

실내 이산화탄소 농도가 작업능률에 미치는 영향

Impact of Indoor CO₂ Concentration on Work Performance

오 오 근 숙* 정 군 주** 임 영 빈**
Oh, Geun-Sug Jung, Gun-Joo Im, Young-Bin

Abstract

An object of this study was CO₂ as index of indoor air quality. In groups of two, 4 male and 4 female subjects participate with a written consent in experiment during 8 days. The subjects were exposed to the four CO₂ concentration level, 400, 700, 1000 and 1300 ppm was controled by CO₂ cylinder and subjects in the climate chamber. All other environmental parameters remained unchanged(neutral state). They performed text typing and assessed NASA-TLX at every stage. It confirms that high CO₂ concentration increase the correction rate and the work load, decrease the accuracy of text typing. An analysis of the combined data from this study is presented the relationship between CO₂ concentration and work performance.

키워드 : 이산화탄소, 작업생산성, 작업부하도

Keywords : CO₂(Carbon Dioxide), Work Productivity, Work Load

1. 서 론

현대인의 실내 거주시간은 80% 이상을 차지한다. 특히, 직장인들은 일일 8시간 이상을 사무실에서 보내므로 실내환경질(IEQ)에 지속적인 영향을 받는다. 이에 따라 실내환경질이 좋지 않은 환경에 노출된 직장인들의 작업능률은 저하될 수밖에 없으며, 이로써 개인뿐만 아니라 사회에 경제적 피해를 야기한다.(Fisk, 1997; Wyon, 2004)

기존 연구자들은 실내환경 요소 가운데 온도 및 습도의 건강 및 작업능률 영향에 관한 연구(Fang, 2004; Kosonen, 2004; Seppänen, 2006; 최유림, 2009)를 주로 다루어 실내환경질이 건강 및 작업능률에 지대한 영향을 미친다는 것을 제시하였다. 최근 사회적인 웰빙(Well-being) 경향과 관련하여 실내공기질의 건강 영향 및 작업능률 영향에 관한 관심이 증대되고 있다. 하지만, 이에 관한 연구가 부족한 실정이다.

다양한 실내공기 오염원 가운데 CO₂는 실내공기오염의 지표로 인식되며, 그 자체로서 인체에 치명적인 해를 끼치지 않지만, 농도의 증가는 신체대사 장애를 일으켜 병든건물증후군(SBS; Sick Building Syndrome)의 원인이 된다.(박문수, 2000; 이경희, 1995) 이러한 관점에 따라 많은 연구자들이 실내공기질 개선이 작업능률에 미치는 영향에 관한 연구를 수행해 오고 있다.(Seppänen, 1999; Wargocki, 2000; 권경우, 2007) 이러한 연구들은 환기량 조절에 의한 실험방법에 의존하고 있어, 실험결과와 정량적 편차가 크다. 실내공기오염물질의 상세한 영향을 알아보기 위해서는 이러한 편차를 줄이는 노력이 요구된다.

따라서 본 연구는 CO₂ 농도를 인위적으로 조절해 가면서 CO₂농도가 작업능률에 미치는 영향의 정량적 연구를 수행해 보고자 한다. 나아가 실내공기질의 작업능률 관련 연구의 기초자료 제공에 기여하고자 한다.

2. 실험의 방법

* 부경대 대학원 박사과정

(교신저자 : nasaraooo@nate.com)

** 부경대 건축학부 교수, 공학박사

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0009430)

피험자는 지원자 중에서 사전면담을 통해, 실험 진행시 감수해야 할 사항에 관하여 동의한 신체 건강한 남, 여 각 4명을 대상으로 선정하였다.(ISO 9886) 피험자는 실험 내용 및 설문문을 통해 평가하게 될 항목들에 관해 충분히 인지한 상태에서 2010년 7월에 총 8일간 실험에 참여하였다.

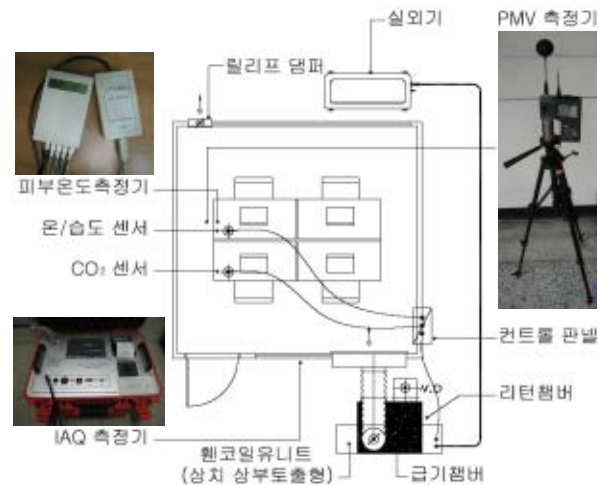


그림 1. 피험자 배치 및 실험장비 설치 현황

기후챔버(약15m³)는 PMV 0±0.5(온도 25±0.5℃, 습도 60±5%, 기류 0.5±0.2m/s, clo 0.6, met 1.0)의 쾌적한 열환경, 빛환경(조도 650lx), 공기환경(환기량 1회/h)으로 설정하였으며, 피험자 및 CO₂ 공급장치에 의해 CO₂ 농도만 400~1300ppm 까지 300ppm 단위로 조절하였다. 챔버내 피험자 배치 및 실험장비 설치 현황은 위의 그림1과 같다. 측정장비의 센서부는 바닥으로부터 1.2m 높이에 설치하고, 측정장비에 의한 오염 영향을 줄이고자 부득이한 경우를 제외하고 측정부는 기후챔버의 외부에 배치하였다. 실험실내에 챔버를 제작 설치하여, 외기영향을 최소화하고, 기후챔버의 체적에 맞춰 특수 제작된 항온습기를 이용하여 온·습도를 조절하였다. 기류는 공조기의 토출부 단면적 및 알루미늄 그리드의 방향을 조절하여 각 피험자의 착석위치를 기준으로 설정하였다. 또한 피험자별 시간적 영향을 동일하게 제공하고자 실험사용 투시창을 제외한 창은 벽체와 유사한 재료로 밀폐하고, 인공광(36W*4 주광색형광등 set)을 사용하여 적정 조도를 유지하였다.

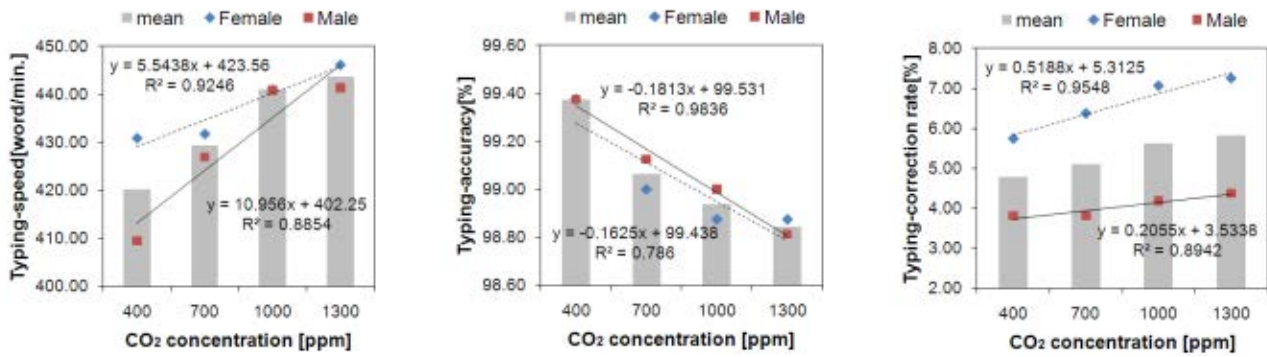


그림 2. Text typing test 결과

피험자는 CO₂ 농도가 무작위로 조절되는 것으로 인식한 상태에서 300ppm 단위로 증가된 CO₂ 농도 하에서 타자검정프로그램(블루소프트타자스쿨)을 이용하여 동일한 문서의 Text typing을 수행하였으며, 빠르기(word/min.), 정확도(%), 수정율(%)을 도출하여 작업생산성을 분석하였다. Text typing(10분) 후, 작업부하도(NASA-TLX)평가 및 실내환경질, 자각피로증상, SBS증상 등의 주관평가(10분), 생리적현상 측정 등을 실시하고, 각 단계 사이에 휴식하기(10분)를 반복하였다. 본 논문에서는 작업능률 분석 시 작업생산성과 작업부하도만을 고찰하고자 한다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 작업생산성

본 연구에서는 선행연구고찰을 통해, 실내환경질에 따른 작업성과 높은 상관성을 보이는 Text typing을 적용하여 작업생산성을 알아보았으며, 그 결과는 그림 2와 같다.

정확도는 실내 CO₂ 농도가 높아질수록 남 0.181, 여 0.163로 유사한 기울기로 감소하며, 그 값 또한 유사하게 나타났다. 수정율은 CO₂ 농도가 높아질수록 남 0.206, 여 0.519로 증가기울기를 보이지만, 여성의 증가폭이 남성보다 2배가량 크며, 그 값 또한 1.5배가량 높다. Text typing의 정확도와 수정율을 미루어볼 때, 실내 CO₂ 농도 증가는 작업생산성에 부정적인 영향을 미치며, 남성보다 여성에게 그 영향이 크게 나타났다. 그리고 국내외 실내 공기질규제기준 이하에서도 CO₂ 농도 증가는 작업생산성에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 반면, 빠르기는 남 10.956, 여 5.544로 증가기울기를 보이며, 남성이 여성보다 2배가량 높게 나타났다. 이는 동일한 문서를 대상으로 실험을 진행하여 대상 문서에 익숙해졌기 때문으로 사료된다. 여성이 남성에 비해 전반적으로 작업속도가 빠르지만, 남성이 여성에 비해 동일 작업에 대한 적응력이 높은 것을 알 수 있다.

3.2 작업부하도

실내 CO₂ 농도 증가에 따른 작업부하도를 NASA-TLX 평가척도(정신적요구, 신체적요구, 시간적요구, 수행도, 노력, 좌절수준)를 이용하여 알아보았다. 정신적요구, 신체적요구, 시간적요구에서 남, 여 모두 높은 증가 기울기를 보

였으며, 여성이 남성에 비해 2배가량 높게 나타났다. 수행도, 노력에서는 남, 여 모두 미미한 증가 기울기를 보였다. 반면, 좌절수준은 여 3.375, 남 -1.188로 서로 다른 패턴을 보인다. 이를 종합한 결과는 그림 3과 같다. 종합작업부하도는 CO₂ 농도 증가에 따라 남 10.781, 여 25.469의 기울기로 증가 패턴을 보인다. 이는 작업생산성과 유사한 결과로써 실내 CO₂ 농도 증가는 작업부하도에서도 남성에 비해 여성에게 2배가량 높은 영향력이 있음을 알 수 있다.

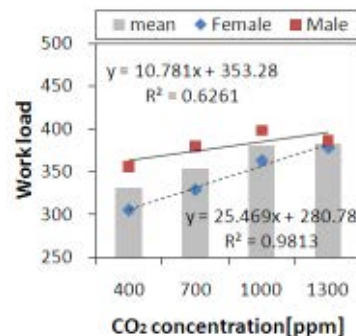


그림 3. 종합작업부하도(NASA-TLX)

4. 결 론

본 연구 결과, 실내 CO₂ 농도 증가는 작업생산성의 양적인 측면보다 질적인 측면에 영향이 크며, 여성이 남성에 비해 높은 영향을 받는 것으로 사료된다. 또한, 국내외 실내공기질 규제기준(CO₂ 1000ppm) 이하에서도 CO₂ 농도 증가는 작업생산성에 영향을 미치는 것을 알 수 있으므로, 이에 대한 많은 연구가 필요하며, 에너지사용량을 증가시키지 않는 범위에서의 해결책 모색이 요구된다.

참고문헌

1. 권 경우, 박준석, 사무소건물에서의 실내공기질 개선에 따른 경제적 효과에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 23(10), 203-212, 2007.
2. Seppänen O., Fisk W. J. and Lei O. H., Ventilation and performance in office work, indoor air, 16, 28-36, 2006.
3. Tanabe S. and Nishihara N., Productivity and fatigue, indoor air, 14, 126-133, 2004.
4. Wyon D. P., The effects of indoor air quality on performance and productivity, indoor air, 14, 92-101, 2004.