

SCHOOL



# 학교환경위생관리

## 02 환경, 채광 및 조도의 이해



## 1. 환기의 개념과 방법

### 1) 환기의 개념

환기(Ventilation)는 밀폐된 공간이 많은 현대 건축물에서 특히 중요하다. 환기는 실내의 공기가 오염되었거나 온도 및 습도가 높을 때 신선한 실외공기와 실내공기를 교환함으로써 실내 거주자들이 쾌적하고 신선한 공기를 흡입할 수 있도록 하는 행위를 의미한다.

환기 대상 공간의 범위에 따라 전체환기와 국소환기로 나누어진다. 전체환기는 오염원에서 발생한 유해물질과 외부에서 교사 내로 공급된 신선한 공기를 혼합하여 희석함으로써 유해물질의 농도를 낮추는 방법을 말하며, 희석환기라고도 한다. 국소환기는 오염원에서 발생한 유해물질이 교사 내로 확산되기 전에 후드와 덕트를 통해 국소적으로 포집·제거하는 방법을 말하며, 국소배기라고도 한다.

또한 환기의 종류는 환기방식 즉, 물리적 힘의 사용 여부에 따라 자연환기와 기계환기로 나누어진다.

자연환기는 인공적으로 환풍기를 달지 않더라도 창문 및 문틈을 통해서 외기와 교환되는 것을 말하는데, 중력환기, 풍력환기, 공기의 확산에 의한 환기 등에 의해서 이루어지는 것이다. 자연환기는 대부분은 중력환기에 의해서 이루어지는데 중력환기란 실내의 온도차가 공기의 밀도차를 형성하고, 밀도차는 압력차를 형성하게 되고 공기의 흐름이 생기게 되므로 실내외 공기의 압력차 또는 온도차에 의해 일어나는 공기의 이동으로 이루어지는 환기를 말한다. 실내기온이 외부기온 보다 높을 때는 실내외의 공기밀도의 차이로 인해 압력차가 생겨서 하반부로는 공기가 들어오고 상반부로는 나가는 실내기류현상이 일어나게 되어 형성되는 환기를 중력환기라고 한다.

기계환기는 송풍기 등의 기계적 장치를 사용하여 공기에 물리적인 힘을 가함으로써 이루어지는 인공환기를 말하는데, 강제환기라고도하며 송풍기 및 배기기를 사용하여 신선한 공기를 불어넣는 송입법과 오염된 실내공기지를 흡인하여 밖으로 내보내는 흡입법이 있다. 기계환기에도 각 실마다 설치하는 개별식이 있고 건물의 한 장소에는 팬이나 블로워를 설치, 덕트를 통하여 각 실을 환기하는 중앙식이 있다.

실내 환기는 인체의 건강과 쾌적함에 직접적인 영향을 미치는 중요한 요소이며, 실내의 온도, 습도 및 표면온도에 간접적인 영향을 미친다. 환기의 목적은 호흡에 필요한 산소의 적절한 공급, 이산화탄소 및 수증기 제거, 인체 및 실내에서 발생하는 각종 냄새의 배기, 실내공기 오염에 의한 위험성 감소, 쾌적한 환경 조성에 필요한 적절한 기류, 건물 내부의 결로 방지, 실내 열의 방출 등으로 나타낼 수 있다(김영식, 2016).

### 2) 환기량의 측정

교실에서 학생들이 숨을 내쉴 때 발생하는 이산화탄소에 착안하여 교실에서 이산화탄소의 시간경과에 따른 환기횟수를 구한다. 환기량을 측정하는 방법은 간접측정법과 직접측정법으로 구분할 수 있다. 간접측정법은 자연환기의 경우에 이산화탄소 농도의 시간변화에 따라 산출한다. 이 때 이산화탄소는 교실내에서 전체적으로 고르게 확산분포하는 것을 전제로 한다. 직접측정법은 흡입배출구와 틈새 등에서 공기량을 풍속계에 의해 직접측정하고 환기량을 산출한다.

#### ① 간접측정법

교실내 학생들이 호흡으로 발생하는 이산화탄소의 농도변화를 통해서 환기횟수를 구하는 방법이다(학교환경위생관리매뉴얼, 2005).



$$Q = \frac{M \times 100}{(C_i - C_o)}$$

Q: 소요환기량 (m<sup>3</sup>/hour)

C<sub>i</sub>: 교실의 내부의 이산화탄소 허용농도(1,000ppm=0.1%=0.001)

C<sub>o</sub>: 교실의 외부 공기의 이산화탄소 농도(300ppm=0.03%=0.0003)

M: 교실에서 발생하는 이산화탄소(m<sup>3</sup>/hour)

여기서 재실자가 발생시키는 1인당 이산화탄소 호흡량은 다음과 같다.

유아원, 초등학교(저학년) : 0.011 m<sup>3</sup>/hour

초등학교(고학년), 중학생 : 0.016 m<sup>3</sup>/hour

고등학생, 성인 : 0.022 m<sup>3</sup>/hour

환기횟수는 다음의 식에 따라 산출한다.

$$E = \frac{Q}{A}$$

E: 환기 횟수(회/시간)

V: 교실의 용적(m<sup>3</sup>)

환기횟수(회/시간)는 환기량(m<sup>3</sup>/시간)을 교실의 용적(m<sup>3</sup>)으로 나누어 준 것이다. 교실에 따라서 그 용적 재실인수가 다르므로 이산화탄소의 판정기준 1000 ppm이하로 유지하기 위한 환기횟수를 미리 산출해 놓을 필요가 있다.



<환기량 및 환기횟수 산출 예시>

다음에는 초등학교(고학년) 학급(교사 1인과 학생 40명)의 환기량 산출예시를 표시하였다.

$$M: 0.022 \times 1\text{명} + 0.011 \times 40\text{명} = 0.462 \text{ (m}^3/\text{hour)}$$

$$C_i: 0.1\%$$

$$C_o: 0.04\%$$

$$Q = M / (C_i - C_o) = 0.462 / (0.001 - 0.0003) \\ = 660 \text{ (m}^3/\text{시간)}$$

[필요환기횟수의 산출]

$$\text{교실의 용적 } V : 180 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{환기횟수 } E = Q/V = 660/180 = 3.6 \text{ (회/시간)}$$

② 직접측정법

기계환기 방식의 경우는 공기의 배출구까지는 배출구에서 직접풍속을 측정하고 단면적으로 풍량(Q)을 구할 수가 있다. 교실에서 인공환기(난방, 냉방)에 의한 경우는 냉난방기의 배출구에서 풍속계를 이용해서 풍속을 측정하고 배출구면적을 이용해서 풍량을 산출한다. 교실에서는 환기구등 공기배출구(배기구)에서 직접 풍속을 측정해서 풍량을 산출한다. 측정방법은 배출구의 양식이 다양하므로 그것에 대응한 보조덕트법에 의해 단면의 평균풍속을 구하는 방법이 간편하다.



<환기량(Air Exchange Rate) 표시방법>

- 환기량(cmh 또는  $\text{m}^3/\text{h}$ ) : 외기의 절대량을 표시하는 이 단위는 기본 설계 시방서에서 사용되는 용어로 설비도면과 시방서에 주로 표기된다.
- 1인당 환기량(cmh/인 또는  $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{인}$ ) : 공급되는 외기의 절대량을 현 재실자 수 또는 잠재적인 재실자 수로 나누어 표시하는 방법
- 단위면적당 환기량(cmh/ $\text{m}^2$ ,  $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ ) : 단위면적당 외기도입량으로 표현하는 방식은 건물내에서 사람이 유일한 오염원이 아니라 건축자재 및 가구 등 건물을 구성하는 요소들이 잠재적 실내오염원이라는 관점에서 중요성을 가진다. 여기에서 바닥면적이란 보통 순점유면적 또는 순임대면적을 의미한다.
- 환기회수(ACH : Air Change Rate/h) : 환기회수는 외기도입량을 건물의 체적으로 나눈 값으로, 이 단위는 환기시스템이 실제로 평가하려는 공간내의 공기오염물질을 희석하고 제거하는 비율을 표현하는 단위로서 의미가 있다. 공조 시 외기도입율이 14~20% 범위에 있을 때 총 환기율은 보통 5~7 ACH이며 최소환기율은 보통 1ACH 정도이다.

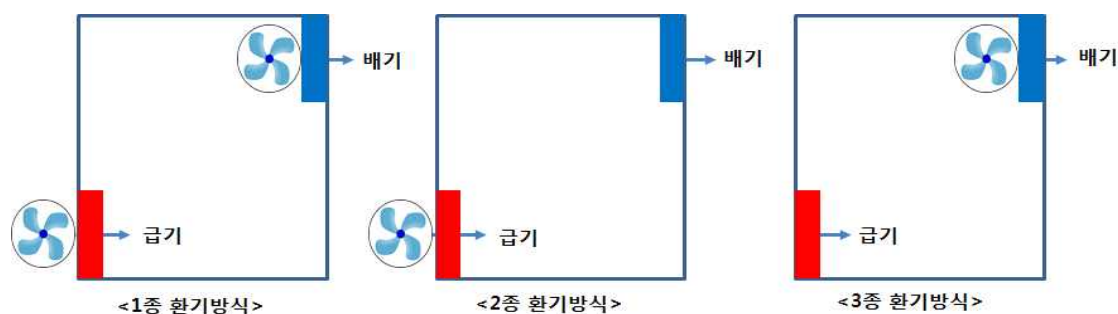
### 3) 환기 방식

① 자연환기 : 자연환기에는 풍력을 이용한 풍력환기와 실내외 온도차를 이용한 중력환기가 있다. 풍력환기는 건물 벽면의 창·틈새나 환기구 등의 개구부가 있으면 풍압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 공기가 흐른다. 이 경우 풍향이나 풍속에 의하여 환기량이 좌우되므로 건물에 환기구를 설치할 때는 부착 위치를 고려하여야 한다. 온도차에 의한 자연환기는 실내·외의 온도차에 의해서도 환기가 생긴다. 실내의 공기 온도가 외기 온도보다 높은 경우는 실내 공기의 밀도가 작아지므로 실내 공기는 부력을 발생시키고, 건물의 하부 측에서는 실내에 옥외의 공기가 유입되고, 상부 측에서는 옥외로 배출되는 현상이 나타난다.

② 기계환기 : 기계환기는 요구되는 환기량을 적절히 제공할 수 있고 재실자와 오염물 부하요구에 다양하게 응답할 수 있으며, 기후의 변화에 대응하기가 상대적으로 쉽다. 특히 최근 에너지 절약 등을 위하여 고층화 및 기밀화된 건축물에서 매우 효과적으로 적용할 수 있는 장점이 있다. 기계환기 방식은 병용식, 압입식, 흡출식 기계환기로 구분된다. 병용식 기계환기(제1종 환기)는 송풍기와 배풍기를 이용하여 강제적으로 외기를 실내에 도입하고 오염된 실내 공기를 강제적으로 배출하는 방식이다. 이 방식은 가장 완전한 환기를 행할 수 있다. 또한 급기량과 배기량의 조절에 따라 실내의 기류 분포나 압력의 제어도 용이하다. 최근 일반 건물에서는 환기만 하는 경우는 드물며 공조설비에 포함되고 있다. 압입식 기계환기(제2종 환기)는 송풍기에 의하여 강제적으로 외기를 도입하고 오염된 실내공기를 배기구나 개구부의 틈새에서 자연적으로 배출하는 방식이다. 이 방식은 실내의 기압이 정압으로 되므로 취기가 발생하는 방에 적용하면 건물 내에 취기가 확산하므로 바람직하지 않다. 그러나 다른 실에서의 오염된 공기의 침입을 방지할 수 있어 청정 환경실, 크린룸, 수술실 등에 유효하다. 흡출식 기계환기(제3종 환기)는 급기구나 개구부의 틈새에서 외기를 자연력에 의하



여 실내에 도입하고, 오염된 실내 공기는 배풍기에 의하여 강제적으로 실외에 배출하는 방식이다. 이 방식은 실내의 기압이 부압으로 되므로 오염 공기가 다른 실에 누출하는 것을 방지할 수 있고 취기가 발생하는 '주방, 화장실, 축전지실', 수증기를 발생하는 '욕실, 탕비실', 유해가스를 발생하는 '실험실, 공장' 등에 적합하다.



<그림 1> 기계환기 방식의 종류

③ 혼합형환기 : 자연 및 기계환기 설비를 적절히 조화시켜 환기성과 실내공기환경을 효과적으로 유지하면서 건물 에너지 소비량을 최소화할 수 있는 혼합형환기 방식이 최근 다양하게 개발, 보급되고 있다. 이 방식은 일반적으로 환기와 냉·난방이 동시에 요구되는 건물에 대한 에너지 절약적인 접근방법의 하나로 주로 사무소용 건물에 활용되었으나 최근 주거용 건물에 적용하기 시작되면서 재실자들에게 쾌적한 실내공기환경을 제공해주는 것뿐만 아니라 에너지 절약적인 측면에서도 적극적으로 검토 되고 있는 환기방식이다.

#### 4) 효과적인 환기 방법

실내 공기질 제어와 쾌적성 향상을 위한 방안으로 실내 공기오염 발생원의 제거 또는 대체, 개선, 환기, 공기청정기 등에 의한 방법이 제안되고 있지만, 환기는 가장 효과적인 실내 공기의 오염을 허용치 이하로 유지시키기 위하여 실내로 깨끗한 공기를 공급하고 오염된 공기를 실외로 배출시키는 것을 의미하며, 이때 외기 도입량 증가는 실내의 환기횟수를 증가시켜 오염된 공기를 희석시킴으로써 쾌적성을 향상시킬 수 있다. 충분한 환기는 건강하고 쾌적한 생활을 위해서 필수적인 뿐만 아니라 가장 경제적이고 효과적인 방법입니다.

또한, 기계적 환기설비가 없는 교실에서는 수업 전에 창문을 열어 충분히 환기시키고 수업 중에도 실내 공기질이 좋지 않다고 느낄 경우 창, 복도측의 상부, 하부의 문 등을 조금 열어 자연환기의 양을 증가하도록 한다(단, 실외 대기상태가 좋을 경우). 규정의 환기 횟수에 못 미치는 경우는 창문의 개방, 에너지 효율을 고려한 환기 장치의 설치를 고려한다.

<효과적인 환기방법>

- 환기는 매 수업시간 마다 해주는 것을 원칙으로 하고 , 적어도 하루에 2~3차례 이상 해주는 것이 좋습니다.
- 봄·여름·가을에는 겨울보다 실내외 기온 차이가 크지 않아 에너지 소비나 냉기에 큰 문제가 없으므로 춥지 않을 정도로 창을 항상 5~20cm 정도 열어놓는 것이 좋습니다.
- 겨울에 창을 오래 열어 놓으면 에너지가 많이 소비되고 찬바람 때문에 환기를 기피할 수 있으므로, 창문 등을 2~3시간 주기로 1~2분 정도 개방하는 것이 좋습니다.
- 환기설비를 설치할 때 공기의 흡입구 및 배출구는 빗물 또는 쓰레기 등이 들어오는 것을 막을 수 있는 구조이어야 하며, 배출구에서 나오는 공기가 흡입구로 직접 들어가지 않도록 하여야 합니다.
- 송풍기는 외부의 기류로 인하여 송풍능력이 낮아지지 않도록 하고 외부 배출구로 배출되는 공기 및 소음으로 인하여 보행자나 인근 건물 등에 피해가 없도록 하여야 합니다.
- 특정 오염원이 문제가 될 경우 오염물질 발생원 주위나 사람의 활동 영역 일부를 국소환기하여 일부공간에서 발생하는 오염물질이 실내 전체 공간으로 확산되는 것을 방지하여야 합니다.





## 2. 채광(자연조명) 및 조도(인공조명)의 개념과 방법

채광량은 신체적 건강과 생리적 작용에 절대적인 작용을 하며 살균작용과도 관계가 있다. 조명은 정신적 건강, 시력 및 작업능률 등과 절대적인 관계가 있기 때문에 학교 교사내 채광과 조명은 중요한 요소이다.

### <용어정리>

- 조도 : 작업 면에 입사하는 광속의 양이며 일반적으로 밝기를 나타낸다. 교실에서는 눈이 부시지 않는 충분한 밝기를 필요로 하며 안락하고 편안한 학습분위기를 조성하기 위해서는 적당한 빛의 선택이 중요하다.
- 광도 : 광원에서부터 어느 방향의 단위입체각 내로 나가는 광속을 그 광원의 광도라 하고, 단위는 축(candle)으로 나타낸다.
- 휘도 : 단위 면적 당 도달하는 빛의 양을 표시하는 것으로, 어떤 대상을 바라보았을 때의 밝은 정도를 나타낸다.
- 시속도 : 어느 일정한 조도하에서 물체를 식별할 수 있는 속도를 시속도라 하고, 눈으로 물체를 식별하는 능력을 시력이라고 한다. 시속도나 시력은 다같이 조도와 깊은 관계를 가지고 있어 조도가 크면 시력이 커지며, 시속도도 빨라진다.
- 주광률 : 외부수평면조도( $E_{oh}$ )에 대한 실내수평면조도( $E_i$ )의 백분율(%)로 정의된다.
- 균제도 : 조도 차이의 비를 말하며 일반적으로 그 차이가 작을수록 좋다. 학교 교실에서는 최대 조도와 최소 조도의 비율은 3 : 1이하, 평균조도와 최소조도의 비율은 2 : 1 이하인 것이 좋다.
- 광색과 연색성 : 인공광원은 설치장소 및 그 목적에 따라 가능한 자연 그대로의 색상을 재연해주어야 한다. 광색은 광원이 방사하는 빛의 색소를 물리적, 객관적인 척도로 나타낸 것으로, 교실에서는 자연광과 비슷한 광색을 내는 5,000켈빈(K) 전후의 광원을 사용하는 것이 좋다.
- 눈부심(Glare) : 학교 교실에서 공부하는 학생들이 광원으로 비춰지고 있는 강한 조명을 직접 오래 보는 경우 눈의 신경피로와 시력저하, 학습능률 감퇴 등으로 나타내기 때문에 조명기구 배치 및 조명방식을 고려하여야 한다. 눈부심을 줄이기 위해서는 창에는 자연채광을 조절하는 장치를 설치하고, 조명기구는 시선과 평행하게 달고 커버나 루버, 반사갓을 설치한다.

### 1) 조명의 개념

학교 교사내 조명 환경은 중요한 요소 중의 하나로 많은 시간을 교실에서 생활하는 학생들을 위해서 적당한 조도 조건과 쾌적한 실내분위기를 창출하여 학생들의 건강을 유지하고 학습 능률을 향상시키고 학습활동에 더욱 더 전념할 수 있는 환경을 조성해야 한다.

자연조명은 태양을 광원으로 하고 있기 때문에 주간조명이라고도 하는데, 주간조도는 직접 옥내에 들어온 뒤 옥내에서 반사한 것과 옥외에서 반사하여 옥내로 들어오는 광선이 합친 것으로 이루어진다. 자연조명이 인공조명보다 장점이라고 할 수 있는 것은 연소물이 없으며, 조광의 조성평등으로 눈에 피로를 느끼게 않게하는 점이다. 학교 교사내 조명은 주 사용시간대가 주간이므로 주로 자연채광에 의존한다. 교실의 채광 가능시간과 사용시간은 각각 초등학교는 하루 평균 5시간, 중학교는 7시간, 고등학교는 10시간을 사용하고 있으며, 대부분의 사용시간과 채광 가능시간에 포함된다. 학교 교실의 조명계획에서는 자연채광을 우선적





으로 고려해야 하며, 학생들이 대상물을 쉽고 바르게 볼 수 있도록 적당한 조도를 제공해야 한다. 학교시설에서 자연광의 활용은 조명에너지 절약 뿐만 아니라 학생 및 교사의 신체 건강 증진에 효과가 있고, 실내환경의 개선으로 학습능률 향상, 스트레스 해소, 삶의 질 향상 등 많은 장점을 가지고 있다는 연구 결과가 다소 발표되고 있다.

인공조명은 실내의 빛환경이 자연채광만으로 부족하거나 만족스럽지 못할 때 자연채광을 보조하기 위해 설치하는 실내 상시 보조인공 조명장치를 말한다. 인공 광원에 의한 조명이라는 뜻으로 대체로 전등 조명이다. 학교 교실의 조도와 관련된 기준은 국내의 경우 학교보건법시행규칙과 KS(한국공업규격)에서 제시하고 있다. '학교보건법 시행규칙 제3조 1항'에서는 책상면을 기준으로 300룩스(lx) 이상으로 규정하고 있다. KS A 3011-1998에서 최저허용농도를 300룩스, 표준기준조도를 400룩스, 최고허용조도를 600룩스로 권장하고 있다. 균제도는 작업면 기준의 최고조도에 대한 최저조도의 비율로 나타낸다. 학교 보건법 시행규칙에서는 자연조명의 경우 1/10 이하, 인공조명의 경우 1/3 이상을 넘지 않도록 규정하고 있다. 주광률은 실내 작업면의 주광조도와 옥외에서의 수평면 조도의 비로 나타내며 국내 학교보건법 시행규칙 제3조 1항에서는 평균 주광률을 5%이상, 최저주광률을 2%로 규정하고 있다(이종영, 2010).

표 5 한국산업규격 조도기준(KS A 3011)

구분	단위 : 룩스(lx)		
	최저허용조도	표준허용조도	최고허용조도
교실(칠판)	300	400	600
교직원실, 사무실	150	200	300
급식실, 식당, 주방	150	200	300
도서열람실	600	1,000	1,500
보건실	150	200	300
세면장, 화장실	60	100	150
실험실습실	300	400	600
컴퓨터실	300	400	600
방송실	150	200	300
탈의실	30	100	150

## 2) 조도의 측정

조명방법은 조명기구에서 직사광으로 비치는 직접조명, 조명기구에서 반사광으로 비치는 간접조명 및 반사광이나 직사광을 병행해서 이용하는 반간접조명으로 비치는 반간접조명으로 구분된다.

조명기구의 배치는 전반조명, 국부조명, 국부적 전반조명 등으로 구분된다. 전반조명 방식은 조명대상 실내 전체를 일정하게 조명하는 것으로 대표적인 조명 방식이며 계획과 설치가 용이하고 책상의 배치나 작업대상물이 바뀌어도 대응이 용이한 방식입니다. 국부조명 방식은 실내에서 각 구역별 필요 조도에 따라 부분적 또는 국소적으로 설치하는 방식이고, 일반적으로 조명기구를 작업대에 직접 설치하거나 천장에 매다는 형태입니다. 국부적 전반조명 방식은 넓은 실내공간에서 각 구역별 작업성이나 활동영역을 고려하여 일반적인 장소에는 평균조도로서 조명하고 세밀한 작업을 하는 구역에서 고조도로 조명하는 방식입니다(건축전기설비 총론, 2013). 자연채광 평가방법은 설계 조도의 기준에 자연채광이 적합한가에 대한 검증으로서, 실측과 외부조도의 설정에 의한 방법, 실내조도의 설정에 의한 방법으로 구분할



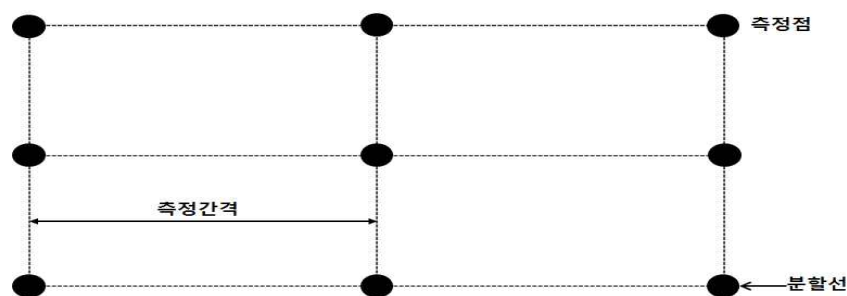
수 있다. 자연채광 성능평가를 위한 지표는 조도, 휘도, 주광률, 균제도가 있으며 평가에 영향을 미치는 요소로는 지리적 위치, 천공상태, 유리창의 면적과 투과율, 실내 마감재의 반사율, 외부지연의 반사율 등이 있다(황경애, 2002). 인공조명 평가방법은 자연채광에 비해 계절, 기상, 시각 등에 의한 변동이 적으므로 비교적 간단하다. 인공조명의 성능평가를 위한 지표는 조도, 휘도, 균제도, 광색과 연색성, 글레어 등이 있으며, 전력량, 경제성 등도 중요한 지표가 된다.

표 6 자연채광 및 인공조명 평가방법

구분	평가 방법	내용
자연 채광	실측에 의한 방법	조도계, 휘도계 등의 측정장치를 이용하여 실제로 측정
	외부조도 설정에 의한 방법	주광율법, 발광효율법, 확산일사표 등을 이용하여 측정
	실내조도 설정에 의한 방법	에너지 노모그래프, 컴퓨터 프로그램, 축소모형 등을 이용하여 측정
인공 조명	광속법	모형 실험을 통해 응용화된 방법, 국내 삼배광법을 사용
	입자추적법	조명기구에서 나오는 입자경로를 추적하여 면에 도달하는 광속을 계산
	해석적방법	조명기구가 제공하는 광속의 전달과정을 수식으로 계산
	광속 발산도계산	천장, 벽, 바닥의 광속 발산도를 계산하여 측정

#### ① 조도 측정방법

전반 조명인 경우 조도를 측정할 경우 측정점의 결정방법은 그림2와 같다. 조도 측정에서 조도 측정면의 높이는 특별히 지정이 없는 경우  $80\pm 5\text{cm}$ , 거실의 경우는 바닥위  $40\pm 5\text{cm}$ , 복도, 옥외인 경우 마루면 또는 지면위  $15\text{cm}$  이하로 한다. 다만, 실내에 책상, 작업대 등의 작업 대상면이 있을 경우는 그 윗면 또는 윗면에서  $5\text{cm}$  이내의 가상면으로 한다.



<그림 2> 측정점의 결정방법

측정점의 위치는 지정이 있을 경우에는 그것을 따른다. 지정이 없는 경우에는 조명 시설의 사용목적에 따라 당사자간에서 측정 영역을 정하고, 정한 영역에서 구석 구석까지 측정점을 배치하도록 결정한다. 측정점의 배치는 원칙적으로 측정 영역을 동등한 크기의 면적으로 분할하여 그림 2와 같이 분할선 교점에 1점씩 전체에서 10~50점이 되도록 한다. 조도 측정 위치는 조명기구의 배광과 부탁 높이를 고려하여 조도 변화가 큰 방향이나 장소는 조도 측정 간격을 작게 조도 변화가 작은 방향이나 장소에서는 조도 측정의 간격을 크게 정한다.

측정 범위의 평균 조도는 단위 구역마다 평균 조도를 구하고, 그 상가 평균치를 전 측정 범위의 평균조도라 한다. 평균조도의 산출법은 단위구역마다평균조도  $E$ 는 원칙적으로 그림3에 나타낸 바와 같이 4점법에 따라 모퉁임 4점의 조도  $E_i$ 를 측정하여 아래의 식으로 구한

다.

$$E = \frac{1}{4}(E_1 + E_2 + E_3 + E_4) = \frac{1}{4} \sum E_i$$

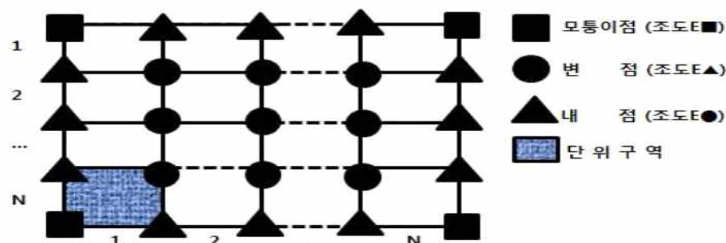


<그림 3> 4점법에 의한 평균조도 산출법

단위 구역이 다수 연속하는 경우는 그림4에 나타냄과 같이 평균 조도 E를 산출한다.

다만, 내점의 조도와 모퉁이점, 변점의 조도비가 4이하로, 조도분포가 거의 한결같은 경우 또는 조도 측정점의 수가 100점을 초과하는 경우에는 전 측정점의 조도 단순 평균을 갖고 개수치로 하여도 좋다. 이 때의 평균조도는 아래의 식으로 구한다.

$$E = \frac{1}{(M+1)(N+1)} \sum E_i$$



<그림 4> 다수의 단위구역에 연속할 때 평균조도 산출방법

국부 조명의 조도 측정은 조명되는 장소가 좁은 경우에는 그 중의 적절한 1점 또는 몇점을 측정해서 대표시켜도 좋다. 일반적으로는 수평면 조도를 측정하지만, 작업의 성질에 따라 연직면 또는 적당한 경사면의 조도를 측정한다. 국부 조명은 전반 조명과 병용시키는 일이 많으므로 그 측정에 있어서 전반 조명을 점등한 대로 하든가 소등하든가는 실정에 따라 결정한다. 측정 결과에는 그 내용을 명기한다. 또, 조도 측정 시에 있어서 작업자의 유무, 그 위치, 자세 등에 대하여도 그 개요를 기록해둔다.



표 7 평균조도 측정방법의 특징

구분	특징
5점법	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪국부조도를 고려한 방법으로 공간에서 발생하는 작업의 특징을 부각</li> <li>▪공간의 크기가 증가할수록 최대 및 최소 조도값의 차이가 증가</li> </ul>
다점법	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪많은 포인트를 측정하여 세밀한 조도분석이 가능</li> <li>▪작업시간과 작업량이 증가</li> </ul>
4점법	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪공간의 최대 및 최소 조도값을 절충</li> <li>▪다점법의 약산으로 간단하게 평균조도를 측정</li> <li>▪중앙배치형의 평균조도 측정용이</li> </ul>

출처 : (주근택, 2016)

<조도 측정 시 주의사항 : KS C 7612>

조도를 측정하는데 있어서는, 다음사항에 주의하여야 한다.

- 측정 개시 전, 원칙적으로 전구는 5분간, 방전등은 30분간 점등시켜 놓을 것
- 전원 전압을 측정할 경우에는 가급적 조명기구에 가까운 위치에서 측정할 것
- 조도계 수광부의 측정 기준면을, 조도를 측정하려고 하는 면에 가급적 일치시키고 또한, 수광부의 수광면 중앙을 통화 측정 기준면에 수직인 직선이 측정 기준면에 교차하는 점을 조도를 측정하려고 하는 점에 일치시킬 것
- 측정자의 그림자나 복장에 의한 반사가 측정에 영향을 주지 않도록 주의할 것
- 측정범위 전환형인 지침형 조도계에서는 0~범위의 눈금 판독은 가급적 하지 않을 것
- 측정대상 이외의 외광 영향(주광 등)이 있을 경우에는 필요에 따라 그 영향을 제외할 것
- 많은 점의 조도 측정을 할 경우, 특정의 측정점을 정하고, 일정한 측정 시간 간격마다 특정한 측정점의 조도를 측정하고, 조도 측정 중의 광원 출력변동 등을 파악할 것

② 조도 측정절차

- ☐ 조도 측정은 수업시간 대에 조명 기구를 켜고 검사한다.
- ☐ 교실 중 대표 할 수 있는 3개 교실(일반교실 : 2개소, 특별실 : 1개소)을 선정한다.
- ☐ 조도계는 광전지 조도계를 사용하나 최근에는 디지털조도계가 많이 보급되고 있으므로 디지털조도계를 사용하여도 된다. 장시간 사용 시 조도계의 감도차가 날 수 있으므로 사용 전에 사용기기에 맞는 보정을 받는 것이 필요하다.

※ 광전지 조도계의 규격(KSC 1601)에 적합한 조도계 또는 동등이상의 조도계 사용



표 9 조도계의 특징

구분	특징
광전지 조도계	<ul style="list-style-type: none"> <li>광전지에 마이크로 전류계를 접속시킨 것으로 전류눈금 대신 조도 눈금이 있다.</li> <li>특징으로는 시감도 보정필터 설치가 필요, 습도의 영향으로 감도가 저하</li> </ul>
광전광 조도계	<ul style="list-style-type: none"> <li>광전효과를 이용하여 측정하는 조도계로서 광전관에는 별도의 전원이 필요하다.</li> <li>특징으로는 광전지 조도계보다 약 1,000배의 감도를 갖고, 초정밀형의 조도계로 비상용 조명의 조도 측정으로 사용</li> </ul>
광전자 증배관 조도계	<ul style="list-style-type: none"> <li>광전자 증배관은 광전자와 2차전류 방출에 의한 증폭기를 결합해서 하나의 유리관에 넣은 것으로서 2차전자 증배 광전관이라고도 한다.</li> <li>특징으로는 극소 조도에서 지사 태양광에 의한 조도까지 측정</li> </ul>

- ☐ 조도 측정 시 커튼 또는 블라인드 등으로 가리고 측정한다(단, 직사광선이 비칠 때 결과값에 큰 영향을 주므로 커튼 및 블라인드를 가리지 않은 상태도 기록해 둔다).
- ☐ 교실 및 교실 이외의 측정위치는 바닥 위 75cm를 원칙으로 하지만 수업의 실태에 맞추어 그 이상의 높이에서 측정하는 등의 적절한 조치가 필요하다.
- ☐ 칠판면은 좌우 양끝으로부터 각각 30cm거리의 수직선 및 중앙 수직선과 상하 양끝으로부터 10cm의 수평선 중앙선이 교차되는 9개 지점에서 칠판면의 수직 조도를 측정하여 평균치를 산정하고 그 최대 및 최소 조도를 표시한다.

※ [그림5] 칠판면에서의 조도측정 예 참조

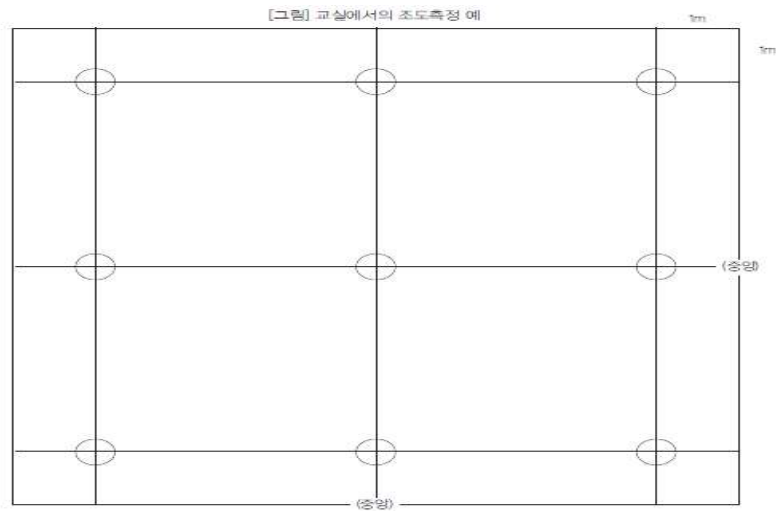
- ☐ 교실의 조도는 전후, 좌우 벽으로부터 1m거리의 선과 전후, 좌우 중앙선이 교차되는 9개의 지점에서 책상면 위의 수평면 조도를 측정하여 평균치를 산정하고 그 최대 조도 및 최소 조도를 표시한다.

※ [그림6] 교실에서의 조도측정 예 참조



<그림 5> 칠판면의 조도측정





<그림 6> 교실에서의 조도측정

### 3) 조명 설비

#### ① 조명기구 선정

좋은 조명기구의 구조는 외관형태의 기능성과 미적 감각이 중요하지만, 설치가 용이하며, 기구의 구조의 견고성 및 유지보수가 용이하여야 한다. 그 뿐만 아니라 조명 기구의 경제성도 고려해야 한다.

#### ② 광원의 특성

광원은 조명설계에서 중요한 요소 중 하나이며, 건축물의 구조 및 사용 건축물에 따라 각각의 종류 및 형태가 결정된다. 아래의 표는 광원의 종류 및 특성 비교를 한 것으로 대부분 학교 조명은 조도 및 경제성을 고려하여 형광등이 주로 사용되고 있다.

표 10 광원의 종류 및 특성 비교

종류	백열전구	형광등	수은등	메탈 헬라이드등	무전극등
연색성	좋다	비교적 좋다	나쁘다	좋다	상당히 좋다
효율(lm/w)	좋지 않다 10~20%	비교적 양호 50~90%	비교적 양호 40~65%	양호 70~95%	양호 80~95%
수명(h)	1,000~2,000	7,500~10,000	6,000~12,000	6,000~9,000	60,000~100,000
설비비	고가	비교적 저렴	다소 고가	다소 고가	다소 고가
소비전력(w)	5~2,000	10~110	40~2,000	100~2,000	50~200
유지비	비교적 고가	비교적 저렴	비교적 저렴	비교적 저렴	저렴
용도	조명전반 화장실, 욕실	조명전반 사무실, 학교	천장투광조명 경기장, 도로조명	높은 천정조명	높은 천정조명 체육관
특징	휘도높고 열방사 많다	저휘도 열방사 적다	고휘도 점등시간소요	고휘도 연색성이 좋다	연색성이 좋다 수명이 길다





#### 4) 조명 관리방법

교사내 학생들이 장시간 흑판 또는 정면 그리고 책상면을 바라보는 자세를 취하고 있으므로 각각의 책상 그리고 흑판에서 조도가 300룩스 이상으로 고르게 분포되는지를 파악하여야 한다. 텔레비전 및 디스플레이 화면의 수직면 조도는 100~500룩스 정도가 바람직하다. 컴퓨터 설치교실 등 디스플레이 장치를 사용하는 책상의 조도는 500~1,000룩스가 좋으며, 화면 등에 그림자 또는 반사체가 보이지 않아야 한다. 눈부심의 판정기준은 교실내의 학생 위치에서 볼 때 칠판의 끝에서 15도 이내의 범위에 강한 광원이 없어야 한다. 보는 쪽을 방해하는 광택이 칠판면과 책상면에 없어야 한다. 또한, 보는 것을 방해하는 전등이나 밝은 창등이 텔레비전이나 디스플레이의 화면에 비치지 않아야 한다. 눈부심을 일으키는 광원은 가림막(커튼 등)을 부착하거나 광택을 없애도록 한다. 눈부심의 원인이 되는 광원과 창을 가려 눈부심을 방지하도록 한다. 교실 내 조명기를 정기적으로 점검하여 전구, 형광등의 먼지를 제거하거나, 노후상태를 점검하여 교체 및 추가설치 하는 등 적정조도를 유지한다.



●참고 문헌

- 이종영, 송규동(2010), 학교 교실의 빛환경 개선을 위한 애니돌릭 천장 자연채광 시스템 개발, 대한건축학회논문집, vol 26(11), pp. 327-338
- 정민근(2007), 학교교실의 조명환경에 관한 연구, 성균관대학교
- 황경애(2002), 학교 교실의 조명 환경 개선 방법에 관한 연구, 중앙대학교
- 김영식(2016), 자연환기장치의 환기 특성에 관한 연구, 경상대학교
- 안철린, 김좌진, 금종수, 박효순(2004), 학교건물의 공기질 개선을 위한 환기시스템 적용에 관한연구, 한국교육시설학회지, vol 11(2), pp. 17-23
- 임완철(2015), 교실 내 공기 중 이산화탄소 농도가 학습에 미치는 효과에 대한 문헌 연구, 환경교육, vol 28(2), pp. 134-145
- 김진구, 김훈(2005), 초등학교 교실조명과 학생시력 변화의 관계분석 및 교실조명개선에 관한 연구, 조명전기설비학회논문지, vol 19(1), pp.15-23
- 주근탁, 최안섭(2006), 공동주택의 조도측정 및 평균조도 산출방법, 조명.전기설비학회논문지, vol20(5), pp. 1-8
- 한국산업안전보건공단(2015), 조도계 사용에 관한 기술지침

