

건설업종사자의 직군별 화학물질과민증 위해성 평가에 관한 연구

The Research about the Risk Assessment by Job Groups in Construction Worker

성기철**** 전정윤 * 박준석***
Sung, Ki-chul Chun, Chung-yoon Park, Jun-seok

Abstract

This Study intends to find out the subjective symptom of Construction Business Worker caused by chemical material exposure, also willing to research how much they are exposed to VOCs(Volatile Organic Compounds) and under how much harmful circumstance they are working.

As the results, the job group among construction business workers which is most highly dangerous degree to be taken ill of Multiple Chemical Sensitivity is Interior Worker, next following by order of Clerical Worker, Exterior Worker. According to this result, the continuous exposure in high density must be prevented by the measures for Interior Worker also to be bestowed a compulsory break during working hour for regular exposure to the open air,

키워드 : 주택유형, 소유형태, 주거, 이동행태

Keywords : Housing Type, Tenure Type, Mobility Behavior

1. 서 론

1.1 연구의 목적

재실자의 건강과 맞물려서 실내 공기질에 대한 국민들의 관심이 높아지고 있다. 이와 관련하여 신축건물이나 리모델링 건물 등 건물실내의 화학물질 방출과 관련된 새집증후군이 문제가 되고 있다. 새집증후군의 원인은 확실하게 알려져 있지 않지만, 다양한 요소가 관련되어 있는 것으로 여겨지며 그중에서 실내 마감재나 가구, 생활재 등으로부터 배출되는 화학물질에 다량으로 폭로됨으로써 두통이나 안구의 통증, 알레르기 등의 증상이 나타나는 것으로 여겨지고 있다. 이러한 증상 및 질환은 화학물질과민증(Multiple Chemical Sensitivity, 혹은 Idiopathic Environmental Intolerance)으로 불리는 질환으로, 그 정의는 M. R. Cullen에 의하면 "과거에 대량의 화학물질에 접촉하여 급성중독증상이 발현했거나, 혹은 유해미량화학물질에 장기간에 걸쳐 접촉한 경우, 그 후에 소량의 같은 종류 혹은 같은 계통의 화학물질에 재접촉한 경우에 보여지는 임상증상"¹⁾으로 되어있다. MIT역학부의 N.A. Ashford등은 이 질환의 환자는 ①천식발작과 같이 자율신경계의 장애를 가지고 있거나 ②두통, 현기증, 구토 등 자율신경증상 및 정신신경계증상을 보이는

경우, ③과거에는 알레르기, 아토피 등으로 분류되었던 환자들의 제반 증상이 나타난다고 이야기하고 있다.²⁾

이러한 화학물질과민증은 진단이 어려워 오랫동안 정신적 질환의 하나로 간주되어 왔다. 그러나 1999년에 그 정의가 미국에서 발표되면서 처음으로 질병으로서 인정받게 되었다. 또한 우리나라에서도 최근 새집증후군으로 인한 배상판결이 처음으로 내려지면서 이 분야에 대한 정확한 정의와 연구가 시급히 필요하게 되었다.

그러나 앞서 말한 바와 같이, 아직 우리나라에서는 이러한 화학물질과민증에 대한 연구가 매우 미비한 실정이다. 최근 새집증후군이 문제가 되면서 신축주택 입주자들에 미치는 건강영향이 문제시되고 있지만 신축주택 입주자 못지않게 건자재로부터 발생하는 고농도의 화학물질에 폭로되는 사람들은 바로 건설현장 노동자들이라고 할 수 있다. 특히, 다량의 접착제, 페인트, 합판 등에 장기적으로 노출되는 현장 근로자들은 다른 직종근로자들보다 더 높은 화학물질과민증 발병 위험성에 시달리고 있을 가능성이 크다. 그러나 이러한 공사현장 근로자의 화학물질과민증 관련 조사나 연구는 아직 국내에 전무하다. 따라서 본 연구는 건설관련 근로자를 크게 내장직, 외장직,

* 연세대 주거환경학과 교수, 공학박사

** 요업기술연구원, 이학석사

*** 한양대 건축공학과 교수, 공학박사

**** 연세대 주거환경학과 석사과정

1) Hanley&Belfus(1989), Workers with multiple chemical sensitivities, Philadelphia, Occupational Medicine 2;No.4, State of Art Review

2) Van Nostrand Reinhold(1998), Chemical exposures :low levels and high stakes, New York

위해성을 문진표를 이용한 자각증상 설문조사, 각 직군별 작업현장에서의 VOCs 폭로량 측정, 그리고 측정결과를 바탕으로 발암물질인 벤젠을 통하여 건강위해성 평가를 수행하여 건설업 종사자의 직군별 화학물질과민증 발병 위험성을 파악하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 자각증상 설문조사

자각증상에 관한 설문조사 연구대상은 서울시내에 소재한 건설사 및 건설현장에서 근무하고 있는 내장직, 외장직, 사무직 근로자 110명씩 총 330명을 편의추출하였다. 설문조사 시기는 2004년 8월 31일부터 2004년 9월 30일 까지 실시하였고 자기기입식 방법을 사용하였다.

화학물질과민증 자각증상에 관한 설문측정도구는 선행 문헌고찰을 통해 Iowa 대학에서 개발한 화학물질과민증 판단문진표를 바탕으로 설문지를 구성하였다. 위 연구에서는 표 1의 1번 문항의 접할 때마다 과민해지는 물질이 있는가라는 질문에 'YES'라고 대답한 사람 중 2번 문항의 과민물질이 2가지 이상, 3번 문항의 과민반응이 2가지 이상, 4번 문항의 대응책을 1가지 이상 답한 사람을 MCS 환자로 판단한다. 설문지 번역의 타당성은 실내공기환경관련 전문가 3인에 의하여 검토되었다. 수집된 설문조사결과는 직군별 혹은 인구통계학적 변인에 의해 MCS자각증상에 차이가 있는지를 알아보기 위해 로지스틱 회귀분석(logistic regression statistics) 을 이용하여 각종 변인들과 화학물질과민증이라는 종속변인간의 관계를 알아보았고, 더 나아가 독립변인들 중 어떤 것이 MCS에 더 영향을 끼치는지의 상관계수도 알아보았다.

표 1. 화학물질 과민증 판단 문진표 내용

일반사항	성별, 나이, 교육척도, 업종근속기간, 근무부서/공종, 과거 및 현재병력
과민증관련사항	1.접할 때마다 과민해지는 물질이 있는지의 여부 2.과민해지는 물질은? 3.과민반응은? 4.과민에 대한 대책은?

2.2 측정방법 및 설문조사방법

VOCs 폭로량 측정조사대상은 각 군당 110명 중 5명씩 총 15명을 랜덤 추출하여 2004년 11월 1일부터 2004년 11월 7일 까지 측정을 실시하였다. VOCs 폭로량 측정방법은 패시브 샘플링(passive sampling) 방법을 이용하였다. 각 직업군은 근무시작과 동시에 작업복에 포집용 튜브(charcoal tube)를 착용한 후 일상 시와 똑같이 근무를 하였다. 근무가 끝난 후는 알루미늄 백에 담아 외기에 노출되지 않도록 보관하고, 다음날 출근 직후 다시 꺼내어 착용하도록 하였다. 또한 농도의 변수가 되는 요인을 알아보기 위하여 일일활동기록도 작성하게 하였다. 일일

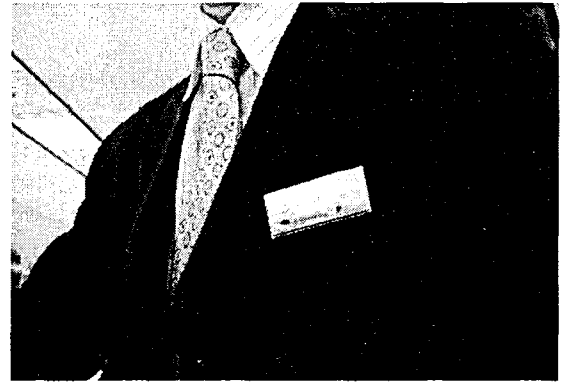


그림 1 근무시간 중 Passive Tube 착용모습

활동기록은 가능한 상세히 행위나 공간의 변화가 있을 때마다 시간과 함께 기록하도록 하였다. 사무직 근로자 5명의 경우는 근무시간 측정 이외에 근무시간의 측정도 행하였다. 이는 작업현장과 그 이외의 생활공간과의 폭로량을 비교하기 위해서이다. 사무직 근로자들은 퇴근과 동시에 다른 카트리지를 밀폐용기에서 꺼내어 의복에 부착한 후 나머지 시간을 생활하였다. 수면시나 입욕시는 해당공간에 카트리지를 노출시키고 행위를 행하도록 하였다.

2.3 측정 분석 방법

측정된 채취 카트리지 20개와 보관운반 및 설치과정에서 생길 수 있는 오염을 측정한 트레블 블랭크(travel blank) 3개, 카트리지 자체오염 분석을 위한 블랭크 3개를 합해 총 26개의 튜브를 분석하였다. 측정도구 및 분석방법은 표2와 같다.

표2. 측정도구 및 분석방법

채취기간	채취 성분	채취매체	채취 방법	탈착 방법	분석방법
04.11.01 ~ 04.11.07	VOCs	passive charcoal tube	자연 채취	용매 탈착 (carbon disulfide)	GC FID (GL Sciences GC353) Column : Hi resolution capillary column TC-1 type (30.0m 0.25 μ m)

2.4 위해성 평가 방법

일반적인 VOCs 내의 화학물질의 위해성은 표 3과 같다. 이 중 벤젠의 경우는 EPA 분류에 있어서도 A등급으로 발암성이 높은 물질이다. 그래서 본 연구에서는 EPA 분류에 있어 발암 물질로 판정 받은 벤젠에 한하여 위해성 평가를 실시하였다.

흡입노출로 인한 벤젠의 단위 위해도 추계는 표 2와 같다. 본 연구에서는 위해도 추계를 위해서 US EPA의 IRIS 자료와 벤젠의 발암 영향에 대한 보고서 자료를 사용하였다. 이 보고서는 기존의 동물실험을 통한 발암력을 추정한 연구와는 달리, 산업장에 근무하는 작업자를 대상

으로 수행된 역학연구를 근거로 추정된 값이기 때문에 동물실험 연구에 비해 더욱 정확한 결과라 할 수 있다. 또한 다른 변수(연령, 흡연 유·무)를 통제한 상황에서 발암력을 추정하였다.

단위 위험도는 건강한 성인이 임의의 오염물질이 단위 농도($1\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 오염된 공기환경에 평생 동안(70년 기준) 노출되어 생활할 때 이로 인해 발생할 수 있는 초과 발암 확률로써, 발암성 용량-반응 평가를 통해 얻어진 발암력과 성인 평균 체중 및 일일 호흡률을 고려하여 산출된다. 여기에서는 일일 호흡률은 $20\text{m}^3/\text{day}$, 한국 성인 평균 체중은 60kg 을 고려하여 산출하였다.

표 3. 화학물질의 위험성 확인 및 EPA의 발암성 등급

대상물질	주요노출경로	주요독성	발암성	EPA분류
Benzene	호흡 섭취 피부접촉	대사독성 유발 백혈구 감소증에 의한 뼈 및 골수 조직의 위축 적혈구, 백혈구, 혈소판의 감소, 재생 불량성 빈혈유발	고노출 근로자들에 대한 백혈병 유발 임파암과 혈액암의 발생률 증가	A (human carcinogen)
Toluene	호흡, 섭취, 피부접촉	고농도 노출시 중추신경계 이상가능 간독성과 신장독성	-	D (not classifiable as to human carcinogen)
Xylene	호흡 섭취 피부접촉	고농도 노출시 중추신경계 영향을 보이며 지소적인 노출시 신경행동학적 기능저하 유발	-	D (not classifiable as to human carcinogen)

표 4. 벤젠의 발암력 및 단위 위험도

오염물질	용량-반응 모델	발암력 ($(\text{mg}/\text{kg}/\text{day})^{-1}$)	단위위험도($(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$)
벤젠	Low-dose linearity utilizing maximum likelihood estimates (Crump, 1994)	$6.66 \cdot 10^{-3}$	$2.22 \cdot 10^{-6}$
		$2.34 \cdot 10^{-2}$	$7.80 \cdot 10^{-6}$

$$\text{단위위험도}((\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}) \quad (1)$$

$$= \frac{\text{발암잠재력}(\text{mg}/\text{kg}/\text{day})^{-1} \times \text{일일호흡률}(\text{m}^3/\text{day})}{\text{체중}(\text{kg}) \times \text{단위환산계수}(1000\mu\text{g}/\text{mg})}$$

이론적 사망자수 추정은 식 (2)와 같다. 환경의 오염농도에 용량-반응 함수로부터 얻어진 단위 위험도를 곱하고 이렇게 구해진 위험도에 노출인구수를 곱하여 추정하

였다. 단, 단위위험도 추정 시 단위농도에 평생 동안 노출될 때를 기준으로 추정된 것이기 때문에 70년을 나누어 1년 동안 발생할 수 있는 초과 발암 위험도로 환산하여 사망자수를 추정하였다.

$$\begin{aligned} & \text{벤젠으로 인한 암 발생 이론적 사망자수} \\ & = \text{대기 중 벤젠의 농도}(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{벤젠의 air unit risk} \\ & ((\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}) \div 70(\text{year}) \times \text{노출 인구수} \quad (2) \end{aligned}$$

3. 연구결과

3.1 설문결과 분석

설문조사 결과 '과민하게 반응하는 물질이 있다'라고 답한 사람은 사무직이 56명(52.8%)으로 가장 많았고 내장직 51명(50.5%), 외장직 29명(29.6%) 순으로 나타났다. 직군별로 과민한 화학물질에 관해서는 그림 2와 같다. 세 직종 모두 접촉제, 페인트 등의 물질에 가장 민감한 것으로 나타났으며 그 뒤로 배기가스, 담배연기, 스모그 및 매연 순이었다.

직군별 폭로 후의 과민 반응은 그림 3과 같다. 세 직종 모두 가장 빈도가 높았던 폭로 후 반응은 호흡곤란이나 기침이었고, 그 다음이 두통이나 마비, 발진 수포, 가려움

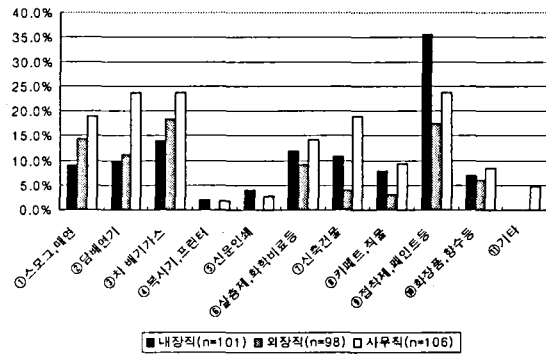


그림 2 직군별 과민화학물질

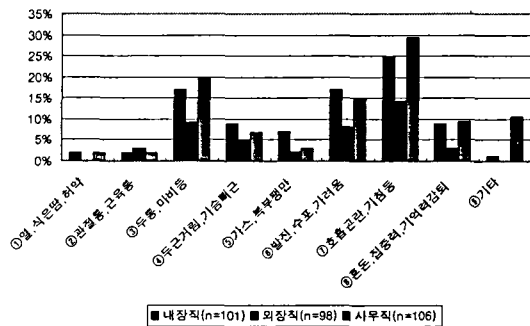


그림3. 직군별 과민반응

의 순이었다. 앞에서 답한 과민반응에 대한 대처방안에 대해서는 그림 4와 같다. 내장직과 외장직의 경우에는 마스크 및 장갑 착용의 비율이 높았고 사무직은 접촉 최소화 생활을 가장 많이 답했다. 기타방법으로는 '그냥 참는다'가 가장 많았다.

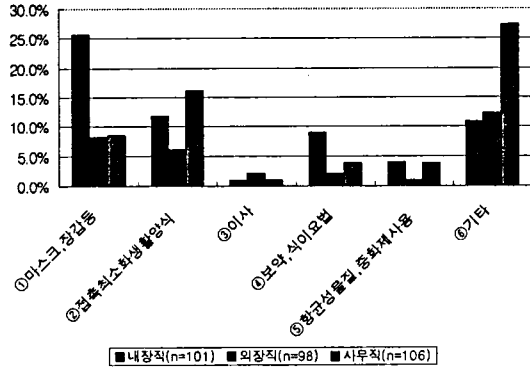


그림 4 직군별 과민증상에 대한 대책

설문결과를 바탕으로 '과민하게 반응하는 물질이 있다'를 답하고 과민해지는 물질에 2가지 이상, 과민해지는 반응에 2가지 이상, 과민에 대한 대책에 1가지 이상을 꼽는 대상자를 아이오와 대학의 MCS 판단준거에 따라 MCS 환자군으로 구분해본 결과 내장직의 16.8%, 외장직의 5.1%, 사무직의 24.5%가 화학물질과민증으로 판단되었었다. 이러한 결과에 영향을 미치는 독립변인을 찾아서 분석한 결과는 표 5와 같다. 분석결과, 건설업 종사자 중 실내에서 대부분의 시간을 보내는 사무직과 내장직이 옥외에서 작업하는 시간이 많은 외장직에 비해 화학물질과민증 환자 군이 유의하게 많았다. 또한 여성이 남성보다, 그리고 연령이 젊을수록 화학물질과민증 후보군이 많은 것으로 나타났다.

표 5. 각 변인과 MCS의 Logistic 회귀분석 결과

변인	B	S.E	Wald	df	Sig.	Exp(B)
성별**	1.036	.373	7.712	1	.005	2.818
나이*	-.074	.033	5.072	1	.024	.929
교육척도	.126	.284	.196	1	0.658	1.134
근속기간	.010	.034	.083	1	.773	1.010
constant	.286	1.399	.042	1	.838	1.331
내장/사무	.474	.349	1.844	1	.175	1.606
내장/외장*	-1.324	.530	6.235	1	.013	.266
constant	-1.598	.266	36.087	1	.000	.202
외장/사무***	1.798	.511	12.363	1	.000	6.307
외장/내장*	1.324	.530	6.235	1	.013	3.759
constant	-2.922	.459	40.557	1	.000	.054

*유의수준 0.5이하
 **유의수준 0.05이하
 ***유의수준 0.001이하

3.2 VOCs 폭로량 측정결과 분석

각 직군 당 5명 씩 총 15명에게 1주일간 근무환경에서 폭로되는 VOCs 폭로량을 측정하였다. 그러나 측정과정에서 사무직 1명의 결과에 오류가 발생하여 14명에 대한 결과를 분석하였다. 사무직의 경우는 근무시간외도 별개의 카트리지를 이용하여 측정하였다.

직군별 공중 및 부서와 근로시간 내 VOCs 폭로원 및 외부로의 오픈정도는 표 6과 같다.

표 6. 피험자별 공중 및 부서와 근로시간 중 VOCs 폭로원

직군	공중/부서	VOCs 폭로원	외부로의 open 정도/ 1일 청문기대횟수
A	내장	내장복수	합판, 칼크판 등 목재, 목공용 접착제, 창호 open
B	내장	도장공	페인트, 락카, 니스, 퍼티, 신나
C	내장	바닥재	접착제, 왁스, 카페트, PVC계 바닥재
D	내장	천정공	목재, 석고보드, 글래스울, PVC천정재
E	내장	미장공	물탈혼화제
F	외장	철근공	단열재
G	외장	조적공	단열재
H	외장	부대토목공	PVC배관재, 단열재, 보온재, 접착제
I	외장	철골공	철골내화도료
J	외장	창호공	PVC계 창호
K	사무	설계실	복사기 프린터 등 사무기기, 종이, 파티션, 현장감리
L	사무	공무부	복사기 프린터 등 사무기기, 종이, 파티션, 현장지원
M	사무	업무부	복사기 프린터 등 사무기기, 종이, 파티션, 차량이동
N	사무	설계실	복사기 프린터 등 사무기기, 종이, 파티션
O	사무	기획실	복사기 프린터 등 사무기기, 종이, 파티션

사무직중 설계실, 기획실에서 근무하는 근로자는 외근의 영향은 적었고 사무실내 집기와 시설재 등의 VOCs원이 있었으며, 완전 폐쇄형으로 5명중 3명이 중앙공조시스템을 사용하는 근로환경에 있었다. 피험자 K와 L, M 총 3명은 각각 현장감리, 현장지원, 대관업무의 이유로 외근이 잦아 근로시간 내 VOCs 폭로량에 사무실내 폭로량 외에 외근이라는 변수도 함께 고려해야 했다.

VOCs 폭로량은 가스크로마토그래프 결과를 바탕으로 TVOC를 계산하였으며 Benzene, Toluene, Ethylbenzene, M.P-Xylene, O-Xylene 의 5가지 물질에 대해서는 개별로 정성분석을 하였다. TVOC 와 5가지 물질의 검출농도는 표 7과 같다. 이를 살펴보면 WHO의 실내장기폭로목표치(Target guideline)의 TVOC 목표값인 300 μ g/m³ 을 초과하는 샘플은 전체의 50%나 차지하였다.

특히 내장직의 경우, 사무직이나 외장직에 비해 월등히

높은 폭로농도를 보였다. 내장직의 평균폭로 농도를 살펴 보면 벤젠의 경우 128.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 톨루엔의 경우 485.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, TVOC 4935.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 WHO 권고치인 톨루엔 269 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 1.8배였고, TVOC의 경우 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 16배에 이르렀다. 가장 높은 값을 보이는 C의 경우는 WHO의 TVOC 권고치량의 33배나 되는 양에 이르렀다. 이렇듯이 내장직 근로자는 평상시 작업환경에서 매우 고농도의 VOCs에 폭로 되고 있었다. 특히 A, B, C의 경우는 TVOC량이 다른 피험자 보다 월등히 높았는데 이 3명은 도장공, 바닥재공, 내장목공임을 감안할 때 접착제, 페인트, 합판 등에서 발생하는 VOCs량에 영향을 받았음을 알 수 있다. 같은 내장직이지만 D, E는 미장공, 샴시공으로 VOCs를 많이 발산하는 공정 이전에 주로 작업하기 때문에 일반 외장직과 비슷한 수준의 노출량을 보였다.

외장직을 제외하고는 전반적으로 WHO의 권고치인 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 웃돌고 있었으며 이는 전체적으로 작업환경에서 고농도의 VOCs에 폭로되어 있음을 알 수 있다.

표 7. 개인별 화학물질 검출량과 TVOC

S.N	직군 구분	Benzene	Toluene	Ethyl-benzene	MP-Xylene	O-Xylene	TVOC
A	내장	16.28	369.07	10.44	133.22	36.84	6940.47
B	내장	322.41	654.93	15.92	174.56	38.91	7343.03
C	내장	305.12	1158.41	73.25	5.56	50.35	9966.81
D	내장	n.d	158.96	15.15	12.25	10.92	272.33
E	내장	n.d	87.00	9.44	7.49	7.39	155.32
F	외장	n.d	46.56	19.60	16.74	13.25	35.54
G	외장	n.d	53.95	20.46	18.06	14.33	40.03
H	외장	n.d	218.36	50.66	13.57	19.88	473.06
I	외장	3.86	66.72	28.44	25.49	18.74	151.96
J	외장	18.69	44.64	7.82	6.35	6.76	187.83
K	사무	n.d	66.86	11.83	9.51	8.53	171.73
L	사무	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
M	사무	26.36	87.22	17.62	4.97	20.51	509.22
N	사무	n.d	81.13	10.64	18.47	20.01	762.10
O	사무	n.d	98.08	18.64	17.11	15.52	348.32

사무직 근로자의 근무 내·외 시간의 VOCs 폭로량을 비교한 결과는 표 8과 같다. 화학물질 검출량에 있어서는 전반적으로 근무외 시간의 검출량이 근무 내 시간보다 적었다. 그리고 TVOC의 경우는 K와 O의 경우는 근무외 시간이 높았지만, M과 N의 경우는 근무 시간이 높았고 차이도 약 4배 정도 났다. 근무외 시간의 TVOC의 검출량이 높았던 경우의 원인은 다이어리 분석결과 두 피험자 모두 비흡연자로 흡연의 영향은 없는 것으로 나타났으나, K의 경우는 통근 시간이 왕복 세 시간 정도로 차량내의 폭로가 영향을 끼친 것으로 사료되며 O의 경우는 측정기간 중 술자리 기회가 많았던 것으로 조사되었다. 또한 M, N, O의 경우 근무시간 내 TVOC의 검출량이 WHO의 권고치인 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 넘어섰는데 M은 외근이 잦고, 외근시 6개월 된 신차를 이용하여서, N의 경우는

마감단계의 현장 감리, O의 경우는 새 가구와 사무기기 근처의 자리 배치가 원인인 것으로 생각되어진다.

표 8. 사무직 종사자의 근무시간 내·외의 화학물질 검출량

S.N		Benzen	Toluene	Ethyl-benzen	MP-xylene	oxylene	TVOC
K	회사	n.d	66.86	11.83	9.51	8.53	171.73
	집	13.07	44.56	7.70	6.77	6.08	289.02
M	회사	25.36	87.22	17.62	4.97	20.51	509.22
	집	10.15	37.50	8.08	6.27	5.97	128.40
N	회사	n.d	81.13	10.64	18.47	20.01	762.10
	집	14.25	44.82	7.61	8.85	7.10	213.29
O	회사	n.d	98.08	18.64	17.11	15.52	348.32
	집	9.80	37.32	6.93	6.20	5.60	490.89

3.3 위해성 평가

VOCs 측정결과 벤젠의 폭로량이 외장직과 사무직에 비하여 내장직이 월등히 많아, 내장직을 분리하고 외장직과 사무직을 통합하여 위해성 평가를 행하였다. 내장직의 경우는 벤젠의 폭로량이 평균 128.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며 최대 322.41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 나타났었다. 외장직과 사무직을 합친 경우에는 평균 5.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며, 최대 26.36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 분포를 보였다.

이론적 사망자수 추정 결과는 표 9와 같이 나타났는데, 벤젠으로 인한 연간 개인 발암 위험도는 내장직의 경우 1.52×10^{-5} 으로, 그리고 외장직과 내장직을 합한 경우는 1.16×10^{-6} 으로 추정되었다. 이론적 사망자수를 추정한 결과, 현 수준으로 10년간 노출될 경우, 사무직의 경우는 평균 47.14명이라는 높은 수치를 보였으며 외장직과 사무직의 경우는 2.01명으로 추정되었다.

표 9. 벤젠으로 인한 이론적 사망자수 추정

직군	농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	단위위해도 ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$)	Individual Risk (annual)	Population Risk (명/10년)
내장직	128.76 (0.00~322.41)	2.22×10^{-6}	9.12×10^{-6}	47.14
외장직 사무직	5.43 (0.00~26.36)	7.80×10^{-6}	3.9×10^{-7}	2.01

4. 결론

건설업 종사자의 화학물질과민증 위해성 평가를 문진표를 이용한 자각증상 설문조사, 근무시 VOCs 폭로량의 장기측정, 측정결과를 바탕으로 한 벤젠으로 인한 발암 위해성 평가를 행하였다. 결과는 다음과 같다.

1. 건설업 종사자를 외장직(n=98), 내장직(n=101), 사무직(n=106)의 세 가지 직군으로 분류하여 설문조사를 실시한 결과, '접할 때마다 민감하게 반응하는 물질이 있는가?'라는 질문에 사무직의 52.8%, 내장직의 50.5%, 외장직의 29.6%가 '그렇다'고 응답하였으며, 과민해지는 물질은 세 직군 모두 접착제, 페인트, 배기가스, 담배연기

순이었다. 그리고 이러한 화학물질에 대하여 나타나는 반응으로서 호흡곤란과 기침을 가장 많이 꼽았고 뒤이어 두통, 마비, 발진, 수포, 가려움의 순이었다.

2. 측정조사 결과에서는 VOCs의 폭로량이 내장직, 사무직, 외장직의 순으로 높았으며 내장직의 경우 WHO의 권고치를 23~33배를 초과하고 있었으며, M.V.Joki 의 TVOC 농도별 수용한계표의 $3000\mu\text{g}/\text{m}^3$ (장기간 폭로한계치)를 초과하는 근로자(내장목수, 바닥재공, 도장공)가 5명중에 3명으로 나타났다.

3. 내장직의 경우는 벤젠으로 인한 발암 위해성평가에 서도 1.52×10^{-5} 라는 수치가 나왔다. 이는 벤젠에의 평균 폭로농도가 $128.76\mu\text{g}/\text{m}^3$ 라는 높은 수치에 기인한 것으로서, 보통 서울지역 $2.38\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이나 여천 $5.34\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 비해 40~90배에 가까운 수치였다.

이번 연구 결과로부터 건설업 종사자내에서 내장직 근로자들이 극도의 열악한 환경에서 작업하고 있음을 알 수 있었으며 발암 위해성이 매우 높음을 알 수 있었다. 그러므로 내장직 근로자의 작업환경을 개선하기 위한 보다 많은 연구와 대책이 필요할 것으로 생각된다. 구체적 내용으로는 거주자뿐만 아니라 다양한 건설자재의 VOCs로부터 피폭 받는 건설현장근로자를 위해서도 친환경 자재의 사용이 적극 도입되어야 한다. 또한 내장직 근로자의 경우 근로시간에 강제 휴식시간을 마련하여 정기적으로 외기에 접하여 지속적인 고농도의 폭로를 예방하여야 한다.

본 연구에서는 측정조사대상자가 15명으로 제한되어 있지만 건설현장근로자의 VOCs 폭로량이 WHO 권고치의 최고 9~13배를 초과한다는 사실을 감안할 때 좀 더 심화되고 방대한 데이터를 근거로 한 폭로량 연구가 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Donald R. Hoover(2003), Reproducibility of Immunological Tests Used To Assess Multiple Chemical Sensitivity Syndrome, American Society for Microbiology:1029-1036
2. D.J.Kutsogiannis(2001), A Multiple Center Study of Multiple Chemical Sensitivity Syndrome, Archives of Environmental Health
3. Gale E. Mckeown-eyssen(2001), Multiple Chemical Sensitivity : Discriminant Validity of Case Definitions, Archives of Environmental Health
4. Karen Binkley, MD, FRCPC(2003), Panic Attacks Induced by Olfactory Stimuli, CPA Bulletin de l'APC
5. S.Bornshein et. al,(2001), Idiopathic Environmental intolerances (formerly multiple chemical sensitivity)psychiatric perspectives, Journal of internal Medicine:250:309-321
6. 이민정(2003), 서울시 주택내 Formaldehyde와 VOCs의 오염 농도에 관한 연구, 연세대학교 대학원
7. 서병량(2003), 실내건축자재에서 발생하는 VOCs와 포름알데히드의 방출특성에 관한 연구, 서울시립대학교 대학원
8. 이진홍외 4인(1997), 석유화학단지의 휘발성 유기화합물로 인

한 인체 위해도 평가에 관한 연구, 한국대기보전학회지 제13권4호; 257-267

9. 신동천, 신영철 (2004). 울산 지역에서 대기중 벤젠으로 인한 암 사망 손실비용 추정 모형에 관한 연구
10. 환경부 (2003). 오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구