

경기변동 요인이 산업별 산업재해 발생에 미치는 파급효과 분석*

김명중** · 박선영***

요약

본 연구에서는 산업 및 노동시장 경기지표 변화가 산업별 산업재해 발생에 미치는 동태적 파급효과를 분석하여 경기변동을 고려한 산재예방정책 의사결정의 기초자료를 제시하고자 하였다. 구체적인 연구 목표 달성을 위해 월별로 수집된 자료를 다변량 시계열 모형인 벡터자기회귀모형(VAR)에 적용, 경기변동이 산업재해 발생에 미치는 영향의 방향과 크기, 파급효과의 지속기간 및 기여도 등을 면밀히 검토하였다.

먼저, 전산업과 건설업, 그리고 제조업을 대상으로 산업 및 노동시장의 경기지표 변화가 산업재해 사망사고 발생에 미치는 영향을 분석한 결과, 산업 경기지표인 경기지수와 가동률, 신규건축 등은 경기상승 국면에서 산업재해를 증가, 실업률 상승은 산업재해를 감소시키는 요인으로 각각 작용 하였으며, 노동시장의 경기지표 중 평균 근로시간 증가는 건설업 산업재해를 유의미하게 증가시키는 요인으로 나타나 선행 연구들의 결과를 대부분 지지하였다. 한편, 임금상승의 경우 제조업에서는 산업재해를 감소시킨 반면 건설업의 산업재해를 증가시켜 서로 상반되는 영향을 보였는데, 이는 임금 상승에 따른 기회비용 증가와 대체효과의 상대적 변화에 각각 기인하는 것으로 판단된다. 아울러 경기변동에 따른 산업재해 파급효과는 제조업에 비해 건설업에서 장기간 지속되고, 총 변동에 미치는 기여도는 경기지수나 실업률과 같은 거시 변수 보다는 근로시간이나 임금 등 근로상태와 보다 밀접한 변수들이 높은 것으로 나타나, 우선순위에 따른 산업재해 모니터링 및 산업재해 파급기간을 고려한 차별화된 산재예방 정책수립의 필요성을 시사한다.

핵심 주제어 : 산업재해, 사망사고, 경기변동, 건설업, 제조업, 파급효과

* 본 연구는 2021년 산업안전보건연구원 자체연구과제 ‘한국의 산업별 산업재해 발생 추이와 경기적 영향요인 연구’의 일부를 수정·보완한 것임

** 제1저자, 산업안전보건연구원 정책제도연구부, 연구위원, junkim@kosha.or.kr

*** 교신저자, 산업안전보건연구원 정책제도연구부, 연구위원, psy0906@kosha.or.kr

<논문 투고일> 2022.4.12

<논문 수정일> 2022.7.28

<게재 확정일> 2022.8.18

I. 서론

사망사고 재해 감축 위주의 산재예방정책 수행과 관련 예산과 인력의 꾸준한 투입으로 인해 2012년 사고사망자수 1,134명, 사고사망만인율 0.73‰ 수준에서 2021년 828명, 0.43‰을 달성하는 성과를 달성하였다. 그러나 통계청의 2015년 기준 OECD 주요국 산재통계와 비교해볼 때, 우리나라 사고사망만인율(0.53‰)은 콜롬비아(1.8‰)와 멕시코(0.82‰), 터키(0.69‰)에 이어 네 번째로 높았고, 영국(0.08‰)과 독일(0.1‰), 일본(0.2‰) 등 주요 선진국들과 비교해 보면, 우리나라 산업재해는 꾸준한 감소추세를 보여 왔음에도 불구하고 상당히 높은 수준이라 할 수 있다.

산업재해는 근로자의 치료비용을 발생시키고 노동력의 일시 혹은 영구적 상실을 유발하여 노동소득 감소의 원인이 된다. 또한 기업은 산재 근로자에 대한 보상금 지급이나 손상된 재료·기계·자산의 수리, 생산 차질에 따른 손실, 벌금 및 형사 처벌, 대체 근로자의 고용과 훈련비용, 기업 신뢰도 하락 등 다양한 직·간접비용을 부담하게 된다(Heinrich, 1980). 그리고 개인과 기업에게 발생하는 다양한 비용은 곧 국가 전반의 사회·경제적 손실로 이어질 가능성이 높다. 통계청 「고용노동통계」에 따르면 2021년 국내에서 산업재해로 인한 사망자는 2,080명, 부상 및 질병 재해자를 포함한 전체 산업재해자 규모는 약 122,713명으로 나타났다. 재해로 인한 인적자본(human capital)의 손실과 기업의 생산 감소는 장·단기 경제적 손실을 발생시킬 수 있는데, 하인리히 방식(Heinrich, 1931)에 따라 추산한 결과 2020년 국내 산업재해로 인한 경제적 손실액은 약 30조원⁴⁾이며, 이는 2020년 명목 국내 총생산(GDP)의 약 1.46% 수준이 된다. 따라서 효과적 산업재해 감소를 위해서는 인력과 예산 등 양적 확대와 더불어 정책의 실효성과 효과성 향상 등 질적 확대를 위한 노력이 병행될 필요가 있다. 특히 산업재해를 유발하는 요인들을 면밀히 규명하고, 이러한 요인들의 변화가 산업재해 발생에 얼마나 오래, 그리고 얼마나 비중 있게 영향을 미치는지 파악하는 것은 정책집행의 효과와 밀접한 관련이 있으므로, 관련 정책당국과 산재예방사업의 추진 주체에게는 매우 중요한 관심사라 하겠다.

4) 근로복지공단에서 지급하는 산업재해로 인한 보험지급액을 직접손실액으로 하고, Heinrich 방식에 따라 직접손실액의 5배를 하여 직간접손실액을 산출하였다.

산업재해를 유발하는 요인들을 규명하는 것과 관련하여 공학자들은 근로자의 불안전자세나 사업장 내 유해·위험요소 등 미시적 요인 규명에 집중한 반면, 사회과학분야 연구자들은 근로자의 근로조건이나 작업환경 등에 영향을 미치는 있는 다양한 경제·사회적 요인을 발굴하고자 한다. 이와 관련하여, Kossoris(1938) 등 여러 선행 연구들에 따르면, 경기 호황으로 인한 상품 수요의 증가는 노동자들의 작업속도를 변화시키거나 미숙련 노동자들의 투입을 증가시켜 산업재해의 가능성을 증가시킨다고 지적하였으며, 후속 연구들 역시 일관적으로 수요 변화와 밀접한 관계를 갖는 산업경기 요인들이 직접·간접적으로 산재 발생과 관련이 있음을 밝힌 바 있다. 그러나 산업별 산업재해 발생을 유발하는 경기적인 요인들의 영향이 얼마나 오래 지속되고 얼마나 비중 있게 영향을 미치는지에 대해서는 현재까지도 연구가 부재한 실정이다. 만약 사회경제적인 요인들의 변화가 산업재해에 미치는 파급효과의 지속성과 기여도를 알 수 있게 된다면 이는 정책적 의사결정 과정에서 매우 중요한 추가적 근거자료로 활용될 수 있게 된다. 예컨대 과거 연구에서 제조업 설비 증가가 산재를 증가시킨다는 관계가 밝혀졌다면 설비가 많은 사업장을 점검하는 예방사업을 수립할 수 있으며, 만약 여기서 설비 증가에 따른 산재 발생 파급기간이 길고, 그 기여도가 타 변인들에 비해 크다는 연구결과가 제시된다면, 이 사업을 비교대상 사업들보다 우선적으로 고려하고, 장기간 수행해야 한다는 의사결정에 근거자료로 활용될 수 있는 것이다.

본 연구에서는 업종별 이질성(heterogeneity)을 고려한 다변량 시계열 모형인 벡터자기회귀(VAR) 모형을 구축하여 개별산업 내에서 경기적 요인 변동이 산업재해 발생에 미치는 동태적 파급효과를 검토하고자 한다. 다변량 시계열 모형을 활용한 분석은 양방향 인과에 의한 내생성(endogeneity) 문제를 효과적으로 해결할 수 있고, 경기적 요인 변화가 산업재해 발생에 미치는 영향의 방향과 크기뿐만 아니라 파급 효과의 지속기간과 기여도 등을 평가할 수도 있다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 제Ⅱ장에서는 산업재해를 유발하는 사회경제적 요인들에 대한 선행 연구들의 논의 결과들을 살펴보고, 제Ⅲ장에서는 연구에 사용한 자료의 추이와 시계열적 특성, 기초통계량 및 분석 모형에 대해 살펴본다. 그리고 제Ⅳ장에서는 벡터자기회귀모형 추정 결과와 직교화된 충격반응함수, 분산분해 등을 통해 산업별 경기변동이 산업재해에 발생에 미치는 영향의 방향과 크기,

파급 기간 및 기여도 등을 살펴보고, 마지막으로 제V장에서는 본 연구가 갖는 정책적 시사점 등에 대해 논의한다.

II. 선행연구 검토

경제적 요인과 산업재해 발생의 관계를 연구한 국내외 기존 연구 결과는 일관적으로 사회경제변수가 산업재해와 밀접한 관련이 있음을 지적하였다. Kossoris (1938)에서는 경제 발전은 필연적으로 산업재해 증가의 원인이 될 수 있음을 밝혔는데, 경제 발전에 따른 제품 수요증가는 노동자들에게 점차 많은 작업량 및 빠른 작업속도를 요구하게 되고, 이는 미숙련 노동자들의 투입을 증가시켜 산업재해의 가능성을 증가시킬 수 있다는 것이다. Fabiano et al.(1995)에서는 이탈리아의 경기 순환(economic cycle)과 사고율 간의 연관성에 대해 분석하였으며, 해당 연구에 따르면 경기 팽창과 침체에 따라 산업생산에 주기가 생기면서 사고율도 함께 움직이는 현상이 나타났다고 보고하였다. 추가로, 장기적 추세로 봤을 때 경기변동 요소가 근로자들의 산재 사고의 근본 요인이라고 지적했다. Fairris(1998)에서는 1946년~1970년 기간의 미국 제조업 사고재해율은 실업률과 음(-)의 통계적으로 유의미한 관계가 있음을 발표하였으며, Boone et al.(2006)은 1976~2001년 기간 동안 OECD 16개국의 자료 분석을 통해 실업률과 산업재해율은 음(-)의 관계가 있다고 분석하였고 근로시간과 고용률 변화와는 관련성이 없다고 실증분석 결과를 제시하였다. 또한, 사고사망률의 경우에는 실업률과 연관성이 있지 않으며 제조업과 건설업 고용 비율과는 통계적으로 유의미한 관계가 있다고 연구결과를 발표하였다.

Davies et. al.(2009)은 1986~2004년 동안 영국의 경기적 변화와 재해율과의 관계를 분석하였는데, 고용상태의 변화, 노동력 구성조건의 변동, 경제적 인센티브(economic incentive) 구조 등이 산업재해의 주기적 변동(cyclical fluctuation)을 유발함을 지적하였으며, 경미한 재해(3일 이상 휴업 재해 전체)는 GDP 변화와 연관성이 있는 것으로 나타났지만, 중대 재해는 통계적 연관성이 없는 것으로 분석되었다. Asfaw et al.(2011)에서는 국내총생산(GDP) 및 산업생산지수가 증가하는,

소위 경기 확장 시기에는 산업재해가 증가하고 반대인 침체기에는 산업재해가 감소한다고 분석결과를 보고했다.

Boone et al.(2011)은 2000년~2006년 오스트리아 남성 노동자들을 대상으로 구축된 자료를 바탕으로 경제적인 인센티브가 산업재해 보고에 영향을 미치는지 이론적 모형과 실증적 분석결과를 제시하였다. 해당 논문에서는 산재 사고를 보고한 근로자가 추후 해고될 가능성이 높아짐에 따라 경기적 요인들이 산업재해에 영향을 줄 수 있다고 언급했으며, 기업의 이러한 행동 때문에 사업장 안전에 대한 투자는 우선순위가 밀릴 수 밖에 없다고 지적하였다. 경기불황기에는 근로자의 사고 보고를 감소시키고 이에 따라 안전투자 역시 감소할 수밖에 없으며, 정책입안자의 관점에서 사고를 보고한 노동자들에 대한 차별조치를 금지해야 적절한 안전투자가 이루어질 것이라 지적하였다.

Dong et al.(2013)은 미국 건설업 산재사고사망 분석을 통해 경기변동과 추락사고가 밀접한 관련이 있음을 밝혔으며, Chang and Tsai(2014)는 대만이 2001~2004년 경기 침체기에서 벗어나 2005년 빠르게 경기회복이 진행되면서 실업률이 급격히 줄고 신규 미숙련 근로자들이 대거 노동시장에 참여해 산업재해가 늘었음을 밝혔다. 또한 De la Fuente. et al.(2014)은 스페인 경제의 호황기와 침체가 존재했던 2000년~2009년 경기변화와 산업재해와의 연관성을 분석하였는데, 저자들은 경기 호황기에 산업재해 발생이 증가하고 침체기에는 감소하였음을 산업별로 구분하여 제시하였다. 노동자의 나이, 사업장 규모, 근속기간, 성별 등에 따라 산업재해율이 변화가 있음을 나타내었는데, 경기 불황기에 재해자의 평균연령은 높아지는 경향이 나타나며, 그들의 평균적인 근속기간도 길어진다고 하였다. 또한, 해당 시기에 남성 근로자의 재해율이 여성에 비하여 낮아지기 때문에 산업재해율이 낮아지는 것이며 고용 안정성이 낮은 근로자의 재해율이 줄어들면서 전체적인 산재율이 낮아진다고 분석하였다.

Fernández-Muñiz, B. et al.(2018)은 1994년~2012년 스페인에서는 GDP 성장률이 증가하는 등 경기가 회복되는 시기에 산업재해율이 증가하고 침체기에 감소하는 양의 상관관계가 있다고 제시하였다. 또한, 경기회복으로 전체 산업재해가 증가했던 2013~2014년 기간, 산업재해가 증가한 산업과 감소한 산업을 구분하여 산업재해 변화분을 고용효과와 사고 발생 효과로 나누어 분석한 결과 산업재해가 증

가한 산업은 사고율이 높아지면서 산업재해가 늘어났음을 밝혔고, 이를 토대로 경기회복으로 인한 산업재해율 증가는 산업마다 다르게 나타날 수 있어 이에 대한 정책 설계가 필요하다고 주장하였다. Farina et al.(2018)에서는 이탈리아 제조업의 사고율과 거시경제지표와의 연관성을 분석하였는데, 1994년부터 2012년까지 제조업 산업재해율은 2008년 경기침체 이후 감소세가 급격해졌으며, 전체 사고율과 사망재해는 실업률과 음의 관계가 있고 실질 GDP 성장률과는 양의 관계가 있다고 분석결과를 제시하였다. 이처럼 실업률, 경기 순환 등 경기적 요인과 산업재해 간 연관성은 다수의 해외 연구사례에서 확인된 바 있다. 한편, 한국의 자료를 분석한 연구로는 Kim and Park(2020)에서 매월 발생하는 산업재해가 경기 변화와 연관성이 있음을 연구결과로 제시하였는데, 월별 발생하는 산업재해자 수는 제조업 가동률, 건축부문 착공현황, 고용률 등과 통계적으로 유의미한 관계가 있다고 제시하였고, 김동구·박선영(2021)에서는 분기별 발생하는 산업재해자 수는 경제성장률, 전산업 생산지수, 고용률, 근로자 중 남성 비율 등과 관련이 있다고 분석하였다.

이처럼 산업재해 발생이 경기적 변화와 관련성이 높다는 점은 여러 연구사례에서도 발견되나, 다양한 경기적 요인의 변화가 산업재해 발생에 어느 정도의 영향을 주는지 다변량 시계열 분석을 활용하여 분석한 사례가 적고 산업별 특성을 반영한 연구 역시 많지 않았다. 본 연구에서는 경기변동을 나타내는 주요 경제지표들이 전산업 및 산업별 산업재해 발생에 미치는 파급효과에 대해서 계량 경제학적 기법을 활용하여 더욱 객관적이고 정량적으로 살펴보고자 한다.

Ⅲ. 자료 및 모형

1. 자료의 정의와 특성

본 연구에서는 분석 대상인 산업재해 및 경기요인 자료를 산업별(전산업, 제조업, 건설업)로 구분하고 2001년 1월부터 2019년 12월까지 19년간 월별로 수집하여 활용하였다. 종속변수는 산업재해 관련 지표 중 산재예방 관련 정책 목표에 해당하는 업무상 사고사망자 수(명)로 정하였다. 독립변수는 선행연구 등에서 산업재

해 발생에 영향을 주는 요인으로 언급되었던 지표를 참고하여 실시한 회귀분석 결과⁵⁾에 포함되었던 지표 중 경기변동을 나타내는 요인을 선별하였다. 산업별 독립변수는 전산업에서 실업률(%)과 경기동행지수 순환변동치(2015=100), 제조업에서는 가동률(%), 그리고 건설업에서는 신규건축(1,000동)을 설정하였으며, 노동시장 경기지표로는 월평균 근로시간(시간)과 1인당 임금총액(백 만원)을 산업별로 각각 고려하였다.

[표 1] 분석에 활용된 변수

구분		전산업	제조업	건설업
종속변수	산업재해	업무상 사고사망자(명)		
독립변수	노동시장지표	월 평균 근로시간(시간)		
		1인당 임금총액(백만원)		
	산업경기지표	실업률	제조업가동률(%)	신규건축(천동)
		경기동행지수(순환)		

변수의 정의에 대해 구체적으로 살펴보면, 먼저 종속변수인 산업재해는 발생일 기준의 업무상 사고사망자 수(명)을 고려하였다. 통계청을 통해 공표되는 산업재해 통계는 요양승인일 기준으로 발생한 산업재해자 수를 작성하게 되며, 일반적으로 산재 발생 후 요양승인까지 짧게는 1~3개월, 길게는 1년 이상 소요되므로, 산업별 경기변동과는 무관하게 발생하는 시차 지연 문제를 회피하기 위해 산재 발생일 기준으로 재정렬하여 활용하였다(자료출처: 한국산업안전보건공단). 또한 산업재해는 크게 ‘사고재해’와 ‘질병재해’로 구분되고, 사고재해는 다시 ‘업무상 사고사망’과 ‘비사망 사고재해’로 구분해볼 수 있는데, 질병 재해의 경우 직업성 질병을 유발하는 유해요인에 노출된 시기와 발병 시기까지 상당한 차이가 발생할 수 있고 예측

5) 박선영·김명중, ‘한국의 산업별 산업재해 발생 추이와 국가적 영향요인 연구’ 2021, 산업안전보건연구원

이 어렵기 때문에 질병재해는 고려하지 않았으며, 사망사고 감소목표 위주로 수행되는 산재예방사업의 목적과 특성을 고려하여 연구의 범위를 업무상 사고사망자에 대한 분석으로 한정하였다.

독립변수 중 실업률은 경제활동인구 중에서 실업자가 차지하는 비중으로 노동시장의 수급상황에 매우 민감하게 영향을 받는 지표이기 때문에 노동 관련 국가정책 수립에 매우 중요한 고용지표로, 통계청 『경제활동인구조사』로부터 수집하여 활용하였다. 경기동행지수는 노동요소 투입, 산업생산지수, 제조업 가동률지수, 생산자출하지수, 비내구재 출하지수, 시멘트 소비량, 실질 수출액 및 수입액, 전력사용량 등 10개 지표를 합산해 산출하는 경기지수의 일종으로 국내총생산(GDP)의 대리변수로 사용되었으며, 국내 경기상황을 나타내는 가장 대표적인 거시변수인 국내총생산 대신 경기동행지수를 고려한 것은 최소 분기 단위로 보고되는 GDP 통계의 특성에 기인한다. 본 연구에서는 경기 국면의 전환을 보다 면밀히 살펴보기 위해 특별히 경기동행지수에서 계절적 요인이나 특정 사건(event), 천재지변, 중장기 경제성장에 따른 변동분을 제거한 순환변동치를 사용하였으며, 일반적으로 이 지표의 값이 100을 넘어서면 경기 활황기에 접어들었다고 해석한다. 한편, 제조업과 건설업의 경우에는 자료 확보의 한계로 경기지수를 적용하기 어렵고, 기준시점 대비 생산수량의 변화를 나타내는 생산지수보다는 직접적 노동 강도의 변화를 고려할 수 있는 제조업 가동률(%)과 건설업 신규건축(1,000동) 변수를 사용하였다. 통계청의 『광업제조업동향조사』로부터 매월 발표되는 제조업 가동률은 생산능력 대비 실적의 비율을 나타내므로, 가동률의 상승은 근무 강도의 상승과 연결될 수 있다. 또한 국토교통부 『건축허가 및 착공통계』에서 제공하는 신규건축 동수는 건축공사에 착수하여 공사 시공이 진행하기 시작한 시점의 수량을 나타내어 건설업의 생산 활동을 잘 나타내는 요인으로 판단하였고, 선행연구에서도 사고사망자수와 연관성이 높은 것으로 나타나 분석에 포함시켰다.

다음으로 노동시장 경기지표로는 월 평균 근로시간(시간)과 1인당 평균 임금총액(백만원)을 산업별로 고려하였다. 월 평균 근로시간은 해당 산업(1인 이상의 사업장)에서 일한 전체 근로자(상용근로자+임시일용근로자)들의 월 근로시간 평균을 나타내며, 이때 상용근로자는 고용계약 기간이 1년 이상인 임금근로자 혹은 계약기간이 정해지지 않았으나 정규 직원으로 일하는 사람, 임시일용근로자는 고용계

약 기간이 (구두계약을 포함하여) 1년 미만인 사람을 의미한다. 또한 1인당 임금총액은 해당 산업에서 일한 전체 근로자들이 1인당 월평균 수령한 임금의 총액을 나타내며, 여기서 임금은 정액 급여와 초과 급여, 그리고 특별급여의 합으로 구성된다. 이때 본 연구에서는 물가상승에 따른 화폐가치 변화를 반영하기 위해 명목(nominal)으로 표시된 임금총액 대신 소비자물가지수(consumer price index, CPI)로 물가를 보정한 실질(real) 임금총액을 사용하였다. 그리고 근로시간과 임금총액 두 자료는 모두 고용노동부 『사업체노동력조사』로부터 수집하였다.

한편, 앞서 선행연구에서 검토한 바와 같이 산업재해 발생에는 상기 변수들 외에도 다양한 요인들(예컨대 고용률이나 남성근로자 비중 등)이 영향을 미칠 수 있으므로 모형의 설명력을 높이고 누락변수 편의(omitted variable bias)를 최소화하기 위해서는 모형 내에서 산업재해에 영향을 미치는 여러 다른 요인들을 포괄적으로 고려하는 것이 필요하겠으나, 본 연구에서는 변수의 중복성 및 과 모수(over parameter) 문제 회피 등을 고려하여 우선순위가 높은 주요 변수들만을 고려하였다. 후술하겠지만, 분석도구로 다변량 시계열모형인 벡터자기회귀모형(Vector Autoregressive Model, VAR)을 활용하는 연구의 특성 상 독립변수의 불필요한 증가를 제한하는 것이 상당히 중요한데, 그 이유는 독립변수의 추가적인 증가는 모형에서 추정해야 하는 모수를 비선형으로 증가시켜 모형 내 과모수 문제를 발생시키기 때문이다.

각 변수들의 산업별 기초통계량을 살펴보면, 종속변수인 업무상 사고사망자 수의 경우 건설업에서는 월 평균 42명, 제조업에서는 25명으로 건설업에 비해 제조업이 약 1.7배 낮은 수준이었으나, 근로시간의 경우에는 건설업에서 평균 161시간, 제조업에서 191시간으로 제조업 근로자들이 월 평균 약 30시간을 더 일한 것으로 나타났다. 또한 1인당 임금총액은 건설업에서 252만원, 제조업에서는 325만원으로 나타났는데, 이는 두 산업 간 노동의 한계생산성(marginal productivity of laobr) 차이와 더불어 평균 근로시간 차이(약 30시간)에도 기인한 것으로 해석된다.

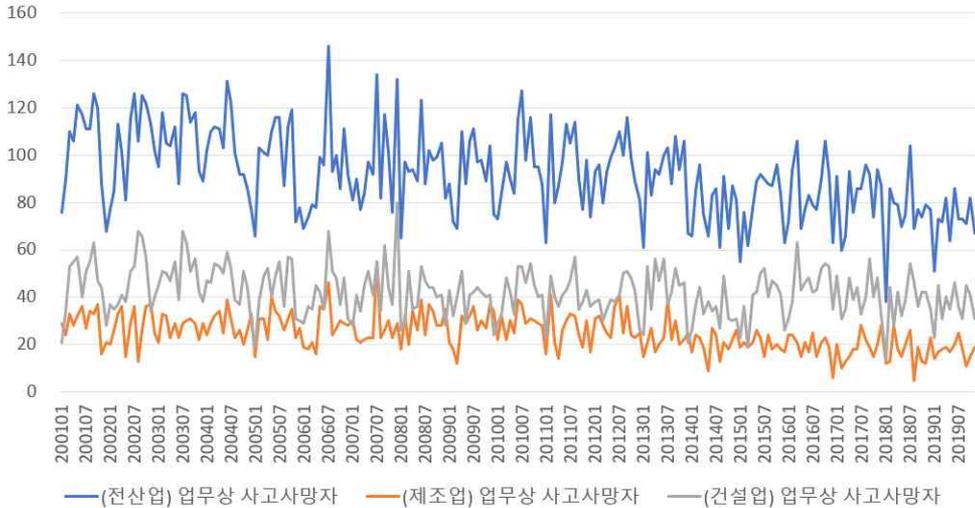
[표 2] 자료의 기초통계량

(단위: 명, 시간, 백만원, %, 1,000동)

산업	변수명	최솟값	1st Qu.	중앙값	평균	3rd Qu.	최댓값	표준편차
전산업	업무상 사고사망자	38.00	79.00	91.50	92.02	104.00	146.00	17.74
	월 평균 근로시간	140.00	169.00	179.00	180.54	193.00	210.00	15.15
	1인당 임금총액	2.24	2.79	2.95	2.99	3.17	4.18	0.32
	실업률	2.60	3.20	3.50	3.54	3.80	5.50	0.49
	경기동행순환	97.60	99.70	100.30	100.33	101.03	102.40	0.97
제조업	업무상 사고사망자	5.00	20.00	24.00	24.99	30.00	55.00	7.61
	월 평균 근로시간	150.00	181.75	193.00	191.65	202.00	218.00	13.83
	1인당 임금총액	2.05	2.84	3.16	3.20	3.47	4.94	0.53
	가동률	62.50	74.58	77.65	76.97	79.60	82.70	3.38
건설업	업무상 사고사망자	14.00	35.00	41.50	42.07	49.00	80.00	10.27
	월 평균 근로시간	119.00	145.00	152.50	161.45	185.00	203.00	21.89
	1인당 임금총액	1.85	2.29	2.49	2.51	2.70	3.82	0.32
	신규건축	3.21	11.59	14.77	14.81	18.18	22.84	4.12

[그림 1] 월별 업무상 사고사망자 수

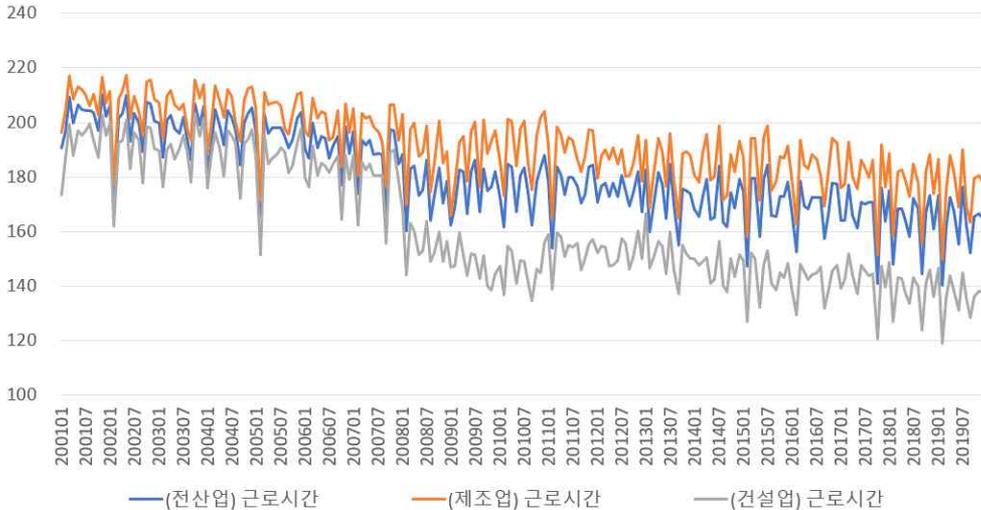
(단위: 명)



주) 위 자료는 통계청 공표기준(요양승인일)이 아닌, 발생일 기준의 수치임

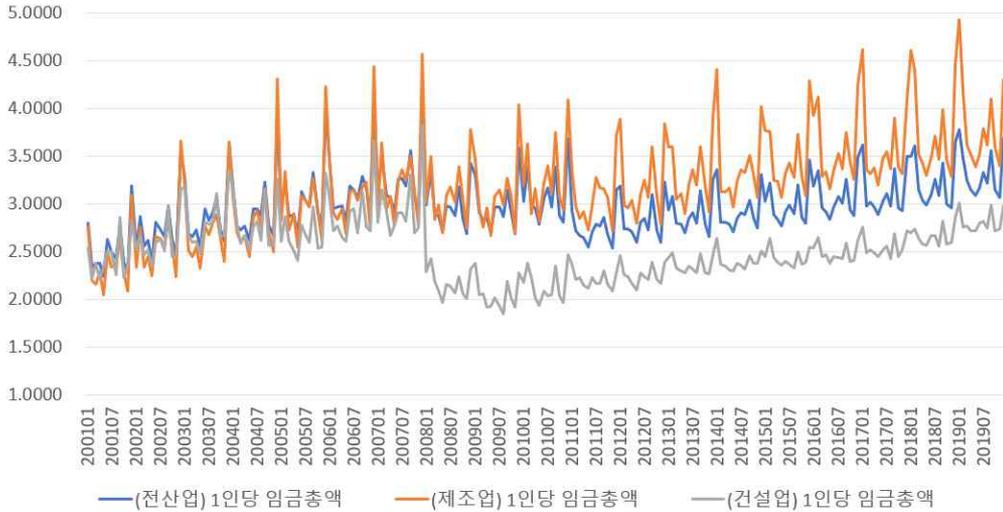
[그림 2] 산업별 월 평균 근로시간

(단위: 시간)



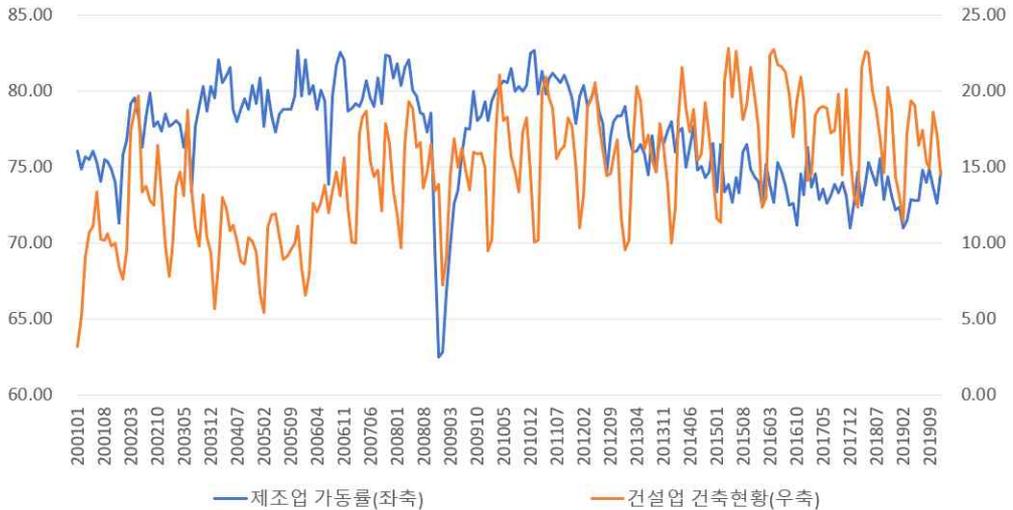
[그림 3] 산업별 1인당 임금총액

(단위: 백만원)



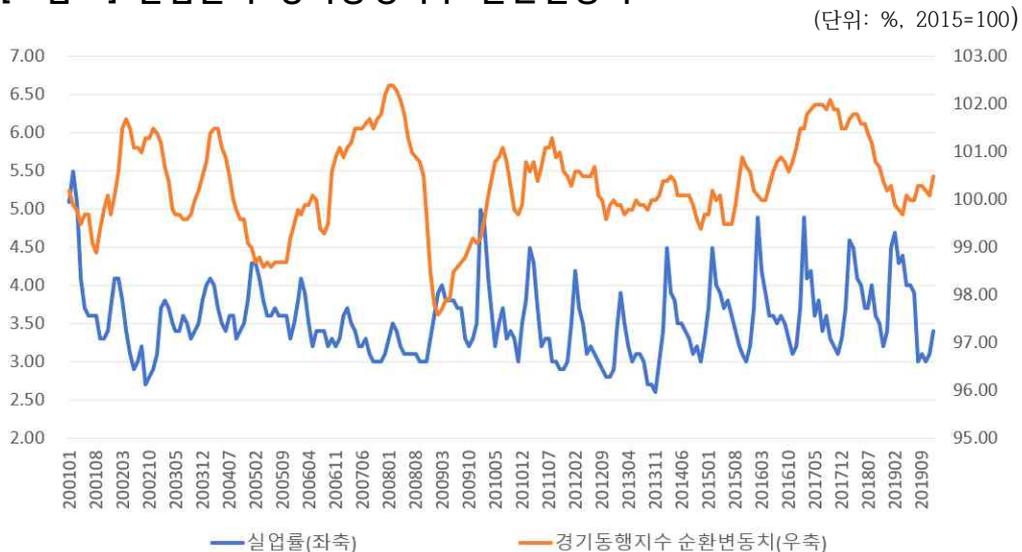
[그림 4] 제조업 가동률과 건설업 신규건축

(단위: %, 1,000동)



2000년대 초부터 꾸준한 증가추세를 보이던 제조업 가동률은 2008년 금융위기 기간에 65% 수준까지 하락 후 2010년 초 80% 가동률로 회복하였으나, 이후 2019년까지 꾸준한 하락세를 보이고 있으며, 건설업 신규건축은 뚜렷한 계절성(seasonality)을 보이며 월 평균 14,810동을 건축한 것으로 나타났다. 마지막으로 국내 산업과 노동시장의 경기 상황을 반영하는 전산업의 경기동행지수 순환변동치는 2008년 금융위기 기간 급격한 침체를 보인 후 2019년까지 2차례의 경기호황 국면을 보였으며(100을 넘어서는 구간), 실업률의 경우에는 건설업 신규건축과 유사하게 뚜렷한 계절성을 보이며 분석대상 기간 동안 소폭 상승하는 추세를 보이고 있다.

[그림 5] 실업률과 경기동행지수 순환변동치



2. 분석모형 선택

다변량 시계열 모형의 구체적인 선택 절차에는 시계열의 안정성 검정과 변수 간 공적분 존재 여부, 양방향 인과관계 검정 및 시차 선택 등의 과정이 포함된다.

단위근이 존재하는 불안정 시계열을 분석에 사용할 경우 변수 간 아무런 관련이

없음에도 불구하고 통계적으로 높은 상관관계가 관측되는 가성(spurious)회귀 문제가 발생하며, 또한 단위근의 특성상 확률행보(random walk)를 따르는 경우가 많은데, 이 경우 오차항 충격에 대한 반응이 일정 기간 후 종료(수렴)되지 않는 문제가 발생하여 예측 분석 수행이 어렵게 되고, 분석 결과를 신뢰하기도 어렵다. 시계열의 안정성은 일반적으로 확장된 단위근 검정(Augmented Dickey-Fuller Test)을 통해 판단하는데, 아래의 식을 추정 후 $H_0 : \delta = (\phi_1 - 1) = 0$ 인지 혹은 $H_1 : \delta < 0$ 인지를 검정하여 귀무가설이 기각될 수 없는 경우 불안정 시계열로, 기각되는 경우 안정 시계열로 판단한다.

$$\Delta y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad \text{식 (1)}$$

[표 3] 시계열의 안정성 검정 결과

산업	변수명	시차	타입	검정통계량	임계값	검정결과
전산업	업무상 사고사망자	5	B	-8.50	-3.43	안정
	월 평균 근로시간	6	B	-2.58	-3.43	불안정
	1인당 임금총액	5	B	-3.62	-3.43	안정
	실업률	6	A	-6.24	-2.88	안정
	경기동행순환	6	A	-3.75	-2.88	안정
제조업	업무상 사고사망자	1	B	-9.42	-3.43	안정
	월 평균 근로시간	6	B	-3.79	-3.43	안정
	1인당 임금총액	1	B	-10.26	-3.43	안정
	가동률	1	B	-4.28	-3.43	안정
건설업	업무상 사고사망자	3	A	-6.77	-2.88	안정
	월 평균 근로시간	5	B	-1.83	-3.43	불안정
	1인당 임금총액	5	B	-1.79	-3.43	불안정
	신규건축	1	B	-9.49	-3.43	안정

주) 타입 A=절편항 포함, B=절편+추세 포함, 임계값은 5% 유의수준의 값임

검정 결과 전산업과 건설업의 월 평균 근로시간과 건설업 1인당 임금총액에 단위근이 존재하는 것으로 나타났다. 불안정 시계열을 분석에 활용하기 위해서는 시계열의 안정화 작업이 필요한데, 대표적으로 차분 안정화와 추세 제거 안정화 등이 적용될 수 있으며, 본 연구에서는 시계열에 선형추세가 존재한다는 점과 타 변수들과의 일관성 등을 고려하여 Hodrick-Prescott 필터를 활용하여 추세제거 안정화를 수행하였다.

한편, 단위근 검정 후 필요 시 공적분 존재여부 검정을 병행하는데, 공적분의 존재 여부에 따라 모형을 달리 선택할 수 있기 때문이다. 예컨대 차분 안정화를 수행하는 경우 필연적으로 데이터 손실이 따르고, 데이터의 질적 특성 변화도 수반되는데, 표본 크기가 충분치 않고 장기균형관계에 대한 분석이 필요한 경우 불안정 시계열 간 장기 공적분이 존재한다면 벡터오차수정모형(Vector Error Correction Model)을 활용할 수 있다. 한편, 장기 공적분에 대한 고려가 특별히 요구되지 않고, 분석에 사용할 변수가 모두 안정 시계열일 경우 벡터자기회귀모형(VAR)의 활용이 가능하므로, 본 연구에서는 추가적인 공적분검정의 수행 없이 벡터자기회귀모형을 활용하여 분석을 수행하였다.

시계열 안정화와 모형 선택 후에는 명확한 인과관계 설정을 위해 양방향 인과관계 검정이 필요하며, 일반적으로 그랜저 인과관계 검정(Granger Causality Test)(Granger, 1969)을 수행한다. 일반적인 선형회귀모형 구성에서 독립변수 선정은 이론적 근거 혹은 기존 선행연구 검토를 통해 인과관계를 가정하고 분석을 수행하지만, 충분한 이론적 검토 혹은 선행연구가 이루어지지 않은 경우에는 변수 간 인과관계를 통계적으로 보다 명확히 검증할 필요가 있으며, 또한 대부분의 사회경제 변수들 사이에는 양방향 인과관계가 존재할 가능성이 있어 내생성(endogeneity)⁶⁾이 존재하는지 여부를 검토 필요가 있기 때문이다.

6) 내생성은 독립변수와 오차항 간에 체계적 관계가 존재함을 의미하며, 누락변수의 편의(omitted variable bias), 역의 인과관계(reverse causality), 자기선택(self-selection), 측정 오차(measurement error) 등에 의해 발생할 수 있다.

[표 4] 양방향 인과관계 검정 결과

산업	변수	업무상사고사망	근로시간	임금총액	실업률	경기동행순환
전산업	업무상사고사망		←	←	↔	←
	근로시간			↔	←	×
	임금총액				↔	×
	실업률					×
	경기동행순환					
제조업		업무상사고사망	근로시간	임금총액	가동률	
	업무상사고사망		↔	←	←	
	근로시간			↔	↔	
	임금총액				×	
	가동률					
건설업		업무상사고사망	근로시간	임금총액	건축현황	
	업무상사고사망		←	↔	↔	
	근로시간			↔	↔	
	임금총액				↔	
	건축현황					

양방향 인과관계 검정 결과 ‘업무상 사고사망자 수’를 종속변수로 활용하고자 하는 본 연구의 목적에 부합하는 결과를 보였다. 구체적으로 살펴보면, 전산업에서 ‘월 평균 근로시간’과 ‘1인당 임금총액’, ‘실업률’, 그리고 ‘경기동행지수 순환변동치’ 모두 업무상 사고사망자 수를 Granger 인과하였고, 제조업에서는 ‘월 평균 근로시간’과 ‘1인당 임금총액’, 그리고 ‘가동률’이, 건설업에서도 ‘월 평균 근로시간’과 ‘1인당 임금총액’, 그리고 ‘건축현황’이 모두 업무상 사고사망자 수를 Granger 인과하였다. 한편, 월 평균 근로시간과 1인당 임금총액은 모든 산업에서 공통적으로 양방향 Granger 인과하는 것으로 나타났는데, 정액급여 외에 시간으로 임금을 계산하는 경우 월 평균 근로시간이 증가하면 1인당 임금총액 역시 증가할 것이며,

산업 내 부가가치 향상 및 노동의 한계생산성 증가 등으로 산업 내 1인당 평균 임금이 증가하게 되면 대체효과(substitution effect)에 의해 노동 시간이 증가할 것이기 때문으로 판단된다.

앞서 언급한 바와 같이 본 연구에서는 일반적인 선형회귀모형에서는 활용할 수 없는 여러 장점들을 고려하여 다변량시계열모형인 벡터자기회귀모형(VAR)을 분석 모형으로 설정하였다. 벡터자기회귀모형은 내생성을 고려한 장기 시계열 자료 분석에 적합하며, 충격-반응 함수를 활용하면 독립변수가 종속변수에 미치는 영향의 방향과 크기뿐만 아니라, 설명요인의 변동에 의한 파급효과가 얼마나 오래 지속되는지 분석이 가능하여 본 연구 목적에 적합하다. 또한 독립변수들의 변화가 종속변수의 총 변동에 차지하는 비중을 계산하는 분산분해(variance decomposition)를 통해 각 독립변수들의 종속변수에 대한 영향력의 기여도를 평가할 수 있다. 만약 K 개의 변수와 p 의 시차를 포함하는 $VAR(p)$ 모형을 고려한다면 아래와 같이 기술할 수 있으며, 예컨대 전산업을 대상으로 하는 모형의 경우 5개의 변수를 활용하므로 $K=5$, 제조업과 건설업은 각각 4개의 변수를 활용하므로 $K=4$ 가 된다.

$$X_t = C + \theta_1 X_{t-1} + \theta_2 X_{t-2} + \dots + \theta_p X_{t-p} + \nu_t \quad \text{식 (2)}$$

$$X_t = \begin{bmatrix} X_{1t} \\ \vdots \\ X_{Kt} \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} C_1 \\ \vdots \\ C_K \end{bmatrix}, \theta = \begin{bmatrix} \theta_{11,i} & \dots & \theta_{1K,i} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \theta_{K1,i} & \dots & \theta_{KK,i} \end{bmatrix} (i = 1 \dots p), \nu_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{Kt} \end{bmatrix}$$

끝으로 시계열모형에서는 시차 영향관계를 고려하므로 적절한 시차의 선택 과정이 요구된다. 적정시차 p 의 경우 일반적으로 아래와 같이 Akaike Information Criterion(AIC), Bayesian Information Criterion(BIC) 등 정보기준(information criterion)을 활용하여 계산할 수 있으며, 최종 시차는 BIC 기준에 따라 1로 결정하였다.

$$AIC(p) = \ln |\hat{\Sigma}_p| + \frac{2K^2 p}{T}, BIC(p) = \ln |\hat{\Sigma}_p| + \frac{K^2 p \ln T}{T} \quad \text{식 (3)}$$

[표 5] 정보기준에 의한 최적시차 연산 결과

산업	정보기준	p=1	p=2	선택시차
전산업	AIC(p)	2.7601	2.4869	2
	BIC(p)	3.1384	3.2437	1
제조업	AIC(p)	8.3918	8.1704	2
	BIC(p)	8.6341	8.6547	1
건설업	AIC(p)	8.0940	8.3983	1
	BIC(p)	8.3362	8.8826	1

IV. 분석 결과

1. 경기변동이 산업재해 발생에 미치는 영향

산업별 경기변동 요인 변화가 산업재해 발생에 미치는 효과는 벡터자기회귀모형(VAR) 추정결과를 통해 살펴보도록 한다. 상술한 바와 같이 산업별 모형의 최적시차 p 는 BIC 정보기준에 따라 1로 결정하였고, 조정결정계수(Adjusted R^2)와 F -검정통계량 및 정보기준의 종합적 검토 결과에 따라 모형에 상수항 C 와 선형 추세항은 포함하지 않았다. 한편, 변수벡터 X_t 에는 각 산업에서 고려하는 모든 변수가 포함되어 산업별로 K 개의 모형이 각각 추정되지만⁷⁾, 본 연구에서는 산업재해에의 파급효과 검토라는 연구 목적에 따라 ‘업무상 사고사망자 수’를 종속변수로 하는 모형의 분석 결과만 제시한다.

먼저 모든 산업에서 업무상 사고사망자 $t-1$ 기 변수는 t 기 업무상 사고사망자와 유의미한 양(+)의 관계를 보여 1시차의 자기회귀(autoregressive) 효과가 존재하

7) 벡터자기회귀모형에서는 K 번째 변수를 종속변수로, 종속변수 자신과 나머지의 $t-1$ 시차변수를 독립변수로 하는 다변량 연립 회귀모형을 동시에 추정하게 되며, 전산업 모형에서는 5개, 제조업과 건설업에서는 각 4개의 모형이 추정된다.

는 것으로 나타났는데, 이는 산업 내 생산이나 건설이 활성화되는 시기 혹은 계절성(seasonality)이 존재함에 따라 특정 시기에 산재 발생이 집중되는 현상에 기인하는 것으로 판단된다. 다음으로 선행연구들의 결과와 유사하게 경기 상황을 나타내는 지표들(전산업 경기동행지수, 제조업 가동률, 건설업 건축현황)이 개선될수록 업무상 사고사망자수는 통계적으로 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. 과거 선행연구들에서 지적한 바와 같이 전체적으로 국내 산업 내 생산 재화에 대한 수요 증가와, 이에 따른 경기활성화(경기지표 개선)는 일하는 사람의 안전에 여전히 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 생산 활성화에 따라 산업재해가 증가하는 경향을 축소 혹은 해소하기 위해서는 생산 활동에 따른 사업장 안전보건체계의 작동이 시스템적으로 수반되어야 한다고 할 수 있겠다.

[표 6] 산업별 VAR모형 추정결과

독립변수	전산업		제조업		건설업	
	추정계수	P-값	추정계수	P-값	추정계수	P-값
업무상 사고사망자(명)_t-1	0.1760	0.0256 **	0.1406	0.0442 **	0.1611	0.0218 **
월 평균 근로시간(시간)_t-1	0.2733	0.0014 ***	0.0318	0.4190	0.1304	0.0000 ***
1인당 임금총액(백만원)_t-1	-6.8129	0.0569 *	-2.5825	0.0043 ***	2.8151	0.1279
실업률(%)_t-1	-4.7217	0.0425 **				
경기동행지수_t-1	0.6331	0.0025 ***				
제조업가동률(%)_t-1			0.3071	0.0079 ***		
건설업 건축현황(천동)_t-1					0.4839	0.0006 ***
조정결정계수(Adj. R ²)	0.9711		0.9274		0.9493	
F-검정통계량	1,527	0.0000 ***	726	0.0000 ***	1,603	0.0000 ***

주) 종속변수는 업무상 사고사망자 수입

***, **, *은 각각 1%, 5%, 10% 유의수준에서 유의함을 나타냄

평균 근로시간의 증가 역시 선행연구들의 연구결과를 지지하며 전산업에서 산재 사망사고를 증가시키는 요인으로 작용하는 것으로 나타났지만, 세부 산업별로는 다소 차이를 보였다. 구체적으로 건설업에서 근로시간 증가는 산재사망을 증가시

키는 것으로 추정되었지만, 제조업에서는 양(+)¹의 계수추정치가 통계적인 유의성을 확보하지는 못했다. 이러한 결과로 유추해볼 때, 봄-가을 신규건축이 활성화되는 시기에 건설업의 근로시간 증가는 직접적인 사고위험의 가능성을 높여 산재 업무상 사고사망자 수를 증가시키는 요인으로 작용한다고 볼 수 있겠으나, 제조업의 경우 단순히 근로시간의 증가보다는 가동률 상승과 같은 근무 강도의 강화가 더욱 유의하게 산업재해를 증가시킨다고 해석할 수 있다. 그 이유를 살펴보면 표본기간 동안 제조업의 평균 근로시간은 주 52시간 근무제 도입 등 정책적인 영향으로 인해 지속적인 감소추세를 보이고, 계절적 변동을 소폭 수반하기는 하나 상당히 경직적인 형태를 보였다. 반면, 제조업 가동률은 평균 근로시간에 비해 경기상황에 보다 민감하게 반응하고 있으며(2008년 금융위기 기간 등), 두 변수 사이에 높은 선형상관이 존재하지도 않아(상관계수: 0.4187) 가동률 상승을 근로시간 증가로만 감당했다고 보기는 어려워 보인다. 한편, 동일 표본기간동안 제조업의 종사자 수와 가동률 사이에 음(-)²의 선형 상관이 존재하여(상관계수: -0.5735) 수요확대에 따른 가동률 증대를 위해 노동 투입을 늘렸다고 보기도 어렵다. 따라서 가동률 상승에 근무강도 증가가 상당부분 기여했음을 짐작해볼 수 있다. 결과적으로 장시간 노동으로 인한 산재사망사고 발생 가능성은 제조업에 비해 건설업에서 높다고 판단되는 바, 효과적인 건설업 산재 예방을 위해서는 건설 경기가 상승세에 있는 시기에는 사업장 현장 점검 강화 등 건설업 근로자의 장시간 노동 모니터링을 강화하는 등의 사업전략이 필요하다.

한편, 업무상 사고사망 발생에 대한 임금상승의 효과는 산업별로 더욱 극명한 차이를 보였다. 먼저 전산업과 제조업에서 임금의 상승은 업무상 사고사망을 감소시키는 것으로 나타났는데, 이는 임금 상승이 산재사고 발생에 대한 기회비용(산재 발생으로 인한 근로손실) 상승과 연결되어 근로자 스스로 안전의식을 강화하고 산재를 회피함으로써 업무상 사고사망이 감소한 것으로 해석할 수 있다. 또한 이와 같은 인센티브효과는 근로자 스스로의 안전의식 향상뿐만 아니라 사업장 안전수준 향상에 대한 요구 증대로 연결될 수 있고, 사업주의 사고방지 조치가 강화되어 산업재해 감소에 긍정적인 영향으로 작용했을 수 있다. 반면, 건설업에서는 오히려 임금 상승이 업무상 사고사망을 증가시키는 양(+)³의 효과가 추정되었고 통계적으로 유의미한 효과를 보이지 않았는데, 건설업 임금상승에 따른 인센티브 효과보다

노동시간을 늘리려는 대체효과(substitution effect)가 더 크게 나타나면서 이러한 결과가 도출된 것으로 판단된다. 구체적인 수치를 통해 보다 면밀히 살펴보면, 표본기간동안 제조업 1인당 임금총액과 월평균 근로시간의 상관계수는 -0.5735 로 나타나 임금이 상승할수록 근로시간이 감소하는 소득효과가 크게 나타난 반면, 건설업에서는 두 변수의 상관계수가 0.3940 으로 계산되어 임금이 상승할수록 근로시간이 증가하는 대체효과가 크게 나타난 것으로 보이며, 같은 기간 두 산업에서 모두 근로시간이 동일하게 감소한 것으로 볼 때, 정부의 근로시간 감축 정책(주 52시간 근로 등)의 영향으로부터는 자유로운 것으로 보인다.

마지막으로 전산업 실업률의 증가는 산재사망사고를 감소시키는 것으로 분석되었다. 사실, 선행연구에서는 실업률이 증가하는 경기 침체기에 실직에 대한 우려로 사고발생 시 노동자의 산재보고 유인이 낮아져 산재발생이 감소할 가능성도 존재하지만(Boone and van Ours, 2006), 이는 사망이 아닌 사고성 재해에 국한될 뿐, 선택(보고)에 따라 산재통계에 집계 여부가 결정되는 ‘비사망 사고재해’와는 달리, 업무상 사고사망은 산재은폐의 가능성이 사실상 굉장히 낮아 실업률 변화가 업무상 사고사망에는 영향을 주지 않는 것으로 보고된 바 있다. 그러나 최근 연구에 따르면 실업률 증가 시 노동시장에서는 노동의 한계생산성(marginal productivity)이 낮은 상대적 미숙련 근로자들이 우선 퇴출되는 경향이 강하기 때문에 노동시장은 상대적 숙련노동자 위주로 구성되어 산업재해가 감소할 수 있음을 지적하였으며(Farina et al., 2018), 본 연구에서는 이와 같은 경향이 두드러지게 나타난 것으로 해석 된다.

2. 경기변동의 산업재해 파급효과

VAR 모형의 추정결과를 활용하여 독립변수의 변화에 따른 종속변수의 시계열 변화 양상을 분석하는 데 가장 많이 사용되는 방법은 충격-반응 함수(impulse-response function)를 살펴보는 것이다. 충격반응함수란 벡터자기회귀 모형의 추정계수를 이용하여 모형 내 특정 변수에 대해 1 표준편차 충격(one standard deviation shock)을 가할 때, 종속 변수가 시간의 흐름에 따라 어떻게 반응하는지를 나타내주는 함수이다(Lütkepohl, 2008; Hatemi-J, 2014).

본 연구에서는 일반적인 충격반응함수 대신 직교화된 충격반응함수(orthogonal

impulse-response function, OIRF)를 사용하는데, 그 이유는 양방향 인과관계가 존재하는 경우 한 변수가 다른 변수에 주는 충격뿐만 아니라 자기 변수에서 받는 충격까지 포함하게 되기 때문이며, 이 경우 한 방향으로의 영향만 존재한다는 식별 조건(identification restriction)을 설정한 OIRF를 사용하는 것이 바람직하기 때문이다.

[표 7] 직교화된 충격반응함수(OIRF) 추정결과

시차	전산업				제조업			건설업		
	근로시간	임금총액	실업률	경기지수	근로시간	임금총액	가동률	근로시간	임금총액	신규건축
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	2.8483	-2.5196	-1.2990	0.2721	0.7299	-1.1611	0.5350	2.0928	0.6511	1.0673
3	2.0057	-2.1474	-0.7155	0.2792	0.5070	-0.8441	0.6271	2.0851	1.1218	1.0206
4	1.3079	-1.3834	-0.2424	0.2562	0.3446	-0.4650	0.6090	1.9382	1.3374	0.8947
5	0.8828	-0.7683	0.0118	0.2403	0.2702	-0.2123	0.5778	1.8544	1.4188	0.8017
6	0.6211	-0.3696	0.1219	0.2343	0.2383	-0.0634	0.5544	1.8166	1.4409	0.7354
7	0.4524	-0.1395	0.1537	0.2348	0.2240	0.0207	0.5397	1.8007	1.4388	0.6844
8	0.3394	-0.0181	0.1487	0.2385	0.2173	0.0676	0.5311	1.7943	1.4276	0.6422
9	0.2619	0.0401	0.1297	0.2432	0.2138	0.0936	0.5261	1.7916	1.4135	0.6058
10	0.2079	0.0643	0.1077	0.2478	0.2120	0.1079	0.5233	1.7904	1.3990	0.5735

산업별 월 평균 근로시간에 대한 충격반응함수 도출결과를 살펴보면, 제조업 근로시간 1% 충격(11.81시간)에서는 1시차에 업무상 사고사망자 수 0.73명 증가, 건설업 근로시간 1% 충격(11.42시간)에서는 업무상 사고사망자 수 2.09명의 증가 영향을 준 뒤 점차 소멸하여, 제조업 파급효과는 10개월 내 대부분 소멸하는 반면, 건설업의 경우에는 10개월 후에도 초기 충격의 약 80%가 잔존하는 모습을 보였다. 따라서 근로시간 증가가 산재사망 발생에 미치는 산업별 파급효과 분석 결과를 종합해보면, 근로시간 충격에 대한 반응은 건설업이 제조업에 비해 약 2.86배 크

고, 그 효과가 장기간 지속되는 것으로 결론지을 수 있다.⁸⁾

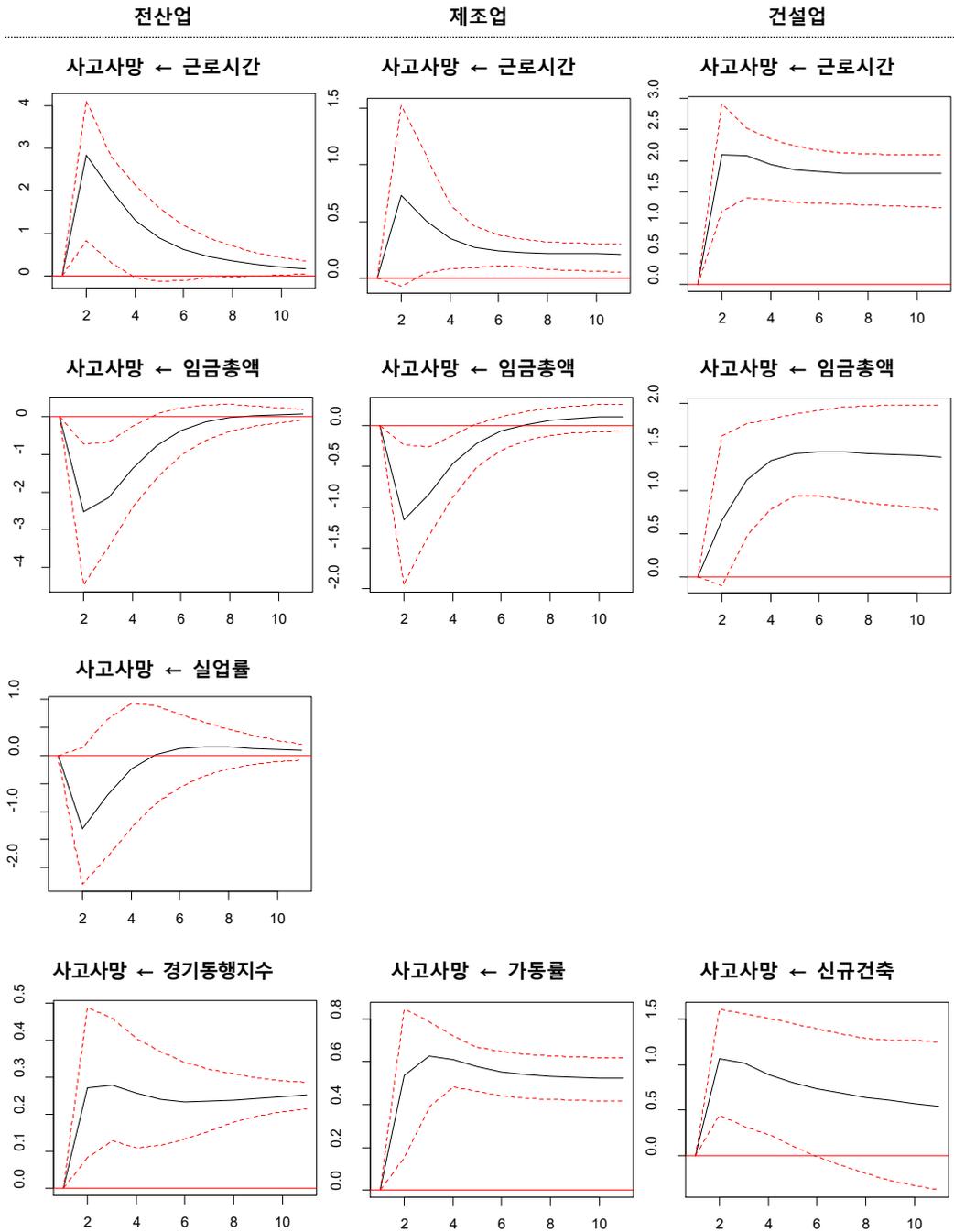
1인당 임금총액에 대한 충격반응함수 분석 결과는 산업별로 서로 상이하게 나타났는데, 제조업에서 1인당 임금총액에 대한 1% 상승 충격(약 477,265원)은 1시차에서 업무상 사고사망자 수 1.16명 감소효과를 미친 뒤 점차 감소하다가 5시차에 소멸, 6시차부터는 오버슈팅(over shooting)하여 양(+의 영향으로 전환되는데, 그 효과는 크지 않은 것으로 판단된다. 그러나 건설업의 경우 1인당 임금총액 상승 1% 충격(약 237,866원)은 1시차부터 0.65명의 산재사망사고 증가 효과를 미치며, 이 효과는 5시차까지 지속되어 5시차 기준으로 1.44명까지 증가한 뒤 이후 점차 감소하는데, 0에 수렴하지 않고 장기간 지속되는 경향을 보인다. 종합해보면 제조업과 건설업에서 임금총액의 효과는 서로 상이하게 나타나는데, 이는 건설업 부문의 임시일용근로자 비중이 높아 임금 상승 시 건설업 부문에서 비숙련 노동자들이 보다 탄력적으로 노동을 공급하여(대체효과에 따른 노동시간 증가) 발생한 현상으로 해석될 수 있다.

각 산업에서 경기변동요인을 나타내는 변수인 전산업의 경기동행지수 순환변동치와 제조업의 가동률, 그리고 건설업의 건축현황(신규 건축동수) 상승에 대한 1% 충격은 모두 산재사망사고 발생을 증가시키는 요인으로 작용하였는데, 여기서 전산업 경기동행지수 순환변동치의 1% 충격은 약 0.2974, 제조업 가동률 1% 충격은 약 0.8367%, 건설업 건축현황 1% 충격은 약 2,745동을 각각 나타낸다. 전산업 경기동행지수 순환변동치와 제조업 가동률, 그리고 건설업 건축현황의 경우 앞서 살펴본 근로시간이나 임금충격에 비해 t 기의 절대적 파급효과는 크지 않은 것으로 나타났지만, 파급효과가 지속되는 기간은 훨씬 긴 것으로 나타났다. 또한, 세 변수 내에서 비교해 보면 건설업 건축현황의 파급기간이 가장 짧은 것으로 분석되었는데, 그 이유는 상대적으로 사고 위험이 높은 건축공종은 상대적으로 다른 공종에 비해 소규모 건설현장이 많으며 그 공사기간도 1년 이내로 비교적 짧기 때문으로 해석된다. 마지막으로 실업률의 경우, 실업률 1% 충격(0.2888%)의 파급효과는 1시차에 업무상 사고사망자 수를 1.29명 감소시키는 효과를 발생시킨 후 약 3개월 시점까지 음(-)의 파급효과가 진행되다가 소멸되어 실업률 충격의 파급기간은 타 변인들에 비해 길지 않은 것으로 보인다.

8) 1% 충격의 구체적인 값은 예측오차 공분산행렬의 대각행렬에 평방근을 취해 계산할 수 있다.

[그림 6] 직교화된 충격반응함수 도해

(단위: 명)



3. 산재발생 영향의 기여도

분산분해(forecasting error variance decomposition, FEVD)(Lütkepohl, 2007)는 충격변수 오차항이 반응변수의 변화에서 차지하는 비중을 측정하는 예측 방법의 하나로, 반응변수에 대한 충격변수의 변동 기여도를 살펴보는 분석 방법이 기 때문에 미래의 불확실성 하에서 입력(충격)변수의 상대적 중요도 산출이 가능하다. 앞서 살펴본 직교화된 충격반응함수가 충격변수가 반응변수에 미치는 한계효과를 나타낸다면, 분산분해 결과는 충격변수가 반응변수의 총 변동에서 차지하는 비중(기여도)을 나타낸다는 점에서 분석결과 해석의 차이가 있다.

[표 8] OIRF에 대한 분산분해 결과

시차	전산업				제조업			건설업		
	근로시간	임금총액	실업률	경기지수	근로시간	임금총액	가동률	근로시간	임금총액	신규건축
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0273	0.0213	0.0057	0.0002	0.0099	0.0251	0.0053	0.0413	0.0040	0.0107
3	0.0385	0.0348	0.0070	0.0005	0.0143	0.0372	0.0123	0.0770	0.0148	0.0192
4	0.0431	0.0401	0.0070	0.0007	0.0162	0.0405	0.0187	0.1040	0.0289	0.0248
5	0.0452	0.0416	0.0070	0.0009	0.0173	0.0410	0.0244	0.1259	0.0434	0.0287
6	0.0463	0.0419	0.0070	0.0010	0.0182	0.0408	0.0297	0.1449	0.0570	0.0314
7	0.0469	0.0419	0.0071	0.0012	0.0190	0.0405	0.0346	0.1620	0.0694	0.0334
8	0.0472	0.0419	0.0071	0.0014	0.0197	0.0404	0.0392	0.1775	0.0807	0.0349
9	0.0474	0.0419	0.0072	0.0015	0.0204	0.0403	0.0438	0.1919	0.0908	0.0360
10	0.0475	0.0419	0.0072	0.0017	0.0210	0.0403	0.0482	0.2053	0.0999	0.0367

월 평균 근로시간(충격변수) 충격이 산재사망사고(반응변수) 총 변동에 미치는 파급효과의 기여도를 살펴보면 제조업의 경우 2기 총 변동 기여도가 약 1% 수준

에서 10기에 약 2% 수준으로 큰 변화가 없는 반면, 건설업의 경우 근로시간 충격은 2기에 약 4% 수준에서 10기 약 20%까지 상승하여 파급효과의 기여도가 시간이 지남에 따라 지속적으로 확대되는 경향을 보였다. 한편, 1인당 임금총액 충격의 경우 제조업에서 2기에 2.51%에서 10기에 4.03%로 1.52%p 증가한 반면 건설업에서는 2기에 0.4%에서 10기에 9.99%로 9.59%p 증가하여 산재사망 총 변동에 대한 임금 상승의 기여도는 제조업에 비해 건설업에서 높은 것으로 분석되었다. 마지막으로 경기변동요인으로 구분된 제조업 가동률과 건설업 건축현황은 산재사망 사고(반응변수) 총 변동에 평균 약 2%대 기여도를 보이고 있으며, 시간이 지남에 따라서도 기여도의 크기 변화는 크지 않은 것으로 보인다. 따라서 분산분해 결과 산재사망사고 변동에 미치는 기여도 측면에서 보면 실업률이나 경기지수와 같은 거시경제변수보다는 근로시간이나 임금 등 노동시장에서 근로자들에게 보다 밀접하게 영향을 미치는 변수들의 기여도가 높은 것으로 판단된다.

V. 결론 및 시사점

1. 연구결과 요약 및 한계점

본 연구에서는 산업별 경기변동이 산업재해에 미치는 영향 및 동태적 파급효과를 면밀히 검토하기 위해 산업별 이질성(heterogeneity)을 고려한 다변량 시계열모형을 구축하여 분석을 수행하였다. 여기서 종속변수는 산재예방사업의 우선순위를 고려하여 '업무상 사고사망자 수'로 한정, 독립변수는 '노동시장지표'와 '산업경기지표'로 구분하여 수집하였으며, 구체적으로 노동시장지표로 월 평균 근로시간과 1인당 임금총액을, 산업경기지표로는 전산업에서 실업률과 경기동행지수, 제조업에서는 가동률, 그리고 건설업에서는 건축현황을 고려하였다. 또한 단위근 검정, 양방향 인과관계 검정 등을 통해 최종 모형을 벡터자기회귀모형(VAR)로 설정, 최적 시차는 정보기준에 의해 1로 설정하였다.

산업별 경기변동이 업무상사고사망 발생에 미치는 영향관계를 파악하기 위해 벡터자기회귀(VAR) 모형을 추정한 결과, 먼저 종속변수인 업무상 사고사망자 수는 산업 내 생산 활동의 계절성(seasonality)으로 특정 시기에 산재발생이 집중되는

현상에 기인하여 유의미한 AR(1) 효과를 보였다. 또한 선행연구들에서 일관되게 지적한바와 같이, 전산업의 경기동행지수와 제조업의 가동률, 그리고 건설업 신규 건축 등 산업 내 경기 상황의 개선은 여전히 업무상 사고사망을 유의미하게 증가시키는 것으로 분석되었는데, 이러한 경향을 해소하기 위해서는 무엇보다도 사업장 안전보건체계의 작동이 생산활동과 유기적으로 결합되어야 한다고 할 수 있겠다. 노동시장 경기지표와 관련, 건설업 근로시간 증가는 산재사망을 증가시키는 것으로 나타났으나 제조업에서는 통계적으로 유의하지 않아 장시간 근로로 인한 산재사망사고 발생 가능성은 건설업에서 높다고 판단되며, 이에 건설업 장시간 노동 모니터링 강화 등 사업전략의 다원화가 필요해 보인다. 마지막으로 제조업에서는 임금 상승에 따른 인센티브 효과가 발생하여 임금 상승 시 산재사망 감소 효과를 보였으나, 건설업의 경우 상대적으로 인센티브효과에 비해 대체효과가 크게 나타나 통계적 유의성을 확보하지 못했으며, 또한 실업률 상승은 업무상 사고사망을 감소시켜 Farina et al.(2018) 등의 선행연구 결과를 국내 사례에서도 재확인하였다.

다음으로 경기변동 충격에 따른 산업재해의 시계열 변화를 살펴보기 위해 직교화된 충격반응함수(OIRF)를 분석한 결과, 근로시간 증가가 산재사망 발생에 미치는 파급효과는 건설업이 제조업에 비해 약 2.86배 크고, 제조업 파급효과가 10개월 이내에 대부분 소멸되는 반면 건설업은 10개월 이후에도 충격의 약 80%가 잔존하여 제조업에 비해 건설업에서 파급효과가 장기간 지속되는 것으로 확인되었다. 또한 임금상승 효과의 경우 제조업 1% 충격(약 3만 2천원)은 1시차에서 사망사고 1.16명 감소효과 발생 후 5시차까지 점차 감소 후 소멸, 건설업 1% 충격(약 2만 5천원)은 1시차에 사망사고 0.65명 증가효과 발생 후 5시차까지 지속 상승 후 점차 소멸하는 모습을 보였는데, 두 효과가 상이한 이유는 건설업에서 임시일용근로자 비중이 높아 임금 상승 시 대체효과로 인해 비숙련 노동자들이 보다 탄력적으로 노동을 공급하여 발생한 현상으로 해석된다. 한편, 경기변동요인을 나타내는 전산업의 경기동행지수와 제조업의 가동률, 그리고 건설업의 건축현황(신규 건축동수)에 대한 1% 충격은 모두 산재사망사고 발생을 증가시키는 요인으로 작용하였으며, 근로시간이나 임금 충격에 비해 파급효과가 크지 않지만, 파급 기간은 훨씬 긴 것으로 나타났다. 그리고 실업률 1% 충격(0.04%)의 파급효과는 1시차 1.29명 감소효과 발생 후 약 3개월 시점까지 음(-)의 파급효과가 진행되다가 소멸되어

타 변인들에 비해 파급효과는 길지 않은 것으로 보인다.

마지막으로 분산분해(FEVD)를 통해 산업재해 파급효과의 기여도를 살펴본 결과, 평균 근로시간 충격이 산재사망사고 증가의 총 변동에 미치는 기여도는 충격 발생 후 10개월까지 건설업은 약 2~20%, 제조업은 약 1~2%로 나타나, 건설업이 제조업에 비해 약 2~10배 높으며, 1인당 임금충격의 경우 발생 후 10개월까지 제조업은 2.51%에서 4.03%로 1.52%p 증가한 반면, 건설업에서는 0.4%에서 9.99%로 9.59%p 증가하여 임금 충격에 대한 건설업 산재사망 총 변동에 대한 기여도가 제조업에 비해 크고 지속 상승하는 것으로 밝혀졌다. 또한 산업별 경기활성화 수준을 나타내는 제조업 가동률과 건설업 건축현황은 산재사망사고 총 변동에 평균 2%대 기여도를 보이고 있으며, 실업률이나 경기지수와 같은 거시경제변수보다는 근로시간이나 임금 등 노동시장에서 근로자들에게 보다 밀접하게 영향을 미치는 변수들의 산재사망 발생 기여도가 높은 것으로 보인다.

본 연구에서는 산업별 업무상 사고사망자 수와 경기변동요인 간 관계를 분석함으로써 국내 산업재해가 경기적 요인에 민감하게 반응하고 있으며, 이러한 요인들은 산업별로 상이하게 나타날 수 있음을 확인하였다. 또한 벡터자기회귀모형을 활용하여 경기적 요인이 산업재해에 미치는 파급효과의 방향과 크기, 지속기간, 그리고 영향력을 분석하였다는 점에서 학술적 기여도를 가지며, 주요한 정책적 함의를 도출할 수 있었다. 향후 산업별 사업주 및 근로자의 면접 조사를 포함하는 실태조사 등을 추가로 실시하여 산업별로 어떠한 환경들이 연구 결과에 영향을 미치는 요인으로 작용하는지를 밝힌다면 본 연구 결과의 한계점을 극복하고 활용성을 더 높힐 수 있을 것이라고 판단된다.

2. 미래 산재예방 정책 설정의 시사점

실효성이 있는 산재예방 사업 수행을 위해서는 본 연구에서 도출된 결과와 같이 산업의 특성을 반영하여 산재유발 요인들의 변화가 산업재해 발생을 얼마나 지속시키고 그 기여도가 어느 정도인지를 파악하여 활용해야 할 것이다. 산재예방 사업을 계획하고 시행함에 있어 경기적 요인들의 변화를 고려하여 집중적으로 사업을 추진해야 할 대상 및 시기 등을 결정하고, 사업 수행실적 목표 등을 유연하게 설정

하고 추진해야 보다 예방효과가 클 수 있을 것이라 생각된다. 본 연구를 통해 노동자 및 사업장뿐만 아니라 근로조건 및 사업장 조직에 영향을 줄 수 있는 단기 또는 중장기적인 경제·사회적 변화에 대한 모니터링이 매우 중요함을 확인하였으며, 사회경제적 요인이 산업재해에 미치는 파급효과의 방향과 크기, 그리고 지속기간 등 보다 향상된 연구결과를 도출한 본 연구의 결과는 향후 보다 효과적이고 효율적인 산재예방정책 수립에 기여 할 것으로 기대 된다.

참고문헌

- 강동익. 2019. 정부지출 성질에 따른 경기부양효과와 구축효과, 재정포럼 277. 한국조세재정연구원, pp.28-49.
- 김동구·박선영(2021), “한국의 분기별 산업재해 발생에 영향을 미치는 경기변동요인 분석”, 전문경영인연구, 제24권 1호, pp.269~287, 한국전문경영인(CEO)학회
- 김명중·김상겸(2018), “패널벡터자기회귀모형을 이용한 대형유통의 지역경제 파급효과 분석”, 사회과학연구, 제44권 3호, 91~116, 경희대학교 사회과학연구소
- 박선영·김명중(2021), “한국의 산업별 산업재해 발생 추이와 국가적 영향요인 연구” 산업안전보건연구원 연구보고서
- Asfaw, A, Pana-Cryan, R., and Rosa, R.(2011), The business cycle and the incidence of workplace injuries: Evidence from the U.S.A, Journal of Safety Research, 42(1), pp.1-8
- Boone, J., & van Ours, J. C. (2006). Are recessions good for workplace safety_Journal of Health Economics, 25(6), pp.1069-1093
- Boone, J., van Ours, J. C., Wuellrich, J.-P., & Zweimüller, J. (2011). Recessions are bad for workplace safety. Journal of Health Economics, 30(4), pp.764-773.
- Chang, D.-S. and Tsai, Y.-C.(2014), Investigating the long-term change of injury pattern on severity, accident types and sources of injury in Taiwan's manufacturing sector between 1996 and 2012, Safety Science, 68, pp.231-242
- Davies, R., Jones, P., and Nunez, I.(2009), The impact of the business cycle on occupational injuries in the UK, Social Science & Medicine, 69(2), pp.178-182
- Dong, X.S., Choi, S.D., Borchardt, J.G., Wang, X., and Largay,

- J.A.(2013), Fatal falls from roofs among US construction workers, *Journal of Safety Research*, 44, pp.17-24
- Farina, E., M. Giraudo, G. Costa, and A. Bena.(2018), Injury rates and economic cycles in the Italian manufacturing sector, *Occupational Medicine*, Volume 68, Issue 7, pp. 459-463
- Fabiano, B., Parentini, I., Ferraiolo, A., and Pastorino, R.(1995), A century of accidents in the Italian industry: Relationship with the production cycle, *Safety Science* 21(1), pp.65-74
- Fairris, D. (1998). Institutional Change in Shopfloor Governance and the Trajectory of Postwar Injury Rates in U.S. Manufacturing, 1946-1970. *Industrial and Labor Relations Review*, 51(2), pp.187-203
- Granger, C. W. J. (1969), Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral models, *Econometrica*, 37, pp.424-438.
- Hatemi-J, A. (2014), Asymmetric generalized impulse responses with an application in finance, *Economic Modeling*, 36, pp.18-22.
- Heinrich, H.W.(1931), *Industrial accident prevention: A scientific approach*. McGraw-Hill, New York
- Heinrich, H. W. (1980), *Industrial Accident Prevention: A Safety Management Approach* (5th edition), McGraw Hill, New York.
- Kim, D.K. and S. Park,(2020), Business Cycle and Occupational Accidents in Korea, *Safety and Health at Work*, 11(3), pp.314-321
- Kossoris, M. D., (1938), Industrial injuries and the business cycle, *Monthly Lab. Rev.* 46, pp.579-594,.
- Lütkepohl, H. 2008, Impulse response function, *The New*

Palgrave Dictionary of Economics(2nd ed.)

Lütkepohl, H. 2007, New introduction to multiple time series analysis, Springer, p.63.

Verónica Sedano de la Fuente, Miguel A. Camino López, Ignacio Fontaneda González, Oscar J. González Alcántara, Dale O. Ritzel.(2014), The impact of the economic crisis on occupational injuries, Journal of Safety Research, 48, pp.77-85.

WHO/ILO(2021), Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury, 2000-2016: Global Monitoring Report

The Ripple Effect of Economic Fluctuations on Occupational Accidents by Industry

Myungjoong Kim* · Sunyoung Park**

Abstract

This study tried to provide basis for occupational accident prevention policy decision making by analyzing the dynamic ripple effect of economic indicators on occupational accidents by industry. We investigated the direction, magnitude, duration, and contribution of the ripple effect of economic fluctuations on occurrence of occupational fatal accidents.

An increasing of CCI, operating rate, and constructions exacerbates occupational fatalities and higher unemployment rate has opposite effect. Also, longer working hours significantly increases it in the construction sector. However, while wage growth in the manufacturing industry has reduced occupational fatalities, it has increased in the construction industry, due to the relative change in opportunity costs and substitution effects. In addition, the ripple effect lasted longer in the construction site, and as for the contribution to variation of occupational fatalities, working hours or wage were greater than CCI or unemployment rate. It suggests the necessity of establishing occupational accident prevention policies considering the duration of ripple effect and monitoring by priorities.

Key word : occupational accidents, occupational fatalities, construction industry, manufacturing industry, ripple effect

* First Author, Senior Researcher, Safety & Health Policy Research Department, Occupational Safety and Health Research Institute, junkim@kosha.or.kr

** Corresponding Author, Senior Researcher, Safety & Health Policy Research Department, Occupational Safety and Health Research Institute, psy0906@kosha.or.kr