

전 자 파

이 광 목

I. 머리말

요즘 작업장의 물리적유해요인으로 전자파, 전자계, 전장(電場), 자장(磁場) 등이 새롭게 등장되어 이들이 건강에 어떠한 영향을 주는지에 대해 많은 연구가 진행되고 있다. 따라서 이들 물리적인자들의 측정방법도 개발되고 있고 실용화단계에 이르고 있다. 앞으로 본지를 통해서 이들의 측정방법을 비롯해서 인체에 미치는 영향, 각 국의 허용기준 등을 소개하고자 한다.

II. 마이크로파, 전자파, 전자계(電磁界)

1) 전자파의 특성과 사용단위

전자파의 강도는 전계강도(電界強度)나 자계강도(磁界強度) 또는 전력밀도로 표시되는데 사용단위는

전계강도 : volt/meter

자계강도 : Ampere/meter

전력밀도 : Watt/m²

이다. 이 단위를 사용하는 경우,

전계강도 = 자계강도 × 377

전력밀도 = 전계강도 × 자계강도

= (전계강도)² / 377

= (자계강도)² × 377

라는 관계가 일반적으로 성립하며 이중 하나가 측정되면 다른 두가지도 환산할 수 있다.

파원(波源)의 근방, 1/3파장정도이내에서는 위의 관계는 성립되지 않으며, 이를 근방계 또는 근접계라고 부르며 특수한 공간으로 취급한다. 파원의 종류에 따라 전계 혹은 자계가 강하고 거리의 2승, 3승에 역비례한다. 전자파라고 하기

보다는 농밀(濃密)한 전자계공간이다. 통신 방송용 전자파인 경우 안테나근방의 특수한 장이지만 공장 등의 전자환경(電磁環境)에서는 근방계인 경우가 일반적이다. 마이크로파기계(GHz 급, 파장이 수 10cm이하)를 제외하고는 일반적으로 수 10MHz이하, 파장이 수 10m이상의 고주파기기이며, 작업자가 기계 가까이에서 일하고 있기 때문이다. 작업환경으로서는 마이크로파기기이며 전자파방사를 mW/cm² 단위로 생각하고 그외의 고주파기는 전자계로서 전계강도(V/m, mV/m)나 자계강도(A/m, μA/m)로 취급한다(후에 측정법에서 추가코자 한다).

III. 생체에 대한 영향

1) 생체의 전기특성과 전자계의 작용

생체는 세포와 그 내외의 전해액으로 되어 있다. 세포막은 절연체이며 그 내외의 전해액은 풍부한 ion을 포함한다. 전기재료로서는 전도체(電導體)와 誘電體의 성질을 다 갖고 있다. 일반적으로 주파수가 커지면 전도도는 높아지고 誘電率은 저하한다. 생체내에 전류가 흐르면 저주파일때는 세포막의 양쪽사이에 전위차가 크고, 신경 근육세포에 대한 전기자극이 있다. 따라서 근의 수축이나 불수의운동이 일어난다.

고주파역에서는 세포자극은 약하며 생체 전해중에서 발생하는 Joule열이 문제된다. 전자파폭로에서 흡수된 에너지는 체내심부에서 열이 된다. 전자파환경에서 가장 주목되는 영향이다. 이외에 체내에 생긴 전류가 신경, 근육세포에 대한 자극이 있을 수도 있다. 또 분자수준문제

서 체내전자계에 의한 힘이나 양자역학적작용도 생각할 수 있다.

2) 전자파의 열효과

일반적인 고열환경에서 일어나는 열중증이 전자파의 흡수에 의한 열발생으로도 올수 있다고 알려져 있다. 단 전자파의 경우 3,000MHz 이상이 되면 모두 피부에 흡수되지만 통상적으로는 대부분 심부조직에 달한다. 따라서 열이 신체내부에 발생되므로 피부의 열수용기에 의한 피부의 열감각, 열통각은 도움이 되지 않는다.

조직의 온도상승은 단위체적당의 흡수전력, 조직의 밀도, 비열과 열전달로 정하여지는데 이 열전달은 물리적인것 이외에 생체특유의 환경에 의한 것도 관여한다. 즉 열발생과 열운반의 밸런스에 의해서 조직온도가 좌우된다.

전자파의 에너지가 생체에 흡수되는 율을 비흡수율(specific absorption rate) 즉 SAR이라 부르며 조직 1kg당 매초 흡수에너지로 정의하여 W/kg의 단위가 쓰인다.

전자파의 생체에의 영향은 SAR와의 관련을 가지고 평하는 일이 많다. 생체조직에 흡수되는 에너지는 부위에 따라 다른데 전신 평균 SAR를 가지고 생체영향을 논하는 경우도 있다. 전신평균 SAR은 전자파의 방향이나 강도, 주파수에 따라 다르며 인체의 공진주파수는 30~300MHz의 범위안에 있으며 이 주파수대에서는 1m W/cm²의 강도일때 0.4/Wkg의 전신평균 SAR이 일어난다고 한다.

지금까지 동물실험에서 보고된 영향을 보면 생식 유전에 관계가 있다고 알려져 있는데 실험에 의하면 기형이 출생할 수 있다고 한다. 또 백내장, 내분비계 신경계에도 영향을 준다고 보고되어 있다.

3) 비열효과

청각을 자극한다고 하며 뇌조직의 Ca이온의 역동도(易動度)증가도 입증되었다고 하는데 아직 생리적 의미는 어떤 것인지 밝혀지고 있지 않다.

4) 인체에 대한 영향

항공관제나 레이더기지 작업자, 기지주변의 주민에 대한 건강조사나 역학조사 등이 발표된 바 있는데 그 영향을 확실하게 밝힌 것은 없다. 일반적으로 폭로량이 적기 때문인 것으로 보고 있다.

플라스틱접착작업자에 대한 건강조사에서는 작업자가 눈에 대한 자극, 손이 저리는 증상이 대조군에 높았다고 보고된 바 있다. 지금까지 인체에 대한 영향으로 받아들여지고 있는 증상은 눈에 대한 자극(경한 결막염 포함) 상완부의 저림과 감각이상정도 이다.

5) 동물실험의 요약

전자파폭로에 민감하게 반응하는 것은 중추신경계, 혈액, 면역계 그리고 행동면이라고 한다. 특히 행동의 변화는 유해한 영향에 대한 민감한 지표라고 생각되고 있다. 생체기능 특히, 신경계 기능이 충분히 작용하고 있는가를 표시하여 주는 것이기 때문이다. ANSI에서도 가장 민감한 생물학적 영향의 지표는 행동이며 전신평균 SAR 4~8W/kg을 행동분열의 역치(域值)라 하였으며 따라서 유해영향은 4W/kg이상이라고 결론내리고 있다. 이 ANSI의 역치는 환경온도가 20~25°C인 때의 자료이다. 그러나 보고서에 따라서는 SAR이 1W/kg가 역치라고 주장되기도 한다. 고온환경에서는 더낮은 SAR에서도 행동에 영향을 준다. 또 내분비선 기능이나 혈액화학적 혈액학적, 면역학적 영향이 산열효과(産熱効果)로서 나타난다고 한다. 또 전자파폭로는 암을 발생시키거나 이것이 암발생의 촉진인자라고 보고 한 것도 있으며, 뇌세포에 변화를 일으켰다는 보고도 있다.

이러한 보고들은 금후 많은 연구를 거듭하여 정정될 수도 있다. 지금까지 알려진 이 동물실험의 결과를 사람에게 적용시키는 때에는 문제가 따르겠으나 이외에 저농도의 만성영향, 개인차, 다른 환경인자와의 관계, 체내에 흡수되는 에너지의 불균일성, 주파수창(窓), 강도창 등 많은 문제가 미지수로 남아 있기 때문에 아직도

인체에 대한 영향을 논하기에는 시기상조 인듯 하지만 미리 주의를 기울여 두는 것이 바람직하다.

IV. 각국의 허용기준

미국의 해군에서는 1966년 $10\text{mW}/\text{cm}^2$ 를 한계로 정하고 있으며 1987년 현재로서 영국과 서독, ISO, IRPA 등의 국제기관에서 허용기준을 주장한 바 있다.

서구라파제국에서는 전자파폭로에 의한 열효과를 기초로 하여 $1\sim 10\text{mW}/\text{cm}^2$ 을 기준으로 정한 나라가 많으며 소련에서는 300MHz 이상의 주파수인 경우 $0.025\text{mW}/\text{cm}^2$ 으로 정하고 있다. 그 근거로 행동에 대한 영향을 들고 있는데 구체적인 자료를 제시하고 있지는 않다. 다음 표는 대표적인 기준을 몇가지 들어본 것이다.

이외에 마이크로파 범위 마이크로터미에 대한 것은 별도로 기준을 정하고 있다.

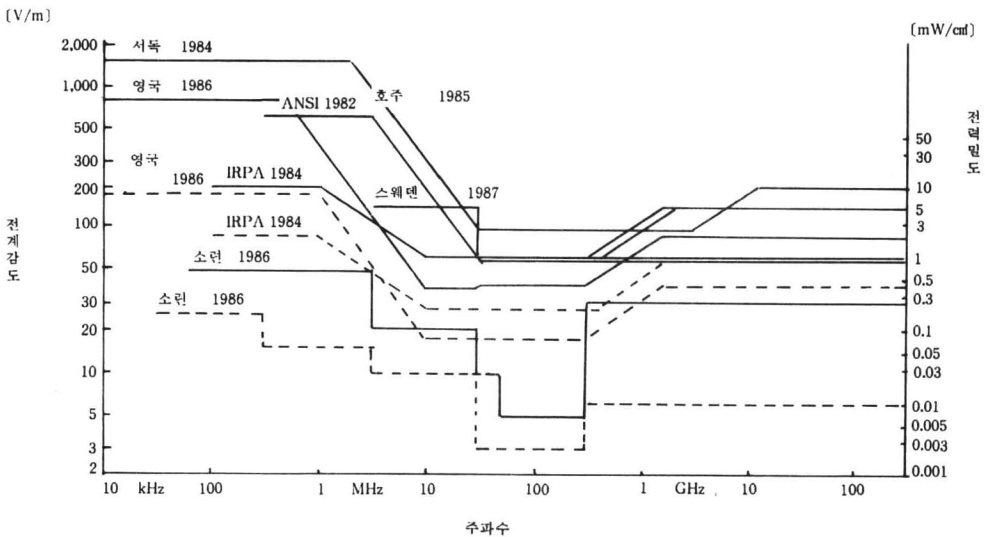
우선 폭로량의 측정이 필요하다. 대부분의 기계는 휴지(休止)예열과 통전(通電)의 사이클이 반복되기 때문에 폭로시간의 보정을 한후에 기준치와 비교평가한다. 경우에 따라서는 대책을 강구하여야 한다. 에너지의 누설량표시나 경고 표식의 설치 또는 사용자에게 대한 교육을 하여야 한다.

발생원에 대한 대책이 가장 중요한데 전극구조나 밀폐, 재료의 자동공급등 기계의 변경이 필요한 때도 있다. 현장의 “어스”나 차폐대책, 스크린의 설치 등도 필요하다. 작업자위치나 조작방법의 변경 등도 생각할 수 있다. 작업자를 보호하기 위해서 도전성작업복의 사용도 유효하다. 자계에 유효한 차폐대책은 어려우나 아모피스합금 등 몇가지 소재가 시험중에 있다.

여러 기종 등에 따라 그 대책도 어려움이 각기 달라 아직 효과적인 방법이 제시되어 있지 못한 상태이다.

측정방법에 대해서는 다음 호로 미루겠다.

V. 대책



각국의 허용기준