

人體영향 과소평가는 금물

- 마이크로波가 던지는 문제

항공관제시스템, 경찰과 군의 레이더, 위성TV 방송시스템, 장거리전화장비, 의료용 전기투열치료기기 및 전자레인지 등은 모두 마이크로波를 발생시킨다. 치료목적으로 일부러 마이크로波를 인체에 사용하는 경우가 아니면, 눈에 보이지 않는 이 에너지를 일반대중이 접할 수 있는 일은 별로 없다. 마이크로波에 조금이라도 노출되면 건강에 해로운가?

이 문제는 질문은 쉬우나 답은 어렵다. 마이크로波와 생체의 상호작용에 관한 연구는 다른 대부분의 환경공해에 관해서 보다 더 광범위하게 연구되어 왔으나 아직도 일반적, 학문적 논란은 계속되고 있다.

통신장비는 가장 널리 보급되어 있어 쉽게 마이크로波를 노출시키며 그 대표적인 논쟁은 미국의 경우 한 회사가 그 지역 전파관리당국에 마이크로波 통신시설 설치허가 신청서를 제출했을 때 야기된다. 회사측은 송신소의 최고출력이 허가기준치의 수천배 또는 수백만배가 될 때도 있다고 설명할 수 있고 또는 허가기준치가 생물학적 피해를 입힌다고 알려진 수준에 현저하게 밑도는 경우도 있다.

반대자들은 마이크로波에너지에 적게 노출되어도 아직은 증명되지는 않고 있는 어떤 해를 입을지도 모르며 따라서 안전이 보다 강조되어야 한다고 주장한다. 그들은 동물실험에서 때때로 나타났듯이 마이크로波에 조금 노출되어도 많은

생물학적 영향, 즉 면역체계기능의 변화, 행동의 변화, 혈액분자가 뇌로 투과하는 데 있어서의 변화, 염색체의 손상, 암발생 등을 지적한다.

마이크로波 기술이 도입된 이후 지난 40년간 제출된 약 6천의 연구보고서가 일정치 않고 결정적인 것이 없기 때문에 논쟁은 계속되고 있다. 마이크로波에 심하게 노출되면 인체조직이 타고 열스트레스를 받지만 미량의 방사가 인체에 미치는 손상은 아직 분명치 않다.

반면 미량의 마이크로波에의 노출도 위험부담 없이는 증명할 수 없다. 의견일치가 아직도 안되고 있음을 연구가 잘못되었기 때문이 아니라 그 원인은 보다 근본적인 데 있다. 위험이 제시되든지 않든지간에, 그 위험여부를 판단하는 정상적 실험과정이 서로 다른 해석이 가능한 자료를 생산해냄으로 논란이 야기된다.

지금까지 발견된 증거가 확정적인 상태가 아니라면, 우리는 여기서 미량의 마이크로波에너지에의 노출이 위험하다든지 안전하다든지 주장하지 않는다. 그 보다는, 이제까지 위험이 축적된 경위를 기술해야 한다. 또한 미국의 주요 마이크로波 노출기준의 제정경위와 그 이론적 근거를 검토해야 한다. 그런 후에 왜 마이크로波의 위험을 따져 보는 것이 그토록 힘든 일인가를 보여주는 몇 가지 역사적인 경우를 검토해야 한다.

마이크로波의 生物體에 끼치는 영향에 관한 우려는, 마이크로波가 기술로 이용되기전 저주파

전장을 기술로 이용했던 경험의 맥락에서 검토해야 한다. 마이크로波는 전자스펙트럼의 일부이며 그 주파수대는 300MHz~300GHz이다. 즉 매초당 진동주파수 3억Hz에서 3,000억Hz까지다. 이 주파수는 표준라디오나 T·V시그널보다 높으며 마이크로波 주파수대 위에는 증폭주파수 차례로 적외선, 가시광선, 이온화선, 자외선, X-RAY와 감마선이 있다.

생태계에 미치는 영향에 있어서 이온화선과 마이크로波에너지는 질적으로 매우 다르다. 이온화선의 光子가 물질을 통과하면 화학적 결합을 파괴하며 중성분자를 帶電케 한다. 이런 이온화는 조직을 손상시킨다. 대조적으로 1GHz의 마이크로波의 한 光子의 에너지는, 정상적열충격때문에 신체의 한 분자가 갖고 있는 열에너지의 6천분의 1에 불과하다. 이는 가장 약한 화학적 결합마저도 파괴하기에 부족한 에너지이다. 그렇다고 해서 약한 마이크로波에너지가 직접적으로 조직의 분자를 변동시킬 수도 있다는 가능성을 배제하는 것은 아니고, 또한 상당한 변화가 발생할 수도 있다는 매타니즘을 의미하는 것도 아니다.

2차 세계대전중 마이크로波기술이 도입되었으나 1960년도 말까지는, 체내에 흡수된 마이크로波에너지양을 주의깊게 조사해 본 연구자가 별로 없었다. 1960년도 말에서야 마이크로波에너지의 흡수와 그것을 동물에서 측정해 보는 보다 나은 실험기술을 사용하는 연구에 착수했다.

지난 20년간 개발한 몇가지 방법은 생물표본에서 체온상승을 측정함으로써 그 생물에 흡수된 마이크로波에너지를 계산해 내는 것이다. 1968년에 GUY씨는 분리국부투시도 기법을 도입했는데, 이는 플라스틱거품으로 동물모형을 만들어 그속에다 생체조직과 흡사한 전도물질을 갖고 있는 “젤”로 채워서 모형을 제거한후 적외선카메라를 촬영하여 모형속의 일로상승을 기록하며 컴퓨터 시뮬레이션으로 열흡수상태를 결정한다.

1982년까지 모든 새로운 방법으로 실험해 본 결과 흡수된 에너지의 양을 방사주파수와 신체의 크기에 따라 많이 다르다는 것이 나타났고 부적절한 환경에서는 사람에 따라서, 70~100MHz 주파

수 사이에서, 열배까지 흡수할 수 있다.

전자파는 전기장과 자기장으로 구성되며 서로 수직선 반대방향(위·아래로)으로, 인체에 최대 흡수 경우는 측면(옆)에서 받을 때이다. 인체는 70~100MHz범위의 波에서는 효과적인 안테나 구실을 하며 이 주파수의 장파는 공명한다.

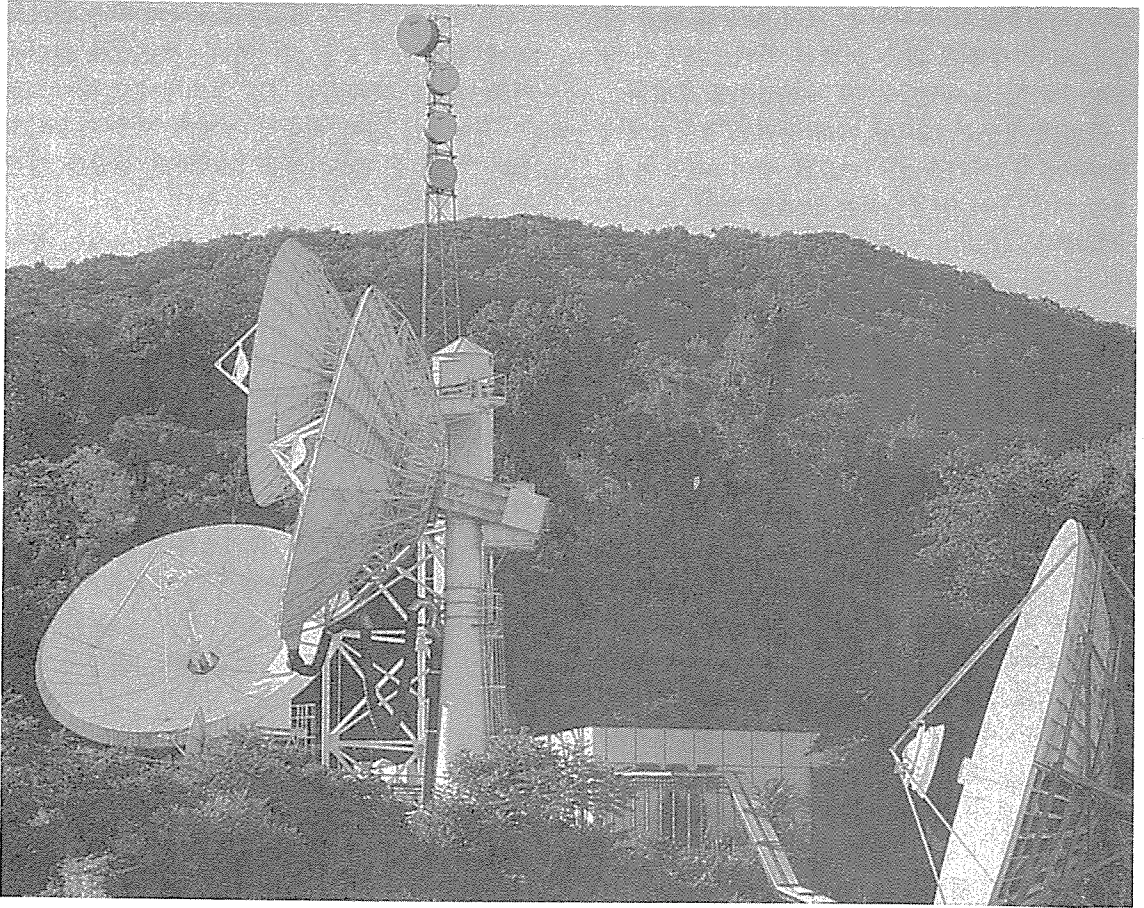
이 공명효과를 조정키 위하여 1982년 ANSI의 한 위원회는 인체에 흡수되는 마이크로波 에너지의 한계를 정하기로 결정했다. 그전까지의 가이드라인은 에너지가 인체에 미치는 강도만 규정하고 있었으나 새 가이드라인은 체중 kg당 0.4와트를 흡수한 계치로 결정했다. 휴식 중일 때는 인체는 그 두배만큼 열을 발생시키며 보통 운동 중일 때는 훨씬 더 많은 열을 발생한다. 그 이전의 가이드라인과 비교하면 1982년의 기준은 공명자수에서 많이 감소한 수치를 요구하며, 300KHz에서 100GHz까지의 보다 광범한 주파수에 적용되었다. 문제가 될 조사(照射)기준은 6분간의 평균과 위로 계산했고 따라서 그 기준은 높은 수치기준에서 잠시 노출되는 것을 허용했다.

ANSI는 체중 kg당 0.4와트 이하의 에너지를 흡수하는 동물에게는 건강에 해롭지 않다는 과학적 연구보고서를 검토한후 1982년 기준을 승인했다.

이 위원회는 체중 kg당 4와트부터 건강에 해롭다고 결론지었다. 위원회는 또한 이 기준치는 열스트레스와 화상은 제외된다고 결론지었으며 이 기준은 그동안 보고되었던 다른 모든 영향들도 참고로 했다.

많은 연구결과 마이크로波에 과다 노출되면 분명히 해로우며 동물에게 열스트레스를 일으켰다. 다른 연구에서는 흡수정도가 체열과 비슷할 경우에는 추가되는 열에 대하여 부분적으로 정상적 생리반응을 보이는 변화가 있었다. 이런 단정에 대한 증거는 분명치 않다. 아주 낮은 조사기준에서도 다른 영향이 보고 되었으나 확실한 설명이 없다.

실험의 결과에 있어서도 아주 다양했다. 생체 구조에 무시못할 영향을 끼친다는 많은 연구가 훌륭히 이루어졌으나 어떤 연구는 기술적 결함이 있었고—특히 어떤 연구는 적절한 방사선양측정



기도 없었다—어떤 연구는 너무 간략해서 평가조차도 어려웠다. 마이크로파가 생물에 미치는 영향에 관한 수백건의 연구 중에서 놀라운 것은 “CASHIRE 고양이”현상의 경우였지만 후속연구가 없었다.

이러한 불균형의 일부는 연구자체의 성격때문에 생긴다. 어떤 조사원은 통제대상물체와 마이크로파에 노출된 대상물체간의 어떤 차이에 기초하여 그 영향을 보고하는데, 이 영향이란 것이 마이크로파에너지에 의한 어떤 특정한 생물학적 활동때문에 생길 수도 있고, 반면 추가열에 대한 정상적 반응이거나, 통계수치상의 차이, 또는 조사원이 적절치 못하게 사용한 실험기기의 차이때문일 수도 있다.

자료가 여러가지 해석과 우려를 발생시킬 수

있음을 설명키 위해 세가지 연구경우를 택했는데, 이는 모두 1982년 전에 실시되었던 ANSI가이드라인범위 안에서의 조사기준에서 관찰되었고 또한 마이크로파에너지에 조금 노출되어도 해롭다는 대중적 논쟁에 부분적으로는 기여했다.

첫번째 경우는 뇌기능에 미치는 영향에 관해서다. 1975년, 두명의 미국인 연구원은 ANSI기준의 3분의 1이나 5분의 1의 조사가 혈액에서 뇌로 들어가는 추적분자의 비율을 증가한다고 보고했으며, 이 발견의 중요성은 쉽게 판단할 수 없었지만 그와같은 영향은 혈액과 뇌막을 교환하는 것으로 유추할 수 있고, 우려할만한 것이다. 이 보고서는 마이크로파 안전에 관한 논쟁을 불러 일으켰다.

그후 10년간 많은 연구팀이 이 발견을 추적조사했으며 연구가 계속되자 이 논쟁은 사라졌다.

그러나 대부분의 조사원은 뇌에 상당한 열을 가할수 있는 정도의 많은 노출은 혈액·뇌막에 심대한 변화를 초래한다는 데 의견일치를 보았다.

두번째 경우는 1947년 이래 알려진 청각장애에 관해서이다. 머리를 마이크로파 에너지파동에 노출할 때 귓속에서 딸각하는 소리를 가끔 들을 수 있는데 이 소리가 머리속으로부터 나는 것처럼 들린다. 이 파동은 비교적 강하며 평방미터당 10,000~500,000와트이다. 뇌의 중심이 딸각하는 소리를 내는 가장 예민한 부분이며 따라서 마이크로파 에너지파동은 직접적으로 뇌에 작용할 수 있다는 가능성이 있다. 마이크로파 청각장애는 이제 공해로 간주되고 있다.

마지막 경우는 시애틀에 있는 와싱턴대학교 연구팀의 조사인데, 그 결과는 전형적인 애매함을 나타낸다. 장기적저장도 방사에 관한 3년간의 조사를 방사한 1백마리의 쥐와 보통쥐 1백마리를 비교했는데, 평균과워 평방미터당 5와트와 주파수 2.45GHz로 25개월간 매일 21시간동안 방사했더니 평균체중 kg당 0.2~0.4와트를 흡수했다는 것이다.

이 0.4와트가 인간에게 적용하고 있는 ANSI노출한계이다.

조사원들은 혈액성분, 체중, 급식, 급수, 산소소비, 탄산가스생산 및 운동량 등등 1백55가지의 각각 다른 방법등을 조사했는데, 그 결과 방사한 쥐와 보통쥐 사이에 별 차이점이 없었다.

초창기 연구에 의하면 마이크로파가 면역체계를 손상시킬지도 모른다는 우려가 있었다. 와싱턴대학 연구팀은 그래서 임파구의 기능을 검토했는데 13개월만에 약간의 차이를 보였다. 25개월 후에는 차이는 더이상 구별할 수 없었고 방사한 쥐의 평균생존기간은 보통쥐보다 며칠 더 길었는데—688일 대 663일간—이는 방사와는 무관할듯하다.

그러나 한가지 차이점은 충격적인 것인데, 즉 악성종양의 경우 방사한 쥐에서는 18마리인데 비하여 보통쥐에는 단지 5마리가 발생했다. 1백마리당 약 0.005이며 이 차이는 통계수치상 의미심장한 것이다.

이 마지막 발견은 마이크로파에의 적은 방사도 쥐에 암을 유발함을 의미하며—추론컨대 인간에게도—이는 1984년에 널리 보고되었고 마이크로파 시설물에 대한 대중적 논쟁에 자주 인용되고 있다. 그러나 여러가지를 고려하면 성급한 결론은 금물이다.

한 예로, 보통쥐의 전체 악성종양 수치는 특정종의 쥐에 있어서의 예상수치보다 적었다. 방사된 쥐의 종양비율은 대략 예상했던대로였고, 그래서 방사된 쥐의 종양이 보통쥐의 그것과 비교했을 때 많은 것이지 일반적으로 관찰한 종의 쥐종양과 비교했을 때가 아니라는 점이다. 또다른 문제로는 통계상의 문제가 있다. 모든 종류의 종양이 통계분석으로 분류되어야하며 어떤 특정종양을 우세케하거나 제외시켜도 안된다. 특정종양을 우세케하면 그런 발견은 마이크로파에너지에의 저노출에서 발암성효과를 훨씬 더 강하게 할 것이다.

악성종양의 비교는 1백55종류의 각각 다른 비교연구중의 한가지이며 그런 많은 비교종류를 감안하면, 사실 단순한 우연적인 발생의 결과로서 충격적인 차이가 있을 수 있다. 암의 발견이 그런 통계상의 예외적 경우일 수도 있다.

요약컨대 암이 많이 발견된 것은 자극적인 것이긴하지만 그것이 마이크로파방사에 대한 생물의 활동을 반영하는지 여부는 분명치 않다. 마이크로파방사와 종양의 발생에 관한 믿을 만한 상호관계를 제시하기 위해서는 수백배나 규모가 크고 비용이 많이 드는 연구가 필요하다. 이런 예들과 광범한 마이크로파에 관한 보고서를 토대로 볼 때, 앞으로 약한 마이크로파場에 의한 공해가 증명된다하더라도 현재는 그 증거가 별로 없다는 점이다.

어떠한 불확실성이 있음을 고려하면 어떻게 연구를 계속하며 무엇에 근거해서 새로운 기준을 설정할 것인가? 1980년대 美정부의 연구지원금을, 유선이나 무선주파수를 포함한 전자장이 생물에 미치는 영향에 관한 조사에 연간 약1천만 달러였다. 결과는 단지 마이크로파공해에 관한 분명한 증거는 과다노출에서만 발생한다는 데 의

견이 일치되었을 뿐이다. 이 이상의 합의에 도달하기는 어렵다. ANSI기준치 약간 아래수치에서도 동물실험결과 영향이 발생한다는 데는 의견의 일치를 보이지 못하고 있다. 그런 의견의 차이 때문에 노출기준을 크게 변경할 것 같지는 않다. 반면 일반적 논의의 초점은 약간의 노출도 유해한가 여부와 보다 엄격한 기준의 필요여부이다.

앞으로의 연구에 있어 보다 효과적인 상호협조는 과학적·일반적 혼란을 줄여야한다. 군대를 포함한 모든 정부기관은 마이크로파가 생물에 미치는 영향에 관한 연구에 재정지원을 해왔다. 불행하게도 이 기관들 상호간의 협조가 부족했던 것이, 많은 별개의 기초연구는 있었으나 종합적이고 지속적인 연구를 불가능하게 했던 원인이 되었다.

새로운 연구를 시작하기 전에 정부는 각 독립적인 연구시도를 배로 재정지원하며, 뜻있는 새 발견을 추구하는 계속적인 연구에 적극지원하겠다는 각오가 있어야한다. 몇몇 정부기관은 이런 방향으로 움직이는 듯하다. 육·해·공군은 논란 중인 최근의 보고서들에 관한 계속적인 연구에 자금지원을 하고 있다. 반대로 주어진 주제에 관한 연구를 언제 중단할 것인지를 결정할 기준도 설정해야한다.

연구간 상호 긴밀한 협조로서도 해가 없다는 증거는 불가능할 것이며 이는 어떤 기준을 정하더라도 완벽한 안전은 보장할 수 없다는 것을 의미한다. 기준이란 사회가 보는 기술에 의한 이익과 있을지도 모르는 위험부담간의 균형을 정하는 방법인데, 차량속도제한이란 것은 과속위험과 모든사람들이 가능한 빨리 여행하고 싶은 욕망사이의 균형을 이루는 선에서 정해진다. 속도제한이란 저속에서는 전혀 위험이 없다고 약속하는 것이 아니고 단지 사고 위험이 문제되지 않을 정도의 속력을 법으로 정하는 것이다. 이와같이 마이크로파에의 노출한계도—다른 모든 환경공해에서와 같이—안전요소를 고려한 이미 알려진 위험을 기준으로 삼을 뿐이다. 1982년에 개정된 ANSI 기준은 이러한 시도의 한 전형이며 방사량측정기에 의하여 인체가 특정주파수에서 더 많은 마이

크로波에너지를 흡수할 수 있다는 점이 나타났을 때 ANSI는 그런 주파수에다 보다 광범위한 안전 기준을 정했다.

美연방정부는 기준을 정함에 있어서 지속적인 조치를 취하지 않고 있다. 주정부마다 각각 기준을 정하고 있다. 각 상이한 상황에 각각 다른 기준이 적용되어 있으며 법적제재도 각각이다. 기준이 강제적이기도 하고 임의적이기도 하며, 전문직업단체에도 일반대중에도 적용될 수 있다. 도시와 그 도시가 속한 郡과 또 군이 속한 주정부기관이 각각 다른 규정을 정할 수 있다. 이러한 차이가 전자스펙트럼 사용자들을 각기 다른 기준을 지키도록 강제할 수 있고, 이는 또한 정부기관들에게도 부담이 되고 있다.

미국 환경보호국은 보다 통일된 기준을 정하는 작업을 시작했으며 1986년초에 세가지 가이드라인을 발간했는데, 그 하나는 ANSI기준과 비슷하고 다른 하나는 ANSI것보다 다섯배나 낮게 정해졌고 세번째는 10배나 낮은 것이다.

소련연방과 바르샤바조약국들이 그들의 기준을 완화한 것은 이상하다. 소련연방의 기준을 kg당 시간당 0.4와트이며 ANSI기준을 평균 6분당 kg당 0.4와트다. 현재 소련연방의 마이크로파에너지 작업상 노출기준은 고정방출소의 경우 평균 1시간기준 m²당 2와트이며 이동방출의 경우 m²당 20와트이다. 일반대중을 위한 기준은 더 낮은데 m²당 0.1와트 다시말해 소련과 미국의 기준이 일치해가고 있다.

기준을 정한다는 것은 매우 어려운 과정이다. 마이크로파의 화상이나 열스트레스와 같은 위험은 이미 잘 알려져 있으며 효과적인 기준은 이것으로 정하면 된다. 마이크로파에 약간 노출되어도 해가 되는지 여부는 추측의 문제이며 이는 때때로 믿을 수 없는 많은 보도의 해석여하에 달려 있다. 기술의 이득과 공해비용간을 균형을 유지하면서 이 불분명한 것을 어떻게 처리할 것인가는 시급하게 해결해야할 문제이다. 마이크로파에너지에 관해서 뿐만아니라 그의 모든 환경공해문제와 같이...

〈林福萬편역〉