

# OSH

Vol. 5 No. 4 (통권 44호) 2011. 4

## 안전보건 연구동향 RESEARCH BRIEF

**기획  
특집** 사업장 방문 시  
사전통지에 대하여

**논단  
코너** 근골격계질환 예방을 위한  
다양한 접근

**원장칼럼**  
풍성학려(風聲鶴唳)

**연구동향**  
신규 설립 사업장 재해 특성  
규회석의 유해성

**위험성 평가 사례**  
마그네슘합금 분진의 화재폭발 위험성 평가





## 로댕의 ‘생각하는 사람’은 손목이 아프다?

로댕의 유명한 작품 중에 ‘생각하는 사람’이란 작품이 있다.  
바위에 엉덩이를 걸치고 오른 손으로 턱을 낀 채 엉거주춤한 자세로 앉아서  
여러 인간의 고뇌를 바라보면서 하염없이 깊이 생각에 잠긴 남자!  
모르긴 해도 그 남자, 아마 허리와 목, 손목이 꽤나 아플 것이다.  
‘생각하는 사람’ 조각의 그 남자처럼  
한 자세로 오래 있을 때 잘 생기는 병이 근골격계질환이다.

가랑비에 옷 젖는다는 말이 있다. 옷이 젖으면 갈아입으면 그만이다.  
하지만 병이 쌓이면 환자복으로 갈아입고 링거병까지 챙겨야 한다.  
근골격계질환은 당장 일을 못할 정도로 참을 수 없거나  
눈에 보이는 상처가 생기는 것이 아니기 때문에 가볍게 생각하기 쉽다.  
그러다 보니 병을 키우는 경우가 많다.

근골격계질환을 예방하기 위해서는 개인의 의지와 노력이 제일 중요하다.  
병을 일으킬 수 있는 원인을 미리 알고 피해야 한다.  
세상에 만병통치약은 없다. 아니, 있다. 바로 운동이다.  
운동은 근골격계질환에 가장 좋은 예방이자 자가 치료법이다.



Vol. 5 No. 4 (통권 44호)  
**OSH RESEARCH BRIEF**  
2011. 04

**원장칼럼** 04 풍성학려(風聲鶴唳) · 강성규

**기획특집**

08 사업장 방문 시 사전통지(advance notice)에 대하여 · 노상철

**논단코너**

**근골격계질환 예방을 위한 다양한 접근**

- 14 근골격계질환 예방과 인간공학의 역할에 관한 문헌 연구 · 정병용
- 22 근골격계질환 예방을 위한 국내 · 외 제도 · 이동경
- 30 근골격계 부담작업 유해요인 조사에서 작업 부하 평가도구의 선택 · 박재희
- 36 근골격계질환의 의학적 접근 · 구정완
- 40 조선업종에서 인간공학 프로그램 운영 사례 · 김유창

**연구동향**

- 48 신규 설립 사업장 재해 특성 · 김영선
- 54 규칙석의 유해성 · 정용현

**위험성  
평가 사례**

58 마그네슘합금 분진의 화재폭발 위험성 평가 · 한우섭

산업안전보건 국내 · 외 소식 65  
산업안전보건연구원 활동 · 동정 66

게재된 내용은 원고 집필자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식 견해와 다를 수 있습니다.

제5권 제4호(통권 44호) 간별 월간 발행일 2011년 4월 1일 등록번호 ISSN 1976-345X 발행처 산업안전보건연구원 (403-711)  
인천광역시 부평구 무네미로 478(구산동) Tel. 032)5100-903 oshri.kosha.or.kr 편집위원장 강성규 편집위원 김인근, 강미진, 국원근, 이명규, 송재철,  
정지연, 정진주, 배계완, 이경용, 신운철, 이인섭, 김은아, 정무수 편집인 조흥학, 윤영식 편집·제작 (주)광고연합 Tel. 02)2264-7306

# 풍성학려(風聲鶴唳)

1989년 원전 주변 주민에게 발생한 무뇌아사건은 방사선에 대한 공포를 유발했다. 그러나 2001년부터 2010년까지 10년간 추적 역학 조사를 실시한 결과, 원자력발전소 주변 주민들에게 방사선 피폭에 의한 영향은 없었다. 최근 일본에서 지진해일에 의해 발생한 후쿠시마 원자력발전소 사고로 방사선 피폭에 대한 공포가 전 국민에게 확산되고 있지만 우리나라에서는 방사선에 노출되더라도 자연방사선량에 미치지 못하는 낮은 수준의 방사선에 피폭될 것이다. 방사선이 아무리 건강장해를 확실히 유발하는 물질이라도 노출량이 낮으면 건강장해를 일으키지는 못한다. 이번엔 일본 원전사고로 누출된 방사능물질에 의해 국내에서 일반인이 지나친 공포심을 가질 필요는 없다고 본다.



강성규 원장  
산업안전보건연구원

1989년에 영광원자력발전소 주변에 거주하던 주민이 무뇌아를 출산하는 사건이 발생했다. 현재는 초음파 등을 이용하여 출산 전에 산전검사로 선천성 기형을 미리 발견하여 조치를 하지만 당시에는 산전검사가 일반화되지 않아 분만하면서 기형을 처음 아는 경우도 많았다. 필자가 서울의 대학병원에서 전공의 수련을 받던 1980년대 중반에 산부인과로 두 달간 파견되었을 때도 경험했을 정도로 무뇌아는 아주 희귀한 사례는 아니었다. 그러나 남편이 원자력발전소에 근무했기 때문에 방사선에 피폭되어 무뇌아가 발생하였다는 잘못된 근거에 의한 기사로 인해 이 사건은 삼시간에 원자력 발전에 대한 공포로 변했다.

이후 과학기술부(현 교과부)에서는 막대한 비용을 투입하여 원자력발전소 주변에 사는 주민에 대한 방사선 영향 역학 조사를 실시하게 됐다. 발전소 주변 주민, 근거리 주민과 원거리 주민으로 구분하여 아주 체계적인 코호트 연구를 했다. 연구결과 원자력발전소 주변 주민들의 방사선 피폭량은 자연적인 수준이었고 암이나 기형의 발생률도 일반인과 차이가 없었다. 조사 기간이 짧아 방사선에 의한 영향이 충분히 관찰되지 않았을 것으로 판단되어 2001년부터 2010년까지 10년간 추적 역학 조사도 실시했다. 역시 원자력발전소 주변 주민들에게 방사선 피폭에 의한 영향은 없었다. 이 조사에 투입된 예산은 100억원이 넘었다.

## 방사능물질은 자연에도 존재

일본에서 지진해일로 손상된 후쿠시마 원자력발전소에서 누출된 방사능물질에서 발생하는 방사선 피폭에



원전 근로자는 안전관리자가 있고 필름배지를 달아 이중으로 방사선 피폭량을 측정한다.

대한 공포가 전 국민에게 확산되고 있다. 방사선으로 인한 건강 영향에 대한 시각도 극과 극이다. 우리나라가 일본에 인접해 있으니 방사선에 의한 피해가 클 것이라는 주장과 그렇지 않다는 주장이 팽팽히 맞선다. 방사능 오염의 기준치가 몇 베크렐인데 그 수 십 배가 증가하였다고도 한다.

물리학이나 원자력공학을 전공하지 않았으면 알 수도 없는 베크렐이란 단위도 전 국민이 알게 되었다. 이는 방사능을 표시하는 단위인데 1큐리가 370억 베크렐일 정도로 미량을 표시한다. 물질을 측정하거나 분석할 때 양이 적어지면 적어질수록 오차의 범위는 커진다. 미량물질은 오차의 범위를 생각하지 않고 몇 배가 증가했다거나 감소했다거나 해서는 곤란하다. 또한 물질은 공기나 물속에서 확산되면 급격히 농도가 낮아진다. 방사능물질도 예외는 아니다. 당연히 가까운 곳에 있는 사람이 먼 곳에 있는 사람보다 훨씬 높은 농도에 노출되게 된다.

지구상에 살고 있는 한 누구든 방사선에 피폭된다. 방사능물질은 공기 중에도 있고, 먹는 물속에도 있다. 비행기를 타고 상공으로 올라가면 더 많은 양의 방사선에 피폭된다. 지하로 가면 라돈과 같은 자연 방사능물질에 의해 더 많은 방사선에 피폭된다. 다만, 그 양이 매우 적

을 뿐이다. 간혹 자연에서 방출되는 방사선량이 많아 이로 인해 건강장해가 생길 수 있다. 일부 지역에서 라돈에 의해 폐암 발생이 증가한다는 것이 그것이다.

방사능물질이 누출되어 인위적인 방사선에 피폭된다하더라도 아주 먼 거리에서는 피폭선량이 적어 자연방사선량에 미치지 못한다. 방사선이 아무리 건강장해를 유발하는 확실한 물질이라도 노출량이 낮으면 건강장해를 일으키지는 못한다. 단지 건강 영향이 크다고 해서 극미량에 노출되는 것에 대해 지나친 공포심을 갖는 것은 풍성학려이다. 적군에 패해 놀란 나머지 바람소리나 학울음소

리에 겁을 먹는 것과 같다.

### 방사선 노출과 건강 영향

방사선은 인류가 다양한 방면에서 유익하게 사용하지만 사람의 건강에 영향을 주는 물질임에 틀림이 없다. 직접적으로 다량 피폭되면 피부염과 화상을 입게 되고, 만성적으로 피폭되면 각종 암을 유발한다.

방사선을 최초로 발견하고 노벨상을 탄 퀴리부인과 그 딸도 방사선 피폭에 의한 백혈병으로 사망하였다. 20세기 초부터 방사선을 흉부엑스선 촬영에 사용하게 되면서 방사선에 노출되는 의료인들에게 백혈병 등 방사선 피폭에 의한 질환이 많이 발생했다. 그때는 방사선의 건강 영향과 예방법에 대해 잘 몰랐기 때문이다.

방사선에 의한 대규모 사망은 일본에서 원폭에 의해 발생했다. 원폭으로 히로시마에서 16만명, 나가사키에서 7만 4,000명이 사망하였다.<sup>1)</sup> 이들은 대부분 열폭풍에 의한 폭발이나 화상으로 사망하였다. 이후 살아남은 사람들에게 다양한 종류의 암이 발생하였다. 체르노빌

1) 이 중 한국인이 각각 3만명, 1만명으로 추정되고 있다.

원전 사고에서는 134명이 급성방사선질환으로 진단됐고 그 해에 28명이 사망했다. 2004년까지 19명이 다양한 이유로 사망했다. 주변 지역 소아에서는 약 4,000명의 갑상샘암이 발생하여 9명이 사망했다.<sup>2)</sup>

이처럼 원전사고가 발생하면 주변 지역은 큰 피해를 입는다. 이들의 피폭 수준은 자연방사선이나 대기 중의 극미량의 방사선 수준은 물론, 우리나라에서 방사선에 피폭되는 업무에 종사하는 근로자들의 피폭 수준과도 비교할 수 없을 정도로 높다. 우리나라의 원전에서 사고가 나지 않는 한, 또는 상층기류의 직접적인 영향권에 있는 중국 동부에서 사고가 나지 않는 한, 방사선 피폭을 걱정해야 할 사람은 일반인이 아니라 방사능물질을 직·간접으로 취급하는 근로자들이다.

## 직업적 방사선 노출

우리나라에서 방사선에 직업적으로 노출되는 근로자는 크게 세 부류이다. 국가방사선작업종사자안전관리센터(KISOE)에 의하면 원자력발전소 근로자, 방사선 발생장치를 취급하는 보건의료 종사자, 산업체나 비파괴검사 근로자 등으로 각각 1만명 정도로 파악되고 있다. 이들 중 가장 많은 양의 방사능물질을 취급하는 근로자는 원전 근로자이지만 가장 높은 수준의 방사선에 피폭되는 근로자는 비파괴검사 근로자이다. 2008년에 비파괴업체 근로자의 평균 노출선량은 2.71mSv(밀리 시버트)이고, 원자력발전소는 0.93mSv이다. 1mSv는 일반인이 자연상태에서 1년간 피폭되는 선량이니 원자력발전소는 그 두 배 정도 피폭되고 있고, 비파괴검사업체 근로자는 4배 정도 피폭되고 있다.

이것은 평균값이고 중요한 것은 개별적으로 노출되는

2) 체르노빌 사고로 수 천 명이 암으로 사망하였다는 신문기사도 있는데, 이는 당시에 2005년까지 발생할 암의 추정치를 잘못 전달한 것이다. 실제 추적 조사에 의하면 주변 주민에서 백혈병의 발생률은 높지 않았다.

3) 인과확률 50% 이상이란, 암이 다른 원인에 의해 발생했을 확률보다 방사선에 의해 발생했을 확률이 높다는 것을 의미한다.

방사선은 인류가 다양한 방면에서 유익하게 사용하지만 사람의 건강에 영향을 주는 물질임에 틀림이 없다.

직접적으로 다량 피폭되면 피부염과 화상을 입게 되고, 만성적으로 피폭되면 각종 암을 유발한다.

그러나 일반인들은 낮은 수준의 방사선 피폭에 대해 지나친 걱정을 할 필요가 없다. 이는 마치 도로를 지나가며 백혈병에 걸릴 염려를 하는 것과 마찬가지이다.

단지 건강 영향이 크다고 해서 극미량에 노출되는 것에 대해 지나친 공포심을 갖는 것은 풍성학려이다.

적군에 패해 놀란 나머지 바람소리나 학울음소리에 겁을 먹는 것과 같다.

선량이다. 우리나라는 다른 나라와 마찬가지로 연간 피폭선량을 50mSv로 규정하고 있는데, 2008년에 이를 초과한 근로자는 없고 10mSv를 초과하는 근로자는 비파괴에서 약 320명, 원전에서 182명으로 약 550명 정도가 10~50mSv 수준의 방사선에 피폭되고 있다.

## 방사선 피폭과 급성골수성백혈병

방사선에 노출되는 근로자에서 백혈병이 발생한 사례도 있다. 1999년에 원자력발전소에서 용접공으로 10여년 근무하던 한 근로자에게 백혈병이 발생하였다. 이 근로자가 노출된 방사선량은 18.53mSv이었다. 방사선 피폭량은 크지 않았지만 방사선에 의해 가장 잘 발생하는 급성골수성백혈병이었다. 방사선 피폭과 암 발생 관련해서는 미국에서 개발된 수식에 의해 인과확률을 계산해 볼 수 있다. 이 사람의 인과확률<sup>3)</sup>은 50% 이하로 나왔다. 그러나 계산의 변수가 되는 백혈병 발생률을 우리나라보다 높은 미국의 자료를 그대로 쓴 점, 오차를 줄이기 위한 신뢰범위를 높일 때는 50% 수준에 이르는 점을 고려하여 업무 관련성이 인정되었다.

이 사건은 원전 근로자 관리에서 중요한 전환점이 되었다. 앞서 이야기한 것처럼 영광 무늬아사건 이후 원전 주변 주민에 대해서는 방사선 피폭 여부와 무관하게 역

학 조사를 실시하고 있었다. 그러나 원전 근로자에 대해서는 측정과 검진 이외의 역학적 관리는 하지 않고 있었다. 이 점을 계기로 원전 종사자에 대한 역학 연구도 시작됐고, 국제 공동 연구에도 참여하였다. 백혈병은 비교적 드문 암이므로 방사선에 의한 발생위험을 보기 위해서는 많은 관찰수가 필요해서 어느 한 나라만의 관찰로는 결론을 내기 어렵다. 15개국이 참여하는 국제 공동 연구를 수행하였고, 그 결과 원전에서 저선량의 방사선 노출에 의해 백혈병 발생은 1.93배 증가하였으나 통계적으로는 유의하지 않은 결론을 얻었다. 반면, 원폭 생존자 연구에서는 3.15배가 유의하게 증가하였다.

2005년에는 방사선이 발생하는 치과용 기기를 생산하는 업체에서 연구를 하던 29세의 근로자에게 급성골수성백혈병이 발생하였다. 원전 근로자는 안전관리자가 있고 필름배지를 달아 이중으로 방사선 피폭량을 측정하는데 반해, 동위원소를 직접 취급하거나 비파괴검사를 하는 근로자는 관리자 없이 소규모로 실험이나 검사를 하는 경우가 많아 방사선 피폭관리가 제대로 되지 않을 수도 있다. 이 근로자는 방사선에 대한 주의 없이 직접 방사선 발생장치를 취급하여 상당량의 방사선에 노출되었을 것으로 추정되나 기록은 없었다. 비파괴검사 근로자들이 다른 분야보다는 방사선 피폭량이 많은 것은 업무의 장소나 성격으로 볼 때 피폭 예방관리가 잘 되지 않은 것으로 보인다.

### 방사선 피폭에 대한 지나친 걱정은 불필요

인간은 자연방사선 이외에도 인공방사선에 많이 노출된다. 대표적인 것이 의료용 검사와 치료과정에서 피폭되는 방사선이다. 가슴 엑스선 사진 촬영을 하면 0.1mSv 이하의 아주 낮은 선량이지만 컴퓨터 단층 촬영을 하면 1mSv 이상의 방사선에 노출된다. 암을 치료하기 위해



직업적으로 가장 많은 양의 방사능물질을 취급하는 근로자는 원전 근로자이지만 가장 높은 수준의 방사선에 피폭되는 근로자는 비파괴검사 근로자이다.

사용하는 방사선량은 이보다 훨씬 높다. 그래서 항암 목적으로 사용한 방사선에 의해 이차적으로 백혈병이 생기기도 한다. 특별히 암을 치료하기 위해 다량의 방사선을 사용하는 것이 아니라면 일상적인 진단검사에서 사용하는 방사선 양이 건강장해를 일으키지는 않는다.

연간 50mSv 이하의 저선량에 피폭될 때 암(특히 백혈병)이 발생할 수 있는지에 대해서는 아직 이견이 많다. 아무리 낮은 선량이라도 피폭되면 암을 유발할 수 있다는 주장과 아주 낮은 선량에서는 건강장해가 없다는 주장이 맞서고 있다. 그러나 일반적인 발암물질의 특징을 볼 때 낮은 선량이라도 암이 발생할 수 있다고 보고 관리하는 것이 올바른 방향일 것이다. 다만, 그 확률은 매우 낮으므로 실제 근로자들이 걱정을 할 이유는 없다.

원전사고는 주변에 막대한 피해를 주므로 원전사고가 나지 않도록 안전관리에 최선을 다해야 한다. 그러나 일본의 태평양 쪽에서 발생한 원전사고로 누출된 방사능 물질에 의해 일반인이 지나친 걱정을 할 필요는 없다. 국내에서 방사선에 노출될 수 있는 양은 자연방사선 수준인 1mSv보다도 훨씬 낮기 때문이다. 일반인이 방사선 피폭에 대해 걱정하는 것은 마치 벤젠은 백혈병을 유발하는 강력한 발암물질이므로 도로를 지나가며 백혈병에 걸릴 염려를 하는 것과 같다.<sup>4)</sup> 

4) 자동차에서 가솔린을 사용하는 한 도로에는 항상 벤젠이 존재하기 때문이다. 그러나 그 농도는 사업장의 관리기준 1ppm의 1/1000인 1ppb 이하의 아주 낮은 수준으로 백혈병 발생과는 무관한 의미 없는 수준이다.

# 사업장 방문 시 사전통지(advance notice)에 대하여<sup>1)</sup>



노상철 교수<sup>2)</sup>  
단국대학교 의과대학 산업의학교실

어떤 안전보건문제가 발생한 사업장을 방문 시에 그 방문 시기를 미리 사업주에게 통지하거나 인지하게 하는 행위(사전통지, advance notice)는 과연 정당한 것인가? 만약 그렇지 않다면 산업보건 영역에서 그것을 규제하거나 금지하는 것은 어떤 의미가 있는가? 많은 우여곡절 끝에 탄생한 미국 OSH Act에는 이러한 사전통지를 원천적으로 금지하고 있으며, 이를 위반할 시에는 벌금이나 징역형으로 처벌하고 있다. 과연 현재 우리나라에서는 이러한 제도와 사회적 합의를 어떻게 받아들여야 할지 고민해보고자 한다.

## 배경

한 사업장에서 안전보건문제가 발생되어 관련 담당자(근로감독관)가 이와 관련된 사항들에 대한 조사 혹은 감독업무를 위하여 사업장을 방문하게 될 때, 과연 어떻게 방문하는 것이 가장 효과적일까? 여러 조건 속에서도 그 방문 시기가 주요한 요소들 중의 하나임은 분명할 것이다. 왜냐하면 그 담당자가 방문한다는 사실을 사업장에서 미리 인지하고 있다는 것은 결국 사업장에서 사전에 작업환경이나 관련된 사항들을 인위적으로 조작하거나 은폐할 수 있기 때문이다.

이러한 결과는 사업장에서 문제의 원인을 찾거나 관련된 해결대책을 올바르게 세울 수 없음을 물론이거니와 향후 타 사업장에서 발생 가능한 유사 사례의 예방 기회를 잃어버릴 수 있음을 의미한다. 조사 혹은 감독업무를 위한 사업장 방문 시 사업장에 사전통지<sup>3)</sup>를 한다는 것은 산업보건 영역에서 어떠한 의미를 가지는지, 또한 그 행

위와 관련하여 어떠한 사회적 합의를 했는지를 미국 사례를 통하여 알아보고, 현재 우리나라에서는 과연 어떠한 의미가 있는지를 파악해보고자 한다.

### 친애하는 위원장 및 위원님들께<sup>4)</sup>

우리가 지금 본 의회에서 논의하고 있는 현제도, 정오까지 17명의 미국 남성과 여성 근로자가 그들의 직장에서 사망하는 것으로 보고되고 있습니다. 우리가 논의하고 있는 때 분마다 18명에서 20명의 근로자는 그들의 직장을 떠나야 할 정도의 심각한 장애를 받고 있으며, 또한 그들 중의 일부는 다시는 일을 못할 것입니다. 그리고 같은 시간에 또 다른 20명의 근로자는 매 초마다 덜 심각한 장애를 입지만, 대부분은 예방이 가능한 경우들입니다.

오늘 일자의 사상자 명단은 어제나 내일의 것과 마찬가지로 55명의 사망자와 8,500명의 장애자 및 2만 7,200명의 부상자에 달할 것입니다. 이를 연간 통계를 보면, 약 1만 4,000명에서 1만 5,000명의 사망자와 200만명이 넘는 장애자 및 700만명 이상의 부상자가 생기게 됩니다. 이러한 수치는 평균적이며, 매일 반복해서 일정하게 생긴다는 점에서 참으로 안타까운 일입니다. 적어도 사업장에서의 사망은 휴일이 없는 셈입니다.

..... (중략) .....

본 법안(S.2864)에서 한 가지 분명하고 핵심적인 사항은, 일반인들이 어떤 물건을 구입할 때는 그 제조과정을 도저히 알 수 없기 때문에 그것에 묻은 피를 볼 수가 없다는 사실입니다. 또한 그들이 먹는 음식과 그들이 받는 서비스에서조차도 이러한 사실이 존재한다는 것을 모를 수밖에 없는, 바로 이러한 대량학살(carnage)을 멈추기 위하여 의회가 과연 무엇을 할 수 있는가에 초점을 맞추고 있습니다.

상기 연설문은 미국의 케네디 및 존슨 대통령 행정부에서 제10대 노동부 장관을 역임한 W. Willard Wirtz(재임기간 : 1962. 9. 25~1969. 1. 20)가 1968년 90차 의회의 S.2864법(OSH Act의 전신) 관련 청문회에서 답변한 것을 요약 정리한 내용이다. 이미 이 당시에도 미국에서는 매일 수십 명의 사망 근로자와 수천 명 이상의 많은 근로자가 장애 및 부상을 입고 있던 상황이었다. 그럼에도 이에 대한 효과적인 관련 법안의 입법을 둘러싸고 민주당과 공화당이 치열한 논쟁을 벌이고 있던 시기였다.

결국 그 논쟁의 결과는 1970년 12월 OSH Act가 하원 및 상원에서 인준됨으로써 일단락이 되었지만 그 과정에서의 주요한 논점들은 과연 무엇이었으며, 또한 각기 이해가 다른 입장에서 어떻게 결론이 지어졌는지를 먼저 살펴보는 것이 중요하다고 생각된다. 왜냐하면 본고의 주제인 사전통지(advance notice)는 OSH Act 내에서도 주요한 위치를 차지하고 있으며, 사회적 합의 하에서 도출된 이러한 원칙은 지금까지도 산업보건 영역뿐만 아니라 미국 사회 전반에 걸쳐서 보편적인(universal) 사실<sup>5)</sup>로 받아들여지고 있기 때문이다.

## OSH Act 제정 과정

1877년 미국 메사추세츠 주에서는 그 당시 지역 내에서 발생한 몇몇 산재사고로 인하여 미국 최초의 사업장 감독법안(factory inspection law)을 제정하게 되었다. 이 법에서는 안전보호장구의 착용이나 엘리베이터의 보호, 화재 시 적절한 대피장소의 명시와 같은 안전에 초점을 맞춘 법으로 출발하였으며, 이후 다른 주들에서도 이를 기본으로 하는 법들을 제정하기에 이른다. 하지만 이와 관련된 법안들은 집행에 따른 막대한 비용으로 말미암아 실제 시행하기에는 현실적인 어려움이 많았다. 특히 감독관들의 경우에는 사업장 방문이 항상 허용되지는 못했는데 그 이유는 이 법의 제정 이후에 사업장들이 규제가 많은 주(state)를 피해 그 규제 정도가 다소 약한 주로 이동하는 경향들이 나타났기 때문이다. 이는

결국 주들이 경쟁적으로 법적 규제 노력을 덜 기울이게 하는 방향으로 작용하게 되었다.

1890년에는 석탄 광산에 대한 안전기준과 감독 시행을 관장하는 최초의 연방 법안이 제정되었으며, 1893년에는 철도차량과 엔진업종에 안전장구의 명세가 강제되었다. 1907년에는 웨스트 버지니아 주에서 362명의 광부가 사망하는 미 역사상 최대의 광산사고가 발생하였으며, 이는 1910년 미 광산국(Bureau of Mines)을 설립하는 계기가 되었다. 1934년에는 Francis Perkins(Franklin Delano Roosevelt 대통령 행정부에서의 노동부 장관)에 의한 근로기준국(Bureau of Labor Standards)이 노동부 내에 설립되었는데, 이 부서의 주요 임무는 주정부나 민간 안전조직들에 대한 전문적인 자문과 훈련업무들이었다. 근로기준국은 최초의 permanent federal agency로서 이후 이곳의 주요 임무는 OSH Act로 이양되었다.

제2차 세계대전과 경제 대공황 시기 동안에는 건강과 안전 영역에서의 전반적인 활동은 위축되었으며, 이는 1940년대 중반까지 이어졌다. 그렇지만 이 기간에도 산업재해는 계속 증가하였으며, 1948년 Harry S. Truman 대통령의 산업안전에 대한 특별위원회(Presidential Conference on Industrial Safety)를 구성하는 계기가 되었다.

1951년 Hubert H. Humphrey(민주당, 미네소타 주) 상원의원이 국가 건강 및 안전 규정과 시행규칙을 제정하기 위한 법안을 제안하였으며, 이후 10여 년 동안 유사한 법

---

1) 본고는 미국 산업안전보건연구원 연구원인 탁상우 박사와의 공저임  
 2) 현재 미국 국립산업안전보건연구원의 감시체계 부서에서 방문연구자로 일하고 있음.  
 3) 사업장 방문 일시, 인력 및 기타 준비사항들을 미리 사업장에 통지하는 일체의 행위  
 4) Hearings on S.2864 Before the Subcomm. on Labor of the Senate Comm. on Labor and Public Welfare, 90th Cong., 2d Sess. 69, 69, 71-73(1968)  
 5) 사업장 감독을 위한 방문 시 사업주에게 사전통지(advance notice)를 하는 것은 법으로 금지되어 있으며(OSH Act), 이러한 원칙은 타 법규에서도 유사한 일관성을 가지고 있다. 예를 들어, 식품위생 검열을 위하여 보건 당국에서 음식점을 방문할 시에도 사전통지는 하지 않은 채 불시에 방문(surprising visit)함을 원칙으로 한다.

규들이 제안되었지만 아무런 소득 없이 지나갔다. 이러한 기간 동안 일부 사업장에서의 산업재해는 계속 늘어갔고, 결국 1950년에는 해운업(연안 어업)의 안전규정이 통과되었으며, 광산업의 규정은 강화되었다.

1960년대 들어서는 새로운 변화들이 나타났는데 바로 환경규제에 관한 사항이었다. 미국 내에서 대기와 수질 오염의 심각성이 부각되고 동시에 오염된 사업장 환경에 대한 우려가 나타나게 되었다. 이러한 변화에도 불구하고 연방정부는 여전히 직장안전 영역 참여에는 소극적인 태도를 보였는데, 1958년 Leonar K. Sullivan(민주당, 몬타나 주) 하원의원은 세인트루이스에서 발생한 산업재해에 대하여 당시 노동부 장관인 James Mitchell에게 사업장에서 위험물질 사용에 대한 강제적 안전규정을 입법할 것을 요구하였다. 그러나 미첼 장관은 연방정부의 개입은 법적으로 보장받지 못한다는 이유로 거부하였다.

1968년 Lyndon B. Johnson 대통령은 작업자들을 그들의 직업에서 보호하기 위한 미국 최초의 포괄적 직업 건강안전 프로그램<sup>6)</sup>을 제안하였다. Johnson 대통령은 포괄적 보건과 안전규정의 제정 근거로 광범위한 조사 연구를 위한 보건, 교육 및 복지부 장관(Dep. of Health, Education, and Welfare)<sup>7)</sup>의 권한과 수단들을 강화하는 입법화를 요구하였다. 제90차 및 91차 의회 회기 중에는 이와 관련된 법안들이 상정되는 과정에서 민주당, 공화당 소속 의원들이 행정부가 작성한 초안에 대하여 열띤 논쟁을 벌였다.

이러한 논쟁에서 노동계와 경영자 단체의 입장 차이가 두드러졌는데 정부 입법안은 주로 경영계에서 찬성한 반면, 민주당 측 안은 노동계가 지지하였다. 주요 이슈들 중에는 사업주의 일반 의무 요구조항에 대한 사항들과 연방기관의 사업장 감독 순시 중에 사업주와 근로자의 '작업장 순시(walk-around)' 권리문제 및 '급박한 위험(imminent danger)' 상황 하에서의 공장 폐쇄 등이 있었다. 결국 사업주의 권리가 침해받을 수 있다는 입장과 근로자 측의 보호받을 권리 및 관련 정보에 대한 접근이 거부될 수 있다는 우려로 쌍방 간의 합의가 이루어지지 못했다.

이에 반해, 의회에서는 하원의원인 William A. Steiger(공화당, 위스콘신 주)의 주도적 역할과 상원 노동분과위원회 의장이었던 Harrison J. Williams(민주당, 뉴저지 주) 의원의 활약에 의하여 1970년 12월 14일 하원과 상원에서 극적으로 타결되었다. 이는 바로 그해 12월 29일 Richard Nixon 대통령이 최종 서명을 함으로써 역사적인 미국 OSH Act<sup>8)</sup>가 탄생하게 되었다.



미국 OSH Act에 최종 서명하는 Richard Nixon 대통령.

## 미국 OSH Act 및 미연방규칙(CFR)<sup>9)</sup>에서의 작업장 감독(inspection) 관련 법안

미국 OSH Act에서 감독에 대한 사항은 제8조에 명시되어 있는데, 주요내용은 감독의 권한과 일반적인 원칙을 설명하고 있다. 여기서 한 가지 주목할 부분은 감독의 대상으로는 작업장 내의 모든 관련 사항에 대해서 조사할 수 있으며, 방문의 시기와 방법에 대해서도 조사자의 권한에 대해서는 최대한 보장하고 있다는 것이다.

### OSH Act 제8조 감독, 조사 및 기록보관(SEC. 8 ; 29 USC 657)<sup>10)</sup>

- (a) 이 법의 목적을 수행하기 위하여, 사업주, 기계운전자 혹은 근무 중 작업자에게 관련 신분증을 제시한 뒤, 노동부 장관은 다음의 업무를 수행할 수 있는 권한을 가진다.
- (1) 모든 공장, 건물, 기관, 건설 장소 혹은 다른 지역, 사업장 혹은 작업이 이루어지는 모든 장소에 대해 언제든지 지체 없이 출입할 수 있다.
  - (2) 작업 공간 내에 있는 모든 대상(고공과 모든 임시 근무조건들, 조직 체계, 기계류, 장비류, 장치류, 설비류 및 물질들 등에 대하여 타당한 방법으로, 타당한 범위 내에서 가장 타당한 시기에, 그리고 정규 작업시간 중에 감독 및 조사를 실시한다.

작업장 감독에 대해서 OSH Act에서는 포괄적인 언급을 하고 있다면, 그 하위법에 해당되는 미연방규칙 제29조에는 사전통지와 관련된 사항들이 구체적으로 나열되어 있다. 주요내용으로는 사전통지는 절대 허용되지 않으며, 네 가지의 예외사항을 별도로 언급하고 있다. 즉, 즉각적인 위험에 대한 신속한 대책이 필요하거나 정규 작업시간에서의 감독이 필요할 때 사업주와 근로자의 참여가 전제되는 감독, 그리고 관련 책임자의 판단으로 한정하고 있다. 또한 이를 위반하는 이는 벌금과 징역으로 처벌을 받을 수 있다고 명시하고 있다.

**29 CFR – part 1903. 작업장 감독, 벌금 부과 및 벌칙<sup>11)</sup>**  
**Standard 1903.6 작업장 감독의 사전 통지**

- 1903.6(a) 사전통지는 절대 허용되지 않는다.<sup>12)</sup> 단, 다음 사항들은 예외로 한다.
  - (1) 즉각적인 위험이 있어 가능한 한 신속하게 사업주가 그 위험을 줄일 수 있다고 판단될 때
  - (2) 정규 작업시간 이후의 작업장 감독이 가장 효과적이라고 판단되거나 작업장 감독 시 사전 준비가 필요한 경우
  - (3) 사업주와 근로자 대표의 참여가 필요하거나 작업장 감독 시에 필요 인력의 도움이 요구될 때
  - (4) 지역 책임자(Area Director)가 사전통지를 하는 것이 작업장 감독에 효과적이고 철저한 조사에 도움이 된다고 판단될 때
- 1903.6(c) 노동부 장관 혹은 그 외 허가자로부터 별도의 승인 없이 사전통지를 하는 자는 누구를 막론하고 1,000달러 이하의 벌금 또는 6개월 이하의 징역형 혹은 두 가지 모두가 부과될 수 있다.

상기 사전통지와 관련된 법안들의 제정과정은 앞선 OSH Act의 과정에서처럼 간단치 않은 과정을 밟아 진행되었다. 우선 사전통지 관련 법안과 1969년 연방 탄광 광산의 건강안전 법안에 대한 청문회에서 사업주가 연방정부의 안전감독관이 사업장 방문에 대한 사전통지를 미리 파악하고 감독관이 나타나기 이전에 현장의 위반 사항들을 인멸해버리는 행위와 관련하여 뜨거운 논쟁이 벌어졌다. 상원과 하원의 노동위원회 법안에는 둘 다 공식적인 허가 없이 사전통지를 하는 행위에 대해 벌칙금을 부과하도록 하였다. 하지만 행정부 법안을 지지하는 측에서는 비인가된 사전통지행위를 범법행위로 규정하는 것에 반발하였다. 상원 노동위원회 법안을 행정부 법안과 비교하여 상원의 Saxbe(공화당, 오하이오 주) 의원은 다음과 같이 언급하였다.<sup>13)</sup>

“보고된 상원 노동위원회의 본 법안은 사법경찰 중심적인 접근의 가장 분명한 예에 해당된다. 그 법안은 사회 교정 역할을 담당하는 사회 법안으로서 직업안전건강 제안은 분명히 아니다. 차라리 이 법안은 사업주가 어떻게 자신의 작업장환경을 가장 잘 개선시켜야 하는지를 제시하기보다, 오히려 많은 사업주를 처벌받아야 하는 잠재적인 범법자로 취급하고 있다. 이러한 법안에는 사업주의 선의와 협조가 우선적으로 명시되어야 하는데, 본 법안에는 그러한 사항들이 존재하지 않는다.”

그럼에도 불구하고 공공의 이익이 개인의 이익보다 중요하다는, 또한 근로자들의 생명과 안전을 가장 우선시해야 한다는 사회적 합의에 따라 이 법안을 유지하는 것이 미국 사회에 유리하다는 판단 하에 상원과 하원의 위원회는 작업장 감독에서의 비인가된 사전통지행위를 금지하기로 결정하였다. 아울러 이 법의 위반 시에는 벌칙금을 부과(혹은 징역형)하기로 하였다. 하원에서 이 행정법안의 공동발의자이기도 한 Steiger 의원은 위원회보고서에 사전통지 관련 법규와 관련하여 다음과 같이 언급하였다.<sup>14)</sup>

“노동부장관은 사전통지가 이 법안의 이익을 증진시킨다고 판단하면, 사전통지를 할 수 있다. 하지만 사전통지를 금지하고 위반 시 벌칙금을 부과(혹은 징역형)하는 것이 매우 중요하다는 사실은 의심치 않는다.”

수 년 간 끌여온 OSH Act의 승인과정에서 정치적 의

6) 1968년 1월 23일 Lyndon B. Johnson 대통령의 제안문 제목은 'the Nation's first comprehensive Occupational Health and Safety Program to protect the worker on the job' 이다.

7) 이 정부조직은 현재 Dep. of Health and human service(보건복지부)와 Dep. of Education(교육부)로 분리, 운영되고 있다.

8) OSH Act는 Williams-Steiger 법으로도 불린다.

9) CFR: Code of Federal Regulation

10) OSH Act 전문 확인 사이트 : [www.osha.gov/pls/oshaweb/owasrch.search\\_form?p\\_doc\\_type=OSHA&p\\_toc\\_level=0&p\\_keyvalue=&p\\_status=CURRENT](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owasrch.search_form?p_doc_type=OSHA&p_toc_level=0&p_keyvalue=&p_status=CURRENT)

11) 29 CFR 전문 확인 사이트 : [www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9610](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9610)

12) 원문은 다음과 같다. "Advance notice of inspections may not be given,"

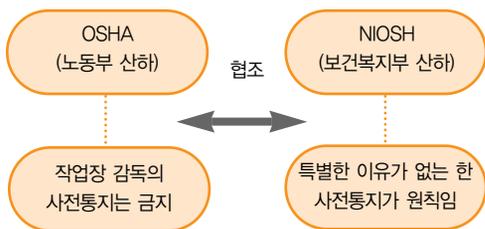
13) 116 Cong. Rec. S 17471, Oct. 8th, 1970

14) 116 Cong. Rec. H 11900, Dec. 17th, 1970

견을 달리하는 집단들(공화당 및 민주당, 행정부, 노동계 등) 간의 첨예한 대립과 논쟁이 있었고, 그 결과 산업보건 영역에서는 감독업무와 관련한 사항에서는 절대 양보할 수 없는 원칙이 세워졌다고 판단된다. 비록 사업주를 잠정적인 범법자로 볼 수 있을지언정, 법의 원칙과 기준을 훼손할 수는 없었다. 또한 이는 법을 제정한 1970년 이후 약 40여 년이 지난 지금에도 이 법조항의 문구 중단 한 자의 수정도 없이 현재까지 지속되고 있다는 점에서 이 법의 기본 정신을 엿볼 수 있다고 판단된다.

### OSHA<sup>15)</sup>와 NIOSH에서의 작업장 감독 (inspection) 접근방법의 차이와 역할

미국 NIOSH의 사전통지와 관련해서는 미연방규칙 42장(공중보건)의 제1절(보건복지부 소관 규칙), 85조(건강 위해 평가를 위한 요구사항)<sup>16)</sup>에 명시되어 있다. 여기에는 사전통지를 특별한 상황들 외에는 제공해주는 것을 원칙으로 하고 있는데, 그 이유는 사업주와 근로자의 참여가 조사에 중요한 역할을 하기 때문이라고 판단된다.<sup>17)</sup> 이러한 차이는 노동부 산하의 부서로 존재하는 OSHA와 보건복지부 산하의 NIOSH 간의 부서별 업무 구분의 차이로 해석될 수도 있다. 다른 한편으로는 OSHA는 사업장에 대한 강제규정을 둔 반면, NIOSH는 연구·조사기관으로서 사업장에 대한 조사와 정보 제공을 근본으로 하며 OSHA에 대한 업무 협조를 수행한다는 점에서 두 부서 간의 차이가 있음을 알 수 있다. NIOSH의 조사업무로서 중요한 역할은 HHE(Health Hazard Evaluation) 프로그램을 들 수 있는데, 이 프로



[그림] 미국 OSHA와 NIOSH의 사전통지 여부

그램 수행 시에도 사전통지 없이 사업장을 방문하는 것은 지난 20여 년 동안 단 2건에 불과<sup>18)</sup>한 사실에서도 그러한 원칙을 이해할 수 있다.

### 국내 관련 규정

#### - 산업안전보건법, 산업안전보건업무 근로감독업무규정

감독업무에 대한 우리나라의 규정은 산업안전보건법령을 집행하는 근로감독관의 경우, '산업안전보건업무 근로감독업무규정'을 별도로 정하여 운영<sup>19)</sup>하고 있다.

사업장 감독업무 및 사전통지와 관련한 사항은 규정 제8조 및 제11조에 명시되어 있는데 주요내용은 감독 등의 업무 수행 시 긴급을 요하는 사유가 없는 한 10일 전에 해당 사업장에 문서로 그 사실을 통지하는 것을 원칙으로 하고 있다.

#### 산업안전보건업무 담당 근로감독관 직무규정[고용노동부 훈령 제703호, 2009. 7. 31, 일부 개정]

##### 제8조(사업장 감독 등)

- ① 감독관은 산업안전보건법(이하 '산안법'이라 한다) 제51조 감독상의 조치 등을 위하여 사업장을 감독하거나 점검할 수 있다.
- ② 제1항의 '감독'이란 지방관서장이 제9조에서 정한 사업장의 법령 위반사항을 전반적으로 조사하는 활동을 말한다.

##### 제11조(감독 등 준비)

- ② 지방관서장은 감독 등을 불시에 실시하거나 긴급을 요하는 사유가 없는 한 실시 10일 이전에 해당 사업장에 그 사실을 문서로 알려야 하며, 사업장의 시기 변경 요청이 있는 경우에는 10일의 범위에서 점검 시기를 조정할 수 있다.

### 향후 방안

우리나라에서 근로자의 사망과 재해를 예방하거나 감소시킬 수 있는 가장 효과적이면서 현실적인 방안은 국가 산업보건 시스템이 제 기능들을 담보해낼 수 있도록 제도를 완비하는 것이 우선적이다. 그렇게 하기 위해서는 먼저, 사업장에 대한 감시와 감독을 행하는 실제 담당자에게 그러한 권한과 특권을 부여하고, 이를 관련 법규에서 규정하는 노력이 선행되어야 한다.

사전통지의 법 위반 시 그 처벌대상은 미국 법에서는

그 대상이 누구인지 가리지 않고 모두 처벌된다. 그래서 이 부분 역시 앞으로 우리나라에서 새로이 추가된다면 재해를 줄이고 사업주 책임을 강화하는 데 도움이 될 수 있을 것이다. 결국 이러한 제도적 뒷받침과 사회적 합의가 도출되지 않는 한 다른 많은 나라가 겪었던 산업재해에서의 희생은 반복적일 수밖에 없다.

지금으로부터 약 100여 년 전부터 미국 산업보건 영역에서 주요 논쟁의 대상이었던 엄정한 원칙과 기준 제정은 바로 이러한 과거의 아픈 경험들에서 그 대안을 찾는 과정으로부터 출발하였고, 그 진행과정에서도 적지 않은 사회적 갈등이 있었음은 자명한 사실이다. 현재 대한민국은 60년 전 미국 의회 청문회에서 미국 노동부 장관이 발언한 ‘노동자의 안전과 건강을 책임질 수 있는 주체가 누구이며, 그것을 행하기 위한 수단과 과정에서 무엇이 가장 중요한 것인지’와 같은 질문들에 대한 답변이 요구되고 있는 시점이다.

최근 산재 사망자를 포함하여 산재 피해자를 감소시키기 위한 여러 정책과 많은 노력이 경주되어 왔으며 앞으로도 이러한 노력들은 지속되어야 할 것이다. 그렇지만 산업보건에서 이러한 결과를 충족하며, 관련 이해 당사자들(사업주 및 노동계)도 만족시킬 수 있는 일이 가능

할까? 결과적으로 산재도 줄이고 관련 당사자들도 모두 만족시키는 격인 두 마리 토끼를 잡는 것이 가능할까? 이에 대한 대답은, 의외로 간단할 수 있다.

한 가지 예로, 우리나라 도로에서 시행하고 있는 음주측정은 모든 운전자를 범법자로 취급하여 검사를 하는 것은 분명 아니다. 오히려 운전자의 불편과 범법행위 가능성을 제쳐두고서라도 사회 공익적 차원에서 안전과 예방, 생명의 가치를 더 존중한다는 사회적 합의가 있기에 가능한 것이라고 본다. 그렇다면 산재를 감소시키고 관련 이해 당사자들도 모두 만족시키는 것에 초점을 맞추기보다는 가장 중요한 가치인 근로자의 생명과 안전에 중심을 둔 정책과 대안이 필요하다. 그리고 산업재해와 직업병 발생을 줄일 수 있는 효과적인 예방 및 관리대책을 세우는 것이 중요하다. 이외에도 이를 보다 실효성 있게 추진할 수 있는 제도적인 뒷받침, 관련 이해 당사자들의 적극적인 참여와 관련 정부 부서의 책임성 있는 추진과정이 전제되어야 더욱 진전된 결과를 예상할 수 있을 것이다.

지금까지의 산재 관련 수치들을 보면서 우리는 과연 앞으로 무엇을 해야 하며, 효과적이고 실효성 있는 관련 정책들을 어떻게 세워나갈 수 있을지 고민을 한다면, 그 해답은 결코 복잡하지 않다. 사전통지와 같은 기본적인 원칙에 대하여 우리 사회가 함께 고민하고 그 해결대책을 위한 사회적 합의를 이루는 것이 기본이다. 그것은 모두가 지킬 수 있고, 지켜야 하며, 그러한 대책을 만들어 나가는 것 이상은 결코 아닐 것이라고 본다. ☺

15) OSHA ; Occupational Safety and Health Administration ([www.osha.gov/index.html](http://www.osha.gov/index.html))

16) 42 CFR(Public Health), Chapter I(Public Health Service, Department of Health and Human Service), Part 85(Requests for Health Hazard Evaluations), §85.6(Advance Notice of Visits) ; amended at 45 F12 2651, Jan. 14th, 1980  
이 조항의 전문 확인 사이트 : [http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx\\_10/42cfr85\\_10.html](http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_10/42cfr85_10.html)

17) 이 부분에 대해서는 NIOSH의 내부 보고 문서에 명시되어 있다. 하지만 외부 공개를 할 수 없어 간략한 정보만 밝히고자 한다.  
- Title : Policy for Informing and Engaging Affected Parties of NIOSH Field Studies: Tripartite Review(Oct. 2010)

18) 이러한 통계자료는 HHE 프로그램을 관장하는 NIOSH의 DSHEFS 내 HETAB에서 구한 것으로 아직 공개된 자료는 아니다. 하지만 필자들은 본고 작성을 위하여 이 업무를 주도적으로 수행하고 있는 관계 책임자(부서장 및 실무책임자; 익명 요구)들과의 인터뷰(총 3회)를 실시하였고, 그 과정에서 파악된 자료이다. 면담 중에 HHE의 기본 방향은 공개, 사전통지, 협조, 정보 공유 등을 원칙으로 하고 있음을 알 수 있었다.

19) 근로감독관의 직무 집행에 필요한 사항은 근로기준법 제11장에 의해 ‘근로감독관직무규정’(고용노동부훈령 제739호, 2010. 4. 13)에 규정되어 있으며, 산업안전보건법령을 집행하는 근로감독관의 직무는 별도로 고용노동부훈령 제703호(2009. 7. 31, 일부 개정)에 명시되어 있다.

**참고문헌**

- OSHA—History, Law, and Policy. Benjamin W. Mintz. The Bureau of National Affairs Inc. Washington, D.C. 1984.
- The Job Safety and Health Act of 1970(Text, Analysis, Legislative History). The Bureau of National Affairs Inc. Washington, D.C. 1971.
- Field Epidemiology 3rd Ed. Michael B. Gregg. Oxford University Press. New York. 2008.
- Health Hazard Evaluation Program, DHHS(NIOSH) Publication No. 2009-167.
- Reflections on OSHA’s History U.S. Department of Labor. 2009.

# 근골격계질환 예방과 인간공학의 역할에 관한 문헌 연구



**정병용** 교수  
한성대학교 산업경영공학과  
한성대학교 공과대 학장

본 연구에서는 근골격계질환과 관련하여 발표된 국내 논문을 근골격계질환 관련 작업 평가방법론 및 작업기준 도출, 작업 개선 및 인간공학 프로그램 운영효과 측면 등으로 분류하여 정리함으로써 근골격계질환의 예방과 관련한 인간공학의 역할을 제시하고자 하였다. 본 연구에서 다루어진 주제와 내용들이 근골격계질환 예방을 위한 길잡이 역할을 하여 근골격계질환자의 감소에 기여하기를 기대해 본다.

[출처 및 재구성] 정병용, 근골격계질환 예방과 인간공학의 역할, 대한인간공학회지, 2010

## 서론

근골격계질환의 발생은 근로자의 신체적 활동에 영향을 미쳐 삶의 질을 떨어지게 할 뿐만 아니라 결근에 의한 노동력 손실, 작업의 질 저하, 산재 보상비용의 증가 등으로 이어져 사회·경제적인 측면에서 많은 문제를 야기하게 된다. 작업 관련성 근골격계질환은 1960년에 ILO에 의해 직업성질환으로 인정되었고, 1980년부터는 미국과 유럽 등에서 주요 산업재해문제 중의 하나로 대두되었으며, 이후 급속도로 발생이 증가하여 미국의 경우에는 1990년경부터 전체 직업성질환에서 차지하는 비율이 60%일 정도로 중요한 문제로 인식되고 있다. 우리나라에서도 1996년도에 근골격계질환자가 직업병으로 인정된 이래 전체 재해자에서 차지하는 비율이 증가 추세에 있다.

본 연구에서는 근골격계질환의 예방과 관련하여 발표된 국내 논문을 인간공학, 산업의학, 산업위생학, 물리치료학, 작업치료학 등의 학제적 관점에서 재조명하고,

발전 방향을 도출하기 위하여 주요 주제와 관심사를 ‘근골격계질환 관련 작업 평가방법론 및 작업기준 도출, 작업 개선 및 인간공학 프로그램 운영효과’ 측면으로 분류하여 서술하고자 한다.

## 근골격계질환 관련 작업 평가방법론 및 작업기준 도출

### 작업 평가방법론

근골격계질환 관련 작업 평가방법론 및 작업기준에 관한 연구는 전통적인 인간공학 분야의 연구 영역으로 많은 연구가 진행되어 왔다. 국내 작업 평가방법론에 관한 연구는 새로운 작업 평가방법론의 도출(이윤근 등, 2001; 이인석 등, 2002; 기도형, 2007), 기존 평가방법의 타당성 비교(이인석 등, 2003; 박재희·곽원택, 2006; 박경식 등, 2006; 최현석 등, 2007), 새로운 평가방법론을 적용한 작업 평가 연구(이관석 등, 2007; 김대

성 등, 2009), 작업 평가용 전산 시스템 또는 소프트웨어의 구축에 관한 연구(정병용 등, 2005; 김현호·정병용, 2006; 이준엽 등, 2007) 등으로 분류할 수 있다.

작업의 유해도를 평가하기 위한 작업 평가도구들은 개발 배경의 차이로 인한 적용대상, 특성, 평가 정확도 등에서 차이가 있는 것으로 언급되고 있다. 작업 평가를 위하여 조사자들은 주로 OWAS(Karhu et al., 1977), RULA(McAtamney and Corlett, 1993), Job Strain Index(Moore & Garg, 1995), PEO(Fransson-Hall et al., 1995), PLIBEL (Kemmlert, 1995), PATH(Buchholz et al., 1996), REBA (Hignett and McAtamney, 2000), QEC(David, G. et al., 2008) 등을 이용하고 있다. 미국 내의 인간공학 전문가(CPE)들을 대상으로 한 조사에서도 전문가들은 작업 부하 평가나 재해 보상 평가과정에서 RULA 56.1%, OWAS 21.4%, REBA 17.9% 순으로 사용하고 있다고 보고된 바 있다(Dempsey et al., 2005).

인간공학적 평가도구에 의하여 평가할 때, 어떤 평가도구를 적용하느냐에 따라 평가결과가 다르게 나올 수 있다. 이인석 등(2001)의 지각불편도를 이용한 관찰적 작업 자세 평가 기법의 비교, 이윤근(2003)의 근골격계질환 위험요인의 평가방법 고찰, 이인석 등(2002)의 심물리학적 지각불편도와 인간공학적 작업 자세 평가 기법의 비교, 기도형·박기현(2005)의 연구, 박재희·곽원택(2006)의 연구, 최현석 등(2007)의 연구에서는 작업 평가방법인 OWAS, RULA, REBA, 주관적 작업 평가 변수와의 연관성 분석 등이 이루어졌다. 작업 평가에서 작업 장면을 일정시간 동안 촬영하고 이로부터 작업 장면을 샘플링하여 작업 부하 평가를 수행하는 것이 일반화되어 있지만(Corlett et al., 1979; Karhu et al., 1977; Shuvala and Donchin, 2005; Vedder, 1998), 국내 유해요인 조사에서 워크샘플링에 의하여 단위작업의 유해도를 평가하는 연구는 제한적으로 이용되고 있다(오순영 등, 2004; 이창민 등, 2005). 국내 유해요인 조사에서는 시간적·비용적 한계 때문에 주로 극단치를 이용한 분석이 수행되고 있다(박재희 등, 2006). 이로

인해 극단적인 작업 장면의 평가만으로는 작업 장면의 분포 등을 반영하지 못한다는 논란이 야기되고 있다(정병용·신충규, 2008).

작업 평가방법의 타당성이나 신뢰성을 조사하기 위한 연구로는 이윤근 등(2002)의 자가 평가에 의한 근골격계질환 위험요인 노출 평가의 타당성 연구, 이동준 등(2003)의 육체적 작업강도 평가 설문지의 신뢰도와 타당도 연구, 이윤근(2005)의 근골격계질환 위험요인에 대한 조선업 근로자 자가평가와 전문가 관찰방법 비교 연구, 박경식 등(2006)의 미국표준연구원 체크리스트 Z-365의 자가보고형 설문 개발 및 타당도 평가, 박국무 등(2006)의 인간공학적 작업 부하 평가방법을 이용한 근골격계 부담작업 판정기준의 정확성 평가 등이 있으며, 새로이 작업 평가방법론을 도입하여 시도한 연구로는 권오채 등(2007)의 QEC를 이용한 천장 크레인 운전작업 부하 평가 모델 개발, 이관석 등(2007)의 OCRA를 사용한 자동차산업의 유해요인 평가, 김대성 등(2009)의 PATH 기법을 이용한 숙박업 요리직과 청소직의 유해요인 노출 평가 등이 있다. 또한 유해요인 조사 등에서 작업 평가의 효율성을 확보하기 위하여 정병용 등(2005)의 유해요인 조사용 평가 소프트웨어 개발, 김현호·정병용(2006)의 유해요인 조사를 위한 실무용 작업위험 평가 시스템 개발, 이준엽 등(2007)의 대규모 사업장에서의 유해요인 조사방법론 개발 등의 연구가 있었다.

#### 작업 평가방법론 관련 참고문헌

- Buchholz, B., Paquet, V., Punnett, L., Lee, D. and Moir, S., PATH: A worksampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-repetitive work, *Applied Ergonomics*, 27(3), pp.177-187, 1996.
- Corlett, E. N., Madeley, S. J. and Manenica, I., Posture targeting: a technique for recording working postures, *Ergonomics*, 22 (3), 357-366, 1979.
- David, G., Woods, V., Li, G. and Buckle, P., The development of the Quick Exposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders, *Applied Ergonomics*, 39(1), pp.57-69, 2008.
- Dempsey, P. G., McGorry, R. W. and Maynard, W. S., A survey of

tools and methods used by certificated professional ergonomists, *Applied Ergonomics*, 36, pp.489-503, 2005

- Fransson-Hall, C., Gloria, R., Kilbom, A., Winkel, J., Karlqvist, L., Winktorin, C. and Stockholm Music 1 study group., A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized on-line recording of postures and manual handling, *Applied Ergonomics*, 26(2), pp.93-100, 1995.
- Hignett, S. and McAtamney, L., "Rapid Entire Body Assessment", *Applied Ergonomics*, 31(2), pp.201-205, 2000.
- Karhu, O., Kansii, P. and Kuorinka, I., Correcting working postures in industry: A practical method for analysis, *Applied Ergonomics*, 8(4), pp.199-201, 1977.
- Kemmlert, K., A method assigned for the identification of ergonomic hazards PLIBEL, *Applied Ergonomics*, 26(3), pp.199-211, 1995.
- McAtamney, L. and Corlett, E. N., "RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders", *Applied Ergonomics*, 24(2), pp.91-99, 1993.
- Paquet, V. L., Punnett, L. and Buchholz, B., Validity of fixed-interval observations for postural assessment in construction work, *Applied Ergonomics*, 32(3), pp.215-224, 2001.
- Shuvala, K. and Donchin, M., Prevalence of upper extremity musculoskeletal symptoms and ergonomic risk factors at a Hi-Tech company in Israel, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, pp.569-581, 2005.
- Vedder, J., Identifying postural hazards with a video-based, occurrence sampling method, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22, pp.37-38, 1998.
- 권오채 · 이상기 · 조영석 · 박정철 · 정기호 · 유희천 · 한성호, 천장 크레인 운전 작업 부하 평가 모델 개발, *대한인간공학회지*, 26(2), pp.45-59, 2007.
- 기도형 · 박기현, 작업 자세 평가기법 OWAS, RULA, REBA 비교, *한국안전학회지*, 20(2), pp.127-132, 2005.
- 기도형, 외부 부하, 동작 반복효과가 반영된 자세 분류 체계의 개발, *대한인간공학회지*, 26(1), pp.39-46, 2007.
- 김대성 · 박정근 · 한영선, PATH 기법을 이용한 숙박업 요리직과 청소직의 근골격계질환 유해요인 노출 평가에 관한 연구, *대한인간공학회지*, 28(4), pp.83-89, 2009.
- 김영기 · 강동욱 · 고상백 · 손병철 · 김정원 · 김대환 · 김건형 · 한성호, 자동차 엔진 조립공장 노동자에서 근골격계 증상의 관련 요인, *대한산업의학회지*, 16(4), pp.488-498, 2004.
- 김현호 · 정병용, 유해요인 조사를 위한 실무용 작업위험 평가 시스템 개발, *대한인간공학회 2006 추계학술대회 논문집*, pp.19-23, 2006.
- 박경식 · 신용철 · 우지훈 · 강동욱 · 이용환, 미국표준연구원 체크리스트 Z-365의 자가보고형 설문 개발 및 타당도 평가, *한국산업위생학회지*, 16(2), pp.172-182, 2006.
- 박국무 · 류태범 · 기도형 · 정민근, 인간공학적 작업 부하 평가방법을 이용한 근골격계 부담작업 판정기준의 정확성 평가, *대한인간공학회지*, 25(2), pp.119-123, 2006.
- 박재희 · 곽원택, 근골격계 부담작업 평가에서 개별 장면의 대표값들과 전문가 판정결과 간의 비교, *대한인간공학회지*, 25(2), pp.205-210, 2006.
- 이관석 · 이상희, 양계농가 작업자의 근골격계질환 예방을 위한 작업장 분석, *한*

- 국안전학회지, 22(4), pp.90-95, 2007.
- 이관석 · 김재형 · 정민수 · 전성재 · 천영지, 자동차 산업에서의 OCRA Checklist와 RULA 평가 비교, *대한인간공학회지*, 26(4), pp.153-160, 2007.
- 이동준 · 조병만 · 김종은 · 고상백 · 김정원 · 장준호 · 강동욱 · 이수일, 육체적 작업강도 평가 설문지의 신뢰도와 타당도, *대한산업의학회지*, 15(4), pp.388-400, 2003.
- 이윤근 · 임상혁 · 박희석 · 김현욱, 누적외상성질환 위험요인의 정량적 평가 및 관리를 위한 점검표 개발, *한국산업위생학회지*, 11(1), pp.56-69, 2001.
- 이윤근 · 현수돈 · 임상혁 · 박희석, 자가 평가에 의한 근골격계질환 위험요인 노출 평가의 타당성, *대한인간공학회 2002년 학술대회논문집*, pp.147-156, 2002.
- 이윤근, 근골격계질환 위험요인을 어떻게 평가할 것인가?, *한국산업위생학회지*, 13(3), pp.182-190, 2003.
- 이윤근, 근골격계질환 위험요인에 대한 조산업 근로자 자가 평가와 전문가 관찰방법 비교, *한국산업위생학회지*, 15(2), pp.83-89, 2005.
- 이인석 · 최경임 · 정민근, 지각불편도를 이용한 관찰적 작업 자세 평가 기법의 비교, *대한인간공학회지*, 22(1), pp.43-56, 2003.
- 이인석 · 기도형 · 정민근, 심물리학적 방법을 이용한 다양한 하지 자세의 부하 평가, *대한인간공학회지*, 21(4), pp.47-65, 2002.
- 이준엽 · 서현수 · 손동원, 대규모 사업장에서의 인간공학적 유해요인 조사방법론, *대한인간공학회 2007 추계학술대회 논문집*, pp.360-363, 2007.
- 정병용 · 신충규, 워크샘플링 장면과 극단적 작업 장면의 작업 평가결과 비교, *대한인간공학회지*, 27(3), pp.53-60, 2008.
- 정병용 · 이종협 · 김국, 유해요인 조사용 평가 소프트웨어 개발, *대한인간공학회지*, 24(4), pp.79-83, 2005.
- 최현석 · 김정룡 · 박지수, 다양한 측정방법을 통한 자동차정비공장의 근골격계 질환의 평가, *대한인간공학회 2007 추계학술대회*, pp.344-349, 2007.

### 인력 운반 및 작업기준 도출

인력 운반작업이란 어떤 물체를 기계의 도움 없이 인력에 의하여 들거나 내리거나 밀거나 당기거나 또는 운반에 의하여 한 장소에서 다른 장소로 이동시키는 작업을 말한다. 인력 운반작업에서 작업자가 자신을 가장 잘 보호할 수 있는 방법은 자신의 한계를 알고, 그 범위 내에서 일하는 것이라고 많은 연구자가 말하고 있다(김홍기, 2007).

인력 운반작업과 관련한 인력 운반작업기준의 도출은 인간공학 연구 분야의 가장 관심사이자 연구의 초점이 되는 영역이다. 이 중에서도 작업자가 인력 운반작업에서 안전하게 작업할 수 있는 최대 허용 중량을 결정하는 것은 작업설계에서 중요한 문제로 인식되어 왔다. 지금까지 최대 허용 중량을 결정하는 데는 '역학적인 방법(epidemiology), 생체역학적 방법(biomechanical

method), 생리학적 방법(physiological method), 심물리학적 방법(psychophysical method) 등이 주로 사용되어 왔다(NIOSH, 1981).

인력 운반작업에서 들기작업의 부하를 분석하기 위한 도구로는 생체역학적 기준, 생리학적 기준, 심물리학적 기준을 바탕으로 개발된 NIOSH 들기작업 공식 NLE(Waters et al., 1993), NLE에 비하여 간단하게 사용할 수 있는 WAC(Washington State, 2000), 손 위치, 작업자 집단, 이동거리 및 빈도에 대한 들기, 내리기, 밀기, 당기기, 운반작업의 한계를 제시하는 Snook과 Ciriello(1991)의 '최대 허용 중량 / 힘'에 관한 표 등을 들 수 있다. WAC는 고려하여야 하는 변수가 적어 사용하기 간편하고, Snook과 Ciriello의 표는 다양한 인력 운반작업을 다루고 있는 장점이 있다. NLE는 고려할 변수의 수가 많아 복잡하지만 결과에 대한 해석이 용이하고, 개선 방향을 도출할 수 있는 장점으로 산업 현장에서 들기작업의 분석에 많이 사용되고 있다.

국내에서의 인력 운반작업에 관한 연구는 생체역학적·생리학적·심물리학적 방법들을 조합하여 NIOSH 들기작업기준이나 최대 허용 중량에 관한 기준이 한국인 인체 특성에 맞는가를 평가하는 연구가 많았다. 생체역학적·생리학적·심물리학적 방법들을 조합하여 진행한 연구로는 김홍기(1995)의 최대 허용작업 중량의 결정에 대한 인간공학적 접근방법들의 비교 연구, 이관석·박희석(1995)의 직접추정법의 대칭적인 들기작업의 최대 허용 하중 결정에의 적용에 관한 연구, 김홍기(1997)의 인력물자 취급의 권장 하중에 대한 생리학적 고찰, 박지수 등(1996)의 작업 유형에 따른 생리학적 작업 능력의 비교 분석, 윤훈용(1997)의 한 손 연속작업의 심리육체학적 모델링, 유우혁·윤훈용(2002)의 한국인의 들기작업 시 작업빈도에 따른 인체심리학적·생리학적 연구, 윤훈용(2006)의 여러 가지 들기작업에서의 인체심리학적·생리학적 연구, 김규상 등(2007)의 들기작업에 대한 관찰형 평가 및 정신물리학적 평가 연구, 김홍기(2010)의 들기작업과 내리기작업의 생체역학적·생리학적·정신물

리학적 기준치에 의한 비교 등이 있다.

NIOSH 들기작업기준이나 최대 허용 중량에 관한 기준의 적용성을 평가한 연구로는 기도형(2006)의 병원 환자 운반업무의 작업 부하 분석에 NIOSH 들기작업 공식의 적용 가능성 분석, 박재희·박태주(2007)의 다양한 무게의 중량물 복합들기작업에 대한 NIOSH 들기작업 수식의 적용 연구 등이 있다.

이밖에도 김민희 등(2005)의 물건들기 시 허리벨트 착용에 따른 하지와 허리의 근활성도 및 각도 비교, 김동진 등(2006)의 어깨와 팔꿈치의 조합 자세 및 외부 부하가 지각불편도에 미치는 영향, 이태용 등(2006)의 들기 / 내리기 빈도와 회복시간 변화에 따른 몸통 근육의 피로도 분석, 여민우 등(2006)의 들기작업에서 높이와 각도 변화가 발 부위에 미치는 스트레스에 관한 연구, 김홍기(2007)의 한 손 들기작업과 양 손 들기작업의 근력 능력 비교 연구, 문명국·김철홍(2006)의 작업 위치와 손잡이



효율적인 근골격계질환 예방활동을 위하여 산업의학, 산업위생, 산업간호, 물리치료, 작업치료 등의 학문 분야와 인간공학 학문과의 유기적인 협력이 필요하다.

형태에 따른 남·녀별 최대 밀기 능력의 측정과 활용에 관한 연구, 손경일 등(2007)의 자동차 조립작업 시 작업 방향 및 작업 자세의 변화에 따른 최대 작업빈도에 관한 연구, 김홍기(2007)의 한 손 들기작업과 양 손 들기작업의 근력 능력 비교 연구, 김정룡 등(2008)의 들기 / 내리기 작업 시 소음과 배경음악이 몸통 근육 피로도에 미치는 영향, 윤경채 · 김정룡(2008)의 LAM으로 측정된 들기작업 시 무게 변화에 따른 척추와 골반의 기여도 변화, 정상용 등(2009)의 들기작업할 때 자세의 변화에 따른 악력과 지면 반발력의 상관관계, 장성록 등(2009)의 들기작업 시 몸통각도와 상완각도가 작업 부담에 미치는 영향에 관한 연구 등이 발표되었다. 중량물 취급작업뿐만 아니라 진동이나 밀기작업 등에 관하여 황성환 · 이동춘(2006)의 그라인딩 작업 시의 손목 자세에 따른 진동성 백지증의 유병률 예측 연구, 손경일 등(2007)의 자동차 조립작업 시 작업 방향 및 작업 자세의 변화에 따른 최대 작업빈도 분석 등에 관한 연구 등이 발표되었다.

### 인력 운반 및 작업기준 도출 관련 참고문헌

- NIOSH, Work Practices Guide for Manual Lifting, DHHS Publication No. 81-122, 1981.
- NIOSH, Applications manual for the revised 1991 NIOSH lifting equation, DHHS Publication, 1991.
- Snook, S. H. and Ciriello, V. M., The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces, Ergonomics, 34(9), 1197-1213, 1991.
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A. & Fine, L. J., Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks, Ergonomics, 36(7), 749-776, 1993.
- Washington State, WAC296-62-05174, 2000. <http://www.lni.wa.gov/wisha>
- 기도형, 병원 환자 운반업무의 작업 부하 분석에 NIOSH 들기작업 공식의 적용 가능성, 대한인간공학회지, 25(2), pp.43-50, 2006.
- 김규상 · 홍창우 · 이항기, 들기작업 실험에 대한 관찰형 평가 및 정신물리학적 평가, 대한인간공학회 2007 추계학술대회 논문집, pp.2-8, 2007.
- 김동진 · 나석희 · 박국무 · 기도형 · 정민근, 어깨와 팔꿈치의 조합 자세 및 외부 부하가 지각불편도에 미치는 영향, 대한인간공학회지, 25(4), pp.145-151, 2006.
- 김민희 · 이정아 · 정도영 · 정민예, 물건들기 시 허리벨트 착용에 따른 하지와 허리의 근활성도 및 각도 비교, 대한산업의학회지, 17(4), pp.259-266, 2005.
- 김정룡 · 신현주 · 이인재, 들기 / 내리기작업 시 소음과 배경 음악이 몸통 근육

- 피로도에 미치는 영향, 대한인간공학회지, 27(3), pp.15-22, 2008.
- 김홍기, 최대 허용작업 중량의 결정에 대한 인간공학적 접근방법들의 비교 연구, 대한인간공학회지, 14(1), pp.91-96, 1995
- 김홍기, 인력물자 취급의 권장 하중에 대한 생리학적 고찰, 대한인간공학회지, 16(3), 23-36, 1997.
- 김홍기, 한 손 들기작업과 양 손 들기작업의 근력 능력 비교 연구, 대한인간공학회지, 26(2), pp.35-44, 2007.
- 김홍기, 들기작업과 내리기작업의 생체역학적 · 생리학적 · 정신물리학적 기준치에 의한 비교, 대한인간공학회지, 29(1), pp.145-153, 2010.
- 문명국 · 김철홍, 작업 위치와 손잡이 형태에 따른 남 · 녀별 최대 밀기 능력(MVC)의 측정과 활용에 관한 연구, 대한인간공학회 2006년 추계학술대회 논문집, pp.177-180, 2006.
- 박재희 · 박태주, 다양한 무게의 중량물 복합 들기작업에 대한 NIOSH 들기작업 수식의 적용, 대한인간공학회 2007 추계학술대회 논문집, pp.357-359, 2007.
- 박지수 · 김홍기 · 최진영, 작업 유형에 따른 생리학적 작업 능력의 비교 분석, 대한인간공학회지, 15(2), 89-98, 1996.
- 여민우 · 이상도 · 이동춘, 들기작업에서 높이와 각도 변화가 발 부위에 미치는 스트레스에 관한 연구, 대한인간공학회지, 25(3), pp.17-24, 2006.
- 유우혁 · 윤훈용, 한국인의 들기작업 시 작업빈도에 따른 인체심리학적 · 생리학적 연구, 대한인간공학회 2002년 학술회의논문집, pp.91-94, 2002.
- 윤경채 · 김정룡, LAM(Lumbar Action Meter)으로 측정된 들기작업 시 무게 변화에 따른 척추와 골반의 기여도 변화, 대한인간공학회 2008 추계학술대회 논문집, pp.57-61, 2008.
- 윤훈용, 한 손 연속작업의 심리육체학적 모델링, 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, 95-99, 1997.
- 윤훈용, 여러 가지 들기작업에서의 인체심리학적 · 생리학적 연구, 대한인간공학회지, 25(2), pp.11-21, 2006.
- 이관석 · 박희석, 직접추정법의 대칭적인 들기작업의 최대 허용 하중 결정에의 적용에 관한 연구, 대한인간공학회지, 14(1), pp.1-7, 1995.
- 이태용 · 김정룡 · 신현주, 들기 / 내리기 빈도와 회복시간 변화에 따른 몸통 근육의 피로도 분석, 대한인간공학회지, 25(2), pp.197-204, 2006.
- 장성록 · 박형구, 들기작업 시 몸통각도와 상완각도가 작업 부담에 미치는 영향에 관한 연구, 한국안전학회지, 24(2), pp.69-75, 2009.
- 정상용 · 강진우 · 구정완, 들기작업할 때 자세의 변화에 따른 악력과 지면 반발력의 상관관계, 대한인간공학회지, 28(3), pp.41-47, 2009.
- 황성환 · 이동춘, 그라인딩 작업 시 손목 자세에 따른 진동성 백지증의 유병률 예측, 대한인간공학회 2006 추계학술대회 논문집, pp.434-438, 2006.

## 작업 개선 및 인간공학 프로그램 운영효과

### 작업 개선 사례 연구

Westgaard and Winkel(1997)은 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 개선활동을 작업 부하 경감을 위한 공학적 개선과 관리적 개선으로 분류하였다. 관리적 개선에는 합리화 전략(rationalization strategy), 조직 문화적(organizational culture) 접근과 신체 증진활동

(modifier intervention)으로 구분하였다. 작업 부하 경감을 위한 공학적 개선에는 작업대, 도구 등의 재설계, 작업 보조 도구 사용 등의 개선이 포함된다. 합리화 전략에는 직무 순환, 다기능화, 작업량 분산 등이, 조직문화적 접근에는 건강 감시, 문제 발견 및 해결을 위한 시스템 구축, 인간공학팀 구성 등이 포함된다. 신체 보완활동에는 스트레칭, 운동 프로그램 실시, 물리치료 등이 해당된다.

현장에서 이루어지는 개선활동에 관한 연구는 주로 설비, 작업환경 등의 개선이 포함된 인간공학적 개선에 관한 연구가 주를 이루며, 민경철·김동준(2008)의 선박 생산공정의 3차원 휴먼 시뮬레이션을 이용한 감소방안, 오순영·정병용(2005)의 조선업종의 유해요인 조사 및 인간공학적 개선, 기도형 등(2006)의 종합병원 종사자 업무의 인간공학적 평가 및 개선방안, 나종관·박민용(2005)의 소형 부품 자동화 조립 시스템의 개선안 도출, 기도형(2006)의 병원 환자 운반업무의 작업 부하 분석 및 개선방안, 백승렬 등(2007)의 국내 상용자동차 제조 사업장의 근골격계질환실태와 개선에 관한 연구, 김상호(2008)의 근골격계질환 예방을 위한 제지공정의 인간공학적 개선방안, 김규상 등(2008)의 피혁제조 공정 중 토글작업에서 요통과 관련된 요추 부하의 생체역학적 분석과 개선방안, 양성환·조문선(2007)의 자동차 부품 제조사업체의 근골격계질환 유해요인 조사 사례 연구, 김상호(2008)의 제지공정의 작업 평가 및 기계화, 자동화, 장비의 개선 개선방안 도출, 김유창·장은준(2008)의 주관적 작업 부하 평가를 이용한 쪼그려 앉기작업에서의 하체 서포터의 효과 분석 등이 있다.

#### 인간공학적 작업장 개선 관련 참고문헌

- Westgaard, R. H. and Winkel, J., Ergonomic intervention research for improved musculoskeletal health: A critical review, International Journal of Industrial Ergonomics, 20(6), pp.463-500, 1997.
- 기도형, 병원 환자 운반업무의 작업 부하 분석 및 개선방안, 한국안전학회지, 21(2), pp.121-127, 2006.
- 기도형·송영웅, 종합병원 종사자 업무의 인간공학적 평가 및 개선방안, 한국산업위생학회지, 16(2), pp.161-171, 2006.
- 김규상·홍창우·이동경, 피혁제조 공정 중 토글작업에서 요통과 관련된 요추

부하의 생체역학적 분석과 개선방안, 한국산업위생학회지, 18(3), pp.239-247, 2008.

- 김상호, 근골격계질환 예방을 위한 제지공정의 인간공학적 개선방안, 대한인간공학회지, 27(1), pp.9-19, 2008.
- 김현호·정병용, 유해요인 조사를 위한 실무용 작업위험 평가 시스템 개발, 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, 2006.
- 나종관·박민용, 소형 부품 자동화 조립 시스템의 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 개선안 연구, 대한인간공학회지, 24(2), pp.57-63, 2005.
- 민경철·김동준, 3차원 휴먼 시뮬레이션을 이용한 선박 생산공정의 근골격계질환 감소방안 연구, 한국해양공학회지, 22(5), pp.119-125, 2008.
- 백승렬·임석진·권영준·문명국, 국내 상용자동차 제조 사업장의 근골격계질환 실태와 개선에 관한 연구, 대한인간공학회 2007 추계학술대회 논문집, pp.314-318, 2007.
- 양성환·조문선, 자동차 부품 제조사업체의 근골격계질환 유해요인 조사 사례 연구, 대한안전경영과학회지, 9(2), pp.33-48, 2007.
- 오순영·정병용, 조선업종의 유해요인 조사 및 인간공학적 개선, 대한인간공학회지, 24(1), pp.27-35, 2005.

#### 예방활동 및 인간공학 프로그램의 운영효과

국내에서는 근골격계질환 예방을 위한 활동이나 인간공학 프로그램 구축 사례, 예방활동 및 개선활동의 효과 분석, 예방관리 매뉴얼 도출 연구, 인간공학 프로그램 운영효과 분석 연구 등이 보고되고 있다.

근골격계질환 예방활동 및 개선활동에 관한 효과 연구로는 김유창 등(2002)의 한국에서의 근골격계질환 경제성 분석, 윤성용 등(2005)의 중소 규모 사업장의 근골격계질환 예방을 위한 참여형 개선기법 적용 사례, 김현주·정우철(2005)의 근골격계질환 증상 호소율과 인간공학적 개선에 의한 효과 분석, 정은희 등(2006)의 일개 병원에서의 참여형 개선활동기법 (PAOT) 적용 후의 평가 비교, 김철홍 등(2007)의 자동차 부품사업장의 작업환경 개선을 통한 자각 증상 호소율의 감소율 분석을 통한 예방효과 분석, 백승렬 등(2007)의 상용자동차 제조 사업장의 작업 개선효과 분석, 장성록 등(2007)의 근골격계 부담작업 개선에 따른 경제적 효과 분석, 이윤근·한인임(2009)의 타이어 제조회사에서의 참여적 근골격계질환 예방관리 프로그램 적용효과 등이 있다. 이들 근골격계질환 예방활동 및 효과 분석 연구는 주로 인간공학자와 산업의학자들을 중심으로 진행되고 있다. 한편, 최인석·정병용(2008)은 근골격계질환 관련 유해요인

조사자의 직무교육에 관한 필요성과 교육내용의 중요성을 강조하였다.

근력 강화나 스트레칭과 같은 신체 증진활동에 관한 효과 분석에 관한 연구로는 유지형(2008)의 호텔 종사자들의 근골격계 증상 완화를 위한 운동 프로그램의 효과, 기미영 등(2004)의 스트레칭 체조에 대한 교육이 여성 근로자의 근골격계질환 예방을 위한 자기효능감, 건강 신념 및 실천 의지에 미치는 효과, 김기양·구정완(2005)의 전자부품 근로자의 근골격계질환 예방을 위한 운동 프로그램 실시 후 지식, 태도, 실천의 변화 연구, 김보경 등(2005)의 중소 규모 사업장 중상 호소자의 운동 프로그램 실시효과, 정민예 등(2008)의 농업인의 근력 강화 운동이 정신사회 및 신체적 건강 수준에 미치는 효과 분석, 정유선·김현욱(2008)의 치위생과 학생의 치면세마 실습 시 근골격계질환 예방교육 프로그램 실시 후 자세 변화의 영향, 김태홍(2008)의 견관절 부위의 근골격계질환을 가진 자동차업종 근로자의 스트레칭 운동 개발 및 효과 분석, 진창원 등(2009)의 치료적 안마 수기요법이 근골격계 통증과 피로 자각 증상에 미치는 영향 등이 있다. 이들 신체 증진활동에 관한 연구들은 주로 산업간호, 물리치료, 작업치료 분야의 연구자들을 중심으로 수행되었다.

사업장에서 근골격계질환 예방관리를 체계적으로 시행하기 위하여 예방관리 프로그램을 도입할 수 있다. 국내에서 도입되고 있는 근골격계 예방관리 프로그램은 해외에서는 인간공학 프로그램(ergonomics program)으로 불리고 있으며(OSHA, 1993; NIOSH, 1997), 프로그램의 구축과 운영효과 등에 관한 연구 등이 진행되어 왔다.

인간공학 프로그램의 도입에 따른 효과 및 프로그램 운영에 관한 효율을 평가하고 수정·보완하는 것은 인간공학 프로그램의 활성화를 위하여 중요한 절차이다. 인간공학 프로그램의 구축에 관한 연구로는 한국산업안전보건공단(2005)의 업무 특성에 적합한 근골격계질환 예방관리 모델 개발: 근골격계질환 예방관리 실무지침서 개발 연구, 정기효 등(2005)의 근골격계질환 예방관

리 프로그램에 관한 구조 분석 및 실무자 요구사항 조사 연구, 박희석·허소림(2006)의 제조업 근골격계질환 예방관리 프로그램의 구축 등이 있으며, 예방관리 매뉴얼에 관한 연구로는 김철홍 등(2009)의 비제조업종의 근골격계질환 예방관리 매뉴얼 개발이 있다.

Rosencrance and Cook(2000)은 인간공학 프로그램의 평가를 추진팀 업무 추진과정과 적용효과 평가로 구분하였고, 추진팀 업무 추진과정은 추진팀 크기, 대표성, 업무 분장 등을 기준으로 평가하였다. 또한 Demure 등(2000)은 인간공학 프로그램의 적용효과를 사고율, 근골격계질환 발생률, 근로자 만족도, 결근율 등을 기준으로 평가하였다.

미국 포드 자동차 공장의 경우 인간공학 관리 프로그램을 통해 300% 이상의 비용 절감효과를 거둔 것으로 보고되고 있다. 결근일, 결근시간 감소가 프로그램 도입 후 124.9일에서 34.9일로 72% 감소되었고, 장애의 감소도 상지가 57~86%, 허리가 56%로 정도 감소하였다고 보고하였다(Joseph, 2003). 자동차업종의 푸조(Moreau, 2003), 볼보(Munck-Ulfsfält et al., 2003), 영국 스코틀랜드 자동차업종(Butler, 2003) 등은 인간공학 프로그램을 도입함으로써 작업조건의 개선 및 근골격계질환자의 감소로 생산성의 증가와 비용의 절감효과를 거두었다는 평가를 받고 있다.

국내에서는 정은희 등(2006)의 병원사업장을 대상으로 한 참여형 개선활동기법 및 인간공학 프로그램 실시 후의 효과 분석, 김유창 등(2006)의 조선업종에서 3년간 인간공학 프로그램을 운영한 결과에 대한 효과 분석, 김재형 등(2007)의 자동차회사의 인간공학 프로그램 적용 등이 보고되었으며, 표연 등(2007)은 조선회사에서의 인간공학 프로그램 운용 사례를 통해 프로그램 시행 전·후 2년간의 비교로 생산성의 향상이 있었고, 산재보험 부담금은 22% 감소, 근골격계질환자수 및 근로손실일수 등에서 41.5~71.1% 감소한 반면에 연간 근로자 당 의료실 운용비는 29.2% 증가한 것으로 보고하였다.

### 근골격계질환 예방 프로그램 및 운용효과 관련 참고문헌

- Demure B. et al., Video display terminal workstation improvement program: I. Baseline associations between musculoskeletal discomfort and ergonomic features of workstations, *Journal of Occupational Environmental Medicine*, 42(8), 783-791, 2000.
- Joseph B., Corporate ergonomics programme at Ford Motor Company, *Applied Ergonomics*, 34(1), 23-28, 2003.
- Moreau M., Corporate ergonomics programme at automobiles PeugeotSochaux, *Applied Ergonomics*, 34(1), 29-34, 2003.
- Munck-Ullsfalt, U, et al., Corporate ergonomics programme at Volvo Car Corporation, *Applied Ergonomics*, 34(1), 17-22, 2003.
- NIOSH, Elements of ergonomics programs, NIOSH, 1997.
- OSHA, Ergonomics Program Management Guidelines for Meatpacking Plants, 1993.
- Rosecrance, J. and Cook, T., The use of participatory action research and ergonomics in the prevention of work-related musculoskeletal disorders in the newspaper industry, *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15( ), 255-262, 2000.
- 기미영 · 정혜선 · 김영임, 스트레칭 체조에 대한 교육이 여성 근로자의 근골격계질환 예방을 위한 자기효능감, 건강 신념 및 실천 의지에 미치는 효과, *산업간호학회지*, 13(2), pp.130-139, 2004.
- 김기양 · 구정완, 일개 전자부품 근로자의 근골격계질환 예방을 위한 운동 프로그램 실시 후 지식, 태도, 실천의 변화, *산업간호학회지*, 14(2), pp. 153-163, 2005.
- 김보경 · 박정일 · 임현우 · 구정완 · 이강숙, 중소 규모 사업장에서 근골격계 증상의 고위험군 선정과 운동 프로그램의 효과, *대한산업의학회지*, 17(1), pp.10-25, 2005.
- 김유창 · 장성록, 근골격계질환 예방을 위한 조선업종에서 인간공학 프로그램의 운영과 효과에 관한 연구, *한국안전학회지*, 21(6), pp.101-105, 2006.
- 김유창 · 이관석 · 장성록 · 최은진, 한국에서의 근골격계질환 경제적 분석, *대한인간공학회 2002년 학술대회논문집*, pp.233-238, 2002.
- 김철홍 · 문명국 · 김대성, 비제조업종의 근골격계질환 예방관리 매뉴얼 개발, *대한인간공학회지*, 28(1), pp.29-36, 2009.
- 김철홍 · 문명국 · 노상철 · 이재은 · 이명행, 자동차 부품 사업장에서의 작업환경 개선을 통한 근골격계질환의 예방효과에 대한 연구, *대한인간공학회 2007 추계학술대회 논문집*, pp.115-119, 2007.
- 김태홍, 견관절 부위의 근골격계질환을 가진 자동차 작업장 근로자를 위한 스트레칭 운동 개발 및 효과 검증, *한국체육과학회지*, 17(2), pp.981-992, 2008.
- 김현주 · 정우철, 일부 제조업체 노동자들의 작업 관련 근골격계질환의 증상 유형률과 일차 중재의 관련요인, *대한산업의학회지*, 17(2), pp.116-128, 2005.
- 박희석 · 허소림, 제조업 근골격계질환 예방관리 프로그램 구축 사례, *대한인간공학회 2006년 춘계학술대회 논문집*, pp.54-58, 2006.
- 유지형, 호텔 종사자들의 근골격계 증상 완화를 위한 운동 프로그램의 효과, *산업간호학회지*, 17(2), pp.138-145, 2008.
- 윤성용 · 우극현 · 김진석 · 유재영 · 최태성 · 하봉구 · 장용석 · 조성용, 중소 규모 사업장의 작업 관련성 근골격계질환 예방을 위한 참여형 개선기법(PAOT) 적용 사례, *대한산업의학회지*, 17(3), pp.249-258, 2005.
- 이윤근 · 한인임, 타이어 제조회사에서의 참여적 근골격계질환 예방관리 프로그램 적용효과, *한국산업위생학회지*, 19(1), pp.51-62, 2009.

- 장성록 · 김동준 · 박주용 · 김진우, 근골격계 부담작업 개선에 따른 경제적 효과 분석, *대한인간공학회 2007 추계학술대회*, pp.120-125, 2007.
- 정기호 · 이상기 · 권오채 · 유희천 · 김대성, 근골격계질환 예방관리 프로그램에 대한 구조 분석 및 실무자 요구사항 조사, *대한인간공학회지*, 24(3), pp.35-41, 2005.
- 정민애 · 양노열 · 유인규 · 고상백 · 이경숙 · 김경란 · 김효철, 일 지역 농업인의 근력 강화 운동이 정신사회 및 신체적 건강 수준에 미치는 영향, *대한산업의학회지*, 20(4), pp.343-350, 2008.
- 정유선 · 김현옥, 치위생과 학생의 치면세마 실습 시 근골격계질환 예방교육 프로그램 실시 후 자세 변화의 영향, *한국산업위생학회지*, 18(2), pp.141-148, 2008.
- 정은희 · 구정완 · 이종은 · 김순례 · 정혜선 · 우극현, 일개 병원에서의 참여형 개선활동기법 (PAOT) 적용 후의 평가 비교, *대한인간공학회 2006년 춘계학술대회 논문집*, pp.139-142, 2006.
- 진창원 · 조성재 · 홍혜정 · 홍윤희, 시각장애인 안마사의 치료적 안마 수기요법이 작업 관련성 근골격계 통증과 피로 자가 증상에 미치는 영향, *직업재활연구*, 19(2), pp.35-50, 2009.
- 최인석 · 정병용, 근골격계질환 관련 유해요인 조사자의 직무교육에 관한 연구, *대한인간공학회지*, 27(4), pp.65-71, 2008.
- 표연 · 정병용, 조선회사 인간공학 프로그램의 운용 사례, *대한인간공학회지*, 26(3), pp.45-52, 2007.
- 한국산업안전보건공단, 업무 특성에 적합한 근골격계질환 예방관리 모델 개발: 근골격계질환 예방관리 실무지침서 개발. 2005.

### 결론 및 검토

본 연구에서는 근골격계질환과 관련하여 발표된 국내 논문을 분류하여 '작업 개선 및 인간공학 프로그램 운영 효과' 측면에서 주요 주제와 관심사를 정리함으로써 근골격계질환 예방과 관련한 인간공학의 역할과 기여에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다.

본 연구에서 다루어진 주제와 내용들이 근골격계질환 예방을 위한 길잡이 역할을 하여 근골격계질환자 감소에 기여하기를 기대해 본다. 또한 효율적인 근골격계질환 예방활동을 위하여 인간공학의 역할을 확대할 수 있는 제도의 확립이 필요하고, 다양한 측면에서의 예방활동 접근을 위하여 산업의학, 산업위생, 산업간호, 물리치료, 작업치료 등의 학문 분야와 인간공학 학문과의 유기적인 협력을 기대해 본다. ☺

# 근골격계질환 예방을 위한 국내·외 제도



이동경 교수  
산업안전보건교육원 교수실

근골격계질환 예방을 위한 법규가 제정되어 시행된 지 벌써 8년째가 되었지만 근골격계질환을 예방하기 위한 구체적 방법을 알고 있는 사업장은 많지 않다. 그 이유가 여러 가지 있을 수 있겠지만 법 제도가 아직 명확하지 못한 점을 부인하기는 어려울 것이다. 따라서 3년 주기로 정기 시행하는 유해요인 조사를 위한 근골격 부담작업의 선정, 선정된 작업의 유해요인 조사를 통한 유해도 결정, 그리고 이에 따른 작업환경 개선 등 전반적인 법 제도 시행과정에서 발생한 문제점에 대한 검토가 필요한 시점이다. 본고에서는 지금까지 우리나라 법 제도의 경과와 문제점을 도출해 보고, 외국 제도를 고찰하여 제도적 개선사항을 제시하고자 한다.

## 지금까지의 경과

국내에서는 근골격계질환이란 용어 자체도 사실 1996년 이전에는 매우 생소하였으며 산업안전보건법에 전혀 언급조차 되지 않는 질병이었다. 사회적 관심을 끌기 시작한 계기는 1996년 한국통신공사 전자교환원의 경견완장해 집단 산재 승인(66명)이었고 이후 사회에 조금씩 알려지기 시작하였다. 그리고 1998년 124명, 1999년 344명, 2000년 1,009명에서 2002년에는 1,827명으로 근골격계질환자가 급격하게 증가하게 되었다.

2000년이 지나면서 근골격계질환의 문제는 양대 노총의 임·단협 핵심 쟁점사항으로까지 대두되었고, 여러 산업에서 근골격계질환자가 발생되기 시작하였다. 이에 따라 2001년 정부에서는 선진 외국의 예방사업에 대한 모범 사례 및 관련 제도를 조사·검토하였다. 그 후 2002년 12월 30자로 산업안전보건법 제24조(보건상의 조치) 제1항 제5호에 '단순 반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업에 의한 건강장해'를 추가하여

신설하게 되었다. 다음해인 2003년에는 사업주에게 보건상의 조치로 근골격계질환 예방의무를 부과(2003년 7월 1일 시행)하였고, 「산업보건기준에 관한 규칙」 제9장 근골격계 부담작업으로 인한 건강장해의 예방(제142조~제152조)을 신설(2003년 7월 12일 시행)하여 근골격계 부담작업에 대한 유해요인 조사 및 그 결과에 따른 작업환경 개선, 유해성의 주지, 의학적 관리, 예방관리 프로그램 작성·시행 및 중량물 들기작업 특별조치 등 사업주의 구체적인 보건상의 조치사항을 규정하였다.

이와 아울러 동 규칙에 따라 「근골격계 부담작업의 범위(고용노동부 제2003-24호)」인 컴퓨터작업, 반복작업, 부적절한 작업 자세, 무리한 동작 및 중량물작업 등 근골격계 부담작업에 해당되는 11가지 작업조건을 제정·고시(2003년 7월 15일)하였다. 동법은 1인 이상의 근로자를 사용하는 모든 사업 또는 사업장(국가·지방자치단체 및 정부투자기관 포함)에 적용되며, 제24조의

규정에 의한 근골격계질환 예방의무를 준수하지 않은 사업주는 법 제67조 제1호의 규정에 의하여 '5년 이하의 징역 또는 5,000만원 이하의 벌금'을 부과할 수 있도록 함으로써 근골격계질환 예방을 위한 법적 근거를 마련하였다.

법적 조치가 발효된 이후에도 근골격계질환자는 꾸준히 증가하여 2008년에는 6,733건으로 전체 질병자의 69.2%를 차지하고 있다. 2005년 초 한국경영자총협회가 1,245개 기업 산업안전보건 담당자를 대상으로 조사, 발표한 '산업 예방사업의 문제점과 개선방안 실태 조사'에 따르면 현재 안전보건 부문 관심 분야에 대해 근골격계질환 (60.4%)이라는 응답이 가장 많았으며, 향후 안전보건 부문 관심 분야로도 근골격계질환(51.9%)이 가장 많이 응답한 것으로 보고되었다(김상호, 2009).

따라서 3년 주기로 정기 시행하는 유해요인 조사를 위한 근골격 부담작업의 선정, 선정된 작업의 유해요인 조사를 통한 유해도 결정, 그리고 이에 따른 작업환경 개선 등 전반적인 법 제도 시행과정에서 발생된 문제점에 대한 검토가 필요한 시점이다. 이미 유해요인 조사 제도의 고찰(정병용, 2007)에서 부담작업 선정방법 제시(정병용·오순영, 2004)와 작업자의 의견을 종합하여 단위작업별 부담작업을 선정하고, 노·사 이견이 존재하는 경우 인간공학 전문가가 참여하여 작업측정을 하는 방법(정병용, 2007)을 추천하였다. 이외에도 근골격계 부담작업 11가지 항목의 확대(이창민 외, 2005)와 부담작업 판정에 대한 개선 요구(정병용·김현호, 2006; 박국무 외, 2006)가 있으며, 작업 평가의 다양성과 적용에 대한 문제점(기도형·박기현, 2005, 박재희·곽원택, 2006) 등 제도 개선에 대한 요구가 학계로부터 나오기 시작하였다. 그러므로 정부에서는 늘어나는 근골격계질환의 문제 감소방안으로 제도적 측면에서의 개선을 위한 접근이 가능한 빠른 시일 안에 필요하며, 이와 관련된 문제를 제기함과 동시에 외국의 제도 조사를 통하여 향후 나아가 할 방향을 제안하고자 한다.

## 국내·외 주요 근골격계질환 예방 제도

### 국내 근골격계질환 예방 법규 적용에서 문제점은 무엇인가?

국내 근골격계질환 예방 법규의 조항별 주요 내용을 소개하고, 현재까지 현장에서 적용하면서 발생한 주요 문제점을 동시에 제시함으로써 향후 법규 개정 또는 제도 개선 연구에 도움을 주고자 한다.

산업안전보건법 제24조 제1항에서는 제5호를 신설(2002년 12월 30일)하여 사업주에게 보건상의 조치로 근골격계질환 예방의무를 부과(2003년 7월 1일 시행)하였고, 동조 제2항에서는 근골격계질환 예방을 위한 사업주의 구체적인 보건상의 조치사항을 '산업보건기준에 관한 규칙'(이하 '보건규칙')에서 정하도록 위임하였다.

근골격계질환 예방의무는 법 제3조 및 동법 시행령 제2조의 2(별표 1)에 의하여 1인 이상의 근로자를 사용하는 모든 사업 또는 사업장(국가·지방자치단체 및 정부투자기관 포함)이 적용되고, 위반 시 벌칙은 사업주의 경우 법 제67조 제1호의 규정에 의하여 '5년 이하의 징역 또는 5,000만원 이하의 벌금'이 부과될 수 있다. 그러나 상기 법규정에 의한 구체적인 실행을 위한 사업주 및 근로자의 의무사항은 보건규칙 제269조 내지 제279조에 의하여 제시되고 있으며, 이러한 보건규칙의 적용 대상은 고용노동부 고시 제2003-24호에 의한 근골격계 부담작업의 존재 여부에 따라 결정되는 만큼 근골격계 부담작업의 선별이 매우 중요한 조건으로 작용되고 있었다.

결국 근골격계 부담작업의 선별 여부가 명쾌하지 못하면 법 적용 대상작업을 결정짓기 어려운 것은 자명하며, 현재까지 법 이행 여부를 확인하기 어려웠던 것도 1차적으로 바로 근골격계 부담작업의 애매한 성격 때문이었다. 특히 작업시간의 경우, 4시간 또는 2시간의 의미는 순노출시간을 의미하는데 이를 평가하기 위해서는 워크샘플링 방법을 사용하거나 장시간 관찰을 통한 누적시간을 도출해야 하므로 소규모 사업장에서 평가

하기 쉽지 않다.

현재 고용노동부 고시에서의 부담작업은 미국 워싱턴 주에서 제시한 Caution Zone(주의작업 : 사업주는 해당 근로자에 대하여 근골격계질환 예방에 대한 교육을 시킬 의무가 있음)을 모델로 만들어졌으나 각 항목별 판정 기준은 다르게 적용하고 있어 원래 의도하고 있었던 부담작업을 충분히 잘 선별하는 데 문제가 제기될 수 있다. 우리나라에서는 미국에서 적용한 위험작업(hazard zone : 사업주는 당해 사업장의 위험작업에 대하여 위험하지 않은 수준까지 개선 노력할 의무가 있음)에 대한 개념을 적용하지 않았기 때문에 부담작업의 해석기준이 원래 의도된 바와 거리가 있어서 발생한 혼선이라고 생각된다.

본고에서는 향후 제도 개선에 도움을 주기 위하여 미국의 원래 주의작업 및 위험작업의 기준과 한국의 부담작업기준을 비교 적용하여 문제점이 있는 항목에 대해서만 그 원인을 파악해 본다. 부담작업 11가지 각호에 대한 간략한 기준 해설과 문제점을 제시하면 다음과 같다.



우리나라에서 근골격계질환자는 꾸준히 증가하여 2008년에는 6,733건으로 전체 질병자의 69.2%를 차지하고 있다.

**1. 하루에 4시간 이상 집중적으로 자료 입력 등을 위해 키보드 또는 마우스를 조작하는 작업 :** 집중적이란 정의가 ‘입력작업의 목표량이 과도하게 미리 정해져 있거나 근로자가 일정 수준 이상 임의로 작업시간이나 휴식시간 등을 조절할 수 없는 경우’를 말하며, 컴퓨터 작업을 하는 경우라도 키보드나 마우스를 이용한 집중적 자료 입력작업이 아닌 경우에는 동 기준의 적용에서 제외한다고 되어 있으나 CAD 작업이나 일반사무작업 중 지속적인 컴퓨터 작업에서의 선별 등에 어려움이 있다. 따라서 우리나라의 경우 정보입력작업, 문서작업, 10-key 이용 장 부계원 등이 부담작업에 해당되지 않을 가능성이 높다.

**2. 하루에 총 2시간 이상 목, 어깨, 팔꿈치, 손목 또는 손을 사용하여 같은 동작을 반복하는 작업 :** ‘같은 동작’이란 ‘동작이 동일하거나 다소 차이가 있다 하더라도 동일한 신체 부위를 유사하게 사용하는 움직임’을 말하며, ‘반복하는 작업’의 기준은 <표 1>을 참고(Kilbom, 1994)하도록 되어 있으나 이는 고반복의 기준이고 일반적인 반복의 개념이 아니므로 매우 제한적으로 적용하고 있다. 미국의 경우 1회 이상 머리 위로 손이 간다면 1분의 노출시간으로 인정하나 <표 1>의 기준이라면 분당 어깨 2.5회의 기준에 속하게 되고 기타 손목 / 손, 팔꿈치 등이 기준에 매우 제한적으로 적용되고 있어 조립라인작업, 상자 포장작업, 식료품계산대 등의 작업에서도 해당되지 않을 경우가 있다.

<표 1> 신체 부위별 고반복 횟수

신체 부위	어깨	팔꿈치	손목 / 손
분 당 반복작업기준	2.5회	10회	10회

\* 출처 : Kilbom, A. (1994)

**3. 하루에 총 2시간 이상 머리 위에 손이 있거나, 팔꿈치가 어깨 위에 있거나, 팔꿈치를 몸통으로부터 들거나, 팔꿈치를 몸통 뒤쪽에 위치하도록 하는 상태에서 이루어지는 작업 :** ‘팔꿈치를 몸통으로부터 드는 경우’란 ‘수직 상태를 기준으로 위 팔(어깨-팔꿈치)이 중력에 반하여 몸통으로부터 전방 내지 측방으로 45° 이상 벌어져 있는 상태’를 말하나 실제 각도보다도 빈도에 대한 논의가

더 필요하며 부담작업에 대한 기준에서는 각도의 제시가 불필요하다고 할 수 있다.

**4. 지지되지 않은 상태이거나 임의로 자세를 바꿀 수 없는 조건에서 하루에 총 2시간 이상 목이나 허리를 구부리거나 트는 상태에서 이루어지는 작업 :** 미국에서는 하루 2시간 이상 목이나 머리를 30° 이상 구부리거나 젖힘 또는 비틀 경우와 20° 이상 옆구부림 등은 누적하여 계산하는 것으로 기준하고 있어 비교적 쉽게 판정할 수 있게 되어 있으나 우리나라의 기준은 20°와 5°의 기준이 제시되어 실제 육안으로 구별하기가 어렵게 되어 있다.

- ‘목이나 허리의 굽힘’은 ‘특별한 사정이 없는 한 수직상태를 기준으로 목이나 허리를 전방으로 20° 이상 구부리거나 허리를 후방으로 20° 이상 젖히는 경우’를 의미하며
- 무릎을 바닥에 댄 상태에서 허리를 전방으로 굽히거나 바닥에 앞으로 누워 있는 경우는 허리의 굽힘으로 보지 않음.
- 또한 ‘목이나 허리를 트는 상태’는 ‘특별한 사정이 없는 한 목은 어깨를 고정된 상태에서 5° 이상, 허리는 다리를 고정된 상태에서 20° 이상 좌우로 비튼 상태’를 말한다.

**6. 하루에 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 1kg 이상의 물건을 한 손의 손가락으로 집어 옮기거나, 2kg 이상에 상응하는 힘을 가하여 한 손의 손가락으로 물건을 쥐는 작업 :** 6호와 7호

는 같은 개념 작업형태이나 집기의 형태를 분명히 구분하여 평가되어야 할 필요가 있다.

**8. 하루에 10회 이상 25kg 이상의 물체를 드는 작업 :** 25kg 이상의 중량에 대한 규정이 없어 부담작업 선별에 제외되는 불합리한 점이 있다(예 : 35kg 이상 중량

물을 1회 작업하는 경우 등).

**9. 하루에 25회 이상 10kg 이상의 물체를 무릎 아래에서 들거나, 어깨 위에서 들거나, 팔을 뻗은 상태에서 드는 작업 :** 10kg 이하의 중량물을 나쁜 자세가 아닌 작업에서 많은 빈도로 들 경우 해당되지 않는 문제점이 있으므로 다른 보완조치가 필요하다.

이상의 부담작업에 대한 지금까지의 연구논문을 검토해 보면 현재 시행되고 있는 고용노동부 고시에 규정된 부담작업에 대한 정의가 미국 Washington OSHA에서 정의한 Caution Zone을 근거로 마련되었으나 객관적인 기준은 원래의 기준과는 다르게 제시되고 있어 노·사간의 논란이 계속되고 있으며, 이에 대한 수정·검토·보완이 필요하다(정병용, 2005). 동시에 진동이나 밀기, 당기기의 작업과 같은 작업에서의 부담작업기준이 없는 등 근본적인 검토가 필요하다.

〈표 2〉와 〈표 3〉에서 보면 부담작업에 대한 판단기준이 매우 차이가 있음을 알 수 있다. 인간공학 전문가 단체인 대한인간공학회에서 조사한 바에 의하면, 우리나라 전체 사업장에 대한 부담작업비율의 추정치가 약 92.1%(11가지 부담작업 중 어느 하나라도 해당되는 경우, 즉 유해요인 조사대상 작업장에 달하나 실제 유해요인 조사 이행에 대한 실태 조사에서는 현장 생산직에서의 부담작업 비율이 사업주와 근로자는 각각 25.3%와 26.2%에 지나지 않아 전문가의 판단과 현장에서의 판단이 매우 차이

〈표 2〉 전체 작업 중 근골격계 부담작업비율

직무	사업주			근로자		
	빈도	비율 평균(%)	표준편차	빈도	비율 평균(%)	표준편차
현장 생산직	255	25.3	22.6	169	28.4	26.2
사무관리직	137	8.2	12.7	65	7.8	12.6

\* KOSHA 산업안전보건연구원, 2007-124-1055, 기도형

〈표 3〉 국내 전체 사업장에 대한 부담작업비율

구분	조사대상 사업장수	부담작업	부담작업비율
대기업	619	571	92.2 %
중소기업	233	214	91.8 %
합계	852	785	92 %

\* KOSHA 2005, 12, 이창민, 대한인간공학회

가 남을 알 수 있다. 이를 보면 역시 부담작업의 선정과 판정에 대한 객관적 기준이 미비함을 알 수 있다.

또 다른 부담작업에 대한 논문을 추가로 검토해 보면, 노동부 판정기준은 정확성을 정량화하여 평가대상작업을 비부담작업으로 판정할 가능성이 높은 보수적인 평가방법으로 파악되었다(박국무 외, 2006). 그리고 전반적인 평가의 정확도는 낮았다. 공통 부담작업보다 비부담작업 판정의 정확성을 높이기 위해 자세 부하 평가의 정확성을 높이고 노출시간에 중점을 둔 평가기준들이 개선되어야 한다(박국무 외, 2006)는 문제점 개선을 위한 대안 제시 중 하나는 작업자에게 2시간 이상 수행하는 단위작업들 중에서 부담이 되는 작업내용을 서술하도록 하고 작업자들의 의견을 종합하여 단위작업별로 부담작업 여부를 선정하는 것이다. 그 결과 노·사 이견이 존재하는 경우에는 인간공학 전문가(인간공학 기사, 기술사)가 참여하여 작업측정을 하는 것이 추천된다(정병용, 2007).

다음은 근골격계 부담작업으로 선정된 작업에 대한 보건상의 조치사항으로 유해요인 조사에서 제기되는 문제점을 파악해 본다.

현재 정기 조사와 수시 조사의 개념도 시간이 지나면서 그 의미가 약해질 것으로 예상된다. 즉, 매 3년마다 정기 조사를 하게 되어 있으나 조사일 기준으로 3년 이내 정기 조사를 하게 되어 있으므로 조사일이 사업장마다 또는 작업마다 다를 수 있을 뿐 아니라 수시 조사를 실시한 경우에도 수시 조사일 기준으로 3년 이내 정기 조사를 실시하는 것이므로 정기 조사 여부를 정부에서



주요 선진국의 경우 근골격계질환을 예방하기 위한 교육과 기술적 지원 등을 통하여 성과를 얻고 있다.

일괄하여 확인하기가 어렵다. 따라서 최초 1회 정기 조사 일시를 조사일 기준으로 하는 것이 아니라 일정한 일자리를 지정하여 기준일자 내 한 번은 반드시 실시하게 하거나 정기 조사는 최초의 경우 1회 실시 보고한 후 신설 작업과 수시 조사의 대상을 명확히 하여 정기 조사의 내용에서 변경 수정된 내용을 기록·유지·관리하게 하는 방법이 논의될 수 있을 것이다.

정기 또는 수시 유해요인 조사를 위하여 현행 유해요인 조사 시행지침인 KOSHA code H-30-2008에 의하여 실시하게 되어 있으며, 근골격계 부담작업 유해요인 조사 이행실태 조사(산업안전보건연구원 2007-124-1055)결과 그 시행률은 <표 4>와 같이 실제 60%가 되지 않는 매우 낮은 수준(기도형, 2007)으로 나타났다.

일반적으로 대기업에서는 유해요인 조사를 자체적으로 시행하거나 외부 전문기관에 용역을 주어 시행하고 있으며, 유해요인 조사도 인간공학 전문가들이 참여한 사업장에서는 인간공학적인 평가 도구들이 사용되었고, 평가

<표 4> 2006년 이전 유해요인 조사결과

(단위 : 명, %)

구분	유해요인 현장 조사	증상 설문 조사		
		미실시	실시	계
사업주	미실시	137(40.3)	1(0.3)	138(40.6)
	실시	25(7.4)	177(52.1)	202(59.4)
	합계	162(47.7)	178(52.4)	340(100.0)
근로자	미실시	116(46.4)	1(0.4)	117(46.8)
	실시	22(8.8)	111(44.4)	133(53.2)
	합계	138(55.2)	112(44.8)	250(100.0)

도구들 중에서는 OWAS, RULA나 REBA 등이 널리 사용되었다(박재희 등, 2006).

현재까지는 대기업에서의 유해요인 조사는 외부 전문 기관에 용역을 주거나 자체적으로 시행하는 유형으로 나눌 수 있다. 반면, 300인 미만의 중소기업에서는 안전보건 관련 대행업체들이 유해요인 조사를 시행하고는 있으나 소규모 사업장의 경우는 대행료와 대행시간의 한계로 인하여 전문적으로 무상 지원하는 데 한계가 있다.

따라서 영세 중소기업이 자체적으로 유해요인 조사를 제대로 실시할 경우는 국고 지원에 의한 대행기관 또는 유해요인 위탁 민간업체의 양성을 통하여 지원할 수 있는 제도적인 보완을 하거나 중소기업용 유해요인 조사방법을 새로 제정하여 간편하게 스스로 실시할 수 있도록 하는 제도 개선이 요구된다. 이와 동시에 유해요인 조사를 전문적으로 시행하는 기관의 조사자들에 대한 자격 요건을 강화하는 것이 바람직하다. 여기서는 특히 유해요인 조사를 대행하는 기관은 필수적으로 인간공학 기사나 기술사를 조사자로 채용하는 것을 의무화할 필요가 있다(정병용, 2007).

한편, 유해요인 조사 제도에 대한 효율적인 관리를 위하여 근로감독관 등 감독·점검기관 종사자에 대한 인간공학적 측정 및 개선에 관련된 체계적인 양성교육과 유해요인 조사를 담당하는 조사자들에 대한 보수교육이 필요하다. 이를 위해서는 산업안전보건 관련 공공기관들이 인간공학 전담 부서를 신설하고 기술 자격을 가진 전문가들을 채용하는 등의 적극적인 노력이 필요하다고 여겨진다(정병용, 2007).

### 외국의 근골격계질환 예방법규 현황

주요 선진국의 경우 근골격계질환 예방을 위하여 많은 노력을 기울여 왔으며 법규정의 제정에 의존하기보다는 사회적 문제로 질환의 감소에 목표를 두고 교육과 기술적 지원 등을 통하여 성과를 얻고 있다. 특히 스웨덴의 경우, 업무상 질병 중 근골격계질환이 57%를 점유하고

본고에서는 사업장에서

가장 어려운 문제로 제기하고 있는

부담작업 선정과 유해요인 조사방법을 중심으로

제도 개선의 필요성과 방향을 제시하였다.

이밖에도 10인 이상 질환자 발생 시

근골격계질환 예방관리 프로그램 이행을 의무적으로

실시해야 하는 법적 규제 중심에서

근골격계질환 유발 가능성이 있는

근로자수 일정 규모 이상의 많은 사업장이

자율적인 예방 프로그램을 구축하는 것이 중요하다.

지속적으로 이를 이행해 나갈 수 있도록

시스템화하는 것이야말로 선진국에서

성공적으로 운용하고 있는 사전적 예방관리 체계의

도입이라고 할 수 있다. 마찬가지로 현재처럼

근골격계질환 예방활동이 유해요인 조사에서 끝나고

작업환경 개선으로 이어지지 않는다면

궁극적으로 목표로 하는 질환자 감소에는

접근하기 어려울 것이다.

있으며, 유해요인별로는 중량물 취급작업 55.5%, 반복작업 43.5%, 부자연스런 작업 자세 37% 순으로 높게 나타났다. 신체 부위별로는 상지 부위(위팔 / 아래팔 / 손목 / 손가락)가 전체 53%, 허리 부위가 17.5%, 목 부위가 16%, 하지 부위(엉덩이 / 무릎 / 종아리 / 발)가 13.5% 순으로 나타났다(SWEA, 2006). 미국에서는 1992년에 근골격계질환이 전체 33.6%(78만 4,100건)이던 것이 2000년에 그 비율이 34.7%로 정점에 올랐으며, 2007년 현재 다양한 노력으로 28.9%(33만 5,390건)로 줄어들고는 있지만 완전히 제거되기 어려운 것으로 보고하고 있다(BLS, 2009).

〈표 5〉에 나와 있는 미국에서의 부담작업(Caution Zone) 분류(OSHA Ergonomics, WAC 296-62-051)는 우리나라의 근골격계 부담작업기준의 모태가 되었으나 우리나라는 부담작업에 대해 유해요인 조사를 실시하여 유해도에 따라 작업환경 개선을 하게 되어 있다. 유해도의 명확한 기준이 제시되어 있지 않기 때문에 사업주들은 부담작업에 해당되면 개선해야 한다는 압박감이 작

〈표 5〉 근골격계 부담작업 체크리스트

신체 부위	부담작업기준	위험작업기준	작업공정 및 실태	개선 의견
반복성 (목, 어깨, 팔꿈치, 손목, 손)	하루 4시간 이상 자료입력 등을 위해 키보드 또는 마우스 조작	자세 : 30도 이상 손 굴절 또는 외전, 45도 이상 신전 시간 : 하루 7시간 이상	* 노출시간 계산 시 참고사항 <input type="checkbox"/> 부담작업 <input type="checkbox"/> 위험작업	의학, 법률 관련 필사, 정보 입력, 문서작업, 법정 서기관, 10-key 이용 장부계원 우선 순위 ① ② ③ ④ ⑤
반복성 (목, 어깨, 팔꿈치, 손목, 손)	하루 총 2시간 이상 목, 어깨, 팔꿈치, 손목 또는 손을 사용하여 같은 동작 반복(키보드 입력 제외, 진동이 없거나 미약할 경우)	자세 : 30도 이상 손 굴절 또는 외전, 45도 이상 신전 힘 : 과도한 힘을 주는 경우 시간 : 하루 6시간 이상	* 분당 1회 이상 머리 위로 손이 간다면 1분의 노출시간으로 계산 <input type="checkbox"/> 부담작업 <input type="checkbox"/> 위험작업	조립라인 작업, 상자 포장작업, 식료품 계산대, 롤러 이용 천장 페인트, 기계에 부품 투입, 농작물 수확 우선 순위 ① ② ③ ④ ⑤
자세(어깨)	하루에 총 2시간 이상 머리 위에 손이 있거나, 팔꿈치가 어깨 위에 있거나, 팔꿈치를 몸통으로부터 들거나, 팔꿈치를 몸통 뒤쪽에 위치하도록 하는 상태에서의 작업	하루 4시간 이상 (반복적으로 드는 경우에는 1분에 1회 이상 드는 경우)	- 바닥에 누운 경우 - <input type="checkbox"/> 부담작업 <input type="checkbox"/> 위험작업	천장 페인트칠하기, 나무 가지치기 나무에서 과일 따기 우선 순위 ① ② ③ ④ ⑤
자세(목, 허리)	지지되지 않은 상태에서거나 임의로 자세를 바꿀 수 없는 조건에서 하루에 총 2시간 이상 목이나 허리를 구부리거나 트는 상태에서 이루어지는 작업( 30° 이상 구부릴 경우 비틀기, 젖힘, 앞구부림 등은 같은 시간에 누적, 20° 이상 )	자세 : 목 45° 이상 구부림 시간 : 하루 4시간 이상 자세 : 허리 30° 이상 구부림 시간 : 하루 4시간 이상 자세 : 허리 45° 이상 구부림 시간 : 하루 2시간 이상	손을 짚을 경우 허리 숙임 제외이며 목숙임만 해당 <input type="checkbox"/> 부담작업 <input type="checkbox"/> 위험작업	o 고개 : 현미경작업, 실험실작업, 조립 혹은 점검작업 o 허리 : 건축에서 바닥 작업, 호텔 내의 정리작업 우선 순위 ① ② ③ ④ ⑤
자세(무릎)	하루에 총 2시간 이상 쪼그리고 앉거나 무릎을 굽힌 자세에서 이루어지는 작업	하루 4시간 이상	* 무릎이 발가락보다 튀어나올 경우 * 무릎 꿇은 상태에서 허리 굽힘 : 각각 분리해서 계산 <input type="checkbox"/> 부담작업 <input type="checkbox"/> 위험작업	o 쪼그리기 : 곡식 재배, 용접, 지붕작업 o 무릎 : 카펫, 타일, 바닥 설치 우선 순위 ① ② ③ ④ ⑤
손의 힘 (팔, 손목, 손)	하루에 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 1kg 이상의 물건을 한 손의 손가락으로 집어 옮기거나 2kg에 상응하는 힘을 가하여 한 손의 손가락으로 물건을 쥐는 작업	동작 : 반복성이 매우 강함 시간 : 하루 3시간 이상 자세 : 30° 이상 손굴절 또는 외전, 45° 이상 신전 시간 : 하루 3시간 이상 시간 : 하루 4시간 이상	쥐기와 집기는 별개로 평가 <input type="checkbox"/> 부담작업 <input type="checkbox"/> 위험작업	o 집기 : 판재 고르기, 전자제품 작은 수공구 사용, 무거운 섬유 의상 바느질, 인쇄소의 큰 종이 문지 옮기기, 도서관 책 정리하기 우선 순위 ① ② ③ ④ ⑤
손의 힘 (팔, 손목, 손)	하루에 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 4.5kg 이상의 물건을 한 손으로 들거나 동일한 힘으로 쥐는 작업	동작 : 반복성 매우 강함 시간 : 하루 3시간 이상 자세 : 상기 동일 시간 : 하루 3시간 이상 시간 : 하루 4시간 이상	<input type="checkbox"/> 부담작업 <input type="checkbox"/> 위험작업	o 쥐기 : 기계공, 정비 근로자, 건축 근로자, 정원사, 창고 근로자, 가구운반자 우선 순위 ① ② ③ ④ ⑤
중량물(무게)	하루에 10회 이상 25kg 이상의 물체를 드는 작업 또는 35kg(75lb) 이상 하루 1회 이상 들 경우	들기작업 평가 참조	<input type="checkbox"/> 부담작업 <input type="checkbox"/> 위험작업	건설 : 인조 벽판, 지붕재료, 파이프, 강철봉, 판자, 목재 우선 순위 ① ② ③ ④ ⑤
중량물(자세)	하루에 25회 이상 10kg(25lb) 이상의 물체를 무릎 아래에서 들거나 어깨 위에서 들거나 팔을 뻗은 상태에서 드는 작업	들기작업 평가 참조	<input type="checkbox"/> 부담작업 <input type="checkbox"/> 위험작업	간호사, 가구 옮김, 공항 수하물 취급, 쓰레기 수거인, 소포 배달, 세탁 서비스 우선 순위 ① ② ③ ④ ⑤
중량물(반복)	하루에 총 2시간 이상, 분당 2회 이상 4.5kg 이상의 물체를 드는 작업	들기작업 평가 참조	<input type="checkbox"/> 부담작업 <input type="checkbox"/> 위험작업	창고 배달센터 (선반쌓기, 주문 물량 고르기) 우선 순위 ① ② ③ ④ ⑤
반복된 충격 (손, 무릎)	하루에 총 2시간 이상, 시간 당 10회 이상 손 또는 무릎을 사용하여 반복적으로 충격을 가하는 작업	동작 : 1분에 1회 이상 시간 : 하루 2시간 이상 동작 : 1분에 1회 이상 시간 : 하루 2시간 이상	* 노출시간 계산 : 1분 1회 이상은 1분씩 계산 <input type="checkbox"/> 부담작업 <input type="checkbox"/> 위험작업	카펫 까는 작업, 단단하게 끼우는 조립작업 우선 순위 ① ② ③ ④ ⑤

- \* 미국 OSHA Ergonomics, WAC 296-62-051 부담작업 체크리스트
- \* 개선 우선 순위
  - 5 : 위험작업으로 분류되며, 개선대책 수립 시행 필요 정도가 높음
  - 4 : 위험작업으로 볼 수 있으며, 장기적인 대책이 필요한 정도
  - 3 : 근골격계 부담작업으로 분류되며 유해요인 조사 후 대책 수립·시행 검토가 필요한 정도
  - 2 : 근골격계 부담작업으로 볼 수 있으므로 올바른 작업 자세 유지 등 작업관리가 요구됨
  - 1 : 일반적인 작업관리가 요구되는 정도
- \* 진동기준 : 높은 진동 수공구 사용(하루 30분 이상), 보통 진동 수준(2.5m/sec<sup>2</sup>)의 수공구 하루 2시간 이상 사용
- \* 노출시간측정 : 근로자에게 작업 주기 결정 : 그 작업 주기 동안 실제 부적절한 자세로 있는 시간 길이 측정(노출시간 × 빈도수), 비디오테이프 사용
- \* 짧은 작업 주기 : 조립 라인에서 하나의 조립공정을 마무리하는 것
- \* 보통의 작업 주기 : 식료품가게에서 고객 한 명 처리하기, 사과과수원 한 나무 가지 치기
- \* 긴 작업 주기 : 창고 배달 물품 고르기작업에서 대량 주문 처리하기, 콘테이너 하나 다 채우기, 한 집의 방 하나 페인트칠하기 등

용하기 때문에 가능하면 부담작업에 분류되지 않기를 바라고 있다. 따라서 부담작업 선정률이 매우 저조하고, 부담작업 선정과정에서조차 노·사 간 이견이 대립될 수 있다.

미국에서처럼 부담작업은 교육의 의무만 제시하고 별도의 위험작업기준을 제시하거나 현재의 유해요인 조사 결과에 따른 유해도 결정을 명확히 할 필요가 있다. 향후 우리나라가 현재의 근골격계질환 관련 법 제도를 전문 개정하지 않고 일부 개정할 경우에는 위험작업에 대한 개념을 도입하여 부담작업의 모호함을 줄여줌과 동시에 현재 규칙 제 145조 작업환경 개선의 개선대상 선정도 해결할 수 있을 것으로 기대한다.

## 맺는말

본고에서는 사업장에서 가장 어려운 문제로 제기하고 있는 부담작업 선정과 유해요인 조사방법을 중심으로 제도 개선의 필요성과 방향을 제시하였다.

이 밖에도 10인 이상 질환자 발생 시 근골격계질환 예방관리 프로그램 이행을 의무적으로 실시해야 하는 법적 규제 중심에서 근골격계질환 유발 가능성이 있는 근로자수 일정 규모 이상의 많은 사업장이 자율적인 예방 프로그램을 구축하는 것이 중요하다. 지속적으로 이를 이행해 나갈 수 있도록 시스템화하는 것이야말로 선진

국에서 성공적으로 운영하고 있는 사전적 예방관리 체계의 도입이라고 할 수 있다.

마찬가지로 현재처럼 근골격계질환 예방활동이 유해요인 조사에서 끝나고 작업환경 개선으로 이어지지 않는다면 궁극적으로 목표하는 질환자 감소에는 접근하기 어려울 것이다.

이제까지 부담작업 선정의 어려움을 줄일 수 있는 제도적 개선방법이 제시되었고, 유해요인 조사의 효율적 진행을 위한 조사방법의 개선을 통해 자격 있는 전문 조사자의 육성 및 중소기업과 대기업의 조사방법을 구분하거나 중소기업에 대한 유해요인 조사 대행기관의 국고 지원 제도 도입 등도 제기되었다. 그뿐만 아니라 미국에서 제시한 주의작업과 위험작업의 구분을 통한 교육대상과 작업 개선대상을 명확히 할 수 있는 제도가 예시로 제시되었으며, 여러 선진국의 법 제도가 소개되었다. 그러나 근골격계질환 감소를 위한 실효성 있는 제도가 도입되기 위해서는 일부의 법규를 부분 개정하기보다는 부담작업 선정에서 유해요인 조사와 작업 개선 등이 마치 하나의 관리 시스템에서 유기적으로 움직일 수 있도록 조화롭고 프로그램화된 법규가 필요하다. ☺

### 참고문헌

- 정병용, 유해요인 조사 제도의 고찰 및 발전 방향, 대한인간공학회지, 26(2) 123-129, 2007. 5.
- 이창민·정병용 등, 근골격계부담작업 정밀실태 조사 연구, 한국산업안전보건공단, 2005. 12.
- 박국무·기도형 등, 인간공학적 작업 부하 평가방법을 이용한 근골격계 부담작업 판정기준의 정확성 평가, 대한인간공학회지, 25(2), 119-123, 2006. 5.
- 이관석·이동경 등, Introduction of W-MSDs Prevention Law and System in Korea, IIEA, 2008.
- 기도형·이인석 등, 근골격계 부담작업 유해요인 조사 이행실태에 관한 연구, 산업안전보건연구원, 2007-124-1055.
- 구정완·김성한 등, 주요 선진국의 근골격계질환 예방 제도 및 운영실태에 관한 연구, 산업안전보건연구원, 2008.

# 근골격계 부담작업 유해요인 조사에서 작업 부하 평가도구의 선택



**박재희** 교수  
한경대학교 안전공학과

근골격계 부담작업 유해요인 정밀 조사과정에 많은 인간공학적 작업 부하 평가도구들이 사용되고 있다. 이러한 평가도구들은 각각 파악할 수 있는 유해요인이 틀리고 장·단점들이 있어서 선택에 신중할 필요가 있다. 근골격계 부담작업 유해요인 조사는 작업 관련 근골격계질환 예방을 위한 가장 기본적인 조사로, 유해요인을 찾아내어 평가하고 작업을 개선하기 위한 목적을 갖는다. 산업보건기준에 관한 규칙에 의하면 근골격계 부담작업이 있는 사업장은 유해요인 조사를 실시해야 하고, 조사는 한국산업안전보건공단에서 개발한 KOSHA Code H30을 참조해 수행될 수 있다. 본고에서는 작업 부하 평가도구들을 체크리스트 기법, 작업 자세 관찰기법, 중량물 취급작업 평가기법 등으로 나누어 각 방법들을 비교, 설명하였다. 그리고 이러한 도구들을 사용해 유해요인 조사과정에 적용하는 적절한 절차와 방법에 대해 설명하였다.

## 유해요인 조사와 작업 부하 평가

근골격계 부담작업 유해요인 조사는 작업 관련 근골격계질환 예방을 위한 가장 기본적인 조사로, 유해요인을 찾아내어 평가하고 작업을 개선하기 위한 목적을 갖는다. 산업보건기준에 관한 규칙에 의하면 근골격계 부담작업이 있는 사업장은 유해요인 조사를 실시해야 하고, 조사는 한국산업안전보건공단에서 개발한 KOSHA Code H30을 참조해 수행될 수 있다.

KOSHA Code H30은 유해요인 조사 시 근골격계 부담작업 종사자에 대한 증상 설문 조사와 부담작업에 대한 유해요인 기초 조사를 실시할 것을 권고하고 있다. 증상 설문 조사는 부담작업 종사 근로자들 중 유증상자를 선별해 의학적 조치 등을 취하는 데 사용된다. 유해요인 기초 조사는 부담작업의 유해요인을 찾아낸 후, 작업 부하와 작업빈도를 각각 5점 척도로 평가해서 작업 개선 우선 순위를 정하는 데 사용되고 있다. 그러나 KOSHA Code H30의 유해요인 기초 조사에서 제시하

는 방법은 작업 부하를 평가함에 있어 근골격계질환 위험성에 대한 절대적 판단기준을 제시하지 못하며, 우선 순위 선정에서도 변별력이 부족한 문제점을 지니고 있다. 그래서 KOSHA Code H30에서도 유해요인 기초 조사 외에 인간공학적 작업 부하 평가도구를 이용한 유해요인 정밀 조사를 실시할 것을 권고하고 있다.

본고에서는 이러한 유해요인 조사과정 중 유해요인 정밀 조사에 사용될 수 있는 인간공학적 작업 부하 평가도구들을 체크리스트 평가기법, 자세 관찰 평가기법, 중량물 취급작업 평가기법 등으로 분류해 그 특징들을 비교 설명하고, 선택기준과 적용방법에 대해 설명하고자 한다.

## 작업 부하 평가방법들과 그 특징

### 체크리스트 평가방법

체크리스트 평가방법은 다양한 근골격계 유해요인을 제시하고, 작업에 유해요인의 존재 유·무나 노출시간

등을 평가해 작업 부하의 정도를 간단히 평가하는 방법이다. 체크리스트 방법은 RULA와 같은 구체적 평가 전에 문제되는 작업을 1차 선별하는 데도 사용될 수 있다. 대표적인 방법들로는 다음과 같은 것들이 있다.

■ WAC 296-62-05105

WAC 296-62-05105는 미국 워싱턴 주의 규정(WAC; Washington Action Code) 중 일반 산업보건표준의 하나로 근골격계질환 유해작업에 대한 범위 등을 규정하고 있으며, 관련 체크리스트를 포함하고 있다 (Washington State, 1996). WAC는 작업에 대해 주의가 요구되는 caution zone 작업을 규정하고 있다. WAC 체크리스트는 작업 자세와 부하에 대한 14개 문항을 포함하고 있으며, 별도로 들기작업을 평가하는 항목과 진동공구 사용에 대한 평가 항목을 담고 있다.

■ ANSI-Z365

ANSI-Z365는 작업 관련 근골격계질환 관리에 대한 미국의 표준으로 그 안에 체크리스트를 포함하고 있다 (ANSI, 1995). ANSI-Z365 체크리스트에는 근골격계질환 요인인 반복성, 부하, 작업 자세 등 모두 17개의 평가 항목을 포함하고 있으며, 각 항목별 노출 시간에 따른 배점이 있어서 체크된 항목들의 총 점수로 작업 부하의 위험도를 평가한다.

■ QEC(Quick Exposure Check)

QEC는 1998년 영국 Surrey 대학에서 근골격계 부담작업의 작업 부하를 평가하기 위해 개발한 체크리스트이다(David,

et al., 2008). 개발 초기에는 평가기준 등이 미비하였으나 꾸준한 평가, 보완작업이 있었다.

QEC는 다른 체크리스트와 달리 일부는 조사자가, 일부는 작업자가 나누어서 평가하는 것으로 되어 있다. 작업의 위험도는 신체 부위별로 평가하게 되는데 최악의 경우 얻을 점수에 대한 상대적 점수비율로 작업 부하를 평가한다. QEC는 작업자들의 참여를 보장한다는 점에서 장점을 가지고 있다.

■ HSE risk assessment worksheets

영국의 산업보건안전청(HSE)은 2002년 상지질환 예방에 관한 지침(HSG 60)을 개정하면서 상지질환의 유해도 평가를 수행할 수 있는 체크리스트를 개발하였다(Graves et al., 2004). 이 체크리스트는 2단계로 이루어져 있다. 우선 예비 체크리스트를 사용해 증상, 반복, 자세, 근력, 진동 등 5개 항목 중 어느 하나라도 체크가 되면 본 체크리스트를 이용한 평가를 한다. 본 체크리스트는 손 / 손가락 자세, 사회심리적요인 등 모두 8개 평가 항목을 담

〈표 1〉 체크리스트 방법 간 비교

유해요인		WAC	ANSI	QEC	HSE
자세	목	0	0	0	0
	어깨 / 팔	0	0	0	0
	손		0	0	0
	허리	0		0	0
	다리 / 무릎	0			0
반복		0	0	0	0
중량물(하중)		0	0	0	
힘		0		0	0
진동		0	0	0	0
접촉		0	0		
저온			0		0
작업시간		0	0		
작업 속도			0	0	0
정적 자세		0	0	0	
시각작업				0	
운전작업				0	
키보드작업		0	0		
스트레스				0	
개인차					0
결과	유해요인의 도출		ANSI score	신체 부위별 점수와 %	유해요인의 도출
장점	단순		다양한 평가 항목	근로자 참여	2단계(예비, 본) 평가
단점	정량화 없음		항목별 비중 미고려	다소 복잡	상지작업에 국한

고 있다. 평가결과는 점수화하지 않고 단지 문제점을 찾아내고 이에 대한 개선대책을 수립하도록 되어 있다.

각 체크리스트별로 고려되고 있는 유해요인, 평가결과와 형태, 장점과 단점을 <표 1>에 요약하였다.

### 작업 자세 위주 평가방법

OWAS가 개발된 이래, 작업 자세 관찰을 위주로 한 작업 부하 평가방법은 그 수도 많고 널리 사용되고 있다. 이러한 방법들은 넓은 범주로 보면 체크리스트 방법으로 볼 수도 있으나 앞에서 분류한 체크리스트 방법들보다 작업 자세에 대해 세분화된 분류를 지향하고 있다는 점에서 작업 자세 위주 평가방법으로 분류할 수 있다.

#### ■ OWAS(Ovako Working Posture Analysis System)

OWAS는 핀란드의 철강회사인 Ovako와 핀란드 산업보건연구원(FIOH)이 공동 개발한 자세를 위주로 한 작업 부하 평가 방법이다(Karhu et al., 1977). 이 방법은 작업자의 자세를 팔, 허리, 다리 등 인체를 세 부위의 자세로 구분해 분류한 후 여기에 부하까지 고려해 작업을 코딩해서 각 코드에 해당하는 action level을 가지고 작업 부하를 평가한다. action level은 1에서 4등급으로 분류된다. OWAS는 작업 자세 분류가 매우 단순해 적용이 쉽다는 장점을 가지나 반대로 작업 자세 분류가 세밀하지 못한 것이 단점이다. OWAS는 최초 철강공장에 적용된 것에서 알 수 있듯이 작업 자세가 다양하게 변하는 비정형 작업 등에 적용되고 있다.

#### ■ RULA(Rapid Upper Limb Assessment)

RULA는 영국 노팅엄대학에서 상지 중심의 작업을 평

가하기 위해 개발되었다(McAtamney and Corlett, 1993). RULA는 OWAS에 비해 작업 자세를 더 세분화해서 평가하며, 반복성과 정적 자세 요인이 평가에 추가로 고려되고 있다. 이 방법은 작업 자세를 상지의 자세와 목·허리·다리의 자세로 나누어 각각 평가한 후, 여기에 부하와 반복성(혹은 정적 자세)을 추가로 고려해 작업 부하를 평가한다. RULA의 작업 부하 평가 후 등급 부여는 OWAS와 동일하게 action level을 4단계로 나누어 평가한다. RULA는 원래 VDT 작업과 같은 상지를 위주로 하는 작업을 평가하기 위해 개발된 것으로, 다리 등에서 무릎 굽곡이 나타나거나 전신 운동이 나타나는 작업 분석에는 적합하지 못하다.

#### ■ REBA(Rapid Entire Body Assessment)

RULA가 상지작업 위주의 평가를 목적으로 개발되었기에 전신작업에 적용하는 데에 문제가 있었다. 이에 RULA를 개발했던 팀이 이와 비슷한 절차를 따르는 전신작업의 작업 부하 평가기법인 REBA를 개발했다(Hignett and McAtamney, 2000). REBA는 RULA와 마찬가지로 신체를 상지의 자세와 목·허리·다리의 자세로 나누어 평가한다. 다만, 최종적인 점수를 고려할 경우에서 물건을 들 때의 손잡이에 대한 평가 등이 추가되었다. 최종적인 작업 부하 평가는 RULA와 약간 다르게

<표 2> 작업 자세 위주 평가방법 간 비교

유해요인		OWAS	RULA	REBA	JSI
자세	목		0	0	
	팔	0	0	0	
	손		0	0	0
	허리	0	0	0	
	다리	0		0	
정적 자세			0	0	
반복			0	0	0
부하(힘 / 무게)		0	0	0	0
지속시간					0
작업 속도					0
커플링				0	
결과(output)		AL:1-4	AL:1-4 RULA score	AL:0-4 REBA score	JSI
장점		단순	검증 사례 다	전신작업 평가 가능	결과 지수화
단점		정밀도 저하	상지작업 국한	추가 검증 요	수작업 국한

action level을 0~4등급으로 분류해 5단계로 평가한다.

### ■ JSI(Job Strain Index)

JSI는 미국산업위생사협회(ACGIH)의 Moore and Garg(1995)가 주로 상지 말단인 손과 손목의 작업 부하를 평가하기 위해 개발한 방법이다. 이 방법은 OWAS, RULA, REBA와는 성격이 다른 평가방법이다. JSI에서는 작업의 강도, 지속시간, 반복, 손 / 손목의 자세, 작업 속도, 작업 지속시간 등 6개 변수에 대해 각각 평가를 하여 승수(multiplier)값을 얻은 후, 그 전체 승수의 곱으로 JSI 값을 구해 작업 부하를 평가한다. 이 방법은 상지 말단의 근골격계 부담에 대한 작업 부하 평가를 정량적으로 할 수 있다는 장점을 갖는 반면, 손을 제외한 나머지 신체 자세에 대한 평가는 할 수 없다.

### 중량물 취급작업 평가방법

작업 자세 관찰기법은 주로 불편한 작업 자세가 나타나는 작업 평가에는 적절하게 사용될 수 있다. 그러나 중량물을 수동으로 취급하는 작업에 적용하기에는 근력 사용 등에 대한 고려가 부족하다. 이에 중량물 들기와 같은 작업 평가에는 별도의 전문적인 평가방법들이 개발되어 사용되고 있다.

### ■ NLE(NIOSH Lifting Equation)

NIOSH는 들기작업과 관련한 그간의 연구결과들을 종합하여 들기작업 공식을 개발하였으며(NIOSH, 1981), 이후 1991년 비대칭성 자세의 들기작업과 커플링(coupling) 등을 포함해 응용 범위를 더 확장해 개정하였다(Waters et al., 1993). 개정된 방법에서는 들기작업의 들기지수(LI; Lifting Index)를 계산해 작업 부하를 평가한다. NLE는 들기 / 내리기작업 분석에서 가장 널리 사용되고 있는 방법이다. 그러나 한 손 들기작업이나 나르기작업 등에 대해서는 적용이 불가능하며, 다만 적재작업과 같은 복합 들기작업에 수식을 적용하는 과정이 복잡하다는 단점을 갖는다(박재희, 2009).

### KOSHA Code H30은 유해요인 조사 시

근골격계 부담작업 종사자에 대한 증상 설문 조사와 부담작업에 대한 유해요인 기초 조사를 실시할 것을 권고하고 있다. 증상 설문 조사는 부담작업 종사 근로자들 중 유증상자를 선별해 의학적 조치 등을 취하는 데 사용된다. 유해요인 기초 조사는 부담작업의 유해요인을 찾아낸 후, 작업 부하와 작업빈도를 각각 5점 척도로 평가해서 작업 개선 우선 순위를 정하는 데 사용되고 있다. 그러나 KOSHA Code H30의 유해요인 기초 조사에서 제시하는 방법은 작업 부하를 평가함에 있어 근골격계질환 위험성에 대한 절대적 판단기준을 제시하지 못하며, 우선 순위 선정에서도 변별력이 부족한 문제점을 지니고 있다. 그래서 KOSHA Code H30에서도 유해요인 기초 조사 외에 인간공학적 작업 부하 평가도구를 이용한 유해요인 정밀 조사를 실시할 것을 권고하고 있다.

### ■ MAC(Manual Handling Assessment Charts)

MAC는 영국 산업보건안전연구원(HSL; Health and Safety Laboratory)에서 들기 / 내리기작업, 나르기작업, 팀 물자 취급작업을 평가하기 위해 개발한 방법이다(Monnington, et al., 2002). 이 평가방법 중 들기 / 내리기작업에 대한 평가는 취급하는 중량물의 무게와 빈도, 손의 수평 위치, 바닥의 마찰 등 8개 항목으로 나누어 평가하여 점수를 부여한 후 총점으로 작업의 부하를 평가한다. 이 방법은 평가결과가 정량화된 점수로 표현은 되나 절대적 기준이 없는 점은 문제점으로 지적될 수 있다.

### ■ Snook Table

Snook Table은 들기, 내리기, 밀기, 끌기, 나르기 등 다섯 종류의 모든 수동 물자 취급작업(manual material handling task)에 대해 허용 가능한 중량물 혹은 힘을 표로 나타낸 것이다(Snook and Ciriello, 1991). 들기 / 내리기작업에서는 중량물의 너비, 수직 이동 거리, 시점과 종점의 위치, 분당 작업 횟수 등이 변수로 고려된다. 밀기 / 끌기작업에서는 손의 수직 위치, 이동 거리, 작업빈도 등을 고려한다. 이 방법은 수동 물자

〈표 3〉 중량물 들기작업 평가방법 비교

유해요인	NLE	MAC	Snook	3D SSPP
키와 몸무게			○	○
관절각				○
최대 무게(kg)	23		개인차	
무게	○	○	○	○
빈도	○	○	○	
지속시간	○			
시점	○	○	○	○
중점	○			
이동 거리	○		○	
자세 비대칭	○	○		○
커플링	○	○		
바닥 마찰		○		
자세 제약		○		
결과(output)	권장 무게 한계, 들기지수	점수	최대 허용 무게, 수용%	L5/S1 압축력, 수용%
장점	신뢰도 고	팀작업 평가 가능	수동 취급 종합적	역학적 분석 사용
단점	다소 복잡	절대 기준 미비	보간 필요	자세측정요, 다소 난해

취급 전체에 대한 적용이 가능하다는 면에서 장점을 가지나, 표에 제시된 변수들 값의 간격이 넓어 중간값에 대해서는 보간을 해야 하는 불편이 있다.

■ 3D SSPP(Static Strength Prediction Program)

3D SSPP는 미국 미시간대학의 Chaffin 교수에 의해 개발된 방법으로, 중량물 취급작업을 생체역학적 모형에 의해 작업 부하를 평가하는 방법이다(Chaffin, 1997). 기본적으로 작업자의 키와 몸무게 데이터, 5개 인체 관절 부위의 관절각값을 입력해주면 준비된 역학 모델에 의해 각 관절별 수용 가능한 작업자 %값과 척추의 L5 / S1 지점에 걸리는 압축력을 예측해 작업이 기준을 초과하는지의 정도를 정량적으로 보여주는 방법이며, 전용 프로그램도 개발되어 있다.

유해요인 조사 시 작업 부하 평가방법의 적용

일반적으로 작업 관련 근골격계질환의 발생요인으로 는 과도한 근력, 부적절한 자세, 반복, 장시간 무휴식, 진동, 접촉 스트레스, 저온 등이 제시되고 있다. 이러한

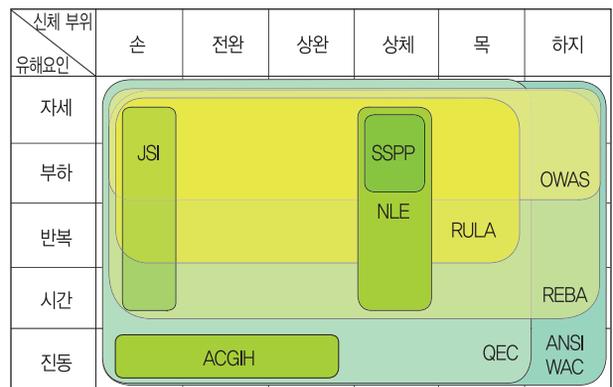
요인 가운데 자세, 부하, 반복, 시간, 진동을 한 축으로 하고 근골격계질환 발생 신체 부위를 한 축으로 하는 교차표를 만들어 볼 수 있다 [그림 1]. 그리고 이 표 위에 지금까지 언급된 인간공학적 작업 부하 평가방법들의 평가 항목을 고려해 각 방법들의 적용 가능한 범위를 나타내었다(박재희, 2010).

여기서 ANSI, WAC, QEC와 같은 체크리스트 평가방법들은 대부분의 유해요인

과 신체 부위를 포괄하고 있다는 것을 알 수 있다. 이런 체크리스트들은 범용성은 있으나 전문적인 부분에서의 정량적 평가가 약할 수밖에 없다.

반면에 상대적으로 NLE, SSPP, JSI, ACGIH의 진동 평가기준은 그 적용 범위가 좁으나 전문적이라 할 수 있다. 따라서 유해요인 조사 시 작업 부하 평가를 위해서는 평가의 목적과 범위에 따라 적절한 방법을 선택해 사용할 필요가 있을 것이다.

그러면 이러한 평가도구들을 유해요인 조사에 적용하는 절차는 어떻게 하는 것이 좋을까? 한국산업안전보건공단은 유해요인 조사 시 KOSHA Code H-30에 의거



〔그림 1〕 유해요인과 신체 부위에 따른 평가도구의 선택

해 <작업의 부하 × 빈도>와 같은 일반적 위험성 평가방법과 같은 형태로 수행하도록 하고 있다(한국산업안전보건공단, 2003). 이는 작업의 위험도를 일괄적으로 평가할 수 있으나 지나치게 주관적이고 변별력이 없다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 유해요인 기본 조사 적용 후, 여력이 있는 기업은 체크리스트를 가지고 전반적으로 사업장 내의 모든 작업을 일괄 평가해보는 것이 좋을 것이다. 체크리스트로는 ANSI- Z365나 QEC 등이 추천된다.

체크리스트를 통해 어느 정도 문제가 있다고 판단되는 작업이 있으면, 이 작업들에 대해서는 작업 자세 위주의 평가기법인 OWAS, RULA, REBA 등을 적용하는 것이 바람직하다.

모든 작업은 자세를 동반하기에 어느 작업에 대해서도 이 평가기법들은 적용될 수 있다. 단, 상지 중심작업은 RULA, 전신작업은 REBA, 작업 자세의 변화가 심한 경우는 OWAS를 이용하는 대신 샘플링을 많이 해 평균값으로 평가하는 것이 좋다.

작업 자세 위주의 평가를 마치면, 작업이 수동 물자 취급작업인지, 상지 중심적 수작업인지, 진동공구를 사용하는지의 여부에 따라 전문적 평가도구를 사용해야 한다. 중량물 들기작업에 대해서는 NLE가 신뢰성이 높으므로 이를 사용하는 것이 추천된다. 이후에도 추가적으로 정밀한 작업 부하 평가가 요구되면 그때는 EMG, 심박수, 산소 소모량 측정장치, 3차원 동작분석기와 같은

정밀한 전문측정장비를 동원해 측정, 평가해 볼 수 있을 것이다[그림 2].



[그림 2] 적절한 근골격계 부담작업 유해요인 조사 절차

### 참고문헌

- ANSI, Control of workrelated cumulative trauma disorders, Part 1: upper extremities, ANSI Z-365 Working Draft, Itasca, IL,1995.
- Chaffin, D. B., Development of computerized human static strength simulation model for job design, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 7(4), 305-322, 1997.
- David, G., Woods, V., Li, G. and Buckle P., The development of the Quick Exposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders, Applied Ergonomics, 39(1), 57-69, 2008.
- Graves, R. J., Way, K., Riley, D., Lawton, C. and Morris, L., Development of risk filter and risk assessment worksheets for HSE guidance-Upper Limb Disorders in the Workplace' 2002, Applied Ergonomics, 35, 475-484, 2004.
- Hignett, S. and McAtamney, L., Rapid Entire Body Assessment (REBA), Applied Ergonomics, 31, 201-205, 2000.
- Karhu, O., Kansil, P. and Kuorinka, I., Correcting working postures in industry: A practical method for analysis, Applied Ergonomics, 8(4), 199-201.
- McAtamney, L. and Corlett, N., RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied Ergonomics, 24(2), 91-99, 1993.
- Monnington, S. C., Andrew, D. J., Pinder, A. D. J. and Quarrie, C., Development of an inspection tool for manual handling risk assessment, HSL, 2002.
- Moore, J. S. and Garg, A., The strain index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders, America Industrial Hygiene Association Journal, 56, 443-458, 1995.
- NIOSH, Work practices guide for manual lifting, NIOSH technical report, NIOSH, 1981.
- Snook, S. H. and Ciriello, V. M., The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces, Ergonomics, 34, 1197-1213, 1991.
- Washington State, WAC 296-62-051(Caution Zone Checklist), Dept. of Labor and Industries, WISHA.
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Grag, A. and Fine, L. J., Revised equation for the design and evaluation of manual lifting tasks, Ergonomics, 36(7), 749-776, 1993.
- 박재희, 다단계적 복합 들기작업에 대한 NIOSH 단순 들기 수식의 적용 모형 개발, 한국안전학회지, 24(2), 76-82, 2009.
- 박재희, 작업 평가방법론 및 현장 고찰, 대한인간공학회지,29(4), 435-444, 2010.

# 근골격계질환의 의학적 접근



**구정완** 교수  
가톨릭대학교 의과대학  
예방의학교실  
가톨릭대학교 산업의학센터

근골격계질환을 산업의학적으로 접근할 때에는 근골격계질환의 진단과 치료방법의 임상의학적 관점뿐 아니라 질병의 업무관련성에 대한 접근과 업무적합성을 고려한 관리가 바탕이 되어야 한다. 사업장의 의학적 관리 시 각 근로자군의 특성과 근로 기간, 작업의 변동 여부, 환자의 질병단계에 따라 적절한 접근과 구체적 보건계획의 수립이 준비되어야 한다. 근골격계질환 예방에는 근골격계 부담작업의 개선 및 관리와 함께 부담작업의 이해 및 근골격계질환에 대한 근로자의 교육이 중요하다. 또한 작업환경 이외에도 사회적·경제적으로 가능한 문제를 고려한 업무관련성 평가와 업무적합성 평가를 통한 근골격계질환 예방관리 프로그램이 적절하게 이루어져야 한다.

## 서론

산업안전보건법은 오랜 시간 동안 반복되거나 지속되는 동작 또는 자세를 근골격계질환과 관련이 있는 작업형태로 규정하고 있다. 이러한 단순 반복작업으로 인하여 기계적 스트레스가 신체에 누적되어 목, 어깨, 팔, 팔꿈치, 손목, 손 등에 증상이 나타나는 경우를 근골격계질환으로 정의한다. 그리고 반복적인 동작, 부적절한 작업 자세, 무리한 힘의 사용, 날카로운 면과의 신체 접촉, 진동, 온도 등을 작업관련성 근골격계질환의 위험요인으로 규정하고 있다. 그러나 이는 물리적인 위험요인을 중심으로 설명한 것으로, 근골격계질환을 관리하려면 이외에 정신사회적 스트레스, 개인의 감수성, 작업 강도와 시간 등의 작업환경요인이 겹쳐진 다양한 요인이 작용하는 질환임을 이해하는 것부터 시작해야 한다.

2008년 산업재해 분석에 따르면 전체 근골격계질환

요양자 6,733명 중 신체 부담작업은 1,471명(21.8%), 비사고성 및 작업관련성 요통은 1,831명(27.2%), 사고성 요통은 3,401명(50.5%), 수근관증후군은 30명(0.4%)으로 확인되고 있다. 과거에는 제조업(조선, 자동차 등)에서 주로 발생하였으나 최근에 비제조업(의료기관, 호텔, 식당 등 서비스업종)까지 다양한 업종으로 확대되었다. 신체적으로 부담작업이 존재하는 한 작업관련성 근골격계질환은 광범위하게 전 업종에서 발생할 것이다.

근골격계질환을 산업의학적으로 접근할 때에는 근골격계질환의 진단과 치료방법의 임상의학적 관점뿐 아니라 질병의 업무관련성에 대한 접근과 업무적합성을 고려한 관리가 바탕이 되어야 한다. 따라서 근골격계질환의 의학적 진단방법 및 치료를 비롯해 사업장에서의 의학적 관리의 중요성을 알아보고, 근골격계질환의 업무적합성과 업무관련성에 대한 기본적 관점과 방법 등을 살펴보고자 한다.

## 의학적 진단 및 치료

근골격계질환을 진단할 때는 주소(chief complaint), 현재 병력과 과거 병력의 파악, 가족력, 임상적 검사(시진, 촉진 및 운동 범위의 측정 등), 사지의 계측과 같은 이학적 검사, 추가 실시되는 방사선 검사 및 기타 검사실 검사 등으로 크게 나눌 수 있다. 객관성에서 검사실 검사를 중요하게 여기는 경우가 많고 처방도 빈번하게 이뤄지는 현실이지만 가장 중요한 것은 이학적 검사와 병력 확인이다. 또한 과거의 병력과 현재 증상의 관련성 평가와 현재 증상의 발생요인에 대한 조사를 통해서 대부분의 진단이 이뤄지고, 검사실 검사의 경우는 이를 확인하는 작업으로 여기는 것이 더욱 적절하다. 치료방법에 큰 차이가 없는 경우에는 추가적 검사를 실시하지 않는 것이 보편적이다. 다만, 이학적 검사로는 진단이 확실하지 않고 이에 따라 치료방법의 차이가 발생할 수 있을 때나 추정된 진단에 맞춰 치료하여도 치료효과가 부적절할 경우에는 추가적 검사를 실시한다.

추가적 검사는 앞서 설명한 바와 같이 방사선 검사와 기타 검사실 검사로 나눈다. 방사선 검사에는 단순 X-선 검사, 전산화 단층 촬영술(CT; Computed Tomography), 자기공명영상(MRI; Magnetic Resonance Imaging), 초음파촬영(Sonogram), 골주사(Bone Scan) 등이 있고, 기타 검사실 검사로는 근전도(Electromyography)와 신경전도속도 검사(Nerve Conduction Velocity), 체성감각 유발 전위 검사(SSEP; Somatosensory Evoked Potential), 혈류 검사, 열 촬영술, 골밀도 측정 검사, 조직 검사(골수 검사) 등을 포함한다. 보고자 하는 부위(골[뼈], 근육, 인대 및 신경 등)와 질환의 특성(급성기 또는 만성기)에 따라 검사방법을 달리한다.

의학적 치료는 약물치료, 물리치료, 운동치료, 중재 시술치료 및 수술을 시행할 수 있으며, 질환의 적절한 처치 후 가급적 조기 작업 복귀를 실시할 경우 예후가 더 좋은 것으로 알려져 있다. 해부학적 손상이 확인되고 비

수술적 치료에 반응하지 않는 경우에는 수술을 고려할 수 있겠으나, 일반적으로 환자가 호소하는 증상과 여러 검사를 통한 해부학적 이상 소견에 따라 약물치료, 물리치료, 운동치료 등의 1차적 보존 요법을 실시하고, 이와 같은 치료로 효과가 적절하지 않을 때 중재적 시술과 수술을 고려하는 것이 일반적이다.

## 사업장의 의학적 관리방법

사업장의 의학적 관리 시 각 근로자군의 특성과 근로기간, 작업의 변동 여부, 환자의 질병단계에 따라 적절한 접근과 구체적 보건계획의 수립이 준비되어야 한다. 김양호(2005)의 연구에서는 질병 자연사 단계별로 무증상기 및 초기 증상기 근로자의 예방적 접근, 급성기 환자의 치료 및 복귀관리, 만성기 환자의 관리 또는 보건관리자가 의료인인지의 여부에 따라 <표>와 같이 관리할 것을 제시하였다.

먼저, 무증상기 및 초기 증상기 근로자의 경우, 근로자의 작업숙련도 여부에 따라 업무가 적합한지를 평가하고 작업의 근골격계 위험요인관리와 질병 방지교육을 실시하며 초기 증상 관리자의 의학적 관리 및 작업량관리가 필요하다. 초기 증상자의 의학적 판단을 통하여 급성기 치료의 실시 여부를 결정하되 작업에 의한 손상 진행을 예방하는 것을 목적으로 실시된다. 증상의 경중에 따라 적절한 치료를 선택하고 해당 근로자의 의학적 손실뿐 아니라 다양한 요인에 대한 면밀한 고려가 있어야 한다.

많은 경우 의학적 기능의 손실에 집중하여 업무 중단 또는 특근 및 야근 금지, 작업 전환 등 성급한 판단을 내리기 쉽지만 사업장 내에서는 작업 전환이 불가능한 경우도 많을 뿐 아니라 근로자 본인에게는 경제적 손실, 사회적 격리에 대한 부담 또한 상당한 중요성을 지니고 있다. 따라서 작업 내 치료를 실시하되 휴업치료가 불가 피할 때는 근골격계 손상의 치료와 재활치료를 함께 실시하며 조기 복귀 프로그램을 운영하는 것이 추천된다.

휴업치료 후 작업량 증가나 작업환경 적응을 고려한

〈표〉 근골격계질환의 질병단계별 의학적 관리

질병단계 관리전략	1단계(예방)		2단계(급성기 환자관리)		3단계(만성기 환자관리)
	무증상기(고위험군)	초기 증상기	치료기	복귀기	만성기
언제	1. 신규 배치 시 또는 공정 변경 시 2. 매일 업무 개시 전 및 업무 중 3. 주기적으로 1년에 1회	수시	초기 증상이 3일 이상 지속 될 때	업무 복귀 시	3개월 이상 증상 지속 되거나 재발될 때
어디서	현장	현장 / 사내 보건관리실	전문의료기관(*미리 지정계약)	현장 / 사내 보건관리실	
누가	부서 책임자(*전문교육 필)	최초 접촉자(부서 책임자)와 사내 보건관리자	1. 전문의료기관 의사 2. 부서 책임자 3. 보건관리자	부서 책임자 + 보건관리자 + 외부 전문강사	전문의
무엇을 어떻게	1. 표준작업서 작성 2. 작업훈련 3. 질병 방지교육 4. 업무적합성 평가 5. 스트레칭 및 체력 강화 6. 증상 체크	증상 호소자의 조기 처리 1. 3일 이내까지는 부서 책임자 가 관찰 - 업무를 경감시키거나 - 신체 부담이 다른 업무로 일 시 전환 2. 사내 보건관리자가 증상 완화 요법 실시 3. 스트레칭 및 근력 강화 4. 즉각적 의뢰	1. 근무 중 치료 - 업무를 경감시키거나 - 신체 부담이 다른 업무로 일시 전환 - 전문의의 지시에 따른 치료 2. 휴업치료 - 치료 후반기부터 근력 강 화운동이 필요하다는 것 을 교육 및 실시	1. 업무 복귀 프로그램 실시 2. 업무적합성 평가	1. 업무 복귀 프로그램 실시 - 필요시 외부 사회 심리상담 지원 2. 업무적합성 평가

프로그램을 운영한 경우에는 결근일과 결근시간 감소, 장애의 감소, 나아가 생산성의 증가, 비용의 절감효과를 보고하였다. 특히 질환의 만성화는 가장 다루기 어렵고, 예후와도 관련되는데 조기치료 및 작업 복귀가 가장 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 왔다. 적절한 작업 복귀 시스템은 근로자들의 노동손실을 줄이고, 초기 요양 후 작업 복귀까지의 시간을 단축시키는 데 중요하다. 우리나라에서도 자동차 제조업체, 중공업 등에서 작업 복귀 프로그램을 시행하고 있다. 예를 들어, 한 자동차 회사에서는 산재 요양 후 복귀 시점부터 사내에서 8주 프로그램을 진행한다. 이 프로그램은 요양기관이 재활보다 진단과 치료 중심이어서 시행하지 못했던 근력 강화 및 재활치료를 제공하여 재발 방지, 지속적인 운동 장려, 업무 적응 훈련효과를 거두고 있다.

### 업무관련성과 업무적합성

사업장 의학적 관리에서 살펴본 바와 같이 일반적인 임상의학의 관점에서 보면 질환의 진단, 치료만이 관심사로 여겨지지만, 산업의학적인 관점에서는 근로자의

질병과 업무는 서로 연장선상에 놓여 있다. 업무의 내용에 따라 근로자의 질환이 임상의학적으로 초기라고 할 지라도 더 이상의 진행을 예방하기 위해 업무를 제한해야 할 때가 있다. 이와는 반대로 질환이 진행되었지만 업무가 가능한 경우도 있을 수 있으며, 이에 대한 판단은 객관적이면서 의학적인 전문성이 요구된다. 업무관련성 평가와 업무적합성 평가 시에 이러한 여러 가지 측면이 중요시되고 있다.

업무관련성 평가는 산업재해 요양 신청과 같은 근로자의 치료가 필요한 경우 많이 접하게 된다. 이때는 질환을 일으킬 수 있는 현 작업의 작업환경이 어떠했는지에 대한 노출 평가와 노출이 질환을 일으킬 수 있는지에 대한 기전을 확인하기 위한 과학적이고 의학적인 기전의 고려가 1차적으로 시행되어야 한다. 어느 한 질환에서 직업과 관련된 특이적 임상 소견이 있을 가능성은 적으므로, 비슷한 작업을 실시했던 근로자들의 문헌에 대한 조사를 통해 노출과의 관련성을 확인해 가는 것이 2차적인 과정이다.

마지막은 이러한 노출이 해당 근로자에서 작업량과 기간 간에 충분한 관련성을 갖는지, 아울러 제3의 유발요

인은 없었는지 등을 확인하는 전문적이고 복합적인 평가과정이다. 그럼에도 불구하고 업무관련성 평가에서 '퇴행성'이라는 문구가 포함된 검사 소견만으로, 또는 과거에 비슷한 질병력이 있다는 이유만으로 종종 개인의 감수성과 외부요인의 균형 가운데 전자에 더 중점을 둔 이해를 통해 산업재해의 업무관련성 평가 시 업무관련성의 강도가 약한 쪽으로 판정되는 경우가 많다. 하지만 과거의 질환이 업무 부담으로 인해서 진행될 수 있으며, 질환이 없는 경우에도 퇴행성 특징이 직업적으로 노출되지 않는 사람들에 비해 일찍 나타날 수 있다는 점을 잊어서는 안 된다. 특히 근골격계질환은 누적 외상성 질환(cumulative trauma disorders), 반복긴장장애(repetitive strain injuries, repetitive motion disorders)라는 병명을 사용해 왔고, 대개의 근골격계질환이 한순간에 발생된 강한 힘에 의한 급성기의 손상을 포함하여 수 주, 수 개월 및 수 년 동안 빠른 동작과 반복된 힘을 요하는 업무에 종사했기 때문인 것으로 인정되었기 때문이다.

비록 현재는 원인적으로보다는 좀 더 포괄적인 용어 사용을 위해 근골격계질환(musculoskeletal disorder)이라고 하지만 누적성 피로에 의한 손상으로서 사회적으로도 인정되고 있다. 과거 업무상 질병의 인정기준에서 퇴행성 질환 및 변화는 제외한다는 문구가 있었으나 실제 근골격계질환이 퇴행성 질환이라는 점을 포함하기 때문에 논리적으로 맞지 않아 삭제된 것도 이를 뒷받침하고 있다.

업무적합성 평가의 경우, 1차적인 목적은 근로자가 자신의 안전과 건강에 위협 없이 자신이 하고자 하는 업무를 효과적으로 수행할 수 있는지를 확인하는 것이다. 이는 동료 근로자의 건강 및 안전에 좋지 않은 영향을 미칠 것인지를 판단하기 위함이다. 이를 통해 '아무런 제한 없이 현재 업무가 가능한지, 일정한 제한조치를 취한 후 현재 업무에 근무가 가능한지, 일시적으로 현재의 업무를 중단하고 치료 및 기타의 관리가 필요한지, 영구적으로 현재의 업무가 불가능하며 업무 전환이 필요한지'

를 판단할 수 있다. 그러나 근로자의 사회경제적·정신적 손실을 고려하지 못할 경우에는 근로자에게 가장 좋은 결정을 내리기 위한 업무적합성 판정이 오히려 근로자 자신에게는 해가 될 수도 있다는 점을 잊어서는 안 된다.

업무적합성의 판정은 근로자 개인의 의지를 무시한 결과가 되어서는 안 되며, 의학적 손상과 작업관련성에 대한 가장 객관적인 정보를 제공하고 최선의 선택을 이끌어 낼 수 있도록 도와주는 것이 중요하다. 업무적합성 판정 시 객관적인 작업환경측정의 결과는 작업량 및 교대 여부 등의 작업환경과 같은 작업 자체에 대한 평가를 가장 잘 할 수 있는 보건 관리자와 의학적인 건강 영향 평가를 함께 고려하기 위한 산업의학 전문의의 협력을 통해 업무적합성 평가를 실시하여 이루어지는 것이 추천된다. 이를 통해 가장 좋은 결론을 이끌어 내고 지속적 근골격계질환 예방관리 프로그램을 운영할 수 있을 것이라고 본다.

## 결론

근골격계질환의 의학적 접근 시 질환의 단계별로 적절한 진단과 치료가 이뤄질 경우에는 조기 증상자의 만성화를 예방하고, 환자의 재활을 도울 수 있다. 근골격계질환 예방에는 근골격계 부담작업의 개선 및 관리와 함께 부담작업의 이해와 근골격계질환에 대한 근로자의 교육이 중요하다. 또한 작업환경 이외에도 사회경제적으로 가능한 문제를 고려한 업무관련성 평가와 업무적합성 평가를 통한 근골격계질환 예방관리 프로그램이 적절하게 이루어져야 한다. 🌐

### 참고문헌

- 김양호, 작업관련성질환의 산업의학적 관리 모델 개발 연구, 산업안전보건연구원, 인천, 2005.
- 홍정연·구정완, 근골격계질환의 의학적 접근, 대한인간공학회지, 2010;29(4):473-478.

# 조선업종에서 인간공학 프로그램 운영 사례



김유창 교수  
동국대학교 산업경영공학과

조선업은 규모가 방대하고 주문생산에 따른 생산구조가 복잡하여 표준화가 어렵기 때문에 근골격계질환 예방 등 안전보건관리에 많은 한계성이 존재한다. 또한 작업은 한정된 공간에서 이루어지기 때문에 다른 업종에 비해 부적절한 작업 자세와 무리한 작업, 반복작업 등으로 인한 근골격계질환 발생 위험성이 높다. 국내에서 인간공학 프로그램을 도입하여 시행해 온 조선업체를 대상으로 인간공학 프로그램을 운영한 효과로는 '근골격계질환자수 3년간 30.0% 감소, 근골격계질환 요양 복귀자수 3년간 74.2% 증가, 근골격계질환으로 인한 재해손실비용 3년간 123억 4,000만원 감소로 나타났다. 본고는 해당 조선업체를 대상으로 인간공학 프로그램 운영의 효과를 파악하고, 인간공학 담당자와의 면담 및 설문 조사를 통하여 인간공학 프로그램의 운영 중에 발생하는 문제점과 개선 방향을 제시하였다.

## 서론

작업관련성 근골격계질환은 최근 몇 년간 사업장의 집단적 발병, 산업재해자수 급증 등으로 인하여 산업안전보건 분야의 주된 문제가 되고 있다. 특히 선박, 자동차, 중공업 등의 제조업에서 이러한 문제는 노·사 간의 갈등을 야기하는 주요인으로 작용하여 사회적 이슈로 대두되었다(김유창·배창호, 2006; 이윤근·임상혁, 2006).

사업장에서 근골격계질환이 큰 문제점으로 이슈화되었기 때문에 정부에서는 권고만으로는 근골격계질환 예방에 한계가 있다고 판단하여 관련 법을 제정하였다. 정부의 입법화와 노조를 중심으로 근골격계질환 예방에 대한 작업자의 요구가 증가함에 따라 최근 몇몇 대기업에서는 인간공학적 작업환경 개선과 인간공학 프로그램 도입 등 근골격계질환 예방활동을 추진하기 위한 움직임이 활발해졌다(오순영·정병용, 2005; 이관석·김유창, 2005; 이윤근·한인임, 2009).

선진 외국의 경우 대부분의 대기업에서는 인간공학 프로그램을 도입하여 근골격계질환의 체계적인 관리를 실시하여 근골격계질환 예방에 상당한 효과를 보고 있다. 국외 인간공학 프로그램의 구축과 시행으로 인한 효과에 대하여 살펴보면, 인텔(1999)은 인간공학 프로그램 도입 후 1994부터 1998년까지 근골격계질환의 비율이 72% 감소되었고, 직·간접비용은 약 1억 달러 이상 절약되었다. 제록스의 경우에도 1992년 인간공학 프로그램 도입 후 근골격계질환자수가 24% 감소되었고, 근골격계질환 관련 직접비용도 56%가 감소되었다고 보고하였다(Azar, 2000). 나비스타 국제 운송회사는 인간공학 프로그램을 적용한 결과, 시행 전인 1993년에 비하여 1996년에 근골격계질환 보상비는 61%, 건당 보상비용은 49%가 감소하였다고 보고하였다(GAO, 1997).

본 연구의 대상인 조선업은 규모가 방대하고 주문생산에 따른 생산구조가 복잡하여 표준화가 어렵기 때문에 근골격계질환 예방 등 안전보건관리에 많은 한계성이

존재한다. 또한 매우 다양한 공정과 작업요소로 구성되어 있으며, 대부분의 작업이 밀폐된 혹은 한정된 작업공간에서 이루어지기 때문에 다른 업종에 비해 부적절한 작업 자세 및 무리한 작업, 반복작업 등으로 인한 근골격계질환 발생 위험성이 높은 것으로 알려져 있다(김상우, 2005; 구분연, 2007).

국내에서 근골격계질환 예방을 위한 조선회사의 인간공학 프로그램 운영효과에 대한 연구가 몇몇 진행되었다(김유창·장성록, 2006; 표연·정병용, 2007). 김유창 등은(2006) 인간공학 프로그램의 운영에서 근골격계질환자수와 손실비용 감소, 근골격계질환 요양 복귀자수 증가 등을 보고하였다. 표연 등은(2007) 근골격계질환자수의 감소, 근로손실일수 감소 등의 안전지수뿐만 아니라 연간 조립량의 증가와 매출액의 증가 등 생산성 지수의 향상에 대하여 연구하였다.

본고는 국내에서 인간공학 프로그램을 도입하여 시행해온 모 조선업체를 대상으로 인간공학 프로그램 운영의 효과를 파악하고, 인간공학 담당자와의 면담 및 설문 조사를 통하여 인간공학 프로그램의 운영 중에 발생하는 문제점과 개선방향을 제시하였다. 본고는 전에 학회지에 발표한 논문을 요약 정리한 내용이다(김유창·장성록, 2006, 2010).

## 연구방법 및 과정

### 인간공학 프로그램 개요

인간공학 프로그램이라 함은 유해요인 조사, 작업환경 개선, 의학적 관리, 교육·훈련, 평가에 관한 사항 등이 포함된 근골격계질환을 예방·관리하기 위한 종합적인 관리 시스템을 말한다(김유창, 2006).

본 연구에서 적용하고 있는 인간공학 프로그램은 한국 조선업의 대표적인 사업장에서 근골격계질환 예방을 주목적으로 적용 중인 인간공학 프로그램이다. 인간공학 프로그램 개발을 위해 대한인간공학회 소속의 연구자 3명과 회사의 TFT가 4개월에 걸쳐 투입되었고, 개발된

프로그램을 2개 부서에 시범 적용한 후 수정, 보완하여 완성하였다. 본 인간공학 프로그램은 매뉴얼과 절차서로 구성되어 있다.

매뉴얼에서는 인간공학의 중요성, 사업주 책임 및 작업자의 참여, 근골격계질환 예방을 위한 조직의 구성과 교육 등에 기본 규정을 나타내고, 각 절차서의 내용을 간략하게 소개하고 있다. 그리고 절차서는 5단계로 구성되며, 그 내용은 [그림 1]에 제시하고 있는 것과 같이 <절차서 1>은 '작업 개선 우선 순위 선정', <절차서 2>는 '작업스트레스 평가', <절차서 3>은 '해결방안의 개발 및 선택', <절차서 4>는 '해결방안의 실행', <절차서 5>는 '사후관리, 프로그램 평가'이다.



[그림 1] The procedures being implemented in an ergonomics program

### ■ 절차서 1 : 작업 개선 우선 순위 선정

문제가 있는 작업이나 공정을 찾기 위해서 <절차서 1>에서는 유해요인 조사와 근골격계 증상 조사, 안전보건 기록 분석을 실시하였다. 유해요인 기본 조사와 근골격계 증상 조사는 KOSHA CODE H-30-2003의 내용을 기초로 하고, 조선업에 적합하다고 판단되는 인간공학 적 작업 평가 기법인 OWAS(Ovako Working Posture Analysis)를 전체 작업에 적용하여 분석하였다. 안전보건 기록 분석은 각 부서에서 최근 3년간의 산재 및 건강 교실 이용 실적에 관한 자료를 바탕으로 신체 부위별·

직종별 등으로 다양하게 실시하였다. 앞서 조사된 데이터와 평소 작업자의 불만이나 개선효과가 많은 작업을 고려하여 각 TFFT와 부서 회의를 통하여 매 반기마다 개선대상 작업을 선정하도록 하였다.

### ■ 절차서 2 : 작업스트레스 평가

〈절차서 1〉에서 선정된 작업을 중심으로 비디오 촬영을 실시하고, 작업스트레스 평가 및 스트레스 원인 분석을 실시하였다. 작업스트레스 평가는 육체적 스트레스와 정보 처리과정에서의 스트레스로 구분하여, 발생하는 스트레스를 인간공학적 정밀 분석 기법으로 보다 상세하게 실시하였다. 사용된 인간공학적 기법은 작업내용에 따라 NLE, ANSI Z-365, RULA, REBA 등을 사용하였다. 그리고 스트레스의 원인에 대하여 앞서 실시한 유해요인 조사보다 상세히 기술하도록 하였다.

### ■ 절차서 3 : 해결방안의 개발 및 선택

현재까지 파악한 스트레스의 원인 제거에 중점을 두고 작업자 면담 및 부서 회의를 통하여 공학적 개선 관점에서 문제 해결방안을 개발하였으며, 이 과정에는 실행 가능성의 여부, 비용, 예상효과 등이 고려되어 최종 해결방안이 선택되었다. 이 때 해결방안에서 생산성이나 품질문제가 아닌 근골격계질환문제에 중점을 두고 인간공학적 해결방안을 찾도록 하였다.

### ■ 절차서 4 : 해결방안의 실행

〈절차서 3〉에서 선택된 해결방안의 세부 일정 및 개선계획서를 부서 내의 협의를 통하여 작성하도록 하고, 실행에 앞서 근골격계질환자가 생긴 작업 또는 해당 작업자가 많거나 한 번의 실행으로 전사적인 효과를 볼 수 있는 개선안 등을 먼저 실행에 옮기도록 권장하였다.

### ■ 절차서 5 : 사후관리, 프로그램 평가

마지막으로 사후관리 및 평가에서는 각 부서의 〈절차서 1〉~〈절차서 4〉까지 진행업무에 대한 수행도 평가와

문서관리, 프로그램의 실행에 관한 감사(audit) 원칙으로 구성되었다. 그리고 개선 3개월 후 인간공학적 작업환경 개선 사례 발표회를 회사 임원과 노·사 합동으로 실시하였다.

## 인간공학 프로그램 운영

인간공학 프로그램 개발 후 1년간 외부의 프로젝트 연구진과 함께 전사적으로 인간공학 프로그램을 운영하였으며, 그 이후 회사 자체적으로 운영하였다.

본 사업장은 인간공학 프로그램의 원활한 운영을 위하여 생산 현업부서에 부서별로 현장개선위원회를 구성하였다. 현장개선위원회는 팀장, 운영파트장, 생산파트장 1명(대의원 2인 이상인 부서), 대의원 3명 이내(대의원 1명인 부서는 실작업자 1명 포함), 직·반장 중 1명, 부서 인간공학 담당자로 구성되었다. 그리고 현장개선위원회는 부서별로 1명의 인간공학 담당자를 임명하고 회의에 참석하도록 하였다. 임명된 인간공학 담당자는 해당 조직의 인간공학적 작업장 개선을 위한 활동과 관련된 모든 내용을 문서로 기록하는 등 현장개선위원회 활동의 핵심요원으로 활동하였다.

인간공학 프로그램을 전사적으로 운영하기 전에 각 부서별 인간공학 담당자, 대의원, 부서장, 현장의 직·반장, 관리감독자를 대상으로 근골격계질환의 중요성, 인간공학 프로그램 등의 교육을 실시하여 근골격계질환 예방에 대한 관심과 참여를 유도하였다.

## 인간공학 프로그램 운영 효과

### 근골격계질환자수 감소

본 사업장에 인간공학 프로그램이 전사적으로 적용된 후, 3년간 근골격계질환자수는 30.0% 감소하였다. 이러한 결과는 사업장 구성원의 노력으로 인간공학 프로그램이 본 사업장에 전파되고, 인간공학적 작업 개선활동이 활발히 진행되면서 근골격계질환의 유해요인이 감소한 결과로 판단된다.

## 근골격계질환 요양 복귀자수 증가

근골격계질환자수의 감소와 함께 근골격계질환 요양 복귀자수가 증가하는 경향을 보였다. 본 사업장에 인간공학 프로그램이 전사적으로 적용된 후, 3년간 근골격계질환 요양 복귀자수는 74.2%가 증가하였다. 이러한 결과는 인간공학 프로그램의 적용으로 활발한 작업장 개선활동이 전개되면서 일하기 좋은 회사 분위기를 형성하고, 작업자의 만족도가 높아짐으로써 인간공학 프로그램 적용 전에 비해 요양자들이 조기에 복귀한 결과로 판단된다.

## 근골격계질환자수 감소에 따른 재해손실비용 감소

김유창 등(2002)은 하인리히의 재해손실비용 모델(재해손실비용 = 직접비 + 간접비, 직접비 : 간접비 = 1 : 4)에 의하여 한국에서 근골격계질환으로 인한 1인 당 재해손실비용은 약 1억 5,000만원으로 추산된다고 보고하였다. 이를 토대로 본 사업장의 근골격계질환으로 인한 재해손실비용은 3년간 123억 4,000만원이 감소한 것으로 추산된다.

이러한 결과는 많은 외국 사례와 같이 인간공학 프로그램의 효과적인 도입은 근골격계질환으로 인한 재해손실비용의 감소를 가져 온다는 결과와 일치하는 것으로 분석되었다.

## 인간공학 프로그램 운영 평가

### 설문 조사

인간공학 프로그램의 현장 적용과정을 마친 후 TFT와 인간공학 담당자를 대상으로 프로그램 진행에 대한 만족도 및 개선점을 파악하기 위해서 설문 조사를 실시하였다. 설문은 크게 조직, 교육, 절차서 진행, 적용효과, audit, 향후 방안에 대하여 세부 질문항목으로 구성하였으며, 총 객관식 25문항과 주관식 2문항으로 이루어져 있다.

설문지는 총 195부가 회수되었는데 설문에 참여한

선진 외국의 경우 대부분의 대기업에서는 인간공학 프로그램을 도입하여 근골격계질환의 체계적인 관리를 실시하여 근골격계질환 예방에 상당한 효과를 보고 있다. 국외 인간공학 프로그램의 구축과 시행으로 인한 효과에 대하여 살펴보면, 인텔(1999)은 인간공학 프로그램 도입 후 1994부터 1998년까지 근골격계질환의 비율이 72% 감소되었고, 직·간접비용은 약 1억 달러 이상 절약되었다. 제록스의 경우에도 1992년 인간공학 프로그램 도입 후 근골격계질환자수가 24% 감소되었고, 근골격계질환 관련 직접비용도 56%가 감소되었다고 보고하였다(Azar, 2000).

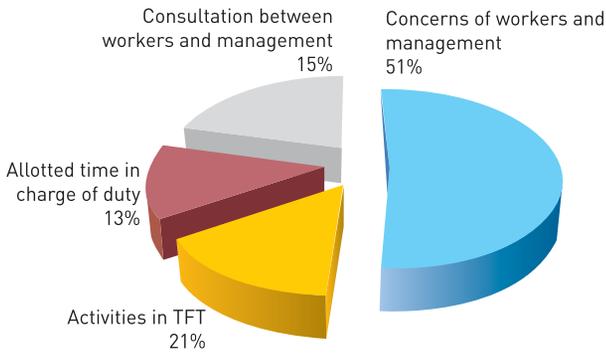
나비스타 국제 운송회사는 인간공학 프로그램을 적용한 결과, 시행 전인 1993년에 비하여 1996년에 근골격계질환 보상비는 61%, 건당 보상비용은 49%가 감소하였다고 보고하였다(GAO, 1997).

사람의 구성은 <표>와 같고, 주요 조사내용은 다음과 같다.

<표> Survey participants' information

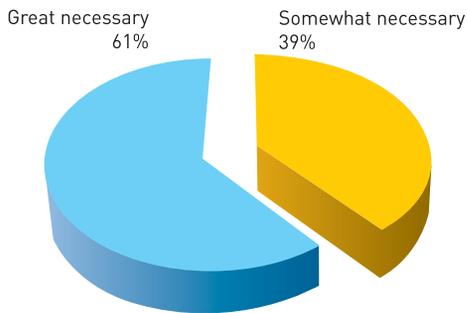
Position at the company	Number
Director of department	20
Director of department	44
Supervisor	47
Union representative	34
Worker	14
Persons in charge of ergonomics	36
Total	195

• ‘인간공학 프로그램을 자체적으로 운영하는 데 가장 중요하다고 생각되는 부분’에 대한 질문에는 [그림 2]와 같이 ‘작업자 및 경영진의 관심’이 51%, ‘TFT의 임무’ 21%, ‘노·사 합의’ 15%, ‘담당자의 시간 할애’ 13%로 답하였다. 인간공학 프로그램을 자체적으로 시행하기 위해서 가장 먼저 바탕이 되어야 할 부분이 바로 프로그램에 직접 참여하게 될 작업자와 프로그램 진행 시 강력한 리더십으로 이끌어야 할 경영진의 관심이라는 부분을 알 수 있고, 주 활동을 할 현장개선위원회(TFT) 임무의 중요성을 나타내고 있다.



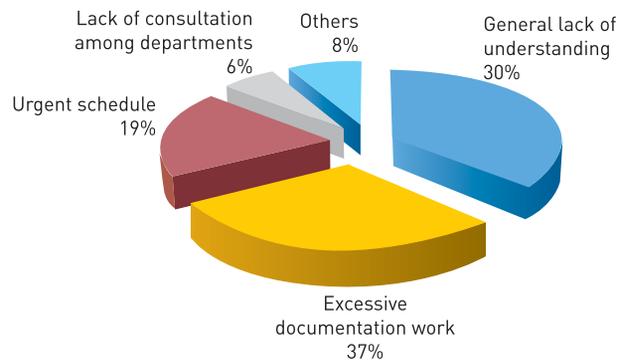
[그림 2] Most important factors in running an ergonomics program

• ‘구매, 공무, 설계 등 관련 부서의 협조 필요성’에 대한 질문에 대해서는 [그림 3]과 같이 ‘매우 필요하다’ 61%, ‘어느 정도 필요하다’ 39%로 답하였다. 이것은 인간공학 프로그램 운영 시에 한 분야만의 활동만으로는 진행하기 어렵다는 것을 보여준다. 현재 본 회사에서는 설계단계에서부터 인간공학을 접목하기 위해 준비작업을 하고 있다.



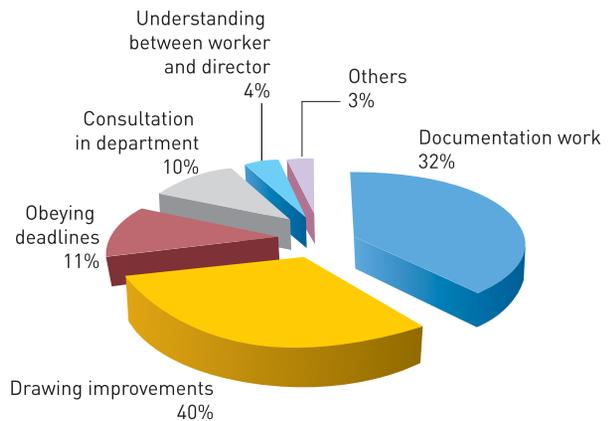
[그림 3] Need for the cooperation with related departments

• ‘인간공학 프로그램이 도움이 되지 않았다면 그 이유는’에 대한 질문에는 [그림 4]와 같이 ‘과도한 문서작업’ 37%, ‘전반적인 이해의 부족’ 30%, ‘일정 촉박’ 19%, ‘팀 간의 협의 결여’ 6%, ‘기타’ 8%로 답했다. 특히 절차서와 관련되어 촉박한 일정 내에서 문서작업이 많다는 것에 대한 문제점과 활동이 진행 중임에도 불구하고 프로그램에 대한 이해 부족이 문제점으로 나타났다.



[그림 4] Reasons for not to be helpful

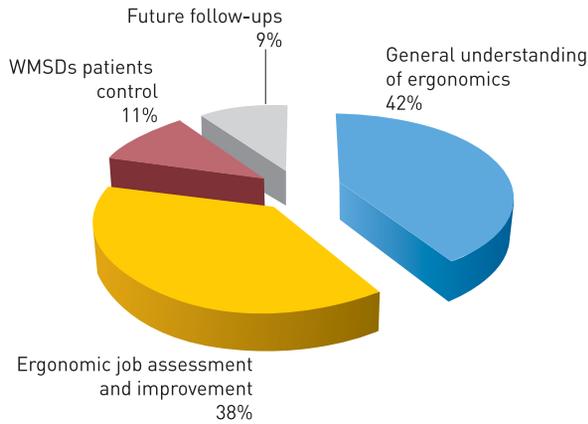
• ‘인간공학 프로그램 진행 시 애로사항’에 대한 질문에는 [그림 5]와 같이 ‘개선안 도출’ 40%, ‘문서화 작업’ 32%, ‘납기 준수’ 11%, ‘부서 내부의 협의’ 10%, ‘작업자 및 팀장의 이해’ 4%, ‘기타’ 3%로 나타났다. 인간공학 프로그램의 목적은 개선을 통한 작업장의 인간공학적 변화라고 할 수 있는데, 개선안 도출 부분이 애로사항으로 나타난 것은 인간공학 부분의 교육 부족과 인간공학 프로그램 적용 프로젝트 기간이 부족하였기 때문이라고 판단된다.



[그림 5] Most difficult tasks during a process

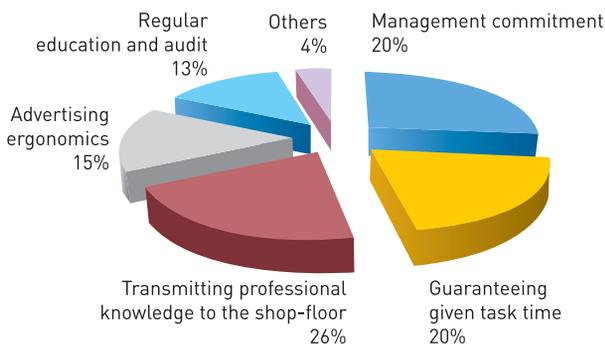
• ‘인간공학 프로그램과 관련된 예상효과’에 대한 질문에는 [그림 6]과 같이 ‘인간공학의 전반적 이해’ 42%, ‘작업 평가 및 개선’ 38%, ‘근골격계질환자 관리’ 11%, ‘향후 대처방안’ 9%로 나타났다. 즉, 인간공학 프로그

램의 운영은 직접적 개선효과뿐만 아니라 사업장 전체의 의식 변화에 크게 기여하는 것으로 나타났다.



[그림 6] Expected effects related to an ergonomics program

• ‘프로그램이 지속적으로 진행되기 위한 방안’에 대한 질문에는 [그림 7]과 같이 ‘현업에 전문지식 전달’ 26%, ‘경영진의 의지’ 20%, ‘업무시간의 보장’ 20%, ‘인간공학의 홍보’ 15%, ‘정기적인 교육과 감사’ 13%, ‘기타’ 4%로 사내 전문가를 보충하여 전문성을 더 강화 하자는 의견을 나타내었다.



[그림 7] Measures to be a continuous program

### 인간공학 프로그램의 audit 결과

본 인간공학 프로그램을 진행하는 동안 애로사항 및 문제점을 파악하기 위하여 네 차례의 audit를 실시하였다. 각 부서별로 약간의 차이점은 있었으나 전사적 측면에서 공통적으로 파악된 인간공학 프로그램 운영의 주요 문제점은 다음과 같이 요약된다.

**인간공학 프로그램 시행에서 중요한 점은 프로그램이 시스템화되어 일정한 주기를 가지고 지속적으로 시행되어야 한다는 것이다.** 지속적인 프로그램 수행을 위해서는 앞서 발생한 여러 문제점을 즉각적으로 해결할 수 있는 방안을 모색하도록 해야 한다. 프로그램은 한 번의 실행으로 끝나지 않고, 실행 후 다시 수정단계를 거치는 피드백을 통하여 안정적이며 원활하게 수행되도록 해야 한다. 이를 위해서는 인간공학 담당자의 교육과 활동시간을 장려하고, 조직구성 및 전문가 보충을 통해 근골격계질환관리의 전문성 강화는 물론 체계적인 관리가 필요하다. 그리고 효율적인 근골격계질환관리를 위하여 관리의 전산화 및 데이터베이스(DB)화가 필요하리라고 본다. 또한 진행 일정이 촉박하지 않게 충분한 시간을 배려할 필요가 있으며, 인간공학 프로그램이 어느 담당부서, 담당자만의 일이 아닌 전사적인 차원에서 회사의 생존과 관련된 업무임을 인식시켜야 한다

### ■ 인간공학 담당자 변경 시 업무 인수인계 미흡

본 사업장에서는 1년 동안에도 총 32개 부서 중 14개 부서의 인간공학 담당자가 교체될 정도로 담당자의 잦은 변경이 있었다. 그러나 업무의 인수인계가 미흡하고, 교체된 인간공학 담당자를 대상으로 한 효과적인 인간공학 재교육이 이루어지지 않아 인간공학 프로그램 운영에 어려움이 있었다.

### ■ 작업장 개선사항에 대한 정보 공유 부족

본 사업장 내의 동일작업에 대한 인간공학적 개선 정도에서도 각 부서별로 차이가 많았다. 각 부서별 인간공학 담당자의 인간공학적 작업장 개선에 대한 지식의 차이를 감안하더라도 이는 현업의 생산부서 간 인간공학 적 작업장 개선사항에 대한 정보 공유가 제대로 이루어지고 있지 않음을 나타낸다.

### ■ 타 개선활동과 구분되지 않은 인간공학 프로그램 활동 추진

일부 부서의 인간공학담당자들이 서류업무의 과중으

로 인하여 안전, 품질 및 생산혁신활동과의 구분을 명확히 하지 않아 인간공학 프로그램의 절차를 제대로 따르지 않고 있었다. 또한 기타 개선활동과 인간공학 프로그램에서의 인간공학적 개선활동의 차이점을 명확하게 이해하지 못하였다.

### ■ 작업장 개선의 설계상 한계

조선업종에서 배의 블록(block) 조립에 대한 공정설계가 이루어진 후에는 블록 내의 한정된 작업공간에서 작업해야 하므로 근골격계질환의 유해요인에 해당하는 부자연스러운 자세 등에 대한 개선에는 한계가 존재하였다.

## 결론 및 토의

본 연구는 국내 모 조선업체를 대상으로 인간공학 프로그램을 운영한 결과를 기초로 한 것이다. 이를 바탕으로 인간공학 프로그램 활동의 효과를 도출하고, 인간공학 프로그램을 운영하는 동안 발견한 문제점들을 기술하였다. 앞서 기술한 문제점들을 기반으로 인간공학 프



본 연구는 국내 모 조선업체를 대상으로 인간공학 프로그램을 운영하는 동안 발견한 문제점들을 기술하였다.

로그ラム의 개선 방향을 제시하고자 한다.

본 연구에서 발견된 인간공학 프로그램의 긍정적인 효과로 근골격계질환자수가 3년간 30.0% 감소하였고, 근골격계질환 요양 복귀자수가 3년간 74.2% 증가하였다. 또한 근골격계질환으로 인한 재해손실비용은 3년간 123억 4,000만원이 감소한 것으로 추산된다. 인간공학 프로그램이 적용되는 동안 사업장은 인간공학 프로그램 활동 외에 안전, 품질 및 생산 혁신활동을 동시에 전개하고 있었다. 이러한 기타 개선활동들이 인간공학 프로그램 활동에 미친 간접적인 영향도 어느 정도 존재하였다고 판단된다. 다음은 인간공학 프로그램 운영을 통하여 발견한 문제점들이다.

- 인간공학 담당자 변경 시 업무 인수인계 미흡
- 작업장 개선사항에 대한 정보 공유 부족
- 타 개선활동과 구분되지 않은 인간공학 프로그램 활동 추진
- 작업장 개선의 설계상 한계

이와 같은 인간공학 프로그램 운영상의 문제점에 대해 네 가지의 개선 방향을 제시한다.

첫째, 인간공학 프로그램의 중추 역할을 해야 하는 인간공학 담당자가 업무 인수인계와 인간공학교육을 제대로 받지 못한다면 해당 부서의 인간공학 프로그램 운영은 지체될 수밖에 없다. 인간공학 담당자의 변경 시 업무 인수인계를 확실하게 할 수 있는 적정 기간을 제공해야 하며, 새로운 인간공학 담당자를 대상으로 근골격계질환과 관련된 작업위험인자뿐만 아니라 인간공학적 작업 개선의 기본 원칙 등의 내용이 포함된 인간공학교육을 실시해야 한다.

둘째, 작업장 개선사항에 대한 정보 공유의 부족에 관한 문제점을 해결하기 위해서는 효율적인 정보 커뮤니티가 필요하다. 전사적으로 확대가 가능한 공통 개선사항에 대해서는 각 부서가 서로 정보를 공유하고 홍보할 수 있는 효율적인 전산 시스템이 필요하다. 즉, 공통 개선사항에 대하여 전사적으로 의견을 수렴할 수 있는 정보 커뮤니티가 필요하다. 이러한 커뮤니티의 경우, 공통

개선 아이টে에 대해서는 공동 구매를 통하여 개선비용의 절감효과 등도 가져올 수 있다.

셋째, 여러 개선활동이 구분되지 않고 시행될 때 어떤 개선활동들은 소기의 목적을 달성할 수 없게 된다. 인간공학 프로그램이 사업장에 확고히 정착될 때까지는 품질 및 생산 혁신활동 등과 구분하지 않고 운영할 경우에 인간공학 프로그램이 실패로 끝날 가능성이 있다. 그뿐만 아니라 현재까지의 노력과 성과가 사라질 가능성도 있다. 그러므로 타 활동과 인간공학 프로그램 활동을 반드시 구분하여 추진하여야 한다.

마지막으로, 현업의 생산 부서에서 인간공학적인 작업장 개선을 위해서는 한계가 있으므로 설계단계에서부터 인간공학적으로 작업자를 고려하여 작업장, 작업설비 및 도구, 작업방법 등의 설계를 하는 것이 바람직하다. 미국의 Ford 사는 생산설비의 디자인과 계획단계에서부터 근골격계질환과 관련될 수 있는 문제점을 고려하고 있다(Joseph, 2003). 일본의 토요타는 직무 부담을 객관적으로 정량 평가하기 위해 TVAL(Toyota Verification of Assembly Line)을 개발·사용하였다(윤진호 등, 2001). TVAL은 토요타의 생산기술 부문이 개발한 조립공정의 인간공학적인 평가 시스템으로서 개별 작업자의 직무 부담을 측정하고 근골격계 부담작업이 있는 작업의 개선을 실시하여 조립라인을 설계하는 데 이용되었다. 토요타의 TVAL 사례에서 볼 수 있듯이 설계 및 생산기술 부문의 인간공학 도입이 매우 중요하다.

인간공학 프로그램 시행에서 중요한 점은 프로그램이 시스템화되어 일정한 주기를 가지고 지속적으로 시행되어야 한다는 것이다. 지속적인 프로그램 수행을 위해서는 앞서 발생된 여러 문제점을 즉각적으로 해결할 수 있는 방안을 모색하도록 해야 한다. 프로그램은 한 번의 실행으로 끝나지 않고, 실행 후 다시 수정단계를 거치는 피드백을 통하여 안정적이며 원활하게 수행되도록 해야 한다. 이를 위해서는 인간공학 담당자의 교육과 활동시간을 장려하고, 조직구성 및 전문가 보충을 통해 근골격계질환관리의 전문성 강화는 물론 체계적인 관리가 필

요하다. 그리고 효율적인 근골격계질환관리를 위하여 관리의 전산화 및 데이터베이스(DB)화가 필요하리라고 본다. 또한 진행 일정이 촉박하지 않게 충분한 시간을 배려할 필요가 있으며, 인간공학 프로그램이 어느 담당 부서, 담당자만의 일이 아닌 전사적인 차원에서 회사의 생존과 관련된 업무임을 인식시켜야 한다. ⑤

#### 참고문헌

- 구본연·박근상·김창한, 조선업의 심층작업에 종사하는 비정형 근로자에 대한 근골격계질환 분석, 대한인간공학학회지, 26(2), 113-122, 2007.
- 김상우·강동욱·신용철, 조선업에서 산업재해로 인정된 근골격계질환의 특성, 한국산업위생학회지, 15(2), 114-123, 2005.
- 김유창·배창호, 중공업에서의 근골격계질환과 직무스트레스의 관계에 관한 연구, 한국안전학회지, 21(4), 108-113, 2006.
- 김유창·이관석·장성록·최은진, 한국에서의 근골격계질환 경제적 분석, 대한인간공학학회 창립 20주년 기념 학술대회 논문집, 233-238, 2002.
- 김유창·장성록, 근골격계질환 예방을 위한 조선업종에서 인간공학 프로그램의 운영과 효과에 대한 연구, 한국안전학회지, 21(6), 101-105, 2006.
- 김유창·장성록, 조선업종에서 인간공학 프로그램 운영 사례, 대한인간공학학회지, 29(4), 487-493, 2010.
- 고용노동부, 산업재해 분석, 2003~2008.
- 오순영·정병용, 조선업종의 유해요인 조사 및 인간공학적인 개선, 대한인간공학학회지, 24(1), 27-35, 2005.
- 윤진호·주무현, 토요타 생산 시스템의 진화와 노동의 인간학, 한국산업노동학회, 7(1), 59-95, 2001.
- 이관석·김유창, 호텔 및 택배업종의 근골격계질환 예방관리 매뉴얼 개발, 산업안전공단보고서, 2005.
- 이윤근·임상혁, 자동차 조립작업에서의 노동조건 변화와 근골격계질환과의 관련성, 한국산업위생학회지, 16(3), 276-283, 2006.
- 이윤근·한인임, 타이어 제조회사에서의 참여적 근골격계질환 예방관리 프로그램 적용효과, 한국산업위생학회지, 19(1), 51-62, 2009.
- 정기효·이상기·권오체·유희천·김대성, 근골격계질환 예방관리 프로그램에 대한 구조 분석 및 실무자 요구사항 조사, 대한인간공학학회지, 24(3), 35-41, 2005.
- 표연·정병용, 조선회사 인간공학 프로그램의 운영 사례, 대한인간공학학회지, 26(3), 45-52, 2007.
- Joseph, Bradley S., Corporate ergonomics program at Ford Motor Company, Applied Ergonomics, 34(1), 23-28, 2003.
- General Accounting Office(GAO), Worker protection: private sector ergonomics yield positive results, 97-99, 1997.
- Intel Corporation, Intel Corporation wins 1999 outstanding office ergonomics award, 1999.
- Azar, Jack C., Environment, Health & Safety, Summary section of Xerox's comments on OSHA's ergonomics standard, 2000.

# 신규 설립 사업장 재해 특성



김영선  
산업안전보건연구원  
재해통계분석팀

회사 설립이 오래된 사업장과 신규 사업장에서 산재 예방에 대해 동일한 솔루션을 적용하기보다는 두 그룹의 특성을 분석하여, 요구되는 솔루션을 재해 예방활동에 반영해야 한다. 신규 사업장의 재해율 증가는 최근 들어 재해율이 0.7%대에서 정체되는 주요 원인 중 하나라고 추정되며, 신규 사업장 재해율 증가는 매우 심각한 문제로 그 원인을 파악하고 이에 따른 대책 마련이 필요하다. 신규 사업장의 재해율 증가는 전국 사업장에서 공통적으로 일어나고 있는 현상이며, 소규모 사업장일수록 기존 사업장과의 재해율 격차가 많이 발생하고 있다. 신규 사업장이 성공적으로 운영되기 위해서는 근로자의 안전 역시 중요하다는 점을 사업주에게 인식시켜 주고 다양한 제도적 지원과 산재 예방기관의 활동 등을 알려주는 것이 필요할 것이다.

## 도입

우리가 생활에서 많이 사용하는 숫자 중 하나는 0이다. 0이란 뜻의 영어 'zero'는 '공허한' 혹은 '텅 빈'이라는 의미로 인도어 'sunya'가 아라비아어 'sifr'의 라틴어 형태인 'zephirum'으로부터 유래되었다고 한다.

0이라는 숫자의 존재에 대해 우리는 당연시하지만 13세기 이전 유럽 사람들은 0이라는 숫자를 몰랐다. 아라비아 숫자가 유럽에 보급되고 나서야 0을 알게 되었고, 오늘날의 10진법이 확립되어서야 사칙연산을 자유롭게 할 수 있었다.

13세기 이전 유럽인들에 비해 현재의 사람들은 많이 변화하였고 현재 사람들의 수준에 맞추어 수학교육이 이루어지고 있다.

앞으로 미래의 사람들에게 아인슈타인의 상대성이론이나 슈뢰딩거의 초끈이론은 초등학교 교과서에 나오는

개념일 수도 있다. 그렇다면 산재 분야에서 사업장들은 어떠한지에 대해 생각해 볼 수 있다.

회사 설립이 오래된 사업장들은 산재 예방 분야에 많은 솔루션을 구축하였고 안전 풍토 혹은 문화가 형성되어 산재위험 정도를 나타내는 재해율이 상당히 낮다.

반면, 신규 사업장의 경우는 조직을 성장 및 안정화시켜야 하기 때문에 사업 초기에 재해가 상당히 많이 발생한다.

앞선 예에서와 같이 신규 사업장은 숫자 '0'이란 개념을 모르고 있고, 오랜 기간 운영된 사업장은 '0'이라는 개념 외에도 더 많은 수학적 개념을 알고 있다고 할 수 있다.

따라서 회사 설립이 오래된 사업장과 신규 사업장에서 산재 예방에 대해 동일한 솔루션을 적용하기보다는 두 그룹의 특성을 분석하여, 요구되는 솔루션을 재해 예방활동에 반영해야 할 것이다.

## 현황

### 환경 변화와 산재 예방활동

다음은 경기도 안산 소재의 식료품 제조 사업장 한 곳에서 발생한 재해 사례들이다.

- 사례 1 : 2009년 8월 27일, 스티커 작업 중 토트박스에 걸려 넘어져 왼쪽 가슴 부상
- 사례 2 : 2009년 9월 3일, 야채 커팅 작업 중 기계에 손가락 끼임
- 사례 3 : 2009년 10월 13일, 무 찌꺼기 청소 중 회전 칼날에 의해 손가락 절단
- 사례 4 : 2009년 12월 7일, 퇴근 중 계단에서 넘어지면서 허리에 충격
- 사례 5 : 2010년 1월 30일, 실링기 이물질 제거 작업 중 손가락 절단
- 사례 6 : 2010년 3월 5일, 장기간 운반작업으로 인해 오른쪽 어깨 심한 통증
- 사례 7 : 2010년 3월 25일, 바닥 기름에 미끄러져 뒤로 넘어짐
- 사례 8 : 2010년 5월 20일, PE 박스가 무너져 내려 부상
- 사례 9 : 2010년 6월 23일, 기계 이물질 제거 중 손이 기계에 빨려 들어감

2009년 8월 1일 사업장 설립을 하였으며 종사하는 근로자수는 50명으로 최초 재해자가 발생하기까지 설립 후 26일이 소요되었고 재해자 9명이 발생하기까지의 기간은 326일이 소요되었다.

사례 사업장에서 발생한 재해 중 야채절단기에 의한 재해가 반복적으로 발생하였음에도 불구하고 산재위험 인자가 제거 혹은 조치되지 않고 사업장을 운영하는 것으로 보인다.

이와 같은 신규 사업장(2년 미만)의 재해자는 2009년 기준으로 1만 4,680명, 재해율 1.28%로 추정되고 있으며, 최근 들어 증가하는 추세를 나타내고 있다. 산재보험 가입기준으로 2001년 약 90만개 소였던 사업장수는

2009년 기준으로 150만개 소로 약 1.7배 증가하였다. 근로자수는 2001년 1,158만명에서 2009년 1,388만명으로 1.3배 증가하고 있다.

이에 비해 산재 예방기관의 종사자수를 살펴보면 한국 산업안전보건공단 직원은 2010년 12월 31일 기준으로 1,273명에 불과하다. 공단 직원 1인 당 담당해야 하는 사업장수는 1,226개소이고, 근로자수는 1만 1,325명에 달하는 수치이다. 통계청 경제통계국 산업통계과에서 공표한 2006년 서비스업 조사에서 우리나라의 점술가는 1만 5,355명이고 점술가 1인 당 국민수 3,145명과 비교하면 우리나라 산재 예방기관의 종사자수는 매우 낮은 수치를 알 수 있다. 이와 같이 매우 한정된 자원을 이용하여 효과를 극대화하기 위해서는 과학적 분석 근거를 통한 선택과 집중이 필요하다고 본다.

### 신규 사업장의 재해율

신규 사업장은 크게 상시 사업장과 기간 사업장, 공공 근로 사업장으로 구분해 볼 수 있다. 상시 사업장은 제조 및 서비스 등의 업종에서 사업장을 신규 설립한 경우로 2009년 기준 전체 신규 사업장의 58%로 추정된다.

기간 사업장은 특정 기간 동안 목적을 달성 후 폐업하는 사업장으로서 대표적인 경우가 건설업이다. 공공근로 사업장은 기간 사업장의 일종이며 저소득 실업자에게 국가 및 정부가 한시적으로 공공 분야에서의 일자리를 마련하기 위해 만든 사업장이다.

본고는 상시 신규 사업장의 재해 특성에 대해 연구하였으며 분석 시 사용된 자료는 2001년에서 2009년 사이의 사업장 정보 데이터베이스(DB)와 산재 보상자료를 이용하였다.

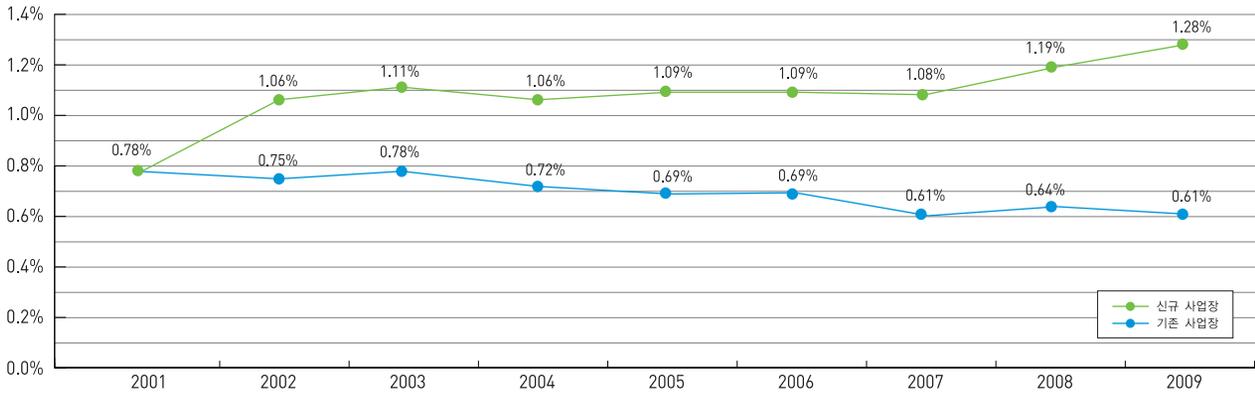
신규 사업장의 분석 변수는 당해 연도에 사업장 설립일이 2년 이하인 경우를 신규 사업장, 2년 초과된 경우를 기존 사업장이라고 정의하였다. 지난 9년간 신규 사업장과 기존 사업장의 재해율을 비교해 본 결과, 기존 사업장의 재해율은 2001년 0.78%에서 매년 감소하여 2009년 0.61%를 나타내고 있다. 반면, 신규 사업장의

재해율은 2001년 0.78%에서 2009년 1.28%로 증가하였는데[그림 1] 특히 2008년 이후 뚜렷한 증가세를 나타내고 있다.

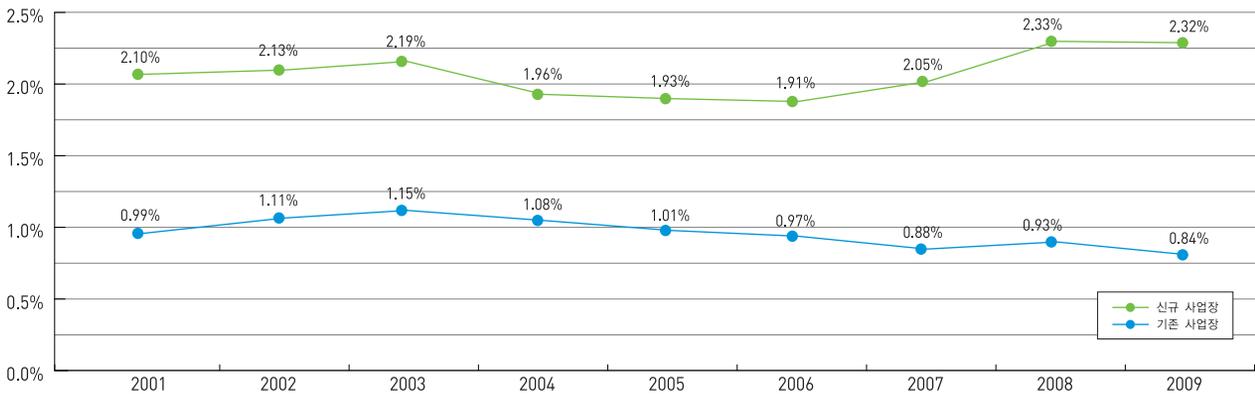
신규 사업장의 재해율 증가는 최근 들어 재해율이 0.7%대에서 정체를 보이는 주요 원인 중 하나로 추정되며, 신

구 사업장 재해율 증가는 매우 심각한 문제로 그 원인을 파악하고 이에 따른 대책 마련이 필요하다.

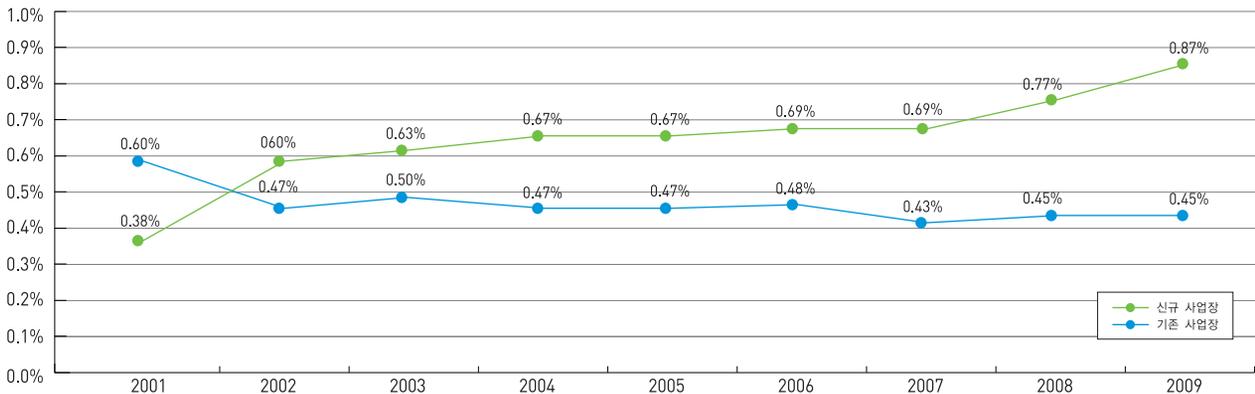
업종별로 재해율의 추이를 살펴보면 제조업의 경우 기존 사업장과 신규 사업장 간에는 약 3배의 차이를 나타내고 있다.



[그림 1] 신규 사업장과 기존 사업장의 재해율 추이



[그림 2] 제조업에서의 신규 사업장과 기존 사업장 재해율 추이



[그림 3] 서비스업에서의 신규 사업장과 기존 사업장 재해율 추이

기존 사업장의 경우 2009년 기준으로 재해율이 0.84%인데 비해 신규 사업장은 2.32%를 나타내고 있어 제조업 신규 사업장은 재해의 고위험군으로 나타나고 있다(그림 2). 서비스업 역시 신규 사업장의 재해율이 높게 나타나고 있는데 2009년 기준으로 신규 사업장의 재해율은 0.87%이고 기존 사업장의 재해율은 0.45%로 약 2배 차이를 나타내고 있다(그림 3). 이러한 격차는 최근 들어 증가하고 있는 추세이다.

신규 사업장의 재해율 증가는 전국 사업장에서 공통적으로 일어나고 있는 현상이며, 소규모 사업장일수록 기존 사업장과의 재해율 격차가 많이 발생하고 있다.

## 특성

### 신규 사업장 재해, 누구에게서 발생하는가?

신규 사업장 재해자의 연령 분포 특성을 살펴보면 기존 사업장과 비슷하게 40대 근로자에서 재해가 가장 많이 발생하고 있다. 그 반면에 재해자의 연령별 점유율에 대해 신규 사업장과 기존 사업장을 비교 분석하였을 경우, 30대 미만의 기존 사업장 점유율은 13.77%인데 반해 신규 사업장은 18.56%로 다른 연령대에 비해 가장 많은 차이를 나타내고 있다.

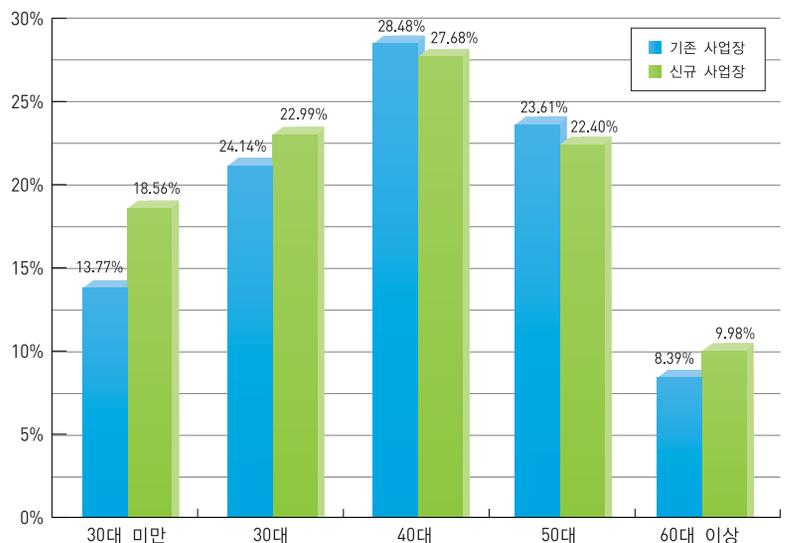
이는 사업장의 근로자 인적 구성요소에서 근속 기간이 짧은 젊은 연령층의 신규 직원들이 많이 분포하고 있고 재해위험에 쉽게 노출되기 때문이라 추정된다. 또한 신규 사업장은 재해자의 여성 점유율이 17.75%로 기존 사업장 점유율 15.58%에 비해 다소 높게 나타나고 있다.

이상에서 나타난 신규 사업장 재해자의 특성 원인에 대한 심층 분석이 필요하지

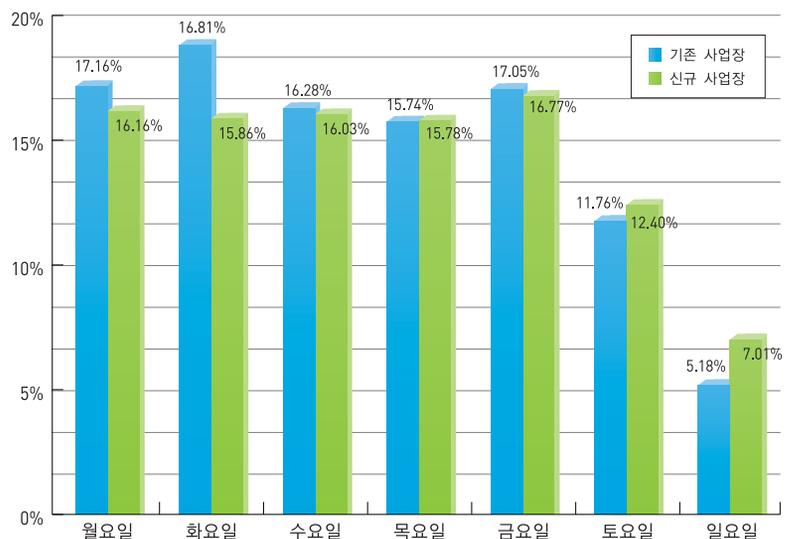
만 현재의 자료로는 한계점이 있다. 그러나 2011년 조사되는 취업자 근로환경 조사자료를 통해 재해자의 다양한 사회인구학적 특성을 비롯한 다양한 요인이 밝혀질 거라고 기대한다.

### 신규 사업장 재해, 언제 발생하는가?

신규 사업장 재해자 중 주말 발생 점유율은 2009년 기준으로 19.41%인데 반해 기존 사업장은 16.94%를 나타내고 있다. 또한 재해 발생시간에 대한 점유율을 비교



[그림 4] 기존 사업장과 신규 사업장의 재해자 연령별 점유율 분포



[그림 5] 기존 사업장과 신규 사업장의 재해자 요일별 점유율 분포



신규 사업장에서 발생형태가 비교적 높은 재해는 절단·베임·찢림, 추락, 전도, 도로상 교통사고 등으로 이에 대한 예방활동이 필요하다.

분석한 결과 신규 사업장은 오후 6시 이후 기존 사업장에 비해 점유율 차이가 높게 나타나고 있다. 이러한 사실들을 토대로 신규 사업장의 경우에는 주말 근무나 야근이 많으며 이는 근로자의 집중력 저하 등으로 연결되어 산재 발생 점유율이 높게 나타난 원인 중 한 가지라고 조심스럽게 추정해 본다.

### 신규 사업장, 어떤 재해가 발생하는가?

2009년 재해 발생형태의 점유율을 비교 분석한 결과, 도로교통사고가 신규 사업장에서 점유율 9.43%로 기존

〈표〉 2009년 기존 사업장과 신규 사업장의 재해 발생형태별 점유율 비교

발생형태	기존 사업장		신규 사업장	
	재해빈도	점유율	재해빈도	점유율
낙하·비래	3,853	7.41%	971	7.81%
도로교통사고	3,107	5.98%	1,173	9.43%
붕괴·도괴	272	0.52%	88	0.71%
전도	9,484	18.24%	2,476	19.91%
절단·베임·찢림	3,476	6.68%	1,028	8.27%
추락	4,686	9.01%	1,238	9.95%

1) Mohammad A.Hadi and A.S. Jaradat, "Analysis of Commercial Minibus Accidents", Accident Analysis and Prevention, 30(5), pp.1555-567, 1998

사업장 5.98%에 비해 3.45% 높게 나타나고 있다. 도로교통사고에 대해 Hamed & Jaradat(1998)의 연구결과를 살펴보면 운전자의 연령이 높을수록 교통사고의 발생확률이 낮아진다고 한다.<sup>1)</sup>

현재 산업재해 현황자료의 한계로 인해 신규 사업장 근로자의 연령 분포를 정확히 추정하기는 어려우나 재해자의 점유율 분포를 통해 추정하면 30대 이전의 근로자수가 많이 분포하는 것이 주요 원인이라 생각된다. 추락, 전도와 같은 재래형 재해의 점유율이 신규사업장에서 약간 높게 나타나는 특징을 보이고 있으며 절단·베임·찢림이 비교적 높

게 나타나고 있다. 이와 같이 신규 사업장 재해의 발생형태 특징은 근로자의 특성과 재래형 재해의 높은 점유율로 대표할 수 있다.

### 대책

#### 신규 사업장 재해, 어떻게 예방할 것인가?

손자(孫子)의 모공 편(謀攻篇)에 적과 아군을 잘 알고 비교 검토 후에 싸운다면 백 번을 싸워도 결코 위태롭지 않으며(知彼知己 百戰不殆), 적의 전력을 모르고 아군의 전력만을 알고 싸우면 승패의 확률은 반반이고(不知彼而知己 一勝一負), 적과 아군의 전력을 모두 모르고 싸우면 패한다(不知彼不知己 每戰必敗)는 말이 있다.

이와 같이 신규 사업장의 재해 발생을 줄이기 위해서는 첫째, 지역별 사업장 등록 현황과 인구 이동 현황을 통해 신규 사업장의 규모를 파악하는 것이 가장 우선되어야 할 것이다. 신규 사업장의 업종과 규모, 근로자의 인구 분포, 위험요인 등을 파악해야 하며, 특히 고위험군으로 분류되는 부분에 대해서는 집중적인 관리가 필요하다.

둘째, 신규 사업장에 대해 적절한 시기에 산재 예방

회사 설립이 오래된 사업장들은 산재 예방 분야에 많은 솔루션을 구축하였고 안전 풍토 혹은 문화가 형성되어 산재위험 정도를 나타내는 재해율이 상당히 낮다. 반면, 신규 사업장의 경우는 조직을 성장 및 안정화시켜야 하기 때문에 사업 초기에 재해가 상당히 많이 나타난다. 신규 사업장은 크게 상시 사업장과 기간 사업장, 공공근로 사업장으로 구분해 볼 수 있다. 상시 사업장은 제조 및 서비스 등의 업종에서 사업장을 신규 설립한 경우로 2009년 기준 전체 신규 사업장의 58%로 추정된다. 기간 사업장은 특정 기간 동안 목적을 달성 후 폐업하는 사업장으로서 대표적인 경우가 건설업이다. 공공근로 사업장은 기간 사업장의 일종이며 저소득 실업자에게 국가 및 정부가 한시적으로 공공 분야에서의 일자리를 마련하기 위해 만든 사업장이다.

자원을 투입해야 할 것이다. 사업 시작 최초 1~2년 사이에 많은 재해가 발생하기 때문에 적정 시기에 집중적으로 산재 예방활동을 하는 것이 재해 감소에 효과적이다. 사업을 시작하는 사업주 입장에서는 근로자의 안전과 복지보다는 사업장의 성장이 우선시 될 수도 있겠지만 충분한 홍보와 산재 예방 가이드를 제공해 줌으로써 근로자의 안전과 복지 또한 사업장 성장의 중요한 부분

이라는 인식을 갖도록 해야 한다.

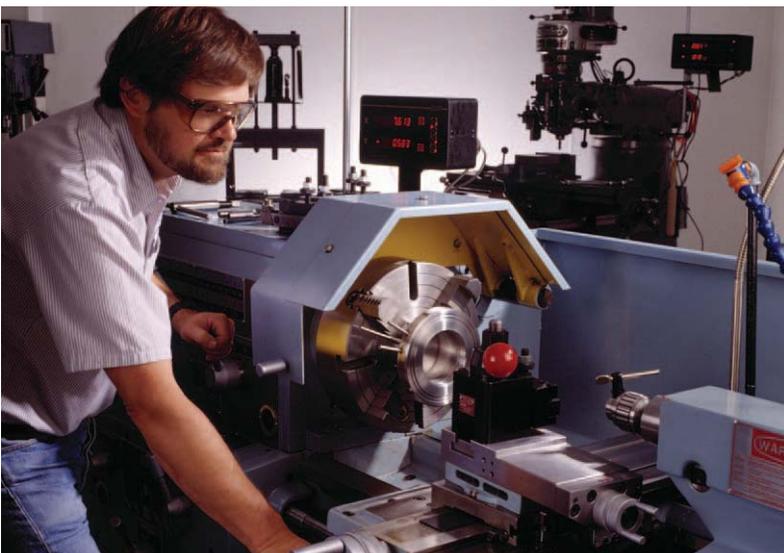
셋째, 신규 사업장에서 발생형태가 비교적 높은 재해는 절단·베임·찢림, 추락, 전도, 도로상 교통사고 등으로 이에 대한 예방활동이 필요하다. 또한 이러한 재해 발생형태가 왜 신규 사업장에서 높은 점유율을 나타내고 있는지에 대한 연구가 충분히 병행되어 위험인자를 제거하거나 최소화하는 것이 필요하다.

넷째, 여성이나 30세 미만 초년생들의 재해 점유율이 높게 나타나고 있기 때문에 이들에 대해 접근성 높은 매체를 활용하여 산재의 심각성을 알려야 한다.

다섯째, 신규 사업장 근로자의 주말이나 야간 근로 시 발생하는 재해를 감소시키기 위해서는 안전보건 관리자가 야근이나 주말 근로를 할 때마다 재해 발생의 위험성에 대해 공지를 하는 조치가 필요할 것이다.

마지막으로 신규 사업장에게 '0'이라는 숫자의 개념을 알려주는 것이 필요하다. 산업재해가 발생하고 난 후에야 산재보험에 가입하는 재해자수가 전체의 약 10%를 차지하고 있다. 이는 아직 많은 사업장에서 산재보험이라는 제도 혹은 산재 발생에 대한 심각성에 대해 모르고 있기 때문이다.

신규 사업장이 성공적으로 운영되기 위해서는 근로자의 안전 역시 중요하다는 점을 사업주에게 인식시켜 주고 다양한 제도 지원과 산재 예방기관의 활동 등을 알려주는 것이 필요할 것이다. ⑤



선진 외국과 달리 우리나라에서는 산업재해가 발생하고 난 후에야 산재보험에 가입하는 재해자수가 전체의 약 10%를 차지하고 있다.

# 규회석의 유해성



**정용현** 연구위원  
산업안전보건연구원  
독성연구팀

우리나라에서도 생산된 적이 있는 규회석은 채광이나 제분, 그리고 사용과정에서 근로자에게 노출될 수 있다. 그동안의 규회석 취급 근로자에 대한 역학 조사결과에서 질병 유발 연관성이 나타나지는 않았지만 결정 실리카나 투각섬석(tremolite)과 같은 발암물질과 혼합되어 있는 규회석에 노출되면 치명적일 수 있다. 내화용 벽 판재 등 건축자재로 사용되어 건물 해체 제거 작업을 할 때 비산 가능성이 많은 광물인 규회석 취급 근로자를 위해서는 적절한 작업환경 내 농도검사를 통하여 석면 함유 유·무를 확인할 필요가 있다고 판단된다.

## 서론

규회석(CAS No. 13983-17-0, wollastonite,  $CaSiO_3$ )은 채광이나 제분, 그리고 사용과정에서 근로자에게 노출될 수 있으며, 자연산 규회석은 툽 광물처럼 생성과정에서 석면 등 다양한 물질을 함유할 수 있다. 특히 결정 실리카나 투각섬석(tremolite)과 같은 발암물질과 혼합되어 있는 규회석에 노출되면 치명적일 수 있다.

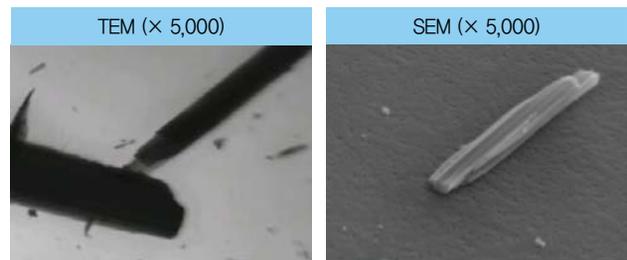
뉴욕 규회석 광산에서는 투각섬석이 국소적으로 발견된 이후 규회석 제조과정 중의 공기질 검사와 광석에 대한 전자현미경검사로 석면형태의 투각섬석의 검출 유·무를 확인하고 있다.

미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)에서는 1981~1983년에 약 7만명의 근로자가 규회석에 노출되었을 것으로 평가하고 있다.

## 규회석의 물리·화학적 특성

최근 건축물에 대한 석면관리가 강화되면서 건축물의 천장재나 뽀칠재로 사용되는 규회석은 괴상 혹은 판상 결정으로 산출되는 규산염광물이다.

국내에서 건축자재용으로 유통되고 있는 규회석에는 석면이 함유되어 있지 않았으며, 규회석은 백석면에 비하여 직경이 100배 정도 굵은 모양의 직선형태를 보였다(사진).



규회석의 투과전자현미경(TEM) 이미지와 주사전자현미경(SEM) 이미지

규회석의 평균 직경은 3.3 $\mu\text{m}$ 이고, 평균 길이는 30.5 $\mu\text{m}$ 이었다. 구성원소를 분석한 결과, 규회석의 atomic %는 Si 56.41%, Ca 43.59%로 나타났다.

## 규회석의 생산과 용도

규회석은 1950년대에 핀란드에서 생산되기 시작하였다. 2000년도의 전 세계 규회석 생산량은 60만 5,000톤이었으며 미국이 13만 톤을 생산하였다.

2003년도 주요 생산국은 중국(48%), 미국(24%), 인도(20%), 멕시코(6.4%) 등이며 우리나라에서도 생산되었다.

규회석은 티탄산염 등으로 표면을 처리하여 상품성을 높일 수도 있다. 인조 규회석은 적은 양이지만 벨기에, 브라질, 중국, 독일 등지에서 생산되고 있다. 규회석은 직경비 3 : 1 정도의 낮은 규회석과 길이 직경비 10 : 1 정도의 큰 규회석 등 다양한 크기의 분말과 섬유형태로 생산된다.

섬유상의 규회석은 내화용 벽 판재, 시멘트 제품 등의 석면대체재로 사용되고, 분말형태의 규회석은 세라믹, 야금용 등에 사용되며, 단열재, 외벽재 등 건축용으로

사용되기도 한다.

미국에서는 플라스틱 강화용 충전제(37%), 세라믹(28%), 페인트(10%), 야금용(10%), 마찰재(9%), 기타(6%) 등에 사용되고 있다.

## 규회석의 유해성 평가와 관리기준

### 규회석의 유해성 평가

#### ■ 규회석 취급 근로자 역학 조사

핀란드에서 평균 25년 동안 규회석을 취급한 근로자 49명을 대상으로 수행한 유병률 조사에 의하면 규회석의 노출 기간과 폐기능 변화와는 관련성을 찾을 수가 없었으며, 규회석이 폐에 섬유증을 유발한다는 증거도 찾을 수 없었다.

1년 이상 근무한 근로자 238명을 대상으로 한 사망률 조사에서도 규회석과 사망률과의 인과관계는 찾을 수 없었다. 미국에서 수행한 규회석 유병률 조사에서도 진폐증과 인과관계를 찾을 수 없었다.

#### ■ 규회석 in vivo 시험과 생체내구성 평가

Tatrai 등(2004)이 랫드의 기도 내로 중국산 규회석을 주입한 후 1개월에서는 폐포에 만성 염증 반응이 나타났으며, 3개월과 6개월 후에도 만성 염증 반응이 나타났으나 진전되지는 않았다.

Warheit 등(1994 a, 1994 b)이 랫드에 규회석을 노출시킨 후 관찰한 결과에서 흡입된 규회석의 유지 반감기는 1주일 이내로 나타났다. Bellmann과 Muhle(1994)이 규회석을 랫드의 기도 내로 투여하고 관찰한 결과에 의하면 규회석의 반감기는 15~21일로 나타나 규회석은 비교적 빠른 용해도를 보임으로써 폐에 미치는 영향은 적다고 하



건축물의 천장재나 뽀칠재로 사용되는 규회석은 과상 혹은 판상 결정으로 산출되는 규산염광물이다.

였으며, 규회석 제품의 특성을 개선하기 위하여 첨가물을 처리한 규회석의 반감기도 표면 처리를 하지 않은 규회석과 비슷하게 18~22일로 나타났다고 하였다.

### ■ 규회석 발암성 동물시험

Stanton 등(1972, 1981)이 랫드의 흉강을 절개하여 흉



자연산 규회석은 텔크 광물처럼 생성과정에서 석면 등 다양한 물질을 함유할 수 있다.



국내에서 건축 자재용으로 유통되고 있는 규회석에는 석면이 함유되어 있지는 않다.

막 표면에 규회석을 분산시키고 2년 후 관찰한 시험결과에서 늑막육종이 나타났다는 보고가 있었지만, 규회석에 대한 물리화학적 특성 조사와 석면 오염 여부에 대한 조사가 충분히 이루어지지 않은 결과로 판단한 IARC는 1997년에 '규회석은 동물 발암 증거가 충분하지 않다' 로 수정 변경하였다.

McConnell 등(1991)은 규회석을 흡입으로 24개월 노출시킨 결과에서 규회석은 생체 내 내구성이 낮아 폐 간질 섬유증 1례와 기관지 폐포 종양 1례만 나타났다고 하였다.

Adachi 등(2001)이 랫드의 복강으로 중국산 규회석을 주입하고 2년 후 관찰한 결과에서도 중피종이 나타나지 않았다.

### 규회석 관리기준

우리나라 고용노동부의 노출기준(고시 제2011-13호)에는 규산칼슘의 노출기준이 10mg/m<sup>3</sup>으로 되어 있다.

미국 산업안전보건청(OSHA)은 규산칼슘의 허용농도(PEL)를 시간 가중 평균 노출기준(TWA)으로 15mg/m<sup>3</sup>(total dust)와 5mg/m<sup>3</sup>(respirable dust)로 규정하고 있으며, 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)은 규회석의 권장 노출 한계(REL)를 10mg/m<sup>3</sup>(total dust)와 5mg/m<sup>3</sup>(respirable dust)로 규정하고 있다.

미국 산업위생전문가협회(ACGIH)에서는 규산칼슘의 한계치(TLV)를 10mg/m<sup>3</sup>로 규정하고 있다.

덴마크는 규회석의 작업 노출 한계치(OEL)를 1f/cm<sup>3</sup>로 규정하고 있으며, 스웨덴은 0.5f/cm<sup>3</sup>로 규정하고 있다(European Commission, 2000).

### 결론

최근 우리나라도 석면을 안전하게 처리하기 위한 조치를 강화하고 있으나 규회석, 텔크, 질석, 세피오라이트 등 광물의 생성과정에서 석면이 미량으로 함유될 수 있는 광석에 대한 관리와 석면 유사 광물의 관리 등 석면

최근 우리나라도 석면을 안전하게 처리하기 위한 조치를 강화하고 있으나 규회석, 탈크, 질석, 세피오라이트 등 광물의 생성과정에서 석면이 미량으로 함유될 수 있는 광석에 대한 관리와 석면 유사 광물의 관리 등 석면대체재와 관련한 제도적 준비 및 유해성 평가는 미흡한 상태이다. 규회석은 1950년대에 핀란드에서 생산되기 시작하였다. 2000년도의 전 세계 규회석 생산량은 60만 5,000톤이었으며 미국이 13만 톤을 생산하였다. 2003년도 주요 생산국은 중국(48%), 미국(24%), 인도(20%), 멕시코(6.4%) 등이며 우리나라에서도 생산되었다. 규회석은 티탄산염 등으로 표면을 처리하여 상품성을 높일 수도 있다. 인조 규회석은 적은 양이지만 벨기에, 브라질, 중국, 독일 등지에서 생산되고 있다. 섬유상의 규회석은 내화용 벽 판재, 시멘트 제품 등의 석면대체재로 사용되고, 분말형태의 규회석은 세라믹, 야금용 등에 사용되며, 단열재, 외벽재 등 건축용으로 사용되기도 한다. 미국에서는 플라스틱 강화용 충전제(37%), 세라믹(28%), 페인트(10%), 야금용(10%), 마찰재(9%), 기타(6%) 등에 사용되고 있다.

대체재와 관련한 제도적 준비 및 유해성 평가는 미흡한 상태이다.

규회석은 우리나라에서도 생산된 적이 있으며 내화용 벽 판재 등 건축자재로 사용되어 건물 해체 제거작업을 할 때 비산 가능성이 많은 광물이다.

그동안의 규회석 취급 근로자에 대한 역학 조사결과에서 질병 유발 연관성이 나타나지는 않았다. 그리고 동물 실험결과 생체 내 반감기는 21일 이내로 나타나 생체내 구성이 약한 물질이다.

발암성 동물시험결과에서도 음성으로 나타났다. 하지만 투각섬석과 같은 발암물질과 혼합되어 있는 규회석에 노출되면 치명적일 수 있다.

규회석 취급 근로자를 위해서는 적절한 작업환경 농도 검사를 통하여 석면 함유 유·무를 확인할 필요가 있다고 판단된다. ⑤

### 참고문헌

- Adachi, S., Kawamura, K., and Takemoto, K. A trial on the quantitative risk assessment of man-made mineral fibers by the rat intraperitoneal administration assay using the JFM standard fibrous samples. *Ind. Health* 2001;39:168-174.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 2003 TLVs and BEIs, threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH, ACGIH 2003.
- Bellmann, B., and Muhle, H. Investigation of the biodegradability of wollastonite and xonotlite. *Environ. Health Perspect.* 1994;102(suppl. 5): 191-195.
- European Commission. IUCLID Dataset, Substance ID:13983-17-0 Wollastonite. European Commission, European Chemicals Bureau. Available electronically at <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>, last accessed on May 2, 2005.
- IARC. Silica, some silicates, coal dust, and para-aramide fibrils. *IARC Monogr. Eval. Carcinogen. Risk Chem. Hum.* 1997:68.
- McConnell, E. E., Hall, L., and Adkins, B., Jr. Studies on the chronic toxicity (inhalation) of wollastonite in Fischer 344 rats. *Inhal. Toxicol.* 1991;3:323-337.
- Stanton, M. F., and Wrench, C. Mechanisms of mesothelioma induction with asbestos and fibrous glass. *J. Natl. Cancer Inst.* 1972;48:797-821.
- Stanton, M. F., Layard, M., Tegeris, A., Miller, E., May, M., Morgen, E., and Smith, A. 1981. Relation of particle dimension to carcinogenicity in amphibole asbestos and other fibrous minerals. *J. Natl. Cancer Inst.* 1981;67: 965-975.
- Tatrai, E., Kovacicova, Z., Brozik, M., and Six, E. Pulmonary toxicity of wollastonite in vivo and in vitro. *J. Appl. Toxicol.* 2004;24:147-154.
- Warheit, D. B., Hartsky, M. A., McHugh, T. A., and Kellar, K. A. Biopersistence of inhaled organic and inorganic fibers in the lungs of rats. *Environ. Health Perspect.* 1994a;102(suppl. 5):151-157.
- Warheit, D. B., McHugh, T. A., Kellar, K. A., and Hartsky, M. A. Biopersistence and pulmonary effects of inhaled p-aramid or wollastonite fibers following short-term exposures. In eds. D. L. Dungworth, J. L. Mauderly, and G. Oberdorster, *Carcinogenic effects of solid particles in the respiratory tract*. Washington, DC: ILSI Press. 1994b.

# 마그네슘합금 분진의 화재폭발 위험성 평가



**한우섭** 연구위원  
 산업안전보건연구원  
 화학물질안전보건센터  
 위험성연구팀

최근 휴대전화, 이동식 단말기, 노트북 등과 같은 각종 전자기기의 사용이 증가함에 따라 전자 기기 케이스의 원재료로 사회적 수요가 급격히 늘고 있는 마그네슘합금(Mg 합금)에 의한 화재폭발 사고가 발생하고 있다. Mg 합금의 주성분은 마그네슘과 알루미늄이어서 그 성분비율에 따른 위험성의 변화가 예상되지만 활용 가능한 안전자료가 거의 없는 실정이다. 본고는 최근 국내에서 발생한 Mg 합금 분체의 화재폭발 동종재해 예방에 필요한 화재폭발 위험 특성 관련 안전정보와 그 대책을 제시하고자 산업안전보건연구원 화학물질안전보건센터 위험성연구팀에서 수행한 Mg 합금에 대한 위험성 평가결과를 정리한 내용이다. 본고의 위험 특성자료가 관련 재해 예방대책에 활용될 수 있기를 기대한다.

## 서론

마그네슘(이하 Mg)은 경금속으로서 가볍고 가공이 용이하며, 전자파 차단효과 등으로 인하여 전자산업에서는 활용성이 매우 높은 신소재 금속이다. 이러한 우수한 물적 특성을 가지고 있는데 반해, Mg는 매우 활성이 높은 금속 원소로서 취급방법이 부적절할 경우에는 예상하지 못한 화재폭발사고를 일으켜 많은 인명 피해와 재산손실로 이어진다.

2010년 3월에 국내 사업장의 집진기 내에서 마그네슘과 알루미늄이 일정 성분비율로 이루어진 마그네슘합금(이하 Mg 합금) 분진이 폭발하여 주위에 있던 작업자 1명이 사망하고 2명이 부상을 입었으며 설비가 파손되는 사고가 발생하였다. 이와 같은 Mg 합금에 의한 분진폭발재해는 과거 3년간 반복되고 있는데 앞으로도 동종재해가 발생할 우려가 있기 때문에 이에 대한 대책이 요구되고 있다.

Mg 합금 분진에 관련되어 발생하는 화재폭발 사례는 사업장 내에서 인적 손실이 없이 설비 파손 등의 물적 손실만이 발생한 경우 실제로 재해가 발생하더라도 사고 보고가 거의 이루어지지 않는다. 따라서 재해통계에 반영되지 못하고 있으며, 이러한 것을 감안한다면 관련 분진폭발의 재해 발생 빈도는 보다 많이 일어나고 있을 것으로 예상된다.

Mg의 사회적 수요가 늘어남에 따라 재해 발생 위험성이 증가하고 있기 때문에 동종 화재·폭발재해 예방을 위하여 Mg 합금에 대한 위험성 평가를 통한 안전자료 확보가 요구되고 있다. 이를 위하여 본고에서는 Mg 단일 성분 및 Mg-Al의 혼합비율에 따른 최대 폭발압력, 분진폭발지수, 폭발하한계 등의 폭발 특성을 실험적으로 평가하고, 또한 발화 특성에 대한 열중량 분석을 통하여 화재폭발 위험성을 조사, 검토함으로써 사업장에서 활용할 수 있는 안전자료를 제공하고자 하였다.

## 위험성 평가 및 시험방법

### 시험물질 및 평가 범위

본 위험성 평가에서 사용된 물질은 순도 99.0% 이상의 Mg 및 Mg 합금이다. Mg는 입경에 따라 -325, -100~200, -20~100mesh의 세 종류를 사용하였다. Mg 합금은 Mg-Al 비율 60 : 40wt%, 50 : 50wt%, 40 : 60wt%을 사용하였다. 또한 폭발 특성을 비교하기 위한 참조 시료로서 -325mesh, -200mesh의 두 가지 Al 분진 및 Mg(-100~200mesh)을 사용하였다.

분체의 화재폭발을 방지하기 위해서는 적절한 안전대책이 요구되지만, 그에 우선하여 해당 분체가 어느 정도의 화재폭발 위험성을 가지고 있는가를 먼저 평가하는 것이 필요하다. 이를 위하여 폭발 특성과 발화 거동에 대한 시험이 이루어지고 있다. 분체 취급 사업장의 화재폭발은 사용 분체의 위험성을 충분히 알지 못하여 발생하는 경우가 대부분이다.

최근에는 신소재의 사회적 수요로 인해 금속분체 사용량이 늘어나고 있는데 관련 재해의 발생 등으로 사업장에서의 금속분체에 대한 안전정보 수요가 증가하고 있지만, 현실적으로는 안전자료가 매우 제한적이기 때문에 활용성 측면에서 부족한 상황이다. 분진은 공기 중에 부유하더라도 시간에 따라 점차 침강하여 바닥에 퇴적하는데 비중이 클수록 그 시간은 짧아진다. 본 위험성 평가에서는 분진형태별로 구분되는 퇴적분진(dust layers)과 부유분진(dust clouds)을 대상으로 폭발 특성을 조사하였다.

부유분진에 대한 위험성 평가 항목은 폭발가능성(explosibility), 최대 폭발압력(Pmax), 분진폭발지수(Kst), 폭발하한계(LEL) 등이 있으며, 퇴적분진은 화염전파속도, 소염거리 등의 평가지표가 있다. 이러한 위험성을 조사하기 위하여 본 위험성 평가에서는 국제표준 시험방법을 적용한 실험 장비를 활용하였으며, 퇴적분진의 경우에는 자체 제작한 시험 장치를 사용하여 화재폭발 특성치에 대한 자료를 제공함으로써 사업장에서

분진 폭발사고 예방을 위한 안전대책을 수립하는 데 도움을 주고자 하였다.

### 시험 평가 항목

Mg 및 Mg 합금 분체에 대한 시험 평가는 입도분포시험을 포함하여 물리적 화재폭발 특성 평가로서 세 가지 시험 분야로 구분해서 실시하였다. 분진의 화재폭발 특성에 영향을 주는 인자로는 분진의 입경이 있는데 이는 입도분포(particle size distribution)를 측정하여 입도 특성에 따른 폭발 특성을 제시하기 위한 기본적 시험에 해당된다. 화재폭발 특성시험 평가는 부유분진의 화재폭발 위험성 데이터를 조사하기 위해서 실시하였으며, 퇴적분체의 화염 전파 특성을 알기 위하여 퇴적분진의 연소시험을 수행하였고, 시료분진의 발화 특성은 열중량 분석시험을 통하여 조사하였다. 시험 평가에 사용된 시료는 건조 등의 전처리는 하지 않았으며, 22~24℃의 온도환경조건에서 시험을 실시하였다.

#### ■ 입도 분석(particle size analysis)

입도 분포는 분진의 폭발 특성 및 화염 전파 특성에 큰 영향을 주는 인자이므로 해당 분진의 입도 특성에 따른 분진폭발 특성 데이터를 파악하고, 그 위험성을 논하기 위하여 측정이 필요하다.

#### ■ 부유분진의 화재폭발 특성시험

부유분진의 폭발 특성치는 폭발가능성시험, 최대 폭발압력, 분진폭발지수, 폭발하한계 등 4개 항목에 대하여 실시하였으며, 본 시험 평가에 의해 해당 부유분진의 폭발가능 여부 등을 알 수 있다. 또한 최대 폭발압력과 분진폭발지수값으로 폭발강도자료를 제공하여 줌으로써 분진폭발 시의 피해를 최소화할 수 있는 방호 장치(폭발압력 방산구, 폭발 억제 장치 등) 설계 시에 필요한 데이터를 제공하여 줄 수 있다. 그리고 폭발하한계로부터 분진폭발의 감도를 제시하여 줌으로써 착화 위험성의 지표로 활용할 수 있다.

■ 퇴적분진 연소성 평가시험

퇴적분진의 폭발 특성을 평가하는 인자는 분진의 착화 전후의 연소 특성을 나타내는 물리적 특성치로 나타낼 수 있다. 퇴적분진의 경우, 착화 후 화염의 전파 능력은 화염 전파속도와 소염거리에 의해 정량적 평가가 가능하다. 화염 전파속도가 크면 클수록 연소속도가 크기 때문에 화재나 폭발의 피해 확대를 일정 시간에 얼마나 많이 일으킬 수 있는가에 대한 인자로서 사용할 수 있다. 소염거리는 열 용량이 큰 주변의 물체에 접촉되어 있는 퇴적분진의 연소로부터 발생하는 연소열이 열전도에 의해 손실되더라도 화염을 지속할 수 있는 최소의 간극거리를 나타내며, 퇴적분체 자신의 화염 전파 지속력을 나타내는 고유 척도가 될 수 있다.

■ 열 중량 분석시험(TGA)

시차주사열량계(DSC)와 열중량분석기를 이용하여 Mg 및 Mg 합금 분진의 분해온도 등을 측정하여 열안정성을 평가하고, 그 결과를 바탕으로 Mg 및 Mg 합금 시료의 폭발 특성치와 함께 화재폭발 특성을 평가하고자 하였다.

열중량분석기(TGA; thermo gravimetric analyzer)는 일정한 속도로 온도를 변화시켰을 때의 시료의 질량 변화를 시간이나 온도의 함수로서 측정한다. 시료의 질량 변화는 증발이나 가스를 생성하는 화학 반응 등에 의해 발생하게 되며, 마이크로밸런스에 의해 연속적으로 측정된다. TGA에 의한 질량-온도 곡선을 이용하여 온도 변화에 따른 공기 분위기에서의 분해 거동을 관찰할 수 있다.

결과 및 고찰

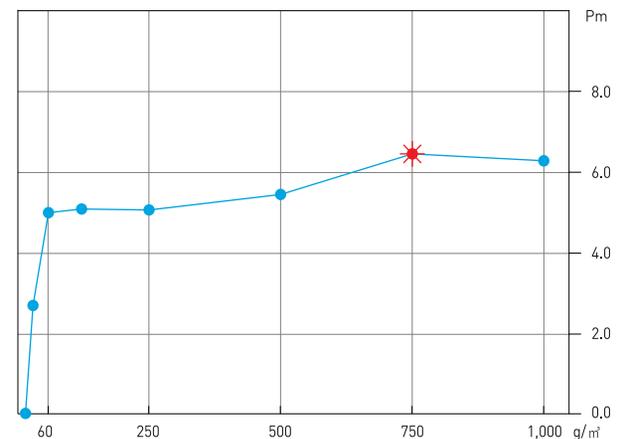
본 시험 평가에서 사용하는 금속 시료를 습식 입도분석기를 사용하여 측정한 결과, Mg-Al(60 : 40wt%), Mg-Al(50 : 50wt%), Mg-Al(40 : 60wt%)의 평균 입경은 각각 160 $\mu$ m, 151 $\mu$ m, 152 $\mu$ m로 나타났다. 이들

Mg-Al 합금의 성분비에 따른 평균 입경은 그 차이가 매우 작아 거의 동일한 입경을 가지고 있는 것으로 볼 수 있기 때문에 Mg 합금의 폭발 특성 비교에서 입경에 의한 영향은 무시할 수가 있으며, Mg 합금에서 Mg와 Al의 혼합조성비에 따라 폭발 특성이 어떻게 변화하는가를 조사하는 것이 가능하다. 또한 Mg(-100~200mesh)의 평균 입경은 약 155 $\mu$ m로 나타났으며, Al의 경우에는 -325mesh, -200mesh의 두 가지 종류 Al 분진에서 평균 입경이 각각 16 $\mu$ m, 33 $\mu$ m로 나타났다. 그러므로 평균 입경이 거의 동일한 Mg-Al(60 : 40wt%), Mg-Al(50 : 50wt%), Mg-Al(40 : 60wt%) 및 Mg(-100~200mesh)의 폭발 특성치를 조사함으로써 입경 변화의 영향을 고려하지 않아도 된다.

본 시험 평가는 순수한 Mg와 Mg에 Al이 일정 비율 혼합된 경우의 화재폭발 특성 변화를 20L 폭발시험 장치를 사용하여 폭발하한계, 최대 폭발압력, 최대 폭발압력 상승속도, 분진폭발지수 등을 측정하고 그 결과를 비교 검토하였다.

Mg 및 Mg 합금분진의 폭발 특성

순수한 Mg(-100~200mesh)의 폭발 특성을 조사한 결과, 폭발하한계는 약 30g/m<sup>3</sup>이었으며, 폭발압력의 결과 예를 [그림 1]에 나타났다. 최대 폭발압력은 6.4bar, 폭발압력 상승속도[(dP/dt)max]는 100[bar/s]



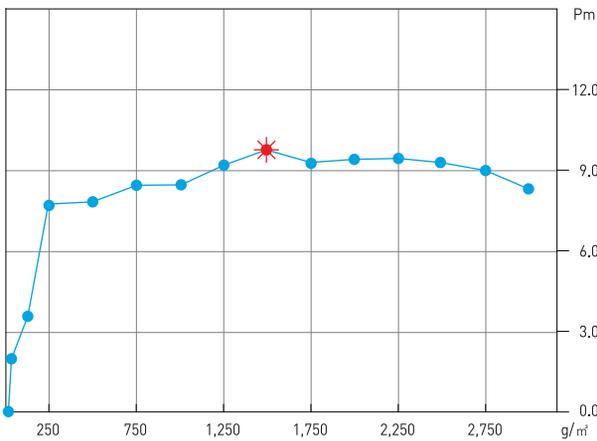
[그림 1] Mg(-100~200mesh)의 농도 변화에 따른 폭발압력

가 얻어졌다. 착화는 분진 분산 후 60ms의 지연시간을 두고 착화를 실시하였다. 폭발하한계 근처의 농도에서는 화염 전파가 유지 가능한 최저 농도이기 때문에 분진 화염 전파속도는 0.1m/s 이하로 측정되며, 폭발압력도 매우 적게 나타나고 있다. 이러한 폭발압력은 분진운의 분산상태에 따라 달라지며, 분진의 분산상태는 지연시간( $t_v$ )에 영향을 받으므로 일정한 지연시간 설정이 요구된다.

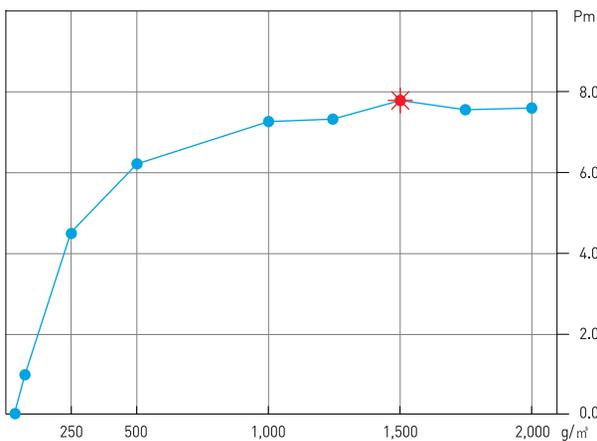
Al 분진(-325mesh 및 -200mesh)의 농도 변화에 따른 폭발압력은 [그림 2]~[그림 3]에 나타났다. 최대폭발압력은 각각 9.8 및 7.9bar로 조사되어 입경이 증가할수록 최대 폭발압력이 감소하는 경향을 보이고 있다. 최대 폭발압력 상승속도는 농도 1,500[g/m<sup>3</sup>]에서 최대로 나타

나고 있으며, 입경 -325mesh에서는 1,852[bar/s], -200mesh에서는 322[bar/s]로 급격히 감소하기 때문에 입경 증가로 인한 최대 폭발압력 상승속도에 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있다. 폭발하한계는 -325mesh 및 -200mesh에서 각각 40[g/m<sup>3</sup>], 70[g/m<sup>3</sup>]가 얻어졌는데 입경이 증가하면 폭발하한계가 증가하였다. 이러한 경향은 화염을 유지하기 위한 최저 열 분해 가스 농도를 확보하려면 보다 고농도의 분진이 필요하기 때문인 것으로 판단된다.

한편, Mg 및 Al의 성분비율이 Mg-Al(60 : 40wt%), Mg-Al(50 : 50wt%), Mg-Al(40 : 60wt%)의 농도 변화에 따른 폭발압력을 측정한 결과는 [그림 4]~[그림 6]에 나타났다. Mg의 혼합비율이 감소할수록 최대 폭발압력이 감소하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 Mg가 Al에 비하여 연소성이 보다 크다는 것을 알 수 있다. <표 1>과 <표 2>의 폭발하한계, 최대 폭발압력의 측정결과도 유사한 경향을 나타내고 있다. 또한 농도가 증가함에 따라 폭발압력도 증가하는데 일정 농도에서 폭발압력이 최대가 된 후에 분진 농도 증가와 함께 서서히 감소하다가 폭발상한계에 근접할수록 폭발성이 없어진다. 이와 같은 분진의 최대폭발압력을 내압 밀폐구조 용기의 방폭대책을 위한 자료로 활용하는 경



[그림 2] Al(-325mesh)의 농도 변화에 따른 폭발압력



[그림 3] Al(-200mesh)의 농도 변화에 따른 폭발압력

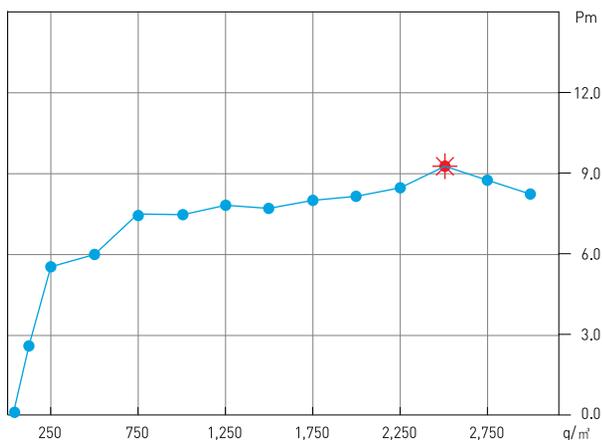
[표 1] Mg, Al, Mg 합금의 폭발하한계 측정결과

시료명	폭발하한 농도[g/m <sup>3</sup> ]
Mg(-100~200mesh)	30
Al(-325mesh)	40
Al(-200mesh)	70
Mg-Al(60 : 40wt%)	50
Mg-Al(50 : 50wt%)	60
Mg-Al(40 : 60wt%)	60

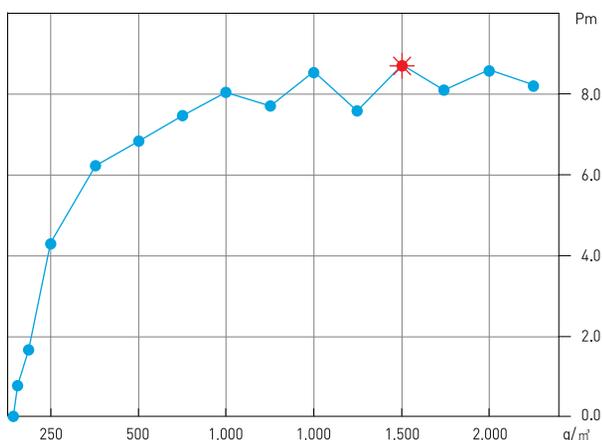
[표 2] Mg, Al, Mg 합금의 최대 폭발압력 측정결과

시료명	최대 폭발압력(Pmax), [bar]
Mg(-100~200mesh)	6.4
Al(-325mesh)	9.8
Al(-200mesh)	7.9
Mg-Al(60 : 40wt%)	9.4
Mg-Al(50 : 50wt%)	8.7
Mg-Al(40 : 60wt%)	8.0

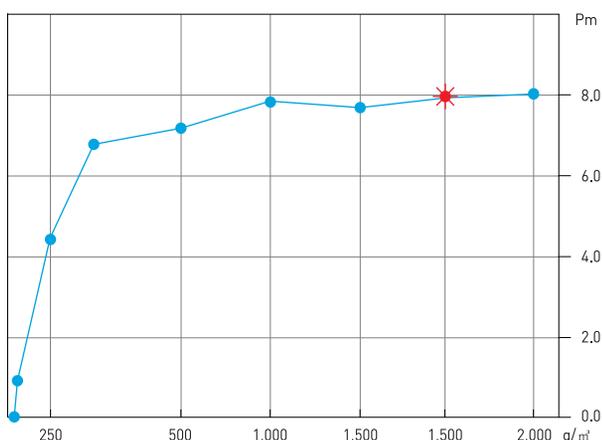
우에 용기 내압을 최대 폭발압력보다 높게 설정하는 것이 필요하다.



[그림 4] Mg-Al(60 : 40wt%)의 농도에 따른 최대 폭발압력 예



[그림 5] Mg-Al(50 : 50wt%)의 농도에 따른 폭발압력



[그림 6] Mg-Al(40 : 60wt%)의 농도에 따른 폭발압력

### 금속 퇴적분체의 연소 특성

Mg는 매우 밝은 휘염을 공기 중에 형성하면서 연소하며, 수분이 존재하는 경우에는 매우 격렬하게 연소한다. 산화 반응이 종료된 Mg 퇴적분진(사진)과 같이 Mg는 연소가 종료하면 산화마그네슘으로 추정되는 회백색의 반응물이 생성된다. 공기 중에서 Mg의 연소는  $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$ ,  $3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$ 와 같이 산화마그네슘과 질화마그네슘을 형성하며 화학 반응이 진행된다. 실온에서 수분과 접촉하는 경우에는  $Mg + 2H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + H_2$ 와 같이 수분( $H_2O$ )과 천천히 반응하며 수소를 생성한다. 반대로 고온의 물이 미연소 Mg와 접촉하는 경우에는 수소 생성 반응이 격렬하게 진행된다.

Mg의 화염 전파에서 수분( $H_2O$ )이 존재하면 고온의 화염에 의해 물이 분해되면서 수소( $H_2$ )의 발생이 급격하게 증가하고 수소 가스의 연소에 따른 화염 전파가 빠른 속도로 증가하게 된다. 따라서 습식 집진기를 사용하는 경우에는 Mg에 수분이 포함될 가능성이 높기 때문에 수소 가스가 발생하고 반응열로 인하여 자연발화 위험성이 높아지므로 신속하게 폐기 처분하든가 충분한 물을 보충하는 것이 필요하다.

Mg-Al의 비율을 Mg-Al(60 : 40wt%), Mg-Al(50 : 50wt%), Mg-Al(40 : 60wt%)과 같이 서로 다른 Mg 합금의 퇴적분체 표면을 전파하는 화염 전파에 대해서도 조사하였다.

그 결과 순수한 Mg에 비하여 Al을 혼합한 이들 Mg 합금분진이 퇴적층을 형성하는 경우에는 강한 착화원(불꽃)을 가해도 화염 전파가 일어나지 않았다.



산화 반응이 종료된 Mg 퇴적분진

**열 중량 분석결과**

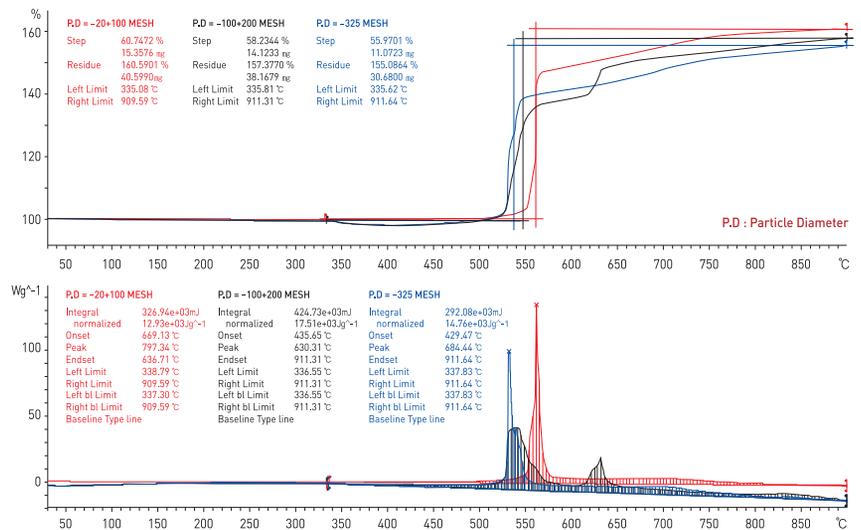
순수한 Mg의 입경 변화(-325mesh, -100~200mesh, -10~100mesh)에 따른 열 중량 분석을 실시하였다. 분석조건으로는 공기 분위기에서 5°C/min의 승온속도를 적용하였으며, 실험결과를 [그림 7]에 나타냈다.

열 중량 분석결과를 보면, 2단계의 S자 곡선을 나타내며 중량이 증가하고 있다. 중량 증가 개시온도는 480°C에서부터 시작하며, 입경 크기에 따라 중량 증가 포화 값이 다소 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. [그림 7]에서와 같이 입경이 증가하면 중량 증가 개시온도가 증가하는데 입경 증가가 발화 온도의 증가로 이어지는 것을 알 수 있다.

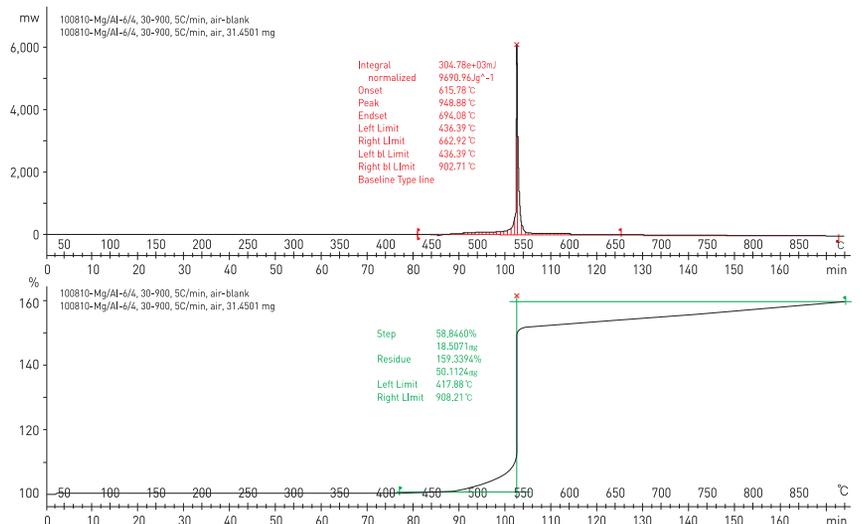
Mg-Al 합금의 조성비율이 Mg-Al(60 : 40wt%), Mg-Al(50 : 50wt%), Mg-Al(40 : 60wt%)와 같이 변화하는 경우의 퇴적분체의 발화 특성을 조사하였는데 공기 분위기 및 5°C/min의 승온속도에서 얻어진 Mg-Al(60 : 40wt%)에 대한 시험결과 예를 [그림 8]에 나타냈다. 동일한 승온조건에서 Mg의 성분비율이 감소하면 중량 증가 개시온도가 증가하는 것으로 나타나고 있다. 이와 같은 결과는 승온속도를 변화시켜도 동일한 경향을 나타내고 있다. 산화 반응에 의한 산화층의 증가가 중량 증가 개시온도로 나타나기 때문에 중량 증가 개시온도는 Mg 합금 퇴적층의 발화가 시작되는 온도라고 할 수 있다. 본 시험 평가에서 얻어진 순수한 Mg의 발화온도는 480°C로 Mg 성

분이 감소하고 Al 성분이 증가하면 발화온도가 증가하는 결과를 보이고 있다.

Mg 합금분진을 취급 또는 폐기물 분진 발생 사업장에서는 장기간 퇴적층이 바닥에 쌓이거나 집진기 내에 존재할 경우는 설비나 기기에서 발생하는 고온환경에 노출될 때 급격한 온도 상승에 의한 발화 가능성은 적을 것으로 판단된다. 그러므로 완만하거나 지속적인 온도 환경에 퇴적분체가 노출되는 경우에는 발화사고 위험성에 대한 예방대책을 강구하는 것이 필요하다.



[그림 7] Mg 입경 변화에 따른 TGA 결과의 비교



[그림 8] Mg-Al(60 : 40wt%)의 퇴적분체의 TGA 결과

## 결론

본고에서는 사회적 수요가 늘어나면서 재해 발생 위험성이 증가하고 있는 Mg 합금에 의한 동종재해 예방을 위하여 Mg 단일 성분과 Mg-Al의 혼합비율에 따른 화재폭발 특성을 조사하였다. Mg는 입경에 따라 -325mesh, -100~200mesh, -20~100mesh의 세 가지 종류를 사용하였고, Mg 합금은 거의 일정한 평균 입경을 가지고 있는 Mg-Al의 비율이 각각 Mg-Al(60 : 40wt%), Mg-Al(50 : 50wt%), Mg-Al(40 : 60wt%)인 분체를 사용하였다. 그 결과, Mg(-100~200mesh)의 폭발하한계(LEL)는 약 30g/m<sup>3</sup>이었으며, 최대 폭발압력(Pmax)은 6.4bar, 폭발압력 상승속도[(dP/dt)max]는 100[bar/s]가 얻어졌다.

Al 분진(-325mesh 및 -200mesh)의 농도 변화에 따른 폭발압력과 폭발압력 상승속도를 조사한 결과, 최대 폭발압력은 각각 9.8 및 7.9bar로서 입경이 증가할수록 감소하는 경향이 관찰되었다. 최대 폭발압력 상승속도는 1,500[g/m<sup>3</sup>]에서 최대로 나타나고 있으며, 입경이 -325mesh에서는 1,852[bar/s], -200mesh에서는 322[bar/s]로 급격히 감소하여 입경 증가로 인한 영향이 크게 나타났다.

Mg 합금에서는 Mg의 혼합비율이 감소할수록 최대 폭발압력이 감소하였으며, 이러한 결과로부터 Mg가 Al에 비하여 연소성이 보다 크다는 것을 알 수 있었다. 그리고 폭발하한계 및 최대 폭발압력의 측정결과도 유사한 경향을 나타내었다.

한편, 수분(H<sub>2</sub>O)의 존재에 의해 Mg의 연소 반응을 급격히 증가시키는 현상을 확인하였으며, Mg-Al의 조성비율이 Mg-Al(60 : 40wt%), Mg-Al(50 : 50wt%), Mg-Al(40 : 60wt%)인 경우에는 강한 착화원을 가해도 화염 전파가 일어나지 않았다. 또한 동일한 승온조건에서 Mg의 성분비율이 감소하면 중량 증가 개시온도가 증가하였으며, 이러한 결과는 승온속도를 변화시켜도 동일한 경향을 나타내었다.

Mg 합금 분진에 관련되어 발생하는 화재폭발 사례는 사업장 내에서 인적 손실이 없이 설비 파손 등의 물적 손실만이 발생한 경우에는 실제로 재해가 발생하더라도 사고 보고가 거의 이루어지지 않는다. 따라서 재해통계에 반영되지 못하고 있으며, 이러한 것을 감안한다면 관련 분진폭발의 재해 발생 빈도는 보다 많이 일어나고 있을 것으로 예상된다. Mg의 사회적 수요가 늘어남에 따라 재해 발생 위험성이 증가하고 있기 때문에 동종 화재·폭발재해 예방을 위하여 Mg 합금에 대한 위험성 평가를 통한 안전자료 확보가 요구되고 있다.

이상과 같은 시험결과를 통하여 단일 성분의 Mg와 Al 이 일정비율 첨가된 Mg 합금의 경우, 성분과 주변 온도, 입경 등의 조건에 따라 화재폭발 위험성이 증가한다는 사실을 알 수 있었다. 본고에서 제시된 위험 특성자료의 활용을 통해 분진의 보관, 취급, 폐기 등의 지속적 관리가 필요하고 사업장 특성에 적합한 안전대책을 강구하는 것이 바람직하다. 🌱

### 참고문헌

- Eckhoff, R. K., Dust explosions in the process industries-3rd ed., Gulf professional publishing (2003).
- Hertzberg, M., Zlochower, I.A. and Cashdollar, K.L., Metal Dust Combustion: Explosion Limits, Pressure and Temperature, 24th Symp. Intl. on Combustion, The Combustion Institute, pp.1827 (1992).
- Ohlemiller, T.J., Smoldering Combustion Propagation through a Permeable Horizontal Fuel Layer, Combust. Flame, 81, pp.341-353 (1990).
- Roberts, T.A., Burton, R.L. and Krier, H., Ignition and Combustion of Aluminium / Magnesium Alloy Particles in O<sub>2</sub> at High Pressure, Combust. Flame, 92, pp.125-143 (1993).
- Ballal, D. R., 'Ignition and flame quenching of quiescent dust clouds of solid fuels', Proc. R. Soc., Lond., A 369, pp.479-500, (1980).
- Leisch, S.O., Kauffman, C.W. and Sichel, M., Smoldering Combustion in Horizontal Dust Layers, 20th Symp. Int. Combust., The Combust. Inst., pp.1601-1610 (1984).

## 산업안전보건 국내 · 외 소식



### 국제 안전보건 단신

#### 미국 AIHA, 2011~2012년도 공공 정책 중점과제 제안

미국 산업위생학회(AIHA)는 2011~2012년도 공공 정책 중점과제를 제안하였다. 그 내용은 노출 허용기준(PELs; Permissible Exposure Limits) 업데이트 실시, 사고 및 질병 예방 프로그램의 각 회사 도입, MSDS의 정확성 제고 및 화학물질분류 체계조화 시스템(GHS; Globally Harmonized System) 확산, 산업안전 관련 법 개정 등이다.

<http://admin.aiha.org/news-pubs/govtaffairs/Documents/2011-2012%20Top%20Public%20Policy%20Issues.pdf>

#### 미국 OSHA 주요활동 내용

미국 산업안전보건청(OSHA)은 업무상 부상 및 질병기록에 근골격계 항목을 추가하기로 하였으나 중소 규모 사업자의 반대로 인하여 일시적으로 방침을 철회하였다. 한편, 근로자에 대한 개인보호구를 OSHA 기준에 부합하는 것으로 근로자 부담비용 없이 고용주가 지급함을 의무화하였다.

<http://ehstoday.com/standards/osha/osha-withdraws-msd-column-injury-illness-logs-0126/?imw=Y#>

[http://osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=NEWS\\_RELEASES&p\\_id=19257](http://osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=NEWS_RELEASES&p_id=19257)

#### 미국 NIOSH, 노천 탄광 근로자를 위한 탄광부 진폐증 무료 검사 실시

미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)은 최근 이동식 차량을 이용한 건강 검진을 실시하였다. 이는 지하 탄광 근무자와 마찬가지로 노천 탄광 근로자 또한 진폐증 우려가

상존하기 때문이며, 주요 검진 항목은 흉부 X-ray와 혈압측정 등이다.

<http://www.cdc.gov/niosh/updates/upd-02-23-11A.html>

#### 미국 Bureau of Labor Statistics, 섬머타임제로 인한 산재 증가

미국 Bureau of Labor Statistics가 1983~2006년의 기간 동안 광산업재해를 분석한 결과, 섬머타임제로 인하여 평균 40분 정도의 수면시간손실이 발생하며, 이 때문에 재해 발생이 5.7% 상승하는 것으로 나타났다.

<http://www.mromagazine.com/issues/story.aspx?aid=1000403286>

#### 미국 NIEHS, 멕시코만 기름 유출사고 작업자에 대한 건강 연구 실시

미국 국립환경보건과학연구원(NIEHS)에서는 지난 10년간 기름 유출사고와 관련하여 청소작업에 참여한 5만 5,000여 명의 근로자를 대상으로 건강 영향에 대한 연구를 실시하였다. 이 연구와 관련한 비용은 지난해 멕시코만에서 기름 유출사고를 유발한 BP와 NIEHS에서 공동 부담할 예정이다.

<http://www.niehs.nih.gov/news/releases/2011/gulfstudyfinal/>

#### 일본 JISHA, 근로자 피로축적도 측정 서비스 제공

일본 중앙노동재해방지협회(JISHA)는 웹 사이트의 홈페이지상에서 자신의 피로축적도를 측정하는 셀프 체크리스트를 제공하고 있다. 이는 과로로 인한 건강장해를 예방하고자 하는 종합대책의 일환으로 시행되고 있다.

[http://www.jisha.or.jp/web\\_chk/td/file\\_f.html](http://www.jisha.or.jp/web_chk/td/file_f.html)

### 국내 안전보건 단신

#### 산업안전보건연구원, 2년 이하 사업장 안전 연구결과 발표

사업을 시작한지 2년 이하인 사업장이 산업재해에 취약하다는 연구결과가 나왔다. 산업안전보건연구원(원장 강성규)이 2001년부터 2009년까지 9년간 설립 2년 이하의 사업장과 2년 초과 사업장을 비교 분석한 결과, 설립 2년을 넘은 사업장은 산업재해율이 감소세를 보이는 반면, 2년 이하의 사업장은 최근 들어 재해율이 증가하고 있는 것으로 나타났다. 설립 2년 이하 사업장의 경우 2001년 0.78%였던 재해율이 계속해서 증가해 2009년에는 1.28%를 기록하였다. 이러한 경향에 대해 연구원은 2년을 기준으로 설립 초기 사업장은 여러 가지 여건상 재해 예방 역력이 미약하지만 2년을 넘어서 사업장은 재해 예방 노력이 어느 정도 안정화됨으로써 나타나는 결과로 분석하였으며, 따라서 2년 이하의 사업장에 대한 재해 예방 지원과 각별한 주의가 기울여야 한다고 밝혔다.

2009년을 기준으로 2년 이하의 사업장에서 특히 가장 빈번하게 발생하는 재해형태는 감김·끼임사고였으며, 다음으로는 넘어짐사고, 추락사고, 도로상교통사고의 순이었다. 업종별로는 제조업의 재해율이 높은 것으로 나타났다. 또한 2년 이하 사업장의 경우 5인 미만 사업장에 근로자가 가장 많이 종사하고 있으며, 이러한 소규모 사업장일수록 재해 발생 위험도가 높은 것으로 나타났다. 연구원 관계자는 “사업장 설립일로부터 2년 이상 경과되어야 재해가 감소되는 경향을 보임에 따라 2년 이하 산재 발생 고위험 사업장 중심의 집중적인 예방활동이 요구된다.”고 말하였다. 

# 산업안전보건연구원 활동 · 동정

## 국 · 내외 행사 · 회의 · 동정

### 20<sup>th</sup> ACOH(Asian Conference on Occupational Health) 참석 및 발표

일 자 : 3월 8일(화)~3월 12일(토)

장 소 : 태국 방콕

내 용

- A study on punishment results of Korean industrial safety and health act(조흥학 연구원)
- Current status of occupational safety and health in Korean manufacturing industry(윤영식 과장)
- A study on the characteristics of occupational exposure to extremely low frequency electromagnetic field(ELF-EMF) for workers of semiconductor factories(김갑배 연구원)
- Microbial exposure assessment in waste handling industry in South Korea(박해동 과장)
- Factors associated with alcohol use in female firefighters(유승원 전공의)

### 노동 관련 3개 학회 공동학술대회

일 자 : 3월 23일(수)

장 소 : 프레스센터

주 제 : 복수노조 시대의 노동

### 제5차 SAICM(국제화학물질관리전략) 추진협의회

일 자 : 3월 15일(화)

장 소 : 과천 그레이스호텔 10층 회의실

내 용 : 국가화학물질관리 기본계획, SAICM 국가 이행계획에 대한 논의

### 작업환경측정정도관리 고시개정안 검토 회의

일 자 : 3월 21일(월)

장 소 : 고용노동부 회의실

내 용 : 분석 능력 검증을 위한 현장 평가 제도 도입 및 자체정도관리 시스템 구축 등

### 안전보건국제학술지(SH@W) Vol.1, No.2 학술상 · 심의상 시상

일 자 : 3월 30일(수)

장 소 : 산업안전보건연구원 원장실

내 용 : SH@W Vol.1, No.2 우수논문 및 심의자 시상

### 2012년도 신규 연구과제 선정 심의위원회 개최

일 자 : 3월 31일(목)

장 소 : 화학물질안전보건센터 1층 회의실

내 용 : 2012년 신규연구과제 공모결과에 따른 내 · 외부제안(66건)에 대한 선정 여부 심의  
※외부공모 우수제안자 선정

## 국내 · 외 안전보건 행사

### 한국정책과학학회 춘계학술대회

일 자 : 2011. 4. 14

장 소 : 울산 미8군 내 Dragon Hill Hotel 2F Conference Hall

관련 링크 정보 : <http://www.kaps21.or.kr/technote/home.cgi>

### 대한안전경영과학회 춘계학술대회

일 자 : 2011. 4. 23

장 소 : 남서울대학교(충남 천안)

주 관 : EC, 독일 노동사회부 · 보건부

관련 링크 정보 : <http://society.kisti.re.kr/~sms1/>

### 제8회 국제필름미디어 페스티벌

일 자 : 2011. 9. 11~9. 15

장 소 : 터키 이스탄불

주 관 : ISSA(국제사회보장협회)

관련 링크 정보 : <http://www.issa.int/About-ISSA/Prevention-Sections/Section-for-Electricity-Gas-and-Water/Announcements/ISSA-8th-International-Film-and-Multimedia-Festival>

## 안전보건 관련 발간물 · 자료

### ISSA, 안전보건기술 요약집 『Safety Flyers』 발행

국제사회보장협회(ISSA)에서 발행한 『Safety Flyers』는 기업, 전문가를 위한 기술자료이며, 관련 분야는 Servo presses(서보프레스), Two-hand-control devices at presses(양수조작식 프레스), Light curtains / light grids(광전자식 방호장치)이다.

바로가기 : <http://www.issa.int/Resources/Resources/Safety-Flyers-Presses>

### 영국 HSE, 신재생 에너지 산업에서의 안전보건 보고서 발표

신재생 에너지 시장에서의 HSE의 역할에 대한 내용을 담았다. 대규모 위험요인, 작업장 내에서의 위험요인, 사회에 미칠 수 있는 위험에 대한 각각의 요인 체크리스트 등을 제시하였다.

바로가기 : <http://www.hse.gov.uk/eet/health-and-safety-in-the-new%20energy-economy.pdf>

### 독일 BAUA, 2009년 산업재해 종합 보고서 발간

독일 산업안전보건연구원(BAUA)은 독일 OSH 전략, 쾌적한 직장만들기 프로그램 실행사항, 직업병 감소를 위한 국가활동 등을 담은 2009년 산업재해 종합보고서를 발간하였다.

바로가기 : <http://osha.europa.eu/en/news/de-more-diseases-less-accidents>

### 일본 JNIOOSH, 식품가공기계에 의한 노동재해 발생상황 분석 발표

일본 노동안전위생종합연구소(JNIOOSH)가 발표한 식품가공기계에 의한 노동재해 발생상황 분석에 따르면 식품기계에 의한 노동재해는 휴업 4일 이상의 산재가 연간 약 2,000건 발생(동력기계 분류 중 최다)하며, 재해가 많이 발생하는 업종은 식료품 제조업, 서비스업(소매업, 요식업) 등이다.

바로가기 : <http://www.jniosh.go.jp/publication/SD/pdf/SD-No27.pdf>

### 일본 후생노동성, 정신건강 유지를 위한 안내서 발간

직업성 스트레스 간이조사표, 스트레스 대처법, 상담기관 일람표 등을 수록하였다.

바로가기 : [http://www.jaish.gr.jp/information/2010\\_kokoronokenko.pdf](http://www.jaish.gr.jp/information/2010_kokoronokenko.pdf)

### 미국 MSHA, 광산업 종사자 사망사고 원인 발표

미국 광산안전보건청(MSHA)은 광업 분야 재해 사망자 감소를 위하여 2010년에 발생한 7건의 사망사고 원인을 정리하여 발표하였다.

바로가기 : <http://www.msha.gov/MEDIA/PRESS/2011/NR110210.asp>

# 안전보건 연구동향 OSH RESEARCH BRIEF

산업안전보건과 관련된 최신 국내·외 학술정보, 제도 및 정책 등의 다양한 내용과 흐름을 제공하고 있는 『안전보건 연구동향』에서 독자 여러분의 원고를 기다립니다. 우리나라 산업안전보건 발전을 선도하기 위해 여러 분야의 전문가들과 공유하고 싶은 내용이 있으시면 언제든지 원고를 보내주십시오. 게재된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 드립니다. 원고를 보내주실 때는 소속 및 연락처를 꼭 기입해 주시기 바랍니다.

## ■ 보내실 곳

인천광역시 부평구 무네미로 478(구산동) 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전경영정책연구실  
『안전보건 연구동향』 담당자 앞  
• e-mail : brief@kosha.net

## ■ 문의사항

원고 및 본문 내용과 관련한 문의사항은 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전경영정책연구실로 연락하시면 됩니다.  
• 담당자 : 윤영식 과장 Tel. (032)5100-903

**SH@W**  
Safety and Health at Work

## 안전보건 국제학술지

영문판 계간 국제학술지 「SH@W」에 많은 관심과 함께 투고를 부탁드립니다.

## ■ 무료 웹사이트를 이용한 투고

<http://www.e-shaw.org> (※현재 접수중)

## ■ 문의사항

논문 투고와 관련한 문의사항은 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전경영정책연구실로 연락하시면 됩니다.  
• 담당자 : 안상현 대리 Tel. (032)5100-904, e-mail : shaw@e-shaw.org





# 작은 실천이 만드는 행복한 대한민국!

반도체산업에서 조선업, 그리고 휴대폰과 인터넷 보급률까지  
우리는 큰 대한민국을 만들어 가고 있습니다.

그러나 자랑스런 나라가 되려면 안전이 기본이 되어야 합니다.

누구나 안심하고 잘 사는 나라 -

안전을 실천하는 작은 노력이 모여 행복한 대한민국을 만듭니다.