

**한국전자파학회**  
**제2회 전자장의 생체영향에 관한 워크숍**

(1998년 5월 21일-22일 서울대학교 호암관)

**요 약**

**1. Mobile Communication's Health Effect's Research** - M. L. Swicord -  
(Motorola Florida Corporate Electromagnetics Research Laboratory)

모토로라사에서는 Human studies, In vivo studies, In Vitro studies 등 세가지 분야에 대해 각 연구소 및 학교에 대해 지원을 하고 있다. 그 결과 Human study분야에서는 이동통신기기에 노출된 사람의 melatonin변화량 등에 대해 현재까지는 통계적으로 의미 있는 변화를 관찰하지 못하였다.

In vivo 및 In vitro study에서도 현재까지의 연구결과로서는 휴대전화에서 발생하는 RF 전자파에 대한 노출에 대해 인체에 유해한 효과가 발생한다는 구체적인 증거를 발견하지 못하였다.

**2. RF 대역 노출기준의 설정근거** - 백정기 (충남대학교 전파공학과) -

외부의 전계, 자계 및 전자파에 기인한 인체내의 유도전류밀도, SAR, 유도전류 및 접촉전류에 대한 실험과 이론 연구결과를 토대로 RF 대역 노출기준에 대한 근거를 분석하고 대표적인 서구권 노출기준들을 비교, 검토하였다. 검토한 5개 기준 중에서 ICNIRP는 모든 측정치와 이론치에 대한 기본 한계치를 잘 만족시키고 있다. CENELEC은 ICNIRP와 비슷하나 기준치가 다소 높게 설정된 부분들이 있다. IEEE, FCC 및 일본의 기준은 서로 유사하며 기본 한계치를 만족시키지 못하는 부분이 많다. IEEE는 특히 일반인의 경우 기준치가 FCC나 일본에 비해 높게 설정되어 있다.

**3. 일본의 전자파 인체보호기준 동향** - 김진석 (한국전자통신연구원) -

현재의 보조지침에 있는 저전력복사원에 대한 지침이 삭제되고, 국부흡수지침이 저전력복사원에 대해 추가되므로 인해, 새로운 관리지침은 전자계강도지침, 보조지침 및 국부흡수지침으로 구성되어 있다.

인체영향을 파악하기 위한 연구는 SAR 측정방법의 표준화, 생물학적 연구, 역학연구 등을 진행하고 있다.

#### 4. ICNIRP 새 지침서의 전자장 인체보호기준 분석

- 김 남 (충북대학교 정보통신공학과) -

ICNIRP는 전장과 자장에 노출을 일으키는 산업체에 있어서는 근로자를 보호하기 위한 여러 가지 조치가 필요함을 강조하고 있다. 첫 번째는 안전한 레벨로 장치의 방사를 줄일 수 있도록 공학적 설계를 해야하며, 두 번째는 접근을 통제하거나 시정각 경고장치를 이용한 관리상 제어가 필요하며, 세 번째는 보호복착용이다. 이와 같이 언제 어디서나 공학 및 관리제어가 우선적으로 이루어져야 하며, 일반대중 기준레벨이 초과될 가능성이 있을 때마다 똑같은 보호조치가 일반대중에게 적용되어야 한다.

#### 5. 인체두부 SAR 해석을 위한 FDTD 방법의 적용동향

- 임계재 (관동대학교 전자정보통신공학부) -

시간영역유한차분법(FDTD)은 생체내의 전파전파 상호작용 연구를 목적으로 많이 이용되고 있으며, 구조적으로 복잡한 신호원의 해석이 가능하고 FDTD표준 알고리즘 이외의 부수적인 노력이 필요하지 않다는 이점이 있다.

성공적인 연구를 위해서는 해석대상물질의 전기적 특성과, 각 grid 물질의 전기적 특성 입력방법, 이방성 물질사이의 일반화된 경계조건, 여기신호 파형의 설정과 여기 mode의 파악, 완전한 흡수경계조건 개발, mesh의 분할방법, 계산 오차 및 안정성문제, 컴퓨터 계산시간의 단축과 메모리 용량의 감소 방법 등의 기술적 문제들이 해결되어야 한다.

#### 6. 휴대폰 모델링과 인체두부의 SAR 계산

- 이애경 (한국전자통신연구원 전자과공학연구실) -

국내 휴대폰 모델 가운데 한가지를 선택하여 휴대폰의 외형크기와 안테나 구조를 근사적으로 모델링하고 FDTD 기법을 이용하여 휴대폰에 의한 인체두부의 10gram 국부 SAR 및 두부 전체평균 SAR을 해석하였다.

휴대폰은 도체박스가 비유전율 4, 두께 1mm의 물질로 둘러싸여 있는 것을 등가적으로 모델링하되 크기는 표준형 배터리를 사용한 경우로 가정하였고, 안테나는 helix와 wire로 구성된 이중 안테나를 고려하였다. 인체두부는 비균질 해부학적 모델, 그리고 동일한 형상을 갖되 매질이 균질인 모델 두가지를 사용하였고, 두부의 자세는 전화기에 대해 30도와 60도 기울인 경우를 고려하되 전화기와의 접촉점은 귀를 중심으로 하였다.

결과값은 현재 CENELEC에서 적용하는 10gram 평균 SAR로 나타내었다.

## 7. TLM 법을 이용한 휴대폰의 근거리장 및 SAR 계산

- 양승인 (숭실대학교 전자공학과) -

주파수 900MHz에서 TLM방법을 사용하여 휴대폰의 근접필드를 구하였고, 두부의 SAR을 계산하였다. 와이어 안테나의 소스와 끝, 즉 안테나의 양 끝단에서 전장세기가 다른 부분에 비하여 더 크게 나왔다. 같은 방사전력을 가질 때  $\lambda/2$  안테나가  $\lambda/4$  안테나보다 근접필드세기가 작게 되었다. 안테나 앞에 도체판을 놓았을 때 근접필드에서 안테나소스 근처의 전장세기를 줄일 수 있었다. 방사전력을 0.6W로 했을 때 SAR의 최대값은 0.18W/kg이 되었다. 원거리 필드패턴에 대한 두부의 영향을 살펴보았다.

## 8. 전기 및 전자파 공포증

- 강위생 (서울대학교 의과대학 치료방사선과학교실) -

전기 및 전자파 공포증(electrophobia)이란 전기 또는 전파에 의해 건강에 해로운 영향을 받고 있다고 확신하여 두려워하거나 전기나 전자파가 건강에 해를 미칠 수 있을 것이라고 막연하게 두려움을 갖는 정신적인 문제이다.

전파가 그토록 무서운 존재일까? 그렇다면 무서워 해야할 기준은 무엇일까? 확실한 공해 특히 담배에 대해서는 대체로 무관심하다 싶을 정도로 애연가는 주위사람의 고통쯤은 아랑곳하지 않고 담배를 피워댄다. 그런 정도의 담배는 전파에 비해 안심해도 좋다는 의미일까? 그렇지 않다면 전파의 위험성을 과대평가하고 있는 것은 아닐까? 과대평가에 따른 이득이 무엇인지 생각해 볼 필요가 있을 것이다.

## 9. 디지털 이동전화(휴대폰)의 전자파가 뇌파에 미치는 영향에 대한 연구 동향

- 이근호 (단국대학교 의과대학 신경과) -

뇌파는 사람의 신경세포의 활동성을 예민하게 반영하므로 수면이나 각성시에 이의 측정은 뇌의 실시간적인 활동성을 평가할 수 있게 해준다. 이동전화에서 나오는 전자파는 열적효과는 미미하므로 그 비열적 효과에 관해 연구되어야 할 것이다. 현재까지의 연구결과로는 수면시 REM수면들에 변화를 초래한다고 하나 그 임상적 의미는 알 수 없다. 또한 각성시 뇌파에는 특이한 변화를 보이지 않았다. 이동전화에서 나오는 전자파의 뇌에서의 전계강도의 배치 및 그 simulation 이행해져야 할 것이다. 또한 실제 일상생활에서와 같은 조건하에서의 전자파의 신

경계에 대한 영향을 측정할 수 있는 수단이 고안되어야 할 것이다.

## 10. 극저주파 전자파와 암 발생 관련성에 관한 역학적 연구의 고찰

- 김윤신 (한양대학교 의과대학 계량학교실) -

최근, 미국 물리학회에서는 과학적 논문과 보고서를 평가하여 암과 60Hz극저주파사이에는 상관관계가 없는 것같다고 보고하고 있다.

한편, 현재까지의 직업성 역학연구의 대부분은 일반화된 가설을 대상으로 연구되었다. 그들은 사망시기 혹은 그 주위에 특정직업에 종사한 확인된 사람에 대한 사망증명서나 질병 기록자료를 이용했다. 그들은 전기적 직업을 가진 사람이 다른 직업에 종사하는 사람보다는 전자파에 더 많이 노출되었을 거라고 추정했다. 역학자들은 작업장에서의 전자파노출수준과 근로기간동안 전자파 개인노출수준을 측정하였다. 이러한 측정자료를 통해 그들은 노출력을 밝힐 수 있었고, 이를 바탕으로 전기근로자들에서의 암 발생률과의 관계를 평가할 수 있었다.

## 11. 실내식물을 이용한 컴퓨터 모니터 발생 유해전자파 차단효과에 관한 연구

- 손기철 (건국대학교 원예과학과) -

일반적으로 수분을 포함한 물체 혹은 소금물이 전자파를 차단하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 식물체를 이용한 전자파의 차단효과는 식물체가 포함한 수분 함량과 관계한 것으로 추측되어지나 확실치는 않다. 왜냐하면 식물체의 종류에 따라서는 오히려 전계를 증가시키는 경우도 있기 때문이다. 또한 흔히 전자파 차단효과로 전계와 자계를 혼합하여 사용하고 있으나, 대부분의 경우 자계를 차단하는 것은 매우 어려운 것으로 밝혀져 있으며, 식물 또한 자계차단 효과는 없는 것으로 밝혀졌다. 가장 흔한 VDT로 모니터의 전계차단효과는 모니터와 사람 사이에 식물체를 두는 것이 가장 효과적인 방법이나 실제적으로 사용할 수 없기 때문에 모니터 보안경의 접지방법을 사용하는 것이 좋은 것으로 판단되어진다.

## 12. 전력설비의 전자계 환경과 인체 유도 영향 평가

- 명성호 (한국전기연구소) -

전자계의 환경문제에 관한 공학적인 계산은 다방면에 많은 종류가 있지만 여기에서는 교류 송전선의 전계와 변동 자계에 의해 동물 및 인체에 발생하는 유도 전류의 계산법에 대하여 기술하였다. 현재의 고도로 발전된 계산기를 갖고서도 복잡한 조건의 계산을 정확하게 하는 것은 불가능한 것으로 모델화에 한계가 있음에 주의해야만 한다. 또 동물과 인체 모델에서는 현재 3차원 계산을 하고 있지

만 크게 나누어 여러 특성(도전율)을 일정한 부분으로 분할한 계산에 지나지 않는다. 아직은 모델링이 세밀하지 못하기 때문에 실제의 유도 전류분포와는 꽤 다른 점이 있고 혈관과 조직의 막을 고려하면 전류분포가 꽤 변화할 가능성이 있어 결국 정량화의 일보에 지나지 않는다고 여겨진다.

### 13. 송전선로 전자계 측정결과 및 기준비교 - 김문덕 (한국전력공사) -

국내 송전선로의 전계와 자계를 측정한 결과 평균치는 0.84 kV/m, 20.6 mG, 그리고 최대치는 3.16 kV/m, 125mG 인 것으로 나타났다. 이러한 수치는 여러 국가에서 넓게 수용되고 있는 국제기준치와 선진국들의 전자계 규제치를 비교해 볼 때 매우 낮은 값이고, 보통사람들이 일상생활에서 항상 접하는 가전기기에서 발생하는 전자계와 유사한 수준임을 알 수 있었다.

### 14. 생체실험용 극저주파 전자장 인가장치의 개발 - 김윤명 (단국대학교 전자공학과) -

IRPA/ICNIRP가 규정한 전력선 주파수의 일반인에 대한 전기장 한계치인 5 kV/m(종일노출)와 직업인에 대한 10kV/m(종일노출), 30kV/m(단시간노출)를 근거로 전기장 발생장치를 제작하였으며, 직업인에 대한 자기장 한계치인 0.5mT(종일노출)와 1.5mT를 근거로 자기장 발생장치를 제작하였다. 그 결과 전자장 인가장치의 평면판내에서의 전자장은 상당히 균일함을 확인하였다.

### 15. Background and Current Status of Research on Biological Effects of Electromagnetic fields

- Tsukasa Shigemitsu (일본전력중앙연구소, CRIEPI) -

전자기장에의 노출에 의한 생체효과연구 및 현재 CRIEPI의 연구현황에 관하여 언급하였다. 현재까지 몇몇 역학연구의 결과, 어린이 백혈병 등의 유해효과와 전자기장의 상관관계가 있음을 보고하고 있으나 그 결과들은 명확한 실험적인 증거와 재현성이 없다. 이러한 실험적 증거를 찾기 위해서 CRIEPI에서는 미국 에너지성과 동물실험 등을 공동추진하고 있으며, In vivo, In vitro 실험에 사용할 균일 전자장 인가장치를 자체 제작하여 생체실험을 진행하고 있다.

### 16. 생체영향관련 전자기장 측정방법 및 국내 전자파 환경레벨 - 김인석 (경희대학교 전파공학과) -

인체에 영향을 미치는 전자파 환경을 이해하기 위해서 기존의 측정자료인 침 두치 데이터가 존재하지만, 외국의 측정 데이터와 직접적인 비교가 가능하지 않아서 0.1시간평균을 기준방법으로 측정하였다. 노출되는 인체에 관한 공간평균도 고려하여야 하지만 시간상의 제약으로 공간평균측정을 수행치 못하고 고주파의 경우 인체의 두부에 해당하는 지상 1.6m에서 6분 평균을 고려하였고, 60Hz의 경우 지상 1m에서 6분 평균을 도출하였다.

측정결과 서울·경기지역의 전파환경은 ANSI등의 외국기준에 훨씬 못 미치는 것으로 파악이 된다.

## 17. 전자파 비흡수율 측정방법 분석

- 최형도 (한국전자통신연구원 전자파공학연구실) -

인체 비흡수율 측정변수로는 인체팬텀의 형상 및 재료의 전기적 특성, 휴대전화기의 형태, 안테나의 종류와 방사특성, 인체팬텀과 안테나와의 위치관계 등이다. 전자파에 대한 비흡수율 측정오차의 주요인은 크게 프로브, 인체팬텀, 위치제어 그리고 측정결과처리 등이다. 전자파에 대한 인체 비흡수율 측정방법은 아직 국제적으로 표준측정 방법이 규정되어 있지 않기 때문에, 프로브, 인체팬텀 그리고 위치제어 등 측정시스템 및 시험방법에 대한 지속적인 연구개발이 필요하다.

## 18. 생체실험용 900MHz 대역 전자장 인가 장치의 개발

- 김윤명 (단국대학교 전자공학과) -

쥐 또는 생쥐를 전자장내에서 사육할 수 있는 장치를 연구하였다. 900MHz대역의 생체에 대한 전력인가는 여러 방법이 있을 수 있지만, 제작이 쉽고, 공기유통이 잘되고, 생체 사육장을 넣고 빼냄이 편하며, 육안관측이 쉽고 대규모 사육이 가능한 스트립 선로를 우선 생각하여 보았다. 스트립 선로는 전기제품이나 차량장치 등의 전자기장에 대한 내성 시험방법으로 많이 사용되고 있으며, 평면 전자파를 전파하는 전송선로이다. 신호 발생원과의 간결한 연결을 위해서 스트립 선로의 특성 임피던스는  $50\Omega$ 으로 결정했으며 선로의 끝에서 반사파가 생기지 않게 하기 위해 선로의 종단에  $50\Omega$ 으로 정합시켰다. 설계된 스트립 선로의 특성을 알기 위해, FDTD방법을 사용하여 선로에서의 전기장 분포, 반사특성을 계산하고 측정하였다.

## 19. 전자파의 위해성 평가 방법론

- 신동천 (연세대학교 의과대학) -

전자파의 위해성을 평가하기 위해서는 실험적 증거가 필요하다. 실험방법에는

In vitro, In vivo, 동물실험 등이 있으며 사람에 대한 직접연구로는 역학연구가 있다. 역학연구에 의한 평가지수로는 흔히 상대위험지수(RR, Relative Risk)를 사용하는데 이것은 전자파 노출군과 비노출군의 비교지수이다. 현재까지의 결과로는 RR이 2 이상인 의미있는 결과가 있기는 하지만 재현성이 없어 아직까지는 역학조사에 의한 전자파의 위해성평가는 어려운 상태이다.

## 20. 전자파가 성장부터 임신까지 조사된 생쥐에서 나타난 태아의 조기 사망과 선천이상의 평가 - 김운원 (한림대학교 의과대학) -

쥐의 성장부터 임신까지 60Hz의 전자파를 조사시켰을 때 나타나는 태아의 선천이상을 관찰하였으며 아직까지 실험이 완결되지 않았기 때문에 눈으로 보여지는 이상을만을 결과에 적었다. 이 실험을 함에 있어서 극저주파 전자장에 대하여 생체가 어떠한 영향을 받는지에 관한 의미 있는 결과를 도출하기보다는, 국내에서는 아직 시도되지 않은 극저주파 전자장이 선천기형에 미치는 영향에 관한 생체적 실험방법을 제시하고자 하는데 큰 의미를 두고자 한다.

## 21. 생체 뼈 유사물질 합성과 측정 연구 - 박위상 (포항공대 전자전기공학과) -

뇌속의 SAR측정을 위해서는 dry phantom물질(뼈, 근육, skin등)이 개발되어야 하며 이 중, 뼈 유사물질의 합성과 측정에 대해 알아보았다. 뼈의 835MHz에서의  $\epsilon_r = 17.40$  이고  $\tan \delta = 0.31$  이다. 이 합성의 기본재료는 graphite powder, resin, conductive epoxy가 될 수 있다. 측정법에는 HP 85070B kit, coaxial line 법, cavity법 등 세가지가 있다.