

시계열분석을 통한 산업재해율 예측

최은숙¹ · 전경숙² · 이원기³ · 김영선⁴

경북대학교 간호대학¹, 목포대학교 간호학과², 경북대학교 의학전문대학원³, 한국산업안전보건연구원⁴

The Prediction of Industrial Accident Rate in Korea: A Time Series Analysis

Choi, Eunsuk¹ · Jeon, Gyeong-Suk² · Lee, Won Kee³ · Kim, Young Sun⁴

¹College of Nursing · Research Institute of Nursing Science, Kyungpook National University, Daegu

²Department of Nursing, Mokpo National University, Mokpo

³School of Medicine, Kyungpook National University, Daegu

⁴Occupational Safety and Health Research Institute, Ulsan, Korea

Purpose: The purpose of this study is to predict industrial accident rate using time series analysis. **Methods:** The rates of industrial accident and occupational injury death were analyzed using industrial accident statistics analysis system of the Korea Occupational Safety and Health Agency from 2001 to 2014. Time series analysis was done using the most recent data, such as raw materials of Economically Active Population Survey, Economic Statistics System of the Bank of Korea, and e-National indicators. The best-fit model with time series analysis to predict occupational injury was developed by identifying predictors when the value of Akaike Information Criteria was the lowest point. Variables into the model were selected through a series of expertises' consultations and literature review, which consisted of socioeconomic structure, labor force structure, working conditions, and occupational accidents. **Results:** Indexes at the meso- and macro-levels predicting well occurrence of occupational accidents and occupational injury death were labor force participation rate for ages 45-49 and budget for small scaled workplace support. The rates of industrial accident and occupational injury death are expected to decline. **Conclusion:** For reducing industrial accident continuously, we call for safe employment policy of economically active middle aged adults and support for improving safety work environment of small sized workplace.

Key Words: Industrial accident, Time series analysis

서 론

1. 연구의 필요성

우리나라는 1997년 IMF 경제위기 이후 산업구조와 고용구조에 있어 큰 변화를 겪었다. 정치·경제·사회·문화 등 전반에 걸친 변화가 있었으며 안전보건에 대한 요구도 증가했다.

이러한 사회적 요구에 부응하여 고용노동부에서는 산업재해 예방 5개년계획을 2000년부터 수립하여 수행하고 있다. 그 결과 산업재해율은 2004년의 0.85%에서 서서히 감소하여 2013년 0.59%에 이르렀다(Ministry of Employment and Labor, 2014). 하지만 다양한 산업재해예방사업에도 불구하고 우리나라의 산업재해율 감소추세는 소폭에 그치고 있으며 사망만 인율은 선진국에 비해 높다. 우리나라는 여전히 소규모 사업

주요어: 산업재해, 시계열분석

Corresponding author: Jeon, Gyeong-Suk

Department of Nursing, Mokpo National University, 1666 Youngsan-ro Cheonggye-myeon, Muan 000-000, Korea.
Tel: +82-61-450-2675, Fax: +82-61-450-2679, E-mail: sookie@mokpo.ac.kr

- 이 논문은 2015년 산업안전보건연구원의 학술연구용역으로 연구되었음.

- This research was supported by Occupational Safety and Health Research Institute, 2015.

Received: Dec 16, 2015 / Revised: Jan 19, 2016 / Accepted: Feb 19, 2016

장의 높은 재해율, 사업장규모에 따른 보건수준의 격차심화, 여성·고령자·외국인과 같은 취약계층 근로자의 안전보건 문제 등의 해결과제를 안고 있다(Won, Song, Jung, & Phee, 2013). 최근에는 H타이어 근로자의 집단 사망사고와 구미 불산 유출사고와 같이 다양한 산업재해가 끊임없이 발생하고 있다. 이처럼 산업재해는 인적·물적으로 막대한 피해를 초래함으로써 기업의 생산성 저하와 국가 경제발전 저해를 유발하고 있다(Bang et al., 2011).

고용노동부는 근로복지공단의 요양신청서 자료와 지방고용노동관서의 산업재해조사표를 기준으로 산업재해 현황을 매년 발표하고 있다. 산업재해 현황 통계는 산업별, 규모별, 지역별, 발생시기별, 원인별 분포와 재해 근로자의 성별, 연령별, 입사근속기간별 산업재해 현황을 파악하여 산업재해예방 정책 수립의 기초자료로 활용되고 있다. 한편, 2015년 고용노동부의 고용 및 안전보건에 관한 주요 추진정책의 방향은 고용시장의 구조개선, 산업안전보건시스템의 혁신, 안전보건책임의 명확화, 실천중심의 안전보건 문화확산 등을 제시하고 있으나 이러한 정부의 추진전략과 세부정책들이 근로환경조사를 포함하는 다양한 사회·경제 환경 및 노동구조를 반영하여 도출되었다고 보기 어렵다는 평가를 받는다. 왜냐하면 정부의 정책의 방향은 그동안 이루어진 산업안전보건분야 연구 결과에 기초한 것이며 이들 연구의 대부분은 개별 사업장 내부 혹은 직종군의 비교를 통해 확인되는 특정 유해요인의 폭로 차이에 따른 건강결과에 초점을 두고 있기 때문이다(Choi et al., 2015).

Kossoris (1938)는 경제의 발전은 필연적으로 산업재해의 증가를 초래할 수밖에 없음을 지적하였다. 즉 경제발전으로 인한 제품공급에 대한 수요 증가는 노동자에게는 빠른 작업속도 요구로 이어져 산업재해의 가능성이 증가시키며 다른 한편으로는 작업미숙련자의 현장투입을 초래하고 이 또한 산업재해가능성을 높인다는 것이다. Kossoris의 이러한 문제제기 이후 많은 학자들이 사회·경제·노동력 구조 및 노동 관련 정책 등의 거시적 차원의 산업재해의 원인에 대한 탐색을 해왔다. Davies, Jones와 Nunez (2009)는 고용상태의 변동, 노동력 구성조건의 변동 및 경제적 유인(economic incentive) 구조 등이 산업재해의 주기적 변동(cyclical fluctuation)의 원인임을 지적한 바 있다. 또한 Manuele (1997)의 다수요인 이론(multiple factor theory)에 의하면 산업재해는 안전에 대한 부적절한 정책, 표준 및 공정이 가장 주된 원인이다. Asfaw, Pana-Cryan와 Rosa (2011)는 경제를 나타내는 지표인 국내총생산(GDP), 실업률, 산업생산지수가 증가함

에 따라 산업재해율도 증가한다고 보고하였으며 Neumayer (2004)는 산업재해로 인한 사망률의 증가 역시 경제 확장과 관련이 있다고 하였다.

앞서 살펴본 바와 같이 산업재해의 발생은 근로자의 근로조건과 작업환경을 규정하는 다양한 사회·경제·노동 구조의 변화에 민감하게 반응함에도 불구하고, 기존 국내연구들은 산업재해의 발생원인을 주로 개인차원 또는 직장환경차원에서 찾고자 하였다. 이러한 연구들은 개인 및 직장 차원의 데이터를 활용하여 보건 및 의학적 분석에 기초한 결과를 토대로 한 기술적, 교육적, 사후 관리적 방안을 제시함으로써(Park, 2003; Kim, Jeon, & Byun, 2003; Mun, 2004) 산업재해의 귀책사유를 재해자 개인 또는 사업주의 부주의에서만 찾는 한계가 있다. 한편, 노동시장, 산업구조 및 노동정책과 산업재해와의 관련성을 탐색한 국내 연구가 일부 있다. 예를 들면, 제조업 산업재해 원인이 산업화 과정과 관련이 있다는 이론적 관점에서 접근하여 장시간의 노동, 노동통제로 인한 노동강도의 심화 등이 산업재해와의 관련성을 고찰하였으며(Hyeong, 1992) 경제학적 관점에서 산업재해 결정하는 구조에 대한 실증분석 결과를 토대로 자본-노동-국가구조 측면에서의 대응책을 제시하기도 했다(Joo, 1996). 최근 Bang 등(2011)이 경제지표, 고용지표 및 국내 설비투자지수 및 IMF전후의 사회경제적 변화를 반영하여 산업재해 추정모형을 구축하고 이들 추정모형과 과거 발생한 산업재해와 비교하고 이들 사회경제지표를 반영한 상태에서 향후 1년 후의 산업재해를 예측한바 있다. 하지만 이들은 사회·경제·고용구조의 다양한 지표를 고려하지 않고 대표지표 일부만을 반영하였다는 한계가 있으며 우리나라 산업재해지표 중 가장 심각한 산업재해사고사망율을 제외한 산업재해만인율만을 예측하는데 머물러 있다.

따라서 본 연구는 산업재해 현황을 대표적으로 나타내는 산업재해만인율과 업무상부상사망10만인율에 가장 밀접한 사회·경제구조, 노동력 구조, 노동조건, 산업재해 관련 정책 지표를 연계하여 시계열 분석을 함으로써 근로자의 산업재해에 대한 거시적 변화를 예측하고자 한다.

2. 연구목적

본 연구는 문헌고찰과 연구진 및 전문가 자문회의를 통해 산업재해만인율과 산재사고사망10만인율에 주요하게 작동하는 사회·경제구조, 노동력 구조, 노동조건, 산업재해 관련 정책 지표를 선정한 후 이들 선정된 지표를 하나씩 투입하여 아카이케 정보량 기준(Akaike Information Criteria, AIC) 값

이 최소가 되는 산재 발생 예측요인을 확인 후 이를 반영하여 산업재해 예측을 위한 최적합 시계열 모형을 도출하고자 한다. 구체적 연구목적은 다음과 같다.

- 사회·경제, 노동력 구조, 노동조건, 산재 정책 지표 투입에 따른 시계열모형의 아카이케 정보량 기준(Akaike Information Criteria, AIC) 값이 최소가 되는 산재 발생 예측요인을 탐색한다.
- 1)의 결과를 반영한 최적합 시계열 모형 구축을 통해 산업재해만인율(이하 산재만인율)을 예측한다.
- 1)의 결과를 반영한 최적합 시계열 모형 구축을 통해 업무상부상사망10만인율 예측한다.

연구방법

1. 연구설계

이 연구는 사회·경제, 노동력 구조, 근로조건 및 산업재해 정책 지표들을 활용하여 산업재해와 업무상부상사망을 예측하는 시계열분석 연구이다.

2. 연구도구 및 자료수집

산업재해의 전반적 현황을 파악하는데 유용한 대표지표인 ‘산재만인율’과 ‘업무상부상사망10만인율’을 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원의 산재통계분석시스템에서 제공하는 2001년~2014년까지의 산업재해 자료를 활용하여 산출하였다. ‘산재만인율’은 연간 근로자수 10,000명 당 발생하는 재해자수의 비율을 의미하며 ‘업무상부상사망만인율’은 연간 근로자수 100,000명 당 발생하는 업무상사고 사망자수의 비율을 말한다.

또한 본 연구에서 사용한 사회·경제, 노동력 구조, 근로조건, 산업재해 정책 지표는 기존 문헌고찰을 통해 선정하였으며 이들 지표의 산출을 위한 기초자료는 통계청에서 제공하는 2001~2014년의 2차 자료를 활용하였다. 본 연구의 사회·경제, 노동력 구조, 근로조건, 산업재해 정책 지표는 다음과 같다. ‘사회·경제’ 지표는 1인당 국내총생산, 경제성장률, 전산업생산지수, 노동소득분배율, ‘산업구조’ 지표는 취업자 중 각 직업군의 비율을 선정하였다. ‘노동구조’ 지표로는 경제활동참가율, 여자경제활동참가율, 연령대별 경제활동참가율, 고용율, 여자고용율, 여자실업율, 비정규직 비율, 파트타임 근로자비율, 근로조건 영역에서는 주5일 근무, 월근로시간, 임

금총액, 노동조합조직율, 월평균근로일수, 주당근로시간, 전체취업자연평균근로시간, 임금총액상승율, 평균근속년수를, ‘산업재해정책’ 지표로는 소규모사업장 지원예산과 안전의식 향상 사업예산을 포함하였다. 선정된 지표의 종류, 내용 및 산출방식은 Table 1과 같다.

3. 자료분석

산재만인율, 업무상부상사망10만인율에 영향을 미칠 것으로 판단되는 사회·경제, 노동력 구조, 근로조건, 산업재해 정책 지표들 문헌고찰과 연구진 및 전문가 자문회의를 통해 독립변수 X로 선정하였다. 산업재해 발생을 예측하기 위하여 산업재해발생에 영향을 미치는 시간 지수에 따른 시계열모형은 연도변수를 기본 독립변수로 사용하였으며, 독립변수를 하나씩 추가하여 모형적합도를 평가하였다. 시계열모형의 적합을 위하여 자기회귀통합이동평균(Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA) 모형을 기반으로 모형탐색을 하였으나 연도별 지수자료여서 계절요인이 크게 없고 자기상관성만 있는 것으로 판단되어 자기회귀과정(auto-regression process)을 따르는 모형에 근거를 두고 분석하였다. 자기회귀모형에 적합한 후 오차의 자기상관성은 더빈-왓슨(Durbin-Watson) 통계량을 이용하였으며 모형진단을 통하여 정상성(stationarity)과 정규성(normality)을 확인하였다. 정상성 확인은 자기상관기능(Autocorrelation Function, ACF)이 급격히 감소하는지 확인하는 것으로 점검하였으며 역자기상관기능(Inverse Autocorrelation Function, IACF)은 계절성이 있는 자료에서 보다 좋은 방법이지만 본 자료는 계절성을 고려할 이유가 없어 보조지표로 참고하였다. 또한 백색잡음(white noise)도 도표를 이용하여 점검하였다.

연구결과

1. 산업재해와 업무상부상사망 예측 지표

전체 산업재해지표인 ‘산재만인율’ 및 ‘업무상부상사망10만인율’ 각각에 대해 연도 외에 예측지표로 선정된 경제, 산업구조, 노동구조, 근로조건, 산업재해정책 영역의 지표들과 각 지표 투입에 따른 시계열 모형의 AIC 값을 Table 2에 제시하였다. ‘산재만인율’에 대해 연도만 투입되었을 때 AIC는 84.5였고, 각 영역별로 지표 투입시 AIC 값이 적어지는 대표 지표는 산업구조 영역의 취업자 중 기능원 및 관련 기능종사자 비

Table 1. Indexes and Calculation Formulas of Socioeconomic, Industry, and Labor Structure, Working Condition, and Policy

Items	Index	Calculation formulas
Socio-economic structure	Gross Domestic Product per capita	·GDP/Population
	Economic growth rate (Real GDP)	·((the real GDP of current year - the real GDP of previous year) / the real GDP of previous year) × 100
	Industrial Production Index	·An economic indicator that measures the real production output of manufacturing, mining, and utilities.
	Labor Income Shares	·(Employee income / (Employee income + operating surplus)) × 100
Industrial structure	Legislators, senior officials and managers (% of total workers)	·The share of legislators, senior officials and managers who are workers.
	Professionals/technicians and associate professionals (% of total workers)	·The share of professionals/technicians and associate professionals who are workers.
	Craft and related trades workers (% of total workers)	·The share of craft and related trades workers who are workers.
	Clerks (% of total workers)	·The share of clerks who are workers.
	Skilled agricultural, forestry and fishery workers (% of total workers)	·The share of skilled agricultural, forestry and fishery workers who are workers.
	Plant and machine operators and assemblers (% of total workers)	·The share of plant and machine operators and assemblers who are workers.
Labor structure	Labor force participation rate, total (% of total population ages 15+)	·The proportion of the population ages 15 and older that is economically active
	Labor force participation rate, female (% of female population ages 15+)	·The proportion of the female population ages 15 and older that is economically active
	Labor force participation rate for ages 15~19 (% of total population ages 15+)	·The proportion of the population ages 15~19 that is economically active
	Labor force participation rate for ages 20~24 (% of total population ages 15+)	·The proportion of the population ages 20~24 that is economically active
	Labor force participation rate for ages 25~29 (% of total population ages 15+)	·The proportion of the population ages 25~29 that is economically active
	Labor force participation rate for ages 30~34 (% of total population ages 15+)	·The proportion of the population ages 30~34 that is economically active
	Labor force participation rate for ages 35~39 (% of total population ages 15+)	·The proportion of the population ages 35~39 that is economically active
	Labor force participation rate for ages 40~44 (% of total population ages 15+)	·The proportion of the population ages 40~44 that is economically active
	Labor force participation rate for ages 45~49 (% of total population ages 15+)	·The proportion of the population ages 45~49 that is economically active
	Labor force participation rate for ages 50~54 (% of total population ages 15+)	·The proportion of the population ages 50~54 that is economically active
	Labor force participation rate for ages 55~59 (% of total population ages 15+)	·The proportion of the population ages 55~59 that is economically active
	Labor force participation rate for ages 60~64 (% of total population ages 15+)	·The proportion of the population ages 60~64 that is economically active
	Labor force participation rate for ages 65+ (% of total population ages 15+)	·The proportion of the population ages 65+ that is economically active
	Employment rate	·((Employed working age population/Working age population (15~64 years)) × 100
Employment rate, female	·((Employed working age female population/Working age female population (15~64 years)) × 100	
Unemployment, female (% of female labor force)	·The share of the female labor force that is without work but available for and seeking employment.	
Temporary employee (% of total employee)	· (Number of temporary employees / Number of employees) × 100	
Part-time employee (% of total employee)	· (Number of part-time employee / Number of employee) × 100	
Working condition	5-day work week policy	·Yes/No for 5~day work week policy
	Working hours per month	·Number of working hours per month
	Total wages	·The total sum of gross earnings prior to deductions during a calendar year
	Union density (% of total eligible employees)	·The percent of a number currently enrolled as members as a proportion of all those employees potentially eligible to be members
	Average working hours per month	·Average of number of working hours per month
	Working hours per week	·Number of working hours per week
	Average annual hours	·Average annual hours actually worked per worker
	Total wage growth rate	·((the wage of current year - the wage of previous year) / the wage of previous year) × 100
	Average working years	·Average of working years
	Policy	Yearly budget for small scaled workplace support
Yearly budget for improving safety awareness		·Yearly budget for improving safety awareness by Korea Occupational Safety and Health Agency

율(AIC=69.01), 노동구조 영역의 45~49세 경제활동참가율(AIC=66.26), 근로조건 영역의 노동조합조직율(AIC=69.98)이었다. ‘업무상부상사망10만인율’에 대해 연도만 투입되었을 때 AIC는 26.77이었고, 각 영역별로 지표 투입 시 AIC 값이 적어지는 대표 지표는 산업구조 영역의 취업자 중 사무 종사자 비율(AIC=10.73), 노동구조 영역의 50~54세 경제활동참가율(AIC=24.87), 근로조건 영역의 월평균근로일수(AIC=

23.14), 산업재해정책영역의 소규모사업장 지원사업 예산(AIC= 18.74)이었다.

2. 산업재해 예측

산재만인율을 예측하기 위하여 연도별 산재만인율만 사용할 경우 AIC는 84.50이며 모형설명력은 81.8%였다. 노동구

Table 2. Akaike Information Criterion (AIC) According to Socioeconomic, Industry, and Labor Structure, Working Condition, and Policy for Time Series Model Selection

Index		AIC	
		Industrial accidents per 10,000	Occupational injury death per 100,000
Year	Year	84.50	26.77
Socio-economic structure	Gross Domestic Product per capita	86.37	27.58
	Economic growth rate (Real GDP)	85.91	27.73
	Industrial Production Index	85.79	27.91
	Labor Income Shares	86.46	27.45
Industry structure	Legislators, senior officials and managers (% of total workers)	77.52	28.76
	Professionals/technicians and associate professionals (% of total workers)	85.81	27.62
	Craft and related trades workers (% of total workers)	69.01	26.04
	Clerks (% of total workers)	75.91	10.73
	Skilled agricultural, forestry and fishery workers (% of total workers)	75.36	27.70
	Plant and machine operators and assemblers (% of total workers)	86.50	26.23
Labor structure	Labor force participation rate, total (% of total population ages 15+)	86.02	28.73
	Labor force participation rate, female (% of female population ages 15+)	84.58	28.26
	Labor force participation rate for ages 15~19 (% of total population ages 15+)	83.06	27.07
	Labor force participation rate for ages 20~24 (% of total population ages 15+)	86.49	26.59
	Labor force participation rate for ages 25~29 (% of total population ages 15+)	86.12	26.56
	Labor force participation rate for ages 30~34 (% of total population ages 15+)	83.76	28.77
	Labor force participation rate for ages 35~39 (% of total population ages 15+)	85.21	27.97
	Labor force participation rate for ages 40~44 (% of total population ages 15+)	82.95	28.68
	Labor force participation rate for ages 45~49 (% of total population ages 15+)	66.26	25.23
	Labor force participation rate for ages 50~54 (% of total population ages 15+)	72.57	24.87
	Labor force participation rate for ages 55~59 (% of total population ages 15+)	82.20	28.74
	Labor force participation rate for ages 60~64 (% of total population ages 15+)	68.95	25.99
	Labor force participation rate for ages 65+ (% of total population ages 15+)	78.92	25.56
	Employment rate	85.82	28.77
	Employment rate, female	84.47	27.64
	Unemployment, female (% of female labor force)	86.25	24.95
	Temporary employee (% of total employee)	76.74	27.04
Part-time employee (% of total employee)	80.29	27.62	
Working condition	5-day work week policy	86.33	26.53
	Working hours per month	86.50	24.40
	Total wages	80.04	28.59
	Union density (% of total eligible employees)	69.68	27.14
	Average working hours per month	86.34	23.14
	Working hours per week	86.49	25.17
	Average annual hours	75.15	27.61
	Total wage growth rate	86.43	28.74
	Average working years	80.27	26.54
Policy	Yearly budget for small scaled workplace support	86.07	18.74
	Yearly budget for improving safety awareness	86.28	28.63

조영역의 45~49세 경제활동 참가율을 추가했을 때, AIC가 66.26으로 가장 크게 떨어졌고 모형설명력은 97.2%로 크게 향상되었다.

연도별 산재만인율만을 이용한 산재만인율 예측모형식 Y_1 과 45~49세 경제활동 참가율을 추가한 산재만인율 예측모형식 Y_2 의 추정계수는 Table 3와 같다. Y_1 과 Y_2 예측식 모두에

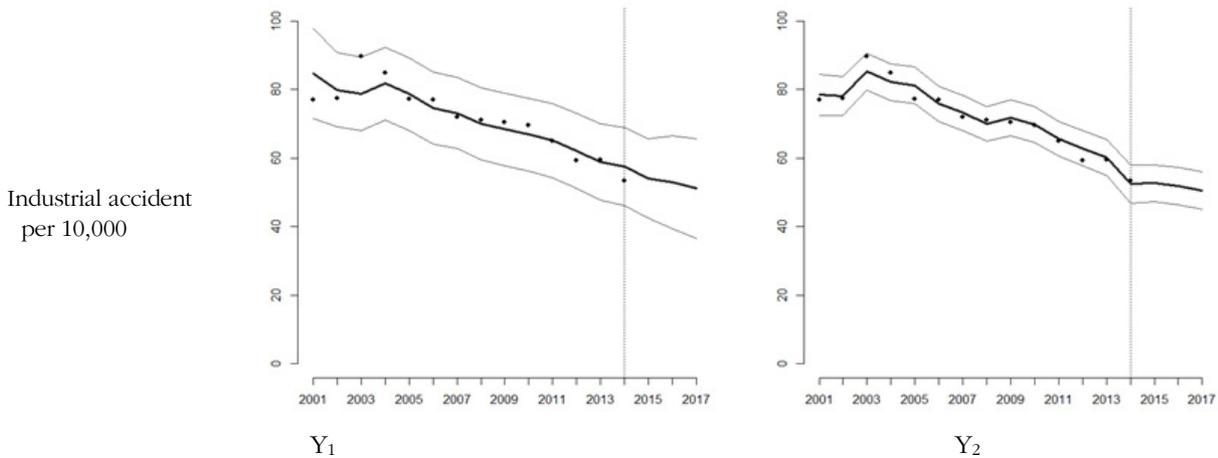
서 추정회귀계수 부호가 ‘-’로 해가 거듭될수록 산재만인율은 줄어든다는 것을 알 수 있으며 45~49세 경제활동 참가율을 추가한 Y_2 에서는 연도별 변수의 영향력은 상대적으로 크게 줄어들었으며 숙련된 노동연령인 45~49세 경제활동 참가율이 높아질수록 산재만인율은 감소하였다(Table 3).

예측식을 이용한 그림에서 연도별 재해만인율을 이용한 예

측모형식 Y_1 과 연도별 재해만인율에 45~49세 경제활동 참가율을 추가한 재해만인율 예측모형식 Y_2 는 점차적으로 감소하여 비슷한 양상을 보였다. 특히 45~49세 경제활동 참가율을 추가하였을 경우 잔차도 줄어들고 95% 신뢰구간이 좁아져 재해만인율 예측모형이 더욱 정교해졌다. 이들 식을 이용하였을 경우 3년 후 2017년에 이르면 재해만인율은 만 명당 51.2명으로 예측되며 연도별 재해만인율에 45~49세 경제활동 참가율을 추가하였을 때는 만 명당 50.5명으로 예측된다(Figure 1).

3. 업무상부상사망 예측

업무상부상사망10만인율을 예측하기 위하여 연도별 업무상부상사망10만인율만 사용할 경우 AIC는 26.77이며 모형설명력은 94.2%로 높았다. 한편 산업재해정책영역의 소규모 사업장 지원사업 예산을 추가했을 때, AIC가 18.74로 떨어졌고 모형설명력은 98.0%로 향상되어 가장 적합한 모형이 도출되었다(Table 4). Y_1 과 Y_2 예측식 모두에서 추정회귀계수 부호



Year	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17
Y	77.0	77.5	89.6	84.9	77.2	76.9	72.0	71.0	70.5	69.5	65.0	59.3	59.4	53.3			
Y_1	84.7	79.9	78.7	81.7	78.6	74.6	73.1	70.0	68.4	66.8	65.1	62.2	58.8	57.5	54.0	52.9	51.2
Y_2	78.4	78.1	85.2	82.1	81.2	75.8	73.2	70.0	71.7	69.7	65.6	62.8	60.1	52.4	52.6	51.8	50.5

Y=Y=Industrial accident per 10,000 by year; Y_1 =The predicted model using industrial accident per 10,000 by year;
 Y_2 =The predicted model using industrial accident per 10,000 by year and labor force participation rate for ages 45~49 by year.

Figure 1. The Predicted Incidence Rate of Industrial Accident for 10,000.

Table 3. The Parameters of the Predicted Model for Industrial Accident per 10,000

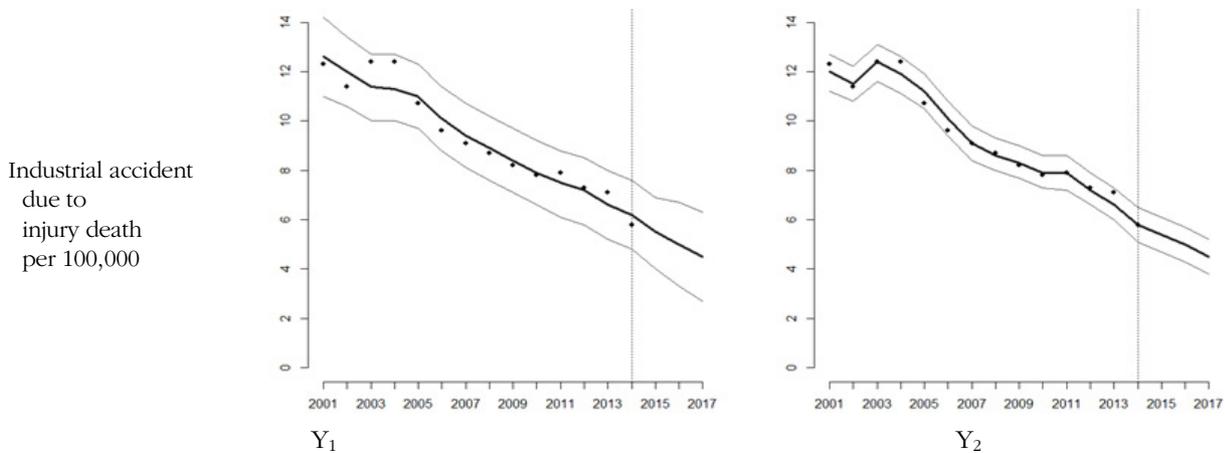
Variables		Estimate	Standard error	t	p	
Y_1 $R^2=.818$	(Constant)	$\hat{\beta}_0$	4,381	616.5	7.11	<.001
	Year	$\hat{\beta}_1$	-2.147	0.307	-6.99	<.001
	Auto-regression coefficient	$\hat{\phi}$	0.233	0.293	0.79	.442
Durbin-Watson Statistics (DW=1.520) Pr<DW ($p=.141$) Pr>DW ($p=.859$)						
Y_2 $R^2=.972$	(Constant)	$\hat{\beta}_0$	1,464	491.1	2.98	.010
	Year	$\hat{\beta}_1$	-0.450	0.287	-1.62	.128
	X (labor force participation rate for ages 45~49 by year)	$\hat{\beta}_2$	-6.155	0.926	-6.65	<.001
	Auto-regression coefficient	$\hat{\phi}$	-0.163	0.274	-0.59	.564
Durbin-Watson Statistics (DW=2.051) Pr<DW ($p=.370$) Pr>DW ($p=.630$)						

Y_1 =The predicted model using industrial accident per 10,000 by year;
 Y_2 =The predicted model using industrial accident per 10,000 by year and labor force participation rate for ages 45~49 by year.

가 ‘-’로 해가 거듭될수록 업무상부상사망10만인율은 줄어든다는 것을 알 수 있으며 소규모 사업장 지원사업 예산을 추가한 Y²에서 예산을 늘릴수록 업무상부상사망10만인율은 감소하였다. 단, 소규모 사업장 지원사업 예산은 추정회귀계수에 대한 해석을 적절히 할 수 있도록 원자료에서 10,000을 나누어 투입하였다(Table 4).

예측식을 이용한 그림에서 연도별 업무상부상사망10만인율을 이용한 예측모형식 Y₁과 연도별 업무상부상사망10만인

율에 소규모 사업장 지원사업 예산을 추가한 업무상부상사망 10만인율 예측모형식 Y₂는 크게 감소하는 추세를 보여 비슷한 양상을 보였다. 산재정책 영역의 소규모사업장 지원사업 예산을 추가하였을 경우 잔차도 줄어들고 95% 신뢰구간이 좁아져 업무상부상사망10만인율 예측모형이 더욱 정교해졌음을 알 수 있다. 이들 식을 이용하였을 경우 두 식 모두에서 3년 후 2017년에 이르면 업무상부상사망10만인율은 10만 명당 4.5명으로 예측된다(Figure 2).



Year	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17
Y	12.3	11.4	12.4	12.4	10.7	9.6	9.1	8.7	8.2	7.8	7.9	7.3	7.1	5.8			
Y ₁	12.6	12.0	11.4	11.3	11.0	10.1	9.4	8.9	8.4	7.9	7.5	7.2	6.6	6.2	5.5	5.0	4.5
Y ₂	12.7	11.9	11.6	11.7	11.2	9.4	9.0	8.6	8.5	8.3	7.8	7.2	6.7	5.9	5.5	5.0	4.5

Y=Occupational injury death per 10,000 by year; Y₁=The predicted model using occupational injury death per 100,000 by year; Y₂=The predicted model using occupational injury death per 100,000 by year and the budget for health and yearly budget for small scaled workplace support.

Figure 2. The Predicted Rate of Occupational Injury Death for 100,000.

Table 4. The Parameters of the Predicted Model for Occupational Injury Death per 100,000

Variables		Estimate	Standard error	t	p	
Y ₁ R ² =.942	(Constant)	$\hat{\beta}_0$	1,021	78.4	13.02	< .001
	Year	β_1	-0.504	0.039	-12.90	< .001
	Auto-regression coefficient	ϕ	0.358	0.282	1.27	.224
	Durbin-Watson Statistics (DW=1.541) Pr < DW (p=.151) Pr > DW (p=.849)					
Y ₂ R ² =.980	(Constant)	$\hat{\beta}_0$	734.17	87.66	8.38	< .001
	Year	β_1	-0.360	0.044	-8.22	< .001
	X (yearly budget for small scaled workplace support)	β_2	-0.146	0.040	-3.71	.002
	Auto-regression coefficient	ϕ	-0.015	0.277	-0.05	.960
	Durbin-Watson Statistics (DW=1.862) Pr < DW (p=.241) Pr > DW (p=.759)					

Y=Occupational injury death rate per 100,000 by year; Y₁=The predicted model using occupational injury death rate per 100,000 by year; Y₂=The predicted model using occupational injury death rate per 100,000 by year and yearly budget for small scaled workplace support.

논 의

본 산재발생예측 시계열분석 연구는 국가가 생산하는 다양한 사회·경제적 및 노동 관련 자료와 지표를 활용하여 사회·경제, 노동력 구조, 근로조건, 산업재해 정책을 고려한 가운데 첫째, 가장 일반적이면서도 핵심적인 산업재해 정보를 제공하는 ‘산재만인율’과 ‘업무상부상사망10만인율’을 예측하였으며 둘째, 이러한 산업재해 예측에 영향을 미치는 사회·경제·노동·정책 지표를 탐색·반영하여 산업재해를 예측 하였다.

산업재해 발생을 예측한 결과, ‘산재만인율’과 ‘업무상부상사망10만인율’이 선형적 감소추세를 보이면서 급격히 줄어들었다. 2001년도에 비교하여 2014년도에 이르러 산재만인율은 만명당 77.0명에서 53.3명으로 30.8% 줄어들었으며 이를 반영하듯 2017년도에는 만명당 50~51명 정도로 감소할 것으로 예측되었다. 업무상부상사망10만인율은 12.3명(2001년)에서 5.8명(2014년)으로 52.8% 급격히 줄어 2017년에 이르면 4.5명 정도로 낮아 질 것으로 예측되었다. 본 결과는 최근의 고용노동부에서 제시하는 산업재해통계 추이 및 기존연구결과와 맥을 같이한다(Ministry of Employment and Labor, 2013; Mun, 2004; Occupational Safety and Health Research Institute, 2012). 고용노동부에서 발표한 2012년 근로자 산재율은 5.93%이며 지난 10년간 재해천인율 또한 지속적으로 감소하고 있는 추세이며 사망 만인율도 0.73%로 전년 대비 0.06% 감소하였고 10년간 추세를 보면 지속적으로 감소하고 있다(Ministry of Employment and Labor, 2013). 하지만 우리나라는 여전히 산재율 높은 나라라는 오명을 벗고 있지 못하다. 2008년 국제노동기구의 노동통계(Laborsta Internet)에 의하면 한국은 노동자 10만명당 산재부상자는 692.2로 세계의 중간 수준이며 노동자 10만명당 사망자는 18명으로 세계 최고 수준이다(International Labour Organization, 2014). 본 연구결과는 기존 산업재해 통계와는 달리 산업재해에 영향을 미치는 사회·경제·노동·정책 지표를 고려한 상태에서 좀 더 정확하게 향후의 산업재해를 예측하고 있다는 강점이 있다. 본 연구결과에 기초할 때 우리나라의 향후 ‘산재만인율’과 ‘업무상부상사망10만인율’은 감소할 것으로 예상되지만 여전히 산재율과 업무상부상사망율이 세계적으로 높은 수준임을 명확히 인지하고 산업재해 예방 및 감소를 위한 지속적인 노력이 요구된다.

또한 본 연구결과에서 다양한 사회·경제적 및 노동구조와 사회정책 지표가운데 ‘산재만인율 예측’을 위해서는 ‘45~49세 경제활동참가율’이, ‘업무상부상사망 10만인율’은 ‘소규모

사업장 지원사업 예산’이 다른 지수들과 비교하여 통계적으로 우선 고려해야 할 산재 예측 지표로 평가되었다. 논의에 앞서 연구결과를 해석함에 있어서 다음 사항의 고려할 필요가 있다. 먼저, 연도별 각 산재 지표만 사용하였을 때와 추가 산재 예측 지표를 사용하였을 때의 2015~2017년 예측값은 크게 다르지 않았지만 95% 신뢰구간을 좁혔다는 점에서 신뢰성 높은 예측값을 얻었다고 판단되는 점이다. 다른 하나는, 종속변수인 연도별 산재만인율 및 업무상부상사망10만인율은 다양한 산재 예측 지표들에 의존하는 값이다. 즉 이들 산재지표들은 사회·경제·노동정책에 따라 변할 수 있는 지수들이어서 단순한 예측모형으로 각 재해율만 사용하여 충분한 결과를 얻을 수 있다고 하더라도 이들 추가변수의 중요성을 간과해서는 안 될 것이다. 그러나 연도별 각 재해율은 모형에 추가 투입한 산재 예측지표 뿐만 아니라 사회·경제·노동정책의 모든 요소들이 녹아 있는 결과이기 때문에 추가 투입 변수만 고려한 정책수립에 그다지 도움이 되지 않는다. 따라서 추가 투입한 산재 예측 지표는 많은 지표들 중에서 통계적으로 보다 중요한 변수로 고려하는 측면에서 정책입안 시 고려되어야 할 것이다.

‘산재만인율’ 예측에서 45~49세의 경제활동참가율이 주요한 예측지표인 것으로 확인된 것은 다른 연령층에 비해 45~49세 연령층은 상대적으로 근무기간이 길고 숙련노동자 및 정규직일 가능성이 높은 점이 반영된 결과로 해석된다. 울산시 소재 조선소 사업장의 5년간의 산업재해 통계를 분석한 결과에서 5년 모두에서 일관되게 근무기간이 1년 이하의 그룹에서 가장 높은 발생율을 나타냈으며 근무기간이 증가할수록 발생율이 감소하였다(Kim, Jeon, & Byun, 2003). 또한 최근의 시계열 자료를 이용한 산업재해 관련 사회경제적 요인을 탐색한 연구(Bang et al., 2011)에서도 일용근로자지수는 산재만인율을 증가시키는 것으로 확인되었다. 통계청이 발표한 2014년 비정규직근로자 비율 추이를 살펴보면 40대의 비정규직 비율은 26.6%로 전체 평균인 32.4%보다 낮은 수준이다(Statistics Korea, 2015). 근무기간이 길어짐에 따라 업무의 숙련도가 증가하여 재해 발생가능성이 낮아지고(Hwang, Park, & Seo, 1981; Hong, 1984) 보다 위험도가 낮은 부서나 위치에서 일할 기회가 많아진다(Kim, 1998). 따라서 기존연구결과와 더불어 본 연구결과에 기초할 때 산재만인율의 예방 및 감소를 위해서는 40대의 경제활동참여의 안정적 구조 뿐만 아니라 20~30대의 업무숙련이 가능할 수 있는 고용안정화 정책과 직장의 다양한 업무숙련 측면의 환경개선 노력이 필요하다.

본 연구에서는 ‘소규모 사업장 지원사업 예산’이 ‘업무상부상사망10만인율’의 주요 예측 지표로 확인되었는데 이는 사

고10만인율과 관련된 사회·경제·노동구조 및 사회정책을 탐색한 Kim 등의 연구(2009)에서 GDP 중 공공사회지출비중 및 GDP 중 조세부담율이 사고10만인율과 부적 관련이 있었고 Joo (1996)의 연구에서 노동통제정책이 사망만인율 증가와 관련된 것과 맥을 같이 하는 결과로 해석된다. 한편 고용노동부의 2012년 사업장 규모별 사망만인율 분포를 살펴보면 5인 미만 사업장(2.01) 및 10인 미만의 사업장(1.41) 재해율은 전체 평균재해율(1.20)보다 높으며 사업장 규모가 커질수록 사망만인율이 낮아졌다(Ministry of Employment and Labor, 2013). 따라서 ‘업무상부상사망10만인율’의 주요 사회정책 지표로써 ‘소규모 사업장 지원사업 예산’을 활용한 본 연구설계가 타당하다고 판단되며 본 결과는 지속적인 소규모사업장의 산업안전과 보건에 관련된 다양한 정책과 지원이 필요함을 시사한다. 참고로, 산업안전보건연구원의 2015년 제1~4차 근로환경조사 시계열분석보고서에 따르면(Choi et al., 2015), 고용노동부는 2001년부터 50인 미만 고위험 사업장의 안전보건 관리시스템 구축을 위한 보조지원을 시작하여 2006년 소규모 건설현장 재해예방 기술지원 사업, 2008년 소규모 사업장 고성재해 예방기법 종합기술지원 및 2009년 소규모 사업장 작업환경측정 비용 지원사업과 보건분야에서 1993년 소규모 사업장 보건관리 기술지원사업 및 2009년 소규모 사업장 특수건강진단 비용지원을 지속적으로 실시해왔다. 그 결과 소규모 사업장 지원사업 예산은 2001년 13,839,000원에서 2015년 30,338,000,000원으로 증가하였다.

결론 및 제언

본 연구는 향후 ‘산재만인율’과 ‘업무상부상사망10만인율’을 예측하고 이를 예측하는 주요 사회·경제·노동 지표로서 각각 ‘45~49세 경제활동 참가율’과 ‘소규모사업장 지원사업 예산’임을 확인하였다. 무엇보다도 본 연구는 사회조사, 경제활동인구조사, 근로환경조사, 산업재해현황조사 등을 연계하여 시계열 분석을 통해 근로자의 건강과 안전에 대한 거시·중시·미시적 변화를 찾아내고 이것이 정부의 산재예방정책과 연계성을 가질 수 있는 체계 구축의 가능성을 처음으로 구현해냈다는데 큰 의의가 있다.

그럼에도 불구하고 본 연구의 제한점과 이의 극복을 위한 후속연구를 제안하면 다음과 같다. 본 연구가 개발한 시계열 모형은 연 단위의 자료를 활용하여 자료수가 적어 자료분석에 제한이 있으므로 향후 월 단위 자료를 활용하여 시계열 모형을 다시 추정할 필요가 있다. 아울러 본 시계열 모형이 정상시

계열 모형인 자기회귀(Auto-Regressive, AR) 모형에 적합하여 모형의 타당성이 인정된다 하더라도 각 산재지표의 자료 특성을 고려한 시계열모형의 형태를 지속적으로 탐색하여 실질적으로 산재 예측력을 높일 수 있어야 한다. 마지막으로 본 연구는 대표적인 거시적 산업재해 지표인 ‘산재만인율’과 ‘업무상부상사망10만인율’에 국한하여 예측하였다. 향후 좀 더 세부적인 산업재해 지표인 ‘뇌심혈관질환10만인율’ 및 ‘근골격계 질환10만인율’ 등을 예측함으로써 좀 더 표적화된 산업재해 예방 및 대책을 마련해야 할 것이다.

REFERENCES

- Asfaw, A., Pana-Cryan, R., & Rosa, R. (2011). The business cycle and the incidence of workplace injuries: Evidence from the U.S.A. *Journal of Safety Research*, 42(1), 1-8.
- Bang, Y. W., Im H. J., Kwon, Y. J., Cho, S. S., Lee, T. K., Yoon, I. K., et al. (2011). The effect of socio-economic factors on occupational injuries in Korea: A time series analysis. *Korean Journal of Occupational and Environment Medicine*, 23(4), 397-406. Retrieved from <http://www.dbpia.co.kr/Journal/PDFView?id=NODE01770455>
- Choi, E. S., Ju, Y. S., Lim, J., Cho, S. J., Jeon, G. S., Ha, Y. M., et al. (2015). *Time series analysis for the 1st thru 4th wave surveys of Korean work environment*. Ulsan: Korea Occupational Safety & Health Agency.
- Davies, R., Jones, P., & Nunez, I. (2009). The impact of the business cycle on occupational injuries in the UK. *Social Science & Medicine*, 69(2), 178-182. <http://dx.doi.org/10.1016/j.socscimed.2009.04.033>
- Hong, S. H. (1984). A decreasing trend of industrial injuries at a large scale textile company. *Journal of Preventive Medicine & Public Health*, 17(1), 65-74.
- Hwang, I. D., Park, Y. S., & Seo, S. K. (1981) A study on industrial accidents of workers in Jeonbug areas. *Journal of Preventive Medicine & Public Health*, 14(1), 89-96.
- Hyeong, K. S. (1992). *A study on the occupational accidents in Korea*. Unpublished doctoral dissertation thesis, Jeonnam University, Gwangju.
- International Labour Organization. (2014) *Statistics of occupational injuries*. ILO. Retrieved from: Laborsta Internet, <http://laborsta.ilo.org/STP/guest>
- Joo, J. H. (1996). *An empirical analysis of causes of occupational accidents in Korea*. Unpublished doctoral dissertation thesis, Kyungsoong University, Busan.
- Kim, C. Y., Jeon, M. J., & Byun, D. H. (2003). Five-year industrial accidents of ship-building workers at a ship-yard. *Korean*

- Journal of Occupational and Environment Medicine*, 15(4), 436-445.
- Kim, S. G. (1998). A status of the report for industrial injuries and illnesses at an automobile related plant. *Korean Journal of Occupation Environment Medicine*, 10(4), 562-570.
- Kim, S. G., Ahn, H. Y., & Lee, E. H. (2009). *The relationship between the socioeconomic indicators and occupational indicators in OECD countries*. Incheon: Korea Occupational Safety & Health Agency.
- Korea Occupational Safety & Health Agency. (2011). *Status of occupational injury of Korea in 2011*. Incheon: Korea Occupational Safety & Health Agency.
- Kossoris, M. D. (1938). Industrial injuries and the business cycle. *Monthly Labor Review*, 46, 579.
- Manuele, F. A. (1997). A causation model for hazardous incidents. *Occupational Hazards*, 59(10), 160-165.
- Ministry of Employment and Labor. (2013). *The reports of occupational injury 2012*. Sejong: Author.
- Ministry of Employment and Labor. (2014). *The reports of occupational injury 2013*. Sejong: Author.
- Mun, S. H. (2004). An analysis on factors affecting industrial accidents. *Social Welfare Policy*, 20, 155-169.
- Neumayer, E. (2004). Recessions lower (some) mortality rates: Evidence from Germany. *Social Science & Medicine*, 58(6), 1037-1047.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0277-9536\(03\)00276-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0277-9536(03)00276-4)
- Park, S. (2003). The effects of organizational psychosocial factors on occupational accidents. *Social Welfare Policy*, 16, 61-78.
- Statistics Korea. (2015). *2014 Economically Active Population Survey: supplement survey of employment types*. Retrived from: http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2897
- Won, J. W., Song, J. S., Jung, J. Y., & Phee, Y. G. (2013). *Deep evaluation of industrial accidents prevention business III (policy)*. Incheon: Korea Occupational Safety & Health Agency.