

OSH

2018년 상반기호

안전보건 정책 이슈리포트

- 화학물질 관리와 관련하여 새롭게 요구되는 산업안전보건의 역할
- 고용형태의 다변화와 산업안전법리 개편의 필요성
- 규범적 판단에 따른 직업성 암의 산재 판정 흐름
- 4차 산업혁명과 산업안전보건 분야의 리빙랩 활용
- 화학물질 유해성평가의 미래
 - *in silico* 독성예측

OCCUPATIONAL SAFETY
& HEALTH ISSUE
REPORT



OSH

2018년 상반기호

안전보건 이슈리포트



산업안전보건연구원은 안전보건 연구 개발을 통해 산업현장의 안전보건 문제와 정책이슈해결, 미래 산업환경 변화를 선도하는 정책개발 지원을 통한 산재감소에 이바지 하기 위해 안전보건 이슈와 법제도에 대한 지속적인 연구활동과 도전정신으로 근로자의 삶의 질을 향상시키고 양질의 노동력을 보존하여 사회경제적 이익을 창출하기 위해 노력하고 있습니다.

본 「안전보건 이슈리포트」는 산업안전보건과 관련된 시급하고 중요한 국내·외의 다양한 정보와 동향을 선제적으로 파악하여 정부, 학계 등의 안전보건정책 의사 결정자에게 알리고, 안전보건 정책을 선도할 수 있는 선제적 연구과제를 발굴하여 단기 및 중·장기 안전보건 연구과제에 반영 하기 위해 정기적으로 발행하고 있습니다.

Contents

Issue		
01	화학물질 관리와 관련하여 새롭게 요구되는 산업안전보건의 역할	04
Issue		
02	고용형태의 다변화와 산업안전법리 개편의 필요성	13
Issue		
03	규범적 판단에 따른 직업성 암의 산재 판정 흐름	27
Issue		
04	4차 산업혁명과 산업안전보건 분야의 리빙랩 활용	37
Issue		
05	화학물질 유해성평가의 미래 - <i>in silico</i> 독성예측	50



안전보건 이슈리포트 (2018년 상반기호)

발행일	초 판 2018년 6월
발행인	김장호
발행처	산업안전보건연구원 울산광역시 중구 중가로 400(북정동)
문의처	052-703-0815
편집디자인	디자인에이블 TEL (052)910-8863

※본지에 게재된 내용은 필자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식 견해와 다를 수 있습니다.



Issue

01

화학물질 관리와 관련하여 새롭게 요구되는 산업안전보건의 역할

노동환경건강연구소 김신범 부소장

본격적으로 변하는 화학물질 정책, 그리고 한계의 발생



-  가슴기살균제 사고는 한국사회에 큰 변화를 가져오고 있다. 수많은 시민이 생명과 건강을 잃었기에 그러한 일을 다시 겪지 않기 위한 노력이 시작된 것이다. 일부에서는 이러한 상황을 가져온 배경을 국민들의 케모포비아(Chemophobia)라고 여긴다. 케모포비아란 화학물질 공포증이라는 뜻이다. 하지만 과연 국민들이 두려워하는 것이 화학물질일까? 아니면 화학물질을 잘 관리하지 못하는 기업, 그리고 그러한 기업이 생산한 제품일까? 이는 비슷해보여도 매우 다른 의미를 갖는다.
-  화학물질관리제도가 강화된 배경을 분석한 켄 가이저 교수는 화학물질을 생산하는 기업에 대한 불신과 그 기업을 관리하지 못한 정부의 정책에 대한 불신이 중요한 개혁신드라이브였다고 분석했다 (Geiser & Tickner, 2003). 우리나라의 경우도 가슴기살균제 참사가 하나의 큰 사고로만 끝나는 것이 아니라 환경부의 화학물질 제도개선의 동력으로 계속 작동하고 있는 것을 볼 수 있다. 그러니 현재의 상황은 단순한 공포증이 아니라 국민들의 불신과 이 불신에 제대로 대응해야 한다는 정부의 각성이 발생하는 중이라고 분석하는 것이 옳을 듯하다.
-  그런데 불신사회가 만들어지면 저절로 좋은 정책이 등장하는 것일까? 그렇지 않다. 참사를 발생시킨 원인이 잘 진단되어 대책이 수립되어야만 좋은 정책이 등장할 것이다. 그런 면에서 보면 환경부의 「화학물질의 평가 및 등록 등에 관한 법률(이하 화평법)」개정이나 「생활화학제품 및 살생물제안전 관리법(이하 살생물제법)」제정은 기대와 동시에 우려를 가져온다. 왜냐하면 가슴기살균제 참사를 일으킨 가장 핵심적인 문제에 대해 아직 환경부가 결단을 내리지 못하였기 때문이다. 잘 알다시피 가슴기살균제 참사는 호흡독성을 확인하지 않은 물질을 호흡기로 노출되는 제품에 사용하였기 때문에 발생한 것이다. 바로 이러한 이유로 화평법이 가슴기살균제 참사에 대한 대책 중 하나로 부각되었다.
-  하지만 2013년 환경부는 유럽의 Regulation on Registration, Evaluation, Authorization, and Restriction of Chemicals(이하 REACH)와 같은 화평법을 만들지 못하였다. 환경부의 고민은 기업이 스스로 생산한 정보를 등록하더라도 그 정보가 제대로 된 것인지 검증하는 일을 정부가 반드시 해야한다는 것이었다.

- 
 등록된 물질에 대해 정부가 검증하고 평가하여 '유독물(화평법에서 유해화학물질로 용어 변경)'로 지정하는 것, 그것이 정부의 핵심역할이라고 보았다. 결국 기업이 스스로 정보의 생산 및 위험을 예측하고 관리하는 것이 아니라, 기존에 해왔던 대로 정부가 정해진 유독물이면 관리하고 그렇지 않으면 관리하지 않아도 되는 체계가 유지될 수도 있는 상황에 놓였다. 이게 바로 2013년 화평법의 가장 큰 한계였다.
- 
 2016년 검찰조사와 국회 국정조사 특별위원회 조사 이후 환경부는 보다 REACH에 근접한 법 개정안을 내놓았다. 연간 1톤 이상 기존 화학물질은 유해성·유통량에 따라 모두 단계적으로 등록하도록 개선하는 등 2013년 법률에 비해 더 나아진 건 분명하다. 하지만 여전히 '평가'는 '유독물 지정'으로 이어지고 있다. 화평법은 환경부의 유독물 지정이라는 관행에 발목 잡힐 위기에 놓여있다.
- 
 국회 환경노동위원회 소속 강병원, 서형수, 송옥주, 신창현 의원실에서는 시민사회단체와 함께 2017년 초부터 이 문제를 심각하게 바라보고 수차례 세미나를 진행하였고, 정부가 기업의 할 일을 대신해서는 안 된다는 입장을 내놓았다.

화학물질 정책이 '무거워지는' 것, 실패의 이유



- 
 사실 기업이 화학물질의 유해성에 대한 정보를 생산하는 것에 대한 정부의 불신은 뿌리가 깊다. 1970년대 미국에서는 화학물질의 성분 정체성 정보인 명칭과 CAS번호를 공개할 수 없다는 기업의 입장이 강력했다. 1981년 카터 대통령이 라벨에 제품의 성분을 표시하도록 한 법률을 제출했지만 재선에 실패하였고, 당선된 레이건 대통령은 이 법률을 곧장 폐지하였다. 화학물질 정보를 둘러싼 갈등은 심화되었다. 연방법으로 알 권리법이 제정되는데 실패하자, 각 주에서 알 권리법을 제정하기 시작했다. 성분명 대신 상표명으로 물질정보를 소통한 탓에 유해성분류 결과는 신뢰받기 어려웠다. 이 때문에 각 주 별로 알 권리법이 제정되는 과정에서 정부에게 과도한 책임을 부여하는 곳이 등장하였다.
- 
 예를 들어 뉴저지주 알 권리법은 주정부에게 특정한 유해물질의 목록을 만들도록 하였고, 그 물질들에 대해서는 주정부가 2쪽 짜리 정보지(factsheet)를 제작하게 하였다. 목록에 있는 물질을 사용하는 사업주들은 정기적으로 신고를 해야 했지만, 해당사업장 노동자들에게 안전보건정보를 제공하는 책임은 주정부에게 주어졌다(Perrone, 1985). 극도의 불신 사회에서 만들어진 모습이었다.

한편 유럽은 약간 다른 상황에 놓여있었다. 1950년대부터 하나의 유럽을 만들기 위한 움직임이 있었고, 1967년 화학물질의 유럽 내 이동을 원활하게 하기 위해 통일적 표시제도가 추진되었다. 이것이 Classification, Labelling and Packaging Regulation(이하 CLP Regulation)의 출발이었다. 라벨에 유해성 분류 결과가 그림문자로 표시되었고, 유해성 분류에 영향을 준 중요 물질은 성분을 명시하도록 하는 문화가 정착되었다. 덕분에 화학물질의 정체성 정보는 투명하게 교류되었다.

모든 화학물질에 대해 유해성을 정부가 분류한다는 것은 불가능 한 일이었기 때문에, 정부가 최대한 표준분류를 시도하나 미분류 물질은 사업주가 스스로 분류한다는 규칙이 정착되었다. 하지만 이 시스템에 대한 문제제기가 시작되었다. 1990년대 중반, 정부의 표준분류 속도가 너무 느리다는 비판이 본격화되었고, 기업들이 정부의 표준분류결과를 제대로 사용하지 않는다는 조사결과도 제출되었다(VROM, 1996; VROM, 1998). 이에 유럽연합은 근본적 전환이 필요하다는 결론을 내렸다.

유해성 분류는 온전히 기업의 책임이며, 정부는 발암성 물질 등 심각한 건강 및 환경유해 우려물질에 대해서만 표준적 분류정보를 제공하는 것으로 방침을 정한다. 이것이 REACH와 CLP의 초안이 된 ‘미래전략백서(white paper)’였다(European Commission, 2001). 유럽은 더 나아가 기존화학물질의 일부를 정하여 위해성평가를 정부가 수행하던 것도 그만하기로 하였다. 기업이 할 일을 정부가 대신하면서 ‘무거워지는’ 것은 그만하기로 한 것이다.

우리는 어떨까? 유럽과 마찬가지로 기업의 책임과 정부의 역할을 구분해야 한다는 목소리가 본격적으로 등장하고 있다. 만약 기업이 해야 할 일을 정부가 대신 해주느라 국민을 보호해야 할 정책을 시행하지 못하고 있다면 우리 역시 ‘무거운 정부’를 벗어나는 것이 맞을 것이다.

유해성 분류로부터 위험성 평가까지



01 관리목록의 의의와 한계

환경부에 유독물과 사고대비물질이 있다면, 고용노동부에는 관리대상물질이 있다. 환경부와 고용노동부는 정부가 관리해야 할 물질의 목록을 만들고, 목록에 오른 물질에 대해서는 사업주 초기에 나타낼 수 있다.

 수많은 화학물질 중에서 우선 관리해야 할 대상을 정하고 점차 관리대상을 확대하려는 전략적 판단은 규제의 대상과 사업주 의무를 명확히 함으로써 화학물질 규제가 정착하는데 유효하게 작용할 수 있을 것이다. 그러나 이 상태를 지속하는 것은 바람직하지 않다.

 신규화학물질은 계속 등장하고 있고, 기존화학물질의 경우도 유해성을 모두 파악하지 않은 상태이기 때문에 정부가 목록에 올릴지 말지 검토해야 하는 물질은 점점 많아지게 되며 결국 정부에 심각한 부담을 주게 된다. 가슴기살균제 참사의 경우, PHMG를 유독물로 지정하지 않았다는 것이 큰 파장을 낳았다. 유독물로 지정했다고 하여 참사를 막을 수 있었던 것도 아니지만 정부가 유독물 지정 업무를 가지고 있는 한 정부의 책임의 기업의 책임에 우선하며 비난의 화살이 정부로 향하게 된다는 점을 잘 보여준 사례다.

02 유해성 분류를 사업주에게 맡겨도 되는 이유

 1980년대 미국은 강력한 기업불신으로 정부에게 정보생산의 책임을 부여했다. 이후 약 40년 가까이 지나며 화학물질 관리의 기반도 변화를 맞았다. 가장 중요한 변화는 유엔에서 표준분류체계(GHS)를 만들었다는 점이다. GHS를 채택하는 국가라면 동일한 유해성 분류체계를 가지며 분류의 책임을 사업주에게 부여하는 방식을 채택할 수 있게 되었다. 유럽연합에서 REACH와 CLP가 시행되면서 화학물질의 유해성 정보가 대량 확보된 것도 큰 변화이다. 사업주들이 스스로 분류한 결과가 꽤 쓸만하다는 것도 확인되고 있다. 유럽연합은 사업주들이 자발적으로 유해성 분류를 함에 있어서 상호 비교가 중요하다는 점을 깨달았다.

 화학물질의 제조 수입자로 하여금 자신이 제조하거나 수입한 물질의 유해성 정보를 인터넷 은행에 자진 신고하도록 하였다. 이것이 C&L 인벤토리이다. 하위사용자들은 자신이 구매한 화학물질의 유해성 분류결과가 다른 제조수입자가 분류한 것과 크게 다를 경우 그 이유를 물어볼 수 있게 되었다.

 시장기제가 작동하자 유해성 분류는 자발적으로 표준화되는 과정을 거치게 되었다. 사업주들이 유해성을 저평가하여 신고할 것이라는 우려도 불식되었다. 독성이 강한 물질의 대체물질을 개발한 제조수입자들은 기존 물질의 독성을 높이 평가하는 경향이 있기 때문이다. 즉, 유해성을 낮게 평가하려는 사업주와 높게 평가하려는 사업주가 동시에 존재하기 때문에 한 방향으로 왜곡되지 않는다는 것을 C&L 인벤토리는 보여주고 있다. 유럽연합에서는 CLP에 따라 사업주들이 스스로 분류한 정보를 규제와 직접 연결시킨다. 화학사고에 대비한 세베소III지침이 대표적이다. 세베소III지침은 화학물질의 인화성이나 폭발성이 어느 수준 이상이 되면 사고대비물질로 지정하도록 하고 있다.

 사업주가 스스로 분류한 정보를 그대로 사용하며 이는 발암물질지침도 마찬가지이다. GHS 분류결과 발암성물질 및 변이원성물질이 1A 또는 1B에 속하는 경우 해당 물질을 사용하려는 사업주는 먼저 대체물질을 찾아야 하고, 대체물질이 없어 사용할 수밖에 없을 때에는 밀폐를 하는 등 노동자의 노출을 최소화하기 위한 노력을 다해야 한다. 이때 GHS 분류결과가 1A인지 1B인지는 사업주들이 스스로 분류한 결과를 그대로 따른다. 1A로 분류될 수 있는 물질을 악의적으로 2그룹으로 구분한 사업주가 있다면, 해당제품을 구매해서 사용하는 하위사용자들이 의혹을 제기할 수 있다. 시장 내에서 신뢰가 상실될 수 있다는 위협감 때문에 악의적인 사업주는 최소화된다.

03 위험성 평가도 마찬가지

 물질의 유해성분류를 사업주 스스로 하고 그 결과를 그대로 사용한다고 상상해보자. 이 상상은 또 다른 상상으로 저절로 이어진다. 공산품이나 생활화학제품의 경우 제품안전기준이 제시되어 있다. 하지만 제품안전기준에 오른 유해물질을 잘 관리하는 것만으로 제품이 안전해지지는 않는다. 제품안전기준은 아주 소수의 밝혀진 유해물질에 대해서만 만들어지기 때문이다. 따라서 제품이 시장에 진입하기 전에 위험성평가(risk assessment)를 해야 할 책임도 사업주에게 부여해야 한다.

 특정한 유해물질을 사용하지 못하게 하는 것은 정부의 고유 책무이지만, 그 밖에 어떠한 위험이 있을지 알아보고 챙기는 것은 사업주의 역할인 셈이다. 그렇다면 산업보건의 영역에서는 이러한 상상이 어떻게 펼쳐질까? 작업환경측정을 예로 들어보자. 정부에서 작업환경측정대상물질의 목록을 제시하는 것은 불가피하다. 꼭 측정해야 하는 물질이 있기 때문이다. 하지만 측정대상물질이 아니면 노동자의 노출을 확인하지 않아도 좋은가? 당연히 아니다. 측정대상물질은 반드시 측정을 하고, 그 외의 물질에 대해서는 노동자가 노출되어도 좋은지 아니면 노출수준이 안전한지를 사업주가 스스로 판단해야 한다.

 국소배기장치를 설치해야 하는 조건도 마찬가지이다. 정부가 특정물질에 대해서는 반드시 국소배기를 설치하게 정했다고 치자. 나머지 물질에 대해서는 사업주들이 스스로 국소배기의 필요성을 확인하여 필요하면 설치하고 아니면 설치하지 않을 수 있다. 결국 산업안전보건 분야에 있어서도 정부가 일부 목록을 제시할 수는 있지만, 그 목록 외의 물질에 대한 사업주 책임이 별도로 존재해야만 노동자들의 건강과 안전을 보호하는데 공백이 발생하지 않게 되는 셈이다. 미국이나 유럽 모두 산업안전규제의 공통점은 '사업주의 일반적 책무(general duty)'를 규정하고 있다는 점이다. 정부가 기준을 제시하여 그 기준을 따라야 할 것이 있고, 그 밖의 것들은 사업주가 스스로 해야 할 노력이 있다는 점을 명시한 것이다.

 사업주가 일반적 책무를 수행하도록 하는 가장 유용한 도구는 바로 위험성평가이다. 아쉽게도 우리나라의 산업안전보건시스템은 법에서 기준을 정하지 않은 사항에 대하여 사업주 스스로 해야 할 역할을 명시하지 않았다. 위험성평가제도를 도입한지 꽤 되었지만 활성화되지 못하는 것은 이러한 문제와 연관이 있을 것이다.

정책제언 (제도개선의 방향성)



01 정부가 대신하지 말아야 할 기업의 역할

 한국사회의 화학물질관리는 변화를 요구받고 있다. 제도적인 면에서 우리의 화학물질 관리체계는 책임의 소지가 명확하지 않고, 운영의 면에서 융통성이 부족하다. 정부는 기업을 불신하기 때문에 기업에게 중요한 역할을 맡기지 못하고 있다. 화학물질의 유해성정보를 생산하는 일을 맡기는 듯하지만, 사업주가 생산한 정보를 정부가 검증해야만 사용할 수 있다고 본다. 제품의 안전기준을 제시하여 국민을 보호하는 것 같지만 사업주들이 제품의 위험성을 사전에 평가하도록 이끌지 않는다.

 작업환경측정을 하거나 관리해야 할 물질을 정해주지만 그밖에 존재하는 위험한 물질에 대해서는 대책을 세우지 못하고 있다. 화학물질을 제대로 관리해야 할 책임이 사업주에게 있다고 말은 하지만, 실제로는 제대로 된 책임을 부여하지 않고 있는 셈이다. 이 모든 것은 정부가 기업에게 역할을 부여할 수 없다고 불신하기 때문이다. 정부가 기업을 믿지 못하기 때문에 국민의 건강과 안전에 큰 위협이 발생하고 있는 것은 아닌지 진지한 성찰이 필요하다. 반드시 기업이 해야 할 책임과 역할에는 다음과 같은 것이 있다.

- **첫째**, 화학물질 제조 수입자가 화학물질의 유해성 정보를 생산하고 정부에 신고하며 하위사용자에게 전달할 책임 및 하위사용자는 유해성 정보를 변경하거나 손상하지 않아야 할 책임
- **둘째**, 화학제품의 제조 수입자가 제품사용자의 노출경로별로 제품 위해성을 평가하여 안전을 사전 확인하고 안전사용법을 만들어 사용자에게 전달할 책임
- **셋째**, 화학제품을 자신이 고용한 노동자에게 사용하도록 하는 경우 화학제품에 노출되는 노동자의 위험을 평가하여 노동자의 건강과 안전을 보호할 수 있는 적절한 조치를 강구해야 할 책임

- **넷째**, 모든 사업주가 정부가 정한 기준을 준수할 책임 및 정부가 정한 기준을 준수할 필요가 없다고 판단할 경우(측정대상 물질이지만 경미한 노출로 지속적 측정이 필요 없는 경우 등) 이를 입증할 책임

02 정부의 역할

 정부의 고유 역할은 기준을 제정하고 기준의 준수여부를 감독하는 것이다. 모든 위험을 관리할 수 있는 기준이란 존재하지 않으므로, 정부는 특정한 위험에 대해서만 기준을 만들 수밖에 없다. 나머지 위험에 대해서는 사업주 스스로 관리하도록 해야 한다.

 정부가 우선 기준을 마련해야 할 것은 고독성물질에 대한 허가과 제한의 기준이다. 화학물질의 경우 발암성, 생식독성, 변이원성, 내분비교란성, 잔류성독성 물질에 대해서는 사람들이 노출되지 않도록 근원적 차단하는 것이 가장 바람직하다. 모든 용도를 금지하면 좋겠지만 현실적으로는 매우 어렵기 때문에 금지보다는 허가나 제한제도를 도입하는 것이 바람직하다. 허가란 전체적으로는 사용을 금지하는데 특정 용도로 대체물질이 없고 안전관리를 잘 하는 경우에 한하여 사용을 허가하는 것이다. 제한이란 특정용도로는 사용을 하지 못하게 하는 것이다. 이 둘은 상호보완적이기 때문에 어느 하나를 택해서는 안 되며, 허가과 제한을 병행하는 것이 바람직하다. 정부는 화학물질이 노동자를 비롯한 사람들에게 어떻게 노출되고 있는지 파악하여 발암성, 생식독성, 변이원성, 내분비교란성, 잔류성독성 물질에 대한 허가과 제한을 효과적으로 도입할 방안을 강구해야 한다.

 고용노동부의 경우 사업장에서 혼란을 최소화하기 위하여 발암성, 생식독성, 변이원성, 내분비교란성, 잔류성독성 물질의 목록을 표준화하여 제공하는 노력을 할 필요가 있다. 물론 정부가 목록을 만들더라도 이 목록 외에 고독성물질이 더 존재할 수 있으며, 그것을 확인할 책임은 사업주에게 있다는 것을 명확히 하는 것을 전제로 한다. 그리고 화학제품의 제조 수입자로부터 제품의 정보를 정부에 신고하도록 하여 어떠한 물질이 어떠한 용도의 제품을 통해 노동자들에게 노출되는지 데이터베이스를 구축해야 한다. 이 데이터베이스가 있어야만 과학적인 규제와 감독행정이 가능하기 때문이다.

 마지막으로 정부가 해야 할 일은 사업주들이 스스로 유해성 분류를 잘 하고 있는지에 대해 감독하는 것이다. 화학물질의 제조 수입자들이 유해성 분류를 한 근거자료를 잘 갖추고 있는지, 그리고 사용자들은 그 분류결과에 따른 표시를 지키고 경고조치를 고려하여 사용하고 있는지 감독하는 것이 필요하다. 이러한 과정을 통해 사업주들이 생산한 화학물질 유해성 정보의 신뢰성이 향상되도록 함으로써 궁극적으로 양질의 화학물질 유해성 정보가 유통될 수 있도록 해야 한다.

03 ▶ 산업보건규제의 개선 방향

- 
 작업환경측정이나 건강검진의 무용론을 제기하는 사람들도 있지만, 어떠한 제도든 완전히 무용할 리는 없다. 시대적으로 한계에 도달했다면 보완할 방안을 찾아보는 것이 필요하다. 하지만, 어떤 제도는 다른 제도적 장치가 존재해야만 값어치 있게 작동하는 경우도 있다.
- 
 관리대상물질을 정하거나 측정대상물질을 정하는 것이 바로 그것이다. 정부가 사업주에게 특정한 관리책임을 명령할 때, 정부가 정하지 않은 물질에 대한 책임 또한 병기해야 한다. 화학물질에 대한 사업주의 일반적 책무로서 위험성 평가를 의무화하고, 이와 함께 작업환경측정이나 관리가 필요한 물질들을 특정하여 의무를 강화하는 것이 앞으로의 규제 개선 방향이라고 할 수 있다.

참고문헌

1. Geiser K, Tickner J. New Directions in European Chemicals Policies: Drivers, Scope and Status. 2003.
2. Perrone K. Employee Right to Know: Should the Federal Government or the States Regulate the Dissemination of Hazardous Substance Information to Protect Employee Health. *Suffolk Univ Law Rev.* 1985;9(3):633-66.
3. VROM. European inspection project "Solid Enforcement of Substances in Europe": final report. 1998.
4. VROM. European inspection project on the Notification of New Substances: final report. 1996.
5. European Commission. White paper: Strategy for a future Chemicals Policy. 2001.



Issue

02

고용형태의 다변화와 산업안전법리 개편의 필요성

부산대학교 법학전문대학원 권혁 교수

서설



☞ 우리나라 산업재해 발생은 2004년 이후부터 감소추세에 있다.¹⁾ 그러나 다른 선진국에 비하면 여전히 많은 산업재해 발생하고 있다. 더 심각한 것은 그 산업재해가 하청근로자에게 집중되고 있다는 사실이다. 최근 발생한 부산 소재 건설현장에서의 사고재해도 예외가 아니다. 무려 사망자 4명과 부상자 4명에 이르는 대형 중대재해였지만, 그들은 하청 노동자들이었다. 따지고 보면 지하철역사와 조선사업장에서 하청 노동자 사망 등 중대재해에 따른 상처가 채 아물기도 전이다. 산업 재해가 발생할 때마다 사회는 들끓었고, 산업안전 당국의 사과만 반복되었지만 늘 그뿐이었다. 좀처럼 나아질 기미가 보이지 않는다. 이처럼 산업재해가 유독 하청근로자에 집중되고 있다는 점은, 우리 사회의 건전성에 치명적인 부작용을 초래하고 있다. 위험의 외주화라는 비판이 단순히 산업안전에 국한된 평가가 아니고, 우리 사회의 후진성을 그대로 보여주는 치명적 약점이라는 점을 간과해서는 안 된다.

☞ 위험의 외주화라는 오명에서 벗어나기 위해서 다양한 재발 방지대책 마련과 노력을 다짐하여 왔지만, 여전히 하청근로자에 집중된 산업재해의 상처는 번번이 덧나고만 있을 뿐이다. 부끄럽지만 그게 엄연한 우리의 현실이다.

산안법 제개정을 통한 산업재해 대응 방식과 그 한계



01 임기응변식 대응

☞ 그동안 산안법 제도 개선의 방식은 간단했다. 버스에서 산재가 나면, 버스에 대한 대책만 세우고

1) 사실 우리나라에서의 산업재해 통계를 어느 정도 신뢰할 수 있는가에 대한 근본적인 의문이 있다. 따지고 보면 산업안전보건정책 수립의 가장 중요한 전제요건은 바로 투명하고 정확한 현황 파악이다. 딜레마가 아닐 수 없다. 산업재해에 대한 제재를 강화하면 할수록 산업재해 은폐의 유혹이 커지기 때문이다.

화물차는 그대로 두는 식이었다. 예컨대 크레인작업에서 재해가 발생되면 크레인 작업에 대한 대책 마련에만 몰두한다. 크레인 작업과 유사한 다른 설비 운용과정에서의 문제점을 들여다 볼 여유가 없다. 이러한 임기응변식 대책과 제도 개선은 곤란하다. 현행 산안법 규정 체계가 일관되지 않고 세부 내용을 추가하는 방식으로만 개정되는 바람에 복잡하게 규정만 나열되어 노동법학자조차 산안법 규정 전체를 일일이 살펴보기가 쉽지 않은 상황에 이르게 되었다.

- ▶ 한편 본질적인 원인을 외면한 채 그저 몇몇 사업주나 관리자 처벌에만 몰두하는 감성적 방식도 지양되어야 한다. 사업주가 산업재해 예방에 스스로 적극적으로 나설 수 있도록 하는 제도·체계적 대안 마련이 필요하다. 세부적이고 미시적인 원인을 찾고 대책수립에만 급급하는 수사식 산안제도 개선도 역시 바람직하지 않다. 이제는 본질적이며 거시적인 제도 개선이 필요하다. 그렇다. 이제는 산업안전에 관한 패러다임을 바꾸어야 할 때다. 산안법 개정의 방식과 내용 역시 그러해야 한다.

02 노사 간 이해 대립적 구조

- ▶ 산업안전은 ‘노사 간 유불리’를 놓고 따질 문제가 아님을 분명히 해야 한다. 한때 산업재해는 노동자만의 불행일 뿐이었다. 지금은 아니다. 산업재해는 더 이상 노동자만의 문제가 아니다. 사업주나 국가에게도 너무나 큰 재앙이다. 산업재해에 따른 경제적 손실규모가 무려 18조를 넘어선 우리나라 통계 현황만 봐도 자명하다. 이쯤 되면 산업재해의 예방을 위한 법제도의 지향점은 분명하다. ‘가장 효율적인 산업재해예방기능의 구현’에 초점이 맞추어져야 한다. 산업재해 예방 기능을 강화하는 데 필요한 조치가 있다면 노사 어느 일방의 유불리를 떠나 마땅히 받아들여져야 한다.

03 기업의 분업화 경향과 산재위험 요인

- ▶ 원·하청관계는 외주화라는 기업의 생산방식의 변화에서 초래된 개념이다. 외주화 증가의 원인은 ‘생산비용의 절감’과 ‘노동유연성의 확보’이다. 경제구조가 복잡해지면서, 특히 세계화의 기업경쟁 시대에 기업의 생산 방식, 내용, 작업공정의 전문화, 효율화는 기업 생존전략이 되었다. 이를 통해 기업은 정규 기업조직의 최소화와 핵심업무 집중화를 통한 전문성과 효율성을 향상시키고자 한다. 특히 자본비용과 생산비용을 절감해 시장 경쟁에서 우위를 차지할 수 있고, 시장 상황에 유연하게 대처하는 인력구조를 경량화할 수 있다. 하지만 이러한 외주화는 필연적으로 산업재해의 위험을 가중시킨다. 다음과 같은 이유에서이다.

1 '비용절감'을 위한 외주화와 <위험의 '전가'>

- 만약 원·하청관계에서 수급인인 하청기업이 해당 업무와 관련한 전문가로 해당 수급업무 수행에 있어 초래될 수 있는 산업재해위험에 대한 제어 능력 역시 원청에 비해 높다면, 이것은 위험의 외주화로 보기 어렵다. 산업재해의 위험이라는 관점에서 볼 때 그 위험을 가중하거나 하청회사에 떠넘긴 경우로 보기는 어렵기 때문이다.
- 문제는 외주화의 대상 업무의 수행 능력이 원청회사가 더 뛰어나고, 그에 따른 산업재해의 위험 제어 역시 원청회사에 있는 경우이다. 단지 인력의 유연성과 비용절감만을 목적으로 하여 외주화가 이루어진 경우에 대해서는 산안법 상의 평가는 달라질 수 있다. 원청회사가 외주화를 통해 산업재해의 위험이-사회적으로 보면-더 높아졌기 때문이다. 이 경우 원청회사는 해당 업무의 외주화를 통해, 하청회사 소속 근로자에게 산업재해 발생 위험이 높아지도록 방치하였다는 평가가 있다. 이러한 사실로부터-산재요율산정은 물론이고-산안법 상의 제반 의무와 책임부과에 있어 '형평성'을 고려하지 않을 수 없다. 그로부터 이익을 얻는 자가 그로부터 초래되는 불이익을 부담하는 것이 형평의 원리에 부합하는 것이다.

2 원하청 근로자 간 유기적 협력 관계 흠결 : <위험의 '방치'>

- 원청회사가 외주화의 대상으로 삼는 업무는 직영근로자들이 투입되는 것을 꺼리는 경우가 많다. 직영근로자들이 투입되기를 꺼리는 경우란, 위험작업이거나 근로여건이 열악한 경우일 가능성이 높다. 그만큼 산업재해의 위험이 높다는 것을 의미한다.
- 한편 그 업무가 하나의 유기적 연결관계에 놓이는 경우가 많아서, 원청회사 근로자들과의 협력 관계가 매우 중요할 수 있다. 하지만 현실적으로는 원청근로자와 하청근로자 간에는 도급계약관계라는 계약의 틀을 빌미로 한 벽이 있다.

04 정부의 개선 방향성

1 외주화의 산업안전 상 '고비용' 구조 구축과 '형평의 원칙'

- 첫 번째, 업무의 도급화 그 자체의 경향성을 부인할 수는 없지만, 그것은 경기변동에 따른 고용 유연화 필요성이라는 교육지책에 국한되어야 하고, 비용절감만을 지향하는 외주화는 자체되어야 한다. 특히 산업안전조치와 관련해서 제도적으로 도급화가 비용의 절감이 아닌 비용의 가중요인이 될 수 있도록 할 필요가 있다. 외주화를 통한 비용가중의 중요한 요인 중 하나가 산업안전에 관한 비용 부분이 되도록 하고, 과연 외주화를 단행할 것인지 여부는 사용자의 경영적 판단에 맡기는 방식이 요구된다.

2 근로계약의 틀과 산안법 체계 간의 미스매치 해소

- 두 번째는 원하청 간 유기적인 산업안전에 관한 협력체계를 구축하도록 해야 한다. 유감스럽게도 지금까지 산업안전에 포함한 모든 노동법적 영역은 근로계약의 틀을 벗어나지 못했다. 그저 누가 ‘근로자’이고, 누가 ‘사용자’인가에만 매달려 왔다. 산업안전과 보건에 관한 법제도를 다른 여타의 노동법과 동일한 차원에서 보아온 탓이다. 근로자성 여부가 주된 쟁점이 될 수밖에 없었던 이유도 실은 여기에 있었고, 그 결과 ‘위험의 외주화’라는 사회적 비난과 오명을 피해갈 수 없었다. 산업안전에 관한 한 ‘계약의 틀’에 얽매어서는 안된다.
- 이러한 관점에서 최근 제시된 정부의 산안법 전면개정안에 대해 살펴보기로 한다.



산안법 전면 개정 사항의 주요 내용과 평가



01 산안법의 보호 대상 확대 : ‘일하는 사람’의 보호

1 개정안 내용

- 최근 제안된 산안법 개정안에 따르면, “산업안전과 보건에 관한 기준을 확립하고 그 책임의 소재를 명확하게 하여 산업재해를 예방하고 쾌적한 작업환경을 조성함으로써 일하는 사람의 안전과 보건을 유지·증진함을 목적으로 한다(제1조)”고 규정하고 있다. 소위 변화된 노동력 사용실태에 맞게 법의 보호대상을 넓히는 입법취지를 명확히 하기 위하여 법의 목적을 확대하였다는 취지의 입법이유가 덧붙여져 있다.

2 평가

- 큰 방향에서 본다면, 진일보한 개정이 아닐 수 없다. 앞서 언급한 바대로 산안법이라는 노동법의 영역은 근로계약의 틀에 머물러서는 안 되기 때문이다. 그래야만 한다. 나아가 노동시장의 환경도 크게 변화하였다. 전통적인 근로계약관계에 그치지 않고 다양한 형태의 고용형태와 외주화가 확대, 가속화되고 있는 상황에서 이른바 ‘근로자성’ 여부는 산안법 상 큰 의미를 가지지 않게 되었다.
- 다만 여전히 남는 의문은, 일하는 사람의 개념 범위가 지나치게 모호하다는 점이다. 입법기술적 흠으로 치부될 수도 있겠지만, 개념법학을 지향하는 현실을 고려한다면, 그리 간단한 문제가 아니다. 예를 들어 일하는 사람의 개념이 지나치게 넓게 해석될 경우, 이른바 ‘산업재해’의 개념 역시 무한 확장되는 결과를 초래할 수 있다. 산안법은 재해를 예방하기 위한 것이 아니라 ‘산업재해’를 예방하기 위한 노동법 체계이기 때문이다. 흥미롭게도 이번 전면개정안에서는 기존 개념 규정은 현행대로 두고 있다. 즉, ‘근로자’ 개념만을 개념화해두고 있을 따름이다. 이 대목이 일하는 사람의 개념 모호성을 더욱 가중시킬 우려도 없지 않다. 구체적으로 일하는 사람이 어떠한 개념속성을 가지는 것으로 보아야 할지에 대한 고민이 뒤따라야 할 것으로 보인다.²⁾
- 그럼에도 불구하고 이번 산안법 개정안 상의 ‘일하는 사람’이라는 개념은, 향후 노동시장의 주된 규율 방향이 종속적 노동관계를 넘어 ‘일’을 수행하고 그 대가로 생활하는 자를 지향하여야 한다는 점에서 중요한 의미를 가진다고 판단된다.

02 특수형태근로종사자 및 배달업무 종사자 활용 사업주에 대한 산안법 상 의무 부과

1 개정안 내용

- 이번 산안법 개정에서 특기할 만한 대목은 바로 특수형태근로종사자 중 일부 직종에 대하여 안전·보건조치를 할 수 있도록 하는 근거를 마련하고 건강진단 및 안전보건에 관한 교육을 실시하도록 하였다는 데 있다. 무엇보다도 산안법 상의 보호대상인 특수형태근로종사자의 개념 범위를 확정함에 있어 나름대로의 대안을 제시한 것은 평가할 만하다.
- 즉, (i) <주로 하나의 사업>운영에 필요한 노무를 <상시적으로> 제공하고 <보수를 받아 생활>할 것과 (ii) 노무를 제공함에 있어 <타인을 사용하지 아니할 것>이라는 개념요소를 제시하고 있다. 나아가 단말기 등으로 배달 등을 중개하는 자에게 이륜자동차를 이용하는 배달종사자에 대한 안전조치 의무 부과한 것도 상당한 성과로 보인다.

2) 나아가 산안법의 목적이 작업공간의 환경개선과 안전을 확보하기 위한 데에 있고, 그 반사적 결과가 그 작업장에서 일하는 사람이 보호되는 것이라는 것이라면, 굳이 보호대상을 입법목적에 기재할 필요가 있는 것인지도 고민해 볼 대목이다.



제4절 그 밖의 고용형태에서의 산업재해 예방

제77조(특수형태근로종사자의 산업재해 예방)

① 계약의 형식에 관계없이 근로자와 유사하게 노무를 제공함에도 「근로기준법」 등이 적용되지 아니하여 업무상의 재해로부터 보호할 필요가 있는 자로서 다음 각 호의 모두에 해당하는 자 중 대통령령으로 정하는 직종에 종사하는 자(이하 이 조에서 “특수형태근로종사자”라 한다)의 노무(勞務)를 제공받는 사업주는 특수형태근로종사의 산업재해 예방을 위하여 고용노동부령으로 정하는 안전·보건에 필요한 조치를 하여야 한다.

1. <주로 하나의 사업>에 그 운영에 필요한 노무를 <상시적으로> 제공하고 <보수를 받아 생활> 할 것
2. 노무를 제공함에 있어 <타인을 사용하지 아니할 것>
- ② 제1항에 따른 특수형태근로종사자로부터 노무를 제공받은 사업주는 대통령령으로 정하는 바에 따라 안전보건교육을 실시하여야 한다.
- ③ 정부는 제1항에 따른 특수형태근로종사자의 안전과 보건의 유지·증진에 사용하는 비용의 일부 또는 전부를 지원할 수 있다.

제78조(배달종사자에 대한 안전보건조치)

단말기 등으로 물건의 수거·배달 등을 중개하는 사업주는 그 중개를 통해 「자동차관리법」 제3조제1항제5호에 따른 이륜자동차(이하 “이륜자동차”라 한다)로 물건의 수거·배달을 하는 사람의 산업재해 예방을 위하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 안전·보건조치를 하여야 한다.

2 평가

- 오늘날 고용의 형태가 다변화되고 있는 상황에서, 이른바 특수형태근로종사자의 비중은 상당히 크다고 볼 것이며, 이러한 점을 감안할 때 산안법 상 이들에 대한 고려를 하지 않을 수 없는 상황이다. 나아가 일하는 방식도 종전과 다르게 단말기 등을 통한 배달 업무 등 새롭게 나타나고 있는 상황임을 감안할 때 이번 산안법 개정은 시의적절한 것으로 보인다. 노동시장의 변화를 잘 추적하고 대응하는 것이야말로 노동법의 입법자가 해야 할 가장 중요한 역할이기 때문이다.
- 다만 구체적으로 고용노동부령에 위임하고 있는 안전보건조치의 내용을 확정하는 일이 그리 간단치 않아 보인다. 특수형태근로종사자에 대한 안전보건 교육의 실시는 수월성 면에서 납득할 수 있으나, 배달종사자에 대한 안전보건조치의 경우, 그 필요성은 매우 높지만, 그것이 산업안전으로 직결되도록 하기 위한 위험 제어가 그 중개사업주에 의해 어떻게 담보될 수 있을 것인지 여전히 의문이기 때문이다. 면밀한 실태파악이 요구되는 대목이다.

03 회사 대표이사의 산업재해 예방에 관한 책임 강화

1 개정안 내용

- 이번 산안법 개정안에서 주목되는 내용으로는 대표이사 등에 대한 이사회 보고의무를 들 수 있다. 개정안에 따르면, 대표이사 등은 매년 회사 전체의 안전과 보건에 관한 계획을 수립하여 이사회에 보고하고 승인을 얻도록 하고 있다.



제13조(대표이사의 안전과 보건에 관한 계획 수립)

① 상법 제169조에 따른 회사의 대표이사, 업무집행지시자(이하 '대표이사등'이라고 한다)는 대통령령으로 정하는 바에 따라 매년 회사의 안전과 보건에 관한 계획을 수립하여 이사회에 보고하고 승인을 얻어야 한다.

2 평가

- 이번 개정내용은 사업경영층에서 산업안전에 관한 관심과 주도적 의지를 가질 수 있도록 하면서, 동시에 산업재해 발생 시 그 책임의 근거를 확보하고자하는 데 있는 것으로 보인다.
- 회사의 안전과 보건에 관한 계획의 수립은 단지 경영적 결정사항에 그치지 않는다. 오히려 노사 모두의 참여하에 결정되고 공유되어야 하는 속성의 것이라고 볼 수 있다. 이러한 점을 감안해 본다면, 회사의 안전과 보건에 관한 계획을 수립하고, 이사회에 보고하고 승인을 얻는 과정에서 근로자 측의 참여를 제도적으로 확보하는 방안을 모색하는 것도 고민해 볼 필요가 있다.
- 이 과정에서 다양한 토론과 협의가 있을 수 있다면, 좀 더 실효성 높은 산업안전대책이 노사 자체적으로 도출될 수 있을 것이라고 본다.³⁾
- 다만 이것은 경영 결단예의 노동자 참여를 의미하는 것이 아니다. 앞서 언급한 대로 산업안전은 노사 간 이해대립의 영역에 속하는 사항이 아니라, 노사 간 이해관계를 같이 하는 영역이며, 동시에 기업질서 영역이라는 점에서 노사 공유와 협력을 고민해야 한다는 취지이다.

3) 오늘날 노동이사제에 대한 논의가 많다. 필요하다면 가장 먼저 산업안전분야이어야 한다고 본다.

04 유해·위험 작업의 도급 제한 등

1 개정안 내용

- 이번 산안법 개정안에 따르면, 도급작업, 수은, 납, 카드뮴 제련·주입·가공·가열 작업, 허가대 상물질 제조·사용 작업 등 현행 도급인가 대상 작업의 도급을 금지하고 있다. 나아가 근로자의 안전과 보건에 유해하거나 위험한 작업 중 대통령령으로 정하는 작업은 고용노동부장관의 승인을 받지 아니하면 같은 사업장 내에서 도급할 수 없도록 하였다.



제5장 도급 시 산업재해 예방 (제1절 도급의 제한)

제58조(근로자에게 유해한 작업의 도급금지) 사업주는 근로자의 안전과 보건에 유해하거나 위험한 작업으로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 작업을 도급하여 같은 사업장에서 수급인의 근로자가 그 작업을 하도록 하여서는 아니 된다.

1. 도급작업
2. 수은, 납 또는 카드뮴의 제련, 주입, 가공 및 가열하는 작업
3. 제123조제1항에 따라 허가를 받아야 하는 물질을 제조하거나 사용하는 작업

제59조(도급의 승인) ① 사업주는 안전과 보건에 유해하거나 위험한 작업 중 대통령령으로 정하는 작업은 고용노동부장관의 승인을 받지 아니하면 같은 사업장 내에서 도급할 수 없다.

②(이하 생략)

제60조(도급의 승인 시 하도급 금지) 제59조에 따라 고용노동부장관의 승인을 받아 도급받은 수급인은 도급받은 해당 작업을 하도급할 수 없다.

2 평가

- 기업의 분업화는 주로 도급계약을 매개로 한다. 도급계약 그 자체에 대한 법적 규제는 상당히 이례적인 것이라고 할 수 있다. 그러므로 도급계약의 규제 대상은, 도급화로 인해 산업재해의 위험이 가중되는 경우로 국한되어야 한다. 만약 산업재해의 위험이 감소되는 것으로 평가되는 도급화라면 이를 규제할 이유가 없다.
- 이번 개정안의 내용은, 예컨대 도급작업 그 자체는 원청 소속 근로자가 수행하도록 하고 있다. 전문업체로서 위험을 더 효과적으로 제어하는 노하우를 가진 하청업체의 경우라면 달리 볼 여지가 적어도 법 이론상으로는 있다. 이점에 대한 고민이 필요해 보인다.

05 도급 적격성 심사 제도

1 개정안 내용

- 이번 개정에서 주목해야 할 내용 중 하나는 도급인의 수급인 적격성 심사제도의 도입이다. 요컨대 도급계약 시 수급인의 산업재해예방 능력을 감안하여 체결할 의무를 도급인에게 부여하고 있다.



제61조(적격 수급인 선정 의무)

사업주는 이 법과 이 법에 따른 명령을 준수하고 산업재해 예방을 위하여 필요한 조치를 할 수 있는 능력이 충분한 사업주에게 도급하여야 한다.

2 평가

- 다만 구체적으로 어떠한 기준과 방식으로 산재예방 조치 능력을 평가하도록 할 것인가에 대하여는 아무런 규정을 두고 있지 않다. 이러한 점에서 혹여 이 규정이 실효성을 상실해 형해화(形骸化)되지 않을까 하는 우려가 있다.

06 도급인의 산업재해 예방책임 확대

1 개정안 내용

- 도급인의 사업장, 도급인이 제공하거나 지정한 장소에서 수급인 근로자가 작업하는 경우 그 사업장의 관리책임자를 안전보건총괄책임자로 지정하여 수급인 근로자의 산업재해를 예방하기 위한 업무를 총괄 관리하도록 하였다. 즉, 안전·보건에 관한 협의체 구성 및 운영, 작업장 순회 점검, 수급인이 근로자에게 하는 안전보건교육을 위한 장소 및 자료의 제공 등 지원 등을 도급인이 부담하도록 한 것이다.

2 평가

- 이번 개정안의 내용 중 제62조 이하에서의 도급인의 산업재해예방 책임확대 관련 규정은 산안법 상의 제반 의무와 권리가 근로계약의 틀을 넘어서서, 산업재해 예방의 실효성이라고 하는 점을 강조하고 있다. 다만 불법파견 등 판단 지표와의 충돌문제는 해소되어야 한다.

07 위험 정보의 공유

1 개정안 내용

- 개정안 제65조 이하에서는 도급인이 폭발성·발화성·인화성·독성 등의 유해성·위험성이 있는 화학물질을 제조·사용·운반·저장하는 저장탱크로서 고용노동부령으로 정하는 설비를 개조·분해·해체 또는 철거하는 작업 등에 대하여 <작업 시작 전>에 <수급인에게 안전·보건에 관한 정보를> <문서로 제공>하는 등 필요한 조치를 하도록 명시하고 있다. 이러한 정보제공의무가 지체될 경우, 도급 작업의 개시를 연기할 수 있도록 하였다. 이 경우 수급인은 도급계약 상 지체책임을 면하게 된다.



제65조(도급인의 정보제공)

① 도급인은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 작업을 도급하는 경우에 그 작업을 수행하는 수급인 근로자의 산업재해를 예방하기 위하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 해당 <작업 시작 전>에 <수급인에게 안전·보건에 관한 정보를> <문서로 제공>하는 등 필요한 조치를 하여야 한다.

1. (이하 생략)

② 제1항에 따른 도급인은 수급인 근로자가 도급인이 제공한 정보에 따라 필요한 조치를 받고 작업을 수행하는지를 확인하여야 한다.

③ 제1항에 따른 도급인이 해당 정보를 해당 작업 시작 전까지 제공하지 아니한 경우에는 수급인이 정보 제공을 직접 요청할 수 있다.

④ 수급인은 제3항에 따른 요청에도 불구하고 도급인이 정보를 제공하지 아니하는 경우에는 해당 도급 작업의 개시를 연기할 수 있다. 이 경우 수급인은 도급계약에 따른 지체 책임을 면한다.

2 평가

- 산안법 상의 제반 권리와 의무가 노사 간 이해관계를 달리 하는 것이 아님을 앞서 설명한 바있다. 작업에 내포되어 있는 산업재해의 위험은 그것을 노사가 같이 공유할 수 있어야 가장 효과적으로 그 위험을 제어할 수 있게 된다. 원·하청 관계에서 위험이 가중되는 이유는, 정보의 공유가 미흡할 수 있다는 구조적 특성 때문이다.

08 고객응대근로자 보호 및 프랜차이즈 사업에서의 산안법 규제

1 개정안 내용

- 이번 개정안에서는 이른바 감정근로자와 프랜차이즈 사업 영역에 대한 별도의 산안법 상 규제를 마련하고 있다. 즉, 사업주에게 고객의 폭언, 폭행 및 괴롭힘 등으로 인한 건강장해 예방조치 의무를 부과하였다. 고객의 폭언 등으로 근로자에게 건강장해가 발생하거나 발생할 우려가 있는 경우에는 사업주가 업무의 일시적 중단 또는 전환 등 대통령령으로 정하는 조치를 하도록 하였다.
- 한편 프랜차이즈 가맹본부에게 가맹점의 안전과 보건에 관한 가맹점 안전보건프로그램 마련·시행, 가맹본부가 공급·설치하는 설비·기계·상품 등에 대한 안전·보건 정보 제공을 하도록 하였다.



제79조(가맹본부의 산업재해 예방 조치)

① 「가맹사업거래의 공정화에 관한 법률」 제2조 제2호에 따른 가맹본부는 같은 법 제2조제3호의 가맹점사업자에게 가맹점의 설비나 기계, 원자재, 비품 또는 상품 등을 공급하는 경우에 가맹점사업자와 그 소속 근로자의 산업재해 예방을 위하여 다음 각 호의 조치를 하여야 한다.

1. 가맹점의 안전과 보건에 관한 프로그램 마련·시행
2. 가맹점사업자에게 가맹본부가 설치하거나 공급하는 설비·기계 및 원자재, 비품 또는 상품 등에 대한 안전과 보건에 관한 정보 제공

② 제1항에 따른 안전과 보건에 관한 프로그램의 내용, 시행방법, 정보제공 방법, 그 밖에 필요한 사항은 고용노동부령으로 정한다.

2 평가

- 지금의 산업구조는 3차 산업 위주로 근로자들이 서비스업을 중심으로 하여 노동을 제공하는 것이 큰 비중을 차지하고 있다. 요컨대 과거 전통적인 근로의 방식은 기계나 설비를 활용한 노동력의 제공이었지만, 지금은 주로 고객을 상대로 한 노동력 제공 관계가 보편화되어 있는 것이다. 즉, '사물 대 사람'관계에서 '사람 대 사람'의 관계로 변하였다. 이른바 감정근로자에 대한 건강장해 예방이 산안법 상 중요한 과제로 대두될 수밖에 없으며, 이러한 노동·산업구조의 변화를 이번 개정안이 잘 추적하고 대응하였다고 볼 수 있다. 프랜차이즈사업의 경우도 마찬가지이다.
- 다만 이러한 산안법 상의 의무체계가 얼마나 실효성을 가지고 실행될 수 있도록 하는 것이냐가 관건이다. 제반 비용을 가맹사업주에게 전가시키는 방식으로 이루어질 경우, 자칫 산안법 상의 제반 의무는 지나친 규제로서 형해화(形骸化)될 위험이 있다.

09 법 위반에 대한 제재의 실효성 제고

1 개정안 내용

1) 법정형의 하한 규정

- 이번 개정안에서 주목할 만한 내용은 제재의 실효성을 강화한 대목이다. 우선 근로자 사망 시 안전·보건조치 의무를 위반한 자에 대한 징역형의 법정형에 하한을 두고 법인의 벌금형을 가중하였다. 즉, 제37조제1항부터 제3항까지, 제38조제1항 또는 제63조를 위반하여 근로자를 사망에 이르게 한 자는 1년 이상 7년 이하의 징역 또는 1억원 이하의 벌금에 처하도록 했다.
- 나아가 수급인이 「건설산업기본법」 제29조제3항을 위반하여 하도급 받은 건설공사를 다른 사업주에게 다시 하도급 하도록 지시 또는 묵인한 건설공사의 도급인이 제63조를 위반하여 근로자를 사망에 이르게 한 경우에는 3년 이상 7년 이하의 징역 또는 3억원 이하의 벌금에 처하도록 했다.

2) 수강명령제도 도입

- 한편 도급인의 안전·보건조치 의무 위반 시 그 처벌을 수급인과 동일한 수준으로 상향하고, 안전·보건조치 의무를 위반하여 근로자 사망 시 안전·보건조치 의무를 위반한 자에 대하여 법원에서 유죄판결을 선고하는 경우에 200시간 범위에서 수강명령을 병과하도록 하였다.



제180조(형벌과 수강명령 등의 병과)

- ① 법원은 제37조제1항부터 제3항까지, 제38조제1항, 제63조를 위반하여 근로자를 사망에 이르게 한 사람에 대하여 유죄의 판결(선고유예는 제외한다)을 선고하거나 약식명령을 고지하는 경우에는 200시간의 범위에서 산업재해 예방에 필요한 수강명령을 병과하여야 한다. 다만, 수강명령을 부과할 수 없는 특별한 사정이 있는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ④ 제1항에 따른 수강명령이 벌금형 또는 형의 집행유예와 병과된 경우에는 보호관찰소의 장이 집행하고, 징역형 이상의 실형과 병과된 경우에는 교정시설의 장이 집행한다.
- ⑤ 제1항에 따른 수강명령은 다음 각 호의 내용으로 한다.
 1. 안전·보건에 관한 교육
 2. 그 밖에 산업재해 예방을 위하여 필요한 사항

3) 과징금 제도 도입

- 나아가 사업주가 도급 금지 의무를 위반하거나 고용노동부장관의 승인을 받지 않고 도급한 경우에는 과징금을 부과할 수 있도록 하였다.



제166조(도급금지 등 의무위반에 따른 과징금 부과)

- ① 고용노동부장관은 사업주가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 10억원 이하의 과징금을 부과·징수할 수 있다. 다만, 수급인 근로자의 산업재해 예방을 위하여 필요한 안전·보건에 관한 조치를 다한 경우에는 그러하지 아니하다.
 1. 제58조를 위반하여 도급한 경우
 2. 제59조제1항을 위반하여 승인을 받지 않고 도급한 경우
- ② 고용노동부장관은 제1항에 따른 과징금을 부과하는 경우에는 다음 각 호의 사항을 고려하여야 한다.
 1. 도급계약 금액, 기간, 횟수 등
 2. 제37조 또는 제38조를 위반하여 수급인 근로자의 산업재해 예방에 필요한 조치 이행 노력 정도
 3. 산업재해 발생 여부

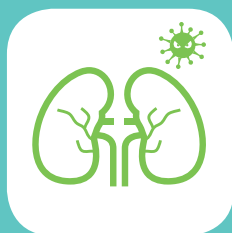
2 평가

- 이번 개정안의 내용은, 산안법 상의 제재가 그 동안 이빨 빠진 호랑이었다는 비판을 염두에 둔 것으로 보인다. 법정형의 하한을 명시함으로써 실행이 부과될 수 있도록 함으로써 이른바 사업주에 대한 산안법상의 의무 이행을 실효성 있게 담보하기 위한 목적이라고 할 것이다. 타당한 개정 방향이라고 판단된다.
- 그럼에도 불구하고 여전히 의문은 있다. 이른바 과범죄화에 대한 우려이다. 또한 법률명확성의 원칙을 확보하는 일이다. 실제로 사법기관은 사용자의 고의나 반복적인 위험의 방치 등의 경우에 비로소 비난가능성을 고려하여 기소하거나 처벌할 수 있는데, 그러한 것이 명확하지 아니한 대다수의 산업안전에 관한 과실적 의무 위반에 대해 처벌의 하한을 설정해 두면, 기소 등 사법적 제재를 가하기가 더욱 주저될 가능성이 크다. 현실적 부담을 간과한 흠이 있는 셈이다.
- 한편 산안법 위반에 대한 경제적 제재의 실효성을 높인다는 차원에서 타당하나, 과징금제도의 도입은 이익의 회수라는 수단이라는 점, 그리고 그 이익이 피해자인 근로자에게 귀속되는 것이 아니라는 점 등에서 논란의 여지가 남아 있다.
- 그 외에 수강명령제도는 그 구체적인 시행방식과 교육프로그램의 마련이 보완되어야 할 것이다.

결론



- ▶ 산업안전 '비용'은 기업의 경쟁력 향상에 기여하는 가장 효과적인 '생산성 제고 전략'이요, 가장 중요한 '투자'임을 명심해야 한다. 노사 간 이해대립 관계로 파악할 문제도 아니다. 산업재해는 더 이상 근로자만의 고통이 아니다. 사업주와 기업 그리고 우리 사회 전체의 손실이요 고통이다. 새로운 고용형태에 대한 규제를 마련한 것도 중요한 의의를 가진다. 프랜차이즈나 배달종사자, 감정근로자에 대한 대응은 변화된 고용형태를 반영한 것으로 보인다.
- ▶ 산업안전에 관하여 사업주에 대한 제재 일변도에는 한계가 있다. 사업주와 근로자 스스로가 산업안전과 보건에 적극적인 관심을 기울이도록 만들어야 한다. 이를 위해 산업재해 예방을 위한 안전보건조치와 노력을 사전에 평가하여 예컨대 산재요율의 경우 예방요율제도와 같이 이를 제도적으로 고려할 수 있도록 하는 방안도 고려할 만하다. 만약 산안법 상의 제재가 산안 예방 조치의 충실도에 따라 달리 평가될 수 있다면, 상당히 적극적으로 산업안전에 기업이 관심을 기울이게 될 것이다.



Issue

03

규범적 판단에 따른 직업성 암의 산재 판정 흐름

근로복지공단 서울업무상질병판정위원회 정진주 위원장

배경



☞ 우리나라 업무상 질병에 대한 산재 판정은 전국의 6개소 업무상질병판정위원회(이하 ‘질판위’)에서 심의를 거쳐 결정된다. 이 중 서울업무상질병판정위원회는 2017년 전체 질병의 27.5%를 심의하여 규모면에서 산재 심의건수가 가장 많고, 다른 질판위와 달리 전국에서 신청한 직업성 암, 자살을 포함한 정신건강과 기타질환을 심의하고 있다.

☞ 특정 사건이 산재로 인정되는지의 여부는 기본적으로 근로기준법의 법적 근거, 산재보험법의 인정기준에 기반하고 있다. 근로자가 근로기준법 시행령 제44조제1항 및 같은 법 시행령[별표5]의 업무상 질병의 범위에 속하는 질병에 걸린 경우 다음 세 가지 조건에 합당하면 법37조제1항제2호가목에 따른 업무상 질병으로 본다: ① 근로자가 업무수행 과정에서 유해위험요인을 취급하거나 유해위험요인에 노출된 경력이 있을 것 ② 유해 위험요인을 취급하거나 유해 위험요인에 노출되는 업무시간, 그 업무에 종사한 기간 및 업무 환경 등에 비추어 볼 때 근로자의 질병을 유발할 수 있다고 인정될 것 ③ 근로자가 유해 위험요인에 노출되거나 유해위험요인을 취급한 것이 원인이 되어 그 질병이 발생하였다고 의학적으로 인정될 것. 여기에 산재보험법 시행령 제34조제3항 관련 [별표3] 업무상 질병에 대한 구체적 인정기준에서는 제1호부터 제12에서 질병통계별로 유해요인과 질병을 연계하여 규정하고 있다. 한편, “공단은 근로자의 업무상 질병 또는 업무상 질병에 따른 사망의 인정 여부를 판정할 때에는 그 근로자의 성별, 연령, 건강정도 및 체질 등을 고려하여야 한다”(시행령 제34조제4항)고 규정하여, 집단이 아닌 재해자 당사자의 개별적인 상태를 감안하여 업무와의 관련성을 고려해야 함을 제시하고 있다.

☞ 이러한 인정기준과 고려사항을 감안하여 질판위에서는 노·사·정이 추천한 각 50명(현재 60명으로 확대 중) 총 150명이 위원으로 추천되어 심의회의별로 노·사·정 위원 비율을 균형 있게 맞추어 회의당 위원 7명이 6건~11건의 신청된 산재 건을 심의하고 있다. 심의회의에는 상병을 확인하는 임상 의사, 업무와 질병과의 관계에 초점을 두는 직업환경의사, 법리적 판단이나 의견을 제공하는 변호사와 노무사, 그 외 인간공학과 산업위생 전문가 등이 참석하고 있다. 산재 신청한 사건에 대한 판정은 먼저 상병을 확인하고 위원들이 해당 상병과 업무관련성에 대한 토론을 거쳐 ‘승인’ 또는 ‘불승인’으로 표결하여 과반수가 차지할 때 승인 또는 불승인으로 결정된다.

이러한 과정을 거치는 산재 판정 중에서도 특히 ‘직업성 암’은 최근 높은 사회적 관심을 끌고 있다. 직업성 암의 산재 여부를 결정하는 인과관계의 판단에 사회적 이목이 집중되고 있기 때문이다. 특히 반도체 작업자의 직업성 암에 대한 법원의 판례, 질판위의 결정을 취소시키는 법원 사례가 눈길을 끌고 있고, 해당 사건에 대한 역학조사⁴⁾의 결과가 질판위의 판정 과 다른 결과를 도출하기도 한다. 향후 직업성 암에 대한 산재 판단은 어떻게 진행되어야 할 것인가를 두고 현재 논란이 되고 있는 여러 사례들이 토론을 거쳐 일정정도의 사회적 합의를 이루는 것이 매우 중요하다.

여기서는 질판위의 산재 판정 사례 중 직업성 암의 세 가지 사례를 살펴봄에 현재 산재판정이 무엇을 근거로 판단하며 어느 정도까지 ‘합의’를 이루고 있는지에 대해 알아보하고자 한다. 이를 위해 직업성 암 중 유사한 상병(백혈병)을 선별하여, 다른 직업과 작업환경에서 일했던 재해자의 사례를 검토하여 판정의 현황을 파악하고자 한다.

직업성 암의 산재 판정



01 활선공의 급성골수성 백혈병

J씨(진단 당시 만 52세, 남성)는 전기공사현장에서 활선차에 승차하여 활선 또는 사선 상태에서 전선 절단, 압축, 설비 신설 및 이설 등의 작업을 수행하던 근로자로 1990년부터 배전전공으로 근무했었고, 무정전전공으로는 약 20년 정도 근무하였다. 전기공사업체들은 한국전력과 2년 단위로 공사계약을 하므로 고인은 2년 단위로 여러 전기공사업체를 옮겨 다니며 일하였다.

관련 의무기록 등을 검토한 결과, 고인은 2015년 1월 29일 골수검사상 급성골수성 백혈병으로 진단 받았으며, 이후 1월 30일부터 2월 5일까지 관해 유도 항암치료를 시행하였으나 호중구 감소성 발열 및 폐렴이 발생하여 2015년 5월 31일 합병된 폐렴으로 사망, 유족이 유족급여를 신청한 경우이다.

4) 역학조사는 명칭은 원래 인구집단에 근거하여 질병의 분포와 원인을 보는 것이므로 산재 판정의 개별 사건에 대한 조사의 정확한 명칭은 ‘개별업무관련성평가’라고 바뀌어야 할 것으로 판단됨.

유족들은 사선업무는 주로 전신주를 세우고 전선을 설치하는 업무이며, 활선업무는 전기가 통하고 있는 상태에서 보수업무를 수행하는 것으로, 고압(22,900V)의 전기가 흐르는 상태에서 초저주파, 전기장 등에 노출되며 16미터 높이에서 작업하다보니 극심한 스트레스 속에서 근무하였다고 주장하였다. 또한 방염복, 절연 보호장비를 착용하고 수공구를 사용하여 작업이 진행되나 실제 작업에 불편하여 절연작업복을 착용하지 않고 작업한 등으로 볼 때 결국 고인의 사망은 업무상 질병에 의한 것이라고 주장하였다.

해당 작업에 대한 작업환경측정 결과는 존재하지 않았고, 산업안전보건연구원에서 2015년 11월 3일 현장 출장조사를 실시한 결과 활선작업 시 약 12미터~16미터의 높이에서 작업하고(시골지역은 12미터~14미터, 도시지역은 주로 16미터의 높이), 활선바스켓트럭에 승차하여 한 곳에서 작업하는 시간은 적게는 1시간 30분에서 하루 종일 작업하는 경우도 있는 것으로 확인되었다.

활선작업 시 방염복, 절연소매, 절연모(활선경보기 내장), 절연장갑 등을 착용하고 작업하였으며, 작업자들은 더위에 그대로 노출되어 근무하는데 절연 소매, 절연장갑 등이 고무재질이라 무겁고 너무 더워 힘들다고 하며, 절연장갑을 끼고 작업하면 섬세한 작업 시 힘들고 불편하여 간혹 절연소매 등을 착용하지 않고 작업을 하기도 한다는 것을 확인하였다. 또한, 22,900V의 활선상태에서 작업하다 보니 활선 작업 시에는 작업자의 몸에 전기가 흘러 몸에 있는 털이 곳곳하게 일어서고, 항상 고압선 근처에서 긴장 상태에서 일하다 보니 스트레스가 심한 것으로 파악하였다.

활선공 작업 사진



☞ 산업안전보건연구원에서는 고인이 약 20년간 배전전기공으로 활선작업을 수행하는 과정에서 100~300 μT 의 ELF-MF에 수시로 노출되었고, ICNIRP, ACGIH의 직업인 노출기준(Ceiling)인 1 mT를 초과하는 자기장에 노출되었을 가능성이 있으나, 발암 기전을 설명할 수 있는 연구가 존재하지 않고, 역학연구 결과의 일관성이 떨어지며, 관련성이 있다는 일부 역학연구를 뒷받침할 수 있는 실험연구도 존재하지 않기 때문에 전자기장 노출이 백혈병을 유발한다는 증거는 부족하다고 판단하였다. 향후 연구 진행에 따라 새로운 증거가 나타날 가능성이 있으나, 현재까지의 역학적 증거 및 연구기관들에서 보고된 내용들을 종합적으로 볼 때는 전자기장 노출이 암 발생을 유발할 수 있다는 증거는 부족하다고 보았다.

☞ 역학조사심의위원회 내에서는 소수의견으로 급성골수성백혈병과 극저주파자기장의 뚜렷한 원인적 연관성을 제시하지 못하는 이유는, 대부분의 역학연구가 어린이나 저강도 노출집단을 대상으로 한 것으로 신청인과 같은 장기간 고노출 대상자에 적용은 무리가 있으며, 신청인과 같은 송전선 근로자나 20년 이상 장기 노출자에 대한 연구에서 유의한 증거를 보고한 예도 일부 있다는 점, 또한 일부 동물실험에서 극저주파에 의한 DNA 변형, 백혈구세포증식, 암발생에 관여하는 멜라토닌 감소 등이 보고되고 있어 백혈병과의 관련성을 배제할 수 없다는 의견을 제시하였다.

☞ 서울질판위에서는 극저주파 자기장의 발암성에 대해서는 현재까지도 논란이 있는 사안으로, 제한된 연구결과로 인해 충분한 근거를 찾지 못하고 있는 상황이고, 특히 활선공을 대상으로 하는 연구는 거의 없다고 볼 수 있으나 다음과 같은 이유로 다수 위원이 업무와 상당 인과관계가 인정된다고 보았다.

- 첫째, 극저주파 자기장이 백혈병과의 관련성이 유의한 역학연구결과가 일관되지 않지만 보고되고 있는 점,
- 둘째, 업무 외 상병을 유발할 만한 위험요인이 발견되지 않는 점,
- 셋째, 작업내용 상 22,900볼트의 고압전류가 흐르는 전기선과 매우 가까운 거리(1미터 이내)에서의 장시간 이뤄지는 점,
- 넷째, 역학조사결과에서 확인되듯이 고인이 배전전기공으로 근무하는 동안 100~300 μT 의 ELF-MF에 수시로 노출되었고, ICNIRP, ACGIH의 직업인 노출기준(Ceiling)인 1 mT를 초과하는 자기장에 노출되는 등 유해요인 노출 수준이 기준치를 초과하는 매우 높은 작업환경에서 25년 이상 장기간 근로한 점을 종합하여 고려하면, 업무와 청구 상병 간에는 상당 인과관계가 인정된다고 보았다.

02 방사선 기사의 만성골수성 백혈병

☞ A씨(1964년생 남성)는 1987년부터 2007년까지 약 20년간 ○○병원 방사선과에서 방사선사로 근무하였고 2007년 5월부터는 행정직으로 전환되어 근무하며 주 5일, 1일 평균 8시간, 1주 평균 40시간

을 근무하였다. 2012년 8월 만성 골수성 백혈병 진단을 받고 근로복지공단에 요양급여 신청을 하였으나 공단은 2017년 2월 '이 사건 상병의 발생과 방사선 노출 사이의 인과확률이 신뢰도 95%에서 11.83%로 기준치인 50%에 미치지 못하는 등 이 사건 상병의 발생과 원고의 업무 사이에 상당인과관계가 있다고 볼 수 없다'는 이유로 불승인 처분을 하였다. 이후 2017년 4월 심사청구를 하였으나 질판위의 판정에 대해 불복하는 신청인의 주장에 이유가 없다고 하여 배척하는 결정인 '기각'이 이루어졌다. 이후 원고는 2017년 9월 법원에 제소하여, 2018년 2월 원고 승으로 선고가 확정되었다.

☞ 신청인의 업무내용을 살펴보면 ○○병원에서 방사선사로 근무하면서 일반방사선 촬영, 위·대장 조영술, CT 촬영, 촬영한 필름 현상 등의 업무를 하였고, 백혈병의 원인인 전리방사선 노출량의 누적은 33.02mSv였다. 원고는 필름 현상 업무도 하였으며 현상액은 일반적으로 아황산나트륨, 히드로퀴논(1,4-디히드록시벤젠), 탄산나트륨과 물 등으로 구성되어 있는데, 히드로퀴논은 페놀류에 속하는 방향족 유기 화합물로 병원 엑스레이 필름 등을 포함한 사진 공업에 사용되고, 섭취시 백혈구 증가 등을 유발하는 것으로 알려져 있다.

☞ 국제 암연구소는 벤젠, 전리방사선, 포름알데히드, 1,3-부타디엔, 토륨-232, 흡연 등을 포괄적으로 백혈병 및 림프 조혈기계암을 일으키는 충분한 근거가 있는 인자로 분류하고, 제한적 근거가 있는 인자로 산화에틸린, 스티렌, 라돈-131 및 라돈-222 등이 있다. 방사선 저노출(<100mSv/yr)과 방사선 관련 암 발생 간에는 한계치가 없는 선형 양-반응 관계가 존재한다는 즉, 저선량의 방사선 노출로도 암이 발생할 가능성을 배제할 수 없다는 연구결과가 있다. 만성 림프구성 백혈병을 제외한 모든 백혈병이 전리방사선(엑스선과 감마선) 노출에 의해 증가하는 사실이 밝혀졌고, 벤젠 노출 경험에 있는 집단에서 만성 골수성 백혈병의 위험도가 증가하는 것으로 나타난 연구결과가 있다.

☞ 서울질판위에서는 방사선 피폭량이 낮다고 하여 업무 관련성이 없다고 판단하기는 어렵고, 역학조사가 필요하다고 판단하여 조사를 시행하였고, 역학조사결과 방사선작업종사자에서 암이 발생한 경우 인과확률을 근거로 판단하고자 하였다. 발생한 암이 방사선 피폭에 기인된 정도를 평가하기 위하여 인과확률(Probability of Causation, PC)이 이용되며 그 값이 50%를 초과하면 발생한 암이 방사선 피폭에 기인된 것으로 간주한다. 이 때 암 발생자의 성별, 피폭 시 연령, 피폭 방사선량, 피폭 후 경과시간, 흡연량 등의 정보를 이용하여 추정하는데, 이 사건의 경우 1987년부터 2007년까지의 최종 누적 노출량은 33.02mSv이고, 해당 자료를 통해 추정한 신청인의 만성 골수성 백혈병 인과확률은 신뢰도 50%, 90%, 95%, 99% 수준에서 각각 8.14%, 10.92%, 11.83%, 13.53%였다. '상병의 발생과 방사선 노출 사이의 인과확률이 신뢰도 95%에서 11.83%로 기준치인 50%에 미치지 못하는 등 이 사건 상병의 발생과 원고의 업무 사이에 상당인과관계가 있다고 볼 수 없다'는 이유로 서울 질판위에서는 불승인 처분을 하였다.

☞ 하지만 법원에서는 ① 저선량의 방사선 노출로도 암이 발생할 수 있다는 연구결과의 존재, ② 20년간 방사선사로 근무하며 전리방사선에 지속적으로 노출되었다는 점, ③ 현상액에 있는 벤젠 성분

이 백혈병의 위험도를 높인다는 점, ④ 무엇보다도 인과확률 평가의 한계를 지적하며 인과확률이 낮다는 것이 곧 방사선 피폭에 의한 발병이 아니라는 것을 의미하는 것이 아니라는 점을 강조하였다. 인과확률은 다만 확률적으로 방사선 피폭에 의한 발병가능성이 작다는 것을 의미하는데 불과하며, 위험인자가 질병을 가속화 시키는 경우를 반영하지 못한다는 한계가 있다는 비판이 있다는 점을 고려할 때, 전리방사선, 벤젠 등 유해요인에 지속적으로 노출된 사실이 인정된다면 비록 인과확률이 50%에 미달하는 경우에도 구체적 업무 내용 및 근무 기간, 근로자의 개인적 요인, 그 밖의 다른 발병요인 유무 등을 종합적으로 고려하여 업무와 상병 사이의 상당인과관계를 인정할 수 있다고 본 사례라 할 수 있다.

03 반도체 작업자의 만성골수성 백혈병

☞ K씨는 2002년 7월 00디스플레이 공장에 입사하여 약 5년 7개월간 컬러필터 3라인에서 생산직 오퍼레이터로 식각공정, 포토공정, 검사공정 등을 수행하였고 이후 퇴사하여 간호조무사로 1년간 근무하였다. 신청인은 약 5년 7개월 동안 LCD 칼라필터 제조공정에서 근무하면서 벤젠, 전리방사선, 극저주파 자기장 등 다양한 발암물질과 유해물질에 적절한 보호 장구 없이 장시간, 지속적으로 노출되었으며 교대제 근무 행태로 인해 과로 및 스트레스에도 노출되어 있었다. 이와 같은 작업환경 및 과로로 인하여 신청 상병이 발병해 업무상 재해에 해당한다고 주장하였다.

☞ 신청인이 근무했던 3라인 칼라필터 제조공정은 ①여러 단위 공정에서 벤젠이 불순물과 열분해산물로 발생하는 감광제가 광범위하게 사용된 점, ②3라인의 거의 모든 설비가 전리방사선을 발생시키는 정전기 발생 방지장치인 이오나이저가 설치되어 있는 점, ③과거에는 설비가 밀폐형이 아닌 개방형이었던 점, ④과거에는 벤젠이나 전리방사선의 노출로부터 작업자를 보호할 수 있는 보호구가 제대로 지급되지 않은 점, ⑤과거에는 수동 설비로 인하여 담당공정과 인접공정을 수시로 드나들면서 인접공정의 발암요인에도 복합 노출된 점, ⑥환기공유 구조로 인하여 3라인 칼라필터 전체공정에서 발생하는 발암요인에 복합 노출된 점, ⑦재해자와 같은 식각 공정에서 일했던 반도체/LCD 제조공장 작업자들 가운데 4명이 직업성 암으로 인정된 점을 종합적으로 고려하면 과거 재해자가 일했던 2002년 7월부터 2008년 1월까지 00디스플레이 공장 3라인에서 발생한 발암물질의 노출수준은 백혈병 등 림프조혈계암을 발생시킬 수 있는 정도였을 것으로 추정함이 상당하다고 주장하였다. 약 5년 7개월간 지속적으로 골수를 표적장기로 하는 벤젠과 전리방사선에 동시에 노출되었으며 업무상 과로·스트레스로 인한 면역력 저하(특히 퇴직 전 약 2년간 2교대 근무) 등 발암촉진요인과 자외선(비전리방사선) 등 발암의심 요인에도 지속적으로 노출되었기 때문이다. 재해자에게 백혈병 발병과 관련된 유전이나 지병 등의 비직업적인 발병요인이 없었던 것으로 보이고 이 회사가 생애 첫 직장이라는 점과 백혈병의 잠재기 등을 고려하면 재해자의 만성골수성백혈병과 업무사이에 상당인과관계가 인정된다고 봄이 타당하다고 주장하였다.

☞ 산업안전보건연구원의 역학조사에 따르면 사업주가 제출한 작업직력확인서에서 근로자는 5년 7개월간 C/F sectional 00공장에서 CF 오퍼레이터로서 3라인 CF공정 물량체크와 전산업무를 담당한 것으로 나타났다. 신청인이 하던 일은 설비모니터링, 물량체크, PR교체(1시간에 1회), IPA로 Glass 이물 세정작업이었다. 2008년 퇴사 이후 신청인은 간호조무사 자격을 취득하여 ○○병원, ○○홍부외과의원, ○○의료재단 등에서 약 1년간 외래진료 간호조무사로 근무하였으며 별도의 화학물질에 노출은 없었다고 진술하였다.

☞ 산업안전보건연구원은 근로자가 3라인 칼라필터 공정의 식각, B.M, R.G.B, 중간 맥믹 검사, UV Asher, C/S(Column Space) 공정에서 일하였고, 현재 공정에서 만성골수성백혈병 발병에 기여도가 높은 물질로 제시할 수 있는 공정 생성 가능 물질인 벤젠, 포름알데히드, LCD와 같은 반도체 공정에서 사용되는 Ionizer로부터 발생하는 방사선, 극저주파자기장 노출을 고려하였다. 현재 확보할 수 있는 자료에 근거하여 벤젠 노출치는 현장근무 전체 5년 7개월을 가정하더라도 0.00912 ppm-years로 노출기준(0.5ppm)을 초과하지 않았을 것으로 추정되고, 포름알데히드 노출치는 현장근무 전체 기간 5년 7개월을 가정하더라도 0.02166 ppm-years로 노출기준(0.3ppm)을 초과하지 않았을 것으로 추정하였다. 공정 내에서 방사선 조사형 Ionizer를 사용했을 경우 방사선 노출을 예상할 수 있는데, 개인노출선량 평균이 0.04 mSv/yr 로 자연방사선 노출수준(<0.1 mSv/yr)으로 확인되었고, 정전기 제거용으로 사용된 Ionizer의 에너지 수준은 0.0043~2.1677 mSv/yr 이었다. 극저주파자기장 노출 수준을 평가한 결과 가공라인에서 개인은 0.03~43.50 uT이고, 지역은 0.06~287.2 uT으로 ACGIH 노출기준인 1,000 uT를 초과하지 않았다.

☞ 재해자의 질병과 관련 있는 작업환경 요인으로는 포름알데히드, 전리방사선, 고무제조산업 등이 충분한 근거가 있고, 벤젠과의 관련성이 보고되었는데, 재해자에게 벤젠의 직업적 노출은 없으며, 포름알데히드 및 방사선량, 극저주파자기장의 노출수준은 낮은 것으로 추정하였다. 따라서 역학조사의 결과는 재해자의 만성골수성백혈병은 업무관련성이 낮은 것으로 나타났다.

☞ 서울질판위에서는 비록 작업환경측정결과나 산업안전보건연구원의 역학조사 결과 신청 상병과 관련이 있는 작업환경적 요인으로 벤젠, 포름알데히드, 전리방사선, 극저주파자기장의 노출 수준이 현재 확보할 수 있는 자료에 근거하여 없거나 낮은 것으로 추정하였고 업무관련성이 낮은 것으로 판단하였으나, ①이러한 일회성의 측정 결과가 신청인이 당시 근무했던 작업환경 즉 일상적이고 계속적인 작업과정 중 발생하는 실제 유해물질의 노출 현황을 파악하는데 한계가 있고, ②신청인이 당시 생산라인 중 가장 오래된 제3라인에서 근무했으며, ③충분한 보호 장비를 착용하지 않았고, ④근무기간이 5년 8개월 정도 수동 공정에서 근무하였던 점을 보면 작업환경측정결과나 역학조사결과보다 더 많은 양의 발암물질 또는 유해물질에 지속적으로 노출되었을 것으로 판단했다.

☞ 또한 환기시스템, 여러 공정의 설비가 붙어 있어 간접적으로 유해화학 물질에 노출될 위험이 컸던 업무 형태 등을 고려하면 신청인의 공정 뿐 아니라 담당하지 않은 다른 공정에서 사용되는 다양한 유해물질에 노출되었으며, 비록 각각의 유해물질의 노출 수준이 독자적으로 발병을 일으킬 정도는 아니었더라도 여러 유해물질에 복합적으로 장기간 노출되었을 경우 백혈병의 발병 또는 악화를 일으킬 가능성은 보

인다고 판단하였다.

- ☞ 마지막으로 신청인에게 백혈병 발병과 관련된 유전이나 지병 등 비직업적인 발병요인은 없었던 점, 이 회사가 고인의 첫 번째 직장이며 백혈병의 잠복기를 고려했을 때 회사 퇴직 후의 요소가 원인이 되어 백혈병이 발병했을 것이라고 보이지 않는다는 점, 발병 당시 신청인의 나이가 불과 25세였던 점 등을 고려했을 때 심의회의에 참석한 다수 위원이 신청 상병과 업무와의 상당 인과관계가 인정된다고 판정하였다.

마무리

- ☞ 이 글에서는 직업성 암의 세 가지 판정 사례를 통해 실제 산재 판정이 어떻게 이루어지고 있는지 알아보았다. 직업성 암 판정의 최근 흐름은 2017년 303건, 2018년 4월 26일 현재 103건의 직업성 암을 심의하여 2017년에는 24건, 2018년 현재까지 7건이 기존 연구결과와 개별 사건에 대한 과학적 조사에 기반한 역학조사 결과와 상이한 결정을 내려 전체 신청건수의 약 7.6%를 차지하고 있다. 의학적·과학적 인과관계가 명확하고 산재 인정기준에 부합하는 사례는 큰 문제가 없지만, 유해물질의 노출이 확인되나 노출기준에 미치지 못하는 사례, 작업환경에 대한 사실 확인을 명확히 하기 어려운 사례, 그러나 업무외적요인을 발견하기 어려운 사례는 판정에 있어 '추정'과 '해석'이 필요하다는 것을 알 수 있다.

- ☞ 활선공의 사례는 업무가 백혈병과의 관련성을 제시하는 연구가 일관되지는 않지만 25년간의 장기간 노출과 순간적 고노출의 영향력이 산재 인정의 주요 기준이 되었다. 질판위에서 불승인했고 법원에서 승인된 방사선 기사 사례는 활선공의 사례와 달리 저노출량이라도 20여년의 노출기간, 백혈병 발병을 가중시킬 수 있는 위험인자의 존재로 인해 산재 승인되었다. 두 사례 모두 인정기준이나 기존 연구결과와 일관되게 부합하지는 않지만, 상병을 일으킬만한 업무외의 다른 요인이 없고, 긴 직무력 기간 동안 노출은 존재하였으나 저노출량일지라도 업무관련성을 배제할 수 없다는 판단 하에 산재가 승인되었다.

- ☞ 반도체근로자의 사례는 서울질판위에서 2017년 이후 역학조사 결과와 달리 승인한 반도체업종의 다수 사례와 그 궤를 같이한다. 즉 반도체 공장의 임플란트 공정에서 17년간 일한 후 악성뇌종양(교아세포종) 발생, EDS 공정 오퍼레이터 15년간 일한 후 불임된 경우, 임플란트 공정과 화학기상증착 공정 등에서 장비엔지니어로 10년간 일한 후 NK/T-세포 림프종과 부비동 발생, 포토-식각공정 오퍼레이터로 20년간 일한 후 뇌의 역형성형 성상세포종 발생, 반도체 크레임 생산과정에서 15년 일한 후 만성골수성백혈병 발생된 사례와 동일하게 역학조사의 결과와 달리 산재가 승인된 경우이다.

이러한 사례는 대체로 현재의 시점에서 실행된 측정결과가 과거의 작업환경을 대변하지 못한다는 점, 과거의 작업은 현재보다 더 위해하거나 안전관리가 제대로 되지 못했다는 점, 단일 유해물질의 노출량은 낮지만 복합 유해물질에 장기적으로 노출될 가능성이 있다는 점, 인과관계를 명확하게 규명하는 것이 현재의 의학과 자연과학 수준에서 곤란하더라도 그것만으로 인과관계를 쉽사리 부정할 수 없다는 점, 유해물질이 허용기준 범위 안에 있다 할지라도 장기간 노출될 경우 건강상 장애를 초래할 가능성이 있다는 점, 작업환경상 유해요소들을 구체적으로 특정하기 어려울 때 근로자에게 불리하게 작용해서는 안 된다는 점, 발병한 상병이 한국인 전체 평균발병률이나 신청인 연령대의 평균발병률과 비교하여 유달리 높다면 상당인과관계를 인정하는데 유리한 사정으로 작용해야 한다는 점, 업무 외 다른 가족력이나 상병을 발생할 만한 요인이 없다는 점 등이 공통적으로 적용된 경우라고 볼 수 있다.

직업성 암에 대한 업무관련성 판단은 해당 사건의 작업환경, 작업했던 시기, 유해물질노출 정도 및 노출 정도에 대한 정보 여부, 질병의 유형, 개인상태 등에 대한 '판단'이 종합적으로 작동한다. 이 판단은 심의 위원들이 의학적·과학적 근거를 일차적으로 참고하되 해당 개별 사건에 대한 '가치'와 '규범'이 작동하여 충분한 토론 속에서 각 자 판단의 근거를 제시하며 일종의 '사회적 합의'를 이루어낸다. '사회적 합의'에 기반을 둔 판정 결과가 쌓이게 되면 유사 사례에 대해 일관되게 적용하여 질판위의 판정이 들쭉날쭉하지 않고 일관성을 갖도록 노력하고 있다. 특히 개별 사건에 대한 의학적·과학적 증거가 부족하거나, 아직 연구가 되지 않았거나, 과거에 일하여 당시의 작업환경에 대한 자료가 없거나, 작업자가 자신의 질병을 입증하기 어려워 자료가 부족한 상황 등에서는 심의 위원들의 토론과 소통이 더욱 중요할 수밖에 없다.

한편 직업성 암의 의학적·과학적 근거를 제공하는 역학조사와 질판위 판정의 목적이 같지 않아 그 결과가 늘 일치하지는 않는다. 질판위는 업무와 상병과의 상당인과관계를 밝히기 위해 명확한 인과관계가 보이는 경우를 제외하고 의학적, 과학적 근거를 기본으로 참고하되 규범적 차원에서 고려하고, 또 추정의 원칙을 적용하여 사회보장으로서의 산재보상보험법 1조에 명시되어 있는 근로자 보호의 취지를 살리는데 그 역할이 있기 때문이다.



참고문헌

1. 근로복지공단 산재보상국 업무상질병부(2018), 병판정위 2017년도 심의현황 분석
2. 근로복지공단(2017), 사건번호 2017-0000642호 산재 심의자료 일체.
3. 근로복지공단(2016), 사건번호 2016-2499호 산재 심의자료 일체.
4. 근로복지공단(2017), 사건번호 2017-2380호 산재 심의자료 일체.
5. 서울행정법원 2017구단30750 판결문.
6. 대법원 2015두3867 판결문
7. 서울행정법원 2011구단8744 판결문
8. 서울행정법원 2017구단30750 판결문
9. 서울고법 2014누7123 판결문

「업무상질



Issue

04

4차 산업혁명과 산업안전보건 분야의 리빙랩 활용

포스코경영연구원 김상윤 수석연구원

4차 산업혁명으로의 새로운 시대



 현재 세계는 4차 산업혁명의 시작점에 있다. 우리는 3D 프린터로 자동차를 제조하고, 드론으로 제품을 배송하며, 심지어는 로봇과 대화를 한다. 1990년대 후반 컴퓨터와 전화기 그리고 카메라가 결합한 스마트폰의 출현이 세상을 놀라게 하였는데, 불과 20년 밖에 지나지 않은 지금 우리는 생체 이식 통신 디바이스의 등장을 기다리고 있다. 이처럼 최근 일어나고 있는 새로운 기술의 등장은 가히 역동적이다. 특정 요소만이 변하는 것이 아니라, 요소들이 동시다발적으로 변하고, 변화하는 요소들이 서로 엮여서 전체를 변화시킨다. 이것이 우리가 4차 산업혁명을 변화가 아닌 혁명으로 일컫는 이유이다.



“지금 우리는 삶과 일, 인간관계의 방식을 근본적으로 변화시킬 혁명의 문 앞에 서 있다. 그 규모와 범위, 복잡성으로 미루어볼 때, 4차 산업혁명은 과거 인류가 겪어온 그 무엇과도 다르다.”

(클라우스 슈밥, 다보스 포럼 회장)

 세계경제포럼은 지난 2016년 4차 산업혁명의 시대가 왔음을 선언하였다. 포럼에 참가한 각계 전문가들은 4차 산업혁명을 ‘삶과 일, 인간관계의 방식을 근본적으로 변화시키는 혁명’으로 정의하였다. 클라우스 슈밥 회장은 로봇과 인공지능, 블록체인 등 새로운 혁신 기술들이 생활 방식, 업무 방식, 그리고 사람과 관계를 맺는 방식까지 완전히 뒤바꿔놓을 것이라고 주장했다. 메사추세츠 공과대학교의 에릭 브린운프슨(Erin Brynjolfsson) 교수와 앤드루 맥아피(Andrew McAfee) 교수는 <제2의 기계 시대>라는 책에서 현재 인류는 디지털 기술의 ‘완벽한 힘(full force)’으로 인해, ‘전례 없는 새로운 것(unprecedented things)’들을 만들어 내는 변곡점에 있다는 것으로 4차 산업혁명의 변화를 설명하였다. 그 밖에도 최근 각계 전문가들은 4차 산업혁명과 유사한 개념과 용어를 쏟아내며 우리를 혼란과 변화의 소용돌이로 이끌고 있다.

이처럼 4차 산업혁명은 역동적으로 변화하고 있는 현재와, 예상하기 힘든 미래에 대한 얘기라는 점에서 긍정적인 기대뿐만 아니라, 부정적인 우려도 존재한다. 그러나 고무적인 사실은 지금껏 인류는 기술 주도의 발전 속에서도 그에 맞게 인간세계의 질서와 규칙을 재정비해 왔다는 점이다. 이제 4차 산업혁명의 변화가 우리의 삶과 국내 산업에 미칠 영향에 관해 구체적으로 점검하고, 우리의 기대와 우려를 조화롭게 조율해나가는 관점에서 우리의 대응책을 모색해볼 시점이다.

4차 산업혁명과 유사한 개념과 용어



산업혁명의 역사와 산업안전보건의 변천

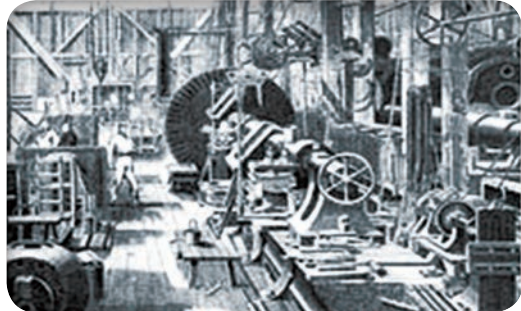


- 산업안전보건 분야의 발전도 인류 산업혁명의 역사와 궤를 같이 한다. 1만년 전 수렵·채집 생활을 하던 인류는 16세기부터 시작된 농업혁명의 과정에서 가축과 도구의 활용으로 식량 생산력의 증대와 저장 가능해졌고, 인구의 증가와 더불어 정착생활을 하게 되었다.
- 당시 인간의 노동은 의, 식, 주를 해결하기 위한 본능적인 활동이었다. 이와 같은 이유에서 노동 중의 부상, 재해는 개인 차원의 이슈였다. 노동력을 사용할 수 없다는 것은 곧, 의식주 영위가 불가능함을 의미하였고, 개인 생명 수호의 차원에서 안전보건을 인식하였다.
- 일부 문화권에서 자본과 영토를 가진 대지주가 고용한 광부, 농부 등의 직인들에게 건강장해가 나타나는 경우가 있었다. 그러나 16, 17세기까지만 해도 대부분의 문화권에서 산업안전보건을 심각한 사회문제로 여기지는 않았다.

18c 광산에서 일하고 있는 여자 광부



위험이 노출되어 있는 18c 공장시설



(참고: 대한산업보건협회 <http://kiha21.or.kr>)

- 18세기 중반부터 19세기 중반까지 이어진 1차 산업혁명 과정에는 석탄을 연료로 한 에너지 산업과 철도를 활용하는 운송 산업이 발달하였다. 당시 석탄 및 광물의 수요가 급증하면서 기간산업으로 확대된 광업 종사자들에게 진폐증 및 금속중독증이 급증하였다. 노동자의 산업안전보건의 본격적으로 사회적 문제가 된 시기였다. 인간의 노동을 기계가 대신하는 혁명적인 변화도 일어났다. 방직기 등 기계식 생산설비가 인간의 단순 작업을 대신하였다.
- 공장의 노동자들은 조악한 기계식 생산설비로 인해 상해를 당하는 경우가 부지기수였으며, 각종 화학약품으로 인한 건강장해도 유행하였다. 일부 노동자들은 공장을 도살장으로 생각할 정도였다. 독일에서는 노동자질병보험법 및 공장재해보험법이 제정되었다. 또한 1895년 영국에서는 세계 최

초로 직업병 신고제도를 제정, 운영하였다. 그럼에도 불구하고 인류의 생산성은 급격히 상승하였고 일부 계층의 부 축적으로 인하여 노동자와 사용자의 계층 구분이 시작되었다. 사용자들은 노동력을 효율적으로 활용하는 방법에 관해 고민을 하기 시작했고, 노동자들은 하루 중에 노동 시간과 휴식 시간을 구분하여 시간을 효율적으로 활용하는 방법을 탐구했다. 이로써 주 48시간 이상의 노동제한과 9세 이하 소년고용금지 등 노동자 보호 및 여가 권리에 대한 법이 공포되었다.

 19세기 말부터 20세기 초까지 이어진 2차 산업혁명 과정에는 전기와 컨베이어 벨트의 출현으로 인류 역사에 있어 본격적인 기계의 활용이 시작되었다. 이로 인해 재화의 대량생산이 가능해지면서, 여분의 재화는 자연스럽게 거래와 유통으로 이어졌고, 상공업이 성장하였다. 이 과정에서 자본가와 노동자의 개념이 자리잡았다. 노동자는 자본가에 의해 계약이라는 형태로 고용되고 노동력 제공의 대가로 임금을 받는 고용-피고용의 형태가 근로 형태의 주류로 자리잡기 시작하였다. 대량생산과 더불어 효율적 공장 운영을 바라는 자본가들은 노동자들에게 장시간의 노동을 요구했고, 노동자들은 자신들의 '실 권리'를 주장하면서 노사 간의 분규가 자주 발생하였다. 이로 인해 학계에서는 군수노동자의 노동 능력향상, 경영원리 그리고 노동자 보호에 관한 연구가 활발하였다. 사실 19세기말부터 20세기 후반까지의 세계 산업은 대량생산 기술을 바탕으로 한 제조업이 주도하였기 때문에, 생산 현장에서 다양한 산업 재해들이 생겨났다. 또한 과학기술의 혁신적 발전과 분화는 과거에 없던 신규 유해물질로 인한 직업병을 양산하였다.

 20세기 중반 이후부터 지금까지 이어져온 3차 산업혁명 과정에는 컴퓨터, 반도체, 인터넷, 모바일 등의 디지털 기술들이 세계 산업의 진화를 주도하였다. 디지털 혁명으로 일컬어지는 변화의 과정 속에 디지털 기술들은 제조업의 측면에서는 자동화를 더욱 진전시켰고, 전체 산업 측면에서는 기존에 없던 다수의 서비스 산업을 탄생시켰다. 노동의 영역 중 많은 부분이 기계와 로봇으로 자동화되면서 작업장에서의 물리적 상태 빈도는 과거에 비해 줄어들었으나, 각종 첨단산업의 발달로 신규 유해물질로 인한 피해 및 정신적, 사회적 건강 침해 등 새로운 유형의 상해와 산업보건 이슈들이 생겨났다.

 현재 진행되고 있는 4차 산업혁명의 변화는 지난 수십 년간 진보와 응축 과정을 거친 디지털 기술의 융복합 확대에서부터 시작되고 있다. 고차원화된 디지털 기술들이 관련성이 있거나, 혹은 전혀 관련성이 없던 대상과의 융복합을 통해 새로운 조합을 만들어 내고, 이는 우리가 상상하지도 못했던 변화들을 만들고 있다. 예를 들어, 스마트 공장은 사물인터넷, 인공지능, 빅데이터, 3D 프린팅 등 다양한 디지털 기술들과 기존 제조기술과의 융복합을 통해 만들어진 혁신적인 하나의 제품이다. 산업안전보건 관점에서 살펴보면, 스마트 공장은 지금까지와는 전혀 다른 작업 환경을 제공한다. 스마트 공장은 스스로 제어하고, 판단하는 무인(無人) 기반 공장이다.

 공장의 모든 활동은 인간의 작업과 지시 없이도 중앙 제어 시스템에 의해 통제되고, 설비·공장·시스템 간 실시간으로 정보와 데이터가 공유된다. 작업자에게 발생할 수 있는 안전사고나 노출될 수 있는 위험인자가 과거의 전통적인 공장 환경과는 완전히 다르다.

테슬라의 무인공장 'Giga Factory'



(참고: <https://www.abqjournal.com>)

이렇듯, 4차 산업혁명의 혁신적 기술 발전으로 인한 제품 간, 기술간, 산업간 융복합 확대는 산업안전보건의 측면에서도 기존의 관점과 틀에서만 현상을 바라볼 수 없게 만들고 있다. 향후, 작게는 노동자의 작업 환경 변화에서부터, 크게는 인간의 삶의 방식이나 스타일의 변화에 따라 산업안전보건에 관한 이슈는 크게 변화할 수 있다. 이제는 산업안전보건 이슈 발굴 및 관련 연구에도 4차 산업혁명의 흐름에 맞는 새로운 시각과 방법이 필요하다.

산업안전보건 연구의 새로운 대안, 리빙랩

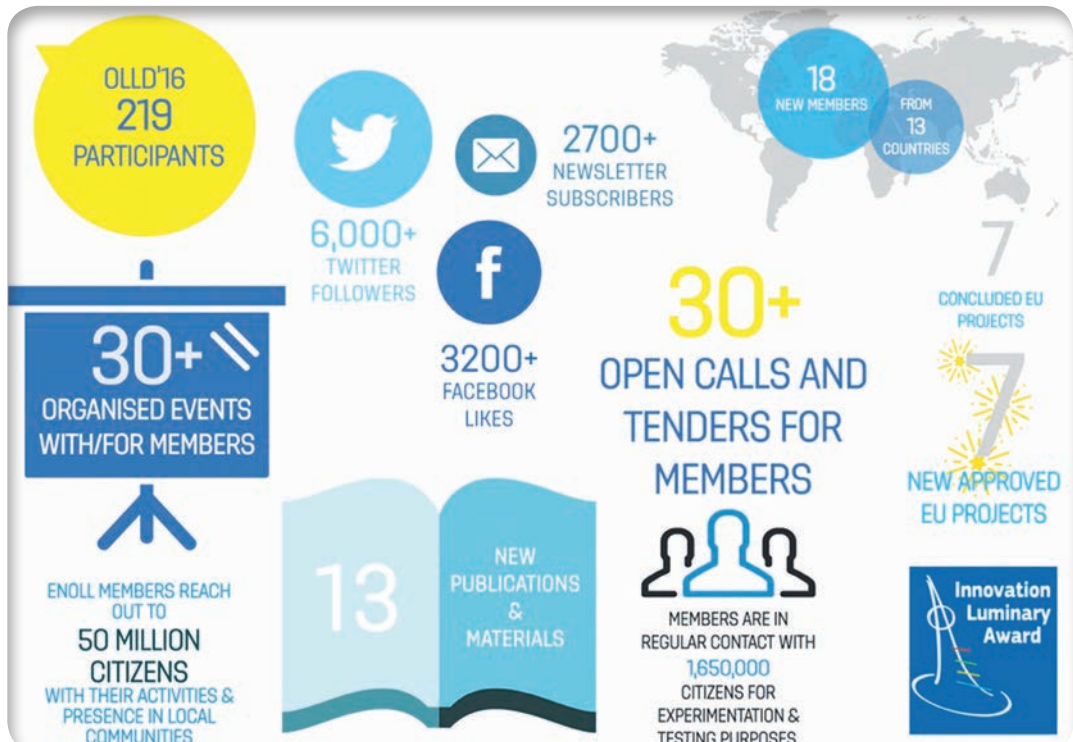


최근 유럽을 중심으로 새로운 제품과 기술, 서비스 등 혁신적인 모델의 개발을 위하여 사용자들의 참여를 유도하는 R&D 대안으로서의 리빙랩이 유행하고 있다. 리빙랩은 미래의 혁신적 환경 변화가 기대되는 영역에서, 전문가와 비전문가, 공급자와 소비자, 개발자와 사용자가 모두 함께 더 나은 제품과 기술, 서비스를 만들어 가는 협동 개발, 창작 방식이라 할 수 있다. 리빙랩은 주로 아래의 4가지 개념으로 설명된다.

- **첫째**, 사용자 주도의 혁신(User-driven Innovation)이라는 점이다. 제품이나 기술, 서비스를 사용자들이 직접 사용(경험)하는 과정에서 혁신적인 개선 아이디어나 피드백을 제공한다.
- **둘째**, 열린 혁신(Open Innovation)이라는 점이다. 공급자, 개발자가 자신의 제품, 기술 등에 대하여 외부의 혁신적인 아이디어나 반응을 듣기 위한 채널로 활용한다.
- **셋째**, 에코시스템(Ecosystem) 전체를 활용한다는 점이다. 서비스의 공급자, 제품의 개발자, 정책의 제 공자만의 노력이 아니라, 공급자와 소비자, 개발자와 사용자, 공공과 민간이 상호 협력을 통해서 제품, 기술, 서비스, 정책의 개발을 진행하게 된다. 이를 통해 자연스럽게 생태계 협력 네트워크가 만들어진다.
- **넷째**, 리얼 라이프(Real Life) 기반이라는 점이다. 사용자들이 실제 제품이나 서비스를 사용(활용)하는 공간 혹은 그와 유사한 환경을 구축한 상태에서 경험하고 그에 대한 피드백을 제공한다.

유럽에서는 2006년경부터 여러 산업 분야에서 리빙랩을 활용하고 있다. ENoLL(European Network of Living Labs)이라는 리빙랩 네트워크를 결성하여, 여러 국가, 다양한 산업의 혁신 리빙랩 활용 사례 및 경험을 공유하였고, 현재는 약 500여 개의 리빙랩이 네트워크에 참여하고 있다. 리빙랩을 활용하는 분야 또한 정보통신 등 첨단기술 분야에서부터, 에너지 효율성 분야, 교통 안전 분야, 지역 개발, 환경, 보건 등 매우 다양하게 확대되고 있다.

유럽의 리빙랩 네트워크(ENoLL)의 2016년 성과



(참고: ENoLL (<http://www.openlivinglabs.eu>))

네덜란드와 벨기에가 공동으로 진행하고 있는 Living Tomorrow이라는 프로젝트는 대중에게 혁신 기술에 대해서 알리고, 그들의 삶에 어떤 결과가 생기게 되는지를 경험을 통해 알려주는 프로젝트이다. 두 국가의 다양한 기술 공급자들과 지식 기관들이 참여하여, 에너지 절약 건축, 새로운 인테리어 방법, IT 어플리케이션을 활용한 건강 증진 방법 등 소비자들에게 여러 혁신 기술을 체험하고 그 가치를 인식하게 한 후, 피드백을 얻는다.

독일 인공지능 연구소(DFKI)는 리빙랩을 활용하여 연구 프로젝트를 수행하는 대표적인 연구기관이다. 60개국 출신 480여명의 연구원 9개의 역량센터, 6개의 리빙랩 등에서 180여개의 연구프로젝트를 수행하고 있다. 주 연구분야는 로봇, 빅데이터 지능형 분석, 증강현실 및 모의현실, 유통 혁신, 혁신적인 공장시스템, 지식관리 등인데, 인공지능 연구소가 개발하고 있는 다양한 기술과 제품들을 출시 전에 리빙랩을 통해 소비자에게 체험하게 하고, 그 피드백을 통해 개선 및 혁신의 새로운 아이디어를 얻는다.

DFKI가 개발한 산업용 VR 안경과 인명구조 로봇 '맨티스'



(참고: <http://www.dfki.de>)



국내 사례로는 2016년부터 서울시가 추진해 오고 있는 서울혁신파크의 리빙랩 프로젝트가 있다. 서울시에서는 시민들의 아이디어를 공모하여, 선정된 아이টে에 대하여 실제로 리빙랩 프로젝트를 추진하고 있다. 골목 쓰레기 문제, 주차 문제, 대기 오염과 미세먼지 등 시민들의 살아있는 실생활 아이디어가 리빙랩을 통해 결합되고 그 과정에서 문제의 해결을 위한 혁신적인 방법이 만들어지고 있다.

'18 서울시 리빙랩 프로젝트 포스터(좌)와 의류함 개선(중), 주차 전광판 프로젝트(우)



(참고: <https://livinglabhub.blog.me>)

요컨대 사용자 주도의 혁신, 열린 혁신, 에코시스템 활용, 리얼 라이프 기반이라는 리빙랩의 핵심 목적이 안전, 보건, 환경 등 사회적 문제 해결에 활용될 경우, 다양한 의견을 청취하는 과정에서 사회적 합의를 형성할 수 있고, 공공·민간·시민의 협력체계(PPPP; Public-Private-People Partnership)를 구축하여 원활한 의사결정에 이를 수 있다. 실제 유럽에서도 최근 안전, 보건, 환경 등 도시민의 사회적 문제를 해결하고자 하는 영역에서 리빙랩의 활용이 늘고 있고, 이 과정에서 자연스럽게 사회적 공감대를 만들어 가고 있다. 2015년 미래부에서도 사회문제 해결형 방식의 R&D를 국가 R&D 사업에 활용하겠다는 계획을 발표했다. 리빙랩은 R&SD(Research & Solution Development; 사회문제 해결형 R&D)의 대표적인 유형으로서, 얼마나 많은 이해관계자를 참여시키고 전체의 공감대를 얻어가면서, 새로운 아이디어를 통해 사회적 문제를 해결하느냐가 성공의 핵심이다.

표 기존 R&D와 사회문제 해결형 R&SD의 차이

구분	기존 R&D	사회문제 해결형
목적	• 국가전략 또는 경제성장	• 삶의 질 향상
R&D · R&BD ⇔ R&SD		
목표	• 과학·기술 경쟁력 확보	• 사회문제 해결
특징	• 공급자 중심의 연구개발	• 수요자 참여형 연구개발 • 기술 + 인문사회 + 법·제도 융합
주체	• 연구개발부서 중심	• 연구개발부서와 정책부서 협업

(참고: 미래부 보도자료 ('15. 2. 3))

리빙랩의 성공 요인, ‘연결을 통한 혁신’



- 덴마크 코펜하겐시(市)의 ‘코펜하겐 커넥팅(Copenhagen Connecting)’ 프로젝트는 4차 산업혁명의 변화 속에서 우리가 리빙랩을 어떻게 활용해야 하는지 보여주는 좋은 사례이다. 이 프로젝트는 코펜하겐시가 2025년 ‘인구60만 명, 탄소배출 제로’를 목표로 도시의 성장과 지속가능성을 동시에 추구하기 위한 고민에서 시작되었다. 성장과 지속가능성이라는 것은 서로 상반되는 가치이기 때문에 전략의 설계가 매우 중요하였다. 또한, 4차 산업혁명의 변화 흐름에 맞추어 새로운 기술과 유망 산업을 동시에 고려하기 위해서는 새로운 시각이 필요했다.
- 고민 끝에 도달한 결론은 ‘연결을 통한 혁신’이었다. 먼저 코펜하겐의 현재 핵심 산업인 IT·교통 산업과 향후 목표 산업인 도시민의 안전·보건·친환경 산업을 연결하는 것, 코펜하겐 내 기업·기관·연구소 등 각 혁신주체간 역량을 연결하는 것, 궁극적으로 도시 전체의 혁신 아이디어와 서비스를 연결하는 것이 그 내용이다.

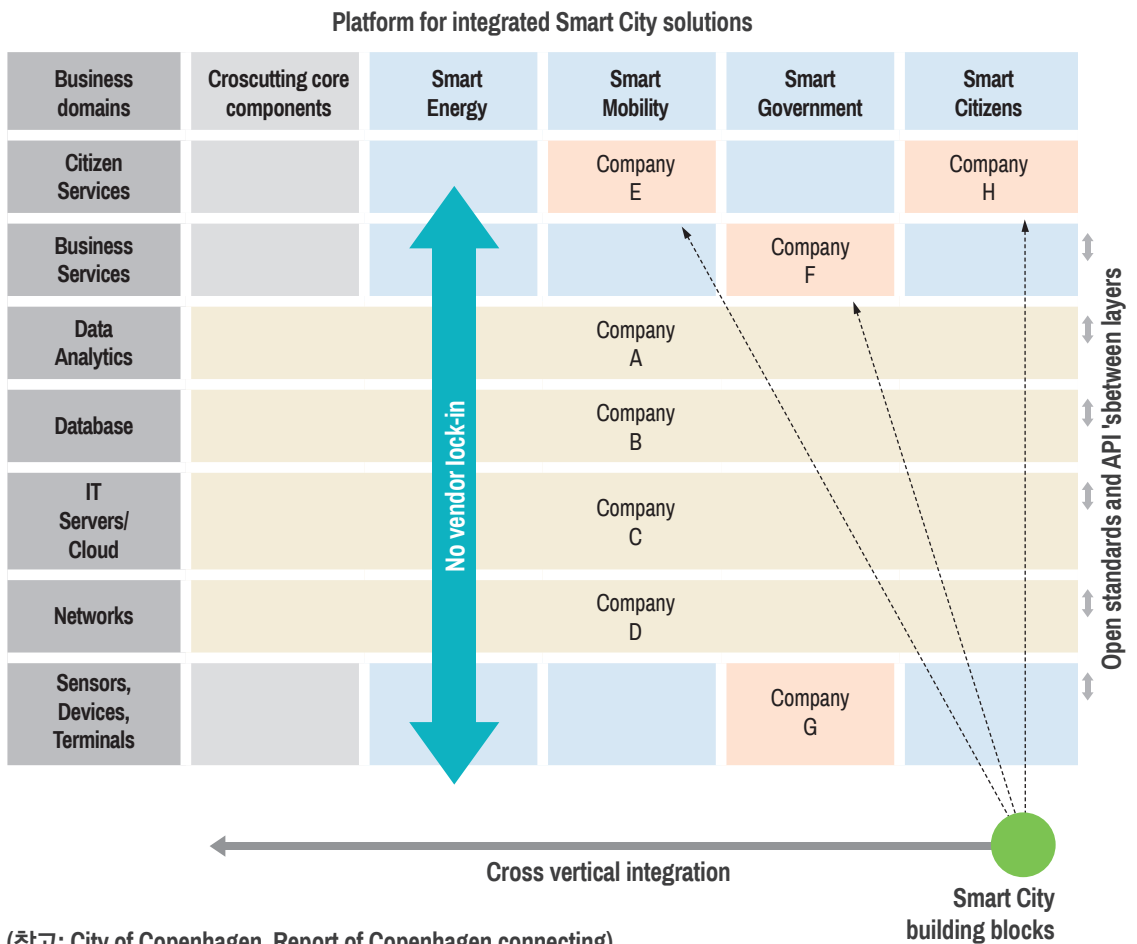
코펜하겐 커넥팅 프로젝트의 다양한 참여자



(참고: City of Copenhagen, Report of Copenhagen connecting)

특히, 그 중에서도 다양한 혁신 주체(기업, 연구소, 정부기관, 시민)들의 창의적 역량과 아이디어를 여과 없이 활용하고 연계하기 위하여 리빙랩을 도입했다. 코펜하겐의 리빙랩은 특정 지역의 거리나 공간을 실험실(Lab)화 한 것으로, 그 곳에서 기업은 개발하고 있는 기술이나 서비스를 테스트하고, 시민들은 이를 직접 체험하고 의견을 제시한다. 이를 통해, 제공자인 기업과 소비자인 시민 간 상호 의견 교환이 이루어지면서 더욱 진화된 시스템, 기술, 서비스를 얻게 된다. 교통안전, 도시민 편의와 건강 증진, 친환경 등 코펜하겐 시가 성장시키고자 하는 주요 산업과 도시 발전 영역에 있어서, 사용자 친화적인 기술과 서비스가 개발된다. 다시 말하여, 코펜하겐 리빙랩은 모든 관련자가 참여하는 오픈 플랫폼(Open Platform)형 비즈니스 개발 방식이다.

코펜하겐 커넥팅 프로젝트 설계도



(참고: City of Copenhagen, Report of Copenhagen connecting)

또한 코펜하겐시는 관련 시스템, 기술, 서비스를 개발하는 과제를 발주하는 과정에도 리빙랩의 장점을 살리기 위한 노력을 하고 있다. 예를 들어, 하나의 기업이 하나의 산업 군 내 과제를 수행하지 못하게 사업권을 분배(No vendor lock-in)한다. 아무리 뛰어난 기업이라 하더라도, 하나의 기업이 특정 산업 내 과제를 독식해버린다면, 외부의 새로운 혁신이 유입되기 쉽지가 않다. 그에 비해, 코펜하겐시는 여러 산업군에 걸쳐 있는 어플리케이션 측면에서는 오히려 뛰어난 기업이 있다면 하나의 기업이 여러 프로젝트를 동시에 수행할 수 있도록 장려한다. 즉, 이종 산업간에는 데이터 통합과 서비스 표준화를 지향하여, 4차 산업혁명의 특성중의 하나인, 산업간 융복합이 원활히 일어날 수 있도록 기반을 만들어가고 있다.

연 평균 5억 2천만 유로의 비용 절감과 도시민 안전사고의 20% 감소



코펜하겐시 리빙랩의 성과는 조금씩 나타나고 있다. 먼저, 스마트 신호교통체계(Intelligent Traffic system)를 통해, 다양하게 수집된 빅 데이터를 교통, 안전 등에 활용하여 도시민 안전사고가 20% 감소하였다. 그리고 주차 센서 재배치를 통한 통합 주차관리 시스템 등 도시민의 교통 관련 편의 시설을 확대하였다. 이를 통해, 2016년 기준 연 평균 5억 2천만 유로의 교통·안전 분야 비용 절감을 달성하였다. 또한, 건물, 도로 등 다양한 곳에 부착된 센서와 각종 정보 기기, 이와 연계한 시민 보건 서비스 확대는 시민 건강 정보 제공, CO2등 환경 정보 모니터링, 각종 유해인자 감지·경고 시스템 등 도시민의 건강 및 환경감사·정화 서비스 등에 활용되고 있다.

코펜하겐 리빙랩 사례에서 보듯이, 이제 산업안전보건은 기존 산업안전보건의 테두리를 벗어나 다양한 요소와 시각으로부터 새로운 주제를 발굴해야 한다. 그 과정에서 창의적 융합 아이디어가 자연스럽게 유입될 수 있는 환경을 만드는 것도 또한 중요하다. 4차 산업혁명이라는 기술로 인한 개방과 협력, 융복합의 시대에, 산업안전보건 분야 역시도 공급자와 소비자가 구분 지어 질 수 없다. 누구와 무엇을 어떻게 연계하고, 융합할지에 따라 전혀 다른 정책과 서비스, 그리고 그에 따른 가치가 창출될 수 있다. 이제는 산업안전보건 연구에 있어서도 새로운 시도가 필요한 때이다.



참고문헌

1. 대한산업보건협회 <http://kiha21.or.kr>
2. 독일인공지능연구소 <http://www.dfki.de>
3. 미래부 보도자료, 사회문제 해결형 R&SD 추진, 2015
4. 서울시 리빙랩 블로그 <https://livinglabhub.blog.me>
5. 세계 경제포럼 <https://www.weforum.org>
6. 에릭 브린올프슨 교수, 앤드루 맥아피, 제 2의 기계 시대, 2015
7. City of Copenhagen, Report of Copenhagen connecting, 2014
8. ENoLL 유럽 리빙랩 네트워크 <http://www.openlivinglabs.eu>





Issue

05

화학물질 유해성평가의 미래

- *in silico* 독성예측

산업화학연구실 유해성연구부 임경택 부장

배경 및 문제점



 현재 국내에서 유통되는 화학물질은 약 45,000여 종으로 이 중 안전성 정보를 확보한 물질은 15%에 불과하다고 한다. 이는 동물시험을 선호하는 고전적인 평가 방식만으로는 화학물질의 안전성 확보가 쉽지 않음을 보여주는 것이다. 동물실험의 윤리적인 문제, 비용이나 시간 등 경제적인 측면과 분자생물학적인 연구기법 발달 등에 힘입어 선진국을 중심으로 동물을 이용하는 과도한 독성시험을 줄이는 추세다. 게다가 동물대체시험법 정착을 위한 제도 마련 및 연구개발이 과거에 비해 빠른 속도로 확산되고 있다.

 유럽연합은 이미 2013년부터 화장품 관련 동물실험 규제조치를 시행하고 있다. 미국 환경보호청은 2008년부터 ‘독성예보관(ToxCast; Toxicity Forecaster)’이라고 불리는 중장기 연구개발 프로젝트를 통해 동물을 이용하지 않고 컴퓨터, 유전체(Genome), 단백질체(Proteome) 등을 대상으로 짧은 시간에 다수의 화학물질이 미치는 유해한 영향을 평가·예측할 수 있는 방법을 개발 중이다. 또한 일본은 인공지능(AI) 및 빅데이터 기반의 화학물질의 안전성평가 방법을 개발해 2019년부터 단계적으로 도입할 예정이라고 발표한 바 있다.

 최근 우리 사회는 4차 산업혁명으로 표현되는 미래 첨단산업에 대응하기 위한 국가적인 투자, 각 분야의 혁신 지원 방안과 기반 조성 등에 대한 논의를 활발하게 진행하고 있으며, 화학물질 안전성 평가의 패러다임 또한 혁신적으로 전환할 수 있는 계기가 되고있다. 미국 등 선진국을 중심으로 생물학, 화학 및 IT 기술을 융합한 ‘컴퓨터 독성학(Computational toxicology)’ 분야가 첨단 예측·대체 독성평가 기술로 부각되고 있다. 예를 들어 생물정보학 도구(tool)와 인 실리코(*in silico*⁵⁾)를 이용하여 분자 수준의 유전체 자료를 종합 분석하고, 개체 수준의 독성 발현 현상을 예측·해석하는 기술이 이 범주에 해당한다.

5) 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하는 방법으로, 가상환경에서의 실험 방법

목적



 화학물질의 독성을 결정하는 것은 인간, 동물, 식물 또는 환경에 대한 유해한 영향을 식별하는 데 필요하다. 동물 모델은 오랫동안 독성시험에 사용되었지만, 시간, 생명윤리적 문제 및 재정적 부담으로 인해 제한점이 있어 화학물질의 독성을 평가하기 위한 수학적 계산방법이 유용하게 사용되고 있다. 인 실리코 독성학(*in silico* toxicology)은 화학물질의 독성을 분석, 시뮬레이션, 시각화 또는 예측을 위한 전산학적 방법을 사용하는 독성평가의 한 유형으로, 기존의 독성시험을 보완하여 독성예측, 유해성평가 화학물질의 우선순위 지정, 독성시험지침 작성 및 신약설계 등을 목표로 하고 있으며, 규제 혹은 새로운 성분 스크리닝(screening)의 측면으로 볼 때(예, EU REACH 화장품 규정(EU REACH and the Cosmetics Regulation)), 독성 및 효능을 예측하기 위한 인 실리코(*in silico*) 접근은 점차 증가하게 되었다. 본 리포트에서는 독성예측을 위한 기존의 모델링 방법 및 알고리즘의 강점과 약점에 대한 포괄적인 개요, 이러한 방법을 구현할 수 있는 계산도구에 대한 특징 및 미래전망 등을 고찰하였다.

In silico 사례와 주요 내용



 인 실리코(*in silico*) 독성예측의 목표는 화학물질의 독성을 전산 모델링(computational modeling)인 QSARs(Quantitative structure-activity relationships, 구조·활성의 정량적 관계)로 예측하고, 알고리즘을 독성 데이터와 정보로 예측하기 위한 것이다. 이는 동물실험의 대안 중 하나로 여겨지며, 화학물질의 구조와 연관하여 화학물질의 독성이나 효능을 다양한 전산기법(computational techniques)을 통해 확인할 수 있게 한다. 기존의 실험과 비교했을 때 인 실리코(*in silico*) 기법에는 비용 효율성, 속도 및 동물실험의 감소 등 확실히 많은 장점이 있다. 전산기법을 사용하면 화학물질, 혼합물 및 나노물질과 같은 여러 물질들의 독성을 양적 및 질적으로 예측하게 된다. 이런 방법들은 각각의 강점, 한계, 적용 범위, 해석의 특수성이 있으며, 각각의 목표는 당면한 문제에 대해 가장 효과적인 방법을 찾는 것이 필요하다.

01 *In silico* 모델링 방법의 사례들

1 나노독성

 양적 구조 나노독성 관계[QSNRs(Quantitative structure nanotoxicity relationships), 나노 QSAR이라고도 함]는 나노물질의 크기, 모양, 표면적, 용해도와 같은 나노물질 특이적 기술자(descriptor⁶⁾)를 사용하는 모델로서, 나노물질의 구조 및 물리화학적 특성과 관련된다. 크기와 표면전하⁷⁾를 사용하여 은나노 입자에 대한 EC₅₀ 효소활성 억제를 위한 유효농도를 예측하기 위해 선형 QSNR 모델을 사용하게 되었으며, 양자 화학적 기술자(descriptor)를 사용하는 QSNR 모델은 풀러렌 C₆₀ 유도체에 대한 결합친화성을 예측하고 금속산화물 나노입자의 세포독성을 예측하기 위해 개발되었다.

2 혼합물

 화학물질의 독성은 다른 화학물질과의 상호 작용에 의해 영향을 받는다. 예를 들어, 혼합물은 각 화학물질의 최대무독성용량 NOAEL⁸⁾에 큰 영향을 주지 않을 것이며, 독성평가는 혼합물의 부작용을 과소평가하거나 간과할 수 있다. 예를 들어, 납(Pb)의 독성은 다른 금속의 동시투여와 함께 증가한다는 것이 밝혀졌으며, 혼합물의 독성을 연구하기 위한 '누적 위험 평가(Cumulative Risk Assessment)'가 개발되었다.

 그러나 화학물질의 노출유형 및 복잡한 상호작용으로 인해 혼합물의 독성에 대한 실험 데이터가 부족하며, 이러한 요소의 모든 조합을 시험하는 것은 불가능하다. 단일 화학물질에 대한 방법은 혼합 효과를 결정하기가 어렵기 때문에 혼합물에 적용할 수 없다.

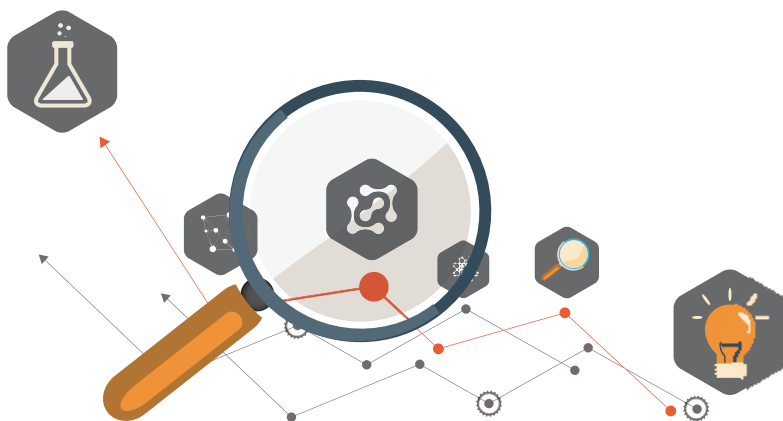
6) a word or phrase used to describe or refer to something

7) 전하(電荷, electric charge)는 전기현상을 일으키는 주체적인 원인으로, 어떤 물질이 갖고 있는 전기의 양

8) 최대무독성용량 (No Observed Adverse Effect Level, NOAEL) : 독성시험 시 대조군에 비해 바람직하지 않은 영향을 나타내지 않는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않은 최대 투여용량(mg/kg bw/day)

02 기계학습 방법 및 구조 경보를 사용한 화학물질의 독성예측

-  화학물질의 안전성은 독성시험에서 평가되어야 하는 가장 중요한 문제이다. 기계학습(machine learning) 방법은 질적 분류 및 양적 회귀분석에 널리 적용되어 왔으며 구조 경보(structural alert)⁹⁾는 최적화를 위한 보완도구로 간주될 수 있다. 여기서는 다양한 독성예측을 위해 만들어진 예측모델들과 더불어 사용 가능한 데이터베이스와 웹 서버도 제시하였다. 이 방법과 모델들은 향후 화학물질 안전성 평가를 위해 앞으로 많은 발전이 기대되는 분야이다.
-  일반적으로 인 비트로(*in vitro*) 및 인 비보(*in vivo*) 검사는 다양한 독성 및 약물 부작용을 포함하여 화학물질 안전성을 조사하기 위해 수행되며, 최근에는 비용을 줄이기 위해(Huh 등 2011) "체내 장기"와 같은 시험관 내 모델을 개발하려는 노력도 있지만 여전히 많은 비용과 시간이 소요된다. 실험방법을 비교하면, 전산기법은 자연친화적이고, 빠르고, 싸고, 정확하며, 무엇보다도 화합물이 합성되기 전에 수행될 수 있기 때문에 큰 이점을 보이고 있다(Segall and Barber, 2014).
-  최근 몇 년 동안 화학물질 안전성 평가 분야에서 기계학습 방법 및 구조 경보와 함께 화학물질 독성예측 모델들이 개발되었으며, 공개적으로 무료로 사용할 수 있도록 admetSAR이라는 웹 서버도 개발되었다(Cheng 등 2012b).



9) 구조 경보는 독성학 및 규제 결정에서 잠재적인 화학적 유해성 또는 화합물을 적합한 범주로 분류할 수 있는 간단하고 투명한 수단으로 광범위하게 수용됨

표 화학물질 독성예측을 위한 데이터 소스들

Database name	Type ^a	URL
TOXNET	CTA	https://toxnet.nlm.nih.gov/
ToxBank Data Warehouse	CTA	http://www.toxbank.net/data-warehouse
admetSAR	CTA	http://lmmd.ecust.edu.cn/admetSar1/
Pharmaco Kinetics Knowledge Base (PKKB)	CTA	http://cadd.zju.edu.cn/pkbb/
ToxCast	CTA	https://www.epa.gov/chemical-research/toxicity-forecasting
Tox21	CTA	https://tripod.nih.gov/tox21
CTD (Comparative Toxicogenomics Database)	CTA	http://ctdbase.org/
ECOTOX	CTA	https://cfpub.epa.gov/ecotox/
SuperToxic	CTA	http://bioinformatics.charite.de/supertoxic/
DSSTox	CTA	https://www.epa.gov/chemical-research/distributed-structure-searchable-toxicity-dsstox-database
ACToR	CTA	https://actor.epa.gov/actor/home.xhtml
T3DB	CTA	http://www.t3db.ca
eChemPortal	CTA	https://www.echemportal.org/echemportal/index.action
PubChem	CPI	http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/
ChEMBLdb	CPI	https://www.ebi.ac.uk/chembl/db/
BindingDB	CPI	http://www.bindingdb.org/bind/index.jsp
ChemProt	CPI	http://potentia.cbs.dtu.dk/ChemProt/
STITCH	CPI	http://stitch.embl.de/
DrugBank	CPI	http://www.drugbank.ca/
TTD	CPI	http://bidd.nus.edu.sg/group/cjttd/
IntAct	MI	http://www.ebi.ac.uk/intact/
SIDER	SE	http://sideeffects.embl.de/
MetaADEDDB	SE	http://lmmd.ecust.edu.cn/online_services/metaadeddb/
OFFSIDES	SE	http://www.pharmgkb.org
Chemical Effects in Biological Systems (CEBS)	SE	http://tools.niehs.nih.gov/cebs3/ui/
IntSide	SE	http://intside.irbbarcelona.org
Reactome	Pathway	http://www.reactome.org/
Pathway Commons	Pathway	http://www.pathwaycommons.org/
KEGG	Pathway	http://www.kanehisa.jp/
PharmGKB	Pathway	https://www.pharmgkb.org/

^aaCTA, compound-toxicity association; MI, molecular interaction; SE, side effect; CPI, compound-protein interaction.

03 독성예측의 진전

1 발암성 및 변이원성

 발암성 물질은 인간의 건강에 심각한 영향을 미치므로 화학물질 개발에서 점점 더 중요해지고 있다. 대부분의 예측모델은 data sources로 발암 가능성 데이터베이스(Carcinogenic Potency Database; CPDB)를 사용하며 TD_{50}^{10} 값에 따라 발암물질 또는 비발암물질이 1,500개가 넘는다.

 화학물질 발암성을 예측하는 모델을 만들기 위해 여러 논문들에서 프로토콜을 공유했으며, 최근에는 발암성을 온라인으로 예측할 수 있는 웹 서버인 CarcinoPred-EL을 개발했다(Zhang 등 2017). 화학물질의 발암성 기전은 (1) DNA를 손상시키는 화학물질의 돌연변이 유발성에 의해 주로 야기되는 유전독성(Fan 등 *in press*) (2) 다른 특정 메커니즘을 통해 행동하는 비유전독성 발암물질(Golbamaki and Benfenati, 2016)로 분류할 수 있다. 현재 복귀돌연변이원성(*Ames* mutagens)이 있는 8,000 가지가 넘는 화합물이 알려져 있으며, 최근 몇 년 동안 이러한 독성 데이터들을 활용한 예측 모델과 구조 경보가 확대되었다(Yang 등 2017a).

2 급성 경구독성

 화학물질의 노출 경로에 따라 급성 독성은 경구, 경피 및 흡입으로 구분할 수 있으며 그 중 급성 경구독성이 계산 예측에서 가장 널리 연구되고 있다. Zhu 등은 LD_{50} 값을 갖는 7,385개 화합물을 수집하고 급성 경구독성 예측을 위한 몇 가지 모델을 구축했다. 데이터 세트를 바탕으로 LD_{50} 또는 그 독성 카테고리(고리를 예측하기 위해 분류 및 회귀 모델을 구성하는 여러 가지 기계학습 방법을 개발하고 적용했으며(Xu 등 2017), 이 모델은 웹 서버 (<http://www.pkumdl.cn/DLAOT/DLAOThome.php>)에서 무료로 사용할 수 있다.

3 심장독성

 hERG(human ether-a-go-go related gene)¹¹⁾ 칼륨 채널의 차단은 심장 독성에 대한 주된 부작용으로(Gintant 등 2016), 초기 시험에서 *in vitro* hERG 차단시험(blockage test)에 따라 여러 인 실리코(*in silico*)모델이 개발되었으며, 최근 hERG 막힘을 예측하기 위해 ChEMBL 데이터베이스와 초기 연구에서 1,570개

10) 주어진 표적 부위에 대해, 대조군 동물에 종양이 없다면, TD_{50} 은 종양을 유도하는 만성 용량(mg/kg 체중/일)임. TD_{50} 은 LD_{50} 과 유사하며 TD_{50} 값이 낮으면 강력한 발암물질을 나타내는 반면 높은 값은 약한 물질을 나타냄

11) 심장에서 칼륨(K^+)이온의 흐름을 조절하여 심장박동을 조정하는 유전자이며, hERG 억제약물은 심부정맥을 유발하여 돌연사 가능성이 큼

의 고유 화합물을 수집하는 화학 카테고리 접근법을 사용한 인 실리코(*in silico*) 모델을 개발했다. 그러나 심장에서의 안전성을 탐지하기 위해 단순화된 시험관 내 접근법이 모호하여 인 실리코(*in silico*) 모델은 새로운 후보물질의 그릇된 결과를 초래할 수 있는 가양성(false-positive) 예측을 산출할 수 있으므로(Gintant 등 2016), 수축성 및 구조적 심장 독성과 같은 다른 범주를 고려하여 더 많은 인 비트로(*in vitro*) 검사 또는 인 비보(*in vivo*) 데이터를 사용하여 정교한 모델을 구성해야 한다.

4 간독성

 "약물 유발 간 상해(Drug induced liver injury; DILI)"라고도 하는 간 독성은 신약개발 실패의 주요 원인이다. 다양한 환자들의 복잡한 기전 및 불일치로 인해 비임상시험 및 임상시험에서 간독성을 실험적으로 검출하는 것은 어렵다. 화합물의 DILI를 예측하는 전산 접근법은 저비용·고효율이므로 널리 적용된다. Hewitt는 통계기반 방법 및 전문가 시스템(Hewitt and Przybylak, 2016)을 포함하여 2000년부터 2015년까지 DILI 예측에 대한 인 실리코(*in silico*) 모델을 검토했다.

 특징적인 화학적 또는 혼합형 기술자(descriptor), 선형 판별 분석 및 다양한 기계학습 방법이 간 독성과 관련된 일반 또는 특정 독성종말점¹²⁾을 예측하기 위해 사용되었다(Hewitt and Przybylak, 2016). Zhu는 FDA 유해 사례보고 시스템(Zhu and Kruhlik, 2014)에서 유래한 안전성 데이터를 사용하여 QSTR 모델에 대한 인간 간독성 데이터베이스를 구축했고(Zhang 등, 2016a), Xu 등은 분자들을 무차별 그래프로 인코딩하여 QSTR 모델을 구축하는 무방향 그래프 재귀신경망(UGRNN)이라고 불리는 학습방법을 사용하여(Xu 등 2015) 68%의 높은 민감도¹³⁾와 95%의 탁월한 특이도¹⁴⁾를 가진 최적화된 인간 간독성 예측에 활용했다(Mulliner 등 2016).

5 호흡기 독성

 호흡기 독성은 복잡한 메커니즘이 있는 또 다른 독성 범주이며, 가장 중요한 종말점은 마약유발성 간질성 폐질환(DILD)으로, 세포독성 폐 손상, 면역 매개성(Matsuno, 2012)의 두 가지 범주로 분류할 수 있다. 호흡기 독성의 다른 유형은 호흡기 과민성이며 그 기전은 더욱 복잡하다. 아직 호흡기 과민성의 확인에 좋은 모델은 없고(Dik 등 2015), 현재의 QSTR(quantitative structure-toxicity relationship) 연구는 화학물질의 호흡기 독성을 나타내기 위해 LD₅₀, LC₅₀ 또는 천식과 같은 증상 데이터를 종말점으로 사용하는 경향이 있으며, 구축된 모델이 널리 활용되고 있다(Lei 등 2017).

12) 화학물질의 유해성과 관련된 특정한 독성을 정성 및 정량적으로 표현한 것을 말함

13) 질병이 있는 집단에서 (검사가) 질병이 있다고 판정을 내는 비율

14) 질병이 없는 집단에서 (검사가) 질병이 없다고 판정을 내는 비율

6 자극성 및 부식성

 눈과 피부에 대한 자극/부식성(EI/EC, SI/SC)은 제약 및 화장품 산업에서 중요하다. 이 종말점은 약물 발견단계에서 직접적으로 고려되지는 않겠지만, 많은 화학물질이 자극과 부식을 일으킬 수 있으므로 이러한 종말점에 대한 인 실리코(*in silico*) 모델은 필요하다(Kolle 등 2017). Verheyen 등은 Derek Nexus, Toxtree 및 Case Ultra의 기존 QSTR 모델을 피부 및 눈 자극성/부식성에 활용한 결과 낮은 정확도로 인해 이러한 모델의 성능이 만족스럽지 못하다는 사실을 발견했다(Verheyen 등 2017). 그러나, 기계학습 방법을 사용한 눈 부상의 예측은 효율이 높은 것으로 보고되었다.

 예를 들어, Verma 등은 QSTR 모델을 이용하여 눈 자극성(Verma and Matthews, 2015a)의 민감도 82%, 96%, 눈 손상성(Verma and Matthews, 2015b)의 특이도 91%와 88%를 얻었다. 최근 기계학습 방법과 분자 지문¹⁵⁾(Wang 등 2017)을 사용하여 눈 자극성/눈 손상성을 예측하기 위한 인 실리코(*in silico*) 모델을 개발했다. 여기서는 X-Mol (<http://www.x-mol.com>)과 ChemIDplus에서보다 긍정적인 데이터를 수집하여 눈 자극성의 전체 정확도 94.6%, 눈 손상성은 95.9%의 정확도를 보였다.

7 내분비 장애

 에스트로겐 및 안드로겐 수용체(ER 및 AR)와 같은 핵 수용체와 상호작용하거나 화학물질에 노출되면 내분비교란을 일으킬 수 있다. 내분비교란 화학물질(endocrine disrupting chemicals, EDCs)은 내인성 스테로이드 호르몬의 정상적인 기능을 방해하여 조직이나 장기의 증식, 생식 장애, 대사 장애, 심지어는 암과 같은 건강에 해로운 결과를 초래할 수 있다.

 ER에 결합하는 것과 같은 특정 메커니즘에 대해, 인 실리코(*in silico*) 모델을 사용하여 화학물질의 생체활성을 예측하고 EDC가 될 수 있는 위험을 평가하는 것은 정밀성과 비용면에서 바람직하다. 이전에 분자지문 및 기계학습 방법을 사용하여 AR 및 ER 결합을 위한 인 실리코(*in silico*) 모델을 구축했으며, Tox21 프로젝트에는 보다 다양한 화합물을 포함하는 핵 수용체 분석도 포함된다(Hsieh 등 2015). "Tox21 Data Challenge"의 최고 작품인 DeepTox는 깊은 신경망을 사용하고 SVM(support vector machine)과 같은 다른 기계학습 방법(Mayr 등 2016)에 대해 우수한 성능을 얻었다.

15) 분자의 구조를 부호화하는 방법

 최근 분자지문(molecular fingerprints)을 이용한 기계학습 방법을 사용하여 잠재적인 EDC로서 아로마타제 억제제를 예측하는 인 실리코(*in silico*) 모델을 구축했으며(Du 등 2017), 최상의 모델은 테스트 세트에 대해 84%의 정확도와 외부 검증 세트에 대해 91%의 정확도를 보였다.

8 환경독성

 환경에 노출된 의약품과 그 대사산물은 생물체에서 활성을 갖도록 고안되었기 때문에 생태계에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 호르몬 수용체에 결합 친화력을 갖는 화학물질은 어류의 EDC이거나 어류 몸체에 집중되어 결국 고등동물 기관에 도달할 수 있다(He 등 2017). 화학물질의 환경 지속성을 평가하기 위해 생분해 반감기가 공통적인 기준으로 널리 사용되며, 생분해성으로 분류하는 여러 분류모델을 작성했다(Cheng 등 2012a). 어류는 일반적으로 수생독성을 평가하는 모델 종으로 사용되며 조류는 육상독성을 평가하기 위한 모델 종으로 널리 사용된다.

 최근에 살충제의 수생독성에 초점을 둔 모델을 보고했고 분자지문이 지역 모델과 글로벌 모델 간에 다르게 수행된다는 것을 발견했다(Li 등 2017). 조류 종에 대해서는 분류(Zhang 등 2015)와 회귀분석을 포함하여 여러 인 실리코(*in silico*) 모델이 개발되었다.

 생태독성학에 일반적으로 사용되는 또 다른 모델은 *Tetrahymena pyriformis*로(Sauvant 등 1999), 이것에 독성을 지닌 1,571개의 화학물질을 수집하고, 검증된 세트(Cheng 등 2011a)에서 최고 예측정확도가 92.6%까지의 몇 가지 모델을 구축했다.

21세기 독성학의 미래



01 소프트웨어 및 웹 서버 개발 · 활용

 현재 많은 소프트웨어 및 웹 서버를 이용하여 화학물질 독성을 예측할 수 있다. ADMET Predictor, Leadscope 및 Lhasa Derek을 비롯한 일부 독성예측 상용 소프트웨어의 경우 종말점이 다양하지는 않으며, 잠재적인 독성을 가진 분자를 예측하고 경고할 수 있다. OCED Toolbox는 QSTR을 사용하여 독성예측 및 모델링을 위한 공식 제품군이다. 웹 서버는 사용하기가 더 쉬우며 독성학자들에게 선호된다. 라자르(Lazar)는 화학구조를 묘사하는 사용자 인터페이스를 사용하여 몇 가지 독성 종말점을 예측할 수 있는 도구이다(Maunz 등 2013). ToxTree는 의사결정 트리 접근법을 적용하여 독성을 예측하는 공개 소스 응용 프로그램이다.

 QSTR 유사모델과 비교할 때 ToxTree는 더 해석하기 쉽고, ToxTree, OECD Toolbox 및 기타 상용 도구의 성능은 문헌(Bhatia 등 2015, Bhatarai 등 2016)에서 비교되었으며, SMILES 형식으로 화합물의 독성을 예측할 수 있는 admetSAR도 개발됐다(Cheng 등 2012b). ChemSAR(Dong 등 2017b) 및 ChemBench(Capuzzi 등 2017)와 같은 웹 서버는 사용자가 기계학습 방법 및 분자 기술자(descriptor)를 사용하여 특정 용도로 사용할 수 있다. 일부 특정 종말점에 대한 자료가 있는 연구자에게는 이러한 웹 서버를 사용하여 시험관 내 또는 생체 내 검사의 우선순위를 정하거나 대체할 예측 모델을 구축할 수 있다.

02 21세기 독성학

 '21세기 독성학'(Tox-21c)이라는 문구는 인간의 건강에 미칠 수 있는 영향에 대해 화학물질을 평가하는 데 사용되는 도구와 접근법을 의미한다. Tox-21c는 독성경로, 작용기작 및 인간의 부작용경로(AOP)에 중점을 둔다. 2004년 NTP(National Toxicology Program)는 질병 특유의 모델 수준에서 우세하게 관측되는 것에서부터 집중적인 예측에 이르기까지 독성학의 진화를 지원하기 위한 21세기 국가 독성프로그램에 기반한 생물학적 관찰을 포함하고 있으며, 2007년 국립연구위원회(National Research Council, NRC)는 21세기 독성시험 보고서인 "비전과 전략"을 발표했다. 여기서는 실험동물의 수를 줄이기 위해 수학적 계산법을 사용하고 인간 세포를 사용하여 저렴하고 신속하게 수행할 수 있도록 했다. 이러한 비전을 실현하기 위한 몇 가지 접근법이 개발되었으며, 통합 테스트 전략(Integrated Testing Strategy,

ITS)은 테스트 및 비테스팅 방법의 정보를 결합하는 것을 목표로 한다. ToxCast(Toxicity Forecaster) 프로젝트는 많은 생물학적 경로에서 화학물질 독성시험을 위해 정량적으로 높은 처리량 검사를 사용하며 NTP 및 NRC 가이드라인을 따르는 Tox21 프로젝트의 일부이다.

향후과제



-  인 실리코(*in silico*) 독성예측 분야는 새로운 방법의 도입, 기존 방법의 개선, 또는 일부의 폐기를 통해 지속적으로 발전해 왔다. 화학물질 유해성평가의 미래는 인 비트로(*in vitro*) 또는 인 실리코(*in silico*)에서 동물실험을 사람관련 시험법으로 대체하는 것을 강조하며, 증가하는 다양한 대체시험법을 통해 독성평가 및 의사결정을 위한 정보를 지능적으로 결합하고 사용하기 위한 전략(예 : ITS)을 적용할 필요가 있다.
-  분명히 인 실리코(*in silico*) 독성학은 독성평가 과정의 유용한 구성 요소이며, 미래를 전망할 때 수학적 계산법은 특별하고 새로운 유형의 독성평가 항목 및 화학물질에 대한 모델을 포함하도록 확대될 것이다. 독성경로에 대한 통찰력을 제공하고, 사용자의 기대에 부합하도록 모델을 맞춤화하여, 새로운 데이터로서 사용할 수 있게 될 것이다.
-  정부 및 연구기관에서는 제4차 산업혁명에서 출현하는 신기술을 이용한 선진적인 독성평가 기술을 확보해야 하며, 이런 흐름에 발맞춰 일부 연구개발 프로그램을 실시하고 있거나 계획을 마련하고 있는 것은 시의적절하다고 볼 수 있다.
-  기존의 급성 전신독성 동물실험은 특히, 시간적인 측면에서 유해화학물질에 의한 사망사고 대처 및 예방이 매우 어려우므로, 생체 내 급성 전신독성 시험을 위한 비동물성 대체시험을 위한 많은 노력들이 이루어져 왔다. 급성 전신독성 확인을 위한 대안적 접근법은 연구에서 규제시험으로 이동하고 있으며, 대체시험법 마련에 있어 의미 있는 진전을 위해 필요한 자원으로 고품질 참고자료의 수집 및 작성, 인 비트로(*in vitro*) 검사 및 인 실리코(*in silico*) 시험의 사용 및 해석에 대한 교육과 더불어 세계적인 조화가 필요하다.

 금성독성 시험을 위해 동물사용을 줄이거나 바꾸기 위한 다양한 접근법을 모색하고 가까운 장래에 이를 위한 로드맵과 전략을 마련할 필요가 있다. 화학물질평가방법을 인공지능, 빅데이터, 생명공학과 첨단 정보통신(ICT) 기반의 21세기 미래융합형 기술로 전환시켜 국가의 경쟁력을 한층 높일 수 있는 중장기 독성예측 프로그램 전략을 수립하는 데 지혜와 고민이 필요한 시점이다.

참고문헌

1. Bhatia, S., Schultz, T., Roberts, D., Shen, J., Kromidas, L., and Marie Api, A. (2015). Comparison of Cramer classification between Toxtree, the OECD QSAR Toolbox and expert judgment. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 71, 52–62.
2. Bhatarai, B., Wilson, D. M., Parks, A. K., Carney, E. W., and Spencer, P. J. (2016). Evaluation of TOPKAT, toxtree, and derek nexus in silico models for ocular irritation and development of a knowledge-based framework to improve the prediction of severe irritation. *Chem. Res. Toxicol.* 29, 810–822.
3. Capuzzi, S. J., Kim, I. S., Lam, W. I., Thornton, T. E., Muratov, E. N., Pozefsky, D., et al. (2017). Chembench: A publicly accessible, integrated cheminformatics portal. *J. Chem. Inf. Model.* 57, 105–108.
4. Cheng, F., Ikenaga, Y., Zhou, Y., Yu, Y., Li, W., Shen, J., et al. (2012a). In silico assessment of chemical biodegradability. *J. Chem. Inf. Model.* 52, 655–669.
5. Cheng, F., Li, W., Zhou, Y., Shen, J., Wu, Z., Liu, G., et al. (2012b). admetSAR: a comprehensive source and free tool for assessment of chemical ADMET properties. *J. Chem. Inf. Model.* 52, 3099–3105.
6. Cheng, F., Shen, J., Yu, Y., Li, W., Liu, G., Lee, P. W., et al. (2011a). In silico prediction of *Tetrahymena pyriformis* toxicity for diverse industrial chemicals with substructure pattern recognition and machine learning methods. *Chemosphere* 82, 1636–1643.
7. Dik, S., Pennings, J. L., van Loveren, H., and Ezendam, J. (2015). Development of an in vitro test to identify respiratory sensitizers in bronchial epithelial cells using gene expression profiling. *Toxicol. In Vitro* 30(1 Pt B), 274–280.
8. Dong, J., Yao, Z. J., Zhu, M. F., Wang, N. N., Lu, B., Chen, A. F., et al. (2017b). ChemSAR: an online pipelining platform for molecular SAR modeling. *J. Cheminform.* 9:27.
9. Du, H., Cai, Y., Yang, H., Zhang, H., Xue, Y., Liu, G., et al. (2017). In silico prediction of chemicals binding to aromatase with machine learning methods. *Chem. Res. Toxicol.* 30, 1209–1218.

10. Gintant, G., Sager, P. T., and Stockbridge, N. (2016). Evolution of strategies to improve preclinical cardiac safety testing. *Nat. Rev. Drug Discov.* 15, 457–471.
11. Golbamaki, A., Benfenati, E., Golbamaki, N., Manganaro, A., Merdivan, E., Roncaglioni, A., et al. (2016). New clues on carcinogenicity-related substructures derived from mining two large datasets of chemical compounds. *J. Environ. Sci. Health C Environ. Carcinog. Ecotoxicol. Rev.* 34, 97–113.
12. He, J., Peng, T., Yang, X., and Liu, H. (2017). Development of QSAR models for predicting the binding affinity of endocrine disrupting chemicals to eight fish estrogen receptor. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 148, 211–219.
13. Hewitt, M., and Przybylak, K. (2016). In silico models for hepatotoxicity. *Methods Mol. Biol.* 1425, 201–236.
14. Hsieh, J. H., Sedykh, A., Huang, R., Xia, M., and Tice, R. R. (2015). A data analysis pipeline accounting for artifacts in Tox21 quantitative high-throughput screening assays. *J. Biomol. Screen.* 20, 887–897.
15. Huh, D., Hamilton, G. A., and Ingber, D. E. (2011). From 3D cell culture to organs-on-chips. *Trends Cell Biol.* 21, 745–754.
16. Kolle, S. N., van Ravenzwaay, B., and Landsiedel, R. (2017). Regulatory accepted but out of domain: in vitro skin irritation tests for agrochemical formulations. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 89, 125–130.
17. Lei, T., Chen, F., Liu, H., Sun, H., Kang, Y., Li, D., et al. (2017). ADMET Evaluation in drug discovery. part 17: development of quantitative and qualitative prediction models for chemical-induced respiratory toxicity. *Mol. Pharm.* 14, 2407–2421.
18. Matsuno, O. (2012). Drug-induced interstitial lung disease: mechanisms and best diagnostic approaches. *Respir. Res.* 13:39. doi: 10.1186/1465-9921-13-39
19. Maunz, A., Gütlein, M., Rautenberg, M., Vorgrimmler, D., Gebele, D., and Helma, C. (2013). lazar: a modular predictive toxicology framework. *Front. Pharmacol.* 4:38.
20. Mayr, A., Klambauer, G., Unterthiner, T., and Hochreiter, S. (2016). DeepTox: toxicity prediction using deep learning. *Front. Environ. Sci.* 3:80.
21. Mulliner, D., Schmidt, F., Stolte, M., Spirk, H. P., Czich, A., and Amberg, A. (2016). Computational models for human and animal hepatotoxicity with a global application scope. *Chem. Res. Toxicol.* 29, 757–767.
22. Segall, M. D., and Barber, C. (2014). Addressing toxicity risk when designing and selecting compounds in early drug discovery. *Drug Discov. Today* 19, 688–693.
23. Verheyen, G. R., Braeken, E., Van Deun, K., and Van Miert, S. (2017). Evaluation of existing (Q) SAR models for skin and eye irritation and corrosion to use for REACH registration. *Toxicol.*

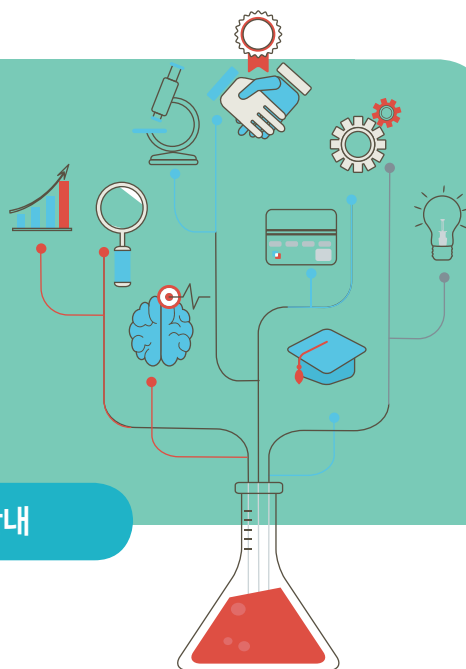
- Lett. 265, 47–52.
24. Verma, R. P., and Matthews, E. J. (2015a). Estimation of the chemical-induced eye injury using a weight-of-evidence (WoE) battery of 21 artificial neural network (ANN) c-QSAR models (QSAR-21): part I: irritation potential. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 71, 318–330.
 25. Verma, R. P., and Matthews, E. J. (2015b). Estimation of the chemical-induced eye injury using aWeight-of-Evidence (WoE) battery of 21 artificial neural network (ANN) c-QSAR models (QSAR-21): part II: corrosion potential. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 71, 331–336.
 26. Wang, Q., Li, X., Yang, H., Cai, Y., Wang, Y., Wang, Z., et al. (2017). In silico prediction of serious eye irritation or corrosion potential of chemicals. *RSC Adv.* 7, 6697–6703.
 27. Xu, Y., Dai, Z., Chen, F., Gao, S., Pei, J., and Lai, L. (2015). Deep learning for drug-induced liver injury. *J. Chem. Inf. Model.* 55, 2085–2093.
 28. Xu, Y., Pei, J., and Lai, L. (2017). Deep learning based regression and multiclass models for acute oral toxicity prediction with automatic chemical feature extraction. *J. Chem. Inf. Model.* 57, 2672–2685.
 29. Yang, H., Li, J., Wu, Z., Li, W., Liu, G., and Tang, Y. (2017a). Evaluation of different methods for identification of structural alerts using chemical ames mutagenicity data set as a benchmark. *Chem. Res. Toxicol.* 30, 1355–1364.
 30. Zhang, C., Cheng, F., Li, W., Liu, G., Lee, P. W., and Tang, Y. (2016a). In silico prediction of drug induced liver toxicity using substructure pattern recognition method. *Mol. Inform.* 35, 136–144.
 31. Zhang, C., Cheng, F., Sun, L., Zhuang, S., Li, W., Liu, G., et al. (2015). In silico prediction of chemical toxicity on avian species using chemical category approaches. *Chemosphere* 122, 280–287.
 32. Zhang, L., Ai, H., Chen, W., Yin, Z., Hu, H., Zhu, J., et al. (2017). CarcinoPred-EL: novel models for predicting the carcinogenicity of chemicals using molecular fingerprints and ensemble learning methods. *Sci. Rep.* 7:2118.
 33. Zhu, X., and Kruhlak, N. L. (2014). Construction and analysis of a human hepatotoxicity database suitable for QSAR modeling using post-market safety data. *Toxicology* 321, 62–72.

OSH

Occupational Safety & Health Issue Reporty

안전보건 이슈리포트

안전보건 연구동향 Vol. 11 No. 4 통권 77호 내용 안내



- 새로운 안전보건경영시스템 제정 동향과 공단의 대응 방향
- 증강현실·가상현실, 안전보건교육과 만나다
- 과로사 예방을 위한 정책 방향 - 일본의 경험을 중심으로
- 판례분석 시리즈 3
 - 출퇴근 재해는 어떻게 업무상 재해로 인정되었나?
- 외국의 서비스업종 안전보건 정책동향
 - 독일, 일본, 중국을 중심으로



2018년 상반기호 안전보건 이슈리포트는
연구원 홈페이지(<http://oshri.kosha.or.kr> - 안전보건이슈리포트)에서
다운받아 보실 수 있습니다.



안전보건 이슈리포트

원고를 모집 합니다



산업안전보건과 관련한 시급하고 중요한 국내외의 정책, 제도, 학술정보 등 다양한 정보와 동향을 선제적으로 파악하여 정부·학계·유관기관의 이해관계자 및 일반국민에게 전파하고 향후 정책연구과제에 반영하기 위한 『안전보건 이슈리포트』 원고를 모집합니다.

우리나라 산업안전보건 발전을 위해 여러 분야의 전문가들과 공유하고 싶은 최신의 안전보건 이슈를 원고로 작성하여 보내주십시오.

보내주신 원고는 발간위원회의 심의를 거쳐 게재여부를 결정하고, 게재된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 드립니다.

세부 작성요령 및 작성양식은 연구원 홈페이지(<http://oshri.kosha.or.kr>) 또는 [붙임] 자료를 참고하시기 바랍니다.

01 원고 모집 개요

- 원고 주제 : 시급성·중요성 있는 산업안전보건 Emerging Issue
- 발행일자 및 원고 모집기한

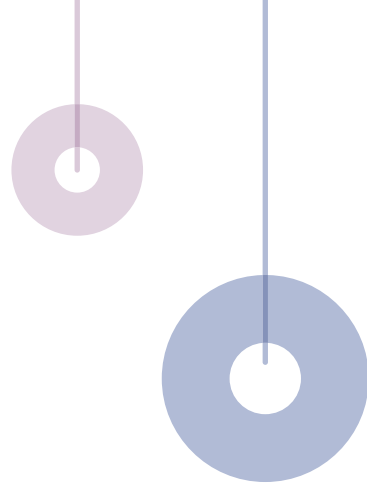
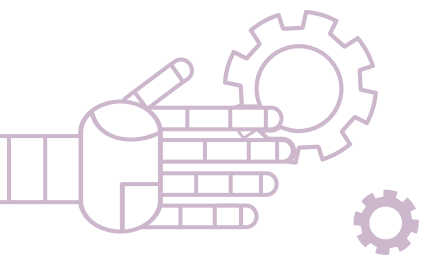
구분	발행일자	원고 모집기한
제1호	2018. 06. 30.	2018. 05. 10.
제2호	2018. 11. 30.	2018. 10. 10.

02 보내실 곳

- e-mail : bleiben00@kosha.or.kr

03 문 의 처

- 산업안전보건연구원 안전보건정책연구실 연구기획부
- 담당자 : 김혜민 과장 Tel.(052)703-0815, Fax.(052)703-0331



산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



울산광역시 중구 중가로 400

www.kosha.or.kr

Tel. 052-7030-815

Fax. 052-7030-331