

환경과 건강 위해성

2001. 7. 19

신 동 천
연세대학교 의과대학 교수
및 환경공해연구소장

들어가는 말

❖ 환경보건의 역사

- ↳ 히포크라테스 : 공기, 물 그리고 사는 곳
(Air, Water and the Place)
- ↳ 로마시대 : 상하수도 등의 위생시설
귀족적 위생관
- ↳ 근세 : 세균학, 면역학의 발전
실험적 위생관
Harvard대학과 MIT가 연합으로 최초의 보건대학원
설립(1922)
- ↳ 현대 : 산업발달에 따른 물리, 화학적 요인에 관심
- ↳ 21세기 : 수용체(인간) 중심의 환경 보건

주요 환경오염 사건들

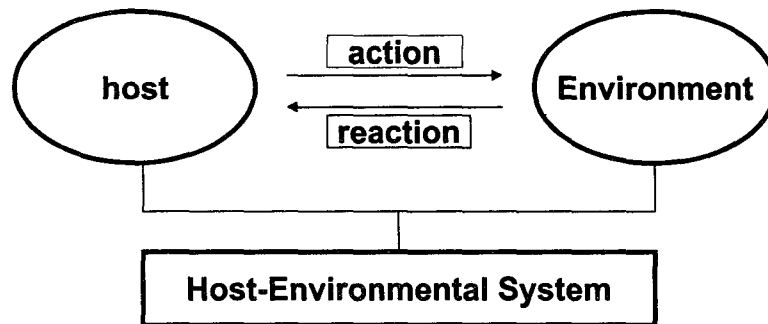
환경오염사건	연도	국가	주요 결과
뮤즈계곡 사건	1930	벨기에	호흡기질환으로 60명 사망
요코하마 사건	1946	일본	호흡기질환자 급증
도노라 사건	1948	미국	호흡기질환으로 17명 사망
포자리카 가스누출 사건	1950	멕시코	호흡기질환자 급증
런던 스모그	1952	영국	호흡기질환으로 4천-8천명 사망
미나마타 사건	1953	일본	환자 111명, 사망자 47명
LA 스모그 사건	1954 이후	미국	호흡기질환자 급증
이따이이따이 사건	1966	일본	카드뮴 중독 환자 발생
세베소 사건	1976	이탈리아	다이옥신의 대기 중 누출 사고
Love Cannel 사건	1979	미국	산업폐기물 매립으로 인해 주민이주
Three Mile Island 사건	1979	미국	원자력 발전소의 방사능 누출사고
Time Beach 사건	1979	미국	TCDD 함유 폐수 방출 사고
보팔 가스누출 사고	1984	인도	MIC 누출로 2,500명 사망
체르노빌 사건	1986	구 소련	원자력 발전소의 방사능 누출사고
Woburn 사건	1986	미국	유해폐기물 투기로 먹는 물 오염사고

Environmental Health Science in the 21st Century

Toxin based	→	Disease based
Single agent	→	Multiple agent
Disease	→	Health
DNA damage	→	DNA function
Population	→	Susceptible person
organism/organ/cell/molecule	→	molecule/cell/organ/organism
Scientific uncertainty	→	Precautionary principle
Command and control	→	Stakeholder guided
Economic development	→	Sustainable development
"Small science"	→	"Big science"

“Genetics loads the gun, but environment pulls the trigger”

Judith Stern, UC Davis

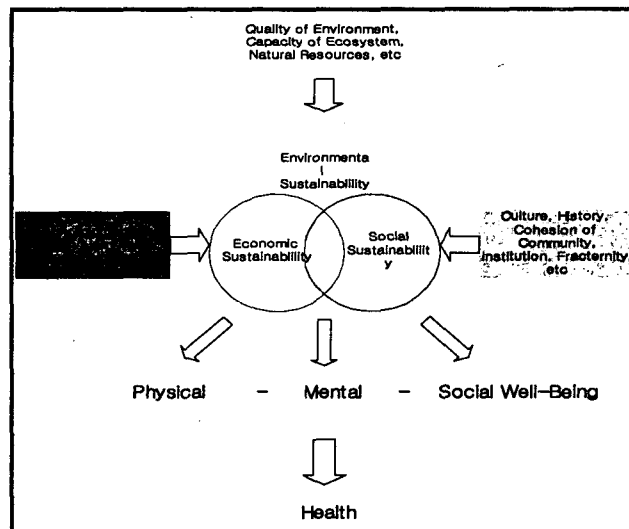


“Human health has long been known to depend on an interplay between heredity and the environment”

21세기의 주요 환경 문제들

- 지속 가능한 개발과 환경 보건
(Sustainable development and environmental health)
- 건강 위해성 평가 및 관리
(Health risk assessment and management)
- 기후변화와 감염성 질환
(Global climate change and infectious disease)
- 다이옥신과 내분비계장애물질에 의한 인체 영향
(Health effect to dioxin and endocrine disruptor compounds)
- 전자파에 의한 인체 영향
(Health effect to electronic magnetic field)
- 저준위 자연 방사선에 의한 인체 영향
(Health effect to low dose radiation)
- 미생물에 의한 인체 영향
(Microbial health effect)

1. 지속 가능한 개발과 환경 보건 (Sustainable development and environmental health)



Comprehensive Relationships between Sustainability and Health

2. 건강 위해성 평가 및 관리
(Health risk assessment and management)

건강 위해성 평가

환경오염물질이나 상황에 노출된 결과로 개인이나
 인구집단에 야기될 수 있는 건강장애의 확률을
 추정하는 과학적 과정

위해성 평가

위험성 확인

+

용량-반응 평가

+

인체 노출 평가

+

위해도 결정

건강 기준 목표

위해도 관리

위해성 평가

+

분석방법 및 한계

+

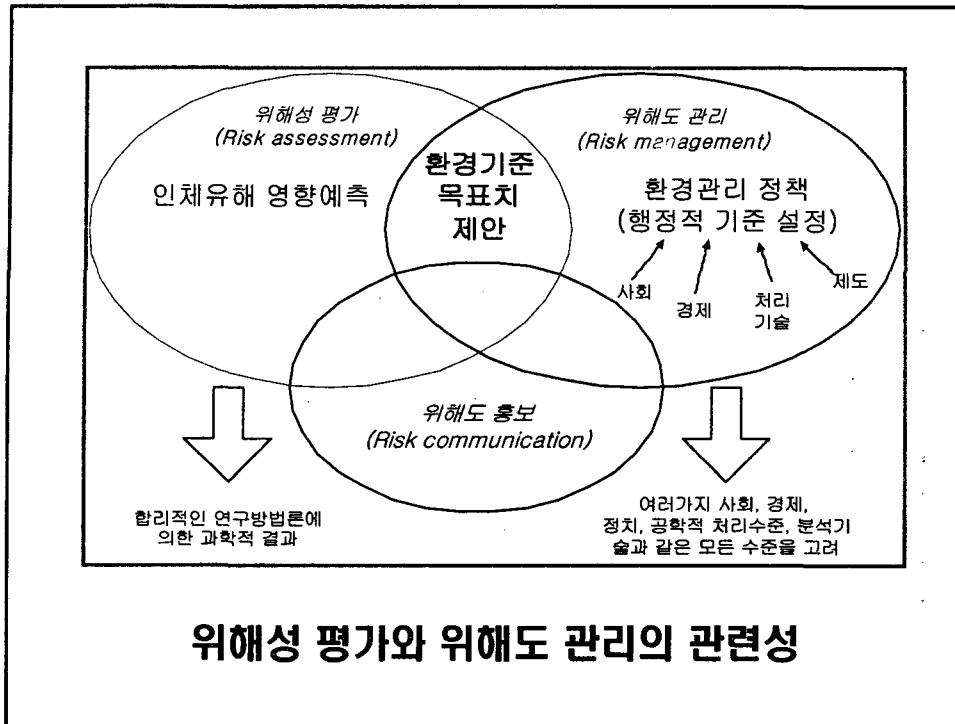
처리기술과 비용

+

규제의 사회적, 경제적 효과

법적 기준치

건강 위해성 평가 및 관리의 기본 과정



3. 기후변화와 감염성 질환

(Global climate change and infectious disease)

- ◆ 최근 20년 동안 말라리아, 뎅기열, 콜레라, 결핵 등이 다시 고개를 들고 있으며 후천성 면역결핍증(AIDS), 바이러스성 출혈열 등 기존에 큰 문제가 되지 않았던 감염성 질환까지 가세하고 있음
- ◆ 전지구적인 기후변화가 전염성 질환의 위협을 증가시킬 뿐 아니라 기존의 문제시되지 않던 새로운 전염병을 초래할 가능성이 있음.
- ◆ 향후 2100년까지 평균 기온이 2도 상승하게 되면 해수면도 50cm 상승하게 되고, 여러 가지 생태학적 변화는 감염성 질환의 발생에 영향을 미칠 것으로 우려됨(Jonathan A. Patz, 1998)

**Likely relative impact on health outcomes
of the components of climate change**

Health outcome	Aspects of climate change			
	Change in mean temperature, etc.	Extreme events	Rate of change of climate variable	Day-night difference
Heat-related deaths and illness		+++		+
Physical and psychological trauma due to disasters		++++		
Vector-borne diseases	+++	++	+	++
Non-vector-borne infectious diseases	+	+		
Food availability and hunger	++	+	++	
Consequences of sea level rise	++	++	+	
Respiratory effects :				
- air pollutants	+	++		+
- pollens, humidity	++			
Population displacement	++	+	+	

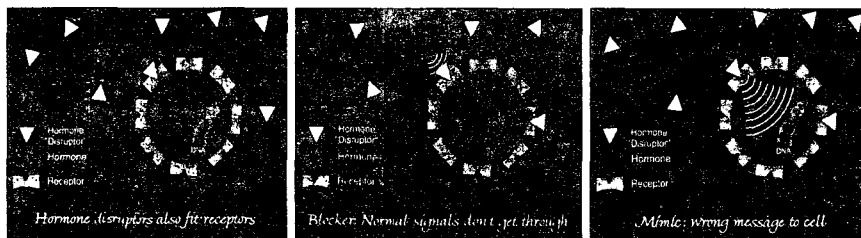
4. 다이옥신과 내분비계 장애물질에 의한 인체 영향
(Health effect of dioxin and endocrine disruptor compounds)

**Silent Spring
Our Stolen Future**

내분비계 장애물질이란?

- EPA : An exogenous agent that interferes with the synthesis, secretion, transport, binding, action, or elimination of natural hormones in the body that are responsible for the maintenance of homeostasis, reproduction, development, and/or behavior
- ↳ OECD : An exogenous substance that causes adverse health effects in an intact organism, or its progeny, secondary to changes in endocrine function

내분비 장애물질의 작용 기전



↑
내분비 장애물질에 의한
호르몬 binding site의 간섭

↑
내분비 장애물질이 호르몬과
수용체와의 결합 방해

↑
내분비 장애물질이
호르몬처럼 작용

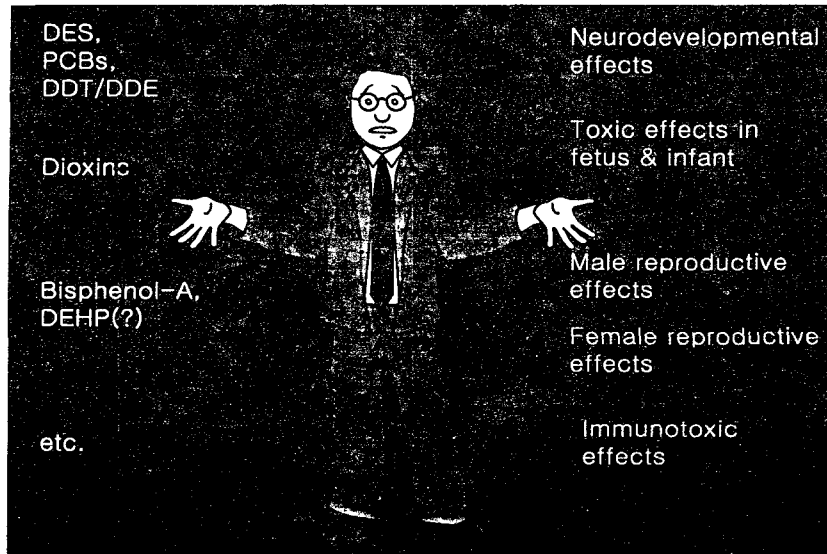
내분비계장애물질의 종류

구 분	종 류
약물성 내분비계 장애물질	합성여성호르몬으로 유산방지의 사용되었던 DES (Diethylstilbesterol)
환경성 내분비계 장애물질	Persistent Organohalogens : dioxins and furans, HCB, PCP, PCB, octachlorostyrene 등 Herbicides : 2,4-D, 2,4,5-T, alachlor, amitrole, atrazine, nitrofen 등 Fungicides : benomyl, mancozeb tributyl tin(TBT), vinclozilin 등 Insecticides : chlordane, DDT/DDE/DDD, endosulfan, ethylparathion, dieldrin, methoxychlor 등 Industrial Chemicals : alkyl phenol, bisphenol A, phthalates 등 Heavy metals : cadmium, mercury, lead 등

■ 국가별 내분비계 장애물질 관리 현황

- ❖ 미국환경보호청 : 69종 (일리노이주는 73종)
- ❖ 일본환경청 : 67종 (국립의약품 식품위생
연구소는 143종)
- ❖ OECD : 27개 분류군
- ❖ 세계야생보호기금 : 67종
- ❖ 우리나라 : 67종 (세계야생보호기금 목록 적용)

내분비계장애물질의 주요 인체 유해 영향



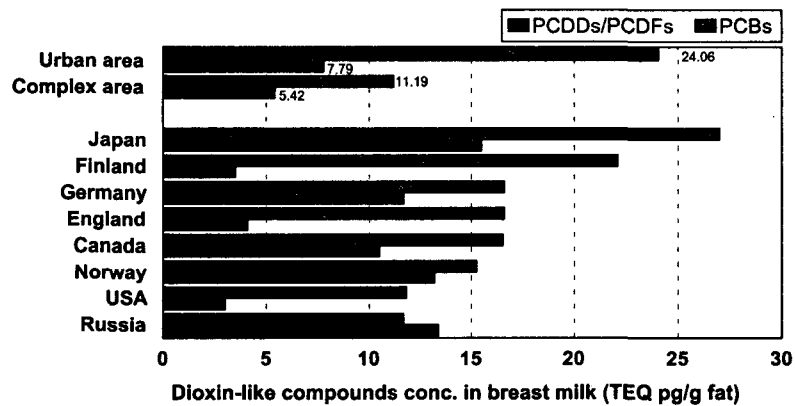
다이옥신의 위험성 분류

<p>▣ EPA</p>	<p>TCDD IS A HUMAN CARCINOGEN</p>
<p>▣ IARC</p>	<p>CALSS 1 (FEBRUARY 1997)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▣ Sufficient evidence of animal carcinogenicity (rats, mice, hamsters, medaka) ▣ Limited (+) evidence of human carcinogenicity (occupations cohorts; SEVESO) ▣ Mechanistic data

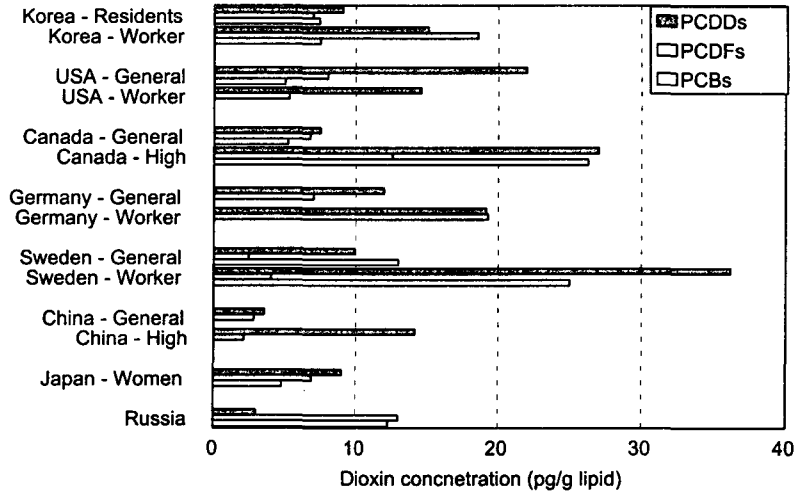
Possible Non-carcinogenic Effects

- 생식 및 발육독성 (Reproductive and developmental effects)
- 면역독성 (Immunotoxicity)
- 염소좌창 (Chlorance)
- 기타 (Other effects)
 - ◊ 혈중 성 호르몬 변화 (Circulating reproductive hormones)
 - ◊ 당뇨 (Diabetes and fasting serum glucose levels)
 - ◊ 효소 증가 작용 (Enzyme Induction)
 - ◊ 자궁 내막 증식증 (Endometriosis)

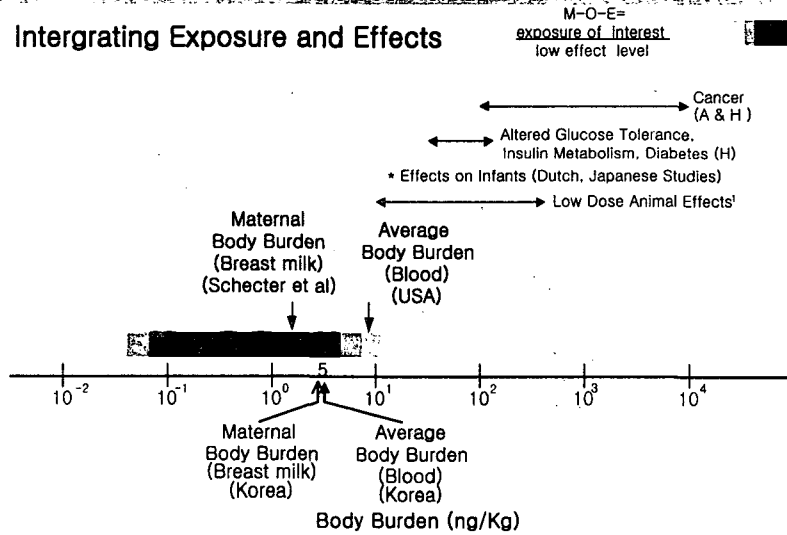
Comparison of Dioxin-like compounds concentration in breast milk of primipara mothers



Comparison of dioxins concentration in blood



Integrating Exposure and Effects



A = Animal H = Human

¹ enzyme induction, cellular effects, viral susceptibility, oxidative damage, etc.

5. 전자파에 의한 인체 영향
(Health effect of electronic magnetic field)

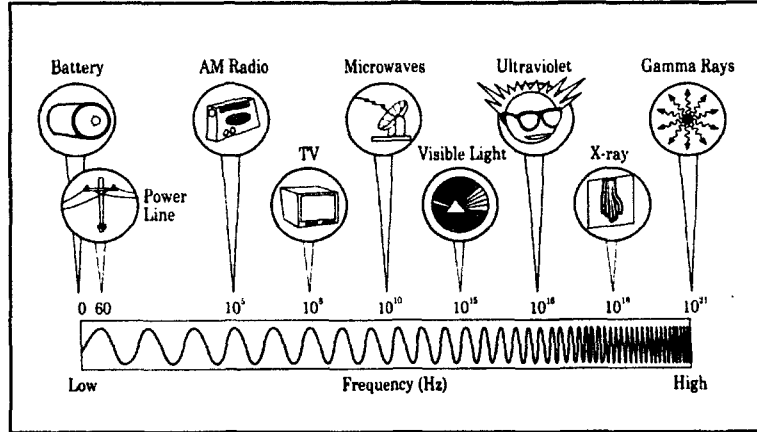


Figure Pr.I Electromagnetic Spectrum

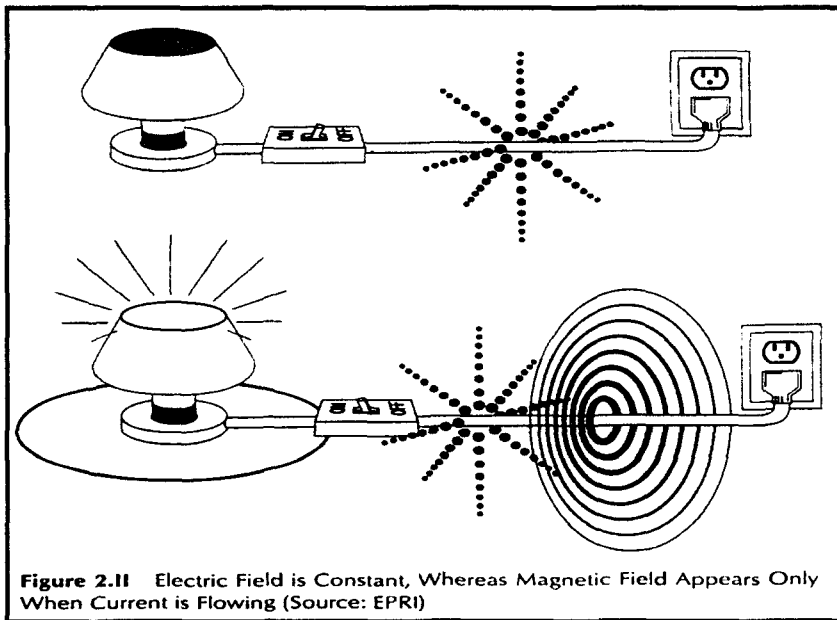


Figure 2.II Electric Field is Constant, Whereas Magnetic Field Appears Only When Current is Flowing (Source: EPRI)

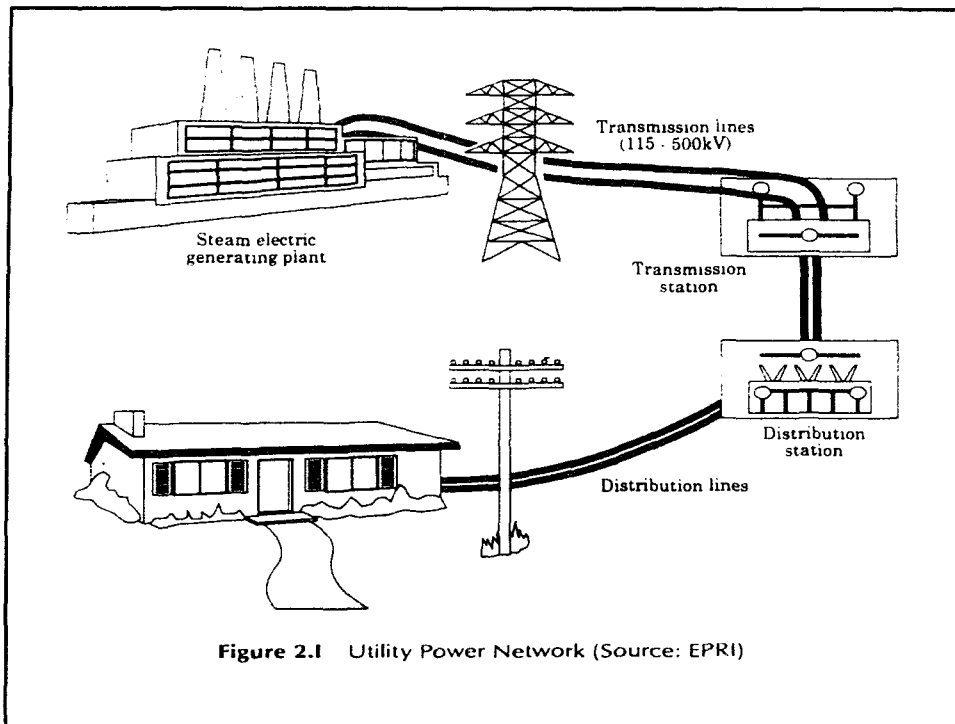


Figure 2.I Utility Power Network (Source: EPRI)

	Distance from Source		
	0.03 m	0.3 m	1 m
Clothes washer	8-400 mG	2-30 mG	0.1-2 mG
Television	25-500 mG	0.4-20 mG	0.1-2 mG
Electric range	60-2,000 mG	4-40 mG	0.1-1 mG
Microwave oven	750-2,000 mG	40-80 mG	3-8 mG
Flourescent lamp	400-4,000 mG	5-20 mG	0.1-3 mG
Electric shaver	150-150,000 mG	1-90 mG	0.4-3 mG
Hair dryer	60-20,000 mG	1-70 mG	0.1-3 mG
Electric blanket	0.01 m 100 mG	Average in Body 15 mG	1 m < 1 mG

Source: EPRI

Figure 2.III Magnetic Field Levels Near Household Appliances (Source: EPRI)

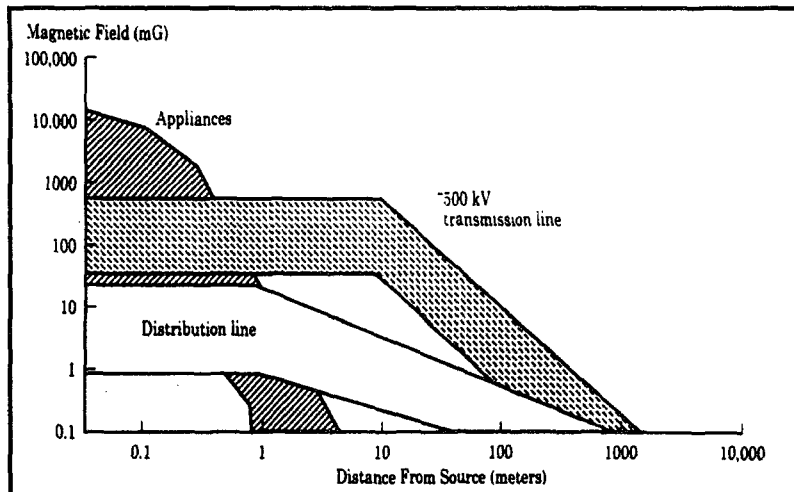
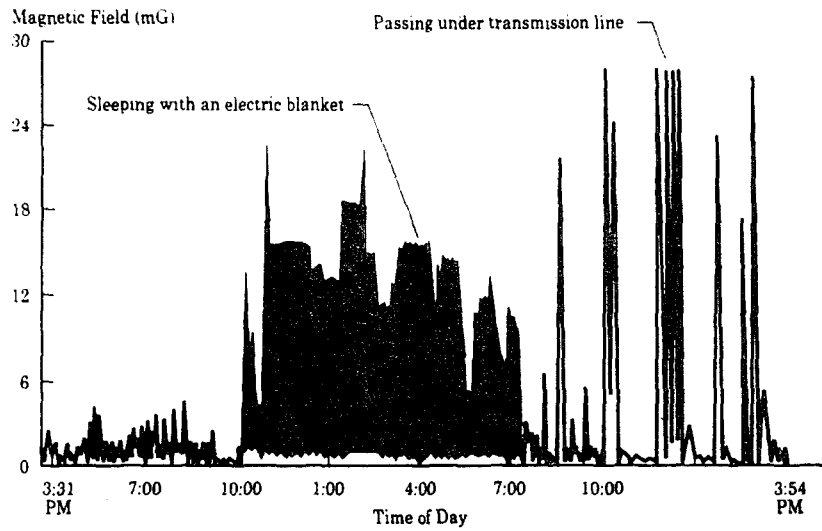


Figure 2.IV Effect of Distance on Magnetic Field Levels For Various Sources (Source: EPRI)



Source: ENERTECH consultants

Figure 3. I Magnetic Field Exposure Levels for an 8-Year-Old Girl

◆ 국내 전자기장 수준

단위 : 전기장 (V/m), 자기장 (mG)
평균 전기장 (및 자기장)의 세기

장소	전기장 (1m 거리)		자기장 (1m 거리)	
사무실	전기장 (1m 거리) 33.1 (0.51)		자기장 (1m 거리) 3.69 (0.34)	
전기실 위층	2		3.45	
변전소 위층	책상위 전기장 31.51	책상위 자기장 16.88	바닥자기장 7.2	
일반가정	11.55 (0.52)			
국철 및 지하철	국철 (9.84), 1호선 (2.65), 2호선 (4.69), 3호선 (2.37)			
전동차 내부	4호선 (4.80), 5호선 (2.20), 7호선 (1.71), 8호선 (9.67)			

Ref : 연세대 환경공해연구소

전자파의 인체 영향 연구

◆ 세포수준에서의 연구

- 배양기에서 단일세포나 조직세포를 배양하며 실험
- 통제된 환경조성이 가능 : 이온류나 단백질류의 세포막 통과에 대한 영향
- 외삽의 과정의 불확실성으로 인해 이용에 제한점

◆ 동물 및 임상실험 연구

- 생식, 발육이상, 불규칙적인 심장박동, 눈의 자극, 뇌파변화 등에 변화

◆ 역학 연구

- 거주지역의 특성과 연관된 노출과 암발생 연구 : 아동을 대상
- 적절한 연구방법, 표본과 대상수의 확보, 편견에 대한 고려

◆ Summary of EMFs cancer epidemiology studies

Study	Leukemia	Brain cancer
Wertheimer, 1979	3.0 (1.8-5.0)	2.4 (1.2-5.1)
Savitz, 1987	1.5 (0.9-2.6)	2.0 (1.1-3.8)
London, 1991	1.7 (1.1-2.5)	NA
Feychting, 1993	2.4 (1.1-5.1)	0.8 (0.2-2.3)
Preston-Martin, 1995	NA	0.8 (0.5-1.1)
Gurney, 1995	NA	0.9 (0.5-1.5)
Linnet, 1997	1.0 (0.7-1.3)	NA

국내외 연구동향

□ 국외

- 입법기관, 고문단에서 건강장애에 대한 평가를 요구
- 권고기준치 : 기술적으로 가능한 수준.
- 자체가 안전한 역치값이 아니며 설정근거 또한 명확치 못함
- EMFRAPID (EMF Research and Public Information Dissemination)
 - 위해성 평가 방법론에 근거하여 종합적으로 평가
 - 연구주관기관 : NIEHS, DOE

□ 국내

- 초기연구 단계로서 정부와 학회 차원의 연구
- 2000년 상반기중 권고기준치 설정 예정

6. 저준위 자연 방사선에 의한 인체 영향 (Health effect of low dose radiation)

- ▶ 자연상태
 - ❖ 라돈 : 50%
 - ❖ 우주선 : 5-10%
 - ❖ 지구내부 : 5-10%
 - ❖ 인체내부 : 10%
- ▶ 인공발생원
 - ❖ X-ray : 10%
 - ❖ 핵의학 : 5%
 - ❖ 소비자상품 : 2-3%
 - ❖ 기타 산업장, 방사성 낙진 등 < 1%
- ▶ 모든 방사선 발생원으로부터의 연간 평균 노출량 : 3.6mSv or 360mrem

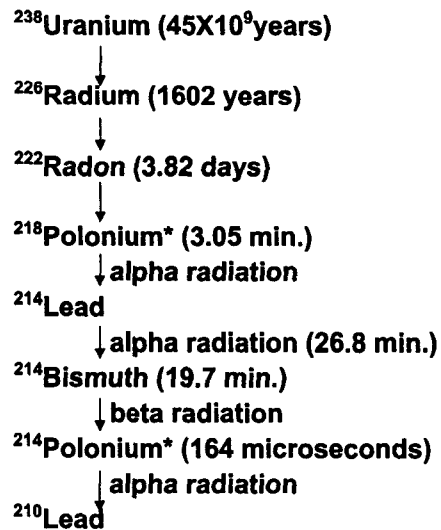
전리방사선

- ▶ 조직내 흡수되는 방사선 에너지량에 따라 악성종양세포의 변환정도가 결정
- ▶ 거대분자와의 확률적 충돌에 의한 상호작용에 의해 에너지 전달
- ▶ 방사선 에너지는 세포내 물질을 이온화 시키거나 라디칼을 형성하여 물질결합 파괴, DNA손상, 염색체 구조와 수의 변화 등을 야기
- ▶ 미국에서 발생하는 전체 암의 3%를 전리방사선에 의한 것으로 추정

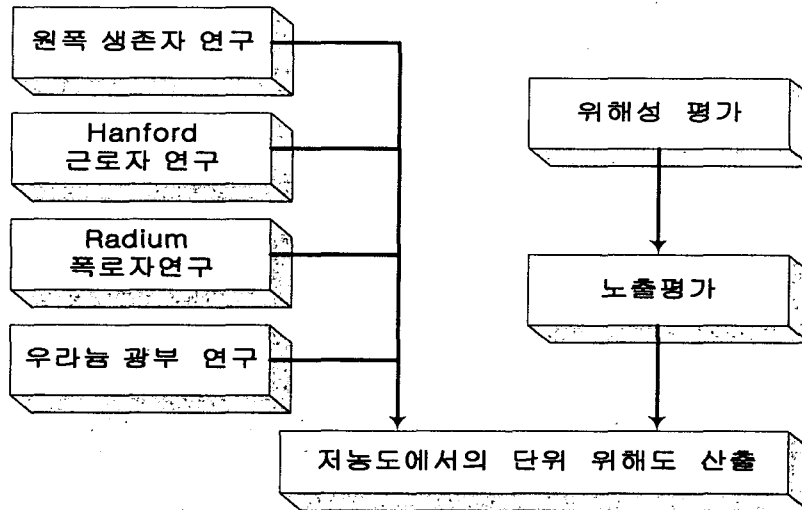
↓ 방사능의 단위

Quantity	CGS Units(old)	SI Units(new)	Conversion factor
Dose equivalent	Rem	Sievert	1 Sv = 100 rems
Dose	Rad = 100erg/g	Gray = 1J/kg	1 Gy = 100 rads
Activity	Curie(Ci)= 3.7×10^{10} dis/s	Becquerel=1dis/s	1 Ci = 3.7×10^{10} dis/s
exposure	Roentgen	Coulomb/kg air	1C/kg air = 3876 R

Radioactive decay series

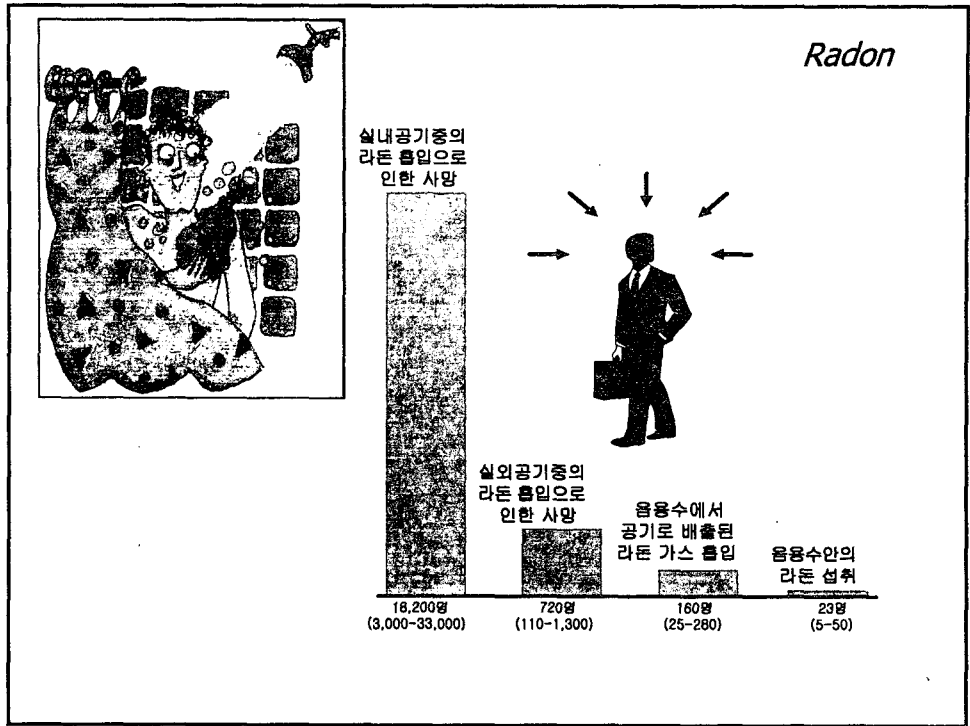


저농도 방사선의 인체 영향 연구



방사능 노출과 관련된 건강 영향

- ❖ 기형출산과 암
- ❖ DNA의 돌연변이 변화, 유전적 영향
- ❖ 백혈병, 백내장, 수명단축 등
- ❖ 가장 대표적인 방사선 핵종인 우라늄(uranium)은 방사성독성보다는 중금속으로서 화학적 독성으로 인한 신장조직의 손상 가능
- ❖ 우라늄 붕괴에 의한 1차생성물질인 라듐(radium)은 인체내 칼슘과 유사하게 대사되어 골육종 등을 유발
- ❖ 일상생활 중 자연적으로 노출되는 방사능 물질의 대부분은 라돈에서 비롯, 라돈의 흡입에 의한 노출은 폐암을 유발 가능하며 흡연과 유의한 상관성을 가짐



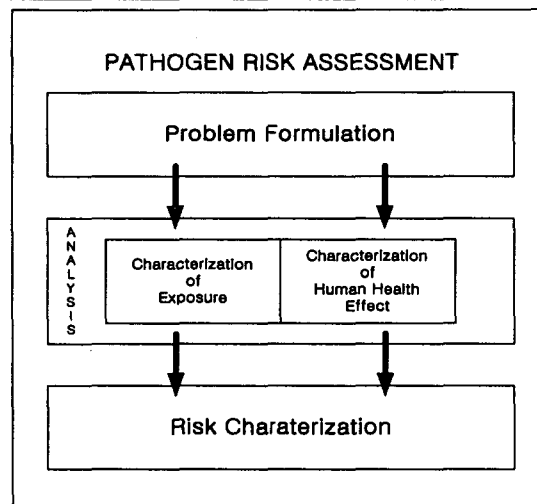
7. 미생물에 의한 인체 영향
(Microbial health effect)

- ↳ 먹는 물
 - 중금속 (무기질)
 - 유기오염물질 (산업, 가정)
 - 소독부산물
 - 방사능 물질
 - 미생물
 - Bacteria
 - Viruses
 - Protozoa
 - Algae

Microbial Contaminants

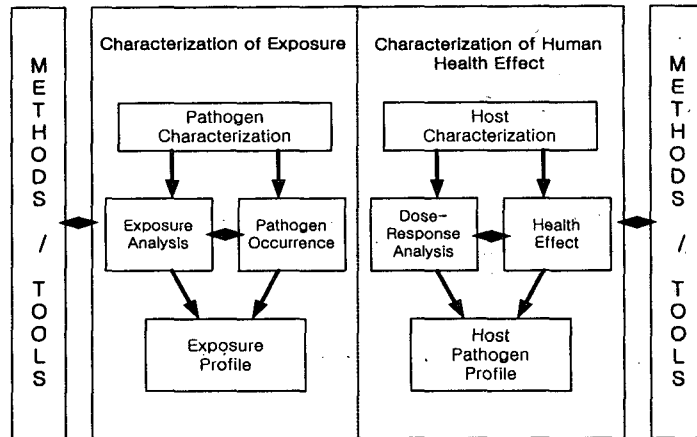
- **Bacteria**
 - Mycovacterium avium complex (MAC)
 - Pathogenic Escherichia coli
 - Helicobacter pylori
 - Campylobacter Jejuni
- **Viruses**
 - Enteroviruses
 - Norwalk virus / Calivirus
 - Hepatitis viruses
- **Protozoa**
 - Cryptosporidium
 - Giardia
- **Toxins**
 - Cyanobacterial toxins

미생물에 대한 위해성 평가



Source: ILSI Risk Institute Pathogen Risk Assessment Working Group, 1996

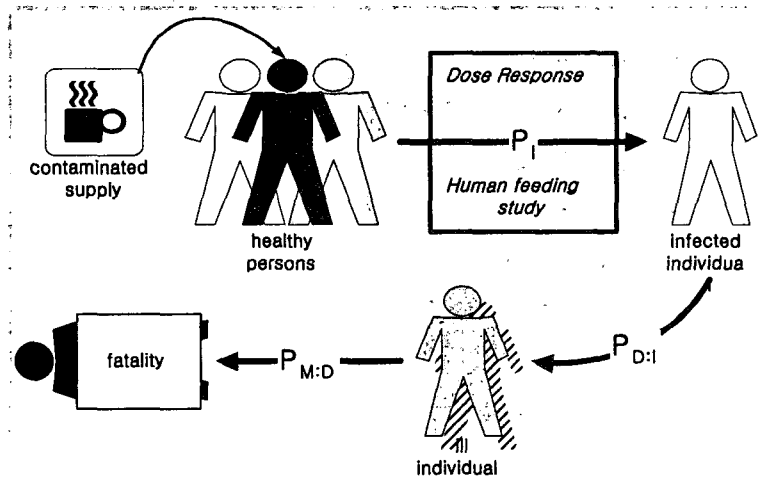
병원균과 숙주(사람)에 대한 위해성 평가



Source: ILSI Risk Institute Pathogen Risk Assessment Working Group, 1996

Dose-Response Assessment

Schematic of endpoints of microbial exposure



장관계 바이러스의 종류 및 임상적 특성

Enterovirus	마비, 수막염, 고열
Poliovirus 1-3형	수막염, 호흡기 질환, 발진, 고열
Echovirus 1-33형	포진성 구혈염, 수막염, 호흡기 질환, 고열
Coxsackievirus A 1-24형	심근염, 수막염, 호흡기 질환, 발진, 고열,
Coxsackievirus B 1-6형	선천적 심이상, 측흉통(흉막통)
	수막염, 뇌염, 호흡기 질환, 발진,
New enterovirus types 68-71	급성 출혈성 결막염
Hepatitis A(enterovirus 72)	감염성 간염
Norwalk virus	전염성 구토와 설사, 고열
Rotavirus	위장염, 설사
Reovirus	호흡기 질환, 위장염
Adenovirus(feces and urine)	호흡기 질환, 결막염
Astrovirus	위장염
Calicivirus	위장염

◆ Solving the environmental problems

- **Assess the exposure**
- **Assess the health effects**
- **Explore mechanisms**
- **Analyze risk**
- **Take action**
 - “do nothing”
 - “prudent avoidance”
 - “additional action”