

## 자유기고문

### RF 전자파의 생체 영향 메커니즘 분석

최성호 · 이재향 · 김 남 ·  
오학태\* · 장영호\*

충북대학교  
전기전자컴퓨터공학부  
전파연구소\*

#### I. 서 론

최근 전자기장이 인체에 미치는 건강영향에 대한 공중보건학적인 관심이 점차 높아지고 있다. 그 중에서도 다수의 핸드폰 사용자와 라디오 방송국 송신소, 이동전화 기지국 주변의 지역 주민들은 무선 주파수 대역의 전자기장에 장기간 노출되고 있으며, 이로 인해 전자기장의 건강 유해 여부가 지역 주민들 사이에서 중요한 관심사가 되고 있다.

현재까지 전자파의 열적 효과에 대하여는 어느 정도 규명이 되어 있어서, 휴대전화와 같은 일부 근거리장에 관련된 문제를 제외하고는 열작용, 유도전류 및 접촉전류에 의한 인체와의 상호작용 메커니즘이 거의 정량적으로 파악되고 있다. 그러나, 인체 유해 가능성이 꾸준히 제기되고 있는 비열작용에 대해서는 지금까지 많은 연구에도 불구하고 노출기준에 반영될 수 있을 정도의 명확한 실험적, 이론적 근거가 없는 실정이다. 따라서, RF 통신기기 전자파에 의한 생체영향 메커니즘 연구를 위하여, WHO EMF 프로젝트에 보고되고 있는 여러 나라의 전자파에 의한 생체영향 메커니즘 관한 연구 주제 및 내용을 분석하고자 한다.

#### II. 생체 메커니즘의 최근 연구 동향

지금까지 RF 전자기장 노출과 관련된 다양한 연구 결과가 제시되어져 왔다. 휴대폰을 사용자 머리에 근접하여 사용하는 것과 관련하여 뇌 기능과 직접 반응 가능성이 보고되고 있으며, Eulitz(1998) 등의 연구를 통해 RF 전자파에 의한 수면 패턴의 변형이 보고되었다. Adey(1998) 등은 디지털과 아날로그 핸드폰에서 방출되는 전자파에 오랜 기간 노출된 쥐의 뇌종양 발생 가능성이 높다는 실험 결과를 발표하고 있다. 이와 같이 RF 전자파로 인해 발생 가능한 생체 효과들의 보고에 의해 전자파와 세포와 분자 단계에서의 생체 메커니즘에 대한 연구의 필요성이 증가되고 있으며, 현재의 많은 전자파에 의한 생체 영향 연구의 방향이 그러한 목표로 진행되고 있다.

따라서, 짧은 순간의 RF 전자파 노출로 인한 세포 성장 조절과 신진대사, 유전정보 전달 활동의 기초적 반응들에 대한 영향이 주의 깊게 연구되어졌고, 긴 기간 동안 노출되어질 경우의 Polyak(1997)의 세포 피사에 대한 연구나 Uckun(1995)이 실시했던 어린 시절의 급성 림프 백혈병에 대한 역학적 연구, Byus(1987) 등의 종양 형성 증진 현상과 같은 일련의 효소 반응 메커니즘 및 단계에서의 전자파에 의한 영향 연구가 주요하게 진행되고 있다.

다음의 검토 결과는 WHO EMF 프로젝트에 보고

된 연구 결과 중 세포 및 동물 실험과 인간을 대상으로 한 실험의 연구 동향을 분석한 것으로써 비 발암성 관련 연구에서는 뇌파도<sup>1)</sup>(EEG), 칼슘 이온 유출, 뉴런<sup>2)</sup>, 호르몬 등과 연관된 연구가 실시되었고, 발암성 관련 연구에서는 유전자, 단백질, 세포 증식 등을 대상으로 한 연구가 많이 진행되었음을 알 수 있었다.

## 2-1 신경 시스템 내 영향 연구(비발암성 관련 연구)

머리에 밀착해서 사용하는 휴대폰의 특성 때문에, RF 전자기장의 노출로 인한 뇌와 행동작용에 대한 관심이 높은 가운데, 몇몇 연구들은 기억력, 주의력 감소, 혈압의 변화 등을 보고하고 있다.

WHO의 EMF 프로젝트에 보고된 연구분야를 검토해 본 결과, 암과 관련되지 않은 연구의 경우 주로 RF 전자기장의 노출로 인한 신경 시스템의 기능적 변화에 관한 연구가 대부분임을 알 수 있었다.

주로 연구되어진 비 발암성 분야는 EEG 관련 연구, 칼슘 등의 이온 유출, 신경계 내에서 뉴런의 변화, 호르몬, 신경 병리학적 연구 등이 실시되었다.

Electroencephalograms(EEG, 뇌파도)를 통한 생체 영향 여부를 연구하는 실험은 1970년대 초, Adey 등에 의해 동물을 대상으로 시작되어, 1990년대 후반부터는 인간을 대상으로 활발히 진행되었다. 동물을 대상으로 한 실험은 대개 핸드폰 사용 이전에 실시되었기 때문에, 검토 자료로써 적절치 못했으나, 몇몇 연구 보고에서 비열적 효과에 의해 뇌 활동의 변화를 보고하였으며, 인간 지원자 실험의 실험적 근거를 마련하게 되었다.

인체를 대상으로 한 실험의 대부분은 GSM 대역의 전자기장에서 실시되었는데, Preece(1999), Koivisto(2000)의 연구 결과를 통해 핸드폰 노출 기준 내의 전자기장에서 행동 변화를 일으킬 만큼의 생물학적 효과가 관찰되고 있다. 따라서, 이러한 실험결과를 설명하기 위한 반응 메커니즘에 관한 연구가 꾸준히 진행되고 있다.

<표 1> 생체 영향 연구 동향

발암성 연구		비발암성 연구	
연구 분야	연구 수	연구 분야	연구 수
유전자, 단백질의 발현과 활동성 연구	38	34	뇌파도, 수면 장애 연구
세포 증식, 성장률, 세포 순환 연구	19	16	칼슘 등의 이온 유출, 뉴런 전도작용, 평활근 <sup>3)</sup> 수축에 관한 연구
화학물질, 방사능, 유전적으로 발생한 종양의 생물학적 분석 연구	19	16	호르몬 변형
DNA 단절, 손상, 돌연변이 연구	18	14	동물 행동, 뇌의 생화학적 기작, 신경 병리학, 약물 상호작용에 관한 연구
소해, 염색체 변이 연구	18	8	혈압, 심장 박동수, 호흡율에 관한 연구
설치류의 장기간 생물학적 분석	15	8	인식 및 지각 능력에 관한 연구
면역 기능, 혈액학적 연구	6	7	뇌혈액 장벽 <sup>4)</sup> (blood-brain barrier) 투과성에 관한 연구
산화적 독성(Oxidative Stress) 연구	6	7	기형, 생식, 성장에 관한 연구
생물학적 변형 연구	4	6	청각 이상, 마이크로파 청각 효과에 관한 연구
기타	2	11	기타
총 계	145	127	총 계

※ 'WHO EMF 프로젝트' DB 참조(2003년)

칼슘 유출은 Adey(1981)로부터, Cranfield(2001)에 이르는 많은 연구자들에 의해 연구되어져 왔다. 지금까지의 연구 결과들을 종합해 보면, 전자파의 비열적 작용에 의해서 칼슘 유출과 관련된 변화가 발생된다는 것에 서로 상반되는 견해를 보이고 있다. 핸드폰에서 방출되는 진폭 변조된 전자기장이 세포 내에 직접적으로 영향을 끼치기에는 너무 에너지가 작다는 데에는 합의를 보이고 있으나, 몇몇 연구에서 보고된 바와 같이 16 Hz 부근에서 진폭 변조된 전자기장은 통신에서 사용할 경우 주의를 해야 한다. 생체 내에서 뉴런의 자극에 대한 민감성은 Wang(1991), Linz(1999)등의 연구를 통해 조직 내부 온도가 증가하는 것에 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되었다.

생체 신경 조직에의 신경 전달 물질의 변화는 뇌의 작용에 영향을 미칠 것으로 보여진다. 현재까지 보고되고 있는 대부분의 실험이 쥐의 뇌를 통해서 실시되고 있는데, 높은 전력 밀도에서의 실험 결과는 온도 변화에 따른 체온 조절 및 다른 반응들을 보이고, 낮은 세기에서는 Dubreuil(2002)등의 보고와 같이 생체 내 영향이 없는 것으로 판단된다. 하지만, Dutta(1992)와 같이 16 Hz에서 진폭 변조된 낮은 세기의 RF 전자기장에서 acetylcholinesterase<sup>5)</sup> 효소가 증가한다는 연구 결과들이 보고되고 있고, 뇌에서의 메커니즘이 감정, 지각, 수면 등의 여러 부분과 연관되며, 또한 아직까지는 직접적인 인체 연구 결과가 부족하기 때문에 좀 더 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

1°C 이상의 온도 상승에 의해 인식 형태 외에 몇몇 단순한 행동이 변화되어지는 것으로 알려져 있으나, 휴대폰에서 방출되는 낮은 세기의 RF 전자기장의 노출에서는 일관성 있는 동물 실험 결과가 없다.

Frey(1975)등의 BBB에 관한 초기 연구에서는 낮은 세기의 펄스 전자기장에 의해 뇌하수체 유도체의 흐름이 저해될 것으로 보고되었고, Neubauer

(1990), Salford(1994)의 연구에서는 0.016 W/kg의 낮은 SAR 값을 갖는 RF 노출로 BBB 투과성이 증가됨이 보고되었다. 하지만, 이후 Fritze(1997), Nagawa(1999)의 실험을 통해 재현성 입증에 실패했으며, Finnie는 2002년에 투과성의 변화가 없다고 보고하는 등 현재까지 상반되는 견해를 보이고 있다.

‘마이크로파 청각 효과’는 기존에 인정되어지고 있는 효과로서 청각은 펄스 RF 전자기장에 의해 자극을 받을 수 있을 것으로 보여진다. 그러나, 이러한 현상이 핸드폰 사용 조건에 직접적으로 일치하는 것은 아니며, 핸드폰에서 발생하는 최대의 펄스 전자기장에서는 발생하기 어려울 것으로 판단된다.

## 2-2 발암성 관련 연구

유전자, 단백질의 발현과 활동성에 관한 연구는 가장 많은 실험 및 연구가 진행된 분야로서 크게 Ornithine decarboxylase<sup>6)</sup>(ODC) 효소에 관한 연구와 c-myc, c-fos, c-jun과 같은 암 유전자의 발현에 대한 연구가 실시되었다. ODC는 세포의 증식 및 분열에 중요한 역할을 하는 효소로서, 화학적으로 변형된 세포에서 효소 활성의 증가로 인해 ODC가 변형되었을 경우에는 정상적인 세포 조절을 할 수 없게 된다. 때문에, ODC 효소에 대한 많은 연구가 실시되어왔다. Byus(1997), Penafiel(1997)등 여러 연구에서 ODC 효소의 활성이 증가된다는 보고가 있으나, 그 증가 정도가 매우 낮아서 직접적으로 암을 유발하거나 환경 유해물질과 상호 작용하기에는 어려울 것으로 보고 있다. 또한, Naarala(2001)등의 실험결과와 같이 기존 연구 보고와 반대의 결과들이 보고되고 있어, 재현성에 대한 검토가 필요하다.

c-myc, c-fos, c-jun과 같은 암 유전자의 발현에 대한 연구의 경우, 핸드폰에서 방사되는 RF 전자기장이 포유류 세포에 자극 반응을 일으키는 것으로 알려지고 있으나, 보다 명확한 유전적 반응 모델 연구

가 필요할 것이다.

세포 분할과 증식 과정에서의 변화가 중요하게 인식되는 이유는 이런 변화들이 암 발생에 중대한 역할을 할 수 있기 때문이다. 즉, RF 전자파에 의해 발생한 세포의 증대가 발암의 가능성으로 인식될 수 있으며, 이미 Stagg(1997), Marinelli(2002) 등 여러 실험 결과에서 그 가능성이 제시되고 있다. 현재까지는 연구의 결과가 서로 대립되고, 상충된 의견이 제시되고 있는 상황이나, 앞으로는 효과를 주장하는 연구 결과와 건강 유해성과의 관계에 대한 보다 실질적인 연구가 필요하다.

Li(2003), McNamee(2002) 등의 연구와 같이 세포 내 DNA를 대상으로 한 단절, 손상, 돌연변이의 가능성에 대한 연구가 최근까지 실시되어 왔다. 여러 연구 결과 RF 전자파에 의한 체세포, 생식세포의 변이는 발생하지 않는 것으로 보여지고 있으나, DNA 손상과 관련된 실험 결과는 여러 연구 결과가 대립하고 있는 상황으로써, 좀 더 많은 연구가 필요하다.

소핵<sup>7)</sup> 형성에 대해서는 Tice(2002), Bisht(2002) 등의 연구와 같이 지금까지 다양한 실험결과가 보고되었으나, 전자파와 건강과의 상관관계를 설명할 만한 결과가 제시되지 않고 있는 실정이다.

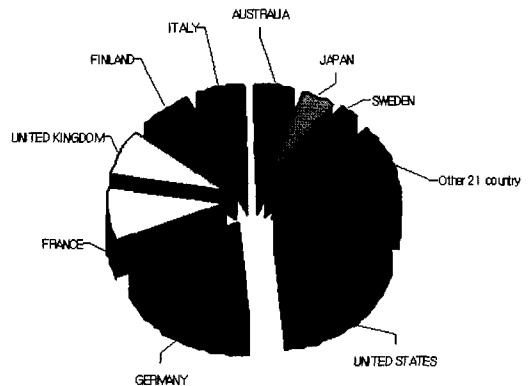
### Ⅲ. 생체 메커니즘의 통계적 분석

WHO는 국제 EMF 프로젝트를 만들고, 국제비전리복사방호위원회, 국제암연구소, 국제전기기술위원회, 국제노동기구, 국제전기통신연합 등과 같은 국제 기관들과 협력을 하고 있다. 건강 위험성 평가와 EMF 노출의 환경적 영향들을 개선하기 위해, 각 국가, 단체, 연구소에서 진행하고 있는 신뢰할 만한 전자파 생체 영향 관련 연구 자료를 수집, 검토하고 있다. 이렇게 준비된 데이터베이스는 WHO 프로젝트의 일환으로써, 전자파 생체 영향을 연구하는 사람들에게 보다 유익한 정보를 제공할 목적으로 사

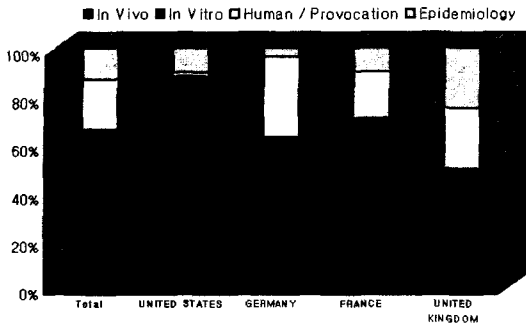
용되고 있으며, 다음의 자료를 통해서, 국가별 연구 동향 또는 연구 분야, 지원 현황 등을 통계적으로 분석할 경우, 관련 연구의 사회, 경제적인 특성과 보다 신중한 과학적 접근 방안을 알 수 있을 것이다.

#### 3-1 국가별 연구 현황

[그림 1]은 핸드폰에서 방출되는 전자파의 생체 영향 연구 현황 자료 중에서 국가별 연구 현황을 분석한 표이다. WHO에 신뢰할 만한 연구 결과를 제출한 국가는 미국, 독일, 프랑스, 영국, 핀란드 순이었으며, 이는 관련 국가의 전자파 생체 영향에 대한 관심과 연구 노력이 크다는 것을 의미한다고 볼 수



[그림 1] 국가별 연구발표 수



구 분(%)	1	2	3	4	5
Epidemiology <sup>8)</sup>	12.8	10.4	3.7	9.7	25.0
Human/Provocation	21.2	1.5	33.3	19.4	25.0
In Vitro <sup>9)</sup>	32.1	44.8	37.0	22.6	30.0
In Vivo <sup>10)</sup>	34.0	44.3	25.9	48.4	20.0

1.Total, 2.미국, 3.독일, 4.프랑스, 5.영국

[그림 2] 국가별 연구 현황

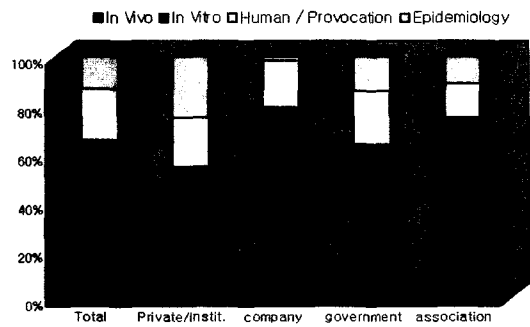
있을 것이다. 우리나라의 경우, 스웨덴 다음인 6편의 관련 연구 결과를 제출하고 있으며, 정부 주도의 신뢰성 있는 연구가 필요한 실정이다.

### 3-2 국가별 연구 분야

[그림 2]는 국가별 연구 분야 현황을 분석한 것으로서, 미국, 독일, 프랑스, 영국 등 전자파 생체관련 연구가 활발히 진행되고 있는 국가의 연구 분야를 조사해 보았다. 주로 연구되어지고 있는 방법은 세포 실험, 동물 실험, 자원자 연구, 역학 연구 등이었으며, 생체를 직접 대상으로 하는 연구를 역학 조사 연구보다 많이 실시하고 있는 것을 알 수 있었다.

### 3-3 지원 유형별 연구 현황

[그림 3]은 지원 유형별 연구 분야 현황을 조사한 것으로서, 연구비용을 지불한 주체를 개인 연구, 회



구 분(%)	1	2	3	4	5
Epidemiology	12.8	25.0	1.6	13.7	10.9
Human/Provocation	21.2	20.0	19.0	22.1	14.1
In Vitro	32.1	32.5	38.1	21.1	50.0
In Vivo	34.0	22.5	41.3	43.2	25.0

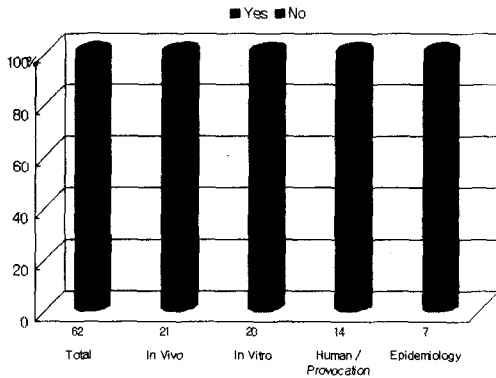
1.Total, 2.개인 연구, 3.회사, 4.정부, 5.단체

[그림 3] 지원 유형별 연구 현황

사, 정부 기관, 관련 단체로 구분하여, 각 연구분야에 따른 지원 동향을 확인하였다. 이를 바탕으로 검토해 보았을 때, 개인 연구에 있어서는 분야별 연구 정도가 균등한 것을 확인 할 수 있었으나, 회사에서 지원한 연구의 경우, 상대적으로 역학 조사를 적게 실시한 것을 알 수 있다.

### 3-4 연구 분야별 생체 영향

[그림 4]는 연구 분야별 영향 여부를 비교 분석한 것으로서, 연구 분야별 비율에 맞게 임의로 선정하여 검토한 논문의 결과는 생체 영향이 있는 논문이 약간 많은 것으로 나타났다. 연구 분야별 영향 여부의 경우, [그림 4]에서 볼 수 있는 바와 같이 역학 조사와 인체 관련 연구가 서로 상반되는 결과를 보이고 있음을 알 수 있었는데, 이에 대한 검토가 필요할 것으로 보인다.



[그림 4] 연구 분야별 생체 영향 여부

#### IV. 세포에 대한 전자장 공진 이론

다양한 연구주체의 실험들이 실시되고 연구 결과들이 발표되어지고 있기 때문에, 연구 결과의 보편성과 각각의 상황을 논리적으로 설명하기 위해 연구 주제에 대한 메커니즘적인 연구 또한 중요시되고 있다. 이를 설명하기 위해 생체 자기에 관한 이론과 Frohlich의 이온 사이클로트론 공진 이론 등이 제시되었고, 이를 근거로 다양한 실험 결과가 보고되어졌다. 또한, 1990년대 이후, Blank와 Goodman에 의해 자기장이 생체 내 DNA에 직접적으로 영향을 끼칠 수 있다는 가설과 Litovitz에 의해 전자기장의 결합력에 의해 생체 조직이 영향을 받는다는 가설이 보고되어지고 있으나, 각각 이론적 검토를 바탕으로 한 반대 의견과 실험적 재현성의 어려움으로 인해 검증되지 못한 상황이다.

이에 Panagopoulos는 진동하는 이온들의 세포막 이동과 관련된 가설을 통해 생체막을 통과하는 이온들의 수동적 움직임이 존재하는 채널의 잠음 크

기에 의존한다고 보고하고 있다. 이 메커니즘은 기존의 이온 공진 이론들과 같은 범주에 들기는 하나 다음과 같은 몇 가지 특징들 때문에, 기존 이론들에 비해 좀 더 설득력 있는 이론으로 알려지고 있다.

첫번째, 자기장에 초점을 맞춘 대부분의 ELF, EMF 연구와는 달리 전기장에 초점을 맞추었다. 지금까지 대부분의 연구에서 외부저항과 인체 흡수에 의해 감소하는 전계보다는 특별한 감소 없이 인체를 투과할 수 있는 자계에 초점이 맞추어져, 자계가 더 큰 생물학적 충격을 주는 요소라 여겨졌다. 그러나 최근 연구결과 고전압, 전류가 흐르는 전선이나 전력선이 어린이의 백혈병과 관련이 있다는 연구결과와 전계 성분이 몇몇 암의 중요한 위험 인자임이 알려짐에 따라 전계로 인한 영향의 가능성이 커지고 있다.

두번째, Panagopoulos의 연구를 통해 제안된 모델은 ELF 영역에서 교류 전계의 넓은 영역까지 적용되고, 저주파 대역의 약한 필드에서조차 효과가 나타난다.

마지막으로, 사이클로트론 공진에 있어서 상호작용의 위치가 중요이온의 전송을 위한 게이트 채널이라는 점이 특징이다. 전계 효과와 관련한 논의 사항의 대부분은 나트륨 채널과 관계가 있으며, 따라서 나트륨 채널이 다른 이온들의 게이트 채널보다 심도 있게 연구되었다.

Panagopoulos에 의해 제시된 이론은 이온 공진과 관련된 다른 이론과는 달리 다양한 주파수의 조합과 장의 세기를 통해 세포에 생물학적 효과를 줄 수 있으며, 결정적으로 1000 Hz 이하의 ELF 주파수, 또는 심지어 몇 V/m의 매우 낮은 세기의 전기장으로도 이온 채널게이트의 구성을 변형시켜 생물학적 효과를 야기할 수 있다고 주장하고 있다. 결국, 비열적인 효과의 가능성을 제시하고 있는 것이다.

이와 같이 전자파와 관련된 다양한 실험 결과와 이러한 현상을 설명하기 위한 이론들이 보고되어

지고 있으나, 실험에 대한 재현성의 어려움과 물리적인 이론과의 모순들로 인해 완전한 검증이 이루어지지 않은 상황이며, 이에 대한 좀 더 다양한 검토 방안이 마련되어져야 할 것이다.

## V. 결 론

현재까지 관찰되고 있는 미약한 수준의 RF 전자기장에서의 생물학적 효과는 원자 수준에서 물리적 메커니즘을 찾는 기존 연구에 변화가 필요함을 애기하고 있다. 따라서, 여러 원소들의 간섭적 상태에서 발생하는 조화, 협력 과정에 의해서도 인체에 생물학적 영향을 끼칠 수 있음을 관련 연구에서 간과하지 말아야 할 것이다. 그러나, 현재까지의 연구 결과는 저주파장의 경우 발암 가능성으로 인해 건강에 악영향을 미칠 수 있다고 인식되는 반면에, RF 무선 통신기기에서와 같은 미약한 수준의 RF 주파수 대역의 전자기장에서는 미세한 생물학적 변화는 확인되고 있으나, 건강에 악영향을 미치는 지에 대한 여부는 확실치가 않은 상황이다. 그 이유는 지금까지 역학적 연구, 동물 실험 및 세포 실험등의 다양한 연구가 진행되고 있으나, 연구자마다 다른 소견들을 보고하고 있어 뚜렷한 결론에 도달하지 못했기 때문이다. 따라서 이에 대한 보다 정확하고 일관성 있는 연구가 요구된다.

## 참 고 문 헌

- [1] A. W. Preece, G. Iwi and K. Wesnes, "Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man", *Int. J. Radiat. Biol.*, vol. 75, pp. 447, 1999.
- [2] M. Koivisto, C. M. Krause and C. Haarala, "Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular phones on response times in humans", *NeuroReport*, vol. 11, pp. 413, 2000.
- [3] W. R. Adey, "Tissue interactions with nonionizing electromagnetic fields", *Physiol. Rev.*, vol. 61, pp. 435, 1981.
- [4] C. Cranfield, A. Wood, V. Anderson and G. Menezes, "Effects of mobile phone type radiation on calcium within human leukaemic T-cells", *Int. J. Rad. Biol.*, vol. 77, pp. 1207-1217, 2001.
- [5] D. Dubreuil, T. M. Jay and B. Veyret, "Does head-only exposure to GSM-900 electromagnetic fields affect the performance of rats in spatial learning tasks?", *Behavioural Brain Research*, vol. 129, pp. 203-210, 2002.
- [6] J. W. Finnie, P. C. Blumbergs and J. Manavis, "Effect of long-term mobile communication microwave exposure on vascular permeability in mouse brain", *Pathology*, vol. 34, pp. 344-347, 2002.
- [7] R. Tice, G. J. Hook, "Genotoxicity of radiofrequency signals. I. Investigation of DNA damage and micronuclei induction in cultured human blood cells", *Bioelectromagnetics*, vol. 23, pp. 113-126, 2002.
- [8] S. B. Kheem, R. Roti, "The effect of 835.62 MHz FDMA or 847.74 MHz CDMA modulated radiofrequency radiation on the induction of micronuclei in C3H 10T $\frac{1}{2}$  cells", *Radiation Research*, vol. 157, pp. 506-515, 2002.
- [9] D. J. Panagopoulos, et al., "A mechanism for action of oscillating electric fields on cells", *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, vol. 272, pp. 634-640, 2000.

## 주 석

1. 뇌의 활동에 따라 일어나는 전류 또는 그것을 도출(導出)·증폭하여 기록한 것.
2. 감각기관과 뇌, 운동기관 사이에서 신호를 전달해 주는 역할을 하는 신경세포.
3. ‘민무늬근’ 이라고도 하며, 근육 중에서 가로무늬가 없는 근을 말함.
4. 뇌혈관에 혈구세포막으로 산소, 영양분 공급 및 독소물을 막아주는 세포막.
5. 아세틸콜린 가수 분해 효소, 살충제의 표적 물질로서 자주 이용.
6. 세포의 증식 및 분열에 중요한 역할을 하며, 화학적으로 변형된 세포에서 효소활성의 증가로 인해 ODC의 변형 시 정상적인 세포조정을 할

≡필자소개≡

### 최 성 호

2000년: 한국의국어대학교 환경학과 (이학사)  
2002년~현재: 충북대학교 정보통신공학과 석사과정  
[주 관심분야] 전자파 인체 영향, 전자파 적합성, 전자파 환경 측정

### 이 재 향

2002년: 충북대학교 정보통신공학과 (공학사)  
2002년~현재: 충북대학교 정보통신공학과 석사과정  
[주 관심분야] 전자파 인체 영향, EMI/EMC

### 김 남

1981년: 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
1983년: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
1988년: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)  
1992년~1993년: 미 Stanford 대학 방문 교수  
2000년~2001년: 미 Caltech 방문 연구원  
1989년~현재: 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수  
[주 관심분야] 전자파 인체 영향, 전자파 해석, EMI/EMC, 전파전파, 디지털이동통신

수 없음.

7. 세포 내부의 핵으로써, 생식과 관련된 역할을 함. 소핵의 발생 빈도는 세포의 상황을 판단할 수 있는 지표가 됨.
8. 질병, 또는 주민들의 병리학적 조건의 빈도 및 분포 연구, 그리고 그 빈도와 분포에 영향을 미치는 요인(要因)들의 연구.
9. 전자파로 인한 생체 위해성 연구에서, 동물이나 인체에 직접 전자파를 노출시켜 실험하지 않고, 생체조직이나 세포 단위를 시험관 내에 두고 실험하는 것.
10. 전자파로 인한 생체 위해성 연구에서, 동물이나 인체가 살아있는 상태에서 직접 전자파를 노출시켜 그 반응을 실험하는 것.

### 오 학 태

1986년: 부산대학교 물리학과 (이학사)  
1989년: 부산대학교 물리학과 (이학석사)  
1993년: 부산대학교 물리학과 (이학박사)  
1994년~1996년: 일본 오사카 대학 물리학과 객원연구원  
1996년~현재: 정보통신부 전파연구소 공업연구관  
[주 관심분야] 전자파 인체 영향, EMI/EMC

### 장 영 호

1995년: 금오공과대학교 전자공학과 (공학사)  
1997년: 금오공과대학교 전자공학과 (공학석사)  
1997년~현재: 정보통신부 전파연구소 공업연구사  
[주 관심분야] 전자파 인체 영향, EMI/EMC