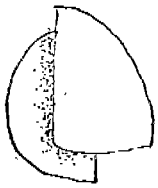
소 음 과 진 동

Noise and Vibration



권 숙 표
(연세의대 교수·약박)

◇ 환경 오염
(1) 대기오염과 그 피해
(2) 수질오염
(3) 소음과 진동
(4) 식품오염
(5) 그 대책

일상생활에 있어서 音은 대단히 중요한 존재다. 예를 들면 여러가지의 음성에 의한 대화와 감정의 표현, 음악감상, 음에 의한 주위감각 等 음이 없는 생활은 생각할 수 없다. 소음이 있는 곳에 항상 부수적으로 따라다니는 진동도 우리의 일상생활에서 이용도가 많다. 그러나 음은 듣는 사람, 듣는 목적, 음의 종류에 따라서는 같은 음이라도 귀찮다고 느끼던지 또는 그렇지 않을 때가 있다. 사람은 음이 자기 자신에게 불이익(不利益)이 안될 경우는 거의 무관심할 뿐만 아니라 자기가 필요로 할 때는 당연한 일이라 하고 자기가 만족할 수 있는 때에도 그 音의 좋고 나쁘고에 대해 극히 자기 중심의 행동을 취한다.

기계문명이 발달할수록 음을 발생하는 요인이 증가하고 필요 이상의 음의 발생이 주위환경에 영향을 미치기 시작하였다. 또한 소음이라 불리우는 불필요한 음은 인체에 생리적 영향 까지도 미치게 되므로 소음진동은 오늘날 환경공해의 중요한 원인이 되고 있다.

더구나 차량소음을 주로한 도시소음은 매년 1dB씩 상승하고 있다는 WHO의 보고를 위시하여 초음속 비행으로 인한 비행기 소음은 Sonic boom이라는 새로운 유해 형태로 사회활동에 장해를 주고 있다. 조용한 환경에서 생활하고 있는 Uganda人 70세층의 청력도는 미국 도시인 20세층의 청력도와 같다는 사실은 소음환경이 우리의 정신생활과 청력 및 인체에 큰 영향을 주고 있다는 것을 입증하고 있다.

현행 우리나라 공해 방지법상의 소음의 정의는 「"소음"이라 함은 기계기구에서 나오는 강한 음향을 말한다」라고 되어 있으며 「"진동"이라 함은 기계기구에서 나오는 강한 진동을 말한다」라고 되어 있다.

일반적으로 소음이라고 생각되는 것은 다음과 같이 생각될 수 있다.

① 너무 큰 음, ②斷續的인 음, ③ 갑자기 변화하는 음, ④ 방해가 되는 음, ⑤ 음을 발생케 하는 것이 목적이 아닌 음 등을 들 수 있다.

어떻든 소음의 정의는 간단하게 두가지로 나눌 수 있을 것이다. 첫째 내가 원치 않는 음은 모두 소음이며 둘째 주파수가 높은 음은 소음이 된다.

미국에서는 1948년 「뉴욕」의 한 노동자가 자기가 일하는 작업장의 고용주를 상대로 소음환경으로 인한 청력장해(聽力障害)를 법정에 고소하여 $1,661.25의 보상을 받음으로써 산업장 소음환경 문제가 사회문제로 대두되었다. 그후 여러 다른 州에서 소음환경으로 인한 난청이 다투어 법정에 제기됨으로써 본격적인 환경공해문제로 다루어지게 되었다.

최근 우리나라에서도 산업공정의 자동화와 기계시설의 거대화로 산업장에서 발생되는 소음은 작업자들의 건강에 피해를 줄뿐 아니라 인근 주민들에게 피로와 불안의 요소가 되어 지역사회 활동에 장애를 주고 있음은 주지의 사실이다. 작업장의 소음뿐 아니라 주택가에 인접한 사찰의 종소리도 소음의 원인을 이루어 사회적인 문제로 대두 되었던 사실도 있었다.

1964년 공해방지법이 시행되면서 우리나라도 소음 및 진동의 환경공해를 법적으로 규제하는 적극적인 대책이 세워져 왔다. 1970년도의 서울시의 공해 진정 건수는 684건으로 그중 약 40%가 소음 진정이었으며 1971년도에는 약 60%를 차지하였다.

일본의 경우도 우리나라와 거의 비슷하여 1969년도에 34,947건의 진정건수 중 61.2%가 소음 및 진동으로 인한 진정이었으며 그 가운데서 절반 이상이 제조업으로 인한 진정이었던 것을 볼 때 제조업, 산업장 및 공장에서 발생되는 소음이 공해로서 시민에게 미치는 정도가 큰 것을 알 수 있다.

소음은 여러가지 형태의 단위와 용어로 표현되기 때문에 초보자들에게 많은 혼란을 일으킬 때가 있다.

일반적으로 音은 고체, 액체, 기체 등의 매질(媒質)중을 통하는 음파(sound wave)다. 소음을 취급할 경우는 공기중의 음파에 대해서 생각한다.

音이라고 말할 때는 물리현상으로서의 音과 사람의 귀가 느끼는 감각으로서의 음 두가지가 있다. 물리에서 취급하는 音은 모든 음파(sound wave)를 의미하며 예컨데 물중의 음, 금속중의 음등의 초음파(ultrasonic) 혹은 공기중의 초저주파(超低周波—B. W. Frequency)의 압력변동도 포함된다.

사람의 귀는 물리현상 중에서 어떤 일정한 한계의 범위안의 음을 느낀다.

音의 발생원은 진동체이고 음원(sound source)이라 한다. 일단 발생한 음은 다른 매질중에도 전파된다. 전파의 경로에는 두가지가 있다. 예컨데 자기의 소리를 자기가 들을 때, 소리가 귀로 들어가는 것과 입안으로 직접 진동(vibration)시킴으로서 청각기구를 자극하는 두개의 경로이다. 따라서 타인(他人)이 듣는 소리와 다른 소리를 듣고 있는 까닭으로 자기의 소리를 녹음하여 재생시켜 듣는 경우 자기의 소리와 다르다고 느끼는 이유의 하나는 이 점에 있다.

진동현상의 초당 반복되는 회수를 주파수(frequency)라 한다. 단위는 「헬쓰」(Hertz) 즉 Hz이고 기호는 보통 "f"로서 표시한다.

어느 점(點)의 음의 강도는 그 點에서 음파의 진행방향에 수직한 면의 $1m^2$의 면적을 통과하는 음의 에너지의 크기로 표시하며 단위는 W/m^2로 표시한다.

또한 음은 공기 疎密의 波이므로 疎의 部分에서는 密度가 올라가 壓力이 상승하며 密의 部分에서는 밀도가 내려가 壓力은 하강한다. 즉 대기압 위에 미약한 교류적 압력의 변화가 있어 이것을 음압(sound pressure)이라 한다.

「데시벨」(decibel=dB)은 전기통신 공학에서 사용되는 언어로서 본래는 비(比) 또는 비율을 표시하는 양이지만 음향학에서는 단위로서 사용한다. 또한 어떤 音을 指示形의 소음계(sound level meter)로 측정하였을 때의 지시의 수치를 소음레벨(sound level)이라 하고 단위는 dB로 표시한다. 소음계에는 청각보정회로라고 하는 A, B, C의 3개의 주파수 특성이 있다. 즉 소음레벨은 음의 物理量에 耳感覺의 補正을 한 量이다.

音의 物理量이라고 하는 것은 音强度 레벨 혹은 音壓레벨이다.

음압과 주파수로 구성되어 있는 音은 우리의 귀로는 20Hz에서 20,000Hz의 주파수 범위내에서 들을 수 있으며 dB로는 0dB에서 120dB의 음압의 소리를 들을 수 있다. 120dB 이상의 소리는 청각에 통증을 느끼게 하므로 소리라고 하기보다는 Stress를 주는 현상이라고 할 수 있다.

한편 phon이라는 단위는 정상적인 청력을 가지고 있는 젊은 사람(20세 미만)들이 느끼는 「음의 느낌의 크기」라고 할 수 있다. 때문에 우리가 느끼는 음의 크기를 표현할 때는 적절한 단위라고 할 수 있으나 음의 복잡성으로 보아 소음 자체를 계측한다는 점에서는 모순점이 많다. 「혼」이라고 하는 단위는 일본에서 만든 단위로서 엄밀한 의미에서는 phon과 다르며 dB(A) 즉 dB의 A 특성과 같다.

국제표준기구(ISO: International Standardization Organization)에서 1963년 이래 권장하고 있는 소음평가수(NRN: Noise Rating Number)는 지금까지 알려진 가운데서 소음을 평가하는 가장 타당성이 있는 방법이라고 생각된다. 소음의 형태, 하루 발생하는 음의 지속성, 계절과 주야간, 주민들의 습관성, 지역구분의 세분화 등 각 항목인자들에 따라 그 정도를 찬작하여 보정치로 가감한 후 비로소 소음을 평가하는 합리적인 방법이다. 따라서 우리나라의 새로 개정된 소음 안전기준은 피해자측과 가해자측에 무리가 없는 기준이라 생각된다. 즉 대상 소유원 부지 한계에서 「혼」 또는 「dB(A)」 단위로 측정된 소음도에 5의 상수를 뺀 수치에 보정치로 가감한 후 NRN(소음 평가치)이 40dB 이상이면 안되는 것으로 되어 있다.

우리의 청각은 음파가 外耳道를 거쳐 中耳의 고막을 진동하여 內耳의 蝸牛의 淋巴液에 전달됨으로써 螺旋器官을 통하여 聽神經에 이르러 청중추에서 감각케 된다. 따라서 소음의 직접적인 피해는 우선 청력의 손실로 인한 난청현상을 생각할 수 있다. 그러나 난청 이외에 소음에 수반되는 진동은 전신적인 장애를 가져온다.

소음환경에 장기간 폭로되어 內耳의 변화로 오는 직업성 난청은 소음공해의 가장 큰 문제점이다. 또한 100dB 전후의 소음에 폭로되었을 때에는 단시간의 폭로에 의해서도 일시적 청력손실(청각피로)을 볼 수 있다.

청력장해는 소음의 주파와 강도 그리고 폭로시간에 의하여 다르다. 소음의 구성은 고주파일수록 청력의 장해가 크며 그 정도는 개인의 감수성에 따라서 차이가 크다. 청력의 장해는 高音域에서 著明한데 특히 4,000Hz을 중심으로 현저하게 나타나 이 현상을 C_5-dip 현상이라 한다.

소음은 생체기능에 있어 소화기능에 영향을 주어 타액, 위액의 분비와 위의 운동을 억제한다. 혈압을 상승시키고 호흡을 억제하며 근육의 긴장을 항진(亢進)시키고 한편 胸內壓도 상승시키는 등 stress에 있어 방어현상을 나타낸다.

또한 소음은 우리에게 불쾌감을 줄 뿐만 아니라 심리적 활동이나 작업능률의 저하를 초래한다. 즉 작업에 있어 반응시간이 지연되고 추리력이나 주의력, 기억력이 떨어질 뿐 아니라 회화의 신호 등 통신과 연락에 직접적인 방해를 준다. 따라서 작업능률면으로 볼 때 소음의 허용한계는 청력장해방지를 위한 허용한계보다 훨씬 낮아야 한다.

한편 고등기관을 위시한 도시소음은 공해로서 시민의 생활과 안녕에 방해를 준다.

소음에 부수적으로 수반되는 진동도 그 자체

에 의하여 인체에 영향을 준다. 작업시 진동은 전신적으로 받은 경우와 국부적으로 받는 경우가 있다. 승차시에서와 같이 전신적으로 받는 진동에 있어 진동수가 증가하면 동요감으로부터 압박감과 동통감을 받게 되며 심하면 공포감과 오한을 느끼고 이비인후(ENT)의 영역에 이상감각을 느끼게 된다. 전신진동은 視力을 저하시키고, 위장에도 장애를 준다.

착암기나 공기망치(air hammer), 그라인다(grinder)등 진동공구에 의한 진동은 진동공구 사용자에 있어 骨, 關節에 病變이 일어난다. 특히 어깨관절에 있어서는 진동으로 인하여 관절면으로부터 연골과 골의 피사를 일으켜 비특이성 관절염도 보게 된다. 이외에 手指部에 있어서는 末梢血管의 閉塞와 순환장해로 인해 가끔 수지(手指)가 창백하여지며 동통을 느끼는데 이러한 증상은(Raynaud 현상) 冷寒에 폭로되면 더욱 악화한다.

한편 동물들도 소음에는 인간보다 더욱 예민하여 소, 양, 닭의 발육이 억제되고 닭의 산란이 감소되는 것이 알려졌다.

이와 같이 소음과 진동은 우리의 환경을 악화시키고 인체에 피해를 줄뿐만 아니라 그로 인한 간접적인 피해현상도 심각하게 고려하여야 한다.

지역사회의 주민이 심한 소음환경에 폭로된다면 활동에 지장을 초래하거나 불가능해질 것이며 산업장에서 오랜동안 소음환경에 폭로된다면 직업성 난청을 일으켜 작업자의 작업능률 저하로 인한 생산성의 감소와 장기간 투자한 숙련공의 퇴직으로 기업의 경제적 타격은 클 것이다.

실제로 坑內에서 작업하는 직업성 난청자 발생의 한 例를 보면 표에서 알 수 있듯이 각 직종과 숙련도에 따라 난청자 발생율은(%) 현저하게 다른 사실을 알 수 있다. 즉 보조공보다 숙련공, 그리고 소음이 높은 환경에서 오래 근무한 굴진숙련공의 난청 발생율이 34.1%로서 가장 높다.

(표) 坑內 作業者의 職種別 난청자 발생율(%)
(1965년, 井明照 조사)

직 종		총 종업원(명)	난청자(명)	발생율(%)
숙련공	채탄	850	112	13.2
	굴진	161	55	34.1
	보수	134	17	12.7
보조공	채탄	1,221	76	6.2
	굴진	238	10	4.2
	보수	164	8	4.9
합 계		2,764	278	10.1

한편 탄광에서의 평균 난청발생율은 대상인원 5,152명중 708명으로 약 14%라는 고율을 나타내었다. 이와 같은 사실을 종합하여 볼 때 장기간 근무할수록 그 숙련도는 향상되고 사고발생율이 적어 인적피해와 물적피해를 감소시켜 주는 반면 난청자 발생율이 높아지므로 직업적인 생산성 저하는 물론 음성적인 자본손실과 인적자원의 손해로 경제적인 손실을 입게 된다.

우리는 지금까지 현대문명에 의한 환경공해의 피해를 여러 각도에서 다루어 왔다. 대기오염과 수질오염뿐 아니라 소음 및 진동의 피해가 얼마나 극심하고 환경악화의 중요한 인자가 되고 있음을 다시 한번 깨닫게 된다.

경제는 발전하고 산업은 기계화되며 거대화되어가고 있다. 그러면 그럴수록 우리의 환경은 특히 도시의 환경은 온통 소음 속에 휩싸여 귀가 정상적인 이상 늘 불쾌한 가운데 생활해야 되고 직접적으로 피해를 받는 근로자는 날로 증가할 것이다. 하루속히 소음 및 진동의 피해를 인식하고 이에 대한 적절한 대책이 세워져야 되며 일반인에 대한 계몽을 시급히 해야 할 것이다.

무심코 울려대는 자동차 클랙슨 소리는 인산부의 생명을 위협하고 영업을 위한 확성기의 무분별한 사용은 아름다운 도시를 병들게 한다. 우리 자신의 환경을 우리 스스로의 힘으로 일상생활에서부터 보호하도록 노력하여야 될 것이다.