

低周波 電磁界의 研究動向과 國內 對應方案

李 起 哲

(韓國電氣研究所)

I. 序 論

전기는 문명의 이기로서 광범위하고 편리하게 적용되고 있으나 반면에 생활환경을 저해하는 전자계장해가 사회적인 중요문제로 대두되어 집단적으로 민원이 발생하고 있으며, 국내의 경우 아직까지 전자계장해 및 실태에 관한 구체적 조사자료가 없고 극복을 위한 기술적, 제도적 장치도 마련되어 있지 않아 이에 관한 국민들의 염려를 해소시켜 주지 못하고 있음은 물론, 사회적으로 큰 손실이 야기되고 있으므로 과학적인 대책수립이 요구되고 있는 실정이다.

전자계 안전에 대해서는 사회적으로 여러 가지 이해 문제가 상충되어 선진 각국의 연구결과가 Top secret문서로 분류되어 대외적으로 공표가 잘 되지 않으므로 국내에서도 이에 대한 영향 평가 기술이 시급히 필요한 시점에 놓여있다.

특히 전력회사의 안정적인 전력망 확충사업에 있어서 전자계의 인식부족으로 인한 인적·물적 장애 요인에 대한 부담이 증가되고 있으므로 국민의 전자계에 대한 인식 부족을 점진적이고 지속적으로 불식시켜 국가 기간 산업인 전력망이 적기에 확충될 수 있도록 과학적이고 체계적으로 연구결과를 제도 홍보해야 할 필요성이 절실하다.

선진 외국의 경우 캐나다 퀘벡 전력기술연구소(IREQ : Hydro-Quebec's Research Institute), 미국 전력연구소(EPRI : Electric Power Research Institute), 일본 전력중앙연구소(CRIEPI : Central Research Institute of Electric Power Industry) 등 관련 연구소에서 전자계의 생물영향에 관한 연구와 전자계 이해증진 센터 등을 설치 운영하여 인체 및 환경 영향평가 업무를 활발히 전개, 국민들을 제도 홍보하는데 만전을 기하고 있는 실정이다.

외국의 경우 전력회사와 고객의 요청에 따라 전자계 이해증진사업 및 환경 영향평가업무를 전력관련 연구소에서 활발히 수행해오고 있으며, 환경에 대한 국민의 관심이 높아짐에 따라 전자계 영향에 대한 환경적 평가연구결과를 통하여 이해증진 홍보활동을 수행하고 있으며, 전자계는 최근 들어 대두되고 있는 분야이므로 이를 체계적으로 홍보하고 교육을 통해 국민의 우려와 민원발생의 요인을 최소화해야 한다.

현재까지의 국내의 연구개발과 추진사항을 알아보면, 국내에서는 외국문헌을 통한 초보단계의 조사연구와 일부 송전선로에서의 전자계 측정을 수행한 정도이며, 선진 외국에서는 1960년대부터 연구가 진행되어 현재는 3차원 전자장 해석 및 측정기술 개발뿐만 아니라 생물학계, 의학계 등과 공동으로 실증시험을 통한 장기적인 연구를 수행함은 물론 전자계 이해증진 센터 등을 설치 운영하여 인체 및 환경 영향평가 업무를 활발히 전개하고 있다.

이를 위하여 국내의 관련연구소, 대학, 환경단체 및 전력회사 등과 전자계에 대한 체계적인 정보교류추진

및 채널을 확보해야 하며, 체계적이고 지속적인 대국민 연구, 홍보활동 및 교육을 강화해야 한다.

II. 海外 動向

1. 電磁界 理解水準

가. 美國

- 미국의 전력회사인 EEI(Edison Electric Institute)에서 여론조사를 분기별로 조사한 결과, '96년도 4분기의 경우 59%이상의 미국인들이 전자계에 관련되어 건강과 환경 영향을 우려하고 있다.
- 미국인의 3/4이 전자계 노출에 대한 즉각적인 규제를 시행하기 전에 더욱 많은 연구의 필요성을 느끼고 있으며, 전자계에 대한 노출을 경감할 수 있는 연구를 원하고 있다.
- 미국인의 1/2정도는 암과 전력선이 관련이 없다고 믿고 있으며, 1/3정도가 관련이 있다고 믿고 있다.
- 3,000명의 미국인을 대상으로 조사한 전자계 관련 여론조사 결과, 관심 있는 비율이 과거의 50% 수준에서 최근에는 80% 수준을 상회하고 있다.

나. 日本

- 변호사를 대상으로 앙케이트 조사한 결과
 - ① 개인적인 관심 높음 (70%)
 - ② 생활수준에서 주목할 만한 경향 있음 (60%)
 - ③ 주위의 전자계 환경에서 가능하면 피하고 싶은 심정이 있음 (50%)
 - ④ 미국의 소송 현실 및 노동자 재해 보상신청에 관한 인식 낮음 (60~70%)
 - ⑤ 일본에서의 전자파 소송에 관한 승산이 적다고 인지함 (50%)

2. 研究活動

가. 美國

- 정부기관인 에너지부(DOE : Department of Energy)에서 'EMF RAPID(Research and Public Information Dissemination : 전자계 연구 및 일반인에의 정보전달계획) Program'을 계획하여 5년간('94~'98) 910억원(6,500만\$, 1\$=1,400원 기준)을 투입하여 연구 중이다.
- 전력연구소 EPRI와 전력회사 SCE(Southern California Edison Company)에서 전자계 경감을 위한 실질적인 연구를 하고 있다.
- 연방정부에 의한 전자계 연구는 <표 1>과 같고, 미국의 EMF RAPID Program과 WHO(World Health Organization : 세계보건기구)EMF Project의 현황을 비

제주파 전자계의 연구동향과 국내 대응방안

교하면 <표 2>와 같다.

<표 1> 연방정부에 의한 전자계 연구(미국)

번호	연방정부 기관명	연구 내용
1	건강보건 서비스부 (DHHS)	<ul style="list-style-type: none"> • 국립환경건강과학연구소 (NIEHS) : 건강영향과 위험성 평가 • 국립직업안전건강연구소 (NIOSH) : VDT • 식품의약국(FDA) : 휴대전화, 전기모포, 의료기기 • 국립암연구소(NCI) : 유방암 및 소아백혈병의 역학적 연구
2	국방부 (DOD)	• 라디오 주파수, 유방암 연구
3	에너지부 (DOE)	• 생물 메카니즘, 노출 평가
4	교통부 (DOT)	• 고속자기부상열차, 전기철도 수송시스템
5	환경보호청(EPA)	• 라디오 주파수 권고안, 연구의 논평

(비고)

- DHHS : Department of Health and Human Services
- NIEHS : National Institute of Environmental Health Sciences
- NIOSH : National Institute of Occupational Safety and Health
- FDA : Food and Drug Administration
- NCI : National Cancer Institute
- DOD : Department of Defense
- DOT : Department of Transportation
- EPA : Environmental Protection Agency

나. 캐나다

- 전력회사인 Hydro-Quebec에서 1986년 6월에 전자계의 생물학적 영향에 관한 연구계획을 수립하여 지속적인 연구를 수행 중이다.

다. 日本

- 통상산업성(MITI : Ministry of International Trade and Industry) 산하 자원에너지청에서 전자계영향 조사검토회를 구성하여 1993년 12월에 “전자계 영향에 관한 조사·검토”라는 보고서를 발행했으며, 현재 계속 후속연구를 시행하고 있고, 전자계 연구사업 규모는 총 8년간('93~2000), 200억원(20억엔, 1엔=10원 기준)의 정부지원으로 CRIEPI에 연구를 의뢰하고 있다.
- CRIEPI에서는 자원에너지청의 위탁으로 8년간('93~2000년)에 걸쳐서 “전력설비 환경영향조사”라는 연구를 하고 있다.
- CRIEPI에서는 10개의 전력회사로부터 매출액(전력 판매액)의 0.2 %를, 2개의 발전사업자(일본 원자력, 전원개발)로부터 일정액(정액기준)을 받아 연구활동

을 하고 있으며, 전자계 연구를 위하여 동물 실험용 자계 노출설비 및 세포 실험용 자계 노출설비를 운용함으로써 실질적인 연구를 하고 있다.

○ 선진국의 EMF 연구현황으로

- ▷ 미국은 정부, 전력연구소 및 전력회사에서 역할 분담하여 연구수행하고 있으며,
- ▷ 캐나다는 전력회사에서 연구수행하고 있고,
- ▷ 일본은 정부 및 전력중앙연구소에서 연구수행하고 있다.

<표 2> EMF RAPID Program과

WHO EMF Project의 현황 비교

구 분	EMF RAPID Program
사업주관 기관	미국 에너지부/환경건강과학연구소 (DOE/NIEHS)
관련법	에너지 개발법
사업기간	5년 (1994~1998)
총사업비	6,500만 \$(910억 원)
사업지원 주체	미국 정부(50 %) 및 3,000 여개의 전력회사(50 %)
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 1992년 에너지 법령에 의해 시행 • 가장 중요한 연방정부의 평가 • 의미 있는 매스컴의 반응이 기대됨 • 200 여개의 연구과제 수행 • 현재의 증거에 근거를 두지 않은 규제안 설정
구 분	WHO EMF Project
사업주관 기관	세계보건기구 (WHO)
관련법	WHO 자체 계획
사업기간	5년 (1996~2000)
총사업비	333만 \$(46.6억 원)
사업지원 주체	23개국의 정부 및 학회 6개의 세계기관 (IARC/ICNIRP/ITU/UNEP/IEC/ILO)
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 건강 쟁점에 대한 국제적인 반응을 위한 포럼 • 전자계 위험성 평가의 공식화 • 가능한 국제적인 기준의 개발

(비고)

- 1\$=1,400 원 기준

3. 關聯法規

가. 美國

- 연방정부 별로 전자계 기준치가 다르나 일반적으로 전계는 지상권 (Right-of-way, ROW) 내에서 7~11.8 kV/m, 자계는 ROW 경계에서 150~200 mG이

다.

나. 캐나다

- 연방정부인 퀘벡주에서 EMF 법령을 제정하였다.

다. 日本

- 통산성령의 전기설비에 관한 기술기준을 제정하였으며, 전계 기준만 3 kV/m로 제정하였고, 자계 기준은 향후의 연구를 통해서 제정할 계획이다.

라. 스웨덴

- 1994년 스웨덴 정부의 전자계에 대한 공식 입장은 "자계가 건강에 어떠한 위험성이 있다는 의혹은 가지지만 확실히 알 수는 없으며, 상당한 관심을 불러일으킬 만한 충분한 이유가 있다."라는 것이다.

Ⅲ. 國內 現況

1. 電磁界 理解水準

- 기초전력공학공동연구소에 위탁하여 국내 거주자를 대상으로 전자계에 대한 인지도, 노출영향, 대책, 홍보 및 선행되어야 할 대책연구 등을 알아보기 위하여 설문조사를 실시하였고, 일반인 집단 및 전기업 종사자 집단을 조사대상으로 하여 각 집단에서 표본을 각각 500 명과 110 명으로 추출하여 조사하였다.
- 전자계 이해수준에 대한 사람들의 의식을 조사한 자료에 대하여 통계분석 소프트웨어를 이용하여 분석하였으며, 국내 설문조사의 결과 다음과 같은 특징이 있었다.
 - ① 전자계에 대한 인식도
 - ⇒ 학력에 무관하게 낮음
 - ② 전자계의 인체영향 인식도
 - ⇒ TV를 포함한 언론 매체
 - ⇒ 전자계 환경의 인체 유해 인식이 형성됨
 - ⇒ 향후 언론 매체를 통한 대응 홍보대책이 필요함
 - ③ 전자계 영향의 주된 원인
 - ⇒ 약 70 %의 일반인이 일상 생활에서 전기 기기나 전력설비에 의해 전자계 영향을 받고 있다고 생각
 - ⇒ 전기 종사자의 경우 전력설비를 영향의 근원으로 평가하는데는 일반인보다 인식도가 높았음
 - ④ 전력설비를 가장 큰 영향의 근원으로 보는 연령 분석
 - ⇒ 10대가 가장 적고, 20~40대가 비슷하게 많으며, 50대가 가장 많은 추세임
 - ⇒ 나이가 들수록 전자계에 대한 홍보가 시급함
 - ⑤ 전력설비 건설 반대 이유
 - ⇒ 인체유해가 가장 큰 원인
 - ⇒ 자영업자, 가정주부 혹은 나이가 들수록 지가하락을 염두에 두고 있음
 - ⑥ 전자계 대책 수립의 인식도
 - ⇒ 공공기관의 대책이 매우 부족함
 - ⑦ 전자계 대책의 연구 수행 기관
 - ⇒ 관련 연구기관을 가장 선호함
 - ⑧ 전자계 대책 연구의 시급성
 - ⇒ 대부분의 국민이 대책 마련을 시급하게 느낌

2. 研究活動

- 국내에서는 외국문헌을 통한 초보단계의 조사연구와 일부 송전선로에서의 전자계 측정을 수행한 정도로 실질적인 생물학적 연구나 전자계 경감을 위한 공학적 연구의 실적이 없는 실정이다.

Ⅳ. 國內 對應 方案

1. 安全基準 制定方案

- 국내 환경실태조사 없이 안전기준을 제정하는 경우
 - ⇒ 후에 작업환경이나 생활환경이 규제치 보다 높은 곳이 발생하여 이 기준을 만족시킬 수 없거나, 만족시키되 안전기준 준수를 위해 엄청난 부작용이 따를 수 있음
 - ⇒ 기준의 무의미
 - ⇒ 국가나 사회에 엄청난 혼란과 경제적인 부담을 줄 수 있음
- 국가적인 법적 기준치 설정을 위한 주제 및 연구 방향
 - ⇒ 전자과학회 차원의 권고기준 설정(현재 진행 중)
 - ⇒ 국가적인 법적 기준치 설정을 위한 "전자계 영향조사검토회" 구성(전기학회(ELF), 통신학회(RF))
 - ⇒ 국가 기준 설정을 위한 본격적인 연구가 수행되어야 함
 - ① 국내 전자과 환경실태조사
 - ② 전자계의 인체 유해 평가를 위한 생물학적 연구의 활성화 및 전자계 발생을 경감할 수 있는 공학적 연구의 활성화
 - ③ 국내 실정에 부합되는 전자계 관련기준의 설정 작업
 - ⇒ 국가 기준의 설정은 정부 주도형이 바람직함

2. 研究 推進 方案

가. 遂行體制 및 推進政策

(1) 役割分擔 方案

- (가) 정부(산업자원부)
 - 일본이나 미국에서 추진되고 있는 사례를 참고하여 산업자원부, 환경부, 정보통신부, 과학기술부 등 정부 관련 부처가 협의체를 구성하여 전자계 사안에 대한 대처방안과 부처간의 협력방안을 체계적으로 협의해 나갈 수 있는 체제를 조속히 구축하는 한편,
 - 관련 연구기관, 전력회사 등 유관기관들이 담당해야 할 업무를 지도·감독하여 전자계 사안에 대한 연구·검토가 활발하게 진행될 수 있도록 한다.
- (나) 관련 연구기관
 - 선진국 연구소와 같은 위치의 역할 담당 및 외국의 연구 사례·결과의 체계적 정리의 조속한

추진이 요망됨

⇒ 미국의 EPRI, 일본의 CRIEPI와 같은 역할을 담당할 수 있도록 연구추진 체계를 수립

⇒ 중장기 EMF 연구 추진 세부 계획을 수립 (생물학적 연구 및 공학적 연구)

○ 국제협력 방안의 모색이 요망됨

⇒ 국제협력 강화를 위한 국가간 공동연구 외에도 International EMF Research Coordinators Group(1989년 결성)의 Member에 가입하는 것이 바람직함

⇒ International EMF Workshop과 같은 관련 행사를 국내에서도 개최하는 것이 바람직함

⇒ 국가간 공동연구의 협력체제 구축이 바람직함 (생물학적 연구: 일본 CRIEPI, 공학적 연구: 미국 EPRI)

○ EMF 연구분야의 활성화를 위한 연구위원회 설립

⇒ 전기학회(KIEE) 산하에 EMF 조사 연구분과를 두는 것이 바람직함

(다) 전력회사

○ 생물학적 및 공학적 연구비의 일정액을 매년 전자계에 대한 연구 지원비로 활용할 수 있도록 해야 한다.

(2) 事業推進政策

○ 전기환경분야는 정부에서 선도해야 할 필수적인 분야임

⇒ 산업자원부에서 사업 총괄하여 정책 결정 및 관리 감독

⇒ 사업비 조성을 위한 법령의 제도화

⇒ R&D 사업기금의 조성 및 지원

⇒ 국내의 전자계 관련 법규 제정

⇒ 관련 연구의 활성화

⇒ 원활한 국가 전력망 확충사업에 기여

⇒ 대 국민 전자계 이해증진의 도모

○ 사업 운영을 위한 추진 전략으로는 ① 정부 주도형 ② 전력회사 주도형 ③ 연구기관 주도형이 있는데, 국내의 경우는 정부 주도형이 가장 바람직하다고 판단됨.

나. 細部事業計劃

(1) 生物學 分野 研究開發計劃

국내의 생물학 분야 연구는 초기 단계인 국내 연구환경 및 특히 최근의 국내 투자 여건의 어려움 등을 감안하여 연구의 기본 방향을 설정하도록 했다. 즉, 확보된 해외의 연구 동향과 투자실적에 관한 자료 분석에 따라, 장시간 소요되는 연구기간, 막대한 연구예산 및 국내 의학 기술수준 등을 고려하여 최근의 과학적 쟁점사항으로서 문제의 심각성은 충분히 제기되었지만 아직까지 규명되지 않은 분야에 대한 실질적인 세포 및 동물 실험연구로 국한함으로써 국내 연구를 활성화시키고 보다 현실적이며 효과적인 EMF Bio-Project를 추진한다는 것이다. 기타 연구분야는 DOE(미국), MITI(일본), WHO 등 해외의 연구결과를

적극 활용하도록 하고, 이를 위해 국제협력 강화, 국제 공동연구 추진, 국제 전자계 연구그룹 가입 등의 효과적인 방안을 강구하도록 한다.

(2) 工學 分野 研究開發計劃

공학적 연구분야는 해외의 연구 동향과 투자실적에 관한 자료를 집중 분석한 결과 최근 미국 등 선진국에서 'Prudent Avoidance'(현명한 회피)의 정책아래 EMF 노출량 실태 파악 및 송배전 선로의 EMF 저감대책을 중심으로 활발한 연구활동을 수행하고 있음을 알 수 있었다. 특히 미국 EPRI에서는 강화되고 있는 EMF 규제상황에 비추어 볼 때 향후 이 분야의 기술 개발이 전력산업 전체의 방향을 결정한다고 판단하여 집중적인 투자를 하고 있다. 공학 분야의 연구는 생물학 분야의 연구와는 달리 우리나라의 전력계통이 외국과 다르므로 우리의 전력계통 모델에 적합한 연구개발이 요구된다.

V. 結 論

○ EMF의 연구는 선진 외국의 경우 미국의 에너지부(DOE), 일본의 통산성(MITI) 산하의 자원에너지청 등 정부 차원에서 연구비 지원, 정책결정 및 홍보활동에 앞서고 있으며, 캐나다의 퀘벡 전력기술연구소(IREQ), 미국의 전력연구소(EPRI), 일본의 전력중앙연구소(CRIEPI) 등 관련 연구소에서 전자계의 생물영향에 관한 연구와 전자계 이해증진 센터 등을 설치 운영하여 인체 및 환경영향평가 업무를 활발히 전개, 국민들을 계도 홍보하고 있다.

○ 안전기준 제정방안으로는 현재 전자과학회의 "전자파 인체보호기준 설정에 관한 연구"를 정보통신부의 학술연구과제로 수행하고 있는데 이는 전자과학회의 권고기준이며, 국가적인 법적 기준치 설정을 위하여는 ELF 대역은 전기학회에, RF 대역은 통신학회 산하에 "전자계 영향 조사검토회"를 구성하여 국가 기준의 설정을 정부 주도 아래에서 시행하는 것이 바람직하며, (ELF 대역은 산업자원부) 국가 기준 설정을 위한 본격적인 연구가 다음 단계에 의해 수행되어야 함

(1) 국내 전자파 환경실태조사

(2) 전자계의 인체 유해 평가를 위한 생물학적 연구의 활성화 및 전자계 발생을 경감할 수 있는 공학적 연구의 활성화

(3) 국내 실정에 부합되는 전자계 관련기준의 설정 작업

○ EMF의 효율적인 추진을 위해서

(1) 정부(산업자원부)는 유관부처(환경부, 정보통신부, 과학기술부, 보건복지부)와 협의체를 구성하여 전자계 사안에 대한 대처방안과 부처간의 협력방안을 체계적으로 협의해 나갈 수 있는 체계를 조속히 구축하는 한편, 관련 연구기관, 전력회사 등 유관기관들이 담당해야 할 업무를 지도·감독하여 전자계 사안에 대한 연구·검토가 활발하게 진행될 수 있도록

하며,

- (2) 관련 연구기관은 외국의 연구 사례·결과의 체계적 정리의 조속한 추진, 국제협력 방안의 모색 및 EMF 연구분야의 활성화를 위한 연구위원회를 설립하여야 하고,
- (3) 전력회사는 매년 연구비의 일정액을 전자계에 대한 연구 지원비로 활용할 수 있는 대책을 조속히 강구해야 하며, 대 국민 이해증진을 위한 홍보계획을 수립해야 한다.

○ 전자계에 대한 연구는 특정국가만의 과제로는 많은 부담이 따르므로 WHO의 EMF Project를 활용하는 것이 바람직하나, WHO의 EMF Project는 성격상 순수한 연구과제가 아니고 환경보건 분야에서 전자계의 생물학적 영향에 대한 활동을 하고 있는 국제기관, 각국의 기관, 주요 연구기관의 연구자원의 공동 이용, 국제적인 권고치의 제공 및 프로젝트 수행 중에 얻어진 연구정보를 제공하는데 그 목적이 있다. 따라서 국내에서도 대 국민 건강 차원과 선진 각국과의 협력에 꼭 필요한 연구를 수행하여 국내의 연구결과를 확보하여야 한다.

○ 전자계 안전에 대해서는 사회적으로 여러 가지 이해 문제가 상충되어 선진 각국의 연구결과도 중요한 자료는 Top Secret 문서로 분류되어 대외적으로 공표가 잘 되지 않으므로, 국내에서도 이와 관련된 영향평가 기술의 필요성이 시급히 요청된다. 이를 위한 방법으로는

- (1) 생물학 분야는 국내의 대 국민 건강 차원과 선진 각국과의 협력에 필요한 연구를 효율적으로 수행하여 국내의 연구결과를 소유해야 하며,
- (2) 공학적 분야는 선로 주변에서 노출량 평가를 지속적으로 수행함과 동시에, 송배전 및 변전 설비의 자계 노출 저감 연구를 추진해야 한다.

○ 전자계 영향에 대한 실증 연구는 과도한 예산이 따르므로 아래와 같은 흐름에 의해 실시하는 것이 바람직하다.

- (1) 외국의 연구 사례 및 결과의 체계적 정리
- (2) 국내 전자계 관련 연구회 또는 조사회 구성 운영 및 활용
- (3) 최근 쟁점이 되고 있는 세포실험 및 동물실험의 국내연구 활성화
- (4) 국제 공동 연구의 추진 및 활용

○ 전자계 노출량 평가, 저감을 위한 전자계 해석 및 저감기술 연구의 국내 연구를 활성화해야 한다.

- (1) 전자계 해석 (전계 및 자계 해석, 정전 및 전자유도 해석)
- (2) 전자계 저감기술 (송전선, 전력소, 배전선 등)

參考文獻

- [1] Electric Field Exposure Limits, PECO Energy, 1997
- [2] Magnetic Field Exposure Limits, PECO Energy, 1997
- [3] Table 8(EMF Limits for U.S. Transmission Lines), pp. 149, SCE, 1995.4
- [4] Table 9(Local Limits on EMF from Transmission Lines), pp. 150, SCE, 1995.4
- [5] Table 10(Informal Consensus Limits), pp. 150, SCE, 1995.4
- [6] Table 3(Electric Fields), Table 4(Magnetic flux density), pp. 586-pp. 589, Handbook of Biological Effects of EMF, 1996
- [7] 표 1(IRPA/ICNIRP의 노출기준), 표 3- 표 4(CENELEC의 노출기준), pp. 208-pp.210, 제2회 전자장의 생체영향에 관한 워크숍, 1998. 5. 22
- [8] 전자계 영향에 관한 조사·검토보고서, 일본 통산성 자원에너지청, pp. 16, 중국전력, 1997.7
- [9] 거주환경에서의 전자계에 의한 건강영향에 대해서, pp. 8, 동북전력, 1997.6
- [10] 제2회 전자계의 생체영향에 관한 심포지움, 일본 전기학회 전자계 생체영향 문제조사 특별위원회, pp. 3, 1998. 1. 23