

SCHOOL



# 학교환경위생관리

## 03 온·습도 및 소음의 이해



## 1. 학교 교사내 온열환경의 개념과 측정 및 관리방법

### 1) 온열환경의 개념

우리 인간은 36.5°C의 체온을 항상 유지해 가는 항온동물로서 인간의 생활환경이나 자연환경은 각종 온열조건에 놓이게 되며, 인간은 그 속에서 생존해 가고 있다. 인간이 일정한 체온을 유지해 갈 수 있는 것은 기상하부에 있는 신경계의 작용에 의하는 것이지만, 신진대사의 증감을 따른 체열생산의 화학적 조절과 체열을 방산하거나 기온에 의한 이화학적 조절에 의해서 일정한 체온을 유지해 간다. 이들 이화학적 조절에 관여하는 기온, 기습, 기류, 복사열 등을 4대 온열인자 또는 온열요소라 하고, 이들 온열인자의 상호작용에 형성된 종합적인 상태를 온열조건 또는 온열상태라고 한다.

#### ① 온도

온도는 온열조건 중에서 가장 중요한 인자이며, 이화학적 조건에 절대적 요소이다. 인간의 기온에 대한 감각은 노출된 피부보다는 의복에 가려진 부분이 더 민감한데 피부온도가 27~33°C인 상온일 때 가장 예민하게 느끼며, 온도의 식별이 가능한 범위는 0.2~1.2°C이다.

건구온도로 실내에서 1.5m, 실외에서 1.2~1.5m의 높이의 온도를 말한다. 인간이 활동하기에 좋은 표준온도 범위는 건구온도로 18±2°C이고 이때의 습도는 40~70%가 적당하며, 기온의 측정은 수은한란계, 최고최저한란계, 습구온도계, 건구온도계, 복사온도계 등 여러 가지를 사용한다.

사람은 주위공기의 물리적 상태에 의해서 상쾌 및 불쾌를 느낀다. 그 원인은 땀이 나거나 신체 열의 평형작용이 주위 공기의 물리적 상태에 따라 영향을 받기 때문이다. 인체가 생활하기 좋고 일의 능률이 오르는 가장 적절한 실내온도를 쾌적 실내온도라고 한다. 이 쾌적한 실내온도에 대한 연구는 1841년 레오나드(Leonard)가 카타 한란계를 고안한 이후에 시작되었고 일반적으로 실효온도(유효온도, 실감온도, 감각온도)라고 한다. 실험에 의하여 얻어진 쾌적온도는 다음 표1과 같다.

표 1 계절별 쾌적온도

| 계절     | 실감온도    | 습도     |
|--------|---------|--------|
| 겨울     | 16~21°C | 40~50% |
| 여름     | 20~25°C | 40~70% |
| 봄 . 가을 | 17~22°C | 40~65% |

온도의 인간능력에 대한 영향은 아직 완전히 알려져 있지는 않다. 그러나 대체로 극단적인 온도는 작업능률을 저하시킨다는 것이 증명되고 있다. 문제를 풀거나, 손으로 조정하거나, 몸을 쓰지 않고 눈으로 감시만 하는 따위의 별로 복잡하지 않은 일은 29°C(80°F)에서도 가능하다. 그러나 일의 내용을 더욱 복잡하게 하거나 육체적·정신적 긴장을 하면 이 최고 한도는 약간 내려오며 습도의 경우는 대부분 30~70%일 때 가장 기분이 좋다.

대체로 온도와 작업능률과 관련지어 살펴보면 18°C가 제일 좋은 상태이며, 24°C에서는 육체적으로 태만해진다. 29°C에서는 정신적 활동이 둔하고, 반응이 늦고 착각이 시작된다. 49°C에서는 1시간은 견딜 수 있다. 그러나 육체적·정신적으로 전혀 활동하지 못한다. 71°C에서는 30분 정도밖에 견디지 못한다. 반대로 10°C에서는 수족이 끝이 굳어지기 시작한다. 따라서 18~24°C는 여름철의 쾌적범위에 해당하며, 17~22°C는 겨울의 쾌적온도 범위라고 볼 수 있다.



<고온에 의한 인체영향>

- 열피로(heat exhaustion) : 고온 다습한 환경에서 일하는 작업자에게 심한 탈수와 염분손실로 인하여 열피로가 발생할 수 있다. 말초혈관의 확장으로 혈압이 저하되는 등 순환기계의 이상이 생기며, 두통, 현기증, 오심, 구토, 갈증, 무력감 등을 초래하고 심하면 의식이 혼미해진다. 신속히 차갑고 신선한 그늘에 눕히고 허리띠를 느슨하게 풀어주어 혈액순환을 촉진시키고 5%의 포도당 주사를 정맥주사하거나 경구 투입해야 한다.
- 열경련(heat cramp) : 열경련이란 과도한 염분의 손실로 인체 내 전해질의 균형이 깨지면서 신경전달에 이상이 생겨 수의근(자신의 의지대로 움직일 수 있는 근육)에 심한 경련을 일으키는 것이다. 이때는 신속하게 휴식을 취하게 하고 수분과 염분을 섭취하여 전해질의 균형을 맞출 수 있도록 한다. 생리식염수 1~2L를 정맥 주사하거나 0.1%의 식염수를 복용케 한다.
- 열사병(heat stroke) : 고온 다습한 환경에서 미숙련된 사람이 과도하게 일을 하면 체온조절중추신경에 이상이 생겨 열의 방산이 이루어지지 않고 체내에 열이 쌓인다. 열피로와 같은 전구증상이 있고 발한이 제대로 이루어지지 않아 체온이 급격히 상승하여 심부 온도가 41℃까지 상승하면 뇌의 손실을 초래하고 궁극적으로는 사망에 이른다. 치료하지 않으면 100% 사망하고 치료가 된다고 해도 예후가 매우 불량하다. 응급처치로는 냉수마찰 등을 실시하여 가능한 한 체온을 급속하게 낮추어야 한다.

## ② 습도의 개념

습도는 일정온도의 공기 중에 포함될 수 있는 수분량으로서, 온도의 상승에 따라서 공기 중에 포함될 수 있는 습도는 상승하게 된다. 일반적으로 비교습도 즉, 상대습도라 함은 어느 온도에서 검사공기가 함유할 수 있는 최대 수증기량을 대하여 검사 공기 중에서 존재하는 수증기량의 백분율(%)을 말한다. 공기 중의 수증기량은 최대한계량보다 낮기 때문에 이를 백분율로 표시하여 상대습도, 비교습도 또는 일반적인 습도라고 한다. 일반적으로 공기 중의 건습상태를 나타내는 포화습도, 비교습도, 포차 등이 사용된다. 일반적으로 비교습도가 높을 때는 대체적으로 불쾌감을 느끼며, 낮을 때는 쾌적감을 준다. 습도의 쾌적상태는 일반적으로 40~70%가 적당하며, 습도의 측정은 아스만(Assmann)통풍습도계, 아우구스트(August)건습구한난계, 모발습도계, 자기습도계 등이 이용되고 있다.



<용어정리>

- 포화습도 : 현재 공기 1m<sup>3</sup>중에 함유한 수증기량 또는 수증기장력을 말한다. 일정 공기가 함유할 수 있는 수증기량에는 한계가 있는데 수증량이 이 한계를 넘을 때 이를 포화습도라고 한다.
- 절대습도 : 현재 공기 1m<sup>3</sup>중에 함유한 수증기량 또는 수증기장력을 말한다. 즉, 일정한 공기 1m<sup>3</sup>중의 현재 수증기량을 말한다.
- 비교습도(상대습도) : 현재 공기 1m<sup>3</sup> 포화상태에서 함유할 수 있는 수증기량과 현재 그 중에 함유되어 있는 수증기량과의 비를 %로 표시한 것을 말한다. 우리가 보통 말하는 습도를 말한다.
- 포차 : 현재 공기 1m<sup>3</sup>가 포화상태에서 함유할 수 있는 수증기량과 현재 그 중에 함유한 수증기량과의 차이를 포차라고 한다.

작업의 능률 향상에 가장 적합한 최적온도와 쾌감을 느끼게 하는 쾌감온도와는 약간의 차이가 있다. 황웅연(1989)은 최적온도라는 것은 감각적 최적온도, 능률적 최적온도, 위생적 최적온도 등 세 가지로 나눌 수 있다고 하였다.

- 감각적 최적온도 : 영국의 Hill, 미국의 Yaglou와 Miller 등의 학자가 주장하는 것처럼 쾌감대를 주는 것으로서 심리적 쾌감을 갖게하는 온도이다. 이 온도는 대체로 18℃에 걸친다고 하여 겨울보다는 여름철에는 2~3℃가 높은 것이 보통이다.
- 능률적 최적온도 : 최고도의 생산을 할 수 있는 경적 온도로서 그 범위는 일의 성질에 따라 현저하게 다를 뿐 아니라 작업시간에 따라서도 상당한 변화가 생긴다. 이 온도는 대체로 15℃에서 20℃의 범위에 걸친다고 한다.
- 위생적 최적온도 : 일상생활을 위한 알맞은 온도이며 생리적 기능을 가장 용이하게 할 수 있는 온도이며 한옥, 의복, 연령, 계절 등에 따라서도 커다란 차이가 생길 수 있다. 이상의 세 가지를 종합해서 생활에 알맞은 최적온도를 정리해 보면 18±2℃, 곧 16℃에서 20℃내가 표준이며 그 중에서도 가장 적당한 온도는 18℃인 것이다. 그리고 습도는 60±20%, 곧 40~80%가 최적습도의 범위라고 할 수 있다.

### ③ 기류

기류는 기동 또는 바람이라 하는데 공기의 흐름을 말한다. 기류는 주로 기압과 기온의 차에 의해서 형성된다. 다른 온열조건이 양호하다 할지라도 기류가 적당하지 않으면 체온 조절에 영향을 받게 되며 공기의 희석이나 확산이 잘되지 않아 불쾌감을 느낀다. 적당한 기류는 신체의 방열 및 신진대사를 촉진한다. 기류의 강도를 풍속(m/sec)이라 하며, 0.1m/sec는 무풍, 0.2~0.5m/sec이하는 불감기류라 한다. 쾌적기류는 실내에서 0.2~0.3m/sec, 실외에서는 1.0m/sec 정도이다. 무풍상태에서 고온, 다습하면 체열방산이 거의 이루어지지 않아 견딜 수 없는 불쾌감과 울열증이 생길 수 있다. 실내 기류의 측정온 건식 카타 온도계(Dry Kata Thermometer)를 주로 사용하는데 측정범위는 0.05~1.5m/sec이며, 실외기류는 풍차풍속계(Vane Anemometer)가 이용된다.



#### ④ 복사열

우리가 태양열이나 난로 등의 발열체가 주위에 있을 때 대기온도보다 더 큰 온감을 느끼게 되는데 이를 복사열이라고 한다. 즉, 발열물체 주위에 있거나 모래사장 등에서 직사광선에 있을 때는 실제 기온과는 달리 높은 온감을 느끼게 되는데, 이것을 복사열이 작용하기 때문이다. 특히 고온작업환경은 실제로 더 큰 온열감을 느끼게 된다. 복사열은 거리의 제곱에 비례하여 감소하므로, 주위 물체의 온도가 기온과 큰 차이가 없거나 일정한 거리 이상 떨어져 있으면 그 영향이 적다. 체온의 방열은 인체 표면에서 열선이 복사하는 형식으로 방사되는데, 피부온도와 환경의 기온이 차이가 없으면 복사열로 손실되는 열은 많아진다. 피부온도는 혈관이 축소하면 하강하고, 혈관이 확장하면 상승하여 방산은 증가하게 된다. 복사열의 측정 은 흑구온도계를 사용한다.

##### <온열요소의 종합작용>

- 쾌감대 : 인간이 쾌감을 느끼게 되는 것은 기온, 기습, 기류의 상호작용에 의해서 형성되는 미기후(microclimate)에 의해 결정되지만, 신체적 조건, 의복의 착용상태, 활동량 등 여러 가지 여건에 따라서도 다르게 느낀다. 그러나 성인이 안정시 적당한 착의상태에서 쾌감을 느낄 수 있는 것은 0.5m/sec 이하의 불감기류, 60~65%의 습도, 17~18°C의 기온일 때이다.
- 감각온도: 온도의 감각은 온도, 습도, 기류의 3인자가 종합된 작용으로 이루어지는데, 이 3인자에 의해서 이루어지는 체감을 기초하여 고안된 도표를 통하여 얻어진 온도감각을 감각온도, 체감온도, 실효온도라고 한다. 즉, 기온, 습도, 무풍의 경우를 기초로 하여 이것과 등온감각을 주는 온도, 습도, 기류의 종합상태를 감각온도(t°C)로 나타내는 것이다. 예를 들면 온도 18°C, 습도 100%, 무풍상태에서의 감각온도는 18°C이다. 감각온도는 피복, 계절, 성별, 연령별 및 기타조건에 따라 변화한다. Yaglou & Drinker(1928)에 의하면, 여름철 쾌감 감각온도는 64~74°F(17.8~23.3°C)이며, 최적 감각온도는 겨울철 66°F(18.9°C), 여름철 71°F(21.7°C)라고 하였다.
- 불쾌지수 : 불쾌지수는 원래 기온의 변화에 따라 공장, 사무실 등의 전력소모를 알기 위하여 사용했던 것으로 1957년 미국의 톰에 의해 고안된 것으로서 날씨에 따라 사람이 느끼는 불쾌감의 정도를 기온과 습도의 조합으로 구성한 것이다. 온도·습도 지수(Temperature-Humidity Index, THI)라고도 하는데 이 지수는 여름철 무더운 기준으로 사용되며 복사나 바람 조건은 포함되어 있지 않다. 불쾌지수는 기류 및 복사열이 고려되어 있지 않아 감각온도와 차이가 있을 수 있는 결점이 있기 때문에 실 내에서 적용되며, 다음식에 의하여 얻어진다.

$$DI = (\text{건구온도 } ^\circ\text{C} + \text{습구온도 } ^\circ\text{C}) \times 0.72 + 40.6$$

$$DI = (\text{건구온도 } ^\circ\text{F} + \text{습구온도 } ^\circ\text{F}) \times 0.4 + 15$$

불쾌지수는 온도와 습도에 영향을 받았을 때 인체가 느끼는 불쾌감을 숫자로 표시하





는데 나라나 민족에 따라서 느끼는 정도가 약간씩 차이가 있다. 미국에서는  $DI=70$ 이면 10%정도의 주민이 불쾌감을 느끼고, 75이면 50%의 사람이 80이면 거의 모든 사람이, 85이면 견딜 수 없는 상태에 이른다고 보고되었다. 일본에서는  $DI=75$ 에서 9%, 85이면 93%의 사람이 불쾌감을 느낀다는 보고가 있다.

□ 카타 냉각력 : 기온, 기습이 낮고 기류가 클 때는 인체의 체열 방산량이 증대하는데, 이때 열을 뺏는 힘을 그 공기의 냉각력이라 한다. 영국의 Leonard Hill(1916)은 인체의 체온 부근에 가온된 물체 표면에서 방열에 미치는 온도를 나타내는 계기로써 카타 온도계를 고안하였다.

□ 등가온도 : 감각온도는 기온, 기습, 기류만을 기초로 하여 나타내는 온도이며, 등가온도는 기온, 기습, 기류와 복사열까지 포함하여 고려된 것으로 복사량이 많은 산업장에서는 감각온도보다 합리적으로 이용될 수 있다. 특히 기습이 100%이고, 무풍이며 주위의 물체 표면온도가 기온과 동일한  $t^{\circ}F$ 일 때를 기준으로 하여 이것과 등온감각을 주는 기온, 기습, 기류, 복사열의 종합상태를 등가온감  $t^{\circ}F$ 라고 하였다.

□ 쾌적도 : 쾌적도는 덴마크 Fanger에 의하여 제안된 예상평균온열감(PMV : Predicted Mean Vote;이하 PMV)은 객관적 쾌적도라고 할 수 있으며 재실자와 주위 환경 간의 열평형으로부터 재실자에 대한 정상 상태 모델을 이론적으로 개발하고, 재실자의 열부하를 약 1,300여명에 대한 환경 실험실에서의 실험결과와 결합하여 재실자가 느끼는 온열감을 예측할 수 있는 평가지표를 제안하였다. PMV는 재실자와 주위 6가지 온열환경 요소 중 열 환경인자인 기온, 습도, 기류속도, 평균 복사온도는 측정하고 재실자의 활동량, 의복의 착의량 등을 산정하여 열평균에 기초로 작성한 열쾌적방정식에 적용하여 재실자의 온열감을 이론적으로 평가하였다. PMV값은 미국 공조냉동공학회(ASHRAE)의 온열감 7단계 척도를 기준으로 설정하였고 0을 열적 중립 상태로 하여 -3(매우 춥다), -2(춥다), -1(약간 춥다), 0(적당하다), 1(약간 덥다), 2(덥다), 3(매우 덥다)의 수치 척도로 나타낼 수 있다. PMV의 적용 범위는 중립점 0을 중심으로 쾌적 환경의 근방에 한정되어 있으므로  $-2 < PMV < 2$ 에 적용이 가능하며 땀을 많이 흘리는 환경이나 극한 환경에서는 적용하기에는 제한적인 것으로 보고되고 있다.

## 2) 기후요소

기상현상에 영향을 미치는 기후요소에는 기온, 기습, 기류, 기압, 강우, 강설, 구름, 일광, 복사열 등이 있으나 기온, 기습, 기류를 기후의 3대 요소라고 한다. 이들 기후요소에 영향을 미쳐 기후의 변화를 일으키는 기후인자에는 위도, 해발고도, 지형 등이 있는데, 이들 기후요소나 기후인자에 따라서 여러 가지 기후의 성질이 만들어지게 된다. 아래의 표2는 기상청에서 제공하는 생활기상정보를 나타내었고, 실시간 정보를 이용하여 학생들의 생활 건강 관리에 활용이 가능하다.

표 2. 기상청에서 제공하는 생활기상지수의 활용

| 분류 | 정의 | 서비스 | 예보시간 |
|----|----|-----|------|
|----|----|-----|------|



|                |          | 기간  |                                |
|----------------|----------|---|--------------------------------|
| 생활<br>기상<br>지수 | 더위 체감 지수 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인체가 느끼는 더위는 기온만이 아니라 습도, 햇볕(일사량)에도 영향을 받음</li> <li>- 같은 기온에서도 습도가 높고 일사량이 강한 환경에서는 온열질환 발생 가능성이 커짐</li> <li>- 더위체감지수는 기온처럼 섭씨(°C)를 이용해 표현하지만 습도와 일사량 요소를 조합해 산출되는 지수</li> </ul>  | 5~9월<br><br>일 2회<br>(6시, 18시)  |
|                | 자외선 지수   | - 자외선지수는 태양고도가 최대인 남중시간 때 지표에 도달하는 자외선 B(UV-B)영역의 복사량을 지수로 환산한 것  | 3~11월<br><br>일 2회<br>(6시, 18시) |
|                | 식중독 지수   | - 최근 5년('10년~'14년) 동안의 세균성, 바이러스성 식중독 발생 유무를 기반으로 기상에 따른 식중독 발생 가능성을 나타내는 것   | 연중<br><br>일 2회<br>(6시, 18시)    |
|                | 불쾌 지수    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기온과 습도의 조합으로 사람이 느끼는 온도를 표현한 것으로 온습도지수(THI)라고도 함</li> <li>- 개인에 따라 쾌감대의 범위가 다른 것처럼 불쾌지수 값에 따라 불쾌감을 느끼는 정도도 개인에 따라 약간의 차이가 있음</li> </ul>  | 6~9월<br><br>일 8회<br>(3시간 간격)   |
|                | 열지수      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기온과 습도에 따른 사람이 실제로 느끼는 더위를 지수화한 것</li> <li>- 열지수는 그늘지고 약한 바람이 부는 환경에서 만들어진 것이므로 태양빛에 직접 노출되면 열지수 값이 발표치보다 8.3°C 정도 더 높아질 수 있음</li> <li>- 강한 바람, 특히 뜨겁고 습한 바람이 불면 더 위험한 환경이 될 수 있으며, 동일한 기온이라도 습도에 따라 열지수가 달라짐</li> </ul> | 6~9월<br><br>일 8회<br>(3시간 간격)   |
|                | 체감 지수    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 외부에 있는 사람이나 동물이 바람과 한기에 노출된 피부로부터 열을 빼앗길 때 느끼는 추운 정도를 나타내는 지수</li> <li>- 바람이 강해질수록 피부의 열 손실률은 높아지게 되며 결국 내부체온을 떨어뜨리게 됨</li> </ul>  | 11~3월<br><br>일 8회<br>(3시간 간격)  |

### 3) 교사내 온·습도 측정 및 관리방법

교사내 쾌적한 실내공기환경을 유지하기 위해서 매일 관리하는 일상점검과 계절별 1회 이상 실시하는 정기점검을 원칙으로 수립하여 온도와 습도를 적절하게 관리한다.

#### ① 측정방법

교사내 온도 및 습도를 측정하기 위한 방법은 아스만통풍 온·습도계(표준측정방법)와 디지털 온·습도계를 이용하여 측정한다.

아스만통풍 온·습도계는 독일의 아스만에 의해 고안된 아스만통풍건습도계는 평행으로 늘어선 건구용 및 습구용의 유리 봉상 온도계를 이용하여 한쪽은 건구온도 한쪽은 습구온도를 측정하며, 실제 온도 측정시에는 머리부에 위치한 태엽식 통풍팬을 작동시킨 후에 약3~10분 정도의 안정기간을 거친후, 측정하게 된다.

디지털온도계는 센서부에 반도체를 사용하고 있으며, 실내공간에서 일상적인 온도 관리방



법의 일환으로 주로 적용되고 있다. 온도 측정범위는 대개  $-50^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 이며, 정밀도는  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 이다.

#### ② 측정절차

교사 내 온도 및 습도의 적절한 관리를 위한 측정절차는 다음과 같다. 첫째, 맨위 및 맨 아래층 교실 중 각 1개소, 특별실 1개소를 선택하고, 특별한 경우 외에는 수업중인 교실의 적당한 지점 1곳 이상에서 측정한다. 둘째, 실내의 온도는 내부에서의 기류분포, 재실자의 주요 분포위치, 벽면 및 출입문(창문)위치 등에 따라 수평방향으로 큰 차이를 보일 수 있기 때문에 교실내 몇 개의 장소에서 온도를 측정하여 그 평균치를 산정한다. 셋째, 실내온도는 바닥으로부터 75~150cm의 범위 내에서 측정 하는 것이 일반적이다.

#### ③ 측정결과와 판정기준

교사내 온도의 판정기준은 겨울철에는  $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ , 여름철에는  $26\sim 28^{\circ}\text{C}$  정도를 유지해야하고 습도는 30~80%로 적절한 온.습도를 유지하여 학생들의 건강 및 학습능률을 향상시켜야한다.

### 4) 교사내 온열환경(온.습도) 관련 연구자료

최윤정(2009) 등의 연구에서는 2007년 2월 중 청주지역 중.고등학교를 대상으로 겨울철 학교 교실의 실내열.공기환경 실태파악과 영향요인분석을 실시하였다. 6개 교실의 흑구온도 측정결과, 평균  $18.2\sim 24.9^{\circ}\text{C}$ 였으며, 흑구온도와 실내온도의 차는 평균  $0.3\sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 로 복사열이 크지 않은 것으로 나타났다. 측정시간 동안 각 교실의 실내온도의 변동폭은  $2.5\sim 6.3^{\circ}\text{C}$ 를 나타내었으며, 교실별로 분석한 내용을 종합해보면 6개 교실 모두 개구부를 개방하였을 때나 재실자수가 줄어들었을 때 실내온도가 다소 하강하였고, 수업시간에 다소 상승하였으며 대체로 오후시간이 오전시간보다 상승하여 일사와 재실자의 영향이 있음을 알 수 있었다.

최욱(2009)의 연구에서는 학습활동을 위한 적정온도는  $22.5\sim 24^{\circ}\text{C}$ 일 때로 학습자들이 가장 쾌적감을 보이는 온도범위이며, 이와 더불어 적정온도보다 실내온도가  $1^{\circ}\text{C}$  증가함에 따라 학습자의 학습 능력은 약 7%씩 감소하고, 실내온도가  $28^{\circ}\text{C}$ 가 넘게 되면 온열적 불쾌감을 일으켜 학습활동에 상당한 지장을 초래하는 것으로 조사되었다.

## 2. 학교 교사내 소음의 개념과 측정 및 관리방법

소음은 개인의 주관적인 입장에서는 자신이 원치 않는 소리라고 정의하며, 물리적인 면에서는 불규칙음, 비주기적이고 고주파음역의 특성을 나타내는 음이라고 정의한다. 음악을 감상하는 사람에게는 경쾌한 악기 소리가 흥미 없는 타인에게는 소음이 될 수 있는 것처럼 때는 듣는 사람의 주관에 따라 차이가 있으나, 일반적으로 소음이란 인간의 건강생활에 유해한 작용을 나타내는 음향을 말한다.

소음에 노출되면 주의집중력이 낮아지고 학습에 장애를 발생시키는 등 인지기능을 방해한다. 예를 들어, 정보를 어떻게 처리, 유지 및 상기하는지에 따라 성과와 학습에 영향을 미친다. 소음은 음성 명료도의 장애를 불러오며, 인지작업을 하는 동안 소음으로 인해 정보가 무분별하게 필터링되어 주의와 관심을 갖는 것이 부족해지고, 각성과 소음 성가심 및 수면방해가 증가하게 된다. 이와 같이 소음이 학습 및 성과에 영향을 미칠 수 있는 것을 보여주지만, 사람들은 일반적으로 성과향상을 유지하기 위해 노력하는 것처럼 그 관계는 복잡하다. 소음의 인지영향을 알아보기 위해서는 주.야간에 노출되는 소음의 영향을 구분하는 것이 중요하다. 주간시간 동안 노출되는 소음이 인지과정의 한 형태인 부호화와 정보수집에 영향을





미칠 수 있지만, 야간시간대의 소음 노출은 기억 또는 학습해야하는 자료의 축적을 방해할 가능성이 높다. 그러나 주간시간에 만성 불면증을 유발하는 소음은 피로, 기억의 어려움, 집중 문제 및 느린 반응시간과 같은 영향을 줄 수 있다. 이에 따라 작업성능의 저하와 새로운 것을 배우는 것에 곤란한 결과를 가져올 수 있다.

지금까지 소음과 인지영향에 대한 대부분의 연구에서는 학교 근처에서의 주간 교통소음이 아이들에게 미치는 영향에 관련된 것이었다. 이러한 연구는 교통소음이 여러 방면으로 아이들에게 영향을 미칠 수 있는 것으로 보여주지만, 주로 독해력과 기억력 그리고 학습동기 부여 저하를 말하고 있다.

### 1) 소음의 종류

소음의 종류는 연속음, 단속음, 충격음으로 구분된다. 연속음은 계속해서 같은 크기의 소리가 발생하는 것을 연속음으로 생각한다. 그러나, 소음의 발생이 실제로는 연속되지 않고 단속음이 반복됨으로써 연속음과 같이 들리는 수가 있는데, 이때 반복음이 1초에 1회 이상일 때 연속음으로 본다. 단속음은 일반적으로 발생하는 소음의 반복음이 1초보다 간격이 클 때를 단속음이라고 한다. 충격음은 다이너마이트 폭발이나 단순 해머 작업시와 같이 일시에 나타나는 충격적인 음으로서 최대 음압수준이 120dB 이상인 소음이 1초 이상의 간격으로 발생하는 것을 말한다.

#### <용어정리>

- 음속 : 공기 중에서 소리의 속도(C)는 기압과 공기 밀도에 따라 변화하며, 공기 중에서의 음속은 다음과 같은 식으로 표시된다. 상온, 즉 섭씨 20°C에서 음속은 344m/s이다. 이 속도를 초과하면 이를 초음속음이라고하고 그 단위는 mach이다.
- 음향파워레벨(Sound Power Level, PWL) : 음원의 강도를 나타내는 물리량으로 로그 규모로 표시하는 것을 말한다.

$$PWL = 10\log\left(\frac{W}{W_0}\right)$$

여기서,  $W$ : 음향파워

$W_0$ : 기준 음향파워 ( $10^{-12} \text{ Watt}$ )

- 음압레벨(Sound Pressure Level : SPL) : 음은 음을 전달하는 물질(매질)의 압력변화를 수반하는데 압력의 변화부분을 음압이라 하며 이것으로 음의 세기를 나타내는 것을 음압레벨이고 한다.

$$SPL(dB) = 20\log\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

여기서,  $P$ : 대상음의 음압실효치

$P_0$ : 최소음압실효치 ( $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ )

- 주파수 : 단위시간 동안에 발생하는 압력파동의 횟수를 말하며, 단위는 Hz(hertz)로 표시한다. 1Hz는 1초 동안에 음의 진동현상이 1회 발생한 것으로 말한다.
- 주기 : 압력파동이 1주기(cycle)를 도는 데 소요되는 시간이며, 단위는 초(sec)로 표시한다.
- 파장 : 1주기 동안에 음압이 거리를 파장이라고 하며, m 또는 cm 등 거리의 단위로 표시한다.



소음의 발생원에 따라 교통, 생활, 항공기, 공장, 철도 소음 등으로 구분할 수 있다. 교통소음은 그 배출원이 자동차, 기차 등으로서 발생 소음도가 매우 클 뿐만 아니라 그 피해 지역도 광범위하다. 특히 자동차 도로망이 확장되고 차량 보유 대수가 급격히 증가하고 있어 대도시 소음원으로서 가장 중요한 위치를 차지하고 있다. 생활 소음은 확성기 소음, 건설 공사장의 작업 소음, 소규모 공장의 소음, 유흥업소 심야소음 등 매우 다양하다. 최근 인구 증가와 더불어 도시화, 상업화 등에 따라 생활 소음 배출원은 급격히 증가하고 있다. 항공기 소음은 최근 항공기의 운항 항로 신설 및 운항 회수의 급격한 증가에 따라 항공기 소음 피해는 사회 문제로 대두되고 있다. 공장 소음은 공장에 설치되는 시설은 자동차, 기차, 항공기 등 이동 소음원이 아니고, 한번 설치되면 반영구적으로 인근 지역에 지속적으로 피해를 줄 수 있어 사전 입지단계부터 고려가 필요하다. 철도 소음은 유동인구 및 물동량 증가로 철도 운행량이 증가되었다. 매스컴과 국민의 환경인식의 증가로 소음민원이 점차 증가하고 있다. 철도변 일부에 방음벽을 설치하였으나 아직 설치가 미미한 수준이다. 그림 1은 2015년 소음피해학교 현황자료로 나타내었다. 수도권의 소음피해학교가 타지역에 비해 월등히 많은 것으로 나타났고, 발생원 도로, 항공기, 철도, 지하철, 교통 등으로 조사되었다(환경부, 2016)

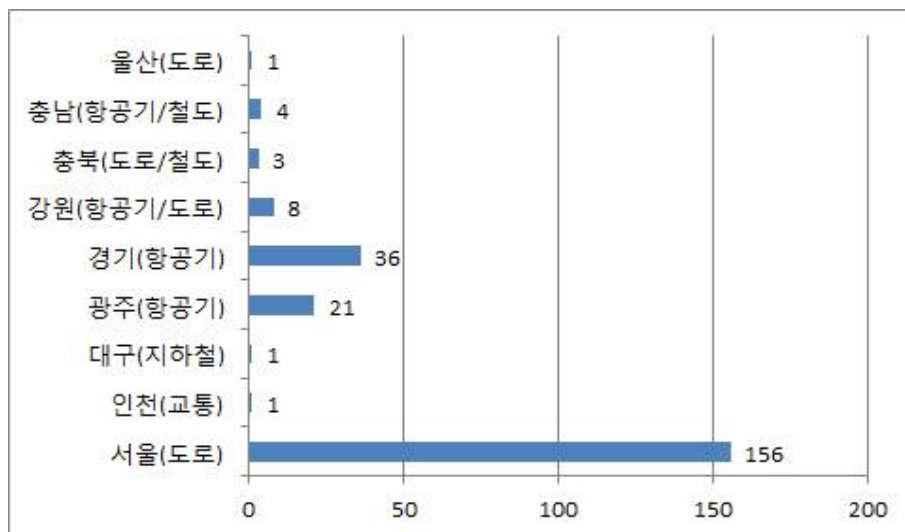


그림 1 2015년 소음피해학교 현황(환경부 재구성, 2016)

## 2) 소음의 건강영향

우리나라의 경우 환경오염의 피해 진정 가운데 가장 많은 비율을 차지하고 있는 것이 소음.진동임을 볼 때, 다른 환경피해와 비교하여 실생활과 밀접한 관계에 있음을 알 수 있다. 이러한 소음공해의 특성은 축적성이 없고 감각공해이며, 국소적·다발적 공해로 민원을 제기하는 경우가 많다는 것이다.

소음발생원에 대한 구분은 인공소음과 자연소음으로 크게 분류할 수 있다. 인공소음은 자동차, 기차 등에 의한 교통소음, 이동행상 등의 확성기에 의한 가두소음, 소규모 공사장에서 나는 건축소음, 항공기 소음, 그리고 기계소음 등을 말한다. 자연소음은 폭풍, 천둥, 호우 등에 의한 것을 들 수 있으나 대개 순간적으로 발생하였다가 소멸하므로 일반적으로 문제가 되는 소음발생원은 인공소음이라 할 수 있다. 안락한 휴식과 수면에 지장을 주는 소음의 종류

와 크기는 생활지역이나 하루 중 시간 또는 개인에 따라 차이가 많은 것으로 알려져 있는데, 소음수준이 높을수록, 저주파보다는 고주파 성분이 많을 때, 지속시간이 길수록, 지속적이고 꾸준한 소음보다는 일정하게 반복되는 소음과 충격음에 의한 영향이 더 크다. 소음에 의한 건강영향은 청력손실, 심리적 영향, 생리적 영향, 사회적 영향 등 크게 네 가지로 나눌 수 있다.

#### ① 청력에 미치는 영향

청력에 미치는 영향은 일시적 청력손실과 영구적 청력손실로 구분할 수 있다. 일시적 청력손실은 장시간 기차를 타거나 큰소리를 들은 후 한동안 청력이 둔해지는 경우로서 수초~수일간의 휴식 후에 정상청력으로 돌아온다. 영구적 청력손실은 공장소음 등에 의한 일시적인 청력장애가 충분히 회복되지 않는데 재차 소음에 노출되는 것을 장기간에 걸쳐서 반복하고 있으면 영구적 청력손실이 된다. 소음성 난청은 가장 직접적인 영향이고 특히 소음이 큰 공장에서 일하는 근로자들에게 나타나는 일종의 직업병으로도 볼 수 있다. 작업장에서 발생하는 소음성 난청의 주요 요인은 소음의 세기, 노출시간 이나 기간, 소음의 주파수, 노출횟수 등이 있으며, 또한 개인의 감수성에 따라서도 차이가 있다.

#### ② 생리적 영향

소음에 의한 생리적 영향으로는, 혈관의 수축에 의한 맥박의 증가나 혈압상승, 혈액성분이나 소변성분의 변화, 침이나 위액분비의 불량, 호르몬의 이상분비를 가져온다. 이러한 생리적 영향은 소음이 사라지고 정신적 긴장이 풀리면 나타나지 않지만, 이러한 생리적 영향이 장시간 계속되거나 반복되면 신체적 영향이라는 심각한 단계로 발전한다.

#### ③ 사회적 영향

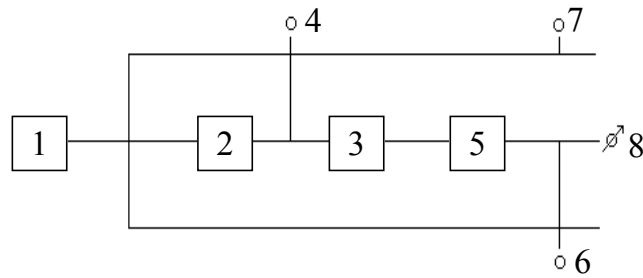
소음공해가 많은 지역은 토지가격이 하락하며, 가축의 산란율, 부하율, 우유생산량 저하 등의 영향을 미치기도 한다.

### 3) 학교 소음 측정 및 관리방법

#### ① 측정방법

교사내에서 발생하는 소음 상태 및 실태를 파악하기 위하여 소음계(KS C IEC 61672-1 규정한 소음계)를 이용하여 측정하고, 적정하게 관리함으로써 학교 구성원의 청력보호와 학습능률을 향상 시킬 수 있다. 소음을 측정하는데 사용되는 소음계는 간이소음계, 보통소음계, 정밀소음계 등이 있으며 최소한 그림 2와 같은 구성이 필요하다.





- |              |                   |
|--------------|-------------------|
| 1. 마이크로폰     | 5. 청감보정회로         |
| 2. 레벨레인지 변환기 | 6. 동특성 조절기        |
| 3. 증폭기       | 7. 출력단자(간이소음계 제외) |
| 4. 교정장치      | 8. 지시계기           |

그림 2 소음계의 구성도

## ② 측정절차

학교 교사 맨위 및 맨 아래층 교실 중 각 1개소, 특별실 1개소를 선택하고, 특별한 경우 외에는 수업중이 교실의 적당한 지점 1곳 이상에서 측정한다. 소음환경조사에 의거 외부 소음의 영향이 큰 교실을 선택한다. 바닥에서 1.2~1.5m 높이에 받침장치(삼각대 등)를 설치하여 측정하는 것을 원칙으로 하고 손으로 소음계를 잡고 측정할 경우 소음계는 측정자의 몸으로부터 0.5m 이상 떨어져야 한다. 소음계의 마이크로폰은 주소음원 방향으로 향하도록 한다. 또한 요일 별로 소음변동이 적은 평일에 학생 등이 없는 교실 안에서 교실 창으로부터 1m, 복도로부터 1m 떨어진 지점 2곳을 5분간 측정하여 평균값을 구한다. 5분 이상 측정값 중 5분 동안 측정.기록한 기록지상의 값을 5초 간격으로 60회 판독하여 소음측정기록지에 기록한다.

$$L_{eq} = 10 \log \left\{ \frac{1}{60} (10^{0.1 \times L_1} + 10^{0.1 \times L_2} + \dots + 10^{0.1 \times L_{60}}) \right\}$$

여기서,  $L_{eq}$  : 5분 등가소음도

$L_1 \sim 60$  : 5초간격으로 측정한 1 ~ 60회 소음도



## 소 음 측 정 기 록 지

| 횟수 | 소 음 도(Li),dB(A) | 등가소음도, dB(A)   |
|----|-----------------|--|
| 1  |                 | 계산식 :<br>$L_{eq} = 10 \log \left\{ \frac{1}{60} (10^{0.1 \times L_1} + 10^{0.1 \times L_2} + \dots + 10^{0.1 \times L_{60}}) \right\}$ |
| 2  |                 |  |
| 3  |                 |  |
| 4  |                 |  |
| 5  |                 |  |
| ·  | ·               |  |
| ·  | ·               |  |
| ·  | ·               |  |
| ·  | ·               |  |
| ·  | ·               |  |
| 60 |                 |  |

### 3) 소음 측정 및 관리방법

일반적인 소음의 대책은 발생원에 대한 대책, 전파방지대책 및 피해대책으로 구분할 수 있다.

발생원에 대한 대책은 공장소음, 건설소음, 자동차 소음 및 항공기 소음 등의 대책이 필요하다. 공장소음의 경우 발생음이 적은 기계의 사용, 소음기 부착, 방음덮개 시설, 음원실 내부의 흡음처리 및 공장건물의 방음대책 등이 필요하다. 교통소음의 경우 소음기 부착, 속도제한, 경적제한조치 등이 필요하다. 또한 자동차의 구조를 개선하여 가능한 소음의 발생을 감소시키며, 주행상태의 개선 및 적절한 교통의 통제가 필요하다.

전파 방지대책은 학교와의 거리를 고려하여 공장의 배치, 기계의 설치 위치, 담장의 설치, 차음벽과 흡음재의 사용 등이 필요하다.

표 3 소음 방지대책

| 방음 대책 | 내용  |
|-------|---|
| 소음발생원 | -발생원의 저소음화 : 가장 일반적이며 효율적인 방법으로 소음원의 음향출력을 줄이는 것<br>- 발생원인 제거 : 저소음 기계선택, 소음원 대체, 공정 및 가공법 개선<br>-차음 : 물체를 이용해 음의 전달을 차단하는 것    |
| 전파경로  | -거리감쇠 : 음원과 수음점까지 충분한 거리를 유지해 소리에너지를 감쇠시키는 것<br>-차폐효과 : 칸막이 같은 차폐물질을 설치해 소음을 감소시키는 것<br>-흡음 : 벽체, 바닥, 천장면에 흡음처리를 통해 소음을 감소시키는 것 |

방음재료 중 대표적인 다공질 흡음재료는 내부에 무수히 많은 작은 구멍들이 있는 재료로 음파가 들어왔을 경우 내부의 작은 구멍 속에 공기운동에 대한 마찰 저항 및 재질 자체의 진동으로 음에너지의 일부가 열에너지로 변환되어 흡음되는 특성을 가진 재료이다. 흡음 특성을 가진 재료로는 유리솜, 암면, 광물면, 식물섬유류, 발포수지재료 등이 있다.





●참고 문헌

- 안철린, 김좌진, 신병환, 금종수(2003), 겨울철 학교 교실의 온열환경 특성 및 쾌적성 평가 연구, 한국생활환경학회, 10(4), pp. 251-256
- 최윤정, 나선희, 조수연(2009), 겨울철 학교교실의 실내열·공기환경 실태와 학생들의 주관적 반응, 한국생활환경학회, 18(2), pp. 509-522
- 정지원, 이희관(2016), 초등학교 교실에서 적용한 환경주의력 평가기법 개발에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 32(6), pp.624-632
- 최옥(2009), 물리적 학습 환경의 인간공학 모형과 설계 전략, 한국교육공학회, 25(2), pp. 85-116
- 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

