

## 외기상태의 변화에 따른 실내 환경인자의 민감도 분석

조 석 호\*

부산가톨릭대학교 환경행정학과

(2009년 8월 18일 접수; 2010년 1월 11일 수정; 2010년 2월 2채택)

### Sensitivity Analysis of Indoor Environment Factors along with Changes of Outdoor Air Condition

Seok-Ho Cho\*

*Department of Environmental Administration, College of Applied Science, Catholic University of Pusan,  
Busan 609-757, Korea*

(Manuscript received 18 August, 2009; revised 11 January, 2010; accepted 2 February, 2010)

#### Abstract

The most important factors relating to the indoor air environment are temperature, airflow, humidity, and contaminant concentration. A sensitivity analysis of indoor environment factors was carried out to grasp influences along with changes of atmospheric conditions. An integrated multizone model was used to predict these sensitivities. This model was applied to an apartment with six zones.

Airflow rates are influenced very seriously by changes of wind direct or wind velocity, but are influenced very slightly by changes of outdoor air temperature and are not influenced at all by changes of outdoor air humidity or contaminant concentration.

Indoor air temperatures are influenced very directly by changes of outdoor air temperature, but are influenced very slightly by wind direction or wind velocity and are not influenced at all by changes of outdoor air humidity or contaminant concentration.

Indoor air humidities are influenced very directly by changes of outdoor air humidity, but are not influenced at all by changes of outdoor air contaminant concentration and have little or no influence by changes of wind direction, wind velocity, or outdoor air temperature.

Indoor air contaminant concentrations are influenced very seriously by changes of wind direct or wind velocity, but are influenced somewhat by changes of outdoor air contaminant concentration and are influenced very slightly by changes of outdoor air temperature and are not influenced at all by changes of outdoor air humidity.

**Key Words** : Indoor air environment, Multizone model, Sensitivity analysis, Sensitivity coefficients

#### 1. 서 론

최근에 와서 생활수준이 향상되고 삶의 질에 대한 관심이 높아짐에 따라 실내공기 환경의 중요성이 새롭게 인식되고 있다(Wadden과 Scheff, 1983). 대부분의 실내공간은 많은 유동 통로들에 의해 연결되는 다수의 방으로 나누어진 다구획 구조이므로 실내환경을 해석하기 위해서는 다구획 모델에 대한 연구가 필수

---

\*Corresponding Author : Seok-Ho Cho, Department of Environmental Administration, College of Applied Science, Catholic University of Pusan, Busan 609-757, Korea  
E-mail: shcho@cup.ac.kr  
Phone: +82-51-510-0631

적이다. 실내공기에 관한 환경적 요소를 규명하기 위해서는 추적가스 등을 이용한 실험적 기법(Ohira 등, 1993)과 이론적 모델링 기법이 주로 사용되었으나, 실험적 기법의 복잡성 때문에 모델링 기법이 더 많은 관심을 끌어들였다.

Shair와 Heitner(1974)가 실내농도를 실외농도와 관련시킨 이론적 모델에 관한 연구결과를 발표한 후, 실내공기질 모델(IAQM)이 많은 연구자들의 관심의 대상이 되어 왔다. Walton(1982, 1984, 1989)은 다구획 모델을 사용하여 공기유동의 열적 해석을 수행하였으며, 또한 공기유동 예측을 위한 전산 알고리즘과 네트워크 모델을 제시하였다. Diasty 등(1992)은 실내 공기습도의 동적 작용 모델에 관한 연구를 수행하였다. 또한 Waters와 Simons(1987)는 다구획 모델에 의해 오염농도와 공기유동을 평가하였다.

실내공기 환경에서 가장 중요한 인자는 온도, 공기유동, 습도, 오염농도 등이며, 이들 인자들은 상호간에 영향을 미치고 있다. 따라서 실내공기 환경에 관련된 연구는 이들 인자들을 모두 포함하여 동시에 해석해야 할 필요성이 있지만, 대부분의 연구들은 열 모델, 공기유동 모델, 습도 모델, 오염농도 모델 등의 개별적 연구 또는 2개의 모델을 관련시킨 연구에 머물러 있으며, 온도, 습도, 공기유동, 오염농도를 모두 고려한 연구는 Chung(1996)과 Zhang(2005)을 제외하고는 미미한 실정이다. 국내에서는 조 등(1998)이 2구획 실내 공기질 모델을 개발하였으며, 조(2000, 2001)는 다구획 모델에 의해 실내 공기질을 평가하거나 공기유동량을 예측하는 연구결과를 제시하였다. 최근에 와서 조(2008)는 실내공기 환경의 중요한 인자인 온도, 공기유동, 습도, 오염농도를 동시에 예측하기 위한 통합 다구획 모델을 개발하였다. 이와 같이 국내에서는 다구획 모델은 말할 것도 없고, 실내 공기질 모델에 관한 연구는 현재까지는 매우 저조한 실정이다.

다구획 모델에 관한 연구에서 입력변수 값들의 변화가 출력 값에 어느 정도 영향을 미치는 가를 아는 것은 매우 중요하다. 대부분의 실내공기 환경모델의 입력변수는 건물자료, 기상자료, 실내발생원, 문이나 창문의 개폐 및 송풍기 가동 상태와 관련된 환기스케줄 등이다. 이들 입력변수들이 결과치에 미치는 영향은 차이가 있을 수밖에 없다. 일반적으로 실내 공기질에

결정적으로 영향을 미치는 변수는 실내발생원과 환기스케줄임은 잘 알려져 있다. 기상상태도 실내 공기질에 영향을 미치고 있으나, 풍향, 풍속, 외기온도, 외기습도, 외기농도 등의 외기상태들이 어느 정도 영향을 미치는지에 대한 정량적인 비교가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 통합 다구획 모델을 사용하여 건물자료, 실내 발생원, 환기스케줄 등을 고정한 상태에서 기상자료를 변경시키면서 실내 환경인자에 대한 민감도를 분석하고자 한다. 이를 통해 외기상태가 다구획 내의 공기유동량, 실내온도, 실내습도, 실내농도 등에 미치는 영향과 입력변수(기상자료)의 중요도를 평가하고 입력변수와 출력치 상호간의 중요한 특성을 확인해 보고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 민감도 분석

민감도 분석은 일반적으로 입력변수의 변화에 따른 출력 값의 변화를 정량적으로 비교하기 위해 행해진다. 즉, 민감도 분석은 입력변수가 출력 값에 미치는 영향 및 중요도를 평가하고, 입력변수와 출력 값 상호간의 중요한 특성을 확인하며, 결과에 큰 영향을 미치지 않는 입력 자료의 범위를 확인하기 위해 이용된다.

민감도를 평가하기 위한 민감도계수(sensitivity coefficients)는 다양한 형태로 계산할 수가 있으나, 본 연구에서는 다음 식을 사용한다(김과 박, 1997).

$$SC = \frac{\Delta OP / OP_{BC}}{\Delta IP / IP_{BC}}$$

단,  $\Delta OP$ : 출력 값의 변화량

$\Delta IP$ : 입력변수 값의 변화량

$OP_{BC}$ : 기준상태의 출력 값

$IP_{BC}$ : 기준상태의 입력변수 값

### 2.2. 통합 다구획 모델

다구획 열 모델은 실내온도와 벽면을 통한 총열을 계산하는 모델이다. 즉, 구획의 표면과 내부 열원으로부터의 대류에 의한 열에너지, 유입 및 유출 공기에 의한 열에너지, 공기취급 시스템에 의해 부가되는 열에너지 등을 모두 합한 것은 영이므로, 정상상태에서 각

구획에 대한 열평형 방정식을 세울 수 있으며, 이 방정식의 해를 구함으로써 각 구획 내의 공기온도를 계산할 수 있다.

다구획 공기유동 모델은 유동통로를 연결하는 각 구획간의 압력차에 의해 발생하는 유동량을 계산하는 모델로서 다소 복잡한 과정을 거친다. 구획 사이의 통로를 가로지르는 공기유동은 바람 및 온도차(밀도차)와 기계환기에 의해 야기되는 압력차에 의해 일어난다. 만약 구획 j에서 구획 k로 공기가 유동한다면, 그 구획 사이에 있는 유동통로에서의 압력차를 계산할 수 있으며, 이 압력차를 이용하여, 유동통로에서의 질량유량은 잘 알려져 있는 경험식과 오리피스 방정식을 토대로 구할 수 있다. 각 구획에서의 질량보존은 개구를 통과하는 질량유량의 합이 영일 것을 요구하며, 이 조건을 만족하는 각 구획 압력의 적절한 조합을 찾기 위해서는 비선형 연립방정식을 풀어야 한다. 이것은 각 구획의 압력을 연속적으로 근사화하는 반복기법을 사용함으로써 구할 수 있다.

다구획 공기습도 모델은 각 구획 내의 공기습도를 계산하는 모델이다. 특정 구획의 공기습도는 외부 환경과의 상호작용, 다른 구획과의 연결, 구획의 기능과 물리적 특성 등에 의존한다. 어떤 습기전달 과정을 통해 공간으로부터 부가되거나 제거되는 습기는 그 습기 조건에 균일하게 영향을 미칠 것이라고 가정하면, 공간 내의 공기습도 레벨은 습기의 질량평형 방정식을 고려함으로써 모델화 될 수 있으며, 습기의 질량평형 방정식은 연립미분방정식으로 표시할 수 있다. 이 선형 연립방정식은 각 시간 간격에서 동시에 풀려야 하며, 이 때 4계 Runge- Kutta 수치적 알고리즘을 사용하게 된다.

일반적으로 실내 공기질은 오염물질 발생량, 대기 오염 및 기상 상태, 오염물질 소실량, 환기조건 등의 요인에 좌우되며, 실내 환경내의 오염물질은 질량평형 방정식을 만족해야 한다. 다구획 오염농도 모델은 다수의 구획에 대해, 각 구획은 균일한 온도 상태에 있다고 가정된다. 오염물질 질량평형방정식은 각 구획의 오염농도 예측을 위한 연립미분방정식으로 나타낼 수 있다. 이 선형 연립방정식은 각 시간 간격에서 4계 Runge- Kutta 수치적 알고리즘을 사용함으로써 쉽게 풀려지게 된다.

실내공기 환경의 중요한 인자인 온도, 공기유동, 습도, 오염농도 등을 동시에 예측하기 위한 모델의 필요성에 의해 조(2008)는 열 모델, 공기유동 모델, 공기습도 모델, 오염농도 모델을 하나로 통합한 다구획 모델(Integrated multizone model, IMM)을 개발하였다. 본 연구에서는 민감도 분석을 위해 VISUAL BASIC 언어로 작성된 IMM을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

2.3. 건물 자료

Fig. 1은 본 연구를 위한 건물의 개략도를 나타낸 것이다. 실내공간의 천장 높이는 모든 구획에서 2.28 m 이고, 외부의 벽은 규칙적인 블록으로 만들어져 있다. 구획 1에는 바닥 높이로부터 남향의 유리 창문이 설치되고, 구획 4에는 바닥으로부터 0.88 m 높이에 남향의 유리 창문이 설치되어 있으며, 구획 6에 설치된 북향의 유리 창문은 바닥으로부터 1.1 m 높이에 있다. 구획 3은 외기와 직접 연결되지 않는 공간이며, 구획 2와 구획 5에는 개방할 수 있는 창문이 없지만 배기를 위한 송풍기가 천장에 설치되어 있다. Table 1은 전산 입력을 위한 건물자료를 나타낸 것으로 건물의 개략도로부터 산정한 결과치이다.

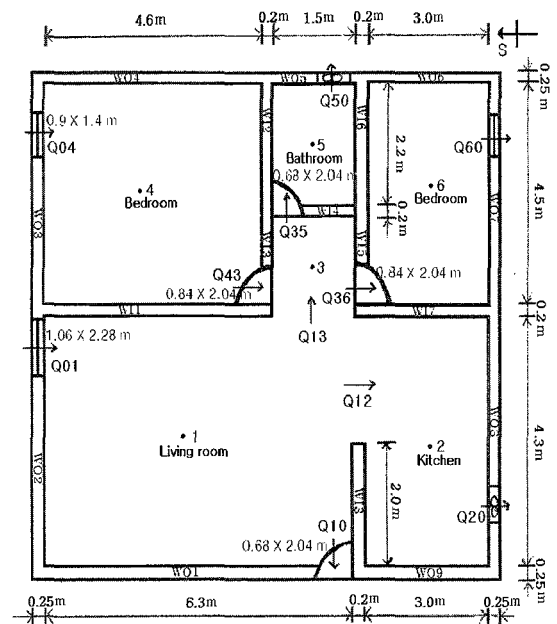


Fig. 1. Schematic of the zonal arrangement of test building.

**Table 1.** Data of test building

| Wall | Area[m <sup>2</sup> ] | Opening | Area[m <sup>2</sup> ]   |
|------|-----------------------|---------|-------------------------|
| WO1  | 12.9768               | Q01     | 2.4168                  |
| WO2  | 7.3872                | Q04     | 1.2600                  |
| WO3  | 9.0000                | Q10     | 1.3872                  |
| WO4  | 10.48880              | Q12     | 5.2440                  |
| WO5  | 3.4200                | Q13     | 3.4200                  |
| WO6  | 6.8400                | Q20     | Fan                     |
| WO7  | 3.5100                | Q35     | 1.3872                  |
| WO8  | 9.8040                | Q36     | 1.7136                  |
| WO9  | 6.8400                | Q43     | 1.7136                  |
| WI1  | 10.9440               | Q50     | Fan                     |
| WI2  | 5.4720                | Q60     | 0.75                    |
| WI3  | 3.0744                | Zone    | Volume[m <sup>3</sup> ] |
| WI4  | 2.0328                | 1       | 61.7652                 |
| WI5  | 3.0744                | 2       | 30.4608                 |
| WI6  | 5.4720                | 3       | 7.8660                  |
| WI7  | 7.2960                | 4       | 47.1960                 |
| WI8  | 4.5600                | 5       | 7.5240                  |
|      |                       | 6       | 30.7800                 |

**2.4. 민감도 분석을 위한 입력변수**

민감도 분석을 위한 입력변수는 Table 2와 같다. 빌딩 및 실내 발생원 자료와 환기스케줄은 고정시켰으며, 기상자료는 기준상태(남풍, 1.5 m/s, 외기온도 20°C, 외기습도 15 g/kg, 외기 분진농도 0.1 mg/m<sup>3</sup>)로부터 한 번에 단지 하나의 변수값을 변화시키면서 시뮬레이션을 실시하였다. 풍향은 건물의 구조상 환기가 잘 이루어지는 경우로서 바람이 반대로 부는 경우, 즉 본 연구에서는 건물이 남향이므로 남풍과 북풍의 영향을 비교하였으며, 풍속은 오전의 연평균 풍속 2.0 m/s 이하의 비교적 낮은 풍속 범위의 값을 사용하였다.

환기가 1시간의 관측시간 동안 실내에서는 구획 1의 중앙에 위치해 있는 오염원으로부터 1.944 mg/s의 분진(TSP)이 발생하고 있으며, 구획 2에서는 100 w의 열이 발생하고, 구획 5에서는 0.056 g/s의 수분이 증발하고 있는 것으로 하였다. 또한 환기 스케줄은 구획 1의 현관문(Q10)을 제외한 모든 문과 창문은 열어둔 상태로 두었으며, 구획 2와 구획 5에 설치된 송풍기(Q20, Q50)는 각각 0.154 m/s와 0.112 m/s의 공기를 외부로 배기하고 있는 것으로 하였다.

**Table 2.** Input variables for the sensitivity analysis

| Variable             |   | Fixed value (Base case) | Changed value |
|----------------------|---|-------------------------|---------------|
| Building data        |   | Table 1                 | -             |
| Indoor source        | Particulate[mg/s]                             | Zone 1 : 1.944          | -             |
|                      | Heat[w]                                       | Zone 2 : 100            | -             |
|                      | Moisture[g/s]                                 | Zone 5 : 0.056          | -             |
| Weather              | Wind direction                                | South wind              | North wind    |
|                      | Wind velocity[m/s]                            | 1.5                     | 0.5, 1.0, 2.0 |
|                      | Temperature[°C]                               | 20                      | 0, 10, 30     |
|                      | Humidity[g/kg]                                | 15                      | 5, 10, 20     |
|                      | Particulate concentration[mg/m <sup>3</sup> ] | 0.1                     | 0, 0.2, 0.3   |
| Ventilation schedule | Q01, Q04, Q12, Q13, Q35, Q36, Q43, Q60        | Open                    | -             |
|                      | Q10   | Close                   | -             |
|                      | Q20   | 0.154m/s                | -             |
|                      | Q50   | 0.112m/s                | -             |
| Observation time     |   | 1 hour                  | -             |

**3. 결과 및 고찰**

**3.1. 풍향의 변화**

Fig. 2는 남풍이 부는 기준상태와 북풍이 불 때의 각 유동통로에서의 공기유동량을 나타낸 것이며, 그림에서 음의 값은 유동이 반대 방향으로 이루어짐을 의미한다. 남풍이 부는 경우는 구획 1과 구획 4의 창문을 통해 실내로 유입된 공기는 구획 2와 구획 5의 송풍기, 그리고 구획 6의 창문을 통해 실외로 유출된다. 하지만 북풍이 부는 경우는 구획 6의 창문을 통해 유입된 공기가 구획 2와 구획 5의 송풍기, 그리고 구획 1과 구획 4의 창문을 통해 실외로 유출된다. 이에 따라 내부 유동통로에서도 남풍일 때는 구획 1에서 구획3으로, 구획 4에서 구획 3으로, 그리고 구획 3에서 구획 6으로 유동이 이루어지나, 북풍일 때는 송풍기의 영향을 받는 Q12와 Q35를 제외하고는 남풍일 때와 반대 방향으로 공기가 유동하게 된다. 이처럼 풍향이 변화하면 유동량의 크기뿐만 아니라 유동방향도 매우 많은 영향을 받음을 알 수 있다.

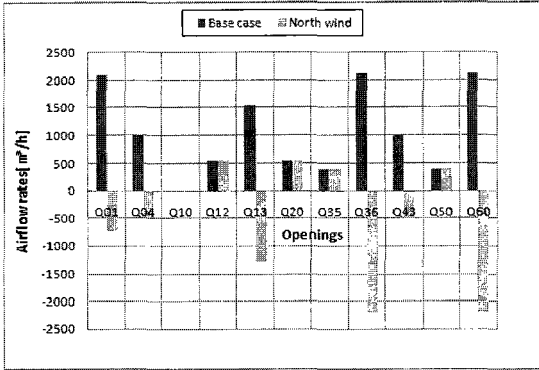


Fig. 2. Airflow rates at the base case and the north wind.

Fig. 3은 남풍과 북풍인 경우의 각 구획의 실내온도를 나타낸 것이다. 각 구획에 있어서 두 경우에 온도차이가 거의 없으며, 외기온도와와의 차이도 그다지 크지 않다. 따라서 풍향의 변화는 실내온도에 별로 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 한편, 구획 2에는 열원이 존재하지만 외기보다 근소하게 낮은 온도로 나타나는 것은 구획 2의 환기팬이 충분한 공기를 배기하고 있는 결과로 보이며, 구획 5에서의 상대적으로 근소하게 높은 온도는 구획 5의 환기팬이 충분한 공기를 배기하지 못한 결과라고 생각된다.

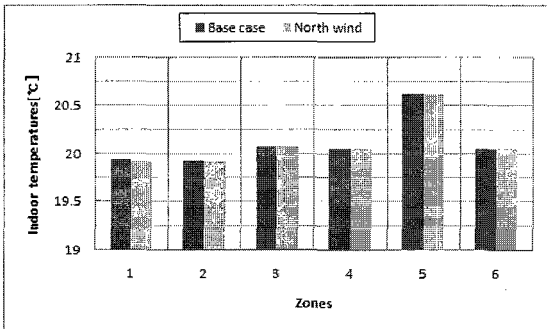


Fig. 3. Indoor temperatures rates at the base case and the north wind.

Fig. 4는 남풍과 북풍인 경우의 각 구획의 실내습도를 나타낸 것이다. 두 경우에 각 구획에서의 습도는 거의 차이가 없으며, 구획 5를 제외하고는 외기습도와 거의 같은 습도를 나타낸다. 따라서 풍향의 변화는 실내습도에 별로 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 한

편, 구획 5에서 상대적으로 근소하게 높은 습도는 구획 5에서 수분이 발생하고 있으며 구획 5의 송풍기 팬이 공기를 충분하게 배기하지 못한 결과라고 생각된다.

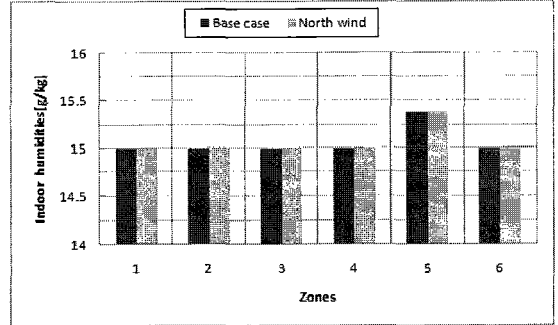


Fig. 4. Indoor humidities at the base case and the north wind.

Fig. 5는 남풍과 북풍인 경우의 각 구획의 실내 분진농도를 나타낸 것이다. 두 경우에 각 구획에서의 분진농도가 비교적 큰 차이를 나타내며, 분진 발생의 영향을 받지 않는 구획 4를 제외하고는 외기농도보다 높은 농도를 보이고 있다. 따라서 풍향의 변화는 공기 유동량과 유동방향에 영향을 미쳐 실내농도에도 비교적 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 즉, 남풍의 경우에는 구획 1에서 발생한 분진이 구획 1의 창문으로 유입된 공기가 하류로 흐름에 따라 구획 4를 제외한 모든 구획에 영향을 미치며, 북풍의 경우는 유동방향의 변화로 인해 구획 6, 구획 5, 구획 4, 구획 3 등은 구획 1에서 발생하는 분진의 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있다.

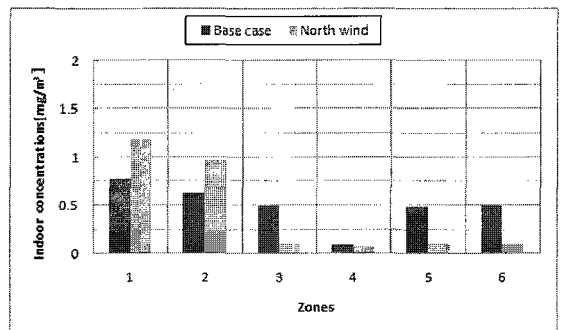


Fig. 5. Indoor particulate concentrations at the base case and the north wind.

### 3.2. 공기유동량

Table 3은 기준상태로부터 풍속을 변화시킨 경우에 각 유동통로에서의 공기유동량과 민감도계수를 나타낸 것이다. 여기서 Q10과 Q20 및 Q50은 고정된 유동량 값이다. 풍속이 증가함에 따라 실외로부터 구획 1과 구획 4로 유입되는 공기량과 구획 6에서 실외로 유출되는 공기량이 증가하고 있는데 이것은 풍속이 증가하면 풍압차가 증가하기 때문이다. 또한 유출입 공기량의 증가에 따라 내부 구획 사이의 유동량도 Q35를 제외하고는 증가하고 있다. Q35의 근소한 감소는 Q36이 크게 증가하는데 영향을 받은 결과로 판단된다.

민감도계수는 0에 가까운 값일수록 영향이 적으며, 음의 부호는 값이 감소하는 경향을 표시하는 것이다. Table에서 보는 바와 같이 민감도계수는 매우 크며, 따라서 풍속은 공기유동량에 영향을 주는 가장 중요

한 변수임을 알 수 있다.

Table 4는 외기온도 변화에 따른 각 유동통로에서의 공기유동량과 민감도계수를 나타낸 것이다. 외기온도가 증가함에 따라 실내 유입량(Q01, Q04)과 실외 유출량(Q60)은 근소하게 감소하고 있다. 이에 따라 구획 1에서 구획 2로의 유동(Q12)을 제외하고는 내부 구획 사이의 유동량도 근소하게 감소하고 있다. 이는 외기온도의 증가하면 실내외의 온도차도 증가하게 되고 이로 인해 밀도차가 작아져 압력차가 작아지는데 기인한 것이라 생각된다. Q12가 근소하게 증가하는 것은 구획 2와 구획 1 사이의 온도차가 풍속이 증가함에 따라 작아지는데 기인한다고 생각된다.

공기유동량의 민감도계수 값은 그다지 큰 값을 가지지 않으며, 따라서 외기온도의 변화는 공기유동량에 근소하게 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

Table 3. Influence of airflow rate along with changes of wind velocity

| Opening        | Factors                          | Wind velocity[m/s] |           |         |           |
|----------------|----------------------------------|--------------------|-----------|---------|-----------|
|                |                                  | 0.5                | 1.0       | 1.5     | 2.0       |
| Q01            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 1016.71            | 1522.60   | 2092.98 | 2708.94   |
|                | Sensitivity coefficients         | 0.771343           | 0.817562  | -       | 0.882894  |
| Q04            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 448.51             | 701.07    | 990.58  | 1305.14   |
|                | Sensitivity coefficients         | 0.820837           | 0.876789  | -       | 0.952654  |
| Q10<br>(Fixed) | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 0.00               | 0.00      | 0.00    | 0.00      |
|                | Sensitivity coefficients         | 0.000000           | 0.000000  | -       | 0.000000  |
| Q12            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 554.36             | 554.40    | 554.42  | 554.44    |
|                | Sensitivity coefficients         | 0.000162           | 0.000108  | -       | 0.000108  |
| Q13            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 462.00             | 967.78    | 1538.09 | 2153.96   |
|                | Sensitivity coefficients         | 1.049441           | 1.112373  | -       | 1.201237  |
| Q20<br>(Fixed) | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 554.40             | 554.40    | 554.40  | 554.40    |
|                | Sensitivity coefficients         | 0.000000           | 0.000000  | -       | 0.000000  |
| Q35            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 402.53             | 402.47    | 402.45  | 402.43    |
|                | Sensitivity coefficients         | -0.000300          | -0.000150 | -       | -0.000150 |
| Q36            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 508.72             | 1267.26   | 2127.17 | 3057.67   |
|                | Sensitivity coefficients         | 1.141270           | 1.212752  | -       | 1.312307  |
| Q43            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 448.63             | 701.22    | 990.75  | 1305.32   |
|                | Sensitivity coefficients         | 0.820772           | 0.876699  | -       | 0.952521  |
| Q50<br>(Fixed) | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 403.20             | 403.20    | 403.20  | 403.20    |
|                | Sensitivity coefficients         | 0.000000           | 0.000000  | -       | 0.000000  |
| Q60            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 508.59             | 1267.11   | 2127.03 | 3057.54   |
|                | Sensitivity coefficients         | 1.141338           | 1.212846  | -       | 1.312407  |

**Table 4.** Influence of airflow rate along with changes of outdoor temperature

| Opening        | Factor                           | Outdoor temperature[ °C] |           |         |           |
|----------------|----------------------------------|--------------------------|-----------|---------|-----------|
|                |                                  | 0                        | 10        | 20      | 30        |
| Q01            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 2105.61                  | 2099.18   | 2092.98 | 2087.01   |
|                | Sensitivity coefficients         | -0.006030                | -0.005920 | -       | -0.005700 |
| Q04            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 997.12                   | 993.79    | 990.58  | 987.48    |
|                | Sensitivity coefficients         | -0.006600                | -0.006480 | -       | -0.006260 |
| Q10<br>(Fixed) | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 0.00                     | 0.00      | 0.00    | 0.00      |
|                | Sensitivity coefficients         | 0.000000                 | 0.000000  | -       | 0.000000  |
| Q12            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 554.19                   | 554.31    | 554.42  | 554.53    |
|                | Sensitivity coefficients         | 0.000415                 | 0.000397  | -       | 0.000397  |
| Q13            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 1551.55                  | 1544.69   | 1538.09 | 1531.72   |
|                | Sensitivity coefficients         | -0.008750                | -0.008580 | -       | -0.008280 |
| Q20<br>(Fixed) | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 554.40                   | 554.40    | 554.40  | 554.40    |
|                | Sensitivity coefficients         | 0.000000                 | 0.000000  | -       | 0.000000  |
| Q35            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 403.21                   | 402.82    | 402.45  | 402.08    |
|                | Sensitivity coefficients         | -0.001890                | -0.001840 | -       | -0.001840 |
| Q36            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 2145.47                  | 2136.14   | 2127.17 | 2118.52   |
|                | Sensitivity coefficients         | -0.008600                | -0.008430 | -       | -0.008130 |
| Q43            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 997.14                   | 993.88    | 990.75  | 987.72    |
|                | Sensitivity coefficients         | -0.006450                | -0.006320 | -       | -0.006120 |
| Q50<br>(Fixed) | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 403.20                   | 403.20    | 403.20  | 403.20    |
|                | Sensitivity coefficients         | 0.000000                 | 0.000000  | -       | 0.000000  |
| Q60            | Airflow rates[m <sup>3</sup> /h] | 2145.47                  | 2136.07   | 2127.03 | 2118.32   |
|                | Sensitivity coefficients         | -0.008670                | -0.008500 | -       | -0.008190 |

Table 5와 Table 6은 각각 외기습도와 외기 분진농도의 변화에 따른 각 구획에서의 공기유동량을 나타낸 것이다. 각 Table에서 보는 바와 같이 외기습도나 외기 분진농도가 변화하여도 공기유동량은 변화가 없

으므로 민감도계수는 모두 0이다. 따라서 외기습도나 외기농도의 변화는 공기유동량에는 전혀 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

**Table 5.** Airflow rates[m<sup>3</sup>/h] along with changes of outdoor humidity

| Opening    | Outdoor humidity[g/kg] |         |         |         |
|------------|------------------------|---------|---------|---------|
|            | 5                      | 10      | 15      | 20      |
| Q01        | 2092.98                | 2092.98 | 2092.98 | 2092.98 |
| Q04        | 990.58                 | 990.58  | 990.58  | 990.58  |
| Q10(Fixed) | 0.00                   | 0.00    | 0.00    | 0.00    |
| Q12        | 554.42                 | 554.42  | 554.42  | 554.42  |
| Q13        | 1538.09                | 1538.09 | 1538.09 | 1538.09 |
| Q20(Fixed) | 554.40                 | 554.40  | 554.40  | 554.40  |
| Q35        | 402.45                 | 402.45  | 402.45  | 402.45  |
| Q36        | 2127.17                | 2127.17 | 2127.17 | 2127.17 |
| Q43        | 990.75                 | 990.75  | 990.75  | 990.75  |
| Q50(Fixed) | 403.20                 | 403.20  | 403.20  | 403.20  |
| Q60        | 2127.03                | 2127.03 | 2127.03 | 2127.03 |

**Table 6.** Airflow rates[m<sup>3</sup>/h] along with changes of outdoor particulate concentration

| Opening    | Outdoor particulate concentration[mg/m <sup>3</sup> ] |         |         |         |
|------------|---|---------|---------|---------|
|            | 0.0   | 0.1     | 0.2     | 0.3     |
| Q01        | 2092.98   | 2092.98 | 2092.98 | 2092.98 |
| Q04        | 990.58  | 990.58  | 990.58  | 990.58  |
| Q10(Fixed) | 0.00  | 0.00    | 0.00    | 0.00    |
| Q12        | 554.42  | 554.42  | 554.42  | 554.42  |
| Q13        | 1538.09   | 1538.09 | 1538.09 | 1538.09 |
| Q20(Fixed) | 554.40  | 554.40  | 554.40  | 554.40  |
| Q35        | 402.45  | 402.45  | 402.45  | 402.45  |
| Q36        | 2127.17   | 2127.17 | 2127.17 | 2127.17 |
| Q43        | 990.75  | 990.75  | 990.75  | 990.75  |
| Q50(Fixed) | 403.20  | 403.20  | 403.20  | 403.20  |
| Q60        | 2127.03   | 2127.03 | 2127.03 | 2127.03 |

3.3. 실내온도

Table 7은 풍속 변화에 따른 실내온도와 민감도계수를 나타낸 것이다. 풍속이 증가함에 따라 구획 1과 구획 2의 온도는 근소하게 증가하고, 나머지 구획들의 온도는 근소하게 감소하는 경향을 보이고 있다. 이것은 각 구획으로 유입하거나 인접 구획으로 유출하는 공기 유동량의 결과에 주로 기인한 것으로 생각된다. 전술한 바와 같이 풍속의 변화는 공기유동량에 큰 영향을 미치지만, 그 공기유동량은 실내온도에 그다지 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 따라서 풍속의 변화에 따른 실내온도의 민감도계수는 매우 작은 값으로서 풍속은 실내온도에 매우 작은 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

Table 7. Influence of indoor temperature along with changes of wind velocity

| Zone | Factor                   | Wind velocity[m/s] |           |        |           |
|------|--------------------------|--------------------|-----------|--------|-----------|
|      |                          | 0.5                | 1.0       | 1.5    | 2.0       |
| 1    | Indoor temperatures[°C]  | 19.897             | 19.921    | 19.937 | 19.947    |
|      | Sensitivity coefficients | 0.003009           | 0.002408  | -      | 0.001505  |
| 2    | Indoor temperatures[°C]  | 19.920             | 19.922    | 19.924 | 19.925    |
|      | Sensitivity coefficients | 0.000301           | 0.000301  | -      | 0.000151  |
| 3    | Indoor temperatures[°C]  | 20.186             | 20.108    | 20.073 | 20.053    |
|      | Sensitivity coefficients | -0.008440          | -0.005230 | -      | -0.002990 |
| 4    | Indoor temperatures[°C]  | 20.080             | 20.063    | 20.052 | 20.045    |
|      | Sensitivity coefficients | -0.002090          | -0.001650 | -      | -0.001050 |
| 5    | Indoor temperatures[°C]  | 20.673             | 20.639    | 20.622 | 20.612    |
|      | Sensitivity coefficients | -0.003710          | -0.002470 | -      | -0.001450 |
| 6    | Indoor temperatures[°C]  | 20.114             | 20.075    | 20.053 | 20.040    |
|      | Sensitivity coefficients | -0.004560          | -0.003290 | -      | -0.001940 |

Table 8은 외기온도 변화에 따른 실내온도와 민감도계수를 나타낸 것이다. 각 구획의 온도는 변화된 외기온도에 매우 근접하고 있음을 보인다. 또한 외기온도의 변화는 실내온도에 직접적이고 절대적으로 영향을 미치고 있음을 민감도계수로부터 알 수 있다.

Table 9와 Table 10은 각각 외기습도와 외기 분진농도의 변화에 따른 각 구획에서의 온도를 나타낸 것이다. 외기습도와 외기 분진농도가 변화하여도 각 구획의 온도는 변화가 없으므로 민감도계수는 모두 0이다. 따라서 외기습도와 외기농도의 변화는 실내온도

에는 전혀 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

Table 8. Influence of indoor temperature along with changes of outdoor temperature

| Zone | Factor                   | Outdoor temperature[°C] |          |        |          |
|------|--------------------------|-------------------------|----------|--------|----------|
|      |                          | 0                       | 10       | 20     | 30       |
| 1    | Indoor temperatures[°C]  | 0.020                   | 9.979    | 19.937 | 29.892   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.998997                | 0.998947 | -      | 0.998646 |
| 2    | Indoor temperatures[°C]  | 0.121                   | 10.024   | 19.924 | 29.821   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.993927                | 0.993776 | -      | 0.993475 |
| 3    | Indoor temperatures[°C]  | 0.014                   | 10.042   | 20.073 | 30.105   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.999303                | 0.999452 | -      | 0.999552 |
| 4    | Indoor temperatures[°C]  | 0.007                   | 10.029   | 20.052 | 30.077   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.999651                | 0.999701 | -      | 0.999900 |
| 5    | Indoor temperatures[°C]  | 0.008                   | 10.309   | 20.622 | 30.946   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.999612                | 1.000194 | -      | 1.001261 |
| 6    | Indoor temperatures[°C]  | 0.014                   | 10.033   | 20.053 | 30.075   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.999302                | 0.999352 | -      | 0.999551 |

Table 9. Indoor temperatures[°C] along with changes of outdoor humidity

| Zone | Outdoor humidity[g/kg] |        |        |        |
|------|------------------------|--------|--------|--------|
|      | 5                      | 10     | 15     | 20     |
| 1    | 19.937                 | 19.937 | 19.937 | 19.937 |
| 2    | 19.924                 | 19.924 | 19.924 | 19.924 |
| 3    | 20.073                 | 20.073 | 20.073 | 20.073 |
| 4    | 20.052                 | 20.052 | 20.052 | 20.052 |
| 5    | 20.622                 | 20.622 | 20.622 | 20.622 |
| 6    | 20.053                 | 20.053 | 20.053 | 20.053 |

Table 10. Indoor temperatures[°C] along with changes of outdoor particle concentration

| Zone | Outdoor particle concentration[mg/m <sup>3</sup> ] |        |        |        |
|------|--|--------|--------|--------|
|      | 0.0  | 0.1    | 0.2    | 0.3    |
| 1    | 19.937   | 19.937 | 19.937 | 19.937 |
| 2    | 19.924   | 19.924 | 19.924 | 19.924 |
| 3    | 20.073   | 20.073 | 20.073 | 20.073 |
| 4    | 20.052   | 20.052 | 20.052 | 20.052 |
| 5    | 20.622   | 20.622 | 20.622 | 20.622 |
| 6    | 20.053   | 20.053 | 20.053 | 20.053 |

3.4. 실내습도

Table 11은 풍속 변화에 따른 실내습도와 민감도계수를 나타낸 것이다. 풍속이 변화함에 따라 구획들의 습도는 변화가 없거나 미미하게 변화하고 있다. 이 결



과 민감도계수도 0의 값이거나 0에 가까운 매우 작은 값이다. 따라서 풍속의 변화는 실내습도에 거의 영향을 미치고 있지 않음을 알 수 있다.

**Table 11.** Influence of Indoor humidity along with changes of wind velocity

| Zone | Factor                   | Wind velocity[m/s] |           |        |          |
|------|--------------------------|--------------------|-----------|--------|----------|
|      |                          | 0.5                | 1.0       | 1.5    | 2.0      |
| 1    | Indoor humidities[g/kg]  | 15.000             | 15.000    | 15.000 | 15.000   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.000000           | 0.000000  | -      | 0.000000 |
| 2    | Indoor humidities[g/kg]  | 15.000             | 15.000    | 15.000 | 15.000   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.000000           | 0.000000  | -      | 0.000000 |
| 3    | Indoor humidities[g/kg]  | 14.991             | 14.994    | 14.996 | 14.997   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.000500           | 0.000400  | -      | 0.000200 |
| 4    | Indoor humidities[g/kg]  | 15.000             | 15.000    | 15.000 | 15.000   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.000000           | 0.000000  | -      | 0.000000 |
| 5    | Indoor humidities[g/kg]  | 15.379             | 15.380    | 15.381 | 15.381   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.000195           | 0.000195  | -      | 0.000000 |
| 6    | Indoor humidities[g/kg]  | 15.000             | 15.000    | 14.999 | 14.999   |
|      | Sensitivity coefficients | -0.000100          | -0.000200 | -      | 0.000000 |

Table 12는 외기온도 변화에 따른 실내습도와 민감도계수를 나타낸 것이다. 외기온도가 변화함에 따라 구획들의 습도는 변화가 없거나 미미하게 변화하고 있다. 이 결과 민감도계수도 0의 값이거나 0에 가까운 매우 작은 값이다. 따라서 풍속의 변화와 마찬가지로 외기온도의 변화는 실내습도에 거의 영향을 미치고 있지 않음을 알 수 있다.

**Table 12.** Influence of Indoor humidity along with changes of outdoor temperature

| Zone | Factor                   | Outdoor temperature[°C] |           |        |           |
|------|--------------------------|-------------------------|-----------|--------|-----------|
|      |                          | 0                       | 10        | 20     | 30        |
| 1    | Indoor humidities[g/kg]  | 15.000                  | 15.000    | 15.000 | 15.000    |
|      | Sensitivity coefficients | 0.000000                | 0.000000  | -      | 0.000000  |
| 2    | Indoor humidities[g/kg]  | 15.000                  | 15.000    | 15.000 | 15.000    |
|      | Sensitivity coefficients | 0.000000                | 0.000000  | -      | 0.000000  |
| 3    | Indoor humidities[g/kg]  | 15.000                  | 14.998    | 14.996 | 14.994    |
|      | Sensitivity coefficients | -0.000270               | -0.000270 | -      | -0.000270 |
| 4    | Indoor humidities[g/kg]  | 15.000                  | 15.000    | 15.000 | 15.000    |
|      | Sensitivity coefficients | 0.000000                | 0.000000  | -      | 0.000000  |
| 5    | Indoor humidities[g/kg]  | 15.384                  | 15.382    | 15.381 | 15.380    |
|      | Sensitivity coefficients | -0.000200               | -0.000130 | -      | -0.000130 |
| 6    | Indoor humidities[g/kg]  | 15.000                  | 15.000    | 14.999 | 14.998    |
|      | Sensitivity coefficients | -0.000067               | -0.000130 | -      | -0.000130 |

Table 13은 외기습도 변화에 따른 실내습도와 민감도계수를 나타낸 것이다. 각 구획의 습도는 변화된 외기습도에 매우 근접하고 있음을 보인다. 또한 외기습도의 변화는 실내습도에 직접적이고 절대적으로 영향을 미치고 있음을 민감도계수로부터 알 수 있다.

**Table 13.** Influence coefficients of Indoor humidity along with changes of outdoor humidity

| Zone | Factor                   | Outdoor humidity[g/kg] |          |        |          |
|------|--------------------------|------------------------|----------|--------|----------|
|      |                          | 5                      | 10       | 15     | 20       |
| 1    | Indoor humidities[g/kg]  | 5.000                  | 10.000   | 15.000 | 20.000   |
|      | Sensitivity coefficients | 1.000000               | 1.000000 | -      | 1.000000 |
| 2    | Indoor humidities[g/kg]  | 5.000                  | 10.000   | 15.000 | 20.000   |
|      | Sensitivity coefficients | 1.000000               | 1.000000 | -      | 1.000000 |
| 3    | Indoor humidities[g/kg]  | 4.999                  | 9.997    | 14.996 | 19.995   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.999967               | 1.000067 | -      | 1.000067 |
| 4    | Indoor humidities[g/kg]  | 5.000                  | 10.000   | 15.000 | 20.000   |
|      | Sensitivity coefficients | 1.000000               | 1.000000 | -      | 1.000000 |
| 5    | Indoor humidities[g/kg]  | 5.404                  | 10.392   | 15.381 | 20.367   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.972986               | 0.973084 | -      | 0.972499 |
| 6    | Indoor humidities[g/kg]  | 5.000                  | 10.000   | 14.999 | 20.000   |
|      | Sensitivity coefficients | 0.999967               | 0.999867 | -      | 1.000267 |

Table 14는 각각 외기 분진농도의 변화에 따른 각 구획에서의 습도를 나타낸 것이다. 외기 분진농도가 변화하여도 각 구획의 습도는 변화가 없으므로 민감도계수는 모두 0이다. 따라서 외기농도의 변화는 실내 습도에 전혀 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

**Table 14.** Indoor humidities[g/kg] along with changes of outdoor particle concentration

| Zone | Outdoor particle concentration[mg/m <sup>3</sup> ] |        |        |        |
|------|--|--------|--------|--------|
|      | 0.0  | 0.1    | 0.2    | 0.3    |
| 1    | 15.000   | 15.000 | 15.000 | 15.000 |
| 2    | 15.000   | 15.000 | 15.000 | 15.000 |
| 3    | 14.996   | 14.996 | 14.996 | 14.996 |
| 4    | 15.000   | 15.000 | 15.000 | 15.000 |
| 5    | 15.381   | 15.381 | 15.381 | 15.381 |
| 6    | 14.999   | 14.999 | 14.999 | 14.999 |

3.5. 실내농도

Table 15는 풍속 변화에 따른 실내 분진농도와 민감도계수를 나타낸 것이다. 풍속이 증가함에 따라 구

획 4를 제외한 모든 구획에서 농도는 감소하고 있다. 구획 4는 구획 1의 분진 발생원의 영향을 전혀 받지 않고 외기농도에만 영향을 받으므로 풍속이 증가하면 그 구획을 통과하는 공기유동량이 증가하여 분진농도도 증가하게 되는 것으로 생각된다.

풍속의 변화에 따른 실내농도의 민감도계수는 비교적 크며, 따라서 풍속의 변화는 실내농도에 비교적 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

**Table 15.** Influence of indoor particulate concentrations along with changes of wind velocity

| Zone | Factor  | Wind velocity[m/s] |           |       |           |
|------|---|--------------------|-----------|-------|-----------|
|      |   | 0.5                | 1.0       | 1.5   | 2.0       |
| 1    | Indoor particulate concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | 1.476              | 1.019     | 0.769 | 0.617     |
|      | Sensitivity coefficients                                    | -1.379060          | -0.975290 | -     | -0.592980 |
| 2    | Indoor particulate concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | 1.213              | 0.839     | 0.633 | 0.508     |
|      | Sensitivity coefficients                                    | -1.374410          | -0.976300 | -     | -0.592420 |
| 3    | Indoor particulate concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | 0.772              | 0.621     | 0.500 | 0.418     |
|      | Sensitivity coefficients                                    | -0.816000          | -0.726000 | -     | -0.492000 |
| 4    | Indoor particulate concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | 0.060              | 0.076     | 0.086 | 0.092     |
|      | Sensitivity coefficients                                    | 0.453488           | 0.348837  | -     | 0.209302  |
| 5    | Indoor particulate concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | 0.754              | 0.606     | 0.489 | 0.409     |
|      | Sensitivity coefficients                                    | -0.812880          | -0.717790 | -     | -0.490800 |
| 6    | Indoor particulate concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | 0.583              | 0.597     | 0.494 | 0.415     |
|      | Sensitivity coefficients                                    | -0.270240          | -0.625510 | -     | -0.479760 |

Table 16은 외기온도 변화에 따른 실내 분진농도와 민감도계수를 나타낸 것이다. 외기온도의 변화에 따라 각 구획의 농도는 근소하게 변화하고 있으며, 이에 따라 민감도계수도 매우 작은 값으로서 외기온도는 실내농도에 근소하게 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

**Table 16.** Influence of indoor particulate concentrations along with changes of outdoor temperature

| Zone | Factor  | Outdoor temperature[ $^{\circ}\text{C}$ ] |           |       |          |
|------|---|---|-----------|-------|----------|
|      |   | 0   | 10        | 20    | 30       |
| 1    | Indoor particulate concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | 0.764                                     | 0.767     | 0.769 | 0.771    |
|      | Sensitivity coefficients                                    | 0.006502                                  | 0.005202  | -     | 0.005202 |
| 2    | Indoor particulate concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | 0.630                                     | 0.631     | 0.633 | 0.635    |
|      | Sensitivity coefficients                                    | 0.004739                                  | 0.006319  | -     | 0.006319 |
| 3    | Indoor particulate concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | 0.498                                     | 0.499     | 0.500 | 0.501    |
|      | Sensitivity coefficients                                    | 0.004000                                  | 0.004000  | -     | 0.004000 |
| 4    | Indoor particulate concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | 0.087                                     | 0.087     | 0.086 | 0.086    |
|      | Sensitivity coefficients                                    | -0.011630                                 | -0.023260 | -     | 0.000000 |
| 5    | Indoor particulate concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | 0.488                                     | 0.489     | 0.489 | 0.490    |
|      | Sensitivity coefficients                                    | 0.002045                                  | 0.000000  | -     | 0.004090 |
| 6    | Indoor particulate concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | 0.492                                     | 0.493     | 0.494 | 0.495    |
|      | Sensitivity coefficients                                    | 0.004049                                  | 0.004049  | -     | 0.004049 |

Table 17은 외기습도의 변화에 따른 각 구획에서의 분진농도를 나타낸 것이다. 외기습도가 변화하여도 각 구획의 농도는 변화가 없으므로 민감도계수는 모두 0이다. 따라서 외기습도의 변화는 실내농도에 전혀 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

**Table 17.** Indoor particle concentrations[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] along with changes of outdoor humidity

| Zone | Outdoor humidity[g/kg] |       |       |       |
|------|------------------------|-------|-------|-------|
|      | 5                      | 10    | 15    | 20    |
| 1    | 0.769                  | 0.769 | 0.769 | 0.769 |
| 2    | 0.633                  | 0.633 | 0.633 | 0.633 |
| 3    | 0.500                  | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| 4    | 0.086                  | 0.086 | 0.086 | 0.086 |
| 5    | 0.489                  | 0.489 | 0.489 | 0.489 |
| 6    | 0.494                  | 0.494 | 0.494 | 0.494 |

Table 18은 외기 분진농도 변화에 따른 실내 분진농도와 민감도계수를 나타낸 것이다. 각 구획의 농도는 외기농도가 증가함에 따라 증가하고 있음을 보인다. 또한 외기농도의 변화는 실내농도에 비교적 많은

영향을 미치고 있음을 민감도계수로부터 알 수 있다.

**Table 18.** Influence of indoor particulate concentrations along with changes of outdoor particle concentration

| Zone | Factor  | Outdoor particle concentration[mg/m <sup>3</sup> ] |       |          |          |
|------|---|--|-------|----------|----------|
|      |   | 0.0  | 0.1   | 0.2      | 0.3      |
| 1    | Indoor particulate concentrations[mg/m <sup>3</sup> ] | 0.669  | 0.769 | 0.869    | 0.969    |
|      | Sensitivity coefficients                              | 0.130039   | -     | 0.130039 | 0.130039 |
| 2    | Indoor particulate concentrations[mg/m <sup>3</sup> ] | 0.551  | 0.633 | 0.716    | 0.798    |
|      | Sensitivity coefficients                              | 0.129542   | -     | 0.131122 | 0.130332 |
| 3    | Indoor particulate concentrations[mg/m <sup>3</sup> ] | 0.406  | 0.500 | 0.594    | 0.688    |
|      | Sensitivity coefficients                              | 0.188000   | -     | 0.188000 | 0.188000 |
| 4    | Indoor particulate concentrations[mg/m <sup>3</sup> ] | 0.000  | 0.086 | 0.173    | 0.259    |
|      | Sensitivity coefficients                              | 1.000000   | -     | 1.011628 | 1.005814 |
| 5    | Indoor particulate concentrations[mg/m <sup>3</sup> ] | 0.399  | 0.489 | 0.579    | 0.669    |
|      | Sensitivity coefficients                              | 0.184049   | -     | 0.184049 | 0.184049 |
| 6    | Indoor particulate concentrations[mg/m <sup>3</sup> ] | 0.402  | 0.494 | 0.585    | 0.676    |
|      | Sensitivity coefficients                              | 0.186235   | -     | 0.184211 | 0.184211 |

4. 결론

대부분의 건물은 다수의 방으로 이루어지는 다구획 구조이다. 이들 실내환경에서 가장 중요한 인자는 공기유동, 온도, 습도, 오염농도 등이며, 이들 인자에 영향을 미치는 변수는 건물자료, 기상조건, 실내발생원, 환기스케줄 등이다. 통합 다구획 모델을 사용하여 건물자료와 실내발생원 및 환기스케줄을 고정시키고 기상조건을 변화시키면서 풍향, 풍속, 외기온도, 외기습도, 외기농도 등이 실내 환경인자에 미치는 영향에 대한 민감도 분석을 수행하였다.

다구획 실내공간의 공기유동량이 영향을 받는 기상조건을 살펴보면, 풍향 및 풍속의 변화에는 매우 큰 영향을 받지만 외기온도의 변화에는 매우 작은 영향을 받으며 외기습도나 외기농도의 변화에는 전혀 영향을 받지 않는다. 실내온도의 경우는 외기온도 변화에 절대적일 정도로 매우 큰 영향을 받지만, 풍향 및

풍속의 변화에는 매우 작은 영향을 받으며 외기습도나 외기농도의 변화에는 전혀 영향을 받지 않는다. 실내습도의 경우는 외기습도의 변화에 절대적일 정도로 매우 큰 영향을 받지만, 풍향이나 풍속의 변화와 외기온도의 변화에는 미미한 영향을 받으며 외기농도의 변화에는 전혀 영향을 받지 않는다. 실내농도의 경우는 풍향 및 풍속의 변화에는 매우 큰 영향을 받으며 외기농도의 변화에는 약간 영향을 받고 있으나, 외기온도의 변화에는 매우 작은 영향만 받으며 외기습도의 변화에는 전혀 영향을 받지 않는다.

따라서 공기유동량에 중요하게 영향을 미치는 기상조건은 풍향 및 풍속이고, 실내온도와 실내습도의 경우는 각각 외기온도와 외기습도이며, 실내농도의 경우에는 풍향 및 풍속과 외기농도임을 알 수 있었다.

본 연구에서 정량적인 민감도 분석에 의해 외기상태의 변화가 실내환경에 어느 정도 영향을 미치는지를 알 수 있었다. 향후 건물자료, 실내 발생원, 환기계획 등의 변화에 따른 실내 환경인자에 대한 민감도 분석을 통해 이들 인자에 영향을 미치는 전체 변수에 대한 중요한 특성을 평가하는 것이 필요하리라 생각된다.

참 고 문 헌

김병선, 박종상, 1997, 건물 에너지성능 시험시 입력변수와 출력변수의 민감도, 대한건축학회논문집, 13(8), 109-120.  
 조석호, 양성환, 이봉헌, 정성욱, 이병호, 1998, 실내공기질 평가를 위한 2구획 모델의 개발, 한국환경과학회지, 7(6), 745-751.  
 조석호, 2000, 다구획 모델에 의한 실내공기질의 평가, 지산대학 논문집, 18, 181-192.  
 조석호, 2001, 다구획 실내환경에서의 공기유동량의 예측, 부산가톨릭대학교 논문집, 1, 175-183.  
 조석호, 2008, 실내공기환경 예측을 위한 통합 다구획 모델의 개발, 한국환경과학회지, 17(9), 993-1003.  
 Chung, K. C., 1996, Development and validation of a multizone model for overall indoor air environment prediction, HVAC & R Research, 2(4), 376-385.  
 Diasty, R. EL., Fazio, P., Budaiwi, I., 1992, Modelling of indoor air humidity : the dynamic behavior within an enclosure, Energy and Building, 61-73.  
 Ohira, N., Yagawa, N., Gotoh, N., 1993, Development of

- a measurement system for multizone infiltration, ASHRAE Transactions, 99, 692-698.
- Shair, F. H., Heitner, K. L., 1974, Theoretical model for relating indoor pollutant concentrations to those outside, Environ. Sci. Tech., 8, 441-451.
- Wadden, R. A., Scheff, P. A., 1983, Indoor air pollution, John Wiley & Sons, Inc., 105-132.
- Walton, G. N., 1982, Airflow and multiroom thermal analysis, ASHRAE Transactions, 88(2), 78-91.
- Walton, G. N., 1984, A computer algorithm for prediction infiltration and interroom airflows, ASHRAE Transactions, 90(1B), 601-610.
- Walton, G. N., 1989, Airflow network models for element-based building airflow modeling, ASHRAE Transactions, 95(2), 611-620.
- Waters, J. R., Simons M. W., 1987, The evaluation of contaminant concentrations and airflows in a multizone model of a building, Building and Environment, 22(4), 305-315.
- Zhang, J. S., 2005, Combined heat, air, moisture, and pollutants transport in building environmental systems, JSME International Journal, Series B, 48(2), 182-190.