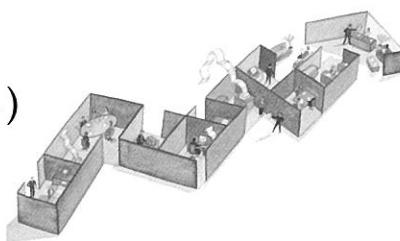


석유화학공단의 직업성암(4)

- 울산 석유화학공단, 벤젠 노출 수준



산업안전보건연구원 직업건강연구센터 / 김 은 아

석유화학공장 현장운전원의 작업

지난 호에서 설명한 것처럼, 석유화학제조업 현장운전원의 비호지킨립프종이 직업적으로 발생했는지 판단하기 위해 시작된 역학조사는, 직업병심의위원회의 ‘보다 정확한 벤젠 노출 수준을 추정할 수 있는 정보 요청’으로 인해 해당 사업장을 다섯 차례에 걸쳐 측정하는 과정을 거쳤다.

이는 비호지킨립프종 근로자가 수행했던 과거의 작업에서 공식적인 기록으로는 벤젠 노출이 매우 낮았을 것으로 추정되었지만, 간헐적으로 수행한 업무에서는 고농도의 벤젠 노출이 있었을지도 모른다는 의문이 제기되었기 때문이었다.

조사 대상이었던 사업장은 원유를 정제하는 공장, 증질유를 다루는 공장, 납사를 분해하여 벤젠이나 크실렌, 스티렌 등의 석유화학제품을 만드는 공장, 합성수지를 만드는 공장 등 다양한 공정이 있었다.

비호지킨립프종 근로자가 근무한 공정은

원유정제관련 공장이었지만, 역학조사팀은 과거 노출수준을 추정하기 위한 자료 확보를 위해, 다른 공장들도 조사대상에 포함하였다.

현장운전원은 4조 3교대를 하는 근로자도 있고 주간근무를 하는 근로자도 있었다. 시료를 채취하는 일은 정기적으로는 오전에 한번 하였는데, 필요시 수시로 하는 경우도 있었다. 시료채취는 파이프라인 중 한 곳의 밸브를 열어 액체나 가스상의 시료를 받는 일인데, 별다른 차폐없이 개방식으로 이루어지는 경우도 있고 밀폐된 폐쇄식 방식으로 하여 가스가 증발할 일이 없도록 채취하는 방법이 있었다.

벤젠의 농도가 높거나 기타 위험이 있는 경우 후자의 방법으로 채취하도록 되어 있었는데, 근로자에 의하면 과거에는 벤젠 함량이 1% 이상인 경우에도 특별한 보호구 착용없이 개방식으로 채취하였다고 진술하였다. 배관을 흘러 제조되고 있는 석유화학제

품은 공정에 따라 벤젠의 함량은 다른데, 어떤 경우에는 6~10%에 달하는 벤젠이 취급되기도 하였으며 일부에서는 함량 99%의 벤젠을 취급하고 있어서 위험해 질 수 있는 상황이었다.

낮은 수준이라 보기 어려웠던 벤젠노출

다섯 차례에 걸친 역학조사결과 벤젠노출 수준은 낮지 않다는 결론이 내려졌다.

비호지킨림프종 근로자가 근무했었던 부서인 정유 및 중질유 관련 공장의 측정 결과, 시료채취작업을 하는 현장운전원의 8시간평균 TWA 벤젠노출수준은 0.86 ppm이었다. 석유화학공장의 공정특성상, 유분내 벤젠 함량이 시간에 따라 달라지므로 역학조사팀은 측정시료를 오전과 오후로 나누어 보았다.

그 결과, 오전에는 최고 2.5 ppm이었고, 오후에는 0.11 ppm이었다. 시료채취방법에 따라서 노출수준이 달랐는데, 개방식으로 채취할 경우 벤젠노출의 최고치는 2.4 ppm, 폐쇄식 시료채취 방식에서는 0.16 ppm으로, 개방식 시료채취방식에 의한 시료에서 노출수준이 더 높았을 것이라는 추정이 가능하였다.

실제 생체에 들어온 벤젠 수준을 보기위

해 소변중 무론산을 작업 전, 작업 중, 작업 후, 다음날 아침 소변을 이용해 분석하였다.

그 결과 전체적으로는 참고치를 초과하는 경우는 없었다. 그렇지만 각 시간대별 평균 배설수준은 작업전에는 평균 0.018 mg/g creatinine 이었는데, 작업 중에는 0.023 mg/g creatinine으로 높아지고 작업 후에는 0.055 mg/g creatinine로 상승하였으며, 다음날 아침은 0.030 mg/g creatinine로 낮아졌다. 즉, 근로자가 벤젠에 대한 노출시간이 증가함에 따라 대사산물인 무론산의 배설량이 증가되고 있음을 알 수 있었다.

석유화학제품을 생산하는 공장에서 주로 문제가 되는 발암물질은 벤젠과 1,3-부타디엔이었다.

벤젠은 대정비 기간 동안 최고 0.82 ppm으로 노출되었고, 정규작업에서는 최고 1.4 ppm이었다. 1,3-부타디엔의 경우, 대정비 작업 중에 노출기준 10 ppm에 비하여 수십 내지 수백 배 가량 초과하였다. 정규작업에서도 노출기준을 수십 배 가량 초과한 작업자도 있었다.

한편, 벤젠함량 1% 이상의 제품이 생산되는 위치에서, 비일상적인 업무를 측정해 보았다.

그 결과 1,3-부타디엔은 최고 138.8 ppm이었고, 벤젠은 2.0~7.2 ppm수준으로 검출

되었다. 1,3-부타디엔의 노출이 수십 내지 수백 배 가량 초과하는 것은 1,3-부타디엔이 실온에서 기체상태로 존재하므로 순간과다 노출에 의한 개인노출이 높았던 것으로 판단되었다.

원유정유업 공장에는 이름만으로 보면 화학물질에 노출될 것 같지 않은 팀들도 있다. 분석업무를 하는 품질관리팀, 조정업무, 설비업무 등이 그러한데, 이러한 업무는 8시간 내내 하는 것이 아니므로 실시간 노출수준을 평가하였다.

그 결과, 품질관리업무를 하는 경우 벤젠은 평균 0.005 ppm이었고 최고치는 0.014 ppm이었다. 그런데 설비팀의 벤젠 농도는 0.10 ~ 50.00 ppm이었다.

비호지킨림프종의 업무관련성

역학조사팀은 이러한 측정 결과를 토대로 할 때, 비호지킨림프종 근로자의 벤젠노출에 대해 추정해 보았다.

이 근로자는 공정시료를 채취하는 작업을 포함한 작업이 한 달에 약 7일 하였다고 했는데, 그 때 노출된 벤젠은 8시간 작업 중 최고 약 1 ppm 수준이었다고 판단되었다. 공정에 따라 시료 채취 때의 벤젠노출은 폐쇄식보다 개방식에서 높았고 최고 2.5 ppm으로 나타난 곳도 있었다. 또 보수작업이나 설비업무 등에서는 8시간 평균농도는 아니

지만 작업시간동안의 벤젠 노출이 50 ppm 가량 되었다는 점을 볼 때, 간헐적으로 고농도 노출이 있었을 것으로 추정되었다.

보수작업 중 노말핵산 등의 노출은 정상작업보다 최대 20배까지 높았고, 과거에는 폐쇄식으로 시료채취를 했었다는 점을 감안한다면 림프종근로자의 과거 노출수준은 역학조사에서 나타난 결과보다 더 높았을 가능성도 있었다.

한편, 이 근로자의 비호지킨림프종은 버킷형(Burkitt type)으로 체 악성 림프종의 1.1%에 해당할 정도로 매우 드물고 당시까지 한국에서는 2례만 보고되어 있을 정도로 진귀한 암이었다. 벤젠과 1,3-부타디엔의 발암성이 잘 알려져 있었고, 한국에서는 당시까지 림프종이나 백혈병에 대해 업무관련성을 인정하는 분위기였다.

그러나 학문적으로 볼 때, 벤젠과 1,3-부타디엔은 주로 백혈병과의 관계가 강하게 입증되어 있고 림프종과의 관계는 관련성의 강도가 비교적 약했는데, 더구나 버킷형(Burkitt type)의 림프종처럼 드문 유형의 암에 대해서는 당연히 벤젠과의 관련성이 잘 알려져 있지 않은 상황이었다.

직업병심의위원회는 이러한 상황을 검토한 결과, 백혈병, 다발성 골수종, 비호즈킨 림프종 모두 골수의 줄기세포(stem cell)가

림프구나 형질세포로 분화하는 과정에서 비정상적으로 특정 세포가 증식하는 질환이라는 점을 감안할 때 벤젠과 비호즈킨림프종간의 관련성도 생물학적으로 충분히 가능하다고 판단하였다.

결론적으로, 5차례에 걸쳐 작업환경측정이 이루어진 역학조사 후 직업병심의위원회에 재상정되었던 이 사례는 일상 업무 중에는 그리 높지 않은 농도의 벤젠에 노출되었겠지만, 비일상적 작업이나 보수작업 중에는 매우 높은 농도의 벤젠에 노출되었을 가능성이 있다고 하여, 업무관련성이 있다고 판단되게 되었다.

이러한 결과를 보고, 역학조사팀에서는 사업장에 몇 가지 중요한 권고를 하였다. 먼저, 이 사업장의 안전보건관리체제를 재검토하고, 특히 보건관련 내용을 추가해야 한다고 강조하였다. 또한 산업안전보건위원회도 보건관리자를 포함하는 위원회가 되도록 해야 한다는 점을 강조하였다.

안전보건교육도 교육방법 및 교육내용에 대하여 재수립이 필요하고 보호구 구입 및 지급이 적절한지 재검토할 것과 함께, 안전보건작업허가서상 해당 작업에 고농도의 유기용제에 노출되는 작업을 포함시키는 것이 좋겠다고 권유하였다.

배치 전, 배치 후, 작업 전환 때 근로자의

건강진단을 규정에 따라 엄수하고, 유소견자에 대한 관리대책도 강조하였다. 특히 협력업체에 대한 건강관리대책이 필요함을 언급하였다.

이 공장의 작업장 배경농도로 존재하는 유기용제를 감소시키기 위해서는 공장 전반적으로 설비의 연결부위에서 누출을 최소화하는 것이 필요하였다. 누출관리시스템을 도입하여, 각종 연결부에서 물질이 누출되면 즉시 부품을 교체하거나 보수 할 수 있도록 하는 것이 중요하다고 판단되었다.

근로자가 시료를 채취할 경우에도, 완전히 밀폐가 될 수 있도록 시료병을 코르크마개로 변경하고, 채취용 병의 모양도 밀폐가 될 수 있는 모양으로 하여 근로자를 발암물질로부터 완전히 차단시킬 수 있도록 해야 한다고 권장하였다.

2002년 3월에 요청된 업무관련성평가를 위한 역학조사는 2002년 12월이 되어서야 마무리되었다.

한편, 이 역학조사를 통해 석유화학단지 근로자의 벤젠노출은 일상업무나 정규직의 업무 보다는 비정기작업, 보수작업, 설비작업 등에서 고노출의 위험이 존재할 것이라는 당시까지의 의심은, 이 사례에서도 다시 한 번 입증되게 되었다.

울산지역의 석유화학공단에 대한 업무관

련성평가 사례들은 석유화학공단 근로자의 벤젠노출수준에 대해, 비정규작업, 설비작업 등을 포함하여 평가할 필요가 있음을 나타내고 있었다.

산업안전보건연구원은 그런 필요성을 인식하고 있었으나 여러 가지 여건상 2004년에 들어서야 다시 한 번 평가의 기회를 마련할 수 있었다. ☹

- 다음호에 계속

☉ 참고 문헌

1. 직업병진단사례집 2001. 산업안전보건연구원 2002.
2. 직업병진단사례집 2002. 산업안전보건연구원 2003.