7). 이 때 추정한 model 의 R-square은 0.414이다

고 찰

지금까지 우리나라의 산업재해에 대한 논의는 연령, 근무시간, 근속연수와 같은 개인적 차원의 접근과 안전교육의 부족, 작업관리감독 소홀과 같은 사업장 환경적 차원에서 산업재해와 관련요인을 찾으려고 하였다. 이는 산업재해의 귀책사유를 재해자에게 찾음으로써 재해의 원인을 근로자의 부주의에서 찾으려는 관점이 반영된 것이다. 하지만 마눌(Manuele)의 다수요인 이론(multiple factor theory)에 따르면 산업재해는 안전과 관련된 적절하지 못한 정책, 표준 및 공정이 사고의 가장 중요한 원인이라고 하였다. 그렇기 때문에 산업재해는 경제현황과 정책제도의 변화에 무관할 수 없으며 민감하게 반응하게 된다.

본 연구에서는 시간에 따른 산업재해자 수를 추정하는데 직·간접적으로 영향이 있을 것이라고 생각되는 사회·경제적 변수를 설정하여 시계열 예측방법인 자기회귀오차모형을 이용하여 계량적 분석을 하였다. 시계열자료를 이용하여 산업재해자 수를 추정하는 보건계열 연구는 거의 없었으며, 이관형(2000)등¹¹⁾이 발표한 산업재해자수의 패턴을 이용하여 추세를 분석하는 시계열분석방법으로 산업재해를 예측하는 연구가 있었다. 경제학적 관점에서 산업재해를 유발하는 내생적 구조에 대한 실증분석 결과에 근거하여 자본·노동·국가의 세 측면에서 대응책을 고찰하는 논문도 있었다¹²⁾. 한편 외국연구에 따르면 경기순환과 산업재해는 밀접한 관계에 있음을 알 수 있다. 아쑨(Asfaw)은 경제를 나타내는 지표인 국내총생산(GDP), 실업률, 산업생산지수가 증가함에 따라 산업재해율도 증가한다고 보고하였고¹³⁾, 뉴메이어(Neumayer)는 산업재해에서 유래되는 사망률의 증가는 경제확장과

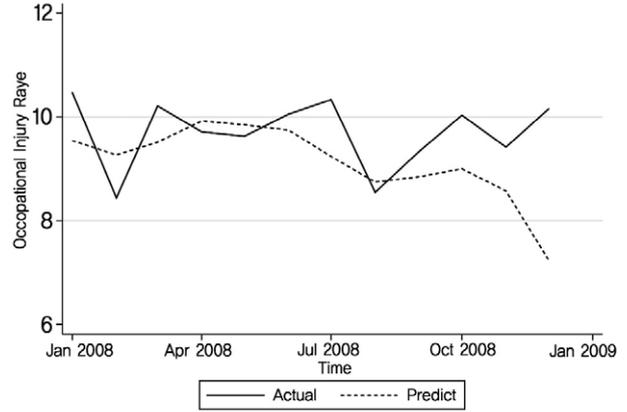


Fig. 7. Comparison actual value (Manufacturing industry occupational injury rate.2008) to predict value.

관련이 있다고 주장하였다¹⁴⁾.

본 연구에 따르면 산업재해와 관련 있는 경제학적 변수는 일용근로자지수, 기계류지수, 제조업 가동률 지수로 확인되었고, 통계적으로도 유의하였다. 일용 근로자 지수와 제조업 가동률 지수는 한 단위 증가할수록 산업재해는 증가하는 방향으로 작용하였고, 임시 근로자 지수와 기계류지수는 산업재해를 감소하는 방향으로 작용하였다. 사회적 변수로는 산재보험적용이 확대된 시기, IMF시기, IMF이후시기가 산재재해와 관련된 변수로 나타났고 통계적으로도 유의하였다. 산재보험적용확대 변수는 산재를 증가시키는 방향으로 작용하고 IMF시기와 IMF이후 시기 모두 산재를 감소시키는 방향으로 작용하였다. 통계적으로도 모두 유의하였다.

2007년도 산업안전공단의 산업재해 분석에 따르면 재해율과 재해자수 모두 근무기간이 0~6개월 미만인 근로자가 전체 재해율의 50%를 차지하였고, 6개월에서 1년 미만인 근로자는 10.7%로 두 번째로 많았다¹⁵⁾. 일개 조선소 사업장의 산업재해 분석에서도 근무기간에 따른 1000명당 산업재해 발생률은 근무기간이 가장 짧은 1년 이하의 군에서 가장 높은 발생률을 보였으며, 근무기간이 증가할수록 발생률이 유의하게 감소하고 있다고 보고하였다¹⁶⁾. 이러한 원인으로 경력이 짧을수록 업무에 익숙하지 못하고, 주위환경에 적응하지 못하여 재해 발생이 높아진다는 연구(황인담 등, 1981; 홍순호, 1984)^{17,18)}와 근무기간이 증가함에 따라 작업강도가 낮아지고, 보다 위험도가 낮은 부서나 위치에서 일할 수 있는 기회가 많아지기 때문에 산업재해 발생이 낮아진다고 발표한 연구도 있다. (김수근, 1998)¹⁹⁾ 또 코소리스(Kossoris)에 의하면 경제가 발전하면 산재가 증가하게 되는데 작업미숙련자들이 작업에 익숙하기 전에 현장에 투입되기 때문에 산재발생이 증가한다고 하였다. 노동연구원의 한국노동패널연구소에서 작성한 기초분석보고서인 연구보고서 2000에 따르면 정규직이 98년도에는 76.3%에서 99년도에는 69.8%

로 6.5%감소하였고, 비 정규직은 23.7%에서 30.2%로 증가되었다²⁰⁾. 같은 기간에 전체 근로자수는 1.8% 줄었지만 재해건수는 7.8% 증가되었다. 이처럼 동일한 시기에 전체근로자 수는 줄었지만 비 정규직 근로자는 증가되고, 그에 따라 산업재해 건수도 증가되는 현상은 비 정규직 근로자로 인한 산업재해 건수가 증가된다고 생각할 수 있다. 본 연구에서도 일용직 근로자는 고용 계약기간이 1개월 미만이거나 일급 또는 일당제 급여를 받고 일하는 근로자로 집단이 가지고 있는 내재적 특징은 경력이 짧아 업무에 익숙하지 못하고, 작업강도가 높은 업무에 투입될 가능성이 크며, 노동시간이 길고, 정규직 노동자에 비해 상대적으로 위험한 직무를 수행하게 되는 비정규직 집단의 속성을 가지게 된다. 그러한 특성이 반영되어 본 연구에서도 산업재해를 증가시키는 요인으로 작용하고 있고, 기존의 연구결과와도 일치함을 확인할 수 있다.

고용기간이 1개월 이상 1년 미만의 임시 근로자집단은 업무에 익숙하지 않을 것으로 생각되어 산재율을 증가시킬 것으로 예상됐지만 예상과 달리 산재율을 줄이는 방향으로 작용하였다. 그 이유는 첫째, 임시 근로자 집단은 고용계약기간에 따른 분류인데 이 집단을 근속연수가 짧아서 경력상 업무에 익숙하지 못한 것으로 동일 시 하여 생긴 결과로 생각된다. 둘째, 임시근로자 집단은 1개월 이상 1년 미만 근무로 계약하는 집단인데 이 집단의 업종이 서비스업과 같은 산재가 잘 발생하지 않은 업종으로 이루어진 집단 일 수 있다. 하지만 이와 같은 결론은 실질적인 자료를 조사하여 얻은 결론은 아니고 임시근로자 집단의 특성을 파악 할 수 있는 자료가 없기 때문에 추측에 의해 결론을 도출 하였다.

이처럼 개인 조사를 바탕으로 추정된 결과가 아닌 집단을 대상으로 구분한 자료를 이용한 분석은 집단적으로 얻어진 자료가 존재하지 않으면 결과를 분석할 수 없고, 설령 있더라도 분석결과가 실제를 왜곡하는 결과를 보이기도 한다. 이러한 오류는 요인과 결과에 대한 변수가 모두 인구집단 수준에서 밖에 측정하지 못하기 때문에 생기게 되며 생태학적 연구방법만으로는 극복할 수 없는 한계점으로 생각된다.

설비투자란 생산과정에서 1년 이상 반복적 또는 지속적으로 사용되는 자산, 즉 설비투자에 이용되는 기계류 및 운송장비 등을 구입하거나 취득하는 행위를 말한다. 그 중에서 운송장비지수는 분석과정에서 기계류지수가 반영하는 결과와 동일한 결과를 보였기 때문에 두 변수 중 산업재해와 직접적으로 관련이 더 있을 것으로 생각되는 기계류 지수만을 분석에 이용하였다.

하인리히(Heinrich)의 사고확산 연쇄성을 설명하는 도미노 이론에 의하면 제 1요인은 인간의 유전적 내력 또는 사회적으로 바람직하지 못한 현상이며, 제 2요인은 제 1

요인에 의해 생기는 인간의 결함, 제 3요인은 제 2요인에 따른 불안정한 행동 및 기계적·물리적 위험이라고 정의하고, 이러한 요인이 연쇄적으로 반응을 일으켜 사고가 발생한다고 하였다. 특히 인간의 불안정한 행동이나 기계적·물리적 위험요인은 상대적으로 제거하기 용이하기 때문에 제 3요인을 적극적으로 관리한다면 연쇄반응의 고리를 끊을 수 있다는 산업재해의 예방책을 제시하였다²¹⁾. 설비투자를 증가시키는 것은 하인리히가 주장하는 3요인을 차단하는 효과가 있고, 이는 산업재해를 감소시킬 수 있다. 본 연구에서 기계류지수가 한 단위 증가 할수록 월별 산재만인률을 감소시키는 방향으로 작용하였고, 통계적으로도 유의하였다.

동행종합 지수는 실제 경기순환과 함께 변동하는 개별 지표를 가공 종합하여 만든 지수로 현재 경기상황을 판단하는데 이용한다. 동행종합 지수는 여러 가지 지수가 통합되어 만들어진 지표로서 그 중 제조업 생산설비의 가동상태 추이를 보여주는 지표인 제조업 가동률지수를 이용하였다. 제조업 가동률 지수는 생산실적과 생산능력과의 비율인 설비이용도를 나타내는 지표이고 기준년도 가동률을 100으로 하였을 때 비교시의 가동상태가 어느 수준인가를 나타낸다. 이 지표는 당시의 경기상황을 추정할 수 있는 간접지표이고, 제조업 가동률지수가 클수록 제조업에 투입되는 근로자수가 증가하여 산업재해가 증가될 것으로 예상된다. 코소리스(Kossoris)도 경제발달로 인하여 생산이 증가하면 근로자들의 작업속도가 빨라지기 때문에 산재가 증가한다고 언급하였다. 유시프(Ussif)²²⁾는 고용되는 근로자가 많을수록 산업재해 발생도 늘어난다고 하였고, 미국과 캐나다 자료를 이용한 실증적분석(empirical analysis)에서 근거를 제시하였다. 본 연구에서도 제조업 가동률 지수가 한 단위 증가 할수록 월별 산재만인률도 0.15%만큼 증가되었고, 통계적으로도 유의하였다.

우리나라에서 산재보험이 1인 이상 전 사업장으로 확대된 시기는 2000년 7월이다. 이 시기를 기점으로 산재보험 적용사업장은 전년도에 비해서 28.8% 증가하였고, 근로자수도 11.6%가 증가하였다. 산재보험적용 확대시행으로 산재 재해자수는 전년도에 비하여 18.1% 증가하였고, 재해율도 0.04%가 증가하였다²³⁾. 산업안전보건공단에서 발간한 보고서에 따르면 사업장 규모별 재해율은 2001년도 5인 미만 사업장은 1.44%인 반면 5인 이상 사업장은 0.68%로 0.76%가 낮게 통계에 잡히는 결과를 보였다. 그러므로 산재보험 전 사업장 확대와 같은 사회제도 변화는 과거에 공식적인 통계에 잡히지 않았던 5인 미만 사업장을 산재통계에 포함시켜 산업재해율을 산출하기 때문에 산업재해를 증가시키는 방향으로 작용할 것으로 예상할 수 있다. 분석결과에서도 산재보험이 전 사업

장으로 확대 시행되기 전 보다 후가 1.19% 만큼 증가되었고, 통계적으로도 유의하였다.

1997년 말 외환위기로 시작된 IMF 위기를 맞게 되면서 대량해고와 구조조정으로 다수의 근로자가 일자리를 잃게 되었다. 98년도 우리나라 전체 근로자수는 97년도에 비하여 7.9%가 감소하였고, 99년도에는 9.7%(기준:97년도)가 줄어들었다. 재해건수도 98년도는 97년도에 비해 23%가 줄어들었고, 천인율도 전년도에 비해 1.3%나 감소하였다. 외환위기로 인하여 전체 근로자수가 감소하면서 산업재해자수도 줄어들게 되었다. 강성규(2010) 등이 발표한 산업재해정책 원인분석 및 대책 연구 보고서에서도 근로자수와 재해자수의 상관계수는 0.714로 양의 상관관계가 있는 것으로 확인 되었고, 이는 근로자수 증가와 재해자수 증가 사이에는 뚜렷한 상관관계가 있다고 해석할 수 있으며, 통계적으로도 유의함을 확인할 수 있었다²⁴⁾. 본 연구에서도 IMF시기는 IMF이전에 비하여 산업재해를 줄이는 방향으로 작용하였다. IMF이후 시기는 IMF시기와 비교하면 근로자수는 증가하였고, 천인율도 IMF시기에 비하여 상승되었다. 하지만 IMF이후 시기는 IMF 이전시기와 비교 시 절대적인 재해건수가 IMF이전시기에 미치지 못하기 때문에 IMF이전시기와 상대적인 비교 시 산업재해가 줄어드는 방향으로 작용하였을 것으로 생각된다. 통계적으로는 유의하였다.

본 연구는 근로복지공단에 요양 신청서를 제출하여 산업재해로 승인된 건과 사망자 및 4일 이상의 요양을 필요로 하는 부상자 또는 질병자로서 노동부에 산업재해조사표를 제출한 건만을 이용하여 재해자건수를 산정하였다. 이러한 이유로 전체 재해자 수는 실질적인 재해자수가 아니며 실제보다 낮게 보고된 자료이다. 또 시간이 지남에 따라 통계산출의 기준과 제도가 바뀌기 때문에 과거에 잡혔던 재해건수와 현재 잡히는 재해건수는 내용상 균질하지도 않다. 산재자료의 부정확성과 비 균질성은 자료분석을 하여 결과를 설명하는데 신뢰도를 감소시키지만 현재의 산업재해지표를 대체할 만한 자료가 없기 때문에 부득이하게 이용하였다.

본 연구에서 제시하는 분석결과는 산업재해와 인과적 관계가 있음을 의미하는 것은 아니며 경제상황을 나타내는 지표의 특성이 산업재해와 관련이 있다는 의미로 한정하여 해석하는 것이 적절할 것으로 생각한다. 그리고 분석단위가 개인단위의 분석이 아닌 인구집단 통계자료를 이용하여 산업재해와 관련성을 보고자 하였기 때문에 산업재해와 유의한 상관성을 보이는 변수는 개인적 수준에서는 관련성이 성립되지 않을 수 있는 방법론적 한계를 가지고 있다.

본 연구는 시계열자료를 이용하여 산업재해와 관련된 사회·경제적 요인을 알아보고, 미래에 발생할 산업재해

건수를 추정하는 경시적형태의 생태학적 연구로 최종 model을 이용하여 실질적으로 발생한 산재건수와 예측건수를 비교하여 신뢰성을 확보하였고, 실무적으로 이용할 수 있도록 시도한 점에 의의가 있다.

요 약

목적: 시계열자료 분석 방법론을 통해, 그 동안 잘 알려지지 있지 않은 우리나라 산업재해와 사회·경제적 요인들과의 관련성을 확인하고, 향후 발생할 수 있는 산업재해 수준을 예측함과 동시에 산업재해 예방을 위한 시의적절한 대응전략을 마련하기 위하여 기획·수행되었다.

방법: 산재지표는 근로복지공단에서 요양 결정된 재해자수와 지방 노동 관서에 산업재해조사표가 제출된 재해자수를 합친 전체 재해자수(월별 순 재해자수)를 이용하였고, 경제지표는 1994년부터 2007년까지 통계청에서 제공하는 2차 자료를 이용하였다. 산재월별 만인률과 관련된 있는 경제적 변수를 찾기 위하여 임시 근로자 지수, 일용 근로자 지수, 제조업 가동률 지수, 기계류 지수를 설명변수로 하고 산재월별 만인률과 상관분석을 수행하였고, 사회적 변수는 연구기간 동안 있었던 IMF시기를 전후로 사회경제적으로 많은 변화가 있었기 때문에 IMF시기 변수와 산재보험 적용사업장확대 변수를 설명변수로 채택하였다. 사회·경제적지표에서 관련성이 있는 지표를 이용하여 산재월별 만인률과 관련성을 보기 위해 자기회귀오차모형을 이용하여 분석하였다.

결과: 산업재해와 관련된 경제적 변수는 일용 근로자지수($b=0.394$ $p<0.0001$), 제조업 가동률 지수($b=0.152$ $p<0.0001$), 기계류 지수($b=-0.023$ $p=0.043$)로 확인되었고, 통계적으로도 유의하였다. 일용 근로자 지수와 제조업 가동률 지수는 한 단위 증가 할수록 산업재해는 증가되는 방향으로 작용하였고, 임시 근로자 지수와 기계류 지수는 산업재해를 감소시키는 방향으로 작용하였다. 사회적 변수인 산재보험적용이 확대된 시기($b=1.189$ $p=0.015$)는 산업재해를 증가시키는 방향으로 작용하였고, IMF시기($b=-2.05$ $p<0.0001$)와 IMF이후($b=-1.565$ $p=0.0104$)시기 모두 산업재해를 감소시키는 방향으로 작용하였다.

결론: 산재와 관련 있는 사회·경제적 변수는 제조업가동률지수, 기계류지수, 일용근로자지수, 산재보험적용확대변수, IMF시기, IMF이후시기 변수로 확인되었다. 산업재해를 예방하기 위해서는 사회·경제적 변수와 관련된 정책적 대안마련이 수반되어야 하고, 과학적 정책결정을 위해서는 거시적 관점에서 산재와 관련된 연구가 추가로 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) Ministry of Employment and Labor (MOEL):The occurrence reports of occupational injury(2010) (translated by Bang YW). Ministry of Employment and Labor . korea. 2011;2-15. (Korean)
- 2) Ministry of Employment and Labor (MOEL):The occurrence reports of occupational injuries(2009) (translated by Bang YW). Ministry of Employment and Labor . Korea. 2010;7-17. (Korean)
- 3) Ko DS. Association factors with occupational injuries. Korean J Occup and Environ Med 1997;9(1):99-108. (Korean)
- 4) Shin SH, Kim DH, Ahn JH, Kim HD, Kim JH, Kang HM, Lee JT. Factors associated with occupational injury of ship-building supply workers in Busan(translated by Bang YW). Korean J Occup and Environ Med 2008;20:15-24. (Korean)
- 5) Kossoris MD. Industrial injuries and the business cycle. Monthly Lab. Rev 1938;46:579.
- 6) Davies R, Jones P, Nunez I. The impact of the business cycle on occupational injuries in the UK. Soc Sci Med 2009;69(2):178-82.
- 7) Korean Statistical Information Service (KOSIS). Composite Economic Indexs, Industrial production. Available: http://www.kosis.kr/eng/database/ database _001000.jsp Economic Indexes, Industrial production [cited 25 May 2011].
- 8) Korean Statistical Information Service (KOSIS). Statistical explanation search. Available: http://www.kosis.kr/metadata/main.jsp?surv_id=26&curYear=2011 [cited 25 May 2011]. (Korean)
- 9) Jo SS, Son YS. Autoregressive Error Model. In: Time series analysis for SAS/ETS (translated by Bang YW). Yulgok Pubilsher. Seoul. 2009. pp 71. (Korean)
- 10) Choi SW. Correlations between occupational injury and illness index and composite indices of business indicators. In: Ahn KI (eds) OSH research brief 2009; 23:92-6. (Korean)
- 11) Yi KH, Chung HK, Park JS. The prediction model of the number of industrial injured persons using data mining. Korean J Occup and Environ Med 2000; 12(4):515-23. (Korean)
- 12) Ju JH. (An) Empirical analysis of causes of occupational accidents in Korea. Kyungbook university. Pusan. 1996. (Korean)
- 13) Asfaw A, Pana-Cryan R, Rosa R. The business cycle and the incidence of workplace injuries: Evidence from the U.S.A. J Saf Res 2011;42(1):1-8.
- 14) Neumayer E. Recessions lower (some) mortality rates: evidence from Germany. Soc Sci Med 2004;58(6): 1037-47.
- 15) Korea occupational safety & health agency (KOSHA). Status of occupational injury of Korea in 2007. Korea occupational safety & health agency. Incheon. 2008. pp 61. (Korean)
- 16) Kim CY, Jeon MJ, Byun DH. Five-year industrial accidents of ship-building workers at a ship-yard. Korean J Occup Environ Med 2003;15(4):436-45. (Korean)
- 17) Hwang ID, Park YS, Seo SK. A study on industrial accidents of workers in Jeonbug areas. J Prev Med Public Health 1981;14(1):89-96. (Korean)
- 18) Hong SH. A decreasing trend of industrial injuries at a large scale textile company. J Prev Med Public Health 1984;17(1):65-74. (Korean)
- 19) Kim SG. A status of the report for industrial injuries and illnesses at an automobile related plant. Korean J Occup and Environ Med 1998;10(4):562-70. (Korean)
- 20) Bang HN, Ahn JY, Jang JY, Ho JH, Kim HK, Kim WY, Korea Labor Institute (KLI). Employment type of paid worker (translated by Bang YW). In: Korean labor income panel study. Seoul. 2001. pp 73. (Korean)
- 21) Kang DM, Ko SB, Knoh JH, Ju YS. Occupational injury. In: Choi BY (eds) Preventive medicine and public health. 2010. (Korean)
- 22) Ussif AA. An international analysis of workplace injuries. Monthly Lab Rev 2004;127:41.
- 23) Ministry of Employment and Labor (MOEL). The occurrence reports of occupational injuries 2001(translated by Bang YW). 2002;9-19. (Korean)
- 24) Kang SK, Kwon OJ, Kim YS, Choi SW. The study on causal analysis and countermeasure for occupational injuries (translated by Bang YW). Korea Occupational Safety & Health Agency 2010;60-1. (Korean)